

行政院原子能委員會放射性物料管理局

106 年用過核子燃料處置長期安全評估

審驗技術之研究

子項計畫一：國際高放最終處置計畫

安全分析報告審查資訊研析

期末報告附錄本

受委託單位：社團法人中國土木工程學會

子計畫主持人：黃偉慶

業務委託單位：行政院原子能委員會放射性物料管理局

計畫編號：105FCMA010

中 華 民 國 一 〇 六 年 十 二 月

目錄

目錄.....	i
第一章、一般資訊審查計畫.....	1
1.1 一般描述.....	1
1.1.1 審查範圍.....	1
1.1.2 審查方法.....	2
1.1.3 接受準則.....	3
1.1.4 審查發現.....	4
1.2 建造、廢棄物接收及置放的時程規劃.....	4
1.2.1 審查範圍.....	4
1.2.2 審查方法.....	5
1.2.3 接受準則.....	5
1.2.4 審查發現.....	5
1.3 實體防護計畫.....	6
1.3.1 審查範圍.....	6
1.3.2 審查方法.....	7
1.3.3 接受準則.....	12
1.3.4 審查發現.....	16
1.4 物料管制與料帳計畫.....	16
1.4.1 審查範圍.....	17
1.4.2 審查方法.....	17
1.4.3 接受準則.....	19

1.4.4 審查發現	21
1.5 場址特徵化工作描述	21
1.5.1 審查範圍	21
1.5.2 審查方法	22
1.5.3 接受準則	24
1.5.4 審查發現	24
1.6 參考文獻	25
第二章、安全分析報告的審查計畫	27
2.1 永久封閉前之處置場安全	27
2.1.1 封閉前安全分析	27
2.1.1.1 關於封閉前安全分析之場址描述	28
2.1.1.2 結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述	35
2.1.1.3 危害界定和初始事件	42
2.1.1.4 界定事件序列	46
2.1.1.5 結果分析	48
2.1.1.6 識別對安全與安全控制具重要性之結構、系統與組件，與 確保安全系統可靠性的措施	59
2.1.1.7 對安全與安全控制具重要性之結構、系統與組件的設計	64
2.1.1.8 正常作業與第 1 類事件序列符合 10CFR20 合理抑低的規 定	78
2.1.2 放射性廢棄物的再取出及替代貯存計畫	81
2.1.2.1 審查範圍	81
2.1.2.2 審查方法	82
2.1.2.3 接受準則	83
2.1.2.4 審查發現	84
2.1.3 永久封閉及除污或除污及地表設施拆除計畫	84
2.1.3.1 審查範圍	84

2.1.3.2 審查方法	85
2.1.3.3 接受準則	88
2.1.3.4 審查發現	89
2.2 永久封閉後之處置場安全	89
2.2.1 安全功能評估	89
2.2.1.1 系統描述與多重障壁論證	89
2.2.1.2 情節分析與事件機率	91
2.2.1.3 模型精簡化	98
2.2.1.3.1 工程障壁材料之劣化	98
2.2.1.3.2 工程障壁的力學破壞	106
2.2.1.3.3 工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學	112
2.2.1.3.4 核種釋出率及溶解度限制	120
2.2.1.3.5 氣候與入滲	129
2.2.1.3.6 未飽和區之流動路徑	134
2.2.1.3.7 未飽和區的核種傳輸	140
2.2.1.3.8 飽和區的流動路徑	146
2.2.1.3.9 飽和區的核種傳輸	152
2.2.1.3.10 廢棄物包件的火成作用破壞	157
2.2.1.3.11 核種的氣體傳輸	161
2.2.1.3.12 地下水核種濃度	165
2.2.1.3.13 土壤中核種再分布	170
2.2.1.3.14 生物圈特徵	175
2.2.1.4 證明符合封閉後公眾及環境標準	183
2.2.1.4.1 證明符合封閉後公眾個人防護標準	183
2.2.1.4.2 證明符合人類闖入標準	186
2.2.1.4.3 處置場功能分析證明符合個別的地下水防護標準	189
2.3 解決安全問題的研究與發展計畫	193
2.3.1 審查範圍	193
2.3.2 審查方法	194
2.3.3 接受準則	195

2.3.4 審查發現	195
2.4 功能確認方案.....	196
2.4.1 審查範圍	196
2.4.2 審查方法	198
2.4.3 接受準則	203
2.4.4 審查發現	209
2.5 行政與計畫程序要求.....	211
2.5.1 品質保證計畫	211
2.5.1.1 審查範圍	212
2.5.1.2 審查方法	213
2.5.1.3 接受準則	214
2.5.1.4 審查發現	247
2.5.2 紀錄、報告、試驗、及檢驗	248
2.5.2.1 審查範圍	249
2.5.2.2 審查方法	249
2.5.2.3 接受準則	250
2.5.2.4 審查發現	251
2.5.3 人員培訓和認證	251
2.5.3.1 美國能源部有關地質處置場營運區建造及營運的組織結構	251
2.5.3.2 地質處置場營運區安全與營運重要職位之指定職責	253
2.5.3.3 人員資格和培訓要求	254
2.5.4 專家引進(Expert Elicitation).....	260
2.5.4.1 審查範圍	260
2.5.4.2 審查方法	261
2.5.4.3 接受準則	262
2.5.4.4 審查發現	263
2.5.5 啟動作為及測試計畫	264

2.5.5.1 審查範圍	264
2.5.5.2 審查方法	265
2.5.5.3 接受準則	268
2.5.5.4 審查發現	270
2.5.6 維護、監測和定期檢測的一般性計畫	270
2.5.6.1 審查範圍	271
2.5.6.2 審查方法	271
2.5.6.3 接受準則	276
2.5.6.4 審查發現	281
2.5.7 緊急應變計畫	282
2.5.7.1 審查範圍	282
2.5.7.2 審查方法	283
2.5.7.3 接受準則	285
2.5.7.4 審查發現	287
2.5.8 限制進入管制和土地權使用管理	287
2.5.8.1 審查範圍	288
2.5.8.2 審查方法	288
2.5.8.3 接受準則	290
2.5.8.4 審查發現	292
2.5.9 放射性廢棄物處置外的地質處置場用途	293
2.5.9.1 審查範圍	293
2.5.9.2 審查方法	293
2.5.9.3 接受準則	293
2.5.9.4 審查發現	294
2.5.10 執照規格	294
2.5.10.1 審查範圍	294
2.5.10.2 審查方法	295
2.5.10.3 接受準則	295
2.5.10.4 審查發現	295
2.6 參考文獻	296

第一章、一般資訊審查計畫

於執照申請文件中提供一般資訊的目的是雙重的。首先，供美國能源部對處置場的工程設計概念做綜合性的說明(見 1.1 節)；其次，供美國能源部展示對雅卡山場址及其周遭環境的認識及瞭解(見 1.5 節)，及其如何影響處置場設計與安全功能。針對雅卡山場址及周邊環境掌握設計的安全功能，美國能源部將能在風險告知與安全功能基礎下判斷法規符合性，並由美國核管會對後續的安全分析報告進行評估(見第 2 章)。因此，本章管制單位審查的內容為一般資訊，而詳細的技術性內容及討論，則在執照申請的安全分析報告中呈現。本章分為五小節。

1.1 一般描述

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

1.1.1 審查範圍

本節審查的一般資訊為雅卡山預定地質處置場之執照申請。審查者依據 10 CFR Part 63.21(b)(1)要求的內容，評估相關資訊。

執照申請的「一般資訊」部分應包含描述雅卡山地質處置場的廣泛說明，涵蓋其主要結構、系統與組件，以及對此地質處置場營運區的作業與活動的討論。提供細節的程度與執行摘要中相似。所進行的審查以資訊內容為主，而更詳細的技術相關討論及說明，則列於執照申請文件中的安全分析報告。因此，在本節中並無詳細技術分析的資訊，而其他技術問題的詳細審查資訊，將在審查計畫的其他部分呈現。

審查內容如下：

- (1) 地質處置場營運區的結構、系統與組件之設施內容與位置的描述，包含地表及地表下的部分；
- (2) 地質處置場營運區的營運與活動之相關討論；
- (3) 對於地質處置場進行管制之依據的敘述。

一般資訊的審查方法及接受準則於雅卡山審查計畫中 1.1.2 及 1.1.3 節說明。一般來說，審查方法及接受準則是建立在美國核管會管制相關作為的基礎上。因有些資訊包含執照申請的部分，並可能涉及與功能相關的問題，所以用於評估這些資訊的審查方法並非以風險為基礎且基於功能的。因此，沒有安全功能評估方

法可以進行比較。

1.1.2 審查方法

審查方法 1：地質處置場營運區的位置與結構、系統與組件配置

確認美國能源部提供的地質處置場相關資訊的正確性，此一般描述至少須包含：

- (1) 對擬定處置場場址及周遭環境的物理特性描述，尤其是與處置場的健康與安全有關事項；
- (2) 足以顯示地質處置場營運區的位置及其相關結構、系統與組件之圖示，至少包含障壁、道路及連通的運輸基本設施、公共設施服務、以及天然與人為的邊界；
- (3) 地表及地表下的結構物、系統與組件之主要設計特性，並說明為暫時或永久的設計；
- (4) 除役與永久封閉時將拆除的地質處置場營運區之結構、系統與組件；
- (5) 地質處置場每個主要結構、系統與組件的定位與描述，包含其每項設計的目標以及這些結構、系統與組件彼此之間相互關係的描述；
- (6) 管制進出地質處置場營運區及周圍土地利用的計畫之一般討論，包括土地所有權及控制權的要求(此資訊詳細的技術性審查，於雅卡山審查計畫之 2.5.8 節說明)；
- (7) 放射性監測設施與活動的說明及描述，包含美國能源部對處置場建造和營運相關的降低放射性衝擊計畫；
- (8) 與美國能源部雅卡山最終環境影響評估報告一致的資訊，以及任何更新資訊。

審查方法 2：地質處置場營運區活動的一般資訊

應確認美國能源部所提供地質處置場營運區的營運概要描述。可接受的概要說明包含：

- (1) 將在擬定處置場處置的用過核子燃料和其他高放射性廢棄物之型態、種類以及數量的資訊；
- (2) 例行性廢棄物包件接收、處理、以及放置的資訊(此資訊的詳細技術審查於雅卡山審查計畫的 2.5.6 節說明)；
- (3) 在地質處置場營運區收到的廢棄物形式與廢棄物包件，檢查與測試計畫描述

(此資訊的詳細技術審查於雅卡山審查計畫的 2.5.6 節說明)；

- (4) 廢棄物包件由處置坑道再取出及替代貯存之計畫描述(此資訊的詳細技術審查於雅卡山審查計畫的 2.1.2 節說明)；
- (5) 地質處置場營運區的除役與永久封閉之計畫描述(此資訊的詳細技術審查於雅卡山審查計畫的 2.1.3 節說明)；
- (6) 如用於非用過核子燃料與其他類型高放射性廢棄物之處置，地質處置場營運區將如何使用之一般性說明(此資訊的詳細技術審查於雅卡山審查計畫的 2.5.9 節說明)；
- (7) 緊急情況應對的計畫描述(此資訊的詳細技術審查於雅卡山審查計畫的 2.5.7 節說明)。

一般來說，審查者應確認前述概要說明，包含施工和營運期間的人員、物資和設備移動之適當計劃和程序。

審查方法 3：核管會執照核發權責的依據

針對所提出地質處置場的活動，幕僚人員應確認執照申請文件中說明了核管會執照核發權責的依據。

1.1.3 接受準則

有關於一般資訊的描述，以下接受準則須滿足 10 CFR 63.21(b)(1)的要求。

接受準則 1：適當定義地質處置場的位置與配置

- (1) 提供地質處置場營運區之一般且精準的描述。該描述包括：
 - (a) 場址與自然環境的物理特性之討論；
 - (b) 顯示地質處置場營運區及其相關的結構、系統與組件位置之圖示；
 - (c) 地表及地表下的結構物、系統與組件之設計特性說明，並指定其為永久性或臨時性；
 - (d) 定義地質處置場營運區各結構、系統與組件設置之目的，以及彼此之間相互關係；
 - (e) 針對地質處置場營運區的進出及土地利用管制計畫；
 - (f) 放射性監測設施與活動的說明及描述，包含美國能源部對處置場建造和營運相關的降低放射性衝擊計畫。

接受準則 2：充分描述地質處置場活動的一般性質

- (1) 提供欲處置的用過核子燃料及其他高放射性廢棄物的概述；
- (2) 提供營運方式的簡要描述，包含廢棄物以及廢棄物包件接收、處理、放置、再取出，同時也包括施工與營運期間人員、材料以及設備移動計劃之描述；
- (3) 提供廢棄物形式與廢棄物包件的檢查與測試之計畫描述；
- (4) 提供放射性廢棄物的再取出與替代貯存計畫之描述；
- (5) 提供地質處置場營運區的除役與永久封閉計畫之描述；
- (6) 如用於非用過核子燃料與其他類型高放射性廢棄物之處置，地質處置場營運區將如何使用之一般性說明；
- (7) 提供緊急狀況應對計畫之描述。

接受準則 3：提供美國核管會執照核發權責的充分依據

- (1) 委員會執照核發機構對適用於地質處置場的活動，執照申請描述了其基本內容。

1.1.4 審查發現

如果執照申請提供足夠的資訊，並符合 1.1.3 節所管制的接受準則，幕僚人員將做出此部分的審查發現為可接受的。審查者撰寫適合納入在申請案安全評估報告中的材料。此報告包含審查內容的概要說明，以及審查人員接受申請的原因。審查的紀錄可如下列說明。

美國核管會審查了執照申請中的「一般資訊」及其他提交的資訊，並滿足了 10 CFR 63.21(b)(1) 的要求。申請文件提供了地質處置場充分的一般資訊，包括地質處置場營運區的位置，以及地質處置場營運區可能發生活動的一般特性討論，並且為核管會執照核發機構的行使權提供依據。

1.2 建造、廢棄物接收及置放的時程規劃

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

1.2.1 審查範圍

審查人員依據 10 CFR 63.21(b)(2) 要求進行評估。

- (1) 地質處置作業地區(包括現場和場外必要的基礎設施的開發場外)的結構、系統與組件建造的時程。
- (2) 廢棄物包件的接收、處理和置放時程規劃。

1.2.2 審查方法

審查方法 1：完成每個重要工作要素的主要步驟。

對於現場和場外建造，驗證每個重要工作要素的時間表都是必需的(包括基礎設施發展)和廢棄物收取和放置對計畫的項目活動提供充分的描述。傳統項目管理應使用技術(即關鍵路徑方法圖，甘特圖)來傳達必要資訊。項目規劃時間表的審查應包括：

- (1) 驗證時間表、時間表圖表或工作進度流程圖被提供；
- (2) 驗證每個工作步驟分配的預定時間，和確定工作步驟足以提供地質處置場營運區、基礎設施建設和廢棄物放置作業能全面了解；和
- (3) 驗證地質處置場營運區設施能在廢棄物擬定的預定收取和安置時程前基本上都能完成。

1.2.3 接受準則

建造、廢棄物接收及放置之時程規劃，對於 10 CFR 63.21(b)(2)是否適當或能接受。

接受準則 1：完成每個重要工作要素的主要步驟被充分描述

- (1) 在施工建造期間地質處置場營運區、基礎設施建設每個重要工作要素的主要步驟，能在擬定活動時程確定；
- (2) 廢棄物接收及放置相關的主要步驟和活動能在擬定活動時程確定；
- (3) 須提供地質處置場各階段所描述的每項工作操作區域的作業和活動，以及充分描述對整體計畫項目進展。特別是以下：
 - (a) 需要提供時間表、工作流程圖和其他項目管理規劃工具；
 - (b) 對每個主要工作活動和已確定相互有關的主要活動排訂擬定時程，足以全面了解地質處置場營運區、基礎設施建設和常規廢棄物放置作業。

1.2.4 審查發現

滿足 10 CFR 63.21(b)(2)的要求。

美國核能管制會已經審查「一般資訊」和其他已提交的資料，以支持許可證申請，並且發現合理確保滿足 10 CFR 63.21(b)(2)的要求。美國能源部提供建造和廢棄物接收和放置的擬定時程，以能針對地質處置場營運區、基礎設施建設進行評估。

1.3 實體防護計畫

此審查確保美國能源部提供實體防護詳細的安全措施之描述，並確保高放射性廢棄物對公眾健康與安全不構成不合理的風險。相關描述必須包含實體防護設計、申照者保防事件應變計畫、以及安全組織與人員培訓及資格認證的計畫。該計畫必須列出測試、檢查、審核、以及其他用於證明符合要求的方法。實體防護系統應設計防止地質處置場運轉區失控而引致輻射暴露超過 10 CFR 72.106 規定的劑量。地質處置場運轉區的高放射性廢棄物相關實體防護的要求列於 10 CFR 73.51，美國核管會要求實體防護計畫符合這些規定。因 2001 年 9 月 11 日的恐怖攻擊，核管會已要求幕僚人員重新評估目前的實體防護要求。如果美國核管會認為有需要修改規定，則變更的部分必須通過公眾規則制定或其他適當方式，且有必要的話，會相應的修改雅卡山審查計畫。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門以及核安全與事件反應辦公室

1.3.1 審查範圍

本節審查依據 10 CFR 73.51 對高放射性廢棄物實體防護詳細安全措施的描述，必須包含實體防護設計、申照者保防事件應變計畫、以及安全組織與人員培訓及資格認證的計畫，且必須列出測試、檢查、審核、以及其他用於證明符合要求的方法。

審查者應評估美國能源部提交之實體防護系統，以防止地質處置場運轉區失控而引致輻射暴露超過 10 CFR 72.106 規定的劑量。審查者應確認美國能源部描述藉由研發、實施、以及維護實體防護系統，以符合 10 CFR 73.51 中所述的一般安全功能要求、安全功能、以及具體措施。

美國核管會將依據 10 CFR 73.51 對高放射性廢棄物實體防護詳細安全措施的描述進行評估。內容須包含實體防護設計、申照者保防事件應變計畫、以及安全組織與人員培訓及資格認證的計畫，且依據 1.3.2 及 1.3.3 節的審查方法與接受準則列出測試、檢查、審核、以及其他用於證明符合要求的方法：

- (1) 實際施行的說明與時程；
- (2) 一般功能目標；
- (3) 防護目標；

- (4) 安全組織；
- (5) 實體障壁子系統；
- (6) 進出控制子系統與程序；
- (7) 偵測、監控、及警示子系統與程序；
- (8) 通訊子系統；
- (9) 設備操作性與補救措施；
- (10) 事故及應變計畫與程序；
- (11) 事件的報告。

1.3.2 審查方法

審查方法 1：地質處置場運轉區之描述與施行時程

確認美國能源部指明了地質處置場運轉區的確切位置。美國能源部應描述地質處置場運轉區的設施、廢棄物的性質、地質處置場運轉區的配置周遭環境、及附近地形。確認美國能源部備妥整個設施的地圖及其他圖面與圖示，以評估實體防護計畫。美國能源部應於地圖上註明：控制區域；所有建築物的位置；實體防護系統、子系統、以及主要組件的位置；保護區；所有入口/出口的位置點、出入口管制點、警示站、以及安全崗哨。

確認美國能源部提出施行實體防護計畫的時程。在實體防護系統施行與運作之前，地質處置場運轉區不可貯存或使用高放射性廢棄物。

審查方法 2：一般功能目標

確認美國能源部提供對高放射性廢棄物實體防護詳細安全措施，符合 10 CFR 73.51 要求的說明。此內容包含實體防護設計、申照者保防事件應變計畫、以及安全組織與人員培訓及資格認證的計畫，且須列出測試、檢查、審核、以及其他用於證明符合要求的方法。其項目包含：

- (1) 美國能源部必須說明實體防護系統如何確保高放射性廢棄物對公眾健康與安全不構成不合理的風險；
- (2) 美國能源部充分描述如何藉由設置、維護、以及安排實體防護系統，以符合 10 CFR 73.51 中一般功能目標及要求；
- (3) 美國能源部須明確定義並充分描述實體防護系統中，多重性(redundancy)與多樣性(diversity)組件以、子系統及組件的必要性，以確保功能的充分性，並且

符合 10 CFR 73.51(b)(2)的要求。換言之，美國能源部應描述用於提供多重性與多樣性的子系統與組件，並說明這些子系統或組件如何具備多重性與多樣性；

- (4) 美國能源部充分描述實體防護系統的設計、測試、及維護方式，以確保持續有效性、可靠性、以及可用性。

審查方法 3：防護目標

確認美國能源部能防止地質處置場運轉區失控，而可能導致輻射暴露超過 10 CFR 72.106 規定的劑量。美國能源部應制定實體防護策略，以防止未經許可進入地質處置場運轉區，而造成失控導致輻射劑量超過 10 CFR 72.106 所述之劑量。確認美國能源部持續維護與更新實體防護計畫，以反映必要的任何變化，並持續確保能夠防止地質處置場運轉區發生失控狀況的能力。

審查方法 4：安全組織

確認美國能源部描述適當的安全組織以管理、控制、及實施實體防護系統，且能符合實體防護計畫並保持其有效性。安全組織的接受標準是符合 10 CFR 73.51(d)的要求，及 10 CFR Part 73 的附錄 B、C 和 G，以及以下條件：

- (1) 美國能源部說明安全組織是由美國能源部直接雇用或是美國能源部的承包商。如果由承包商管理，確定美國能源部充分描述了其與承包商間的書面協議，相關規定必須滿足 10 CFR 73.51(d)和 10 CFR Part 73 附錄 B「保防人員一般準則」的要求；
- (2) 美國能源部為安全組織提供適當的組織結構以及管理。應包括制服安全人員與負責安全相關職能的其他人員，並符合 10 CFR 73.51(d)。結構描述應包括對設施及其管理負有責任與權限的各個監督與管理職位。安全組織必須提供足夠的輪值人力來監管偵測系統，並進行監視、評估、進出控制及通信，以確保對安全威脅有足夠的反應時間；
- (3) 美國能源部依據 10 CFR 73.51(d)(12)，至少每 24 個月對實體防護計畫進行一次審查，審查者應與實體防護計畫管理無關，且並非負實體防護計畫執行責任者。實體防護計畫的審查應針對實體防護系統、與指定應變人力或當地執法機構聯絡的有效性進行審查；

- (4) 美國能源部備有一份經核准的警衛隊訓練計畫(Guard Force Training Plan)，並符合 10 CFR 73 附錄 B 的「保防人員一般準則」的要求。實體防護計畫根據 10 CFR 73 附錄 B 的「保防人員一般準則」以及 10 CFR 73.51(d)(5)的規定，對安全組織的所有成員進行訓練、整備及認證，以執行其安全責任；
- (5) 美國能源部依據 10 CFR 73.51(d)(13)對維持/保留的紀錄加以維護，並充分說明如何維持/保留。

審查方法 5：實體障壁子系統

實體障壁的功能目標是確定允許活動與狀況的範圍。其他障壁功能目標是引導人員、車輛及材料進出控制點的路線；延遲或拒絕人員、車輛及物質未經許可的進出；延遲引致地質處置場運轉區失控的不良企圖；協助檢測與評估；並允許安全警力或當地執法機構及時做出反應，以防止惡意行為的發生。

確認美國能源部是否充分描述地質處置場運轉區的實體防護子系統。美國能源部的實體防護計畫須符合以下標準：

- (1) 美國能源部將高放射性廢棄物貯存於保護區內。進出保護區的材料需通過或穿越兩個實體障壁(一個保護區周圍的障壁及一個具備實質穿越阻力的障壁)。保護區周圍的實體障壁必須符合 10 CFR 73.2 的規定，而具備實質穿越阻力的障壁須被充分定義及描述。美國能源部在保護區設置圍籬，使其不能被抬起而讓人由下方爬行通過。美國能源部應描述保護區周圍障壁任何的進出點、使用的方法以及確保障壁完整性所採行的控制與保護方法。在地質處置場運轉區內，無須為惡意使用車輛設計專門的障壁；
- (2) 美國能源部充分描述了任何地質處置場運轉區隔離帶的位置及大小。美國能源部在保護區周圍沿著實體障壁建立隔離帶，寬度至少 6.1 公尺(20 英尺)，且障壁兩邊沒有任何障礙物或結構物，以允許符合 10 CFR 73.51(d)(1)的評估；
- (3) 美國能源部充份說明用於監測、觀察以及在保護區內對區域外評估活動所需之照明系統。照明系統必須足以評估未經許可的區外入侵或區內活動，並符合 10 CFR 73.51(d)(2)的要求。美國能源部應對保護區的照明展示，可接受的緊急備用電源及失去正常電力時的安全評估。在環境黑暗的所有時段均須維持保護區的照明，不限於進行安全評估當時；然而，10 CFR 73.51 並未特別

規定所須照明程度。審查者應考慮地質處置場運轉區的配置情形，一些結構物的障礙將使維持整個保護區內一致的照明程度相當困難。

審查方法 6：進出控制子系統與程序

進出許可控制與程序之功能目標是人員、車輛及材料的辨識，並對未經許可的進出啟動及時反應措施。

確認美國能源部提供地質處置場運轉區的進出控制子系統。子系統必須符合 10 CFR 73.51(d)(9)的要求，以及以下條件：

- (1) 美國能源部建立與維護一個人員識別系統，僅有被許可的人員才得以進出。人員識別系統應提供許可進出保護區的個人識別。可以使用駕駛執照的照片識別系統、使用難以偽造的名牌識別系統或面部識別系統。面部識別的使用限於必要場合(例如:長期雇用者與少數現場人員)；
- (2) 美國能源部根據 10 CFR 73.51(d)(9)的規定，描述了控制進出保護區人員之充分程序。這些程序應包括對於識別個人以及驗證個人許可方法的討論。程序亦應描述於進出保護區之前進行個人、車輛和手持包裹的目視搜索爆裂物技術。如果個人可以正確地被辨識、被許可進出，並且沒有被搜索到爆裂物，即可不需護送進入。如果不符合三個標準中任何一點，則拒絕其進出保護區；
- (3) 美國能源部根據 10 CFR 73.51(d)(7)建立與維護門禁系統，使僅有獲得許可的人員得以進出。管制準則 5.12(Regulatory Guide)的「保護與控制設備及特殊核物料門禁使用規則」(美國核管會，1973 年)應作為發展門禁系統的準則；
- (4) 美國能源部在紀錄完成或執照終止後，將保留以下文件 3 年：(i)許可進入保護區的個人進出日誌；(ii)安全組織成員的篩選紀錄；(iii)所有巡邏日誌；(iv)每次收到警報的紀錄，包括警報類型、接收警報時的位置、時間及解除警報等相關紀錄；(v)實體防護計畫審查報告。

審查方法 7：偵測、監控及警示子系統與程序

偵測、監控及警示子系統與程序的安全功能目標，為針對任何未經許可的進出或人員、車輛及材料嘗試進出或入侵事件發生時，即時偵測、評估及傳達，以即時反應並防止這些未經許可的進出或入侵。

確認美國能源部在地質處置場運轉區具有足夠的偵測、監控及警示子系統。子系統必須符合 10 CFR 73.51(d)的要求，並符合以下條件：

- (1) 保護區周圍兩個障壁間的隔離帶內，安裝適當的入侵偵測系統，符合 10 CFR 73.51(d)(3)的要求。美國能源部提供足以偵測保護區中隔離帶遭遇個體入侵的偵測系統。入侵偵測設備的功能、安裝及測試應符合管制準則 5.44 中「周圍入侵警示系統」修訂第 3 版(美國核管會，1997 年)的要求；
- (2) 中央警示站與次級警示站的位置、結構及特性必須符合 10 CFR 73.51(d)(3)。美國能源部在保護區內的人員常駐中央警示站及至少一個現場人員常駐警示站，設有所要求的全部警報標示。警示站的常駐人力和所要求警報的告示方法須充分加以描述，包含對警示站提供的保護(程序上和實體上的)，使警示站對外求援及對警報加以反應的能力不會在單一行動作用下被解除。審查者應確認，進出警示站的控制為須知事項，且中央警示站不可有干擾警示反應的活動。警示站的顯示系統應在兩個警示站顯示出所有警示及警示區域的狀態。第二級警示站僅需提供已經發生警示的綜合警示。美國能源部應遵照管制準則 5.44「周圍入侵警示系統」修訂第 3 版(美國核管會，1997 年)的警示顯示準則；
- (3) 偵測系統及其子系統必須有不當使用指示並透過線路監控。這些系統與監測/評估以及照明系統必須保持在可運作狀態；
- (4) 美國能源部依據 10 CFR 73.51(d)(4)的規定巡視保護區。為了評估巡視頻率，審查者應考量地質處置場運轉區的遠近、場址鄰近區域的活動屬性以及地質處置場運轉區的面積。

審查方法 8：通訊子系統

通訊子系統的安全功能目標是通報未經許可的入侵企圖，以及時反應並防止地質處置場運轉區的損失。

確認美國能源部為地質處置場運轉區提供完善的通訊子系統。通訊子系統必須符合 10 CFR 73.51(d)的要求，並符合以下條件：

- (1) 每個人員常駐警示站所屬人員可以尋求其他守衛、當地執法機構或指定應對部隊的協助；
- (2) 具備符合 10 CFR 73.51(d)(8)之多重系統，以確保與當地執法機構或安全應對部隊的聯繫；
- (3) 用於維持通訊系統在可運作狀況的方法，必須符合 10 CFR 73.51(d)(11)。

審查方法 9：設備操作性與補救措施

測試與維護程序的功能目標是確保安全設備在需要時能可靠地運作。

確認美國能源部在地質處置場運轉區備有適當的測試與維護計畫。測試與維護計畫須符合 10 CFR 73.51(d)的規定，且美國能源部對周圍入侵偵測系統提出滿足管制準則 5.44 修訂第 3 版（美國核管會，1997 年）的測試計畫。

審查方法 10：事故及應變計畫與程序

事故及應變計畫與程序的功能目標為提供保防事件的預定反應措施，以暫時阻礙敵對者，直到外部支援抵達。

確認美國能源部有足夠的地質處置場運轉區之應變計畫與程序。美國能源部的應變計畫與程序必須符合 10 CFR 73.51(d)(10)及 10 CFR Part 73 附錄 C，並符合以下條件：

- (1) 美國能源部對保護區制定未經許可入侵的保防應變計畫，包括 10 CFR Part 73 附錄 C 之第五類「程序」，以符合 10 CFR 73.51(d)(10)；
- (2) 美國能源部對於指定應對部隊或當地執法機構備有適當的書面應變計畫，以符合 10 CFR 73.51(d)(6)的要求。指定應對部隊可以是簽約的私有部隊，惟須符合 10 CFR Part 73 附錄 B 的要求。指定應對部隊若不能及時做出反應，可能需要採取額外保護措施，包含使用武裝警衛。

審查方法 11：保防事件的報告

確認美國能源部向美國核管會報告保防事件，符合 10 CFR Part 73 附錄 G 「可報告保防事項」的要求。

1.3.3 接受準則

以下為實體防護計畫的接受準則，基於符合 10 CFR 63.21(b)(3)的要求。

接受準則 1：實體防護計畫包括地質處置場運轉區的充分描述並提供了可行的實施時程

- (1) 實體防護計畫指明了地質處置場運轉區的位置、地質處置場運轉區的設施、待處理廢棄物、地質處置場運轉區的規劃、周圍地區以及周圍地形。實體防護計畫提供完善的圖示；
- (2) 實體防護計畫完善的實施時程。在實體防護系統實施與運作以前，高放射性廢棄物不會在地質處置場運轉區內貯存或使用。

接受準則 2：達成一般功能目標

- (1) 實體防護系統確保高放射性廢棄物的相關活動並不對公眾健康及安全構成不合理的風險；
- (2) 透過建立、維護及安排實體防護系統，滿足 10 CFR 73.51 規定的一般功能目標及要求；
- (3) 實體防護系統中，為確保適當功能所需的多重性與多樣性組件、子系統與組件，必須符合 10 CFR 73.51(b)(2)的要求；
- (4) 實體防護系統透過設計、測試及維護，以確保其持續有效性、可靠性及可用性。

接受準則 3：達成防護目標

實體防護系統的設計目的為防止地質處置場運轉區失控，導致輻射暴露超過 10 CFR 72.106 要求的劑量。美國能源部備有實體防護策略，以拒絕任何未經許可的進出而可能使地質處置場運轉區失控，導致輻射暴露超過 10 CFR 72.106 規定的劑量。美國能源部為因應任何變化，維護並更新實體防護計畫，以避免地質處置場運轉區失控的情況。

接受準則 4：適當的安全組織

美國能源部具備適當的安全組織以依據實體防護計畫管理、控制以及實施實體防護系統，並持續維持其有效性。

- (1) 美國能源部須說明安全組織是由美國能源部直接雇用還是能源部的承包商。美國能源部與合約部門需有適當的書面協議；
- (2) 美國能源部對安全組織有適當的結構與管理，包括制服保安人員及負責安全相關職能的人員。安全組織必須提供足夠的輪值人力來監管偵測系統，並進行監視、評估、進出控制及通信，以確保對安全威脅有足夠的反應時間；
- (3) 美國能源部至少每 24 個月對實體防護計畫交由與實體防護計畫管理無關且非負實體防護計畫執行責任者進行一次審查。實體防護計畫審查應評估實體防護系統、與指定應變人力或當地執法機構聯絡方法等的有效性；
- (4) 美國能源部建立一個適當的警衛隊訓練計畫。實體防護計畫對安全組織的成員進行訓練、整備及認證，以執行其保安責任；
- (5) 美國能源部適當維護記錄 10 CFR 73.51(d)(13)所規定的紀錄。

接受準則 5：適當的實體障壁子系統

實體障壁控制允許活動與狀況的範圍。障壁將槽化人員、車輛及材料出入進出控制點的通道；延遲或拒絕人員、車輛及材料未經許可的進出；延遲任何引致地質處置場運轉區失控的不良企圖；協助檢測與評估；並允許安全應對部隊或當地執法機構及時做出反應，以防止保安事件的可能。

美國能源部在地質處置場運轉區具備足夠的實體防護子系統。

- (1) 高放射性廢棄物只能貯存在保護區內。材料進出保護區需通過或穿越兩個實體障壁(一個保護區周圍的障壁以及一個具備實質穿越阻力的障壁)。保護區周圍的實體障壁符合 10 CFR 73.2 的規定，且具備實質穿越阻力的障壁已充分定義及描述。美國能源部在保護區設置圍籬，使其不能被抬起而讓人由下方爬行通過。保護區周圍障壁任何的進出點、使用的方法以及確保障壁完整性所採行的控制與保護方法已充分說明；
- (2) 所有地質處置場運轉區隔離帶的位置及大小已充分描述。保護區周圍沿著實體障壁的隔離帶寬度至少 6.1 公尺(20 英尺)，且障壁兩邊沒有任何障礙物或結構物，以允許符合 10 CFR 73.51(d)(1)的評估；
- (3) 美國能源部充份說明了用於監測、觀察以及在保護區內對區域外評估活動所需之照明系統。照明系統足以評估未經許可的區外入侵或區內活動，並符合 10 CFR 73.51(d)(2)的要求。美國能源部應對保護區的照明展示，可接受的緊急備用電源及失去正常電力時的安全評估。照明程度須足以進行所提出的保安評估方法。

接受準則 6：適當的進出控制子系統與程序

控制與程序足以確保人員、車輛及材料的驗證，以及對未經許可的進出及時採取應對措施加以阻止。

美國能源部提供地質處置場運轉區的適當進出控制子系統。

- (1) 美國能源部建立與維護一個人員識別系統，使進出僅限於被許可的個人。人員識別系統應提供獨特的個人識別以許可進出保護區；
- (2) 美國能源部提供適當程序以控制保護區的人員進出點。這些程序包括適當用於識別以及驗證個人的許可方法，以及在進出保護區之前進行個人、車輛和手提包裹的目視搜索爆裂物之技術。

- (3) 美國能源部根據 10 CFR 73.51(d)(7) 建立與控制適當的鎖定系統，以限制進出僅限於獲得許可的人員；
- (4) 美國能源部保留適當的進出管制紀錄。

接受準則 7：適當的偵測、監控、及警示子系統與程序

偵測、監控及警示子系統與程序足以立即偵測、評估及傳達任何未經許可的進出、穿越或是人員、車輛及材料的嘗試進出，並即時反應以防止這些未經許可的進出或入侵。

美國能源部在地質處置場運轉區具備足夠的偵測、監控及警示子系統。

- (1) 保護區周圍兩個障壁間的隔離區內，安裝適當的入侵偵測系統；
- (2) 中央警示站與次級警示站的位置、結構及特性皆符合 10 CFR 73.51(d)(3) 的規定。美國能源部在保護區內的人員常駐中央警示站及至少一個現場人員常駐警示站，設有所要求的全部警報標示。美國能源部提供警示站足夠的常駐人力和警報告示方法，使警示站對外求援及對警報加以反應的能力不會在單一行動作用下被解除。進出警示站的控制為須知事項，且中央警示站不可有干擾執行警示反應功能的營運活動。警示站的顯示系統在兩個警示站皆顯示出所有警示及警示區域的狀態；
- (3) 偵測系統及其子系統皆透過線路監控進行監測。這些系統與監測/評估以及照明系統都會維持在可操作的狀態；
- (4) 保護區內透過適當的日常隨機巡視進行監測。

接受準則 8：適當的通訊子系統

通訊子系統對未經許可的入侵企圖提出通報，使地質處置場運轉區能及時反應以防止失控。

美國能源部為地質處置場運轉區提供完善的通訊子系統。

- (1) 每個人員常駐警示站所屬人員可以尋求其他守衛、當地執法機構或指定應對部隊的協助；
- (2) 使用多重系統以確保與當地執法機構或安全應對部隊聯繫；
- (3) 具有適當的方法維持通訊系統在可運作狀況。

接受準則 9：適當的設備操作性與補救措施

測試與維護程序能夠確保安全設備在需要時能可靠地運作。

美國能源部對地質處置場運轉區實體防護計畫有足夠的測試與維護計畫。

接受準則 10：適當的事故及應變計畫與程序

事故及應變計畫與程序提供保防事件的預定反應措施，以暫時阻礙敵對者，直到外部支援抵達。

美國能源部對地質處置場運轉區有適當的事故及應變計畫與程序。

- (1) 美國能源部提供適當的保防事故應變計劃以因應保護區未經許可的進出或內部活動；
- (2) 美國能源部對於指定應對部隊或當地執法機構備有適當的書面反應計畫。

接受準則 11：適當之保防事件報告

美國能源部向美國核管會提供適當的保防事件報告。

1.3.4 審查發現

如果執照申請提供足夠資訊且適當地滿足 1.3.3 節的接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.21(b)(3)的要求。美國能源部針對高放射性廢棄物將實施適當的實體防護計畫，包括實體防護、保防事故應變計畫以及符合 10 CFR 73.51 的安全組織人員培訓與資格認證計畫。

1.4 物料管制與料帳計畫

本項審查是在驗證美國能源部的物料管制與料帳計畫有說明、建立、執行、及維持適當的計畫，以防止、偵測、及反應高放射性廢棄物的遺失。高放射性廢棄物的物料管制與料帳要求規定於 10CFR 63.21(b)(4)與 10CFR 63.78。在建造審核階段，美國能源部依規定必須提報物料管制與料帳計畫的說明，以符合 10CFR 63.78 的規定。此項說明包括設計基礎資訊、評估物料管制與料帳計畫對設計特徵的潛在衝擊、及物料管制與料帳計畫的實體方面說明。

審查職責—燃料循環安全與保防部門、高放射性廢棄物部門、環境和功能評估部門

1.4.1 審查範圍

本節審查物料管制與料帳計畫。審查委員將審查 10CFR 63.21(b)(4)所規定的資訊。

核管會幕僚人員將使用 1.4.2 與 1.4.3 節的審查方法與接受準則審查物料管制與料帳計畫的各方面：

- (1) 對所貯存高放射性廢棄物的物料結餘、盤存、及紀錄和程序；
- (2) 防備意外臨界或特殊核子物料遺失報告的程序；
- (3) 準備物料狀態報告的程序；及
- (4) 準備核子物料轉帳報告的程序。

1.4.2 審查方法

審查方法 1：物料結餘、盤存、及紀錄保存程序

驗證物料管制與料帳計畫有針對美國能源部在地質處置場運轉區所擁有的核子物料建立闡明、管制、及料帳的基礎。驗證紀錄將適當登錄接收、盤存(包括位置)、處置、獲得、及轉帳用過核子燃料與高放射性廢棄物，包括在任何再取出作業時保持盤存的條款。在這些紀錄中應提報廢棄物型態、擬議的廢棄物包件、熱產生率、及物料管制歷史的資訊。驗證程序有規定只要有物料貯存就應保存紀錄，直至處置場封閉 5 年後。除非核管會另有規定，應遵照 10CFR 72.72(a)的規定，保留下來的紀錄起碼應包括下列資訊：

- (1) 托運人姓名；
- (2) 每一項目放射性物料的估計量，包括高放射性廢棄物；
- (3) 項目識別與印章編號；
- (4) 貯存或放置位置；
- (5) 每一燃料組件或貯存不銹鋼桶在場址內的移動；及
- (6) 最終處置。

驗證對貯存中用過核子燃料或高放射性廢棄物執行實體盤存的時間間隔不超過 12 個月(除非美國核管會另有規定)。美國能源部將保留一份目前盤存的副本，直至美國核管會終止其執照。

驗證有設計並執行政策、實踐、及程序以確保存實體盤存的品質與和實體盤存有關於的管制和保持紀錄和文件的品質。應保存一份目前盤存的副本，直至美國

核管會終止其執照。

確證書面的物料管制與料帳程序，足供美國能源部交代貯存中的物料，且將被建立、維持、及遵守。美國能源部將保存一份目前物料管制與料帳程序的副本，直至美國核管會終止其執照。

驗證在物料管制與料帳系統的查核與結餘，確證由於工作人員個人或共謀行為偽造數據與報告以掩飾盜取高放射性廢棄物，可被及時偵測出。

確證貯存中用過核子燃料或高放射性廢棄物的紀錄將有備份。紀錄的備份應保存在不同的位置，使單一事件不會同時毀壞兩組紀錄。美國能源部將保留由地質處置場運轉區轉移出用過核子燃料或高放射性廢棄物的紀錄，直至轉移後至少 5 年。

審查方法 2：意外臨界或特殊核子物料遺失的報告

驗證設計用來防止內部人員企圖共謀盜取特殊核子物料的防護計畫有考慮到並列入計畫中。

驗證異常(異常或不正常事件)顯示特殊核子物料可能遺失(不論其原因是否為故意的)，立即正確通報美國核管會的程序。

驗證異常通報系統足以立即反應警示特殊核子物料潛在遺失，並立即決定區別實際遺失或是系統失誤。驗證在警報觸發後，有規劃、驗證、及報告適當的補救行動。

驗證有適當的程序，以採用緊急通報系統向美國核管會作業中心，提報意外臨界或特殊核子物料遺失。假若緊急通報系統不通，可以採用商用電話、或其他專線電話、或任何其他方法，以確保美國核管會收到報告。此項報告必須在發現意外臨界或任何特殊核子物料遺失後 1 小時內提報。

審查方法 3：準備物料狀態報告的程序

驗證物料狀態報告的程序完備，以電腦可讀的格式，遵照 NUREG/BR-0007(美國核管會 2000a)與核子物料管理與保防系統報告 D-24，"美國核管會持照者個人電腦數據輸入"(美國核管會 1994)，的規定提報美國核管會。持照者對於用過核子燃料中所含特殊核子物料擁有、接收、轉移、處置、或遺失均應提報。驗證程序有規定每年的 3 月 31 日與 9 月 30 日提報物料狀態報告，且必須在報告涵蓋期限後 30 日內提報，除非美國核管會另有規定或依照 10CFR 75.35 有關

執行美國與國際原子能署保防協定另有規定外。

審查方法 4：準備核子物料轉移報告的程序

確證美國能源部建立可稽查的紀錄足以證明提報的規定。確證程序闡明紀錄的格式與適當的保防以確保紀錄的完整性。驗證程序有規定，每當用過核子燃料轉移或接收，如 10CFR 72.78 的規定，均應遵照 NUREG/BR-0006(美國核管會 2000b)與核子物料管理和保防系統報告 D-24，"美國核管會持照者個人電腦數據輸入"(美國核管會 1994)的指令，以電腦可讀的格式，完成核子物料交易報告。

1.4.3 接受準則

以下的接受準則是基於符合 10CFR 63.78 有關物料管制與料帳計畫的規定，以達成 10CFR 72.72、72.74、72.76、及 72.78 所規定的系統功能。

接受準則 1：對用過核子燃料與高放射性廢棄物的物料結餘、盤存、及紀錄保存程序是適當的

- (1) 物料管制與料帳計畫建立基礎以闡明、管制、及料帳美國能源部將被授權擁有的核子物料。
- (2) 紀錄有適當地登錄接收、盤存(包括位置)、處置、獲取、及轉移用過核子燃料與高放射性廢棄物，包括在任何再取出作業時維持盤存的條款。針對廢棄物型態、擬議的廢棄物包件、任何包封物料的特徵、放射核種特徵、熱產生率、及歷史等適當資訊均已經提報。程序有規定紀錄必須在物料貯存期間保留，且依照 10CFR 72.72(a)的規定，直至處置場封閉後 5 年內，除非核管會另有規定。在紀錄內保留的資訊包括：
 - (a) 托運者姓名；
 - (b) 每一項目放射性物料的估計量，包括高放射性廢棄物；
 - (c) 項目識別與印章編號；
 - (d) 貯存或放置位置；
 - (e) 每一燃料組件或貯存不銹鋼桶在場址內的移動；及
 - (f) 最終處置。
- (3) 貯存中用過核子燃料與高放射性廢棄物的物理盤存執行時間間隔不得超過 12 個月(除非美國核管會另有規定)。
- (4) 設計與執行適當的政策、實踐、及程序，以確保物理盤存的品質與管制和維

持與物理盤存有關的紀錄與文件的品質。必須保留一份目前盤存的副本，直至美國核管會終止其執照。

- (5) 建立、維持、及遵照書面物料管制及料帳程序，足供美國能源部交代貯存中的物料。必須保留一份目前物料管制與料帳程序的副本，直至美國核管會終止其執照。
- (6) 物料管制與料帳系統包括查核與結餘，足以偵測偽造的數據與報告，可能為工作人員個人或共謀行為，以隱瞞可能的高放射性廢棄物盜取。及
- (7) 貯存中用過核子燃料或高放射性廢棄物的紀錄有備份。備份的紀錄保存在不同的位置，使單一事件不會同時毀壞兩者。用過核子燃料或高放射性廢棄物轉移離設施的紀錄，在轉移後至少要保存 5 年。

接受準則 2：確保及時報告意外臨界或遺失特殊核子材料的程序是適當的

- (1) 美國能源部將具有適當的防止共謀計畫，以防止內部人員盜取特殊核子材料的企圖。
- (2) 美國能源部將向美國核管會提報任何異常(異常或不正常條件或情況)顯示有可能遺失特殊核子材料(不論其原因是否為故意的)。
- (3) 美國能源部的異常通報系統，能夠對顯示特殊核子材料潛在遺失的警報立即反應，並能決定所觀測到的異常情況是實際的遺失或是系統的錯誤。報告程序與解決計畫將闡明系統錯誤或無辜原因的類型，因此可以採行補救措施。並及時反應以確保由於盜取、遺失、或其他錯誤使用結果的訊號，立即加以調查解決。及
- (4) 使用緊急通報系統，向美國核管會作業中心提報意外臨界或遺失特殊核子材料的程序是適當的。假若該系統不通，可以使用商用電話、其他專線電話、或任何其他方法，以確保美國核管會收到報告。在發現意外臨界或任何遺失特殊核子材料 1 小時以內，即應提報。

接受準則 3：準備物料狀態報告的程序是適當的

- (1) 程序有規定完成物料狀態報告，以電腦可讀格式，提報給美國核管會，遵照 NUREG/BR-0007(美國核管會 2000a)與核子物料管理與保防系統報告 D-24，"美國核管會持照者個人電腦數據輸入"(美國核管會 1994)的指令。持照者擁有、接收、轉移、處置、或遺失特殊核子材料數量的資訊將會提報。程序有

規定物料狀態報告於每年的 3 月 31 日與 9 月 30 日，必須在報告所涵蓋期限後 30 日內提報，除非美國核管會另有規定，或者依照 10CFR 75.35 有關執行美國與國際原子能署保防協定另有規定外。

接受準則 4：準備核子物料轉移報告的程序是適當的

- (1) 美國能源部建立可稽查的紀錄，足以證明符合提報報告的規定。此外，有關於用過燃料接收與處置的每一筆紀錄，將被保留直至美國核管會終止其執照。
- (2) 闡明這些紀錄保存形式的程序。
- (3) 適當保防以防止篡改與遺失紀錄的程序。及
- (4) 規定無論何時轉移或接收用過核子燃料，完成核子物料交易報告的程序，以電腦可讀的格式，遵照 NUREG/BR-0006(美國核管會 2000b)與核子物料管理與保防系統報告 D-24，"美國核管會持照者個人電腦數據輸入"(美國核管會 1994)的指令提報，如 10CFR 72.78 的規定。

1.4.4 審查發現

假若執照申請文件提報充分的資訊，且適當符合第 1.4.3 節法規接受準則，核管會幕僚人員結論為此部分官員的審查結果可以接受。審查委員撰寫資料適合包括在為整個審請案所準備的安全審查報告內。此報告有一摘要說明審查的標的為何與為何審查委員發現所提報的文件可以接受。官員可以將審查登載如下所示：

美國核管會幕僚人員已經審查安全分析報告與其他提報資料以支持執照的申請，且發現，具有合理的保證，滿足 10CFR 63.78 的規定。美國能源部已經建立物料管制與料帳計畫，符合 10CFR 72.72、72.74、72.76、及 72.78 的規定。

1.5 場址特徵化工作描述

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

1.5.1 審查範圍

本節回顧安全分析報告(Safety Analysis Report)中，支援技術討論和描述所需之雅卡山(Yucca Mountain)場址特徵工作的描述和結果。評審委員將評估聯邦法規 10 CFR(Code Federal Regulation) 63.21(b)(5)所要求的資訊。

本節中執照申請提供的詳細程度應與執行摘要(executive summary)相似。待審查的資料本質上以資訊為主，不對執照申請中的資訊進行詳細的技術分析。雅卡山審查計畫(Yucca Mountain Review Plan)將會詳細地審查這些技術所涵蓋的資

訊。

工作小組將使用第 1.5.2 節和第 1.5.3 節中的審查方法和接受準則，審查下列場址特徵化工作的描述和結果：

- (1) 地質學；
- (2) 水文學；
- (3) 地球化學；
- (4) 母岩的大地工程特性和條件；
- (5) 氣候學、氣象學和其他環境科學；
- (6) 所考慮之參考生物圈。

因為本章使用雅卡山審查計畫審查的本質是以資訊為主，審查方法並非以風險資訊及執行功能為基礎，不會有執行功能評估之對比。

1.5.2 審查方法

審查方法 1：描述場址特徵化工作內容

確認執照申請的「一般資訊(General Information)」章節中已描述了場址特徵化工作內容。此一般性的描述至少應包含下列的領域中特定場址資訊：

- (1) 地質學；
- (2) 水文學；
- (3) 地球化學；
- (4) 母岩的大地工程特性和條件；
- (5) 氣候學、氣象學和其他環境科學；
- (6) 所考慮之參考生物圈。

審查方法 2：節要場址特徵化成果

確認執照申請的「一般資訊」章節中描述了場址特徵化工作內容的結果，可接受的節要說明應包含：

- (1) 與其他場址特性摘要一致的完整地質概述，包含：
 - (a) 場址的物理性環境，包含主要的地形和地質特徵；
 - (b) 地表和地下主要岩層單位及地層關係的描述；
 - (c) 可能的重要地層和構造特徵(如斷層、破碎帶、節理組(joint sets)和節理系)的描述和位置；

- (d) 描述涉及建議處置場操作和安全相關的地層單位之大地工程性質；
 - (e) 提出將用於評估計畫處置場之估計功能的建議地質系統；
 - (f) 摘要區域地貌、構造、地震和火山模式(即概念、技術基礎、數據解釋)，特別強調可能對處置場運轉和安全產生影響的特徵、事件和作用；
 - (g) 需要複雜工程量測的潛在地質災害的界定；
 - (h) 地震活動性的節要評估；
 - (i) 火山活動的節要評估。
- (2) 與其他場址特性摘要一致的水文概述，包含：
- (a) 水文地質的特點描述(含水層和限制單位)，包含發生在合理最大暴露個體的位置：應包含主要水文地層單元的水力傳導性(hydraulic conductivity)、流通性(transmissivity)、孔隙率(porosities)、滲透率(permeability)和其他重要水文地質參數的資訊；
 - (b) 區域地下水流系統的解釋，包含影響地區性和區域性地下水供應之主要特徵和控制的討論；
 - (c) 所提出用來估計建議處置場特性之水文地質系統(飽和及未飽和)描繪；
 - (d) 當地氣候，包含降雨、溫度和地表徑流的描述和討論；
 - (e) 地下水質的討論；
 - (f) 目前的用水模式討論，包含來自含水層的地下水抽取；
 - (g) 估計各含水層系統水的流量；
 - (h) 地表水文特徵的界定(包含蓄水池和水流通道(連續性或間歇性)或其他幾何特徵)，可能潛在的影響地質處置場運轉區域之運轉或安全。
- (3) 與其他場址特性摘要一致的地球化學概述，包含：
- (a) 估計處置場安全性的地球化學環境描述；
 - (b) 評估地下水以確定諸如水化學、放射性核種溶解度和放射性核種吸附能力的特性；
 - (c) 放置廢棄物包件附近預期的地球化學環境之描述。
- (4) 與其他場址特性摘要一致的大地工程特性和條件概述，包含：
- (a) 場址的土壤工程性質進行特徵化所需現場調查結果之討論；
 - (b) 場址調查結果的討論，需要特徵化場址母岩類型的工程特性，特別強調

地質處置場地下開挖所需的母岩和其周圍環境；

(c) 其他場址特徵化工作的討論和描述，以定義地表和地下設施的相關大地工程性質和預期反應/功能。

- (5) 場址的氣候、氣象和其他環境資訊的摘要，此概述還應包含古氣候特徵，事件和過程的描述；
- (6) 所考慮之參考生物圈的摘要。選擇用於劑量評估的生物圈途徑應該與中緯度沙漠中乾燥或半乾燥條件相一致。美國能源部在執照申請中必須提出合理最大限度暴露個體(reasonably maximally exposed individual)的位置，以及當地代表性的飲食和生活方式。使用雅卡山審查計畫的第2節「安全分析報告的審查計畫」(Review Plan for Safety Analysis Report)對合理暴露最大的個體之特徵資訊進行詳細審查。

1.5.3 接受準則

以下接受準則依據滿足 10 CFR 63.21(b)(5)的要求，涉及執照申請「一般資訊」章節中提供的場址特徵化工作的描述。(一般來說，這些資訊的詳細技術審查在雅卡山審查計畫第2節「安全分析報告的審查計畫」中討論。)

接受準則 1: 執照申請的「一般資訊」章節包含場址特徵化活動內容的充分描述。

- (1) 充分概述有關地質的場址特徵化活動；水文學、地球化學、母岩的大地工程性質和條件；氣候學、氣象學等環境科學；和參考性生物圈定義。

接受準則 2: 執照申請的「一般資訊」章節包含場址特徵化結果的適當描述。

- (1) 充分了解雅卡山地區(Yucca Mountain region)目前的特徵和過程；
- (2) 雅卡山地區處置場安全中對於未來事件和可能出現的過程演變提供適當的資訊；
- (3) 所考慮之參考生物圈的描述與雅卡山場址內及周圍的自然過程的現有知識一致，包含合理地最大限度暴露的個體位置。

1.5.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足1.5.3節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會(U.S. Nuclear Regulatory Commission)工作小組審查了支持場址特徵化執照申請而提交的一般資訊和其他資訊，並在合理保證下滿足 10 CFR 63.219(b)(5)的要求。利用適當的摘要描述雅卡山場址特性，以及這些工作的結果節要，讓工作小組評估執照申請的整體充分性。

1.6 參考文獻

- U.S. Nuclear Regulatory Commission. Regulatory Guide 5.44, 「Perimeter Intrusion Alarm Systems.」 Revision 3. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission, Office of Standards Development. October 1997.
- Regulatory Guide 5.12, 「General Use of Locks in the Protection and Control of Facilities and Special Nuclear Materials.」 Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission, Office of Standards Development. November 1973.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission. NUREG/BR-0006, 「Instructions for Completing Nuclear Material Transfer Reports.」 Revision 4. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. February 2000a.
- NUREG/BR-0007, 「Instructions for the Preparation and Distribution of Material Status Reports.」 Revision 3. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. February 2000b.
- 「Personal Computer Data Input for U.S. Nuclear Regulatory Commission Licensees.」 Nuclear Materials Management and Safeguards System Report D-24. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. May 1994.

第二章、安全分析報告的審查計畫

劑量預測：確定封閉前和封閉後劑量限制的一致性，包含使用電腦程式估計潛在的風險。規定指定總有效劑量當量作為估計劑量時使用的量度。工作小組應使用一年暴露於放射性物質所產生內部劑量的關鍵有效劑量當量，與一年中外部輻射暴露的有效劑量當量之和，作為計算潛在的暴露量。此外，工作小組應使用聯邦指導性報告 12(Federal Guidance Report 12)和國際放射防護委員會出版物 26(International Commission on Radiological Protection in its Publication 26)中的器官加權因子進行外部劑量計算。(注：10 CFR Part 63，66 FR 55734 和 55735 的「注意事項聲明」描述了用於計算總有效劑量當量的方法)。

職業性的劑量監測：將測量現場輻射工作者的實際暴露量，以確保符合 10 CFR Part 20 的要求。

2.1 永久封閉前之處置場安全

2.1.1 封閉前安全分析

封閉前安全分析之告知風險的審查流程—本節提供符合聯想法規 10 CFR Part 63 執行功能目標的審查，這些目標是根據可接受的風險建立工作小組和民眾的允許劑量。10 CFR 63.21(c)(5) 要求在永久封閉之前對地質處置場運轉區進行封閉前安全性分析，以確保符合執行功能目標。封閉前安全分析是對場址、設計、潛在危險、初始事件及其後果，並對工作小組和民眾造成潛在劑量後果的系統檢查。封閉前安全分析考慮了潛在危害的機率，同時考慮可能性計算支持的數據相關聯之不確定性範圍。定義事件序列，以及這些人為誘導和自然事件的序列被使用於計算工作小組和民眾的劑量方面，包含結構、系統和組件之潛在破壞後果(consequences of potential failures)輸入源。將這些計算的劑量與允許的劑量進行比較，以確定是否符合執行功能目標。結構、系統和組件必須具有功能以符合執行功能目標劑量限制，這對於安全性至關重要。封閉前安全分析也界定並描述了防止潛在事件序列發生或減輕其結果的控制，並採取措施界定，確保安全系統的可用性。封閉前安全分析的最終產物是安全至關重要之結構、系統和組件的列表(也稱為 Q-List)以及相關設計標準和技術規範，以保持其功能和滿足執行功能目標。對安全至關重要之結構、系統和組件還可以進一步分類，依據相對安全定

義(使用封閉前安全分析的風險資訊)。這種分類可以用於關注執照申請中提供的設計細節之級別，並通過一個分級的品質保證計畫控制品質保證程序。美國能源部計劃將根據安全/風險意義對結構、系統和組件進行分類，並實施與安全重要性相稱的分級品質保證計畫。

因此，雅卡山審查計畫 包含適當的標準以評估美國能源部對於結構、系統和組件進行分類，以及對品質保證要求進行分級的技術基礎。

工作小組審查的重點是封閉前安全分析確定對於安全至關重要的項目。對 Q-List 的設計項目嚴格審查，以及對於細節的注意程度，取決於相對的安全重要程度。雅卡山審查計畫中沒有規定設計標準，因為 10 CFR Part 63 允許美國能源部制定設計標準並說明其適用性。因此，美國能源部有足夠的空間使用任何法規、標準和方法以說明其適用性和適當性。依據執行功能為主且有風險告知的審查程序，這種靈活性是必要的。雅卡山審查計畫中，依據執行功能且有風險告知的審核流程在於確定是否符合如美國能源部門安全分析所示的執行功能目標。綜上所述，審查理念是依據以下前提：(i) 美國能源部必須通過封閉前安全分析證明、處置場設計、建造和營運應符合整個封閉前期內的指定暴露限值(執行功能目標)；(ii) 工作小組必須將審查重點放在滿足執行功能目標條件下與安全至關重要的結構、系統和組件的設計；最後，(iii)人力資源將按比例重點檢查和審查高風險重要結構、系統和對安全至關重要的組件。

2.1.1.1 關於封閉前安全分析之場址描述

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.1.1.1.1 審查範圍

本節提供了有關場址描述審查的導引，因為這涉及到封閉前安全分析和地質處置場的運轉區設計。評審委員將評估 10 CFR 63.21(c)(1)(i) - (iii)要求的資訊。

場址描述的充分性應在進行封閉前安全分析和設計地質處置場運轉區所需的資訊背景下進行評估。本節審查人員應與雅卡山審查計畫(Yucca Mountain Review)第 2.1.1.3 節(「危害界定和初始事件」)以及第 2.1.1.7 節(「對於安全和安全控制至關重要之結構、系統和組件的設計」)的審查人員協調審查。

工作小組將使用 2.1.1.1.2 和 2.1.1.1.3 節中的審查方法和接受準則，對場址描述的以下部分進行評估，這些部分涉及封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設

計。

- (1) 場址地理；
- (2) 區域人口；
- (3) 當地氣象和區域氣候學；
- (4) 區域和地區性地表水和地下水水文；
- (5) 場址地質和地震學，包含地表和地下設施設計相關的地球工程性質；
- (6) 火成活動；
- (7) 場址地形地貌；
- (8) 場址地球化學；
- (9) 土地利用、結構和設施，以及整個土地使用區域內的殘留放射活性。

2.1.1.1.2 審查方法

審查方法 1：場址地理描述

審核場址位置區域明顯的自然和人為特徵是否已充分定義及規定，例如山脈、溪流、軍事基地、民用和軍用機場、人口中心、道路、鐵路、輸電線路、濕地、地表水體，以及潛在的危險商業活動和製造中心，這些可能對於審查封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計至關重要。

確認場址的限制區域內自然和人為物體的特點，可能對封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計的評估具有重要意義。

查明場址和附近設施具有足夠詳細和適當尺度的地圖，以提供審查封閉前安全分析和地質處置場運轉區及受控制的區域、控制區出入點(access points)，以及從邊界到設備的重要特點設計所需的資訊，場址地圖應清楚地說明場址的邊界距離。地圖應描述場址地形和地表排水模式，以及道路、鐵路、輸電線路、濕地和地表水體。

審查方法 2：區域性人口學描述

審核區域人口統計資訊是依據目前的人口普查數據，並將人口分佈作為距離地質處置場區域的距離函數，人口資訊應足夠詳細以確定民眾真實的位置，應預測封閉前的人口資訊。

審查方法 3：地方氣象學和區域氣候學的描述

評估執照申請關於當地氣象和區域氣候學的數據之充分性，這些數據可能對

於審查預防性安全分析和地質處置場運轉區域設計至關重要，包含以下項目：

- (1) 極端溫度；
- (2) 大氣穩定性；
- (3) 平均風速和主風向；
- (4) 極端風；
- (5) 龍捲風。

確認數據收集技術是依據可接受的方法(例如 NUREG-0800(U.S. Nuclear Regulatory Commission ,1987))，並且提供依據該技術基礎的數據摘要。

評估關於年度降水量和降水形式的資訊，以及場址可能的最大降水量，確認是使用可接受的方法來發展此資訊。

確認執照申請充分定義惡劣的氣候類型、頻率、大小和持續時間，例如龍捲風、閃電和風暴，並對惡劣氣候評估提供的設計基準/標準之有效性進行評估。

審核美國能源部是否已有充足的歷史數據支持進行適當的趨勢分析。

審查方法 4：區域性的地區性地表和地下水文學描述

評估雅卡山地表和地下水水文的描述，審核封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計相關的水文特性是否得到充分確認。

審核地質處置場運轉區域設計可接受自然排水特性的任何可能改變之影響分析。要做出此決定，請與雅卡山審查計畫第 2.1.1.7 節(「對於安全和安全控制至關重要之結構、系統和組件的設計」)的審核員協調。

確認可能的最大洪水計算，並且有足夠的數據支持，包含流域的實際暴雨數據。NUREG-0800(U.S. Nuclear Regulatory Commission ,1987)第 2.4.3 節可用於進行此項審查。

審查方法 5：場址地質和地震學的描述

審核美國能源部是否提供了足夠的現場地質資料，支持封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計，包含整個地表和地下建築區的地層和岩性。要做出此決定，請與雅卡山審查計畫的 2.2.1.3 節(「模式精簡化(Model Abstraction) 」)的審核人員協調。

於即將進行的主要施工區域，依據現地和實驗室試驗結果，確認場址特徵化資料包含母岩的地質力學特性和條件，這些資料的收集和處理應依據公認的業界

技術和標準。審核母岩力學試驗資料支持地下材料穩定性的執照申請分析。請注意，使用雅卡山審查計畫的第 2.1.1.7 節(「對於安全和安全控制至關重要之結構、系統和組件的設計」)進行資料充分性和設計參數是否適當的評估。

確認土壤的工程特性，並依據實驗室和現場試驗提供的結果建造地面設施，審核美國能源部使用公認的業界技術收集和處理這些數據。

確認詳細的土壤試驗數據支持地表材料穩定性的執照申請分析，包含考慮地表沉降、過去的負載歷史和液化潛能。

諮詢雅卡山審查計畫第 2.2.1.3.2.3 節的審查人員(「接受標準-工程障壁的力學破壞」)，以確認場址的地震動以及地表和地下斷層位移已經被適當地特徵化。這些評估應包含第 1 類活動斷層、震源區、以及每個震源的最大地震規模和回歸周期等地震參數、歷史地震資料、古地震資料和地震動衰減模式的列表。專題報告 YMP/TR-002-NP:「評估雅卡山的斷層位移和地震動危害的方法(Methodology to Assess Fault Displacement and Vibratory Ground Motion Hazards at Yucca Mountain)」修訂版 1(U.S. Department of Energy, 1997)提出了一種可接受的方法。

利用可接受的方法審核這些特徵化的地震動以及地表和地下斷層位移是否轉換至工程設計參數。

評估設施基礎的靜態和動態穩定性分析、地下位移漂移、以及自然和人為斜坡(包含開挖與回填)，這些破壞可能導致放射性核種被釋放。審核是否使用適當的方法進行分析，使用的資料是否適合，並且結果是否被正確地解釋。

審查方法 6：場址火成活動資訊

諮詢雅卡山審查計畫第 2.2.1.2 節(「情景分析和事件概率」)的審核人員，以審核執照申請是否已充分考慮場址之火成活動，包含火山噴發、地下火成活動/流和火山灰流(ash flow)/火山灰沉降(ash fall)。

審查方法 7：場址地形地貌資訊

評估場址地形地貌的分析[使用導引如 NUREG / CR-3276(Schumm 和 Chorley, 1983)以及「編號 I 鈾磨礦尾渣場址補救措施選擇文件的標準格式和內容(Standard Format and Content for Documentation of Remedial Action Selection at Title I Uranium Mill Tailings Sites)」(U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1989)]。評估地表侵蝕的程度以及大型崩塌的可能性，如地滑或母岩崩落，或河道及河間

地快速的河流剝蝕，這些可能影響場址結構或運轉。

審查方法 8：場址地球化學資訊

評估雅卡山安全分析和地質處置場運轉區域設計相關的地球化學資訊之描述，以確認其是否足夠，包含以下項目：

- (1) 任何基岩內或棲止水帶(perched water zones)內或偶然流經破裂的突發性流動之地下水之地球化學組成是否確定腐蝕性；
- (2) 處置場深處的地球化學成分是否會被水流經過而淋溶或增加腐蝕性；
- (3) 因為加熱或其他過程而對母岩破裂帶或基岩造成地球化學換質，改變地質力學(geomechanical) 岩體特性。

審查方法 9：土地利用、結構和設施以及殘留放射性

評估土地使用區域(land withdrawal area)內過去使用土地的描述；人造結構和設施的描述、位置和用途；以及在土地使用區域內確定與封閉前安全分析有關的任何剩餘輻射源。評估應包含以下項目：

- (1) 與土地用途衝突的處置場；
- (2) 現有結構和設施的影響或這些設施的潛在污染；
- (3) 民眾或工作小組潛在暴露於場址的殘餘輻射。

2.1.1.1.3 接受準則

以下接受準則是依據滿足 10 CFR 63.112(c)關於場址描述的要求，因為它涉及封閉前安全分析。

接受準則 1：執照申請評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計是否有適合的場址地理描述。

- (1) 場址位置是否已充分定義。場址位置相對於明顯的自然和人為特徵，例如山區、溪流、軍事基地、民用和軍用機場、人口中心以及潛在危險的商業活動和製造中心，這可能對於審查封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計至關重要；
- (2) 充分確定場址控制區內可能對於評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計有關的自然和人為物體是否有具體特徵化；
- (3) 場址和附近設施足夠詳細和適當尺度的地圖，以提供審查封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計所需的資訊。場址地圖清楚的指示場址邊界和受控制

的區域、受控制區域出入點，以及從邊界到設備重要特點的距離。地圖應描述場址地形和地表排水模式，以及道路、鐵路、輸電線路、濕地和地表水體。

接受準則 2：執照申請評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計，是否有適合的區域人口描述。

(1) 區域人口統計資訊是依據當前的人口普查數據，並將人口分佈作為距離地質處置場區域的距離函數。

接受準則 3：執照申請評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計，是否有適合當地氣象和區域氣候學描述。

(1) 執照申請關於當地氣象和區域氣候學的資料，可能對於審查封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計至關重要；

(2) 資料收集技術依據公認的方法，並提供資料摘要的技術基礎；

(3) 提供充足的資訊，包含年度降水量和降水形式，以及場址可能的最大降水量；

(4) 執照申請充分定義了惡劣天氣的類型、頻率、大小和持續時間。提供了對於設計災害性天氣的評估有效的基準/標準；

(5) 適當進行趨勢分析，並且有充足的歷史資料支持執照申請。

接受準則 4：執照申請評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計，是否有足夠的地區性和區域水文資訊。

(1) 描述雅卡山地表水和地下水水文，適當地界定封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計相關的水文特性；

(2) 地質處置場運轉區域設計對於自然排水特性的任何可能改變之影響分析是可接受的；

(3) 有足夠的資料支持可能的最大洪水計算，包含流域的實際暴雨資料。

接受準則 5：執照申請評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計，有關足夠有關場址之地質和地震學描述。

(1) 執照申請提供了足夠的現場地質資料，支持封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計，包含整個地表和地下建築區的地層和岩性；

(2) 依據現地和實驗室試驗結果所得的資料是否足以特徵化場址，包含進行主要施工區域的岩層之母岩力學特性；這些資料的收集和處理應依據公認的業界技術和標準；

- (3) 母岩力學試驗數據支持執照申請分析所需的地下材料穩定性；
- (4) 建造地面設施的土壤工程特性是否依據實驗室和現場試驗提供的結果，這些數據來自公認的業界技術收集和處理；
- (5) 詳細的土壤試驗數據是否支持申請執照分析所需的地表材料穩定性，並考慮地表沉降、過去的負載歷史和液化潛能；
- (6) 場址的地震動以及地表和地下斷層位移是否已經被充分特徵化，同時考慮到雅卡山審查計畫第 2.2.1.3.2.3 節(「工程障壁的力學破壞」)的評估，並考慮第 1 類活動斷層、震源區、每個震源的最大規模和回歸周期等地震參數、歷史地震資料、古地震資料和地震動衰減模式的列表。專題報告 YMP / TR-002-NP(U.S. Department of Energy, 1997)提出了一種可接受地震動以及地表和地下斷層位移危害評估的方法；
- (7) 使用特徵化地震動以及地表和地下斷層位移開發地震設計資料；
- (8) 執照申請提供了對於設施基礎、地下位移漂移，自然和人為斜坡(slopes)(開挖與回填)的靜態和動態穩定性的分析，以及其破壞可能導致放射性核種釋放。使用適當的方法進行分析，使用的數據適合於此方法，並且結果被正確地解釋。

接受準則 6：執照申請評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計，有關足夠有關火成活動歷史的描述。

- (1) 執照申請充分考慮場址之火成活動，包含火山噴發、地下火成活動/流和火山灰流(ash flow)/火山灰沉降(ash fall)。

接受準則 7：執照申請評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計，有關足夠關於場址地形地貌的描述。

- (1) 執照申請充分考慮了地表侵蝕的程度以及大型崩塌的可能性，例如地滑或河道及河間地河流快速剝蝕，這些可能影響場址結構或運轉。

接受準則 8：執照申請評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區設計，有關足夠地球化學資訊的描述。

- (1) 任何基岩內或棲止水帶(perched water zones)內或偶然流經破裂的突發性流動之地下水之地球化學組成是否確定腐蝕性；
- (2) 處置場深處的岩層之地球化學成分是否會被水流經過而淋溶或增加腐蝕性；

(3) 因為加熱或其他過程而對母岩破裂帶或基岩造成地球化學換質，改變地質力學(geomechanical) 岩體特性。

接受準則 9:執照申請包含對過去土地使用的充分評估、現有結構和設施的影響；和暴露於殘餘輻射的可能性。

- (1) 土地使用區域內有關過去的土地使用情況資訊足以界定任何潛在的衝突；
- (2) 現有人造結構或設備之位置和描述足以確定對這些結構和設備的影響；
- (3) 界定足以確定暴露給工作小組或民眾之任何潛在殘餘輻射。

2.1.1.1.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足 2.1.1.1.3 節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告和其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.112(c)的要求。充分的封閉前安全分析和評估地質處置場運轉區域設計，已經有足夠的數據滿足雅卡山場址及周邊地區的要求，以界定天然存在和人為引起的災害，以及主體母岩的地質力學特性和條件。

2.1.1.2 結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.1.1.2.1 審查範圍

本節提供有關結構、系統、組件、設備和作業過程描述審查的導引。審查人員還將評估 10 CFR 63.21(c)(2)、(c)(3)(i)和(c)(4)所要求的資訊。

結構、系統、組件、設備和作業過程描述，應該足以讓審查人員了解地質處置場運轉區設施的設計，並確定危險和事件順序。本節審評人員應根據雅卡山審查計畫第 2.1.1.3 節(「界定危險和初始事件」)和 2.1.1.4 節(「事件序列的確定」)的審查情況進行協調。

工作小組將使用 2.1.1.2.2 節和 2.1.1.2.3 節中的審查方法和接受準則，對結構、系統和組件、設備和作業過程的描述進行評估。

- (1) 地表設施及其功能的位置說明，包含結構、系統、組件以及設備；

- (2) 地表設施的結構、系統、組件、設備和公用設施系統的描述和設計細節；
- (3) 地下設施的結構、系統、組件、設備和公用設施系統的描述和設計細節；
- (4) 高放射性廢棄物特徵化描述；
- (5) 障壁系統組件的設計(例:如廢棄物包件、滴水屏蔽(drip shield)和回填)之描述；
- (6) 地質處置場運轉區域處理過程和程序的描述，包含結構、系統和組件之間的界面和相互影響。

2.1.1.2.2 審查方法

審查方法 1：地面設施位置及其功能描述

確認執照申請描述所有的地面設施，包含場址的位置和配置，以及距離場址邊界的距離，該描述應具有足夠詳細和適當尺度的繪圖。

審核地表設施設計的描述是否足夠對室內安全分析進行評估。

審核所有設施功能的要求之描述，包含提供地質處置場運轉區域之作業過程、程序和位置的理解，足以評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計。

審核執照申請程序是否具有對於設備功能、操作員培訓以及試驗/維護計畫的描述，足以評估封閉前安全性分析。此部分與雅卡山審查計畫 第 2.5.3 節(「人員培訓和認證」)和 2.5.6 節(「進行正常活動的計畫，包含維護、監督和定期檢測等」)的審查人員合作進行審核。

審查方法 2：地面設施的結構、系統、組件和設備的描述和設計細節

確認執照申請提供支持地面設施的結構、系統和組件的充分描述和設計資訊，包含結構、系統、組件、設備和公用系統，例如：

- (1) 採用的設計規範和標準；
- (2) 建築的整體配置圖；
- (3) 結構的材料；
- (4) 設備設計；
- (5) 流程圖；
- (6) 通道及儀器配置圖；
- (7) 電力系統；
- (8) 洩壓系統；
- (9) 起重機系統；

- (10) 焊接系統；
- (11) 加熱、通風、空調和過濾系統；
- (12) 現場的運輸系統；
- (13) 限制(Confinement)系統；
- (14) 去污(Decontamination)系統
- (15) 安全系統(例如互鎖，輻射檢測和滅火系統)；
- (16) 廢棄物包件(Waste package)和核廢料桶(cask)接收、傳輸和處理系統；
- (17) 裝卸系統(含遠程作業)；
- (18) 緊急事件和輻射安全系統
- (19) 臨界狀態(Criticality)和放射性監測系統；
- (20) 臨界狀態安全計畫；
- (21) 通訊與控制系統；
- (22) 配電系統，包含備用電源；
- (23) 屏蔽和臨界狀態控制系統；
- (24) 供水系統。

本方法重點用於放射性廢棄物處理、包裝、轉移、阻隔(containment)或儲存的系統，以及其他對於安全重要的結構、系統和組件。使用雅卡山審查計畫第 2.1.1.6 節(「界定安全至關重要的結構，系統和部件；安全控制；以確保安全系統的可用性」)審查對於安全重要的結構、系統和組件的審核。

確認執照申請程序提供了對支持系統和結構、系統和組件之間的潛在交互的充分描述。

審核執照申請是否提供了對於每個設施內的結構、系統和組件的位置和功能配置的充分描述。

確認執照申請已經提供充分討論關於地面設施抵禦自然現象(例如地震動)的能力之設計資訊。將使用雅卡山審查計畫第 2.1.1.7 節(「對於安全和安全控制至關重要之結構、系統和組件的設計」)審查設計的適當性和充分性。

審查方法 3：地下設施的結構、系統、組件和設備的描述和設計細節

確認執照申請提供了充分的描述和設計資訊，包含支持地下設施的結構、系統和組件的結構、系統、組件、設備和公用事業系統，例如：

- (1) 設計規範和標準；
- (2) 自然條件(地質和水文)和一般設計目標(例如：允許最大母岩溫度)對於地下設施的配置施加任何限制；
- (3) 結構材料；
- (4) 地面控制/支援系統；
- (5) 流程圖；
- (6) 配電系統；
- (7) 地下通風系統；
- (8) 地下過濾系統；
- (9) 通訊和檢查/監測系統；
- (10)運輸系統；
- (11)火災和放射性緊急情況的安全、檢測和抑制系統；
- (12)廢棄物包件處置系統；
- (13)緊急事件和放射安全系統；
- (14)氣封系統將廢棄物處置區域與處置橫坑施工區域(emplacement drift construction area)分開；
- (15)廢棄物包件支撐/底襯(support/invert)系統；
- (16)滴水屏蔽和滴水屏蔽放置系統；
- (17)回填處置作業系統；
- (18)排水系統；
- (19)儀器和控制系統；
- (20)限制和連鎖。

審查方法 4：用過核子燃料和高放射性廢棄物特性描述

審核執照申請描述用過核子燃料的參數範圍是否有適當的特徵化，例如：

- (1) 反應器類型(例如沸水式，壓水式)；
- (2) 燃料組件製造商和型號；
- (3) 燃料組件的物理特性和尺寸；
- (4) 燃料包層材料(包含渣滓沉積、氧化物層、氫化物含量、破壞和損壞程度)；
- (5) 熱特性；

- (6) 發熱率和劑量率；
- (7) 放射性核種清單；
- (8) 放射化學(Radiochemistry)特性；
- (9) 歷史(濃化(enrichment)、燃耗(burnup)和後照射存儲(postirradiation storage))。

確認執照申請文件中，對於用過核子燃料以外之高放射性廢棄物性質是否已充分的特徵化，如：

- (1) 廢棄物組件和用量；
- (2) 廢棄物特徵化(相穩定性(phase stability)和產物一致性(product consistency))；
- (3) 廢棄物罐和任何廢棄物封裝特性；
- (4) 放射性核種清單；
- (5) 放射化學；
- (6) 發熱率和劑量率；
- (7) 建議的材料儲存單元；
- (8) 歷史。

審查方法 5：工程障壁系統及其組件的描述

確認主要特徵化的廢棄物包件，包含尺寸、重量、材料、製造和焊接。

確認廢棄物包件和廢棄物罐的功能特徵之分析和特徵化進行充分討論，已經提供了諸如圍阻、臨界狀態控制、屏蔽(shielding)、降低抗斷裂性(drop fracture resistance)和限制(confinement)。

審核工程化障壁系統組件的分析和特徵化之討論，例如滴水屏蔽、回填(如果在執照申請設計中使用)，支撐/底襯(support/invert)和吸附障壁(sorption barrier)，足以在封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計審查中進行評估。

審查方法 6：地質處置場運轉區域操作過程和程序的描述

評估操作流程和程序的描述，以確認組件以及設施功能和程序有充分的了解。

審核足以評估封閉前安全性分析所提供的運轉過程設計、設備設計和規格以及儀器和控制系統的資訊。

描述及資訊應包含：

- (1) 操作模式，例如正常的處理運轉、維護；

- (2) 每個操作過程及整體地質處置場運轉區域關係的目的；
- (3) 基本操作過程的功能和原理，包含討論作業流程的基本原理，以及確保安全營運的測量變量範圍和極限進行充分討論。
- (4) 圖表或流程圖顯示作業流程中部分的界面和交互作用，例如顯示核材料(nuclear materials)、緩衝劑(moderators)以及與過程相關的其他材料之庫存、位置和幾何原理圖或描述；
- (5) 啟動、停機，正常營運和緊急作業的程序；
- (6) 有害物質的位置和數量；
- (7) 互鎖(interlocks)和控制的位置和類型；
- (8) 流程方框圖(Process block diagrams)，包含去污和監測；
- (9) 安全設備(控制系統)儀器位置、特性和功能；
- (10) 放射性物質的最大預期庫存；
- (11) 臨界狀態(Criticality)安全計畫。

2.1.1.2.3 接受準則

以下接受準則是根據 63.112(a)的要求，涉及結構、系統、組件、設備和作業流程的描述。

接受準則 1：執照申請包含地表設施的位置及其特定功能說明，以便對周圍安全分析和地質處置場運轉區域設計進行評估。

- (1) 執照申請書描述了地面設施，包含他們在現場的位置和配置，以及其距場址邊界的距離。該描述包含足夠詳細和適當尺度的圖(drawings)；
- (2) 對地面設施的設計描述足以進行封閉前安全分析評估；
- (3) 設施功能要求的描述提供了對於地質處置場運轉區域作業、程序和位置的了解，足以評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計；
- (4) 設備的特性、操作人員的培訓以及試驗/維護的計畫描述足以評估封閉前的安全性分析。

接受準則 2：執照申請程序包含地表設施的結構、系統和組件和設備的描述以及設計細節，足夠對封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計進行評估。

- (1) 執照申請程序提供充分的地表設施結構、系統、組件和設備相關之說明和設計資訊；

- (2) 執照申請程序提供對於支持系統和結構、系統和組件之間交互的潛在之充分描述；
- (3) 執照申請程序提供每個設施內結構、系統和組件的位置和功能配置的充分描述；
- (4) 執照申請提供充分討論關於地面設施承受自然現象的能力之設計資訊。

接受準則 3：執照申請包含地下設施的結構、系統、組件和設備之描述和設計細節，足以允許評估安全分析和地質庫操作區域設計。

- (1) 執照申請提供了地下設施的結構、系統、組件、設備相關的充分說明和設計資訊。

接受準則 4：執照申請描述了用過核子燃料和高放射性廢棄物的特性，充分對封閉前安全分析和廢棄物包件設計進行評估。

- (1) 執照申請充分特徵化用過核子燃料的參數範圍；
- (2) 執照申請充分特徵化用過核子燃料以外高放射性廢棄物的特性。

接受準則 5：執照申請程序提供了工程障壁系統及其組件的一般描述，足以支持封閉前安全分析和工程障壁系統設計的評估。

- (1) 定義主要特徵化的廢棄物包件，包含尺寸、重量、材料、製造和焊接；
- (2) 提供充足的廢棄物包件和廢棄物罐功能特徵(functional features)之特徵化資訊，例如臨界狀態(Criticality control)控制、屏蔽、降低抗斷裂性和限制；
- (3) 關於工程化障壁系統組件的分析 and 特徵化之討論，例如滴水屏蔽、回填，支撐/底襯(support/invert)和吸附障壁(sorption barrier)，足以在封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計審查中進行評估。

接受準則 6：地質處置場運轉區域操作流程說明足以審查封閉前安全分析。

- (1) 地質處置場運轉區域操作流程的描述可以充分了解組件以及設施功能和程序；
- (2) 提供的關於運轉過程設計、設備設計和規格，以及儀器和控制系統中部分的界面和交互作用之資訊，足以評估封閉前的安全性分析。

2.1.1.2.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足 2.1.1.2.3 節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料

納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.112(a) 的要求，因為已經提供了對於適當的地質處置場運轉區域的結構、系統、組件、設備以及處理作業一般描述。

2.1.1.3 危害界定和初始事件

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.1.1.3.1 審查範圍

本節提供有關界定危害和初始事件審查的導引。本節審查人員應與雅卡山審查計畫第 2.1.1.1 節(「關於封閉前安全分析之場址描述」)和 2.1.1.2 節(「結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」)之審查人員協調審查。審查人員還將評估聯想法規 10 CFR 63.21(c) (5)所要求的資訊。

工作小組將使用 2.1.1.3.2 節和 2.1.1.3.3 節中的審查方法和接受準則評估危害界定和初始事件。

- (1) 用於界定危險和初始事件的方法之技術基礎和假設；
- (2) 使用相關資料界定危險和初始事件；
- (3) 確認發生危害和初始事件的頻率或機率；
- (4) 納入或排除特定危害和初始事件的技術依據；
- (5) 安全分析中要考慮的危害和初始事件清單。

2.1.1.3.2 審查方法

審查方法 1：用於界定危害和初始事件方法的技術基礎和假設

確認用於界定危害和初始事件的方法與原子能機構導則或業界慣例標準是一致的。例子包含 NUREG/CR - 2300 (U.S. Nuclear Regulatory Commission,1983)； NUREG - 1513 (U.S. Nuclear Regulatory Commission,2001)； NUREG - 1520 (U.S. Nuclear Regulatory Commission,2000a)； American Institute of Chemical Engineers (1992), Appendixes A and B]。如果專家引進(expert elicitation)經採用，採用雅卡山審查計畫第 2.5.4 節(「專家引進」)，審查專家引進程序。

如果美國能源部沒有使用原子能機構的導則或業界慣例標準，則可以評估美

國能源部對於特定危害和初始事件界定方法的基礎和選擇是否可以防範。確認選擇危害和初始事件界定的方法適用於場址和地質處置場運轉區域的可用資料。使用雅卡山審查計畫中第 2.1.1.1 節(「關於封閉前安全分析之場址描述」)和 2.1.1.2 節(「結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」)，審查場址及其結構、系統和組件的描述。

確認用於界定自然發生和人為引發的危害和初始事件的假設是明確的，且具有足夠的技術基礎，並得到雅卡山審查計畫 2.1.1.1 節(「關於封閉前安全分析之場址描述」)和 2.1.1.2 節(「結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」)中之資訊的支持。

審查方法 2：使用相關資料界定特定場址的危害和初始事件

審核是否已經使用適當的特定場址資料(包含相關的發生頻率)來界定自然發生和人為引起的危害和初始事件，例如：

- (1) 地震和斷層；
- (2) 風和龍捲風；
- (3) 火山活動；
- (4) 邊坡不穩定(Slope instability)；
- (5) 其他極端氣象或地質條件；
- (6) 人為事件。

應與雅卡山審查計畫第 2.2 節(「永久封閉後的處置場安全」)的審查人員協調，以審核本節中界定的自然發生危害(例如地震、斷層和火山活動)與特徵、事件與過程列表一致。

審核確定危害的充分性和初始事件界定時，考慮相應的特性和因素，例如：

- (1) 高放射性廢棄物產生的熱量；
- (2) 易燃、腐蝕性、加壓的(pressurized)和有毒物質；
- (3) 可分裂材料(fissionable material)可能構成危害的條件；
- (4) 有害物質與環境之間的潛在相互作用。

確認地質處置場運轉區放射裝置系統相關方面之人為危害的界定。特別是考慮使用雅卡山審查計畫第 2.1.1.2 節(「結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」)對此類系統的清單。確認危害的界定包含所有作業模式，作業模式包

含正常流程作業、維護(例如關閉臨界狀態設備)，以及廢棄物移動中的回填作業(如果包含在執照申請程序設計中)。

諮詢雅卡山審查計畫第 2.1.1.2.3 節(「接受準則—結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」)的審查人員，以審核用於支持危害和初始事件界定的系統描述是否足夠。

審查方法 3：確定發生危害和初始事件的頻率或機率

審核選擇確定危害和初始事件機率或發生頻率的方法是否適當。此外，審核與頻率或機率估計相關的不確定性是否量化。

如果美國能源部沒有使用原子能機構的導則或業界慣例標準，則可以評估美國能源部用於確定危險發生頻率或發生機率，以及初始事件的方法之基礎和選擇是否可以防範。

如果相關的頻率或機率資料不足或不可用，審核是否使用適當的機率估計值，並提供防禦性技術基礎。此外，評估相關機率估計方法(例如：專家引進)的充分性。如果使用專家引進，請使用雅卡山審查計畫第 2.5.4 節(「專家引進」)審查專家引進過程。

諮詢雅卡山審查計畫第 2.2.1.2.1 節(「界定影響符合總體執行功能目標的特徵、事件和流程」)之審查人員，以確認自然發生的事件確定的頻率和/或機率的有效性。另外，評估人為災害和初始事件確定的頻率和/或機率的有效性。

審核可能因人為錯誤而導致放射後果被充分界定，並進行適當的人為可靠性分析。確認美國能源部任何使用人類可靠性方法、適用範圍及其假設和不確定性提供了充分的技術資料。NUREG - 1278 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983b)；NUREG - 1624 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000b)；NUREG - 2300 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983a) 等文獻的導則可以協助審查。

審查方法 4：包含或排除特定危害和初始事件的技術基礎

審核是否提供了適當的技術基礎，包含和排除危害和初始事件。

確認技術上是可防禦的，並與雅卡山審查計畫 2.1.1.1 節(「關於封閉前安全分析之場址描述」)和 2.1.1.2 節(「結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」)中審查的場址和系統資訊保持一致。

確認技術基礎包含考慮不確定性。

審查方法 5：風險安全分析中應考慮的危害和初始事件列表

審核美國能源部的危害和初始事件清單，包含可靠的自然和人為因素事件。

進行有限的獨立評估審核，以確認可能導致放射性釋放的危害和初始事件列表可被接受。

2.1.1.3.3 接受準則

以下接受準則依據滿足 10 CFR 63.112(b)和(d)的要求，涉及危害界定和初始事件。

接受準則 1：用於界定危害和初始事件的方法之技術基礎和假設足夠充分

- (1) 用於界定危害和初始事件的方法與業界慣例標準一致；
- (2) 如果不使用原子能機構的導則或業界慣例標準，美國能源部對於特定危害和初始事件界定方法的基礎和選擇是可防範的；
- (3) 選擇危害和初始事件界定的方法適用於場址和地質處置場運轉區域的可用資料；
- (4) 用於界定自然發生和人為引發的危害和初始事件之假設是明確的，並具有足夠的技術基礎，以及得到場址及其結構、系統、組件、設備和操作流程資訊的支持。

接受準則 2：場址資料和系統資訊適用於界定危害和初始事件

- (1) 適當的特定場址資料用於界定自然發生的危害和初始事件；
- (2) 確定危害的充分性和初始事件界定时，考慮適當的特性和因素；
- (3) 界定地質處置場運轉區放射裝置系統相關方面之人為危害，以及包含所有地質處置場運轉區域的作業模式之危害。

接受準則 3：確定發生危害和初始事件的頻率或可能性是可被接受

- (1) 選擇確定危害和初始事件機率或發生頻率的方法是否適當，且相關的不確定性已被充分量化；
- (2) 確定危害發生頻率或發生機率的估計使用任何非標準做法提供適當的依據和理由；
- (3) 自然發生的事件和人為的危害以及初始事件而建立的頻率和/或機率是有效的；

(4) 充分界定可能因人為錯誤而導致放射後果，並進行適當的人為可靠性分析。

接受準則 4：提供了包含和排除危害和初始事件的充分技術基礎

- (1) 技術上是可防禦的，與場址和系統資訊一致；
- (2) 技術基礎考慮不確定性因素，包含危害以及初始事件相關的頻率或機率。

接受準則 5：可能導致放射性釋放的危害和初始事件列表可被接受

- (1) 美國能源部的危害和初始事件清單，包含可靠的自然和人為因素事件；
- (2) 獨立評估確認可能導致放射性釋放的危害和初始事件列表可被接受。

2.1.1.3.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足 2.1.1.3.3 節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.112(b) 的要求，並且符合界定危險和初始事件。自然發生和人為因素的危害和潛在的初始事件已被充分確定。初始事件的界定和相關的發生機率是可被接受的。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.112(d) 的要求，因為已經提供了適當的技術基礎，包含或排除特定自然發生或人為引發的危害和初始事件。

2.1.1.4 界定事件序列

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.1.1.4.1 審查範圍

本節提供有關界定封閉前安全分析中考慮的事件序列之審查導引。審查人員還將評估聯邦法規 10 CFR 63.21(c) (5)所要求的資訊。

工作小組將使用 2.1.1.4.2 節和 2.1.1.4.3 節中的審查方法和接受準則評估事件序列界定。

- (1) 用於以及假設界定事件序列的方法的技術基礎；
- (2) 類別 1 和 2 的事件序列。

2.1.1.4.2 審查方法

審查方法 1：用於事件序列界定的方法的技術基礎和假設

審核界定事件序列選擇的方法是否合適，並符合標準做法[例如，NUREG/CR – 2300 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983)；American Institute of Chemical Engineers (1992), Appendixes A and B]。

審核使用任何非標準方法是否提供適當的基礎和理由。

確認所選擇的方法與特定場址資料一致並得到支持。

審核在界定事件序列中做出的假設是合理和有效的。

審查方法 2：類別 1 和 2 的事件序列

審核美國能源部是否正確考慮了雅卡山審查計畫第 2.1.1.3 節(「危害界定和初始事件」)中審查的危害和初始事件。確認美國能源部已適當應用界定事件序列方法。

審核界定事件順序中已經適當考慮了使用雅卡山審查計畫第 2.1.1.3 節(「危害界定和初始事件」)審查的潛在相關人為因素。審核分析已經應用了人為可靠性分析之方法，類似於許可其他設施中顯示為可接受的方法 [例如，NUREG – 1624 (「Technical Basis and Implementation Guidelines for a Technique for Human Event Analysis (ATHEANA)」)] (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000a)。

審核美國能源部已經考慮了初始事件和相關事件序列之合理組合，以及可能導致個體暴露於輻射之相關事件序列。

審核第 1 類事件序列是否包含在地質處置場運轉區永久封閉之前預期發生一次或多次的序列。

審核第 2 類事件序列是否包含永久封閉前，10,000 次中至少發生一次的事件序列。確定這些事件序列機率的方法和技術基礎與適用的管理規範、政策和導引一致。

斟酌進行有限的獨立評估，以確認可能導致放射性釋放的可能事件序列已被充分界定，並審核美國能源部的分析和計算是否正確執行。

2.1.1.4.3 接受準則

以下接受準則依據滿足 10 CFR 63.112(b) 的要求，涉及事件序列的界定。

接受準則 1：使用的方法和假設提供充分的技術基礎和理由，用於界定封閉前安

全分析事件序列

- (1) 界定事件序列選擇的方法是否合適，並且與原子能機構的導則或業界慣例標準一致，或者被充分證明其合理性；
- (2) 選擇的方法與特定場址資料一致並得到支持；
- (3) 界定事件序列中做出的假設是合理且有效。

接受準則 2：類別 1 和 2 的事件序列已充分界定

- (1) 美國能源部充分考慮了相關危害和初始事件，選擇適用於界定事件序列的方法；
- (2) 界定事件序列中適當考慮潛在相關人為因素；
- (3) 美國能源部認為合適的初始事件和相關事件序列之合理組合，可能導致個體暴露於輻射；
- (4) 依據第 1 類事件序列進行界定，於地質處置場運轉區永久封閉之前預期發生一次或多次的序列，用於確定事件序列的技術方法可被接受；
- (5) 第 2 類事件序列包含在封閉期間發生 10,000 次發生中至少有機會的所有事件序列，並且用於確定發生機率的技術方法可被接受；
- (6) 有限的獨立評估，確認可能導致放射性釋放的可能事件序列已被充分界定，並在美國能源部的分析和計算正確執行。

2.1.1.4.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足 2.1.1.4.3 節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.112(b) 的要求，且已提供了潛在事件序列的界定和分析。

2.1.1.5 結果分析

2.1.1.5.1 節為結果分析方法和示範，此設計符合聯邦法規 10 CFR Parts 20 及 Parts 63 正常運轉和第 1 類事件序列的輻射數值防護要求

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.1.1.5.1.1 審查範圍

本節提供有關結果分析方法和示範的審查導引，此設計符合 10 CFR Parts 20 及 Parts 63 輻射數值防護正常運轉和第 1 類事件序列的要求。審查人員還將評估 10 CFR 63.21(c)(5) 所要求的資訊。

工作小組將使用 2.1.1.5.1.2 節和 2.1.1.5.1.3 節中的審查方法和接受準則，評估設計符合正常運轉和第 1 類事件序列的 10 CFR Parts 20 及 Parts 63 輻射數值防護要求。

- (1) 正常運轉和第 1 類事件序列的結果評估；
- (2) 在正常運作和第 1 類事件序列中的場址內和場址外劑量；
- (3) 符合執行功能目標。

2.1.1.5.1.2 審查方法

審查方法 1：類別 1 事件序列之正常操作的結果分析，以及允許事件序列在地質處置場運轉區域內傳播的因素

確認美國能源部對正常運轉和第 1 類事件序列進行了結果分析，使用雅卡山審查計畫第 2.1.1.4 節(「事件序列的確定」)進行了審查。審查結果分析考慮如下：

- (1) 可能導致放射後果的危害事件序列(包含用於預防或減輕事件序列的控制措施)；
- (2) 界定危害與建議控制措施的相互作用；
- (3) 地質處置場運轉區域作業模式，包含正常流程作業、維護(例如關閉關鍵設備)、地下到地面設施清除受損的廢棄物處理容器、以及回填作業中的廢棄物處置偏移(如果包含在執照申請程序設計中)。分析假定以執照申請中規定的放射性廢棄物之最大容量和比率進行作業；
- (4) 將確定結果(輻射劑量)的事件序列的描述，包含有關危害、結構、系統和組件的資訊，以及依賴防止或減輕事件序列之管控。

審查方法 2：對正常運營和第 1 類事件序列中工作小組及民眾的後果計算評估

評估用於執行結果(輻射劑量)計算之方法。審核選擇這些方法是否提供充分的技術基礎，確認計算和方法使用的假設提供了足夠的技術基礎。確認方法以及所使用雅卡山審查計畫第 2.1.1.1 節(「關於封閉前安全分析之場址描述」)和 2.1.1.2 節(「結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」)評估的特定場址資料、

系統設計和過程資訊一致。

地質處置場運轉區的正常運轉或 1 類事件序列中，界定評估可能接受劑量的民眾，以及鑑定的依據。確認場址邊界之外的任何民眾的年度總劑量低於 10 CFR 63.111(a)(2)的限制。

審核用於結果分析的輸入資料和資訊是否被界定，並且與特定場址資料、系統設計和過程資訊一致。審核是否提供了足夠的技術基礎來選擇此輸入資料和資訊，以及結果分析中適當考慮了輸入資料的不確定性。

評估放射源項的計算，並確認以下內容：

- (1) 放射源項計算中所使用高放射性廢棄物之特性(例如濃化、燃耗和衰減時間)被合理的描述，或限制地質處置場運轉區域處理的廢棄物之特徵化範圍，如雅卡山審查計畫 2.1.1.2 節(「結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」)所述；
- (2) 正常運轉和第 1 類事件序列中釋放至空氣中放射性核種類型、數量和濃度由適當的資料支持，或符合美國核管理委員會適當導引文獻，如 NUREG - 1567 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000)。

在正常運轉和第 1 類事件序列期間評估場址內和場址外直接曝光的計算，並確認以下內容：

- (1) 通常可接受的屏蔽計算與分析結果一致，例如導則 NUREG - 1567 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000)，並提供足夠的細節以允許獨立的審核計算；
- (2) 通常認為屏蔽材料可適當的減少直接暴露劑量率，並解釋可能會因事件序列的結果而發生的任何退化；
- (3) 屏蔽分析中使用的方法適用於建模的輻射類型、幾何形狀和材料，並已使用類似設施的劑量率測量進行了審核；
- (4) 流量-劑量轉換因子、大氣分散資料和分析中使用的截面資料與公認的做法一致，例如美國國家標準學會(American National Standards Institute)/美國核學會(American Nuclear Society)6.1.1 和美國國家標準協會/美國核學會 6.1.2 (American Nuclear Society Standards Committee Working Group, 1977, 1989) 所述。

評估在正常營運期間和第 1 類事件序列後，空氣中放射性核種對於工作小組和民眾的劑量計算，並確認以下內容：

- (1) 使用通風和過濾系統減輕空氣中放射性物質釋放之資訊是適當的；
- (2) 對於空氣中放射性核種計算民眾的劑量：
 - (a) 空氣中傳輸建模使用可接受的方法，例如法規導則 1.109(Regulatory Guide 1.109)中概述的常規版本(U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1977)；
 - (b) 考慮適當的暴露途徑，例如直接接觸空氣中放射性核種、吸入空氣中放射性核種、以及沉積在地面上的放射性核種相關的途徑，以便潛在的長期接觸受體。
- (3) 空氣中之放射性核種計算工作小組的劑量：
 - (a) 根據技術上可防範的資料，地質處置場運轉區內空氣中放射性濃度的計算，使用合理或保守的提高空氣中放射性濃度的時間和水平；
 - (b) 根據技術上可防範的資料，認為工作小組暴露於高輻射場和空氣中放射性濃度的時間是合理或保守的。
- (4) 分析中使用的吸入劑量轉換因子是劑量評估的標準，例如聯邦指導報告 #11 (Federal Guidance Report #11)(Eckerman, et al., 1992)。

審查方法 3: 正常營運和第 1 類事件序列的工作小組和民眾的劑量限制在 10 CFR 63.111(a)規定的限制範圍內

確認可能會對放射性暴露產生不利影響之正常運轉和第 1 類事件序列進行考慮。

審核使用適當的方法累積正常運轉的劑量和第 1 類事件序列的年度總劑量。

審核正常運轉和第 1 類事件序列對工作小組和民眾的劑量不會超過 10 CFR 63.111(a)中規定的限值。

根據雅卡山審查計畫第 2.1.1.8 節(「正常營運和第 1 類事件序列滿足 10 CFR Part 20 合理可實現的要求」)的評估，確認工作小組和民眾的劑量將低於合理可達成的程度。

2.1.1.5.1.3 接受準則

以下接受準則依據滿足 10 CFR 63.111(a)(1)、(a)(2)、(b)(1)、(c)(1)以及(c)(2)之要求，涉及結果分析方法和示範，設計符合 10 CFR Parts 20 及 Parts 63 正常

運轉和 1 類事件序列的輻射數值防護要求。

接受準則 1：結果分析充分評估正常運轉和第 1 類事件序列，以及允許事件序列在地質處置場運轉區域內傳播的因素

- (1) 美國能源部對正常運轉和第 1 類事件序列進行結果分析，充分考慮可能導致放射後果的危害事件序列，確定的危害與建議控制措施的相互作用，和所有地質處置場運轉區域營運模式。分析假定以執照執照申請中規定的放射性廢棄物的最大容量和比率進行運轉。結果分析提供了防止或減輕事件序列的細節，這些細節關於危害、結構、系統、組件以及管控。

接受準則 2：結果計算充分評估工作小組和民眾對正常運轉和第 1 類事件序列的影響

- (1) 使用充分的方法來執行結果計算，並提供足夠的技術基礎來選擇這些方法。以及提供用於計算和方法的假設之足夠技術基礎。所選擇的方法與特定場址資料、系統設計和過程資訊一致；
- (2) 地質處置場運轉區正常運轉或第 1 類事件序列中，足夠界定可能獲取最高劑量的民眾，並且有足夠的理由。場址邊界之外對個人劑量限制的任何真實民眾之年度總劑量；
- (3) 界定用於結果分析的輸入資料和資訊，並且與特定場址資料、系統設計和過程資訊一致。提供了足夠的技術基礎來選擇此輸入資料、資訊以及結果分析中適當考慮了輸入資料中的不確定性；
- (4) 放射源項的計算是可以接受的，並且是依據以下情況：
 - (a) 放射源項之計算中使用高放射性廢棄物之特徵化被合理的描述，或限制地質處置場運轉區域處理的廢棄物之特性範圍；
 - (b) 正常運轉和第 1 類事件序列中釋放的空氣中放射性核種類型、數量和濃度由適當的資料支持，或符合美國核管理委員會適當導引文獻。
- (5) 正常運轉和第 1 類事件序列期間，場址內和場址外直接曝光的計算依據以下幾點：
 - (a) 通常可接受的屏蔽計算與分析結果一致，並提供足夠的細節以允許獨立的審核計算；
 - (b) 通常認為屏蔽材料可適當的減少直接暴露劑量率，並且考慮到事件序列

可能發生的任何退化；

(c) 任何屏蔽分析中使用的方法適用於建模的輻射類型、幾何形狀和材料，並已使用類似設施的劑量率測量進行審核；

(d) 流量-劑量轉換因子、大氣分散資料和分析中使用的截面資料與公認的做法一致。

(6) 正常運轉期間和第 1 類事件序列之後，對空氣中放射性核種足夠計算工作小組和民眾的劑量，並且依據以下幾點：

(a) 使用適當的通風和過濾系統減輕空氣放射性物質釋放之資訊；

(b) 空氣中放射性核種計算民眾的劑量，使用可接受的方法進行空氣中傳輸建模，美國能源部則考慮適當的暴露途徑；

(c) 對於空氣中放射性核種計算工作小組的劑量，根據技術上可防禦的資料，計算地質處置場運轉區內之空氣中放射性核種濃度，使用空氣中放射性核種濃度升高的時間和級別是合理的。根據技術上可防範的資料，假設工作小組被認為暴露於高輻射場和空氣中放射性濃度的時間是合理的；

(d) 分析中使用的吸入劑量轉換因子適用於劑量評估。

接受準則 3：工作小組和民眾從正常操作和類別 1 事件序列的劑量在 10 CFR 63.111(a)規定的限制內

(1) 充分考慮可能會對放射性核種暴露產生不利影響的正常運轉和第 1 類事件序列；

(2) 使用適當的方法累積正常運轉的年度總劑量和來自第 1 類事件序列的年度總劑量；

(3) 正常運轉和第 1 類事件序列對工作小組和民眾的劑量不會超過 10 CFR 63.111(a)、10 CFR 63.111(a)；

(4) 工作小組和民眾的劑量將低於合理可達成的程度。

2.1.1.5.1.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足 2.1.1.5.1.3 節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.111(a)(1) 的要求。直到永久封閉的時候，地質處置場運轉區的執行功能目標，已經達到了 10 CFR Part 20 中不超過輻射暴露限值。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.111(a)(2) 的要求。滿足永久封閉時地質處置場運轉區的執行功能目標，在正常運轉和類別 1 事件序列期間，場址邊界外任何真實的民眾之年度總劑量不超過 0.15 mSv [15 mrem]。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.111(b)(1) 的要求。地質處置場運轉區的設計使得正常運轉和第 1 類事件序列、輻射照射、輻射水平和放射性物質的釋放將維持在 10 CFR 63.111(a) 的範圍內。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.111(c)(1) 的要求。封閉前安全分析符合 10 CFR 63.112 規定的要求，並表明將滿足 10 CFR Part 20 的輻射防護限度。在正常運轉和第 1 類事件序列期間，場址邊界的任何真實民眾之年度總劑量不得超過 0.15 mSv [15 mrem]。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.111(c)(2) 的要求。封閉前安全分析符合 10 CFR 63.112 規定的要求，並表明地質處置場運轉區域正常運轉和第 1 類事件序列將滿足預防數值輻射防護要求。

2.1.1.5.2 示範設計符合 10 CFR Part 63 第 2 類事件序列的數值輻射防護要求

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.1.1.5.2.1 審查範圍

本節提供有關審查第 2 類事件序列的 10 CFR Part 63 輻射數值防護要求的設計會議導引。審查人員還將評估 10 CFR 63.21(c)(5) 所要求的資訊。

工作小組將使用 2.1.1.5.2.2 節和 2.1.1.5.2.3 節中的審查方法和接受準則，對第 2 類事件序列的設計會議 10 CFR Part 63 輻射數值防護要求進行評估。

- (1) 對第 2 類事件序列的結果評估；
- (2) 第 2 類事件序列的場址外劑量；
- (3) 符合執行功能目標。

2.1.1.5.2.2 審查方法

審查方法 1：第 2 類事件序列和允許事件序列在地質處置場運轉區域內傳播因素的後果分析

審核美國能源部對使用雅卡山審查計畫 2.1.1.4 節(「事件序列的確定」) 審查的第 2 類事件序列進行了後果分析。審核結果分析考慮如下：

- (1) 可能導致放射後果的危害事件序列(包含用於預防或減輕事件序列的控制措施)；
- (2) 確定的危害與建議控制措施的相互作用；
- (3) 美國能源部的分析是否假設將以執照申請中規定的放射性廢棄物之最大容量和接收速率進行操作；
- (4) 描述將確定結果(輻射劑量)的事件序列，包含有關危害的資訊(參與事件序列的結構、系統和組件)和依賴管控來防止或減輕事件序列。

審查方法 2：第 2 類事件序列對民眾後果的計算評估

評估用於執行結果計算之方法，並審核選擇這些方法是否提供充分的技術基礎。確認計算和方法使用的假設提供足夠的技術基礎。確認方法以及所使用雅卡山審查計畫第 2.1.1.1 節(「關於封閉前安全分析之場址描述」) 和 2.1.1.2 節(「結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」) 評估的特定場址資料、系統設計和過程資訊一致。

界定評估民眾位於或超出場址邊界的假設，可能在第 2 類事件序列期間從地質處置場運轉區域接受最高劑量，以及界定的依據。

確認用於結果分析的輸入資料和資訊是否被界定，並且與特定場址資料、系統設計和過程資訊一致。審核是否提供了足夠的技術基礎來選擇此輸入資料和資訊，以及結果分析中適當考慮了輸入資料中的不確定性。

評估放射源項的計算，並確認以下內容：

- (1) 放射源項的計算中使用高放射性廢棄物之特性(例如濃化、燃耗和衰減時間)被合理的描述，或限制地質處置場運轉區域處理的廢棄物之特性範圍，如雅

卡山審查計畫 2.1.1.2 節(「結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述」)所述；

- (2) 可以在第 2 類事件序列中釋放的空氣中放射性核種類型、數量和濃度由適當的資料支持，或根據如 NUREG - 1567 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000)導引文獻進行估計。

第 2 類事件序列之後，評估直接暴露的場址外劑量的計算，並確認以下內容：

- (1) 通常可接受的屏蔽計算與分析結果一致，例如導則 NUREG - 1567 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000)，並提供足夠詳細的分析以允許獨立的審核計算；
- (2) 通常認為障壁材料可適當的減少直接暴露劑量率，並解釋可能會因事件序列的結果而發生的任何退化；
- (3) 障壁分析中使用的方法適用於建模的輻射類型、幾何形狀和材料，並已使用類似設施的劑量率測量進行審核；
- (4) 假設民眾暴露於第 2 類事件序列中高輻射水平的時間是合理的，這個時間是依據設施從事件序列中恢復所需的時間；
- (5) 流量-劑量轉換因子和分析中使用的截面數據與公認的做法一致，例如美國國家標準學會(American National Standards Institute)/美國核學會(American Nuclear Society)6.1.1 和美國國家標準協會/美國核學會 6.1.2 (American Nuclear Society Standards Committee Working Group, 1977, 1989) 所述。

2 類事件序列之後，評估空氣中放射性核種對民眾的劑量計算，並確認：

- (1) 通常認為使用通風和過濾系統可適當的減輕空氣中放射性物質的釋放，分析考慮了可能由事件序列所引起對於通風系統的損害，如通風管道倒塌、風扇故障或過濾器爆炸；
- (2) 空氣中傳輸建模使用可接受的方法，例如法規導則 1.145(Regulatory Guide 1.145)中概述的「核電廠潛在事故後果評估的大氣分散模式(Atmospheric Dispersion Models for Potential Accident Consequence Assessments at Nuclear Power Plants)」(U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1983)；
- (3) 美國能源部已經考慮了適當的暴露途徑，例如：

- (a) 直接暴露於空氣中放射性核種；
- (b) 吸入空氣中放射性核種；
- (c) 沉積於地面的放射性核種，潛在長期接觸受體。如果場址緊急計畫[使用雅卡山審查計畫第 2.5.7 節(「Emergency Plan」)]有大量放射性物質釋放的任何事故之後，為了減輕民眾劑量的規定，該途徑可以省略；
- (4) 假設一個民眾暴露於第 2 類事件序列之空氣中放射性物質的時間是合理的，並且是依據放射性廢水從地質處置場運轉區域釋放的時間；
- (5) 分析中使用的吸入劑量轉換因子是劑量評估的標準，例如聯邦指導報告 #11 (Federal Guidance Report #11)(Eckerman, et al., 1992)。

審查方法 3：假設的民眾之劑量限制於第 2 類事件序列對 10 CFR 63.111(b)(2)規定限制

確認可能會對放射性暴露造成不利影響的第 2 類事件序列進行考慮。此外，審核沒有確定的第 2 類事件序列將會導致超過 10 CFR 63.111(b)(2)中對於民眾的劑量限制。

2.1.1.5.2.3 接受準則

以下接受準則依據滿足 10 CFR 63.111(b)(2) and (c)的要求，涉及設計會議 10 CFR Part 63 輻射數值防護要求的 2 類事件序列。

接受準則 1：結果分析包含類別第 2 事件序列以及允許事件序列在地質處置場運轉區域內傳播的因素

- (1) 美國能源部對第 2 類事件序列進行結果分析，充分考慮可能導致放射後果的危害事件序列，確定的危害與建議控制措施的相互作用，以及放射性廢棄物的最大容量和接收率。結果分析包含結構、系統、組件和控制的功能來防止或減輕事件序列。

接受準則 2：結果計算充分評估來自第 2 類事件序列的民眾的後果。

- (1) 使用充分的方法來執行結果計算，並提供足夠的技術基礎來選擇這些方法。還提供用於計算和方法的假設之足夠技術基礎。所選擇的方法與特定場址資料、系統設計和過程資訊一致；
- (2) 在類別 2 事件序列中，足夠的界定位於或超出場址邊界的假想民眾的可能從地質處置場運轉區域獲取的最高劑量，並且有足夠的理由；

- (3) 界定用於結果分析的輸入資料和資訊，並且與特定場址資料、系統設計和過程資訊一致。提供了足夠的技術基礎來選擇此輸入資料、資訊以及結果分析中適當考慮了輸入資料中的不確定性；
- (4) 放射源項的計算是依據以下情況：
- (a) 放射源項計算中使用高放射性廢棄物之特性經合理的描述，或限制地質處置場運轉區域處理的廢棄物之特性範圍；
 - (b) 可以在第 2 類事件序列中釋放的空氣中放射性核種類型、數量和濃度由適當的資料支持，或根據美國核監管委員會的導引文獻進行估算。
- (5) 第 2 類事件序列之後，直接暴露的場址外劑量有足夠的計算，並且依據以下內容：
- (a) 通常可接受的障壁計算與分析結果一致，並提供足夠詳細的分析以允許獨立的審核計算；
 - (b) 通常認為障壁材料可適當的減少直接暴露劑量率，並考慮可能會因事件序列的結果而發生的任何退化；
 - (c) 障壁分析中使用的方法適用於建模的輻射類型、幾何形狀和材料，並使用類似設施的劑量率測量進行了審核；
 - (d) 假設民眾暴露於第 2 類事件序列中高輻射水平的時間是合理的，這個時間是依據設施從事件序列中恢復所需的時間；
 - (e) 流量-劑量轉換因子和分析中使用的截面資料與公認的做法一致。
- (6) 類別 2 事件序列之後，空氣中放射性核種對民眾劑量有足夠的計算，並且依據以下內容：
- (a) 通常認為使用通風和過濾系統可適當的減輕空氣中放射性物質的釋放，分析考慮了可能由事件序列所引起對於通風系統的損害；
 - (b) 空氣中傳輸建模採用可接受的方法；
 - (c) 美國能源部考慮適當的暴露途徑；
 - (d) 假設一個民眾暴露於第 2 類事件序列之空氣中放射性物質的時間是合理的，並且是依據放射性廢水從地質處置場運轉區域釋放的時間；
 - (e) 分析中使用的吸入劑量轉換因子是劑量評估的標準。

接受準則 3：第 2 類事件序列中假設的民眾之劑量在 10 CFR 63.111(b)(2)規定的

限制內

- (1) 可能會對放射性暴露造成不利影響的第 2 類事件序列進行考慮；
- (2) 未確定的第 2 類事件序列將會導致超過 10 CFR 63.111(b)(2)中對於民眾的劑量限制。

2.1.1.5.2.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足 2.1.1.5.2.3 節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.111(b)(2)的要求。地質處置場運轉區的設計考慮到第 2 類事件序列，由於單一類別的第 2 類事件序列之結果位於場址邊界上的任一或多個位置的人都不會接收，因此更限制總有效劑量為 0.05 Sv [5 rem]，或相當於 0.5 Sv [50 rem]的任何個別器官或組織(除了眼睛的水晶體)的深等效劑量(deep dose equivalent)和約定等效劑量(committed dose equivalent)的總和。眼球水晶體等效劑量不超過 0.15 Sv [15 rem]，相當於皮膚的淺等效劑量(shallow dose equivalent)不會超過 0.5 Sv [50 rem]。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.111(c)的要求。封閉前安全分析符合 10 CFR 63.112 規定的要求，包含證明滿足 10 CFR 63.111(b)(2)中第 2 類事件的設計目標的數值導引。

2.1.1.6 識別對安全與安全控制具重要性之結構、系統與組件，與確保安全系統可靠性的措施

2.1.1.6.1 審查範圍

審查人員將利用 2.1.1.6.2 節和 2.1.1.6.3 節的審查方法和接受準則，對安全與安全控制具重要性之結構、系統與組件，與確保安全系統可靠性的措施，針對下列項目之識別與分類進行評估。

1. 對安全具重要性之結構、系統與組件，確保安全系統可用性和可靠性的措施。
2. 對安全具重要性之結構、系統與組件，其安全控制之管理或工程手段。

3. 對安全具重要性之結構、系統與組件之風險分類。

前述對安全具重要性之結構、系統與組件需符合 10 CFR Part 63 Subpart G 的品質保證要求，審查人員同時須評估 10 CFR 63.21(c)(5)的要求。此外，品質保證計畫必須可以控管會影響對安全具重要性之結構、系統與組件品質的作業。

2.1.1.6.2 審查方法

審查方法 1：列出對安全與安全控制具重要性之結構、系統與組件；識別結構、系統與組件以及安全控制之技術基礎；列出與分析確保安全系統可用性和可靠性的措施。

利用審查計畫 2.1.1.3 節、2.1.1.4 節和 2.1.1.5 節之結果，驗證地質處置運轉區的結構、系統與組件之分析和分類。識別危害、初始事件、事件序列以及後果分析，為識別對安全具重要性之結構、系統與組件，與確保安全系統可靠性措施的基礎，所有項目與內容皆應列表說明，確認其依據 10 CFR 63.2 中規定的定義進行分類。所執行的分析，應確認此分析包括且充分考慮以下內容：

1. 限制放射性物質在空氣中濃度的方法，例如：
 - (1) 適當的通風系統設計。
 - (2) 使用密封和/或氣閘作為地質處置運轉區設計的一部分。
 - (3) 安裝輻射監測系統，以提供被監測區內空浮放射性物質之劑量率和濃度。
2. 限制於放射性物質附近工作時間的方法，例如：
 - (1) 對於維護、保健物理或檢查人員於管制區內停留時間最小化的方式。
 - (2) 使用遠端操作或機器人設備，以及遠端遙控放置臨時屏蔽等方法。
3. 合適的屏蔽功能，例如：
 - (1) 放射性物質的自屏蔽功能。
 - (2) 由貯存容器中的硼化水以及廢棄物傳送池提供中子捕獲，以及由結合在貯存容器中的硼材料提供中子捕獲。
 - (3) 由建物牆壁結構材料、和/或貯存/傳送設備末端之結構或非結構材料，提供 γ 和中子屏蔽。
 - (4) 在運轉期間設置之臨時性障壁。
 - (5) 選擇適當的屏蔽材料，並針對正常以及分類 1、2 的事件序列，進行屏蔽功能的設計分析。(需與 2.1.1.7 節的處置設計審查人員協調)

4. 監測和控制放射性污染擴散的措施。
5. 控制進出高輻射區、非常高輻射區或空浮放射性區的措施，以確保符合 10 CFR Part 20 Subparts G、H 的要求。例如：
 - (1) 分析與定義空浮放射性區。這些分析應為實際應用過程或由其他工程控制提供技術依據，並限制空氣中放射性物質的濃度，使其低於所定義之空浮放射性區的值。
 - (2) 監測和控制輻射攝入的計畫，例如：進出控制、限制個人曝露時間、使用個人呼吸防護設備等。
 - (3) 符合導則，例如：Regulatory Guide 8.38 「Control of Access to High and Very High Radiation Areas of Nuclear Power Plants」 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1993)。
6. 預防或控制臨界的措施，例如：符合 American National Standards Institute/American Nuclear Society - 8 nuclear criticality safety standard documents listed in Regulatory Guide 3.71 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1998a)。
7. 輻射警報系統，應能迅速通報位於偵測到輻射增加的工作區內之人員，以及控制中心內之人員。應包括：
 - (1) 在廢棄物貯存區、廢棄物傳送或廢棄物處理/重包裝等區域，適當的安裝輻射警報設備。
 - (2) 輻射警報系統的備用電源系統可用性。
 - (3) 內部疏散訊號和標誌之設計和運轉，符合 Regulatory Guide 8.5, 「Criticality and Other Interior Evacuation Signals」 (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1981)。
8. 假設發生事件序列，分析結構、系統與組件執行其預期安全功能的能力，需考慮 2.1.1.5 節中序列分析的審查結果。
9. 爆炸與火災的偵測系統，以及適宜的抑制系統，包括：
 - (1) 在可能的火源或爆炸源附近，安裝偵測和抑制系統。
 - (2) 設計內容須考慮通風系統與潛在的火災或爆炸之間的相互作用。
10. 放射性廢棄物和廢水之管制措施，以及在緊急狀況下終止運轉和疏散人員的

措施。

(1) 地質處置運轉區的設計和運轉，其目的為減少放射性廢棄物的生成量。

(2) 可控制空浮放射性釋出物之排氣處理、過濾和通風系統。

(3) 液體廢棄物處理與管理系統，在正常運轉期間和分類 1、2 事件序列發生期間，其系統設計特徵和程序，應盡可能減少產生的液體廢棄物和灑出的可能性。此外，場內液體廢棄物包裝與傳送作業，應能控制灑出、溢流和滲漏。

(4) 在正常運轉和分類 1、2 事件序列期間產生的潛在放射性固體廢棄物(例如：受污染的設備和人員衣物)，需由固體廢棄物管理系統處理。

11. 對安全具重要性的儀器、公共服務系統、運轉系統，提供可用且及時的緊急電力之措施。例如：

(1) 針對儀器和/或監測系統的備用電池電力，其備用電池持續時間應與主要功率損耗的合理時間區段保持一致。

(2) 程序控制電腦應有不斷電系統。

(3) 若主電力喪失，備用柴油發電機應按需求開始運轉，且在要求時間內，備用柴油發電機應持續運轉。

12. 提供必要的備援系統，以便有足夠的能力維持對安全具重要性的公共服務(例如：電力系統、通風系統、供氣系統、滅火的供水系統、通訊系統)。

13. 對安全具重要性之結構、系統與組件進行檢查、測試和維護，以確保其功能持續且準備就緒。此評估應考慮對進行正常活動的計畫執行審查，包括採用 2.5.6 節之維護、監視和定期測試。

審查方法 2：安全控制的管理或程序，以防止事件序列或減輕其影響。

確認管理系統和程序足以確保安全控制的管理或程序能正常運行。需與 2.5.5 節、2.5.6 節的審查人員協調。此管理系統包含有：

1. 程序
2. 訓練
3. 維護、校驗和監視的計畫及期程
4. 結構、系統與組件的配置控制
5. 人為因素評估
6. 稽核和自我評估

7. 緊急計畫

8. 意外事件/附加事件的調查要求

確認結構、系統與組件所需之安全控制的管理或程序，具有功能且可確保安全控制符合劑量要求，並被記錄於對安全具重要性之結構、系統與組件清單中。

審查方法 3：對安全具重要性之結構、系統與組件之風險分類。

在地質處置運轉區中，對安全具重要性之結構、系統與組件，針對其風險分類方法進行評估，以確認該方法在技術上是合理和可達成深度防禦的。藉由適當的定性描述和定量或半定量方法，對安全具重要性之結構、系統與組件，驗證其風險分類方法。對安全具重要性之結構、系統與組件，驗證其風險分類與管理規定、適用的政策和導則一致。

對安全具重要性之結構、系統與組件，確認其識別使用的預封閉安全分析方法符合 10 CFR 63.112 之要求。確認分類方法包含事件序列的頻率和後果，在其風險的考慮之內。

確認事件序列頻率的分類方法，已考慮不確定性和敏感度分析，且其方法與美國核管會現有的政策和導則中適用的部分一致。

對安全具重要性之結構、系統與組件，確認其分類符合 10 CFR 63.142(c)(1) 中對安全的相對重要性之要求。驗證品質等級之間的區別是否具有明確的定義和書面化的技術基礎。對安全具重要性之結構、系統與組件，驗證其失效的頻率和後果，對於不同品質等級有明確定義，且與美國核管會現有的政策和導則中適用的部分一致。確認本節審查方法 1 和審查方法 2 中所有對安全具重要性之結構、系統與組件，進行適當分類，且技術基礎有充分記錄。

驗證分類方法具有足夠彈性，以適應預封閉安全分析多重修訂，以及後續的風險分類再評估。對安全具重要性之結構、系統與組件，確認其分類方法允許因引用新數據或變更設計而進行相關修訂。

對安全具重要性之結構、系統與組件，驗證其風險分類的文件、分析和準則，為透明且技術基礎具有可溯性。驗證分類方法的呈現方式，可讓審查人員清楚了解每一步的結果以及這些結果的技術基礎。驗證分類方法包括決定、準則、所做的假設、用於達到結論或結果的過程皆有明確且周詳的記錄。

2.1.1.6.3 接受準則

以下的接受準則是以滿足 10 CFR 63.112(e)的要求為基礎，接受準則涉及識別對安全與安全控制具重要性之結構、系統與組件，與確保安全系統可靠性的措施。

接受準則 1：對預封閉輻射安全具重要性之結構、系統與組件的適當清單；用於識別對安全具重要性之結構、系統與組件之技術基礎，以及建立在性能分析上的安全控制之技術基礎；

接受準則 2：安全控制的管理或程序足以防止事件序列或減輕其影響，以及安全控制的管理或程序包含在對安全具重要性之結構、系統與組件的清單內。

接受準則 3：對安全具重要性之結構、系統與組件的風險顯著性分類，其方法和準則為可防禦，且對安全具重要性之結構、系統與組件進行適當的分類。

2.1.1.6.4 審查發現

如果執照申請提供足夠的資訊，且適當的滿足 2.1.1.6.3 節中的接受準則，工作小組推斷評估的此部分是可以接受的。審查者撰寫適合納入準備做為整個申請的安全評估報告之資料。此報告包括關於所審查內容的簡要說明，以及審核人員為何可接受提交。工作小組可記錄下述審查。

美國核管會的工作小組審查了安全分析報告，以及其他為了支援執照申請所提交的資訊，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.112(e)的要求。已提供了對安全具重要性之結構、系統與組件的功能分析。特別是，此分析顯示：

1. 已確定對安全具重要性之結構、系統與組件。
2. 對安全具重要性之結構、系統與組件的分類準則已適當發展，且分類項目為可接受。
3. 藉由限制或防止潛在事件序列達到控制，或減輕其後果，為可接受的。
4. 對安全具重要性之結構、系統與組件，足以確保其可用性之措施。

2.1.1.7 對安全和安全控制具重要性之結構、系統與組件的設計

2.1.1.7.1 審查範圍

有關對安全、安全控制具重要性之結構、系統與組件的設計，此節提供其審查導則。審查人員還將評估 10 CFR 63.21(c)(2)和(c)(3)所要求的資訊，並協調審查 10 CFR 63.21(c)(2)中規定的資訊，以及審查 2.1.1.1 節和 2.1.1.2 節。

工作小組將利用 2.1.1.7.2 節和 2.1.1.7.3 節中的審查方法和接受準則，審查有關對安全、安全控制具重要性之結構、系統與組件的設計之以下部分：

1. 設計準則和設計基準。
2. 設計方法。
3. 地質處置運轉區的設計和設計分析。

地質處置運轉區中對安全具重要性之結構、系統與組件，其判定取決於最終設計和預封閉安全分析結果。以後續章節中提供的審查方法和接受準則為例。這些結構、系統與組件可能是或可能不是對安全具有重要性。如果一些下列列出的結構、系統與組件對安全不具重要性，基於使用雅卡山審查計畫 2.1.1.6 節所進行的審查，則審查人員可能不必審查這些結構、系統與組件。同樣地，對與安全具重要性之結構、系統與組件，但不包含在雅卡山審查計畫內，以下提供之審查方法和接受準則的一般部分仍可適用。後續章節未說明的部分，由審查人員進行專業判斷。

2.1.1.7.2 審查方法

2.1.1.7.2.1 設計準則與設計基準

審查方法：定義設計準則與 10 CFR 63.111(a)、(b)要求之間的關係；設計基準和設計準則之間的關係；對安全具重要性之結構、系統與組件的設計準則與設計基準。

對安全具重要性之結構、系統與組件，驗證其設計準則和設計基準已被確定。確認這些設計準則和設計基準來自 2.1.1.1 節和 2.1.1.5 節的場址特性和後果分析。驗證這些設計準則和設計基準，與確定對安全具重要性之結構、系統與組件的分析一致，如同 2.1.1.6 節的審查。

確認正常運轉條件下的設計準則適當地發展。驗證設計準則不允許地質處置運轉區中對安全具重要性之結構、系統與組件的劣化，這將降低：

1. 放射性物質處理和廢棄物處理的設計能力。
2. 承受進一步發生分類 1、2 事件序列而無補救措施的設計能力。
3. 對於整個系統的壽命，能照預期執行設計功能的能力。

驗證設計準則適當考慮預封閉安全分析結果。驗證對安全具重要性之結構、系統與組件將連續防止後果，例如：放射性物質不可接受的釋出、工人或公眾不

可接受的輻射劑量、移除能力喪失。

確認對安全具重要性之結構、系統與組件的結構設計準則和設計基準，符合美國核管會對於龍捲風防護、地震設計、防爆和防洪的導則。

驗證熱考慮的設計準則和設計基準，符合美國核管會和美國國家標準協會(American National Standards Institute)/美洲核能協會(American Nuclear Society)對於消防的導則或標準。

驗證屏蔽和侷限系統的設計準則和設計基準，使用適當的導則或標準。

確認用於輻射防護之固定區域輻射監測儀器和連續空浮監測儀器的設計準則，符合適當的導則或標準。

驗證臨界設計準則的發展，建立在預封閉安全分析的後果分析結果之基礎上。確認臨界分析將臨界設計準則納入模型和假設。這些準則應符合NUREG-1567、美國國家標準協會/美洲核能協會中被美國核管會採用的核臨界標準，如Regulatory Guide 3.71 所列。

驗證設計基準和設計準則，是建立在前述所列或其他導則文件和標準基礎上，並考慮正常地質處置運轉區運轉條件以及分類 1、2 事件序列。例如，這些設計基準應包括：

1. 後果分析(依 2.1.1.5 節進行審查)指出有潛在輻射危害，並對溫度敏感且對安全具重要性的結構、系統與組件，如果設計溫度不符合要求，則其熱設計基準和準則包括溫度。審查結構設計基準和準則的適宜性時，工作小組應：
 - (1) 在最大設計廢棄物存量的基礎下，驗證地表和地下設施的熱設計準則已適當發展。
 - (2) 在最大可靠地質處置運轉區火災(持續時間和溫度)的基礎下，若從後果分析(依 2.1.1.5 節進行審查)中確定具有設計重要性，則驗證消防的設計準則為適當的。
 - (3) 在熱和消防設計準則的基礎下，除了空浮放射性的劑量限值外，還要驗證地表和地下通風系統的設計準則已適當發展。
2. 後果分析(依 2.1.1.5 節進行審查)指出有潛在輻射危害，且對安全具重要性之結構、系統與組件，如果設計載重和位移被破壞，則結構設計基準和準則包括最大載重、應力/壓力載重(靜態和/或動態)、位移。審查結構設計基準和準

則的適宜性：

- (1) 基於可接受的方法，驗證事件序列適當地轉換成結構載重、壓力和/或位移。
 - (2) 在可接受的方法或規範和標準之基礎下，驗證使用的載重因子和載重組合。
3. 對安全具重要性之結構、系統與組件，其屏蔽的設計基準和準則，包含屏蔽表面外工人或公眾的最大劑量率和年劑量率。
 4. 臨界設計基準和準則，包括燃料幾何配置、緩和劑、廢棄物產生有效中子增殖因數限值，以確保在處理、傳送、重新包裝、貯存和再取出的期間，核燃料維持次臨界。
 5. 針對用於處理和傳送高放射性廢棄物或容器並對安全具重要性之結構、系統與組件，在後果分析(依 2.1.1.5 節進行審查)中指出有潛在輻射危害，如果違反運轉限制，則運轉的設計基準和準則，包括運動的最大限制、垂直升降和/或速度。

2.1.1.7.2.2 設計方法

審查方法：地質處置運轉區的設計方法。

確認所提出之設計方法得到充分的技術基礎支援，且符合既有的行業慣例。驗證與所提出方法相關的不確定性。

如果設計方法取決於場址特性試驗數據，則需確認此數據的可用性。另外，確認支持設計方法的任何分析或數值模型，已被校驗、校準和驗證。驗證與所提出方法有關的任何假設或限制已被確定，且其對設計的影響已進行了充分的分析和記錄。

如果設計方法取決於專家引進的數據，與 2.5.4 節的審查人員協調，以驗證這些專家引進是否符合 NUREG - 1563。

確認地震設計方法使用地動資料，且符合美國能源部(U.S. Department of Energy)提出的危害評估方法和預封閉設計準則，且其為地震設計和功能評估提供了足夠的輸入資料。

2.1.1.7.2.3 地質處置運轉區的設計與設計分析

用於地表設施且與安全相關的結構、系統與組件、設備以及安全控制之設計

和設計分析。

審查方法 1：設計準則(codes)與標準(Standards)。

確認適用的設計準則和標準是針對結構、熱、屏蔽、侷限、臨界和除役設計進行說明。此審查應包括：

1. 用過核子燃料貯存之廢棄物包件的結構設計、製造和試驗，確認其符合美國機械工程師學會的鍋爐和壓力槽規範。
2. 驗證地質處置運轉區內用於放射性材料圍阻的預應力和鋼筋混凝土結構，其設計符合美國混凝土學會和美國機械工程師學會標準或其他適合的標準。
3. 確定鋼結構和組件的設計和建造，符合適用的鋼設計準則和標準。
4. 用於基礎支撐且對安全具重要性的結構、系統與組件，確定其建造符合適用的美國混凝土學會規範和標準，並且根據美國國家標準協會/美洲核能協會等導則取得與場址相關的土工參數。
5. 驗證適用的標準和規範，已被用於處理設備和設施、電力系統、儀器、控制和其他運轉系統的設計和建造。例如：
 - (1) 吊車系統。
 - (2) 美國電氣製造商協會的規範，以及美國電機電子工程師學會的核能標準。
 - (3) 核能安全準則的空氣控制系統。
 - (4) 國際測量與控制學會和美國電機電子工程師學會的規範。
 - (5) 美國消防協會的規範。
 - (6) 加熱、致冷和空調系統適用的標準或導則。

若有其他用於設計的方法、標準或導則，驗證其作為執照申請已提供了足夠的技術基礎。

審查方法 2：材料與設計方法的一致性。

用於地表設施設計中對安全具重要性之結構、系統與組件的材料，驗證其符合可接受的設計準則、規範、標準和規格，或符合美國能源部的相關要求。舉例來說，如果美國機械工程師學會的鍋爐和壓力槽規範作為廢棄物包件設計準則，則材料應符合美國機械工程師學會的鍋爐和壓力槽規範相關段落中規定的要求，或其他相當的規定。其他例子包括：

1. 針對混凝土和鋼設計，可以使用適合的美國材料試驗協會標準的規格。

2. 針對屏蔽材料，可使用美國國家標準協會/美洲核能協會的規格，並評估幾何布置和屏蔽材料在高溫環境下，材料特性和幾何的改變。根據執照申請中屏蔽分析/設計的審查，確認在正常運轉和分類 1、2 事件序列期間，任何溫度敏感的屏蔽材料，不會受到等於或高於設計限值的溫度影響。

評估設計的材料特性以及允許的應力和應變，以驗證材料的適宜性。

確認材料及其特性適合於預期的設計載重條件。此外，確認每個材料的預期應力限制，是建立在執照申請中熱分析評估得到的最大溫度之基礎上。

驗證美國能源部所考慮對於材料抵抗潛變、脆性破裂以及掉落破裂的潛力，以確保對安全具重要性之結構、系統與組件足以執行其安全功能。對於由某些規範和標準管理的組件，僅提供安全餘裕可能就足夠了。

審查方法 3：用於正常以及分類 1、2 事件序列條件之負載組合。

驗證設計分析中的載重，符合正常運轉和分類 1、2 事件序列下，對安全具重要性之結構、系統與組件的載重。評估用於設計分析中的載重組合，使其符合美國核管會所接受之相似類型核能設施的設計，以及使鋼結構和鋼筋混凝土的設計符合可接受的標準和規範。

驗證設計分析使用適當的技術，以正確的提供對安全具重要性之結構、系統與組件的設計溫度、力學載重和壓力。

審查方法 4：設計分析的執行和記錄。

一、驗證設計分析包括相關的結構、熱、屏蔽、臨界、侷限和除役因子。

1. 對所有分析。

- (1) 計算的模式、數據、假設和結果已適當記錄。
- (2) 計算的模式經過驗證。
- (3) 數據來自於相關的場址和系統資訊。
- (4) 提供具有足夠技術證據或基礎的假設。
- (5) 發展系統載重和環境考慮了正常運轉和分類 1、2 事件序列。
- (6) 根據放射性廢棄物的最大容量和接收率進行分析。

確認這些分析使用有限確證計算(limited confirmatory calculations)。

2. 屏蔽設計和設計分析。

- (1) 預估的劑量率對代表區域具代表性。

(2) 通量對劑量的轉換基礎有充分記錄，且可被美國核管會接受。

3. 臨界設計和設計分析。

(1) 計算確認在檢驗載重條件下，可能發生的最高預期廢棄物產生有效中子增殖因數。

(2) 適當的材料特性計算。

(3) 設計分析與相似的設施一致且適當。

(4) 有關燃耗度的任何申請皆已得到適當證實。

4. 熱設計和設計分析

(1) 分析與燃料燃耗限制和冷卻時間一致。

(2) 分析有說明所有構件之最大和最小的預期溫度。

5. 對於結構設計和設計分析，載重正確的轉換為靜態或時變的節點力，或元素表面壓力。

確認用於設計分析的材料特性值具有足夠的技術基礎，並且與場址特性數據一致。確認設計分析中的載重和載重組合，與定義的正常運轉和分類 1、2 事件序列相符。

驗證設計分析的分析方法、模型和程式適合所分析的條件，且經過適當驗證。

確認設計分析中使用的假設之技術基礎有充分定義，且建立在可接受的工程做法上。

對安全具重要性之結構、系統與組件的設計和設計分析，驗證其有正確執行。此外，驗證這些結構、系統與組件具有足夠的能力承受正常和分類 1、2 事件序列之載重。

使用適當的分析方法、模型或程式，執行有限確認(limited confirmatory)的檢查或分析。

二、用於地下設施且與安全相關的結構、系統與組件、設備以及安全控制之設計和設計分析。

審查方法 1：設計假設、規範與標準。

確認已具體說明地下設施設計中適用的設計準則、標準或其他詳細準則。規範和標準應等同於和符合美國核管會所接受具有類似危害和功能的核能設施設計。如果使用非標準方法，確認執照申請提供了足夠的技術基礎，以證明為什麼

被使用。

驗證地下設施設計所做的假設在技術上是可防禦的。

地質處置運轉區的地下設施中，鋼和混凝土的結構及組件、空氣控制系統、電力系統和通風系統的設計，採用適用的標準。

審查方法 2：地下運轉系統的設計。

用於通風系統設計的方法、假設和輸入資料，驗證其符合針對放置坑所提出之熱載重的功能目標。執行有限確證分析，以驗證執照申請中呈現的結果。此外，確認分析有充分說明通風隧道、豎井和升降的熱載重。

評估控制系統功能、設備、儀器、控制鏈接和通訊系統的設計分析，以確認地下監測和控制系統在廢棄物放置和監測期間，適用於對安全具重要性之結構、系統與組件。

評估廢棄物放置系統的設計，與所提出之廢棄物放置程序具有兼容性。此外，與其他系統的介面，亦需驗證其已被識別和評估，並達到運轉和安全的連續性。

評估地下設施的配置。驗證放置坑的位置遠離主要的斷層，且符合地震設計，使地下設施的配置適合要放置的廢棄物數量，並滿足熱設計準則。

確認地質處置運轉區的設計允許 2.4 節的執行功能確認計畫，如同 10 CFR 63.111(d)之規定。

用於地下設施運轉系統設計之標準和規範，驗證其有適當運用。

審查方法 3：用於地下設施設計之材料與材料特性。

確認選擇的材料和這些材料的特性，適合預期的地下環境。

驗證材料和材料特性符合適用的設計準則、規範、標準和規格。若無標準可使用，則評估提供的技術基礎以確認其為可接受。確認使用適合的美國材料試驗協會標準的規格。

評估地面支撐材料的選擇，是否說明在溫度提高和熱載重的情況下這些材料的劣化。此外，確認材料劣化的機制已識別，且適當地納入結構、系統與組件的次系統功能評估中。

驗證地下通風系統由耐火材料組成，以防止系統內部或外部發生火災。驗證通風設備/組件和材料，其設計可承受高溫延續的狀況、壓氣冷卻的影響，以及潮濕和腐蝕環境，以盡可能減少具潛在污染的通風組件維護/更換。

審查方法 4：用於正常以及分類 1、2 事件序列之負載組合。

確認地下設施中的廢棄物包件排列，滿足熱載重設計準則。

驗證所應用熱載重的大小和歷時，符合所提出廢棄物、處置設計配置、設計表面載重的預期特性。驗證熱分析有適當的技術基礎；使用場址特性的熱特性數據；考慮熱特性數據的溫度相依性和不確定性；並使用正確記錄的熱模型和分析。若用於通風，確認通風影響的評估為足夠的。

驗證設計分析適當考慮在加熱期間可能會影響力學特性的現地應力、潛在坑道壁崩落條件、岩體的水力變化。

確認設計分析中的動態載重符合地震設計的地動參數；考慮斷層影響；且符合認可的斷層危害評估方法。

審查方法 5：用於設計分析之母岩的模型和場址特性，且考慮這些屬性中的空間與時間分布以及不確定性。

對於適當維度之連續和不連續模型的適當組合，確認其在延長加熱條件和分類 1、2 事件序列下，有被用於評估裂隙岩體的行為。對於選擇特定模型和模型組合的基礎，確認此基礎為足夠的，且提供了建模方法的假設和限制之適當基礎。

確認設計分析、基本假設和預期限制的原則，都有被記錄、與建模目標一致，以及在技術上是合理的。

驗證岩體熱膨脹係數的值，與場址特性數據的適當說明一致，且此說明考慮了尺度效應和溫度相依性。驗證熱膨脹係數的不確定性，已在熱應力計算中有充分評估和考慮。

對於連續岩體模型，確認岩體的彈性參數、強度參數，與場址特性數據的適當說明一致。若參數值是由岩石品質指標的經驗相關性取得，則驗證使用的經驗公式是否適合場址且被正確應用。確認指標的值與場址特性一致。若使用完整岩石尺度值，則驗證將這些值應用於岩體尺度的基礎是否足夠。

對於不連續岩體模型，驗證數值模型的破裂型式，對於設計和分析的目標是合適的。模型結果的說明，與現地裂隙網絡相比，確認其充分考慮了模擬的裂隙網絡特性表現的影響。

在模型中有明確表示之裂隙，確認其岩石塊體的剛性和強度參數的選擇是適當的，並且說明未明確表示的裂隙。

驗證裂隙剛性和強度的參數值，與場址特性數據的適當說明一致。

如果適用的話，在放置廢棄物以後，可能發生在岩體、裂隙和地面支撐的時間相依性力學劣化，確認其在熱-力學分析中充分說明。此可能是從美國能源部長期探究型研究設施的熱坑(heated-drift)和單一加熱器測試研究、交叉坑(cross-drift)熱測試研究或其他方法推論而得。驗證分析中的力學劣化之大小和速率經過適當的建立，且在技術上是可防禦的。

確認岩體和裂隙中力學特性的不確定性經過充分評估，且在連續和不連續模型中考慮。

驗證模型充分說明相交坑周圍的開口之穩定性，並考慮岩體及其劣化特性和熱載重。此資訊應在地面支撐的設計中使用。

執行有限確證的連續和不連續分析，以驗證在設計(正常)運轉條件和分類 1、2 事件序列下，執照申請內顯示的岩體行為結果。

審查方法 6：地面支撐系統之設計方法和模型結果的說明。

確認設計方法或設計方法的組合適用於地面支撐系統，確認設計方法符合地下隧道技術和礦業技術。此外，驗證地面支撐系統的評估和選擇，由滿足 2.1.1.7.3.3 節中接受準則 4、5 下的 II 的分析所支援。這些分析應提供在熱和動態載重下之地面支撐系統的力學評估。

根據模型分析結果，確認地面支撐系統的反應已充分評估。若地面支撐系統採模型分析，則驗證地面支撐系統的反應有包含地面支撐系統的變形以及破壞之適當評估。驗證在分析中考慮了地面支撐系統和母岩單元之間的相互影響。若本節的審查方法 5 和接受準則 5 適用的話，應使用審查方法 5 和接受準則 5 對地面支撐系統反應進行評估。假如地面支撐系統未採模型分析，則確認預期地面支撐系統反應經過合理的評估，且這些評估的技術基礎是足夠的。

對於熱-力學分析中使用的地面支撐系統之幾何和力學特性，驗證其符合設計和施工規格。此外，確認分析中說明了在加熱條件下，地面支撐系統的時間依存性力學劣化。

驗證放置坑、通風隧道、豎井的穩定性經過充分評估，無論是否有地面支撐。評估應識別有可能掉落在坑的岩栓、可能的崩陷(cave-in)、崩塌(collapse)或開挖的封閉，以及開挖附近的岩體擾動範圍和嚴重性。確認地面支撐系統的選擇符合

預期岩體反應和潛在破壞機制。

審查方法 7：通風系統設計。

確認任何對安全具重要性的地下通風系統設計有適當的品質保證分類，並且確認有適當的規範和標準。確認任何對安全具重要性的地下通風系統，其設計可在正常地下運轉條件和分類 1、2 事件序列下運行。與審查人員協調使用 2.1.1.3 節、2.1.1.4 節和 2.1.1.5 節驗證地下通風設計，已經充分考慮具有輻射安全後果的事件序列。針對對安全具重要性的地下通風系統，確認美國能源部有適當的定期檢查、測試和維護計畫，以確保維持通風要求，以及地下工作人員操作區、逃生路線和排氣的放射性物質濃度，合理達到盡可能降低的目標。驗證這些計畫包括以下內容：

1. 定期更換地質處置運轉區之排氣豎井、斜坡或其他高輻射區的高效顆粒空氣過濾器。
2. 定期測試/校準活化或鈍化高效顆粒空氣過濾系統的輻射監測裝置。
3. 例行測試任何待命/備用的通風設備和緊急電源，以確保保持通風功能和輻射安全。
4. 例行測試和校準空浮放射性監測設備、煙霧偵測器和溫度感應器。

對於美國能源部任何對安全具重要性之地下通風系統，驗證其設計足以密封或隔離潛在空浮放射性釋出區，以限制放射性濃度的範圍和工作人員曝露。對於美國能源部任何對安全具重要性之地下通風系統，確認其設計分析是根據可接受的工業規範或方法和場址特性數據，以及根據地下坑結構的準確陳述。驗證污染最少區到污染最大區的地下通風流量，並符合設計準則。執行有限確證獨立分析，以驗證美國能源部任何對安全具重要性之地下通風系統的分析結果。

審查方法 8：地下電力和配電系統之設計。

驗證地下電力供應的設計，以及對安全具重要性之結構、系統與組件的配電系統設計，符合接受的地下使用之設計準則、規範、標準和規格。確認這些系統適合正常地質處置運轉區操作環境，以及使用 2.1.1.5 節進行審查的輻射後果的分類 1、2 事件序列。確認設計包含電力來源/設備的正確接地，以保護工作人員。確認設計具有足夠的緊急備用電源能力，以支援對安全具重要性的設備。驗證美國能源部對安全具重要性之電力系統設計，允許適當的定期檢查和測試。

審查方法 9：地下設施中對安全具重要性之結構、系統與組件、設備以及控制的維護計畫。

評估處置場永久封閉前用於保持坑道穩定性的維護計畫適當性。驗證維護計畫考慮了可能受高溫和高輻射影響而引起的不確定性，且驗證維護計畫是採用適當的模型，並基於持續熱載重下的岩體和地面支撐系統的劣化可能性評估。

驗證其他地下設施中對安全具重要性之結構、系統與組件，以及對安全具重要性之組件、設備和控制，具適當地維護計畫，且考慮了永久封閉前的期間之處置坑穩定性和可進出性。此外，驗證維護計畫中考慮的處置坑穩定性，是建立在模型結果的適當說明基礎上。執使用 2.5.6 節進行審查。

三、廢棄物包件/工程障壁系統中與安全相關之結構、系統與組件以及安全控制的設計。

審查方法 1：廢棄物包件和工程障壁系統之結構、系統與組件以及其控制的設計。

確認廢棄物包件/工程障壁系統充分考量圍阻(考慮耐腐蝕性)、臨界控制、屏蔽、結構強度、廢棄物包件抗掉落破壞性、熱控制、廢棄物形式劣化、滴水屏蔽、廢棄物包件支撐/仰拱、回填和吸附障壁。

驗證廢棄物包件之組件的描述和評估，包括容器和內部結構，像是結構導件、提籃、燃料籃、有中子吸收體的燃料籃板、中子吸收棒、罐、填料和填充氣體。描述和評估還應考慮工程障壁系統的特殊組件，像是滴水屏蔽、回填、吸附障壁。確認這些組件的設計分析為足夠的。

驗證製造容器、廢棄物包件內部組件和工程障壁系統組件的材料、方法和程序，符合接受的設計準則、規範、標準和規格，像是美國機械工程師學會的鍋爐和壓力槽規範。確認製造、組裝、封閉和檢查的程序，是根據可接受的工業技術。確認執照申請評估和任何顯著不確定性後果評估，與容器材料和工程障壁系統組件有關。如果美國能源部使用上述以外的設計準則、規範、標準、規格、工業技術，則評估所提供之技術基礎的是否足夠。

確認容器和廢棄物包件內部材料的規格，與最終設計中所訂定的規格一致。驗證封閉焊接的規格、焊接準備、焊接材料和焊接檢查，符合美國機械工程師學會的規範，像是鍋爐和壓力槽規範。驗證製造容器和其他廢棄物包件結構組件的非破壞性檢驗方法已被確定，以檢測和評估製造缺陷和任何其他缺陷。確認臨界

設計準則與模型計算中使用的一致，且確認這些模型對廢棄物的同位素濃化適當的特徵化。針對假定的處置場環境，驗證模型配置的適當性，以及驗證用於設計計算之電腦模型的適當性。確認由容器提供的屏蔽評估是否足夠。此評估應包含劑量率預估、評估數據來源的描述、劑量率評估方法、使用的計算程式。確認廢棄物包件和內部的組件，其設計可承受來自於正常運轉和分類 1、2 事件序列之載重。確認熱控制使燃料護套的溫度夠低以避免護套失效。驗證建造廢棄物包件內部組件的材料與廢棄物形式相容，且驗證這些材料之間的相互作用不會對廢棄物形式的穩定性產生不利影響。此驗證應確認廢棄物包件中沒有易燃、爆炸和化學反應物質。確認任何滴水屏蔽的設計是足夠的，包括施工材料、布置和放置方法。確認工程障壁系統設計和廢棄物包件處理，在安全方面不會受到低水屏蔽影響。驗證回填設計是足夠的，包括材料、物理特性、布置、放置和壓實方法。確認任何吸附障壁的設計是足夠的。

2.1.1.7.3 接受準則

2.1.1.7.3.1 設計準則和設計基準

接受準則：設計準則與 10 CFR 63.111(a)、(b)中規定的要求之間的關係、設計基準和設計準則之間的關係，以及對安全具重要性之結構、系統與組件的設計準則與設計基準，已充分定義。

2.1.1.7.3.2 設計方法

接受準則：地質處置運轉區的設計方法為適當的。

2.1.1.7.3.3 地質處置運轉區的設計和設計分析

一、用於地表設施且與安全相關的結構、系統與組件、設備以及安全控制之設計和設計分析。

接受準則 1：地表設施中與安全相關的結構、系統與組件之設計，其設計準則與標準已識別且適於所選擇的設計方法。

接受準則 2：與地表設施設計有關且對安全具重要性之結構、系統與組件，其使用的材料符合設計方法。

接受準則 3：針對正常以及分類 1、2 事件序列條件，其設計分析使用適當的負載組合。

接受準則 4：設計分析的執行與記錄為適當。

二、用於地下設施且與安全相關的結構、系統與組件、設備以及安全控制之設計和設計分析。

接受準則 1：與地下設施設計有關且對安全具重要性之結構、系統與組件，其設計假設、規範與標準為可接受。

接受準則 2：地下運轉系統的設計為適當的。

接受準則 3：用於地下設施設計之材料與材料特性為適當的。

接受準則 4：針對正常以及分類 1、2 事件序列條件，其設計分析使用適當的負載組合。

接受準則 5：設計分析使用適當之母岩的模型和場址特性，且適當考慮這些屬性中的空間與時間分布以及不確定性。

接受準則 6：地面支撐系統之設計是基於適當的設計方法和模型結果解釋。

接受準則 7：地下通風系統的設計適當。

接受準則 8：對安全具重要性之結構、系統與組件以及運轉，其地下電力和配電系統之設計為適當的。

接受準則 9：地下設施中，對安全具重要性之結構、系統與組件、設備以及控制，其維護計畫為適當的。

三、廢棄物包件/工程障壁系統中與安全相關之結構、系統與組件以及安全控制的設計。

接受準則：廢棄物包件和工程障壁系統之結構、系統與組件以及其控制有適當的設計。

2.1.1.7.4 審查發現

如果執照申請提供足夠的資訊，且適當的滿足 2.1.1.7.3 節中的接受準則，工作小組推斷評估的此部分是可以接受的。審查者撰寫適合納入準備做為整個申請的安全評估報告之資料。此報告包括關於所審查內容的簡要說明，以及審核人員為何可接受提交。工作小組可記錄下述審查。

美國核管會的工作小組審查了安全分析報告，以及其他為了支援執照申請所提交的資訊，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.111(d)與 10 CFR 63.112(f)的要求。已充分描述地質處置場運轉區設計，並已妥適界定設計準則與設施功能，以及設計基準與設計準則之關聯性。

2.1.1.8 正常作業與第 1 類事件序列符合 10CFR20 合理抑低的規定

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境和功能評估部門

2.1.1.8.1 審查範圍

本節針對正常作業與第 1 類事件序列符合 10CFR20 合理抑低的規定，提供審查指引。審查委員也應審查 10CFR 63.21(c)(5)與(c)(6)所規定的資訊。

美國核管會的官員將採用第 2.1.1.8.2 與 2.1.1.8.3 節的審查方法與接受準則評估下列項目，以對正常作業與第 1 類事件序列符合 10CFR20 合理抑低的規定：

- (1) 政策考量；
- (2) 設計考量；及
- (3) 作業考量。

2.1.1.8.2 審查方法

審查方法 1：維持曝露合理抑低的管理承諾

確證管理承諾包括條款與指引以確保：

- (1) 主管將整合適當的輻射管制於工作活動中；
- (2) 員工了解合理抑低原則的管理承諾；
- (3) 工作人員將受充分且適當的初任與定期有關合理抑低原則的訓練，考量訓練與執行人員證照的審查，採用雅卡山審查計畫第 2.5.3 節("人員的訓練證照")；及
- (4) 採行作業計畫以管制輻射曝露。此項計畫將確保個人與集體劑量合理抑低，考量執行正常作業的審查，採用雅卡山審查計畫第 2.5.6 節(執行包括維修、監測、及定期測試等正常活動的計畫)。

審查方法 2：地質處置場運轉區考量合理抑低原則

驗證地質處置場運轉區的設計有考慮合理抑低的原則，如法規指引 8.8，"確保核能發電廠職業輻射曝露合理抑低有關的資訊"(美國核管會 1978)。注意，法規指引 8.8 是針對核能發電廠，其輻射傷害比地質處置場運轉區更為嚴重；當使用此指引時，請考量此問題。

確認於設計時有盡可能採用合理抑低原則，以確保下列：

- (1) 工程設計特徵使工作人員停留於輻射地區的時間最短；
- (2) 遙控操作或機器人設備，例如焊接機、扳手、或輻射偵測器，用以降低工作

人員劑量；

- (3) 適當的方法用以監測冷卻空氣孔道可能的阻塞，或執行物料的檢驗；
- (4) 設計容許遠隔控制安裝設備與臨時屏蔽以降低劑量，假若適用時；
- (5) 物料與設計特徵使放射性物料或表面污染的潛在累積降至最低，使地面設施易於除汙，或除汙與拆卸。
- (6) 放射性物料操作與貯存設施離場址邊界與其他場址內工作站均足夠遠。設施的管制區足以維持公眾可達地區的劑量在可接受的水平內；
- (7) 高放射性廢棄物的傳送維持離場址周界希望的距離；及
- (8) 管制區，亦即高輻射與很高輻射的地區，在管制區內備有管制工作人員不要接近輻射水平會造成不可接受風險的地區。

確證地質處置場運轉區的設計修正，以維持劑量合理抑低，已經併入封閉前的安全分析報告，以確定其不會嚴重影響其他組件的設計。

審查方法 3：將合理抑低原則併入地質處置場運轉區的擬議作業

驗證作業程序遵守法規指引 8.8 與 8.10(美國核管會 1978, 1977)的合理抑低原則。執行正常活動的計畫，有包括維修、監測、及定期測試，並加以審查，採用雅卡山審查計畫第 2.5.6 節(執行正常活動的計畫包括維修、監測、及定期測試)。

確證地質處置場運轉區的作業程序將確保工作人員與公眾的劑量合理抑低，且包括：

- (1) 將執行設計用以管制輻射曝露的作業計畫，以確保個人與集體劑量兩者均合理抑低。同時審查執行正常作業的計畫，採用雅卡山審查計畫第 2.5.6 節(執行正常作業計畫，包括維修、監測、及定期測試)；
- (2) 對於增加監測或維修活動(將導致增加曝露)與降低這些活動的頻率有關潛在傷害，評估兩者並取得平衡；
- (3) 對於含有輻射曝露的程序，先行試運行以建立熟習度，並決定曝露可能相關的特定程序，考量替代程序，以使曝露最低並依照計畫執行；
- (4) 建立並測試潛在異常發生的緊急應變程序；及
- (5) 合理抑低作業替代方案是基於用過核子燃料獨立貯存設施、燃料池設施、及放射性廢棄物管理設施的相關經驗所建立的。

確證對地質處置場運轉區擬議作業的修正，以維持劑量合理抑低，已經併入

封閉前安全分析報告，以確保其不會嚴重影響地質處置場運轉區的其他各方面。

2.1.1.8.3 接受準則

下列的接受準則是基於符合 10CFR 63.111(a)(1)與(c)(1)的規定，此與符合 10CFR20 對正常作業與第 1 類事件序列合理抑低的規定有關。

接受準則 1：維持對工作人員與公眾曝露合理抑低的管理承諾有提報適當的說明

(1) 管理承諾包括條款與指引，以確保：

- (a) 主管整合適當的輻射防護管制至工作活動；
- (b) 人員了解合理抑低原則的管理承諾；
- (c) 工作人員充分接受有關合理抑低原則適當的初任與定期訓練；及
- (d) 執行管制輻射曝露的作業計畫，此計畫確保個人與集體劑量合理抑低。

接受準則 2：地質處置場運轉區設計有適當考慮合理抑低原則

(1) 地質處置場運轉區的設計有適當考慮合理抑低原則；及

(2) 在設計時有盡可能採用合理抑低原則，以確保：

- (a) 工程設計特徵使工作人員必須停留在輻射區的時間最短；
- (b) 採用遙控操作或機器人設備，例如焊接機、扳手、或輻射監測器，以使工作人員的劑量最小。
- (c) 採用適當的方法以執行物料的檢驗；
- (d) 設計容許以遙控放置設備與臨時屏蔽，以降低劑量，若適用時；
- (e) 物料與設計特徵使放射性物料或表面污染的潛在累積最小，使地面設施易於除汙、或除汙與拆卸；
- (f) 放射性物料操作與貯存設施離場址邊界與場址內其他工作站足夠遠。設施的管制區足以維持公眾可達地區的劑量於可接受的水平。
- (g) 高放射性廢棄物的傳送途徑將維持離場址周界希望的距離；及
- (h) 管制區，亦即高輻射與很高輻射的地區，對於在此地區工作人員的輻射水平會造成不可接受的風險，提供進出管制。

(3) 地質處置場運轉區的計畫修正，以維持劑量合理抑低，已經併入封閉前安全分析報告，以確保其不會嚴重影響其他組件的設計。

接受準則 3：地質處置場運轉區擬議的作業有適當併入合理抑低原則

(1) 作業程序遵照合理抑低原則；

- (2) 地質處置運轉區作業程序將確保工作人員與公眾的劑量合理抑低，包括考慮下列項目：
- (a) 執行設計用來管制輻射曝露的作業計畫，以確保個人與集體劑量兩者均合理抑低；
 - (b) 對於增加監測或維修活動(將導致增加曝露)的規定與降低這些活動頻率有關的潛在傷害，評估兩者並取得平衡。
 - (c) 試運行包括輻射曝露的程序以建立熟習度，並決定與特定程序相關的曝露，同時考慮替代程序以使曝露最少；
 - (d) 對潛在異常發生建立測試過的緊急應變程序；及
 - (e) 合理抑低作業替代方案是基於用過核子燃料獨立貯存設施、燃料池設施、及廢棄物管理設施相關的經驗。
- (3) 地質處置場運轉區擬議作業的修正，以確保劑量合理抑低，已經併入封閉前安全分析報告，以確保其不會嚴重影響地質處置場運轉區作業的其他各方面。

2.1.1.8.4 審查發現

假若執照申請文件提報充份的資訊，且適當的符合第 2.1.1.8.3 節的法規接受準則，美國核能管制委員會官員獲得結論為此部分官員的審查可以接受。審查委員撰寫資料，適合列入為整個申請案所準備的安全審查報告。此報告包括摘要說明審查的內容為何與為何審查委員發現所提報的資訊可以接受。官員可以將審查登載如下：

美國核管會已經審查安全分析報告與其他提報用以支持執照申請的文件，且發現，具有合理的佐證，符合 10CFR 63.111(a)(1)的規定。在地質處置場運轉區的作業，直至永久封閉，將符合 10CFR20 合理抑低的規定。

美國核管會幕僚人員已經審查安全分析報告與其他提報用以支持執照申請的文件，且發現，具有合理的佐證，符合 10CFR 63.111(c)(1)的功能目標。符合 10CFR 63.111(a)所規定的合理抑低。

2.1.2 放射性廢棄物的再取出及替代貯存計畫

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.1.2.1 審查範圍

本節提出對放射性廢棄物的再取出及替代貯存計畫審查之指導原則，審查者

亦須評估 10 CFR 63.11(c)(7) 所規定的資訊。

幕僚人員將依據 2.1.2.2 及 2.1.2.3 節所述之審查方法與接受準則，審查放射性廢棄物的再取出及替代貯存計畫，包括下列部分：

- (1) 計畫符合 10 CFR 63.111(a)、(b)之功能目標；
- (2) 對再取出廢棄物的適當替代貯存；
- (3) 合理的再取出期程。

2.1.2.2 審查方法

審查方法 1：廢棄物再取出計畫

確認廢棄物再取出計畫包括下列的討論：(i) 再取出操作程序；(ii) 使用設備；(iii) 廢棄物再取出時符合 10 CFR 63.111(a), (b) 的封閉前功能目標。

確認美國能源部已發展了再取出可能發生的情境，且所發展的情境考慮到健康與安全的保護及暴露劑量已被合理抑低。針對可能的廢棄物再取出期間所發展的情境評估其合理性，並符合 10 CFR 63.111(e)。

確認對於不同再取出操作情境建立了適當的方法，以辨識及分析可能的問題，評估對這些問題所提出的解決方案為可行，並建構在可靠的工程原則下。確認已於再取出計畫內充分考慮再取出操作時處置坑道的劣化程度。確認再取出計畫內包含可接受的維護計畫直到完成再取出，且考慮到健康與安全的保護及暴露劑量已被合理抑低。

如設計再取出時間結束前處置坑道已回填，確定再取出計畫充分符合 10 CFR 63.111(e) 的要求。

確認美國能源部已考慮功能驗證計畫的期間對於維持再取出選項所需時間架構的影響。評估是否需要針對再取出設計期間具有不同時間架構，使其符合美國能源部所提出執行功能驗證計畫的期間。

審查方法 2：符合封閉前功能目標

確認美國能源部已展示廢棄物再取出時能符合 10 CFR 63.111(a)及(b) 的封閉前功能目標。依據 2.1.1.8 節的審查方法及接受準則，評估再取出操作時合理抑低的要求是否達成。

審查方法 3：替代貯存方案

確認所提替代貯存區地點的實際位置已充分描述。

確認所提替代貯存區足夠存放將被再取出的廢棄物。

評估將廢棄物再取出至替代貯存區的運輸計畫足以保護工作人員及公眾。

審查方法 4：再取出操作時程

確認再取出計畫符合 10 CFR 63.111(e)(3) 的要求，使再取出能在合理的時程內完成，亦即再取出時程應與建造地質處置場運轉區與放置廢棄物的時間大約相同。

2.1.2.3 接受準則

關於放射性廢棄物再取出即替代貯存計畫，應符合 10 CFR 63.111(e) 要求的接受準則如下。

接受準則 1：廢棄物包件再取出計畫已提出合理期程且必要時可施行

- (1) 廢棄物再取出計畫包括下列項目的充分討論：(i) 再取出操作程序；(ii) 使用設備；(iii) 廢棄物再取出時符合 10 CFR 63.111(a)及(b) 的封閉前功能目標。
- (2) 美國能源部已備妥了再取出可能發生的情境，且所發展的情境考慮到健康與安全的保護及暴露劑量已被合理抑低。針對可能的廢棄物再取出期間所發展的情境評估其合理性，並符合 10 CFR 63.111(e)。
- (3) 對於不同再取出操作情境建立了適當的方法，以辨識及分析可能的問題，且對這些問題所提出的解決方案為可行，並建構在可靠的工程原則下。再取出計畫中已充分考慮再取出操作時處置坑道的劣化程度。再取出計畫中包含能完成再取出的可接受維護計畫，且考慮到健康與安全的保護及暴露劑量已被合理抑低。
- (4) 如採用設計再取出時間結束前回填處置坑道的選項，再取出計畫能充分符合 10 CFR 63.111(e) 的要求。
- (5) 美國能源部已考慮功能驗證計畫的期間對於維持再取出選項所需時間架構的影響。如有針對設計再取出的期間需要有不同時間架構，則此時間架構符合美國能源部所提出執行功能驗證計畫的期間。

接受準則 2：所提之再取出操作符合封閉前功能目標的要求

- (1) 再取出計畫充分符合 10 CFR 63.111(a)及(b) 的封閉前功能目標，同時也納入了合理抑低的要求。

接受準則 3：所提放射性廢棄物再取出的替代貯存方案為合理

- (1) 所提替代貯存區地點的實際位置及邊界已充分描述。
- (2) 所提替代貯存區足夠存放將被再取出的廢棄物。
- (3) 將廢棄物再取出至替代貯存區的運輸計畫足以保護工作人員及公眾。

接受準則 4：再取出操作時程

- (1) 再取出計畫符合 10 CFR 63.111(e)(3)的要求，即再取出時程應與建造地質處置場運轉區與放置廢棄物的時間大約相同。

2.1.2.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠的資訊，且適當地滿足 2.1.2.3 節的監管接受準則，則幕僚人員可以得出結論，認為此部分的評估為可接受的。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告和其他支持執照申請的資訊，合理的認為符合 10 CFR 63.111(e)。美國能源部保留了廢棄物再取出的選項，並讓美國核管會審查了該計畫，該設計允許合理時程的再取出。

2.1.3 永久封閉及除污或除污及地表設施拆除計畫

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.1.3.1 審查範圍

本章節提供永久封閉及除污或除污及地表設施拆除計畫的審查導則。審查者將依 10 CFR 63.21(c)(8)和(c)(22)(vi)要求的資訊進行評估。

當審查者決定這些計畫的可接受性時，應考慮在執照申請初始階段所提交的計畫基本上屬遠期的觀點，且難以反映在設施運轉過程中所獲得的資訊(例如污染的類型、程度和確切位置的詳細資訊)。因此，預期執照申請之初所提交的計畫和最終計畫具備相同的詳細程度是不合理的，特別像是所計畫的除污行動和最終放射性測量等要素。美國能源部要求提交最終計畫書，且須在執照終止之前審查並核准。

在準備審查所提出的永久封閉、除污、拆除計畫時，審查者應諮詢核物料安全與保防署(Office of Nuclear Material Safety and Safeguards, NMSS)有關除役的標準審查計畫內所包含的一般審查程序。但審查者應注意，這些文件是用於執照終止所準備的最終計畫。

幕僚人員將依據 2.1.3.2 及 2.1.3.3 節所述之審查方法與接受準則，對以下永久封閉及除污計畫或除污及地表設施拆除計畫進行審查。

- (1) 描述永久封閉及除污或除污及地表設施拆除的設計考量；
- (2) 永久封閉及除污或除污及拆除計畫。

2.1.3.2 審查方法

審查方法 1：有助於永久封閉及除污或除污及拆除的設計考量

確認執照申請文件描述了永久封閉及除污或除污及拆除相關的設計功能。

確認處置場設計符合永久封閉及除污或除污及拆除的目標。在可行且經濟的條件下，如設計條款包含了支持「封閉及除污」或「除污及拆除」這兩個設計選項優於其他替代選項，則此設計即可視為滿足上述要求。如果沒有選擇這些設計面向，應說明不採用較有利替代方案的可接受理由。較有利設計面向的例子包括：

- (1) 材料與處理方法的選擇以盡量減少廢棄物產生；
- (2) 屏蔽材料質量最小化，受中子活化作用；
- (3) 使用模組化設計及包含吊掛點位，以方便移除和拆除；
- (4) 材料的選擇適用於預計封閉及除污、或除污及拆除、或廢棄物處理程序；
- (5) 對具汙染潛能的結構、系統與組件使用最小表面糙率處理；
- (6) 使用防止放射性氣體、冷凝物、沉積的懸浮微粒、或溢出物穿透到孔隙材料的塗層，以透過表面處理進行除污；
- (7) 納入圍阻洩漏及溢出的面向；
- (8) 納入廢棄物最小化技術；
- (9) 納入除役時將職業與公眾輻射暴露維持合理抑低的面向。

與雅卡山審查計畫第 2.1.1.7 節(對安全及安全控制具重要性之結構、系統與組件的設計)中廢棄物管理系統設計的審查者配合，以確認這些設計將有助於封閉及除污或除污及拆除。

審查方法 2：永久封閉及除污或除污及地表設施拆除計畫

確認執照申請提供適當的永久封閉及除污或除污及地表設施拆除的初步計畫。以核物料安全與保防除役標準審查計畫，作為評估初步計畫的導則。在進行審查時，應考慮永久封閉、除役及拆除等作業，將在執照申請提交多年後才會開

始進行。然而，美國能源部於執照申請時所提交的初步計畫，應有足夠的細節說明美國能源部已對未來永久封閉、除役與拆除的要求、處理及影響等，做了充分的考慮。

評估美國能源部在永久封閉、除役與拆除的初步計畫中，是否已針對任何除役標準審查計畫的完整內容加以說明。對於標準審查計畫的每一部分，評估美國能源部提供的初步計畫是否對永久封閉、除役和拆除的要求、處理及影響已進行了評估。具體來說，評估如下：

設施歷史：美國能源部應描述有關設施運轉歷史紀錄以及除役所需的資訊。包括紀錄設施接收與處理放射性核種以及位置的紀錄。美國能源部也應說明如何記錄設施內部區域的例行及非常規汙染，以利之後的除役行為。美國能源部要求永久封閉和除役時，審查者應參考除役標準審查計畫，說明與設施運轉歷史紀錄的相關資訊。美國能源部應說明如何確保於永久封閉和除役時能夠提出所需的可靠資訊。

設施描述：美國能源部應描述與設施及其環境相關的資訊，以便永久封閉及除役期間以及完成封閉及除役後，評估現場與非現場人員的劑量估計。美國能源部於永久封閉及除役時，需提供有關設施及其環境相關的資訊，可參考任何除役標準審查計畫。美國能源部應說明如何確保在永久封閉及除役時，所提供的資訊已完備且可靠。

設施的放射性狀態：美國能源部應描述在永久封閉及除役時，有關於設施放射性狀態方面，有助於除役所需的資訊。此處所指的資訊包括設施媒介物中放射性核種汙染的類型和程度，設施媒介物包含建築物、系統和設備、地表及地下土壤、以及地表和地下水。美國能源部應提供關於除役行為的預期規模初步說明。參考任何除役標準審查計畫，美國能源部執行永久封閉及除役的要求，設施的放射性狀態資訊。美國能源部於永久封閉及除役時，需提供有關設施的放射性狀態的資訊種類，可參考任何除役標準審查計畫。美國能源部應說明如何確保在永久封閉及除役時，所提供的資訊已完備且可靠。

劑量模式評估：美國能源部應描述在永久封閉及除役時有關於劑量模式方面，有助於除役所需的一般資訊。美國能源部應說明如何確保在永久封閉及除役時，所提供的資訊已完備且可靠。

除役的替代方案：美國能源部應描述在永久封閉及除役時，有關於評估替代除役策略所需的一般資訊，以利於除役。美國能源部應說明如何確保在永久封閉及除役時，所需提供的資訊已完備且可靠。

合理抑低分析：美國能源部應描述有關合理抑低分析所需的資訊，以利於除役。美國能源部應說明如何確保在永久封閉及除役時，所需提供的資訊已完備且可靠。

計畫除役行為：美國能源部應描述有關計畫封閉及除役行為方面，有利於除役所需的資訊。美國能源部應提供初步資訊，以便審查者了解除役行為的一般途徑。美國能源部也應提供完成除役行為的初步安排。美國能源部於永久封閉及除役時，需提供有關計畫除役行為的資訊種類，可參考任何除役標準審查計畫。美國能源部應說明如何確保在永久封閉及除役時，所需提供的資訊已完備且可靠。

專案管理與組織：美國能源部應描述在專案管理與組織方面，有利於除役所需的資訊。美國能源部應提供初步資訊，以便審查者了解管理封閉及除役行為的一般作法。美國能源部於永久封閉及除役時，需提供有關封閉管理與除役作法的資訊種類，可參考任何除役標準審查計畫。

除役期間的健康和安全計畫：美國能源部應描述有關於健康和 safety 計畫方面，有助於除役所需的資訊。美國能源部應指出該計畫如何發展，並與封閉前健康和 safety 計畫相結合。

環境監測與控制計畫：美國能源部應描述在環境監測和控制方面，有助於除役所需的資訊。美國能源部應指出該計畫如何發展，並與封閉前周邊環境和控制計畫相結合。

放射性廢棄物管理計畫：美國能源部應描述透過封閉及除役行為所產生的放射性廢棄物管理方面，有助於除役所需的資訊。美國能源部應提供關於封閉及除役行為產生的放射性廢棄物的類型與數量之初步估計。美國能源部應提供減少放射性廢棄物數量的初步計畫，並討論處置放射性廢棄物的初步計畫。美國能源部於永久封閉及除役時，需提供有關放射性廢棄物管理的資訊種類，可參考任何除役標準審查計畫。美國能源部應說明如何確保在永久封閉及除役時，所需提供的資訊已完備且可靠。

品質保證計畫：美國能源部應描述有關品質保證方面有助於除役所需的資訊。

美國能源部應說明如何發展此計畫，並與封閉前品質保證計畫相結合。美國能源部品質保證計畫，是根據雅卡山審查計畫的第 2.5.1 節進行審查的。

設施放射性調查：美國能源部應描述為了封閉及除役行為所做的放射性調查方面，有助於除役所需的一般資訊。

財務保證：美國能源部不需要提供針對封閉或除役行為的財務保證計畫。

2.1.3.3 接受準則

以下接受準則符合 10 CFR 63.21(c)(8)及(c)(22)(vi)，有關永久封閉及除污計畫或除污及地表設施拆除計畫。

接受準則 1：執照申請描述並提供了地質處置場運轉區設計特色的依據，有利於永久封閉及除污或除污及地表設施拆除。

- (1) 執照申請描述了與永久封閉及除污或除污及拆除相關的設計特色功能；
- (2) 處置場設計符合永久封閉及除污或除污及拆除的目的。在可行且經濟的條件下，包含了設計條款及支持「封閉及除污」或「除污及拆除」這兩個設計選項優於其他替代選項。說明了不採用較有利替代方案的可接受理由；
- (3) 有助於封閉及除污或除污及拆除的設計。

接受準則 2：執照申請包括永久封閉及除污或除污及地表設施拆除的充分初步計畫。

- (1) 執照申請顯示美國能源部已認識到永久封閉、除役以及拆除所需要的資訊、分析及計畫；
- (2) 執照申請顯示，美國能源部將確保封閉及除役所需資訊，包括運轉歷史、設施描述與放射性狀態、劑量評估、除役替代方案以及合理抑低要求等，將在永久封閉及除役時提供；
- (3) 執照申請顯示，美國能源部對封閉及除役行為的範疇已進行推估，對執行與管理這些行為已有初步計畫，對管理封閉及除役行為產生的放射性廢棄物已有初步估算及計畫；
- (4) 執照申請顯示，美國能源部已有考量封閉及除役期間所需的健康和 safety、環境監測、及品質保證計畫的要求，且考慮到這些計畫將如何發展並與封閉前計畫相結合。

2.1.3.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠的資訊，且適當地滿足 2.1.3.3 節的監管接受準則，則幕僚人員可以得出結論，認為此部分的評估為可接受的。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告和其他支持執照申請的資訊，合理的認為符合 10 CFR 63.21(c)(8)。由於美國能源部已經提供了用於永久封閉及除污或除污及地表設施拆除的設計考量之充分描述，故執照申請內容以滿足要求。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告和其他支持執照申請的資訊，合理的認為符合 10 CFR 63.21(c)(22)(vi)。美國能源部針對永久封閉及除污與除污及地表設施拆除，提供了充分的計畫。

2.2 永久封閉後之處置場安全

2.2.1 安全功能評估

雅卡山處置設施之功能安全評估係為論證是否符合 10 CFR 63.113 之法規要求。美國能源部對於處置設施功能評估進行系統性分析，其分析結果須能回應三個危害性問題，包括：對處置設施造成危害之哪種作用會發生、危害作用可能如何發生、危害作用發生後之結果是什麼。雅卡山處置場功能評估是一件複雜分析的過程，含括多種複雜的考慮因子和評估作業。考慮的情境案例，包括自然環境的演變、超過 1 萬年後工程障壁退化和破壞事件，如地震、火山活動。模式須能模擬詳細演變過程，實驗室和現場試驗及天然類比資料能提供安全評估模式和參數選用的驗證技術支援，並能完整考慮場址系統，能有效計算劑量造成生物圈的影響。由於功能評估包括很多須考慮項目，所以整個審查過程需要利用危害性分析資訊，以確保審查過程能聚焦在隔離廢棄物之最重要的項目。審查功能評估包含四大部分：系統描述與多重障壁論證、情節分析與事件機率、論證模式精簡、符合封閉後公共健康與環境標準之論證。

2.2.1.1 系統描述與多重障壁論證

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.1.1 審查範圍

審查人員依據 10 CFR 63.21(c)(1)、(9)、(10)、(14)及(15)要求進行評估。

- (1) 鑑定障壁封閉後之功能(包括至少一個工程障壁和天然障壁)；
- (2) 描述確認障壁的功能，以防止或減少水或放射性核種從 Yucca 山處置場到可及環境的流動速度，或防止或減少廢棄物之放射性核種釋出，包括整個處置系統功能評估中使用方法的一致性和功能有關的不確定性；
- (3) 討論障壁功能相稱的技術基礎的功能評估，與特殊障壁的重要性和相關的不確定性。

2.2.1.1.2 審查方法

3 個審查方法：障壁鑑定、障壁功能、障壁功能的技術基礎

審查方法 1：障壁鑑定

驗證美國能源部是否已經對處置場系統進行工程組件和地質環境屬性的描述，這是屬於處置場關閉後的障壁功能鑑定。確認美國能源部已明確進行障壁鑑定能力，以使水流和放射性物質移動速率降低。驗證作為障壁的材料、結構、特徵和作用過程的鑑定，且至少一個為工程障壁，另一個為地質環境的一部分。

審查方法 2：障壁功能

驗證美國能源部描述障壁之功能，檢驗其相關解釋，包括：從雅卡山處置場到可接近之環境，能防止或降低水流或放射性核種之遷移速度，防止釋出或降低放射性核種從廢料體之釋出速度，亦包括相關不確定性的特性。沒有量化限制每個障壁的功能，每個障壁功能審查目的係為瞭解其預期功能，並能在整體功能安全時限制其放射性曝露。

確認在每個障壁能提供其執行的功能，包括合於規定期間營運期內的任何變更。

確認美國能源部已充分描述每個障壁的功能，包括不確定性。並與美國各部門有關之量化分析具有一致的全系統功能評估(如敏感度和不確定性分析，每個障壁的中期結果)。

在可能的範圍內，使用替代的全系統功能評估程式審核計算和/或其他適當的量化分析以確認每個障壁的功能。

審查方法 3：障壁功能的技術基礎

使用審查方法 2 進行審查獲得的資訊，重點在審查技術基礎的充足性、驗證能源部已提供的技術能支持障壁功能之描述基礎，並與每個障壁功能的重要性和相關不確定性相稱。確認符合功能安全評估的技術基礎。並能與下一節之「情節分析與事件機率」及「模式精簡」確認障壁功能技術基礎的品質和完整性。

2.2.1.1.3 接受準則

3 個接受準則：障壁鑑定、障壁功能、障壁功能的技術基礎，對於 10 CFR 63.113(a)及 10 CFR 63.115(a)-(c)是否適當或能接受。

接受準則 1：障壁鑑定為適當

障壁功能合乎 10 CFR 63.113(b)要求，則全系統功能評估獲得驗證及充分鑑定，能顯現具有之功能。確定的障壁包括至少一個來自工程系統和一個自然系統。

接受準則 2：障壁功能能隔絕廢棄物之描述可接受

識別障壁的功能可對於雅卡山處置場到可接近之環境，防止或降低水流或放射性核種之遷移速度，防止釋出或降低放射性核種從廢料體之釋出速度，並能充分識別和描述：

- (1)每個障壁能執行其預期功能，包括合於規定期間營運期內任何變更。；
- (2)障壁功能的不確定性已有充分描述；
- (3)所描述的功能與全系統功能評估的結果一致；
- (4)所描述的功能與 10 CFR 63.2 中的障壁的定義一致。

接受準則 3：障壁功能的技術基礎已適當的表達

障壁功能的技術基礎與功能評估之技術基礎一致。障壁能力技術基礎的表達說明與每個障壁功能的重要性和相關不確定性相稱。

2.2.1.1.4 審查發現

滿足 10 CFR 63.113(a)及 10 CFR 63.115(a) - (c)的要求。設計工程障壁系統與天然障壁結合，滿足符合多個障壁系統的隔離要求。

2.2.1.2 情節分析與事件機率

審查職責—高放射性廢棄物科、環境與性能評估科

2.2.1.2.1 情節分析

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.2.1.1 審查範圍

審查範圍：審查人員依據 10 CFR 63.21(c)(1) and (9) 要求進行評估。

- (1) 鑑定特徵、事件和作用的初始列表。
- (2) 篩選特徵、事件和作用的初始列表。
- (3) 減少特徵、事件和作用組合以形成情境分類。
- (4) 篩選情境分類。

2.2.1.2.1.2 審查方法

4 個審查方法：鑑定特徵、事件和作用的列表，篩選特徵、事件和作用的列表，減少事件組合以形成情境分類，篩選情境分類。

審查方法 1：鑑定特徵、事件和作用的列表

驗證美國能源部的特徵、事件和作用的列表，包括對處置場潛在影響之所有特徵、事件和作用。運用知識對於雅卡山場址和區域特徵資料，與工程障壁退化、惡化或變動相關的特徵、事件和作用之描述，以評估特徵、事件和進程列表的完整性。審查者應該使用適當的特徵、事件和作用的可用通用列表(例如，NEA 於 1997 年資料)，作為確定美國能源部對於特徵、事件和作用列表描述完整性的參考資料。

審查方法 2：篩選特徵、事件和作用的列表

檢查排除的特徵和作用，評估理由的充分性不包括基於場址描述、設計規格和廢棄物特性之每個特徵和作用。在評估過程中考慮資訊包括處置場、區域特徵、天然類比研究和處置場設計。

檢查美國能源部對於事件篩選理由，確定事件是否被適當定義。使用第 NUREG-1804 第二版雅卡山審查計畫之 2.2.1.2.2 節的審查結果進行本審查。對於那些低於監管機率標準的事件，評估美國能源部的排除理由(即判斷是否發生機率可以在技術上給予支持)，以評估美國能源部是否太狹窄地定義並不適當地排除這些事件。

查看用於篩選與地質相關的特徵、事件和作用的標準設計，以及工程障礙的退化，惡化或變動的功能評估，是基於產生合理最大限度曝露個體或放射性核種釋出到可及的環境之輻射曝露劑量大小和時間沒有顯著變化。評估美國能源部之分析或計算支持此篩選和使用邊界或代表性之估計結果。進行之獨立評估，使用

諸如全系統功能評估程式，確認美國能源部之特徵、事件和作用篩選之潛在結果。

審查方法 3：減少事件組合以形成情境分類

評估美國能源部對方法和技術基礎的描述，以確定情節案例的結果是否相互排斥及所有事件沒有從功能評估中被篩選出來。

審查方法 4：篩選情境分類

查看美國能源部使用的標準對功能評估進行篩選情境分類，他們的情節刪除對於產生合理最大限度曝露個體或放射性核種釋出到可及的環境之輻射曝露劑量大小和時間沒有顯著變化。評估美國能源部之分析或計算支持此篩選和使用邊界或代表性之估計結果。使用諸如全系統功能評估程式，確認美國能源部之特徵、事件和作用篩選之潛在結果。

評估美國能源部充分考慮耦合作用於篩選情境分類結果之估算過程。對於每個被篩選情境類別，評估相關的情境類別，以評核在先前排除情境分類之後是否產生狹義的情境類別定義。

檢查所排除的雅卡山處置場和支持技術基礎之情境分類，檢核過程考慮場址描述、設計規範和廢棄物特性。另外，在評估過程中考慮資訊包括處置場、區域特徵、天然類比研究和處置場設計。

使用第 NUREG-1804 第二版雅卡山審查計畫之 2.2.1.2.2 節的審查結果進行本審查。對於那些低於監管機率標準的事件，審查美國能源部對功能評估篩選情境分類的技術理由

2.2.1.2.1.3 接受準則

4 個接受準則：鑑定特徵、事件和作用的初始列表，篩選特徵、事件和作用的初始列表，減少特徵、事件和作用組合以形成情境分類，篩選情境分類。對於 10 CFR 63.114(e) and (f) 是否適當或能接受。

接受準則 1：鑑定特徵、事件和作用的初始列表

(1) 安全分析報告包含特徵、事件和作用的完整列表，與關於地質環境或工程障壁退化、惡化或變動(包括那些會影響天然障壁功能的作用)，對處置場潛在影響之所有特徵、事件和作用。列表須與場址特徵數據一致，且為周詳的特徵、事件和作用的完整列表，包括但不限於潛在的破壞性事件與有關火山活動(噴出和侵入);地震震動(高低幅度和罕見的大規模事件);構造演化(現有

斷層滑動並形成新的斷層);氣候變化(變化成沖積環境);和關鍵性。

接受準則 2：篩選特徵、事件和作用的初始列表

- (1)美國能源部已確認被排除有關地質環境或工程障壁退化、惡化或變動(包括那些會影響天然障壁功能的作用)之特徵、事件和作用;
- (2)美國能源部需對這些已被排除特徵、事件和作用提供理由。排除特徵、事件和作用的可接受理由係由法規規定，特徵、事件和作用的機率(通常為事件)低於監管標準;或省略特徵、事件和作用，產生合理最大限度曝露個體或放射性核種釋出到可及的環境之輻射曝露劑量大小和時間沒有顯著變化;
- (3)美國能源部為每個特徵、事件和作用提供充分技術基礎，排除在功能評估之外的特徵、事件和作用係由於法規、或特徵、事件和作用的機率低於監管標準;或省略特徵、事件和作用，產生合理最大限度曝露個體或放射性核種釋出到可及的環境之輻射曝露劑量大小和時間沒有顯著變化。

接受準則 3：減少特徵、事件和作用組合以形成情境分類

- (1)情境分類是相互排斥的、完整的、明確記錄的，和技術上可以接受。

接受準則 4：篩選情境分類

- (1)情境分類的篩選是全面的，明確記錄的且技術上可接受。
- (2)美國能源部充分考慮耦合作用於篩選情境分類結果之估算過程。情境分類不能先被狹義的排除;
- (3)從功能評估中篩選出的情境分類，在此基礎下需提出充分的理由說明依法規規定已明確地排除或違反已確定假設規定的情境分類;
- (4)從功能評估中篩選的情境分類，在此基礎下需提出充分的理由說明機率低於監管標準的情境分類。
- (5)從功能評估中篩選的情境分類，在此基礎下需提出充分的理由說明，省略特徵、事件和作用之後，產生合理最大限度曝露個體或放射性核種釋出到可及的環境之輻射曝露劑量大小和時間沒有顯著變化。

2.2.1.2.1.4 審查發現

滿足 10 CFR 63.114(e)及(f)的要求。(1)「安全分析報告」提供適當與地質環境或潛在影響處置場功能之工程障壁退化、惡化或變動相關的特徵、事件和作用之的初始列表(包括那些會影響天然障壁功能的作用)，(2)特徵、事件和作用的初

始列表已有適當的篩選，(3)特徵、事件和作用組合以形成情境分類已適當，(4)情境分類已經適當篩選。

2.2.1.2.2 情節分析與事件機率-鑑定事件的機率大於每年 10^{-8}

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.2.2.1 審查範圍

審查範圍：審查人員依據 10 CFR 63.21(c)(1)及(9)要求進行評估。

- (1) 定義為可能影響符合封閉後之功能標準，如斷層、地震活動、火成岩活動和關鍵性。
- (2) 每個事件可以機率表示以支持任務的技術基礎。
- (3) 概念模型評估或以事件機率考慮決定。
- (4) 計算事件機率的參數。
- (5) 計算事件機率的模型和參數的不確定性。

2.2.1.2.2.2 審查方法

5 個審查方法：事件定義、機率估算、機率模型支持、機率模型參數、事件機率的不確定性。

審查方法 1：事件定義

評估事件的定義(潛在有益或破壞性)是否明確適用於雅卡山處置場;對特定事件估計機率和事件定義在機率模型中具有一致性和適當地在模式內使用。

確認入侵和火山噴發事件的機率已分別估計。驗證斷層和地震的定義是從歷史記錄、古地震研究或地質分析中得出的。

審查方法 2：機率估算

評估適用於雅卡山的事件機率估計是否考慮過去的雅卡山天然類比的自然事件。評估機率估計是否與預定處置場系統的設計一致。評估美國能源部對未來可能性事件的解釋，其發生機率是可以理解。驗證未來火山事件機率估計已經考慮雅卡山的事件過去火山活動。

審查方法 3：機率模型支持

確認機率估算模型之技術理由適用於雅卡山處置場。驗證理由包括與詳細過程作用模式的結果相互進行比較，或與現場結果驗證比較，如合理類似的天然系統或適當的實驗室測試。確認替代建模方法，與可用數據和當前數據一致。

審查方法 4：機率模型參數

驗證參數是否適用計算事件機率，該數據來自雅卡山地區。驗證地震機率和斷層位移所使用的參數值，是來自雅卡山地區斷層和地震或適當的類比資料，確定參數變異性、精度和準確度的影響。如果不存在足夠的數據，請確認參數值和概念模型基於適當使用其他來源，如專家支援引用，使用 NUREG-1563(Kotra 等，1996)。

審查方法 5：事件機率的不確定性

對於適用於雅卡山處置場的事件，需驗證機率估計已充分識別和不確定性估算。確認已提供適當的技術基礎，包括機率值不確定性處理。對於機率分佈或範圍，確認該技術基礎已充分分析，該機率分佈或範圍已解釋不確定性之機率估計。[注意：雖然機率分佈或範圍可以包括機率每年低於 10^{-8} ，分佈範圍的平均值用於功能評估事件篩選。]

驗證評估斷層和地震活動對處置場的功能影響，包括地震頻率及相對較大的地面移動地震事件和斷層位移，以及高地震頻率但相對較小的地震或斷層位移事件反覆造成地面移動累積效應。

2.2.1.2.2.3 接受準則

5 個接受準則：事件是充分定義、適宜的技術基礎能支持未來事件之機率估算、機率模型支持、機率模型參數有被充分建立、事件機率的不確定性有被充分評估，對於 10 CFR 63.114(d)是否適當或能接受。

接受準則 1：事件是充分定義

- (1)事件或事件分類無未明確之定義，並且完整一致性使用於機率模型，估計每個事件或事件分類的機率；
- (2)分別計算入侵和火山噴發事件的機率。斷層和地震的定義來自歷史記錄、古地震研究或地質分析。關鍵事件是另外分開計算的。

接受準則 2：適宜的技術基礎能支持未來事件之機率估算

- (1)未來自然事件的機率已經考慮了過去自然事件模式，並考慮到可能的未來條件，以及處置場工程障壁系統和天然系統間相互作用。這些機率估計具體包括火山事件、斷層和地震事件、關鍵事件。

接受準則 3：機率模型支持

- (1)與詳細作用級模式和/或經驗觀察(例如，實驗室測試、現場測量或天然類比，包括雅卡山場區數據)輸出比較，驗證機率模型是否合理。特別：
- (a)對於低發生率的事件，美國能源部需提出機率模型與數據證明其適當性。模擬應該有更多的事件，提供合理的機率評估模型展示；
 - (b)美國能源部需證明機率模型產生的結果與發生時機和過去發生的特徵一致(例如位置和幅度大小)；
 - (c)美國能源部之自然事件的機率模型與其他(例如，構造模型)、報告中評估的特徵、事件和作用具有一致的地質條件基礎

接受準則 4：機率模型參數有被充分建立

- (1)在機率模型中使用的參數在技術上是合理的，並已由美國能源部完成記錄。特別是：
- (a)機率模型的參數需限制來自於雅卡山地區和處置場工程系統的數據；
 - (b)美國能源部已建立參數之間合理一致的相關性；
 - (c)如果不存在足夠的數據，則參數值的定義和概念模型是基於適當使用其他來源，如專家支援建立適當的引導。

接受準則 5：事件機率的不確定性有被充分評估，對於 10 CFR 63.114(d)是否適當或能接受

- (1)機率值反映不確定性。特別：
- (a)美國能源部提供之機率值需提出技術基礎依據，並且該機率值估算需具有不確定性評估；
 - (b)機率值的不確定性需充分反映參數不確定度在模型結果範圍(即精度)和模型不確定性的影響，因為其影響過去事件的時間和幅度(即精度)。

2.2.1.2.2.3 接受準則

5 個接受準則：事件是充分定義、適宜的技術基礎能支持未來事件之機率估算、機率模型支持、機率模型參數有被充分建立、事件機率的不確定性有被充分評估，對於 10 CFR 63.114(d)是否適當或能接受。

2.2.1.2.2.4 審查發現

滿足 10 CFR 63.114(d)的要求。「安全分析報告」等提交的資料支持許可證申請，滿足 10 CFR 63.114(d)的要求。許可證申請係考慮那些在 10,000 年以上發

生至少有一次機會的事件。

2.2.1.3 模型精簡化

採用 14 種精簡模式來決定這些關鍵因子對隔絕廢棄物的重要性，根據這些模型在安全評估過程對風險的貢獻、場址特徵化的知識、工程設計、以及美國能源部申照審查。審查重點在了解對各種假設、模式與資料在功能評估中對安全功能的重要性。包含如下：

- (1) 工程障壁劣化
- (2) 工程障壁的力學破壞
- (3) 工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學
- (4) 核種釋出率及溶解度限制
- (5) 氣候與入滲
- (6) 未飽和區流徑
- (7) 未飽和區核種傳輸
- (8) 飽和區流動路徑
- (9) 飽和區核種傳輸
- (10) 廢棄物包件之猛烈性破壞
- (11) 核種之氣體傳輸
- (12) 地下水核種濃度
- (13) 土壤中核種再分布
- (14) 生物圈特性

2.2.1.3.1 工程障壁材料之劣化

幕僚人員共計利用 14 個精簡模式分段來判定其符合 10 CFR 63.114 規範要求的程度。幕僚人員將以風險觀點，評估哪些模式對廢棄物的隔離功能是重要，因而對 14 個精簡模式評估必須有一致標準。

審查本節之精簡模式，須考慮美國能源部所依靠之工程障壁材料劣化程度去驗證其符合度。審查本節此一精簡模式，是針對多重障壁章節(2.2.1.1 節)之風險評估資訊來考慮。例如，如果能源部認為依靠工程障壁來提供延遲核種傳輸以使個人曝露於一合理的最大劑量值是重要的，則須對此一精簡模式進行詳細的審查。另一方面，如果能源部確認此一精簡模式對個人曝露劑量影響不重要，

則只對其邊界之假設進行簡化審查。此處提供的審查方法與接受準則是為了詳細審查，對有些簡化審查可能不需要。此處是利用 2.2.1.4 節之雅卡山審查計畫來驗證功能目的之符合程度。

2.2.1.3.1.1 審查範圍

這節是審查工程障壁材料在處置坑道內之劣化，審查者將依 10 CFR 63.21(c)(3)、(9)、(10)、(15)及(19)之要求審查此一有關工程障壁劣化精簡資訊。

工程障壁劣化之精簡概念，幕僚人員將以下述 2.2.1.3.1.2 節及 2.2.1.3.1.3 節之評估方法及接受準則，依以下六部分評估：

- (1) 關於與工程障壁劣化及基於能源部提供支持模型完整性的技術相關之工程障壁系統,水力學,地化學,熱等方面作用之描述，跨整體系統功能評估精簡概念；
- (2) 判斷整體系統功能評估精簡模式概念的數據與參數之充足程度；
- (3) 能源部使用於描繪數據不確定性與不確定性遍及於整體系統功能評估精簡概念之方法；
- (4) 能源部使用於描繪模式不確定性與不確定性遍及於整體系統功能評估精簡概念之方法；
- (5) 能源部使用於比較整體系統功能評估之產出與在過程階段模式之產出與經驗探討的方式；
- (6) 專家意見之使用。

2.2.1.3.1.2 審查方法

為審查工程障壁的劣化精簡概念，認識用於整體系統功能評估之模式，可以從高度複雜過程階段的模式到簡化的模式，姑且不論模式的複雜層級，評估模式須具的合適性。

審查方法 1：模式的完整性

檢查能源部執照申請說明有關設計特色、物理現象、與耦合作用，以及廢棄物包件的說明，與隔離高放射性核廢棄物的工程障壁系統特性。確定具備足夠技術基準以完成這些描述、及足夠技術結合他們於整體系統功能評估精簡應用於工程障壁劣化。

檢查能源部使用於整體系統功能評估精簡中工程障壁劣化模式之假設、技術基準、數據、模式，以與能源部其他相關精簡一致性。評估說明或技術基準是否提供透明與可追蹤的支持工程障壁劣化精簡模式概念。

評估能源部在廢棄物包件處置坑道、設計特色、物理現象、與耦合作用內之環境條件方面說明是否足夠，這些會影響到工程障壁的劣化。證實應用於工程障壁劣化整體系統功能評估精簡之條件與假設，與精簡內之數據前後一致。

確定能源部在工程障壁劣化整體系統功能評估精簡中，於整體精簡方式中有將邊界與初始條件予以累計。

檢查於整體系統功能評估精簡中，與工程障壁劣化之相關 FEP 如何。

評估能源部使用在選擇設計準則之技術基準，它可減輕任何潛在衝擊處置場性能之現場包件危險性，包括增加廢棄物包件再活耀的所有 FEP；所有配置等級及潛在核危險的配置；改變工程障壁劣化精簡模式之核種庫存與熱的情況。

證實能源部的審查有根據 NURED-1297 及 NUREG-1298 之規範(Altman, et al., 1988)，或其他可接受的方法。

審查方法 2：數據與模式的正當性

評估支持使用在概念模式、過程階段模式、及用於整體系統功能評估精簡中工程障壁劣化之其他概念模式參數之實驗數據與場址特性調查數據數充足性。

證實是否收集足夠數據予充分模擬劣化過程，以及是否足夠的地化、水力學、設計特性、熱作用特性予建立為工程障壁劣化精簡模式之整體系統功能評估的初始及邊界條件。例如，力學性質數據的範圍，應涵蓋預期溫度與微結構的狀況。腐蝕數據，應考慮適當的環境條件範圍，例如氯化物之濃度。

評估與確認使用在支持能源部為工程障壁劣化精簡模式之整體系統功能評估的數據，是基於適當的技術、且於考慮敏感性/不確定性分析時是充足的。

證實能源部驗證使用於推估工程障壁可能劣化過程之範圍的模式是充足的。

審查方法 3：數據的不確定性

評估使用在概念模式、過程階段模式、及用於整體系統功能評估精簡中工程障壁劣化其他概念模式之技術基準的參數值、假設範圍、機率分佈及邊界值。審查者應證實此一技術基準支持在功能評估中參數不確定性與變異性之處理。如果，於一方法中之參數不確定性與變異性採取保守值，審查者應證實此一導致風

險的保守估計值，且不可引起非預期的結果。亦即，保守代表某一方面之處置場行為，將減低整體之風險性；當參數範圍增大到數據可支持的範圍外，採用保守方法將會不適當的淡化所估計的風險。

檢查能源部使用在為劣化過程精簡之假設對廢棄物隔離不重要，並確認精簡中之參數，與其它用在決定工程障壁功能所採用值一致，以及用在整體系統功能評估中的初始與邊界條件。

證實是否收集足夠數據予充分模擬劣化過程，以及是否足夠的地化、水力學、設計特性、熱作用特性予建立為工程障壁劣化精簡模式之整體系統功能評估的初始及邊界條件。

確認能源部在工程障壁劣化精簡模式之使用參數值，是根據實驗室實驗、現場量測、天然類比或工業類比研究、在過程階段模擬研究、實施於對照於位於雅卡山未飽和帶之處置窖的相關環境所得。檢查能源部工程障壁劣化之試驗結果，並確認能源部提供足夠的模式。

評估能源部使用於組裝工程障壁的非破壞檢測方法，包含製造組裝缺陷的種類、尺寸、位置，因其可能因工程障壁材開始劣化而迅速導致比預期過早的破壞。

檢查工程障壁材製造缺陷的允許分佈之正當性，並評估能源部如何確保未能被檢測的缺陷對工程障壁功能之影響。

證實能源部適當地建立各參數間可能之統計相關性，否則須證實有足夠的技術基準或邊界論證而可忽略相關性。

評估能源部使用的方法有引用專家意見去定義參數值。

審查方法 4：模式的不確定性

評估能源部有使用其它概念模式為工程障壁劣化而發展整體系統功能評估精簡。檢查模式的參數滿足於場址特性調查數據、實驗室試驗、現場量測、及在過程階段模擬研究。

哪裡適合採用其它整體系統功能評估模式，去評估能源部的工程障壁劣化精簡，包括廢棄物包件腐蝕。

評估概念模式不確定性之處理有考慮到場址特性調查數據、實驗室實驗、現場量測、天然類比資訊、及在過程階段的模擬研究。如果採用一個保守模式去處理概念模式的不確定性，則審查者應證實此一選定的概念模式：(1)相對於其它概

念模式是保守，(2)導致保守估計且不可引起非預期的結果(即保守代表某一方面之處置場行為，將減低整體之風險性估計)。

檢查分析工程障壁材劣化之數學模式。檢查與評估排除其它概念模式的根據及其數學模式的限制與不確定性。

審查方法 5：模式的支持

評估從工程障壁劣化精簡的產出結果，比較於綜合實驗室腐蝕試驗數據、與現場量測數據、以及在過程階段模擬研究之數據。評估其敏感性分析以支持於整體系統功能評估之工程障壁劣化精簡。

利用詳細的劣化過程模式去評估整體系統功能評估之工程障壁劣化精簡。實務上，如果選定能源部部分工程障壁劣化之精簡，使用其它方式去評估整體系統功能，並確定其對處置場功能之影響性。比較能源部的精簡結果，接近於相仿的類比系統,工業經驗,實驗之結果。

評估證據以證明所採用的模式，絕不可能低估工程障壁因腐蝕或其它劣化過程之實際劣化與破壞。

在發展模式的支持證據中，證實工程障壁材劣化之數學模式是基於相同環境參數、材料因素、假設、並接近相仿的類比系統,工業經驗,實驗研究之結果。

檢查能源部建構與試驗其數學與數值模式的步驟。

使用其它整體系統功能評估模式，去評估能源部之敏感性與邊界分析，已確認能源部的有採用符合現場調查、實驗室試驗數據、工業及天然類比系統研究之數據範圍。

2.2.1.3.1.3 接受準則

以下接受準則是根據滿足於規範 10 CFR 63.114 (a)-(c)及(e)-(g)等有關工程障壁劣化精簡模式之要求。美國核管會幕僚人員須應用下列接受準則，依照能源部建立之風險等級執照申請。

接受準則 1：系統描述與模式完整是足夠。

- (1) 整體系統功能評估中，結合足夠的重要設計特色、物理現象、耦合作用、並適用一致且適當的假設於工程障壁精簡劣化的整個過程。
- (2) 工程障壁精簡劣化的評估所使用的假設、技術基準、數據、與模式是適切與能源部相關精簡的一致。例如，使用於工程障壁精簡劣化的假設與接觸廢棄

物包件的水量與水化學及廢棄物形式一致；氣候與滲透；廢棄物包件的力學瓦解。支持工程障壁劣化精簡之描述與技術基準是透明且可以追蹤的。

- (3) 工程障壁、設計特色、劣化過程、物理現象、耦合作用等可能影響工程障壁劣化的描述是足夠的。例如，建構工程障壁的材料與方法被納入，及各類劣化過程諸如均勻與局部腐蝕、應力腐蝕破裂、微生物影響的腐蝕、電流交互作用、氫萃化、製造過程溫度老化、與相穩定性等等因素均被考慮在內。
- (4) 於整體系統功能評估精簡中之邊界與初始條件是延續於整個精簡各方法內。例如，使用於工程障壁精簡劣化的條件與假設，均與接觸廢棄物包件的水量與水化學及廢棄物形式一致；氣候與滲透；廢棄物包件的力學瓦解之假設一致。
- (5) 於整體系統安全評估精簡中，有提供充分的技術基準以包含相關工程障壁劣化的 FEP。
- (6) 提供充分的技術基準，以在選擇設計條件使減輕任何潛在衝擊處置場性能之現場包件危險性，包括增加廢棄物包件再活耀的所有 FEP；始減低處置場功能中，對現地廢棄物包件衝擊之危險性，包括增加廢棄物包件活要性的所有 FEP，所有配置等級及潛在核危險的配置；改變工程障壁劣化精簡模式之核種庫存與熱的情況。
- (7) NUREG-1297 及 NUREG-1298 中的準則，或其它可接受規範是被採用的。

接受準則 2：證明模式之數據是充足的。

- (1) 可利用於工程障壁劣化之參數足夠判斷(例如，實驗室腐蝕試驗、處置坑尺度的場址數據、工業應用經驗、其它非特定對象試驗成果等等)。能源部描述這些數據如何使用、解釋、與適當的綜合入參數值。
- (2) 已為工程組件、設計特色、與天然系統中收集充足的數據，以建立工程障壁劣化精簡模式之初始與邊界條件。
- (3) 使用於工程障壁劣化(例如，一般或局部腐蝕、微生物影響的腐蝕、電流交互作用、氫萃化與相穩定性)之精簡模式的數據是根據實驗室量測、特定場址量測、天然類比/天然類比研究、及設計複製 Yucca Mountain 場址可能發生的狀況之試驗。在適當性分析敏感性或不確定性時，使用於支持能源部整體系統功能評估精簡足夠去決定可能的需要額外資料。

- (4) 對工程障壁功能可能是重要的過程之劣化模式是足夠的。例如，能源部模式考慮了工程障壁的可能劣化，包括由於均勻與局部腐蝕、應力腐蝕破裂、微生物影響的腐蝕、電流交互作用、氫萃化、製造過程溫度老化、與相穩定性。

接受準則 3：數據不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。

- (1) 模式使用的參數值、假設範圍、可靠性分佈、及或邊界假設，技術上是有正當理由的、合理考慮不確定性與變異性、不可能導致低估風險性。
- (2) 對工程障壁功能有重要影響之劣化過程，能源部提供適當的參數，其技術是基於實驗室驗、現場量測、工業類比、及在過程階段模擬研究，在類似於廢棄物包件於處置坑之環境條件。能源部在實驗室與現場試驗也驗證了預測工程障壁劣化的能力。
- (3) 使用於概念與過程階段之工程障壁劣化模式的參數選定，可用以預計於處置場狀況、假設範圍與可靠度分佈不可能低估工程障壁真正腐蝕劣化及破壞。
- (4) 能源部使用適當的非破壞檢測方法去檢查製造工程障壁，以確認製造缺陷的型式、大小與位置，這些可能在工程障壁開始劣化時迅速破壞。能源部具體說明與判斷工程障壁內允許的製造缺陷分佈，並確定檢測不到的缺陷對工程障壁功能之影響。
- (5) 當沒有充足數據時，能源部採取的參數值與概念模式，須是適當利用其它來源，例如是依 NEREQ-1563 的專家建議值。如果以其它方法，能源部應適當地判斷他們的使用。

接受準則 4：模式不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。

- (1) 其它模擬 FEP 方法已被考慮且符合可用的數據及現今科學認知，其分析結果與限制也已適當考慮於本精簡模式。
- (2) 概念模式不確定性之考慮與場址特性調查數據、實驗室驗、現場量測、自然類比、以及在過程階段模擬研究之數據一致；概念模式不確定性之處理不可導致低估風險性。
- (3) 能源部使用其它符合可用的數據及現今科學認知的模擬方法，且經由對模擬過程敏感之試驗與分析，評估其模式結果與其限制。例如，工程障壁之均勻腐蝕、局部腐蝕與應力腐蝕破裂等過程，能源部考慮以其它方法模擬，以瞭解環境條件與材料因素對劣化過程之重要性。

接受準則 5：精簡模式產出結果被客觀比較所支持。

- (1) 在這對整體系統功能評估精簡模式，提供的模式補充結果與從詳細過程階段模式或經驗觀察(實驗室與現場試驗，及或自然類比)一致；
- (2) 具有足夠代表性計算工程障壁壽命之腐蝕數值模式，其中已考慮預期長期行為中的不確定性、條件的範圍(包含殘餘應力)、及工程障壁製造過程之變異性(包括焊接)。
- (3) 有充分證據，顯示評估功能的模式不可能低估工程障壁因為腐蝕或其它劣化過程之實際劣化與破壞。
- (4) 工程障壁劣化的數學模式是基於相同的環境參數、材料因素、假設、並接近相仿的類比系統或工業應用,與實驗研究。
- (5) 利用接受的與具良好證明的程序，去建構及試驗模擬工程障壁化學環境與工程障壁材劣化之數值模式。
- (6) 經敏感度分析與邊界分析可提供支持本工程障壁劣化精簡模式，其範圍涵蓋場址數據、現場或實驗室實驗與試驗、工業類比。

2.2.1.3.1.4 審查發現

如果，執照申請可提供充分的資訊，且滿足在 2.2.1.3.1.3 節之接受準則，則幕僚人員就推斷幕僚人員評估的部分是可接受的。評審人員，則為整個執照申請撰寫適合包含於安全評估之報告資料。這報告包括一個摘要陳述審查了甚麼、為何審查發現提議可接受。幕僚人員可提供審查證明文件如下：

美國核能管制委員會幕僚人員已審查安全分析報告及支持執照申請的其它資訊，依據功能評估中工程障壁材之劣化精簡模式，以合理考察，發現已滿足 10 CFR 63.114 規範之要求。特別，核管會幕僚人員發現：

- (1) 已使用從場址及鄰近地區的適當的數據、使用合適不確定性與變異性的參數值及其它概念模式，滿足 10 CFR 63.114(a)-(c)規範要求。
- (2) 特定的 FEP 已包含於分析中，已提供適當的技術基準以包含或排出各類情況，滿足 10 CFR 63.114(e)規範要求。
- (3) 特定的劣化、惡化、改變過程已包含於分析，並考慮它們對每年劑量之影響。已提供適當的技術基準以包含或排出各類情況，滿足 10 CFR 63.114(f)規範要求。

(4) 已提供足夠的技術基準於使用模式進行功能評估，滿足 10 CFR 63.114(g)之規範要求。

2.2.1.3.2 工程障壁之力學破壞

工程障壁之力學破壞定義為:工程障壁由於人為或自然的外部事件而部分或整體破壞，即刻或最終導致其設計使用年限或性能之降低，而致核種外洩。例如，落石可能引起廢棄物容器破裂，或撞凹容器而加速其腐蝕，使其破壞比正常情況快速。

審查本節之精簡模式，須考慮美國能源部所依靠工程障壁力學破壞之程度，去驗證其符合度。審查本節此一精簡模式，是針對多重障壁章節(2.2.1.1 節)之風險評估資訊來考慮。例如，如果能源部認為依靠工程障壁來提供延遲核種傳輸以使個人曝露於一合理的最大劑量值是重要的，則須對此一精簡模式進行詳細的審查。另一方面，如果能源部確認此一精簡模式對個人曝露劑量影響不重要，則只對其邊界之假設進行簡化審查。此處提供的審查方法與接受準則是為了詳細審查，對有些簡化審查時可能不需要。此處是利用 2.2.1.4 節之雅卡山審查計畫，來驗證功能性目的之符合程度。

2.2.1.3.2.1 審查範圍

這節是審查工程障壁之力學破壞，審查者將依 10 CFR 63.21(c)(1)-(3)、(9)、(10)、(15)及(19)之要求審查此一有關工程障壁力學破壞資訊。

工程障壁劣化之精簡概念，幕僚人員將以下述 2.2.1.3.2.2 節及 2.2.1.3.2.3 節之評估方法及接受準則，依以下六部分評估：

- (1) 關於與工程障壁在地質與工程方面的力學破壞及其技術描述，是基於能源部所提供支持模型完整性橫跨整體系統性能評估精簡概念；
- (2) 判斷整精簡模式概念的數據與參數之充足程度；
- (3) 能源部使用於描繪數據不確定性與不確定性遍及於整體系統功能評估精簡概念之方法；
- (4) 能源部使用於描繪模式不確定性與不確定性遍及於整體系統功能評估精簡概念之方法；
- (5) 能源部使用於比較整體系統功能評估之產出與在過程階段模式之產出與經驗探討的方式；

(6) 專家意見之使用。

2.2.1.3.1.2 審查方法

為審查工程障壁的力學破壞概念，認識用於整體系統功能評估之模式，可以從高度複雜過程階段的模式到簡化的模式，姑且不論模式的複雜層級，評估模式須具的合適性。

審查方法 1：模式的完整性

檢查能源部執照申請說明有關包含在工程障壁精簡中力學破壞之設計特色、物理現象、與其耦合作用。確定具備足夠技術基準以完成這些描述、及足夠技術結合他們於整體系統功能評估精簡應用於工程障壁力學破壞。

評估在可能影響工程障壁力學破壞的設計特色、物理現象、與其耦合作用之說明是否足夠。證實應用於整體系統功能評估工程障壁力學破壞之條件與假設，與精簡內之數據前後一致。

檢查能源部使用於整體系統功能評估精簡中工程障壁力學破壞之假設、技術基準、數據、模式，以與能源部其他相關精簡一致性。評估說明或技術基準是否提供透明與可追蹤的支持工程障壁力學破壞精簡概念。

確定能源部在工程障壁力學破壞整體系統功能評估精簡中，於整體精簡方式中有將邊界與初始條件予以累計。

檢查於整體系統功能評估精簡中，與工程障壁力學破壞之相關 FEP 如何。

評估能源部之結論是依據對工程障壁完整性之關鍵瞬間衝擊性。

證實能源部的審查有根據 NURED-1297 及 NUREG-1298 之規範(Altman, et al., 1988)，或其他可接受的方法。

審查方法 2：數據與模式的正當性

評估使用在概念模式、過程階段模式、及其他概念模式於整體系統功能評估精簡中工程障壁力學破壞之地質與工程數據的充足性。評估使用在工程障壁力學破壞之物理現象、與耦合作用、地質及工程上等數據之依據。這依據包括技術組合，例如實驗室實驗、場址現地量測、天然類比研究、過程階段模式探討、專家意見。

證實已收集足夠數據予以特徵化自然系統之地質、工程材料、及初始製造缺陷等，去建構評估工程障壁力學破壞精簡之初始及邊界條件。

評估與確認使用在支持能源部為工程障壁力學破壞精簡模式之整體系統功能評估的數據，是基於恰當的技術、且考慮於敏感性/不確定性分析是充足的。評估在進行敏感性分析時額外數據的需求。

證實能源部使用驗證工程障壁之力學破壞事件模式是充足的。

審查方法 3：數據的不確定性

評估用於整體系統功能評估精簡中，使用在概念模式、過程階段模式、及其他概念模式工程障壁力學破壞的參數值、假設範圍、機率分佈及邊界值之技術依據。審查者應證實此一技術基準可支持在功能評估中參數不確定性與變異性之處理。如果，於一方法中之參數不確定性與變異性採取保守值，審查者應證實此一導致風險的保守估計值，不可引起非預期的結果。亦即，保守代表某一方面之處置場行為，將減低整體之風險性；當參數範圍增大到數據可支持的範圍外，採用保守方法將會不適當的淡化所估計的風險。

評估能源部使用於過程階段模式，代表雅卡山處置場處置窖力學破壞事件之正當性。證實能源部之參數足夠包括表雅卡山場址數據，例如不會低估影響工程障壁完整性力學破壞事件。確認能源部在力學破壞事件概念模式之選用參數是與在雅卡山觀察的徵特範圍一致。

證實能源部適當地建立各參數間可能之統計相關性，否則須證實有足夠的技術基準或邊界論證而可忽略相關性。

評估能源部使用的方法有引用專家意見去定義參數值。

審查方法 4：模式的不確定性

評估能源部在發展這精簡中，有為工程障壁力學破壞使用其它概念模式。檢查模式的參數滿足於場址特性調查數據、實驗室試驗、現場量測、天然類比及在過程階段模擬研究，並評估它們的一致性。

哪裡適合採用其它整體系統功能評估模式，去評估能源部的工程障壁力學破壞精簡。

評估概念模式不確定性之處理，有考慮到場址特性調查數據、實驗室實驗、現場量測、天然類比資訊、及在過程階段的模擬研究。如果採用一個保守模式去處理概念模式的不確定性，則審查者應證實此一選定的概念模式：(1)在符合可用之數據及依現在科學理解之下，相對於其它概念模式是否保守，(2)導致的保守估

計，且不可引起非預期的結果(即保守代表某一方面的處置場行為，減低整體之風險性估計)。

檢查分析工程障壁力學破壞之數學模式。檢查與評估排除其它概念模式的根據及其數學模式的限制與不確定性。

審查方法 5：模式的支持

評估從工程障壁力學破壞精簡的產出結果，比較於綜合場址特性調查數據、實驗室試驗、在過程階段模擬研究、與現場量測、以及天然類比研究數據。

利用詳細的地質與工程過程模式去評估整體系統功能評估精簡之工程障壁力學破壞。實務上，如果選定能源部部分工程障壁力學破壞之精簡，使用其它方式去評估整體系統功能，並確定其對處置場功能之影響性。比較能源部的精簡結果，接近於相仿的天然類比系統或實驗系統。

檢查能源部建構與試驗其數學與數值模式的步驟。

使用其它整體系統功能評估模式，去評估能源部之敏感性與邊界分析，並確認能源部有採用符合現場調查數據、實驗室試驗、天然類比研究之數據範圍。

2.2.1.3.2.3 接受準則

以下接受準則是根據滿足於規範 10 CFR 63.114 (a)-(c)及(e)-(g)等有關工程障壁力學破壞精簡模式之要求。美國核管會幕僚人員須應用下列接受準則，依照能源部建立之風險等級執照申請。

接受準則 1：系統描述與模式完整是足夠。

- (1) 整體系統功能評估中，結合足夠的重要設計特色、物理現象、耦合作用、並使用一致且適當的假設於工程障壁精簡力學破壞的整個過程；
- (2) 在設計特色、物理現象、耦合作用等可能影響工程障壁力學破壞的地質與工程方面的描述足夠。例如，建造工程障壁組件所使用的材料、環境因素(例如溫度、水化學、濕度、輻射性等)對這些材料之影響、評估這些材料功能能力之力學破壞過程及其破壞準則。在工程障壁力學破壞精簡中之狀況與假設，均經確認並與描述數據一致；
- (3) 工程障壁力學破壞精簡所使用的假設、技術基準、數據、與模式是適切並與能源部相關精簡一致。例如，使用於工程障壁力學破壞之假設與工程障壁精簡劣化的假設(2.2.1.3.1 節)一致。支持工程障壁力學破壞精簡之描述與技術

基準是透明且可以追蹤的；

- (4) 使於整體系統功能評估力學破壞精簡中之邊界與初始條件是延續於整個精簡各方法內；
- (5) 於此精簡中，有提供充分的數據與技術基準去評估 FEP 的程度；
- (6) 根據工程障壁完整性之關鍵明顯衝擊性之結論是有正當理由的；
- (7) NUREG-1297 及 NUREG-1298 中的準則，或其它可接受規範是被採用的。

接受準則 2：證明模式之數據是充足的。

- (1) 執照申請中使用於工程障壁力學破壞之地質與工程參數值是足夠判斷的。提供足夠有關這些數據如何使用、解釋、與適當綜合入參數的描述；
- (2) 已收集充足的天然系統的地質、工程材料、與初始製造缺陷數據，以建立工程障壁力學破壞精簡之整體功能評估的初始與邊界條件；
- (3) 使用於整體系統功能評估精簡中，有關天然系統的地質、工程材料、與初始製造缺陷之數據是根據恰當的技術。此等技術包括實驗室實驗、特定場址量測、天然類比研究、過程階段模式探討。在適當性分析敏感性或不確定性時，使用於支持能源部整體系統功能評估精簡足夠去決定可能的需要額外資料；
- (4) 對工程障壁力學破壞之模式是足夠的。例如，這些模式考慮了延長曝露於處置窖之預期環境、非特別為雅卡山場址設計或執行的材料試驗結果、工程障壁組件的製造瑕疵。

接受準則 3：數據不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。

- (1) 模式使用的參數值、假設範圍、可靠性分佈、及或邊界假設，技術上是有正當理由的、合理考慮不確定性與變異性、不可能導致低估風險性；
- (2) 在過程階段模式中，模擬在雅卡山處置窖之力學破壞事件是足夠的。參數值可滿足限制在雅卡山場址數據，以使工程障壁完整性之力學破壞事件作用不被低估。在概念模式中，力學破壞事件的參數與在雅卡山觀察特性之範圍一致；
- (3) 在概念模式、過程階段模式、與其他於發展工程障壁力學破壞評估精簡中所考慮的概念模式之參數不確定性均足具代表性；
- (4) 當沒有充足數據時，能源部採取的參數值與概念模式，須是適當利用其它來源，例如是依 NEREQ-1563 的專家建議值。如果以其它方法，能源部應適當地判斷他們的使用。

接受準則 4：模式不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。

- (1) 其它模擬 FEP 方法已被考慮且符合可用的數據及現今科學認知，其分析結果與限制也已適當考慮於本精簡模式；
- (2) 概念模式不確定性之考慮與場址特性調查數據、實驗室實驗、現場量測、天然類比資訊、以及在過程階段模擬研究之數據一致；概念模式不確定性之處理不可導致低估風險性；
- (3) 能源部使用其它符合可用的數據及現今科學認知的恰當模擬方法，且經由對模擬過程敏感之試驗與分析，並評估其模式結果與其限制。

接受準則 5：精簡模式產出結果被客觀比較所支持。

- (1) 在這對整體系統功能評估精簡模式，提供的模式補充結果與從詳細過程階段模式或經驗觀察(實驗室與現場試驗，及或自然類比)一致；
- (2) 工程障壁力學破壞精簡的產出合理反映相對於過程階段之模擬、經驗觀察；
- (3) 利用科學界可接受的良好證明程序，所建構及測試數學與數值模式，去模擬工程障壁的力學破壞；
- (4) 經敏感度分析與邊界分析可提供支持整體系統功能評估中工程障壁力學破壞精簡模式，其範圍涵蓋場址數據、現場或實驗室實驗與試驗、天然類比研究。

2.2.1.3.2.4 審查發現

如果，執照申請可提供充分的資訊，且滿足在 2.2.1.3.2.3 節之接受準則，則幕僚人員就推斷幕僚人員評估的部分是可接受的。評審人員，則為整個執照申請撰寫適合包含於安全評估之報告資料。這報告包括一個摘要陳述審查了甚麼、為何審查發現提議可接受。幕僚人員可提供審查證明文件如下：

美國核能管制委員會幕僚人員已審查安全分析報告及支持執照申請的其它資訊，依據功能評估中工程障壁材之力學破壞精簡模式，以合理考察，發現已滿足 10 CFR 63.114 規範之要求。特別，核能管制委員會幕僚人員發現：

- (1) 分析中已使用從場址及鄰近地區的適當的數據、使用合適不確定性與變異性的參數值及其它概念模式，滿足 10 CFR 63.114(a)-(c)規範要求。
- (2) 特定的 FEP 已包含於分析中，且已提供適當的技術基準以包含或排除各類情況，滿足 10 CFR 63.114(e)規範要求。
- (3) 特定的劣化、惡化、改變過程已包含於分析，並考慮它們對每年劑量之影響。

已提供適當的技術基準以包含或排除各類情況，滿足 10 CFR 63.114(f)規範要求。

- (4) 已提供足夠的技術基準於使用模式進行功能評估，滿足 10 CFR 63.114(g)之規範要求。

2.2.1.3.3 工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.3.1 審查範圍

審查人員依據 10 CFR 63.21(c)(1) - (4)、(9)、(10)、(15)及(19)要求進行評估。

- (1) 美國能源部所提供針對地質、水文與地球化學在工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學描述及技術基礎，用以支撐模式整合在全系統安全評估的精簡。
- (2) 用以論證模式精簡的資料與參數是否充足。
- (3) 美國能源部用來特徵化資料不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞。
- (4) 美國能源部用來特徵化模式不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞。
- (5) 美國能源部採用來比較全系統安全審查發現、作用層級(process-level)的模式輸出及以經驗研究(empirical studies)的成果。
- (6) 採用專家引進(expert elicitation)。

2.2.1.3.3.2 審查方法

5 方法：模式整合、資料與模式論證、資料不確定性、模式不確定性、模式支援。

審查方法 1：模式整合

- (1) 檢驗設計功能的描述(包括屏壁滲水、回填、廢棄包裝、位移設計和支撐、熱負載和其他設計的屏障組件)；相應的物理特徵、物理現象和耦合作用，以及未飽和區的地質、水文、地球化學和地質力學方面的描述，包括工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的模式精簡。並評估這些描述的技术基礎是充足的，能整合在全系統功能評估並能代表工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的模型。
- (2) 評估能否描述水文、地質，地球化學，設計特徵，物理現象和耦合，可能會

影響工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學是足夠的。驗證條件、假設和技術基礎，用於工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的模型精簡，與其他美國能源部相關的模型精簡一致。

- (3) 驗證重要設計特徵，如廢料包裝設計和材料選擇，回填，屏壁滲水，地面支撐，熱負荷策略和退化過程，能被包括在工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學模型以能確定計算的初始和邊界條件。
- (4) 檢驗空間和時間的精簡，以驗證它們是否適當地解決物理耦合(熱-水-力-化)。
- (5) 評估地質、水文、地球化學和地質力學的技術基礎描述，並將其納入全系統功能評估之熱-水-力-化學耦合效應的模型精簡。確認用於建模假設和近似值的技術基礎已經文件化記錄且足夠。評估這些描述與技術基礎是透明可追溯來支持這些精簡模型。
- (6) 評估工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學模型精簡，對於廢棄物包件之置放位移，和工程障壁與接觸廢料體內部被破壞處，確認其合理限制在環境條件預期的範圍。
- (7) 評估具有廢棄物包覆設計的詳細信息和其他工程特徵之工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的模型精簡一致性。
- (8) 評估與工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學有關的 FEPs 有包含在全系統安全評估的精簡。
- (9) 驗證在熱水文試驗和實驗中觀察到的過程，對全系統功能評估模型精簡具有重要意義。
- (10) 驗證美國能源部分析廢棄物盛裝容器腐蝕之方法(雅卡山審查計畫第 2.2.1.3.1 節)，能決定工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學模型分析。評估處理 pH 和碳酸鹽濃度等參數，以及廢棄物包裝腐蝕對工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的影響。
- (11) 評估放置位移以及篩選這些事件的相關技術基礎，有關內部關鍵性或外部至封裝關鍵性的模型精簡。
- (12) 確認如果任一事件都包含在全系統功能評估中，美國能源部使用可接受的技術基礎來選擇設計標準減輕封裝內部臨界對處置場功能的潛在影響；識別可能會增加系統內部廢棄物包覆的反應性的特徵、事件和作用；識別對於潛

在核臨界的配置分類；熱條件變化和工程障壁退化已包含在工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的模型精簡。

- (13) 驗證美國能源部的審查是否符合 NUREG-1297 的指導和 NUREG-1298(Altman et al., 1988a, b)，或對於使用替代方法作成可接受的案例。

審查方法 2：資料與模式論證

- (1) 評估資料是否足夠支持工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的模型精簡之概念模式、作用層級模式、替代概念模式。評估基本數據是否與技術結合，如試驗室實驗、特定場址的現場量測、天然類比研究、作用層級模式研究和專家引進。評估如何使用數據、解釋和合成為參數。評估這些描述與技術基礎是透明可追溯來支撐這些精簡模型。檢查並確認充分性，透明度和可追溯性的數據支持技術基礎特徵、事件和作用，與工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學已被納入整體系統的模型精簡。
- (2) 驗證是否收集關於天然系統和工程材料特徵，並影響滲流、流動和工程障壁化學環境和放射性核種釋出的化學環境之足夠數據，以建立熱-水-力-化學耦合作用概念模型之初始和邊界條件。
- (3) 驗證美國能源部是否已經使用熱-水文試驗的結果，以識別重要流程並建立處置場條件的溫度範圍以開發其數學模型。驗證數據是否足以支持熱-水文概念模型。
- (4) 評估屏壁滲水、廢棄物包覆、廢料體與水接觸的概念方法之數據是否充足。
- (5) 檢查微生物潛在影響工程障壁化學環境和放射性核種釋出的化學環境之分析數據是否充足。確認數據足以確定支持微生物影響腐蝕的可能性和微生物增強高放射性廢棄物玻璃形式的溶解度。

審查方法 3：資料不確定性

- (1) 評估工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學模型在全系統安全功能評估中之概念模式、作用模式與替代概念模式所使用參數值、假設範圍、機率分布、限值之技術基礎。
- (2) 確認參數值是從特定場址試驗和現場實驗所得的技術數據。根據需要性，評估參數值和範圍是從天然類比研究或作用層級模式納入至工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學之模型精簡所得。

- (3) 評估工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學模型之熱-水-力-化耦合影響的初始和邊界條件值，與提出的數據一致。必要時與美國能源部對於整體系統功能評估已建立參數與輸入值之間進行相關性檢查確認。
- (4) 評估美國能源部對不確定性和變異性的參數評估。確認美國能源部將參數不確定性和時空變異性對熱-水-力-化耦合效應之影響，有被包含在參數範圍內。
- (5) 如果封裝內關鍵性或外部到封裝已含括在全系統功能評估，需審查美國能源部使用的方法和參數以計算有效的中子倍增因子。
- (6) 確認美國能源部合適的建立參數間可能的統計相關性。並確認被忽略的相關性有提供合適的技術基礎或限值論證評估方法。
- (7) 評估美國能源部對於參數不確定性、模式精簡所使用方法有實施專家引進，並根據 Kotra et al.(1996)的指導方針。

審查方法 4：模式不確定性

- (1) 驗證美國能源部是否考慮適合的替代概念模型。檢查替代概念模型的基礎，已考慮工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學之模型精簡，以及所選模型的局限性和不確定性。評估在最終分析中沒有考慮到替代建模方法的討論，以及所選模型的限制和不確定性。評估所選模型可用數據的一致性。
- (2) 評估概念模型不確定性有用到場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究。如果採用保守模式作為解決概念模型不確定性的方法，審核人員應驗證選擇的概念模型：(i)是保守的，相對替代概念模式是和可取得資料及目前科學理解具一致性。(ii)結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果。
- (3) 評估美國能源部關於模型不確定性對功能評估影響的結論。
- (4) 審查美國能源部有關不同的替代概念模型熱-水-力-化耦合作用所考慮的方法。
- (5) 確認美國能源部已經提供足夠的論證示範，包括放射性曝露對合理最大限度曝露個體之影響，和替代概念模型熱-水-力-化耦合作用下之放射性核種釋出至環境之影響。

審查方法 5：模式支援

- (1) 評估工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學模型精簡的輸出。比較此輸出

結果與組合適當之場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資料。

- (2) 檢核熱-力分析中使用的解析和數值模型與特定場址或天然類比之數據一致性。評估水文特性的預測變化，以及由熱-力作用下產生的變化幅度和分佈，與地下設施之熱-力分析結果具有一致性。
- (3) 檢核耦合作用對工程障壁與廢棄物接觸水量與水化學影響所精簡之數學模型輸出，與基於近場環境、現場數據和現場觀測之天然變化，及預期的工程材料屬性所推論之概念模型輸出具有一致性。檢查模型精簡結果的使用，和比較數學模型判斷結果的穩健性。評核敏感度分析的可接受性，以支持全系統功能評估之工程障壁與廢棄物接觸水量與水化學的模型精簡。在實際應用中，評核美國能源部使用替代全系統功能評估所選擇的模型精簡，並評估工程障壁與廢棄物接觸水量與水化學對處置場之影響。

2.2.1.3.3.3 接受準則

5 條件：系統描述與模式整合為適當；數據對於模式證明是足夠的；資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持。

接受準則 1：系統描述與模式整合為適當

- (1) 全系統功能評估充分整合來自於，重要的設計特徵、物理現象與耦合，且在工程障壁與廢棄物接觸水量與水化學精簡過程使用一致與合適假設。
- (2) 工程障壁與廢棄物接觸水量與水化學之精簡假設、技術基礎、資料與模式是合適的且與美國能源部其他精簡一致。例如工程障壁與廢棄物接觸水量與水化學精簡的假設與工程障壁的退化、工程障壁的力學崩裂、核種釋放率及溶解限值、氣候與入滲、未飽和區及飽和區流徑的精簡一致。評估這些描述與技術基礎是透明可追溯來支持這些精簡模型。
- (3) 重要設計特徵，如廢料包覆設計和材料選擇、回填、屏壁滲水、地面支撐、熱負荷策略和退化過程，能被包括在工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學模型以能確定計算的初始和邊界條件。
- (4) 空間和時間的精簡，以驗證它們是否適當地解決物理耦合(熱-水-力-化)。例如美國能源部評估熱-水-力-化作用造成屏壁滲水之潛在影響。
- (5) 為全系統功能評估之假設和近似值提供足夠的技術基礎和理由，以用於熱-水

-力-化學耦合效應對於滲漏和流動、廢料包覆的化學環境和放射性核種釋出的化學環境之模擬，水流分布對於工程障壁與廢棄物接觸的水量之影響，與所有相關的模式精簡具有一致性的描述。

- (6) 包覆廢棄物置放位移、廢料包覆已破壞之內部處、接觸廢料體之環境條件預期範圍，與這些條件隨著時間變化的演變能被鑑定。這些範圍可以被發展，包括：*(i)*屏壁滲水和回填對水量和化學成分的影響(例如，潛在凝結形成和從屏壁底部滲出)；*(ii)*工程障壁退化和廢料體溶解的促進條件；*(iii)*不規則的濕和乾循環作用；*(iv)* γ -輻射分解；和*(v)*滲透至工程障壁的分佈和尺寸。
- (7) 工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的模型精簡和工程障壁設計和其他工程特徵具有一致性的詳細信息。例如，一致性之證明為：*(i)*精簡的維度；*(ii)*各種設計特徵和現場特點；和*(iii)*替代概念方法。
- (8) 提供充足的技術基礎，包括獨立建模、實驗室或現場數據、或敏感性研究、包括任何熱-水-力-化耦合和特徵、事件和作用。
- (9) 在熱水文試驗和實驗中，對全系統功能評估之影響功能的作用能被觀測到。例如，美國能源部表明，液態水不會回流入地下設施或將回流水納入功能評估計算。限制回流水引起的水力路徑變化的潛在不利影響。
- (10) 容器腐蝕的可能模式(雅卡山審查計畫第 2.2.1.3.1 節)被鑑定和考慮，以確定工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學模型精簡，與以下參數的描述分析是一致的，例如 pH 和碳酸鹽濃度，以及廢棄物包裝腐蝕對工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的影響。
- (11) 有關內部包覆臨界或外部到包覆臨界的模型精簡為這些事件的篩選提供了充分的技術依據。確認如果任一事件都包含在全系統功能評估中，美國能源部使用可接受的技術基礎來選擇設計標準減輕封裝內部臨界對處置場功能的潛在影響；識別可能會增加系統內部廢棄物包覆的反應性的特徵、事件和作用；識別對於潛在核臨界的配置分類；熱條件變化和工程障壁退化已包含在工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的模型精簡。
- (12) NUREG – 1297 及 NUREG – 1298 (Altman, et al., 1988a,b)的指引或其他可接受方法有被採用。

接受準則 2：數據對於模式驗證是足夠的。

- (1) 執照申請所使用之地質、水文和地球化學資料有被充分檢驗。並提供充足的描述來說明資料如何使用、詮釋與合適合成為參數。
- (2) 收集了關於天然系統和工程材料特徵的足夠數據，以建立影響滲流、流動和工程障壁化學環境之熱-水-力-化學耦合作用概念模型的初始和邊界條件。
- (3) 熱水文試驗已被設計，對於處置場條件之溫度範圍所觀測到熱-水文作用數據作為數學模型應用。數據是足以驗證熱水文概念模型描述的重要熱水現象。
- (4) 提供足夠的資訊，以分析水接觸屏壁滲水、工程障壁和廢料體之概念方法已被提供。
- (5) 提供足夠的數據來完成營養和能量庫存的計算，若能被用來證明微生物活動對工程障壁化學環境和放射性核種釋出的化學環境之影響。必要時，確認數據足以確定支持微生物影響腐蝕的可能性，例如生產有機物副產物和微生物增強高放射性廢棄物玻璃形式的溶解。

接受準則 3：資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (1) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分布與限值假設，對於風險估計在技術上是足以解釋說明的，合理的反應不確定性且並沒有造成不足。
- (2) 來自於雅卡山地區數據之參數值、假定範圍、機率分佈和限制假設使用於全系統安全功能評估之工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學的計算，在技術上是可答覆和合理的(例如，結果來自大量數據、坑道規模試驗加熱器和利基測試)，以及可能的技術組合，包括實驗室試驗、現場量測、天然類比研究和作用層級模式研究。
- (3) 對於雅卡山場址全系統安全功能評估之工程障壁與廢棄物接觸到的水量與水化學計算中使用的輸入值(例如屏壁滲水、廢棄物包覆)，與初始和邊界條件、概念模型的假設條件與設計概念一致。全系統安全功能評估輸入值之間的相關性已由美國能源部適當性建立。已用於定義初始條件、邊界條件，和涉及熱-水-力-化耦合作用對滲流和流動、廢棄物包覆化學環境、放射性核種釋出的化學環境造成影響之敏感度分析計算區域之參數與可用數據一致。合理或保守的參數範圍或建立函數關係。
- (4) 對於概念模型、作用層級模式和替代概念模型發展之參數，可提供天然系統和工程材料特徵之不確定度具有足夠代表性。美國能源部在使用敏感度分析

和保守性限制時，可能會限制這些不確定性的使用。例如，美國能源部演示參數如何使用及描述水流流經工程障壁系統時，限制了回填材料和挖掘引起變化的影響效應。

- (5) 如果臨界性被包括在全系統功能評估，美國能源部將使用適當範圍的輸入參數以計算有效中子倍增因子。
- (6) 如果不存在足夠的數據，則基於其他適當的來源來定義參數值和概念模型，如根據 NUREG-1563(Kotra et al.,1996)建立之專家引進。

接受準則 4：模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (1) FEPs 的替代模擬策略，與可取得資料與目前科學理解是否一致，是有被研究。精簡的結果與限制有被合適的考慮。
- (2) 考慮替代建模方法，並選擇建模方法需符合現有數據和當前的科學認識。一段描述需包括對最終分析和選擇模型的局限性和不確定性，需提出未考慮替代建模方法之討論。
- (3) 考慮概念模型的不確定性與可用現場特徵數據、實驗室試驗、現場量測、天然類比資訊和作用層級模式研究具一致性；和概念模型不確定性的處理不會導致風險估計不足的情況。
- (4) 充分考慮熱-水-力-化耦合作用的影響在替代概念模型的評估中。這些效果可能包括：(i)對氣體、水和礦物化學的熱-水文效應；(ii)微生物作用對工程障壁化學環境和放射性核種釋出的化學環境的影響；(iii)水化學變化可能是由於工程障壁腐蝕產物的釋出而產生的工程材料與地下水之間的相互作用；和(iv)變更邊界條件(例如，漂移形狀和尺寸)和水文特性改變，有關於地質力學系統對熱負荷造成的響應；
- (5) 如果美國能源部對全系統功能安全評估的模型精簡使用等效連續性的模型，則對於熱-水-力-化耦合作用影響的計算模型產生保守的估計，需遵守封閉後的公共衛生和環境標準。

接受準則 5：模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支撐

- (1) 全系統功能評估精簡所採用之模式結果與細緻作用層級模式結果一致、而且或者與經驗觀測(實驗室及現場試驗、及或天然類比)之結果一致。
- (2) 耦合熱-水-力-化作用影響對滲透和流動、工程障壁化學環境，以及在放射性

核種釋出的化學環境，是基於相同的假設和證明近似適用於作用層級模式或密切類比於天然或實驗系統。舉例，作用的精簡，例如熱誘導的水文特性變化或估計滲透導流來自漂移效應，藉由作用層級模式結果的比較以充分說明，也就是與直接觀察和現場研究具一致性。

- (3) 使用已接受的和有良好記錄的程序來建構和測試數值模擬熱-水-力-化作用對滲透和流動、工程障壁化學環境及放射性核種釋出化學環境之影響。分析和數值模型是被適當支持，精簡模型結果與不同的數學模型進行比較，以判斷結果的穩健性。

2.2.1.3.3.4 審查發現

- (1) 現場和周邊地區的適當數據，參數不確定性和變異性，和替代概念模型已被用於分析，符合 10 CFR 63.114(a) - (c)。
- (2) 特定特徵、事件和作用已被包括在分析中，已經提供適當的技術基礎納入或排除，符合 10 CFR 63.114(e)。
- (3) 分析包含具體的退化、劣化與變異作用，並考慮其對年劑量的影響，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(f)。
- (4) 對於功能評估模型使用已提供適當的技術基礎，符合 10 CFR 63.114(g)的要求。

2.2.1.3.4 核種釋出率及溶解度限制

為審查此精簡模式，需考量美國能源部為證明符合封閉後公眾健康及環境標準，所依賴核種釋出率及溶解度限制的程度。審查此模式需考量第 2.2.1.1 節「多重障壁」的風險資訊。例如，若美國能源部的執照申請是依賴核種釋出率及溶解度限制，以顯著抑低合理最大曝露個人劑量，則須對此精簡模式進行詳細的審查。然而，若美國能源部顯示此部分對合理最大曝露個人的個人輻射劑量影響很小，只需對專注於邊界假設進行簡化的審查。這裏所提供的審查方法及接受準則，是提供詳細審查所使用。某些審查方法及接受準則，因這些精簡模式對功能影響很小的簡化審查，可能並不需要，在雅卡山審查計畫第 2.2.1.4 節顯示對功能目標進行了評估。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.4.1 審查範圍

本節審查核種釋出率及溶解度限制，審查者亦需評估 10 CFR 63.21(c)(1)–(4)、(9)、(10)、(15)及(19)所要求的資訊。

幕僚人員會使用 2.2.1.3.4.2 及 2.2.1.3.4.3 節所使用的審查方法及接受準則，來評估模式的核種釋出率及溶解度限制部分：

- (1) 有關核種釋出率及溶解度限制的地質、水文、地球化學方面的敘述，及美國能源部提供支援全系統功能評估模式的整合；
- (2) 用來正當化全系統功能評估模式的數據及參數之充分性；
- (3) 美國能源部用來評估數據不確定性之特徵化及數據不確定性在全系統功能評估模式之傳遞效應之方法；
- (4) 美國能源部用來評估模式不確定性之特徵化及數據不確定性在全系統功能評估模式傳遞效應之方法；
- (5) 美國能源部用來比較全系統功能評估模式輸出結果、作用級模式輸出結果及經驗研究的方法；及
- (6) 專家引進(expert elicitation)。

2.2.1.3.4.2 審查方法

為審查核種釋出率及溶解度限制的模式，認識到在全系統能評估中使用的模式，可能從高度複雜的作用級模式(process-level models)到簡化模型(例如響應曲面或查表)，無論複雜程度如何，應評估模式的適用性。

審查方法 1：模式整合

檢驗設計特徵的敘述[包括防滴漏護屏(drip shield)、回填、廢棄物包件，廢棄物型態，熱負載及其他工程化的屏障組件等]，相關物理特徵、物理現象及其耦合，以及包括核種釋出率及溶解度限制模式中對未飽和區的地質、水文及地球化學方面的敘述。確認敘述是否足夠，並確定在全系統功能評估模式的條件及假設與對廢棄物隔絕重要的障壁敘述所提供的資訊一致，如雅卡山審查計畫第 2.2.1.1 節所述。

評估這些敘述的技術基礎，並將其納入全系統功能評估模式。在全系統功能評估模式中有關核種釋出率及溶解度限制於化學環境所使用的簡化模式，應確認模式假設及近似的技術基礎已經納入文件並且是適當的。評估這些敘述是否提供

模式透明化及可追溯性的支持，並與其他模式一致。

在評估核種釋出率及溶解度限制所提供的模式中，應評估廢棄物包件及工程障壁的設計資訊，確認資訊是否充分？並確認與其他模式的設計資訊是否一致。

確認美國能源部所敘述廢棄物包件預期內部破損的環境條件，以及廢棄物包件周圍的工程化障壁環境。確認各種情況範圍的敘述是否足夠詳細。

確認美國能源部之作用級概念及數學模式所涉及影響核種自安置坑道釋出的熱力-水文過程之敘述是否足夠完整。

檢驗與核種釋出率及溶解度限制有關的特徵、事件與作用(FEPs)，是否已納入核種釋出率和溶解度限制的全系統功能評估模式中。

評估全系統功能評估中有關處置坑道內廢棄物包件內臨界及廢棄物包件外臨界的模式及這些事件篩選的技術基礎。

確認以上事件是否均已納入全系統功能評估中，美國能源部將使用可接受的技術基礎，且設計標準的選擇是考量能減輕廢棄物包件內臨界對處置場功能的潛在影響。

確認廢棄物包件內可能提高系統反應度(reactivity)的特徵/事件與作用(FEPs)，確認結構分級及可能影響核臨界的結構，包括核種釋出率及溶解度限制模式中熱條件的變化及工程障壁的劣化。

確認美國能源部的評估遵循 NUREG-1297 及 NUREG-1298 的指引(Altman 等人，1988a 及 b)，或使用替代方法作出可接受的情況。

審查方法 2：數據及模式正當化

評估用來支援與考量核種釋出率及溶解度限制有關概念模式、作用級模式及替代概念模式之地質、水文、地球化學方面的敘述是否足夠。評估核種釋出率及溶解度限制模式有關設計特徵的數據基礎(包括防滴漏護屏、回填、廢棄物包件，廢棄物型態，熱負載及其他工程化的屏障組件等)。

檢驗並確認美國能源部對於有關天然系統特徵、概念模式及熱力-水文-化學耦合過程模擬所建立初始及邊界條件的工程材料，提供了充分數據。

檢驗及評估用於支持溶解度限制的精簡模式，並確認符合「高放射性廢棄物隔離之地下水核種溶解度測定，技術立場」(美國核管會，1984 年)之法規指引。

評估美國能源部高放射性廢棄物最終處置之腐蝕及核種釋出的測試計畫，用

於高放射性廢棄物處置。確認對於核種釋出率及溶解度限制模式之廢棄物內包裝及坑道內化學作用，提供一致、足夠及適當的數據，並評估使用雅卡山收集數據以外之測試結果的正當性。

審查方法 3：數據的不確定性

考量全系統功能評估之核種釋出率及溶解度限制模式，評估概念模式、作用模式及替代概念模式中所使用之參數值及其假設範圍、機率分佈、限值(bounding values)的技術基礎。審查者應確認功能評估中處理參數之不確定性及變異性的技術基礎。若使用保守值作為解決不確定性及變異性的方法，則審查者應確認保守的參數值將導致風險的保守估計，並且不會導致意想不到的結果。(即某方面處置場功能的保守表示，將導致風險的總體降低；及參數的範圍超出所支持的數據時，假設某種方法是保守的，評估的風險將會不適當地稀釋)。

審查者應評估參數範圍、機率分佈或限值的技術基礎。審查者應確認參數值是從特定場址的數據所導出的，或納入分析證明參數假設值將導致功能的保守評估。檢驗精簡模式的概念模式、作用級模式及替代概念模式之參數值及其範圍的技術基礎。

檢驗敏感度分析所使用的初始條件、邊界條件及計算，涉及釋出核種的熱力-水文-化學耦合作用，與現有數據一致。

評估美國能源部精簡模式所使用參數的不確定性及變異性。確認影響核種釋出的參數因時間與空間變化導致數據的不確定性，已納入參數範圍。

評估通過及離開工程障壁水流所使用的參數，並確認它們已充分涵蓋回填、開挖引起變化及熱導致力學變化對水流的影響。

如果廢棄物內包裝臨界及外包裝臨界納入全系統功能評估，檢驗美國能源部計算有效中子增殖因數(effective neutron multiplication factor)所使用的方法及參數。

確認美國能源部使用適當時間範圍的溫度、濕度及滴水(dripping)，以限制微生物效應的機率。

確認美國能源部適當的考量天然系統及工程材料特徵的不確定性，如材料種類、數量及反應性，建立影響核種釋出概念模式及熱力-水文-化學耦合過程之初始、邊界條件。

確認美國能源部是否適當地確定了參數間統計學相關性。確認對未建立相關性的參數，提供了足夠的技術基礎或界限論述。

確定此精簡模式是否需採用專家引進作為此數據不確定性的基礎，以及是否依照適當的法規指引。

審查方法 4：模式的不確定性

評估美國能源部全系統功能評估有關核種釋出率及溶解度限制的替代模式，檢驗可用的場址特徵化參數、設計數據(工程障壁系統、廢棄物包件及廢棄物體)、實驗室實驗、現場量測、天然類比研究及作用級模式研究結果)。實際上，使用全系統功能評估的替代模式，評估對處置場功能的影響。

確認美國能源部對於具敏感度的天然及工程系統的作用模式，使用適當的模式、測試及分析。確認概念模式的不確定性有適當的定義及紀錄，並對處置場功能結論的影響進行適當評估。

檢驗熱力-水文-化學效應耦合對核種釋出至化學環境效應的數學模式，評估排除替代概念模式、選定模式的限制及其不確定性的基礎。

根據可用的現場特徵化數據、實驗室實驗、現場量測、天然類比資訊及作用級模式研究結果，評估概念模式不確定性的處理，

如果採用保守模式作為處理概念模式不確定性一種方法，審查者應確認選定的概念模式：(i) 相對於與現有數據及當前科學理解一致的替代概念模式是保守的；(ii) 將導致風險的保守估計，但不會造成意想不到的結果(即處置場某一方面特徵的保守表示，將導致所估計總體風險的降低)。

審查方法 5：模式的支持性

評估核種釋出率及溶解度限制精簡模式的輸出結果，並確認美國能源部將輸出結果與現場特徵化、設計數據、作用級模式、實驗室測試、現場量測及天然類比的適當組合進行了比較。

檢驗熱力-力學分析中所使用的解析及數值模式，是否與場址數據或天然類比數據一致。評估水文特徵的預期變化及熱力-力學作用效應對水文特徵數值大小及分布的改變，是否與處置場地下設施的熱力-力學分析結果一致。更實際一點，使用替代的全系統功能評估模式，來評估美國能源部所選定的精簡模式，並評估與廢棄物包件及廢棄物體接觸水的數量及化學成分對處置場功能的影響。

檢驗精簡模式之核種釋出耦合作用效應的數學模式之輸出結果，是否與概念模式一致。將模式的輸出結果與近場環境、現場數據及場址所觀察到的天然變化及預期工程材料性質之推論作比較。

評估美國能源部是否依賴精簡模式的功能確認，是否使用雅卡山審查計畫第 2.4 節，提出適合進一步的核種監測計畫，來獲得更多的必要資訊，作為功能確認計畫的一部分。

2.2.1.3.4.3 接受準則

以下的接受準則以符合 10 CFR 63.114(a)-(c)及(e)-(g)的要求為基礎，因為它們與核種釋出率及溶解度限制精簡模式有關。美國核管會幕僚人員應根據美國能源部風險告知執照申請的重要程度，採用以下的接受準則：

接受準則 1：系統敘述及模式整合是適當的

- (1) 全系統功能評估適當的納入重要的設計特徵、物理現象及耦合，並在整個核種釋出率及溶解度限制的精簡模式過程中使用一致且適當的假設；
- (2) 核種釋出率和溶解度限制的精簡模式所使用的假設、技術基礎、數據及模式是適當的且與美國能源部其他模式一致。例如，用於精簡模式的假設與「工程障壁劣化」(第 2.2.1.3.1 節)；「廢棄物包件的力學破壞」(第 2.2.1.3.2 節)；「與工程障壁及廢棄物體接觸水體之量體與化學」(第 2.2.1.3.3 節)；「氣候與滲透」(第 2.2.1.3.5 節)；及「未飽和區的水流路徑」(第 2.2.1.3.6 節)。為核種釋出率和溶解度限制模式的敘述提供透明及可追溯的支持；
- (3) 核種釋出率和溶解度限制模式有關廢棄物包件及工程化障壁系統，提供了足夠的及一致的設計資訊。例如，存量計算及核種選定是基於各種類型高放射性廢棄物中關於核種存量分布(包括空間及組成階段)的詳細資訊；
- (4) 美國能源部合理的證明廢棄物包件破裂的預期環境條件以及廢棄物包件周圍的工程障壁環境。例如，美國能源部應對耦合的熱力-水文-力學-化學過程所引起近場水文特徵的變化的模式，提供敘述及充分的技術基礎。
- (5) 熱力-水文過程影響核種從處置坑道中釋出的作用級概念及數學模式的敘述充分完整。例如，若美國能源部不考慮耦合，應證明不考慮耦合的模式預測的限值應涵蓋完全耦合的計算結果，且證明是適當的；
- (6) 任何有關熱力-水文-力學-化學耦合及特徵、事件與作用(FEPs)在核種釋出率

及溶解度限制精簡模式中的技術基礎是足夠的。例如，技術基礎可包括獨立模式、實驗室或現場數據或敏感度研究等活動；

- (7) 在處置坑道內，廢棄物內包裝及廢棄物外包裝的臨界的模式，為事件篩選提供了充分的技術基礎。如果在全系統功能評估中所考量的事件，美國能源部使用可接受的技術基礎，來選擇減輕廢棄物內包裝臨界對處置場功能潛在影響的設計標準；確認可能增加廢棄物內包裝系統反應度的特徵、事件與作用 (FEPs)；確認可能造成核臨界的配置等級(configuration classes)及配置；並且包括在核種釋出率及溶解度限制模式熱條件的改變及工程障壁的劣化；
- (8) 遵循 NUREG-1297 及 NUREG-1298(Altman 等人，1988a, b)的法規指引或其他可接受同儕審查及數據合格的方法。

接受準則 2：模式正當化的數據是充分的

- (1) 執照申請中所使用的地質、水文及地球化學參數值是充分正當的。數據的使用、解釋及如何適當的合成到參數中，應提供適當的敘述；
- (2) 已收集有關天然系統及工程材料特徵的充分數據，以建立概念模式之初始與邊界條件及進行熱力-水文-化學耦合過程的模擬。例如，應提供模式中可能影響核種釋出有關設計特徵(例如材料類型、數量及反應度)的足夠數據。
- (3) 美國能源部採用補充數據來支持溶解度限制的模式，實驗數據支持預期的各種物理化學條件下各部分的預期範圍及各階段配置(美國核管會，1984)；及
- (4) 處置高放射性廢棄物體的腐蝕及核種釋出測試程序，對核種釋出率及溶解度限制模式所使用的包裝及坑道內化學，提供了一致的、充分的及適當的數據。對於預期的環境條件，美國能源部提供了使用測試結果的充分正當性，對於工程障壁組件，例如高放射性廢棄物體、防滴漏護屏及回填等，並非來自雅卡山處置場址所專門收集。

接受準則 3：數據不確定性之特徵化及精簡模式中傳遞

- (1) 模式所使用在技術上可以辯護的參數值、假定範圍、機率分佈及限值假設，合理地解釋不確定性和變異性，不會導致風險低估的情況；
- (2) 在全系統功能評估中核種釋出率及溶解度限制精簡模式中使用的參數值、假設範圍、機率分佈及限值假設，是根據來自雅卡山地區、實驗室測試及天然類比的數據，在技術上具有可辯護性及合理性。例如，參數值、假設範圍、

- 機率分佈及限值假設，適當的反應廢棄物包件破裂時所預期環境條件的範圍；
- (3) 美國能源部使用合理或保守的參數或確定熱力-水文-化學耦合作用對核種釋出效應的功能關係。這些值與雅卡山地區的天然及工程障壁概念模式和設計概念的初始、邊界條件及其假設一致。如果輸入值間存在任何相關性，則在整個系統功能評估中充分的建立。例如，基於熱負荷及通風策略；工程障壁的系統設計(包括坑道襯墊、回填和防滴漏護屏)；以及天然系統之質量及通量與其他精簡模式一致；
 - (4) 在開發核種釋出率及溶解度限制模式考量的概念模式、作用模式及替代概念模式的參數中，通過敏感度分析或限值分析，應將不確定性予以適當表達；
 - (5) 敘述水流流穿及流出工程障壁的參數，應充分涵蓋回填、開挖導致變化及熱誘發力學變化對水流的影響；
 - (6) 若臨界無法排除於全系統功能評估之外，美國能源部為計算有效中子增殖係數，應提供輸入參數的適當範圍；
 - (7) 美國能源部使用適當溫度、濕度及滴水時間關係圖，以限制可能的微生物效應，例如銅系元素錯合基體(complexing ligand)的有機副產物及微生物促進高放射性廢棄物玻璃固化體的溶解；
 - (8) 美國能源部在建立影響核種釋出的熱力-水文-化學耦合作用的概念模式及模擬的初始及邊界條件時，充分考量了天然系統及工程材料特徵，如材料類型、數量和反應度的不確定性；
 - (9) 若數據不夠充分時，可依據適當的其他來源進行參數值及概念模式的定義，例如依據 NUREG-1563 進行專家引進 (Kotra 等人，1996)。

接受準則 4：模式不確定性之特徵化及在精簡模式中的傳遞

- (1) 考量特徵、事件與作用(FEPs)的替代模式方法時，並與現有數據及當前科學理解一致，精簡模式的結果及其限制已予適當的考量；
- (2) 在考量核種釋出率及溶解度限制的替代概念模式時，美國能源部使用對天然及工程系統作用敏感的適當模式、測試和分析。概念模式的不確定性被充分定義及文件化，並對功能結論的影響進行了適當的評估。例如，在美國能源部的水流模式及核種自坑道中釋出的模擬中，敘述了重要的離散特徵(如斷層帶)，或在等效連續模式(equivalent continuum model)之結論中顯示對功能的計

算產生保守的效應；

- (3) 概念模式之不確定性應與可用的現場特徵數據、實驗室實驗、現場量測、天然類比資訊及作用級模式研究結果一致；對於概念模式的不確定性處理不會導致風險低估的情況；
- (4) 適當考量可能發生在自然環境、或與工程材料作用或其變化產物(alteration products)之熱力-水文-化學耦合作用對核種釋出的影響。

接受準則 5：精簡模式的輸出結果及客觀比較的支持

- (1) 這個模式在全系統功能評估精簡模式中，提供與詳細作用級模式輸出結果及(或)經驗觀察結果(實驗室、現場測試及(或)天然類比)一致的結果；
- (2) 熱力-水文作用級模式的計算結果，應確認與實驗室、現場規模的熱力-水文測試觀察結果一致。尤其美國能源部證明存在足夠的物理證據，以支持近場熱驅動水流的概念模式；
- (3) 美國能源部採用科學界所接受的良好文件程序，以建構及測試數值模式，用來模擬熱力-水文-化學耦合作用之核種釋出。例如，美國能源部證明高放射性廢棄物的劣化及溶解模式及核種自工程屏蔽系統釋出的數值模式是適當的陳述。包括不確定性的考量、不太可能低估的合理最大個人暴露、核種釋出至人類可接近環境中；
- (4) 如果美國能源部依賴功能確認計畫來評估天然系統及工程材料是否具備預期功能，在執行期間建立了監測廢棄物包件中釋出核種的適當程序，所採用的假設及核種自廢棄物包件釋出的計算結果得到適當的證實(使用雅卡山審查計畫第 2.4 節，審查功能確認計畫的可接受性)。

2.2.1.3.4.4 審查發現

如果執照申請者提供充分的資訊，並且適當地符合第 2.2.1.3.4.3 節的管制接受準則，可結論幕僚人員評估是可以接受的。審查者應撰寫適合納入整個申請案所準備安全評估報告的材料。該報告包括總結說明、審查內容的以及審查者可以接受的理由。幕僚人員可將審查紀錄如下。

美國核管會幕僚人員審了安全分析報告及其他所提交的支持執照申請的資訊，本節有關核種釋出率及溶解度限制的部分，發現並且合理預期其精簡模式符合 10 CFR 63.114 的要求。進行功能評估的核種釋出率及溶解度限制部分符合技

術要求。美國核管會幕僚人員特別發現：

- (1) 分析所使用的場址及其周邊地區的適當數據、參數值之不確定性及變異性 (variability) 以及替代概念模式，均符合 10 CFR 63.114(a)-(c) 的要求。
- (2) 與場址有關的特徵、事件與作用 (FEPs) 已經包含在分析中，且提供納入或排除 FEPs 的適當技術基礎，符合 10 CFR 63.114 (e) 的要求。
- (3) 分析中包括具體的劣化 (degradation)、退化 (deterioration) 及改變過程，考慮其對年劑量的影響，已經提供適當的納入或排除技術基礎，符合 10 CFR 63.114(f) 的要求；及
- (4) 為功能評估中所使用的模式提供了適當的技術基礎，符合 10 CFR 63.114(g) 的要求。

2.2.1.3.5 氣候與入滲

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.5.1 審查範圍

- (1) 美國能源部所提供針對氣候、水文、地質與地球化學在未飽和區的淨入滲描述及技術基礎，用以支撐模式整合在全系統安全評估的精簡。
- (2) 用以論證模式精簡的資料與參數是否充足。
- (3) 美國能源部用來特徵化資料不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞。
- (4) 美國能源部用來特徵化模式不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞。
- (5) 美國能源部採用來比較全系統安全審查發現、作用層級 (process-level) 的模式輸出、及以經驗研究 (empirical studies) 的成果。
- (6) 採用專家引進 (expert elicitation)。

2.2.1.3.5.2 審查方法

5 方法：模式整合、資料與模式論證、資料不確定性、模式不確定性、模式支援。

審查方法 1：模式整合

- (1) 檢驗氣候與淨入滲的精簡中之物理現象與耦合的描述及地質、水文、地化、史前水文、史前氣候與氣候觀點的描述在圍阻廢棄物的貢獻。並評估這些可

能影響氣候與淨入滲的描述觀點是充足的。評估這些描述與技術基礎是透明可追溯來支撐這些精簡模型。

- (2) 評估與氣候與淨入滲有關的 FEPs 有包含在全系統安全評估的精簡。
- (3) 確認美國能源部的精簡採用具有合適時空變異的模型參數與邊界條件來估計淨入滲量。
- (4) 確認在作用層級的模式所使用的參數平均值在時間與空間尺度是合適供模式離散使用。
- (5) 確認過去 50 萬年的史前氣候資訊有被評估做為未來氣候推估的基礎。

審查方法 2：資料與模式論證

- (1) 評估資料是否足夠支撐此精簡之概念模式、作用層級模式、替代概念模式，以及各模式使用之參數。
- (2) 確認用以估計淨入滲的數學模型具有合適時空尺度。確認淨入滲未被低估。
- (3) 確認裂隙性質、裂隙分布、母岩性質、異質性、時變邊界條件、蒸發散、土壤覆蓋厚度、地表逕流與持續的影響有合適的代表性描述。
- (4) 確認使用合適的敏感度與不確定性分析來評估資料是否充足與驗證額外資料。
- (5) 確認使用合理且完整的作用層級概念與數學模式進行分析。
- (6) 確認數學模型與概念模型及場址特徵具有一致性。
- (7) 確認有提供不同數學模型的計算結果的強健性(robustness)比較。
- (8) 評估美國能源部所使用方法有實施專家引進。

審查方法 3：資料不確定性

- (1) 評估氣候與入滲在全系統安全功能評估中之概念模式、作用模式與替代概念模式所使用參數值、假設範圍、機率分布、限值之技術基礎。
- (2) 審查者應驗證功能評估中支撐處理參數不確定性與變異的技術基礎。
- (3) 如果保守數值被使用來說明不確定性或變異，審查者應驗證採用保守數值所造成的保守估計並未足以造成非故意的結果（也就是說處置設施功能的保守性推估所造成整體風險的降低，當參數值範圍增加超過資料所能支撐而採用保守的方法所造成不合適的稀釋風險估計）。
- (4) 確認資料如果具不確定性，有被包含在參數範圍內。

- (5) 確認美國能源部合適的建立參數間可能的統計相關性。並確認被忽略的相關性有提供合適的技術基礎或限值論證評估方法。
- (6) 確認功能評估有考慮未來氣候對水文的影響，可能改變目前進出未飽和區的淨入滲速率與型態。

審查方法 4：模式不確定性

- (1) 評估美國能源部所使用的替代概念模型有用在發展氣候與淨入滲模型精簡。檢驗模型參數，考慮可取得之場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究。
- (2) 適當的使用一個替代的全系統功能評估模式來評估美國能源部氣候與入滲精簡模型的一部分。
- (3) 確認作用層級模式所造成的不確定性範圍有被充分的反應在此精簡中。
- (4) 評估概念模型不確定的處理有根據可取得的場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究。
- (5) 如果採用保守模式來說明概念模式的不確定性，審查者應驗證所挑選的概念模式。
 - a.是保守的，相對替代概念模式是和可取得資料及目前科學理解具一致性。
 - b.結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果。

審查方法 5：模式支援

- (1) 評估氣候與淨入滲模型精簡的輸出。比較此輸出結果與組合適當之場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資料。
- (2) 確認具有足夠驗證與技術來保守限制作用層級模式。特別是，驗證若美國能源部使用精簡模式來預測進出未飽和區之水通量，該精簡模式是否可用於侷限作用層級模式預測之淨入滲量。
- (3) 使用細緻的地質、水文、地化與氣候過程模式來評估氣候與入滲的精簡。
- (4) 評估精簡模式的輸出結果與作用層級模式的結果。實務上，採用一個替代的全系統功能評估模式來評估美國能源部的部分精簡，且評估氣候與入滲對處置設施功能的影響。

2.2.1.3.5.3 接受準則

5 條件:系統描述與模式整合為適當；數據對於模式證明是足夠的；資料的不

確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持。

接受準則 1：系統描述與模式整合為適當

- (1) 全系統功能評估充分整合或限制來自於，重要的設計特徵、物理現象與耦合，且在氣候與淨入滲精簡過程使用一致與合適假設。
- (2) 影響氣候與淨入滲的地質、水文、地球化學、物理現象與耦合特性有被充分考慮。氣候與淨入滲精簡的假設與條件，是容易被確認且與呈現資料的描述一致。
- (3) 氣候與淨入滲精簡的假設、技術基礎、資料與模式是合適的且與其他美國能源部精簡一致。例如氣候與淨入滲精簡的假設與未飽和區及飽和區流徑的精簡一致。
- (4) 提供充足的資料與技術基礎，足以評估 FEPs 被此精簡所採用的程度。
- (5) 使用足夠時空變異的模型參數與邊界條件來模擬系統的各部分。
- (6) 作用層級的模式所使用的參數平均值在時間與空間尺度是合適供模式離散使用。
- (7) 未來氣候的推估是根據過去 50 萬年的史前氣候資訊。例如若使用數值氣候模型推估未來氣候，應利用史前氣候資料檢定。
- (8) NUREG - 1297 and NUREG - 1298 (Altman, et al., 1988a,b)的指引或其他可接受方法的同儕審查與資料審核有被採用。

接受準則 2：數據對於模式證明是足夠的。

- (1) 執照申請所使用之氣候與水文數值（例如氣候變遷的起始、年平均氣溫、降水、淨入滲量）有被充分檢驗。並提供充足的描述來說明資料如何使用、詮釋與合適成為參數。
- (2) 評估資料是否足夠支撐此精簡之概念模式、作用層級模式、替代概念模式，以及各模式使用之參數。
- (3) 在考慮場址特有氣候、地表與地表下資訊，用以估計目前的淨入滲數學模型在合適的時空尺度下有被合理驗證。
- (4) 裂隙性質、裂隙分布、母岩性質、異質性、時變邊界條件、蒸發散、土壤覆蓋厚度、地表逕流與持續的影響有被考慮，且不會低估淨入滲量進行敏感度

或不確定性評估資料是否充足，並決定是否需要額外資料。

- (5) 使用可接受與充分記載的程序來建構與檢定數值模式。
- (6) 使用合理且完整的作用層級概念與數學模式來分析，特別是，(i)所提供之數學模式與概念模式及場址特徵一致；且(ii)不同數學模式結果的強健性有被比較。
- (7) 任何專家引進的建構符合 NUREG - 1563 (Kotra, et al., 1996) 或其他可接受方法。

接受準則 3：資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (1) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分布與限值假設，對於風險估計在技術上是足以解釋說明的，合理的反應不確定性且並沒有造成不足。
- (2) 此精簡使用之參數值的技術基礎有提供。
- (3) 參數與此精簡的可能統計相關有被建立。忽略的相關性有提供合適的技術基礎或限值論證。
- (4) 未來氣候對水文的影響，可能改變目前進出未飽和區的淨入滲速率與型態之(因素或特徵)有被討論。這影響可能包含改變土壤深度、裂隙填充物質與植被種類。

接受準則 4：模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (1) FEPs 的替代模擬策略，與可取得資料與目前科學理解是否一致，是有被研究。精簡的結果與限制有被合適的考慮。
- (2) 作用層級模式的不確定性範圍有被考慮在此精簡中。
- (3) 所考慮之概念模式的不確定性與可用場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資訊、及作用層級模式研究一致。概念模式的不確定性處理方式，且並沒有造成不足以表示風險估計。

接受準則 5：模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支撐

- (1) 全系統功能評估精簡所採用之模式結果與細緻作用層級模式結果一致、而且或者與經驗觀測(實驗室及現場試驗、及或天然類比)之結果一致。
- (2) 作用層級模式的精簡可以保守的侷限作用層級的預測。
- (3) 提供氣候與入滲精簡模式的輸出與敏感度研究、細緻的作用層級模式、天然類比與經驗觀察的比較，且是合適的。

2.2.1.3.5.4 審查發現

在氣候與入滲、未飽和區流徑、未飽和區核種傳輸、飽和區流徑、飽和區核種傳輸、未飽和區流徑等的技術要求皆符合功能評估所需，且皆有以下 4 點發現：

- (1) 分析有使用合適的場址與鄰近區域資料、不確定性與變異有合理參數值與合適的替代概念模型符合 10 CFR 63.114(a)-(c)。
- (2) 分析採用具體的 FEPs 進行分析，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(e)。
- (3) 分析包含具體的退化(degradation)、劣化(deterioration)與變異(alteration)作用，並考慮其對年劑量的影響，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(f)。
- (4) 提供合適的技術基礎供功能評估之模式使用以符合 10 CFR 63.114(g)。

2.2.1.3.6 未飽和區之流動路徑

要回顧這種模式精簡化，需考慮美國能源部在未飽和區流動程度以證明符合規定。考慮 2.2.1.1 節(「多重障壁」)中評估的風險資訊審查此模式的精簡化。例如，假設美國能源部依據未飽和區流動路徑，將放射性核種傳輸至合理最大限度暴露個體有顯著的延遲和/或稀釋現象，則對此精簡化(abstraction)進行詳細的審查；反之，如果沒有顯著的影響，則進行簡化審查。這裡提供的審查方法和接受準則是詳細的審查。對於影響較小的情況(簡化審查)，這些審查方法和接受準則可能不是必需的。功能目標的評估是依循雅卡山審查計畫 2.2.1.4 節的審查進行示範。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.6.1 審查範圍

本節回顧未飽和區流動路徑。審查人員還將評估 10 CFR 63.21(c)、(1)、(9)、(10)、(15)和(19)所要求的資訊，這與未飽和區流動路徑精簡化(abstraction)有關。工作小組將評估以下未飽和區中流動路徑精簡化，使用 2.2.1.3.6.2 和 2.2.1.3.6.3 中的審查方法和接受準則：

- (1) 描述未飽和區流動路徑的水文、地質和熱-水力-力學-化學偶合過程，以及由美國能源部提供的支持整個系統功能評估模式精簡化整合的技術基礎；

- (2) 足夠的資料和參數用於證明整體系統功能評估模式精簡化；
- (3) 美國能源部使用特性資料不確定性的方法，並透過整個系統功能評估模式精簡化用於傳遞這種不確定性的影響；
- (4) 美國能源部使用特性模式不確定性的方法，並通過整個系統功能評估模式精簡化來傳遞這種不確定性的影響；
- (5) 美國能源部比較整個系統功能評估輸出至作用層級模式(process-level model)輸出與實證研究之途徑；
- (6) 使用專家引進。

2.2.1.3.6.2 審查方法

為了審查未飽和區中流動路徑的精簡化(abstraction)，界定整個系統功能評估從高度複雜的作用層級模式到簡化模式的可能範圍。無論複雜程度如何，評估模式的適用性。

審查方法 1：模式整合

審查物理現象和偶合的描述，以及影響廢棄物隔離有關未飽和區流動路徑精簡化的地質、水文、地球化學和熱-水文-力學-化學偶合方面的描述。評估這些描述的技术基礎是否充分，並將其納入精簡化。評估可能影響未飽和區流動路徑的地質、水文、地球化學、物理現象和偶合方面的描述是否足夠。審核此精簡化中使用的條件和假設與描述中呈現的資料一致。

審查美國能源部在此精簡化中使用的假設、技術基礎、資料和模式與其他相關精簡化具有一致性。評估此描述和技术基礎的是否提供透明和可追溯足以支持此精簡化。確認用於描述初始及邊界的條件和假設與此精簡化中的其他條件和假設一致。審核與未飽和區中流動路徑相關的特徵、事件和作用如何包含在整個系統功能評估精簡化中。

審核美國能源部於精簡化採用的模式參數和邊界條件有足夠的空間和時間變異性，進行估計未飽和區的流動路徑、滲透通量(percolation flux)和滲流通量(seepage flux)。

審核在作用層級模式中使用適當的參數估計平均值，並適用於模式離散化。確認由氣候引起水位升高之後，未飽和帶中潛在的降低傳輸距離。

審核美國能源部審核是否遵循諸如 NUREG-1297 和 NUREG-1298(Altman, et

al., 1988a,b)等導則，或使用替代方法進行同儕審查和資料鑑定提供可接受的情況。

審查方法 2：資料和模式合理性

評估用於支持概念模式、作用層級模式和此精簡化中考慮的替代概念模式 (alternative conceptual models) 的資料充分性，以及用於每個模式的參數。評估物理現象、耦合、氣候、地質、水文和地球化學資料的基礎。該基礎可以包含技術的組合，例如實驗室試驗、特定場址、野外量測、自然類比研究、作用層級模擬 (process-level modeling) 研究和專家引進。

審核可接受的技術，包含實驗室試驗、特定場址之野外量測、自然類比研究和作用層級模擬研究，這些技術用於收集和解釋有關未飽和區之地質、水文和地球化學的資料。

確認深部滲流通量率 (deep-percolation flux rates) 的估計值是保守或合理的代表物理系統。審核流場模式是否使用場址特定的水文、地質和地球化學資料進行校準。確認深度滲透通量的數學模式估計值在適當的時間和空間尺度。

審核通過試驗評估合適的熱-水文過程。確認使用足夠的敏感度或不確定性分析來評估資料的有效性，並審核是否需要額外的資料。

審核是否應用足夠的接受和有文件證明的程序來開發及校準數學模式。

審核在分析中使用了相當完整的作用層級 (process-level) 概念和數學模式。審核數學模式與概念模式及場址特徵是一致的。確認設置在從不同的數學模式結果強度的比較。

評估美國能源部進行專家引進的方法。

審查方法 3：資料的不確定性

評估美國能源部對精簡化模式中使用的參數之不確定性和變異性評估。確認未飽和區中影響流動路徑條件的時間和空間變化資料之不確定性被併入參數範圍。

評估未飽和區流動路徑的整體系統功能評估中，考慮概念模式、過程模式 (process models) 和替代概念模式所使用的參數值以及假定範圍、機率分佈和邊界值的技術基礎。審查人員應審核技術基礎是否能夠在功能評估中對這些參數的不確定性和變異性進行處理。如果使用保守值作為解決不確定性和變異性的方法，則審查者應確認保守值導致風險的保守估計，並且不會導致意外的結果。

確認美國能源部適當地建立參數統計的相關性。審核被忽略的相關性提供足夠的技術基礎或論證限制。

檢查敏感度分析和/或類比分析中使用的初始條件、邊界條件和計算域與可用資料一致。審核耦合的熱-水文-力學-化學過程是否得到適當評估。確認考慮到天然系統和工程材料特性的不確定性。

審核美國能源部是否適當地確定參數之間有關統計學的相關性。審核被忽略的相關性提供足夠的技術基礎或論證限制。

確認參數值與初始及邊界條件，以及雅卡山場址概念模式的假設一致。

審查方法 4：模式不確定性

評估美國能源部用於發展未飽和區流動路徑精簡化的替代概念模式。審查模式參數，考慮可用的場址特徵化資料、實驗室試驗、野外量測、自然類比研究和作用層級模擬研究。適當的情況下，使用替代性的整體系統功能評估模式評估美國能源部選定的部分精簡化未飽和區流動路徑。

審核作用層級模式(process-level models)產生的不確定性範圍是否充分反映在此精簡化中。適當的情況下，使用替代的功能評估模式來審核美國能源部的功能評估方法是否反映或限制作用層級模式的不確定性。根據可用的場址特徵化資料、實驗室試驗、野外量測、天然類比資訊和作用層級模擬研究，評估概念模式不確定性。如果採用保守模式作為解決概念模式不確定性的方法，則審查人員應審核選定的概念模式基於以下兩點：(i) 相對於可用資料和目前對於科學認知一致的替代概念模式來說是保守的；(ii) 導致風險的保守估計，並不會造成意外的結果。

審查方法 5：模式的支持

評估精簡化未飽和區中流動路徑的輸出。結果將適當的與場址特徵化資料、實驗室試驗、野外量測、自然模擬資料之組合進行比較。

確認保守的界定作用層級模式有足夠的理由和技術基礎。使用詳細的地質、水文、地球化學以及熱-水文-力學-化學過程模式來評估未飽和區流動路徑的整體系統功能評估精簡化。

根據作用層級模式產生的結果評估精簡化模式的輸出。實際的情況下，使用替代的整體系統功能評估模式來評估美國能源部選定部分的精簡化，並評估未飽

和區中的流動路徑對存處置場功能的影響。

2.2.1.3.6.3 接受準則

以下接受準則是基於滿足 10 CFR 63.114(a) - (c) 和(e) - (g) 未飽和區流動路徑精簡化模式的要求。美國核監管委員會的工作小組應根據美國能源部的風險告知，有關執照申請的重要程度，應用以下接受準則。

接受準則 1：足夠的系統描述和模式整合。

- (1) 整體功能評估充分納入或限制重要的設計特徵、物理現象和偶合(偶合包含熱-水力-力學-化學效應)，並在未飽和區精簡化過程的整個流程中使用一致且適當的假設；
- (2) 充分考慮了可能影響未飽和區流動路徑的地質、水文、地球化學、物理現象和偶合等方面。精簡化未飽和區中的流動路徑中的條件和假設很容易被界定並與描述中呈現的資料體一致；
- (3) 精簡化未飽和區流動路徑所使用的假設、技術基礎、資料和模式與其他美國能源部所提出一致且適當。例如，用於未飽和區中流動路徑的假設與水接觸廢棄物包件和廢棄物形式、氣候和滲透，以及飽和區域中的流動路徑的數量和化學成分一致(分別為「雅卡山審查計畫」2.2.1.3.3、2.2.3.5 和 2.2.1.3.8)。透明的描述和技術基礎已及可追溯場址和設計資料；
- (4) 建模假設的基礎和理由以及未飽和區中放射性核種傳輸的近似值與未飽和區流動路徑模式精簡化以及熱-水文-力學-化學效應一致；
- (5) 提供足夠的資料和技術基礎評估此精簡化中的特徵、事件和作用的程度；
- (6) 作用層級模式中採用模式參數和邊界條件具有充分空間和時間變異性來估計未飽和區的流動路徑、滲透通量(percolation flux)和滲流通量(seepage flux)；
- (7) 作用層級模式中使用的平均參數估計呈現模式中的時間和空間離散度；
- (8) 考慮氣候引起水位升高之後，未飽和帶降低傳輸距離。
- (9) 遵循 NUREG-1297 和 NUREG-1298 (Altman, et al., 1988a,b)中的導則或其他可接受的同儕審查和資料鑑定方法。

接受準則 2：資料足以證明模式的正確性。

- (1) 執照申請中使用充分合理的水文和熱-水文-力學-化學值。充分說明如何使用、解釋和適當地組合所提供的參數；

- (2) 使用可接受的技術收集未飽和區的地質、水力和地球化學資料；
- (3) 估計深部滲流通量率構成的上界，或基於合理物理系統技術上可防護的未飽和區流模式。校準流量模式使用特定位置的水文、地質和地球化學資料。使用適當的模式參數空間和時間變異性，以及考慮氣候引起的土壤深度和植被變化的邊界條件，估算深部滲流通量率；
- (4) 進行適當的熱-水文試驗，可觀察關鍵的熱-水文過程，估計相關參數的值；
- (5) 執行敏感度或不確定性分析以評估資料的充足性，並審核可能需要額外的資料；
- (6) 使用公認和完整的書面程序建構和校準數學模式；
- (7) 在分析中使用合理的作用層級 (process-level) 概念和數學模式。特別需要注意以下兩點：(i) 提供與概念模式和場址特徵化一致的數學模式；(ii) 比較不同數學模式的結果的強度；
- (8) 進行的任何專家引進都符合 NUREG-1563 (Kotra, et al., 1996) 或其他可接受的方法。

接受準則 3：資料不確定性透過模式精簡化來特徵化及傳播。

- (1) 模式使用參數值、假定範圍、機率分佈和技術上可以防範的邊界假設，合理地解釋不確定性和變異性，並且不會導致風險估計不足的情況；
- (2) 提供此精簡化中使用的參數值之技術基礎；
- (3) 精簡化的參數之間建立統計的相關性。為被忽略的相關性提供足夠的技術基礎或論證限制。
- (4) 敏感性分析和/或類比分析中使用的初始條件、邊界條件和計算域與可用資料一致。參數值與初始及邊界條件以及雅卡山場址概念模式的假設一致；
- (5) 耦合過程得到充分描述；
- (6) 考慮了天然系統和工程材料特性的不確定性。

接受準則 4：模式不確定性透過模式精簡化特徵化和傳播。

- (1) 調查可用的資料和目前科學理解相一致的特徵、事件和作用的替代建模方法。精簡化中適當的考慮結果和限制條件；
- (2) 精簡化中考慮作用層級模式產生的不確定性範圍；
- (3) 考慮的概念模式不確定性與可用的場址特徵化資料、實驗室試驗、野外量測、

天然類比資訊和作用層級模擬研究一致；並且對概念模式不確定性的處理不會導致風險的低估。

接受準則 5：模式精簡化輸出由目標對照支持。

- (1) 整個系統功能評估精簡化中執行的模式提供一致的結果，此結果具有詳細的作用層級模式和/或經驗觀察的成果(實驗室和現地試驗和/或天然相似體)；
- (2) 作用層級模式的精簡化保守地限制作用層級的預測；
- (3) 提供未飽和區流動路徑的模式精簡化之輸出與適當的敏感性研究、作用層級模式、自然相似體和經驗觀察結果輸出的比較。

2.2.1.3.6.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足 2.2.1.3.6.3 節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下滿足 10 CFR 63.114 的要求。包含滿足在未飽和區的流動路徑區域進行功能評估的技術要求。特別是美國核管理委員會工作小組發現以下幾點：

- (1) 根據 10 CFR 63.114(a)-(c)，分析中已經使用了場址和周邊地區適當的資料、參數之不確定性和變異性以及替代概念模式；
- (2) 具體特徵、事件和作用已經包含在分析中，根據 10 CFR 63.114(e)，已經提供適當的技術基礎進行納入或排除各類情況；
- (3) 考慮到其對年度劑量的影響，已經將具體的退化、劣化和改變過程納入分析，並根據 10 CFR 63.114(f)提供適當的技術基礎用於納入或排除各類情況；
- (4) 已按照 10 CFR 63.114(g)的要求為功能評估中使用的模式提供足夠的技術基礎。

2.2.1.3.7 未飽和區的核種傳輸

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.7.1 審查範圍

- (1) 能源部所提供針對地質、水文、與地球化學在未飽和區的核種傳輸的描述及

技術基礎，用以支撐模式整合在全系統安全評估的精簡

- (2) 用以論證模式精簡的資料與參數是否充足
- (3) 能源部用來特徵化資料不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞
- (4) 能源部用來特徵化模式不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞
- (5) 能源部採用來比較全系統安全審查發現、作用層級(process-level)的模式輸出、
及以經驗研究(empirical studies)的成果
- (6) 採用專家引進(expert elicitation)

2.2.1.3.7.2 審查方法

5 方法：模式整合、資料與模式論證、資料不確定性、模式不確定性、模式支援。

審查方法 1：模式整合

- (1) 檢驗未飽和區核種傳輸的精簡中之設計特徵、物理現象與耦合的描述及地質、水文、地化、史前水文、史前氣候與氣候觀點的描述在圍阻廢棄物的貢獻。並評估這些可能影響未飽和區核種傳輸的描述觀點是充足的。評估這些描述與技術基礎是透明可追溯來支撐這些精簡模型。
- (2) 驗證全系統功能評估中未飽和區核種傳輸使用的條件與假設，與資料的描述是一致
- (3) 確認能源部有將未飽和區核種傳輸使用的邊界與初始條件傳遞至其他模式精簡
- (4) 評估與未飽和區核種傳輸有關的 FEPs 有包含在全系統安全評估的精簡

審查方法 2：資料與模式論證

- (1) 評估地質、水文、地化資料是否足夠支撐未飽和區核種傳輸精簡之概念模式、作用層級模式、替代概念模式，以及各模式使用之參數
- (2) 驗證所搜集的自然系統的地質、水文、地化資料之特徵是否充足供建立未飽和區核種傳輸邊界與初始條件
- (3) 評估與確認未飽和區核種傳輸所使用的資料有根據合適的技術，是充足的供敏感度與不確定分析使用
- (4) 根據敏感度分析來評估是否需要額外資料

審查方法 3：資料不確定性

- (1) 評估未飽和區核種傳輸在全系統安全功能評估中之概念模式、作用模式與替代概念模式所使用參數值、假設範圍、機率分布、限值之技術基礎。
- (2) 審查者應驗證功能評估中支撐處理參數不確定性與變異的技術基礎。
- (3) 如果保守數值被使用來說明不確定性或變異，審查者應驗證採用保守數值所造成的保守估計並未足以造成非故意的結果（也就是說處置設施功能的保守性推估所造成整體風險的降低，當參數值範圍增加超過資料所能支撐而採用保守的方法所造成不合適的稀釋風險估計）
- (4) 確認能源部所使用的水流與傳輸參數所依據技術包含來自實驗室、現場觀測、天然類比、作用層級模式研究，是與 Yucca Mountain 的未飽和區條件相關
- (5) 檢驗能源部的現場傳輸試驗結果與提供充足模式
- (6) 如果全系統功能評估有考慮未飽和區的臨界(criticality)，檢查能源部使用於計算有效中子放大因子(effective neutron multiplication factor) 的模式與參數，計算能源部未飽和區的危險影響
- (7) 確認能源部合適的建立參數間可能的統計相關性。並確認被忽略的相關性有提供合適的技術基礎或限值論證評估方法

審查方法 4：模式不確定性

- (1) 評估能源部所使用的替代概念模型有用在發展未飽和區核種傳輸模型精簡。檢驗模型參數，考慮可取得之場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究。
- (2) 適當的使用一個替代的全系統功能評估模式來評估能源部未飽和區核種傳輸精簡模型的一部分
- (3) 確認作用層級模式所造成的不確定性範圍有被充分的反應在此精簡中
- (4) 評估概念模型不確定的處理有根據可取得的場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究
- (5) 如果採用保守模式來說明概念模式的不確定性，審查者應驗證所挑選的概念模式
 - A.是保守的，相對替代概念模式是和可取得資料及目前科學理解具一致性
 - B.結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果

- (6) 檢驗未飽和區核種傳輸所使用的數學模型。檢驗與評估所排除的替代概念模型與所選模式的限制與不確定性

審查方法 5：模式支援

- (1) 評估未飽和區核種傳輸模型精簡的輸出。比較此輸出結果與組合適當之場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資料
- (2) 評估用來支撐未飽和區核種傳輸精簡的敏感度分析
- (3) 使用細緻的地質、水文、地化過程模式來評估未飽和區核種傳輸的精簡
- (4) 評估精簡模式的輸出結果與作用層級模式的結果。實務上，採用一個替代的全系統功能評估模式來評估能源部的部分精簡，且評估未飽和區核種傳輸對處置設施功能的影響
- (5) 檢驗能源部所發展與測試其數學與數值模型之程序

2.2.1.3.7.3 描述接受準則

5 條件:系統描述與模式整合為適當；數據對於模式證明是足夠的；資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持。

接受準則 1：系統描述與模式整合為適當

- (1) 全系統功能評估充分整合或限制來自於，重要的設計特徵、物理現象與耦合，且在氣候與淨入滲精簡過程使用一致與合適假設
- (2) 影響未飽和區核種傳輸的地質、水文、地球化學、設計特徵、物理現象與耦合特性有被充分考慮。未飽和區核種傳輸精簡的假設與條件，是容易被確認且與呈現資料的描述一致
- (3) 未飽和區核種傳輸精簡的假設、技術基礎、資料與模式是合適的且與其他能源部精簡一致。例如未飽和區核種傳輸精簡的假設與未飽和區及飽和區流徑的精簡一致。
- (4) 未飽和區核種傳輸精簡的邊界與初始條件有被傳遞在所有精簡過程。例如產生傳輸參數的條件與假設與全系統功能評估中其他地質、水文、地球化學條件一致
- (5) 提供充足的資料與技術基礎，足以評估 FEPs 被此精簡所採用的程度
- (6) NUREG - 1297 and NUREG - 1298 (Altman, et al., 1988a,b)的指引或其他可接

受方法的同儕審查與資料審核有被採用

接受準則 2：數據對於模式證明是足夠的

- (1) 執照申請所使用之地質、水文、地化數值（例如流徑長度、吸附係數、遲滯係數、膠體濃度等）有被充分檢驗。並提供充足的描述來說明資料如何使用、詮釋與合適成為參數。
- (2) 是否充足搜集自然系統特徵資料以建立初始與邊界條件供全系統功能評估的未飽和區核種傳輸精簡
- (3) 全系統功能評估精簡所使用之未飽和區的地質、水文、地化資料(包含結構特徵的影響、裂隙分佈、裂隙性質與層化)有合適科技基礎。這些技術可包含實驗室試驗、特定場址現場觀測、天然類比、作用層級模式研究。所使用之敏感度與不確定分析足以決定是否需要額外資料的可能。

接受準則 3：資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (2) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分布與限值假設，對於風險估計在技術上是足以解釋說明的，合理的反應不確定性且並沒有造成不足
- (2) 某些核種在全系統功能評估精簡中，發現未飽和區裂隙與母岩傳輸對廢棄物阻絕具有重要性
 - A. 估計水流與傳輸參數是否合適，依據實驗室、現場觀測、天然類比、作用層級模式研究技術，是與 Yucca Mountain 的未飽和區條件相關
 - B. 模式足以充足模擬現場傳輸試驗結果
- (3) 如果全系統功能評估遠場有考慮未飽和區的危險(criticality)，用以計算有效中子放大因子(effective neutron multiplication factor) 的輸入參數需有合理範圍
- (4) 未飽和區核種傳輸的概念模式、作用層級模式、替代概念模式之參數發展有充分表示不確定性。這可以透過敏感度分析或使用保守限值達成
- (5) 且當未有充分資料時，參數值與概念模式可以在符合 NUREG-1563 下適當使用專家引進。如採用其他方法能源部需充分論證其適用性

接受準則 4：模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (1) FEPs 的替代模擬策略，與可取得資料與目前科學理解是否一致，是有被研究。精簡的結果與限制有被合適的考慮

- (2) 概念模式的不確定性有充足定義與記載，對功能的結論影響有適當評估
- (3) 所考慮之概念模式的不確定性與可用場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資訊、及作用層級模式研究一致。概念模式的不確定性處理方式，且並沒有造成不足以表示風險估計
- (4) 合適的替代模式與可用資料與目前科學知識一致，對於其結果與限制有適當考慮，所採用的測試與分析是對作用模式具有敏感度。例如在裂隙核種傳輸，能源部替代模型的發展，有充分了解非飽層裂隙分佈與裂隙水流與傳輸性質。

接受準則 5：模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支撐

- (1) 全系統功能評估精簡所採用之模式結果與細緻作用層級模式結果一致、而且或者與經驗觀測(實驗室及現場試驗、及或天然類比)之結果一致。
- (2) 未飽和區核種傳輸的結果精簡可以合理產出，或限制所對應之作用層級模式結果、經驗觀測結果或該二種結果。能源部的非飽層核種傳輸精簡是依據相同的水文、地質假設與近似，必須是適當的或近似類比於天然系統或實試驗系統。
- (3) 程序有充分記載並被科學社群接受作為建立與測試數學與數值模式來模擬非飽層核種傳輸。
- (4) 提供敏感度分析或限值分析來支撐全系統安全評估之非飽層核種傳輸精簡，必須涵蓋場址資料、現場或實驗室試驗 與測試、天然類比研究的範圍一致。

2.2.1.3.7.4 審查發現：滿足 10 CFR 63.114 的要求。

在未飽和區核種傳輸的技術要求皆符合功能評估所需，且皆有以下 4 點發現：

- (1) 分析有使用合適的場址與鄰近區域資料、不確定性與變異有合理參數值與合適的替代概念模型符合 10 CFR 63.114(a) - (c)。
- (2) 分析採用具體的 FEPs 進行分析，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(e)。
- (3) 分析包含具體的退化(degradation)、劣化(deterioration)與變異(alteration)作用，並考慮其對年劑量的影響，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(f)。
- (4) 提供合適的技術基礎供功能評估之模式使用以符合 10 CFR 63.114(g)。

2.2.1.3.8 飽和區的流動路徑

要回顧這種模式精簡化，考慮美國能源部在飽和區流動路徑的程度證明合規性(compliance)。考慮 2.2.1.1 節(「多重障壁」)中評估的風險資訊，審查此模式精簡化。例如，假設美國能源部依據飽和區的流動路徑，將放射性核種傳輸至合理最大限度暴露個體有顯著的延遲和/或稀釋現象，則進行詳細的審查。反之，如果無顯著影響，則進行簡單的審查。此處提供的審查方法和接受準則是詳細的審查。對於影響較小的情況(簡化審查)可能不是必需的。功能目標的評估是依循雅卡山審查計畫 2.2.1.4 節的審查進行示範。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.8.1 審查範圍

本節回顧飽和區的流動路徑。審查人員將評估 10 CFR 63.21(c)、(1)、(9)、(15)和(19)所要求的資訊，這與未飽和區流動路徑的精簡化有關。工作小組將評估以下飽和區域中流動路徑的精簡化，使用 2.2.1.3.8.2 和 2.2.1.3.8.3 中的審查方法和接受準則：

- (1) 描述飽和區流動路徑的地質、水文和地球化學等方面，以及美國能源部提供的支持整個系統功能評估模式精簡化整合的技術基礎；
- (2) 足夠的資料和參數證明整體系統功能評估模式精簡化；
- (3) 美國能源部使用特徵化資料不確定性的方法，並透過整個系統功能評估模式精簡化傳遞這種不確定性的影響；
- (4) 美國能源部使用特徵化模式不確定性的方法，並通過整個系統功能評估模式精簡化傳遞這種不確定性的影響；
- (5) 美國能源部用於比較整個系統功能評估輸出至作用層級模式輸出與實證研究之途徑；
- (6) 使用專家引進。

2.2.1.3.8.2 審查方法

為了審查飽和區域中流動路徑的精簡化，界定整個系統功能評估從高度複雜的作用層級模式到簡化模式的可能範圍。無論複雜程度如何，評估模式的適用性。

審查方法 1：模式的完整性

審查設計特徵、物理現象和耦合的描述，以及描述飽和區的地質、水文和地

球化學等方面，包含在飽和區域中影響廢棄物隔離精簡化的流動路徑。評估這些描述技術基礎的充分性，並將其納入飽和區流動路徑的精簡化。

評估可能影響飽和區流動路徑的地質、水文、地球化學、設計特徵、物理現象和偶合方面的描述是否足夠。審核精簡化飽和區流動路徑中使用的條件和假設與描述中呈現的資料一致。審查美國能源部飽和區精簡化所使用的假設、技術基礎、資料和模式與其他美國能源部一致。評估支持飽和區流動路徑精簡化的描述和技術基礎是否透明和可追溯。

確認美國能源部用於精簡化飽和區流動路徑中傳輸的邊界及初始條件。

審查飽和區域中，與流動路徑相關的特徵、事件和作用如何包含在整個系統功能評估精簡化中。審核美國能源部描述飽和區的流動路徑是否考慮到自然場址條件。

審核美國能源部根據已知的氣候週期模式，在第四紀(特別是最近 50 萬年期間)以及其他古氣候資料，評估長期氣候變化。

確認美國能源部對周圍飽和區流量系統有潛在地熱和地震的影響。

認美國能源部考慮預期水位上升對水頭和流向的影響，以及對處置場功能之影響。審核美國能源部的審查是否遵循諸如 NUREG-1297 和 NUREG-1298(Altman, et al., 1988a,b)的導則，或可接受的情況下使用替代方法。

審查方法 2：數據與模式的正當性

飽和區域流動路徑的整個系統功能評估精簡化，評估用於支持概念模式、作用層級模式以及替代概念模式所考慮使用的參數、水文、地球化學和氣候資料之充分性。評估飽和區流動路徑整體系統功能評估精簡化中的物理現象、偶合、氣候、地質、水文和地球化學資料之基礎。該基礎可以包含技術的組合，例如實驗室試驗、特定場址、野外量測、自然類比研究、作用層級模擬研究和專家引進。審核是否充分收集了有關地質、水文和地球化學等自然系統的特徵化資料，為飽和區流域徑流的整體系統功能評估精簡化建立初步及邊界條件。

評估並確認用於支持美國能源部的資料在飽和區流動路徑精簡化之總體系統功能評估是基於適當的技術，並且適用於所附加的敏感性/不確定性分析。根據敏感性分析評估對於補充資料的需求。

審核美國能源部提供足夠的資訊，證實提出的地下水數值建模方法和模式適

用於場址條件。

審查方法 3：數據的不確定性

飽和區流動路徑總體系統功能評估的精簡化中，評估在概念模式、作用層級模擬和替代概念模式中使用的參數值、假定範圍、機率分佈和邊界值的技術基礎。審查人員應審核技術基礎是否能夠於功能評估中對這些參數的不確定性和變異性進行處理。如果使用保守值作為解決不確定性和變異性的方法，則審查人員應確認保守值導致風險之保守估計，並不會產生意外之結果。

基於對古氣候資料的合理調查，確定模式精簡化中氣候變化的水文效應包含不確定性。

審核美國能源部是否適當地確定參數之間的統計相關性。審核為被忽視的相關性提供了足夠的技術基礎或論證限制。

評估美國能源部採用專家引進來定義參數值的方法。

審查方法 4：模式的不確定性

評估美國能源部用於發展飽和區流動路徑精簡化的替代概念模式。審查模式參數，考慮可用的場址特徵化資料、實驗室試驗、野外量測、天然類比資訊和作用層級模擬研究，並評估其一致性。適當的情況下，確認美國能源部是已充分解決了模式精簡化的外部審查意見。

在適當的情況下，使用替代的整體系統功能評估模式來評估美國能源部選定部分對飽和區流動路徑的精簡化。審查替代概念模式對處置場功能的影響，並評估如何定義、記錄和評估模式不確定性。

根據可用的場址特徵化資料、實驗室試驗、野外量測、天然類比資訊和作用層級模擬研究，評估處理概念模式的不確定性。如果採用保守模式作為解決概念模式不確定性的方法，則審查人員應審核選定的概念模式基於以下兩點：(i) 相對於與可用資料和目前科學認知一致的替代概念模式而言是保守的；(ii) 導致風險的保守估計，而不會產生不可預測之結果。

檢查飽和區流動路徑分析中包含的數學模式。另外，檢查和評估排除替代概念模式的基礎，以及所選模式的局限性和不確定性。

審查方法 5：模式的支持

評估精簡化飽和區域流動路徑的輸出，並將結果與場址特徵化資料、實驗室

試驗、野外量測、天然類比資訊和作用層級模擬研究適當組合進行比較。

使用詳細的地質、水文和地球化學過程模式評估飽和區流動路徑的整體系統功能評估精簡化。如果實際使用替代的整體系統功能評估模式評估美國能源部選定部分在飽和區精簡化流動路徑，並評估對處置場功能的影響。將美國能源部的精簡化結果與近似值進行比較，顯示適合於密切相似的天然系統或試驗系統。

審查美國能源部用於開發和試驗數學和數值模式的程序。

適當的時機使用替代的整體系統功能評估模式來評估美國能源部的敏感性或邊界分析，並確認美國能源部已經使用與場址特徵化資料、現地和實驗室試驗以及自然類比研究相一致的範圍。

2.2.1.3.8.3 接受準則

以下接受準則是基於滿足 10 CFR 63.114(a) - (c) 和(e) - (g)飽和區模式精簡化流動路徑的要求。美國核監管委員會的工作小組應根據美國能源部頒布的風險執照申請的重要程度，應用以下接受準則。

接受準則 1：系統描述與模式完整是足夠。

- (1) 整個系統功能評估充分結合了重要的設計特徵、物理現象及耦合，並在飽和區精簡化過程的整個流動路徑中使用一致和適當的假設；
- (2) 描述可能影響飽和區流動路徑的地質、水文、地球化學、設計特徵、物理現象和耦合方面都是足夠的。容易界定飽和區域中流動路徑精簡化的條件和假設，並與描述中呈現的資料一致；
- (3) 飽和區流動路徑精簡化的使用與美國能源部其他相關精簡化相適應和一致的假設、技術基礎、資料和模式。例如，飽和區流動路徑的假設與代表整體系統功能評估精簡化(雅卡山審查計畫 2.2.1.3.12 節)一致。描述和技術基礎是否提供透明和可追溯支持飽和區流動路徑的精簡化；
- (4) 整個系統功能評估中使用的邊界和初始條件在飽和區流動路徑之精簡化是在整體精簡化方法中傳播。例如，精簡化基於與場址尺度建模和死谷(Death Valley)地下水流量系統的區域模式一致的初始和邊界條件；
- (5) 提供足夠的資料和技術基礎評估此精簡化，包含的特徵、事件和作用的程度；
- (6) 考慮自然場址條件，飽和區的流動路徑被充分描述；
- (7) 根據第四紀期間(特別是近 50 萬年)的已知氣候週期模式和其他古氣候資料，

進行充分評估的長期氣候變化；

- (8) 充分描述和考慮周圍飽和區流量系統潛在地熱和地震之影響；
- (9) 充分考慮預期水位上升對水頭和流向的影響，以及對處置場功能之影響。
- (10) 遵循 NUREG-1297 和 NUREG-1298(Altman, et al., 1988a,b)中的導則或其他可接受的同儕審查和資料資格認證方法。

接受準則 2：證明模式之數據是充足的。

- (1) 執照申請中用於評估飽和區的流動路徑所使用的地質、水文和地球化學的值具有充分理由。充分描述如何將資料使用、解釋和適當地組合到參數中；
- (2) 收集足夠自然系統的資料，為飽和區的流動路徑精簡化建立初使和邊界條件；
- (3) 整個系統功能評估精簡化中使用的飽和區的地質、水文和地球化學資料都是基於適當的技術。這些技術可能包含實驗室試驗、特定場址量測、自然類比研究、作用層級模擬研究。適當的美國能源部整體系統功能評估精簡化支持的敏感度或不確定性分析，足以確定可能需要的補充資料；
- (4) 提供足夠的資訊證實提出的地下水數值建模方法和所提出校準後之模式適用於場址條件。

接受準則 3：數據不確定性是被描述的及遍及於整個模式精簡。

- (1) 模式使用參數值、假定範圍、機率分佈和技術上可以防範的邊界假設，合理地解釋不確定性和變異性，並且不會導致風險估計不足的情況；
- (2) 基於合理的對古氣候資料進行完整調查，不確定性被適當地納入到氣候變化的水文效應模式精簡化中；
- (3) 發展飽和區的流動路徑精簡化時考慮的概念模式、作用層級模式和替代概念模式的參數開發中，不確定性已得到充分的描述。這可以透過敏感性分析或使用保守範圍完成。例如，敏感性分析和/或類比分析足以界定預期會顯著影響模式精簡化結果的飽和區域流參數；
- (4) 假設資料量不足的情況下，參數值和概念模式的定義根據 NUREG-1563 (Kotra, et al., 1996)適當的使用專家引進。

接受準則 4：模式不確定性是被描述的及遍及於整個模式精簡。

- (1) 考慮特徵、事件和作用的替代建模方法，並與可用資料和目前的科學理解相一致，精簡化中適當的考慮結果和範圍；

- (2) 概念模式的不確定性被充分定義和記錄，並且對功能結論的影響進行適當的評估。例如，透過分析由場址資料支持的合理概念流量模式(reasonable conceptual flow models)來考慮資料解釋中的不確定性，或通過敏感性研究證明不確定性對處置場功能影響不大；
- (3) 概念模式不確定性的考慮與可用的場址特徵化資料、實驗室試驗、野外量測、天然類比資訊和作用層級模擬研究一致；對概念模式不確定性的處理不會導致風險估計不足的情況；
- (4) 適當的替代建模方法與現有資料和目前科學知識相一致，並適當地考慮其結果和限制，對所建模過程敏感度進行試驗和分析。

接受準則 5：模式精簡產出結果被客觀比較所支持。

- (1) 整個系統功能評估精簡化中執行的模式提供了一致的結果，此結果具有詳細的作用層級模式和/或經驗觀察的輸出(實驗室和現地試驗和/或天然類比)；
- (2) 精簡化飽和區流動路徑輸出合理的產生或限制相應作用層級模式、經驗觀察或兩者的結果；
- (3) 已接受科學界構建完整的書面程序並且試驗數學和數值模式用於模擬飽和區域中的流動路徑；
- (4) 提供敏感度分析或邊界分析，以支持飽和區域中的流動路徑的精簡化，涵蓋與場址特徵化資料、現地和實驗室試驗以及自然類比研究相一致的範圍。

2.2.1.3.8.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足 2.2.1.3.8.3 節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.114 的要求。已經滿足飽和區流動路徑進行功能評估的技術要求。特別是美國核管理委員會工作小組發現以下幾點：

- (1) 根據 10 CFR 63.114(a)-(c)，分析中已經使用場址和周邊地區的適當資料、參數的不確定性和變異性以及替代概念模式；

- (2) 具體特徵、事件和作用已經包含在分析中，根據 10 CFR 63.114(e)，已經提供適當的技術基礎進行納入或排除各類情況；
- (3) 考慮到其對年度劑量的影響，已經將具體的退化、劣化和改變過程納入分析，並根據 10 CFR 63.114(f)提供適當的技術基礎用於納入或排除各類情況；
- (4) 已按照 10 CFR 63.114(g)的要求為功能評估中使用的模式提供足夠的技術基礎。

2.2.1.3.9 飽和區的核種傳輸

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.9.1 審查範圍 (area of review)：

- (1) 能源部所提供針對地質、水文、與地球化學在飽和區的核種傳輸的描述及技術基礎，用以支撐模式整合在全系統安全評估的精簡
- (2) 用以論證全系統功能評估模式精簡的資料與參數是否充足
- (3) 能源部用來特徵化資料不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞
- (4) 能源部用來特徵化模式不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞
- (5)能源部採用來比較全系統安全審查發現、作用層級(process-level)的模式輸出、及以經驗研究(empirical studies)的成果
- (6) 採用專家引進(expert elicitation)

2.2.1.3.9.2 審查方法

5 方法：模式整合、資料與模式論證、資料不確定性、模式不確定性、模式支援。

審查方法 1：模式整合

- (1) 檢驗飽和區核種傳輸的精簡中之設計特徵、物理現象與耦合的描述及地質、水文與地化的描述在圍阻廢棄物的貢獻。並評估這些可能影響飽和區核種傳輸的描述觀點是充足的。評估這些描述與技術基礎是透明可追溯來支撐這些精簡模型。
- (2) 驗證全系統功能評估中飽和區核種傳輸使用的條件與假設，與資料的描述是一致
- (3) 確認能源部有將飽和區核種傳輸使用的邊界與初始條件傳遞至其他模式精簡

(4) 評估與飽和區核種傳輸有關的 FEPs 有包含在全系統安全評估的精簡

審查方法 2：資料與模式論證

- (1) 評估地質、水文、地化資料是否足夠支撐飽和區核種傳輸精簡之概念模式、作用層級模式、替代概念模式，以及各模式使用之參數
- (2) 驗證所搜集的自然系統的地質、水文、地化資料之特徵是否充足供建立飽和區核種傳輸邊界與初始條件
- (3) 評估與確認飽和區核種傳輸所使用的資料有根據合適的技術，是充足的供敏感度與不確定分析使用
- (4) 根據敏感度分析來評估是否需要額外資料

審查方法 3：資料不確定性

- (1) 評估飽和區核種傳輸在全系統安全功能評估中之概念模式、作用模式與替代概念模式所使用參數值、假設範圍、機率分布、限值之技術基礎。
- (2) 審查者應驗證功能評估中支撐處理參數不確定性與變異的技術基礎。
- (3) 如果保守數值被使用來說明不確定性或變異，審查者應驗證採用保守數值所造成的保守估計並未足以造成非故意的結果（也就是說處置設施功能的保守性推估所造成整體風險的降低，當參數值範圍增加超過資料所能支撐而採用保守的方法所造成不合適的稀釋風險估計）
- (4) 確認能源部所使用的水流與傳輸參數所依據技術包含來自實驗室、現場觀測、天然類比、作用層級模式研究，是與 Yucca Mountain 的飽和區條件相關
- (5) 檢驗能源部的現場傳輸試驗結果與提供充足模式
- (6) 如果全系統功能評估有考慮飽和區的危險(criticality)，檢查能源部使用於計算有效中子放大因子(effective neutron multiplication factor) 的模式與參數，計算能源部未飽和區的危險影響
- (7) 確認能源部合適的建立參數間可能的統計相關性。並確認被忽略的相關性有提供合適的技術基礎或限值論證評估方法

審查方法 4：模式不確定性

- (1) 評估能源部所使用的替代概念模型有用在發展飽和區核種傳輸模型精簡。檢驗模型參數，考慮可取得之場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類

比與作用層級模式研究。

- (2) 適當的使用一個替代的全系統功能評估模式來評估能源部飽和區核種傳輸精簡模型的一部分
- (3) 確認作用層級模式所造成的不確定性範圍有被充分的反應在此精簡中
- (4) 評估概念模型不確定的處理有根據可取得的場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究
- (5) 如果採用保守模式來說明概念模式的不確定性，審查者應驗證所挑選的概念模式
 - A. 是保守的，相對替代概念模式是和可取得資料及目前科學理解具一致性
 - B. 結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果
- (6) 檢驗飽和區核種傳輸所使用的數學模型。檢驗與評估所排除的替代概念模型與所選模式的限制與不確定性

審查方法 5：模式支援

- (1) 評估飽和區核種傳輸模型精簡的輸出。比較此輸出結果與組合適當之場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資料
- (2) 評估用來支撐飽和區核種傳輸精簡的敏感度分析
- (3) 使用細緻的地質、水文、地化過程模式來評估飽和區核種傳輸的精簡
- (4) 評估精簡模式的輸出結果與作用層級模式的結果。實務上，採用一個替代的全系統功能評估模式來評估能源部的部分精簡，且評估飽和區核種傳輸對處置設施功能的影響
- (5) 檢驗能源部所發展與測試其數學與數值模型之程序

2.2.1.3.9.3 接受準則

5 條件:系統描述與模式整合為適當；數據對於模式證明是足夠的；資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持。

接受準則 1：系統描述與模式整合為適當

- (1) 全系統功能評估充分整合或限制來自於，重要的設計特徵、物理現象與耦合，且在飽和區核種傳輸過程使用一致與合適假設
- (2) 影響飽和區核種傳輸的地質、水文、地球化學、設計特徵、物理現象與耦合

特性有被充分考慮。例如描述飽和區傳輸性質因水與岩體交互作用的改變。

飽和區核種傳輸精簡的假設與條件，是容易被確認且與呈現資料的描述一致

- (3) 飽和區核種傳輸精簡的假設、技術基礎、資料與模式是合適的且與其他能源部精簡一致。例如飽和區核種傳輸的假設與全系統功能評估中核種外釋速率與溶解限制及飽和區流徑的精簡一致。
- (4) 飽和區核種傳輸精簡的邊界與初始條件有被傳遞在所有精簡過程。例如產生傳輸參數的條件與假設與全系統功能評估中其他地質、水文、地球化學條件一致
- (5) 提供充足的資料與技術基礎，足以評估 FEPs 被此精簡所採用的程度
- (6) NUREG - 1297 and NUREG - 1298 (Altman, et al., 1988a,b)的指引或其他可接受方法的同儕審查與資料審核有被採用

接受準則 2：數據對於模式證明是足夠的

- (1) 執照申請所使用之地質、水文、地化數值（例如流徑長度、吸附係數、遲滯係數、膠體濃度等）有被充分檢驗。並提供充足的描述來說明資料如何使用、詮釋與合適成為參數。
- (2) 自然系統特徵是否充足搜集資料以建立初始與邊界條件供全系統功能評估的飽和區核種傳輸精簡
- (3) 全系統功能評估精簡所使用之飽和區的地質、水文、地化資料(包含結構特徵的影響、裂隙分佈、裂隙性質與層化)有合適科技基礎。這些技術可包含實驗室試驗、特定場址現場觀測、天然類比、作用層級模式研究。所使用之敏感度與不確定分析足以決定是否需要額外資料的可能。

接受準則 3：資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (2) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分布與限值假設，對於風險估計在技術上是足以解釋說明的，合理的反應不確定性且並沒有造成不足
- (2) 某些核種在全系統功能評估精簡中，發現飽和區裂隙與母岩傳輸對廢棄物阻絕具有重要性
 - A. 估計水流與傳輸參數是否合適，依據實驗室、現場觀測、天然類比、作用層級模式研究技術，是與 Yucca Mountain 的未飽和區條件相關
 - B. 模式足以充足模擬現場傳輸試驗結果

- (3) 如果全系統功能評估遠場有考慮飽和區的危險(criticality) ，用以計算有效中子放大因子(effective neutron multiplication factor) 的輸入參數需有合理範圍
- (4) 飽和區核種傳輸的概念模式、作用層級模式、替代概念模式之參數發展有充分表示不確定性。這可以透過免感度分析或使用保守限值達成
- (5) 且當未有充分資料時，參數值與概念模式可以在符合 NUREG-1563 下適當使用專家引進。如採用其他方法能源部需充分論證其適用性

接受準則 4：模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (1) FEPs 的替代模擬策略，與可取得資料與目前科學理解是否一致，是有被研究。精簡的結果與限制有被合適的考慮
- (2) 概念模式的不確定性有充足定義與記載，對功能的結論影響有適當評估
- (3) 所考慮之概念模式的不確定性與可用場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資訊、及作用層級模式研究一致。概念模式的不確定性處理方式，且並沒有造成不足以表示風險估計
- (4) 合適的替代模式與可用資料與目前科學知識一致，對於其結果與限制有適當考慮，所採用的測試與分析是對作用模式具有敏感度。例如在裂隙核種傳輸，能源部替代模型的發展，有充分了解飽層裂隙分佈與裂隙水流與傳輸性質。

接受準則 5：模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支撐

- (1) 全系統功能評估精簡所採用之模式結果與細緻作用層級模式結果一致、而且或者與經驗觀測(實驗室及現場試驗、及或天然類比)之結果一致。
- (2) 飽和區核種傳輸的結果精簡可以合理產出，或限制所對應之作用層級模式結果、經驗觀測結果或二者。能源部的飽層核種傳輸精簡是依據相同的水文、地質、地假設與近似，必須是適當的或近似類比於天然系統或實試驗系統。
- (3) 程序有充分記載並被科學社群接受作為建立與測試數學與數值模式來模擬飽和區核種傳輸。
- (4) 提供敏感度分析或限值分析來支撐全系統安全評估之飽和區核種傳輸精簡，必須涵蓋場址資料、現場或實驗室試驗 與測試、天然類比研究的範圍一致。

2.2.1.3.9.4 審查發現

在飽和區核種傳輸的技術要求皆符合功能評估所需，且皆有以下 4 點發現：

- (1) 分析有使用合適的場址與鄰近區域資料、不確定性與變異有合理參數值與合

適的替代概念模型符合 10 CFR 63.114(a) - (c)。

- (2) 分析採用具體的 FEPs 進行分析，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(e)。
- (3) 分析包含具體的退化(degradation)、劣化(deterioration)與變異(alteration)作用，並考慮其對年劑量的影響，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(f)。
- (4) 提供合適的技術基礎供功能評估之模式使用以符合 10 CFR 63.114(g)。

2.2.1.3.10 廢棄物包件的火成作用破壞

審查本節之精簡模式，須考慮美國能源部所依靠廢棄物包件火成作用破壞之程度，去驗證其符合度。審查本節此一精簡模式，是針對多重障壁章節(2.2.1.1 節)之風險評估資訊來考慮。例如，如果能源部認為依靠廢棄物包件火完整性來提供延遲核種傳輸以使個人曝露於一合理的最大劑量值是重要的，則須對此一精簡模式進行詳細的審查。另一方面，如果能源部確認此一精簡模式對個人曝露劑量影響不重要，則只對其邊界之假設進行簡化審查。此處提供的審查方法與接受準則是為了詳細審查，對有些簡化審查時可能不需要。此處是利用 2.2.1.4 節之雅卡山審查計畫，來驗證功能性目的之符合程度。

2.2.1.3.1.1 審查範圍

這節是審查廢棄物包件火成作用破壞，審查者將依 10 CFR 63.21(c)(1)、(9)、(15)及(19)之要求審查此一有關廢棄物包件火成作用破壞化精簡資訊。廢棄物包件火成作用破壞精簡之概念，將依以下六部分評估：

- (1) 關於與廢棄物包件火成作用破壞及基於能源部提供支持模型完整性的技術相關之地質、水文地質、地化學等方面之描述，跨整體系統功能評估精簡概念；
- (2) 判斷整體系統功能評估精簡模式概念的數據與參數之充足程度；
- (3) 能源部使用於描繪數據不確定性、與這不確定性遍及於整體系統功能評估精簡概念之方法；
- (4) 能源部使用於描繪模式不確定性與不確定性遍及於整體系統功能評估精簡概念之方法；
- (5) 能源部使用於比較整體系統功能評估之產出與在過程階段模式之產出與經

驗探討的方式；

(6) 專家意見之使用。

2.2.1.3.1.2 審查方法

為審查廢棄物包件火成作用破壞精簡概念，認識用於整體系統功能評估之模式，可以從高度複雜過程階段的模式到簡化的模式，姑且不論模式的複雜層級，評估模式須具的合適性。

審查方法 1：模式的完整性

檢查有關設計特色、物理現象、與耦合作用，以及地質、地球物理、地化學等方面之描述包含於廢棄物包件火成作用破壞精簡。確認具備足夠與一致的技術基準，以完成這些描述、及為廢棄物包件火成作用破壞結合它們於整體系統功能評估精簡。確認在評估廢棄物包件火成作用破壞的模式與假設，與在執照申請書其它地方一致。

證實在評估廢棄物包件火成作用破壞之模式與一般在雅卡山地區解釋火成特色之物理進程一致。證實活火山過程與觀察一般活火山特徵之一致。

評估使用於確認工程性處置場系統與火山系統間交互影響之技術基準。

確認能源部的審查有根據 NURED-1297 及 NUREG-1298 之規範(Altman, et al., 1988)，或其他可接受的方法。

審查方法 2：數據與模式的正當性

評估支持使用在概念模式、過程階段模式、及用於整體系統功能評估廢棄物包件火成作用破壞精簡中其他概念模式參數之地質、地球物理、地化學據數的充足性。

確認使用於這些數據的技術基準具足夠的正當性，使用於模擬影響廢棄物包件火成作用破壞過程之數據是盡可能由經充分驗證的技術所導得。

確認有充足數據可使用在整合相關廢棄物包件火成作用破壞之 FEP 於過程階段模式中。確認於最後的精簡模式中，有充分考慮在相關的 FEP 間適當之相互關係與關聯性。

評估能源部之方法有採用專家建議去定義參數值。

審查方法 3：數據的不確定性

檢查使用在概念模式、過程階段模式、及用於整體系統功能評估精簡中廢棄

物包件火成作用破壞其他概念模式之技術基準的參數值、假設範圍、機率分佈及邊界值。審查者應證實此一技術基準支持在功能評估中參數不確定性與變異性之處理。如果，於一方法中之參數不確定性與變異性採取保守值，審查者應證實此一導致風險的保守估計值，且不可引起非預期的結果。亦即，保守代表某一方面之處置場行為，將減低整體之風險性；當參數範圍增大到數據可支持的範圍外，採用保守方法將會不適當的淡化所估計的風險。

確認能源部適當建立各參數間可能之統計關聯性。確認任何被省略的關聯性均有提供充足技術基準與邊界之論證。

評估能源部使用的方法有引用專家意見去定義參數值。

審查方法 4：模式的不確定性

評估能源部有使用其它概念模式為廢棄物包件火成作用破壞而發展整體系統功能評估精簡。檢查模式的參數滿足於場址特性調查數據、實驗室試驗、現場量測、天然類比研究、及在過程階段模擬研究，並評估它們的一致性。

評估概念模式不確定性之處理有考慮到場址特性調查數據、實驗室實驗、現場量測、天然類比資訊、及在過程階段的模擬研究。如果採用一個保守模式去處理概念模式的不確定性，則審查者應證實此一選定的概念模式：(1)相對於其它概念模式是保守，(2)導致保守估計且不可引起非預期的結果。亦即，保守代表某一方面之處置場行為，將減低整體之風險性。

審查方法 5：模式的支持

評估從廢棄物包件火成作用破壞精簡的產出結果，有經比較於適當綜合場址特性調查數據、在詳細的過程階段模擬、實驗室試驗、現場量測、以及天然類比。

確認在精簡模式與相對比較數據間之不一致處有被解釋與量化。確認模式結果有考慮這些不確定性。

2.2.1.3.1.3 接受準則

以下接受準則是根據滿足於規範 10 CFR 63.114 (a)-(c)及(e)-(g)等有關工程障壁劣化精簡模式之要求。美國核管會幕僚人員須應用下列接受準則，依照能源部建立之風險等級執照申請。

接受準則 1：系統描述與模式完整是足夠。

(1) 整體系統功能評估中，結合足夠的重要設計特色、物理現象、耦合作用、並

適用一致且適當的假設於廢棄物包件火成作用破壞的整個過程；

- (2) 評估廢棄物包件火成作用破壞所使用的模式，與一般在雅卡山地區解釋火成特色之物理進程一致、或活火山系統之觀察一致；
- (3) 模式有考慮工程處置場系統可能使火山過程發生改變；
- (4) NUREG-1297 及 NUREG-1298 中的準則，或其它可接受規範是被採用的。

接受準則 2：證明模式之數據是充足的。

- (1) 可利用於廢棄物包件火成作用破壞之參數充足且足以判斷。能源部有提供充分描述這些數據如何使用、解釋、與適當的綜合入參數值；
- (2) 使用於模擬影響廢棄物包件火成作用破壞之數據是由適當的技術導得。這些技術可能包括特定場址量測、天然類比研究、實驗室量測；
- (3) 在整合相關廢棄物包件火成作用破壞之 FEP 於過程階段模式中，有充足數據可使用，包括適當相互關係之判定與關聯性；
- (4) 當沒有充足數據時，能源部採取的參數值與概念模式，須是適當利用其它來源，例如是依 NEREQ-1563 的專家建議值。如果以其它方法，能源部應適當地判斷他們的使用。

接受準則 3：數據不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。

- (1) 模式使用的參數值、假設範圍、可靠性分佈、及或邊界假設，技術上是有正當理由的、並合理考慮不確定性與變異性、且不可能導致低估風險性；
- (2) 參數之不確定性有定量考慮觀察場址數據值之不確定性、可用文獻(數據之精度)、以及從過程階段模式摘取參數值之不確定性(數據之準度)；
- (3) 當沒有充足數據時，能源部採取的參數值與概念模式，須是適當利用其它來源，例如是依 NEREQ-1563 的專家建議值。如果以其它方法，能源部應適當地判斷他們的使用。

接受準則 4：模式不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。

- (1) 其它模擬廢棄物包件火成作用破壞方法已被考慮且符合可用的數據及現今科學認知，其分析結果與限制也已適當考慮於本精簡；
- (2) 精簡模式之不確定性已被充分解釋與記錄，在整體系統功能評估中這些不確定性的影響已被確認；
- (3) 概念模式之不確定性考慮，與場址特性調查數據、實驗室驗、現場量測、天

然類比資訊、及在過程階段模擬研究之數據一致；概念模式不確定性之處理不可導致低估風險性。

接受準則 5：精簡模式產出結果被客觀比較所支持。

- (1) 在廢棄物包件火成作用破壞精簡提供的模式補充結果與從詳細過程階段模式或經驗觀察(實驗室與現場試驗，及或自然類比)一致；
- (2) 在精簡模式與相對比較數據間之不一致處有被記錄、解釋與量化。這些導致的不確定性已被考慮於模式結果。

2.2.1.3.1.4 審查發現

如果，執照申請可提供充分的資訊，且滿足在 2.2.1.3.10.3 節之接受準則，則幕僚人員就推斷幕僚人員評估的部分是可接受的。評審人員，則為整個執照申請撰寫適合包含於安全評估之報告資料。這報告包括一個摘要陳述審查了甚麼、為何審查發現提議可接受。幕僚人員可提供審查證明文件如下：

美國核能管制委員會幕僚人員已審查安全分析報告及支持執照申請的其它資訊，依據功能評估中工程障壁材之劣化精簡模式，以合理考察，發現已滿足 10 CFR 63.114 規範之要求。特別，美國核能管制委員會幕僚人員發現：

- (1) 已使用從場址及鄰近地區的適當的數據、使用合適不確定性與變異性的參數值及其它概念模式，滿足 10 CFR 63.114(a)-(c)規範要求。
- (2) 特定的 FEP 已包含於分析中，已提供適當的技術基準以包含或排出各類情況，滿足 10 CFR 63.114(e)規範要求。
- (3) 特定的劣化、惡化、改變過程已包含於分析，並考慮它們對每年劑量之影響。已提供適當的技術基準以包含或排出各類情況，滿足 10 CFR 63.114(f)規範要求。
- (4) 已提供足夠的技術基準於使用模式進行功能評估，滿足 10 CFR 63.114(g)之規範要求。

2.2.1.3.11 核種的氣體傳輸

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.11.1 審查範圍

- (1) 能源部所提供針對地質、水文、地球化學和氣象在核種於空氣中傳輸的描述及技術基礎，用以支撐模式整合在全系統安全評估的精簡。

- (2) 用以論證模式精簡的資料與參數是否充足。
- (3) 能源部用來特徵化資料不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞。
- (4) 能源部用來特徵化模式不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞。
- (5) 能源部採用來比較全系統安全審查發現、作用層級(process-level)的模式輸出、及以經驗研究(empirical studies)的成果。
- (6) 採用專家引進(expert elicitation)。

2.2.1.3.11.2 審查方法

5 方法：模式整合、資料與模式論證、資料不確定性、模式不確定性、模式支援。

審查方法 1：模式整合

- (1) 檢驗核種於空氣傳輸的精簡中之設計特徵、物理現象與耦合的描述及地質、水文、地化與氣候觀點的描述。並評估這些可能影響核種於空氣傳輸的描述觀點是充足的。評估這些描述與技術基礎是透明可追溯來支撐這些精簡模型。
- (2) 驗證核種於空氣傳輸模型與物理作用過程是否一致，通常由雅卡山地區的火成岩特徵中解釋出來。驗證活動火成作用的模型是否與觀察到活躍火成岩特徵之作用過程是否一致。
- (3) 評價用於評估工程處置場系統對於火成作用過程影響之技術基礎。
- (4) 驗證美國能源部的審查是否符合 NUREG-1297 的指導和 NUREG-1298(Altman 等人，1988a, b)，或使用可接受的情況的替代方法

審查方法 2：資料與模式論證

- (1) 評估地質、地物、地化和氣象資料是否足夠支撐核種於空氣傳輸精簡之概念模式、作用層級模式、替代概念模式，以及各模式使用之參數。
- (2) 驗證這些數據的技術基礎是否足夠合理，且數據用於放射性核種於空氣傳輸模型之作用由充分的記錄技術所推導。這樣的技術，包括特定場址現地量測、天然類比調查和實驗室實驗。
- (3) 確認有足夠的數據可用於整合特徵、事件和作用，與有關放射性核種的空氣中傳輸轉化為作用層級模型。驗證適當相關特徵、事件和作用之間的相互關係和相關性，在模型精簡中得到充分的考慮。
- (4) 評估美國能源部採用專家引進的方法定義參數值。

審查方法 3：資料不確定性

- (1) 檢查參數值、假定範圍、機率分佈，和概念模型、過程模型和替代概念中使用的界限值考慮了放射性核種在空氣中傳輸之技術基礎。審查者應核實該技術基礎在功能評估中支持參數的不確定性和變異性處理。如果保守數值被使用來說明不確定性或變異，審查者應驗證採用保守數值所造成的保守估計並未足以造成非故意的結果（也就是說處置設施功能的保守性推估所造成整體風險的降低，當參數值範圍增加超過資料所能支撐而採用保守的方法所造成不合適的稀釋風險估計）
- (2) 驗證美國能源部是否適當確定可能的統計數據參數之間的相關性。驗證適當技術基礎或界限為被忽視的相關性已有提供論據。
- (3) 評估美國能源部採用專家引進的方法定義參數值。

審查方法 4：模式不確定性

- (1) 評估能源部所使用的替代概念模型有用在發展核種於空氣傳輸模型精簡。檢驗模型參數，考慮可取得之場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比、作用層級模式研究，並評估其一致性。
- (2) 評估概念模型不確定的處理有根據可取得的場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究。如果採用保守模式來說明概念模式的不確定性，審查者應驗證所挑選的概念模式
 - A. 是保守的，相對替代概念模式是和可取得資料及目前科學理解具一致性
 - B. 結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果

審查方法 5：模式支援

- (1) 評估核種於空氣傳輸模型精簡的輸出。比較此輸出結果與組合適當之場址特徵資料、詳細的作用層級模式、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資料。
- (2) 確認精簡模式和比較數據之間的不一致性被解釋並量化。確認在模型結果中考慮到不確定性。

2.2.1.3.11.3 描述接受準則

5 條件:系統描述與模式整合為適當；數據對於模式證明是足夠的；資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持。

接受準則 1：系統描述與模式整合為適當

- (1) 全系統功能評估充分整合或限制來自於，重要的設計特徵、物理現象與耦合，且在核種於空氣傳輸精簡過程使用一致與合適假設。
- (2) 用於評估核種於空氣傳輸的模型與雅卡山地區的火成岩特徵中解釋出來和/或觀察到活躍火成岩系統之物理作用過程是否一致。
- (3) 模型說明火成作用的變化是可能會與工程處置系統的相互作用。
- (4) NUREG - 1297 and NUREG - 1298 (Altman, et al., 1988a,b)的指引或其他可接受方法的同儕審查與資料審核有被採用

接受準則 2：數據對於模式證明是足夠的

- (1) 執照申請中用於評估核種於空氣傳輸的參數值是足夠且充分合理。並提供充足說明資料如何使用、詮釋與合適成為參數。
- (2) 資料使用於核種於空氣傳輸的模型是經由適當的技術所得到。這些技術可能包括特定場址現場觀測、天然類比調查和實驗室實驗。
- (3) 有足夠的數據可用於有關核種於空氣傳輸轉化成作用層級模式之特徵、事件和作用整合，包括確定適當的相互關係和參數相關性。
- (4) 如果不存在足夠的數據，根據 NUREG-1563(Kotra 等，1996)，則定義參數值和相關聯概念模型是由專家導引出進行適當使用。如果使用其他方法，美國能源部須充分證明了他們的使用。

接受準則 3：資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (2) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分布與限值假設，對於風險估計在技術上是足以解釋說明的，合理的反應不確定性且並沒有造成不足
- (2) 參數不確定性定量考慮源自於場址數據和可用文獻(即數據精度)之參數值的不確定性，以及模式精簡引入的不確定性(即數據精度)。
- (3) 如果不存在足夠的數據，則定義參數值和相關聯不確定性是基於適當使用在符合 NUREG-1563(Kotra 等人，1996)下適當使用專家引進。如採用其他方法能源部需充分論證其適用性。

接受準則 4：模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (1) 考慮放射性核種於空氣傳輸的替代模擬策略，與可取得資料與目前科學理解是否一致，是有被研究。精簡的結果與限制有被合適的考慮。

- (2) 概念模式的不確定性有充足定義與記載，對功能的結論影響有適當評估。
- (3) 所考慮之概念模式的不確定性與可用場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資訊、及作用層級模式研究一致。概念模式的不確定性處理方式，且並沒有造成不足以表示風險估計。

接受準則 5：模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支撐

- (1) 在放射性核種於空氣傳輸精簡所採用之模式結果與細緻作用層級模式結果一致、而且或者與經驗觀測(實驗室及現場試驗、及或天然類比)之結果一致。
- (2) 精簡模式與比較數據之間的不一致性須被記錄、解釋和量化。這些產生的不確定性須計算在模式結果內。

2.2.1.3.11.4 審查發現：滿足 10 CFR 63.114 的要求。

在放射性核種於空氣傳輸的技術要求皆符合功能評估所需，且皆有以下 4 點發現：

- (1) 分析有使用合適的場址與鄰近區域資料、不確定性與變異有合理參數值與合適的替代概念模型符合 10 CFR 63.114(a) - (c)。
- (2) 分析採用具體的特徵，事件和作用進行分析，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(e)。
- (3) 分析包含具體的退化(degradation)、劣化(deterioration)與變異(alteration)作用，並考慮其對年劑量的影響，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(f)。
- (4) 提供合適的技術基礎供功能評估之模式使用以符合 10 CFR 63.114(g)。

2.2.1.3.12 地下水核種濃度

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.12.1 審查範圍

- (1) 能源部所提供針對地質、水文在地下水核種濃度的描述及技術基礎，用以支撐模式整合在全系統安全評估的精簡。
- (2) 用以論證模式精簡的資料與參數是否充足
- (3) 能源部用來特徵化資料不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞
- (4) 能源部用來特徵化模式不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞
- (5) 能源部採用來比較全系統安全審查發現、作用層級(process-level)的模式輸出、

及以經驗研究(empirical studies)的成果

(6) 採用專家引進(expert elicitation)

2.2.1.3.12.2 審查方法

5 方法：模式整合、資料與模式論證、資料不確定性、模式不確定性、模式支援。

審查方法 1：模式整合

- (1) 檢驗地下水核種濃度的精簡中之設計特徵、物理現象與耦合的描述及地質、水文、地化觀點的描述。用以支撐模式整合在全系統安全評估的精簡。
- (2) 確認在 3000 英畝-英尺[3.715×10^9 升]之放射性核種平均濃度計算中，須包括評估放射性核種每年會遷移至環境邊界之技術基礎是否足夠。
- (3) 評估水文、地質觀點可能影響地下水放射性核種濃度的描述是足夠的。評估這些描述與技術基礎是透明可追溯來支撐這些精簡模型。
- (4) 檢查能源部提出之假設、技術基礎、數據和模型在全系統地下水核種濃度安全評估的精簡方法。以驗證它們是否和能源部相關的精簡方法是具有適合性與一致性。
- (5) 檢查與地下水放射性核種濃度有關的特徵、事件和作用有包含在全系統安全評估的精簡。
- (6) 驗證美國能源部的審查是否符合 NUREG-1297 的指導和 NUREG-1298(Altman 等人，1988a, b)，或使用可接受的情況的替代方法

審查方法 2：資料與模式論證

- (1) 評估氣候和水文量值是否能提供在執照申請中具有足夠的理由，以及數據的使用描述、解釋、並適當地合成到參數中是足夠是透明且可追溯。
- (2) 評估資料及模式中所使用的參數是否足夠支撐此精簡之地下水放射性核種濃度的概念模式。驗證是否有足夠的數據被使用而確認有關之特徵、事件和作用，並結合這些功能、事件和作用至地下水放射性核種濃度的模式精簡。
- (3) 確認數據的品質和數量對於被認為是發展模式精簡的重要參數組是足夠，包括群體之分類和設計、抽取速率、含水層參數和傳輸參數。在適用的情況下，確認可以從相關的數據中獲得可靠的統計估計值。由建立有意義的信賴限度或設置參數數據有意義的界限估計，並確認量測數據的尺度有適當的考慮到

精簡。

審查方法 3：資料不確定性

- (1) 檢查由於水井抽水使地下水中的放射性核種稀釋之全系統安全評估精簡之參數值、假定範圍、機率分佈，和概念模型、過程模型和替代概念中使用的界限值所考慮之技術基礎。審查者應核實該技術基礎在功能評估中支持參數的不確定性和變異性處理。如果保守數值被使用來說明不確定性或變異，審查者應驗證採用保守數值所造成的保守估計並未足以造成非故意的結果（也就是說處置設施功能的保守性推估所造成整體風險的降低，當參數值範圍增加超過資料所能支撐而採用保守的方法所造成不合適的稀釋風險估計）
- (2) 評估這些參數值和分佈與場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比研究是否一致。
- (3) 驗證美國能源部是否適當確定可能的統計數據參數之間的相關性。驗證適當技術基礎或界限為被忽視的相關性已有提供論據。
- (4) 評估美國能源部對於參數不確定性、模式精簡所使用方法有實施專家引進，並根據 Kotra et al.(1996 年)的指導方針。

審查方法 4：模式不確定性

- (1) 評估能源部所使用的替代概念模式有用在發展地下水放射性核種濃度模型精簡。在可用數據中檢驗模型參數。將替代過程模型的結果與美國能源部使用的過程模型的結果進行對比藉以評估不確定性、限制和能源部模式中的保守程度。經由比較以確定能源部模式的任何限制、精簡考慮為足夠的。在適當的情況下，確認美國能源部已經充分針對模式精簡的外部評論中回應。
- (2) 確認合理替代概念模式之結果於精簡中已被適當地考慮，有用在場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究中。特別地，使用替代的全系統安全評估模型來評估替代概念模式對處置場功能之影響。
- (3) 評估概念模式不確定性有用到場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究。如果採用保守模式作為解決概念模式不確定性的方法，審核人員應驗證選擇的概念模型：(i)是保守的，相對替代概念模式是和可取得資料及目前科學理解具一致性。(ii)結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果(即保守表示處置場特性以總減少估計風險的一種

觀點)。

審查方法 5：模式支援

評估全系統安全評估有關地下水放射性核種濃度模式精簡之輸出，驗證美國能源部有關場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比研究資料之結果。使用細緻的地球化學、水文、地質過程和替代性全系統安全評估模式，以選擇性地探究美國能源部有關全系統安全評估分析，以評估地下水放射性核種濃度的精簡

2.2.1.3.12.3 接受準則

5 條件:系統描述與模式整合為適當；數據對於模式證明是足夠的；資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持。

接受準則 1：系統描述與模式整合為適當

- (1) 全系統功能評估充分整合或限制來自於，重要的設計特徵、物理現象與耦合，且在地下水放射性核種濃度精簡過程使用一致與合適假設。
- (2) 全系統安全評估有關地下水放射性核種濃度模式精簡充分識別和描述。確認在 3000 英畝-英尺[3.715×10⁹ 升]之放射性核種平均濃度計算，確認放射性核種每年遷移至環境邊界之技術基礎與計算。
- (3) 描述水文和地質可能影響地下水放射性核種濃度是足夠的，並且識別這些參數對於精簡是敏感的。
- (4) 全系統安全評估有關地下水放射性核種濃度模式精簡使用假設、技術基礎、數據和模型與美國能源部的其他相關精簡是適當和一致的。
- (5) 全系統安全評估有關地下水放射性核種濃度模式精簡有充分的數據和技術基礎，包括特徵，事件和作用。
- (6) NUREG-1297 和 NUREG-1298 (Altman, et al., 1988a,b)的指引或其他可接受方法的同儕審查與資料審核有被採用。

接受準則 2：數據對於模式證明是足夠的

- (1) 使用於執照申請之氣候和水文參數值是足夠且充分合理(例如:良好的分類和設計、含水層參數、運輸參數等)，並提供充足說明資料如何使用、詮釋與合適成為參數。

- (2) 有足夠的數據(現場、實驗室和/或天然類比數據)使用於全系統安全評估有關地下水放射性核種濃度模式精簡以定義相關參數和概念模式
- (3) 對於發展和率定所精簡模式，包括良好的分類和設計、含水層參數和傳輸參數，所考慮重要參數組合之數據的品質和數量是足夠的。

接受準則 3：資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (2) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分布與限值假設，對於風險估計在技術上是足以解釋說明的，合理的反應不確定性且並沒有造成不足，符合定義在 10 CFR 第 63 部分之合理最大曝露個體的特徵。
- (2) 使用於估算地下水放射性核種濃度、特性數據、試驗實驗、現場量測和天然類比研究，功能評估和作用模式之參數值和範圍的技術基礎是適當的。
- (3) 經由不確定分析、保守限值、邊界值以發展全系統安全評估有關地下水放射性核種濃度模式精簡之概念模式、作用模式和替代概念模式之不確定性必須是足夠的。
- (4) 對於全系統功能評估和敏感度分析模型精簡之重要參數必須是經過鑑定的。
- (5) 如果不存在足夠的數據，則定義參數值和相關聯不確定性是基於適當使用在符合 NUREG-1563(Kotra 等人, 1996)下適當使用專家引進。如採用其他方法能源部需充分論證其適用性。

接受準則 4：模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (1) 考慮地下水放射性核種濃度的替代模擬策略，與可取得資料與目前科學理解是否一致，是有被研究。精簡的結果與限制有被合適的考慮。
- (2) 考慮足夠的證據表明現有替代概念模式的特徵和作用，的並且已經考慮過程，模式模擬與提供的數據一致(例如現地、實驗室和天然類比)和當前的科學理解、這些替代概念模型對全系統功能的影響之審查發現已有充分評估。
- (3) 所考慮之概念模式的不確定性與可用場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資訊、及作用層級模式研究一致。概念模式的不確定性處理方式，且並沒有造成不足以表示風險估計。

接受準則 5：模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支撐

- (1) 在全系統功能評估精簡所採用之模式結果與細緻作用層級模式結果一致、而且或者與經驗觀測(實驗室及現場試驗、及或天然類比)之結果一致。

2.2.1.3.12.4 審查發現：滿足 10 CFR 63.114 的要求。

在地下水放射性核種濃度的技術要求皆符合功能評估所需，且有以下 6 點發現：

- (1) 分析有使用合適的場址與鄰近區域資料、不確定性與變異有合理參數值與合適的替代概念模型符合 10 CFR 63.114(a) - (c)。
- (2) 分析採用具體的特徵，事件和作用進行分析，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(e)。
- (3) 分析包含具體的退化(degradation)、劣化(deterioration)與變異(alteration)作用，並考慮其對年劑量的影響，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(f)。
- (4) 提供合適的技術基礎供功能評估之模式使用以符合 10 CFR 63.114(g)。
- (5) 用於描述參考生物圈的特徵、事件和作用，生物圈途徑、氣候演變、地質環境的演變與雅卡山當前的區域、條件和過去過程相關的知識是一致的根據，符合 10 CFR 63.305(a)-(d)的要求。
- (6) 美國能源部使用平均水文特徵來確定地下水含水層的位置和尺寸，預測放射性核種之最高濃度。每年的用水量也不超過 3000 英畝-英尺[3.715×10^9 升]3000 英畝符合規定的其他要求 10 CFR 63.332(a)(1)-(3)的要求。

2.2.1.3.13 土壤中核種再分布

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.13.1 審查範圍

- (1) 能源部所提供針對地質、水文、土壤、地化在土壤中核種再分布的描述及技術基礎，用以支撐模式整合在全系統安全評估的精簡。
- (2) 用以論證模式精簡的資料與參數是否充足
- (3) 能源部用來特徵化資料不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞
- (4) 能源部用來特徵化模式不確定性的方法，以及誤差在模式精簡過程的傳遞
- (5) 能源部採用來比較全系統安全審查發現、作用層級(process-level)的模式輸出、及以經驗研究(empirical studies)的成果
- (6) 採用專家引進(expert elicitation)

2.2.1.3.13.2 審查方法

5 方法：模式整合、資料與模式論證、資料不確定性、模式不確定性、模式支援。

審查方法 1：模式整合

- (1) 檢驗在不同模式間之設計特徵、物理現象與耦合的描述，在整個精簡過程中確認已納入土壤中核種再分布之精簡與一致性和適當的假設。
- (2) 檢查土壤中放射性核種再分布方面對處置功能重要性已經被確認，並驗證是否合理。評估這些說明的技術基礎，並將其納入全系統功能評估之土壤中放射性核種再分布之精簡，評估這些描述與技術基礎是透明可追溯來支撐這些精簡模型。
- (3) 檢查與土壤中放射性核種再分布有關的特徵、事件和作用有包含在全系統安全評估的精簡。
- (4) 驗證美國能源部的審查是否符合 NUREG-1297 的指導和 NUREG-1298(Altman 等人，1988a，b)，或使用可接受的情況的替代方法。

審查方法 2：資料與模式論證

- (1) 確認在全系統功能評估精簡中使用的土壤、水文和土壤化學數據是基於技術的組合，包括試驗室實驗、特定場址的現場量測、天然類比研究、作用模式研究等。評估如何使用數據、解釋和合成為參數。並驗證其是否已正確完成。
- (2) 評估資料是否足夠支持土壤中放射性核種再分布的模型精簡之概念模式、作用層級模式、替代概念模式。檢查並確認用以支持相關技術基礎之充分性，有關於土壤中放射性核種再分布特徵、事件和作用已被納入全系統的模型精簡。

審查方法 3：資料不確定性

- (1) 檢查參數值、假定範圍、機率分佈，和概念模型、過程模型和替代概念中使用的界限值考慮了土壤中放射性核種再分布之技術基礎。審查者應核實該技術基礎在功能評估中支持參數的不確定性和變異性處理。如果保守數值被使用來說明不確定性或變異，審查者應驗證採用保守數值所造成的保守估計並未足以造成非故意的結果（也就是說處置設施功能的保守性推估所造成整體風險的降低，當參數值範圍增加超過資料所能支撐而採用保守的方法所造成

不合適的稀釋風險估計)。

- (2) 評估美國能源部與美國核能管制委員會之數據輸入值，在可行的情況下進行比較。然而，如果美國核能管制委員會與美國能源部之模式本質不同，則可能無法進行直接比較。
- (3) 檢查用於支持參數值、範圍的技術基礎，並確認所選定的參數範圍和分佈充分代表雅卡山地區。
- (4) 評估不確定性是否已充分出現在土壤中放射性核種再分布精簡之概念模式、作用模式和替代概念模式的參數中，包括從地表面作用和經由參數數據之敏感度分析、保守限值、界線值之數據。評估參數的相關性是否在精簡模式內已經適當建立。
- (5) 評估美國能源部對系統功能之參數值或模式的敏感性已經進行驗證，並說明所需要參數或模式對於系統功能模擬具有影響之需要性。在可行的情況下，對於參數值或模式使用替代的全系統功能評估程式以測試處置場功能之敏感性分析。
- (5) 驗證美國能源部是否適當確定可能的統計數據參數之間的相關性。驗證適當技術基礎或界限為被忽視的相關性已有提供論據。
- (6) 評估美國能源部對於參數不確定性、模式精簡所使用方法有實施專家引進，並根據 Kotra et al.(1996)的指導方針。

審查方法 4：模式不確定性

- (1) 評估能源部所使用的替代概念模式有用在發展土壤中放射性核種再分布模型精簡。在可用數據中檢驗模型參數。將替代過程模型的結果與美國能源部使用的過程模型的結果進行對比藉以評估不確定性、限制和能源部模式中的保守程度。經由比較以確定能源部模式的任何限制、精簡考慮為足夠的。在適當的情況下，確認美國能源部已經充分針對模式精簡的外部評論中回應。
- (2) 確認合理替代概念模式之結果於精簡中已被適當地考慮，有用在場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究中。特別地，使用替代的全系統安全評估模型來評估替代概念模式對處置場功能之影響。
- (3) 評估概念模式不確定性有用到場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比與作用層級模式研究。如果採用保守模式作為解決概念模式不確定性的

方法，審核人員應驗證選擇的概念模型：(i)是保守的，相對替代概念模式是和可取得資料及目前科學理解具一致性。(ii)結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果(即保守表示處置場特性以總減少估計風險的一種觀點)。

審查方法 5：模式支援

評估全系統安全評估有關土壤中放射性核種再分布模式精簡之輸出，驗證美國能源部有關場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比研究資料之結果。使用替代性全系統安全評估模式，以選擇性地探究美國能源部有關全系統安全評估分析，以評估土壤中放射性核種再分布的精簡。

2.2.1.3.13.3 接受準則

5 條件:系統描述與模式整合為適當；數據對於模式證明是足夠的；資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞；模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持。

接受準則 1：系統描述與模式整合為適當

- (1) 全系統功能評估充分整合或限制來自於，重要的設計特徵、物理現象與耦合，且在土壤中放射性核種再分布精簡過程使用一致與合適假設。
- (2) 全系統安全評估有關土壤中放射性核種再分布模式精簡充分識別和描述。對於處置場功能重要的，例如：精簡應包括土壤污染物質沉積的模擬，確定放射性核種沉積的深度分佈。
- (3) 在土壤中放射性核種再分布模式精簡、地表面作用有關之特徵，事件和作用已經有適當的模擬、充分的技術基礎。
- (4) NUREG-1297 和 NUREG-1298 (Altman, et al., 1988a,b)的指引或其他可接受方法的同儕審查與資料審核有被採用。

接受準則 2：數據對於模式證明是足夠的

- (1) 使用於執照申請之水文和地球化學值是足夠且充分合理(例如：灌溉和降水率，侵蝕速率，放射性核種溶解度值等)，並提供充足說明資料如何使用、詮釋與合適成為參數。
- (2) 有足夠的數據(現場、實驗室和/或天然類比數據)使用於全系統安全評估有關土壤中放射性核種再分布模式精簡以定義相關參數和概念模式。

接受準則 3：資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (2) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分布與限值假設，對於風險估計在技術上是足以解釋說明的，合理的反應不確定性且並沒有造成不足，符合定義在 10 CFR 第 63 部分之合理最大曝露個體的特徵。
- (2) 全系統功能評估精簡之參數值和範圍的技術基礎與雅卡山地區之數據資料具有一致性[例如，Amargosa Valley 調查(Cannon 調查研究中心，1997 年)，研究 Fortymile Wash 排水流域的地表面作用研究，適用實驗室測試、天然類比或其他有效數據來源。例如土壤類型、作物類型、犁深和灌溉率應與當前農業施作一致。空氣中顆粒物濃度的數據應該在氣候和擾動程度上類似位置，在合於規定期間於合理最大限度之預期個人曝露劑量為基礎。
- (3) 經由不確定分析、保守限值、邊界值以發展全系統安全評估有關土壤中放射性核種再分布模式精簡之概念模式、作用模式和替代概念模式之不確定性必須是足夠的。
- (4) 功能量測和合於規定期間，參數或模式對於處置場功能之最大影響須根據 10 CFR 第 63 部分之規定確認。
- (5) 如果不存在足夠的數據，則定義參數值和相關聯不確定性是基於適當使用在符合 NUREG-1563(Kotra 等人，1996)下適當使用專家引進。如採用其他方法能源部需充分論證其適用性。

接受準則 4：模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞

- (1) 考慮特徵、事件和作用的替代模擬策略，與可取得資料與目前科學理解是否一致，是有被研究。精簡的結果與限制有被合適的考慮。
- (2) 考慮足夠的證據表明現有替代概念模式的特徵和作用，的並且已經考慮過程，模式模擬與提供的數據一致(例如現地、實驗室和天然類比)和當前的科學理解、這些替代概念模型對全系統功能的影響之審查發現已有充分評估。
- (3) 所考慮之概念模式的不確定性與可用場址特徵資料、實驗室試驗、現場觀測、天然類比資訊、及作用層級模式研究一致。概念模式的不確定性處理方式，且並沒有造成不足以表示風險估計。

接受準則 5：模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支撐

- (1) 在精簡所採用之模式結果與細緻作用層級模式結果一致、而且或者與經驗觀

測(實驗室及現場試驗、及或天然類比)之結果一致。

2.2.1.3.13.4 審查發現：滿足 10 CFR 63.114 的要求。

在土壤中放射性核種再分布的技術要求皆符合功能評估所需，且有以下 6 點發現：

- (1) 分析有使用合適的場址與鄰近區域資料、不確定性與變異有合理參數值與合適的替代概念模型符合 10 CFR 63.114(a) - (c)。
- (2) 分析採用具體的特徵，事件和作用進行分析，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(e)。
- (3) 分析包含具體的退化(degradation)、劣化(deterioration)與變異(alteration)作用，並考慮其對年劑量的影響，且有合適的技術基礎提供納入或剔除依據以符合 10 CFR 63.114(f)。
- (4) 提供合適的技術基礎供功能評估之模式使用以符合 10 CFR 63.114(g)。
- (5) 用於描述參考生物圈的特徵、事件和作用，生物圈途徑、氣候演變、地質環境的演變與雅卡山當前的區域、條件和過去過程相關的知識是一致的根據，符合 10 CFR 63.305(a)-(d)的要求。

2.2.1.3.14 生物圈特徵

為審查此精簡模式，需考量美國能源部為證明符合法規，所需依賴生物圈特徵的程度。審查此模式需考量第 2.2.1.1 節「多重障壁」的風險資訊。例如，美國能源部執照申請生物圈特徵對功能有很大的影響，則須對此精簡模式進行詳細審查。然而，若美國能源部展示此部分對合理最大曝露個人輻射劑量影響很小，只需專注限值假設進行簡化審查。所提供的審查方法及接受準則，是提供詳細審查使用。部分審查方法及接受準則，因模式對處置場功能的影響很小，簡化審查時可能並不需要。使用雅卡山審查計畫第 3.2.1.4.1 節，確認符合封閉後個人防護標準。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.3.14.1 審查範圍

本節審查生物圈特徵，將生物圈中核種濃度轉換為合理最大曝露個人的劑量。審查者亦將依據 10 CFR 63.21(c) (1)、(9)、(15)及(19)的要求與生物圈特徵精簡模式相關資訊進行評估。幕僚人員將使用 2.2.1.3.4.2 及 2.2.1.3.4.3 節所使用的審查

方法及接受準則，評估生物圈特徵如下：

- (1) 有關生物圈特徵的生態、行為、地質學、水文學、地球化學、社會學及經濟學方面的敘述，及美國能源部提供支持全系統功能評估精簡模式整合的技術基礎；
- (2) 用來正當化全系統功能評估模式的數據及參數之充分性；
- (3) 美國能源部透過全系統功能評估精簡模式，評估數據不確定性及不確定性傳遞效應特徵所使用的方法；
- (4) 美國能源部透過全系統功能評估精簡模式，評估模式不確定性及不確定性傳遞效應特徵所使用的方法；
- (5) 美國能源部用來比較全系統功能評估模式輸出結果、作用級模式輸出結果及經驗研究的方法；
- (6) 專家引進。

2.2.1.3.14.2 審查方法

為審查生物圈特徵，需認知全系統能評估中所使用的模式，可能從高度複雜的作用級模式到簡化模型(例如響應曲面或查表)，無論複雜程度如何，應評估模式的適用性。

審查方法 1：系統敘述及模式整合

確認模式包括所有的場址特徵、物理現象及耦合，以及是否通過精簡模式而採用一致且適當的假設。

確認敘述是否足夠，並確認全系統功能評估精簡模式的條件及假設與敘述中呈現的數據體一致。確認這些敘述的技術基礎，將其納入精簡模式是適當的。評估這些敘述是否提供精簡模式透明及可追溯的支持。

考慮重要的物理現象及與其它模式的整合，並檢驗其一致性。

確認美國能源部已採用了可接受的同儕評審方法，例如 NUREG-1297 和 NUREG-1298(Altman 等人，1988a, b)中的指引，或使用替代方法提出可接受的情況。

審查方法 2：數據及模式正當化

確認執照申請所使用的參數值是否合理，並符合 10 CFR 63.312 有關合理最大曝露個人的定義。評估數據如何被使用、解釋及適當地合成到參數中。

評估全系統功能評估生物圈特徵所考量的概念模式、作用級模式及替代概念模式之特徵、事件與作用(FEPs)之數據及參數的充分性。在評估生物圈或生物圈過程的替代概念模式時，審查者應認知 10 CFR 63.305 和 63.312 對生物圈合理最大曝露個人劑量有一組劑量拘束(constraints)的要求。例如，10 CFR 63.312 限制了合理最大曝露個人的飲食和生活方式，以內華達州阿馬爾戈薩谷鎮(town of Amargosa Valley, Nevada)當前的人口來代表。因此，替代概念模式的評估應著重於探討生物圈精簡模式中所納入特徵、事件與作用(FEPs)的變異性和不確定性，並注意管制拘束值。合理最大曝露個人的行為及特徵評估，應強調對阿馬爾戈薩谷鎮當前居民調查研究的解釋，以及如何用數據的不確定性及變異性導出平均值。

確認美國能源部全系統功能評估精簡模式所使用的數據是以技術組合為基礎的。技術組合可能包括實驗室實驗、與場址有關的現場量測、天然類比研究及作用級模式研究。通過執行美國能源部之替代全系統功能評估程式的輸入參數，探討不同模式對劑量的影響及其差異，並將劑量計算結果與美國能源部報告的結果作比較。應確認所選模式間的差異及其限制，在美國能源部的分析中，能顯著降劑量結果是充分合理的。

審查方法 3：數據的不確定性

在全系統功能評估生物圈特徵，檢驗概念模式、作用級模式及替代概念模式中所使用參數值及其範圍的技術基礎。在評估生物圈或生物圈過程替代概念模式時，審查者應認識 10 CFR 63.305 和 63.312 對生物圈合理最大曝露個人劑量有一組劑量拘束的要求。例如，10 CFR 63.312 限制了合理最大曝露個人的飲食和生活方式，以內華達州阿馬爾戈薩谷鎮當前的人口為代表。因此，替代概念模式的評估應著重於探討生物圈精簡模式中所納入特徵、事件與作用(FEPs)的變異性及不確定性，並留意管制拘束值。合理最大曝露個人的行為及特徵評估，應強調對阿馬爾戈薩山鎮當前居民調查研究的解釋，以及如何使用數據的不確定性及變異性來導出平均值。

評估參數的不確定性及變異性，確認美國能源部在技術上有可辯護的基礎，以支持確定合理最大曝露個人的飲食和生活方式是根據內華達州阿馬爾戈薩谷鎮的居民調查獲得數據的平均值，如 10 CFR 63.312 中所述。

檢查生物圈特徵的精簡模式，評估概念模式、作用級模式及替代概念模式中

所使用之參數值及其假設範圍、機率分佈、限值的技術基礎。審查者應確認功能評估中處理參數之不確定性及變異性的技術基礎。若使用保守值作為解決不確定性及變異性的方法，則審查者應確認保守參數值將導致風險的保守估計，並且不會導致意想不到的結果。(即處置場某方面功能的保守表示，將導致總體風險的降低；及當參數超出支持數據的範圍時，假設某種方法是保守的，評估風險將被不適當地稀釋)。

評估全系統功能評估程式運算，包括不確定性及變異性範圍(對於重要參數)的影響。測試可提供關於參數範圍於全系統功能評估(例如敏感度和不確定性分析)中的影響資訊，及(或)展示不同範圍參數對劑量結果的可能影響。確認美國能源部所作分析之差異及其限制，能顯著降低劑量結果是充分合理的。

評估美國能源部使用的方法，進行專家引進來定義參數值。

確認美國能源部是否適當地確定參數之間的統計學相關性。確認對被忽視的相關性提供了足夠的技術基礎或限值論述。

透過根據美國能源部和美國核管會之參數選擇，進行全系統功能審查發現的比較。對已確認參數的差異，檢驗全系統功能審查發現的敏感度。這些參數在生物圈特徵模式中是重要的，如消耗率(consumption rates)、攝入劑量轉換因子，植物和動物轉移因子(transfer factors)，質量負荷因子(mass-loading factors)及作物攔截分率(crop interception fractions)等。

審查方法 4：模式的不確定性

檢驗可用的現場特徵數據、實驗室實驗、現場量測、天然類比研究及作用級模式研究結果的模式參數，在實際且必要的範圍內，使用替代全系統功能評估模式來評估美國能源部所選定的生物圈特徵，並評估替代概念模式對處置場功能的影響。在評估生物圈或生物圈過程的替代概念模式時，審查者應認知 10 CFR 63.305 和 63.312 對生物圈合理最大曝露個人劑量有一組劑量拘束的要求。例如，10 CFR 63.312 限制了合理最大曝露個人的飲食和生活方式，以代表內華達州阿馬爾戈薩谷鎮當前的人口。因此，替代概念模式的評估應著重於探討生物圈精簡模式中所納入特徵、事件與作用(FEPs)的變異性及不確定性，並留意管制拘束值。合理最大曝露個人的行為和特徵評估，應強調對阿馬爾戈薩谷鎮當前居民調查研究的解釋，以及如何使用數據的不確定性及變異性來導出平均值。

確認有足夠證據，證明已於替代概念模式生物圈特徵中考量對隔離廢棄物具有重要性的作用。

根據可用的現場特徵化數據、實驗室實驗、現場量測、天然類比資訊及作用級模式的研究結果，評估概念模式不確定性的處理。如果採用保守模式作為處理概念模式不確定性一種方法，審查者應確認選定的概念模式：(i) 相對於與現有數據及當前科學理解一致的替代概念模式是保守的；(ii) 導致風險的保守估計，但不會造成意想不到的結果(即處置場特徵某一方面保守表示，將導致評估風險總體降低)。

審查方法 5：模式的支持性

評估生物圈特徵模式的輸出結果，並與現場特徵數據、作用級模式、實驗室測試、現場量測及天然類比研究的適當組合進行比較。檢驗全系統功能評估中用於支持生物圈特徵模式的敏感度分析。在實際且必要的範圍內，使用替代的全系統功能評估軟體來評估美國能源部所選定的生物圈特徵模式。比較美國能源部生物圈劑量轉換因子與使用軟體的模式劑量結果，如 GENII-S(Leigh, 等, 1993)及美國能源部的輸入參數數據。審查者應根據需要，使用替代劑量計算軟體及美國能源部輸入參數，進行確認運算結果。

2.2.1.3.14.3 接受準則

以下的接受準則是基於符合 10 CFR 63.114(a)-(c)、(e)-(g)、63.305 及 63.312 與生物圈特徵模式有關的相關要求。美國核管會幕僚人員應根據美國能源部風險告知執照申請的重要程度，採用以下的接受準則：

接受準則 1：系統敘述及模式整合是適當的

- (1) 全系統功能評估適當的納入重要設計特徵、物理現象及耦合，並在整個生物圈特徵精簡模式過程中使用一致且適當的假設；
- (2) 全系統功能評估精簡模式確認並敘述了對處置場功能至關重要的生物圈特徵，並包括這些敘述的技術基礎。例如，參考生物圈應與雅卡山附近乾旱或半乾旱條件相一致；
- (3) 生物圈的特徵模式應與其他精簡模式間的假設是一致的。例如，美國能源部應確保特徵、事件與作用(FEPs)的模式，如氣候變化、土壤種類、吸附係數、火山灰性質及核種的物理化學性質，與其他全系統功能評估精簡模式的假設

一致；

- (4) 遵循 NUREG-1297 及 NUREG-1298 的法規指引(Altman 等人, 1988a, b), 或其他可接受的同儕審查方法。

接受準則 2：模式正當化的數據是充分的

- (1) 在執照申請程序中使用的參數值是合理的。(例如, 內華達州阿馬爾戈薩谷鎮的居民的行為和特徵、參考生物圈的特徵等), 並符合 10 CFR Part 63 中合理最大限度暴露個人的定義。提供如何將數據使用、解釋及適當地合成到參數中的適當敘述；
- (2) 數據應充分到足以評估與生物圈特徵模式相關的特徵、事件與作用(FEPs)特徵化並納入模式的程度。根據 10 CFR Part 63 的規定, 美國能源部應該展示生物圈特徵、事件與作用(FEPs)的敘述, 並符合當前雅卡山地區周圍狀況的了解。適當的是, 美國能源部的敏感度和不確定性分析(包括考慮替代概念模式)足以確定是否需要額外數據, 並且評估額外數據是否提供了使先前模式計算結果無效的新資訊, 並影響參數值或模式對系統功能的敏感度。

接受準則 3：數據不確定性之特徵化及在精簡模式中傳遞

- (1) 模式所使用在技術上可以辯護的參數值、假定範圍、機率分佈及限值假設, 合理地解釋不確定性及變異性, 不會導致風險低估的情況；並符合 10 CFR Part 63 中合理最大限度暴露個人的定義；
- (2) 精簡模式中使用的參數值及其範圍的技術基礎, 如消耗率、植物及動物轉移因數, 質量負荷因數及生物圈劑量轉換因數等, 與場址特徵數據一致, 在技術上具有可辯護性；
- (3) 作用級模式決定生物圈特徵模式參數值, 與實驗室實驗、現場量測及天然類比研究結果一致；
- (4) 在開發生物圈特徵模式時, 必要時通過數據所支持的敏感度分析、保守限制或限值, 適當的表達參數的不確定性。在全系統功能評估中, 輸入值間的相關性得到適當的建立, 精簡模式的執行應在很大程度上不會得到不適當的偏離結果；
- (5) 當數據不充分時, 根據適當的法規指引[如 NUREG-1563(Kotra 等, 1996)], 適當的使用專家引進定義參數值及概念模式。如果使用其他方法, 美國能源

部應充分提出其使用正當性；及

- (6) 根據 10 CFR Part 63 有關功能度量及時間期限的要求，應確定最能影響處置場功能的參數或模式。

接受準則 4：模式不確定性之特徵化及精簡模式中傳遞

- (1) 考量特徵、事件與作用(FEPs)替代模式的方法時，與現有數據及當前科學理解一致，模式運算結果及其限制已予適當的考量；幕僚人員應評估生物圈或生物圈作用的替代概念模式，了解 10 CFR 63.305 及 63.312 對生物圈及合理最大限度暴露的個人提出一組拘束值。替代概念模式的評估應著重於探討生物圈精簡模式中所納入特徵、事件與作用(FEPs)的變異性和不確定性，並留意管制拘束值。合理最大限度暴露個人的行為和特徵評估，應強調對阿馬爾戈薩山鎮當前居民調查研究的解釋，以及如何使用數據的不確定性和變異性來導出平均值。
- (2) 提供充分證據，證明現有替代概念模式中特徵、事件與作用(FEPs)對廢棄物隔絕是重要的，已經考慮了植物對土壤核種的攝取，土壤再懸浮(resuspension)及火成事件的吸入劑量模式；及
- (3) 概念模式不確定性應與現場特徵數據、實驗室實驗、現場量測、天然類比的資訊及作用級模式研究結果一致；對概念模式的不確定性處理不會導致風險低估的情況。

接受準則 5：精簡模式的輸出結果及客觀比較的支持

與全系統功能評估精簡模式有關的劑量計算結果，與詳細的作用級模式及或經驗觀察的結果(例如實驗室測試、現場量測及(或)天然類比)一致。

2.2.1.3.14.4 審查發現

如果執照申請者提供足夠的資訊，並且適當地符合第 2.2.1.3.14.3 節的管制接受準則，幕僚人員可結論這部分幕僚人員評估是可以接受的。審查者應撰寫納入整個申請案所準備安全評估報告的材料。該報告包括總結說明，包括審查內容的以及為何審查者可以接受。幕僚人員可將審查紀錄如下。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告及其他所提交的支持執照申請的資訊，發現並且合理預期其精簡模式符合 10 CFR 63.114 的要求。功能評估有關生物圈特徵模式的技術要求符合規定。

特別是美國核管會幕僚人員合理預期如下：

- (1) 安全分析報告中之數據、參數值之不確定性及變異性以及替代概念模式，均使用了現場及周邊地區適當數據，符合 10 CFR 63.114(a)-(c)的要求。
- (2) 與場址有關的特徵、事件與作用(FEPs)已經包括在分析中，且提供納入或排除 FEPs 的適當技術基礎，符合依據 10 CFR 63.114 (e)的要求。
- (3) 分析中已經包括了具體的劣化、退化及改變過程，考慮其對年劑量的影響，已經提供納入或排除的適當技術基礎，符合 10 CFR 63.114(f)的要求；及
- (4) 為功能評估中使用的模式提供了適當的技術基礎，符合 10 CFR 63.114(h)的要求。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告及其它所提供支持執照申請的資訊，合理預期可符合 10 CFR 63.305 的要求。參考生物圈所需特徵已經正當化。美國核管會幕僚人員特別發現：

- (1) 用於敘述參考生物圈、生物圈路徑、氣候演變及地質環境演變的特徵、事件與作用(FEPs)，與當前對於雅卡山地區、條件及過去歷程的認知一致，符合 10 CFR 63.305(a)的要求；
- (2) 根據 10 CFR 63.305(b)的要求，生物圈(氣候除外)、人類生物學及人類知識和技術狀況自執照申請開始即假設不變的，且預測未來亦不改變；
- (3) 氣候演變與 10 CFR 63.305(c)所要求的雅卡山地區周圍地區天然氣候變化的地質紀錄一致；
- (4) 生物圈路徑與 10 CFR 63.305(d)所要求的乾旱或半乾旱條件一致。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告及其它所提供支持執照申請的資訊，有關生物圈特徵模式及合理最大限度暴露個人特徵，並合理預期符合 10 CFR 63.312 的要求。合理最大限度暴露個人所需特徵是令人滿意的。美國核管會幕僚人員特別發現：

- (1) 合理最大限度暴露的個人是指生活在高污染核種濃度的易接近環境中的假想人群，其飲食和生活方式可代表目前住在內華達州阿馬爾戈薩河谷鎮的人群。合理的最大暴露個人具有的代謝、物理特徵及井水使用模式，符合 10 CFR 63.312(a)-(e)的要求。

2.2.1.4 證明符合封閉後公眾及環境標準

2.2.1.4.1 證明符合封閉後公眾個人防護標準

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.4.1.1 審查範圍

本節審查處置場功能評估的分析，證明符合封閉後個人防護標準。審查者亦評估 10 CFR 63.21(c) (11)及(12)要求的資訊。10 CFR 63.331 和 63.332 要求使用雅卡山審查計畫第 2.2.1.4.3 節「地下水保護標準」進行符合標準之審查。

為證明符合封閉後個人防護標準，幕僚人員使用第 2.2.1.4.1.3 節及第 2.2.1.4.1.4 節的審查方法及接收準則，評估處置場功能分析：

- (1) 包含在全系統功能評估計算中的情節種類;
- (2) 年劑量曲線的計算; 及
- (3) 全系統功能審查發現的可信度，是以全系統功能評估之假設及參數的理解及不確定性分析的考量為基礎。

2.2.1.4.1.2 審查方法

審查方法 1：用來計算年劑量與時間關係的情節

確認年劑量對時間函數的計算結果，包括決定可能對整體功能有顯著影響的所有情節種類，根據使用「雅卡山審查計畫」第 2.2.1.2 節所進行的審查結果，它們無法自全系統功能評估分析中篩選出去。

確認美國能源部年劑量曲線的計算結果，是否適當地將每個情節種類的劑量乘上情節機率後加總。確認每個情節的年劑量是否正確地解釋該類情節破壞性事件(disruptive events)於該時間造成的後果。另外，確認計算年劑量的事件年發生機率與「雅卡山審查計畫」第 2.2.1.2.2 節一致，年劑量曲線中所有情節發生機率的總和應為 1。

審查方法 2：證明遵循期間任何一年對合理最大暴露個人年劑量不超過封閉後個人防護標準

確認美國能源部使用全系統功能評估計算軟體，對每種情節進行了足夠數量的實現(realization)，以驗證全系統功能審查發現統計上是否穩定。使用替代全系統功能評估電腦軟體進行模擬，協助確認執行適當數量的實現以得到穩定的結果。

確認處置場功能與單一組件或子系統的功能是一致且合理的。證明替代全系統功能評估軟體的分析結果可確認處置場功能。結果應與使用「雅卡山審查計畫」第 2.2.1.1 節「多重障壁系統描述及展示」的檢驗結果一致。確認全系統功能審查發現，在法規遵循期間任何一年處置場功能導致合理最大限度暴露的個人年劑量，不超過封閉後個人防護標準。

審查方法 3：全系統功能評估軟體代表處置場功能的可信度

與精簡模式的審查者(依據「雅卡山區審查計畫」第 2.2.1.3 節)協調，確認全系統功能評估中所使用的假設及參數值或其分佈是可以接受的。

確定每個精簡模式中「重要」假設及參數，在全系統功能評估中得到適當的擷取(captured)。

確認每個精簡模式的實現是以不會對任何單一精簡模式相關參數及假設產生不利影響的方式進行整合的。

評估與其他模式的連結如何影響審查模式中假設、參數值及分布的可接受性，或模式策略的可接受性。

確認全系統功能評估軟體已被適當的確認，以便有信心該軟體可以預期方式對處置場系統中的物理過程進行模式分析(即全系統功能評估軟體各個模組(modules)產生的結果與雅卡山審查計畫第 2.2.1.1，2.2.1.2 及 2.2.1.3 節一致)。確認模組間的數據傳輸是否正確進行(即兩個模組中的單位相同，數據將分配到適當的變量)。使用替代的全系統功能評估軟體確認各個模式的輸出結果。

檢驗美國能源部對功能審查發現的不確定性評估(即年劑量的時間和大小)，並確認這是合理的。考慮到使用雅卡山審查計畫第 2.2.1.2 和 2.2.1.3 節對模式假設和參數值的不確定性進行審查。使用替代的全系統功能評估軟體來協助確認各個模組的計算結果。

確認美國能源部在全系統功能評估軟體在不確定性範圍內，採用適當的參數取樣方法。

2.2.1.4.1.3 接受準則

以下接受準則基於符合 10 CFR 63.113(b)，63.114 和 63.312 的要求，關於處置場功能的分析，證明符合封閉後個人防護標準。

接受準則 1：證明用來計算年劑量與時間關係的情節是適當的

- (1) 所有年劑量對時間函數的各種情節是充份可能或對整體功能有足夠的影響，而無法自全系統功能評估分析中篩選出去的;及
- (2) 年劑量曲線的計算，適當地加總了每個破壞性事件情節種類的貢獻。對每個情節種類計算年劑量的貢獻，正確地解釋了包含情節破壞性事件的發生時間對後果的影響。用於計算年劑量貢獻的事件年發生機率與情節分析的結果一致。包括在計算年劑量曲線中的所有情節的發生機率加總為 1。

接受準則 2：證明遵循期間任何一年對合理最大暴露個人年劑量不超過封閉後個人防護標準是適當的

- (1) 對於每個情節種類，已經獲得足夠數量的實現，使用全系統功能評估軟體來確保計算結果在統計上是穩定的;
- (2) 年劑量曲線包括表示劑量計算不確定性的信賴區間[例如，取 95 及 5 的百分位數(percentile)];
- (3) 處置場功能及單一組件或子系統的功能是一致的且合理的; 及
- (4) 全系統功能審查發現證實，處置場於法規遵循期間任何一年對合理最大暴露個人年劑量不超過封閉後個人防護標準。

接受準則 3：全系統功能評估軟體提供了可信的處置場功能

- (1) 全系統功能評估軟體中的假設，與在軟體不同模組間的假設是一致的。軟體模組間使用不同假設及參數值時，應有適當的記錄;
- (2) 全系統功能評估軟體被正確地確認(verified)，以便有信心該軟體可以預期方式對處置場系統中的物理過程進行模式分析。確認模組間的數據傳輸正確進行;
- (3) 功能審查發現不確定性的評估與模式及參數不確定性一致;
- (4) 全系統功能評估的取樣方法，確保參數在其不確定範圍內被取樣。

2.2.1.4.1.4 審查發現

如果執照申請者提供充分的資訊，並且適當地符合第 2.2.1.4.1.3 節的管制接受準則，可結論此部分幕僚人員評估是可以接受的。審查者應撰寫適合納入整個申請案所準備安全評估報告的材料。該報告包括總結說明、審查內容以及審查者可以接受的理由。幕僚人員可將審查紀錄如下。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告及其他所提交的支持執照申請的資訊，發現並且合理預期其精簡模式符合 10 CFR 63.113(b)的要求。符合地質處置場永久封閉後的功能目標。特別是：

- (1) 工程障壁設計成與天然障壁結合使用，根據 10 CFR 63.113(b)的要求，合理最大限度暴露個人的年劑量符合永久封閉後第一個 10,000 年內的個人防護標準；及
- (2) 地質處置場限制放射性曝露的功能，通過功能評估已經證明符合 10 CFR 63.114 的要求，並使用 10 CFR 63.305(a) –(e)中所定義的參考生物圈，及根據 10 CFR 63.312(a) –(e)所定義的合理最大限度暴露個人，但不包括人類闖入的影響。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告及其他所提交的支持執照申請的資訊，發現並且合理預期其精簡模式符合 10 CFR 63.114(a)的要求。功能評估的技術要求符合規定。特別是：

- (1) 安全分析報告中之數據、參數值之不確定性及變異性以及替代概念模式，均使用了現場及周邊地區的適當數據，符合 10 CFR 63.114(a)-(c)的要求。
- (2) 美國能源部已經考量符合 10 CFR 63.114(d)的情況，10,000 年內至少有一次機會發生以上的事件。
- (3) 與場址有關的特徵、事件及作用(FEPs)已經包括在分析中，且提供篩選 FEPs 的適當技術基礎，符合依據 10 CFR 63.114 (e)的要求。
- (4) 分析中已經包括了具體的劣化、退化及改變過程，考慮其對年劑量的影響，已經提供篩選的適當技術基礎，符合 10 CFR 63.114(f)的要求；及
- (5) 功能評估中使用的模式提供了適當的技術基礎，符合 10 CFR 63.114(g)的要求。

2.2.1.4.2 證明符合人類闖入標準

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.4.2.1 審查範圍

本節回顧了有限度人類闖入事件的功能分析。審查者將評估 10 CFR 63.21(c)(13)要求的資訊。

幕僚人員依據第 2.2.1.4.2.2 節和第 2.2.1.4.2.3 節中的審查方法和接受準則，對有限度人類闖入的事件進行以下項目功能分析進行評估：

- (1) 對人類闖入進行個別的全系統功能的計算結果；
- (2) 決定不知情鑽井工闖入發生時間的技術基礎及和相關分析；及
- (3) 根據全系統功能評估假設、參數、闖入事件特徵的理解及不確定性分析的考量，評估人類闖入事件計算結果的可信度。

2.2.1.4.2.2 審查方法

審查方法 1：評估闖入事件的發生時間

確認人類入侵的發生時間(不知情鑽井工鑽穿劣化的工程障壁)的技術基礎及相關分析是充分及適當的。例如，包括工程障壁系統已劣化至鑽井工可截斷廢棄物包件但鑽井工 卻不知情之時間分析的技術基礎。

審查方法 2：評估闖入事件於法規遵循期間任何一年對合理最大暴露個人年劑量是可接受的

確認人類闖入的全系統功能評估與全系統功能評估分開執行，並符合 10 CFR 63.114 中所規定的功能評估要求。如果暴露於合理最大限度暴露個人在永久封閉後超過 10,000 年發生，人類闖入發生在處置後任何時間，在雅卡山環境影響評估所提供的基礎下，確認人類闖入全系統功能審查發現。

確認人類闖入的全系統功能評估與個人防護的全系統功能評估相同，除了它假設出現如 10 CFR 63.322 中所定義具特徵的人類闖入事件，並且排除了 10 CFR 63.342 所規定不太可能發生的天然特徵、事件及作用(FEPs)。

確認每種情節都運算了足夠數量的結果，使用全系統功能評估軟體來確保計算結果在統計上是穩定的。確認處置場功能審查發現是合理的，且與審查期間使用雅卡山審查計畫第 2.2.1.4 節以假設闖入事件特徵的審查發現一致。使用替代的全系統功能評估軟體的計算結果來確定使用假定闖入事件的處置場功能。

確認有限度人類闖入的年劑量曲線，並確認處置場系統符合 10 CFR 63.321 中所規定的有限度人類闖入事件的功能目標。

審查方法 3：全系統功能評估軟體的闖入事件代表性

與精簡模型審查者(使用雅卡山審查計畫第 2.2.1.3 節)協調，確認在假設闖入事件全系統功能評估中的假設與在全系統功能評估軟體間不同模組間是一致的。

確認軟體模組間使用不同的假設及參數值，均有充分的記錄。

證實全系統功能評估軟體已被確認，使對軟體與假設闖入事件特徵一致的方式模擬處置場系統中的物理過程具有信心。確認軟體模組間數據傳輸是否正確（兩個模組中的單位相同，數據指定為適當數值）。使用替代的全系統功能評估軟體來確認美國能源部的結果，了解各模組的輸出結果。

確認功能審查發現之不確定性(即年劑量的時間及大小)與使用「雅卡山審查計畫」第 2.2.1.2 及 2.2.1.3 節考量假定的闖入事件特徵之不確定性與評估之不確定性(即模式及參數不確定性)是一致的。

確認全系統功能評估的取樣方法可確保假設闖入事件的取樣參數已經在其不確定性範圍內被取樣。

2.2.1.4.2.3 接受準則

以下接受準則係基於符合 10 CFR 63.113(d)的要求，有關有限度人類闖的情況下的功能分析。

接受準則 1：評估闖入事件的時間

(1) 技術基礎及相關分析可充分支持人類闖入發生時間的選定，如 10 CFR 63.321 中所述。

接受準則 2：評估闖入事件於法規遵循期間任何一年對合理最大暴露個人年劑量是可接受的

(1) 人類闖入的全系統功能評估與全系統功能評估分開執行，並符合 10 CFR 63.114 的功能評估要求；

(2) 確認人類闖入的全系統功能評估與個人防護的全系統功能評估相同，除了它假設出現如 10 CFR 63.322 中所定義具特徵的人類闖入事件，並且排除了 10 CFR 63.342 所規定不太可能發生的天然特徵、事件及作用(FEPs)。

(3) 全系統功能評估軟體運算了足夠數量的結果，以確保計算結果在統計上是穩定的。

(4) 確認使用假設闖入事件特徵的處置場功能審查發現是合理的，且與處置場全系統功能審查發現一致。

(5) 有限度的人類闖入的年劑量曲線證實處置場系統符合 10 CFR 63.321 中所規定有限度人類闖入事件的功能目標。

接受準則 3：全系統功能評估軟體的闖入事件代表性

- (1) 在假定闖入事件的全系統功能評估軟體的不同模組間，自破裂廢棄物包件中傳輸方法的假設是一致的。軟體模組之間使用不同的假設及參數值有充分的記錄；
- (2) 證實全系統功能評估軟體已被確認，使對該軟體與假設闖入事件特徵一致的方式模擬處置場系統的物理過程具有信心。確認軟體模組間數據傳輸正確進行。
- (3) 功能審查發現之不確定性與考量假設闖入事件特徵及模式和參數的不確定性是一致的。
- (4) 全系統功能評估的取樣方法可確保假定闖入事件的取樣參數已在不確定性範圍內被取樣。

2.2.1.4.2.4 審查發現

如果執照申請者提供足夠的資訊，並且適當地符合第 2.2.1.4.2.3 節的管制接受準則，幕僚人員可結論這部分幕僚人員評估是可以接受的。審查者應撰寫適合納入整個申請案所準備安全評估報告的材料。該報告包括總結說明，包括審查內容的以及為何審查者可以接受。幕僚人員可將審查紀錄如下。

美國核管會幕僚人員審查了「安全分析報告」及其他支持執照申請的資訊，並以合理預期的方式發現，符合 10 CFR 63.113(d)的要求。在有限度的人類闖入情況下，符合展示處置場的功能要求。

2.2.1.4.3 處置場功能分析證明符合個別的地下水防護標準

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.2.1.4.3.1 審查範圍

本節回顧了符合個別的地下水防護標準的處置場功能分析。審查者將評估 10 CFR 63.21(c)(1), (9), (14) 及 (15)所要求的資訊。

幕僚人員將評估以下部分對處置場功能的分析，使用 2.2.1.4.3.2 和 2.2.1.4.3.3 中的審查方法及接受準則，證明符合個別的地下水防護標準：

- (1) 計算特定核種濃度及劑量作為時間的函數；及
- (2) 確定可接近環境中最高濃度核種位置方法及其假設的可信度及一致性，並估計代表 3000 英畝-英尺[3.715×10^9 升]地下水體積的實體尺寸。

為了審查此分析，評估美國能源部執照申請的適用性，相對於地下水中核種濃度影響美國能源部執照申請程度的評估。審查此分析應考量「雅卡山審查計畫」的多重障壁評估的風險資訊。例如若美國能源部證明跨越可接近環境邊界的重要核種並不包含在決定 3000 英畝-英尺(3.715×10^9 公升)代表性體積地下水核種平均濃度內，需對該分析進行詳細審查。若美國能源部假設在一年中到達要求地點的所有核種包含在 3000 英畝-英尺(3.715×10^9 公升)的代表性體積地下水中，僅需對限值假設簡單審查即可。這裡所提供的審查方法及接受準則是針對詳細審查的。某些審查方法及接受標準可能是不必要的。

2.2.1.4.3.2 審查方法

審查方法 1：證明於法規遵循期間任何一年地下水中放射性及劑量不會超過地下水防護標準

確認美國能源部對地下水代表性體積的地下水放射性含量進行了評估。包括 Ra-226/Ra-228 的組合，總阿伐活度(包括 Ra-226，但不包括氦及鈾)，以及貝它/加馬核種的組合。

確認地下水代表性體積之放射性平均濃度所使用的方法、假設、模式及數據(個別地下水防護標準是不考慮不太可能發生的事件)是與根據 10 CFR 63.342 要求處置後 10,000 年期間未受擾動情況的功能評估計算結果是一致的。確認計算所得的地下水放射性含量，得到功能評估精簡模式「飽和區水流路徑」(第 2.2.1.3.8 節)、「飽和區核種傳輸」(第 2.2.1.3.9 節)及「地下水核種濃度」(2.2.1.3.12 節)等評估的適當技術基礎的支持。

將 10,000 年法規遵循期間內任何一年的地下水放射性計算水平與 10 CFR 63.331 中規定的限值進行比較。

審查方法 2：用於確定地下水代表體積位置與形狀的方法及假設

確認地下水的代表體積是沿著核種遷移路徑是從雅卡山的處置場到可接近環境的。

比較用來決定代表性地下水量位置的水文及傳輸參數，確認方法、假設、模式及數據與處置後 10,000 年期間未受擾動情況的功能評估計算是一致的。確認計算結果得到功能評估精簡模式「飽和區水流路徑」(第 2.2.1.3.8 節)、「飽和區核種傳輸」(第 2.2.1.3.9 節)之適當技術基礎的支持。

確認包含了污染群核種最高濃度地下水代表性體積的位置，與用來定義合理最大暴露個人特徵 10 CFR 63.312(a)的要求一致。

確認地下水代表性體積的位置，包含了污染群(plume contamination)核種最高濃度。確認包含了污染群核種最高濃度地下水代表性體積的位置，與用來定義合理最大暴露個人特徵 10 CFR 63.312(a)的要求一致。確認地下水代表性體積及污染群最高濃度位置與功能評估精簡模式「地下水中核種濃度」(第 2.2.1.3.12 節)一致。

審查方法 3 用於計算地下水代表體積實體尺寸的方法及假設

確認含水層內地下水代表性體積每公升水中含有少於 10,000 毫克總溶解固體，其體積有 3000 英畝-英呎(3.714×10^9 升)。

使用 10 CFR 63.332 中所定義的方法之一，來確認地下水代表性體積的物理尺寸。根據所選方法，確認處置後 10,000 年內未受擾動的情況下，水井特徵、地下水流向及篩選間隔等資訊與處置場功能評估計算中使用的資訊一致，計算結果具有適當的技術基礎支持。例如，評估使用模式方法及參數來決定地下水代表性體積的放射性含量，是否與「飽和區水流路徑」(第 2.2.1.3.8 節)及「飽和區核種傳輸」(第 2.2.1.3.9 節)的功能評估精簡模式一致。

2.2.1.4.3.3 接受準則

以下接受準則基於符合 10 CFR 63.331 的要求，有關符合地下水防護的個別標準，以及 10 CFR 63.332 與代表性地下水量有關的要求。

接受準則 1：適當證明 Ra-226 及 Ra-228 預期綜合濃度、特定阿伐核種預期濃度、及預期貝它/加馬核種全身或器官劑量，於法規遵循期間任何一年地下水中放射性含量及劑量不會超過地下水防護標準。

- (1) 確認美國能源部對代表性地下水量的地下水放射性進行了估算。包括 Ra-226/Ra-228 的組合，總阿伐活度(包括 Ra-226，但不包括氦及鈾)，以及貝它/加馬核種的組合。
- (2) 地下水代表性水量之放射性平均水平所使用的方法、假設、模式及數據與處置後 10,000 年期間未受擾動情況的功能評估計算是一致的，且計算得到適當技術基礎的支持。例如，用模式方法及參數決定代表性水量地下水的放射性，與功能評估精簡模式「飽和區水流路徑」(第 2.2.1.3.8 節)、「飽和區核種傳

輸」(第 2.2.1.3.9 節)及「地下水核種濃度」(2.2.1.3.12 節)一致，排除考慮不太可能發生的天然特徵/事件/作用(FEPs)。

- (3) 10,000 年遵循期內任何一年的地下水放射性平均水平，符合 10 CFR 63.331 所規定的限值。

接收準則 2：用於確定地下水代表量位置之方法及假設是可信及一致的，地下水代表量包括可接近環境污染物的最高濃度水平。

- (1) 如 10 CFR 63.302 的定義，地下水的代表體積是沿著核種遷移路徑是從雅卡山的處置場到可接近環境的。
- (2) 處置後 10,000 年內未受擾動情況的處置場功能評估所使用代表性地下水量的位置與使用平均水文參數決定代表性地下水量的位置一致，得到足夠的支持技術基礎。例如，用來決定代表性地下水量位置之放射性水平的模式方法及參數，與功能評估精簡模式「飽和區水流路徑」(第 2.2.1.3.8 節)、「飽和區核種傳輸」(第 2.2.1.3.9 節)，並排除考量不太可能的自然特徵，事件和過程；及
- (3) 確認地下水代表性體積的位置包含了污染群中核種最高濃度，與用來定義合理最大暴露個人特徵 10 CFR 63.312(a)的要求一致。例如，地下水代表體積及污染群中最高濃度位置與功能評估精簡模式「地下水中核種濃度」(第 2.2.1.3.12 節)一致。

接收準則 3：用於計算地下水代表性體積實體尺寸的方法與假設是可信及一致的

- (1) 含水層內地下水代表性體積每升水中含有少於 10,000 毫克總溶解固體，體積不多於 3000 英畝-英呎(3.714×10^9 升)。
- (2) 使用 10 CFR 63.332 中所定義的方法之一，決定地下水代表性體積的實體尺寸。根據所選方法，資訊包括但不限於地下水流向及篩選間隔等資訊，與處置場處置後 10,000 年內未受擾動的情況下功能評估計算使用資訊一致，計算結果有適當的技術基礎支持。例如，評估使用模式方法及參數來決定地下水代表性體積的放射性含量，在排除考量不太可能的自然特徵、事件及過程下，是否與「飽和區水流路徑」(第 2.2.1.3.8 節)及「飽和區核種傳輸」(第 2.2.1.3.9 節)功能評估精簡模式一致；及
- (3) 地下水的代表性體積與 10 CFR 63.312(c)及 63.312(d)所定義合理最大暴露個

人的用水特徵一致。例如，地下水的代表性體積與「地下水中核種濃度」(第 2.2.1.3.12 節)分析中所使用的每年用水量一致。

2.2.1.4.3.4 審查發現

如果執照申請者提供足夠的資訊，並且適當地符合第 2.2.1.4.3.3 節的管制接受準則，幕僚人員可結論這部分幕僚人員評估是可以接受的。審查者應撰寫適合納入整個申請案所準備安全評估報告的材料。該報告包括總結說明，包括審查內容的以及為何審查者可以接受。幕僚人員可將審查紀錄如下。

美國核管會幕僚人員審查了「安全分析報告」及其他支持執照申請的資訊，發現符合 10 CFR 63.331 及 10 CFR 63.332 的要求。證明符合地下水防護標準的要求。特別是美國核管會幕僚人員發現：

(1) Ra-226/Ra-228 的組合，總阿伐活度(包括 Ra-226，但不包括氦及鈾)，以及貝它/加馬核種組合的平均濃度符合 10 CFR 63.331 的限值要求。

美國核管會幕僚人員審查了「安全分析報告」和其他支持執照申請的資訊，有關地下水中核種濃度，發現符合 10 CFR 63.332 的要求。並符合地下水代表性體積的特別要求。特別是美國核管會幕僚人員發現：

(1) 含水層內地下水代表體積在每升水中含有少於 10,000 毫克總溶解固體，符合給定的用水需求。

(2) 使用與處置場功能評估一致的平均水文特徵來決定地下水含水層的位置和尺寸，並計算包含污染群最高濃度水平代表性體積的平均核種濃度。代表性體積應不超過 3000 英畝-英尺(3.714×10^9 升)，符合 10 CFR 63.332(a)(1) - (3) 的其他要求。

(3) 使用 10 CFR 63.332(b) (1)- (2)所規定的替代方法之一，計算地下水代表性體積的實體尺寸。

2.3 解決安全問題的研究與發展計畫

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.3.1 審查範圍

本節解決安全問題的研究與發展計畫，這些安全問題涉及隔離廢棄物的安全

和工程或天然障礙的結構、系統與組件。審查者評估資訊時，須符合 10 CFR 63.21(c)(16)。此計畫需要確認、描述和討論更進一步的技術資訊之安全特徵或組成，以確認設計、工程或天然障壁是否夠充分。

幕僚人員為解決安全問題，將使用 2.3.2 和 2.3.3 節中的審查方法和接受標準，以評估研究和開發計畫：

- (1) 安全問題的定義與描述；
- (2) 研究與發展計畫的定義與描述，其包含解決任何與安全有關的結構、系統與組件的安全問題，以及隔離廢棄物的工程與天然障壁；
- (3) 與處置場營運計畫開始時間相關的計畫之時程；
- (4) 如果計畫結果不能給安全問題提供可接受的解決方法，已有設計妥當的替代方案或營運限制內容。

2.3.2 審查方法

審查方法 1：安全問題的定義與描述

確定執照申請中的安全問題定義。若有不足之處，查驗這些解釋以確認是否足夠。

審查方法 2：研究與發展計畫的定義與描述，其包含解決任何與安全有關的結構、系統與組件的安全問題，以及隔離廢棄物的工程與天然障壁

確定每個安全問題，已經制定了詳細的研究與發展計畫。確定具體的技術資訊描述，以證明解決安全問題的方案是可接受的。計畫的描述需足夠詳細，以說明如何獲得資訊。解決安全問題之研究與發展計畫中的準則描述，包含適當的科學或工程技術來解決問題。檢查具體計畫以確認適當的分析、實驗、數據收集、現地試驗、以及其他技術，已經確定其時程與順序。

審查方法 3：與處置場營運計畫開始時間相關的計畫之時程以及執照申請中解決問題的相關修訂

確認解決安全問題的時程，以確定解決問題的時間。時程規劃應適當地包含解決問題所做決定的時間或事件。計畫與時程應詳細地足以顯示處置場設計、施工、以及擬定的時程，包含廢棄物接收與放置以及其他相關活動的時程。進行驗證時，須考慮地下位置、地質處置場營運區的條件、以及其他於結構物可能存在的干擾。評估研究與發展計畫，及其他場址活動或是任何接收與放置廢棄物的時

程，彼此的兼容性。時程必須同時含括：(i)其他場址活動與時程，包含安全確認計畫(10 CFR Part 63 的 F 部分)；(ii)處置場設計；以及(iii)場址特徵。同時，必須滿足以 10 CFR 63.32 及 63.42 建立的任何執照條件要求。

確認執照申請的內容包含解決問題。

審查方法 4：計畫結果不能給安全問題提供可接受的解決方法，可用的營運限制或設計方案

確認是否有替代方案來證明安全問題可接受的解決方法。替代方案中應討論設計方案或營運限制。確認在營運期間內討論任何欲進行的計畫，以證明設計或營運中預期未來變化的可接受性。

2.3.3 接受準則

以下接受準則符合 10 CFR 63.21(c)(16)。

接受準則 1：安全問題的定義與描述是足夠的。

接受準則 2：美國能源部確定並詳細描述了一個研究和開發計畫，在合理時間內解決重要的結構、系統與組件的任何安全問題，以及工程和天然障壁重要的廢棄物隔離。

接受準則 3：美國能源部提供合理的計畫完成日程表，包含處置場營運計畫的開始時間以及預期解決項目的時間。美國能源部承諾將執照申請修正法案中，適當的解決問題。

接受準則 4：計畫結果不能給安全問題提供可接受的解決方法，美國能源部已備妥可用的營運限制或設計方案。

2.3.4 審查發現

如果執照申請提供足夠的資訊與符合 2.2.3 的監管接受準則，這部分的工作是可以被評估的。審查者撰寫適合納入在申請準備安全評估報告的材料。此報告包含審查內容的簡要說明，以及審查人員接受申請的原因。審查的紀錄可如下列說明。

美國核管會部門審查了執照申請中的「安全分析報告」及其他提交的資訊，並滿足 10 CFR 63.21(c)(16)的要求。結構、系統與組件以及工程與天然障壁相關的安全問題之確認與描述滿足要求。美國能源部詳述描述設計解決安全問題的計畫，包含一份日程表，以註明解決問題的時間。如依照所提解決安全問題之規劃

方法/時程仍無法證實可被接受時，申請文件已備妥替代方案或營運限制內容。考慮安全問題的範圍以及其解決方案與時程表，可繼續建設處置場。

2.4 功能確認方案

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.4.1 審查範圍

10 CFR Part 63 的 F 部分提供了功能確認方案(performance confirmation program)的要求。工作小組將功能確認方案定義為測試、試驗和分析，此方案評估功能目標的資訊證明 E 部分是否足夠(參見 10 CFR 63.2)。功能確認方案是高放射性廢棄物處理的獨特之處。這影響地質處置場數千年功能評估的不確定性。永久封閉時，63.51(a)(1)要求美國能源部提供更新的封閉後功能評估。更新的評估包含任何整合的功能確認資料以及封閉後功能相關的資料。美國核管理委員會將判定美國能源部全面性的試驗、監測，並確認此方案是否將按計畫進行。除非美國能源部設計在永久封閉之前，處置場以保留取出廢棄物的選項，美國核管理委員會可以預先採取行動避免不安全的狀況傳給後代。因此，功能確認(performance confirmation)的定義中廣泛參考 E 部分的功能目標在監測地下條件時需要考慮可恢復性(retrievability)，並且保留取出廢棄物之預防功能的要求。功能確認方案的一般性要求不需要試驗和監控，確認其他情況下的隔離功能(即對安全性重要的測試和監控結構、系統和組件)。10 CFR 63.131 的一般性要求著重於地下條件以及處置場運轉所需的自然和工程系統和組件，並且被設計或假設在永久封閉後作為障壁。接受準則的基礎是功能確認的要求，基於 10 CFR Part 63 中的功能。接受準則適用時也有風險告知，因為功能確認著重於這些參數和對廢棄物隔離重要的自然和設計障壁。

工作小組將確認提交符合 10 CFR 63.74(b)和 10 CFR Part 63 F 部分「功能確認方案」所規定的試驗要求。工作小組將根據 10 CFR 63.21(c)(17)的要求評估與功能確認方案相關的資訊，並且需在「安全分析報告」中。

工作小組將使用第 2.4.2 和 2.4.3 節中的審查方法和接受準則對功能確認方案進行評估：

(1) 功能確認方案的一般性要求包含：

(a) 功能確認方案的目標，是透過已界定的現地監測、室內和現地試驗，以

及現場試驗獲取之資料，確認以下兩點是否成立：(i) 施工期間和廢棄物處置作業所發現之實際地下情況(即具體的大地工程及設計參數，包含與地質環境有關的自然過程)和這些條件的變化(包含天然和工程系統之間的任何相互影響)在許可審查期間所允許地下條件變化範圍內；(ii) 被設計或假定的自然和工程系統及其組件於永久封閉後預期成為障壁；

(b) 功能確認(performance confirmation)總進度；

(c) 計劃執行功能確方案，因此此計畫滿足以下幾點：(i)不會對地質處置場中地質和工程要素產生不利影響，達到功能目標；(ii)提供基準資訊和分析，這些資訊關於地質特徵化、施工和運轉可能改變的地質環境參數和自然過程的資訊；(iii)監測和分析可能影響地質處置場功能參數之基準條件變化。

(2) 確認大地工程及設計參數，包含：

(a) 處置場施工和運轉期間的技術量測、試驗和地質測繪程序，確定在永久封閉後被設計或假設作為障壁的自然系統及組件相關的大地工程及設計參數，並且按照預期審核是否正常運作；

(b) 現地監測地下設施的熱力學反應並持續至永久封閉，以確保地質和工程特徵的功能在設計的範圍內；

(c) 根據設計假設評估地下條件的監測計畫，包含以下程序：(i)將測量和觀測結果與原始設計基準和假設進行比較；(ii)確定需要更改設計或施工方法，如果測量和觀察結果與原始設計基礎和假設有顯著差異；(iii) 報告中有關健康和安全的important性的測量和觀察結果以及原始設計基礎和假設之間的顯著差異，並向美國核監管委員會建議變更。

(3) 設計試驗包含：

(a) 在施工初期，除了廢棄物包件以外，技術程序來試驗在設計中使用的工程系統和組件。這包含例如鑽井、豎井密封、回填和滴水屏蔽；

(b) 評估廢棄物包件、回填、滴水屏蔽、母岩，以及未飽和區和飽和區域中水的熱相互作用之技術方案；

(c) 設計中使用的工程系統和組件的啟動試驗時間表；

(d) 計劃永久性回填處置作業開始之前進行試驗，假如美國能源部在處置場設計中包含回填，則評估回填處置作業和壓實程序對設計要求的有效性；

- (e) 計劃在全面封閉前進行試驗以評估鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性。
- (4) 廢棄物包件的監測和試驗，包含：
- (a) 計劃在地質處置場運轉區監測廢棄物的狀況，包含：(i)選擇用於監測廢棄物包件的代表性，(ii)選擇用於監測的廢棄物包件的廢棄物包件環境之代表性；
- (b) 計劃著重於廢棄物包件內部條件的實驗室試驗，包含對實驗室試驗中複製地下設施處置廢棄物包件的環境程度之評估；
- (c) 廢棄物包件監測和試驗程序的持續時間。

2.4.2 審查方法

審查方法 1：符合功能確認方案的一般性要求

- (1) 審核美國能源部功能確認計畫(performance confirmation plan)是否提供了計畫目標。確認這些目標是否足以滿足功能確認方案的一般性要求，包含審核是否有足夠的技術資訊，並且針對具體的現地監測、室內和現地試驗，以及現場試驗進行計劃，界定以落實既定目標。具體而言，審核美國能源部執行功能確認計畫：
- (a) 確認設計或假定在永久封閉後作為障壁的自然和工程系統和組件，包含其具體功能、美國能源部選定的監測和試驗，確保能在預期之情況運作；
- (b) 包含在永久封閉後作為障壁用來選擇天然和工程系統和組件的方法、設計或假設；美國能源部將監測和試驗，確保能在預期之情況運作；
- (c) 確認特定大地工程及設計參數，這些參數與永久封閉後假定作為障壁的自然系統和組件有關，包含自然過程和考慮自然和工程系統及組件之間的任何相互作用，並且為美國能源部已選定的測量或觀察；
- (d) 用於選擇要測量或觀察的特定大地工程及設計參數的方法，其中包含自然過程和考慮天然和工程系統與組件之間的任何相互作用；
- (e) 具體的現地監測、室內和現地試驗，以及現場試驗蒐集所需的資料；
- (f) 指定美國能源部將應用所選定的現地監測、室內和現地試驗或現場試驗方法：(i)大地工程及設計參數，包含與自然系統有關的自然過程，以及永久封閉後作為障壁的組件；(ii)設計或假定在永久封閉後作為障壁的工程系統和組件；(iii)自然和工程系統與組件之間的相互作用；

- (g) 選定之大地工程及設計參數基準的預期變化(即設計基礎和假設) , 包含自然過程、涉及自然系統以及被認為在永久封閉後作為障壁的組件, 包含自然過程, 並考慮到施工和廢棄物處置作業或自然和工程系統之間的相互作用的結果;
- (h) 選定的天然和工程系統及組件之預期設計基礎, 這些設計或假設在永久封閉後作為障壁。
- (2) 審核美國能源部執行功能確認計畫是否包含計畫的時間表, 並評估進度是否足以滿足功能確認方案的一般性要求;
- (3) 評估美國能源部的方法來執行功能確認方案。其中包含審核美國能源部執行功能確認計畫中包含必要資訊, 以確定美國能源部是否會根據需要執行該程序, 並使用本節的審查方法 2、3 和 4 完成詳細的技術審查。具體而言, 審核美國能源部的功能確認計畫包含:
- (a) 確保功能確認作業不會對地質處置場的自然和設計要素滿足功能目標的規定產生不利之影響;
- (b) 選定的大地工程及設計參數之基準資訊, 包含自然過程、涉及自然系統以及被認為在永久封閉後作為障壁的組件;
- (c) 確定大地工程及設計參數基準資訊的選定方法, 包括自然過程、涉及自然系統和被認為在永久封閉後作為障壁的組件;
- (d) 承諾監測和分析與選定的大地工程及設計參數(包含自然過程)的基準條件相關的變化, 這些變化與自然系統和組件有關, 這些天然系統和組件被認為在永久封閉後作為障壁, 可能影響地質處置場廢棄物的隔離;
- (e) 承諾監測設計或假定在永久封閉後作為障壁的工程系統和組件, 以指示是否按預定和預期運作;
- (f) 定期評估和更新功能確認計畫的條款。
- (4) 審核美國能源部執行功能確認計畫是否包含或列舉有關的記錄和報告、施工記錄、缺陷報告和檢查的行政程序。確認美國能源部執行功能確認方案的行政程序是否足夠。

審查方法 2：符合大地工程和設計參數要求

- (1) 確認美國能源部執行功能確認計畫在處置場施工和營運期間提供可接受的

量測、試驗和地質測繪程序，以確認大地工程及設計參數，包含自然過程、涉及自然系統以及被認為在永久封閉後作為障壁的組件。特別是：

- (a) 評估美國能源部用於大地工程及設計參數以監測和分析的選定方法之充分性；
 - (b) 審核美國能源部選定的大地工程及設計參數清單是否合理和完整；
 - (c) 評估美國能源部用於確定所選大地工程及設計參數基準的方法是否合適；
 - (d) 審核由美國能源部建立的每個選定的大地工程及設計參數之基準是合理的；
 - (e) 確認美國能源部對所選大地工程及設計參數的預期變化(即原始設計基準和假設)從基準評估是合理的；
 - (f) 審核監測、試驗或實驗方法適用於美國能源部將監測和分析的每個大地工程或設計參數。
- (2) 審核美國能源部執行功能確認方案是否包含在現地監測地下設施有關熱力學反應，持續至永久封閉，並評估這些計畫的適用性。特別是：
- (a) 評估美國能源部用於選擇現地熱力學反應參數進行監測和分析的方法是否合適；
 - (b) 審核美國能源部選定的現地熱力學反應參數清單是否合理和完整；
 - (c) 評估美國能源部用於建立所選擇的現地熱力學反應參數基準的方法是否合適；
 - (d) 確認美國能源部建立的現地熱力學反應參數的基準是合理的；
 - (e) 審核美國能源部對所選擇的現地熱力學反應參數的預期變化(即原始設計基準和假設)從基準估計是合理的；
 - (f) 確認監測、試驗或實驗方法適用於每個現地熱力學反應參數，美國能源部將對其進行監測和分析。
- (3) 審核美國能源部執行功能確認計畫是否提供了足夠的監控程序，以便根據設計假設監測和評估地下條件。特別是：
- (a) 審核美國能源部執行功能確認計畫包含量測和觀測與原始設計基準和假設進行比較的規定。評估這些方案的充分性；
 - (b) 審核美國能源部執行功能確認計畫是否包含確定對設計或施工方法進行

修改的必要條件，如果量測和觀測結果與原始設計基準和假設之間有顯著差異。評估這些程序的充分性；

(c) 審核美國能源部執行功能確認計畫是否包含規定量測和觀測以及原始設計基準和假設之間的重大差異，其對健康和安全性的重要性，並建議美國核管理委員會的進行修改。評估這些方案的充分性。

審查方法 3：符合設計試驗要求

(1) 確認美國能源部執行功能確認計畫除了廢棄物包件之外，提供了一個足夠的程序來試驗設計中使用的工程系統和組件。特別是：

(a) 評估美國能源部設計或假定在永久封閉後作為障壁的工程系統和組件選定的方法之充分性，美國能源部將進行監測和試驗；

(b) 審核美國能源部選定的工程系統和組件之清單是否合理和完整；

(c) 確認監測、試驗或實驗方法適用於美國能源部將監測或試驗的每個工程系統或組件；

(d) 審核選定的工程系統和組件所預期的設計基礎是否合理。

(2) 審核美國能源部是否包含廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水的熱相互作用效應，以及設計試驗程序中的其他工程系統和組件。確認熱相互作用效應的試驗程序是否足夠。特別是：

(a) 評估美國能源部在設計試驗程序中用於廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水以及其他工程系統和組件的熱相互作用效應的選擇方法是否合適；

(b) 審核美國能源部列出選定的廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水以及其他工程系統和組件中熱相互作用效應之清單合理且完整；

(c) 確認監測、試驗或實驗方法適用於廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水以及其他工程系統和組件的熱相互作用效應，美國能源部將監測或試驗；

(d) 確認所選定的廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水以及其他工程系統和組件熱相互作用效應之預期設計基礎是合理的。

(3) 審核設計中使用的測試工程系統和組件之時間表是否足以滿足設計試驗程序的要求；

- (4) 確認美國能源部執功能確認計畫提供了足夠的試驗程序，以評估回填處置作業和壓實程序對設計要求的有效性(只要如果美國能源部處置場設計中包含回填)。特別是：
- (a) 評估美國能源部在設計試驗程序中用於選擇回填處置作業和壓實程序的方法是否合適；
 - (b) 確認美國能源部選定的回填處置作業和壓實程序之清單合理完整；
 - (c) 審核監測、試驗或實驗方法是否適用於回填和壓實程序，美國能源部將進行監測或試驗；
 - (d) 確認選定的回填處置作業和壓實程序的預期設計基礎是合理的。
- (5) 審核美國能源部的功能確認計畫是否提供了足夠的試驗程序，以便在全面封閉之前評估鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性(只要如果美國能源部處置場設計中包含鑽井、豎井和運輸坡道密封)。特別是：
- (a) 評估美國能源部在設計試驗程序中全面封閉之前，用於試驗程序的選定方法是否足以評估鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性；
 - (b) 確認美國能源部的試驗程序在全面封閉前評估鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性是合理和完整的；
 - (c) 審核監測、試驗或實驗方法是否適用於試驗程序，以評估在全面封閉前鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性；
 - (d) 確認選定的試驗程序之預期設計基準是在全面封閉之前評估鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性是合理的。

審查方法 4：符合廢棄物包件監測和試驗要求

- (1) 確認美國能源部執行功能確認計畫提供一個適當的程序，用於監測地質處置場運轉區的廢棄物包件之狀態。審核計畫需要評估：(i)選擇用於監測的廢棄物包件的代表性；(ii)選擇用於監測的廢棄物包件的廢棄物包件環境的代表性。特別是：
- (a) 評估美國能源部將對材料、設計、結構、製造和檢驗方法進行監測和測試廢棄物包件，以驗證其是否具有代表性；
 - (b) 審核美國能源部對於廢棄物包件環境將監測和測試處置環境之代表性並與安全操作保持一致；

- (c) 確認美國能源部將監測和評估的環境條件包含描述那些水化學(但不限於此)；
 - (d) 審核監控和試驗包含封閉焊接的評估、加工產生的缺陷和加工後的損壞，特別是處置運轉過程中可能發生的損壞；
 - (e) 驗證程序在技術上是可行的，考慮到所提出的方法是否合適和可行，並且要使用的感測器和設備能夠在處置場運轉期間內能夠維持當前的環境條件(例如：溫度、濕度、輻射)或可置換。
- (2) 確認美國能源部執行功能確認計畫提供了一個適用於廢棄物包件內部狀況的實驗室試驗程序。審核計畫包含評估地下設施中的處置廢棄物包件在實驗室中的重複程度，以及確認此評估是否足夠。特別是：
- (a) 審核程序和計畫是否提供確認廢棄物包件功能評估模式和假設所需的資料；
 - (b) 確認腐蝕監測和試驗包含使用腐蝕試樣(coupons)(但不限於此)。
- (3) 確認廢棄物包件監測和試驗程序的時間表足以滿足此類程序的要求。

2.4.3 接受準則

以下接受準則是基於滿足功能確認方案 10 CFR 63.131、63.132、63.133 和 63.134 的要求。

接受準則 1：功能確認方案符合為此計畫設立的一般性要求。

- (1) 功能確認方案的目標與一般性要求一致，因為此方案將提供資料指出是否：
- (i) 施工期間和廢棄物處置運轉所發現之實際地下情況和這些條件的變化在許可審查期間所允許地下條件變化範圍內；(ii)設計或假定在永久封閉後作為障壁的天然和工程系統及組件按預期的狀況運作。功能確認計畫提供了足夠的技術資訊和計畫，包含用於現地監測、室內和現地試驗，以及現場試驗中的目標，特別注意：
- (a) 確定設計或假定在永久封閉後作為障壁的自然和工程系統和組件，包含其特定功能、美國能源部選擇監測和試驗，以確保其按預期的狀況運作；
 - (b) 天然和工程系統及組件之選定方法，這些設計或假設在永久封閉後作為障壁，美國能源部將監測和試驗，以確保其按預定和預期的狀況運作；
 - (c) 確定具體的大地工程及設計參數，涉及自然系統和組件，假定它們在永

久封閉後作為障壁，包含自然過程以及天然和工程系統及組件之間的任何相互作用，美國能源部選定進行量測或觀測；

(d) 包含用於大地工程及設計參數的選定方法，其中包含天然和工程系統及組件之間的任何相互作用，美國能源部將量測或觀察；

(e) 包含具體的現地監測、室內和現地試驗，以及現場實驗獲取所需資料；

(f) 規定現地監測、室內和現地試驗或現場試驗方法，美國能源部將選定所適用的：(i)大地工程及設計參數，包含與自然系統有關的自然過程和被認為在永久封閉後作為障壁的組件；(ii)設計或假設在永久封閉後作為障壁的工程系統和組件；(iii)自然和工程系統與組件之間的相互作用；

(g) 包含所選定之大地工程及設計參數的基準預期變化(即設計基礎和假設)，其中包含自然過程、涉及自然系統和被認為在永久封閉後作為障壁的組件，這些將由施工和廢棄物處置作業所造成；

(h) 包含所選定的天然和工程系統及組件之預定和預期的設計基礎，其設計或假定在永久封閉後作為障壁。

(2) 功能確認方案的時間表與一般性要求一致。該方案在場址特徵化期間開始，並將持續到永久封閉。

(3) 美國能源部將以符合以下一般性要求的方式實施功能確認方案：

(a) 本方案要求美國能源部在開始任何現地監測、試驗或實驗以獲取資料之前，考慮不利於地質處置場的天然和工程要素之影響，以滿足功能目標；

(b) 提供與自然系統及組件相關的參數和自然過程資訊之基準資訊和分析，這些系統和組件假定在永久封閉後可能透過場址特徵化、施工和運轉而改變作為障壁；

(c) 承諾監測和分析可能影響健康和安全的參數和自然過程之基準條件的變化，界定出任何特定參數對此承諾的異常並在技術上合理(請參閱本節的接受準則 2)；

(d) 承諾監測設計或假定在永久封閉後作為障壁的工程系統和組件，以指出是否按預定和預期狀況運作。對此承諾任何特定系統或組件的異常情況進行鑑定並在技術上合理(請參閱本節的接受準則 2)；

(e) 提供定期評估和更新功能確認計畫的條款。

(4) 功能確認計畫包含或引用符合 10 CFR 63.71 規定的記錄和報告要求之方案。
接受準則 2：確定大地工程及設計參數的功能確認方案符合為此計畫設立的要求。

(1) 功能確認計畫建立了一個用於測量、試驗和地質測繪的方案，以確認大地工程及設計參數，包含自然過程、涉及自然系統和被認為在永久封閉後作為障壁的組件。美國能源部將在處置場施工和運營期間實施此方案。此方案符合以下要求：

(a) 美國能源部的大地工程及設計參數將使用基於功能的方法進行監測和分析，著重在可能影響健康和安全的參數。美國能源部也考慮到需要保留取出廢棄物的選項；

(b) 功能審查發現確認選定的大地工程及設計參數清單合理完整。美國能源部有理由排除任何大地工程及設計參數。理由包含現有基準資訊，以及由於施工、廢棄物處置作業或自然和工程系統之間的相互作用導致參數具有低變化的可能性；

(c) 所選定之大地工程及設計參數的基準是使用適用於特定參數分析或統計方法；

(d) 選定的大地工程及設計參數之基準為提交時可用的所有資料；

(e) 原始設計基礎和大地工程設計參數假設中考慮施工、廢棄物處置作業以及自然和工程系統之間的相互作用的影响；

(f) 監測、試驗和實驗方法適合於時間、空間、解析度(resolution)和技術方面的各個參數之性質。考慮儀器的可靠性和更換要求；

(2) 此方案包含足夠的計畫關於現地監測地下設施的熱力學反應，持續至永久封閉。此方案符合以下要求：

(a) 美國能源部將使用以功能為基礎的方法進行選擇監測和分析的現地熱力學反應參數，主要重點在可能影響健康和安全性參數。美國能源部也考慮保留取出廢棄物的選項；

(b) 功能審查發現證實，選定的現地熱力學反應參數清單是合理且完整。美國能源部有理由排除任何現地熱力學反應參數。理由包含現有基準資訊，以及由於施工、廢棄物處置作業或自然和工程系統之間的相互作用導致參數具有低變化的可能性；

- (c) 所選定之現地熱力學反應參數的基準是使用適用於特定參數分析或統計方法；
 - (d) 選定的現地熱力學反應參數的基準為提交時可用的所有資料；
 - (e) 原始設計基礎和現地熱力學反應參數的假設中考慮了施工、廢棄物處置作業或自然和工程系統之間的相互作用的影響；
 - (f) 監測、試驗和實驗方法適合於時間、空間、解析度和技術方面的各個參數之性質。考慮儀器的可靠性和更換要求。
- (3) 功能確認計畫根據設計假設設立一個監測程序，以評估地下條件。此程序符合以下要求：
- (a) 包含將量測和觀測與原始設計基準及假設進行比較的規定。比較經常和及時的方式進行，以確保測量和觀察結果與原始設計基礎和假設之間存在顯著差異，對健康和安全性以及對設計變更的需求可以快速而有效地確定；
 - (b) 如果在測量和觀測以及原始設計基礎和假設之間存在顯著差異，則其中包含對設計或施工方法進行修改的必要條件。已經提供了設計基礎和假設設計可以適應之可接受變化，而不會對健康和安全性造成不利影響。如果需要修改施工方法或設計以解決變更的條件，則可以使用設計階段所使用的美國能源部設計控制流程；
 - (c) 包含報告測量和觀察之間的顯著差異以及原始設計基礎和假設，其對健康和安全性的重要性以及對委員會的建議變更的規定。這些規定符合 10 CFR 63.73 規定的缺陷報告之要求。

接受準則 3：設計試驗功能確認方案符合為此計畫設立的要求。

- (1) 功能確認計畫確定了設計試驗程序。此程序符合以下要求：
- (a) 美國能源部將試驗的工程系統和組件使用基於功能的方法進行選擇，該方法著重於對廢棄物隔離重要的系統和組件；
 - (b) 功能審查發現證實，所選定的工程系統和組件之清單是合理且完整。美國能源部有理由排除任何重要的工程系統或組件，以避免與此程序的隔離。可接受的理由是確定系統或組件可以執行其預期功能；
 - (c) 試驗方法適合於在時間、空間、解析度(resolution)和技術方面被試驗的特

定工程系統或組件。試驗方法透過考慮部分地設計工程系統和組件所需的資料來選定。選定試驗位置考慮與組件或系統要運作之環境的兼容性。儀器的可靠性和更換要求已被考慮；

(d) 對預定和預期的設計基礎之估計中考慮了廢棄物處置作業和自然及工程系統之間的相互作用之影響。

(2) 廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水以及設計中使用的其他工程系統和組件的熱相互作用影響包含在設計試驗程序中。此程序符合以下要求：

(a) 廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水，以及其他工程系統及組件的熱相互作用影響，美國能源部將使用以功能為基礎的方法進行試驗，該方法著重於健康和安全的系統和組件；

(b) 功能審查發現證實，選定的廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水，以及其他工程系統及組件熱相互作用之清單是合理且完整。美國能源部有理由排除熱和以上條件。理由是確定系統或組件可以執行其預期之功能；

(c) 試驗方法適用於廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水，以及其他工程系統及組件在時間、空間、解析度(resolution)和技術方面的具體熱相互作用效應。選定試驗位置考慮與組件或系統要運作之環境的兼容性。儀器的可靠性和更換要求已被考慮；

(d) 預期的功能範圍(即設計假設)的估計中考慮廢棄物處置作業和自然及工程系統之間的相互作用之影響。

(3) 設計試驗程序要求在設計中包含回填時，在現地試驗中可以證明回填安置和壓實程序對設計要求的有效性。確定回填材料、分級和安置密度等試驗要求時，考慮回填對長期健康和安全性的重要性，指示回填水的密封性或滲透性。特別注意：

(a) 美國能源部將採用以功能為基礎的方法來選擇回填安置和壓實程序，該方法著重於對廢棄物隔離重要的系統和組件；

(b) 功能審查發現證實，選定的回填安置和壓實程序清單合理完整。美國能源部有理由排除任何程序，這個程序對於廢棄物的隔離很重要。理由是實施安置和壓實程序的經驗基礎，以及肯定達成安置和壓實設計基礎；

(c) 試驗方法適合於在時間、空間、解析度和技術方面進行試驗的特定回填

安置和壓實程序。選定試驗方法部分是透過考慮設計回填安置和壓實程序所需的資料。選定試驗位置考慮與組件或系統運作環境的兼容性。儀器的可靠性和更換要求已被考慮；

(d) 預期的設計基礎之估計中考慮廢棄物處置作業和自然和工程系統之間的回填安置和壓實程序相互作用的影響。

(4) 設計試驗程序要求在完全封閉之前，在試驗中證明鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性。規劃密封試驗程序時考慮密封對處置場長期功能的重要性。特別注意：

(a) 選擇完全封閉之前評估鑽井、豎井和運輸坡道密封有效性的試驗程序，使用以功能為基礎的方法，其著重於那些對廢棄物隔離重要的系統和組件；

(b) 功能審查發現證實，完全封閉之前評估鑽井、豎井和運輸坡道密封有效性試驗方案是合理且完整。美國能源部有理由排除任何試驗，以評估鑽井、豎井和運輸坡道密封在完全封閉前的有效性，這對於廢棄物隔離很重要。可接受的理由是確定密封可以執行其預期之功能，考慮到與密封相關的可用經驗基礎，以及達成密封設計基準的可能性；

(c) 時間、空間、解析度和技術方面，試驗方法適用於特定的試驗程序，以評估鑽井、豎井和運輸坡道密封在完全封閉之前的有效性。部分選定的試驗方法，考慮設計試驗程序所需的資料，以評估完全封閉之前鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性。選定試驗位置考慮與組件或系統要運作之環境的兼容性。儀器的可靠性和更換要求已被考慮；

(d) 預期設計基準的估計中，考慮了廢棄物處置作業的影響，以及在完全封閉之前對自然和工程系統之間的相互作用評估鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性之試驗程序。

接受準則 4：廢棄物包件監測和試驗功能確認方案符合為此計畫設立的要求。

(1) 功能確認計畫建立了一個監測和試驗地質處置場運轉區廢棄物包件狀態的程序。此外，此程序是足夠的，因為：

(a) 美國能源部的廢棄物包件將在材料、設計、結構、製造和檢驗方法方面進行監測和試驗；

(b) 美國能源部對於廢棄物包件環境將進行監測和試驗為典型的處置環境，

並與安全作業保持一致；

(c) 美國能源部將監測和評估的環境條件，包含描述那些水化學之情況(但不限於此)；

(d) 監控和試驗包含封閉焊接的評估、加工產生的缺陷和加工後的損壞，特別是處置作業過程中可能發生的損壞；

(e) 此程序在技術上是可行的，考慮到所提出的方法是否合適和可行，並且要使用的感測器和設備能夠在處置場運轉期間內能夠維持當前的環境條件(例如：溫度、濕度、輻射)或可置換。

(2) 功能確認計畫建立一個方案，此方案重點於廢棄物包件內部條件的實驗室試驗。實際可行的範圍內，於實驗室試驗中複製處置廢棄物包件所經歷的環境。實驗室試驗是足夠的，因為：

(a) 提供設計廢棄物包件所需的資料，並確認功能評估模式和假設；

(b) 腐蝕監測和試驗包含使用腐蝕試樣(但不限於此)。

(3) 廢棄物包件程序的時間表需要在可行的情況下盡快開始監測和試驗。監測和試驗將一直持續到永久封閉階段。

2.4.4 審查發現

如果執照申請時能提供足夠的資訊，並且適當的滿足2.4.3節中的接受準則，工作小組評估這部分是可以接受的。審核人員撰寫適合整個申請準備的資料納入安全評估報告。該報告包含所審查內容的概要說明，以及說明為什麼認為提交可被審查人員接受。工作小組可以如下記錄審查。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足10 CFR 63.74(b)及10 CFR Part 63中E部分「功能確認方案」的要求。特別是員工發現合理的保證將會進行可接受的功能確認方案，以評估支持授權執照的資訊是否足夠。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足10 CFR 63.131的要求。將滿足了功能確認方案的一般性要求。特別是美國核管理委員會工作小組發現：

(1) 功能確認方案將提供資料，以說明：(i)實際地下條件和施工過程的變化，以及廢棄物處置在執照審查中假定的限度內；(ii)設計或假定在永久封閉後作

為障壁之天然和工程系統及組件按預期的狀況運作；

- (2) 功能確認方案將包含現地監測、室內和現地試驗以及適當的現場試驗；
- (3) 功能確認方案在場址特徵化期間開始，並將持續到永久封閉；
- (4) 執行功能確認方案將執行：(i) 不會對處置場之地質和工程的功能產生不利影響；(ii) 提供關於可通過場址特徵化、施工及運轉而改變的地質環境之參數和自然過程的充分基準資訊；(iii) 監測和分析可能影響地質處置場功能參數之基準條件變化；(iv) 監控設計或假定在永久封閉後作為障壁的自然和工程系統及組件。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.132 的要求。確定大地工程和設計參數的要求將得到滿足。特別是美國核管理委員會工作小組發現：

- (1) 將在處置場施工和運轉期間進行適當的測量、試驗和地質測繪的持續計劃，以確定與地質環境有關的大地工程及設計參數(包含自然過程)；
- (2) 將進行充足的程序關於監測或試驗設計或假定在永久封閉後作為障壁的自然系統及組件，以確保其按預定和預期營運；
- (3) 足夠的程序來監測地下設施的熱力學反應，並將持續進行至永久封閉；
- (4) 將根據設計假設進行適當的監測計劃，以監測和評估地下條件。監視程序如下：(i) 將測量和觀測與原始設計基礎和假設進行比較；(ii) 如果測量和觀測與原始設計基礎和假設之間存在顯著差異，則確定需要對設計或施工方法進行修改；(iii) 報告中測量和觀測與原始設計基礎和假設之間的顯著差異，對健康和安全的重要的影響，並建議對委員會進行修改。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.133 的要求。設計試驗的要求將得到滿足。特別是美國核管理委員會工作小組發現：

- (1) 將進行充足的試驗工程系統和組件程序；
- (2) 將對設計中使用的廢棄物包件、母岩、未飽和區和飽和區域水，以及其他工程系統及組件之熱相互作用效應進行足夠的評估程序；
- (3) 試驗將在施工初期或發展階段開始；
- (4) 永久性回填安置開始之前，回填安置和壓實程序將根據設計要求進行試驗；

(5) 鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性將在全面封閉前進行試驗。

美國核管理委員會工作小組審查了安全分析報告以及其他支援執照申請的資料，並在合理保證的情況下發現滿足 10 CFR 63.134 的要求。廢棄物包件監測和試驗的要求將得到滿足。特別是美國核管理委員會工作小組發現：

- (1) 將在地質處置場運轉區域進行足夠的監測和試驗廢棄物包件狀況程序。廢棄物包件將為典型的處置方式進行處置，環境將為典型的處置環境；
- (2) 廢棄物包件的監測和試驗程序將包含著重於廢棄物包件內部條件之適當的實驗室試驗。實驗室試驗將在可行的範圍內複製處置廢棄物包件的環境；
- (3) 廢棄物包件監測程序將持續至永久封閉之前。

2.5 行政與計畫程序要求

2.5.1 品質保證計畫

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

品質保證包括所有必要的規劃與制度性措施，使具有適當的信心於地質處置場與對安全具有重要性的結構、系統、及組件、對隔離廢棄物具有重要性工程與天然障壁的設計和特徵調查、以及與此有關的措施在服務時的功能將令人滿意。品質保證包括品質管制，此包括有關於材料、結構、系統、或組件的品質保證措施，並備供方法以管制材料、結構、系統、或組件的品質使符合預設的規定。

本項審查的目的在於驗證美國能源部具備品質保證計畫以符合 10CFR 第 63 部的規定。此外，雅卡山審查計畫本節(2.5.1)將用以確認，對於美國核管會所核准品質保證計畫的修訂，將符合 10 CFR 63.144 具體品質保證計畫修訂管制的規定。此項確認的基礎為審查與評估美國能源部遵照 10CFR 第 63 部所提報的品質保證計畫與其修訂。此項審查與評估的結果將記載於安全審查報告。

此項審查計畫容許對安全或廢棄物隔離重要的結構、系統、及組件和障壁且已經被歸類為低安全風險顯著性者，採用分級的品質保證管制。假若美國能源部選擇採用分級品質保證程序，則對於歸類為高安全風險顯著性的結構、系統、及組件和障壁應採用本雅卡山審查計畫所規定的審查條款加以審查。如同本節(2.5.1.2)接受準則 2 的規定，美國能源部對於歸類為低安全風險顯著性的結構、系統、及組件和障壁，所選定的品質保證計畫要點可以提報減低的品質保證管制。此項分類過程必須是風險告知。假若沒有採用分級品質保證，則在雅卡山審查計

畫本節(2.5.1)所規定的審查條款，將適用於所有結構、系統、及組件和障壁等受 10 CFR 第 63 部所規定品質保證條款所涵蓋的所有項目。如同雅卡山審查計畫本節(2.5.1)的規定，美國能源部可以對這些審查條款建議替代方案。

2.5.1.1 審查範圍

本節說明對美國能源部品質保證計畫的審查。審查委員將審查 10 CFR 63.21(c)(20)所規定的資訊，以確定符合 10 CFR 63.21(c)(20)與 10CFR 第 63 部子部 G(10CFR 63.141-144)的規定。

將採用第 2.5.1.2 與 2.5.1.3 節的審查方法與接受準則來審查下列品質保證計畫的要點：

- (1) 品質保證組織；
- (2) 品質保證計畫；
- (3) 設計管制；
- (4) 採購文件管制；
- (5) 指令、程序、及設計圖；
- (6) 文件管制；
- (7) 採購材料、設備、及服務的管制；
- (8) 材料、零件、及組件的識別與管制；
- (9) 特殊製程的管制；
- (10) 檢驗；
- (11) 試驗管制；
- (12) 量測與試驗設備的管制；
- (13) 裝卸、貯存、及運送；
- (14) 檢驗、試驗、及運轉狀態；
- (15) 不合格材料、零件、及組件；
- (16) 改正行動；
- (17) 品質保證紀錄；及
- (18) 稽查。

2.5.1.2 審查方法

應照下列項目執行審查。

將以雅卡山審查計畫第 2.5.1.3 節所闡明的接受準則與雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所包括的文件和主張，來審查品質保證計畫每一要點的說明。被指派的高放射性廢棄物分組品質保證審查委員，將負責協調其他高放射性廢棄物分組的審查委員，以驗證他們已經記載品質保證計畫所涵蓋結構、系統、及組件和障壁所闡明的可接受度(例如，闡明這些結構、系統、及組件和障壁典型地彙集成一個清單，通常稱為 Q-清單)。進一步而言，假若採用分級的品質保證過程，指派的審查委員將負責協調其他高放射性廢棄物分組的審查委員，以驗證他們已經記載用以支持分級品質保證過程的安全風險顯著性分類過程的可接受度。

假若有必要，高放射性廢棄物分組將處理向美國能源部所提出必要的額外資訊要求，並將回覆的資訊與適當的分組協調以決定其接受與否。品質保證計畫的修訂必須接受審查，以確保此項修訂至少不會使以前所核准的品質保證計畫劣化。在確定此項修訂的可接受度時，亦須考量所修訂範圍內目前的法規主張。在審查過程中，審查委員的判斷必須針對所提報資料所做的評估。對於雅卡山審查計畫章節，包括雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所引用的文件與主張，任何例外或建議的替代方案，將被審慎審查，以驗證其已經明確定義且有適當的基礎存在而可以被接受。

品質保證計畫的可接受度，依照下列審查程序加以評估：

- (1) 品質保證計畫的說明必須被詳細審查，以確認 10 CFR 63.142 的準則均有解決(藉由品質保證計畫說明如何達成適用的準則)，且確認是否有適當的承諾以符合雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所列的文件與主張。品質保證計畫的說明應被審查，以驗證美國能源部要達成品質保證準則與承諾的方法是可以被接受的；
- (2) 應評估用以履行 10CFR 63.142 所採行的措施，以確認有管理支援存在(例如，品質保證計畫的管制是否有經管理階層適當的審查、核准、及背書?)；
- (3) 應審查執行品質保證功能人員的任務與權責，以驗證其具有足夠的獨立性來有效地執行這些功能；
- (4) 基於：(i) 審查執照申請文件所提報的資訊與後續品質保證計畫的任何修訂；

- (ii) 與美國能源部的開會討論；(iii) 對現行品質保證計畫的評估；及(iv) 檢驗的結果，因此判定並記載於安全審查報告，美國能源部遵照一份有效的品質保證計畫，能夠履行其品質保證的責任；且
- (5) 審查方案承諾與如何符合承諾的說明、組織的安排、以及達成品質保證的能力，應可獲得如第 2.5.1.4 節所述有關方案可接受度的結論。

此項審查將確認承諾與如何履行承諾的說明，在必要的範圍內，是客觀的且用可以檢驗的條款聲明。

2.5.1.3 接受準則

一般接受準則

在下列介紹性段落的準則與 18 項編號的接受準則，是基於符合 10 CFR 第 21 部、63.21(c)(20)、63.44、63.73、以及 63.141-144 等與品質保證計畫有關法令的相關規定。

美國能源部品質保證計畫說明文件必須說明要如何滿足 10CFR 63.142 適用的規定。

美國能源部品質保證計畫與有關執行措施的品質保證計畫管制和執程序，必須在錯失開始執行前即應備妥。

美國能源部斷言符合或提供某一特別規定，這樣做是不夠的。在執照申請文件中所提報品質保證計畫的說明，以及後續品質保證計畫的任何修訂，必須闡明負責符合特別規定的個人職位與組織，以使審查委員了解美國能源部預期符合具體規定的過程，以及遵照此過程是否會導致符合規定。定義一項過程應包括建立權力、授予責任、以及發布指令和程序。

美國能源部必須針對下列項目建立品質保證計畫：場址特徵調查；試樣與數據的取得、管制、及分析；試驗與實驗；科學研究；設施與設備的設計與建造；設施運轉；功能確認；永久封閉；以及地面設施遵照 10 CFR 63.21(c)(20)與 63.142 規定的除污與拆除。在美國能源部品質保證計畫所包含的適用條款，必須納入主要包商在其適用的工作範圍有關的品質保證計畫。美國能源部的品質保證計畫必須說明如何符合 10 CFR 63.142 所規定的每一項準則。而且，假若美國能源部選擇採用分級品質保證計畫，則必須闡明每一項品質保證計畫要點的具體分級品質保證管制。高放射性廢棄物分組用以審查此項品質保證計畫的接受準則規定於雅

卡山審查計畫本節(2.5.1.3)。接受準則 1-18 的編組反映 10 CFR 63.142 所規定的 18 項準則。

美國能源部必須對直至在地質處置場接收高放射性廢棄物進行處置時所有的措施建立品質保證計畫。這些措施包括場址特徵調查；試樣與數據的取得、管制、及分析；試驗與實驗；科學研究；設施與設備的設計與建造；以及功能確認。在適當的時機，將修訂雅卡山審查計畫，以包括設施運轉、永久封閉、以及地面設施的除污與拆除。美國核管會的官員應確認雅卡山審查計畫的範圍有涵蓋審查中美國能源部品質保證計畫所說明的這些措施。經美國能源部核准，提報給美國核管會的品質保證計畫說明與應用之措施範圍，可能在品質保證計畫與雅卡山專案許可上，加上適當的條件。

接受準則包括要符合雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所列的文件與主張。當適當時，品質保證計畫的說明可以參考引用符合雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所闡明文件某一條款所作的承諾，而不必在品質保證計畫中重複文件的文辭。例如，美國能源部對於其品質保證計畫有關紀錄章節的說明，可以顯示遵照雅卡山審查計畫本節(2.5.1)在接受準則 17 所標明的 NQA-1-1983 與例外，就可以了。在某些情況下，當品質保證計畫說明的章節參考引用其他文件(例如，NQA-1-1983)作為承諾時，可能也需要額外的文辭說明，因為在所引用的參考文件中可能沒有述及雅卡山審查計畫章節中的某些條款。因此，承諾為品質保證計畫說明與規定的整體之一部分。

對於這些在雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所列接受準則、文件、及主張，美國能源部只要能夠證明其可滿足 10 CFR 第 63 部所規定的品質保證計畫，則可以採用例外與替代方案。高放射性廢棄物分組的審查，容許彈性的定義方法與管制，但是仍然滿足相關的法規。假若品質保證計畫說明符合雅卡山審查計畫 2.5.1.3 節適用的接受準則與雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所包括的承諾，或者提報符合法令規定可接受的例外或替代方案，則該方案將被認為符合美國核管會的相關法規。

特定的接受準則

接受準則 1：負責品質保證方案的組織要點是可以接受的。

(1) 整個品質保證方案的責任仍由美國能源部保留並履行；

- (2) 美國能源部闡明並說明於建立與執行品質保證方案時有關工作的委派或工作的任何部分至其他組織；
- (3) 當美國能源部品質保證方案的主要部分是委派時：
- (a) 美國能源部說明整個方案的責任是如何被履行。說明管理監督的範圍，包括位置，資格，及執行這些功能的人員個數，以及他們的基礎；
 - (b) 美國能源部評估委派單位的工作功能(敘明每年一次的頻率與方法，雖然對於個別要點的其他評估可以接受較長的周期)；及
 - (c) 在啟動措施前，闡明美國能源部組織內的合格個人職位或組織要點，以負責所委派的工作品質。
- (4) 在美國能源部與主要包商間的品質保證措施，存在有清晰的管理控制與有效的溝通管道，以確保正確的管理、指示、及執行品質保證方案；
- (5) 組織圖清楚闡明所有場址內與場址外執行品質保證方案所認定的組織要點(例如，設計、工程、採購、運送、接收、貯存、製造、建造、檢驗、稽查、試驗、儀表及控制)、工程、維護和封閉前(運轉)、修改、拆除、等；責任範圍；以及說明確定品質保證組織包括檢驗官員的規模之基礎；
- (6) 美國能源部(與主要的包商)對組織圖上所標註的每一組織要點說明其品質保證責任。執行對安全或廢棄物隔離重要的個人職位與組織權責應清楚建立並明文規定；
- (7) 美國能源部(與主要的包商)闡明一項管理職位，以承擔所有的權力與直接責任，來定義、指示、及負責整體品質保證方案的有效性。(通常此項職位為品質保證經理)。此項職位具有下列特徵：
- (a) 與直接負責執行會影響品質的措施(例如，工程、採購、建造、及運轉)最高階經理，具有相同或更高的組織位階，且獨立於經費與時程之外；
 - (b) 與其他高階管理職位具有有效的溝通管道；
 - (c) 具有核准品質保證手冊的權責；
 - (d) 沒有與品質保證無關的其他職責來妨礙其全心關注品質保證事務；
 - (e) 具有足夠的權力來有效履行其職責；及
 - (f) 充分免除其經費與時程的責任。

對於此一職位的資格規定建立於職位說明，且包括下列先決條件：經由派

任制負責職位的管理經歷；對於品質保證法規、政策、實踐、及標準的深入知識；在核能相關設計、建造、或運轉、或類似技術基礎的工業，具有在品質保證或相關措施適當的工作經驗。此項職位的資格至少要等於美國國家標準研究所/美國核能學會，美國核能學會-3.1-1993，"核能發電廠員工的甄選與訓練"[美國國家標準研究所/美國核能學會，如法規指引 1.8，修訂第 3 版(美國核管會，2000)的管制主張所背書]所說明的。

- (8) 驗證符合既有規定的工作是由品質保證組織內且沒有直接負責執行欲驗證的工作的個人或群組來執行，或是由在品質保證觀念與實踐領域受訓合格且獨立於負責執行任務的組織之外的個人或群組來執行。
- (9) 執行品質保證功能的個人或組織具有直接聯繫管理階層，以確保闡明品質問題的能力；經由指定管道啟動、建議、或提供解決方案；以及驗證解決方案的執行；
- (10) 闡明在組織內具有上述權力的組織與職位名稱，並提供清晰的權責範圍；
- (11) 被指派的品質保證人員，應充分免除經費/時程的直接壓力，明文授權以停止令人不滿意的工作，並管制進一步處理、運送、安裝、或使用不合格的材料，直接正確處置不合格、缺失、或不滿意條件，直至完成。
- (12) 闡明在組織內具有停工權力的職位；
- (13) 由於品質保證人員與其他部門(例如，工程、採購、建造、等)代表間不同的意見，導致有關品質的爭議，必須建立解決此項爭議的條款；
- (14) 指派的品質保證人員參與對安全具有重要性或對廢棄物隔離重要的每日設施措施。例如，品質保證組織例行出席參與每日工作時程與狀態會議，以確保掌握每日的工作任務。有適當的品質保證涵蓋有關的程序與檢驗管制、接受準則、以及品質保證員額和人員資格，以執行品質保證任務；
- (15) 有關執行品質保證方案的政策應記載並強制執行。這些政策應由美國能源部民用放射性廢棄物管理署層級所建立；及
- (16) 假若美國能源部或其主要包商的品質保證組織架構有闡明一個人職位，於建造場址或地質處置場運轉區，負責督導管理現場的品質保證方案，則必須在品質保證方案中闡明此職位的控制機制。這些控制機制必須確保指派至此職位的個人具有：(i) 在組織架構內的適當層級，(ii) 闡明其職責，及(iii) 行

使對品質保證方案正確管制的權力。這些控制機制也必須確保此一個人免除非品質保證的任務，因此，其可全心全力確保在處置場場址的品質保證方案被有效地執行。

接受準則 2：有關於品質保證方案的措施是可以接受的。

(1) 品質保證方案的範圍包括：

(a) 承諾對安全具有重要性的結構、系統、及組件，對廢棄物隔離重要的工程與天然障壁的設計與特徵調查，以及與此有關的措施，將受制於品質保證方案適用的管制。這些措施包括，但不僅限於，場址特徵調查；試樣與數據的取得與分析；試驗與實驗；科學研究；設施與設備的設計與建造；設施運轉；功能確認；永久封閉；以及地面設施的除污與拆除。品質保證方案所涵蓋的結構、系統、及組件、障壁、及相關耗材闡明於 Q-清單中，如雅卡山審查計畫第 2.1.1.6 節，"闡明對安全具有重要性結構、系統、及組件、安全控制、及確保安全系統堪用的措施"與以卡山審查計畫第 2.2.1 節，"功能評估"；

(b) 承諾試運轉試驗方案(在開始進行封閉前運轉之前)將遵照品質保證方案並說明將如何應用品質保證方案；

(c) 承諾對支援安全或廢棄物隔離功能計算機軟體的開發、管制、及使用將遵照品質保證方案執行且說明如何應用品質保證方案；

(d) 承諾當必要時將提供特殊裝備、環境條件、技術、或過程。

(2) 提出美國能源部民用放射性廢棄物管理署品質保證政策的一份簡短摘要。並闡明對每一政策聲明負責的組織群體或個人職位；

(3) 建立條款以確保執行品質保證方案所必要的會影響品質的程序是：(i) 與品質保證方案的承諾和企業政策一致；(ii) 被正確地記載與管制；及(iii) 經由政策聲明或由負責官員簽署的相等文件作為強制命令；

(4) 品質保證組織審查且文件經由這些品質有關的程序所同意；

(5) 在受品質保證方案影響的措施啟動前，應提報主要包商的影響品質程序管制與程序管制的修訂，供申請者以記載的合約來進行審查；

(6) 備有通報美國核管會的條款，以遵照 10CFR 63.144 審查與認可已接受品質保證方案說明的修訂。對美國核管會已經核准品質保證方案的修訂，必須遵

照 10CFR 63.144 適用的規定進行處理，且美國能源部品質保證方案文件的修訂版應函送美國核管會；

美國能源部應告知高放射性廢棄物分組有關品質保證方案中組織要點的修訂，當可能時，於公告後 30 日之內。

- (7) 美國能源部(與其主要承包商)承諾遵照：(i) 10CFR 63.44、63.73、及 63.141-144 的規定；與(ii) 雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所包括的文件和法規主張以及在接受準則中所包括的任何例外。而且美國能源部(與其主要承包商)承諾遵照品質保證方案來執行 10CFR 63.73 與 10CFR 第 21 部所訂商業級品項專案認證措施。

品質保證組織與必要的技術組織應在品質保證方案定義階段及早參與，以評估並闡明對廢棄物隔離重要的具體結構、系統、及組件和障壁需要應用品質保證的範圍。此項工作可能包括應對某些結構、系統、及組件採用定義的分級方法，以符合其安全/風險顯著性並影響到下列專業領域：設計、採購、文件管制、檢驗試驗、特殊處理、紀錄、及稽查；

- (8) 分級品質保證過程：假若採用品質保證的分級應用時，美國能源部需要合理說明，並由美國核管會的審查委員所接受。所謂分級品質保證方案是依照其對安全具有重要性或對廢棄物隔離重要的比例之品項或措施，分別採用適合其比例的品質保證措施與管制。必須適當說明應用分級品質保證管制的分級方法。

品質保證方案應基於品項與措施的安全/風險顯著性，來闡明對安全具有重要性或對廢棄物隔離重要的品項與措施以及其重要程度。高安全風險顯著性的品項與措施應具有高階的管制(例如，全面適用品質保證管制)，而較低安全風險顯著性的品項與措施可能具有減低品質管制的應用。然而，美國核管會可以對所有的品項與措施，選擇應用最高階的品質保證管制。

假若美國能源部決定採用分級的品質保證管制，則其品質保證方案必須說明分級品質保證過程的各種不同要點。有關於分級品質保證過程的措施包括：

- (a) 適當說明安全風險顯著性分類過程並且依照雅卡山審查計畫(美國核管會，2001)第 2.1.1.6 節(封閉前)與第 2.2.1(封閉後)加以審查。雖然此項審查採用

雅卡山審查計畫的其他章節，品質保證方案應重點說明安全風險顯著性的分類過程；

也應適當說明，當有新的資訊時，再評估安全風險顯著性的分類之條款。

- (b) 美國能源部可以選用兩種或更多種的安全風險顯著性分類(例如，高、低、或中)。品質保證方案說明每一選用的安全風險顯著性分類。
- (c) 必須適當詳細說明對每一安全風險顯著性分類所要採用的分級品質保證管制選項。法規指引 1.176，"特定發電廠風險告知決策方法：分級品質保證"(美國核管會，1998)第 3.2 節，"執行分級品質保證方案管制的潛在範圍"，對可接受分級品質保證管制的應用提供指引。在擬議減低品質保證管制時，必須謹記下列兩項基本目的：(i) 分級品質保證方案應充分以合理確保設計的完整性與結構、系統、及組件或障壁的功能來成功執行其所預期的對安全具有重要性或對廢棄物隔離重要的功能，與(ii) 分級品質保證方案應包括過程與文件以支援有效改正行動方案。對於品質保證方案的任一要點均可以選擇應用分級品質保證管制；
- (d) 應說明回饋過程的條款以調整分級品質保證管制。也應說明經由不利趨勢或不合格報告所發現有新的資訊時，再評估品質管制的條款；

美國能源部的品質保證方案說明應討論有效改正行動與因果分析有關的具體要點。因為在分級品質保證方案的初期，並不完全了解這些改變最終將如何影響結構、系統、及組件的製造、建造、安裝、試驗、及功能，而且因為分類過程無法定量說明這些改變，因此美國能源部必須備有有效的過程以基於處置場和工業經驗來調整分級品質保證方案。在此範圍內，美國能源部的過程管制應具有能力以決定結構、系統、及組件是否有在分級品質保證方案中已經被正確對待。應遵照美國能源部的改正行動方案闡明低安全風險顯著性的結構、系統、及組件之故障或功能劣化，因此美國能源部可以確認減低的品質保證管制是否已經造成過多的不合格以及結構、系統、及組件和障壁不可接受的功能降低。

美國能源部應採用像監測、監督、及趨勢分析的技術，來闡明當結構、系統、及組件被發現是不可接受，或低安全風險顯著性的結構、系統、及組件的可靠度與堪用度有趨向不可接受的水平。應採用監測結構、系統、

及組件的監測方法來達成此項目標。

- (e) 應說明有效的根本原因分析與經回饋過程而採行改正行動的條款。也應說明評估共同原因/模式故障的條款。美國能源部的改正行動工作中，至少應決定結構、系統、及組件在分級品質保證管制下重複故障的確切原因，以決定是否調整分級品質保證管制。在某些情況下，一項故障可能導致未預期的事件，而引起結構、系統、及組件的分類需要改變；
 - (f) 也必須備有條款規定美國能源部在執行會減低以前承諾的任何品質保證方案改變前，須獲得美國核管會的核准公文；及
 - (g) 對於低安全風險顯著性結構、系統、及組件和相關措施採用減低的取樣計畫時，必須遵照本節接受準則 3 的規定記載。
- (9) 既有或擬議的品質保證程序需闡明反映雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所包括的文件與法規主張。在 10CFR 第 21 部與 63.73 的規定以及 10CFR 63.142 的每一項準則必須由記載的程序來符合。此外，執行受 10CFR 63.73 所管制的措施與執行受 10CFR 第 21 部所管制商業級品項專案認證措施，均必須符合品質保證方案適用的條款；
- (10) 說明強調將如何正確執行登錄在案的品質保證方案之說明管制，尤其是 10CFR 63.21(c)(20)、63.44、63.73、及 63.141-144 的規定與雅卡山審查計畫第 2.5.1.5 節所包括的文件與管制主張；
- (11) 說明管理階層(比品質保證組織更高或其外)如何定期評估品質保證方案的範圍、狀態、及合適性與其符合 10CFR 第 63 部子部 G。這些評估應包括：(i) 藉由報告、開會、稽查、監督、及觀察經常審查方案的狀態；與(ii) 執行事前規劃記載具有闡明與追蹤改正行動的年度評估；
- (12) 在美國核管會核發執照前即已啟動的品質相關措施(例如，設計與採購)，遵照 10CFR 第 63 部子部 G 的規定以美國核管會所核准品質保證方案進行管制。在措施啟動前即應備有核准的程序與足夠多的訓練有素人員以執行品質保證方案適用的部分；
- (13) 提報摘要說明在任何解除主要包商措施期間，如何將品質相關措施的責任與管制由主要包商轉移至美國能源部；
- (14) 包括一項規定對於封閉前的運轉以建立任何額外的品質保證方案條款，以及

建立應在啟動措施開始前與啟動試驗執行的此類條款；

- (15)對下列各項備供確認：(i) 對於在封閉前所發生的任何設計或現場變更或建造措施，承諾持續執行品質保證方案；與(ii) 在現場變更或建造措施後，在封閉前期間承諾將持續應用試運轉試驗方案或可接受的替代方案；
- (16)建立灌輸、訓練、及認證方案，使得：
- (a) 負責執行會影響品質措施的人員應針對其目的、範圍、及執行教導品質相關手冊、指令、及程序；
 - (b) 驗證會影響品質措施的人員是針對所要執行措施的原理、技術、及規定加以訓練與認證；
 - (c) 對於正式的訓練與認證方案，文件包括目的、方案的內容、出席參與人員、及出席參與日期；
 - (d) 對於執行與驗證會影響品質措施的人員進行能力試驗，並建立接受準則以確定個人已經正確地訓練與認證；
 - (e) 合格證書清晰敘明：(i) 人員經認證要執行的具體功能；與(ii) 對每一功能用以認證人員的準則；
 - (f) 執行與驗證會影響品質措施人員的能力，是藉由再訓練、再試驗、以及如同管理或方案承諾所做決定與/或再認證來維持；
 - (g) 適當的管理人員監督會影響品質措施有關人員的功能並決定是否需要再訓練。一套年度評核系統可以令人滿意地達成此點；
 - (h) 當必要時，合格人員遵照適用的規則與標準進行認證；及
 - (i) 對於檢驗與試驗人員資格，NQA-1-1983，"檢驗與試驗人員資格認證非強制性指引"(美國機械工程師學會，1983)的附錄 2A-1 提供指引。附錄 2A-1 的條款(或接受的替代方案)必須如附件 2-1，"檢驗與試驗人員資格認證的補充規定"的規定來執行並符合。
- (17)已經建立準備好審查方案且備有程序以確保該方案在適當的主要時機點上被執行以補充檢驗方案；及
- (18)建立有條款藉由矩陣系統或替代方案以有效證明 10CFR 63.142 的每一項準則均被正確記載、說明、及由執行情序與/或指引述及。

接受準則 3：有關於設計管制的措施是可以接受的。

- (1) 設計管制方案的範圍包括準備與審查設計文件有關的設計措施，包括正確解釋適用的法令規定與設計基準至設計、採購、及程序文件。在此範圍內所包括的措施如現場設計工程；物理(含臨界物理)、地震、應力、熱傳、及水力分析；輻射屏蔽；材料的兼容性；檢驗與試驗接受準則的說明；安全分析報告的事故分析；相關的計算機軟體；易於除污的特徵；合適性；在服務期間檢驗、維護、及修理的可達性；以及品質標準；
- (2) "設計"一詞包括規格；設計圖；設計準則；設計基準；封閉前結構、系統、及組件功能規定；以及處置場系統的天然與工程障壁。其亦包括每一設計發展階段的輸入與輸出(例如，由概念設計至終期設計)。設計資訊與設計措施也是指數據收集與分析和用以支持設計發展與驗證的計算機軟體。設計資訊與措施包括一般計畫與詳細的程序已進行數據收集與分析以及相關的資訊，例如試驗與分析結果。數據分析包括初始步驟、數據歸納、以及廣泛的系統分析(例如，功能評估)，此針對個別參數結合其他的數據與分析。
- (3) 設計管制方案提供將適用的法令規定與設計基準正確解釋進入設計、採購、及程序文件；
- (4) 建立措施以確保適用的法令規定、設計基準、及經由場址特徵調查階段的措施對結構、系統、及組件和軟體等支援安全或廢棄物隔離功能所發展的設計特徵，均正確地解釋進入規格、設計圖、指令、及計畫；
- (5) 建立設計管制措施並應用於：*(i)* 對安全具有重要性結構、系統、及組件的設計；*(ii)* 對廢棄物隔離重要的工程與天然障壁；*(iii)* 說明地質環境與數據收集和分析措施的計畫以產生有關處置場設計的資訊，以供申請執照與功能確認；以及*(iv)* 此種措施所採用的計算機軟體。這些設計措施必須應用至設計輸入、輸出、及場址特徵調查措施以及功能確認措施；
- (6) 說明組織責任以進行準備、審查、核可、及驗證設計文件例如系統說明、設計輸入與準則、設計圖、設計分析、相關的計算機軟體以支援安全或廢棄物隔離功能、規格、以及程序；
- (7) 在核可設計文件，包括設計方法(例如支援安全或廢棄物隔離功能的計算機軟體)，的錯誤與缺失可能嚴重影響對安全具有重要性或對廢棄物隔離重要的結構、系統、及組件，均已經記載並採取措施以確保所有的錯誤或缺失均已經

糾正；

- (8) 闡明正是記載偏離規定的品質標準，並建立程序以確保其管制；
- (9) 建立內部與外部設計界面管制、程序、以及參與設計組織和跨越各技術專業間的溝通管道，並說明以供審查、核准、公布、分發、及修訂有關設計界面的文件，以確保結構、系統、及組件在幾何上、功能上、以及和過程與環境都是兼容的；
- (10) 建立並說明程序規定以執行記載的檢驗來驗證尺寸的準確度和設計圖與規格的完整性；
- (11) 建立並說明程序，規定設計圖與規格須經品質保證組織審查以確保文件是：
 - (i) 遵照美國能源部程序撰擬、審查、及核准；與(ii) 包含必要的品質保證規定例如檢驗與試驗規定，接受規定、以及至何種範圍的檢驗與試驗結果必須加以記載；
- (12) 建立並說明指引或準則已決定設計驗證的方法(例如，設計審查、替代的計算、或試驗)；
- (13) 建立並說明程序，供設計驗證措施，以確保下列各項：
 - (a) 驗證者是經認證合格人員且不直接負責設計(亦即，不是執行者也不是其直接主管)。在例外情況時，設計者的直接主管可以執行驗證的工作，只要：該主管是唯一技術合格人員；此項需求事先個別記載且由該主管的管理階層所核准；以及品質保證稽查涵蓋採用主管作為設計驗證者的頻率與有效性，以防止濫用。
 - (b) 設計驗證，假若不是原型的合格試驗，必須在公布釋出前完成：
 - (i) 以供採購、製造、或建造；或(ii) 至另一組織以使用於其他設計措施。假若無法滿足此項時程時，設計驗證可以延期，只要對此項行動的合理說明被記載且設計輸出文件未驗證的部分和所有的設計輸出文件，基於未驗證的數據，有適當的闡明與管制。有關於設計或設計變更的建造場址措施，不應沒有驗證就超過設施無法回復的點(亦即，需要廣泛的拆除重作)。不論如何，設計驗證必須在廢棄物包件放置入處置場前完成，或者在依賴結構、系統、或組件以執行其功能前完成；
 - (c) 建立程序管制以供反映安全分析報告承諾的設計文件；此項管制區別接受

由跨領域或多個組織團隊正式設計驗證的文件與由單一個人所審查的文件(對於人員認證，簽名與日期為可以接受的文件)。受制於程序管制的設計文件，包括，但不僅限於，規格、計算、支援安全或廢棄物隔離功能相關的計算機軟體、系統說明、安全分析報告作為設計文件的部分、及設計圖、包括流程圖、管路與儀表圖、管制邏輯圖、電機單線圖、對主要設施的結構系統、場址布置、以及設備位置。當獨特徵或特殊設計考量必要時，應採用特殊審查；及

(d) 驗證者的責任、欲驗證的範圍與特徵、欲驗證的相關考量、以及文件記載的範圍均應闡明於程序中。

(14) 假若設計驗證方法僅是由試驗而已，則須包括下列規定：

(a) 提報何時設計驗證應由試驗來執行的準則之程序；

(b) 原型、組件、或特徵試驗應儘早執行，在設施裝備安裝前，在設施變成無法回復前；及

(c) 藉由試驗來驗證須在模擬全部範圍的條件下來執行，包括由分析所決定預期最惡劣的設計條件。

(15) 有關於科學調查的規定包括下列各項：

(a) 對於科學筆記須執行獨立審查，而科學筆記規定要包括：

(i) 目的的聲明與所執行工作的說明；

(ii) 闡明所採用的方法與計算機軟體；

(iii) 闡明所採用的試樣與量測和試驗設備；

(iv) 說明所執行的工作- 所獲結果、執行工作人員的姓名、以及，當適當時，填寫報表人員的簽署與日期；以及

(v) 當適當時，說明對所採用方法的變更。

(b) 數據是以易於回溯至其相關文件與數據認證狀態的方式加以闡明。在數據的整個壽命期間均須維持其識別性與可回溯性。應詳細說明數據歸納的規定，以容許由另一位合格人員獨立再現此數據。直接被依賴用以說明安全或廢棄物隔離的數據，必須由來源加以認證或分類為已經接受的數據。直接被依賴用以說明安全或廢棄物隔離未經認證的數據，必須通過認證否則不得使用於執照申請文件；

- (c) 文件必須透明，闡明所考慮調查的主軸，是清晰可適合於複製、歸檔、以及調閱；及
 - (d) 當適當時，美國能源部品質保制方案的其他規定也應用於科學調查的管制。
- (16) 模式的發展與用以驗證的方法必須規劃、管制、以及記載。建立模式驗證的程序[NUREG-1636(美國核管會，1999)]；
- (17) 建立程序以確保支援安全或廢棄物隔離功能的認證過計算機軟體是合格使用於設計，而且此項使用遵照下列規定闡明：
- (a) 軟體的定義為計算機程式、程序、規則、以及相關的文件，此備發展用來支援安全或廢棄物隔離功能；
 - (b) 用以支援安全或廢棄物隔離功能的軟體應執行所有意圖的功能，提供正確的解答，以及不會執行或引起任何惡劣非意圖的功能；
 - (c) 應建立管制以容許經核准的使用與防止未核准的使用計算機系統；
 - (d) 支援安全或廢棄物隔離功能的軟體驗證及確認措施，必須規劃、記載、並對軟體、軟體改變、以及系統配置等確定會影響軟體的每一項目執行。具體的項目為：
 - (i) 各種不同軟體壽命周期階段(例如，需求、設計、執行、及試驗壽命周期階段)的軟體驗證，必須執行以確保已知壽命周期階段的產品是可以回溯，且滿足前一階段與/或前述個階段的規定；
 - (ii) 驗證審查應闡明審查者與其具體的審查職責；及
 - (iii) 執行軟體驗證與確認措施的人員須不直接參與軟體的發展。假若無法達成此種獨立水平時，與發展軟體有關的個人可以執行這些措施，但是須經交高階管理階層的核准並記載合理說明。
 - (e) 在軟體壽命的開始，對於每一項新的軟體專案，即應備有支援安全或廢棄物隔離功能的軟體品質保證計畫或類似的文件。軟體的計畫闡明：
 - (i) 說明軟體整體的性質與目的；
 - (ii) 要應用軟體產品的項目；
 - (iii) 負責執行工作並達成軟體品質的組織與該組織的任務與責任；
 - (iv) 必要的文件；
 - (v) 指引軟體措施的標準、慣例、技術、以及方法；

- (vi) 規定的軟體審查；以及
 - (vii) 錯誤報告與改正行動的方法。
- (f) 支援安全或廢棄物隔離功能的軟體發展與維護過程應以規劃、可回溯、及有秩序的方式，採用已定義軟體壽命周期的方法來進行，並述及下列各階段：
- (i) 需求階段
 - (A) 軟體需求例如功能、功能、設計限制、屬性、及外部介面均須闡明、記載、及審查。
 - (ii) 設計階段
 - (A) 軟體設計是基於需求文件所述的規定來發展、記載、及審查。
 - (iii) 實作階段
 - (A) 設計必須轉換成原始碼與其結果的可執行程式以執行所需求的功能；
 - (B) 原始碼與其結果可執行程式應附著於設計規格；及
 - (C) 遵照設計應建立、記載、級審核使用者資訊以說明軟體將如何使用。
 - (iv) 試驗階段
 - (A) 在實作階段結束後，應執行、記載、及驗證軟體措施以確保該軟體已經正確安裝並滿足其意圖使用的需求；
 - (B) 照核准的計畫或過程試驗為軟體確認的主要方法，以確保附著於需求並確保軟體對試驗案例產生正確的結果；
 - (C) 軟體確認文件說明任務與闡明準則以在發展周期結束後達成軟體的確認；以及
 - (D) 對已經公布軟體的修訂必須進行迴歸試驗，以偵測在軟體修訂過程中所導入的錯誤，以驗證此項修訂沒有引起非意圖的惡劣效應，以及驗證已修訂的軟體仍然符合闡明的需求。
 - (v) 運轉與維護階段
 - (A) 在可接受軟體的確認後，該軟體被指定為基準並置於配置管理的管制之下。
 - (vi) 安裝與檢驗階段

(A) 當軟體安裝在計算機上時，或當作業系統改變時，應執行並記載軟體安裝與檢驗措施，以確保軟體已經正確安裝並且滿足其意圖使用的需求。

(vii) 退休階段

(A) 結束對軟體產品的支援並防止該軟體的使用。

(g) 應建立支援安全或廢棄物隔離功能的軟體配置管理系統，其包括下列各項：

(i) 配置識別包括：

(A) 每一軟體基準的基準要點之定義；

(B) 每一軟體品項包括版次和修訂的獨特識別將置於軟體配置管理之下；及

(C) 指定獨特的標識符號將基準文件與其相關的軟體品像連結在一起。應維持在基準文件與相關軟體間的交叉引用。

(ii) 配置改變管制包括：

(A) 對基準要點的公布與管制過程；

(B) 正式的過程已管制與記載對基準要點的改變；

(C) 正式評估基準要點或對基準要點的變更，並由負責核准基準要點的組織核准；

(D) 將有關於核准改變的資訊傳送至受此項改變影響的所有組織的過程；以及

(E) 軟體驗證與確認過程，以確保軟體的變更適當地反應在軟體的文件上並確保維持文件的可回溯性。

(iii) 配置狀態紀錄包括：

(A) 已核准的基準要點與獨特標識符的清單；

(B) 對基準要點擬議的、進行中的、或已經核准變更的狀態；以及

(C) 對於軟體品項變更的歷史，包括軟體品項版次間的變更說明。

(h) 建立支援或廢棄物隔離功能軟體採購與服務的管制規定，以確保正確的驗證與確認支援、軟體維護、配置管制、軟體功能稽查、評估、或調查。闡明供應商向購買者報告軟體錯誤的規定，與，當合適時，購買者向供應商

- 報告軟體錯誤；
- (i) 支援安全或廢棄物隔離功能的軟體工程要點必須定義基準文件並保存作為紀錄；
 - (j) 缺失報告與解決的條款規定下列各項：
 - (i) 對支援安全或廢棄物隔離功能的軟體錯誤與故障，執行軟體缺失報告與解決系統，以確保該問題有向受影響組織迅速報告，並確保正式處理問題的解決；以及
 - (ii) 假若缺失確定存在於支援安全或廢棄物隔離功能的軟體，而惡劣影響以前的應用，則記載惡劣影響品質的條件並遵照本節接受準則 16 加以管制。
 - (k) 支援安全或廢棄物隔離功能軟體使用的管制條款規定下列各項：
 - (i) 受影響組織管制並記載已公布軟體品項的使用，經由獨立的過程複製已獲得可比較的結果，並解釋任何差異；
 - (ii) 軟體的使用是經過獨立的審查與核准，以確保所選用的軟體適合於所要解決的問題；及
 - (iii) 由軟體配置管理獲得接收軟體的文件，並針對所有作業中或使用中的軟體保存該文件。
 - (l) 建立程序說明對支援安全或廢棄物隔離功能軟體的品質保證管制，使滿足上述審查的條款；及
 - (m) 當適用時，美國能源部品質保證方案的其他規定應用於支援安全或廢棄物隔離功能軟體的管制。
- (18) 取樣：對結構、系統、及組件和障壁以及與此相關的措施例如檢驗與商業級品項專案認證措施，取樣計畫的基礎包括任何支援分析，規定必須記載。下列各項應用於取樣計畫的使用：(i) 使用於高安全風險顯著性的措施之取樣計畫預期使用的準則為提供 95% 的信賴度在該批量中僅有 5% 的缺陷品項 (95/5)；(ii) 對於低安全風險顯著性的措施可以使用減低的取樣計畫；及(iii) 取樣的批量基本上是均質的。
- (19) 設計規格的變更，包括現場變更，應受制於原始設計適用的相同設計管制；
- (20) 備有措施以確保可能影響其任務功能的設計變更/修訂，有通知到負責處置場

的現場人員；

- (21)說明 10CFR 63.44 適用的變更管制規定；以及
- (22)建立程序說明使用於設計的數據審查與認證方法。當此數據收集時，沒有完全執行 10CFR 第 63 部品質保證方案[NUREG-1298(美國核管會，1988)]。
- (23)建立程序說明使用專家引導。該程序符合 NUREG-1563，"在高放射性廢棄物方案中使用專家引導的分組技術主張"(美國核管會，1996)，如同本審查計畫第 2.5.4 節所述；以及
- (24)建立程序說明使用同儕審查[NUREG-1297(美國核管會，1988)]。

接受準則 4：有關採購文件的管制措施是可以接受。

- (1) 建立程序用以審查採購文件，以決定有正確說明品質規定，且可檢驗、可管制；具有適當的接收與拒絕準則；且採購文件已經遵照品質保證方案的規定進行撰提、審查、及核准。在必要的範圍之內，採購文件應規定包商與分包商提報一份可接受的品質保證方案。在採購文件中所述品質規定合適性的審查與記載的同意，是由在品質保證實踐與概念經訓練且認證合格的人員獨立執行；
- (2) 建立程序以確保採購文件包括包商將執行工作的聲明並闡明其規定，例如：
 - (i) 適用的法令、設計、技術、行政管理、以及報告規定；(ii) 設計圖；(iii) 規格；(iv) 規則與工業標準；(v) 試驗與檢察及驗收規定；(vi) 採購者訪問稽查或檢驗；(vii) 擬提報給採購者或由供應商保留的文件識別(包括任何保留期限)；(viii) 不合格品項的報告與處置規定；以及(ix) 應由供應商遵守的特殊處理指令；以及
- (3) 說明組織責任，以：
 - (i) 採購規劃；(ii) 撰擬、審查、核准、以及管制採購文件；(iii) 選擇供應商；(iv) 審標；(v) 在啟動受方案影響的措施前，審查並同意供應商的品質保證方案。說明品質保證組織的參與。

接受準則 5：有關於指令、程序、及設計圖的措施是可以接受的。

- (1) 說明組織的責任，以確保影響品質的措施是：
 - (i) 以記載的指令、程序、及設計圖描述；與(ii) 藉由執行這些文件來達成；
- (2) 建立程序以確保指令、程序、及設計圖包括定量的(例如，尺寸、容差、作業限值)與定性的(例如，做工樣品)接受準則，以確定重要的措施已經令人滿意

地達成；以及

- (3) 建立程序以管制在場址特徵調查與功能確認中與探索性調查有關的現場或實驗室的程序變更，以確保此項變更被後續記載並及時由權責人員所核准。

接受準則 6：有關於文件管制的措施是可以接受的。

- (1) 說明文件管制方案的範圍並闡明受管制文件的類型。受管制的文件最少包括設計文件(例如，計算、設計圖、規格、分析)，包括發展用來支援安全或廢棄物隔離功能計算機軟體有關的文件；採購文件；對於像製造、建造、修改、安裝、試驗、及檢驗等措施的指令與程序；竣工文件；品質保證與品質管制手冊和影響品質的程序；安全分析報告；不合格/缺失報告；及改正行動報告，以及在此文件所做的變更；
- (2) 建立說明程序來審查、核准、及頒發文件與在文件的變更，以確保技術適當性與在執行前包括適當的品質規定。品質保證組織或是產製文件外的另一個人，但是經品質保證認證合格，審查並同意這些文件中有關品質保證的事項；
- (3) 建立程序以確保文件的變更有經執行初始審查與核准相同的組織所審查與核准，或是由美國能源部所委派其他認證合格的負責組織來審查與核准；
- (4) 建立程序以確保在開始工作前，於將執行措施的地點即有可用的文件；
- (5) 建立並說明程序以確保在工作區域及時將過時或被取代的文件移除，並被適用的修訂版取代；
- (6) 建立一份主要清單或相等的文件管制系統以闡明指令、程序、規格、設計圖、以及採購文件目前的修訂版。當採用此種清單時，必須將其更新並分發至事先決定的負責人員；
- (7) 建立並說明程序以提供準備竣工圖與相關的文件，以及時的方式正確反映實際的處置場設計；以及
- (8) 維護、修改、及檢驗程序是經由具有品質保證專業知識的認證合格人員(通常是品質保證組織)所審查，以確定：(i) 需要檢驗、檢驗人員的身分識別、以及檢驗結果的文件；與(ii) 已經有闡明必要的檢驗規定、方法、以及接受準則。

接受準則 7：管制物質、設備及服務採購有關的活動是可接受的。

- (1) 組織責任的描述包括管制購買的材料、設備，支持安全或廢棄物隔離功能的

- 軟體，以及包括設計、採購及品質保證組織間界面的服務；
- (2) 確認供應商的活動，如製造、檢驗(inspection)、測試(test)過程及材料、設備運送活動，以及品質保證組織依據書面程序以確保組件符合採購要求等之規劃及執行。這些程序適用於採購方法，規定：
 - (a) 特定規格或程序應於予敘明、檢驗、確認及接受；監督方法及所需文件的範圍；負責執行程序的個人職位；及
 - (b) 確保供應商符合品質要求的稽查(audits)，監視(surveillance)或檢驗。品質保證計畫要求評估承包商及分包商品質管制的有效性。
 - (3) 供應商的選擇應製成文件、建檔及保存紀錄；
 - (4) 為結構、系統和組件之備件(spares)或更換零件之採購；對安全具有重要性的部份及對廢棄物隔離具有重要性的工程障壁為現行品質保證計畫、規範及標準的管制，等於或優於原來的技術要求，或排除重複缺陷的要求；
 - (5) 執行接收檢驗以確保：
 - (a) 適當的確認材料、組件及設備，以符合採購文件及接收文件的識別(identification)；
 - (b) 材料、組件及設備及其接受記錄在安裝或使用前符合檢驗指令；及
 - (c) 在設施安裝或使用前，取得特定檢驗、測試及其它紀錄(如材料、組件及設備符合特定要求的符合性測試證明文件)；
 - (6) 根據檢驗狀態，在分發到受管制的貯存區域或釋出以進行安裝或進一步工作之前，應識別接受及釋出的品項；
 - (7) 供應商向買方提供以下記錄：
 - (a) 確認符合採購品項及特定採購要求(如法規、標準及規格)的文件；
 - (b) 識別任何尚未符合的採購要求的文件；及
 - (c) 描述採購要求的不符合情況，被定位為「按原樣接受」或「修復」的要求。
這些文件的審查及接受，應在採購者品質保證方案中加以說明。
 - (8) 商業級產品的檢證(Commercial-grade item dedication)：對於商業「現貨供應」項目，若不能以實用方式進行適當核能應用品質保證管制時，必須建立及描述特定品質的確認要求，以便採購者對可接受品項提供必要的保證；商業級產品的採購，NQA-1-1983 之補充 7S-1 第 10 節「商業級產品」、「管制採購

項目及服務的補充要求」(美國機械工程師協會，1983年)並未適當的處理商業級產品，該導則對商業級產品提供了接受準則。美國能源部按照 10 CFR Part21 的要求選擇購買商業級產品，並用作基本組件。品質保證方案必須提供以下內容，以確保商業級產品可執行預期的安全或廢棄物隔離功能：

- (a) 依根據 10 CFR Part63 適用於設施申照時，商業級產品是指：(i)不受設計或該設施或活動特有的規格要求；(ii)用於設施或活動以外的應用；(iii)依據製造商所公布的產品描述(例如目錄)所訂定的基本規格，從製造商/供應商處訂購。該定義必須符合 10 CFR Part21 所規定的要求；
- (b) 定義了在檢證作業中具特定意義重要術語，例如「關鍵特徵」、「檢證」、「檢證機構」、「商業級產品」等。美國能源部在商業級產品用作基本組件時，應使用以下定義(應注意如「商業級量測」(commercial-grade survey)，可能另需定義)：
 - (i) 「關鍵特徵」是商業級產品的重要設計、材料及功能特徵。一旦經過驗證，對該產品執行其預期安全或廢棄物隔離功能，提供合理的保證；
 - (ii) 「檢證機構」(dedication entity)是指執行檢證程序的組織。由產品製造商、第三方檢證機構或美國能源部均可執行。檢證機構依據 10 CFR Part 21.21(c)的要求，負責識別及評估商業級產品的偏差、缺陷及不符合要求報告，並保存檢證過程的可稽查記錄；及
 - (iii) 「檢證」的目的是對商業級產品用作基本組件時，執行其預期的安全或廢棄物隔離功能的接受程序，以提供合理保證。並且視同依據 10 CFR Part 63 Subpart G 之設計及製造項目的品質保證方案。在所有情況下，檢證過程應根據 10 CFR Part63 Subpart G 的要求來進行。當商業級產品被指定用為基本組件時，其最終檢證是在美國能源部或其承包商接受該產品後所進行的。
- (c) 如果使用這些定義，美國能源部承諾遵守與定義相關的所有規定；
- (d) 其他定義在包含在 10 CFR 21.3 中特別適用於 10 CFR Part 63 的部分，並被要求適用於美國能源部商業級產品的檢證活動；及
- (e) 上述定義是優先使用的。然而，電力研究所(1988)NP-5652 提供了經美國核管會通函 89-02(Generic letter, 89-02)，美國核管會，1989)及通函 91-

05(Generic letter, 91-05, 美國核管會, 1991)所批准的商業級產品另外定義和指引。雖然這些文件適用於 10 CFR Part50 的持照者(licensees), 這些文件的某些內容可能適用於 10 CFR Part63 商業級產品的檢證活動。

- (9) 商業級產品檢證的抽樣計畫, 應符合本節接受準則 3 的抽樣要求;
- (10) 供應商的符合證明(certificate of conformance)應通過稽查、獨立檢驗或測試來定期評估, 以確保其有效, 並將結果保持記錄備查;
- (11) 品質保證計畫描述了責任、要求的說明書及程序, 所接受的服務包括接受第三方稽查及檢驗、工程及諮詢服務、安裝、維修、大修或維修工作; 商業級產品的檢證及測試。接受方法可能需要一個或多個類似於以下內容的活動:
 - (i) 數據的技術確認;
 - (ii) 監視, 稽查或來源檢驗;
 - (iii) 認可供應商的認證及報告之審查;
- (12) 為了購買美國機械工程師協會法規第三節產品項目, 美國核管員會認為法規認可的 NQA-1 參考版本與美國機械工程師協會法規第三節中其它品質保證、行政及報告要求之一起適用, 是可以接受的。此外, 亦須符合美國能源部的品質保證方案及適用條文的規定, 並且必須與美國機械工程師協會法規第三節一起適用。及
- (13) 對於美國機械工程師協會法規第三節有關供應商的稽查, 美國核管會的 86-21 號信息公告(information notice)及其兩項補充討論了美國核管會承認美國機械工程師學會的核能級標章(N stamp)持有人認證計畫, 美國能源部應採用其中所提供的法規指引。美國能源部使用美國機械工程師協會法規第三節來稽查供應商時, 應確認供應商是否能夠令人滿意地執行:
 - (i) 他們認可的美國機械工程師學會的品質保證方案(經美國能源部核准);
 - (ii) 美國能源部採購訂單所規定的技術和品質條條文;
 - (iii) 美國能源部品質保證方案的適用條款;
 - (iv) 法規的適用要求。

接受準則 8: 與材料、零件及組件(包括樣品)識別(identification)及管制有關的活動是可接受的。

- (1) 應建立管制程序, 敘述識別及控制材料(包括消耗品)、零件及組件, 包括樣品及部分製造的次組件等之管制。描述應包括組織責任、物理樣本的識別要求, 包括:

- (a) 以符合其預期用途的方式識別(identification)及管制樣品；
 - (b) 對樣本保持識別，或確保已建立或保持識別的方式；
 - (c) 樣品自最初收集至最終使用，均須經識別；
 - (d) 在樣品釋出使用前，對樣品識別進行檢驗及記錄；
 - (e) 樣本識別方法包括使用實體標示(physical markings)；及
 - (f) 如果實體標示是不切實際或不充分時，應採用其他適當手段。例如實體分離、標誌(labels)或標籤(tags)貼在袋子、容器或程序管制上。
- (2) 建立程序，確保產品、軟體或樣品或可追溯紀錄中進行識別，以排除使用不正確或有缺陷的產品。實體樣品的可追溯性要求包括：
- (a) 從樣品到實施文件或其他指定文件，應建立及保持樣品的識別方法，以確保樣品的可追溯性；及
 - (b) 樣品的可追溯性是確保樣品從收集到最終使用及任何測試後的保存，均可隨時追溯。
- (3) 對結構、系統及組件功能之安全重要的材料及零件的識別方法，應以適當文件追溯。例如如圖紙、規格、訂單、技術報告、鑽井位置及井錄[包括延芯(well bore)及深度)、測試記錄、安裝及使用記錄、製造及檢驗文件、偏差報告、物理化學研磨試驗報告；
- (4) 材料、零件及組件之正確識別，是在製造、組裝、運送及安裝之前進行確認及記錄；
- (5) 在釋出使用或分析前，確認樣品的正確識別並製成文件。管制樣品物理標示的要求如下：
- (a) 實體標示提供使用的材料和方法及清楚和清晰的識別；
 - (b) 實體標示不會對樣品含量或形式產生不利影響；
 - (c) 當樣品細分時，實體標示被轉移到每個細分樣品的識別；及
 - (d) 除非有其他識別方式，實體標示不被表面處理或樣品製備所掩蓋或隱藏。識別若有必要歸檔樣品，實施文件指定歸檔的代表性樣本。
- (6) 為提供產品的可追溯性(當法規、標準或規格要求時)，建立以下程序：(i)材料的適用規格及等級；(ii)熱、批次、批量(lot)、零件或序號；(iii)指定的檢驗、測試或其他記錄，如圖紙、採購訂單、偏差報告或不合格報告及其處置；

- (7) 分配責任及產品在長期貯存或不利條件下貯存，其識別保持程序及指令，如下：(i)保護產品標示及識別記錄，避免於環境暴露或不利貯存條件下引起的惡化；及(ii)恢復或更換老化或貯存條件而損壞的標示或識別記錄；
- (8) 分配責任，發布程序書(procedures)或指令：(i)確認產品及其有限日程表或使用壽命週期；(ii)建立庫存壽命(shelf life)、使用壽命(operating life)或剩餘週期(cycle remaining)的記錄；防止使用庫存壽命過期的產品；及防止進一步使用已經達使用壽命或週期結束的產品、組件或材料；
- (9) 裝卸(handling)、貯存及運送要求，包括：
- (a) 裝卸、貯存、清潔、包裝、運送及保存樣品，依據既定文件或其他指定文件來進行；
 - (b) 確認裝卸、貯存、清潔、包裝、運送及保存(preserving)產品的特殊措施，並用於關鍵、敏感、易腐敗的或高價值樣品；
 - (c) 必要時，為適當識別、保持及保存樣品，應建立樣品包裝、運送、裝卸及貯存的標示(marking)或標誌(labeling)措施；
 - (d) 為顯示存在特殊環境或有特殊管制必要時，應採用標示及標誌；
 - (e) 特殊樣品應要求特殊設備(如容器)及特殊保護環境(如惰性氣體、濕度及溫度限制)；
 - (f) 必要時，為確保裝卸安全和適當裝卸，使用及管制特殊裝卸工具及儀器；
 - (g) 在特定的時段，特殊裝卸工具及設備應依據實施文件進行檢驗及測試，以確認工具及設備得到適當的維護保養；及
 - (h) 應規定特殊裝卸及起重設備操作員的經驗及訓練資格；
- (10) 建立管制措施，防止不正確或有缺陷物品之不經意使用，及支持安全或廢棄物隔離功能的軟件或樣品；
- (11) 工作管制文件中敘明不符合品(如工作包、活環(traveler)或工作要求)，依據本節接受準則 15 的要求，進行文件記錄、評估及隔離；
- (12) 應識別及文件記錄不合格樣品的處理情況，並限於「按原樣使用」、「丟棄」或「重做」(rework); 及
- (13) 關於識別及管制材料、零件及組件(包括樣品)，美國能源部的品質保證方案其它要求亦應適用。

接受準則 9：與特殊製程管制相關的活動是可接受的。

- (1) 應敘述決定這些特殊製程的管制標準。若特殊製程之直接檢驗是不可能的或是有害的，應儘可能地提供這些製程的完整清單。特殊製程包括焊接、熱處理、非破壞檢測及化學清洗；
- (2) 組織責任，包括這些品質保證組織，敘述特殊製程、設備及人員條件或合格規定。
- (3) 與特殊製程有關的程序、設備及人員是需合格的，且應符合適用法規、標準、程序及規格；品質保證組織參與合格活動，是確保活動可以令人滿意的執行；
- (4) 應建立相關程序，為特殊製程所使用合格的程序、設備及人員，完成可接受過程的紀錄證據；
- (5) 與特殊製程有關的程序、設備及人員的合格紀錄，應予建立、建檔及隨時更新保存；
- (6) 當無適用法規、標準及規格提及特殊製程與科學調查有關的合格方法時，可考量以下方法：(i)儘可能進行原型測試(prototype test)，以證明製程可維持品質或生產具有品質的產品；(ii)綜合方法如同儕審查(peer review)、技術審查、開發模式及測試，可合理保證製程可維持品質或生產具有品質的產品。在所有情況下，為保證特殊製程及其相關的科學調查是受到管制且經由合格人員使用核定程序而完成的。
- (7) 與非破壞評估有關的特殊製程，應依據美國非破壞檢測協會之 TC-1A(美國非破壞檢測協會，1980 年)之要求來執行。非破壞評估人員的證照及資格應包括功能展示作為實際檢測的一部分。第三級非破壞檢測人員換照期限為 5 年，可替代美國非破壞性試驗協會(TC-1A)所規定的 3 年換照期限。

接受準則 10：與檢驗有關的活動是可以接受的。

- (1) 檢驗方案範圍的敘述，應表示已經建立了一個有效的檢驗方案，用於確認產品或活動符合特定要求。方案之程序提供了判定檢驗設備準確性的要求標準及確定何時需要檢驗的標準，並定義檢驗的執行方式和時間。品質保證組織參與上述的功能；
- (2) 對負責檢驗的組織進行適當的描述。執行檢驗的人員除執行或直接監督檢驗活動人員外，不直接向負責檢驗活動的直屬上司陳報。執行檢驗人員不屬於

品質保證組織的成員，其檢驗程序、人員資格標準，不適當壓力(成本、時程等)的獨立性，應在活動前經品質保證組織審查及認可；

- (3) 建立檢驗人員(包括非破壞檢測人員)資格認定方案，記錄檢驗人員的資格及認證現況；
- (4) 建立檢驗程序、工作說明書或稽查核對表(checklist)如下：確認檢驗活動的特徵；檢驗方法的敘述；依據本接收準則規定確定負責執行檢驗操作的個人或團體；接收及拒收標準；確定所需程序、圖紙、規格及版本；檢驗員或數據記錄員的身分紀錄及檢驗結果；必要的量測及測試設備規格，包括準確度要求；
- (5) 建立及描述程序，在有關文件中確定強制性停留查證點，除非指定的檢驗員進行檢驗，否則不得進行工作；
- (6) 對檢驗結果之記錄及評估，其可接受性由負責的個人或團體決定；
- (7) 當與場地正常運轉相關的檢驗(例如例行維護、監視、測試)由同屬一團體但並非現場執行或直接監督檢驗工作的人員執行時，需進行以下管制：(i)檢驗人員的資格標準，應在檢驗前由品質保證組織進行審查及認可；(ii)若檢驗活動涉及壓力保存產品破裂，可通過功能測試客觀證明其工作品質；及
- (8) 檢驗活動中的現場調查，須遵守本接受準則的要求及其它美國能源部的品質保證方案的規定。現場調查系統是屬於水平及垂直管制的永久性系統；按照實施文件，獲得指定特徵的準確定位及再定位，包括樣品或數據收集的位置；並受到適當的行政管制及方案要求。隨著檢驗工作的進行，相關調查文件的完整性可得到識別、維護及確認。
- (9) 檢驗活動的取樣計畫須符合本節接受準則 3 的取樣要求；及
- (10)對於未完全實施 10 CFR Part 63 品質保證方案 [NUREG-1298(美國核管會，1988 年)]，建立程序描述審查及收集產品之數據合格化的方法。

接受準則 11：與測試管制有關的活動是可以接受的。

- (1) 測試管制方案範圍的敘述，應展示已經建立了一個有效的測試檢驗方案，用於確認產品或活動符合特定的要求，使用中的產品可有令人滿意的功能。測試管制方案包括但不限於以下測試活動：從樣本獲取數據；原型合格測試；生產測試；安裝前進行保證試驗(proof test)；運轉前測試；支持現場特徵測試

(tests supporting site characterization)；支持科學調查測試；支持安全或廢棄物隔離功能的軟體測試；施工階段測試；及運轉測試。方案提供了判定測試設備準確性的要求標準及確定何時需要測試的標準，並確定測試活動的執行方式和時間。測試必須按照確定測試接受準則的書面測試程序執行，並視情況納入設計文件中的要求及接受限值；

(2) 依要求提供程序或指令，如下：

- (a) 適用設計和採購文件中所載明的要求及接受限值；
- (b) 進行測試的指令；
- (c) 測試先決條件，例如儀器的校正、適當的測試設備、儀器(包括準確度要求、待測試產品的完整性、環境條件的適當管制)、以及數據收集和貯存規定；
- (d) 美國能源部、承包商或檢驗員對強制性停留查證點的查證；(必要時)
- (e) 接受和拒收標準；及
- (f) 製成文件或記錄測試數據及結果的方法，以及確保符合測試先決條件的規定。

(3) 評估測試結果應製成文件及進行評估，其接受性由負責的個人或團體決定。

接受準則 12：與量測及測試設備有關的活動是可以接受的。

- (1) 方案內適當描述量測及測試設備的管制範圍，建立需管制的設備類型；
- (2) 為建立、實施及確保校準(calibration)方案的有效性，適當的描述品質保證及其他組織的職掌；
- (3) 詳細建立及描述用於結構、系統及件量測，檢驗及監測之量測與測試設備[儀器、工具、量具(gages)、固定裝置(fixture)]，參考與轉換標準以及非破壞檢測設備)的校準(技術及頻率)、維護及控制；
- (4) 描述這些程序的審查及同意記錄，並確認了負責這些功能的組織；
- (5) 確認量測及測試設備，並可追溯校準測試數據；
- (6) 以適當方法描述量測和測試設備被標識(labeled)或標籤(tagged)或「以其他方式管制」，如適當地描述下一次校準到期日這類的管制方法；
- (7) 量測及測試設備依據所要求的精準度、目的、使用程度、穩定特徵以及影響量測的其他條件，以特定時間間隔進行校準。該設備的校準準確度至少符合校準設備所需準確度的四倍，或者在不可能的情況下，具有確保校準設備具

有所需容忍度(tolerance)範圍內的準確性。接受的基礎由負責管理階層記錄及授權，以確認授權執行此功能；

- (8) 校準標準具有比受校準之標準更高的準確度。如果這種準確度可證明滿足要求，則可使用具有相同準確度的校準標準，並且接受的基礎由負責管理階層記錄和授權，確認授權執行此功能；
- (9) 參考與轉換標準具有可追溯到國家承認的標準。如果沒有國家標準，應建立記錄校準基礎的書面文件及記錄規定；
- (10) 當發現量測和測試設備並未校準時，採取措施並記錄以確定先前進行檢驗的有效性，以及自上次校準後檢驗或測試物品的可接受性。對於被判定為可疑的產品重複進行檢驗或檢測；及
- (11) 建立了過程、檢驗及測試所使用的量測和測試設備的選擇程序，其中：(i)適用於量測處理、檢驗或測試產品的特定性質；(ii)具有足夠的範圍、準確性及容忍度，以判定符合特定要求。

接受準則 13：與裝卸、貯存及運送有關的活動是可以接受的。

- (1) 應建立特定的裝卸、保存、貯存、清潔、包裝及運送的要求及程序，並通過適當訓練及適當資格人員，按照既定工作及檢驗指令來完成；
- (2) 建立及描述程序，以管制產品、樣品、材料、組件及系統的清潔、裝卸、貯存、包裝及運輸，按照設計及採購要求，排除溫度或濕度等環境條件造成的損壞(damage)、損失(loss)或劣化(deterioration)；
- (3) 說明化學品(chemicals)、試劑(reagents)、潤滑劑(lubricants)及其他消耗品之貯存規定[包括庫存壽命(shelf life)的管制]；
- (4) 描述了用於確認安全處理產品所需的特殊裝卸工具及設備規定。建立了對這些工具及設備之檢驗及測試規定，包括在規定的時間間隔內實施程序的規定，以驗證這些工具及設備是否受到適當的維護保養；及
- (5) 為了確認產品的目的，描述了用於標示(mark)或標誌(label)運送、裝卸或貯存產品的規定，以及這些品項在特殊環境下所需的管制。

接受準則 14：與檢驗、測試及運轉有關的活動是可以接受的。

- (1) 建立程序，以顯表示整個製造、安裝、測試及運轉中之結構、系統和組件的檢驗、測試及運轉狀態；

- (2) 應在產品上或在產品的追溯文件中確定檢驗及測試活動的狀況，以確保所需的檢驗及測試能夠執行，並確保未經檢驗及測試的產品不會不經意被安裝、使用或運轉；
- (3) 結構、系統及組件的檢驗、測試及運轉狀況應由狀態指標(status indicators)來識別，如實際位置標籤(tags)，標示(markings)，標誌(labels)，活環(travelers)、標章(stamp)、檢驗記錄或其他適當方式；
- (4) 建立程序及權限，描述先前所列出重點(bullet)之檢驗及焊接標章(welding stamp)及狀態指標的應用和移除之管制；
- (5) 建立程序並描述如何控制對廢棄物隔絕及安全重要之所需測試、檢驗及操作。此類活動應受到當初審查及核准相同的管制；
- (6) 不符合、不操作及故障之結構、系統和組件須經紀錄及識別，防止其不經意被使用。應清楚指定負責的組織；及
- (7) 建立程序，以防止不經意使用或操作已停用之結構、系統或組件。可通過控制面板、開關、斷路器或其他可以啟動使用或操作的位置，使用標籤或標示來顯示其操作狀態。

接受準則 15：與不符合材料、零件及組件有關的活動是可以接受的。

- (1) 建立程序書，敘述不符合材料、零件、結構、系統和組件及支持安全或廢棄物隔離功能的服務和電腦軟體，描述識別、記錄、隔離、審查、處理(disposition)及通報受影響的程序。如果處理並非是最後處置，程序規定授權人員對不合格品獨立審查的識別，包括處理及結尾(closeout)；
- (2) 建立防止不經意使用或安裝不合格產品的相關程序；
- (3) 描述與不符合品之管制有關品質保證及其他組織責任，包括確定處理不合格品之授權個人或團體；
- (4) 識別不符合品的書面文件，不合格品的敘述、不合格品之處理情況和檢驗要求；及處理的核准簽名。在不符合品進行運轉前測試方案之前，不合格品應得到改正或解決；
- (5) 重做、修理及替換產品，依照原廠檢驗、測試要求或可接受的替代方案進行檢驗及測試。使用與原始設計相當的設計管制措施，將不合格品處理為「按原樣使用」或「修復」，並記錄處理的技術基礎；

- (6) 不合格報告由品質保證組織定期分析，以顯示品質趨勢，重大結果陳報上級管理階層進行審查及評估；及
- (7) 除非不符合產品的處理建立了替代接受準則，應按照原先之接受準則，對重做或修理產品重新測試或檢驗。(如果是後者，則可能需要設計變更來支持其處理。)

接受準則 16：與改正行動有關的活動是可以接受的。

- (1) 建立有效的改正行動方案的程序。描述品質保證組織審查及同意的程序文件；
- (2) 在確定品質不利的狀況後，啟動改正行動並製成文件，例如材料、設備或樣品的不符合、失效(failure)、故障(malfunction)、不足(deficiency)、偏差(deviation)或缺陷(defect)。對品質的不良影響儘快地確認，並儘快改正。品質保證組織參與了同意改正行動的文件程序。品質保證組織採取後續追蹤行動，以確認改正行動是否適當，並及時結束改正行動；
- (3) 確定不良品質趨勢的程序，包括：(i)評估不符合性及其他相關文件，以確定不良品質趨勢並協助判定根本原因；(ii)及時確定不利趨勢；及(iii)及時向管理層報告不利趨勢；
- (4) 重大的品質不良、狀況原因及排除狀況重複發生措施，製成文件向直屬管理及高層管理階層報告，以進行審查和評估。包括當採取集體行動時，重複狀況較不顯著：
 - (a) 表示執行品質保證方案的程序性失敗；
 - (b) 可能是重大技術缺失或問題的前兆；或
 - (c) 可能降低安全餘裕。

對品質不利的重大條件也包括但不限於：(i)安全或廢棄物隔離功能的損失或可能損失，造成對公眾健康及安全保護程度的降低；(ii)安全或廢棄物隔離功能的損失或潛在的損失，造成對工作人員安全保護程度的降低；(iii)同因失效(common failure)；及(iv)任何不利的品質趨勢。

接受準則 17：與品質保證紀錄有關的活動是可以接受的。

- (1) 品質保證紀錄需對品質提供特定、準備及維護(maintenance)的文件證據。這些記錄必須清晰、可識別及可追溯的。必須建立品質保證記錄的傳送、分發(distribution)、保留(retention)、保持及處理的要求及責任，並製成文件。

- (2) 描述了品質保證記錄方案的範圍。品質保證記錄包括科學、工程及運轉數據和日誌(logs); 審查、檢驗、測試、稽查及材料分析結果；監測工作功能(performance); 維護及修改程序及相關檢驗結果；可報告的事件；支持安全或廢棄物隔離功能的電腦軟體；人員、程序及設備合格條件；以及其他文件例如設計記錄、圖紙、規格、採購文件，校準程序及報告、設計審查報告，同儕審查報告、不合格報告、改正行動報告、建造圖紙(as-built drawings)及運轉前及封閉後操作條件所需的其它紀錄；
- (3) 確定品質保證及其他組織，並敘述其職掌範圍內與品質保證記錄相關活動的定義及實施，特別是在保存(retention)及記錄貯存期間；
- (4) 建立標準，在程序書內敘述判定何時文件成為品質保證記錄的程序，以及此類記錄的保存期限，受到本節的管制；
- (5) 建立敘述文件/記錄、審查及確定品質保證記錄準確性方法的程序，包括實驗室及現場筆記本和日誌、數據表(data sheet)、數據簡化文件及支持安全或廢棄物隔離功能的軟體；
- (6) 檢驗及測試記錄包含以下內容：觀察類型的描述; 檢驗或測試日期及結果; 有關品質不良的訊息; 檢驗員或數據記錄員的識別; 結果可接受性的證據; 解決任何差異所採取的行動；
- (7) 對品質保證記錄的處理情況訂定規定，包括：確定保記錄處理受到最嚴格的管制要求(可能是美國核管會以外機構的要求)；確保供應商的非永久性記錄在所需期間內得到適當的管制及保存；並確保品質保證記錄受到保護，免受損壞、劣化或損失；
- (8) 建立適當的管制措施，在產品進入並貯存於品質保證記錄存儲區域之前，敘述了品質保證記錄的管制、保護及保存措施；
- (9) 描述貯存、保存(preservation)及保管(safekeeping)品質保證記錄的適當設施，符合 NQA-1-1983(美國機械工程師協會，1983 年)補充 17S-1 第 4 節「貯存、保存及保管」的要求，「品質保證記錄的補充要求」；
- (10) 「管制議題總結 2000-18」(美國核管會，2000 年)對於使用電子媒體貯存品質保證紀錄，提供了指引；
- (11) 「雅卡山審查計畫」2.5.1.5 節中，敘述有關可供參考的紀錄規定；

(12) 關於品質保證紀錄，NQA-1-1983(美國機械工程師協會，1983 年)補充 17S-I 「品質保證紀錄補充要求」第 2.8 節「紀錄保存」指出，非永久性紀錄的保留期限需要以書面形式確定。程序性非永久性紀錄應保留至少 10 年或為產品壽命(當產品壽命少於 10 年時)。程序化非永久性紀錄應考量保存期自改正活動完成後起算。設施申照前的產品，其非永久性紀錄應考量保存期自交貨完成後起算。此外，產品及程序化非永久性紀錄應至少保存至運轉期前封閉(preclosure)活動開始為止。「管制指引」1.28(美國核管會，1985 年)的表 1 列出了產品非永久性紀錄、壽命紀錄及保存期限的清單。與「管制指引」1.28 表 1 清單中相似的紀錄，可要求作為處置場紀錄的保存期限。儘管表 1 是一個詳細的清單，但美國能源部的職掌是根據 10 CFR 63.142 的紀錄部分規定，確保自己有足夠紀錄提供影響品質活動的證據。表 1 目前不適用於運轉前測試或運轉階段紀錄，因此時最終設計及操作實務尚未開發。此外，表 1 亦未提到場址特徵紀錄。吾人應該認識到這些紀錄的命名可能有所不同，對於未列入表 1 中的紀錄，此類紀錄大部分敘述討論中的紀錄，應追蹤其保存期限。以下定義適用於紀錄：

- (a) 程序性非永久性紀錄是用來規定影響品質活動的文件，但不被視為永久性紀錄。這些紀錄包括規定影響品質活動的規劃、執行及稽查文件。此類紀錄如稽查清單(audit checklist)、稽查結果及用於人員合格檢定及測試的實際測驗等紀錄；及
 - (b) 依據適當要求而設計、建造的處置場特定的結構、系統及組件，其產品的非永久性紀錄文件，沒有必要保存它們作為壽命紀錄。這些紀錄包括設計、確認數據(verification data)、接收紀錄、校準紀錄，保存紀錄、檢驗紀錄、與在職檢驗無關的 X 光片，以及未另行指定為壽命紀錄的測試紀錄。
- (13) 此接受準則 (即品質保證紀錄相關的接受準則 17)，可以用於更新場址特徵調查、運轉前測試及運轉紀錄。這項更新取決於美國能源部活動品質保證方案中紀錄的詳細程度。 [注意：潛在的申照條件]

接受準則 18：與稽查(audits)有關的活動是可以接受的。

- (1) 建立相關組織職掌及程序，以記錄及審查稽查結果及指定管理階層審查及評估稽查結果；

- (2) 進行內部及外部稽查，以確保程序及和活動遵守整體品質保證方案由以下方面執行：
- (a) 成立品質保證組織對品質相關程序及活動提供全面的獨立稽查及評估；及
 - (b) 美國能源部(主承包商)驗證及評估供應商的品質保證方案、程序及活動。
[註：內部和外部稽查是由美國能源部及其承包商來進行，以確認產品、服務及活動符合整體品質保證方案的各個方面，並確定品質保證方案的有效性。美國能源部及其承包商應對主承包商(prime contractor)、分包商(subcontractors)、顧問、供應商(vendors)及實驗室進行稽查。
- (3) 稽查方案應處理稽查的規劃及執行情況：(i)確認是否符合影響品質的圖面(drawings)、說明、規格及其他要求；及(ii)判定品質保證方案的有效性；
- (4) 稽查方案是確認要執行的稽查、頻率及時間表。應根據進行執行中的活動狀況及對安全的重要性定期進行稽查，且在設計、採購、製造、建造、安裝、檢驗、測試及功能確認期間，應儘早啟動以確保品質保證的有效性。對稽查的時程安排，NQA-1-1983(美國機械工程師學會，1983年)補充 18S-1 第 2 節「時程安排」，「稽查的補充要求」，要求以提供稽查範圍與進行中的品質保證方案活動進行協調來進行稽查時程安排。「管制指引 1.28」(美國核管會，1985年)第 C.3.1 節「內部稽查」及 C.3.2「外部稽查」所提供的指導原則被認為是可接受的，可應用於稽查時程及其相關活動的安排；
- (5) 稽查包括：(i) 對與品質相關的實務(practices)、程序、指示、活動及品項進行客觀的方案和技術評估；及(ii) 審查文件及記錄，包括支持安全或廢棄物隔離功能的軟體及樣品測試數據。進行稽查計以確保上述(i)和(ii)是可以接受的，並確保品質保證方案有效及適當的執行；
- (6) 訂定規定要求在適用 10 CFR Part 63 所要求的領域進行稽查。經常被忽視但應包括的領域如下：
- (a) 判定影響場址安全的現場特徵(如場址特徵、功能確認、鑽心抽樣，場地及地基準備及方法論)；
 - (b) 早期採購的準備、審查、批准及管制；
 - (c) 教育(indoctrination)及訓練方案；
 - (d) 美國能源部及主承包商間的介面管制；

- (e) 改正行動、校準及不合格品管制系統；
- (f) 安全分析報告的承諾；
- (g) 支持安全或廢棄物隔離功能的電腦軟體之開發及管制；
- (h) 購買美國機械工程師協會第三節法規內產品品項。 [註：為購買這些產品，美國核管會只承認美國機械工程師學會第三節法規(美國機械工程師協會，1998 年)某些版本及增修條文，並且間接承認品質保證法規中所引用的標準。美國核管會認為參考版本的 NQA-1(美國機械工程師協會，1983 年)僅適用於美國機械工程師協會第三節法規內產品的建造，且 NQA-1 與美國機械工程師協會第三節法規中其他的品質保證、行政及報告要求之結合使用是可以接受的，但也須符合美國能源部其他適用的品質保證方案及要求]；
及
- (i) 美國機械工程師協會第三節法規供應商的稽查。 [註：美國核管會信息公告 86-21(美國核管理委員會，1986 年)討論了美國核管會承認美國機械工程師學會核能標章(Nstamp)持有人的認證方案，其中提供的法規指導應由美國能源部使用。
- (7) 稽查資料由品質保證組織及適當的技術人員分析。提出報告描述了品質問題及品質保證方案的有效性，包括需要對有缺失的領域進行稽查，陳報給管理階層進行審查及評估；
- (8) 按照預先建立的書面程序或查核表進行稽查。並由經訓練、合格、有能力的品質保證及具備稽查領域專業知識的技術人員進行稽查，稽查小組成員不得直接參與被稽查的工作；
- (9) 現場品質保證組織不得向場外組織報告：
 - (a) 場外品質保證機構進行充分的稽查，以確認現場品質保證組織進行活動的是當性；
 - (b) 場外品質保證組織審查並同意現場品質保證組織稽查時程及其範圍；及
 - (c) 現場品質保證組織的稽查結果提供給場外品質保證組織審查及評估。
- (10) 建立稽查結果追溯追蹤系統，以確保所有稽查發現結果得到適當的處理、優先排序及趨勢化；
- (11) 被稽查組織提出正式報告敘述稽查發現及其改正行動。該報告提交給稽查

組織及被稽查組織的管理單位；及

(12) 建立規定，敘述確保每個稽查發現的原因得到確認及其改善行動，並採取跟催行動以確保缺陷能得到適當的結案。

2.5.1.4 審查發現

如果申請執照提供充分的訊息，並且適當地滿足第 2.5.1.3 節中的管制接受準則，幕僚人員的結論是這部分幕僚人員的評估是可以接受的。評審人員撰寫適合納入整個申請準備的安全評估報告(SER)的材料。報告包括對審查內容的總結說明，以及審查人員為何可以接受。幕僚人員可將審查情況製成文件如下：

審查者將依據滿足與美國能源部與品質保證方案有關的適用法規要求，準備審查發現。如果審查者得出結論，初始申請提供的資訊或隨後的品質保證方案變更敘明品質保證方案符合接受準則(或可接受的替代方案)，品質保證方案應視為可接受的。在審查過程中，美國能源部根據審查者的要求提供更多資訊，而使問題獲得釐清。審查者將證實是否提供了足夠的資訊，審查是否充分完整以支持將以下類型的結論納入安全評估報告。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告及其他支持申請執照所提出的資訊，並合理保證滿足 10 CFR 21.3 的要求。適當的定義已經適用於美國能源部商業級產品的檢證。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告及其他提交的支持執照申請的資料，合理保證滿足 10 CFR 63.44 的要求。已經提供了適當的管制變更、測試及實驗的程序。

美國核管會幕僚人員已經審查了安全分析報告和其他提交的支持執照申請的資料，並合理保證滿足 10 CFR 63.73 的要求。已經建立了適當的程序報告缺失。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告及其他提交的支持執照申請的資料，合理保證滿足 10 CFR 63.21(c)(20)的要求。已經提供了對執照申請所需提交內容的要求，因為已經對安全具有重要性的結構、系統及組件以及對廢棄物隔離具有重要性的工程及和自然障礙的品質保證方案提供的適當描述，包括討論如何滿足 10 CFR. 63.142 的要求。

美國核管會幕僚人員已經審查了安全分析報告和其他提交的支持執照申請

的資料，並合理保證滿足 10 CFR 63.141 的要求。所提供的品質保證方案的描述是在適當的範圍內，包括品質管制。

美國核管會幕僚人員已經審查了安全分析報告和其他提交的支持執照申請許可的資料，並合理保證滿足 10 CFR 63.142 的要求。執照申請資料中描述的品質保證方案滿足申請要求，及適用於對安全具有重要性的所有結構、系統及組件之設計及描述對廢物隔離具有重要性的障壁設計及特徵之特定標準及相關活動。美國核管會幕僚人員已經審查了安全分析報告和其他提交的支持執照申請許可的資料，並合理保證滿足 10 CFR 63.143 的要求。品質保證方案的描述，滿足了依據 10 CFR 63.142 所要求的標準執行方案的要求。

美國核管會幕僚人員已經審查了安全分析報告和其他提交的支持執照申請許可的資料，並合理保證滿足 10 CFR 63.143 的要求。品質保證方案的描述滿足要求，並遵循對以前接受的品質保證方案進行更改的程序，以因應美國核管會批准或不需批准的情況。

根據對美國能源部執照申請所提品質保證方案的詳細審查及評估，美國核管會幕僚人員作人員合理保證發現：

- (1) 執行品質保證功能之個人及組織，具有有效執行品質保證方案的獨立性及授權，並沒有來自品質保證方案之成本及時程直接負責人的不當影響；
- (2) 品質保證方案描述了要求、程序及管制，當正確實施時，符合 10 CFR Part 63 Subpart G 的要求；10 CFR 63.73 的要求；「雅卡山審查計畫」這一節(2.5.1)的標準；以及「雅卡山審查計畫」第 2.5.1 節所提出的管制要求、文件和立場；可提供美國能源部品質保證方案的簡要敘述，還有此方案較重要的方面。
- (3) 品質保證方案涵蓋了影響安全分析報告中所確認對安全具有重要性之結構、系統與組件及對廢棄物隔離重要之障壁的活動。基此，幕僚人員結論認為美國能源部對品質保證的描述符合美國核管會適用法規與工業標準，品質保證方案可在處置場生命週期各階段實施(具體說明：設計、採購、建造，運轉等)；
及
- (4) 美國能源部品質保證方案的描述符合美國核管會的適用規定。

2.5.2 紀錄、報告、試驗、及檢驗

雖然美國能源部在建造執照審核期間，沒有預期要完成紀錄、報告、試驗、

及檢驗的程序與規劃，但是美國能源部應針對 10CFR 63.71 與 63.72 所規定的紀錄保存提出擬採行方案的說明。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.5.2.1 審查範圍

本節審查紀錄、報告、試驗、及檢驗的程序。審查委員將審查 10CFR 63.21(c)(23)所規定的資訊。美國核管會的官員將採用第 2.5.2.2 與 2.5.2.3 節所述的審查方法與接受準則，來審查美國能源部管理紀錄、報告、試驗、及檢驗程序中與下列項目有關的部分：

- (1) 接收、操作、及處置放射性廢棄物所擬議的紀錄
- (2) 建造紀錄；及
- (3) 確保未來世代使用紀錄的方法。

2.5.2.2 審查方法

審查方法 1：紀錄與報告

確認美國能源部將遵照執照所規定的條件，或美國核管會的法規與命令，來保存紀錄與報告。

確認在地質處置場運轉區接收、操作、及處置放射性廢棄物的紀錄，有提報廢棄物由貨主歷經貯存至處置所有各階段的詳細資訊。

驗證在雅卡山場址地質處置場運轉區的建造紀錄，有適當地詳細說明其建造與結果竣工配置。驗證建造紀錄至少包括下列各項：

- (1) 以易於識別的地面特徵或碑為參考點，來調查地底設施的挖掘、豎井、坡道、以及鑽孔；
- (2) 所遭遇到地質材料與結構的說明；
- (3) 地質圖與地質截面；
- (4) 滲漏的位置與數量；
- (5) 詳細的建造設備、方法、進度、以及工作序列；
- (6) 建造問題的說明；
- (7) 所遭遇到的異常條件；
- (8) 儀器的位置、讀數、及分析；
- (9) 結構支撐系統的位置與說明；

- (10)脫水系統的位置與說明；
- (11)在永久封閉後，用以闡明場址的碑之詳細資料、安置方法、及位置；
- (12)所採用密封的詳細資料、安置方法、及位置；以及
- (13)地質處置場運轉區的設計紀錄例如規格與竣工圖。

確認地質處置場運轉區的建造紀錄與放射性廢棄物的接收、操作、及處置紀錄將遵照 10 CFR 63.51(a)(3)的規定保存，以確保未來世代能夠使用。

2.5.2.3 接受準則

下列的接受準則是基於符合 10CFR 63.71、63.72、63.74、及 63.75 有關紀錄、報告、試驗、及檢驗的規定。

接受準則 1：美國能源部將遵照執照條件或美國核管會的法規與命令，來保存適當的紀錄與報告。

- (1) 美國能源部將遵照執照條件的規定或美國核管會的法規與命令所可能要求，來保存適當的紀錄與報告；
- (2) 放射性廢棄物在地質處置場運轉區的接收、操作、及處置紀錄，應提報廢棄物由貨主歷經貯存至處置所有各階段的詳細資訊；
- (3) 在雅卡山場址地質處置場運轉區的建造紀錄，應適當說明建造的詳細資訊與結果的竣工配置。建造紀錄至少應包括下列各項：
 - (a) 以容易識別的地面特徵或碑為參考點，來調查地底設施挖掘、豎井、坡道、及鑽孔；
 - (b) 所遭遇到地質物質與結構的說明；
 - (c) 地質圖與地質截面；
 - (d) 滲漏的位置與數量；
 - (e) 詳細的建造設備、方法、進度、及工作序列；
 - (f) 建造問題的說明；
 - (g) 所遭遇到的異常條件；
 - (h) 儀器的位置、讀數、及分析；
 - (i) 結構支撐系統的位置與說明；
 - (j) 脫水系統的位置與說明；

- (k) 在永久封閉後，用以闡明場址的碑之詳細資訊、安置方法、及位置；
 - (l) 所採用密封的詳細資訊、安置方法、及位置；以及
 - (m) 設施設計紀錄例如規格與竣工圖。
- (4) 美國能源部將遵照 10CFR 63.51(a)(3)的規定，保存地質處置場運轉區的建造紀錄與放射性廢棄物的接收、操作、及處置紀錄，以確保未來世代能夠使用該紀錄。

2.5.2.4 審查發現

假若執照申請文件提報詳細的資訊，且適當地滿足第 2.5.2.3 節的接受準則，美國核管會的官員結論為此部分的審查，官員可以接受。審查委員撰擬適合包含於為整個申請案所撰寫安全審查報告的資料。此報告包括一摘要說明審查內容為何與為何審查委員認為所提報的資訊可以被接受。官員可以將審查結果記載如下：

美國核管會幕僚人員已經審查安全分析報告與其他用以支持執照申請所提報的文件，且發現其有合理保證滿足 10CFR 63.71 的規定。美國能源部已經提報放射性廢棄物接收、操作、及處置的記錄保存與報告方案之適當說明。這些方案也支持執照條件的規定或美國核管會的其他法規與命令。因此，美國能源部符合處置場作業紀錄保存與報告的規定。

美國核管會已經審查安全分析報告與其他用以支持執照申請所提報的文件，且發現其有合理保證可以符合 10CFR 63.72 的規定。美國能源部已經提報建造紀錄與紀錄保存方案的適當說明。因此，美國能源部符合地質處置場運轉區建造紀錄保存的規定。

2.5.3 人員培訓和認證

在處置場建造許可定案之前的階段，美國能源部預計尚未備妥相關人員培訓和認證的程序與計畫，但是美國能源部將會發展並執行此計畫以達成到或超越本節的接受準則。

2.5.3.1 美國能源部有關地質處置場營運區建造及營運的組織結構

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.5.3.1.1 審查範圍

本節審查美國能源部有關於地質處置場營運區建造及營運的組織結構，審查者將依據 10 CFR 63.21(c)(22)(i)所要求的資訊來進行評估。

幕僚人員依據 2.5.3.1.2 和 2.5.3.1.3 中的審查方法和接受準則，針對美國能源部有關於地質處置場營運區建造及營運的組織結構評估下列項目。

- (1) 美國能源部對於現場與總部幕僚人員、主承包商、分包商、顧問、服務機構、以及其他受影響的組織，界定其職責及決策權；
- (2) 每個組織的辦公室地址以及聯絡窗口的身份；
- (3) 授權程序。

2.5.3.1.2 審查方法

審查方法 1：定義職權

確認美國能源部在地質處置場營運區建造及營運期間，充分界定其職責和決策權，使職責的行使可以追溯到管理和幕僚階層(現場與總部)；承包商；分包商；顧問；服務機構；及其他受影響的組織。

確認在執照申請階段提供之資料，包含各組織辦公室地址、聯絡窗口、電話、傳真號碼或電子郵件地址。

審查方法 2：授權委任程序

確認對日常或緊急情況下有採取行動權責之職位有適當的授權委任程序。確認有明確的一方，具有執行的職責和足夠的權力、及適當的資格。依據雅卡山審查計畫第 2.5.6 節審查本程序的發展與維護。

2.5.3.1.3 接受準則

以下接受準則按照 10 CFR 63.21(c)(22)(i)的要求。

接受準則 1：適當地定義職責

- (1) 美國能源部在地質處置場營運區建造及營運期間，充分界定其職責和決策權，使職權的行使可以追溯到美國能源部的管理和幕僚階層(現場和總部)；承包商；分包商；顧問；服務機構；及其他受影響的組織；
- (2) 在執照申請文件中提供之資料，包含各組織辦公室地址、聯絡窗口、電話、傳真號碼或電子郵件地址。

接受準則 2：適當的授權委任程序

(1) 確認對於日常或緊急情況下有採取行動權力之職位，備有適當的授權委任程序。有明確的一方，具有其執行的職責和足夠的權力、及適當的資格。

2.5.3.1.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠的資訊，且適當地滿足 2.5.3.1.3 節的監管接受準則，則幕僚人員可以得出結論，認為此部分的評估為可接受的。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會幕僚人員審查了安全分析報告和其他支持執照申請的資訊，合理的認為符合 10 CFR 63.21(c)(22)(i) 的要求。美國能源部提供了一個有關於地質處置場營運區建造及營運的適當組織結構，包含授權委任與職責指派。

2.5.3.2 地質處置場營運區安全與營運重要職位之指定職責

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

在建造許可決定階段，美國能源部並無需要重要職位的具體人選。因此，在申請執照時，本節中定義的部分審查可延遲辦理。在申請接收、處理、貯存或處置高放射性廢棄物時，美國能源部需要確定重要職位的具體人選。

2.5.3.2.1 審查範圍

本節審查地質處置場營運區安全與營運重要職位之指定職責。審查者以 10 CFR 63.21(c)(22)(ii) 的要求評估資訊。

幕僚人員將根據 2.5.3.2.2 和 2.5.3.2.3 節中的審查方法及接受準則，針對地質處置場營運區安全和營運重要職位之指定職責進行以下評估。

- (1) 描述地質處置場營運區有關安全重要職位的指定職責，包括每個職位的基本技能和經驗；
- (2) 確定重要職位的代理人。

2.5.3.2.2 審查方法

審查方法 1：重要職位的描述

確認美國能源部充分描述地質處置場營運區每個重要職位，包括每個職位所需的基本技能和經驗。這些職位包含在健康物理學、核臨界安全、培訓和認證、緊急應變計畫、營運、維護、工程、以及品質保證等方面負責者。

依據每個重要職位所需的基本技能和經驗，確定指定有合格的代理人，可在

地質處置場營運區重要職位人選出缺時代理行使其職務。

2.5.3.2.3 接受準則

以下接受準則是基於符合 10 CFR 63.21(c)(22)(ii)的要求。

接受準則 1：地質處置場營運區安全的重要職位被充分描述

- (1) 美國能源部充分地描述在地質處置場營運區每個重要職位，包括每個職位所需的基本技能和經驗；
- (2) 依據每個重要職位所需的基本技能和經驗，已指定合格的代理人，可在地質處置場營運區重要職位人選出缺時代理行使其職務。

2.5.3.2.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠資訊且適當地滿足 2.5.3.2.3 節的接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.21(c)(22)(ii)的要求。美國能源部充分說明了地質處置場營運區安全與營運重要職位之指定職責以及擔任這些職位人員的資格。

2.5.3.3 人員資格和培訓要求

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

在建造許可決定之時，美國能源部尚不需要備有美國核管會批准的人員培訓和資格認證計畫。美國能源部必須備妥美國核管會批准的人員培訓和資格認證計畫，方才能接收、持有、處理、貯存或處置高放射性廢棄物。

2.5.3.3.1 審查範圍

本節針對人員資格和培訓要求加以審查，審查者將依 10 CFR 63.21(c)(22)(iii)要求的資訊進行評估。

工作小組將根據 2.5.3.3.2 和 2.5.3.3.3 節中的審查方法及接受準則，評估人員資格和培訓要求的以下內容。

- (1) 人員選擇、培訓和認證的標準；
- (2) 地質處置場營運區的人員培訓、能力測試和認證計畫；
- (3) 管理和維護培訓計畫的程序；

- (4) 營運前及營運放射性物料的培訓計畫；
- (5) 操作員和監管員的培訓和認證計畫以及對安全具有重要性的結構、系統與組件的要求；
- (6) 操作員和監管員的重新認證計畫；
- (7) 設備操作人員的體格要求以及對安全具有重要性的控制；
- (8) 保安人員的選擇和培訓方法；
- (9) 評估操作員測試程序的方法；
- (10)地質處置場營運區對安全具有重要性的重要職位之人員資格。

2.5.3.3.2 審查方法

審查方法 1：人員選擇、培訓和認證的標準

確認人員選擇、培訓和認證的各種標準是足夠的。例如，美國能源部可以依照 10 CFR 55.4 中所述的系統方式進行培訓。

審查方法 2：地質處置場營運區的人員培訓、能力測試和認證計畫

管制準則 1.8 「核電廠人員資格與培訓」(美國核管會，2000 年)中列有另外的準則，可用於審查核能設施操作員訓練計畫。

確認培訓計畫建立了地質處置場營運區人員資格的基礎，並定義了操作員、監管員以及其他工作人員的資格要求。此計畫的特性應符合美國國家標準協會/美國核能學會 3.1 的第 5.1 節「一般原則」；第 5.3 節「不須美國核管會執照的人員培訓」；第 5.4 節「一般雇用人員培訓」；第 5.5 節「重新培訓」。確認在地質處置場營運區接收廢棄物之前，其培訓計畫獲得美國核管會核准。

確認美國能源部有相關程序，以管理和維護培訓計畫。這些程序應包含負責制定培訓計畫的人員，進行培訓；重新培訓員工(包括新雇用員工)；受過培訓的人員維持狀況以及最新紀錄。程序的發展與維護依據雅卡山審查計畫的第 2.5.6 節審查。

確認美國能源部對每項工作類別有具體的培訓要求。

確認美國能源部會及時安排培訓新雇用人員。

審查方法 3：操作前與操作放射性物質的培訓計畫

藉由管制準則 8.29「職業輻射暴露風險說明」(美國核管會，1996 年)；NUREG-

0713「核反應堆和其他設施的職業輻射暴露」(Raddatz 和 Hagemayer, 1995 年); ASTM E 1168「核能設施供人輻射防護訓練」(ASTM, 1995 年); 管制準則 8.8「確保核電廠職業輻射暴露可能達到合理低值的相關資訊」第 C.1.c 段(美國核管會, 1984 年), 以審查核能設施運作的操作員操作放射性物質之訓練計畫。

確認美國能源部將在執行相關放射性物質操作之前(即操作前培訓)實施放射性物質操作培訓計畫。確認美國能源部接收放射性物質前, 完成操作員的培訓與認證。

確認操作員輻射安全培訓, 包括輻射的性質和來源、控制汙染的方法、輻射與物質間的相互作用、輻射的生物效應、監測設備的使用等相關主題, 以及設施授權進入與造訪的控制、去污程序、個人監測與防護設備的使用、監管和行政暴露與汙染限制、現場危害、危害控制原則等相關可實現的項目。

確認每年接受超過 100 mrem(1 mSv)職業劑量的人員, 依據 10 CFR 19.12 的要求, 有關於接觸放射性物質或輻射的健康保護問題。

根據 10 CFR 20.1206 的內容, 確認在任何特殊暴露情況發生前, 被告知估計劑量及相關風險。

確認美國能源部為所有其職責所需的人員提供輻射防護和設施暴露控制程序的培訓: (i)使用放射性物質; (ii)進入輻射區域; (iii)指導工作環境有放射性物質或進入輻射區域的其他人之活動。

確認其職責係無須進入輻射區域或使用放射性物質的設施工作人員, 在輻射防護和設施相關制度有充分的指示, 說明不須進入這些區域的原因。

審查方法 4: 與安全重要相關的設備和控制操作

確認被認為與安全重要相關的設備和控制操作人員, 對其操作過程進行培訓和認證, 或是經過培訓和認證的人員在旁監管。

確認監管與安全重要相關的設備和控制的監管人員, 在此項操作中進行培訓和認證。

確認操作的培訓包括結構、系統與組件的安裝、設計和操作; 去污程序; 緊急程序。

審查方法 5: 與安全重要相關的結構、系統與組件的操作人員和監管人員重新分配計畫

確認美國能源部針對操作人員、監管人員以及其他工作人員，制定了適當的計畫。

確認培訓和測驗紀錄的頻率、性質和持續時間。確認重新培訓會定期進行，至少每 2 年進行一次。

審查方法 6：身體狀況以及人員健康狀況

此審查的額外島則為管制準則 1.134「核電廠經認證人員的醫療評估」(美國核管會，1998 年)。

選擇操作此項設備和控制的人員時，確認可能會影響判斷或身體協調的任何狀況，以致操作員無法執行與安全重要相關的活動。受到影響的判斷或身體協調的條件不需要明確取消對與安全重要相關的設備與控制之操作，只需要進行適當的規定以適應任何狀況。

審查方法 7：選擇、培訓和認證保安人員

依據 10 CFR 73.55(b)(4)(ii)的要求，選擇保安人員(包括看守人員以及武裝人員等)並描述其認證的過程。這些資訊提供作為實體安全計畫的其中一部份，並依據雅卡山審查計畫第 1.3 節進行審查。確認選擇和培訓的標準符合 10 CFR Part 73 附錄 B 的保安人員標準。管制準則 5.20「警衛和看守人員的培訓、裝備與認證」(美國核管會，1974 年)提供其他準則。

審查方法 8：評估操作員測試程序的方法

確認描述了評估培訓計畫有效性的方法，並藉由與既定目標和標準比較以確定計畫的有效性。

審查方法 9：人員資格

根據維持重要職位所需的最低技能和經驗，評估分配給地質處置場營運區與安全重要相關的重要職位之人員資格。

2.5.3.3 接受準則

以下的接受準則必須滿足 10 CFR 63.151、63.152 以及 63.153 的要求。

接受準則 1：人員選擇、培訓和認證的適用標準。

(1) 人員選擇、培訓和認證的方法，所使用的任何標準是足夠的。

接受準則 2：地質處置場營運區的人員培訓、能力認證和認證計畫是可接受的。

(1) 培訓計畫充分確定了地質處置場營運區的人員資格，確定操作員、監管員以

及其他工作人員的資格要求。此計畫的特性符合美國國家標準協會/美國核能學會 3.1 的第 5.1 節「整體方面」；第 5.3 節「不須美國核管會執照的人員培訓」；第 5.4 節「一般雇用人員培訓」；第 5.5 節「重新培訓」。在地質處置場營運區接收廢棄物之前，確認其培訓計畫得到美國核管會核准；

- (2) 確認美國能源部有相關程序，以管理和維護培訓計畫。這些程序應包含負責制定培訓計畫的人員，進行培訓；重新培訓員工(包括新雇用員工)；受過培訓的人員維持狀況以及最新紀錄；
- (3) 確認美國能源部對每項工作類別有具體的培訓要求；
- (4) 確認美國能源部會及時安排培訓新雇用人員。

接受準則 3：提供可接受之操作前與操作放射性物質的培訓計畫。

- (1) 美國能源部將在執行相關放射性物質操作之前(即操作前培訓)實施放射性物質操作培訓計畫。在美國能源部接收放射性物質前，完成操作員的培訓與認證；
- (2) 操作員輻射安全培訓，包括輻射的性質和來源、控制汙染的方法、輻射與物質間的相互作用、輻射的生物效應、監測設備的使用等相關主題，以及設施授權進入與造訪的控制、去污程序、個人監測與防護設備的使用、監管和行政暴露與汙染限制、現場危害、危害控制原則等相關可實現的項目；
- (3) 每年接受超過 100 mrem(1 mSv)職業劑量的人員，依據 10 CFR 19.12 的要求，有關於接觸放射性物質或輻射的健康保護問題；
- (4) 根據 10 CFR 20.1206 的內容，在任何特殊暴露情況發生前，告知其估計劑量及相關風險；
- (5) 美國能源部為所有其職責所需的人員提供輻射防護和設施暴露控制程序的培訓：(i)使用放射性物質；(ii)進入輻射區域；(iii)指導工作環境有放射性物質或進入輻射區域的其他人之活動；
- (6) 其職責係無須進入輻射區域或使用放射性物質的設施工作人員，在輻射防護和設施相關制度有充分的指示，說明不須進入這些區域的原因。

接受準則 4：與安全重要相關的設備和控制操作，僅限於經過培訓和認證的人員或由具有培訓和認證的人員在旁監管。

- (1) 與安全重要相關的設備和控制操作人員，對其操作過程進行培訓和認證，或

是經過培訓和認證的人員在旁監管；

- (2) 監管與安全重要相關的設備和控制的監管人員，在此項操作中進行培訓和認證；
- (3) 操作的培訓包括結構、系統與組件的安裝、設計和操作；去污程序；緊急程序。

接受準則 5：提供與安全重要相關的結構、系統與組件的操作人員和監管人員重新分配計畫。

- (1) 美國能源部針對操作人員、監管人員以及其他工作人員，制定了適當的計畫；
- (2) 培訓和測驗紀錄的頻率、性質和持續時間。重新培訓會定期進行，至少每 2 年進行一次。

接受準則 6：與安全重要相關的設備和控制操作人員的身體狀況以及人員健康狀況，避免可能危及其他廠內人員或公共衛生和安全的操作性錯誤不會發生。

- (1) 選擇操作此項設備和控制的人員時，可能會影響判斷或身體協調的任何狀況，以致操作員無法執行與安全重要相關的活動。

接受準則 7：選擇、培訓和認證保安人員的方法是可接受的。

- (1) 依據 10 CFR 73.55(b)(4)(ii) 的要求，保安人員(包括看守人員以及武裝人員等)的選擇和合格程序是足夠的。選擇和培訓的標準符合 10 CFR Part 73 附錄 B 的保安人員標準。

接受準則 8：評估操作員測試程序的方法是可接受的。

- (1) 描述了評估培訓計畫有效性的方法，並藉由與既定目標和標準比較以確定計畫的有效性。

接受準則 9：適當的人員資格

- (1) 美國能源部根據維持重要職位所需的最低技能和經驗，描述分配給地質處置場營運區與安全重要相關的重要職位之人員資格。

2.5.3.3.4 審查發現

如果執照申請提供足夠資訊且適當地滿足 2.5.3.3.3 節的接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以

如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.151 的要求。與安全重要相關之系統和組件的操作必須為通過培訓和認證的人員或是具有此類操作的培訓和認證人員在旁監管。監管人員在其監管的職務中獲得認證。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.152 的要求。美國能源部已經建立適當的培訓、能力測驗、認證及操作人員和監管人員重新認證的計畫。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.153 的要求。美國能源部已經建立了一個適當的方案來評估與安全重要相關的操作人員的身體狀況以及人員健康狀況。在選擇操作此項設備和控制的人員時，必須考慮到可能會影響判斷或身體協調的任何狀況。與安全重要相關之重要職位的人員資格是充足的。

2.5.4 專家引進(Expert Elicitation)

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.5.4.1 審查範圍

本章節審查專家引進。審查者依據 10 CFR 63.21(c)(19)的要求評估相關資訊。

美國能源部可以考慮在下列情況下使用專家引進：

- (i) 經驗數據難以取得或執行分析不切實際；
- (ii) 演示符合規範的不確定性大且值得注意；
- (iii) 多個概念模型可以解釋並符合現有數據；
- (iv) 需要進行技術判斷，以評估假設界限或計算是否適當地保守。

幕僚人員將使用 2.5.4.2 和 2.5.4.3 節的審查方法和接受準則，評估以下部分的專家引進。

- (1) 執行專家引進的技巧；
- (2) 以 NUREG-1563「使用專家引進於高放射性廢棄物計畫的部門技術立場」(Kotra 等，1996 年)的指導程序應用於執行專家引進；
- (3) NUREG-1563(Kotra 等，1996 年)的工作人員指引與美國能源部的專家引進作法之間，如有差異的理由。

2.5.4.2 審查方法

審查方法 1：使用 NUREG-1563(Kotra 等，1996 年)或等效程序

確認專家引進是按照 NUREG-1563(Kotra 等，1996 年)中提出的 9 步驟程序進行的，或者使用等效的程序。

- (1) 目標已定義；
- (2) 選擇基準專家和具多專長人才之準則，包含：
 - (a) 擁有所需的知識與專長；
 - (b) 顯示所具有知識與專長的應用能力；
 - (c) 解決問題的方法和獨立的意見被廣泛地代表；
 - (d) 對於所做的判斷，願意公開身分；
 - (e) 潛在的利益衝突，願意公開。
- (3) 參與者解析問題，並將問題分解，使能清楚而精準地指出更聚焦且簡單的子項問題；
- (4) 基本資訊經充分統整編輯並遞送給專家；
- (5) 專家皆接受導入前的訓練，包括：
 - (a) 對主題熟悉；
 - (b) 熟悉導入程序；
 - (c) 在不確定性、概率及專家判斷的表達方面受過訓練；
 - (d) 正式說明其判斷及清楚解釋相關假設和理由的實際經驗；
 - (e) 發現可能不當地影響判斷的偏差。
- (6) 專家引進的執行包括以下：
 - (a) 一個適當的場合；
 - (b) 基準專家和具多專長人才的出席；
 - (c) 問題、定義和假設的綜合說明；
 - (d) 各主題專家的均衡質詢；
 - (e) 答覆的文件記錄。
- (7) 每個主題專家都能及時得到導入小組的回饋。對於導入判斷的任何修改理由，都已詳實記載；
- (8) 如果專家的判斷經過整合，不同的觀點皆依照工作人員指引(Kotra 等，1996

年)所建議的方法適當處理。對於經整合的判斷，審查者應確認：

- (a) 美國能源部提供用於結合不同觀點的技術之理由；
 - (b) 美國能源部提供足夠的文件來追蹤個別專家的判斷對整合後判斷的影響；
 - (c) 美國能源部針對地質處置場運轉區設計或健康與安全之不同觀點的影響進行了討論。美國能源部應該將顯著不同的觀點作為專家引進的個別產出來提出，以便將這些觀點直接用於技術評估或用於調校敏感度分析的極端狀況。
- (9) 美國能源部適當紀錄專家引進，包括做了甚麼、為何而做、以及是誰做的。

確認美國能源部對 NUREG-1563(Kotra 等，1996 年)指引的任何差異提供充分的解釋。

審查方法 2：更新專家引進

確認任何需要更新的專家引進皆被充分紀錄，以提供更新過程、結果判斷、及適當方法使用的透明檢視。

2.5.4.3 接受準則

以下接受準則是為了滿足 10 CFR 63.21(c)(19)的要求。

接受準則 1：美國能源部使用 NUREG-1563(Kotra 等，1996 年)或等效程序。

- (1) 專家引進是按照 NUREG-1563(Kotra 等，1996 年)中提出的 9 步驟程序進行的，即：
- (a) 定義了目標；
 - (b) 選擇基準專家和具多專長的專家之準則，包含：
 - (i) 專家具備所需的知識與專長；
 - (ii) 專家展現了應用本身的知識與專長的能力；
 - (iii) 專家群所代表的獨立意見及應對主題的方法具有廣泛性；
 - (iv) 專家對於所做的判斷，願意公開身分；
 - (v) 專家願意公開潛在的利益衝突。
 - (c) 參與者解析問題，並將問題分解，使能清楚地指出更聚焦且簡單的子項問題；
 - (d) 美國能源部將基本資訊充分統整編輯並遞送給專家；
 - (e) 專家們皆接受了導入前的培訓，包括：

- (i) 對主題熟悉；
 - (ii) 熟悉導入過程；
 - (iii) 在不確定性、概率及專家判斷的表達方面的訓練；
 - (iv) 正式說明其判斷及清楚解釋相關假設和理由的實際經驗；
 - (v) 發現可能不當地影響判斷的偏差。
- (f) 專家引進的行為包括以下內容：
- (i) 一個適當的場合；
 - (ii) 基準專家和具多專長人才的出席；
 - (iii) 問題、定義和假設的綜合說明；
 - (iv) 各主題專家的均衡質詢；
- (v) 答覆的文件紀錄。
- (g) 每個主題專家都能及時得到導入小組的回饋。對於導入判斷的任何修改理由，皆如實記載；
- (h) 如果專家的判斷經過整合，不同的觀點皆依照工作人員指引(Kotra 等，1996 年)所建議的方法適當處理。如：
- (i) 美國能源部提供用於結合不同觀點的技術之理由；美國能源部提供足夠的文件來追蹤個別專家的判斷對整合後判斷的影響；
 - (ii) 美國能源部討論了地質處置場運轉區設計或健康以及安全之不同觀點的影響。美國能源部提出了顯著不同的觀點作為專家引進的個別產出，並將這些觀點直接用於技術評估或用於調校敏感度分析的極端狀況。
- (i) 美國能源部適當紀錄了專家引進，包括做了甚麼、做的原因、以及是誰做的。
- (2) 美國能源部對 NUREG-1563(Kotra 等，1996 年) 指引的差異提供了充分的解釋。

接受準則 2：任何更新的專家引進資訊，皆使用適當方法充分紀錄之。

2.5.4.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠資訊且適當地滿足 2.5.4.3 節的接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可

以如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.21(c)(19)的要求。美國能源部符合執照申請內容的要求。特別是安全分析報告解釋了專家引進的方法及程度，用以表現下列特性：(i)特徵、事件與作用；(ii)地質力學、水文地質學以及地球化學系統對熱負載的反應；(iii)永久封閉後地質處置場的功能；(iv)處置場工程障壁系統受有限人為入侵的情況下，限制放射性暴露量的能力；(v)任何其他使用專家引進來評估功能的事項。

2.5.5 啟動作為及測試計畫

雖然美國能源部在建造許可授權時，並不會制定啟動作業與測試計畫，但美國能源部將會制定並實施符合本章節接受準則的啟動作業與測試計畫。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.5.5.1 審查範圍

本章節審查啟動作業與測試計畫。審查者依據 10 CFR 63.21(c)(22)(iv)的要求評估相關資訊。

幕僚人員將使用 2.5.5.2 和 2.5.5.3 所述的審查方法和接受準則，評估以下的啟動作業與測試計畫。

用於評估高放射性廢棄物的接收、持有、處理、貯存和處置之啟動前測試與啟動作業計畫的審查，應該包含地質處置場運轉區的結構、系統與組件之測試與運轉計畫的評估。美國能源部在建造許可授權階段，尚不需要進行測試和啟動作為或是具備詳細的程序。美國能源部在接收廢棄物之前，對於與安全重要相關的結構、系統與組件之測試與啟動作業計畫必須獲得核准。美國能源部在申請高放射性廢棄物接收、持有、處理、貯存或處置時，應已執行過測試和啟動作業或已備妥測試和啟動作業的詳細程序。

- (1) 用於制定、審查、核准和執行個別測試程序，以評估、紀錄和核准測試結果的系統；
- (2) 啟動前測試計畫和目標；
- (3) 設計功能資訊的類型和來源；
- (4) 測試程序和個別測試說明的格式和內容；
- (5) 啟動前測試計畫與管制準則的符合性(如有管制準則時)；

- (6) 使用過往經驗制定啟動前測試；
- (7) 評估初步運轉程序是否會危及工作人員和公眾的健康和安全；
- (8) 對於運轉、緊急應變和監控程序的計畫使用者測試；
- (9) 測試程序有關於第一次燃料接收、重裝、貯存和處置的時程，包含組件和系統測試中任何的重疊；
- (10) 初次啟動的計畫；
- (11) 系統設施功能及相關活動的安全評估。

2.5.5.2 審查方法

審查方法 1：用於制定、審查和批准啟動前測試程序的系統

依據一簡要描述，確認地質處置場運轉區對安全重要的元件而言，用於制定、審查和核准的個別測試程序的系統是可接受的。簡要描述應包含：

- (1) 用於制定、審查和核准測試程序之組織的責任與功能；
- (2) 測試程序發展的責任分配人員之資格要求；
- (3) 對於制定、審查、核准、執行測試與測試結果文件的一般步驟描述。

審查方法 2：啟動前測試程序和目標的總結

基於一簡要描述，確認地質處置場運轉區對安全重要的各個結構、系統與組件之測試計畫和目標是可接受的。針對以下評估其適當性：(i) 執行的測試類型；(ii) 測試的預期反應；(iii) 與預期反應差異之可接受限度；(iv) 測試驗證方法；(v) 對超出預期或不可接受的測試結果所提糾正措施的適當性。

審查方法 3：納入設計功能資訊於啟動前測試計畫中

確認在發展啟動前測試計畫時，已充分考慮建造前功能評估的設計資訊與數據。具體來說，在可行範圍內對安全而言重要的結構、系統與組件的功能或參數進行測試。

審查方法 4：測試程序的格式與內容

評估地質處置場運轉區對安全而言重要的結構、系統與組件之測試程序的格式和內容，並確認是可接受的。

審查方法 5：測試描述

確認對結構、系統與組件所提供的測試描述為：(i) 在地質處置場運轉區技

術規範中，將用於建立安全限值或限制條件的一致性；(ii) 被分類為工程安全性能或用於支持或確保工程安全性能運轉之設計限制內；(iii) 在封閉前安全分析之事件排序分析時，可發揮功能或能被加以引述；(iv) 用於處理、貯存、控制、測量或限制釋出放射性物質。以雅卡山審查計畫第 2.1.1 節的方法，審查封閉前安全分析的作為。

確認測試描述包含每個測試的目標以及含括先決條件、測試方法和接受準則的總結，以確保對安全重要的結構、系統與組件的功能充分，且設計特性可透過測試被展示。

確認測試描述能符合設計要求，並與雅卡山審查計畫第 2.1.1.7 節的審查者確認其設計要求。

確認測試描述包含足夠的資訊，以證明所使用的測試方法為合理，特別是對安全重要的結構、系統與組件的測試方法中，不隸屬於設計運轉條件範圍者。

審查方法 6：測試計畫與適用的監管導則的兼容性

確認地質處置場運轉區的結構、系統與組件之啟動前測試程序符合管制準則 3.48(美國核管會，1989 年)中的適用導則。如果美國能源部的看法與相關導則不一致時，確認已針對其不一致性提供了適當理由。對於特定組件，查看可能有關的管制準則。

審查方法 7：使用類似設施的經驗

確認執照申請文件中提供了對類似設施的測試結果和操作經驗的相關評估。該評估應使用於發展足夠範圍的測試程序。

審查方法 8：工作人員和公眾的保護

確認地質處置場運轉區對安全重要的結構、系統與組件之初始營運的指導程序，以及與此程序相關的前提條件和預防措施，都是可接受的。可依據系統圖示和審查者經驗來進行上述程序評估的分析。初始運轉程序應包含以下：

- (1) 評估結構、系統與組件功能的測試目的和作用；
- (2) 正常準備測試的前提條件，如：
 - (a) 應該進行或檢查的校正；
 - (b) 儀器裝置應到位，以便進行必要的功能評估；
 - (c) 工具和專門設備應到位，以利評估之進行；

- (d) 通知所需生產時間，以避免功能評估中不必要的停工時間；
 - (e) 檢查/設置設備控制(例如，橋式起重機的實體行駛限制)；
 - (f) 檢查輻射、環境或其他監視器具的可接受範圍；
 - (g) 確定試驗對象(例如要裝載的燃料棒、要檢整的容器)；
 - (h) 應完成的日誌與表格。
- (3) 前置功能描述及與功能的關係；
 - (4) 描述一系列操作，包括預期結果、預計時間、預計儀器和儀表讀數，所使用之控制(如扭矩、受壓力時間)和要求緊急動作的門檻限制(如維持、緊急應對順序、通知)；
 - (5) 紀錄上的要求，包括運作時所需完成的表格；
 - (6) 紀錄的處置及性能評估成功與否通知對象的身分；
 - (7) 找出後續性能及其與現行評估性能的關係。

審查方法 9：時程

確認美國能源部提供進行測試計畫各階段的時程，以及這些時程與高放射性廢棄物接收、重裝、貯存和處置的時程相容，包括任何時程的重疊。特別注意啟動順序的時間安排，及測試程序之核准與其預定使用間的可用時間。

審查方法 10：測試和評估結構、系統與組件的性能充足性

確認在接收廢棄物之前，對安全重要的新結構、系統與組件或是未經測試的組件架構，將會被測試及評估，且功能是可接受的。依據雅卡山審查計畫第 2.3.2 節，審查未解決的安全問題之時程和計畫。

審查方法 11：地質處置場運轉區結構、系統與組件的初始啟動計畫和地質處置場運轉區的整體營運計畫

確認美國能源部已針對有關接收、處理、貯存或處置放射性物質的各項操作，備妥可接受的乾式運轉(冷卻測試)計畫。確認美國能源部使用這些結果對設備和程序做必要的修改，以確保公眾和工作人員的健康和安全。

確認美國能源部對高放射性廢棄物容器的承載設備進行全容量荷重試驗，備有可接受的計畫，以確保公眾和工作人員的健康和安全。

對於合理抑低的達成性考量，確認在輻射暴露的來源出現以前，營運前的測試將盡可能地進行多次營運啟動作為。

確認地質處置場運轉區結構、系統與組件的營運啟動計畫，以及整個設施的後續整體營運計畫是可接受的。營運啟動計畫應包含但不限於以下要素：

- (1) 涉及實際放射性來源的程序和暴露時間之測試和確認(例如輻射監測、重裝作業)；
- (2) 桶的直接輻射監測和輻射劑量率、流動及表面熱點的屏蔽；
- (3) 確認散熱程序的有效性；
- (4) 由封閉前安全分析所找出與安全重要相關的結構、系統與組件的測試(查閱雅卡山審查計畫第 2.1.1.6 節與安全重要相關的結構、系統與組件)；
- (5) 結果和測試評估的文件紀錄。

審查方法 12：啟動和測試計畫支持整體地質處置場運轉區之安全

確認地質處置場運轉區工作人員和公眾安全的整體評估，受到啟動計畫作為及相關測試的支持。

2.5.5.3 接受準則

以下接受準則符合 10 CFR 63.21(c)(22)(iv)的要求。

接受準則 1：用於制定、審查和核准啟動前測試程序的系統是可接受的。

- (1) 基於一簡要描述，地質處置場運轉區中對於安全重要的元件而言，用於制定、審查和核准的個別測試程序的系統是可接受的。此簡要描述充分定義：
 - (a) 用於制定、審查和核准測試程序之組織的責任與功能；
 - (b) 測試程序發展的責任分配人員之資格要求；
 - (c) 對於制定、審查、核准、執行測試與測試結果文件的一般步驟描述。

接受準則 2：啟動前測試程序和目標的總結是足夠的。

- (1) 基於一簡要描述，地質處置場運轉區中每個對安全重要的結構、系統與組件，測試程序和目標是可接受的。此簡要描述充分說明：
 - (i) 執行的測試類型；
 - (ii) 測試的預期反應；
 - (iii) 與預期反應差異之可接受限度；
 - (iv) 測試驗證方法；
 - (v) 對超出預期或不可接受的測試結果所提糾正措施的適當性。

接受準則 3：啟動前測試計畫中充分地納入設計功能資訊。

- (1) 發展啟動前測試計畫時，已充分考慮預建造的安全功能評估之設計資訊和數據。具體來說，在可行範圍內對與安全重要相關的結構、系統與組件的功能或參數進行測試。

接受準則 4：測試程序的規格與內容是可接受的。

- (1) 地質處置場運轉區內對安全重要結構、系統與組件之測試程序的規格和內容是可接受的。

接受準則 5：測試描述是可接受的。

- (1) 為結構、系統與組件提供充足的測試描述：(i) 在地質處置場運轉區技術規範中，將用於建立安全限值或限制條件的一致性；(ii) 被分類為工程安全性能或用於支持或確保工程安全性能運轉之設計限制內；(iii) 在封閉前安全分析之事件排序分析時，可發揮功能或能被加以引述；(iv) 用於處理、貯存、控制、測量或限制釋出放射性物質。
- (2) 測試描述包含每個測試的目標以及含括先決條件、測試方法和接受準則的總結，以確保對安全重要的結構、系統與組件的功能充分，且設計特性可透過測試被展示。
- (3) 測試描述符合設計要求。
- (4) 測試描述包含足夠的資訊，以證明所使用的測試方法是合理的，特別是對安全重要的結構、系統與組件的測試方法中，不隸屬於設計運轉條件範圍者。可以達到項目或系統的營運條件設計範圍。

接受準則 6：測試程序與適用的監管導則的兼容性。

- (1) 地質處置場運轉區的結構、系統與組件之啟動前測試程序符合管制準則 3.48(美國核管會，1989 年)中的適用導則。如果美國能源部的看法與相關導則不一致時，確認已針對其不一致性提供了適當理由。

接受準則 7：充分利用類似設施的經驗。

- (1) 執照申請文件中提供了對類似設施的測試結果和操作經驗的相關評估。該評估應使用於發展足夠範圍的測試程序。

接受準則 8：初始營運計畫將保護工作人員和公眾。

- (1) 地質處置場運轉區對安全重要的結構、系統與組件之初始營運的指導程序，以及與此程序相關的前提條件和預防措施，都是可接受的。

接受準則 9：測試計畫的各階段時程是可接受的。

- (1) 美國能源部提供進行測試計畫各階段的時程，以及這些時程與高放射性廢棄物接收、重裝、貯存和處置的時程相容，包括任何時程的重疊。

接受準則 10：於接收廢棄物之前，尚未有使用經驗或未經驗證的結構、系統與組件，或是未經測試的組件架構，皆已被測試及評估。

(1) 在接收廢棄物之前，對安全重要的新結構、系統與組件或是未經測試的組件架構，皆被測試及評估，且功能是可接受的。

接受準則 11：地質處置場運轉區結構、系統與組件的初始啟動計畫和地質處置場運轉區的整體營運計畫是可接受的。

(1) 美國能源部針對有關接收、處理、貯存或處置放射性物質的各項操作，已備妥可接受的乾式運轉(冷卻測試)計畫。這些測試結果將與於對設備和程序做必要的修改，以確保公眾和工作人員的健康和安全；

(2) 美國能源部對高放射性廢棄物容器的承載設備進行全容量荷重試驗，備有可接受的計畫，以確保公眾和工作人員的健康和安全；

(3) 對於合理抑低的達成性考量，在輻射暴露的來源出現以前，營運前的測試已盡可能地進行最多次的營運啟動作為。

(4) 地質處置場運轉區結構、系統與組件的營運啟動計畫，以及整個設施的後續整體營運計畫是可接受的。

接受準則 12：設施啟動和測試計畫充分支持整體地質處置場運轉區的安全。

(1) 對工作人員和公眾安全的整體評估，受到啟動計畫作為及相關測試的支持。

2.5.5.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠資訊且適當地滿足 2.5.5.3 節的接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.21(c)(22)(iv) 的要求。執照申請的內容符合要求，特別是接收、持有、貯存和處置用過核子燃料與高放射性廢棄物的地質處置場運轉區中，對安全重要的結構、系統與組件之測試與啟動計畫是可接受的。

2.5.6 維護、監測和定期檢測的一般性計畫

美國能源部在接收和持有廢棄物之前，將制定並實施相關程序與計畫。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.5.6.1 審查範圍

本章節審查執行一般性計畫，包含維護、監測和定期檢測。審查者依據 10 CFR 63.21(c)(22)(v)的要求評估相關資訊。

幕僚人員將使用 2.5.6.2 和 2.5.6.3 的審查方法和接受準則，評估執行一般性計畫，包含維護、監測和定期檢測。

除其他作業外，地質處置場運轉區的一般作業包含：(i) 接收廢棄物；(ii) 廢棄物重裝以前之貯存；(iii) 重裝廢棄物；(iv) 運輸容器的拆卸/再利用；(v) 處置前重裝廢棄物之貯存；(vi) 處置廢棄物。攸關安全的每個作法都應有一般作業、維護、監測和定期檢測的書面程序：

- (1) 程序和計畫；
- (2) 作為的描述；
- (3) 審查、變更和核准的行政程序；
- (4) 程序發展的獨立審查由營運管理職責以外的人擔任。

2.5.6.2 審查方法

審查方法 1：一般作業之計畫與程序

確認美國能源部針對與安全重要相關的結構、系統與組件之一般作業提供了足夠的書面程序，如雅卡山審查計畫第 2.1 節的封閉前安全分析所要求，包括正常與緊急應變操作以及技術規範的任何程序要求。一般作業程序應包含：

- (1) 程序的目的；
- (2) 人員的職責、培訓和資格；
- (3) 先決條件如：
 - (a) 須執行或檢查的校正；
 - (b) 儀器儀表；
 - (c) 工具和專用設備；
 - (d) 通知其他操作人員相關作業提前期間；
 - (e) 設備或控制裝置的檢查或設置(如橋式起重機的實際行駛限制)；
 - (f) 對輻射、環境或其他監測項目的操作檢查；
 - (g) 與測試相關的日誌和記錄。
- (4) 系列的操作描述，包含預期結果、預期輻射劑量、預計完成時間、預期儀器

和量規讀數、所使用的控制條件(例如扭矩、壓力時間)；以及啟動緊急應變措施的門檻限制(如暫停點、矯正措施程序和通知)；

(5) 操作完成後，紀錄的處理和確定通知方；

(6) 確定任何所需的後續動作。

對於與安全重要相關的結構、系統與組件之一般作業程序的審查、變更、核准，確認其行政程序為充分，且此程序具有足夠的管理控制。

確認用於與安全重要相關的結構、系統與組件的作業程序，是以適當的工業標準或美國核管會的導則為基礎。

確認與安全重要相關的結構、系統與組件之一般作業是按照書面程序來執行，且此書面程序是由獨立於操作管理職能的健康、安全和品質保證人員所審查。對於這些獨立的審查者，應規定其數量和技術領域，且具有整合性的經驗與能力，以針對下列問題進行審查：

(1) 核能工程；

(2) 化學與放射化學；

(3) 冶金；

(4) 非破壞性檢測；

(5) 儀器儀表與控制；

(6) 放射性安全；

(7) 機械、土木、電機工程；

(8) 行政管理和品質保證作法；

(9) 與高放射性廢棄物處置場特性有關的其他適當領域。

個人可能擁有多個專業領域的能力。

審查方法 2：維護的計畫與程序

確認對於與安全重要相關的結構、系統與組件之維護提供了書面程序，包括以下內容：

(1) 維護程序的目的；

(2) 人員的職責、培訓和認證；

(3) 先決條件如：

(a) 須執行或檢查的校正；

- (b) 儀器儀表；
 - (c) 工具和專用設備；
 - (d) 通知其他操作人員相關作業提前期間；
 - (e) 設備或控制裝置的檢查或設置；
 - (f) 對輻射、環境或其他監測儀器進行操作檢查；
 - (g) 與維護相關的日誌和記錄。
- (4) 維護作為的描述，包含預期結果、預期輻射劑量、預計完成時間、預期儀器和量規讀數、所使用的控制條件，以及啟動緊急應變措施的門檻限制。
- (5) 操作完成後，紀錄的處理和確定通知方。

確認與安全重要相關的結構、系統與組件之維護程序的審查、變更和核准，其行政程序為足夠，且此程序具有足夠的管理控制。

確認用於與安全重要相關的結構、系統與組件的維護程序是以適當的工業標準或美國核管會的導則作為基礎。

確認與安全重要相關的結構、系統與組件之維護是按照書面程序來執行，且此書面程序是由獨立於操作管理職能的健康、安全和品質保證人員所審查。對於這些獨立的審查者，應規定其數量和技術領域，且具有整合性的經驗與能力，以針對下列問題進行審查：

- (1) 核能工程；
- (2) 化學與放射化學；
- (3) 冶金；
- (4) 非破壞性檢測；
- (5) 儀器儀表與控制；
- (6) 放射性安全；
- (7) 機械、土木、電機工程；
- (8) 行政管理和品質保證作法；
- (9) 與高放射性廢棄物處置場特性有關的其他適當領域。

個人可能擁有多個專業領域的能力。

審查方法 3：監測的計畫與程序

確認對於與安全重要相關的結構、系統與組件透過監測提供了日常評估的書

面程序，包括以下內容：

- (1) 日常監測的目的；
- (2) 人員的職責、培訓和認證；
- (3) 先決條件如：
 - (a) 須執行或檢查的校正；
 - (b) 儀器儀表；
 - (c) 工具和專用設備；
 - (d) 通知其他操作人員相關作業提前期間；
 - (e) 設備或控制裝置的檢查或設置；
 - (f) 對輻射、環境或其他監測儀器進行操作檢查；
 - (g) 與監測相關的日誌和記錄。
- (4) 監測作為的描述，包含預期結果、預期輻射劑量、預計完成時間、預期儀器和量規讀數，及需評估的控制；
- (5) 完成後，紀錄的處理和確定通知方。

確認如果在監測過程中，發現與安全重要相關的結構、系統與組件之操作超出正常作業的容許誤差範圍，則應採取足夠的程序以確保在最短時間內恢復正常狀態，以保護工作人員和公眾的健康和安全。

確認與安全重要相關的結構、系統與組件之監測程序的審查、變更和核准，其行政程序為足夠，且此程序具有足夠的管理控制。

確認用於與安全重要相關的結構、系統與組件的監測程序是以適當的工業標準或美國核管會的導則作為基礎。

確認與安全重要相關的結構、系統與組件之監測作為是按照書面程序來執行，且此書面程序是由獨立於操作管理職能的健康、安全和品質保證人員所審查。對於這些獨立的審查者，應規定其數量和技術領域，且具有整合性的經驗與能力，以針對下列問題進行審查：

- (1) 核能工程；
- (2) 化學與放射化學；
- (3) 冶金；
- (4) 非破壞性檢測；

- (5) 儀器儀表與控制；
- (6) 放射性安全；
- (7) 機械、土木、電機工程；
- (8) 行政管理和品質保證作法；
- (9) 與高放射性廢棄物處置場特性有關的其他適當領域。

個人可能擁有多個專業領域的能力。

審查方法 4：定期檢測的計畫和程序

確認為了確保對於與安全重要相關的結構、系統與組件於一般作業時能執行其設計功能，已備妥定期測試的書面程序。該檢測應按照規定的時程，且其頻率足以確保工作人員和公眾的安全。審查者應確認與安全重要相關的結構、系統與組件的週期測試程序包括以下內容：

- (1) 測試的目的；
- (2) 人員的職責、培訓和認證；
- (3) 先決條件如：
 - (a) 須執行或檢查的校正；
 - (b) 儀器儀表；
 - (c) 工具和專用設備；
 - (d) 通知其他操作人員相關作業提前期間；
 - (e) 設備或控制裝置的檢查或設置；
 - (f) 對輻射、環境或其他監測儀器進行操作檢查；
 - (g) 與測試相關的日誌和記錄。
- (4) 測試作為的描述，包含預期結果、預期輻射劑量、預計完成時間、預期儀器和量規讀數、所使用的控制條件，以及啟動緊急應變措施的門檻限制；
- (5) 完成後，紀錄的處理和確定通知方。

確認如果在定期檢測時，發現與安全重要相關的結構、系統與組件之操作超出正常作業的容許誤差範圍，則應採取足夠的程序以確保在最短時間內恢復正常狀態，以保護工作人員和公眾的健康和安全。

確認與安全重要相關的結構、系統與組件之定期檢測程序的審查、變更和核准，其行政程序為足夠，且此程序具有足夠的管理控制。

確認用於與安全重要相關的結構、系統與組件的定期檢測程序是以適當的工業標準或美國核管會的導則作為基礎。

確認與安全重要相關的結構、系統與組件之定期檢測作為是按照書面程序來執行，且此書面程序是由獨立於操作管理職能的健康、安全和品質保證人員所審查。對於這些獨立的審查者，應規定其數量和技術領域，且具有整合性的經驗與能力，以針對下列問題進行審查：

- (1) 核能工程；
- (2) 化學與放射化學；
- (3) 冶金；
- (4) 非破壞性檢測；
- (5) 儀器儀表與控制；
- (6) 放射性安全；
- (7) 機械、土木、電機工程；
- (8) 行政管理和品質保證作法；
- (9) 與高放射性廢棄物處置場特性有關的其他適當領域。

個人可能擁有多個專業領域的能力。

2.5.6.3 接受準則

以下接受準則符合 10 CFR 63.21(c)(22)(v) 的要求。

接受準則 1：地質處置場運轉區與安全重要相關的結構、系統與組件之一般作業計畫是可接受的。

- (1) 針對與安全重要相關的結構、系統與組件之一般作業提供了可接受的書面程序，如雅卡山審查計畫第 2.1 節的封閉前安全分析所要求，包括正常與緊急應變操作以及技術規範的任何程序要求。一般作業程序包含：
 - (a) 程序的目的；
 - (b) 人員的職責、培訓和資格；
 - (c) 先決條件如：
 - (i) 須執行或檢查的校正；
 - (ii) 儀器儀表；
 - (iii) 工具和專用設備；

- (iv) 通知其他操作人員相關作業提前期間；
 - (v) 設備或控制裝置的檢查或設置(如橋式起重機的實際行駛限制)；
 - (vi) 對輻射、環境或其他監測儀器進行操作檢查；
 - (vii) 與測試相關的日誌和記錄。
- (d) 須執行的系列作為描述，包含預期結果、預期輻射劑量、預計完成時間、預期儀器和量規讀數、所使用的控制條件(例如扭矩、壓力時間)；以及啟動緊急應變措施的門檻限制(如暫停點、矯正措施程序和通知)；
- (e) 操作完成後，紀錄的處理和確定通知方；
- (f) 確定任何所需的後續作為。
- (2) 對於與安全重要相關的結構、系統與組件之一般作業程序的審查、變更、核准，其行政程序為充分，且此程序具有足夠的管理控制；
- (3) 用於與安全重要相關的結構、系統與組件的作業程序，是以適當的工業標準或美國核管會的導則為基礎；
- (4) 與安全重要相關的結構、系統與組件之一般作業是按照書面程序來執行，且此書面程序是由獨立於操作管理職能的健康、安全和品質保證人員所審查。對於這些獨立的審查者，應規定其數量和技術領域，且具有整合性的經驗與能力，以針對下列問題進行審查：
- (a) 核能工程；
 - (b) 化學與放射化學；
 - (c) 冶金；
 - (d) 非破壞性檢測；
 - (e) 儀器儀表與控制；
 - (f) 放射性安全；
 - (g) 機械、土木、電機工程；
 - (h) 行政管理和品質保證作法；
 - (i) 與高放射性廢棄物處置場特性有關的其他適當領域。

接受準則 2：地質處置場運轉區與安全重要相關的結構、系統與組件之維護計畫和程序是可接受的。

- (1) 對於與安全重要相關的結構、系統與組件之維護，提供了書面程序，包括以

下內容：

- (a) 維護程序的目的；
 - (b) 人員的職責、培訓和資格；
 - (c) 先決條件如：
 - (i) 須執行或檢查的校正；
 - (ii) 儀器儀表；
 - (iii) 工具和專用設備；
 - (iv) 通知其他操作人員相關作業提前期間；
 - (v) 設備或控制裝置的檢查或設置；
 - (vi) 對輻射、環境或其他監測儀器進行操作檢查；
 - (vii) 與維護相關的日誌和記錄。
 - (d) 維護作為的描述，包含預期結果、預期輻射劑量、預計完成時間、預期儀器和量規讀數、所使用的控制條件、及啟動緊急應變措施的門檻限制；
 - (e) 操作完成後，紀錄的處理和確定通知方；
- (2) 與安全重要相關的結構、系統與組件之維護程序的審查、變更和核准之行政程序是足夠的，且此程序具有足夠的管理控制；
- (3) 用於與安全重要相關的結構、系統與組件的維護程序是以適當的工業標準或美國核管會的導則作為基礎；
- (4) 與安全重要相關的結構、系統與組件之維護是按照書面程序來執行，且此書面程序是由獨立於操作管理職能的健康、安全和品質保證人員所審查。對於這些獨立的審查者，應規定其數量和技術領域，且具有整合性的經驗與能力，以針對下列問題進行審查：
- (a) 核能工程；
 - (b) 化學與放射化學；
 - (c) 冶金；
 - (d) 非破壞性檢測；
 - (e) 儀器儀表與控制；
 - (f) 放射性安全；
 - (g) 機械、土木、電機工程；

(h) 行政管理和品質保證作法；

(i) 與高放射性廢棄物處置場特性有關的其他適當領域。

接受準則 3：地質處置場運轉區與安全重要相關的結構、系統與組件之監測計畫和程序是可接受的。

(1) 對於與安全重要相關的結構、系統與組件透過監測提供了日常評估的書面程序，包括以下內容：

(a) 日常監測的目的；

(b) 人員的職責、培訓和資格；

(c) 先決條件如：

(i) 須執行或檢查的校正；

(ii) 儀器儀表；

(iii) 工具和專用設備；

(iv) 通知其他操作人員相關作業提前期間；

(v) 設備或控制裝置的檢查或設置；

(vi) 對輻射、環境或其他監測儀器進行操作檢查；

(vii) 與監測相關的日誌和記錄。

(d) 監測作為的描述，包含預期結果、預期輻射劑量、預計完成時間、預期儀器和量規讀數，及需評估的控制；

(e) 操作完成後，紀錄的處理和確定通知方；

(2) 如果在監測過程中，發現與安全重要相關的結構、系統與組件之操作超出正常作業的容許誤差範圍，則應採取足夠的程序以確保在最短時間內恢復正常狀態，以保護工作人員和公眾的健康和安全；

(3) 與安全重要相關的結構、系統與組件之監測程序的審查、變更和核准，其行政程序為足夠，且此程序具有足夠的管理控制；

(4) 用於與安全重要相關的結構、系統與組件的監測程序是以適當的工業標準或美國核管會的導則作為基礎；

(5) 與安全重要相關的結構、系統與組件之監測作為是按照書面程序來執行，且此書面程序是由獨立於操作管理職能的健康、安全和品質保證人員所審查。對於這些獨立的審查者，應規定其數量和技術領域，且具有整合性的經驗與

能力，以針對下列問題進行審查：

- (a) 核能工程；
- (b) 化學與放射化學；
- (c) 冶金；
- (d) 非破壞性檢測；
- (e) 儀器儀表與控制；
- (f) 放射性安全；
- (g) 機械、土木、電機工程；
- (h) 行政管理和品質保證作法；
- (i) 與高放射性廢棄物處置場特性有關的其他適當領域。

接受準則 4：地質處置場運轉區與安全重要相關的結構、系統與組件之定期檢測計畫和程序是可接受的。

(1) 為了確保對於與安全重要相關的結構、系統與組件於一般作業時能執行其設計功能，已備妥定期測試的書面程序。該檢測應按照規定的時程，且其頻率足以確保工作人員和公眾的安全。審查者應確認與安全重要相關的結構、系統與組件的週期測試程序包括以下內容：

- (a) 測試的目的；
- (b) 人員的職責、培訓和資格；
- (c) 先決條件如：
 - (i) 須執行或檢查的校正；
 - (ii) 儀器儀表；
 - (iii) 工具和專用設備；
 - (iv) 通知其他操作人員相關作業提前期間；
 - (v) 設備或控制裝置的檢查或設置；
 - (vi) 對輻射、環境或其他監測儀器進行操作檢查；
 - (vii) 與測試相關的日誌和記錄。
- (d) 檢測作為的描述，包含預期結果、預期輻射劑量、預計完成時間、預期儀器和量規讀數、所使用的控制條件、及啟動緊急應變措施的門檻限制；
- (e) 操作完成後，紀錄的處理和確定通知方。

- (2) 如果在定期檢測時，發現與安全重要相關的結構、系統與組件之操作超出正常作業的容許誤差範圍，則應採取足夠的程序以確保在最短時間內恢復正常狀態，以保護工作人員和公眾的健康和安全；
- (3) 與安全重要相關的結構、系統與組件之定期檢測程序的審查、變更和核准，其行政程序為足夠，且此程序具有足夠的管理控制；
- (4) 用於與安全重要相關的結構、系統與組件的定期檢測程序是以適當的工業標準或美國核管會的導則作為基礎；
- (5) 與安全重要相關的結構、系統與組件之定期檢測作為是按照書面程序來執行，且此書面程序是由獨立於操作管理職能的健康、安全和品質保證人員所審查。對於這些獨立的審查者，應規定其數量和技術領域，且具有整合性的經驗與能力，以針對下列問題進行審查：
 - (a) 核能工程；
 - (b) 化學與放射化學；
 - (c) 冶金；
 - (d) 非破壞性檢測；
 - (e) 儀器儀表與控制；
 - (f) 放射性安全；
 - (g) 機械、土木、電機工程；
 - (h) 行政管理和品質保證作法；
 - (i) 與高放射性廢棄物處置場特性有關的其他適當領域。

2.5.6.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠資訊且適當地滿足 2.5.6.3 節的接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.21(c)(22)(v) 的要求。美國能源部針對進行一般作業已提供適當的計畫，包括對地質處置場運轉區內與安全重要相關的結構、系統與組件之作業、維護、監測和定期檢測。

2.5.7 緊急應變計畫

此審查是為合理保證美國能源部是否提供符合 10 CFR Part 63 第 I 部分要求的緊急應變計畫，以及依據合理可用的資訊所提供緊急情況下可採用之充分的防護措施。

審查職責—高放射性廢棄物部門、燃料循環安全與保防部門、環境與功能評估部門

2.5.7.1 審查範圍

本章節審查緊急應變計畫。審查者依據 10 CFR 63.21(c)(21)的要求評估相關資訊。

幕僚人員將使用 2.5.7.2 和 2.5.7.3 的審查方法和接受準則，評估以下的緊急應變計畫。

- (1) 地質處置場運轉區及附近區域的描述；
- (2) 放射性物質潛在事故的類型和分類；
- (3) 關鍵初始事件和事故情況的檢測方法；
- (4) 減輕事故後果的作為；
- (5) 評估放射性物質外釋的方法和設備；
- (6) 緊急情況下，設施人員的職責；
- (7) 制定、維護和更新緊急應變計畫的職責；
- (8) 通知和協調場址外緊急應變組織的方法；
- (9) 要傳達給場址外組織的資訊；
- (10) 緊急應變的培訓計畫；
- (11) 設施恢復到安全狀態的方法；
- (12) 每季通報檢查的規定；
- (13) 每兩年的緊急應變演習計畫；
- (14) 每半年的放射性/健康物理、醫療和消防演習計畫；
- (15) 根據 1986 年的緊急應變計畫和公共法規，認證設施內危險材料的責任；
- (16) 場址外緊急應變組織對於緊急應變計畫的意見和決議；
- (17) 場址外的援助動作；
- (18) 向公眾提供資訊的安排。

2.5.7.2 審查方法

NUREG-1567 的「用過核子燃料貯存設施的標準審查計畫」(美國核管會, 2000 年)中, 提供了執行本審查的更多導則。可接受的緊急應變計畫的標準列於 10 CFR 73.32(b)。

審查方法 1: 緊急應變計畫

確認美國能源部已列出地質處置場運轉區和附近區域的描述, 並足以支持對緊急應變計畫的評估。

確認申請文件足以辨別每一種類型的放射性物質事故。緊急應變計畫中所認定的放射性緊急情況和事故, 應與雅卡山審查計畫第 2.1.1.4 節所進行的事件序列審查所認定的相同。

確認美國能源部定義了一個適當的分類系統, 將事故分為「警報」或「場址區緊急情況」。

評估檢測關鍵初始事件和事故情況的方法之適當性(儀器、設備、程序等)。評估所布置檢測設施之位置和類型的合理性。

評估計畫的方法是否足以減輕每種類型事故的後果, 包括保護現場工作人員的方法和維護設備的方法。

確認計畫用於評估放射性物質外釋的方法和設備, 足以支持有效的緊急應變。

確認美國能源部明確規定了放射性事故時設施人員的職責, 並確定負責及時通知場址外緊急應變組織和美國核管會的人員。

確認針對場址外緊急應變組織所提供的資訊是否足夠, 包括聯絡點、地址、電話、傳真和電子郵件。

確認美國能源部對制定、維護和更新緊急應變計畫分別指定了職責。

確認美國能源部簡要描述了如何及時通知場址外緊急應變組織和請求場外援助的方法, 包括對受污染傷害的現場工作人員進行治療的醫療援助。確認:

- (1) 建立控制點;
- (2) 部分人員、設施部分和部分設備如不可用, 並不會妨礙向場址外緊急應變組織的通知和協調;
- (3) 美國核管會運轉中心會在緊急情況宣布後 1 小時內被通知。

評估有關地質處置場運轉區狀態、放射性外釋、及建議的保護措施(如有必

要)等相關資訊類型的描述。確認此資訊為足夠，並及時提供給場址外緊急應變組織和美國核管會。

確認向工作人員提供緊急應變的培訓，包括消防、警務、醫療和其他場址外提供的指示和導引服務為足夠，以利有效行動。以雅卡山審查計畫第 2.5.3 節「人員培訓與認證」審查地質處置場運轉區培訓計畫。

確認在事故發生後，將地質處置場運轉區恢復到安全狀態的方法為適當。

確認與場址外緊急應變組織進行之每季通報檢查和每兩年的緊急應變演習已列入計畫，以用於測試對模擬緊急情況的反應，並包含以下：

- (1) 檢查和更新所有必要的電話號碼、傳真號碼和電子郵件；
- (2) 邀請場址外應變組織參加兩年一度的演習(建議場址外組織參加每兩年的演習，但非必要)；
- (3) 使用大多數演習參與者不了解的情境；
- (4) 以沒有直接執行責任的個人對每項工作進行評判的計畫。確認評判將評估計畫的適用性、緊急應變程序、設施與設備、人員培訓和整體反應的有效性；
- (5) 更正評判所發現缺失的規定。

確認模擬緊急情況的現地演習，每兩年進行一次。

確認放射性/健康物理、醫療和消防演習計畫，每半年進行一次。

確認地質處置場運轉區有關設施危險性材料的營運，滿足 1986 年的緊急應變計畫和公共法規。

在緊急應變計畫初次提交遞交給美國核管會之前，確認場址外緊急應變組織被允許有 60 天的時間對計畫進行意見徵詢。如果計畫的後續變更影響到場址外緊急應變組織，確認對此變更提供 60 天的意見徵詢期。確認在 60 天的意見徵詢期間收到任何意見和執照送審者的答覆，皆隨同緊急應變計畫提交給美國核管會。

確認場址外援助的使用計畫包含：

- (1) 要求和有效利用場址外援助的安排，以及依據需要使用其他組織以增強計畫現地反應的規定；
- (2) 主要應對組織與需要在現地反應的場址外人員之間迅速聯繫的規定；
- (3) 提供足夠的緊急應變設施和設備，以支持現地緊急應變；
- (4) 評估和監測放射性緊急情況後果的方法、系統和設備之規範；

- (5) 現場受污染和受傷人員的醫療服務安排；
- (6) 對可能被指派援助緊急情況的場址外人員，進行放射性緊急應對培訓。
確認有對公眾提供即時資訊的適當安排。

2.5.7.3 接受準則

以下接受準則符合 10 CFR 63.161 的要求。

接受準則 1：提供應對地質處置場運轉區潛在放射性物質和其他事故適當的緊急計畫。

- (1) 對地質處置場運轉區和附近區域的描述，足以支持緊急應變計畫的評估；
- (2) 美國能源部確定每種合理類型的放射性物質事故。緊急應變計畫中所確認的放射性緊急情況和事故，與事件序列中所指明的內容相同；
- (3) 將事故分為「警報」或「場址區緊急情況」的分類系統是足夠的；
- (4) 關鍵初始事件和事故情況的檢測方法是足夠的(儀器、設備、程序等等)。所布置的檢測設備之位置和類型的理由是可接受的；
- (5) 減輕每種類型事故後果所計畫的方法，包括保護現場工作人員的方法和維護設備的計畫是足夠的；
- (6) 計畫用於評估放射性物質外釋的方法和設備，足以支持有效的緊急應變作為；
- (7) 發生放射性事故時，設施人員的職責和身分以及負責及時通知場址外應變組織和美國核管會的人員皆已適當定義；
- (8) 為場址外緊急應變組織所提供的資訊是足夠的，包括聯絡點、地址、電話、傳真和電子郵件；
- (9) 制定、維護和更新緊急應變計畫的職責已被清楚定義；
- (10) 簡要描述如何及時通知場址外緊急應變組織和請求援助的方法，包括對受污染傷害的現場工作人員進行治療的醫療援助。其描述包含足夠的資訊以確認：
 - (a) 建立控制點；
 - (b) 部分人員、部分設施或一些設備如不可用，不會妨礙向場址外緊急應變組織的通知和協調；
 - (c) 美國核管會運轉中心會在緊急情況宣布後 1 小時內被通知。
- (11) 提供設施狀況、放射性物質外釋及建議保護措施(如有必要)的資訊類型為足夠，且能及時向場址外緊急應變組織和美國核管會提供此類資訊；

- (12)向工作人員提供緊急應變的培訓，包括消防、警務、醫療和其他場址外提供的指示和導引服務為足夠，以利有效行動；
- (13)在事故發生後，將地質處置場運轉區恢復到安全的狀態的方法為適當；
- (14)與場址外緊急應變組織進行之每季通報檢查和每兩年的緊急應變演習已列入計畫，以用於測試對模擬緊急情況的反應，並包含以下：
- (a) 檢查和更新所有必要的電話號碼、傳真號碼和電子郵件；
 - (b) 邀請場址外應變組織參加兩年一度的演習；
 - (c) 使用大多數參與者不了解的情境；
 - (d) 以沒有直接執行責任的個人對每項工作進行評判的計畫。此評判將評估計畫的適用性、緊急應變程序、設施與設備、人員培訓和整體反應的有效性；
 - (e) 更正評判所發現缺失的規定。
- (15)每兩年進行現地演習，對模擬緊急情況進行測試；
- (16)放射性/健康物理、醫療和消防演習計畫，每半年進行一次；
- (17)地質處置場運轉區的營運滿足 1986 年的緊急應變計畫和公共法規中有關設施內的危險材料；
- (18)在緊急應變計畫初次提交遞交給美國核管會之前，場址外緊急應變組織被允許有 60 天的時間對計畫進行意見徵詢。如果計畫的後續變更影響到場址外緊急應變組織，應提供 60 天的意見徵詢期。在 60 天的意見徵詢期間收到任何意見和執照送審者的答覆，皆隨同緊急應變計畫提交給美國核管會；
- (19)場址外援助的使用計畫包括：
- (a) 要求和有效利用場址外援助的安排，以及依據需要使用其他組織以增強計畫現地反應的規定；
 - (b) 主要應對組織與需要在現地反應的場址外人員之間迅速聯繫的規定；
 - (c) 提供足夠的緊急應變設施和設備，以支持現地緊急應變；
 - (d) 評估和監測放射性緊急情況後果的方法、系統和設備之規範；
 - (e) 現場受汙染和受傷人員的醫療服務安排；
 - (f) 對可能被指派援助緊急情況的場址外人員，進行放射性緊急應對培訓。
- (20)對公眾提供即時資訊的適當安排。

2.5.7.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠資訊且適當地滿足 2.5.7.3 節的接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.161 的要求。根據 10 CFR 72.32(b)規定，針對永久封閉處理放射性事故提供了可接受的緊急應變計畫，包括對地質處置場運轉區的地面設施拆除和去汙。這個計畫包含：

- (1) 設施及附近區域描述；
- (2) 放射性物質事故的類型和分類；
- (3) 事故情況的檢測方法；
- (4) 減輕事故後果的方法；
- (5) 對放射性物質外釋的適當評估；
- (6) 緊急情況下，設施人員的職責；
- (7) 制定、維護和更新緊急應變計畫的職責；
- (8) 場址外緊急應對組織的識別；
- (9) 場址外緊急應變組織的通知和協調；
- (10) 要傳達給場址外組織的資訊；
- (11) 緊急應變的培訓計畫；
- (12) 安全狀態恢復；
- (13) 展示在緊急情況下行動就緒的演習；
- (14) 1986 年的緊急應變計畫和公共法規中有關設施內危險化學品的規定；
- (15) 場址外緊急應變組織成員對於緊急應變計畫的意見；
- (16) 場址外援助的需求；
- (17) 向公眾提供資訊的安排。

2.5.8 限制進入管制和土地權使用管理

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.5.8.1 審查範圍

本章節審查限制進入的管制及土地權使用管理。審查者依據 10 CFR 63.21(c)(24)的要求評估相關資訊。

限制進入和管理土地權使用的管制措施，是為了減少不利的人類行為，而可能降低處置場隔離廢棄物的能力。幕僚人員將使用 2.5.8.2 和 2.5.8.3 的審查方法和接受準則，評估以下的限制進入管制和土地權使用管理。

- (1) 地質處置場運轉區徵收土地拆遷的程度和充足性；
- (2) 地質處置場運轉區邊界在地質處置場運轉區之設計與自然特徵的兼容性；
- (3) 用於查明地質處置場運轉區內之產權責任和地表下權利之方法；
- (4) 永久封閉後額外控制的可接受性；
- (5) 永久封閉所需額外控制的可接受性；
- (6) 水權充足性；
- (7) 地表及地表下資產的控制；
- (8) 用於查明地質處置場運轉區外產權責任的方法；
- (9) 紀念碑(Monuments)設計的可接受性。

2.5.8.2 審查方法

審查方法 1：土地所有權

在美國核管會完成審查和執照申請審核通過之前，確認美國能源部權限內的措施，以建立有效的管轄和控制，且立法或其他進行中轉讓行為將會完成。

確認地質處置場運轉區的土地面積是由美國能源部獲得的土地，或是被永久徵收回並保留給美國能源部使用，且由美國能源部所持有，同時也沒有下列的明顯產權責任：(i)根據一般採礦法規所產生的權利；(ii)路權的地役權；(iii)所有其他根據租賃、進入權、契據、專利、抵押、撥付、法規或其他方式產生的權利。

確認地質處置場運轉區的所有權相關法律文件，包括足夠的所有權和(或)控制指標，以滿足採購紀錄，例如：任何土地權利的權狀紀錄，或土地管理局權狀圖中所有紀錄的權利和所有權。

如果法定收回地質處置場運轉區的土地已經頒布，確認執照申請是否包括立法文本，以及法規所包含的土地面積之法律描述和申請書之說明同意。由於建議的處置場場址之土地面積將完全屬於聯邦所有，因此法定收回將組成完整的所有

權文件，但須屬於次要權利。

審查方法 2：永久封閉後的額外控制

評估在地質處置場運轉區或地質處置場運轉區內是否建立了地表和地表下地區任何的 control 措施，以防止可能降低處置場隔離廢棄物的能力之不利的人為行為是可接受並足夠的。此類 control 可以採取以下形式：(i) 所有權權益；(ii) 地役權；(iii) 水權；(iv) 根據一般採礦法收回地點或專利；(v) 土地使用限制。

確認地質處置場運轉區或地質處置場運轉區外的影響區域大小和邊界與設計或自然特徵一致，以確保處置場執行隔離的能力，並降低人類活動可能影響廢棄物隔離的不利風險。審查者依據雅卡山審查計畫之「一般描述」和「永久封閉後之處置場安全」進行場址特性的調查。

確認地質處置場運轉區外的所有權相關法律文件，包括足夠的所有權和(或) control 指標，以滿足採購紀錄，例如：任何土地權利的權狀紀錄，或土地管理局權狀圖中所有紀錄的權利和所有權。

如果地質處置場運轉區之外土地的法定收回尚未頒布，確定美國能源部已採取或計畫在其職權範圍內採取適當步驟，以建立有效的管轄權和控制權。正在進行的立法或其他轉讓行為，應該在美國核管會完成審查和執照申請決議之前完成。

確認存在或可能繼續的任何現有或擬議的合法權利或產權責任，或是應在地質處置場運轉區外建立，並充分評估任何可能在這些權利下容許發生的活動性質。

評估美國能源部管理和控制其所有權或監督土地的計畫。確認針對地質處置場運轉區外的土地區域，用於查明任何現有或將來的產權責任或其他地表或地表下權利的方法為適當，例如權狀搜尋和土地管理局紀錄搜尋。

審查方法 3：永久封閉所需的額外控制

評估任何 control 措施是否滿足 10 CFR 63.111(a) 和 (b) 的要求是可以接受的和足夠的。如果有必要，這種 control 措施應包括土地使用限制和排除公眾權力。

確認地質處置場運轉區和地質處置場運轉區外的影響區域大小和邊界與設計或自然特徵一致，以確保滿足 10 CFR 63.111(a) 和 (b) 的要求。審查者依據雅卡山審查計畫「永久封閉前之處置場安全」，以及「一般描述」和「永久封閉後之處置場安全」進行場址特性的調查。

確認地質處置場運轉區的所有權相關法律文件，包括足夠的所有權和(或)控

制指標，以滿足採購紀錄，例如：任何土地權利的權狀紀錄，或土地管理局權狀圖中所有紀錄的權利和所有權。

如果地質處置場運轉區之外土地的法定收回尚未頒布，確定美國能源部已採取或計畫在其職權範圍內採取適當步驟，以建立有效的管轄權和控制權。正在進行的立法或其他轉讓行為，應該在美國核管會完成審查和執照申請決議之前完成。

確認存在或可能繼續的任何現有或擬議的合法權利或產權責任，或是應在地質處置場運轉區外建立，並充分評估任何可能在這些權利下容許發生的活動性質。

評估美國能源部管理和控制其所有權或監督土地的計畫。確認針對地質處置場運轉區外的土地區域，用於查明任何現有或將來的產權責任或其他地表或地表下權利的方法為適當，例如權狀搜尋和土地管理局紀錄搜尋。

審查方法 4：水權

確認美國能源部已獲得必要的水權，以實現地質處置場運轉區的目的。審查者使用雅卡山審查計畫「永久封閉前之處置場安全」進行地質處置場運轉區設計評估，以評估對用水需求的符合性。

審查方法 5：紀念碑的概念設計

確認計畫在永久封閉後識別場址的紀念碑之概念設計是足夠的。紀念碑應準確地指出處置場的位置，設計為確實可行的情況下永久性地傳達警告，因放射性廢棄物對公眾健康和安全的風險，以防止入侵地下處置場，並且至少具有設計年限達幾百年。

2.5.8.3 接受準則

以下接受準則符合 10 CFR 63.121 和 63.21(c)(24)的要求，涉及限制進入和管理土地使用以及紀念碑的概念設計。

接受準則 1：土地所有權的充分證明。

- (1) 美國能源部權限內建立有效的管轄權和控制權以及立法或其他轉讓行為，有完整的步驟；
- (2) 地質處置場運轉區的土地面積是由美國能源部獲得的土地，或是被永久收回並保留給美國能源部使用，美國能源部免費提供產權責任；
- (3) 地質處置場運轉區的所有權相關法律文件，包括足夠的所有權和控制指標，以滿足採購紀錄；

- (4) 如果法定撤回地質處置場運轉區的土地已經頒布，確認執照申請是否包括立法文本，以及法規所包含的土地面積之法律描述和申請書之說明同意。

接受準則 2：永久封閉的額外控制是可接受的。

- (1) 在地質處置場運轉區或地質處置場運轉區內是否建立了地表和地表下地區任何的 control 措施，以防止可能降低處置場隔離廢棄物的能力之不利的人為行為是可接受並足夠的；
- (2) 地質處置場運轉區或地質處置場運轉區外的影響區域大小和邊界與設計或自然特徵一致，以確保處置場執行隔離的能力，並降低人類活動可能影響廢棄物隔離的不利風險；
- (3) 地質處置場運轉區外的所有權相關法律文件，包括足夠的所有權和(或)控制指標，以滿足採購紀錄，例如：任何土地權利的權狀紀錄，或土地管理局權狀圖中所有紀錄的權利和所有權。
- (4) 如果對於地質處置場運轉區之外土地的法定收撤回尚未頒布，美國能源部在其職權範圍內採取適當步驟，以建立有效的管轄權和控制權。立法或其他轉讓行為是完整的；
- (5) 存在或可能繼續的任何現有或擬議的合法權利或產權責任，或是應在地質處置場運轉區外建立，並適當評估任何可能在這些權利下容許發生的活動性質；
- (6) 用於查明在地質處置場運轉區外的土地區域中，任何現有或將來的產權責任或其他地表或地表下權利的方法，例如權狀搜尋和土地管理局紀錄搜尋是適當的。

接受準則 3：永久封閉造成的額外控制是足夠的。

- (1) 為確保滿足 10 CFR 63.111(a)和(b)的要求所需的任何額外控制是可以接受和足夠的；
- (2) 地質處置場運轉區和地質處置場運轉區外的影響區域大小和邊界與設計或自然特徵一致，以確保滿足 10 CFR 63.111(a)和(b)的要求；
- (3) 地質處置場運轉區的所有權相關法律文件，包括足夠的所有權和(或)控制指標，以滿足採購紀錄，例如：任何土地權利的權狀紀錄，或土地管理局權狀圖中所有紀錄的權利和所有權；
- (4) 如果法定撤回對於地質處置場運轉區之外的土地沒有頒布，確定美國能源部

已採取或計畫在其職權範圍內採取適當步驟，以建立有效的管轄權和控制權。
立法或其他轉讓行為是完整的；

- (5) 存在或可能繼續的任何現有或擬議的合法權利或產權責任，或是應在地質處置場運轉區外建立，並適當評估任何可能在這些權利下容許發生的活動性質；
- (6) 用於查明在地質處置場運轉區外的土地區域中，任何現有或將來的產權責任或其他地表或地表下權利的方法，例如權狀搜尋和土地管理局紀錄搜尋是適當的。

接受準則 4：水權的描述是足夠的。

- (1) 美國能源部已獲得必要的水權，以實現地質處置場運轉區的目的。

接受準則 5：紀念碑的概念設計是足夠的。

- (1) 計畫在永久封閉後識別場址的紀念碑之概念設計是足夠的。

2.5.8.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠資訊且適當地滿足接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.121 和 63.21(c)(24) 的要求。在永久封閉後必須符合場址的土地權利和永久紀念碑使用的所有權和控制之要求。尤其是：

- (1) 地質處置場運轉區將美國能源部管轄和控制下所獲得的土地，或者被永久收回並保留供其使用的土地。這些土地將免費提供，不包括根據一般採礦法所產生的權利、土地使用權、租賃、進入權、契據、專利、抵押、撥付、法規或其他方式產生的權利；
- (2) 額外的控制將用於永久封閉，包括地質處置場運轉區外的區域。這些控制包括管轄權和控制權、地表和地表下權利，以防制可能降低處置場實現隔離目的的能力之人為行為；
- (3) 透過永久封閉，包括對地質處置場運轉區外的地區進行額外控制。美國能源部將根據需要之管轄權，以確保符合 10 CFR 63.111 的功能目標。控制措施

包括排除公眾的權力；

- (4) 美國能源部獲得水權，以達到地質處置場運轉區的目的；
- (5) 美國能源部提供了紀念碑的概念設計，以確定永久封閉後的處置場位置。

2.5.9 放射性廢棄物處置外的地質處置場用途

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.5.9.1 審查範圍

本章節審查地質處置場運轉區用於處置放射性廢棄物以外的用途。審查者依據 10 CFR 63.21(c)(22)(vii) 的要求評估相關資訊。

幕僚人員將使用 2.5.9.2 和 2.5.9.3 的審查方法和接受準則，評估地質處置場運轉區用於處置放射性廢棄物的目的。

- (1) 除了高放射性廢棄物的處置及其潛在影響以外之擬定活動；
- (2) 擬定活動的行為程序和持續監督。

2.5.9.2 審查方法

審查方法 1：處置之外的擬定活動

評估除了處置高放射性廢棄物之外的地質處置場運轉區的任何擬定活動，是否會影響與安全重要相關的結構、系統與組件，以及與廢棄物隔離相關的工程與天然障壁。需要考慮的活動包括但不限於以下：

- (1) 高放射性廢棄物的長期暫存；
- (2) 與處置高放射性廢棄物無關之獲批准的用途，例如美洲原住民文化活動、依適當規定保護動植物、娛樂以及資源開採(如礦物、地熱、地下水)；
- (3) 美國核管會或美國能源部之外其他組織的功能監測與確認。

審查方法 2：潛在影響結構、系統與組件的擬定活動之程序

評估持續監督擬定活動的程序是否足夠，而非在地質處置場運轉區處置高放射性廢棄物，可能影響與安全重要相關的結構、系統與組件以及與廢棄物隔離相關的工程與天然障壁。這些程序應包括：(i)活動目的；(ii)活動詳細說明；(iii)工作人員相關輻射安全；(iv)紀錄的處理及活動完畢後須通知的各方。

2.5.9.3 接受準則

以下接受準則符合 10 CFR 63.21(c)(22)(vii) 的要求，關於地質處置場運轉區用於處置放射性廢棄物外的目的之要求。

接受準則 1：處置放射性廢棄物之外的擬定活動是可以接受的。

- (1) 對處置高放射性廢棄物之外的地質處置場運轉區的任何擬定活動進行充分評估，影響與安全重要相關的結構、系統與組件，以及與廢棄物隔離相關的工程與天然障壁是可以接受的。

接受準則 2：處置高放射性廢棄物外的擬定活動之程序是可接受的。

- (1) 持續監督可能影響與安全重要相關的結構、系統與組件，以及與廢棄物隔離相關的工程與天然障壁之擬定活動的程序是充足的。

2.5.9.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠資訊且適當地滿足 2.5.9.3 節的接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為符合 10 CFR 63.21(c)(22)(vii) 的要求。對處置放射性廢棄物以外的地質處置場運轉區用途之計畫充分描述，其計畫於執照申請的內容滿足要求。這些計畫包括分析這些活動對於與安全重要相關的結構、系統與組件，以及與廢棄物隔離相關的工程和天然障壁的可能影響。

2.5.10 執照規格

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

本章節審查美國能源部確定的變數、條件或其他項目，其可能成為執照規格的主題。審查者依據 10 CFR 63.21(c)(18) 的要求評估相關資訊。

對於執照規格可能主題的變數、條件或其他項目的審查，必須結合雅卡山審查計畫其他部分所進行的審查。所提出的變數、條件和其他項目之可接受性，是在決定處置場安全功能目標是否能達成來共同進行評估，因為這些規格定義或限制了處置場的營運和建造。審查者應特別注意影響地質處置場運轉區最終設計的項目。

2.5.10.1 審查範圍

幕僚人員將使用 2.5.10.2 和 2.5.10.3 的審查方法和接受準則，評估執照規格。

此列表並非全面而完整，所有執照規格的範圍是基於執照申請中所提供的資訊，而非預先排定的表列。

(1) 適用於以下幾個方面提出的執照規格：

- (a) 放射性廢棄物的物理及化學形式和放射性同位素含量；
- (b) 放射性廢棄物包件的形狀、尺寸、材料和施工方法；
- (c) 每單位貯存空間所允許的廢棄物數量；
- (d) 測試、校正、檢查、監視和監測的要求；
- (e) 坑道、滴水屏蔽、回填、通風系統及其他結構、系統與組件的特性；
- (f) 限制進入和避免干擾的管制；
- (g) 行政管制。

(2) 每個提出的變數、條件或其他項目之技術基礎，著重於可能對最終設計有重大影響的項目。

2.5.10.2 審查方法

審查方法 1：執照規格的識別和技術基礎

確認提出的執照規格及其技術基礎已被確認且合理。

審查方法 2：符合執照規格的計畫

確認美國能源部是否提供滿足執照規格的計畫，這些計畫與處置場設計是一致的，這些計畫是根據雅卡山審查計畫第 2.1 節和第 2.2 節的審查結果。

2.5.10.3 接受準則

以下接受準則符合 10 CFR 63.21(c)(18)和 63.43 的要求。

接受準則 1：變數、條件或其他項目規定的執照規格項目，並提供了可接受的技術基準。

接受準則 2：符合執照規格及其技術基礎的計畫已充分界定。

2.5.10.4 審查發現

如果執照申請文件提供足夠資訊且適當地滿足 2.5.10.3 節的接受準則，工作小組的結論為此部分的評估為可接受。審查者撰寫適合納入安全評估報告的內容，該報告包括一份審查內容的簡要說明，以及審查者接受提交的原因。工作小組可以如下方式記錄審查。

美國核管會工作小組審查安全分析報告以及其他執照申請資料，合理的認為

符合 10 CFR 63.21(c)(18)和 63.43 的要求。確定執照申請內容的要求，因為這些變數、條件或其他項目之可能的執照規格主題被證明是合理的。制定了符合執照規格的計畫，且特別注意對地質處置場運轉區的最終設計可能有重大影響的項目。

2.6 參考文獻

- U.S. Department of Energy. 「Topical Report YMP/TR-002-NP: Methodology to Assess Fault Displacement and Vibratory Ground Motion Hazards at Yucca Mountain.」 Revision 1. Washington, DC: U.S. Department of Energy. 1997.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission. 「Standard Format and Content for Documentation of Remedial Action Selection at Title I Uranium Mill Tailings Sites.」 Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. 1989.
- NUREG-0800, 「Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants.」 LWR Edition. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. 1987.
- Schumm, S.A. and R.J. Chorley. NUREG/CR-3276, 「Geomorphic Controls on the Management of Nuclear Waste.」 Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. 1983.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission. Regulatory Guide 8.8, 「Information Relevant to Ensuring that Occupational Radiation Exposures at Nuclear Power Stations Will Be As Low As Is Reasonably Achievable.」 Revision 3. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission, Office of Standards Development. 1978.
- Regulatory Guide 8.10, 「Operating Philosophy for Maintaining Occupational Radiation Exposures As Low As Is Reasonably Achievable.」 Revision 1. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission, Office of Standards Development. 1977.
- Nuclear Energy Agency. 「An International Database of Features, Events, and Processes [Draft].」 Nuclear Energy Agency Working Group on the 「Development of a Database of Features, Events, and Processes Relevant to the Assessment of Post-Closure Safety of Radioactive Waste Repositories, Safety

Assessment of Radioactive Waste Repositories Series.」 United Kingdom: Safety Assessment Management Limited. June 24, 1997.

- Kotra, et al. NUREG-1563, 「Branch Technical Position on the Use of Expert Elicitation in the High-Level Radioactive Waste Program.」 Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. 1996.
- U.S. Department of Energy. 「Disposal Criticality Analysis Methodology Topical Report.」 YMP/TR-004Q. Revision 0. Las Vegas, Nevada: U.S. Department of Energy, Office of Civilian Radioactive Waste Management. November 1998.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission. 「Draft Safety Evaluation Report on Disposal Criticality Analysis Methodology Topical Report.」 Revision 0. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. 2000.
- Altman, W.D., J.P. Donnelly, and J.E. Kennedy. NUREG-1297, 「Generic Technical Position on Peer-Review for High-Level Nuclear Waste Repositories.」 Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. 1988a.
- NUREG-1298, 「Generic Technical Position on Qualification of Existing Data for High-Level Nuclear Waste Repositories.」 Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. 1988b.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission. 「Determination of Radionuclide Solubility in Ground Water for Assessment of High-Level Waste Isolation, Technical Position.」 Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission. 1984.
- Leigh, C.D., et al. 「User's Guide for GENII-S: A Code for Statistical and Deterministic Simulation of Radiation Doses to Humans from Radionuclides in the Environment.」 SAND 91-0561. Albuquerque, New Mexico: Sandia National Laboratories. 1993.

