

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

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

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

受委託單位：社團法人中國土木工程學會
研究主持人：黃偉慶
協同主持人：石瑞銓、周冬寶、林文勝、林伯聰
研究期程：中華民國 106 年 2 月至 106 年 12 月
研究經費：新台幣壹佰玖拾肆萬壹仟肆佰陸拾肆元整

行政院原子能委員會放射性物料管理局 委託研究

中華民國 106 年 12 月

(本報告內容純係作者個人之觀點，不應引申為本機關之意見)

摘要

參酌用過核子燃料最終處置先進國家國際審查經驗，106 年用過核子燃料處置長期安全評估審驗技術之研析內容中，國際高放最終處置計畫安全分析報告審查資訊研析部分，係以美國核能管制委員會於 2003 年所發布的雅卡山放射性廢棄物地質處置場審查計畫為主要研析標的。雅卡山地質處置場是美國能源部針對用過核子燃料與高階核廢料最終處置所推動的計畫，2002 年美國能源部認為雅卡山適於用過核子燃料的地質處置，因此預定提出處置場建造執照的申請，此報告即針對將提出的申請案，所預先規劃的審查計畫，內容包括一般資訊審查、永久封閉前處置場安全性、永久封閉後處置場安全、解決安全問題的研發計畫、功能確認計畫、及行政與程序要求等。

本研究針對雅卡山高階放射性廢棄物地質處置計畫審查計畫內容，掌握審查範圍、審查方法、接受準則、審查發現等關鍵技術等加以研析，一方面針對該報告內容進行部分中文化，一方面彙整上述關鍵技術，以條列方式簡化審查計畫內容，以利國內未來引用參考；另外，針對關鍵審驗技術或國內未來注意事項等提出建議。完成研析目標後，有助於培植國內對高放最終處置計畫審查技術能力，以利台電公司於 2017 年底提出「用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告」時，國內相關技術驗證能力之提升，使未來安全評估作業得以順利進行。

目錄

摘要.....	i
目錄.....	iii
圖目錄.....	xiii
表目錄.....	xiv
第零章、前言	1
0.1 研究背景與目的.....	1
0.2 我國最終處置計畫發展與審查	3
0.3 研析標的與範圍.....	4
0.4 美國雅卡山地質處置場簡介	6
0.5 報告章節內容與編排	9
第一章、一般資訊	13
1.1 一般描述	13
1.1.1 審查範圍	13
1.1.2 審查方法與接受準則	14
1.1.3 審查發現	15
1.2 建造、廢棄物接收及置放的時程規劃.....	15
1.2.1 審查範圍	15
1.2.2 審查方法與接受準則	16
1.2.3 審查發現	16

1.3 實體(physical)防護計畫	16
1.3.1 審查範圍	17
1.3.2 審查方法與接受準則	17
1.3.3 審查發現	20
1.4 物料管制與料帳計畫	21
1.4.1 審查範圍	21
1.4.2 審查方法與接受準則	21
1.4.3 審查發現	21
1.5 場址特徵化工作描述	22
1.5.1 審查範圍	22
1.5.2 審查方法與接受準則	22
1.5.3 審查發現	23
第二章、永久封閉前之處置場安全	25
2.1 關於封閉前安全分析之場址描述	25
2.1.1 審查範圍	25
2.1.2 審查方法與接受準則	25
2.1.3 審查發現	28
2.2 結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述	28
2.2.1 審查範圍	28
2.2.2 審查方法與接受準則	28
2.2.3 審查發現	30
2.3 危害界定和初始事件	30
2.3.1 審查範圍	31

2.3.2 審查方法與接受準則	31
2.3.3 審查發現	33
2.4 界定事件序列.....	33
2.4.1 審查範圍	33
2.4.2 審查方法與接受準則	33
2.4.3 審查發現	34
2.5 結果分析方法和示範	34
2.5.1 結果分析	34
2.5.1.1 審查範圍	34
2.5.1.3 審查發現	36
2.5.2 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	37
2.5.2.1 審查範圍	37
2.5.2.2 審查方法與接受準則	37
2.5.2.3 審查發現	38
2.6 識別對安全與安全控制具重要性之結構、系統及組件，與確 保安全系統可靠性的措施	38
2.6.1 審查範圍	38
2.6.2 審查方法與接受準則	39
2.6.3 審查發現	41
2.7 對安全和安全控制具重要性之結構、系統及組件的設計 ...	41
2.7.1 審查範圍	41
2.7.2 審查方法與接受準則	41
2.7.3 審查發現	44

2.8 正常作業與第 1 類事件序列符合 10 CFR 20 合理抑低的規定	44
2.8.1 審查範圍	44
2.8.2 審查方法與接受準則	45
2.8.3 審查發現	45
2.9 放射性廢棄物的再取出及替代貯存計畫	45
2.9.1 審查範圍	45
2.9.2 審查方法與接受準則	46
2.9.3 審查發現	47
2.10 永久封閉及除污或除污及地表設施拆除計畫	47
2.10.1 審查範圍	47
2.10.2 審查方法與接受準則	48
2.10.3 審查發現	49
第三章、永久封閉後之處置場安全	51
3.1 系統描述與多重障壁論證	51
3.1.1 審查範圍	51
3.1.2 審查方法與接受準則	51
3.1.3 審查發現	52
3.2 情節分析	52
3.2.1 審查範圍	52
3.2.2 審查方法與接受準則	53
3.2.3 審查發現	55
3.3 情節分析與事件機率-鑑定事件的機率大於每年 10^{-8}	55

3.3.1 審查範圍	55
3.3.2 審查方法與接受準則	55
3.3.3 審查發現	57
3.4 工程障壁材料之劣化	57
3.4.1 審查範圍	57
3.4.2 審查方法與接受準則	58
3.4.3 審查發現	60
3.5 工程障壁的力學破壞	60
3.5.1 審查範圍	60
3.5.2 審查方法與接受準則	61
3.5.3 審查發現	63
3.6 侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學	63
3.6.1 審查範圍	63
3.6.2 審查方法與接受準則	64
3.6.3 審查發現	69
3.7 核種釋出率及溶解度限制	70
3.7.1 審查範圍	70
3.7.2 審查方法與接受準則	70
3.7.3 審查發現	75
3.8 氣候與入滲	76
3.8.1 審查範圍	76
3.8.2 審查方法與接受準則	76
3.8.3 審查發現	79

3.9 未飽和區之流動路徑	80
3.9.1 審查範圍	80
3.9.2 審查方法與接受準則	80
3.9.3 審查發現	84
3.10 未飽和區的核種傳輸	84
3.10.1 審查範圍	84
3.10.2 審查方法與接受準則	84
3.10.3 審查發現：滿足 10 CFR 63.114 的要求。	88
3.11 飽和區的流動路徑	88
3.11.1 審查範圍	89
3.11.2 審查方法與接受準則	89
3.11.3 審查發現	92
3.12 飽和區的核種傳輸	93
3.12.1 審查範圍	93
3.12.2 審查方法與接受準則	93
3.12.3 審查發現：滿足 10 CFR 63.114 的要求。	96
3.13 廢棄物包件的火成作用破壞	97
3.13.1 審查範圍	97
3.13.2 審查方法與接受準則	97
3.13.3 審查發現	99
3.14 地下水核種濃度	99
3.14.1 審查範圍	99
3.14.2 審查方法與接受準則	99

3.14.3 審查發現：滿足 10 CFR 63.114 的要求。	102
3.15 土壤中核種再分布	103
3.15.1 審查範圍	103
3.15.2 審查方法與接受準則	103
3.15.3 審查發現：滿足 10 CFR 63.114 的要求。	107
3.16 生物圈特徵	107
3.16.1 審查範圍	107
3.16.2 審查方法與接受準則	108
3.16.3 審查發現	111
3.17 證明符合封閉後公眾個人防護標準	112
3.17.1 審查範圍	112
3.17.2 審查方法與接受準則	112
3.17.3 審查發現	114
3.18 證明符合人類闖入標準	115
3.18.1 審查範圍	115
3.18.2 審查方法與接受準則	115
3.18.3 審查發現	117
3.19 處置場功能分析證明符合個別的地下水防護標準	117
3.19.1 審查範圍	117
3.19.2 審查方法與接受準則	118
3.19.3 審查發現	120
3.20 專家引進(Expert Elicitation)	120
3.20.1 審查範圍	120

3.20.2 審查方法與接受準則	121
3.20.3 審查發現	121
第四章、行政與計畫程序要求	123
4.1 解決安全問題的研究與發展計畫	123
4.1.1 審查範圍	123
4.1.2 審查方法與接受準則	123
4.1.3 審查發現	124
4.2 功能確認計畫	125
4.2.1 審查範圍	125
4.2.2 審查方法與接受準則	126
4.2.3 審查發現	132
4.3 品質保證計畫	133
4.3.1 審查範圍	133
4.3.2 審查方法與接受準則	134
4.3.3 審查發現	161
4.4 紀錄、報告、試驗、及檢驗	162
4.4.1 審查範圍	162
4.4.2 審查方法與接受準則	162
4.4.3 審查發現	163
4.5 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	164
4.5.1 審查範圍	164
4.5.2 審查方法與接受準則	164
4.5.3 審查結果	165

4.6	地質處置場營運區安全與營運重要職位之指定職責	165
4.6.1	審查範圍	165
4.6.2	審查方法與接受準則	165
4.6.3	審查發現	166
4.7	人員資格和培訓要求	166
4.7.1	審查範圍	166
4.7.2	審查方法與接受準則	166
4.7.3	審查結果	169
4.8	啟動作為及測試計畫	170
4.8.1	審查範圍	170
4.8.2	審查方法與接受準則	171
4.8.3	審查發現	174
4.9	維護、監測和定期檢測的一般性計畫	174
4.9.1	審查範圍	174
4.9.2	審查方法與接受準則	174
4.9.3	審查發現	175
4.10	緊急應變計畫	175
4.10.1	審查範圍	176
4.10.2	審查方法與接受準則	176
4.10.3	審查發現	178
4.11	限制進入管制和土地權使用管理	179
4.11.1	審查範圍	179
4.11.2	審查方法與接受準則	180

4.11.3 審查發現	182
4.12 放射性廢棄物處置外的地質處置場用途	183
4.12.1 審查範圍	183
4.12.2 審查方法與接受準則	183
4.12.3 審查發現	184
第五章、執照規格	185
5.1 執照規格	185
5.1.1 審查範圍	185
5.1.2 審查方法與接受準則	185
5.1.3 審查發現	186
第六章、關鍵審驗技術或注意事項建議	187
6.1 一般資訊	187
6.2 永久封閉前之處置場安全	188
6.3 永久封閉後之處置場安全	191
6.4 行政與計畫程序要求	197
6.5 執照規格	198
第七章、結論	199

圖目錄

圖 0.1 執照申請程序	3
圖 0.2 我國用國核子燃料最終處置計畫階段劃分及重點工作	4
圖 0.3 安全功能評估之審查	5
圖 0.4 雅卡山審查計畫之結構圖	6
圖 0.5 美國雅卡山地質處置場發展歷程	8

表目錄

表 1.1 本報告與 NUREG-1804 報告之章節對照表.....	10
-------------------------------------	----

第零章、前言

0.1 研究背景與目的

世界各國對於用過核子燃料之最終處置，目前以深層地質處置為普遍接受之方式，將處置場設置於地表以下數百公尺，藉多重障壁之圍阻及遲滯功能，達到將放射性廢棄物長期隔離生物圈之安全處置目的。

行政院原子能委員會放射性物料管理局(簡稱物管局)為深入瞭解國際用過核子燃料最終處置安全分析技術發展，曾於 104 年辦理「瑞典用過核子燃料最終處置安全評估技術研析」委託研究計畫案，針對瑞典 2011 年提出之 SR-Site 安全分析報告，進行深入研析，以及 105 年度「用過核子燃料處置安全審驗技術建立之國際資訊研析」計劃案，探討瑞典及芬蘭兩國近年用過核子燃料最終處置場執照申請之國際審查工作，對於國際高放射性廢棄物最終處置技術發展及執照審查現況具備一定程度的掌握。本研究於 106 年度繼續投入國際資訊研析工作，並選擇以美國核能管制委員會(Nuclear Regulatory Commission)針對雅卡山地質處置場執照申請所研擬之審查計畫(Yucca Mountain Review Plan)為主體，建立對最終處置場申照文件審查計畫之了解及相關技術之發展。

雅卡山審查計畫是美國核能管制委員會(以下簡稱核管會)為了評估能源部所提出之雅卡山地質處置場執照申請，所建立的指導原則，此審查計畫本身並非法規的一部分，而核發執照須滿足的條件係記載於美國聯邦法規(Code of Federal Regulations) Title 10, Part 63 (10 CFR Part 63)中。此審查計畫的制定，是為了確保核管會人員於執照申請審查時的品質、一貫性與一致性。主要相關文件如下：

- U.S. Nuclear Regulatory Commission (2003). Yucca Mountain review plan – Final report, NUREG-1804, Revision 2, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC.
- Code of Federal Regulations, PART 63—DISPOSAL OF HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTES IN A GEOLOGIC REPOSITORY AT YUCCA MOUNTAIN, NEVADA.

雅卡山審查計畫對於審查範圍、審查方法、接受準則、審查發現、及參考文獻等分別陳述，包括一般資訊審查(reviews of general information)、永久封閉前處置場安全(repository safety before permanent closure)、永久封閉後處置場安全、解

決安全問題研究發展計畫(research and development program to resolve safety questions)、安全功能確認計畫(performance confirmation program)、及行政與程序需求(administrative and programmatic requirements)等，強調雅卡山審查計畫是風險告知且以安全功能為依據(risk-informed and performance-based)。雅卡山地質處置計畫執照申請審查流程如圖 0.1 所示，其符合核廢棄物政策法以及 10 CFR 2.101(a)與 63.16 的規定。

由圖 0.1 可見，雅卡山地質處置執照申請案審查，首先對美國能源部提出之文件進行受理審查，確認申請案的完整性且提出足以證實符合法規性的充分資訊。根據受理審查，可以得出下列三個結論之一。

- 一、執照申請可能基本上不夠完整，在此種情況下，將被退還給美國能源部，以便補充不足之處。
- 二、執照申請內容夠完整，可供各幕僚人員進行詳細的技術審查，但需要特定範圍內的額外資訊。在這種情況下，幕僚人員開始進行審查，並在其他範圍進行詳細的技術審查，並準備有關不足部分的資訊。美國能源部需要在規定的時間內，提供所需要的資訊，使其能夠完成受理審查。
- 三、幕僚人員確定執照申請在各方面的資訊皆為充足。在此種情況下，申請程序可以進行到詳細技術審查階段。此階段審查者將評估提送的資訊是否足以支持後續的詳細審查，並評估核管會接續的審查時程，但並不對提送文件的技術充分性進行審查。核管會人員會將受理審核結果及後續審查時程於 90 天內書面送交能源部。

而在技術審查(technical review)部分，則針對能源部申請文件演示雅卡山場址及其環境對處置場設計與功能的充分掌握，這些技術資料是在安全分析報告(safety analysis report)中揭露，評估的內容以符合永久封閉前的安全功能目標為主，亦即將工作人員與民眾的劑量限制在可接受的水準。由於 10 CFR Part 63 要求能源部以封閉前安全分析演示法規符合性，故封閉前安全分析將系統性地檢視雅卡山場址、設計、及潛在的危害、事件及其結果、及對工作人員與民眾的最終可能劑量。而封閉前審查將聚焦於能源部是否提供充分證據演示處置場的設計、施工、及營運將可滿足暴露劑量的功能目標。

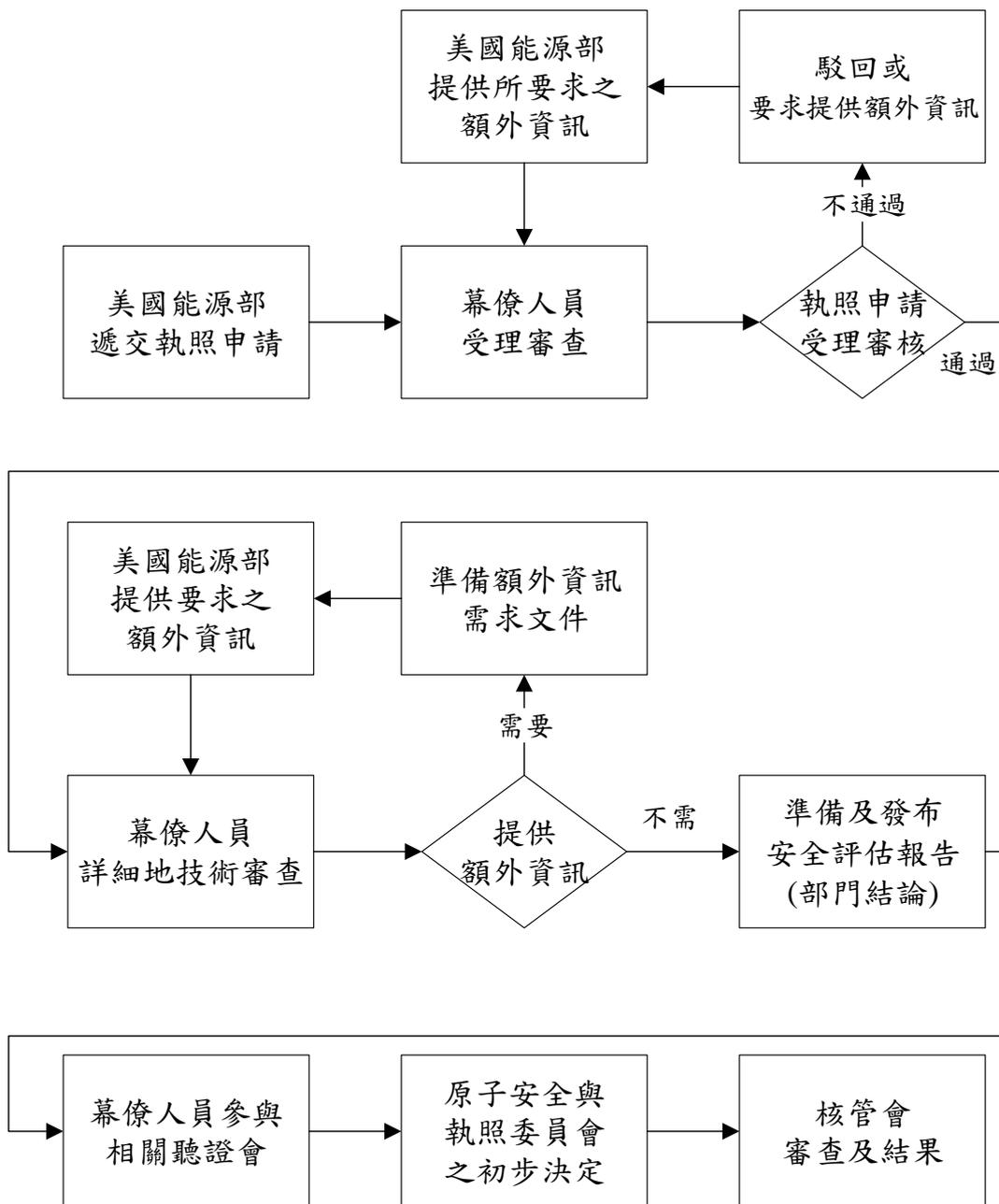


圖 0.1 執照申請程序

0.2 我國最終處置計畫發展與審查

我國擬發展國內最終處置計畫，國際先進國家經驗確實可提供極佳借鏡，一方面參考其長期研究發展的精要，縮短我國學習的歷程，另一方面可利用瑞典 SR-Site 計畫、芬蘭 ONKALO 處置設施以及美國雅卡山審查計畫的成果，規劃我國推動最終處置計畫的關鍵研發工作。

我國用過核子燃料最終處置計畫全程工作規劃如圖 0.2。最終處置計畫目前

處於「潛在處置母岩特性調查與評估階段」，台電公司將於民國 106 年提出「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告」，並送交國際同儕審查。台電公司先於民國 103 年 6/9~6/13 舉辦「用過核子燃料最終處置計畫-國際同儕審查研討會」，邀請瑞典 SKB 及芬蘭 Posiva 專家來台研討；再於民國 104 年 1/26~1/30 舉辦「SKB/TPC/INER 用過核子燃料最終處置技術國際交流研討會」，邀請瑞典 SKB 四位專家來台介紹瑞典最終處置計畫成果與經驗。考量國內用過核子燃料最終處置工作推動趨於積極，原能會物管局須掌握國際最新處置技術發展現況，提升所需之審查技術以為因應。

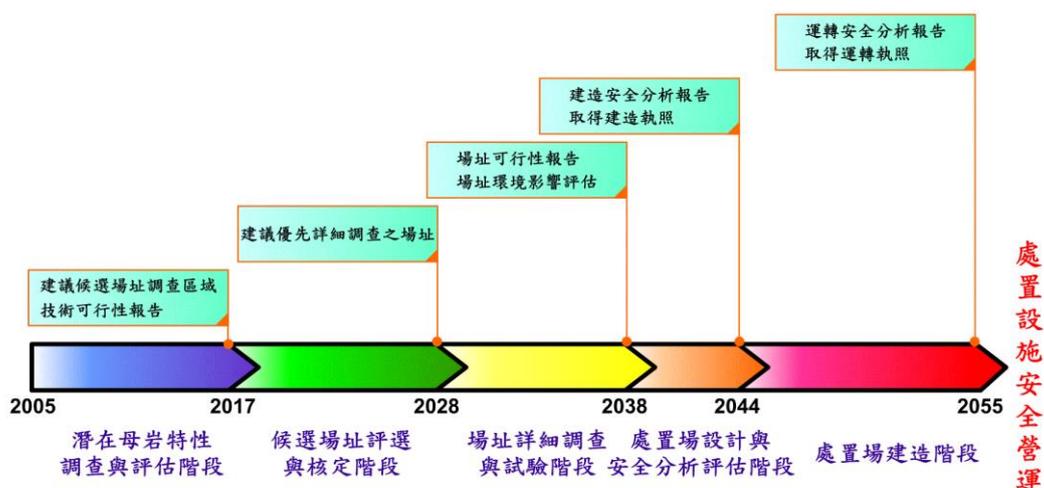


圖 0.2 我國用國核子燃料最終處置計畫階段劃分及重點工作

此外，在最終處置計畫可行性評估審查作業方面，台電公司預定於 2017 年底提出「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告」，目前已委託國際機構完成國際同儕審查，即將向主管機關提出報告。在此同時，主管機關亦先後參酌瑞典、芬蘭及美國之最終處置計畫相關審查經驗，掌握最終處置安全審查工作要項，提升相關審驗技術與驗證能力。

0.3 研析標的與範圍

104 年度曾就瑞典 SR-Site 計畫申請執照提出之技術報告進行研析，而 105 年度則分別對芬蘭、瑞典用過核子燃料最終處置場執照申請案之審查工作進行探討，106 年持續國際高放處置計畫安全分析報告及審查資訊加以掌握，並選擇美國雅卡山高放廢棄物最終處置申請執照所提出安全分析報告之審查計畫作為研析標的。

針對美國雅卡山審查計畫報告，本計畫進行文件內容整體審視並進行部分中文化作業。由於報告內容含括範圍甚廣且專業度高，以研究團隊方式進行專業研析之分工，將團隊成員依專業分組分別執行文件審視工作，透過定期之計畫溝通與工作會議，彙整各專業分組之相關環節，使研析結果具備整合性，強化主管機關物管局未來審查技術與能力，同時掌握用過核子燃料最終處置技術發展之需求，以協助我國未來最終處置計畫審查所需技術能力之發展規劃。

圖 0.3 所示為雅卡山審查計畫規劃之永久封閉後之處置場安全功能評估審查組成，由此圖可見雅卡山計畫的內容專業性高且領域廣泛，透過參與本研析計畫人員依專長分別進行研析，得以有效掌握美國雅卡山審查計畫之內容。

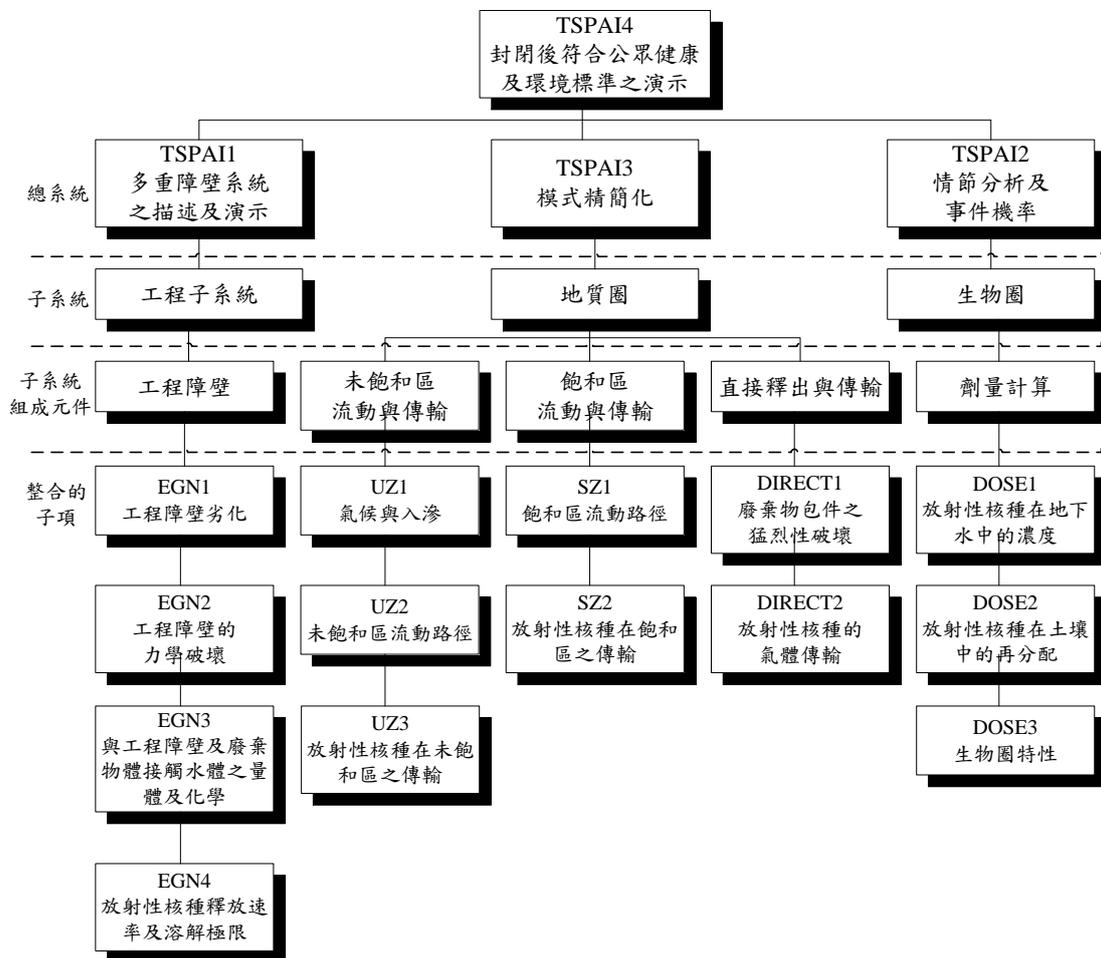


圖 0.3 安全功能評估之審查

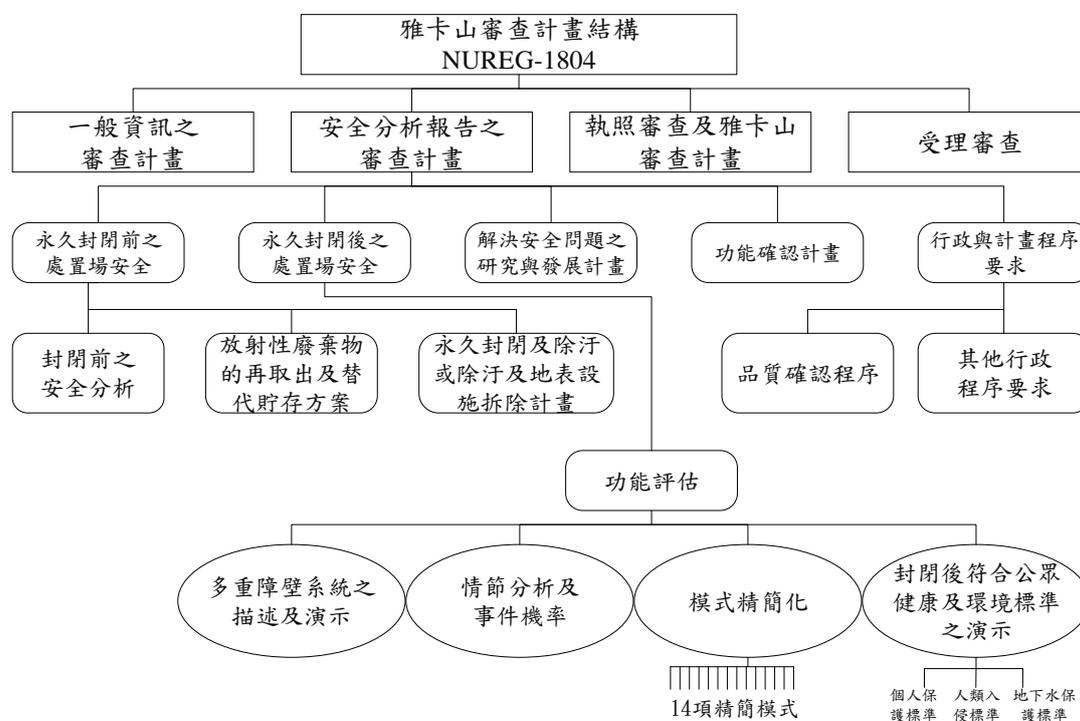
雅卡山審查計畫的進行，係依照以下四個原則：

- (1) 美國核管會負責解釋執照申請的結果，而美國能源部則負責解釋執照申請的內容；

- (2) 雅卡山審查計畫是用於執行美國聯邦法規 10 CFR Part 63，該法規是以功能為基礎且針對特定場址的；
- (3) 雅卡山審查計畫符合適用的法規，且與幕僚人員所需完成的審查一致，以取得安全方面發現的結果；
- (4) 雅卡山審查計畫納入超過 15 年對雅卡山場址所取得的資訊及執照申請前的設計，並避免不合理規定或不必要的接受準則。

為支持美國能源部安全分析報告的審查，雅卡山審查計畫分為五個主要部分：

- (i) 永久封閉前之處置場安全；
 - (ii) 永久封閉後之處置場安全；
 - (iii) 解決安全問題之研究與發展計畫；
 - (iv) 安全功能確認計畫；
 - (v) 行政與程序要求。
- 雅卡山審查計畫整體結構，如圖 0.4，相關細部說明則列於本報告第三至第五章中。



0.4 美國雅卡山地質處置場簡介

美國用過核子燃料與高放射性廢棄物地質處置計畫早從 1960 年代即開始，至 1980 年代將潛在場址聚焦於雅卡山，整個雅卡山計畫發展歷程如圖 0.5 所示，以下就其發展經過作簡略的說明。

1982 年，美國制定核廢棄物政策法(Nuclear Waste Policy Act)，啟動了民間電廠用過核子燃料及國防相關高放射性廢棄物最終地質處置場的選址與發展程

序，並選擇至少三個潛在場址進行細部研究，花費約 11 億美元。1987 年，國會對核廢棄物政策法加以修訂，指示美國能源部針對性地對於位在偏遠沙漠地區的雅卡山作為用過核子燃料最終地質處置場潛在場址進行研究。隨後於 1987-2002 年間，能源部花費了 38 億美金進行有關雅卡山的科學與技術研究，其中於 1997 年，能源部建造了 8 公里長的隧道做為探查研究設施(Exploratory Study Facility)；1998 年又接著開闢了 3.2 公里的橫向坑道，進行潛在處置母岩的更多測試；此外也從地表鑽掘了 180 座測試井，深入雅卡山場址地下。依據這些努力，對於雅卡山場址的地質及其安全圍阻放射性廢棄物的能力得以了解與掌握。

經過二十年對雅卡山場址的研究之後，於 2002 年初，美國總統批准了雅卡山作為最終地質處置場址，但隨即遭到場址所在地內華達州州長依據核廢棄物政策法加以否決；隨後在美國國會引發長達三個月的熱烈討論，最後在參、眾兩院通過，推翻了內華達州州長的否決。2002 年 7 月美國總統發布了雅卡山發展法案(Yucca Mountain Development Act)。

2002-2008 年期間，美國核管會與能源部針對最終處置場執照申請相關事宜，進行了密集的申請前對話與溝通；在此期間，處置計畫也曾因預算問題引致延誤，核管會與能源部的技術幕僚召開了數十次公開會議，並交換了數百份文件，此一對話的目的在確認兩單位間對於申照程序所牽涉的複雜問題建立共識。本研析報告的主要標的 - 「雅卡山審查計畫」，於 2003 年發表，也是這段期間美國核管會與能源部對話成果的一部分。

美國能源部於 2008 年正式向核管會提出雅卡山地質處置場的建造執照申請，申請文件約達 10,000 頁。核管會為了測試能源部申請案的有效性，初步審查時提出了超過 600 個細節的技術問題，要求能源部提供額外資訊。能源部回復了上述技術問題後，核管會於 2010 年 8 月發布了預定為五冊的安全評估報告(Safety Evaluation Report)中的第一冊評估報告。2011 年核管會以經費不足為由暫停了雅卡山地質處置場執照申請的審查工作。2013 年美國華盛頓特區上訴法庭下令核管會恢復建照執照的審查。2015 年 1 月，美國核管會發表了安全評估報告的最後兩冊；至此，核管會完成了對能源部雅卡山地質處置場安全分析的科學與技術審查。

雅卡山最終處置計畫 發展歷程

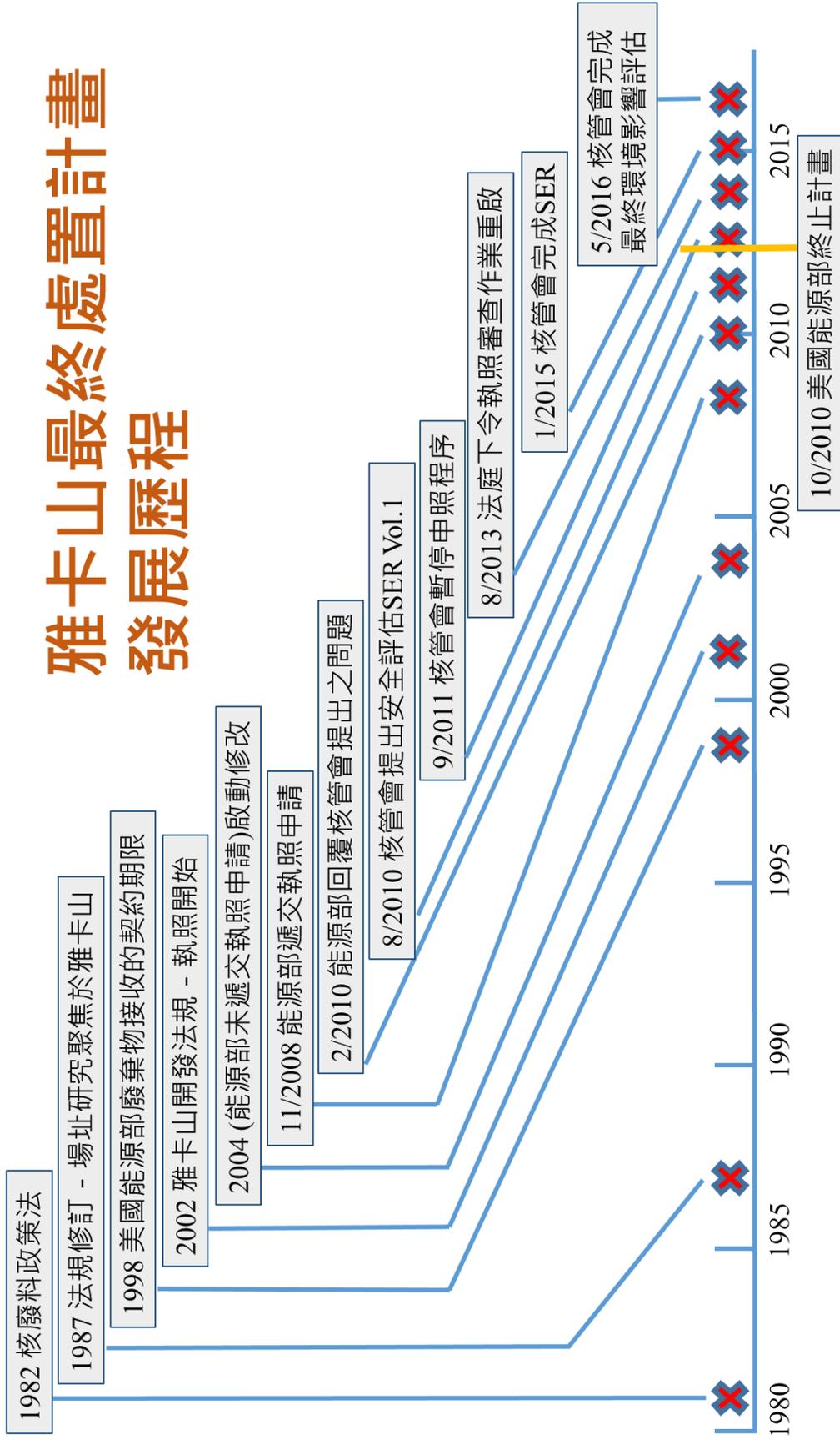


圖 0.5 美國雅卡山地質處置場發展歷程

0.5 報告章節內容與編排

本研究以 NUGEG-1804 報告「雅卡山審查計畫」為國際資訊研析之標的，為滿足美國聯邦法規 10 CFR Part 63 之要求，該審查計畫針對雅卡山最終處置場分別列出一般資訊審查(第一章)及安全分析報告審查(第二章)之詳細審查計畫。為確保核管會人員於執照申請審查時的品質、一貫性與一致性，整份報告對各審查項目一律採用五段式陳述，列舉如下：

- 審查範圍 (area of review)
- 審查方法 (review methods)
- 接受準則 (acceptance criteria)
- 審查發現 (evaluation findings)
- 參考文獻 (references)

NUREG-1804 報告中，章節以下細分為小節、分節等(sub-sections)最多達到 5 個層級，且各節間彼此常須相互引述，因此本報告編排時，仿照美國核管會已完成對雅卡山最終處置計畫的安全分析報告 (NUREG-1949) 所採用的章節編號，以利與美國雅卡山計畫相關報告間的引述與對照，章節詳細對應情形如表 0.1 所示。同時，為維持整份報告的完整性，本報告將 NUREG-1804 報告內容，完成全部中文化作業，並保留其章節編排，將其列為本報告之附錄中，以便參酌查詢及比對。

依據上述，本報告之章節編排，條列如下：

- 第 0 章：研究目的及背景說明、章節編排說明
- 第 1 章：一般資訊審查計畫，章節編號與 NUREG-1804 報告第一章對應。
- 第 2 章：永久封閉前之處置場安全，章節編號與 NUREG-1804 報告第二章之 2.1 節對應。
- 第 3 章：永久封閉後之處置場安全，章節編號與 NUREG-1804 報告第二章之 2.2 節對應。
- 第 4 章：行政與計畫程序要求，章節編號與 NUREG-1804 報告第二章之 2.3 - 2.5 節對應。
- 第 5 章：執照規格，章節編號與 NUREG-1804 報告第二章之 2.5.10 節對應。

- 第 6 章：關鍵審驗技術或注意事項建議
- 第 7 章：結論。

表 1.1 本報告與 NUREG-1804 報告之章節對照表

本報告 章節	NUREG- 1804 章節	標題
第一章、一般資訊		
1.1	1.1	一般描述
1.2	1.2	建造、廢棄物接收及置放的時程規劃
1.3	1.3	實體防護計畫
1.4	1.4	物料管制與料帳計畫
1.5	1.5	場址特徵化工作描述
第二章、永久封閉前之處置場安全		
2.1	2.1.1.1	關於封閉前安全分析之場址描述
2.2	2.1.1.2	結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述
2.3	2.1.1.3	危害界定和初始事件
2.4	2.1.1.4	界定事件序列
2.5	2.1.1.5	結果分析方法和示範
2.6	2.1.1.6	識別對安全與安全控制具重要性之結構、系統及組件， 與確保安全系統可靠性的措施
2.7	2.1.1.7	對安全及安全控制具重要性之結構、系統及組件的設計
2.8	2.1.1.8	正常作業與第 1 類事件序列符合 10 CFR 20 合理抑低的 規定
2.9	2.1.2	放射性廢棄物的再取出及替代貯存計畫
2.10	2.1.3	永久封閉及除污或除污及地表設施拆除計畫
第三章、永久封閉後之處置場安全		
3.1	2.2.1.1	系統描述與多重障壁論證
3.2	2.2.1.2.1	情節分析
3.3	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}
3.4	2.2.1.3.1	工程障壁材料之劣化
3.5	2.2.1.3.2	工程障壁的力學破壞
3.6	2.2.1.3.3	侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學
3.7	2.2.1.3.4	核種釋出率及溶解度限制
3.8	2.2.1.3.5	氣候與入滲
3.9	2.2.1.3.6	未飽和區之流動路徑
3.10	2.2.1.3.7	未飽和區的核種傳輸

3.11	2.2.1.3.8	飽和區的流動路徑
3.12	2.2.1.3.9	飽和區的核種傳輸
3.13	2.2.1.3.10	廢棄物包件的火成作用破壞
3.14	2.2.1.3.12	地下水核種濃度
3.15	2.2.1.3.13	土壤中核種再分布
3.16	2.2.1.3.14	生物圈特徵
3.17	2.2.1.4.1	證明符合封閉後公眾個人防護標準
3.18	2.2.1.4.2	證明符合人類闖入標準
3.19	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
3.20	2.5.4	專家引進
第四章、行政與計畫程序要求		
4.1	2.3	解決安全問題的研究與發展計畫
4.2	2.4	功能確認計畫
4.3	2.5.1	品質保證計畫
4.4	2.5.2	紀錄、報告、試驗、及檢驗
4.5	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
4.6	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
4.7	2.5.3.3	人員資格和培訓要求
4.8	2.5.5	啟動作為及測試計畫
4.9	2.5.6	維護、監測和定期檢測的一般性計畫
4.10	2.5.7	緊急應變計畫
4.11	2.5.8	限制進入管制和土地權使用管理
4.12	2.5.9	放射性廢棄物處置外的地質處置場用途
第五章、執照規格		
5.1	2.5.10	執照規格

第一章、一般資訊

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；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，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。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，在本節中並無資訊的詳細技術分析，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。因為一些資訊包含在執照申請部分中，這些資訊的性質可能不涉及功能評估相關問題、用於評估這些資訊是不具風險性質、非功能基礎的審查方法。因此，在這種情況下，沒有安全功能評估方法可以進行比較。

1.1.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、地質處置場營運區的位置與結構、系統與組件配置</p> <p>(1) 對擬定處置場場址及周遭環境的物理特性描述，尤其是與健康與安全有關的處置場事項。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>一、適當定義地質處置場的位置與配置</p> <p>提供地質處置場營運區之一般且精準的描述。該描述包括：</p> <p>(1) 場址與自然環境的物理特性之討論。</p> <p>(2) 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；</p> <p>(3) 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。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 針對地質處置場營運區的進出及土地利用管制計畫。</p> <p>(6) 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。</p>
<p>二、地質處置場營運區活動的一般資訊</p> <p>(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。</p> <p>(2) 例行性廢棄物包件接收、處理、以及放置的資訊。</p>	<p>二、充分描述地質處置場活動的一般性質</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>

<p>(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。</p> <p>(4) 廢棄物包件由處置坑道再取出及替代貯存之計畫描述。</p> <p>(5) 地質處置場營運區的除役與永久封閉之計畫描述。</p> <p>(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。</p> <p>(7) 緊急情況應對的計畫描述。</p>	<p>運期間人員、材料以及設備移動計畫之描述。</p> <p>(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。</p> <p>(4) 提供放射性廢棄物的再取出與替代貯存計畫之描述。</p> <p>(5) 提供地質處置場營運區的除役與永久封閉計畫之描述。</p> <p>(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。</p> <p>(7) 提供緊急狀況應對計畫之描述。</p>
<p>三、核管會執照核發權責的依據</p> <p>(1) 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。</p>	<p>三、提供美國核管會執照核發權責的充分依據</p> <p>(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。</p>

1.1.3 審查發現

美國核管制委員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) 地質處置場運轉區(包括處置場內和處置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 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、完成每個重要工作要素的主要步驟</p> <p>(1) 驗證時間表、時間表圖表或工作進度流程圖被提供。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>一、完成每個重要工作要素的主要步驟被充分描述</p> <p>(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。</p> <p>(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；</p> <p>(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：</p> <p>(a) 需要提供時間表、工作流程圖和其他項目管理規劃工具。</p> <p>(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。</p>

1.2.3 審查發現

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。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(physical)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、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。包含：

- (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 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、地質處置場運轉區之描述與施行時程 (1) 指明確切位置；描述設施、廢棄物的性質、周遭環境、及附近地形。應於地圖上註明。	一、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) 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

<p>(2) 提出施行實體防護計畫的時程。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。</p>	<p>劃、周圍地區以及周圍地形，並實體防護計畫提供完善的圖示。</p> <p>(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。</p>
<p>二、一般功能目標</p> <p>(1) 提供對高放射性廢棄物實體防護詳細安全措施，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。</p>	<p>二、達成一般功能目標</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 透過建立、維護及安排實體防護系統，滿足規定的一般功能目標及要求。</p> <p>(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、子系統與組件符合要求。</p> <p>(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。</p>
<p>三、防護目標</p> <p>(1) 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劑量。持續維護與更新實體防護計畫，確保能夠防止地質處置場運轉區發生失控狀況的能力。</p>	<p>三、達成防護目標</p> <p>(1) 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。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。</p>
<p>四、安全組織</p> <p>(1) 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的安全組織。</p>	<p>四、適當的安全組織</p> <p>(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。</p> <p>(2) 美國能源部對安全組織有適當的結構與管理。安全組織必須提供足夠的輪值人力來監管偵測系統。</p> <p>(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</p>

	<p>關且非負實體防護計畫執行責任者進行一次審查。</p> <p>(4) 美國能源部建立一個適當的警衛隊訓練計畫。</p>
<p>五、實體障壁子系統</p> <p>(1) 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。</p>	<p>五、適當的實體障壁子系統</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。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。</p>
<p>六、進出控制子系統與程序</p> <p>(1) 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。</p>	<p>六、適當的進出控制子系統與程序</p> <p>(1) 美國能源部建立與維護了人員識別系統，使進出僅限於被許可的個人。</p> <p>(2) 美國能源部提供適當程序以控制保護區的人員進出點。</p> <p>(3) 美國能源部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。</p> <p>(4) 美國能源部保留適當的進出管制紀錄。</p>
<p>七、偵測、監控及警示子系統與程序</p> <p>(1) 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。</p>	<p>七、適當的偵測、監控、及警示子系統與程序</p> <p>(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。</p> <p>(2) 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</p>

	<p>示。提供警示站足夠的常駐人力和警報告示方法。</p> <p>(3) 偵測系統及其子系統皆透過線路監控進行監測。</p> <p>(4) 保護區內透過適當的日常隨機巡視進行監測。</p>
<p>八、通訊子系統</p> <p>(1) 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。</p>	<p>八、適當的通訊子系統</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 具有適當的方法維持通訊系統在可運作狀況。</p>
<p>九、設備操作性與補救措施</p> <p>(1) 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。</p>	<p>九、適當的設備操作性與補救措施</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 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。</p>
<p>十、事故及應變計畫與程序</p> <p>(1) 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。</p>	<p>十、適當的事故及應變計畫與程序</p> <p>(1) 美國能源部提供適當的保防事故應變計畫以因應保護區未經許可的進出或內部活動。</p> <p>(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。</p>
<p>十一、保防事件的報告</p> <p>(1) 確認美國能源部向美國核管會報告保防事件。</p>	<p>十一、適當之保防事件報告</p> <p>美國能源部向美國核管會提供適當的保防事件報告。</p>

1.3.3 審查發現

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。

1.4 物料管制與料帳計畫

審查職責 – 燃料循環安全與保防處高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

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 10 CFR 63.21(b)(4)所規定的資訊。包含：

- (1) 對所貯存高放射性廢棄物的物料結餘、盤存、及記錄和程序；
- (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 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、物料結餘、盤存、及記錄保存程序	一、對用過核子燃料與高放射性廢棄物的物料結餘、盤存、及記錄保存程序是適當的
二、意外臨界或特殊核子物料遺失的報告	二、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
三、準備物料狀態報告的程序	三、準備物料狀態報告的程序是適當的
四、準備核子物料轉移報告的程序	四、準備核子物料轉移報告的程序是適當的

1.4.3 審查發現

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 10 CFR 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 10 CFR 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中，支援技術討論和描述所需之雅卡山場址特徵工作的描述和結果。評審委員將評估聯邦法規 10 CFR63.21(b)(5)所要求的資訊。工作小組將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。

1.5.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、描述場址特徵化工作內容 (1) 確認執照申請的「一般資訊」中已描述了場址特徵化工作內容，包含：地質學；水文學；地球化學；母岩的大地工程特性和條件；氣候學、氣象學和其他環境科學；以及所考慮之參考生物圈。	一、執照申請的「一般資訊」章節中包含場址特徵化活動內容的充分描述，並充分概述有關場址特徵化活動。
二、節要場址特徵化成果 (1) 地質概述： (a)物理性環境；(b) 地表和地下主要岩層單位及地層關係；(c)重要地層和構造特徵的描述和位置；(d)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)用於評估計畫處置場之估計功能的建議地質系統；(f)地貌、構造、地震和火山模式；(g) 需要複雜工程量測的潛在地質災害的界定；(h) 地震活動性的評估；以及(i) 火山活動評估。	二、執照申請的「一般資訊」章節中包含場址特徵化結果的適當描述。 (1) 充分了解雅卡山地區目前的特徵和過程。 (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。

<p>(2) 水文概述：</p> <p>(a) 水文地質的特點描述；(b) 區域地下水流系統的解釋；(c) 用來估計建議處置場特性之水文地質系統描繪；(d) 氣候；(e) 地下水質；(f) 用水模式；(g) 估計各含水層系統水的流量；(h) 地表水文特徵的界定。</p> <p>(3) 地球化學概述：</p> <p>(a) 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。</p> <p>(4) 大地工程特性和條件概述：</p> <p>(a) 土壤工程性質進行特徵化所需現場調查；(b) 場址調查結果；(c) 其他場址特徵化工作。</p> <p>(5) 氣候、氣象和其他環境資訊；</p> <p>(6) 所考慮之參考生物圈的摘要。</p>	
--	--

1.5.3 審查發現

美國核管理委員會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，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。

第二章、永久封閉前之處置場安全

2.1 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 審查範圍

本節提供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。工作小組將對場址描述的以下部分進行評估，包含：

- (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。

2.1.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、場址地理描述，包含： (1) 明顯的自然和人為特徵是否已充分定義及規定。 (2) 確認場址的限制區域內自然和人為物體的特點。 (3) 足夠詳細和適當尺度的地圖。	一、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。 (2) 充分確定場址控制區內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。
二、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	二、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。

<p>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。</p>	<p>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。</p>
<p>三、地方氣象學和區域氣候學的描述。</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 確認數據收集技術是依據可接受的方法，並且提供依據該技術基礎的數據摘要。</p> <p>(3) 評估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。</p> <p>(4) 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，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。</p> <p>(5) 審核美國能源部是否已有充足的歷史數據進行適當的趨勢分析。</p>	<p>三、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。</p> <p>(1) 執照申請關於當地氣象和區域氣候學的資料。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 提供充足的年度降水量和降水形式，以及可能最大降水量等資訊。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>四、區域性的地區性地表和地下水文學描述。</p> <p>(1) 評估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是否得到充分確認。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 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。</p>	<p>四、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。</p> <p>(1) 描述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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 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。</p>
<p>五、場址地質和地震學的描述，包括：</p> <p>(1) 審核是否提供足夠的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。</p> <p>(2) 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，並依據公認的業界技術和標準。</p>	<p>五、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。</p> <p>(1) 執照申請提供了足夠的現場地質資料。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

<p>(3) 確認土壤的工程特性，依據實驗室和現場試驗提供的結果建造地面設施，並使用公認的業界技術收集和處理這些數據。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 諮詢雅卡山審查計畫審查人員，以確認地震動以及地表和地下斷層位移已經被適當地特徵化。</p> <p>(6) 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。</p> <p>(7) 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)。</p>	<p>(4)土壤工程特性是否依據實驗室和現場試驗提供的結果。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>六、場址火成活動資訊，包括：</p> <p>(1) 諮詢審核人員，以審核執照申請是否已充分考慮場址之火成活動。</p>	<p>六、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，如：</p> <p>(1) 執照申請充分考慮場址之火成活動。</p>
<p>七、場址地形地貌資訊，包括：</p> <p>(1) 評估場址地形地貌的分析。評估地表侵蝕的程度以及大型崩塌的可能性。</p>	<p>七、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，如：</p> <p>(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。</p>
<p>八、場址地球化學資訊，包括：</p> <p>(1) 任何基岩內或棲止水帶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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 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，改變地質力學岩體特性。</p>	<p>八、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，如：</p> <p>(1) 任何基岩內或棲止水帶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。</p> <p>(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。</p> <p>(3)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，改變地質力學岩體特性。</p>

<p>九、土地利用、結構和設施以及殘留放射性包括：</p> <p>(1) 與土地用途衝突的處置場。</p> <p>(2) 現有結構和設施的影響或這些設施的潛在污染。</p> <p>(3) 民眾或工作小組潛在暴露於場址的殘餘輻射。</p>	<p>九、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，如：</p> <p>(1) 有關過去的土地使用情況資訊足以界定任何潛在的衝突。</p> <p>(2) 現有人造結構或設備足以確定對這些結構和設備的影響。</p> <p>(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。</p>
--	--

2.1.3 審查發現

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，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。

2.2 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

2.2.1 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。工作小組將對結構、系統和組件、設備和作業過程的描述進行評估。例如：

- (1) 地表設施及其功能的位置說明；
- (2) 地表及地下設施的結構、系統、組件、設備和公用設施系統描述和設計細節；
- (3) 高放射性廢棄物特徵化描述；
- (5) 障壁系統組件的設計之描述；
- (6) 地質處置場運轉區域處理過程和程序的描述。

2.2.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、地面設施位置及其功能描述，包括：	一、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

<p>(1) 確認所有的地面設施，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。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 審核所有設施功能的要求之描述，足以評估封閉前安全分析和地質處置場運轉區域設計。</p> <p>(4) 審核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。</p>	<p>析和地質處置場運轉區域設計進行評估，如：</p> <p>(1) 執照申請書描述了地面設施，包含足夠詳細和適當尺度的圖。</p> <p>(2) 對地面設施的設計描述足以進行封閉前安全分析評估。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>二、地面設施的結構、系統、組件和設備的描述和設計細節，包括：</p> <p>(1) 確認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。</p> <p>(2) 確認對支持系統和結構、系統和組件之間的潛在交互的充分描述。</p> <p>(3) 審核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。</p> <p>(4) 確認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。</p>	<p>二、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，如：</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(4) 執照申請提供充分關於地面設施承受自然現象的能力之設計資訊。</p>
<p>三、地下設施的結構、系統、組件和設備的描述和設計細節，包括：</p> <p>(1) 確認地下設施的結構、系統、組件、設備相關具有充分的描述和設計資訊。</p>	<p>三、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，如：</p> <p>(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。</p>
<p>四、用過核子燃料和高放射性廢棄物特性描述，包括：</p>	<p>四、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</p>

<p>(1) 用過核子燃料的參數範圍是否有適當的特徵化。</p> <p>(2) 用過核子燃料的高放射性廢棄物性質具有充分的特徵化。</p>	<p>前安全分析和廢棄物包件設計進行評估，如：</p> <p>(1) 執照申請充分特徵化用過核子燃料的參數範圍。</p> <p>(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。</p>
<p>五、工程障壁系統及其組件的描述，包括：</p> <p>(1) 確認主要特徵化的廢棄物包件。</p> <p>(2) 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、降低抗斷裂性和限制。</p> <p>(3) 審核工程化障壁系統組件的分析和特徵化之討論。</p>	<p>五、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，如：</p> <p>(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。</p> <p>(2) 提供充足的廢棄物包件和廢棄物罐功能特徵之特徵化資訊。</p> <p>(3) 關於工程化障壁系統組件的分析和特徵化之討論。</p>
<p>六、地質處置場運轉區域操作過程和程序的描述，包括：</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>六、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，如：</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

2.2.3 審查發現

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，提供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。

2.3 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

2.3.1 審查範圍

本節提供有關界定危害和初始事件審查的導引。審查人員還將評估聯邦法規 10 CFR 63.21(c)(5)所要求的資訊。工作小組將評估危害界定和初始事件。例如：

- (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。

2.3.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、用於界定危害和初始事件方法的技術基礎和假設，包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 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。 (2) 如果不使用原子能機構的導則或業界慣例標準，則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。 (3) 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。 (4) 確認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，並得到本計畫的支持。 	<p>一、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，如：</p> <ol style="list-style-type: none"> (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) 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。
<p>二、使用相關資料界定特定場址的危害和初始事件，包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 審核是否使用適當的特定場址資料來界定自然發生和人為引起的危害和初始事件。 (2) 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。 	<p>二、場址資料和系統資訊適用於界定危害和初始事件，如：</p> <ol style="list-style-type: none"> (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時，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

<p>(3) 確認放射裝置系統相關方面之人為危害的界定，確認危害的界定包含所有作業模式。</p>	<p>所有地質處置場運轉區域的作業模式之危害。</p>
<p>三、確定發生危害和初始事件的頻率或機率，包括：</p> <p>(1) 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。且相關的不確定性是否量化。</p> <p>(2) 如果未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對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。</p> <p>(3) 如果相關資料不足或不可用，審核是否使用適當的機率估計值，並提供防禦性技術基礎。</p> <p>(4) 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。</p>	<p>三、確定發生危害和初始事件的頻率或可能性是可被接受，如：</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>四、包含或排除特定危害和初始事件的技術基礎，包括：</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 確認技術上是可防禦的，並與雅卡山審查計畫中審查的場址和系統資訊保持一致。</p> <p>(3) 確認技術基礎包含考慮不確定性。</p>	<p>四、提供了包含和排除危害和初始事件的充分技術基礎，如：</p> <p>(1) 技術上是可防禦的，與場址和系統資訊一致。</p> <p>(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。</p>
<p>五、風險安全分析中應考慮的危害和初始事件列表，包括：</p> <p>(1) 審核危害和初始事件清單，包含可靠的自然和人為因素事件。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>五、可能導致放射性釋放的危害和初始事件列表可被接受，如：</p> <p>(1) 危害和初始事件清單包含可靠的自然和人為因素事件。</p> <p>(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接受。</p>

2.3.3 審查發現

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。

2.4 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

2.4.1 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。工作小組將評估事件序列界定。例如：

- (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。

2.4.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、用於事件序列界定的方法的技術基礎和假設，包括： (1) 審核界定事件序列選擇的方法是否合適，並符合標準做法。 (2) 審核使用任何非標準方法是否提供適當的基礎和理由。 (3) 確認所選擇的方法與特定場址資料一致並得到支持。 (4) 審核在界定事件序列中做出的假設是合理和有效的。	一、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，如： (1) 界定事件序列選擇的方法是否合適，並且與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。
二、類別 1 和 2 的事件序列，包括： (1) 審核是否正確考慮雅卡山審查計畫中危害和初始事件的審查。確認已適當應用界定事件序列方法。 (2) 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潛在相關人	二、類別 1 和 2 的事件序列已充分界定，如： (1) 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。

<p>為因素的審查。並使用人為可靠性分析之方法。</p> <p>(3) 審核已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。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 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。</p> <p>(6) 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，並審核分析和計算是否正確執行。</p>	<p>(3) 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。</p> <p>(4) 依據第 1 類事件序列進行界定，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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
--	--

2.4.3 審查發現

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，且已提供了潛在事件序列的界定和分析。

2.5 結果分析方法和示範

2.5.1 結果分析

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.5.1.1 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。例如：

- (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。

2.5.1.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、第 1 類事件序列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，包括：</p> <p>(1) 可能導致放射後果的危害事件序列。</p> <p>(2) 界定危害與建議控制措施的相互作用。</p> <p>(3) 地質處置場運轉區域作業模式。</p> <p>(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。</p>	<p>一、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，如：</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 確定的危害與建議控制措施的相互作用。</p> <p>(3) 所有地質處置場運轉區營運模式。</p> <p>(4) 分析假定以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。</p>
<p>二、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，包括：</p> <p>(1) 評估用於執行結果計算之方法。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足夠的技術基礎。確認方法以及所使用的特定場址資料、系統設計和過程資訊一致。</p> <p>(2) 正常運轉或第 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。</p> <p>(3) 審核結果分析的輸入資料和資訊是否被界定，並與特定場址資料、系統設計和過程資訊一致。審核是否有足夠的技術基礎，以及適當考慮輸入資料的不確定性。</p> <p>(4) 評估放射源項的計算。</p>	<p>二、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，如：</p> <p>(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。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(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以及適當考慮了輸入資料中的不確定性。</p> <p>(4) 放射源項的計算是可以接受的。</p>

<p>(5) 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。</p> <p>(6) 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。</p>	<p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>三、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，包括：</p> <p>(1) 確認可能會產生不利影響之正常運轉和第 1 類事件序列進行考慮。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 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。</p> <p>(4) 根據雅卡山審查計畫的評估，確認工作小組和民眾的劑量將低於合理可達成的程度。</p>	<p>三、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，如：</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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)。</p> <p>(4) 工作小組和民眾的劑量將低於合理可達成的程度。</p>

2.5.1.3 審查發現

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。直到永久封閉，地質處置場運轉區的執行功能目標，已經達到 10 CFR Part 20 中不超過輻射暴露限值。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]。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。

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]，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。

2.5.2 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

2.5.2.1 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。且將評估 10 CFR 63.21(c)(5) 所要求的資訊。工作小組將對第 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。例如：

- (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。

2.5.2.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、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，包括：</p> <p>(1) 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，分析是否假設以執照申請中之規定進行操作，描述將確定結果的事件序列，包含有關危害的資訊和依賴管控來防止或減輕事件序列。</p>	<p>一、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，如：</p> <p>(1) 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。</p>
<p>二、第 2 類事件序列對民眾後果的計算評估，包括：</p> <p>(1) 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。確認方法以及所使用雅卡山審查計畫的資訊一致。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 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</p>	<p>二、結果計算充分評估來自第 2 類事件序列的民眾的後果，如：</p> <p>(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。所選擇的方法與特定場址資料、系統設計和過程資訊一致。</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>

<p>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，以及資料中的不確定性。</p> <p>(4) 評估放射源項的計算。</p> <p>(5) 第 2 類事件序列之後，評估直接暴露的場址外劑量的計算。</p> <p>(6) 第 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。</p>	<p>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、資訊以及資料中的不確定性。</p> <p>(4) 放射源項的計算是可被接受的。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>三、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，包括：</p> <p>(1) 確認可能會造成不利影響的第 2 類事件之序列進行考慮。</p> <p>(2) 審核未確定的第 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。</p>	<p>三、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，如：</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

2.5.2.3 審查發現

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，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]。

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

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.6.1 審查範圍

審查人員將對安全與安全控制具重要性之結構、系統及組件，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、系統及組件，與確保安全系統之可用性和可靠性的措施。
- (2) 對安全具重要性之結構、系統及組件，其安全控制之管理或工程手段。
- (3) 對安全具重要性之結構、系統及組件之風險分類。

所述對安全具重要性之結構、系統及組件需符合 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、系統及組件品質的作業。

2.6.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、識別結構、系統及組件清單，與其安全控制之技術基礎與措施。主要審查結構、系統及組件其識別清單之合適性、安全控制之技術基礎與措施之可用性和可靠性。應確認此分析已充分考慮以下內容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 限制放射性物質在空氣中濃度的方法。 (2) 限制於放射性物質附近工作時間的方法。 (3) 適當的屏蔽功能。 (4) 監測和控制放射性污染擴散的措施。 (5) 控制進入高輻射區、非常高輻射區或空浮放射性區的措施。 (6) 預防或控制臨界的措施。 (7) 輻射警報系統應能迅速通知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。 (8) 假設發生事件序列，分析結構、系統及組件實現其預期安全功能的能力。 (9) 爆炸與火災的偵測系統，以及適宜的抑制系統。 	<p>一、已妥適列出結構、系統及組件清單</p> <p>對安全具重要性之結構、系統及組件清單，與其安全控制之技術基礎與措施，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，並符合相關法規要求。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 確認其設計與監控系統合適性。 (2) 確認人員於管制區內停留時間最小化的方式。 (3) 確認設施與臨時性設施之屏蔽功能。 (4) 確認監測和控制放射性污染擴散的措施。 (5) 確認相關措施可符合 10 CFR Part 20 Subparts G、H 的要求。 (6) 確認符合 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) 確認設備、系統與電源的合適性。 (8) 考量之事件序列符合審查發現。 (9) 確認偵測與抑制系統的合適性。

<p>(10) 廢棄物和放流水之放射性管制措施，以及在緊急狀況下終止運轉和疏散人員的措施。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(13) 對安全具重要性之結構、系統及組件進行檢查、測試和維護，以確保其功能持續且準備就緒。</p>	<p>(10) 確認其系統與措施可降低廢棄物產生量與抑制釋出。</p> <p>(11) 確認電力供應與緊急電力供應系統之合適性。</p> <p>(12) 確認公共服務的合適性。</p> <p>(13) 確認結構、系統及組件其檢查、測試和維護作業合適性。</p>
<p>二、防止事件序列或減輕其影響之安全控制管理或程序</p> <p>(1) 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。此管理系統包含：</p> <p>1.程序、2.訓練、3.維護、校驗和監視的計畫及期程、4.結構、系統及組件的配置控制、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。</p>	<p>二、確認可達成安全控制與管理</p> <p>(1) 確認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、系統及組件的清單內。</p>
<p>三、結構、系統及組件之風險分類</p> <p>(1) 在地質處置運轉區中，對安全具重要性之結構、系統及組件，針對其風險分類方法進行評估，以確認該方法採用合理技術並可達成深度防禦。</p> <p>(2) 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、系統及組件，驗證其風險分類方法。</p> <p>(3) 對安全具重要性之結構、系統及組件，驗證其風險分類與管理規定、適用的政策和導則一致。</p>	<p>三、已妥適分類結構、系統及組件之風險</p> <p>(1) 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。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一致。</p> <p>(2) 確認其分類符合 10 CFR 63.142(c)(1)之要求。已驗證失效的頻率和後果，且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一致。且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。</p>

	(3) 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。
--	---

2.6.3 審查發現

在合理保證的情況下，美國核管會的工作人員審查安全分析報告與申請者提交之相關資料，發現可滿足 10 CFR 63.112(e) 的要求。其對於安全具重要性之結構、系統及組件之功能分析顯示：

- (1) 已確定對安全具重要性之結構、系統及組件。
- (2) 已適當訂定對安全具重要性之結構、系統及組件的分類準則，且分類項目可接受。
- (3) 藉由限制或防止潛在事件序列達到控制或減輕後果，其評估內容可接受。
- (4) 對安全具重要性之結構、系統及組件其確保可用性措施，審查發現為可接受。

2.7 對安全和安全控制具重要性之結構、系統及組件的設計

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.7.1 審查範圍

審查有關對安全、安全控制具重要性之結構、系統及組件的設計之：1.設計準則和設計基準、2.設計方法與 3.地質處置運轉區的設計和設計分析。審查人員同時將評估 10 CFR 63.21(c)(2)和(c)(3)之要求，並協調審查 10 CFR 63.21(c)(2)所規定之內容。

2.7.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、設計準則與設計基準 (1) 確認結構、系統及組件其正常運轉條件與異常狀況下之設計準則與設計基準已適當訂定，並符合美國核管會、相關法規或指引之規定，並須包含： (a) 龍捲風防護、地震設計、防爆和防洪。	一、已妥適訂定設計準則與設計基準 (1) 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、系統及組件的設計準則與設計基準，已充分定義。驗證設計準則和設計基準，與結構、系統及組件分析一致。

<p>(b) 正常與異常狀況下的熱相關設計考量。</p> <p>(c) 輻射屏蔽、抑制外釋與輻射防護。</p> <p>(d) 核臨界設計。</p> <p>(2) 考慮正常運轉條件以及分類 1、2 事件序列，應包括：</p> <p>(a) 對溫度敏感且具潛在輻射危害之結構、系統及組件，驗證其正常運轉、消防設計、抑制空浮與通風等設計適切。</p> <p>(b) 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)、位移等，其設定適切。</p> <p>(c) 輻射屏蔽的設計基準和準則，已妥適考量屏蔽表面外工作人員或民眾的最大劑量率和年劑量率。</p> <p>(d) 核臨界設計基準和準則，可確保運轉、貯存和再取出期間，核燃料維持次臨界。</p>	<p>(2) 確認設計準則和設計基準係根據場址特性和結果分析。</p>
<p>二、設計方法</p> <p>(1) 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，並驗證所提出方法相關的不確定性。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 確認支持設計方法的任何分析或數值模型，已進行校驗、校準和驗證。並確認所提出方法有關的假設或限制，對設計的影響已進行了充分的分析和記錄。</p> <p>(4) 確認地震設計方法符合美國能源部提出的危害評估方法和設計準則。</p>	<p>二、設計方法適切</p> <p>(1) 確認設計方法之技術基礎適切。</p> <p>(2) 確認所採用之場址特性試驗數據具代表性。</p> <p>(3) 確認分析模式與模型適切。</p> <p>(4) 確認地震設計符合法規規範。</p>
<p>三、運轉區的設計方法</p> <p>(1) 地表設施的結構、系統及組件之設計和設計分析，審查項目包含：</p>	<p>三、運轉區的設計方法為適當的。</p> <p>(1) 地表設施的結構、系統及組件具有適當的設計，接受準則包含：</p>

<p>(a) 設計準則與標準需針對結構、熱、屏蔽、抑制外釋、臨界和除役設計進行說明。</p> <p>(b) 確認材料與設計方法的一致性</p> <p>(c) 用於正常以及分類 1、2 事件序列條件之負載組合。</p> <p>(d) 驗證設計分析的執行和記錄，包含：相關的結構、熱、屏蔽、臨界與抑制外釋設計等。</p> <p>(2) 地下設施的結構、系統及組件之設計和設計分析，審查項目包含：</p> <p>(a) 確認已具體說明，用於地下設施設計適用的設計準則與標準。</p> <p>(b) 確認地下運轉系統的設計與設計分析符合功能目標，與所提出之廢棄物放置程序具有兼容性，且符合其系統設計之標準和規範。</p> <p>(c) 確認選擇的材料和其材料特性，適合預期的地下環境。對於熱較為敏感之結構、系統及組件其材料需考量耐高溫需求。</p> <p>(d) 確認設計驗證採用之負載組合，符合正常以及分類 1、2 事件序列。</p> <p>(e) 確認用於設計分析之母岩模型和場址特性，已考量相關特性之空間與時間分布以及不確定性。</p> <p>(f) 確認設計方法或設計方法的組合適用於支撐系統，確認設計方法符合地下隧道技術和礦業技術。且應識別有可能掉落在坑道的岩栓、可能的崩塌(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。</p> <p>(g) 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。</p>	<p>(a) 確認設計準則與標準符合法規和行業規範與指引。</p> <p>(b) 驗證其材料符合可接受的設計準則、規範、標準和規格。</p> <p>(c) 評估用於設計分析中的載重組合，符合美國核管會所接受之相似類型核能設施設計。</p> <p>(d) 確認設計分析所採用之數值、具足夠之技術基礎且與場址特性一致，分析方法與模式是和所分析的條件且經過適當驗證。</p> <p>(2) 地下設施的結構、系統及組件具有適當的設計，接受準則包含：</p> <p>(a) 確認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，並驗證地下設施設計可達成深度防禦。</p> <p>(b) 確認運轉區的設計符合設計功能，並評估地下設施的配置其放置坑的位置遠離主斷層，且符合地震設計規範。</p> <p>(c) 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。</p> <p>(d) 確認設計分析採用合適之負載組合，並確認其評估是足夠的。</p> <p>(e) 確認其基本假設與預期符合正常以及分類 1、2 事件序列組合，所採用之分析方式適用於其所分析對象，採用之數據與場址特性具一致性，且模型與模式經過驗證。</p> <p>(f) 驗證支撐系統之反應已充分評估，包含：熱和動態載重下之力學評估、支撐系統的變形破壞評估、支撐系統和母岩單元之間的相互影響。確認熱-力學分析中說明在加熱條件下，地面支撐系統的時間依存性力學劣化。</p>
---	--

<p>(h) 驗證地下電力供應的設計，以及對安全具重要性之結構、系統及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。</p> <p>(i) 評估處置場永久封閉用於保持坑道穩定性的維護計畫適當性。</p> <p>(3) 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、廢棄物型式劣化、滴水屏蔽、廢棄物包件支撐/仰拱、回填和吸附障壁，確認其設計與設計分析是足夠的。</p>	<p>(g) 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，並確保維持通風要求，以及地下工作人員操作區、逃生路線和排氣的放射性質濃度，合理達到盡可能降低的目標。</p> <p>(h) 確認地下電力供應系統適合正常地質處置運轉區操作環境，以及分類 1、2 事件序列，可保護工作人員，並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。。</p> <p>(i) 驗證維護計畫考慮了由高溫和高輻射引起的不確定性之可能影響，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。</p> <p>(3) 廢棄物包件和工程障壁系統之結構、系統及組件具有適當的設計，並考量正常地下運轉條件和分類 1、2 事件序列。</p>
---	---

2.7.3 審查發現

在合理保證的情況下，美國核管會的工作人員審查安全分析報告與申請者提交之相關資料，發現可滿足 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。

2.8 正常作業與第 1 類事件序列符合 10 CFR 20 合理抑低的規定

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

2.8.1 審查範圍

本節針對正常作業與第 1 類事件序列符合 10 CFR 20 合理抑低的規定，提供

審查指引。審查委員也應審查 10 CFR 63.21(c)(5)與(c)(6)所規定的資訊。

美國核管會評估下列正常作業與第 1 類事件序列，需符合 10 CFR 20 合理抑低的規定：

- (1) 政策考量；
- (2) 設計考量；
- (3) 作業考量。

2.8.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、維持曝露合理抑低的管理承諾	一、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
二、地質處置場作業區考量合理抑低原則	二、地質處置場作業區設計有適當考慮合理抑低原則
三、將合理抑低原則併入地質處置場作業區的擬議作業	三、地質處置場作業區擬議的作業有適當併入合理抑低原則

2.8.3 審查發現

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，具有合理的保證，符合 10 CFR 63.111(a)(1)的規定。在地質處置場作業區的作業，直至永久封閉，將符合 10 CFR 20 合理抑低的規定。

美國核管會幕僚人員已經審查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，具有合理的保證，符合 10 CFR 63.111(c)(1)的性能目標。符合 10 CFR 63.111(a)所規定的合理抑低。

2.9 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

2.9.1 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。

幕僚人員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。

2.9.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、廢棄物再取出計畫</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 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。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。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。</p> <p>(3) 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。</p>	<p>一、廢棄物包件再取出計畫已提出合理期程且必要時可施行</p> <p>(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。</p> <p>(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)。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>二、符合封閉前功能目標</p>	<p>二、所提之再取出操作符合封閉前功能目標的要求</p>

<p>(1) 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，並評估再取出操作時合理抑低的要求是否達成。</p>	<p>(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。</p>
<p>三、替代貯存方案</p> <p>(1) 所提替代貯存區地點的實際位置已充分描述，且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。</p>	<p>三、所提放射性廢棄物再取出的替代貯存方案為合理</p> <p>(1) 所提替代貯存區地點的實際位置及邊界已充分描述。</p> <p>(2) 所提替代貯存區足夠存放將被再取出的廢棄物。</p> <p>(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。</p>
<p>四、再取出操作時程</p> <p>(1) 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。</p>	<p>四、再取出操作時程</p> <p>(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。</p>

2.9.3 審查發現

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。

2.10 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

2.10.1 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(例如汙染的類型、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。審查包含：

- (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。

2.10.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、有助於永久封閉及除污或除污及拆除的設計考量</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>一、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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 有助於封閉及除污或除污及拆除的設計。</p>
<p>二、永久封閉及除污或除污及地表設施拆除計畫</p> <p>(1) 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</p>	<p>二、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。</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>

<p>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。</p> <p>(2) 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。評估內容包含設施歷史、設施描述、設施的放射性狀態、劑量模式評估、除役的替代方案、合理抑低分析、計畫除役行為、專案管理與組織、除役期間的健康和安全計畫、環境監測與控制計畫、放射性廢棄物管理計畫、品質保證計畫、設施放射性調查、以及財務保證。</p>	<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
---	--

2.10.3 審查發現

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。

第三章、永久封閉後之處置場安全

3.1 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

3.1.1 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) 描述鑑定障壁的功能，以防止或降低水或放射性核種從雅卡山處置場到可及環境的流動速度，或防止或降低廢棄物之放射性核種釋出率，包括整個處置系統功能評估中使用方法具一致性和功能有關的不確定性；
- (3) 障壁功能判定技術基礎的討論，相同於一個特別障壁功能評估和有關不確定的重要性。

3.1.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、障壁鑑定</p> <p>(1) 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。</p>	<p>一、障壁經鑑定為適當</p> <p>(1) 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。</p>
<p>二、障壁功能</p> <p>(1) 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</p>	<p>二、障壁功能能隔絕廢棄物之描述可被接受</p> <p>(1) 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：</p>

<p>其預期功能，並能在整體功能安全時限制其放射性曝露。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 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。</p> <p>(4) 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。</p>	<p>(a) 每個障壁能執行其預期功能，包括合於規定期間營運期內的任何變更。</p> <p>(b) 障壁功能的不確定性已有充分描述。</p> <p>(c) 所描述的功能與全系統功能評估的結果一致。</p> <p>(d) 所描述的功能與 10 CFR 63.2 中的障壁的定義一致。</p>
<p>三、障壁功能的技術基礎</p> <p>(1) 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。</p>	<p>三、障壁功能的技術基礎已適當的表達</p> <p>(1) 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。</p>

3.1.3 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。

3.2 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

3.2.1 審查範圍

審查人員依據 10 CFR 63.21(c)(1)和(9)要求進行評估。

- (1) 鑑定特徵、事件和作用的完整列表。
- (2) 篩選特徵、事件和作用的完整列表。

(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。

3.2.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、鑑定特徵、事件和作用的列表</p> <p>(1) 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、劣化或變異相關的特徵、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，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。</p>	<p>一、鑑定特徵、事件和作用的完整列表</p> <p>(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、劣化或變異(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。</p>
<p>二、篩選特徵、事件和作用的列表</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 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。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且不適當地排除這些事件。</p> <p>(3) 查看用於篩選與地質相關特徵、事件和作用的標準設計，以及工程障壁退化、劣化或變異的功能評估，是基於產生合理最大限度曝露個體或放</p>	<p>二、篩選特徵、事件和作用的完整列表</p> <p>(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、劣化或變異(包括那些會影響天然障壁功能的作用)之特徵、事件和作用；</p> <p>(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；</p> <p>(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</p>

<p>射性核種釋出到可及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。</p>	<p>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。</p>
<p>三、減少事件組合以形成情境分類 (1) 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。</p>	<p>三、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。</p>
<p>四、篩選情境分類 (1) 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。 (2) 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。對於每個被篩除的情境類別，評估相關的情境類別，以評核是否由於狹義的情境類別定義導致該情境分類過早被排除。 (3) 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場址與區域特徵、天然類比研究和處置場設計。 (4) 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。</p>	<p>四、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。</p>

3.2.3 審查發現

滿足 10 CFR 63.114(e)及(f)的要求。(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、劣化或變異(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，(2)特徵、事件和作用的完整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。

3.3 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

3.3.1 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。

3.3.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、事件定義</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>一、事件已充分定義</p> <p>(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;</p> <p>(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。</p>

<p>二、機率估算</p> <p>(1) 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。</p>	<p>二、適宜的技術基礎能支持未來事件之機率估算</p> <p>(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。</p>
<p>三、機率模型支持</p> <p>(1) 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。</p>	<p>三、機率模型支持</p> <p>(1) 與詳細的作用級模式和/或經驗觀察輸出比較，驗證機率模型是否合理。特別是：</p> <p>(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。</p> <p>(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)。</p> <p>(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。</p>
<p>四、機率模型參數</p> <p>(1) 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，如專家引進，使用 NUREG-1563(Kotra 等，1996)。</p>	<p>四、機率模型參數有被充分建立</p> <p>(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：</p> <p>(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;</p> <p>(b) 美國能源部已建立參數之間合理一致的相關性;</p> <p>(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，如專家引進建立適當的引導。</p>
<p>五、事件機率的不確定性</p>	<p>五、事件機率的不確定性有被充分評估</p>

<p>(1) 對於適用於雅卡山處置場的事件，需驗證機率估計已充分鑑定和不確定性估算。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機率估計之不確定性。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>(1) 機率值反映不確定性。特別：</p> <p>(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；</p> <p>(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)。</p>
---	--

3.3.3 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。

3.4 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。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 14 個模式評估必須有一致標準。

3.4.1 審查範圍

本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。以下述之評估方法及接受準則，分六部分評估：

- (1) 工程障壁劣化及支持模型完整性的技術相關描述，跨整體系統功能評估；
- (2) 判斷整體系統功能評估模式的數據與參數之充足程度；
- (3) 描繪數據不確定性與其遍及於整體系統功能評估之方法；
- (4) 描繪模式不確定性與其遍及於整體系統功能評估之方法；
- (5) 使用於比較整體系統功能評估與在過程階段模式與經驗的方式；

(6) 專家引進。

3.4.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、模式的完整性</p> <p>(1) 檢查有關設計特色、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功能評估。</p> <p>(2) 檢查於工程障壁劣化模式之假設、技術基準、數據、模式，與其他相關精簡一致性。技術基準是否透明與可追蹤。</p> <p>(3) 評估廢棄物包件處置坑道、設計特色、物理現象、與耦合作用之條件說明是否足夠。證實用於工程障壁劣化之條件與假設，與數據前後一致。</p> <p>(4) 確定在工程障壁劣化評估中，於整體精簡化中將邊界與初始條件予以累計。</p> <p>(5) 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。</p> <p>(6) 評估在選擇設計準則之技術基準，它可減輕潛在衝擊處置場性能之現場包件危險性。</p> <p>(7) 證實審查有根據 NUREG-1297 及 NUREG-1298 之規範，或可接受的方法。</p>	<p>一、系統描述與模式完整性足夠。</p> <p>(1) 整體系統功能評估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劣化過程。</p> <p>(2) 所使用的假設、技術基準、數據、與模式是適切且一致。支持工程障壁劣化之描述與技術基準是透明且可追蹤。</p> <p>(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。</p> <p>(4) 整體系統功能評估中邊界與初始條件是延續於整個精簡各方法內。</p> <p>(5) 於整體系統安全評估中有提供充分的技術基準，以包含相關工程障壁劣化的 FEP。</p> <p>(6) 提供充分技術基準，以選擇設計條件使減輕潛在衝擊處置場性能之危險性。</p> <p>(7) NUREG-1297 及 NUREG-1298 的準則，或其它可接受規範被採用。</p>
<p>二、數據與模式的正當性</p> <p>(1) 評估使用在概念模式、過程階段模式、及整體系統功能評估中工程障壁劣化模式參數之實驗與場址調查數據數充足性。</p> <p>(2) 證實是否收集足夠數據予充分模擬劣化過程及特性，予建立整體系統功能評估的初始及邊界條件。</p>	<p>二、證明模式之數據是充足的。</p> <p>(1) 於工程障壁劣化之參數足夠判斷。</p> <p>(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模式之初始與邊界條件。</p> <p>(3) 使用於工程障壁劣化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</p>

<p>(3) 確認使用在支持工程障壁劣化模式之數據是基於適當的技術、且考慮敏感性/不確定性分析時是充足的。</p> <p>(4) 證實使用於推估工程障壁可能劣化過程的模式充足。</p>	<p>雅卡山場址可能發生的狀況之試驗。在分析敏感性或不確定性時足夠去決定所需。</p> <p>(4) 對工程障壁功能重要的過程之劣化模式是足夠的。</p>
<p>三、數據的不確定性</p> <p>(1) 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中工程障壁劣化模式的參數值、假設範圍、機率分佈及邊界值。應證可支持參數不確定性與變異性之處理。</p> <p>(2) 檢查在劣化過程之精簡化假設對廢棄物隔離不重要，並確認參數與其它決定工程障壁功能採用值，及用在整體系統中的初始與邊界條件一致。</p> <p>(3) 確認工程障壁劣化模式之參數值，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、實施對照於位於雅卡山未飽和帶之處置窖相關環境所得。</p> <p>(4) 評估於組裝工程障壁的非破壞檢測方法之正當性，並評估如何確保未能被檢測的缺陷之影響。建立各參數間可能之統計相關。</p> <p>(5) 評估使用的方法有引用專家引進去定義參數值。</p>	<p>三、數據不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。</p> <p>(1) 模式使用的參數值、假設範圍、可靠性分佈、邊界假設，技術上是合理考慮不確定性與變異性、不低估風險性。</p> <p>(2) 對工程障壁劣化過程提供適當的參數，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，在類似環境條件實驗室與現場試驗也驗證了預測能力。</p> <p>(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、假設與可靠度分佈不可能低估工程障壁真正腐蝕劣化及破壞。</p> <p>(4) 使用適當非破壞檢測方法檢查製造工程障壁，以確認製造缺陷。並確定檢測不到的缺陷對工程障壁功能之影響。</p> <p>(5) 沒充足數據，採取參數值與概念模式須利用 NEREG-1563 的專家建議值。</p>
<p>四、模式的不確定性</p> <p>(1) 評估有使用其它概念模式評估。檢查模式的參數滿足於場址調查數據、實驗室試驗、現場量測、及在過程階段模擬研究。</p> <p>(2) 評估概念模式不確定性之處理有考慮到場址調查數據、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。證實此一模式不可引起非預期的結果。</p>	<p>四、模式不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。</p> <p>(1) 其它模擬 FEP 方法已被考慮且符合數據及現今科學認知，其分析結果與限制也已適當考慮。</p> <p>(2) 概念模式不確定性之考慮與場址調查數據、實驗室驗、現場量測、自然類比、及在過程階段模擬研究數據一致；模式不確定性之處理不低估風險性。</p>

(3) 檢查分析劣化之數學模式。檢查其數學模式的限制與不確定性。	(3) 使用現今科學認知的模擬方法，且經敏感分析，評估其限制。
<p>五、模式的支持</p> <p>(1) 評估產出結果，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。</p> <p>(2) 利用詳細的劣化過程模式去評估工程障壁劣化。</p> <p>(3) 評估證據以證明所採用模式絕不低估工程障壁因腐蝕或其它劣化之破壞。</p> <p>(4) 證實劣化之數學模式是基於相同環境參數、材料因素、假設、相仿的類比系統,工業經驗,實驗研究結果。</p> <p>(5) 檢查能源部建構與試驗其數學與數值模式的步驟。</p> <p>(6) 使用其它評估模式，去評估敏感性與邊界分析。</p>	<p>五、精簡模式產出結果被客觀比較所支持。</p> <p>(1) 整體功能評估提供的模式結果與詳細過程階段模式或經驗觀察一致。</p> <p>(2) 具代表性計算工程障壁壽命之腐蝕數值模式。</p> <p>(3) 有充分證據，顯示評估模式不低估工程障壁因腐蝕或其它劣化過程之破壞。</p> <p>(4) 劣化的數學模式是基於相同環境參數、材料因素、假設、並相仿類比系統或工業應用,與實驗研究。</p> <p>(5) 具良好證明程序，去建構及試驗模擬環境與劣化之數值模式。</p> <p>(6) 經敏感度與邊界分析可提供支持本劣化模式。</p>

3.4.3 審查發現

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。

3.5 工程障壁的力學破壞

工程障壁的力學破壞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。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。

3.5.1 審查範圍

本節是審查工程障壁的力學破壞，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力學破壞精簡資訊。將對下述之評估方法及接受準則，分六部分評估：

- (1) 工程障壁力學破壞及支持模型完整性的技術相關描述，跨整體系統功能評估；
- (2) 判斷整體系統功能評估模式的數據與參數之充足程度；
- (3) 描繪數據不確定性與其遍及於整體系統功能評估之方法；
- (4) 描繪模式不確定性與其遍及於整體系統功能評估之方法；
- (5) 使用於比較整體系統功能評估與在過程階段模式與經驗的方式；
- (6) 專家引進。

3.5.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、模式的完整性</p> <p>(1) 檢查在工程障壁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。</p> <p>(2) 評估影響力學破壞的設計特色、物理現象、與耦合作用之說明是否足夠。證實於整體評估之條件與假設一致。</p> <p>(3) 檢查力學破壞之假設、技術基準、數據、模式，與相關精簡一致。評估技術基準是否提供透明與可追蹤的。</p> <p>(4) 確定力學破壞評估中，有將邊界與初始條件予以累計。</p> <p>(5) 檢查於評估精簡中，工程障壁力學破壞之相關 FEP。</p> <p>(6) 評估結論是依據對工程障壁完整性之關鍵瞬間衝擊性。</p> <p>(7) 證實審查有根據 NUREG-1297 及 NUREG-1298 規範或其他可接受方法。</p>	<p>一、系統描述與模式完整性足夠。</p> <p>(1) 整體評估中，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；</p> <p>(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。經確認與描述數據一致；</p> <p>(3) 所使用的假設、技術基準、數據、與模式是適切並一致。</p> <p>(4) 評估力學破壞之邊界與初始條件延續於整個精簡各方法內；</p> <p>(5) 有提供充分的數據與技術基準去評估 FEP 的程度；</p> <p>(6) 根據工程障壁完整性之關鍵衝擊性結論有正當理由；</p> <p>(7) NUREG—1297 及 NUREG—1298 中的準則或其它可接受規範。</p>
<p>二、數據與模式的正當性</p> <p>(1) 評估在概念模式、過程階段模式、及其他概念模式於工程障壁力學破壞之地質與工程數據的充足性且有依據。</p>	<p>二、證明模式之數據是充足的。</p> <p>(1) 於工程障壁力學破壞之地質與工程參數值足夠判斷的；</p>

<p>(2) 證實已收集足夠數據予建構評估力學破壞之初始及邊界條件。</p> <p>(3) 確認在力學破壞模式之數據，是基於恰當技術、且考慮敏感性/不確定性。</p> <p>(4) 證實驗證工程障壁之力學破壞事件模式充足。</p>	<p>(2) 已收集充足的天然系統的地質、工程材料、與製造缺陷數據，以建立整體功能評估初始與邊界條件；</p> <p>(3) 使用於評估中，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。足夠支持敏感性或不確定性分析；</p> <p>(4) 工程障壁力學破壞之模式足夠。</p>
<p>三、數據的不確定性</p> <p>(1) 評估使用在概念模式、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。應證實此一技術基準可支持中參數不確定性與變異性處理。</p> <p>(2) 評估於過程階段模式，處置窖力學破壞事件之正當性。證實之參數足夠，不會低估力學破壞事件。</p> <p>(3) 證實建立各參數間可能之統計相關性，或有足夠技術基準或邊界論證。</p> <p>(4) 評估為定義參數值而引進專家時所採用的方法。</p>	<p>三、數據不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。</p> <p>(1) 模式使用的參數值、假設範圍、可靠性分佈、及邊界假設正當、考慮不確定性與變異性、不導致低估風險性；</p> <p>(2) 在過程階段模式中，模擬處置窖之力學破壞事件是足夠的。參數值滿足場址數據，以使力學破壞事件不被低估。</p> <p>(3) 在概念模式、過程階段模式、與其他於力學破壞模式之參數不確定性均足具代表性；</p> <p>(4) 當沒有充足數據，適當利用 NEREG-1563 的專家建議參數值。</p>
<p>四、模式的不確定性</p> <p>(1) 評估力學破壞使用其它概念模式。檢查模式參數滿足於場址調查數據、實驗室試驗、現場量測、天然類比及在過程階段模擬研究，並評估其一致性。</p> <p>(2) 評估模式不確定性之處理，有考慮到場址調查數據、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，且不可引起非預期的結果。</p> <p>(3) 檢查分析工程障壁力學破壞之數學模式。檢查排除其它模式的根據及其限制與不確定性。</p>	<p>四、模式不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。</p> <p>(1) 其它模擬 FEP 方法已被考慮且符合可用數據及現今科學認知。</p> <p>(2) 模式不確定性之考慮與場址調查數據、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；不導致低估風險性。</p> <p>(3) 使用其它符合可用數據及現今科學認知的恰當模擬方法，並評估其模式結果與限制。</p>

<p>五、模式的支持</p> <p>(1) 評估力學破壞產出結果，比較於場址調查數據、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。</p> <p>(2) 利用詳細的地質與工程程模式去評估工程障壁力學破壞。比較精簡結果，接近天然類比系統或實驗系統。</p> <p>(3) 檢查建構數學與數值模式的步驟。</p> <p>(4) 使用其它評估模式，評估敏感性與邊界分析，並確認符合現場調查數據、實驗室試驗、天然類比研究之數據範圍。</p>	<p>五、精簡模式產出結果被客觀比較所支持。</p> <p>(1) 在評估模式，提供的模式補充結果與從詳細過程階段模式或經驗觀察一致。</p> <p>(2) 工程障壁力學破壞產出合理反映相對於過程階段之模擬、經驗觀察；</p> <p>(3) 利用可接受的證明程序，建構及測試數學與數值模式去模擬障壁力學破壞；</p> <p>(4) 經敏感度與邊界分析可支持整體工程障壁力學破壞精簡模式。</p>
---	---

3.5.3 審查發現

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。

3.6 侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與性能評估部門

3.6.1 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、水文與地球化學在侵入工程障壁與廢料體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) 專家引進。

3.6.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、模式整合</p> <p>(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,包括侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學的模式精簡。並評估這些描述的技術基礎是充足的,能整合在全系統功能評估並能代表侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學的模型。</p> <p>(2) 評估水文、地質、地球化學、設計特徵、物理現象和耦合,可能會影響侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學的描述是足夠的。驗證條件、假設和技術基礎,用於侵入工程障壁與廢料體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。</p> <p>(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,能被包括在侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學模型以能確定計算的初始和邊界條件。</p> <p>(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)。</p> <p>(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</p>	<p>一、系統描述與模式整合為適當</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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,能被包括在侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學模型以能確定計算的初始和邊界條件。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

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) 評估侵入工程障壁與廢料體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侵入工程障壁與廢料體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，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侵入工程障壁與廢料體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侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學的模型精簡。

(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) 侵入工程障壁與廢料體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被鑑定和考慮，以確定侵入工程障壁與廢料體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侵入工程障壁與廢料體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

<p>(13) 驗證美國能源部的審查是否符合 NUREG-1297 的指導和 NUREG-1298，或對於使用替代方法作成可接受的案例。</p>	<p>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侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學的模型精簡。</p> <p>(12) NUREG - 1297 及 NUREG - 1298 的指引或其他可接受方法有被採用。</p>
<p>二、資料與模式論證</p> <p>(1) 評估資料是否足夠支持侵入工程障壁與廢料體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，與侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學已被納入整體系統的模型精簡。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>二、數據對於模式證明是足夠的</p> <p>(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、詮釋與合適成為參數。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

<p>(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。</p> <p>(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。</p>	
<p>三、資料不確定性</p> <p>(1) 評估侵入工程障壁與廢料體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、限値之技術基礎。</p> <p>(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侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學之模型精簡所得到。</p> <p>(3) 評估侵入工程障壁與廢料體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。</p> <p>(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。</p> <p>(5) 如果封裝內關鍵性或外部到封裝已包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。</p> <p>(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</p>	<p>三、資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(1) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分布與限値假設，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。</p> <p>(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侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學的計算，在技術上是可答覆和合理的，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。</p> <p>(3) 對於雅卡山場址全系統安全功能評估之侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學計算中使用的輸入值，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。</p> <p>(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</p>

<p>的相關性有提供合適的技術基礎或限值論證評估方法。</p> <p>(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。</p>	<p>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。</p> <p>(5) 如果臨界性被含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。</p> <p>(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 建立之專家引進。</p>
<p>四、模式不確定性</p> <p>(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，已考慮侵入工程障壁與廢料體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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>四、模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>

<p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>相互作用；和(iv)變更邊界條件和水文特性改變，有關於地質力學系統對熱負荷造成的響應；</p> <p>(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。</p>
<p>五、模式支援</p> <p>(1) 評估侵入工程障壁與廢料體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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>五、模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

3.6.3 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。

3.7 核種釋出率及溶解度限制

審查職責 -高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

3.7.1 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。

- (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) 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傳遞效應之方法；
- (4) 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) 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。

3.7.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、模式整合 (1) 評估設計特徵以及模式中未飽和區的地質、水文及地球化學方面的敘述是否足夠。評估全系統功能評估模式	一、系統敘述及模式整合是適當的 (1) 確認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，整

<p>的條件及假設與對廢棄物隔絕重要的障壁敘述所提供資訊是否一致；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。</p> <p>(2) 評估精簡模式之假設及近似的技術基礎是否納入文件及其適當性。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。</p> <p>(3) 評估廢棄物包件及工程障壁的設計資訊，資訊的充分性及與其他模式設計資訊是否一致。</p> <p>(4) 評估廢棄物包裝預期內部破損的環境條件，以及廢棄物包裝周圍的工程化障壁環境，及各種情況範圍的敘述是否足夠詳細。</p> <p>(5) 評估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。</p> <p>(6) 評估有關的特徵、事件與作用(FEPs)，是否已納入全系統功能評估模式。</p> <p>(7) 評估全系統功能評估中有關處置坑道內廢棄物包件內及包件外的臨界模式及事件篩選的技術基礎。</p> <p>(8) 評估以上事件均已納入全系統功能評估，且設計標準的選擇是考量減輕廢棄物包件臨界對處置場功能的潛在影響。</p> <p>(9) 評估廢棄物包件內可能提高反應度(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。</p> <p>(10) 評估美國能源部是否遵循 NUREG-1297 及 NUREG-1298 指引，或使用替代方法作出可接受的情況。</p>	<p>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。</p> <p>(2) 確認精簡模式的假設、技術基礎、數據及模式是適當的且與其他模式一致。模式的敘述提供透明及可追溯的支持。</p> <p>(3) 確認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。</p> <p>(4) 確認合理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。</p> <p>(5) 確認熱力-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。</p> <p>(6) 確認有關熱力-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。</p> <p>(7) 確認廢棄物內包裝及廢棄物外包裝的臨界模式，為事件篩選提供了充分的技術基礎。</p> <p>(8) 確認遵循 NUREG-1297 及 NUREG-1298 的法規指引或其他可接受同儕審查及數據合格的方法。</p>
---	---

<p>二、數據及模式正當化</p> <p>(1) 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(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]。</p> <p>(2) 檢驗並確認有關天然系統特徵、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。</p> <p>(3) 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。</p> <p>(4) 評估高放射性廢棄物最終處置之腐蝕及核種釋出的測試計畫。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，並評估雅卡山收集數據以外之測試結果的正當性。</p>	<p>二、模式正當化的數據是充分的</p> <p>(1) 確認所使用的地質、水文及地球化學參數值是充分正當的。確認數據的使用、解釋及如何適當的合成到參數中，提供適當的敘述。</p> <p>(2) 確認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。例如提供模式中可能影響核種釋出有關設計特徵(如材料類型、數量及反應度)的足夠數據。</p> <p>(3) 確認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的預期範圍及各階段配置。</p> <p>(4) 確認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，美國能源部所使用測試結果具充分正當性，對於工程障壁組件(例如高放射性廢棄物體、防滴漏護屏和回填等)，並非只來自雅卡山處置場址所專門收集。</p>
<p>三、數據的不確定性</p> <p>(1) 評估全系統功能評估模式的概念模式、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。</p> <p>(2) 評估功能評估中處理參數不確定性及變異性的技術基礎。</p> <p>(3) 評估參數範圍、機率分佈或限值的技術基礎。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。</p>	<p>三、數據不確定性特徵化及精簡模式中傳遞</p> <p>(1) 確認模式所使用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。</p> <p>(2) 確認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、假定範圍、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</p>

<p>(4) 評估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。評估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。</p> <p>(5) 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。</p> <p>(6) 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。</p> <p>(7) 若廢棄物內包裝臨界及外包裝臨界納入全系統功能評估，評估美國能源部計算有效中子增殖因數所使用的方法及參數。</p> <p>(8) 評估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。</p> <p>(9) 評估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、數量及反應度，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。</p> <p>(10) 評估美國能源部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。</p> <p>(11) 評估精簡模式需採用專家引進作為數據不確定性的基礎，以及是否依照適當的法規指引。</p>	<p>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。</p> <p>(3) 確認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，則在全系統功能評估中充分的建立。</p> <p>(4) 確認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，已將不確定性予以適當表達。</p> <p>(5) 確認敘述水流流穿及流出工程障壁的參數，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；</p> <p>(6) 確認若臨界無法排除於全系統功能評估之外，美國能源部計算有效中子增殖係數，提供輸入參數的適當範圍。</p> <p>(7) 確認美國能源部使用適當溫度、濕度及滴水時間關係圖，以限制微生物效應，例如銅系元素錯合基體 (complexing ligand) 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。</p> <p>(8) 確認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初始及邊界條件時，充分考量天然系統及工程材料特徵，如材料類型、數量及反應度的不確定性；</p> <p>(9) 確認數據不夠充分時，依據適當的其他來源進行參數值及概念模式的定</p>
--	--

	<p>義，例如依據 NUREG-1563 進行專家引進。</p>
<p>四、模式的不確定性</p> <p>(1) 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、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。</p> <p>(2) 評估具敏感度的天然及工程系統的作用模式，使用了適當模式、測試及分析。確認概念模式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。</p> <p>(3) 評估熱力-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。</p> <p>(4) 根據現場特徵化數據、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，若採用保守模式作為處理概念模式不確定性一種方法，評估概念模式：(i) 替代概念模式與現有數據及當前科學理解是一致且保守的；(ii) 風險的保守估計，不會造成意想不到的結果(處置場某方面特徵的保守表示，將導致估計總體風險的降低)。</p>	<p>四、模式不確定性之特徵化及在精簡模式中的傳遞</p> <p>(1) 確認替代模式的特徵、事件與作用(FEPs)應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。</p> <p>(2) 確認核種釋出率及溶解度限制的替代概念模式，美國能源部針對對天然及工程系統敏感的作用進行適當模式、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)，或在等效連續模式之結論中顯示對功能的計算產生了保守效應。</p> <p>(3) 確認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。</p> <p>(4) 確認適當考量可能發生在自然環境、或與工程材料的作用或其變化產物之熱力-水文-化學耦合作用對核種釋出的影響。</p>
<p>五、模式的支持性</p> <p>(1) 評估精簡模式的輸出結果，確認與現場特徵化、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。</p> <p>(2) 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</p>	<p>五、精簡模式的輸出結果及客觀比較的支持</p> <p>(1) 確認全系統功能評估精簡模式提供與詳細作用模式計算結果及經驗觀察結果(實驗室、現場測試及(或)天然類比)一致的結果。</p> <p>(2) 確認熱力-水文作用模式的計算結果，與實驗室、現場規模的熱力-水文測試觀察結果一致。尤其證明存在足</p>

<p>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。</p> <p>(3) 使用替代的全系統功能評估模式評估精簡模式，評估與廢棄物包件及廢棄物體所接觸水的數量及化學成分對處置場功能的影響。</p> <p>(4) 評估精簡模式之核種釋出耦合作用效應數學模式之計算結果是否與概念模式一致。模式計算結果與近場環境、現場數據及場址所觀察的天然變化及預期工程材料性質之推論作比較。</p> <p>(5) 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，以獲得更多必要資訊，作為功能確認計畫的一部分。</p>	<p>夠的物理證據，以支持近場熱驅動水流的概念模式。</p> <p>(3) 確認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，模擬熱力-水文-化學耦合作用之核種釋出。</p> <p>(4) 若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，確認執行期間建立監測廢棄物包件中釋出核種的適當程序，採用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。</p>
---	---

3.7.3 審查發現

整體審查發現，精簡模式合理預期符合 10 CFR 63.114 的要求，功能評估的核種釋出率及溶解度限制的部分，符合技術要求。此外發現：

- (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)已納入分析中，且提供了篩選 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，已提供適當的篩選技術基礎，符合 10 CFR 63.114(f)的要求；及
- (4) 對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。

3.8 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

3.8.1 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) 專家引進。

3.8.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、模式整合</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>一、系統描述與模式整合為適當</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

<p>(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。</p>	<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(8) NUREG - 1297 and NUREG - 1298 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。</p>
<p>二、資料與模式論證</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(6) 確認數學模型與概念模型及場址特徵具有一致性。</p> <p>(7) 確認有提供不同數學模型的計算結果的強健性(robustness)比較。</p> <p>(8) 評估美國能源部所使用方法有實施專家引進。</p>	<p>二、數據對於模式證明是足夠的</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(5) 使用可接受與充分記載的程序來建構與檢定數值模式。</p> <p>(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。</p>

	(7) 任何專家引進的建構符合 NUREG-1563 或其他可接受方法。
<p>三、資料不確定性</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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）。</p> <p>(4) 確認資料如果具不確定性，有被包含在參數範圍內。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>三、資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(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。</p> <p>(2) 此精簡使用之參數值的技術基礎有提供。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>四、模式不確定性</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 確認作用層級模式所造成的不確定性範圍有被充分反應在此精簡中。</p>	<p>四、模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(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。</p> <p>(2) 作用層級模式的不確定性範圍有被考慮在此精簡中。</p> <p>(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</p>

<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>a. 是保守的，相對替代概念模式與可取得資料及目前科學理解具一致性。</p> <p>b. 結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果。</p>	<p>處理方式，且並沒有造成不足以表示風險估計。</p>
<p>五、模式支援</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>五、模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持</p> <p>(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。</p> <p>(2) 作用層級模式的精簡可以保守的侷限作用層級的預測。</p> <p>(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。</p>

3.8.3 審查發現

在氣候與入滲符合功能評估所需，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、不確定性與變異具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)。

3.9 未飽和區之流動路徑

要審查此模式精簡化，需考慮在未飽和區流動程度以證明符合規定。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。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

3.9.1 審查範圍

本節審查未飽和區流動路徑。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：

- (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輸出與實證研究之途徑；
- (6) 專家引進。

3.9.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
------	------

<p>一、模式整合，包括：</p> <p>(1) 審查物理現象和耦合的描述，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-化學耦合方面的描述。評估這些描述的技術基礎是否充分，並將其納入精簡化。</p> <p>(2) 評估可能影響未飽和區流動路徑的地質、水文、地球化學、物理現象和耦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。</p> <p>(3) 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。評估此描述和技術基礎的是否提供透明和可追溯足以支持此精簡化。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 審查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。</p> <p>(6) 審核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、滲透通量和滲流通量。</p> <p>(7) 審核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。</p> <p>(8) 確認氣候引起水位升高後，未飽和帶中潛在的降低傳輸距離。</p> <p>(9) 審核美國能源部審查是否遵循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。</p>	<p>一、足夠的系統描述和模式整合，如：</p> <p>(1) 整體功能評估充分納入或限制重要的設計特徵、物理現象和耦合，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。</p> <p>(2) 充分考慮可能影響未飽和區流動路徑的地質、水文、地球化學、物理現象和耦合等方面。精簡化未飽和區中的條件和假設與描述中呈現的資料體一致。</p> <p>(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。並提供透明的描述和技術基礎已及可追溯場址和設計資料。</p> <p>(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流動路徑模式精簡化以及其他條件一致。</p> <p>(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。</p> <p>(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、滲透通量和滲流通量。</p> <p>(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。</p> <p>(8) 考慮氣候引起水位升高之後，未飽和帶降低傳輸距離。</p> <p>(9) 遵循導則或其他可接受的同儕審查和資料鑑定方法。</p>
<p>二、資料和模式合理性，包括：</p> <p>(1) 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</p>	<p>二、資料足以證明模式的正確性，如：</p>

<p>模式的資料以及參數的充分性。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。</p> <p>(2) 審核可接受的技術，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。</p> <p>(3) 確認深部滲流通量率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。</p> <p>(4) 審核通過試驗評估合適的熱-水文過程。</p> <p>(5) 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。</p> <p>(6) 審核是否應用公認和完整的書面程序建構和校準數學模式。</p> <p>(7) 審核在分析中使用了相當完整的作用層級概念和數學模式。審核數學模式與概念模式與場址特徵一致。確認不同的數學模式結果強度的比較。</p> <p>(8) 評估美國能源部進行專家引進的方法。</p>	<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(6) 使用公認和完整的書面程序建構和校準數學模式。</p> <p>(7) 在分析中使用合理的作用層級概念和數學模式。</p> <p>(8) 進行的任何專家引進都符合 NUREG-1563 或其他可接受的方法。</p>
<p>三、資料的不確定性，包括：</p> <p>(1) 評估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。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>三、資料不確定性透過模式精簡化來特徵化及傳播，如：</p> <p>(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。</p> <p>(2) 提供此精簡化中使用的參數值之技術基礎。</p> <p>(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。</p>

<p>(3) 確認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。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 審核是否適當地確定參數之間有關統計學的相關性。</p> <p>(6) 確認參數值與初始及邊界條件，以及場址概念模式的假設一致。</p>	<p>(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。</p> <p>(5) 耦合過程得到充分描述。</p> <p>(6) 考慮了天然系統和工程材料特性的不確定性。</p>
<p>四、模式不確定性，包括：</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 審核作用層級模式產生的不確定性範圍是否充分反映在此精簡化。</p> <p>(3) 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。</p>	<p>四、模式不確定性透過模式精簡化特徵化和傳播，如：</p> <p>(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。</p> <p>(2) 精簡化中考慮作用層級模式產生的不確定性範圍。</p> <p>(3) 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。</p>
<p>五、模式的支持，包括：</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 根據作用層級模式產生的結果評估精簡化模式的輸出。</p>	<p>五、模式精簡化輸出由目標對照支持，如：</p> <p>(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)。</p> <p>(2) 作用層級模式的精簡化保守地限制作用層級的預測。</p> <p>(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</p>

	用層級模式、自然相似體和經驗觀察結果輸出的比較。
--	--------------------------

3.9.3 審查發現

美國核管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，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)之要求提供功能評估中的模式足夠的技術基礎。

3.10 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

3.10.1 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) 專家引進。

3.10.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、模式整合	一、系統描述與模式整合為適當

<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>二、資料與模式論證</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>二、數據對於模式證明是足夠的</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

<p>(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。</p> <p>(4) 根據敏感度分析來評估是否需要額外資料。</p>	<p>(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。</p>
<p>三、資料不確定性</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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)。</p> <p>(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。</p> <p>(5) 檢驗能源部的現場傳輸試驗結果與提供充足模式。</p> <p>(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。</p>	<p>三、資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(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。</p> <p>(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</p> <p>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</p> <p>B. 模式足以充足模擬現場傳輸試驗結果</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

<p>(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。</p>	
<p>四、模式不確定性</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 確認作用層級模式所造成的不確定性範圍充分被反應在此精簡中。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>A. 是保守的，相對替代概念模式與可取得資料及目前科學理解具一致性</p> <p>B. 結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果</p> <p>(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。</p>	<p>四、模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>五、模式支援</p> <p>(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。</p> <p>(2) 評估用來支撐未飽和區核種傳輸精簡的敏感度分析。</p>	<p>五、模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>

<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(5) 檢驗能源部所發展與測試其數學與數值模型之程序。</p>	<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>(4) 提供敏感度分析或限值分析來支撐全系統安全評估之未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。</p>
--	--

3.10.3 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)。

3.11 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。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。

審查職責—高階核廢料部門和環境與功能評估部門

3.11.1 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，例如：

- (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) 專家引進。

3.11.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、模式的完整性，包括：</p> <p>(1) 審查設計特徵、物理現象和偶合的描述，以及描述飽和區的地質、水文和地球化學等方面。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。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>一、系統描述與模式完整是足夠，如：</p> <p>(1) 整個系統功能評估充分結合了重要的設計特徵、物理現象及偶合，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。</p> <p>(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、物理現象和偶合方面都是足夠的。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。</p> <p>(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</p>

<p>(3) 確認部用於精簡化飽和區流動路徑中傳輸的邊界及初始條件。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 審核美國能源部根據已知的氣候週期模式，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。</p> <p>(6) 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。</p> <p>(7) 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。</p> <p>(8) 審核美國能源部的審查是否遵循導則，或可接受情況使用替代方法。</p>	<p>式。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。</p> <p>(4) 整個系統功能評估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。</p> <p>(5) 提供足夠的資料和技術基礎評估此精簡化。</p> <p>(6) 考慮自然場址條件，飽和區的流動路徑被充分描述。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(10) 遵循導則或其他可接受的同儕審查和資料資格認證方法。</p>
<p>二、數據與模式的正當性，包括：</p> <p>(1) 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資料之基礎。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 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整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。</p>	<p>二、證明模式之數據是充足的，如：</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

<p>(4) 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。</p>	<p>(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。</p>
<p>三、數據的不確定性，包括：</p> <p>(1) 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方法，則應確認保守值導致風險之保守估計。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 審核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。</p> <p>(4) 評估美國能源部採用專家引進來定義參數值的方法。</p>	<p>三、數據不確定性是被描述的及遍及於整個模式精簡，如：</p> <p>(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，合理解釋不確定性和變異性，不會導致風險估計不足的情況。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(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。</p> <p>(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 適當的使用專家引進。</p>
<p>四、模式的不確定性，包括：</p> <p>(1) 評估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，如場址特徵化資料、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。</p> <p>(2) 適當的情況下使用替代的整體系統功能評估模式評估精簡化。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。</p> <p>(3) 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。</p> <p>(4) 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</p>	<p>四、模式不確定性是被描述的及遍及於整個模式精簡，如：</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

<p>替代概念模式的基礎，以及所選模式的局限性和不確定性。</p>	
<p>五、模式的支持，包括：</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 使用詳細的地質、水文和地球化學過程模式評估整體系統功能評估精簡化。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。</p> <p>(3) 審查美國能源部用於開發和試驗數學和數值模式的程序。</p> <p>(4) 適當的時機使用替代的整體系統功能評估模式來評估敏感性或邊界分析，並確認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。</p>	<p>五、模式精簡產出結果被客觀比較所支持，如：</p> <p>(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)。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

3.11.3 審查發現

美國核管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，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)之要求提供功能評估中的模式足夠的技術基礎。

3.12 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

3.12.1 審查範圍

- (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) 專家引進。

3.12.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、模式整合</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>一、系統描述與模式整合為適當</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>

	<p>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。</p> <p>(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</p> <p>(6) NUREG - 1297 and NUREG - 1298 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。</p>
<p>二、資料與模式論證</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(4) 根據敏感度分析來評估是否需要額外資料。</p>	<p>二、數據對於模式證明是足夠的</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>三、資料不確定性</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>	<p>三、資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>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</p>

<p>支撐而採用保守的方法所造成不合適的稀釋風險估計)。</p> <p>(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。</p> <p>(5) 檢驗能源部的現場傳輸試驗結果與提供充足模式。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>Yucca Mountain 的未飽和區條件相關。</p> <p>B. 模式足以充足模擬現場傳輸試驗結果。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>四、模式不確定性</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>	<p>四、模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>

<p>A. 是保守的，相對替代概念模式與可取得資料及目前科學理解具一致性。</p> <p>B. 結果之保守估計風險，且未造成非故意(unintended)的結果。</p> <p>(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。</p>	<p>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。</p>
<p>五、模式支援</p> <p>(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。</p> <p>(2) 評估用來支撐飽和區核種傳輸精簡的敏感度分析。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(5) 檢驗能源部所發展與測試其數學與數值模型之程序。</p>	<p>五、模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

3.12.3 審查發現：滿足 10 CFR 63.114 的要求。

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、不確定性與變異具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)。

3.13 廢棄物包件的火成作用破壞

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。

3.13.1 審查範圍

本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之火成作用破壞精簡化資訊。廢棄物包件的火成作用破壞精簡化概念，將依以下六部分評估：

- (1) 工程障壁劣化及支持模型完整性的技術相關描述，跨整體系統功能評估；
- (2) 判斷整體系統功能評估模式的數據與參數之充足程度；
- (3) 描繪數據不確定性與其遍及於整體系統功能評估之方法；
- (4) 描繪模式不確定性與其遍及於整體系統功能評估之方法；
- (5) 使用於比較整體系統功能評估與在過程階段模式與經驗的方式；
- (6) 專家引進。

3.13.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、模式的完整性</p> <p>(1) 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模式，並確認具備足夠與一致的技術基準。</p> <p>(2) 證實在評估廢棄物包件火成作用破壞之模式與雅卡山地區火成特色進程一致。</p>	<p>一、系統描述與模式完整性足夠。</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 評估火成作用破壞的模式，與一般在雅卡山地區解釋火成特色之物理進程一致。</p> <p>(3) 模式有考慮處置場系統可能使火山過程發生改變；</p>

<p>(3) 評估於確認工程性處置場與火山系統間交互影響之技術基準。</p> <p>(4) 確認有根據 NUREG-1297 及 NUREG-1298 之規範或其他可接受的方法。</p>	<p>(4) NUREG-1297 及 NUREG-1298 的準則或其它可接受規範被採用。</p>
<p>二、數據與模式的正當性</p> <p>(1) 評估使用在概念模式、過程階段模式、及評估廢棄物包件火成作用破壞中之地質、地球物理、地化學據數的充足性。</p> <p>(2) 確認使用於這些數據的技術基準具正當性。</p> <p>(3) 確認有充足數據可用在整合相關廢棄物包件火成作用破壞之 FEP。確認有考慮 FEP 間之相互關聯性。</p> <p>(4) 評估有採用專家建議去定義參數值。</p>	<p>二、證明模式之數據是充足的。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 在整合火成作用破壞之 FEP，有充足數據可使用，包括相互關係之判定。</p> <p>(4) 當沒有充足數據時，須適當利用其它例如是依 NUREG-1563 的專家建議值。</p>
<p>三、數據的不確定性</p> <p>(1) 檢查在概念模式、過程階段模式、及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。應證實此一技術基準支持參數不確定性與變異性之處理。</p> <p>(2) 確認建立各參數之統計關聯性。</p> <p>(3) 評估有引用專家引進去定義參數值。</p>	<p>三、數據不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。</p> <p>(1) 模式的參數值、假設範圍、可靠性分佈、及或邊界假設，是有正當理由的並考慮不確定性與變異性、且不可導致低估風險性。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 當沒有充足數據時，須是適當利用 NUREG-1563 的專家建議值。</p>
<p>四、模式的不確定性</p> <p>(1) 評估使用其它概念模式。檢查模式的參數滿足於場址調查數據、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的一致性。</p> <p>(2) 評估模式不確定性之處理有考慮到場址調查數據、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。</p>	<p>四、模式不確定性是被描述的及遍及於整個精簡模式。</p> <p>(1) 其它模擬廢棄物包件火成作用破壞方法已被考慮。</p> <p>(2) 模式不確定性已被充分解釋；且數據一致；不導致低估風險性。</p>

<p>五、模式的支持</p> <p>(1) 評估產出結果，有經比較於適當綜合場址調查數據、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。</p> <p>(2) 確認模式與相對比較數據間之不一致處有被解釋與量化。</p>	<p>五、精簡模式產出結果被客觀比較所支持。</p> <p>(1) 在模式補充結果與從詳細過程階段模式或經驗觀察一致。</p> <p>(2) 在模式與相對比較數據間之不一致處有被記錄、解釋與量化。</p>
---	--

3.13.3 審查發現

審查安全分析報告及支持執照申請的其它資訊，依據功能評估中廢棄物包件的火成作用破壞之精簡模式，以合理考察，發現已滿足 10 CFR 63.114 規範之要求。特別發現：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。

3.14 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

3.14.1 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。

3.14.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、模式整合</p> <p>(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</p>	<p>一、系統描述與模式整合為適當</p> <p>(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</p>

<p>支撐模式整合在全系統安全評估的精簡。</p> <p>(2) 確認在 3000 英畝-英尺[3.715×10⁹ 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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(6) 驗證美國能源部的審查是否符合 NUREG-1297 的指導和 NUREG-1298 或使用可接受的情況的替代方法。</p>	<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(6) NUREG-1297 和 NUREG-1298 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。</p>
<p>二、資料與模式論證</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>	<p>二、數據對於模式證明是足夠的</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

<p>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。</p>	
<p>三、資料不確定性</p> <p>(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）。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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)的指導方針。</p>	<p>三、資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(1) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分佈與限值假設，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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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 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。</p>
<p>四、模式不確定性</p> <p>(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</p>	<p>四、模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(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。</p>

<p>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。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。</p> <p>(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。</p> <p>(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，相對替代概念模式與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。</p>	<p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>五、模式支援</p> <p>(1) 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</p>	<p>五、模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持</p> <p>(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。</p>

3.14.3 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 $[3.715 \times 10^9]$ 升 $[3000]$ 英畝符合規定的其他要求 10 CFR 63.332(a)(1)-(3)的要求。

3.15 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

3.15.1 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) 專家引進。

3.15.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、模式整合	一、系統描述與模式整合為適當

<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(4) NUREG - 1297 and NUREG - 1298 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。</p>
<p>二、資料與模式論證</p> <p>(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。</p> <p>(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式精簡。</p>	<p>二、數據對於模式證明是足夠的</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>三、資料不確定性</p> <p>(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</p>	<p>三、資料的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p> <p>(1) 模式所使用參數值、假設範圍、機率分佈與限值假設，對於風險估計在技術上是足以解釋說明的，合理的</p>

<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>反應不確定性且並沒有造成不足，符合定義在 10 CFR part 63 之合理最大曝露個體的特徵。</p> <p>(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，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。</p> <p>(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。</p> <p>(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 part 63 之規定確認。</p> <p>(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 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。</p>
<p>四、模式不確定性</p>	<p>四、模式的不確定性可特徵化，且在模式精簡中傳遞</p>

<p>(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。</p> <p>(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。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。</p> <p>(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，相對替代概念模式與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。</p>	<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>五、模式支援</p> <p>(1) 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。</p>	<p>五、模式精簡的輸出可以由目的之比較得到支持</p> <p>(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。</p>

3.15.3 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。

3.16 生物圈特徵

審查職責 -高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

3.16.1 審查範圍

本節有關生物圈特徵的審查，主要在於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，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) 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) 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) 全系統功能評估模式計算結果、作用級模式計算結果及經驗研究結果比較的

方法；

(6) 專家引進。

3.16.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、系統敘述及模式整合</p> <p>(1) 評估包括所有的場址特徵、物理現象及耦合，通過精簡模式而採用一致且適當的假設。</p> <p>(2) 評估全系統功能評估精簡模式的條件及假設與呈現數據的一致性，並評估敘述的充分性。評估納入精簡模式敘述技術基礎的適當性、透明性及可溯性。</p> <p>(3) 評估重要的物理現象及本節模式與其它模式的整合，並檢驗其一致性。評估美國能源部採用可接受的同儕評審方法，例如 NUREG-1297 和 NUREG-1298 的指引，或使用替代方法提出可接受的情況。</p>	<p>一、系統敘述及模式整合是適當的</p> <p>(1) 確認全系統功能評估適當地納入重要設計特徵、物理現象及耦合，並在生物圈特徵精簡模式中使用一致且適當的假設。</p> <p>(2) 確認全系統功能評估精簡模式有關生物圈特徵的敘述及其技術基礎。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。</p> <p>(3) 確認生物圈特徵模式應與其他精簡模式的假設一致。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。</p> <p>(4) 確認遵循 NUREG-1297 及 NUREG-1298 的法規指引或其他可接受的同儕審查方法。</p>
<p>二、數據及模式正當化</p> <p>(1) 評估使用參數值的合理性，是否符合 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。</p> <p>(2) 評估替代概念模式，著重探討生物圈精簡模式中特徵、事件與作用(FEPs)的變異性和不確定性，並留意管制約束值。</p>	<p>二、模式正當化的數據是充分的</p> <p>(1) 確認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。</p> <p>(2) 確認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)</p>

<p>(3) 評估全系統功能評估精簡模式所使用的數據是以各種技術組合為基礎的。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等。</p> <p>通過執行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，劑量計算結果與美國能源部報告的結果作比較。評估模式間的差異及其限制，在美國能源部分析中顯著降劑量結果是否充分合理。</p>	<p>的敘述，並符合當前雅卡山地區周圍狀況的了解。</p> <p>(3) 確認敏感度及不確定性分析(包括替代概念模式)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。</p>
<p>三、數據的不確定性</p> <p>(1) 評估生物圈精簡模式之概念模式、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。評估功能評估中處理參數之不確定性及變異性的技術基礎。</p> <p>(2) 若使用保守值作為處理不確定性及變異性的方法，審查者應評估保守參數值是否導致風險的保守估計，並且不會導致意想不到的結果。</p> <p>(3) 評估全系統功能評估程式運算結果，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。</p> <p>(4) 評估是否適當地確定參數之間的統計學相關性。評估被忽視的相關性是否提供了足夠的技術基礎或限值論述。</p> <p>評估美國能源部使用的方法，進行專家引進來定義參數值。</p>	<p>三、數據不確定性之特徵化及在精簡模式中傳遞</p> <p>(1) 確認模式參數值、假定範圍、機率分佈及限值假設，合理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。</p> <p>(2) 確認精簡模式中參數(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)取值及其範圍的技術基礎，評估是否與場址特徵數據一致及在技術上的可辯護性。</p> <p>(3) 確認作用級模式決定生物圈特徵模式的參數值，與實驗室實驗、現場量測及天然類比研究結果一致。</p> <p>(4) 確認全系統功能評估中參數輸入值間的相關性是否適當的建立，精簡模式在很大程度上不會得到不適當的偏離結果。</p> <p>(5) 確認當數據不充分時，根據適當的法規指引(如 NUREG-1563)，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，應充分提出其使用正當性。</p>

<p>(5) 根據美國能源部和美國核管會之參數選擇數值，進行全系統功能審查發現的比較，檢驗全系統功能審查發現的敏感度。生物圈特徵模式重要參數如消耗率(consommation 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。</p>	<p>(6) 確認根據 10 CFR Part 63 有關功能度量及時間期限的要求，確定最能影響處置場功能的參數或模式。</p>
<p>四、模式的不確定性</p> <p>(1) 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所選定的生物圈特徵，評估替代概念模式對處置場功能的影響。</p> <p>(2) 評估替代概念模式，生物圈精簡模式特徵、事件與作用(FEPs)的變異性及不確定性，並留意管制拘束值。</p> <p>(3) 評估是否有足夠證據，證明替代概念模式生物圈特徵中考量了對隔離廢棄物具重要性的作用。</p> <p>(4) 依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，評估選定的概念模式：(i)相對於與現有數據及當前科學理解一致之替代概念模式的保守性；(ii)風險的保守估計，不會造成意想不到的結果。</p>	<p>四、模式不確定性之特徵化及精簡模式中傳遞</p> <p>(1) 確認所考量的特徵、事件與作用(FEPs)的替代模式的方法，與現有數據及當前科學理解一致，模式結果及其限制已予適當的考量。</p> <p>(2) 確認生物圈或生物圈作用的替代概念模式，根據 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。</p> <p>(3) 確認已提供充分證據，證明現有替代概念模式特徵、事件與作用(FEPs)對廢棄物隔絕是重要的。</p> <p>(4) 確認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；概念模式的不確定性處理不會導致風險低估的情況。</p>
<p>五、模式的支持性</p> <p>(1) 評估生物圈特徵模式的計算結果，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。</p> <p>(2) 檢驗全系統功能評估中生物圈特徵模式的敏感度分析。在實際且必要的</p>	<p>五、精簡模式的輸出結果及客觀比較的支持</p> <p>(1) 確認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。</p>

範圍內，使用替代全系統功能評估軟體來評估所選定的生物圈特徵模式。評估美國能源部生物圈劑量轉換因子與使用軟體的模式劑量計算結果，如 GENII-S 及美國能源部的輸入參數數據。審查者視需要使用替代劑量計算軟體及美國能源部輸入參數，確認運算結果。	
---	--

3.16.3 審查發現

整體審查發現，可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。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。

合理預期可符合 10 CFR 63.305 的要求，生物圈所需特徵已經正當化。特別發現如下：

- (1) 用於敘述生物圈、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)要求雅卡山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。

有關生物圈特徵模式及合理最大限度暴露個人特徵，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。特別發現如下：

- (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。

3.17 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

3.17.1 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。包含：

- (1) 包含在全系統功能評估的情節種類；
- (2) 年劑量曲線的計算；
- (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。

3.17.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、用來計算年劑量與時間關係的情節</p> <p>(1) 評估年劑量的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，結果顯示它們無法自全系統功能評估分析中篩選出去。</p> <p>(2) 評估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。</p> <p>(3) 評估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。</p>	<p>一、證明年劑量與時間關係的情節是適當的</p> <p>(1) 確認所有年劑量與時間之函數的情節是充份可能或對整體功能有足夠的影響，無法自全系統功能評估分析中篩選出去；</p> <p>(2) 確認年劑量曲線的計算，適當地加總了每個破壞性事件情節種類的貢獻。</p> <p>(3) 確認每個情節種類計算年劑量的貢獻，正確地解釋了情節破壞性事件的發生時間對後果的影響。</p>

<p>(4) 評估計算年劑量的事件年發生機率與評估內容一致，年劑量曲線中所有情節發生機率的總和應為 1。</p>	<p>(4) 確認年劑量貢獻的事件年發生機率與情節分析的結果一致。計算年劑量曲線中所有情節的發生機率加總為 1。</p>
<p>二、證明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</p> <p>(1) 評估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，以驗證全系統功能審查發現統計上是否穩定。</p> <p>(2) 使用替代全系統功能評估電腦軟體進行模擬，協助確認適當數量的現實化以得到穩定的結果。</p> <p>(3) 評估處置場功能與單一組件或子系統的功能是一致且合理的。</p> <p>(3) 評估替代全系統功能評估軟體的分析結果，可確認處置場功能。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。</p>	<p>二、證明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是適當的。</p> <p>(1) 確認每個情節種類獲得足夠數量的實現，全系統功能評估軟體確保計算結果在統計上是穩定的。</p> <p>(2) 確認年劑量曲線應包括代表不確定性的信賴區間[例如，取 95 及 5 的百分位數(percentile)]。</p> <p>(3) 確認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。</p> <p>(4) 確認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。</p>
<p>三、全系統功能評估軟體代表處置場功能的可信度</p> <p>(1) 與精簡模式的審查者協調，評估全系統功能評估中的假設及參數值或其分佈是可以接受的。確認每個精簡模式中「重要」假設及參數，在全系統功能評估中得到適當的擷取。</p> <p>(2) 評估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。</p> <p>(3) 評估模式與其他模式的連結，如何影響模式假設、參數值及其分布之可接受性或模式策略的可接受性。</p> <p>(4) 評估全系統功能評估軟體已被適當的驗證，以便有信心該軟體可以預期方式對處置場系統的物理過程進行模式分析。</p>	<p>三、全系統功能評估軟體提供了可信的處置場功能</p> <p>(1) 確認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，有適當的記錄。</p> <p>(2) 確認全系統功能評估軟體被確認及驗證，以便有信心該軟體可以預期方式對處置場系統物理過程進行模式分析。確認模組間數據傳輸正確進行。</p> <p>(3) 確認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。</p> <p>(4) 確認全系統功能評估的取樣方法，確定參數在其不確定範圍內被取樣。</p>

<p>(5) 評估模組間的數據傳輸正確進行(如兩個模組中數據的單位相同，數據給予適當的數值)。</p> <p>(6) 使用替代的全系統功能評估軟體評估各個模式的輸出結果。檢驗功能審查發現的不確定性評估，並確認其合理性。</p> <p>(7) 使用替代的全系統功能評估軟體來協助評估各個模組的計算結果。評估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。</p>	
--	--

3.17.3 審查發現

發現並且合理預期其精簡模式符合 10 CFR 63.113(b)的要求，並且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；
- (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。

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)已經納入分析，且提供篩選 FEPs 的適當技術基礎，符合 10 CFR 63.114 (e)的要求。
- (4) 分析中包括了具體的劣化、退化及改變過程，考慮其對年劑量的影響，對篩

- 選提供了適當的技術基礎，符合 10 CFR 63.114(f)的要求；及
- (5) 功能評估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。

3.18 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

3.18.1 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。幕僚人員對以下項目的功能分析進行評估：

- (1) 對人類闖入進行獨立的全系統功能評估的計算結果；
- (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；
- (3) 根據全系統功能評估的假設、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。

3.18.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、評估闖入事件的發生時間</p> <p>(1) 評估人類入侵發生時間(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。</p>	<p>一、評估闖入事件的時間</p> <p>(1) 確認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。</p>
<p>二、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</p> <p>(1) 評估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。若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，則人類闖入可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</p>	<p>二、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</p> <p>(1) 確認人類闖入全系統功能評估與全系統功能評估分開執行，符合 10 CFR 63.114 功能評估要求。</p> <p>(2) 除了假設出現如 10 CFR 63.322 中所定義具特徵的人類闖入事件，並排除 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</p>

<p>下，確認人類闖入全系統功能審查發現。</p> <p>(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 中所定義之具特徵的人類闖入事件外，並且排除了 10 CFR 63.342 所規定的不太可能發生的天然特徵、事件及作用 (FEPs)。</p> <p>(3) 評估各情節均有足夠數量的運算結果，全系統功能評估軟體可確保運算結果在統計上是穩定的。</p> <p>(4) 評估處置場功能審查發現是否合理。評估替代的全系統功能評估軟體的計算結果，確定假定闖入事件的處置場功能。</p> <p>(5) 評估有限度人類闖入的年劑量曲線，確認處置場系統是否符合 10 CFR 63.321 中所規定的有限度人類闖入事件的功能目標。</p>	<p>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。</p> <p>(3) 確認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。</p> <p>(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。</p> <p>(5) 確認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。</p>
<p>三、全系統功能評估軟體的闖入事件代表性</p> <p>(1) 與精簡模型審查者協調，評估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。</p> <p>(2) 評估軟體模組間使用不同的假設及參數值，均有充分的記錄。</p> <p>(3) 評估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的物理過程具有信心。</p> <p>(4) 評估軟體模組間數據傳輸是否正確。使用替代的全系統功能評估軟體來確認美國能源部的計算結果，了解各模組的輸出結果。</p>	<p>三、全系統功能評估軟體提供可信的闖入事件代表性</p> <p>(1) 確認假定闖入事件的全系統功能評估軟體的不同模組間，自破裂的廢棄物包件中傳輸方法的假設是一致的。</p> <p>(2) 確認軟體模組之間使用不同的假設及參數值有充分的記錄。</p> <p>(3) 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中的物理過程具有信心。</p> <p>(4) 確認軟體模組間數據傳輸正確進行。</p> <p>(5) 確認功能審查發現之不確定性與考量假定闖入事件特徵及模式和參數的不確定性是一致的。</p>

<p>(5) 評估功能審查發現之不確定性(年劑量的時間及大小)與考量假定闖入事件特徵之不確定性與評估之不確定性(模式及參數不確定性)是一致的。</p> <p>(6) 評估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。</p>	<p>(6) 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在於不確定性範圍內被取樣。</p>
--	---

3.18.3 審查發現

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。

3.19 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

3.19.1 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。審查者評估 10 CFR 63.21(c)(1)、(9)、(14)及(15)所要求的資訊。包含：

- (1) 計算特定核種濃度及劑量作為時間的函數；
- (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。

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。

3.19.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、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</p> <p>(1) 審查美國能源部對代表性地下水量之地下水放射性含量是否進行評估。包括 Ra-226/Ra-228 的組合，總阿伐活度(包括 Ra-226，但不包括氬及鈾)及貝它/加馬核種的組合。</p> <p>(2) 評估地下水代表性水量之放射性平均濃度所使用的方法、假設、模式及數據，是否與 10 CFR 63.342 所要求的處置後 10,000 年期間未受擾動情況功能評估計算結果一致。</p> <p>(3) 評估計算所得的地下水放射性含量，是否得到功能評估精簡模式中評估之適當技術基礎的支持。</p> <p>(4) 評估 10,000 年法規遵循期間，任何一年地下水放射性計算水平與 10 CFR 63.331 中的限值比較。</p>	<p>一、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。</p> <p>(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，但不包括氬及鈾)以及貝它/加馬核種的組合。</p> <p>(2) 確認地下水代表性水量之放射性平均濃度所使用的方法、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。</p> <p>(3) 確認計算結果得到適當技術基礎的支持。用模式方法及參數決定代表性水量地下水的放射性含量，在排除考量不太可能發生的天然特徵、事件及作用(FEPs)下，與功能評估精簡模式審查發現一致。</p> <p>(4) 確認 10,000 年遵循期內任何一年的地下水放射性平均濃度，符合 10 CFR 63.331 所規定的限值。</p>
<p>二、用於確定地下水代表性體積位置與形狀的方法及假設</p> <p>(1) 評估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，評估方法、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否一致。</p> <p>(2) 評估計算結果得到功能評估精簡模式之適當技術基礎的支持。</p>	<p>二、用於確定地下水代表性體積位置之方法及假設是可信及一致的，地下水代表性體積包括可接近環境污染物的最高濃度水平。</p> <p>(1) 確認如 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。處置後 10,000 年內未受擾動的處置場功能評估所使用的地下水代表性體積的位置與使用平均水文參數決定</p>

<p>(3) 評估地下水代表性體積的位置並包含了污染群(plume contamination)核種最高濃度。評估包含了污染群核種最高濃度代表性地下水量的位置，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。</p> <p>(4) 評估地下水代表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」一致。</p>	<p>地下水代表量的位置一致，確認得到足夠的支持技術基礎。</p> <p>(2) 確認決定地下水代表性體積放射性濃度的模式方法及參數，在排除對不太可能發生的自然特徵，事件和過程下，與功能評估精簡模式一致，得到足夠的支持技術基礎。</p> <p>(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。</p> <p>(4) 確認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」一致。</p>
<p>三、用於計算地下水代表性體積實體尺寸的方法及假設</p> <p>(1) 評估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，其體積是否有 3000 英畝-英呎 (3.714×10^9 升)。</p> <p>(2) 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實體尺寸。根據所選方法，評估處置後 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，且計算結果有適當的技術基礎支持。</p> <p>(3) 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，是否與功能評估精簡模式一致。</p>	<p>三、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</p> <p>(1) 確認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，其體積不多於 3000 英畝-英呎 (3.714×10^9 升)。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 確認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發生的天然特徵、事件與作用下，與功能評估精簡模式一致。</p> <p>(4) 地下水代表性體積與 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</p>

	水的代表性體積與「地下水中核種濃度」分析中使用的每年用水量一致。
--	----------------------------------

3.19.3 審查發現

審查發現符合 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：

- (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。

有關地下水中核種濃度，審查發現符合 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：

- (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，符合給定用水量。
- (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代表性體積在內的平均核種濃度。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。

3.20 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

3.20.1 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。

評估範圍包含：

- (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。

3.20.2 審查方法與接受準則

<p>一、使用 NUREG-1563(Kotra 等，1996 年)或等效程序</p> <p>(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，或者使用等效的程序。美國能源部對 NUREG-1563 指引的任何差異提供充分的解釋。</p>	<p>一、美國能源部使用 NUREG-1563 或等效程序。</p> <p>(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。</p> <p>(2) 美國能源部對 NUREG-1563 指引的差異提供了充分的解釋。</p>
<p>二、更新專家引進</p> <p>(1) 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。</p>	<p>二、任何更新的專家引進資訊，皆使用適當方法充分紀錄之。</p>

3.20.3 審查發現

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。

第四章、行政與計畫程序要求

4.1 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

4.1.1 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。包含：

- (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計畫或營運限制內容。

4.1.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、安全問題的定義與描述 (1) 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。	一、安全問題的定義與描述是足夠的。
二、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 (1) 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計畫是可接受的。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	二、美國能源部確定並詳細描述了一個研究和開發計劃，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。

<p>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。</p>	
<p>三、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</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 執照申請的內容包含解決問題。</p>	<p>三、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。</p>
<p>四、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計畫</p> <p>(1) 是否有替代計畫來證明安全問題可接受的解決方法。替代計畫中應討論設計計畫或營運限制。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。</p>	<p>四、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計畫。</p>

4.1.3 審查發現

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，包含一份時程表，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計畫或營運限制內容。考慮安全問題的範圍以及其解決計畫與時程表，可繼續建設處置場。

4.2 功能確認計畫

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

4.2.1 審查範圍

10 CFR Part 63 的 F 部分提供功能確認計畫的要求。工作小組將功能確認計畫定義為測試、試驗和分析，評估功能目標的資訊證明 E 部分是否足夠。此計畫是高放射性廢棄物處理的獨特之處，影響處置場數千年功能評估的不確定性。工作小組將確認提交符合「功能確認計畫」所規定的試驗要求，並對此計畫進行評估：

(1) 功能確認計畫的一般性要求包含：

(a) 功能確認計畫的目標，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) 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) 功能確認總進度；

(c) 計劃執行功能確計畫，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)將測量和觀察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重要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計畫；

(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环境程度之評估；

(c) 廢棄物包件監測和試驗程序的持續時間。

4.2.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、符合功能確認計畫的一般性要求，包括：</p> <p>(1) 審核美國能源部功能確認計畫是否提供了計畫目標。並滿足一般性要求，包含：</p> <p>(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能在預期之情況運作；</p>	<p>一、功能確認計畫符合為此計畫設立的一般性要求，如：</p> <p>(1) 功能確認計畫的目標與一般性要求一致，特別注意：</p> <p>(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，以確保其按預期的狀況運作；</p>

<p>(b) 美國能源部將監測和試驗永久封閉後作為障壁的方法、設計或假設，確保能在預期之情況運作；</p> <p>(c) 確認特定大地工程及設計參數，且為美國能源部已選定的測量或觀察；</p> <p>(d) 測量或觀察的特定大地工程及設計參數的方法；</p> <p>(e) 現地監測、室內和現地試驗，以及現場試驗蒐集所需的資料；</p> <p>(f) 指定選定的現地監測、室內和現地試驗或現場試驗方法；</p> <p>(g) 選定之大地工程及設計參數基準的預期變化；</p> <p>(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。</p> <p>(2) 審核功能確認計畫是否包含計畫的時間表，並評估進度是否滿足一般性要求；</p> <p>(3) 評估美國能源部的方法來執行功能確認計畫。具體而言包含：</p> <p>(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；</p> <p>(b) 選定的大地工程及設計參數之基準資訊；</p> <p>(c) 確定大地工程及設計參數基準資訊的選定方法；</p> <p>(d) 承諾監測和分析與選定的大地工程及設計參數的基準條件相關的變化；</p> <p>(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；</p> <p>(f) 定期評估和更新功能確認計畫的條款。</p>	<p>(b) 美國能源部將監測和試驗天然和工程系統及組件之選定方法，在永久封閉後作為障壁，以確保其按預定和預期的狀況運作；</p> <p>(c) 確定具體的大地工程及設計參數，涉及自然系統和組件，美國能源部選定進行量測或觀測；</p> <p>(d) 大地工程及設計參數的選定方法；</p> <p>(e) 具體現地監測、室內和現地試驗，以及現場實驗獲取所需資料；</p> <p>(f) 規定現地監測、室內和現地試驗或現場試驗方法；</p> <p>(g) 大地工程及設計參數的基準預期變化，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；</p> <p>(h) 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。</p> <p>(2) 功能確認計畫的時間表與一般性要求一致。</p> <p>(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計畫：</p> <p>(a) 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，滿足功能目標；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(e) 提供定期評估和更新功能確認計畫的條款。</p>
---	--

<p>(4) 審核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，並確認程序足夠。</p>	<p>(4)包含或引用符合 10 CFR 63.71 規定的記錄和報告要求之計畫。</p>
<p>二、符合大地工程和設計參數要求，包括：</p> <p>(1) 確認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，特別注意：</p> <p>(a) 評估大地工程及設計參數以監測和分析的選定方法之充分性；</p> <p>(b) 審核選定的大地工程及設計參數清單是否合理和完整；</p> <p>(c) 評估所選大地工程及設計參數基準的方法是否合適；</p> <p>(d) 審核美國能源部建立的大地工程及設計參數之基準是合理的；</p> <p>(e) 確認所選定大地工程及設計參數的預期變化是合理的；</p> <p>(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。</p> <p>(2) 審核美國能源部執行功能確認計畫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。特別注意：</p> <p>(a) 評估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；</p> <p>(b) 審核選定的現地熱力學反應參數清單是否合理和完整；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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從基準估計是合理的；</p>	<p>二、確定大地工程及設計參數的功能確認計畫符合為此計畫設立的要求，如：</p> <p>(1) 功能確認計畫建立了一個確認大地工程及設計參數的計畫。並符合以下要求：</p> <p>(a)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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(2) 此計畫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。並符合以下要求：</p> <p>(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；</p> <p>(b)證實選定的現地熱力學反應參數清單是合理且完整；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p>

<p>(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。</p> <p>(3) 審核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。特別注意：</p> <p>(a) 審核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。並評估其充分性；</p> <p>(b) 審核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；</p> <p>(c) 審核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，並建議進行修改。評估這些計畫的充分性。</p>	<p>(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；</p> <p>(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。</p> <p>(3) 根據設計假設設立一個監測程序評估地下條件。符合以下要求：</p> <p>(a) 量測和觀測與原始設計基準及假設進行比較的規定，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；</p> <p>(b) 如果存在顯著差異，則其中包含對設計或施工方法進行修改的必要條件；</p> <p>(c) 測量和觀察之間的顯著差異以及原始設計基礎和假設，建議變更的規定需符合 10 CFR 63.73 規定的缺陷報告之要求。</p>
<p>三、符合設計試驗要求，包括：</p> <p>(1) 確認功能確認計畫除了廢棄物包件之外，提供足夠的程序來試驗設計中使用的工程系統和組件。特別注意：</p> <p>(a) 評估設計或假定在永久封閉後作為障壁的系統和組件選定的方法之充分性，並進行監測和試驗；</p> <p>(b) 審核選定的工程系統和組件之清單是否合理和完整；</p> <p>(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；</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>	<p>三、設計試驗功能確認計畫符合為此計畫設立的要求，如：</p> <p>(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：</p> <p>(a) 將試驗的工程系統和組件使用基於功能的方法進行選擇；</p> <p>(b) 功能審查發現證實所選定之清單是合理且完整；</p> <p>(c) 試驗方法適合於在時間、空間、解析度和技術方面被試驗的特定工程系統或組件。；</p> <p>(d) 對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。</p> <p>(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</p>

<p>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。特別注意：</p> <p>(a) 評估設計試驗程序中熱相互作用效應的選擇方法是否合適；</p> <p>(b) 審核熱相互作用效應之清單合理且完整；</p> <p>(c) 確認監測、試驗或實驗方法的適用性，美國能源部將監測或試驗；</p> <p>(d) 確認所選定熱相互作用效應之預期設計基礎是合理的。</p> <p>(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；</p> <p>(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。特別注意：</p> <p>(a) 評估設計試驗程序中用於選擇的方法是否合適；</p> <p>(b) 確認選定的回填處置作業和壓實程序之清單合理完整；</p> <p>(c) 審核監測、試驗或實驗方法是否適用，美國能源部將進行監測或試驗；</p> <p>(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。</p> <p>(5) 審核是否提供足夠的試驗程序，以便封閉之前評估鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性。特別注意：</p> <p>(a) 評估設計試驗程序中全面封閉之前，選定的方法是否足以評估其有效性；</p> <p>(b) 確認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；</p> <p>(c) 審核監測、試驗或實驗方法是否適用於試驗程序，以評估其有效性；</p>	<p>在設計試驗程序中。此程序符合以下要求：</p> <p>(a)將使用以功能為基礎的方法進行試驗；</p> <p>(b) 功能審查發現證實選定之清單是合理且完整；</p> <p>(c) 試驗方法在時間、空間、解析度和技術方面的具體熱相互作用效應是適用的；</p> <p>(d) 預期的功能範圍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。.</p> <p>(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對設計要求的有效性。</p> <p>(4) 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。特別注意：</p> <p>(a)將採用以功能為基礎的方法來選擇回填安置和壓實程序；</p> <p>(b) 功能審查發現證實選定的清單合理完整；</p> <p>(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。；</p> <p>(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相互作用的影响。</p> <p>(5) 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。特別注意：</p> <p>(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；</p> <p>(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計畫是合理且完整；</p> <p>(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</p>
---	---

<p>(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。</p>	<p>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；</p> <p>(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評估鑽井、豎井和運輸坡道密封的有效性之試驗程序。</p>
<p>四、符合廢棄物包件監測和試驗要求，包括：</p> <p>(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。特別注意：</p> <p>(a) 評估對材料、設計、結構、製造和檢驗方法進行監測和測試廢棄物包件，驗證是否具有代表性；</p> <p>(b) 審核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；</p> <p>(c) 確認監測和評估的環境條件包含描述那些水化學；</p> <p>(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；</p> <p>(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或可置換。</p> <p>(2) 確認美國能源部執行功能確認計畫提供適用於廢棄物包件內部狀況的實驗室試驗程序。特別注意：</p> <p>(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；</p> <p>(b) 確認腐蝕監測和試驗包含使用腐蝕試樣。</p>	<p>四、廢棄物包件監測和試驗功能確認計畫符合為此計畫設立的要求，如：</p> <p>(1) 功能確認計畫建立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：</p> <p>(a) 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；</p> <p>(b) 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；</p> <p>(c) 監測和評估的環境條件，包含描述那些水化學之情況；</p> <p>(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；</p> <p>(e) 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或可置換。</p> <p>(2) 功能確認計畫建立一個計畫，此計畫重點於廢棄物包件內部條件的實驗室試驗：</p> <p>(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；</p> <p>(b) 腐蝕監測和試驗包含使用腐蝕試樣。</p> <p>(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。</p>

(3) 確認廢棄物包件監測和試驗程序的時間表滿足此類程序的要求。	監測和試驗將一直持續到到永久封閉階段。
----------------------------------	---------------------

4.2.3 審查發現

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，並滿足「功能確認計畫」的要求。特別是工作小組發現合理的保證將會進行可接受的功能確認計畫，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發現有關功能確認計畫的一般性要求包含以下幾點：

- (1) 功能確認計畫將提供資料，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) 功能確認計畫將包含現地監測、室內和現地試驗以及適當的現場試驗；
- (3) 功能確認計畫在場址特徵化期間開始，並將持續到永久封閉；
- (4) 執行功能確認計畫將執行：(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發現的大地工程和設計參數包含以下幾點：

- (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發現的設計試驗包含以下幾點：

- (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發現廢棄物包件的監測和試驗包含以下幾點：

- (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。

4.3 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

4.3.1 審查範圍

審查委員將審查 10CFR 63.21(c)(20)所規定的資訊，以確定符合 10CFR 63.21(c)(20)與 10CFR 第 63 部子部 G(10CFR 63.141-144)的規定。

- (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；
- (18)稽查。

4.3.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>應照下列項目執行審查。</p> <p>將以雅卡山審查計畫所闡明的接受準則與雅卡山審查計畫所包括的文件和主張，來審查品質保證方案每一要點的說明。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方案所涵蓋結構、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整成一個清單，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。</p> <p>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。品質保證方案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方案劣化。在確定此項修訂的</p>	<p><u>一般接受準則</u></p> <p>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 10CFR 第 21 部、63.21(c)(20)、63.44、63.73、以及 63.141-144 等與品質保證方案有關法令的相關規定。</p> <p>美國能源部品質保證方案說明文件必須說明要如何滿足 10CFR 63.142 適用的規定。品質保證方案與有關執行措施的品質保證方案管制和執程序，必須在措施開始執行前即應備妥。</p> <p>美國能源部斷言符合或提供某一特別規定，這樣做並不足夠。在執照申請文件中所提報品質保證方案的說明，以及後續品質保證方案的任何修訂，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。</p> <p>美國能源部必須針對下列項目建立品質保證方案：場址特性調查；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</p>

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。

品質保證方案的可接受度，依照下列審查程序加以評估：

- (1) 品質保證方案的說明必須被詳細審查，以確認 10 CFR 63.142 的準則均有解決(藉由品質保證方案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的文件與主張。品質保證方案的說明應被審查，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；
- (3) 應審查執行品質保證性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性能；
- (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方案的任何修訂；(ii) 與美國能源部的開會討論；(iii) 對現行品質保證方案的評估；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方案，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。

與建造；設施運轉；性能確認；永久封閉；以及地面設施遵照 10CFR 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方案所包含的適用條款，必須納入主要包商在其適用的工作範圍有關的品質保證方案。美國能源部的品質保證方案必須說明如何符合 10CFR 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方案，則必須闡明每一項品質保證方案要點的具體分級品質保證管制。接受準則 1-18 的編組反映 10CFR 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方案。這些措施包括場址特性調查；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；以及性能確認。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方案所說明的這些措施。經美國能源部核准，提報給美國核管會的品質保證方案說明與應用之措施範圍，可能在品質保證方案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所列的文件與主張。當適當時，品質保證方案的說明可以參考引用符合雅卡山審查計畫所闡明文件某一條款所作的承諾，而不必在品質保證方案中重複文件的文辭。例如，美國能源部

對於其品質保證方案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，當品質保證方案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，承諾為品質保證方案說明與規定的整體之一部分。對於這些在雅卡山審查計畫所列接受準則、文件、及主張，美國能源部只要能夠證明其可滿足 10CFR 第 63 部所規定的品質保證方案，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。

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，只要：

- (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；
- (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、工程、維護和封閉前(運轉)、修改、拆除、等；責任範圍；以及說明

	<p>確定品質保證組織包括檢驗官員的規模之基礎；</p> <p>(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；</p> <p>(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。此項職位具有下列特性：</p> <p>(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。</p> <p>(9) 執行品質保證性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；</p> <p>(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；</p> <p>(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。</p> <p>(12) 闡明在組織內具有停工權力的職位；</p> <p>(13) 由於品質保證人員與其他部門代表間不同的意見，導致有關品質的爭議，必須建立解決此項爭議的條款；</p>
--	--

(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，只要：

- (1) 品質保證方案的範圍包括：
- (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

	<p>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香等文件作為強制命令；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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。</p> <p>(7) 美國能源部(與其主要包商)承諾遵照：(i) 10CFR 63.44、63.73、及 63.141-144 的規定；與(ii) 雅卡山審查計畫要求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。</p> <p>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。</p> <p>(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</p>
--	--

	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>假若美國能源部決定採用分級品質保證管制，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。有關分級品質保證過程的措施包括：</p> <p>(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所述的文件與法規主張。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；</p> <p>(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所包括的文件與管制主張；</p> <p>(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</p>
--	--

	<p>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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(16) 建立灌輸、訓練、及認證方案，使得：</p> <p>(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</p> <p>(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、及由執行程序與/或指引述及。</p> <p>接受準則 3</p> <p>有關於設計管制的措施是可以接受的，只要：</p>
--	--

	<p>(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、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；</p> <p>(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、及組件性能規定；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。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。數據分析包括起始步驟、數據歸納、以及廣泛的系統分析，此針對個別參數結合其他的數據與分析。</p> <p>(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；</p> <p>(4) 建立措施以確保適用的法令規定、設計基準、及經由場址特性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性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；</p> <p>(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</p>
--	--

	<p>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，以供申請執照與性能確認；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、及場址特性調查措施以及性能確認措施；</p> <p>(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性能、規格、以及程序；</p> <p>(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性能的計算機軟體)，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；</p> <p>(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；</p> <p>(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、性能上、以及和過程與環境都是兼容的；</p> <p>(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；</p> <p>(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</p>
--	--

	<p>規定、以及至何種範圍的檢驗與試驗結果必須加以記載；</p> <p>(12) 建立並說明指引或準則已決定設計驗證的方法；</p> <p>(13) 建立並說明程序，供設計驗證措施；</p> <p>(14) 假若設計驗證方法僅是試驗而已，則須包括其他規定；</p> <p>(15) 有關於科學調查的規定；</p> <p>(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；</p> <p>(17) 建立程序以確保支援安全或廢棄物隔離性能的認證過計算機軟體是合格使用於設計。</p> <p>(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。</p> <p>(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；</p> <p>(20) 備有措施以確保可能影響其任務性能的設計變更/修訂，有通知到負責處置場的現場人員；</p> <p>(21) 說明 10CFR 63.44 適用的變更管制規定；以及</p> <p>(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，</p>
--	---

	<p>沒有完全執行 10CFR 第 63 部品質保證方案[NUREG-1298]。</p> <p>(23) 建立程序說明使用專家引進。該程序符合 NUREG-1563，在高放射性廢棄物方案中使用專家引進的分組技術主張；以及</p> <p>(24) 建立程序說明使用同儕審查。</p> <p>接受準則 4</p> <p>有關採購文件的管制措施是可以接受，只要：</p> <p>(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擬、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；</p> <p>(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</p> <p>(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，</p>
--	--

	<p>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。</p> <p>接受準則 5</p> <p>有關於指令、程序、及設計圖的措施是可以接受的，只要：</p> <p>(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；</p> <p>(2) 建立程序以確保指令、程序、及設計圖包括定量的與定性的接受準則，以確定重要的措施已經令人滿意地達成；以及</p> <p>(3) 建立程序以管制在場址特性調查與性能確認中與試探調查有關的現場或實驗室程序變更，以確保此項變更被後續記載並及時由權責人員所核准。</p> <p>接受準則 6</p> <p>有關於文件管制的措施是可以接受的，只要：</p> <p>(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，包括發展用來支援安全或廢棄物隔離性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；</p> <p>(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</p>
--	---

	<p>格，審查並同意這些文件中有關品質保證的事項；</p> <p>(3) 建立程序以確保文件的變更有經執行起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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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</p> <p>(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。</p> <p>接受準則 7</p> <p>管制物質、設備及服務採購有關的活動是可接受的，只要：</p> <p>(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性能的軟體，以及包括設計、採購及品質保證組織間介面的服務；</p> <p>(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</p>
--	--

	<p>書面程序以確保組件符合採購要求等之規劃及執行。</p> <p>(3) 供應商的選擇應製成文件、建檔及保存紀錄；</p> <p>(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；</p> <p>(5) 執行接收檢驗；</p> <p>(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；</p> <p>(7) 供應商向買方提供記錄；</p> <p>(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」，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 Part 21 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性能：</p> <p>(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；</p> <p>(10) 供應商的符合證明(certificate of conformance)應通過稽查、獨立檢驗或</p>
--	---

	<p>測試來定期評估，以確保其有效，並將結果保持記錄備查；</p> <p>(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；及(iii)認可供應商的認證及報告之審查；</p> <p>(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</p> <p>(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，美國核管會的第 86-21 號信息公告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。</p> <p>接受準則 8</p>
--	--

	<p>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，只要：</p> <ol style="list-style-type: none">(1) 描述應包括組織責任、物理樣本的識別要求；(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。(3) 對結構、系統及組件性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；(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；(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；及(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，發布程序書或指令：<ol style="list-style-type: none">(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
--	--

	<p>用已經達使用壽命或週期結束的產品、組件或材料；</p> <p>(9) 裝卸(handling)、貯存及運送要求；</p> <p>(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性能的軟件或樣品；</p> <p>(11)工作管制文件中敘明不符合品，依據本節接受準則 15 的要求，進行文件記錄、評估及隔離；</p> <p>(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</p> <p>(13)關於識別及管制材料、零件及組件，美國能源部的品質保證方案其它要求亦應適用。</p> <p>接受準則 9</p> <p>與特殊製程管制相關的活動是可接受的，只要：</p> <p>(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；</p> <p>(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。</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p>
--	--

	<p>(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、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。</p> <p>(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 之要求來執行。非破壞評估人員的證照及資格應包括性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。</p> <p>接受準則 10</p> <p>與檢驗有關的活動是可以接受的，只要：</p> <p>(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性能；</p> <p>(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；</p>
--	--

	<p>(3) 建立檢驗人員資格認定方案，記錄檢驗人員的資格及認證現況；</p> <p>(4) 建立檢驗程序、工作說明書或稽查核對表(checklist)如下：確認檢驗活動的特性；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份記錄及檢驗結果；必要的量測及測試設備規格，包括準確度要求；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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：</p> <p>(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，可通過性能測試客觀證明其工作品質；及</p> <p>(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，獲得指定特性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。</p> <p>(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</p>
--	---

	<p>(10) 對於未完全實施 10 CFR Part 63 品質保證方案，建立程序描述審查及收集產品之數據合格化的方法。</p> <p>接受準則 11</p> <p>與測試管制有關的活動是可以接受的，只要：</p> <p>(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性能。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；</p> <p>(2) 依要求提供程序或指令；</p> <p>(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；</p> <p>接受準則 12</p> <p>與量測及測試設備有關的活動是可以接受的，只要：</p> <p>(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；</p> <p>(2) 為建立、實施及確保校準方案的有效性，適當的描述品質保證及其他組織的職掌；</p> <p>(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的校準、維護及控制；</p> <p>(4) 描述這些程序的審查及同意記錄，並確認了負責這些性能的組織；</p> <p>(5) 確認量測及測試設備，並可追溯校準測試數據；</p>
--	--

	<p>(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」；</p> <p>(7) 量測及測試設備依據所要求的精準度、目的、使用程度、穩定特性以及影響量測的其他條件，以特定時間間隔進行校準。接受的基礎由負責管理階層記錄及授權，以確認授權執行此性能；</p> <p>(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，確認授權執行此性能；</p> <p>(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；</p> <p>(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。對被判定為可疑的產品重複進行檢驗或檢測；</p> <p>(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。</p> <p>接受準則 13</p> <p>與裝卸、貯存及運送有關的活動是可以接受的，只要：</p> <p>(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；</p> <p>(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</p>
--	---

	<p>採購要求，排除溫度或濕度等環境條件造成的損壞、損失或劣化；</p> <p>(3) 說明化學品、試劑、潤滑劑及其他消耗品之貯存規定；</p> <p>(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</p> <p>(5) 為了確認產品的目的，描述了用於標示或標誌運送、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。</p> <p>接受準則 14</p> <p>與檢驗、測試及運轉有關的活動是可以接受的，只要：</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(3) 結構、系統及組件的檢驗、測試及運轉狀況應由狀態指標來識別；</p> <p>(4) 建立程序及權限，描述先前所列出重點(bullet)之檢驗及焊接標章及狀態指標的應用和移除之管制；</p> <p>(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；</p> <p>(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</p>
--	--

	<p>(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。</p> <p>接受準則 15</p> <p>與不符合材料、零件及組件有關的活動是可以接受的，只要：</p> <p>(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性能的服務和電腦軟體，描述識別、記錄、隔離、審查、處理(disposition)及通報受影響組織的程序。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);</p> <p>(2) 建立防止不經意使用或安裝不合格產品的相關程序；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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</p> <p>(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。</p> <p>接受準則 16</p> <p>與改正行動有關的活動是可以接受的，只要：</p> <p>(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；</p>
--	--

	<p>(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、故障、不足、偏差或缺陷。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；</p> <p>(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；</p> <p>(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。</p> <p>接受準則 17</p> <p>與品質保證紀錄有關的活動是可以接受的，只要：</p> <p>(1) 品質保證紀錄需對品質提供特定、準備及保持(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、保留、保持及處理的要求及責任，並製成文件。</p> <p>(2) 描述了品質保證記錄方案的範圍；</p> <p>(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，特別是在保存及記錄貯存期間；</p> <p>(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；</p>
--	---

	<p>(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、數據簡化文件及支持安全或廢棄物隔離性能的軟體；</p> <p>(6) 檢驗及測試記錄需包含的內容；</p> <p>(7) 對品質保證記錄的處理情況訂定規定；</p> <p>(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；</p> <p>(9) 描述貯存、保存及保管品質保證記錄的適當設施，符合 NQA-1-1983 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」；</p> <p>(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記錄，提供了指引；</p> <p>(11) 雅卡山審查計畫中，敘述有關考可供參考的記錄規定；</p> <p>(12) 關於品質保證記錄，NQA-1-1983 補充 17S-I「品質保證記錄補充要求」第 2.8 節「記錄保存」指出，非永久性記錄的保留期限需要以書面形式確定。程序性非永久性記錄應保留至少 10 年或為產品壽命(當產品壽命少於 10 年時)。程序化非永久性記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，其非永久性記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記錄應至少保存至運轉期前封閉(preclosure)活動開始為止；</p> <p>(13) 此接受準則 (即品質保證記錄相關的接受準則 17)，可以用於更新場址特性調查、運轉前測試及運轉記錄。</p>
--	---

	<p>這項更新取決於美國能源部活動品質保證方案中記錄的詳細程度。</p> <p>接受準則 18</p> <p>與稽查(audits)有關的活動是可以接受的，只要：</p> <ol style="list-style-type: none">(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；(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、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、測試及性能確認期間，應儘早啟動以確保品質保證的有效性；(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性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；(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
--	--

	<p>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；</p> <p>(9) 現場品質保證組織不得向場外組織報告；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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。</p>
--	---

4.3.3 審查發現

審查者將依據滿足與美國能源部與品質保證計畫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計畫變更敘明品質保證計畫符合接受準則(或可接受的替代計畫)，品質保證計畫應視為可接受的。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計畫提供的適當描述，包括討論如何滿足 10 CFR. 63.142 的要求。

4.4 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計畫的說明。

審查職責—高放射性廢棄物部門、環境與功能評估部門

4.4.1 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。如下列項目：

- (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；
- (3) 確保未來世代使用紀錄的方法。

4.4.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、紀錄與報告</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 確認在地質處置場作業區接收、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。</p> <p>(3) 驗證在雅卡山場址地質處置場作業區的建造紀錄，有適當地詳細說明其建造與結果竣工配置。</p>	<p>一、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。</p> <p>(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。</p> <p>(2) 放射性廢棄物在地質處置場作業區的接收、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。</p> <p>(3) 在雅卡山場址地質處置場作業區的建造紀錄，應適當說明建造的詳細資</p>

<p>(4) 確認地質處置場作業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。</p>	<p>訊與結果的竣工配置。建造紀錄至少應包括下列各項：</p> <ul style="list-style-type: none"> (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。 <p>(4) 美國能源部將遵照 10 CFR 63.51(a)(3)的規定，保存地質處置場作業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。</p>
---	---

4.4.3 審查發現

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計畫之適當說明。這些計畫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

錄與紀錄保存計畫的適當說明。因此，美國能源部符合地質處置場作業區建造紀錄保存的規定。

4.5 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

4.5.1 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，包含：

- (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。

4.5.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、定義職權</p> <p>(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。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>一、適當地定義職責</p> <p>(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，使職責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。</p> <p>(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。</p>
<p>二、授權委任程序</p> <p>(1) 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。</p>	<p>二、適當的授權委任程序</p> <p>(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。</p>

4.5.3 審查結果

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。

4.6 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。

4.6.1 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，包含：

- (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。

4.6.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、重要職位的描述</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 依據每個重要職位所需的基本技能和經驗，皆有指定之合格的代理人，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。</p>	<p>一、地質處置場營運區安全的重要職位被充分描述</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

4.6.3 審查發現

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。

4.7 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。

4.7.1 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，包含：

- (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。

4.7.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、人員選擇、培訓和認證的標準 (1) 確認人員選擇、培訓和認證的各種標準是足夠的。	一、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。
<p>二、地質處置場營運區的人員培訓、能力測試和認證計畫</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 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(包括新僱用員工)；受過培訓的人員維持狀況以及最新紀錄。</p> <p>(3) 美國能源部對每項工作類別有具體的培訓要求，並且會及時安排培訓新僱用人員。</p>	<p>二、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。</p> <p>(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。</p> <p>(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(包括新僱用員工)；受過培訓的人員維持狀況以及最新紀錄。</p> <p>(3) 確認美國能源部對每項工作類別有具體的培訓要求。</p> <p>(4) 確認美國能源部會及時安排培訓新僱用人員。</p>
<p>三、操作前與操作放射性物質的培訓計畫</p> <p>(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。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。</p> <p>(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、去汙程序、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。</p> <p>(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。</p>	<p>三、提供可接受之操作前與操作放射性物質的培訓計畫。</p> <p>(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。</p> <p>(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、去汙程序、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。</p> <p>(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。</p>

<p>(4) 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。</p> <p>(5) 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。</p>	<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>四、與安全重要相關的設備和控制操作</p> <p>(1) 被認定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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>四、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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>五、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</p> <p>(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。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>五、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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>六、身體狀況以及人員健康狀況</p> <p>(1) 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</p>	<p>六、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</p>

<p>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。</p>	<p>共衛生和安全的操作性錯誤不會發生。</p> <p>(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。</p>
<p>七、選擇、培訓和認證保安人員</p> <p>(1) 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。</p>	<p>七、選擇、培訓和認證保安人員的方法是可接受的。</p> <p>(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。</p>
<p>八、評估操作員測試程序的方法</p> <p>(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。</p>	<p>八、評估操作員測試程序的方法是可接受的。</p> <p>(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。</p>
<p>九、人員資格</p> <p>(1) 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。</p>	<p>九、適當的人員資格</p> <p>(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。</p>

4.7.3 審查結果

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計畫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。

4.8 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

4.8.1 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。

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。

4.8.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、用於制定、審查和批准啟動前測試程序的系統</p> <p>(1) 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。</p>	<p>一、用於制定、審查和核准啟動前測試程序的系統是可接受的。</p> <p>(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。</p>
<p>二、啟動前測試程序和目標的總結</p> <p>(1) 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。</p>	<p>二、啟動前測試程序和目標的總結是足夠的。</p> <p>(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。</p>
<p>三、納入設計功能資訊於啟動前測試計畫中</p> <p>(1) 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。</p>	<p>三、啟動前測試計畫中充分地納入設計功能資訊。</p> <p>(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。</p>
<p>四、測試程序的格式與內容</p> <p>(1) 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。</p>	<p>四、測試程序的規格與內容是可接受的。</p> <p>(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。</p>
<p>五、測試描述</p> <p>(1) 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</p>	<p>五、測試描述是可接受的。</p> <p>(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</p>

<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 測試描述能符合設計要求。</p> <p>(4) 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。</p>	<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 測試描述符合設計要求。</p> <p>(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。</p>
<p>六、測試計畫與適用的監管導則的兼容性</p> <p>(1) 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 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。</p>	<p>六、測試程序與適用的監管導則的兼容性。</p> <p>(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 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。</p>
<p>七、使用類似設施的經驗</p> <p>(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。</p>	<p>七、充分利用類似設施的經驗。</p> <p>(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。</p>
<p>八、工作人員和公眾的保護</p> <p>(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。可依據</p>	<p>八、初始營運計畫將保護工作人員和公眾。</p> <p>(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。</p>

<p>系統圖示和審查者經驗來進行上述程序評估的分析。</p>	
<p>九、時程</p> <p>(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。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。</p>	<p>九、測試計畫的各階段時程是可接受的。</p> <p>(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。</p>
<p>十、測試和評估結構、系統與組件的性能充足性</p> <p>(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，將會被測試及評估，且功能是可接受的。</p>	<p>十、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。</p> <p>(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。</p>
<p>十一、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</p> <p>(1) 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。</p> <p>(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。</p> <p>(3) 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。</p> <p>(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。</p>	<p>十一、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。</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>

<p>十二、啟動和測試計畫支持整體地質處置場運轉區之安全</p> <p>(1) 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。</p>	<p>十二、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。</p> <p>(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。</p>
--	--

4.8.3 審查發現

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。

4.9 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

4.9.1 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。

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。

4.9.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、一般作業之計畫與程序</p> <p>(1) 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，包括正常與緊急</p>	<p>一、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。</p>

<p>應變操作以及技術規範的任何程序要求。</p> <p>(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，確認其行政程序為充分，且此程序具有足夠的管理控制。</p> <p>(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。</p> <p>(4) 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。</p>	<p>(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，包括正常與緊急應變操作以及技術規範的任何程序要求。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>二、維護的計畫與程序</p>	<p>二、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。</p>
<p>三、監測的計畫與程序</p>	<p>三、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。</p>
<p>四、定期檢測的計畫和程序</p>	<p>四、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。</p>

4.9.3 審查發現

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。

4.10 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

4.10.1 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。評估內容包含：

- (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。

4.10.2 審查方法與接受準則

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	接受準則
------	------

<p>一、緊急應變計畫</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 申請文件足以辨別每一種類型的放射性物質事故。</p> <p>(3) 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」。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 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。</p> <p>(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。</p> <p>(7) 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。</p> <p>(8) 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。</p> <p>(9) 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。</p> <p>(10) 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。</p> <p>(11) 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。</p>	<p>一、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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(9) 制定、維護和更新緊急應變計畫的職責已被清楚定義。</p> <p>(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。</p> <p>(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</p>
---	---

<p>(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。</p> <p>(13)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。</p> <p>(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。</p> <p>(15)模擬緊急情況的現地演習，每兩年進行一次。</p> <p>(16)放射性/健康物理、醫療和消防演習計畫，每半年進行一次。</p> <p>(17)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。</p> <p>(18)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。</p> <p>(19)確認場址外援助的使用計畫。</p> <p>(20)確認有對公眾提供即時資訊的適當安排。</p>	<p>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。</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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：</p> <p>(15)每兩年進行現地演習，對模擬緊急情況進行測試；</p> <p>(16)放射性/健康物理、醫療和消防演習計畫，每半年進行一次；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(19)場址外援助的使用計畫。</p> <p>(20)對公眾提供即時資訊的適當安排。</p>
--	--

4.10.3 審查發現

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。

4.11 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

4.11.1 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。評估以下項目：

- (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。

4.11.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
<p>一、土地所有權</p> <p>(1) 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。</p> <p>(2) 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。</p> <p>(3) 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。</p> <p>(4) 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。</p>	<p>一、土地所有權的充分證明。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>二、永久封閉後的額外控制</p> <p>(1) 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的控制措施，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。</p> <p>(2) 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</p>	<p>二、永久封閉的額外控制是可接受的。</p> <p>(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的控制措施，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。</p>

<p>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。</p> <p>(3) 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)控制指標，以滿足採購紀錄。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 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。</p> <p>(6) 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。</p>	<p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>三、永久封閉所需的額外控制</p> <p>(1) 評估任何控制措施是否滿足 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，這種控制措施應包括土地使用限制和排除公眾權力。</p> <p>(2) 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。</p>	<p>三、永久封閉造成的額外控制是足夠的。</p> <p>(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的和足夠的。</p> <p>(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。</p> <p>(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：</p>

<p>(3) 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。</p> <p>(4) 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。</p> <p>(5) 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。</p> <p>(6) 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。</p>	<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>
<p>四、水權</p> <p>(1) 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。</p>	<p>四、水權的描述是足夠的。</p> <p>(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。</p>
<p>五、紀念碑的概念設計</p> <p>(1) 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。</p>	<p>五、紀念碑的概念設計是足夠的。</p> <p>(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。</p>

4.11.3 審查發現

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。

4.12 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

4.12.1 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，如下：

- (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。

4.12.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、處置之外的擬定活動 (1) 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：	一、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

<p>(a) 高放射性廢棄物的長期暫存。</p> <p>(b) 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。</p> <p>(c) 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。</p>	<p>相關的工程與天然障壁是可以接受的。</p>
<p>二、潛在影響結構、系統與組件的擬定活動之程序</p> <p>(1) 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。</p>	<p>二、處置高放射性廢棄物外的擬定活動之程序是可接受的。</p> <p>(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。</p>

4.12.3 審查發現

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。

第五章、執照規格

5.1 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。

5.1.1 審查範圍

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。

5.1.2 審查方法與接受準則

審查方法	接受準則
一、執照規格的識別和技術基礎 (1) 確認提出的執照規格及其技術基礎已被確認且合理。	一、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。

<p>二、符合執照規格的計畫</p> <p>(1) 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</p>	<p>二、符合執照規格及其技術基礎的計畫已充分界定。</p>
---	--------------------------------

5.1.3 審查發現

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。

第六章、關鍵審驗技術或注意事項建議

有效掌握國際用過核子燃料最終處置計畫發展的歷程，以及各階段安全分析報告之範疇、審查成果、驗證經過等資訊，提供主管機關對於國際用過核子燃料最終處置計畫安全分析報告審查重點與經驗培養，同時發展國內驗證技術能力，為我國政府科技發展計畫「106 年用過核子燃料處置長期安全評估審驗技術之研究」主要目的。

針對上述目的，本研究報告第一至第五章對於美國高放射性廢棄物最終處置之雅卡山審查計畫內容，就一般資訊審查、永久封閉前之處置場安全、永久封閉後之處置場安全、行政與計畫程序要求、及執照規格等方面，分別整理了審查範圍、審查方法、接受準則與審查發現等重要結果，作為國內用過核子燃料最終處置計畫審查作業參考借鏡。因美國雅卡山審查計畫係針對雅卡山最終處置場建造執照申請所擬具的審查計畫，不僅涵蓋範圍極廣，且審查項目內容深度亦相當可觀，考量台電公司即將於 2017 年底對於國內用過核子燃料最終處置，提出「用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告」(2017 年版)，本研究團隊參與的研究人員特別針對前五章內容中，對處置安全重要的課題掌握關鍵審查與驗證技術，並與我國發展中的最終處置計畫比對，而於本(第六)章中提出國內應用時之注意事項及建議對策。

6.1 一般資訊

1. 一般描述

執照申請文件中提供一般資訊，首先，須對處置場的工程設計概念做綜合性的說明，如果執照申請提供足夠的資訊，並符合接受條件，可做出此部分的評估結果為可接受的。審查者需撰寫申請案安全評估報告中之合理性，包含審查內容的概要說明，以及審查人員接受申請的原因。該申請文件之一般資訊可供國內處置場址執照申請文件中提供一般資訊之重要參考依據。

2. 建造、廢棄物接收及置放的時程規劃

地質處置運轉區(包括處置場內和處置場外必要的基礎設施開發)的結構、系

統與組件建造的時程。驗證每個重要工作要素的時間表都是必需的，對計畫的活動項目(包括基礎設施發展建造)和廢棄物接收和放置對計畫的項目活動提供充分的描述，可供國內處置場址建造、廢棄物接收及置放的時程規劃之重要參考依據。

3. 實體防護計畫

實體防護系統系是用以防止地質處置場營運區域失控而引致輻射暴露超過規定劑量。計畫內容必須包含實體防護設計、申請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。

審查時須確認申請者須描述藉由研發、實施、以及維護實體防護系統，以符合法規的一般安全功能要求、安全功能、以及具體措施。美國雅卡山審查計畫對實體防護計畫內容的要求相當詳細，同時於歷經 2001 年 9 月 11 日恐攻事件後，也有但書說明主管機關可以要求申請者增修實體防護計畫的內容，以符合保防與安全功能的高度需求。國內未來的地質處置場執照申請時間距離目前尚久，建議對策為完整考慮符合時代的實體防護系統各種可能需求，以防止地質處置場營運區域失控而引致過量輻射暴露。

4. 物料管制與料帳計畫

用過核子燃料的結餘、盤存、及記錄保存程序可以確保及時報告意外臨界或遺失特殊核子物料，值得我國參酌採用。我國放射性物料管理法第十條第三款也有類似規定。

5. 場址特徵化工作描述

場址特徵化工作為處置場之設施設計及安全評估之基礎，其內容包含了地質、水文、地球化學、母岩的大地工程特性和條件、氣候學、氣象學和其他環境科學以及所考慮之參考生物圈等，這些特徵化之要項及細節可供國內處置場址特徵化工作之重要參考依據。

6.2 永久封閉前之處置場安全

1. 關於封閉前安全分析之場址描述

此部分重點著重於封閉前安全分析和地質處置場的運轉區設計。因此，對於

處置場址及周邊地區需要有足夠的描述進行評估，以支持安全分析及設施設計，包含場址地理環境、人口、土地利用，以及氣候、水文、地質、土工特性進行評估，這些評估要項亦可提供國內參考，我國屬於環太平洋地震帶，因此對於地震的描述可能需要特別注意。

2. 結構、系統、組件、設備和操作過程活動的描述

透過地表及地下設施之結構、系統、組件、設備，以及作業過程描述，了解地質處置場運轉區設施的設計，可確定危險和事件順序。國內處置場址目前仍在評估階段，但這些資訊仍可提供國內未來處置場址內之設施設計具有重要參考價值。

3. 危害界定和初始事件

危害界定和初始事件的評估，對於處置場之設施至關重要，有可能導致放射性核種外洩之風險，因此對於危害事件之界定，以及其發生之頻率或機率而言需審慎評估，其中有關人為或自然導致之因素，亦可提供國內處置場設施對於危害之評估之重要參考依據。

4. 界定事件序列

對於第 1 類及第 2 類事件序列界定之方法，有助於我國放射性廢棄物處置提供一個重要參考依據。舉例而言，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；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。

5. 結果分析

第 1 類事件序列的結果評估，例如對於可能導致危害事件序列之建議控制措施、工作人員及民眾劑量計算的評估，這些都需符合合理的範圍，這些規範對於我國未來處置場址運作具有重要參考價值。

第 2 類事件序列有關輻射防護之相關規定之要求，例如假設的民眾之劑量在法規的限制內；充分評估來自第 2 類事件序列民眾的後果。此審查結果亦可提供國內未來處置場運轉之相關規範參考。

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

對安全具重要性之結構、系統及組件，與確保安全系統之可用性和可靠性的

措施，確保其可如預期發揮作用即為審查之重點。除了確認設計功能之外，監測、維護與備援系統等確保功能的管理方式亦須納入審查範圍，並納入風險管理做為評量依據，用以反應該項目對安全功能影響之敏感性。依我國「高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第 12 條規定，高放處置設施之重要結構、系統及組件設計應符合：一、可進行檢查、維護及測試，並符合核子保防作業之要求。二、防範可預期之天然災害。三、具備意外事件緊急應變功能。四、確保高放射性廢棄物之各項作業，於正常運作及預期意外事件時，均能維持次臨界狀態。五、具有火災或氣爆之防護功能。六、其他經主管機關指定之事項。因此，其對安全具重要性之結構、系統及組件為評量處置安全功能之關鍵，此作法之審查理念可供參考。

7. 對安全和安全控制具重要性之結構、系統及組件的設計

審查之關鍵在於確認安全功能要求與設計準則之間、設計基準和設計準則之間、場址特性與設計基準、設計準則與安全考量之間的一致性與關聯性，較為關鍵之驗證類別則包含：結構、熱、屏蔽、臨界與抑制外釋等。

依「放射性廢棄物處理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法」第 4 條對安全分析報告應載明的三、設施之設計基準。考量設計準則、設計基準與設計方式為實現設計功能目標之關鍵，此作法之審查理念可供參考。

8. 正常作業與第 1 類事件序列符合法規合理抑低的規定

合理抑低為我國游離輻射防護法第一條的規定，必須遵照執行。對工作人員與公眾曝露必須合理抑低，處置場作業區的設計必須考量合理抑低，相關作業也必須考量合理抑低。

9. 放射性廢棄物的再取出及替代貯存計畫

高放射性廢棄物再取出操作必須符合封閉前功能目標的要求的操作程序，再取出使用設備、可能發生的情境等規劃與分析為處置計畫必要項目，再取出期間及時程計畫等亦需於再取出計畫中說明；而替代貯存方案之地點、容量及運輸計畫等也需完備。我國「高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第 11 條明確規定：高放處置設施之設計，應確保高放射性廢棄物放置後五十年內可安全取出；因此，美國雅卡山審查計畫有關內容甚具國內參考之價值。惟美國聯合法規 10 CFR 63 對於五十年內再取出的時間規定，尚保留有可經美國核管會核

准或指定不同時間範圍的但書，考慮放射性廢棄物處置技術及觀念的可能演變，建議我國亦能保留再取出時間的必要彈性。

10. 永久封閉及除污或除污及地表設施拆除計畫

我國放射性物料法施行細則第 32 及 33 條，分別對放射性廢棄物最終處置設施封閉時之封閉計畫及監管計畫內容訂有規定。美國雅卡山審查計畫對於永久封閉時的除污計畫相當重視，但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，難以反映在實際設施運轉過程中所獲得的資訊(例如污染的類型、程度和確切位置等詳細資訊)。因此，要求於永久封閉時提交最終計畫書，且須在地質處置設施執照終止之前審查並核准。

6.3 永久封閉後之處置場安全

1. 系統描述與多重障壁論證

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)，描述鑑定障壁的功能，防止或降低流速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率，整個處置系統功能評估使用方法需具一致性和考慮和功能有關的不確定性；障壁功能判定技術基礎的討論，相同於一個特別障壁功能評估和有關不確定的重要性。可供國內處置場址設計工程障壁與天然障壁系統，滿足符合多重障壁系統隔離要求之重要參考依據。

2. 情節分析

評估考慮資訊包括處置場特性、區域特徵、天然類比研究和處置場設計。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、劣化或變異(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、事件和作用係屬關鍵議題。鑑定特徵、事件和作用的完整列表，篩選特徵、事件和作用的完整列表，減少特徵、事件和作用組合以形成情境分類，篩選情境分類。可供國內處置場址適當的篩選特徵、事件和作用完整列表之重要參考依據。

3. 情節分析與事件機率-鑑定事件的機率大於每年 10^{-8}

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。每個事件可以機率表示以支持任務的技術基礎，概念模型評估或以事件機率考慮決定，計算事件機率的參數，計算事件機率的模型和參數的不確定性，

係為審查關鍵議題。需確認事件機率分佈或範圍之技術基礎經過充分分析，並需提出該機率分佈或範圍之不確定性。提出申請資料，需滿足法規要求。許可證申請係考慮在 10,000 年期間，10,000 次中至少發生一次的事件，該機率值可供國內處置場址鑑定事件機率之重要參考依據。

4. 工程障壁材料之劣化

(1) 緩衝材料

A. 廢棄物罐周遭工程障壁之緩衝材料，依先進國家之研究已知緩衝材料初始密度必須低於 2050 kg/m^3 ，以防止廢棄物罐遭受過高的剪力衝擊；但密度須大於 1905 kg/m^3 ，以確保足以產生 2 MPa 的回脹壓力。

故參照本節內涵，未來台灣應發展本地緩衝材料塊體之製作方式的選擇與檢驗方法，並注意其產出緩衝材料塊體之密度的變異性或穩定性，以致評估其對整體工程障壁系統功能之影響。

B. 緩衝材料塊體與坑壁岩石的緊密接觸，確實是有效防堵水流路徑。因此，合理考慮過多地下水流入處置孔，而對緩衝材料沖蝕與管湧流失等不利因素，使緩衝材料之障壁功能劣化問題之影響，亦應予以評估。

(2) 處置坑道之回填料與支撐材

依先進國家之研究規定，坑道回填料之水力導水係數須低於 10^{-10} m/s 、回脹壓力須大於 0.1 MPa。處置坑道被具高導水流通性裂隙穿過的可能性已被排除，但其回脹壓力以確保回填料與岩壁可以緊密接觸確實是重要的。故未來處置坑道此一類參考設計重點，應該注重在隧道封塞之緊密效果的設計與測試方法，以致評估其對整體工程障壁系統功能之影響。我國「高放射性廢棄物最終處置設施場址規範」第十一條之(一)明確規定場址應考量下列母岩特性之(四)：母岩水文性質具有低水力傳導度與低透性；故知美國雅卡山審查計畫甚具本國之參考價值。

(3) 灌漿與噴凝土材料

SKB 規定只能用 $\text{pH} < 11$ 之低酸鹼值(水泥)材料、不能施作連續性的噴凝土、於隧道外圍的灌漿孔應避免串聯連續。未來台灣必須進一步確認不採用使地下水產生 pH 值之低鹼性材料，以及噴凝土之劣化及其對岩栓腐蝕之問題，以致評估其對工程障壁系統整體功能之影響。我國「高放射性廢棄物

最終處置設施場址規範」第十三條之(一)明確規定場址應考量下列地球化學特性之(一)：場址之長期地球化學演化，不致對處置場的障壁功能產生不利影響；因此可知美國雅卡山審查計畫甚具本國之參考價值。

5. 工程障壁的力學破壞

在廢棄物罐可承受的剪動位移之力學破壞方面，SKB 考慮因地震而觸動處置孔附近之大型裂隙發生剪動，在膨潤土緩衝材料密度為 $2,050 \text{ kg/cm}^3$ (溫度可能下降至 0°C 時)之狀態下，廢棄物罐遭受到速度 1 m/s 、剪動 5 cm 後須仍能維持其完整性。

因此，SKB 規定處置孔之孔位須退避跡長 3 km 以上的變形帶 100 m 以上，且不可被大型裂面穿過(採用擴充版全圓周交會準則 EFPC 準則去篩選之)。有鑑於在台灣之地震，是否與歐洲相同，也顯示長度 3 km 以上的地震斷層具有使大裂面錯動超過 10 cm 之能力，或大地震觸動鄰近大裂面剪動之量化能力，其力學破壞力對影響整體工程障壁系統功能之評估，與其風險性，未來國內均須進一步注意。我國「高放射性廢棄物最終處置設施場址規範」第三條之(一)明確規定場址不得位於：活動斷層之主要斷層帶兩側各一公里及兩端延伸三公里之帶狀地區；以及第八條規定：場址避免位於地質構造有明顯抬升、沉降、褶皺或斷層活動變化的地區；因此可知甚具本國之參考價值。

6. 侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學

針對地質、水文與地球化學條件在侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學之技術基礎描述，以支持全系統安全評估的模式精簡化，論證模式精簡化的資料與參數是否充足，與特徵化資料不確定性的方法，可供國內處置場址評估侵入工程障壁與廢料體的水量與水化學技術基礎之重要參考依據。

7. 核種釋出率及溶解度限制

有關核種釋出率及溶解度限制審查，關鍵議題包括模式及數據的正當性、模式的不確定性、數據的不確定性、模式整合及模式的支持性等議題，建議我國研究及參酌採用。

8. 氣候與入滲

氣候與入滲條件要符合功能評估所需，需要分析需有使用合適合場址與鄰近

區域的資料、不確定性與變異性需有合理參數值與合適的替代概念模型；採用完整具體的特徵、事件與作用列表進行分析，且有合適的技術基礎提供納入或剔除之依據以規定。需要分析包含障壁系統具體的退化、劣化與變異作用，並考慮其對年劑量的影響，提供合適的技術基礎供功能評估之模式使用，係具有關鍵議題。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。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需充分考慮。氣候與淨入滲精簡的假設與條件，需被確認且與資料描述需一致。建議國內處置場址評估氣候與入滲時列為重要參考依據。

9. 未飽和區之流動路徑

審查重點著重於未飽和區之流通途徑之精簡化，整合影響廢棄物隔離有關之未飽和流通途徑的高度複雜模式，進行各方面精簡化之描述，並審查資料和模式的合理性，以及資料和模式的不確定性，透過模式的精簡化，可以更有效的審查處置場址未飽和流通途徑的各方面資訊，亦可提供國內處置技術提升之參考依據。

10. 未飽和層的核種傳輸

檢驗非飽和層核種傳輸精簡之設計特徵、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非飽和層核種傳輸的描述觀點是充足的。全系統功能評估中非飽和層核種傳輸使用的條件及假設，需與資料的描述一致，非飽和層核種傳輸使用的邊界與初始條件傳遞至其他模式精簡。評估與非飽和層核種傳輸有關的特徵、事件與作用之完整列表，需包含在全系統安全評估有關非飽和層核種傳輸的模式精簡。可供國內處置場址評估非飽和層核種傳輸之重要參考依據。

11. 飽和區的流動路徑

審查重點著重於飽和區流通途徑之精簡化，整合影響廢棄物隔離有關之飽和流通途徑的高度複雜模式，進行各方面精簡化之描述，並審查資料和模式的合理性，以及資料和模式的不確定性，透過模式的精簡化，可以更有效的審查處置場址飽和流通途徑的各方面資訊，將可提供國內處置技術提升之參考依據。

12. 飽和層的核種傳輸

影響飽和層核種傳輸的地質、水文、地球化學、設計特徵、物理現象與耦

合特性需要充分考慮。例如描述飽和層傳輸性質因水與岩體交互作用的改變。飽和層核種傳輸模式精簡的假設與條件，是容易被確認且需要與呈現資料的描述一致。全系統功能評估中飽和層核種傳輸使用的條件與假設，與資料的描述需一致。飽和層核種傳輸使用的邊界與初始條件需要透過模式精簡化。建議國內處置場址評估飽和層核種傳輸時參考應用。

13. 廢棄物包件的火成作用破壞

此一議題，於國內須注意處置場附近若發生火山活動，而觸動處置孔附近大型裂隙之剪動時，在膨潤土緩衝材料密度為 $2,050 \text{ kg/cm}^3$ 狀態下，廢棄物罐遭受剪動是否超過 5 cm，而損及工程障壁之完整性並評估其功能與風險性，是未來國內應一併考量的重點。我國「高放射性廢棄物最終處置設施場址規範」第三條之(三)明確規定場址不得位於：第四紀火山活動半徑十五公里範圍內之地區；以及第七條規定：場址避免位於有山崩、地陷或火山活動之虞的地區；因此，可知美國雅卡山審查計畫甚具國內參考價值。

14. 地下水核種濃度

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，以評估地下水放射性核種濃度的精簡化，可供國內處置場址評估地下水放射性核種濃度之重要參考依據。

15. 土壤中核種再分布

全系統安全評估資料是否足以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。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模式，可供國內處置場址評估土壤中放射性核種再分布之重要參考依據。

16. 生物圈特徵

有關生物圈特徵的審查，關鍵議題包括模式及數據的正當性、模式及數據的不確定性、系統敘述與模式整合及模式的支持性等，值得我國研究及參酌採用。我國為海島國家，最終處置場的地點可能臨海或在離島，生物圈特徵可能需要考量海洋生物圈的態樣，可另參考瑞典、芬蘭及日本的相關審查經驗。此外，國內

核能界應廣泛蒐集瑞典、芬蘭等先進國家有關高放處置場微生物及非人類生物評估相關資訊，以備不時之需。

17. 證明符合封閉後公眾及環境標準

有關證明符合封閉後公眾及環境標準的審查，關鍵議題包括全系統功能評估軟體代表處置場功能的可信度、情節及計算結果(年劑量 vs 時間)的適當性及年劑量計算結果於法規遵循期間任何一年對合理最大暴露個人年劑量是否超過封閉後個人防護標準的適當性等，而我國「高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第 9 條訂定高放處置設施民眾年劑量拘束值(個人年有效劑量不得超過 0.25 毫西弗)外，於第 10 條訂定高放處置設施民眾年風險限值(關鍵群體中個人所造成之個人年風險，不得超過一百萬分之一)，美國的劑量審查值得我國未來進行研究。

18. 證明符合人類闖入標準

有關證明符合人類闖入標準的審查，關鍵議題包括闖入事件的發生時間的適當性、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的可接受性及全系統功能評估軟體對闖入事件的代表性等，值得我國研究及參酌採用。

19. 處置場功能分析證明符合個別的地下水防護標準

有關處置場功能分析證明符合個別的地下水防護標準的審查，關鍵議題包括確定地下水代表性體積位置與形狀的方法及假設、計算地下水代表性體積實體尺寸的方法及假設及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的適當性等。美國法規規定高放處置設施釋出核種須符合定地下水防護標準，芬蘭亦規定(YVL D.5 §313)高放處置設施核種生物圈的釋出率須符合法規。我國高放處置法規對民眾有訂定劑量及風險的安全標準，但未提到環境標準，建議我國可參考美國及芬蘭的作法，訂定適當的安全標準。

20. 專家引進

美國核管會對於申照者使用專家引進列有明確的範圍及規定，要求引進專家及取得專家判斷須經正式而高度結構性的程序，且此程序須文件完備。由於美國雅卡山計畫的申照者美國能源部有較充分的專業人力，因此限制僅有若干情況下可以進行專家引進，故須經正式的官方程序進行，而專家亦須經過引進前的訓練。國內執行研發計劃對於專家引進通常較具彈性，如參考美國最終處置計畫的作法，

將可透過嚴謹程序使專家引進的作業更為透明，惟同時也可能因此影響執行時的彈性及專家的意願，建議國內應及早針對此課題擬具辦法，供未來執行之依據。

6.4 行政與計畫程序要求

1. 解決安全問題的研究與發展計畫

解決安全問題的研究與發展計畫中，此安全問題係涉及對安全而言重要的結構、系統與組件以及對隔離廢棄物重要的工程或天然障壁，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。且此計畫需列有時程表，以敘明解決問題的時間。另外，如依照所提解決安全問題之規劃方法與時程仍無法證實可被接受時，申照文件須備妥替代計畫或營運限制內容。

最終處置的安全是整個處置計畫的核心，因此解決安全問題的研究計畫須不斷精進，以更進步的技術資訊確認設計、工程或天然障壁足以安全地隔離廢棄物，而考慮到所提規畫方法與時程有可能無法被充分接受，因此亦須備妥替代計畫或限制營運內容，以確保處置的安全性。

2. 功能確認計畫

對效能確認方案做整體性的審查，包含對效能確認方案的一般性要求、大地工程及設計參數、設計試驗，以及對於廢棄物包件的監測等，這對於處置場效能評估之不確定性而言至關重要，避免不安全之狀況傳給後代。這些審查要項和接受的標準可供我國處置技術之提升。

3. 品質保證計畫

品質保證計畫為我國高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則第六條所規訂的要項之一。雅卡山審查計畫所列 18 項品保審查方法與接受準則，足供參考採行。

4. 紀錄、報告、試驗、及檢驗

紀錄的保存以確保未來世代能了解處置場的存在，避免無意闖入而造成危害。美國規定立碑以彰顯，但是歐洲看法立碑如同金字塔引誘人探險。如何在此兩種不同的觀念中，審慎選擇適用於我國國情的作法，有待國人共識。

5. 申請者有關地質處置場營運區建造及營運的組織結構

申請者針對地質處置場營運區建造及營運期間須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，包括承包商、分包商、顧問、服務機構、及其他受影響的組織。而對於日常或緊急情況下有採取行動權力之職位，須有適當的授權委任程序。最終處置場的建造及營運與一般工程計畫相較，所需專業程度及複雜度很高，因此建造及營運時的相關組織，其職責與決策權的界定至為重要。

6. 地質處置場營運區安全與營運重要職位之指定職責

執照申請文件應充分說明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。

7. 人員資格和培訓要求

培訓與認證計畫包括地質處置場營運區建造及營運的組織結構、對安全與營運重要職位的指定職責、及人員資格與培訓，換言之，對於組織、重要職務的職責及人員培訓等都包括在內。

6.5 執照規格

結合審查計畫中各部分所執行的審查，才足以對執照規格可能主題的變數、條件或其他項目進行審查。在確認處置場安全功能目標能達成的條件下，提出對於變數、條件和其他項目的內容；且這些內容的技術基礎，應特別注意可能對處置場最終設計有重大影響的項目。

第七章、結論

本年度計畫延續 105 年度之工作，繼續進行國際高放最終處置計畫安全分析報告審查資訊研析，在核能先進國家或區域的選擇方面，係以美國雅卡山審查計畫為標的，以別於上一年度分別針對芬蘭與瑞典的最終處置計畫國際同儕審查報告研析。在內容方面而言，105 年度瑞典及芬蘭國際同儕審查報告的內容，係以處置場安全分析技術為主；而美國雅卡山審查計畫則完全以處置場執照申請審查技術之品質要求為目標，提出高度完整而結構化的審查計畫，顯示最終處置場為國家級重大計畫的規模與嚴謹程度，可為我國借鏡的重要參考。

NUREG-1804 雅卡山審查計畫是美國核管會為評估能源部所提出之雅卡山地質處置場建造執照申請，所建立的指導原則。由於美國針對雅卡山地質處置場的聯邦法規 10 CFR Part 63 已先行制定完成，此審查計畫的發布，是用於確保美國核管會幕僚人員於建造執照申請審查時的品質、一貫性與一致性。雅卡山審查計畫採用模組化的五段式陳述方法，對處置場建造執照的審查工作，作出嚴謹而完備的計畫。由於地質處置場已有明確的場址，且已進入處置場執照申請與審查階段，故該報告內容對於安全分析報告的審查規畫相當完整且繁瑣。因此，研析工作採分階段方式進行，即先對審查計畫報告內容加以掌握，建立精簡化的審查範圍、審查方法、接受準則及審查發現等條列內容，然後再對我國未來審查最終處置地質處置場安全分析報告之可能需求，提出關鍵審驗技術或國內注意事項之建議；而雅卡山審查計畫的主文，則將其中文化後編排於本報告附錄，以供必要時參酌。

雅卡山審查計畫是依據 2001 年美國聯邦法規 10 CFR part 63 所發展出的審查計畫，該聯邦法規的法源來自於 1982 年的核廢棄物政策法(Nuclear Waste Policy Act)及後續 1992 年的修正案，10 CFR part 63 已明確指定雅卡山為地質處置場址，提供了專用於雅卡山處置場專用的執照申請與核發的法源依據。雅卡山審查計畫在此法源基礎下，發展了綿密而詳細的審查內容規劃。美國政府是在歷經二十年以上的時間，經過場址的評估、選定、核可，然後制定聯邦法規來推動高放射性廢棄物地質處置場計畫，由於歷經長時間的準備，審查計畫的內容完整度高，可充分提供我國未來用過核子燃料最終處置計畫發展與審查借鏡，本報告

對審查計畫內容的整理與部分中文化工作，有助於了解國際上推動用過核子燃料最終處置的安全要求與標準，同時掌握到核能先進國家將地質處置場視為重大國家型計畫，執行時嚴謹的態度以及對於處置安全的重視。同時考量我國未來用過核子燃料最終處置計畫發展各階段性的審查需求，主管機關的審查任務將相當繁重，建立關鍵審查技術以確保最終處置的安全，確實是極為重要的工作。