

第7章 設施之安全評估

7.1 結構安全評估

三號低貯庫耐震設計依據主管機關要求，採用現行「建築物耐震設計規範」^[36]規定設計，並就設施所在地採地震回歸期 2,500 年最大考量地震之加速度係數，用途係數採第二類儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物為 1.5，以確保設施建物結構之完整性。結構計算採用 CSI ETABS 9.7.3 電腦程式，結構計算書詳附件 3-1。

7.1.1 設計地域參數及規範

一、地域參數：計畫場址位於石門區，依據既有場址資料，場址符合「建築物耐震設計規範」^[36]之第 1 類地盤定義，參考台電 109 年「核一廠二期乾式貯存設施水保範圍及場址補充地質調查評估技術服務工作」之懸盪式井測試驗資料(SH-1、SH-2)成果及 106 年「核一廠除役計畫保留區(暫貯)設施場址地質特性調查評估工作」之懸盪式井測試驗資料(DH-2、DH-4、DH-5、DH-6、DH-8)及本計畫新鑽之孔 ST7 及 ST8 之地層剪力波速，其 V_{S30} 由 257.1 m/s ~ 463.6 m/s 間變化，如表 7.1-1。得 $V_{S30} = 257.1 \text{ m/s} \sim 463.6 \text{ m/s} > 270 \text{ m/s}$ ，故計畫場址屬第 1 類地盤定義，其下表為各鑽孔之 PSlogging 試驗之結果表。

表 7.1-1 核一廠懸盪式井測試驗資料(單位 m/s)

深度 (m)	DH-2	DH-4	DH-5	DH-6	DH-8	SH1	SH2	ST7	ST8
-2	226	122	97	274	250				
-3	221	130	67	263	292			348	368
-4	185	169	76	271	248			272	377
-5	165	170	183	279	284			272	301
-6	188	271	254	315	252			272	356
-7	189	345	195	350	297			287	346
-8	189	343	248	311	310	353		361	367
-9	225	350	277	278	309	568	276	405	402
-10	249	431	311	326	320	419	389	377	346
-11	238	455	304	374	271	435	399	364	346
-12	259	394	321	315	305	377	351	373	356
-13	260	421	358	330	254	386	452	368	390
-14	326	384	369	354	313	241	410	380	346
-15	352	398	419	367	364	313	479	380	304
-16	317	417	448	429	402	390	431	385	383
-17	380	410	407	380	381	448	384	395	383
-18	343	450	413	380	352	526	363	431	445
-19	320	438	345	406	337	353	443	408	320
-20	314	509	370	381	360	483	439	461	329
-21	323	520	401	395	417	420	413	442	378
-22	414	465	392	449	458	509	503	476	430
-23	355	508	359	407	444	447	482	427	479
-24	393	530	355	449	417	517	543	452	416
-25	421	513	383	411	445	500	617	474	470
-26	493	459	398	457	383	652	580	442	550
-27	527	495	389	453	371	548	630	400	572
-28	480	487	435	521	365	510	627	472	459
-29	559	443	351	531	404	541	610	405	569
-30	387	507	374	505	391	411	596	592	451
-31	413	499	407	548	469	477	516	599	579
-32	514	523	399	529	504	516	582	606	561
-33	477	514	394	474	536	543	627	592	527
V _{S30}	297.1	347.3	257.1	373.7	344.1	437.3	463.6	398.3	401.1

7.1.2 設計水平地震力及地表加速度

一、地表加速度係數

依據現行「建築物耐震設計規範」^[36]，場址地表水平加速度係數分析如下：

(一)計畫場址位置：新北市石門區

(二)地盤：第 1 類地盤

(三)是否為近斷層區域：依「建築物耐震設計規範」^[36]，新北市石門區屬一般震區之地區。

(四)設計水平譜加速度係數：

$$S_{DS} = S_S^D \times F_a \quad (7-1)$$

其中，

S_{DS} ： 工址短週期設計水平譜加速度係數

S_S^D 震區短週期設計水平譜加速度係數

F_a ： 反應譜等加速度段之工址放大係數

表 7.1-2 依「建築物耐震設計規範」之水平譜加速度係數參數表 1

由表 2-6(b)查得	由表 2-4(a)及 2-4(b)查得	依公式(2-4)計算
$S_S^D = 0.5$	$F_a = 1$	$S_{DS} = 0.5$

(四)最大考量水平譜加速度係數：

$$S_{MS} = S_S^M \times F_a \quad (7-2)$$

其中，

S_{MS} ： 工址短週期最大考量水平譜加速度係數

S_S^M 震區短週期最大考量水平譜加速度係數

F_a ： 反應譜等加速度段之工址放大係數

表 7.1-3 依「建築物耐震設計規範」之水平譜加速度係數參數表 2

由表 2-6(b)查得	由表 2-4(a)及 2-4(b)查得	依公式(2-4)計算
$S_s^M = 0.7$	$F_a = 1$	$S_{MS} = 0.7$

(五)地表水平加速度

依「建築物耐震設計規範」^[36]之規定設計，並就設施所在地採中小度地震(回歸期 30 年)、最小設計地震(回歸期 475 年)及最大考量地震(回歸期 2500 年)，三者之最大加速度係數作為「設計值」，475 年回歸期及 2,500 年回歸期地震之地表水平加速度分別為 $0.4S_{DS}$ 及 $0.4S_{MS}$ ，垂直向地表加速度為水平向之 $1/2$ ，地表加速度如表 7.1-4 所示。本公司另額外檢核垂直向地表加速度為水平向之 $2/3$ ，亦符合標準。

表 7.1-4 設計考量地表加速度係數

地表水平加速度		地表垂直加速度	
475 年回歸期	2,500 年回歸期	475 年回歸期	2,500 年回歸期
0.2g	0.28g	0.1g	0.14g

二、設計地震力係數

(一)設計水平地震力係數

依據「建築物耐震設計規範」^[36]第二章，設計水平地震力為最小設計水平總橫力 V 、避免中小度地震降伏之設計地震力 V^* 、及避免最大考量地震崩塌之設計地震力 V_M ，三者取大值作為結構設計地震力。

$$V = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right) W \quad (7-3)$$

$$V^* = \frac{IF_u}{4.2\alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_u} \right) W \quad (7-4)$$

$$V_M = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aM}}{F_{uM}} \right) W \quad (7-5)$$

其中，

- V ：最小設計水平總橫力
 V^* ：避免中小度地震降伏之設計地震力
 V_M ：避免最大考量地震崩塌之設計地震力
 S_{aD} ：工址設計水平譜加速度係數
 S_{aM} ：工址最大考量水平譜加速度係數
 I ：用途係數
 W ：建築物全部靜載重
 α_y ：起始降伏地震力放大倍數
 F_u ：結構系統地震力折減係數
 F_{uM} ：最大考量地震之結構系統地震力折減係數

本案為低放射性廢棄物貯存庫，依「建築物耐震設計規範」^[36]用途係數取第二類建築 $I = 1.5$ 。三號低貯庫規劃為鋼筋混凝土結構，結構韌性容量 $R = 3.6$ ，設計採用極限強度設計法，故起始降伏地震力放大倍數為 1.0。

其餘相關設計參數及計算得之水平設計地震力如表 7.1-5 及表 7.1-6。計算結果顯示三號低貯庫設計水平地震力為 $V_x = 0.3010W$ ， $V_y = 0.3012W$ 。

表 7.1-5 X 向設計地震力分析參數及評估成果

$S_{aD,x}$	$S_{aM,x}$	$F_{u,x}$	$F_{uM,x}$	V_x	V^*_x	$V_{M,x}$
0.425	0.574	1.835	2.043	0.2481W	0.1518W	0.3010W

表 7.1-6 Y 向設計地震力分析參數及評估成果

$S_{aD,y}$	$S_{aM,y}$	$F_{u,y}$	$F_{uM,y}$	V_y	V^*_y	$V_{M,y}$
0.5	0.7	2.113	2.49	0.2535W	0.1786W	0.3012W

(二)設計垂直地震力係數

依據「建築物耐震設計規範」^[36]2.18 節，最小設計垂直力 V_z 、避免中小度地震降伏之設計垂直地震力 V_z^* 、及避免最大考量地震崩塌之設計垂直地震力 $V_{M,z}$ 計算方式如下：

$$V_z = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aD,z}}{F_{uv}} \right) W \quad (7-6)$$

$$V_z^* = \frac{IF_u}{4.2\alpha_y} \left(\frac{S_{aD,v}}{F_{u,v}} \right) W \quad (7-7)$$

$$V_{M,z} = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{aM,z}}{F_{uM,z}} \right) W \quad (7-8)$$

其中，

- V_z ：最小設計垂直力
 V_z^* ：避免中小度地震降伏之設計垂直地震力
 $V_{M,z}$ ：避免最大考量地震崩塌之設計垂直地震力
 $S_{aD,z}$ ： $1/2 \times S_{aD}$
 $S_{aM,z}$ ： $1/2 \times S_{aM}$
 I ：用途係數
 W ：建築物全部靜載重
 α_y ：起始降伏地震力放大倍數
 F_{uv} ：結構系統垂直地震力折減係數
 F_{uM} ：最大考量地震之結構系統垂直地震力折減係數

相關設計參數及計算得之垂直設計地震力如表 7.1-7。計算結果顯示三號低貯庫設計垂直地震力為 $V_z = 0.2186W$ 。

表 7.1-7 Z 向設計地震力分析參數及評估成果

$S_{aD,z}$	$S_{aM,z}$	$F_{u,z}$	$F_{uM,z}$	V_z	V_z^*	$V_{M,z}$
0.25	0.35	1.3	1.379	0.1843W	0.0799W	0.2186W

7.1.3 結構設計之最大容量與安全餘裕數值

三號低貯庫採用現行版本之「建築物耐震設計規範及解說」，用途係數(I)採第二類儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物為 1.5 及「建築物耐風設計規範」，用途係數(I)採第二類儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物為 1.1 進行結構設計。本結構採 RC 造具剪力牆之構架系統進行設計，基礎型式為 1.9M 之單板式基礎，設計時主要考慮結構靜重、活重、水浮力、地震力及風力...等載重之影響，並依據「建築物混凝土結構設計規範」進行載重組合，以分析在各種負載作用下之桿件受力及法規要求檢核項目。設計成果詳附件 3-1 結構計算書，其中主要分析結果摘要如下：

- 一、意外扭矩檢核：意外扭矩放大係數 A_x ，各樓層 X 向最大者為 0.92，Y 向最大者為 0.85，皆小於 1，故依據耐震法規 2.14 節之規定，本案設計採用之意外偏心無須放大(仍為 5%)，詳計算書第十一章。
- 二、層間相對位移角檢核：檢核結構各樓層之層間相對位移角，X 向最大層間變位角 0.042%，Y 向最大層間變位角 0.053%，皆小於耐震法規 2.16 節之 0.5% 要求，詳計算書第十二章。
- 三、碰撞距離檢核：本結構由於周圍無其它建物，故無碰撞之問題，詳計算書第十二章。
- 四、勁度不規則檢核：檢核結果顯示本結構，任一層之側向勁度皆大於其上一層之 70%(最小者為 97.0%)，亦大於其上三層平均勁度之 80%(最小者為 166.3%)，無明顯軟層或極軟層之狀況，詳計算書第十三章。
- 五、強度不連續性檢核：檢核結果顯示本結構，任一層強度與其設計層剪力之比值(最小者為 88.6%)皆高於其上層所得比值 80%，無顯著弱層存在，符合耐震法規 2.17 節之規定，詳計算書第十三章。

六、梁、柱、板及牆等桿件：本案設計之梁、柱、板及牆桿件在設計地震及設計風力作用下，依分析成果，梁主筋之鋼筋配置比($\rho_{prop}=1.65\%$)大於鋼筋需求比(最大者為樑尺寸 $90\text{cm} \times 110\text{cm}$ 之 $\rho_{req'}=1.48\%$)，詳計算書第十四章；柱主筋應力比(需求/容量)最大者為柱線 B 與柱線 1 交錯之中間柱 0.807，小於 1，並進行中間柱之彈性挫屈檢核，檢核結果 $\text{Ratio}=0.88$ 小於 1，詳計算書第十五章；樓板之最大配置鋼筋量 $A_{s,prop}=10.56\text{cm}^2$ (樓板編號 2S1，#4@12cm)，大於需求鋼筋量 $A_{s,req'}=9.63\text{cm}^2$ ，詳計算書第十七章；牆之之配置鋼筋量 $A_{s,prop}=2,245.18\text{cm}^2$ (剪力牆編號 柱線 A：W90，#7@15cm)，大於需求鋼筋量 $A_{s,req'}=2,035.8\text{cm}^2$ ，詳計算書第十八章，設計成果皆可滿足建築物混凝土設計規範之相關規定。

七、基礎設計：除了配筋設計鋼筋之需求($A_{s,req'}$)與配置($A_{s,req'}$)比均小於 1(最大者為柱線 1~3，Y 向底層配筋，0.95)外，本結構柱基礎穿孔剪力(強度需求容量比約為 0.3)、土壤水平及垂直承載力(強度需求容量比約為 0.8)，另外，本案最大沉陷量約為 11.4cm，亦小於法規要求之 30cm，綜上分析結果，基礎設計皆可符合規範要求，詳計算書第十七章。

八、托架設計：考慮 66tf 吊重及 70.62tf 吊車系統自重進行柱線 A、C 之托架 A 及柱線 B 之托架 B 之托架設計，並依建築技術規則建築構造編第 24 條及建築物耐震設計規範及解說 4.2 節規定考慮吊車產生之縱向力及橫力，托架 A、B 之主拉力鋼筋配置量分別為 65.871 cm^2 、 55.737cm^2 ，大於鋼筋需求量 64.17cm^2 、 53.17cm^2 ，其餘閉合肋筋之配置亦依規範需求檢核配置，符合規範要求，詳計算書第十九章。

九、樓版剪力傳遞檢核：經檢核，樓版之剪力強度(貯存區屋頂版：X 向 6,894.05tf、Y 向 2,703.47tf，輔助區三樓樓版：X 向 445.94tf、Y 向 1,783.14tf，輔助區二樓樓版：X 向 350.41tf、Y

向 1,824.29tf)皆能抵抗樓版與屋頂版之設計地震力 F_{px} (貯存區屋頂版：1,545.76tf，輔助區三樓樓版：302.30tf，輔助區二樓樓版：292.70tf)，符合耐震法規 6.29 節之要求，詳計算書第二十一章。

7.1.4 結構設計桿件尺寸

本結構樑、柱、版及牆桿件主要尺寸整理於下表，成果均符合建築技術規則及相關規範^{[44][45][46][47]}要求，其詳細分析過程詳如附件 3-1：

表 7.1-8 樑、柱、版及牆桿件主要尺寸

標準層	貯存區	RC 柱	120cm × 120cm，110 cm × 120 cm，115 cm × 115 cm
		X 向剪力牆	T = 90 cm
		Y 向剪力牆	T = 90 cm
		X 向大樑	90 cm × 120 cm
		Y 向大樑	100 cm × 150 cm，90 cm × 120 cm
	輔助區	RC 柱	90cm × 90 cm
		X 向剪力牆	T = 30 cm
		Y 向剪力牆	T = 30 cm
		X 向大樑	60 cm × 80 cm
		Y 向大樑	70 cm × 90 cm
		小樑	60 cm × 80 cm，30 cm × 50 cm
		RC 樓板	T = 20 cm
屋頂層		X 向大樑	90 cm × 120 cm，100 cm × 150 cm
		Y 向大樑	90 cm × 120 cm
		小樑	90 cm × 110 cm
		RC 樓板	T = 35 cm

7.1.5 結構基礎安全評估

本案基礎型式如 3.1.3 節所述採用筏基基礎，而相關之評估包含土壤液化潛勢評估、基礎承载力評估及沉陷量。相關評估結果整理如下：

(一) 土壤液化潛勢評估

如 3.1.3 節所述，基礎下方 20 m 內無飽和砂層分布，因此，本場址應無發生土壤液化之虞。

(二)基礎承载力評估

如 3.1.3 節及附件 3-1 第十七章基礎設計所述，其評估結果如表 7.1-9 所示，本案水平及垂直之容許承载力(表 3.1-3)，皆大於貯存設施載重需求。

表 7.1-9 三號低貯庫基礎設計載重

情境	垂直作用力 (tf/m ²)	水平作用力(tf)	
		結構自重	結構自重+貯存物重
長期	100.0	-	-
短期	133.0	14030.0	36223.0

(三)沉陷量

一般結構物基礎之沉陷量可分為瞬時沉陷及壓密沉陷，其中，瞬時沉陷為基礎底部土壤受壓後之彈性變形，其發生時間甚短，於各類土壤皆會發生，壓密沉陷則發生於黏性土層。由既有地質調查資料可知，三號低貯庫基礎底面下方應無黏性土層分布，故沉陷量來源為瞬時沉陷。

本報告採用 Plaxis3D 數值程式進行土壤-結構互制模擬分析，詳實考量場址地層分布、基礎板結構勁度及載重分布等情形，以檢核基礎底面存在局部 0~1.1m 厚覆土層情況下之基礎沉陷及角變量反應，分析模型相關說明詳附件 3-1。

沉陷分析結果如圖 7.1-1 所示，基礎板最大沉陷量發生於接近貯存區中心處，最大沉陷量達 6.4cm，小於內政部頒佈之「建築物基礎構造設計規範(112 年)」規定之容許沉陷量 30cm。並經檢核各柱位之間的角變量，最大角變位量發生於貯存區及卸載區之柱位間，最大角變量為 1/567，亦小於內政部頒佈之「建築物基礎構造設計規範(112 年)」規定之容許角變量 1/500(含安全係數)。

由分析結果顯示，貯存庫基礎之沉陷及角變量反應均符合規範規定之容許值，應無沉陷或角變量過大之虞。

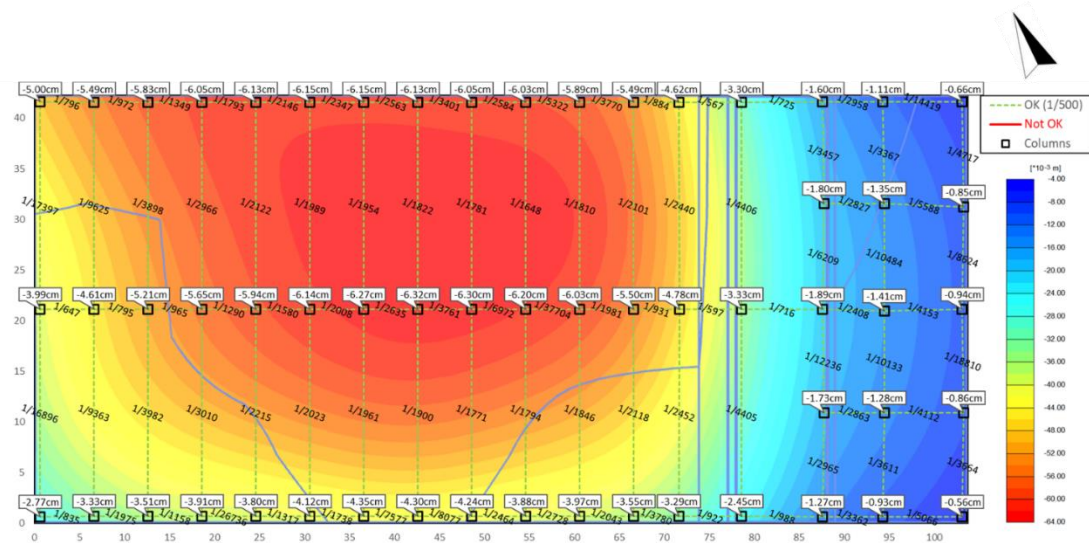


圖 7.1-1 沉陷量分布及各柱位間角變量檢核結果

7.2 輻射安全評估

本節旨在說明三號低貯庫於正常運作時，可能導致工作人員及設施外民眾接受各種曝露途徑之劑量，評估其所造成之最大劑量。

7.2.1 貯存設施運貯作業主要輻射曝露途徑及情節分析

依據第五章之設施運轉說明，工作人員及一般民眾輻射曝露途徑如下：

一、工作人員主要輻射曝露途徑及情節

依據第五章之設施運轉說明，工作人員曝露途徑如下：

- (一)工作人員於檢整區及卸載區作業之空間劑量造成之體外直接輻射：廢棄物包件接收檢查期間有擦拭檢查員與輻射偵測員受到輻射曝露，假設作業最近距離為 0.3 m。
- (二)工作人員於運送廢棄物包件時受到輻射曝露：運送期間有駕駛員與保健物理(Health Physics, 以下簡稱 HP)督導員受到輻射曝露，HP 督導員與廢棄物包件之間距離 10 m。

二、貯存設施外民眾主要輻射曝露途徑及情節

- (一)廢棄物包件運送期間：廠內運送路徑(圖 5.1-1)總長為 700 m，離北側淡金公路約 250 m，評估運送期間民眾劑量以距離 250 m 作為計算。
- (二)廢棄物包件貯存期間：三號低貯庫造成的廠界劑量影響，廠界位置以北側 TLD 104 (距離 1,080 m)、西側 TLD 121 (距離 850 m)與南側 TLD 106 (距離約 386 m)作為計算，位置如圖 7.2-1 所示。

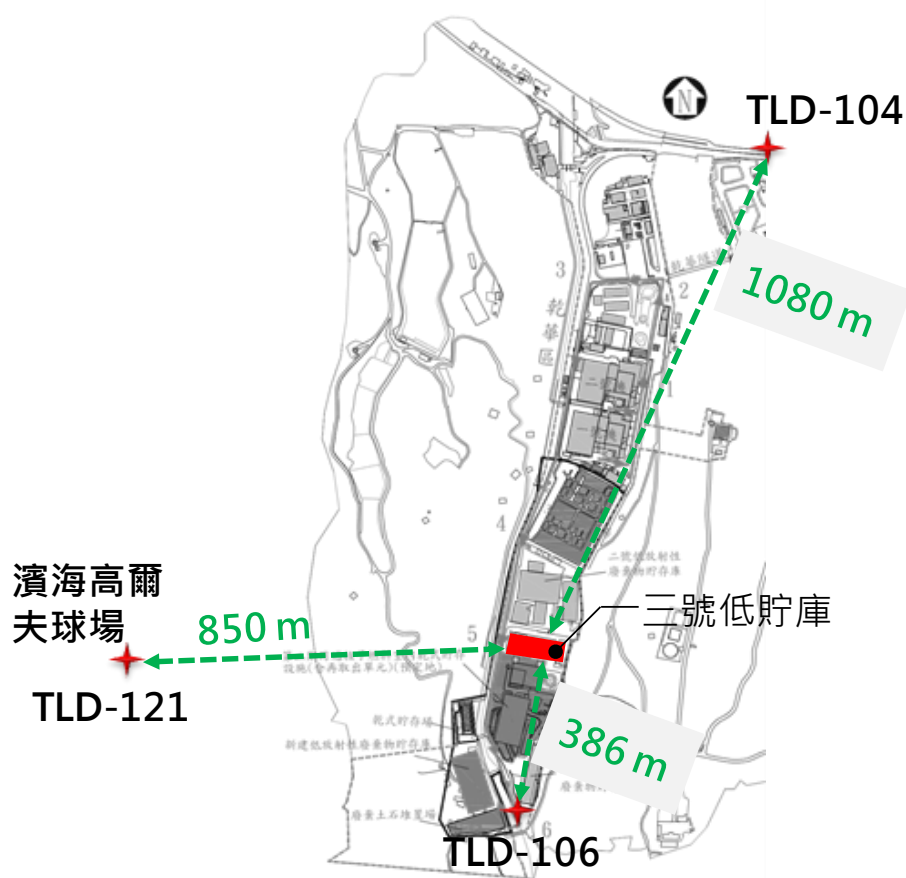


圖 7.2-1 三號低貯庫與廠界相對距離圖

7.2.2 貯存設施之輻射安全評估

一、概述

(一)評估目的

依據低貯庫設施結構屏蔽設計與可能造成民眾接受輻射劑量的曝露途徑，以 MCNP 6.2 程式計算三號低貯庫對環境造成之劑量影響。MCNP 利用蒙地卡羅方法追蹤每一個粒子的遷移路徑，劑量計分點(Tally)評估結果為直接輻射、向天輻射(Skyshine)與地表散射之綜合影響。

(二)專有名詞

1. MCNP (Monte Carlo N-Particle)：由美國洛斯阿拉摩士國家實驗室(Los Alamos National Laboratory, LANL)以蒙地卡羅方法發展之通用粒子遷移計算程式，可模擬包括光子、電子、中子、質子等粒子於三維介質當中的遷移過程。
2. 向天輻射：游離輻射於大氣中經散射或反射回到地表。
3. 計分點(Tally)：記錄穿透的粒子數位置。

(三)引用法規

1. 游離輻射防護安全標準^[49]。
2. 放射性物質安全運送規則^[3]。

(四)評估基準

詳本報告 3.2 節輻射安全設計之安全限值。

(五)評估方法

評估方式採用 MCNP 6.2 程式計算，評估模型設定與建置詳本節後續內容與計算書。

二、廢棄物

(一)三號低貯庫貯存區設計堆疊 1,830 個含廢棄物之 T 容器，各種 T 容器數量與布置位置如圖 3.2-1 所示。

(二)材質密度與組成，材料基本組成如表 7.2-1，T1 至 T5 容器組成如表 7.2-2 至表 7.2-6。

T 容器中之廢棄物主要核種為 ^{55}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{59}Ni 、 ^{63}Ni 等，本報告假設以 ^{60}Co 為代表核種，各 T 容器 ^{60}Co 活度詳表 7.2-7，廢棄物裝載率詳表 7.2-8。

(三) T 容器評估模型

1. T2 至 T5 容器

T2 至 T5 容器內部裝載金屬廢棄物與灌漿水泥，容器體為鋼結構，故將評估模型分為 2 個區塊，第 1 個區塊為廢棄物體（為金屬廢棄物與水泥漿體均質混合），第 2 個區塊為容器鋼結構體。

2. T1 容器

由於 T1 容器在頂部與底部設計帶有鉛作為屏蔽材料，因此將評估模型分為 4 個區塊，第 1 個區塊為廢棄物體（為金屬廢棄物與水泥漿體均質混合），第 2 個區塊為容器周圍鋼結構體，第 3 與第 4 個區塊則為頂部與底部帶鉛結構體。

T1 至 T5 評估模型如圖 7.2-2。

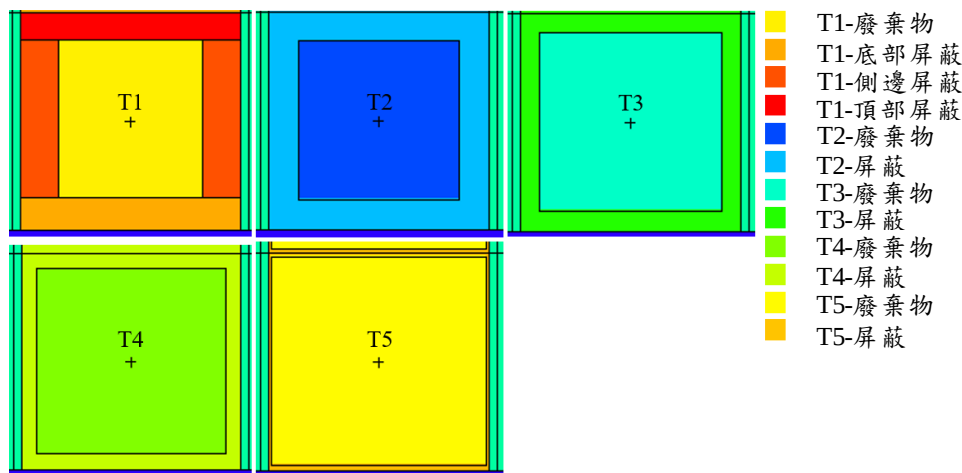


圖 7.2-2 T 容器評估模型

表 7.2-1 材料基本組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
金屬結構	Fe	100.00	7.85
鉛結構	Pb	100.00	11.3
水泥	H	2.21	2.10
	C	0.25	
	O	57.49	
	Na	1.52	
	Mg	0.13	
	Al	2.00	
	Si	30.46	
	K	1.00	
	Ca	4.30	
	Fe	0.64	

資料來源：PNNL，2021，材料編號 107^[76]。

表 7.2-2 T1 容器材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T1 廢棄物	H	0.54	4.29
	C	0.06	
	N	0.00	
	O	13.97	
	Na	0.37	
	Mg	0.03	
	Al	0.48	
	Si	7.40	
	Ar	0.00	
	K	0.24	
	Ca	1.04	
	Fe	75.86	
T1 底部屏蔽	H	0.02	7.64
	C	0.002	
	N	0.0005	
	O	0.55	
	Na	0.01	
	Mg	0.001	
	Al	0.02	
	Si	0.29	
	Ar	0.00001	
	K	0.01	
	Ca	0.04	
	Fe	78.45	
	Pb	20.60	
T1 側邊屏蔽	H	0.11	7.09
	C	0.01	
	O	2.80	

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
	Na	0.07	
	Mg	0.01	
	Al	0.10	
	Si	1.49	
	K	0.05	
	Ca	0.21	
	Fe	95.15	
T1 頂部屏蔽	C	0.0000002	7.50
	N	0.001	
	O	0.0003	
	Ar	0.00002	
	Fe	75.89	
	Pb	24.11	

表 7.2-3 T2 容器材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T2 廢棄物	H	0.57	4.12
	C	0.06	
	O	14.94	
	Na	0.40	
	Mg	0.03	
	Al	0.52	
	Si	7.92	
	K	0.26	
	Ca	1.12	
	Fe	74.18	
T2 屏蔽	H	0.14	7.01
	C	0.02	
	N	0.0003	
	O	3.53	
	Na	0.09	
	Mg	0.01	
	Al	0.12	
	Si	1.87	
	Ar	0.00001	
	K	0.06	
	Ca	0.26	
	Fe	93.89	

表 7.2-4 T3 容器材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T3 廢棄物	H	0.64	3.92
	C	0.07	
	O	16.63	
	Na	0.44	
	Mg	0.04	
	Al	0.58	
	Si	8.81	
	K	0.29	
	Ca	1.24	
	Fe	71.27	
T3 屏蔽	H	0.20	6.98
	C	0.02	
	N	0.0005	
	O	5.13	
	Na	0.14	
	Mg	0.01	
	Al	0.18	
	Si	2.72	
	Ar	0.00001	
	K	0.09	
	Ca	0.38	
	Fe	91.14	

表 7.2-5 T4 容器材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T4 廢棄物	H	0.50	4.45
	C	0.06	
	O	13.08	
	Na	0.35	
	Mg	0.03	
	Al	0.45	
	Si	6.93	
	K	0.23	
	Ca	0.98	
	Fe	77.40	
T4 屏蔽	H	0.26	6.59
	C	0.03	
	N	0.0006	
	O	6.67	
	Na	0.18	
	Mg	0.01	
	Al	0.23	
	Si	3.53	
	Ar	0.00001	
	K	0.12	
	Ca	0.50	
	Fe	88.47	

表 7.2-6 T5 容器材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
T5 廢棄物	H	0.47	4.34
	C	0.05	
	N	0.001	
	O	12.13	
	Na	0.32	
	Mg	0.03	
	Al	0.42	
	Si	6.43	
	Ar	0.00002	
	K	0.21	
	Ca	0.91	
	Fe	79.03	
T5 屏蔽	C	0.000002	7.84
	N	0.01	
	O	0.004	
	Ar	0.0002	
	Fe	99.98	

表 7.2-7 T 容器設計裝載活度

容器類型	T1	T2	T3	T4	T5
⁶⁰ Co 設計活度(Bq)	7.10×10^{14}	8.80×10^{13}	2.83×10^{12}	7.45×10^{11}	2.26×10^{10}

表 7.2-8 T 容器裝載率

容器類型	T1	T2	T3	T4	T5
廢棄物裝載率	45.16%	43.24%	39.67%	46.23%	50.00%

備註：容器裝載率係指廢棄物佔設計可填充體積的百分比(%)，此百分比乘上容器裝滿金屬(密度為 7.85 tn/m³)時的重量即為設計裝載重量。分析時以此裝載率分析，但實際裝載實裝載率不會超過容器申請使用所在之裝載率，故不會超過劑量設計值。

三、屏蔽結構

(一)結構體組成之設定材質密度與組成詳表 7.2-1 之金屬結構與混凝土。

(二)三號低貯庫建築面積約 103.13 m×40.93 m，檢整區及貯存區為地上一層鋼筋混凝土造建物，內部淨高約 20.7 m；卸載區為地下一層及地上一層鋼筋混凝土造建物，內部淨高約 23.35 m(含

下凹式車道 2.65 m)；輔助區為地上二層鋼筋混凝土造建物，高約 10 m。三號低貯庫屏蔽分析模型如圖 7.2-3。

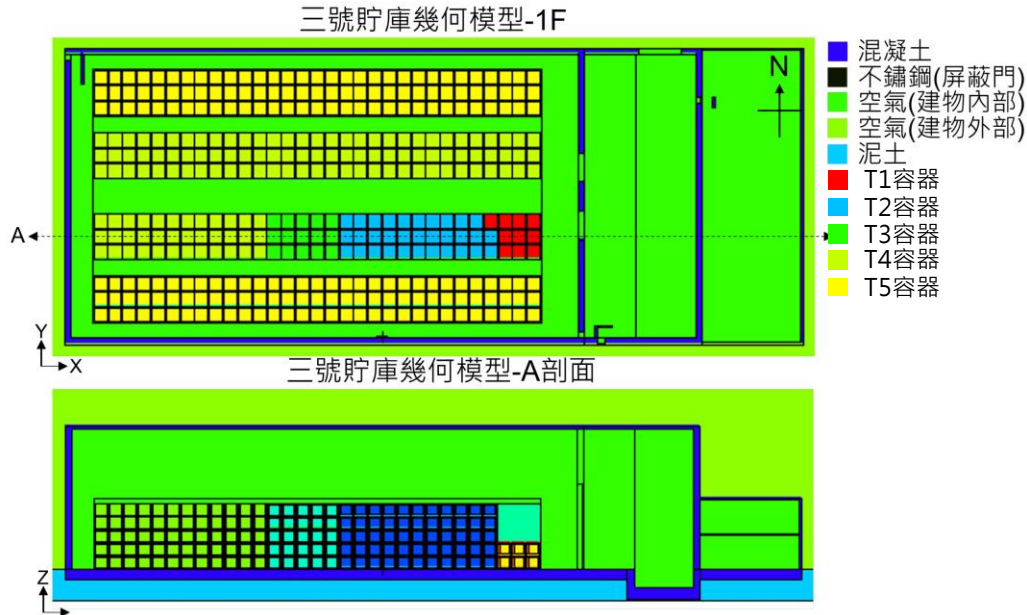


圖 7.2-3 三號低貯庫屏蔽分析模型(俯視圖與立面圖)

(三)貯存庫周圍環境為地表泥土與空氣，環境材料參數設定詳表 7.2-9。

表 7.2-9 環境材料組成

材質名稱	組成元素	重量百分比 (w/o)	密度 (g/cm ³)
泥土	O	51.37	1.52
	Na	0.61	
	Mg	1.33	
	Al	6.86	
	Si	27.12	
	K	1.43	
	Ca	5.12	
	Ti	0.46	
	Mn	0.07	
	Fe	5.63	
空氣	C	0.01	1.205×10 ⁻³
	N	75.53	
	O	23.18	
	Ar	1.28	

資料來源：PNNL，2021，材料編號 116 & 4^[76]

四、評估模式

屏蔽分析採用 MCNP 程式，MCNP 全名為 Monte Carlo N-Particle Transport Code System，由美國洛斯阿拉摩士國家實驗室 (Los Alamos National Laboratory, LANL) 所發展，是一具有多功能、三維座標、連續能量、時間依存、包含對光子、電子、中子、質子等 37 種粒子作蒙地卡羅遷移計算之程式。MCNP 採用 ENDF/B-VII，該截面庫在 20 MeV 以下的粒子可以連續能量方式進行計算；20 MeV 至 150 MeV 能量區間則只有特定元素具有連續能量截面，缺乏之元素資料則以物理模型進行截面計算；150 MeV 以上之粒子截面均以物理模型計算。其內建多樣的變數降低技巧，和內建使用者便利的建模工具，可適用於輻射防護、輻射屏蔽、反應器設計、臨界安全分析、燃料燃耗、醫學物理、偵檢器設計等領域。

蒙地卡羅法能以精確的幾何模型對問題作粒子模擬，原則上如果對各作用過程描述足夠清楚，就能獲得準確的結果，故蒙地卡羅程式模擬時若考慮的評估範圍適當即代表評估結果已包含直接輻射、天空散射、地面散射等各種輻射作用之結果。但因蒙地卡羅法以亂數取樣的方式模擬各事件的發生，為一連串的機率試驗，因此在最後統計粒子行為時，需大量的結果才能產生有意義(有效)的答案，故過程會相當費時，雖然可以引用變異數降低技巧來增進計算效率，但這些技巧使用及參數設定之好壞皆與使用者對問題經驗的累積判斷有關。本安全分析報告於屏蔽分析時所採用的 MCNP 程式為 6.2 版本，以及其所附之核種截面資料庫。

T 容器箱體外尺寸為 2.0 m×1.85 m×1.85 m，其主要分兩部分：內部為金屬廢棄物和灌漿混凝土混合區，外部為不銹鋼屏蔽結構。因 T 容器箱體的分層屏蔽設計，較類似於乾式貯存設施之乾貯護箱系統，故在此安全分析報告採用美國核管會發布之

乾貯設施審查導則相關 NUREG-2215 報告(p.6-28)建議之屏蔽分析程式。

五、評估之假設

- (一)以 MCNP 6.2 依據 T 容器之設計尺寸與材質建置評估模型，廢棄物體假設為金屬廢棄物與灌漿水泥之混合物，混合比例依廢棄物裝載率計算，得到廢棄物體之材料與密度，而廢棄物體活度則以 T 容器設計裝載活度作為保守假設。
- (二)以 MCNP 6.2 依據三號低貯庫之屏蔽結構設計、最大 T 容器貯存數量與 T 容器布置建置評估模型。
- (三)劑量轉換因子選用 ICRP 74 報告^[77]中之有效劑量率 AP 照射方向(表 7.2-10)。

表 7.2-10 劑量轉換因子 ICRP 74 報告有效劑量率 AP 照射方向

能量 (MeV)	ICRP74: E-AP (pSv-cm ²)	能量 (MeV)	ICRP74: E-AP (pSv-cm ²)
0.01	4.85×10 ⁻²	0.30	1.51
0.02	1.25×10 ⁻¹	0.40	2.00
0.02	2.05×10 ⁻¹	0.50	2.47
0.03	3.00×10 ⁻¹	0.60	2.91
0.04	3.38×10 ⁻¹	0.80	3.73
0.05	3.57×10 ⁻¹	1.00	4.48
0.06	3.78×10 ⁻¹	2.00	7.49
0.08	4.40×10 ⁻¹	4.00	1.20×10 ¹
0.10	5.17×10 ⁻¹	6.00	1.60×10 ¹
0.15	7.52×10 ⁻¹	8.00	1.99×10 ¹
0.20	1.00	10.00	2.38×10 ¹

資料來源：ICRP, 1996。

六、劑量評估區

(一)T 容器側邊(長邊)劑量率

單一 T 容器側邊(長邊)之表面(1 cm)、0.3 m、5 m、10 m 與 20 m 處之劑量率，長邊為考慮所面對的箱體射源區域較多，故評估 T 容器側邊(長邊)案例為較保守案例，評估模型示意如圖 7.2-4。

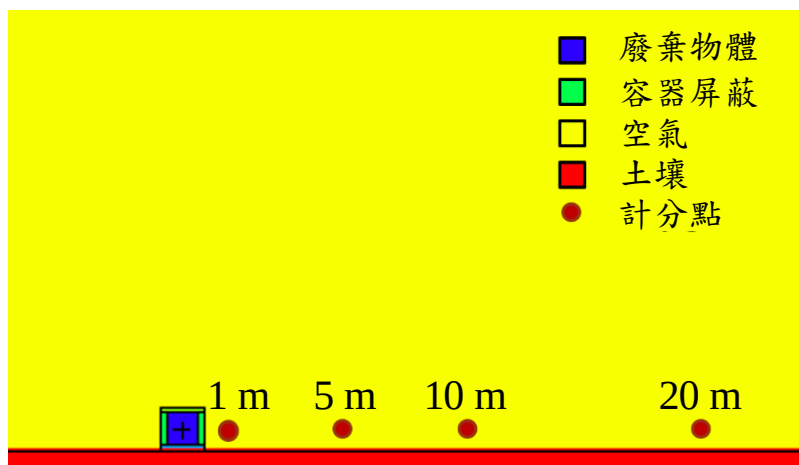


圖 7.2-4 T 容器箱體遠處劑量率評估模型

(二)三號低貯庫內部

三號低貯庫內部劑量率評估，將以格點計分(Mesh Tally)的方式來進行將設施內部(包含貯存區、檢整區、卸載區與輔助區)劃分為 $4\text{ m} \times 4\text{ m} \times 4\text{ m}$ 一格。

(三)貯存區、檢整區與卸載區頂部天花板外

貯存區、檢整區與卸載區頂部天花板外劑量以貯存區頂部天花板外設置區域計分(Region Tally)評估屋頂表面劑量，計分範圍涵蓋貯存區範圍第 2 區與第 3 區，此區域位於貯存區中心且已將主要輻射源造成的輻射曝露納入分析，故此範圍計分點可合理估計工作人員頂樓作業接收劑量。

(四)三號低貯庫外部

1. 三號低貯庫外部周遭劑量率評估，將以格點計分的方式來進行將整體設施及設施周遭區域約略劃分為 $4\text{ m} \times 4\text{ m} \times 2\text{ m}$ 一格，計分整體設施周遭劑量率分布至建物外 100 m 處，其中 Z 軸格點計分 0 m 至 2 m 處為人員可能所在位置高度，繪製設施周遭劑量率分布圖。
2. 西側與南側評估範圍

將西側與南側評估至 420 m 處，確保最近廠界位置(TLD-106)可包含在評估範圍內。三號低貯庫外部評估範圍示意如圖 7.2-5。

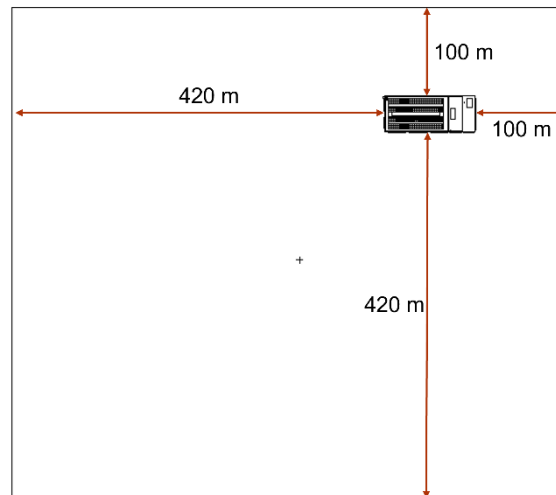


圖 7.2-5 三號低貯庫外評估範圍示意圖

3. 廠界 TLD-121 與 TLD-104 評估

對於廠界 TLD-121 與 TLD-104 點位之劑量評估，將基於前述貯存庫西側與南側 400 m 之評估結果，以二次多項式擬合曲線之劑量率作為推算。

七、評估參數

T 容器模型參數與廢棄物評估活度詳表 7.2-2 至表 7.2-7，三號低貯庫屏蔽設計厚度詳表 3.2-4，屏蔽材質組成詳表 7.2-1，貯存庫環境材料參數詳表 7.2-9，劑量轉換因子採用 ICRP 74 報告有效劑量 AP 照射方向(表 7.2-10)。

八、評估結果

(一)T 容器側邊(長邊)劑量率評估結果

T 容器側邊(長邊)特定距離之評估結果如表 7.2-11，MCNP 程式計分統計誤差皆小於 1%。各種容器中，以 T2 容器之側邊(長邊)對特定距離之劑量率影響最大，而劑量影響隨著距離容器越遠而減少。

表 7.2-11 T 容器側邊特定距離之劑量率

單位：mSv/h

距離 (m)	T1	T2	T3	T4	T5
0.01(表面)	2.68×10^{-1}	3.96×10^{-1}	2.10×10^{-1}	1.96×10^{-1}	2.00×10^{-1}
0.3	2.35×10^{-1}	3.55×10^{-1}	1.91×10^{-1}	1.79×10^{-1}	1.79×10^{-1}
1	1.39×10^{-1}	2.15×10^{-1}	1.21×10^{-1}	1.13×10^{-1}	9.24×10^{-2}
5	1.44×10^{-2}	2.24×10^{-2}	1.29×10^{-2}	1.18×10^{-2}	7.86×10^{-3}
10	3.96×10^{-3}	6.08×10^{-3}	3.48×10^{-3}	3.15×10^{-3}	2.05×10^{-3}
20	9.71×10^{-4}	1.48×10^{-3}	8.43×10^{-4}	7.62×10^{-4}	4.92×10^{-4}
250	-	4.26×10^{-6}	-	-	-

備註：(1)以側邊長邊面作為代表

(2)粗體為最大值

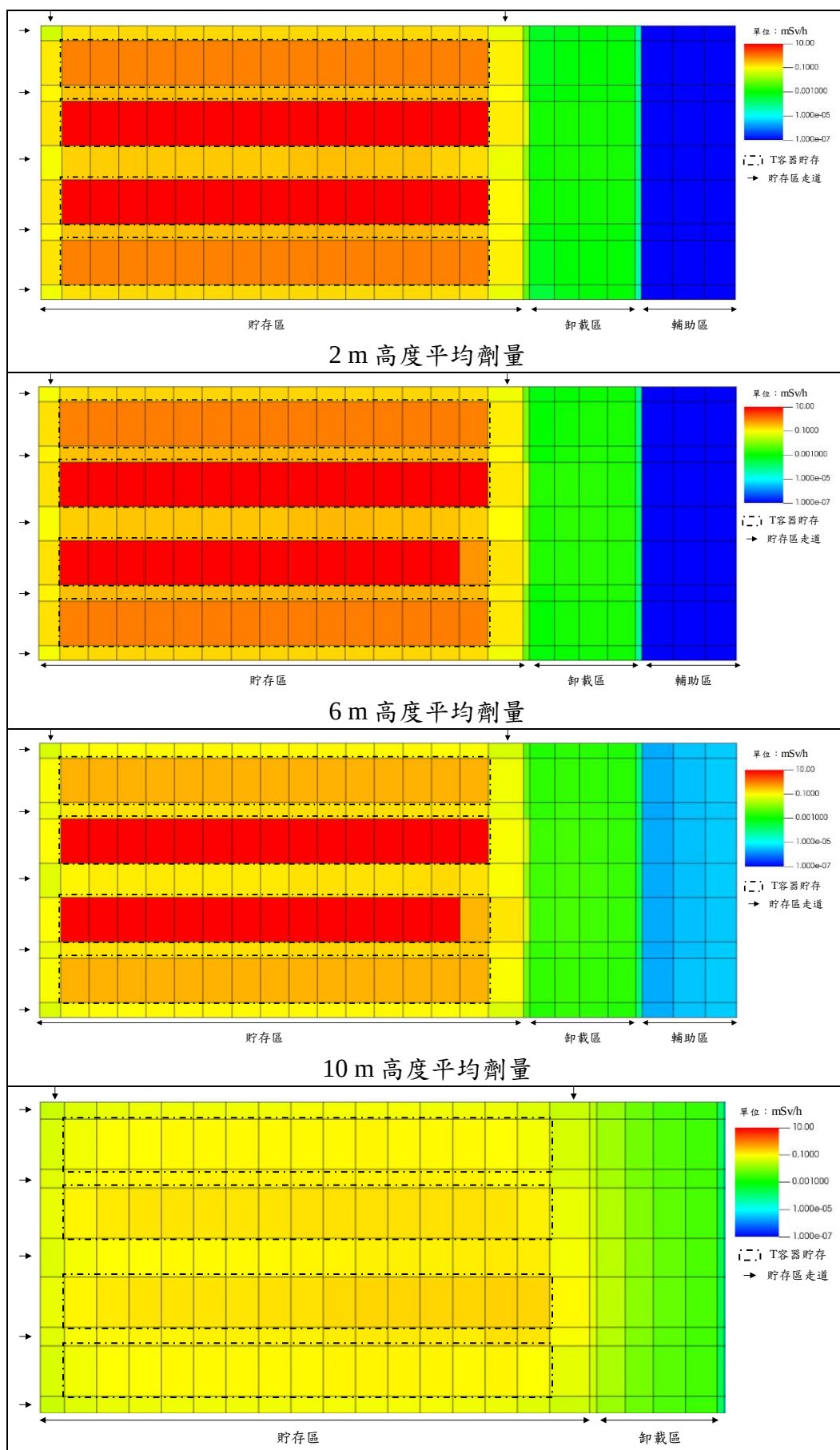
由於 T2 容器之側邊劑量率為最大值，因此在 T 容器操作劑量將以 T2 容器作為保守計算，而運送期間 T 容器距離北側淡金公路約 250 m，依據表 7.2-11 評估結果，以二次多項式擬合 T2 容器曲線之劑量率，於 250 m 處之劑量率為 4.26×10^{-6} mSv/h。

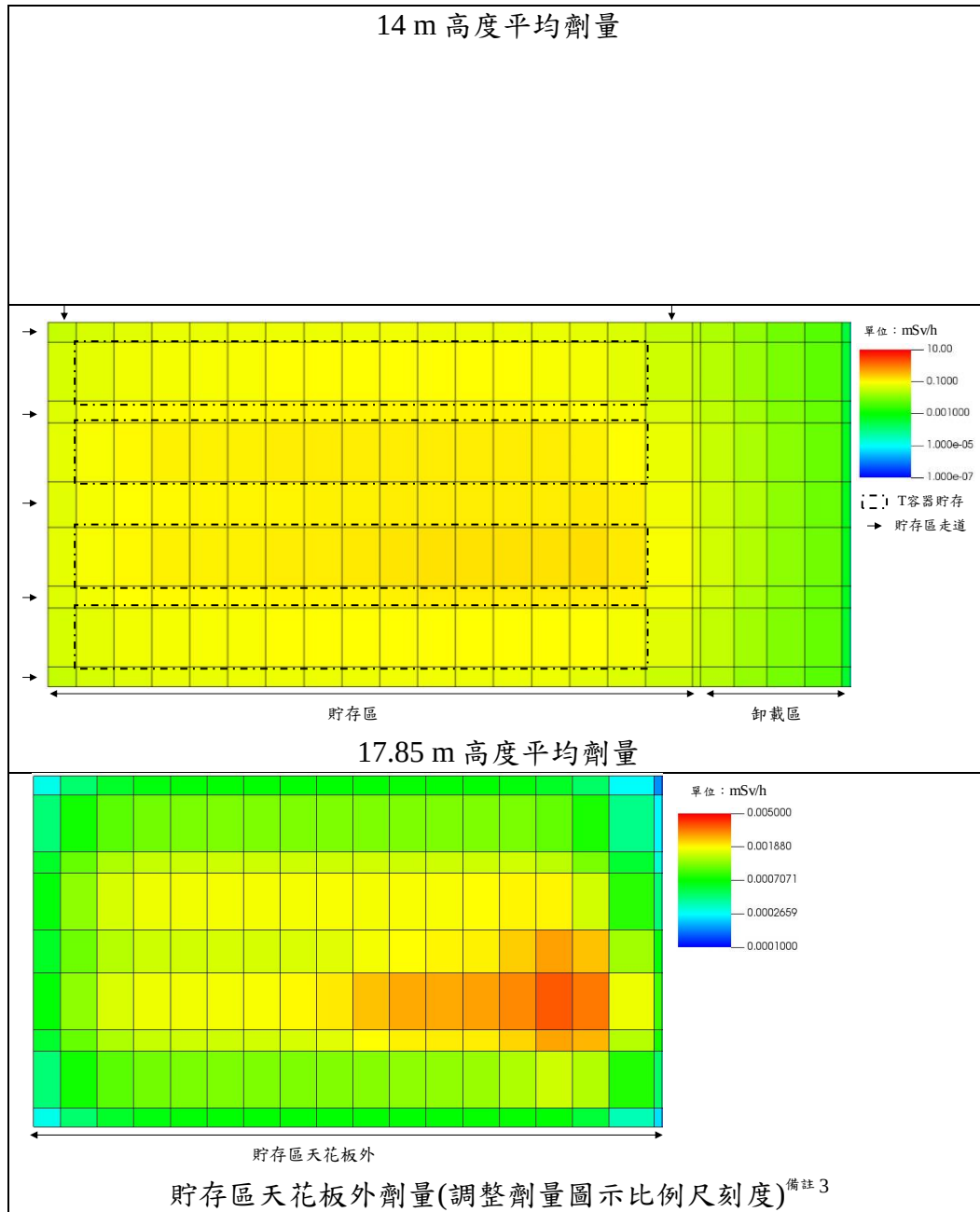
(二)三號低貯庫內劑量評估結果

依 T 容器貯存規劃，當 1,830 個 T 容器同時貯存且達設計裝載條件時，三號低貯庫室內不同高度之空間劑量如表 7.2-12，關注區域之劑量評估結果彙整於表 7.2-13，這些關注區域為工作人員作業期間可能行經之處，例如貯存區內檢查或 ARM 設備維護、檢整卸載區接收檢查作業、吊車維護作業等，相關作業造成工作人員之集體有效劑量評估結果請參考 7.2.3 節第一項說明。

從空間劑量分布分析結果，對於貯存區，可看到當切面高度越高，因與 T 容器間距離增加，故空間劑量降低。然而，在檢整卸載區與輔助區則看到隨著切面高度至 10 m 以上，空間劑量率反而提高，原因在於貯存區與檢整卸載區間之屏蔽牆設計高度為 12 m，故當切面高度提高，受到散射劑量影響則越明顯。

表 7.2-12 三號低貯庫室內空間劑量分布





- 備註：(1)輔助區高度為 10 m，故於 14 m 與 17.85 m 高度切面圖無輔助區。
- (2)切面高度 T 容器貯存位置在 10 m 以下可觀察到具有高劑量，其數值為呈現容器內廢棄物劑量率。
- (3)因貯存區天花板外劑量極低，若與貯存區內部採用相同的劑量比例尺繪圖，將無法看出劑量分布特性，故貯存區天花板外劑量分布呈現調整比例尺刻度。

表 7.2-13 三號低貯庫室內關注區域劑量分析

關注區域	平均劑量(mSv/h)	最大劑量(mSv/h)
貯存區走道區行走高度	0.22	0.37
吊車位置(14 m)	0.1	0.21
輔助區	2.15×10^{-8}	1.01×10^{-7}
檢整卸載區作業空間高度	1.02×10^{-3}	1.51×10^{-3}

(三)貯存區、檢整區及卸載區頂部天花板外劑量評估結果

貯存設施頂部天花板外劑量評估結果，平均劑量為 1.39 $\mu\text{Sv/h}$ ，最大劑量為 3.51 $\mu\text{Sv/h}$ ，符合監測區標準 5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

(四)三號低貯庫外劑量評估結果

1. 除役拆廠階段

當 1,830 個 T 容器同時貯存且達設計裝載條件時，依三號低貯庫輻射屏蔽設計，評估得周圍至廠界之劑量分析結果如圖 7.2-6 與圖 7.2-7。從三號低貯庫西側與南側 420 m 之劑量曲線(圖 7.2-7)可清楚看到劑量變化，從出設施後受到輻射的散射效應產生之增建效果影響造成劑量略微升高後，約在離設施 25 m 之後開始呈線性下降。

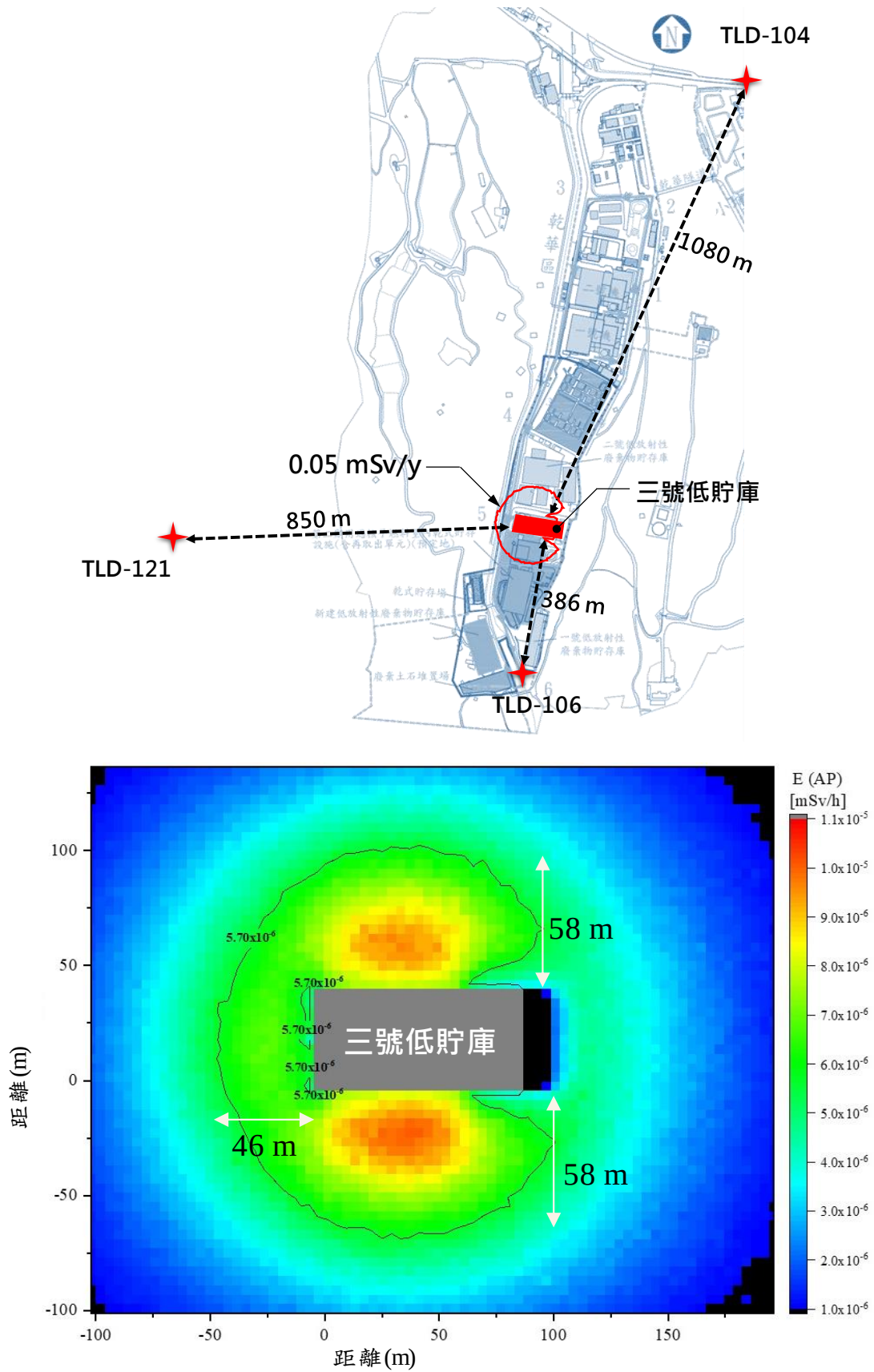


圖 7.2-6 三號低貯庫外劑量評估結果(除役拆廠階段)

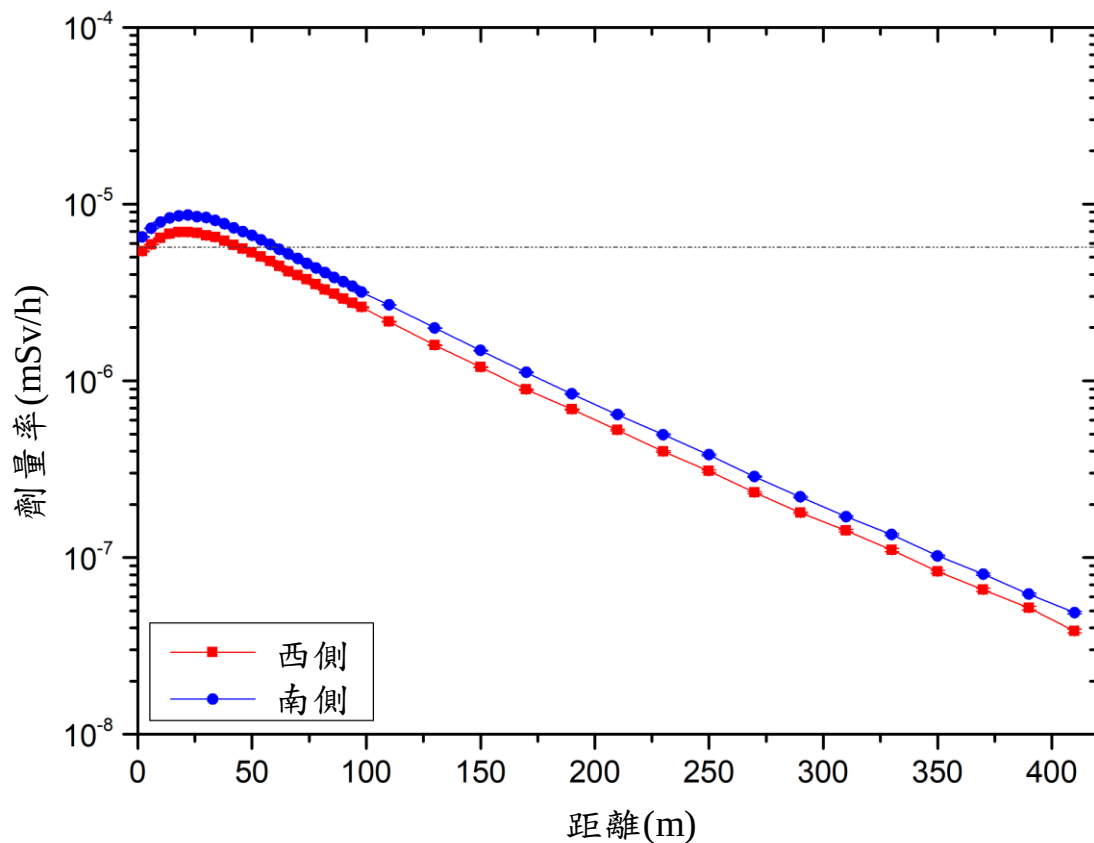


圖 7.2-7 三號低貯庫之西側與南側劑量分析結果(除役拆廠階段)

關心的廠界最近 TLD-106 位置位於低貯庫南側約 386 m 之位置，此處劑量率為 8.05×10^{-8} mSv/h；TLD-121 位於貯存庫西側距離約 850 m，經以二次多項式擬合西側劑量曲線特性，此處劑量率為 1.16×10^{-9} mSv/h；TLD-104 位於貯存庫北側距離約 1,080 m，經以二次多項式擬合南側劑量曲線特性作為北側劑量保守計算，此處劑量率為 3.12×10^{-10} mSv/h。若以一年 8,760 小時計算年劑量，則南側廠界 TLD-106 年劑量為 7.05×10^{-4} mSv、西側廠界 TLD-121 年劑量為 1.01×10^{-5} mSv，以及北側廠界 TLD-104 年劑量為 2.73×10^{-6} mSv，符合廠界年劑量設計限值 0.05 mSv。

2. 整廠除役作業完成階段

除役作業週期於除役拆廠階段完成所有 T 容器貯存後，經過廠址最終狀態偵檢階段與廠址復原階段共計 5 年的衰變後，於整廠除役作業完成後之三號低貯庫外劑量評估結果如圖 7.2-8，可看到貯存庫外之劑量率皆低於 5.74×10^{-6} mSv/h (0.05 mSv/y)，對無限制使用區的輻射影響已微乎其微。

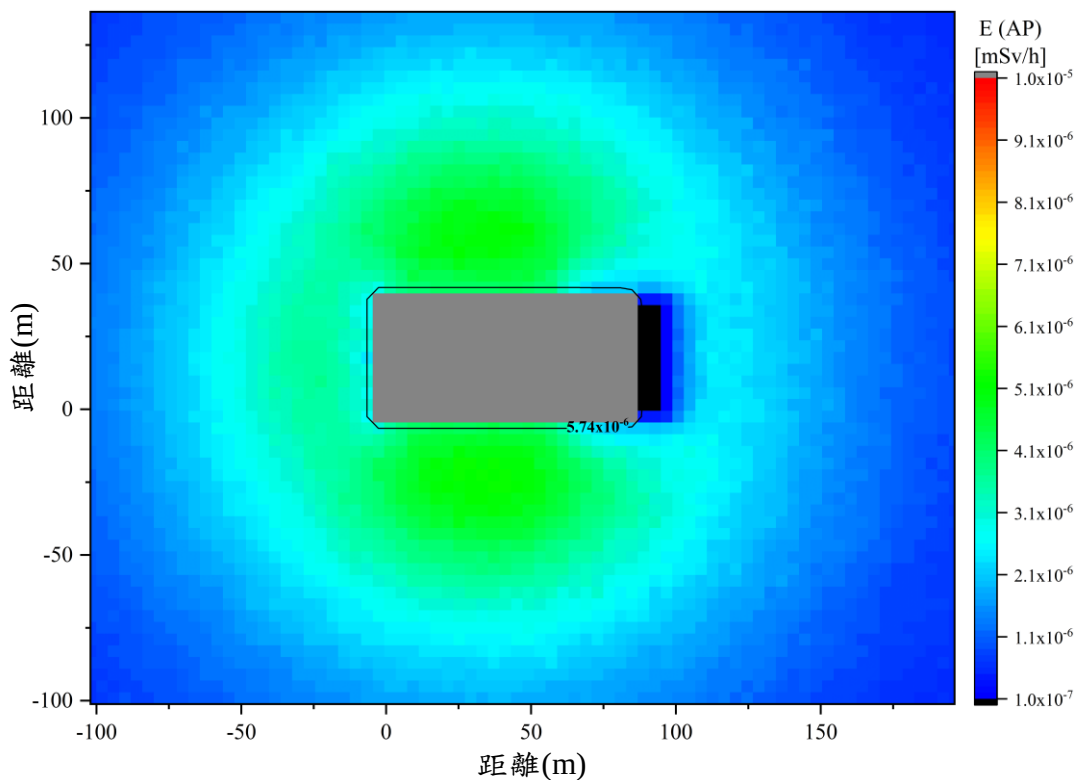


圖 7.2-8 三號低貯庫外劑量評估結果(整廠除役作業完成階段)

九、參考文件

1. ICRP, "Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation," ICRP Publication 74, Ann. ICRP 26 (3-4), 1996.
2. PNNL, "Compendium of Material Composition Data for Radiation Transport Modeling", 200-DMAMC-128170, Rev. 2, 2021.

7.2.3 廢棄物運送、接收作業對工作人員及設施外民眾之直接輻射曝露評估

一、工作人員直接輻射曝露評估結果

(一)廠內運送作業工作人員劑量評估結果

廠內運送作業，假設具有駕駛員 1 名與保健物理督導員 1 名，運送路徑為 700 m，車輛時速以 20 km/hr 計，單趟運送作業時間為 0.035 hr。依各種 T 容器特定距離之劑量率評估結果(表 7.2-11)，劑量以 T 容器最大劑量率(T2 容器)作為保守計算，工作人員劑量分析詳表 7.2-14，單次廠內運送造成的工作人員集體有效劑量為 9.13×10^{-4} man-mSv。依三號低貯庫設計容量 1,830 個 T 容器計算，參考除役計畫，整體拆除作業期程以 10 年計算，預計工作人員每年運送之集體有效劑量是 1.67×10^{-1} man-mSv。

表 7.2-14 廠內運送劑量評估

作業人員	作業人數(人)	作業時間(hr)	與容器距離(m)	曝露劑量率(mSv/h)		集體有效劑量	
				容器	作業空間	單次作業(man-mSv)	單一年度(man-mSv)
駕駛	1	0.035	-	-	2.00×10^{-2}	7.00×10^{-4}	1.28×10^{-1}
HP 督導員	1	0.035	10	6.08×10^{-3}	-	2.13×10^{-4}	3.90×10^{-2}

備註：駕駛以「放射性物質安全運送規則」^[3]第 71 條之車輛座位劑量率限值 0.02 mSv/h 作為評估。

(二)三號低貯庫接收檢查作業劑量評估結果

依 5.8 節入庫作業流程，T 容器入庫時將執行表面污染擦拭作業與表面劑量率偵檢，假設每項作業以 1 名工作人員執行，擦拭作業需耗時 0.1 hr，輻射偵檢作業需耗時 0.2 hr，工作人員距離 T 容器 30 cm。依各種 T 容器特定距離之劑量率評估結果(表 7.2-11)，劑量以 T 容器最大劑量率(T2 容器)作為保守計算，

工作人員劑量分析詳表 7.2-15，計算單次接收檢查作業造成的集體有效劑量為 1.07×10^{-1} man-mSv。依三號低貯庫設計容量 1,830 個 T 容器計算，參考除役計畫，整體拆除作業期程以 10 年計算，預計工作人員每年接收檢查作業之集體有效劑量是 19.6 man-mSv。

表 7.2-15 三號低貯庫之接收檢查作業劑量評估

作業人員	作業人數 (人)	作業時間 (hr)	與容器距離 (m)	曝露劑量率 (mSv/h)		集體有效劑量	
				容器	作業空間	單次作業 (man-mSv)	單一年度 (man-mSv)
擦拭檢查員	1	0.1	0.3	3.55×10^{-1}	1.02×10^{-3}	3.56×10^{-2}	6.52
輻射偵測員	1	0.2	0.3	3.55×10^{-1}	1.02×10^{-3}	7.12×10^{-2}	13.04

(三)三號低貯庫巡檢與與吊車維護保養劑量評估結果

三號低貯庫之巡檢作業與吊車維護保養作業劑量評估結果如表 7.2-16，三號低貯庫內之監測設備運作與廢棄物貯存狀態，假設每季派遣一名工作人員進行例行性巡檢，每次巡檢作業為 1 小時，計算單次巡檢作業造成的集體有效劑量為 0.22 man-mSv，巡檢作業之集體有效劑量為 0.88 man-mSv。

三號低貯庫吊車例行性維護保養，假設每 2 年派遣 1 名工作人員進行吊車維護保養 1 次，每次檢修維護時間為 16 小時，則每年吊車維護保養作業之集體有效劑量為 1.6 man-mSv。

表 7.2-16 三號低貯庫之巡檢作業與吊車維護保養作業劑量評估

作業內容	作業人員	作業人數(人)	作業時間(hr)	作業空間平均劑量率(mSv/h)	集體有效劑量(man-mSv)	
					單次作業(man-mSv)	單一年度(man-mSv)
貯存庫巡檢	巡檢員	1	1	0.22	0.22	0.88
吊車維護保養	維護保養員	1	16	0.1	1.6	1.6

備註：吊車維護保養假定為 2 年執行 1 次。

工作人員假設工作均為同一人執行，並進行保守性加總為 22.247 mSv/每年，符合法規年劑量管制限值；實務面前述作業為不同單位組別執行，故亦可滿足五年 100 mSv 之要求，詳如表 7.2-17 所示。

表 7.2-17 三號低貯庫之工作人員最大劑量值評估

	作業人員	單次劑量(mSv)	備註
廠內運送作業 (表 7.2-14)	駕駛	7×10^{-4}	工作人員每年運送之集體有效劑量是 1.67×10^{-1} man-mSv
	HP 督導員	2.13×10^{-4}	
接收檢查作業 (表 7.2-15)	擦拭檢查員	3.56×10^{-2}	工作人員每年接收檢查作業之集體有效劑量是 19.6 man-mSv
	輻射偵測員	7.12×10^{-2}	
巡檢與吊車維護保養 (表 7.2-16)	巡檢員	0.22	集體職業年曝露劑量為 0.88 man-mSv
	維護保養員	1.6	集體職業年曝露劑量為 1.6 man-mSv
上述工作均為同一人執行保守性加總			22.247

二、設施外民眾直接輻射曝露評估結果

(一)廠內運送作業對民眾之劑量評估結果

依廠內運送路徑規劃，運送路徑總長為 700 m，運送期間最近廠界位置為北側淡金公路，距離約 250 m，故以此距離作為運送作業對民眾劑量之最大劑量保守性評估，依表 7.2-11 劑

量分析結果，250 m 處 T 容器之最大劑量約為 4.26×10^{-6} mSv/h，單趟運送作業時間為 0.035 hr。依三號低貯庫設計容量 1,830 個 T 容器計算，參考除役計畫，整體拆除作業期程以 10 年計算，故每年運送 183 趟，運送作業對於廠界民眾造成的年劑量為 2.73×10^{-5} mSv，符合「游離輻射防護安全標準」第 12 條，輻射作業對廠界外關鍵群體一年內之有效劑量不得超過 1 mSv/y 之規定。一般民眾加總為 7.323×10^{-4} ，符合 0.25 mSv/yr 之法規限值，詳如表 7.2-18 所示。

表 7.2-18 三號低貯庫之一般民眾最大劑量值評估

	年劑量(mSv)	備註
廠內運送作業	2.73×10^{-5}	
接收及貯存作業	7.05×10^{-4}	
加總	7.323×10^{-4}	

(二)廢棄物接收及貯存作業對設施外民眾之劑量影響

依據 7.2.2 之三號低貯庫外劑量評估結果，廠界 TLD 佈點編號 106 位置之劑量率為 8.05×10^{-8} mSv/h，若以一年 8,760 小時計算年劑量，則年劑量為 7.05×10^{-4} mSv，符合廠界年劑量設計限值 0.05 mSv。

7.2.4 廢水、廢氣處理系統排放對設施外民眾之輻射劑量評估

三號低貯庫將潛在污染區產生之水源(如管制區空調冷凝水、除污室、貯存區、檢整區及裝卸載區地面洩水等)，以獨立的污水管線系統收集廢液至放射性廢液收集槽，並以廢液 PRM 監測輻射狀態。收集槽內的廢液於排放前取樣分析，以確認廢水之放射性核種濃度低於核一廠放射性廢液處理設施之接收標準。

三號低貯庫外部水源主要為雨水，低貯庫之基地排水設計可確保雨水順利排除不會淤積，且設施結構體亦納入防水設計，故外部水源與廢棄物無接觸之虞。

三號低貯庫之管制區空調系統將控制該區域於送風量小於回風量狀態，故受輻射污染之空氣不會外釋。空調回風箱內設置廢氣 PRM，監測空氣輻射污染狀態，確保往外排的氣體無輻射污染。

綜上所述，三號低貯庫產生之廢液與氣體對貯存設施外民眾無安全上之顧慮。

7.2.5 放射性核種滲入地層對設施外民眾之輻射劑量評估

計畫場址現地高程約 EL.+21.9 m，地表以下為 0.0 ~ 1.8 m 厚之覆土層，覆土層以下為 8.9 m 厚之礫石層，其下則為厚度超過 30 m 之砂岩、泥岩及砂泥岩互層。而三號低貯庫除了廢棄物包件專用車輛車道入口之高程位於 EL.+19.25 m 外，其餘高程皆位於 EL.+21.9 m。規劃之基礎底面高程，在車道區為 EL.+17.65 m，在貯存區則為 EL.+20.3 m，且分別座落於礫石層和覆土層。

此外，根據觀測之地下水位記錄，計畫場址地下水位高程依場址地形變化約介於 EL.+15.42 m ~ EL.+18.43 m 之間。對於三號低貯庫貯存區基礎底面而言，其高程高於觀測之地下水位高程，貯存區基礎不會接觸地下水。惟車道基礎底面高程略低於觀測之最高地下水位，但由於基地西側及北側擋土牆會設置排水管，使礫石層之地下水藉由擋土牆排水管流出至牆外排水溝，降低場址地下水位，且基礎設計時已將防水功能納入考量，故在防止地下水滲入方面已做了嚴謹考慮。

考量場址環境、三號低貯庫的設計、T 容器的設計，以及 T 容器盛裝的廢棄物特性等因素，放射性核種若要滲入地層，需經下列數個步驟：

一、容器破損後廢棄物與水接觸且核種溶解於水中

廢棄物均先盛裝於 T 容器內再貯存於三號低貯庫的貯存區，由於 T 容器為厚度 15 mm ~ 200 mm 的金屬製容器，具有一定程度耐腐蝕效能，輔以利用空調系統將貯存區的溫度控制在 30 °C 以下，相對濕度控制於 65% 以下，防止 T 容器因銹蝕而破損。此外，三號低貯庫規劃有良好的防水設計，外部的自然水源難以進入到三號低貯庫內，且貯存區及卸載區地面及放射性廢液收集槽塗有防污染塗裝利於未來除污。故要發生 T 容器破損造成其內廢棄物與水接觸，而廢棄物中的核種溶解於水中再釋出到容器外的可能性微乎其微。

二、核種穿越過低貯庫之底部基礎結構流至土壤中

三號低貯庫的底部基礎由上而下包括 1.5 m 厚的鋼筋混凝土筏基、防水塗裝以及 10 cm 之無筋混凝土，溶解於水中的核種穿越過低貯庫底部基礎結構，再流至地層中之可能性極低。

三、核種在地層中隨地下水流動遷移

三號低貯庫所在區域地下水流可分為往濱海側與乾華溪流動，流向皆以西北方向為主。核種若自三號低貯庫的底部基礎釋出後，將隨著地層中的地下水流入海洋，或是先流入乾華溪再流向海洋。

四、核種在地層中的擴散遷移

核種除了隨著地層中的地下水流動遷移外，亦可因濃度差異所導致之擴散作用而移動。然而核種在地層中之擴散遷移效果遠不如地下水遷移來得顯著，所以核種在地層中的擴散遷移將不列入考慮。

五、核種在溪水或海洋中釋出與稀釋

核種在地層中隨著地下水遷移，不論是先在溪水釋出再流入海洋或直接流入海洋，都將因海洋水域廣大而使核種濃度稀釋。

六、核種在食物鏈中的生物累積

海水中的核種濃度已被沖淡，若被海洋生物吸收雖有累積的可能，但其累積的核種濃度仍遠低於地下水中的核種濃度。此外，根據多年來的核一廠周圍海洋環境偵測結果，其監測結果均符合核安會之環境調查基準，故一般民眾食用的魚、貝類無安全之顧慮。

七、飲用地下水所造成之體內劑量

核種自低貯庫基礎底面釋出後，藉由地下水傳輸的路徑主要在廠界內，不至傳輸到其他地區造成環境污染，故無對三號低貯庫廠界外居民造成輻射影響之虞。

7.3 系統、設備或組件之安全評估

三號低貯庫與廢棄物包件吊運直接相關之系統、設備或組件為 60 噸固定式吊車及 T 容器電動吊具。與設施消防安全相關之系統、設備或組件為消防安全設施。安全評估如下：

一、與廢棄物包件吊運直接相關之系統、設備或組件

(一) 60 噸固定式吊車(主吊及副吊)

1. 固定式吊車設計及製造必須符合 3.3.1 節所列之法規及標準設計，故吊車之結構安全及穩定性符合作業安全要求。
2. 依據主管機關及運轉程序書規定定期檢修固定式吊車。
3. 設置吊車維護管理系統，內含大數據資料蒐集系統及預防保養系統，用以蒐集吊車每次之運行數據和每次預防保養及故障檢修之記錄。
4. 吊車上起吊裝置剎車設備為有電時才會鬆開，外電突發性喪失在建築電氣端有緊急供電系統，如果緊急供電系統也無法作用，吊車上所有作動將會煞停在當下狀態。

(二)T 容器電動吊具設計

1. 吊具設計依據 T 容器之運轉程序書規定辦理，其吊具設計符合 DIN EN ISO 13155 規定，故其結構安全及穩定性符合作業安全要求。
2. 吊鉤雙邊皆設置壓片，可避免吊鉤與吊具脫鉤；T 容器電動吊具固定栓亦設有插鞘固定以防止脫落；吊具設置機械式防脫落裝置，使廢棄物包件無法於搬運過程中脫落。
3. 廢棄物包件偏移原貯存位置時，可依照廢棄物包件入庫作業流程中，人工遠端操作將廢棄物包件下放至正確貯位。
4. 依據主管機關及運轉程序書規定定期檢修吊具。

(三)T 容器定位堆疊設計

建立貯存庫內 3D profile 圖形(解析度 1~2cm)，提供精準的 WMS 貯件座標作為操作擺放參考，以及地震後評估是否再重新擺置。在自動下放過程中，透過精準的 WMS 貯件座標，正確抵達貯存點上方 30 cm 位置。T 容器於吊運期間其 T 容器之吊具四周設有雷射感知器，移動過程中如感知器接收到阻擋訊號時，固定式吊車則會停機以避免發生碰撞事故。T 容器吊運過程由走道移動到貯存位置點，T 容器採抓昇到最高點後(超過 T 容器最高堆疊高度)，到定點下放，過程中不會與其他 T 容器碰撞。T 容器於抵達指定貯位上方 30 cm 位置後會改以手動操作方式，透過吊具四周所設置之高解析度視訊鏡頭由操作室的操作人員手動微調完成堆疊作業。

二、與消防安全直接相關之系統、設備或組件

三號低貯庫內之消防設施包含室內外消防栓、消防水箱、手持式乾粉滅火器及二氧化碳滅火器、火警受信總機、火警偵測系統、緊急廣播、緊急照明，前述各項消防安全設施依據「各類場所消防安全設備設置標準」^[48]設計及配置，符合國內消防安全法規要求。本案之給水及排水設計，由核一廠之消防

生水分支而來經評估取水量少，並不會對原有之消防系統造成影響。逕流排水系統未與核一系統相接，直接排至乾華溪。未來於運轉期間，將依照運轉程序書規定，定期檢查維護管理，以符合消防安全規定。

三、公用設施相關之系統、設備或組件

(一)放射性廢液收集槽

1. 收集放射性廢液之排水管及收集槽，設計應符合美國 ANSI/ANS 55.1：Solid Radioactivity Waste Processing System for Light – Water-Cooled Reactor Plants (ANSI，1992)第 5.2、5.3 及 5.4 節之相關規定，故其符合作業安全要求。
2. 依據運轉程序書規定定期維護管理。
3. 參考核一廠既有貯存庫實際廢液產生量(絕大部分為空調冷凝水)，以產出量最大之夏季 8 月份資料($5.48 \text{ m}^3/\text{DAY}$)為計算基準，產生量與廠房空間體積成正比，因此本案之空調冷凝水約為 $5.48 / 153,000 * 87,822 = 3.14 \text{ m}^3/\text{DAY}$ ，取保守為 $5 \text{ m}^3/\text{DAY}$ (5 CMD)。
4. 放射性廢液收集桶槽以混凝土作為槽體，內部則以不鏽鋼施作桶槽，管路均採用不銹鋼材質，不易造成系統設備材質腐蝕，以達成抗腐蝕的目的。關於廢液收集槽設計容量考量，估計廢液產量約為 5 CMD，而目前規劃槽體總容量為 22.5 m^3 ，應滿足需求容量，故整體而言安全性應屬無虞。廢液將以管排方式送到廠內廢液處理設施。

(二)通風空調系統

1. 通風空調系統設計必須符合 3.5.7 節所列之法規及標準設計，故其功能性及穩定性符合作業安全要求。
2. 依據運轉程序書規定定期維護管理。

(三) 照明設備

1. 照明設備設計必須符合 3.3.4 節所列之法規及標準設計，故其功能性及穩定性符合作業安全要求。
2. 依據運轉程序書規定定期維護管理。

(四) 電力系統

貯庫電力系統是由核一廠新設 23 kV 電力站單獨提供，不會影響廠內既有之結構、系統、組件及運轉安全。

綜上所述，三號低貯庫之貯存系統、消防系統及公用設施之設計皆依據法規安全要求執行，並將於運轉程序書規定預防保養要求，故無安全上之顧慮。

7.4 意外事件之安全評估

本節之目的乃在於評估低放射性廢棄物在廠內進行運搬、吊卸和貯存作業期間，因發生意外事件干擾或打斷正常作業，導致輻射曝露時間增加、直接輻射劑量增加，進而對廠界內工作人員和廠界外民眾造成的輻射劑量影響。

7.4.1 意外事件分析

意外事件可概分為人為事件、火災事件和天然災害事件。人為事件大都與廢棄物包件直接相關，包括運貯過程中的車輛事故、操作錯誤或設備失效導致的廢棄物包件傾倒或墜落。火災事件是在運貯作業過程中因廢棄物周圍的可燃物或易燃物引起的火災高溫，影響廢棄物盛裝容器或貯存庫的功能或完整性。天然災害事件則包括地震、海嘯、坡地災害及洪水事件等，除了可能影響貯存設施的功能外，亦可能影響廢棄物的運貯作業的進行，導致廢棄物包件發生傾倒或墜落。各類意外事件分別說明如下：

一、人為事件

(一)運送車輛事故

自廠內一號機和二號機廠房將廢棄物包件運送至三號低貯庫的過程，均在廠內的監視範圍內進行，民眾難以逾越廠界並影響廢棄物包件運送，各種狀況易於控制，故車輛發生意外之機會極為微小。參考「用過核燃料運輸風險評估複審」所彙整美國 48 州之貨車意外發生機率每車每公里 $0.2 \times 10^{-6} \sim 0.28 \times 10^{-6}$ 進行推估，若以每趟運輸距離約為 1.5 km 估計，每次運送廢棄物包件的事故發生機率約為 0.36×10^{-6} 。考量道路狀況皆有良好的定期檢修與維護、車行速度僅有 20 km/hr、運輸過程有交通管制等條件，車輛受到撞擊或翻覆等事故的發生機率將比上述推估值更低。此外，廢棄物包件放置在車輛上時會以固定架固定，亦不會發生運送途中廢棄物包件傾倒之事件。綜合上述考量，運輸車輛在運送途中是以運輸車輛拖車頭碰撞損毀，需更換拖車頭為較可能發生之意外事件，後續將針對此類意外事件進行劑量影響評估。

(二)運貯設備失效或操作錯誤導致包件吊運時墜落

運貯設備失效或操作錯誤事故可能導致廢棄物包件墜落或停滯空中。三號低貯庫內之運貯設備為 60 噸固定式吊車，依據第五章之運轉說明，廢棄物包件之吊運高度說明如下：

1. 卸載作業：廢棄物包件由運輸車輛吊至包件檢查位置，最大離地高度約 2.55 m。
2. 貯存作業：
 - (1) 廢棄物包件進入貯存區後，於吊運通道上保持離地 30 cm。
 - (2) 廢棄物包件移動至指定貯位旁之通道，廢棄物包件將向上吊升至 7.5 m 後，再水平移動至貯位正上方。

依據 T 容器盛裝容器執照，T 容器經自由墜落後仍能防止放射性包容物失落或逸散的墜落高度為 30 cm，若廢棄物包件自 2.55 m 或 7.5 m 處墜落，有可能因墜落而影響其功能。考量到此類意外事故，三號低貯庫之吊卸設備具有預防異常狀況或意外事故之設計，以及對應之運轉程序，可防止吊卸設備失效或人為操作失誤導致容器墜落，說明如下：

1. 吊車設計過捲揚預防裝置，防止因鋼索過度捲揚而斷裂，導致廢棄物包件於吊運時墜落。
2. 吊車吊鉤設計舌片，防止 T 容器吊具與吊車吊鉤脫鉤，導致廢棄物包件於吊運時墜落。
3. T 容器電動吊具設有插銷裝置，防止吊具自吊車吊鉤脫落。
4. T 容器電動吊具內裝置機械式扭鎖器防脫落裝置，吊具僅在包件位於平坦地面或物體上時，才能鬆脫機械式扭鎖器防脫落裝置。
5. 執行作業前進行人員模擬操作訓練。

三號低貯庫可藉由上述多重防護設備、系統或管控措施，避免發生運貯設備失效或操作錯誤導致廢棄物包件墜落。故以運貯設備失效或操作錯誤導致廢棄物包件停滯空中為較可能發生之情況，後續將針對此類意外事件進行劑量影響評估。

6. 極端情形下之意外事件分析

雖以上述各項多重預防機制實不可能發生吊運作業墜落事件。如 T 容器在堆疊吊升過程中發生墜落，預期可能有下列二種情形：

- A. 容器無損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，改善後再執行吊運，預估人員在容器包封完整下，預估作業時間及劑量如下 7.4.2 節所述。
- B. 容器發現損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，另預估作業方式及劑量如下 7.4.2 節所述。

在以上之 A ,B 二種情況即使發生，因為墜落事件並不會影響貯庫建築物圍阻功能，故在貯庫包封完整的情況下，對外界民眾不會產生任何劑量影響。

二、火災事件

三號低貯庫為鋼筋混凝土結構物，內部建材規劃採用防火材料，而其內存放的廢棄物和盛裝容器皆為金屬材料，非屬易燃物質，不會引起火災。但考量運送車輛是以柴油作為動力來源，因柴油屬於易燃物品，故假設在三號低貯庫生命週期內，可能發生一次運送車輛的柴油起火燃燒造成的火災事件。由於三號低貯庫內有完善的消防系統，火災將可在短時間內被撲滅，後續將針對此類意外事件進行劑量影響評估。

三、天然災害事件

(一)地震

地震事件對三號低貯庫的影響，可概分為設施結構、廢棄物包件吊運作業，及廢棄物包件貯存，分析如下：

1. 設施結構

三號低貯庫耐震設計符合內政部「建築物耐震設計規範及解說」^[36]規定進行設計，且針對場址鄰近之山腳斷層，由於該斷層並未納入「建築物耐震設計規範」^[36]，故新增山腳斷層為新事證山腳斷層之定值法評估，作為後續耐震檢核及意外事故評估之依據，詳如附件 3-1。

山腳斷層新事證所進行檢核工作中，以定值法(DSHA)求得考慮山腳斷層之地震反應譜，作為耐震評估之需求反應譜，以 0.505g 作為本結構之性能目標(A_p)，分別利用非線性靜力分析及非線性動力歷時分析兩種評估檢核方法進行結構之耐震評估。非線性靜力分析(側推分析)結果得知地震強度 0.505 g(RC/D=1)之作用下，結構各桿件大多仍處彈性階段部分垂直(柱、牆)桿件產生達塑性爬升段之塑鉸，而僅少數牆桿件產生

達塑性下降段之塑鉸，結構於此狀態下應屬安全階段；非線性動力歷時分析結果得知在需求地震強度作用下，產生塑鉸之桿件皆僅達到塑性爬升段，結構於需求地震強度作用下應屬安全階段，安全無疑慮。綜上所述，以山腳斷層地震檢核，三號低貯庫結構安全無虞，不影響貯存庫原有輻射屏蔽功能，工作人員與及民眾輻射劑量並無變化，應無需另外採行預防措施、監測計畫、應變措施等作為。

2. 廢棄物包件吊運作業

廢棄物包件是以固定式吊車進行吊運作業，為防止吊運作業受到地震影響，吊車設計有機械式防脫軌裝置，防止地震時吊車脫軌。此外，T 容器電動吊具內裝置機械式扭鎖器防脫落裝置，吊具僅在包件位於平坦地面或物體上時，才能解鎖機械式扭鎖器防脫落裝置。故在上述多重防護設備的作用下，廢棄物包件的吊運作業將不會受到地震事件影響。

3. 廢棄物包件貯存

廢棄物包件貯存採用直接堆疊，最高堆疊層數為五層。使用動態地震歷時分析，歷時之加速度峰值取三號低貯庫最大考量地震之地表水平加速度 0.28g 情境，及考量對應的垂直地表加速度情境下進行分析，T 容器不會發生傾覆，僅會出現水平滑動，滑移距離約為 5 cm。由於 T 容器 ISO 角隅接合裝置邊長為 20 cm，上述動態分析之滑移量未達 ISO 角隅接合裝置邊長之半，故廢棄物包件堆疊時，因地震產生之滑移量不會造成廢棄物包件翻落或傾倒。此外，由於相鄰廢棄物包件之間保留了 15 cm 的餘裕空間，廢棄物包件滑移後將不會碰撞到鄰近廢棄物包件，故廢棄物包件貯存將不會受到地震事件影響。

另在設施運轉時，若核一廠觀測震度達 4 級以上，則在地震後進行廢棄物包件位移檢查並歸正廢棄物包件位置，以防止多次地震之位移累積過大造成廢棄物包件墜落。

(二)海嘯

由第二章之描述，核一廠最大海嘯溯上高程為 EL.+9 m，加上高潮位 1.73 m，總高程為 EL.+10.73 m。核一廠設有防海嘯閘門，其位置設於乾華溪終點，以防止暴潮沿著乾華溪溯升到廠區內。又三號低貯庫貯存區、檢整區及輔助區入口高程為 EL.+21.9 m，車道入口高程為 EL.+19.25 m，因此，即便海嘯沿著乾華溪達到最大溯上高度，仍不會溢淹至三號低貯庫所在位置。

(三)坡地災害

核一廠內現無農業部農村發展及水土保持署(前水土保持局)公布之土石流潛勢溪流，距離三號低貯庫最近之土石流潛勢溪流位於核一廠南側，距離超過 4 km，即使發生土石流意外事件，應尚不致對三號低貯庫造成影響。

依據場址特徵資料建置地層剖面(圖 7.4-1 所示)，分析剖面之各地層分析參數，進行邊坡穩定分析。整體分析成果顯示，東側邊坡具規模滑動之最小安全係數均大於「水土保持技術規範」^[18]要求，故東側邊坡為穩定，邊坡滑動潛勢甚低。



圖 7.4-1 場址東側邊坡地質剖面

核一廠廠址曾於 2017 年 6 月 2 日發生之超大豪雨事件(以下簡稱 62 豪雨)，當時東側邊坡發生部分區域崩塌情況，惟三號低貯庫對應之東側邊坡範圍並無明顯災害；對照此結果，尚符合上述之邊坡穩定分析結果。

若考量極端情況，地震情境升高其地震係數，暴雨情境提高地下水位並折減地層之剪力強度，分別至邊坡穩定全係數低於 1(意即邊坡發生崩塌)。

為確保台電公司對於三號低貯庫東側邊坡穩定性的即時掌握，對於東側邊坡的水位高程及是否發生傾斜滑動狀況，台電公司自低貯庫興建工程施工開始，依安全分析報告中所承諾設置「東側邊坡坡面穩定監測系統」監測，如圖 7.4-2 所示，針對 ST-15、ST-16、新設水位觀測井(40m)、新設水位觀測井(70m)、新設地層傾度管(40m)、新設地層傾度管(70m)等六孔進行水位及傾斜監測，根據監測系統的觀測資料，作為設施營運期間坡面是否穩定的依據，以確保設施的安全，並防範邊坡災害於未然。

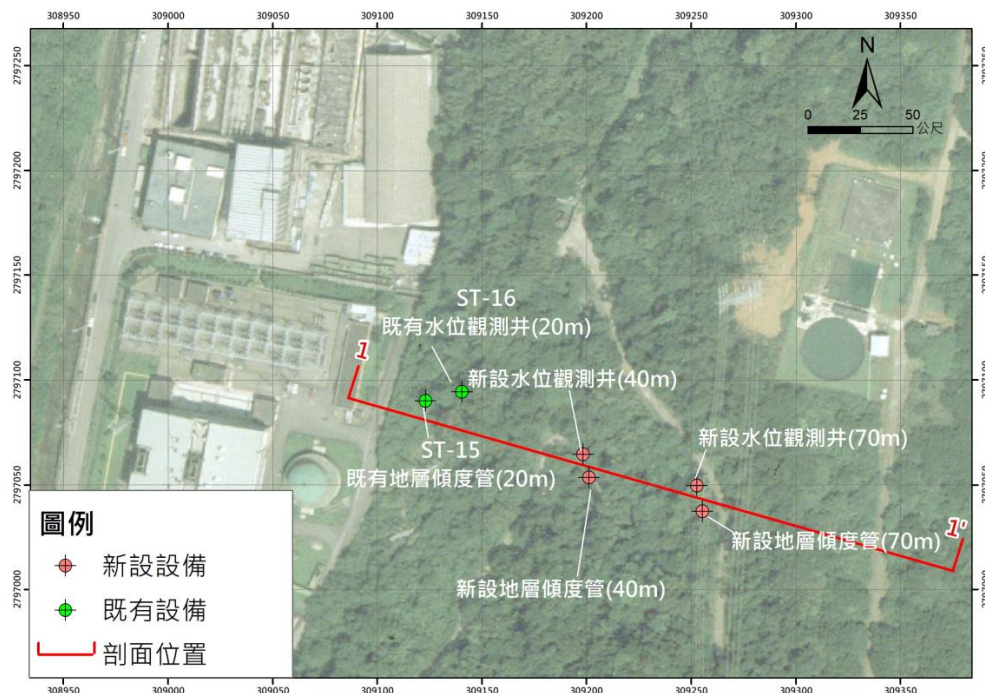


圖 7.4-2 東側邊坡坡面穩定監測系統

而基於風險管控，仍針對遭逢土石流及邊坡災害等事件緊急應變措施說明如下：

1. 基本應變措施

依據電廠現行之程序書及機具設備之整備，就預防及緊急應變措施，說明如下：

- (1) 預防措施：為掌握邊坡安定性，於常時電廠依據「D104.22 防颱作業程序書」、「D104 程序書」(內含「D104.37 乾華溪及小坑溪土石流監測」及「D104.38 廠區邊坡檢查」)、「D104.22.1 防汛作業程序書」等進行定期、不定期巡檢及災害預防。
- (2) 緊急應變措施：若遇超過設計基準的天然災害時，將分別依據「D106.9.4 危機管理及應變作業程序書」及「D113.5 災害防救要點」，進行緊急應變措施，摘述如下：

D106.9.4 危機管理及應變作業程序書

訂定目的：為確實掌握及預防營運除役期間可能發生之異常或敏感事件，電廠需釐訂更積極之管理應變措施、結合任務編組方式，成立「危機管理及應變小組」因應，並防止或減輕造成環境衝擊的意外事件，保護廠內員工、社區居民安全與減少財物損失。

編組任務：成立危機管理及應變小組、成員的任命(包括召集人、組長、當然組員、特定組員、聯絡人等)、成立的時機、應變作業分工的規劃等。

作業程序：包括 6.4 節「危機管理及應變小組」之作業程序、縱向支援配合(適時尋求新北市政府、警消機關、軍方或外界人事之協助，以獲取有利奧援)、橫向協調聯繫作業及危機案件通報程序等。

機具設備之盤點及動員：盤點廠區可動員之大型機具如挖土機、鏟裝機等，設備如抽水機、移動式發電機及破碎機等。

2. 東側邊坡災害情境及應變重點

貯存庫興建位置與東側邊坡之間已退縮 22 公尺，在貯存庫發生邊坡崩塌極端情境下，考量土石堆積範圍包含貯存庫東側道路、輔助區部分或全部，由核一廠於災害後續安排推土機等機具及人員清理堆積土石，使輔助區恢復原有功能，處理程序為：

- (1) 進行堆積土石清理時應由輻射防護人員陪同，先進行輻射強度量測，確認無輻射疑慮後再進行移除土石的工作。
- (2) 以小型挖土機搭配推土機及人力將土石等障礙物排除。清理並維持東側邊坡坡趾排水溝暢通，特別是明溝轉涵管之銜接段，以避免坡面逕流匯入低貯庫之排水溝；檢視並確認滯洪沉砂之溢流口功能(土石淤塞高度)，避免回淤；清理並維持低貯庫北側連接道路及低貯庫入口之通暢；檢視低貯庫東側外牆土石堆積及受損情況；若東側外牆變形或位移則需進一步檢視低貯庫結構盛裝容器之穩定。
- (3) 利用清運車輛將土石等障礙物載離。
- (4) 恢復輔助區原有功能。
- (5) 二次災害防止

當邊坡地災害已獲得控制，且支援也已近完成，由於邊坡滑動或土石流於災害發生後初期穩定性仍不佳，往往因外力介入(如 雨水入滲、地震)，再次發生災害，或造成岩體強度弱化導致二次崩塌，當應在災害發生後儘速進行二次災害的防治工作。其重點內容包括：

- (1) 管線管控：電力、瓦斯及供水管線可能因邊坡災害而破壞，造成災害擴大或二次災害，因此應於災害發生後進行管線巡查、清理及管控。
- (2) 防止雨水持續擾動：邊坡土(岩)體之含水量過高，可能導致其剪力強度降低、岩體不連續面層間的摩擦力降低、側向壓力增加及持續沖蝕等不利條件，而導致二次崩塌。因此災害發生後應防止水滲入土(岩)體及坡面之張力裂縫，一般採用帆布覆蓋，並配合以皂土填補張力裂縫；並施作臨時截排水溝，將逕流截引至穩定區域排放。
- (3) 坡趾壓重：利用現地坍塌材料堆置於坡趾，必要時可填充於太空包內以增加其圍束，以增加坡趾側向支撐力，達到穩定邊坡避免邊坡再度滑動。

根據前述評估，東側邊坡於極端情況下發生崩塌，輔助區建築物遭受土石侵入，局部影響輔助區功能，此事件尚不涉及T 容器損壞或墜落等。災害發生時可保守採用管制區隔，由輻射防護人員陪同土石清理人員，進行輻射強度量測，確認無輻射影響後進行堆積土石清理工作，預期本事件對於廠界周邊環境無輻射劑量影響，對於土石清除工作人員亦無輻射劑量風險；廠區外民眾一般情況下不會進入本區活動，因此對一般民眾不會增加輻射劑量影響。

以上推估內容是基於東側邊坡面臨極端事件下的崩塌保守假設，若更保守假定土石崩塌量極大化，三號低貯庫遭土石掩埋，T 容器圍阻功能完整，廢棄物包件外表面入庫時已確認無放射性污染，故不會有放射性污染擴散問題，此時則先以警示圍籬區隔，避免人員誤入，再由輻射防護人員陪同清運人員，考量輻射作業環境下進行土石清運。

廠區外一般民眾不會進入本區活動，且發生本極端事件後台電公司將進行事件區域管制，故對一般民眾不會增加輻射劑量影響。

(四)洪水

三號低貯庫鄰近乾華溪里程 1K+209 m 處，若發生可能最大洪水(PMF)情況下，乾華溪水位高程將達 EL.+19.28 m。而在此里程處之堤防高程為 EL.+19.7 m，可保護三號低貯庫不受乾華溪洪水侵襲，且三號低貯庫貯存區、檢整區及輔助區入口高程為 EL.+21.9 m，皆高於乾華溪最大洪水高程。

針對洪水灌入，三號低貯庫除了車道僅略低最大可能洪水高程 3 cm 外，所有出入口高程皆高於最大可能洪水流量高程，貯存的廢棄物不會受到洪水影響(尚有 1.62 m 高度差)。另在梅雨或颱風季節，電廠會有防汛整備工作，並視情況停止人車作業，故不會危及貯存庫人員設備安全。針對洪水灌入情形，以重現期 200 年為檢核標準，三號低貯庫車道出入口高程為 EL.19.25m，車道並不會有淹水情形發生，而為防範超過設計基準之情形，參考台北捷運系統防水閘門設計，防水閘門之高度採重現期 200 年的水位絕對高程+1.1 m (EL.18.66m+1.1 m = EL.19.76m)，作為本案防洪高度需求，而本案車道出入口為高程為 EL.19.25m，因此保守考量防水閘門高度設計採用 0.7m。

另外，在運送作業執行前，若預期有颱風、狂風、豪雨等惡劣氣候狀況，將全面停止戶外運送作業，以避免發生洪水意外事件。

7.4.2 工作人員及民眾劑量評估

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，天然災害事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響，人為事件和火災事件的發生可能性則非常低。基於保守考量，仍假設在低貯庫運轉期間

可能發生一次人為事件或火災事件，並進一步分析對工作人員造成的輻射劑量其計算方式為：

$$\text{集體有效劑量} = (\text{容器特定距離之劑量率} + \text{作業空間平均劑量率}) \times \text{作業人數} \times \text{作業時間} \quad (7-9)$$

一、人為事件

考量的意外事件包括運送車輛事故、運貯設備失效或操作錯誤導致包件吊運時墜落，分別說明如下：

(一)運送車輛事故

運送車輛事故是以運輸車輛拖車頭碰撞損毀為較可能的情境。事件發生後，工作人員必須進行拖車頭吊離(作業時間共 0.5 hr)、板架吊正(作業時間共 0.5 hr)、拖車頭連接板架(作業時間共 0.25 hr)，並且有 1 位 HP 督導員全程管理輻射劑量，事件總處理時間為 1.25 hr。其中，吊具安裝人員在拖車頭吊離與板架吊正作業期間，完成吊具安裝(0.25 hr)後即離開作業現場避免輻射曝露。由於容器圍阻功能完整，工作人員的曝露途徑僅有體外直接輻射曝露。

依據工作人員的作業內容、時間和人數，計算工作人員之劑量如表 7.4-1 所示，整體運送車輛事故處理之總集體劑量為 7.31×10^{-2} man-mSv。

表 7.4-1 運送車輛事故之工作人員劑量評估

作業內容	作業人員	作業人數(人)	單項作業時間(小時)	與容器距離(m)	容器曝露劑量率(mSv/h)	合計劑量(man-mSv)
拖車頭吊離	吊車操作人員	1	0.5	10	6.08×10^{-3}	3.04×10^{-3}
	導引人員	2	0.5	10	6.08×10^{-3}	6.08×10^{-3}
	吊具安裝人員	2	0.25	10	6.08×10^{-3}	3.04×10^{-3}
板架	吊車操作人	1	0.5	5	2.24×10^{-2}	1.12×10^{-2}

作業內容	作業人員	作業人數(人)	單項作業時間(小時)	與容器距離(m)	容器曝露劑量率(mSv/h)	合計劑量(man-mSv)
吊正	員					
	導引人員	2	0.5	5	2.24×10^{-2}	2.24×10^{-2}
	吊具安裝人員	2	0.25	5	2.24×10^{-2}	1.12×10^{-2}
拖車頭 連接板架	駕駛	1	0.25	10	6.08×10^{-3}	1.52×10^{-3}
	導引人員	2	0.25	10	6.08×10^{-3}	3.04×10^{-3}
督導	HP 督導員	1	1.25	10	6.08×10^{-3}	7.60×10^{-3}
合計						7.31×10^{-2}

(二) 運貯設備失效或操作錯誤導致包件吊運時墜落

吊卸設備失效或操作錯誤較可能發生的情境為 T 容器停滯空中，事件發生後，工作人員必須進行設備維修。由於 T 容器圍阻功能完整，工作人員的曝露途徑僅有體外輻射曝露，曝露源包含吊運之 T 容器與吊車高度空間劑量。依據 T 容器停滯空中事故的發生位置，以及工作人員的作業內容、時間與人數，計算工作人員劑量如表 7.4-2，發生於裝檢整及卸載區之事故處理集體劑量為 2.99×10^{-2} man-mSv，若發生於貯存區則為 2.53×10^{-1} man-mSv。

表 7.4-2 包件停滯空中事故之工作人員劑量評估

發生位置	作業內容	作業人員	作業人數(人)	作業時間(hr)	與停滯空中容器最短距離(m)	容器曝露劑量率(mSv/h)	吊車高度空間平均劑量率(mSv/h)	集體劑量(man-mSv)
檢整及裝卸載區	吊車維修	設備維修人員	2	1	10	6.08×10^{-3}	8.88×10^{-3}	2.99×10^{-2}
貯存區	吊車維	設備維	2	1	5	2.24×10^{-2}	1.04×10^{-1}	2.53×10^{-1}

發生位置	作業內容	作業人員	作業人數(人)	作業時間(hr)	與停滯空中容器最短距離(m)	容器曝露劑量率(mSv/h)	吊車高度空間平均劑量率(mSv/h)	集體劑量(man-mSv)
	修	修人員						

雖以上述各項多重預防機制實不可能發生吊運作業墜落事件。如 T 容器在堆疊吊升過程中發生墜落，預期可能有下列兩種情形：

A. 容器無損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，改善後再執行吊運，預估人員在容器包封完整下，預估作業時間及劑量如下：

表 7.4-3 容器墜落(容器包封完整)之情形下預估人員作業時間及劑量表

工作人員	作業人數	作業時間(小時)	容器暴露劑量率(mSv/h)	集體劑量(man-mSv)
駕駛	1	0.7	0.00608	0.004256
吊車操作人員	1	0.7	0.0224	0.01568
導引人員	2	0.6	0.0224	0.02688
吊具安裝人員	2	0.25	0.355	0.1775
HP 督導員	1	1	0.00608	0.00608
合計				0.230396

B. 容器發現損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，在極端情況下，即使 T 容器損壞重裝，依除役計畫第十章輻射劑量評估及輻射防護措施之除役拆廠階段的低階放射性廢棄物處理在廠房內作業而言，其工作人時規劃，評估本項作業所造成之人員集體劑量約為 1.88×10^3 man-mSv，為廠房內作業全部分裝至三號低貯庫的 T 容器內

之劑量，而三號低貯庫共有 1,830 個，故對每個 T 容器重裝而言的劑量為 1.027 man-mSv ($1.88 \times 10^3 / 1,830$)，重裝後再加上回復的劑量如上述容器無損壞所述，故劑量為 $1.257(1.027 + 0.23) \text{ man-mSv}$ 。此外工作人員均會在程序書 D902 輻射防護標準的管制下，逐步對容器進行檢整修復、復原或再裝入新的箱子。

在以上之 A ,B 二種情況即使發生，因為墜落事件並不會影響貯庫建築物圍阻功能，故在貯庫包封完整的情況下，對外界民眾不會產生任何劑量影響。

二、火災事件

雖然三號低貯庫極不可能發生火災，但仍假設運輸車輛在運輸道路上或卸載區內，因柴油洩漏至地面並開始燃燒這二種火災事件進行分析。有關火災分析過程詳見 10.2 節之說明。在燃油火災時，假設柴油自油箱中心點洩漏並向四周擴散，200 L 柴油完全洩漏於地面上，其分布面積為 18.93 m^2 、高度為 1 cm。考慮在柴油的單位面積質量損失率為 $0.039 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$ 的情況時，火災的燃燒時間可持續 210 秒。火災分析結果顯示，在運輸道路火災狀況下，容器最高溫度為 34.6°C ，在三號低貯庫卸載區火災狀況下，位於貯存區之容器的最高溫度為 30.8°C 。容器的溫度上升幅度輕微，容器的圍阻功能不會受到影響。此外，三號低貯庫卸載區發生火災將使混凝土結構的溫度上升，最高可達 155.2°C ，仍在混凝土的容許溫度限值內，不會對設施的功能造成影響。

因此，發生火災事件時，容器與設施之功能並未受到損壞，但工作人員為處理火災事故可能導致輻射劑量增加。分別針對運輸車輛在運輸道路上和三號低貯庫卸載區發生火災等兩種情境，進行工作人員輻射劑量評估。

1. 運輸道路火災事件

運送廢棄物包件途中若發生火災，須先將火勢撲滅，確認安全無虞後，將廢棄物包件吊放至另一部運送車輛，繼續執行運送作業。事件發生後，工作人員必須進行滅火(作業時間共 0.25 hr)與吊放廢棄物包件(作業時間共 0.5 hr)，並且有 1 位 HP 督導員全程管理輻射劑量，事件總處理時間為 0.75 hr。其中，吊具安裝人員僅在吊放容器作業期間，完成吊具安裝(0.25 hr)後即離開作業現場避免輻射曝露。由於容器圍阻功能未受火災影響，工作人員的曝露途徑僅有體外輻射曝露。

依據工作人員的作業內容、時間和人數，計算工作人員之劑量如表 7.4-4，運輸道路火災事件處理之集體劑量為 4.87×10^{-1} man-mSv。

表 7.4-4 運輸道路火災事件之工作人員劑量評估

作業內容	作業人員	作業人數(人)	作業時間(小時)	與容器距離(m)	容器曝露劑量率(mSv/h)	集體劑量(man-mSv)
滅火	消防人員	5	0.25	1	2.15×10^{-1}	2.69×10^{-1}
容器吊放至另一部運輸車輛	駕駛	1	0.5	10	6.08×10^{-3}	3.04×10^{-3}
	吊車操作人員	1	0.5	5	2.24×10^{-2}	1.12×10^{-2}
	導引人員	2	0.5	5	2.24×10^{-2}	2.24×10^{-2}
	吊具安裝人員	2	0.25	0.3	3.55×10^{-1}	1.78×10^{-1}
督導	HP 督導員	1	0.75	10	6.08×10^{-3}	4.56×10^{-3}
合計						4.87×10^{-1}

2. 三號低貯庫卸載區火災事件

運送車輛開進三號低貯庫卸載區後若發生火災，須先將火勢撲滅，確認安全後，再繼續進行後續吊卸作業。由於容器圍阻功能未受火災影響，工作人員的曝露途徑僅有體外輻射曝露，曝露源包含廢棄物包件與作業空間劑量率。依據工作人員的作業內容、時間和人數計算工作人員之劑量如表 7.4-5，三號低貯庫卸載區火災事件處理之集體劑量為 2.70×10^{-1} man-mSv。

表 7.4-5 三號低貯庫卸載區火災事件之工作人員劑量評估

作業內容	作業人員	作業人數(人)	作業時間(hr)	與容器距離(m)	容器曝露劑量率(mSv/h)	作業空間平均劑量率(mSv/h)	集體劑量(man-mSv)
滅火	消防人員	5	0.25	1	2.15×10^{-1}	1.02×10^{-3}	2.70×10^{-1}

三、天然災害事件

(一) 地震

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，地震事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響，故對工作人員的輻射劑量不會造成影響。

(二) 海嘯

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，海嘯事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響，故對工作人員的輻射劑量不會造成影響。

(三) 坡地災害

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，即使東側邊坡面臨極端事件下的崩塌保守假設，三號低貯庫遭土石掩埋，T 容器圍阻功能完整，廢棄物包件外表面入庫時已確認無放射性污染，故不會有放射性污染擴散問題，再由輻射防護人員陪同清運人員進行土石清運，此清運作業依據核一廠除役計畫第 10 章「輻射劑量評估及輻射防護措施」，低放射性貯存庫設施對作業人員劑量之分析，估計坡地災害事件所需人員及時間(工作機具操作人員 10 名，導引人員 2 名，HP 督導員 1 名，作業約 72 小時)，其集體劑量為 9.36×10^{-1} man-mSv。

(四) 洪水

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，洪水事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響，故對工作人員的輻射劑量不會造成影響。

四、意外事件民眾劑量評估

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，天然災害事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響，對廠界外民眾有輻射影響的意外事件，是以發生於運輸道路上開放空間事件為主，僅有運送車輛事故以及運輸道路火災事件。發生於三號低貯庫內的意外事件，則因設施牆體具有輻射屏蔽功能，幾乎不會對廠界外民眾造成額外的體外輻射曝露劑量。

(一)運送車輛事故

運送車輛事故發生於廠內運輸道路，為排解事故將使廢棄物包件在道路上多停留 1.25 小時，廠界外民眾輻射劑量因而增加。由於容器圍阻功能完整，廠外民眾的曝露途徑僅有體外直接輻射曝露。

(二)運輸道路火災事件

當火災事件發生於運輸道路上，為排解事故將使容器在道路上多停留 0.75 小時，廠界外民眾輻射劑量因而增加。由於容器圍阻功能完整，廠外民眾的曝露途徑僅有體外直接輻射曝露。

綜前所述，以保留區邊界距離 250 m 作為民眾劑量保守考量，劑量分析結果如表 7.4-6，運送車輛事故對民眾造成的劑量影響為 5.33×10^{-6} mSv，而運輸道路火災事件對民眾造成的劑量影響為 3.20×10^{-6} mSv。

表 7.4-6 意外事件對民眾劑量影響

事故型態	曝露時間 (hr)	與容器距離 (m)	容器曝露劑量率 (mSv/h)	有效劑量 (mSv)
運送車輛事故	1.25	250	4.26×10^{-6}	5.33×10^{-6}
運輸道路火災事件	0.75	250	4.26×10^{-6}	3.20×10^{-6}

7.4.3 意外事件之預防設計或措施及應變措施

一、貯存設施之預防設計

(一)固定式吊車

固定式吊車之預防異常狀況或意外事故之設計彙整如表 7.4-7：

表 7.4-7 吊車預防異常狀況或意外事故之設計

編號	異常/意外事故模式	發生原因	對系統影響	已具備之預防/補償設計
1	喪失外電	喪失廠外電源且緊急柴油發電機尚未供電前	安全停車	固定式吊車煞車設計為失電時咬合，供電時釋放，可於失電時咬合安全停車
2	吊鉤脫鉤	吊鉤不預期與 T 容器電動吊具脫鉤	T 容器脫離	吊鉤雙邊皆設置壓片，可避免吊鉤與吊具脫鉤；T 容器電動吊具固定栓亦設有插鞘固定以防止脫落
3	T 容器碰撞	貯存區內搬運期間與其他 T 容器發生碰撞	T 容器因碰撞造成損傷	T 容器電動吊具四周配置雷射測距儀，當測得障礙物時，系統自動緊急停車，避免發生碰撞
4	地震防脫軌	運貯期間因地震發生可能造成吊車脫軌	吊車脫軌	地震防脫軌設計為在天車鞍座上設置共 4 處倒勾，在地震來時可防止天車脫軌。此設計不需額外動力去鎖軌道或夾軌道，就能防止晃動造成脫軌。

(二)T 容器自動吊具

自動吊具設置機械式扭鎖器防脫落裝置，當吊具吊運廢棄物包件時，只有當廢棄物包件底面完全放置於水平表面時，扭鎖器才能解鎖。

(三)空調系統

1. 管制區設置緊急排風系統，因緊急事故或停電導致管制區空調箱及氣冷式冰水機停止運轉時，在緊急電源啟動後，將開啟配置有活性碳過濾網和高效率濾網(HEPA)的專用排風機，以將管制區內之空氣過濾後再排放至室外。並於排風機出口段之風管內設置流程輻射偵測設備(PRM)，以確認所排放含有輻射物質的氣體是否已清除。如此，可維持管制區的送風量小於回風量，亦可避免受輻射污染之空氣直接排放戶外。
2. 設置自動排熱氣系統。在空調箱 HEPA 上游回風箱段安裝溫度偵測器，當溫度超過 58 °C 時，電動風門將關閉空調箱回

風管並關閉非清潔區用空調箱及冰水主機，將空氣經由排熱氣風機排放至室外。

(四)輻射防護

1. 設置 ARM

三號低貯庫共設置 3 個 ARM 以監測設施內之環境輻射狀態，ARM 布設位置與數量詳圖 7.4-3 與表 7.4-8。ARM 設定高輻射及高高輻射警報值，達到該數值會於現場及操作室發出警報，警示工作人員立即處理。

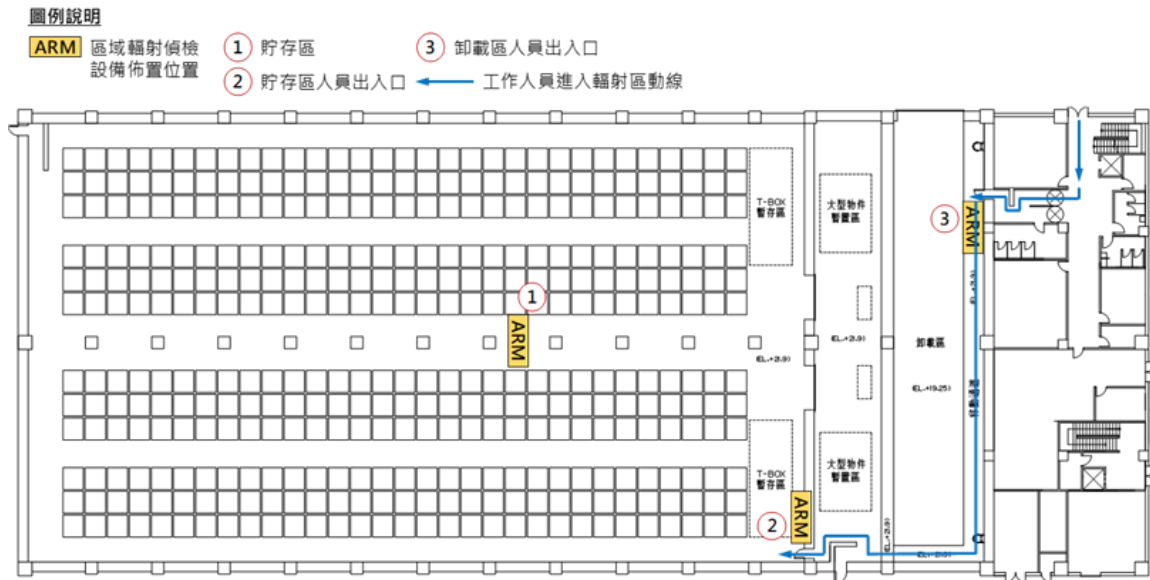


圖 7.4-3 ARM 佈置規劃

表 7.4-8 ARM 佈設位置

區域	ARM 數量	佈置原因
貯存區	1	劑量熱點
	1	檢整區進入貯存區人員動線
卸載區	1	輔助區進入裝卸載區人員動線

2. 設置 PRM

PRM 設備分為廢液 PRM 與廢氣 PRM，用於監測排入放射性廢液收集槽廢水與污染區空調循環之輻射污染狀態。廢液 PRM 安裝於與放射性廢液收集槽匯流管線處外側，廢氣 PRM 則安裝於非清潔區專用空調箱風管回風段和緊急排風機出口段風管內。

PRM 設定高輻射及高高輻射警報值，達到該數值會於現場及操作室發出警報，警示工作人員立即處理。設置位置與數量詳表 7.4-9，設置示意如圖 7.4-4 與圖 7.4-5。

表 7.4-9 PRM 佈設數量

PRM 類型	位置	數量
廢液 PRM	1 號放射性廢液收集槽	1
	2 號放射性廢液收集槽	
廢氣 PRM	管制區空調箱回風管	1
	緊急排風機出口段風管	

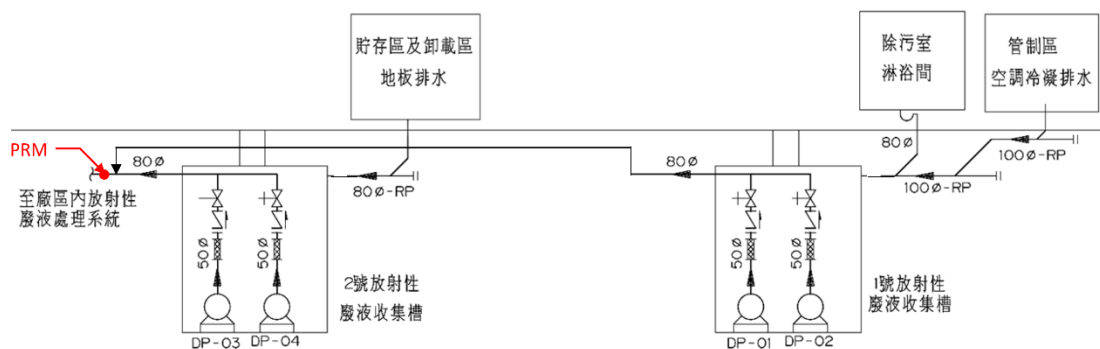


圖 7.4-4 廢液 PRM 佈置位置示意圖

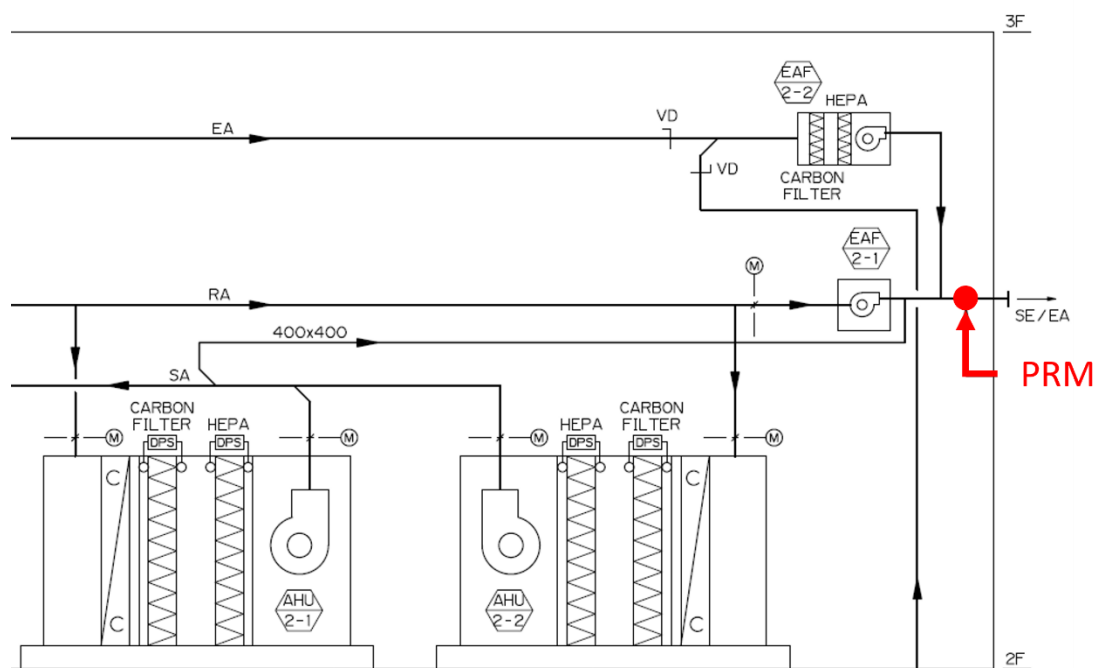


圖 7.4-5 廢氣 PRM 佈置位置示意圖

(五)電力系統

三號低貯庫庫內設有不斷電系統(UPS)，提供輻射監測系統、CCTV 及中央監控系統之資料在斷電時不致流失，並可使電腦在下次啟動時，自動銜接此未完成之工作，使系統運轉順暢。惟不斷電系統僅能使低貯庫內相關電腦在斷電時迅速做好資料保護及存檔的動作，並無法轉動相關機械設備，故低貯庫內另備有緊急柴油發電機，在瞬間停電後緊急啟動，供電範圍包括外氣空調箱、排熱氣系統、消防設備、通風設備、固定式吊車、屏蔽門、電梯。

二、貯存設備之應變措施

貯存設備在前述預防設計下不會發生 T 容器墜落事件，極端情境下 T 容器發生墜落事件，預期可能有下列二種情形：

- A. 容器無損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，改善後再執行吊運回復原狀。
- B. 容器發現損壞，先停止工作拉起管制範圍，查明掉落肇因為何，逐步對容器進行檢整修復、復原或再裝入新的箱子。

三、天然災害之預防及應變措施

(一)地震

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，地震事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響。

(二)海嘯

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，海嘯事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響。

(三)坡地災害

1. 預防設計

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，為確保三號低貯庫東側邊坡穩定性的即時掌握，對於東側邊坡的水位高程及是否發生傾斜滑動狀況，台電公司自低貯庫興建工程施工開始，依安全分析報告中所承諾設置「東側邊坡坡面穩定監測系統」監測，如圖 7.4-2 所示，針對 ST-15、ST-16、新設水位觀測井(40m)、新設水位觀測井(70m)、新設地層傾度管(40m)、新設地層傾度管(70m)等六孔進行水位及傾斜監測，根據監測系統的觀測資料，作為設施營運期間坡面是否穩定的依據，以確保設施的安全，並防範邊坡災害於未然。

2. 應變措施

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，即使東側邊坡面臨極端事件下的崩塌保守假設，三號低貯庫遭土石掩埋，T 容器圍阻功能完整，廢棄物包件外表面入庫時已確認無放射性污染，故不會有放射性污染擴散問題，再由輻射防護人員陪同清運人員進行土石清運。

(四)洪水

依據 7.4.1 節的意外事件分析結果可知，洪水事件不會對設施的功能或運貯作業造成影響。

7.5 安全評估結果之檢核分析

三號低貯庫安全評估結果之設計基準檢核與法規檢核表分析如表 7.5-1 與表 7.5-2，檢核結果皆符合設計基準與法規對於劑量之要求。

表 7.5-1 安全評估結果設計基準檢核分析

設計基準	三號低貯庫安全評估結果	檢核結果
貯存設施天花板與輔助區劑量限值 5.0×10^{-3} mSv/h	1 貯存設施天花板外最大劑量 3.51×10^{-3} mSv/h(來源為附件 3-3 屏蔽分析計算書)。 2. 輔助區最大劑量 1.01×10^{-7} mSv/h。(來源為附件 3-3 屏蔽分析計算書)	符合設計基準
每年劑量 0.05 mSv/y	每年最大劑量為 7.05×10^{-4} mSv。	符合設計基準

表 7.5-2 安全評估結果法規檢核分析

條文	條文內容	三號低貯庫安全評估結果	檢核結果
放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則			
第 14 條	貯存設施之輻射防護設計，準用第五條第一項規定。	廠界最大年劑量為 7.05×10^{-4} mSv，低於法規「設施外一般人所造成之個人年有效劑量，不得超過 0.25 mSv」之劑量限值。	符合法規
游離輻射防護安全標準			
第 7 條	1.輻射工作人員職業曝露之劑量限度，依下列規定： 一、每連續五年週期之有效劑量不得超過一百毫西弗，且任何單一年內之有效劑量不得超過五十毫西弗。 二、眼球水晶體之等價劑量於一年內不得超過一百五十毫西弗。 三、皮膚或四肢之等價劑量於一年內不得超過五百毫西弗。 2.前項第一款五年週期，自民國九十二年一月一日起算。	正常運轉作業，各項操作人員年劑量評估結果如下： 一、運送期間 運送駕駛員(1 名)為 1.28×10^{-1} mSv/y、 運送 HP 督導員(1 名)為 3.90×10^{-2} mSv/y。 二、貯存區巡檢 貯存區例行性巡檢人員(1 名)為 0.88 mSv/y。 三、卸載區接收檢查作業 T 容器接收擦拭檢查員(1 名)為 6.52 mSv/y、T 容器輻射偵檢員(1 名)為 13.04 mSv/y。 四、吊車例行性檢修 吊車檢修人員(1 名)為 1.6 mSv/y。 五、輔助區作業 輔助區工作人員(1 名)為 1.68×10^{-5} mSv/y。 各項作業劑量評估結果，低於法規「每連續五年週期之有效劑量不得超過 100 mSv，且任何單一年內之有效劑量不得超過 50 mSv」之劑量限值。	符合法規

7.6 設施安全評估佐證文件

三號低貯庫結構計算書詳附件 3。

本頁空白。