

放射性廢棄物最終處置應變方案(集中式貯存)

推行初步規劃書

(106 年)

(定稿本)



台灣電力公司

中華民國一〇六年三月

目錄

摘要

第一章 規劃背景	1
1.1 規劃緣起	1
1.2 放射性廢棄物管理相關計畫推動狀況	1
1.3 放射性廢棄物最終處置應變方案策略目標研擬	5
1.4 集中式貯存場之放射性廢棄物貯存種類、數量及推動時程	6
1.4.1 貯存數量及種類	6
1.4.2 推動時程	11
1.5 集中式貯存場址評選程序建議	17
1.5.1 選址機制初步規劃	17
1.5.2 場址條件需求	21
第二章 經濟可行性	22
2.1 產業	22
2.2 市場	22
2.3 行銷	22
第三章 工程規劃	23
3.1 技術	23
3.1.1 用過核子燃料乾式貯存設施型式介紹	23
3.1.2 用過核子燃料乾式貯存設施比較	29
3.2 設計	41
3.2.1 集中式貯存場規劃	41
3.2.2 設施設計準則	46
3.2.3 設施設計概念	55
3.3 集中式貯存場保安與保防規劃	76
3.3.1 集中式貯存場保防規劃	76
3.3.2 集中式貯存場保安規劃	80
3.4 施工	84
3.4.1 工程地點說明	84
3.4.2 施工工法	84
3.4.3 施工材料來源	86
3.4.4 施工機具設備能量與人員需求	87

3.4.5 預定施工進度	88
3.5 營運.....	90
3.5.1 放射性廢棄物運輸規劃	90
3.5.2 用過核子燃料貯存設施營運規劃	107
3.5.3 低放射性廢棄物貯存設施營運規劃	112
3.5.4 人力與公用系統需求	113
3.5.5 營運輻射防護安全	118
3.5.6 設施除役規劃	120
3.6 勞工安全衛生	122
3.7 替代方案	123
第四章 環境接受性	125
4.1 環境背景	125
4.1.1 工程地點有關之氣象、水文、空氣及生態環境	125
4.1.2 工程地點及鄰近地區之交通狀況、人文環境及文化遺址	129
4.2 污染防治	131
4.2.1 與本規劃(工程地點)有關各項污染源之政府最新環保標準 (含總量)及研議中之最新環保標準	131
4.2.2 既有之各項污染源、排放量、防治設施、處理能量及成效	132
4.2.3 本規劃施工及營運間可能產生之各項污染源、排放量、防治 設施、處理能量及成效	132
4.2.4 營運期間之每年污染防治成本	132
4.3 減廢及資源再利用	133
4.3.1 本規劃施工及營運期間對工業減廢擬採措施及預計成效	133
4.3.2 本規劃施工及營運期間對資源再利用擬採措施及預計成效	134
4.4 施工及營運期間對工程地點及鄰近地區交通之影響	134
4.4.1 施工期間	134
4.4.2 營運期間	134
4.5 與地方社經發展及政府土地政策之配合	135
4.5.1 工程地點鄰近地區之主要經濟、社會活動及未來發展趨勢	135
4.5.2 工程地點及鄰近地區之都市計畫及非都市土地使用編定	135
4.6 民情反應	135

4.6.1 地方民眾	135
4.6.2 社區及其他社會團體	135
4.6.3 地方政府及民意機關	136
4.7 小結.....	136
第五章 財務分析與規劃	137
5.1 事業長期財務預測	137
5.2 事業財務管理策略	137
5.3 事業資金調度計畫	138
5.4 資金來源	138
5.5 估價基礎及總成本	138
5.6 分年資金運用	153
5.7 償債計畫	153
第六章 計畫成本及效益	156
6.1 總成本.....	156
6.2 直接效益	156
第七章 外部成本及效益	160
7.1 外部成本	160
7.2 外部效益	161
7.2.1 經濟效益	161
7.2.2 非經濟效益	162
7.3 分散與集中貯存經濟效益評估	162
第八章 風險分析	163
8.1 經濟性風險	163
8.2 非經濟性風險	163
第九章 風險管理	165
9.1 風險管理對策	165
9.2 應變方案	166
第十章 結論與建議	167
10.1 結論.....	167
10.2 建議.....	168

表目錄

表 1.2-1	核能電廠低放射性廢棄物貯存設施之剩餘容量表.....	4
表 1.4.1-1	我國用過核子燃料預估數量.....	7
表 1.4.1-2	核一、二、三廠以及蘭嶼貯存場運轉廢棄物預估數量....	8
表 1.4.1-3	電廠除役廢棄物預估數量.....	9
表 1.4.1-4	低放射性廢棄物容器規格表.....	10
表 1.4.2-1	推動時程表(1/3).....	14
表 1.4.2-1	推動時程表(2/3).....	15
表 1.4.2-1	推動時程表(3/3).....	16
表 3.2.1-1	集中式貯存場主要設施一覽表.....	42
表 3.2.3-1	低放射性廢棄物貯存單元尺寸規劃.....	65
表 3.2.3-2	低放射性廢棄物貯存單元需求量.....	65
表 3.2.3-3	低放射性廢棄物貯存設施輻射劑量率分析.....	69
表 3.2.3-4	碼頭長度參考值.....	70
表 3.4.4-1	工程施工能量及人員機具設備需求.....	88
表 3.4.5-1	集中式貯存場施工期程表.....	89
表 3.5.1-1	INF-Code 船舶分級.....	91
表 3.5.1-2	各電廠及蘭嶼貯存場低放射性廢棄物年運量估算表.....	98
表 3.5.1-3	各電廠用過核子燃料年運量統計估算表.....	99
表 3.5.1-4	各電廠與蘭嶼貯存場出運碼頭等待及船舶航行時間....	102
表 3.5.1-5	集中式貯存場接收碼頭尖峰年平均等待時間.....	102
表 3.5.1-6	各電廠及蘭嶼貯存場專用碼頭狀況表.....	103
表 4.2.3-1	施工及營運間可能產生之各項污染源處理成效表.....	132
表 5-1	離島費用調整係數彙整表.....	139
表 5-2	營造工程物價指數彙整表.....	140
表 5-3	離島地區比較標的及價格調整一覽表.....	143
表 5-4	近年國內土地之地價指數彙整表.....	144
表 5-5	本規劃開發建設經費概估總表.....	147
表 5-6	申請變更編定及施工許可作業費用估算表.....	148
表 5-7	設計作業費用估算表.....	149
表 5-8	土地費用估算表.....	149
表 5-9	開發工程費用估算表.....	150

表 5-10	集中式貯存場營運 40 年費用估算表	151
表 5-11	集中式貯存場除役費用估算表	152
表 5-12	集中式貯存場不同型式開發費用比較估算表	152
表 5-13	本規劃開發建設成本分年經費表	154
表 5-13	本規劃開發建設成本分年經費表(續)	155
表 6-1	用過核子燃料乾式貯存設施內部效益比較	158
表 6-2	低放射性廢棄物貯存設施內部效益比較	159

圖目錄

圖 1.4.2-1	公民參與選址流程初步規劃架構.....	12
圖 1.5.1-1	公民參與平台初步執行流程架構.....	20
圖 3.1.1-1	美國 Surry 電廠金屬護箱露天貯存設施.....	24
圖 3.1.1-2	金屬護箱室內貯存通風設計示意圖.....	25
圖 3.1.1-3	德國 Gorleben 集中式貯存場金屬護箱室內貯存.....	25
圖 3.1.1-4	美國 Yankee 電廠混凝土護箱露天貯存設施.....	26
圖 3.1.1-5	FSV 混凝土貯存窖示意圖.....	27
圖 3.1.1-6	密封鋼筒混凝土貯存窖示意圖.....	28
圖 3.1.1-7	混凝土模組型式示意圖.....	29
圖 3.1.1-8	混凝土模組型式熱移除示意圖.....	29
圖 3.1.2-1	臨界安全設計示意圖.....	30
圖 3.1.2-2	用過核子燃料貯存窖剖面示意圖.....	33
圖 3.1.2-3	單一密封上蓋金屬護箱密封設計示意圖.....	35
圖 3.1.2-4	多密封上蓋金屬護箱密封設計示意圖.....	36
圖 3.1.2-5	密封鋼筒密封設計.....	37
圖 3.2.1-1	集中式貯存場平面佈置規劃圖.....	46
圖 3.2.3-1	金屬護箱室內貯存設施模組單元示意圖.....	56
圖 3.2.3-2	金屬護箱室內貯存設施布置示意圖.....	56
圖 3.2.3-3	密封鋼筒混凝土貯存窖模組單元示意圖.....	58
圖 3.2.3-4	集中式貯存場設計布置圖(金屬護箱貯存設施).....	58
圖 3.2.3-5	密封鋼筒混凝土貯存窖模組單元示意圖.....	61
圖 3.2.3-6	密封鋼筒混凝土貯存窖布置示意圖.....	62
圖 3.2.3-7	集中式貯存場設計布置圖(混凝土窖貯存設施).....	63
圖 3.2.3-8	55 加侖桶/3×4 重裝容器貯存單元平面示意圖(1F~4F)...	66
圖 3.2.3-9	3 m ³ 鋼箱貯存單元平面示意圖(B1F).....	66
圖 3.2.3-10	7 m ³ 鋼箱及 20 呎半高貨櫃貯存單元平面示意圖.....	67
圖 3.2.3-11	B-25 鋼箱貯存單元平面示意圖.....	67
圖 3.2.3-12	低放射性廢棄物貯存設施布置示意圖.....	68
圖 3.2.3-13	集中式貯存場碼頭及海堤平面佈置示意圖.....	70
圖 3.3.1-1	集中式貯存場之物料平衡區和關鍵量測點示意圖.....	78
圖 3.3.1-2	IAEA 的封緘裝置.....	79

圖 3.3.1-3	IAEA 的影像監控系統	79
圖 3.3.1-4	IAEA 的貯存中用過核子燃料之查驗設備	80
圖 3.3.2-1	集中式貯存場之保安規劃	82
圖 3.4.2-1	合成式沉箱堤施工程序	86
圖 3.5.1-1	電光一號示意圖	91
圖 3.5.1-2	運輸護箱安全要求	92
圖 3.5.1-3	高放射性廢棄物運輸護箱示意圖	93
圖 3.5.1-4	高放射性廢棄物運輸車輛示意圖	94
圖 3.5.1-5	200 公噸吊車作業半徑吊掛載重對照圖	95
圖 3.5.1-6	門型起重機/吊車示意圖	96
圖 3.5.1-7	各電廠及蘭嶼貯存場放射性廢棄物年運量分布圖	99
圖 3.5.2-1	用過核子燃料乾式貯存-金屬護箱室內貯存設施運作流程	107
圖 3.5.2-2	用過核子燃料乾式貯存-密封鋼筒混凝土貯存窖運作流程	109
圖 3.5.4-1	集中式貯存場組織架構圖	113
圖 4.1.1-1	影響臺灣地區颱風路徑分類圖(1911—2015 年)	127
圖 4.1.2-1	場址土地使用概念示意圖	130

摘 要

一、興辦本規劃之必要性

主管機關行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)考量低放射性廢棄物最終處置設施選址作業可能受到政治、社會、環境及地方民意等變數的影響，導致選址作業未能順利進行，故於 103 年 1 月 17 日以會物字第 1030001280 號函請經濟部督導台灣電力股份有限公司(以下簡稱台電公司)，就低放最終處置計畫提出替代/應變方案(集中式貯存設施規劃)。

又，原能會於 102 年 8 月 22 日「放射性物料臨時管制會議」，請台電公司於用過核子燃料最終處置計畫第二階段「候選場址評選與核定階段」結束時，若無法依時程順利提出候選場址，應啟動集中式乾式貯存設施計畫。

台電公司依據主管機關原能會之行政指導，並參考國際上使用核能發電國家如荷蘭、瑞士、比利時等國，其放射性廢棄物最終處置營運即採「先經集中貯存後再進行最終處置」的策略，推動興建一座放射性廢棄物集中式貯存場，用以集中貯存用過核子燃料及低放射性廢棄物，並俟未來銜接最終處置。

二、規劃目的與概要

(一)規劃目的

台電公司依據主管機關原能會之行政指導，並考量我國目前放射性廢棄物相關管理政策與作業推動現況，擬定推動集中式貯存場作為最終處置之應變方案，並研擬推動策略目標如下：

- 1.應變方案規劃內容，除主管機關原能會要求就低放射性廢棄物最終處置計畫提出之替代/應變方案外，亦納入用過核子燃料之集中式乾式貯存設施計畫。集中式貯存場以可同時容納

核一、二、三廠與蘭嶼貯存場之運轉與除役作業所可能產生之全數放射性廢棄物為規劃目標。

- 2.為確保放射性廢棄物貯存安全，以及創造更多可尋求放射性廢棄物最終處置設施選址社會共識所需之時間，集中式貯存場建議採用 100 年設計年限，但初步規劃營運 40 年，未來可視實際執行需要再作調整，確保貯存設施可銜接最終處置設施營運。
- 3.初步建議未來選址權責機關辦理後續選址作業時，應依據「公正的組織體」、「公開的民眾參與」及「客觀的標準」等三項原則，於辦理後續選址作業時須納入公民參與機制，以凝聚社會對推動此應變方案之共識。
- 4.關於場址，台電公司初步建議可考量選擇對於社會與政治層面擾動較小、環境保護與民眾接受度衝擊較低，且未來發展潛力亦較低之地區，於其上興建集中式貯存場。期能藉由設施工程設計達到放射性廢棄物貯存之安全管理需求，並將鄰避效應降至最低。
- 5.為呼應蘭嶼地方民眾及民間團體長期訴求，規劃於集中式貯存場開始營運後，即可著手進行蘭嶼貯存場遷場作業。
- 6.本規劃若順利推動，除能達成全數容納 3 座核能電廠之放射性廢棄物外，預期可使除役後之核電廠土地完全釋出再利用，或可免除民眾對目前核一、二廠正興建的放射性廢棄物貯存設施會成為最終處置場之疑慮，與降低核電廠除役計畫推動阻力等，將有助於放射性廢棄物相關管理與作業之推動。

(二)規劃內容

本規劃內容為建議考量選擇對於環境保護與民眾接受度衝擊較低，且未來發展潛力亦較低之地區，於其上興建集中式貯存場。場內設施初步規劃包含：室內型用過核子燃料貯存設施、低放廢棄物貯存設施、接收港、檢查大樓、接收大樓、行政大

樓、海水淡化機房、柴油發電機房、生活大樓、維修廠及消防中心、車庫及倉庫等。

(三)計畫期間

本規劃因屬應變性質，故計畫期程將採彈性浮動方式進行規劃。為使本規劃之場址遴選符合社會公開客觀之期待，因此建議納入公民參與機制，廣納社會大眾對於場址、設施及回饋方案等部分的意見，凝聚出共識後始開始正式書面申請流程。

因選址階段之公民參與及凝聚社會共識所需時間較難估計，本規劃暫定選址階段結束時間為集中式貯存推動後之第 N 年；取得共識後之行政申請及土地取得作業流程預計需時 6 年，故本階段之結束時間為第 $N+6$ 年；申請獲得核准後，始進行工程發包及興建作業，綜合考量各種因素，保守估計需時 10 年，故在第 $N+16$ 年應可完成本規劃設施興建。

(四)工程地點

本應變方案之工程地點即為集中式貯存場址，而場址之遴選建議須納入公民參與機制，使社會大眾充分表達民意並凝聚共識，爾後再由選址權責機關依據其專業判斷與社會共識，提出場址。因此，本規劃之工程地點現階段仍屬未定，各項評估暫以虛擬場址進行。

(五)工程技術來源及需求

集中式貯存場內包含用過核子燃料貯存設施、低放射性廢棄物貯存設施以及相關輔助設施。目前我國各核能電廠皆設有低放射性廢棄物貯存設施，已具備相關技術與經驗可供本規劃採用；針對用過核子燃料之中期貯存，規劃採用不需水池循環冷卻的乾式貯存系統，國際常用之乾式貯存系統可概分金屬護箱、混凝土窖、混凝土護箱及混凝土模組 4 類。不論前述何種乾式貯存系統，其安全設計皆須符合相關安全驗證與認證，以確保用過核子燃料運輸與貯存期間的安全。

(六)工期及人力

集中式貯存場之施工分項內容包括碼頭區工程、填地工程及陸上相關設施建造工程等，考量台灣地區冬季易受東北季風影響，海上風浪顯著影響船隻作業，因此所有相關於海上之作業事項皆安排在每年夏季，總施工期間保守估計為 10 年。

為使集中式貯存場在運轉期間，能順利進行用過核子燃料與低放射性廢棄物的接收、檢查與貯存作業。集中式貯存場設置場長 1 人，以及運貯副場長、維管副場長共 2 人。其下再依功能需求，分為運貯組、運轉組、維護組、管理組、輻防保安組、環保工安品質等 6 組，整個貯存場運轉期間所需人力共 126 人，若考量人員輪值與休假時所需之調度人力，則需再增加 26 名人力。

(七)土地需求及來源

本規劃包含用過核子燃料貯存區、低放射性廢棄物貯存區以及輔助設施區，考量主要貯存設施、輔助區、港灣以及保安保防所需用地等需求後，概估需用土地約需 26 公頃。然工程地點目前仍屬未定，其土地來源將俟場址確定後，再進行相關土地取得之評估。

(八)環境影響

集中式貯存場主要收受放射性廢棄物，因此在污染防治部分，除一般性之污染防治外，亦需考量輻射污染防護，因此本規劃將分為兩部分進行描述，相關說明如下。

1.輻射防護

(1)施工期間：施工期間將不會有放射性廢棄物運置場址內存放，故暫無相關輻射污染。

(2)營運期間：設施營運期間所產生之輻射，皆可於安全防護措施下符合法規標準。

2.各項污染源

依照集中式貯存場概念設計內容，初步分析可能產出主要污染源以施工廢水、施工期間工人與營運期間貯存場員工之生活污水為主。均可透過相對應之預防及改善措施，減少施工及營運期間可能造成之污染。

(九)設備使用壽年

集中式貯存場建議採用 100 年設計年限，初步規劃營運 40 年，視實際執行需要再作調整，並視需求再行調整延長。

(十)總成本及預算額度

本規劃之總成本達新臺幣 829 億 5,566 萬元，其中包含開發建設經費新臺幣 602 億 1,126 萬元、營運費用新臺幣 182 億 640 萬元、除役費用新臺幣 10 億 3,800 萬元及外部成本(回饋與補償(安置)方案)約需新臺幣 35 億元(此部分為暫估值)。依本規劃設施屬性，其投資金額應屬「核能發電後端營運基金收支保管及運用辦法」之支用範圍。惟本規劃為應變方案，未來若奉准執行，部分既定推動之貯存設施將不再需要興建，屆時建議或可重新檢討核能後端營運總費用估算，用以確定基金分配使用，以及是否需增加基金財源等事宜。

(十一)資金來源及資金成本率

本規劃之資金來源由「核能發電後端營運基金」支應，故無資金成本率之考量。有關本規劃所需預算，台電公司將依政府年度預算作業之規定，提報工作計畫與預算書，先經核能發電後端營運基金管理會核定後，併同經濟部附屬單位年度預算書，陳報行政院轉立法院審查通過後始能動支。

(十二)內部效益與總成本

本規劃之總成本共計新臺幣 829 億 5,566 萬元；另，本規劃屬放射性廢棄物最終處置之應變方案，其主要係為解決核一、二、三廠以及蘭嶼貯存場運轉與除役後產生之用過核子燃料、低放射性廢棄物進行處置前之貯存議題，並無直接營利效益，

集中式貯存之內部直接效益主要來自相對於分散式貯存所減少之設施興建成本與營運成本。

(十三)外部效益及成本

外部成本部分，依本規劃之興辦事業屬性，未來如需取得私有土地，亦將依相關規定進行補償、回饋及安置事宜。本規劃建議另以專案提出回饋與補償(安置)方案，並參考國內過去土地開發或公共工程建設之相關案例，以較保守之情境進行初步估算，則回饋與補償(安置)方案費用約需新臺幣 35 億元。至於施工階段所造成之環境衝擊，皆將透過工程手段或是其它措施將環境衝擊降至最低。外部效益部分，若實施本規劃，預期將可帶動我國相關產業發展；另，各設施除役後釋出之土地，及原規劃作為貯存設施之土地可視實際發展需求，進行土地再利用規劃。整體而言，本規劃存有外部效益。

(十四)風險分析與管理

本規劃為應變方案，未來若奉准執行，部分既定推動之貯存設施將不再需要興建，屆時建議或可重新檢討核能後端營運總費用估算，用以確定基金分配使用，以及是否需增加基金財源等事宜。

(十五)結論

本規劃定位為最終處置計畫無法順利推動時之應變方案，其主要目的在於提供用過核子燃料與低放射性廢棄物之中期貯存，以順利銜接最終處置設施。有關集中式貯存至最終處置場方案之銜接方案，初步評估後將可能有兩種情境，說明如下：

情境一，最終處置場與集中式貯存場同場址。於此情境下放射性廢棄物不須再次運輸至最終處置場，因此可撙節放射性廢棄物再次運輸之費用。惟於此情境下，集中式貯存場選址階段時，即須納入最終處置選址之相關考量，在資訊透明公開之原則下，恐有招致民眾反對之風險；且若依現行法規，低放處

R1

置選址須辦理地方公投，故屆時集中式貯存場址能否轉為最終處置場址仍存在變數，須視公投結果而定。

情境二，最終處置場與集中式貯存場屬不同場址。於此情境下放射性廢棄物須再次運輸，因此將增加運輸至最終處置場之運輸費用。原集中式貯存場之全部設施則將進行除役。經初步評估後，於此情境下集中式貯存場與最終處置場址脫鉤，較能透過公眾溝通爭取民眾對於場址達成共識，風險較低。

R1

第一章 規劃背景

1.1 規劃緣起

主管機關行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)考量低放射性廢棄物最終處置設施選址作業可能受到政治、社會、環境及地方民意等變數的影響，導致選址作業未能順利進行，故於 103 年 1 月 17 日以會物字第 1030001280 號函請經濟部督導台灣電力股份有限公司(以下簡稱台電公司)，就低放最終處置計畫提出替代/應變方案(集中式貯存設施規劃)。

又，原能會於 102 年 8 月 22 日「放射性物料臨時管制會議」，請台電公司於用過核子燃料最終處置計畫第二階段「候選場址評選與核定階段」結束時，若無法依時程順利提出候選場址，應啟動集中式乾式貯存設施計畫。

台電公司依據主管機關原能會之行政指導，並參考國際上使用核能發電國家如荷蘭、瑞士、比利時等國，其放射性廢棄物最終處置營運即採「先經集中貯存後再進行最終處置」的策略，推動興建一座放射性廢棄物集中式貯存場，用以集中貯存用過核子燃料及低放射性廢棄物，並俟未來銜接最終處置。

1.2 放射性廢棄物管理相關計畫推動狀況

為安全管理放射性廢棄物，無論是用過核子燃料或是低放射性廢棄物，應就放射性廢棄物之貯存妥善規劃，以期未來無縫接軌最終處置。推動中之放射性廢棄物管理計畫包含：用過核子燃料最終處置計畫、核一廠用過核子燃料乾式貯存設施計畫、核二廠用過核子燃料乾式貯存設施計畫與低放射性廢棄物最終處置計畫。各自計畫均因其為放射性廢棄物管理設施之鄰避特性，於計畫推動時遭遇不同之政治、社會、環境及地方民意等變數影響。

放射性廢棄物管理推動現況說明如下：

一、用過核子燃料最終處置計畫推動現況

依據民國 91 年 12 月頒布施行之「放射性物料管理法」及其施行細則，台電公司針對核能電廠產生的用過核子燃料，擬訂「用過核子燃料最終處置計畫書」，並於民國 95 年 7 月獲原能會核定，預計於 128 年選定場址，144 年展開處置。而我國推動用過核子燃料最終處置參考國外經驗後，各階段目標與時程如下：(一)「潛在處置母岩特性調查與評估」(93-106)；(二)「候選場址評選與核定」(107-117)；(三)「場址詳細調查與試驗」(118-127)；(四)「處置場設計與安全分析評估」(128-133)；及(五)「處置場建造」(134-144)，預計於 144 年開始接收用過核子燃料進行最終處置。

據此時程規劃，用過核子燃料需有中期貯存設施以滿足銜接電廠除役與處置場營運間之貯存需求，目前規劃將用過核子燃料貯存於電廠內之乾式貯存設施。依台電公司民國 98 年所提初步技術可行性評估報告顯示，國內潛在的處置母岩以花崗岩最具可行性。台電公司原規劃進一步進行地質調查研究，惟因遭遇地方民眾之抗爭，現場之地質鑽探等工作皆受阻而停止。

二、核一廠用過核子燃料乾式貯存設施計畫推動現況

核一廠第一期用過核子燃料乾式貯存設施場址位於核一廠廠區內西南方乾華溪下游左岸之空地(約 0.45 公頃)，平均高程約為海拔 24 公尺。規劃設置 30 組混凝土護箱，每組護箱承裝 56 束用過核子燃料，共計可貯存 1,680 束之用過核子燃料。另需推動核一廠第二期用過核子燃料乾式貯存設施，方能貯存核一廠至除役後所產生之用過核子燃料總數量。

核一廠第一期乾式貯存計畫安全分析報告已於 97 年 1 月 21 日獲原能會審查通過。混凝土基座及其附屬設備部分已於 102 年 2 月完工。貯存、吊運及相關輔助設備於 103 年 9 月建置完成。

101 年 6 月開始執行第一階段試運轉作業(整體功能驗證)，並於 101 年 11 月 14 日完成第一階段試運轉作業，102 年 3 月 8

日函送「試運轉設施整體功能驗證報告」予原能會審查，102 年 9 月 24 日第一階段試運轉作業之「整體功能驗證報告」獲原能會審核通過，准予本案進行第二階段試運轉作業(熱測試)。然由於新北市政府尚未核發「水土保持完工證明」，致無法執行其第二階段試運轉（熱測試）作業。

三、核二廠用過核子燃料乾式貯存設施計畫推動現況

核二廠第一期用過核子燃料乾式貯存設施場址位於核二廠廠區內北方空地(約 0.84 公頃)。規劃設置 27 組混凝土護箱，每組護箱承裝 87 束用過核子燃料，共計可貯存 2,349 束用過核子燃料。另需推動核二廠第二期用過核子燃料乾式貯存設施，方能貯存核二廠至除役後所產生之用過核子燃料總數量。

103 年 12 月 3 日原能會以會物三字第 1030003076 號函同意台電公司「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」修正版審查意見結果之回覆說明，並要求依審查意見及台電公司承諾事項，修正安全分析報告與對照表送原能會核備。後於 104 年 8 月 7 日原能會核發建造執照，農委會於 105 年 2 月 2 日核發「水土保持施工許可」。目前新北市尚未核准「逕流廢水污染削減計畫」。

四、核三廠用過核子燃料乾式貯存設施現況說明

由於核三廠之用過核子燃料池可容納其 40 年發電所產生之用過核子燃料束總量，故目前尚無推動乾式貯存設施之計畫。惟基於既定放射性廢棄物貯存管理策略，應於核三廠推動除役計畫時，於核三廠廠區內規劃並興建其所需之乾式貯存設施，方可銜接用過核子燃料最終處置。

五、低放射性廢棄物最終處置計畫推動現況

經濟部於民國 101 年 7 月 3 日核定公告「臺東縣達仁鄉」與「金門縣烏坵鄉」為低放射性廢棄物最終處置設施之「建議候選場址」，並於該年 8 月 17 日函請金門、臺東縣政府接受協助辦

理地方性公民投票選務工作，惟該 2 縣政府均予婉拒，經持續溝通迄今仍未獲同意。

六、核能電廠低放射性廢棄物貯存設施現況說明

我國 3 座核能電廠現有之低放廢棄物貯存設施於 104 年底之剩餘容量如表 1.2-1 所列。雖 3 座核能電廠低放射性廢棄物貯存設施尚有剩餘容量，但在低放射性廢棄物處置場(以下簡稱低放處置場)無法銜接除役作業的狀況下，3 座核能電廠之既有剩餘容量，無法滿足除役作業將產生之低放射性廢棄物相當於 30.2 萬桶 55 加侖桶體積之總量需求。故於核一廠除役計畫中，已規劃興建低放射性廢棄物貯存設施，以因應未來除役工作所產生之新增低放射性廢棄物貯存需求，待低放處置場營運後，再自各貯存設施移至低放處置場。同樣的，核二廠與核三廠在低放處置場未營運前，亦須於除役計畫時規劃其所需之低放射性廢棄物貯存設施。

表 1.2-1 核能電廠低放射性廢棄物貯存設施之剩餘容量表

	設計貯存容量	統計數量截至 104 年底存量	剩餘容量
核一廠	101,200	43,551	57,513
核二廠	91,130	52,974	38,143
核三廠	38,000	8,569	29,401
合計	230,330	105,094	125,057

備註：統計至 104 年底，單位為桶。本規劃整理。

七、蘭嶼貯存場現況說明

目前，蘭嶼貯存場約貯存 100,277 桶低放射性廢棄物。待低放處置設施完成後，即可辦理蘭嶼貯存場遷場。惟地方政府對於接受委辦選址地方性公投均予婉拒，且金門縣政府具體建議朝修

法方向以鄉為投票範圍。目前選址作業工作仍朝繼續爭取台東、金門縣政府同意接受公投委辦工作進行。因此，在未完成蘭嶼貯存場之遷移前，貯存場維持嚴密監管營運，定期檢視廢棄物桶貯存現況，維持安全貯存。

1.3 放射性廢棄物最終處置應變方案策略目標研擬

民國 100 年 11 月，行政院對於能源安全與非核家園之重大政策說明中，明示「非核家園」是全民共識，也是政府既定政策。並於 100 年 11 月 3 日宣示「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境、逐步邁向非核家園」的能源發展願景。在確保不限電、維持合理電價、達成國際減碳承諾等三大原則下，積極實踐節能減碳與穩定電力供應兩大配套措施，以穩健態度，逐步降低對核能發電的依賴。現階段之能源政策亦包含推動非核家園政策，且蔡英文總統及經濟部也於 2016 年再次強調 2025 年非核家園為共同之目標未曾改變，在相關政策推動中亦提及現有核電廠不延役，朝向擬定除役計畫方向推動。

台電公司考量目前我國放射性廢棄物相關管理政策與相關作業推動現況，並因應主管機關函請經濟部督導台電公司提出替代/應變方案之要求，研擬「放射性廢棄物最終處置應變方案(集中式貯存)推行初步規劃」(以下簡稱本規劃)作為應變方案，策略目標如下：

- 一、本規劃初步規劃興建一集中式貯存場以容納核一、二、三廠以及蘭嶼貯存場之運轉與除役作業所可能產生之全數放射性廢棄物。
- 二、為確保放射性廢棄物貯存安全，以及創造更多可尋求放射性廢棄物最終處置設施選址社會共識所需之時間，貯存設施採用 100 年設計年限，初步以運轉 40 年為規劃目標，並視實際執行需求再行調整，以確保可銜接最終處置。

- 三、初步建議未來選址權責機關辦理後續選址作業時，應依據「公正的組織體」、「公開的民眾參與」及「客觀的標準」等三項原則，於辦理後續選址作業時須納入公民參與機制，以凝聚社會之共識。
- 四、有關場址，台電公司初步建議可考量選擇對於社會與政治層面擾動較小、環境保護與民眾接受度衝擊較低，且未來發展潛力亦較低之地區，興建集中式貯存場。藉由設施工程設計達到放射性廢棄物貯存之安全管理需求，並將鄰避效應降至最低。
- 五、為呼應蘭嶼地方民眾及民間團體長期訴求，初步規劃於集中式貯存場開始營運後，即開始著手進行蘭嶼貯存場遷場運輸作業。
- 六、本規劃若順利推動，除能達成全數容納 3 座核能電廠之放射性廢棄物外，預期可使除役後之核電廠土地釋出再利用，或可免除民眾對目前核一、二廠正興建的放射性廢棄物貯存設施會成為最終處置場之疑慮，並降低核電廠除役計畫推動阻力。

1.4 集中式貯存場之放射性廢棄物貯存種類、數量及推動時程

1.4.1 貯存數量及種類

集中式貯存場擬存放之放射性廢棄物，包括核一、二、三廠以及蘭嶼貯存場之運轉與除役作業所可能產生之全數放射性廢棄物，其種類與數量說明如下。

一、用過核子燃料

參考台電公司「核一廠除役計畫」及「用過核子燃料最終處置計畫書(2014 年修訂版)」分別對核一廠及核二、三廠之用過核子燃料數量預估結果，假設機組在運轉 40 年的情況下，核一廠共產生 7,400 束用過核子燃料，核二廠共產生 11,532 束用過核子燃料，核三廠共產生 3,912 束用過核子燃料，如表 1.4.1-1 所示。

表 1.4.1-1 我國用過核子燃料預估數量

運轉年限	廠別	機組型式	燃料量(束)
40 年	核一廠	BWR	7,400
	核二廠	BWR	11,532
	核三廠	PWR	3,912

資料來源：台灣電力公司，2016，核一廠除役計畫，p.9-50

台灣電力公司，2015，用過核子燃料最終處置計畫書(2014 年修訂版)，p.4-2

二、低放射性廢棄物

(一)電廠運轉廢棄物

參考「核一廠除役計畫」及「低放射性廢棄物數量預估報告(105 年)」分別對核一廠及核二、三廠的低放射性廢棄物數量推估結果，於各廠均運轉 40 年的情況下，共將產生 123,501 桶低放射性廢棄物。其中存放於核一、二、三廠內之廢棄物，分別為 49,313 桶、63,635 桶和 10,553 桶。蘭嶼貯存場目前貯放 100,277 桶低放射性廢棄物(含原能會核研所 11,291 桶)，並因檢整作業的關係，其中包含有 200 只 3×1 重裝容器、5,318 只 3×4 重裝容器。綜合以上，電廠運轉廢棄物將包括 159,368 桶 55 加侖桶(含原能會核研所 11,291 桶)、200 個 3×1 重裝容器以及 5,318 個 3×4 重裝容器，詳如表 1.4.1-2 所示，容器規格與示意圖如表 1.4.1-4。

表 1.4.1-2 核一、二、三廠以及蘭嶼貯存場運轉廢棄物預估數量

廠別	55 加侖桶(桶)	3×1 重裝容器(個)	3×4 重裝容器(個)
核一廠	49,313	-	-
核二廠	63,635	-	-
核三廠	10,553	-	-
蘭嶼貯存場	35,867	200	5,318
合計	159,368	200	5,318

備註：1. 3×4 重裝容器及 3×1 重裝容器之數量係台電公司提供。

2. 依據台電公司提供資料，蘭嶼貯存場為實際貯存量，另 3×4 重裝容器共貯存 63,810 桶。
資料來源：台電公司，2016，低放射性廢棄物數量預估報告

(二)電廠除役廢棄物

我國目前三座運轉中的核能電廠，僅有核一廠提出除役計畫，故將以核一廠的除役廢棄物數量評估結果，作為核二廠以及核三廠除役廢棄物數量估算之參考依據。

根據「核一廠除役計畫」盤點聯合結構廠房、汽機廠房與其它可能受到污染區域(廢氣廠房、主煙囪及廠房其它部分)之金屬、混凝土與其它類型廢棄物的評估結果，核一廠除役可能產生之低放射性廢棄物總重量約為共 13,565 公噸，若全部換算為 55 加侖桶計，則為 61,791 桶。由於尚未確定除役廢棄物之盛裝容器型式，「核一廠除役計畫」參照國際經驗暫時選擇 3 m³ 鋼箱、7 m³ 鋼箱、B-25 鋼箱、55 加侖桶及 20 呎半高貨櫃等，作為未來除役低放射性廢棄物盛裝用的容器(未來有可能會視除役實際細部計畫而變更)，不同容器之數量如表 1.4.1-3 所示，容器規格與示意圖如表 1.4.1-4。

另因核二廠和核三廠未開始進行除役規劃，其除役廢棄物數量則以核一除役廢棄物數量為基礎，依據機組容量等比例換算，結果亦列於表 1.4.1-3 中。

另，蘭嶼貯存場現有暫存的低放射性廢棄物桶移至集中式貯存場後，所有壕溝將除污後除役。根據「低放射性廢棄物數

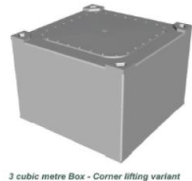
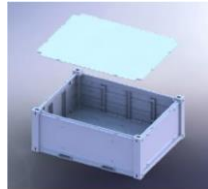
量預估報告」(台電公司，2016)，假設所有壕溝因污染需敲掉表面 5 公分深，則由此所產生的總廢棄物數量約為 11,000 桶。集中式貯存場之容量設計考量亦將此數量納入貯存規劃中。

表 1.4.1-3 電廠除役廢棄物預估數量

廠別	發電 容量 (MWe)	除役廢棄物容器型式				
		55 加侖桶 (桶)	3 m ³ 鋼箱+ 外箱(個)	7 m ³ 鋼 箱(個)	B-25 鋼箱 (個)	20 呎半高 貨櫃(個)
核一廠	1,272	17,931	840	300	1,495	325
核二廠	1,970	27,770	1,301	465	2,315	503
核三廠	1,902	26,812	1,256	449	2,235	486
合計		72,513	3,397	1,214	6,045	1,314

資料來源：台電公司，2016，核一廠除役計畫，p.10-13

表 1.4.1-4 低放射性廢棄物容器規格表

項目	長/直徑	寬	高	示意圖
55 加侖桶	0.572 m (內徑)	-	0.884 m	
3 m ³ 鋼箱 +外箱	1.720 m+2.080 m (外箱)	1.720 m+2.080 m (外箱)	1.245 m+1.675 m (外箱)	
7 m ³ 鋼箱	2.847 m	2.197 m	1.090 m	
B-25 鋼箱	1.855 m	1.194 m	1.118 m	
20 ft 半高 貨櫃	6.100 m (20 ft)	2.438 m (8 ft)	1.200 m (4 ft)	
3x1 重裝 容器	2.010 m	0.730 m	1.000 m	
3x4 重裝 容器	2.847 m	2.197 m	1.090 m	

資料來源：台灣電力公司，2016，核一廠除役許可申請及除役作業規劃工作-低放射性廢棄物容器資料蒐集及評估，第 37、221 頁。

R1

1.4.2 推動時程

由於本規劃高鄰避性質且為應變方案，故其推動與否，仍受到政治、社會、環境與地方民意等變數影響。因此，推動時程採用具「浮動彈性」之階段條件式期程進行規劃。且為避免達成推動共識啟動計畫後，因期程過於樂觀而導致無法如期達成集中式貯存場營運之推動目標，採用較保守謹慎之觀點進行排程。初步規劃本規劃推動時程分為選址階段、申設階段及興建階段，如表 1.4.2-1 所列，各階段說明如下：

一、選址階段(1~N 年)：

若本規劃奉准執行，將進入集中式貯存場選址階段。台電公司初步建議由選址權責機關來決議相關選址議題並導入公民參與機制，初步規劃可由選址權責機關委託第三方之公正單位建立公民參與平台，該平台將就集中式貯存場選址相關議題透過公民參與方式進行討論，並取得選址條件或選址地點共識後，將其成果提交至選址權責機關。選址權責機關將基於公民平台提出之成果與本規劃書成果，進行選址相關議題決議與決定場址地點。若議題涉及跨部會議題則建議由行政院召集相關單位進行協商推動架構如圖 1.4.2-1 所示。待選址完成後，將研擬集中式貯存設施投資可行性研究報告送經濟部審查，經核定可行性研究報告後，始推動下階段申設相關事務。

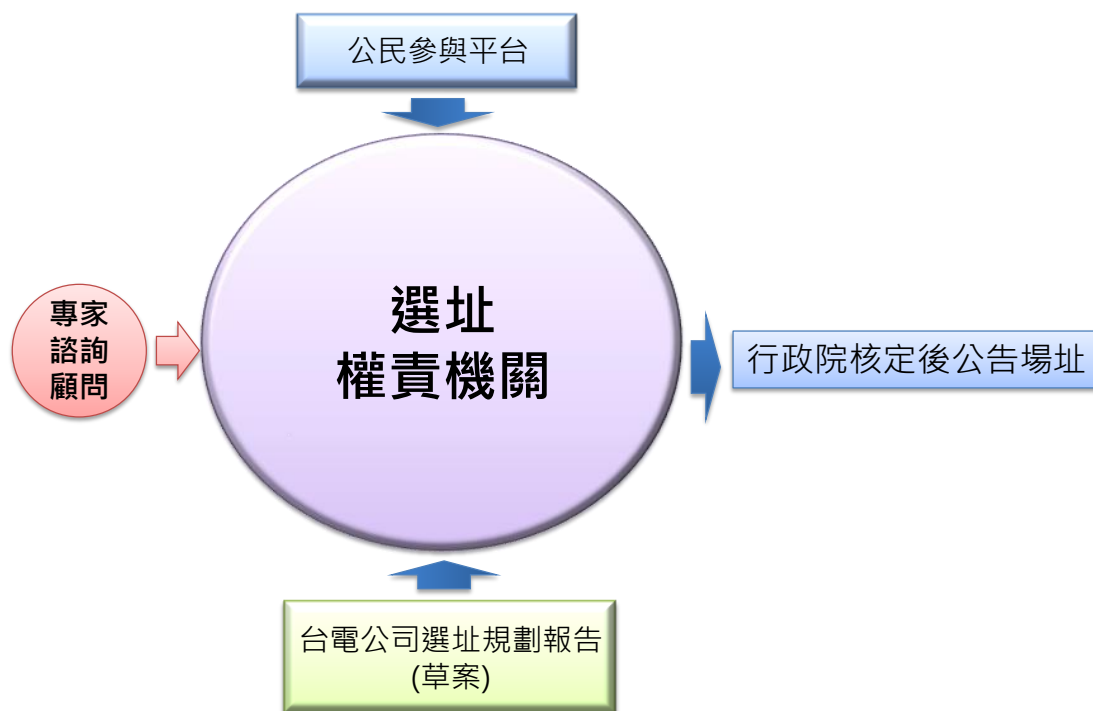


圖 1.4.2-1 公民參與選址流程初步規劃架構

二、申設階段(N~N+6 年)：

本階段主要將續辦理相關開發之行政程序。按本規劃書之規劃內容，集中式貯存場開發費用超過新臺幣 10 億元，且開發內容可能涉及填海造地工程，因此依據「政府公共建設計畫先期作業實施要點」、「行政院所屬各機關中長程個案計畫編審要點」以及「非都市土地使用管制規則及非都市土地開發審議作業規範」等規範，需要陳報並申請為重大公共建設計畫，後再據此進行非都市土地開發許可(包含海岸地區利用許可、公用事業機關/構同意文件)、環境影響評估、工程基本及細部設計、向主管機關申請建造執照以及土地取得相關作業等。依照過去相關申辦之經驗，保守估算調查、書圖文件製作及審查作業等時程後，約需要至少 6 個工作年。

三、興建階段(N+6~N+16 年)

施工規劃詳見 3.4.5 節預定施工進度說明，考量台灣地區冬季易受東北季風影響，海上風浪顯著影響船隻作業，因此所有海上作業皆安排在每年夏季。此外，考量施工期間可能因社會輿情變化影響而導致工程進度延宕，保守規劃自設施施工至設施營運需時 10 年。

表 1.4.2-1 推動時程表(1/3)

[illegible]

表 1.4.2-1 推動時程表(2/3)

[illegible]

表 1.4.2-1 推動時程表(3/3)

[illegible]

註：所列時程以實際審查情形為準；灰線表示相關主管機關審查時間；「*」為相關法規有明定審查時限。

1.5 集中式貯存場址評選程序建議

1.5.1 選址機制初步規劃

參照過去低放處置計畫推動經驗，公民參與及溝通實為放射性廢棄物相關設施推動之重要影響關鍵因素。為確保集中式貯存設施推動能符合社會期待及達成社會共識，台電公司初步建議未來面對選址議題，可依據「公正的組織體」、「公開的民眾參與」及「客觀的標準」等三項原則進行推動。故初步建議後續應成立公民參與溝通平台，並將溝通平台所凝聚之意見提至選址權責機關中討論與決議。相關選址程序與內容須俟選址權責機關訂定實際運作作業辦法後，再據以執行選址作業。

有關後續針對集中式貯存設施公民參與平台，台電公司初步規劃建議如下：

一、建立公民參與溝通平台

未來集中式貯存場在選址前可以建立溝通平台，並透過公民參與的機制，讓公民能有表達意見及提供選址策略之管道。建議由選址權責機關成立公民參與平台，初期溝通平台著重於意見蒐集與整理，後期則是轉為溝通與共識建立，因此平台需由參與團體共推決議小組。而此平台之任務，主要係針對集中式貯存場定位、選址條件及流程形成共識，即包含場址必備條件以及適用或禁止條件與後續選址程序等進行討論與確認，最終決議小組須提出溝通平台所達成之共識，此共識將提送至選址權責機關討論及決議。有關溝通平台目的、運作流程等，建議如下：

(一)溝通時程

溝通平台係針對放射性廢棄物之集中式貯存設施選址溝通所設立，暫不預設平台運作時程，而以溝通成效及階段目標為導向，並視實際溝通情況進行調整。

(二)溝通目標

R1

溝通平台之最終目標就是達成社會大眾及公民團體對於放射性廢棄集中式貯存選址之共識，並作為後續推動方案之基礎。而溝通目標則設定為：確立集中式貯存設施定位、選址條件及流程。

(三)平台組成

考量溝通平台成立的緣起及目標，未來運作的組成建議以下專業團隊：

1.平台執行團隊

未來溝通平台的主要運作與執行將由運作團隊進行，其主要的工作項目包含

- (1)擬定會議議事規則
- (2)安排會議期程
- (3)彙整溝通意見
- (4)協調會議共識
- (5)產出溝通成果報告

2.資訊管理及維護團隊

資訊管理團隊在平台運作上主要負責相關資訊公開以及平台維護之工作，其主要工作項目包含

- (1)架設網路資訊平台
- (2)上傳、更新及維護平台資料

3.台電公司/專業團隊

台電公司在平台的運作上，主要執行資訊蒐集、提供及意見評估與回復之工作，包含

- (1)提供相關集中式貯存設施資訊
- (2)參與會議並取得意見
- (3)針對意見進行研析並回覆
- (4)其它必要行政協助

四、運作流程建議

R1

(一)公開上網

本階段主要是公開未來溝通平台將如何運作、何時開始、在哪裡舉辦、誰可以參與以及討論甚麼議題等。讓民眾及公民團體對於平台的運作能有整體性的了解，如有執行上的建議也可提出作為後續執行上之參考。

(二)意見蒐集與彙整

本階段主要是向民眾及公民團體等徵求有關議題之意見，意見提供者需按照平台執行團隊所制定之文件格式進行意見撰寫，平台團隊接收意見後，將進行初步分類及審視，不符格式者，提供補正程序與期限。相關意見經過審視、彙整與分類後，於資訊平台公開查詢。

(三)議題研析及釐清

本階段主要由台電公司及專業團隊針對相關意見進行研析與討論，並且將各意見採納或不採納之理由敘明。另外針對特殊議題，則可另外諮詢專家來協助討論。最後確認每一個意見皆被審視與研析討論後，交由資訊團隊進行上網公開閱覽。

(四)溝通討論

本階段主要針對民眾及公民團體所提之意見，經過台電公司以及專業團隊研析後，邀請公民團體以及各地區民眾進行溝通討論，並藉由座談會的型式來達到雙向溝通的目的。有關座談會的部分，一般民眾，建議以地理區位區分為北、中、南、東、以及離島的金門、馬祖與澎湖等，另外基於對原住民族尊重，建議亦於適宜地區舉行原住民族座談會。而在公民團體部分，將另外邀請參與座談進行溝通。相關座談會之紀錄與結論由平台執行團隊彙整後，交由資訊團隊上網公開查詢。

(五)凝聚共識

各次的座談會議結論，將由平台執行團隊彙整後，作為平台大會討論之基礎，而平台大會將由參與之公民團體共推決議

R1

小組，針對討論內容做出大會決議，並交由平台執行團隊製作成共識報告。若於平台大會中因為議題特殊致無法達成共識或是繼續討論，則可另組小組針對議題繼續研商，避免影響大會議事進行。大會結束後將由執行團隊彙整決議及仍需再研商之議題交由資訊團隊上網公開查閱。

(六)提報選址權責機關討論

執行團隊分別將座談會之結論以及平台大會之決議製作成溝通平台共識報告後，轉交選址權責機關進行討論。

R1

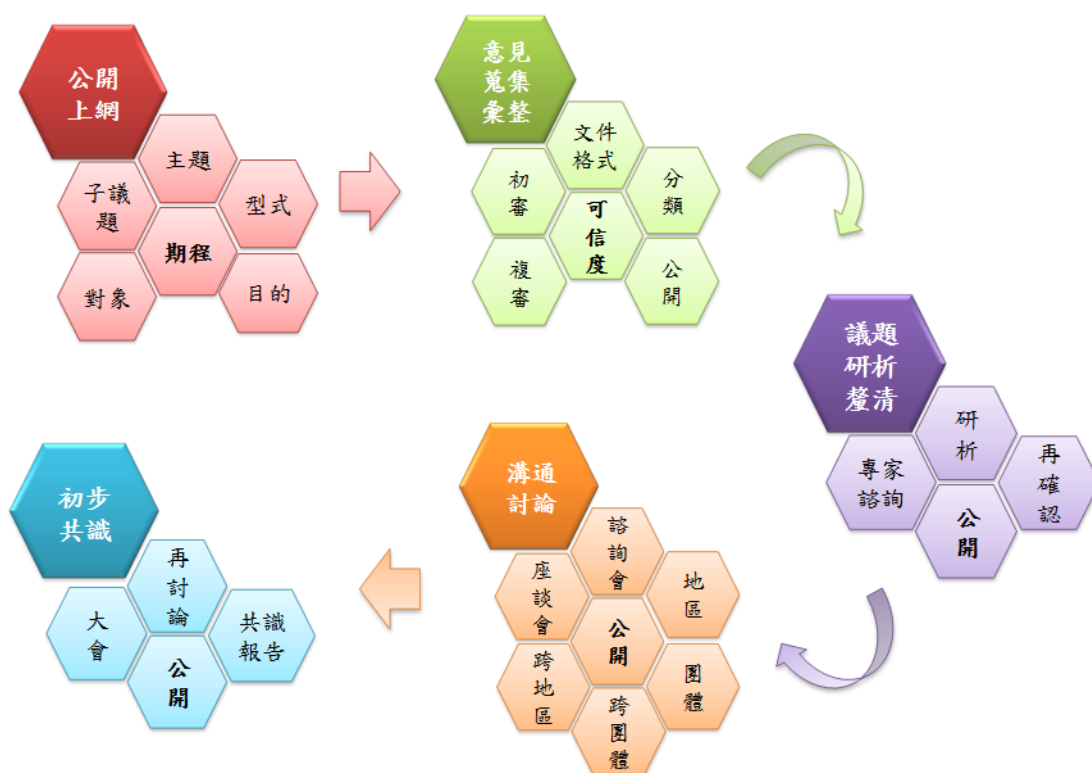


圖 1.5.1-1 公民參與平台初步執行流程架構

1.5.2 場址條件需求

原能會針對集中式貯存設施於 105 年 6 月 29 日公告「集中式放射性廢棄物貯存設施場址規範」，故未來若推動集中式貯存設施，則需符合上述之規範。場址條件需求如下：

- 一、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。
- 二、場址不得位於泥火山噴出點半徑一公里範圍內之地區。
- 三、場址不得位於單一崩塌區面積大於零點一平方公里以上，且工程無法整治克服之地區。
- 四、場址不得位於水道，包括河川、湖泊、水庫蓄水範圍、排水設施範圍、運河、疏洪道、滯洪池或越域引水路水流經過之地域。
- 五、場址不得位於現有、興建中及規劃完成且經核准興建之水庫集水區。
- 六、場址不得位於地下水管制區。
- 七、場址避免位於易受人為活動與自然作用影響，且工程無法克服之地區。
- 八、場址避免位於有山崩、地陷、火山活動之虞，且工程無法克服之地區。
- 九、場址避免位於有土壤液化之虞，且工程無法克服之地區。
- 十、場址避免位於百年洪水平原，且工程無法克服之地區。
- 十一、場址避免位於歷史海嘯高程影響範圍，且工程無法克服之地區。
- 十二、場址不得位於其他依法不得開發之地區，其範圍及認定標準依各該其他法律之規定。

R1

第二章 經濟可行性

2.1 產業

放射性廢棄物集中式貯存屬於核能後端營運範圍，可提供用過核子燃料與低放射性廢棄物在最終處置前的中期貯存。本集中式貯存案雖然非屬為生產而投資之計畫案，亦無投資獲利之目的，但因計畫推動後，相關貯存設備與設施之建造生產，預期將可透過技術移轉或其它方式帶動我國相關產業之活絡與技術精進。

集中式貯存場包含用過核子燃料與低放射性廢棄物的貯存設施以及相關輔助設施，設施建造與營運將需要大量的營造工程與機械設備，而用過核子燃料與低放射性廢棄物的貯存容器皆包含大量的金屬製品，在參考產業關聯表編制報告(主計總處，100年)之產業關聯程度表後，初步分析可帶動之相關產業包含以下：

- (一)營造工程之主要關聯產業
- (二)機械設備之主要關聯產業
- (三)鋼鐵之主要關聯產業
- (四)金屬製品之主要關聯產業
- (五)塑膠製品之主要關聯產業

2.2 市場

本規劃所擬興建之設施，乃提供貯存低放射性廢棄物及用過核子燃料之用，並非為生產而投資之計畫，並無市場需求、供給等之問題。

2.3 行銷

本規劃所擬興建之設施，乃提供貯存低放射性廢棄物及用過核子燃料之用，並非為生產而投資之計畫，因此並無行銷策略上之問題。

第三章 工程規劃

3.1 技術

集中式貯存場規劃包含用過核子燃料貯存設施、低放射性廢棄物貯存設施以及相關輔助設施。其中，低放射性廢棄物貯存相關設施，於我國各核能電廠與蘭嶼貯存場皆已設置並營運，已具備相關技術與經驗可供計畫推動時參採。針對用過核子燃料貯存設施，初步規劃採用不需水池循環冷卻的乾式貯存系統。我國目前雖有核一廠與核二廠的一期乾貯計畫進行中，但依據所選用的乾式貯存系統，其分析設計、製造興建與設施營運考量皆有差異，故本節將聚焦用過核子燃料乾式貯存技術進行說明。

3.1.1 用過核子燃料乾式貯存設施型式介紹

國際常見之乾式貯存系統主要可分為金屬護箱、混凝土護箱、混凝土窖及混凝土模組等 4 種型式，本節將就上述 4 種乾式貯存設施進行介紹。

一、金屬護箱貯存設施

金屬護箱本體可以提供用過核子燃料的貯存安全，包含臨界安全、結構安全、熱移除功能、輻射屏蔽功能與密封功能。在貯存設施的型式上，可採用露天貯存或室內貯存，其差異主要在於保安與場界輻射劑量限值之考量。2 種金屬護箱貯存設施概述如下：

(一)金屬護箱露天貯存設施

露天貯存是將金屬護箱放置於混凝土基板之上，並依照管制法規規範設立保安及保防措施，如實體圍牆與雙重圍籬。金屬護箱露天貯存設施多為美國所採用，如圖 3.1.1-1 所示之 Surry 核能電廠之乾式貯存設施，單一場址中採用 2 種不同廠家製造之金屬護箱。



圖 3.1.1-1 美國 Surry 電廠金屬護箱露天貯存設施

(二)金屬護箱室內貯存設施

室內貯存是將金屬護箱放置於混凝土結構物內，同樣需依照管制法規規範設立保安及保防措施；另，需考量設施的熱移除功能，在貯存期間須確保金屬護箱所散逸的熱可快速地從設施中移除，因此室內貯存設施需設有進風口與排風口，如圖 3.1.1-2。金屬護箱室內貯存設施為多個國家所採用，如瑞士、德國、捷克、南非等，如圖 3.1.1-3 所示之德國 Gorleben 集中式貯存場的金屬護箱室內貯存設施。

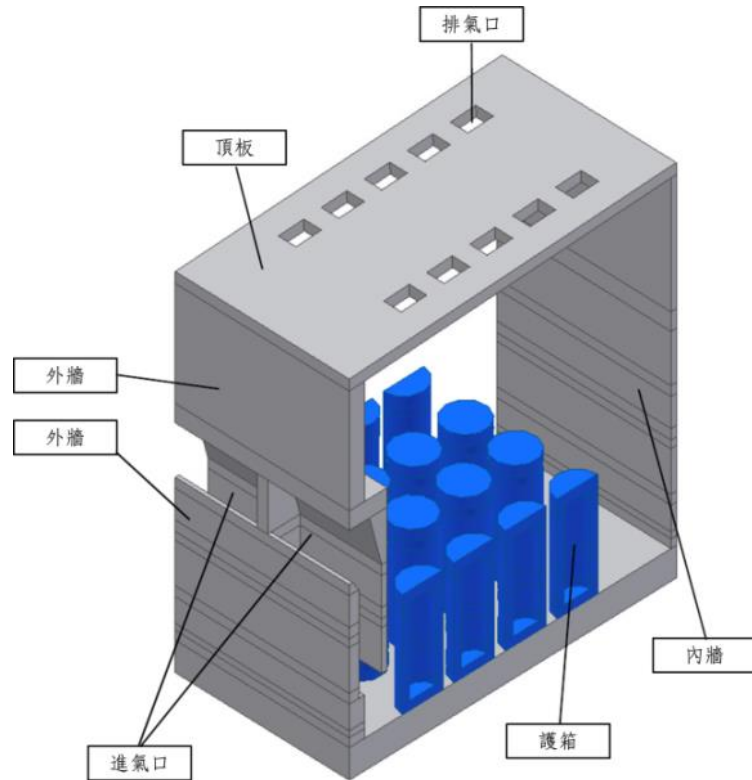


圖 3.1.1-2 金屬護箱室內貯存通風設計示意圖



圖 3.1.1-3 德國 Gorleben 集中式貯存場金屬護箱室內貯存

二、混凝土護箱貯存設施

混凝土護箱貯存設施為我國核一廠與核二廠第一期乾式貯存所採用的貯存設施，其設施主體設計主要包含密封鋼筒、混凝土護箱及傳送護箱。

密封鋼筒外觀呈一圓柱體，由外殼、底部、提籃及密封上蓋所組成，其外殼為不銹鋼材質。密封鋼筒可達成臨界安全、結構安全、熱移除設計與密封設計等安全考量，以確保在正常、異常及意外事故下皆具密封性，不會有放射性物質外洩之情形。混凝土護箱則提供密封鋼筒在貯存期間所需的結構安全、輻射屏蔽功能，以及防止自然災害影響。混凝土護箱設有通風通道，以自然對流方式使空氣流經密封鋼筒表面而達到冷卻效果，用以移除用過核子燃料之衰變熱。

傳送護箱為一具有屏蔽功能之重型吊掛設備，主要功能為提供裝載燃料後之密封鋼筒從燃料池運送到混凝土護箱時之輻射防護。

混凝土護箱貯存設施，亦可採用露天貯存或室內貯存 2 種型式，惟室內貯存因容納護箱之建築物所需腹地及量體較大，目前國際上僅有日本規劃採用，且仍於興建階段尚未開始營運。



圖 3.1.1-4 美國 Yankee 電廠混凝土護箱露天貯存設施

三、混凝土窖貯存設施

用過核子燃料之模組化混凝土貯存窖系統(modular vault dry store system, MVDS)首見於美國 Foster Wheeler Energy Applications Inc.(FWEA)，用以貯存輕水式反應爐之用過核子燃料，1986 年向美國核能管制委員會(U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC)申請執照，並於 1988 年取得執照。而後 1989 年 Fort St. Vrain (FSV)高溫氣冷反應爐(High Temperature Gas cooled Reactor, HTGR)停機除役，亦採取相同之 MVDS 乾式貯存系統，以貯存管(storage tube)收存用過核子燃料容器(Fuel Storage Container, FSC)，FSV 混凝土貯存窖外觀與內部如圖 3.1.1-5。其貯存管可收存的 FSC 容量較小，因此貯存面積需求較大，往後逐漸由混凝土護箱所取代。

美國能源部(United States Department of Energy, US DOE)為因應最終處置場無法順利推行之困境，委託美國 Chicago Bridge & Iron 公司(以下簡稱 CB&I 公司)進行用過核子燃料集中式中期貯存替代方案研究(CB&I, 2015)，在此研究中 CB&I 公司參考 MVDS 概念，提出以混凝土窖貯存用過核子燃料密封鋼筒之概念，如圖 3.1.1-6，設施內設有進氣口與排氣口達成熱移除功能需求。



圖 3.1.1-5 FSV 混凝土貯存窖示意圖

混凝土貯存窖，可提供較佳的貯存環境，避免貯存期間之氣候影響以及意外事件。透過採用墊片設計，僅需單一尺寸之貯存

孔即可貯存各種尺寸之密封鋼筒。然該設計目前僅止於概念階段，未有實際營運中之案例，尚須經過安全分析報告之驗證。

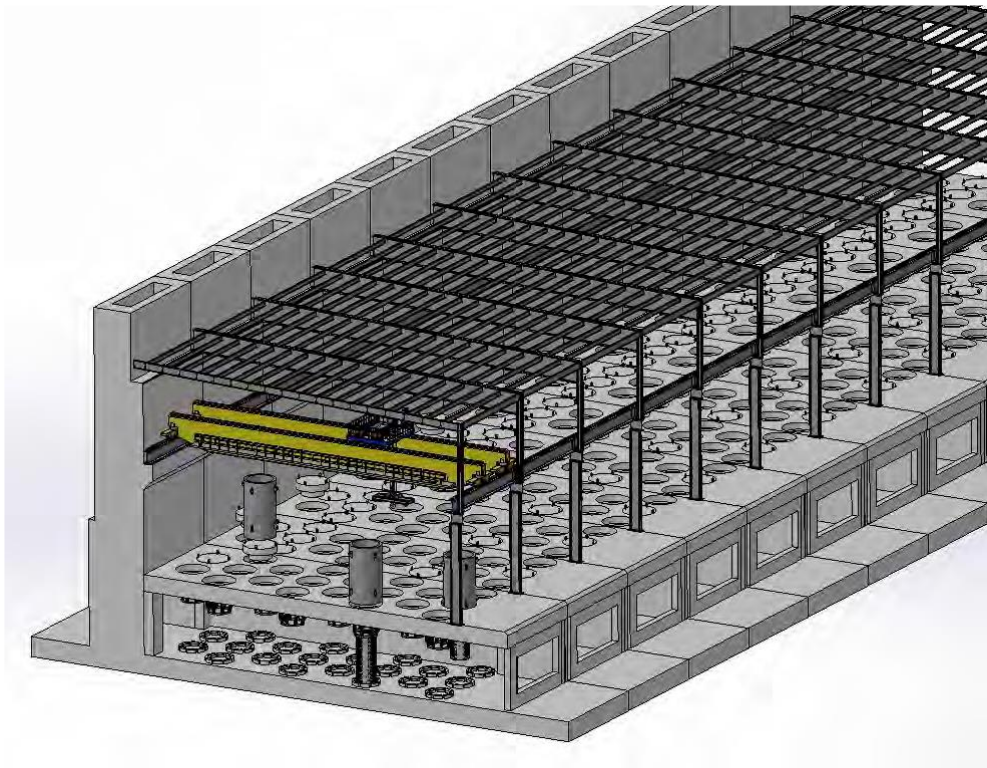


圖 3.1.1-6 密封鋼筒混凝土貯存窖示意圖

四、混凝土模組貯存設施

混凝土模組貯存設施與其餘貯存設施的最大差異在於混凝土結構的設計與密封鋼筒的傳送方式，每個混凝土模組貯存一只密封鋼筒，且為地表設施並採用水平式貯存，如圖 3.1.1-7 所示。

混凝土結構提供了密封鋼筒在貯存期間所需的結構安全、輻射屏蔽功能、防止自然災害影響與提供自然熱對流功能，且因採用水平式貯存，可避免傳送過程中對密封鋼筒的吊舉，降低吊舉過程墜落意外的風險。混凝土模組亦設有通風通道，如圖 3.1.1-8，以移除用過核子燃料之衰變熱。



圖 3.1.1-7 混凝土模組型式示意圖

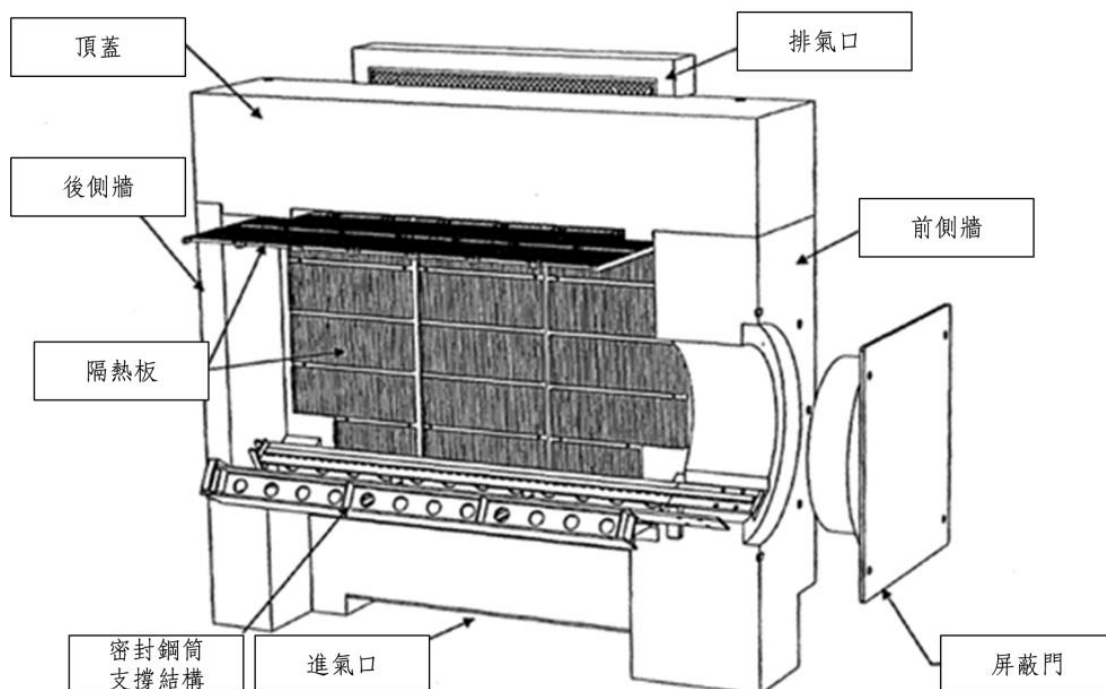


圖 3.1.1-8 混凝土模組型式熱移除示意圖

3.1.2 用過核子燃料乾式貯存設施比較

本節將依設施的安全設計、製造興建以及營運階段，進行前述各種貯存設施之比較，以供本規劃選擇或引進適當技術之參考。因應國人對於海岸環境與海島型氣候下採用露天乾式貯存之安全性有疑慮，因此，貯存設施型式若同時可採用戶外或室內型式時，優先討論室內貯存設施型式。

一、設施安全設計介紹

乾式貯存設施為確保貯存期間的環境安全，其安全設計包含臨界安全、結構安全、熱移除功能、輻射屏蔽功能、密封功能。不同設施型式在各項安全設計皆須符合管制法規之規範，且須於申請建造執照時提供安全分析報告證實其符合安全管制規範。

(一)臨界安全

無論是金屬護箱、混凝土護箱、混凝土貯存窖、及混凝土模組貯存設施，對於臨界安全的要求都必須優先達成。其主要利用金屬護箱或密封鋼筒內的燃料提籃與格架之幾何設計，並在提籃內部增加中子吸收材料，確保用過核子燃料維持次臨界狀態，即有效中子增殖因子(k_{eff})須小於 0.95。各種貯存設施在安全分析報告中，皆需要以待貯存燃料的特性進行臨界分析，確保設計符合相關法規規範，臨界安全設計之示意圖如圖 3.1.2-1。

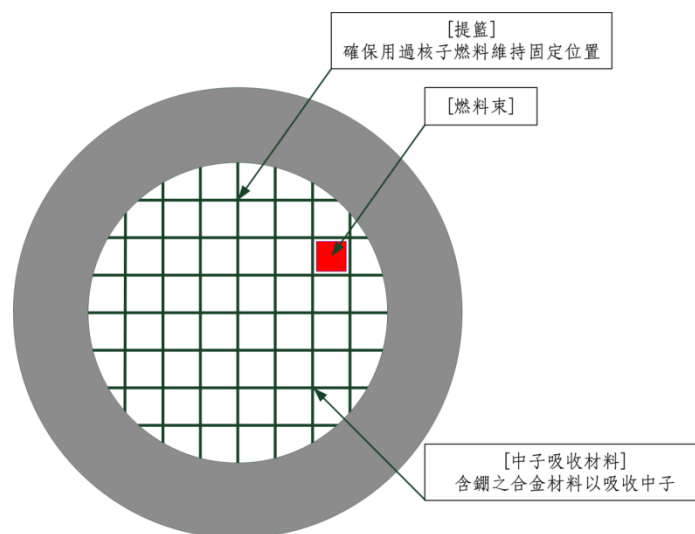


圖 3.1.2-1 臨界安全設計示意圖

(二)結構安全

用過核子燃料乾式貯存設施及其相關設備，須在運輸與貯存作業過程中，保持結構完整性，不會造成結構損壞與放射性物質外洩。此外，在異常情況與意外事件下，貯存設施亦仍須保持其完整性。

為達成上述的結構安全設計要求，各貯存設施在材質選擇及結構形式設計，皆須提供所需的強度。針對 2 類貯存設施結構設計，分別說明如下。

1. 金屬護箱室內貯存設施

金屬護箱本體常使用厚度約 200 mm 之低合金鋼或 400 mm 之鑄鐵加工製成，厚實的金屬本體可在正常、異常與意外情形下，確保貯存系統結構完整性與用過核子燃料的完好。在意外事件下，其結構設計可承受 10 倍滿載之金屬護箱重量，且產生之應力強度低於材料的極限強度，因此金屬護箱可通過各種墜落、撞擊、爆炸等測試，仍保有結構完整性。

金屬護箱的吊運將藉由護箱表面的吊耳軸(trunnion)進行，並滿足 ANSI N14.6 的相關規範規定，上吊耳軸用以吊舉起金屬護箱，下吊耳軸用以將護箱翻轉水平或垂直方向。當護箱以水平方向吊舉時，所有吊耳軸都將使用。在吊舉過程中，吊耳軸的強度須符合相關規範規定。

2. 混凝土護箱室內、混凝土窖與混凝土模組貯存設施

密封鋼筒通常是由厚度介於約 12.7 mm(1/2")到 15.9 mm(5/8")的不銹鋼板銲接而成。密封鋼筒在長期貯存及運送過程中，由混凝土護箱、混凝土窖與混凝土模組與傳送護箱提供主要的結構安全功能，在正常、異常與意外情形下，可確保貯存系統結構與用過核子燃料的完整性。在意外事件下，其結構設計可承受 10 倍滿載之密封鋼筒重量，且產生之應力強度低於材料的極限強度。

密封鋼筒的貯存定置作業，皆須以傳送護箱進行，傳送護箱之吊運將使用護箱表面的吊耳軸，其強度須符合相關規範規定。考量將密封鋼筒本體吊運至傳送護箱的過程，將使用上蓋頂部的螺栓孔進行吊舉，為確保密封鋼筒本體的吊運機構設計

符合安全需求，各螺栓所承受之螺紋剪應力安全係數及上蓋封蓋鉸道之強度須符合相關規範規定。

(三)熱移除功能

用過核子燃料在貯存期間將會持續產生衰變熱，貯存設施需於正常、異常及意外事件下，順利將熱排除至環境中，且不產生使貯存設施元件損害之高溫。針對各類貯存設施之熱移除設計，分別說明如下。

1.金屬護箱室內貯存設施

金屬護箱內部的衰變熱移除功能，主要藉由熱對流、熱傳導與熱輻射機制向外側的提籃與燃料組件傳遞，並逐漸傳遞到護箱表面，透過表面的散熱鰭片將熱散逸至室內貯存設施的空氣中。而室內貯存設施則藉由被動式對流設計，利用衰變熱的熱浮力將冷卻空氣自進氣口帶入，而加熱後的熱空氣則由排氣口排出。

2.混凝土護箱室內貯存設施

用過核子燃料的衰變熱在貯存期間，將逐漸傳遞到密封鋼筒表面，而混凝土護箱設有通風通道，引進冷卻空氣流經密封鋼筒表面，將熱移除到室內貯存設施空間內。再經由設施的被動通風，將混凝土護箱通風通道的熱移除到大氣環境中。

3.混凝土窖貯存設施

密封鋼筒內的用過核子燃料，其衰變熱會藉由熱對流、熱傳導與熱輻射機制向外側的提籃與燃料組件傳遞，並逐漸傳遞到密封鋼筒表面。密封鋼筒表面的熱將散逸到貯存窖內，經由通風通道將熱移除到大氣環境中，如圖 3.1.2-2。

4.混凝土模組

當衰變熱傳遞到密封鋼筒表面後，混凝土模組的通風通道可引進冷卻空氣，將衰變熱自密封鋼筒表面移除到大氣環境中。

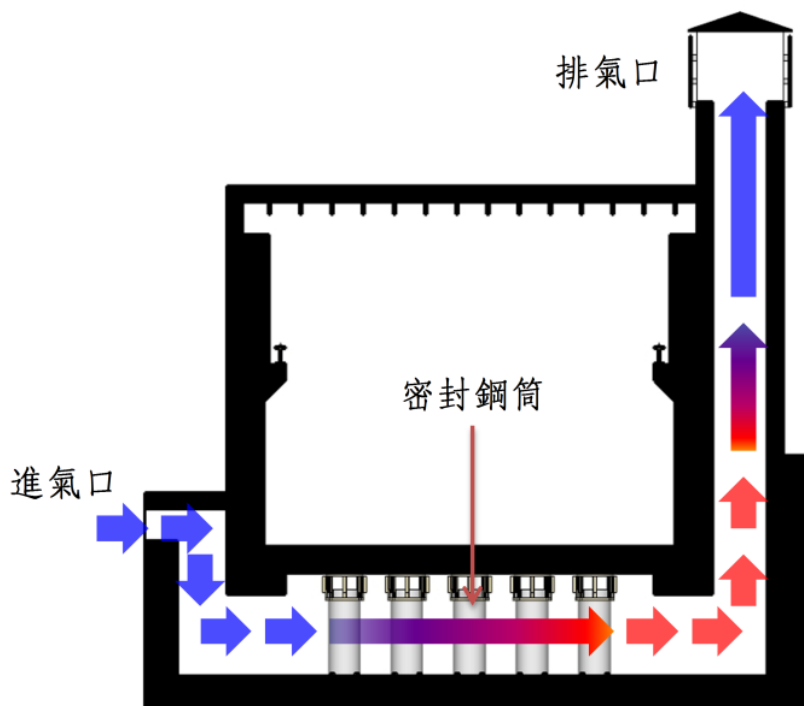


圖 3.1.2-2 用過核子燃料貯存窖剖面示意圖

(四)輻射屏蔽功能

用過核子燃料乾式貯存設施的輻射屏蔽功能設計需遵循合理抑低的原則，並確保在運輸與貯存期間，工作人員及民眾所接受的輻射劑量，均能符合國內法規要求。針對各類貯存設施之輻射屏蔽設計，分別說明如下。

1.金屬護箱室內貯存設施

金屬護箱的加馬輻射屏蔽功能主要由護箱本體與密封上蓋的厚層金屬提供；而中子屏蔽則由護箱及上蓋外側的含硼樹脂聚合物提供。而室內金屬護箱貯存設施的鋼筋混凝土結構物，可再提供額外的輻射屏蔽，降低對於場界劑量之影響。

2.混凝土護箱室內貯存設施

當密封鋼筒貯存於混凝土護箱內，護箱的混凝土壁可提供主要的輻射屏蔽，而室內混凝土護箱貯存設施的鋼筋混凝土結構物，可再提供額外的輻射屏蔽，降低對於場界劑量之影響。

3. 混凝土窖貯存設施

當密封鋼筒貯存於混凝土貯存窖內，其主要的輻射屏蔽為混凝土窖體。當混凝土貯存窖採半地下化設計時，周圍的地盤亦可提供額外的輻射屏蔽，可降低對於貯存設施所需設置之屏蔽設施厚度。

4. 混凝土模組貯存設施

當密封鋼筒收存於混凝土模組內，其主要的輻射屏蔽為混凝土模組之側壁。

(五) 密封功能

用過核子燃料乾式貯存設施的密封功能，主要由金屬護箱與密封鋼筒的密封設計功能提供，並確保在設計的貯存期限內，於正常、異常與意外事件下，皆能保持完整的密封功能，避免放射性物質的外洩。根據 ANSI N14.5-1997 對氦氣洩漏測試 (Helium leak test) 標準的要求，測試洩漏量須 $\leq 1\text{E-}7 \text{ ref cm}^3/\text{s}$ 空氣，此洩漏標準約等同於 $\leq 2\text{E-}7 \text{ cm}^3/\text{s}$ 氦氣。針對金屬護箱與密封鋼筒之密封設計，分別說明如下。

1. 金屬護箱

依金屬護箱的設計概念，其可能之滲漏路徑為密封上蓋。而不同廠家之金屬護箱設計，於密封上蓋處可分為單一密封上蓋與多密封上蓋的設計，分別說明如下。

(1) 單一密封上蓋：

針對僅有單一密封上蓋的金屬護箱，其密封設計示意如圖 3.1.2-3，概述如下：

所有的封閉處皆設有雙重金屬密封(double metallic gasket)，並以螺栓確保密封上蓋與金屬護箱側壁頂面的緊密結合。

雙重密封之間的空間將以正壓的氦氣充填。當內側的密封發生洩漏，則正壓的氦氣將流入用過核子燃料貯存艙

內；而當外側的密封發生洩漏，則正壓的氬氣將流到護箱外。如此可確保放射性物質不會發生洩漏，並可藉由監測氬氣壓力確保密封完整。

(2)多密封上蓋

針對有多密封上蓋的金屬護箱，其密封設計示意如圖 3.1.2-4，概述如下：

所有的封閉處皆設有金屬密封，並以螺栓確保密封上蓋與金屬護箱側壁頂面的緊密結合。

雙重上蓋之間的空間將以正壓的氬氣充填。當第一密封上蓋的金屬密封發生洩漏，則正壓的氬氣將流入用過核子燃料貯存艙內；而當第二密封上蓋的金屬密封發生洩漏，則正壓的氬氣將流到護箱外。如此可確保放射性物質不會發生洩漏。同時蓋內空間的氬氣壓力將由壓力傳感器監測，訊號回饋至監控中心，以利在壓力異常時發出警報。

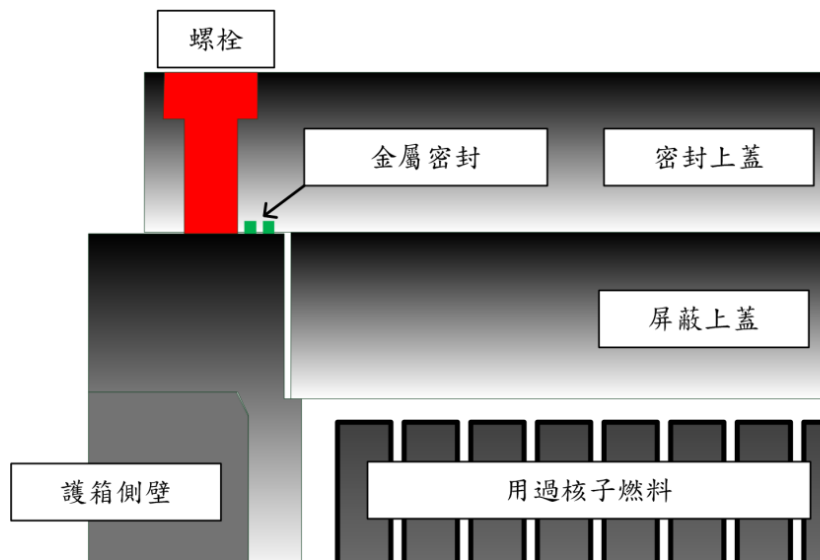
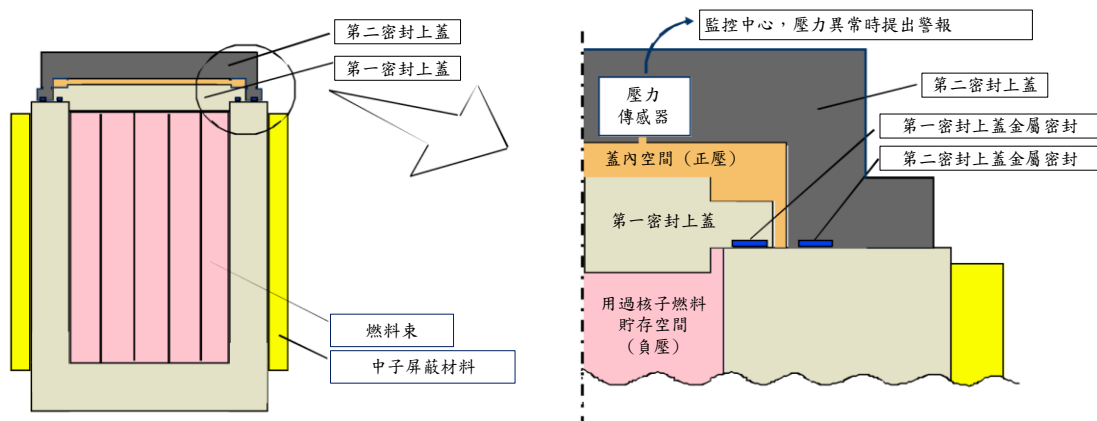


圖 3.1.2-3 單一密封上蓋金屬護箱密封設計示意圖



修改自 CRIEPI，2008，使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全評価の現状

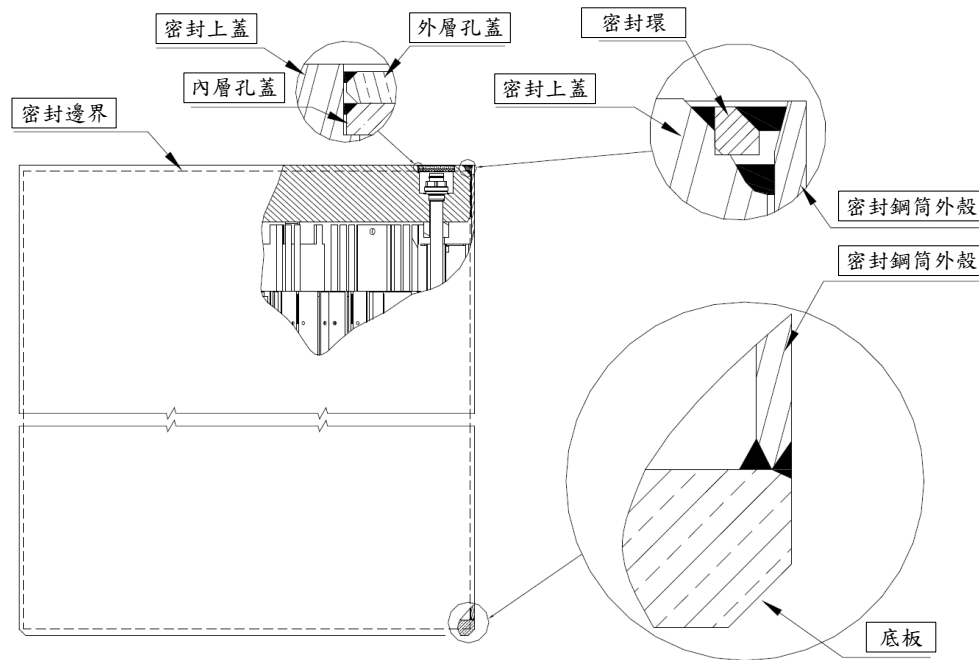
圖 3.1.2-4 多密封上蓋金屬護箱密封設計示意圖

2. 密封鋼筒

密封鋼筒之密封上蓋以雙重銲接方式作為密封設計，其銲接部分包含密封上蓋、排水孔/排氣孔，如圖 3.1.2-5，分別敘述如下：

- (1) 第一層銲接包含密封上蓋對密封鋼筒外殼銲接及密封上蓋對排水孔/排氣孔之內層孔蓋的銲接。
- (2) 第二層(redundant)銲接包含密封環對密封上蓋與密封鋼筒外殼銲接及排水孔/排氣孔之外層孔蓋對密封上蓋的銲接。

所有銲道在完成封銲後，需進行液滲檢測，以確保其密封完整性。



資料來源：核二廠乾貯安全分析報告，P.6.5.1-6

圖 3.1.2-5 密封鋼筒密封設計

二、設備製造與設施興建

本章節將針對各類乾式貯存設施進行說明，並將其相關設備製造與設施興建劃分為技術尚待引進、曾有類似製造/興建經驗以及我國已具備技術者。且本規劃僅涵蓋設施之興建，不含金屬護箱或密封鋼筒或混凝土護箱或傳送護箱之採購。

(一)金屬護箱室內貯存設施

國際上常見之金屬護箱有僅具單一運輸或貯存功能，或兼具兩項功能，若選用兼具運輸與貯存功能之金屬護箱型式時，於運輸時不須另外加裝運輸護箱。反之，若選用單一貯存功能之金屬護箱，於運輸時須另外加裝運輸護箱。因此，未來需視採用之金屬護箱型式確定是否需搭配運輸護箱。

金屬護箱在貯存設施內，須以吊舉能力足夠的吊車進行吊運，此部分國內已具備相關技術。而混凝土貯存設施屬於一般混凝土結構物，無論預鑄或場鑄，國內廠商都具備豐富經驗。

(二)混凝土窖貯存設施

密封鋼筒在運輸與傳送階段都需要搭配運輸護箱與傳送護箱，國內已有廠商具備類似設施的製造經驗，然而實際生產技術仍待密封鋼筒系統廠家及型號確定後再行評估，視狀況引進國外製造技術。

此外密封鋼筒在貯存窖內，須以吊舉能力足夠的吊車進行吊運，此部分國內已具備相關技術。而混凝土窖屬於一般混凝土結構物，無論預鑄或場鑄，國內廠商都具備豐富經驗。

(三)室內混凝土護箱貯存設施

密封鋼筒及其運輸護箱、傳送護箱與混凝土護箱，國內已有廠商具備類似設施的製造經驗，然而實際生產技術仍待密封鋼筒系統廠家及型號確定後再行評估，視狀況引進國外製造技術。其餘設施興建與營運所需設備，國內廠商都具備豐富經驗。

(四)混凝土模組貯存設施

因混凝土模組的密封鋼筒傳送是以水平方式推挺進入貯存模組內，其傳送護箱之設計與製造或許與國內既有之經驗不同。此外，混凝土模組所搭配之傳送護箱與液壓推桿設備應屬國外直接採購或尚待技術轉移者，模組內其他貯存元件亦同。

三、設施營運維護

(一)設施營運流程

1.金屬護箱室內貯存設施

用過核子燃料在電廠的燃料池中裝載於金屬護箱後，以螺栓封閉密封上蓋並進行氬氣充填，完成運輸前的檢查確認後，若為貯存與運輸兩用護箱，於加裝金屬護箱運輸用的衝擊吸收器，即可進行廠外運輸。運抵集中式貯存場址後，卸下衝擊吸收器後，進行外觀確認、污染檢測以及氬氣氣壓檢測，即可定置金屬護箱於貯存設室內，完成貯存作業。

金屬護箱若選用運輸與貯存兩用之多功能護箱，雖具所需設備少、接收貯存流程簡便之優點。但依廠家及型號的差異，其金屬護箱的空重與總重約介於 115~125 公噸之間。為順利於燃料廠房內進行金屬護箱吊運作業，各電廠需要進行吊車吊舉能力的檢核。依我國目前規劃，各核能電廠將如期除役，在此前提下如有吊車能力不足之情況，建議規劃進行相關結構補強與設備更換，以利後續金屬護箱吊運作業。

2. 混凝土窖貯存設施

用過核子燃料在電廠的燃料池中裝載於密封鋼筒後，進行密封鋼筒頂蓋的封銲作業，銲道經非破壞檢測後將密封鋼筒充填氬氣，以傳送護箱將密封鋼筒移入運輸護箱進行運輸。

運輸護箱運抵集中式貯存場址後，移入混凝土貯存窖接收大樓進行外觀確認及污染檢測。再以傳送護箱自運輸護箱中取出密封鋼筒，利用台車將裝有密封鋼筒之傳送護箱移入貯存區，以吊車吊舉傳送護箱至預定貯存位置後，進行密封鋼筒的表面污染檢測與貯存定置。

3. 室內混凝土護箱貯存設施

密封鋼筒於電廠內裝填用過核子燃料之步驟與運輸程序請參考前項混凝土貯存窖之敘述。

運輸護箱運抵集中式貯存場址後，移入接收大樓進行外觀確認及污染檢測。再以傳送護箱自運輸護箱中取出密封鋼筒，進行密封鋼筒的表面污染檢測並移入混凝土護箱內，利用拖車將裝有密封鋼筒之混凝土護箱運至貯存區，以吊車吊舉混凝土護箱至預定貯存位置後定置。

4. 混凝土模組貯存設施

密封鋼筒於電廠內裝填用過核子燃料之步驟與運輸程序請參考前項混凝土貯存窖之敘述。

運輸護箱運抵集中式貯存場址後，移入接收大樓進行外觀確認及污染檢測。再以傳送護箱自運輸護箱中取出密封鋼筒，進行密封鋼筒的表面污染檢測並移入混凝土模組專用的水平傳送護箱中，利用拖車將裝有密封鋼筒之水平傳送護箱運至預計貯存的混凝土模組位置，以液壓推桿設備將密封鋼筒自水平傳送護箱推入混凝土模組。

(二)設施監測維護

- 1.各類貯存設施內之輻射與空浮監測結果可評斷是否有放射性物質外洩。
- 2.室內混凝土護箱、混凝土模組與混凝土窖貯存型式之通風通道口溫度監測結果可監測是否有異常狀況發生。
- 3.金屬護箱可藉由氬氣氣壓監測功能，確認其密封完整性。室內混凝土護箱、混凝土模組與混凝土窖貯存型式所採用之密封鋼筒，其密封功能是以雙重銲接達成，故需監測銲道完整未發生應力腐蝕現象，即可確定密封鋼筒之密封性。
- 4.另可搭配於貯存設施通風口放置環境測試鋼片，進行防腐蝕監測。
- 5.貯存設施於營運期間需針對其貯存安全功能之結構、系統與組件進行維護與保養作業，例如：混凝土貯存基座、混凝土護箱、貯存窖等設施結構完整性等。

四、結論

(一)各類乾式貯存設施均可符合設施安全設計需求

乾式貯存設施安全設計包含臨界安全、結構安全、熱移除功能、輻射屏蔽功能、密封功能。金屬護箱室內貯存設施、混凝土護箱室內貯存設施、混凝土窖貯存設施及混凝土模組貯存設施等四種型式，均符合法規標準及限制，惟需考量場址實際狀況及相關客觀條件選用適當貯存設施型式。

(二)相關設備製造、設施興建、營運與監測維護皆已有成熟技術

相關設備製造與設施興建所需技術，部分貯存設施型式需自國外引進，國內亦已具備相當之設備製造與設施興建能力。相關設施營運、檢查、監測與維護均已有成熟之技術流程可供依循，可有效達成與確保貯存設施所需之安全功能。

因此，金屬護箱室內、混凝土護箱室內、混凝土窖及混凝土模組等貯存設施，其安全設計不僅符合現行法規與標準，在貯存設施的製造興建及營運維護上，亦可透過國內外既有經驗及技術達成，以確保集中式貯存方案推動之可行性。

3.2 設計

集中式貯存場之用過核子燃料貯存設施必須接收國內核一、二、三廠運轉 40 年所產生之全數用過核子燃料，故必須考量接收目前核一、二廠一期乾貯所規劃採用之混凝土護箱貯存型式；此外，亦需考量後續採用其它貯存型式之可能性。

基於集中式貯存場址選擇時，本規劃書初步建議選擇對於社會與政治層面擾動較小、環境保護與民眾接受度衝擊較低、未來發展潛力亦較低且其地區條件符合原能會所公告「集中式放射性廢棄物貯存設施場址規範」之地區作為場址地點。考量具備前揭條件之地區，其面積普遍具有一定之侷限性，故後續工程可行性於用過核子燃料乾式貯存設施探討時，將以開發面積最小之混凝土窖及金屬護箱室內貯存設施為例進行相關說明。

3.2.1 集中式貯存場規劃

一、規劃原則

放射性廢棄物集中式貯存場之土地利用可概分為貯存區、碼頭區及輔助區等三大分區。因目前集中式貯存場址尚未確定，本規劃茲就場址功能需求進行通用型場區規劃，俟未來場址確定後，

再進行必要之檢核與調整，以下依各分區分別說明，所需貯存設施如表 3.2.1-1 所列。

表 3.2.1-1 集中式貯存場主要設施一覽表

分區	設施名稱	用途
貯存區	用過核子燃料貯存設施	貯存各核電廠之用過核子燃料
	低放廢棄物貯存設施	貯存各電廠與蘭嶼貯存場的低放廢棄物
碼頭區	接收港	供運輸船停靠卸載放射性廢棄物，並兼供其他船舶使用
輔助區	檢查大樓	放射性廢棄物自運輸船卸載後，將在檢查大樓進行表面污染檢測；亦用於所有進出工作人員之安全檢測。
	接收大樓	將高放射性廢棄物自運輸護箱取出，裝至貯存容器。大樓內已預留再取出之相關設備設置空間(燃料池或熱室)。
	行政大樓	行政辦公中心
	海水淡化機房	供應民生用水、消防用水
	柴油發電機房	全區電力供應
	生活大樓	提供工作人員住宿、飲食
	維修廠及消防中心	一般機具維護與消防救災功能
	車庫及倉庫	提供碼頭吊運車輛停放及一般庶務倉庫

(一)貯存區

貯存區將收存各核電廠運轉與除役所產生之用過核子燃料及低放射性廢棄物，以及蘭嶼貯存場所貯存與除役所產生之低放射性廢棄物。因此，首要規劃目標為足夠的貯存容量，並考量貯存期間的輻射防護安全，進行相關配置與後續設施設計。用過核子燃料與低放射性廢棄物貯存區規劃分別說明如下：

1.貯存容量

高放射性廢棄物部份，本設施預計貯存核一廠、核二廠以及核三廠運轉 40 年所產生的用過核子燃料；低放射性廢棄物部份，包含核一廠、核二廠、核三廠及蘭嶼貯存場之運轉與除役所產生之廢棄物，整理數量如表 1.4.1-1 至表 1.4.1-3。

2.輻射防護

輻射防護規劃為確保本設施之輻射安全可符合我國相關法規與規範，並符合合理抑低原則，使本場工作人員與場外民眾接受的輻射劑量低於法規限值。同時，依法定期提出本場之再評估報告並報請主管機關核備，確保本場營運期間無輻射安全之疑慮。

(二)輔助區

本場營運期間居住於場址之工作人員，其生活需求、交通需求、自然災害之避難需求，擬由本規劃之輔助設施支援。所需輔助設施如表 3.2.1-1 所列。輔助區各設施需求如下：

- 1.辦公室、餐廳及宿舍需足以提供正式營運之工作人員使用。
- 2.維修廠及車庫應能容納聯結車台(含車頭)3 台、200 公噸吊車 1 台。
- 3.因基地臨海，相關建材如混凝土、門扇、窗框及其他外露金屬建材等需考量具備抗鹽害之能力。

(三)碼頭區

集中式貯存場須接收來自核電廠之高、低放射性廢棄物，以及來自蘭嶼貯存場的低放射性廢棄物，因此規劃設置碼頭區，包含提供廢棄物運輸船之操航水域、提供廢棄物卸載之專用碼頭、提供岸上運輸車輛作業之後線土地，以及維持港區水域穩靜之外廓防波堤。考量場址環境現況及未來營運情況，擬訂碼頭區平面規劃原則如下：

- 1.初步推估未來場址現況應無規模足夠的港口設施，故接收港規模以提供放射性廢棄物運輸船、港勤拖船以及交通船操航靠泊為目標。
- 2.基於港灣功能及安全性考量，接收港規劃考慮無需候潮即可供放射性廢棄物運輸船滿載進港靠泊。而常駐之小型船舶於颱風期間將利用吊車吊至岸上船架，安置於後線以避免損害。
- 3.接收港之港內水線除碼頭及深水段防波堤之直立壁外，其餘水線儘量採用斜坡式消波護岸以提高港內水域靜穩度。
- 4.接收港之外廓防波堤宜儘量利用現有地形佈置，視未來場址特性或可利用天然島礁降低外廓防波堤興建量體，以節省開發費用及縮短工期。
- 5.接收港航道擬採單向航道規劃，設計船舶進港全程以拖船協助，所須航道長度不全在港內，以降低外廓設施規模，節省開發費用及縮短工期。
- 6.碼頭區須設於臨海地區，如場址無足夠腹地可作為碼頭後線，必須進行人工填海造地以取得所需腹地。
- 7.填海造地高程除考量排水需求外，應注意海嘯及颱風期越波之影響，操航水域及結構物基槽之岩盤開挖宜少，以節省開發費用及縮短工期。

二、平面佈置規劃

本規劃依據各分區之面積需求、保安及保防需求及未來設施營運動線後，初步規劃場址平面佈置說明如下：

(一)貯存區

1.用過核子燃料貯存區

- (1)用過核子燃料貯存設施須貯放核一、二、三廠運轉 40 年所產生之用過核子燃料 22,844 束，以金屬護箱室內貯存設施

及密封鋼筒混凝土貯存窖為例進行設計，並以數位模型進行全尺寸佈置如圖 3.2.1-1。

- (2)考量用過核子燃料貯存之營運管理與運輸路線安全性，貯存區規劃於檢查大樓之西側，所有運輸車輛將先經過檢查大樓始能進入高放射性廢棄物管制區之專用道路。

2.低放射性廢棄物貯存倉庫

- (1)低放射性廢棄物倉庫將規劃於場址之西北隅，經本規劃以數位模型進行全尺寸佈置如圖 3.2.1-1。
- (2)考量低放射性廢棄物貯存之營運管理與運輸路線安全性，貯存區規劃於檢查大樓之西北側，所有運輸車輛經過檢查大樓後直達各低放倉庫之接收區。

(二)輔助區

- 1.輔助區主要設施包含行政大樓、海水淡化廠、柴油發電機房、工作人員宿舍、消防中心、維修場及倉庫。經本規劃以數位模型進行全尺寸佈置如圖 3.2.1-1。
- 2.考量輔助區內設施補充物資之便利性，如柴油補給、車輛機具維修等，因此輔助區將規劃於碼頭區東北側。

(三)碼頭區

碼頭區陸域範圍包括南北外廓防波堤，專用碼頭及多功能碼頭岸肩，連接碼頭與外廓防波堤間之護岸，碼頭岸肩與輔助區間之後線土地等；水域範圍則包括航道、迴船池、船席等船舶操航水域及港區其他水域。

為防止較長時間之冬季季風波浪影響，港口應朝西南方向，考量場址進港操船需要，港口開口方向設於同航道走向之 S75°W 向，即接近 WSW 向。

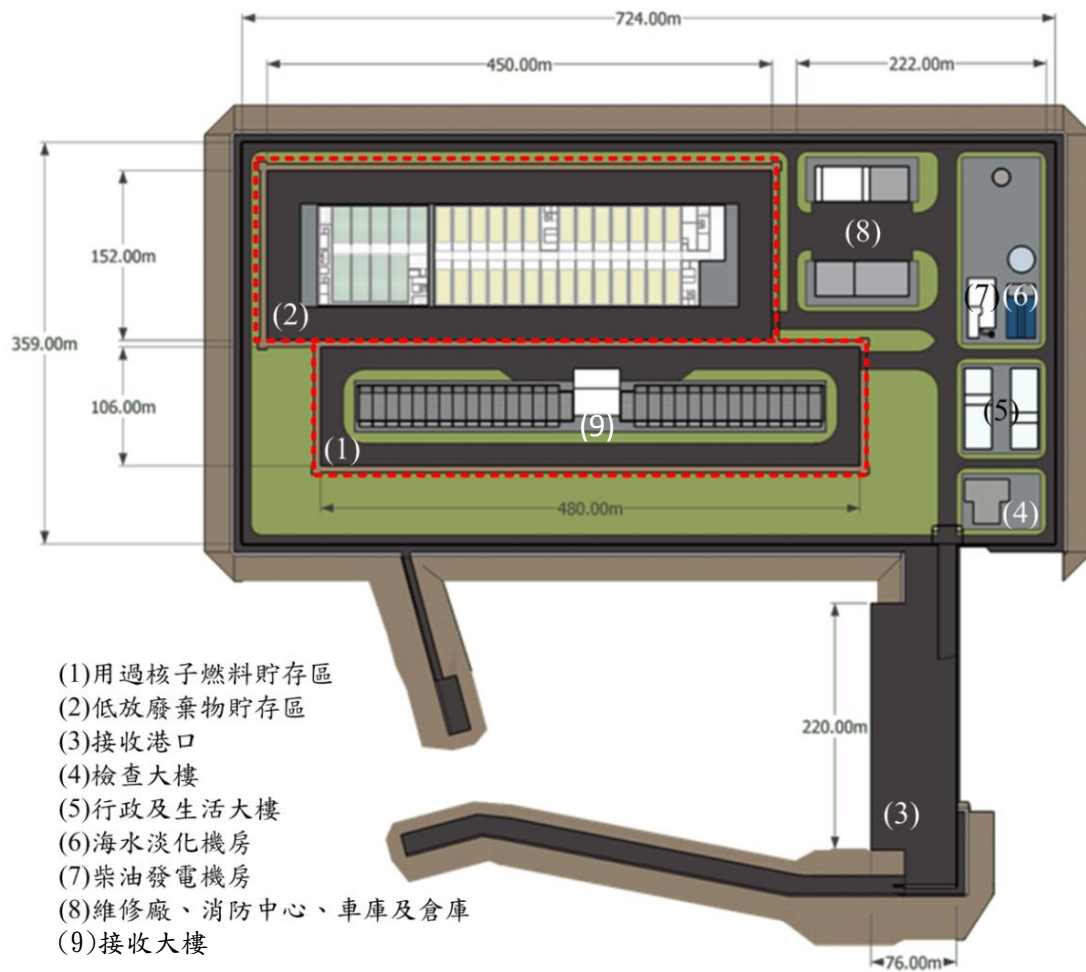


圖 3.2.1-1 集中式貯存場平面佈置規劃圖

3.2.2 設施設計準則

一、貯存設施安全設計準則

(一)說明

放射性廢棄物貯存設施之設計，應符合下列規定：

- 1.具有輻射監測設備。
- 2.具有火災偵測受信及消防設備。
- 3.具有洩水收集功能及取樣設備。
- 4.具有廢棄物接收、偵檢、操作監控及貯存之功能。
- 5.訂定最高貯存活度及貯存容量。
- 6.採取適當措施，降低盛裝容器之腐蝕速率。

- 7.具有廢棄物再取出之功能。
- 8.防震設計，能確保設備及結構之安全。

高放射性廢棄物貯存設施之設計，另應符合下列規定：

- 1.具有散熱及維持次臨界之功能。
- 2.核子保防作業之要求。

另參考「申請設置用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告導則」與美國核能管制委員會 NUREG-1567「Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Facilities」等相關我國規範與國外安全標準，具安全功能之結構、系統及設備組件其設計須能承受意外事故與天然災害，而不會影響其安全功能。依集中式貯存設施設計之安全功能選定其意外事故與天然災害須考量：①地震、②洪水與海嘯、③颱風及颱風投射物、④雷擊、⑤護箱傾倒與墜落、⑥火災與爆炸、⑦其它與場址特性具高度相關性之情節(如電災、物種遷徙整)等及飛行器撞擊。

(二)設計參考依據

- (1)放射性物料管理法(中華民國 91 年 12 月 25 日華總一義字第 09100248760 號)。
- (2)放射性物料管理法施行細則(中華民國 98 年 4 月 22 日行政院原子能委員會會物字第 0980007399 號修正令發布)。
- (3)放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則(中華民國 97 年 10 月 22 日行政院原子能委員會會物字第 0970016963 號修正令發布)。
- (4)申請設置低放射性廢棄物貯存設施安全分析報告導則(中華民國 94 年 8 月 30 日行政院原子能委員會會物字第 0940028928 號修正令發布)。
- (5)申請設置用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告導則(中華民國 100 年 11 月 24 日行政院原子能委員會會物字第 1000018323 號修正令發布)。

R1

(6)NUREG-1567 Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Facilities(2000).

二、輻射防護設計準則

(一)說明

輻射防護設計應符合「游離輻射防護安全標準」第 7 條輻射工作人員職業曝露與「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 5 條之規範。工作人員輻射防護需達成連續 5 年有效劑量不得超過 100 mSv，單一年不得超過 50 mSv 之限值，場外一般民眾須符合每年不得超過 0.25 mSv 之限值。

(二)設計參考依據

- (1)游離輻射防護法(中華民國 91 年 1 月 30 日華總一義字第 09100019000 號)。
- (2)游離輻射防護法施行細則(中華民國 97 年 2 月 22 日行政院原子能委員會會輻字第 0970002871 號修令正發布)。
- (3)游離輻射防護安全標準(中華民國 94 年 12 月 30 日行政院原子能委員會會輻字第 0940041080 號修令正發布)。
- (4)放射性物料管理法(中華民國 91 年 12 月 25 日華總一義字第 09100248760 號)。
- (5)放射性物料管理法施行細則(中華民國 98 年 4 月 22 日行政院原子能委員會會物字第 0980007399 號修正令發布)。
- (6)放射性物質安全運送規則(中華民國 96 年 12 月 31 日行政院原子能委員會會輻字第 0960032919 號修令正發布)。
- (7)環境輻射監測規範(中華民國 98 年 11 月 11 日行政院原子能委員會會輻字第 0980018736 號修令正發布)。
- (8)輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則(中華民國 93 年 10 月 20 日行政院原子能委員會會輻字第 0930036750 號修令正發布)。

(9)放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則(中華民國 97 年 10 月 2 日行政院原子能委員會會物字第 0970016963 號修令正發布)。

三、設施耐震設計基準

(一)說明

放射性廢棄物集中式貯存場主要包含貯存區、碼頭區、輔助區以及其它基礎設施。關乎設施安全之結構系統及其設備 (Structures, Systems, and Components, SSCs) 的設計，必須能夠抵抗設計基準地震 (Design-Basis Earthquake, DBE)，並在該地震事件影響下維持其原設計功能。

依內政部營建署建築物耐震設計規範及解說(100)，建築物耐震需考量設施使用年限及地震事件之超越機率，以決定對應之設計地震參數，作為後續耐震設計之參考。針對用過核子燃料貯存設施以及其接收大樓，將採符合核能耐震一級之設計，其餘設施則非屬核能耐震一級之設施。

(二)設計參考依據

1.U.S. NRC Regulatory Guides:

(1)Regulatory Guides 1.122

Development of Floor Design Response Spectra .(02/1978).

(2)Regulatory Guides 1.142

Safety-Related Concrete Structures For Nuclear Power Plants
(Other Than Reactor Vessels And Containments) (11/2001).

(3)Regulatory Guides 1.208

A Performance-Based Approach to Define The Site-Specific
Earthquake Ground Motion. (03/2007).

(4)Regulatory Guides 1.29

Seismic Design Classification. (03/2007).

(5)Regulatory Guides 1.61

Damping Values for Seismic Design of Nuclear Power Plants.
(03/2007).

(6)Regulatory Guides 1.69

Concrete Radiation Shields For Nuclear Power Plants. (05/2009).

(7)Regulatory Guides 1.92

Combining Modal Response and Spatial Components in Seismic
Response Analysis. (09/2012)

2.ACI 349-06, Code Requirements for Nuclear Safety-Related
Concrete Structures.

3.ANSI/AISC-N690-12, Specification for Safety-Related Steel
Structures for Nuclear Facilities.

4.U.S. NRC Standard Review Plan :

(1)S.R.P. 3.5.1.4

Missiles Generated by Natural Phenomena. (07/1981)

(2)S.R.P. 3.7.1

Seismic Design Parameters. (03/2007)

(3)S.R.P. 3.7.2

Seismic System Analysis. (03/2007)

(4)S.R.P. 3.8.1

Concrete Containment. (05/2010)

(5)S.R.P. 3.8.4

Other Seismic Category I Structure. (05/2010)

(6)S.R.P. 3.8.5

Foundation. (05/2010)

5.ASCE 4-98 Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear
Structures and Commentary.

- 6.ASCE 1-5-1984 Seismic Response of Buried Pipes and Structural Components.
- 7.ASCE 7-10 Wind Provisions and Effects on Wood Design and Construction.
- 8.ASCE/SEI 43-05 Seismic Design Criteria for Structures, Systems, and Components in Nuclear Facilities.
- 9.NUREG/CR-6926 Evaluation of the Seismic Design Criteria in ASCE/SEI Standard 43-05 for Application to Nuclear Power Plants (2007)
- 10.內政部「混凝土結構設計規範」，民國 100 年 7 月。
- 11.內政部「建築物耐震設計規範及解說」，民國 100 年 7 月。
- 12.內政部「建築物基礎構造設計規範及解說」，民國 90 年 10 月。
- 13.內政部「建築物耐風設計規範及解說」民國 103 年 6 月。
- 14.國家地震工程研究中心「金、馬及澎湖地區之設計地震研擬」，民國 99 年。

(三)設計基準地震

集中式貯存場的設計基準地震最大地表加速度(PGA)須以地震危害度分析決定。地震危害度分析之內容包含最大地表加速度(PGA)、0.3 秒的譜加速度值(Sas)與 1.0 秒的譜加速度值(Sa1)三個構成簡化耐震設計反應譜的重要地震動參數，可透過採用危害度機率分析方法，配合地震動衰減律，考慮工址周圍 200 公里範圍內可能震源對場址的影響，以 Poisson 模式模擬其特徵地震之地震發生模式，獲得各分析位置之地震危害度曲線。

經由地震危害度分析建立工址某一地震參數的年超越機率曲線後，再選定某一特定年超越機率，可求出工址在危害度曲線所對應之地震參數，如 PGA，作為耐震設計參數。因此設施的年超越機率遂成為耐震設計參數選擇的影響因子，假設地震

現象的年平均發生率為 λ ，且地震的發生在時間上互為獨立事件，則在設施使用年限 T 年內發生一次地震事件的超越機率為：

$$P = 1 - e^{-\lambda T} \quad (\text{式 3.2.2-1})$$

其中 P 為在設施使用年限 T 內發生至少1次地震事件的機率； λ 為回歸期之倒數； T 為設施的使用年限。

惟本規劃現階段尚未選定場址，俟未來場址確定後進行相關地震特性調查與地震危害度分析後，再以前述方法決定該場址的結構耐震設計參數。

四、設施防海嘯設計基準

(一)說明

為使設施具備防暴潮及抗海嘯侵襲之能力，本場址擬以提高基地高程及施作堤防因應。考量最大海嘯高度對基地排水之影響，本場址基地高程及堤防高度設計應在場址確定並對海水潮位及海嘯水位進行調查與分析後，保守取最高暴潮位加計最大海嘯水位作為海嘯設計基準水位。另可參考行政院原能會針對核電廠之要求(101年11月5日會核字第1010018156號函)，依現行海嘯設計基準水位再增加一定高度之築海堤或混凝土海嘯牆，以強化防海嘯能力。

(二)設計參考依據

- 1.內政部「混凝土結構設計規範」，100年7月。
- 2.內政部「建築物耐震設計規範及解說」，100年7月。
- 3.內政部「建築物基礎構造設計規範」，90年10月。
- 4.台灣電力公司「小坵場址初步安全分析報告」，91年。

五、排水系統設計準則

(一)說明

集中式貯存場經填地工程及興建堤防後，已具備防止海嘯侵襲之能力，然為確保在設計標準下排水系統能力足以避免場

區內發生淹水災害，須依以下之設計依據進行相關排水系統設計。

(二)設計依據

- 1.內政部營建署「非都市土地開發審議作業規範」，104 年 11 月。
- 2.交通部「公路排水設計規範」，98 年 12 月。
- 3.內政部營建署「雨水下水道設計指南」，99 年 7 月。
- 4.行政院農業委員會「水土保持技術規範」，103 年 9 月。

六、建築工程設計準則

(一)說明

集中式貯存場所有建築工程都須依據相關法規進行設計與施工，並進行法規檢討，如土地使用編定、使用類別、防火構造、消防救災等。

(二)設計依據及相關法規規範

- 1.建築法
- 2.建築技術規則總則編
- 3.各縣市建築管理自治條例
- 4.區域計畫法
- 5.區域計畫法施行細則
- 6.非都市土地使用管理規則
- 7.消防法
- 8.消防法施行細則
- 9.各類場所消防安全設備設置標準
- 10.建築物室內裝修管理辦法
- 11.勞工安全衛生設施規則
- 12.政府採購法
- 13.公有建築物建築標章暨候選綠建築證書申請作業手冊

14.公共工程施工品質管理作業要點

15.工程告示牌及竣工銘牌設置要點

設計、外觀建築量體等，適用 1~6 項；勞工安全與衛生部分，適用 7~11 項，公共工程採購與管理適用 12~15 項。

七、機械設備設計及操作之依據

(一)中國國家標準(CNS)

(二)參考工業界有關標準如：

1.ASHRAE：American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers。

2.SMACNA：Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association。

3.ANSI：American National Standards Institute。

4.ASTM：American Society of Testing and Material。

5.ASME：American Society of Mechanical Engineers。

(三)勞動檢查法(104 年 2 月 4 日修正公布)

(四)勞動檢查法施行細則(103 年 6 月 26 修正公布)

(五)職業安全衛生法(102 年 7 月 3 日修正公布)

(六)職業安全衛生法施行細則(103 年 6 月 26 修正公布)

(七)危險性機械及設備安全檢查規則(103 年 6 月 27 修正公布)

(八)起重升降機具安全規則(103 年 6 月 25 修正公布)

八、消防系統設計準則

本集中式貯存場址之消防設計將依據內政部消防署頒佈之「各類場所消防安全設備設置標準」，並考量美國消防協會(National Fire Protection Association，NFPA)相關之規定設計。

3.2.3 設施設計概念

一、貯存設施

(一)用過核子燃料乾式貯存設施

以下金屬護箱室內貯存設施與混凝土窖貯存設施為例進行設計，以下將就兩種設施型式進行設計概念之說明。

1.金屬護箱室內貯存設施

(1)貯存單元設計

每一貯存單元外長約 21.5 m、外寬約 10 m、外高約 24.3 m，內可存放 8 只金屬護箱，並規劃有監測線路彙整器與管道，以供每一只金屬護箱的壓力感測器線路使用。其內有吊車作為護箱定置工具，並在設施室內一側留有金屬護箱移動路徑供定置吊運作業使用，可避免吊運作業跨越已定置的金屬護箱，減低意外發生風險，如圖 3.2.3-1。

根據表 2.2-1，核一廠與核二廠分別有 7,400 及 11,532 束的 BWR 用過核子燃料，核三廠有 3,912 束 PWR 用過核子燃料。根據國際常見之金屬護箱容量，每一只 BWR 用過核子燃料金屬護箱容量為 52 束至 69 束，而每一只 PWR 用過核子燃料金屬護箱容量為 19 束至 32 束。因金屬護箱廠家與型式須待採購程序決定，因此本規劃保守以最小容量進行金屬護箱總量估計，初步推算核一廠、核二廠與核三廠各需 143 只、222 只與 206 只金屬護箱，總計為 571 只。

貯存設施布置概念如圖 3.2.3-2，為節省空間，貯存單元為背靠背布置。且設有雙重圍籬作為保安措施。接收大樓設於貯存設施中央，可有效縮短金屬護箱定置吊運移動路徑長度。於接收大樓左右翼各設有 38 個貯存單元，故本設施共可貯存 608 只金屬護箱(76 貯存單元×8 金屬護箱)，大於前述估計總量 571 只。

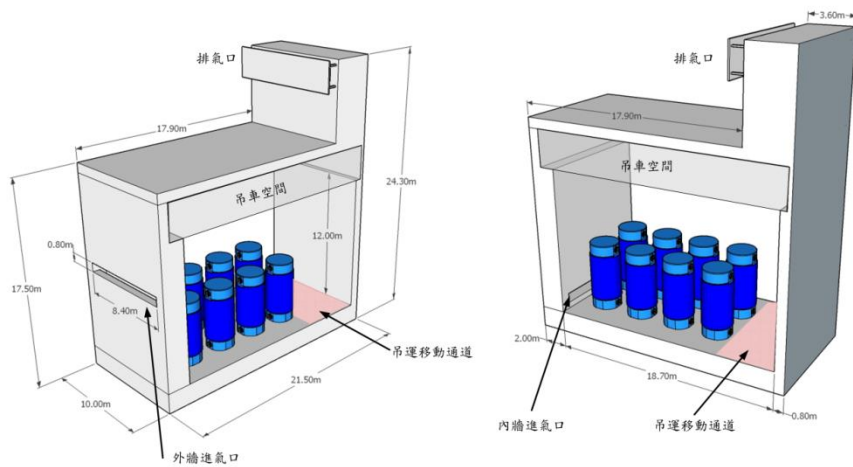


圖 3.2.3-1 金屬護箱室內貯存設施模組單元示意圖

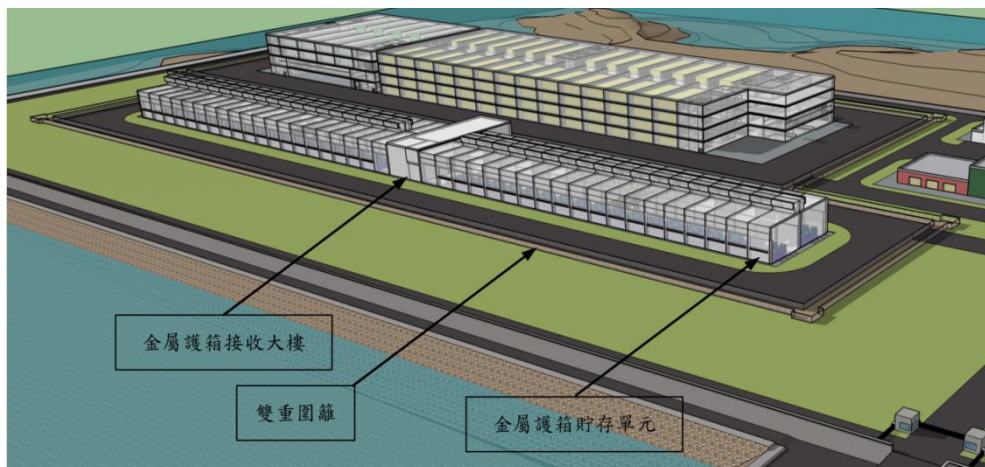


圖 3.2.3-2 金屬護箱室內貯存設施布置示意圖

(2)熱移除設計

本部分僅進行原則性說明，詳細之計算分析則將於 SAR 中進行評估。金屬護箱內部的用過核子燃料衰變熱藉由熱對流、熱傳導與熱輻射機制向外側的提籃與燃料組件傳遞，並逐漸傳遞到護箱表面，透過表面的散熱鰭片將熱散逸至貯存設施的空氣中。為有效移除金屬護箱表面的熱能，貯存設施則藉由被動式對流設計，利用衰變熱的熱浮

力將冷卻空氣自進氣口帶入，而加熱後的熱空氣則由排氣口排出，進排氣口位置如圖 3.2.3-1。

(3)輻射屏蔽設計

本部分僅進行原則性說明，詳細之計算分析則將於 SAR 中進行評估。金屬護箱本身即具備輻射屏蔽功能，工作人員可在輻射防護相關規範下進入設施內進行檢查；如金屬護箱採室內貯存，其貯存設施牆體材質為鋼筋混凝土，可提供第二重輻射屏蔽功能，且設施進氣口與排氣口採用非直線管道設計，防止室外非必要之輻射曝露。

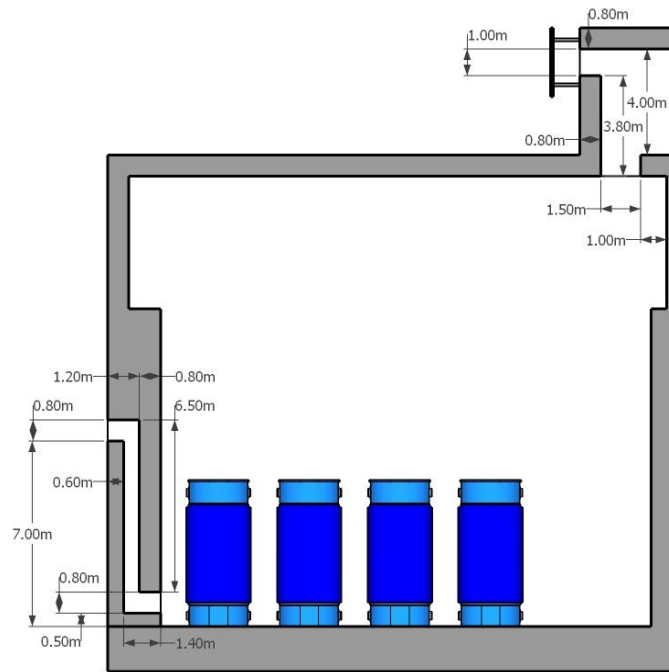


圖 3.2.3-3 密封鋼筒混凝土貯存窖模組單元示意圖

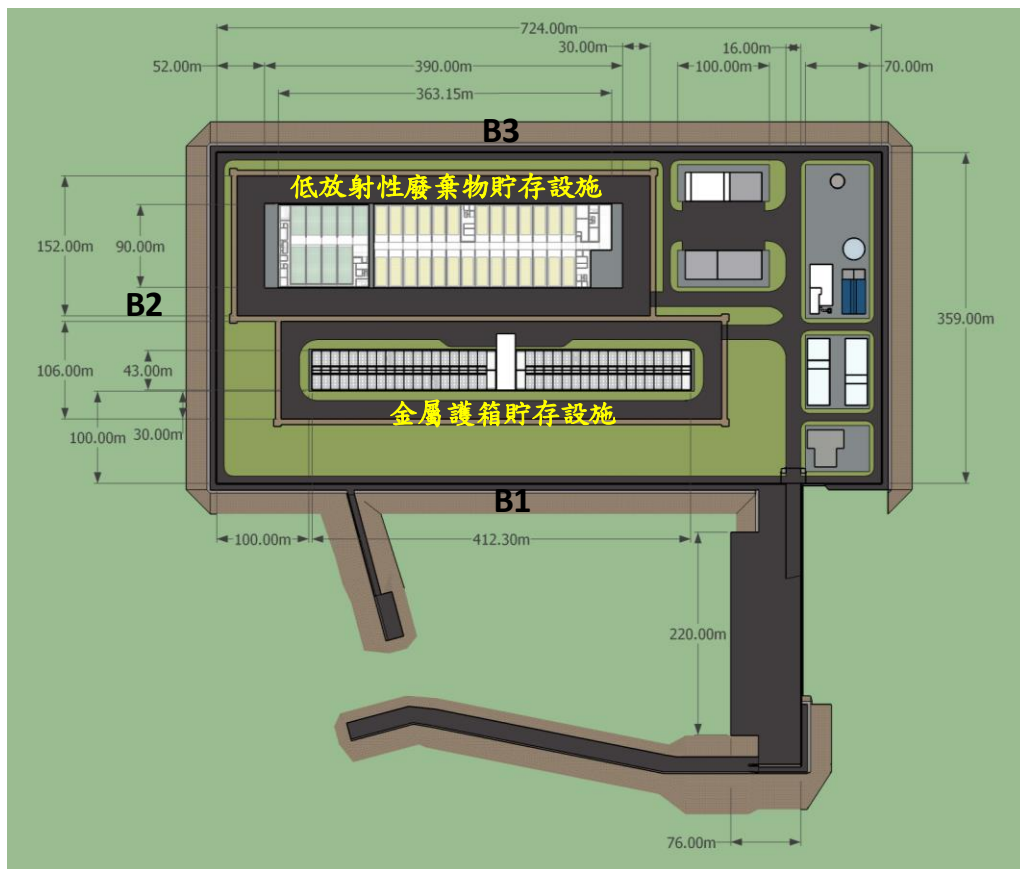


圖 3.2.3-4 集中式貯存場設計布置圖(金屬護箱貯存設施)

(4)防災及抗意外設計

可能的天然災害如地震、洪水等，意外事故包含火災、爆炸、飛行器撞擊等，設施防護設計概述如下，並應在後續的安全分析報告中針對意外事故進行評估。

(a)地震

依內政部營建署建築物耐震設計規範及解說(100)，建築物耐震需考量設施使用年限及地震事件之超越機率，以決定對應之設計地震參數，作為後續耐震設計之參考。惟本規劃現階段尚未選定場址，俟未來場址確定後進行相關地震特性調查與地震危害度分析後，再依規範決定場址的結構耐震設計參數。

(b)洪水與海嘯

設施之防洪設計考量，配置高程必須高於可能之最高海水位，包含了最高暴潮位、海嘯波高、溯上高度及區域排水高程。

(c)颱風、颱風投射物與飛行器撞擊

貯存設施之混凝土結構物可作為第一層防護，避免風壓與外物撞擊；而金屬護箱皆經過撞擊試驗測試，在相當程度的外力撞擊下仍可維持完整，故可視為第二重防護。另，若未來場址週邊環境飛行器行經的機率每年高於百萬分之一，在此情況下則建議設計能耐飛行器等荷重衝擊的防護機制。

(d)雷擊

雷擊為隨機的氣象事件，其發生頻率視貯存場的地理位置而定，貯存設施需有接地設備隔離突波及電力穩定設施輔助以防止雷擊造成相關電力及電氣系統故障。

(e)護箱傾倒與墜落

R1

由於金屬護箱的運輸與定置過程會使用吊運作業，因此必須確保金屬護箱意外墜落時，廢棄物仍能保持其健全性。根據國外廠商經驗，金屬護箱經過墜落試驗後，依然可保持其結構完整。

(f)火災與爆炸

金屬護箱的設計可以抵抗火災與爆炸事件，並維持結構完整與密封性，國外廠商亦有相關試驗與分析佐證，並應在後續的安全分析報告中進行分析評估。

(g)其它場址具高度相關性之情節

電災或物種遷徙等情節，因與場址特性具高度相關性，且集中式貯存場址尚未選定，將待場址核定後，依照場址環境特性進行分析與評估。

2.混凝土窖貯存設施

(1)貯存單元設計

本規劃假設密封鋼筒採用混凝土貯存窖型式，並採用模組化設計，以利未來設施擴充。且密封鋼筒貯存空間位於地下，故周圍地盤可提供額外之輻射屏蔽功能，降低設施外的輻射劑量率。

每一貯存單元外長約 37.35 m、外寬約 11.89 m、外高約 39.14 m，內可存放 13 只密封鋼筒，其內有吊車作為傳送護箱定置工具，如圖 3.2.3-5。

根據表 2.2-1，核一廠與核二廠分別有 7,400 及 11,532 束的 BWR 用過核子燃料，核三廠有 3,912 束 PWR 用過核子燃料。根據我國核一廠與核二廠密封鋼筒之容量，每一只 BWR 用過核子燃料密封鋼筒容量為 56 束及 87 束，而核三廠的密封鋼筒型式尚未決定，初步以每一只 PWR 用過核子燃料密封鋼筒容量為 37 束估計。因此核一廠、核二

廠與核三廠各需 133 只、133 只與 106 只密封鋼筒，總計為 372 只。

貯存設施布置概念如圖 3.2.3-6，設有雙重圍籬作為保安措施。接收大樓設於貯存設施中央，可有效縮短密封鋼筒定置吊運移動路徑長度。於接收大樓左右翼共設有 29 個貯存單元，故本設施共可貯存 377 只密封鋼筒(29 貯存單元×13 密封鋼筒)，大於前述估計總量 372 只。

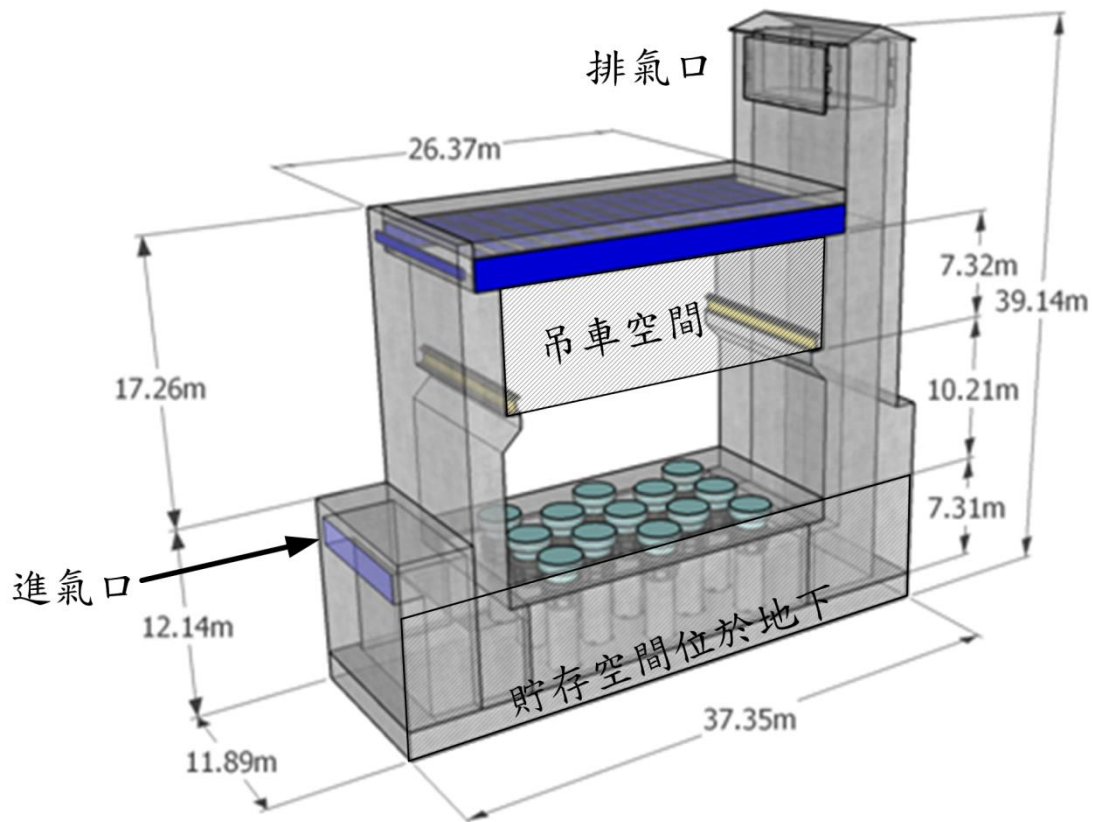


圖 3.2.3-5 密封鋼筒混凝土貯存窖模組單元示意圖

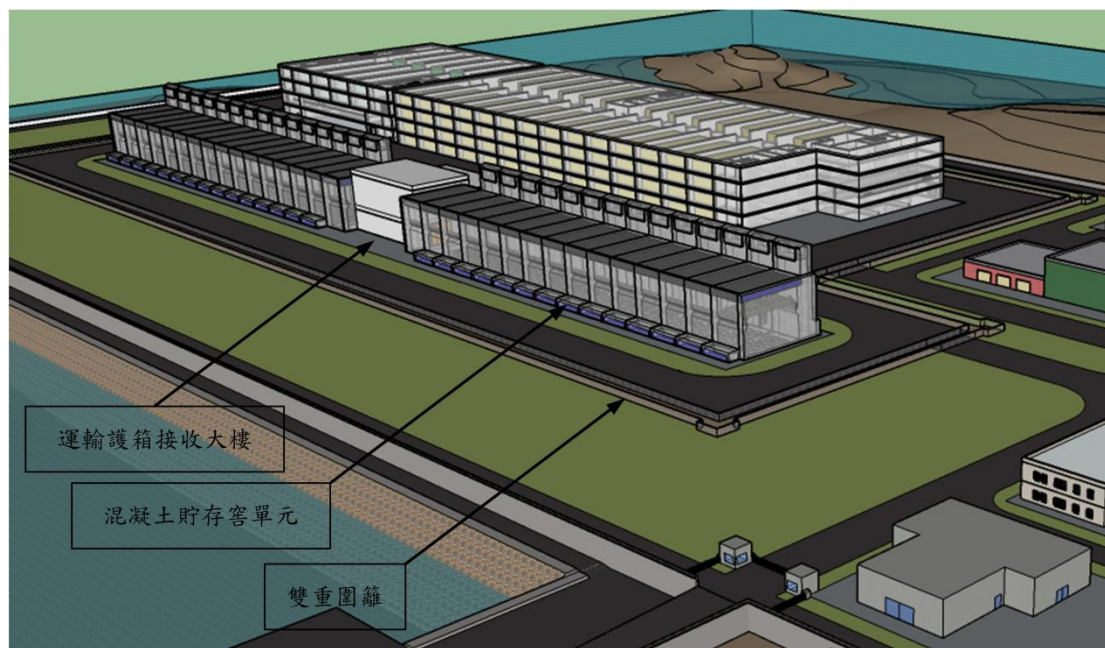


圖 3.2.3-6 密封鋼筒混凝土貯存容布置示意圖

(2)熱移除設計

本部分僅進行原則性說明，詳細之計算分析則將於 SAR 中進行評估。密封鋼筒內的用過核子燃料，其衰變熱會藉由熱對流、熱傳導與熱輻射機制向外側的提籃與燃料組件傳遞，並逐漸傳遞到密封鋼筒表面。為有效移除密封鋼筒表面的熱能，貯存容則藉由被動式對流設計，利用衰變熱的熱浮力將冷卻空氣自進氣口帶入，而加熱後的熱空氣則由排氣口排出。

(3)輻射屏蔽設計

本部分僅進行原則性說明，詳細之計算分析則將於 SAR 中進行評估。貯存容的輻射屏蔽功能主要由混凝土結構物提供，鋼筋混凝土貯存設施牆厚初步規劃為 2 m，且進氣口與排氣口採用非直線管道設計，防止室外非必要之輻射曝露。

因本設施採半地下化設計，故周圍地盤可提供輻射屏蔽功能，使設施表面與場界劑量率遠低於金屬護箱室內貯存設施。

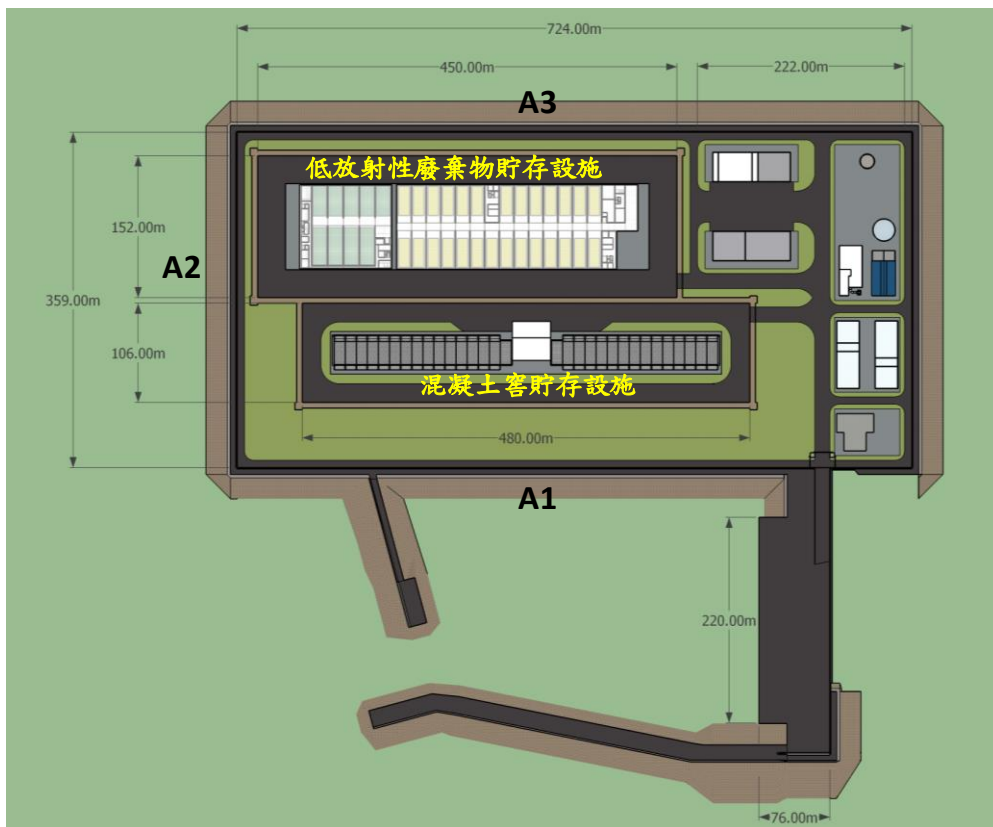


圖 3.2.3-7 集中式貯存場設計布置圖(混凝土窖貯存設施)

(4)防災及抗意外設計

可能的天然災害如地震、洪水等，意外事故包含火災、爆炸、飛行器撞擊等，設施防護設計概述如下，並應在後續的安全分析報告中針對意外事故進行評估。

(a)地震

依內政部營建署建築物耐震設計規範及解說(100)，建築物耐震需考量設施使用年限及地震事件之超越機率，以決定對應之設計地震參數，作為後續耐震設計之參考。惟本規劃現階段尚未選定場址，俟未來場址確定後進行相關地震特性調查與地震危害度分析後，再依規範決定場址的結構耐震設計參數。

(b)洪水與海嘯

設施之防洪設計考量，配置高程必須高於可能之最高海水位，包含了最高暴潮位、海嘯波高、溯上高度及區域排水高程。

(c) 颱風、颱風投射物與飛行器撞擊

貯存窖結構物為主要的撞擊防護，避免風壓與外物撞擊損毀密封鋼筒。另，若未來場址週邊環境飛行器行經的機率每年高於百萬分之一，在此情況下則建議設計能耐飛行器等荷重衝擊的防護機制。

(d) 雷擊

雷擊為隨機的氣象事件，其發生頻率視貯存場的地理位置而定，貯存設施需有接地設備隔離突波及電力穩定設施輔助以防止雷擊造成相關電力及電氣系統故障。

(e) 運輸與傳送護箱意外掉落

由於密封鋼筒的運輸與定置過程會使用吊運作業，因此必須確保運輸護箱意外墜落時，密封鋼筒仍能保持其健全性；於傳送護箱發生墜落時亦可保持密封鋼筒完整性。

(f) 火災與爆炸

混凝土窖結構物的設計可以抵抗火災與爆炸事件，並維持結構完整與密封性，並應在後續的安全分析報告中進行分析評估。

(二) 低放射性廢棄物貯存設施

(1) 貯存單元設計

為使低放射性廢棄物貯存容器於貯存期間保持完好，本規劃參考龍門電廠之低放射性廢棄物貯存倉庫，以室內貯存設施進行規劃。

本設施預計貯存核一廠、核二廠、核三廠及蘭嶼貯存場之運轉廢棄物及除役廢棄物，可能使用的主要容器有 55 加侖桶、3x4 重裝容器、3 m³ 鋼箱、7 m³ 鋼箱、B-25 鋼箱

R1

及 20 呎半高貨櫃。此外亦包含少量的 83 加侖桶與高性能混凝土盛裝容器。各種容器貯存單元之尺寸如表 3.2.3-1 所列。依據表 2.2-2 與表 2.2-3 所列的低放射性廢棄物量與表 3.2.3-1 的貯存單元容量，可估計出各單元的所需數量如表 3.2.3-2。各容器貯存單元規劃示意如圖 3.2.3-8~11。低放射性廢棄物貯存設施布置概念如圖 3.2.3-12，規劃為地下一層、地上四層之建築物，其內部貯存隔間以表 3.2.3-2 貯存單元數量進行規劃。

表 3.2.3-1 低放射性廢棄物貯存單元尺寸規劃

容器種類	淨長(m)	淨寬(m)	淨高(m)	堆疊方式(長×寬×高)
55 加侖桶/ 3×4 重裝容器	40.60	14.90	5.50	55 加侖桶: 48×18×4 桶 3×4 重裝容器: 16×4×4 只
3 m ³ 鋼箱	40.60	14.90	5.50	16×6×2 箱
7 m ³ 鋼箱	80.00	20.00	16.50	23×7×8 箱
B-25 鋼箱	42.45	16.22	5.50	26×7×3 箱
	34.65	16.22	5.50	21×7×3 箱
20 呎半高貨櫃	58.00	20.00	16.50	8×6×8 箱
	80.00	20.00	16.50	12×6×8 箱

表 3.2.3-2 低放射性廢棄物貯存單元需求量

容器種類	廢棄物數量	貯存單元容量	貯存單元需求量
55 加侖桶	123,501 ¹ +72,513 ²	3,456	36+21
3×4 重裝容器	9,274 ³	256	36
3 m ³ 鋼箱	3,397	192	18
7 m ³ 鋼箱	1,214	1,288	1
B-25 鋼箱	6,045	546	12
		441	
20 呎半高貨櫃	1,314	384	2
		576	1

1-運轉廢棄物:55 加侖桶

2-除役廢棄物:55 加侖桶

3-蘭嶼之廢棄物桶將全數以 3×4 重裝容器盛裝

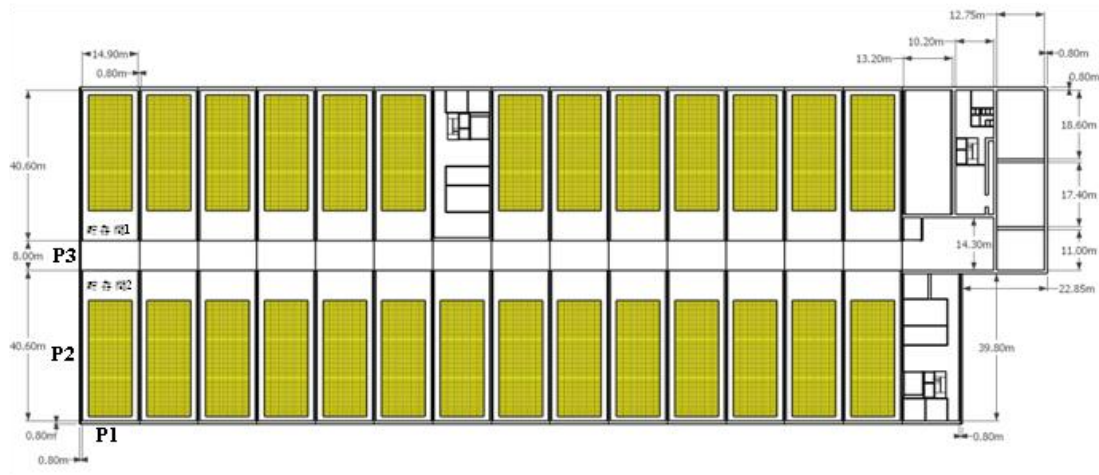


圖 3.2.3-8 55 加侖桶/3x4 重裝容器貯存單元平面示意圖(1F~4F)

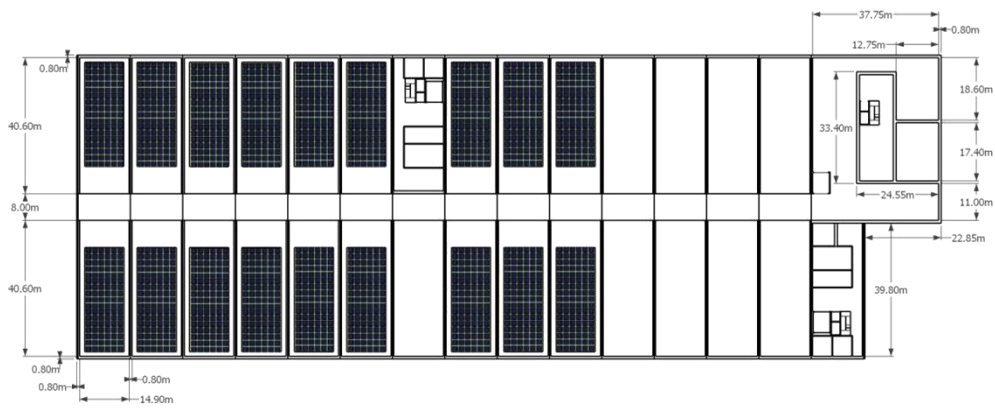


圖 3.2.3-9 3 m³ 鋼箱貯存單元平面示意圖(B1F)

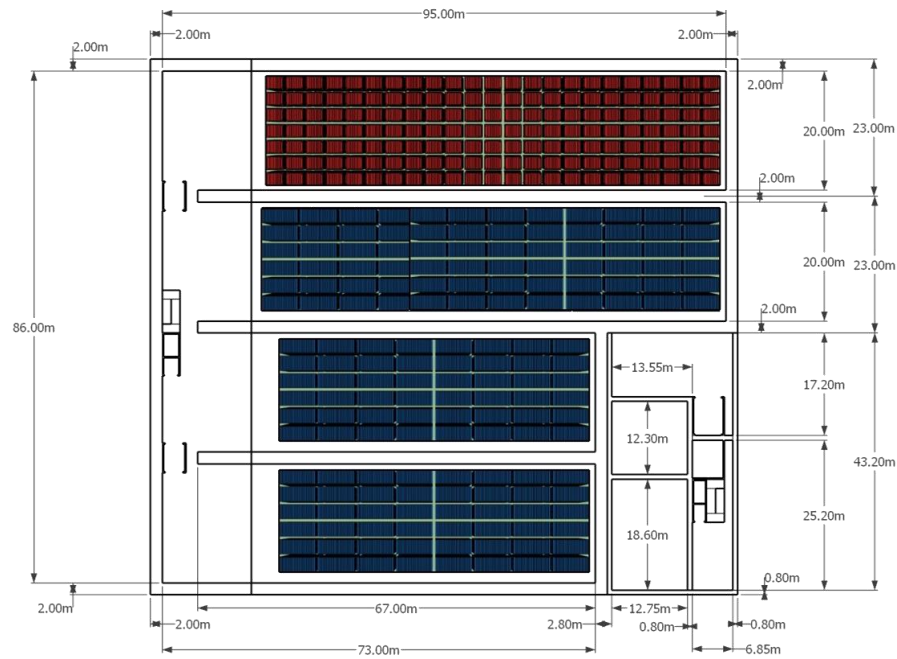


圖 3.2.3-10 7 m³ 鋼箱及 20 呎半高貨櫃貯存單元平面示意圖

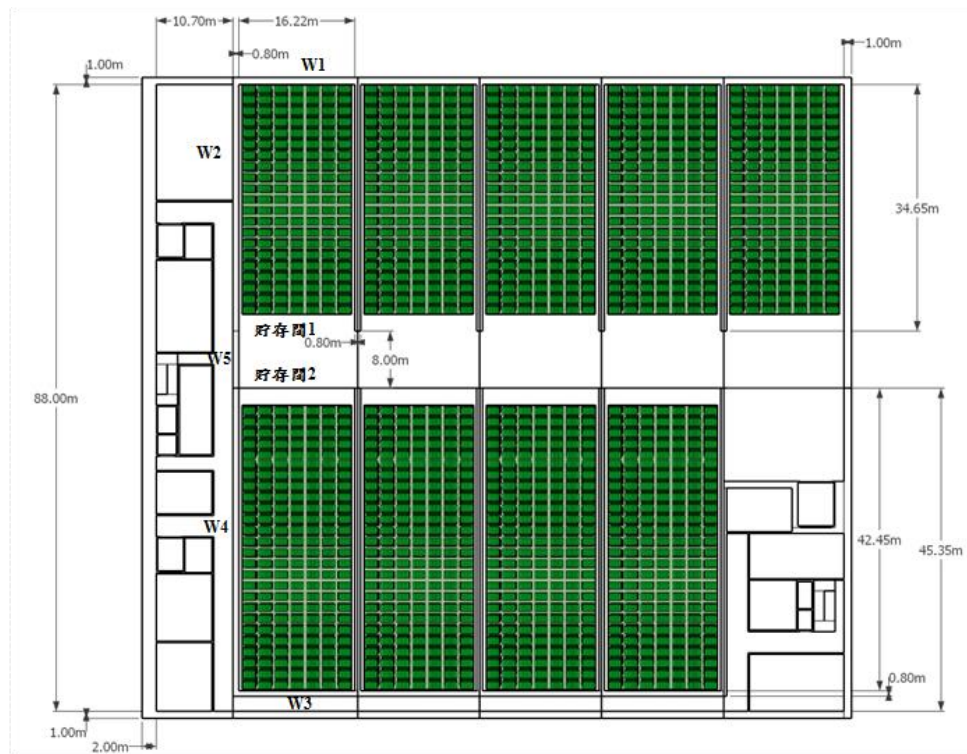


圖 3.2.3-11 B-25 鋼箱貯存單元平面示意圖

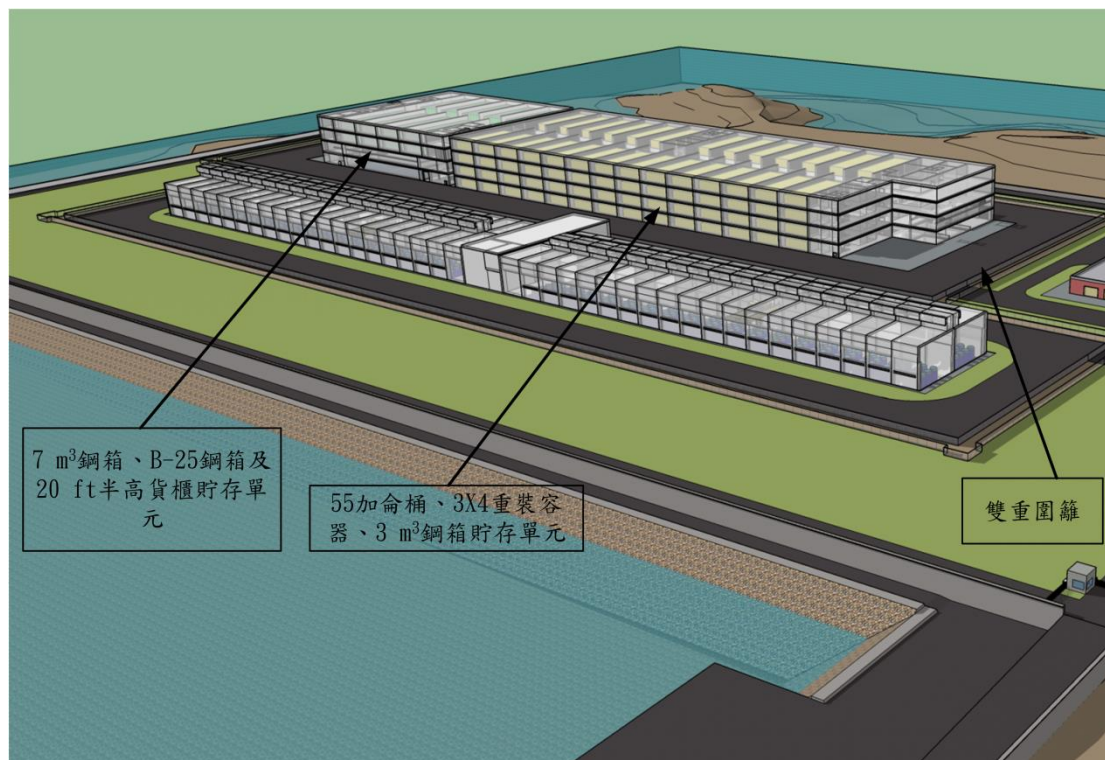


圖 3.2.3-12 低放射性廢棄物貯存設施布置示意圖

(2)溫濕控制設計

為維持低放射性廢棄物包裝容器的長期穩定，本設施採用恆溫恆濕系統。設計空調箱冷卻系統以節省能源並維持室內在 25°C (DBT，乾球溫度，Dry Bulb Temperature) 及 65% (RH，相對濕度，Relative Humidity) 溫溼度條件，規劃在每個貯存單元外側走廊設置空調箱，並在各貯存單元內設置溫度與濕度監測儀器，當溫度或濕度因室內外空氣對流產生變化時，即啟動空調箱及冰水主機，以維持室內之恆溫恆濕條件。同時將貯存設施建造為氣密形式，避免外氣進入建築物內，影響空調冷卻系統的運轉穩定性。並減低外界對輻射物質經由通風系統溢出至室外之疑慮。

(3)輻射屏蔽設計

低放射性廢棄物貯存設施的輻射屏蔽功能主要由混凝土結構物提供，鋼筋混凝土貯存設施牆厚視該區域貯存廢棄物之輻射濃度，初步規劃為 0.8 m 至 2 m，防止室外非必要之輻射曝露。

本規劃初步進行低放射性廢棄物貯存設施之輻射劑量計算，表 3.2.3-3 列出設施內外與最近場界之劑量率，符合「游離輻射防護安全標準」第 7 條輻射工作人員職業曝露與「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」第 5 條之規範。

表 3.2.3-3 低放射性廢棄物貯存設施輻射劑量率分析

項目	劑量率(mSv/h)	年劑量率(mSv/y)	法規限值
貯存設施內最大劑量率 1	6.5E-3	13	連續 5 年有效劑量不得超過 100 mSv，單一年不得超過 50 mSv
貯存設施建築物表面最大劑量率 1	6.0E-5	0.12	
場界劑量 2	2.5E-5	0.219	0.25 mSv/y

1-設施內及設施周圍以每年工作時數 2,000 小時計算工作人員年劑量率；

2-場界以每年總計 8,760 小時計算民眾年劑量率。

(4)防災及抗意外設計

可能的天然災害如地震、洪水等，意外事故包含火災、爆炸、飛行器撞擊等，設施防護設計與用過核子燃料貯存設施相同，且應在後續的安全分析報告中針對意外事故進行評估。

二、營運輔助設施

(一)碼頭及海事工程

碼頭區之規劃設計需提供運輸船舶之操航空間、停靠空間與廢棄物或物資卸載空間，碼頭及海堤之平面圖如圖 3.2.3-13，各項規劃需求與結果說明如下。

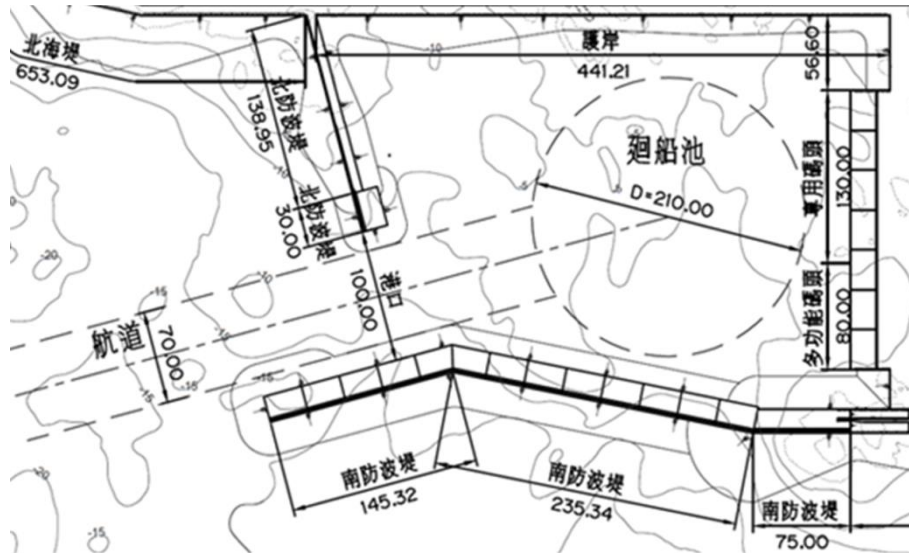


圖 3.2.3-13 集中式貯存場碼頭及海堤平面佈置示意圖

1.碼頭長度

集中式貯存場碼頭規劃可供 5,000 DWT(載重噸位，Deadweight Tonnage，DWT)級以下緊急應變船舶與 700 DWT 級運輸船舶同時停靠使用，表 3.2.3-4 所示為依規範估算之單一泊位碼頭需求長度，由於兩座碼頭採直線連續型配置，故碼頭總長度採 210 m 規劃，其中 5,000 DWT 級船舶碼頭長為 130 m，700 DWT 級船舶碼頭長度為 80 m，兩者可彈性調節共用交界處繫船柱。

表 3.2.3-4 碼頭長度參考值

項 目	700 DWT 級運輸船	5,000 DWT 級船舶
設計船長(L)	53.00 m	103.92 m
設計船寬(B)	10.50 m	17.25 m
碼頭泊位長度(Lb)	58.3~60.4m	112.5~122.5m

資料來源：交通部港灣構造物設計基準－碼頭設計基準及說明，1997

註： $Lb=L+B \times \sin(30^\circ \sim 45^\circ)$

2.碼頭水深

碼頭需求水深採設計船舶(5,000 DWT 級船舶)繫留時之滿載吃水 6.75 m 加計 10%，估計為 7.43 m，並考量最低低潮位

時仍能安全繫留，據以訂定碼頭底部高程，碼頭需求水深應在場址確定後，以場址海域最低低潮位進行檢核調整。

3. 航道

航道長度基本需求為 5 倍船長以上，以設計船舶(5,000 DWT 級船舶)船長 103.92 m 估算，航道長度訂為 520 m，但考量縮減防波堤長度及全程由拖船協助進港靠泊，部份航道長度規劃在港口外。

單向航道寬度基本需求約為 3.6~6.0 倍船寬之間，考量港內靜穩度及設計船舶(5,000 DWT 級船舶)艘次不多，航道寬度以設計船舶之 4.0 倍船寬(17.25 m)估算，航道寬度訂為 70 m。

航道深度採最大吃水加 15% 估計，以設計船舶吃水 6.75m 估算為 7.76 m，並需考量於最低低潮位時仍能安全進港。航道水深應在場址確定後，以場址海域最低低潮位進行檢核調整。

4. 迴船池

由拖船協助船舶掉頭之迴船池直徑基本需求為大於 2 倍船長，以設計船舶船長 103.92 m 估算，迴船池直徑訂為 210 m，迴船池水深則採與航道相同之 7.76 m，並需考量於最低低潮位時仍能執行迴船作業。

5. 護岸

護岸位於港內水域北側，考慮其陸側造地區擋土牆基礎安定，護岸頂寬採 8.0 m。另為提高港內水域穩靜，構造型式採斜坡拋石堤，外坡面以消波塊保護。

6. 防波堤

南、北防波堤為碼頭區之外廓設施，其配置主要為遮蔽冬季之東北季風波浪及夏季之颱風波浪，提供碼頭船席、迴船池及內航道等港區水域之穩靜。

(二)整地、道路及排水系統

1.整地工程規劃設計原則

- (1)充份利用海工疏浚、建築結構及箱涵管線開挖土方，力求最少外購土石方填方。
- (2)順應地形走勢，邊界整地之高程與區外之原地面高程銜接平順。
- (3)整地高程配合區域排水及之防洪排水需求。
- (4)配合整體設計與景觀配置。

2.道路工程規劃設計原則

- (1)道路線形及路幅寬須配合場區各區塊功能需求可及性，滿足運載重車運輸動線與轉向輪軸軌跡。
- (2)道路鋪面設計須滿足場區重載車輛行駛使用年限，鋪面材料須配合環境限制性。
- (3)配合偏遠地區環境工程設備限制，建議採剛性路面(水泥混凝土路面)，鋪面設計依據場區重載特殊車輛行駛及道路使用年限，初步採 30cm 厚水泥混凝土鋪面設計。
- (4)放射性廢棄物貯存區 20 m 道路
配置為雙向二車道，兩側設置 2.0 m 寬人行道與 0.5 m 寬路側溝，該道路主要提供放射性廢棄物運輸車輛行駛，車道淨寬 15 m 滿足該重載特殊車輛行駛需求。
- (5)輔助區 8 m 道路
配置為雙向二車道，服務輔助區一般車輛(小客車與貨車)行駛，兩側設置 0.5 m 寬路側溝，車道淨寬 7 m。

3.排水系統規劃設計原則

- (1)本規劃區內雨水排水系統與污水系統分離
- (2)所有排水設施，原則採重力方式排水，以減輕維護管理費用，除非必要始使用機械排水或倒虹吸工。

- (3)排水幹線出口渠底高程以高於平均潮位為準，出口設置舌閘或自動閘門，於內水位高時，內水可自動排放至下游水路，外水位高時，區內地表逕流則暫時蓄留於排水幹線內。

(三)輔助區設施

以下將就輔助區設施的規劃設計原則、法規檢討以及各設施設計概念進行說明。

1.輔助區設施規劃設計原則

- (1)建築之設計準則主要係依據內政部頒發之「建築法」、「建築技術規則」及「區域計畫法」等相關應遵守之規定。
- (2)結構之設計準則主要係依據內政部頒發之「建築技術規則構造編」、「鋼筋混凝土設計規範」。
- (3)場址基地可能位屬非都市土地範圍，其土地使用暫定為「非都市土地使用管制規則」之特定目的事業用地土地使用編定預計為特定目的事業用地，建蔽率為 60%，容積率為 180%。
- (4)注重全區配置及交通動線之合宜性，針對各空間作合理且滿足需求之安排。
- (5)對於工作人員之在地工作、生活之空間規劃，均應考量安全、休閒及生活之便利性。

2.檢查大樓規劃設計

檢查大樓位於集中式貯存場入口處，主要目的及功能在於管制進出場區之人員，並確保相關人員離場時，身上的輻射劑量符合標準。檢查大樓規劃原則如下

- (1)入口設置第一道檢測，人員須通過檢測方能進入檢查大樓。
- (2)後側門設置第二道檢測，人員離開時須通過儀器檢測方能離開至檢查大樓外側；該區並設置沖洗區及醫務室，未通過儀器檢測者，須於該區處理完畢後方能離開檢查大樓。

檢查大樓二層為辦公區，供保健物理人員及貯存設施營運相關人員常駐辦公，如貯存區有需要可隨時支援；同時設有控制室，以管控一樓車輛進出集中式貯存區。

- (3)參考原能會所公告之「沸水式核能電廠中／大幅度功率提昇技術審查導則(99.11.10)」中有關主控制室之適居性、過濾、及通風(Habitability, Filtration, and Ventilation)之說明，檢查大樓將考量比照低放射性廢棄物貯存設施之輻射屏蔽設計，確保其適居性。

3.柴油發電機房規劃設計

保守考量場址可能位於無電力系統供應區，為提供集中式貯存場內所有設備及人員之運作，規劃一柴油發電廠，初步規劃興建一 10 MW 之發電廠提供集中式貯存場運轉之所需。

4.海水淡化機房規劃設計

保守考量場址可能沒有其餘淡水來源，因此規劃一逆滲透式海水淡化廠提供貯存場工作人員之生活用水以及集中式貯存場之運轉用水。初步估計集中式貯存場最大人數需求為 300 人(含短期施工人員)，以每人每日用水量以 250 L 估計，因此海水淡化廠之日產出量為 75 CMD (Cubic Meter per Day)，並規劃有一 750 m³ 之儲水槽，可儲存 10 天之用水。

5.行政大樓及生活中心規劃設計

(1)行政大樓

行政大樓一樓設有展覽區與辦公區，可供相關工作人員處理公務。二樓設有辦公區及不同規模之會議室。

(2)生活大樓

生活大樓地下一樓設有健身房及圖書室，一樓為餐廳及廚房，以提供工作人員膳食，二樓至四樓設有宿舍區，規劃有 4 人房、2 人房以及單人房。

(3)參考原能會所公告之「沸水式核能電廠中／大幅度功率提昇技術審查導則(99.11.10)」中有關主控制室之適居性、過濾、及通風(Habitability, Filtration, and Ventilation)之說明，行政大樓將考量比照低放射性廢棄物貯存設施之輻射屏蔽設計，確保其適居性。

R1

6.機具維修廠與消防中心規劃設計

(1)機具維修廠

為提供集中式貯存場內一般機具維修之空間，本設施規劃有一座機具維修廠，其設計樓高可容納大型吊車駛入進行維修。

(2)消防中心

集中式貯存場設有消防中心一座，1F 停放 2 部消防車及一部救護車，並設置裝備放置區、醫務室；2F 為消防隊部及辦公室，以提供必要之消防作業，。

7.車庫與倉庫規劃設計

為提供颱風侵襲或惡劣天候下，碼頭吊運車輛之安全收停空間，本設施規劃一座挑高車庫，以供大型吊車收停。此外亦規劃有倉庫一座，提供一般庶務收納之需求。

8.通訊

為確保場址對內與對外之通訊無虞，待場址確定後，將協商電信公司以及固網業者提供一般語音電話服務外，另評估架設包含智慧網路、光纖網路、數據通訊、無線通訊或國際通信等，以符合貯存場之需求。另亦將評估建置網路、微波或衛星電話等系統，以作為緊急狀況下對外通訊之途徑。

R1

3.3 集中式貯存場保安與保防規劃

3.3.1 集中式貯存場保防規劃

為防止核武擴散與達到核能和平利用之目的，我國與美國、國際原子能總署(International Atomic Energy Agency，以下簡稱IAEA)簽署了「台美核能和平利用合作協定」及「我國與美國及國際原子能總署適用防護事項協定」(IAEA INFCIRC/158)。依上述協定，我國核物料與核設備受到國際原子能總署監控與管制，且須依循國際原子能總署的核物料管制政策及方法，執行核子保防相關程序。由於集中式貯存場規劃存放的用過核子燃料，屬於國際原子能總署列管之核子保防物料。因此，在規劃或設計集中式貯存場時，須將核子保防需求納入考量。

一、核子保防要求

我國執行核子保防作業時，主要依據原能會「核子保防作業辦法」之規定辦理，且受到前述協定之規範，須符合國際原子能總署「保防規則」(IAEA INFCIRC/66 The Agency's Safeguards System)、「全面保防協定」(IAEA INFCIRC/153 Comprehensive Safeguards Agreement, CSA)與補充議定書(IAEA INFCIRC/540 Additional Protocol)之要求。

二、核子保防規劃

核子保防須由設施營運者、原子能委員會和國際原子能總署三方取得共識及認可後，方能在設施運轉後開始實施。本規劃目前尚在初步規劃階段，現階段僅能先考慮我國與國際法規之要求，規劃集中式貯存場營運期間執行核子保防之人力、配合國家核物料料帳管控系統劃定物料平衡區和關鍵量測點，並預留未來可能裝設保防器材之空間、視察設備的作業空間等，以利後續保防作業能順利進行。

(一)人員編制

集中式貯存場編有保安保防組，可作為核子保防物料聯絡人，保管核子保防物料、料帳資料、設計資料問卷及設施附屬文件，並應隨異動之發生更新相關料帳資料與製作相關報表，經彙整與查證後統一向原能會陳報。

(二)物料平衡區和關鍵量測點

為了計算與管控核物料存量和相關異動，初步規劃將整個用過核子燃料貯存區設定為物料平衡區，以作為定義核物料輸出、輸入及執行存量統計的平衡實體範圍，如圖 3.3.1-1 所示。一般而言，在物料平衡區內的核物料移動不必申報異動。物料平衡區內設有關鍵量測點，作為測量核物料流動量或存量的區域。

關鍵量測點依其性質不同可分為流動關鍵量測點(flow KMP)與存量關鍵量測點(inventory KMP)。存量關鍵量測點用於讓營運單位、原能會和國際原子能總署盤點和核查用過核子燃料的存量，通常位於貯存設施內。

因本規劃有兩處用過核子燃料貯存設施，故設定兩個存量關鍵量測點，分別為 KMP-A 和 KMP-B。流動關鍵量測點則是用以檢核存量的異動或轉移，本規劃在物料平衡區進出口處以及接收檢查設施內設定流動關鍵量測點，分別為 KMP-1 和 KMP-2，相關位置如圖 3.3.1-1 所示。上述佈置仍須於集中式貯存場的細部設計階段，透過正式管道與原能會協商後方能定案。

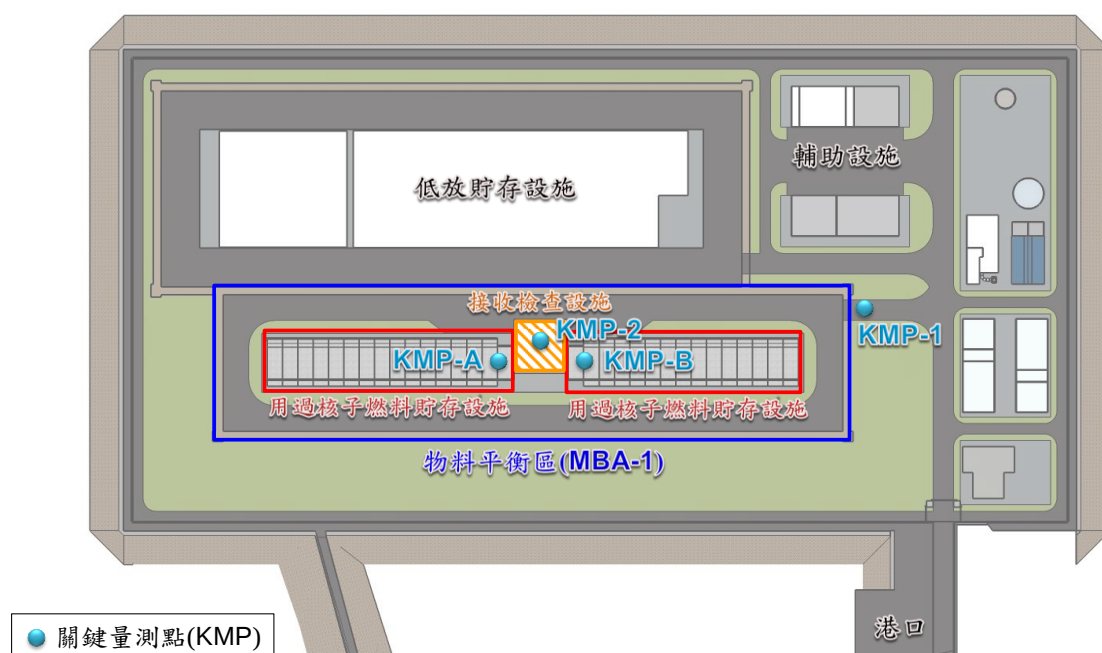


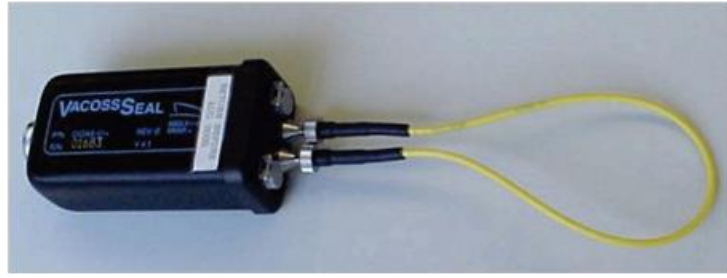
圖 3.3.1-1 集中式貯存場之物料平衡區和關鍵量測點示意圖

(三)核子保防器材之空間需求

國際原子能總署可能裝設於集中式貯存場之核子保防器材，包括有影像監控系統、輻射偵測系統和乾式貯存之封緘裝置(Seal System)，分別說明如下：

1.封緘裝置

國際原子能總署的封緘裝置通常裝於貯存護箱或窖式的上蓋螺栓處，一般會同時安裝兩種不同類型的封緘裝置，以防故障的狀況發生。目前常用的封緘裝置有金屬帽封緘(metal cap seal)和可變編碼光纖封緘(variable-coded fiber optic seal)，如圖 3.3.1-2 所示。選擇護箱或設計貯存窖時，應把封緘裝置的安裝納入考量，且護箱周圍須至少預留 0.5 m^2 的空間作為維修作業之用。



金屬帽封緘(metal cap seal) 可變編碼光纖封緘(variable-coded fiber optic seal)

資料來源：NIS Office of Nuclear Safeguards and Security, 2012, Guidance for Independent Spent Fuel Dry Storage Installations.

圖 3.3.1-2 IAEA 的封緘裝置

2. 影像監控系統

國際原子能總署的影像監控系統，如圖 3.3.1-3 所示。此監控系統需能監視所有的用過核子燃料以及貯存設施與貯存場的進出口，故攝影機的裝設位置要由國際原子能總署視場址與設施狀況決定。影像監控系統所需的空間，包括每個攝影機約需 1 m^2 ，以確保有清楚的視野，而做為資料蒐集之用的伺服器機櫃，則需 3 m^2 的空間。此外，此影像監控系統為獨立系統，不可與集中式貯存場之保安監控系統共用。



資料來源：NIS Office of Nuclear Safeguards and Security, 2012, Guidance for Independent Spent Fuel Dry Storage Installations.

圖 3.3.1-3 IAEA 的影像監控系統

3.遠端監控

國際原子能總署為了減少現場視察的次數，可能會要求遠端傳輸封緘和監控資料到國際原子能總署。使用遠端監控系統需修改保防器材(例如額外安裝線路)，以作為資料傳輸之用。

4.貯存中用過核子燃料之查驗設備

國際原子能總署正在研發可用於查驗貯存在密封鋼筒或護箱中用過核子燃料之設備，例如圖 3.3.1-4 的康普頓乾式護箱影像系統(Compton Dry-Cask Imaging System)，此為輕水反應爐(LWR)用過核子燃料乾式貯存護箱的查驗設備，使用此設備時需要安裝固定架，因此在貯存護箱周圍須預留足夠空間。



圖 3.3.1-4 IAEA 的貯存中用過核子燃料之查驗設備

3.3.2 集中式貯存場保安規劃

根據我國與美國簽署之「台美核能和平利用合作協定」，集中式貯存場需建立一套保安系統，以防範核設施遭受破壞及防止核物料失竊。本規劃主要參考台電公司的「核能電廠保安計畫作業指引」、國際原子能總署的「核物料及核設施之實體防護」(IAEA INFCIRC/225/Rev.5)以及美國 NRC 10 CFR Part 73

「電廠和核物料的實體防護」，規劃集中式貯存場之保安系統摘要如下。

一、保安工作之組織、管理及訓練

(一)目的

為維護本貯存設施之安全，凡人員、車輛及物料進出本集中式貯存場，須經保安組織管制。

(二)組織

集中式貯存場周圍設有警衛崗亭，出入口處亦有警衛室，由集中式貯存場的保防與保安組以及保警共同負責相關勤務工作，人員車輛進出之輻射管制則由保健物理組統一負責。

(三)管理及訓練

為使集中式貯存場相關人員了解保安意義、責任及各項保安規定事項，應擬定核能保安訓練計畫並定期辦理。

二、保安區域之劃定與管制

依照縱深防護策略，集中式貯存場由外而內分為控制區、保護區和緊要區，如圖 3.3.2-1 所示。整個集中式貯存場設定為控制區，控制區利用圍牆與外界區隔，用以防阻民眾及車輛誤入場內，並提供進出管制。集中式貯存場內因存放的廢棄物不同，有兩個保護區與兩個緊要區，保護區皆以雙重圍籬為實體屏障，雙重圍籬的內/外側留有寬 6 m 的帶狀隔離帶，隔離帶禁止人車與動物進入，且須保持視野清澈，以利入侵警報系統設置。保護區入口設有主警衛室，每日至少固定頻度之不定時巡邏。

緊要區則以存放廢棄物的建築物為實體屏障，任何人員非經批准不得進入此區域，緊要區之建築強度應在普通住宅強度 2 倍以上，並應採用防火材料，裝設自動火警偵測器、防盜警鈴及消防系統，其進出口平常均保持鎖住狀態，緊要區周圍並應裝置夜間照明設備及配置無線電通訊設備。此外，保安監控中心與保安副監控中心分別設置於兩個緊要區內，須具備防彈功能，且 24

小時需有人執勤，全時段須有 2 人以上值勤，1 人須為保安專職人員。

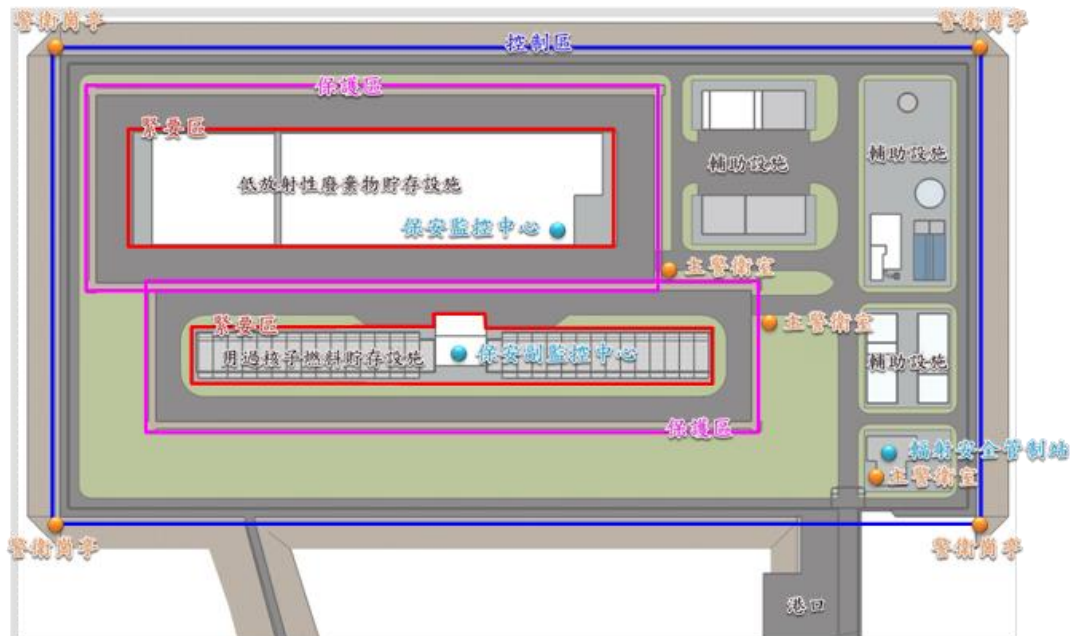


圖 3.3.2-1 集中式貯存場之保安規劃

三、周界實體阻隔物及警報監視系統

(一)保護區周界實體阻隔物

- 1.四周設有雙重之圍籬，內圍籬高度 250 cm(含刺線架)，外圍籬高度 150 cm，隔離帶寬度 6 m，內外圍籬之間鋪 30 cm 厚的碎石級配。
- 2.保護區內採用自動點滅開關照明，圍籬內外、隔離帶及貯存設施外地面之平均照度為 259 lux (Mini 86 lux, Max 444 lux)，符合 NUREG-1619 及 SECY-98-024 規範標準。另設有全功能球型攝影機(day)/全天候夜視鏡頭(night)(採 SPD 鏡頭具有自動增益控制及自動白色平衡功能)。

(二)入侵偵測及警報監視系統

入侵偵測及警報監視系統主要監視貯存場、鄰近道路及圍籬狀況，包含以下系統。

- 1.保護區入侵警報偵測系統：紅外線偵測及拉力感知並輔以 CCTV 監視。
- 2.閉路電視系統：重要據點裝置閉路電視攝影機，隨時監視進出之人員及車輛。
- 3.電源設備：貯存場使用之正常與緊急電源，受防情燈火管制之控制。入侵偵測及警報監視系統備有緊急備用電源，停電時自動切換由備用電源供電至控制/監測裝置。

四、門禁管制、進出人員查核、保安通訊設備

(一)門禁管制

本規劃之集中式貯存場均列入輻射防護管制範圍，人員進出之輻射防護管制，統一由保健物理組負責執行，並按規定執行門禁管制。

(二)進出人員查核

集中式貯存場之輻射管制站位於出入口處，進出人員查核之管制程序如下：

- 1.進出人員至輻射管制站辦妥登記後，將人員佩章及輔助劑量計配掛於腰部以上，頭部以下之部位(通常一起置入佩章袋內)，始得進入集中式貯存場。
- 2.工作人員進入貯存場保護區前，應先自行確認未攜帶各類飲食、香菸、口香糖或檳榔等。
- 3.人員離開時，交回人員輔助劑量計，由輻射安全管制站偵檢，無污染後放行。

(三)保安通訊設備

- 1.警衛室設有警報器，俾於緊急時迅速通報保安監控中心。

2.警衛崗亭備有脅迫警報裝備，遇有緊急狀況可迅速向主警衛室及保安監控中心示警。

3.保安通訊系統包括警衛室內的廠內電話、平時巡邏人員配帶有適當通訊工具等兩種類。

五、保安系統測試維護及各項紀錄保存

保護區與緊要區之入侵偵測系統、監視警報系統與保安通訊系統需每季進行測試維護，而警報系統更需每 7 天執行一次測試作業。此外，未來集中式貯存場營運時應建立相關程序書件，以供執行時遵循，例如監控系統定期維護測試程序書、保安閉路電視攝影機監控系統定期維護測試程序書、門禁系統電腦維護程序書、門禁系統智慧型控制器、讀卡機及模擬顯示板維護測試程序書、記錄保存程序書等文件。

3.4 施工

3.4.1 工程地點說明

為妥適管理核電廠運轉與除役之放射性廢棄物貯存作業，本規劃擬建議選擇對於社會與政治層面擾動較小、環境衝擊較低，且未來發展潛力亦較低之地區，以興建集中式貯存場。

因集中式貯存場址尚未選定，因此工程地點初步設定其施工環境與條件為資源缺乏兼運輸不便的地區。後續將以此設定為基礎，進行施工工法、材料來源、機具與人員需求之說明。

3.4.2 施工工法

本規劃之集中式貯存場主要工程可分為準備工程、接收港工程、圍堤填地工程、輔助區設施及貯存設施。各主要工程工作說明如下：

一、準備工程：場地整理及臨時工程、備料、工地預拌混凝土廠。

- 二、接收港工程：港域及基槽浚挖、新建碼頭（含附屬設施）、北防波堤、南防波堤、護岸。
- 三、圍堤填地工程：北海堤、南海堤、擋土牆、碼頭區回填、輔助區回填、鋪面及道路工程。
- 四、輔助區設施：檢查大樓、接收大樓、行政大樓、海水淡化機房、柴油發電機房、生活大樓、維修廠及消防中心、車庫及倉庫。
- 五、貯存區設施：低放廢棄物貯存設施、用過核子燃料貯存設施。

針對上述工作內容，本規劃主要構造物型式為鋼筋混凝土結構物、合成式沉箱堤、斜坡式拋石堤、重力式沉箱碼頭，以及浚挖填地施工作業…等。上述工項及工法，國內廠商多已具備豐富之施工經驗，且亦有可配合之船機與設備，故本節僅針對較為特殊之合成式沉箱堤特別說明。

合成式沉箱堤，其基礎石料拋放採海拋方式，施工初期需於臨時施工場地先備妥材料，再利用拋石船於臨時施工碼頭裝料運至堤線位置拋放，基礎拋石經整平檢驗後，始進行沉箱安放、沉箱填充及沉箱封頂作業，並吊排塊石及護基方塊(消波塊)保護。其上部之蓋頂混凝土及胸牆，則於全線沉箱施工完成後，再由尾端以反方向往起始端逐步施工，以免混凝土初凝時間影響施工車輛通行，有關合成式沉箱堤之施工程序如圖 3.4.2-1 所示。至於沉箱製作方式一般有砂灘上製作、船塢製作、碼頭岸上製作及浮沉台製作，考量工址無既有港口後線又無有遮蔽之砂灘，為免動員大型吊船及抽砂船，建議採用浮沉台製作方式最佳。

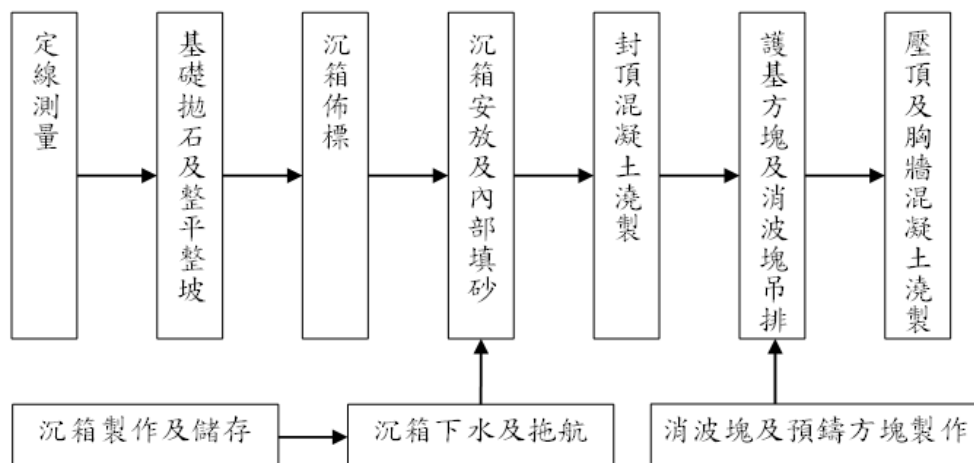


圖 3.4.2-1 合成式沉箱堤施工程序

3.4.3 施工材料來源

一、材料料源

本規劃主要施工材料有混凝土(河砂、級配骨材、水泥)、鋼筋、塊石(堤心石、沉箱基礎、回填料)、碎石、沉箱回填料(河砂或海砂)…等，其中鋼筋、水泥、河砂、骨材及碎石等材料，國內之生產規模應可供應無虞。但塊石及回填料等材料之供給，因國內河川並無依「土石採取法」申請之土石採取許可區，無法自國內供應 10 kg 以上之塊石料源。

參考台電公司林口電廠卸煤碼頭及台北港物流倉儲區二期圍堤等工程案例，曾向大陸沿海地區採購塊石料。本規劃所需之 10 kg 以上各類塊石及回填料，除利用港域及基槽浚挖之石料篩選外，不足部份可就近由鄰近國家濱海地區採購。

二、材料運輸

本規劃所有工程材料初步規劃均採海運方式運抵工區，工區內之材料小搬運均以陸運方式運抵施工點，部份須進行海拋、沉放等不須上岸之材料，若非必要則不上岸直接運抵施工點施作，進一步說明如下：

(一)施工便道

工區內施工材料之運輸主要係利用拋石堤堤心頂面、安放回填後之沉箱堤頂面及已填至一定高程後之回填區作為材料運輸道路，將工區內之施工材料運至施工點施工。

(二)混凝土

場鑄(鋼筋)混凝土供應須於工區自設預拌廠進行拌和，水泥、骨材、水、鋼筋等材料則由國內廠家供應。預鑄混凝土塊(方塊、消波塊)可於預鑄廠內製作後再運抵工區，以縮小工區之施工場地面積。

(三)沉箱製作

沉箱可於國內適當港口內製作，利用海象良好時再拖航至工區安放，可克服施工期間工區水域遮蔽條件不足，無深水碼頭可用之情況。

(四)沉箱回填料

若工區鄰近海域無海砂可供抽取供沉箱回填，則沉箱回填料的料源可考量以海運河海砂方式供應。本規劃沉箱回填料應配合沉箱拖放進度，分批購買河海砂運至工區備料，或配合沉箱拖放直接回填沉箱內，以符沉箱安放後須儘速回填以確保沉箱安定的作業需求。

3.4.4 施工機具設備能量與人員需求

參考國內相關海事工程之施工經驗，整理施工能量、機具設備及需求人力如表 3.4.4-1 所示。本規劃工程除參考該表統計資料，並考量本身工程內容及特性，將主要工項施工能量分析如后，提供施工預定進度規劃之參考。

表 3.4.4-1 工程施工能量及人員機具設備需求

施 工 項 目	平 均 日 工 作 量	最 高 日 工 作 量	機 具 設 備			需求人力 (人)
			名稱	性能	數量	
混凝土澆置	300 m ³	500 m ³	拌合廠 攪拌車	60 m ³ /hr 3~4 m ³	1 座 5 輛	5 10
沉箱製作	15~20 日/座 (至下水高度)		浮沉台船 攪拌車 活動模版	3~4 m ³	1 艘 5 輛 4 組	6 10 8
沉箱下水起浮	1~2 日/座		浮沉台船 拖船 抽水泵浦	1,200~1,600 hp	1 艘 1 艘 8 組	6 8 4
沉箱拖放	2~3 日/座		測量定位船 拖船 抽砂船(駁船) 推土機	1,600~2,400 hp 600 hp (300m ³) D7~D9	1 艘 2 艘 1 艘 2 輛	4 16 5 4
地工織布鋪設	1,350 m ²	1,500 m ²	吊車 工作船 潛水伏	35 公噸 30 PS	2 輛 1 艘 4 組	2 2 8
堤心石拋放	1,200 m ³	1,500 m ³	傾卸車 堆土機	35 公噸 D7~D9	5~10 輛 2 輛	8~12 3
塊石吊放 (堤腳石吊放)	180 m ³	500 m ³	吊車(吊網或吊斗) 傾卸車 鏟裝車	75 公噸 35 公噸 3 m ³	1 輛 2 輛 1 輛	2 3 2
預鑄塊吊放(大型) (小型)	20 35	30 50	吊車 吊車 平板車	100 公噸以上 75 公噸	1 輛 2 輛 2 輛	2 4 4
陸上整平整坡	160 m ³	240 m ³	堆土機 挖土機	D7~D9 0.7 m ³	1 輛 1 輛	1 2
水下整平整坡	100 m ³	120 m ³	長臂挖土機 潛水伏 平台船	0.7 m ³ 長 40 公尺 寬 20 公尺	1 輛 4 組 1 艘	3 8 5

R1

3.4.5 預定施工進度

本規劃施工分項內容包括碼頭區工程、填地工程及陸上相關設施建造等，依分項工程分析所需工期如表 3.4.5-1。考量台灣地區冬季易受東北季風影響，海上風浪顯著影響船隻作業，因此所有海上作業皆安排在每年夏季，例如表 3.4.5-1 接收港工程的港域及基槽浚挖皆需仰賴船隻作業，因此安排於每年第 2 季及第 3 季施工。其餘海事工程或陸域設施興建工程，因不需船隻作業，可安排於冬季施工。此外，亦考量施工期間可能因社會輿情變化影響而導致工程進度延宕，保守規劃相關作業所需工期。

表 3.4.5-1 集中式貯存場施工期程表

施工預定進度表																																									
項次	工 項	第 1 年				第 2 年				第 3 年				第 4 年				第 5 年				第 6 年				第 7 年				第 8 年				第 9 年				第 10 年			
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4				
一、	準備工程及備料																																								
1	場地整理及臨時工程																																								
2	石料、型塊及沉箱等備料																																								
3	工地預拌混凝土廠																																								
二、	接收港工程																																								
1	港域及基槽浚挖																																								
2	碼頭(含附屬設施)																																								
2	北防波堤																																								
3	南防波堤																																								
5	護岸																																								
三、	圍堤填地工程																																								
1	北海堤																																								
2	南海堤																																								
3	擋土牆																																								
4	碼頭區回填																																								
5	輔助區回填																																								
6	貯存區回填																																								
7	鋪面及道路工程																																								
四、	輔助區設施																																								
五、	貯存區設施																																								
1	低放廢棄物貯存設施																																								
2	用過核子燃料貯存設施																																								

3.5 營運

3.5.1 放射性廢棄物運輸規劃

為確保放射性廢棄物運輸作業的安全，本規劃的運輸作業皆需符合我國相關法規規範，如放射性物質安全運送規則、放射性廢棄物作業許可辦法、船舶危險物品裝載原則等，並提供必要交運文件及作業程序書予主管機關備查，方可進行運輸。以下將說明集中式貯存場營運期間的運輸載具、建議運輸方案與運量分析。

一、運輸載具

各電廠與蘭嶼貯存場將放射性廢棄物運送至集中式貯存場，運途將包含陸運與海運，因此運輸載具包含拖車、吊車與船舶，分別介紹如下。

(一)運輸船舶

依照「國際海上人命安全公約」之強制要求，運載用過核子燃料(Irradiated Nuclear Fuel, INF)的所有船舶，不論其噸位大小以及建造日期，載運 INF 貨物之船舶將依船上貨物之放射性強度區分為 3 個等級，如表 3.5.1-1，並須符合國際輻射照射後核燃料、鈾與高強度放射性廢料包件安全裝載規章(International Code for the Safe Carriage of Packaged Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High-level Radioactive Wastes on Board Ships, INF Code)對於損害穩定性、防火安全、貨艙溫度控制、結構考量、貨物繫固裝置、電力供應、輻射防護以及管理訓練和船上緊急計畫等之規定。

我國過去曾有使用 700 DWT 級電光一號成功進行低放射性廢棄物運輸之經驗。電光一號前為台電公司所有，由聯合船舶設計中心設計、台灣中船承造，1989 年起造，1991 年啟用，1996 年停航，2010 年售予民間使用，其船舶如圖 3.5.1-1。集中

式貯存場營運後，運輸期可能長達 10 年以上，為確保運輸安全，應以新建船舶為優先。另，因符合載運用過核子燃料法規(INF2 及 INF3)規定之運輸船舶數量稀少，且為符合我國各設施港口之航道與水深限制，例如蘭嶼龍門碼頭之進出船舶須有船首推進器，故船舶之來源應以購置為主，租用方案之可行性較低。綜合上述，可參考過去電光一號設計及建造經驗，初步規劃採用 700 DWT 級且需符合 INF2 Class 之新建船舶進行運輸作業，以符合高、低放射性廢棄物之運送需求。

表 3.5.1-1 INF-Code 船舶分級

INF 等級	活度限制	用途
INF-1	低於 $4E+3$ TBq	載運低放射性廢棄物
INF-2	低於 $2E+6$ TBq	最多約可載運 200 束用過核子燃料
INF-3	無限制	可載運用過核子燃料等高放射性廢棄物

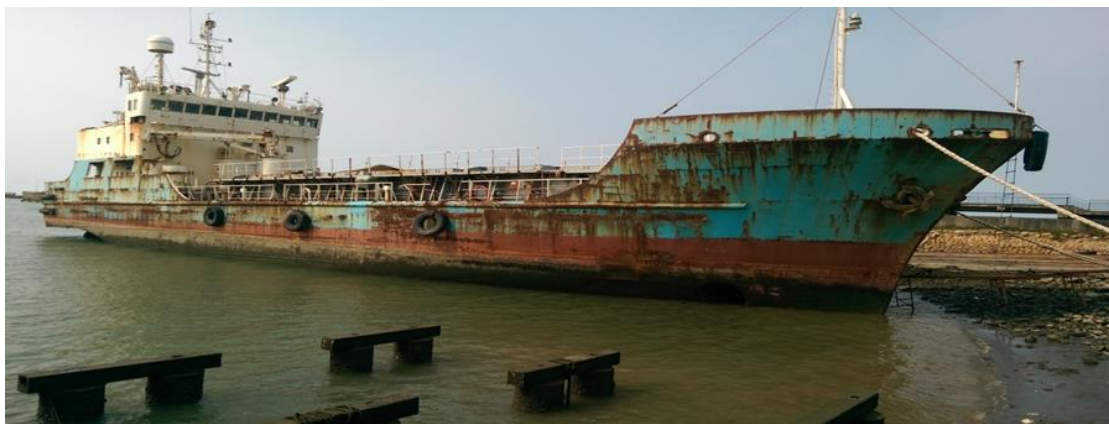


圖 3.5.1-1 電光一號示意圖

(二)運輸護箱

用過核子燃料之運輸作業，需使用相關機關認證之運輸護箱包覆，以確保運輸過程之安全。運輸護箱其包裝要求極為嚴格，且每一護箱上均有一辨識條碼，此條碼可提供該包件之詳細資料，包括包件之型式(如金屬筒、金屬箱、或混凝土容器等)、

廢棄物之來源以及其特性（放射性廢棄物之種類、活度、及劑量率）等。

運輸護箱必須符合 IAEA 之運輸容器規定，確保在最嚴重之事故下仍不會有放射性物質外洩情況。運輸護箱必須符合「正常狀況」及「事故狀況」之試驗，詳圖 3.5.1-2，以證明在最嚴重事故下仍可確保放射性物質之安全。

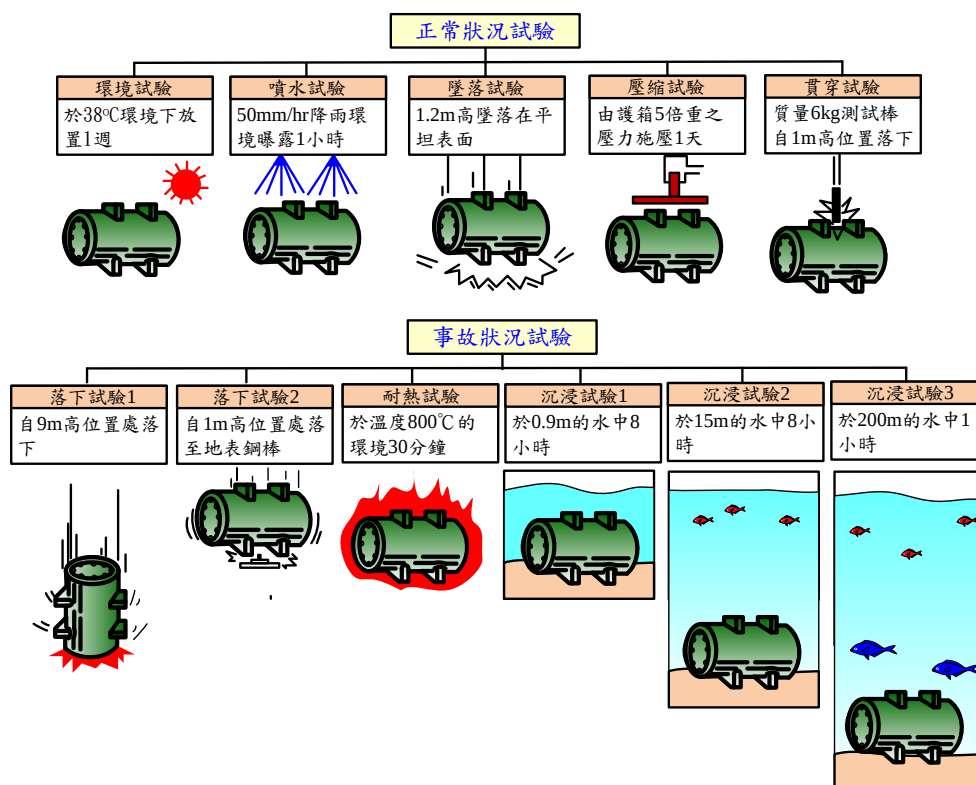


圖 3.5.1-2 運輸護箱安全要求

1. 正常狀況試驗：

- (1) 環境試驗：於 38°C 的環境下放置 1 週。
- (2) 噴水試驗：模擬降雨量為每小時 50 mm 的環境中暴露至少 1 小時。
- (3) 墜落試驗：由 1.2 m 高墜落在平坦表面。
- (4) 壓縮試驗：相當於護箱 5 倍重或 13 kPa 與護箱豎直投影面積之乘積值，擇其較大者，做為堆疊壓力，施壓 1 天。

(5)貫穿試驗：一根直徑 3.2 cm，質量 6 kg 之測試棒，距離護箱 1 m 高位置落至護箱最薄弱部份（中心位置）。

2.事故狀況試驗：

(1)落下試驗：

a.由 9 m 高墜落在平坦表面。

b.由 1 m 高墜落在牢固且直立於地面上的鋼棒，鋼棒直徑 15 cm、長度 20 cm。

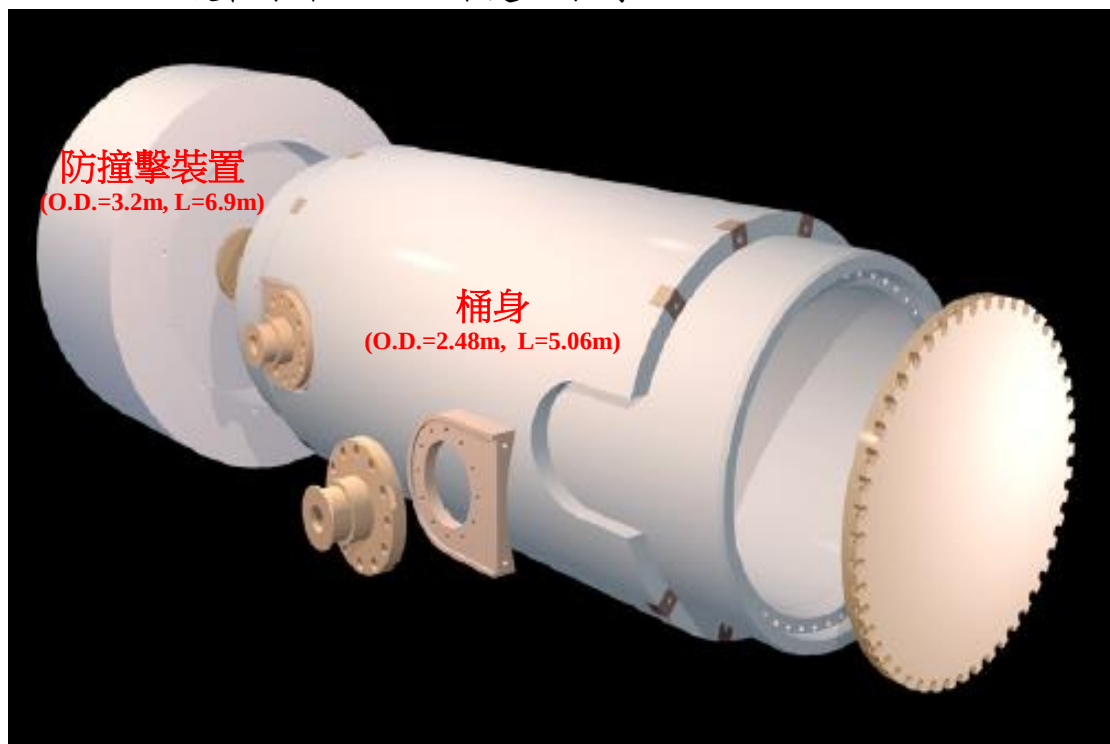
(2)耐熱試驗：護箱暴露於平均溫度 800°C 的環境 30 分鐘。

(3)沉浸試驗：

a.沉浸在水下 0.9 m 深處 8 小時以上。

b.沉浸在水下 15 m 深處 8 小時以上。

c.沉浸在水下 200 m 深處 1 小時以上。



資料來源：Areva

圖 3.5.1-3 高放射性廢棄物運輸護箱示意圖

(三)運輸車輛

用過核子燃料及運輸護箱之陸上運輸採多輪軸專用車輛，如圖 3.5.1-4，或多輪軸車架搭配拖車頭運輸；而低放射性廢棄物陸上運輸採一般貨櫃車運輸即可。



資料來源：World Nuclear Association, Japanese Waste and MOX Shipments From Europe

圖 3.5.1-4 高放射性廢棄物運輸車輛示意圖

(三)吊車

用過核子燃料及運輸護箱重量約達 150 公噸，若須進行運輸吊裝作業，因船寬較寬建議採用門型起重機進行吊裝作業。低放射性廢棄物運輸之特殊貨櫃重量較輕僅 37 公噸，規劃以 200 公噸輪型吊車進行吊裝，其作業半徑吊掛載重對照圖如圖 3.5.1-5，以水平吊距 12 m ($8.3/2+1.7+0.5+10.5/2\div 12$) 估計可滿足吊掛作業需求，其適用垂直吊高範圍介於 12~38 m。

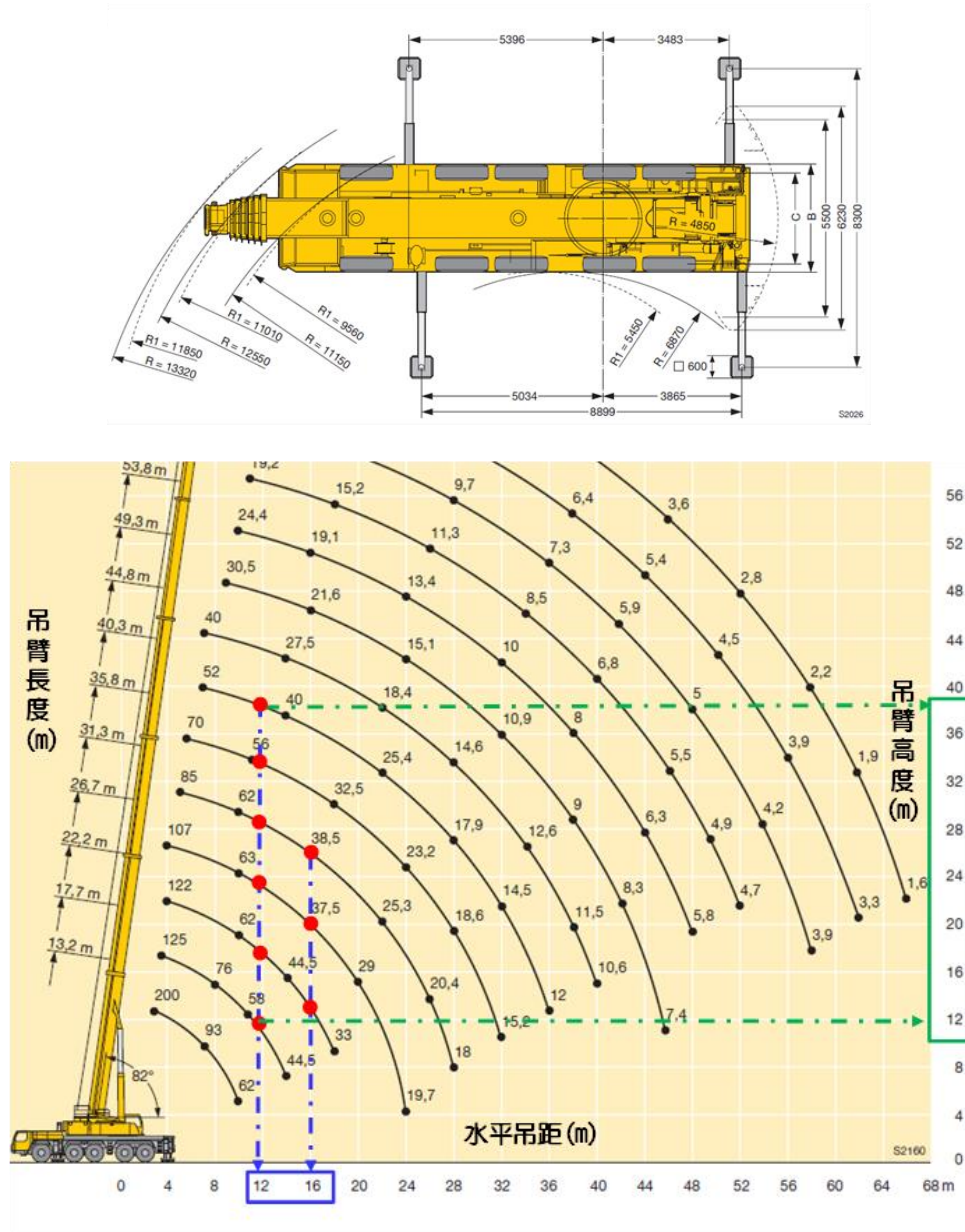


圖 3.5.1-5 200 公噸吊車作業半徑吊掛載重對照圖



資料來源：<http://www.lcec.com.tw/page/product/p3.html>

圖 3.5.1-6 門型起重機/吊車示意圖

二、運輸方案規劃

放射性廢棄物來源包括各核能電廠及蘭嶼貯存場(僅低放射性廢棄物)，最終將以海運方式送往集中式貯存場，有關出運方案之研擬及建議如下。

(一)核一廠出運方案

本方案之出運路線為將運輸護箱於核一廠裝車→利用台 2 線陸運至核二廠明光碼頭→以門型吊車吊至 700 DWT 級運輸船上→海運至接收港後卸料→陸運至集中式貯存場。

(二)核二廠出運方案

本方案之出運路線為將運輸護箱於核二廠裝車→利用台 2 線陸運至核二廠明光碼頭→以門型吊車吊至 700 DWT 級運輸船上→海運至接收港後卸料→陸運至集中式貯存場。

(三)核三廠出運方案

本方案之出運路線為將運輸護箱於核三廠裝車→利用廠區道路運至重件碼頭→以門型吊車吊至 700 DWT 級運輸船上→海運至接收港後卸料→陸運至集中式貯存場。

(四)蘭嶼貯存場出運方案

本方案之出運路線為將裝有低放射性廢棄物之貨櫃於蘭嶼貯存場裝車→利用濱海道路陸運至專用碼頭→以中型輪型吊車吊至 700 DWT 級運輸船上→海運至接收港後卸料→陸運至集中式貯存場。

本運輸方案須進行來源港既有出運碼頭改善，購置或租用門型吊車，不須購置浮吊及 5,000 DWT 級運輸船轉運，且僅使用 700DWT 級運輸船及 200 公噸能力吊車即可完成出運，在來源港內吊裝較不受天候影響。

三、船席需求分析

有關船席需求分析將以本規劃書估算之低放射性廢棄物需求量(表 3.2.3-2)及各電廠用過核子燃料採密封鋼筒型式(估算核一廠需 133 只、核二廠 133 只及核三廠 106 只)進行分析。相關分析如下

(一)海運參數分析

1.尖峰年出運量

各電廠之用過核子燃料、運轉低放廢棄物、除役低放廢棄物以及蘭嶼貯存場之低放廢棄物，預計自設施營運年起開始運輸至集中式貯存場，並於假設以 10 年完成所有放射性廢棄物的運輸估算。

核一、二廠之放射性廢棄物擬利用核二廠明光碼頭出運；核三廠之放射性廢棄物擬利用核三廠重件碼頭出運；蘭嶼貯存場則利用其專用碼頭出運。各廠之分年運量統計結果如表 3.5.1-2、3.5.1-3 及圖 3.5.1-7 所示。就各年之總運量而言，其尖峰年落於開始運轉後的 4 年內，尖峰年用過核子燃料約為 120~133 只/年，尖峰年低放廢棄物約為 70,272 桶/年。

R1

表 3.5.1-2 各電廠及蘭嶼貯存場低放射性廢棄物年運量估算表

項目	低放射性廢棄物運輸量(桶)				
年	核一廠	核二廠	核三廠	蘭嶼	合計
1	31,104	11,520	---	27,648	70,272
2	30,528	11,520	---	27,648	69,696
3	24,768	11,520	---	27,648	63,936
4	24,704	11,520	---	17,333	53,557
5	---	38,016	17,280	2,880	58,176
6	---	38,016	17,280	2,880	58,176
7	---	37,221	17,280	1,728	56,229
8	---	---	17,280	1,728	19,008
9	---	---	17,280	1,152	18,432
10	---	---	16,548	632	17,180
運輸量(小計)	111,104	159,333	102,948	111,277	484,662
船次	船次				年總船次
1	54	20		48	122
2	53	20		48	121
3	43	20		48	111
4	43	20		31	94
5	---	66	30	5	101
6	---	66	30	5	101
7	---	67	30	3	100
8	---	---	30	3	33
9	---	---	30	2	32
10	---	---	29	1	30
船次(小計)	193	279	179	194	845

R1

表 3.5.1-3 各電廠用過核子燃料年運量統計估算表

項目	用過核子燃料運輸量(只)			
年	核一廠	核二廠	核三廠	
1	67	---	---	67
2	66	67	---	133
3	---	66	54	120
4	---	---	52	52
5	---	---	---	---
6	---	---	---	---
7	---	---	---	---
8	---	---	---	---
9	---	---	---	---
10	---	---	---	---
運輸量(小計)	133	133	106	372
船次	船次			年總船次
1	34	---	---	34
2	33	34	---	67
3	---	33	27	60
4	---	---	26	26
5	---	---	---	0
6	---	---	---	0
7	---	---	---	0
8	---	---	---	0
9	---	---	---	0
10	---	---	---	0
船次(小計)	67	67	53	187

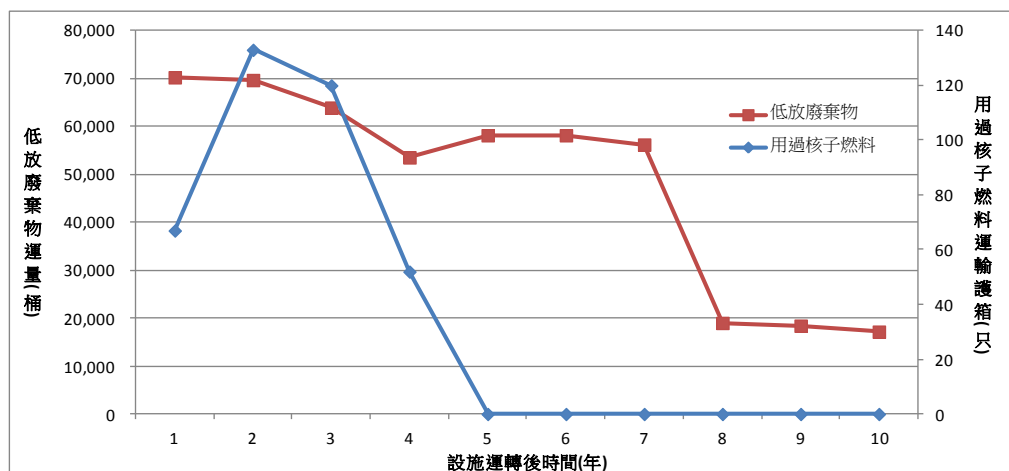


圖 3.5.1-7 各電廠及蘭嶼貯存場放射性廢棄物年運量分布圖

各電廠於運量尖峰年的放射性廢棄物運量整理如下：

(1)核一廠

用過核子燃料為 67 只/年。運轉及除役低放廢棄物為 31,104 桶/年。

(2)核二廠

用過核子燃料為 67 只/年。運轉及除役低放廢棄物為 38,016 桶/年。

(3)核三廠

用過核子燃料為 54 只/年。運轉及除役低放廢棄物為 17,280 桶/年。

(4)蘭嶼貯存場

運轉及除役低放廢棄物為 27,648 桶/年。

2.海運船舶方案

依本規劃建議之出運方案，各電廠及蘭嶼貯存場之放射性廢棄物將以 700DWT 級運輸船出運，船舶數量需求規劃如下：

(1)低放廢棄物運輸船舶

改善既有來源港出運碼頭及操航水域後，購置 3 艘 700 DWT，並符合相關法規之運輸船運輸至集中式貯存場之接收港。

(2)用過核子燃料運輸船舶

改善既有來源港出運碼頭及操航水域後，購置 1 艘 700 DWT，並符合相關法規之運輸船運輸至集中式貯存場之接收港。

3.船舶裝載量

依據過去台電公司以 700 DWT 級電光一號進行低放射性廢棄物運輸之經驗，其單趟最大運輸能力為 576 桶低放廢棄物，但若加上甲板上裝載，單趟最大運輸能力為 876 桶低放廢棄物。本規劃考量甲板上不裝載低放廢棄物，其設計裝載量為 576 桶

R1

/船估算。至於用過核子燃料，考量集中式貯存場之接收作業能力，初步以每船 2 只運輸護箱估算。

4.碼頭裝卸能力

(1)低放裝卸能量

以平均每 10 分鐘可裝卸 1 實櫃及空櫃估計，有效因子採 0.8 估計，每實櫃可裝載 48 桶之 90%，平均裝卸能力採 207 桶/時。

(2)高放裝卸能量

以每 40 分鐘可裝卸一只運輸護箱，有效因子採 0.8 估計，平均裝卸能力採 1.2 只/時。

5.靠離泊操航時間

進港操船、靠泊、離泊及出港操船以 1.5 時/船估算。

6.碼頭等待與船舶航行時間

考量核一、二廠使用核二廠既有明光碼頭出運，核三廠使用既有重件碼頭出運，以及蘭嶼貯存場使用既有專用碼頭出運，以海運方式運至集中式貯存場之專用碼頭，因集中式貯存場址仍待選定，為求保守估計，本規劃初步假設以台灣海峽中部之離島作為航線規劃目標，其距離應足已涵蓋我國可能作為集中式貯存場之場址，航線距離分別約為 146 海浬、238 海浬及 288 海浬。依前述各項分析條件，估算利用既有碼頭出運及接收港專用碼頭接收之運輸船等待及船舶航行時間分如表 3.5.1-4、表 3.5.1-5 所示。

R1

表 3.5.1-4 各電廠與蘭嶼貯存場出運碼頭等待及船舶航行時間

來源港	航線距離 (海哩)	平均航速 (節)	往返航行 時間(時)	進出接收 港及卸料 時間(時)	進出來源 港及卸料 時間(時)	運輸船數 (艘)	循環時間 (時/艘)	出運碼頭 等待時間 (時/艘)
	A	B	$C=A/B*2$	D	E	F	$G=(C+D+E)/F$	$H=G-E$
核二明光碼頭	146.0	11.5	25.4	3.8	3.8	4.0	8.2	4.4
核三重件碼頭	238.0	11.5	41.4	3.8	3.8	4.0	12.2	8.4
蘭嶼專用碼頭	288.0	11.5	50.1	5.0	5.0	3.0	20.0	15.0

資料來源：本規劃整理

表 3.5.1-5 集中式貯存場接收碼頭尖峰年平均等待時間

來源港	各來源港尖峰年運輸船舶趟數(船次)			接收港平均 等候時間 (時/船次)	接收港總 等候時間 (時)	接收碼頭平均等 候時間 (時/船次)
	A(高放)	B(低放)	$C=A+B$	D	$E=C*D$	$F=\text{小計}E/\text{小計}C$
核二明光碼頭	67	74	141	4.4	627.1	
核三重件碼頭	27	30	57	8.4	481.5	
蘭嶼專用碼頭		48	48	15.0	721.4	
小計			246		1,830.1	7.4

資料來源：本規劃整理

(二)來源港船席需求

利用既有核二廠明光碼頭作為核一、二廠之放射性廢棄物出運碼頭、核三廠重件碼頭作為核三廠之高低放射性廢棄物出運碼頭、蘭嶼專用碼頭作為蘭嶼貯存場之低放射性廢棄物出運碼頭時，考量僅於夏季進行運輸，保守估計每年僅有 5 個月可以出運，每天可 24 小時作業。

在每年可運輸的 5 個月(150 天)中，核一、二廠之放射性廢棄物都由明光碼頭出運時，尖峰船席使用率為 31.9%；核三廠之重件碼頭尖峰船席使用率為 10.6%；以及蘭嶼專用碼頭之尖峰船席使用率為 25.9%，故以 3 艘 700 DWT 級低放運輸船以及 1 艘 700 DWT 級用過核子燃料運輸船進行放射性廢棄物運輸尚屬合理，且利用既有碼頭進行運輸已能滿足需求。

(三)接收港船席需求

接收港以設置一席專用碼頭方式，接收各電廠及蘭嶼貯存場出運之放射性廢棄物，考量僅於夏季進行運輸，保守估計每年僅有 5 個月可以出運，每天可 24 小時作業，分析接收港專用碼頭之尖峰船席使用率約為 61.4%。可知接收港規劃一席專用碼頭已經足夠。

(四)出運碼頭改善規劃

1.出運碼頭現況

各核能廠及蘭嶼貯存場之專用碼頭將規劃為本規劃來源港之出運碼頭，其現況如表 3.5.1-6 所示，進一步說明如下：

表 3.5.1-6 各電廠及蘭嶼貯存場專用碼頭狀況表

專用碼頭名稱	碼頭長度 (m)	迴船池		備 註
		直徑 (m)	水深 (m)	
核一廠中角重件卸貨碼頭	-	-	3.1	
核二廠明光碼頭	110	140	4.0	現況淤砂嚴重，需浚挖 無迴船池，為寬 27.5 m 之船席水域
核三廠重件碼頭	110	27.5	5.5	
蘭嶼龍門碼頭	110	70	3.5	港域小、靜穩度及深度 不足，運輸船需減載進 港

資料來源：本規劃整理。

(1)核一廠中角重件卸貨碼頭現況

核一廠中角重件卸貨碼頭位於金山鄉中角地域之之台 2 線(淡金公路)海側，距核一廠約 9 km。該區海灘沙層甚厚且潮向穩定，適合作為搶灘碼頭使用，故核一廠建廠時為符合各類船舶搶灘需要，設置主碼頭(吃水 3.1 m)、副碼頭(吃水 2.7 m)各一座，碼頭面寬度均約 22 m，作為重件上岸之臨時碼頭，並興建長約 306 m、寬約 10 m 之海堤做為聯絡道與濱海公路銜接。中角重件卸貨碼頭因長期未再使用，不再有重件出運功能。

(2)核二廠明光碼頭現況

明光碼頭位於台北縣萬里鄉，主要設施包括東防波堤 145 m，西防波堤 170 m，護岸 305 m，貨櫃裝船碼頭(重件碼頭)長 110 m、寬 15 m，南側拖船碼頭 40m，港池水域面積 2.5 公頃、水深 4.0 m，港口寬度約 53 m，航道方向 NNW，可供 700 DWT 貨輪進出作業。明光碼頭自完工以來每於季節風過後，港口有淤積現象，目前拖船碼頭一帶淤積嚴重。

(3)核三廠重件碼頭現況

核三廠重件碼頭位於屏東縣恆春鎮，為核三廠興建時期運輸重件之碼頭，主要設施包括護岸 80 m，重件碼頭長 110 m、寬 21 m，港池水域面積約 0.5 公頃、水深 5.5 m，航道方向 SE，可供 700 DWT 運輸船進出作業。

(4)蘭嶼貯存場專用碼頭現況

蘭嶼貯存場之專用碼頭位於臺東縣蘭嶼鄉，係為接收台灣本島核能發電廠所產生之低放射性廢棄物至蘭嶼貯存場，主要設施包括東防波堤 110 m，西防波堤 60 m，消波護岸 100 m，北碼頭 100 m、南碼頭(重件碼頭)長 110 m，港池水域面積 2.5 公頃，迴船池直徑 70 m、水深 3.5 m，港口寬度 45 m，航道方向 SSW，可供 700 DWT 運輸船減載進出作業。

2.出運碼頭改善規劃

依船席需求分析結果，來源港與接收港間之運輸船舶為 700 DWT 級運輸船。各來源港之專用碼頭目前僅一席，就單一船席而言，其碼頭需求長度約 73 m、船席需求水深約 4 m、船席寬度需求約 21 m。茲以上述條件檢討各來源港之專用碼頭現況，並提出改善建議分述如下：

(1)核一廠出運碼頭

目前中角重件卸貨碼頭因長期未再使用，不再有重件出運功能，並不適合作為專用碼頭使用，建議利用鄰近核二廠之明光碼頭作為出運碼頭，至於明光碼頭之改善則詳見核二廠出運碼頭之改善。惟明光碼頭距核一廠約有 18 公里，其間有經過三處橋樑必須另外評估配合重件運輸是否需加以補強。

(2)核二廠出運碼頭

核二廠明光碼頭長 110 m、寬 15 m，港池水域面積 2.5 公頃、水深 4.0 m，供 700 DWT 級運輸船靠泊裝料並無問題，惟其水域有易受漂砂淤積之缺點。目前明光碼頭港內淤積情況嚴重，必須進行清淤以改善航道、港池及船席水深，並修復照明設施及整理碼頭面層，至於配合重件卸載之碼頭安全問題，則須另案深入調查評估，以決定是否須加以補強。

(3)核三廠出運碼頭

核三廠既有之重件碼頭長 110 m、岸寬 21 m，港池水域面積約 0.5 公頃、水深 5.5 m，供 700 DWT 級運輸船靠泊裝料並無問題，惟須進行水深調查予以確認是否有淤積問題，並設置照明設施及整理碼頭面層，至於配合重件卸載之碼頭安全問題，則須另案深入調查評估，以決定是否須加以補強。

(4)蘭嶼貯存場出運碼頭

蘭嶼貯存場既有之專用碼頭長 110 m，港池水域面積 2.5 公頃，迴船池直徑 70 m、水深 3.5 m，供 700 DWT 級運輸船靠泊裝料時，由於水深不足必須減載方能安全出港，目前可能有淤積問題，必須進行清淤以改善航道、港池及船席水深，並修復照明設施及整理碼頭面層，至於配合重件卸載之碼頭安全問題，因無用過核子燃料運輸護箱之重

件運輸，只要調查是否有損壞情形，應無因重件須加以補強問題。

四、運輸方案

未來放射性廢棄物的運輸皆需符合相關運輸法規之規定，依據規劃運輸船未來需符合 INF-2 等級。一般而言，運輸船舶可採用租賃、購買或新建之方式進行船隊建置。

考量放射性廢棄物的運輸船需符合 INF-2 等級，且亦須符合既有放射性廢棄物貯存設施之輸出港口環境條件，故本規劃規劃採用符合 INF-2 等級之 700DWT 船舶，以符合前述運輸規劃要求。

惟符合 INF-2 等級之 700DWT 船舶並不常見，國內並無現有符合規格之運輸船舶，無法進行租賃；又，購買既有 700DWT 船舶，需再改裝至符合 INF-2 等級與輸出港環境需求，因既有船舶狀況不易掌握，改裝後之安全性與費用需求亦不易估算。因此，運輸方案建議採用新購船舶並委託專業機構運輸方式進行，將較符合作業需求並具可行性。

五、運輸費用分析

參照過去台電公司經驗以及參考核能後端營運總費用估算與每度核能發電分攤率計算總結報告(99 年 12 月版)有關放射性廢棄物運輸章節，進行調整因素調整後，針對新購船舶並委託專業機構運輸方式進行估算，相關估算條件如下：

(一)船舶數量及費用

- 1.低放射性廢棄物：3 艘(700DWT)。
- 2.用過核子燃料：1 艘(700DWT)。

有關船舶費用參照核能後端營運總費用估算與每度核能發電分攤率計算總結報告(99 年 12 月版)有關放射性廢棄物運輸等章節所估算費用部分，已經估算放射性廢棄物運輸船舶之費用，因此不再重複估算此筆費用。

R1

(二)委外運輸費用估算

參照過去台電公司經驗以及參考核能後端營運總費用估算與每度核能發電分攤率計算總結報告(99年12月版)有關放射性廢棄物運輸章節，進行調整因素調整。

- 1.低放射性廢棄物：每船次費用採新臺幣 300 萬元計算，共計 845 船次。小計新臺幣 25 億 3,500 萬元。
- 2.用過核子燃料：每船次費用採新臺幣 600 萬元計算，共計 187 船次。小計 11 億 2,200 萬元。

R1

3.5.2 用過核子燃料貯存設施營運規劃

本節將依金屬護箱室內貯存設施與混凝土窖貯存設施為例，其營運流程規劃分別說明如下。

一、金屬護箱室內貯存設施

以金屬護箱貯存用過核子燃料的運貯操作流程，如圖 3.5.2-1 所示。未來試運轉作業前，應另行建立操作程序書，俾供操作者遵循。

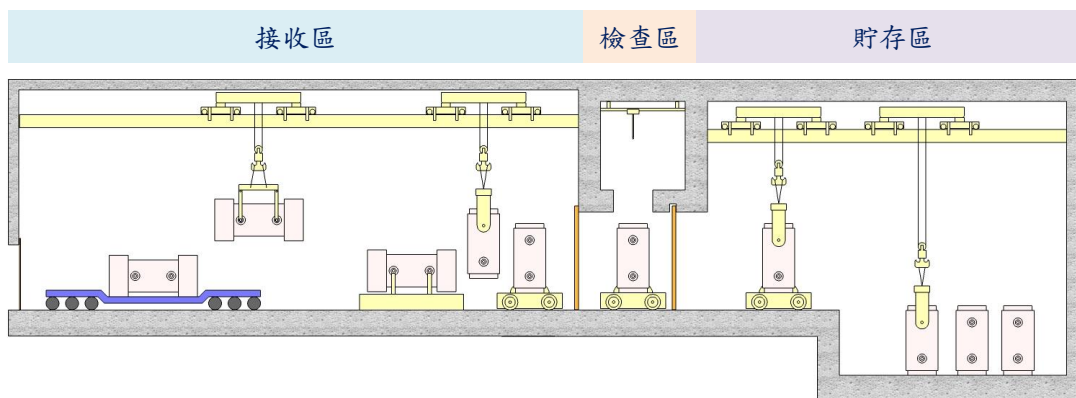


圖 3.5.2-1 用過核子燃料乾式貯存-金屬護箱室內貯存設施運作流程

(一)接收金屬護箱

裝有用過核子燃料的金屬護箱，利用專用運輸車輛，從碼頭運送至接收大樓，並執行相關作業程序：

- 1.檢查核子保防密封(tamperproof seals)是否完整。
- 2.解開運輸防滑架和固定帶。
- 3.接收區的天車移動至金屬護箱上方，天車的四個吊鉤對準金屬護箱的四個吊耳軸，將金屬護箱水平吊起，並放置到平台上。
- 4.打開衝擊吸收器的六角螺栓，卸下衝擊限制器。
- 5.以拭跡方法檢查金屬護箱表面是否有污染，若有必要則對金屬護箱除污。
- 6.更換天車的吊具，將天車移動至平台上方，天車的兩個吊鉤對準金屬護箱的兩個吊耳軸，將金屬護箱拉起成垂直向，並吊放至台車上。
- 7.以台車將金屬護箱送至金屬護箱檢查區。
- 8.檢查與採樣金屬護箱內的氣體，若有需要則可沖洗金屬護箱內部的氣體。
- 9.利用台車將金屬護箱送至金屬護箱貯存區。

(二)搬運與貯存

將裝有用過核子燃料之金屬護箱，吊放至貯存位置，並執行相關作業程序：

- 1.以天車將金屬護箱從台車上吊起，放置於預定之貯存位置。
- 2.金屬護箱安裝並連接壓力感測儀器，確認金屬護箱的密封系統正常。
- 3.將金屬護箱裝填資訊標誌在標示牌上。
- 4.貯存期間，貯存設施內設有溫度監測器、輻射監測器，每日應定時檢視監測數據至少一次。如發現任何異狀，應立即確認各金屬護箱的壓力感測儀器是否異常，以及確認貯存設施

之進風通道與出風通道的通暢，並應將巡視後之異常狀況、處置方式及結果記錄。

二、混凝土窖貯存設施

以密封鋼筒貯存用過核子燃料的運貯操作流程，如圖 3.5.2-2 所示。未來試運轉作業前，應另行建立操作程序書，俾供操作者遵循。

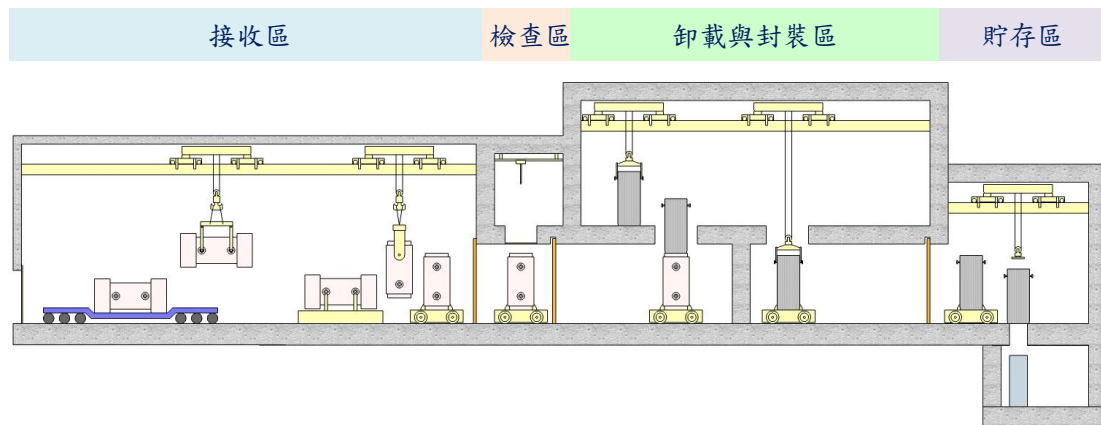


圖 3.5.2-2 用過核子燃料乾式貯存-密封鋼筒混凝土貯存窖運作流程
(一)接收運輸護箱

裝有用過核子燃料密封鋼筒的運輸護箱，利用專用運輸車輛，從碼頭運送至接收大樓，並執行相關作業程序：

- 1.檢查保護封套(tamperproof seals)是否完整。
- 2.移除保護封套(tamperproof seals)。
- 3.解開運輸防滑架和固定帶。
- 4.接收區的天車移動至運輸護箱上方，天車的四個吊鉤對準運輸護箱的四個吊耳軸，將運輸護箱水平吊起，並放置到平台上。
- 5.打開衝擊吸收器的六角螺栓，卸下衝擊限制器。
- 6.以拭跡方法檢查運輸護箱表面是否有污染，若有必要則對運輸護箱除污。

- 7.更換天車的吊具，將天車移動至平台上方，天車的兩個吊鉤對準運輸護箱的兩個吊耳軸，將運輸護箱拉起成垂直向，並吊放至台車上。
- 8.以台車將運輸護箱送至運輸護箱檢查區。
- 9.檢查與採樣運輸護箱內的氣體，若有需要則可沖洗運輸護箱內部的氣體。
- 10.打開運輸護箱上蓋的螺栓，將運輸護箱送至用過核子燃料卸載與封裝區。

(二)卸載與封裝密封鋼筒

針對已完成檢查之運輸護箱，將裝於裡面的密封鋼筒取出，放置於傳送護箱中，此作業程序之相關說明如下。

- 1.打開運輸護箱上蓋的螺栓，以天車將運輸護箱的上蓋吊起。
- 2.安裝密封鋼筒的吊起環。
- 3.於運輸護箱上方安裝銜接器。
- 4.以天車將傳送護箱吊放至運輸護箱上，並以螺栓將傳送護箱固定在運輸護箱之銜接器上。
- 5.於傳送護箱周圍安裝支撐架。
- 6.天車更換遙控脫勾吊具，扣住密封鋼筒。
- 7.利用液壓系統打開傳送護箱的屏蔽門。天車將密封鋼筒吊起，直至進入傳送護箱中，關閉傳送護箱的屏蔽門。
- 8.吊具脫離密封鋼筒，並更換吊勾。
- 9.解開運輸護箱與傳送護箱間銜接器的螺栓。
- 10.移除傳送護箱周圍的支撐架。
- 11.以天車將傳送護箱吊放至台車上，並送至貯存區。
- 12.移除運輸護箱上之銜接器，以台車將運輸護箱送至接收區暫時存放。

由於現階段場址未定且貯存設施亦屬概念設計，營運規劃僅就主要之貯存流程做概略性敘述。未來場址選定後，貯存設

施設計將依場址再做調整，並進行安全分析確認其安全性。於設施試運轉前應建立相關程序書供營運作業者遵循，包含：接收與吊卸、運搬與傳送、貯存作業、設施檢視、輔助系統與設備運轉、公用系統與設備運轉、系統與設備之測試與維護、異常作業、輻射防護、公安作業與緊急應變等作業程序。

(三)搬運與貯存

將裝有密封鋼筒之傳送護箱利用台車，從接收大樓搬運至貯存區，並執行相關作業程序：

- 1.貯存窖內預定放置密封鋼筒的位置，於其上方開口處安裝銜接器。
- 2.以天車將傳送護箱吊放至貯存位置，並以螺栓將傳送護箱固定在貯存位置開口的銜接器上。
- 3.於傳送護箱周圍安裝支撐架。
- 4.天車更換遙控脫勾吊具，扣住密封鋼筒。
- 5.略為吊起密封鋼筒約 1 cm 高，開啟傳送護箱屏蔽門，就每個屏蔽門上密封鋼筒座落區域，擦拭取樣計測輻射污染。
- 6.以天車慢速降下密封鋼筒直至進入貯存窖內，關閉傳送護箱的屏蔽門。
- 7.移除傳送護箱周圍的支撐架。
- 8.解開貯存位置開口處與傳送護箱間銜接器之螺栓。
- 9.以天車將傳送護箱吊起，放回台車上。
- 10.移除貯存位置開口處之銜接器，安裝開口處之屏蔽塞及屏蔽上蓋。
- 11.偵檢屏蔽上蓋之表面劑量率。
- 12.將傳送護箱以台車送回卸載與封裝區。

3.5.3 低放射性廢棄物貯存設施營運規劃

低放射性廢棄物將利用專用輸送車，從碼頭直接送到低放射性廢棄物貯存區內之接收檢查區，進行廢棄物之檢整後貯存，營運規劃說明如下：

- 一、在港口完成檢查程序且相關規格資料皆正確無誤的低放射性廢棄物，利用運輸拖車運至各貯存區內之接收檢查區。抵達貯存設施後，拖車頭與貨櫃分離，拖車頭離開貯存倉庫，遙控吊車開啟貨櫃頂蓋並取出廢棄物包件，移動吊車置放廢棄物包件，完成貨櫃內之廢棄物包件吊卸至接收檢查區。最後再由拖車頭進入貯存倉庫將貨櫃取出，並回到碼頭區執行下一趟任務。
- 二、接收檢查區之檢整工作主要為廢棄物盛裝容器外觀檢視以及除銹補漆(如有需要)。廢棄物盛裝容器如有破損或不符合接收規範之規定，則需再送回處理。除銹補漆工作需於盛裝容器進行選擇性的擦拭，以檢查污染程度，同時以目視檢查桶身油漆狀況並標示。檢視完的廢棄物將送至鐵刷刷洗站，受損區以鐵刷清潔，再送至油漆站，經清潔之受損區將被重新油漆，油漆過程若將編號蓋過，則須重新將編號漆上，然後送至烘乾站烘乾，最後送至廢棄物桶臨時貯存區，等待運出。考量到廢棄物包件的輻射曝露，上述檢整工作應儘量採取遠距操作為原則。
- 三、完成接收檢查之廢棄物，其盛裝容器為 55 加侖桶與 B-25 鋼箱採用自動導引搬運車運送至貯存區貯存，若屬 3m³ 鋼箱、7m³ 鋼箱與 20 呎半高貨櫃則以貯存區吊車直接吊運至貯存區。

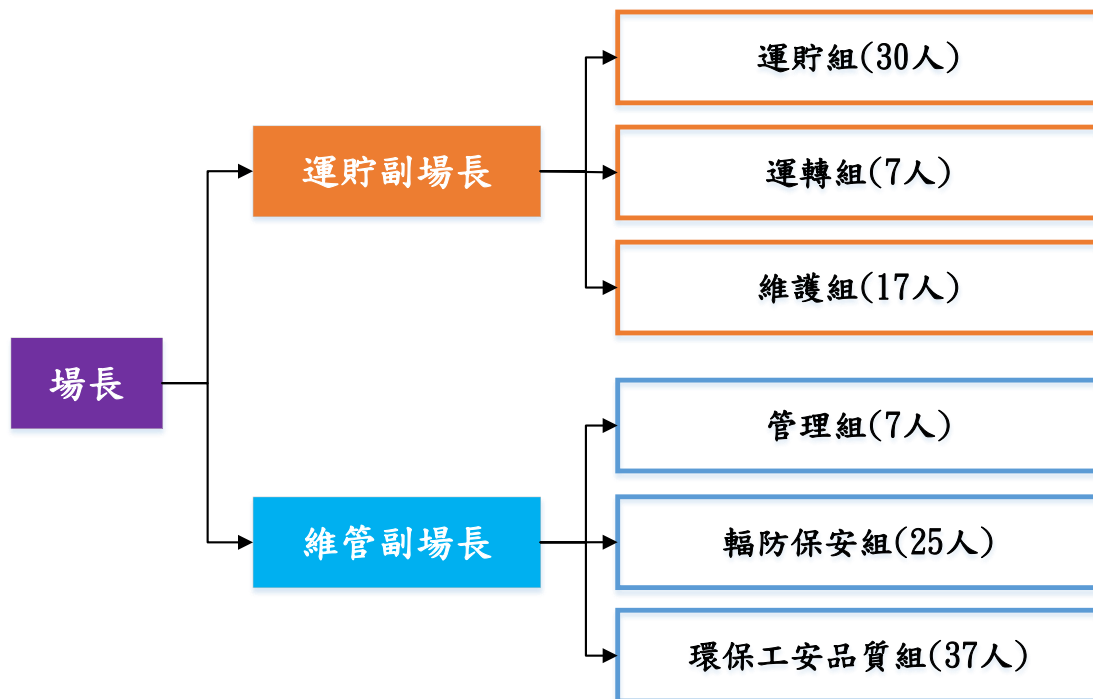
由於現階段場址未定且貯存設施亦屬概念設計，營運規劃僅就主要之貯存流程做概略性敘述。未來場址選定後，貯存設施設計將依場址再做調整，並進行安全分析確認其安全性，於設施試運轉前應建立相關程序書供營運作業者遵循，包含：接收與吊卸、運搬與貯存、設施檢視、輔助系統與設備運轉、公

用系統與設備運轉、系統與設備之測試與維護、異常作業、輻射防護、公安作業與緊急應變等作業程序。

3.5.4 人力與公用系統需求

一、人力需求

為使集中式貯存場在運轉期間，能順利進行用過核子燃料與低放射性廢棄物的接收、檢查與貯存作業，初步規劃集中式貯存場之組織架構如圖 3.5.4-1 所示。集中式貯存場設置場長 1 人，以及運貯副場長、維管副場長共 2 人。其下再依功能需求，分為運貯組、運轉組、維護組、管理組、輻防保安組、環保工安品質組等 6 組，整個貯存場運轉期間所需人力共 126 人，若考量人員輪值與休假時所需之調度人力，則需再增加 26 名人力。惟以上僅就人力進行初步規劃，未來將視視實際執行需求再行調整，主要組別之工作內容說明如下。



備註：圖中所列人力不包括人員輪值與休假時所需之調度人力。

圖 3.5.4-1 集中式貯存場組織架構圖

(一)運貯組

運貯組下分設 3 課，分別為高放運貯課、低放運貯課及檢查管理課，設有組長 1 人、課長 3 人、組員 26 人，合計共 30 人。

1. 高放運貯課

高放運貯課設有課長 1 人與課員 13 人，主要負責用過核子燃料於場內的搬運、吊卸以及貯存等作業。課長負責督導相關作業，課員的工作內容則包含：

- (1)營運管理：用過核子燃料的運貯流程與時程掌控、各組間的作業協調、緊急事件處理、其他行政作業。
- (2)吊車與台車操控：碼頭區、接收區、檢查區與卸載區內之吊車與台車操控作業，以及現場指揮調度與安全確認。
- (3)廢棄物運送：駕駛專用車輛於場內運送運輸護箱、駕駛專用車輛於場內運送低放射性廢棄物、搬運現場的確認與指揮調度，以及護箱的整備作業。

2. 低放運貯課

低放運貯課設有課長 1 人與課員 10 人，主要負責低放射性廢棄物於場內的吊卸以及貯存等作業，低放射性廢棄物從碼頭至接收大樓的運送，則由高放運貯課之廢棄物運送團隊負責。課長負責督導相關作業，課員的工作內容則包含：

- (1)營運管理：低放射性廢棄物的運貯流程與時程掌控、各組間的作業協調、緊急事件處理、其他行政作業
- (2)吊車與台車操控：低放射性廢棄物接收區的吊車操控、貯存區的吊車操控、現場確認與指揮調度。
- (3)堆高機操控：操控貯存區的堆高機，堆疊低放射性廢棄物。

3. 檢查管理課

檢查管理課設有課長 1 人與課員 3 人，主要負責廢棄物檢查、資料庫建檔管理作業。課長負責督導相關作業，課員的工作內容則包含：

- (1)用過核子燃料與低放射性廢棄物的資料系統建置與管理。
- (2)廢棄物檢查及不符合接收標準廢棄物之退回作業。
- (3)各組間的作業協調、緊急事件處理、其他行政作業。

(二)運轉組

運轉組設有組長 1 人，課長 1 人，組員 5 人，合計共 7 人。主要負責貯存設施之運轉相關作業。組長負責督導相關作業，課長負責協助組長綜理組務，組員的工作內容則包含：

- (1)貯存設施運轉操作管理。
- (2)運轉資料收集、統計及建檔。
- (3)運轉日報編審事項。
- (4)異常事件及運轉報告編審。
- (5)運轉操作方式、程序及改善建議事項研擬。
- (6)其它有關運轉之事項。

(三)維護組

維護組下分設 3 課，分別為機電維護課、儀控維護課及輔助設施維護課，設有組長 1 人、課長 3 人、組員 13 人，合計共 17 人。

1.機電維護課

機電維護課設有課長 1 人與課員 4 人，主要負責機械與電氣設備之維護修配作業。課長負責督導相關作業，課員的工作內容則包含：

- (1)機械設備維護：貯存場的吊車、升降梯、運輸車輛等機械設備之維護修配。
- (2)電氣設備維護：貯存場的空調、發電機組、配電設備等電氣設備之維護修配。

2.儀控維護課

儀控維護課設有課長 1 人與課員 4 人，主要負責儀控設備之維護作業。課長負責督導相關作業，課員的工作內容則包含貯存場的儀控與監控設備之維護與管理作業。

3.輔助設施維護課

輔助設施維護課設有課長 1 人與課員 5 人，主要負責輔助設施之維護作業。課長負責督導相關作業，課員的工作內容則包含貯存場的污水處理設施、海水淡化設施以及辦公室內各項設施維護與管理作業。

(四)管理組

行政管理組設有組長 1 人、課長 1 人，組員 5 人，合計共 7 人。主要負責管理各項行政作業，提供貯存場運作所需的行政支援。組長負責督導相關作業之進行，課長負責協助組長綜理組務，課員的工作內容則概要說明如下：

- 1.行政：辦理公文收發、人事等行政作業。
- 2.出納：辦理現金、票據與證券之出納、保管、解繳、登記及彙報等作業。
- 3.會計：辦理審查發票收據、製作現金票據、製作財務報表、財產管理等作業。
- 4.採購：辦理財物之買受、承租、勞務之委任或僱傭等之訪價、招標、比價、議價、決標、履約、訂約與驗收等作業。

(五)輻防保安組

輻防保安組下分設 2 課，分別為保建物理課及保安課，設有組長 1 人、課長 2 人、組員 22 人，合計共 25 人。工作內容則概要說明如下：

1.保建物理課

保建物理課設有課長 1 人與課員 6 人，主要負責貯存場內與輻射防護相關之業務。課長負責督導相關作業之進行，工作內容則包含：

- (1)輻射防護：放射性物質作業場所輻射防護作業與管理、人員劑量、環境輻射偵測、儀器校正等與輻射防護相關作業。
- (2)護理：傷病之緊急處理與追蹤、健康問題之諮詢、評估及監督工作環境、擬定職場職業衛生護理計畫並執行。
- (3)緊急交通接駁：緊急事件發生時的交通運輸駕駛。

2.保安課

保安課設有課長 1 人與課員 16 人，主要負責場內保安及保防相關作業。課長負責督導相關作業，課員則輪班設置常設保安班，負責出入場區之人員與車輛管制、場區巡察與監控。

(六)環保工安品質組

環保工安品質組下分設 4 課，分別為環境監測及保護課、消防課、品保課及勞安課，設有組長 1 人、課長 4 人、組員 32 人，合計共 37 人。

1.環境監測及保護課

環境監測課設有課長 1 人與課員 9 人，主要負責貯存場內之環境監測及保護作業。課長負責督導相關作業之進行，工作內容則包含：

- (1)非貯存區之監測及保護：貯存場內外之環境監測作業、緊急事件處理、其他行政作業。
- (2)貯存區之監測及保護：用過核子燃料貯存區與低放射性廢棄物貯存區之環境監測作業、緊急事件處理、其他行政作業。

2.消防課

消防課設有課長 1 人與課員 15 人，主要負責場內消防相關作業。課長負責督導相關作業，課員則輪班設置常設消防班，

當發生火災、地震等緊急意外事故時，負責災害現場之緊急應變及善後處理指揮工作。平時亦應辦理自我安全查核作業，隨時保持消防設備的完整性與堪用性，並辦理消防演練。

3.品保課

品保課設有課長 1 人與課員 4 人，主要負責貯存場內之品保作業。課長負責督導相關作業之進行，課員的工作內容則包含貯存場營運品保方案之策劃、推行、管制、詮釋及績效評估。

4.勞安課

勞安課設有課長 1 人與課員 4 人，主要負責貯存場內之勞工安全衛生作業。課長負責督導相關作業之進行，課員的工作內容則包含擬定勞工安全衛生管理規章、擬定勞工安全衛生年度工作計畫、推動及宣導勞工安全衛生管理工作、辦理勞工安全衛生教育訓練工作、規劃勞工安全衛生自動檢查及作業環境測定工作、擬定防災計畫、提供勞工安全衛生諮詢服務等。

3.5.5 營運輻射防護安全

依據「游離輻射防護法」第七條之規定，本集中式貯存場將依法設立輻射防護管理委員會，並制定輻射防護計畫，落實輻射安全管理之責；「游離輻射防護法」第十條之規定，將輻射工作場所(集中式貯存場)劃分為管制區與監測區，於管制區內採取管制措施，監測區內執行必要之輻射監測，並於輻射工作場所外實施環境輻射監測。

一、輻射工作場所

- (一)輻射工作場所之進出口，應於顯著處標示輻射警示標誌或警語，提醒輻射工作人員或監察人員注意將進入輻射工作場所。進出口處設計門禁管制，限制並紀錄進出人員。

- (二)進入輻射工作場所之人員，應配戴個人劑量佩章或個人輻射警示器，並依法保存紀錄；離開輻射工作場所之人員應接受體外輻射偵測，確保未受輻射污染。
- (三)輻射工作人員應接受作業相關訓練，熟記且遵守作業程序書，定期接受健康檢查與每年輻射防護教育訓練，並依法保存紀錄。
- (四)輻射工作場所內應設置環境輻射偵測儀器，並於進出口處架設電子看板顯示輻射劑量讀值，供人員得知工作場所內環境輻射資訊。
- (五)搬運或吊掛放射性廢棄物之機具，應定期實施輻射污染偵測。
- (六)樣品檢測室應設立獨立空調與煙櫃，搭配有高效率微粒空氣過濾(HEPA)之廢氣處理系統，並定期實施輻射污染偵測。
- (七)運出輻射工作場所之物品，例如垃圾，應先經過輻射偵檢，確認無污染後方可運離輻射工作場所。
- (八)運送放射性廢棄物應採專用運送車輛，車輛上應具有可即時顯示輻射劑量之輻射偵檢器，運送過程須備配有合格的輻射防護人員同行。運送車輛於離開輻射工作場所時應實施表面污染偵測，確認無污染後方可駛離輻射工作場所。

二、環境輻射監測

- (一)營運前三年，應提報環境輻射監測計畫，並進行至少二年以上環境輻射背景調查。
- (二)營運期間，應於每年十一月一日前提報下年度之環境輻射監測計畫。
- (三)考量氣象資料、釋放核種類別、強度與氣、液體擴散模式、人口分布與居住狀況、土地利用、排放口位置、海流狀況及其他主管機關指定之因子，於適當位置架設環境輻射監測站(以下簡稱監測站)，監測站概述如下：

1. 監測站佈有熱發光劑量計、高靈敏度輻射偵檢器(如高壓游離腔)或空氣取樣設備，以監測環境直接輻射與空氣中放射性物質變化。
2. 高靈敏度輻射偵檢器應具有即時資料傳輸之功效，透過有線或無線的方式傳送監測資料，供輻射防護人員掌握環境輻射情況。輻射偵測資料將自動化儲存於伺服器資料庫。
3. 熱發光劑量計依規定之日期，送回樣品檢測室計讀環境直接輻射累積劑量。

(四)考慮輻射曝露途徑與環境生態、陸地上輻射工作場所周圍土地利用情形，以及海域特性，於適當地點進行環境試樣取樣，將樣品送回樣品檢測室進行分析，掌握環境輻射資訊。

三、品質保證與紀錄保存

- (一)各項作業應具有標準作業程序書以及品質管制作業程序書，嚴格要求輻射工作人員依據各項作業程序書執行作業，以維持工作成果品質。
- (二)各項輻射偵檢設備或儀器，應依規定之時間執行校正，確保輻射偵測結果之正確性。
- (三)樣品檢測室應加入全國認證基金會(TAF)，取得實驗室認證，並定期參與能力試驗檢定，確保樣品分析之能力。
- (四)所有文件應依相關法令或規範執行紀錄保存。

3.5.6 設施除役規劃

若最終處置場建置完成，則用過核子燃料與低放射性廢棄物可送往最終處置，集中式貯存場作為放射性廢棄物中期貯存的任務達成，屆時將可進行除役作業，以達到土地再利用之目的。集中式貯存場內須除役的設施包括各貯存設施、接收大樓和檢查大樓，分別說明如下：

一、貯存設施

貯存設施依其存放之廢棄物不同，分為低放射性廢棄物貯存設施和用過核子燃料貯存設施兩種。低放射性廢棄物外運至最終處置場後，剩餘之貯存設施為鋼筋混凝土結構物，因混凝土或金屬之活化甚低，利用刨除表面混凝土方式除去污染，其餘鋼筋混凝土則可再利用或移做其他用途，鋼筋部分可以回收利用，土石部分可以一般廢棄物掩埋處理或回收為路基填料再利用。而除污過程中產生的低放射性廢棄物，則可送至低放射性廢棄物最終處置場進行處置。

用過核子燃料貯存設施之設計，均須符合美國 10 CFR72.130 除役準則之要求，包括結構與設備容易去污、放射性廢棄物與污染設備最少量，以及放射性廢棄物與污染材料容易拆除等設計要求。因此，裝載用過核子燃料之金屬護箱或密封鋼筒外運至最終處置場後，剩餘之鋼筋混凝土貯存設施，同樣可於除污後再利用或移做其他用途。此外，金屬護箱或密封鋼筒在取出燃料並進行組件之除役後，由於貯存期間所接受總中子通量相當低，造成之活化放射性物質活度濃度亦十分低，燃料取出後，護箱或鋼筒內襯可進行除污，經檢查符合一定活度或比活度限值，再進行回收利用。

二、接收大樓

接收大樓內有用過核子燃料接收區、檢查區以及卸載與封裝區。在接收區和檢查區內，用過核子燃料皆封裝在運輸護箱內，建築物和相關設備受到的輻射污染甚低，除役時經確認無污染後，鋼筋混凝土可再利用或移做其他用途，鋼筋部分可以回收利用，土石部分可以一般廢棄物掩埋處理或回收為路基填料再利用。在卸載與封裝區內，因涉及密封鋼筒取出作業，取出時使用的傳送護箱，其內襯可進行除污，經檢查符合一定活度或比活度限值，再進行回收利用。而鋼筋混凝土建築物可以刨除表面混凝土方式

除去污染後再利用或移做其他用途，鋼筋部分可以回收利用，土石部分可以一般廢棄物掩埋處理或回收為路基填料再利用。而除污過程中產生的低放射性廢棄物，則可送至低放射性廢棄物最終處置場進行處置。

三、檢查大樓

檢查大樓為進出集中式貯存場的管制點，未有放射性廢棄物存放其中，除役時確認無污染後，即可將結構物拆除，鋼筋混凝土可再利用或移做其他用途，鋼筋部分可以回收利用，土石部分可以一般廢棄物掩埋處理或回收為路基填料再利用。

四、提出除役計畫書之日期

當集中式貯存場決定進行除役前依法應在除役前 3 年即提送除役計畫供管制機關審查，除役計畫書將載明下列事項：

- (一)設施綜合概述
- (二)除役目標及工作時程
- (三)除污方式及放射性廢棄物減量措施
- (四)除役廢棄物之類別、特性、數量、處理、運送及貯存
- (五)輻射劑量評估及輻射防護措施
- (六)環境輻射監測
- (七)人員訓練
- (八)核子原料或核子燃料料帳管理
- (九)廠房或土地再利用規劃
- (十)品質保證方案
- (十一)意外事件應變方案

3.6 勞工安全衛生

集中式貯存場的勞工安全衛生可分成施工期間及營運期間，不同時期的要求標準與規則，茲分述如下：

一、施工期間

集中式貯存場的施工承商應確實遵照「勞工安全衛生法及施行細則」、「勞工安全衛生設施規則」、「勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法」、「營造安全衛生設施標準」、「危險性工作場所審查暨檢查辦法」、「勞動基準法及施行細則」及其他有關法令規章或規定，隨時注意辦理工地安全，並指派經內政部認可合格之勞工安全衛生管理員負責並駐守工地指導及檢查。

而工務部門主管，應經常前往工地督導巡視，若有計畫不周、設施損壞或安全指揮作業不力時，應及時糾正改善，務期所有工作人員均能在安全狀態下作業。

至於衛生設施則統一管理，其作業項目包括蚊蠅之消滅、廚廁之清潔處理、消防設施之儲備與裝設以及醫藥用品之儲備或醫務單元的設立等。

二、營運期間

基於勞工安全衛生操作以及防範災變事故發生的原則，台電公司依據政府相關法令、規章編定「台灣電力公司勞工安全衛生章則彙編」，規定其員工切實遵循，以確保人員、設備與財產安全，減少無謂的損失。另有關集中式貯存場營運期間之輻射防護安全，請詳 3.5.5 節。

3.7 替代方案

集中式貯存設施為最終處置計畫無法順利推動時之應變方案，故其主要目的在於提供用過核子燃料與低放射性廢棄物之中期貯存，以順利銜接最終處置。

我國對於用過核子燃料之現行管理策略為「近程採廠內水池貯存、中程以廠內乾式貯存、長程推動最終處置」，由此可知對於用過核子燃料之中期貯存，原規劃採廠內乾式貯存(分散式貯

存)；另，依據「低放射性廢棄物最終處置計畫書(修訂二版，104年)」略以：「…若境內處置計畫無法按預定期程順利推動，以及境外處置亦未可行時，則規劃之應變方案包括在核能電廠增建貯存設施以因應電廠除役所需之貯存空間，或是興建集中貯存設施因應…」可知，對於低放射性廢棄物之中期貯存，原規劃亦採廠內貯存(分散式貯存)。

綜上所述，集中式貯存與分散式貯存皆是為最終處置計畫無法順利推動時而規劃之應變方案，故集中式貯存與分散式貯存亦互為替代方案。

第四章 環境接受性

4.1 環境背景

環境背景部分，將依照「開發行為環境影響評估作業準則(104.07.03 修訂)」之相關內容包含：該作業準則之附件六「範疇界定指引表」、附表六「開發行為環境品質現況調查表」以及附表八「環境影響預測及評估方式」等，進行環境背景資料資蒐集與調查。然最終環境背景調查項目仍需以本規劃之屬性及需求，或是經環保署之範疇界定會議結論為準。

4.1.1 工程地點有關之氣象、水文、空氣及生態環境

因場址尚未選定，以下初步針對全體性資料進行概述，有關更進一步資料，則待場址確認後，依據環境影響評估相關規定再更進一步進行調查與分析。

一、氣象

有關氣象相關資料說明主要根據中央氣象局統計資料(1981-2010 之月平均)進行說明。因目前尚未進行選址作業，故無特定地區資料說明，故將從整體性來描述台灣氣象特性，主要參考為台灣北部地區氣象局測站以及台灣西部氣象局測站之資料進行說明，期能涵括台灣地區主要氣象特性。

(一)氣溫

台灣北部地區參考彭佳嶼測站資料，最高月均溫出現在 7 月，為攝氏 28 度，最低月均溫則出現在 1 月，為攝氏 15.7 度，全年有 8 個月以上月均溫達攝氏 20 度以上，全年平均溫度為攝氏 21.9 度。台灣西部地區則以澎湖測站資料作為代表，最高月均溫出現在 7 月，為攝氏 28.7 度，最低月均溫則出現在 1 月，為攝氏 16.9 度，全年有 8 個月以上月均溫達攝氏 20 度以上，全年平均溫度為攝氏 23.5 度。

(二)日照

台灣北部地區參考彭佳嶼測站資料，最長月日照總時數出現在 7 月，為 259.6 小時，最短月日照總時數則出現在 1 月，為 63.1 小時，平均年日照總時數則為 1604.9 小時。台灣西部地區則以澎湖測站資料作為代表，最長月日照總時數出現在 7 月，為 264.8 小時，最短月日照總時數則出現在 2 月，為 94.7 小時，平均年日照總時數則為 2031.2 小時。

(三)降水量

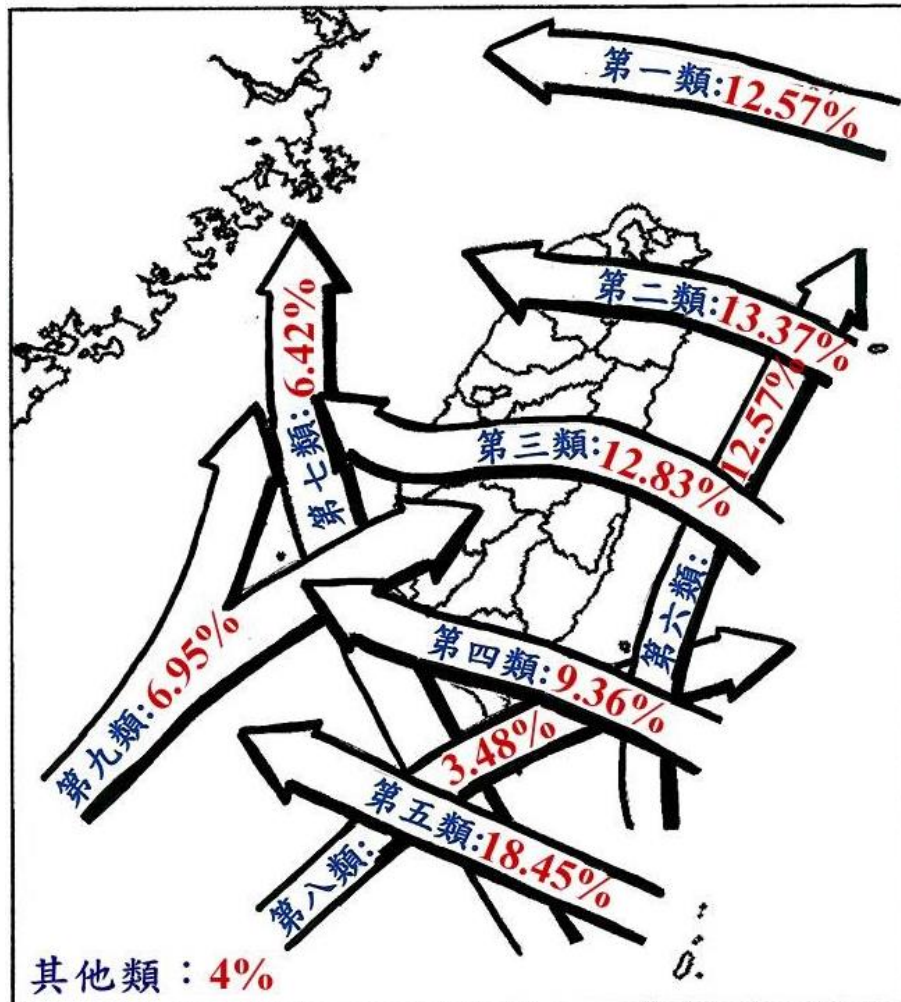
台灣北部地區參考彭佳嶼測站資料，最大月降水量出現在 9 月，為 236.9 毫米小時，最小月降水量出現在 12 月，為 112.5 毫米，平均年降水量為 1954 毫米，主要降水量集中於 5-6 月及 8-9 月。台灣西部地區則以澎湖測站資料作為代表，最大月降水量出現在 8 月，為 181 毫米小時，最小月降水量出現在 1 月，為 17.5 毫米，平均年降水量為 1013.4 毫米，主要降水量集中於 6-8 月。

(四)風速

台灣北部地區參考彭佳嶼測站資料，最大月平均風速出現在 11 月，為 8.4 公尺/秒，最小月平均風速出現在 5-6 月，為 6.2 公尺/秒，年平均風速為 7.3 公尺/秒，風勢較大之月份集中於 11-2 月。台灣西部地區則以澎湖測站資料作為代表，最大月平均風速出現在 12 月，為 5.9 公尺/秒，最小月平均風速出現在 7-8 月，為 2.8 公尺/秒，年平均風速為 4.4 公尺/秒，風勢較大之月份集中於 11-2 月。

(五)颱風

根據中央氣象局統計資料顯示，1911 年至 2015 年間，以第 5 類：通過臺灣南部海面向西或西北進行者，占 18.45% 最高，其次為第 2 類：通過臺灣北部向西或西北進行者，占 13.37%。



資料來源：交通部中央氣象局網站 <http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/ty041.htm>

圖 4.1.1-1 影響臺灣地區颱風路徑分類圖(1911—2015 年)

二、地下水

1.管制標準：地下水污染管制標準(102.12.18)、地下水污染監測標準(102.12.18)

2.現況分析

將依據開發行為環境品質現況調查表之相關項目進行調查，包含水質、水位與流向等。此外亦將針對貯存設施分析地下水受廢料滲漏水污染之可能性與影響。

3.初步影響分析

本規劃未來所採貯存設施皆已考量相關安全標準，另場址未來亦規劃採取雨、污水分流系統。初步判斷對地下水應無影響。

三、空氣品質

1.管制標準：空氣品質標準(101.5.14)

2.現況分析

將依據開發行為環境品質現況調查表之相關項目進行調查，並且針對空氣污染防治區及總量管制區細懸浮微粒濃度進行分析，以期能符合空氣品質標準。

3.初步影響分析

在施工期間可能會對當地空氣品質造成影響，但應屬短暫且可控制類型，營運期間無大量工程施作，推斷應無重大影響。

四、河川水質

1.管制標準：地面水體分類及水質標準(87.6.24)

2.現況分析

未來將依據場址所在地之河川水體進行類別確認，並且依照上述標準附表一「保護生活環境相關環境基準」所列相關項目進行之檢測，以確保河水水體品質。

3.初步影響分析

河川水質之影響主要為施工行為之地表逕流水之影響，施工行為會使得水體中懸浮固體濃度之增加。經初步評估分析後，施工期間可採用相關環境保護減輕對策加以控制且屬短暫性。

五、生態環境

1.現況分析

未來現場調查將會針對陸域動植物、水域動植物進行分析調查，若有瀕臨滅絕及受保護之族群亦將納入分析評估。

2.初步影響分析

因場址尚未確認，未來將按相關規定進行調查評估後分析可能之影響。

4.1.2 工程地點及鄰近地區之交通狀況、人文環境及文化遺址

一、交通狀況

1.現況分析

交通部份，在交通運輸部分調查與分析將會包含陸上運輸以及海上運輸，並且會設有專屬之運輸道路及海運航線，並進行相關安全管制。另，俟集中式貯存場營運時，亦將會有專屬之運輸港口，有關放射性廢棄物之運輸皆會透過特定航道及時間進行運輸工作。

2.初步影響分析

營運期間皆會有專屬道路以及專用港口，因此初步判斷應不至於造成原有地區陸上及海上運輸衝擊。

二、人文環境、景觀及文化遺址

1.現況分析

人文環境部分，主要針對場址人口及特性、土地使用、社會環境、經濟環境等項目進行調查分析。而在文化遺址部分，將針對建築物、寺廟(教堂)及潛在重要文物等進行調查與分析。依目前場址之概念性規劃，未來將會依照地區景觀屬性做適性之景觀規劃，即盡量配合原始或地區景觀，並納入綠色能源規劃概念。而在文化遺址部分，若經調查後發現有可能之相關遺址，將依文化資產相關法令規定進行辦理。初步的場址景觀佈設及土地使用概念如圖 4.1.2-1。

2.初步影響分析

經圖 4.1.2-1 初步土地利用概念示意圖分析後，未來將考量與原始景觀融合規劃，故不至於造成景觀上之重大衝擊。另若遇可能之文化遺跡，將依相關文化資產規定進行妥適處理。

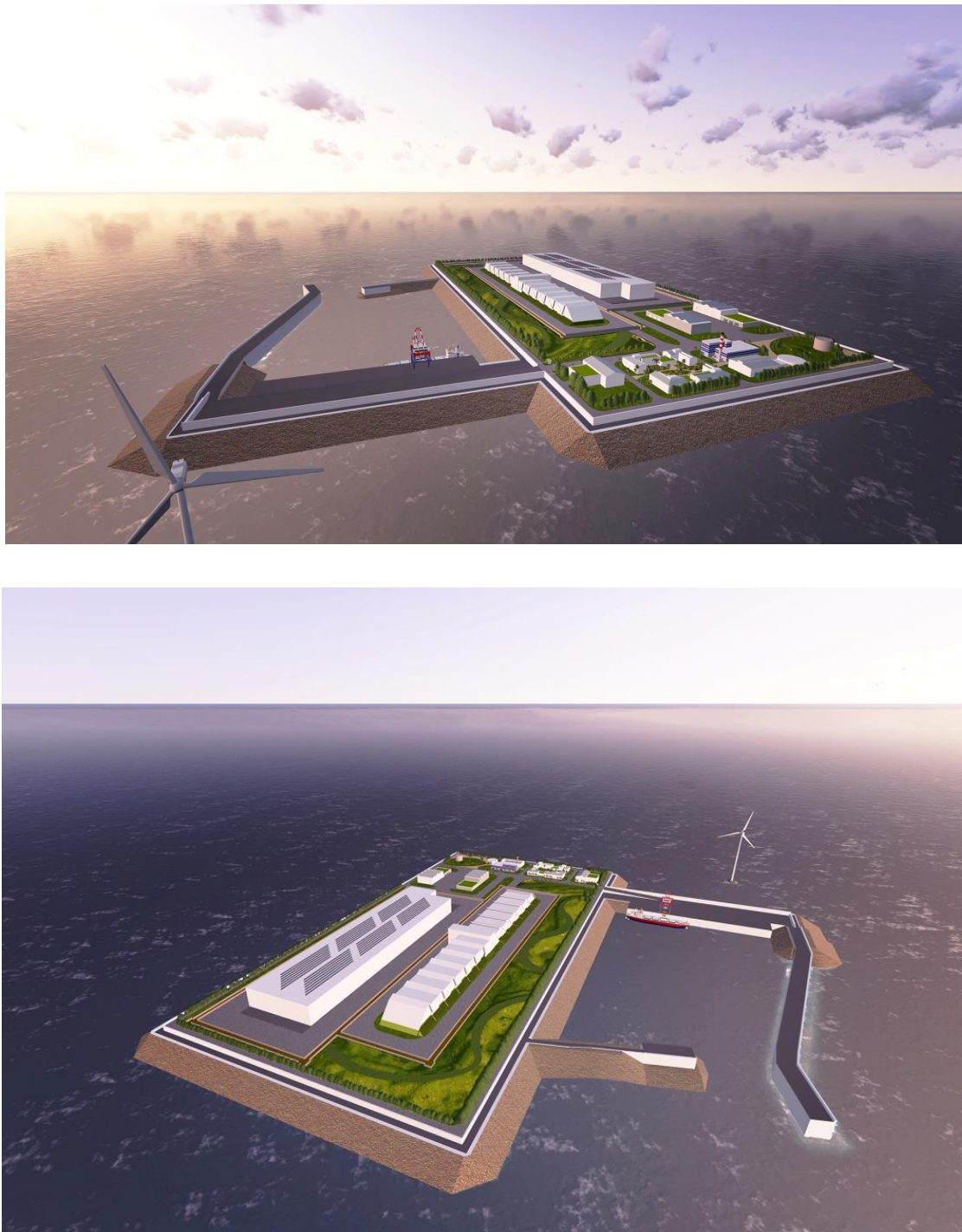


圖 4.1.2-1 場址土地使用概念示意圖

4.2 污染防治

本規劃主要為放射性廢棄物集中式貯存場，貯存營運期間並不會排放工業污染源，主要以作業人員之生活廢棄物為主。另於工程施工期間，伴隨開發行為所產生之噪音、震動、放流水、廢棄物等為本規劃主要污染來源。此外，場內貯存設施另需考量輻射防護措施，其中輻射防護設計請參見 3.2 節，營運期間輻射防護規劃請參見 3.5.5 節。

4.2.1 與本規劃(工程地點)有關各項污染源之政府最新環保標準（含總量）及研議中之最新環保標準

依照集中式貯存場概念設計之項目，主要可能產生污染源之政府最新環保標準如下

- 一、空氣品質標準(中華民國 101 年 5 月 14 日行政院環境保護署環署空字第 1010038913 號令修正發布)。
- 二、電力設施空氣污染物排放標準(中華民國 103 年 12 月 1 日行政院環境保護署環署空字第 1030099730 號令修正發布)。
- 三、交通工具空氣污染物排放標準(中華民國 103 年 3 月 21 日行政院環境保護署環署空字第 1030022417A 號令修正發布)
- 五、噪音管制標準(中華民國 102 年 8 月 5 日行政院環境保護署環署空字第 1020065143 號修正發布)
- 六、地面水體分類及水質標準(中華民國 87 年 6 月 24 日行政院環境保護署（87）環署水字第 0039159 號令修正發布)
- 七、放流水標準(中華民國 105 年 1 月 6 日行政院環境保護署環署水字第 1040110356 號令修正)
- 八、海域環境分類及海洋環境品質標準(中華民國 90 年 12 月 26 日行政院環境保護署（90）環署水字第 0081750 號令訂定發布)

4.2.2 既有之各項污染源、排放量、防治設施、處理能量及成效

集中式貯存場目前尚未選定場址，將待場址選定後進行調查與分析。惟若依本規劃書之建議，選擇對於社會與政治層面擾動較小、環境保護與民眾接受度衝擊較低、未來發展潛力亦較低，且其地區條件符合原能會所公告「集中式放射性廢棄物貯存設施場址規範」之地區，初步研判符合條件之地區現況應無明顯之工業設施或生產規模達一定產量之製造業。因此，判斷除既有居民之一般生活性廢棄物外，應無明顯既有污染源。

4.2.3 本規劃施工及營運間可能產生之各項污染源、排放量、防治設施、處理能量及成效

依照集中式貯存場概念設計內容，初步分析可能產出主要污染源如下表，未來將針對各污染源提出相對應之預防及改善措施，減少施工及營運期間可能造成之污染。

表 4.2.3-1 施工及營運間可能產生之各項污染源處理成效表

污染源	排放量	防治設備	設計處理能量	設計排放標準	法規管制標準
生活污水	初估 22.5CMD (每人暫以 150 公升/日 估算，並以 150 人估 算)	簡易污水處 理設施	暫定為 30-40CMD	符合排放 標準	放流水標準
施工廢水	視施工情 形	簡易污水處 理設施	視實際需求 調整	符合排放 標準	放流水標準
生活一般 廢棄物	初估 129 公 斤/日 (每人暫以 0.86 公斤/ 日估算，並 以 150 人估 算)	委託縣市政 府處理	--	--	廢棄物清理 法及 相關規定

4.2.4 營運期間之每年污染防治成本

未來將依照環境影響評估相關內容進行相關污染防治費用之編列；另有關輻射防護相關設施，已包含在工程成本費用中。

一般生活廢棄物處理部分，推估 40 年營運期約產生 1,857.6 公噸，參考委託處理費用(NTD 2,300/公噸)推估，約需新臺幣 500 萬元(40 年)。此外，另將依法令規定編列費用針對貯存設施於營運期間對輻射與非輻射性影響因數進行監測，以達預防污染、降低污染風險之目的。

4.3 減廢及資源再利用

4.3.1 本規劃施工及營運期間對工業減廢擬採措施及預計成效

一、施工期間

施工階段產生之棄碴將妥善運用於整地回填，盡量達到挖填平衡避免破壞地區地貌資源，亦可大量的減少棄碴的產生。另工程期間將慎選施工器材，落實工程品質管理，將廢零件與其它各類廢棄物的產量最小化，並妥適將廢棄物蒐集後回收再利用，以達有效減廢之目的。

二、營運期間

營運期間工業廢棄物之產生主要來自例行性貯存設施之維修、汰換之廢零件，及當地員工與參訪人員產生之生活廢棄物為主，營運期間將落實各項設施的營運控管，將產生之廢棄物量降至最少。

4.3.2 本規劃施工及營運期間對資源再利用擬採措施及預計成效

一、施工期間

施工階段產生之棄碴將妥善運用於整地回填工程，廢木板、廢紙皮、廢鐵件與相關可回收之資源廢棄物將予以回收分類。

二、營運期間

營運期間產生之廢棄物甚少，除了例行性貯存設施運作產生之維修、汰換之廢零件等廢棄物外，以員工、參訪客產生之生活廢棄物為主，處理方式將以對環境影響最小化為執行方針，可回收之廢棄物將進行分類回收再利用。

4.4 施工及營運期間對工程地點及鄰近地區交通之影響

4.4.1 施工期間

因集中式貯存場需要專用港口以符合相關廢棄物運送及傳送需求，因此會興闢專用碼頭。如場址所在地區已有港口或碼頭，在專用碼頭尚未興闢完成前，或將會影響其既有碼頭之使用與對外運輸。至於對地區道路的影響，除運輸相關興建物料外，推估對於地區道路交通影響屬輕微。

4.4.2 營運期間

營運期間部分，因集中式貯存場係以貯存放射性廢棄物為主，計畫區範圍內皆會受到一定程度保安及保防安全管制，基本上並不對外開放，因此在陸上道路交通部分，將會與既有道路系統切割，因此營運部分，除作業人員的進出與日常生活外，對於地區道路運輸應無太大影響。在港口及海上運輸部分，因運送放射性廢棄物，將會屬於特殊運輸航線並受到管制，因此並不會與一般航運產生衝突，而專用港口完成後，運輸船將直接停泊於專用港並直接傳送進入貯存管制區內進行作業，因此不會造成港口原有運輸作業過大影響。

4.5 與地方社經發展及政府土地政策之配合

本規劃目前尚未選定場址，俟未來俟場址選定後，將再行研討與地方社經發展及政府土地政策之配合。

4.5.1 工程地點鄰近地區之主要經濟、社會活動及未來發展趨勢

本規劃目前尚未定場址，未來俟場址選定後，將再行就工程地點鄰近地區之主要經濟、社會活動及未來發展趨勢辦理調查與分析。

4.5.2 工程地點及鄰近地區之都市計畫及非都市土地使用編定

未來工程地點若位屬都市計畫地區，則將依照都市計畫法與相關法令進行都市計畫變更後再行使用；若位屬於非都市土地，則將按區域計畫法及相關法令規定，申請開發許可並變更為特定專用區及特定目的事業用地後再行使用。

4.6 民情反應

有關民情反應部分，台電公司將循相關規定及方式進行，預計採取方式包括地區說明會或座談會、資訊公開上網、問答集的製作等，來適時蒐集民意並即時答覆相關問題，消除民眾疑慮，提升民眾對本規劃支持度。

4.6.1 地方民眾

本規劃如奉准執行後，若有相關民眾參與機制與流程之規定，則將按規定進行民情溝通與協調。若無相關規定，則將按台電公司規劃之民眾參與流程進行相關說明會與座談會，並採滾動式決策方式，採納合適意見進行方案之修正。

4.6.2 社區及其他社會團體

對於社區部分，針對場址所在之村里(若有鄰近鄰里則一併辦理)進行說明或座談會。對於社會團體部分，在計畫推動期間

皆可參與任何場次之說明與座談會，或是透過書面向台電公司陳述其意見。

4.6.3 地方政府及民意機關

本規劃如奉准執行後，將優先針對場址所在之縣市政府以及民意機關與代表進行相關內容說明。若後續涉及私有土地的取得以及地上物的拆遷等，亦將與地方政府合作向場址所在地之居民進行說明及溝通，確保相關所有權人之權益能夠獲得保障及未來在計畫執行時能獲得同意。

4.7 小結

- 一、在自然環境接受性與污染防治等項目上，多可透過工程設計與環境減輕對策，加以克服或減輕其對環境之衝擊。
- 二、在社會環境接受性部分，由於本規劃具高度鄰避設施屬性，未來仍須透過利害關係人溝通等工作規劃來凝聚推動共識。此外，於場址選定後亦需持續與地區居民溝通，透過資訊透明化以提高民眾接受度。另台電公司亦建議規劃相關公民參與機制與流程，以降低社會環境之衝擊，並凝聚社會共識以利本規劃推動。

第五章 財務分析與規劃

鑒於本規劃書為集中式貯存方案初步規劃階段，場址尚未選定，為保守概估可能衍生開發建設費用並評估財務可行性，暫先假設本規劃場址位屬人口分布密度低且未開發利用之離島地區，且未來開發或將涉及填海造地工程。而依假設場址之土地使用屬性，將以劃定為非都市土地特定專用區為主，故其開發建設費用之估列將依非都市土地及海埔地開發許可之申請程序、施工階段之施作項目與數量及其衍生相關費用等予以概估。其中開發成本評估包含低放貯存設施區工程、輔助區工程、港灣區工程等基礎設施；而針對用過核子燃料貯存設施型態則需分為室內金屬護箱、室內混凝土護箱、混凝土窖以及混凝土模組之開發總費用進行比較說明。

5.1 事業長期財務預測

依「核能發電後端營運基金收支保管及運用辦法」(以下簡稱後端營運基金運用辦法)第5條規定，本規劃中相關設施建置、運轉及除役之衍生支出，擬由「核能發電後端營運基金」(以下簡稱後端基金)支應。未來本規劃奉准執行後，相關規劃內容及預算需經陳報核定後，於後端基金框列預算及費用並據以執行。

5.2 事業財務管理策略

目前後端基金係屬經濟部主管之非營業基金，依後端基金運用辦法第6條規定，由核能發電後端營運基金管理會(以下簡稱後端基金管理會)監理保管，而基金各年度預算由立法院審議、決算由審計部審定，並向立法院報告。本規劃所需建設、營運經費係由後端基金支應，故後續相關經費運用，將依後端基金管理會相關規範辦理。

5.3 事業資金調度計畫

依後端基金運用辦法第 9 條，台電公司將研提工作計畫書與預算書，報請後端營運基金管理會核定後執行。預算部分，由後端基金管理會依政府年度預算作業之規定編製預算書，併同經濟部附屬單位年度預算書，陳報行政院轉立法院審查過後動支。

5.4 資金來源

如前所述，本規劃設施為興建貯存放射性廢棄物之中期貯存設施，依後端基金運用辦法規定，所需建設經費由後端基金支應。惟本規劃為應變方案，未來若奉准執行，部分既定推動之貯存設施或將不再需要興建，屆時建議或可重新檢討核能後端營運總費用估算，用以確定基金分配使用，以及是否需增加基金財源等事宜。

5.5 估價基礎及總成本

一、估價基準

本規劃開發工程成本估算係以民國 105 年 6 月為基準日，直接成本按工程規劃成果、間接成本參考行政院公共工程委員會於 87 年所編列「公共建設工程經費估算編列手冊」規範估列，再依據假設場址推動時程、工程預定施工進度以及離島物價上漲假設編列分年資金需求表；另，本規劃建設經費估算係綜整規劃成果及其他類似計畫經驗，根據不同狀況並考量離島地區人工與材料等物價因素調整。

有鑑於本規劃目前尚屬初步規劃階段，「公共建設工程經費估算編列手冊」，工程預備費系為彌補可行性研究或其它規劃階段期間，因所蒐集引用資料之精度、品質和數量等不夠完整、可

能的意外或無法預見之偶發事件等狀況，所編列之費用。因此，開發成本另加計 20% 估列。

二、偏遠地區費用調整係數

為保守估計，假設場址可能位處我國離島地區，考量離島施工可能之工作加給、機具損耗、施工效率、後勤運補等影響，茲參考歷往離島施工經驗，針對工程特性綜整設定之離島費用調整係數，作為本規劃調整建設經費之依據。有關離島費用調整係數彙整如表 5-1。

表 5-1 離島費用調整係數彙整表

工程項目	離島調整係數
一、港灣工程	
碼頭工程	1.18
防波堤工程	1.34
浚渫工程	1.43
電氣工程	1.26
機械設備	1.10
二、土建工程	
整地工程	1.61
道路工程	1.64
排水工程	1.64
圍籬工程	1.64
蓄水池工程	1.64
建築工程	1.74
環工設備	1.10
電氣及照明設備	1.35
機械設備	1.10
輻射監測設備	1.10

資料來源：依據本規劃工程特性及相關離島施工經驗綜整。

三、營造物價上漲率

按「台電公司新興固定資產投資專案計畫物價上漲率預測研究(2009.6)」預測，未來 10 年(103 年~113 年)平均物價上漲率 1.4%；惟就行政院主計處 85 年~104 年營造工程物價指數(詳表 5-2)分析，營造工程物價平均年增率約為 2.59%。為控管物價波動之不確定影響，茲依據保守估算原則，並參考歷往工程施作及近年物價調整實務經驗，以 2.0% 估列年物價上漲率。

表 5-2 營造工程物價指數彙整表

年度	營造工程物價指數(總指數)	年增率(%)
民國 85 年	61.36	-0.65
民國 86 年	62.63	2.07
民國 87 年	64.19	2.49
民國 88 年	63.82	-0.58
民國 89 年	63.51	-0.49
民國 90 年	62.87	-1.01
民國 91 年	64.20	2.12
民國 92 年	67.20	4.67
民國 93 年	76.69	14.12
民國 94 年	77.22	0.69
民國 95 年	82.82	7.25
民國 96 年	90.28	9.01
民國 97 年	102.90	13.98
民國 98 年	93.79	-8.85
民國 99 年	96.78	3.19
民國 100 年	100.00	3.33
民國 101 年	100.83	0.83
民國 102 年	100.49	-0.34
民國 103 年	102.33	1.83
民國 104 年	99.83	-2.47
平均成長率(%)	85-104 年	2.59
	95-104 年	2.10

資料來源：行政院主計總處。

四、匯率及利息

本規劃部分進口設備係以美元計價，因應匯率波動趨勢，美元與新臺幣之匯兌計算基準擬以 1：35 計算之。而利息部分，本規劃之資金來源由後端基金提撥，無需向行庫借貸，故不須計算計畫執行期間利息。

五、主要成本編估項目說明及費用估算

本規劃開發建設成本共計新臺幣 602 億 1,126 萬元，茲就成本估列明細說明如下：

(一)申請變更編定及施工許可作業費用

本規劃場址可能屬非都市土地範圍，開發行為或可能涉及填海造地，未來開發應擬定重大建設投資計畫、海岸利用管理說明書、海埔地開發計畫、造地施工計畫、環境影響評估報告書…等相關書圖文件並辦理審查作業，依計畫特性估列，本規劃申請變更編定及施工許可作業所需費用為新臺幣 2 億元。

(二)設計作業費用

本規劃因應工程設計、工址精查所需費用為新臺幣 20 億 6,632 萬元。

(三)土地費用

本規劃土地費用包括用地取得及拆遷補償費，總計新臺幣 5 億 258 萬元。

1.用地取得及拆遷補償費

本規劃考量主要貯存設施、輔助區、港灣以及保安保防等所需用地之需求後，概估需用土地約 26 公頃。倘若本規劃之假設場址範圍內土地同時分布有國有土地及私有土地，其用地取得費、建築與其他地上物補償費之估列方式如下：

(1)國有土地取得部分，按「國有財產法」第 50 條規定，非公用財產類之不動產，為國營事業機關或地方公營事業機構，因業務上所必需者，應商請財政部核准，並徵得審計機關

同意讓售；再者，基於國家建設需要，亦得依同法第 52 條之 1 規定，專案報經行政院核准讓售。至於國有土地取得價格，按「國有財產計價方式」及「國有財產估價作業程序」規定，依查估、審核、評定等程序辦理，原則應參考市價查估。

(2)私有土地取得部分，依「土地徵收條例」第 3 條規定，本規劃因國家公益需要，興辦安置放射性廢棄物之中期貯存公用事業設施，得徵收私有土地；而按「土地徵收條例」第 11 條規定，需用土地人申請徵收土地或土地改良物前，應先與所有權人依市價協議價購或以其他方式取得，協議不成且無法以其他方式取得者，始得申請徵收；徵收土地價格，依「土地徵收條例」第 30 條規定，應按照徵收當期市價補償。

是以，無論是計畫範圍內公有土地或私有土地，均應採市價取得，惟因本規劃場址尚未選定，為估列土地取得市價，暫以「偏遠離島地區、鄰近海岸地區範圍之非都市一般農業區」為搜尋標的，並依「內政部不動產交易實價查詢服務網」近年實際成交案件，採比較法進行市價調整，進而初步求出調整價格。

而「內政部不動產交易實價查詢服務網」之離島地區包括澎湖縣、金門縣、連江縣、臺東縣蘭嶼鄉及綠島鄉，其中金門縣及臺東縣綠島鄉全區屬都市計畫範圍，連江縣及臺東縣蘭嶼鄉成交量過少，恐失客觀，故比較標的之挑選以澎湖縣為主。惟因澎湖縣土地價格偏高，經價格調整後，茲以新臺幣 1,177 元/m² 作為本規劃假設場址之土地取得市價(詳表 5-3)，保守估計土地取得費用共新臺幣 3 億 602 萬元。

至於建築及地上物補償部分，係依各縣市所訂相關補償自治條例，依計畫範圍之建築或其他地上物實際分布類型、數量及面積予以查估補償，而本規劃基地區位尚未確定，故該項費用暫不估列。然考量土地取得可能將衍生之不確定因素，保守以土地取得費用之 20% 估列用地取得準備金計新臺幣 6,121 萬元，未來建築及地上物補償、遷移補償等其他費用將可由準備金項下支應。

綜上所述，初估本規劃用地取得及拆遷補償費費用合計約需新臺幣 3 億 6,723 萬元。

表 5-3 離島地區比較標的及價格調整一覽表

項目		比較標的 A	比較標的 B	比較標的 C
基本資料	所在位置	澎湖縣白沙鄉	澎湖縣馬公市	澎湖縣湖西鄉
	區段地號	岐頭段 000 地號	安宅段 000 地號	沙港南段 000 地號
	總面積(m ²)	1,371.17	793.75	1,336.36
	土地形狀	方正	方正	方正
	價格日期(年/月)	104/10	104/10	104/08
	區位條件	非都市土地 一般農業區	非都市土地 一般農業區	非都市土地 一般農業區
	個別條件	1.臨路寬度 6 米 2.近岐頭遊憩區	1.臨路寬度 6 米 2.近澎湖醫院安宅院區	1.臨路寬度 8 米 2.近澎湖監獄
	成交總價(元)	2,000,000	1,000,000	1,767,000
	成交單價(元/m ²)	1,459	1,260	1,322
價格調整	區域因素調整	-5%	-7%	-6%
	個別因素調整	-7%	-7%	-6%
	總調整率	88%	86%	88%
	調整後價格(元/m ²)	1,284	1,083	1,164
	調整後高低價差(a)	200		
	調整後價格平均(b)	1,177		
	(a)/(b)	17.00% ($<20\%$ ，符合不動產估價技術規則第 26 條規定)		

資料來源：內政部不動產交易實價查詢服務網。

說明：區域因素指不動產所在區位影響當地不動產價格水準之因素，個別因素指不動產本身條件影響而產生價格差異之因素。

2.地價調整費

如前所述，本案依法徵收土地應按照徵收當期市價補償。於計畫徵收用地預定時程下，本規劃於本(105)年度估列之用地取得成本需配合予以調整。為合理推估假設場址地價調整之幅度，本規劃參採內政部地政司公告之「都市地區地價指數」，以了解我國各離島縣市土地價格漲跌趨勢(詳表 5-4)。由該表觀之，全國地價年平均漲幅 5.59%、金門縣 10.34%、連江縣 3.89%，而澎湖縣及臺東縣分別為 6.86%及 3.17%。

表 5-4 近年國內土地之地價指數彙整表

年度	全國	金門縣	連江縣	澎湖縣	臺東縣
97	81.50	70.51	96.48	76.34	97.40
98	81.30	70.40	94.52	77.24	96.04
99	85.90	75.97	95.79	78.65	95.21
100	90.86	84.87	97.08	85.66	95.87
101	96.32	94.95	100.17	96.05	97.85
102	105.79	104.78	101.73	102.16	102.17
103	115.04	125.65	121.44	112.39	110.69
104	119.29	140.41	126.00	121.50	121.21
97-104 年 平均成長率(%)	5.59%	10.34%	3.89%	6.86%	3.17%

資料來源：內政部地政司「都市地區地價指數」第 41 期～第 46 期。

註：第 41 期至第 46 期地價指數涵蓋 97 年度至 104 年度之統計，並皆以 102 年為基期(100)。

考量金門本島及澎湖縣之地理環境、實質發展條件與本規劃假設場址均有極大差異，因此，本規劃參照臺東縣、連江縣之地價調整趨勢，以每年 4.0%之調幅，將本規劃以民國 105 年基準年估算之用地取得成本調整為徵收當年成本，則地價調整費約為新臺幣 1 億 3,535 萬元。

(四)開發工程費用

本規劃開發工程費用總計新臺幣 573 億 4,236 萬元，下列分就直接工程成本、間接工程成本及工程預備費等概估說明如下：

1.直接工程成本

本規劃直接工程成本包括用過核子燃料貯放區、低放貯存區、輔助區及港灣區工程開發成本及環境監測費用，總計經費約新臺幣 332 億 7,282 萬元。

2.間接工程成本

參考「公共建設工程經費估算編列手冊」，依直接工程成本之 15%計算，本規劃間接工程成本(含工程行政管理費、工程監造費、階段性專案管理及顧問費等)約新臺幣 49 億 9,093 萬元。

3.工程預備費

參考「公共建設工程經費估算編列手冊」，依直接工程成本之 20%計算，本規劃工程預備費約新臺幣 66 億 5,457 萬元。

4.物價調整費

依據推動時程初步規劃結果，假設本規劃施工期程為 10 年。依相關機關工程開發進度及營造物價上漲率，按每年 2.0%複利調整計算，本規劃工程施作期間物價調整費概估約新臺幣 124 億 2,404 萬元。

(五)行政規費

因放射性廢料的貯存，受原能會的管制及監督，因此集中式貯存場的興建及運轉，均應向主管機關申請建造執照及運轉執照。而在興建過程中，主管機關將每年至處置場檢查是否符合相關規定。假設行政規費不隨時間因素調整，依據原能會「放射性物料管制收費標準」，興建執照及運轉執照審查費各為新臺幣 1,000 萬元、興建期間視察費每年新臺幣 600 萬元，按本

規劃開發進度，自工程施作至設施興建完成約需耗時 10 年，則視察費共需新臺幣 6,000 萬元，再加上其他行政規費新臺幣 2,000 萬元，概估本規劃行政規費共 1 億元。

(六)營運費用

參考台電公司民國 99 年 12 月「核能後端營運總費用估算與每度核能發電分攤率計算」總結報告，並考量集中式貯存場之特性、營運之需求、可能位屬離島及物價上漲等因素後，初步推估集中式貯存場營運費用約需新臺幣 182 億 640 萬元。

(七)除役費用

參考台電公司民國 99 年 12 月「核能後端營運總費用估算與每度核能發電分攤率計算」總結報告，並考量集中式貯存場之特性、除役之需求、可能位屬離島及物價上漲等因素後，初步推估集中式貯存場除役費用約需新臺幣 10 億 3,800 萬元。

綜上所述，本規劃總成本達新臺幣 829 億 5,566 萬元，包含開發建設經費新臺幣 602 億 1,126 萬元(詳表 5-5，其中，申請變更編定及施工許可作業費用詳表 5-6、設計作業費用詳表 5-7、土地費用詳表 5-8、開發工程費用詳表 5-9)、營運費用新臺幣 182 億 640 萬元(詳表 5-10)、除役費用新臺幣 10 億 3,800 萬元(詳表 5-11)及外部成本新臺幣 35 億元(詳見第七章)。

表 5-5 本規劃開發建設經費概估總表

成本項目		金額(千元)	備註
一	申請變更編定及施工許可作業費用	200,000	詳表 5-6
二	設計作業費用	2,066,320	詳表 5-7
(一)	工程設計費用	1,834,960	
(二)	工址精查費用	231,360	
三	土地費用	502,580	詳表 5-8
(一)	用地取得及拆遷補償費	367,230	
(二)	地價調整費	135,350	
四	開發工程費用	57,342,360	詳表 5-9
(一)	直接工程成本	33,272,820	
1	用過核子燃料區工程	7,888,540	
2	低放貯存區工程	17,329,420	
3	輔助區工程	2,345,740	
4	港灣區工程	5,379,680	
5	環境監測費	329,440	
(二)	間接工程成本	4,990,930	
(三)	工程預備費	6,654,570	
(四)	物價調整費	12,424,040	
五	行政規費	100,000	
(一)	建造執照審查經費	10,000	
(二)	興建視察規費	60,000	
(三)	運轉執照申請規費	10,000	
(四)	其他	20,000	
	合計	60,211,260	

表 5-6 申請變更編定及施工許可作業費用估算表

項目		金額(千元)	備註
一	重大建設計畫書編制	2,180	土地使用、興建、營運管理、財務計畫等相關書圖
(一)	報告編制人月費用	1,720	
(二)	其他直接費用	160	
(三)	管理費	190	
(四)	營業稅	110	
二	海岸利用管理說明書編制	12,200	依海岸管理法及其相關子法規定辦理
(一)	報告編制人月費用	9,200	
(二)	其他直接費用	1,350	
(三)	管理費	1,060	
(四)	營業稅	590	
三	海埔地申請開發許可書圖及申請	35,750	依非都市土地開發審議作業規範總編及海埔地開發專編等規定辦理
(一)	報告編制人月費用	26,660	
(二)	其他直接費用	4,280	
(三)	管理費	3,100	
(四)	營業稅	1,710	
四	土地徵收公益性及必要性評估報告	3,050	
(一)	報告編制人月費用	1,780	
(二)	其他直接費用	850	
(三)	管理費	270	
(四)	營業稅	150	
五	用水、用電、電信及排水計畫	3,490	
(一)	報告編制人月費用	2,490	
(二)	其他直接費用	520	
(三)	管理費	310	
(四)	營業稅	170	
六	補充調查、基本設計與建造執照申請	125,280	補充調查為因應相關書圖編制所需之測量、鑽探及試驗等基本調查
(一)	人月費用	38,100	
(二)	其他直接費用	70,360	
(三)	管理費	10,850	
(四)	營業稅	5,970	
七	環境影響評估	18,050	含環境背景資料基本調查及第一、二階段環評費用
(一)	報告編制人月費用	6,140	
(二)	其他直接費用	9,480	
(三)	管理費	1,570	
(四)	營業稅	860	
合計		200,000	
註：1.人月費用包含書圖編制、審查配合作業及報告修訂； 2.其他直接費用包含公聽會舉辦、差旅費、資料蒐集費、影印費、電腦設備使用費等； 3.管理費以人月費及其他直接費用加總後，按其10%推估； 4.營業稅為人月費、其他直接費用、管理費合計加總後，按其5%計列。			

表 5-7 設計作業費用估算表

項目		金額(千元)	備註
一	工程設計費用	1,834,960	參考公共工程會「公共技術服務建造費用百分比上限參考表」規定，按開發工程費用之3.2%估列。
二	工址精查費用	231,360	
(一)	地形與地貌調查	10,370	
(二)	氣象調查	2,750	
(三)	地質與地震調查	3,500	
(四)	地表水調查	1,330	
(五)	天然資源調查	120,000	
(六)	生態調查	23,830	
(七)	輻射背景偵測	12,830	
(八)	大地工程	56,140	
1	地表地質調查	710	
2	地質鑽探	50,010	
3	大地力學試驗	3,910	
4	地球物理調查	780	
5	大地工程評估與成果報告	730	
(九)	交通	610	
合計		2,066,320	

表 5-8 土地費用估算表

項目		金額(千元)	備註
一	用地取得及拆遷補償費	367,230	
(一)	土地取得費用	306,020	採計畫全區26公頃土地全數取得，參考內政部不動產實價登錄相關案例後，以1177元/m ² 推估市價。
(二)	建築及地上物補償費用	-	由於地上物補償係按各縣市所訂自治條例，依實際範圍建築或其他地上物分布類型、數量及面積予以查估補償。於基地未定之情況下，暫予將本項費用併入準備金項下計列。
(三)	用地取得準備金	61,210	因應後續若採協議價購所衍生之協議價款、遷移補償等其他費用，按(一)+(二)之20%計列備用款
二	地價調整費	135,350	每年按4%調整，假設105年後8個工作年取得土地推算
合計		502,580	

表 5-9 開發工程費用估算表

項目		單價(元)	數量	單位	複價(千元)	備註
一	直接工程成本				33,272,820	
(一)	用過核子燃料區工程				7,888,540	
1	整地工程				421,500	
(1)	挖方費用	1,000	121,850	m ³	121,850	
(2)	填方費用	100	456,400	m ³	45,640	
(3)	外購土石方	1,200	211,670	m ³	254,010	
2	道路工程	3,000	29,040	m ²	87,120	
3	排水工程	17,760,000	1	式	17,760	
4	接收大樓建築工程	337,500	1,253	坪	422,810	
5	運輸載具	1,478,750,000	1	式	1,478,750	傳送護箱、油壓板車、懸浮氣墊組及燃料廠房外密封鋼筒傳送設施
6	其他設備	1,277,900,000	1	式	1,277,900	輔助設備、吊卸裝置及工具、備品及工具、消耗品、臨時性結構物、安全圍籬、保全通訊系統及保防系統
7	土建費用	337,500	4,420	坪	1,491,700	乾式貯存，參考相關案例，依營建物價及混凝土、鋼筋、模板數量估列
8	其他雜項費用	2,691,000,000	1	式	2,691,000	建造及安裝各項勞務
(二)	低放貯存區工程				17,329,420	
1	整地工程				284,690	
(1)	挖方費用	1,000	750	m ³	750	
(2)	填方費用	100	519,860	m ³	51,990	
(3)	外購土石方	1,200	193,290	m ³	231,950	
2	道路工程	2,500	12,840	m ²	32,100	
3	排水工程	12,340,000	1	式	12,340	
4	建築工程				17,000,290	含建築結構及機電成本
(1)	管理/檢查大樓	300,000	753	坪	225,810	
(2)	高放貯存區	375,000	4,420	坪	1,657,440	
(3)	低放 A 區	337,500	20,053	坪	6,767,800	
(4)	低放 B 區	337,500	12,759	坪	4,306,320	
(5)	低放 C 區	337,500	11,979	坪	4,042,920	
(三)	輔助區工程				2,345,740	
1	整地工程				251,870	
(1)	挖方費用	1,000	190	m ³	190	
(2)	填方費用	100	193,770	m ³	19,380	
(3)	外購土石方	1,200	193,580	m ³	232,300	
2	道路工程	3,000	10,720	m ²	32,160	
3	排水工程	13,050,000	1	式	13,050	
4	圍籬工程	669,120	1	式	670	
5	蓄水池工程	2,858,520	1	式	2,860	
6	建築工程				1,564,430	
(1)	辦公室及宿舍	300,000	1,069	坪	320,850	
(2)	餐廳及宿舍	300,000	1,069	坪	320,850	
(3)	維修庫及消防隊	312,500	1,122	坪	350,510	
(4)	車庫及倉庫	312,500	782	坪	244,370	
(5)	海水淡化廠	312,500	503	坪	157,170	
(6)	柴油發電廠	312,500	546	坪	170,680	

項目		單價(元)	數量	單位	複價(千元)	備註
7	環工設備	82,857,230	1	式	82,860	
8	電氣及監控設備	265,999,950	1	式	266,000	
9	機械設備	131,832,800	1	式	131,840	
(四)	港灣區工程				5,942,410	
1	準備工程	48,821,000	1	式	48,830	
2	碼頭堤岸結構開挖工程	1,000	122,880	m ³	122,880	
3	港池及航道浚挖工程	1,000	325,820	m ³	325,820	
4	碼頭區工程				4,882,150	
(1)	北防波堤工程	954,732	169	m	161,310	
(2)	南防波堤工程	3,164,914	456	m	1,442,130	
(3)	碼頭工程	3,535,381	210	m	742,430	
(4)	護岸工程	376,145	498	m	187,250	
(5)	北海堤工程	663,126	653	m	433,090	
(6)	南海堤工程	1,023,906	592	m	606,650	
(7)	港域浚挖工程	4,000	325,821	m	1,303,290	
(8)	助導航設施工程	6,000,000	1	式	6,000	
(五)	環境監測費		1	式	329,440	參考公共建設工程經費估算編列手冊按直接工程成本(一)~(四)之1%推估
二	間接工程成本		1	式	4,990,930	1.參考公共建設工程經費估算編列手冊按直接工程成本15%計算 2.含工程行政管理費、工程監造費、階段性專案管理及顧問費
三	工程預備費		1	式	6,654,570	參考公共建設工程經費估算編列手冊，按直接工程成本20%計算
四	物價調整費		1	式	12,424,040	依營造物價上漲率，按每年2%複利調整
合計					57,342,360	

註：複價採無條件進位取至萬元。

表 5-10 集中式貯存場營運 40 年費用估算表

營運成本項目	金額(千元)
一、營運人事費	8,174,000
二、低放運輸費用	2,535,000
三、高放運輸費用	1,122,000
四、碼頭維護費	190,000
五、運輸前置及其他雜項費用	2,251,000
六、碼頭管理費	900,000
小計	15,172,000
七、購買機具維護費用(一~七之10%推估)	1,517,200
八、準備金10%(一~七之10%推估)	1,517,200
合計	18,206,400

註：本營運費用為概估值。

表 5-11 集中式貯存場除役費用估算表

除役成本項目	金額(千元)
一、先期準備	47,000
二、除役拆廠費用	779,000
三、綠化植生費用	112,000
四、除役檢查費	100,000
合 計	1,038,000

註：本除役費用為概估值。

六、不同貯存型式設施費用比較

考量用過核子燃料貯存設施可採用之設施有 4 種，分別評估其開發建設所需經費，如採用室內混凝土護箱則總費用約為新臺幣 721 億元 5,225 萬元、若採室內混凝土窖則約新臺幣 602 億 1,126 萬元、若採室內金屬護箱則約新臺幣 593 億 7,668 萬元、若採室外混凝土護箱則約為新臺幣 603 億 4,074 萬元(上述費用不含回饋、補償、營運、除役費用及金屬護箱或密封鋼筒等相關設備之費用)。不同貯存型式費用比較詳表 5-12。

表 5-12 集中式貯存場不同型式開發費用比較估算表

成本項目		金額(千元)			
設施型式		室內混凝土護箱	混凝土窖	室內金屬護箱	室外混凝土護箱
一	申請變更編定及施工許可作業費用	200,000	200,000	200,000	200,000
二	設計作業費用	2,392,190	2,066,320	2,392,190	2,392,190
三	土地費用	502,580	502,580	502,580	502,580
四	開發工程費用	68,957,483	57,342,360	56,181,914	57,145,970
(一)	直接工程成本	40,012,478	33,272,820	32,599,473	33,158,865
1	用過核子燃料區工程	14,628,198	7,888,540	7,215,193	7,774,585
2	低放貯存區工程	17,329,420	17,329,420	17,329,420	17,329,420
3	輔助區工程	2,345,740	2,345,740	2,345,740	2,345,740
4	港灣區工程	5,379,680	5,379,680	5,379,680	5,379,680
5	環境監測費	329,440	329,440	329,440	329,440
(二)	間接工程成本	6,001,880	4,990,930	4,889,928	4,973,837
(三)	工程預備費	8,002,503	6,654,570	6,519,900	6,631,779
(四)	物價調整費	14,940,622	12,424,040	12,172,613	12,381,489
五	其他行政規費	100,000	100,000	100,000	100,000
合 計		72,152,253	60,211,260	59,376,684	60,340,740

註：本費用為概估值。

5.6 分年資金運用

依據本規劃開發預定進度，以用過核子燃料貯存採用混凝土窖型式為例，攤列分年資金需求如表 5-13。

5.7 償債計畫

本規劃所需經費全由後端基金支應，不需對外舉債，故無償債計畫。

表 5-13 本規劃開發建設成本分年經費表

成本項目		金額(千元)	年度								
			第一年	第N+1年	第N+2年	第N+3年	第N+4年	第N+5年	第N+6年	第N+7年	第N+8年
一	申請變更編定及施工許可作業費用	200,000	-	-	69,264	85,316	21,938	18,102	5,380	-	-
二	設計作業費用	2,066,320	-	-	-	-	666,168	849,664	550,488	-	-
(一)	工程設計費用	1,834,960	-	-	-	-	550,488	733,984	550,488	-	-
(二)	工址精查費用	231,360	-	-	-	-	115,680	115,680	-	-	-
三	土地費用	502,580	-	-	-	-	-	-	-	502,580	-
(一)	用地取得及拆遷補償費	367,230	-	-	-	-	-	-	-	367,230	-
(二)	地價調整費	135,350	-	-	-	-	-	-	-	135,350	-
四	開發工程費用	57,342,360	-	-	-	-	-	-	-	-	458,067
(一)	直接工程成本	33,272,820	-	-	-	-	-	-	-	-	289,597
1	用過核子燃料區工程	7,888,540	-	-	-	-	-	-	-	-	157,914
2	低放貯存區工程	17,329,420	-	-	-	-	-	-	-	-	98,739
3	輔助區工程	2,345,740	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	港灣區工程	5,379,680	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	環境監測費	329,440	-	-	-	-	-	-	-	-	32,944
(二)	間接工程成本	4,990,930	-	-	-	-	-	-	-	-	43,440
(三)	工程預備費	6,654,570	-	-	-	-	-	-	-	-	57,919
(四)	物價調整費	12,424,040	-	-	-	-	-	-	-	-	67,111
五	行政規費	100,000	-	-	-	-	-	-	-	10,000	16,000
(一)	建造審查經費	10,000	-	-	-	-	-	-	-	10,000	-
(二)	興建視察規費	60,000	-	-	-	-	-	-	-	-	6,000
(三)	運轉執照申請規費	10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(四)	其他	20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	10,000
合計		60,211,260	-	-	69,264	85,316	688,106	867,766	555,868	512,580	474,067

表 5-13 本規劃開發建設成本分年經費表(續)

成本項目		金額(千元)	年度								
			第N+9年	第N+10年	第N+11年	第N+12年	第N+13年	第N+14年	第N+15年	第N+16年	第N+17年
一	申請變更編定及施工許可作業費用	200,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
二	設計作業費用	2,066,320	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(一)	工程設計費用	1,834,960	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(二)	工址精查費用	231,360	-	-	-	-	-	-	-	-	-
三	土地費用	502,580	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(一)	用地取得及拆遷補償費	367,230	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(二)	地價調整費	135,350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
四	開發工程費用	57,342,360	3,352,877	3,328,038	12,757,497	13,928,582	11,054,888	3,578,287	3,725,128	2,718,633	2,440,362
(一)	直接工程成本	33,272,820	2,078,176	2,022,333	7,600,284	8,135,253	6,330,213	2,008,811	2,050,241	1,466,946	1,290,966
1	用過核子燃料區工程	7,888,540	210,552	157,914	764,225	764,225	1,193,652	1,193,652	1,193,652	1,193,652	1,059,102
2	低放貯存區工程	17,329,420	131,652	98,739	5,100,087	6,800,116	5,100,087	-	-	-	-
3	輔助區工程	2,345,740	89,124	118,832	89,124	-	3,530	782,215	823,645	240,350	198,920
4	港灣區工程	5,379,680	1,613,904	1,613,904	1,613,904	537,968	-	-	-	-	-
5	環境監測費	329,440	32,944	32,944	32,944	32,944	32,944	32,944	32,944	32,944	32,944
(二)	間接工程成本	4,990,930	311,726	303,350	1,140,043	1,220,288	949,532	301,322	307,536	220,042	193,652
(三)	工程預備費	6,654,570	415,635	404,467	1,520,057	1,627,051	1,266,043	401,762	410,048	293,389	258,199
(四)	物價調整費	12,424,040	547,339	597,888	2,497,114	2,945,990	2,509,100	866,393	957,303	738,256	697,546
五	行政規費	100,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	26,000
(一)	建造審查經費	10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(二)	興建視察規費	60,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
(三)	運轉執照申請規費	10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	10,000
(四)	其他	20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	10,000
合計		60,211,260	3,358,877	3,334,038	12,763,497	13,934,582	11,060,888	3,584,287	3,731,128	2,724,633	2,466,362

第六章 計畫成本及效益

國家資源有限，從事重大公共建設時，係以追求整體社會的「最大經濟福利」為主要投資目標。而公共建設經濟效益評估的目的，即在使稀少資源得到最適當的配置，以提高公部門資源的使用效率，故常以可量化之成本與效益，運用評估指標予以分析。

本規劃目的係為解決放射性廢棄物中期安全貯存之管理議題，安全且妥善執行放射性廢棄物貯存，符合社會整體利益。由於本規劃推動對整體社會增益的貢獻概屬不可量化效益，茲綜整計畫特性採定性分析方式說明之。

6.1 總成本

茲以前述投資事業之投入成本分析及試算結果，本規劃之總成本達新臺幣 829 億 5,566 萬元，包含開發建設經費新臺幣 602 億 1,126 萬元、營運費用新臺幣 182 億 640 萬元、除役費用新臺幣 10 億 3,800 萬元及外部成本新臺幣 35 億元。

6.2 直接效益

本規劃屬放射性廢棄物最終處置之應變方案，其主要係為解決核一、二、三廠以及蘭嶼貯存場運轉與除役後產生之用過核子燃料、低放射性廢棄物進行處置前之貯存議題，其投資與發電效益無關，初步分析其投資之內部效益並無來自營利之直接效益。整體而言，用過核子燃料及低放射性廢棄物集中式貯存，較分散式貯存更具效益，相關分析如下：

一、用過核子燃料貯存效益

倘於現有 3 座核能電廠內各自興建用過核子燃料乾貯設施，不僅 3 座核能電廠內各自的用過核子燃料乾貯設施需設置獨立之輔助設施，後續營運及管理亦需編制足數 3 座核能電廠各自營運貯存設施所需之維護管理人力。惟倘將既有核電廠用過核子燃料集中貯存，所需之輔助設施數量及人力需求將較分散式貯存減少。

因此，就用過核子燃料貯存效益而言，集中式貯存之內部直接效益主要來自相對於分散式貯存所減少之設施興建成本與營運成本(詳表 6-1)。

二、低放射性廢棄物貯存效益

在低放射性廢棄物最終處置場尚未完成前，核一、二、三廠以及蘭嶼貯存場運轉與除役後產生之低放射性廢棄物須規劃中期貯存，或採行於各電廠中設置相關貯存設施加以存放(分散式貯存)，或採行本規劃(集中式貯存)，以銜接最終處置。集中式貯存與分散式貯存除前述之輔助設施與營運成本外，均需相同容量之貯存設施，故其內部效益差異主要為土地取得成本。當採行分散式貯存時，或可於自有之電廠土地上興建設施而無土地購置成本。惟考量設置於對經濟與環境衝擊均較小之地區，若按公告地價及成交價格保守推估之假設場址土地取得成本，兩者差異應並不明顯。

因此，相較於分散貯存方案而言，低放射性廢棄物採集中貯存之內部效益，主要亦來自於所減少之興建成本與營運成本(詳表 6-2)。

三、核能電廠土地再利用效益

集中式貯存場考量設置於對經濟與環境衝擊均較小之地區，故其土地利用現況並無具體效益。若用過核子燃料與低放射性廢棄物均遷移至此，則 3 座核能電廠與蘭嶼貯存場之土地均可進行

再利用。考量核一廠與核二廠位於新北市，核三廠與蘭嶼貯存場則位於具觀光價值區位，相較於分散式貯存而言，採用集中式貯存將具有較高之土地再利用效益。

表 6-1 用過核子燃料乾式貯存設施內部效益比較

項目	於各核能電廠分散興建 用過核子燃料乾貯設施	集中興建 用過核子燃料乾貯設施
檢查、吊裝、 保防、保安與 運輸等輔助設 施	- 各電廠除役工作均無法直接銜接最終處置，因此於電廠除役後，各電廠均需獨立之輔助設施與作業空間，除必要輔助設施外，尚包含如：道路、作業平台等運輸作業需求空間。 - 數量：三座核能電廠乾式貯存輔助設施需求數量。	- 集中式貯存場啟用至設施除役，僅需設置一套共用之輔助設施、道路與運輸作業所需空間。 - 數量：約一座核能電廠乾式貯存輔助設施需求數量。
	需求數量較多	需求數量較少
營運編制	- 乾貯設施分散於各核能電廠，初期或可由電廠人力分擔工作，但於電廠除役後仍需維持乾貯設施運轉所需人力編制。 - 數量：三座核能電廠乾式貯存輔助設施營運編制(僅核三廠初期或可利用電廠人力進行分攤)。	- 除乾式貯存設施營運所需人力編制外，另需編制相關後勤補給人力。 - 數量：約一座核能電廠低放貯存輔助設施需求數量，再加上後勤補給人力。
	需求人力較多	需求人力較少
燃料池或熱室 (再取出)	- 用過核子燃料置入金屬護箱作業均於既有核能電廠進行。 - 依既有處置規劃，當最終處置設施運轉後，用過核子燃料須由金屬護箱中取出，再置入銅殼鋼製處置桶。此作業需有燃料池或熱室設備方可進行。 - 依既定用過核子燃料最終處置設施推動與除役時程，各電廠均需另設置再取出設備。 - 數量：三座燃料池或熱室設施。	- 用過核子燃料置入金屬護箱作業均於既有核能電廠進行。 - 最終處置設施運轉後，用過核子燃料須由金屬護箱中取出，再置入銅殼鋼製容器。 - 以集中式貯存規劃，僅需一座燃料池或熱室再取出設備。 - 數量：一座燃料池或熱室設施。
	需求數量較多	需求數量較少

表 6-2 低放射性廢棄物貯存設施內部效益比較

項目	於各核能電廠分散興建 低放射性廢棄物貯存設施	集中興建 低放射性廢棄物貯存設施
低放射性廢棄物貯存設施	■ 低放貯存設施貯存總量包含三座電廠既有運轉廢棄物，除役廢棄物與蘭嶼貯存設施存量。 ■ 若電廠除役作業可銜接至低放處置場營運，則無設置設施需求；若無法銜接，相關貯存設施無法除役，需於現址持續維護與營運。 ■ 數量：低放射性廢棄物貯存設施需求量。	■ 低放貯存設施貯存總量包含三座電廠既有運轉廢棄物，除役廢棄物與蘭嶼貯存設施存量。 ■ 若電廠除役作業可銜接至低放處置場營運，集中式貯存場興建將多於原貯存所需容量。 ■ 數量：低放射性廢棄物貯存設施需求量。
	相同(若除役作業無法銜接處置) 較少(若除役作業可銜接處置)	相同(若除役作業無法銜接處置) 較多(若除役作業可銜接置)
營運編制	■ 貯存設施分散於各核能電廠，初期或可由電廠人力分擔工作，但電廠除役後，仍需維持乾貯設施運轉所需人力編制。 ■ 數量：三座核能電廠低放貯存輔助設施營運編制(僅核三廠初期或可利用電廠人力進行分攤)。	■ 除低放貯存設施營運所需人力編制外，另需編制相關後勤補給人力。 ■ 數量：約一座核能電廠低放貯存輔助設施需求量，再加上後勤補給人力。
	需求人力較多	需求人力較少

第七章 外部成本及效益

7.1 外部成本

設施開發期間，受工程施工影響將會對環境造成短暫擾動，其可藉由採行適當防護與減輕影響之因應對策，有效控制與降低可能之環境影響衝擊。

為確保場址當地民眾之居住權益，同時考量若以現行之「核能發電後端營運基金放射性廢棄物貯存回饋要點」(以下簡稱貯存回饋要點)之使用架構進行回饋，則未來相關經費使用項目可能產生使用受限之情況。因此，本規劃建議與現行貯存回饋要點脫勾，另行以專案提出回饋與補償(安置)方案，並經陳報核定後再行實施，則此方案所需費用即為本規劃之外部成本。回饋與補償(安置)方案主要可分為安置方案、補償費用以及回饋費用三大項目，說明如下。

一、安置方案

安置方案共分為安置住宅、房屋租金補貼以及購屋貸款利息補貼 3 項子方案，設籍者可分別就其符合之資格自 3 項子方案當中擇 1 作為安置方案。

其中，安置住宅包含軟體之配套措施，如智慧醫療院所、遠距離照護及共食廚房等，未來將由台電公司視實際需求進行相關經費一次性撥付給地方政府，並由地方政府或是委託專業單位經營管理。安置住宅及相關的軟體配套措施建議以未來場址當地實際居住人口為估算人數，並以運作服務 40 年推估，後續再視實際需求進行調整。

房屋租金補貼及購屋貸款利息補貼則建議俟場址選定後，參考最新內政部公告之住宅租金補貼額度與貸款利息補貼資料，並視實際狀況適當調整後進行補貼金額之估算。

若未來經核定之場址無實際居住人口，則安置方案則可評估不執行。

二、補償費用

參考國內相關安置計畫案例，初步規劃撥付房屋補助費及人口遷移費。未來如核定場址並無設籍之人口，則本項費用則應無撥付之需求。

三、回饋費用

本項費用包含特別獎勵金(獎勵地區民眾同意集中式貯存設施設立)、社會福利津貼(如：醫療、交通、長者、幼童、就業輔導等)，將俟場址選定後，與當地民眾溝通協商。另，未來如核定場址當地無設籍之人口，則建議本項總費用改撥付場址所在之縣市政府作為地區回饋費用。

四、回饋與補償(安置)方案費用概估

有關回饋與補償(安置)方案費用部分，參考國內過去土地開發或公共工程建設之相關案例，以較保守之情境進行初步估算，則回饋與補償(安置)方案費用約需新臺幣 35 億元。

7.2 外部效益

7.2.1 經濟效益

若實施本規劃，則將進行港灣設施、填海造地(如有需要)、基礎建設、建物興建與設備購置等工程施設作業，工程量體龐大且時程較長。雖然部分設備將採用國外廠商技術，但仍可透過技術移轉或其它方式與國內製造廠商合作，故於工程興建、設施安置及所需各類土地建材、機械設備、鋼鐵材料等，除關鍵部分為進口外，其餘皆可於國內採購，屆時將可促進國內鋼鐵、機械工業等技術水準之發展。假定開發工程費用新臺幣 573 億 4,236 萬元中 60%由國內廠商執行，按照行政院主計處所公布的 100 年產業關聯表編製報告之產業關聯係數進行推估，透

R1

過營造工程產業之波及效應，可帶動國內約新臺幣 676~1,183 億元總產值之相關產業，其中約 25%比例將會主要集中於鋼鐵業、服務及零售業以及非金屬礦物製品業等。

R1

7.2.2 非經濟效益

因本規劃為放射性廢棄物安全貯存管理，其性質屬公共事業，且其對整體社會增益的貢獻概屬不可量化之效益。

本規劃未來取得土地後將依相關規定進行補償、回饋及安置事宜，俾使計畫執行於私有財產影響最低之前提下，發揮最大化公共利益。

此外，本規劃若能順利推動，預期將可降低核一、二、三廠及蘭嶼貯存場等既有設施周邊居民之心理疑慮。各設施除役後釋出之土地，及原規劃作為貯存設施之土地可視實際發展需求，進行土地再利用規劃。整體而言，本規劃對於非經濟面亦有其正面助益。

7.3 分散與集中貯存經濟效益評估

在經濟效益部分，分散與集中貯存皆能帶動國內相關產業，故差異不明顯。非經濟效益部分，集中貯存與分散式皆可安全貯存管理放射性廢棄物，對於社會整體效益皆有正面性，惟集中式貯存方案可降低核一、二、三廠及蘭嶼貯存場等既有設施周邊居民之心理疑慮，分散式方案則不然。

R1

第八章 風險分析

8.1 經濟性風險

本規劃之資金來源為後端基金，應無財務上之風險。惟本規劃乃應主管機關原能會行政指導進行之最終處置應變方案，其經濟性風險除一般會影響成本之物價上漲率、利率與工程預備費等因素之外，由於屬應變性質，須視既定放射性廢棄物管理相關計畫推動項目及狀況，以及本規劃之推動項目及時程，評估是否有重複投資之項目。此投資重複項目所衍生之重複支出，應為本規劃之主要經濟性風險。

未來若奉准執行，部分既定推動之貯存設施或將不再需要興建，屆時建議或可重新檢討核能後端營運總費用估算，用以確定基金分配使用，以及是否需增加基金財源等事宜。

8.2 非經濟性風險

放射性廢棄物運輸與貯存所需技術均已相當成熟，相關貯存設施設計、施工與營運、運輸包件、載具與作業執行，我國均有對應之安全管制法規進行規範。且未來可能採用之型式，亦將會是已取得各國核能安全管制機關許可或認證之設計型式。因此，本規劃自設計、製造、運輸乃至營運之風險極低，未來將透過核能保險機制來將相關傷害與財產損失降至最低。

參考相關放射性廢棄物貯存設施推動狀況，本規劃之非經濟性風險主要包含：天災與意外風險、社會氛圍及審查風險，各項風險分述如下：

一、天災與意外風險

有關天災部分，已於本規劃書 3.2.2 設施設計準則中考量，在設計原則下，皆能抵抗天災之影響。有關意外情節部分，將待場址確定與貯存設施實際之設計情況進行相關意外及建立應變

R1

程序書供執行。以火災為例，將依照貯存設施設計、火災類型、滅火方式、責任地區劃分、緊急後備水源、職責區分、實際操作程序以及各緊急措施…等項目，建立火災緊急應變程序書。

二、社會氛圍及審查風險

鑒於本規劃之推動所涉層面廣泛，加上各該法規書件於審查階段內，部分法令已有明訂民眾參與程序，於現今民意及社會氛圍下，審查過程可能面臨民意的反對甚至抗爭，致使審查作業受阻。再者，目前行政院內政部與環境保護署就非都市之開發計畫及環評書件之審查機制均採合議制，在該等書件審查小組及委員會審查機制設計較為繁瑣嚴謹，因本規劃屬性與所涉及公眾關心議題甚廣的情況下，將可能增加審議上的困難度，進而延宕整體計畫執行。初步分析本規劃未來社會氛圍及審查風險包含：

- 1.非都市土地開發許可審查
- 2.環境影響評估審查
- 3.水土保持計畫書審查
- 4.地區民眾或公民團體之反對

R1

第九章 風險管理

9.1 風險管理對策

本規劃可能遭遇之風險已於第八章分析說明。針對計畫推動可能遭遇之風險，分別研擬管理對策如次：

一、社會氛圍及審查風險對策

社會氛圍及審查風險之管理對策主要目標為減低風險的影響與衝擊。

1. 導入民眾參與及溝通機制

為增進民意交流與溝通，本規劃初步規劃於奉准執行後，將導入公民參與及溝通機制，及早整合相關利害關係人之意見，減少後續相關作業審查時之阻力。本規劃已於 1.5 節敘明未來建議選址權責機關成立公民參與平台，執行民眾參與及溝通機制，可做為風險管理對策之一。

2. 於相關規範下併行各項作業及審查

本規劃於奉准執行後，將依相關開發規定進行各項審查作業，此階段可能面臨到審議時程不確定性。考量本規劃屬放射性廢棄物貯存設施之新建，依環境影響評估法施行細則規定，應進行第二階段環境影響評估之開發行為。為掌握審查時效，後續將規劃採自願進入二階環評之方式辦理，以縮短第一階段審查時程，爭取時效。而在非都市土地開發許可申請方面，則將與環境影響評估作業採併行審查方式辦理，以降低審查時程冗長所造成之風險。

二、天災與意外風險對策

未來集中式貯存設施將考慮天災與意外情節後，依照場址之特性進行相關規劃與設計，故應可抵抗天災之情節，至於意外部分，推斷機率亦偏低，除將依照不同意外情節建立緊急應變程序書外，亦將透過核能保險作為相關意外傷害及財損之風險管理策略。至於後續復原方案則需視實際損害情況進行選擇與修復，所需財物費用則將依照核子損害賠償法進行投保，並由核能保險來支應，保費則納入營運費用支應。

9.2 應變方案

集中式貯存場屬於最終處置設施之應變方案，因此若本規劃最終決定無推動之必要性，則將回歸各電廠中興建放射性廢棄物貯存設施以進行中期貯存(分散式貯存)，相關說明請參考 3.7 節。

第十章 結論與建議

10.1 結論

一、計畫定位

本規劃定位為最終處置計畫無法順利推動時之應變方案，係台電公司依據主管機關原能會之行政指導，並參考國際上使用核能發電國家如荷蘭、瑞士、比利時等國之經驗，推動興建一座放射性廢棄物集中式貯存場，其主要目的在於提供用過核子燃料與低放射性廢棄物之中期貯存，以順利銜接最終處置。

二、計畫時程

集中式貯存場屬於最終處置設施推動之應變方案，故其時程初步採「機動彈性」進行規劃。因選址階段之公民參與及凝聚社會共識所需時間仍屬未知，暫定該階段結束時間為本規劃推動後之第 N 年。另考量各項作業期間可能因社會輿情變化影響而導致工項進度延宕，保守規劃選定場址後之行政申請作業流程估計需時 6 年，工程發包及興建作業估計需時 10 年，故保守估計在第 N+16 年應可完成本規劃設施興建。

三、放射性廢棄物貯存技術可行性

集中式貯存場內將貯存用過核子燃料與低放射性廢棄物。目前我國各核能電廠皆設有低放射性廢棄物貯存倉庫，已具備相關技術與經驗可供本規劃採用；另，針對用過核子燃料之中期貯存，本規劃規劃採用的乾式貯存系統，國際上亦具備相關技術可供本規劃採用，且用過核子燃料乾式貯存系統不論採取何種型式，其安全設計，皆可確保用過核子燃料在貯存期間的安全性。

四、計畫財務可行性

本規劃內容為用過核子燃料與低放射性廢棄物之貯存，依核能發電後端營運基金運用辦法第 5 條規定，本規劃之設施建置、運轉衍生支出，由「核能發電後端營運基金」支應。

五、社會接受性

集中式貯存場與最終處置設施屬性並不相同，亦非屬永久性設施，且集中式貯存場可降低放射性廢棄物在最終處置場尚未完成前相關廢棄物分散貯存之風險。有關選址原則建議或可考量選擇對於環境保護與民眾接受度衝擊較低，且未來發展潛力亦較低之地區，以降低鄰避效應。俟未來本規劃奉准執行，將參考國際經驗，針對公民參與進行相關意見蒐集以及說明，並待社會凝聚共識後，再行調整與推動。

10.2 建議

- 一、本規劃為應變方案，未來若奉准執行，屆時建議或可就核能後端營運總費用重新估算，用以確定後端基金分配，以及研討是否需要增加基金財源等事宜。
- 二、本規劃未來若奉准執行，後續將涉及選址作業、場址土地取得、居民拆遷安置回饋方案以及公民參與等議題，建議未來由選址權責機關來處理公民參與之議題；另，建請由行政院協調跨部門議題，如內政部、財政部與國防部等，並研議透過專案核定方式來執行相關場址土地取得及安置回饋方案。

參考文獻

1. ACI , 2014 , Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures , ACI 349-06 。
2. ATI , 2013 , Storage and transport cask data for used commercial nuclear fuel , ATI-TR-13047 。
3. Berusch, A., S. Gomberg, and C. Charles. , 1993 , Waste Acceptance Criteria for the DOE's Vitrified High-level Waste Form 。
4. CB&I , 2015 , Generic Design Alternatives for Dry Storage of Spent Nuclear Fuel 。
5. COVRA N.V. , 2013 , Complementary Safety margin Assessment (HABOG) 。
6. CRIEPI , 2008 , 使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全評価の現状 。
7. DOE , 2008 , Waste Acceptance System Requirements Document Revision 5 , DOE/RW-0351 。
8. DOE , 2013 , Transuranic Waste Acceptance Criteria for The Waste Isolation Pilot Plant Revision 7.4 。
9. ESK , 2013 , Guidelines for dry cask storage of spent fuel and heat-generating waste 。
10. IAEA , 1968 , The Agency's Safeguards System , INFCIRC/66/Rev.2 。
11. IAEA , 1972 , The Structure and Content of Agreements Between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons , INFCIRC/153/Corr 。
12. IAEA , 1990 , Qualitative Acceptance Criteria for Radioactive Wastes to be Disposed of in Deep Geological Formations 。

13. IAEA , 2006 , Storage of Radioactive Waste Safety Guide No. WS-G-6.1 。
14. IAEA , 2011 , Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities , INFCIRC/225/Revision 5 。
15. IAEA , 2012 , Storage of Spent Nuclear Fuel Specific Safety Guide No.SSG-15 。
16. IAEA , Model Protocol Additional To The Agreement(s) Between State(s) And The International Atomic Energy Agency For The Application of Safeguards , INFCIRC/540
17. NAC International , 2008 , MAGNASTOR Safety Analysis Report , Docket No. 72-1031 。
18. NAC International , 2010 , MAGNASTOR Finally Safety Analysis Report 。
19. NAC Internaitonal , 2014 , MAGNATRAN Safety Analysis Report , Docket No. 71-9356.
20. NIS Office of NuclearSafeguards and Security , 2012 , Guidance forIndependent Spent FuelDry Storage Installations 。
21. NRC , 1996 , Criticality Benchmark Guide for Light-Water-Reactor Fuel in Transportation and Storage Packages , NUREG/CR-6361 。
22. NRC , 10 CFR Part 73 , Physical Protection Of Plants And Materials 。
23. Transnuclear , 2005 , TN-68 Dry Storage Cask Safety Analysis Report 。
24. 工研院能資所 , 2000 , 小坵優先調查候選場址-場址調查報告。財團法人工業技術研究院能源與資源研究所低放射性廢料最終處置第一階段工作顧問服務(第一次工作變更) 計畫 , 4ML1100-RS-2100-R.1 。

25. 內政部，2001，建築物基礎構造設計規範及解說。
26. 內政部，2011，混凝土結構設計規範。
27. 內政部，2014，建築物耐風設計規範及解說。
28. 台美核能和平利用合作協定。
29. 台灣電力公司第一核能發電廠，2004~2014，第一核能發電廠放射性廢棄物營運管理運轉年報。
30. 台灣電力股份有限公司，2002，小坵場址初步安全分析報告。
31. 台灣電力股份有限公司，2002，小坵低放射性廢棄料最終處置場-開發計畫投資可行性研究報告。
32. 台灣電力股份有限公司，2007，核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告。
33. 台灣電力股份有限公司，2015，用過核子燃料最終處置計畫書(2014 年修訂版)。
34. 台灣電力股份有限公司，2015，低放射性廢棄物數量預估報告(104 年)。
35. 台灣電力股份有限公司，2015，核一廠除役低放射性廢棄物廠內貯存之規劃與概念設計報告。
36. 台灣電力股份有限公司，2015，核一廠除役計畫。
37. 台灣電力股份有限公司，2015，核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告(定稿本)。
38. 台灣電力股份有限公司，2016，低放射性廢棄物容器資料蒐集及評估。
39. 台電公司，核能電廠保安計畫作業指引。
40. 台灣漁業技術顧問社，1995，馬祖西莒青帆碼頭規劃報告。
41. 台灣漁業技術顧問社，1997，復國墩漁港興建規劃報告。
42. 我國與美國及國際原子能總署適用防護事項協定(IAEA INFCIRC/158)。

-
43. 物管局，2014，乾式貯存設施維護與監測之國際研發資訊研析成果報告，103FCMA009。
 44. 原子能委員會，核子保防作業辦法。
 45. 國家地震工程中心，2010，金、馬及澎湖地區之設計地震研擬。
 46. 行政院公共工程委員會，1998，公共建設工程經費估算編列手冊。
 47. 台灣電力股份有限公司，2010.12，核能後端營運總費用估算與每度核能發電分攤率計算總結報告。
 48. 原子能委員會，沸水式核能電廠中／大幅度功率提昇技術審查導則。