

## 出國報告(出國類別：開會)

# 考察美國除役中核能電廠

服務機關：經濟部

姓名職稱：劉明忠 國營會執行長

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：

邱顯郎	副處長
梁天瑞	保健物理組長
蕭向志	工程技術組長
朱偉朋	功率提昇課長
邱垂彥	管路/結構維護課長
方慶隆	流體廢料課長
丁 宇	放射化學課長
張金和	除役課長

派赴國家：美國

出國期間：101.12.8 ~ 101.12.16

報告日期：102.2.6

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

**考察美國除役中核能電廠**

頁數 \_\_\_\_ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/ 陳德隆 / (02)2366-7685

出國人員姓名/機關/單位/職稱/電話

劉明忠/經濟部/國營會/執行長/23614217

邱顯郎/台灣電力公司/核能後端營運處/副處長/(02)23683430

蕭向志/台灣電力公司/核能後端營運處/工程技術組長(02)23657210-2240

梁天瑞/台灣電力公司/核能發電處/保健物理組長/(02)2366

朱偉朋/台灣電力公司/核能發電處/主管功率提昇/(02)23667071

邱垂彥/台灣電力公司/核能安全處/主管管路/結構維護/(02)23667077

方慶隆/台灣電力公司/核一廠/主管流體廢料/(02)23667208

丁 宇/台灣電力公司/核一廠/主管放射化學/(02)23667208

張金和/台灣電力公司/核能後端營運處/主管除役/(02)23657210-2237

出國類別： 1 考察  2 進修  3 研究4 實習 5.其他(開會)

出國期間：101.12.8 ~ 101.12.16 出國地區：美國

報告日期：102.2.4

分類號/目：

關鍵詞：核電廠除役

內容摘要：(二百至三百字)

遵照政府於100年11月3日所宣佈之新能源政策，既有核能電廠將不再延役，因此核一廠1號機將於107年停止運轉，另依「核子反應器設施管制法」第23條規定，本公司必須於104年底前陳報原能會除役計畫書，考量本公司將首次面臨核能電廠除役工作，有必要派員赴國外參訪美國兩座除役中核能電廠(Zion Plant 及 Humboldt Bay Plant)，蒐集最新核能電廠除役資訊；本次行程並安排前往位於加州的美國電力研究院(EPRI)與該院除役計畫之負責人討論除役相關事宜，並可獲得其具體建議，俾供後續公司除役規劃作業及重要決策參考。

藉由派員前往參訪及開會，以汲取國際核能電廠除役之規劃及執行相關經驗，強化本公司即將展開之除役管理與技術能力。

本次參訪行程(101年12月8~16日)由經濟部劉執行長率領台電公司成員8人(核能後端營運處邱顯郎副處長、蕭向志組長及張金和課長；核能發電處梁天瑞組長、朱偉朋課長；核能安全處邱垂彥課長；核一廠丁宇課長、方慶隆課長)，參訪除役中電廠Zion Nuclear Power Plant (Zion NPP)及Humboldt Bay NPP，並至EPRI總部與其除役計畫專案經理交換經驗及意見，以利本公司核能電廠除役工作之規劃暨推動。

## 目次

壹、出國目的.....	1
貳、出國過程.....	2
參、心得及建議.....	3
附錄一 Humboldt Bay NPP 除役執行計畫	
附錄二 核一廠除役計畫之得標廠商應進行之工 作項目及要求標準	

## 壹、出國目的

遵照政府於100年11月3日所宣佈之新能源政策，既有核能電廠將不再延役，因此核一廠1號機將於107年停止運轉，另依「核子反應器設施管制法」第23條規定，本公司必須於104年底前陳報原能會除役計畫書，考量本公司將首次面臨核能電廠除役工作，有必要派員赴國外參訪美國兩座除役中核能電廠(Zion Nuclear Plant, Zion NPP 及 Humboldt Bay Plant, HB NPP)，蒐集最新核能電廠除役資訊；本次行程並安排前往位於加州的美國電力研究院(EPRI)與該院除役計畫之負責人討論除役相關事宜，並可獲得其具體建議，俾供後續公司除役規劃作業及重要決策參考。

藉由派員前往參訪及開會，以汲取國際核能電廠除役之規劃及執行相關經驗，強化本公司即將展開之除役管理與技術能力。

## 貳、出國過程

本次參訪行程(101年12月8~16日)由經濟部劉執行長率領台電公司成員8人(核能後端營運處邱顯郎副處長、蕭向志組長及張金和課長；核能發電處梁天瑞組長、朱偉朋課長；核能安全處邱垂彥課長；核一廠丁宇課長、方慶隆課長)，參訪除役中電廠Zion Nuclear Power Plant (Zion NPP)及Humboldt Bay Nuclear Power Plant (HB NPP)，並至EPRI總部與其除役計畫專案經理交換經驗及意見，以利本公司核能電廠除役工作之規劃暨推動。

## 參、心得及建議

### 一、 參訪電廠介紹及至美國電力研究院討論之主題

#### (一) Zion Nuclear Power Plant(Zion NPP)簡介

Zion 核能電廠位於伊利諾州北部，由Commonwealth Edison (ComEd) 擁有並負責運轉Zion核能電廠，其兩部壓水式反應器於1973年12月及1974年9月開始發電。

1997年2月停止運轉(因為一號機在停機過程中，人員操作問題及不遵守程序書規定；二號機則經評估無法回收投資金額)，1998年2月13日停役。1998年3月9日之前，反應爐槽內所有的核燃料全數移至廠內的用過燃料池中。

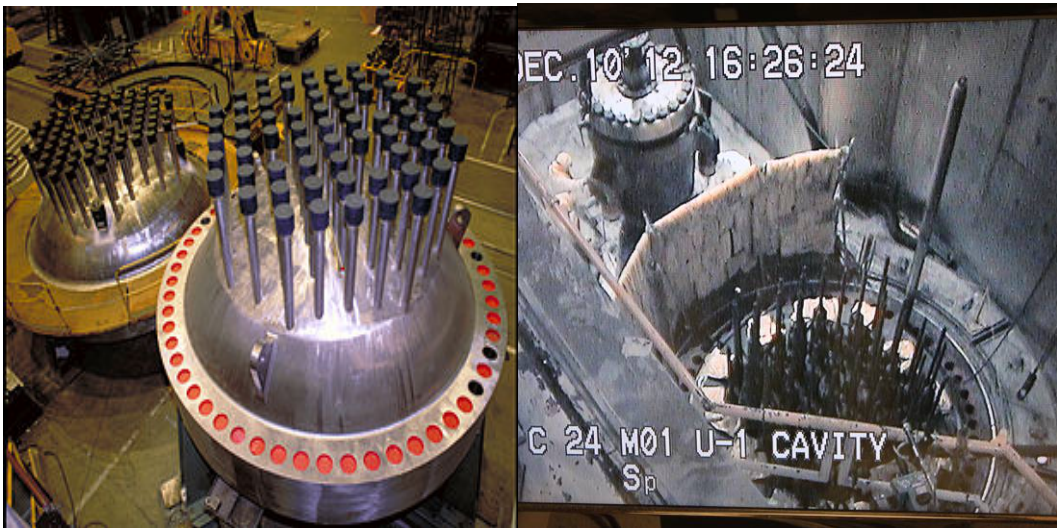
2013年11月14日運轉執照到期前，將相關設施置於安全貯存狀態，才開始除污及拆除作業，預定完成日期為2026年12月31日。

美國核管會(NRC)於2010年8月23日宣佈，由 Energy Solutions公司以10年的時間來進行場址拆除程序，最後會將廢棄物運至位於猷他州的低放貯存場處置。在拆除程序中，所有的用過燃料都將移到乾式貯存場置放(以上作業總價約為10億美元)。完成之後，Exelon(ComEd的母公司)將重新擔負起對此場址之責任(包括乾式貯存場)。



1. 自2010年(除役第1年)起進行的主要工作如下:
  - (1) 建立廢棄物營運程序書(含放射性廢棄物及非放射性廢棄物)。
  - (2) 建立工作管制程序書。
  - (3) 訓練：由於Zion NPP自1998年即已經停役，原本負責建廠及運轉之相關工作人員均已離開，因除役工作所進用之大多數工作人員並無核能工作經驗，所以開始進行相關訓練，以使工作人員學習及適應核能文化(如:安全的輻射工作環境、輻射污染之管制，輻射暴露之減低作業、工作程序的最優化等)，並加強人員資格檢定以確保設備運轉之安全)。
  - (4) 除役全程的規劃及工作排程。
  - (5) 規劃除役的關鍵工作(如:反應器本體及內部組件之切割)的招標與簽約。
2. 2011年(除役第2年)進行的主要工作如下:
  - (1) 廢料營運：建立將放射性廢棄物(如:核反應器上蓋)運往猶他州低放射性廢棄物最終處置場之程序書;增建及改善自廠內通往場外的鐵道基礎建設;檢討及檢視乾式貯存設施。
  - (2) 建物及相關資產盤點：改善原有場址道路;差除不需使用之小型建物;建立及供應臨時用電;原有不再使用之設備(如:馬達、金屬管路)回收及出售。
  - (3) 核反應器及反應器內部組件切割：建立拆除或切割程序書;設計、建造、測試所需之切割工具;規劃拆除之專案(包含人員劑量評估、工時、人力需求等)。
3. 2012年(除役第3年)將進行的主要工作如下:

- (1) 準備二號機(先進行二號機)的核反應器及內部組件之移除工作:於原有圍阻體上開闢進出口(9公尺X9公尺);安裝圍阻體進出口之門。
- (2) 建立二號機臨時電源、照明、通訊設備等;興建供圍阻體內外運輸之重物吊卸軌道系統。
- (3) 準備二號機核反應器及內部組件移除的商務契約及招標。



## (二) Humboldt Bay Nuclear Power Plant(HB NPP)簡介

Humboldt Bay 核能電廠位於加州北部，由PG&E公司擁有並運轉Humboldt Bay核能電廠，是一座65MWe的沸水式反應器，於1960年11月開始建造至1963年8月開始商轉。1976年7月為更換燃料和防震升級而暫停運轉。至1983年6月PG&E宣佈開始除役，並採安全貯存(SAFSTOR)方式進行除役。

美國核管會(NRC)依照法規於1985年7月將3號機之執照狀態變更爲「擁有但不運轉」，同時允許自2009年7月，才開始與相鄰的火力電廠一起進行除役工作。開始進行部分系統的除役工作，並允許這個執照至2015年。NRC依照10CFR72的規定，發給



PG&E用過核子燃料乾式貯存系統(ISFSI)的建造及運轉執照，ISFSI是作為用過核子燃料和超C類放射性廢棄物貯存的設施，直到可以移至能源部(DOE)的最終處置場，這個ISFSI執照有效期自2005年11月至2025年11月。



1. 自2009年至2012年已經完成的主要工作如下：
  - (1) 所有用過核子燃料於2008年12月已全部移至廠內乾式貯存設施內。
  - (2) 包含汽機、冷凝器之大部分蒸氣系統之移除。
  - (3) 本次參訪時，正進行以機械式切割反應器的內部組件。
2. 尚未進行的除役工作項目：
  - (1) 將歸類為低放射性的廢棄物運至猶他州之低放射性廢棄物處置場。
  - (2) 從原作為用過核子燃料暫貯水池中移除所有高放射性(超C類)放射性廢棄物。
  - (3) 拆除所有地表以上之建築物後，進行土壤整治，以達到工業使用之用途。
  - (4) 申請終止運轉執照。



本次參訪中，HB NPP提供該廠之除役執行計畫供本公司參考，詳如附錄。

### (三) 美國電力研究院討論之主題

本次至EPRI總部與其除役計畫專案經理交換經驗及意見，主要為下列主題

1. 除役技術與經驗：
  - (1) 除役技術簡介。
  - (2) 除役經驗分享。
2. 主要除役工作項目之費用：
  - (1) 移除費用。
  - (2) 放射性廢棄物之費用。
  - (3) 人工費用。
  - (4) 其他費用。
  - (5) 放射性廢棄物產量之預估。
3. 最終場址調查費用。
4. 用過核子燃料乾式貯存費用。



## 二、 經驗回饋及可能面臨問題報告

以下是本公司人員的提問及美方(EPRI、HB NPP、Zion NPP)的答覆內容

### (一) 除役政策及法規

1. 有關美國核能電廠除役必須遵守的法規:

EPRI :

除了美國NRC導則、10 CFR50、適用之通告，尚有加州海岸委員會的規定。在除役結束後，HB NPP將終止Part 50執照，以及將ISFSI歸屬於Part 72執照。

2. 在美國，管制核能電廠除役主要的文件有PSDAR及LTP，其中LTP的內容較為詳細並須經過NRC核准。除了這2份文件外，還有無其他的文件?

EPRI :

爲了進行除役，需要更新運轉執照。此外，電廠仍需技術規範、緊急計畫、品保計畫、廠外劑量估算手冊(ODCM)、防火計畫以及除役安全評估報告(DSAR)。爲了因應主管機管之要求，我們也會做出承諾以符合NRC要求。

附記：放射性廢料管制要求- 監測所關切的核種，以確保恐

佈份子無法取得及使用放射性核種來製造髒彈(dirty bombs)。

環境文件及許可在美國非常重要。任何環境影響的變更都須要修訂環境許可。

雖然已有除役安全評估報告(DSAR)時，技術規範仍會保留有效。HB NPP將許多事情由技術規範移轉到品保計畫，以便更能管制除役作業需求的發展與修訂。配合除役過程中之需要，技術規範/品保程序會隨著時間而修改。

3. 請問當美國核能電廠決定向NRC提出除役的申請後，應該在什麼時間提出環境影響評估?及應該在什麼時間向民眾公告除役的資訊?

HB NPP：

向NRC 申請任何的許可文件是沒有設定時間期限的，其決定之因子是實際的廠址特性等，例如在除役信託基金，迫使須作決定的議題可能是基金的水平、具備經驗及資格的電廠工作人員的流失、用過核子燃料乾式貯存的狀態、具除役經驗專家之可用性、以及其他議題，例如社區之參與及政治因素等，是在電廠停機後就要進行，而不是在開始除役時才開始進行。

## (二) 除役規劃方面

1. 除役作業成功推動的關鍵因素，依照EPRI及電廠的經驗為：

- (1) EPRI：

依據美國經驗，「適當的規劃」是除役專案成功的非常重要因素，在 EPRI 的報告中，說明了良好規劃之案例：

- EPRI Report, San Onofre Experience Report, #1016773, December 2008

●EPRI Report, Decommissioning SONGS-1: Reactor Vessel Internal Segmentation, #1011733,2005  
另一個重要且成功的方法是重要設備在獲得許可前之“全尺寸功能測試”，諸如執行反應器內部組件切除設備之“全尺寸功能測試”。

(2) ZION NPP：

「良好的規劃」是除役成功的主要因素，至少需要一些廠外人員參與除役，以激發除役專案的拆除工作，因為現有電廠人員往往會有維持電廠完整的心態。

(3) HB NPP：

成功推動的關鍵因素為規劃、了解除役廠址最終狀態、及法規。需採用有經驗的人規劃策略及執行細節。整合電廠人員及外在有除役經驗人員準備規劃書，我們的經驗顯示環境議題比預期重要。

2. 在核電廠除役工作中如何有效的運用人力資源?及建立除役的組織?

(1) EPRI：

EPRI已經將除役所需組織資訊蒐納於下述報告：

●EPRI Report, Connecticut Yankee Decommissioning -Experience, #1013511, November 2006

●EPRI Report, U.S. Decommissioning Nuclear Plant Decommissioning Lessons Learned, #1021107, December 2010

●EPRI 已檢附 HB NPPPP 除役組織電子檔，檔名為“HBPP Org Chart”

(2) ZION NPP：

除役組織包括廢棄物營運，如:Chris認為組織包括QA及廠家之監督，有除役營運經理，開始燃料搬移時，保安人力增加四倍，稍後，將較注重工業安全；安東尼相信除役時程最重要工作任務之一是用過核子燃料之裝載及搬移，除役期間，用過核子燃料之裝載及搬移是一週工作7天，一天工作24小時。

ZION NPP除役計畫請領輻射劑量佩章的工作人員總數約有400名，但並不是400人同時在場工作，將近70名現場施工人員，30名保健物理人員。

大部分的緊急應變計畫取消了，但是仍有放射性物質、反應器廠房及乾式貯存的應變計畫。

(3) HB NPP：

在這議題上，EPRI有很多經驗學習報告，爲了決定什麼最適合台電公司，最好去審視這些經驗學習報告，我所能說的是有這些有經驗的工作人員參與規劃是邁向成功的關鍵。

由於台電公司目前沒有最終處置場，爲了減少廠內貯存體積，可能需要更多的時間去特性化、分類及除汙放射性廢棄物，及需要更多的時間去除汙及外釋廢棄物，這些將影響人力需求。

HB NPP除役計畫請領輻射劑量佩章的工作人員總數約有550名，每天約有350名在現場，其中120-150名是HB NPP的員工，經理人員占20-25名。

3. 請問除役活動的排程及其原因？

(1) EPRI：

參考已經完成除役及終止執照之核電廠，EPRI已經從

很多除役經驗報告中取得除役過程的活動，這些報告如下：

- EPRI Technical Report, Yankee Rowe  
Decommissioning Experience Record, #TR-107917,  
December 1998
- EPRI Report, Maine Yankee Decommissioning  
-Experience, #1011734, May 2005
- EPRI Report, Connecticut Yankee Decommissioning  
-Experience, #1013511, November 2006
- EPRI Report, San Onofre Experience Report,  
#1016773, December 2008
- EPRI Report, Rancho Seco Nuclear Generating  
Station Decommissioning Experience Report,  
#1015121, November 2007

(2) ZION NPP：

簡報資料提供了除役活動的排程，一旦電廠停機，電廠許可的基礎發生了重大的改變，當Zion NPP停機、提送PSDAR並降級系統，用過核子燃料島區是依據ITDC，一旦安全相關系統移除，QA系統可以縮小。有關用過核子燃料池的維護仍與正常運轉相類似，但是降級其安全相關程序。

(3) HB NPP：

綜覽除役執行計畫，了解除役最大單項花費是非常重要的，是廢棄物的最終處置，因此需發展策略以將廢棄物產量減至最低。在美國的經驗顯示，大多數的除役計畫，從硬體拆除工作到10 CFR 50的解除需花費約

10年的時間。

另外，樣品分析對維持程序前進非常重要，為了快速轉換及繼續進行除役，HB NPP從過去已除役的電廠購買設備以進行樣品之調查及分析，包括貨車監測器。對於放射性廢棄物長期貯存，如果事先了解最終處置場之接收準則，那麼就可以安心將這些廢棄物質貯存，直到可以處置為止。

4. 在除役作業進行時，什麼樣的工作是最困難且具有挑戰性的？這項工作能否如先前所預期的？或是如何成功的克服這些困難並且讓計畫持續推動下去？

(1) EPRI：

如前所提到的，在美國除役期間最大挑戰的計畫項目，是反應器內部組件的移除與處置。在上面所提到的報告，這些計畫項目的細節在報告中被描述，並指出在計畫期間從所遭遇的問題克服是非常困難的，所以將過去計畫設定基準是重要的，以便能預期潛在的問題，並將這些計畫分開來規畫，針對所預期的問題，所使用的設備可能先進行測試，再移到廠裡使用，以便在執行當中避免發生問題。

(2) ZION NPP：

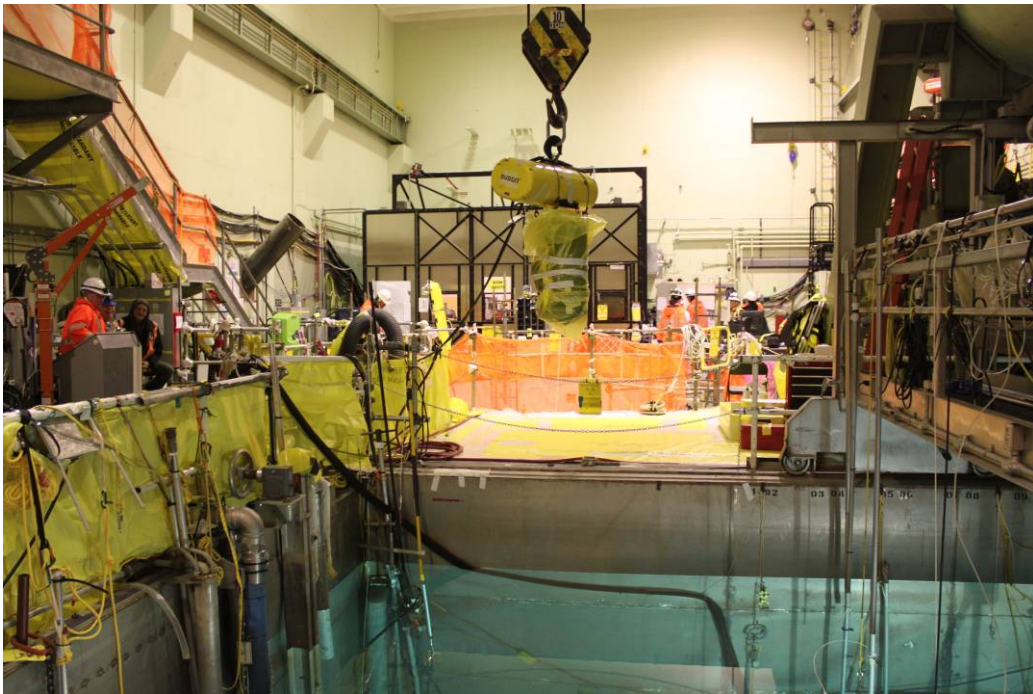
帶領完全沒有核能電廠工作經驗的同仁，訓練他們熟悉核能安全措施，以便在核能電廠工作。

當電廠執照改變時，需要改變心態，並思考特有的核能安全之外所考量的事物，需要使事情比在相對安全心理下更有效率，例如品質保證(QA)就是很好的案例，只有在需要時應用它。



(3) HB NPP :

以我們的經驗而言，最大的挑戰任務是在開始除役工作前，我們所不熟悉的部分。例如，大量增加的採購案、招標規範訂定及原始規定的改變等，都是在這個廠裡很大的壓力。此外，環境上的關切，特別在許可證方面，連續不斷的挑戰我們，由經驗顯示完成這些職責花費比預期的時間還長。



5. 在除役計劃管理中，如何對計畫中有限資源做最有效的管理？如何有效地控制這些進度在時限內完成？由誰來負責計畫管理的執行？(是電廠的職員或是承包廠商?)

(1) EPRI :

在美國，公用事業一般會形成除役組織，其是由前電廠人員與提供人力資源的契約商所組合而成的組織。偶爾，有些公用事業體會將所有除役工作分包給一個

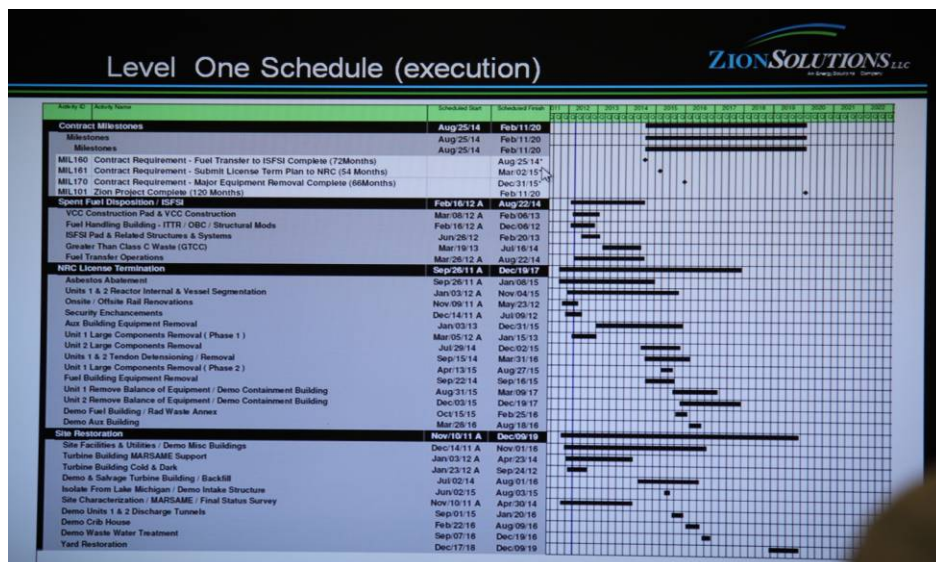
主要的承包商，這個主要的承包商所形成的除役組織大部分是由契約商提供人力所組成。在所有的情況中，必須先確認該項除役的規劃是有效率的，且計畫須由時程表及成本所控制。在除役期間，檢討會議至少每週應舉辦一次，以便審視除役績效與計畫時程表對照，並規劃未來的除役活動。

(2) ZION NPP :

有一個專用的廠址進度表須落實每天追蹤，所使用的是Prima Vera P6計畫表，並由2至3人專門負責進度管控的工作，規劃須每週審視，實際狀況與規劃情形需要檢討判斷，是否進度有落後（例如，Exelon與Zion Solutions兩者之間的角色與責任的差別是什麼？）Exelon的人在做SAFSTOR期間所做相同功能的事情，如HP偵測、紀錄等。但是Zion Solutions的人已擴大組織進行除役的工作。

(3) HB NPP :

電廠人員維持時程表的進度是有責任的，你需要有一周全的時程表，足夠使你估算關鍵的路徑，然後將焦點放在關鍵路徑上有限的資源，再將非關鍵工作圍繞支持關鍵路徑。



6. 需要多少時間進行廠址特性調查？

(1) EPRI：

根據美國慣例，一般計畫會在執行前2-3個月定案，而廠址調查計畫至少需時2年。如果有3年時間進行比較充分。

(2) ZION NPP：

一般需要2年。但由於美國經濟從2008年開始減緩，所以調查規畫時間也跟著延長。最重要的是掌握熟知電廠以往營運的人員。Anthony的建議比較積極，一般先發展整體的除役計畫，然後再根據工作項目發展細部計畫。當然一些方向性的重要項目（如爐內組件切割程序、乾式貯存設施建置）等，應該在發展細部計畫之前就定案。以Zion NPP除役計畫而言，就是早在Energy Solution獲得合約之前就由Exelon完成規劃。

(3) HB NPP：至少需要2年。

7. 因為台灣還沒有低放射性廢棄物最終處置場，對除役中所產生的低放廢棄物處理或處置有無任何建議方案?如何預估除役中所產生的低放射性廢棄物數量?

(1) EPRI：

在美國因為有放射性廢棄物處置場可以利用，因此對核能電廠而言，除役廢棄物處理並不是問題。台灣的情形和德國相似，沒有最終處置場可以利用。德國核電廠採用下列方式處理放射性廢棄物的議題：

- 藉由物質外釋及回收再利用，將廢棄物產量降至最低
- 金屬的活度若在外釋邊緣則進行除污，使符合外釋標

準。

- 對於不適合外釋或回收的物料，設置中期儲存設施（或以現有廠房改建），直到最終處置場完成。
- 至於混合廢棄物產量，通常只佔除役過程當中低放射性廢棄物產量非常小的比例。

(2) ZION NPP：

TLG估算是廢棄物產量預估作業的基礎，TLG估算仍留有許多改善空間(例如:有許多假設)。

(3) HB NPP：

在還沒有低放射性廢棄物最終處置場的情況下，應該考慮採用安全封存(SAFSTOR)或固封(Entombment)的方式，要預估廢棄物產量，必須對於場址輻射及環境做徹底詳細地調查，並參照廢棄物處置場的接收標準，當項目列舉後，只要簡單的工程運算即可估算需要處理的廢棄物產量。

8. 請問貯放各類廢棄物(包括A、B及C類廢棄物)的容器為何?

(1) EPRI：

在除污過程中使用廢棄物儲存容器的經驗，已收錄在下列報告中：

- 1011734 Maine Yankee 電廠除役經驗報告
- 1013511 Connecticut Yankee 電廠除役經驗報告
- 1016773 San Onofre 電廠經驗報告
- 1015121 Rancho Seco 電廠除役經驗報告

(2) Zion NPP：

可供除役過程使用的廢棄物儲存容器約有100種，放射性廢棄物儲存桶必須經NRC核發使用執照。這些是可以

租用的標準容器，其他容器則可以按需求個別訂做。



9. 請問化學除污的方法及經驗?

(1) EPRI :

已將化學除污在電廠除役的應用經驗，收錄在下列報告：

- 1019230 Jose Cabrera NPP 全系統化學除污經驗報告
- TR-112877 EPRI DfD 除污程序測試與應用報告
- TR-112092 Maine Yankee Connecticut Yankee 電廠反應爐冷卻水系統除污作業評估

(2) ZION NPP :

Zion Solutions在除役過程並未使用化學除污。務必要在除役過程中儘早將放射性來源移除，以降低組件管路的活性強度。

(3) HB NPP :

HB NPP在除役過程並未使用化學除污。

10. 在除役作業期間，現有的廢水處理系統所扮演的角色為何？  
進行除役作業時，因應廢棄物產生的需求，是否需要對現有處理系統進行升級作業？

(1) EPRI：

根據美國電廠的經驗，現有廢液處理系統僅在電廠除役初期階段使用，其後就被構造較簡單的可移動式處理系統所取代。有些電廠在除役期間處理較平日運轉時期放射性較低，但導電度和固體雜質較高的廢液，因此應用過濾方法處理。對於較特殊作業，例如反應爐內部組件切割及全系統化學除污，可要求承包廠家提供移動式廢液處理設備，並將此項服務涵蓋在合約範圍之內。

(2) ZION NPP：

樹脂用在Fuel pool冷卻和clean-up系統，可考慮使用Energy Solutions ALPS(Advanced Liquid Processing System)系統，電廠現有廢料處理系統對除役作業而言用處很少。

(3) HB NPP：

廢液系統於除役期間仍保持運轉，但直到反應爐內之燃料及internals全部移除後，該系統即無須使用。HB NPP計畫將液體廢料運至處置場。

11. 請問處理受污染的土壤及放射性廢棄物的方法為何？

(1) EPRI：

美國因為有放射性廢棄物處置場可供利用，且費用並不昂貴，現場受污染的土壤及放射性廢棄物在現場通常都不經過處理，而直接運送至處置場。其他如歐洲

國家因廢棄物處置費用昂貴，這些國家採用除污，外釋及回收等方式來降低放射性廢棄物的產量。

(2) Zion NPP：

廢土將被運出廠外至田納西州或猶他州克里佛，目前無地下水之問題，水文地質研究即將開始。但從歷史觀察了解地下水之放射性核種低於儀器可測量值。

(3) HB NPP：

HB NPP將受污染的土壤及放射性廢棄物直接運送至處置場或處理中心，處理中心藉由除污後外釋，切割與減容等方式，使達到處置場放射性廢棄物接受標準。

### (三) 除役費用方面

1. 如何估算除役費用（可否提供分項估算）？

(1) EPRI：

EPRI 2011 年 12 月出版了” decommissioning experience and lesson learned: decommissioning cost” 有美國電廠除役實際費用的報告。

(2) ZION NPP：

80和90年代，TLG公司曾分別進行了相關估算，而且是基於爲了基金的估算而進行的。

(3) HB NPP：

最初是委託TLG公司進行估算的，它的估算是基於場內廢棄物數量、管路長度、工作困難度輻射強度和運轉年數，從過去其他電廠除役的實際經驗得知，這家公司的估算往往是偏低的。

2. 依美國10CFR50.82資料顯示，除役總費用的3%用來作爲規劃的費用，請問是否包含除役前階段的運轉/維護費用或是僅作爲除役規劃之費用？

- (1) EPRI：  
3%僅可以作為除役規劃使用，但是EPRI也沒有僅作為除役規劃準備書面作業所需要的費用相關資料。
- (2) ZION NPP：  
3%是用來作為安全貯存的規劃以及執行
- (3) HB NPP：  
3%是用來作為規劃使用。運轉和維護則是使用安全貯存的基金。

#### (四) 除役安全方面

##### 1. 工作人員集體劑量估計為何？

HB NPP：

根據Zion Solution實績，截至目前為止，2012年集體劑量 (collective dose) 為82 人·侖目 (0.82人·西弗)，由於大量運用有經驗的工作人員進行作業，所以劑量值遠低於年度預估值145人·侖目。2013年主要工作是拆除輔助廠房 (Auxiliary BLDG)，預估集體劑量只有45人·侖目。雖然整個除役計畫總集體劑量預估只有1000人·侖目 (10人·西弗)，但以現在實績分析，可能只需一半劑量就可以完成。目前只有極少數員工累積劑量接近2侖目 (註：美國法規限值為5侖目/年)，由於這些員工都是熟手焊工，會把他們的劑量管制值增加到2.5侖目，已獲得輻防部門同意。

#### (五) 除役技術方面

##### 1. 沸水式反應器的暫時性設施和永久性設施要如何定義？

- (1) EPRI：  
在美國，一旦將燃料永久移出反應爐後，緊要系統的



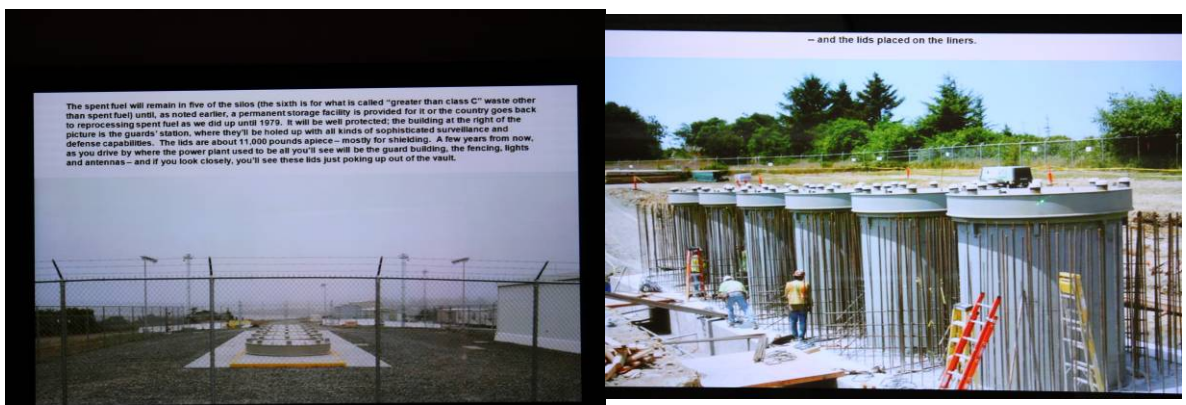
數量就顯著地降低。緊要系統及結構係用以執行燃料池冷卻，及確保其他用過燃料安全貯存之措施。基本上，一旦機組已永久停機1~2年後，就不需要有備用緊要系統。EPRI在2002年5月出版一份報告，#1003424，燃料池冷卻及淨化系統-除役電廠經驗，其中蒐集了美國機組永久停機後燃料安全貯存之經驗，也包括使用之系統。

(2) ZION NPP：

除役安全分析報告的內容包括整廠之分析，以確保燃料島區之安全為中心。除役安全分析報告其實就是電廠在移除燃料後，最終安全分析報告的改編版本。

(3) HB NPP：

一旦燃料移至乾式貯存後，就不再有安全相關系統，也就是不再有運轉所需之備用系統。這個時期之緊要系統是用於運轉規範、品保方案、及執照文件等仍然有規定的地方。



2. 用過核子燃料進行乾貯作業前，如何檢驗是否有破損情形發生?依經驗，破損燃料的比例有多少?

(1) EPRI：

在美國，燃料束是否破損取決於啜吸試驗的結果。EPRI 並沒有各廠區燃料破損的數目，只知隨著各廠區燃料運轉歷史不同，數量各有變化。

(2) ZION NPP：

首先分析與燃料有關之運轉紀錄，其次回顧用過燃料池水化學並執行啜吸試驗，最後再對每束燃料進行目視檢查。以特殊設計之 MagStor 護箱來貯存破損燃料。

(3) HB NPP：

在 HB NPP 嘗試進行用過燃料分類前，它們已經被貯存在水中超過 30 年，因此它的衰變熱不足以進行啜吸試驗，因此只能對每束燃料進行目視檢查，並依其結果進行分類，另有 power point 簡報說明受損燃料情形。在總共 390 束燃料中，有 129 束是貯存在受損燃料護箱中(約 33%)。

附註：燃料受損的原因是因為它們的護套是不鏽鋼材質，且發生應力腐蝕破壞，另外的原因是異物入侵，最後則是功率變化頻繁，此情形持續約有 5 年。(註：台電公司核電廠核子燃料護套是鈳合金材質)

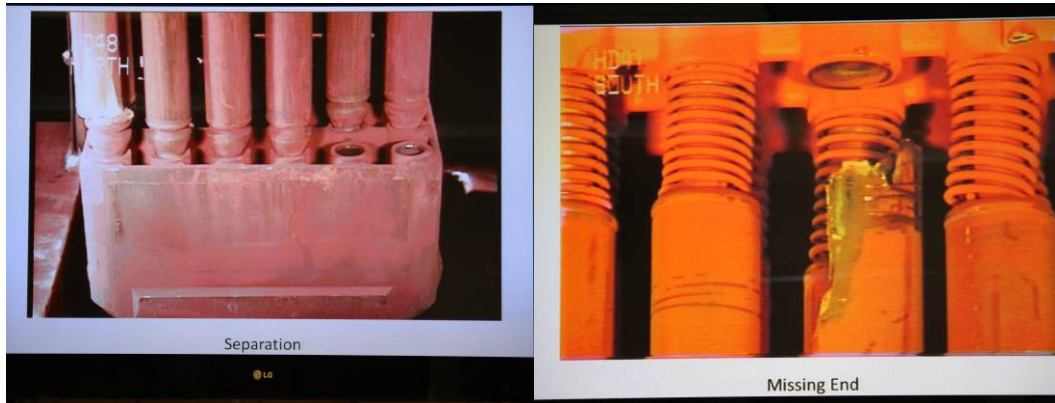
San Onofre #1 及#2 機也因內部氫化而有類似問題，並導致嚴重燃料受損情形。

一般而言，不鏽鋼材質的護套是有比較高的故障率。

在初期時燃料故障率很高，週期 6~13 就沒有再增加破損情形了，每年約移出 60 束燃料。

在沒有噴射泵，只靠自然循環的情況下，很難將入侵之異物推出高於格架。

在破損燃料溝槽底部加裝細網，若有燃料組件脫落，會在底部被捕捉住，而不會阻礙空氣冷卻通道。



3. 從緊急計畫的觀點，在用過核子燃料貯存水池拆除後，要如何進行乾貯中核子燃料移出作業？

(1) EPRI：

有關乾式貯存護箱修理，及從乾式貯存護箱中重新取出用過燃料之情形，在美國被視為未來可能討論之議題。若發生此類與乾式貯存護箱有關之緊急情況時，可以把護箱裝入運輸用容器內，以完整護箱的方式來運輸。再將此容器運至用過燃料池內，以便在水下進行必要的修理，或重新裝入新的護箱中。

(2) ZION NPP：

目前在美國核能業界並未正式討論此議題，但也漸漸浮現出來。為了移動這些護箱，Trojan 已建造 A 型吊車，也必須證明他們可以切開這些護箱。有一些公司可以提供這項服務，故電廠讓這些公司承包工作。

(3) HB NPP：

我們的燃料是裝入 Holtec Hi-Star MPS/護箱中，這是一個可供貯存與運輸之容器，故未來在運送時並不需要用過燃料池。

4. 進行除役作業（設備及建築物拆除）時，所遇到最大的困難或挑戰為何？

(1) EPRI：

根據EPRI經驗，以爐內組件切割與處置最具挑戰性。

(2) ZION NPP：

Chris認為把廠房吊車升級是最大挑戰。Anthony則認為爐內組件切割與乾式貯存設施建置最具挑戰性。尤其是爐內組件切割需要水質淨化處理。

(3) HB NPP：

不同部門有不同看法。以工程部門來看，缺乏足夠的圖面與資料將使工作難度增加。從輻防角度來看，由於HBNP有長期燃料破損問題（註：台電公司各核能電廠並無此一問題），因此廠房內輻射強度甚高，因此提供充分的人員防護是困難之一。我們估計真正的挑戰是地下管路是否會發生滲漏。（註：台電公司長期關注地下管路是否可能發生滲漏問題，早於97年即制定各廠地下水防護方案並全面清查地下管路完整性，截至目前為止，監測結果皆正常。）

5. 如何選定反應器或大型組件的拆除方法？

(1) EPRI：

反應爐壓力容器，內部組件及其他大型組件的移除與處置，是除役工程中極具挑戰性的工作。EPRI蒐集美國除役電廠組件移除切割實務經驗，彙集成下列報告：

- 1023024 反應器及其內部組件切割的最新經驗報告
- 1000920 Trojan電廠反應器及其內部組件切割經驗報告
- 1015122 反應器內部組件切割經驗報告
- 1015501 Rancho Seco電廠反應器切割經驗報告
- 1011733 SONGS一號機反應器內部組件切割經驗報告
- 1003029 反應器內部組件除役經驗報告

(2) Zion NPP：

Zion NPP先從二號機開始拆除，接著拆除一號機。如此可以在二號機進行切割作業時，有充分時間在切割前儘量移除一號機的組件設備。

(3) HB NPP：

務必請公司相關部門及民間機構共同參與決策。整件移除或切割成塊都是可行的拆除方法，關鍵在於必須獲得公司對拆除方法的認同與支持。對HB NPP而言，受限於運送的困難以及狹窄的乾井作業空間，因此選擇切割的拆除方式。

### 三、建議事項

本次參訪，就我國第一核能發電廠除役規劃進行廣泛之意見交換及經驗交流。

依照我國「核子反應器設施除役計畫導則」規定，台電公司應於104年12月前，以核一廠整個廠區為範圍，完成研擬「核一廠除役計畫」並陳報主管機關申請除役許可。

- (一) 考量專業技術與人力等因素，台電公司將委託編撰「核一廠除役計畫」，得標廠商需完成編撰前述之「核一廠除役計畫」，並負

責相關主管機關審查過程中之答辯、說明、補充調查、評估、分析與各項報告提供/修訂/發行等相關事宜至取得除役許可為止(預計107年底前)。

(二) 相關作業期間，台電公司由核一廠、核發處、核後端處及相關單位各就業管項目，提供得標廠商必要之資訊。如：

1. 核一廠除役規劃基準，如：保留區域、需拆除區域等。
2. 核一廠相關資訊，如：設施建築、區域、系統、重要組件等的現況說明；工程圖件；廠區地圖等。
3. 協助進行現場調查、取樣，如：廠址環境(土壤、地表水及地下水等)及設施(建築結構、系統、設備與重要組件等)污染或活化之程度。
4. 提供規劃作業所需資料，如：高、低放射性廢棄物的處理規劃，包括規劃使用的處理設施、位置、處理方法、處理量，以及使用的盛裝容器等作業。
5. 各項品質保證作業之要求及原有意外事件應變之計畫等既有資料。

(三) 編撰核一廠除役計畫之得標廠商應進行之工作項目及要求標準，詳如附錄二所示。

(四) 在美國核能電廠之除役工作，有些電廠是自行發包以進行拆除工作，例如 HB NPP，也有電廠係以統包的方式進行(turnkey)，例如 ZION NPP是委由 EnergySolutions公司進行除役，完成除役後將電廠土地及乾式貯存設施交回Exelon公司。

由於我國是第一次執行商用核能電廠除役的工作規劃，最主要關鍵工作是需要搜集大量除役經驗和知識。此外，在有限的工作時間理，以合理的費用來完成本項計畫也是另一項挑戰。EPRI、PB NPP、ZION NPP均認為「良好的規劃、採用有除役經驗的人員參

與規劃」是除役專案成功的非常重要因素，而預計使用的重要設備在工作進行前，必須要做「全系統功能測試」以確保功能正常。

## Humboldt Bay 核能電廠除役執行計畫

### (Humboldt Bay NPP DECOMMISSIONING PROJECT EXECUTION PLAN)

#### 1 執行摘要

##### 1.1 目的

這份核反應器除役執行計畫是由PG&E提供。包含標準計畫、經驗和前置計畫。成功的計畫取決於詳盡的前置計畫。

前置計畫包括

- 計畫範圍
- 費用和時程估算
- 計畫管理
- 分工
- 成果

經驗指出前置計畫能造實際的效益

前置計畫能影響全部計畫的費用和時程，如下表列

	最佳	最差
計畫費用	節省4%	超過16%
計畫時程	提前13%	延後26%

##### 1.2 廠址介紹

PG&E公司擁有並且運轉Humboldt Bay 電廠。這個電廠由柴油發電及核能發電共可提供170MWe的電力。PG&E爲了加強安全性及減少對環境衝擊決定更新發電機組，並開始執行除役及拆除的工作。

HBPP電廠目前擁有2座燃氣機組(1、2號機)；2座移動式緊急柴油發電機(MEPP2&3)以及一座自1976年就停機的沸水式反應器(3號機)。當HBPP電廠完成更新後，將會擁有10座各16.3MWe的燃氣發電機，共可產生163MWe的電力。PG&E將完成拆除舊有機組、安裝新發電機組及運轉等的全部工作。

PG&E 公司研究了數個已經完成除役工作的案例，了解除役工作所需費用及比較相關案例的預算和計畫後，完成了3號機的拆除準備計畫，並有信心能在既有預算和計畫下，完成拆除的工作。



### 1.3 組織能力、目標和策略

要成功完成除役工作取決於組織的能力、目標和策略。因此PG&E 依照HBPP的特性將其除役組織發展出執行目標和計畫原則

### 1.4 規劃

除役執行計畫(PEP)重點是3號機的除汙和移除放射性污染廢棄物，移除或新增設備、拆除建築物和廠址復原。因為核設施除役的技術和工作排序，廠區內各工作的協調是很重要的。因為HBPP廠區空間的限制，不同計劃間必須能夠協調以避免空間限制與互相影響。

### 1.5 計畫

指導計畫分為2個主要階段，首先要有主要目標的計畫，接著是執行或是檢驗計畫。目標計畫應該包含：運輸、系統和廠房空間的輻射調查等重點工作。

主要目標計畫從2008年7月開始到12月，相關工作如

- 參考除役中的核電廠
- 與專家學者討論
- 與計畫小組密切聯繫
- 編寫和討論執行計畫

嚴格檢驗主要目標的計畫有助於3號機除役工作完整及有效率的執行且可確保安全性及經濟性。

執行計畫由PG&E進行，3號機的除役執行計畫包含除役工作的基準和策略以及遵照法規的廢棄物外釋作業。依照計畫要在2009年9月完成。

### 1.6 目標

PEP是3號機除役計畫的最上層計畫。目標是

- 合併各分項計畫的目標
- 列出關鍵因子
- 建立計畫文件的階層
- 提供整體規劃或計劃步驟
- 說明各相關子計畫
- 說明各相關工作和計畫

### 1.7 計畫文件

PEP是最高階的文件，說明相關計畫的程序、以及說明相關的文件。目的是在完整的執行相關工作、學習其他除役計畫的經驗、考量場址特性以作出最佳的3號機除役計畫。

計畫文件提供了達成目標的最佳建議，或是指出需要進一步的研究內容，但是不會做決定或是要求某一種特殊的作業方式。因為作決定或執行特殊作業方式的是經營階層的責任。計畫文件只用在說明除役工作應如何進行，並作為項目管理計畫(PMPs)的參考資料。項目管理計畫是為工作階層的各项計算、設計變更以及工程文件等。

當除役計畫完成後，計畫經理必須召集各相關人員討論相關內容以及如何達成工作目標，加入有經驗的工作人員對整個計畫是必須的。

## 2 介紹

### 2.1 廠址歷史

HBPP的3號機是一座65MWe的沸水式反應器，建造於1960年11月至1963年8月開始商轉，1976年7月因為要更換燃料和防震升級而暫停運轉，至1983年6月PG&E宣佈3號機開始除役。核管會(NRC)依照法規於1985年7月將3號機之執照狀態變更為「擁有但不運轉」，同時允許開始進行部分系統的除役工作，並允許這個執照延長至2015年。

NRC依照10CFR72的規定，發給PG&E用過核子燃料乾式貯存系統(ISFSI)的建造及運轉執照，ISFSI是作為用過核子燃料和超C類放射性廢棄物暫時貯存的設施，直到可以移至能源部(DOE)的最終處置場。這個ISFSI執照有效期自2005年11月至2025年11月，所有用過核子燃料於2008年12月已全部移至ISFSI的護箱內。

1、2號機是燃氣及燃油兩用發電機分別提供52、53MWe的電力，自1956年運轉至1958年；MEPP的2部15MWe的柴油發電機組建造於1976年，係為提供尖峰期間所需電力。PG&E也獲得許可更換這些發電機組為更新、更有效率的燃氣發電機。10部共可提供163MWe的發電機正由「新世代」工廠製造中，PG&E將會在新的柴油發電機商業運轉供電後停止舊機組的運轉。

### 2.2 安全貯存和立即除役

NRC對核反應器設施停止後，可採用安全貯存、立即拆除和延遲拆除等三種方式。

安全貯存是「核反應器設施維持於安全狀態下，直到除汙和拆除執照有效期結束。

安全貯存期間，設施是原封不動的，但是用過核子燃料已移出反應器外部，空間輻射劑量明顯持續下降。也因此必須進行除汙和拆除的工作」。本階段也允許執照擁有者進行部份的除役工作。

立即拆除是「自電廠停止運轉後，對放射性污染的設備、建築等進行除汙和移除的工作」。

延遲拆除是「將放射性物質貯存於容器中，並加以監視，直到輻射強度衰退至可接受程度」。

但是 HBPP 的 3 號機不採用延遲除役的方式。

### 2.3 計畫歷程

1984年，PG&E提出HBPP 3號機安全貯存除役計畫(SDP, SAFSTOR Decommissioning Plan)，申請將HBPP之運轉執行變更為資產執照。1996年NRC頒布除役規定後，安全貯存除役計畫就被視為停機後除役工作報告(PSDAR, Post- Shutdown Decommissioning Activities Report)，因為它包含了除役工作的相關資訊，也被視為一種最終安全分析報告(FSAR, Final Safety Analysis Report)，因為它包含了電廠說明、廠區特性調查及事故分析等資訊。

為符合1996年NRC除役法規，PG&E在1998年2月提出PSDAR的改版文件，內容為未來將進行除役工作的一般性敘述。因此，安全貯存除役已有改版，聚焦於FSAR包含的資訊，至於除役工作的相關資訊則少一些，SDP也因此改名為燃料移除後安全分析報告(DSAR, Defueled Safety Analysis Report)。

1996年NRC除役法規在1996年8月28日開始生效，此法規修改了10 CFR 50.71的內容，要求永久移除燃料的電廠至少每24個月將FSAR改版一次。為符合除役法規，1998年8月28日PG&E提出DSAR的改版內容，並依據10 CFR 50.71每2年提出改版。此外，PG&E持續更新PSDAR內容，最

新的版本於2009年6月陳報NRC。

在1996、1999、2002、2005及2008年PG&E補充DSAR及PSDAR內的計畫內容，包括詳細的規劃、時程及價格分析等。除役的計畫時程在1984年預測為31個月，在2008年為81個月。這個時程的巨大差異是有幾個原因。早期的評估假設的最終狀態較不嚴謹，也未考慮其他在廠區同時進行專案工作。其他的變數包括：

- 工作時程的差異(每週7天，每天8小時工作 vs. 每週4天，每天10小時工作)；
- 與在廠區同時進行專案，共同競爭使用人力、空間及廠區資源；
- 在各小區域中，可安全完成工作的工作團體數量及人員數量；
- 排程的工作同時進行 vs. 依序進行；
- 個別工作的困難因數變動；
- 其他除役專案計畫的經驗回饋；

依往例的時程，原預估需要5年的時間，但依據實際工作量及人力執行作業時，發現目標和實際有很大差異。這個5年的時程當初假設每天24小時，每週7天。然而，實際僅能安排每週40小時的工作時間限制。當各項資源限制了工作量後，工作時程改變延長到約7年。原來時程估計的工作量還算正確。

TLG公司在2005年擬定一個除役時程，之後，PG&E認為有些除役計畫的假設已經改變。規劃及允許啓用乾式貯存設施，用過燃料就可以長期貯存。規劃及使用新機組，可增進電網可靠度，並取代漸漸老化的#1、#2機。此外，PG&E認為增加乾式貯存設施、增設新機組、及拆除#1、#2機，會對此場址之有限空間造成壓力。建造與拆除間的衝突會顯著影響人員安全、時程執行、及同時進行專案的總體價格。HBPP的改版計畫包括：

- 建造乾式貯存設施，並將燃料移置入內(2008年秋天完成)；
- 建造新機組(2008年開始)；
- 拆除#1、#2機；及
- #3機拆除及除役，包括場址復原、最終狀態調查(FSS, Final Status Survey)、及中止聯邦法規(Part 50)執照要求。

在開始實質除役工作之前，PG&E執行了一個最佳化專案，用具有相關經驗的人員來精簡廠內程序書及工作程序。執行此最佳化專案之初，廠內程序書及工作程序是用於燃料貯存在燃料池的狀態下相關的作業，包括燃料的監視作業與支援系統的維護作業。最佳化專案的重點是，在燃料移置至乾式貯存設施後，能有效率地進行除役工作。

PG&E正在制定#3機詳細的除役計畫及時程，制定精準的時程需要嚴謹而費時的規劃，PG&E決定分配充分的時間來進行相關計畫的改版與更新，讓所有的主要專案能正確的整合起來。#3機詳細的除役計畫作業大約需15個月，2008年7月開始，預計於2009年9月完成。

規劃程序包含很多面向以增進安全、效率，可以由上而下，或由下而上的方式來確保能達成管理階層的期望，並納入現場人員的意見。目前的時程已獲核准將以7年時間進行除役工作，2009年開始，2015年底結束。

PG&E爲了進行#3機全面除役，制定了詳細的時程及計畫。制定精準的時程需要縝密的事先規劃，因此PG&E在規劃程序上花費了很多時間。PG&E的規劃是以2階段方式進行：第1階段是由2008年7月到12月，尋求有經驗的同仁及顧問來協助作業。有4家主要公司可提供有經驗的人力，他們曾在美國境內24個除役場址服務過，在規劃工作計畫與編寫技術文件時都能引用相關經驗，PG&E因而從其他商用機組、能源部、及國防部之核能設施除役工程中獲得相關經驗回饋，PG&E也得到各領域專家之協助，包括保健物理、放射性廢棄物、工程、安全、環境、及財務議題等。以上的作法是能確保最終的計畫有足夠的範圍與廣度。最後，PG&E聘請現場人員加入工作，使計畫較能貼近實務面，並對計畫執行有關的方法、時程、設備、及風險等提供重要建議。已由幾個獨立團隊(概念計畫、專案、工作控制等)執行很多次現場履勘，其結果被納入到系統與區域封閉計畫文件中。

下表彙整依經驗區別的規劃、簡報及現場履勘數量

任務	數量	曾工作過之場址	
PG&E全職員工	1	CYAPC	La Crosse
成員增加	14	Brookhaven	MYAPC

規劃及特殊專案	21	National Lab	NASA Plumbrook
場址除役匯報	7	BRP	Rocky Flats
		DOE Fuel Processing	Rancho Seco
		Ft Calhoun	Saxton
		Ft Greely	SONGS
		Hanford	Trojan
		Honeywell Fuel Processing	UW Test Reactor
		INEL	Westinghouse Test Reactor
		JACADS TOCDF	YAEC
		K25 Oakridge	Zion
		KAPL	

爲了增進除役程序的效率，PG&E 已邀集有經驗的人員編寫最佳化的程序書，使能安全地控制除役作業的進行。最佳化的專案包括程序書修改，例如設計變更等程序變更控制，以及刪除不必要的程序書例如燃料貯存在燃料池時期之相關作業等。舉一在此項努力的例子，HBPP 雇用一位具有除役文件處理經驗的專家，負責執行工程及工作控制程序書的最佳化。最佳化程序包括加強程序書內容，強調除役要求、免除不必要的要求、廠內人員執行團隊審查、受影響人員的訓練。最佳化的工作需時約 4 個月。

雇用有除役經驗人員的作法受到外部機關的支持。加州公用事業委員會(CPUC)在07-01-003號決議中，有下列敘述：

“爲妥善管理除役程序，使其合理與謹慎，本委員會要求，應採用良好的業界措施，電力公司應聘請俱備專業技術、經驗與知識的人員來執行相關工作。因此爲了要合理地進行核能電廠除役工作，PG&E (還有Edison 與 SDG&E)公司必須雇請受有適當訓練的人員，他們也應有核能電廠除役相關的規劃及執行之經驗。具有前述技能與經驗的人員可能並不侷限在核能領域中，因此我們期盼PG&E公司在HBPP(還有以後的Diablo)除役的後續程序中，能聘請受到良好訓練並俱備經驗的人員來執行適當的工作。我們也期盼PG&E公司能找到、並積極聘請這些適合的人來工作。我們不在意他們是PG&E公司員工或包商，那是電力公

司決定的最佳營運策略。”

PG&E公司相信，依據在除役的計畫與執行階段所聘請的人員，不論是數量、品質、所受訓練、及相關經驗等，均能符合加州公用事業委員會之要求。

PG&E公司將於2009年間修改相關電廠程序書及執照基礎文件，以支持轉換到除役階段的相關工作。從大約700多份程序書的基礎上，後續仍將隨著系統移除及計畫要求改變而有新的要求挑戰。

除役工作有新的風險及挑戰，所以電廠現有方案及程序均需加以修改，加入考量後續程序之效率改善，且隨著用過燃料移到乾式貯存後風險會逐漸降低，相關要求之改變等。對於需要標準管控及更高層級核准之重覆發生、日常進行、或複雜性之除役工作，將持續建立新的程序書。

新建及改版程序書包括下列：

工作控制方案	執照基礎影響評估
程序書控制	環境方案
緊急計畫	搭架控制
有效系統確認	工具控制
石棉	切割及移除前鑽孔泡沫設備與管路
淨空作業	掛卡作業
設計控制	吊運作業
價格控制	專案管理計畫

已用新程序來制定與核准相關指引文件，以允許使用這些非程序書等級的說明指引來執行不影響核能安全或環境的工作，例如，工作指令計畫的指引包括工作指令的制定、工作安全分析、工具箱會議、追蹤工作指令變更等。

將於2009年8月開始制定執照中止計畫(LTP)，將廠區釋出作為工業使用。執照中止計畫應於執照中止前2年完成，內容包括詳細廠區特性調查、剩餘拆除工作之敘述、廠區復原計畫、最終輻射調查的詳細計畫、

廠區最終使用之敘述、最新剩餘拆除工作價格之明確估計、及環境報告更新版。

依照10 CFR 50.54規定而改版的安全貯存品保方案，其制定的方式是依據程序書審查要求，以及美國核管會核准的安全評估報告。這改版將減少目前廠內審查委員會所要求審查的程序書數量。

針對已核准的執照基礎，用以評估變更、測試及試驗的10 CFR 50.59程序已依據除役工作而更新，包括，反映目前10 CFR 50.82的要求而更新環境影響評估程序、評估除役工作之澄清及說明補充程序、NRC核准前可能須要澄清之變更的種類。

除役工作中包括專案管理計畫、工程輸入資料、程序書修改、及工作指令等，都應含括於執照基礎影響評估中，準備與審查執照基礎影響評估的人員應先接受訓練方案的檢定合格，10 CFR 50.59程序包括此訓練方案的大幅變更。

對於可能引發火災及爆炸而導致ALPHA空浮污染，進而危害工作人員或民眾的可能除役事故，應制定詳細評估及計算方式。這些事故應納入燃料移除後安全分析報告(DSAR)，除役工作將依照這些事故來作篩選，以確保有正確的管制方式。

除了增加新事故外，在剔除用過燃料池破裂事故後，燃料移除後安全分析報告(DSAR)也要隨著改版，這可以在使用燃料廠房吊車時，免除在燃料池上方吊運重物的限制。

將向NRC申請執照修改申請案，變更3號機運轉規範內容，取消用過燃料池之運轉限制條件。此項變更可以減免相關偵測試驗與預防保養的要求，也減免其他不同之安全貯存要求，及與監視用過燃料池有關的支援系統要求。

最近作了一些方法的改進與變更，以下是價格估計方式中所作的主要變更：

- PG&E深入審查後提出之除役各階段員工及包商人力配置。



- 有內部污染的設備進行機械切割時之單價改版，改以在切除組件前先施行內部污染固定法來計價，這是依據過去一年HBPP實際切除經驗而得到之結果。
- 依據PG&E詳細審查相關區域輻射狀況及近來工作經驗後，變更系統及結構的工作困難度因素。

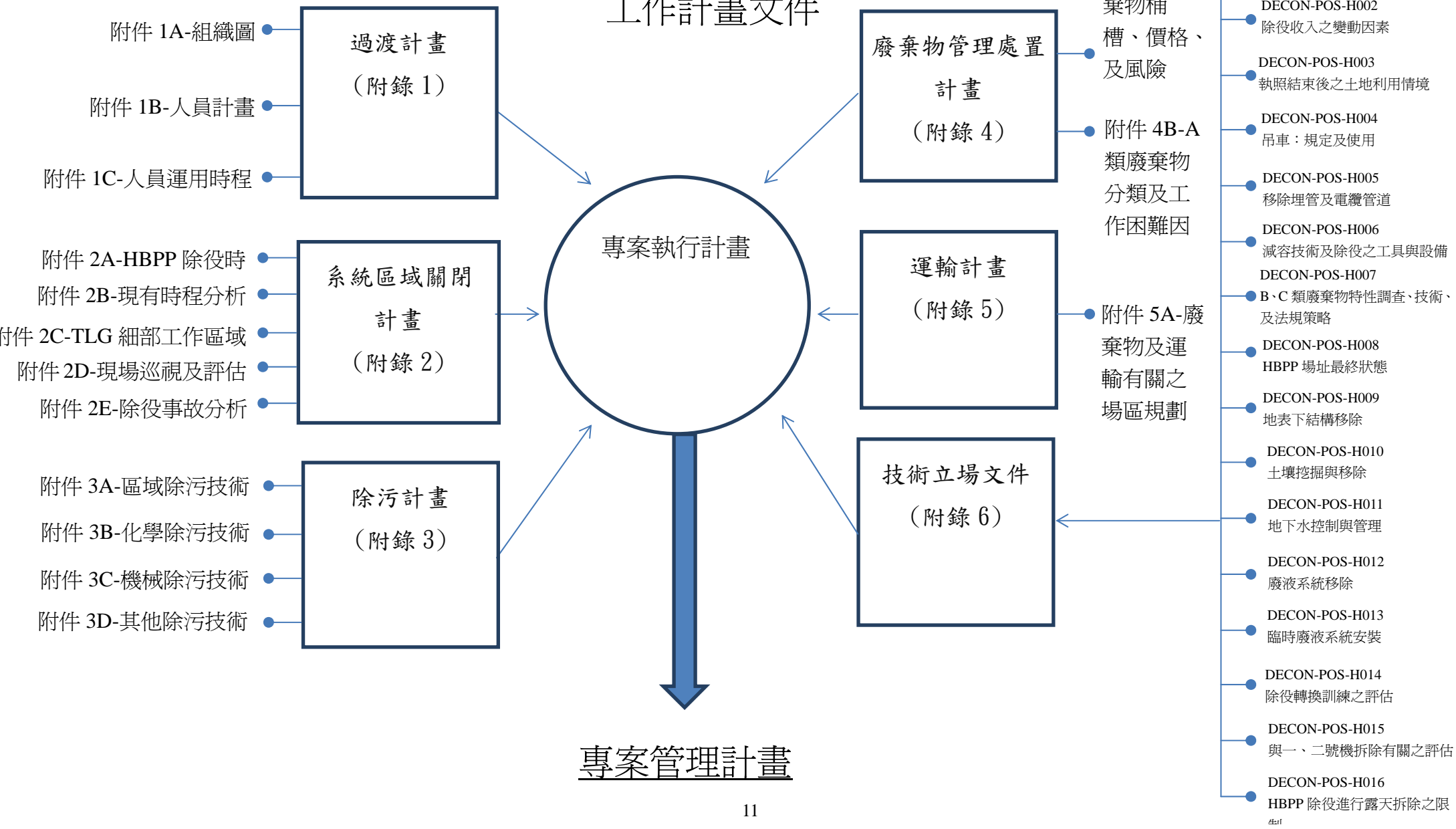
#### 2.4 計畫架構

有效的計畫需要有能力的人員、充裕的時間、及完善劃分之計畫架構。在此計畫架構之內，可將其他場址之經驗回饋，及其他獨立評估之結果，由廠內專業人員與包商共同融入 HBPP 除役之時程與預算考量中，以形成完整的除役專案執行計畫。

3 號機除役的計畫架構使用一個計畫與支援分析所組成的階級系統，可用圖 2 HUMBOLDT BAY 除役工作計畫文件來說明。除役專案執行計畫是計畫架構之上層文件，其下有附屬於除役專案執行計畫的支持計畫。支持計畫說明特定主題區域內容，以支持整體除役工作，並明訂除役時需進行的相關工作。過渡計畫是敘述電廠從安全貯存狀態 (SAFSTOR) 及用過燃料乾式貯存轉移至實質除役工作過程中所面臨之必要變革。系統及區域封閉計畫規定了 HBPP 3 號機系統、結構與組件之拆卸順序與方法，與移除之基礎理由。除役計畫評估除役過程中可能使用之工具及技術。廢棄物處理與處置計畫評估放射性廢棄物有關之方法與價格。運輸計畫評估放射性廢棄物運輸至廠外之方式及廠內貯存容器之管理。

# HUMBOLDT BAY 除役

## 工作計畫文件



專案執行計畫支援計畫是由其它補充文件說明。支援計畫與補充文件之編號仍保持與計畫結構之可溯性及連結性，方式如下：

- 專案執行計畫支援計畫與補充文件。
- 支援計畫。
- 支援計畫補充文件。

支援計畫的設計是爲了將有關之策略與方法指引提供給提供除役組織人員參用。這些計畫亦說明如何在已獲核准的時程與預算內安全地達成個別計畫的目標。隨著除役工作之進行，相關人員會累積經驗並找到更有效率的執行方式。後來的變更可能會影響現有之計畫。爲管制這些變更不致逾越專案執行計畫及計畫文件，HBPP 正研擬程序書，說明相關要求及核准程序。

專案執行計畫支援計畫及文件表列於次頁。

專案執行計畫
附錄 1，過渡計畫
附錄 2，系統及區域封閉計畫
附件 2A，HBPP 除役時程
附件 2B，現有時程分析
附件 2C，系統區域封閉計畫
附件 2D，現場巡查及評估
附件 2E，除役事故分析
附錄 3，除污計畫
附件 3A，各區域除污技巧
附件 3B，化學除污技術
附件 3C，機械除污技術
附件 3D，其它工業除污固色及油漆方法
附件 3E，水底除污技術
附件 3F，以往 HBPP 廠區除污專案實例
附件 3G，其它除污資訊
附件 3G-1，安全貯存(SAFSTOR)時期暫時停用程序實例
附件 3G-2，混凝土除污系統實例
附件 3G-3，管路除污系統實例
附件 3G-4，固色及泡沫系統實例
附件 3G-5，連絡名單
附件 3G-6，業界說明書及供應商意見(附網站超連結)
附錄 4，廢棄物處理與處置計畫
附件 4A，廢棄物分類與各工作區域之困難因子
附件 4B，建物修改與主要除役工作之可能特殊要求
附件 4C，廢棄物體積與處置費用估算
附件 4D，物料管理流程圖
附錄 5，運輸計畫
附件 5A，廠區規劃與容器堆放區域
附件 5B，廠區修改與運輸計畫中特殊設備要求
附件 5C，運輸檢查清單
附件 5D，放射性物質容器圍籬線劑量率評估
附錄 6，立場(position)文件

支援計畫與立場文件兩者宜有一致性並有相似內部結構，一般格式如下：

- 執行摘要
- 簡介(包括背景資料與定義)
- 假設條件與基礎說明
- 技術討論(包括任何原始策略與可能替代措施)
- 調查(包括從業界報告、經驗回饋、與技術參考文件中所得之心得)
- 分析(包括與替代措施有關之價格及風險之評估)
- 結論與建議
- 參考文獻
- 附件

此計畫結構可對重要工作與執行過程中可能衍生之衝突有全面性瞭解。經由 3 號機嚴密而整合性之除役計畫，可使此廠區其它規劃之作業一併順利進行。在有限廠區範圍內，同時進行不同作業專案，可能導致工期落後、超出預算等不利情形。PG&E 公司因為有相關規劃程序及經常召開協調會議，故能管理各專案工作間之衝突、安排作業順序、風險管理及控制開銷。

## 2.5 工作計畫程序

3 號機除役之最高執行目標是安全。安全之內涵是確保工作人員、大眾及環境之健康與福祉。此計畫程序考慮很多事項，這些事項的核心還是安全。由於 HBPP 重視安全，該廠人員於 2008 年西布利安全獎，這是 PG&E 獲得有關安全及健康的最高榮譽。此獎項每年最多授予 3 個組別，分別為現場組、辦公室組、及前二者之綜合組，以表彰得獎者對於創造無傷害及無疾病之工作環境所付出的傑出貢獻。在 2008 年時，PG&E 中央安全諮詢委員會頒發了 2 個獎項，綜合組及辦公室組。

2008 年西布利安全獎之得獎者為：

現場組：Humboldt Bay Power Plant (複循環發電及核能組)

辦公室組：資源部門

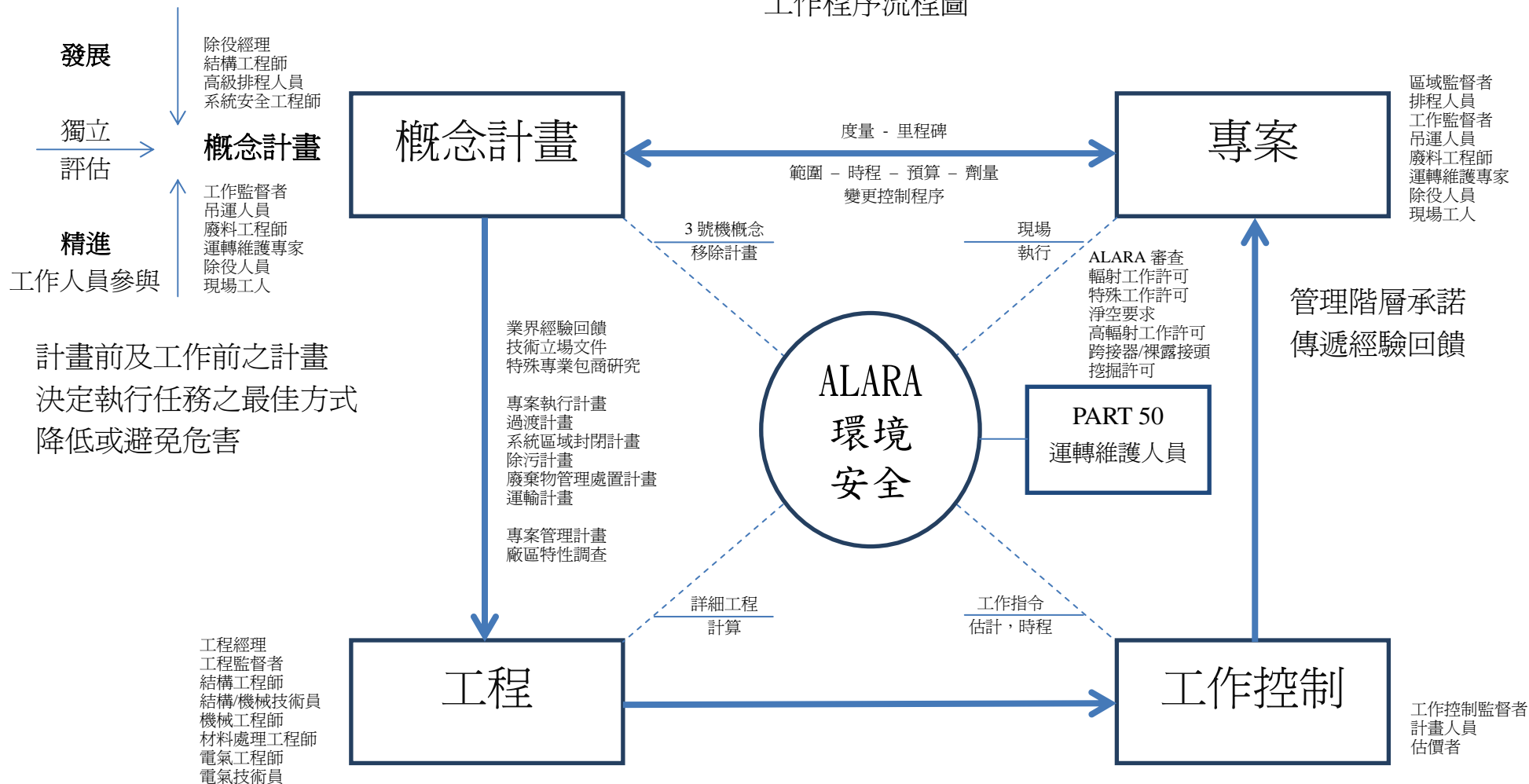
HBPP 在 2008 年時達到零傷害及零事故，過去 3 年亦持續達成，優異

的安全管理方案包括領導者強力支持及基層執行方法。

以安全為基礎之完善規劃工作可有良好影響，乾式貯存設施完成及用過燃料轉移至乾式貯存設施時未發生傷害即為明證。因此，詳細之規劃對工作之安全績效非常重要。圖 3 為除役專案計畫及執行工作流程圖，圖解計畫程序的不同面向，並以安全及環境為核心。此圖亦連結概念計畫、工程、工作控制、與各專案及安全之間的關係。

# 除役專案計畫及執行

## 工作程序流程圖



從安全貯存轉換到除役

專案執行計畫、過渡計畫、除污計畫、廢棄物處理與處置計畫、運輸計畫、系統及區域封閉計畫、以上計畫之附件及立場文件等，是由一組學識淵博的顧問所編寫，可提供作為電廠人員在進行不同領域的除役工作時之參考指引。在乾式貯存設施完成後到用過燃料移入前，這些顧問仍保留在廠內。在此時期，廠內重要的工作為用過燃料轉移，管理階層借重廠內一批資格完備並俱經驗人員來執行任務。然而，管理階層也瞭解一旦燃料轉移完成後，電廠一般設備的拆除計畫就變成要徑工作。此外，如果 HBPP 等到燃料轉移完成後才開始計畫程序的話，除役作業將無法如期於 2015 年 12 月完成。

特定範圍除役工作的計畫是由概念計畫開始進行。系統及區域封閉計畫是一個附件，列於 TLG 公司所作估價分析表之各工作細部分析項目內。從除役工作估價、電廠說明手冊、圖面、現場巡查紀錄、輻射偵測結果、到其他廠內文件等，均依據前述之各項計畫與立場文件來草擬各項工作計畫。通常，此計畫是以專案管理計畫(Project Management Plan, PMP)之形式呈現。專案管理計畫包括一組工作任務，或可能只針對特定單一工作任務，端視所包含工作之複雜度及份量而定。

目前專案管理計畫表列於下

專案管理計畫	負責單位
0用過燃料池格架移除	概念計畫
0主發電機/勵磁機外蓋、開關設備、封油、及變壓器	概念計畫
0汽機及冷凝器	概念計畫
0爐水淨化系統及停機熱交換器除礦器	概念計畫
0空氣移除器/軸封冷凝器及真空泵/冷凝水泵	概念計畫
0主控制室及附近區域	概念計畫
0廢料廠房	概念計畫
0抑壓池移除	概念計畫
0緊急冷凝器移除	概念計畫
0一次圍阻體移除	概念計畫
0廢氣滯留通道	概念計畫
0土壤補救	概念計畫
0通道及走廊(Pip Tunnel and Gallery)	工程
0反應器飼水泵室	工程
0下水道豎井移除	工程



0混凝土移除收集系統之裝設	工程
0取水及排水通道	工程
0控制棒框架及核子儀器	反應器專案主辦
0爐內儀器	反應器專案主辦
0生物屏蔽牆	反應器專案主辦
0反應器內部組件	反應器專案主辦
0反應器	反應器專案主辦

順利完成專案工作之主要因素為縝密的執行策略，再依此發展出執行方法及詳細工作程序。除役經理指定一個概念計畫組(conceptual planning team, CPT)，按照TLG之依廠區地理位置劃分之66個細部工作估價項目，由他們制定HBPP 3號機的除役策略。此小組成員包括除役經理、結構工程師、設計專家、時程制定者、及裝配負責人。他們對於核子設施及化學廢除軍備設施之專案計畫，以及電廠運轉及大修期間移除大型組件等，具備相關經驗。

概念計畫組依據TLG規劃之細項工作內容至現場巡查，並特別著眼於系統拆卸與設備組件移除事項。先前除役專案之經驗回饋顯示，在設施拆除前先訂出廢棄物移除路徑，對於持續且有效率之拆除工作流程是非常重要的。目前已訂出燃料廠房及汽機廠房之6條移除路徑。這些策略發展階段之現場巡查，有助於TLG對於3號機除役的估算作業。

概念計畫組制定之系統區域封閉計畫，包括了TLG規劃之每個細項工作之現場巡查紀錄重點及照片。這些子計畫述明每一區域內系統組件之一般性概念，所有子計畫再組合成系統區域封閉計畫(System Area Closure Plan, SACP)。這些計畫僅是拆除方法與程序之初步確認，很多拆除方法會隨著程序演進而改變，但是整體策略仍然如系統區域封閉計畫中之敘述。這66個區域之系統區域封閉計畫形成了23個專案管理計畫(PMP)之發展基礎。

專案管理計畫(PMP)之本質是整體的但具有彈性之指引，用以協助發展各項系統、結構及組件在封閉程序之指令。在瞭解廠內特殊狀況後，這些計畫被視為有效文件，並隨著執行過程演進而增加經驗後適時加以更新，它們反映了顯著熟悉的範圍和規定的人員的共識。專案管理計畫提供了單一、一致、及全廠區之專案管理方法，包括除役、除污、

與設備、組件和結構之移除、處理及處置有關之準則及文字指令，也可能包括劃定移除活動範圍的圖面，與標記適合的進行方法。工作計畫是以專案管理計畫來發展詳細工作指令。概念計畫組負責制定13項專案管理計畫，其餘則由工程與專案管理負責。

概念計畫組也負責制定拆解與拆除工作的圖例。除役製圖 (Decommissioning Sketches, DSK)是專案認可之方法，用以傳遞拆解程序與方法的圖面。它們的目的是將相關工作的視覺框架參考資訊提供給技術人員，也為未來除役專案留下拆解的圖像紀錄。與此有關的工作是發展另一個移除重形系統組件與廢棄物的吊運計畫。概念計畫組與吊運人員密切合作，用清楚定義的圖像及工作細節來發展可行的吊運計畫。這些計畫可以輔助適宜的工作指令，也被專案管理計畫參考使用。DSK是由工業標準之CAD軟體所製作產生，概念計畫組規劃在2011年5月完成相關工作。

Next Engineering公司評估計畫內容，及對現行設計基礎之衝擊，必要時進行改善。為簡化工程評估內容，工程部門發展出技術評估除役程序(Technical Evaluation - Decommissioning, TE-D)，這是用簡潔方式來表達技術問題的立場文件。技術評估除役程序可能是一份獨立的文件，也可能與DCN-D共同使用。技術評估除役程序可當作採購規範的附件、簡易計算文件、替代零件評估、或次要設備修改文件，也可以和程序書HBEP A-3 “危害物品分析計畫”併用，作為廢棄物危險性特性調查文件。工程部門也提供其他的支援工作，例如計算、吊運指引及圖面變更等。

在工程評估之後，Work Control執行詳細規劃、估算工作時程、及制定工作指令並獲得核准等。專案部門據以監督及執行工作。雖然以上作業看似依序發生，實際上有很多重疊的工作，且需相互合作。所有參與的部門需共同工作，以擬訂計畫及準備與安全地執行工作。

以下是一些與規劃有關的程序書，內有詳細說明：

- HBAP C-45 “工作控制程序”
- HBAP C-1#4 “除役之設計控制與工程”
- HBAP C-46 “專案管理計畫核准及工作控制”

概念計畫使用一個整合式團隊方法來為任務群組建立工作參數，這些任務群組在專案執行計畫的副錄支援計畫中有述及。有幾組跨領域且有經驗的專家擬定了支援計畫，支援計畫說明的內容包括排程、順序、執行風險、不執行風險、法規要求、及預算限制等。支援計畫正由PG&E管理階層進行內部審查，亦由有經驗之專家進行外部審查。

概念計畫進一步將任務作細部劃分，首先確認任務內容。最初工作套件目標、安全議題、所需資源、及步驟等，由工程與工作計畫之技術同仁進行大綱規劃。這些計畫的經驗回饋是由跨領域的部門成員及業界專家所提出的審查意見中獲得。加入那些曾執行工作、監督工作、及在其他地方看過這些工作執行情形的成員後，可以讓這些計畫比較完整且符合實際。在計畫過程中把現場人員加入經驗回饋程序中，可以及早發現未來執行時可能會遭遇的議題，讓計畫部門及工程人員有機會在工作開始前提出解決方案，使日後工作能增進安全餘裕，減少時程延宕，避免超出預算。計畫擬定時要加入的因素包括電廠先備條件、工地先備條件、業界經驗回饋、排程順序、疏散計畫及預算符合情形等。

工程部門會審查支援計畫及其他工作套件，也會執行詳細工程評估與計算，若是困難且複雜的工作則提供詳細的說明指令。有些時候，一個工程師會主導計畫程序及發展特定專案管理計畫。此外，工程部門也對概念計畫、計畫時程、及工作套件提供意見。

工作控制部門利用估算程式來對每項工作建立人時預算，人時預算是與基本時程連結，可用以追蹤工作進度。工作控制部門再據以發展工作套件，俾能指引除役工作進行。比較工作預估進度與表定進度是財務部門的工作之一。此部門也藉由找出差異、未事先安排的工作、安全顧慮及其他風險等，對整體程序提出意見。

為了便於規劃進程，並盡量減少潛在的部門間“筒倉”(silo)影響，HBPP管理階層將關鍵部門及人員安排在鄰近區域，並接近乾式貯存。

專案部門提供現場人力來執行實際工作，此部門包括區域監督者、時程規劃員、工作監督者、及技術人員，亦對計畫程序提出意見，以確

保工作可以依工作套件之規定安全地、有效地、按時地完成。專案部門也有一組吊運人員及監督人員，他們負責制定吊運計畫，且對工程部門的工程吊運提供建議。

### 3 假設及基礎

#### 3.1 許可與法規

加州政府及地方政府機構負責核發除役期間特定工作的核准許可，一旦核發許可後，除役組織僅能期望次要的改變。

有些州級及聯邦層級的機構會頒布與除役有關之法規，除役組織僅能期望這些與除役有關的法規會有次要的改變。

PG&E將在除役期間大幅變更執照基準文件內容，主要是依據電廠組態及廠區變化而定。PG&E已預期會有這些工作，並已安排人員負責變更相關文件的工作。

#### 3.2 專業與資金

執行除役所需之專業可由內部及外部管道考慮，現有設施人員擁有規劃及執行大多數除役工作所需的技能與知識，若需其他技術或人力支援則可請求包商協助支援。

執行3號機廠內工作之經費來源有二：除役基金及安全停機基金(SAFSTOR funding)。安全停機基金目前能支應3號機之現有執照基準及日常維護修理工作。最近完成除役價格估算的改版，以確定除役基金是否能足夠支應3號機之除役工作。

#### 3.3 由先前價格研究案例所得之近期方法改良及變更

以下是先前估價後之重大改變：

- PG&E深入審查後提出之除役各階段員工及包商人力配置。
- 有內部污染的設備進行機械切割時之單價改版，改以在切除組件前先施行內部污染固定法來計價，這是依據過去一年HBPP實際切除經驗而得到之結果。
- 依據PG&E詳細審查相關區域輻射狀況及近來工作經驗後，變更系統及結構的工作困難度因素。

除役花費成功管理之關鍵在於控制人力費用，最應優先處理的部分是整個除役期間人數管理，再其次為費率管理。人員進用計畫規劃了到2020年底為止前每一時期的人數，管理部門則在採購程序中管理費率事宜。

### 3.4 計畫時程

過去除役經驗顯示，平均要花費7到10年來規劃與完成除役工作。PG&E依據現行規劃成果建立工作順序及預計花費時間。計畫時程是依據相關經費計算而得，包括計畫管理、行政、現場工程、設備租賃、及其他如品管與保安等支援工作費用等。此以系統為導向來組成各項除役經費估算之方式，可確保最終的經費估算達到很高之可靠度。PG&E已規劃HBPP廠址之除役工作於2015年完成，共約7年。乾式貯存將會繼續營運下去，直到能源部接管監督用過燃料及GTCC廢棄物。

### 3.5 利害關係者之參與

利害關係者永遠會關心除役工作是否能安全、確實、有效地完成，他們包括PG&E公司股東、雇員、當地社團成員、地方政府、各州與聯邦政府法規管制人員等，關心的議題有就業機會、除役工作的輻射狀況、先前運轉造成之環境影響、及除役後廠址環境的最終狀態。

### 3.6 最終場址狀態

各州及聯邦法律，與除役許可及執照要求，決定最終場址之輻射及環境狀態。技術立場文件H008，“HBPP除役後最終場址狀態”，評估各種不同最終場址狀態的選擇。PG&E、管制機關、及利害關係者會監督有關作業，以達到理想之最終場址狀態，此在4.2.4節中有相關說明。

## 4 技術討論

### 4.1 里程碑

PG&E 與 HBPP 致力於有效地執行良好的 3 號機除役計畫及管制。HBPP 分兩階段著手進行前置計畫。第一階段為 2008 年 7 月至 12 月，此階段可交付的計畫為意見書(position papers)，主要在除役的管理以及除役的成本基礎和估算。第二階段於 2009 年 1 月開始，預計於 2009 年 9 月完成，此階段的成果係修訂計畫和意見書，將其轉化為如何執

行的方法與手冊。

計畫過程的現況如下：

- 前置計畫已大致完成；
- 加州海岸委員會豁免許可作業尚在進行；
- 設備與工具清單以及採購作業正在進行；
- 概念成套文件證明已簽發；
- 工作成套文件已於預定工作執行前準備完成；
- Day & Zimmerman (DZ)公司已於 4 月 20 日動員；
- DZ 人員已完成兩週的現場訓練，包括索具裝備等；
- 變壓器移除計畫已於 5 月 4 日開始

展望未來，HBPP 已建立里程碑協助監督工作進度。在未來 6 個月的短期內，HBPP 期望能夠：

- 完成發電機移除；
- 完成反應爐飼水泵室(移除)；
- 完成封油勵磁機開關箱(移除)；
- 移除用過燃料池格架；
- 完成反應爐壓力槽灌水/調查和研究；
- 開始移除管路通道/坑道；
- 開始移除汽機冷凝器

長期里程碑包括：

- 第一階段-系統移除(24 個月)
- 第二階段-反應爐壓力槽移除(18 個月)
- 第三階段-廠房拆除準備(12 個月)
- 第四階段-廠房拆除，開關場工作，土壤復原及調查(27 個月)

#### 4.1.1 第一階段-系統移除(24個月)

HBPP 3 號機除役計畫已開始規劃並展開現場工作，以移除汽機廠房的結構、系統和組件，汽機廠房後續將預置區域為廢料裝運做準備。此工作範圍相當重要，因為發電機、汽機和冷凝器將被移除，以全部重新配置汽機廠房做為未來廢料之處理和階段運作。現場工作於 2009 年 5 月開始，預計在 2011 年 3 月前完成。2009 年 6 月第一個星期已

完成主變壓器移除，這是移除主汽機和發電機組件的先備條件。變壓器位於汽機基座南邊，一旦變壓器被移除，起重機就可以放在原先變壓器所在位置，這將提供起重機較短的半徑，以吊起發電機和汽機重件。

25 噸橋式起重機計劃安裝在汽機廠房，以協助拆卸汽機，並利於移除汽機甲板下的其他組件以進行裝運。汽機廠房的屋頂以及南邊和東邊圍牆是可拆的，將會被 PG&E 移除。在 2009 年 3、4 月間，PG&E 編寫起重機合約規範並完成競標評估，合約內容包括設計、製造、檢驗、包裝、運送，以及 25 噸橋式起重機的安裝監督和功能、荷重測試，起重機採購預計在 2009 年底前完成。汽機廠房西邊獨立牆將會執行耐震分析。在進行汽機和冷凝器工作時，為遏制潛在的放射性物質外釋，橋式起重機需用帳篷遮蓋，且設計以帳篷連接汽機廠房並遮蓋冷凝器。布料帳篷跨越在發電機基座上方約有 30 英尺寬，60 英尺長的大小，且高度高於汽機廠房約 6 英尺。帳篷結構設計有一 25 英尺寬、26 英尺高的末端捲門，以及一個 12 英尺寬、14 英尺高的側捲門。為方便廢料處理操作，重新配置的汽機廠房將設計於汽機-冷凝器區可放置和移出多種聯合裝運工具，將有利於 25 噸橋式起重機之裝載作業。

主冷凝器拆卸和移除策略包括分階段移除屋頂水泥板塊。第一階段將擴大屋頂北端現有 6 英尺 6 英寸×11 英尺的開口，並另外開一個 6 英尺×11 英尺朝向南端的開口，起重機垂直拉起以移除四個冷凝器水箱時會通過這些開口。可以想見，切割線傾斜是為了把移除的混凝土造出一個錐形插頭形狀，屆時可重複使用以關閉該開口，直到冷凝器殼體準備移除。第二階段將移除前兩個開口間的剩餘混凝土，起重機垂直吊起冷凝器殼體的頂部和底部部分，會通過大的開口。其餘屋頂配置將被分析結構是否足以適於開口的切割，並決定屋頂允許的荷重。另此開口也將設計包括可移動的人員安全圍欄系統以及可拆卸的防風雨平台(適合於站立)。設置在汽機廠房東側的移動式起重機，將用於移除冷凝器，此受影響區域的所有地下物，將會在移動式起重機配置和重量及其最大荷重的基礎上進行土壤承載分析。

這一階段將由專業承包商進行反應爐壓力槽(RV)移除的可行性研究，PG&E 將開始動員以支援 RV 移除工作。值得注意的是 HBPP 將完成重

新供電計畫以及 1 號機與 2 號機火力機組的石棉清除工作，這些作業將由除役組織以外的工作組執行。

#### 4.1.2 第二階段-反應爐壓力槽移除(18 個月)

RV 移除階段主要在 RV 及其內部組件以及乾井和支援系統的拆除和處置。在這點的時程規劃上，RV 必須移除，因為在 7 年的時程規劃內，它是橫跨 18 個月的關鍵路徑作業。在此階段期間，有兩個其他高風險計畫同時進行，它們是抑壓池移除計畫和液體廢料處理系統(LRW)移除計畫，將在以下討論。移除反應爐壓力槽的基準作法是切割，以下是組件移除作業的一般時序表：

- 蒸汽乾燥器、爐心噴灑管路、飼水噴灑器和煙囪會根據運輸的需要進行移除和切割。組件可能在 RV 裡進行切割；然而，移到用過燃料池進行，對於水質清晰度將有更大的掌控，並在廢料類型同質化的裝運提供更大的彈性。符合 10 CFR61 等級 B 或 C 標準的廢料，儲存在廠內(可能的情況下)，或是如果有可用的商業淺層廢料處置設施(例如，在德州的 WCS)，則安排路線到場外處置。
- 其餘爐心內部組件，包括爐心側板、爐心支撐組件、控制棒導管和其他雜項組件的拆卸/切割。由於這些組件有較高的活度，操作時可能會局限於反應爐壓力槽內。
- 反應爐壓力槽切割，切塊放置於屏蔽容器。使用屏蔽的工作平台及可防制污染的包覆，以遙控方式來操作。切塊放在襯墊並儲存在用過燃料池。襯墊儲存在廠內(可能的情況下)，或是如果有可用的商業淺層廢料處置設施(例如，在德州的 WCS)，則安排路線到場外處置。
- 控制棒驅動殼自反應爐壓力槽底蓋(bottom head)移除，並經包裝以管制處理。爐內切割作業產生的碎屑可能對反應爐壓力槽底蓋造成高度污染，將底蓋移到用過燃料池進行額外處置，可能有助益，這也會顯著降低在乾井內工作的輻射值，使拆卸工作得以進行。
- 系統和相關組件移除。就 RV 移除操作、相關除役作業或是工作人員的健康與安全而言，它們屬於非緊要的(例如，廢料收集處理系統、



電力和通風系統等)。

在第一階段安裝帳篷及橋式起重機的另一個原因是爲了抑壓池計畫使用。計畫的時程規劃上是將抑壓池拆除工作與反應爐壓力槽移除工作同時進行，可使這兩個高風險的移除作業在電廠不同的區域能夠同時執行，這樣的策略將有助於減少因執行關鍵且困難的移除作業所造成整體潛在的計畫時程延誤。進行時程規劃時，計畫小組並不打算在移除抑壓池組件時，藉由燃料更換廠房的卡車/軌道區域來處理廢料，因爲該區域很有可能要支援 RV 移除計畫。相反地，在抑壓池天花板上開一個開口，可引出管路坑道，潛降區和環狀集管可垂直吊起經由這個開口帶入管路通道區域，然後往上一層進入發電機區域，以準備進行裝運。

在較早的除役時程規劃，LRW 系統是在除役時程最後，當所有其他程序產生的液體放射性廢料清除後，才會被移除，這樣會影響使得拆除時程延長九個月，以及這段期間因爲需要更多的員工和現場人力而顯著增加的成本。目前的時程規劃則是將 LRW 廠房移除與第二階段的 RV 移除同時執行，這是一個替代作法，此作法會將 LRW 系統移出關鍵路徑，使除役資源得以更有效地利用。移除現有的 LRW 系統，而仍然需要處理液體放射性廢料，必須安裝一個臨時系統以維持液體廢料處理的能力。需要一個臨時的 LRW 系統的另一個主要原因是，既有設備的可用性無法獲得確保，最近樹脂傳送管路的破裂事件，更突顯既有系統在潮濕、腐蝕的環境中運轉超過 40 年後，狀況很差。

#### 4.1.3 第三階段-廠房拆除準備(12 個月)

一旦大多數的系統及組件已經移除，廠房於必要時進行除污，以便後續拆除工作。在廠房除污前，所有系統和組件都必須處理，無論是成爲乾淨廢料或受污染廢料，而污染將會降低至土壤和建築物釋出的標準以下，在多數情況下，建築物本身將只被移除至平面 3 英尺以下，並用乾淨的土壤回填。在拆除準備階段，許多廠房結構將會同時動員一些人員進行除污，並將開始進行嵌入式管路之除污或移除。除污碎片和廢土將以聯合裝運容器，由卡車載運至廢料處置場。在廠房除污前，所有被污染的嵌入式管路和穿越管將使用粗琢(scabbling)或其他研磨(abrasive)方法進行移除或除污。其他主要項目包括回填沉箱，

以及開始進行執照終止規劃程序。

#### 4.1.4 第四階段-廠房拆除，開關場工作，土壤復原及調查(27 個月)

本計畫最後階段的目標是終止 NRC 執照及釋出廠址做為工業用途。主要區域如汽機廠房、廢料廠房及燃料更換廠房準備進行拆除，基本方法是先拆除已清潔的建築物，以及完成土壤整治作業，並持續進行調查以決定土壤移除的數量和範圍。當區域已清潔達到釋出的標準，將進行最終後狀態調查，且要謹慎防止釋出地區的再次污染。一旦區域已清潔後釋出，這些區域必要時將回填乾淨的土壤，地面覆蓋栽種植物以防制土壤侵蝕。此階段最後 7 個月(本計畫末期)將完成執照終止要求和廠址釋出做為工業用途。

## 4.2 願景

PG&E 已建立願景、目標和策略以指引員工的績效與表現。HBPP 聲明將支援 PG&E 員工，並指引現場員工進行火力與核能機組除役工作。此外，除役組織已發展理念並化作執行目標來支持現場的願景、目標和策略。成功的除役始於規劃階段，規劃階段以及後續除役工作的成功則取決於員工秉承管理階層的期望。

PG&E 的願景是成為「美國公用事業的領導者」，為了達成這項願景，PG&E 的目標是「讓客戶滿意」、「員工受激勵」、「股東獲得報酬」及「環境的領導者」。實現目標的策略包括：員工堅守「顧客導向」並追求「營運卓越」，PG&E 已建立 2009 年的五個業務優先重點，以維持公司所重視的願景、目標和策略，這些重點是：

- 改善安全及人員績效；
- 履行預算、計畫及目的；
- 增加可靠度；
- 提升客戶滿意度；
- 支持有效的管制與立法政策

HBPP 現場的願景是「秉持為核能工業建立新標杆的態度來完成 HBPP 除役」，這項願景與公司的願景是一致的，使得 HBPP 在除役領域居於領導地位，並提升公司在公用事業的領先地位。圖 4.1.1，PG&E 金字塔勾勒出 HBPP 與 PG&E 一致的願景、目標和策略。

PG&E 訂定 2009 年五大優先要務，以維持企業的願景，目標和策略。這五大優先要務是：

- 提昇安全和人員績效
- 信守預算計劃和目標的承諾
- 提昇可靠度
- 提高顧客滿意度
- 擁護施行法規和立法政策

HBPP 的願景是“以樹立核工業界新標竿的模式完成除役工作”。HBPP 的願景與企業同步，除了要 HBPP 在除役領域位居領導地位，更要提昇公司企業領導的形象。

#### 4.3 目標

HBPP 的目標是“以堅持做好成功關鍵之堅實基本面來執行 HBPP 的除役工作”。為達此目的，HBPP 的管理階層領導現場員工朝企業目標邁進。員工將以其精湛的技術感到驕傲並感受來自業界的優良聲譽。地方社區和其他利益相關者也將對於 HBPP 在除役及場址復原過程所展現的當家風範，給予更高度的信任。

#### 4.4 策略

為成功達成目標，HBPP 使用的策略包括落實安全，“單一團隊”，ALARA，環境管理，成本控制和時程管理。

落實安全：安全地工作 - 每一個人，每一項工作，每一天。

在 PG&E，安全是最重要的。2009 年 1 月 30 日來自 PG&E 董事長，首席執行長和主席 Peter Darbee 的一封訊息中，Darbee 先生陳述：

我們對於工作的嚴謹和紀律，必須等同於我們對於保護自己，同事和公眾責任的認真態度。這是公司要求的高度責任。然而，我們經常要等到問題發生之後，才察覺與人員行為表現有關。

這種情況必須改變。在公司現行體制下，根本沒有人願意為了保護我們的員工和客戶而破壞現行的規則。

我們將言出必行。展望未來，我們將加重要求各級主管確實負起責任，確保我們的人員表現達到應有水準，以及發現偏差時能採取迅速和強力的行動。

我們也提醒每一位員工，當他或她發現有某項執行中的工作不符合現行政策及程序時，有責任站出來要求停止作業。

這些期望有點老生常談。但是，我們必須要重新聚焦專注在其重要性。

“安全當責制度”適用在公司體制內所有方向 - 從 CEO 以下，到同儕之間，從主管到團隊，甚至向下到基層每一個員工。就我的部分，高層領導和我就像是操持公司的“人員績效股”，有責任不斷要求改善精進，以確保 PG&E 的績效表現符合我們的價值水準。

首先要從對人為疏失建立“零容忍”的心態開始，還包括對流程及程序持續的改善與精進，以實現我們持續改善的承諾。

為了實踐 HBPP 的安全策略，所有人員必須了解和遵守現場安全規定，包括是否有足夠的個人防護裝備（PPE）。我們鼓勵員工在實踐工作安全規範上相互砥礪，並心存感激接受教導。員工遇到任何不安全的工作情況時，應立即停止工作，並利用問題通報程序（SAPN）報告有安全顧慮的設備問題與現場狀況。員工應嚴格遵守書面工作指令及程序，若發現錯誤應及時改正後，才能繼續進行工作。所有現場工作人員都應接受安全教育訓練並定期參加安全檢討會議。此外，員工應及時探究與討論任何重大虛驚事件，並陳報所有的傷害事件。PG&E 期望所有參與除役計劃的工作人員，均能對落實工安環安及輻安秉持最高度的關切並採取最高的標準。在除役及拆除作業期間，許多現場設施結構將發生改變，這些改變將對人員及環境帶來獨特的新危害。這些新的危害包括：

- 經切割之大型組件或結構體須進行之重型吊掛作業，外型粗重笨拙的物件往往缺乏良好的現場環境配合實施吊掛作業，這種情形在運轉期間很少見。
- 開放性系統和地區可能隱藏有高濃度的放射性物質，導致體內和體外輻射 暴露的潛在危險。

- 整個設施的電力系統配合除役作業重繞配置後，可能會使辨認及追蹤電力來源變得困難，並可能導致感電的危險。
- 地下結構和系統開挖可能導致地面崩塌的危險。

HBPP 透過舉行正式會議增進工作安全，如每兩個月一次的工作安全會議，每季一次的安全委員會議，以及團隊凝聚午餐會等。安全是每個人的責任。PG&E 管理階層期望所有工作人員主動發掘潛在的安全問題，並向上級主管反應。藉由建立安全意識的工作環境，可早期發現危害，進而迅速有效地解決這些危害。在充滿安全意識的工作環境，所有工作人員和承包商將毫不猶豫地發掘問題，並和監督管理者溝通以尋求解決之道，而不用擔心遭到報復。

危害辨識可以在規劃階段，工作前工具箱會議，以及作業過程中達成。執行任何工作前應對辨識的危害進行充分調查和了解。完整的危害評估資訊應納入工作套件，以充分發揮危害告知的功能，並將不利的影響減至最低。

- 一個團隊：我們是一個團隊。因此，所有 HBPP 人員應同心協力達成電廠目標。每位員工都盡其所能彼此幫助；“我們一起成功，否則就一起失敗。”此外，每一個 HBPP 的員工都受到管理階層和同事的重視和真心對待。為建立團隊向心力並清楚傳達管理階層的期盼，HBPP 於 2009 年 3 月進行全員參與會議。所有 1, 2, 3 號機和除役組織工作人員都出席了會議。會議議題包括規劃工作的進度，成本，管理階層的期盼，並詳細介紹 HBPP 的願景，目標和執行策略。3 號機的廠長與每一位組織改造後的新進員工接談，藉以強化一個團隊的概念以及對於安全，ALARA，環境，成本和進度的重視。
- ALARA：包括我們自己和我們的同事所接受的輻射劑量，都應該盡量合理的抑低（ALARA）。這是通過下列方式來達成：
  - ✓ 保持工作區域的清潔，以及運用妥適的工程管制及工作規範，將空浮程度減至最低
  - ✓ 主動積極發掘降低體內和體外輻射劑量的機會，以達到 ALARA
  - ✓ 堅守輻射區域邊界完整及遵守標示（不可任意改變）

- ✓ 了解工作區域的污染程度和劑量率以及任何潛在的空浮程度
- ✓ 劑量計和連續式空氣監測儀(CAM)出現警報時應妥善因應
- ✓ 盡量勿將不必要物品攜入污染區，以減少放射性廢棄物產量
- ✓ 嚴格遵守輻射工作許可證的規定。

放射性物質的輻射暴露和污染是任何核電廠除役過程常見的危​​害。聯​​邦法規要求輻射暴露和污染要符合 ALARA 原則，PG&E 將完全支持與配合。從所有的規劃作業及工程的展開，到現場的實務工作都應符合 ALARA 原則。在訓練和 ALARA 工作簡報上投注人力，以確保對於特定工作情況和危​​害的瞭解，以及具備應變處理的能力與鍛鍊出降低暴露的技能。工程與輻防人員採用適當的控制技術，如圍阻體，呼吸防護，除污，通風，將輻射劑量減至最低。經由輻防人員密集的現場監督管理，達到進一步控制和減少劑量的目的。

HBPP 3 號機於 1963 年進入商轉時，使用不銹鋼作為燃料組件的護套。不銹鋼護套運轉過程中鋼包的燃料發生破裂，嚴重的放射性物質洩漏擴散到電廠許多系統，造成這些系統阿爾法放射性核種，即超鈾元素污染。HBPP 在 1969 年起改用鈳合金材質之燃料護套。

在 SAFSTOR 期間，當大部分  $\beta$  和  $\gamma$  放射性核種強度衰減後， $\alpha$  污染已成為更主要的劑量貢獻因素。當發生 alpha 體內污染時會導致更嚴重的生物傷害，潛在的輻射劑量後果也同樣更為嚴重。這個問題形成 HBPP 除役作業過程中一個獨特的關切議題。

輻射防護部門已經確定超鈾元素污染會成為衝擊 3 號機輻射管制區除役作業，有關人員安全、工作進度及成本控制的潛在性輻射危​​害。許多運轉中發生核燃料組件破裂的結果造成超鈾元素污染。這類污染導致  $\alpha$  輻射，造成作業人員發生體內污染的威脅。透過對空氣環境的工程控制，呼吸防護，特殊的呼吸區域空氣採樣，以及額外的技術監督，保護工作人員免於危​​害。在 7 年的工作時程中實施嚴格的控制和監督，以提供員工充分保護。

就監測和控制超鈾污染源而言，HBPP 明顯比其他在近期內除役電廠要困難許多。由於長時間停機的 HBPP 反應器中，易於檢測的放射性核種

如 Cs-137，鈷-60，和其他短半衰期分裂/活化產物已幾乎不存在，以致無法藉由比例放大，推估計算超鈾元素濃度。因此在工作規劃和執行時，很容易發生非預期  $\alpha$  空浮。

管理階層與輻防以及除役部門一起訂定劑量目標，劑量目標因每年計畫除役工作之性質不同而有所變動。劑量目標以總有效劑量當量（TEDE）表示，它是體外和體內劑量的總和。輻防部門向其他除役電廠標竿學習，融合它廠資訊及 HBPP 現場經驗與輻射數據後，初步訂定之除役劑量目標為 208 人-侖目以下。

輻防部門監測每一位例行工作許可證（RWP）或特別工作許可證（SWP）工作人員所接受之劑量。輻防部門分別依據工作人員，輻射工作許可，及電廠總劑量進行劑量加總，並將加總的結果與建立之限值與目標值進行比對追蹤。監測及趨勢分析的結果除了讓工作人員充分瞭解外，並提送管理階層審閱。藉由劑量追蹤及登錄系統之運作，可讓管理階層及工作人員得以監視自己的劑量狀況並和 ALARA 劑量目標相比較。對於預期劑量將超過 500 人-毫侖目之任何 RWP 或 SWP 工作，須另外進行 ALARA 評估審查程序，由電廠安全評估委員會(Plant Safety Review Committee, 簡稱 PSRC)審查工作套件及劑量管制方法，研判是否符合工作人員劑量 ALARA 之原則。如果工作條件發生變化，或劑量累積情形超過預期，PSRC 將視狀況執行期中及最終工作審查，並採取任何必要的改正措施。

- 環境：保護環境免於受到惡劣工業狀況的衝擊。可藉由下列方式來達成：
  - ✓ 開始工作之前應先了解相關的環境許可和法規要求
  - ✓ 辨識並尋求協助以改正可能導致敏感區域溢散或不良影響之狀況
  - ✓ 弄清楚圍阻體和溢散控制材料擺放的位置，並學會如何使用
  - ✓ 從事涉及危險物/有害物操作之工作前，應接受必要的訓練，包括危害辨識與通報訓練
  - ✓ 驗證容器標籤之正確性
  - ✓ 若發現洩漏或有可能發生洩漏，立即聯繫監督的主管或負責現場環境管理之部門主管

- 成本：以負責的態度管控成本。以負責任的態度管理成本，HBPP 工作人員將確保：
  - ✓ 除役基金的支出是合理及謹慎的
  - ✓ 預算規劃清楚明白並經充分溝通
  - ✓ 分派工作前已先找好預算
  - ✓ 作業開始之前已先經過精確的工作估算
  - ✓ 工作發包價格應有競爭性以符合公司標準
  - ✓ 發包工作範圍所可能產生的改變，應及時發現並加以改正。
- 時程：工作計劃要準確，工作時程要掌握。爲了達到此目標，所有 HBPP 的人員達成下列共識：
  - ✓ 經過妥善規劃和計劃的工作是最安全的工作
  - ✓ 建立一個電廠除役規劃時程，總領及推動所有除役的相關工作
  - ✓ 透過工作週程管理系統(Work Week Manager)規劃和協調除役工作
  - ✓ 時程計畫應明確，容易理解並應持續遵循
  - ✓ 每日時程檢討會議應由每個工作組相關人員出席，以確認資訊正確性
  - ✓ 作業活動應照預定的時間開始和結束
  - ✓ 工作開始前應先有充分的計劃和工作準備
  - ✓ 優先事項和關鍵路徑工作應明確掌握
  - ✓ 工作時程規劃應有挑戰性，但仍須兼顧務實性
  - ✓ 時程規劃若有變動，應和工作週程管理系統同步一致
  - ✓

#### 4.5 法規符合性

爲確保除役作業活動的執行過程，確實善盡保護工作人員，民眾和環境之責，遵守法規和許可的要求是強制性的。和除役作業相關的美國聯邦法規有：

- 10CFR 聯邦法規之標題爲“能源”，其主管機關爲美國核管會（NRC）。法規主要爲管理執照，運轉，除役，及商業用核反應器的監督。
- 29CFR 聯邦法規標題爲“勞動”，其內容包括職業安全與健康管理之要求。



- 40CFR 聯想法規標題為“環境保護”，此法規規範“從搖籃到墳墓”各階段有害廢棄物之管理。
- 49CFR 聯想法規標題為“傳輸運送”，此法規規範廢棄物包裝，標示，告示和經由公共街道之運送管理。

加州和地方政府對於現場作業活動有關的工業安全及衛生，提供額外的監管和許可要求。

PG&E 在法規遵循和許可方面有廣泛的經驗，在公司內部有專屬部門負責與主管機關之介面溝通。除役部門善用此優勢，將其專業應用在不同的工作領域，例如環境整治。除役作業相關的監管和許可機構不在少數，工程部門負責協調與這些主管機關的會議，確保所有主管機關都能瞭解與掌握現場活動的狀況，並確保電廠及時獲得應有之許可。與 HBPP 定期召開會議的主管機關包括：

- 加州毒物管理局（審理場址整治和復原之主管機關）
- 地方水資源控制管理會（主管 NPDES 許可）
- 空氣品質管理局（主管 NESHAP 許可）
- 北部海岸鐵路局
- 加州海岸管理局（除役活動的主審機構）

除了恪遵現有的相關法規及許可，PG&E 要求必須符合執照申請相關法規。執照申請是一項挑戰，因為當電廠結構屬性發生改變時，執照種類也可能必須跟著修改，以保持執照合法性。執照以及執照基礎文件包括：

- 針對場址內除了 ISFSI 以外區域的 QA 計劃
- 燃料移除安全分析報告（DSAR）
- 停機後除役活動報告（PSDAR）
- 安全計畫
- 應急應變計畫
- 消防計畫
- 執照終止計劃（LTP）；（待研提）
- 針對非 ISFSI 區域 10CFR Part 50 相關執照及技術規範
- 針對 ISFSI 區域 10CFR Part 72 相關執照及技術規範
- ISFSI 最終安全分析報告（FSAR）。

上列許多執照基礎文件正在修訂中，以反映場址現況的改變，例如從 SAFSTOR 進入除役階段，以及用過核燃料搬遷至 ISFSI。QA 計畫的修訂就是一例，修訂的方式分三個階段完成：

- 更新 QA 計畫
- QA 計畫提送 NRC 審查和批准
- 依據批准的新版實施。

#### 4.6 最終狀態

技術立場文件 DECON-POS-H008，“Humboldt Bay 電廠廠址除役最終狀態”，評估可能的最終狀態選項。

最終狀態包括的場址的實體狀況，以及放射性和非放射性環境情況。

HBPP 場址 2016 年的最終狀態結論如下

- NewGen 商業運轉（2010 年年中）
- 1 號機，2 號機，以及 MEPP 2 號機和 3 號機拆除（2011）
- 拆除 3 號機地面以上的建築結構（2015 年年底）
- 10CFR 50 執照終止（2015 年）
- 場址復原至符合“工業勞工標準”
- 1，2，和 3 號機，以及 MEPP2 和 3 號機相關執照之修改，結束或終止（2015 年）
- 場址復原，包括完成填土和分類等（2016 年）；以及 ISFSI 獨立運作（至 2020 年）。

達到最終狀態之相關規劃包括以下各項：

- 系統和區域之關閉計劃
- 除污計劃
- 廢棄物管理和處置計劃運輸計劃
- 執照終止計劃

最終狀態之規劃流程包括全系列的準備，拆除，處置，採樣，終結文件，以及最終狀態的驗證。

除了除役的機組外，1 號機和 2 號機將自 2010 年 10 月開始拆除，預計 2012 年 7 月完成。場址復原將從 2014 年 6 月開始，預計 2016 年

12 月完成。場址復原後的地下水監測可能是必需的，費用也都編列在內。1 號機和 2 號機的作業範圍包括：

- 拆除 1 號機和 2 號機，提供 3 號機拆除作業所需的進出空間
- 所有材料和設備交付合法的處置場處理
- 非危害性廢料和設備回收再利用
- 準備 3 號機工作進出所需場所和起始作業區域
- 現場整修至符合業界清理標準，並取得加州 EPA 毒物管制部 (DTSC) 合格證書
- 還原現場作為工業用途

#### 4.7 與利害關係者之間的溝通

利害關係者是兼具安全成效與效率除役活動的既得利益者。利害關係者包括 PG&E 股東，僱員，當地社區居民，當地政府，州和聯邦監管機構。從持續的就業機會，除役活動對環境的放射性影響，到場址環境的最終狀態，都是利害關係者的利益範圍。

HBPP 的管理團隊採用多樣的聯絡管道，使利害關係者充分瞭解現場狀況，問題事件，和活動預告。除了舉行例行會議，管理階層充分運用每月時事通訊，以海報形式張貼現場的“PG&E 金字塔”，揭示 HBPP 管理者期盼與願景的“三摺頁”小冊子以及公開給 PG&E 員工和民眾的網站。

HBPP 核電廠的除役是一個複雜的工程，需要有積密的規劃，以及現場工作團隊，企業資源和政府機構之間良好的協調。一個執行監督委員會 (EOB) 自 7 月啟動，以促成 Humboldt Bay (HBPP) 電廠核能除役工程順利成功：

- 移除工作團隊的障礙
- 確保提供適當的資源
- 澄清目標並釐清優先順序
- 確保問題迅速解決以保持計畫時程
- 加諸計畫團隊領導責任，並賦予權力使其展現團隊合作
- 對於計畫階層內無法解決的問題，提供明確向上通報的管道
- 定期審查專案計畫範圍，執行進度和預算

- 執行監督委員會 7 月 1 日在 DCPD 舉行第一次會議。執行監督透過具有專案計畫經驗的 PG&E 高階人員與負責 HBPP 除役主管間每季一次的會議來達成

HBPP 核能和火力除役業務將於 2009 年 8 月提交計劃執行委員會（EPC）。該委員會負責審核，並定期檢討重大項目的成本或 2000 萬美元或更高的效益評估，和任何其他監督管理委員會（EMC）基於企業風險項目，策略影響或其他潛在問題，認為有必要加以監督之業務。EPC 每月召開一次會議，以監督業務的進展情況，並具有業務審批的決策權。業務案例提供高層次的成本和效益總結，委員將說明如何回收成本以及資金的來源，包括對於當年預算和工作計劃的影響。通常前兩或三項重大風險和舒解策略會提到 EPC 報告。

轉型至除役所發生的變化對電廠員工帶來顯著的不確定因素。人力資源經理將負責溝通公司政策，協助員工規劃和處理這些變化，並協助員工在 PG&E 內部找工作，或盡最大可能轉介其他公司。為了加強保留關鍵性專業技能，並提供更大的靈活彈性，可以提供遴選的員工跨領域培訓。

凝聚內部員工團結向心和培訓是 PG&E 所運用的工具，確保員工能夠跨越除役所帶來的變化與風險。2009 年 6 月 21 日至 23 日曾在紅獅飯店舉行過為期三天的研討會，約 30 位除役專案人員，內容包含 PG&E 管治政策概述，規範制度報告，並在史丹佛大學舉辦，由 IPSolutions 和史丹佛大學專業發展中心所共同研發，整合計畫管理概念與 PG&E 策略方針的專案管理訓練課程。其目的在使員工了解公司為什麼投資在計畫管理，內部計畫管理的最佳範例，通用的管理知識與技能，瞭解與遵循 PG&E 計畫管理準則，專注於更好的規劃和如何改善使流程更順暢。未來的研討會將規畫擴大額外培訓專案計畫人員。

民眾在除役過程乃至結束也有其既得利益。在這方面也須投注人力，以確保所有團體瞭解整個除役過程有關的目標，流程，風險，風險緩解計劃，環境影響，成本，最終狀態，及計畫時程等議題。

辨識利害關係者和制定明確的民眾溝通計劃是信息傳播是否成功的重

要關鍵。PG&E 已指定正式溝通管道，統籌協調與民眾間的會議和討論。

市民諮詢局（CAB）是確保與當地政府官員和居民良好溝通的主要機制。與 CAB 及早建立良好關係將有利於明確的溝通，減少誤解和避免計畫延宕。與 CAB 溝通的方法包括：例行會議，信件，通訊，聯合公開簡報，及開放的管理政策。

政府及監管機關類型的利害關係者將與除役組織中特定領域的相關部門直接溝通。例如，輻防部門負責擔任對放射性議題感興趣之政府及監管機關的聯絡窗口。

#### 4.8 時程和預算管控

PG&E 根據現行的規劃建立工作順序及完成期限。在計算賬面成本，其中包括方案管理，行政管理，現場工程施作，設備租賃，和品管保安等支援性服務，時程計畫表是計算的依據。如此有系統的整合除役費用估算，可確保總費用估算正確和高度的信心。

時程計畫一旦獲得批准，亦即提供了除役工作執行，成本控制，衝突預期和人員管理的整體架構。堅持奉行經核定的時程計畫表，不僅對於能否如期達成里程碑，以及能否有效管控計畫成本，都是成功的關鍵因素。

有時偏離核定的計畫在所難免，然而必須及早發現並充分評估是否會對安全，其他作業活動和預算造成影響。

時程計畫表在計畫開始所有屬性均確定時，通常已被劃定基準線。當一個時間表被劃定基準線時，意味著計畫的開始，結束，以及過程中的作業活動，在日曆上的日期已定。當時程偏離基準線時，可量測計畫超前或落後的程度，管理階層則可以對偏離發生的原因和影響進行評估。如前所述，除役工作是一個複雜的計畫工程，可以看作是包含一連串小型但相互關連的子計畫。HBPP 已實施“滾動基準”政策，其中各分項工程當規劃完成時都各自劃定基準線。

目前，PG&E 期望：

- 2009 年第二季開始進行 3 號機系統拆除，準備在汽機冷凝器區域設置廢棄物處置區域。（2009 年五月開始）
- 2010 年中之前完成新發電設施（NewGen）建置並開始運轉。
- 2011 年之前將現有的火力發電機組（1 號機和 2 號機）全部拆除，並為最後 3 號機的拆除建立起始作業區域。
- 2015 年底前完成 3 號機的拆除和除役作業。
- 2016 年完成場址恢復。
- 維護 ISFSI 的獨立運作，直到美國能源部接管所有用過核燃料和超 C 類廢棄物（預計在 2020 年）。

規劃過程將產生完成除役的資源需求，包括工具，設備，服務，耗材和人員各方面。當所需要的資源轉換為成本及應用在時程規劃時，可據以制定預算。業界經驗似乎顯示，除役成本和電廠大小之間成反比關係。然而，還有許多其他的因素必需考慮。一個明顯的成本來源項目是使用除役監督承包商（DOC）。以下至少有兩個（打\*號者）使用 DOC 的情況，支出額外的費用卻沒有明顯的價值。下面的除役成本數字包含 ISFSI 建置和燃料運輸的成本。此表中的成本數據來自與技術服務專家之簡報資料。

電廠	MWe	除役成本	期限(年)	完成年份
Big Rock Point	67	\$474 M	9	2006
Yankee Rowe	185	\$750 M	15	2007
Connecticut Yankee*	619	\$850 M	10	2007
Maine Yankee*	900	\$525 M	8	2005
Rancho Seco	913	\$523 M(預估)	除役中	N/A
SONGS Unit 1	425	\$572 M	11	2009
HBPP Unit 3	65	\$500 M (預估)	7 (預估)	2015

PG&E 負責執行除役計畫，經加州公共事業委員(CPUC)核准從用戶繳納電費中提撥存入除役信託基金。管理階層負責審查及批准預算需求。PG&E 要求資金的獲得由 CPUC 管控，以維護電費用戶的權益，並確保 PG&E 公司審慎而適當的運用資金。CPUC 同時也監督除役作業按計畫

進行，杜絕除役未完成之前就已資金用盡的情況發生。如果需要額外的資金，PG&E 必須證明額外資金需求之合理性，並說明為什麼當初編列之預算不充足。努力達成符合預算是非常重要的，因為要獲得 CPUC 批准調整預算要耗費相當的人力及時間。

需要修訂的預算資金和的任何變化所需要的時間。成本估算中考量不可預見之因素而斟酌調增的部份稱為應變準備金 (Contingency)。核工業界對於應變準備金之運作以及如何應用在除役成本估算上，並沒有一致的看法。有關應變準備因素之監管報告和導引內容是一致的。根據建議採用約 25% 的比例因素應用作為成本估算之基礎。未來所有除役作業成本的整體應變比例因素應為 25%。對於大型和複雜的計畫，可能因計畫範圍變動使得應變準備金需求增加而導致預算偏差之可能。在這種情況下，必須及早發現應急預算之偏差，並充分評估對於安全及其他相關活動的影響。

預算執行控管是透過使用“掙值管理”(EVM) 計畫管理工具來完成，以客觀的方式監測計畫的進展情況。EVM 具有整合計畫範圍，進度和成本評量的獨特能力。如果運用得當，EVM 提供了一個預警的功能。

#### 4.9 ISFSI 運作管理

獨立用過燃料貯存設施 (ISFSI)，是須申請執照，用來存放 3 號機運轉期間所產生的用過核燃料和除役期間產生的超 C 類 (GTCC) 廢棄物的乾式貯存設施。ISFSI 的營運和最終除役的費用由除役信託基金支出。

ISFSI 將在 3 號機除役後保持運作。3 號機預定於 2015 年 12 月完成除役。2015 年除役完成時 10CFR50 執照將被終止。ISFSI 和其運轉所需的 10CFR72 執照之效期，將一直持續到用過核燃料和超 C 類廢棄物轉移至能源部及 ISFSI 除役。

ISFSI 的維護人力也由 HBPP 除役期間現場人員擔任。HBPP 現場人員負責 ISFSI 的保安，行政支持，包括訓練，緊急計畫，執照申請和工業安全，以維持整個 HBPP 電廠一致的水準。在廠房拆除作業完成後，支援 ISFSI 的人力便會逐步減少。2015 年以後便由 ISFSI 崗位人員執行

勤務，包括持槍的保安人員，監督和行政管理。

ISFSI 將成爲一個“獨立”的實體。工作人員的職責在維護：

- 用過核燃料設施的保全；
- 請照，執照基礎，方案和程序
- 資格認可
- 設備監控
- 成本在預算之內
- 與公司內及政府部門的利害相關者溝通

#### 4.10 特殊計畫

PG&E 列舉幾個特殊計畫。這些特別計畫項目雖不直接構成計畫表上的時程，但會影響作業時程的進度。因此，特殊計畫被納入時程規劃和成本估算。特殊計畫的例子包括：

##### 4.10.1 重新規劃進出管制

因應放射性廢物運輸計畫要求，13 號門周圍的面積須擴大，該處目前爲備用進出管制站。爲配合電廠設計改變，需要規劃及設置新的進出管制站。本項計畫包括支援電廠設備的移動和修改，設置新的備用進出管制站，和移動現有的設備並重新校準，以及新進出管制站啓用前的設備測試。

##### 4.10.2 重建 75 噸燃料更換樓起重機

75 噸的主捲揚起重機 1947 年於舊金山製造至今，在過去的 20 年一直沒有使用。由於年代久遠，更換零件已不再生產，必須耗費許多時間驗證備品通用性。爲了提高 75 噸主捲揚起重機的操作安全性，必須更新電氣和控制系統。包括發電機重繞或更新。

##### 4.10.3 除役作業所需的臨時用水用電

大部分的地區爲配合除役作業都需要臨時用水用電，舉凡電力，空氣，水，照明，通風，和通信。電廠現有用在設備運轉維護的公用設施通常是不足或不可用的，無法滿足除役的需求。例如，電動工具通常需要較高的電壓和/或安培數，大多數房間通常需要額外的照明，以及通風系統需要進行修改。這些臨時公用設施必須進行規劃，設計，購買，並在除役開始前已就定位。



#### 4.10.4 其他基本設施

Humboldt Bay 電廠除役作業需要增加人力，因此需要更多的辦公空間，包括休息，洗手間，資料儲存管理，以及鋪設第二條可連接 PG&E 北面停車場的聯外道路。這項工作包括工程，測量，地質工程，許可申請，材料測試及檢查。為因應除役活動所增加人力，需要額外購買或租用貨櫃屋，並提供電話，電腦，和用水用電。

特殊計畫應比照除役計畫辦理規劃，進度，預算和執行。

#### 4.11 計畫原則

為了確保 HBPP 能在除役期間完成目標，除役組織已尋找一些產業專家來正式進行關鍵性的計畫；每個計畫都有相近的編排及形式，以達到一致性並準確地完成目標。

根據不同技術研討主題，每個計畫都界定了相關的假設與基礎。調查單位會提供來自產業報告的心得、學習案例及技術相關參考文獻的資料。分析部門負責將技術研討及調查單位整合出的結論與推薦之意見程序系統化。所有的計畫都會經過內部及外部的審查，這些計畫都納入 PEP 的附件之中，計畫有：

##### 4.11.1

過渡計畫目的是為在安全存放(SAFSTOR)期間，直到 HBPP 三號機 10 CFR Part 50 許可執照終止前，對發生數個過渡期提供一綜合的概述。在三號機的毀壞及除役期間，這個計畫闡述了預期的組織人員配置變化、除役階段、以及各階段面對部門人員配置的衝擊；而處理這些變化需要許多具備相關適當技能的人員，而大部分的過渡計畫都是在處理人員配置問題。

為了 2005 年的時程規畫，預計在高峰期間(不包含支援 ISFSI 安全計畫的 31 位雇員)需有約 112 位的人力安排。評估認定除役監督承包商(Decommissioning Oversight Contractor，簡稱 DOC)將管理、計畫並執行所有除役的體能活動；DOC 同時也負責人事招募、聘雇、訓練及人員監督管理。而 PG&E 會再聘雇人員負責監督 DOC 的活動。另一獨立放射性廢料承包商負責管理處置除役過程的廢料。2005 年計劃評估一號機與二號機將持續運作，期望能使場區更充塞許多工作人員，休息與工作區域可分享給其他專案計畫共同使用。

過去除役的經驗指出，未預期的支出、時程的延宕以及其他潛在議題等，都起因於如何運用 DOC；因此，PG&E 決定以內部資源自行進行除役的流程管控及廢料的處理。然而善用 DOC 能做到 PG&E 一直以來期望保留的兩項優勢。

首先，DOC 能有效率的辨識、審查及選擇新增雇員，管理上能比 PG&E 帶來較小的衝擊。再來，DOC 在全職的 PG&E 雇員及 DOC 招募的新增雇員之間，提供了明確的法律界定。這點給予 PG&E 相當的擔保，不用擔心發生共同聘雇的爭議而導致除役時程的延滯。爲了保持前述的兩項優勢，PG&E 挑選了專責人員配置管理的公司來負責增員活動，學會善用這樣的機構來協助招募、養成及管理增員。這樣的機構能適當的緩解因招募或篩選增員所帶來的管理負擔，也導致相關支出與管理人員費用的增加。目前 PG&E 仍保有監督除役工作及管理新增雇員的責任，他們使 PG&E 的職員能落在關鍵的職位上，以確保除役工作能安全、正確且有效地被執行。

三號機除役工作的細部計畫約在 2008 年中開始實施。計畫施行之後，評估完工所需支出額遠高於 2005 年的 TLG 計畫，而這被視爲一個合理的結果，原因是執行此計畫的細節度遠勝於先前的計畫。

Alpha 射線的極高污染使得 HBPP 在商業核電廠進行除役的領域裡顯得相當獨特，這導致：

- 較低的生產力，與大量使用防護衣及呼吸防護有關。
- 爲消除放射性污染而避免空氣傳播的顯著成果，限制了可被運用的技術性選項，導致更多時間與財務資源被消耗。
- 大幅增加輻射防護資源的需求，提供更多採樣、調查、工作職缺及呼吸防護。

這些結果的變化顯示出在高峰期間的人員配置需求實高達 183 位。(不包含 ISFSI 保安人員)

系統與區域關閉計畫(簡稱 SACP)明確解釋了移除及卸載 Humboldt Bay 電廠(HBPP)三號機受污染的機具及功能區域的步驟與方法，這個計畫主要著重如何在 NewGen 現場的三號機除役設備與並行的建設活動上，呈現易懂、可行的方案，HBPP 的一號及二號機亦同。

此計畫的主要目標是為七年時程的相關資訊和預算分析提供宣告的準則，「關鍵性除役進程」是此計畫中最必要的部分。她們得考量到三號機除役時在廠區內同時進行的其他活動項目，以及與釋出信託基金相關的預算限制。

「概念計畫團隊」是由能力素質相當高且經歷過多種除役工作的相關專家組成。PG&E 召集了這樣的團隊來發展 SACP(系統與區域關閉計畫)。這個團隊的方法先比較過去與現存的 TLG 除役評估，進而準備並更新所有考量到三號機設備的特殊性，以及新發電機(NewGen)現場的建造活動，2011、2012 年一號與二號機的拆除活動等相關時程與評測。再發展整個計畫表時，其它核能設備的除役及產業報告的學習案例，同樣也納入考量。由概念計畫團隊驗證關鍵的除役進程，以提高工作時程與經費支出的效能。

「關鍵性除役進程」與「其他廠區活動」及「里程碑日期」有密切的關係。專案中前述三大範疇的順序反映出能否在除役上有一個較具整合性與有效運用預算的方式。另一個工作順序的哲學是平行籌畫彼此毫無關聯的活動，這能降低因疏忽時程掌控而產生浮濫支出的風險。大型組件的移除作業應儘量規畫在同一時段進行，以增加租賃設備，例如大型起重機，的使用效益。應以務實態度從事使用起重機吊卸大型組件的作業，因為無論是啟動或停機都所費不貲，必須審慎地按序並盡可能在時間上緊密銜接地卸載這些組件，以降低反覆啟動或停機的動作。

每一個工作小組陣容的判定、人員構成、以及各小組於特定時間及工作內容所配備的總人數，都被視為這個專案是否能普遍成功的重要考慮層面。「唯一工作小組」的想法是以訓練一組

人員，專為電廠特定區域內執行某些特定任務作為概念；進而在電廠內周邊區域或是除役的系統上也能運用同一小組執行類似的任務。在選擇每一個工作小組的陣容時，亦需考慮到相對較小型設施所在的封閉狹窄區域。

爲了三號機除役的安全性與效率，系統與區域關閉計畫(SACP)需對其時間表、成本、複雜性、衝突性方案、計畫案的工作小組陣容負起整體責任。

#### 4.11.3

除汙計畫驗證了使用在 HBPP 的那些適當的除汙工具與技術，能支持安全系統、結構、組件，除汙(Safe System, structure, and component, 簡稱 SSC ) 除汙以及除役流程，以應付廢料管理，毀壞及結束狀態。除汙過程擴大討論在 “Decommissioning Cost Study for the HBPP Unit 3 SAFSTOR 2009, October 2005” (Baseline), HBPP License #DPR-7 Section L-3 Defueled Safety Analysis Report (DSAR), 以及 HBPP License #DPR-7 Section L-5 卸載除役計畫，以及 the Historical Site Assessment (HSA) 當中都有詳述。

這個除役執行計畫包含了三個目的：

- 事先移除；持續進行；事後移除關閉除汙行動
- 從安全存放(SAFSTOR)成果中，提出建議的除汙方式與人力配置異動
- 提供現場人員如何執行的參考指南

Hanford ALARA 中心， Plum Brook 反應爐設備，以及 Rancho Seco 的基準評比已施行，以匯集初期資訊。在除役過程中，除汙系統與工具需確保在極可能受到 alpha 輻射污染的高風險環境中施行時的安全性並適度管理。在各種商業核能設施與聯邦清除專案中，許多廠商的產業報告、案例、會議及科技系統都經過審查。

聯邦矯正清除與商業核能除役中所使用的除汙方法都經過審查，爲 HBPP 識別最有效及適當的除汙系統。這些成果包含了超

過 200 個網站、白皮書、內容概要說明書、成本報告及案例學習等，分別來自於數個專業機構，包含有:ANS、DOD/JACADS、DOE、EPRI、IAEA、NASA、NEI、NRC 以及 WM 專題討論會/座談會等。受到 alpha 輻射及其他高度放射性污染的設備所使用的除汙方法皆受到驗證。

一份HBPP與除汙計畫相關的技術議題概要已被詳盡的闡釋，這份概要是根據現場規劃圖、基本活動、現有特性資料、以及過去的實行經驗構築而成。核能與拆除高危險源機具的設備廠商與產業案例，皆為HBPP的相關技術、系統、步驟、設備除汙提供了風險最小化的改進評比。舉例來說，對於結束主要較高的風險系統區域，一些除汙系統和方法可能是需要被驗證。

就現有技術和最佳之管理辦法，在其他核能和放射性設施之系統、結構和組件(SSCs)應評估各種除汙過程，篩選既有產業界供應商的除汙裝置和方法。這DOE ALARA中心和其他核能設施接受D&D訪視，驗證重要的拆除計畫工具、經驗和限制，一般時序和或特殊的除汙技術的程序等應用。

計畫建議除方法提供給每一主要SSC，這除汙計畫利用了一個傳統途徑，這途徑需要採用被證實和符合NRC許可、工業界已建制和基準線文件等安全的商業技術系統。

#### 4.11.4

為在 HBPP 電廠從衍生點到已被安置在一密閉和除汙過之廢料包裝箱及傳送至廢料部門處之放射性廢料的管理，這廢料管理和處置計畫定義出一途徑與基礎。這計畫為：

- 參與結合正在除役之 HBPP 電廠艱鉅工作，諸如：在 HBPP 電廠運轉期間發生核燃料故障，和自電廠停機後一段時間驅使 beta 的比率到發射出 alpha 放射性核種，逐漸顯示出低於在大部分核電廠之當時數值。
- 定義出廢料產物之數值變化。
- 預估工作人員的變化；需要提出這變化在廢料產物之數值上，和描述身體上之變化，那是有需要去支援電廠在放射性

廢料工作之增加。

除役之廢料大多數是 A 類 LLRW，進入到 A 類除役之廢料之 LLRW 處置場顯示出是正當的，僅有微小百分比之除役廢料是 B 類和 C 類。

中途集結區是除役廢料運送成功之關鍵，在除役的拆解階段中，建議使用固體廢料裝卸建築物做為裝載的準備。現有電廠北側地區建議作為等候裝載廢料桶之中途區。另建議空桶儲存擺放於輻射管制區(RCA)的極東邊和用過燃料存放設施(ISFSI)的南邊區域。在建物的破壞與修補階段，將使用大量廢料桶，所以在破壞三號機之前，會先拆除一、二號機，而拆除後之空地將用來存放廢料空桶。

所有符合 10CFR PART61 CLASS A 要求的放射性廢料，將被指定放在猶他州之克里佛(Clive)之 Energy Solution 處置場，而於 2009 年 7 月 1 日 PG&E 尚未有進入到 10 CFR Part 61 Class B 或 Class C 廢料處置場。因此 B 級和 C 級廢料必須存放在現場直到有效的執照設施取得為止。2010 年之安全存放(SAFATOR)研究認為；終於將有一可用的 B 級和 C 級廢料處置選擇去支持除役工作。

用過燃料是具有高階的核能廢料特性，根據 1982 年核能廢料政策法(Public Law 94-425)，要求能源部(DOE)依照法律與業者和或用過核燃料之發電廠簽訂合同，能源部(DOE)依據契約上規定，對於高階核廢料負起用過燃料的最終處理之責任。所以運送的成本和用過燃料的處置費用應分開計算，但特別是不包括除役費用之估算。

雖然除役費用之估算不依附在核能現場之用過燃料的移除或處置內，但應考慮對於在現場存在用過燃料能強附加在其他除役活動的約束。特別是在美國，由於目前使用過燃料的不確定環境因素造成研究成本確認之延遲，故除役時間表要能配合這樣的狀況來執行。目前預計 PG&E 兩間核能發電廠必須各自對他們

使用過燃料的庫存，提供更大的儲存空間和保管，直到異地處置廢棄燃料之方式可以執行才能停止。

#### 4.11.5

運送計畫的主要內容是在說明廢棄物運載過程中會發生的突發狀況。除役的結果預計將涉及大約兩千兩百放射性廢料的出貨量。出貨的有效執行將可確保除役過程順利進行。所以爲了提高運輸效率，此計畫將包含車輛來往、運輸方式、運輸路線、出貨率、和空箱及滿載箱的中繼站。

Humboldt Bay 核電廠的除役計畫將會遇到特殊的挑戰。和其他經歷過除役的核電廠比較起來，Humboldt Bay 核電廠是非常小的。在廠裡大約只有 15 畝的土地可以使用。在除役的開始階段，新發電機(New Gen)計畫項目也正進行著將電力生產容量安裝至廠中。這將導致在核電廠地區會有額外的車輛運輸和人員的問題。新發電機(NewGen)的安裝計畫完成後，在 3 號機的除役期間，1 號機和 2 號機將被拆除。這也將會對該廠造成車輛來源和人員交通上的問題。

- 設備拆除及建築物表面除污階段

從2009年TLG使用廢料重量的報告結果，在設備拆除的廢料預估有178綜合運輸出貨量，27 運輸線或高階整核廢料桶(HICs) (5 Class A 和22 Class B和C, 大部分是反應爐內部組件和其他硬體和液體廢料處理過程產生之廢料)，57建築物除汙之廢料綜合運輸量、9航次複合運輸量之除役設備和8航次海陸運輸量之乾性廢料(DAW)。

如上所述的包裝方案的預計將產生總共251次運送量的拆除結構物、系統組件，以及5航次貨輪的運送量。這五次貨輪運送量會在反應爐拆卸過程中產生，並在1到3個月期間內運出。根據HBPP目前的除役計畫時程表，並假設當廢棄物產生並包裝完成後立即運出，可得到預估的運輸費率。雖然工作結果的主要種類皆是平行進行(分解、淨化、拆除、修復)，但仍舊能以進行中的主要類型工作來討論此計畫。在設備拆除階段，出貨次數的範圍大約是

每月兩次到每周兩次。而在進行淨化工作的時候，出貨次數會增加到大約每周四次。等級B/C之廢料物的22條貨櫃(liners)將會在廠裡存放，直到2013年的假設計畫中處置廠或備用儲存廠的產生。

- 特殊廢料物的種類和注意事項

在2013年，假設如果有臨時儲存場或處置場，則HBPP的拆除工作將會把等級B和C的廢料物從廠中移除。這個工程將會包含22桶的出貨量。這些廢料物包含了金屬和加工廢料物。部分的廢料物將會被包裝至ES-120 liners，有些則會被包裝至ES-210封櫃(liners)。The ES-120 封櫃(liners)包含了要用3個A型桶運送和需要用4個B型桶運送。The ES-210 封櫃(liners)則用A型桶運送。在整年當中狀況比較好的那幾個月，此工作項目預計可以產生每月兩次的出貨量。

- 建物拆除和土地整治階段

爲了清除瓦礫和泥土，1193的綜合運輸是必要的，其中包含了823建物拆遷廢料綜合運輸和補救措施的370瓦礫泥土綜合運輸。基於目前的HBPP除役項目進度表，在這段期間的平均出貨量是每周22船貨物。此平均出貨量包含了每周約15船貨物的期間。預期2014年5月會出現高峰，將達到每週約60船次並持續一個月的最大出貨量。

爲了除役，電廠將從SAFSTOR期間的每周0.1船出貨量轉型爲設備拆除期間的每周2船出貨量和拆除修復工作期間的每周19船出貨量。而爲了支持這項工作，將需要增加現場的工作人員。廠內將有一些變動，例如輻射管制區(RCA)的圍籬範圍擴大，以安置裝運貨櫃。另外還需要增加一些設備，像是卡車的磅秤和車上型監視器。電廠運送廢棄物的速度將對除役的進度構成影響。

#### 4.11.6 立場文件

立場文件表達了大量的具體問題和 HBPP 特別關心的議題。這些主題皆在立場文件當中被闡述和分析。立場文件被編號爲“DECON-POS-HOXX”，其中 XX 是立場文件的獨特編號。文件如下：



- DECON-POS-H001, 建立一個LLRW適當處置率(Establishing an Appropriate Disposal rate for LLRW)
- DECON-POS-H002, 建立一個適當應變因子(Establishing an Appropriate Contingency Factor)
- DECON-POS-H003, 建立一個適當的土地使用方案許可終止計畫(Establishing An Appropriate Land Use Scenario for LTP)
- DECON-POS-H004, 吊車和龍門式起重機: 需求與利用(Crane & Lifting Gantry: Reqs & Utilization)
- DECON-POS-H005, 埋管之移除, 溝渠和管道(Removal of Embedded Piping, Raceways, and Ductwork)
- DECON-POS-H006, 尺寸減低技術和工具和除役設備(Size Reduction Techniques and Tools and Equipment for Decommissioning)
- DECON-POS-H007, B&C 廢料特性表徵之技術和策略(B&C waste Characterization, Technical and Strategy)
- DECON-POS-H008, 最終狀態的HBPP廠址(End State for the HBPP Site)
- DECON-POS-H009, 次級結構的移除(Removal of Sub Grade Structures)
- DECON-POS-H010, 次表面廢土之開鑿和移除(Excavation & Removal of Subsurface Soil)
- DECON-POS-H011, 地下水管制和管理(Groundwater Control & Management)
- DECON-POS-H012, 液體廢料系統之移除(Removal of Liquid Radiowaste System)
- DECON-POS-H013, 一個臨時性液體廢料系統的安裝(Installation of a Temporary Liquid RW System)
- DECON-POS-H014, 除役過渡性訓練的評估(Evaluation of Decommissioning Transition Training)
- DECON-POS-H015, 結合與一和二號機的破壞問題的評估(Evaluation of Issues Associated with Demolition of Units 1 & 2)

#### 4.12 成本控制措施

成本估計為規劃過程的一部分，並在工作執行過程中追蹤。員工的工作執行力愈高，成本估計也愈準確。HBPP 僱用具有專業資格且經驗豐富的員工，負責除役的規劃和執行。為了便於規劃，從最初為 TLG 成本估算一部分的分項工作結構（WBS）中確認工作項目。WBS 在概念設計階段中進一步修訂。規劃完成後，進行勞力和材料成本估計的工作。經過估算的成本和原先概念規劃的成本估計以及 TLG 成本估計相比較。若發現任何顯著的差異，立即送管理階層審理。

實作的成本將在一個持續進行的基礎上進行追蹤。勞動時間，材料耗費，設備使用，以及生產進度將每日檢討。每週將狀態回饋給財務分析師作為追蹤之用。財務分析師按月提出分析報告，並向管理階層報告任何顯著差異。

實際成本將累計到計劃成本，以確定所完成工作的掙值。掙值將成為工作成本效率和工作進度的另一項管理指標。

#### 4.13 訓練

HBPP 管理團隊認知到，所有工作人員對於電廠獨特除役作業的期盼，計劃和程序，應有共同的理解。為了達到共同的理解，採取三項具體行動：聘請除役訓練師，舉行全員參與的簡報說明會，及建立必要的資料研讀方案。

除役訓練師的任務是選定除役規劃和進度時程相關之訓練需求，開發訓練課程，並培訓現場工作人員。

管理團隊建立全員參與的簡報說明，其中包括電廠歷史摘要，除役規劃，預算和資金管理，以及管理階層的願景，目標和策略。

除役經理針對長期的計畫檔案文件建立必要的資料審閱方案，首先將針對此計畫及其附屬計畫之文件資料進行審閱。

### 5 調查

用以發展PEP的調查過程，包括本廠以前從事除役工作離退人員的簡介，經驗總結、離退前活動報告與HBPP人員訪查結果。

## 5.1 安全

Dr. Steven Schiff從2004年起就採用Iceberg Model（冰山模式）進行基層訓練。這種模式已用於HBPP安全文化委員會，為期5年。2006年機械維護主管表示該廠安全文化已讓員工從「自護」逐步轉變到「互護」。並鼓勵員工觀察其他人不正確的工作習慣、抄近路，或者不遵守安全指令等行為提出糾正。此外，觀察者必須向被糾正者、其上司解釋錯處、並提供正確的資訊。結果HBPP順利達成400天、700天「工安零災害」的可觀紀錄。

目前由管理人員與主管組成的 HBPP核心領導團隊，是2007年為準備燃料傳送作業而成立。他們的領導能力很強，把作業安全處理得很好。截至2009年6月，這個團隊已經達成連續825天「工安零災害」的紀錄，因此該廠於2009年初獲得母公司PG&E的2008 Shermer L. Sibley Award。該獎項的標準不僅是基於安全的統計性能，但對組織的整體安全管理方案的有效性。HBPP已顯示出真正對安全的承諾，並在整個組織內已建立了強大的安全文化。

## 5.2 符合法規

電廠營運和除役所有階段都需要留存符合現行法規和執照要求的紀錄。除役作業受到多項法規管制與執照要求的影響，其中有些設施試營運期間所沒有的。因此除役作業必須特別注意以求符合各項聯邦、州政府與地方政府的要求。一旦確定推動除役作業，設施就必須確保與各級主管機關建立清晰順暢的溝通管道。此外，除役過程的主管機關監管和執照活動範圍比營運期間更多樣化，例如：

- 加州關心除役過程中關於文化、古生物學、生物等方面的要求。雖然電廠在營運期間很少遇到這些要求，但須取得設施拆除或土壤移除相關執照時卻必須符合相關要求
- 某些州對於環境或放射性物質的法規要求比聯邦法規更嚴格
- 有些州規定除役後廠址財產權須自業主轉移至其他團體

## 5.3 合理抑低措施

進入除役階段，所有放射性污染設施都可能衍生體內或體外暴露，因此必須建立主要作業設定合理抑低（ALARA）目標。

電廠	容量(MWe)	集體劑量(人·rem)
----	---------	-------------

Big Rock Point	67	450
Yankee Rowe	185	594
Connecticut Yankee	619	840
Maine Yankee	931	510
HBPP Unit 3	65	208(預估)

如前述HBPP營運期間因有嚴重的燃料破損問題，所以超鈾元素（Transuranic elements, TRU）污染是主要劑量貢獻來源。只有在能源部或國防部的再處理廠曾經歷嚴重的TRU污染，因此HBPP輻防團隊從相關設施處理中汲取經驗。目前輻防團隊已經有效、成功地完成管制作業。

#### 5.4 最終狀態

雖然大部分設施經除役後將達到「非限制使用」(Greenfield)狀況，但HBPP選擇與Rancho Seco廠相同的「限制性使用」，對於最終狀態年劑量限制採用「工業界標準」(Industrial Worker Standard)。相關分析詳如DECON-POS-H008, “End State for Humboldt Bay Power Plant Decommissioning”。

#### 5.5 利益關係人溝通

從其他除役項目的重要性，指出了利益相關者的通信信息。為了盡量減少潛在的負面影響，決定關閉核電廠，並表現出理解它的作用，作為企業公民，應採取一系列的社會影響減災戰略。嚴格和頻繁的交流與所有受影響的利益相關者是一個關鍵，以最大限度地減少關注。此外，行業經驗在幾個網站稱為通信與利益相關者，以透明的除役計劃實施的關鍵。最後，與利益相關者的溝通是從以前的除役活動的地方很多經驗教訓。通信開發的程序必須進行修改以滿足各利益相關者的需求。

#### 5.6 工期和預算堅持

任何會影響工期的活動都會影響預算的規畫。除役作業經驗表明，詳細的規劃和調度，就是獲得成功的關鍵。HBPP除役規畫就在2008年7月開始拆除廠房，就比原先預定的工期整整提前9個月。另外一個需要確切的計劃和有效的工期的原因，就是得以準確地成本估算。其他造成除役成本不確定的變數，包括污染土壤處理、釋出設

施的最終淨化方法（細縫清除或深部刮除）、確認與整治污染地下水的體積。

從時程延宕的後果可以看出遵守計畫工期的重要性。除增加人事開支之外，時程延宕將嚴重增加計畫成本支出，包括：員工管理、規劃、監督和供應該領域的工作人員進行。週期依賴的間接費用和不同的時期。表5.6.1分析除役工期不同階段每個月成本

表5.6.1 除役工期不同階段每月成本(百萬美元)

階段	計畫	系統移除	RPV移除	建築物準備 拆除	拆除 建築物	執照終止	廠址復原
年月	2009/01-2009/03	2009/04-2011/03	2011/4-2012/9	2012/10-2013/9	2013/10-2015/4	2015/5-2015/12	2015/5-2015/12
每月	1.4	1.7	1.7	1.6	1.6	0.6	0.3
該階段 總成本	4.2	40.4	29.7	19.7	31	4.5	1.9

該廠除役作業過程中，曾因輻防措施失效與其他原因等致核管會(NRC)裁決停工1年，其後因HBPP改善作業程序與再訓練，並更換輻防管制人員與工作人員後才獲得NRC解除停工禁令，但是這件事成爲工期嚴重延宕的具體案例。

除役工作最重要的必需有優秀的人才、良好的管理與有效的方案與程序，並且與地方級主管機關要有良好溝通，才能增加各方對於除役作業的信心。

DECON-PLN-H001 “Transition Plan” 分析各項間接費用細目。附表說明嚴守資金預算的重要性。例如除役期間起重機和重型設備租賃和購買小工具的總預算約2400萬美元。分佈在預算的時間和不同的時期。如果一個時期內預算超支，隨後期間可能沒有足夠的資金。

表5.6.2 起重機，重型設備和小工具成本(百萬美元)

階段	計畫	系統移除	RPV移除	建築物準備拆除	拆除建築物
年月	2009/01-2009/03	2009/04-2011/03	2011/4-2012/9	2012/10-2013/9	2013/10-2015/4
該階段總成本	6.0	8.1	2.4	6.4	0.9

起重機、重型設備、工具和小工具成本細節都包含在DECON-POS-H004 “Crane and Lifting Gantry Requirements and Utilization” ; DECON-POS-H006 “Size-Reduction Techniques, Tools, and Equipment”

### 5.7 乾式貯存設施(ISFSI)管理

每個已完成除役商業電廠的用過燃料都儲存在乾式貯存設施 (ISFSI)。每處設施的貯存方法都類似，它們都需要維持燃料安全、監視其完整性和維持ISFSI設施。每個設施所面臨的挑戰都是提供充足、高質量資源來完成所需活動符合成本效益。

美國能源部 (DOE) 依法負有接收用過燃料責任，但能源部尚未設置貯存/處置這些用過燃料的設施，因此大多數業主必須動用已繳付的除役信託基金 (Decommissioning Trust Fund, DTF) 興建ISFSI以為臨時措施，導致DTF規模縮水。多數業主將訴諸法律，要求DOE補償ISFSI的興建費用。

### 5.8 項目計劃

HBPP除役計畫中5個主要技術面計畫。這些計畫內容包括用於3號機的物理除汙與拆除技術。這些計畫並未討論諸如溝通、最終記錄與文件格式、利害關係人聯繫、員工個人權益關心事項等「軟性」議題。

### 5.9 發展歷程和成績

HBPP工作人員在除役作業投註大量心力並取得了重大進步。5個主要技術計畫已於2009年中定稿。目前大約有15%的項目管理計畫與支援作業合約已經發包。所有用過燃料都已自燃料池取出並安全貯存在ISFSI設施內。汽機廠房與燃料更換廠房為因應除役作業所進行的改建與重新配制作業已進入最後規畫階段。

展望未來，除役作業里程碑包括：

- 系統拆除
  - ✓ 完成反應器研究，啓動準備工作團隊
  - ✓ 汽機廠房大型組件拆除
  - ✓ 用過燃料隔架拆除
  - ✓ 燃料更換廠房管路與支架拆除
  - ✓ 支援系統修改，如進出管制站、計測室、安裝臨時廢料處理系統等
  - ✓ 修改與1、2號機共用消防系統
  
- 反應器拆除
  - ✓ 爐內組件切除
  - ✓ 反應器壓力容器包裝與移除
  - ✓ 繼續拆除燃料更換廠房與汽機廠房設備
  - ✓ 1、2號機除役與拆除作業
  
- 廠房拆除準備作業
  - ✓ 拆除地下埋管與穿越管
  - ✓ 建築物混凝土表面除汙
  - ✓ 活化染混凝土拆除
  - ✓ 用過燃料池壁拆除
  - ✓ 繼續燃料更換廠房與汽機廠房設備拆除
  - ✓ 結構空洞回填
  
- 廠房拆除、廠區復原、土壤整治與最終偵測
  - ✓ 營運執照終止
  - ✓ 拆除地面層以上固定建築
  - ✓ 土壤整治與移除汙染地區表土
  - ✓ 廠址偵測
  - ✓ 復原偵測
  - ✓ 最終廠址偵測
  - ✓ 廠區回填與分級

## 6.1 計畫執行

成功的計畫執行是與前期規劃及規劃細節有關，而前期規劃工作包括：

- 計畫範圍
- 成本與時程估算
- 計畫控管
- 作業項目細分
- 績效度量

由除役相關行業經驗顯示，前期規劃所得到的實質好處是在規劃過程中付出的努力，提供更多可預測的項目成果和由下表中所看到。

	High Effort	Low Effort
Projected Costs	4% under-run	16% over-run
Projected Schedule	13% ahead of schedule	26% behind schedule

在Humboldt Bay Power Plant (以下簡稱HBPP)的除役組織在2008年7月開始前期規劃，並在2008年12月有了初步的規劃結果。這些計劃為了一定的時間及成本效益考量的方式完成3號機組之除役，而建立了HBPP除役策略、人員配備及基本時程表等。除役組織更新規劃在2009年1月開始，且同時提出要成功地實施這些計劃，而定義“如何做”的程序。並在2009年4月完成了更新規劃的初稿。

在規劃過程中，HBPP 限定成本和進度的活動。核能電廠除役的規劃中，包括計劃成本、實際成本和進度的變化，以及參考在此行業中已完成除役的大部分設施及考量各種可能的偶發因素的經驗，以便更準確地預測最終成本和進度。廣泛使用的權變因素當然也各不相同，HBPP 已針對各項權變因子進行研究，依據研究結果，HBPP 以 25% 的偶發成本進行除役規劃。HBPP 管理階層認為，在整個規劃工作上，除了偶發因素的基礎上，進度和成本估計是建立在 HBPP 對除役的努力上。



經由規劃工作的努力和修改現有規劃的結果中，HBPP 於 2009 年 5 月開始籌備第一次除役活動，HBPP 管理階層有意使用第一套活動，以確定規劃可以改善的地方，透過一個積極執行的過程中，可以允以識別並納入規劃中。在 HBPP 管理階層預期的前幾個行動中，就發現許多需要改進的地方，然而，這些改進被納入除役計劃中和作為工作人員如何由識別出的缺點中學習改進，這些過程由隨後的數字和範圍可以確定改進不少。

## 6.2 挑戰

除役的努力可能面臨著許多挑戰，有些所面臨的挑戰是任何除役行動都相同的。然而，有許多特有的挑戰是在 HBPP 單獨碰到的，所有除役作業共同會碰到的的挑戰，包括：

- 內部和外部利益相關者的溝通；
- 整合電廠新成立的工作小組和大批新加入的新進人員；
- 新程序、規劃和工作理念的培訓；
- 堅持進度和預算預測；
- 修改和減少方案和程序，以滿足在除役中減少需求；
- 維護人力的道德勸說，使其在不預期的情形下，從一個經營模式改變到另一不同的模式中所面臨工作性質的移轉。

在 HBPP 除役中所面臨獨特的挑戰與努力，包括：

- 協調在有限的現場空間裡，如何使用空間、暫存設備、工具和材料等事項；
- 在有限的現場空間裡，明顯地擴大工作人員的休息設施，並提供工作空間與休息空間等；
- 由地方當局取得加利福尼亞州沿海地區現場活動所必要的許可證。

### 6.2.1 利益關係者之溝通

有許多利益關係者對除役一個設施感興趣其過程和結果，其中包括員工、監管機構和公眾等。

員工在設備和設施的變化過程中，由一個模式到另一個操作模式的不確定性，對他們工作的影響與壓力，爲了方便員工的溝通，HBPP 管理階層帶來了企業人力資源管理經理（HRM），其是熟悉太平洋天然氣電力公司(以下簡稱 PG&E)所能提供的資源和政策者，人力資源管理經理將能解決特定的、個別的員工所提出切身的問題。

HBPP 管理團隊已經採取了一些行動，以加強員工之間的資訊交流與溝通。管理團隊提出的項目包括：

- 舉辦除役規劃現況說明大會；
- 重新定位在現場的主要工作小組，使更貼近訊息交流（如工程組織如何趨近除役組織）；
- 將規劃組織深入 RP 放射性廢棄物工程師；
- 聘請除役訓練員，開發和提供特定項目的培訓。

HBPP 管理階層透過與經理、主管和計畫項目主要負責人等，進行了一系列的腦力激盪活動，來幫助除役工作，並確定額外的挑戰與資訊的流通。在會議期間所確定的改善措施包括：

- 加強培訓；
- 改進會議和溝通的效果和效率；
- 清楚與完整溝通的改變要及時傳達；
- 提高審查和批准工作單、設計變更與特別工作許可等之時效性；
- 整合和維護時程的最佳化；
- 規劃關鍵路徑的明確定義和溝通；
- 評估影響如期實施之前的優先事項；

- 最小化優先事項的改變，以盡量減少員工的等待工時；
- 簡化採購流程；
- 加強員工完成工作的責任心；
- 界定溝通部門的預算。

外部利益關係者，包括公眾和地方，州和聯邦監管機構等。爲了促進與這些團體溝通，HBPP 管理階層辦理：

- 與公民諮詢委員會每月定期舉行會議
- 向 NRC 提出正式和非正式的簡報
- 與地方當局聯繫，以便在現場爲預期的活動尋求“諮詢和同意”。

#### 6.2.2 結合新的工作團隊

在 HBPP 的工作人員由 2009 年 1 月約 75 人迅速增加至 6 月的 165 人。新進人員和現有人員的學習曲線是非常陡峭的，新進員工必須學習期望是什麼，如何在既定的程序及步驟裡執行工作，以及在組織內了解其他成員。而現有員工必須學習不斷改變的新組織所帶來的期望，並站在廠方幫助新進員工，使其適應加入現場過渡期間的變化。

爲了支持團隊學習和整合，HBPP 管理階層是：

- 提供額外的時間學習除役相關程序與步驟，以及規劃的時程；
- 除役規劃、程序和步驟的開發訓練；
- 增加工作人員資訊會議的頻率。

#### 6.2.3 簡報和訓練

HBPP 管理團隊對溝通的狀態，日程安排和各級內部和外部的挑戰等，除了前述所討論的腦力激盪外，下表描述了其他活動，目的在交流計畫的執行：

Table 6.2.3.1

Date	Topic	Audience
12 Feb 2009	Decommissioning Cost Estimate Update	SVP & CNO Briefing at DCPD
5 Mar 2009	Decommissioning Sourcing Strategies	VP of Shared Services and Chief Procurement Officer at San Luis Obispo
18 Mar 2009	Approach to Decommissioning	HBPP All Hands Meeting
19 Mar 2009	Decommissioning Update	SVP & CNO Telecon Briefing
24 Mar 2009	Citizen Advisory Board Briefing	Citizen Advisory Board
28 May 2009	Approach to Decommissioning	American Nuclear Insurers
Scheduled	Project Scheduling Training	Project Scheduling
15 June 2009	Management and Supervisor Off-site Meeting	HBPP managers and supervisors
23-25 June 2009	PG&E Project Management Mastery Workshop	HBPP managers, supervisors, and project leads

#### 6.2.4 願景、目標及除役基本原則

正如本規劃報告第 4 節所述，HBPP 管理階層為 HBPP 特定場址的發展訂定願景、目標和除役基本原則。這些申明的主要目的是要讓場址的現場工作人員明確知道期望，使工作人員能在安全和成功的情況下完成 HBPP 除役工作。除役基本原則是：

- 安全工作是與每一個人、每一項工作及每一天有關
- 我們是一個團隊
- 保持我們自己和我們的同事，合理抑低的輻射劑量
- 由工業的不利影響來保護環境
- 負責任的管理成本

- 準確的規劃編制工作，並尊重所訂定的時間表。

在全體員工大會上，HBPP 的管理團隊提出願景，目標和除役基本原則，並將它們納入一般員工的培訓計畫，及加強在例行會議上說明。

#### 6.2.5 方案程序及步驟

從 2009 年 1 月到 5 月由過渡期進入除役階段，規畫步驟及許可基本文件進行了許多修改。約有 700 個程序啓動，這個充滿挑戰的努力將持續作為除役進展、條件和程序需求而調整變化。

除役活動帶來了新的風險和挑戰，現有廠房的除役程序和進程配合需要進行了修改。許多的變化，還包括過程效率和修改的要求反映出用過核子燃料被轉移到 ISFSI 的風險減少。新的程序，建立經常性的，日常的，或複雜性的除役活動需要標準的控制和更高級別的批准。新的程序包括：

- 信息的主動系統
- 工具控制
- 石棉
- 鑽孔和發泡設備及管道切割和搬遷前
- 高風險和不經常活動
- 成本控制

桌面指南的制定和核准實施之新程序，所允許採用的非行政程序層面之指導說明，並不會影響核能安全和環境。例如，圖書館指南的工作單流程規劃，包括工作單的發展，工作安全分析，尾板簡報，追蹤工作流程的變化等。

標準的工作單是爲了進行一些經常性的日常活動而開發，這些工作單包含適當的安全預防措施和警語，尾板的要求和指示。然而，他們並不需要在每次使用它們時必須全面審查和批准。例如包括若干例行性

廢棄物包裝活動的控制、運輸廢棄物容器之維修及環境採樣以及被用來測試放射性污染、鉛和多氯聯苯的塗料油漆等。

與工作方案和程序一致的項目管理計劃（PMP）的編制和批准，使其提供全面性、靈活性的工作計劃，以幫助該項目在除役工作套裝中的發展，用於在關廠期間執行拆除設備、零組件和結構。例如，變壓器的移除包含 1 項 PMP 和 8 項詳細的除役工作套裝，在 2009 年 4 月完成。

這些 PMP 反映在顯著熟悉範圍和工作規定的工作人員之共識上，亦即他們提供一個單一的、一致的，為一個特定的任務項目規劃方法。在 HBPP 除役規劃和工作套裝發展採用了團隊的方法來建立拆除活動的工作參數變化，最初的工作計劃目標、安全議題、資源需求和除役步驟由專業工作人員概述，例如工程和工作規劃等。回饋計劃，則由包括員工和該行業專家的橫向跨領域的審查而獲得通過。另外，介入執行、監督和地方關切等多面向的工作，來確保這些計劃都經過審查與了解。這些團體提供回饋意見信息，以確保可以安全地、有效率的且如期的完成所規定的工作套裝內的所有工作。

進入規劃前的廠內條件、場址現況、相關業界的經驗教訓、計劃順序、現場工作許可等，如掘路許可證和預算符合等皆須考量。移除一結構體，系統或零組件之方法，一旦完成之後，預期的修訂或變更是非常小的。此外，這種結構提高了溝通的預期績效，從而促進達成對時間和預算準確執行的任務。

#### 6.2.6 有限足跡的協調使用

HBPP 場址約 143 畝，其中大部分是濕地。在資產負債上，PG&E 公司正在規劃興建一個 10 部柴油發電機的計畫，並打算將兩個 MEPPs 和兩個火力發電機組及核能機組除役。以上這些活動量和有限的足跡提供

了這個場址一個獨特的挑戰。除役、工程和計畫組織的活動都正在努力規劃中。此外，計畫組織設置了一個工程師，作為空間物流協調員，負責協調人員和設備同步使用的可用空間。空間物流協調員在除役準備審查小組會議期間，提出所制定的計畫已經受到管理團隊的審閱。

#### 6.2.7 許可

HBPP 1, 2 和 3 機組的除役將需要取得各種不同機構所核發的許可證。HBPP 認為最重要的許可證是由加州海岸委員會和北部海岸地區水質控制委員會所核發，這些機構所核發的許可證將於下述討論。

- 加州海岸委員會

除役計畫需要加州海岸委員會（CCC）批准沿海開發許可（CDP），加州海岸委員會在審核這個許可的過程中，海岸委員會將根據加州環境品質法案的規定作為領頭機構，HBPP 在 2009 年 3 月啟動除役的過程中獲得所須的 CDP，CCC 同意接受並核發許可中，係將許可分成三個部分：1) 移除特定設備組件的豁免；2) 除役籌備活動的 CDP；3) 拆除 1, 2, 和 3 機組的 CDP，以及配套設施。這三項許可的每一項內容將在下面討論。

2009 年 3 月 13 日一個 CDP 豁免請求是移除 3 號機組的變壓器和發電機，這個豁免請求海岸委員會於 2009 年 3 月 26 日批准。

2009 年 3 月 26 日 CDP 提出申請的除役籌備活動，包括：規畫運輸道路的改善，一個新的規畫道路、貯存和停車區域的建造，輻射攜帶型監視器和控制站的安裝，保安站及閘門的安裝，額外的模組化辦公建築物的安裝，以及 3 號機組的渦輪機和冷凝器之拆除。預計在 2009 年第三季，這些 CDP 將會獲得加州海岸委員會的批准。

最後一個 CDP 申請會在 2009 年 7 月提交，主要是申請將拆除 1, 2, 3 號機組及配套設施，這個 CDP 申請還包括其他相關活動，如地下水監

測井安裝，在場址領域中降落的使用，B類和C類廢棄物的臨時貯存位置，位於 HBPP 北邊的一條新的通路，以及移除電廠大型組件設備的駁船運輸。根據與加州海岸委員會的討論，這些 CDP 預計在 2009 年 12 月將可獲得批准。

- 北部海岸地區水質控制委員會

PG&E 公司還需要修改由北部海岸區域水質控制委員會(NCRWQCB)所頒布的國家污染物排放消除系統(NPDES)工業排放許可證，這個許可證的修改，係當 1,2 號機組停止營運，由於循環水泵關機的需要所產生，許可證的修改也將解決廢水排放與不包括在許可證內與除役有關的活動之關聯性。據預測，許可證的修正案會在 2009 年 7 月提交 NCRWQCB，而 NCRWQCB 已表示，這項申請程序將需要花費約七個月來處理。

### 6.3 其他場址評估

HBPP 管理團隊要求在其他場址除役活動的成本和除役期間所需時間的簡報，下表總結了這些簡報的結果。

Plant	MWe	Decom Cost	Duration (Years)	Year Completed
Big Rock Point	67	\$474 M	9	2006
Yankee Rowe	185	\$750 M	15	2007
Connecticut Yankee*	619	\$850 M	10	2007
Maine Yankee*	900	\$525 M	8	2005
Rancho Seco	913	\$523 M (est.)	Ongoing	NA
SONGS Unit 1	425	\$572 M	11	2009
HBPP Unit 3	65	\$500 M (est.)	7 (Estimated)	2015

- 除了以上所調查的數據，簡報內容也提供了每一個場址的當前狀態，並從他們除役工作努力中所學得的經驗教訓。目前的狀態包括：



- 在 Rancho Seco 場址，大部分的電廠結構，都留在原地，且場址復原至工業 DCGLs 等級。除役設施的總成本是比拆除的結構物使場址復原至“綠色領域”DCGLs 的程度，並將低放廢棄物送交低放射性廢棄物處置之費率還更高。
- 在 SONGS 場址中，反應爐壓力容器仍然留在現場，相關的成本，包括包裝、運輸和處置的費用將被延後發生，並沒有包括在總成本內。

由以上之數據和簡報，可歸納出幾個要點：

- 從先前除役工作的努力中，利用豐富經驗及優秀的人員來提高規劃的精確度、成本的估算和進度的一致性是很重要的。
- 當相似大小和複雜性的電廠除役時，假設其他因素都是相同的，成本應該是相似的。在這種情況下，BRP 是與 HBPP 相同年份和大小的電廠，其在 2006 年所估算的\$474 百萬美元，與 HBPP 在 2008 年所估算的\$500 百萬美元是非常接近的。
- 除役的成本和時間是與電廠的規模大小或容量無關，以每百萬瓦為基礎，相關行業經驗指出容量和除役成本之間的反比關係，而不是工廠的規模大小，除役成本似乎與前期規劃的程度（好的規劃相當於低的成本）、場址的複雜度、以及所遭遇的延遲性來決定。

#### 6.4 指標

在規劃和實施過程中，利用嵌入式系統監控工作的進展情況，監控系統採用的指標與計畫執行的目標，是要成功地完成除役。在初始系統的指標，包括可顯示各區域的性能，例如：

- 進度的一致性
- 預算的一致性
- 廢棄物處置/運輸

在HBPP除役規劃書所描述的時程和預算指標，含括淨值及程序的描

述。例如廢棄物處置和運輸指標將由來自運輸計劃所建立的運輸費率推算。

進一步細化的指標與其他指標也一起被定義，並在 2010 年初發布。這些性能指標（目標與現況）都會經常公佈在場址附近不同的地點，且容易閱讀的海報上，所設計的性能指標，可追蹤重要參數的狀態，也可用於告知這些關鍵指標項目狀態的執行情形。

## 7 結論與建議

### 7.1 結論

按照目前的規劃過程應該會得到一個健全的除役計劃，其將支持和促進計畫在所擬定的時間表裡，以所估算或低於估算的成本來完成計畫。

### 7.2 建議：

對於在其他設施曾發生的議題，建議以額外的規劃正式提出：

7.2.1 制定一項溝通計劃，解決所有內部和外部利益關係者的需求

7.2.2 制定培訓計劃，以解決：

- 員工的躍升或走下坡
- 在預期的變化和新程序上，現場工作人員的培訓
- 培訓所有工作人員對工作者的安全和程序，以符合管理階層的預期
- 場址和場址文件的變化
- 檔案紀錄保存的訓練計劃

7.2.3 ALARA 計劃與預算目標的正式化

7.2.4 開發環境採樣和整治計劃

7.2.5 制定一個管理監督策略，以加強對工人安全和程序符合的預期

7.2.6 制定場址復原 DCGLs 和獲得利益關係者(監管單位)買入/批准

核一廠除役計畫之得標廠商應進行之工作項目及要求標準

(本項資料已於102.1.3~18於政府採購網站上公開徵求各界意見)

1. 核一廠廠址歷史資料評估(HSA)

(1) 計畫目標

- 完成廠址歷史資料評估作業程序之建立。
- 完成核一廠歷史輻射事件與偵測資料之蒐集與整理。
- 完成核一廠歷史輻射事件之訪談與資訊整理比對。
- 完成核一廠廠址歷史評估報告。

(2) 工作需求說明：得標廠商應參考主管機關或國際認可之廠址歷史評估方法(如美國 NUREG-1575, Rev.1 MARSSIM, 2000 手冊)，以及國外除役之經驗，並由台電公司提供下列資料及紀錄：

- 核一廠設施位置、面積、佈置圖與尺寸等相關資料。
- 歷史文件：如運轉紀錄、廠內及廠外環境輻射監測計畫與紀錄、地下水監測紀錄、意外事故紀錄、可能掩埋污染物質的地點及其他相關資料。
- 現有用過核子燃料數量等相關資料。
- 現有低放射性廢棄物數量等相關資料。
- 其他相關資料。

2. 核一廠輻射特性調查之執行及評估

(1) 計畫目標

- 完成核一廠廠址輻射特性調查作業程序建立。
- 完成 RESRAD 與 D&D 程式比較與參數調查，以及相關作業程序。
- 針對核一廠廠區屬第二、三級地區者，完成輻射範圍調查，包括廠區內之表土與次表土、地表水與地下水等，以及非輻射/污染之建築等之輻射範圍特性調查。
- 完成核一廠各可能輻射/污染廠房結構內或廠區地下埋管之初步

調查。

- 依據輻射歷史事件回顧，完成核一廠廠房內污染滲漏物之調查。
- 完成核一廠廠區內放射性掩埋物之調查與取樣鑑定。

(2) 工作需求說明

- 得標廠商應以主管機關或國際認可之輻射劑量評估程式，依核一廠之廠址環境特定參數及「核子反應器設施管制法施行細則」第 17 條輻射劑量限值之規定，進行評估程式之引進、測試與案例分析，並進程式作業程序書與手冊之建立；再以核一廠廠區(含建築)，執行 Derived Concentration Guideline Level(DCGL)之推導。
- 得標廠商應參考主管機關或國際認可之廠址輻射調查方法(如美國 NUREG-1575, Rev.1 MARSSIM, 2000 手冊)、國外除役之經驗，以及上述核一廠廠址歷史評估結果，完成「核一廠輻射特性調查工作規劃計畫書」，該計畫書應獲得台電公司審核同意，並應先與主管機關溝通獲得認同，始得進行後續之調查工作。
- 針對核一廠廠區屬如 MARSSIM 手冊所稱第二、三級輻射影響地區者，得標廠商應進行核一廠輻射範圍調查，包括廠區及其週遭適當範圍內之表土與次表土、地表水與地下水等，以及非輻射/污染之建築等之輻射範圍特性調查；得標廠商使用之輻射偵檢儀器須定期接受國家認可機構之校驗，所取樣品須送放射性分析實驗室進行量測分析。
- 參照如 MARSSIM 手冊所建議及國外除役之經驗，編撰「核一廠部分輻射範圍特性調查報告」及後續之「核一廠輻射特性調查工作規劃計畫書」。
- 提供廠址環境(如土壤、地表水及地下水等)及設施(如建築結構、系統、設備與重要組件等)污染或活化之程度與範圍的評估

結果。

- 得標廠商應針對國外核設施除役有關埋管處理之經驗回饋資料(如 EPRI TR-111277, 1999、EPRI 1000908, 2000), 先行蒐集與研究; 配合「核一廠全廠 3D 模型建置與應用」項目完成之核一廠全廠 3D 模型, 進行核一廠現有廠房結構內或廠區地下埋管資料之比對, 初步判斷有無污染等, 並完成「核一廠廠房結構與廠區地下埋管污染評估報告」。
- 得標廠商應依據「核一廠輻射歷史事件與偵測資料評估」項目; 並配合上述土壤或地下水之取樣分析及地下水輻射監測資料, 研判廠房結構內之放射性污染物滲漏污染情形, 並完成「核一廠廠房結構放射性污染物滲漏污染評估報告」。
- 得標廠商同樣應依據「核一廠廠址歷史評估(HSA)」項目; 並配合上述土壤或地下水之取樣分析及地下水輻射監測資料, 對於廠區內過去之污染掩埋物, 研判廠區內之輻射污染掩埋物之現況, 並完成「核一廠廠區內輻射污染掩埋物之現況評估報告」。

### 3. 除役期間仍須運轉之系統重新分類與安全審查基準研究

#### (1) 計畫目標

- 完成除役期間仍須運轉之系統重新分類與其安全審查基準。
- 完成停機後安全相關系統的確認與其監管運轉及維護方式的說明。
- 完成反映核電廠已移除燃料並永久停機狀態之程序與執照基準文件修訂原則。

#### (2) 工作需求說明

得標廠商應參照我國「核子反應器設施管制法」、「核子反應器設施管制法施行細則」、「核子反應器設施安全設計準則」、「核子反應器設施管制收費標準」、「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦

法」、「核子反應器設施品質保證準則核能組件安全分類導則」、「核子反應器設施設計修改及設備變更申請審核作業規範」、美國 10CFR20 Subpart E、10CFR50.2, 50.36, 50.59, 50.82、10 CFR52、RG1.86, 1.184, 1.185, 1.191、DG-1271、NUREG- 1700 及國外(如美國 EPRI 系列報告)廠家實際處理經驗等，進行核一廠除役期間仍須運轉之系統重新分類與其安全審查基準之研究，停機後安全相關系統的確認與其監管維護(S&M)方式的說明，以及反映核電廠已移除燃料並永久停機狀態之程序與執照基準文件之修訂原則。

#### 4. 獨立燃料池島區建立之因應措施評估

##### (1) 計畫目標

- 完成核一廠獨立燃料池島區新增與修改系統之規劃(冷卻、淨化(cleanup)、緊急電源、通風輻射監視與補水供應)與概念設計。
- 完成核一廠獨立燃料池島區設計變更技術規範研擬。
- 完成核一廠燃料池島區初步安全分析(意外分析與燃料池加熱計算)。

##### (2) 工作需求說明

得標廠商應參照我國「核子反應器設施管制法」、「核子反應器設施管制法施行細則」、「核子反應器設施安全設計準則」、「核子反應器設施管制收費標準」、「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」、「核子反應器設施品質保證準則核能組件安全分類導則」、「核子反應器設施設計修改及設備變更申請審核作業規範」、美國 10CFR20 Subpart E、10CFR50.2, 50.59, 50.82、10CFR171、RG1.86, 1.184, 1.185, 1.191、DG-1271 及國外(如美國 EPRI 系列報告)廠家實際處理經驗等，進行核一廠燃料池島區新增與修改系統之規劃(冷卻、淨化、緊急電源、通風輻射監視與補水供應)與概念設計，核一廠燃料池島區設計變更技術規範研擬，以及核一廠燃料池島區初步安全分析

(意外分析與燃料池加熱計算)。

## 5. 因應狀態變更之申照文件修訂與評估

### (1) 計畫目標

- 完成核一廠 FSAR(或 DSAR)修訂原則與基準研究。
- 完成核一廠除役期間技術規範修訂原則與基準研究。
- 完成核一廠安全系統減免管制程序與法規要求研究。
- 完成核一廠停止運轉系統之檢定程序。
- 完成核一廠除役期間運轉系統功能及其運轉方式說明。

### (2) 工作需求說明

得標廠商應參照我國「核子反應器設施管制法」、「核子反應器設施管制法施行細則」、「核子反應器設施安全設計準則」、「核子反應器設施管制收費標準」、「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」、「核子反應器設施品質保證準則核能組件安全分類導則」、「核子反應器設施設計修改及設備變更申請審核作業規範」、美國 10CFR20 Subpart E、10CFR50.2, 50.59, 50.82、RG1.86, 1.184, 1.185, 1.191、DG-1271 及國外(如美國 EPRI 系列報告)廠家實際處理經驗等，進行 FSAR(或 DSAR)及核設施技術規範(Technical Specifications)修訂原則與基準研究、安全系統減免管制程序與法規要求研究，建立停止運轉系統之檢定程序，以及完成除役期間運轉系統功能及其運轉方式說明等。

## 6. 運轉停止與隔離設備之程序規劃

### (1) 計畫目標

- 完成核一廠除役期間停止運轉之系統與設備功能調查、研究與確認。
- 完成停止運轉之系統與安全相關系統介面關係查證與確認。
- 完成停止運轉系統隔離程序與系統斷電、洩水之程序規劃與研

究。

(2) 工作需求說明

得標廠商應參照我國「核子反應器設施管制法」、「核子反應器設施管制法施行細則」、「核子反應器設施安全設計準則」、「核子反應器設施管制收費標準」、「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」、「核子反應器設施品質保證準則核能組件安全分類導則」、「核子反應器設施設計修改及設備變更申請審核作業規範」、美國 10CFR20 Subpart E、10CFR50.2, 50.59, 50.82、RG1.86, 1.184, 1.185, 1.191、DG-1271 及國外(如美國 EPRI 系列報告)廠家實際處理經驗等，進行核一廠除役期間停止運轉之系統與設備功能調查、研究與確認、停止運轉之系統與安全相關系統介面關係查證與確認，以建立停止運轉系統隔離程序與系統斷電、洩水之程序規劃技術能力。

7. 核一廠除役計畫之意外事件安全評估(事故情節、安全準則、對策、緊急計畫)

(1) 計畫目標

- 完成核一廠除役計畫意外事件安全評估項目(事故情節、安全準則、對策、緊急計畫)檢視與選定。
- 完成核一廠除役計畫選定意外事件(如火災、容器或系統洩漏、負載墜落、水電氣供應系統失效、臨界事故及外部影響(如颱風、暴雨、地震及海嘯等)之安全評估。

(2) 工作需求說明

得標廠商應參考國外已獲主管機關核定之核設施除役計畫內容、IAEA Safety Guide-WS-G-5.2，以及核一廠 FSAR 與其 BWR 反應器型式特性等資料之意外事件安全評估項目，按可能的事故情節、安全準則、對策、緊急計畫進行檢視與選定；完成未來核一廠除役所需意外分析之評估項目，並協助台電公司與主管機關溝通以獲得認同。



## 8. 核一廠除役系統除污作業規劃

### (1) 計畫目標

- 完成核一廠除役範圍規劃，包括可能受到污染的環境(土壤、地表水與地下水)、結構、系統、組件、可再除污的廢棄物等資料蒐集與研究。
- 完成核一廠除役範圍，包括可能受到污染的環境(土壤、地表水與地下水)、結構、系統、組件、可再除污的廢棄物等之除污程序及二次廢棄物處理評估與規劃。
- 完成核一廠除污方案分析與建議。

### (2) 工作需求說明

得標廠商應參考「核子反應器設施除役許可申請審核辦法(民國 101 年 07 月 09 日修正)」第 3 條、「游離輻射防護安全標準(民國 94 年 12 月 30 日修正)」第 13, 14, 16 條、「核子反應器設施除役計畫導則」、「NEA, 1999, Decontamination Techniques Used in Decommissioning Activities, Nuclear Energy Agency/Organization for Economic Co-operation and Development.」、「USEPA, 2006, Technology Reference Guide for Radiologically Contaminated Surfaces, U.S. Environmental Protection Agency, EPA-402-R-06-003.」等，研擬核一廠除役前之系統除污資料蒐集與研究(含供應廠家訪查)、系統除污程序及二次廢棄物處理評估與規劃(含國內廠商訪查)及系統除污方案分析與建議。

## 9. 核一廠除役期間放射性廢氣、廢液處理

### (1) 計畫目標

- 完成核一廠除役期間放射性廢氣及廢液產生來源分析。
- 完成核一廠除役期間放射性廢氣、廢液之管理作業，包括收集與輸送、處理方法、排放標準、監測方法及排放管控等分析規劃。

(2) 工作需求說明

- 得標廠商應參考「IAEA, 1988, Design and Operation of Off Gas Cleaning and Ventilation Systems in Facilities Handling Low and Intermediate Level Radioactive Material, TRS-292.」、「IAEA, 2003, Combined Methods for Liquid Radioactive Waste Treatment, TECDOC-1336.」、國外除役電廠之除役計畫書、「核一廠 FSAR」第十一章等，研擬核一廠除役期間放射性廢氣及廢液來源分析及管理作業。

10. 核一廠除役廢棄物營運(包括分類、除污、減容、包裝、貯存等)方法及程序規劃

(1) 計畫目標

- 完成核一廠除役廢棄物營運(包括分類、除污、減容、包裝、貯存等)資訊之收集與分析。
- 完成核一廠除役廢棄物營運(包括分類、除污、減容、包裝、貯存等)方法及程序之規劃。

(2) 工作需求說明

得標廠商應參照「放射性物料管理法」、「放射性物料管理法施行細則」、「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」、「低放射性廢棄物盛裝容器使用申請書導則」、「放射性物質安全運送規則」、「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」、「一定活度或比活度以下放射性廢棄物外釋計畫導則」、「核子反應器設施除役計畫導則」、EPRI, TR-107331, 1999、EPRI, TR-110234, 1999、IAEA, Technical Reports Series, no. 401 2001、IAEA, Technical Reports Series, no. 441, 2006、NEA No. 6403, 2008、NUREG/CR-5884, Vol. 1, Ch2, 3 1995、NUREG/CR-6174, Vol. 1, Ch2, 3, 1996、NUREG-1757, Vol. 1, Rev. 2. Sec.17.5, 2006

等，研擬核一廠除役廢棄物分類、除污、減容、包裝、貯存資訊之收集與分析、方法及程序之規劃。

#### 11. 除役放射性與有害廢棄物產量估算程序建立

##### (1) 計畫目標

- 完成除役低放射性廢棄物比例因數(Scaling factor)研究與工作規劃
- 完成核一廠除役放射性與有害廢棄物產量預估程序建立。
- 完成核一廠除役放射性與有害廢棄物產量初步推估。

##### (2) 工作需求說明

- 得標廠商應參考如 NUREG-1575, Supp.1 (MARSAME, 2009)所建議之調查程序與方法，配合上述所建置之核一廠全廠 3D 模型，進行核一廠除役放射性與有害廢棄物產量預估程序建立，並完成產量預估程序書。
- 得標廠商應蒐集國外資料，以進行除役低放射性廢棄物比例因數(Scaling factor)研究與工作規劃，並完成研究報告。

#### 12. 除役放射性與有害廢棄物產量之初步調查與盤點

##### (1) 計畫目標

- 完成核一廠除役低放與有害廢棄物之初步調查與盤點。
- 完成核一廠除役放射性與有害廢棄物產量估計工作規劃。

##### (2) 工作需求說明

- 得標廠商應蒐集國外參考廠(如美國 Millstone, Oyster Creek、日本 Hamaoka 及德國 Brunsbuttel 等)之除役廢棄物產量估計資料，並參考核一廠過去運轉與大修期間，各放射性污染系統、結構、元件(systems, structures, components, SSC)之輻射劑量率度量值與比活度取樣等，推估核一廠除役放射性與有害廢棄物產量。

- 得標廠商應參考如 MARSAME 所建議之程序，完成核一廠除役放射性與有害廢棄物產量估計工作規劃。

### 13. 核一廠除役低放射性廢棄物廠內貯存之規劃與概念設計

#### (1) 計畫目標

- 完成低放射性廢棄物廠內貯存之資料蒐集與研閱。
- 完成核一廠廠內低放射性廢棄物貯存設施之盤點與重整規劃。
- 完成核一廠除役後低放射性廢棄物廠內貯存規劃。

#### (2) 工作需求說明

得標廠商應參照「放射性物料管理法」、「放射性物料管理法施行細則」、「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」、「低放射性廢棄物盛裝容器使用申請書導則」、「放射性物質安全運送規則」、「核子反應器設施除役計畫導則」、EPRI, 1002763, 2002、EPRI, 1002764, 2004、NUREG/CR-6174, Vol. 1, Ch2, 3, 1996、NUREG-1757, Vol. 1, Rev. 2. Sec.17.5, 2006 等，進行低放射性廢棄物廠內貯存之資料蒐集與研閱、核一廠廠內低放射性廢棄物貯存設施之盤點與重整規劃，以及除役後低放射性廢棄物廠內貯存規劃。

### 14. 核一廠除役低放射性廢棄物處理設施規劃與概念設計

#### (1) 計畫目標

- 完成核一廠除役低放射性廢棄物處理設施(含分類、除污、減容、包裝、暫貯與外釋量測)之功能需求規劃。
- 完成核一廠除役低放射性廢棄物處理設施之設計概念。

#### (2) 工作需求說明

得標廠商應參照「放射性物料管理法」、「放射性物料管理法施行細則」、「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」、「低放射性廢棄物盛裝容器使用申請書導則」、「放射性物質安全運送規則」、「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」、「一定活度或比

活度以下放射性廢棄物外釋計畫導則」、「核子反應器設施除役計畫導則」、EPRI, TR-107331, 1999、EPRI, TR-110234, 1999、IAEA, Technical Reports Series, no. 401 2001、IAEA, Technical Reports Series, no. 441, 2006、NEA No. 6403, 2008、NUREG/CR-5884, Vol. 1, Ch2, 3 1995、NUREG/CR-6174, Vol. 1, Ch2, 3, 1996、NUREG-1757, Vol. 1, Rev. 2. Sec.17.5, 2006等，進行核一廠除役低放射性廢棄物處理中心(含分類、除污、減容、包裝、暫貯與外釋量測)之功能需求規劃及設計概念。

#### 15. 除役期間廢棄土石堆置場規劃與概念設計

##### (1) 計畫目標

- 完成核一廠除役廢棄土石堆置場之功能需求規劃。
- 完成核一廠除役廢棄土石堆置場之設計概念。

##### (2) 工作需求說明

得標廠商應參照「放射性物料管理法」、「放射性物料管理法施行細則」、「放射性物質安全運送規則」、「一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法」、「一定活度或比活度以下放射性廢棄物外釋計畫導則」、「核子反應器設施除役計畫導則」及環保與水土保持相關法規，以及美國 10CFR50.109, NUREG-1409，進行核一廠除役廢棄土石堆置場之功能需求規劃及設計概念。

#### 16. 反應器壓力槽及其內部組件之放射性特性分析（含超C類廢棄物）

##### (1) 計畫目標

- 完成核一廠反應器壓力槽及其內部組件之中子通量分析。
- 完成核一廠反應器壓力槽及其內部組件之輻射源分析。

##### (2) 工作需求說明

得標廠商應參考 EPRI-8018, 2003，並蒐集參考廠(如美國 Millstone, Oyster Creek、日本 Hamaoka 及德國 Brunsbuttel 等)

之反應器壓力槽及其內部組件中子活化分析報告，進行核一廠反應器壓力槽及其內部組件之尺寸與組成資料蒐集、反應器壓力槽輻射屏蔽分析模式(DORT, ANISN, SAS2H/ORIGEN-S)之建立、反應器壓力槽及其內部組件之中子通量分析，以及反應器壓力槽及其內部組件之輻射源分析。

#### 17. GTCC類廢棄物裝載至乾貯系統之規劃

##### (1) 計畫目標

- 完成 GTCC 類廢棄物包裝容器法規需求研究。
- 完成乾貯系統改裝 GTCC 類廢棄物設計。
- 完成乾貯系統改裝 GTCC 類廢棄物初步重要安全要項分析。

##### (2) 工作需求說明

得標廠商應參考「放射性物質安全運送規則」、「申請設置用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告導則」、「低放射性廢棄物最終處置盛裝容器審查規範」、「低放射性廢棄物盛裝容器使用申請書導則」、美國 10CFR61, 71, 72、NUREG-1567, NUREG-1536 等，進行 GTCC 類廢棄物包裝容器法規需求研究、乾貯系統改裝 GTCC 類廢棄物設計，以及該包裝容器之初步重要安全要項分析。

#### 18. 核一廠用過核子燃料再處理規劃

##### (1) 計畫目標

- 完成核一廠除役期間需要執行用過核子燃料境外再處理之備案規劃及評估。
- 完成核一廠除役期間或除役後用過核子燃料乾式貯存設施於需要執行境外再處理之備案規劃及評估。
- 完成國際上有關用過核子燃料由乾式貯存設施中取出進行再處理之相關技術總成及經驗蒐集。
- 完成國際上有關用過核子燃料由乾式貯存設施中取出進行再處

理之國內、外申請核准程序之流程資訊蒐集。

(2) 工作需求說明

得標廠商之規劃應符合國內行政程序並參考美國審查流程，蒐集國際用過核子燃料再處理廠之現況資訊、蒐集國際用過核子燃料再處理之最新可行技術發展、評估分析用過核子燃料從乾式貯存設施中取出運輸至境外再處理之相關技術與設備總成、針對用過核子燃料之運送需求與再處理後之廢棄物貯存進行分析與規劃、進行用過核子燃料乾式貯存及再處理之整體財務分析、進行用過核子燃料再處理後廢棄物之境外處置可行性評估與規劃建議、評估國內外環保組織之抗爭及相關應變方法。

19. 核一廠除役工作人員輻射劑量分析及輻射防護措施評估

(1) 計畫目標

- 完成核一廠除役各工作之人員輻射劑量情節、模式與相關假設數據建立。
- 完成核一廠除役各工作之人員輻射劑量分析。
- 完成核一廠除役各工作之人員輻射防護措施研擬。

(2) 工作需求說明

得標廠商應參考「游離輻射防護法」、「游離輻射防護施行細則」、「游離輻射防護安全標準」、「放射性物質安全運送規則」、核一廠輻射防護計畫、10CFR20 Subpart E、EPRI-1000648, 2000、EPRI-1000891, 2000、EPRI-1009916, 2005 等，進行核一廠除役各工作之人員輻射劑量情節、模式與相關假設數據建立、人員輻射劑量分析、人員輻射防護措施研擬。

20. 核一廠除役意外事件之工作人員輻射劑量評估

(1) 計畫目標

- 完成核一廠除役意外事件之人員輻射曝露評估。

- 完成核一廠已選定除役意外事件之工作人員劑量情節、模式與相關假設數據建立。
- 完成核一廠已選定除役意外事件之工作人員劑量分析。

(2) 工作需求說明

得標廠商應配合第六項工作除役意外分析所決定之各階段意外情節，參考「游離輻射防護法」、「游離輻射防護施行細則」、「游離輻射防護安全標準」、「放射性物質安全運送規則」、「輻射工作人員劑量異常案件處理作業導則」、核一廠輻射防護計畫、10CFR20 Subpart E，進行核一廠除役意外事件之人員輻射曝露評估、已選定除役意外事件之工作人員劑量情節、模式與相關假設數據建立，以及已選定除役意外事件之工作人員劑量分析。

21. 核一廠除役正常與意外事件之民眾與環境輻射影響評估

(1) 計畫目標

- 完成核一廠除役正常作業之環境輻射曝露分析。
- 完成核一廠已選定除役意外事件之環境輻射曝露分析。

(2) 工作需求說明

得標廠商應配合第六項工作除役意外分析所決定之各階段意外情節，參考「游離輻射防護法」、「游離輻射防護施行細則」、「游離輻射防護安全標準」、「放射性物質安全運送規則」、「空浮放射性物質之呼吸防護招標規範」、「放射性液、氣體排放輻射劑量限值規定」、「輻射工作人員劑量異常案件處理作業導則」、核一廠輻射防護計畫、10CFR20 Subpart E 等，進行除役正常作業之環境輻射曝露情節、模式與相關假設數據建立、正常作業之環境輻射曝露分析、意外事件之環境輻射曝露評估、已選定除役意外事件之環境輻射曝露情節、模式與相關假設數據建立，以及已選定除役意外事件之環境輻射曝露分析。



## 22. 核一廠除役作業環境輻射監測計畫研擬

### (1) 計畫目標

完成核一廠除役作業環境輻射監測計畫規劃。

### (2) 工作需求說明

得標廠商應參考「游離輻射防護法」、「游離輻射防護施行細則」、「游離輻射防護安全標準」、「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」、「環境輻射監測規範」、「環境輻射偵測品質保證規範」、「放射性液、氣體排放輻射劑量限值規定」、「環境輻射監測試樣分析能力應符合可接受最小可測量」、核一廠輻射防護計畫、10CFR20 Subpart E 等，進行核一廠除役作業環境輻射監測計畫規劃。

說明除役期間之環境輻射監測規劃，包含設施內、外之偵測項目(含環境直接輻射之偵測、環境試樣取樣與放射性活度分析、氣象觀測作業等)，並說明規劃之偵測方法、偵測對象、目的、取樣地點、取樣頻率、活度單位及重要之附記等，其中取樣地點須以地圖標示並註記經緯度(設施內取樣點不需註記經緯度)，並說明選定之理由。

## 23. 核一廠除役人力資源需求分析與組織調整規劃

### (1) 計畫目標

完成核一廠除役人力資源需求(含電廠與下包商)分析與組織調整規劃。

### (2) 工作需求說明

得標廠商應依據台電公司之需求、國外之除役人資管理經驗與相關法規之要求，描述核一廠除役期間各階段之計畫組織與特定責任及關鍵組織成員的專長與職責，並提出未來除役施工時之可能國內外下包廠商之人力與能力資料蒐集與評估；完成將核電廠的組織與人

力過渡至適合除役計畫的組織與人力規劃。

#### 24. 廠房及土地之復原與再利用規劃

##### (1) 計畫目標

完成核一廠廠房及土地之復原與再利用規劃。

##### (2) 工作需求說明

- 參照如 MARSSIM 手冊所建議或國外除役之經驗，編撰「核一廠廠房及土地復原與再利用規劃報告」。
- 有關土地再利用規劃內容，需就土地復原、廠址特性、周邊環境、土地開發法令、技術可行性、配套資源、經濟效益等因素予以審慎評估，研提合宜之土地釋出時程及再利用方式，並將設置各類電力設施列為優先考量之再利用方式。

#### 25. 最終輻射偵測規劃

##### (1) 計畫目標

完成核一廠除役後之廠址環境輻射偵測規劃。

##### (2) 工作需求說明

- 參照如 MARSSIM 手冊所建議及國外除役之經驗，編撰「核一廠除役後之廠址環境輻射偵測計畫」。
- 說明最終輻射偵測規劃。內容應包括：偵檢目標與說明、偵測設計(包含標準的應用與推導及偵測點數目的決定等)、偵測位置(以地圖標示並註記經緯度)的決定、調查基準的決定、偵測方法、品質保證方案、偵測結果的評估及外釋標準等。最終輻射偵測計畫應驗證設施符合除役計畫所建議的釋出使用限制，以及準備釋出區域之場址輻射劑量能符合法規標準。(核發處、核後端處)

#### 26. 核一廠除役成本評估模式建立

##### (1) 計畫目標

- 完成國際核電廠除役成本評估資料蒐集與研究。
- 完成國外核電廠除役成本評估程式之引進與運用。
- 完成核一廠除役成本評估模式(含基本輸入數據、假設等)之建立。
- 完成核一廠除役成本評估。

(2) 工作需求說明

- 得標廠商應參照「放射性物料管理法」、「放射性物料管理法施行細則」、「核子反應器設施除役計畫導則」、「核能發電後端營運基金收支保管及運用辦法」，以及美國 10CFR50.75、RG 1.202, RG 1.159、NUREG-1713、NUREG/CR-0672, NUREG/CR-6174, NUREG-1577 等，並蒐集國外相關文獻與除役成本評估程式(如 OMEGA)，進行成本估算資訊與程式之研議。
- 彙整前項之結果，進行核一廠除役成本評估模式(含基本輸入數據、假設等)之建立，同時整合於第十項工作中之「核一廠除役計畫資訊管理系統」中，並做成報告書以為審查依據。
- 配合核後端基金估算與本計畫需求，定期執行核一廠除役成本評估報告更新。
- 得標廠商使用之除役成本評估程式軟體平台及硬體架構，必須做長遠(達 30 年)使用之考量選擇。

27. 除役工程計畫預算編列

(1) 計畫目標

依據本研究選擇之各種方案，編製各方案所需之除役工程計畫預算；並須提報主管機關審查及核定計畫之預算方案。

(2) 工作需求說明

- 分年預算編制須依據「國營事業固定資產投資計畫編製評估要點」及「經濟部所屬事業固定資產投資專案計畫編審要點」之格

式與規定編寫。

- 得標廠商另須將估計基準及詳細預算編製內容，按「台電會計分類」及「工程項目分類」等兩類格式，針對本計畫所列舉之各種方案，編製「成本估計說明書」，內容至少應包括各項估計基準、參考國外之除役電廠各項估計資料、詢價紀錄、實績等。
- 本案成本分析內容，須包含各重要參數變化時之風險及敏感度分析（如：利率、匯率、物價…等）。

#### 28. 除役所產生非放射性廢棄物評估及分析

##### (1) 計畫目標

完成核一廠非放射性廢棄物之產量預估

##### (2) 工作需求說明

依照非放射性廢棄物之種類，估算其可能產生量。

#### 29. 利害關係人溝通計畫

##### (1) 計畫目標

得標廠商應就上述各研究成果，提供台電公司與利害關係人溝通之資訊。

##### (2) 工作需求說明

依據國內、外之相關溝通經驗，研擬本案之「利害關係人溝通計畫」。

#### 30. 國內外核電廠除役資訊蒐集、分析、交流與合作

##### (1) 計畫目標

- 完成核子設施除役方式及技術發展之國際資訊研究。
- 完成國際核子設施除役 FAQ 與期刊之蒐集、摘譯及整理。
- 協助台電公司完成核子設施除役國際研討會之參與及資訊蒐集。

##### (2) 工作需求說明

- 得標廠商每年應蒐集最新(2000 年以後)之國際有關核子設施除役方法與技術報告至少 6 篇，每篇應完成一中文摘要，舉行兩場

研討會簡報，每場 2 小時；並完成二本綜合分析報告。

- 得標廠商應針對美國 NUREG-1628(除役 FAQ)進行翻譯，並蒐集其他除役最新國際期刊與研討會資料，進行摘譯與整理，每半年更新「核一廠除役計畫資訊管理系統」項目之資訊網頁中的「除役 FAQ」。
- 得標廠商應協助台電公司準備參與國際除役組織合作會議(如 OECD/CPD)之簡報資料，並協助將其他國家簡報資料摘譯整理，同樣將該些資訊公佈於「核一廠除役計畫資訊管理系統」項目之資訊網頁中。

### 31. 除役低放射性廢棄物容器評估

#### (1) 計畫目標

完成除役低放廢棄物所需甲乙型包裝容器研究。

#### (2) 工作需求說明

得標廠商應依據我國「低放射性廢棄物最終處置盛裝容器審查規範」、「低放射性廢棄物盛裝容器使用申請書導則」及 10 CFR Part 61, 71 等法規，並考量將來運送至國外處置之可能性，進行所需甲乙型包裝容器評估。

### 32. 核一廠除役計畫資訊管理系統之研發及維護

#### (1) 計畫目標

- 完成國外除役資訊系統蒐集與分析。
- 完成核一廠除役資訊系統需求訪談及規範之草擬。
- 完成核一廠除役各資訊管理分系統之撰寫與測試。
- 完成核一廠除役資訊管理系統整合、基本資訊之建置及維護。

#### (2) 工作需求說明

- 得標廠商應參考國外(如義大利之 Integrated Decommissioning Management Tools (IDMT)、德國 EWN 電廠之 Master Planning

Tool(MPT)或日本 Fugen 電廠之 Decommissioning Engineering Support System (DEXUS))已發展之除役資訊管理系統，與台電公司洽談核一廠除役資訊管理系統之功能需求，進行各資訊管理分系統之撰寫、測試與整合，並在本計畫執行期間執行本系統基本資訊之建置及維護。

- 得標廠商使用之軟體平台及電腦硬體，必須架構在現有商用系統上。