

行政院原子能委員會
放射性物料管理局
委託研究計畫研究報告

核能電廠除役安全管制技術之建立(2)

計畫編號：922003FCMA001

受委託機關(構)：國立清華大學工程與系統科學系

計畫主持人：鄧希平

報告日期：中華民國九十二年十二月二十九日

摘要

本計畫旨在協助政府核能管制機關，從事國際核能電廠除役資訊蒐集、建檔、分析與研究，並對國內核能電廠除役安全管制提出具體之建議，以供施政之參考。本計畫分析了美國核管會（U.S. NRC）對於核能電廠除役的法規以及相關的安全指引，也針對國際原子能總署（IAEA），分析探討其已公布之核能電廠和研究用反應器之除役安全導引。

就美國而言，自從 1986 年第一座核能電廠除役至今已有多座核能電廠完成除役，美國核管會在累積了許多經驗後，對電廠除役的政策，已由初期的個案處理模式，轉為今日的統一模式。參考美國之經驗，在制訂電廠安全除役管制之相關措施時，首先清楚宣示核能電廠除役的目標，並進行相關管制審查措施的訂定。除役各時程中要求業者繳交報告之內容，經由相關專業人士審核。要求業者所採用的各種拆除或除污技術，必須已獲國內外審核通過，證實其確實可行。各時程所要完成的階段查核點，應有專人加以確認，以確保除役工作能如期進行。另外當電廠完成除役後，需進行一次廠區內最終輻射測量，以保證除役目標確實達成。整個除役時程中，各個階段所能使用的資金應加以規範，只有當業者完成上一階段之重要工作後，才能再提領除役基金，繼續進行下一步除役工作，以確保整個除役工作有足夠的基金可供使用。另外，於審核業者的除役工作計畫時，應注意業者對除役所產生之放射性廢料的處理能力，若業者在這方面未有妥善規劃，則不應允許其進行除役。業者於完成重大的工作事項後，須更新其除役計畫內容，管制機構亦應公布業者的除役計畫，供大眾參考。

就 IAEA 而言，其於吸收各會員國核能電廠除役的經驗後，提供了一系列除役相關的安全指引。根據其文獻所示，核能管制機關應要求業者，對於核能電廠運轉記錄作完整之保存。一旦電廠永久停止運轉後，業者必須立即進行最終除役規劃，依據過去的紀錄和經驗，以及目前的技術和經費，規劃一份符合法規要求的除役計畫送交管制機構審查，管制機構必須審查其計畫之行政管理、權責劃分、

除役方案之可行性、品質保證方案、拆除或搬運的方式、安全措施、廢棄物處理、輻射防護、經費規劃、緊急事件的應變措施、對工作人員、大眾和周圍環境的影響評估，以及未來廠址的使用規劃。

在除役工作執行階段，負責執行單位需要時常進行品質保證稽查，使除役工作都能符合法規管制內容和計畫目標，並且隨著工作進行，定期檢討除役工作是否有新的技術或是需要修正的部分，而且還要定時的呈報文件給管制機構檢視。

除役完成後，負責執行單位必須呈報一份最終監測資料，證明已符合除役計畫目標和相關法規。管制機構於檢視並核可後，公告除役工作已完成，並停止此核能電廠的除役執照。

ABSTRACT

At the end of the useful life of a nuclear power plant (30~40 years), the plant will be decommissioned. The process begins at shutdown of reactor and ends with disposal of radioactive components in a safe way that protects the general publics.

This project is aimed to help Fuel Cycle and Materials Administration of Atomic Energy Council, which is the government authority in charge of nuclear power plant decommissioning licensing, to collect, document and analyze the international regulations on decommissioning. In this report, the U.S. NRC regulations and regulatory guides on nuclear power plant decommissioning were investigated. Also in this report, the IAEA safety guides on decommissioning were studied. Suggestions of regulatory requirements for licensing and enforcement activities on nuclear power plant decommissioning in Taiwan are presented.

目 錄

中文摘要.....	i
ABSTRACT.....	iii
目 錄.....	iv
第一章 引言.....	1
第二章 美國終止核動力反應器執照之相關法規.....	3
2.1 10 CFR 50.82 執照終止.....	3
2.1.1 10 CFR 50.82(a)(1).....	3
2.1.2 10 CFR 50.82(a)(2).....	4
2.1.3 10 CFR 50.82(a)(3).....	4
2.1.4 10 CFR 50.82(a)(4).....	4
2.1.5 10 CFR 50.82(a)(5).....	5
2.1.6 10 CFR 50.82(a)(6).....	5
2.1.7 10 CFR 50.82(a)(7).....	5
2.1.8 10 CFR 50.82(a)(8).....	5
2.1.9 10 CFR 50.82(a)(9).....	6
2.1.10 10 CFR 50.82(a)(10).....	7
2.1.11 10 CFR 50.82(a)(11).....	7
2.2 10 CFR 20.1402 除役後廠址無限制開放使用之放射性規範.....	7
2.3 10 CFR 20.1403 限制情況下之執照終止規範.....	7
2.3.1 10 CFR 20.1403(a).....	8
2.3.2 10 CFR 20.1403(b).....	8
2.3.3 10 CFR 20.1403(c).....	8
2.3.4 10 CFR 20.1403(d).....	9
2.3.5 10 CFR 20.1403(e).....	9
2.4 10 CFR 20.1404 執照終止之替代規範.....	10
2.4.1 10 CFR 20.1404(a).....	10
2.4.2 10 CFR 20.1404(b).....	11
2.5 10 CFR 20.1405 公告通知及大眾參與.....	11
2.6 10 CFR 50.4(b)(8) 永久停止運轉聲明.....	11
2.7 10 CFR 50.4(b)(9) 燃料永久移除聲明.....	12
第三章 NRC 法規指引 1.184 核能反應器之除役.....	13
3.1 簡介.....	13
3.2 討論.....	15
3.3 法規立場.....	19
3.3.1 適用性.....	19

3.3.2 永久停止運轉聲明.....	20
3.3.3 永久移除燃料證明.....	20
3.3.4 停機後除役工作報告.....	21
3.3.5 公聽會.....	23
3.3.6 初始除役工作.....	24
3.3.7 主要除役工作.....	24
3.3.8 技術性規範.....	25
3.3.8.1 維護規定.....	25
3.3.8.2 終期安全分析報告之維護.....	26
3.3.8.2.1 設施描述.....	26
3.3.8.2.2 經營者組織架構.....	27
3.3.8.2.3 放射廢料管理.....	27
3.3.8.2.4 輻射防護.....	27
3.3.8.2.5 運轉指導.....	27
3.3.8.2.6 廠址特性.....	27
3.3.8.2.7 事故分析.....	27
3.3.8.3 防火規範.....	27
3.3.8.4 合格燃料操作員可採取之行動.....	28
3.3.9 不必要的法規規範排除.....	28
3.3.10 停機後除役工作報告之更動.....	29
3.3.11 基金的運用.....	30

第四章 IAEA 安全標準系列—核能電廠和研究用反應器之除役安全導

引.....	33
4.1 簡介.....	33
4.2 關於除役的重要問題.....	34
4.2.1 責任.....	34
4.2.2 管理架構.....	35
4.2.3 安全度.....	35
4.2.4 計畫.....	36
4.2.5 輻射防護的考量和環境保護.....	36
4.2.6 廢棄物.....	37
4.3 除役的選擇方案.....	37
4.3.1 安全度.....	38
4.3.2 廢棄物的管理.....	39
4.3.3 經濟的考量.....	39
4.3.4 獲得已有的專門技術.....	39
4.3.5 考慮有關於大眾的部分.....	39
4.4 如何簡化除役工作.....	40

4.4.1 設計和建造階段的考量.....	40
4.4.2 運轉階段的考量.....	41
4.5 除役計畫與安全評估.....	42
4.5.1 最初除役計畫.....	43
4.5.2 運轉中除役計畫.....	43
4.5.3 最終除役計畫.....	43
4.5.4 核能反應器除役的安全評估.....	44
4.5.4.1 放射性物質量.....	45
4.5.4.2 非放射性安全度.....	45
4.5.4.3 安全評估的一般結果.....	45
4.5.5 除役資金的擔保.....	45
4.6 關鍵的除役工作.....	46
4.6.1 廠址的初始特性描述.....	46
4.6.2 燃料移除.....	47
4.6.3 圍阻體的維護和修改.....	47
4.6.4 除污.....	48
4.6.5 拆除設備.....	49
4.6.6 維修.....	49
4.6.7 最終放射性監測.....	49
4.7 除役階段的管理.....	50
4.7.1 職員與訓練.....	50
4.7.2 組織與管理的控制.....	51
4.7.3 輻射防護.....	51
4.7.4 廠內外輻射監控.....	52
4.7.5 廢棄物管理.....	53
4.7.6 緊急事件處理計畫.....	54
4.7.7 物理防護和保防.....	55
4.7.8 品質保證與文件說明.....	55
4.8 完成除役.....	56
4.9 舉例說明-最終放射監測報告的內容.....	56
4.10 舉例說明-完成除役後的文件說明計畫和管理系統.....	58
 第五章 結論與建議.....	 60
 附錄 10 CFR 50.82(a)、20.1402、20.1403、20.1404、20.1405、50.4(b)(8)、 50.4(b)(9) 法規原文.....	 63
 參考文獻.....	 72

第一章 引 言

核能電廠運轉壽命結束後最終必須進行除役拆廠，使廠址恢復無限制之使用，這已經是國際上之共識。美國核管會（NRC）、國際原子能總署（IAEA）與經濟合作發展組織核能署（OECD/NEA）都提供具國際公認性的除役法規與準則，我國行政院也於民國九十二年公佈「核子反應器設施管制法施行細則」，規定核能電廠須於永久停機後二十五年內完成除役工作。

核能電廠除役拆廠技術工作主要包含除污、拆解和放射性廢棄物營運。核能電廠除役拆廠的關鍵問題則在於放射性廢棄物的貯存與處置。

目前全世界計有七十餘座核能機組及兩百多個研究用核反應器已經永久停止運轉進入除役程序，其中部分並已完成除役拆廠工作。

民國 89 年舉行之核四再評估會議中，梁啟源教授曾對除役相關費用略作估算。根據世界各國核能電廠除役經驗，國際上一座 100 萬千瓦的大型核能電廠除役拆廠成本估算大約是 3 億至 4 億美元，約 105 億至 140 億新台幣，但這並不包含用過核子燃料的最終處置費用。一座 100 萬千瓦的大型核能電廠除役拆廠大約會產生 10,000 立方公尺至 20,000 立方公尺的低放射性廢棄物，大約相當於 50,000 桶至 100,000 桶 55 加侖的廢棄物桶，另外大約產生 1,000 公噸的用過核子燃料。若低放射性廢棄物最終處置每桶以 40,000 元新台幣計算，則低放射性廢棄物處置費用約需要 20 億至 40 億新台幣。用過核子燃料最終處置如果以每公斤 500 美元（即每公噸 500,000 美元）計算，則需要 5 億美元（約 175 億新台幣）作為用過核子燃料最終處置費用。因此，一座 100 萬千瓦大型核能電廠除役拆廠總費用大約是新台幣 300 億至 355 億。

我國對於核能電廠除役，於最近（民國九十二年八月二十七日）發佈之「核子反應器設施管制法施行細則」，其中相關條文對核子反應器設施之除役給予法規管制規定，另外在經濟部下則設有「核能電廠後端營運管理基金」，以提供未來核能電廠除役及放射性廢棄物貯存和最終處置所需資金，然而完整的核能電廠

除役安全管制技術，包括申照程序、安全指引、計畫書導則等則尚有待建立。因此本計畫之目的即在從事核能電廠除役資訊蒐集、建檔、分析與研究，並就國內核能電廠除役安全管制提出具體之建議。本計畫第 I 期（91.4-91.12）針對大型核能電廠除役之組織架構和管理做了詳細之說明和分析。本期（第 II 期）計畫的重點則在於核能電廠除役拆廠申照程序和安全指引。主要探討美國 NRC 所執行的申照程序，另外分析介紹 IAEA 或 OECD/NEA 最新完成之核能電廠除役安全指引，以提供管制單位和電廠經營者參考。

第二章 美國終止核動力反應器執照之相關法規

本章針對美國核能管制委員會 NRC 對終止核能電廠運轉執照的相關法規作一整理。本章所整理的法規條文包含了 10 CFR 50.82 執照終止、10 CFR 20.1402 無限制開放使用之放射性規範、10 CFR 20.1403 限制情況下之終止執照規範、10 CFR 20.1404 執照終止之替代規範、10 CFR 20.1405 公告通知及大眾參與、10 CFR 50.4(b)(8)永久停止運轉聲明以及 10 CFR 50.4(b)(9)燃料永久移除聲明。

在這些相關法規生效之前，NRC 對於電廠終止運轉進行除役的申請，乃是採取個案審查的模式進行。由於各個電廠之情況不盡相同，因此對於申請除役的電廠以逐案審查的方式進行時，在申照程序之進行上非很有效率。有鑑於此，NRC 當局在 1996 年 7 月 29 日發佈新的法規，對於電廠申請除役做統一規定，使管制單位及業者對申請電廠除役之申照作業有一標準化的程序。本章對除役相關條文進行整理，讓國內管制單位有一參考。另亦將本章整理之法規原文，以附錄形式列於附錄一。

2.1 10 CFR 50.82 執照終止

美國核管會 NRC 在 10 CFR 50.82 的法規中制訂了動力反應器以及非動力反應器的除役規定。在此，我們剔除了那些與國內情況不相關的條文，這些被剔除的條文包含有非動力反應器的規定，以及對於進行除役中的動力反應器之規定。下列即為法規 10 CFR 50.82 中與國內情況符合的條文規定，亦即對於那些尚未進行除役的動力反應器，當其欲申請除役時，所需遵守的規定。

2.1.1 10 CFR 50.82(a)(1)

- (i) 當經營者以決定要永久停止運轉，則經營者應在 30 天內送交與 10 CFR 50.4(b)(8) (見 2.6 節) 需求一致的一份聲明給 NRC；

- (ii.) 一旦燃料永久從反應器壓力槽內移出，經營者應送交一份符合 10 CFR 50.4(b)(9)（見 2.7 節）要求的聲明給 NRC；
- (iii.) 對於執照以永久更改成允許擁有但不可運轉核設施的經營者，在這條文生效之前，依照本章節之(a)(1)(i.)-(ii.)所要求的聲明應視為已送交。

2.1.2 10 CFR 50.82(a)(2)

於永久停止運轉以及燃料已永久從反應器槽移出的聲明被記錄之後，或是當永久停止運轉的最終合法有效命令生效時，10 CFR part 50 許可的執照不再允許運轉反應器或再將燃料放置或保留在反應器槽內。

2.1.3 10 CFR 50.82(a)(3)

除役需在永久停止運轉後的 60 年內完成。只有在必須保護大眾健康和安全的狀況下，委員會才允許除役時間超過 60 年。委員會在評估除役時間超過 60 年的替代方案時，所考慮的因素包含有廢棄物處置容積之不足，以及影響經營者完成除役能力的其他特定廠址因素，包括存在於廠址上的其他核設施。

2.1.4 10 CFR 50.82(a)(4)

- (i.) 在發表永久停止運轉聲明前或後兩年內，經營者應送交一份停機後除役工作報告書（PSDAR）給 NRC，並且拷貝一份給受影響的州政府。這份報告必須描述計畫除役事項以及完成的時程表、預估花費之估計，以及能夠總結特定廠址除役工作對環境所產生的影響，將依照之前發佈的環境影響審查報告內容而限制之理由的討論。
- (ii.) NRC 應通知收到 PSDAR 並將 PSDAR 公開讓大眾評論。在收到 PSDAR 後，NRC 也應安排在經營者的設施之鄰近區域舉行一場公聽會。NRC 應發表一份公告在聯邦政府官報以及媒體上，例如在廠址鄰近區域的居民

可以容易獲得之區域性新聞報紙，聲明公聽會的日期，時間以及地點，以及一份公聽會目的的簡短描述。

2.1.5 10 CFR 50.82(a)(5)

NRC 收到經營者所提 PSDAR 後 90 天，以及 10 CFR 50.82(a)(1)中所要求的永久停止運轉聲明和燃料從反應器槽內永久移出聲明被送交之前，經營者不能執行任何在 10 CFR 50.2 中所定義之主要除役工作。

2.1.6 10 CFR 50.82(a)(6)

經營者不能執行任何在 10 CFR 50.2 中所定義的除役工作使得 —

- (i.) 廠址不能無限制開放使用；
- (ii.) 導致未被檢視之重大環境影響事件；或
- (iii.) 導致除役所需資金不再有合理保證。

2.1.7 10 CFR 50.82(a)(7)

執行任何與 PSDAR 不一致或是更改任何 PSDAR 所描述的時程之除役工作（包含大幅增加除役成本）前，依照 10 CFR 50.59 所允許而採取行動的經營者應知會 NRC 並撰寫及拷貝一份通知給受影響的州政府。

2.1.8 10 CFR 50.82(a)(8)

(i.) 經營者使用除役信託基金—

- (A.) 支出與 10 CFR 50.2 定義一致的合法除役工作所需之費用；
- (B.) 如果有預料不到的狀況或是開支出現，則支出不可使除役信託基金減少到無法放置及維持反應器在一安全存放的狀態；
- (C.) 費用支出不可抑止經營者提供為確保廠址最終釋出以及終止執照所需資金之可得性的除役信託差額資金之能力。

- (ii.) 初始階段，10 CFR 50.75 指定除役計畫只能花費總金額的 3%。對於已送交本章節 50.82(a)(1)中所要求的聲明，且 NRC 收到 PSDAR 已超過 90 天的經營者，則可再使用 20%的總經費。經營者花費任何超過這些金額之前，必須送交特定廠址除役費用估計給 NRC。
- (iii.) 若尚未送出，則經營者應於永久停止運轉聲明發表後兩年內送交一份特定廠址除役費用估計。
- (iv.) 對由包括貯存或監測的除役延遲完成之除役工作，經營者應提供一個調整成本估計，以及整個貯存或監測期間相關基金標準之方法。

2.1.9 10 CFR 50.82(a)(9)

所有動力反應器經營者必須送交一份執照終止申請書。此份申請書必須隨著或是在執照終止計畫之前送交給 NRC 核可。

- (i.) 執照終止計畫必須是 FSAR 的附件或是相等的文件並且至少在執照終止日期前兩年送出。
- (ii.) 執照終止計畫必須包含—
 - (A.) 廠址特性；
 - (B.) 確認剩餘拆除工作事項；
 - (C.) 廠址復育計畫；
 - (D.) 詳細的最終輻射測量計畫；
 - (E.) 假如是有限度開放使用，則描述廠址規劃之用途；
 - (F.) 更新特定廠址的剩餘除役經費估計；
 - (G.) 一份環境報告的補充。依照 10 CFR 51.53，此份補充文件描述因經營者所提之除役工作而發生之任何新的資訊或是重大的環境變動。
 - (H.) 確認任何在執照終止計畫批准之前被釋出使用的廠區或設備。
- (iii.) NRC 應通知收到 PSDAR 並且使 PSDAR 能讓大眾做評論。在收到 PSDAR 後 NRC 也應安排在經營者的設施之鄰近區域舉行一場公聽會。NRC 應發

表一份公告在聯邦政府官報以及媒體上，例如在廠址鄰近區域的居民可以容易獲得之區域性新聞報紙，聲明公聽會的日期，時間以及地點，以及一份公聽會目的的簡短描述。

2.1.10 10 CFR 50.82(a)(10)

若業主證明執照終止計畫會依照本章之法規執行，並不會對國防、保防或民眾健康及安全構成危害，同時也不會對環境品質產生重大影響，則委員會在照會利益相關人員後，應核准並授權進行執照終止計畫，但核准文件中可視需要增加合宜之條件及限制。

2.1.11 10 CFR 50.82(a)(11)

若委員會認定除役工作已進行到符合以下狀況時，委員會應終止執照——

- (i) 剩餘拆除工作已依照被認可的執照終止計畫完成，並且
- (ii) 最終輻射測量以及相關文件證明設施及廠址已符合 10 CFR part 20 之 subpart E 所訂定的除役規範。

2.2 10 CFR 20.1402 除役後廠址無限制開放使用之放射性規範

如果可從背景輻射中區別出來的殘餘放射性，包含來自地下水源的飲用水，對關鍵群體之平均成員所造成的總有效等效劑量，不超過每年 0.25 毫西弗，且殘餘放射性已降至合理抑低的程度時，廠址除役後可被考慮接受為無限制使用。決定合理抑低的等級時，必須把任何可能因除污及廢棄物處置所導致之潛在損傷列入考量，例如因運輸意外導致之死亡。

2.3 10 CFR 20.1403 限制情況下之執照終止規範

如果符合下列狀況，則經營者採用有限度開放除役後的廠址來進行終止執照將是可接受的：

2.3.1 10 CFR 20.1403(a)

經營者可以證明為符合 10 CFR 20.1402 規定而更進一步降低殘餘放射性，將對一般社會大眾或是環境造成傷害，或因殘餘放射性已降至合理抑低之程度而不會繼續進行。決定合理抑低的程度時必須將任何可能因除污以及廢棄物處置而導致的損傷列入考慮，例如交通意外。

2.3.2 10 CFR 20.1403(b)

經營者已預備合法且可實施的監管，且該監管可提供除背景輻射外之殘餘放射性，對關鍵群體之平均成員所造成之總有效等效劑量，將不超過每年 0.25 毫西弗的合理保證。

2.3.3 10 CFR 20.1403(c)

經營者已提供足夠的財政保證，可確保一個獨立的第三團體，包括一個廠址的官方管理人，能承擔並履行任何必要的廠址管理及維修之責任。可接受的財政保證機構是：

- (1) 如 10 CFR 30.35(f)(1)所描述，與經營者之資產無關，且獨立於經營者的管理控制之外的基金；
- (2) 擔保辦法，保險契約，或其他或其他如 10 CFR 30.35(f)(2)所描述的保證方法；
- (3) 如本章 10 CFR 30.35(f)(4)所敘述的，一個聯邦，州，或是地方政府經營者的決議聲明；或
- (4) 若政府本身擁有廠址的監護及所有權，則需一份被該政府本身視為可接受的約定。

2.3.4 10 CFR 20.1403(d)

經營者已送交一份除役計畫或執照終止計畫（LTP）給委員會，指出經營者欲依照 10 CFR 30.36(d)，40.42(d)，50.82(a)與(b)，70.38(d)，或 72.54 之規定申請除役，並且明確說明經營者欲採用限定廠址使用方式進行除役。經營者應在除役計畫或 LTP 中說明如何尋求來自受影響的個人及社會團體的意見，以及在分析這些意見後，如何體現這些意見。

- (1.) 提出以廠址有限制使用方式以進行除役之經營者，應尋求關心下列與除役相關事項之相關團體之忠告—
 - (i.) 是否經營者所提監管規定：
 - (A). 將提供合理的保證，保證由殘餘放射性（除背景輻射外）對關鍵群體之平均成員所造成之總有效等效劑量，不超過每年 25 毫西弗；
 - (B). 將是可實施的；且
 - (C). 將不會把不正當的負擔加於社區或其他受影響之團體上。
 - (ii.) 經營者是否提供足夠的財政保證使一個獨立的第三團體，包括廠址之政府管理人，能承擔且履行任何必要之廠址控制和維護的責任；
- (2.) 於尋求 10 CFR 20.1403(d)(1)所確認的問題之忠告時，經營者應提供下列事項：
 - (i.) 可能受除役影響之廣泛團體代表的參與；
 - (ii.) 對參與者陳述之問題，有一個完整的、集體的討論的機會；以及
 - (iii.) 一份大眾可獲得之所有討論結果的結論，包含各個參與者對各議題之觀點的描述，以及個別議題參與者贊同與否之程度。

2.3.5 10 CFR 20.1403(e)

廠內的殘餘放射性已降低至監管不再有效的程度，對於除了背景輻射外的殘餘放射性，對關鍵群體之平均成員所造成之總有效等效劑量，有合理保證已合理抑低且將不會超過—

- (1) 每年 1 毫西弗；或
- (2) 每年 5 毫西弗，經營者需提供—
 - (i) 證明為符合每年 1 毫西弗之規定而更進一步降低殘餘放射性，在技術上已不可行，費用將過份昂貴，或將使一般大眾或環境受到傷害；
 - (ii) 預備做長期監管；
 - (iii) 提供足夠的財政保證以確保一個負有責任的政府或獨立之第三團體，包括廠址之政府管理人，能實行頻率上不少於五年的週期性廠址複檢，以確保適當的監管以符合 10 CFR 20.1403(b)規定，並且承擔及實行任何必要的管理，以及其他管理上必要的維修。可接受的財政保證機制列於 10 CFR 20.1403(c)中。

2.4 10 CFR 20.1404 執照終止之替代規範

2.4.1 10 CFR 20.1404(a)

如果經營者符合下列情況，委員會可採用超過 10 CFR 20.1402，20.1403(b)與 20.1403(d)(1)(i)(A)所規定之劑量限值的替代規範來終止執照：

- (1) 經由送交一份對可能造成暴露之射源的分析，來保證大眾健康及安全將持續被保護，以及來自醫用外的所有人造射源所造成之劑量，不會超過 subpart D 所規定的每年 1 毫西弗。
- (2) 廠區之再使用已採用實際之限制，是依照§ 20.1403 規定之廠址內最小暴露；且
- (3) 將可能由除污及廢棄物處置造成之任何損害列入考量之後，如交通意外等，劑量已減至合理抑低的程度。

- (4.) 已送交給委員會的除役計畫或執照終止計畫 (LTP) 中指出，經營者欲依照本章之 §§ 30.36(d), 40.42(d), 50.82 (a)與(b), 70.38(d)或 72.54 之規定除役，並且具體指定經營者使用規範提出除役。經營者應在除役計畫或 LTP 中說明如何尋求來自受影響的個人及社會團體的忠告，以及在分析這些忠告後，如何滿足其忠告。於找尋相關忠告時，經營者應提供：
- (i.) 可能受除役影響之廣泛相關團體代表之參與；
 - (ii.) 參與者廣泛地共同討論問題的機遇；以及
 - (iii.) 一份大眾可獲得的所有討論結果總結，包括一份代表個人對問題的觀點，以及各代表對該問題之認同程度的描述。

2.4.2 10 CFR 20.1404(b)

在考量任何 NRC 所提之用來滿足任何來自環保署 (Environmental Protection Agency, EPA)，及任何依照 10 CFR 20.1405 所送交的公眾意見之建議後，使用替代規範進行終止執照需委員會批准。

2.5 10 CFR 20.1405 公告通知及大眾參與

在收到經營者所送交的 LTP 或除役計畫後，或經營者提議依照 20.1403 或 20.1404 進行廠址釋出後，或者每當委員會認為該聲明乃是大眾感興趣的之後，委員會應：

- (a). 公布並且從下列事項中徵求意見：
 - (1.) 廠址周遭之地方或州政府，以及任何印地安部落，或其他有協定或合法權力能影響除役的原住民；以及
 - (2.) 經營者提議依照 20.1404 規定進行廠址釋出時，需徵求環保署之意見。
- (b). 發佈公告於聯邦官報以及媒體上，如地區性的新聞報紙，給州或地方組織的信函，或其他適當的媒體，能讓廠址周遭的個人能容易地獲得資訊，並且向受影響的團體徵求意見。

2.6 10 CFR 50.4(b)(8) 永久停止運轉聲明

經營者的永久停止運轉聲明，根據§50.82(a)(1)，必須陳述已停止運轉或將停止運轉的日期，而原版簽名和公證文件需送交給 NRC。

2.7 10 CFR 50.4(b)(9) 燃料永久移除聲明

經營者的燃料永久移除聲明，依照§50.82(a)(1)，必須陳述已將燃料從反應器壓力槽以及燃料貯存中移出，而原版簽名和公證文件需送交給 NRC。

第三章 NRC 法規指引 1.184 核能反應器之除役

3.1 簡介

除役指的是永久地停止核能設施的運作，並且將其廠址所在的放射性物料減少到足以終止 NRC 執照的水準。在 1988 年 6 月 27 日，NRC 發佈了除役的基本規定，其中包括了技術性及財務的規範，並論及除役規劃的需求、時程安排、資金運作機制以及環境檢閱規定。這些相關的規定被編進 10 CFR 50.75，50.82，51.53 及 51.59 的法條裡。

然後在 1996 年 7 月 29 日，經修訂後，除役程序的條例最後公布在美國聯邦政府官報上。新條例共修訂了 10 CFR Part 2，“Rules of Practice for Domestic Licensing Proceedings and Issuance of Orders”；10 CFR Part 50，“Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities”以及 10 CFR Part 51，“Environmental Protection Regulations for Domestic Licensing and Related Regulatory Functions”等法條。藉由歷年來實作的經驗，並吸收了業界或政府主導的除役講習及研討會，新條例闡明了核能設施除役的規則。其中包括澄清了之前規定中模稜兩可的部分，並減少了不必要的規定，增加了彈性運作的空間，並將個案處理的程序與術語都編入法條。並且在新規訂中，大眾將會更容易接收到有關經營者所要進行的除役工作的資訊。整體而言，新條例的建立乃是讓 NRC 建立相稱於其規定的除役活動的監管水準。

1996 年所發佈的新條例擴大解釋了 10 CFR 50.59，“Changes, Tests, and Experiments”的意義，這使得經營者可以用 10 CFR 50.59 描述的手續來更動除役中的設施。依據 1996 年 7 月 29 日的條例，當除役工作與 NRC 核可的除役規劃一致時，除役工作才被批准進行。進行與除役規劃明顯的差異之作業前，必須先徵得 NRC 的核可。

為了便於瞭解除役的過程，NRC 將核能反應器除役的工作分成三個階段。第一個階段包含了初始的工作，自永久停止運轉的有效日期起算，也包含在經營者

將反應器保持在貯存的狀態，或是開始主要的除役工作之前的活動。第二階段包含了貯存期內的活動，或是主要除役工作(除污或解體拆除)，也可能是以上兩者的組合運用。第三個階段則是經營者需要進行終止執照的工作。10 CFR Part 2和51的修訂就是有關於除役的第三階段。

“Final Generic Environmental Impact Statement (GEIS) on Decommissioning of Nuclear Facilities” NUREG-0586¹裡有對除役的三種方法造成的環境影響的評估。1988年的除役條例之附錄中也有對三種除役方法的討論，下面簡單列出其摘要：

DECON：凡含有放射性污染物的設備、結構或是設施與廠址的部分，都必須移除或是除污至可終止執照的水平。GEIS認可DECON是可接受的除役方法。

SAFSTOR：設施被安置在穩定安全的狀況下，並維持這個狀態直到其隨後經除污，並解體拆除到可以終止執照的水準。在SAFSTOR的過程中，設施會維持完整，但是其中的燃料將自反應器壓力槽中移出，而放射性的液體亦自系統及零件中排出。因為在SAFSTOR期間的放射性衰變，物料的放射性等級會降低，並減少未來除污或解體拆除時需要處置的物料量。GEIS認可SAFSTOR是可接受的除役方法。

ENTOMB：ENTOMB是將放射性結構、系統及其零件包在長期結構完善之混凝土中。固封結構需要適當的維護，並加以長期的監測直到其放射性達到可終止執照的水平。因為大部分的動力反應爐會有放射性核種，其濃度即使經過一百年也可能超過非限制使用的極限，因此這個方法一般來說並不實用。不過若是核能設施能證明其放射性核種在大約一百年的衰減後，能達到非限制使用的水平就可以採用ENTOMB。當ENTOMB方法被採用時，在Subpart E of 10 CFR Part 20裡與非限制使用或限制使用相關的條款將被應用上。

NRC認可有些將DECON與SAFSTOR合併運用的方法也是能接受的辦法。例如經營者可以選擇部分除污後貯存一段時間，然後再接著完成整個除污及解體拆除的工作。

修訂過的條例要求致力於除役的動力反應器的經營者在1996年的條例生效

後，依從新條例的作法。所有的經營者都需按新條例的除役程序來做，沒有不溯及既往的規定。

本法規指引主要描述讓NRC能接受的初始工作及除役過程的主要階段的方法與程序，以符合1996條例的要求。有關終止執照過程的法規是10 CFR 50.82(a)(9)，其法規指引是Regulatory Guide 1.179² “Standard Format and Content of License Termination Plans for Nuclear Power Reactors”。相關資訊Draft NUREG-1700在1998年12月發佈接受公評。而有關用過燃料在除役過程的貯存的資金運用與管理的規定也沒有包含在本法規指引的範圍裡頭。用過燃料在除役過程(在用過燃料移交給Secretary of Energy前)的貯存與管理的規定自廠址除役工作中獨立出來，列於10 CFR 50.54(bb)。關於用過核子燃料獨立貯存設施的申照程序則是列於10 CFR Part 72, “Licensing Requirements for the Independent Storage of Spent Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste”。本法規指引也不包含低、高及greater-than-Class-C廢棄物的運載與處置，相關法規分別列於10 CFR Part 71(運載)及10 CFR Parts 60 and 61(處置)。

本法規指引僅適用於動力反應器經營者。非動力反應器的條例是10 CFR 50.82(b)。而NRC有關非動力反應器的除役程序的討論在NUREG-1537, "Guidelines for Preparing and Reviewing Applications for the Licensing of Non-Power Reactors"，未來將會針對新條例修訂做更新。

3.2 討論

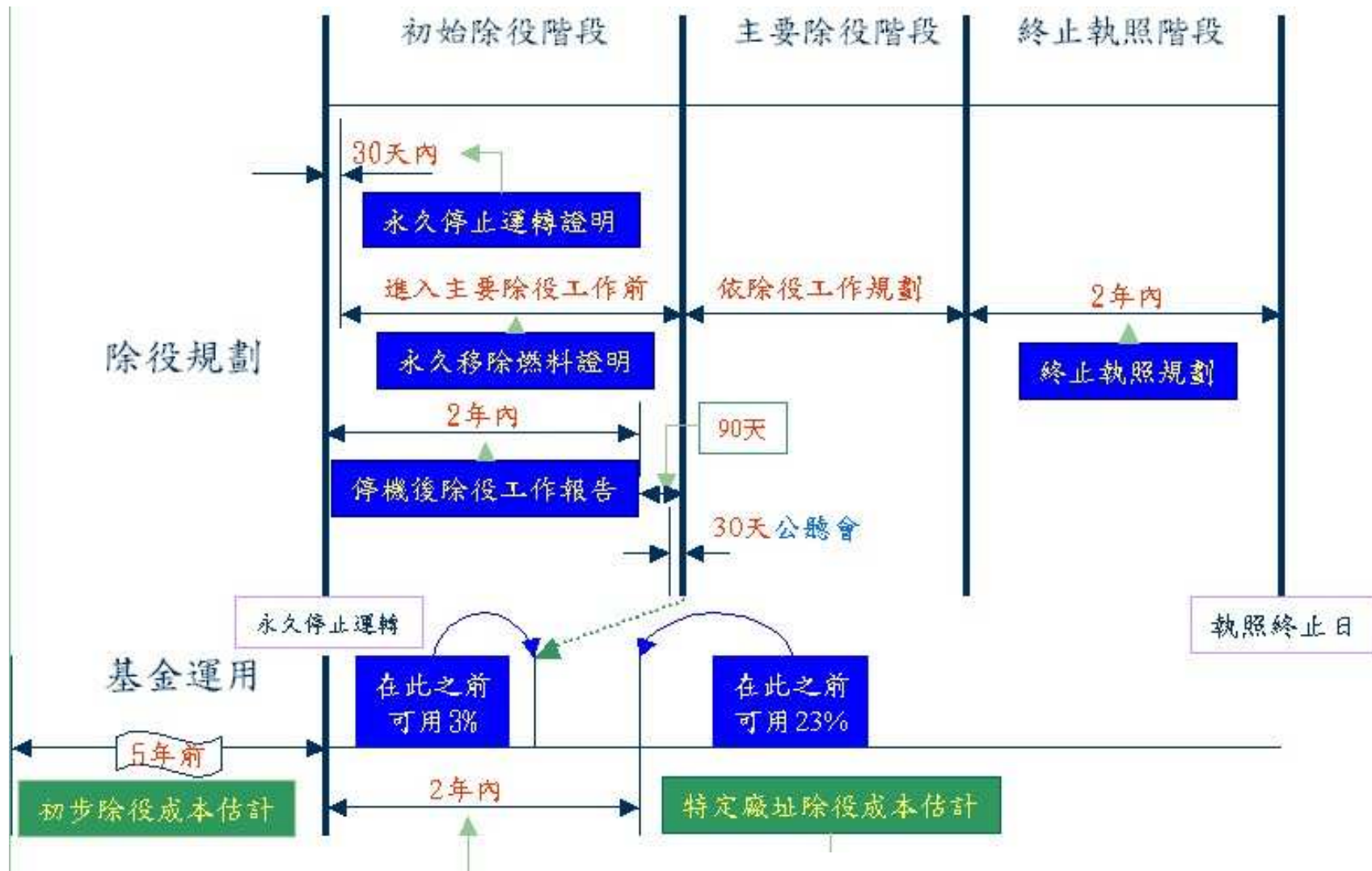
反應器停爐並且將燃料移出反應器後，對於大眾的健康與安全的風險已與運轉時不同。1996年7月29日的除役條例具體的依安全考量不同的重要性刪除、修訂或擴大解釋對設施的相關規定。

動力反應器的除役工作可分成三個階段（何謂除役的工作在10 CFR 50.2內有定義）：(1)初始的工作，(2)主要除役工作與貯存工作及(3)終止執照工作。表一列出動力設施除役一般性的時程表，本表主要著重在除役過程的前兩個階段。

根據10 CFR 50.82 (a)(1)(i)記載，決定永久停止運轉的經營者必須在決定的三十天內提交寫好的證明，或是必要條件給NRC以便永久終止運轉。證明內必須註明何時永久終止運轉（參照10 CFR 50.4(b)(8)）。當燃料依照設施的規劃自反應器壓力槽移到用過燃料池，且NRC也收到永久移除燃料證明並將之建檔後（參照10 CFR 50.4(b)(9)及10 CFR 50.82(a)(1)(ii)），依據Part 50，經營者將不被批准進行運轉或將燃料再次置入反應器壓力槽（參照10 CFR 50.82(a)(2)）。而這也表示經營者不再需要遵守只有運轉時才需要的規定這可使經營者減少一些費用的支出。

而根據10 CFR 50.82(a)(3)的規定，動力反應器的除役必須在永久停止運轉的60年內完成。NRC只有在有必要保護大眾健康與安全的前提下才會認可60年以後才能完成的除役規劃。“Final Generic Environmental Impact Statement (GEIS) on Decommissioning of Nuclear Facilities” NUREG-0586 (Ref. 1) 裡有記載除役方法供選擇(DECON、SAFTOR及ENTOMB)，另外也有對於反應器除役對環境的影響。經營者可以選擇組合DECON與SAFTOR的方法，例如先除污一部份再加以貯存，然後再繼續完成整個除污及解體拆除的工作。在除污過程中，經營者仍必須遵守相關的法規條例。

依照10 CFR 50.82(a)(4)(i)規定，在永久終止運轉的兩年內，經營者必須提交停機後除役工作報告(PSDAR; Post-Shutdown Decommissioning Activities Report)。停機後除役工作報告應按照Regulatory Guide 1.185, "Standard Format and Content for Post-Shutdown Decommissioning Activities Report"來寫。其內容需包含經營者的除役工作規劃，完成重要里程碑的時間表，預估成本的估計。經營者也需檢視與特定廠址除役工作相關的環境影響。假如預估的影響在被認可的環境影響評估，或是環境影響審查報告已經有相關資料，經營者只需提供文件證明即可。假如發現已有的環境評估裡的環境影響，經營者應依其工作註明會造成的影響，並提交環境報告的補遺包含增加的影響。相關法規參照10 CFR 50.82(a)(6)(ii)與51.53(b)。



表一 NRC 規劃之除役時程表

儘管可能有相關除役工作開始進行，在NRC收到停機後除役工作報告後90天前並不能進行主要的除役工作。這90天的時間是為了讓NRC有足夠的時間來審核經營者提交的PSDAR，並在聯邦官報上公佈已收到經營者提交的停機後除役工作報告，之後在廠址附近召開公聽會對經營者的除役規劃進行討論。當然在進行主要除役工作之前還必須先做好安全檢測。

在10 CFR 50.59記載的說明表示經營者若已提交永久終止運轉證明及永久移除燃料證明，在NRC收到PSDAR後的90天後即可不待NRC的批准逕行開始主要的除役工作。主要除役工作指的是在10 CFR 50.2所寫的「所有能移除主要放射性組件、永久更動圍阻體結構及將組件解體以供運載的工作等稱為主要除役工作」。其中主要放射性組件即10 CFR 50.2所記載的「反應器壓力槽及其內部組件，蒸汽產生器，調壓器，大型沸水式反應器冷卻水系統管路，及具有較高的放射性的其他大型組件」。

10 CFR 50.82(a)(6)記載經營者不能執行會導致以下三種情況的除役工作：(1)使廠址無法無限制使用、(2)未經檢視的重大環境影響、(3)除役基金無法維持除役工作。NRC會根據10 CFR 50.59來審視經營者的除役程序，以確保設施的改變沒有違反以上的規範。

要終止Part 50執照必須要有終止執照規劃。終止執照規劃必須是終期安全分析報告(FSAR)的補充，並且必須在PSDAR內預定的終止執照日期兩年前提交給NRC。相關的法規指引是Regulatory Guide 1.179, "Standard Format and Content of License Termination plans for Nuclear Power Reactor"，另外在Draft NUREG-1700³內也有相關的資訊。

Part 50的法規並沒有規定經營者要提交初步除役規劃，不過在10 CFR 50.75(f)(2)中規定經營者必須在預期終止運轉的五年前提交一份初步除役成本估計，其中包括可影響除役成本的重要因子最新的評估。

1999年7月的除役條例改動了10 CFR 50.75中要求經營者處理撥出作為放射性除役的信託基金的能力。經營者能動用多少基金是由除役工作到達過程中確立的

里程碑來決定。這項限制是為了確保有足夠的基金將設施維持在穩定安全的狀態，最後完成除役並終止執照。在經營者提交特定廠址除役成本估價之前可以運用10 CFR 50.75指定量23%的資金。在這23%裡面，初始3%是給經營者用來做除役規劃，這些資金甚至可以在永久停止運轉之前運用。而剩餘的20%用在實際的除役或是讓設施做長期貯存的準備工作上，要應用這部分的資金必須等到經營者提交了10 CFR 50.82(a)(1)的證明並且提交PSDAR給NRC的90天後。當經營者提交了「特定廠址除役成本估價」給NRC後，才能運用剩餘的資金。50.82節記載要求經營者必須在永久終止運轉的兩年內提交「特定廠址除役成本估價」。

NUREG/CR-0672, "Technology, Safety and Costs of Decommissioning a Reference Boiling Water Reactor Power Station", NUREG/CR-0130, "Technology, Safety and Costs of Decommissioning a Reference Pressurized Water Reactor Power Station", NUREG/CR-5884, "Revised Analysis of Decommissioning for the Reference Pressurized Water Reactor Power Station", NUREG/CR-6174, "Revised Analysis of Decommissioning for the Reference Boiling Water Reactor Power Station" 中有有助於做特定廠址成本估價的資訊。

NRC認為有必要在做除役規劃考慮終止執照及用過燃料貯存，因此基金運用的規劃也可以用來處理這些與除役相關的課題。不過雖然NRC認可經營者累積用過燃料的貯存與維護的基金(10 CFR 50.54(bb)要求使用者要準備這方面的資金)，當成除役信託基金的一部分，不過10 CFR 50.75的條例規定自放射性除役的基金中撥出的部分不能用在用過燃料的貯存與維護，也不能拿來設計或建造用過燃料乾式貯存設施以及其他與長期貯存、放射性除役或設施的解體拆除與廠址的除污不直接相關的工作。

3.3 法規立場

3.3.1 適用性

本法規指引適用於所有動力反應器經營者，包含已經提交除役規劃並獲得核

可的經營者，以及擁有在1996年8月28號的法規修正案的有效日期內的經NRC核可的除役規劃的經營者。對之前已經認可的除役規劃以及相關的環境檢視，NRC會其視為已提交的PSDAR。而在之前提交的除役規劃，NRC若為對其做最後的行動，亦是代表NRC將其視為經營者提交的PSDAR。

3.3.2 永久停止運轉聲明

10 CFR 50.82 記載，當經營者決定永久停止運轉時必須在30天內提交寫好的證明給NRC告訴NRC這個決定。值得注意的是規定是要再做出決定的30天內提交證明，而不是在停爐的30天內。NRC會由經營者公開宣布何時設施會永久停止運轉的那天開始30天的倒數計時。如果設施已經停爐了一段時間，永久停止運轉的有效日期會自決定不再發電運轉的那天開始。而若是NRC發佈命令要經營者永久停止運轉，經營者必須在命令生效日期的30天內寄出證明。

10 CFR 50.4(b)(8)規定這份證明內必須寫明設施在何時開始永久停止運轉或是何時將要永久停止運轉。經營者要將這證明寄到NRC。而依照10 CFR 50.82(a)(1)(iii)規定，對於在規定修改之前已經修訂其執照為僅能擁有設施但永久不準運轉的經營者，NRC視為已提交這份證明。

10 CFR 50.51記載有關執照過期日的規定。提交永久停止運轉的證明並不改變執照有效日期，直到NRC通知經營者執照已經終止之前執照依然有效。對於延長執照的有效日期的相關規定，則不因設施已永久停止運轉而改變。

當NRC收到經營者提交的永久停止運轉證明會將之當作經營者對定期停止運轉的保證。而若經營者在寄出永久停止運轉證明或是在除役過程的任一個時間點上改變主意，希望能讓設施再次運轉，經營者必須以書面通知NRC。NRC會以個案處理，針對提出再運轉要求時的設施狀況決定是否授權再運轉。

3.3.3 永久移除燃料證明(Certification of permanent removal of fuel)

10 CFR 50.82(a)(1)(ii)規定當經營者將燃料永久性的移出反應器壓力槽後，經

營者必須依據10 CFR 50.4(b)(9)的規定提交寫好的證明給NRC，其中需記錄燃料永久移出反應器壓力槽的日期，以及用過燃料的處理方式。舉例來說，經營者必須指出燃料是移交給另一位經營者，或是放在設施內建的用過燃料貯存池還是貯存在用過燃料獨立貯存設施(ISFSI)內。證明一樣要寄給NRC。

雖然永久停止運轉的證明可能在永久運轉之前就提交出去，但是永久移除燃料證明必須在所有燃料以移出反應器的時候才能提交出去。10 CFR 50.2記載說明裡永久移除燃料指的是「經營者向NRC證明所有燃料組件已經永久移出反應器壓力槽」。

依照10 CFR 50.82(a)(1)(iii)規定，對於在規定修改之前已經修訂其執照為僅能擁有設施但永久不準運轉的經營者，NRC視為已提交這份證明。

對於永久停止運轉與永久移除燃料的間期並沒有相關的規定。然而在經營者提交永久移除燃料的證明之前，經營者仍必須遵守非運轉狀況下不必要的保護公眾健康安全規定因而也無法減少10 CFR 171.15規定的費用支出。

NRC希望先接到永久停止運轉證明，不過經營者可以將永久移除燃料證明可與永久停止運轉證明合併成一份提交給NRC，比如一座反應爐在卸載許久之後才決定永久停止運轉就適合兩者合併。而根據10 CFR 50.82(a)(2)的規定，當這兩項證明已被NRC收錄歸檔，或是NRC發佈永久停止運轉的命令生效後，經營者將不再被批准運轉或是將燃料再次置入反應器壓力槽。

3.3.4 停機後除役工作報告(Post-Shutdown Decommissioning Activities Report)

根據10CFR 50.82(a)(4)(i)經營者必須在永久停止運轉後的兩年內提交停機後除役工作報告給NRC及寄送影本給受影響州政府。NRC的建議是距離廠區八公里（五英里）的涵蓋的州界應視作受影響。之所以要通知受影響州政府是為了讓他們在有意願參與除役的工作的前提下能適時予以幫助。

停機後除役工作報告可能在停止運轉甚至決定停止運轉之前就提出來。因為10 CFR 50.82(a)(5)裡有規定收到停機後除役工作報告後最少需等待90天才能開使

主要的除役工作，提早寄送停機後除役工作報告可以省去停爐後欲直接進行除役工作的等待。舉例來說，如果經營者在永久停止運轉的一年前就以提交停機後除役工作報告給NRC及相關州政府而NRC收到並建檔且召開了公聽會並過了90天等待期，這時若停止運轉並移除燃料，在NRC收到10 CFR 50.82(a)(1)(i)及10 CFR 50.82(a)(1)(ii)規定的永久停止運轉證明及永久移除燃料證明後，就可以進行主要除役工作而不需等待。

對於多個反應器機組的核能電廠，停機後除役工作報告必須針對每一座反應器做報告，如果每一座反應器採用相同的時程表，則簡單加註即可。

依據10 CFR 50.82(a)(4)(i)，PSDAR的內容應包括對規劃的除役工作的描述、列出完成這些工作的時程表，以及對預期費用的估計，並且應討論特定廠址的除役工作之環境影響是否包含在之前發佈的環境影響審查報告。（所謂先前的環境審查報告包括特定廠址的評估與環境影響審查報告及”Final Generic Environmental Impact Statement (GEIS) on Decommissioning of Nuclear Facilities”），如果經營者在申請執照時沒有做好環境檢閱，或是沒有NRC公布的終期環境影響審查報告(Final Environmental Impact Statement)，或沒有適當的環境評估，那麼經營者就必須在開始主要除役工作前提交一份除役工作環境報告。

法規指引1.185停機後除役工作報告(PSDAR)之標準格式與內容 (Regulatory Guide 1.185, ”Standard Format and Content for Post-Shutdown Decommissioning Activities Report”)是寫作停機後除役工作報告(PSDAR)輔助工具，內容舉例說明文件各式細節，包含預算估計的基礎以及環境影響的資訊與分析。這些可以讓經營者在寫作PSDAR時，能將環境影響的討論做好足以通過NRC的檢查。而當經營的除役工作造成的環境影響並不包含在之前的環境評估或環境影響審查報告時，經營者不能就此開始主要除役工作。也就是說若推論除役工作造成的環境影響會大於先前公布的環境評估時，經營者必須提交一份更新過的環境報告針對特定的除役工作環境影響作評估。NRC會檢閱環境報告並準備環境評估或環境影響審查報告。

NRC會檢視經營者提交的停機後除役工作報告(PSDAR)所包含的內容是否達到法規要求。如果NRC發現報告沒有依從法規的規範，NRC會告知經營者要在NRC召開公聽會前將法規需要的資料補齊。而若NRC沒有警告經營者停機後除役工作報告(PSDAR)的缺失，經營者在NRC收到停機後除役工作報告(PSDAR)後90天，並已證明永久停止運轉及永久移除燃料，則經營者可以逕行開始主要除役工作。

有很多因素會造成停機後除役工作報告的缺失。這些缺失都與前面討論的主題相關。例如NRC可能會發現經營者無法如期完成停機後除役工作報告中的動作（例如規劃立刻除污解體但是沒有廢棄物處置場收容廢棄物）。又或者NRC發現經營者的時程規劃超過了永久停止運轉後60年的時限（10 CFR 50.82(a)(3)）（除非證明超過時限的計畫是保護公眾健康安全的必要行動，如果是，將會個案處理）。還有其他因素需要考慮，如延長除役進程以應付低廢廢棄物處置容量不足的問題，以及因為廠址尚有其他運轉的核能設施而導致經營者無法完成除役工作等特定廠址的問題。而若NRC（依照一般的指導方針與先前的除役經驗分析）發現經營者無法在足夠的預算內完成除役，或是提出的估價偏低亦會要求經營者提供額外的資訊說明。當停機後除役工作報告記載的工作會違反NRC的安全規範而危害公眾的健康與安全，或是導致有害的環境影響而此狀況不在先前的環境影響審查報告之內，NRC也會認為此報告有缺失。

3.3.5 公聽會(public meeting)

NRC會在Federal Register上公告已收到停機後除役工作報告(PSDAR)，並且會將停機後除役工作報告(PSDAR)放置於網頁中與公眾閱覽室接受公評。跟著NRC會依據10 CFR 50.82(a)(4)(ii)規定在廠址鄰近區域安排召開公聽會。情況許可的話，公聽會會安排在收到停機後除役工作報告的90天等待期的最後30天。召開公聽會的訊息除了在聯邦官報上公告，還必須發佈在廠址鄰近的居民能容易獲知的地方，如當地的報紙等。這份通告必須包含召開公聽會的時間、地點並簡單描述召開公聽會的目的。

召開公聽會要告知當地政府機關，並應由當地的政府機關來主持。在公聽會的期間經營者會被邀請來發表其除役規劃，NRC則針對除役工作討論相關的法律規範。另外也給予個個受影響州政府的代表解釋各州法規與州政府將要扮演的角色的機會。而州政府代表、地方官員代表以及當地民眾代表會針對停機後除役工作報告作評論，NRC在公聽會中發表他們檢閱報告的評論，並在演說後提供問答的機會。之後會議記錄會有副本放置公眾閱覽室與電子佈告上。

3.3.6 初始除役工作(Initial Activities)

根據10 CFR 50.82(a)(5)記載，經營者在提交「永久停止運轉證明」、「永久移除燃料證明」及經過NRC收到「停機後除役工作報告」後的90天等待期前，不得開始（依10 CFR 50.2定義）主要除役工作。NRC會利用這90天的等待期進行必要的除役前檢測，包括檢查經營者除役程序足以保證除役工作的安全並不致危害環境。經過這90天等待，經營者依10 CFR 50.82的規定，在NRC沒有通知「停機後除役工作報告」有缺失的情況下可進行開始主要除役工作。

經營者可在永久停止運轉及永久移除燃料前繳交停機後除役工作報告，這可以避免永久停止運轉後的等待時間，但是儘管已經過90天的等待期，在繳交永久停止運轉證明與永久移除燃料證明之前依然不可以開始主要除役工作。

3.3.7 主要除役工作(major decommissioning activities)

只要燃料還留在爐心，設施的修改就必須遵守10 CFR 50.59中的設施運轉時之規定。直到繳交永久停止運轉證明與永久移除燃料證明，並經過NRC收到停機後除役工作報告後90天的等待期過後，才能開始著手10 CFR 50.59與10 CFR 50.82條款裡規定的除污與解體工作。除此之外，根據10 CFR 50.82(a)(6)的內容，經營者不得經營者不能執行會導致以下三種情況的除役工作：(1)使廠址無法無限制使用、(2)未經檢視的重大環境影響、(3)除役基金無法維持至除役工作結束。

3.3.8 技術性規範(Technical Regulation)

1996年七月的規則明確的延伸特定的技術性規格已涵蓋除役工作。在10 CFR 50.36內討論的技術性規格將被個案探討。經營者可以檢視運轉時的技術規格來決定何者已不適用何者需要維持。經營者需要提出適當的申請來更改法規規定的技術規格。

在10 CFR 50.36a內有有關放流物的排放規範。為了符合10 CFR 20.1301的規格，必須依照10 CFR 50.34a(c)的規格建立放流物控制的運作程序，並依10 CFR 50.34a(a)的規格，建立維護並使用放射性廢棄物的技術性規範。而按照10 CFR 50.36a(a)(1)的規定，經營者需要在NRC終止執照前維持運作程序的記錄，至少需保留三年的紀錄。

除此之外，依照10 CFR 50.36a(a)2的規定，經營者要將過去12個月內隨液態或氣態放流物，排放到非管制區的主要放射性核種的量的個別分析做成年報交給NRC。其中應包括足夠讓NRC對放流物的排放造成的大眾最大潛在年輻射劑量做出估計的資料。這份報告的間期不可以超過12個月。如果在這段期間內放射性物質的排放量明顯大過設施設計的運轉時目標值，報告內必須特別指出產生差異的理由。NRC會利用這份報告及相關資訊要求經營者執行NRC認可的行動。經營者可以利用10 CFR Part 50的附錄I「輕水式反應器放流物中放射性物質符合ALARA規範的運轉設計目標與限制狀況之數值指引」(“Numerical Guides for Design Objectives and Limiting Conditions for Operation To Meet the Criterion ‘As Low As Reasonably Achievable’ for Radioactive Material in Light-Water- Cooled Nuclear Power Reactor Effluents”)裡提供的數值來處理這份報告。

其他主要除役工作階段的要求如下所示：

3.3.8.1 維護規定(The Maintenance Rule)

10 CFR 50.65「核能電廠有效維護之監管要求」(“Requirements for Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants)要求監控結構、系統與元件

(SSCs, structures, systems, or components)的表現與狀況。對已依10 CFR 50.82(a)(1)的規定提出「永久停止運轉證明」及「永久移除燃料證明」的經營者而言，僅需要監控與貯存、控制與維護用過燃料的結構、系統與元件的表現與狀況，將之保持於安全的狀況並確認這些結構、系統與元件能維持在足以完成預定的功能(如10 CFR 50.65(a)(1)所示)。

3.3.8.2 終期安全分析報告之維護(Maintenance of the Final Safety Analysis Report)

終期安全分析報告(FSAR)或其他等效力的文件提供發照時對於經營者所要作的工作(10 CFR 50.59)的評估。在進行除役工作時需要依狀況加以更新。根據10 CFR 50.71(e)(4)的規定，修訂與更新應在提出「永久停止運轉證明」與「永久移除燃料證明」後持續進行。每24個月應該提出報告於NRC建檔。

終期安全分析報告內需要週期性更新的部分如下所示：

3.3.8.2.1 設施描述(Facility Description)

在開始進行除役或解體前，設施必須是在停機的狀態。而只有在技術規範裡有要求及直接影響燃料安全貯存的結構、系統與元件的狀態必須依細部狀況作更新。不過為了對電廠有通盤瞭解，當除役過程中將運轉時終期安全分析報告需注意的結構、系統與元件除污、降低活度或封存時，依然要反應當時的狀況對終期安全分析報告作一般性的更新。雖然這些結構、系統與元件可能不再具有安全功能，不過將其狀況與功能記錄下來有利於電廠在除役階段的安全。舉例來說停機後已不需要冷卻水系統來帶走爐心的熱量，然而當閥門操作錯誤、系統錯誤或損毀、介面調校錯誤都有可能引起大量水洩漏，造成人員受傷或是經由沖刷將放射性物質帶出至無防護的區域。因此最低限度要持續監控最終安全分析報告內結構、系統與元件的狀態保持安全直到沒有機械動力或電能也沒有放射性污染及需要特別處理的液態成分，或是這結構、系統與元件在解體時被移離為止。

3.3.8.2.2 經營者組織架構(Licensee organization)

終期安全分析報告或相關文件應包含經營者的公司與電廠在除役時的組織架構。設施除役時的組織結構、功能與責任歸屬應在文件內有所描述。

3.3.8.2.3 放射廢棄物管理(Radioactive Waste Management)

與原本最終安全分析報告需求相同。

3.3.8.2.4 輻射防護(Radiation Protection)

與原本最終安全分析報告需求相同。

3.3.8.2.5 運轉指導(Conduct of Operations)

與原本最終安全分析報告需求相同。

3.3.8.2.6 廠址特性(Site Characteristics)

在終期安全分析報告中有可能影響燃料安全貯存與設施除役的部分需要作更新。

3.3.8.2.7 事故分析(Accident Analysis)

依據10 CFR 50.59對規劃的變更所做的評估，要對新的或不同的設計基準事故加以評估，並且加入終期安全分析報告（舉例來說，考量新增加的排氣管可能引起的事故）。相對的，除役過程中不再可能發生的設計基準事故則可由終期安全分析報告或相等的文件中移除(如有關燃料的設計基準事故在將用過燃料自用過燃料貯存池移至用過燃料獨立貯存設施將會有不同的考量)。

3.3.8.3 防火規範(Fire Protection Requirements)

10 CFR 50.48(f)的防火規範已經過修訂，依規定已提交「永久停止運轉證明」

與「永久移除燃料證明」的經營者必須維持一套防火程序，提供因可能火災造成放射性物質的排放與散佈而導致輻射災變的資訊。現行的法規目前並沒有針對除役的電廠的要求來確保設施停機的安全。

而依照10 CFR 50.48(f)(2)的要求，經營者必須按一般基準處理防火方案並在除役時不同階段需要時加以修訂。而10 CFR 50.48(f)(3)則提供經營者在不影響設施與系統的防火效率，以及防止輻射災變設備的效率的前提下，於除役過程中彈性變動的空間。依10 CFR 50.48(f)(1)的陳述，防火方案的目標有三：(1)合理的抑低火災發生機率，(2)當火災發生時能迅速偵知、控制並撲滅可能引起輻射災變的火勢，(3)將火災引起輻射災變對公眾、環境及電廠員工的風險降到最低。

更多的法規指引仍在發展中，起草完畢的法規指引DG-1069「永久停機與除役中的核能電廠防火程序」(“Fire Protection Program for Nuclear power Plants During Decommissioning and Permanent Shutdown”)已在1998年七月發表接受公評。

3.3.8.4 合格燃料操作員可採取之行動(Actions by Certified Fuel Handlers)

依據10 CFR 50.54(y)規定，在經營者已停止運轉並將燃料永久性地移離反應器壓力槽後，合格的燃料處理人員與有執照的高級操作員可以在緊急情況下採取與規範不同的合理行動。(這裡所指的是通過NRC檢閱並認可的燃料處理訓練課程的經營者)。

3.3.9 不必要的法規規範排除(Eliminated Regulatory Requirements)

按照10 CFR 50.82(a)(2)規定，經營者提交「永久停止運轉證明」與「永久移除燃料證明」後將不得再運轉或是再將燃料置入反應器壓力槽。而在此狀況亦可移除不必要的法規規範。如下所示：

- 可燃氣體控制規定(Combustible gas control requirements (10 CFR 50.44))
- 緊急爐心冷卻系統準則(Emergency core cooling systems acceptance criteria (10 CFR 50.46, Appendix K to 10 CFR Part 50))

- 電子設備環境限制(Environmental qualification of electrical equipment (10 CFR 50.49))
- 圍阻體洩漏率測試 (Containment leakage testing (10 CFR 50.54(o), Appendix J to 10 CFR Part 50))
- 預防裂縫測試Fracture prevention measures (10 CFR 50.60, Appendix G and H to 10 CFR Part 50)
- 熱壓衝擊之破裂強度需求(Fracture toughness requirements for protection against pressurized thermal shock events(10 CFR 50.61))
- 預期暫態未急停(Anticipated transient without scram (ATWS) requirements (10 CFR 50.62))

經營者可逕行終止上述功能而不需通知NRC

3.3.10 停機後除役工作報告之更動(Changes to the PSDAR)

如同第7期的61 FR39278內的討論，依照10 CFR 50.82(a)(5)及(6)的規定經營者在提交停機後除役工作報告後經過90天等待期後，可以逕行開始進行主要除役工作。而10 CFR 50.82(a)(7)的規定則要求經營者在進行與停機後除役工作報告不一致的動作之前，必須通知NRC與受影響之州政府。當經營者提出停機後除役工作報告或其他改動書面通知給NRC，NRC必須安排檢測並針對除役工作作法規審查。除了工作的變動外，除役費用的變動也必須通報NRC與相關州政府。

停機後除役工作報告的改動可依下列分類處理。主要里程碑的改動，時程表的改動，資源的改動，環境影響不在環境影響審查報告、環境評估或一般性除役環境影響審查報告範疇之內，以及「為NRC核發執照的核能設施之終止執照程序的放射性準則法規建立的一般性環境影響審查報告」之內，上述的問題都必須寫書面通知給NRC。NRC知道有重要里程碑的變動時，會安排檢測以保證經營者的工作會在法規要求內並且安全運作。一般工作與時程變動的例子有由長期貯存改成解體拆除，或是改變反應器壓力槽或蒸汽產生器的處理方法由分割解體改成整

體完整移離，以及改變達成各里程碑的所需時間。而所謂除役費用的變動是指設施除役某項工作的費用較特定廠址成本估計或PSADR內所包含之成本估計要高20%，或是某階段性成本比預估的高25%。所需經費明顯增加時必須書面通知NRC。任何環境影響不包含在設施的最終環境審查報告，或特定廠址環境評估或是除役的一般性環境影響審查報告，以及終止執照的輻射規範內，都必須書面通知NRC。

而經營者的PSDAR是先前已經NRC審核的除役規劃而其中(僅記載長期貯存)對解體拆除的描述不夠詳細，則經營者必須在開始主要除役工作之前提交更新報告。

根據10 CFR 50.82(a)(7)規定而補交的更動PSDAR書面通知不需要在經90天等待期。NRC也不必召開公聽會來討論其中的更動。

3.3.11 基金的運用(USE OF FUNDS)

當動力反應器設施接近運轉執照過期日而仍未永久停止運轉，經營者必須在預期終止運轉的五年之前繳交一份「初步除役成本估計」，包含可能影響成本的主要因子的最新評估(10 CFR 50.75.75(f)(2))。對於已永久停機的設施，則必須在PSDAR提出成本估計，這裡的估計可以是特定廠址的成本估計，也可以是依據一般工業基準的評估。而如果之前沒有繳交特定廠址的成本估計，經營者必須在永久停止轉後兩年內提交「特定廠址除役成本估計」(10 CFR 50.82(a)(8)(iii))。

除役信託基金的運用受到10 CFR 50.82(a)(8)的管轄。雖然經營者(按10 CFR 50.54(bb)規定)必須準備用過燃料貯存與維護的基金，不過在本法規指引所提的基金額度只包含10 CFR 50.75內規定的放射性除役工作之基金。在除役的初期經營者可動用的基金額度受到控制，是為了確定有足夠的基金可以維持設施的除役工作。有關除役基金支出的規定寫在10 CFR 50.2裡。簡單的說，支出不應使基金少於能使反應器維持於安全狀況的量，自基金裡提款也不能有害經營者對除役信託基金的全盤掌控：基金必須能使廠址無限制再利用並終止執照。

根據10 CFR 50.82(a)(8)(ii)的條文，經營者在設施仍處於運轉狀態之時便可以用10 CFR 50.75規定的基金之3%來作除役規劃。而在現行法規有效日期(1996年8月28日)之前已支出或已撥出經費則不在此限制之內。這3%的經費可用於工程設計，發包準備以及申照活動等。而用於除污、系統洩水、濾屏移除或是展示除役工作可行性的計畫以及將已不需要並需於執照終止前除污的建築物消毒等等工作不可運用這部分的基金。

當經營者依照10 CFR 50.82(a)(1)提交了「永久停止運轉證明」、「永久移除燃料證明」以及經過提交PSDAR給NRC的90天等待期後，經營者將可多運用10 CFR 50.75規定金額的20%。不過自基金裡提款依然不能有害經營者對除役信託基金的全盤掌控；基金必須能使廠址無限制再利用並終止執照。

自那以後直到經營者提交了「特定廠址除役成本估計」給NRC，經營者才被允許動用剩下的77%經費。「特定廠址除役成本估計」必須在永久停止運轉的兩年內寄出(10 CFR 50.82(a)(8)(iii))。「特定廠址除役成本估計」必須包含有關PSDAR提到的除役工作的預估成本的要點。經營者必須依細節部分(規劃，大型元件移除，除污工作、低廢棄物處置，最終輻射監測，以及除役財務支出)預估放射性除役的成本。

「特定廠址除役成本估計」可以於永久停止運轉後兩年內的限制期之前提早繳交。先前提到停止運轉5年前要繳交「初步除役成本估計」，而經營者可以擴充初步除役成本估計的內容並更新而成為「特定廠址除役成本估計」。而「特定廠址除役成本估計」也可以跟著PSDAR一起提交。若是經營者將此兩報告一併繳交，則並需註明在PSDAR內的成本估計為「特定廠址除役成本估計」。而這使得開始主要除役工作後的除役基金運用沒有限制。經營者計畫在永久停止運轉到很快展開主要除役工作必須考量基金運作的限制而考慮與PSDAR一起繳交「特定廠址除役成本估計」。

而若經營者繳交的PSDAR顯示除役會延遲完成，那經營者必須提供於儲存及監測階段調整預估經費以及相關基金的方法，已確保有足夠基金可以完成除役(10

CFR 50.82 (a) (8) (iv))。針對製作除役成本估計的法規指引已在發展中，這份法規指引將會包含調整成本估計與基金的財務計畫的細節。

第四章 IAEA 安全標準系列一

核能電廠和研究用反應器之除役安全導引

4.1 簡介

這份”安全導引(Safety Guide)”是”IAEA放射性廢棄物安全標準方案(IAEA Radioactive Waste Safety Standards Programme)”架構中，所公開的文件中之一部份，這個方案主要記錄了所有在放射性廢棄物安全標準上的重要部分。這套文件包括了過去的”IAEA安全系列(IAEA Safety Series)”及”IAEA安全標準系列(IAEA Safety Standards Series)”中的”安全綱要(Safety Fundamentals)⁴”，”安全規定(Safety Requirements)”及”安全導引”。對於核能電廠及研究用的反應器除役的安全性需求都記錄在”安全規定”：”放射性廢棄物的安排管理包括除役(Predisposal Management of Radioactive Waste Including Decommissioning)⁵”，而其他的”IAEA安全標準”則提供附加相關的安全需求⁴⁻¹²。

在可預見的未來內，將有許多的年老反應器將面對關爐，而過去的核能電廠以及研究用反應器的除役規範是依各反應器在運轉期間內所用的規範架構，因此為了要提供一個共通的方法來做核能反應器的除役工作，而且加上從過去除役經驗的教訓，會員國表示需要一個國際認可的放射性廢棄物安全管制的除役工作的引導文獻。

這份”安全導引”的目的是要提供導引給包括管制單位的政府當局及執行單位，用來確保核能電廠以及研究用反應器的除役步驟是以安全及環境許可的方法進行，而且適用於核能電廠及研究用反應器或是相關的設施。另有一份”安全導引”紀錄醫學、工業以及研究用設施的除役¹³。

這份”安全導引”主要記錄了在計畫性的停止運轉後最初地除役階段內，源自於核能反應器除役工作的放射性危險。在起因於嚴重的電廠傷害或污染的不正常事件之後許多的規定對除役期間仍可以適用，因此，這份”安全導引”或許可以被用來當作制訂特別的除役規定的準則，但仍須進一步的考慮。

其他非放射性的危險，例如易燃物或石綿物質外洩的危險，這些危險皆在除役工作進行時同時提高。這份“安全導引”沒有明確地紀錄這些危險，但這些重要的危險必須在計畫進行過程及風險分析中加以考慮。

4.2 關於除役的重要問題

除役這個詞指的是以良好的管理及技術性的工作來移除受法規管制的部分或全部的核能設施（除了廢棄物儲存場之外，因為它是計畫要作為封閉用而不需要除役的），這些工作包括放射性物質、廢棄物、設備零件及建築物之除役、拆除及搬離，是為了達成逐漸且有系統的減少放射性危害，而且在預先計畫及評估的基礎下去確保在除役執行步驟中的安全。

核能電廠及研究用反應器的除役時間，一般說來大約從數年到十幾年（其原因是為了讓放射物質衰退至可允許的程度），基於這個原因，除役可能實行在停爐後接續的一連串執行工作或是在運轉期間內進行的分批工作（即階段性除役）。

在整個設備或廠區除役程序完成之前，除役工作可能包括階段性的移除法規管制下的部分核能設備或廠區。在部分核能設備除役的部分，這份“安全導引”只適用於此除役工作，然而，關於除役工作與核能設施運轉之間的潛在性安全的相互影響，必須依個案的狀況一一的被紀錄下來。

依據國家法律及法規條文的管制，假如核能設施或其他部分被合併至新的或已存在的電廠內，甚至是廠址仍在法規管制下，都可被是為已除役，舉例來說，這可以應用在一個多功能核能設施的除役上。

有很多的因素必須被說明用來確保一個處於運轉狀態的反應器安全度，其中一些因素可以在除役過程中繼續應用，但是除役會引起在若干方面不同於運轉時的問題，這些問題需要在適當方法下加以考慮來確保除役期間的整體安全性。

4.2.1 責任

當一個核能反應器停止運轉時，對這個設施的責任可能會轉移到另一個組

織，而這個新的組織就變為這個設施在除役階段的執行單位。在除役這個設施的執行單位是除役此設施的最終安全負責者。為了使這樣的責任轉移有效率，完整的紀錄及圖表應當被維護並遞交給新的執行單位，而且除役工作可能會牽連很多不同的組織，其中包括對核能設施不熟悉的承包商及轉包商，所以最初的重點就是去清楚定義不同組織間的責任，而且執行單位應該開發一公開的資訊系統提供除役計畫的訊息。

4.2.2 管理架構

政府的管制架構應該包含開始準備核能設施的除役，尤其是對核能電廠來說。國家的管制單位應當提供能夠達到移除法規管制下的已除役設施和廠址的放射性標準的導引，和確保此移除程序的適當監控系統。

有些與除役相關的工作能夠實行在處於核能設施停止運轉後而運轉執照還在期限內時，這些工作包括運轉廢棄物的管理、放射性物質的測定、移除核能設施中的核能燃料或有關於運轉階段的物質。

由於在除役上相關法規的缺乏，除役工作必須試圖依照各案例的狀況，在有關於運轉設施的法規下一一處理。在這種案例下，執行單位必須與管制單位商量有關發展與完成除役計畫，和執行單位必須能夠去證明如何能承諾可達到法規的要求。

除役工作的控制管理可由單一、分別的執照或是由管制單位直接控管，依據環境情勢下的來做最適合的選擇。在公共建設下的管理範疇內，管制單位應該檢視和同意適合的除役方案、除役計畫、品質保證方法和其他相關於核能反應器除役的意見。此外執行單位應該依據規劃時間表、控制管理的機制(例如：執照)下的規定及任何有關於安全上的資訊，來對管制單位作報告。在異常事件發生時，執行單位應該及時的報告有關於此事件的必要性安全措施的資料。

4.2.3 安全度

在所有除役階段中，工作人員、大眾及周遭環境應該被嚴格的保護，免於除役過程中導致的危害。一個周密的在除役過程所伴隨的危害的安全評估(包含意外事件分析)，應該都要有相對的防護措施來作為考慮到除役細節的深度防禦系統。

核能反應器的除役通常在早期時需要搬遷大量的重要放射性物質，包含燃料和運轉廢棄物，甚至在此步驟後，全部的污染物和設施中已活化產物是相當重要的，而且必須在安全評估中加以考慮。

完成某些特殊的工作是很重要的，像是清除放射性污染、切割、處理大型設備器具和逐漸拆除或是一些已存在的安全系統的移除，這些工作都有可能造成新的危害，因此，在除役中，一個重要的目的是這些除役工作的安全方面，像是移除已存在的安全系統，要做適當的評估和管制，以便減輕任何可能的暴露，對於仍儲存於廠內的燃料池中已消耗完的燃料完整性，就應該要考慮和維護其狀況，而且火災防護應該被包含在除役計畫中。

4.2.4 計畫

過去的經驗指出和提供這些除役工作要有合適的計畫和執行，核能反應器的除役和產生的放射性物質管理可以達成而不會有對工作人員、大眾和周圍環境過度的風險和輻射影響。除役工作可以藉由在廠址使用年限內作計畫和準備的工作，來使之較順利，這些工作被預期用來達到最小的職業工作人員和環境的影響，這些影響可能發生在主動和被動的除役過程中(見4.5節)。

除役工作應該在設計及運轉階段就要開始規劃，然而，大多數的核能電廠和研究用反應器已經運轉了許多年，而沒有在設計階段就規劃除役的部分。因此，這些設施應該盡早開始規劃除役計畫，在此”安全導引”的內容將會適用於這些設施。

4.2.5 輻射防護的考量和環境保護

必須要考量對於工作人員和大眾的輻射防護，這不只是在除役的過程上，也

還要在已除役後的廠址開放使用的影響。國家輻射防護規範應該要被建立，依照”防護游離輻射和輻射源的安全的國際基本標準(International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation 和 the Safety of Radiation Sources (BSS))”。

在核能電廠和研究用反應器的除役過程中，放射性或非放射性的污染物可能會排放至周遭環境，因此需要依照國家標準來控制排出方式，依照法規控制的放射性物質排放至環境的導引可至參考文獻7，14以及15。

對於從法規管制下移除的物質、設備和廠址的輻射法規標準的導引，可參見其他”IAEA 安全標準系列”的出版品。

4.2.6 廢棄物

核能反應器的除役一定包含了大量的放射性廢棄物，會依據反應器運轉階段時，產生不同種類的廢棄物，在安全考量的目的下，產生的放射性廢棄物應要使盡可能的減少⁴，例如：適當的去污和拆除技術，以及物質的再循環利用都可以減少廢棄物的量。

4.3. 除役的選擇方案

除了其他一般的除役選擇方案外，一個特別的選擇方案為定義時間和除役工作的順序安排，除役方案的範圍從立即拆除和從廠址移除所有放射性物質，使廠址可無限制使用，到在原廠址位置處理包括廣義的反應器設施和之後有限制的接近及使用。

立即性的除役方案包含早期拆除的最小化程度，和在最後拆除之前將電廠轉為安全範圍，同樣地，除役方案可以包含拆除電廠的一部份，這通常為外部可接近的區域，當拆除的部分安置其他位置時，特別是爐心，需要在一個安全範圍內。大多數的除役方案考慮到燃料的安全移除和除役階段早期的運轉廢棄物，這是為了要使與設施相關的危害有效的減少。

選擇要在規定的時間內的安全圍體項目為一般認知的延後拆除，假設需要延

後拆除時，適當方法的研究應該要實施以作為延後拆除的準備。

不同除役方案的評估應該考慮大範圍的問題來完成，這些評估有特殊的重點，在於安全規範和完成除役之前可獲得的資源之間取得平衡。花費效益或多層次的種類分析提供有系統的方法來做此評估，這些分析應該利用花費和輻射劑量的實際估計，要能確保所選擇的方案都能符合安全規範。優先除役方案的選擇應該由以下的分析部分來決定：

- a. 在除役時期能合乎法律、規範和標準；
- b. 設施的描述，包含設計和運轉歷史，以及停爐後放射性物質量和隨時間的變化量；
- c. 放射性和非放射性危害的安全評估；
- d. 核能反應器設施的物理狀態和隨時間的進展狀況，可能的話，也要包含預期延後拆除的整體建築、構造和系統的評估；
- e. 對於廢棄物管理的足夠準備工作，像是儲存和處理；
- f. 為了安全完成除役方案所需的足夠和有效益的經濟資源；
- g. 可用的有經驗工作人員，特別是之前運轉組的員工，和擁有已證明的技術，包括除污、切除和拆除，以及絕少的運轉技術能力的人員；
- h. 之前類似的除役計畫的經驗學習；
- i. 環境和社會經濟的衝擊，包含大眾關切已計畫的除役工作；和
- j. 預期的發展和設施、鄰近區域的使用。

這些列表包含了相當多重要和不甚重要的問題，根據不同國家的特殊除役情況，為了幫助這些除役方案的發展，一些部分在此章節之後有更進一步的說明。

4.3.1 安全度

放射性和非放射性的危害應該被確認在正式的安全評估中(此評估包含有必要的意外分析)，來作為適合的防護措施以確保工作人員和大眾的生命安全，及環境的保護，而且能符合相關法規的要求。

除役可能包含不同於運轉階段的操作控制，而且重要的非放射性危害會在燃料和運轉廢棄物移除後增加。反應器設備的年齡問題會在除役延後時變的重要，所以應該要考慮到和註明在安全評估中。

安全評估報告將有助於確認工程 and 管理的準備工作能夠適當的保證除役過程的安全性，和特殊除役方案的選擇。防護方法可能需要改變已建立的運轉階段防護系統，但是所改變的部分之接受度應該在安全評估中做有理由的清楚說明。

4.3.2 廢棄物的管理

廢棄物管理的因素應該考慮在除役方案內，可依照時間和技術在除役中產生的廢棄物的體積、活性和種類作選擇。適合且安全的廢棄物管理準備工作應該要有效，這包括了處理和儲存途徑。

4.3.3 經濟的考量

當考慮到除役的方案，所有在除役計畫裡的工作應該都要包含了花費的估計，這些包含了計畫、在後期的運轉階段的工程、發展特殊的技術、除污和拆除、實施最後的測量和放射性廢棄物的管理和處置等工作。對核能反應器設施的維持、監督和物理防護的花費應該也應該被考慮到，特別是假如有任何除役工作被延後時。

4.3.4 獲得已有的專門技術

有效和可使用的電廠專門技術應該要被考慮來選擇除役方案，例如：保留和利用具備熟悉特殊情況的關鍵工作人員。這些技術可以減少像是工業意外或過量暴露的事件發生的可能性和幫助減少有關公司所失去的技術能力、再訓練或招募新的工作人員的問題，因此為了這樣的目的，一個好的紀錄系統是相當重要的。

4.3.5 考慮有關於大眾的部分

在不同的除役對策中做決定，應該考慮到以下的部分：

- a. 當地的因素，包括預期的發展和土地的使用；
- b. 當地工作的考量；和
- c. 可預期的衝擊和大眾的意見。

4.4 如何簡化除役工作

除役的需求應該在新反應器設計階段就要開始規劃，或是已存在的反應器就要盡可能開始規劃，雖然在反應器年限越晚也會越容易開始規劃除役工作，但也會更困難和花費更多在除役工作上，這是由於缺少適合的安裝和修改設備紀錄和資訊來做規劃，但因設備的影響會增加除役工作的複雜度，使除役工作更加困難和帶來不必要的劑量，導致除役工作規劃的變化。

4.4.1 設計和建造階段的考量

應該著手規劃廠區內所被建議的，和運轉時一般設施的輻射背景劑量特性的基準，這包括廠區和周圍環境的輻射監控來建立輻射基準，以作為估計未來反應器裝置好後的衝擊，這些資訊將會是未來決定可接受的除役計畫[8]。在所使用的建材中的天然活性物質的量應該要證明是有助於計算未來在除役過程內，對於建物的清理和清除目標的標準。

從幫助除役工作順利進行的觀點來看，徹底的檢視電廠的設計特色應該在反應器設施的設計階段就要完成，一般而言設計的特色幫助在運轉期間維持和檢查，也會幫助除役工作的進行，特殊的設計因素應包含：

- a. 仔細選擇材料使得：
 - 減少活化；
 - 使已活化腐蝕的產物蔓延最少；
 - 確保表面容易做去污的工作；和
 - 使潛在危險性的物質使用量為最小(例如：油可燃性和化學性危險物質)

和纖維絕緣體)

b. 電廠設計、規劃、路線的最佳化可使以下幾點更容易達成：

- 大型物件的移除；
- 容易分離和遠端遙控移除已活化的部分；
- 未來除污的設施和廢棄物處理的設備；
- 除污或移除被埋置的部分，像是管線、排水管；和
- 設施中的放射性物質的控制。

含有幫助除役工作的設計特徵可藉由適合的縮小模型或是電腦模型來輔助。

有關於廠址、最終設計和反應器設施的詳細設計規格和資訊，應該要保留來幫助除役計畫的規劃，而且要確認在反應器運轉年限的結束後，開始進行除役的目標所需的資訊，這些資訊應該在反應器運轉年限內做收集、維護和修正。這些方法的機制應該清楚的陳述在執行單位和管制單位的管理責任內，這些資訊包含建造的設計圖、模型和相片、建造流程、管線配置、建造細節、纜線佈置、組件和結構的維修或可接受的錯誤，以及障礙物的位置。

4.4.2 運轉階段的考量

準確且重要的紀錄應該在運轉階段時就要做保留，這是為了要幫助能夠成功的做除役工作，假如這些紀錄已經不見或是沒有做保留，應該立即的開始保留下來。這些紀錄應該整理成與除役相關的方式，以方便作確認(例如：放射性物質的估計量應該易於找出和更新)，除了圖形和圖表外，設施和運轉階段的相片記錄也要保留下來，這些紀錄包含了以下幾部分：

a. 反應器運轉歷史的細節，包含了：

- 燃料損傷和數量的統計；
- 導致溢漏的事故和放射性物質的意外釋出的情形；
- 輻射和污染測量資料，特別是很少接近和很難接近的電廠區域；
- 可能會影響到地下水的輻射外洩；

- 放射性物質的量；
- 廢棄物和位置。

b. 電廠修改和維修經歷的細節應包含：

- 已更新的建造設計圖和圖片，這包含了所使用的材料；
- 特別維修或維護工作及技術(例如：有效的臨時防護管理或移除大型物件的技術)；和
- 所有臨時的實驗和設備的設計、材料組成和歷史及位置的細節。

在運轉階段中，應該考量如何縮小建築和表面的污染範圍，和如何分離不同種類的廢棄物，以及如何避免輻射的溢出和滲漏和立即做處理^{7,12,16-22}。這應該包括防護外層的維修和受污染的物質封鎖。

對於建造用的物質所做的放射實驗，有助於比較對於估計最後放射性物質所做的量測和計算的活性標準。

4.5 除役計畫與安全評估

成功的除役工作取決於謹慎和有系統的計畫，每個反應器應該都要有準備除役計畫。每個計畫的範圍、內容和需要的細部程度都不同，主要依據核能設施的複雜性和潛在的危險性來決定，而且都要符合國家規範。

執行單位應該規劃好充足的資金來源來確保核能反應器的除役，特別是在需延後除役的情況，因為這時會有相當長的安全圍體時間，所以資金上的供應應該時常檢視和必要性的調整來允許通貨膨脹和其他因素，像是技術的進步、廢棄物的處理花費和法規的改變。檢視的責任應在於執行單位、管制單位等依照國家所規範的架構下的組織。

安全評估應與除役計畫整合，執行單位負責準備安全評估和呈交給管制單位審核，而且應與設施的複雜性和潛在的危害做相對應的評估，尤其在延後除役的情形下，還要考量到設施的安全，直到最終的拆除為止。

目前設想了三個階段的除役計畫；最初、運轉中和最終計畫。對於某一反應

器，細部程度將隨著最初至最終的除役計畫而增加，這些計畫中的過程將影響如何產生除役計畫，以下將會說明。

從設立廠址、設計、建造、運轉到停機的紀錄都對除役的計畫是很重要的，雖然有些紀錄並不是很明確的需要使用在除役計畫內，不過，最初、運轉中和最終的計畫過程裡，應該要利用到有關的紀錄來達到安全度和最理想的除役效率。

4.5.1 最初除役計畫

最初的除役計畫應該由執行單位來準備及呈交給管制單位來支持建立新電廠的證照申請，雖然最初計畫的細部程度必然比最終計畫低，但是大部分列在 4.5.3 節的方面應該要做概念上的考量。此計畫只需一般可證實除役的可能性的研究就已足夠了，特別是使用標準的電廠設施，而且根據可用的法則，應該註明資金和籌措除役工作資金的方法。

假如已運轉的電廠並沒有最初除役計畫，反映目前運轉情況的除役計畫應該盡早開始準備。

4.5.2 運轉中除役計畫

反應器運轉期間內，除役計畫應該要做檢視、更新和更廣泛的包含有關於除役的技術發展、及可能發生的意外事故、異常事件、法規的修正和政府政策、可用的經費估計及資金供應，還有安全性考量等方面來做規劃除役，這些都要依據運轉的經驗和反映出已改善的技術資訊。所有在運轉階段的重要系統和結構的改變應該立即反映在運轉中除役計畫的內容裡。

4.5.3 最終除役計畫

當知道反應器最後停機的時間時，執行單位應該開始做詳細的研究和完成除役計畫，接著呈交申請書給管制單位做審核和批准此除役計畫。此除役計畫會需要做改進和進一步的加強除役的過程，因此需要進一步的法規核准。

假如所選擇的除役方案導致於除役某一階段(在全部除役階段內的一重要時期)為一相當詳細的細節(定義在以下所述)時，最好在下一個階段再執行。由於執行了一個單獨的除役計畫部分，接下來的除役階段就有需要做修改，因此就需要將除役計畫作更新和檢視。

先前除役的經驗應該被視為除役的原則，以下列舉的最終除役計畫的項目應該要更新，無論之前除役經驗的情形為何：

- a. 會因除役工作所影響或被影響的核能反應器、廠址和周圍環境的描述；
- b. 核能反應器的運轉歷史、停機的理由和除役過程中或之後設施和廠址的計畫運用；
- c. 除役工作進行時的法規上管制的架構的描述，此描述包含了靜態的工作和安全圍體。

在多樣的除役階段的情形下，執行單位應該呈交以下所列的資料給管制單位：

- a. 對建築、結構和與執行有關的安全，所提議使用的監督和維修方法；
- b. 必要用於維修設施的已存在或是新的系統或方法的管理，像是工程防護、通風設施、排水系統和環境/安全監控等；
- c. 用來安裝執行或是取代其他的延後拆除系統；
- d. 檢視以上所述的系統或方法的建議頻率；和
- e. 在任何除役期間內需要的員工數量和其資格。

假如電廠停機卻沒有除役計畫時，要儘速準備計畫。

4.5.4 核能反應器除役的安全評估

在所有除役階段中，工作人員、大眾和環境應該要避免被除役過程所帶來的危害而傷害到。與所建議的除役工作相關的放射或非放射性危害，應該在正式的安全評估中說明以作為規劃工作人員、大眾和環境的防護措施，例如；符合指定的規範。防護措施需要將一個在運轉階段中所建立的安全系統作改變，但是此改變的可接受性應該要在安全評估中清楚的說明。

4.5.4.1 放射性物質量

燃料的移除和早期運轉廢棄物的處置，通常考慮在運轉階段的結束或是除役過程的早期，這樣可以相當減少放射性物質的量。剩下的工作就是有關於從反應器運轉產生的活化產物、輻射照射設備或是相關於主要/次要冷卻循環的污染、燃料運輸管道和冷卻池。除役過程中，輻射照射設備需要特別注意，因為有移除和拆卸的難度。

假如燃料並沒有在運轉或是早期除役階段中移除，安全評估就要考慮到此影響。假如開始做延後拆除的打算，安全文件和除役計畫應該時常做檢視來確保是陳述目前設施的情形。

4.5.4.2 非放射性安全度

安全評估定義一些在除役階段中重要的非放射性危害，而不是在運轉階段中常見的情形，舉例來說，這包括危險性物質使用在除污、拆除和破壞工作上，還有抬起和搬運重物。大多數的非放射性危害會被規範在法規裡，但是好的安全文化將會幫助保證安全地執行作業。

4.5.4.3 安全評估的一般結果

安全評估應該定義在所有除役階段裡必要的安全作業，這些作業為工程或是管理的防護措施，將提供必要的深度防禦，此定義在參考文獻 23。這些深度防禦是必要的，舉例來說，當破壞圍阻體或延後拆除的情形就是需要此防禦。深度防禦的元素是不同的，且隨著除役過程而發展。

4.5.5 除役資金的擔保

除役的花費應該反映出所有描述在除役計畫裡的工作，舉例來說，運轉階段後期的計畫和工程、特殊技術的發展、除污和拆除、實行最終測量，和放射性廢棄物的管理。維修的花費、工作人員的能力、監督和反應器設施的保防，都應該

要考慮進去，特別是假如有一除役階段需要延後一段時間的情形。

為了要提供所需要的信任，使相關人士相信在除役中可獲得的輻射和環境防護的資源是可取得的，因此準備的資源分配工作應該要在核能反應器設計階段時建立。根據法規架構，這樣的機制應該在運轉前就要建立，來確保除役基金的來源，而且要夠健全以提供比預期規劃早的停機而開始進行的除役工作，不論何種經費來源機制，預防提早開始除役是適當且需要的。

對於已運轉的反應器設施卻沒有除役資金擔保的機制，這個機制要儘速開始建立。

4.6 關鍵的除役工作

4.6.1 廠址的初始特性描述

實施放射性和非放射性危害的測量是安全評估和工作中執行安全措施的重要依據，而且應該要定義出放射性和其他危險物質的量和位置。在計畫和執行測量時，應該多利用紀錄和運轉經驗。特性描述報告應該準備用於呈交在描述過程中已獲得的資訊和資料，而且應該如同正式紀錄一般地被保留。

足夠次數的輻射和污染監測可以用來測定放射性核種、最大和平均劑量率、和反應器設施各處的結構或組件內外表面的污染等級，而且為了使監測更加完整，像是管線和水泵這些被圍阻或自我圍阻的污染物件，都應該要做特性描述。這些監測的結果將幫助於準備輻射和污染分佈圖，而且對於測定穿透深度和污染範圍的特殊監測會被需要用來幫助規劃適合的除污和拆除程序，另外，對於已活化的組件，計算值應與樣品做比對。

目前設施中所有危險性化學物質的量應該要做管理，危險性物質像是石綿，就需要特殊考量以避免對人體健康造成危險，而通常在核能反應器內發現的油，或是在快滋生反應器內發現的鈉殘餘物，都是目前火災或爆裂的重要風險，所以必須做適當的監控管理。

4.6.2 燃料移除

在核能反應器運轉年限結束時，將已消耗的燃料移除最好應該視為除役階段中的初始工作的一部份來完成，及時的移除是具有經濟效益和簡化監控和監測的需求。移除燃料的時間將會根據反應器的種類和大小、燃料的情形，和運輸的限制及廠外的管理而有所不同。其他有關除役的工作可能與移除燃料同時進行，但是應該要評估可能的互相影響。

移除、儲存和裝運燃料的程序會預期與平常運轉階段時相同，不過在反應器維修或燃料充填時，並沒有將所有燃料從爐心移除的情況下，只有評估部分燃料的爐心結構應該是用於避免異常的爐心幾何結構的危急和確保適當的燃料元素的冷卻。當燃料仍然在反應器時，應該儲存在一個可控制任何對大眾和廠內員工風險的方法。在廠內儲存耗乏燃料的過渡時期的使用設備，應該仔細小心可能對於未來廠內除役工作的影響。

在某些反應器，新燃料的存貨可能仍在停機時還有，在一般狀況下，新燃料應該被裝運到正在運轉的類似型號的反應器來被使用，假如無此方案可選擇，就需要對此做安全與保防的管理。

適當的品質保證管理或檢驗應該作為確保所有燃料均已移出至反應器外，如果未能確定燃料已被完全的移出至反應器外時，就必須持續證明在此過渡時期的儲存期間和接續的除役工作的安全。

4.6.3 圍阻體的維護和修改

圍阻體是重要的深度防禦因素來避免殘餘的放射性核種的外移，因此需要仔細小心來維持必要且可實行的圍阻體系統，然而除役過程中，圍阻體會需要做變更，像是放射性物質的移除(耗乏燃料和運轉廢棄物)，或是修改，像是為了可以更接近一些區域。當圍阻體內有關的阻擋物或設備在拆除工作上被移除或修改，可接受的殘餘放射性物質的限制應該由執行單位來規劃和驗證之，相同地，當剪除和拆除工作執行時，會產生空氣傳播污染的風險，所以應該要規劃和驗證適合的

圍阻方式。

在延後拆除的情況，結構和系統必須維持一個比被設計的年限還要長的時間，這對現有的圍阻設備是很重要的，因此需要更小心的來保證執行適合的維修和經常評估這些設備的完整性和效率。類似的考量也適用於非放射性危害可能會增加，包含了毒性物質、易燃性液體或蒸汽、重物或石綿。

4.6.4 除污

除污包含了大範圍的工作，針對移除或減少在核能設施內的物質、結構和設備裡外的放射性污染。反應器的除役在某些階段藉由部分或全部的除污工作來完成，這些除污工作是用於組件和系統內外表面、結構表面和除役中的使用工具，而除污的過程可以在拆除設備之前、之間或之後來實行。

除污的目的包括：

- a. 在除役工作中減少暴露；
- b. 縮小不同種類的物質體積來分類或是處理成固體放射性廢棄物；和
- c. 增加設備、物質或廠址的循環和再使用的可能性。

一些可適用於除役的除污技術已經被發展完成了，因此鼓勵國際間資訊的交換，假如需要的話，創新的技術應該在實物模型或是模擬中證明，而且對於特殊除役工作的這些技術的實用性應該要在選擇之前做好評估。

在著手開始任何除污策略或選擇除污技術之前，有效性的評估應該要先完成，這是為了要確保暴露量能與可達成的理論上一樣低，這些評估包括：

- a. 目標的除污程度；
- b. 對於工作人員的估計劑量；
- c. 可能產生的微粒的考量；
- d. 可達到目標程度的技術的可能性考量；
- e. 測量是否達到目標程度的驗證能力；
- f. 可獲得的對除污和最後的除役的能力；

- g. 比較作業上的花費和預期的效益(例如：除污的花費：處置原先物質的花費)；
- h. 和主要和二次廢棄物的體積、元素、種類和活性的估計；
- i. 這些廢棄物與已存在的處理、條件、儲存和處置系統的兼容性的考量；
- j. 對除污設備和系統整合後有任何不好的影響；
- k. 在除役工作完成後對廠址內外的可能結果；
- l. 非放射性危害(例如：使用溶劑的毒性)。

4.6.5 拆除設備

有相當多的可用拆除技術適用於反應器除役，每個技術都應比較其優缺點，舉例來說，遠端拆除是因高放射環境而有必要的。然而，這些方法會產生大量的放射性微粒，所以需要通風過濾系統收集而產生二次廢棄物。相對地，機械切除方法需要完善且詳細的有用防護機制，但是這些方法通常仍會導致小量的二次產物。

4.6.6 維修

在延後除役的情況下，維修是相當重要的一部份，因為設施的安全性依靠在維持這設施在延長時間內的能力的系統，週期性的監控所有組件的安全度應該結合在除役計畫內。

4.6.7 最終放射性監測

在完成除污和拆除工作後，反應器廠址內殘餘放射性核種的測量應該要完成以佐證剩餘的工作可達到符合國家法規和滿足除役的目標。這個測量可以在除役工作階段中或完成後開始執行，讓部分廠址可以脫離法規管制而釋出外界使用。

監測資料應該以最終監測報告的文件來呈交給管制單位，這份報告應該為此廠址再使用或脫離法規管制的基礎，這份報告應包含以下幾點：

- a. 使用的法規；
- b. 確保符合法規要求的方法和過程；和
- c. 測量資料，包含適當的統計分析和有系統的方法。

監測的結果應該包含在最終除役報告內，最終放射性監測報告的表格內容的例子在 4.9 節。

4.7 除役階段的管理

在除役過程中應該考慮到一些管理的部分，實際上這些管理部分應該要提出能夠完成除役工作的時間表。

4.7.1 職員與訓練

執行單位中必須要能足以勝任以下需求的職員：

- a. 安全可靠的執照；
- b. 輻射防護；
- c. 熟悉反應器系統；
- d. 工程支援（例：物理、儀器操作、化學、民是、電子與機械工程）；
- e. 品質保證與品質管制；
- f. 廢棄物管理；
- g. 物理防護；
- h. 工程管理；

重要的專門技術可能也會需要：

- a. 拆除與破壞設備；
- b. 清除污染；
- c. 機械和視訊遙控的操作；
- d. 燃料處理；

安全評估中需考慮到是否有不夠的擁有電廠特定技術的員工，而且使有經驗

的員工會運轉和除役的工作將會有相當大的效益。

立約者可能會延後除役期限或是電廠員工沒有所需的專業技術，因此立約者需要付出更多的經費來訓練員工與監督工程狀況。

所有參與除役的人員均應該相當熟悉反應器廠址、安全程序和有效地負責處理，在部分的除役過程中，使用模擬設備可以增進效率和安全。除役過程的基本訓練與複習訓練應該敘述在除役計畫中²⁴。

4.7.2 組織與管理的控制

除役中所需雇用的組織架構應該敘述在除役計畫中，必須清楚地描述不同單位的權力與責任的劃分，這個組織必須確保品質保證複查過程為獨立且直接負責的單位。在電廠運轉階段的管理措施也與除役過程相關，這些措施應該被審查以符合除役過程所需的要求，附加的措施應該要註明，而且需要被管制單位認可。

由除役專家與適用的廠內員工組成團隊來管理除役工作，在除役過程雖然會需要新的權限，但是熟悉運轉階段的重要員工依然需要維持專注用心的態度，因為延後除役的時間可能會持續數十年，必須由員工提供關於反應器安裝至停機期間的過去經驗及知識，除役工作人員在除役中，應該要能容易獲得這些資訊。

為了要監控所有除役過程，執行單位提供和實行適合的管理系統。此類的例子可詳見 4.10 節。

4.7.3 輻射防護

輻射防護計畫應該確保輻射防護最佳化和維持適當限度。雖然運轉階段的輻射防護原則和目標，與除役階段的原則和目標，基本是一樣的，但是方法和執行程序會有所不同。在除役階段需要考慮特殊狀況，這些狀況可能需要特殊裝備和執行非慣例的程序。

除役過程中所需的幾點細節，如下：

- a. 用於屏蔽的防護裝備來限制內部及外部的暴露和達到最少的劑量，例

如：鉛圍阻體、帳篷、區域通風裝置和過濾系統；

- b. 適當數量的輻射防護技術人員協助確保除役工作的安全管理；
- c. 確保除役人員有適合的技術、資格和訓練來達到輻射防護的技術與需求；
- d. 良好的日常工作練習減少劑量和避免污染擴散；
- e. 除役工作應有如同在反應器設置所規劃的輻射與污染等級所做的分區設計，來根據放射危害情形做適合的分區設計；
- f. 確保一個適當的系統來使工作人員與大眾的劑量維持在一個可達成的合理低劑量；和
- g. 提供所有輻射防護的標準與測量結果的文件說明。

輻射防護計畫應該清楚的陳述在除役計畫中，包含了訓練執行工作和使用合適的設備來進行輻射量測，這些設備包含了測量外部劑量率、表面污染程度及空氣濃度取樣。

所有除役的工作應該被規劃與執行有效的工作程序和達到輻射管制的許可，由輻射防護專家來計算需要的輻射防護，而且機警地發覺安全問題應該與計畫中的重點一致和落實執行。這些被賦予日常的輻射防護責任的人員應有除役的管理權與獨立自主的必需品來實現足夠的輻射防護計畫。

4.7.4 廠內外輻射監控

除役計畫應指出，在除役中廠內與廠外監控的需求。廠內監控應提供確認與幫助減輕輻射危害的資訊，而且必須確保所有可能被溢出污染的點都被監控。這也可為除役中的特定行動。廠內監控包含了人員與空氣傳播污染的空間監控，例如：

- a. 在清除與拆除處理中，適合的劑量率監控設備，工作環境、設備與物質的污染測量；
- b. 適合的監控流程和包裝與處理廠內放射性廢棄物的設備，以及運送出廠外的運輸工具；

- c. 適合的空氣傳播污染監控設備；
- d. 為了清除大量低放射性物質的即時的監控設備；和
- e. 適合的設備和流程來監控廠內放射性核種的分佈。

廠外監控程序繼承於運轉階段的規範並視除役的需求而修改，經由空氣傳播和液體的路徑所排出的放射性核種應該被控制、監控和紀錄，以備管制單位或相關專家查詢。相關建議請查詢參考文獻 14，15，以及 25。

廠內外的監控、輻射與污染的測量，以及安全度分析與評估，應該使用與除役工作相關的評估方法與實際安全程度。

4.7.5 廢棄物管理

除役計畫中的廢棄物管理計畫應考慮除役過程中產生的多種廢棄物和著重這些廢棄物的安全管理上。評估內容應該要最佳化廢棄物管理與最少交叉污染及二次廢棄物的產生。不同的廢棄物應控制已被證實可適應他們的特性與毒性的路徑，放射性廢棄物的前處理管理方面的指導在另一著作發佈⁵。

有效的縮小放射性廢棄物的體積可以透過除役程序、拆除技術的控制、污染控制、廢棄物分類、有效的加工和某些情況下管理者的控制和內部審查。再使用和循環的策略有可能減少需管理的廢棄物數量，而且從法規管制下釋出低活性的物質為普通廢棄物或再循環使用，也可以在實際上減少需要管理的廢棄物，這樣的作法是很相似的。

對工作人員和大眾的輻射暴露可能相當依據廢棄物減少策略，因此完善的方法應該為平衡最少廢棄物的目標和可以達到合理的最低輻射暴露標準。

廢棄物管理計畫應該標註問題，是否存在的廢棄物管理系統有能力處理所預期除役時，來自於清除、拆除和破壞後的廢棄物，假如不是，就必須提供一個新的場所來處理。

丟棄廢棄物所考量的地方和沒有適合的場所可獲得的時候，以下除役的方案應該在除役計畫的準備中評估：

- a. 準備和維持反應器主體在安全圍體裡；
- b. 拆除反應器主體和儲存產生的廢棄物在適合的暫存場所；或
- c. 轉換所有的設施或部分至儲存或丟棄場所。

從除役中的廢棄物的管理，有些因素需被考慮：

- a. 除役中將會產生的廢棄物的數量、種類和特性；
- b. 由於管制單位的規範，可移除廢棄物的可能性；
- c. 再循環使用的物質、設備和廠址的可能性；
- d. 除役過程所產生的二次廢棄物和最少化的實行程度；
- e. 非放射性廢棄物的危險物質的存在，例如：石棉；
- f. 廢棄物循環或處置電廠、儲存設施和處理場所的可得性；
- g. 任何包裝和運送放射性廢棄物的特殊需求，例如：已活化物質；
- h. 除役過程的廢棄物特性和源頭的追蹤；和
- i. 廢棄物對於工作人員、大眾和環境的潛在影響。

大部分在除役過程中產生的廢棄物和物質，可能符合法規管制下的低活性濃度，而可做部分或全部移除。有些廢棄物可用一般掩埋方式丟棄，而有些物質，例如：鋼筋和水泥，可再回收利用在別處的核能電廠。脫離法規管制的方式應該在國家管制單位建立的準則下溫和的執行。脫離法規管制和移除的管理程序的指導說明在其他 IAEA 安全標準裡。

運輸廢棄物到廠外應符合國家規範，國際上建議的文件在參考文獻 26。

除役計畫裡的管理部門和職員應該詳細瞭解和訓練將工作產生的廢棄物減至最少的方法，這些方法包含了設施的污染控制帳棚、污染溢出圍堵和將放射性污染廢棄物從廢棄物中分離出。

4.7.6 緊急事件處理計畫

在除役過程中，有必要發展、執行和保衛程序來應付異常狀況的發生。廠內人員應有做偶發性程序的訓練，特別是在當燃料沒有完全移除至反應器外。意外

事件應併入在緊急計畫中來處理意外事件和包括燃料冷卻池中的冷卻水可能流失的事件。

4.7.7 物理防護和保防

適合的物理防護與反應器監控，在除役中都應該持續進行²⁷。假如任何的除役工作被延期就應該做特別另外的考量，而且反應器廠址，如果包含有關保防的物質，執行單位應該堅持相關的國際規定和 IAEA 的保防原則^{28,29}。

4.7.8 品質保證與文件說明

執行單位應該在反應器除役之前開始著手計畫適合的品質保證程序，此程序定義它的範圍與程度，為除役計畫中的一部份，而且放置在除役開始前的要旨裡。運轉中，所有重要變化影響到系統、結構和成分的安全性，應該用文件說明在除役的計畫裡。除役的品質保證程序的指導在參考文獻 10。

獲得和保留有關反應器主體的記錄和資訊應該被強調在發展除役的品質保證程序裡，記錄應該保留以提供未來可能會需要用到和政府發出的需求公文，應該要長期的儲存和週期性的校對。

在安全圍體的長期時間內，正確和完整的有關於場地的資訊、結構、和存留在反應器設施的放射性物質的種類及數量，必須被評估。為了延後拆除，報告應該指出未來的評估和監督工作，以及需要文件說明工作結果。

如同先前討論的，除役的進展應該由執行單位作書面報告(例如：應該作追蹤)，所有在除役開始時，所呈報的放射性物質應該詳細解釋原由，而且他們最後的目的地也必須說明。在每個除役階段後，執行單位應該報告給管制單位，詳細說明這期間產生的廢棄物如何丟棄，報告應該提供目前設施的狀態，或此期間內所確認的任何觀察到的異常狀況，而且輻射檢測和員工監控的資訊應該要報告給管制單位。完成除役後，最後的除役報告應準備所有可追蹤的要素。

4.8 完成除役

在完成除役工作後，應該要保留工作紀錄。依據國家法律的架構，這些被保留的記錄是為了確保除役工作的完成與核可的計畫相同，和紀錄廢棄物、物質和廠址的處置情況及回應可能被要求提供等目的。彙編這些記錄的量應該與已除役的廠址複雜性和相關連的危險可能性相當。

最後的除役報告應該由以下的資訊和記錄來做準備和證明：

- a. 建廠的描述；
- b. 除役的目的；
- c. 用來移除法規管制的設備、建築物、廠址或任何管制單位所認定的部分，所使用的輻射法規依據和控制方法；
- d. 描述除役的工作內容；
- e. 描述未除役及部分除役的建築或設備；
- f. 最後輻射監測報告；
- g. 放射性物質的量，包括數量及除役中產生的廢棄物種類和他們的儲存或處理的位置；
- h. 從法規管制中釋出的物質、設備和廠址的量；
- i. 指定被限制使用或行為受限的建築物、區域或設備；
- j. 簡述任何在除役過程中發生的異常事件和意外；
- k. 簡述工作人員和大眾在除役過程中所接受的劑量；
- l. 所學得的經驗和教訓。

這份報告確定除役工作的完成，任何廠址上所剩下的限制都需要做依國家規範下作登記。

4.9 舉例說明-最終放射監測報告的內容

- a. 設施名稱
- b. 設施描述

- i. 廠址種類和位置；
 - ii. 廠址描述；
 - iii. 所有權；
 - iv. 本身設施的描述。
- c. 背景
- i. 本身設施的描述；
 - ii. 除役的原由；
 - iii. 管理的方法。
- d. 運轉的歷史
- i. 申照情況和運轉情況；
 - ii. 執行過程；
 - iii. 廢棄物處理工作。
- e. 除役工作
- i. 目的；
 - ii. 除役前測量的結果；
 - iii. 除污和拆除的過程。
- f. 最終監測流程
- i. 取樣參數；
 - ii. 定義的背景標準、基準值；
 - iii. 定義主要的污染物；
 - iv. 發表建立的指導方針；
 - v. 所選擇的設備和流程；
 - vi. 儀器和配備；
 - vii. 使用的儀器技術；
 - viii. 被延續的流程。
- g. 監測結果

- i. 監測結果的總結；
 - ii. 化簡、估計資料的方法；
 - iii. 統計計算；
 - iv. 監測結果與基準值和條件的比較；
 - v. 可接受度的估計。
- h. 總結
- i. 附件
- 包含圖表的詳細監測資料。

4.10 舉例說明-完成除役後的文件說明計畫和管理系統

- a. 最終除役計畫
- b. 計畫的品質保證程序，這包含以下部分：
 - i. 廠址的品質和環境管理系統；
 - ii. 廠址內組織結構的描述；
 - iii. 文件（包含記錄）的管理流程；
 - iv. 除役和相關工作的管理流程；和
 - v. 安全管理的流程。
- c. 文件報告可幫助做計畫品質保證的程序，這包括如何達到所有法規管制需求(例如：符合廠址申照要求)和誰來負責確保此要求等等的細節。
- d. 安全度評估，這必須隨著品質保證程序下做更新。
- e. 文件報告可幫助做安全評估，這包括以下部分：
 - i. 列出常見和放射性危害以及如何被控制；
 - ii. 必要的維護計畫表，此為詳述必須符合安全評估的電廠維護；和
 - iii. 電廠系統狀態計畫表，包含了：
 - (1). 運轉狀態
 - (2). 隔離狀態

(3). 拆除(除役)狀態；和

(4). 處理狀態(移除、運送、處理等)。

這些可用的文件報告必需要隨著品質保證程序做更新。

f. 處理和報告異常事件、意外和緊急事件的流程。

g. 計算分析結構和計畫執行方法，這必須隨著品質保證程序作更新。

h. 對個別作業的管理控制流程，這包括了：

i. 認可以下幾點的流程：

(1). 建議的技術；

(2). 放射性防護需求；

(3). 工程安全；

(4). 火災防護；

(5). 保防；和

ii. 認可個別作業的完成的流程。

i. 在除役階段中和完成之後，收集和維護適當的紀錄，並保持在保密和使用管理下的流程。建議編輯這些程序在除役操作手冊內。

第五章 結論與建議

自從美國西賓堡電廠於 1986 年除役後，全世界至今已除役的核能電廠以多達七十幾座。將來 20 年內，全世界將會更多的核能機組達到運轉年限，而需進行除役動作，或是在完成詳細的檢測及性能提升後，進行延壽以延長電廠運轉的期限。從 1986 年至今，美國已有多座核能電廠進行或完成除役，美國核能管制委員也從這些個案之中吸取許多經驗，使其能對核能電廠除役的管理方式由一開始的逐案審查，更改至現今的標準審查管理模式。美國核能管制委員會對於業者申請除役的審查工作以及法規制度，的確值得我國管制單位參考。

綜觀美國核能管制委員會對於業者申請除役其核能機組的規範後，值得國內管制單位參考的重點有幾項。

1. 除役後的廠址使用方式以及劑量限值。NRC 對於電廠除役後的土地利用分成兩種，分別是無限制使用以及有限度開放使用。兩種不同的土地使用模式所依據的劑量限值不同，自然也影響到除役的方式及成本。管制單位應先行確定除役所需完成的目標。
2. 業者所需繳交的文件及時程。NRC 規定業者於反應器永久停止運轉前五年需繳交一份除役規劃；永久停止運轉後，需繳交停機後除役工作報告，以及相關證明；預定除役完成前兩年，需繳交一份執照終止計畫書。各種需繳交的文件其內容均有指定。管制單位要求業者繳交的文件及內容，必須明文列出，且在業者繳交後，必須詳細審查。如此才能確保除役結果能夠達到法律要求。而依照業者繳交之文件所記錄的工作時程，管制單位也必須加以確認驗收。
3. 資金的運用。資金的可獲性對除役工作影響之大乃不言可喻，因此在各時程所能運用的資金限制需加以規範。如 NRC 規定於主要除役階段開始之前，業者只能使用 23% 的除役基金等。管制單位必須注意業者使用資金的方式。
4. 廢棄物的處置。NRC 許可業者進行除役作業的重大的因素包含了業者對於廢棄物處置的能力。國內情況特殊，低、高廢棄物處置的容積及位置目前皆無

著落。台電及管制單位對此必須多加注意。而對於核能電廠除役後，須移除外用過核子燃料及低放射性廢棄物，若最終處置場尚未興建完成，台電公司對此狀況應有預先規劃，以確保妥善管理這些高、低放射性廢棄物。

IAEA 所提供的資料可供國內管制單位於制訂安全指引時參考的要點如下所示：，從核能電廠開始規劃的時期，應該要準備未來除役的相關規劃。在設計核能電廠設施時，應該要考量到路線和管線及結構設計，是否易於搬運、安置拆除設備、使用建材是否易於活化或是計算活化程度，這些設計規格和相關的資訊必須要妥善保存，以便未來規劃最終除役計畫時可利用。另外，還需要準備除役基金的來源機制，以保證未來除役進行時，有足夠的經費可以使用，還有未來放射性廢棄物的儲存場所的位置，這些都應在申請運轉執照程序時，提供管制單位進行評估。

當核能電廠運轉時，有關運轉、維修、異常事件、管理記錄、預算規劃都應該要保留下來，依據這些記錄，更新目前的除役計畫，以減低未來規劃最終除役工作的規劃難度，另外還需要作輻射監控的紀錄，周遭環境變化的說明，相關法規及政府政策的改變的因應方法，都可為目前除役計畫的一部份，以提供未來規劃最終除役計畫時作參考，並且開始研究除役及廢棄物處理的相關技術，培養員工的能力，時常學習和訓練相關技術及應變方法，還需監控放射性廢棄物或設施內已活化物質的量和位置，並呈報給管制單位備核，這些資訊和記錄，都是對未來除役工作是否順利進行的重要資訊。而管制單位應該提供核能電廠負責單位相關的法律規範和監督核能電廠運轉情形。

當已知核能反應器預定停機的時間時，核能電廠負責單位必須立即開始進行規劃最終除役計畫，依據過去的紀錄和經驗，以及目前的技術和經費，規劃一份符合法規要求的除役計畫交給管制單位審查，管制單位必須審查其計畫內容是否有詳細的管理及執行部門和權責劃分、所選擇的除役方案是否可行和品質保證程序、拆除或搬運的方式及安全措施、廢棄物處理和儲存搬運的輻射防護，以及經

費規劃的說明和異常、緊急事件的應變措施、對工作人員、大眾和周圍環境的影響評估，還有未來廠址的使用規劃。當管制單位核可後並給予除役執照後，核能電廠負責單位在停機之後，就可以開始執行除役計畫內的規劃工作。

在除役工作進行階段時，負責執行單位需要時常進行品質保證程序，使除役工作都能符合法規管制內容和計畫目標，並且隨著工作進行，也要隨時檢視除役工作是否有新的技術或是需要修正的部分，而且還要定時的呈報文件給管制單位檢視。管制單位也應該與除役管理單位一同監督除役工作的進行，並且給予相關的建議。

最後除役完成時，負責執行單位必須呈報一份最終監測資料，提供相關數據和證明，已符合除役計畫目標和相關法規，當管制單位檢視並核可後，表示除役工作已完成，並停止此核能電廠的除役執照。

50.4(b)(8)、50.4(b)(9) 法規原文

1.1 § 50.82 Termination of license.

For power reactor licensees who, before the effective date of this rule, either submitted a decommissioning plan for approval or possess an approved decommissioning plan, the plan is considered to be the PSDAR submittal required under paragraph (a)(4) of this section and the provisions of this section apply accordingly. For power reactor licensees whose decommissioning plan approval activities have been relegated to notice of opportunity for a hearing under subpart G of 10 CFR part 2, the public meeting convened and 90-day delay of major decommissioning activities required in paragraphs (a)(4)(ii) and (a)(5) of this section shall not apply, and any orders arising from proceedings under subpart G of 10 CFR part 2 shall continue and remain in effect absent any orders from the Commission.

(a) For power reactor licensees –

(1.)

(i.) When a licensee has determined to permanently cease operations the licensee shall, within 30 days, submit a written certification to the NRC, consistent with the requirements of §50.4(b)(8);

(ii.) Once fuel has been permanently removed from the reactor vessel, the licensee shall submit a written certification to the NRC that meets the requirements of §50.4(b)(9) and;

(iii.) For licensees whose licenses have been permanently modified to allow possession but not operation of the facility, before the effective date of this rule, the certifications required in paragraphs (a)(1) (i) - (ii) of this section shall be deemed to have been submitted.

(2.) Upon docketing of the certifications for permanent cessation of operations and permanent removal of fuel from the reactor vessel, or when a final legally effective order to permanently cease operations has come into effect, the 10 CFR part 50 license no longer authorizes operation of the reactor or emplacement or retention of fuel into the reactor vessel.

(3.) Decommissioning will be completed within 60 years of permanent cessation of operations. Completion of decommissioning beyond 60 years will be

approved by the Commission only when necessary to protect public health and safety. Factors that will be considered by the Commission in evaluating an alternative that provides for completion of decommissioning beyond 60 years of permanent cessation of operations include unavailability of waste disposal capacity and other site-specific factors affecting the licensee's capability to carry out decommissioning, including presence of other nuclear facilities at the site.

(4.)

- 1 Prior to or within 2 years following permanent cessation of operations, the licensee shall submit a post-shutdown decommissioning activities report (PSDAR) to the NRC, and a copy to the affected State(s). The report must include a description of the planned decommissioning activities along with a schedule for their accomplishment, an estimate of expected costs, and a discussion that provides the reasons for concluding that the environmental impacts associated with site-specific decommissioning activities will be bounded by appropriate previously issued environmental impact statements.
- 2 The NRC shall notice receipt of the PSDAR and make the PSDAR available for public comment. The NRC shall also schedule a public meeting in the vicinity of the licensee's facility upon receipt of the PSDAR. The NRC shall publish a notice in the Federal Register and in a forum, such as local newspapers, that is readily accessible to individuals in the vicinity of the site, announcing the date, time and location of the meeting, along with a brief description of the purpose of the meeting.

(5.) Licensees shall not perform any major decommissioning activities, as defined in §50.2, until 90 days after the NRC has received the licensee's PSDAR

submittal and until certifications of permanent cessation of operations and permanent removal of fuel from the reactor vessel, as required under §50.82(a)(1), have been submitted.

- (6.) Licensees shall not perform any decommissioning activities, as defined in §50.2, that –
 - (i.) Foreclose release of the site for possible unrestricted use;
 - (ii.) Result in significant environmental impacts not previously reviewed; or
 - (iii.) Result in there no longer being reasonable assurance that adequate funds will be available for decommissioning.
- (7.) In taking actions permitted under §50.59 following submittal of the PSDAR, the licensee shall notify the NRC, in writing and send a copy to the affected State(s), before performing any decommissioning activity inconsistent with, or making any significant schedule change from, those actions and schedules described in the PSDAR, including changes that significantly increase the decommissioning cost.
- (8.)
 - (i.) Decommissioning trust funds may be used by licensees if –
 - (A.) The withdrawals are for expenses for legitimate decommissioning activities consistent with the definition of decommissioning in §50.2;
 - (B.) The expenditure would not reduce the value of the decommissioning trust below an amount necessary to place and maintain the reactor in a safe storage condition if unforeseen conditions or expenses arise and;
 - (C.) The withdrawals would not inhibit the ability of the licensee to complete funding of any shortfalls in the decommissioning trust needed to ensure the availability of funds to ultimately release the site and terminate the license.
 - (ii.) Initially, 3 percent of the generic amount specified in §50.75 may be used for decommissioning planning. For licensees that have submitted the certifications required under §50.82(a)(1) and commencing 90 days after the NRC has received the PSDAR, an additional 20 percent may be used. A site-specific decommissioning cost estimate must be submitted to the NRC prior to the licensee using any funding in excess of these amounts.
 - (iii.) Within 2 years following permanent cessation of operations, if not already submitted, the licensee shall submit a site-specific decommissioning cost estimate.
 - (iv.) For decommissioning activities that delay completion of decommissioning by including a period of storage or surveillance, the licensee shall provide a means of

adjusting cost estimates and associated funding levels over the storage or surveillance period.

- (9.) All power reactor licensees must submit an application for termination of license. The application for termination of license must be accompanied or preceded by a license termination plan to be submitted for NRC approval.
 - (i.) The license termination plan must be a supplement to the FSAR or equivalent and must be submitted at least 2 years before termination of the license date.
 - (ii.) The license termination plan must include –
 - (A). A site characterization;
 - (B). Identification of remaining dismantlement activities;
 - (C). Plans for site remediation;
 - (D). Detailed plans for the final radiation survey;
 - (E). A description of the end use of the site, if restricted;
 - (F). An updated site-specific estimate of remaining decommissioning costs;
 - (G). A supplement to the environmental report, pursuant to §51.53, describing any new information or significant environmental change associated with the licensee's proposed termination activities; and
 - (H). Identification of parts, if any, of the facility or site that were released for use before approval of the license termination plan.
 - (iii.) The NRC shall notice receipt of the license termination plan and make the license termination plan available for public comment. The NRC shall also schedule a public meeting in the vicinity of the licensee's facility upon receipt of the license termination plan. The NRC shall publish a notice in the Federal Register and in a forum, such as local newspapers, which is readily accessible to individuals in the vicinity of the site, announcing the date, time and location of the meeting, along with a brief description of the purpose of the meeting.
- (10.) If the license termination plan demonstrates that the remainder of decommissioning activities will be performed in accordance with the regulations in this chapter, will not be inimical to the common defense and security or to the health and safety of the public, and will not have a significant effect on the quality of the environment and after notice to interested persons, the Commission shall approve the plan, by license amendment, subject to such conditions and limitations as it deems appropriate and necessary and authorize implementation of the license termination plan.
- (11.) The Commission shall terminate the license if it determines that --
 - (i.) The remaining dismantlement has been performed in accordance with the approved license termination plan, and

- (ii.) The final radiation survey and associated documentation, including an assessment of dose contributions associated with parts released for use before approval of the license termination plan, demonstrate that the facility and site have met the criteria for decommissioning in 10 CFR part 20, subpart E.

1.2 § 20.1402 Radiological criteria for unrestricted use

A site will be considered acceptable for unrestricted use if the residual radioactivity that is distinguishable from background radiation results in a TEDE to an average member of the critical group that does not exceed 25 mrem (0.25 mSv) per year, including that from groundwater sources of drinking water, and the residual radioactivity has been reduced to levels that are as low as reasonably achievable (ALARA). Determination of the levels which are ALARA must take into account consideration of any detriments, such as deaths from transportation accidents, expected to potentially result from decontamination and waste disposal.

1.3 § 20.1403 Criteria for license termination under restricted conditions

A site will be considered acceptable for license termination under restricted conditions if:

- (a) The licensee can demonstrate that further reductions in residual radioactivity necessary to comply with the provisions of § 20.1402 would result in net public or environmental harm or were not being made because the residual levels associated with restricted conditions are ALARA. Determination of the levels which are ALARA must take into account consideration of any detriments, such as traffic accidents, expected to potentially result from decontamination and waste disposal;
- (b) The licensee has made provisions for legally enforceable institutional controls that provide reasonable assurance that the TEDE from residual radioactivity distinguishable from background to the average member of the critical group will not exceed 25 mrem (0.25 mSv) per year;
- (c) The licensee has provided sufficient financial assurance to enable an independent third party, including a governmental custodian of a site, to assume and carry out responsibilities for any necessary control and maintenance of the site. Acceptable financial assurance mechanisms are—
 - (1.) Funds placed into an account segregated from the licensee's assets and outside the licensee's administrative control as described in § 30.35(f)(1) of this chapter;

- (2.) Surety method, insurance, or other guarantee method as described in § 30.35(f)(2) of this chapter;
 - (3.) A statement of intent in the case of Federal, State, or local Government licensees, as described in § 30.35(f)(4) of this chapter; or
 - (4.) When a governmental entity is assuming custody and ownership of a site, an arrangement that is deemed acceptable by such governmental entity.
- (d) The licensee has submitted a decommissioning plan or License Termination Plan (LTP) to the Commission indicating the licensee's intent to decommission in accordance with §§ 30.36(d), 40.42(d), 50.82 (a) and (b), 70.38(d), or 72.54 of this chapter, and specifying that the licensee intends to decommission by restricting use of the site. The licensee shall document in the LTP or decommissioning plan how the advice of individuals and institutions in the community who may be affected by the decommissioning has been sought and incorporated, as appropriate, following analysis of that advice.
- (1.) Licensees proposing to decommission by restricting use of the site shall seek advice from such affected parties regarding the following matters concerning the proposed decommissioning—
- (i.) Whether provisions for institutional controls proposed by the licensee;
 - (A.) Will provide reasonable assurance that the TEDE from residual radioactivity distinguishable from background to the average member of the critical group will not exceed 25 mrem (0.25 mSv) TEDE per year;
 - (B.) Will be enforceable; and
 - (C.) Will not impose undue burdens on the local community or other affected parties.
 - (ii.) Whether the licensee has provided sufficient financial assurance to enable an independent third party, including a governmental custodian of a site, to assume and carry out responsibilities for any necessary control and maintenance of the site;
- (2.) In seeking advice on the issues identified in § 20.1403(d)(1), the licensee shall provide for:
- (i.) Participation by representatives of a broad cross section of community interests who may be affected by the decommissioning;
 - (ii.) An opportunity for a comprehensive, collective discussion on the issues by the participants represented; and
 - (iii.) A publicly available summary of the results of all such discussions, including a description of the individual viewpoints of the participants on

the issues and the extent of agreement and disagreement among the participants on the issues; and

- (e) Residual radioactivity at the site has been reduced so that if the institutional controls were no longer in effect, there is reasonable assurance that the TEDE from residual radioactivity distinguishable from background to the average member of the critical group is as low as reasonably achievable and would not exceed either—
 - (1.) 100 mrem (1 mSv) per year; or
 - (2.) 500 mrem (5 mSv) per year provided the licensee—
 - (i.) Demonstrates that further reductions in residual radioactivity necessary to comply with the 100 mrem/y (1 mSv/y) value of paragraph (e)(1) of this section are not technically achievable, would be prohibitively expensive, or would result in net public or environmental harm;
 - (ii.) Makes provisions for durable institutional controls;
 - (iii.) Provides sufficient financial assurance to enable a responsible government entity or independent third party, including a governmental custodian of a site, both to carry out periodic rechecks of the site no less frequently than every 5 years to assure that the institutional controls remain in place as necessary to meet the criteria of § 20.1403(b) and to assume and carry out responsibilities for any necessary control and maintenance of those controls. Acceptable financial assurance mechanisms are those in paragraph (c) of this section.

1.4 § 20.1404 Alternate criteria for license termination.

- (a) The Commission may terminate a license using alternate criteria greater than the dose criterion of §§ 20.1402, 20.1403(b), and 20.1403(d)(1)(i)(A), if the licensee--
 - (1.) Provides assurance that public health and safety would continue to be protected, and that it is unlikely that the dose from all man-made sources combined, other than medical, would be more than the 1 mSv/y (100 mrem/y) limit of subpart D, by submitting an analysis of possible sources of exposure;
 - (2.) Has employed to the extent practical restrictions on site use according to the provisions of § 20.1403 in minimizing exposures at the site; and
 - (3.) Reduces doses to ALARA levels, taking into consideration any detriments such as traffic accidents expected to potentially result from decontamination and waste disposal.
 - (4.) Has submitted a decommissioning plan or License Termination Plan (LTP) to the Commission indicating the licensee's intent to decommission in accordance with §§ 30.36(d), 40.42(d), 50.82 (a) and (b), 70.38(d), or 72.54 of this chapter, and specifying that the licensee proposes to decommission by use of

alternate criteria. The licensee shall document in the decommissioning plan or LTP how the advice of individuals and institutions in the community who may be affected by the decommissioning has been sought and addressed, as appropriate, following analysis of that advice. In seeking such advice, the licensee shall provide for:

- (i.) Participation by representatives of a broad cross section of community interests who may be affected by the decommissioning;
 - (ii.) An opportunity for a comprehensive, collective discussion on the issues by the participants represented; and
 - (iii.) A publicly available summary of the results of all such discussions, including a description of the individual viewpoints of the participants on the issues and the extent of agreement and disagreement among the participants on the issues.
- (b) The use of alternate criteria to terminate a license requires the approval of the Commission after consideration of the NRC staff's recommendations that will address any comments provided by the Environmental Protection Agency and any public comments submitted pursuant to § 20.1405.

1.5 § 20.1405 Public notification and public participation

Upon the receipt of an LTP or decommissioning plan from the licensee, or a proposal by the licensee for release of a site pursuant to §§ 20.1403 or 20.1404, or whenever the Commission deems such notice to be in the public interest, the Commission shall:

- (a.) Notify and solicit comments from:
 - (1.) local and State governments in the vicinity of the site and any Indian Nation or other indigenous people that have treaty or statutory rights that could be affected by the decommissioning; and
 - (2.) the Environmental Protection Agency for cases where the licensee proposes to release a site pursuant to § 20.1404.
- (b) Publish a notice in the Federal Register and in a forum, such as local newspapers, letters to State or local organizations, or other appropriate forum, that is readily accessible to individuals in the vicinity of the site, and solicit comments from affected parties.

1.6 § 50.4(b)(8) Certification of permanent cessation of operations.

The licensee's certification of permanent cessation of operations, pursuant to §50.82(a)(1), must state the date on which operations have ceased or will cease, and the

signed and notarized original must be submitted to: The Nuclear Regulatory Commission, Document Control Desk, Washington, DC 20555-0001.

1.7 § 50.4(b)(9) Certification of permanent fuel removal.

The licensee's certification of permanent fuel removal, pursuant to §50.82(a)(1), must state the date on which the fuel was removed from the reactor vessel and the disposition of the fuel, and the signed and notarized original must be submitted to: The Nuclear Regulatory Commission, Document Control Desk, Washington, DC 20555-0001.

參考文獻

1. “Final Generic Environmental Impact Statement (GEIS) on Decommissioning of Nuclear Facilities”, NUREG-0586, 見光碟目錄 NUREG0586。
2. “Standard Format and Content of License Termination Plans for Nuclear Power Reactors”, Regulatory Guide 1.179, 見光碟目錄 RG1.179。
3. “Standard Review Plan for Evaluating Nuclear Power Reactor License Termination Plans”, NUREG-1700, 見光碟目錄 NUREG1700。
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Principles of Radioactive Waste Management, Safety Series No. 111-F, IAEA, Vienna (1995), 見光碟目錄 IAEA 底下文件 4-SS-111-F.pdf。
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Predisposal Management of Radioactive Waste Including Decommissioning, Safety Standards Series No. WS-R-2, IAEA, Vienna (1999), 見光碟目錄 IAEA 底下文件 5-SSS-WS-R-2.pdf。
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety, Safety Standards Series No. GS-R-1, IAEA, Vienna (1999), 見光碟目錄 IAEA 底下文件 6-SSS-GS-R-1.pdf。
7. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996), 見光碟目錄 IAEA 底下文件 7-SS-115 等。
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety of Nuclear Power

- Plants: Design, Safety Standards Series No. NS-R-2, IAEA, Vienna (1999), 見光碟目錄 IAEA 底下文件 8-SSS-NS-R-2.pdf。
9. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety of Nuclear Power Plants: Operation, Safety Standards Series No. NS-R-1, IAEA, Vienna (1999), 見光碟目錄 IAEA 底下文件 9-SSS-NS-R-1.pdf。
 10. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations, Safety Series No. 50-C/SG-Q, IAEA, Vienna (1996), 見光碟目錄 IAEA 底下文件 10-SS-50-C-SG 等。
 11. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Code on the Safety of Nuclear Research Reactors: Design, Safety Series No. 35-S1, IAEA, Vienna (1992)。
 12. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Code on the Safety of Nuclear Research Reactors: Operation, Safety Series No. 35-S2, IAEA, Vienna (1992)。
 13. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities, Safety Standards Series No. WS-G-2.2, IAEA, Vienna (1999), 見光碟目錄 IAEA 底下文件 13-SSS-WS-G-2.2.pdf。
 14. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Principles for Limiting Releases of Radioactive Effluents into the Environment, Safety Series No. 77, IAEA, Vienna (1986)。
 15. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, Safety Standards Series No. RS-G-1.5, IAEA, Vienna (1999), 見光碟目錄 IAEA 底下文件 15-SSS-RS-G-1.5.pdf。
 16. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decontamination of Nuclear Facilities to Permit Operation, Inspection, Maintenance, Modification or Plant

- Decommissioning, Technical Reports Series No. 249, IAEA, Vienna (1985)。
17. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Methods for Reducing Occupational Exposures During the Decommissioning of Nuclear Facilities, Technical Reports Series No. 278, IAEA, Vienna (1987)。
 18. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Decommissioning of Nuclear Facilities: Decontamination, Disassembly and Waste Management, Technical Reports Series No. 230, IAEA, Vienna (1983)。
 19. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of Remotely Operated Handling Equipment in the Decommissioning of Nuclear Facilities, Technical Reports Series No. 348, IAEA, Vienna (1993)。
 20. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring Programmes for Unrestricted Release Related to Decommissioning of Nuclear Facilities, Technical Reports Series No. 334, IAEA, Vienna (1992)。
 21. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Periodic Safety Review of Operational Nuclear Power Plants, Safety Series: A Safety Guide, No. 50-SG-O12, IAEA, Vienna (1994)。
 22. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Safety of Nuclear Power, Safety Series No. 75-INSAG-5, IAEA, Vienna (1992) ，見光碟目錄 IAEA 底下文件 22-SS-75-INSAG-5.pdf。
 23. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Defence in Depth in Nuclear Safety, INSAG Series No. 10, IAEA, Vienna (1996) ，見光碟目錄 IAEA 底下文件 23-INSAG-10.pdf。
 24. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Staffing of Nuclear Power Plants and the Recruitment, Training and Authorization of Operating Personnel: A Safety Guide, Safety Series No. 50-SG-O1 (Rev. 1), IAEA, Vienna (1991)。
 25. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Operational Management for

- Radioactive Effluents and Wastes Arising in Nuclear Power Plants, Safety Series No. 50-SG-O11, IAEA, Vienna (1986) ◦
26. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, Safety Standards Series No. ST-1, IAEA, Vienna (1996) ◦ 見光碟目錄 IAEA 底下文件 26-SSS-TS-R-1(ST-1).pdf ◦
27. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Physical Protection of Nuclear Material, INFCIRC/225/Rev. 2, IAEA, Vienna (1989) ◦
28. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Agency's Safeguards System (1965, as provisionally extended in 1966 and 1968), INFCIRC/66/Rev. 2, IAEA, Vienna (1968) ◦
29. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Structure and Contents of Agreements Between the Agency and States Required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, INFCIRC/153 (corrected), IAEA, Vienna (1972) ◦