

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：赴美日參加「龍門計劃運轉維護幹部技術訓練」保健物理組心得報告	
出國計畫主辦機關名稱：台灣電力公司人事處	
出國人姓名／職稱／服務單位：楊昌鵬／十二等講師／台灣電力公司核發處 周棟樑／十一等核能工程師／台灣電力公司核發處 行玉樹／九等核能工程師／台灣電力公司核能一廠	
出國計畫	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整 <input type="checkbox"/> 3.內容充實完備 <input type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.退回補正，原因：
主辦機關	<input type="checkbox"/> ①不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> ②以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> ③內容空洞簡略
審核意見	<input type="checkbox"/> ④未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> ⑤未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8.其他處理意見
層轉機關	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 _____(填寫審核意見編號)
審核意見	<input type="checkbox"/> 退回補正，原因： _____(填寫審核意見編號) 其他處理意見：

說明：

一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。

二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。

三、審核作業應於出國報告提出後二個月內完成。

總經理：
副總經理：

單位：
主管：

直接：
主管：

報告人：

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

赴美、日參加「龍門計劃運轉維護幹部技術訓練」

保健物理組心得報告

服務機關：台灣電力公司核能一廠

出國人：職 稱：十二等講師／十一等核能工程師／九等核能工程師

姓 名：楊昌鵬／周棟樑／行玉樹

出國地區：美日

出國期間：自 89 年 05 月 16 日至 89 年 11 月 11 日

報告日期：90 年 1 月 8 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴美、日參加「龍門計劃運轉維護幹部技術訓練」

保健物理組心得報告

頁數___ 含附件：是否

出國計畫主辦機關／聯絡／電話：台灣電力公司／人事處

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：

楊昌鵬／台灣電力公司／核發處／十二等講師／0223667473

周棟樑／台灣電力公司／核發處／十一等核能工程師／0223667076

行玉樹／台灣電力公司／核能一廠／九等核能工程師／0226383501

出國類別：1.考察2.進修3.研究4.實習5.其他(出席國際會議)

出國期間：89年05月16日至89年11月11日

出國地區：美日

報告日期：90年01月08日

分類號／目

內容摘要：

1. 以運轉五十年核能發電經驗為基礎所研發的改良型反應器(ABWRt)，在輻射安全設計的考量特點為：簡單化及自動化；觀諸日本柏崎刈羽核電廠之改良型反應器(ABWRt)的運轉實績，及奇異公司對我國龍門電廠的設計理念，可預期未來龍門電廠的構建確是已將ALARA精神融入。
2. 奇異核能中心是因應二次世界大戰結束後，原子能和平用途廣大市場需求而成立。除建立了第一座商用反應爐不僅供模擬試驗之用，並可提供該中心全區之用電；其後陸續建立兩座反應器及一座中子照射場，輻射防護人力曾多達兩百人之多。其後由於核能工業萎縮，及地質環境的考量而陸續停役；其輻防人力亦隨之精簡，靈活使用電腦計算及管理大量保健物理資料，是提昇效率的主要關鍵。
3. Brunswick 電廠 (BNP) 曾經從一個被美國核管會列入駐廠觀察名單，繼而脫胎換骨為受 INPO 評價極高的核電廠模範生。他們在工作環境、組織架構、管理方式、訓練內容及程序書的落實上做了很多改善。

目 錄

壹、出國任務及行程	04
貳、實習內容	
一、概述	05
二、實習項目	05
(一)改良型反應器(ABWRt)的 ALARA 設計特色	05
(二) Vallecitos Nuclear Center(VNC)見習	06
(三) Brunswick Nuclear Power Plant(BNP)見 習	07
參、實習心得與感想	26
肆、建議事項	29
伍、附件	30
陸、附圖	43
柒、附表	52

壹、出國任務及行程

89年5月16日 往程

5月17日~7月16日：GE訓練中心，共通ABWRt技術訓練

7月17日~7月21日：GE核能中心，輻防工作訓練

7月22日~11月03日：BNP，輻防工作訓練

11月04日~11月05日：行程(Southport-威明頓-舊金山-東京)

11月06日~11月06日：東芝公司，RIP製造廠工作見習

11月07日~11月08日：日立公司，FMCRD製造廠工作見習

11月09日~11月10日：柏崎刈羽核電廠，日本進步型沸水式核

能電廠工作見習

11月11日~11月11日：返程

貳、實習內容

一、概述

進步型反應器的設計不僅在核能安全上做了很多改善，並注入 ALARA 的觀念於運轉、施工和現場佈置(Layout)的設計中，以降低未來商轉後工作人員所需接受的輻射劑量。Vallecitos Nuclear Center(VNC)是全美首座商用的核能中心，擁有四座反應器及大型遙控熱室，其輻射防護作業的效率頗值得參考。Brunswick 電廠 (BNP) 曾經從一個被美國核管會列入駐廠觀察名單，繼而脫胎換骨為受 INPO 評價極高的核電廠模範生。

本報告除敘述進步型反應器(ABWRt)之系統設計(參、附件)，並著重於相關輻射防護的設計考量；在 VNC 及 BNP 的工作見習中，他們的輻射防護作業及工作安全文化有值得借鏡之處。

二、實習項目

(一) 改良型反應器(ABWRt)的 ALARA 設計特色

以運轉五十年核能發電經驗為基礎所研發的改良型反應器(ABWRt)，在輻射安全設計的考量特點為：簡單化及自動化；觀諸日本柏崎刈羽核電廠之改良型反應器(ABWRt)的運轉實績，及奇異公司對我國龍門電廠的設計理念，其合理抑減輻射劑量(ALARA)的特點可歸納如下：

(1) 設備的改良

1. 反應爐環壁鑄造(forged ring)一體成型。
2. 去除再循環泵及在循環管路。
3. 提升 RWCU 的淨化能量兩倍(自 1%至 2%)。
4. 增設抑壓池淨化系統。
5. 增設冷凝水除礦前置過濾器。
6. 改善 RWCU 泵位置，避免高溫高壓水對軸封造成損壞。
7. 採用新型的控制棒驅動機構(FMCRD, Fine Motion Control Rod Drive)，減少維護頻率，且較傳統 CRD 較易拆裝(僅需一人操作)。
8. 廢料系統之廢料泵採用空氣驅動及架上設置(Air driven & Rack mounted)，不但可延長維修週期；且整座泵易於拆卸。可先經整體化學除污降低輻射劑量，再進行維修。

(2) 現場佈置改善

1. 高輻射泵及熱交換器皆採隔式屏蔽設置。

2. 除反應爐及爐水淨化(RWCU)逆洗接收槽外，所有設備均採可移式設置。
3. 設備隔室內設置單軌吊車，及可移式孔蓋，供設備進出。
4. 核四廠燃料儲存設計特點是廠內可存 40 年的用過燃料，反應爐廠房可存 15 年量，輔助燃料廠房可存 25 年量。
5. 除污空間及設備維護保養空間。
6. 凡高輻射管均規劃行經水泥牆間，否則另加屏蔽。
7. 對於高輻射設備如 RWCU、RHR…等閥件，在室外設置遙控長桿操作，以拉長運轉員與射源的距離。
8. 建立場內廢料桶貯存設施(On-site drum storage facility)，提供四十年容量(20,000 桶)。
9. 汽機廠房的建造乃依據未來可能飼水加氫(HWC)致輻射增建六倍的衝擊，規劃屏蔽設計。

(3) 材質改善

1. 冷凝管路以鈦管取代銅管。
2. 限制含鈷材質於滾輪及閥門…等。經常磨耗的組件。

(二) Vallecitos Nuclear Center(VNC)見習

先參加保安、輻防、有害物質管制等講習，並作全身計測和領用劑量徽章後，再接著參觀環境設施。奇異核能中心是因應二次世界大戰結束後，原子能和平用途廣大市場需求而成立。除建立了第一座商用反應爐不僅供模擬試驗之用並可提供該中心全區之用電其後陸續建立兩座反應器及一座中子照射場，輻射防護人力曾多達兩百人之多。其後由於核能工業萎縮，及地質環境的考量。目前三座反應爐皆已除役，該中心業務僅剩放射性藥物製造、非破壞性檢測服務及高放射性廢料運送業務。

1. 觀摩 VNC 中子照像設施與射源（如 Xe-133, Co-60 等）製造設備，瞭解輻射安全操作的連鎖機制、中子屏蔽方法、熱室中機械手臂操(圖一)作等方式。也前往三座已停役的反應爐現場，研習停役後的輻射偵測及污染管制作業。該中心保健物理主管 Mr. Mike Rodger 除了全程陪同解說外，並介紹環境偵測及評估模式、保健物理訓練考試及輻射防護優良典範(Good Practice)等案例。
2. 該中心於 1969 建造完成第一座反應爐除了作為研發各種核能相關產品外並供應該中心區域用電其後更增建三座反應爐是為 VNC 的全盛期。現僅存一百千瓦核子試驗反應爐，提供中子射源(中子通量為 $2 \times 10^{12} \text{nv}$)作為工業照相之用；其應用的對象包括精細工業產品中的含氫橡膠、塑膠及環氧樹脂材質的零組件，及噴射引擎汽機葉片差動電譯(electric relay)、電容器、火箭馬達推進器噴嘴、太空梭本體材質及國防工業產品，以符合 ASTM 及 MIL 標準。目前已完成中子照相超過十萬張，為因應目前運轉中的電廠均面臨用過燃料飽和的困

境，VNC 研發三種運送用過燃料屏蔽車(圖二)以符合核管會法規的運送要求。

3. 在 VNC 實習過程中最令人印象深刻的除了簡易的查核射源 (Check source) 裝置(圖三)、石臘(paraffin)板中子屏蔽(圖四)外；為因應日益萎縮的核能工業，充分利用電腦系統將環境監測、人員劑量、人員訓練及輻防資料庫整合建檔，僅由一位輻射防護管理師負責處理，目前僅五位輻防技術人員運作全中心之輻射防護作業。

(三)Brunswick Nuclear Power Plant(BNP)見習

1. 進廠訓練(Access Training)

- (1) 一切動作必須確實遵循程序書規定

使用正確版本的程序書。

在工作之前必須詳細閱讀程序書。

在工作場所，必須預留供必要時查詢程序書之空間(低輻射區域)。

- (2) 宣告員工權利員工有權知悉所受職業暴露劑量現況。

員工有權知悉 NRC 各項規定。

員工有權將廠方缺失通知 NRC 駐廠代表或地區代表。

- (3) 廠區緊急與疏散計劃

- (4) 工安訓練與火災處理

- (5) 廠區保安計劃與財產區域劃分

- (6) 職務適任評估 (Fitness For Duty, FFD)

包括：藥物檢驗、酒精測試、心理性向測驗、宣導毒品與濫用藥物防治、員工專業心理諮商與協助(Employee Assistance Program, EAP)、行為觀察評估計劃(Continual Behavior and Observation Program, CBOP)等，非常值得本公司借鏡。

2. 基礎輻防訓練

包括：輻射基本原理、輻射生物效應、輻射計量評估、劑量法規與行政管制

限值、降低體內污染、輻射度量原理、ALARA 政策、污染管制、輻射工作許可(Radiation Work Permit, RWP)內容介紹、輻射管制區域(Radiation Control Area, RCA)劃分、放射性廢料減量原則、著裝程序與測驗。

3. 防制外物入侵(FME, Foreign Material Exclusion)一次測系統及用過燃料池

異物侵入系統造成運轉上傷害可歸納如下：

- 燃料破損
- 設備失能或故障
- 輻射及污染增加
- 熱傳效果降低
- 流態改變

基於加強核能安全及降低商業風險的考量，有必要要求排除任何系統以外物質侵入。所謂異物，是指塵土、鐵屑、破損或鬆脫零件、焊渣、手工具、輻防手套裝備、塑膠帶、化學品、油品、研磨殘渣及所有可能造成系統不正常運轉，或非預期效應者均為之。

● CP&L 的作法是：分級

依異物侵入的機率、侵入後容易遍識及取出與否及存在系統造成衝擊的大小三個因素將 FME 分為三級(表一)。

第一級 高度核能安全

依據 直接侵入反應爐潛在造成燃料毀損高機率者，無任何屏障且不易定位取出。

要求 專人控制(Dedicated Monitor)工作者，應受過訓練且合格，或由上述人員陪同。

第二級 中度核能安全/高度商業風險

依據 潛在造成燃料毀損，無任何屏障，但易定位取出者。可能造成安全相關或臨界功率設備損壞，無任何屏障且不易定位取出。

要求 工作者應受過訓練且合格或由上述人員陪同。

第三級 低度核能安全/中度商業風險

依據 造成安全相關設備損壞低風險，僅對雙重設備之一串潛在造成損壞風險。可以屏障物降低 FMI 風險，也可以工作完成後檢查無殘餘物，確保 FME 者。

要求 工作者應受過訓練且合格，或在合格監工指示下工作。

在執行上可由工作計畫程序、工具零組件會計登錄制度、工具箱會議、適當的盲板或護罩(Cover)*運用、工作完成後現場稽查…等。工作者相互提醒，一旦 FMI 發生，即時通報尤其重要。

*臨時盲板、護罩須符合以下列條件：防火或耐火、不易脆裂、不造成系統設備損壞

、化性穩定、故障安全(Fail Safe design)、易辨識取得。(圖五、圖六、圖七)

- FMI 的判斷方法：目視檢查、內視鏡、CCTV、放射照相、抹拭及擦拭。
- 附表

表一、設備區域 FME 分級表

4. 維護方案規則(Maintenance Rule)

BNP 在實施 MR 之前，即自有一套維護記錄系統，”NPRDS(Nuclear Plant Reliability Data System)。

- 美國核管會(NRC, Nuclear Regulatory Commission)要求 CP&L 公司統計評估(Evaluate)設備可用度(Availability)及維修頻率(Activities)，建立一套評估系統設備的績效準則(Performance criteria)，以簡述 MR 架構程序。
- 維修計畫(MR, Maintenance Rule)，是美國核管會 NRC 認為：有效維護系統設備，是確保核能電廠安全的主要因素。電廠應建立績效準則，用以監測結構系統設備組件(Structures, Systems, trains and Components, SSC's*)的績效，並可確保其發揮應有的功能。為防止各核能電廠對其安全相關的設備，疏於維護或匿情不報；並強化各電廠間設備維護資訊的相互交流。所以 10CFR50.65 要求所有核電廠監測其維修行為的效率，均應建立一套 MR。

其作法為：

1. 建立並採行績效準則。
 2. 設定目標並監測 MR 範圍內的 SSC's。
 3. 評估 SSC's 因維修停用時對電廠整體安全的影響。
 4. 定期執行績效評估。
 5. 執行過程及結果均應記錄追蹤。
- SSC's 安全相關者為：Quality class “A”
 - 非安全相關者為：
 - 減少事故及暫態發生者
 - 減少 EOP 操作者
 - 因故障致使安全相關設備無法發揮其應有功能者。
 - 因故障造成急停(Scram)或引發安全系統啟動者。

對機組安全的貢獻及影響程度，由 PSA 提供評估數據後，交專家群 (Expert Panel) 決定。專家群由維護工程、運轉、安全評估、Work Coordination/Work Control、法規事務…等部門代表組成。

- 工程部門職責(Engineering Responsibility)－負責整體 MR 方案的推動和管理。
- 維護部門職責(Maintenance Responsibility)
 - －提供有效率的預防保養及矯治修復。
 - －提供經驗回饋。
 - －參與協助系統工程分析。

—保存供故障分析的零組件。
以減少因維護作業造成 HSS/LSS**(High Safety Significant /Low Safety Significant)設備不可用率。

- 運轉部門職責(Operations Responsibility)
 - 減少 HSS 系統不可用度
 - 提供準確的設備巡視記錄。
 - 依據機率安全分析(Probability Safety Analysis)監測機組運轉狀態。
 - 通知 MR program 工程師因緊急操作程序版本更新，造成對 MR 的影響。
 - 測試並確定 HSS/LSS 設備三個月內可用。
- 文件作業(Documentation)應包括現狀描述組零組件使用、歸還、統計故障原因、矯治方法。

5.潛水(diving)作業輻射管制

- 潛水作業蘊藏工安及輻射安全風險，BNP 爲此制定一套完整的工作程序。以確保工作人員的安全。
- 輻防人員則應在潛水行動前提供潛水區域偵測資料；如果活動區域內有不小於 10 毫西弗的放射性物質，則應提供防範方法，並全程監視。
- 需要建立實質屏障或拉繩，以防阻潛水夫誤闖高輻射區。
- 此外應全程與潛水夫保持良好通訊管道(包括可見可雙向溝通)。
- 每次潛水前，應提供潛水設備、潛水站、潛水區之詳細輻射資料、取樣呼吸空氣活度分析、取得水中活度分析及氬活度報告。
- 完成潛水前潛水作業前危險查核表(表二)、ALARA 查核表(表三)、參與工具箱會議討論一旦發生緊急狀況時之應變措施(表四)，每次潛水前取得副座授權。
- 用過的潛水衣，如果接觸劑量大於 0.1 毫西弗，內部污染頭盔大於 200dpm/100cm²，其餘部分大於 1000dpm/100cm²，則應除污後再使用。
- 水取樣標準爲：

1E-3 μ Ci/ml	Gross Activity
4E-5 μ Ci/ml	Trtium
- 完成劑量計登錄表(表五)
- 水中偵測輻射儀器偵測值差異不小於 20%則須查明原因
- 任何危害潛水夫安全的狀況均應立即回報控制室
- 附表
 - 表二、潛水作業前危險查核表
 - 表三、潛水前 ALARA 查核表
 - 表四、水底作業緊急狀況之應變措施表
 - 表五、劑量計登錄表

6. 系統設備管路沖刷(Flushing)移除射源

目的

建立一套安全可行的導則，以移除射源或化學及油脂阻塞於系統管路中。

職責

Flushing 聯絡工程師－專責所需之一切資源，及參預工作前簡報(pre-job briefing)；執行沖刷作業並確認工作後現場環境及廢液均已適當處理。

輻防人員－除負責輻射偵測外，並協助判定射源移除的成效。

化學課人員－提供適當容器儲存及處置沖洩的廢液。

ALARA 小組－應持續追蹤高輻射點變化，以判斷是否解除輻射警示。

定義

HOT SPOT－局部接觸劑量大於 3mSv/hr，且大於一呎劑量五倍者稱之。

Flushing－利用系統原有的水頭或外接臨時水源及氣源加壓管路，以移除管路中之淤積物於洩水槽或容器中。

程序

- 完成高輻射點沖刷資料單(Hot Spot Flush Data Sheet)(表六)，所有沖刷行為均應依本程序執行，任何與沖刷計畫偏離之動作，均應經審核後始可執行。
- Hot spot 應持續追蹤。
- 需申請輻射工作許可。
- 所需設備：如管路接頭、水管、夾具、容器、HEPA，皆應先由 FLUSHING 工程師確認。
- 在執行沖刷前應確認流經途徑、最終目的及適用之盛裝容器。
- 所有工作人員參預由 Flushing 聯絡工程師主持之工作前簡報。
- 工作開始及完成後均應通知工程控制中心及廢料控制室。
- 應用最小壓力以達成沖刷移除的效果。
- 如對地板洩水管路沖刷，則應保有替代之洩水管路其相通之孔道應適需要封塞，待沖刷完成後恢復。
- 評估容器容量，必要時可使用多個容器。
- 備妥清除濺漏之廢液，或廢氣用具(HEPA MOPS,etc)。
- 如果移除物有潛在空浮或化學毒害風險，應預備適當防範措施(Tent Glove bag,etc.)。
- 如需連接清潔及污染管路，應用雙重隔離閥防止污染物進入清潔系統。
- 作業完成後應查核各設施之復原狀態及效果(表七)
- 附表
表六、高輻射點沖刷資料單(Hot Spot Flush Data Sheet)
表七、沖刷後查核單

7. 外釋管制

將管制偵測的背景限制明確定義(蓋革偵檢器 $\leq 200\text{cpm}$)，將管制使用儀器定出程序及標準(β / γ 附著性污染 $< 1000\text{dpm}/100\text{cm}^2$ ；固著性污染 $< 5000\text{dpm}/100\text{cm}^2$)

或 \leq 淨值 100cpm 由 RM-14 或同型儀器測量； α 則不能有任何活度顯示)。

- 每日使用儀器前確認其內部、周圍環境及背景、警報設定點是否偏離(表八)
- 使用箱型偵檢器(SAM)，一次過 PASS THROUGH； 一次不過第二次過，則 PASS THROUGH(可能因背景變動)有陪同伴隨且未碰觸 RCA 內物件則不需偵測。
- 大量批次物質，先由化學課做核種分析，至於阿爾發污染偵測，則評估是否可疑或曾經於潛在污染區使用過。
- 對於可能含天然核種物質(如相機、攝影機鏡頭、陰極管、水泥焊條…等。)均先經入 RCA 前度量，並將資料記錄留存，至這些物品出廠為止，如果出廠時量測活度大於 10%，則需做核種分析。
- 對於大量的物質應先做各種標準清潔樣：如砂、土、水泥水坭塊油石灰碎石…等建立標準計測準則(即樣品大小幾何因素計測時間偵測低限值 LLDs)。
- 例外情形：
 - 緊急狀況時所有物品器械均得豁免偵測。
 - 載運放射性物質至 BNP 的車輛，其進出電廠的輻射狀況未變，則外釋。
- 參觀廢棄物偵測分類場，有幾項特色值得參考：
 - 設置大型分類箱，將鐵、塑膠、木頭、廢電池、玻璃類廢棄物分門別類。
 - 設置減容壓縮器，以減少廢棄物體積。
 - 設置 L 形屏蔽牆，降低背景，以供污染偵測之用。
 - 箱型輻射偵檢器(AWM1 或 SAM)周圍放置不銹鋼筒，並設置口字形屏蔽牆，以降低背景輻射。
 - 採用輸送帶型輻射偵檢器，可補箱型輻射偵檢器(AWM1 或 SAM)之不足。
- 使用 AWM1 偵測非放射性垃圾可提高其偵測靈敏度及均勻性，其偵測對象為木材、金屬、袋裝垃圾。以下為須注意之事項：
 - 偵測物件之體積應至少大於偵檢腔一半容積。
 - 每日應做射源確認、警報測試，其容許誤差在 $\pm 10\%$ 為可接受。
 - Co-60 為 500nCi~5 μ Ci；而 Co-60 的活度可準備在警報射定點活度；Cs-137 則應準備在警報設定點兩倍以上活度。
 - 效率對 Co-60 為 19%~23%；對 Cs-137 為 10%~14%。
 - 警報設定點為 10~20nCi。
- **砂土處理程序**

在清潔區內，由建築使用或開挖產生之砂土碎石需經適當的管制程序始可外釋。

 - 外釋申請人應先向廢料處理課運送部門提出取樣的指引要求。
 - 保健物理課執行取樣，並估算廢料之總量。
 - 廢料處理課應填妥相關文件，述明每次運送的總量及活度。
 - 取樣原則

在開挖之前應針對影響區域有系統的取樣，其原則為：對於不小於 100 平方公尺的面積，以每 5 公尺為單位，其四角及中心為取樣點，以 100 平方公尺為例即有 13 個取樣點，以此計算此區域的平均活度。

標準為 $1.0E-4 \mu\text{Ci/gm}$ (3.7Bq/gm)。

- 附表
表八、AWM1 每日操作查核表

8.除污

- 欲有效清除輻射污染，應依不同物件的材質、表面性質及尺寸大小施以不同的除污方法，始能克盡其功。(表九)
- 任何物件：包括地面工具或設備，均應符合合理抑低原則。
- 凡清潔區其 $\beta / \gamma \geq 500\text{dpm}/100\text{cm}^2$ 的拭跡污染； $\alpha \geq 10\text{dpm}/100\text{cm}^2$ 拭跡污染，應即以馬拭靈紙拖把(Masslin mop)及濕拖把除污。
- 凡清潔區其 $\beta / \gamma \geq 1000\text{dpm}/100\text{cm}^2$ 的拭跡污染； $\alpha \geq 20\text{dpm}/100\text{cm}^2$ 拭跡污染，應即除污或圍籬(Roped off)警示，並儘快除污。
- 吸塵器極易造成空浮，應先確定 HEPA 已先裝妥，並經 DOP 測試合格，或有特殊排放管道。在執行此動作前應先知會保健物理課。欲開啓在污染區操作過之吸塵器，應先申請輻射工作許可證。
- 掃除動作亦極易造成空浮，應禁止。
- 使用蒸氣除污(Steam cleaning)、高壓水注除污(hydrolasing)、揮發性有機溶劑除污、噴砂除污 (sandblasting)及乾冰除污(CO_2 blasting)等均極易造成嚴重的空浮危害，故需先通知保健物理人員，評估其風險，並提供所需之呼吸防護或特殊之空氣過濾裝備。
- 因除污造成之濃縮放射廢料：如拖把布、真空吸塵過濾器及氣管…等，均應列管追蹤並妥善處理。
- 使用腐蝕性及破壞性除污劑前，應確認該物件的壁厚要求標準，對於 Q-list 不銹鋼管，或一次側系統設備(可能造成化學除污劑流入 SFP 或 Pit)，非經化學課評估核可，不得使用化學溶劑除污。
- 應用化學除污時，若需用酸鹼組合除污，應在轉移使用(即由酸而鹼或由鹼而酸)時，先徹底以清潔水洗淨設備，以免發生中和效應。
- 有如下特性之除污劑應禁止：
 - 具對熱中子有高吸收截面的元素(halides、boron、cadmium…等)。
 - 含氯及其它高腐蝕性化學藥劑，會加速應力腐蝕龜裂者。
 - 液體廢料系統應避免使用螯合劑(chelating agents)及高總有機碳(TOC)藥劑。
- 清潔度接受標準：
 - <1000 dpm/100cm² β / γ smearable
 - <20 dpm/100cm² α
 - <100cpm β / γ above bkg for masslin

- 附表
表九、各種除污技術分析

9.體內劑量評估

目的

以直接度量或人體試樣分析結果，評估單次攝入放射性物質造成的劑量。

參考文獻

1. 10 CFR 20 Standard for Protection Against Radiation, USNRC
2. NUREG/CR-4884, Interpretation of Bioassay Measurement, July 1987
3. ICRP 30, Limits for Intake of Radio nuclides by Workers,1978
4. RG/8.36, Radiation Dose to Embryo/Fetus
5. ICRP 54, Individual Monitoring for intake of Radionuclides by Workers: Design and Interpretation, 1988
6. RG/8.9, Interpretation of Bioassay Measurements
7. RG/8.7, Instruction for Recording and Reporting Occupational Radiation Exposure Data

定義

AMAD 活度中值空氣動力直徑(Activity Median Aerodynamic Diameter)

Bioassay Compartment 生物體量測的重點器官包括：肺及甲狀腺、消化系統、全身或排出物尿液及糞便(Urine/Feces)。

攝入(Intake) 指核種經由呼吸、吃入或傷口進入人體。

攝入滯留函數(Intake Retention Function) 描述核種攝入人體後，在體內各器官中預期留置時間的數學函數。

肺部清除等級(Lung Clearance Function) 將核種自肺轉移至血液或消化系統之清除率，以半衰期分類為天(D)、週(W)、年(Y)三種。

代謝模式(Metabolic Model) 將核種在人體中新陳代謝過程、分布及遷移以數學函數描述。

參考人 平均成人參數值(ICRP 23)。

Uptake 攝入後積留於人體的分率。

- 如分析結果發現初始攝入超過核管會攝入限值的 10%，則應提異常通報 (Condition Report)。
- 此評估方法適用於評估單次曝露急性攝入的結果。核管會的立場為：個人攝入評估應取得最佳模式及參數；然而很難針對特定個人取得其代謝參數及所攝入核種之物理及生化特性，故採用較為適當且可行之參考人模式(Reference Man models)。

- 當全身計測結果發現有核種攝入時，即應取得或保守性假設其攝入時間(上次WBC或受雇之日起)，代入標準滯留模式，計算其約定有效等效劑量(CEDE)是否大於10%的核管會限值(附件三)；以作為是否進一步追蹤評估(Follow up assessment)的依據。
- 追蹤評估(Follow up assessment)：則需做一連串的體內體外(in-vitro/in-vivo)度量，以觀察其在人體內清除和置留的情形。
- 利用多次量測計算 Chi-square 統計值，與參考人模式預估結果比較，得出其最初攝入量；與附件三(NRC annual limit)比較。再將攝入量應用劑量轉換因數(Federal Guide Report No. 11, Limiting Values of Radio nuclide Intake and Air Concentration and Dose Conversion Factors for Inhalation, Submersion, and Ingestion, 1988)轉換為約定等效劑量。
- 以ICRP的觀點認為：等量放射性微粒對肺部的危害，以均勻分布更大於局部分布。因此並無條文要求熱粒子(Hot particle)吸入對肺部劑量特別的計算。
- 標準ICRP肺部評估模式：假設一個1micrometer AMAD 粒子大小的微粒，其初始在呼吸道沉積的分布為：N-P=0.3, T-B=0.08, P=0.25，一般而言粒徑愈大在鼻咽道(nasal passages)的沉積分率愈大，然後從此清除至消化道(GI tract)，其半衰期為數小時；而在肺部(Pulmonary region)積存分率較小。氣管部分(tracheobronchial region)之積存則與粒徑大小無關。對Class Y的化合物而言，100%對肺造成的約定等效劑量是來自於對肺部的積存，因此任何改變肺部放射核種的積存量，將等比例降低其約定等效劑量。整體而言，吸入物質的微粒大小是未知的，然而如果以生化分析觀察：其清除率快於標準模式之預期，則其吸入微粒粒徑必然大於1micrometer。
- 各別核種之 $CEDE_i = (Intake_i \div 1000 \div AL_i) \times 5000 mrem$ 。
- 總CEDE， $Total\ CEDE = \sum(CEDE_i)$ 。
- 決定攝入日期、時間、時程、攝入方式、射源之物理和化學形式及攝入當時情況。

10. 流程輻射偵(Process radiation monitor)檢器

流程輻射偵檢器主要作用在監視流程中可能釋出放射性物質的液體或氣體，本章主要介紹BNP流程輻射偵檢器(表十)之主要支系統及主要儀器功能並實際教導如何校正等，略述如下：

- 偵檢器種類：
 - Scintillation Detector，基於特定物質如NaI(Th)、ZnS(Ag)等發出螢光的特性，當此稱為phosphor介質吸收輻射能後，由基態成為受激態，當激態返回基態時，發出可見光或近可見光，發射光的量正比於傳給介質之能量，而光的強度正比於入射光的數目及能量。
 - Ion Chamber，原理為氣體之游離，在充滿氣體(如Ar, 5atm)的腔室中置入電極，並與腔室外壁絕緣，且在外壁與中間電極兩端加上電壓(200

– 1000V)，利用輻射造成氣體游離而導電，此電流之大小正比於入射能量之大小

– Geiger – Mueller，操作原理與 Ion Chamber 相同，但其充氣的離子腔用鹵素來 quench，避免離子之 avalanche。

– Semiconductor Detector，光能使介質游離並在兩半導體物質的連接面產生電場，強電場接收游離電子。其電流大小與入射輻射大小成正比，一般半導體由 Cadmium telluride 組成，其優點可在室溫下操作。

- PRM 之支系統

– Main Steam Line Radiation Monitors，偵測來自反應爐分裂產物中任何潛在危險的釋出。

– Condenser Off – Gas Radiation Monitors，可偵測燃料破損。

– Main Stack Radiation Monitors (Off – Gas Vent Pipe Monitor)，偵測主煙囪排至大氣之外釋物質，並在大量釋出放射性物質時，引起隔離動作。

– Liquid Process Radiation Monitors，偵測可能經液體處理流程排放出外界環境的輻射。

– Reactor Building Vent Radiation Monitors，連續偵測反應器廠房通風排氣扇房間之輻射。

- 附表

表十、Brunswick 電廠所使用的輻射監測系統表

11. 臨時屏蔽(Temporary shielding)

所謂長期屏蔽，是指設置時間不少於六個月以上者稱之

所謂 Two Over One(2/1)Component 是指非安全相關組件，但其失能可導致相關安全設備或結構的損害。

目的

為抑減工作人員的輻射曝露劑量或偵測設備的背景劑量所執行的程序，用以評估架設的適切與否，鋪設及拆卸的方法均不得違反 ALARA 原則，及系統設備負荷限制的規定亦不得造成機組系統設備效能非預期的降低。

系統設備間屏蔽材的鋪設，會因材料的重量，在地震或震動時變成具有射擊性；此步驟亦將管制適當的屏蔽材質，以確保系統設備組件的安全，及屏蔽裝卸的適當步驟。

參考文獻

INPO Good Practice TS411, "Temporary Lead Shielding",

職責

保健物理人員 – 擔任屏蔽整合工作(Coordination)：

1. 標示臨時屏蔽辨識卡。(表十一)

2. 執行篩選評估及 TSRs(Temporary Shielding Request)(表十二)的核准。
3. 同意無須經工程評估的 TSRs 案。
4. 確保 TSRs 執行時，既不違反工程限制又符合屏蔽需要。
5. 指示屏蔽施工人員，適當架設維護及拆卸儲存屏蔽材料。
6. 偵測比較屏蔽前後的數據，以分析其效率。
7. 保存記錄，作為下次屏蔽作業的施工參考。

工作控制中心－負責評估因屏蔽加諸系統的限制，並決定是否符合目前電廠的運轉情況；追蹤其對系統的影響，在必要時能迅速移開，即使尚未到架設時限。

維護部門主管－提供資源於屏蔽安裝維護拆卸。

BESS 主管－評估 TSRs 提供所需之文件及計算公式並核准其執行

- 工程部門應評估 TSRs

- －臨時屏蔽應是否為降低輻射曝露的最後手段
- －當採行 TS 時淨劑量減少應為正值
- －對於工程材料及勞役的成本也須與曝露成本比較

- 先備條件

1. 先經現場偵測及歷史資料確定屏蔽有其效果。
2. TSR 可由個人因工作需要或屏蔽 Coordinator 認定某些區域有屏蔽的必要。
3. 應儘早在施工前提出申請，以供設計評估審查鋪設。
4. 屏蔽人員應先接受職前訓導。
5. 亦應知會 ISI 人員那些支撐點會受力。
6. 欲修改屏蔽應經輻防人員確認。
7. 緊急臨時屏蔽可經工程單位口頭核准，應使用所需的最少重量，施工後應儘快完成手續。
8. 屏蔽材質應依據 TSR。
9. 鉛材質不應與不銹鋼接觸，以免加速其銹蝕，可用防火布間隔。
10. 裝卸屏蔽時應避免損壞保溫。
11. 屏蔽加諸設備管路的負荷僅估算靜負擔；對於萬一屏蔽掉落於管路設備上之動態負擔，則未列入評估考量範圍。
12. 應考慮處理裸鉛時的毒害問題，除戴手套外 OAI-140Lead Exposure Control Program，一旦鉛表面出現白色氧化粉末，應即通知工安人員處理，亦應避免研磨切割。
13. 乾井內屏蔽應於起動前移出，且不宜在環境溫度 212F 設置。
14. 應考慮是否影響通風道。

- 特殊工具和設備

The Velcro 固定器用以輔助固定鉛毯包封管路於 spiral OENP-639 規範

- 1.鉛屏蔽材包括：1'×3'鉛毯 30# each 1'×2' -20#each 1'×6' 60# each 2'×4' 60# each -2'×4'×8'28# each THICKNESS?

3. 各種形狀大小的水塊。
4. 支撐架亦須能承受屏蔽的負荷此須經工程單位評估 TSR。

- 接受準則

1. 臨時屏蔽裝設應依據 Evaluation Data Sheet (表十三)及 Installation Checklist(表十四)

其它要求依據 0ENP-639 規範於 TSE 載明。

- 作業步驟

填寫臨時屏蔽要求文件(TSR, Temporary Shielding Requests)

1. 任何工作人員依其作業或地點均可提出。
2. 如能經由更換工作位置，有效縮短工作時間，努力則儘量不使用屏蔽。
3. 將 TSR 交 E&RC 作業小組。

- E&RC 作業小組篩選步驟

1. 屏蔽 Coordinator 將先依屏蔽效果篩選。
2. TSR 編號。
3. 工作環境中正確的射源資料，是達成有效屏蔽的先決條件。
4. 主要工作區及工作時間的了解，則有助於成本效益的分析。
5. 屏蔽 Coordinator 應決定材料形式及數量，記錄於 TSR 表如有設計圖可附加於附錄上；亦應完成 TSR 曝露效益計算。
6. 如果判斷結果不執行屏蔽，則須將決策過程及原因晒送申請人。

- 運轉考量

1. 此訊息應知會系統工程師、工程控制中心、改善小課及大修小組。
2. 應將各種運轉模式受影響系統註明。

- 屏蔽整合員核准要件

1. 曾裝設欲再安裝不經工程評估，須符合相同運轉模式分布及重量，須不大於前次設計所用零組件相同。
2. 新屏蔽案應填寫 TSIC 表格。
3. TSRs 的工程評估作業應交由適當的工程單位執行。

- 工程評估

TSR 的工程評估應依照 0ENP-639，而 TSE Data Sheet 應符合工程評估的限制和要求，SRO 依照這些資料審核是否違反運轉規範。

1. 應將受影響系統零件編號標示，是否為安全相關設備。
2. 管路數據分析尤其重要，應包括 ISI 等級大小和材質。
3. 如果屏蔽需要樓層支撐應查明樓層的支撐負荷可參考 0ENP-639
4. 如果屏蔽影響 2/1Concern 設備，則須列出相關安全設備。
5. 儘可能列出相關圖面。

- 以下問題有助於了解評估結果：

1. 屏蔽是否造成系統設備無法操作？
2. 屏蔽是否造成系統設備 Tech Spec INOP？

3. 屏蔽是否受到運轉模式改變影響?
4. 屏蔽是否限制反應爐冷卻水系統結構完整性?
5. 如經允許 TSR TSE 等相關文件，均應送還 E&RC；未經核准則述明原因，將 TSR TSE 歸還 TSR 存檔。

● 屏蔽裝設

1. TSE 一經核准，屏蔽連絡工程師將完成臨時屏蔽裝設查核表 (TSIC, Temporary Shielding Installation Checklist)，此表即為同意屏蔽工作人員執行屏蔽架設的授權文件。
3. 屏蔽連絡工程師將依據 TSR 和 TSE 的資料完成 TSIC 的前兩節：
 - I. 詳細描述裝置屏蔽的必要性。
 - II. 列出架設於管路的支撐點。
 - III. 向屏蔽人員簡報 TSR 的規定事項。
 - IV. 匯集 TSRTSE 及其他相關資料給 SRO，確定未違反限制及規定。
3. 如果牽涉到 LCO，則工作控制中心的 SRO 會將該 LCO 編號註記於 TSIC 上回傳。
4. 如果 TSR 不需做工程分析，則亦無須送 WCC。
5. 若牽涉管路支撐，則應先會 ISI 人員。

所有動作均應符合 TSR、TSE、TEIC 的要求，屏蔽完成後應加掛標示牌以供辨識。

● 監測

1. 屏蔽後偵測以確認屏蔽的效率，並將結果附於 TSR。
2. 如需另加屏蔽則 TSR 改版循原程序評估審核。
3. 長期屏蔽裝置以年為基底，查看其是否整體結構和位置與原 TSR 是否吻合。
 - I. 長期屏蔽應定期重算其負荷值，如果改變(Referenced calculations are not current per NRCS) 則 TSR 須重新評估。
 - II. 稽查文件(表十五)應存檔。

● 移除

1. 當需屏蔽連絡工程師屏蔽之工作已完成，或受影響系統須求時，應即移除屏蔽。
2. 與 LCO 抵觸時，運轉員通知屏蔽連絡工程師移除。
3. 屏蔽連絡工程師應召開拆卸簡報，以確認工作人員安全移除屏蔽。
4. 確認連同固定栓、彈簧器、掛鉤全數移除，並於 TSIC 上簽名。
5. 當移除屏蔽工作完成查驗者，應確認系統未受損壞，並於 TSIC 上簽名。
6. 如果與 LCO 有關，則送 WCC 給 SRO 審核並將 TSR 自 LCO 消案。
7. 如有問題則 SRO 可將要求及意見簽註於 TSIC。

● 記錄維護

1. 完整的 TSIC 將交還屏蔽連絡工程師存檔。
2. 建立一套查詢檢索。

- 附表
 - 表十一、臨時屏蔽辨識卡
 - 表十二、臨時屏蔽申請單(TSR)
 - 表十三、臨時屏蔽評估資料單(TSE)
 - 表十四、臨時屏蔽裝設查核表 (TSIC)
 - 表十五、臨時屏蔽稽查表

12.高效率過濾器(HEPA, High Efficient Particle Air Filters)及防污染套手箱(Glove box) (圖八)之操作。

HEPA 使用的主要目的，是限制放射性微粒，不至造成空浮。四十年來此技術已為核能界提供有效的輻射管制。

- 名詞定義

HEPA：ANSI/ASME Standard N510.1989；最低效率為 99.97%(相較於 99% 其移除效果為 33 倍)

過濾機制：將空氣視為流體其質能守恆，與微粒大小有關，粒徑大於孔徑則 100% 阻隔。

微粒沉降機制：沉降，正比於粒徑大小與過濾器密度。

慣性撞擊

電荷吸引力

- HEPA Filter 種類

- Type A 適合循環系統
- Type B 適合 Once-through 系統
- Type C 適合乾淨室內

- 過多水氣會毀損 HEPA FILTER，造成污染擴散。萬一有少量水氣進入過濾器，不要停止抽氣，繼續運轉使乾燥。檢查有無損壞後，再作 DOP 測試。
- 水氣形成過大壓力也會造成 HEPA FILTER 崩壞，污染擴散。
- 塵沙也如水氣，對 HEPA FILTER 造成傷害。
- 使用之初記錄壓差，並觀察其變化，飽和壓差為增加 6~8 英寸，此外也應考慮放射性。
- DOP 測試是使用 DOP 介質模擬空浮微粒確認為 HEPA 過濾器收集而不因洩漏旁通至 HEPA 封閉處
- HEPA-高效率微粒吸收器廠商保證移除粒徑在 0.3 微米以上之空氣微粒效率在 99.97%以上
- 無配備 HEPA Filter 之真空吸塵器未經 RC Supervision 同意不得在污染區使用
- 所有 HEPA 真空吸塵器之存放應先經偵測確認無衍生其它輻射問題；如果有潛在違反 ALARA 原則應進行清理工作
- 吸塵器之管路存放應封妥兩端避免污染擴散

- 影響活性炭吸附器效率的因素有：
 - ◇ 活性炭活度
 - ◇ 裝置的種類
 - ◇ 留置時間
 - ◇ 空氣流率
 - ◇ 污染物種類(塵粒煙霧溶劑)
 - ◇ 濕度水氣
 - ◇ 溫度

需要至少 0.25 秒的留滯時間以確保活性炭對有機碘(I2)吸附效率在 99%以上。

防污染套手箱(Glove box)之操作

目的 在不需搭防污隔離帳時，仍能執行污染設備的拆修工作；使因作業造成的污染擴散減至最低。

時機 清潔區中之內部污染泵及管閥拆修，或極度高污染之設備組件拆修。

限制 拆修對象有尺寸限制，管徑應在 6 吋以下。

要領 設定並裝置 Glove Box 之最低點即洩水孔，建立雙手操做手套，建立工具傳送管道，建立污染垃圾傳送管道。

13.皮膚劑量評估

目的

因污染皮膚表面或衣服造成之輻射傷害，視其污染程度及除污難易，有必要建立一套評估劑量的方法。一般而言，以污染時間作為是否需評估劑量的準則。

— 80,000 cpm-hrs(當污染面積大於偵檢頭面積)

— 5000 cpm-hrs(當污染面積小於偵檢頭面積)

這些值相當於 100mrem 當 Co-60 活度偵測效率為 10%。

參考文獻

1. NUREG/CR-5873, VARSKIN MOD2 and SADDE MOD2 : Computer Codes for Assessing Skin Dose From Skin Contamination(December 1992)
2. INPO 85-004, January 1985.
3. ICRP 26, paragraph 183.
4. Radiation Detection and Measurement, Knoll, Glenn F.1979
5. IE Information Notice No. 90-48 : Enforcement Policy for Hot Particle Exposure, USNRC, August 1990.
6. NCRP Report No. 106, Limits for Exposure to Hot Particle on the Skin

定義

1. cpm-hrs 即活度在皮膚上停留的時間。
2. Distributed Contamination 分佈型污染，即在皮膚某區塊污染。

3. Skin Dose 即表皮深度 0.007 公分之潛部等效劑量。
4. Skin Dose Factor 用以轉換 Pancake-type G-M 偵檢器，cpm 值為表皮以下 0.007 公分的等效劑量率值之因子。
5. Skin Dose Recording Level 皮膚劑量大於 100mrem 者需登陸於個人劑量記錄。
6. VARSKIN 一套計算由於接近皮膚或皮膚污染之輻射劑量程式。

注意事項

1. 劑量計算依據現場提供之劑量評估表資料(表十六)
 - 決定劑量乃基於污染：在皮膚停留時間及污染量。此可用 Pancake-type G-M 偵檢器測量。
 - 假如衣服污染，則應考慮適當的衰減因子(attenuation factor)，此在 VARSKIN 中已考慮。
 - 如果活度太大，無法用 GM 量測，則使用 Thin window ion chamber RO-2A。
 - 其次決定污染面積，如果污染面積大於或等於偵檢頭面積；則使用偵檢頭面積為計算面積(15.5 平方公分)。
 - 如果污染面積在 15.5 平方公分與 1 平方公分之間，則考慮以實際污染面積作為計算資料。
 - 假如污染面積不大於 1 平方公分，則以 1 平方公分代入計算。
2. 決定皮膚劑量因子時，對於未知混合核種其值為 0.019 (mrem-cm²/hr-cpm)。

此乃基於 Co-60 的危害相較於其他核種為保守之假設。(Skin Dose Assessment Using Portable Instrument at the McGUIRE Nuclear Station, Blanton, J.D., Radiation Protection Management, Vol.6, No. 6, 1989)。

計算公式為

$$D = F \times C / A$$

D = 皮膚等效劑量(mrem)

F = 皮膚劑量因子(mrem-cm²/hr-cpm)

C = 皮膚累積活度(cpm-hr)

A = 污染面積(cm²)

● 附表

表十六、皮膚劑量評估表

14. 輻射工作許可證的發行與使用

目的 對於輻射管制區的作業，制定一個管制辦法，授權特定人員進入工作區以達到輻防管制的目的。

定義

1. rad、rem、Roentgen 三個單位使用近似相當。
2. 特殊輻射工作許可證－高輻射風險的作業或區域僅於工作期間有效。
3. 一般輻射工作許可證－可設定為個人工作群或區域使用，由於輻射風險不高，不須特別的輻射控制；其有效期可達一年。
4. 工作中 HP 管制可分：全程參與(Continuous)、部分參與(Intermittent)及例行參與(Routine/RWP)。
5. 防護裝備英譯：CLOTH HOOD 護肩、CLOTH COVERALL 防護衣、CLOTH SHOE COVERS 帆布靴、RUBBER SHOE COVERS 橡膠鞋、COTTON LINERS 細棉紗手套、RUBBER GLOVES 橡膠手套、HARD HAT COVERS 帽套、HARD HAT 工安帽。
6. 如果工作區輻射狀況改變超過允許值，則應立即將此張輻射工作許可證授權中止，重新進行審查。
7. 如果必要，輻射工作許可證可透過電話認可。≥100 毫西弗 HP 課長或其代理人；≥250 毫西弗核安副座或其代理人。
8. 會化學課是否有 Hazardous materials (如 Varsol Freon acids, etc.)。
9. 會廢料課是否產生油性廢料或超過 55 加侖體積的廢棄物。
10. 保健物理課評估 TEDE 曝露若不小於 10 毫西弗則須備妥 AWP。
11. 減少輻防衣物適用於檢查、僅需手操作、頭頂、等作業此須考慮人員安全、ALARA、減廢…等因素。
12. Window technician 完成現場輻射偵測查核表，交工程師簽核。
13. Field technician 則向工作人員簡報。
14. 透過進出管制電腦系統，工作人員確認已看過並瞭解該項工作輻射工作許可證內容，萬一系統故障，則僅第一次執行工作的人員才須簽名確認。
 - 輻射工作許可證分為兩類：一般工作及特殊工作。一般工作為例行性偵測、巡視稽查作業，其時效可長達一年，一旦現場輻射狀況改變，即進行更新改版。
 - 在內容方面：加入空氣濃度是否大於 DAC 限值，及日劑量行政管制值、EPD 劑量/劑量率警報設定值，各式劑量計佩帶位置，加氫濃度。
 - 輻射工作許可證在工作人員進入管制區前的 LOG IN 程序中，即於電腦中顯示內容，並要求研讀確認後才能開機。
 - 輻射工作許可證分類
將輻射工作許可證以三種導向分類，工作群導向 (表十七)、工作區域導向(表十八)、工作類別導向(表十九)。
 - 附表
表十七、工作群輻射工作許可證
表十八、區域別輻射工作許可證
表十九、作業別輻射工作許可證

15.輻射訴訟(Litigation)

資料來源

INPO Radiological Protection Manager's Workshop, 1995

The Journalist's Guide to Nuclear Energy, Edward Edelson

World Wide Enrichment Program, David Wiedis

前言

此課程提供保健物理人員在輻射訴訟過程中一些法律用語，及保健物理人員在此過程中扮演的角色與職責。訴訟並不只限於核能工業；美國這個國家，人人講求自我權益，動輒興訟已成為一個訴訟氾濫的社會。

在此有一案例，即全美眾人皆知的麥當勞訴訟案，由於使用承裝咖啡之容器隔熱效果不佳，致使一位女性顧客將熱咖啡灑在腿上，而引起纏訟，賠償百萬美金以上。藉由此例，公眾瞭解到所謂傷害的機制；當然輻射傷害亦不能倖免，而且被起訴的對象並不祇限於公司，個人之疏失也極可能被起訴。

● 輻射訴訟在核能工業上又較其它行業更為複雜因為

1. 對於評估輻射傷害的實際模式(如線性無低限值等)眾說紛紜，並無一致且明確的共識。
2. 防護標準日趨嚴格，此意味早期之工作人員及工作環境均給予不同且較低之防護標準。
3. 對於多數工作者仍認為低輻射曝露的風險仍然很高。
4. 輻射疾病及其它生物傷害、致癌因子存在相當長的潛伏期。
5. 並無任何臨床證據顯示：傷害是來自於慢性長期低劑量輻射曝露抑或來自其它偶發(Casual)因子。
6. 這年頭只要興訟就能賺錢。
7. 傳播媒體總是站在”弱者(little guy)”一方，以抵抗大公司。

● Price-Anderson Amendments Act

1. 西元 1957 年美國為提升核能發展，國會通過上項法案，此法案之目的有二：
(!) 一為為剛萌芽的美國核能工業提供保護傘。
(2) 二為確保一旦發生核事故時，能提出足夠的保險金額，以作為善後的補償工作。
2. 此法案背後之強制力，乃因認知在推動原子能和平用途的同時，其可能產生的風險並不能以傳統的保險方式來涵蓋；對於公眾應制定一套新的保護機制，此法案之最新修訂為 1988 年，如果因核事故造成損害金額為\$160 million，由每部機組均攤，每個電廠分攤上限金額為\$63 million；但每年每部機組賠償金額不超過\$10 million。

CP&L 針對此一現象發展一套在法庭上輻射訴訟模擬情境，以作為輻防工作人員執行業務時在專業技術以外對法律層面的考量；依據如此可使輻射防護工作更趨嚴謹。

BNP 則據此編寫一套訓練課程，以學員實際模擬方式，加強輻射工作人員對本

身業務嚴謹要求度的認知；藉此可增進對輻射常識及知識的了解，並熟悉如何以簡單的用語與一般民眾做清楚的溝通。

- 以下即為在訴訟辯護時正反兩方可能引用的依據及質疑
 - ✓ BNP 輻射防護工作的依據
 - ✓ ALARA 為一經專業及現實考量的劑量抑減準則；違反 ALARA 並不同輕忽(negligence)
 - ✓ 誰決定其“合理性”
 - ✓ 法律依據即原子能法
 - ✓ 使用劑量計的恰當與否
 - ✓ 記錄包括日誌、輻射工作許可、劑量曝露報告、全身計測資料、生化分析資料、當時工作現場的輻射偵測資料、儀器校正記錄、訓練記錄與原告之溝通記錄及醫療報告。
 - ✓ 準確(Accurate)－造成被原告律師非難的情形包括
 - ✓ 記錄遺失
 - ✓ 無法辨識
 - ✓ 含糊(Inaccurate and sloppy)記述
 - ✓ Nothing is too small to document
 - ✓ 儘量少用太偏澀的用語
 - ✓ 避免偏離主題(Beware of statements that may be taken out of context)

參、實習心得與感想

如以一座核能電廠比擬爲人之個體，則運轉電算如人之首腦，機械修配如骨骼，化學核技如血肉，電氣儀控如神經脈絡，品質爲自律神經，工安輻防及廢料則爲人之整體行爲氣質的表現。此紀律文化的養成，非單純的一兩個課各自爲政所能達到；而是需要：工作環境的配合、工作習性的約束和養成、及輻射工作者對工作內容整體的認知。

在 Brunswick 電廠並無所謂”安全文化(safety culture)”的字眼因爲安全的觀念早已落實在他們的工作習慣及現場設施中，執行的策略爲將安全的實踐建立在制度、訓練和效率三個環節上：

(一)制度

- 由於電廠輻射安全的上中下游與化學、保健物理及廢料處理部門息息相關；三個部門受同一個主管(Manager)管轄，易於協調整合。
- 該廠僅設置一名工安管理師負責整合各部門之工安業務；每週經由電子郵件傳達重要即時的工安訊息給全廠每位員工。
- 落實輻射工作承包商需聘用合格之輻射防護管理員制度，此員：
 - 甲、擔任與廠方輻射防護規定聯絡事宜
 - 乙、負責訓練該公司員工 ALARA 及防污原則
- 建立年集體劑量預算分配責任績效中心制度：
 1. 每年由 ALARA 委員會邀集各單位，召開年輻射劑量預算消耗檢討，及下年度劑量預算分配。
 2. 劑量分配原則依據歷年劑量消耗情形、未來一年之工作計劃及 ALARA 小組的改善計劃編列。
 3. 年中劑量消耗，各單位可依實際需要互相挪借。
 4. ALARA 小組應每週提報各單位劑量耗費數據給各單位主管參考。

將輻射防護的要求及責任，內化至各工作單位，則 ALARA 觀念可逐漸成爲個人自覺，如此可大幅減少輻射防護外在管制人力以提昇電廠用人效率。

- 商轉之初即建立各輻射源的核種資料庫及比例因數，可作爲未來放射廢料分類處理和處置；及電廠環境監測分析的評估依據。
- 廠內設置簡易餐廳及飲食間，不但有助於垃圾分類集中，並減少員工每天因飲食自廠外攜入大量垃圾。
- 由電廠供應所有廠內必要之手工具，予以噴漆標示，並在廠房內設立工具借用站，僅能在廠房內使用。(圖九)
- 各區域設置 ALARA、減廢及工安建議信箱(圖十)並給予建言者獎勵；且獎勵對象擴及所有工作者，非僅限於本廠人員；如此一視同仁的做法，不僅可擴大經驗回饋吸收的層面，並可促使包商對自身工作安全的重視。

除了佔整體放射性廢料極少量的用過核燃料外，放射性廢棄物管理要訣爲：做

好爐水水質，減少不必要的物品、包裝、容器進入監測區，分類，避免交互污染。唯有正本清源從上游著手才是解決廢料問題的根本方法。

- 設置各區域負責人，並標示責任區負責人姓名、聯絡電話及主管督察信箱(圖十一、十二)。凡此區域環境之清潔、工安、保安、輻安…等問題均可立即反映。此做法猶如台北市行道樹之認養制度；大家分區負責以最少的人力，使廠內的管理零死角。
- 每月各部門舉行工安檢討餐會。由各議題負責人分別報告當月：工安案例、工安法規宣導、實施工安措施的優良做法…等。
- 各實驗室、實習工廠、訓練教室及廠房、樓梯出入均依需要提供耳塞及簡單急救藥劑。(圖十三、十四)
- 各槽室、通道均明確標示其所含化學物質、狹小空間(圖十五、十六)之危險警示及進入前所需注意之防護措施。
- 完備和可行的程序書，使得工作人員及執行管制工作者有所是從；不必因事事請示而降低公信力及效率。
- 外物入侵 (FMI, Foreign Material Intrusion)不僅會影響機組運轉安全，細微且漸進的入侵，更會造成系統管路輻射增建；此往往被工作者忽略。BNP在所有維修後之管路設備的 FMI 查核極為重視。並將造成外物入侵管制 (FME, Foreign Material Exclusion)的範圍、層級、工具及執行方法納入程序書管理。

(二)效率

Bruswick 電廠是一個以績效掛帥的民營電廠，各部門均負有輻安及工安的責任和義務。

- ✧ 違反工安要求直接影響所屬部門之績效。
- ✧ 各部門均規劃其集體劑量預算，違反年度輻射劑量預算目標者影響其績效。
- ✧ 為有效提升輻射防護效率及落實人人輻防的精神，考核符合資格之輻射工作人員經認證為高級輻射工作人員(ARW, Advanced Radiation Worker)並定期施以特殊輻防訓練，授權執行管制區內之偵測工作(外釋偵測工作除外)。
- ✧ 將垃圾分類及垃圾減量納入各單位績效。
- ✧ 所有工作人員在進廠前先經心理測驗及嚴格的工安及輻防電腦教學、測驗，再經實體模擬現場操作、測驗；合格後始獲准進廠獨立作業。
- ✧ 所有新的設備、管制規定及新的儀器均須先經訓練中心研擬；編妥教材並完成相關人員訓練後才可至現場執行應用。
- ✧ 訓練中心的講師含括運轉、輻防、機械、化學…等各部門，且與現場人員相互輪調，受訓內容不致與現場脫節；可確實達到訓用合一的目的。

(三)訓練

BNP 核能電廠維護訓練部份，值得我們借鏡的地方，有下列各項：

- BNP 核能電廠辦公室、主警衛室、工作休息間、訓練中心等地方，皆張示聯邦法規 10CFR50.120 訓練規則 (Training Rule)，顯示 BNP 承諾執行系統化訓練 (Systems Approach to Training, SAT) 的決心，不僅是定期的分析訓練需求、設計學習目標、發展訓練教材、實施訓練計畫、及評估訓練成效，而且是即時的訓練狀態電腦追蹤，留存訓練記錄資料，以供核能管制委員會 (NRC) 駐廠人員稽查，俾證明訓練計畫的適切與務實。
- BNP 核能電廠維護訓練，包含有機械維修、儀器控制、輻射防護、放射化學、及電氣維護等五項。對於各類維護訓練的推動，是由該類的電廠主管、專業講師、學員代表、及訓中主管等約十人，組成該類的訓練計畫委員會 (Training Program Committee, TPC)，每季集會一次，共同討論而規劃出該類的再訓練課程主題與內容，再提送相關主管審核後據以實施。例如：保健物理年度再訓練課程，即是由保健物理訓練計畫委員會規劃出來的，每年固定有三次再訓練 (Cycling Training)，每次再訓練課程三天，課程內容十分務實，符合學員與公司需求，其具有六項特色：(1) 技訊新聞 (Newsletter) —— 近期 BNP 核能電廠保健物理的重點工作計畫與注意事項、核能管制委員會發布的相關電廠輻射防護違規事件與 BNP 電廠引以為鏡的因應作法。(2) 主管參與 —— 在訓練課程教室裡保留一個席位給電廠主管 (Reserved Seat for Management Observation)，讓電廠主管直接參與訓練並適時提供相關工作經驗，增進受訓學員、電廠主管、專業講師三方面的技訊與經驗交流。(3) 課長座談 —— 在每一梯次的課程中，第一天中午，電廠保健物理課長在訓練教室裡提供學員漢堡三明治簡便餐飲 (經費由其預算下勻支)；並親自蒞臨訓練教室和受訓學員共進午餐、舉行座談，解答受訓學員工作與生活上的疑難，雙向溝通，增進學員與主管之間的互動與工作默契。(4) 專家授課 —— 安排電廠改善工程與大修作業之保健物理工作經驗回饋課程，講師就由負責該項工作的電廠專家擔任授課，直接傳授其工作經驗與心得。(5) 實務教學 —— 課程內容偏重實務，講師儘量安排實物或模擬實物來教學，讓學員實物操作，學後即可上場使用。例如輻射工作進出劑量管制課程，講師就在教室裡架設圖示電子劑量顯示管理系統 (Graphical Electronic Dosimetry Display and Control System, GEDDCS)，直接教授學員如何操作與使用該項系統設備。(6) 意見交流 —— 在每一梯次的課程開始前，講師即將上一期再訓練課程實施的情形、主管的評語，學員的意見、與相關的答覆，告知學員，達到雙向溝通。
- BNP 訓練中心要求各科專業講師每年至少進入核能電廠相關部門工作四週 (一個月)，溫故知新，收集相關工作技能的經驗回饋資料，同時瞭解第一線上同仁的工作需求，方便規劃出符合同仁需要的再訓練課程。每年，專業講師也可以申請參加廠外專業技能研習或是專業研討會議 (Professional Conference or Workshop)，以更新且提升專業講師的專業技能。對於專業講師的教學技能方面，BNP 訓練中心每年至少安排一次三天的講師教學技能訓

練，教導講師新進教具的使用與電腦網路技訊的獲得，俾便專業講師彙編技訊資料、準備訓練教材、及引進新穎教學。

- BNP 訓練中心每年開辦三期保健物理再訓練課程，每一期三天，連續開辦六個梯次，電廠員工可在這六個梯次中任選一梯次上課，因此訓練中心每一期課程只須準備 15 份訓練教材，重覆使用，要求受訓學員將學習心得與重點摘要記在自己筆記本上，而保留訓練教材給下一梯次受訓學員再使用，以減少紙張、影印、人力等資源的浪費。同時，講師的投入，一次可以使用六回，符合成本效益。
- BNP 訓練中心的一般教室裡，硬體配置有網路電腦、電視機、錄放影機、智慧型白板（Smart Board）、投射螢幕等教具，方便講師多元教學；實習教室裡，配置有各式各樣的實務儀器、模擬設備等教具，俾利講師以實務儀器，輔以電腦教學，引導學員「學以致用」。
- BNP 訓練中心的教室、走廊、甚至廁所等牆壁上，掛著「自我評估要領」、「減少人為疏失作業要點」、「電廠營運績效指標」、「訓練規則」、「維護規則」、「訓練成效指標」、——等即時警示標語與統計數據，時時刻刻提醒受訓學員一方面明白自我工作績效影響電廠整體營運實績，另一方面再次地加強三安——工安、輻安、與核安。更進一步地，BNP 訓練中心與核能電廠在工作人員進出通道的牆壁上，張貼富有創意、意境、且令人深省的圖片，附加深遠意涵的文字詮釋，將核能電廠安全文化，潛移默化在生活、工作中。

肆、建議事項

1. 建立核能電廠各單位的年劑量分配制度，以達到 ALARA 的管制目標，並培養工作同仁的輻安責任觀念。
2. 各工作區域可綜合設置 ALARA、減廢及工安建議信箱，並給予建言者獎勵，且獎勵對象擴及所有工作者，非僅限於本廠人員。
3. 核能安全人人有責，應不定期抽查工作人員有否飲酒、服用禁藥等情事，及心理偏差之等現象，而加以防範。
4. 設置各區域負責人，並標示責任區負責人姓名、聯絡電話及主管督察信箱。凡此區域之清潔、工安、保安、輻安…等問題均可立即反映。
5. 訓練與工作應互相結合，並定期檢討評估成效，以達訓用合一的目的。
6. 建立電腦化網路資訊系統(如完備的程序書、相關資訊等)，使得工作人員及執行管制工作者能迅速取得所需而有所遵循。

伍、附件

進步型反應器(ABWRt)之
系統設計概述

反應器組件

- 反應器壓力容器及內部組件，主要設計基準為：

1. 提供爐心灌水區域，確保冷卻能力。
2. 提供爐心支撐結構。
3. 組成壓力邊界。
4. 正常運轉時，提供適當之冷卻水分佈方式。
5. 提供循環(冷卻)水及飼水之流動路徑。
6. 停機時，提供餘熱移除路徑。
7. 設計方式考慮燃料更換需求。

壓力容器主要組成壓力邊界，材質為低合金鋼(Mn-Mo)之圓柱形容器(中間區域)，下方焊接趨近半圓形爐底，上方為可移除之半圓形爐蓋，並有不同之穿越管，提供不同運轉模式時之系統需求。

- ABWR 設計重大改變計有：RIP、FMCRD、Core Plate 結構改變、安裝在 RPV 上的蒸汽出口之限流器、反應器頂蓋凸緣採內凹式。
- GE 訓練中心雖無 ABWR 之模型，但有一般 BWR RPV 之全比例模型，同仁進入爐內感受深刻。

核燃料

- 反應器內部組件之核燃料部份，主要設計基準為於正常運轉時屏蔽分裂產物及提供核燃料分佈區域，以能安全及有效地產生及傳遞爐心之熱功率。
- 核燃料由最小體積之燃料丸組成，由壓製二氧化鈾形成燃料丸，外圍以 Zr-2 包覆，並充以氬氣及適當支撐結構，即為(標準)燃料棒。ABWR 採用 GE12 設計，為 10x10 燃料束結構，其中包括 70 支標準燃料棒，另含 14 支半長燃料棒，8 支繫棒，2 支水棒。燃料匣由 4 組燃料束正方排列組成，外圍以 Zr-4 包覆，燃料匣為核燃料基本組成，控制棒設計於中央移動，控制爐心反應度。
- 每支燃料棒之鈾濃度並不相同，需依爐心功率分佈(反應度需求)做適當鈾濃度排列，
一般而言，爐心中央區域使用鈾濃度較高之燃料棒。控制棒毒素主要由 Gd 組成，而爐心區域除需提供核燃料存放及控制棒移動空間外，另有中子源組件區域，以提供運轉需求。
- 核四廠所採 GE12 燃料，與正進行測試之核一廠先導型試用燃料 (LUA) GE12 相似。

燃料儲存及處理系統

- 燃料儲存及處理作業，包括燃料更換機器及燃料處理設備，主要設計基準為：
 1. 安全地儲存核燃料(包括新燃料)。
 2. 燃料儲存及處理時，減少工作人員之輻射曝露。
 3. 提供核燃料(包括新燃料)更換作業環境。
- 本系統於設計上需考慮核燃料儲存期限，且於燃料儲存及處理作業時，提供燃料更換機器之相關連鎖(BLOCK)訊號，避免工作人員接受不必要之輻射曝露。

燃料池冷卻及淨化系統

- 燃料池(燃料儲存及處理區域)之冷卻及淨化(FPCU)系統，主要設計基準為：
 - 一、維持燃料池於適當溫度。
 - 二、維持燃料池、R/W 及 D/S POOL、抑壓池之水質。
 - 三、必要時，提供抑壓池至 R/W POOL 之途徑，以執行更換核燃料工作。
 - 四、藉由 CSTF 系統，提供 NORMAL MAKEUP WATER 至 SKIMMER SURGE TANK 及確保抑壓池至燃料池之水源。
 - 五、燃料池洩漏至 RWS 之收集、偵測、洩水工作。
 - 六、於更換核燃料時，提供燃料池、R/W 及 D/S POOL 至 LRW、RHR(SPCU) 系統之途徑。

再循環系統

- 再循環系統(RCIR)主要是提供流經爐心冷卻水的強制循環，藉此循環帶走爐心核分裂所產生的熱量。從以前 BWR 的設計，到今日 ABWR 改進，RCIR 方面做了明顯的進步。並因而改善了起動(STARTUP)、爐心末期(EOC)、流量回退(RUNBACK)、及負載變動(LOAD FOLLOWING)等特性。
- RCIR 冷卻水源有三種，一為來自汽水分離及乾燥器，二為來自飼水，三為爐底儀器，如 FMCRD、RIP、RWCU 的冷卻水。
- RCIR 在 ABWR 設計係使用 10 台 RIP(REACTOR INTERNAL PUMP)，10 台 RIPs 同時運轉，提供爐心強制水流的動力，並藉由控制 RIP 的出力來改變反應爐之運轉功率。

- 10 台 RIP 置於爐下方，它們的「最低流量」要求可保護爐心燃料免於過熱，也可防止泵本身過熱及振動過度。它們的「最大流量」要求必須大於反應器 100% 功率的水流。另外在 EOC 前，若只有九台可運轉，亦能達成反應器 100% 功率。
- RIPs 的流量控制藉由 RFC(RECIRCULATION FLOW CONTROL SYSTEM)來執行。

起動階中子監測系統

- 起動階中子監測系統(SRNM)為中子監測系統(NMS)之一支系統，在源階及起動中提供中子通量資訊。ABWR 設計將以前 BWR 之 SRM 及 IRM 融合在 SRNM 中。
- 起動階中子監測系統(SRNM)從反應器起動至 15% 功率皆能提供保護，防止暫態發生。SRNM 提供中子通量相關的跳脫信號(通量與週期)給 RPS。
- SRNM 有 10 個 CHANNELS(A 到 L)，每一 CHANNEL 包括一個二氧化鈾被覆的偵測器。可從極低能量偵測至功率階能量(1 至 15%)。與 APRM 聯合可連續地偵測中子通量。
- SRNM 本身可偵測 100% 功率之中子通量，但所得為局部功率。因此，SRNM 亦可產生防止異常反應度增加之跳脫信號(包括中子通量及週期)。而在此低功率中，明顯的反應度增加主要由抽棒所致。
- SRNM 提供信號給 RCIS 防止中子通量異常；而 RCIS 中之 RWM 亦有防止「不照棒序抽出導致中子通量異常變動」之功能。
- SRNM 提供警報及跳脫及儀器不可用會跳脫之信號給 RPS 及 RCIS。
- 安全相關功能：SRNM 不論在預期或異常暫態中皆能及時提供高中子通量及短週期跳脫信號引發急停

功率階中子監測系統

- 功率階中子監測系統(PRNM)提供反應器平均功率的中子通量，它本身也提供局部功率的能階偵測。
- PRNM 從反應器功率 1% 以上皆可適用。
- PRNM 包括下列三項支系統
 1. Local Power Range Monitor Subsystem(LPRM)
 2. Average Power Range Monitor Subsystem(APRM)

3. Oscillation Power Range Monitor Subsystem(OPRM)

反應爐壓力槽儀器

- 反應爐壓力槽儀器(Reactor Pressure Vessel Instrumentation)提供下列各參數之監測(Sense and Monitor)：
 1. 反應爐溫度
 2. 反應爐壓力
 3. 反應爐水位
 4. 蒸汽流量
 5. 反應爐頂蓋內側封環洩漏
 6. 爐內循環水泵(RIP)甲板(Pump Deck)及爐心底板上下差壓
 7. 主冷凝器真空

微調控制棒驅動系統

- 微調控制棒驅動系統(Fine Motion Control Rod Drive System, FMCRD)是用以調整爐心控制棒的位置。驅動控制棒葉片的力量包括電動與液壓兩種設計。電動部份使用在一般正常操作，利用步進馬達(Stepping Motor)來提供具微調功能之驅動力。液壓部份使用於緊急操作，利用控制棒驅動液壓系統(Control Rod Drive Hydraulic)提供主要驅動力。

控制棒驅動液壓系統

- 控制棒驅動液壓系統(Control Rod Drive Hydraulic System, CRDHS)包括液壓控制單元(Hydraulic Control Unit, HCU)、泵、過濾器、連接管路、及儀器與電氣控制，用以執行下列功能：
 - 1.提供快速降低反應度爐功率的急停能力；
 - 2.提供微調控制棒驅動系統(FMCRD)、爐內循環水泵(RIP)、及爐水淨化系統(RWCU)的沖淨水流，及反應爐水位參考水柱儀器管路的補充水。
- ABWR 之 CRDHS 可一組一次急停兩支控制棒，刪除 SDV 相關管路。因設計變更，偵測到液壓系統低壓力時，經時間延遲後反應爐會急停。

多功傳譯系統

- 多功傳譯系統(Multiplexing System, MUX)主要提供重覆(redundant)與分散(distributed)的儀控數據連繫網路。本網路可提供電廠系統間的監測與控制。本系統包括下列的電子設備與迴路(circuitry)：
 - 1.遙控多功傳譯單元(Remote Multiplexing Units, RMUs)
 - 2.匯流排控制器(Bus Controllers)
 - 3.數據匯流排(Data Buses)
 - 4.電源供應器(Power Supplies)

此外，本系統也包括輔助的數據收集與連繫軟體，以達到全廠性之數據收集與控制的需求。

棒控制與資訊系統

- 棒控制與資訊系統(Rod Control & Information System, RCIS)執行下列功能：
 - 1.接受運轉員或自動功率調節器(APR)的信號，移動控制棒，以調節反應爐中子通量，控制反應爐內反應度與功率的改變，並調節適當的功率分佈
 - 2.提供整個爐心控制棒的位置等相關資訊，並提供相關資訊與 FMCRD 及 RCIS 的狀態給予其他電廠系統
 - 3.提供 Scram-Following 之功能
 - 4.提供 Selected Control Rod Run-In(SCRRI)
 - 5.經由 RWM 及 ATLM 自動執行阻棒的動作，以防止燃料受損
 - 6.提供單根控制棒掉落的控制與保護功能
 - 7.接受到 all-rod-in 信號時，提供”RIP runback”信號給 RIP 之 ASD
 - 8.提供所有控制棒手動或自動插入多重的及替代的方法，此功能又稱 ARI motor run-in

自動爐心探針系統

- 自動爐心探針系統(ATIP)無安全功能，其功率產生功能為執行爐心 LPRM 串的軸向掃描，以校正 LPRM 的輸出。校正頻率為每全功率運轉四週執行一次，或應爐心效能要求而校正 LPRM。
- ATIP 共有三個支系統，每個支系統含有完整之驅動機構、控道索引機構(channel indexer)、屏蔽室、....等組件，每個支系統可偵測 20 個 LPRM 位置，其中 36-37 LPRM 位置可供三個支系統之控道索引機構(channel indexer)進入，提供各支系統移動核心探針彼此校正途徑。
- 核心探針為迷你氧化鈾分裂腔，下方拉出電纜線，電纜線外套以碳鋼製成之細管，其上繞有螺線鋼絲，電纜驅動機構與螺紋相契合，驅動電纜進出導管。當探針達到爐心頂部並開始抽出時，將中子通量數據及驅動扭力傳輸至 PCMS。
- 掃描完成會有提示包括：探針停妥並準備接受新指令執行新控道掃描，或將探針放回屏蔽貯存位置之指令。

多頻道阻棒偵測器

- 多頻道阻棒偵測器(MRBM)雖為中子監測系統之子系統，但無安全功能，其非安全功能如下：

當控制棒因設備故障或運轉員錯誤操作而連續抽出時，為避免控制棒之不當連續抽出造成燃料損壞，ABWR 使用多頻道阻棒偵測器(MRBM)監測，將抽出中控制棒周圍的區域中子偵測器(LPRM)值平均，並與預設之阻棒設定點比較，

若超過預設值則產生阻棒訊號，送給棒控制資訊系統(RCIS)的棒動作與位置資訊子系統(RAPD)執行阻棒動作，並做為兩個 ATLM 控道之後備保護。

- 在反應爐功率 30% 以上，MRBM 會同時監測爐心內以群組抽出中控制棒周圍的 4X4 燃料束的區域，由於它可同時監測多達 8 個區域，因而稱為多頻道阻棒偵測器。

控制棒本領限制器

- 控制棒本領限制器 (RWM) 包含兩個以微處理器為基準之數值控制器的控道，每一控道相互獨立，故障時可旁通，不會影響另一控道，兩控道分別使用 A 與 B Vital 電源。
- RWM 雖為中子監測系統之子系統，但無安全功能，其非安全功能如下：
 - 1、在反應爐起動時偵測控制棒控制棒的棒位形式，使得任何已抽出的控制棒本領不超過預設值。
 - 2、在成對控制棒急停測試及停機餘裕測試時，RWM 會偵測控制棒的棒位式。
 - 3、若控制棒的棒位型式超出預設的範圍時，會送訊號給棒控制資訊系統 (RCIS) 的棒動作與位置資訊子系統(RAPD)執行抽出阻棒。

自動熱限值偵檢器

- 自動熱限值偵檢器 (ATLM) 在反應爐功率運轉時，會連續偵測爐心熱限值 (MCPR 與 MLHGR)。當發生熱限值超過許可範圍的事件時，ATLM 會引起抽出阻棒與阻止流量增加的信號。
- ATLM 在功率大於低功率設定點(LPSP, 30%)時才使用，小於 LPSP 時 ATLM 會被自動旁通而失去阻棒功能。

爐水淨化系統

- 爐水淨化系統 (RWCU) 是一個封閉迴路，主要可區分為爐水再循環部份與爐水淨化部份。正常運轉時，RWCU 協助冷凝水除礦系統淨化爐水，以減少爐水中雜質積附於燃料和爐心組件上，除可增進燃料護套表面熱傳效果外，尚可移除一次系統所積附之活化腐蝕產物及分裂產物，避免輻射擴及整個反應爐冷卻水範圍，減少貝他及伽馬射線的輻射強度。
- 本系統之安全功能是提供圍阻體隔離功能，以限制發生事故時輻射物質從一次系統外釋，並防止爐心水位下降。本系統之非安全功能有以下五點：
 - 1、運轉中使用預敷式過濾除礦器，移除爐水中可溶與不可溶雜質。
 - 2、機組起動期間，本系統可洩放因熱膨脹及 CRDHS 注入之過量爐水至主冷凝器或廢水處理系統。
 - 3、在停機大修過程中，可提供爐頂噴水，以加速 RPV 頂蓋附近冷卻，可提早將反應爐頂蓋打開。

- 4、在燃料添換前後，淨化爐水以獲得良好能見度，並將水中之輻射量減至最低。
 - 5、在熱停機、熱待機且反應爐內再循環水泵（RIP）無法運轉期間，利用 RWCU 爐底洩水管取水循環爐水，可使反應爐內溫度梯度降至最低。RWCU 之重要設備包括一組容量 100%再生式熱交換器、二組容量各 50% 之非再生式熱交換器、二組容量各 100% 設計最高承受溫度 66°C 之爐水淨化再循環水泵及二組容量各 100% 設計最高承受溫度 66°C 之過濾式除礦器等。
- 核四廠 RWCU 的特點係兩台水泵裝設於非再生式熱交換器之後，**在低溫下運轉**，可大幅降低該泵機械軸封的故障頻率，以減少放射廢料及維修人員劑量馬達採罐型濕式（CANNED/WET MOTOR），裝設於反應器廠房最底層，以確保水泵之 NPSH。

主蒸汽系統(Main steam system, MS)

- 反應器產生之蒸汽，流經出口嘴管/流量限流器(Outlet nozzles / Flow restrictors)後，由四條 28 吋主蒸汽管(Main steam lines, ML)引導，穿越圍阻體(containment)，再經汽機節流閥(Turbine stop valve, TBSV)、汽機控制閥(Turbine control valve, TBCV)，進入高壓汽機。在每條主蒸汽管上，在圍阻體內外，各有一座主蒸汽隔離閥 (Inboard and outboard Main steam isolation valve, MSIV)，於必要時接受安全系統邏輯控制 (Safety system logic and control, SSLC)之訊號自動關斷，防止蒸汽大量流失。此外，在主蒸汽管上，另有 18 座安全釋壓閥(Safety relief valve, SRV)，用於提供反應器過壓保護(reactor overpressure protection)。此外，在 18 座安全釋壓閥中的 8 座，另具有自動減壓功能(Automatic Depressurization)，當反應器發生 LOCA 事故，反應器水位低於 L-1 時，會自動開啓釋壓，俾使緊急爐心冷卻系統(Emergency core cooling system, ECCS)之低壓支系統(Low pressure core flooding system, LHCF)能將抑壓池(Suppression pool, SP)水注入反應器中。
- 主蒸汽隔離閥(Main steam isolation valve, MSIV)
主蒸汽隔離閥在反應器低水位(L-1.5)、MSL 破管，主冷凝器低真空等情況下，接受 SSLC 控制訊號後關斷。MSIV 以彈簧力關閉，以氣壓操作活塞控制。當電磁導引閥失能時，高壓氣體洩出活塞，使彈簧關斷。為防止系統故障，每座 MSIV 均有 2 座電磁導引閥，任何一座動作均導致 MSIV 關斷。
- 核四廠之 MSIV 閥體盼更採 Grafitar 材質以避免洩漏，另因 MSIV 閥座可能內漏，而電廠設計並未設有低密度人口限制區，故冷凝器在事故時將彙集 MSIV 內漏氣體，其安全結構要求較現有電廠嚴格。

廢氣系統

- 廢氣系統 (Offgas System or GRWPS) 由凝結氣體抽氣部份及放射性氣體處理部份組成，包括機械真空泵、蒸氣噴射抽氣器 (SJAE)、冷凝器、預熱器、氫氧再結合器、冷卻器、Guard Bed 活性炭床、主活性炭床、高效率氣體微粒過濾器、出口管路流程輻射監測器等。處理之廢氣主要來自輻射分解之氫氧氣體、碘 131、氬、氙等氣體。廢氣系統無安全功能，其功率產生功能 (非安全功能) 為若饋入放射性氣體活性為 3700MBq/sec 時，本系統正常狀況下，經本系統處理且滯留 30 分鐘下，當其由反應器廠房煙囪排放時，其值須遠低於 10CFR20 法規要求。
- 本系統於再結合器出口氣體經兩段式冷卻器凝結氣體，除去水份。第一段使用凝結水系統，第二段使用寒水系統做為冷卻水源 (殼測)，使氣體溫度降至 18°C 以下，可將氣體之露點降至 -40°C。
核四廠的活性炭床類似核一廠，採常溫控制，廢氣經由煙囪排放。

工程圖面 (Engineering Drawing)

(一) 電子資料管理系統 (EDMS)

- 電子資料管理系統包含 POWERTRAK 與 DOCUMENTUM 等兩項圖面控制模組，其作用為識別與管理工程圖面與承包商遞交之文件。
- DOCUMENTUM 為電子檔案管理系統，內含計劃聯絡文件、文字類的工程文件，以及其它品質文件。
- POWERTRAK 內含工程圖面控制系統 (J05) 以及廠家圖面控制系統 (J07)。
- 圖面控制中心 (DCC) 建立資料庫，並與工程部門連繫，以維護此一資料庫。
- 作業系統採用微軟公司 WINDOW NT 的視窗環境，透過標準的個人電腦上查詢資料庫，並可將查詢結果列印在標準印表機上。
- 系統具有線上指引功能，可提供系統概觀以及關鍵字查詢。
- J05 的文件係以 AUTOCAD 程式製作完成後，將檔案 (*.DWG) 逕自輸入系統。
- J07 的文件則係以掃描方式製成圖像檔 (*.TIF)。
- DOCUMENTUM 文件管理：外送之文件及其附件係以電子檔方式輸入資料庫；收受之文件及其附件則以掃描方式製成 PDF 檔後輸入資料庫。
- 所有正式發行的文件與信函均可採電子查詢方式由電子資料管理系統取得。
- J05 與 J07 的線上索引：文件的屬性 (現況及其歷史等) 均可在個人電腦顯

示幕上查看，輸出方式可採列印方式或電子檔案方式。

- DOCUMENTUM 線上查詢與報告查詢大致與 J05 與 J07 相同，惟其另有依文件屬性進行查詢之功能。
- 文件編號方式列於計劃管理手冊 (PMM) 第一節；工程圖面與其它文件的編號方式列於計劃設計手冊 (PMM) 第二章。

(二)資料搜尋系統(DATA DRILL)

- 資料搜尋系統是一種視窗程式，可用以取用 J05、J07 以及 DOCUMENTUM 資料庫的資料。資料搜尋方式包括系統代碼、規範編號等。
- DATA DRILL 之硬體需求：486 個人電腦，16MB RAM，連接到 POWERTRAK 的網路設備、滑鼠，微軟視窗環境 3.1 版以上或微軟 DOS 環境 5.0 以上，ORACLE 主從式資料庫系統。
- DATA DRILL 手冊內容：DATA DRILL 各應用程式之概觀，執行這些應用程式的逐步指引，顯示幕、對話方塊、按鈕、欄位、圖形符號。

(三)圖面一般資訊

- 圖面繪製標準分別採用 ANSI 自身以及其所接受之 ASME、IEEE、AWS、ISA 等各組織之標準。
- 設計管制圖面包括配置圖 (ARRANGEMENT DRAWING) 與線圖 (DIAGRAM)
 - 配置圖包括廠房配置圖以及一般配置圖 (GENERAL ARRANGMENTS & OVERLAYS)。
 - 線圖包括流程圖、管路與儀器圖 (P&ID)、風管與儀器圖 (D&ID)、電氣單線圖與三線圖、控制邏輯圖。
- 圖面採用之尺寸分別為 A(8.5 吋×11 吋)、A3 (297mm×420mm)、A2 (420mm×594mm)、A1 (594mm×841mm)、A0 (841mm×1189mm)。
- 邊框附近所包含資訊有：
 - 計劃名稱框：包含計劃識別資訊 (客戶名稱【即本公司】、電廠名稱與計劃名稱、合約編號)；
 - 足以顯示圖面內容的圖面名稱；
 - 該圖面專用的圖面編號；
 - 安全等級；

- 圖面核可簽名；
 - 圖面版次；
 - 圖面改版記錄。
- 配置圖名稱：名稱計兩列，第一列為圖面類型（若涵蓋廠房超過一個，則亦含廠房名稱）；第二列為視面或位置。如

一般配置圖－反應器廠房 EL－8200

- P&ID、邏輯圖以及示意圖 (SCHEMATIC DIAGRAM) 的名稱包括下列資訊：
- 系統名稱
 - 功能名稱或組件名稱
 - 組件識別號碼
- P&ID 名稱計含兩列：第一列為 PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM；第二列為系統名稱與系統簡稱。
- 邏輯與示意圖名稱第一列為系統縮寫以及圖面類型（不使用系統簡稱），第二列為圖面功能或組件名稱縮寫，地三列為不含系統代號的組件名稱。
- 工程圖面編號方式：配合 IMS EDMS 的管理，每一工程圖面均個自有其識別號碼，以顯示該工程圖面之計劃編號、機組名稱、系統代碼、工程類別

(四)P&ID

- P&ID 提供配置管路的電廠系統的硬體組件的功能示意圖，歸類為機械類。
- P&ID 提供的資訊有下列各類：
- 組件的存在以及組件符號所透露的訊息
 - 組件編號以及組件編號所透露的訊息
 - 組件之間的連接情形
- 繪製 P&ID 時必須考量系統的功能，俾使 P&ID 可以明白揭露系統的功能。閥門的故障模式亦分別標示在 P&ID 上。
- P&ID 上含有足以顯示系統設計目的的管路、設備與組件。
- P&ID 上含有足以顯示系統邊界的兩位數連接號碼，該號碼各示的含意詳列於 P&ID 符號表中。代表系統變更或管路規範變更的連接號碼僅顯示在設備、閥門、接頭以及機械設施上。
- P&ID 顯示系統的動作概略情形。有助於系統安裝、維護、起動以及例行操作等作業之進行。

- 同一系統的組件代碼共用相同的文數格式（參閱 PDM 2.1 節）。若組件的機組代號與系統代號與圖面的代號相同，則 P&ID 上的組件名稱省略機組代號與系統代號；否則，即須標示機組代號與系統代號。
- 流程方向一般是由上由下，由左而右。不同的安全串繪製於不同的 P&ID 上。
- 若系統跨越不同的廠房，則一般繪製在不同廠房的 P&ID 上；若該系統原本即為各廠房通用的設備，則在同一 P&ID 上以分隔線顯示不同的廠房。
- P&ID 上各組件週邊預留足夠空間供繪製相關儀器之用。圖面右上方亦預留空間供作註解之用。

(五)廠房佈置圖

1.PDM 圖 2.3-1 說明龍門工地廠房佈置

- 廠房參考點為南北方向地基線和東西方向地基線之交點（分別為 E3000M 和 N3000M）。
- 工地完成之 Grade Level 為海拔 12 公尺高度，主要廠房建物之 Grade Level 為工地完成 Grade Level 之上 300mm，即 12300mm。
- 對於工地和一般廠房佈置圖面，北面方向一般指向圖面左邊。

2.廠房行列線命名

- 各廠房行列線以字母和數字標示於平面和註明高度之圖面上，並以各廠房之東北角為起始點，行列線標示以單一字母開始，例如：

C：控制間廠房	W：廢料間廠房
R：反應器間廠房	M：熱修配廠房
F：輔助燃料廠房	T：汽機間廠房
- 各廠房行線自起始點開始，與北方垂直方向命名，並以代表各廠房之字母和數字順序命名。例如：M1,M2,M3,.....等。
- 各廠房列線自起始點開始，與北方平行方向命名，並以代表各廠房之字母和字母順序命名。例如：MA,MB,MC,.....等。
- 各廠房行列線可定位設備之位置。

(六)D&ID (Ducting and Instrumentation Diagrams)

- D&ID 與 P&ID 相類似，被使用在 HVAC 系統。
- D&ID 以圖示代表風管、配件、空調機械設備、處理、控制和儀器等，並顯示各組件之間之功能關係，屬於機械圖面。

(七)電氣單線圖

- 電氣單線圖是一種工程設計圖面，用來顯示電力配電系統主要組件設備之間的內部連接，而與組件設備實物大小、位置和相別無關。
- 電氣單線圖是用單一條線之形式，代表所有內部電氣連接之導體，來連接電力配電系統主要之組件設備。
- 隨著變壓器大小資料、斷路器和電力匯流排之連接，電氣單線圖一般會顯示出相序關係和電壓等級。

陸、附圖(略)

柒、附表

表一、設備區域 FME 分級表

區域及設備	要求	等級
RPV Cavity	Head open	1
	Head open & Fuel removed Cavity cover installed	2
SFP	Permanent FMEA	2
New Fuel Storage Rack	Only When New Fuels exit	2
Condensate Booster pump	Open & No temporary cover	1
CD	Open & No temporary cover	1
CFD	Open & No temporary cover	1
CRD	Open & No temporary cover	1
CORE SPRAY	Open & No temporary cover	1
FEED WATER	Open & No temporary cover	1
HEATER DRAIN	Open & No temporary cover	1
HPCI	Open & No temporary cover	1
HP Hx	Open & No temporary cover	1
LP Hx	Open & No temporary cover	1
Main Steam	Open & No temporary cover	1
MSR	Open & No temporary cover	1
RCIC	Open & No temporary cover	1
RFP	Open & No temporary cover	1
RECIR.	Open & No temporary cover	1
RWCU	Open & No temporary cover	1
RHR	Open & No temporary cover	1
SBLC	Open & No temporary cover	1
HP LP	Open & No temporary cover	1
TORUS	Open & No temporary cover	1
MAIN CONDENSER	Open & No temporary cover	2

表二、潛水作業前危險查核表

逐項查核	危險分類	注意事項
	轉動設備運轉或操作中	1.如果不須運轉，則申請掛卡停用。 2.如須運轉，則加裝適當防護措施。如防護網繫繩。 3.繫繩亦需以浮體支撐。
	尖銳物品	潛水夫應著防護裝備，如皮手套。
	高速水流	先評估水底狀況
	水溫或環境溫度太高	1.評估工作活動及時間 2.觀察潛水夫著裝後的身體情況
	水中電焊	1.防漏電裝置 2.電源由專人控制 3.除執行電焊外電源開關應在斷電位置 4.確定所有電纜接點均適當絕緣 5.潛水夫應著絕緣手套操作電焊 6.可燃氣體應排除
	需用手持電動工具	1.攜入水中或自水中取出應切斷電源 2.電源控制依潛水夫指示

表三、水底作業緊急狀況之應變措施表

非預期狀態	應變措施
喪失通訊	1.透過事先演練拉線信訊號溝通 2.備用潛水夫下水協助 3.中止潛水活動直到通訊機能恢復正常
喪失主要供氣	1.通知岸上通訊專員 2.啓動緊急氣源 3.如果需要備用潛水夫下水協助 4.中止潛水活動直到通訊機能恢復正常
全面喪失供氣	1.啓動搭掛於潛水夫身上的 bail-out sys. 2.通知岸上通訊專員 3.如果需要備用潛水夫下水協助 4.中止潛水活動直到通訊機能恢復正常
絆住	1.通知岸上通訊專員 2.潛水夫自行理清安全繫帶 3.如果需要備用潛水夫下水協助
Man overboard	1.中止潛水活動 and recover man overboard
狀態變化	1.通知岸上通訊專員 2.如果水中狀況惡化則應中止潛水活動直到情況改善

表四、潛水前 ALARA 查核表

項次	行動	負責群	負責人簽證
1	特殊 RWP 申請	RC	
2	全身計測及尿液取樣	RC	
3	申請潛水前 24 小時取水樣	工作負責人	
4	水樣分析結果可否接受	RC	
5	偵測設備已準備於潛水站	RC	
6	完成偵測設備測試	RC	
7	呼吸用空氣完成潛水 24 小時前分析	RC	
8	特殊劑量裝置準備	RC	
9	水中區域偵測及審查	RC	
10	確認偵測誤差在 20%內	RC	
11	實質屏障建立確認	工作負責人	
12	清洗用除礦水設備已佈置於潛水進出點	工作負責人	
13	緊急通訊設備建立	工作負責人	
14	視訊設備架妥	工作負責人	
15	潛水夫繫妥安全繩且與岸上持續通話測試	工作負責人	
16	量測水溫是否大於 90°F	工作負責人	
17	確定工作時間通知潛水連絡工程師	工作負責人	

表五、劑量計登錄表

姓名：	身份證號：
-----	-------

開始時間/日期：		結束時間/日期：	
放置部位	劑量計啓用讀值	劑量計用後讀值	總計
胸部			
頭部			
性腺			
背部			
左臂			
右臂			
左腿			
右腿			
左腕			
右腕			
左踝			
右踝			
登記人：	日期：		

表六、高輻射點沖刷資料單(Hot Spot Flush Data Sheet)

日期：_____ 時間：_____

作業描述：_____

機組 / 廠房：_____ 高度：_____ 方位：_____

系統：_____

管路資料及編號：_____

相關閥號及位置：_____

閥號	沖刷位置	閥位置確認	復原位置	復原位置確認	查證者

掛卡編號：_____

Hot Spot 編號：_____

接收廢液之洩水孔 / 水槽：_____

RWP 編號：_____

工作單編號：_____

最近之高聲電話：_____

最大之沖刷壓力 psi：_____

工作提示：_____

簽名確認：_____

沖刷前查證：_____

沖刷路徑現場查證完成：_____

建議：_____

系統工程師壓力及流逕審核：_____

建議：_____

值班工程師審核：_____

保健物理課長審核：_____

表七、沖刷後查核單

所有管塞已移除： _____

現場環境已清理完成且設備工具已歸定位： _____

總共耗時： _____ 小時 總劑量消耗： _____

高輻射點接觸劑量： _____

經驗回饋： _____

表九、各種除污技術分析

方法	物表性質	作用方式	操作技術	適用於	缺點
Dust mopping	乾表面	直接接觸移除污染灰塵	傳統拖把加上經化學處理之拖把布	乾性無孔隙之低污染表面	不適用於孔隙表面及積存已久的污染
真空吸塵	乾表面	真空吸取污染灰塵	傳統吸塵器	乾性有孔隙表面，避免接觸水	排氣需過濾污染吸塵器
水	所有非孔隙表面(金屬塗裝面塑膠...等)	溶解	對大表面積以低壓水注，距離 15~20ft 以垂直於表面 30°~40°在上風處由上而下沖洗	低壓沖洗可迫使水介質充分接觸物件表面，加速其污染物溶解脫離	需控制洩水，不適用於孔隙油漬表面，注意維持附近設備的乾燥*
蒸氣	非孔隙表面	溶解	在上風處由上而下	塗裝表面降低 90%	同上
清潔劑和肥皂	非孔隙表面	加速污染物溶解	用布刷洗一分鐘後沖淨		需人員接觸清潔劑，對積存已久的污染不適用
磨擦(Abrasion)	非孔隙表面	移除表面	利用噴砂研磨切割污染表面	可完全去除污染	不適用於孔隙表面，因污染經水氣滲透
噴砂	非孔隙表面	移除表面	保持砂溼濕潤，減少污染擴散收集使用後之殘餘	大型表面積物件	噴砂人員及工作區有潛在輻射風險
ALARA 塗裝	非孔隙表面	Traps and controls surface on leaching contamination	以噴或刷的方式	以隔層防止污染或去除污染	不適用於孔隙表面臨

*由相關維護部門判定是否需以塑膠袋包封

表十、Brunswick 電廠所使用的輻射監測系統表

設置地點	監測儀器種類	備 考
主蒸氣管	4 × 游離腔	監測主蒸氣管 γ 輻射
冷凝器廢氣系統	2 × 游離腔	監測冷凝器廢氣 γ 輻射
主煙囪（寬幅）	NaI(Tl)閃爍偵檢器	
主煙囪（事故）	半導體偵檢器	Off-line 監測
汽機廠房排氣（寬幅）	NaI(Tl)閃爍偵檢器	另含粒子過濾器、碘過濾器
汽機廠房排氣（事故）	半導體偵檢器	Off-line 監測
液態流程輻射監測	NaI(Tl)閃爍偵檢器	包括：廠用水排放管路、RBCCW、液態廢料排放
反應器廠房排氣	NaI(Tl)閃爍偵檢器	
反應器廠房廢氣排氣	GM	
緊急排氣系統	NaI(Tl)閃爍偵檢器	
乾井監測	NaI(Tl)閃爍偵檢器	
乾井監測（事故）	GM	

表十一、臨時屏蔽辨識卡

<p>臨時屏蔽</p> <p>未經保健物理課允許請勿移動</p> <p>TSR 編號_____</p>

表十二、臨時屏蔽申請單

TSR 編號 _____

申請人： _____ 電話： _____ 工作單編號： _____		
申請日期： _____ 要求日期： _____ 要求時程： _____		
機組： 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 位置： _____		
ALARA 審查部分		
射源及屏蔽資料： (另附件： 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/>)		
射源描述： _____		
屏蔽目的： _____		
屏蔽材接觸管路(地板)： 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 管路負荷： _____ 磅/英呎 ⁽²⁾		
此射源以前曾經屏蔽： 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> TSR 編號： _____		
屏蔽描述： _____		
輻射資料：(背景屏蔽則不須要)		
屏蔽前	預期屏蔽後	實際屏蔽後
接觸劑量： _____ mSv/hr	接觸劑量： _____ mSv/hr	接觸劑量： _____ mSv/hr
γ @30cm： _____ mSv/hr	γ @30cm： _____ mSv/hr	γ @30cm： _____ mSv/hr
曝露效益計算：		
未屏蔽之工作劑量估算： _____ 人-西弗		
屏蔽裝卸之工作劑量估算： _____ 人-西弗		
有屏蔽之工作劑量估算： _____ 人-西弗		
淨工作劑量節省估算： _____ 人-西弗		
系統操作要求：		
屏蔽在何種運轉模式才需要： 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>		
受影響的系統是否正在運轉： 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>		
此屏蔽與大修相關： 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/>		
預計裝設日期： _____		預計拆卸日期： _____
結論： _____		
臨時屏蔽評估需求： 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		
若填否，工程單位簽名： _____		日期： _____
屏蔽連絡員簽名： _____		日期： _____
同意? 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>		

表十三、臨時屏蔽評估資料單

TSR 編號_____

因屏蔽受影響的系統組件資料：	
受影響系統： <input type="checkbox"/>	安全相關： 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
設備編號及描述： _____	
管路：ISI 等級_____ 大小_____ 材質_____	
樓面支撐？ 是 <input type="checkbox"/> ，樓面允許承受負荷：_____ 否 <input type="checkbox"/>	
現場堪察(Walkdown Perform)？ 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> ，為什麼_____	
2/1 Concerned？ 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
其他安全相關影響設備： _____	
參考圖目： _____	
結論： _____	
ESR Required？：是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> _____ 日期：_____	
系統運轉的影響：(答是請詳述)	
屏蔽是否造成系統設備無法操作？是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
屏蔽是否造成系統設備 Tech Spec INOP？是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
屏蔽是否受到運轉模式改變影響？是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
屏蔽是否限制反應爐冷卻水系統結構完整性？是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
屏蔽可能 drain the Rx vessel? 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	
接受的基準： _____	
參考計算編號： _____	
審核人：_____ 日期：_____	
同意： 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>	

表十四、臨時屏蔽裝設查核表 (TSIC)

TSR 編號_____

射源描述： _____			
裝置指引： _____			
此屏蔽為重複鋪設？ 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 若答是, Are reference calculations current per NRCS? 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> (若答否，則追蹤 TSR 和 TSIC 請工程單位再評估) 簽名： _____ 日期： _____			
SRO 簽核：(工程分析已執行) TSR 編號列入 LCO？ 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> LCO 編號 _____ 結論： _____			
SRO 簽名： _____ 日期： _____ (廢料廠房屏蔽則由廢料系統工程師簽核)			
關於管路支撐洽 ISI ISI 人員： _____ 日期： _____ 結論： _____			
管路支撐固定點：(有無另外指引於附件？是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>) _____ _____			
支撐點編號	特殊指引	Installed Initials	日期
屏蔽裝置資料： 裝置日期： _____ 耗費劑量： _____ 人-西弗 結論： _____			
系統恢復原狀否： 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> (請說明 _____)			
查證者簽名： _____ 日期： _____			
TSR 在 LCO 的編號： _____ (若未列入 LCO 則不須要)			
SRO 簽核： _____ 日期： _____			

表十五、臨時屏蔽稽查表

TSR 編號

TSR 編號： _____

位置： _____

裝置日期： ____ / ____ / ____ 放置時間： _____

稽查日期： ____ / ____ / ____

稽查人員： _____

簽名

屏蔽裝置整體外觀安全否？ 是 否 _____

屏蔽裝置的位置是否與 TSR 符合？ 是 否 _____

有否新裝置在屏蔽附近？ 是 否 _____

(若有應完成 TSR 重新評估及改版)

參考計算是否目前仍在 NRCS 是 否 _____

(若否應完成 TSR 重新評估及改版)

結論： _____

查證者簽名： _____

表十六、皮膚劑量評估表

一、 基本資料

姓名_____ 身份證號_____

污染日期/時間_____

污染位置_____ 四肢 軀幹

污染情形_____ 分散型 熱粒子 計算面積
公分

二、 累積活度計算

1.

時間間隔	時間(小時)	活度(cpm)	累積活度(cpm-hrs)
除污前			

2.

核種					
活度(μCi)					
時間(分鐘)					

三、 決定劑量

$$\text{淺部劑量} = \frac{0.019 \frac{\text{mrem/hr}}{\text{cpm/cm}^2} \times (\quad) \text{cpm-hrs}}{(\quad) \text{cm}^2}$$

1. 淺部劑量(VARSKIN based)=

2. 深部劑量*=()×(mrem 淺部劑量)
DDE

*深部劑量計算是因熱粒子危及 Skin of whole body，其餘則無評估之必要。

**Deep Dose Equivalent Conversion Factors

核種	加瑪劑量率因子 mrem/hr/ μCi @ 1cm	貝它劑量率因子 mrem/hr/ μCi @ 0.007cm	DDE Conversion
Co-60	13.2	3810(0.017 mrem/hr/cpm)	3.46E-3
Cs-137	3.6	5750	6.26E-4
Nb-95	4.6	882	2.22E-3
Zr-95	4.5	4100	1.10E-3
Zn-65	3.2	107	2.99E-2
Fe-59	6.3	3980	1.58E-3
Co-58	5.9	139	4.24E-2

表十七、工作群輻射工作許可證

輻射工作許可證	工作編號	工作內容	高輻射區	極高輻射區	超高輻射區
00-0001		保健物理作業	是	是	否
	HPROUT00	輻防例行偵測			
	HPLHRA00	HP 超高輻射作業			
	CHEMIS00	化學作業			
	INSTRU00	儀控作業			
00-0002		運轉作業			
	OPROUT00	值班巡視	是	是	否
	OPLHRA00	值班超高巡視操作			
00-0003	OPFIRE00	防火作業	是	是	否
00-0004		機械矯正保養	是	否	否
00-0005		機械預防保養	是	否	否
00-0006		儀控矯正保養	是	否	否
00-0007		儀控預防保養	是	否	否
00-0008		管理巡視及 INPO 訪視	是	否	否
00-0009		保溫作業	是	否	否
00-0010		廠房整理及例行除污	是	否	否
00-0011		除污間作業	是	否	否
00-0012		保安巡視	是	是	否
00-0013		搭架作業	是	否	否
00-0014		NRC 訪察	是	是	否
00-0015		油漆塗裝	是	否	否
00-0016		屏蔽	是	否	否
00-0017		訪客	否	否	否

表十八、區域別輻射工作許可證

輻射工作許可證	工作編號	工作內容	高輻射區	極高輻射區	超高輻射區
00-1001		固化操作區	是	否	否
00-1002		汽機 HOT SIDE	是	是	否
00-1003		飼水加熱器	是	是	否
00-1004		飼水幫浦區	是	是	否
00-1005		SJAE 區	是	是	否
00-1006		MSR 區	是	是	否
00-1007		高壓段區	是	是	否
00-1008		SFP Hx	是	是	否
00-1009		T/B 吊車區	是	是	否
00-1010		廢料處理區	是	是	否
00-1011		RHR 操作區	是	是	否
00-1012		RWCU 作業區	是	是	否
00-1013		TIP RM	是	是	否
00-1014		RWCU 分相槽	是	是	是
00-1015		RWCU Hx	是	是	是

表十九、作業別輻射工作許可證

輻射工作許可證	工作編號	工作內容	高輻射區	極高輻射區	超高輻射區
00-1017		燃料樓作業	是	是	是
00-1018		樹脂處理作業	是	是	是
00-1019		廢料搬運作業	是	是	否
00-1020		SF 搬運作業	是	是	否
00-1021		輔助 SFP 冷卻	是	是	是
00-1022		過濾器更換作業	是	是	是
00-1023		CRD 作業	是	是	是
00-1024		SFP Hx	是	是	是
00-1025		大修前準備工作	是	否	否
		DW BLOCK			
		臨時電源			
		臨時屏蔽			
00-1026		高壓除污	是	是	是