

核二燃料池冷卻淨化

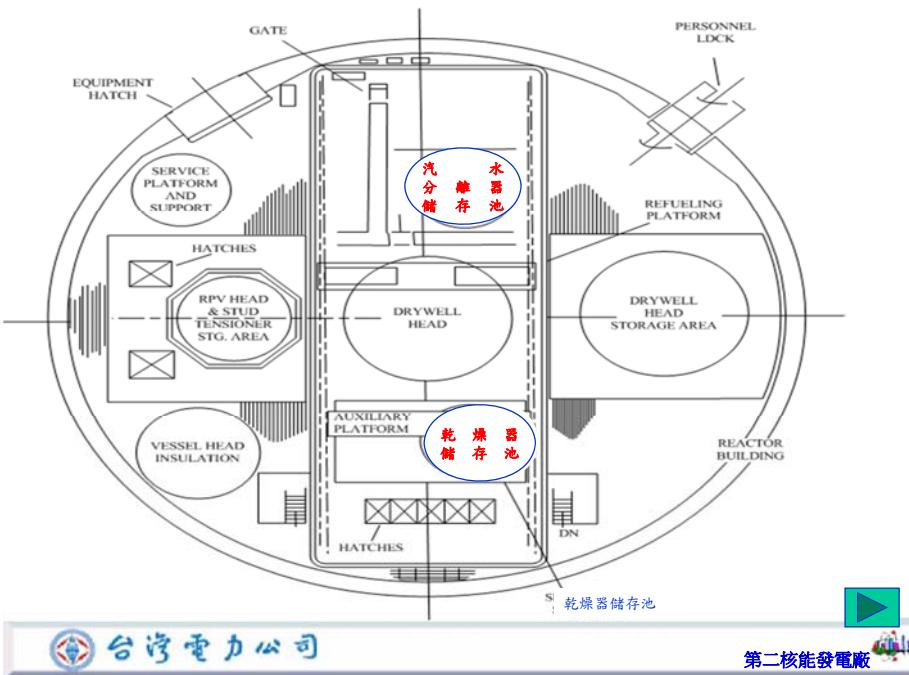


模擬操作中心

104/07

台灣電力公司

第二核能發電廠



台灣電力公司

第二核能發電廠

壹、水池佈置

- 上燃料池依功用可分為：
 - 反應爐穴(Reactor Cavity)
 - 汽水分離器儲存池
 - 蒸汽乾燥器儲存池
 - 燃料儲存池(臨時儲存用)
 - 燃料傳送池(Fuel Transfer Pool)



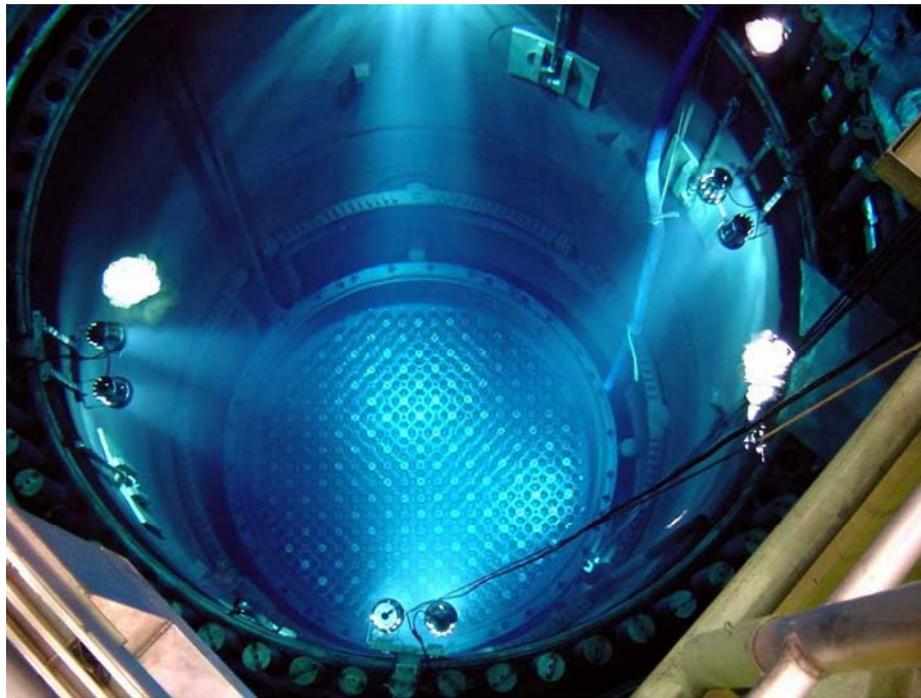
反應爐穴(Reactor Cavity)

- 位於燃料池與分離器儲存池之間，裝拆反應爐或乾井之頂蓋時可以洩水。
- 裝拆反應爐或乾井之頂蓋時，反應爐穴約有30,000立方呎之水須排放至 CST、ACST、抑壓池、廢料收集槽或調節槽。



台灣電力公司

第二核能發電廠



汽水分離器儲存池

- 汽水分離器存放在牆壁後面。
- 牆壁作為輻射屏蔽，使工作人員能在反應爐壓力槽法蘭處工作（分離器因接近燃料，長久受照射後，帶有極強放射性，故需屏蔽）。



台灣電力公司

第二核能發電廠



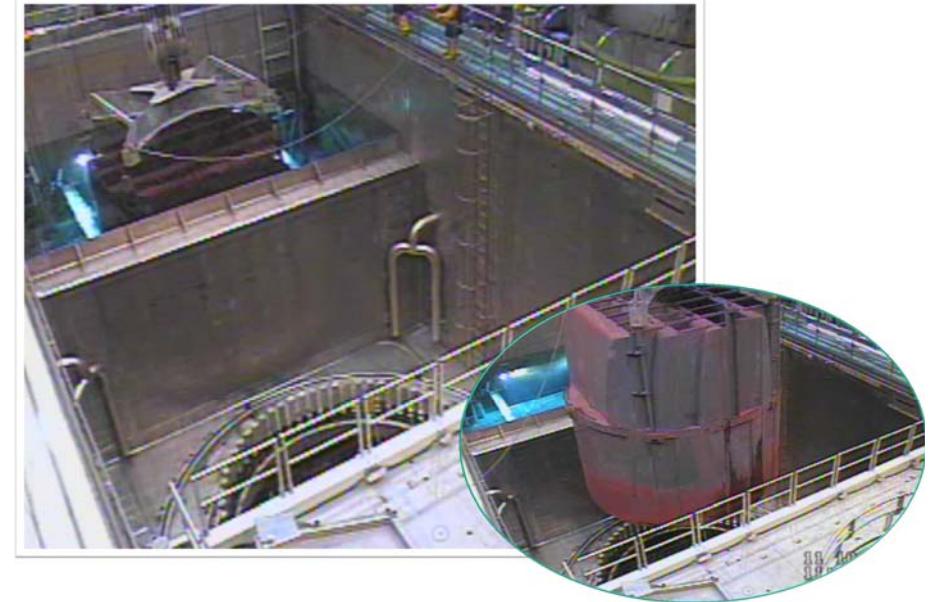
蒸汽乾燥器儲存池

- 蒸汽乾燥器存放在汽水分離器正對面。
- 此池堰牆上方水提供抑壓池之後備水源。
- 堤牆上方攔水小柵門運轉中須移除。



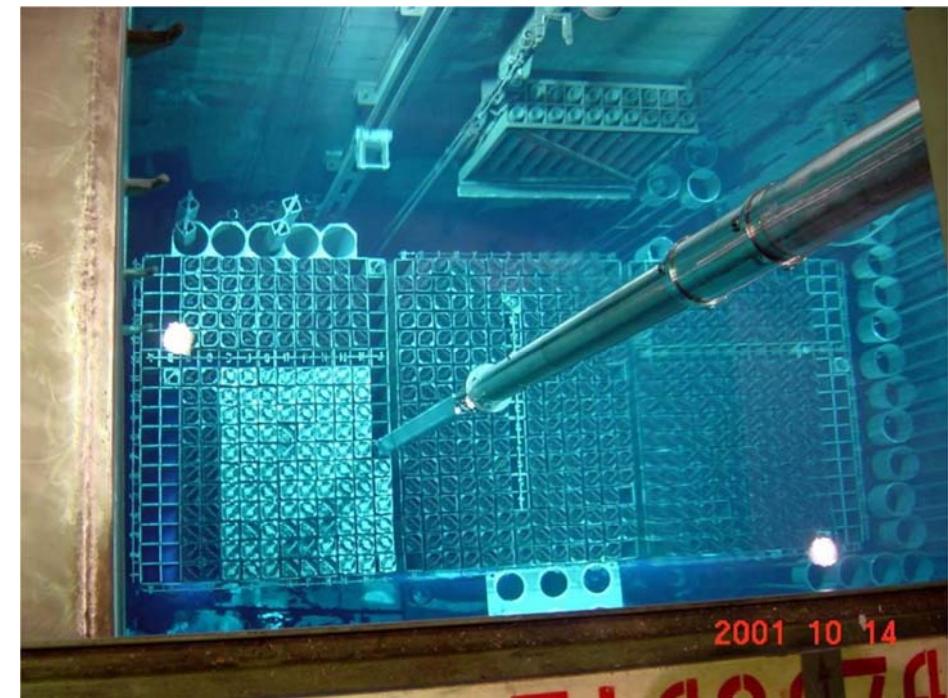
台灣電力公司

第二核能發電廠



燃料儲存池(臨時儲存用) ▶

- 可供新、舊燃料元件和控制棒等之臨時存放。
- 設有燃料儲存架及其他組件儲存架。
- 燃料池與反應爐穴間，可用雙重水池閘門隔離，如此可將反應爐穴之水放乾，以利裝卸反應爐蓋或乾井蓋。
- 燃料池水位經常維持滿水。(高水位75呎4吋，低水位75呎2吋)

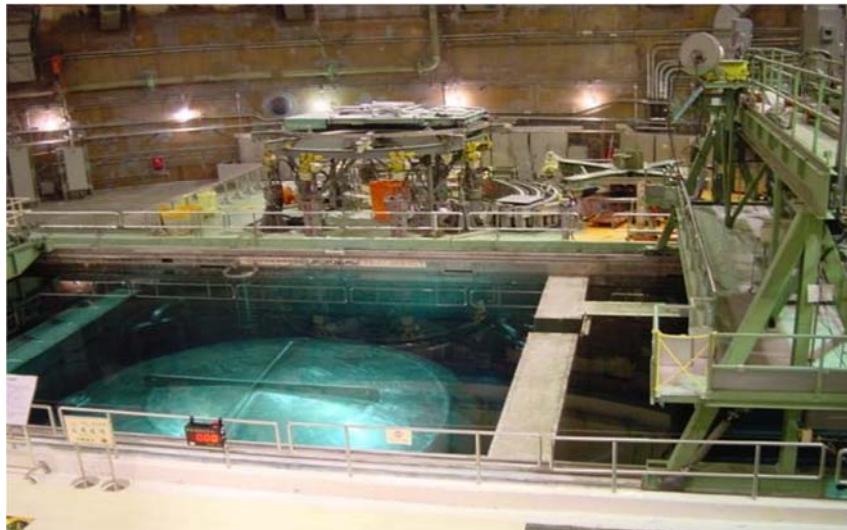




台灣電力公司

第二核能發電廠

正常運轉反應爐上池



台灣電力公司

第二核能發電廠

燃料傳送池 ▶

- 與燃料儲存池間，設有隔離閘門，萬一斜面燃料傳送系統漏水時，仍可維持燃料儲存池水淹蓋燃料。
- 專供燃料廠房與反應爐廠房間之燃料傳送用。



台灣電力公司

第二核能發電廠

1.反應爐上池洩水



台灣電力公司

第二核能發電廠

燃料廠房水池(3F)

- 燃料傳送渠(Fuel Transfer Canal)

- 功用—接受來自反應爐廠房的用過燃料。
 - 渠內襯以不鏽鋼板，與鄰近之燃料儲存池間以閘門隔離之。
 - 容許單獨洩水，以便斜面傳送機構檢修維護。

- 燃料儲存池

- 功用—用來儲存用過燃料及用過控制棒等，在送出再處理廠(收回鈾、鈽和其他可用物質)前，放置一段時間任其衰變。
 - 儲存池內襯以不鏽鋼板，兩套燃料準備機械垂直裝於牆壁。

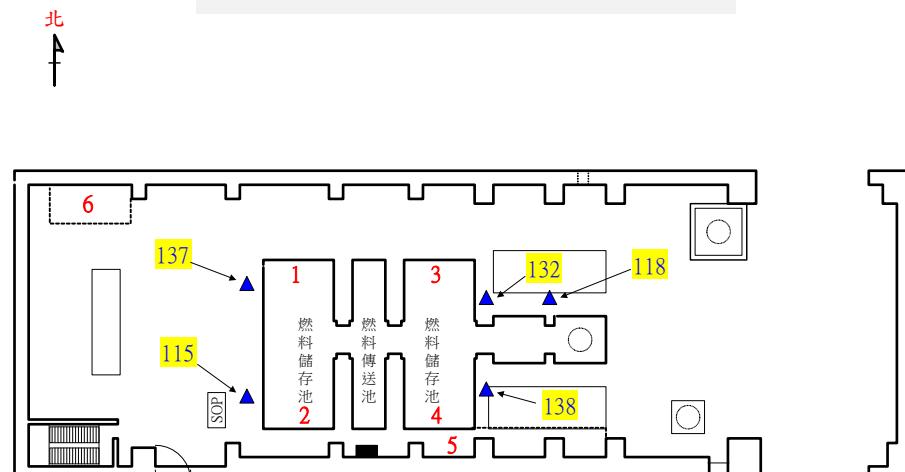
功能介紹

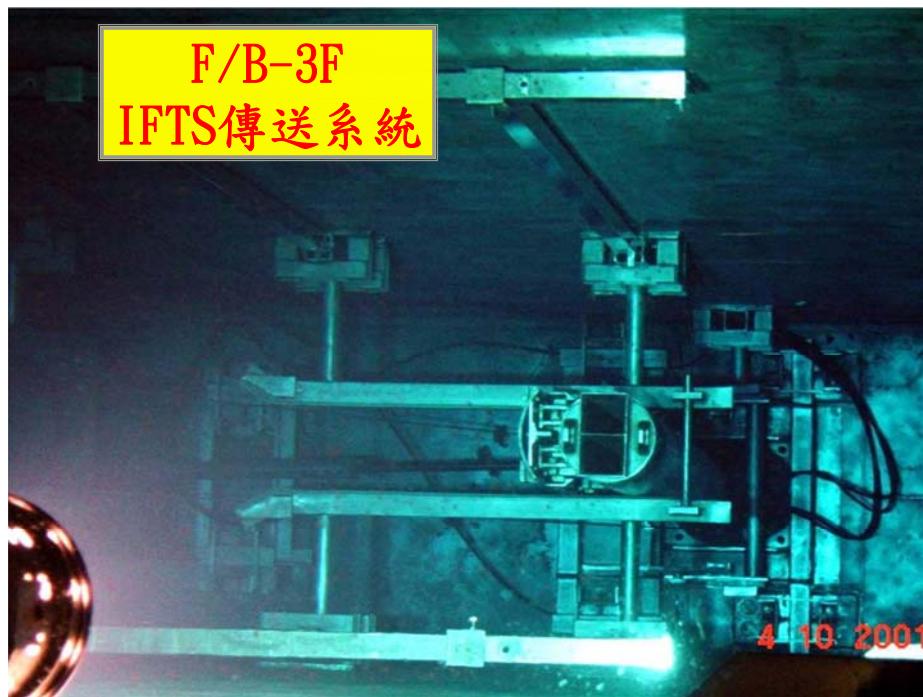
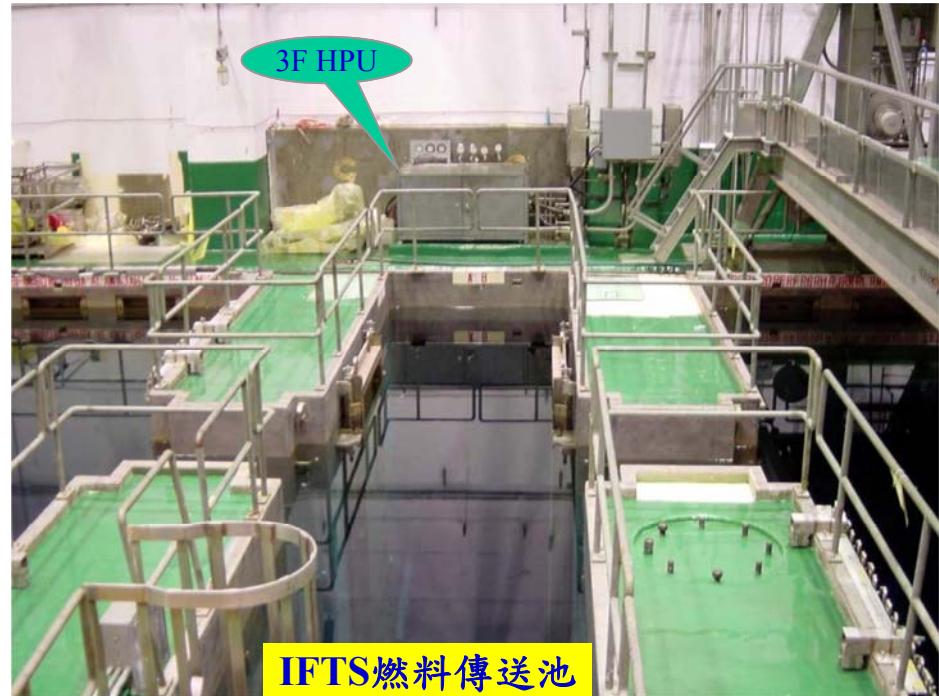
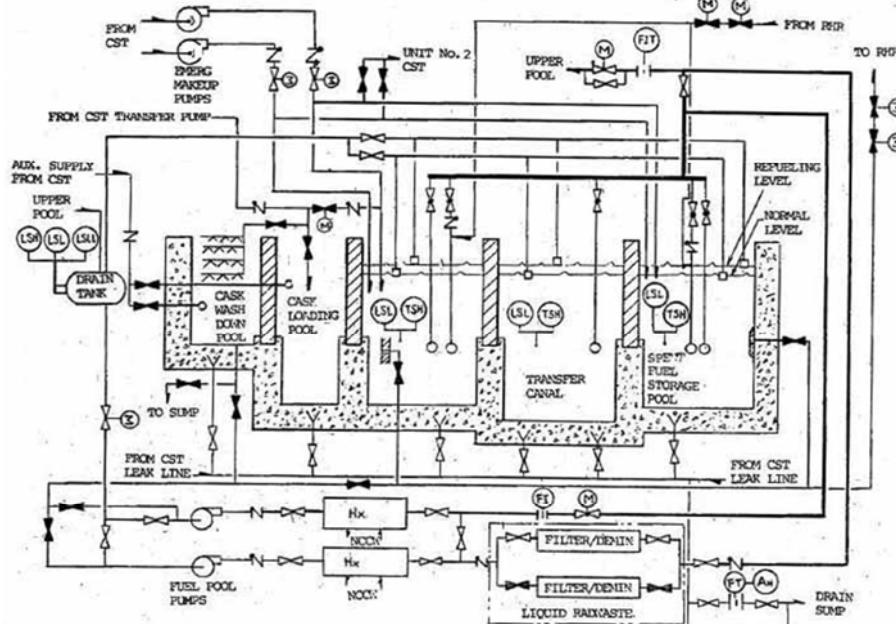
3F燃料處理台車(簡稱 FHP)

- 使用於大修前及大修中燃料更換操作期間
- 主要目的乃做為新燃料及舊燃料吊運操作
- 所有的操作必需維持燃料或物件在水面下



燃料廠房三樓平面圖





燃料廠房水池 (續)

• 護箱水池(Cask Loading Pool)

- 功用一提供用過燃料裝箱場地，與燃料儲存池分離而不影響用過燃料之儲存。
- 水池內襯以不鏽鋼板，空護箱放入後，水池即可灌水，然後開啟閘門，將用過燃料運入護箱水池裝箱。
- 水池由CST供給純淨之除礦水，排水經燃料池冷卻與淨化系統送回CST或排至廢料處理系統。
- 燃料裝入護箱後，裝回閘門，將護箱水池水放光。
- 護箱移出廠房前，先經護箱去污池(Cask Wash Down Pool)，利用除礦水沖洗之。

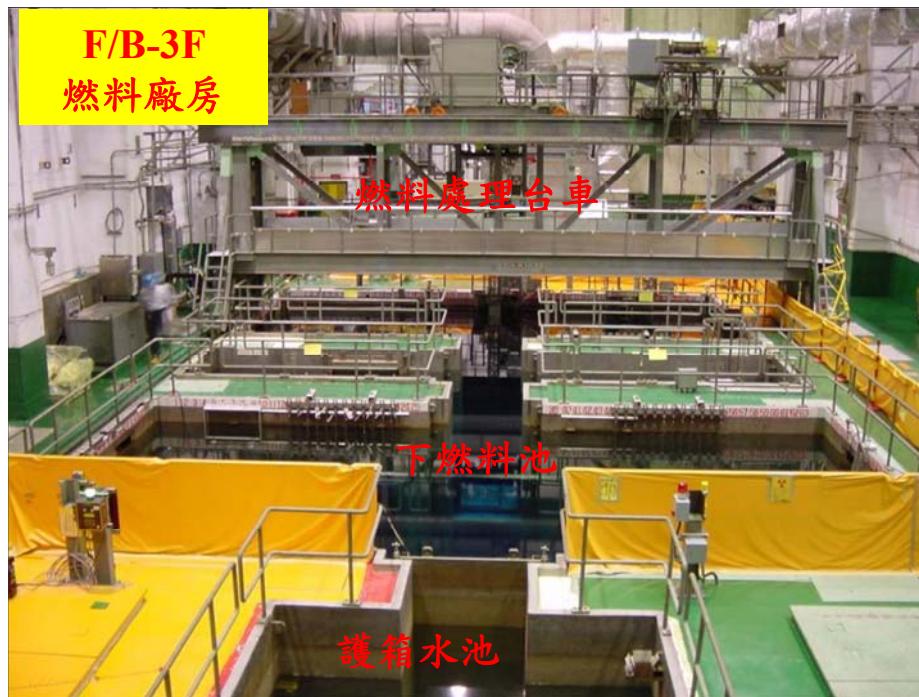
燃料廠房水池(續)

- 新燃料儲存庫(New Fuel Storage Vault)

- 功用—儲存新燃料用。
 - 儲存容量—可供儲存38/100的爐心燃料。
 - 在護箱水池兩側各有一儲存庫，混凝土結構，有防水蓋及洩水裝置，以確保儲存庫內乾燥，洩水直接通過燃料儲存廠房洩水槽。

- 護箱除污池(Cask Wash Down Pool)

- 功用—運出護箱前，在此沖洗及除污。
 - 地面鋪以不鏽鋼板。
 - 圖2-25為IF-300型護箱，除污約需4小時，除污池設備俱全(移出燃料池前用高壓水噴灑沖洗，必要時以清潔劑處理)。



燃料廠房主要設備

- 燃料處理台(Fuel Handling Platform)

- 功用—便於處理傳送渠與燃料儲存池內燃料，也可將燃料儲存池之用過燃料裝入護箱。

- 護箱起重機

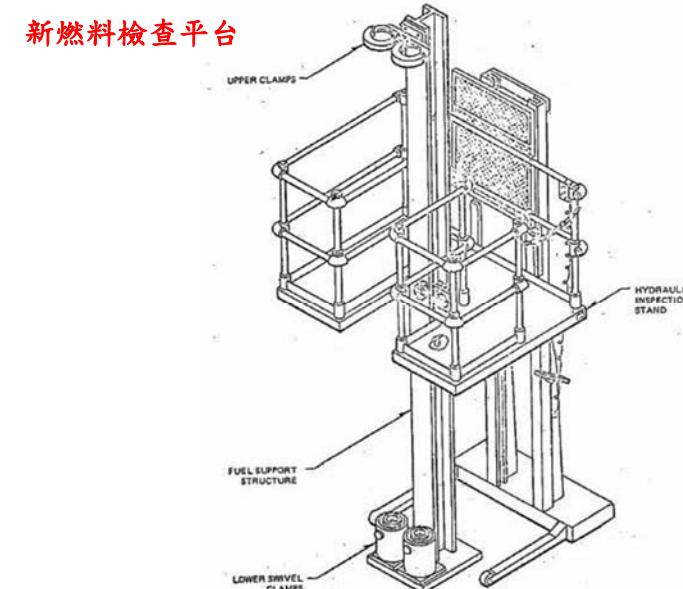
- 功用—原則上專供燃料護箱之吊運。

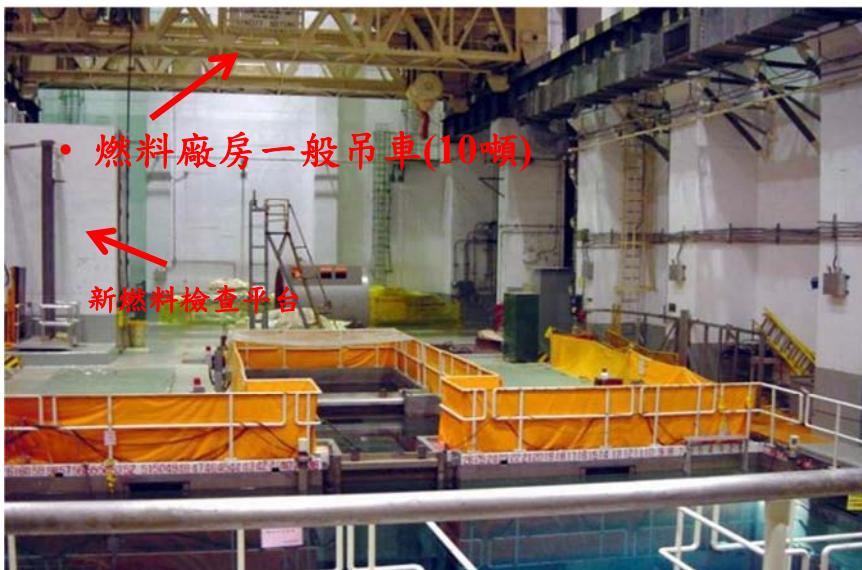
- 新燃料檢查台(New Fuel Inspection Stand)

- 功用—用作新燃料的一般檢查，可同時豎立兩個燃料元件。

- 燃料廠房一般吊車(10噸)

- 燃料廠房雜項設備輸運用。





• 燃料廠房一般吊車(10噸)

新燃料檢查平台

台灣電力公司

第二核能發電廠

貳、燃料池冷卻與淨化系統

反應爐廠房
(上 池)



台灣電力公司

燃料廠房
(下 池)



第二核能發電廠

核二廠用過核燃料貯存池現況

	# 1	# 2
設計容量	4398	4398
最大可用容量	4389	4378
目前貯存數量	4364	4252
最大剩餘容量	25	126
有效剩餘容量**	16 (104年大修後 餘16)	118
預期貯滿時程	105年11月	105年3月

- #1 統計至 #1EOC24(104.5), #2 統計至 #2EOC23(103.10) **
 #1 有效剩餘容量為最大剩餘容量扣除格架內非制式燃料物件9個,
 #2 有效剩餘容量為最大剩餘容量扣除格架內非制式燃料物件8個.

台灣電力公司

第二核能發電廠

燃料池冷卻與淨化系統

壹、概論
貳、設置目的
參、設計基準
肆、系統概述
伍、系統運轉

台灣電力公司

第二核能發電廠

燃料池冷卻與淨化系統

壹、概論

- 用過燃料元件有極強的放射性和大量的衰變熱
- 運出電廠前先放置在用過燃料池(Spent Fuel Pool)內冷卻相當時間
- 衰變熱能和放射性降低後，裝入護箱(Cask)運出電廠再處理

參、設計基準(安全)

1.異常燃料池冷卻

- a.具備調節用過燃料池水溫之能力、維持池水適當水位、足夠輻射屏蔽，使用過燃料池四周之輻射強度符合放射性區第二級之標準(2.5 mrem/hr)。
- b.在異常運轉狀況下，維持池水溫度低於150°F。

貳、設置目的

系統主要目的：

- A.移除用過燃料元件所釋出之衰變熱能，維持池水適當水溫，防止用過燃料元件過熱。
- B.保持用過燃料池正常水位，作為輻射屏蔽，減低放射性物質自池中逸出機會。
- C.維持池水適當水質，減少腐蝕作用。
- D.維持適當之能見度，便利燃料操作之水中作業。

參、設計基準(安全)

2.緊急補水

- a.在單一故障(Single Failure)情形下，過燃料池發生沸騰現象時，必須能提供足夠之補充水源以維持池水水位。
- b.即使在單一故障情形下，用過燃料池池水洩漏率達到50gpm時，必須能提供足夠之補充水源以維持池水水位。
- c.在冷卻池全部裝滿用過燃料及充滿不含硼之水，或發生地震事故時，必須保持 $K_{eff} \leq 0.95$ 。

參、設計基準(發電)

1. 控制用過燃料池和反應爐廠房上燃料池(Upper Pool)池水之純淨，便利燃料元件水中作業
2. 降低用過燃料池和上燃料池中分裂產物之濃度，防止自池中逸出而污染燃料廠房和反應爐廠房
3. 提供用過燃料池補充水，補償因池水蒸發之損失
4. 能調節用過燃料池水溫及維持池水適當水位，形成足夠之輻射屏蔽
5. 正常運轉狀況下，維持池水溫度低於130°F



用過燃料池冷卻器



肆、系統概述(圖1-1、1-2)

- 系統組成：
 - 二台燃料池泵(Fuel Pool Pump)
 - 二組熱交換器：吸收衰變熱量，維持適當水溫
 - 二組過濾式除礦器：淨化池水，維持適當水質
 - 一個洩水槽(Drain Tank)
 - 二台緊急補水泵(Emergency Makeup Pump)
 - 其他有關設備、管路、操作閥及儀控
- 異常燃料池冷卻使用餘熱排除系統(RHR)





肆、系統概述(圖1-1、1-2)(續)

正常運轉時，池水沿池邊之溢流口(Skimmer)溢流至洩水槽，燃料池泵自洩水槽汲水，泵送通過熱交換器和過濾式除礦器，然後自靠近用過燃料池和上燃料池底部之擴散管(Diffuser)流回，構成一循環。

伍、系統運轉

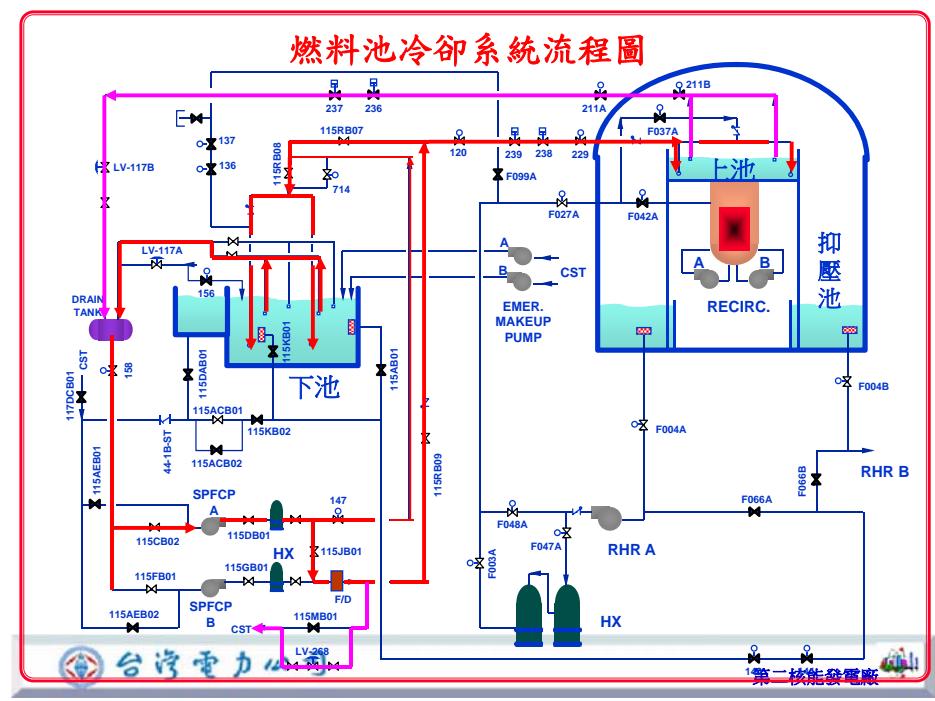
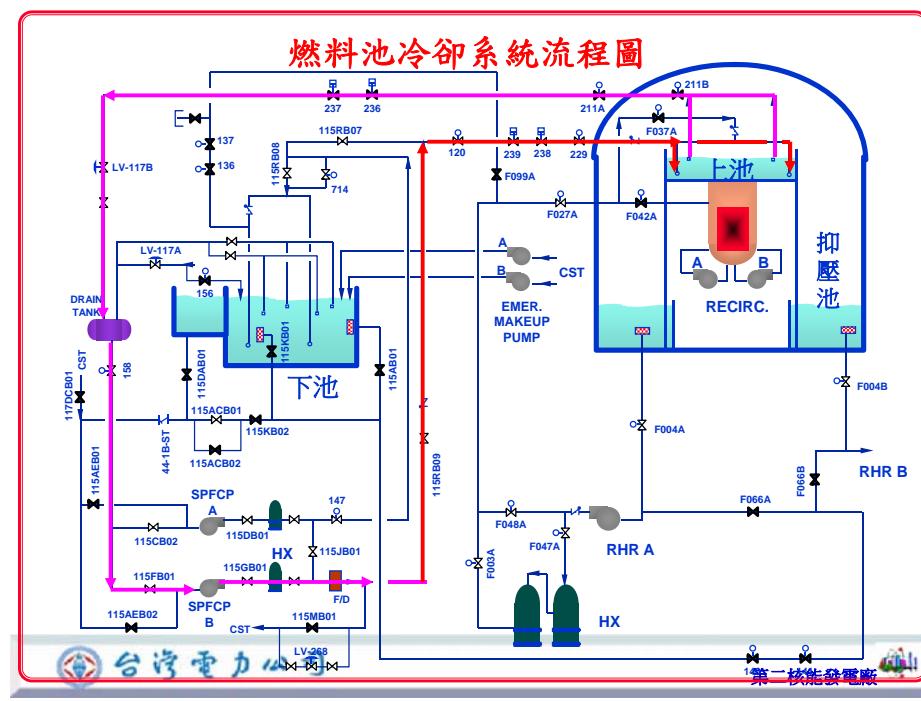
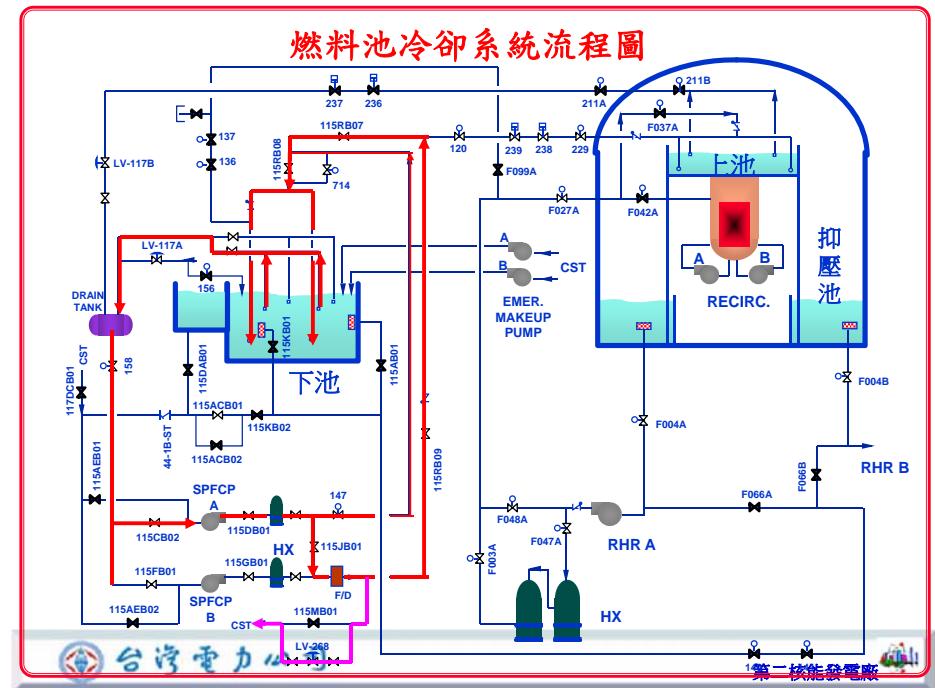
A. 正常運轉模式

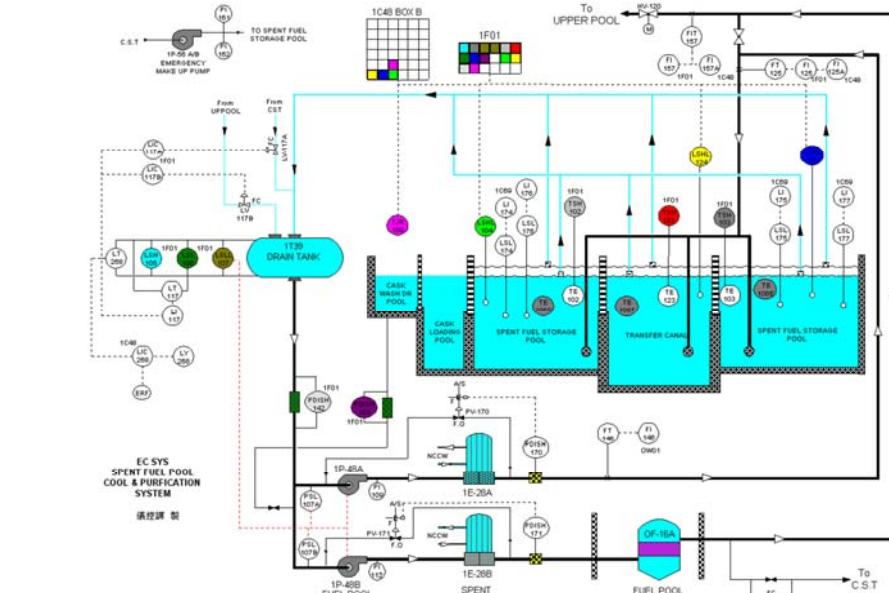
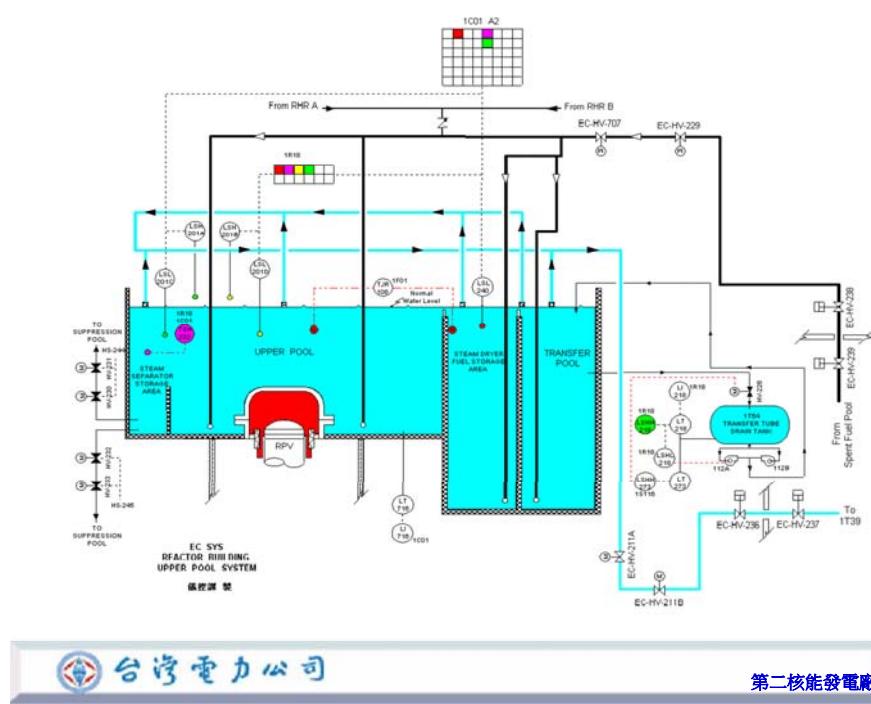
- 維持用過燃料池、反應爐廠房上燃料池及燃料傳送渠所需水質
- 維持池水溫度低於130°F。
- 在正常運轉時，用過燃料池最多可容納37%本次爐心用過燃料+前幾次添換燃料時移出的燃料。

伍、系統運轉(續)

在燃料添換期間，本系統可有兩種不同之流程：

1. 一迴路冷卻用過燃料池；另一迴路則淨化上燃料池池水，以便儘快獲得較佳之能見度。
2. 一迴路冷卻用過燃料池和上燃料池；另一迴路則用來作護箱裝載池(Cask Loading Pool)之快速洩水用。上燃料池之洩水，可排至壓力抑制池或廢料調節槽(Radwaste Surge Tank)，水質合乎規範時，可經EC-LV-268送回CST。





伍、系統運轉(續)

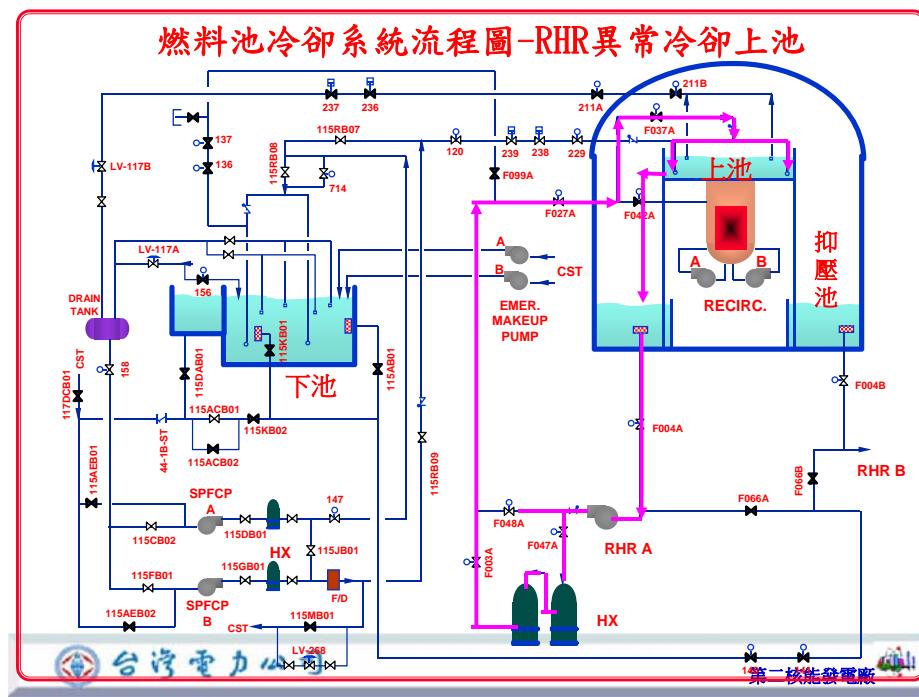
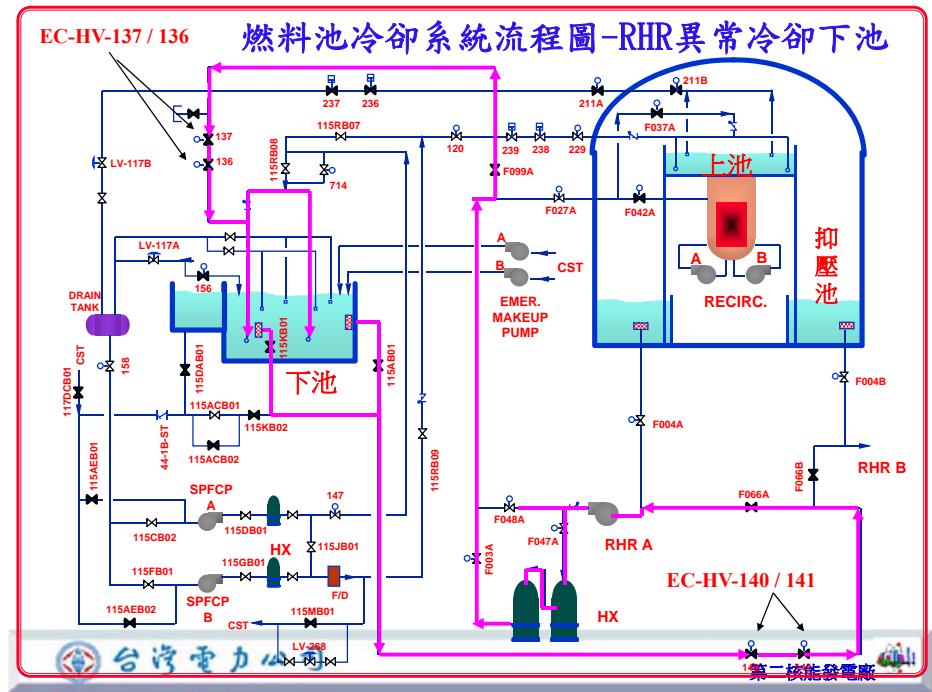
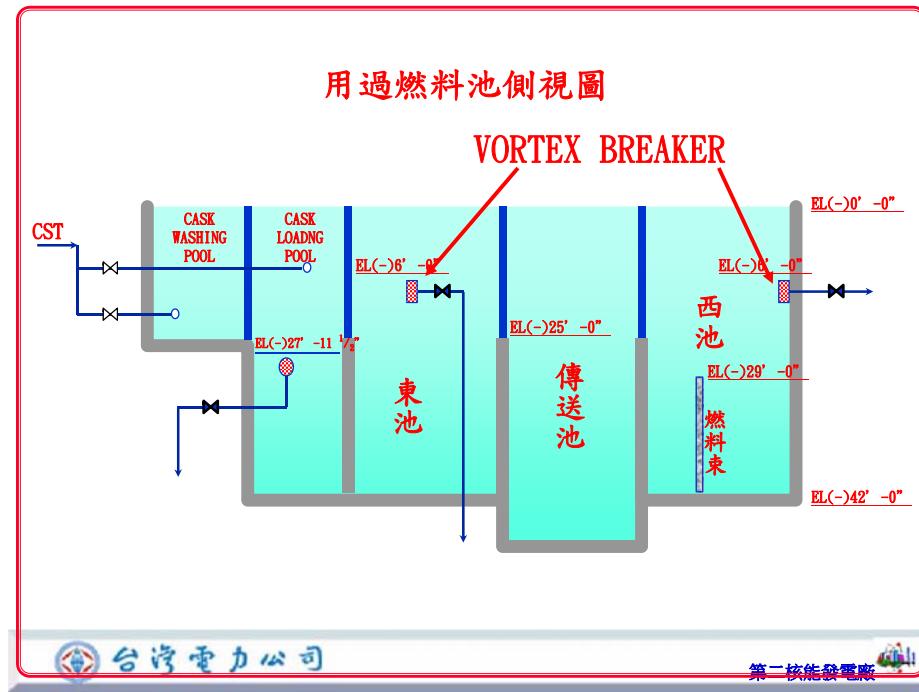
B.異常運轉模式

- 利用RHR A/B迴路
- 在系統因強震受損或熱負載過大時，作為後備冷卻系統
- 容納100%本次爐心用過燃料+37%前次爐心用過燃料(假設已經過一星期衰變)+前幾次添換燃料時移出之用過燃料

伍、系統運轉(續)

B.異常運轉模式

- 可以維持用過燃料池溫度不大於150°F
- 在異常運轉時池水不須淨化，RHR泵取自池水正常水位下方。
- 冷卻後經由擴散口再打回池中
- 如果碰到ECCS系統必須起動時，電動閥會自動隔離
- 自動隔離之冷卻水須由緊急補水系統供應

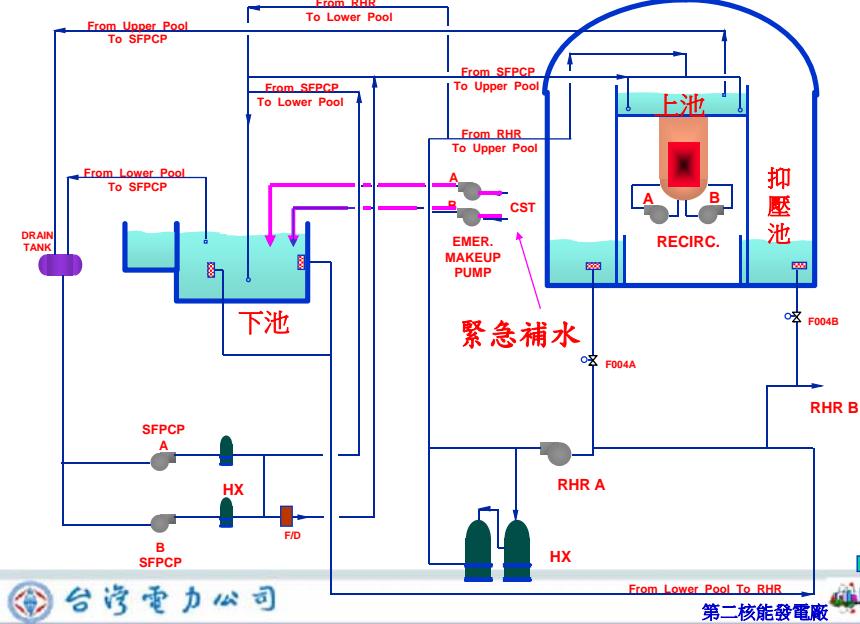


伍、系統運轉(續)

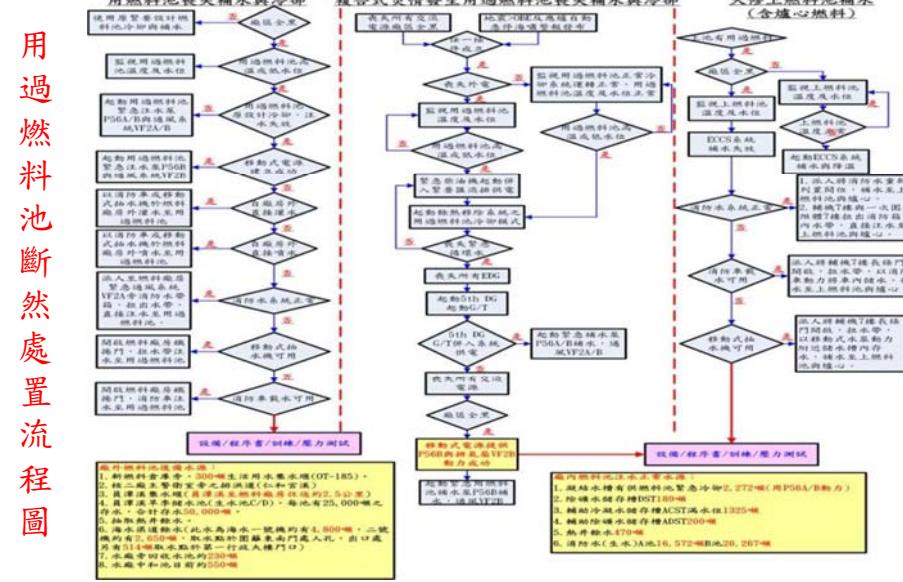
C. 緊急運轉模式

在正常系統和RHR管路均不能用來冷卻用過燃料池時，池水溫度允許升高到212°F(池水沸騰溫度)。此時，利用緊急補水系統，從CST取水補充因沸騰而造成之池水損失，CST水源可連續供應30天，其中50%來自一號機之CST或ACST，另外50%來自二號機之CST。

核二廠燃料池冷卻系統流程圖-緊急補水



核二廠用過燃料池及上燃料池(大修期間)斷然處置程序流程圖



陸、燃料池冷卻能力強化措施

- 配合機組斷然處置程序，已建置如何由山上消防生水池靠重力注水進入用過燃料池之作業程序。
- 演練直接以拉水帶方式注水進入用過燃料池之作業。
- 將用過燃料池緊急補水泵(P-56A/B)納入廠區全黑時緊急應變後備電源補強措施之供電負載範圍內。
- 進行自燃料廠房外設置消防水管穿過燃料廠房北側牆到廠房內燃料池邊之改善案，以利人員無法進入廠房時進行補水作業。(DCR-4059/4060)

陸、燃料池冷卻能力強化措施(續)

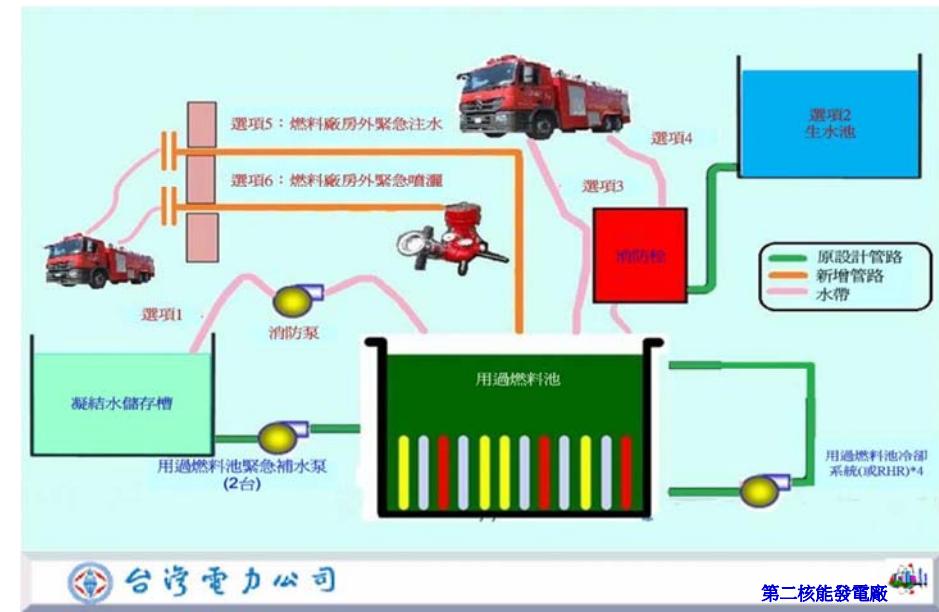
- 進行將用過燃料池溫度指示接至主控室、改用UPS電源、並增加水位指示儀器之改善案。(DCR-4032/4033已完工)
- 修訂作業程序書，規定剛退出爐心的的用過燃料與退出爐心一週期(含)以上或新燃料須以「棋盤式」的方式交錯擺置，以延緩燃料護套急速氣化發生火災的時間。(已完成程序書271.1修訂)
- 進行自燃料廠房外設置消防水管穿過燃料廠房北側牆到廠房內，連接相關水管及噴水頭之改善案，以利人員無法進入廠房時進行噴灑作業(DCR-4068/4069)

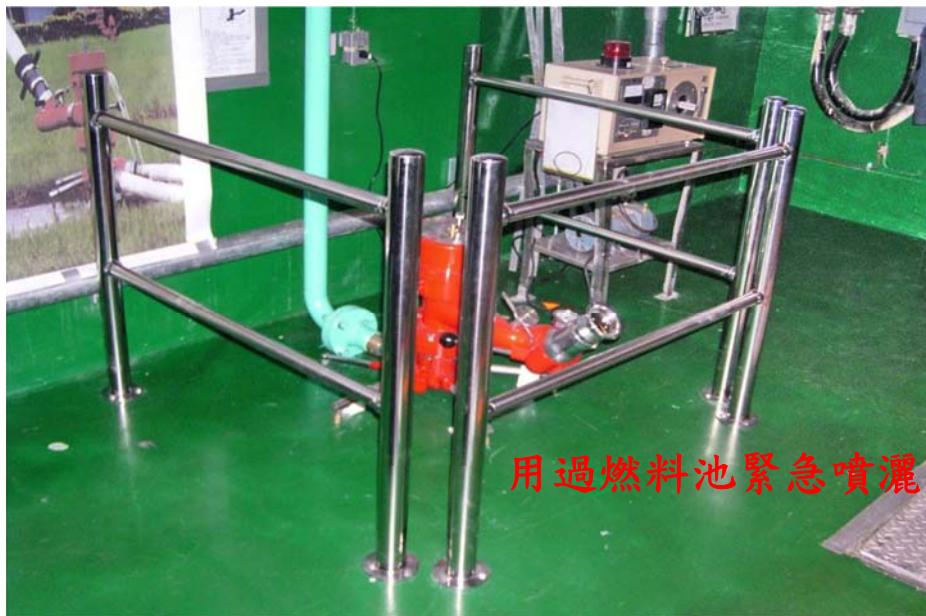
柒、用過燃料池之耐震性，及其他重物墜落而喪失之可能性

- 於大修前用過燃料池進行傳送池洩水維修或大修中上燃料池存放用過燃料而傳送池(或爐穴)進行相關洩水維修作業時，於發生OBE強烈地震後須派員至現場巡視確認水閘門未發生漏水狀況
- 防止燃料廠房之Cask Crane、Service Crane及Fuel Handling Platform及反應器廠房之Refueling Platform 於地震時在平行軌道方向產生滑移，將於上述4組吊(台)車上裝設止滑裝置



福島後用過燃料池之冷卻強化措施





台灣電力公司

第二核能發電廠

用過燃料池緊急噴灑



台灣電力公司

第二核能發電廠



台灣電力公司

第二核能發電廠



台灣電力公司

第二核能發電廠