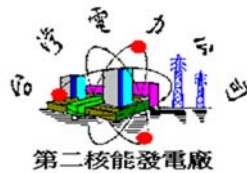


電廠冷卻水系統



模擬中心

104年7月

大綱

- 壹、瞭解循環水系統(Circulating Water System)
- 貳、瞭解核機冷卻水系統(NCCW)
- 參、瞭解汽機廠房冷卻水系統 (TPCCW)
- 肆、瞭解緊急循環水系統(ECW)

電廠冷卻水系統

※、海水

- 1. 循環水系統(CW System)
- 2. 外部循環水
- 3. 緊急循環水系統(ECW) (安全系統)

※、淡水 (以海水為冷卻水源--間接冷卻)

- 1. 核機冷卻水系統(NCCW)
- 2. 汽機廠房冷卻水系統(TPCCW)

壹：循環水系統

一、概述：

循環水系統之主要功用為供給冷卻水至主冷凝器，用以冷卻汽機之低壓排汽，使凝結為水。

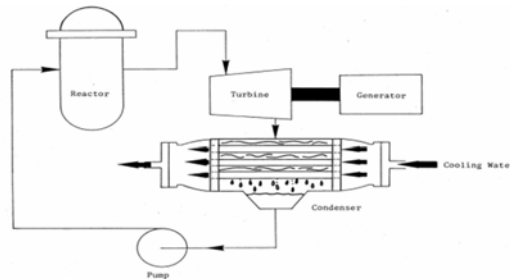
此系統之水源取自大海，海水經由循環水泵輸送到汽機冷凝器之管側，吸收汽機排汽潛熱後，排至循環水排水渠道，再回到大海。

二、主要功用

- 供給足夠冷卻水至**主冷凝器**，用以冷卻低壓汽機之排汽，使其凝結為水。
- 系統之水源取自大海，海水經由**循環水泵**輸送到汽機冷凝器之**管側**，吸收汽機**排汽潛熱**後，排至循環水排水渠道，再回到大海。

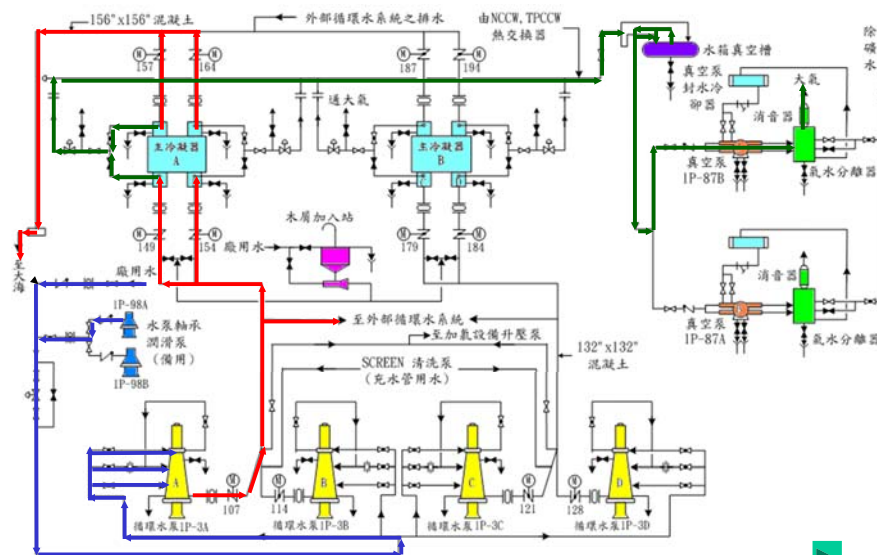
• 兩個附屬系統：

- 外部循環水系統
- 水箱真空系統



三、循環水流程

- 鋼筋混凝土結構的泵室，每部機組共有四座進水池，每池有一部迴轉攔污柵和一台循環水泵
- 每兩台水泵共用一條渠道，共有兩條渠道，中間有78"直徑連通渠道相連，各渠道分別供水至一個主冷凝器
 - 渠道為一正方形(132" x 132")混凝土輸水渠道，到達廠房分為兩支96"直徑管進入一冷凝器之兩個進口水箱
- 海水通過冷凝器後進入四個出口水箱，分別經96"直徑管排入一個共用正方形(156" x 156")混凝土的循環水排水渠道，流回大海
- 每台水泵出口及每個冷凝器進出口水箱均裝置有伸縮接頭和蝶形閥



循環水系統

核二廠循環水進水口





核二廠循環水進水口

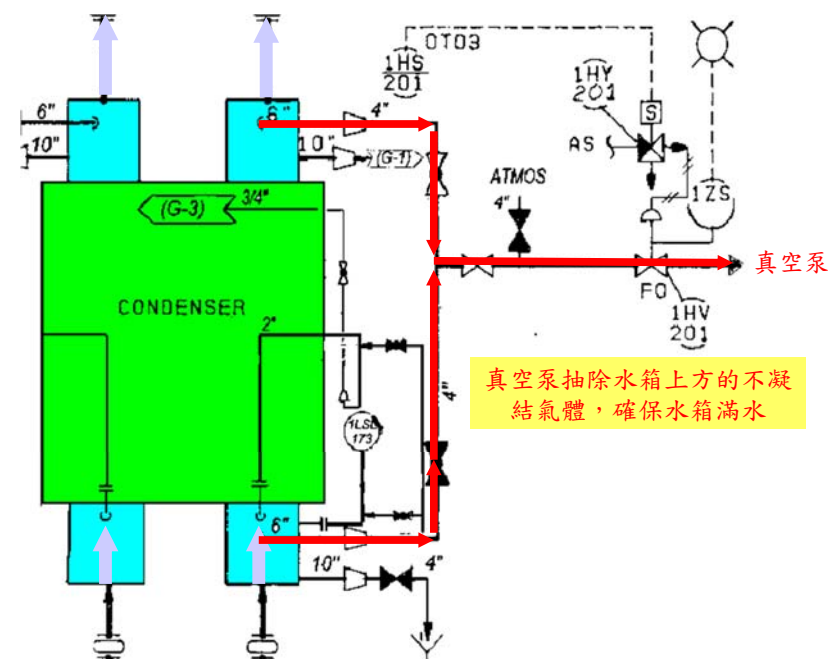
四、冷凝器水箱真空系統

PAID

- 循環水泵起動時，用以幫助主冷凝器水箱充水。
- 抽取下列系統管路頂端集結的空氣，使充滿水，以減少輸水系統阻力及增加冷凝效果：
 - 冷凝器出口水箱
 - NCCW熱交換器出口水箱
 - TPCW熱交換器出口水箱
 - 正常冷凍水冷凝器出口水箱

水箱真空系統(Water Box Vacuum System)

- 設備：
 - 一個水箱真空槽
 - 兩個各100%容量的水箱排氣泵(Scavenging PP P-87A/B)
 - 用以抽取水箱真空槽中的空氣
 - 正常一台泵保持運轉另一台備用
 - 兩部機水箱真空系統能相互連通

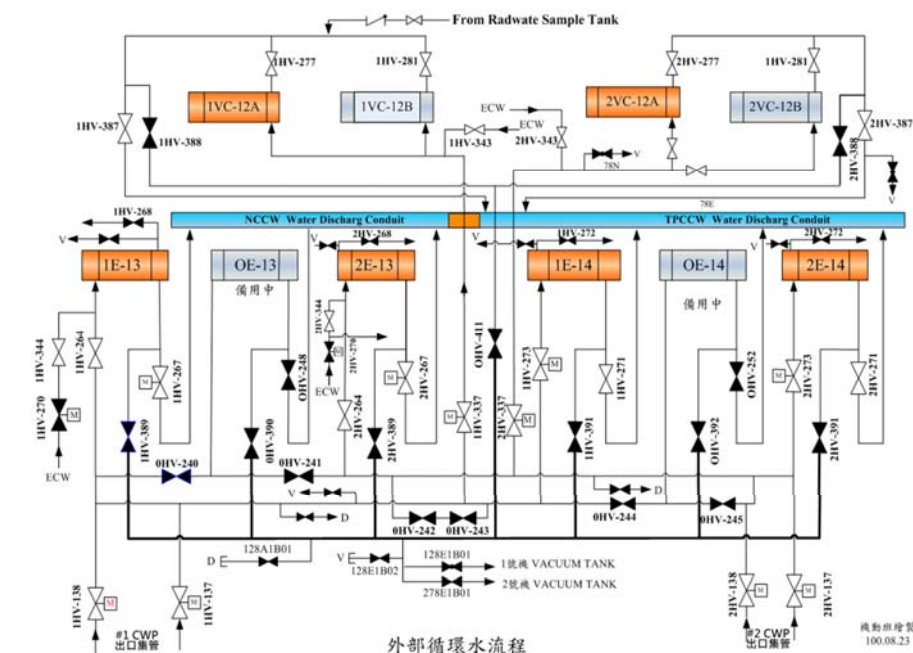




排氣泵馬達

五、外部循環水系統

1. **經常供水流程**—兩條輸水渠道，引出54"直徑主幹管一條，再分別供水至NCCW和TPCW熱交換器以及正常冷凍水系統冷凝器，冷卻後再排至循環水系統排水渠道，流回大海。整個流程中，有粗細不同的管路，但沒有水泵設備(由循環水泵供水)。
2. **附屬流程**—此流程各閥在正常時為關閉狀態，供給備用設備冷卻用。水源來自各機組54"主幹管，引出支管送水至兩部機組共同設備之NCCW熱交換器和TPCW熱交換器及正常寒水器冷凝器，冷卻後再排至循環水系統排水渠道，流回大海。
3. **兩台RHR升壓泵**可由#1或#2機組之外部循環水之幹管取水，必要時可以供給正常停機時RHR熱交換器之冷卻用水。



外部循環水流程

機組用繪製
100.08.23

貳、核機冷卻水系統(NCCW)

一、設計標準：

1. NCCW系統須有足夠的容量，提供抗腐性冷卻水，以冷卻正常運轉或異常情況的反應爐各種附屬設備。
2. NCCW系統是封閉式循環，冷卻正常電廠運轉中具有放射性之各系統，NCCW系統再由外部循環水系統冷卻，如此安排可增加放射性系統之屏蔽，減少放射性物質由冷卻水排入大海，污染環境。
3. NCCW系統須能防止管路之長期腐蝕，以免影響系統功能。

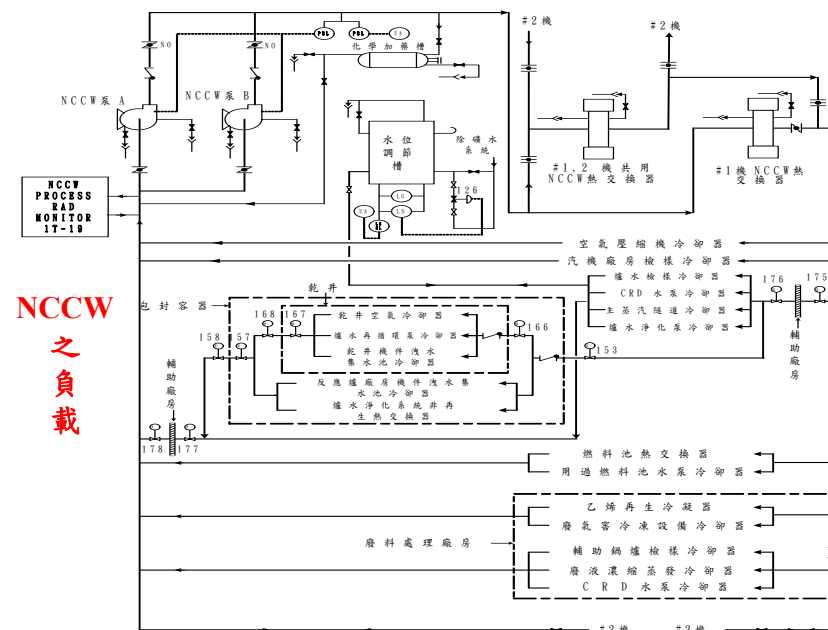
二、系統說明

1. 此系統是一個封閉式系統，供給反應爐廠房、乾井、輔助廠房及廢料處理廠房各附屬設備之冷卻水。
2. NCCW系統包括水泵、熱交換器、化學藥液添加槽、水位調節槽及其他必要之閥、管路和儀器等。
3. 每部機組有兩台100%容量之離心水泵，正常使用一台運轉，一台備用，每台容量8,300 gpm。
4. 每部機組有一台100%容量之熱交換器，另有一台兩部機共用的備用熱交換器。
5. NCCW系統之熱量，由外部循環水系統吸收帶出，外部循環水通過NCCW熱交換器之管側，而NCCW閉路循環水通過殼側。

6. 每部機有一化學藥液添加裝置，注入化學藥品溶液，以減少NCCW系統管路腐蝕。
7. 每部機有一個調節槽(Head Tank)，用以補充及調節系統使用水，保障水泵進口壓力，由除礦水系統(Demineralized Water System)補水。
8. 此系統之包封容器穿越管線及各隔離閥，是依照地震之第一類強度及ASME法規第三節第二類(ASME Code Section III, Class 2)之規定設計—即設計壓力150psig，設計溫度500°F。其餘部份，依照ANSI B31.1.0及ASME Section V III之規定，設計壓力125psig。但本系統實際運轉最大壓力8.5kg/cm²，最大溫度130°F。

三、安全評估

1. NCCW系統運轉與下列情況無關：
 - a. 反應爐冷卻水壓力邊界之完整。
 - b. 反應爐安全停爐。
 - c. 防範或減緩潛在的廠外曝露事故，而不超過10CFR100規定值。
2. 有部份之NCCW系統管路貫穿包封容器，則在進出包封容器之兩端都需設置電動隔離閥。
3. NCCW系統除供作冷卻各核機系統外，並可做各核機系統洩漏之屏蔽，在系統上裝有輻射偵測器，用以偵測核機各系統有無放射性物質漏洩至NCCW系統。倘若NCCW系統破裂，冷卻水漏洩將被收集到地面洩水集水池(Floor Drains and Sumps)，然後送往廢料處理系統。漏洩之偵檢是利用系統供水集管上之壓力儀器及藉偵測集水池流量與系統補水流量而測定出來。NCCW系統管路之設計，應不使管路破裂漏洩而損害到任何安全有關之設備。





叁、汽機廠房冷卻水系統(TPCCW)

一、設計標準

1、TPCCW能供給足量而又能防止
管路腐蝕之冷卻水，經過封閉回
路以冷卻機組正常運轉中之汽機
附屬設備。

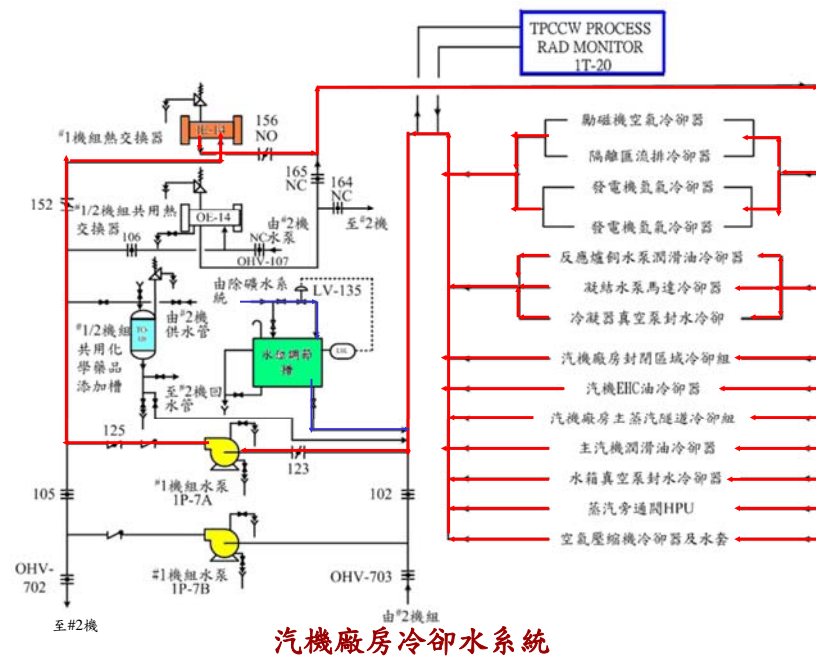
2、TPCCW之冷卻水由外部循環水
系統經熱交換器冷卻

二、系統說明

1. TPCCW系統為閉路式冷卻水系統，包含水泵、熱交換器、化學藥液添加槽、水位調節槽及其他必需之管路、閥以及儀器等。
2. 每一機組分別有二台獨立100%容量水泵(容量11,200gpm)及一只100%容量之熱交換器。
3. 另有兩部機組共用之一只100%交換器。
4. TPCCW之熱量由外部循環水系統冷卻，即海水通過TPCCW熱交換器之管側，而TPCCW冷卻水通過殼側。
5. 有一個兩部機共用之化學藥液添加槽，將化學藥品溶液注入TPCCW系統，以減少該系統之腐蝕。
6. 每一機組分別有一個水位調節槽，維持水泵之吸水正壓，補充水由除礦水系統供給，補水閥可自動開啟或手動開啟其旁通閥以控制水位。

三、TPCCW水位調節槽

- 設於汽機廠房的TPCCW系統的高點。
- 調節槽的主要功用為：
 - 承受系統冷卻水的熱膨脹/冷縮。
 - 補充系統冷卻水的洩漏。
 - 提供TPCCW泵進口的淨正壓吸水頭(NPSH)。
- 調節槽的補水：
 - 除礦水經由補水閥自動控制，維持調節槽的水位。
 - 補水閥採**故障開啟**的設計。



TPCCW調節槽



肆、ECW 緊急循環水系統

一、系統設計標準

1. 緊急循環水(ECW)系統，能提供安全設備的冷卻水，以防止放射污染外洩至周圍環境。
2. 電廠事故情況發生時，能自動起動運轉，不必操作員操作即可應付LOCA事故後之冷卻任務。
3. 須符合第一類防震。
4. 設計上容許定期檢查，以確保系統所有機件之完整及可用性。
5. 發生下列任一事故時，仍能使反應爐安全停機：
 - 設備故障引起大量蒸汽或水外洩，如管路斷裂。
 - 管路斷裂導致流體之噴射及管路搖曳。
 - 由設備故障導致飛射物之破壞。
 - 火災。
 - 地震。

二、緊急循環水系統之負載

- 共有三個分離的獨立迴路：
 - 第一區及第二區之冷卻水系統(容量9500gpm)，供給：
 - RHR A/B 的熱交換器
 - DIV I / II 備用柴油發電機護套冷卻水冷卻器
 - DIV I / II 緊急寒水冷凝器
 - NCCW HX(LOOP時手動LINE-UP，#1~ECW A；#2~ECW B)
 - 第三區：高壓噴灑系統(HPCS)之冷卻水系統(容量900gpm)，供給：
 - 高壓噴灑水系統之柴油發電機護套冷卻水冷卻器
 - 高壓噴灑水泵室卻器
 - 高壓噴灑系統開關室冷卻器。

三、系統概述

1. 在ECW出口處裝有輻射偵檢器，以偵測因RHR熱交換器管漏外洩之放射性物質，只提供控制室警報。
2. ECW A/B運轉壓力低於RHR A/B，為防止海水洩漏到RPV，設計上當熱交換之管側壓力高於殼側壓力，控制室有差壓警報“RHR A(B) Hx Tube Shell Hi Diff Press”，提醒運轉員採取處置行動。
3. 在系統試驗、正常停機或反應爐隔離時，本系統須由運轉員在控制室手動操作。
4. 在LOCA時，依柴油發電機加載順序(Load Sequence)自動起動，無需值班員操作。
5. 緊急冷凍水系統自動起動時，此系統將自動起動運轉。
6. 在LOCA事故中，若又喪失外電，將暫時停止，直至備用柴油發電機自動起動供電後，依柴油發電機加載順序(Load Sequence)自動再起動。

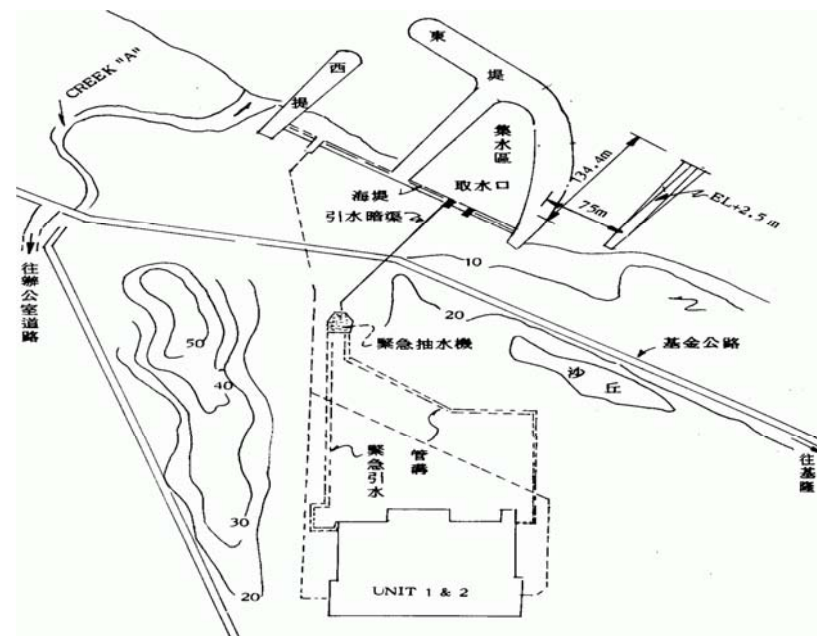
核二廠區鳥瞰圖



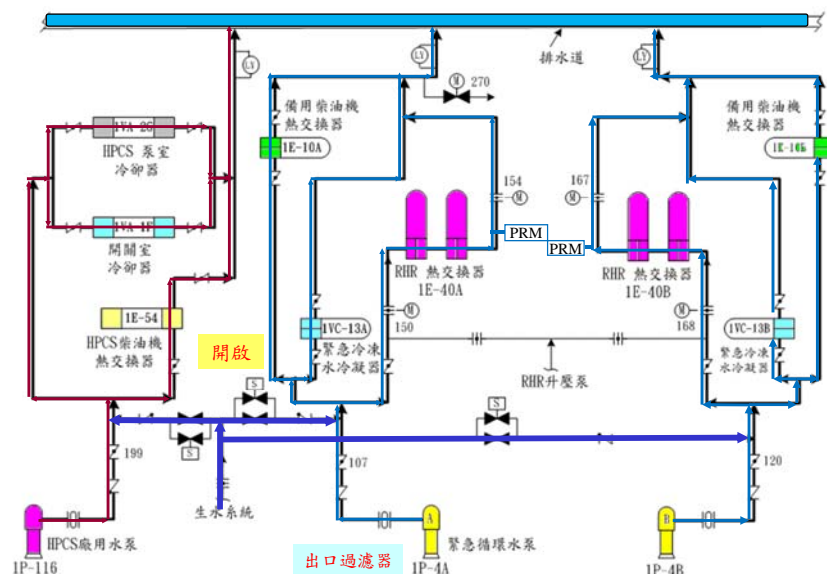
-34-



為防範海嘯等天災，緊急冷卻水設計上有一獨立的取水池。



緊急循環水系統佈置圖



緊急循環水系統

四、緊急冷卻水系統泵室的主要設備

1、緊急冷卻水泵

每部機各三台，分別為：第一區及第二區之冷卻水泵(容量9500gpm)及高壓噴灑系統(HPCS)之冷卻水泵(容量900gpm)。

2、緊急泵室迴轉攔污柵

每部機各裝置三台，每台由1HP馬達單速經減速齒輪箱帶動，馬達轉速1750 RPM，並配合沖洗泵，經由噴嘴之高速噴射海水，使污物及海生物得以完全清除，以確保冷卻水乾淨流暢。

3、緊急泵室迴轉攔污柵沖洗泵

每部機各裝置三台，供給三台迴轉攔污柵沖洗之用。

4、緊急泵室海水閘門

每部機有60"x 60"閘門三座，經由馬達手動操作。

緊急冷卻水系統泵室的主要設備

5、緊急泵室2噸單軌電動鍊條式吊車

緊急泵室裝置2噸單軌電動鍊條式吊車一部及手動吊車一台，供檢修緊急循環水泵、水閘門與迴轉攔污柵沖洗泵之用。

6、緊急泵室雜項設備等

五、緊急循環水泵室防海嘯能力之提升

1. 核二廠海嘯溯上設計高度為10.28公尺，對位於高程12公尺之廠房區，可有效避免設計基準下，海嘯之侵襲。但本廠緊急循環水泵(ECW)馬達高程則僅有7.9公尺，在發生設計基準海嘯下，海水可能自ECW 取水渠道湧入ECW 泵室，造成馬達淹水損毀。

2. 對此，本廠進行提升緊急循環水泵室之防海嘯能力，以進行封堵方式，阻隔海水侵入相關設備，主要措施為增設水密門，此項改善措施已於100年6月30日完成。現在緊急循環水泵室之防海嘯能力，已與廠區其他廠房一致。



ECW 泵室舊況

-41-

ECW泵室完工後現況—防水牆與水密門



-42-

馬達控制中心防淹水短牆



-43-