

第三十二章

廠用海水與汽機廠房冷卻水

1

課程內容

壹、廠用海水系統

- 一、概述
- 二、設計基準
- 三、組件介紹
- 四、系統介紹
- 五、系統運轉
- 六、儀表與連鎖
- 七、注意和限制條件
- 八、運轉規範

2

廠用海水系統

(Nuclear Service Cooling Water System)

一、概述：

1. 廠用海水系統 (NSCW) 在機組正常運轉時，提供海水至廠內各相關系統，爐心失水事故 (LOCA) 或其他設計基準事故時，提供海水到緊要安全設施使用。
2. 此系統提供海水至下列設施及系統，把運轉中各組件產生之熱量帶走，可分為安全相關與非安全相關部份：

3

(1) 安全相關串 (有A串及B串) (圖32-1)

- ① 核機冷卻水系統 (CCW) 熱交換器。
- ② 緊要寒水系統寒水機冷凝器。
- ③ 緊急柴油發電機冷卻水熱交換器。

(2) 非安全相關串

- ① 中央寒水系統寒水機之冷凝器。
- ② 汽機廠房冷卻水系統熱交換器。
- ③ 主汽機冷凝器機械真空泵封水冷卻器。
- ④ 進出管制廠房及行政廠房 (一號機) 寒水機冷凝器。
- ⑤ 次氯酸鈉 (NaOCl) 產生器。
- ⑥ 循環水泵潤滑水

4

二、設計基準

1. 廠用海水系統在任一設備單一故障時，不會損壞系統執行安全設計基準的能力。
2. 本系統在安全停機地震（SSE）發生時，仍然能執行其功能。

6

3. 在事故時，自動隔離閥將非安全相關的負載隔離，且確保每一安全串的負載均有一台廠用海水泵提供海水來冷卻。

4. 廠用海水系統的迴轉欄污柵將廠用海水帶進來的雜物去除後收集帶走。

避免：

(1) 堵塞安全及非安全相關負載的熱交換器管子。

(2) 傷害到廠用海水泵的葉片。

5

二、設計基準

3. 本系統有足夠的能力承受颱風、洪水及其他天然災害的侵襲。

(1) 進水口的結構能承受海嘯及颱風的侵襲，操作層的所有門戶通道都經過密封，防止海水或雨水滲進造成淹水，損害泵和迴轉欄污柵。

(2) 海嘯發生的大退潮，廠用海水泵仍有足夠淨正吸取水頭（NPSH）。

① 泵的進水池位於平均海平面下11.1公尺。

② 而可能發生的最低海平面是負8.9公尺。

③ 至少有2公尺以上的水位差，使泵的葉片能浸在海水裡轉動。

7

二、設計基準

4. 因為每串的泵都是100%容量，所以在固態邏輯卡片裡，每串各有一台泵被設定在“優先”（lead）位置，在安全注水時優先起動。目前A串P103，B串是P105。
5. 廠用海水系統的主動元件（如泵、電動閥、和氣動閥），在功率運轉時，能被檢查和測試。
6. 流過迴轉欄污柵的海水速度不會超過每秒1呎。

8

二、設計基準

7. 迴轉欄污柵能在5呎的前後差壓水頭下運轉。
 - (1) 各部機組各有兩個迴轉欄污柵及兩台欄污柵清洗泵，各欄污柵之清洗泵出口可互相連通。
 - (2) 迴轉欄污柵及欄污柵清洗系統收集雜物後由排水溝集中於一地方，便於清理。
8. 進水口最高預期溫度是32.2°C，廠用海水系統預期最高進水溫度是33.9°C。

9

三. 組件介紹

1. 進水口結構是防震一級設計。
 - (1) 廠用海水系統各安全串兩台共用一進水渠道。
 - (2) 與循環水泵室不同的是此水泵之進口水池低於海平面10英呎，作為最終熱沈，萬一發生海嘯或其他故障時，由於具有足夠的水源，仍可繼續運轉30分鐘。
 - (3) 海嘯時，浪高約為36呎，也就是在操作面層以上11呎。海嘯受到防波堤及廠房構築的阻擋，不致對廠用海水泵及迴轉欄污柵設備造成損壞。

10

三. 組件介紹

- (4) 進水池後面依序是固定欄污柵、閘門、迴轉欄污柵、細網。
 - ① 固定欄污柵
 - (A) 防震一級設計。
 - (B) 碳鋼構造，塗有環氧基焦油層。
 - (C) 阻擋較大尺寸海中懸浮雜物，以免堵塞或損傷迴轉欄污柵。
 - ② 閘門可以關閉進口水源，便於檢修水泵。

11

三. 組件介紹

- ③ 迴轉欄污柵是垂直迴轉，由鏈條帶動，必要時，也可以手動迴轉。
 - (A) 迴轉網寬7呎，0.015吋蒙鈉合金，網目是3/8吋。
 - (B) 每個迴轉欄污柵額定流量是22500 gpm，迴轉速度每分鐘1呎。
 - (C) 從480V電源A-1E-PH-E06和B-1E-PH-E06受電。
 - (D) 正常運轉時，欄污柵前後差壓從0到22.9公分水頭。
 - (E) 現場皆有一寸動（Jog）控制按鈕，供迴轉欄污柵寸動（Jog）迴轉。

12

三. 組件介紹(圖32-3)

- ④一個迴轉欄污柵配置一台欄污柵清洗泵。
 - (A)清洗泵可提供約100psig的高壓水流，沖清迴轉欄污柵上的雜物。
 - (B)泵為直立深井式，在98公尺出口水頭時，流量450gpm。
 - (C)是離心式泵，電源從安全串480V的A-1E-PH-E06和B-1E-PH-E06電源受電。
- ⑤細網可以確保進入水泵之海水無雜物存在。

13

三. 組件介紹

- (5)廠用海水系統每一安全串各有兩台容量100%的水泵。
 - ①水泵的型式為垂直輪機型，在44.5公尺高的水頭時，每台的出口流量是22500gpm。
 - ②馬達容量1250HP，885rpm，供給電源來自4.16KV匯流排，A-PB-S01供給A和B水泵，B-PB-S01供給C和D水泵。
 - ③水泵遇到最大的海潮或海嘯時，仍可正常運轉。

14

三. 組件介紹

- 2. 除了汽機廠房冷卻水系統的熱交換器進口閥外：
 - (1)管路上各電動閥都是從緊要馬達控制中心(M. C. C.)受電。
 - (2)各氣動閥都是防震一級，接到緊要安全設施(ESFAS)動作信號，會自動關閉。失去操作空氣或電源時，也是會自動關閉。

15

三. 組件介紹

- 3. 為了防止管路生鏽，都內襯以橡皮。
 - (1)埋管每隔76.2公尺的間隙，都有一個91.4公分寬的人孔，便於定期檢查管路內襯及塗裝材質。
 - (2)管路上有測試接頭和膨脹接頭，以便檢修各段防震一級的埋管。
- 4. 本系統啟用前，各熱交換器負載需執行流量平衡，因此，管路上安裝流量計之臨時接頭。

16

四、系統介紹(圖32-1)

1. 本廠的廠用海水系統提供緊要安全設施 (ESF) 及其他非安全相關設備冷卻之用。
2. 由兩個容量100%的雙重串組成，每一串有兩台容量100%的水泵 (A-P103、A-P104、B-P105、和B-P106)。
3. 從南灣的最終熱沈 (Ultimate Heat Sink) 經廠用海水泵取水。
4. 此泵室為鋼筋混凝土結構，二部機組共有四座進水池。
5. 每座進水池配置一部迴轉欄污柵、固定欄污柵、細網以及兩台迴轉欄污柵清洗泵、廠用海水泵軸封冷卻水設備和加氯設備。

17

四、系統介紹(圖32-1)

6. 次氯酸鈉產生器的水源，需要時可由B串供給，安全注水信號時會自動隔離。
7. 每串的廠用海水泵出口構成一條集管，提供海水給非安全相關設備。
8. 在A串和B串泵出口均有一條15.24公分直徑的回流大海管路，其功能是：
 - (1)在檢修廠用海水泵時，管路洩水之用。
 - (2)泵檢修後，測試泵時，作為最小回流管路。
9. B串也單獨提供冷卻海水到進出管制廠房的寒水機冷凝器 (二號機是GX-Z131和GX-Z132)；(一號機多一台GX-Z133)。

18

四、系統介紹(圖32-1)

10. 行政廠房的風扇冷卻水由一號機的進出管制廠房寒水機提供。
11. 廠用海水系統的管路設計安排，當氣動隔離閥 (HV-103、HV-203、HV-122、HV-222) 隔離兩個安全串時，每個安全串將僅提供海水給自己相關串的安全相關設備。
 - (1)非安全相關負載由一條91.4公分直徑的管路供給，其位於A串隔離閥HV-103，B串隔離閥HV-203的下游。
 - (2)HV-103和HV-203這兩個隔離閥在下列狀況時會關閉：
 - ①控制室開關 (JP004) 按“關閉”。
 - ②安全注水信號。
 - ③失去控制電源。
 - ④失去操作空氣時。

19

四、系統介紹(圖32-1)

- (3)非安全相關負載再分別由兩條較小的集管所供應。
 - ①61公分直徑管路上隔離閥HV-105的下游。
 - ②76.2公分直徑管路上隔離閥HV-205的下游。
 - ③HV-105和HV-205這兩個電動隔離閥在緊急狀況 (安全注水時)，會將非安全相關的廠用海水負載隔離。
 - (A)HV-105隔離中央寒水系列寒水機。
 - (B)HV-205隔離下列負載：
 - (a)汽機廠房冷卻水系統熱交換器。
 - (b)主汽機冷凝器機械真空泵封水冷卻器。

20

四、系統介紹(圖32-1)

- (4)到A、B兩串安全相關負載的兩個集管都是91.4公分直徑，分別由電動隔離閥HV-106和HV-206所隔離。
- ①HV-106和HV-206這兩個隔離閥在安全注水信號時會自動維持打開位置。
 - ②控制開關在JP018和JP017盤上。

21

四、系統介紹(圖32-1)

- (5)在防震一級鋼筋混凝土建築的閥室裡，有下列閥：
- ① HV-103、HV-203非安全串隔離閥
 - ② HV-106、HV-206安全串隔離閥
 - ③ HV-105、HV-205非安全串隔離閥
 - ④ HV-121、HV-221安全串隔離閥
 - ⑤ HV-122、HV-222非安全串隔離閥
 - ⑥ HV-223中央寒水機出口閥
- (6)安全相關負載的進口閥位於組件附近，接到安全設施動作信號會自動打開，這些閥是：
- ①核機冷卻水熱交換器隔離閥HV-107、HV-207。
 - ②緊要寒水冷凝器隔離閥HV-112、HV-212。
 - ③緊要柴油機廠用海水隔離閥HV-117、HV-217。

22

四、系統介紹(圖32-1)

- (7)汽機廠房冷卻水系統每個熱交換器之海水進口側有一個電動碟形閥（HV-342和HV-343），在JP009盤上操作交換使用，現場有旁通閥做為熱交換器充水時用。
- (8)進出管制廠房寒水機的海水側進出口有兩個電動閥(HV-238、HV-243)，接到安全注水信號時會自動關閉。
- 進出口另兩個碟形閥（HV-237、HV-242）在下列狀況會自動關閉：
- ①控制室JP004盤按下“關閉”開關。
 - ②安全注水信號動作時。
 - ③失去操作空氣。
 - ④失去控制電源時。

23

四、系統介紹(圖32-1)

- (9)中央寒水機冷凝器和機械真空泵封水冷卻器的海水進口閥由現場操作碟形閥或閘閥來控制。
- (10)非安全相關負載熱交換器上游的壓力釋放閥（熱釋放閥）可以在失去冷卻海水（被隔離）時，移除累積的熱能。
- ①主汽機冷凝器機械真空泵釋放熱量回循環水排放渠道。
 - ②汽機廠房冷卻水系統熱交換器和進出管制廠房寒水機(及中央寒水機冷凝器)釋放熱量到地面洩水孔。

24

四、系統介紹(圖32-1)

- (11)兩個安全串的負載排水到兩條91.4公分直徑的排水管。
- ①每條管路各有一個出口電動隔離閥，HV-121和HV-221（可以調節開度）。
 - ②這兩個閥接到安全注水信號時會自動打開，使海水供應到安全負載。
- (12)廠用海水系統出口有一條61公分直徑的連通集管，位於兩條91.4公分安全負載排水管路間。
- ①管路上有兩個氣動隔離閥HV-122和HV-222。
 - ②此兩閥在失去操作空氣或電源時會自動關閉。
 - ③在接到安全注水信號和泵出口低壓力時，會將兩個安全串隔離。

25

四、系統介紹(圖32-1)

- (13)中央寒水系統寒水機冷凝器出口管路是61公分直徑，併入廠用海水出口連通集管。
- (1)管路上有一個可以手動調節（JOG）開度的電動閥HV-223。
 - (2)安全注水時，會將中央寒水系統隔離。

26

四、系統介紹(圖32-1)

12. 各負載的冷卻海水，最後經由廠用海水排放管路排到南灣海面的有：
- 1. 核機冷卻水熱交換器（A-EG-X040和B-EG-X041）。
 - 2. 緊要寒水系統寒水機冷凝器（A-GJ-Z006和B-GJ-Z007）。
 - 3. 緊要柴油發電機（A-KJ-E001和B-KJ-E002）。
 - 4. 中央寒水系統寒水機冷凝器（N-GB-Z049、N-GB-Z050和N-GB-Z053）。
 - 5. 進出管制廠房寒水機冷凝器。

27

四、系統介紹(圖32-1)

13. 各負載海水排進循環水系統排水渠道的有：
- 1. 汽機廠房冷卻水系統熱交換器（N-EB-X038，和N-EB-X039）。
 - 2. 冷凝器真空泵封水冷卻器（N-CG-P042，N-CG-P043，N-CG-P044）。

28

五、系統運轉

1. 正常運轉時(圖32-1)

- (1)每部機組的四台廠用海水泵，每串運轉一台，其餘兩台備用。
- (2)藉著閥的調整，輸送到各廠房負載的流量大小，可以保持平衡狀態。
廠用海水提供下列負載的冷卻：
 - ①核機冷卻水A串及B串（走HV-207的旁通閥HV-211）。
 - ②汽機廠房冷卻水熱交換器A串或B串。
 - ③冷凝器機械真空泵封水冷卻器一台。
 - ④中央寒水機冷凝器一台。
 - ⑤進出管制廠房寒水機一台。

29

五、系統運轉

2. 異常運轉時：

- (1)在發生安全注水時，由於兩安全串互相隔離，提供海水到安全相關負載。
以下非安全相關設備都會失去冷卻海水：
 - ①進出管制廠房寒水機冷凝器。
 - ②中央寒水系統寒水機冷凝器。
 - ③汽機廠房冷卻水熱交換器。
 - ④冷凝器機械真空泵封水熱交換器。
 - ⑤次氯酸鈉產生器。

30

五、系統運轉

- (2)安全注水時的安全相關負載：
 - ①緊急柴油發電機冷卻水熱交換器。
 - ②緊要寒水系統寒水器冷凝器。會有海水流過，帶走熱量。
- (3)核機冷卻水熱交換器B串在安全注水時，HV-211會關閉，而大管路隔離閥HV-207會自動打開，使A、B兩串都有較大流量通過。
- (4)當接到安全注水訊號時，所有迴轉攔污柵及清洗泵會立刻自動起動，持續運轉。

31

五、系統運轉

- (5)當管路有破管時，控制室會有高流量警報，而且，A或B串泵在出口低壓力時會有下列狀況發生：
 - ①每串備用泵，在低壓力延遲5秒後自動起動，運轉中的泵低壓力延遲10秒會跳脫。(J-EF-201)
 - ②若每串泵出口壓力達到3/4耦合低壓力信號，HV-103、203、HV-122、222會自動關閉，隔離兩安全串，使至少一串有海水經過安全負載；HV-230(至次氯酸鈉產生器)也會自動關閉(圖32-6)。
 - ③原先關閉核機冷卻水熱交換器隔離閥HV-107、207會打開，避免泵運轉在關斷水頭（dead head）下。

32

五、系統運轉

3. 起動／停機時：

- (1) 電廠在起動／停機時，安全串設施通常停用，送到核機冷卻水熱交換器以及汽機廠房冷卻水熱交換器流量可以減少10%。
- (2) 在廠用海水泵起動前，應先起動迴轉攔污柵及攔污柵清洗系統，起動泵後，應每8小時自動運轉30分鐘。
- (3) 安全串的出口閥HV-121和HV-221應該調節開度，避免出口管路流速過快。
- (4) 在機組起動／停機，廠用海水的熱負載應依設計流量重新調整以符合機組運轉上之要求。
(表32-1)

33

六. 儀表和連鎖

1. 在控制室有廠用海水泵出口壓力錶和每串流量指示錶。
2. 在A串水泵103被選作優先(lead)下：(J-EF-201)
 - (1) P103的起動開關在自動模式下，P104沒運轉或P104出口低壓力延遲5秒，P103會自動起動。
 - (2) P103的起動開關不論是在自動或手動模式下，在安全注水步驟4時會自動起動。
 - (3) P104的起動開關不論是在自動或手動模式下，在安全注水步驟8時，會成為自動模式，當下列狀況時會自動起動：
 - ① P103沒運轉。
 - ② P103出口低壓力延遲5秒。

34

六. 儀表和連鎖

(4) 泵在下列狀況時會跳脫：

- ① JP004或JP201的開關按下“停止”。
- ② 失去廠外電源時的卸載(load shed)。
- ③ 電氣保護電驛動作。
- ④ 出口低壓力延遲10秒。

35

六. 儀表和連鎖

3. 下列狀況時B串核機冷卻水熱交換器進口閥HV207會自動開啟(如果沒開)，而其較小的旁通閥(HV211)會自動關閉(如果沒關)：(圖32-10)
 - (1) 核機冷卻水兩串隔離(EG-HV132、HV133、HV232或HV233任一閥沒全開)時，且NSCW B串隔離閥EF-HV203未關時(也就是沒有SI訊號，且兩安全串未互相隔離)，且CCW到RHR熱交換器進口閥(EG-HV252)沒有關時。
 - (2) SIS
 - (3) 廠用海水泵串B出口低壓力，低低壓力3/4邏輯動作時。

36

六. 儀表和連鎖

4. 若CCW A串、B串互相隔離，且EG-HV252關閉，HV203未關（即無SI信號，且未兩串隔離），則EF-HV207會關閉，EF-HV211會開啟，因RHR未運轉，通過較小流量就足夠。(圖32-10)
5. 緊要寒水系統寒水機的海水進口閥EF-HV112 (A串)，EF-HV212 (B串)，在下列狀況時會打開：
(圖32-9)
(1). SIS (2). CRIVS
(3). CREVS (4). AFS (MD)
(5). AFS (TD) (6). FBEVS
(7). JP004或JP201手動打開。

37

七. 注意和限制條件

1. 密切監視泵出口壓力和泵之馬達電流，如果出口壓力上下晃動相差 3.1kg/cm^2 或馬達電流超過162 amp，立即手動停止該泵。
2. 當有下列徵候出現，表示本系統可能異常，立即執行AOP545—廠用海水系統異常。
(1). CCW Hx出口溫度A串/B串：指示大於 37°C 。
(2). 緊要寒水出口水溫大於 7°C 。
(3). 緊急柴油機控制盤“水套溫度高”大於 190°F 。
(4). TBCCW水溫大於 32°C 。

38

七. 注意和限制條件

3. 確定循環水化學控制系統使用中，次氯酸鈉定期加入進水口中。
4. 在15分鐘內，馬達可以連續起動三次，但第三次起動前須至少運轉10分鐘以上。
5. 如果迴轉攔污柵不可用時，相關的廠用海水泵在迴轉攔污柵發生過量的差壓前儘快停止。

39

八. 運轉規範

1. LCO 3.7.8
兩串獨立的廠用海水迴路和兩台泵都要可用。
適用時機：模式1、2、3和4。
採取措施：
(1) 若有一台泵不可用，要在31天內恢復可用。
(2) 每串祇有一台泵可用時，在7天內恢復一台可用，31天內恢復另一台為可用。
(3) 每一串的二台泵不可用，造成一串不可用時，在72小時內恢復一串可用。
(4) 若有一串迴轉攔污柵及沖洗系統不可用，在7天內恢復可用。
(5) 若兩串迴轉攔污柵及沖洗系統均不可用，在72小時內恢復一串可用。
(6) 若不符合上述措施及時限，在6小時內熱待機，36小時內冷停機。

40

八. 運轉規範

2.LCO 3.7.9

最終熱沈 (Ultimate Heat Sink) 要可用：

(1)最低海水位高於平均海平面下2.13米(-7呎)。

(2)平均海水溫度小於或等於32.2℃。

適用時機：模式1、2、3和4。

採取措施：

當上述任一條件不能滿足時，則6小時內熱待機，36小時內冷停機。

41

貳、汽機廠房冷卻水系統 (Turbine Building Closed Cooling Water System)

42

課程內容

壹、汽機廠房冷卻水系統

一、概述

二、設計基準

三、系統介紹

四、儀器和控制

五、系統運轉

43

一. 概述：

- ◆ TBCW的功能是移除汽機廠房的設施及蒸汽產生器沖放系統 (Steam Generation Blowdown System) 所產生的熱量。

44

二. 設計基準：

- 正常功率運轉時，TBCCW能連續供給汽機房設施最大溫度不超過37°C的冷卻水。
- 此系統允許任一主動元件 (Active Component) 故障，而不中斷此系統的冷卻功用。
- 此系統有足夠的除礦水補充容量，自動供給系統因洩漏所造成的流失。同時此系統調節槽的容量 (Surge Capacity) 可因應水的熱脹冷縮所造成的體積變化。
- 此系統須定期加入鉬酸鈉以防止腐蝕現象。鉬酸鈉則來自TBCCW化學添加槽 (Chemical Addition Tank)。

45

三. 系統介紹：(如圖32-8)

1. TBCW由水泵、管路、閥、熱交換器、調節槽 (Surge Tank)、控制儀器所組成，此系統供給冷卻水到汽機廠房設備。
 - (1) TBCW泵，每部機組有二部為水平離心式，在56.7公尺 (186呎) 高水頭時，額定容量為732 l/s (11600gpm)，為4.16KV匯流排 (NB-S01供給A台，NB-S02供給B台)。
 - (2) TBCW調節槽型式為水平式，容量為76091ℓ (2010gal)，最大工作壓力為6.8kg/cm² (97psig)。
 - (3) TBCW化學添加槽，型式為垂直式，容量為284ℓ (75gal) 設計壓力10.5kg/cm² (150psig)，溫度為65.6°C (150°F)。腐蝕抑制鉬酸鹽可手動加入TBCW化學添加槽。

46

三. 系統介紹：(如圖32-8)

- (4) TBCW熱交換器，每部機二台100%容量，殼形直管型，可容納76.31×10⁶ BTU/hr。殼側為碳鋼製成，水源為汽機冷卻水，進/出口溫度為44°C/36.7°C (111.2/98°F)，流量率732ℓ/s (11600gpm)，設計壓力為10.5kg/cm² (150psig)。管側為銅鎳製成，水源為廠用海水，進/出口溫度為32.2°C/38.3°C (90/100.9°F)，流量率為883ℓ/s (14000gpm)，設計壓力為75psig。

47

三. 系統介紹：(如圖32-8)

2. TBCW從下列設備收集熱量，然後將熱量經熱交換器傳遞到廠用海水系統。
 - 1) 發電機氫氣冷卻器。
 - 2) 發電機相間隔離匯流排風管冷卻器。
 - 3) 發電機定子冷卻器。
 - 4) 勵磁機冷卻器。
 - 5) 主汽機潤滑油冷卻器。
 - 6) 蒸汽產生器飼水泵汽機潤滑油冷卻器。
 - 7) 蒸汽產生器沖放熱交換器 (S/G Blowdown Heat Exchanger)。
 - 8) 電子液壓控制油冷卻器 (EHC Cooler)。
 - 9) 空氣壓縮機水套冷卻器及後段冷卻器。

48

三. 系統介紹：(如圖32-8)

- 10) 冷凝水泵馬達軸承油冷卻器。
- 11) 二次系統取樣冷卻器 (Secondary System Sample Cooler)。
- 12) 加熱器洩水泵填料箱 (Heater Drain P'P Stuffing Box)。
- 13) 起動主飼水泵潤滑油冷卻器、軸封熱交換器。
- 14) 備用中央寒水機 (GB-Z150)。
- 15) 蓄電池室冷氣機單元。
- 16) 充電機室冷氣機單元。
- 17) ILRT空氣壓縮機冷卻器。

49

三. 系統介紹：(如圖32-8)

3. 當正常功率運轉只運轉一台TBCW泵及一台熱交換器。TBCW泵將除礦水打入TBCW熱交換器殼側 (Shell Side)，再流經各需要冷卻的設備。TBCW熱交換器的熱量由流經管側的廠用海水移除。
4. 流經主汽機潤滑油冷卻器、蒸汽產生器飼水泵汽機潤滑油冷卻器、發電機氫氣冷卻器以及勵磁機冷卻器的流量是由冷卻水出口自動控制閥來調整。流到EHC油冷卻器及空氣壓縮機中段冷卻器的冷卻水，則由冷卻水進口的自動控制閥來調整。

50

三. 系統介紹：(如圖32-8)

5. 除了前面所述的幾個設備外，其他所有的冷卻器之TBCW流量，都是由冷卻水出口的個別節流閥 (Throttle Valve) 手動調整，同時為了防止過多的流量流經發電機定子冷卻器，故裝置了一個限流孔 (Restriction Orifice)。
6. 在各冷卻器的出口集管上裝有流量測量元件，用來調整此系統的最初流量平衡。
7. 壓力、溫度指示器裝置在每個冷卻器的冷卻水出口。

51

三. 系統介紹：(如圖32-8)

8. TBCW調節槽 (Surge Tank) 位於此系統最高點，由氮氣 (N_2) 加壓，與泵的進口連接，調節槽於系統發生洩漏時，可提供除礦水補水，同時可容納此系統因溫度變化產生之冷卻水脹縮。
9. 補充TBCW的除礦水是由除礦水傳送泵供給，調節槽的水位會自動控制補充水量。腐蝕抑制劑可用手動加入此系統。
10. TBCW泵可以從主控制盤手動 (Remote Manually) 起動及停止，正常運轉時先起動一台，另一台則置於"自動"位置，如果接收到出口壓力低的信號 (6.3Kg/cm^2)，則自動起動。

52

四. 儀器和控制

1. 溫度控制閥座落於冷卻水出口管路:

- ◆勵磁機冷卻器 (N-X056) 的冷卻水流量率，由自動溫度控制閥TV-261予以調節。
- ◆汽機潤滑油冷卻器 (N-X062和N-X063) 的冷卻水流量率，由自動溫度控制閥TV-129予以調節。
- ◆發電機氫氣冷卻器 (N-X055) 的冷卻水流量率，由自動溫度控制閥TV-96予以調節。
- ◆蒸汽產生器飼水泵汽機潤滑油冷卻器 (N-X049、N-X050、N-X051、N-X052、N-X053和N-X054) 的流量率是由自動溫度控制閥 (TV-161、TV-162和TV-163) 予以調節。

53

四. 儀器和控制

1. 溫度控制閥座落於冷卻水進口管路:

- ◆到電子液壓油冷卻器 (N-X058和N-X059) 冷卻水的流量率是由溫度控制閥 (TV-112和TV-117) 加以控制。

54

四. 儀器和控制

1. 膜片操作控制閥的調節流量是反應溫度訊號，溫度訊號則來自被冷卻流體控制器的溫度指示。

- ◆流到空氣壓縮機 (N-KA-C001、N-KA-C002和N-KA-C003) 和後段冷卻器 (N-KA-X029、N-KA-X030和N-KA-X031) 的流量由壓力控制閥 (PCV-198) 保持低於85psig的壓力。
- ◆空氣壓縮機出口的冷卻水流連接到汽機廠房閉路冷卻水系統循環水泵入口，以降低壓力閥 (PCV-198) 的背壓，則空氣壓縮機進出口壓力降大幅增加。

55

四. 儀器和控制

- 2. 冷卻水到所有其他冷卻器的流量率是用手動調整，即調整各個別單元的冷卻水出口調節閥。為防止過多的冷卻水流經發電機定子冷卻器 (N-X047和N-X048) 有一限流孔 (FO-237) 加以限制。
- 3. 在各冷卻器出口集管有流量元件，用來調整此系統的流量平衡。

56

四. 儀器和控制

4. 任何系統整體體積的增加，會使汽機廠房閉路冷卻水系統調節槽（N-056）的水位和內部壓力增加。
 - ◆ 壓力控制閥（PCV-217）會偵查到此種情況而排放到汽機廠房西側集水池。（設定 $1.8\text{Kg}/\text{cm}^2$ ）
 - ◆ 調節槽壓力的下降由壓力控制閥（PCV-215）測知，並使氮氣流入槽內以重新建立系統壓力。（設定 $1.4\text{Kg}/\text{cm}^2$ ）
 - ◆ 調節槽液位下降時由液位控制偵測（LC-22），在控制盤上有指示，並開啟液位控制閥（LV-22），使除礦水補水系統的除礦水流入，直到水槽達到其正常運轉的水位。（Above bottom 30"~41"）

57

四. 儀器和控制

5. 汽機廠房閉路冷卻水系統，流到蒸汽產生器飼水泵汽機潤滑油冷卻器（N-X049、N-X050、N-X051、N-X052、N-X053和N-X054）的流量，是由蒸汽產生器飼水泵汽機潤滑油的溫度感測器（TIC-161、TIC-162、TIC-163），來控制溫度控制閥（TV-161、TV-162、TV-163）的開度以控制水流。
6. 汽機廠房閉路冷卻水系統，流經主汽機潤滑油冷卻器水流（N-X062或N-X063），是由主汽機潤滑油的溫度感測器TIC-129，來控制溫度控制閥（TV-129）的開度以控制冷卻水流量。

58

四. 儀器和控制

7. 汽機廠房閉路冷卻水系統，流經空氣壓縮機中間和後段冷卻器（N-KA-C001、N-KA-C002和N-KA-C003）是由電磁控制閥（HV-101、HV-201和HV-301）關斷，當相對應的空氣壓縮機起動時閥就開啟。流經圓柱水套的水流是由調溫控制閥控制，而流經中間冷卻器的流量則由手動調節閥控制。

59

五. 系統運轉

1. 系統起動
 - (1) 汽機廠房閉路冷卻水系統是由除礦水系統(AN)補水系統充水，所有組件隔離閥和系統高點通氣要打開。
正常除礦水補水管路是用於系統充水，當調節槽（N-T056）充水達到運轉水位，除礦水補水電磁閥（LV-22）會自動關閉。

60

五. 系統運轉

1. 系統起動

(2) 水泵起動之前，調節槽 (N-T056) 以氬氣加壓以便能夠充水到整個系統，因氬氣冷卻器 (N-X055) 是在系統最高點。

- ◆ 汽機廠房閉路冷卻水泵 (N-P063或N-P064) 起動一台，起動由控制室手動按鈕 (HS-15或HS-19) 啟動，備用的一台水泵置於自動起動模式。
- ◆ 一旦冷卻水循環於系統間，腐蝕抑制劑便可由化學添加槽 (N-T057) 加入系統，化學劑裝入隔離的化學添加槽，然後引水流入化學添加槽，以便混合化學藥劑並加入冷卻水系統，而後需週期取樣以分析汽機冷卻水的水質。

61

五. 系統運轉

1. 系統起動

(3) 每一組件的需求冷卻水流量是利用裝在系統流量組件的流量錶來確認，調節每一組件的出口閥以達所需的流量。

- 現場壓力指示器指示運轉的壓力。
- 溫度控制閥 (TV-261、TV-96、TV-129、TV-161、TV-162、TV-163、TV-112和TV-117) 分別在勵磁機冷卻器，發電機氬冷卻器，主汽機潤滑油冷卻器，飼水泵汽機潤滑油冷卻器和電子液壓油冷卻器，需要加以校準。

62

五. 系統運轉

2. 正常運轉

汽機廠房閉路冷卻水系統，在電廠所有運轉模式期間均連續運轉供水，如功率運轉，起動和停機等。

在所有運轉模式，系統只要一台水泵和一個熱交換器，便能充份供給所需的冷卻水。重覆性的設備必須週期性地更換運轉以保持相同的可用狀態。

63

五. 系統運轉

2. 正常運轉

切換到備用水泵是在控制室操作，切換系統的熱交換器和其他設備運轉則在現場實施。

- ◆ 冷卻水流到勵磁機冷卻器 (N-X056)，發電機氬冷卻器 (N-X055)，電子液壓油冷卻器 (N-X058和N-X059)，蒸汽產生器飼水泵汽機潤滑油冷卻器 (N-X049、N-X050、N-X051、N-X052、N-X053和N-X054)，壓縮機水套冷卻器 (N-KA-C001、N-KA-002和N-KA-C003) 和汽機潤滑油冷卻器 (N-X062和N-X063) 的流量是利用溫度控制閥自動調整。

64

五. 系統運轉

3. 系統停機

系統停機期間，所有冷卻器排熱到汽機廠房閉路冷卻水系統將不使用，惟空氣壓縮機和後段冷卻器除外，在停機時段，廠用海水繼續供給汽機廠房閉路冷卻水系統熱交換器，其流量率可減為500gpm。

65

SOP 364 TBCCW 熱交換器換串作業

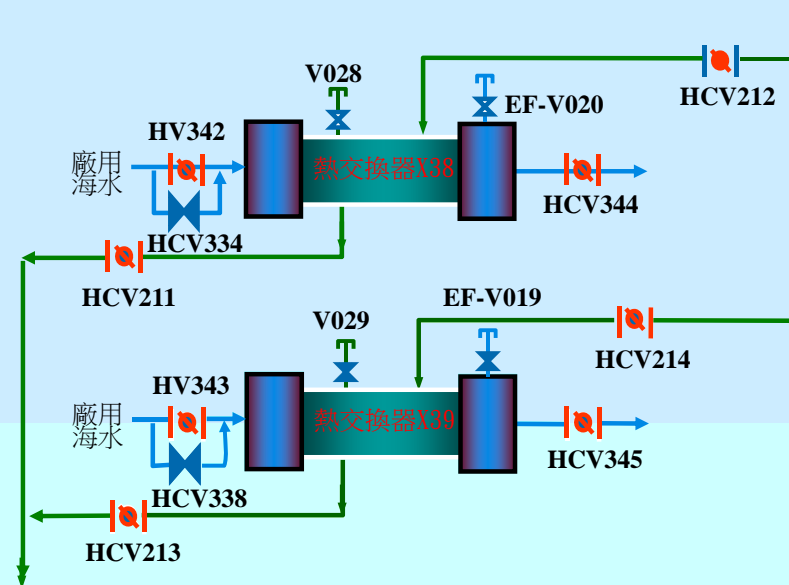
- 使用中HX N-X038（欲停用之 HX）、備用中HX N-X039（準備置入使用）操作程序：
- 通知控制室注意EB和EF系統壓力，避免NSCW備用泵因低壓力起動及兩串隔離。
 1. EB-HCV214（X039 EB進口閥）微開充水。
 2. EB-V029（EB逸氣閥）開啟VENTING，待EB水流後關閉。
 3. EB-HCV214（X039 EB進口閥）開啟。
 4. EF-HCV345（X039 EF出口閥）關閉。
 5. EF-HCV338（X039 EF進口旁通閥）開啟。

66

SOP 364 TBCCW 熱交換器換串作業

6. EF-V019及EF-V644（EF逸氣閥）開啟VENTING海水，待空氣排盡後關閉。
7. EF-HV343（X039 EF進口閥）開啟。
8. EF-HCV345（X039 EF出口閥）節流開啟 20°。
9. EF-HCV338（X039 EF進口旁通閥）關閉，在關閉時如有節流聲音請立即全開，並查證EF-HV343實際閥位狀態。
10. EB-HCV213（X039 EB出口閥）開啟。
11. EB-HCV211（X038 EB出口閥）關閉。
12. EF-HV342（X038 EF進口閥）關閉，並確認EF-PI305（X038 EF出口壓力表）壓力下降。
13. EB-HCV212（X038 EB進口閥）關閉至剩約1/2格的開度。

67



TBCCW 熱交換器換串作業(圖)

68

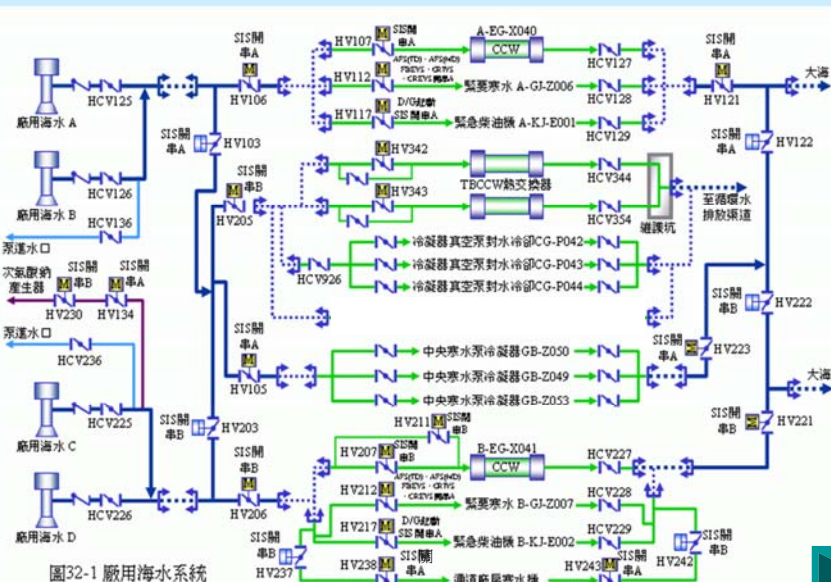
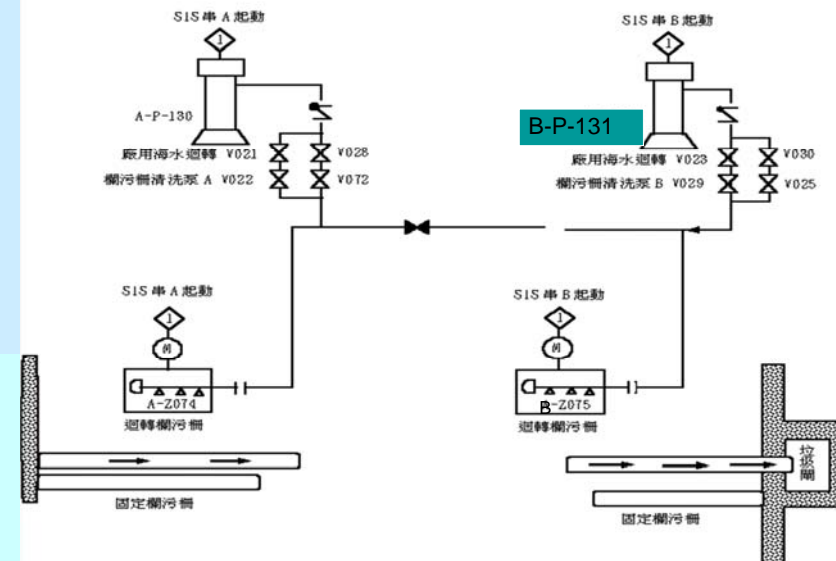


圖32-1 廠用海水系統

69

圖 32-3 廠用海水迴轉欄污柵



70

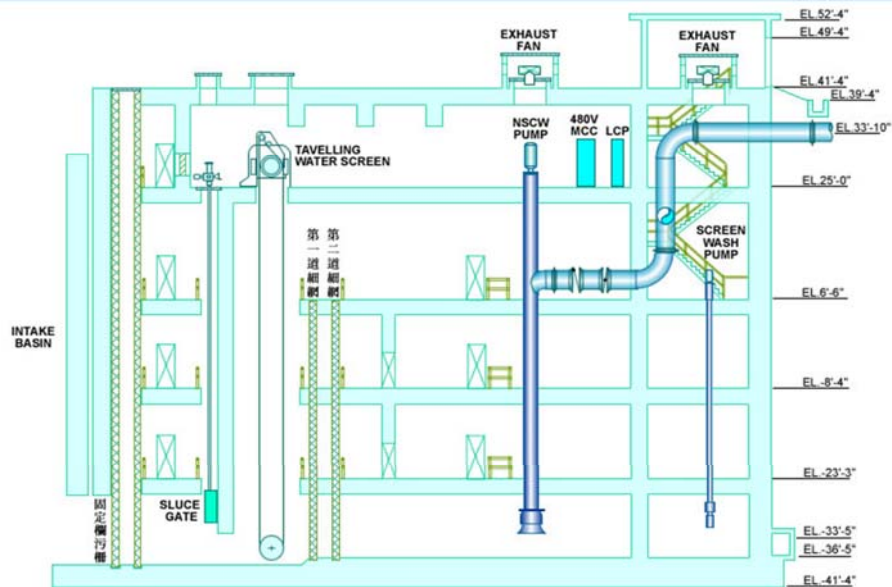
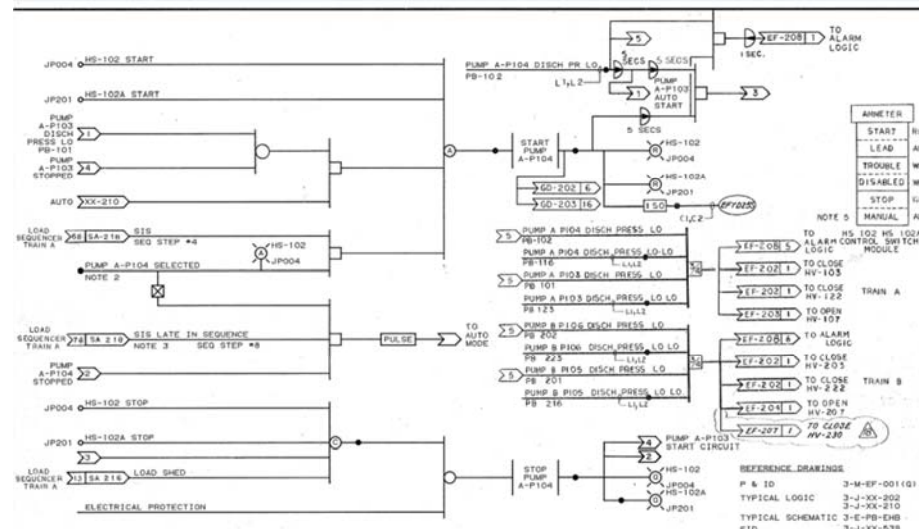


圖32-3 廠用海水系室側視圖

71



72

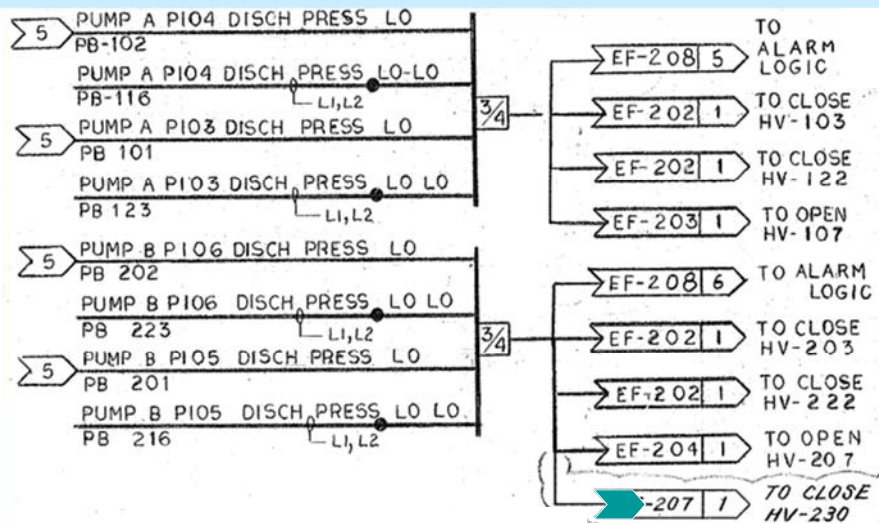


圖 32-6 廠用海水泵出口低壓力控制邏輯

P.32

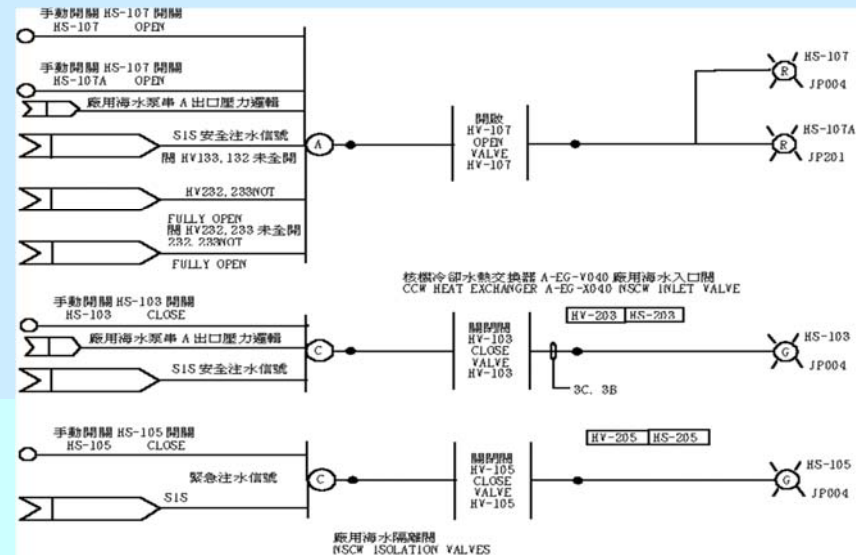


圖 23-7 廠用海水重要水閥開關邏輯

74

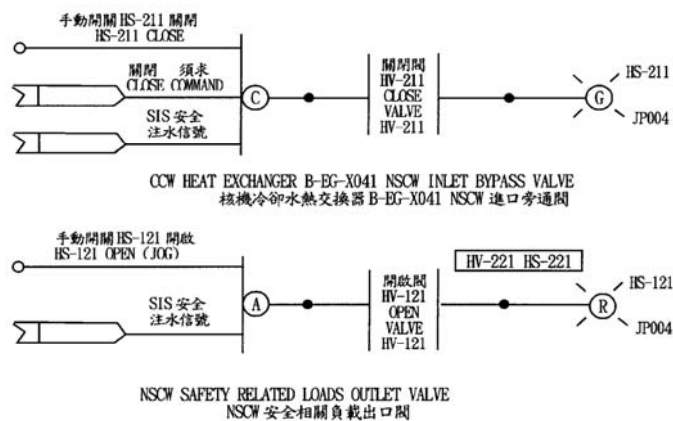


圖 32-8 廠用海水重要水閥開關重要邏輯

75

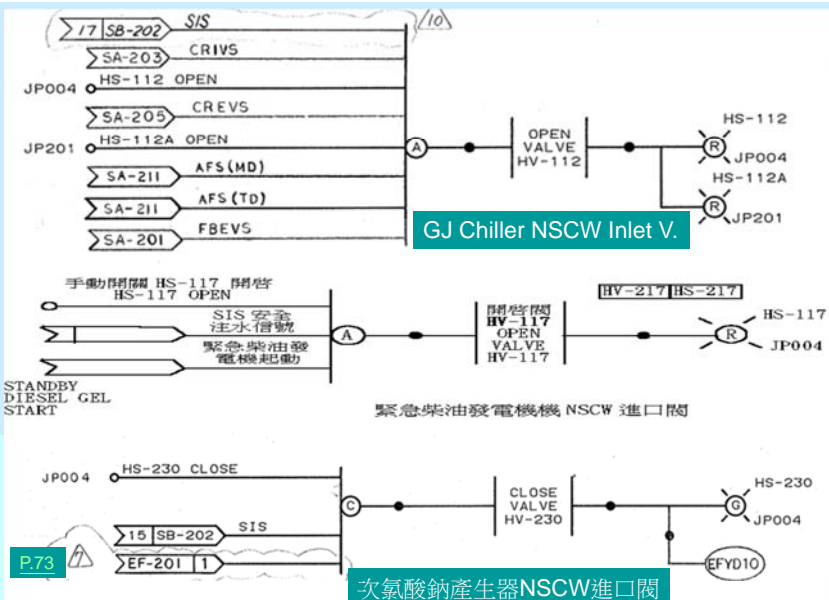


圖 32-9 廠用海水重要水閥開關邏輯

76

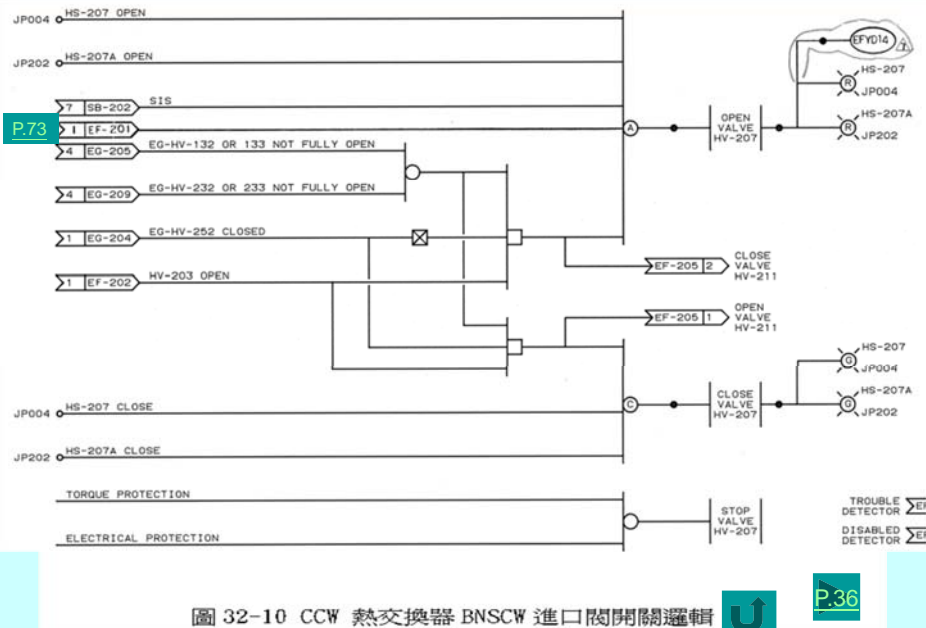


圖 32-10 CCW 熱交換器 BNSCW 進口閥開關邏輯

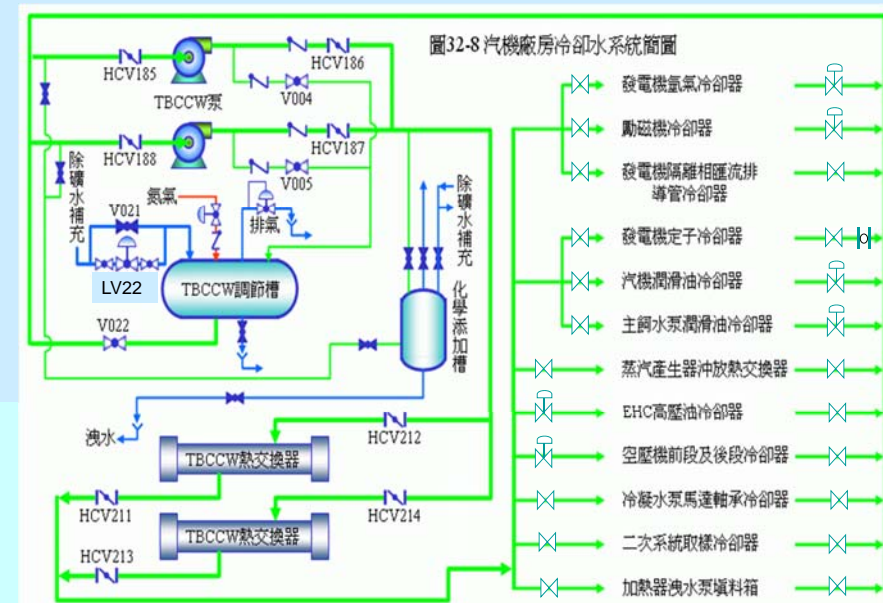


圖 32-12 汽機房冷卻水系統水泵控制邏輯圖

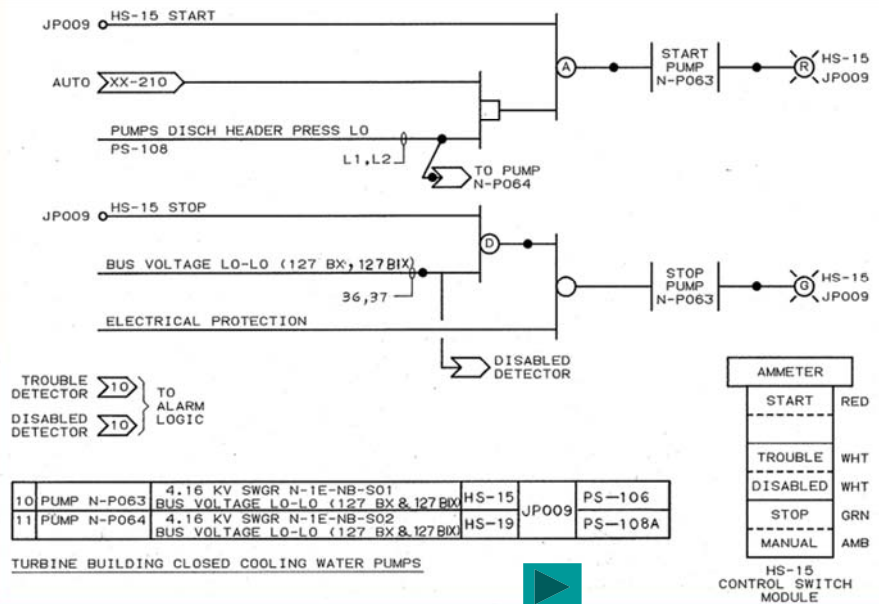


圖 32-13 TBCCWS 調節槽補進口閥控制邏輯圖

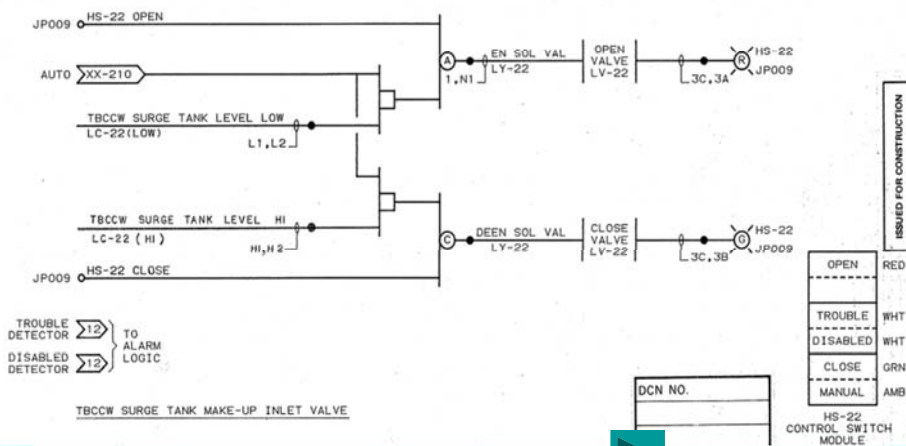


表32-1廠用海水系統供水流量表（加侖／分）

組 件	功率運轉 (總流量)	正常停機 (總流量)	LOCA/ESF 動作 (每串)
<u>安全相關串</u>			
柴油發電機冷卻器	2,000 ^(a)	--	2,000
緊要寒水寒水器冷凝器	--	911	911
核機冷卻水熱交換器	15,000	30,000	15,000
合計總流 (安全相關)	15,000	30,911	17,911
<u>非安全相關設備</u>			
中央寒水冷凝器	9,000	9,000	--
汽機廠房冷卻水系統	14,000	500	--
水箱驅氣泵冷卻器	150	150	--
真空泵冷卻器	2,400	2,400	--
通道管制廠房寒水器	1,600	1,600	--
循環水泵與熱稀釋泵潤滑水	300	300	--
合計總流量 (非安全相關)	27,450	13,950	--



81



82



83



圖32-2 廠用海水泵迴轉攔污柵



84

廠用海水泵

- 型式：直立式渦輪型泵浦
- 容量：22500GPM
- 水頭：146FT
- 速度：880RPM
- 馬力：1250HP
- 泵殼：ASME SB169 C61400
- 葉輪：ASME SB148 C95500
- 泵軸：共6支/每台
- 軸承：共9只
- 泵長：62FT〔不含馬達〕
- 泵重：25500LB



85

汽機廠房冷卻水泵



86



汽機廠房冷卻水熱交換器

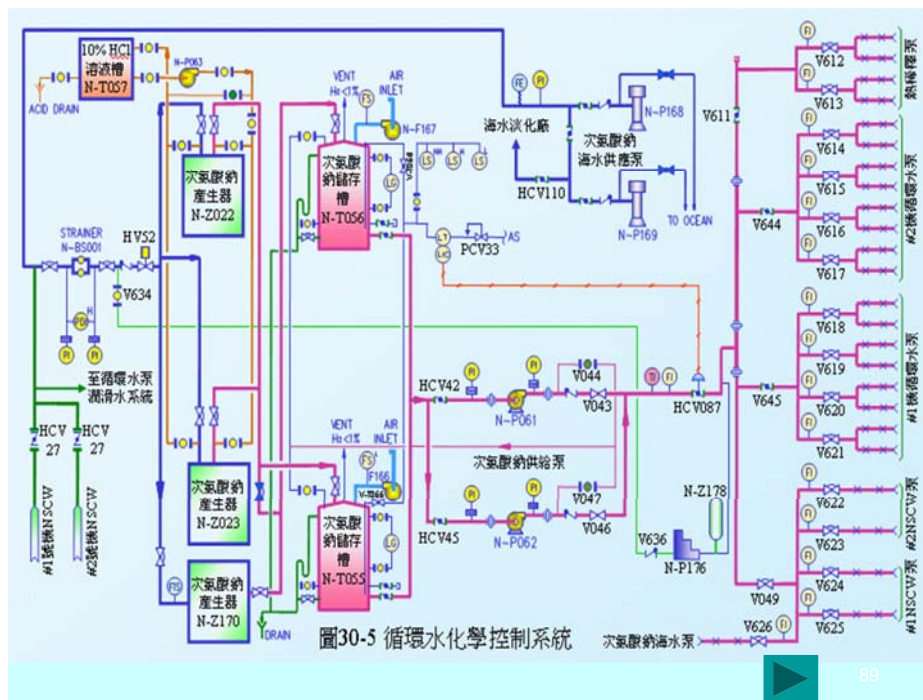


87

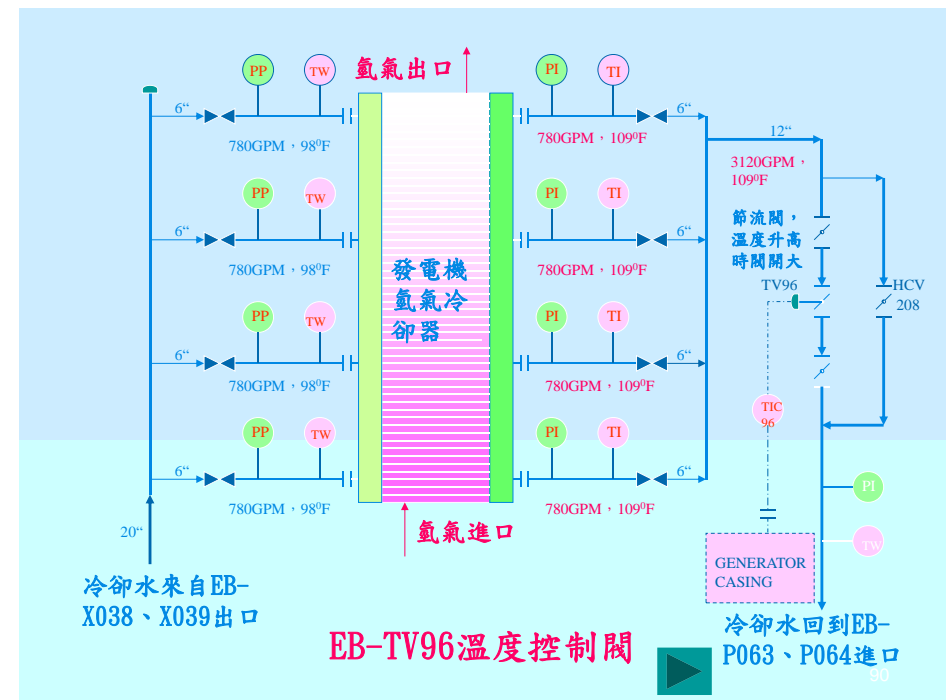
TBCCW調節槽



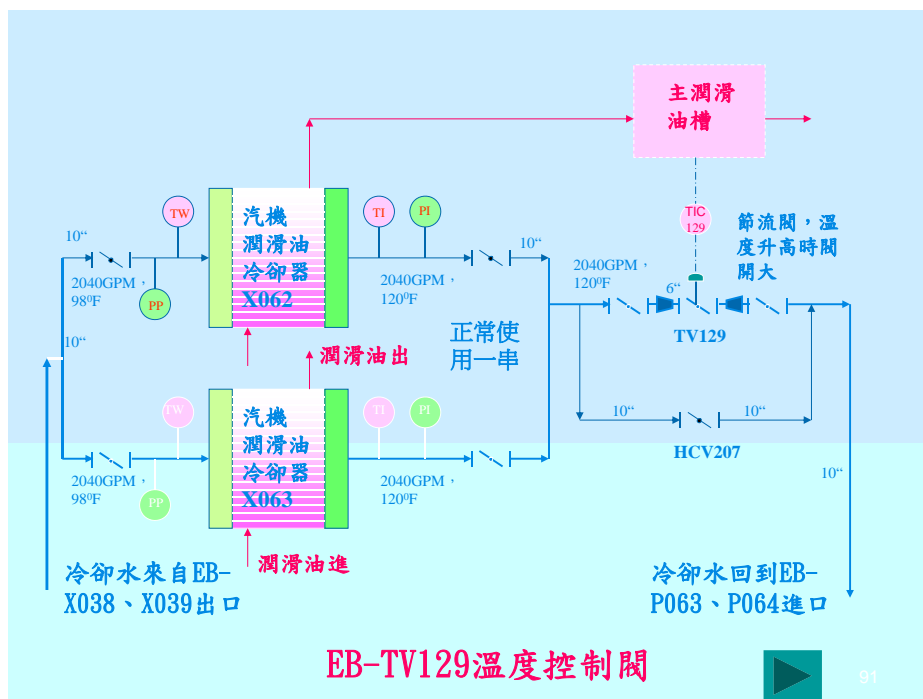
88



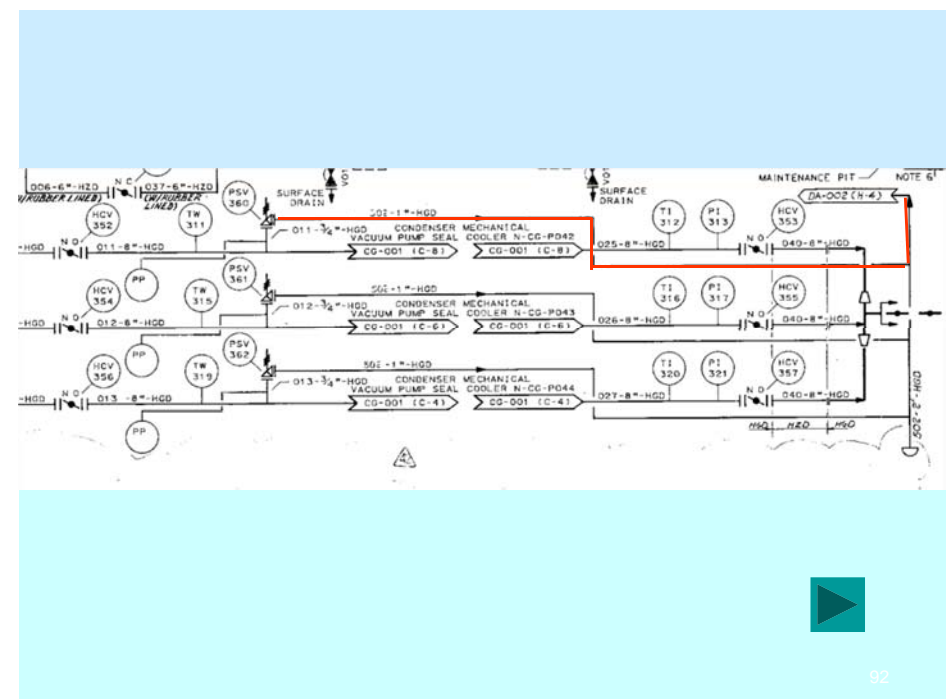
89



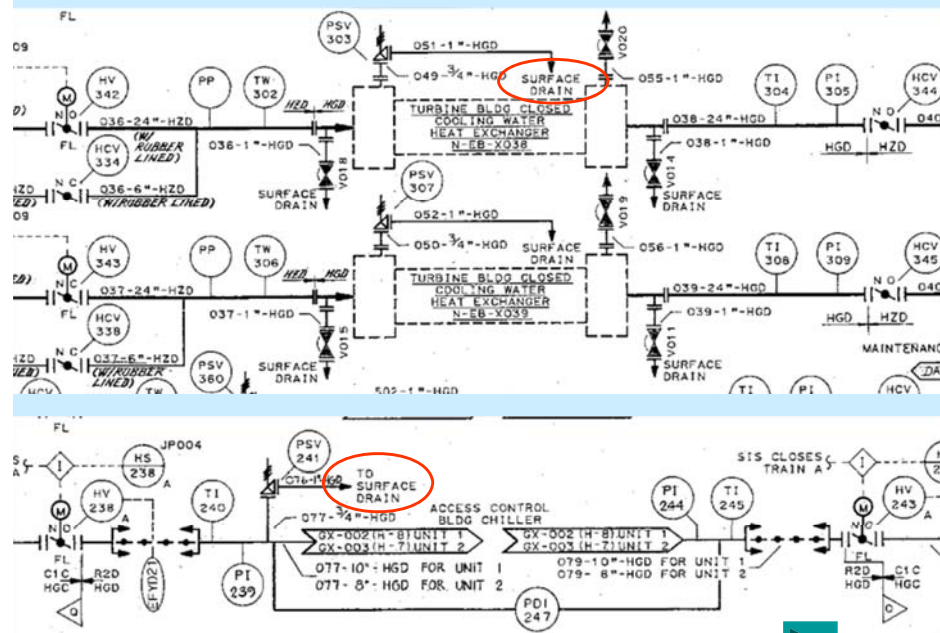
90



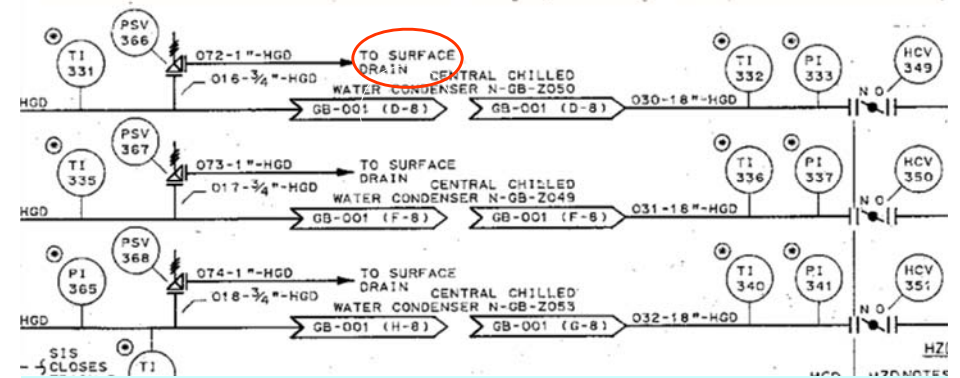
91



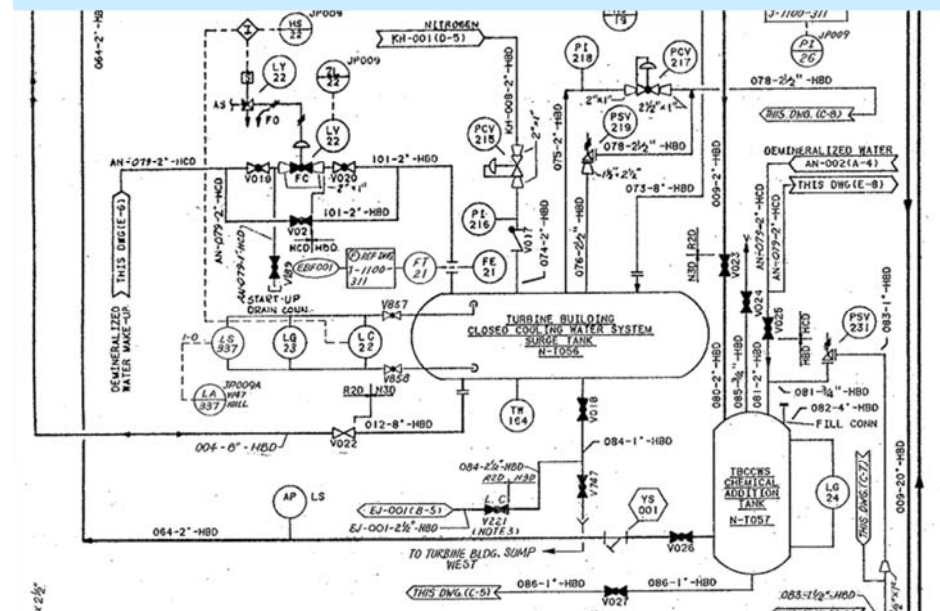
92



93



94



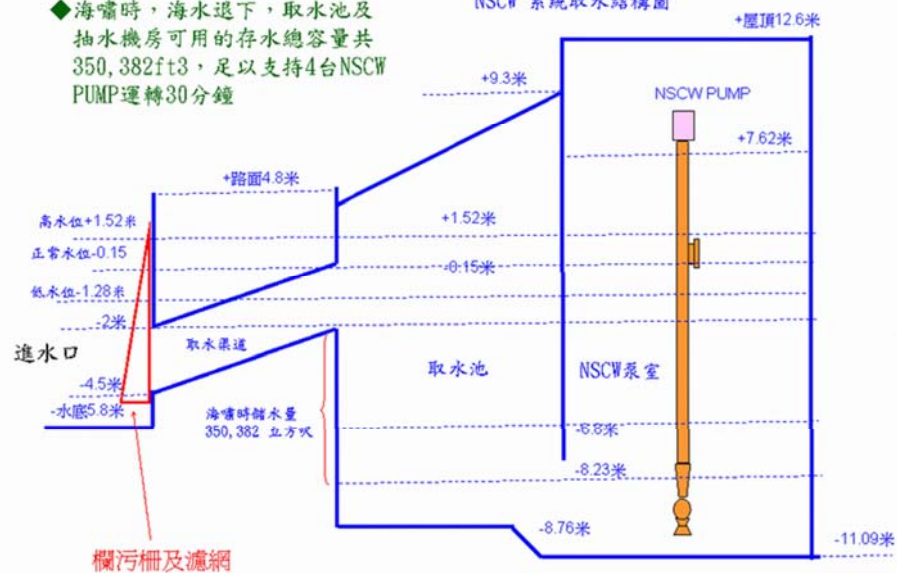
95

CHEMICAL ADDITION TANK N-T057



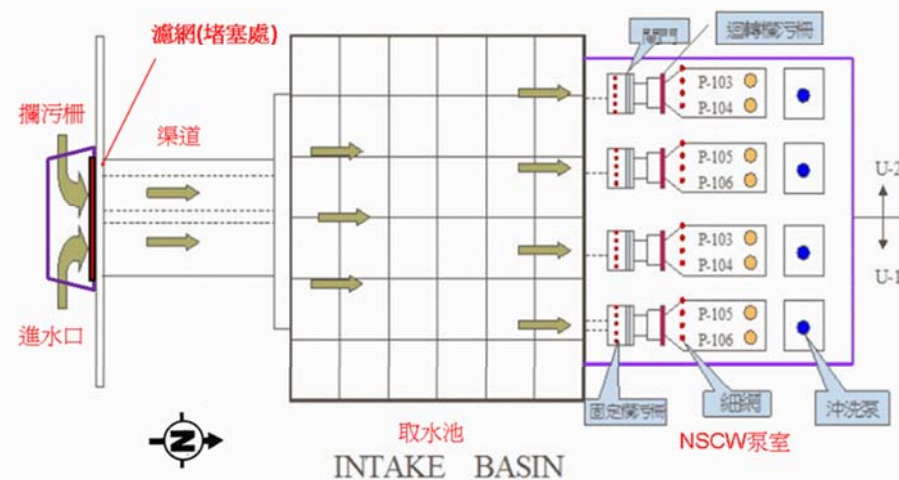
◆海嘯時，海水退下，取水池及抽水機房可用的存水總容量共350,382ft³，足以支持4台NSCW PUMP運轉30分鐘

NSCW 系統取水結構圖



97

NSCW泵室、取水池及渠道



98