

核四廠反應爐爐心隔離冷卻系統  
(RCIC)品質文件及設備維護  
視察報告

行政院原子能委員會核能管制處  
中華民國九十四年一月二十一日

# 目 錄

壹、前言 .....	1
貳、系統功能及設備現況 .....	2
參、視察作業概況.....	3
肆、視察結果 .....	4
伍、結論 .....	13
陸、視察照片 .....	15
附件、視察備忘錄	

## 壹、前言

核四廠建廠工程自 88 年 3 月開始以來，至目前為止已超過 5 年 10 個月，由於期間歷經停工(89 年 10 月)及復工(90 年 2 月)的過程，造成部份工程之承包廠商解約需再重新發包之狀況，導致施工作業延宕且無法連貫，並嚴重影響建廠施工時程與後續工程作業之規劃。

雖然工程施工進度有所延宕，但各設備之製造廠家仍依照採購合約規定如期交貨，導致工地之倉儲壓力日漸增大。由於施工進度持續落後，除導致運抵工地的設備器材超過工地之倉儲能量，使越來越多之設備器材被迫需以露天放置或以較簡易之方式加以存放外，並使倉儲待安裝之時間大為增加。此外，工地現場目前有為數不少已完成安裝或因配合廠房封頂而先移至施工現場等待安裝之設備器材，依目前施工進展情形研判，其完工前之維護保養作業期間亦將因此而延長。

龍門工地位處東北角海濱地區，雨量又較其他地方為多，其現場環境在目前建廠施工之狀態下，並不利於設備與器材品質之長期儲存及維護之執行。根據核四工程目前施工進展，其距完工恐尚需相當時日，因此如何做好設備與器材之倉儲，以及落實維護保養作業並進而提升其作業品質，實亦應為核四工程目前亟需

加以正視與積極處理之課題之一。

為確保核四廠設備器材之儲存環境，以及倉儲與安裝後之維護保養品質能符合核能法規及品保方案之要求，本會除已積極督促台電公司加強核四工地廠務管理作為，以改善人員作業環境並提供較佳之設備器材存放環境外，為能持續並有系統地追蹤施工處執行各項設備器材維護保養作業之情形，本會已規劃配合各系統之安裝時程，逐步針對各重要安全系統之設備組件之倉儲與安裝，及其維護保養作業執行情形，進行系統性、整體性之查核，以期確保其品質無虞，並期望有助於提升核四廠設備安裝作業之整體品質。

本報告即綜述本會視察團隊自 93 年 10 月起，持續針對核四廠一、二號機反應爐爐心隔離冷卻系統(RCIC)之倉儲與安裝後之維護保養作業，以及品質文件之完整性等視察作業之經過與結果。

## **貳、系統功能及設備現況**

核四廠 RCIC 系統為反應爐緊急爐心冷卻系統(ECCS)之一支系統，相關流程如圖一、二。本系統可在爐水流失事故 (LOCA) 時，與其他 ECCS 支系統配合動作邏輯設計，提供冷卻水到爐心，以達到降溫降壓之功能。設計上，在直徑 1 吋以下之管路斷裂時或電廠喪失所有交流電源(又稱電廠全黑事件)時，可僅靠反應爐爐

心隔離冷卻系統，即足以提供爐心足夠的冷卻水，以避免自動洩壓系統動作，而造成反應爐壓力降壓過速，以確保爐心安全。

當主蒸汽與飼水系統隔離事件發生時，RCIC 則利用反應爐之餘熱蒸汽推動其小汽機，並以其帶動與之同軸的補水泵，以對反應爐進行補水，維持反應爐水位在適當的範圍內，以避免高壓爐心灌水系統自動啟動補水，而造成反應爐水位過高，並進而可將反應爐帶至冷爐停機模式。

設計上 RCIC 系統之設備均使用直流電源，以確保在沒有廠內交流電、儀用空氣及冷卻水之情況下，該系統仍可藉由備用之直流電源於事故發生時自動啟動運轉。傳統之沸水式核能電廠，其 RCIC 系統原非屬安全相關系統，但核四廠為進一步提升機組之安全性，設計時已將 RCIC 系統升級為安全相關系統。

目前核四廠一、二號機 RCIC 系統之設備器材均已交運至核四工地，其中主要之機械設備器材(如：RCIC 主汽機、主泵、管路充水泵、凝結水槽 (CST) 及閥)，以及部分儀控設備均已安裝於現場，未安裝之部分主要為儀控盤及空調冷卻單元，目前分別存放於倉庫及現場。

### **參、視察作業概況**

此次 RCIC 系統視察自 93 年 10 月 6 日開始，即陸續依據設備

安裝狀況及視察發現情形，多次派遣視察人員針對下列項目執行持續性之查核工作：

#### 一、設備器材品質證明文件(QRP)

本項主要針對設備器材製造廠家所提出之製造品質紀錄與文件內容進行查核，查核之重點為設備 N-STAMP(核能級設備組件標記)證明文件、材料測試證明報告 (CMTR)、產品品質證明 (PQC)、材料符合證明 (COC)、不符合報告(NCR)、非破壞檢測報告、熱處理報告、功能測試報告及水壓測試報告等。

#### 二、設備器材倉儲維護保養

本項視察項目主要針對仍存放於倉庫之設備器材進行實地查核，以確認其倉儲環境及定期維護保養作業，是否符合規定要求。

#### 三、已安裝或工地現場存放設備器材之維護保養

本項目除針對定期維護保養作業情形進行查核外，由於視察中發現工地現場環境惡劣，顯然不利設備品質之維護，因此為持續督促施工處做好現場環境之改善，本次視察作業後期主要針對工地現場設備存放環境之改善情形進行追蹤查核。

### 肆、視察結果

#### 一、品質證明文件查證

RCIC 系統之設備器材計有：主汽機、主泵、管路充水泵、凝結水槽（CST）、各式閘，以及儀控模組等，其中依龍門初期安全分析報告(PSAR) TABLE 3.2-1b 之規定，除管節外屬安全級(S 級)之設備器材有：圍阻體內、外側隔離閘(0101&0102;CLASS 1)、主汽機與主泵(CLASS 2)，以及具安全功能之儀控模組與電纜(CLASS 3)等。本次視察主要針對：圍阻體內、外側隔離閘(0101&0102)以及主汽機與主泵等之製造廠家品質文件(但不包含環境驗證部分)，依據龍門 PSAR 及 ASME B&PV 有關之規定進行查核。有關環境驗證部分，本會已以專案委請核能研究所進行審查，有關審查結果將另撰審查報告。

#### (一) 圍阻體內、外側 0101&0102 隔離閘

針對此四只隔離閘(一、二號機各兩只)之品質文件，經分別查核其 N-STAMP 證明文件、材料測試證明報告 (CMTR)、產品品質證明(PQC)，以及部分之非破壞檢測報告、熱處理報告、功能測試報告與水壓測試報告，查核結果，其均能符合 PSAR 及 ASME 規範之要求。

#### (二) 主汽機與主泵

- 1.核四廠一、二號機之 RCIC 主汽機與主泵均由美商奇異公司  
下包交由美商 WEIR PUMPS LIMITED (簡稱 WPL) 公司製

造。其中一號機之主泵在 88 年交貨驗收時，曾發現泵體外殼有鏽蝕之情形，經台電公司發出 NCR-NSS-34 要求主合約商奇異公司負責進行修理，並於 89 年 7 月 19 日奇異公司派員於工地進行修理改善，經台電公司檢驗同意完成結案。有關之處理紀錄文件，均已併入品質文件中，符合品保要求。

2. 查核作業執行時，施工處共提供 6 大冊之品質文件(文件編號分別為 LUN1-5010、5020 及 LUN2-5020，均各兩冊)，查核發現 LUN1-5010&5020 兩套品質文件之內容，除 LUN1-5020 包含有儀控設備部分之品質文件外，兩套文件之內容均完全一致，且有複製自同一份文件之情形。經持續向施工處主辦課工程主辦人員及品質課文件接收人員查詢，確認此兩套文件確實除儀控設備部分外，應係複製自同一份廠製文件。根據品質課文件接收人員之說明，此仍因一、二號機之儀控設備係隨二號機之機械設備部分同時交貨，廠家為符合品質文件應併同設備同時到貨之規範規定，遂重覆交運機械設備部分之品質文件，加以當時廠家並未說明是否以之取代前次交運之品質文件，因此施工處仍將兩份文件一併存放。由於此一文件狀況在視察員查閱時因缺乏對前述情形之瞭解，以至於閱覽時易令人產生疑慮，加以視察人員在查詢

過程中發現，僅品質課文件接收人員明瞭此中過程，因此當時即建議其將有關情形分別加註於此兩份文件中。

- 3.根據 PSAR 之規定 RCIC 主汽機為 CLASS 2 之設備，但因 RCIC 主汽機並非壓力容器，非屬 ASME B&PV 法規適用之對象，故其製造時並無法完全依循其中之規定，製成後亦無法取得 N-STAMP。惟為符合 PSAR 及 CLASS 2 安全設備之設計規定要求，其製造時除要求有關材料之使用應依 ASME B&PV 法規有關規定執行外，其品質保證作業亦應依核能品保方案規定執行。經查核其 PQC、材料之 CMTR 及不符合報告等紀錄，其有關文件及內容記載等，均符合相關規定之要求。
- 4.RCIC 主泵為 CLASS 2 安全設備，其製造時應依 ASME B&PV 法規 SEC NC 章節之要求執行，並應取得 N-STAMP。經查核其 PQC 及 N-2 FORM 報告均已經權責人員簽署完成，符合規定要求。另其 N-STAMP S/N 分別為 13536-001(一號機)及 13536-002(二號機)與實物所見者一致
- 5.此外再針對 RCIC 主泵及主汽機之品質文件內容，抽查其 BONNET ASSEMBLY、SOLENOID OPERATED VALVE，以及主泵與主汽機外殼等組件之 N FORM 報告、非破壞檢

測報告、熱處理及水壓測試等紀錄。查核結果除部分疑有登載錯誤、文件與圖面缺漏等，應再加以澄清及補充之情形外，其有關之紀錄內容大致可符合要求。有關查核情形摘述如下：

- (1)查核一號機 RCIC 主泵及主汽機之 DESIGN REPORT VERIFICATION 文件時，發現除僅有一張經簽署之文件 (RECONCILIATION OF THE FINAL DESIGN)外，並無其他驗證或設計計算書等可供參考之文件。(QRP 3.7 節)
- (2)查核 BONNET ASSEMBLY(共 8 組，CLASS 2 組件)之 COC 及 N-2 FORM 報告等均符合要求，惟於第 3 組 CROSBY VALVE 組件之 COC 文件 (RECORD NO97/4.5/979/1)中發現 VALVE SN 疑有誤置之情形 (N93392-00-0003 疑誤置為 N93392-00-0004)。(QRP 4.5 節)
- (3)查核 SOLENOID OPERATED VALVE(CLASS 1E 組件)之 COC 及 NPV-1 FORM 報告，發現其均記載數量為 1 只，與 QRP 目錄所記載之 2 只不同。(QRP 4.5 節)
- (4)為了解鐸道非破壞檢測執行情形，查核發現部分檢測報告所載之檢測依據圖面，並未附於 QRP 中，致無法確認

銲道是否已依法規執行所要求之非破壞檢測作業。經比對發現缺少下列圖面：N0-00711、712、714、716、727、729、730、734、N1-00727。(QRP 6.4 節)

(5)查核磁粒及液滲檢測(MT&PT)報告，其登錄之內容大致符合法規要求，惟於查核放射線檢測報告時，發現其內容未登載：射源種類、照相厚度、使用底片、照射時間及檢測程序書等法規要求應於檢測報告登錄之內容。

(6)查核 RCIC 主泵外殼之熱處理紀錄(文件編號：97/76/147/1)，其溫度紀錄紙帶已經權責核能檢查員複閱簽署符合要求，惟發現紀錄紙帶並未加註或標記溫度與時間及單位，加以所使用之熱處理程序書並未附於 QRP 中，致無法判斷其熱處理升降溫速率及持溫溫度與時間等參數是否符合要求。

(7)依規定 RCIC 主泵水壓試驗應依 ASME SEC NC3500 或 NC6223 之要求執行，查核試驗紀錄其試驗之壓力及持壓時間等參數，均符合前述法規要求，惟發現部分組件之試驗有以分區方式進行者，然其之試驗紀錄中並無任何文件說明實際進行試驗之區域為何。

## 二、儲存於倉庫之設備器材維保養作業查證

自 88 年 12 月以後，龍門施工處陸續驗收 RCIC 系統設備器材 10 組，其中 9 組主要為機械組件者大多已移至現場完成安裝。目前未安裝之部分僅餘儀控盤面(分別為系統現場儀控盤面與洩水槽之現場儀控盤面)及空氣冷卻單元。其中系統現場控制盤面之儲存等級要求為 A 級，依規定應儲存於具空調及除濕能力之 A 級倉庫中，以使其能儲存於溫度控制在 18 23 間，以及相對濕度在 5%以下環境中。洩水槽現場儀控盤面屬 C 級儲存等級之設備，依規定儲存於通風且無積水之室內即可。

視察中分別前往存放系統現場控制盤面與洩水槽現場儀控盤面之 A、B 級倉庫巡視，除查核倉庫環境是否符合要求外，亦針對設備之器材儲存檢查紀錄、倉儲期間維護保養計畫表、器材儲保養紀錄卡及器材儲存維護檢查表等進行查證，查核結果顯示各項作業符合作業程序規定。惟在查核 A 級倉庫環境時，發現施工處雖設置有溫濕度連續記錄裝置，但並未對紀錄結果進行定期性之巡查，為能有效追蹤倉庫環境變化情形，仍建議其設置記錄簿並定期查核登錄倉庫之溫度及濕度狀況。

### 三、已安裝或移至工地現場存放設備器材維護保養作業查證

目前 RCIC 系統未安裝但已移至工地現場存放之設備為空調冷卻單元，依 NQA-1 之要求，其屬 C 級儲存等級要求之

設備，惟核四廠設計時將之提升至 B 級。依 B 級儲存之要求其應存放於溫度在 5 ~ 48 間、通風且無積水之室內。但由於其內部組件 CHILLED WATER UNIT，於安裝廠商進行收料檢驗時，發現其有未取得 N-STAMP 標章之情形。對此一不合法規之情形，經本會了解並要求台電公司調查澄清後，確認此係設計廠家奇異公司不當引用法規所致後，台電公司即依品保程序要求，於 93 年 6 月開立不符合報告 NCR-NAD-254 要求廠家改正並進行管制。至視察結束時本項不符合案件仍在處理中。

於視察作業執行初期，本會視察人員於一、二號機 RCIC 系統房間進行現場巡視，了解已完成安裝之主汽機、主泵、充水泵（3 台）、洩水槽(3 只)、洩水泵(3 台)，以及尚未安裝之空調冷卻單元(2 台)等組件之儲存狀況時，發現現場之環境雖大致符合設備倉儲等級之要求(除地面因有樓板開口，尚未全部封頂致有雨水滲入之情形)，且均有以塑膠布覆蓋，但因現場地板及膠布到處滿佈泥沙且地面亦有積水情形，除顯示其廠務管理有不合法規 NQA-1 之要求外，該設備及其維護保養作業之品質亦可能受此一惡劣環境之影響而降低。為避免此一疑慮之發生，視察人員當時即要求施工處進行改善。

經施工處極積回應此項改善要求，除對現場進行全面性之清掃外，並將破爛污損之膠布更新，經再查證目前 RCIC 系統房間之環境已有顯著之改善。

目前工地現場 RCIC 系統房間之環境，雖無溫度控制設施，但因以工地所在地區之氣候環境條件判斷，其常年之溫度應均能維持在 5 ~ 48 間，若能改善地面積水情形，其儲存環境條件應能符合施工處器材儲存及保養指引 B/C 級倉儲等級之要求。但因目前距核四工程完工尚有相當之時程，為避免前項環境缺失再次出現在其他已安裝與現場儲存設備上，以確保設備器材之品質及日後之可用性，台電公司應針對目前現場環境未符設備器材儲存等級要求之事項，以及廠務管理未依 NQA-1 要求落實執行之情形，進行改善，以提供已安裝或移至工地現場存放器材較佳之存放環境。本項改善要求本會已於視察期間或發備忘錄或注意改進事項以及召開檢討會督促台電公司改善後，視察團隊經再會同台電品質督導小組、核安處品保小組及施工處品質課與汽源課，赴現場查核一號機 RCIC 設備保養情形，確認各相關單位均能遵照「設備安裝期間維護保養管制程序書」(LM-QLD-022)執行查核或維護保養，現場之設備維護保養符合作業程序規定。

此外，二號機 RCIC 充水泵(編號：2E51-P-003)於 92 年 10 月進行現場安裝時，發現泵軸無法以手動方式使其自由轉動(ROTATED FREELY)，致其冷對心作業無法進行。對此一情形施工處雖已開立不符合報告 NCR-ELD-190 要求廠家進行改善，惟奇異公司自 93 年 2 月答覆將以”REWORK”方式改善後，至視察作業結束前，仍未派員進行改善作業。為避免影響後續工程與維護作業之進行以及設備之品質，台電公司應要求廠家儘速執行改正措施。

## 伍、結論

本次視察作業主要針對 RCIC 系統之製造品質文件、設備器材儲存、安裝後維護保養等作業之執行情形進行全面性之查核。查核結果顯示在倉儲作業方面多能依據規定執行，符合要求，而在廠家製造品質文件方面，經查核其設備器材各項法規要求之文件均完整齊備，僅發現有部分文件疑有缺漏及內容錯誤，需要再請台電公司再做澄清及補充資料。為確認此部分之各項視察發現，是否為文件作業品質疏漏所造成之文件瑕疵，以確保品質文件之完整性，本會已開立視察備忘錄(HQ-會核-94-01-0)請台電公司進行補正及提出澄清。

針對現場已安裝及移置存放設備器材曝露於不良施工環境

之缺失，雖然施工處已依視察要求完成 RCIC 系統房間之改善，但為持續督促台電公司維持目前環境水準，並擴展至整個核四工地，本會除將持續執行其他系統之查核作業外，亦將經由其廠務管理改善措施實施查核之機會，長程追蹤台電公司之執行狀況。

## 陸、視察照片



照片一、一號機 RCIC 房間環境改善前狀況



照片二、一號機 RCIC 房間環境改善後狀況



照片三、二號機 RCIC 房間環境現況



照片四、RCIC 系統現場儀控盤面 A 級倉庫儲存現況



照片五、視察 RCIC 系統現場儀控盤面倉儲保養情形



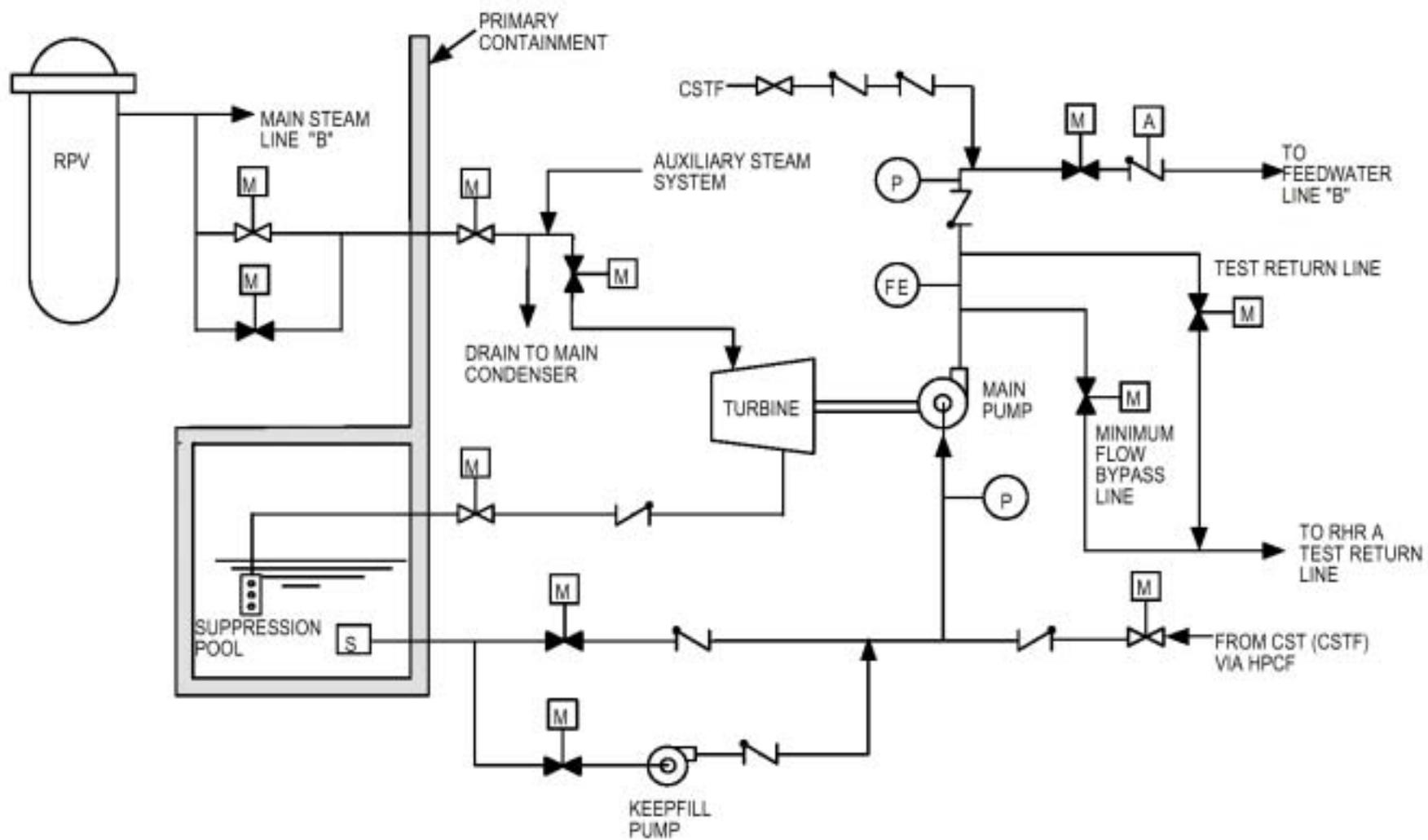
照片六、RCIC 系統現場儀控盤面 B 級倉庫儲存現況



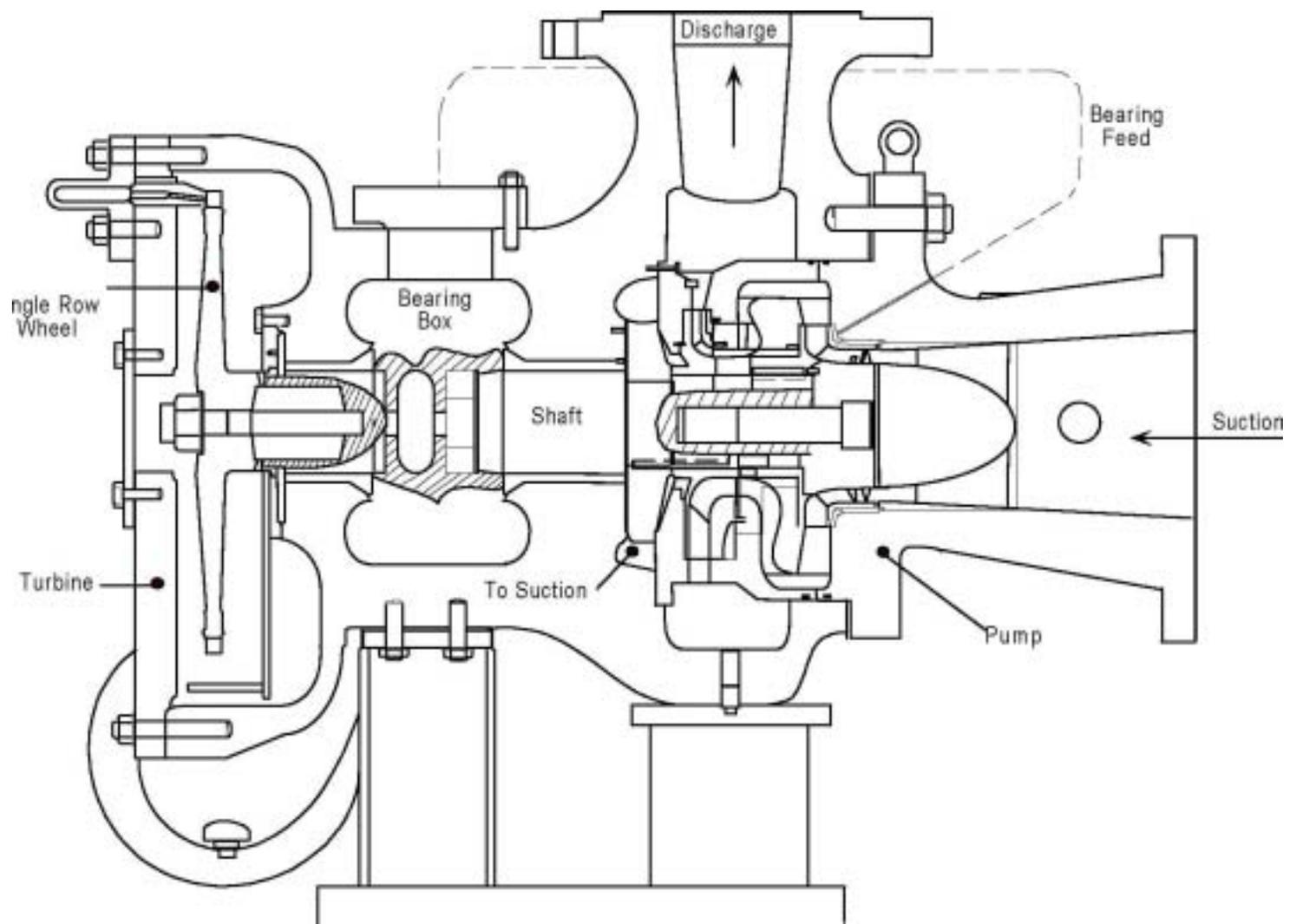
照片七、會同台電公司人員視察 RCIC 系統維護保養情形



照片八、視察 RCIC 系統空調單元現場儲存及維護現況



圖一、RCIC 系統圖



圖二、RCIC 系統主汽機及主泵圖