

# 臺北捷運機電技術的發展與文物

劉秋樑<sup>1</sup> 蔡進風<sup>2</sup> 歐陽成<sup>3</sup> 黃森榮<sup>4</sup> 王肇興<sup>5</sup> 許臨國<sup>6</sup>

## 摘要

捷運機電系統係泛指電聯車、號誌、供電、通訊、自動收費、及機廠維修設施等六大系統，其所涵蓋之技術領域，相當多元，且各有專精，臺北捷運籌備之初，由於本局負責臺北捷運機電系統規設業務之第三處所有機電專業人員，皆不具捷運機電相關經驗與背景，在國內機電工程界或工程顧問公司，亦無法覓得具捷運機電經驗人才。因此，必需仰賴本局總顧問所聘用之大批外籍捷運機電顧問，負責機電系統規劃與設計作業，並提供技術移轉服務。

由於技術移轉成功，在總顧問服務合約結束後，本局同仁陸續完成土城、新莊、蘆洲、內湖、松山、信義、及環狀等線機電系統標之基本設計，及招標文件準備作業。並將多年來所累積之寶貴經驗與技術，陸續彙編完成捷運機電系統工程叢書及膠輪自動導軌系統規設指引，提供從事捷運機電系統相關業務人員，據以參考及引用；另提供高雄捷運、昭凌顧問等公司技術諮詢服務，亦屬同仁技轉成效之展現

本文將臺北捷運機電系統之發展過程及相關文物，循序漸進，且有系統的闡述與蒐集，具有一窺整體機電系統演進之歷史意義。惟因本局成立之初，對重大技術決策及演進過程、關鍵文物等史料之保存與管理，欠缺前瞻及完整規劃，致相關史料蒐集，未盡週全。期盼藉由本次文物史料蒐集作業，能喚起本局同仁對重要文物史料保存之重視，而本局亦應儘快研訂重要文物保存及管理作業程序，讓臺北捷運未來之文物保存及管理更趨完善。

**關鍵詞：**總顧問、駕駛模擬器、諧波、閉路電視

- |                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處 處長   | clliu@trts.dorts.gov.tw |
| 2. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處 正工程司 | 10284@trts.dorts.gov.tw |
| 3. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處 課長   | 10228@trts.dorts.gov.tw |
| 4. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處 課長   | 10328@trts.dorts.gov.tw |
| 5. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處 課長   | 10886@trts.dorts.gov.tw |
| 6. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處 課長   | 10888@trts.dorts.gov.tw |

## **Development and Documentations of Taipei MRT's E & M Technology**

**Chiu-Liang Liu   Gin-Phoon Tsai   Cheng Ouyang   Sen-Rong Huang  
Tsao-Sing Wang   Li-Kuo Hsu**

### **Abstract**

Generally speaking, the MRT's E&M system can be separated into six subsystems: Rolling Stock, Signal system, Power Supply system, Communication system, Automatic Fare Collection system, and Depot Maintenance Equipments. The six subsystems cover diversified and professional technology. At the preparatory stage of Taipei MRT, the engineers in the then Division 3 (now Electrical and Mechanical Design Division) were not E&M professionals and did not possess relevant experience and background in E&M. Moreover, recruiting experienced E&M professionals from E&M engineering sectors or consulting engineer companies are not an easy job. Therefore, DORTS hired American Transit Corporation as General Consultant (GC) to offer consulting service in the planning and design of the E&M systems and provide technology transfer.

With the successful technology transfer, since the termination of the GC contract, DORTS' engineers have done all basic designs and preparation of E&M systems tender documents of Tucheng, Xinzhuang, Luzhou, Neihu, Songshan, Xinyi lines and Circular line by themselves. They also have compiled MRT E&M Series and Light Rail System Planning and Design, serving as references and applications for those engaged in businesses related to electrical and mechanical systems. On top of that, technical advisory services have been transferred to Kaohsiung Rapid Transit Corporation and Zhaoling Consultant Corporation, presenting the results of technology transfer.

This article illustrates the development process and related cultural heritage of E&M systems bearing historical significance as a window to evolution of overall E&M systems. Being short of forward-looking and integrated planning for management system of the key assets will be critical to the success of management of cultural heritage of Taipei MRT.

**Keywords :** General Consultant, Operation Simulator, Harmonic, CCTV

## 一、前言

捷運機電系統係泛指電聯車、號誌、供電、通訊、自動收費及機廠維修設施等六大系統，其所涵蓋之技術領域，相當多元，且各有專精。欲從事捷運機電系統規劃、設計作業，除需具備良好之機電基本專業知識外，尚需具有豐富之相關領域實務經驗，方能提供符合大眾需求，且高品質之捷運系統。

臺北捷運籌備之初，由於本局負責臺北捷運機電系統規設業務之第三處(現改稱機電系統設計處，簡稱機設處)之機電相關專業人員較欠缺捷運機電相關經驗與背景，在國內機電工程界或工程顧問公司，亦少有具捷運機電相關經驗人才。因此，惟有透過總顧問，亦即美國捷運顧問公司(簡稱 ATC)，主導臺北捷運機電系統規設作業。

有鑑於捷運機電各子系統技術之高專業性與複雜度，為求臺北捷運系統規劃考量更臻週延，並確保興建完成後之營運品質，本局初期所網羅與聘用之機電顧問人力，幾乎涵蓋了捷運機電各子系統相關領域之專業人才，外籍總顧問約 20 人，陣容可謂相當龐大而堅強，也讓臺北捷運建設得以順利而穩健的開展。

依據本局總顧問服務合約規定，總顧問除了需提供捷運機電系統各項規設文件外，另外一項主要任務，即執行技術移轉，亦即總顧問需將多年所累積之捷運機電系統規設相關經驗與技術，藉由合署辦公，師徒跟班方式，逐步傳授給本局機電系統規設同仁，而本局同仁亦都能抱持求知若渴之精神，放空自己，亦步亦趨的追隨總顧問，無論對任何大小議題之探討，皆能抱持追根究底、務求甚解、乃至融會貫通的心態，將每位總顧問均視為一座蘊藏豐富，令人挖掘不盡的寶山，全力衝刺，頗有寶藏取之未盡，絕不終止之雄心壯志。

經與總顧問長達八年的合署辦公，在獲得總顧問之傾囊相授，以及同仁之勤於學習與諮詢，本局機電人員之捷運機電專業知能，不斷累積與成長，且與時俱進。在總顧問服務合約結束後，各個都能獨當一面，完全接掌先前總顧問所扮演之角色與功能，陸續完成土城、新莊、蘆洲、內湖、松山、信義、及環狀等線機電系統標之基本設計，及招標文件準備作業。

除了前述主要成果外，本局機電同仁亦將多年來所累積之寶貴專業經驗，陸續彙編完成捷運機電叢書及輕軌系統規設指引，提供從事捷運機電系統相關業務人員，據以參考及引用。

本局自民國七十六年二月二十三日成立至今，已屆滿二十週年，在這段漫長的成長及茁壯歷程中，同仁所累積及保存之各類捷運機電相關技術及文物，可謂琳琅滿目、不勝枚舉，每樣珍寶都蘊藏著同仁一路走來艱辛的心路歷程與難得的心血結晶。本文將就該等技術及文物，擇要介紹其技術發展沿革、相關文物扮演之角色與功能、各類史料及文物之蒐集過程與管理措施等，期盼藉由本文之陳述及相關文物之蒐集，可讓臺北捷運機電系統之演進過程，及關鍵史料，一一的完整呈現。

## 二、重要技術演進及文物

臺北捷運創立之初，由於聘請美國捷運公司(ATC)擔任本局總顧問，因此，幾乎所有機電系統規範之訂定，皆以美國當時營運中之類似系統做為參考及引用依據(木柵線除外，按：木柵線係採用法國馬特拉系統)，並配合臺北捷運之營運環境、營運需求、及國內外最新相關法規，予以調整或修訂，此一做法，不但省時，且不失穩當，亦為一般工程界普遍採行且行之

有年之初始規劃或設計模式，後續再配合營運新增需求，與最新科技，不斷更新。

以下將就臺北捷運機電系統部分關鍵設備及履約管理制度，包括：高運量電聯車內裝、駕駛模擬器、供電系統、閉路電視系統、行控中心及細部設計審查作業等之技術及作業制度演進過程、決策考量、及相關文物和史料等逐項追蹤、探索，藉以回顧過去，並展望將來。

### (一)高運量電聯車內裝

本局高運量電聯車內裝設計原則為「安全」、「輕量」與「人性化」。內裝材質均採符合國際標準之輕量防火材料(如 FRP 等)並訂有車廂總火載量限值以確保列車整體防火性能，車廂座椅、扶手及駕駛室操控設備則依人體工學設計以符合人性化之原則，駕駛員座椅並可調整高度與位置，車廂座椅採「縱橫混合式配置」，此配置係於車門入口處設置縱向座椅以利旅客進出，中間區域則設置 4 人式背對背橫式座椅以提升舒適性，兼具舒適與多元化，並設有「輪椅區」及「博愛座」以照顧殘障與行動不便旅客之需求，博愛座顏色與一般座椅不同且具對比性(深藍色)以利區別。目前營運中之舊型電聯車內裝設計上並無太大差異，但自新蘆線開始為進一步提升服務品質並因應技術之進步已納入多項新設施，如：駕駛室內較舊型電聯車駕駛台增設了「列車監控資訊系統(TSIS)」，該系統採用先進之彩色液晶觸控螢幕操作，能有效監控記錄全列車及車廂各子系統(如推進/煞車/空調/車門/輔助電力等子系統)之操作狀態及故障訊息與行車記錄等相關資訊，大幅增進司機員對行車狀況之掌控能力；車廂內則建置了「閉路電視(CCTV)攝影機」並將畫面顯示於駕駛室以提升車廂安全，車門上方則設置「LED 站名顯示器(每車 8 具)及車側 LED 路線顯示器(每車 4 具)」以提供旅客動態站名資訊，而車間走道橡膠外罩則採用不易破損之「褶襠式設計」以提升使用壽命，車廂門機構改為電力操作以符合設計趨勢等。另因應南韓大邱地鐵火災事件亦增加多項需求，如：「車廂內裝材料增列發煙毒性限之規定」，「車外增設可同時打開同側四組車門之裝置」，「車廂緊急對講機增加可直接與行控中心聯繫之功能」，「車廂增設火警偵煙器並可與 CCTV 連動」，「車廂滅火器數量增加為 4 具(原先為兩具)」等，以強化列車之防火及逃生安全性能。有關高運量電聯車駕駛室設備演進詳如圖 1，車廂整體設施詳如圖 2。

此外，為配合本府開放乘客攜帶腳踏車搭乘捷運以鼓勵市民休閒活動之政策，本局亦依捷運公司建議將新蘆線列車頭尾兩節(第 1,6 節)車廂規劃為腳踏車車廂，該車廂設有「多功能支架」以供乘客停放自行車、嬰兒推車、行李或作為扶手使用之多用途目的，座椅並配合調整為縱向排列以利腳踏車進出及移動，其他車廂座椅配置仍維持不變，車門走道立柱改為 T 型並於車間走道增設嵌入式扶手以提高可及性。新蘆線車廂內裝設計特色詳如圖 3 及圖 4。

高運量電聯車因需具備「統一調度、跨線使用」之全路網營運能力故未以不同車身飾條顏色區分行駛路線以免於跨線營運時產生混淆，唯列車車頭及兩側均已設置可顯示終點站站名及路線顏色之動態顯示器與路線識別燈，且車站月台區亦有相關路線顏色標示及顯示器提供旅客乘車所需之路線資訊。

後續採購之信義/松山線電聯車亦更進一步納入多項新設計，如「設置串列式列車數據通訊網路」、「車廂設置 LCD 彩色液晶顯示器」、「車間走道連結處兩側增設防墜設施以保障旅客乘車安全」、「車門走道立柱改為多柱式設計以提升可及性」等以提升服務品質。

前述各項有關電聯車內裝設計之演進與品質之精進措施，皆係本局同仁展現智慧並勇於採納新科技與考量乘客需求所作之努力，而後續新購各線電聯車本局亦將秉持以往精益求精之精神持續精進設計品質，以期提供社會大眾更為滿意而完善之捷運電聯車設計。



圖 1 高運量駕駛室(自左而右)土城線、新蘆線 TSIS 顯示器、新蘆線 CCTV 螢幕



圖 2 高運量車廂(自左而右)淡水線、土城線、新蘆線



圖 3 新蘆線車廂設施(自左而右)CCTV 攝影機、到站顯示器、DM1 車廂行李架



圖 4 新蘆線車廂設施(自左而右)DM1 車廂直式座椅、車門走道 T 型扶手、車間走道扶手

## (二) 駕駛模擬器

臺北捷運系統從高運量第一條淡水線就有規劃駕駛模擬器之理念，高運量電聯車駕駛模擬器設置之主要目的，係為培訓駕駛員熟悉所有路軌的線形及電聯車駕駛室內各開關、各設備之操作、駕駛過程中電聯車上基本之故障排除以及緊急意外事故之處置能力。並另設置有講師控制台，做為模擬行控中心模擬發車或調度操控列車，亦可模擬各種天候、早晨、黃昏、夜間等之外在條件；台北捷運系統於淡水線 CT301 電聯車開標後，基於需要培育駕駛員之養成，於民國 81 年成立 CT309F 標案，開始籌化駕駛模擬器工程，民國 82 年由神通電腦公司得標，並結合日本三菱公司技術合作。

民國 84 年初完成 CT309F 標駕駛模擬器，其所建造的駕駛室型式包括儀表、駕駛操作桿、開關、駕駛座椅…等與淡水線 CT301 電聯車標之實體完全一樣，所模擬的路線僅只有淡水站到台北車站及新北投支線，以實際拍攝錄影磁帶做為影像之基礎，並轉換製成 LD 碟片，以當時最新之 Windows 286 工業級電腦控制。

歷經 10 年駕駛模擬器為捷運公司培訓了數以百計的捷運優良駕駛，也附帶成為市府首長、各外單位團體等最佳參訪單位；但捷運高運量網路由淡水線開始至今已完成 5 條路網，又已建立 6 個機廠，所以雙向營運路軌及進出機廠路軌已超過約 140 公里，駕駛模擬器所訓練的範圍相形捉襟見肘，民國 92 年捷運公司提出更新標案，93 年底經由市府同意由本局規畫以重置基金為更新設備來源，94 年成立 RE309F 駕駛模擬器標案。

本 RE309F 標案，除了增加路線的擴充（包括淡水、新店、新莊、蘆洲、南港東延段等各支線、板橋、中和、土城等路線）外，對於所模擬之駕駛室其中一組為 301、321 及 341 型共用，另一組為 371 型單獨使用。

由於電腦數位技術的精進，第二代駕駛模擬器發展之技術也向前邁進了一大步，尤其是捷運地面段、高架段的景觀，隨著都市發展的快速，約半年時間道路景觀即有很大的變化，原駕駛模擬器系統採實際拍攝方式製作，但 10 年下來行駛景觀改變甚巨，訓練之駕駛學員一旦完成課程結業，正式上線後其駕駛並不能完全轉換感受，現有之新一代設計充滿了彈性與擴充性，只要動畫軟體重新加入或刪除，即可隨時加入模擬訓練之行列，同時第二代駕駛模擬器已增加到 3 種高運量電聯車車型，其使用年限將可更久遠。訓練教室雖在同一地點，經過重新設計改建後不但設備、裝潢、照明新穎，更為學員提供了優良之學習環境、另提供一寬敞多媒體簡報空間，讓參訪者觀賞簡報之餘，亦可實際觀摩駕駛員訓練情況，可謂設計周全完美。該項新設施，除了當提供捷運公司更便利之服務外，更可提昇台北市都會區進步的形象。下圖 5 與 6 分別展示第一代 CT309F 標及第二代 RE309F 標駕駛模擬器之基本配備、功能及主要差異。



圖 5 CT309F 標(自左而右)駕駛室、實際拍攝影像、講師操控台、參訪來賓簡報室

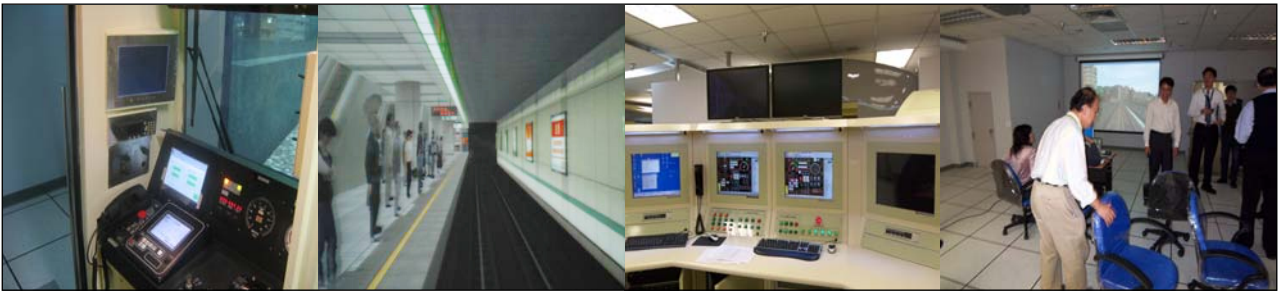


圖 6 RE309F 標(自左而右)駕駛室、電腦合成 3D 動畫影像、講師操控台、參訪來賓簡報室

### (三)供電系統

台北捷運系統所需之電源以特高壓 161kV 電源接至主變電站(Bulk Supply Substation B.S.S.)，降壓至中壓(22kV)再經由配電網路供電至牽引動力變電站(Traction Substation, T.S.S.)及車站變電站(Station Substation, S.S.S.)。電聯車之電源，則由牽引動力變電站將 22kV 交流電，經由整流變壓器及整流器輸出 DC 750V 直流電，再以直流電纜配送至第三軌傳送至電聯車上之集電靴，以供應電聯車動力。

在上述的電力輸送過程中，牽引動力變電站將 22kV 交流電轉換成 DC 750V 直流電，以目前使用的二極體整流技術，整流過程會在 22kV 交流側產生諧波，以空氣情況來比喻，空氣在經過工廠使用之後，會排出廢氣到大氣中，而影響到大氣的品質，而整流過程所產生的諧波就好比是工廠在運轉過程所排放回大氣中的廢氣，電力能源在經過整流的過程，會排放諧波回到電力系統上，所排放回到電力系統中的諧波會影響到原有電力系統的電力品質，因而影響到其他電力用戶的用電品質。

由於諧波有可能引起系統的諧振、也增加電力設備熱損失、降低供電系統的功率因數以及造成通訊干擾等等，故台北捷運系統因為使用了大量的整流設備，因而也必須了解系統諧波問題。

初期的捷運淡水線為了發包的需求，而由當時的總顧問先進行前置設計(upfront design)，但當時的前置設計只有進行了直流分析以及交流分析，當時的總顧問在前置設計階段，並沒有針對諧波事先進行相關之分析計算以確認系統之設計，當時的總顧問對於諧波問題的處理是認為可交由承包廠商於細部設計處理。

淡水線在發包之後，承包商西門子公司於依照技術規範合約進行諧波分析後，認為總顧問前置設計中之原始供電架構(圖 7 左 1)無法僅依當時的合約進行諧波改善(詳淡水線供電標 PTS9.9)，隨後總顧問另行聘請的顧問亦分析確認了廠商的結果，為了解決諧波失真過量的問題，最後由廠商、總顧問及捷運局三方合意，將原有供電架構，變更為編號[B2-scheme]的供電架構，此變更內容，係將原始共用 BSS 主變壓器匯流排的車站電力回路及牽引電力回路分隔開來(圖 7 左 2)，分別以不同的主變壓器供電，同時將原始設計的 12 脈波整流器更改為 24 脈波整流器，以降低整流過程的諧波失真量，並且再於各 BSS 之 22kV 側加裝經過計算的諧波濾波器(西門子稱為 Damping Unit)，在此諧波改善的過程中，亦確立了後續路線的供電架構。

基於淡水線的經驗，總顧問於後續的南港/板橋線，於前置設計中亦增加了諧波計算，總顧問採購了 V-HARM 諧波分析軟體(圖 8 左 1)，以進行南港/板橋線的諧波分析前置作業工作

(圖 7 右 1)，隨後並技術移轉及移交給捷運局使用，以利進行後續路線的諧波分析工作及審查作業。基本上，諧波分析工作與交流分析工作大同小異，差別在於系統的輸入電源為諧波電源，而相關的輸電線路則必須增加考慮電容效應。

諧波為一種電力污染，故電力公司針對電力用戶所產生的諧波含量會限定在一定範圍內，此亦為諧波分析所須遵循的管制依據。目前為台灣電力公司依據 IEEE519-1989 所建議的諧波電流標準所公佈的台灣電力公司電力諧波管制暫行標準，作為電力公司於責任分界點上管制諧波的參考依據。另在捷運供電標技術規範文件的諧波分析條文規定如下：「諧波分析之結果在與台電之責任分界點之 161kV 電源側諧波失真應符合台電公司最新公佈之諧波管制暫行標準，在 22kV 側部分，以專屬系統而言(此處係指 B2-scheme 架構)，其總諧波電壓失真(THD)不得超過 8%」。一旦諧波分析無法符合管制標準，則必須提供改善措施以抑制諧波而符合諧波管制的要求。

目前本局使用總顧問所移交之 V-HARM 諧波分析軟體(圖 8 左 1)進行諧波分析設計及審查工作，該諧波分析軟體經驗證過淡水/新店線(圖 8 右 1)、中和線及南港/板橋線等廠商之諧波分析報告，均取得相當之一致性，本局亦累積相當之使用經驗。

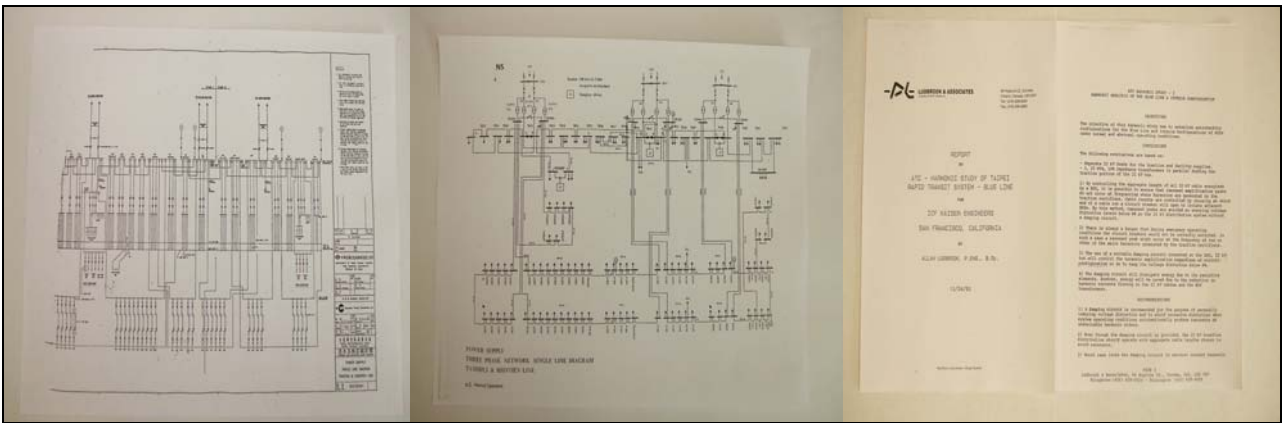


圖 7(自左而右)總顧問之前置設計供電架構、B2-scheme 供電架構、藍線前置設計諧波分析計算

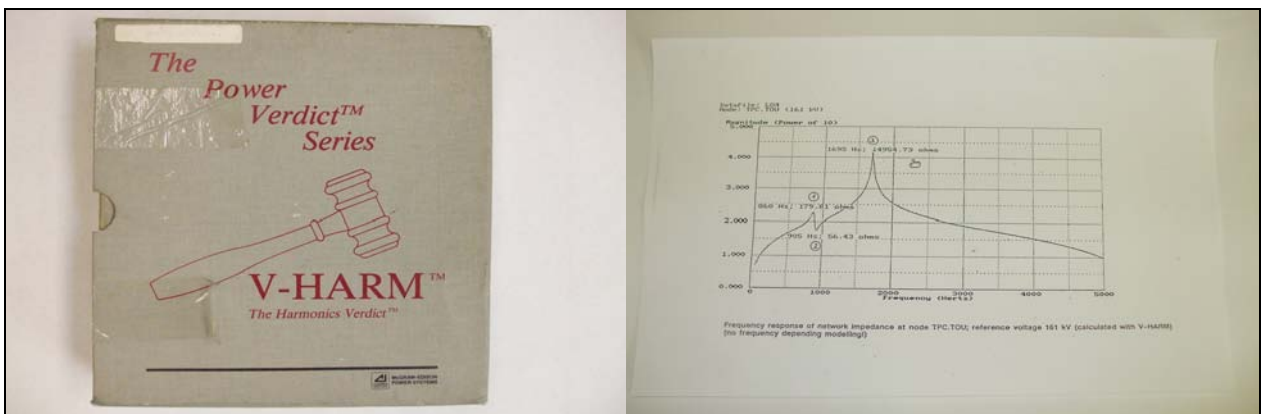


圖 8(自左而右)總顧問採購之 V-HARM 諧波分析工具及以 V-HARM 進行阻抗掃描分析之分析結果

捷運系統負載潮流分析不同於一般電力系統的負載潮流分析，係(1)捷運供電系統包含交流及直流兩個系統。直流系統提供電聯車驅動電力之需；交流系統則供應車站內部照明、電

梯、電扶梯、消防及環控等固定設備使用。(2)電聯車的位置及負載量隨時都在改變，因此，其直流供電系統的線路架構亦時時更迭變化。(3)電聯車煞車時，將提供再生功率回送至供電系統。由於臺北捷運系統在供電廠商尚未得標進行細部設計時，捷運各廠站之固定設施細部設計顧問，即必須開始進行相關廠站之土木、結構、建築、水電環控等之細部設計，此時相關廠站乃至橫渡線上方是否應設置牽引動力配電室即須先予確定，本局自總顧問時即以EMM直流分析軟體進行牽引動力配電室容量、位置、數量以及直流系統架構之先期規劃，以配合該固定設施細部設計之展開，並確認供電模式可滿足電聯車營運之最大旅運量時的用電量需求。另針對臺北捷運供電系統於招標前之基本規劃設計階段，即須進行各項詳細之系統電腦模擬分析，以驗證確認系統架構、供電模式、各級變電站設置位置、各項交直流供電設備(開關盤、變壓器、電力電纜)之型式與容量等均能符合供電系統可靠度與各項設計原則要求，並據以完成系統單線圖作為供電廠商得標後進行後續細部設計之依據基準。臺北捷運供電系統設計須進行的系統分析項目，主要有直流分析、交流分析、諧波分析等。自總顧問紛紛離去後，此先期基本規劃設計之責任則由本局同仁肩負，以延續臺北都會區捷運後續路網之建設推動。

目前本局所使用的直流系統分析程式EMM(Energy Management Model)，是由Carnegie-Mellon大學所發展的商用軟體，適用於IBM PC，其中所有的程式皆以FORTRAN 77所寫成。此套EMM軟體包含列車性能模擬TPS(Train Performance Simulator)、供電網路之模擬ENS(Electric Network Simulator)、能量消耗模組(Energy Cost Modules)及其他用來建立輸入檔和處理輸出檔的程式。EMM主要用於軌道車輛運轉操作時之能源消耗計算。

捷運供電系統之交流電力分析(AC Study)即一般電力系統教科書所謂的電力潮流分析(Power Flow Study)或負載潮流分析(Load Flow Study)，其分析目的是要確保所設計的供電系統可在安全無虞的狀態下供應下游負載之電力需求。其目的在於計算電力系統在既定之線路架構與負載條件下的穩態操作特性，包括：各匯流排之電壓大小與相角、各電力傳輸設備(變壓器與輸電線/電纜)流動之實/虛功率與損失、各發電機之發電量…等，並藉此確認匯流排電壓值是否接近額定值(或饋線壓降是否低於某一限制值)、電力傳輸設備是否過載運轉、發電量是否足以提供系統負載與損失、發電機是否操作於實/虛功率限制範圍內…等。本局原來使用的交流分析軟體，為1989年美國SKM Systems Analysis公司所發展之DOS版的「DAPPER」軟體，曾先後完成淡水新店線、中和線、南港板橋線、土城線之交流分析，經與供電廠商分析結果比較驗證，均在極小之誤差範圍內，該軟體對臺北捷運交流供電系統之單線圖與供電模式設計，具有莫大之助益。該軟體經SKM公司逐年更新改良，已開發有WINDOWS版之交流分析軟體，目前本局新購之交流分析軟體為SKM公司所開發2001年Windows版的分析軟體「PTW」(Power Tools for Windows)。

#### (四)閉路電視系統

台北捷運閉路電視(CCTV)監控系統，自民國85年3月捷運木柵線完工通車一直執行捷運沿線各車站、機廠安全及旅客流量之監控，行控中心可監看全路網各車站狀況，機廠塔台監控機廠狀況，車站旅客詢問處(PAO)監看車站旅客動線狀況(圖9)。隨著時代的變遷，電子科技的進步，台北捷運CCTV系統歷經黑白系統演進至彩色系統，類比系統進步至數位系統，影像

監控網路化及影像有線傳輸至無線傳輸等四大革新階段。



圖 9(自左而右)行控中心、車站及機廠 CCTV 系統監控

86 年 12 月起淡水線、新店線、中和線、南港線、板橋線、土城線及小碧潭站等路線陸續通車營運，當時木柵線、淡水-新店線 CCTV 系統還是黑白世界，攝影機、監視器及影像傳輸設備皆為黑白系統(圖 10)。



圖 10 早期黑白 CCTV 系統監控設備

85 年 6 月施工中之中和線、南港線-板橋線，台北捷運開始引進彩色 CCTV 系統，監控畫面進入彩色世界(圖 11)，91 年起監視器(Monitor)更由 CRT(陰極射線管)進步至 LCD(液晶顯示器)。



圖 11 新一代彩色 CCTV 系統監控設備

新莊-蘆洲線 CCTV 系統規劃設計，透過數位化以 DVR(數位錄影機)及 RAID 磁碟陣列取代 VCR(類比卡式錄影機)(圖 12)，錄影容量大增，監視畫面可以 16 分割、9 分割、4 分割顯示，同時可運用圖形化使用者介面，快速地搜尋歷史影像資料，透過數位錄影機(DVR)，可由 TCP/IP、Intranet/Internet 網路作遠端即時監控。



圖 12 VCR、DVR 及 RAID 磁碟陣列

92 年 3 月 6 日南韓大邱捷運發生電聯車失火案，前車之鑑，為加強旅客安全，新購列車車廂內均裝設有偵煙器及閉路電視攝影機，當旅客按下緊急對講機按鈕或偵煙器作動時（圖 13），閉路電視將立即連鎖並將相關畫面顯示於駕駛室，以利掌握車內狀況迅速處置；另車站 CCTV 系統與火警系統連動，當車站發生火警時，CCTV 系統收到火警偵測器之火警訊號時，即時將 PAO 監視器螢幕畫面自動鎖定於火警區。



圖 13 列車攝影機、偵煙器及緊急對講機按鈕

93 年為公共空間婦女人身安全於車站外轉乘停車場及通往車站出入口通道設置 CCTV 系統，台北捷運車站包括月台、大廳開始引進全功能 Speed Dome 球型攝影機（圖 14）。



圖 14 車站月台、大廳攝影機

將行通車之中運量內湖線電聯車上 CCTV 系統應用無線電傳輸技術（5.8G 頻段，802.11a 標準），將內湖、木柵線列車內旅客狀況影像運用 JPEG 壓縮技術以 GE(Gigabit Ethernet)以太網路為主幹，傳輸回內湖行控中心；高運量新蘆線及信松線 CCTV 監控系統於行控中心可將各車站傳回之影像於投射式模擬顯示板（LPD）投射監控，未來捷運列車 CCTV 系統將因無線寬頻技術的精進，監控品質快速提升。

## (五)行控中心

### 1.重要技術演進

行控中心人員除了以中央控制室的馬賽克顯示板監視整體系統之運作外，還可透過各控制台上的工作站作監控。各人員控制台上的工作站監控功能各有不同，但總括來說皆需應用中央行車控制之號誌主電腦或資訊系統執行監控。前者資料是以圖形顯示，後者則以文字顯示。

中央行車控制系統具備自動化之控制功能，提供控制中心人員監控各線運轉，平時係採用事先製作好的時刻表執行，並全自動調整列車的運行狀況。基本上，中央行車控制系統無關維生，但其功能卻關係著整個捷運網路的運轉效率。其自動監控功能包括下列幾項：

#### (1)自動派車：

依既定行車時刻表所定時間，自動發出各派車地點之發車指令。並以全自動或手動調節運轉方式使列車維持準點到站。

#### (2)設定路徑：

平時位在車站號誌設備室的現場控制邏輯會自動設定路徑，必要時控制中心亦可手動遙控，在列車接近聯鎖區道岔前預先設定路徑。

### (3) 監視整體系統運轉狀況

顯示、記錄、分析、及核對全系統之運轉狀況，提供情報給控制中心人員，以採取必要措施。

### (4) 驗證時刻表

控制中心人員可輸入各種行車時刻表內容，由行車控制電腦分析並比對各項限制參數，驗證時刻表並啟用之。

台北高運量捷運系統的控制中心，位於台北車站旁交九控制大樓，包括地下三樓的中央控制室(Central Control Room, CCR)和地下四樓的中央控制設備室(Central Control Equipment Room, CCER)。

號誌電腦由中央行車控制號誌電腦系統及資訊系統兩套主機組成，每一套主機分別有常用及備用主機。常用主機可在系統發生失誤時自動切換至備用主機，而不中斷正常運作。此套系統管理中央行車控制系統的軟體。

臺北捷運高運量系統在規劃新蘆線行控中心架構時，已參考國外行控中心設置經驗，如香港地鐵，行控中心為 PC-Based 系統，狀態顯示板亦由傳統馬賽克進展至背投影式顯示畫面，號誌的背投影式螢幕可與閉路電視螢幕整合，可將各線之號誌及閉路電視畫面送上背投影式螢幕。既有行控中心號誌系統設備如圖 15 所示，未來行控中心號誌系統設備如圖 16 所示。行控中心使用 PC-Based 系統及背投影式顯示設備之優點如下所述：

#### (1) 行控中心使用 PC-Based 系統之優點為：

- a. 硬體取得容易，備品之取得及更新較不會受到限制。
- b. 系統網路由封閉式之 DEC net 轉換為開放式之 Ethernet。
- c. 各工作站不僅作為傳統終端機使用，亦可成為個人電腦，功能較為多元且具彈性。
- d. PC-Based 之操作使用及介面需求較為一般維修人員所熟悉，對未來營運較為有利。

#### (2) 行控中心使用背投影式顯示設備之優點為：

- a. 整體外觀組合之設計較傳統馬賽克設計為美觀。
- b. 輸出訊號非常有彈性，捷運公司行控中心之 CCTV、地震/風速儀電腦、氣象連線、電視之即時新聞等皆可顯示於顯示板上。
- c. 輸出畫面可任意放大縮小及置於任意位置，並可預設數組顯示模式以利於控制人員可迅速將所需畫面投至顯示板。

## 2. 歷年大事紀要

淡水、新店線號誌電腦系統之設計始於 76 年，86 年 3 月淡水線通車時係使用 Digital VAX FT-612 主機，另因 88 年底中和線之契約變更改由 VAX FT-810 主電腦負責淡新中線之列車調度，VAX FT-612 主機則於 90 年納莉風災時淹水報廢，而板南線 VAX FT-810 號誌電腦亦於 88 年底通車時使用。

90 年 9 月 17 日納莉風災，造成台北捷運系統一場浩劫，於 92 年 1 月 23 日經市府決議於內湖線工程設置備援行控中心，92 年 2 月 13 日行政院國家資通安全會報要求捷運完成異地備援系統，捷運公司遂於 92 年 3 月 7 日建議本局建制高運量第二行控中心於北投機廠，但此第二行控中心之建議並沒有獲得市府重置基金管理委員會之同意。

號誌電腦原廠惠普科技公司於 93 年 9 月 21 日去函捷運公司表示號誌主電腦 VAX FT-810 之 CPU 模組備品不足，市府 93 年 12 月 15 日召開之「台北都會區捷運固定資產重置基金管理委員會」遂通過「高運量行控中心淡水、新店線及板橋、南港線號誌電腦系統重置」其中包括將既有 VAX FT-810 電腦系統重置為 PC-Based 電腦系統，並於北投備援行控中心建置一套完整之號誌系統，作為交九行控中心之號誌系統完全無法運作時之最佳處理及復原前之備援系統。

94 年 2 月 17 日本局會議決議將高運量行控中心環控標之大型馬賽克顯示板納入「高運量行控中心號誌系統重置案」一併發包施作。



圖 15 既有交九行控中心設備(自左而右)藍線馬賽克、紅線馬賽克、主電腦設備



圖 16 未來交九行控中心設備(自左而右)控制員監控畫面、主電腦設備、後投式顯示板

## (六)細部設計審查作業制度

### 1. 技術演進

本局自成立以來，為促使台北捷運工程規劃、設計、施工等技術性作業協調，文件管制更周延完整，利用型態管理技術，綜理設計審查、變更管制、界面管制及技術作業文件管理等各階段管制業務，並為求各施工標、系統標廠商送審本局之技術文件皆能確實而迅速予以審查並回覆廠商，且妥善完整保存送審過程之各項技術資料而制定此制度。而其目的是針對捷運系統工程有關的設計文件、圖說和其他選定資料以審查作業的方式來確保功能與實體上之正確性，使技術文件有條不紊，作業與責任有依據。

所謂”型態管理”是應用技術與行政的各種指示與督導，完成下列各項工作的一項管理紀律。

#### (1)型態辨識 (Configuration Identification, 簡稱 CId)

將具有獨特且可描述產品的實體、功能特性之型管項目表現在文件上，而其型態編號

必須與其它控制號碼相互對應，若其編號過於複雜則不易管理。

(2) 型態控制 (Configuration Control, 簡稱 CC)

在基準時間前後，任何型態項目變更都必須列管，並追蹤各權責單位之辦理情形及所更改的狀態。

(3) 紀錄型態狀況統計 (Configuration Status Accounting, 簡稱 CSA)

記錄型態項目型態認定之起始管制點、審查現況及變更過程與後續執行狀況。

(4) 型態稽核 (Configuration Audit, 簡稱 CA)

驗證及測試是否符合原始要求。

溯於民國 80 年與總顧問合署辦公之情況下，制定審查作業流程(如圖 17 左 1)，作為執行廠商細部設計審查作業之依循，並於民國 82 年由總工程司室成立型態管理小組 (Configuration Management Design Review, 簡稱 CMDR) 負責監督控管審查作業狀況，以確保審查之時效性。其審查過程則區分為初步設計審查 (PDR)、進行中設計審查 (IPDR)、定案前設計審查 (PFDR) 及定案設計審查 (FDR) 四階段，在各階段中由廠商提送審查技術文件予機電系統工程處，並由型態管理小組分送相關審查單位審查並管控，相關審查單位就其專業提出審查意見，被授權為各機電系統標工程司代表之工程處需負責審查意見之最後綜整及裁定，若有必要時可召開審查會議，將統一後之審查意見填寫於廠商送審資料傳送單，併同審查意見函覆廠商。

為執行機電標設計審查管制作業，捷運局與總顧問研定設計「技術文件處理表」

(Technical Activity Request Form, 簡稱 TARF) (如圖 17 左 2)，其作業重點在於各相關審查單位之互相協調，依分工合作原則，各據其職責提出審查意見，朝同一目標邁進。若相關各承辦單位未能依規定時限內完成審查，勢必影響後續工作之進行，協調人員必須密切追蹤未結案 TARF 之辦理情形，並催促於預訂時程內完成審查作業。

為落實扁平化管理方式，配合局內工作簡化及顧問精簡政策於民國 84 年將總工程司型態管理小組予以裁撤。廠商送審文件依概念設計審查 (CDR)、細部設計審查 (DDR) 及最終設計審查 (FDR) 三階段由機電系統工程處透過技術文件處理表依權責分工分送相關審查單位，並將型態管理業務由各處室負責執行(如圖 17 左 3)，並研訂「技術文件處理表」(如圖 17 右 1)，俾便執行設計審查管制作業。從民國 94 年起，依據通過 ISO9001:2000 驗證之「機電系統標細部設計技術審查品質管制作業程序」(QSOP-G9003)，以達局內各項審查全面品質管控。

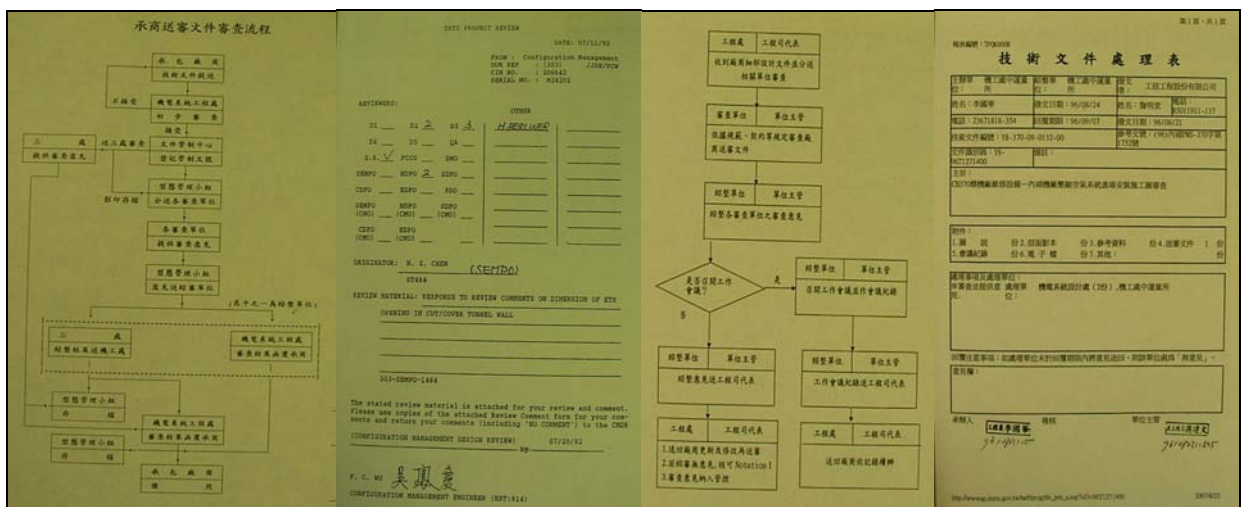


圖 17(自左而右)舊制及現行細部設計審查作業流程及其相關之技術文件處理表

為落實管制機電系統標發包後廠商之細部設計審查作業及有效建立資料庫，機電系統設計處（原為第三處）於民國 79 年由總顧問研發資料庫，最初是在 DOS 模式單機作業下使用 Clipper 語言撰寫完成之型態管控系統（Configuration Management Model，簡稱 CM）（如圖 18 左 1），有鑒於資訊技術快速發展，局內為推動電腦化作業及網路連線，開始研發技術文件審查管理系統，技術處（原為資訊中心）於民國 85 年開始上線，使用 DOS 模式以 PC LAN 架構開發，民國 87 年之後將 DOS 模式改版使用 Windows 模式以主從架構概念下開發，民國 93 年起為簡化使用者端作業環境，改善系統整體操作功能並使之更為人性化，改版提升至視窗 WEB 三層式架構（如圖 18 右 1）。

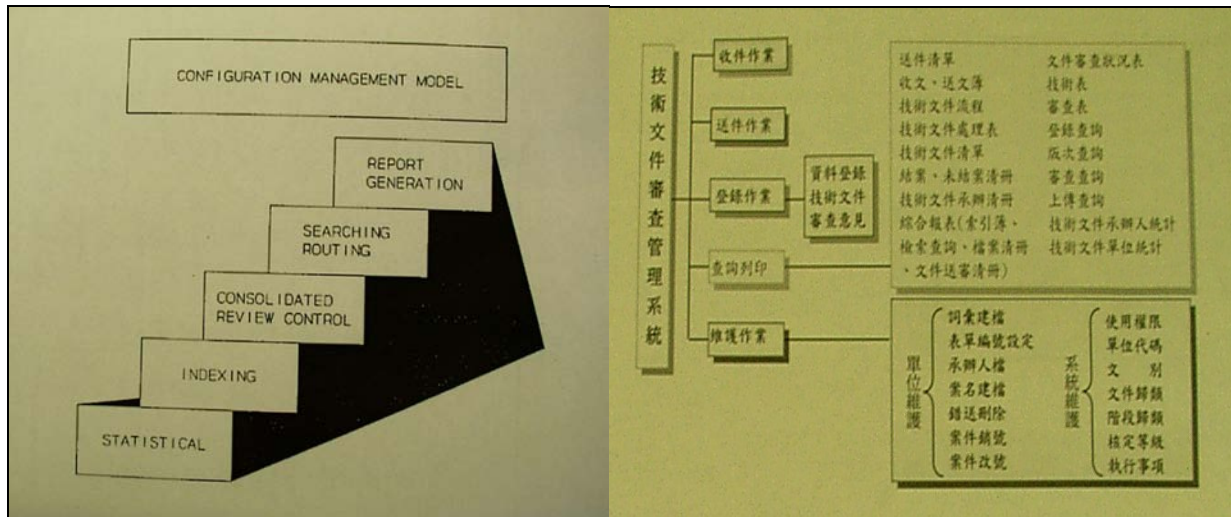


圖 18(自左而右)總顧問使用之 CM 系統功能架構及現行之 TARF 系統功能架構

自民國 80 年制定細部設計審查制度，到民國 94 年通過 ISO9001:2000 驗證之「機電系統標細部設計技術審查品質管制作業程序」(QSOP-G9003)之細部設計審查制度，其間經過數次的檢討與改進，本局並未從此滿意，隨著科技的進步，為使展現顧客導向，持續打造安全、便捷、舒適、美觀、世界一流的捷運系統為品質目標，未來廠商加入捷運團隊之子系統（如圖 19），上傳各項相關審查資料之

電子檔及設計圖說至技術文件審查管理系統，承辦人員將審查之意見上傳至系統中，將各項型態文件發展歷史紀錄建檔，由技術文件審查管理系統依層級權限做到審查控管，統計及稽核，並配合電子簽章功能，進而提供設計審查於全面 e 化的環境，達到無紙化的境界。

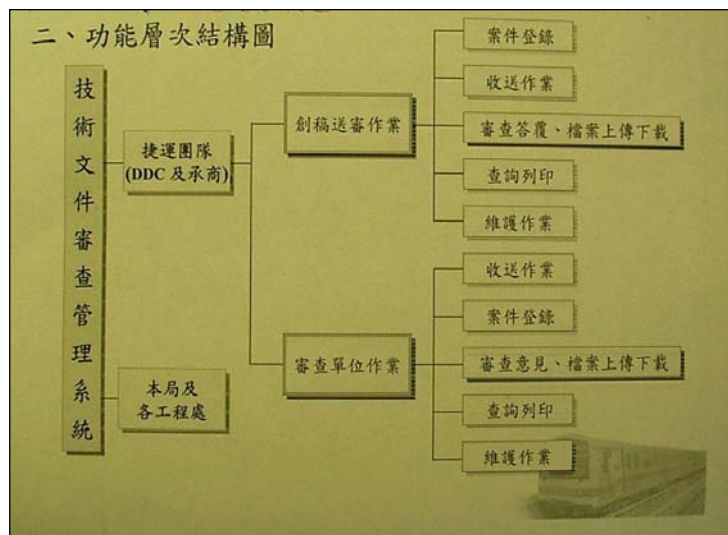


圖 19 未來 TARF 系統功能架構

電子檔及設計圖說至技術文件審查管理系統，承辦人員將審查之意見上傳至系統中，將各項型態文件發展歷史紀錄建檔，由技術文件審查管理系統依層級權限做到審查控管，統計及稽核，並配合電子簽章功能，進而提供設計審查於全面 e 化的環境，達到無紙化的境界。

### 三、結語

本局機電同仁歷經二十年之琢磨與淬煉，目前有關捷運機電系統之規設作業，皆有駕輕就熟及漸入佳境之感，惟因機電技術，進步神速，一日千里，而捷運機電系統又是匯集機電科技之大成，若不能跟隨先進技術，不斷精進，求新求變，將必落伍，甚至遭到淘汰。因此，每位同仁隨時均應抱持戰戰兢兢的態度，務求百尺竿頭，更進一步，不斷精益求精，朝世界一流之捷運系統戮力邁進。

在高度複雜與專業的捷運機電技術嚴格考驗下，使得臺北捷運系統建造與發展過程，面臨不少困難與挑戰，遭遇不少挫折，一路走來，備極艱辛。但隨著木柵線、淡水線等多條捷運路線一一陸續完工及通車營運，已累積了不少寶貴的技術史料及文物，也培養了無數技術精湛的捷運機電專才，這些有形及無形資產，都是臺北捷運最重要且無價之寶藏。

臺北捷運發展迄今，除了營運中實際展示之各類機電軟、硬體設施外，亦累積及留存了為數不少之機電規設重要史料及文物，包括：設計規範、重大決策相關簽呈、會議紀錄、廠商送審文件、設計樣品、訓練模型等。該等捷運史料，目前仍閒置各處，任憑蟲咬鼠啃，乏人聞問，未妥善保存與管理，久而久之，恐將陸續損毀或流失，對本局來說，將是一大損失。為便前述史料未來的歸類、保存與管理，特別藉由本次撰稿機會，針對前述捷運機電系統部分關鍵設備及履約設計管理作業制度相關史料及文物，做一全面及徹底之清查與蒐尋。而該項史料蒐集作業，在每位參與撰稿同仁竭盡所能，積極搜尋下，略有斬獲，實感欣慰。

### 參考文獻

1. “THE NEW DEVELOPMENT of CONSIDERING CCTV REMOTE SURVEILLANCE SYSTEMS in TRTS” ，廖必統，2002 年台北捷運博覽會論文
2. 國內外 CCTV 系統廠商資料。
3. 淡水線號誌廠商送審設計文件(1991)：「Reliability Allocation & Prediction」，《機電系統設計處型管文號 CIN:M10726》。