

# 捷運防水隔艙遠端控制之探討

朱旭<sup>1</sup> 古鴻坤<sup>2</sup> 王臻<sup>3</sup> 王其政<sup>4</sup>

## 摘要

臺北捷運初期路網地下車道中，並未設置防洪設施，但鑒於民國90年9月侵臺的納利颱風，造成臺北捷運系統部分路線停止運轉長達一個多月，嚴重影響都會區六十萬以上民眾的行程。為避免類似事件再次發生，臺北捷運工程局在新莊蘆洲線以後之新建路線中，對於有可能發生洪水災害之源頭或系統交會車站之隧道內設置全斷面防水隔艙，期望使洪水災害發生之危害區域控制在局部範圍內，以往其他都市所設置之全斷面防水隔艙都是由各設置地點之車站獨立開關，本系統則為整體行車安全考量，將隔艙之開關控制區分成三層級，最上位之控制是在「行車控制中心」以遠端監控，其次為各設置隔艙之車站旅客詢問處的控制，最後才是人員直接至現場控制，以期能於災害發生時，將防水隔艙及時安全關閉乃系統成功關鍵。

關鍵詞：全斷面防水隔艙、防災、遠端監控

## A Study on Remote Control of MRT Floodgates

Ju, Daniel H.<sup>1</sup> Ku, Hung-Kun<sup>2</sup> Wang, Chen<sup>3</sup> Wang, Chi-Cheng<sup>4</sup>

### Abstract

In the initial Taipei MRT network, installation of flood prevention facilities was not included in the construction of the underground tracks. As a result of Typhoon Nari hitting Taiwan in September 2001, 18 MRT stations were flooded and some Taipei MRT routes were shutdown for one month, seriously affecting the daily schedules of over 600,000 passengers. To avoid MRT stations and tunnels from being flooded again, as well as to protect the public and transit personnel and property from damage caused by flooding, floodgates were built in the tunnels where flooding may originate and on transfer stations of the new routes starting from the Xinzhuang and Louzou lines, in the hope of controlling damage to a limited area. In the past, floodgates installed in other cities were controlled by each individual station. However, on the Xinzhuang line the floodgates are controlled through a three-level system with the top level of remote control in the Operation Control Center, a second level of control at each individual station's passenger agent office (PAO), and the last level of manual on-site control. Through this system for closing and opening and the interface system of floodgate control, the safety of the trains traveling in the tunnels can be ensured in case of disaster.

**Keywords : floodgate, flood prevention, security-surveillance**

<sup>1</sup> 交通部高速鐵路工程局局長

dhju@nthsrl.hsr.gov.tw

<sup>2</sup> 臺北市政府捷運工程局北區工程處主任

hkku@trts.dorts.gov.tw

<sup>3</sup> 臺北市政府捷運工程局北區工程處主任

10082@trts.dorts.gov.tw

<sup>4</sup> 南寧工程股份有限公司處長

chichengwang@nandao.com.tw

## 一、設立全斷面防水隔艙背景說明

由於臺北捷運初期路網並未設置防水隔艙，以致在民國90年9月17日侵臺之納莉颱風帶來暴雨時，造成以二百年洪水發生頻率設計之臺北捷運系統有16個車站、一座機廠及一座高運量行控中心皆淹水，歷經三個月的搶修至12月15日才恢復全線通車。由於部份捷運路線遭大水淹沒，事後估計損失高達新台幣近百億元，並造成日常使用捷運之六十萬民眾的不方便。

探究整個淹水事件發生的原委，雖規劃、設計單位已提高所有都會區內捷運系統之出入口高程，即以二百年洪水發生頻率之水位高再加1.1公尺為防洪設計高程。但由於臺北盆地是由湖泊淤積而成，原本即為區域流水匯集的地方，又因臺北都會捷運系統大部分都興建於地底下，所以只要出現超過設計頻率的洪流，水即經由車站順著隧道漫流至捷運系統內路線最低處。為避免類似事件再次發生，在考慮乘客之便利性，並無法將出入口的設計高程無限提高以防止水的進入。

為避免日後仍有可能只要任一地方進水，即影響整體捷運系統無法運作之窘況。依風險管理理論，若無法避免災害發生，則惟有將災害所造成之損壞降至最低，故本局依據船體隔艙之概念，在三環三線規劃設計階段，將可能造成進水位置或線路匯集處設立防水隔艙閘門，將進入系統內的洪水侷限在部分範圍，使災害造成之損壞降至最低。

防水隔艙之設立係以路線經過斷層、系統交會、上方為大河流及機廠出土區等四原則設置。目前臺北捷運已完成設置之防水隔艙共有20樁，其中位於斷層者有4樁，系統交會者有8樁，經過河流者有4樁，其餘4樁則為機廠出土區。至於隔艙型式之選用則依設置地點之地形及地權面積而定，其中以垂直升降式為大宗共有14樁，1樁為橫移式，其餘5樁為擺動式。三種樣式（如圖2）。此三種之關門時間，擺動式與橫移式開關皆可在6分鐘內完成，但升降式因考量機械滑動之磨損，所以設定在15分鐘才完成關閉程序。

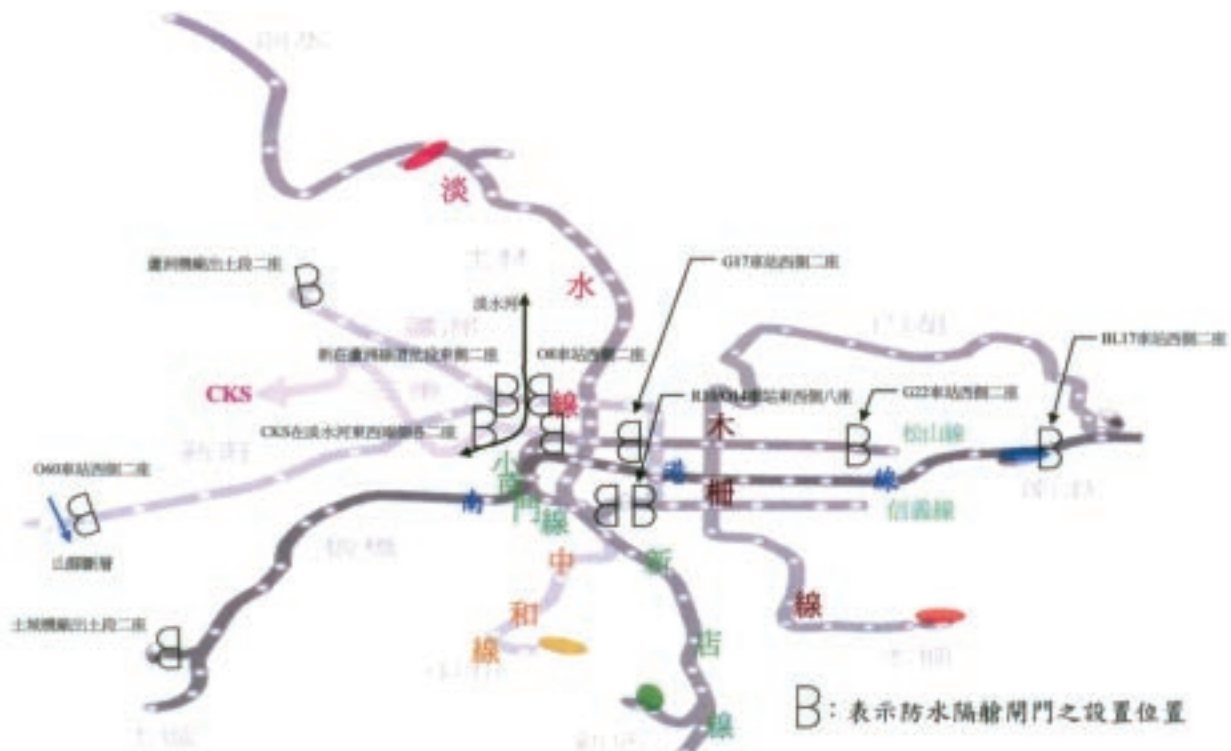


圖1 臺北捷運防水隔艙佈設示意圖



擺動式



橫移式



升降式

圖2 不同型式的防水隔艙

## 二、隔艙系統基本需求與介面說明

因營運階段各站僅配備2~3人管理車站售票及服務旅客等業務，若發生淹水意外事件並無法立即掌握事件發生情況及確認電聯車位置，故在意外發生並非可預見的前提下，為求設置於不同位置之隔艙具統一操作性，故本局在設立隔艙時即規畫設計將防水隔艙之操控與電聯車行駛控制連結在一起，使行車控制中心可統一操控電聯車及防水隔艙。

為使系統能操作順暢，行車控制中心（以下簡稱CCR）能充分掌握現場狀況，故每一隔艙相關配備及控制系統之要求分別說明如下：

### （一）防水隔艙現場

1. 水位偵測感應器：分別在集水井及軌道頂面下方20公分，設置水位偵測感應器。水位偵測感應器之訊號應接回機房之現場控制盤，並由現場控制盤將一組訊號傳送至通訊號誌設備室之介面盒，再由通訊工程將訊號傳送至CCR隔艙總監控盤，另一組訊號傳送至車站旅客詢問處（以下簡稱PAO）遙控控制盤。
2. 攝影機：現場設置2部攝影機，一部需能同時監視集水井及軌道頂面下方，另一部設在車站側適當位置。
3. 門扉門止、自動固定裝置及偵測設備：門體於全開位置應設置門止裝置（Stopper），以防止門體開關速度過快損傷油壓裝置。另應設置自動固定裝置，確保隔艙在全開或全閉到定位時，可自動鎖定隔艙固定門體，防止門體移動。於隔艙全開位置之自動固定設備需裝置偵測器，當偵測到自動固定設備故障時，隔艙需維持在固定不動位置，隔艙不得有擺動或移動現象發生，隔艙機房之現場監控盤需傳遞一訊號至號誌工程之列車自動控制（ATC）系統，以便管制所有車輛皆不得進入或皆需離開本管制區。
4. 軌道層止水：因軌道層有二股縱向軌道及一道導電軌，所以施作時需考慮止水之方法。
5. 油壓系統：每座防水隔艙需各由一組油壓驅動裝置提供動力，每座防水隔艙需另設有一組油壓驅動裝置作為備用。
6. 手動控制盤：作為遠方控制機制失效時之備用系統，以確保能在緊急時關閉防水隔艙。雖然每一隔艙都另備有在無電源下之手動油壓關門裝置，但因油壓缸甚為龐大，故實際並無法在短時間關閉隔艙之情況下。為節省在現場設置緊急發電機之經費及減少日後維護成本下，目前的作法係從地面直接架設永久備用電源線至隔艙現場控制盤，作為當無法以正常電力供應時，從地面由活動式緊急發電機直接供應電力至現場控制盤以關閉隔艙。
7. 警示裝置：隔艙啟閉時在隧道口內應有聲光警示設備，其警示聲需與火災警示聲不同。

## (二) 旅客詢問處 (PAO) 之隔艙控制盤

1. 設置獨立之隔艙控制盤 (此盤需有預警功能)，使PAO的操作人員能迅速得知隔艙水位感應器之警報訊息。閉路電視監視器必需有分割成4個畫面或連續掃瞄畫面之功能，以便提供上述各個地點之監看功能。
2. 偵測到高水位訊號時能發出警示聲音。

## (三) 行控中心 (CCR)

1. 具警示之控制盤：CCR應設置隔艙總監控盤 (此盤需有預警功能)，使控制中心的操作人員能迅速得知隔艙感應器之警報訊息。於偵測到高水位訊號時，CCR隔艙總監控盤需能發出警示聲音，並且閉路電視監視器需能自動轉換至此監視位置之顯示功能。
2. 監視器：CCR應設置監視器，使控制中心的操作人員能監看水位及防水隔艙之狀況。

## (四) 行車安全機制：防水隔艙監控系統設置時需與號誌工程及捷運公司協調，以訂定行車安全機制規範，其內容應包括

1. 隔艙啟閉與列車行車安全聯鎖控制關係，例如隔艙關閉或開啟時，隔艙機房之現場監控盤需傳遞一訊號至號誌工程之列車自動控制 (ATC) 系統，以便管制所有車輛皆不得進入或皆需離開本管制區。
2. 如有車輛在管制區內時，號誌工程亦將傳送一訊號給隔艙現場監控盤，使隔艙不得作動，前面所述即為隔艙現場監控盤與號誌系統之相互聯鎖，以確保行車安全。
3. 在緊急情況下，因地震淹水等因素導致號誌設備故障發生軌道誤佔據現象，使行車安全機制作動而無法關閉隔艙時，由現場人員確認於管制區內實際上已無列車後，即於隔艙機房內使用鑰匙隔離現場控制盤與號誌系統之行車安全聯鎖後，以電動方式啟動泵浦關閉防水隔艙，另此時電動泵浦如因故障或停電而無法作動以啟閉隔艙時，應可於現場再改以人工操作手動泵浦關閉防水隔艙。
4. 隔艙自動固定裝置若故障時，隔艙需維持在固定不啟動位置，隔艙不得有擺動或移動現象發生，隔艙機房之現場監控盤需傳遞一訊號至號誌工程之列車自動控制 (ATC) 系統，以便管制所有車輛皆不得進入或皆需離開本管制區。

由於防水隔艙施工牽涉許多不同工程需相互搭配，其中以與號誌工程之介面協調最為繁瑣，廠商在提送施工計畫書與施工圖之前，即透過許多會議以使雙方了解對方之需求與應配合事項，然後各自發展操控之程式語言、施工圖說及施工計畫，然後分享各自進展，再持續進行研討與修正，直至完成上線後，經由實際操控中發現問題再進行修改。至於其他關聯工程介面之說明如三、遠端控制機制說明

隔艙之開關控制可區分成三個位置，分別在防水隔艙機房、車站PAO及行控中心 (CCR)，一般在日本或高雄捷運其防水隔艙之啟閉控制都只是設置在機房區。但臺北捷運為求節省人力、事權統一及行車安全考量，故將目前在新蘆線、南港東延段及信義線共18樁的防水隔艙操控系統，除在就近的車站PAO設置電腦與螢幕以圖形控制系統 (畫面詳圖3) 操作各站的防水隔艙外。在行控中心則設置可以同時操控18樁防水隔艙隔艙啟閉的控制系統 (畫面詳圖4)，其控制畫面如圖4所示，該操控系統由國內廠商以Wonderware公司研發之InTouch套裝軟體，撰寫圖形人機界面作為遠端控制，該軟體一般用於工業自動化、程序控制和管理監視。本系統在CCR及PAO皆為遠端控制模式。

表1 防水隔艙施工時與其他廠商之介面

介面工程	介面描述
通訊工程	<p>從通訊號誌設備室至行控中心之管線及介面盒由通訊工程廠商負責，此介面訊號之型式需由兩工程廠商協調。</p> <p>通訊工程廠商應提供ETS電話線、光纖纜線、漏波電纜及CCTV監視系統之介面及SEM需求，以便防水隔艙及土建廠商配合辦理。</p>
號誌工程	<p>隔艙在關閉或開啟時，會因隔艙移動而影響行車安全，因此隔艙承商於隔艙機房之現場監控盤需傳遞一訊號至號誌工程之列車自動控制(ATC)系統，以便管制所有車輛皆不得進入或皆需離開本管制區；如有車輛在管制區內時，號誌工程亦將傳送一訊號給隔艙現場監控盤，使隔艙不得作動，前面所述即為現場監控盤與號誌系統之相互聯鎖，以確保行車安全。號誌工程廠商應將隔艙之開關信號納入行車安全聯鎖機制。</p> <p>隔艙自動固定裝置若故障時，隔艙需維持在固定不動位置，隔艙不得有擺動或移動現象發生，隔艙機房之現場監控盤需傳遞一訊號至號誌工程之列車自動控制(ATC)系統，以便管制所有車輛皆不得進入或皆需離開本管制區。號誌工程廠商應將此功能納入行車安全聯鎖機制。</p> <p>號誌工程廠商應提供軌道之阻抗搭接器(Impedance Bond)及軌道內側電纜線之SEM需求，以便防水隔艙及土建廠商配合辦理。另號誌工程廠商亦須在其所提供之列車運行面板(Mimic Panel)上，增加防水隔艙設置位置處之圖示，以便在隧道進水之緊急狀況時，CCR之主任控制員能直接了解有多少車輛在隔艙附近，並在短時間內作出正確之整體性防水處理動作。</p>
供電工程	<p>供電工程廠商應提供750V直流跳接電纜、22kV高壓電纜、緊急跳脫開關站(ETS)及控制電纜之SEM需求，以便防水隔艙及土建廠商配合辦理。</p>
土建工程	<p>土建廠商必需提供並完成防水隔艙機房之所有工程包括機房、集(排)水坑附孔蓋板、機房門、通風孔、百葉窗、防水處理、預埋件、預留孔、地板落水頭及排水管預埋等。</p> <p>土建廠商必需提供並完成防水隔艙門體之所有工程包括門體支撐裝置之鋼筋混凝土結構物、門框之鋼筋混凝土結構物、預埋件及預留孔等。</p>
水電工程	<p>水電工程廠商應於機房內提供電源開關(即3<math>\phi</math>,4W,380/220V四極斷路器(MCCB))。防水隔艙承商應將實際用電負載需求與水電工程確認。</p> <p>水電廠商應於機房內提供照明及裝設火警探測器及滅火設備。</p> <p>水電工程廠商應於防水隔艙機房內設置110V及220V插座各一個，並設有系統接地銅排。</p> <p>水電工程廠商已於車站集水井設置一蝶形閥，隔艙工程廠商需從蝶形閥之馬達配設管線至隔艙機房之現場控制盤，在隔艙關閉動作時也需傳遞一控制訊號至此蝶形閥，並將其關閉。</p>
環控工程	<p>環控工程廠商應提供機房之通風及排煙設施。</p>
軌道工程	<p>軌道工程廠商應提供軌道及第三軌資料，以便防水隔艙及土建廠商配合辦理。並且與防水隔艙廠商協商於隔艙通過處，第三軌需間斷之介面處理方式。</p>
電聯車工程	<p>電聯車工程廠商應提供鋼輪與軌道接觸處之剖面圖，以便防水隔艙配合設計其軌道處之橡膠水密裝置。</p>
機廠工程	<p>防水隔艙廠商應與機廠工程廠商確認因軌道之橡膠水封設計及第三軌穿過隔艙處有一段分離不連續，是否會影響軌道維修車輛及供電系統車輛之檢修作業。</p>

### 三、遠端控制機制說明

隔艙之開關控制可區分成三個位置，分別在防水隔艙機房、車站PAO及行控中心（CCR），一般在日本或高雄捷運其防水隔艙之啟閉控制都只是設置在機房區。但臺北捷運為求節省人力、事權統一及行車安全考量，故將目前在新蘆線、南港東延段及信義線共18樁的防水隔艙操控系統，除在就近的車站PAO設置電腦與螢幕以圖形控制系統（畫面詳圖3）操作各站的防水隔艙外。在行控中心則設置可以同時操控18樁防水隔艙隔艙啟閉的控制系統，其控制畫面如圖4所示，該操控系統由國內廠商以Wonderware公司研發之InTouch套裝軟體，撰寫圖形人機界面作為遠端控制，該軟體一般用於工業自動化、程序控制和管理監視。本系統在CCR及PAO皆為遠端控制模式。

本系統之規劃在正常狀況下係由CCR做所有防水隔艙啟閉之整體控制，但在意外情況發生使得CCR無法直接控制隔艙時，則可將控制權移交至各車站PAO，由站務控制員在PAO做遙控，在最惡劣情況發生使得PAO亦無法開關隔艙時，則操控人員需至現場控制箱操作，若無電力可驅動門體時，本設備尚備有電源線可由地面接緊急發電機臨時提供電力，在危急狀況上述預防措施皆無法因應時，最後亦可以人力直接壓送油壓設備將門關上，以下分別說明在CCR、PAO及現場操控之限制。

1. 由CCR隔艙總控制系統遙控啟閉隔艙，在此啟閉隔艙需與行控中心之ATC完成安全聯鎖的驗證程序。ATC對於各車站的一對隔艙只有一組訊號來控制安全聯鎖。因此，從CCR隔艙總控制系統遙控啟閉各車站隔艙時，需同時啟閉該車站的一對隔艙。
2. 緊急狀況發生時，行控中心可人工授權PAO隔艙遠端遙控系統使用「強制啟動（Over Pass）」遙控啟閉隔艙，無需進行ATC安全聯鎖的驗證程序，即可從PAO隔艙遠端遙控系統啟閉該車站單一或全部位於該站控制範圍內之隔艙。
3. 現場控制盤上需設有「現場—PAO—CCR」三位置選擇開關，當開關位置選擇其中之一時，被選擇者具主控制權，另外兩個位置需授權控制。

隔艙在關閉或開啟時，現場會有警報音及警示閃燈。當隔艙開啟與關閉時，警報音持續聲響，現場警示閃燈亦作動，直至隔艙關妥或開啟完全後停止，在正常情形下，均設定CCR為第一順位開關權。

PAO與CCR之間主要係透過乙太網路(Ethernet)來交換監控與影像資訊。各車站管控隔艙之電腦與CCR之控制電腦，其控制系統所引用之時間為了與行車控制所用電腦時間一致，故在網路中主要架構利用NTP(Network Time Protocol)，以階層式的架構形成時間同步的體系。

在CCR設立一時間伺服器（隔艙控制系統伺服器），透過RS-422轉換器連接到時間伺服器介面盒，與營運單位指定之時間伺服器進行時間同步，以確實掌握各系統間之時間距一致性。

### 四、結論

在面對不可知的未來，任何工程皆無法無限上綱的與大自然對抗，為使災害發生時損失降至可控制範圍乃日後所應遵守之原則。在新莊蘆洲線及後續路線中設置之防水隔艙正符合此項原則，當隔艙設立後為避免影響行車安全，由監視系統與整體控制系統建構與行車機制

相互檢核機制有其必要，本系統在世界捷運中係屬首創，其短期成效雖已經臺北捷運局及捷運公司多次驗證，可成功由不同位置以圖控畫面遙控隔艙，但長期成效或真正事故發生後的反應則有賴歲月的驗證。

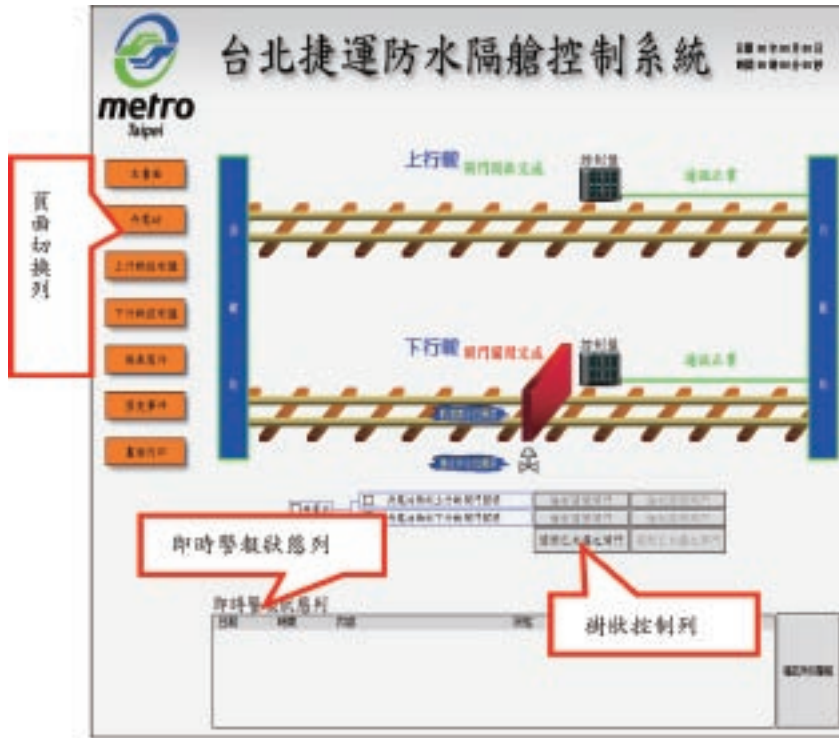


圖3 車站PAO內之防水隔艙圖形控制系統畫面

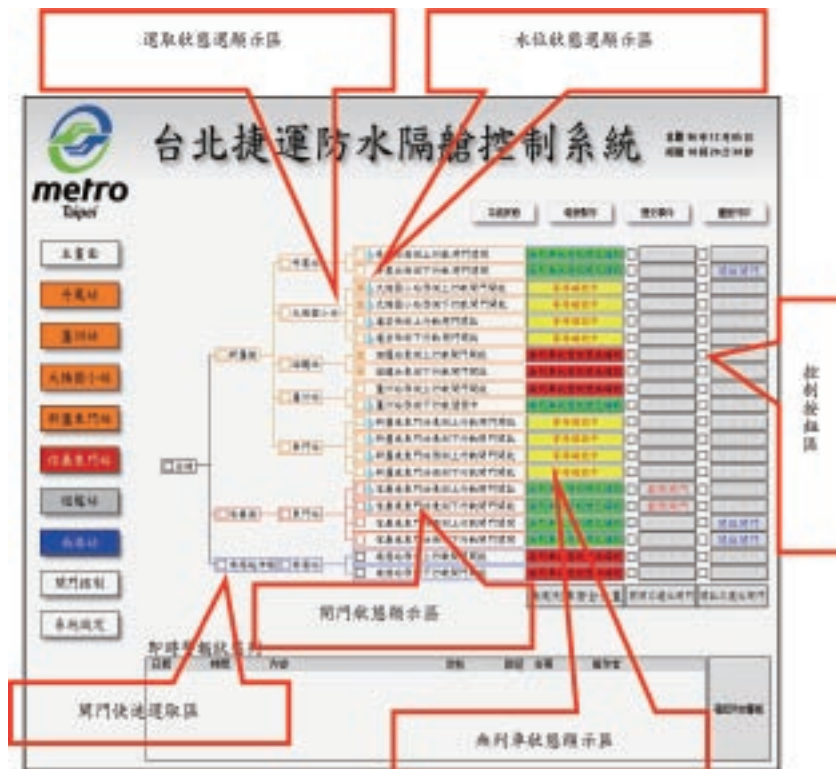


圖4 CCR之防水隔艙圖形控制系統畫面

## 參考文獻

1. 朱旭、林志棟、古鴻坤、王其政，(民97)，「都市隧道設立防水隔艙之探討」地下空間與工程學報，4卷4期，PP 665-669
2. 臺北捷運公司，(民92)，「浴水重生-臺北捷運納莉風災實錄」
3. 臺北市政府捷運工程局，(民90)，「CK247標技術規範特定條款」
4. 南寧工程公司，(民96)，「臺北捷運防水隔艙整合計劃書」