

高速公路交控系統演進歷程

106 年 7 月 編

國內高速公路交控系統之演進，概分為三個世代。第一代為民國 70-80 年代，可視為交控系統之開創年代。第二代為民國 80-95 年代，此年代期間適逢資通訊產業極速成長及智慧運輸系統推動之高峰期，在兩大能量之挹注下，國內所有之高速公路均建置完成交控系統，並包含了第一代之更新，可視為交控系統之發展茁壯年代。第三代為民國 95 年代迄今，此年代期間除加入快速公路交控系統之建設，完成全國高快速路網之整合管理外，更因應行動裝置、穿戴裝置、物聯網的時代，而將其概念導入並應用於交控系統之維運，讓管理更有效率，創新更多的附加價值。

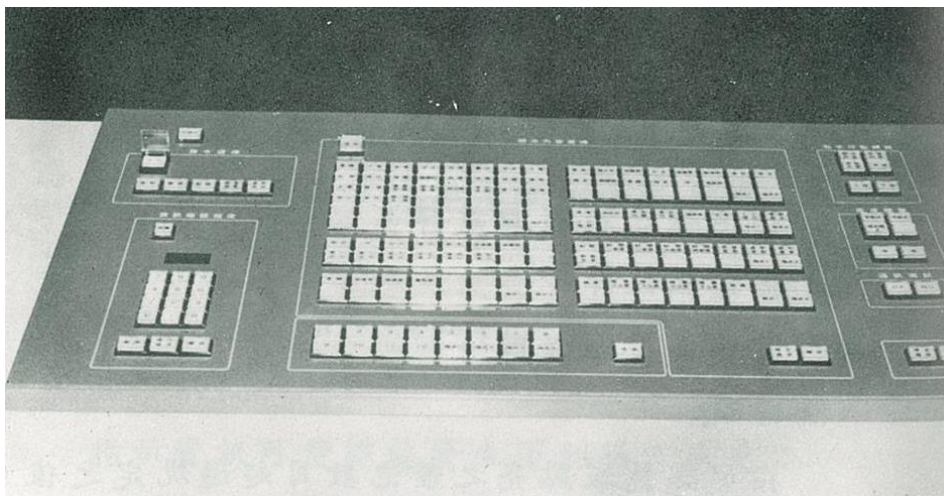
1. 第一代交控系統(民國 70~80 年時期)

(1) 代表工程

中山高基隆楊梅段交通控制系統、中山高新竹高雄段緊急電話工程。

(2) 操作介面

- A. 交控中心設置馬賽克式圖誌板，供操作人員監看路況及設備狀態，另設置電視螢幕輔助操作人員觀看攝影機之路況畫面。
- B. 各子系統採分散式操控架構，設置其獨立工作站供操作人員分別進行操控，包括無線電話、緊急電話、閉路電視、事故資料輸入、資訊可變標誌等不同功能，每一控制台則以罩光式鍵盤為主要輸入方式，以加速操作人之處理速度。



資訊可變標誌控制台



基隆-楊梅段交控系統完成後之泰山控制中心

(3) 通訊傳輸

A. 幹線傳輸系統

傳輸架構採北美標準 PCM-24 層次架構(North American Standard Hierarch, PCM)，幹線傳輸以光終端機彙集 2 路 DS3 電路，容量 90 Mbps，每一機房內再採用 M13 多工機(將 T1 介面彙集為 T3 介面)背對背對接，以利 DS1 電路可以投落，再以 DS1 多工機供低速介面介接。各機房頻寬投落係透過人工跳線、接續等完成，對於頻寬使用之安排須由人工至現場作業達成。另對於頻寬保護部分，僅提供機房與機房間之頻寬保護，對於分歧介面並不具保護功能。

B. 區域傳輸系統

(A) 數據傳輸

交控終端設備介面為 RS-232，透過數據機以點對點方式傳送至機房，傳輸速率分 200 bps、1200 bps 兩種不同型式。

(B) 語音傳輸

路側緊急電話透過銅纜以點對點方式傳送至機房。

(C) 影像傳輸

閉路電視終端設備透過視訊，透過同軸電纜、強度調制及光電轉換器、脈頻強度調制及光電轉換器以點對點方式傳送至機房，機房至交控中心影像訊號透過 DPCM 及光電轉換器傳送。

(4) 系統技術特點

第一代交控系統電腦設備以大型主機為主，且處理速度低，各項操作之終端機連接至主機，因此軟體為集中處理式架構，軟體功能較為單純，操作顯示部分以指令文字輸入方式查詢，或採用單光式鍵盤提升速度。大量使用報表紀錄，受限磁碟價格高昂，僅可利用磁帶儲存，歷史資料存取不易。

為提高系統速度，因此對於不同功能系統分設中央控制器，如資料收集、資訊顯示等。現場終端設施則儘可能減化其處理需求，以傳送至交控中心之中央控制器處理，減少現場設備之投資。

(5) 策略面

國道 1 號中山高速公路全線通車後，伴隨著國內經濟起飛，國民所得提高，擁有汽車比率增加，加上使用高速公路用路人增加，造成北部區域路段逐漸有壅塞情況發生，為能掌握路段流量，提供用路人資訊，及路段相關事件處理時效及疏導機制，交控管理以提供點之交通資訊及適時入口管制為主，並於全線提供用路人於遭遇困難協助之通報設施，其策略說明如下。

A. 維持主線順暢

- (A) 於路段設置車輛偵測器，掌握路段車流狀況。
- (B) 於交流道區域設置閉路電視，監視及確認事件現況。
- (C) 設置相關天候偵測器，並配合速限可變標誌，執行速率管制，將訊息告知用路人，增進行車安全。
- (D) 於交流道設置匝道儀控設備，配合主線壅塞情況，藉由號誌燈運作，管制進入車流，舒緩主線壅塞。

B. 用路人資訊

設置資訊可變標誌，以手動方式下載，提供用路人事件資訊。

C. 通報與救援

全線設置緊急電話，提供用路人救援或事件訊息通報，以利交控中心人員適時提供協助。

2. 第二代交控(民國 80-95 時期)

(1) 代表工程

汐五高架交控、北二高交控、二高後續路段交控(國 3 基汐段、國 1、3 國道中區交控、國 3 古坑-林邊段交控)、國 1 員高段交控、北宜高交控。

(2) 操作介面

- A. 交控中心圖誌顯示系統由馬賽克式圖誌板提升為機架式 DLP 投影式顯示幕，供操作人員監看路況及設備狀態。
- B. 閉路電視攝影機畫面之顯示亦由電視螢幕提升為機架式 DLP 投影式顯示幕，並由投影顯示軟體及類比式搖桿進行操作。
- C. 各子系統採集中式管理架構，設置全整合式工作站，供操作人員由統一之介面點選進入各項交通控制軟體進行操控。
- D. 首次於國內引進專家系統建立事件反應計畫，系統自動建議交控策略內容供操作人員確認後執行，更易於操作。
- E. 配合系統運作之需求，提供輔助資訊、系統效能評估、設備效能評估及各種交通績效等歷史資料統計分析資訊。



二高後續路段交控完成後之中區控制中心

(3) 通訊傳輸

A. 第二代初期(北二高、汐五交控)

(A) 幹線傳輸系統

傳輸架構採 CCITT 北美系統博碼調變架構，幹線傳輸提高為 540 Mbps。

本階段設計對於頻寬之調度，除原 M13 多工機外，另設 DSX3 及 DSX1 之數位電路交接機，可由網管工作站調撥接取 DS1 介面等，大幅提高管理功能，且採環形保護架構設計，惟分歧介面仍未設計保護功能。

(B) 區域傳輸系統

a. 數據傳輸

交控終端設備介面為 RS-232，透過數據機或光數據機以點對點方式傳送至機房，傳輸速率 1200 bps。

b. 語音傳輸

路側緊急電話透過銅纜或光纜以點對點方式傳送至機房。

c. 影像傳輸

閉路電視終端設備透過視訊及控制訊號，分別透過數據機及視頻訊號光通訊設備以點對點方式傳送至機房，機房至交控中心影像訊號透過 DS3(45 Mbps/1CH) 視訊編碼器及幹線傳輸傳送。



南區交控總機及ET(94年3月)



南區閉路電視攝影機系統(94年4月)



南區全整合式工作站(94年4月)



南區匝道儀控工作站(94年4月)

B. 第二代末期(二高後續)

(A) 幹線傳輸系統

本階段設計為世界各國廣泛使用之通訊標準，為採歐規同步數位階層 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)，以 ADM 多工機建構環形架構，幹線傳輸容量 2048 Mbps，介面為 STM-16。以 ADM 多工機將以往複雜之多工、頻寬分配、電路跳接等全部整合為單一交換設備，所有歧接端介面可經由網管系統指派完成端點對端點之電路開通，網管功能更強，任何端點之異常或故障皆可掌握，且分歧介面亦提供保護功能，傳輸品質優於各階段設計。

另於二高後續中區路網交控案，因應影像壓縮技術進步，增設影像傳輸系統，採 ATM(Asynchronous Transfer Mode)平台 IP-Based 架構，可整合數據、語音及影像訊號傳送，配合 MPEG-2 影像壓縮技術已大幅節省幹線傳輸頻寬，並可提供第四台等媒體及上網查詢影像畫面服務。

(B) 區域傳輸系統

a. 數據傳輸

交控終端設備介面為 EIA RS-232，透過數據機或光數據機以點對點方式傳送至機房，傳輸速率 1,200~19,200 bps 可選擇。

b. 語音傳輸

路側緊急電話透過銅纜或光纜以點對點方式傳送至機房。

c. 影像傳輸

閉路電視終端設備透過視訊及控制訊號，分別透過數據機及視頻訊號光通訊設備以點對點方式傳送至機房，機房至交控中心影像訊號原採 DS3(45 Mbps/1CH) 視訊編碼器及幹線傳輸傳送，機房至交控中心影像訊號透過 MPEG-2 視訊編碼器(8 Mbps/1CH)、ATM 交換機及幹線傳輸傳送，可節省幹線傳輸容量。

(4) 系統技術特點

第二代交控系統橫跨 15 年，除資通訊科技日新月異之發展外，再加上智慧運輸系統(ITS)之引進及推動，役使歷經第一代技術轉移後之交控系統於此期間持續演進提升。

A. 終端設施

各階段所設置之設備類型與規格均類似，主要在於精確度、維護性及設備本身技術之精進等方面之改善。

此時期由於個人電腦技術大幅進步，為確保未來各階段或不同標別之終端設備易於互通及整合，於二高後續時期訂定交控系統發展標準架構及標準通訊協定。各系統終端控制器原則上採一致之規範，各設備功能採模組化設計，並清楚定義維護功能需求。除硬體設計改變外，對於終端控制器之軟體功能亦作模組化定義。此外，各終端控制器並設計有維護用介面，以供現場手提測試機於現場維修時操作使用。

B. 系統技術

中央電腦系統軟、硬體皆改採分散式架構，主電腦增加備援系統，而北二高交控系統設置之檔案管理系統，於二高後續時提升為方便管理使用之資料庫管理系統。操作顯示部分，由各系統不同功能工作站，整合為全整合式工作站；顯示部分由馬賽克式圖誌顯示板提升為圖誌顯示投影之液晶顯示單元。另於二高後續時期，增加全球資訊網伺服器及路況播映伺服器等，以提供包含影像等之資訊給用路人。

人機操作介面採圖形使用者介面，增加事件自動偵測及反應計畫，並搭配閉路電視進行事故鎖定。二高後續時期更加強路側資訊發布功能，如旅行時間等。

C. 運作管理

以專家系統設計反應計畫，操作人員可以預存之反應計畫內容執行控制策略，並易於依需求修改，達到減少操作人員操作負荷及加速事件處理時效。

提供圖形化人機操作介面，單一操作人員可以全整合式工作站同時操作系統之不同功能，亦可節省操作人力。

建立完整之歷史資料庫，並預設完整資料庫統計報表、統一報表格式，可易於取用提供各種格式交通資料。

(5)策略面

此時高速公路不再是單一路線，已逐漸形成高速公路路網，甚至配合拓寬需求，區分有高架及平面路段；再則隧道路段甚至長隧道加入運作，使交控管理不再為單一資訊提供，而進入多元化需求，包含路網均衡，流量管制、長隧道機電及救援配合等，策略運作必須具自動化、即時性、智慧化等功能，原單一路線交控系統運作已無法滿足此時要求，交控系統運作邁入另一新紀元。

- A. 配合 ITS 推展，交控系統於設計時以先進交通管理系統(ATMS)、先進用路者資訊系統(ATIS)平台為需求目標，不斷引進參考國外先進技術及管理理念。
- B. 建立事件反應計畫機制，對應相關事件所應起動之策略，使操作人員更易於操控，並透過自動執行機制，直接將相關策略訊息下載至現場顯示設備。
- C. 建立隧道群控制中心及控制權轉移(泰山及木柵交控中心)，除兩中心之資訊可相互交換，必要時控制權亦可轉移；另於國5隧道群，考量當坪林交控中心故障時，系統可降級運轉至各區段交控中心，操作人員可於各區段交控中心進行各轄區內交控設施運轉操作。
- D. 建立交控系統及隧道機電監控系統間事件資訊交換機制，配合控制及同步處理，避免事件擴大及增進救援效率。
- E. 引進事件自動偵測演算法邏輯，結合布設密度較密之車輛偵測器，以及早偵知事件發生。
- F. 為有效改善主線壅塞，全線設置匝道儀控，藉由流量與容量關係，管制入口匝道車流，維持主線服務水準，並兼顧上匝道車流回堵至平面道路之彈性處理機制。

- G. 於隧道路段、天候路段採用速率控制策略，依事件嚴重程度，藉由速限可變標誌，顯示合適之速限，降低二次事故之發生。
- H. 提供路段旅行時間資訊，強化用路人服務功能，並結合先進之自動車牌辨識設備，調校旅行時間，增加旅行時間發布之準確性。
- I. 於隧道區執行車道管制策略，於隧道入口前及隧道內配合人車行橫坑設置車道管制號誌，適時將車輛阻絕於事件上游處，增加行車安全，並輔助隧道救援之動線管理，提升救援效率。

3. 第三代交控(民國 95 年-迄今)

(1)代表工程

高快速公路整體路網交通管理系統、國 6 南投段交控、五股楊梅高架段交控、國道北區交控更新、國道中區交控更新。

(2)操作面

- A. 交控中心圖誌顯示系統由機架式 DLP 投影式顯示幕提升為箱體式，以更高之解析度及使用壽命供操作人員連續 24 小時監看路況及設備狀態。
- B. 閉路電視攝影機畫面之顯示亦提升為箱體式 DLP 投影式顯示幕，並由投影顯示軟體及數位式虛擬鍵盤、數位搖桿進行操作。
- C. 各子系統仍採集中式管理架構，設置全整合式工作站，供操作人員由交通控制軟體進行操控。
- D. 因軟體技術進步及電腦處理速度提升，改以邏輯推理方式建立事件反應計畫，使操作人員更易於操作。
- E. 配合系統運作之需求，提供輔助資訊、系統效能評估、設備效能評估及各種交通績效等歷史資料統計分析資訊。
- F. 設置影像事件偵測系統，強化隧道區事件自動偵測功能。
- G. 設置設備監視與維護管理系統，可減少管理單位及維護廠商作業人力。另建立人工語音通報系統，可有效減少使用單位施工通報的操作管理人力。
- H. 建立 1968 便民即時資訊網站，提供用路人即時查詢高快速公路路況。

- I. 高快速公路整體路網交通管理系統不但提供強大的軟體功能協助管理人員遂行各項管理任務外，亦提供高度整合的軟體操控平台，減少管理人員的操作負擔。



整體路網交通管理系統完成後之泰山控制中心



104 年 11 月配置修正後之泰山控制中心

(3) 通訊傳輸

A. 幹線傳輸系統

(A) 以 SDH 建立骨幹頻寬

新一代的同步數位階層(New Generation SDH)設備將信號塞取(ADD and DROP)功能及交換功能整合於同一台設備，架構 Ethernet over SDH，具有 Ethernet 介面 Layer 2 資料連結層的封包交換(Packet switch)能力，可提供 STM-64 高速頻寬介面(10 Gbps)，充分滿足語音、數據及影像的頻寬需求。

(B) 路由器管理 IP 網路

利用運算能力強大的核心路由器(core router)建構 IP 化通訊網路，在不同網域間，以其 Layer 3 等級運作的 routing 功能，進行 MAC 封包交換，減少了很多速率轉換介面，因此能刪減不必要的通訊量，大大提升了網路傳輸效能。而各機房則建置接取路由器，提供 Ethernet 介面，收容數據、影像訊號。

B. 區域傳輸系統架構

(A) 網路 IP(Internet Protocol)化

受到 Internet 風潮的帶動，網路上所使用的通訊協定都朝 IP 通訊協定來進行整合，因此，網路通訊傳輸技術的發展趨勢，往 IP 平台架構發展，終端設施與機房收容設備之間，乃至中心與中心之間的幹線傳輸，均已進展到 IP 封包交換(packet sw)的傳輸方式，因此本計畫將終端設施 IP 化，在 IP/Ethernet 環境下，架構區域傳輸系統。

(B) 備援保護

有線通訊則全面採用光纜傳送各類終端設備資料，並以戶外型集線器建構 TCP/IP 通訊平台，除採影像及語音訊號，路側交控設備數據訊號藉由戶外型集線器與通訊機房透過光纜連接形成環形路由。因此，每一終端設施皆為網路上之一個易管理之設備，所有終端設備皆可以透過網管系統管理，大幅提高管理維護能力。

(4) 系統技術特點

資通訊系統技術已發展至個人隨身應用，是一個資訊爆炸的時代，任一隨身之智慧型手機處理速度已超過第一代之大型電腦，通信傳輸成本亦大幅下降，造成大眾對於交通資訊之取得應用更為迫切且要求更高，因此，系統設計朝向下列重點方向。

- A. 高系統可用率：強化各項系統之備援能力。
- B. 資料處理分析應用：大量歷史資料利用資料庫存取，提供各式分析應用。
- C. 維護管理提升：因各式控制器等價格低，不斷要求各項設備故障監視，並納入統一之管理系統，以求快速維修。
- D. 資訊顯示多元化：採用高亮度全新 LED 豐富資訊版面，於手機提供交通資訊服務。

E. 跨區整合：為提供單一服務窗口及整體路網監視需求，將跨區資訊集中整合。

(5) 策略面

隨十二條東西向快速公路陸續完工通車，西部走廊高、快速公路路網逐漸形成，除可提供快捷便利的中長程旅次服務，當有事故發生時亦能互相作為替代道路；再則，依據高公局制訂「全生命週期管理」，交控系統已陸續達使用年限需進行汰換更新。策略延續前期事件管理之作法，進一步納入路網導引及特殊事件控制等策略；藉由完善的資料收集設備，除能即時提供用路人更為可靠的旅行時間資訊外，因交通資料之日益完備，歷史資料分析統計可歸納出各轄區範圍內特有事件類別，據以進行需求分析及相關策略研擬；除此，配合智慧型載具使用更具一般化，亦結合 APP 功能，強化行前旅次資訊及設備維護管控之運用；達成用路人優遊國道，智慧隨行之便利性，並提升設備維運時之效率。

- A. 強化旅行時間發布，主線資訊可變標誌於一般時段發布下游特定出口之即時旅行時間。
- B. 均衡路網使用，於系統交流道設置圖誌可變標誌，藉由路段壅塞顏色變化，提供用路人改道選擇；後續更藉由全採顯示板面，配合路網轉向、都會區路網等邏輯運作，提供更多元及圖型化之改道內容資訊。
- C. 針對隧道區域進行分級檢核及隧道區事故管理，依據「公路隧道消防安全設備設置規範」設置相關設施，同時考量隧道上下游路網結構及隧道群之相對位置研擬對應策略。
- D. 對於入口匝道地方道路回堵、及出口匝道車流回堵影響主線之交流道，根據各區特性進行重點管理。
- E. 隧道及特定高架與平面交織路段，利用事故自動偵測系統以即時得知路況資訊。
- F. 配合全線 ETC 收費，結合 eTag 計算匝道及平面道路行駛時間，有效提升系統交流道旅行時間推估準確率，增進路徑導引、路網轉向控制策略及與橫向路段間旅行時間發布之效率，並提供匝道等待時間資訊。
- G. 將過往人工處理之施工通報方式，結合智慧型手機裝置 App 應用程式，以利廠商、管理單位、公警單位進行施工通報進離場、施工管制等作業，以提升整體交控運作效益。
- H. 為提高故障單開立及修復填報作業效率，以智慧型手機搭配 App 應用程式及定位功能，可顯示鄰近路側終端設備位置，提供使用單位於現地即時進行故障設備之故障通知單開立作業，再於設備監視與維護管理系統進行確認後傳送予維護廠商，維護廠商於現場進行故障排除修

復後，以此 App 應用程式立即進行修復報告書之通報作業，可大幅簡化作業流程與提高時效性。