

第十一章 助導航設施與應用

第一節 前言

便捷的空中交通縮短全球人與人間、國與國間之距離，帶給全球另一頁嶄新之融合契機。近數十年來，由於航機性能提昇，不但速度愈來愈快，其續航能力亦大幅增長，不中停之洲際飛航已成爲各家航空公司必備之競爭條件。航機於長程飛行途中穿梭於崇山峻嶺、遼闊大洋之間，爲因應於不良天候飛行，須藉用各式導航儀器輔助及飛航服務提供者所提供之完善服務，方可克竟全功。

爲了達到上述目的，國際民航組織（ICAO）將全球劃分數十個飛航情報區（Flight Information Region；FIR），各國必需於所負責之情報區提供相關之地面助導航設施以提供航機起飛、降落及飛航時儀器導航使用；另外亦需提供相關飛航管制服務，以避免航機於飛行中與其他航機或障礙物間之碰撞，並達到安全、有序、便捷之飛航服務。

第二節 臺北飛航情報區

國際民航組織於民國 47 年 7 月將北緯 21 度至 29 度、東經 117 度 30 分至 124 度間的 20 餘萬平方公里的空域劃歸爲「臺北飛航情報區」，如圖 11-1 所示。目前於臺北飛航情報區內計有國際航路 14 條，國內航路 4 條，構成完整的空中航路。航路之建構主要係利用助航設施中特高頻多向導航臺（VOR）之相互聯接，另外歸航臺（NDB）亦可作爲部份航路助航設施使用。本區除利用傳統之助航設施建立航路外，並運用衛星信號及機載區域航行裝備，頒訂區域航行航路，以提昇臺北飛航情報區之空域容量。

臺北FIR航路圖

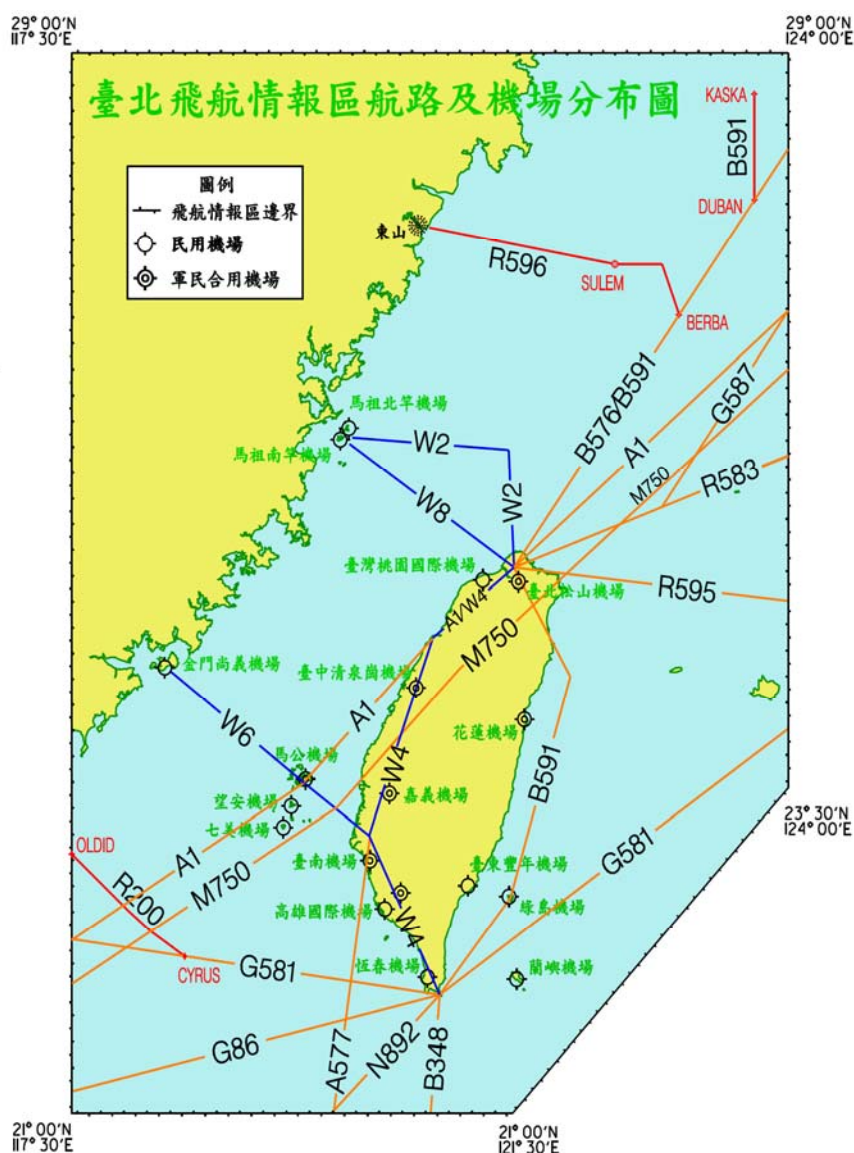


圖 11-1 臺北飛航情報區空域

第三節 助航設施種類及其應用

為構成臺北飛航情報區（以下簡稱本區）內之各航路，民航局飛航服務總臺於本區各適當地點設置助航臺，其中以多向導航臺（VOR/DME）為主，歸航臺（NDB）為輔；另於各機場配備儀降系統（ILS），以提供航機對準跑道中心線，並以適當滑降角度降落於跑道上，經由這些助導航設施的正常運作，才能使空中航機有條不紊地載送旅客安抵目的地。各項助導航設施運用說明如下：

一、歸航臺（Non Directional Beacon；NDB）或定位臺（Locator）

（一）NDB 屬低、中頻段（190~535KHz）之導航裝備，為無方向性之垂直極化波，航機可經由調整接收天線之指向，以對準輻射訊號的電臺方向飛行，其作用就好比燈塔導引船舶的方式，帶領著航機歸航，我國 NDB 電臺分布如圖 11-2。

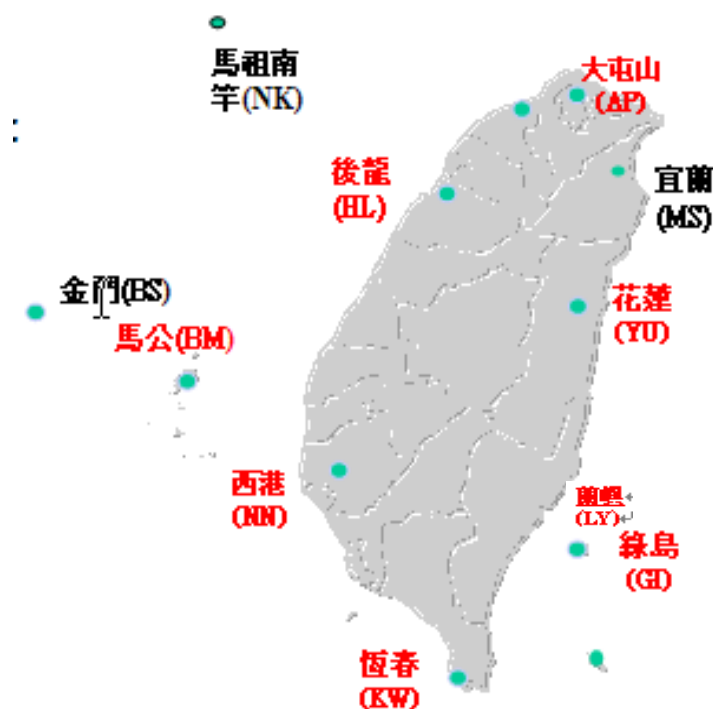


圖 11-2 我國 NDB 電臺分布圖

（二）歸航臺主要供航機飛航於航路上使用，輸出功率較大，涵蓋範圍約 50 浬至 100 浬；定位臺（Locator）功率輸出較小，涵蓋範圍約只有 25 浬，供航機於機場離、到場定位使用，我國定位臺分布如圖 11-3。

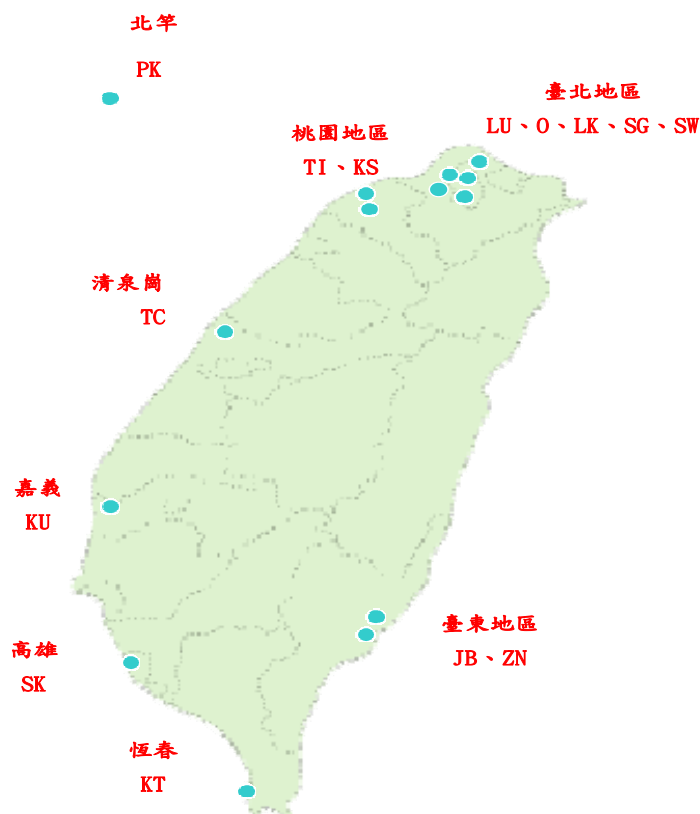


圖 11-3 我國定位臺分布圖

二、特高頻多向導航臺（VHF Omni-Directional Range；VOR）

- （一）VOR 屬特高頻之導航設備，其工作頻率為 108~118MHz，VOR 電臺發射兩種信號，其中參考信號（Reference-phase Signal）對所有方位均保持相同相位，另發射一變化信號（Variable-phase Signal）信號相位隨著方位而改變，而於電臺磁北方向其參考信號與變化信號相位一致，我國 VOR 分布如圖 11-4。
- （二）航機 VOR 接收器利用上述信號特性，即可分辨出以電臺磁北方向為參考點之方位資料，依順時針方向每隔一度取得其輻向，總共可獲得 360 個輻向，也即是以磁北為參考的 360 個方位角。
- （三）航機駕駛員依據座艙儀表指示，循已選定之輻向飛航（飛向或背向 VOR），就可以達成航路上指向或者是終端近場之目的。
- （四）VOR 設備依其工作方式，又可分為 DVOR（Doppler VOR）與 CVOR(Conventional VOR)兩種。前者配置有 48 支（或 50 支）旁波帶（sideband）天線，將原 CVOR 設備中之參考訊號依逆時針方向，輪流在 48 支（或 50 支）天線間切換，航機之接收設備因都卜勒效應關係，將收

到一隨電臺方位變化之 FM 訊號。

- (五) DVOR 主要用於改善 CVOR 易受週遭建物干擾之缺點，惟無論採用 CVOR 或 DVOR，對航機而言，其訊號均是相同的。



圖 11-4 我國 VOR 電臺分布圖

三、測距儀 (Distance Measuring Equipment ; DME)

- (一) DME 屬 UHF 頻段 (960~1215MHz) 之導航裝備，提供航機距離資料，依據詢問機收到答詢脈衝之時間，就可以推算出航機所在之距離。
- (二) 與 VOR 同址，可同時測航機之距離和方位，稱為 VOR/DME；與 ILS 同址，提供航機航軌及距離，稱為 ILS/DME；另外，軍方使用太康儀 (TACAN, TACTical Air Navigational System) 之測距儀也可供民航機使用，一般與 VOR 同址者，稱為 VOR/TACAN。

四、儀降系統 (Instrument Landing System ; ILS)

- (一) 左右定位臺 (Localizer)：屬 VHF (於 108MHz 到 112MHz) 頻段，提供航機水平航軌信號。左右定位臺是將 90Hz 及 150Hz 之音頻信號以調幅 (AM) 方式調變在發射信號上，輻射場型設計成：150Hz 信號在進場航道之右半邊較強，90Hz 信號在進場航道之左半邊較強，於跑道中心線延長線上，其 90Hz 及 150Hz 信號強度是相等的。航空器利用其機載接收裝

備，可測知其航向位於進場航道之左邊、右邊或是成一直線。

左右定位臺信號涵蓋範圍，在航道左右 ± 10 度範圍內為 25 哩，在航道線 10 度和 35 度之間為 17 哩，於 ± 35 度以外的涵蓋則為 10 哩。在受地形限制或特殊作業要求的地方，若有其他導航設備在中間進場區能提供滿意的涵蓋時，於 ± 10 度扇區內的涵蓋可以減少到 18 哩，其餘部分的涵蓋可減到 10 哩。

另由於左右定位臺訊號易受機場週遭地形或建物影響，造成多路徑（multi-path）干擾現象，爰目前較先進之儀器降落系統普遍採用捕捉效應（capture effect）技術建置所謂雙頻儀降系統，以有效降低週遭障礙之干擾。

所謂雙頻儀降系統，即航道訊號（course signal）採用大孔徑天線陣列（large aperture antenna array）發射，藉以將電磁波束集中在航道範圍內，避免電磁波照射到週邊障礙形成多路徑干擾；至於航道訊號以外之區域（如 ± 10 度以外範圍），則由同系統中較小孔徑之天線陣列發射另一頻率之清除訊號（clearance signal）加以涵蓋，而機載設備因接收機之捕捉效應關係，將會自動選擇較強之信號予以接收。

- （二）滑降臺（Glide Slope）：屬 UHF（於 329 到 335MHz）頻段，帶提供航機垂直方向航軌信號。每一個滑降臺之頻率是與一已知左右定位臺頻率配對，而形成一 ILS 波道。滑降臺亦將 90Hz 及 150Hz 之音頻信號以調幅（AM）方式調變在發射信號上，信號經過處理後輸送至特意設計不同高度之天線上，會使滑降航道下 150Hz 較強，滑降航道上 90Hz 較強，而滑降航道（通常為 3 度角）本身則是 90Hz 與 150Hz 信號強度相等。航空器利用其機載接收裝備，可測知其滑降角度位於正常滑降航道之上方、下方或成一直線。

滑降臺信號涵蓋範圍，於滑降航道中心線兩邊各 8 度方位、距離至少 18.5 公里（10 哩），其垂直之涵蓋上至地平面以上 1.75θ ，下至地平面以上 0.3θ ，其中 θ 為其滑降角度。

另外，為降低地形或建物對滑降臺之干擾，雙頻捕捉效應式滑降臺亦普遍應用在機場週遭充滿障礙物之環境。

- （三）測距儀（DME），同上。ILS 儀降系統導航信號如圖 11-5。

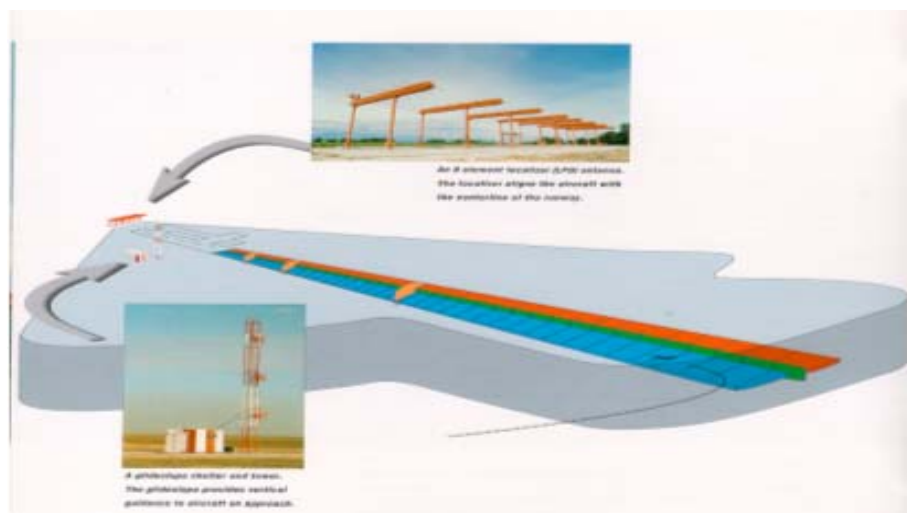


圖 11-5 ILS 儀降系統導航信號示意圖

五、航管雷達系統

航管雷達系統主要提供航機距離、方位、高度、呼號等偵測信號，以提供飛航管制人員引導航機使用。依據涵蓋需求可區分為長程與終端雷達（Long Range Radar & Terminal Radar）兩種。長程雷達用於航路管制使用，其涵蓋距離為 250 浬，每分鐘轉速為 5 轉，航機資料約 12 秒更新一次；終端雷達用於終端管制使用，其涵蓋距離為 60 浬或 80 浬，每分鐘轉速為 12 轉，航機資料約 5 秒更新一次。航管雷達依功能又可分為初級雷達（PSR）和次級雷達（SSR）兩種：

- （一）初級雷達：於其天線旋轉時，以天線為中心 360 度向四周發射強力無線電脈波，當接收飛機反射之脈波時，根據發射與接收之時間差及當時天線方位角度，即可計算出航機之兩度空間之方位及距離。初級雷達接收電磁波反射物體之回波，因此航機上並不須裝置設備，早期屬主要之地面對空中航機搜索設施。但由於採用反射回波偵測方式，故容易受高山、森林、雲雨、候鳥等信號反射回波影響造成雜波干擾。
- （二）次級雷達：對於航機位置與距離之偵測，須由機載設備答詢器與地面雷達設備配合，其主要原理係由地面次級雷達發射詢問脈波組，航機接收該詢問脈波組後根據詢問脈波組定義回覆航機相關資訊予次級雷達，次級雷達依據發射與接收到航機相關資訊之時間差及當時天線方位角度，即可計算出航機之兩度空間之距離及方位。一般詢問脈波組基本上分為兩組，第一組脈波組（Mode 3/A）由兩個距離 8 微秒之脈波組成，主要詢問航機代碼（Beacon Code）；第二組脈波組（Mode C）是由兩個距離 21 微秒之脈波組成，主要詢問航機之高度；另有 Mode S 模式則是次級雷達的強化運用，可提供地面詢問器與空中答詢器之間雙向數據鏈溝通能力，其並可透過 24 位元飛機定址選擇，針對單一航機進行詢問，避免產生多個答詢器

重疊回覆的問題。

- (三) 目前民航局飛航服務總臺於三貂角與鵝鑾鼻各設置 1 座長程雷達，另外於松山、清泉崗、高雄、臺東、花蓮及馬公等機場各設置 1 座終端雷達，桃園國際機場設置 2 座終端雷達，共設置有 10 座雷達（如圖 11-6），綜此，臺北飛航情報區所屬重要管制空域均可由航管雷達所涵蓋。



圖 11-6 我國終端雷達分布圖

六、氣象設備

- (一) 跑道視程儀 (Runway Visual Range Transmissometer ; RVR)，配合能見度計設置於跑道中間及兩端著陸區附近，用於量測駕駛艙至跑道面間平均高度 2.5 公尺之跑道視程。
- (二) 雲幕儀 (Laser Ceilometer)，具有雷射光發射器及接收器，由發射器向天空發射雷射脈波 (Pulse)，當雷射脈波碰到雲層時，會部分反射回來，接收器接收到反射的雷射光，可利用時間差，算出雲層的高度及有多少層雲。
- (三) 自動天氣觀測系統 (Automated Weather Observing System ; AWOS)，可測量機場跑道周圍風速、風向、溫度、露點、能見度、即時天氣及累計雨量等資料，如圖 11-7。
- (四) 低空風切系統 (Low Level Windshear Alert System)，偵測存在於機場四周

危害的風切或微爆氣流事件，提供相對於跑道之危害發生位置。

- (五) 都卜勒氣象雷達 (Doppler Meteorological Radar)，可以來預測降雨、雷雨、風切等氣象資料。

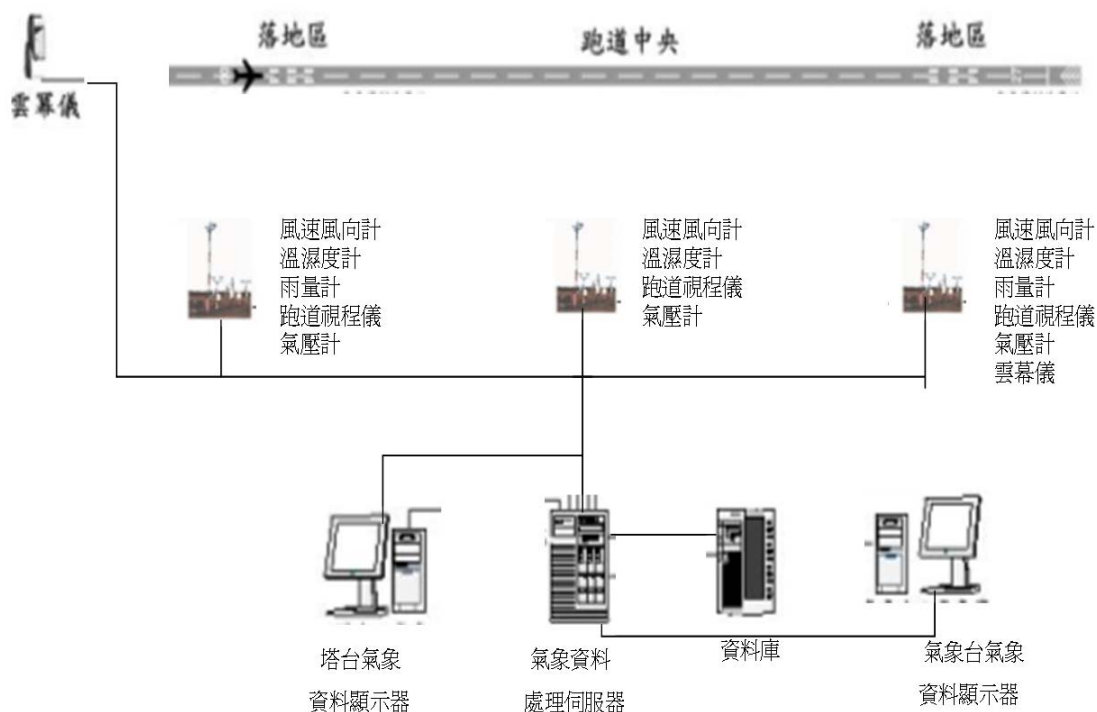


圖 11-7 自動天氣觀測系統

七、機場助航燈光

為提供航空器飛行員於日間能見度不佳或夜間進場落地之機場，均須依 ICAO 標準設計裝設各類型助航燈光。

- (一) 順序閃光燈 (Sequential Flushing Light)，組成進場燈系統之一部份，依進場方向由遠至近依序朝跑道方向亮、滅 (每秒鐘 2 次)，單方向白色光，以明確指出進場跑道方向，此裝置無法單獨設置須搭配進場燈系統一併裝設於跑道中心之延伸線上，每隔 30 或 60 公尺裝設一盞。
- (二) 進場燈系統 (Approach Lighting System)，距跑道頭中心點延伸線上往外 900 公尺，每隔 30 公尺裝設一排單方向白色燈，並於 150、300、450、600、750 公尺處中心線排燈外側加設翼排燈以形成十字線燈光。另為配合各機場之場地限制，亦可簡化設計成總長 420 或 720 公尺之進場燈系統。
- (三) 跑道頭/末端燈 (Runway Threshold/End Light)，標示跑道頭或跑道端位置使用，設置於跑道頭線外 3 公尺內，以跑道中心線為基準左右兩邊對稱裝設，各燈具間隔 3 公尺內形成一橫跨跑道面之橫排單方向燈 (最少應設置六盞)，進場跑道頭端顯示綠色光，跑道末端則顯示紅色光，如此可清

楚指出跑道頭/末端之位置供航空器進場時參考。

(四) 跑、滑道邊燈 (Runway/Taxiway Edge Light)，於跑、滑道道邊線外 3 公尺內兩邊對稱設置，用以指示出跑、滑道之邊線，跑道邊燈為白色全方向燈，在儀器跑道上各燈間隔 60 公尺，於航空器行進方向跑道末端 600 公尺或跑道長度一半則應為黃色燈光以為警示。滑行道邊燈為藍色全方向燈，各燈間隔 60 公尺，並可視需要於滑行道轉彎曲線處縮短間隔設置，以提供航空器於地面滑行之路線指引。

(五) 指示牌 (Signs)，於滑行道邊或跑道出口前之跑道邊設置，目的在提供航空器於地面上正確滑行路線指示，以確保航空器能依塔臺管制要求順利到達指定區域，避免行進過程中發生地安事故，依使用區分，指示牌一般又區分為：

1. 資訊指示牌 (Information Signs)：牌面為黃底黑字用以標示特定位置或路線 (方向或目的地)，種類包括：方向指示牌、位置指示牌 (黑底黃字)、目的地指示牌、脫離跑道指示牌、跑道出口指示牌等。

2. 強制指示牌 (Mandatory Instruction Signs)：牌面為紅底白字用以標示該區域須經塔臺管制許可後航空器或地面車輛始可移動通行，種類包括：跑道名稱指示牌、跑道等待位置指示牌、禁止進入指示牌等。

(六) 精確目視滑降燈 (Precision Approach Path Indicator)，於進場方向跑道邊左側設置由四盞燈所組成，提供航空器進場時下滑角度之目視輔助。

第四節 結論

傳統助導航設施使用近年來逐漸面臨了許多挑戰，由於主要設施均佈置於機場週邊或航路必經地區，為維持導航信號正常穩定，往往須限制週邊地區建築物之發展，也因此經常遭受居民抗爭；另外助導航站臺所須土地取得費用亦逐年攀高，使得建置成本過高；再加上航行量增加，航機希望以更有彈性航路飛行以節省燃油及提高飛行效益等，國際民航組織 (ICAO) 提出了發展一套以衛星及數位化技術為基礎之通訊、導航、監視系統 (Communication、Navigation、Surveillance；CNS)，來支援建立一個全球均通行適用的飛航管理 (Air Traffic Management；ATM) 需求，此一新系統可以藉由先進的科技與嶄新的飛航程序，克服傳統助導航系統有關條件之限制，有效改善飛航服務系統之效率與品質。CNS/ATM 對未來飛航環境架構之改變主要有下列幾項：以數據通訊 (Data Link) 取代語音通訊 (Voice)，以衛星導航 (GNSS) 取代傳統助導航設施，以動態 (Dynamic) 之空域管理取代目前定型化 (Static) 之空域使用，以飛航管理 (Management) 取代飛航管制 (Control)，主要作業原則為管制

員駕駛員共同決定飛航方式與承擔飛航安全責任。

民航局已自民國 91 年至民國 100 年，以 10 年期間完成「通訊、導航、監視/飛航管理（CNS/ATM）發展建置計畫」，確保本區新一代 CNS/ATM 的實現，確立我國於亞太地區民航運輸界之地位。

參考文獻

1. 臺北飛航情報區通訊、導航、監視與飛航管理（CNS/ATM）發展建置計畫（第 3 次修訂），交通部民用航空局飛航服務總臺。