

目 錄

第五章 航空交通管理基礎建設	5-1
5.1 簡介.....	5-1
5.2 國際航空交通管理基礎建設之發展趨勢.....	5-1
5.2.1 飛航流量管理.....	5-1
5.2.1.1 美國航路/終端流量管理系統作業	5-2
5.2.1.2 歐洲航空流量管理系統.....	5-13
5.2.1.3 日本及中國大陸飛航流量管理系統發展.....	5-17
5.2.2 飛航管理之先進飛航安全處理功能.....	5-18
5.2.2.1 空中碰撞預警.....	5-18
5.2.2.2 地障碰撞預警.....	5-20
5.2.3 空域管理.....	5-27
5.2.3.1 美國空域介紹.....	5-27
5.2.3.2 歐洲空域管理.....	5-33
5.2.3.3 中國大陸空域發展介紹.....	5-38
5.2.3.4 自由飛行 (Free Flight)	5-39
5.2.3.5 縮減垂直隔離.....	5-41
5.3 我國航空交通管理基礎建設建置策略.....	5-44
5.3.1 我國民航業務現況.....	5-44
5.3.2 飛航管理的組成.....	5-45
5.3.3 飛航管理新概念.....	5-46
5.3.4 我國飛航服務現況及發展策略.....	5-48
5.3.4.1 航管作業中心現況及未來發展策略.....	5-52
5.3.4.2 航管自動化系統(ATCAS)現況	5-53
5.3.4.3 未來飛航服務發展策略.....	5-60
5.3.5 我國空域管理現況及發展策略.....	5-63
5.3.5.1 台北飛航情報區(Taipei FIR)空域現況.....	5-64
5.3.5.2 我國空域管理發展策略.....	5-65
5.3.6 我國飛航流量管理現況及建置策略.....	5-68

5.3.6.1 我國飛航流量管理現況.....	5-68
5.3.6.2 我國飛航流量管理建置策略.....	5-68
5.4 結論	5-70
5.5 參考文獻.....	5-71

圖目錄

圖 5-1：歐洲中央流量管理單位包含空域分佈圖	5-14
圖 5-2：歐洲原始飛航計劃書整合處理系統架構圖	5-15
圖 5-3：歐洲中央流量管理單位(CFMU)作業界面	5-16
圖 5-4：歐洲中央流量管理單位(CFMU)作業結構	5-17
圖 5-5：IHAS 3D 立體地形顯示圖	5-25
圖 5-6：IHAS 2D 平面地形/導航地圖	5-26
圖 5-7：IHAS 地形剖面顯示圖	5-26
圖 5-8：美國空域劃分示意圖	5-28
圖 5-9：現行 ICAO 飛航業務空域等級	5-33
圖 5-10：ECAC 現行不同空域結構圖	5-34
圖 5-11 ECAC 空域管理策略進程	5-36
圖 5-12：簡化後的歐洲空域架構圖	5-38
圖 5-13：全球實施 RVSM 實施進展圖	5-42
圖 5-14：台閩地區民航運輸起降架次十年成長趨勢圖	5-45
圖 5-15：台北飛航情報區飛航業務系統圖	5-50
圖 5-16：機場管制塔台分佈圖	5-51
圖 5-17 近場管制台分佈圖	5-51
圖 5-18：現行台北飛航情報區(FIR)航管作業中心劃分	5-52
圖 5-19：現行台北飛航情報區航管自動化系統(ATCAS)架構	5-54
圖 5-20：航路自動化系統(TACC/AS)系統架構	5-55
圖 5-21：終端自動化系統(TCC/AS)系統架構	5-58
圖 5-22：花蓮、台東終端自動化系統(TCC/AS)系架構圖	5-59
圖 5-23：ATM 系統架構	5-61
圖 5-24：監視資料整合處理	5-62
圖 5-25：一般碰接預警(GTM)示意圖	5-63
圖 5-26：台北飛航情報區空域分類示意圖	5-65
圖 5-27：戰術性空域管理示意圖	5-67
圖 5-28：飛航管理基礎建設之技術趨勢	5-70

表 目 錄

表 5-1: 航班規劃能力發展進程表	5-5
表 5-2: 機場地面操作能力發展進程表	5-7
表 5-3: 離到場能力發展進程表	5-9
表 5-4: 區域與越洋航路能力發展進程表	5-12
表 5-5: 歐洲中央流量管理單位(CFMU)各階段措施應用	5-15
表 5-6: 飛航環境原型劃分	5-37
表 5-7: 現行 ICAO 及 OCD 飛航業務分級轉換對應表	5-37
表 5-8: 各地區 RVSM 推展時程表	5-43
表 5-9: 飛航管理(ATM)系統演進對照	5-48

第五章 航空交通管理基礎建設

5.1 簡介

隨著全球飛航需求的成長，對飛航服務提供者而言，現今的飛航服務除了確保飛航安全外，航空公司經營效率之增加與最佳化空域應用等，都是提昇的重點。透過有效率的規劃和最新的科技輔助下，飛航管理(Air Traffic Management)將取代傳統飛航管制，以迎合日益增加之空中交通。

本章除簡介外，在 5.2 小節中將對國外目前之飛航管理發展，作一簡單之介紹。而後在 5.3 小節中對我國飛航管理發展之現況與建置策略上提出建議。

5.2 國際航空交通管理基礎建設之發展趨勢

ICAO 將飛航管理 (Air Traffic Management, ATM) 分為飛航流量管理 (Air Traffic Flow Management, ATFM)、飛航服務(Air Traffic Service, ATS)和空域管理 (Airspace Management, ASM) 三部份，以下即依此架構加以介紹。

飛航流量管理的介紹主要可分為美國、歐洲及中國大陸與日本三大部分，分別介紹美國終端/航路流量管理系統作業、歐洲航空流量管理系統的作業程序、中國大陸及日本飛航流量管理的發展以及未來的發展方向。飛航服務的介紹，則針對先進飛行安全處理功能中空中碰接預警與地障碰接預警兩個主題。空域管理部分則以現行歐美空域的劃分、中國大陸空域管理、自由飛行的發展以及降低垂直隔離作業介紹為主。

5.2.1 飛航流量管理

隨著全球飛航需求的成長，對飛航服務提供者而言，現今的飛航服務除了確保飛航安全外，航空公司經營效率和最佳化空域應用等都成為提昇的重點。在新技術的引進下，飛航流量管理 (Air Traffic Flow Management, ATFM) 將逐漸取代程序上的管制，管制員將能得到更多的參考資訊。

在美國 NAS 現代化的工作中，透過整合飛航服務提供者與航空公司間的系統介面，來大幅提昇 NAS 系統與航空公司的經營效率。其中新的決策輔助工具不僅能夠協助管制員，還能將資訊傳遞予航空公司，提供航空公司營運操作上的參考。

在歐洲方面，歐洲民航聯盟(ECAC, EUROPEAN CIVIL AVIATION CONFERENCE)第一次運輸部長會議(MATSE 1, Transport Ministers 1)，倡議成立歐洲中央流量管理單位(CFMU, Central Flow Management Unit)，並自 1996 年春季完全運作，取代原先倫敦、巴黎、法蘭克福、馬德里、羅馬的五個區域流量管理中心，集中至 EUROCONTROL 的比利時布魯塞爾總部統籌進行，目前提供全歐 36 個歐洲民航聯盟(ECAC)會員國空域之航空流量管理。

亞太地區方面，日本於 1988 年設計 ATFM 系統概念，1991 年開始發展，1993 年完成基本建設投入使用，主要由流量管理中心和四個區域管制中心和主要機場終端組成。中國大陸近年才成立專門的流量管理部門和流量管理系統，以往各管制中心僅透過流量表進行管理，不過隨著大陸地區民航快速發展的需要，中國大陸主管當局非常重視流量管理的發展，於天津民航學院、南京航空航天大學、民航二所、民航飛行院所從事 ATFM 理論和應用系統研究亦已有一定的基礎，各管制中心和航空公司也積極支持該項研究，並於廈門航管站進行“空中交通流量監控網路系統”的研究，並有一年實際運作之經驗。

以下章節分別對目前美國、歐洲、日本及中國大陸在空中流量管理的發展進行介紹。

5.2.1.1 美國航路/終端流量管理系統作業

本小節針對 NAS 現代化[5-5][5-6]工作對飛航流量管理新技術的應用規劃，分為航班規劃、機場地面操作、離到場、區域與越洋航路等方面，進行內容與時程的介紹。時程共分為三階段，從 1998-2002 為第一階段，2003-2007 為第二階段，2008-2015 則為第三階段。

5.2.1.1.1 航班規劃

NAS 系統架構在航班規劃上，對流量管理與資訊提供方面有了新的改進。由於現有 NAS 是拼湊式系統，有許多資訊是獨立而無法為其他系統所分享，為了讓管制單位與航空公司資料共享與共同規劃分析，NAS 系統資訊服務的整合將是這個目標的首要工作，內容包括了連結系統間的完整網路、標準的資料格式以及系統間的溝通能力。

以整體流量來進行航班規劃管理的角度下，整合後的現代化 NAS 讓管制單

位與航空公司將使用相同的資訊系統，並針對操作上的需要進行協商，以尋求雙贏的方案。NAS 系統所提供的資訊服務將由目前許多獨立的系統與不同的標準，進化到管制單位與航空公司共享航空流量管理、航班服務與航空氣象資訊的環境。

現有的飛行計劃將會被 Flight Object 取代，除了包含飛行計劃的資料外，Flight Object 還包括航空公司所偏好的高度、航路、航機重量、機門的指派、偏好的近離場路徑和目前航機的所在位置。主要是提供動態的更新資料，並且讓 NAS 的管制單位與航空公司共同來管理航班的運作。

其次是在航空流量管理（Traffic Flow Management, TFM）系統的改進。由於 NAS 系統每天要處理約十萬架次的空中交通，常常在短時間內必須做出很多的決定，NAS 現代化系統架構提供了決策輔助工具，讓管制單位與航空公司共同對航班進行規劃與排序工作。

在航班規劃的過程中，輔助工具將被用在預測航班位置和對交通需求的影響以及沿途與目的地機場的天氣狀況。在飛行的途中，氣象和 NAS 系統的狀態以及其他需要的資訊將透過這些輔助工具提供給航空公司與其他單位。在發展的最終階段，輔助工具將能夠用於規劃直線的飛行捷徑、起降的順序、路徑的改變以及協助系統容量與需求達到均衡的狀態。

飛航流量管理基礎建設的現代化著重於：

1. 系統架構的更新：

在 NAS 現代化的第一與第二階段中，ETMS（Enhanced Traffic Management System）的升級著重於軟硬體的更新和解決 Y2K 問題，並在系統中加入新的決策輔助工具，例如到場需求的管理工具 CTA（Control-by-time-of-arrival）。CTA 和 FAA 訂定的離場時間比較起來，可以透過 CTA 衡量機場容量以決定航班的離場適當時間，將能夠讓航空公司加強航班的靈活調度能力。

在 NAS 現代化的第三階段中，TFM 系統架構將會融入 NAS 資訊網路之中，而 Flight Object 的制度也將會開始實行。航空公司運作中心（AOCs）將會開始提供四度空間軌道（經度、緯度、高度與時間）資訊用於航行中之航班規劃，且 Flight Object 將於飛行中不斷的予以更新。

2. 加強管制單位與航空公司間之資料交換與協商合作：

在自由飛行的第一階段中，FAA 地面延滯程式會自動把資訊提供給 AOCs，進行初步的協商合作。FAA 將會提供 AOCs 需求的彙整資料、預估的機場容量、航班到場情況和預測的地面延滯資料。在雙向的資料交換下，將會把航班取消與更動時刻等資料回應給 FAA。

在第二與第三階段中，將開始提供互動的飛行計劃變更服務，包括 FAA 的自動化系統對駕駛員於飛行途中變更飛行計劃，依據系統的狀況提供回應的服務。新的輔助工具，將會考量在不良的天氣狀況、跑道狀態、NAS 設備的老舊程度以及特殊空域的使用狀態等因素下，來考量可行的最佳飛行路徑。駕駛員可以依據所提供的資訊來進行飛行路徑的更動。同樣的，在飛行途中上述的工具也能同時提供給管制員、AOCs 與駕駛員來進行航路的變更與調整空中流量。

3. NAS 系統更精確的分析與預測能力：

在 NAS 現代化的第一階段，發展了預測交通量需求是否超過系統容量的評估模式，而 FAA、AOCs 和其他的使用者能夠透過此模式所提供的資料，來調整流量。在第三階段中，即時模擬的能力將被用在分析航班取消和時間更動以及其他操作上的改變所帶來的影響。

同時在航班服務改進上，提供航班規劃輔助、航空氣象資訊以及商業航空、普通航空與軍事航空所需要的資訊。航機資訊系統基礎建設以 OASIS（Operational and Supportability Implementation System）來取代老舊過時的自動化系統。在未來的發展下，OASIS 系統將會整合為 NAS 資訊服務的一部份，用以接收氣象與 NOTAM。透過這樣的改進，OASIS 將能夠在航班規劃上直接使用 Flight Object 的資料，並且與普通航空的駕駛員交換更多的資訊。

航班規劃能力發展進程表請參閱表 5-1。

表 5-1: 航班規劃能力發展進程表

Operational Planning Capabilities Summary		
Key Event	Functionality Description	Phase
Collaborative Routing	Shared view of real-time traffic flow situations via display conferencing.	1
Enhanced Ground Delay Program	Shared information on schedules, airport demand and capacity rates, ration-by-schedule, control by time of arrival.	1
NAS Status Information	Near real-time airspace status data.	1
OASIS	Replaces aging flight service equipment and incorporates DUAT functionality.	1
Data Exchange	Common view of arrival sequence, user-supplied schedule updates and departure plans, NAS status, constraint information, and historical information.	1
Analysis Tools and NAS Performance Models	Enables performance assessments, system-level impact assessments, and compliance monitoring.	1
Flight Plan Evaluation	Suggested reroutes for capacity restrictions and weather avoidance to improve safety and user efficiency.	2
NAS-wide Information Sharing	Flight and 4-D trajectory information shared among pilots, planners, and controllers for better exchange of NAS status and weather information.	3
Interactive Airborne Refile	In-flight automated exchange and processing of flight plan change requests between pilots and controllers for route clearance.	3
Fast-time Simulation Tools	Anticipates and reacts more effectively to dynamic changes, thereby enhancing flight planning activities.	3
OASIS Upgrades	Integration into NAS-wide information service to receive weather and NOTAM data from common servers.	3

5.2.1.1.2 機場地面操作

為了避免意外事故以及保持航班的準點，在管理機場地面交通上，往往需要精確和完整的航機與後勤車輛的位置與動線資訊，特別是在夜晚與視線不佳的情況下。目前的機場塔台僅有少數的自動化輔助工具，且對地面的監控大多倚賴目視與無線電語音通訊。NAS 現代化在機場地面操作上，將對下列五點進行改進：

1. 透過 SMA（Surface Movement Advisor）來交換 FAA 與使用者間不同的資訊。
2. 以資料鏈路取代例行上的語音通訊。
3. 利用地面監視工具來增進地面交通與改善安全性。
4. 改善雷達顯示。
5. 加強地面交通顯示、氣象資訊和決策輔助工具，以增加機場容量並減少

不良氣象對機場營運的影響。

其發展進程共分三個階段

1. 第一階段（1998-2002）：

在選定的機場上建構 SMA，以提供 AOCs 航班離到場資訊。更新 57 個機場的塔台資料鏈路服務（TDLS）設備，來提供離場許可、滑行許可和自動化終端資訊服務。NAS 第一階段中，在 34 個高地面活動量的機場設置機場地面活動安全系統（Airport Movement Area Safety System, AMASS），透過航機的追蹤與 ASDE-3 雷達對地面後勤車輛的偵測，來進行機場地面監控。而 STARS 塔台工作站將會取代現有的工作站。

2. 第二階段（2003-2007）：

新的跑道侵入警示能力將會被建立以減少衝突的產生機會，這包括了更多的監視、航管輔助工具、指示牌、燈號、程序和訓練。預計在第二階段初期，將會開始在更多的機場上佈設新的機場地面監視與衝突偵測系統。塔台管制席位的 ATAC STARS（Standard Terminal Automation Replacement System）顯示器將在本階段持續更新中，而透過第一階段場面管理系統(Surface Management System, SMS)的經驗，系統將會予以改進，並應用於亞特蘭大。TDLS 系統在加入了氣象、NOTAM 和其他資訊後，將成為 NAS 資訊服務系統的一部分。改良過的 SMS 系統將提供服務提供者與使用者進入航班規劃、流量管理、離到場和天氣資訊等功能，提供一個完整的機場運作資訊，目的是讓所有參與機場運作者能夠得到完整的資訊和交換地面活動資料。

3. 第三階段（2008-2015）：

透過 WAAS 和 LAAS 系統所提供的參考資料，加上 ADS-B 航電系統與機載顯示器所提供的資訊，駕駛員在低能見度的情況下，依然能夠滑行，以維持機場的運作。地面後勤車輛將會播送其 GPS 位置資料給 ADS 地面系統，因此管制員也同樣能夠追蹤地面後勤車輛，擁有完全的地面活動資訊。

機場地面操作能力發展進程請參閱表 5-2。

表 5-2: 機場地面操作能力發展進程表

Airport Surface Operations Capabilities Summary		
Key Event	Functionality Description	Phase
ASDE-3 with AMASS	Audible and visual alerts of potential runway incursions.	1
TDLS	Controller aid for composing and delivering pre-departure clearance and initial taxi clearance via aircraft communications addressing and reporting system (ACARS) data link.	1
STARS Tower Display Workstations	Improved visual display of tower and terminal airspace.	1
Initial SMA – Free Flight Phase 1	Limited collaborative decision making (CDM) by supplying aircraft arrival information to ramp control operators.	1
Runway Incursion Reduction	Surface surveillance for airports without an ASDE-3, including increased lighting and signage and improved training and procedures.	2
SMS	Airport configuration, aircraft arrival/ departure status, and airfield ground movement advisories to controllers, dispatchers, and traffic flow managers.	2
Integrated Tower Area Surveillance	Both surface and airborne traffic monitoring capability for controllers; ADS-B information available for ATC use.	2/3
Enhanced SMS	User and provider access to flight planning, traffic management, arrival/departure, and weather information.	3

5.2.1.1.3 離到場

結合現代化科技與更多的跑道，讓機場容量最大化是全美境內繁忙機場擁塞問題的解決手段。FAA 目前在和機場管理當局的合作下，致力於新跑道的規劃與發展，以面對日益增加的航空需求，並在迎合環境的條件下，將新的科技應用於航空運輸上。

在終端雷達近離場管制下，管制員對到場與離場的航機排定其順序，而為了在尖峰時段仍能維持交通量的順暢，提供管制員更精確的排序與隔離工具是一個必要的手段。其目的是維持近離場管制服務的品質以及更有效的利用空域與跑道容量。

當把焦點放在機場的容量最大化上，終端區域的基礎設施必須要改為自動化系統，以達到以下的能力：

1. 終端區域的氣象資訊顯示在螢幕上，以提昇危險氣象狀況的警示能力。
2. 改良航機排序與隔離輔助工具，以增進效率與服務的穩定性。

3. 為增加安全性與效率，開放駕駛員共享一些資訊，並讓終端區域與區域航路管制單位交換資訊，以改善靈活性。
4. 提供更為靈活的近離場路徑，來使機場容量最大化。

基於上述原因，終端的基礎設施現代化包括有建構標準終端自動化替換系統（STARS）和航機排序輔助工具。

5.2.1.1.4 新自動化系統

在 NAS 現代化的第一和第二階段中，FAA 會建構 170 座 STARS，而國防部則會建構 36 座，而漸漸完成 STARS 系統的佈設。由於 STARS 是屬於一種開放性系統架構，因此將會與其他 NAS 現代化系統架構中之先進通訊、導航、監視與氣象系統進行連結，並且取代設置於阿拉斯加與其他非北美大陸區域的航路自動雷達追蹤系統（Micro-EARTS）。而且視各區域情況上的需要，STARS 將會連結 AMASS 系統，以改善機場地面活動管理與跑道監視能力。

在終端區域方面，STARS 系統的更換將帶給管制員擁有彩色氣象顯示螢幕的整合性終端氣象與監視雷達資訊系統。而原本必須透過航路自動化系統處理的終端區域航班資料，將直接可由終端自動化系統來處理。

先進排序輔助工具 CTAS（Center TRACON Automation System）自動化工具幫助管制員管理近場與離場順序組合，以達到跑道容量利用最大化，這些新的輔助工具幫助了管制員改善終端空域的使用效率，目前主要發展的是 FAST 系統（Final Approach Spacing Tool）。

初期 pFAST（passive FAST）為提供降落隔離、跑道指派以及航機近場速度和航向之輔助工具，來協助管制員管理近場流量並提供最後近場階段之航班的精確安全隔離。主要設計在讓跑道使用最大化以及平衡多跑道機場內各個跑道的負荷。在區管中心內，pFAST 主要配合 TMA（Traffic Management Advisor）使用。TMA 可以計算出在預測的天氣狀況下，航機必須抵達終端空域上的匯流點（Metering Fixes），來達到跑道使用之最佳化。在 NAS 現代化第一階段中，CTAS pFAST 已被建構在一些選定的地區，並在第二階段的時程內，完成其他的增設工作。

在加入即時的航機資料後，FAST 系統將會演化一個動態的輔助工具 aFAST（active FAST），透過航機速度、航向修正與航機渦流等資訊的計算，提供管制

員更精確之近場隔離輔助。離到場能力發展進程請參閱表 5-3。

表 5-3: 離到場能力發展進程表

Departures/Arrivals Operations Capabilities Summary		
Key Event	Functionality Description	Phase
CTAS pFAST	Improved sequencing and spacing for merging streams of traffic assigning aircraft to runways for increased flow efficiency and reduced fuel consumption.	1
STARS	New terminal automation system with color displays for terminal and tower controllers.	1/2
Improved Weather on STARS Display	Convective and Hazardous weather detection and prediction provided directly to TRACON controller for increased efficiency and safety.	2
Terminal Surveillance with ADS-B	GPS position, velocity, and intent data via ADS-B to ATC	2
NAS-wide Data Link	Increased message exchange and reduced spectrum congestion via VDL Mode-3.	3
Active FAST with Wake Vortex	Improved accuracy of sequencing and spacing tools via aircraft flight management system and CTAS automation.	3
NAS-wide Information Sharing	Exchange flight data, NAS status, and weather information among aircraft , air traffic control facilities, airline ramp control and airline operations centers.	3

5.2.1.1.5 區域與越洋航路

這部分的重點將放在提昇自動化系統的資訊共享與改善運作效率。在自由飛行階段前，區域與越洋航路中心的電腦和決策輔助工具必須有大幅的提昇。這些過時的自動化系統必須在新的服務開始前就先替換下來。

以目前情況來說，區域與越洋的管制設備雖然是建構在一起，但是由於越洋航線上監視與直接通訊能力的缺乏，其實這兩套是不同的系統。越洋航線上的監視與直接通訊能力的提昇，將能夠讓越洋航線上有和區域航路上相同的航管服務，如此一來，在未來區域與越洋管制設備就能整合成同一套系統。

在美國境內空域，航機通常在雷達的監視下沿著既定的航路航行。而在越洋航線上，航機通常按照每天的預測風向以排隊的方式飛行，由於缺乏雷達的監視與駕駛員和管制員間的直接通訊，通常隔離標準會較區域航路大上 20 倍。這樣的大距離隔離直接限制了越洋航線上的容量，因此有些航班並不是依照最佳的油耗高度來飛行。因此縮短越洋航線上的隔離將可以降低油耗與成本。

預計在完成航機導航方面的性能加強、越洋空域上的自動回報監視系統、資料鏈路通訊系統與自動化輔助工具等建立後，原本一些操作上的限制都可以有所突破。區域與越洋航路現代化基礎架構的重要工作有：

1. 更換區管的顯示系統（Display System Replacement, DSR）
2. 整合區管與越洋管制中心的航管系統成為一個標準的硬體規格
3. 能夠在新的操作系統硬體上執行軟體包含：
 - (1) 新開發與改良後的管制員決策輔助工具
 - (2) 先進監視與通訊資訊的應用
 - (3) 整合 NAS 資訊服務以促進資料共享

其發展進程共分三個階段

1. 第一階段（1998-2002）：

- **航路自動化系統**

DSR（Display System Replacement）提供了新的管制員工作站和航路中心（ARTCC）一個新的網路系統架構。DSR 具有圖形使用者介面，能提供管制員包含所有可能資訊的下拉選單。並且能夠顯示新一代氣象雷達系統（Next Generation Weather Radar, NEXRAD）所傳回來的氣象資訊，且在升級後可讓管制員使用自由飛行的相關輔助工具。

架設 HOCSR（Host/Oceanic Computer System Replacement）系統後，航路中心硬體支援問題與越洋中心電腦系統 Y2K 問題也一併解決了，而新硬體的設計平台也考量到現有的軟體應用問題。在自由飛行第一階段初期，在一些選定的區管中心建構用以衡量績效與接受度的雛形輔助工具，包括有用以評估駕駛員所提出的航路與高度改變之可行性的 URET CCLD（User Request Evaluation Tool-Core capability Limited Deployment）和 TMA SC（Traffic Management Advisor-Single Center）。這兩種工具透過 DSR 計劃整合在一起。

- **越洋自動化系統**

將以衛星通訊的方式提供配備有 FANS-1/A 的航機，跨越多個席位的越洋資料鏈路服務，然而原本的衛星與 HF 語音通訊仍然提供服務。為了降低越洋航線上的垂直高度隔離標準，而發展一個以程序為主的操作性衝突警示系統。而航空服務系統間的資料傳輸建立，使得飛行計劃

以數位的方式進行傳遞。

ADS-B 系統在本階段能夠提供駕駛員週遭其他航機的位置資訊，減少駕駛員進行不必要的閃躲與被調動的機會，此外在符合 FAA 安全的標準與越洋使用者的需求下，將越洋航線距離隔離減至 50 哩的研究將持續進行，以其能夠更快的實行。

2. 第二階段（2003-2007）：

• 航路自動化系統

在 NAS 現代化第一階段中建構的管制員輔助工具，在本階段將會發展完成並於更多的選定區域架設。包括衝突預警與範圍涵蓋多個區管中心的航班匯流等管制員輔助工具，將能夠提供駕駛員更靈活的選擇飛行路徑、更有效率的空域使用、改善流量的衝突以及透過衝突的預測和防撞警示的功能來加強安全性。而原本被保留下來的舊有自動化系統硬體和航路系統軟體，在第二階段中將會予以重新設計或替換。重新設計過的現代化軟體系統架構將能夠支援 ADS 系統、相關的管制員輔助工具和 NAS 系統的資源分享等功能。

• 越洋自動化系統

ADS-A 將透過衛星資料鏈路提供越洋航線航機的監視功能，所以配備有 FANS-1/A 機載設備的航機在越洋航線上的隔離將可降低為 50 哩。而後經過改良後，配備有 ATN 機載設備的航機也能夠在大洋空域上使用 CPDLC 與 ADS-A 監視的服務。越洋自動化系統將會被升級至可以處理與顯示 ADS-A 資訊。

3. 第三階段（2008-2015）：

• 航路自動化系統

在駕駛員可以自行選擇飛行路徑的條件下，管制員將會被提供整合的決策輔助工具。包括有衝突排解、危險氣象、地域、限制空域等偵測與警示資訊。較早時期發展的衝突警示與流量管理輔助工具會進化成為衝突的排解輔助工具。

Flight Object 和涵蓋 NAS 範圍的資訊服務系統的建立將使得跨越中心、地面設備與航空公司間的訊息交換成為可行的，這種資訊的交換讓航空公司更能靈活規劃每天的航班。透過 NAS 系統狀況、其他航班

的監視、最佳路徑的效益、跑道情況與機們指派情形等等的考量，駕駛員將能夠更有效率的修改飛行計劃。

• 越洋自動化系統

在 NAS 現代化第三階段中，區域與越洋航路系統架構會朝整合成共同的軟硬體這個目標來發展。雖然有許多應用仍然會維持不變，但是在這個架構下，兩個系統間將建立更有效率的傳輸網路。

區域與越洋航路能力發展進程請參閱表 5-4。

表 5-4: 區域與越洋航路能力發展進程表

En Route/Oceanic Capabilities Summary		
Key Event	Functionality Description	Phase
DSR	Hardware maintainability beyond 2000 and improved weather presentation.	1
RVSM	More optimum altitudes in oceanic environment.	1
50 Nautical Mile Lateral Oceanic Separation	Reduced separation in some oceanic airspace, increased capacity, and more aircraft closer to wind optimal time path.	1
HOCSR	Hardware maintainable beyond 2000 and platform for future enhancements.	1
Air-to-air ADS-B	Self-separation procedures in specific situations, such as oceanic passing maneuvers.	1
URET CCLD	Conflict probe type tool at selected sites.	1
TMA SC – Free Flight Phase 1	Metering aircraft into terminal airspace within center boundaries.	1
CPDLC Build 1A	Initial air traffic control message via service provider data link.	1
Multi-center Oceanic Data Link	Satellite data communications between pilot and controller for FANS-1/A-equipped aircraft.	1
50/50 Nautical Mile Lateral and Longitudinal Oceanic Separation	Controller tools to enable reduced separation standards to be utilized for properly equipped aircraft.	2
Conflict Probe	Automated tool for controllers to detect potential aircraft conflicts.	2
ADS-A	More reliable and frequent surveillance reports through FANS-1/A-equipped aircraft in some oceanic airspace.	2
Multi-center Metering with Descent Advisor	Arrival scheduling tools for the en route controllers and traffic managers to optimize traffic flow from multiple centers to a high-activity airport near center boundaries.	2
ADS-B Gap-Filler	Host software re-engineering to process expanded surveillance services in non-radar airspace using position, velocity, and intent data via ADS-B.	2

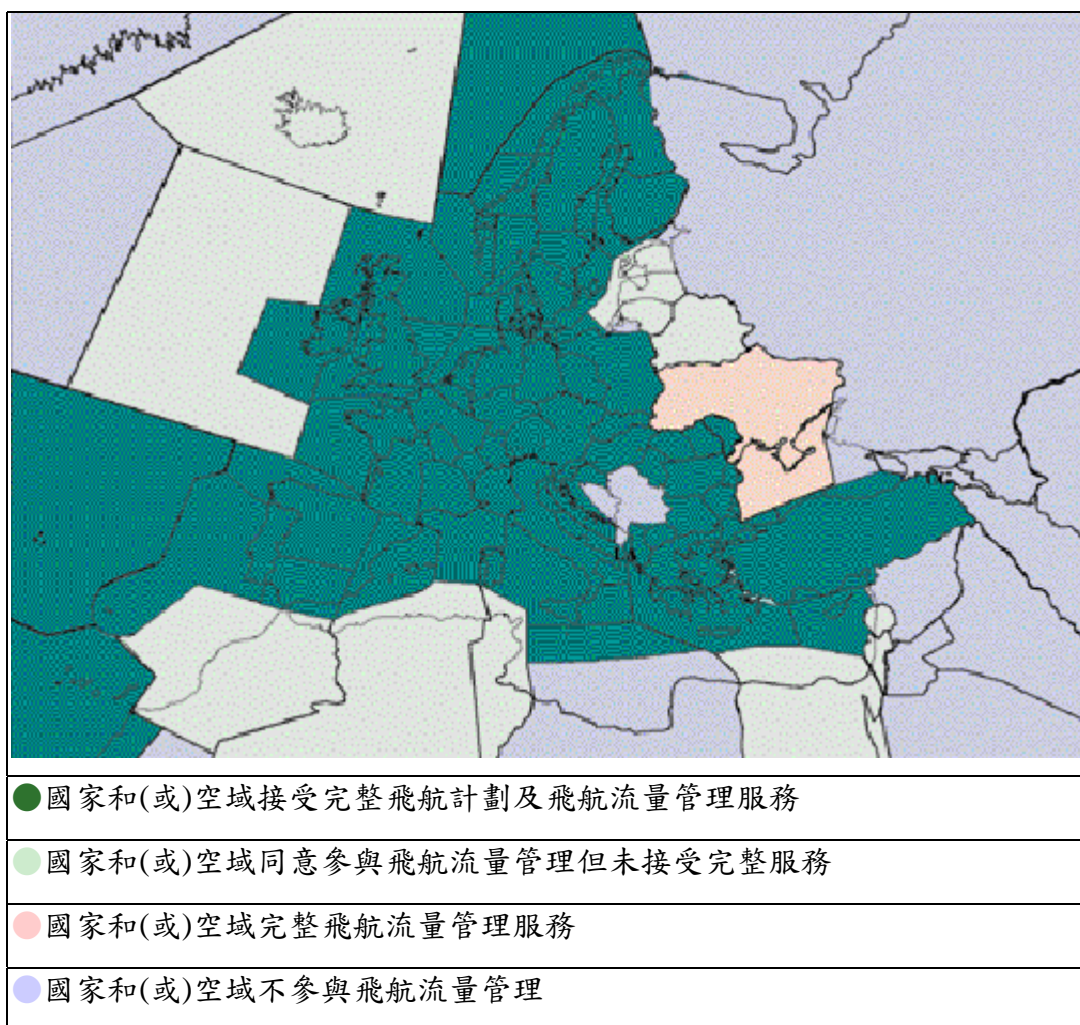
En Route Surveillance with ADS-B	Host software re-engineering to use GPS position, velocity, and intent data available for air traffic control use via ADS-B.	2
Prototype Flight Data Management System	Processing via re-engineered en route automation with the flight object for user collaboration and improved flight planning.	2
NAS-wide Information Sharing	Exchange of flight data, NAS status, and weather information among aircraft, air traffic control facilities, airline ramp control and airline operations centers.	3
Conflict Resolution with Multi-center Metering	Enhanced airspace conflict resolution during flight planning and flight across multiple centers.	3
Enhanced En Route System	National use of flight object including ICAO flight plans to facilitate information sharing across the NAS.	3

5.2.1.2 歐洲航空流量管理系統

這一小節將介紹歐洲中央流量管理系統的緣起、歐洲飛航計劃書的處理，以及歐洲三階段式流量管理作業程序。

5.2.1.2.1 中央流量管理單位

飛航流量管理本身無法創造資源或減低需求，其主要的功能是對現有空域資料進行更有效的利用，透過所有使飛航需求與容量相配合之各項調整活動，以避免飛航管制容量超載，並使航空交通流量更為順暢。歐洲民航聯盟第一次運輸部長會議，倡議成立歐洲中央流量管理單位(CFMU)，並自 1996 年春季完全運作，取代原先倫敦、巴黎、法蘭克福、馬德里、羅馬的五個區域流量管理中心，集中至 EUROCONTROL 的比利時布魯塞爾總部統籌進行，目前提供全歐 36 個歐洲民航聯盟(ECAC)會員國空域之航空流量管理，請參閱圖 5-1。透過 ECAC 各會員國家、航空公司及 EUROCONTROL 的協力合作，以協調飛航需求與容量間之差異，促使延誤最小並避免流量壅塞及超載。



資料來源：<http://www.EuroControl.be/cfmu/index.html>

圖 5-1：歐洲中央流量管理單位包含空域分佈圖

5.2.1.2.2 飛航計劃書處理

歐洲中央流量管理單位為有效管理航行於其統籌空域的飛航航班，必需能夠整合處理各航班飛航計劃書相關資料，因此成立二個”原始飛航計劃書整合處理系統(Integrated Initial Flight Plan Processing System, IFPS)”，並於 1996 年 3 月完全運作，以統籌超過 32 個歐洲國家航管單位的飛航計劃書資料，並作為 CFMU 流量管理資料來源。IFPS 分別於 Haren 及巴黎南方，彼此間互為備援，其系統組織請參閱圖 5-2。

對於各航班，航空公司需傳送其飛航計劃書給予所屬之 IFPS，IFPS 進行後續之接收告知、資料處理、儲存於 CFMU 資料庫及通告該航班相關的航管單位。若飛航計畫書(FPLs)內容有誤，則依航班起飛地區所屬之 IFPS 進行人工處理，IFPS 每日處理超過 38,000 筆訊息(約 24,000 航班)；其中超過 76%是經由自動化

處理，而超過 90% 的人工處理訊息皆於收到十分鐘內處理。

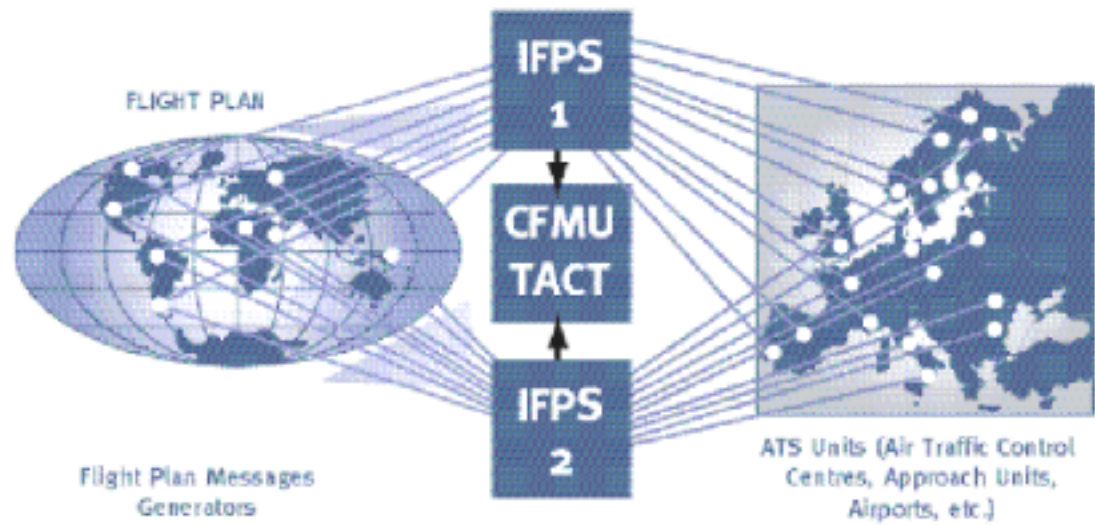


圖 5-2: 歐洲原始飛航計劃書整合處理系統架構圖

5.2.1.2.3 三階段飛航流量管理

為達到飛航流量管理目的，各航班在進入 ATC 管制前，需經飛航流量管理三階段處理，CFMU 各階段措施與運作時機請參閱表 5-5，而其與各單位之作業界面請參閱圖 5-3。

表 5-5：歐洲中央流量管理單位(CFMU)各階段措施應用

	戰略 流量管理	預先戰術 流量管理	戰術 流量管理	飛航管制
衡量期間	起飛二日前	起飛前一~二日	起飛前	起飛後
實施期間	實際管制前 數月~數日	實際管制前 數日~前一日	實際管制當日	
依據	飛航需求預期 潛在航管容量 航班架次及航路	航管單位及 ATFM 統計資料	ATFM 飛航公告 (ANM) 飛航計劃書 航空公司通訊	飛航計劃書
結果	各 ATC 容量目標 航路架構	ATFM 飛航公告 (ANM)	時間帶分配 航線調整 飛航流量分佈	

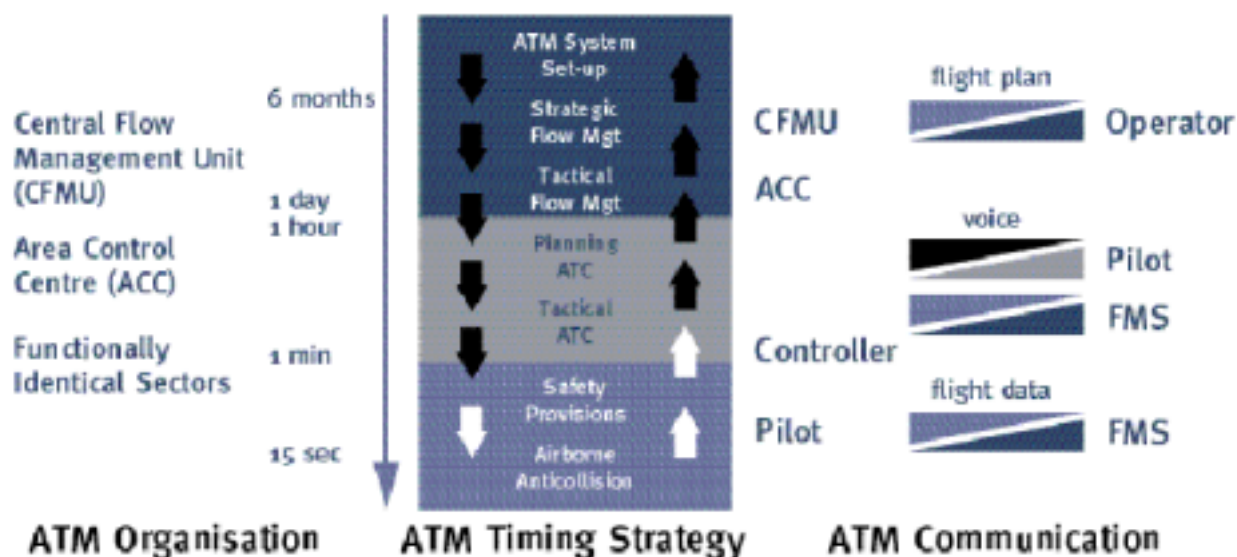


圖 5-3: 歐洲中央流量管理單位(CFMU)作業界面

ATFM 戰略階段(Strategic ATFM)之戰略管理從管制實際作業前數月到數日間持續進行，於這段期間內比較預期之飛航需求和潛在飛航管制容量，在可滿足飛航需求下，設定每一飛航管制單位之容量目標，並每月重新檢討，以降低空域使用者可能之容量不足衝擊。同時，計算各航空公司規劃的航班架次及航路，以籌劃中央飛航流量管理系統所統籌空域之航線結構，以達到最小之延誤及空域最佳化之利用。

ATFM 預先戰術階段(Pre-tactical ARFM)之管理從管制實際作業前數日延續到起飛前一日，於這段期間依據歐洲各航管單位及中央流量管理中心統計資料，預測飛航流量並預備隔日之飛航流量管理系統飛航公告(ANM)，此飛航公告包含隔日之戰術計畫，並告知航空公司及航管單位其預測之結果。

ATFM 戰術階段(Tactical ATFM)之戰術管理實施於管制實際作業當日，對各航班指派其起飛時間帶及飛航航線，以避免壅塞發生，並改變流量分佈以達到最大效率。

CFMU 每日 24 小時提供策略及作業服務，其作業單位直接與歐洲各區管中心(ACCs)協同進行每日的飛航戰術管理，持續監控歐洲飛航局勢；包含了解每一分區負荷、容量變化、延誤、流量尖峰及未使用時間帶，以權衡適當的流量管理，並進行飛航管理戰術分析，來重新分配及更新航班時間帶、提供個別航班重定航線，持續使飛航需求及容量達到平衡。CFMU 的作業結構請參閱圖 5-4，透

過由航空公司(AO)代表組成的聯絡室與 CFMU 緊密的整合，航空公司可持續獲得相關空域戰略和戰術資訊，以了解歐洲飛航管理局勢；CFMU 的提議亦可更符合航空公司的實際需求，並為航空公司接受。

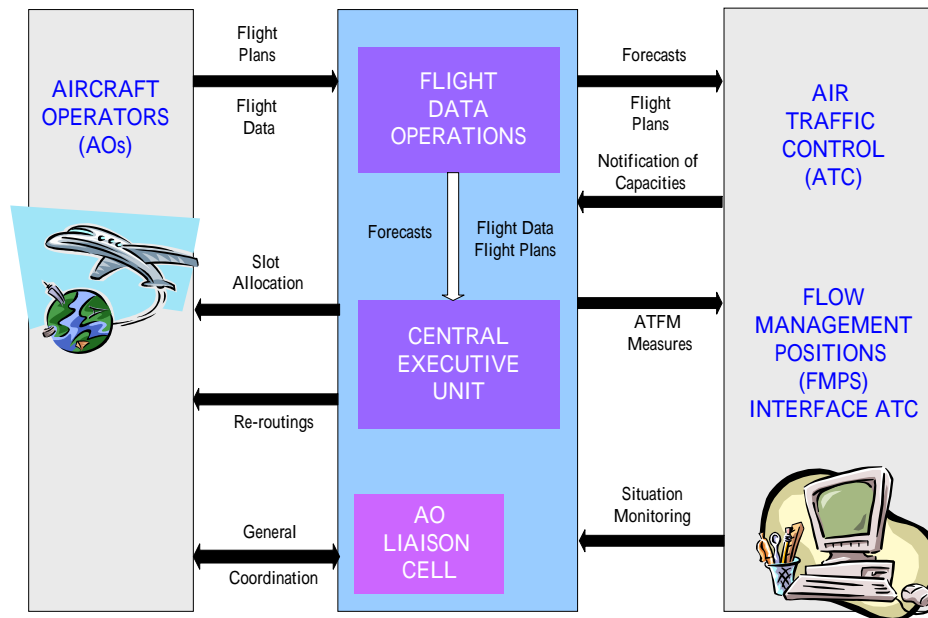


圖 5-4: 歐洲中央流量管理單位(CFMU)作業結構

5.2.1.3 日本及中國大陸飛航流量管理系統發展

5.2.1.3.1 日本

日本[5-22]於 1988 年開始設計飛航流量管理相關系統概念，並自 1991 年開始系統發展，於 1993 年完成飛航流量管理基礎建設並開始運作，在日本交通管理中心所設置的飛航流量管理系統，連接札幌、東京、福岡、那霸各管制單位以及新東京機場、東京機場與關西機場，接收處理 RDP 傳來的雷達資料、FDP 傳來的飛行計劃資料以及 IDP 所傳來的航空相關情報，進行飛航流量預測及調整，以防止航路以及機場之壅塞，其主要包含下列功能：

1. 透過各種情報來計算適當之航空交通量
2. 進行航空交通流量之預測
3. 提供空域狀態、交通量與流量管理等情報
4. 多重雷達資料融合處理

5.2.1.3.2 中國大陸

中國大陸[5-21]為了因應民航體制改革及民用航空量快速增長的需要，提升民航管制系統的運行管理、緊急處置、流量管理和搜尋援救能力，中國大陸民航總局成立民航總局空中交通管理局運行管理中心。中心內設飛航流量管理室、管制運行監控室和綜合業務室，負責監督、處理中國範圍內日常空中交通活動。該中心的主要功能是：監視協調全國空中交通活動，處置飛行事故、劫機等緊急突發事件，保障中外飛機、重要飛行任務和災難搶救等其他特殊飛行任務，指揮和協調搜救民用航空器的工作，負責中國飛航流量管理和審定班期、不定期航班班表，負責管理民航班機航線的使用，掌握中國民航通信導航等設施日常運行情況。

另一方面，目前中國大陸空中交通流量主要集中在東部地區，特別是由北京、上海、廣州構成的大三角區域，飛行量占全國總飛行量的 60%-70%，據統計 2000 年華北地區飛機起降達到 24 萬 6 千餘架次，華東地區飛機起降已達 41 萬架次。而且飛行量仍以每年 10% 左右的速度增加。為使空中交通管制適應民航飛行量的迅速增長，大陸民航總局從「八五」、「九五」即開始加強航管基礎設施建設，並將北京、上海、廣州建設現代化的區域空中交通管制中心列入空管十五基礎設施建設重點工程，統籌管理京、滬、穗大三角地區繁忙的飛航流量，以減少空中交通擁擠狀況。而中國民航學院航管研究所與廈門航管站協同合作，歷時兩年，完成了空中交通流量監控網路系統的研發。該系統提供航班數據資料庫、航空業務電報和雷達數據的資料整合和即時的空中交通流量監控功能，結合空中交通活動軌跡產生，對指定管制區域的空中交通流量數據進行預測、統計和顯示，並即時在網路上通報流量控制信息，對航班進行 PDC 的頒佈，可以有效紓解了空中飛航衝突，提高飛航流量及安全。

5.2.2 飛航管理之先進飛航安全處理功能

本節將飛航管理部份中先進飛行安全處理功能，依照空中碰接預警與地障碰接預警[5-5]兩個部分加以介紹。

5.2.2.1 空中碰接預警

傳統的航空交通管制中，駕駛員的主要工作是依照飛航計劃書並遵循管制人員的指示，將航機飛航於指定的航路上，航機與航機間的隔離閃避完全是管制員

的責任。

透過新科技的應用，駕駛員已經能夠透過機載的設備來獲知鄰近航機的位置資訊，加上自由飛行的推展，與鄰近航機的隔離和閃避責任，未來可能將由地面管制員及駕駛員共同協調進行，因此空中碰接預警將是未來一個重要的發展課題。

5.2.2.1.1 空中碰接預警系統簡介

空中碰接預警（Traffic Alert and Collision Avoidance System, TCAS）是一個完全不需要地面航管單位支援的交通警示與碰接避免的系統，其功能是偵測鄰近配備有 ATCRBS Mode A, Mode C 或 Mode S 訊號傳送器的航機位置。當偵測到航機時，TCAS 將會持續追蹤並評估碰接的可能性。除了將鄰近裝有傳送器的航機位置顯示在機載的螢幕上之外，並在衝突發生時，提供駕駛員改變高度來避免碰接的具體建議。

因此 TCAS 實際上包含兩個系統：監視系統與衝突避免系統。以監視系統而言，TCAS 的偵測範圍是前方 15-40 海哩、後方 5-15 海哩、兩側 10-20 海哩以及上下 9000 呎內所有配置有訊號傳送器的航機。

在衝突避免系統上，TCAS 採用了 4 次元衝突預警（Four Dimensions Conflict Alert）的做法，除了衡量航機間前後、橫向與高度隔離外，還加入了時間的考量。系統參照航機之速度、轉彎速率與爬昇速率等資料，劃定航機的保護區（Protected Area），當系統預測鄰近航機有可能會侵犯到該航機的保護區時，系統將會發出預告（Traffic Advisory）以提醒駕駛員。當鄰近航機在未來幾分鐘內有可能會碰觸到保護區時，系統即對駕駛員發出方案建議（Resolution Advisory），提供駕駛員高度改變方案來避開衝突。

5.2.2.1.2 空中碰接預警系統限制

儘管空中碰接預警系統正常運作時，駕駛員在一些情況下仍會目視到鄰近的航機，但是卻又沒有顯現於機載螢幕上。主要的原因在於鄰近的航機本身並沒有配置正常運作之訊號傳送器，或者是因為系統設計參數與設備設定的因素導致螢幕無法正常的顯現該航機。

在下列的情況下，TCAS 將無法提供防護功能：

1. 侵入的航機並沒有配備能呼應 TCAS 系統的詢答器。
2. 侵入的航機並沒有啟動 ATCRBS，因此 Mode S 訊號傳送器不會呼應

TCAS 的詢答器。或者該訊號傳送器本來就不會呼應 TCAS 的詢答器，如軍方部分系統。

3. 當 TCAS 的訊號太弱，或是頻道被佔用時，Mode S 訊號傳送器也不會呼應 TCAS 的詢答器。

在下列的情況下，TCAS 將不會顯示鄰近航機的資料，然而下列不顯示的情況並不會影響到系統避免衝突的功能：

1. 當鄰近航機飛離系統設定顯現範圍時，該航機的資料將不會被顯示在螢幕上。這個顯現範圍是可以被更改的。
2. 當系統偵測到另一個高優先的衝突時，原本距離較遠的衝突目標可能會消失在螢幕上。這種情形最常發生在高流量的空域中，由於 TCAS 系統一次僅能夠顯示 12（或 16）個目標，低優先衝突目標有可能會因而消失在螢幕上。
3. 當侵入航機是被鼻輪上的天線所偵測到時，由於鼻輪上的天線無法偵測該侵入航機的航向資料，衝突避免功能會持續追蹤該目標，但是在螢幕上會顯現「無航向資料」的符號。
4. 當侵入航機的偵測天線於機頂天線更換至鼻輪天線時，由於鼻輪天線的輸出功率較弱，侵入航機將有可能至螢幕上消失。

TCAS 通常被視為航管系統的備份，並且在功能設計上考量航管系統的操作干擾，在系統功能上加入了許多限制。由於 TCAS 是一個考量空間與時間 4 維警示系統，如果不限制其詢答的週期的話，將導致空域中訊號的飽和，而直接影響到航管系統，其操作效能標準，詳見 RTCA 所出版的 TCAS MOPS（Minimum Operational Performance Standards）。

5.2.2.2 地障碰接預警

隨著航空科技的進步，航機已成為一種高可靠度的交通工具，機械故障或天候因素所成的空難事件已是微乎其微。然而，人為疏失造成的失事卻仍層出不窮。其中，飛行器在操控良好的情形下撞擊地面之空難事件(Controlled Flight into Terrain, CFIT)更是佔了絕大多數。由於此一問題無法杜絕，地面碰接警示系統(Ground Proximity Warning System, GPWS)因應而生。

5.2.2.2.1 機載地面碰接警示系統的先驅——GPWS

1970 年代中期，美國 AlliedSignal 公司發展出第一代的地面碰接警示系統 (代號 MARK I)，GPWS 匯集了來自空速計、氣壓高度計、無線電高度計(Radio Altimeter)和儀器降落系統(Instrument Landing System, ILS)之接收器等的飛行狀態資訊，經由機載運算單元判斷後，對下列的危險狀態提出警示，

1. 模式一：下降速率過大警示

由大氣資料推算之下降速率和無線電高度計的相對高度資料判斷。

2. 模式二：地面接近率過大警示

由無線電高度計的相對高度資料和推算之地面接近率判斷。

3. 模式三：起飛階段負爬昇率警示

在起飛離場階段，判斷大氣資料或慣性參考系統 (Inertial Reference System, IRS) 推算之垂直速率是否有負爬昇的情形。

4. 模式四：離地面高度不足警示

由飛行器的空速、飛行階段(phase of flight)和起落架/襟翼的位置，判斷飛行器的離地高度是否足夠。

5. 模式五：偏離下滑道警示

由 ILS 接收器的下滑道偏離資料和飛行器離地高度判斷是否低於 ILS 下滑道過多。

此五種警示模式後來亦成為 RTCA 和 FAA 等規範文件中的標準警示模式。AlliedSignal 在後續更新的 GPWS 中，除了改進原本五個模式的演算法，另外新增了下列的兩個模式，但仍是以無線電高度計的離地高度為主要警示判斷基礎：

6. 模式六：傾斜角過大警示和高度報知

在低空(例如進場)做出傾斜角過大的動作時會發出警示，以防止翼尖或引擎撞地損壞。並在下降接近地面時自動提供語音的高度報知，增進飛行員對飛行狀況的瞭解。

7. 模式七：風剪警示

對機載氣象雷達偵測到的風剪作判斷，當風剪危及飛行器的飛航時會發出警示。

5.2.2.2.2 現行機載地面碰接警示系統的主流—EGPWS

GPWS 的出現，確實顯著地減少 CFIT 空難事件。統計資料顯示，CFIT 事件發生的比率，由之前每百萬架次發生 2.5 次降至 0.3 次。然而，CFIT 空難事件每年卻仍持續發生。1988 年至 1995 年間的空難統計數字顯示，約有 31% 的 CFIT 空難事件是由於未裝設 GPWS 所造成，另外的 69% 卻是 GPWS 先天上的缺陷造成——31% 是因 GPWS 警示得太慢或 GPWS 警示時駕駛員操作不當；28% 是因 GPWS 沒有警示。

GPWS 警示得太慢的缺陷主要可歸究於無線電高度計只能偵測飛行器下方的地障，而無法「前視」前方的地障，若前方出現陡峭的地形，GPWS 即無法預知而適時警示。

GPWS 在撞地墜毀前卻沒有發出警示的情形，則是因在航機放下起落架和襟翼時，GPWS 的警示會自動關閉(以免干擾航機的進場降落)：在終端進場階段(Final Approach Phase)，航機通常已放下起落架和襟翼，而以一標準的下降率下降。但時常由於能見度不佳、夜間視線不明、對飛行週遭狀況不瞭解、在沒有適當的地標作參考下降至最低限高或偏離了進場程序規範的進場路徑，許多航機因此未達跑道即撞擊地面墜毀。

1996 年 AlliedSignal 公司推出了新一代的地面碰接警示器 EGPWS (Enhanced Ground Proximity Warning System)。90 年代高精度的衛星定位技術、高效能計算機和高解析度電子地形資料庫解決了 GPWS 先天上的問題。

1. 前視警示：

EGPWS 內建數位地形高度資料庫(Digital Terrain Elevation Database, DTED)，並由 GPS、空速計、高度計、姿態陀螺儀和慣性導航系統(INS)等感應器的飛行狀態資料，以四引擎的重型客機之動態(dynamics)為模型，估算未來的飛行路徑與 DTED 比對，若未來的飛行路徑會觸及地障即發出警示。如此 EGPWS「看」到的將不只是航機正下方的地形，而是前方可能威脅的地形。

2. 地面限高：

EGPWS 為了解決 GPWS 對進場階段「過早下降」或「降落至非機場」無法警示，更進一步地內建了機場資料庫，並以機場的跑道中點為中心在四週的虛擬空間建立地面限高(Terrain Clearance Floor, TCF)。地面限

高位在標準 3 度下滑道下方，而如一倒置的婚禮蛋糕環繞機場(例如距機場 5~12 nm 的 TCF 是 400 呎，而 15 nm 以外是 700 呎)。當航機觸及地面限高時即對飛行員發出過早下降警示(Premature Descent Alert, PDA)。此功能在任何一刻皆是開啟，而彌補 GPWS 在終端進場階段放下起落架和襟翼時無作用的漏洞。

3. 地形顯示

EGPWS 亦將 DTED 的地形高度資料依高度變化來配色在氣象雷達的顯示幕或 EFIS(Electronic Flight Instrument System)中顯示。

5.2.2.2.3 高度自動化座艙的醒思

1994 年 4 月 26 日傍晚，華航一架編號 B-1816 的空中巴士 A300-600R 型客機在日本名古屋國際機場進場降落時，駕駛員以手動駕駛操控的同時，因無意間啟動自動駕駛器，造成駕駛員動作與自動駕駛器衝突使航機產生不正常的高仰角姿態，航機反常的動作困惑了駕駛員，最後因無法適時改正而失速墜毀，機上 264 人罹難，僅 7 人生還。類似的事情也發生在羅馬尼亞 TAROM 航空公司的一架 A310 身上：1993 年 9 月 24 日，此架 A310 在巴黎附近的 ORLY 機場進場降落時，飛行控制單元(Flight Control Unit, FCU)的高度轉換模式在飛行員渾然不知的情況下被不明原因啟動，此模式會使自動油門推到一大馬力輸出並使機首略為上揚，機員為保持降落時的姿勢和速度，拉回油門並推操縱桿，但電動配平(electric-powered trim)反制飛行員的動作而達到使機頭上仰的最大設定，而飛行員以雙手推操縱桿的同時，自動油門又回到大馬力的位置，急增的推力和配平面的設定使機首上翹達 50 度而失速，航機側滾 70 度且急速下降，機長解除自動油門，至距地面 700 呎時航機恢復控制，所幸未釀成慘劇。

此一連串的事故讓人們重新思考高度自動化座艙背後所隱藏的潛在性危險。自動化固然帶來便捷性與某些層面的高效率，若無適當的人機介面，卻會隱含更深一層的危險。

以地面碰接警示裝置為例，雖可在視線不良的飛行狀況提供地障接近的危險警示而避開地障，卻也因此某些程度地增加飛行員對地面碰接警示裝置的依賴而減少警覺性。且若地面碰接警示裝置的警示功能不夠精確而時常發出錯誤警訊，更會因此使飛行員喪失對系統的信任而使系統原本的作用無法發揮。

5.2.2.2.4 更人性化的座艙警示系統——IHAS

由此可知，自動化座艙的發展目標將不只是功能的更強大，更要包括良好的「人」「機」溝通介面，仔細地考慮「人」「機」動作間的互動。是故，新一代的機載地面碰接警示裝置將不只是單一的模組，資策會航電交控實驗室更進一步開發了一個高度整合的防危警示系統(Integrated Hazard Avoidance System, IHAS)。

IHAS 的核心應用更先進的演算法，包含了 GPWS 傳統的七個警示模式和 EGPWS 新增的前視地障迴避和過早下降警示功能，主體則是一結合顯示、聲音和操作介面的整合式座艙儀錶系統。

絕大部份在操控良好的情形下撞擊地面的空難事件都是因為飛行員對航機四週的地形環境不瞭解所致。地面碰接警示裝置即是試圖利用感測器(例如無線電高度計或 GPS)量到的飛行器飛行狀態資料，再依某一演算法去判斷飛行狀況(situation)是否危險。隨著軟/硬體技術的進步，新一代的地面碰接警示裝置得以用功能更強大的演算法來得到更精確危險警示。但無論演算法如何進步，總是有整個警示系統無法應付的情況。例如 EGPWS 針對 GPWS 警示得太慢的缺點提早了警示的時間，表面上雖然解決了問題，事實上卻有可能因提前了警示的時間點在某些無危險狀況發出錯誤警示(false alarm)，進而某些程度地降低飛行員對 EGPWS 的信任而產生另一層面的危險性。

此外，在幾件有安裝地面碰接警示裝置航機的空難事件中發現一個共同點：飛行員在地障接近警示發生時質疑警訊的正確性而試圖去求證，進而導致錯過進行閃避動作的時間點而失事墜毀。雖然民航管理機關對此在訓練準則和法規上要求飛行員對地障危險警示立即反應，但類似的事件卻始終無法完全杜絕。

對於以上種種難以解決的問題，IHAS 的設計理念是把最終的危險判斷回歸駕駛員。

IHAS 以整合式的 3D 立體地形顯示、2D 平面地形/導航地圖和地形剖面顯示，提供飛行員對四周地形和飛行狀況的完整瞭解，而在地障接近的警示發生時提供更有說服力的佐證，驅使飛行員立即做出應有的閃避動作。亦提供軟體演算法判斷危險狀態以外的最後一道安全防線，即把危險判斷回歸飛行員本身，由飛行員的知識和經驗作出最後的判斷。

1. 3D 立體地形顯示，請參閱圖 5-5：

將地形資料庫的地形高度資料以 3D 立體影像顯示，而提供飛行員一個不受黑夜和雲霧影響的「虛擬擋風玻璃」，而能如能見度良好的情況「目視」前方地障。當地障接近的警示發生時，威脅飛航的地形會以亮紅色顯示。而主要飛行狀態資料諸如空速、垂直速率、高度、航向、姿態等亦以類似主要飛行顯示器(Primary Flight Display, PFD)的方式顯示，使飛行員流覽時不會錯過重要狀態參數。

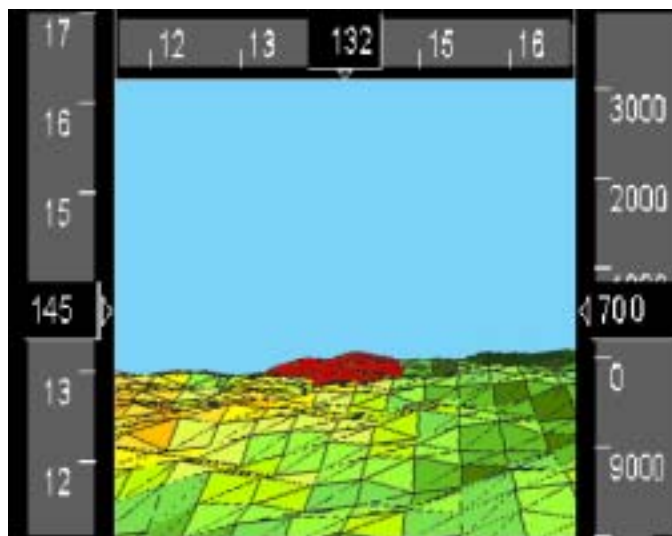


圖 5-5: IHAS 3D 立體地形顯示圖

2. 2D 平面地形/導航地圖，請參閱圖 5-6：

IHAS 除了將地形資料庫的高度資料依高度變化套色來顯示具有危險的地障，更進一步內建導航資料庫，將導航資料諸如航道、機場、VOR 站台、中繼點(waypoint)、河川、疆界等資訊疊在地形圖上。如此飛行員可容易明瞭航機和機場、VOR 站台等導航點的相對位置，而可輕易地判斷是否在進場階段過早下降。IHAS 亦匯集來自 TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System) 的空中交通資訊和氣象雷達的風剪資訊，提供飛行員一結合地形、導航、空中交通和風剪的整合式顯示和危險警示。飛行員在任何時候皆可選擇性地指定要顯示的項目，在危險警示發生時會自動顯示相關項目。(例如飛行員原本關掉地形顯示，但當地面碰接警示發生時地形會自動跳出來)



圖 5-6: IHAS 2D 平面地形/導航地圖

3. 地形剖面顯示，請參閱圖 5-7：

掃描地形資料庫中航機前方投影的地形高度資料，而顯示地形的剖面 and 航機相對於地形的位罝。此可使飛行員對垂直的飛行狀況有一目了然的瞭解，對是否可能撞擊地面的判斷提供一直覺的圖像思考空間。

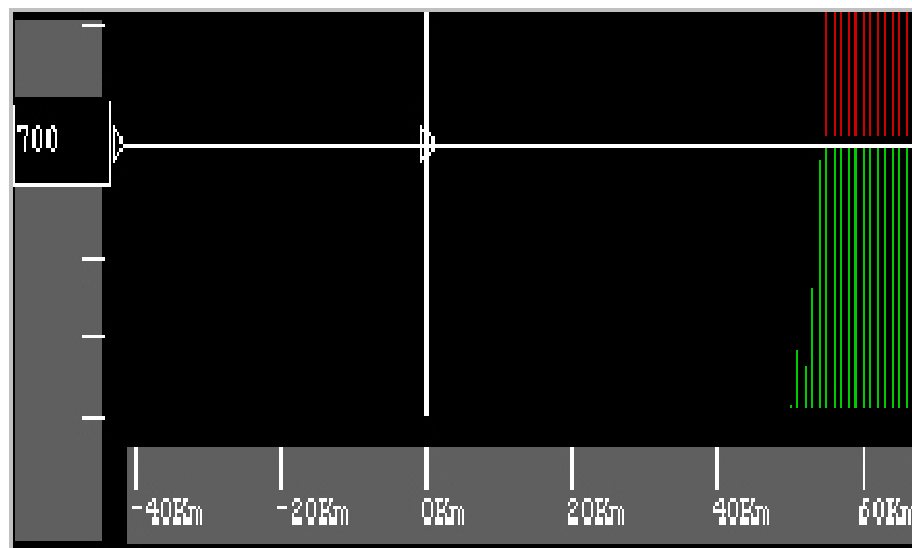


圖 5-7: IHAS 地形剖面顯示圖

5.2.3 空域管理

5.2.3.1 美國空域介紹[5-7]

在二十世紀初期，美國僅將聯邦航路（Federal Airway）和起降繁忙之機場附近的空域列為管制區域。空域之分級、規則與命名以往都是遵循 ICAO 之標準。隨著空中交通量的增加及航管科技的進步，空域的結構漸漸起了變化，尤以近 30 年內為最。1982 年，FAA 與業界組成 National Airspace Review（NAR）委員會以探討美國空域系統，並建議將美國空域分為六級。1992 年，FAA 重新定義近 20 種空域之劃分，並制訂作業規則。1993 年，FAA 接受 NAR 的建議而將空域分為 A、B、C、D、E 及 G 級，而 ICAO 所歸類之 F 級空域已不在美國空域中出現。

現今美國空域可依實質的管制分為完全管制、管制及非管制三類；依 FAA 的正式分類則可分為 Class A、B、C、D、E、G 等六級。在本小節中先簡單區別完全管制、管制與非管制空域的差別。圖 5-8 為美國目前空域劃分之示意圖。

1. 完全管制空域（Positive Controlled Airspace）：

在完全管制空域裡，不是完全禁止 VFR 飛行的航機進入區域內，就是不論以 IFR 或 VFR 的飛行操作，皆由 FAA 提供隔離（separation）。服務範圍為高度在 18,000 呎 MSL 以上的高速飛行區域或高飛行密度的區域（起降繁忙的機場）。正式分類中的 Class A 與 B 皆屬於完全管制的空域。

2. 管制空域（Controlled Airspace）：

在管制空域裡，FAA 會對 IFR 飛行的航機和其他 IFR 飛行的航機進行隔離，但 IFR 飛行的航機有責任自行對本身和 VFR 飛行的航機進行隔離。VFR 飛行的航機則在天氣狀況允許下，有責任對自己進行隔離（不論 IFR 或 VFR）。正式分類中的 Class C、D 與 E 皆屬於管制空域，而美國大陸上空的空域大多為管制空域。

3. 非管制空域（Uncontrolled Airspace）

在非管制空域裡，除非是天氣狀況的不允許，否則 FAA 不提供任何 ATC 的隔離服務。正式分類中的 Class G 屬於非管制空域。

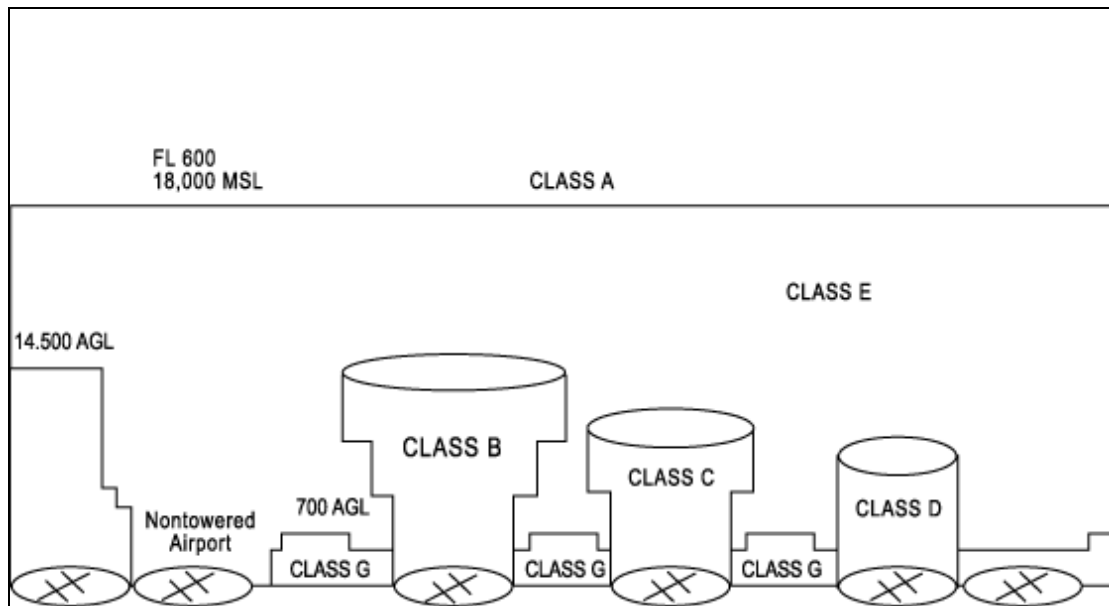


圖 5-8: 美國空域劃分示意圖

5.2.3.1.1 空域之分級

1. A 級空域：

A 級空域的前身是噴射航機諮詢區域（Jet Advisory Areas），為一個被用來提供於高高度（High Altitude）飛行的民用與軍用噴射航機諮詢服務的區域。基於這些噴射航機例行操作的速度很快，人們相信在如此高速下，駕駛員將無法自行發現並避免與同一高度飛行的航機相衝突。在噴射航機諮詢區中，航管人員會對區域內的 IFR 航機不斷的監控，並對 IFR 的航機發出改變航向的指令，以確保不和其他監控中的 IFR 航機發生衝突。

然而航管人員並不經常和 VFR 飛行的航機進行無線電聯繫，以致於航管人員無法確定 VFR 飛行之航機的高度、飛行路線及意圖。基於這些航機的動向無法被掌握，航管人員被迫同時提供給 IFR 飛行的航機數個可行但非必要的飛行路線，以確保不和 VFR 飛行的航機相衝突。

這個方法看起來似乎能夠降低衝突發生的可能性，但實際上危險性卻因此而增加了。由於 VFR 航機的動向無法掌握，因此當 IFR 飛行的航機轉換航行路線來避免衝突的同時，VFR 飛行的航機可能也同時正在轉換路線。這比當初兩架航機都不改變航向時更具有危險

性。人們最後發現除非能對噴射航路（Jet Routes）上所有的航機加以管制，否則無法有效的分隔 IFR 和 VFR 的航機。基於上述理由，FAA 於 1966 年建立了完全管制區域。

A 級空域的範圍為美國領土上空介於 18,000 呎與 FL600 之間的空中區域，其中還包含了高度介於 18,000 呎與 45,000 呎之間的聯邦航路中的噴射航路。

2. B 級空域：

隨著機場附近的交通量增加，低空的區域也發生了壅塞的問題。基於上述原因，FAA 依照 A 級空域的規則建立了終端管制區域，而在 1993 年被重新歸類為 B 級空域。管制範圍由地面延伸至 8,000 呎 MSL 高度的空中，隨著高度的升高，半徑也相對的加大，形狀就像一個倒立的多層不規則蛋糕，寬闊的空域範圍讓航管人員能順利的引導航機進行儀器進場。在初期規劃時，專家們試著塑造出一個標準形狀，最後還是決定以 case by case 的方式，依該機場附近的障礙物與交通模式的不同，建立出不同管制範圍。美國目前主要機場中被 FAR part 71 認定為 B 級空域的機場區域有以下 29 個。

Atlanta, Georgia	Minneapolis, Minnesota
Boston, Massachusetts	New Orleans, Louisiana
Charlotte, North Carolina	New York, New York
Chicago, Illinois	Orlando, Florida
Cleveland, Ohio	Philadelphia, Pennsylvania
Dallas, Texas	Phoenix, Arizona
Detroit, Michigan	Saint Louis, Missouri
Honolulu, Hawaii	Salt Lake City, Utah
Houston, Texas	San Diego, California
Kansas City, Missouri	San Francisco, California
Las Vegas, Nevada	Seattle, Washington
Los Angeles, California	Tampa, Florida
Memphis, Tennessee	Washington, D.C.
Miami, Florida	

3. C 級空域：

C 級空域的前身即為 1984 年所成立的機場雷達服務區域 (Airport Radar Service Areas, ARSAs)，是為了對在交通量不符合 B 級空域標準的中型機場附近航行的航機提供先到先服務 (first come, first served) 的管制，即為中型機場之附近區域。

一般通稱的 ARSA 都包含了機場雷達服務區與外部區域 (Outer Area) 兩個部分。實際的機場雷達服務區 (Actual ARSA) 的標準形狀可依高度的不同分為內圈及外圈兩部分。內圈半徑 5 海浬，高度由地面向上延伸至 4,000 呎 AGL，外圈範圍從內圈再向外延伸五海浬，但高度則由 1,200 呎 AGL 延伸至 4,000 呎 AGL，看起來就像一個高度 4,000 呎的倒立雙層蛋糕。外部區域的範圍一般是指半徑 20 海浬內的區域。然而其範圍大小會依管制雷達設施之有效範圍而有所更動。

4. D 級空域：

只要有管制塔台所控制的小型機場附近區域即為 D 級空域 (無管制塔台的區域即為 E 級空域)，包含以往的機場交通區域 (Airport Traffic Area) 和管制地帶 (Control Zone) 兩個管制區域，分述如下。

- 管制地帶 (CZ)：

由於一般航路的最低高度介於 1,000 至 3,000 呎，因此為了不使這些航路影響到機場周圍的區域，而在有管制塔台而不符合前面所討論的機場附近建立了 CZ。管制地帶的主要任務是為了提供給飛航於起降頻繁的機場附近區域及機場與聯邦航路系統間的區域的航機隔離的服務。並在天氣狀況不好及”See and Avoid”的隔離方法無效時，將 VFR 航機隔離在起降頻繁的機場附近區域之外。

- 機場交通區域 (Air Traffic Areas, ATA)：

基於航機最終都將降落於機場上，因此機場附近的區域很自然地都會產生壅塞。當壅塞產生時，發生空中事故的風險也會提高。為了降低風險，於是在有管制塔台而不符合前面所討論的機場區

域根據 FAR part71，建立了 ATA。機場交通區域的範圍通常是由有管制塔台運作之機場的幾何中心向外延伸 5 哩，而從地面向上延伸 2,500 呎的區域，但範圍可視機場空域與交通狀況之需要而改變。和 CZ 的差別在於 ATA 範圍較小，CZ 則範圍較大。

5. E 級空域：

在美國領土上空，高於 1,200 呎的以上而不和其他空域所交集的大部分區域都屬於 E 級空域。因此大部分的聯邦航路（不含 Jet Route）、區域路線（機場與機場間的直線路線）、無管制塔台的管制地帶與管制區域都是屬於 E 級空域。當然，也有些區域高度低於 1,200 呎確是屬於 E 級空域的，如鄰近於機場的轉換區域（Transition Areas,最低達 700 呎 AGL）或管制地區（最低到達地面）。

6. G 級空域

以美國空域分類而言，非管制空域即為 G 級空域。範圍為 1200 呎以下而未和其他空域重疊的區域，不論是以 IFR 或 VFR 飛航於該區的航機，除非是有緊急的狀況，否則航管單位不會提供任何的航機隔離的服務。

我國已於民國 90 年 7 月 1 日開始實施空域分類，其分類與美國空域劃分相似，見 5.3.5.1 台北飛航情報區(FIR)空域現況。

5.2.3.1.2 特殊用途之空域

基於某些特殊的原因，美國政府透過 FAA 限制或禁止民用航機進入一散佈於美國的區域，將這些區域指定為特殊用途的空域(special use airspace)，而在 VRF 與 IFR 的導航圖與航空圖上將這些區域標示出來。茲將這些區域之特性與標示之符號敘述如後：

1. 禁航區域(Prohibits Areas)：

禁航區域基於關係到國家安全或公眾安全，除了有特別的授權或緊急事件外，法律(FAR part91.133)規定禁止任何的航機於該區內操作，例如白

宮、五角大廈和大衛營等等。每一個禁航區域都被給予一個前頭帶有字母 P 的數字以為標示，並標示於每一種 IFR 或 VFR 的導航圖，來警告駕駛員避開禁航區域。

2. 限航區域(Restricted Areas)：

限航區域的設置是因為某些區域會定期有一些活動，而該活動有可能會危害到飛航於該區的航機或者是航機影響到該活動，但該區又無必要被列為禁航區時就會將該區列為限航區域；這些活動包括小型武器的試射或飛彈測試等等，而當活動沒舉行時，民用航機就能夠在該區飛行。而每一個限航區域都被給予一個前頭帶有字母 R 的數字以為標示。

3. 危險區域(Warning Areas)：

危險區設置於國際水域上的空域，而其設置意義與限航區相同，但由於限航區位於國際空域，因此沒有任何一個國家有權力對該區域進行管制，應此將其設定為危險區域。而每一個危險區域都被給予一個前頭帶有字母 W 的數字以為標示。

4. 臨時限航區(Temporary Flight Restrictions)：

當某區域內發生了事件或意外災害，而航行於該區的航空區有可能遭受危害或者帶給該區其他航機或地面人員危險時，FAA 會將該列為臨時限航區，並發出 NOTAM(notice to airmen)的警告，這些事件包括地震或空難事件等等。

5. 軍事操作區域(Military Operations Areas)：

MOA 的成立是由於該區域有定期性的軍事飛行活動，而該活動有可能會危害到飛行於該區的民用航機時，得設立 MOA 區域，並在導航圖上標記出來。而當 MOA 區域內有活動時，航管人員會幫 IFR 的航機更改路線，以 VFR 飛行的航機則可進入該區，惟風險要自行承擔。

6. 警戒區域(Alert Areas)：

通常一個軍用航機進行快速飛行訓練的區域會被設立為警戒區域，雖然並沒有法律來限制民用航機的接近，但是不論 VFR 或 IFR 飛行的航機都應該避免進入該區以防止發生事故。

7. 實彈試射管制區 (Controlled firing Areas)：

實彈試射管制區通常是高度較低的空域，因為實彈的試射具有危險性，

所以若不加以管制可能會造成傷害，而由於該區在航空圖上並不加以標示，因此管制的方法是由軍方加以監控，若發現有非參與演習的航機進入該區時，會馬上停止試射直到該航機離開。

8. 軍事訓練航路 (Military Training Routes)：

軍方由於必須要訓練駕駛員進行低空、高速的纏鬥飛行訓練，基於安全的理由成立了 MTR 區域，並將其分為 IFR 與 VFR 飛行兩種。

5.2.3.2 歐洲空域管理

5.2.3.2.1 現行 ECAC 會員國空域管理的問題[5-4]

1. 儀器飛航規則(IFR)與目視飛航規則(VFR)隔離責任歸屬不清：

國際民航組織(ICAO)將飛航業務空域劃分分為 A~G 等級，請參閱圖 5-9。各等級依儀器飛航規則(IFR)及目視飛航規則(VFR)的不同，提供不同的飛航服務及作業規定。然而許多 ECAC 會員國的空域劃分並不一致或模糊不清，導致時常發生管制員與機師之間，對不同 IFR/VFR 隔離責任歸屬有所混淆。現行 ECAC 的會員國空域區分高空飛航情報區(UIRs)及飛航情報區(FIRs)，然後依上述空域劃分等級，分成不同的管制程度，但 ECAC 的區域間，UIRs/FIRs 界限缺乏一共同的劃分標準，在作業上常需額外的協調程序。ECAC 現行不同空域結構範例請參閱圖 5-10。

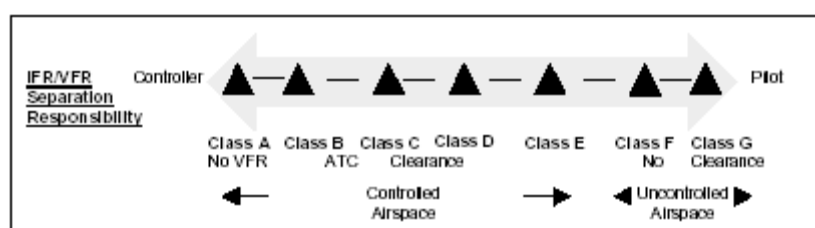


圖 5-9: 現行 ICAO 飛航業務空域等級

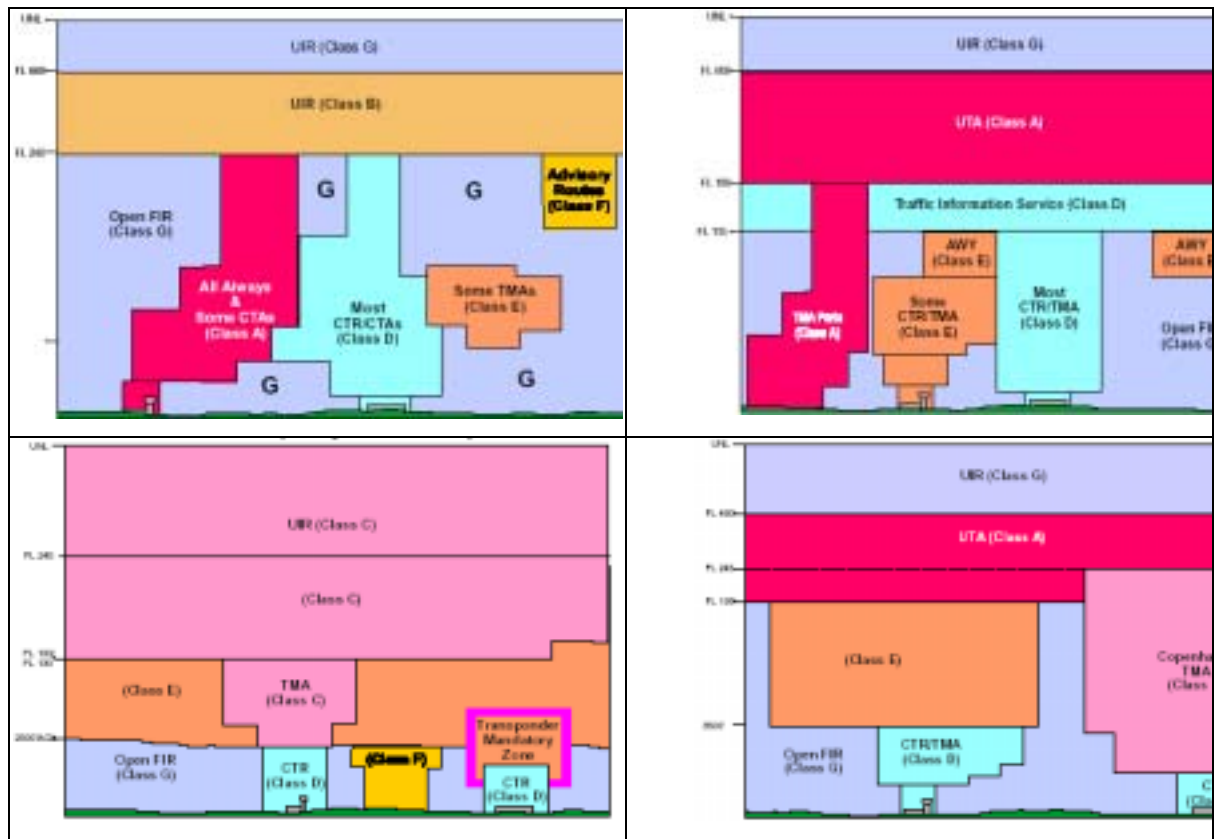


圖 5-10: ECAC 現行不同空域結構圖

(左上：英國；右上：法國；左下：德國；右下：丹麥)

2. 軍用飛航(OAT)與民用飛航(GAT)協調需整合：

依 2000 年 10 月的 EuroControl 經常會議(Permanent Commission)決議，ECAC 內之飛航可劃分為軍用飛航(OAT)及民用飛航(GAT)，民用飛航(GAT)系指需遵守國際飛航組織(ICAO)，或(及)各國民航主管機關所制定的飛航規則和程序之航次；而民用飛航(GAT)以外之航次，即為軍用飛航(OAT)，主要是依軍方之飛航程序及規則。目前 ECAC 內 OAT/GAT 彼此間作業協調，在各國國內僅由民/軍用間飛航業務系統溝通協調，因此需建立一共同的協調程序，完全整合民用及軍用飛航業務，以確保於相同的空域下，GAT 與 OAT 之飛航航次能夠安全同時運作。

3. 缺乏空域管理統協組織：

由圖 5-10 ECAC 現行不同空域結構範例可知，ECAC 各國空域劃分標準不一，而彈性空域使用(FUA)也未能完整實行，如 OAT/GAT 作業上的一致，皆需有一空域管理組織加以統籌。

5.2.3.2.2 ECAC 未來空域管理策略

隨著飛航需求持續增加，歐洲預估到 2015 年商業航空運輸量，將成長為 1995 時的二倍，現行歐洲飛航管理(ATM)系統將不能有效滿足，因此 ECAC 接續 1990 年間航路及機場策略運用，制定以”戶到戶(gate-to-gate)”為導向的歐洲 21 世紀飛航管理策略方針(ATM Strategy 2000+)[5-4]，期望建立橫跨歐洲，從航路到機場完整整合的均勻(UNIFORM)空域。

雖然 ECAC 各會員國已制定許多跨國界的空域協定，但至今空域結構彈性仍然不足，必需針對各國現有邊界間的限制加以解除，方能有效率進行空域管理。而針對不同空域使用者及運作程序，亦需加以統籌制定；EUROCONTROL 對於 EACA 所屬空域，從現今一直到 2015 年及其後的空域策略規劃，即以均勻空域為方針，期望在 ECAC 區域建立單一連續空域(One Sky)，摒除國家邊界限制，在安全的飛航管理(ATM)服務及個別國家空防需求下，提供使用者空域運用的最大自由。ECAC 未來空域管理策略目標為：

1. 發展更適宜空域結構，以提供更好的飛航管理(ATM)服務。
2. 建立 ECAC 空域共同的空域結構及飛航管制程序規範。
3. 實現歐洲空域一致結構和劃分。
4. 消除各國家的邊界限制，促進空域的充分彈性使用。
5. 擴展空域使用者現有自由飛航區域。
6. 持續現有空域相關策略發展及導入新的方案。

所有上述六項目標的達成，皆有賴現有策略或新方案的持續發展，而各目標的相關議題共有下面七項方案，其進程計劃請參閱圖 5-11。

1. 簡化空域結構。
2. 空域管理及軍/民用航空空間協調。
3. 使用者偏好航道。
4. 航路路網最佳化。
5. 飛航管制(ATC)席位設計最佳化。
6. 飛航規劃、航班和空域狀態資訊運用。
7. 縮減垂直隔離(RVSM)。

資料來源：[5-1]

圖 5-11 ECAC 空域管理策略進程

5.2.3.2.3 飛航環境原型(Traffic Environment Model)策略推動

1. 飛航環境原型設計：

ECAC 因應空域結構簡化目標，提出”飛航環境原型(Traffic Environment Model)” ，此原型儘量簡化空域結構的描述，促使使用者能夠更清楚的

了解，並提供所有空域使用者及服務提供者能有共同的規則及程序，以適用於各種不同的飛航環境。環境原型依飛航業務(ATS)對飛航資訊不同認知程度，劃分為三種環境，對不同的飛航資訊提供亦需滿足不同的條件，其劃分方式請參閱表 5-6。

表 5-6: 飛航環境原型劃分

		U (Unknow)	K (Known)	N (iNtended)
ATS 對所有航機飛航資訊掌握程度		皆不清楚	部分掌握 (僅航機位置；或僅未來飛航路徑)	皆能掌握 (航機位置及未來飛航路徑)
環境 條件	雙向通訊	不需要	可能需要	皆需要
	詢答器	不需要	皆需要	皆需要
	ATC 許可	不需要	部分需要	皆需要

2. 飛航環境原型實施優點：

空域組織採用上述原型劃分，空域就不需分割為受管制及管制外，受管制空域可能屬於”N”或”K”飛航環境，管制外空域則屬於”U”飛航環境；飛航業務所能提供的服務型態，不需由空域本身來描述，而是透過其他管道來揭示，比如經由適當的通訊程序來進行宣告；所必需提供的飛航業務，亦對應其所屬飛航環境，不需隨空域等級而改變。因此，若將現行國際民航組織(ICAO)飛航業務分級轉為飛航環境原型，即不需考量不同等級空域所需提供的飛航業務標準。對民航及軍事飛航對不同的飛航環境而言，則是不論同時或隔離作業，將可遵守共同的規則及程序。現行 ICAO 及 OCD 飛航業務分級轉換成飛航環境原型，其可能對應請參閱表 5-7。未來三種的飛航環境劃分將可進一步簡化為二種(N&U)，對飛航處於特定空層以上的空層，將使飛航業務可知悉航機位置及動向，即屬於”N”的飛航環境，而處於該空層以下的空層，則歸屬於”U”飛航環境。

表 5-7: 現行 ICAO 及 OCD 飛航業務分級轉換對應表

	ICAO			OCD		
原先分級	A、B、C、D	E、F	E、F、G	FFAS	MAS	UMAS
飛航環境原型	N	K	U	N	K/N	U

3. 飛航環境原型實施步驟：

為順利運用飛航環境原型，以協調及簡化空域組織目標，將依下列步驟逐步進行，其實施後的空域結構概念圖請參閱圖 5-12。

- (1) 協調所有 ECAC 高空空域依共同的空層高度為分界(請參閱圖 5-12 中的 FL X)
- (2) 協調簡化 ECAC 空域的 ICAO 空域等級劃分
- (3) 減少空域等級劃分到飛航環境原型的三種環境
- (4) 協調共同的飛航環境”K”及”U”間的分界空層高度(FL Z)
- (5) 將高空域空層分界(FL X)移向上述的空層(FL Z)，以消除飛航環境”K”，僅剩二種飛航環境(N&U)

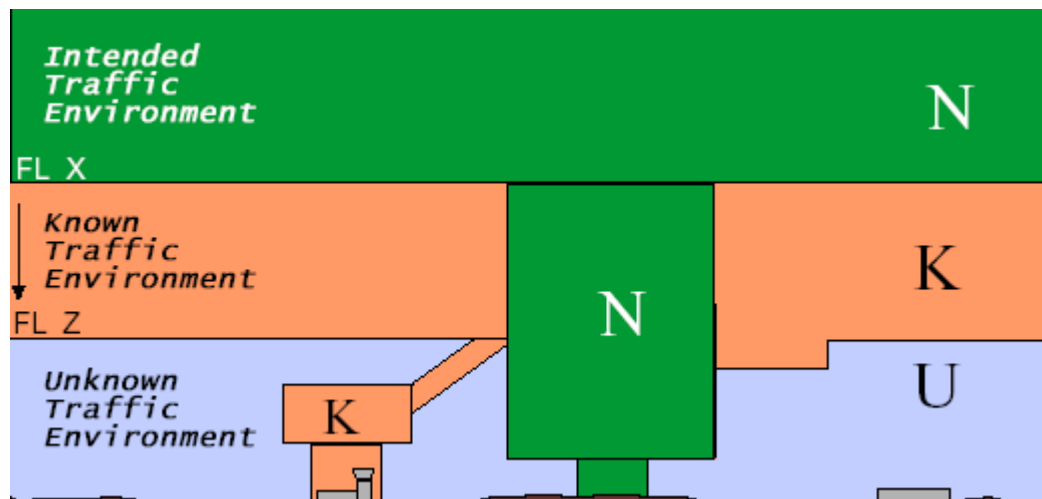


圖 5-12: 簡化後的歐洲空域架構圖

5.2.3.3 中國大陸空域發展介紹

中國大陸[5-21]於 90 年代才開始引入了空域管理的相關理論及應用。在航路和航線結構的調整方面，中國大陸先後開闢了部分國際航路及航線，並對北京、廣州、上海、珠江三角洲和成都地區的航路及航線結構進行了調整，促使了上述地區的進離場單向飛行，並能夠有效地紓解了飛行衝突，提高飛航安全。在空域管理的體制變革方面，最重大的發展為航路管制的移交，從 1994 年至 2000 年 7 月，中國大陸 29 條航路完成軍民航之間的順利交接，並明確劃分中國大陸航線的管理和服務範圍，因此現今中國大陸軍民航之間在空域、航路及航線的管理和飛航服務提供皆有明確職責範圍，達到”一個空域內由一單位負責管制指揮”的

空域管理目標。在增加空域、航路和航線容量方面，中國大陸於 1993 年進行的飛行空層劃分變更，促使中國大陸的飛行空層增加了近一倍，空域容量亦因此大幅提高。此外，在北京至廣州、北京至上海和上海至廣州三條航路，實施雷達監控下的飛行間隔縮小；北京、珠海終端區和廣州管制區內實施雷達管制；北京至廣州航路和上海終端區亦實施雷達管制。這些措施有效地增加中國大陸飛行繁忙空域和航路、航線的容量，並舒緩其飛航流量的瓶頸發生。

5.2.3.4 自由飛行 (FREE FLIGHT)

空中寬廣沒有邊際，照理說航機可以飛行的空間應該是非常的大。然而在傳統航管設施的限制下，航機必須航行於既定航路上，就如同汽車駕駛於公路上，離開了公路，並不是那麼容易行駛，也往往容易迷路。航機也必須要航行於地面航管設施的有效範圍內，否則將會發生危險。

由於必須要遷就於地面航管設施的設置位置，航機往往不能夠直線飛行，也因此多花費了許多油料與時間。一直以來，讓航機能夠選擇最經濟省時的路線飛行，一直是航空人員的夢想，也因此自由飛行的理念成為大家所追求的目標。

新科技的應用下，許多新的工具的產生，讓自由飛行的理念不再是一個遙不可及的夢想。這些工具提供了駕駛員、管制員以及航空公司規劃人員更多更完整的航管與航機操作的資訊。

歐洲地中海區域的自由飛行計劃 (MFF, Mediterranean Free Flight Programme)，主要讓有適當裝備的”自主航機”，在設定的自由飛行空域 (FFAS) 飛航時，由航機更有效率的選擇其所喜好 3D 或 4D 航路飛航，航機彼此之間並依航機密度保持適當的自我隔離，地面飛航管理單位僅提供小部分服務。透過地中海區域較單純的飛航情況，以規範、測試及驗證自由飛行的應用及程序。此計劃起始於 2000/01，於五年的計劃期間共分為兩個階段：

1. 階段一(2000/01~2002/12)：

主要內容係透過模型、即時模擬和初步飛航試驗，以定義/規範自由飛行應用、作業程序、航電設施、初步的安全及人因因子要題和相關實施措施。

2. 階段二(2003/01~2004/12)：

主要內容係透過即時模擬和飛航試驗，進行測試驗證所有實施措施、作

業程序及應用等相關的作業概念。

以美國的發展現況而言，在 FAA 與航空團體的共識下，自由飛行第一階段將於 2002 年底於一些選定的區域內，部署「自由飛行第一階段核心擴展能力計劃(Free Flight Phase I Core Capabilities Limited Deployment)」中選取之系統工具。

自由飛行第一階段的一個重要目的，是針對選定區域內所部署的工具進行績效評估、訓練程序、人因分析與安全考量等研究，以降低 NAS 現代化的風險。使用者與航空公司將有機會來測試這些工具的績效、評估效益、接受程度與安全性。如果測試結果是正面的，那麼這些工具將於進行全面性的部署與使用。

這些工具包含了：

1. URET CCLD (User request evaluation tool-core capability limited deployment for conflict probe)：

協助航路管制員對駕駛員的航路與高度更動要求進行管理，並提醒管制員 20 分鐘後可能發生的潛在衝突。除此之外也檢查並警告管制員航路與特殊空域邊緣所可能發生之衝突。

2. CTAS TMA SC (Center TRACON automation system-traffic management advisor-single center)：

幫助航路雷達管制員對選定機場進行近場與離場順序組合，以達到跑道容量利用最大化，這些新的輔助工具幫助了管制員改善終端空域的使用效率，而 TMA 的主要功能為在預測的天氣狀況下，計算航機必須抵達終端空域上的匯流點 (Metering Fixes) 時間，以達到跑道使用之最佳化。

3. CTAS pFAST (passive approach spacing tool)：

pFAST 為提供降落隔離、跑道指派以及航機近場速度和航向之輔助工具，來協助管制員管理近場流量並提供最後近場階段之航班的精確安全隔離。主要設計在讓跑道使用最大化以及平衡多跑道機場內各個跑道的負荷。在區管中心內，pFAST 主要配合 TMA (Traffic Management Advisor) 使用。

4. CDM (Collaborative decision-making)：

CDM 提供航空公司與 FAA，NAS 的即時資訊，透過 CDM，航空公司與 FAA 將能夠有效的進行規劃與管理航空交通。

5. SMA (Surface movement advisor)：

提供機場操作者與航空公司地面上航機的資訊。透過這個系統將能夠讓

當局進行地面流量的管理，並讓航空公司更有效率的管理空橋。透過有效率的機門與地勤服務，將能夠降少滑行時間與機門延滯。

5.2.3.5 縮減垂直隔離

5.2.3.5.1 RVSM (Reduced Vertical Separation Minima, RVSM) 發展背景

在 1950 年代後期，航機高空空域垂直隔離為 1000 呎，但由於航機內以壓力原理製作而成的高度計 (Barometric Altimeter)，會隨高度遞增而逐漸降低準確性，因此國際民航組織 (ICAO) 於 1960 年代制定高度隔離標準時，以當時航機性能較差較少飛到的飛航空層 290 作為界限，之上採用 2000 呎隔離，其下則使用 1000 呎高度隔離。1966 年飛航空層 290 作為隔離標準轉換界限成為全球性標準，同時，隨著飛航儀器精確度提高及對空域的容量需求，ICAO 也持續考慮飛航空層 290 以上空層縮減高度隔離之可行性。

直到 1970 年代中期，石油危機導致油價飛漲，促使航空界認真考慮更有效率的使用空域，以期航機能夠使用最佳空層，減少油耗，降低成本。1980 年國際民航組織審議了隔離小組 (Review of the General Concept of Separation Panel, RGCSF) 所提出在飛航空層 290 以上縮減垂直隔離之提案。並於 1982 年開始由隔離小組協調美、俄、日、加及歐洲航管組織 (EuroControl) 等國家及組織研議縮減垂直隔離 (Reduced Vertical Separation Minima, RVSM)，經過長達 8 年的研究，ICAO 空中航行委員會 (Air Navigation Committee) 同意在飛航空空層 290 至飛航空層 410 間採用 1000 呎隔離在技術上及作業上可行，並建議 RVSM 應以區域合作方式推動，訂定具備完整「最低航機系統性能規範 (Minimum Aircraft System Performance Specification, MASPS)」的適航性能需求、新操作程序及完整方式監控系統安全操作。

依照 ICAO 之研究，實施 RVSM，航機飛航於最佳空層，將可減少航機約 1% 的燃油消耗。歐洲飛航管理組織 (EuroControl) 透過 RVSM 狀況模擬所得之結果，認為實施 RVSM 將會有下列好處：

1. 新增六個空層
2. 增加可用之空域
3. 減少飛航延誤
4. 航機可獲得最佳飛航高度，減少耗油

5. 減少燃油，促進環保
6. 管制員獲致更多的作業便利。

5.2.3.5.2 RVSM 實施區域與時程

北大西洋地區（NAT）自 1990 規劃實施 RVSM，並於 1997 率先實施，在飛航空層 330 至 370 間採用 1000 呎之隔離。1998 年擴展至 310~390 飛航空層。目前全球實施 RVSM 實施進展請參閱圖 5-13。各地區 RVSM 推展時程請參閱表 5-8。台北飛航情報區位於南中國海 RVSM 區域內，配合國際民航組織西太平洋\南中國海縮減垂直隔離計畫，於 2002 年 2 月 21 日 1930 世界標準時間同步實施縮減垂直隔離作業。台北飛航情報區 RVSM 空域位於 FL310 至 410(含)管制空域內，其中 N892 可使用之 RVSM 高度為 FL320、FL340、FL360 及 FL380。台北飛航情報區並預計於 2002 年 10 月 31 日擴大實施縮減垂直隔離作業區域。

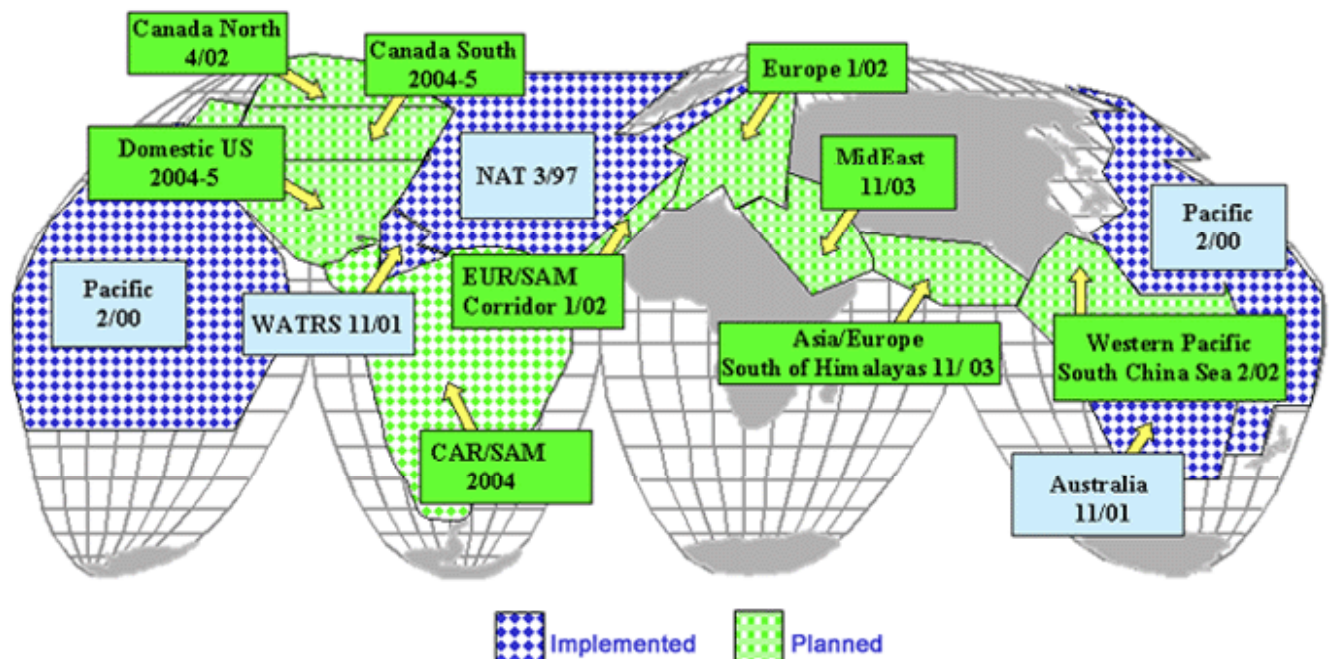


圖 5-13: 全球實施 RVSM 實施進展圖

表 5-8: 各地區 RVSM 推展時程表

歐美地區(Americas – Europe)		
北大西洋地區 (North Atlantic)	1997/3/27	FL 330-370
	1998/10/08	FL 310-390
	2002/01/24	FL 290-410
西大西洋航路系統 (WATRS)	2001/11/01	FL 310-390
	2002/01/24	FL 290-410
英、德、愛爾蘭、奧地利	2001/04	FL 290-410
全歐(Europe-wide)	2002/01/24	FL 290-410
南大西洋(South Atlantic)	2002/01/24	FL 290-410
北加拿大(Canada Northern Domestic)	2002/04	FL 290-410
南加拿大(Canada Southern Domestic)	與美國相配合	
美國本土國內#階段 1	2004/12/01	FL 350-390
美國本土國內#階段 2	2005 末期-2006	FL 290-390 (410)
加勒比海/南美 (Caribbean/South merica)	RVSM 小組已建立	
亞太地區(Asia/Pacific)		
太平洋地區(Pacific)	2000/02	FL 290-390
	策略上應用	FL 400-410
澳大利亞(Australia)	2001/11	FL 290-410
中東地區(Mid East)	2003/11	未知
歐亞地區及喜馬拉雅山脈南區(Asia-Europe/South of Himalayas)	2003/11	未知
西太平洋及南中國海 (Western Pacific/South China Sea)	2002/02/21 : <u>Taipei(N892)</u> 、Manila、Sanya(N892)、Hanoi、Ho Chi Minh、Bangkok、Jakarta、Kota Kinabalu、Phnom Penh、Singapore、Ujung Pandang。	FL 310-410
	2002/10/31 : <u>Taipei(N892+A1+M750+G581+G86)</u> 、Hong Kong、Sanya、Bangkok。	
	TBD : Naha (Domestic airspace)、Incheon (Daegue)、Vientiane、Yangon。	
	2003/11/27 : 南亞、印度洋	

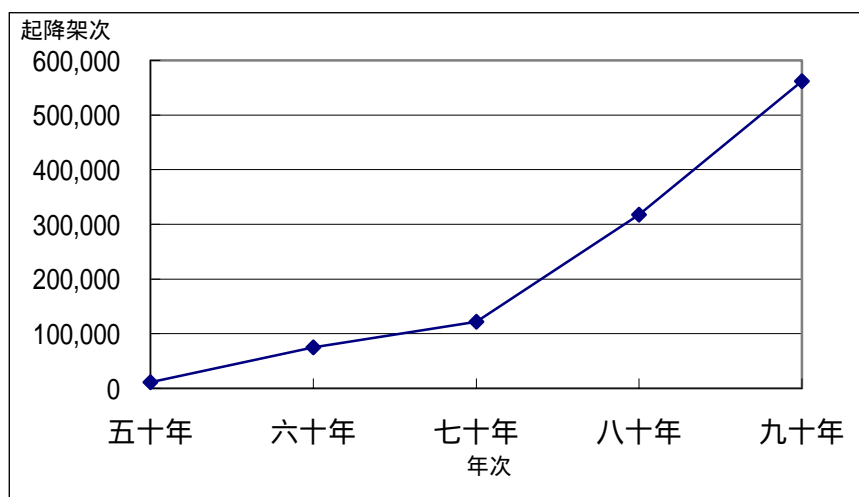
5.3 我國航空交通管理基礎建設建置策略

5.3.1 我國民航業務現況

民用航空飛航管理的不斷變革，是在技術和經濟迅速發展的情況下出現，從國際的情況來看，在過去 20 年全球民用航空運輸事業呈現持續增長。根據統計，從 1995-2000 年飛行量增加了 30%，飛行公里數則成長 55%。歐洲地區最近的統計資料表明，該地區飛行年增長率為 5%，預計 15 年後年飛行量將增長一倍。另外，根據美國聯邦航空總署（FAA）與國際航空運輸協會（IATA）的預測顯示，全球四分之一的貨運與五分之一的客運將透過航空運輸，而亞太地區經濟快速成長，將帶動空運市場蓬勃發展，預估二十一世紀初，亞太地區運量佔全球航空市場運量的比率將達到 39.2%（約 1 億 8 千 9 百萬年旅次），至 2010 年時，更可望佔有全球市場的 51.1%（約 3 億 7 千 5 百萬年旅次），台灣位於此一全球最繁忙、運量最大之地區，航空運輸發展遠景看好，預期飛行量也將有相應的大幅度增加 [5-19]。

但隨著飛航流量快速且大量的增加，對現有飛航管制系統形成很大的挑戰。根據最新統計資料，現在歐洲地區 [5-10] 大約有 35% 的飛行延誤達 20 分鐘以上，而美國的飛行延誤於 1999 年比 1998 年增加了一倍。另一方面，根據歐洲統計資料顯示，有 60% 的飛航延誤是起因於飛航管制。因此如何在安全的原則之下，有效率的提高飛航管理能量，減少飛行延誤，成為世界各國共同努力的目標。為了因應民用航空發展的需要，國際民航組織 (ICAO) 鑑於傳統助導航設施、程序、規範等漸不符合民航界需求，為解決日益嚴重的飛航管制、通訊不良、航路雍塞等問題，乃於 1983 年成立未來空中導航系統 (FANS) 特別委員會負責研究、鑑定和評估航管領域中的新觀念和新技術，FANS 委員會經研究後，於 1988 年做出結論，認為現有航管系統受先天限制，無法提昇航管效益，更無法解決國際間航空的種種問題，必需全新運用通訊、導航、監視 (Communication, Navigation, Surveillance—CNS) 的技術，來支援飛航管理 (Air Traffic Management)。完整的 CNS/ATM 觀念由 ICAO 於 1991 年第十屆航空導航會議中提出，並獲會員國贊同，會議上同時建議 ICAO 擬訂全球合作計畫，並由各區規劃實施。根據 ICAO CNS/ATM 執行工作小組的規劃，CNS/ATM 自公元 2000 年起逐步開始與傳統系統平行運作，並以公元 2016 年為目標年。

從國內情況來看，我國民用航空起降架次[5-14]已達 561916 次，起降架次平均以每十年即以一倍以上的速度迅速增長，請參閱圖 5-14。隨著我國經貿快速發展及未來兩岸通航可能發展，將促使我國民航市場更蓬勃發展，如何依循國際發展趨勢，提供航機先進服務，解決日趨飽合的機場容量及高密度空域使用，為我國應及早因應的課題。



資料來源：[5-14]

圖 5-14：台閩地區民航運輸起降架次十年成長趨勢圖

5.3.2 飛航管理的組成

飛航管理由地面部分和空中部分所組成，兩者都是為了保證在飛行各個階段中，航機的飛行安全和運行效率。飛航管理的陸空部分要相互作用，按照規定的程序協調工作，完成飛航管理的任務。目前，飛航管理的任務主要由陸面飛航服務單位來執行，可分為三個方面：

1. 飛航服務（ATS）：主要目的是防止飛行區內航機與航機、航機與障礙物之間發生碰撞，加速飛航流動速度，維持飛航秩序。為航機提供用於飛行安全和效率的訊息，及咨詢的飛行情報服務（FIS），如機場狀況、導航設備服務能力、有關危險區及飛行限制的情況、機場和航路氣象，以及有關航機搜尋與援救的協助。
2. 飛航流量管理（ATFM）：目的是當某個時間飛航管制系統的飛行流量超出或者將要超出其能力時，採取必要的措施，進行調節，保證飛航交通量最佳的流入或通過相應的空域，達到對機場和空域容量的最大利用

率。

3. 空域管理 (ASM)：透過對空域的共享，或按照各種不同飛行的需要，靈活的劃分空域來滿足不同類型航機飛行的需要，達到在既定的空域結構下，實現對空域資源充分利用的目的。

5.3.3 飛航管理新概念

目前，在國際民航領域，新的通訊、導航、監視和飛航管理系統 (CNS/ATM) 建設廣泛地展開。雖然各個國家和各個地區飛航管理系統的建設和應用的發展是不平衡的，但隨著新技術的成熟和投入使用，今後 10-15 年民用航空飛航管理的概念將發生許多新的變化，這些變化表現在以下幾個方面：

1. 開放式系統架構(Open System Architecture)：
 - 硬體架構及標準(Hardware Architecture and Standards)
 - 軟體架構及標準(Software Architecture and Standards)
2. 飛航流量管理(Air Traffic Flow Management, ATFM)：
 - 航路流量管理(En-Route Traffic Flow Management)
 - 終端流量管理(Terminal Flow Management)
3. 空域管理(Air Space Management, ASM)：
 - 策略性空域管理(Strategic Airspace Management)
 - 戰術性空域管理(Tactical Airspace Management)
4. 四度空間碰撞預警(4D Conflict Probe)
5. 全球衛星導航系統(GNSS)和各種擴增系統一起將提供整個飛行階段的導航方法，包括 1、2、3 類精確進場和地面導航。
6. 數據鏈路通訊(Data Link Communications, DLK)：
 - 航空通訊網路(Aeronautical Telecommunication Network, ATN)。
 - 管制員 - 飛行員數據鏈通訊 (Controller-Pilot Data Link Communications, CPDLC)。
 - 離場前許可(Pre-Departure Clearance, PDC)。
 - 數位化終端資訊廣播服務(Digital Automatic Terminal Information Service, DATIS)。
7. 自動回報監視(Automatic Dependent Surveillance, ADS)：

- 定址自動回報監視 (ADS-A)。
- 廣播式自動回報監視 (ADS-B)。

其中 DLK、GNSS、ADS 是構成新 CNS 的主要技術，隨著它們的實施，將對飛航管理帶來諸多益處，主要有以下幾點：

1. 增加陸空通訊的容量和提高通訊能力。CPDLC 與話音通訊相結合將提供有效的陸空通訊，減少航機的延誤，提高飛行效率。
2. 改進飛行員從空中對氣象、飛行情報的獲取。用戶可以請求各種形式，包括圖形和文字資料，加以存儲，隨時調用。
3. 進行更為有效的航路和近場空域的設計。全球導航衛星系統(GNSS)航路概念將允許更多的起飛路徑、降落路徑和進場路徑，包括平行進場，這樣可以把程序設計的更為安全和快捷。同時將逐步由全球導航衛星系統(GNSS)精密進場替代儀器降落系統(ILS)。
4. 使用新 CNS 技術和新的機載顯示系統，精確地顯示機場場面航機和地面車輛的位置，進行地面導航，提高場面交通管理效率，減少延誤。
5. 使用新 CNS 技術和新的機載顯示系統，為飛行員顯示即時的飛航狀況，將有關飛行間隔保持的責任指定給飛行員，從而使傳統的管制方式逐漸改變，最終實現「自由飛行」。
6. 透過自動回報監視與地面系統的整合，實現飛行全過程的陸基監視覆蓋。
7. 透過縮小飛行間隔提高空域使用的靈活性和容量。
8. 把一次航班飛行從起飛登機門到目的地登機門，即從其與 ATM 的第一次互動直至飛行的全過程連續運作，實現盡可能緊密地按其飛行特性運行，降低運行成本。

隨著通訊、導航、監視(CNS)新一代技術發展、空域資源需更有效的應用及飛航安全提升的需求，目前的飛航管制(ATC)在許多方面需持續往飛航管理(ATM)邁進，其系統演進對照請參閱表 5-9。有關通訊、導航、監視(CNS)相關議題及策略在前面章節已有載明，下文將僅針對飛航管理(ATM)進行探討，分別依飛航管理所包涵的飛航服務(ATS)、飛航流量管理(ATFM)及空域管理(ASM)三方面，從國內目前現況出發，結合國際未來發展趨勢，提出我國飛航管理建置策略，以循序漸進地實現下一代 CNS/ATM 系統的各項方針，提高台北飛航情報區飛航管

理品質與效率。

表 5-9：飛航管理(ATM)系統演進對照

功能	目前飛航管制系統	下一代飛航管理系統
系統架構	<ul style="list-style-type: none"> •硬體:專屬電腦、顯示系統、輸出入系統 •軟體:專屬作業系統、視窗系統、通訊協定 	<ul style="list-style-type: none"> •硬體:現行可用電腦(COTS)及相關硬體子系統 •軟體:開放式作業系統、視窗系統、通訊協定
監視資料處理	<ul style="list-style-type: none"> •終端:單一或多雷達監視 •航路:二維多雷達監視 •航跡:單模式航跡追蹤 	<ul style="list-style-type: none"> •三維多感應器融合監視 •多模式航跡追蹤 •即時監視資料顯示選擇
飛航資料處理	<ul style="list-style-type: none"> •飛航資料處理 	<ul style="list-style-type: none"> •飛航資料處理 •整合管制員/飛行員資料鏈路通訊 •整合離場前許可頒發 •整合飛航服務跨區資料通訊
安全資料處理	<ul style="list-style-type: none"> •最低安全高度警示 •空中碰撞警示 •空域保護 	<ul style="list-style-type: none"> •最低安全高度警示 •空中碰撞警示 •空域保護 •長期空中碰撞預警
飛航管理	<ul style="list-style-type: none"> •無 	<ul style="list-style-type: none"> •空域管理 •航空交通流量管理

5.3.4 我國飛航服務現況及發展策略

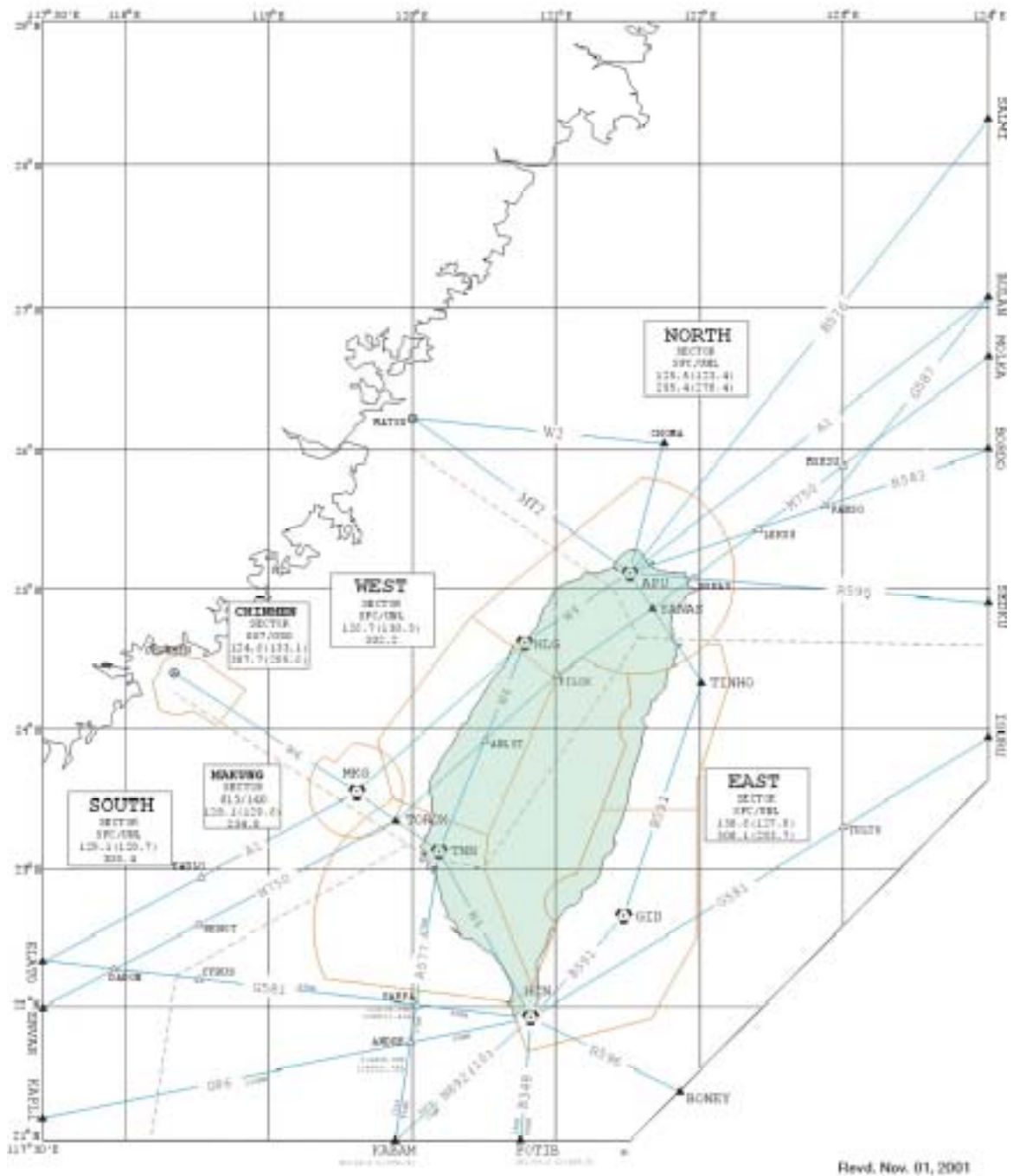
飛航服務是對航機的一種綜合性的安全服務，它包括航機在起飛前的飛航計劃作業、氣象諮詢業務、起飛後飛航中的管制作業服務、提供助導航、機場燈光以及降落後的作業等。我國於民國五十八年九月成立飛航服務總台，統籌提供台北飛航情報區內所有中外軍民航機一切有關飛航情報、飛航管制、航空氣象、航空通訊之各項飛航服務。

飛航服務總台下設有臺北飛航情報中心，負責我國臺北飛航情報區(FIR)飛航情報業務的執行，基於作業需求，分別設有國際飛航公告室及臺北、中正、高雄、花蓮、馬公等五個飛航諮詢臺(請參閱圖 5-15)，提供飛航公告發佈及飛航諮詢服務。於台北飛航情報區內，除部份軍用機場由軍方通訊航管單位負責飛航業務外，其餘由飛航服務總台負責飛航管制服務。飛航管制負責在航機起飛、降落及飛航途中，利用雷達及其他輔助性自動化資訊裝備，透過陸空無線通訊，提供航機安全、有序、便捷之服務。基於作業型態劃分為機場管制、近場管制及航路管制。

- 機場管制：管制塔台負責執行航機滑行起飛、降落及滑行等的飛航管制服務，飛航服務總台所屬管制塔台共計有中正、台北、高雄、豐年(台東)、馬公、馬祖、台中、金門、綠島及蘭嶼等十座機場管制塔台(請參閱圖 5-16)。
- 近場管制：近場管制台負責對航機之離、到場、爬升、下降提供隔離與管制之服務，飛航服務總台所屬近場管制單位計有中正、台中、高雄、台東、花蓮等五個近場管制台(請參閱圖 5-17)。
- 航路管制：由區域管制中心負責台北飛航情報區內航路之飛航管制服務及金門、馬公兩終端區之近場管制服務(請參閱圖 5-15)。

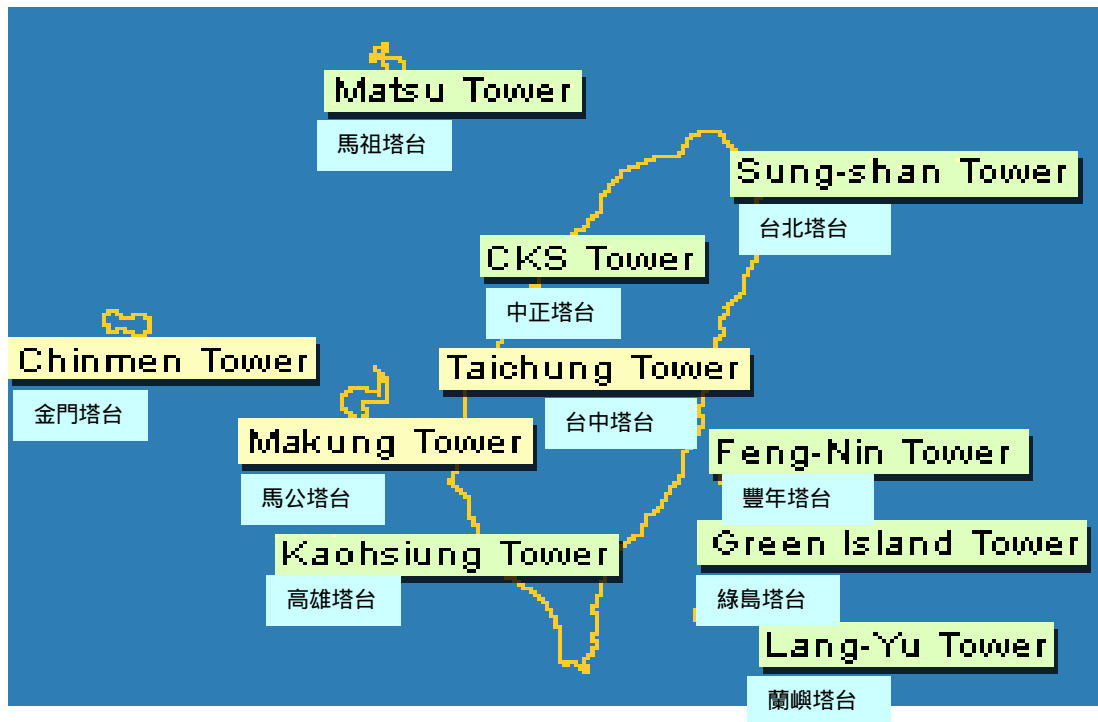
航空氣象服務主要係提供航空公司簽派員和飛行員、飛航管制單位以及航空站航務管理等單位，有關台北飛航情報區民用機場航空氣象觀測與報告、航空氣象預報與警報、台北飛航情報區天氣觀察以及航空氣象資訊之供應。航空通訊服務主要可分為航空固定通訊與航空行動通訊；固定通訊業務為傳遞飛航公告、航管、航空氣象資料、飛航動態、航空公司機務、運務、業務等電報。航空行動通訊為航機與地面之高頻通訊，傳遞航機動態，提供航空即時氣象資料，航機飛航所必要之設施修理事宜等通訊服務。

台北區域管制中心管制區示意圖
TAIPEI AREA CONTROL CENTER SECTORIZATION CHART



資料來源：飛航服務總台

圖 5-15：台北飛航情報區飛航業務系統圖



資料來源：飛航服務总台

圖 5-16: 機場管制塔台分佈圖



資料來源：飛航服務总台

圖 5-17 近場管制台分佈圖

下文首先對我國現行航管作業中心劃分進行探討，後對飛航管制之核心飛航管制自動化系統(ATCAS)現況作一扼要說明，並以未來飛航管理發展方向，提出我國飛航服務發展策略。

5.3.4.1 航管作業中心現況及未來發展策略

5.3.4.1.1 航管作業中心現況

現行台北飛航情報區(FIR)分為六個航管作業中心，分別為台北區管中心(TACC)、中正近場管制塔台(CKS TCC)、高雄近場管制塔台(KHH TCC)、台東近場管制塔台(TTG TCC)、台中近場台(TCG TCC)及花蓮近場台(HLN TCC)，各單位之分佈及管制席位劃分請參閱圖 5-18。

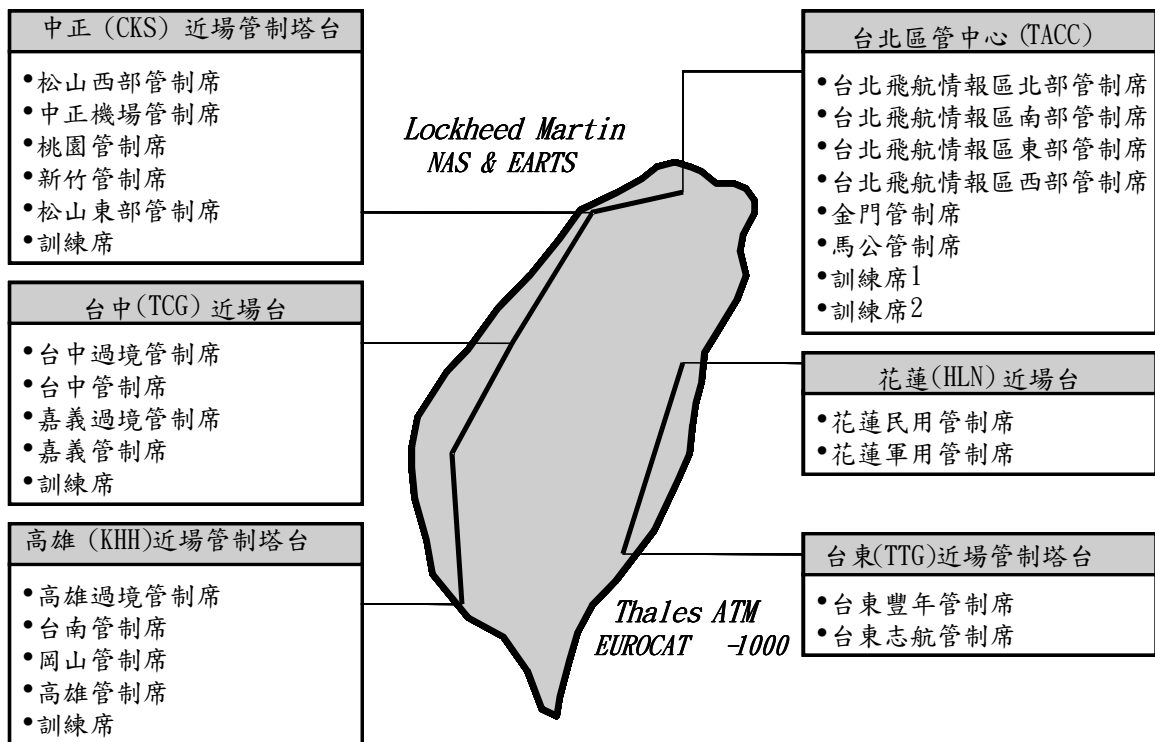


圖 5-18: 現行台北飛航情報區航管作業中心劃分

5.3.4.1.2 航管作業中心未來發展策略

隨著技術的發展變化，管制區域的範圍也在不斷的調整。整體看來，它經歷了一個從大到小、從小到大的發展過程。在主要使用高頻技術(HF)的年代（或者空域），管制區一般範圍很大，隨著特高頻技術(VHF)的廣泛使用和飛行量的大幅度增加，管制區又出現變小的情況。現在地面通訊能力又有了極大的提高，加

之衛星技術、遙控、數據鏈路技術的廣泛應用，又出現了管制區大型化的趨勢。比如澳大利亞目前全國建成了一個飛行情報區。歐洲也建立了幾個國家聯合的高航管制區。大陸地區亦積極推動現代化的管制中心的建設，準備將現有高空和中低航管制區，從目前的 27 個逐步減少，並納入大陸地區民航航管十五基礎設施建設重點工程中，積極推動北京、上海及廣州建設三座大型飛航管制中心建設，目前該工程現已開始運作，預計於 2004 年底完成啟用，將能大幅提升大陸東部地區之航管能量。

台北飛航情報區(FIR)範圍並不十分廣大，隨著通訊建設之完備及空運量大幅成長，為快速有效執行航管作業及縮減航管單位間協調工作負荷，在考量新建飛航管理自動化系統時，應朝向將現有六個航管作業中心，整合成 1~3 個新航管中心，新的管制中心將按照調整後的空域結構劃設空域和扇區，重新調整管制責任，減少現有管制區的數量，以充分利用自動化系統提高飛航管理能力和工作效率，保障飛航安全，改善飛航服務質量。對於設施的管理與維護、人員與設備亦能充份利用，達到最大效能。新建立的管制中心應該有足夠的空間及能量滿足下列之要求：

1. 需有健全的管理功能
2. 提供涵蓋整個台北飛航情報區的飛航管制
3. 容納所有飛航服務(ATS)設備
4. 提供系統維護及研究設備
5. 提供人員訓練設施
6. 足夠之空間滿足下一代飛航管理(ATM)之移轉

5.3.4.2 航管自動化系統(ATCAS)現況

該系統係於民國八十年開始購建，並於民國八十五年七月正式啟用；另花東地區航管自動化則於民國八十九年完成啟用，其主要功能如下[5-16]：

1. 提供航機隔離之自動化飛航管制服務。
2. 自動處理 AFTN 網路、長期飛航計畫(RPL)或相關中心傳來之飛航計畫資料，並將這些資訊以管制條或警告的型式發送給需要之席位。
3. 自動接收及處理雷達資料(目標物及氣象資料)，並立即顯示目前航機之狀況於每個管制席位或自動化塔台席位。

4. 提供軟體維護與測試支援之子系統。
5. 提供具備支援動態模擬、目標產生器及錄放等軟體之訓練設施。
6. 自動記錄各項運作數據(訊息、雷達資訊、顯示資訊及指令等)。

航管自動化系統架構請參閱圖 5-19，依管制區域範圍其主要包含

1. 台北區域管制中心(TACC)的航路自動化系統(AS, Automation System)。
2. 中正、台中、高雄三個機場的終端管制中心(TCC)的終端自動化系統。
3. 中正、台中、高雄三個機場及豐年塔台的飛航管制中心(ATC)的自動化塔台系統。
4. 花蓮及台東近場管制的終端自動化系統。
5. 空軍的飛航管制(ATC)顯示設備。

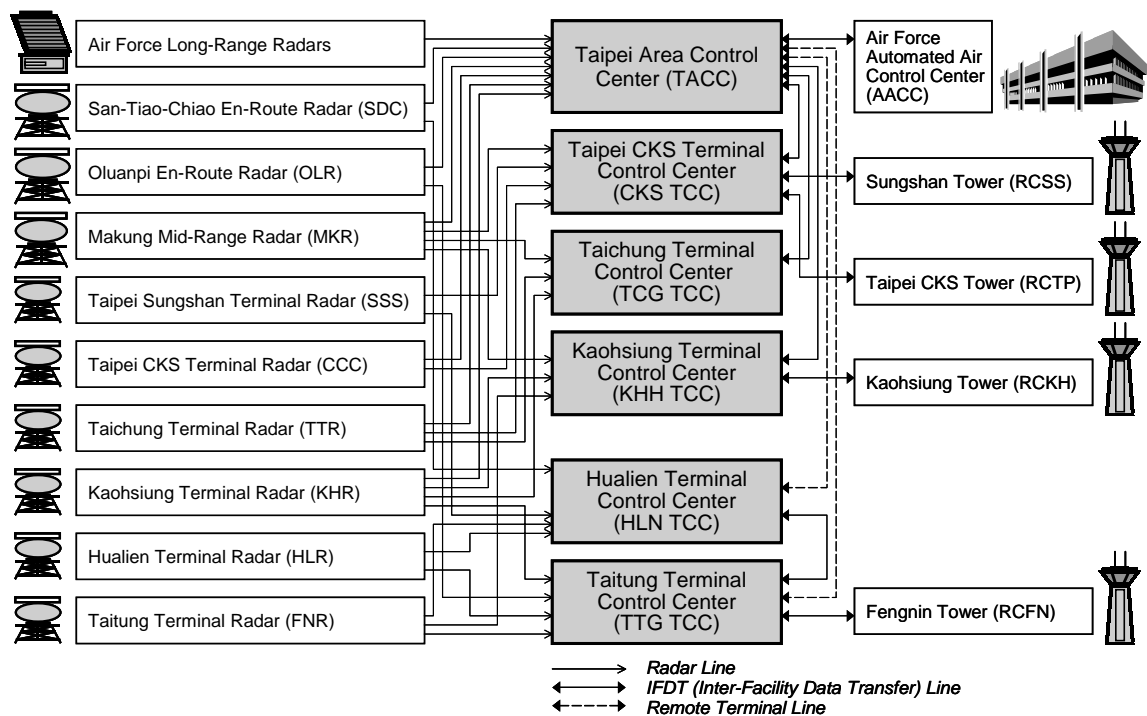


圖 5-19: 現行台北飛航情報區航管自動化系統(ATCAS)架構

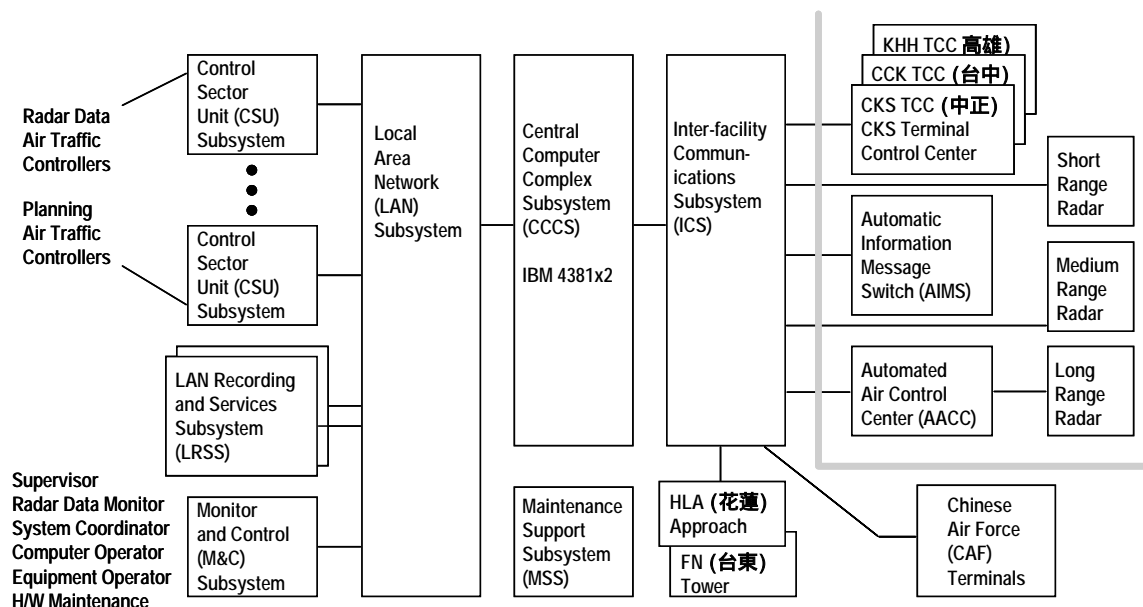
以下針對航路自動化系統及終端自動化系統作一扼要說明。

5.3.4.2.1 台北區管中心(TACC)之航路自動化系統(TACC/AS)

航路自動化系統除提供台北飛航情報區內航路管制服務外，尚提供金門與馬公兩機場之近場管制。本系統以兩套 IBM 4381 主機為主體，彼此互為備援；另有一套 IBM 4381 主機作為維護支援子系統(MSS)，用以維護和修改航管自動化系統(ATCAS)軟體。航路自動化系統共可分為八個子系統：

1. 中央處理子系統(Central Computer Complex Subsystem, CCCS)
2. 管制席位子系統(Control Sector Unit Subsystem, CSU)
3. 區域網路子系統(Local Area Network Subsystem, LAN)
4. 網路資料記錄子系統(LAN Recording and Service Subsystem, LRSS)
5. 監督控制子系統(Monitor and Control Subsystem, M&C)
6. 雷達資料顯示子系統(Remote Access Plan Position Indicator Subsystem, RAPPI)
7. 介面控制單元子系統(Inter-facility Communications Subsystem, ICS)
8. 維護支援子系統(Maintenance and Support Subsystem, MSS)

航路自動化系統(請參閱圖 5-20)於系統內部透過區域網路(LAN)與管制席位子系統(CSU)、網路資料記錄子系統(LRSS)，以及監督控制子系統(M&C)相連接。對外則透過介面控制單元子系統(ICS)連接到遠端之終端自動化系統(TCC/AS)、短程雷達(SRR)、中程雷達(MRR)、長程雷達(LRR)、空軍戰管自動化防空系統(AACC)及飛航自動轉報系統(AIMS)。



資料來源：[5-17]

圖 5-20: 航路自動化系統(TACC/AS)系統架構

航路自動化系統(TACC/AS)主要執行兩個應用軟體：國家空域系統(NAS)及航管顯示系統(ADS)。其中國家空域系統(NAS)主要於 IBM 4381 上執行，為整個

航管自動化系統(ATCAS)的資料處理及計算中心。該軟體係由 Jovial 語言及 IBM 370 組合語言寫成，包含四個主要部分：

1. 系統運作軟體(Operational Software)：主要功能係進行飛航資料處理(FDP)、雷達資料處理(RDP)及 NAS 系統監視。
2. 支援及公用程式(Support and Utility)：包含資料庫軟體、程式編譯器、網路軟體及公用程式等。
3. 維護及偵錯軟體(Maintenance and Diagnostic Functions)：為系統本身的工具軟體，用來分析、修改錯誤及評估系統效能等。
4. NAS 介面功能(NAS Interface Function, NIF)：為 NAS 與 ADS 之間的溝通軟體。

航管顯示系統(ADS)則為航管自動化系統的人機介面，同時執行於航路自動化系統及終端自化系統(中正、台中、高雄)，本軟體大部分用 Ada 語言寫成，僅小部使用 C 語言。ADS 軟體架構包含三個電腦軟體組態項目(Computer Software Configuration Items, CSCIs)：

1. 公用系統服務軟體(Common Console/Processor System Services, CCSS)：CCSS 是 ADS 的基礎，它是一組架在 AIX 作業系統之上、應用程式之下的軟體，主是目的是提供一致的系統服務給上層的應用程式使用。這些服務主要包括網路管理者、訊息傳輸管理者、準備服務訊息及排序與時間控制服務。
2. 顯示系統管理軟體(Display Management, DISP)：接收與管理顯示資料，提供管制員人機介面，以及作為與 NAS 系統之間的資料格式轉換程式。
3. 記錄分析與重播軟體(Recording Analysis And Playback, RAAP)：記錄系統的服務訊息及回應、管制席位顯示資料，並作資料分析與重播。

透過國家空域系統(NAS)及航管顯示系統(ADS)的執行，航路自動化系統(TACC/AS)可提供下列功能：

1. 多雷達資料處理功能：可同時接收數個空軍長程雷達、以及二座航路雷達、一座中程雷達、六座終端雷達之訊號。
2. 自動化飛航管制功能：包含飛航資料處理(FDP)及追蹤顯示航機目標的雷達資料處理(RDP)，及與三個終端自動化系統(TCC/AS)做飛航計畫及雷達交接資料的接收、處理及傳送。

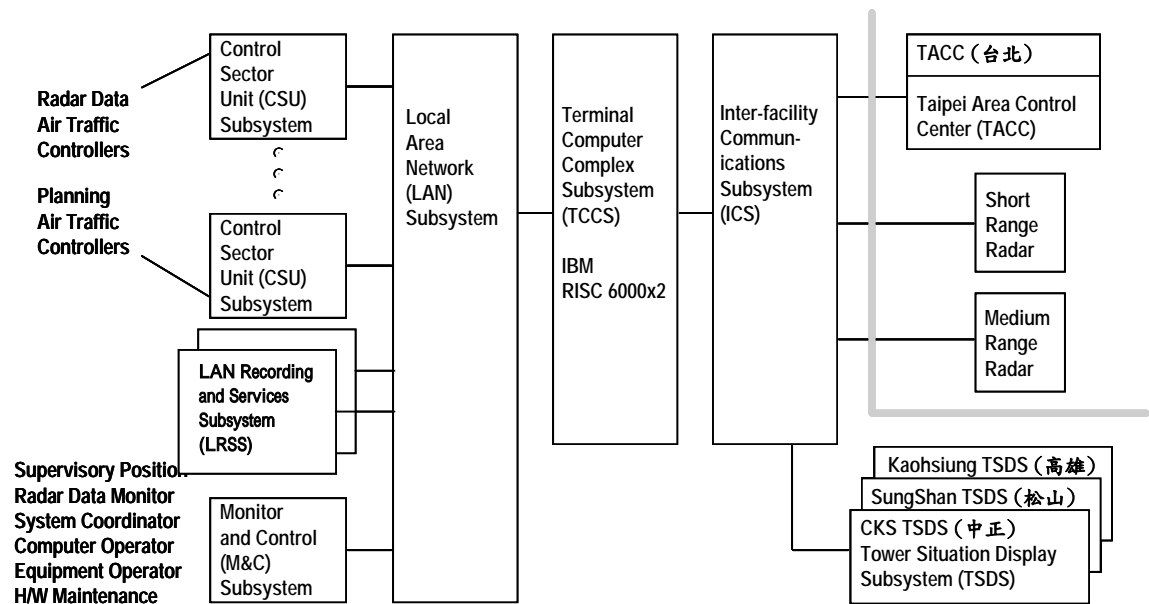
3. 危害警示功能：當航機與地障、限制空域或其他航機過於接近時，產生視覺危害警示信號於雷達管制圓螢幕上，並出現聽覺警告。
4. 系統操作記錄功能：可將系統軟、硬體運作狀態資料，及輸入(出)訊息、管制員操作指令、席位顯示資訊、管制條列印機輸出及操作資訊等，分別儲存於抽取式磁帶中，以供分析及提供重播功能。
5. 系統監視及控制功能：可提供人員監視系統的運作和執行效能狀態功能，並可手動式調整系統的組態(Configuration)。
6. 失效安全/失效容錯功能：當主機(Primary)故障時，備份機(Standby)將會立即接替主機工作。當僅部份裝備故障時，由備份硬體來維持系統運作。
7. 戰航管系統銜接功能：可由空軍戰管自動化防空系統(AACC)接收空軍長程雷達資料，並可交換飛航計畫及雷達資料。

5.3.4.2.2 中正、台中及高雄終端自動化系統(TCC/AS)

中正、台中及高雄終端自動化系統(TCC/AS)分別提供中正、台中、高雄三個近場台及中正、松山、高雄三個塔台使用。此系統以兩套 IBM RS6000 工作站主機為主體，彼此互為備援。其系統共包涵八個子系統：

1. 終端電腦處理子系統(Terminal Computer Complex Sybsystem, TCCS)
2. 同航路自動化管制系統(TACC/AS)中 2~7 子系統
3. 雷情顯示子系統(Digital Bright Radar Indicator Tower Equipment Subsystem,DBRITE)

終端自動化系統(TCC/AS)於系統內部，亦透過區域網路(LAN)與管制席位子系統(CSU)、網路資料記錄子系統(LRSS)，以及監督控制子系統(M&C)相連接，請參閱圖 5-21。此系統與航路自動化管制系統(TACC/AS)透過介面控制單元子系統(ICS)相銜接，並可接收及處理短程、中程雷達資料並顯示於雷達管制席位的雷情顯示器上，可提供中正、台中、高雄三個近場台近場飛航管制(ATC)服務及中正、松山、高雄機場塔台的塔台管制服務。除了軍方的地面進場管制(GCA)之精確進場及東部終端區域外，負責提供台北飛航情報區所有軍/民用機場航機之近場管制活動。



資料來源：[5-17]

圖 5-21: 終端自動化系統(TCC/AS)系統架構

中正、台中及高雄終端自動化系統(TCC/AS)主要係執行航管顯示系統(ADS)及自動雷達終端系統(ARTS)軟體。其中有關 ADS 部分請參閱 5.3.4.2。自動雷達終端系統(ARTS)執行於 IBM 工作站上，共包涵下列五個副程式，以提供飛航資料處理、雷達資料處理、航機追蹤、危害監視、交管監視及訓練子系統等功能。

1. 作業系統延伸程式(Operation System Extensions,OE)
2. 雷達資料處理程式(Radar Input Processing, RI)
3. 即時品質管制程式(Real-Time Quality Control, RTQC)
4. 追蹤處理程式(Track Processing)
5. 危害監視警示程式(Hazard Monitoring).

中正、台中及高雄終端自動化系統(TCC/AS)的飛航管制功能包括部份的飛航資料處理(FDP)及完整的雷達資料處理(RDP)；完整的飛航資料處理(FDP)及飛航計畫資訊(包括飛航管制條)分發，乃由航路自動化管制系統(TACC/AS)來統籌作業。終端自動化系統僅可以有限度地處理由管制員所輸入的飛航計畫資訊。

5.3.4.2.3 花蓮、台東終端自動化系統(TCC/AS)

花蓮、台東終端自動化系統(TCC/AS)係執行泰勒斯(Thales，原 Thomson) EUROCAT 1000 商業化之硬體平台建構而成，經由網路連接成一完整的作業環

境，除管制作業席位及維護席位外，均採用雙主機備援作業，其系統架構請參閱圖 5-22。EUROCAT 1000 主要包含下軟體功能：

1. 雷達資料處理(Radar Front (Data) Processing, RFP/RDP)：同時接收多雷達信號並加權處理，以供精確近場管制之用。
2. 飛航資料處理程式(Flight Data processing, FDP)：結合雷達信號及飛航資料，自動追蹤航機目標，並提供航機相關資訊，確保飛航安全。
3. 顯示管理及危害警示程式(EC)
4. 飛航狀況顯示(Air situation display, SUP)
5. 記錄、模擬及訓練程式(SCM)

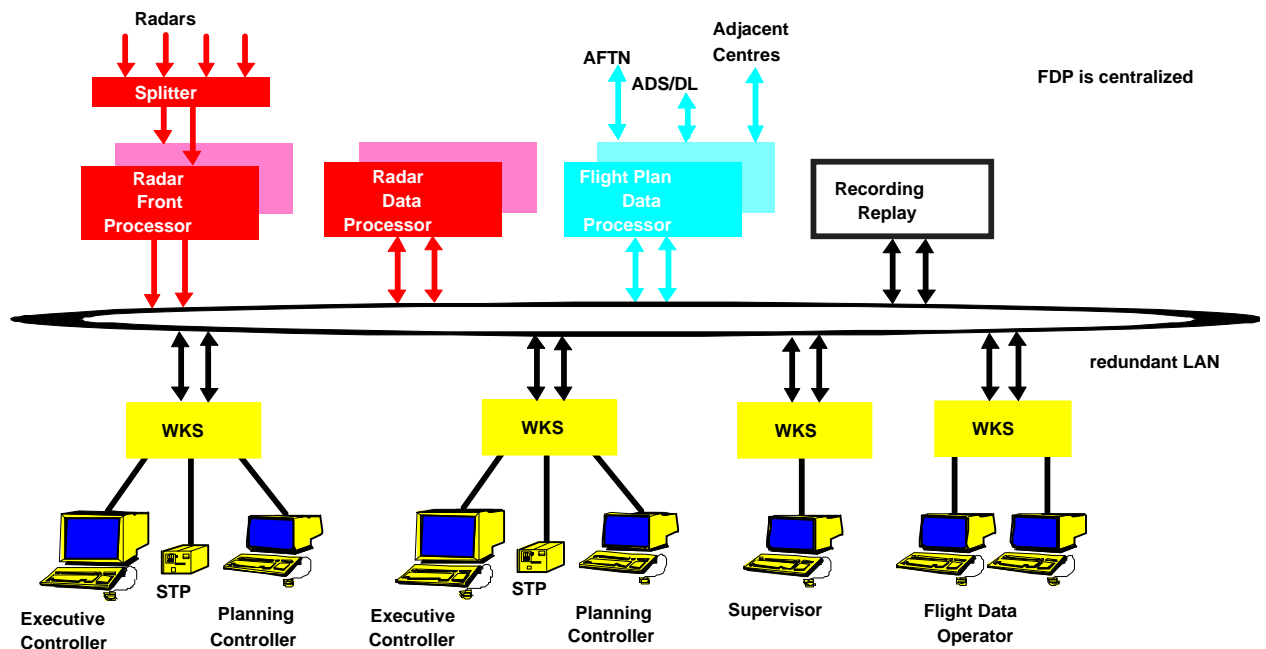


圖 5-22: 花蓮、台東終端自動化系統(TCC/AS)架構圖

5.3.4.2.4 目前航管自動化系統(ATCAS)所遭遇瓶頸

航路自動化系統(TACC/AS)與中正、台中及高雄終端自動化系統(TCC/AS)分別使用 IBM 4381 主機及 RISC 6000 工作站，由於長期 24 小時不停機不中斷使用，使得設備逐漸老化，可預見之耗損性故障將逐漸增加，並且 IBM 4381 主機及 RISC 6000 工作站已停止生產及銷售，雖委由 IBM 公司負責硬體之維護，但零件備品之取得日益艱難，面臨專屬硬體所需面對的維護困難及高成本問題。在軟體方面，由於在航管自動化系統(ATCAS)設計上的限制，部分可能導致系統停機的嚴重問題，無法完全加以根絕，後續可能產生之軟體問題亦日益難以解

決，在飛航安全上形成潛在的危險因子。

在系統功能方面，雖然目前航路自動化系統(TACC/AS)能自動化蒐集及處理飛航計畫(Flighty Plan)有關的資料，但對於數據鏈路資料通訊所提供飛航資料交換功能，如管制員-飛行員資料鏈路通訊(CPDLC)、離場前許可頒發(PDC)及飛航服務跨區資料通訊(AIDC)等缺乏處理整合之能力。其監視資料處理來源則僅限雷達偵測為主的主動監視(Independent Surveillance)，未能支援日後加入自動回報監視(ADS)及廣播式自動回報監視(ADS-B)等監視資料，所形成的三維多感應器融合監視。另外，本系統航機追蹤模式係以 Alpha-Beta 過濾選出單一追蹤目標(Sensor Track)，未能支援未來的多模式航機追蹤模式。

5.3.4.3 未來飛航服務發展策略

我國飛航服務發展策略應以通訊、導航、監視之建置為基礎，以自動化飛航管理系統取代現行之航管自動化系統(ATCAS)，提供安全、有序、快捷的飛航服務。其規劃原則探討如後續章節說明。

5.3.4.3.1 採用開放式先進航管系統架構

傳統航管系統的設計，是以 Main Frame 中央處理電腦為系統核心，系統缺乏擴充能力及維護彈性。隨者飛航需求的成長，現今的航管服務除需持續重視飛航安全外，系統運作及維護的成本效益，亦是一個不容忽視的因素。因此我國規劃建置未來航管自動化系統時，應跟隨世界各國在 ATM 發展上，均以商用市場(Commercial-Off-The-Shelf, COTS)硬、軟體為主要核心，系統採分散式即時容錯架構設計(Distributed Real-Time Fault-Tolerant Architecture)，將航管系統各項處理功能分由多組工作站(或強化的個人電腦)執行，請參閱圖 5-23。每組工作站(或 PC)硬、軟體均以複式配置，透過系統平行監視及控制軟體功能，當故障或異常情況發生時，備份的工作站(或 PC)會自動接替，確保該功能區域(Function Area)的正常運作。線上故障修護時，僅需將故障件拆下換上正常的組件即可，不致造成全系統的停工。

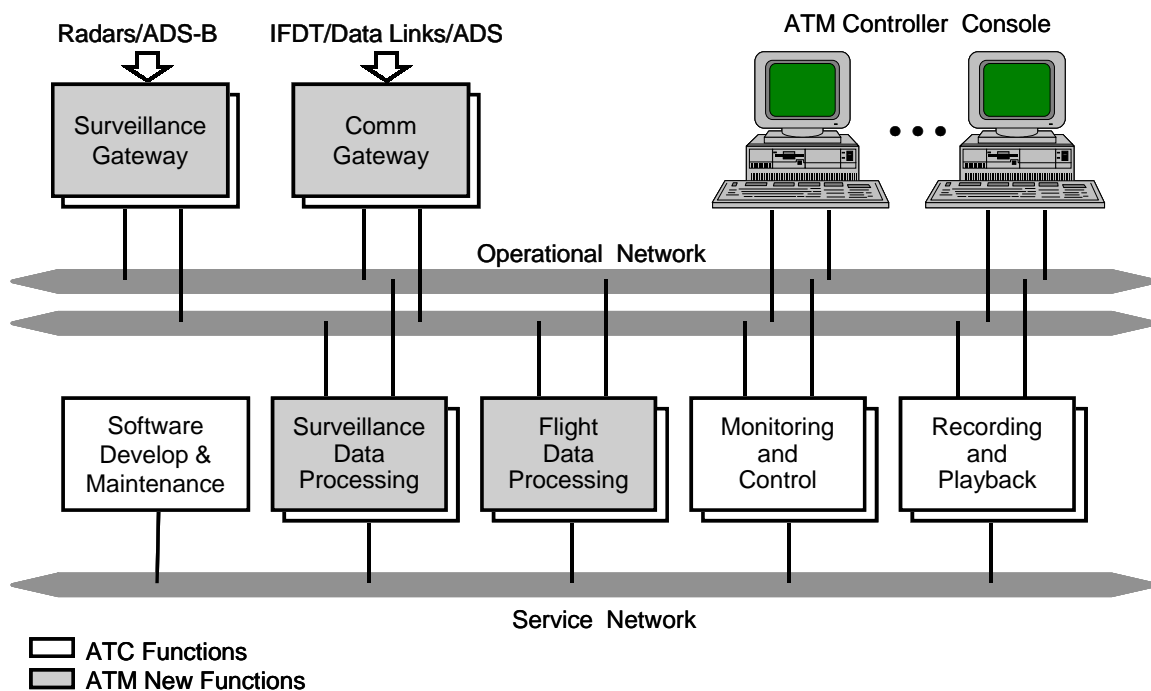


圖 5-23：ATM 系統架構

5.3.4.3.2 先進航管系統功能需求

未來先進航管自動化系統除需具備現有系統(ATCAS)系統功能外，並應考量通訊、導航、監視(CNS)的各項技術發展及飛航安全需求，以促進飛航安全及飛航效率為著眼，結合現代電腦架構，以期能達到充分利用空域資源、最佳化航線安排、以及進一步提昇飛航安全的目的。未來先進飛航管理系統應具有下列之功能。

1. 監視資料整合處理(Surveillance Data Processing, SDP)：

在 ATM 系統架構下，除了以雷達偵測為主的主動監視(Independent Surveillance)外，尚加入相關監視系統(Dependent Surveillance)資料，在各有不同的通訊介面、操作範圍及精確度下，整合獲得適當之監視資料，請參閱圖 5-24，最後監視資料係由廣播式自動回報監視(ADS-B)、自動回報(ADS)、二次雷達詢答資料(即 Beacon 資料)及一次雷達搜索資料(即 Search 資料)整合處理而來。

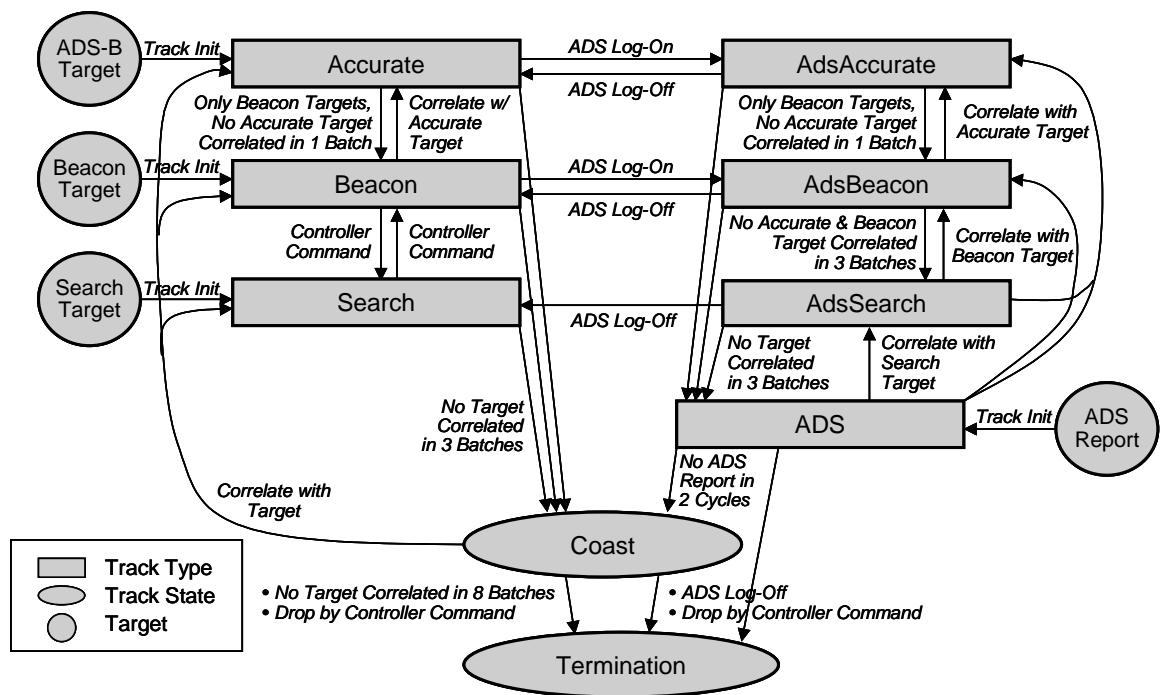


圖 5-24: 監視資料整合處理

2. 飛航安全處理(Flight Safe Processing, FSP)

未來飛航管理(ATM)對於飛航安全將需有更進一步之強化，主要包含下列功能：

(1) 空中碰撞預警(Conflict Alert)

- 碰撞預警(Conflict Alert):根據航機之方向(heading)、速度(speed)及轉彎速率(turn rate)等航跡(tracking)資料，提供航管員 2-5 分鐘之航機空中碰撞預警。
- 碰撞偵測(Conflict Probe):除上述航跡資料外，並根據航機之飛行計畫(flight plan)，提供航管員 25 分鐘之長程空中碰撞預警。

(2) 地障碰接預警(Minimum Safe Altitude Warning, MSAW)：

- 一般碰接預警(General Terrain Monitoring, GTM):結合航機速度、方向等航跡及數位地形圖(DTP)資訊，於終端區域非離到航機可能撞擊地面(Controlled Flight into Terrain, CFIT)時，對管制員於 480 秒前提出預警，請參閱圖 5-25。
- 進場碰接預警(Approach Path Monitoring, APM): 對於離進場航機，依其當前航機高度報告，與儀器降落系統(ILS)設定之滑降

高度，或非精確進場(NPA)設定之最小下降高度相比較，以提供管制員 15 秒之碰撞預警。

(3) 空域保護(Airspace Protection, AP)：

在指定空域內，偵測不明外來機、及偏離出界或違反高度限定之界內機，並對航管員提出警示。

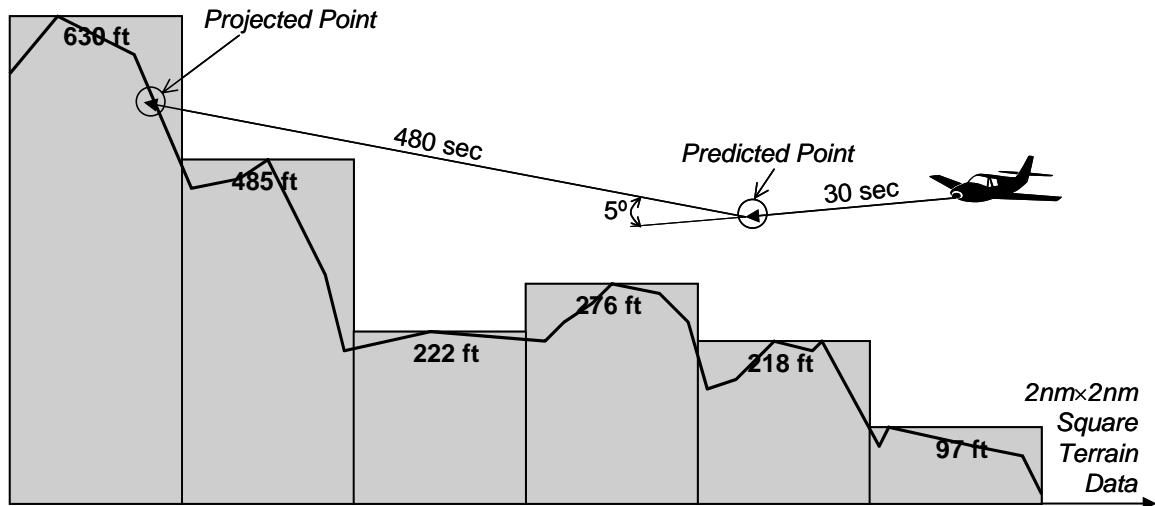


圖 5-25: 一般碰撞預警(GTM)示意圖

3. 飛航資料整合處理(Flight Data Processing, FDP)：

提供碰撞偵測(Collision Probe, CP)及各種數據鏈路(DLK)技術互相整合之功能，例如，管制員-飛行員數據鏈通訊(CPDLC)，在飛行員和管制員間提供數據鏈路直接交換訊息，以允許更多的反應時間和更有效的信息傳遞。起飛前放行許可(PDC) 使用編碼的數據，並帶有專用地址，在繁忙機場可以大大提高工作效率和準確性。飛航情報區間資料通訊(AIDC) 負責飛航服務單位(ATS Unit,ATSU)之間飛航管制(ATC)資料的交換與傳送，以支援跨區航機交管、交接等飛航管制功能。透過數據鏈路技術的成熟應用，為管制員和飛行員提供完整的無縫隙門對門(Gate-to-Gate)服務機會。

5.3.5 我國空域管理現況及發展策略

空域管理(Air Space Management, ASM)的主要功能，是整個國家(或地區)之空域，依據其飛航需求及空域條件，透過管理電腦加以劃分及管理，使空域之運

用最佳化、管制區域及時程透明化，並強調同一空域連續被使用的能力。空域管理的最終目的，是要結合自由飛行的理想，使在空域之航機，可依需求指定飛航路徑並自動調整，無需考慮程序管制架構之層層限制。空域管理的範圍依據國情、空域狀況及飛航需求環境之不同，可區分為：

1. 航路 (Airway)
2. 終端管制區 (Terminal Control Area)
3. 機場管制區 (Airport Traffic Area and Control Zone)
4. 一般管制空域 (General Controlled Airspace)
5. 非管制區 (Uncontrolled Airspace)
6. 特殊使用空域 (Special Use Airspace)其中又包括：
 - 禁航區 (Prohibited Airspace)
 - 限制空域 (Restricted Airspace)
 - 警告區域 (Warning Areas)
 - 軍事演習區 (Military Operations Areas)
 - 危險天氣區域 (Hazardous Weather Locations)。
 - 重量限制或翼展限制區 (Weight Limited or Wingspan Limited Areas)。
 - 其它操作控制區(如噪音敏感區域等)。

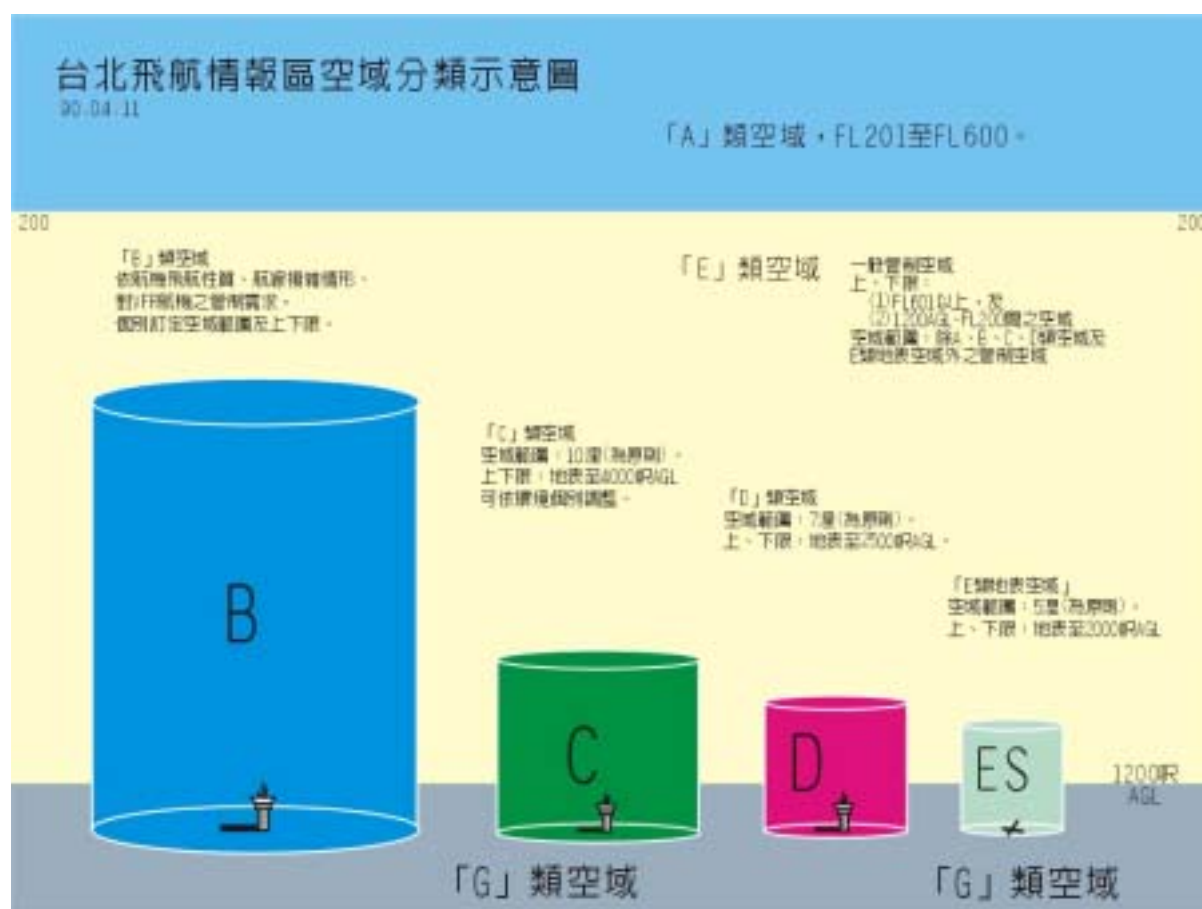
5.3.5.1 台北飛航情報區(TAIPEI FIR)空域現況

台北飛航情報區係於民國 42 年 7 月依國際民航組織(ICAO)決議劃定，由我中華民國政府負責提供區內所有中、外、軍、民航機一切有關飛航管制、航空情報、航空通訊、航空氣象及搜尋救護等飛航服務。情報區範圍由下列各點連接圍成之區域：北緯 21 度東經 121 度 30 分、北緯 23 度 30 分東經 124 度、北緯 29 度東經 124 度、北緯 29 度東經 117 度 30 分及北緯 21 度東經 117 度 30 分。台北飛航情報區南與馬尼拉飛航情報區，東與那霸飛航情報區，西與香港飛航情報區交界，面積廣達 17 萬 6 千平方哩，地跨東北亞與東南亞銜接之要衝，位置十分重要。

台北飛航情報區內計有國內航路：W2、W4、W6 及 MT-2；國際航路：A1、A577、B576、B591、G86、G587、G581、M750、R471、R583、R595、R596、

B348、N892 等。其中，W4 為西岸最繁忙之國內航路；國際航路 A1 則為銜接東北亞與東南亞之黃金航路，請參閱圖 5-15。

我國依照國際民航組織(ICAO)空域分類之原則及 FAA 空域分類之做法，並依據大小不同之機場、不同用途之高低層空域等地理環境影響因素，以及航管服務能力、無線電通訊需求、航機擁擠情形、航機飛行速限、駕駛員飛行能力等飛航作業影響因素進行空域分類，規劃台北飛航情報區空域分類原則，其示意圖請參閱圖 5-26。



資料來源：[5-20]

圖 5-26: 台北飛航情報區空域分類示意圖

5.3.5.2 我國空域管理發展策略

5.3.5.2.1 健全台北飛航情報區空域組成

航機機載導航技術和空中交通服務技術的發展，對空域管理的發展和進步引起了推動作用。隨著衛星導航、通訊和監視技術的應用，航機的自主導航精度越

來越高，陸空通訊內容的提昇，監視技術的整合，這些技術的發展和應用對空域管理提出了許多新的思路，如區域導航航路、自由飛行等。因此，我國空域管理未來的發展必然要結合這些新技術的發展和應用，檢視台北飛航情報空域現況，結合對經濟環境、空中交通服務、機場建設和航空公司等空域用戶的實際需要，提出規劃方案，並制訂實施時程。以充分實現我國空域的四維（經度、緯度、高度和時間）空間的利用。其思考方向包含下列要點：

1. 空域分類。
2. 管制席位規畫。
3. 航路及起降程序：
 - 航路結構
 - 標準儀器離場(Standard Instrument Departure , SID)
 - 標準儀器到場航線(Standard Terminal Arrival Routes, STAR)
 - 儀器進場程序(Instrument Arrival Procedures, IAP)

5.3.5.2.2 空域管理機制建立

空域管理主要分成屬於長期性、靜態的策略性空域管理，以及短期、動態性質的戰術性空域管理兩大類。其主要功能分述如下：

1. 策略性空域管理 (Strategic Airspace Management)：

策略性空域管理主要功能是依據空域範圍、空層高度，劃定多重管制空域及航路，作為各航空公司擬訂飛航計畫之參考。同時各飛航管制單位，透過系統所提供之飛航動態及圖形介面，可針對各別空域之航機，以對應之管制標準進行管制及監視。同時系統亦可具備衝突預警、及排除處理建議等功能，以確保空域使用之安全及效率。

2. 戰術性空域管理 (Tactical Airspace Management)：

戰術性空域管理是針對特殊使用空域(Special Use Airspace, SUA)，依飛行需求及流量狀況，透過空域管理協調人員，選擇某些空域或空層(如終端管制區或轉換空域附近)，彈性建立迂迴(替代)航路，俾利管制人員執行進一步之隔離管制，以利航機避開高流量終端管制區，請參閱圖 5-27。待管制區域流量恢復正常後，再透過空域管理系統將該區還原。同時戰術性空域管理軟體也必需能夠針對特殊天候及現航條件等，俟機建立迂迴、替代航路，並對

相關空域之飛航動態提供預警、監視之能力。

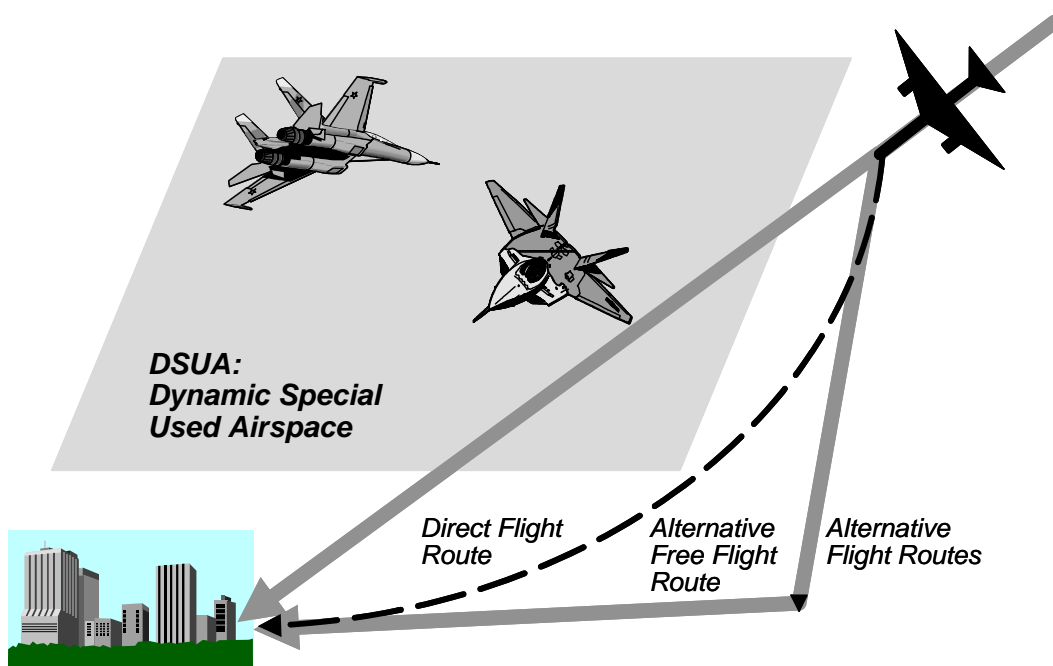


圖 5-27: 戰術性空域管理示意圖

傳統的航管系統並不具戰術性空域管理的功能，而策略性空域劃分，則是屬於系統參數設定(Adaptation)的一部分，會依空域狀況，定期進行相關參數設定的調整。在 ATM 航管系統中，空域管理的最終目的，是要結合飛航資料處理(FDP)、策略性、戰術性空域管理(ASM)、與流量管理(ATFM)功能，達成最經濟航線安排、最佳化空域使用效率、與最大系統流量的理想。

我國空域範圍並不廣闊，在扣除禁航區後，可調整之空域範圍有限，再加上已有相當筆直的航路結構，對於部分飛航管理功能，如彈性使用空域(FUA)或終端流量管理(CTAS)，將僅能提供有限的飛航作業助益。但就另一方面而言，現今我國將國家空域分配給不同的管理部門，實施分別的管理，不能將其綜合考慮利用，在一定程度上仍存在空域的浪費。我國應在所管轄空域實現公正、客觀的統一管理機制，所引入新的飛航管理系統，需構建於飛航需要、飛航服務作業需求及新的台北飛航情報空域結構，對所有空域用戶真正實現空域的動態共享，如此在安全和經濟效益將能獲得空域管理效益。

5.3.6 我國飛航流量管理現況及建置策略

5.3.6.1 我國飛航流量管理現況

航空運輸的蓬勃發展，致使航空需求成長、飛航流量急遽增加。倘若機場持續在高負荷使用狀態下，為符合航機起降隔離要求、停機坪使用限制等，往往造成班機延誤，尤其當氣象異變，導致容量縮減時，更將造成空中秩序大亂、班機嚴重誤點，增加旅客不便。此外，班機的延誤，亦增加航機在空中等待之機率，一方面增加管制員負荷，一方面由於額外油料耗損，增加航空公司成本，甚至影響飛航安全。世界各國皆因飛航流量不斷大幅成長，除造成機場及飛航管制單位極大的負荷外，亦面臨到嚴重的系統壅塞問題。我國亦同樣面臨上述之問題，自民國 76 年天空開放政策以來，為因應旅次需求，飛航流量不斷成長，因此在尖峰時段，班機延誤已成常態。

流量管理(ATFM)服務的目的是：在需要或預期需要超過空中交通管制(ATC)系統的可用容量期間內，保證空中交通最佳地流向或通過這些區域。術語“ATFM”包括組織與處理空中交通流量的各種方法，以此方法進行的任何工作，使得在保證各架航機安全、有次序和迅速過程中，任一給定的點上或任一給定的區域內所處理的交通總量應不超過空中交通管制系統的容量。飛航流量管理(ATFM)透過與參與的 ATC 單位以及各類不同的空域用戶保持持續的合作與協調，支持飛航管理達到防止航機之間的相撞、加快並保持空中交通有次序地流動，以及達到可用空間和機場容量最有效率的利用之主要目的。

在我國鄰近區域中，日本係於 1988 年設計 ATFM 系統概念，1991 年開始開發，1993 年基本完成投入使用，主要由流量管理中心和四個區域管制中心和主要機場終端組成。中國大陸亦積極於流量管理之發展，於天津民航學院、南京航空航天大學、民航二所、民航飛行學院等院所從事 ATFM 理論和應用系統研究已有一定的基礎，並於廈門航管站進行“空中交通流量監控網路系統”的研製，並有一年實際運作之經驗。在我國，現尚無專門的流量管理部門和流量管理系統，階段流量管制之執行全憑資深班務督導經驗決定，缺乏客觀標準，同時在現今高密度班機排程之飛航計畫環境下，更可能造成班機調度等連鎖延誤問題。

5.3.6.2 我國飛航流量管理建置策略

ATFM 從功能的角度上看，是空中交通服務(ATS)的重要功能，是雷達資

料處理(RDP)和飛航資料處理(FDP)不可分割的主要功能，即為飛航管理系統(ATM)必備的功能。流量管理系統在國際上起源於上世紀 70 年代中期，最初是為了緩解局部航運阻塞而設計和開發的專用系統。經過 80 年代和 90 年代的發展，已成為 ATM 系統中必不可少的重要組成部分。他們的共同特點是：擁有中央資料庫的支持、專門的流量管理部門和先進的流量管理系統。

以飛航流量管理系統作業而言，可區分為航路流量管理及終端流量管理等兩部份。其中航路流量管理作業，是針對整個國家(如美國)或一個區域(如歐盟)的空域，設置航路流量管制中心(如歐盟的 Central Flow Management Unit, CFMU，或美國的 Enhanced Traffic Management System, ETMS 等)。航路流量管制中心主要的功能是在平衡整個國家(或區域)的航空交通流量，維持最佳空域運作效率，減少擁塞及延遲。以美國 ETMS 系統為例，其主要功能包括：

1. 飛航狀況即時顯示 (Aircraft Situation Display)。
2. 系統容量監視與預警 (Monitor/Alert)。
3. 疏解方案自動產生 (Automated Demand Resolution)。
4. 疏解方案評估及建議 (Strategy Evaluation and Recommendation)。
5. 執行步驟自動產生及頒佈 (Directive Distribution Function)。

而終端流量管理作業主要的目的，是針對終端空域的離到場航機，依航路、下降、及終端進場等階段作業需求，提供最佳化航機隔離排程及飛航流量管理，以供 ATC 參考。當空域飛航需求即將超過空域容量時，終端流量管理系統將自動產生應對之管制措施及排程建議方案，提供最佳之疏解建議。終端流量管理系統同時並可提供空域內碰撞告警功能，強化航路、終端及機場飛航流量管理作業的效能及安全，並降低管制人員的負荷。

隨著國際與我國民航的發展，ATFM 越來越體現出其重要性，如何針對我國飛航特性，規劃飛行流量管理控制系統，以控制和管理全國的飛行流量分配，為未來飛航管理工作核心之一，對於許多關鍵技術問題，如各類信息擷取和融合，資料庫的建立、ATFM 各類容量模型的建立、ATFM 演算法的實現、專家系統的建立等課題，需持續投入研究解決。而未來飛航流量管理控制系統需提供下列功能需求：

1. 飛行計劃與監視資料相整合，以圖形顯示全國所有空中航機的現行位置，並疊加在繪有地理境界線和民航空域情報系統設施的地圖上。

2. 透過監控和告警，預計所有機場、扇區、一些令人關切的定位點的飛航需求，並自動提醒飛航管制人員將要出現的擁擠。
3. 對擁擠和將要發生的問題提供解決方案，供飛航管制人員選擇，解決機場與途中的擁擠和延誤問題。
4. 提供專家決策系統，評估由第三方產生的解決方案，輔助飛航管制人員進行決策。
5. 開放的系統，能靈活地與雷達監視系統、自動回報監視系統、飛行計劃處理系統、空域系統和情報系統、氣象系統及民航航管訊息資料庫實現互聯。

5.4 結論

為了適應民用航空發展的需要，國際民航組織從上個世紀 90 年代起開始在全球推行新的飛航系統技術，經過 10 餘年的推展、試驗和實驗，目前國際民用航空界已經開始實施新一代的民用航空通訊、導航、監視系統。新技術的應用也將促進民用航空飛航管理的變革。其主要新技術請參閱圖 5-28。

功能	目前飛航管制系統	下一代飛航管理系統
系統架構	<ul style="list-style-type: none"> •硬體:專屬電腦、顯示系統、輸出入系統 •軟體:專屬作業系統、視窗系統、通訊協定 	<ul style="list-style-type: none"> •硬體:現行可用電腦及相關硬體子系統 •軟體:開放式作業系統、視窗系統、通訊協定
監視資料處理	<ul style="list-style-type: none"> •終端:單一或多雷達監視 •航路:二維多雷達監視 •航跡:單模式航跡追蹤 	<ul style="list-style-type: none"> •三維多感應器融合監視 •多模式航跡追蹤 •即時監視資料顯示選擇
飛航資料處理	<ul style="list-style-type: none"> •飛航資料處理 	<ul style="list-style-type: none"> •飛航資料處理 •整合管制員/飛行員資料鏈路通訊 •整合離場前許可頒發 •整合飛航服務跨區資料通訊
安全資料處理	<ul style="list-style-type: none"> •最低安全高度警示 •空中碰撞警示 •空域保護 	<ul style="list-style-type: none"> •最低安全高度警示 •空中碰撞警示 •空域保護 •長期空中碰撞預警
飛航管理	<ul style="list-style-type: none"> •無 	<ul style="list-style-type: none"> •空域管理 •航空交通流量管理

圖 5-28：飛航管理基礎建設之技術趨勢

我國應結合我國現行具體情況，制定我國的發展方向和規劃，採平行漸進之方式推動執行，使我國飛航管理事業不斷發展，提供更安全、有序及迅速的飛航服務。其因應策略包含下列各點：

1. 將現有六個管制中心整合為一～三個飛航管制中心
2. 以新的飛航管理系統取代現有飛航管制系統，並且提供下列功能
 - 開放式軟體及硬體架構
 - 雷達、自動監視(擴播)等監視資料整合處理(SDP)
 - 碰撞預測(CP)、數據鏈路等飛航資料整合處理(FDP)
 - 國內航班之飛航流量管理(ATFM)
3. 檢視重整台北飛航情報區之空域結構、航路劃分、規劃管制席位以充分利用空域資源。
4. 規劃飛行流量管理控制系統，以控制和管理台北飛航情報區的飛行流量分配。

5.5 參考文獻

- [5-1] Air Traffic Management Strategy for the Years 2000+, EuroControl,
- [5-2] CENTRAL FLOW MANAGEMENT UNIT, EATMP
- [5-3] EATCHIP Doc. FCO.ET1.ST07.DEL01, 1999
- [5-4] EuroControl Airspace Strategy for the ECAC states, 2001
- [5-5] FAA, “NAS Architecture 4.0”, 1999.
- [5-6] FAA, “Blueprint for NAS Modernization”, 1999.
- [5-7] Michael S. Nolan , *Fundamentals of Air Traffic Control*, Second Edition, Wadsworth Publishing company, 1994.
- [5-8] ODP Strategy Document Volume 1,EATMP 1999
- [5-9] TRW, “National Airspace System (NAS) Modernization- The Simplified NAS Infrastructure”, 2000.
- [5-10] <http://www.EuroControl.be/>
- [5-11] <http://www.EuroControl.fr/>
- [5-12] <http://www.eur-rvsm.com/>
- [5-13] <http://www.medfreeflight.com/>
- [5-14] 交通部民用航空局,“表 5 台閩地區民航運輸各機場營運量—按機場分(月

- 資料),” 民航統計手冊 2002, 民國九十一年。
- [5-15] Mitre Corporation, “台北飛航情報區飛航管制系統作業及需求現況分析報告,” CNS/ATM 十五年規劃案, 民國八十七年。
- [5-16] 交通部民用航空局, “台北飛航情報區通訊、導航、監視與飛航管理 (CNS/ATM) 飛展建置計畫書(第一次修訂),” 民國九十一年。
- [5-17] 交通部民用航空局全球資訊網, <http://www.caa.gov.tw/io/flightserve3.htm>。
- [5-18] AIRSYS ATM, ““Reuse experience in the Air Traffic Control Domain,” ERW’97 Experience session 3。
- [5-19] 交通部民用航空局, “民航政策白皮書,” 民國八十八年。
- [5-20] 交通部民用航空局飛航服務總台全球資訊網, <http://www.anws.gov.tw/>。
- [5-21] 中國民用航空資訊網, <http://caet.caac.cn.net/>。
- [5-22] 日本國土交通省資訊網, <http://www.mlit.go.jp>。