

出國報告（出國類別：進修）

「基於性能導航之空域設計」
出國報告書

服務機關： 民用航空局

姓名職稱： 邢仁杰技士

派赴國家： 新加坡

出國期間： 103/10/26~103/11/8

報告日期： 104/1/26

目錄

一、	目的	2
二、	過程	2
三、	課程內容概述	6
四、	心得	14
五、	建議事項	22

一、 目的

民用航空局為提供優質飛航服務，積極配合國際民航組織(ICAO)所倡議之性能導航(PBN)策略，已逐步運用 PBN 技術提供相關飛航服務以期解決民航業者受限於傳統導航性能之限制而無法克服之安全議題及額外成本支出。然而航空業界同時也面臨技術發展的速度遠快於相對應的法規修訂的速度所帶來的挑戰，運用 PBN 技術必須是在已確認整體環境及實質規劃內容之配套措施都已符合原先開始規劃時所訂下的前提後才能安全地使用，如何修訂法規以確保這些作業前提在正式運用新技術前都已經到位反而成為現階段落實 PBN 概念的最大議題。有鑑於此，民航局除持續編列訓練預算派員參加 PBN 技術層面之訓練並已開始辦理本區未來空域規劃之研究，亦派員出國學習國外空域規劃層次之知識，以期在不久的將來可以達成優化本區空域，增進本區民航業者競爭力的目的，同時也在規劃過程中一併考量為軍方飛航所需並提出相關建議與適切之規劃，以求得雙贏局面。

二、 過程

(一) 行程紀要

2014/10/26	搭乘中華航空班機由台北前往新加坡
2014/10/27 ~ 11/7	於新加坡民航學院參加訓練課程
2014/11/8	搭乘中華航空班機返回台北

(二) 課綱摘要及新加坡民航學院基本環境介紹

1、 課綱摘要

- (1) 飛航業界目前的挑戰
- (2) 空域
- (3) 導航
- (4) 流量管理
- (5) 通訊
- (6) 軍方空域
- (7) 導航
- (8) 監視
- (9) 機場
- (10) PBN 對資料之需求
- (11) PBN 到底是什麼
- (12) 環境考量

- (13) 從駕駛艙的觀點看 PBN
- (14) 無人航空器
- (15) 導航性能規格概述
- (16) 導航基礎設施(陸基與星基)
- (17) 人為因素
- (18) 空域概念
- (19) 最後進場階段之導航性能規格
- (20) ICAO ASBU 簡介
- (21) PBN 空域設計流程
- (22) 分組設計實作演練

2、 新加坡民航學院環境介紹

新加坡民航學院成立於 1958 年，位於新加坡樟宜機場西北角樟宜村附近，距市中心約 15 公里，建物包含最主要的行政及教學大樓(含航管及消防模擬器等)，以及支援設施與新加坡民航局之考試大樓、健身房、泳池(主要作為消防救援及水上訓練之用)，同時也包含新加坡航管訓練之塔臺與雷達模擬教室。新加坡民航學院雖緊鄰機場，但與航空站並不相連，交通方面除學院門口有公車站牌，亦靠近樟宜村公車總站，交通尚屬方便，惟如需搭乘捷運，因距最近之捷運站尚有約 5 公里，需先搭乘公車或計程車轉乘。新加坡天氣大致與臺灣夏季相近，午後常有雷陣雨，無明顯四季區但稍有乾季/雨季差異，在此不再贅述。



新加坡民航學院外觀

新加坡民航學院目前主要提供四大類別課程：航空管理、航空安全與保安、飛航服務，以及機場消防等四類。本次所參加課程屬於飛航服務類別。民航學院師資除新加坡本地公務訓練(含管制員訓練)主要由新加坡現職人員擔任講師外，其他國際課程則大多採外聘國際知名講座方式辦理。

本次課程主要講師有兩位：Alex Hendriks 及 Dr. Roland Rawlings。Alex Hendriks 為航管背景，過去曾任職 Eurocontrol 之 ATM 策略部門副主管，也曾擔任國際航管協會(IFATCA)執行委員會委員以及歐洲、中東、非洲與美洲航管協會會長，目前自行成立一家空域規劃顧問公司。而 Roland Rawlings 過去主要工作經歷是在導航技術領域，過去雖任職於英國政府單位，但實際工作主要是為 Eurocontrol 發展各種導航技術，資歷達 26 年，也曾協助 ICAO 發展 PBN 概念(包含 4D 進場的概念等)，並實際參與近期 CDO/CDO manual 等文件的撰寫。另外在第二週的課程中，也邀請了新加坡民航局飛航服務組(Air Traffic Services Division)的飛航管理作業規劃部門(ATM Ops Planning，主管 PBN 執行、儀航程序設計及 AIP 發布等業務)負責人 Hermizan Jumari 先生講述新加坡 CNS/ATM 推動經驗、PBN 執行計畫以及新加坡飛航服務空域規劃的相關心得。Hermizan Jumari 先生也是航管背景。綜合以上講師背景，本次課程並非僅單純講述 ICAO 及 Eurocontrol 對空域規劃的簡介或文件講解，而是將文件原始撰寫的目的併說明，使學員對空域規劃、PBN 空域概念以及各相關領域間及技術規範的銜接與實務作業面等有全面性的了解。

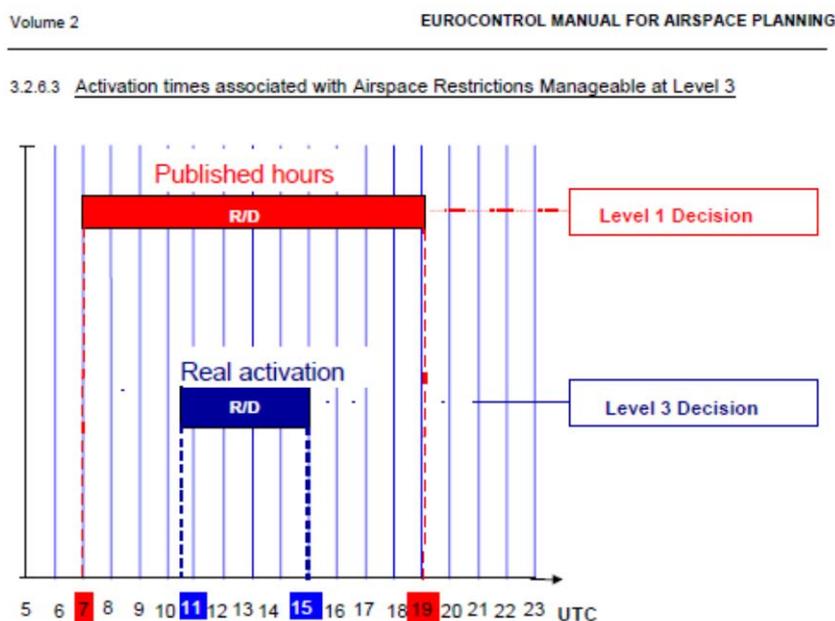


課程進行狀況

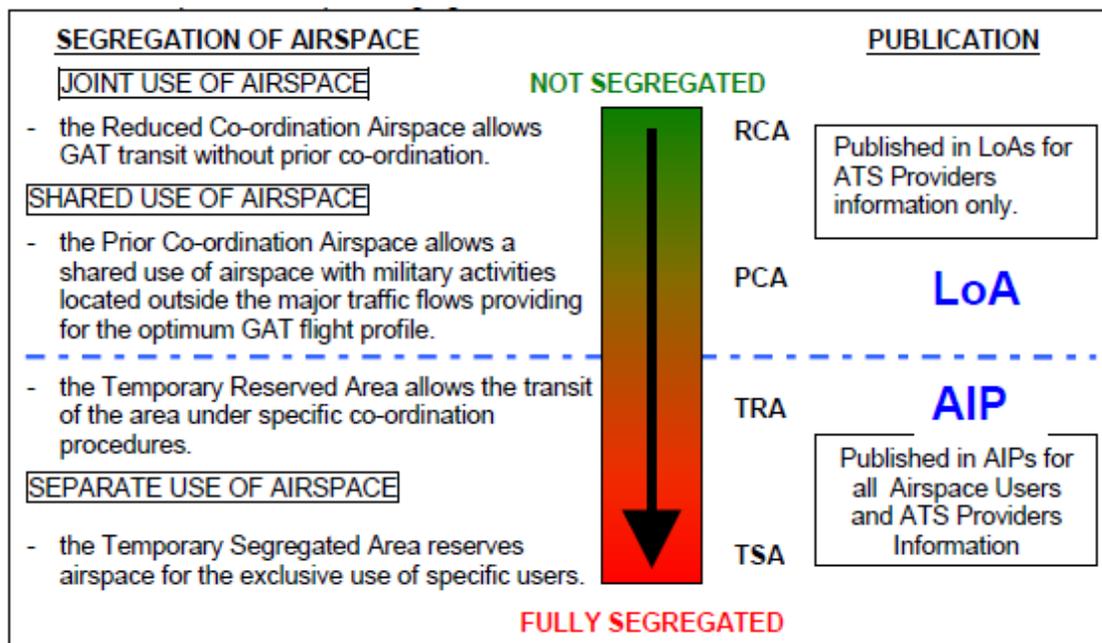
三、 課程內容概述

(一) 空域基本概念的轉變

講師在本課程強調最重要的一件事就是對空域的概念及作法需要與時並進，隨著航空業各種新技術與運用不斷被發明，空域概念本身(包含運用方式、各種配套法規等)也需要隨之調整。舉個最明顯的例子來說，例如為求空域效率最大化，未來航管系統可能需要具備納彈性空域概念的能力，以避免規劃了空域(或空域之關閉)卻沒有實際運用。依照現行空域權責概念，一旦發布飛航公告關閉後，除非時間已到或提早發布取消公告外，未獲授權的單位都無法使用，原則上沒有臨時協調的機制；然而從實務面檢討，幾乎不太可能真正全部關閉空域時段都被用盡，大多僅使用了全部時段的一部分。另一方面，如果要把使用時段分成幾個段落，中間空檔採協調使用充分運用，則又牽涉到限航區或訓練空域等飛越之協調以及新協調機制的建立等，此類問題在未來空域規劃作業時都必須拋棄傳統空域權責區分的觀念，以務實的方式檢視目前有哪些新的技術解決方案可支援新的運用方式，並檢討當前法規面的限制是否合宜或需要保留，才能以整體方式將空域效率最大化。



空域關閉時段經常並非完全運用-摘自 Eurocontrol 空域規劃手冊

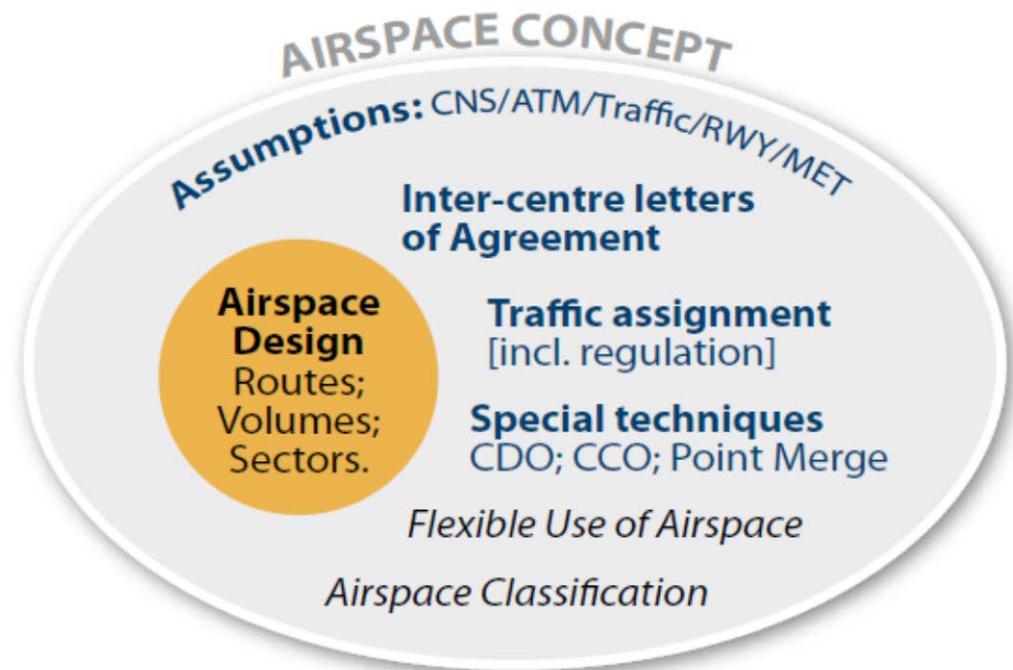


不同需求的空域運用可採共用到完全隔離以及配套措施以達成不同運用模式-摘自 Eurocontrol 空域規劃手冊

此外，由於未來解決空域問題幾乎都是依賴 PBN 技術 (包含 PBN 空域概念下的 CNS/ATM 等各分支) 規劃出最佳路徑及空域使用模式，如果航機性能與飛航服務面無法配合，很可能產生航情無法完全轉移至新航路、新程序的混合作業狀態，並可能將使整體效率無法達到原先預期，甚至可能反而造成工作量增加，此時若貿然實施空域改變，恐將增加飛安顧慮，故未來的空域規劃絕非單純只是規劃新航路與新程序。換個方式來說，在 PBN 空域概念下，PBN 導航技術應用只是 PBN 作業的底層基礎之一，過去常誤以為實施 PBN 技術解決方案(PBN 程序)就是 PBN 作業的全部，後續也在各小節中持續說明，以 PBN 技術解決特定空域的問題時，需要其他領域的共同合作。

(二) 未來的空域概念需要跨領域整合

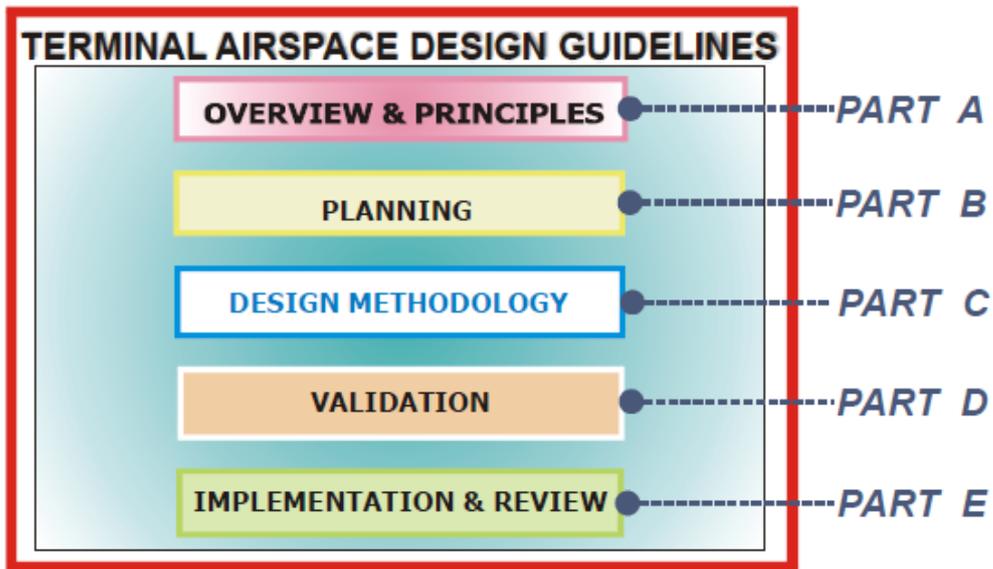
傳統上對民航而言，空域是為了飛航服務的需要而存在。另一方面，軍方空域則通常被視為神聖不可侵犯，國防安全永遠是最高原則，不可能調整也沒有協調的空間。未來空域規劃則是為了要滿足新的需求(或需求的成長，但未必單純只是民航的需求，也可能同時包含了國家整體競爭力之考量)，利用新的技術解決既有的限制或困難點。由下圖(摘自 Eurocontrol 之 European Airspace Concept Handbook for PBN Implementation/歐洲 PBN 空域概念手冊)可知，為了滿足某種空域的概念，需要先將各種領域結合，整合運用各種技術達成某種空域設計成果。這樣的架構也就是所謂 PBN 空域概念的架構，需要各領域的各種“關鍵推動要素”(enablers)配合。相關關鍵推動要素的概念也會在後續章節加以說明。



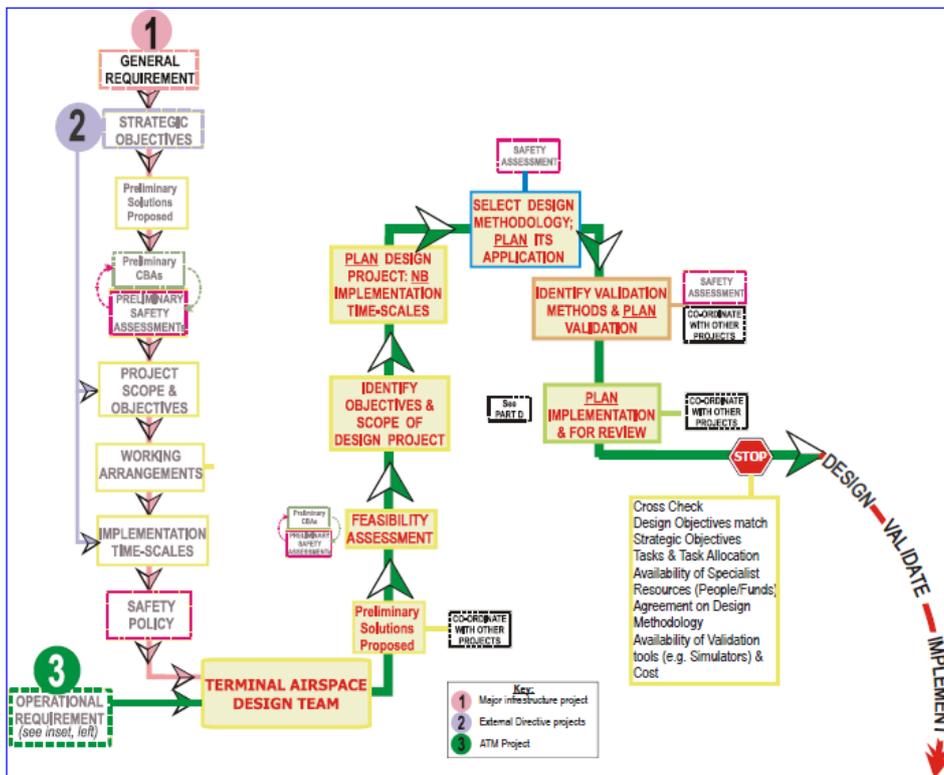
由上圖也可看出，關鍵推動要素可能是在於法規面有無鬆綁，飛航服務系統是否具備支援特定作業的功能，跑道是否為相對應服務等級，甚至於空域大小劃分及分類是否當等等，不見得只在於 PBN 技術本身，甚至於 CNS/ATM 都只是其中一小部分。因此，從空域概念的層級出發，可以整體性地處理作業層級的需求，但是所涉及的工作不但範圍很廣泛，其下的作業細節要都要顧及，最終才能達成在空域概念層級所訂的目標。

(三) 空域規劃建議步驟

Eurocontrol 在其 2003 年所發布的空域規劃手冊(Manual for Airspace Planning)對於推動終端空域規劃提出 5 階段之建議劃分方式，分別為檢視期(Overview)、計畫期(Plan)、設計期(Design)、驗證期(Validate)以及推動期(Implement)5 階段



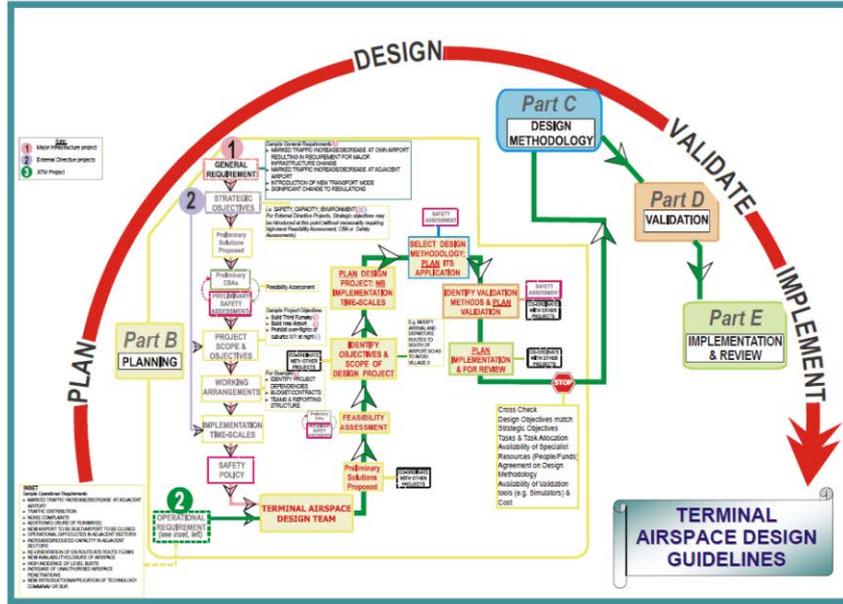
第 1 階段檢視期主要為確立該次計畫之整體推動原則，例如安全議題方面需要維持的法規符合性以及安全風險評估、作業方面的需求為何、國家政策面的考量(例如環保等)所造成的影響、如何藉由不同單位合作達成該次計畫、空域規劃的連續與完備性議題及整體方法論等，並且初步擬訂整個計劃的時程安排。第 1 及第 2 階段其實並不容易區分其界線，相關作業內容及與後續階段之連結示意圖如下：



摘自 Eurocontrol 空域規劃手冊

Eurocontrol 為了讓相關單位都能清楚了解各階段應辦理工作，後續第 2、3、4、5 階段在空域規劃手冊提供了相關示意圖，手冊中也將各階段建議應辦理項目及流程完整說明，示意圖摘錄如下，在此就不再佔用篇幅細部說明。

EUROCONTROL MANUAL FOR AIRSPACE PLANNING - Volume 2 - Section 5
Terminal Airspace Design Guidelines - Appendices
APPENDIX 1: PROJECT PLANNING OVERVIEW



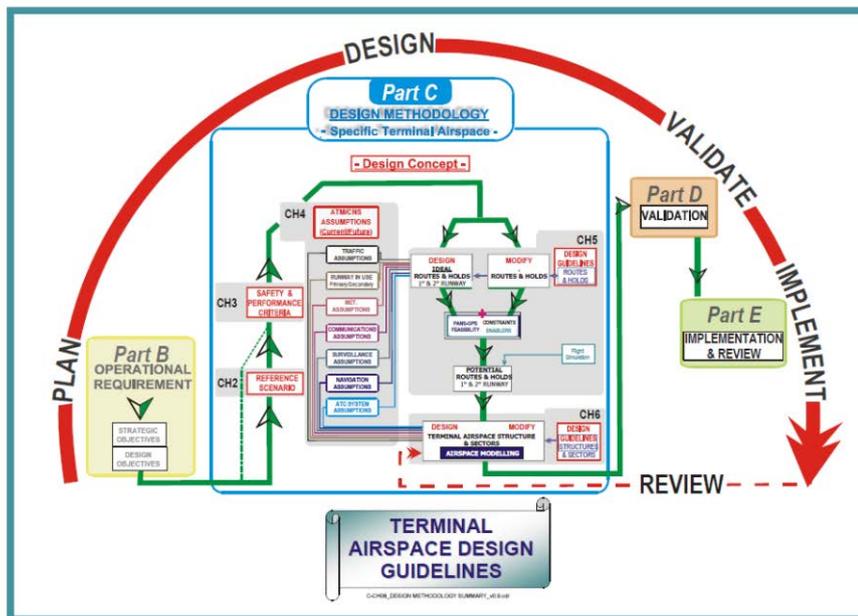
Edition 2.0
Amendment 1 - 17/01/05

Released Issue

Appendix 1 Page 1/1

計畫期示意

EUROCONTROL MANUAL FOR AIRSPACE PLANNING - Volume 2 - Section 5
Terminal Airspace Design Guidelines - Appendices
APPENDIX 2: DESIGN METHODOLOGY

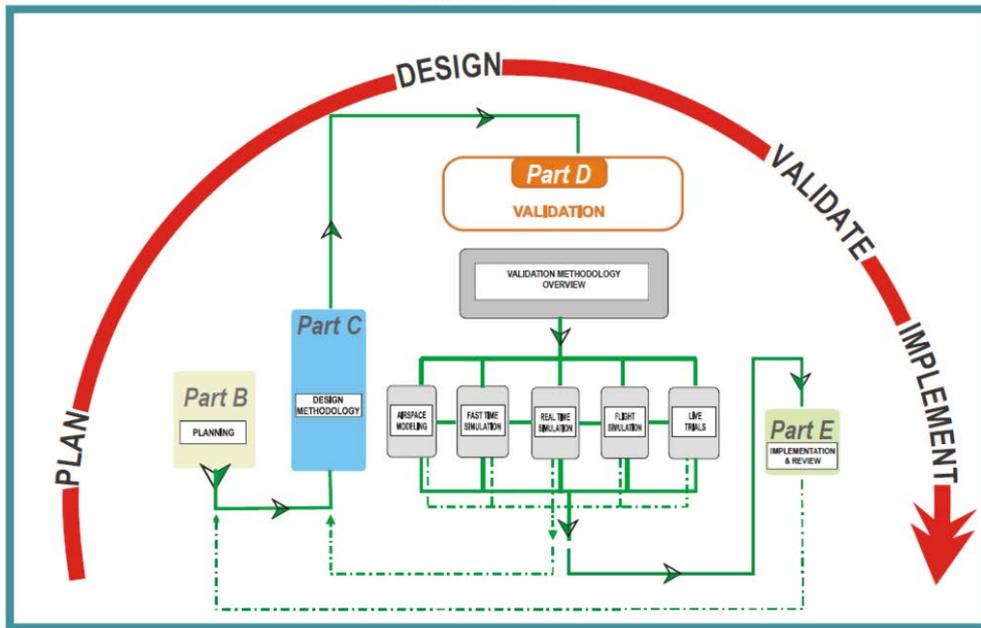


Edition 2.0
Amendment 1 - 17/01/05

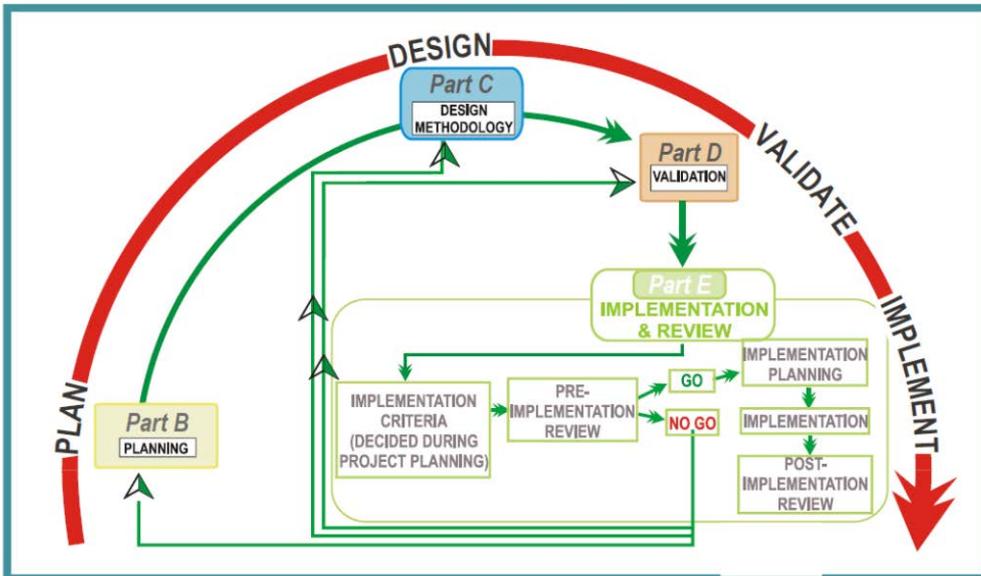
Released Issue

Appendix 2 Page 1/1

設計期示意



驗證期示意



推動期示意



前述各階段主要工作項目摘要示意

除上述示意圖外，Eurocontrol 也很仔細的把前述各階段內的主要工作與活動轉化為表格方式，並且預留填寫需時間，不但作第 1 階段規劃時使用，也可作為後續時程控管的依據。對於有意採用 Eurocontrol 文件作為空域規劃指導文件的國家，相關人員都可以很容易的將其轉化為實際運用的國內版本。

Attachment 1: SAMPLE PROJECT PLANNING ESTIMATION

European PBN Implementation Handbook for Airspace Planners Activities 1 to 17 with critical milestones				
ACT	(to be read from bottom-up)	No of Days	Key Dates dd/mm/yy (latest)	Notes
17	Post Implementation Review (e.g. 6 months after project implementation)		05/08/2014	
16	Implementation of Airspace Change (Match AIRAC Cycle date)		06/02/2014	<< Enter INTENDED Implementation Date here (Must match AIRAC Cycle Date)
	Additional working day buffer to allow for unforeseen delays (±10% of total)	56	12/12/2013	
14-15	ATC System Integration - Write up LoAs - Awareness and Training	56	17/10/2013	
	GO: No-Go Decision	10	07/10/2013	
12+13a +13b	Procedure Design, Ground & Flight and Validation & Flight Inspection + 56 day (1) AIRAC cycles - ATC Training ‡	90	09/07/2013	‡ Separate no. of days not calculated for ATC Training; Above shows that this would occur at the same time as PANS-CPS procedure design or during 56 day final AIRAC cycle
11	Airspace Concept Validation by Real-Time Simulation (Preparation and Runs) †	100	31/03/2013	† Assumes availability of FTS and/or RTS simulator slots, and required specialists & ATCos/pseudo pilots available
11	Airspace Concept Validation by Fast-Time Simulation (Preparation and runs) †	70	20/01/2013	
10	Confirmation of ICAO Navigation Specification	2	18/01/2013	
6-9	Finalise Airspace Design & CBA - Iteration	5	13/01/2013	
9	Airspace Design: Volumes and Sectors	5	08/01/2013	
7	2nd Iteration: Airspace Design - Routes and Holds	5	03/01/2013	
	Public Consultation with Airspace Users and other stakeholders & Comment Review	90	05/10/2012	
	Environmental Impact Assessment	50	16/08/2012	
8	Initial Procedure Design	5	11/08/2012	
7	1st Iteration: Airspace Design - Routes and Holds	10	01/08/2012	
6	Cost Benefit Analysis - fleet, Infrastructure etc.	25	07/07/2012	
6	Data collection and agreement on CNS/ATM assumptions Incl. Fleet capability; traffic sample etc.	5	27/07/2012	
5	Select Safety Criteria; Determine Performance Criteria and understand Safety Policy Considerations	10	17/07/2012	
4	Analyse Reference Scenario (Incl. Data collection of full ATM operations and critical review of current operations)	20	27/06/2012	
1-3	Agree Operational Requirement; Project Planning; Create Airspace Design Team; Agree Project Objectives and Scope	10	17/06/2012	<< This is the latest project start date
	Total number of working days required for the PBN Implementation Project	624		
Pre-Start	Public Awareness and Concept Consultation with preliminary Environmental Impact Assessment and Benefits Case	180	20/12/2011	This start date for formal consultation would be decided outside the project, but would influence the project start date in green, above.
	Total number of working days needed including public consultation	804		Includes the number of days needed for public consultation, if appropriate

四、心得

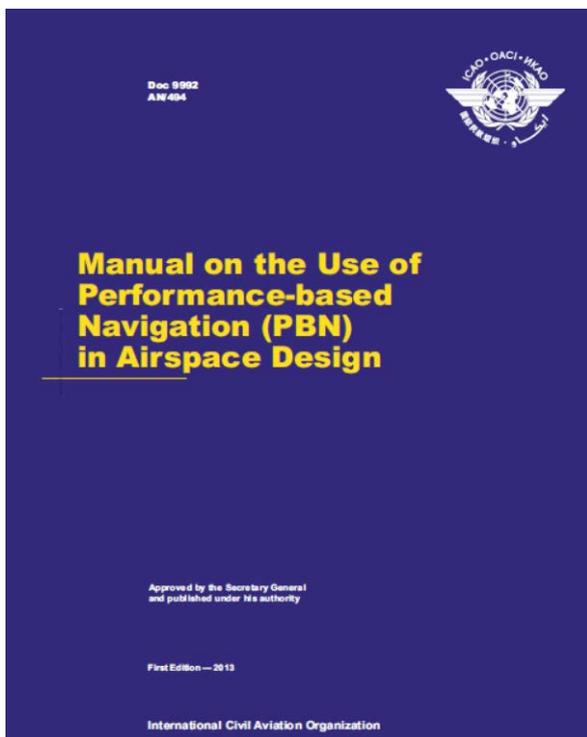
(一) ICAO 規範屬性之演進與各國推動法制化作業之考量

在進入本次課程主題空域規劃心得分享之前，首先要先對 ICAO 近期多個文件的性質及 ICAO 與歐洲國家在空域及法規架構作最基本的介紹，否則後續落實在空域規劃時會發覺相關文件難以使用。ICAO 過去運作模式大致與美國 FAA 恰為兩大極端，ICAO 因主導國主要是歐洲諸國，故主要致力於協調歐洲區域內各國間跨國境飛航作業規範的一致性，其規範之本質亦較偏向會員國間的作業建議或指導性質，各國再依據現實情況及自身需求，各自制訂適合之國內法來要求相關業者配合(內容細節及推動期程亦可能有差異)；但 FAA 因其本質主要偏向政府部門，且相關法規幾乎全面適用於北美及墨西哥灣整片空域，管轄權(或提供飛航服務之單位)基本上也都是屬於 FAA 本身及下屬機關，故其各種技術文件大致均有具法律效力之上位文件可供依附，可直接當成法規運用，不管對機關內部或對外均無須另外授予法律效力，也不太需要考慮區域性差異(阿拉斯加及墨西哥灣少部分區域除外)。由於我國政策上已朝向符合 ICAO 規範推動，故前揭特性差異就宜參考歐洲諸國作法，就擬引用之規範原始撰寫目的及其意義，自行制訂具法律效力的國內規定，方能對業界產生拘束力(例如明文規定在某個時間點之後，如要實施某種飛航作業，航機強制必須具備符合某種技術規格認證、組員需完成某些項目的訓練或考核等)，才能在特定 PBN 技術開始使用前確保必要之前提(關鍵推動要素)均已完備，才能確保作業之安全。

過去歐洲地區較廣為人知的航空規範大致是由 JAA(Joint Aviation Authorities)發布，但 JAA 本質上是各國民航主管機關的集合，實務上並不太可能由跨國組織去核定各國國內作業；在 2009 年以後，JAA 已經由 EASA(European Aviation Safety Agency)取代，法規及實際執行事宜則已回歸各國主管機關負責，相關技術認證才由 EASA 辦理。在此同時，ICAO 過去文件撰寫時常參考 JAA 資料，近來也開始轉變為參考 Eurocontrol 或 EASA 所發布的指導文件，可以看出前述歐洲各國因應國際性組織架構與國內法源及法律效力的需求所造成的影響。

回到本次課程主題空域規劃部分，ICAO 對於 PBN 空域規劃其實直到最近才有較明確的指導文件(2013 年才頒布 9992 號文件-PBN 空域規劃手冊)，但 PBN 空域概念(airspace concept)本身在 ICAO 第 9613 號文件-PBN 手冊早已出現。PBN 手冊早年稱為 RNP 手冊，第一版早在 1994 年便已公布，當年就已納入 PBN 空域的概念，RNP 手冊後來更名為 PBN 手冊，以便把各種 PBN 技術都納入規範，然而 ICAO 即便到了 2014 年的 PBN 手冊第 4 版第 1 次勘誤仍然沒有針對如何逐步落實 PBN 空域概念提供參考資料，而是另外以前述 9992 號文件單獨闡述。細究 ICAO 9992 號文件，不論架構與內容，其實幾乎與前面所提到的 Eurocontrol 於 2003 年所發布的歐洲 PBN 空域概念手冊相同，性質也是偏向所謂指導文件，而非過去大家對 ICAO 文件一律當成標準與建議 (Standard and

Recommendations/SARPs)。從 1994 到 2014 長達 20 年的時間，各國可說是各自解讀落實空域規劃的相關規定與作法。在此也要提到，文前所提到的 Eurocontrol 所發布的空域規劃手冊在第 2 卷第 2 部飛航服務空域分類原則中也明確指出，歐洲各國對於 ICAO 所提出的規定在各國的需求不同的情況下常有不同解讀，如該國法規與實際作法與 ICAO 之標準與建議不同時則會通知 ICAO 相關差異，這也呼應了前述的國內法化需求以及近期空域規劃文件主要為指導文件的性質。



European Airspace Concept Handbook
for PBN Implementation



不論 ICAO 9992 號文件或 Eurocontrol 歐洲 PBN 空域概念手冊，都對 PBN 空域概念分成兩個層次，最上層是導航應用，用來處理或解決過去傳統助導航技術所不能克服容量、效率、操作限制等問題，為了處理上述問題，需要在下層的導航規格及相應的助航基礎設施兩個分支提出配套的關鍵推動要素(enablers)



有了以上對於 PBN 空域概念的認知以及 ICAO 相關規範的性質，後續才能正確地識別特定空域中所面臨的課題、國內的需求以及各關鍵推動要素，並規劃出適當的策略以為因應。

(二) 國內航空業者與其他空域使用者及其他需求調和

我國民航局本身的角色除了督導飛航服務單位及監督民航飛安之外，更重要的一個角色是規劃民航政策，並協調航空業者與其他空域使用者共同提升整體飛航效率，其中也包含了軍民航以及其他空域使用者，例如超輕與無人載具使用者。此外，飛航所需也不是無限上綱，環保因素等也是考量的一環。依照行政程序法的概念，本局主要業務基本上屬性為秩序行政，也就是辦理公益與私利之調和，公部門間的協調也是需要考量的因素之一。未來在辦理空域規劃時，各參與者都有可能是關鍵推動要素的業管，但整體利益不見得

落在完成關鍵推動要素的業管單位，例如某家航空公司的航機具備某種導航能力因而請求新的儀航程序或航路，的確可以解決某塊空域中的噪音問題，對該公司也可減少飛行距離，但關鍵推動要素可能是於飛航服務單位是否具有必要的監視能力，就算是飛航服務單位願意增加監視能力，推動後，不但飛航服務單位可能沒有實質獲益，是否會因為不同能力機種混合而增加工作量、軍方空域是否因而受到影響等等，也都必須以整體方式考量。如何在調和與協調過程中說服各單位朝共同目標前進，將會是未來推動空域規畫作業時的一大課題。

(三) 利用 PBN 技術落實 PBN 空域概念(空域調整)須要所有參與者都已完全準備好

過去空域的存在主要是為了管制作業便利或是軍事需求所設立，未來利用 PBN 技術或 PBN 空域概念進行空域規劃與改變，一定是基於特定的需求、利用特定的技術、投入必要的資源以便運用該技術解決前述的特定需求。因此，所有相關實施者都要明確了解自身的角色、需要配合的工項與必須投入的資源(包含時間)，並清楚知道評量的準則為何，以便依照最初的規劃如期如質完成。歐洲從美國學到最大的經驗就是即便參與者在規劃過程中不斷回報沒問題，直到最後一刻仍有無法預知的狀況的例子，並使得參與者回報需要暫停。歐洲也曾發生過，在某個航路已經公告並等待正式生效的前兩個星期，各航空公司才驚覺有無法配合事項，在兩星期的期間內，臨時成立一個專門發特殊授權免責證明的單位，發出數千張臨時性證明的前例。

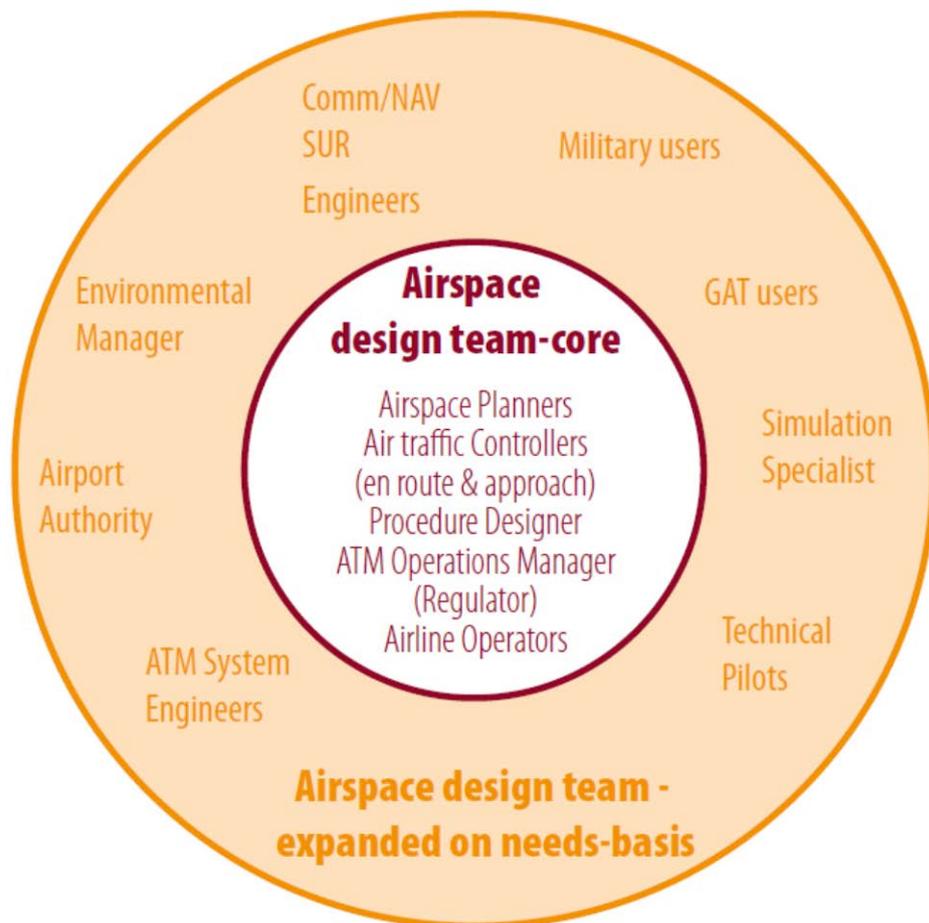
(四) 其他事項

1、 空域調整須要全職團隊投入，但應避免航管主導

本次課程的第二週大部分時間是在受指導的情況下，由學員扮演空域規畫可能涉及各種角色，就講師所給定之條件分組模擬 Eurocontrol 及 ICAO 對空域規劃所建議的 16 個階段，講師會在進行前先行重點提示與第一週課程相關之理論，並於完成模擬討論後，由學員進行成果報告並進行交叉詢問，再由講師做最後講解。由演練中得知，如果參與空域規劃改變的核心團隊無法全職投入，規畫成果有很大機會遺漏重要事項，或是漏了蒐集重要使用者意見，而使得規畫成果實施前最後一刻必須喊停的後果。由於規劃核心團隊通常無法納入所有相關推動者，一定有一些單位屬於較外圍的層級，經由老師分享經驗，核心團隊不但要專職承辦空域業務，還要每週召開會議。

另一方面，核心團隊也無法獨力完成所有業務，有些技術性工作也需要

相關專家參與協助，例如工程背景的統計專家、資料處理專家等，才能順利處理資料蒐集、模式與基線建立等技術性的業務。而且講師也分享經驗，由作業概念(operation concept)的角度而言，航管通常處於較保守的一方，工程界提出的新技術、新建議，航管常以安全尚未確認作為理由不願接受改變。倘若規劃團隊主要成員為航管背景，且主導團隊的運作，時間一長將造成技術人員因無法說服航管接受改變而逐漸離開，未來團隊要能有效控管原先所設定的目標就會變得更困難。有鑑於此，新加坡除 PBN 實施計畫由航管人員主導外，另外對於 ASBU 等較偏未來性的規劃作業另外成立航管與其他領域專家混合的辦公室負責辦理，航管人數在該辦公室並非最多數，等於強迫各領域人力必須團隊合作與折衷，才能達成共同的工作目標。

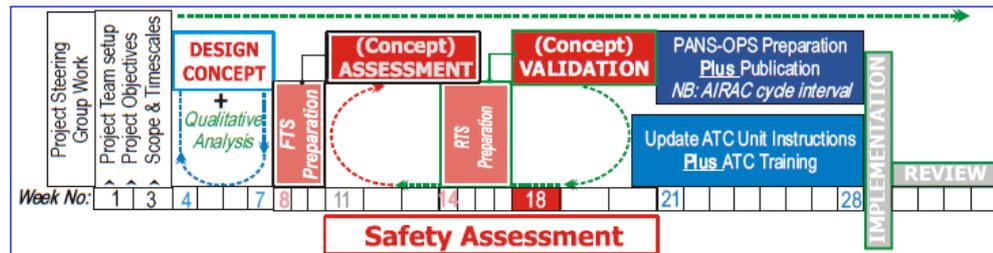


空域設計團隊組成之建議成員

在此也要強調，不論是 ICAO 空域規劃手冊或是 Eurocontrol 空域規劃相關文件，對於組成空域設計團隊的時間點都在前述第 2 階段計劃期前就要將相關單位納入，而非等到推動時才邀集相關單位，否則等到開始推動才邀集，有可能發生未參與先期規劃的單位反對原先規劃成果，造成先前的努力與投資浪費，也造成整體計劃期程延宕。

2、 實際空域調整須專業且適當職位之計畫管理人

由本課程的實際演練得知，空域調整涉及數十個單位間的協調，且各階段都有基本作業原則/需求建立及檢視作業，如何於原則/需求建立時均衡各方意見，並檢視時獲致真實的評估結果有賴於計畫管理人的協調能力。



空域規劃作業階段示意圖

在演練中同學也發現，如果計畫管理人協調能力不足，很可能團隊會各自堅持己見，也可能強勢單位壓過其他單位意見。在後續建議事項中也會說明計畫管理人的重要性。

3、 未來空域調整勢必需要較長準備期並藉助專業顧問協助

未來空域規劃或調整不但因為比過去涉及更多專業領域平行運作，同時也牽涉到國際規範的配套修訂。文前已提到，ICAO 空域規劃的指導文件 9992 號文件是在 PBN 概念出現 20 年後才正式發布。在過去 ICAO 及 Eurocontrol 尚未提出空域如何規劃的指導文件之前，因空域涉及之協調事宜大多屬政府主管機關層級，實務上世界各國大多採行政機關主導方式辦理，不但自行培訓相關人力，同時亦與專業顧問機構合作引入業界專業，例如美國 FAA 即為此模式，與數個顧問公司長期合作。然而 FAA 已從事空域優化的研究相當久，在其研究發展的過程中，也發現到空域規劃不能單靠 RNAV 或 PBN 技術以劃設 PBN 航路或儀航程序解決。在提出 PBN 航路或儀航程序也要提出配套的機載裝備、雷達、通訊甚至場站設施等支援項目，ICAO 也體認到跨領域規範整合的整體思考需求，因而參考 Eurocontrol 的指導文件而頒布了 9992 號文件。

進一步說明，隨著業界對現有空域提出越來越多的改善需求，技術與工程部門不斷提出新的解決方案，也有部分技術是原本並未預期業界會提出相關議題，單純只是技術發展及可行性評估，後續才發覺可用於處理某些議題。但不論如何，因為 ICAO 已發覺部分新技術對跨領域整合的需求極大，逐漸將必要的準備作為當成關鍵推動要素並納入相關文

件中，例如早期要運用 RNAV 進場程序，只要在飛航指南頒布進場程序圖，沒有太多作業面的規定，所以也不需要太多先期溝通協調及準備作業。但 ICAO 對於推動各種 PBN 導航性能規格所需要的辦理事項，目前已逐步納入 ICAO 9613 號文件 PBN manual 當中，即便我國有權認定 ICAO 規範為指導文件性質，相關需求與協調事宜仍必須正式予以檢視，並提出無需依照 ICAO 建議事項辦理之原因與分析，才能通過外界之檢視。

此外，儀航程序在整體 PBN 空域概念下只是飛航管理 ATM 與 PBN 導航應用連結的一小部分，其他領域或多或少也有關聯性(例如必要之通信與監視規定)，準備作業所需時間就不單只是製作儀航程序或飛航指南發布所需，而是必須就國內法規與業界能力整體檢視後，再提出一套一體適用的解決方案。在 ICAO 已逐漸將指導原則明定於相關文件的情況下，不能再像過去頭痛醫頭、腳痛醫腳的作法。否則未來要再回頭統整出一套原則時會遇到極大的困難，對外說明時也很容易陷入今是昨非的困境。因此，ICAO 早在頒布 PBN 手冊時就已經考慮到 PBN 空域概念，現在更進一步補足如何運用 PBN 空域概念的建議作為。

在目前 ICAO 已經對空域規劃作業提出明確實施細節建議作法的情況下，即便仍依照過去的行政流程辦理空域規劃作業，實不建議自行另闢蹊徑而不採用既存的規範。因而例如跨領域整合及協調、必要的安全管理機制等都需要一定的作業時間來達成，不難僅靠單一行政機關(或部門)內部簽呈作業完成相關儀航程序及航路頒布使用所有相關事宜，連帶著整體作業期程也勢必會需要延長。

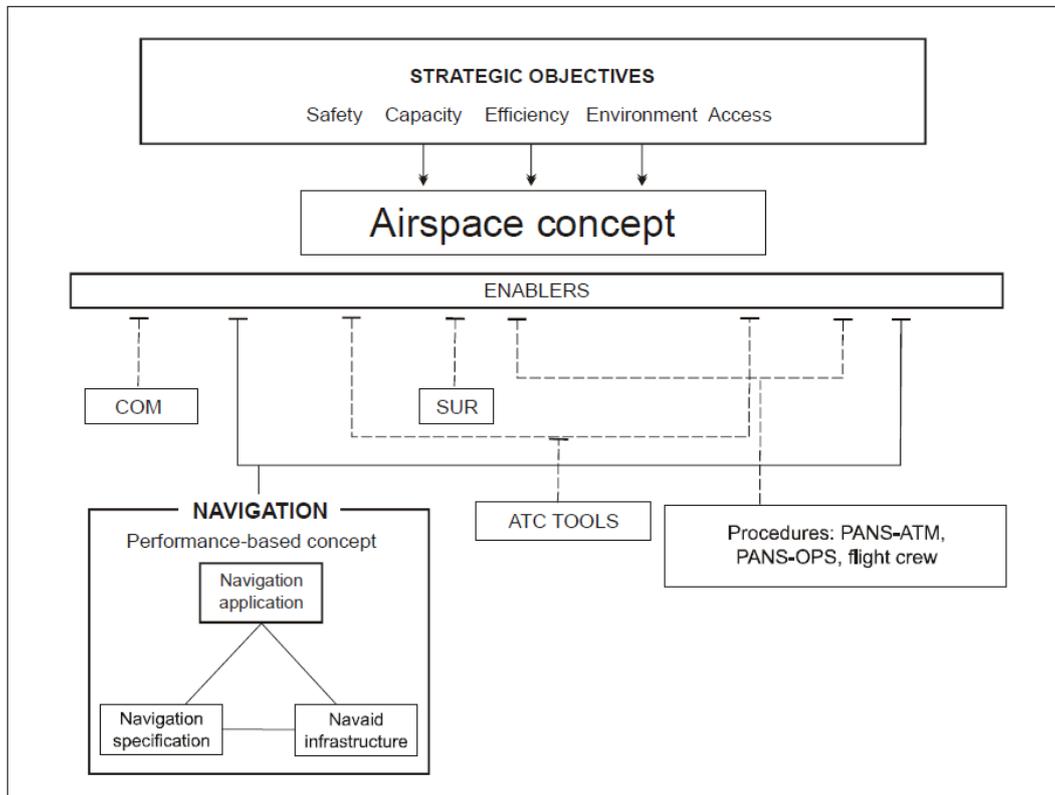


Figure I-A-2-2. Relationship: PBN and airspace concept

PBN 與空域概念關係示意圖-摘自 ICAO PBN manual

另一方面，未來的空域規劃作業牽涉到許多事前評估，各單位也可能有內部的評估需求，相關的專業評估也需要專業人力與工具。一般而言，是否自行培訓專業人力並建置相關評估工具，一方面要考慮必要性與成本，另一方面也要考慮使用率及效益。以儀航程序設計而言，例行需求可說相當高，培養自有人力並建置相關評估工具在平時的使用率就很高，但對空域或跑道容量評估這部分，基本上在外在條件沒有大幅變更(下一次的空域重新規劃或新設置一條跑道)的情況下，相關評估結果不太會有很大的變動。這些領域是否需要自行培訓專業人力並建置相關評估工具就值得考慮。更重要的是，相關人員也要經常執行相關業務，技術才會熟練。在此情況下，除重要核心技術需要自行培養人力並建置評估能力外，委外尋求專業顧問人力協助不失為一個值得考慮的方案，也可以藉此引進不同的想法。

五、 建議事項

(一) 持續培養儀航程序設計人力並增加空域設計素養

本次課程雖然主要講述空域規劃作業，但如細究 ICAO 與 Eurocontrol 最初編寫空域規劃相關文件之初衷，其實是因為各國與各區域早先對於處理特定空域議題所提出的解決方案大多只是從技術面出發(尤其是 PBN 技術的引入)，然而現今航機的性能進步早已使民航飛航從過去區域性 hub to hub 的作業模式進入跨洲際的長程直飛，連帶使全球性飛航規範的需求大增，另一方面運用新技術也需要相對應的操作規範，以確保全球規範的一致性與通用性。綜上，需要有一個全球性的策略將各種技術面的應用納入一個整合的空域概念架構中，以確保不論飛航在哪個地區、運用何種導航技術，均可受到適當的規範並確保達成適當之可接受風險水準(acceptable target level of safety)之最終目的。

本課程進度安排並非直接從空域設計開始，而是從講解 PBN 之空域概念(PBN Airspace concept)、導航性能規格(Navigation Specification)及導航基礎設施(Navigation Infrastructure)等基礎開始，因未來在特定空域中運用特定的導航技術目前基本上是藉由 PBN 儀航程序的手段來達成，講師希望進入實際綜合應用前，學員對各面向相關議題均有一定認識並能提出適合的關鍵推動要素，然後再進入實質設計作業。由課間實際觀察，不具 PBN 儀航程序背景的同學(即便已有超過 15 年的航管背景及傳統儀航程序設計經歷)對於某些運用 PBN 技術處理空域議題的概念在吸收上仍會遇到困難，故未來如有計劃持續擴充我國自行規劃空域之能量，建議仍以選派具有 PBN 儀航程序設計經歷之人員參加本課程為優先，但另一方面，因 PBN 空域運用確實牽涉相當多跨領域整合事宜，故其他領域非儀航程序設計背景的管理階層也同樣建議接受此一課程訓練，以便對整體範疇及空域規劃作業細節有較正確的認知，避免落入傳統上認為規劃只是委外作出研究報告的錯誤認知(歐洲國家也體認到，空域規劃本身就不容易，必須投入大量人力及財力成本，一旦決定啟動空域變革，過程中就要設法確保成果為確實可行，其內容與期程也符合本身能力可及，以避免錯誤決策所帶來的浪費)。

此外，單獨研讀國外規範，本局人力的程度對於掌握操作規定之條文定義並沒有太大困難，但從文字間很難了解到當初文件撰寫的初衷，民航局雖持續派員參加儀航程序設計課程，但目的是為了運用 PBN 技術(導航規格與導航基礎設施)以支持新的 PBN 空域概念與空域設計，最終期望可解決既有空域與儀航程序所遇到的困難。故單獨具有儀航程序設計專長並不足以擔任規劃空域的工作，故同前所述，如本局未來確有持續自行主導空域規劃作業的需求，應提前先培訓足夠人力，才能全面自行辦理空域規劃主要部分。

另外也要補充，本課程期程雖達 2 星期，但實難涵蓋所有空域規劃相關知

識，例如文前所引述之 Eurocontrol 歐洲 PBN 空域概念手冊及空域規劃手冊或 ICAO 近期新頒空域規劃相關文件，有相當多理念及原理原則的細節闡述，在有限的課堂課程中僅能就大項提出討論，有關於相關文件中提到的方法論、規劃原則(planning principles)、促進推動之概念(facilitating concepts)、規劃技巧(planning techniques)等都需要藉由自行延伸閱讀才能吸收到相關知識。

(二) 持續檢討我國法規與國際規範之符合性

我國現行民航法規主要大多參酌國際民航組織 ICAO 之標準與建議 (Standard and Recommendation Practices, SARPs)，然而同前所述，ICAO 法規架構並非完美，也不見得都可以直接引用作為國內法，甚至於現在有很多文件只是作為指導性質，如何考量引用之必要性以及後續轉化為國內法便成為一個很重要的課題。

本局目前對於其他各種國際規範系統(如美國 FAA 相關規定亦有一定國際通用程度)均有定期檢視制度。本局及飛航服務總臺亦均已建立定期查核制度，針對外部符合性進行查核。惟由於我國尚非 ICAO 會員，接收 ICAO 各項資訊的管道受限，ICAO 法規在發布前的草案諮詢通常包含修法精神等說明資料，但到了實際發布時則不會有這些背景資料，故單靠閱讀條文實際上很難全盤掌握 ICAO 法規的原意。自行辦理查核雖可達成形式上的外部符合性要求，但仍需要配合前項建議，持續培訓相關人力並接收最新資訊，才能真正達成隨時維持我國法規與國際規範的一致性，後續辦理符合性查核也才有其效果。

另一方面，本局航管及飛航標準人員大多屬技術人員，並非法律背景，惟本局目前組織架構及權責分工仍主要由各業管單位定期檢視國際規範最新修訂進度，未來在推動 PBN 空域時不但要跨領域合作，同時也可能需要加強法規部門同仁之合作，才能像 FAA 一樣，隨時依據國際規範修訂進度持續檢討並針對技術面制訂出適合且具拘束力的國內法規，讓業界有適當的遵循依據，以滿足各項規劃中關鍵推動要素的需求。

(三) 引入 PBN 新技術與推動新空域規劃應預留足夠的準備期

在文前已提到，未來空域調整因為需要跨領域整合及協調，勢必需要較長準備時間，並且需要藉助專業顧問協助。此外，更需要在計劃、設計、驗證、推動以及檢視等階段均不斷與相關空域使用者持續合作與協商，如跳過或未能重視其中任何一個階段或細節，都可能造成後續推動之阻礙，可能造成計劃時程延宕，並造成所投入的人力與財力浪費。

(四) 研議加強各領域專長及軍民航各層次合作與交流

本次課程兩位講師因過去主要是為 Eurocontrol 工作，有許多實務經驗分享都提到在歐洲反而是軍方主動發覺有許多空域實際上並不是規定之限制時段全時段都要使用，因而提出空域共享的提議，但民方卻多所顧忌(過去歐洲軍民管制間長期互不信任)不願合作。在本課程中，講師也不斷強調，在規劃時儘量不要受制於既存的限制，最好鼓勵各方參與者都平等自由提出跳脫限行框架的想法，後續再研析各種方案的利弊與可行性以及推動所需配套措施，提出完全不一樣的規劃很可能可以超越既存的某些限制，進而使整體利益可以更加最大化。

另外，現階段我國空域協調是透過空中航行委員會機制(屬部會層級的下一層)辦理，然而每季僅召開一次。依照歐洲國家對於 conditional route(CDR)及各種空域協調機制的做法，在類似空委會層級(大約每季一次的頻率)之下但在作業協調層級(日常每日均可協調)之上，可能還需要設置中間層級但連繫頻率更高(約略每個月一次)的協調機制(也可能不只一個層級)，另外也可能需要真正部長級的溝通機制，而不只是授權代表所組成的委員會，但部長級的溝通平台也許辦理頻率更低。依照 ICAO 建議之 PBN 推動期程，我國目前尚屬於推動的中間階段，故可能還要進一步思考，未來在運用 PBN 技術處理空域問題時是否需要參考國外做法加強各領域專長及軍民航各層次合作與交流。

(五) 由適當位階的專業管理人建立空域調整團隊

不論是參考空域規畫手冊等文件或由本次課程後半的模擬演練得知，空域調整需要各領域專家及代表參與，有些是核心，例如空域規劃人員本身、第一線航管人員、程序設計人員、航管作業管理階層、民航主管機關、民航業者，另外有一些是較外圍但並不表示其重要性較低，例如軍方、自用航空器使用者、航情模擬專家、航管系統工程人員、機場代表、環保相關專業人士、通信與監視專家等。但不論由哪個單位發起空域規劃專案，終究需要一個團隊領導人或管理人的角色來綜整協調各項業務。

依照 Eurocontrol 的經驗，空域規劃的核心人力基本上是全職投入該計畫，且固定每週都有會議整合進度，外圍相關實施者至少每個月也會召開會議一次。文前也提到，以新加坡為例，對於 PBN 技術面的推動事宜大多涉及航管及飛航標準與業者的合作，但如涉及整體性及未來性的規劃如 ASBU，則需要綜合考量各方面因素，故 PBN 規劃成果的推動常是由航管或飛航標準相關人員主政，而針對未來長期的整體規劃則避免由航管主導，以免過度放大航管需求而使整體焦點偏離。

另一方面，空域調整本身也並不一定需要由飛航服務相關人員或航管背景負責擔任計畫主要管理人，但需要對各領域都有一定程度的了解。前面也提到，因為這個領導或管理的角色需要來綜整協調各項業務，如果層級與其他單位授權代表層級不能對等，也很容易發生協調無效的結果。故本局後續辦理空域規劃與推動作業時，也需要注意計畫主要管理人的適當人選。