

出國報告（出國類別：實習）

「基於性能導航之空域設計」 出國報告書

服務機關： 交通部民用航空局

姓名職稱： 劉聖義技正

派赴國家： 新加坡

出國期間： 105/11/6~105/11/19

報告日期： 106/2/7

目錄

壹、	目的.....	1
貳、	過程.....	2
參、	學習內容概述.....	3
肆、	心得與建議.....	12

壹、 目的

基於性能導航（Performance Based Navigation，PBN）是國際民航組織（ICAO）在整合各國區域航行（RNAV）和導航性能需求（RNP）運行實踐和技術標準的基礎上，提出的一種新型運行概念。它將飛機先進的機載設備與衛星導航及其他先進技術結合起來，涵蓋了從航路、終端區到進場降落的所有飛行階段，提供了更加精確、安全的飛行方法和更加高效的飛航管理模式。近年來，國際民航組織 ICAO 致力推廣 PBN，於 2007 年 9 月之第 36 屆大會決議要求各會員國及區域組織制定 PBN 實施計畫。我國現雖非其會員國，仍依其決議訂定臺北飛航情報區性能導（PBN）實施計畫。

為持續推動 PBN，需要投入相當之人力，且能充分了解 PBN 空域規劃觀念。本次新加坡民航學院開設基於「性能導航之空域設計」，課程內容主要為 PBN 空域介紹及 PBN 概念（PBN Conception）及空域概念（Airspace Conception），符合本局需求，爰奉派參加本課程。

貳、 過程

本次往返行程及課程安排內容如後

- 一、 105 年 11 月 6 日搭乘中華航空班機由臺北前往新加坡。
- 二、 105 年 11 月 7 日至 18 日於新加坡民航學院參加訓練課程，課程綱要如下：

11 月 7 日	課程介紹、飛航管理系統面臨的挑戰、空域管理簡介、導航
11 月 8 日	流量管理、通訊、軍方空域（空域彈性使用概念）、監視、機場、PBN 對資料之需求
11 月 9 日	什麼是 PBN、環境、駕駛艙觀點、無人機、導航規格概述、
11 月 10 日	陸基及星基導航設施、飛航管理系統之人為因素、什麼是空域概念、最後進場階段性能導航規格
11 月 11 日	ICAO ASBU 簡介、PBN 概論、分組設計實習說明
11 月 14 日	上周重點回顧、空域設計個案研究、分組實習
11 月 15 日	安全及性能規範、離場/到場/等待航線設計、操作概念、分組實習、成果簡報
11 月 16 日	新加坡 CNS/ATM 及空域計劃介紹、空域容量設計、分組實習
11 月 17 日	陸基及星基導航設施、實行及驗證、分組實習
11 月 18 日	成果簡報

- 三、 105 年 11 月 19 日搭乘中華航空班機由新加坡返回臺北。

參、學習內容概述

一、基於性能導航概念（PBN Conception）

基於性能導航（Performance Based Navigation，PBN）是國際民航組織（ICAO）在整合各國區域航行（RNAV）和導航性能需求（RNP）運行和技術標準的基礎上，提出的一種新型運行概念。它將飛機先進的機載設備與衛星導航及其他先進技術結合起來，涵蓋了從航路、終端區到進場降落的所有飛行階段，提供了更加精確、安全的飛行方法和更加高效的飛航管理模式，其較傳統程序具有如下優勢：

- 精確地引導航空器，提高飛行運行安全性；
- 提供垂直引導，實施連續穩定的下降程序；
- 改善全天候運行，保障地形複雜機場運行的安全；
- 實現靈活而優化的飛行航徑，增加飛機業載，減少飛行時間，節省燃油。

PBN 主要是由三項要素所構成：

- 助導航基礎設施（NAVAID Infrastructure）

基礎設施係以陸基（ground-based）或星基（space-based）之助導航設施作為建置基礎。其中陸基航設包括測距儀（DME）及多向性導航臺（VOR）；星基則以衛星導航（GNSS）為主，包括 GPS、GLONASS 2、及未來之 Galileo。

- 導航規範（Navigation Specification）；

PBN 導航規範是支持指定空域內 PBN 運行所需的一組針對航空器和組員人員的要求。內容包含依據特定空域航行所需之精確度

（Accuracy）、完整度（Integrity）、連續性（Continuity）及可用性（Availability）所訂定之導航性能要求、該導航性能所需之導航功能

(Navigation Functionality)、飛航組員訓練及作業許可等相關規範。

現有兩類導航規範：

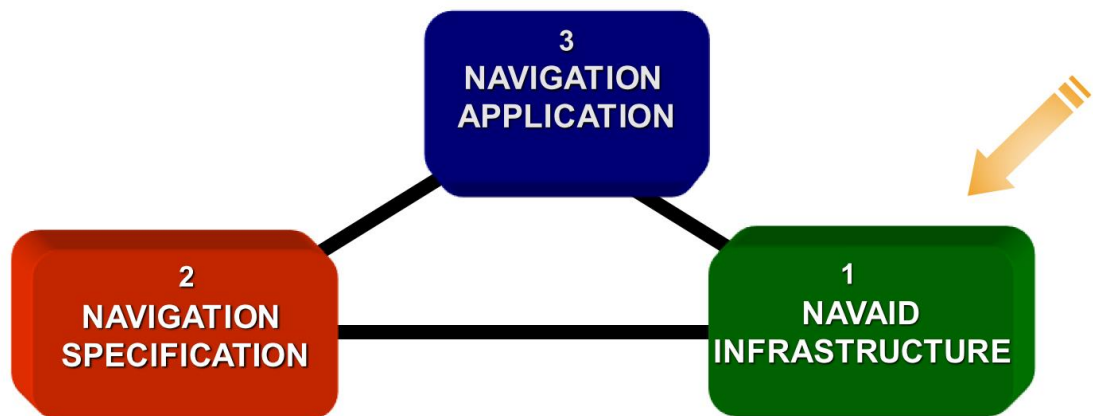
1. RNP 規範 基於區域航行的導航規範，要求性能監視和告警，以前綴 RNP 標示，如 RNP 4、RNP APCH。

2. RNAV 規範 基於區域航行的導航規範，不要求性能監視和告警，以前綴 RNAV 標示，如 RNAV 5、RNAV 1。

• 導航應用 (Navigation Application)；

導航應用係指符合空域概念 (Airspace concept) 下，將前開第 2 項之導航規格 (Navigation Specification)，配合可使用之前開第 1 項導航設施 (NAVAID Infrastructure)，應用於特定航路 (ATS route)、儀航程序，及/或某一定義之空域範圍內之作業。

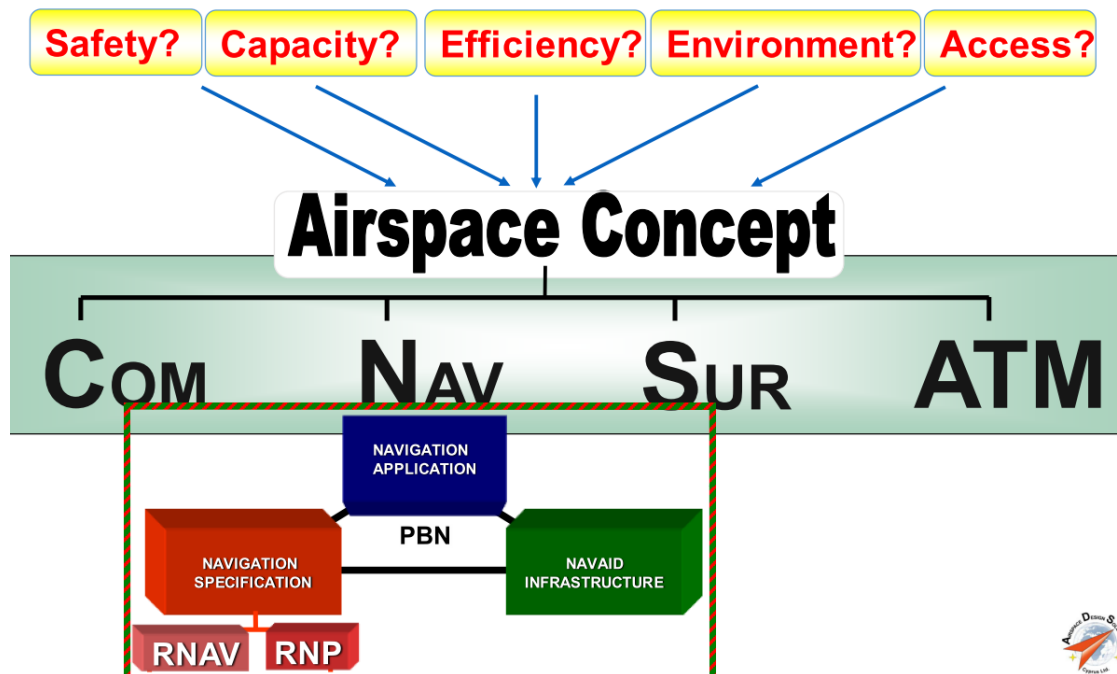
Components of PBN Concept



二、 空域概念 (Airspace Conception)

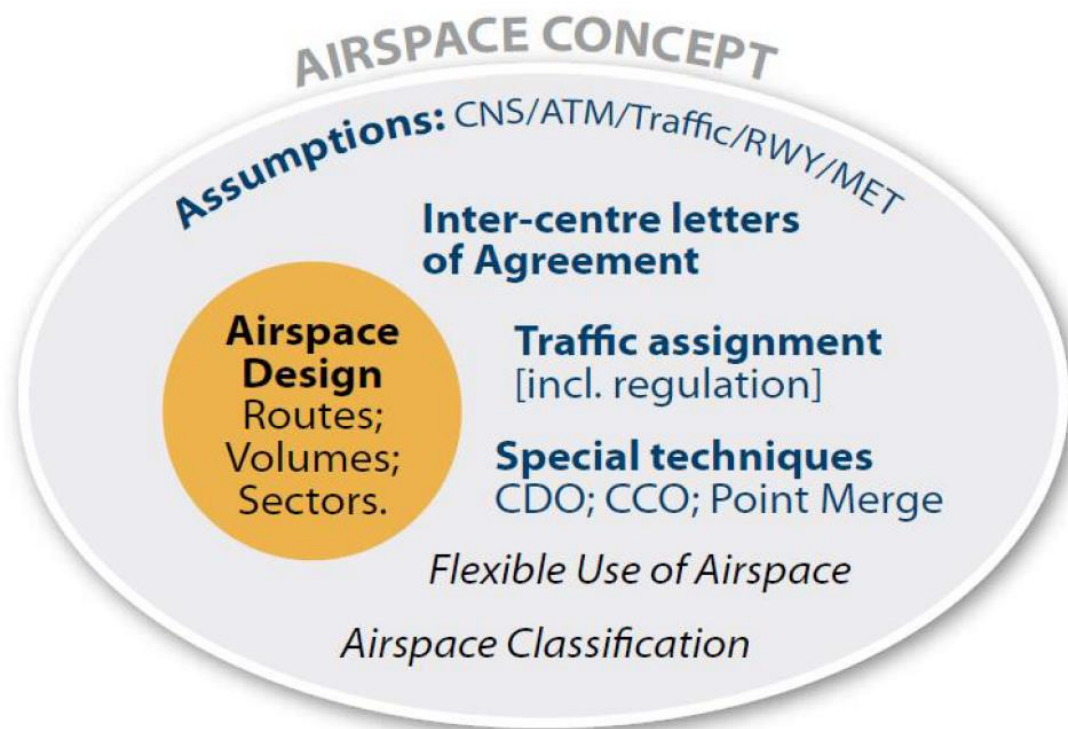
空域概念 (Airspace Concept) 係一對未來空域設計及運作的總計劃或方案，其發展是為了滿足明確或隱念之策略目標，考量「安全 (Safety)、容量 (Capacity)、效率 (Efficiency)、環境 (Environment)、使用率 (Access)」等五大項目，透過通信 (Communication)、導航

(Navigation)、監控 (Surveillance) 及飛航管理 (Air Traffic Management, ATM) 方法，以發展一套完整的空域概念，解決空域問題。



空域概念之發展核心係「空域設計 (Airspace Design)」，空域設計之發展順序依序為：航路 (Routes) → 容積 (Volumes) → 扇區 (Sectors)，另空域設計與性能導航 (PBN) 之主要連結，在於所使用之程序環境本身之隔離標準 (Separation minima)，及 ATS 航路之相關規劃 (包含離、到、進場程序)。

空域概念之內容除空域設計外，尚包括：系統面、法規面、技術面、彈性空域使用 (FUA)、空域分類等層面。



欲成功發展空域概念之關鍵點在於：「設定合適之目標」及「界定合適之專案範圍」。欲讓專案小組得以專心運作無後顧之憂，於預估之時間內，有效管理及使用預算經費係必要的。在一些失敗之案例中，大部分皆係錯誤預估專案「範圍及目標」，致無法達成預期目標。

三、 PBN 空域設計

本次課程重點為空域設計實習，實習前，講師於課堂上說明 PBN 空域設計，其主要分為四個階段：規劃（Plan）→設計（Design）→驗證（Validate）→應用（Implement），不同階段有其分項作業項目。

（一）規劃階段

共分為六個作業項目（Activity），

1. 安排各方需求：雖然安排各方需求之優先順序難以決定，然仍應盡可能納入各方「作業需求」以達共識。需要關注之問題可能有：鄰近機場之航情量增減狀況、航情分

布狀況、相關噪音影響、是否有新增或關閉之跑道或機場、鄰區是否有作業困難之情況、鄰區是否有提升空域容量計畫、是否有可用或關閉之空域、是否導入新技術（通訊、監視、導航）。

2. 組成空域設計小組：由不同領域成員組成「空域設計小組（Airspace Design Team）」（詳參 3.2.2 節，空域設計核心小組專業領域分布圖），小組成員至少應包括：航管人員（終端及航路管制員）、CNS/ATM 專家、儀航程序設計人員、駕駛員，並由飛航管理/空域專家（ATM/airspace specialist）負責領導該小組。
3. 訂定目標及時程表：制定專案期程控管表（Timescales）：先決定可完成專案之最後期限，再計算各工項所需時間，並自完成日開始回推，如超過或不符預期，則就各子工項進行檢視調整，俾達成最後目標。
4. 分析參考方案：評估現有作業狀況，識別現有狀況之優劣，避免重蹈過去設計之缺陷。
5. 製定安全標準、政策及作業標準：例如：決定機場容量增加量、設定宵禁時間以減少噪音限制、飛行里程數（track mileage）限制等措施。
6. CNS/ATM 整體發展評估

（二）設計階段

共分為 4 個項目

1. 空域設計－航路及等待航線：設計適合所有航情之航路及待命航線，包括：離場、到場、過境、目視航情（VFR）及軍用航空器。
2. 空域設計－初始程序設計

3. 空域設計－容積及扇區：將設計之容積（Volumes）扇區化（Sectorisation）為不同之扇區（Sectors）。空域容積之設計係依據前述航路規劃設計工作完成後，方將所有航路所使用到之容積予以函括設計。其設計之原則應採較精省之方式進行，避免浪費或將極少機會使用之空域納入管制空域範圍內，進而必須提供飛航管制服務。容積（Volumes）設計完成後，接續將容積依其地理位置（Geographical）或功能取向（Functional）進行扇區化（Sectorisation）。
4. 選擇 ICAO 之導航規格：將 RNAV/RNP 相關限制納入考量，並完成儀航程序設計之後製，包括：將所設計之程序透過 Data house 及 Data Packers 等相關公司處理轉換為機載裝備（FMC）可讀入之編碼（Coding）程式。

(三)驗證階段

共分為 3 個項目

1. 空域概念驗證：檢驗飛航管理作業能力（ATM operability）及有效性（Validity）。
2. 完成儀航程序設計：依據 ICAO Doc.8168 文件設計儀航程序，進行飛航查核（Flight inspection）作業。
3. 儀航程序驗證，主要區分為三大部分：
 - i. 地面驗證（Ground Validation）：障礙物隔離（Obstacle clearance，程序設計前需進行之全區障礙物調查）、航空製圖（Charting，獨立檢視航圖之正確性）、程序編碼（Coding，利用軟體工具，例如：Smiths/GE PDT，或由專業人士檢視其正確性）、適航能力（Fly ability，利用飛航模擬工具模擬飛航軌

跡)。

- ii. 飛航驗證 (Flight Validation)：障礙物驗證 (Obstacle，如全區障礙物尚未完成調查則需進行)、適航能力 (Fly ability，包括：工作負荷、航圖標示、飛航操作)、助導航設施 (Infrastructure，包括：跑道標示、燈光、通訊及導航等)。
- iii. 資料庫驗證 (Database Validation，程序經由 ARINC 424 編碼後，可先將測試軟體置入模擬飛行器中進行驗證，或於飛航測試 (Flight Check) 中實際驗證)。

(四)應用階段

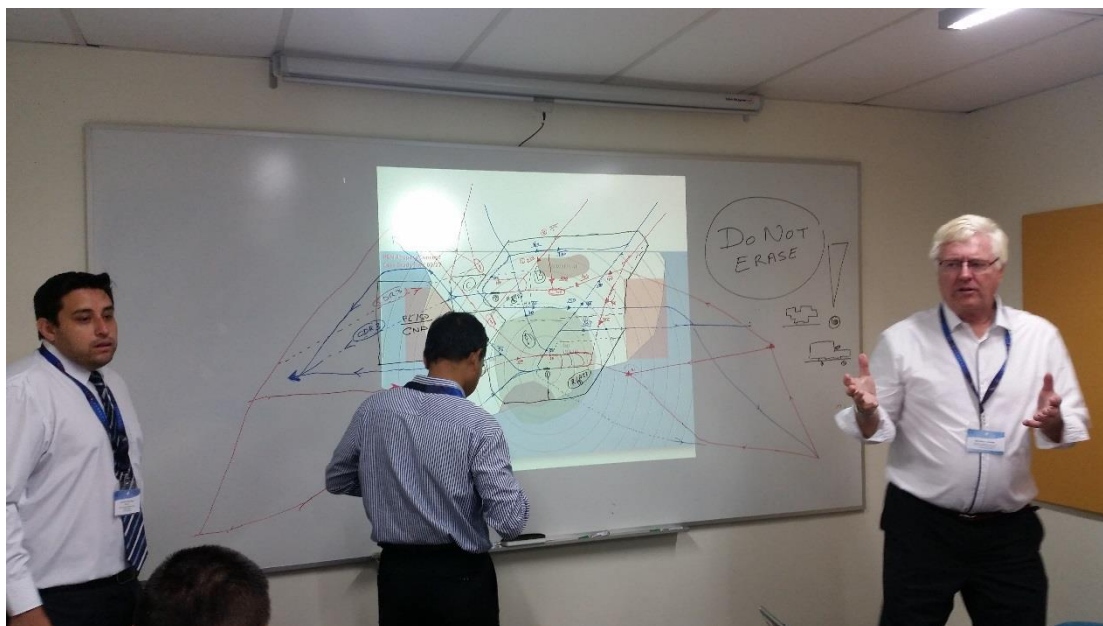
共分為 4 個項目

1. 航管系統整合：因應空域改變，航管系統需配合調整。
2. 訓練：新的空域需對所有相關人員重新訓練。
3. 應用：支援作業單位需求，包括備份程序或緊急應變程序及支援管制員及駕駛員之需求。
4. 檢視應用後期階段：持續評估目標是否達成並研議對應措施，最後收集相關證明以進行系統安全評估。

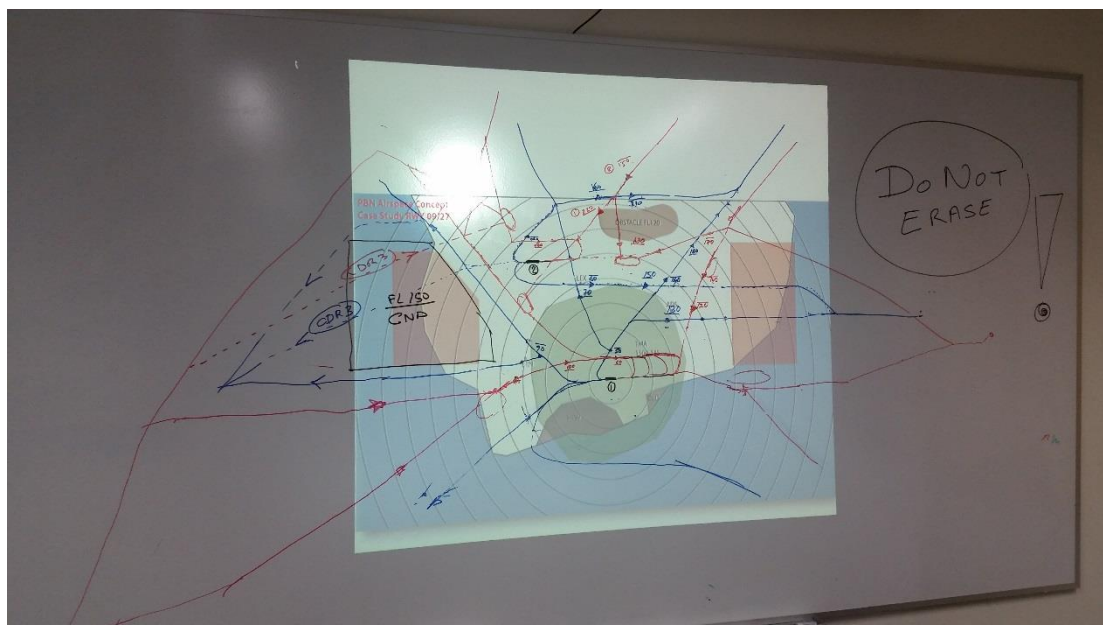


四、實習課程

空域設計規劃專案推動時，應整合來自不同領域之意見，實習課程先由講師說明欲設計之空域背景條件，再將學員分為 2 組，組成 2 組空域設計小組，透過角色扮演，以各自業管角度提出需求，扮演角色包括：軍方（Military）、飛航服務業者（ANSP）、管制員（ATC）、航空站管理者（Airport Authority）、儀航程序設計人員（IFP designer）、查核員（Inspector）、飛行員（Pilot）、CNS/ATM 專家（Technical Specialist）等身分。由具備空域概念之專案管理人（leader）彙整各領域/成員之意見，空域設計小組必須持續透過不斷溝通及協調來達成初步設定目標之工作。透過小組成員間的討論，依照空域設計之 4 個階段，逐步完成一個新的空域設計。並經由成果簡報分享，在同一個空域，不同之設計團隊，所規劃出來之空域亦不盡相同。2 組所設計之空域孰優孰劣並非本次實習的重點，而是透過小組成員間之討論，了解空域設計之過程所需注意之事項，同時也了解同一空域，在不同小組討論下，會呈現另一種成果。



上課討論



空域設計成果

肆、心得與建議

- 一、本次課程廣泛，所提議題甚多，從講解 PBN 之空域概念、導航性能規格及導航基礎設施等基礎概念開始，至後續之空域管理、空域概念、PBN 概念及空域設計實施步驟等，每個議題均可衍伸到更深入的課題，所以在有限的課堂課程中僅能就大項提出討論，因此參與此課程，需先熟悉一些專有名詞外，其他相關航空知識亦需先具備，例如：儀航程序設計原理、航管或駕駛操作、CNS/ATM 等，於課堂上方不致太過吃力。
- 二、由本次課程後半的分組實習演練得知，空域設計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，領導者本身最好具備管理專長及空域概念，並善於溝通協調，方能在現有預算、人力資源條件下，完成空域設計。PBN 空域設計，是以管理代替管制，透過良好的設計及管理，使空域運用最大化，並減輕管制員之負擔。
- 三、本局刻正推動臺北飛航情報區之空域調整案，所遭遇之最大問題即是軍民空域如何共同使用問題。軍方基於演訓考量，仍抱持許多不同之意見。建議本局仍應於定期會議中與軍方耐心溝通與說理，如有機會，更應與軍方面對面溝通，方有事半功倍之效。另在未來正式實施前，相關人員（管制員、航空公司）之訓練，亦是空域案能否成功之

關鍵。