

出國報告(出國類別：進修)

參加新加坡民航學院與美國柏克萊
大學合開之「機場系統和規劃」課程
出國報告

UC Berkeley, ITS-SAA Airport System and
Planning (A module of Diploma in Airport
Engineering)

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：紀佑信 技士

派赴國家：新加坡

出國期間：106年7月30日至8月19日

報告日期：106年11月6日

目 錄

一、目的.....	1
二、過程(出國行程及課程).....	2
2.1 出國行程.....	2
2.2 課程簡介.....	3
2.3 授課講師.....	5
2.4 學員介紹.....	6
三、課程內容.....	7
3.1 機場規劃.....	9
3.1.1 系統規劃.....	9
3.1.2 機場策略規劃與主計畫.....	12
3.2 機場選址.....	14
3.2.1 原則.....	14
3.2.2 影響機場規模大小之因素.....	14
3.2.3 新建或擴建機場場址主要步驟.....	14
3.3 機場配置.....	17
3.3.1 機場組成要件.....	17
3.3.2 空側設施.....	18
3.3.3 陸側設施.....	19
3.4 運量預測.....	25
3.4.1 運量預測類別.....	25
3.4.2 空運市場發展全貌.....	26
3.4.3 運量預測程序.....	29
3.4.4 預測的可靠度及處理不確定性因素.....	32
3.5 空側容量與延滯分析.....	34
3.6 機場需求管理.....	39
3.7 土地使用規劃與周邊環境.....	41
3.7.1 土地使用規劃.....	41
3.7.2 周邊環境.....	41
四、心得及建議.....	45
4.1 心得.....	45
4.2 建議.....	47

一、目的

新加坡民航學院(Singapore Aviation Academy)與美國柏克萊大學運輸學系(University of California, Berkeley, Institute of Transportation Studies)合作開設之機場工程課程(Airport Engineering Programme)，特別為工程師獲得國際認可的專業資格，兼具機場工程學術與實務知識。藉由課堂講授、案例分析、討論和參訪新加坡樟宜機場方式，使學員瞭解機場規劃、設計、建設及維護等知識。該課程共分為三階段，依序為「機場系統和規劃」(Airport System and Planning)、「機場設計和建設」(Airport Design and Construction)及「機場維護」(Airport Maintenance)，本次參加為第一階段「機場系統和規劃」課程。

依新加坡民航學院官網提供報名資訊，參加機場工程課程之學習內容包括：

1. 在國際規範標準下，獲得機場規劃與實務營運之知識；
2. 瞭解機場規劃主要衡量指標及考慮事項；
3. 學習機場及其附屬設施之設計及建設須考慮之要素；
4. 對於機場維運工作制定有效之管理系統；
5. 對於機場工程規劃實務有深刻見解。

參加本次課程之主要目的，係考量 103 年 7 月奉行政院核定之「臺灣地區民用機場整體規劃(102~106 年)」，我國國際機場係配合國土「一核多心」之發展概念，採「一主多輔」策略發展，為確保機場整體佈局契合社會經濟發展與變遷需求，原則上每五年一次檢討辦理個別國際機場整體規劃，希冀藉由參加本次課程，有系統地、邏輯地學習最新國際上對機場規劃之架構與發展趨勢，俾使後續辦理之機場主計畫檢討作業能更為縝密、周詳。

二、過程(出國行程及課程)

2.1 出國行程

新加坡民航學院與美國柏克萊大學運輸學系合作開設機場工程第一階段「機場系統和規劃」課程，其時間自 106 年 7 月 31 日至 8 月 18 日，上課地點為新加坡民航學院，本次出國行程表如下表 1 所示。

表 1 出國行程表

日期	行程	說明
106 年 7 月 30 日 (星期日)	臺灣桃園→新加坡	去程
106 年 7 月 31 日 (星期一) 至 106 年 8 月 18 日 (星期五)	新加坡	機場系統和規劃課程
106 年 8 月 19 日 (星期日)	新加坡→臺灣桃園	回程

2.2 課程簡介

本次課程共計三週，課程內容包含機場規劃、運量預測、客運航廈配置等 19 個項目，詳細課程內容詳表 2 所示。

表 2 課程表

WEEK 1		AIRPORT SYSTEM AND PLANNING			
DAY/DATE TIME	MONDAY 31 JUL 2017	TUESDAY 1 AUG 2017	WEDNESDAY 2 AUG 2017	THURSDAY 3 AUG 2017	FRIDAY 4 AUG 2017
0900-1000	OPENING CEREMONY AND REFRESHMENT (0900 - 0930)	Airport Planning Process (Continue) Dr Jasenka Rakas (UCB)	Airport Configuration Dr Jasenka Rakas (UCB)	Passenger Terminal Planning Dr Jasenka Rakas (UCB)	Passenger Terminal Planning (Continue) Dr Jasenka Rakas (UCB)
1000-1015	Introduction to Airport Planning Dr Jasenka Rakas (UCB)	BREAK	BREAK	BREAK	BREAK
1015-1115		Airport Planning Process (Continue) Dr Jasenka Rakas (UCB)	Airport Configuration (Continue) Dr Jasenka Rakas (UCB)	Passenger Terminal Planning (Continue) Dr Jasenka Rakas (UCB)	Passenger Terminal Planning (Continue) Dr Jasenka Rakas (UCB)
1115-1215					
1315-1415	Airport Planning Process Dr Jasenka Rakas (UCB)	Design of Budget Terminal -Singapore' s Experiences (1315-1445) Young Swee Ying (CAG)	Airport Configuration (Continue) Dr Jasenka Rakas (UCB)	Study Period	Visit: Passenger Terminal 3 (on concept design) at Singapore Changi Airport
1415-1515		BREAK			
1515-1530	BREAK		BREAK		
1530-1630	Airport Planning Process (Continue) Dr Jasenka Rakas (UCB)	Managing Airport Projects (1500-1630) Stuart Ralls (CAG)	Airport Configuration (Continue) Dr Jasenka Rakas (UCB)		

表 2 課程表(續)

WEEK 2	AIRPORT SYSTEM AND PLANNING				
DAY/DATE TIME	MONDAY 7 AUG 2017	TUESDAY 8 AUG 2017	WEDNESDAY 9 AUG 2017	THURSDAY 10 AUG 2017	FRIDAY 11 AUG 2017
0900-1000	Land Use Planning <i>Dr Jasenka Rakas (UCB)</i>	Traffic Forecast <i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>	Public Holiday	Capacity and Delay Analysis <i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>	Airport Demand Management <i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>
1000-1015	BREAK	BREAK		BREAK	BREAK
1015-1115	Land Use Planning (Continue)	Traffic Forecast (Continue)		Capacity and Delay Analysis (Continue)	Airport Demand Management(Continue)
1115-1215	<i>Dr Jasenka Rakas (UCB)</i>	<i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>		<i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>	<i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>
1315-1415	Airport Environmental Issues	Traffic Forecast (Continue)		Capacity and Delay Analysis Workshop <i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>	Study Period
1415-1515	<i>Dr Jasenka Rakas (UCB)</i>	<i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>		BREAK	
1515-1530	BREAK	BREAK		Capacity and Delay Analysis Workshop (Continue) <i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>	
1530-1630	Airport Environmental Issues (Continue) <i>Dr Jasenka Rakas (UCB)</i>	Traffic Forecast (Continue) <i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>			

表 2 課程表(續)

WEEK 3	AIRPORT SYSTEM AND PLANNING				
DAY/DATE TIME	MONDAY 14 AUG 2017	TUESDAY 15 AUG 2017	WEDNESDAY 16 AUG 2017	THURSDAY 17 AUG 2017	FRIDAY 18 AUG 2017
0900-1000	Site Selection <i>Chee Kay Hyang (CAG)</i>	Airport Utilities -Power Supply (0900-1030) <i>Lee Ngai Hung (CPG)</i>	Study Period	Study Period	Examination 1.5 hours (0930-1100)
1000-1015	BREAK	BREAK(1030-1045)			
1015-1115	Impact of NLA on Airport Planning	Other Services -Water -Gas Supply -Sewerage (1045-1215) <i>Khin Maung Lin (CPG)</i>			
1115-1215	<i>Scoth Zhi Wen (CAG)</i>				
1315-1415	Air Traffic Control - Air Navigation Aids <i>Teng Guo Jun (CAAS)</i>	Design Concept of Fire Station (1315-1415) <i>Toh Heng Hock (CAG)</i>			
1415-1515	Obstacle Limitation Surfaces <i>Fadzil Md Jakaria (CAAS)</i>	Visit to Fire Station (1430-1630)			
1515-1530	BREAK				
1530-1630	Overview of Air Traffic Control <i>Lee Cheok Weng (CAAS)</i>				

2.3 授課講師

授課講師分別來自美國加州柏克萊大學運輸學系、新加坡民航局、樟宜機場公司及 CPG 顧問公司等，授課講師背景資料蒐集彙整如下：

表 3 授課講師背景資料表

UC BERKELEY, ITS-SAA AIRPORT SYSTEM AND PLANNING	
31 JULY - 18 AUGUST 2017	
University of California, Berkeley, Institute of Transportation Studies	
Dr. Jasenka Rakas	Lecturer Civil and Environmental Engineering
Professor Mark Hansen	Professor Civil and Environmental Engineering
Civil Aviation Authority of Singapore	
Mr. Teng Guo Jun	Technical officer (Communications/ Nav aids Aeronautical Telecommunications & Engineering Division)
Mr. Fadzil Md Jakaria	Senior Air Navigation Policy Officer
Mr. Lee Cheok Weng	Senior ATC Instructor (School of Air Traffic Services)
Changi Airport Group (Singapore) Pte Ltd	
Yong Swee Ying	Manager (Engineering & Master Planning Division)
Mr. Stuart Ralls	Associate General Manager, Project
Mr. Chee Kay Hyang	Assistant Vice President, Master Planning (Engineering & Master Planning Division)
Mr. Seoh Zhi Wen	Senior Manager Engineering & Specialised Systems
Mr. Toh Heng Hock	Deputy Commander, Changi Operations
CPG Consultants Pte Ltd	
Mr. Kueh Lip Kuang	Senior Vice President (Airport Infrastructure)
Mr. Lee Ngai Hung	Senior Vice President (Mechanical & Electrical Division)
Mr. Khin Maung Lin	Principle Engineer

2.4 學員介紹

學員來自世界各地之機場公司及政府部門，有新加坡、泰國、阿曼、烏干達及馬利等 5 個國家共 12 名學員(如下圖 1)。專業背景形形色色，包含機場規劃、專案管理、土木工程、營運維護、建築等。

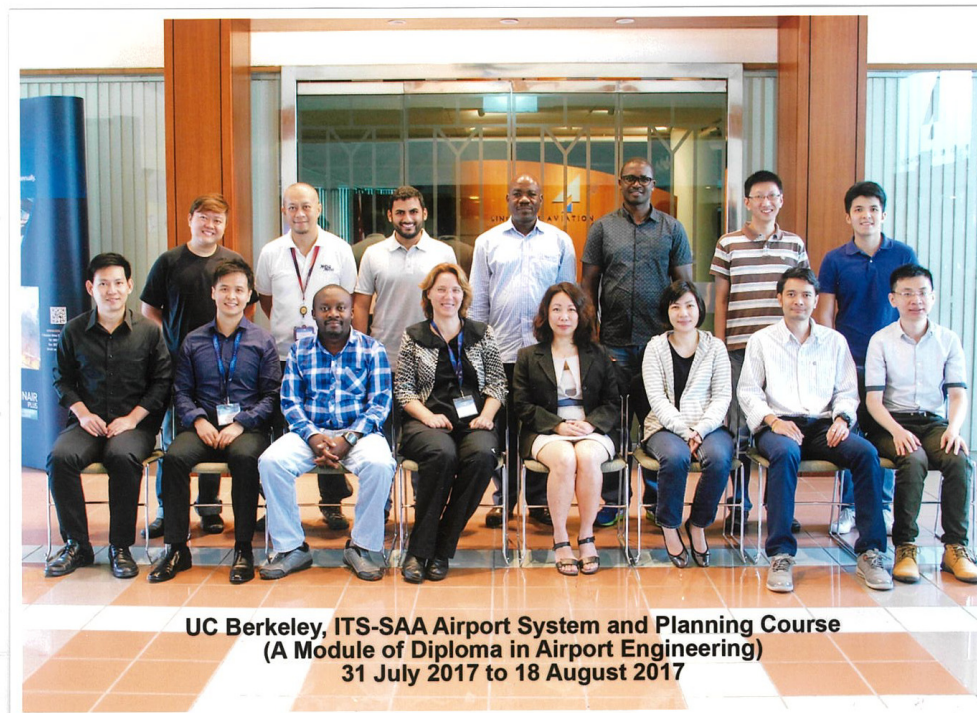


圖 1 學員合照

三、課程內容

課程內容包括機場規劃簡介(Introduction to Airport Planning)、機場規劃流程(Airport Planning Process)、機場策略規劃與主計畫(Airport Strategic and Master Planning)、機場配置(Airport Configuration)、客運航廈規劃(Planning of Passenger Terminal)、土地使用規劃(Land Use Planning)、機場環境議題(Airport Environmental issues)、運量預測(Traffic Forecast)、空側容量及延滯(Capacity and Delay Analysis)、機場需求管理(Airport Demand Management)、低成本航廈設計(Design of Budget Terminal)、機場專案管理(Managing Airport Projects)、場址選擇(Site Selection)、新大型航機對機場規劃之影響(Impact of NLA on Airport Planning)、航空管制-助導航設施(Air Traffic Control-Air Navigation Aids)、障礙物限制面(Obstacle Limitation Surfaces)、航空管制發展概述(Overview of Air Traffic Control)、消防站設計概述(Design Concept of Fire Station)、機場附屬設施概述(Airport Utilities - Power, Water, Gas, Sewerage)等，大致可歸納為機場規劃、運量預測與需求管理、土地使用與周遭環境、其他等四大類別，彙整如下表 4 所示。

表 4 課程內容分類表

類別	內容
機場規劃	1. 機場規劃簡介(Introduction to Airport Planning) 2. 機場規劃流程(Airport Planning Process) 3. 場址選擇(Site Selection) 4. 機場配置(Airport Configuration) 5. 客運航廈規劃(Passenger Terminal Planning) 6. 低成本航廈設計(Design of Budget Terminal)

類別	內容
運量預測與需求管理	1. 運量預測(Traffic Forecast) 2. 空側容量及延滯(Capacity and Delay Analysis) 3. 機場需求管理(Airport Demand Management)
土地使用與周邊環境	1. 土地使用規劃(Land Use Planning) 2. 機場環境議題(Airport Environmental Issues)
其他	1. 機場專案管理(Managing Airport Projects) 2. 新大型航機對機場規劃之影響(Impact of NLA on Airport Planning) 3. 航空管制 - 助導航設施 (Air Traffic Control-Air Navigation Aids) 4. 障礙物限制面(Obstacle Limitation Surfaces) 5. 航空管制發展概述(Overview of Air Traffic Control) 6. 消防站設計概述 (Design Concept of Fire Station) 7. 機場附屬設施概述(Airport Utilities - Power, Water, Gas, Sewerage)

其中就空側容量及延滯課程安排工作研討(workshop)，透過個案研析，於不同跑道容量、航機組成比例假設條件下，計算最大跑道容量；同時就微觀與巨觀模式計算航機延滯時間，除將課程所學觀念加以應用外，亦透過分組方式促進學員間互助合作。另規劃參訪新加坡樟宜機場第三航廈及消防站，讓學員將課堂理論知識與機場實際營運間進行銜接。

囿於課程內容豐碩，無法盡數撰文敘明，本報告謹針對機場規劃、運量預測與需求管理、土地使用與周邊環境等內容闡述如後。

3.1 機場規劃

機場規劃(Airport planning)分為系統規劃(System planning)、主計畫(或稱整體規劃)(Master planning)及工程計畫(Project planning)等三類，系統規劃為最上位之規劃，其關係整個國家、地區內所有機場功能定位、發展策略，為一政策指導；主計畫為單一機場之發展規劃，包括機場設施配置規劃、短、中、長期發展計畫，其關係機場未來發展規模和方向，在財務、土地、周邊環境等條件評估下，解決航空、環境及社會等相關議題；工程計畫則為機場內各項設施新建、擴建、改建之工程規劃，為實踐系統規劃及主計畫所進行之實務工作。

3.1.1 系統規劃

一、前言(Introduction)

1. 機場規劃之發展脈絡

- (1) 系統容量需求增加(Implications for required increases in system capacity)
- (2) 許多現有機場面臨擴建發展限制(Limits to expansion at many existing airports)
- (3) 對環境議題關注高漲(Increasing environmental concerns)
- (4) 市場未臻完備(Market imperfections)
- (5) 與經濟有關之考慮事項(Economic considerations)
- (6) 科技蓬勃發展帶來機會(Technology opportunities)
- (7) 短期重點為保安(Near-term focus on security)

2. 系統規劃之角色

- (1) 提供機場規劃發展尺度(Provide a strategic dimension to airport planning)
- (2) 定義機場發展需求(Define airport development requirements at a system level)

- (3) 整合不同機場之發展 (Coordinate development between multiple airports)
- (4) 涵蓋其他運輸系統 (Place aviation in a broader transportation context)
- (5) 確認資金及資源之來源 (Identify funding needs and program development funds)

3. 規劃過程之目標

- (1) 藉由航空服務及設施以滿足未來空運需求 (Satisfy future demand for aviation services and facilities)
- (2) 在機場利害關係人之需求間取得平衡 (Balance stakeholder requirements)
- (3) 促進經濟效益 (Promote economic efficiency)
- (4) 對經濟發展及旅運需求帶來貢獻 (Contribute to economic development and societal needs for transportation)
- (5) 降低不利的環境衝擊 (Minimize adverse environmental impacts)

二、範疇(Scope)：區域(regional)、國家(state/national)等。

三、目標(Objectives)

- 1. 定義機場未來發展需求：評估新科技發展所來的影響；研析未來設施增加的容量；提供未來所需設施之發展策略
- 2. 決定資源分配的指導方針：資金來源；未來發展計畫的優先順序；成本與效益間的平衡。
- 3. 協調其他規劃：地面交通運輸與經濟發展等相關內容之協調(如下圖 2 所示)。

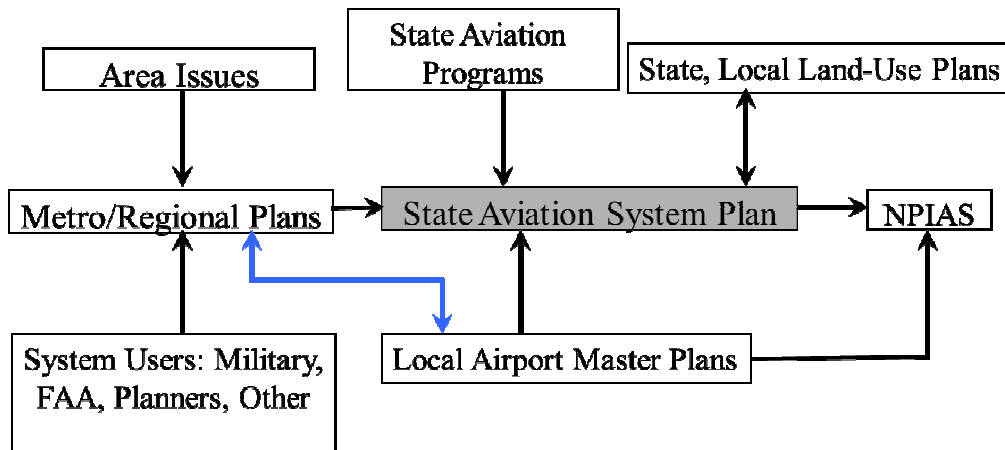


圖 2 機場相關規劃關係

三、要素(Elements)

1. 既有設施(Inventory)
2. 預測(Forecasts)
3. 容量分析(Capacity analysis)
4. 設施需求檢討(Facility requirements)
5. 方案研析(Alternatives analysis)
6. 選擇最佳方案(Selection of preferred alternative)
7. 財務分析及資金改善計畫(Financial analysis and capital improvement programs)
8. 經濟影響與其他關注議題(Economic impact and other special focus studies)

四、規劃流程圖(Planning process)

規劃流程圖如下圖 3 所示，當世界發生改變，亦將衍生新的課題，其核心重點在於持續不斷(continuous planning)評估並檢視機場及其周邊計畫，隨時蒐集資料並適時啟動檢討機制。

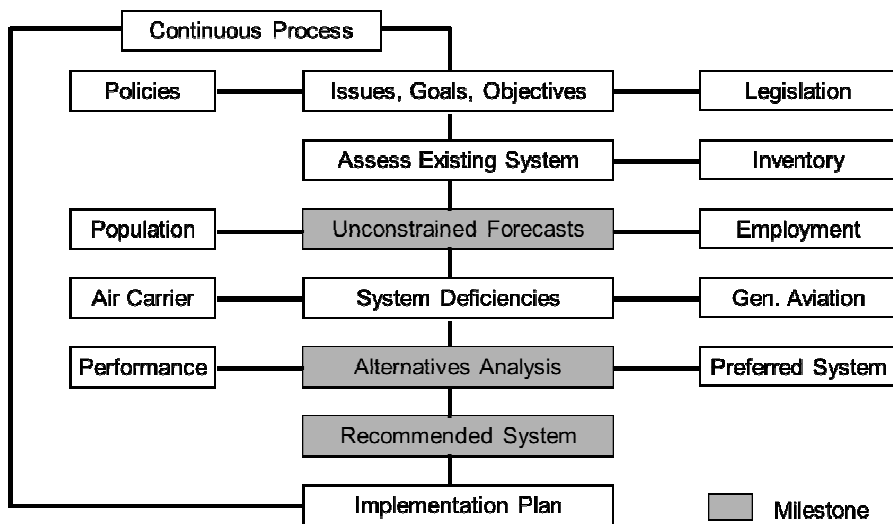


圖 3 規劃流程圖

3.1.2 機場策略規劃與主計畫

有關機場策略規劃與主計畫間的關係詳圖4，機場主計畫係屬策略規劃的一環，以Uber進入市場為例，這種營運模式將衝擊現有計程車及租賃車營運，產生運輸業者抗爭、執法認定等問題(problems)，但也因為Uber提供便宜的費率及奢華車輛接送服務，帶來市場競爭等機會(opportunities)，此時政府可能提出「Uber載客行為違法」或「Uber係屬新興產業」之策略規劃，藉由主計畫、商業計畫及服務協議等三個層面來達成策略規劃的目的。

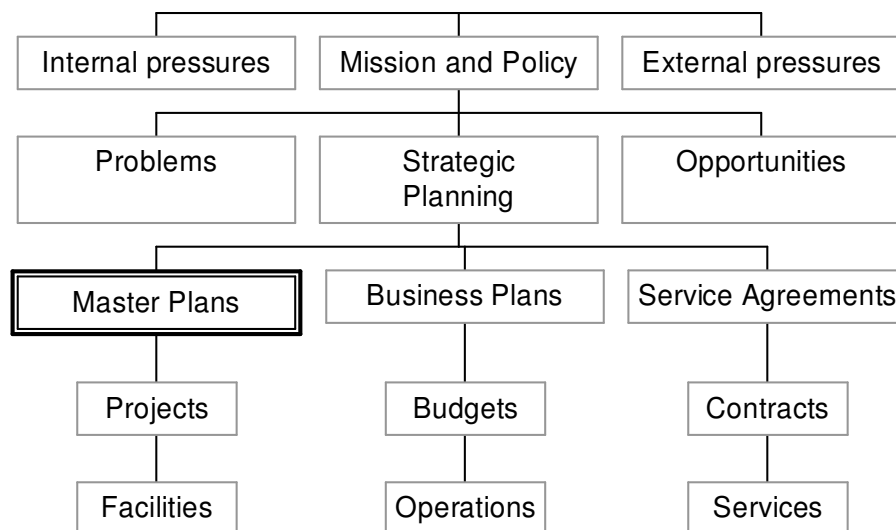


圖 4 機場策略規劃與主計畫關係

一、機場主計畫演變

機場主計畫的演變大致可分為解除管制前、1980 年代、1990 年迄今三個階段，空運市場成長驅動者由研發新航機、樞紐機場直至低成本航空；機場主計畫發起者由美國聯邦航空總署、航空公司直至機場；規劃重點由強調更宏觀、更優質的設施、處理運量擁擠問題直至講求規劃內容的彈性，詳如表 5 所示。

表 5 機場主計畫演變表

Time Period	Pre-deregulation	'80's	'90's to today
Growth driver	new airplane technology	hubbing	low fare competition
Planning sponsor	FAA, airlines	airlines	airports
Plan emphasis	facilities	congestion	flexibility
Planning tools	forecasts	modeling	life-cycle costs
System integrator	FAA, CAB: top down	airlines: top down	mkt. forces: bottom up

二、機場主計畫研究內容

1. 環境課題(Environmental considerations)
2. 設施現況(Existing conditions)
3. 運量預測(Aviation forecasts)
4. 設施需求(Facility requirement)
5. 發展方案及評估(Alternatives development and evaluation)
6. 機場配置計畫(Airport layout plan)
7. 財務可行性分析(Financial feasibility analysis)

3.2 機場選址

3.2.1 原則

1. 為提供民眾觀光旅遊及洽工商務等航空需求，須選擇一個大小適切、區位適宜之地點新建機場。
2. 依據客貨運量、經濟預測結果、地理位置、工程及環境容忍度等，評估場址位置及機場建設目的之基礎。

3.2.2 影響機場規模大小之因素

1. 預期交通量(Anticipated Volume of Traffic)
2. 跑道數量(Number of Runways)
3. 滑行道配置(Taxiways layout)
4. 停機坪空間(Apron space)
5. 航廈規模(Terminal building)
6. 聯外運輸系統、環場道路、停車場(Access, Circulation, Parking)
7. 支援輔助設施(Support services)
8. 氣候條件(Meteorological conditions)
9. 航線(Transportation routes)
10. 機型大小(Types of aircrafts)
11. 機場周邊緩衝區(環境) (Buffer area (Environmental))

3.2.3 新建或擴建機場場址主要步驟

1. 決定機場類型、規模大小(Determination of type and size of airport)
第一步驟須決定機場發展之規模及其服務內容，此時須將上述影響機場規模大小之因素納入研析，基此，針對土地需求面積進行概估。
2. 研議初步可行之場址(Preliminary study of possible sites on paper)
其目的在於蒐集可行之場址以供後續評估檢討，包括：
 - (1) 審視機場配置圖(Review layout map)
 - (2) 風及溫度資料(Wind and temperature data)

(3) 依據影響場址區位因素，篩選可行場址(Screening of possible sites based on factors affecting the location)

A. 營運面(Operational factors)

提供航機操作安全及效能。

- a. 空域
- b. 障礙物
- c. 大氣條件
- d. 其他可能危害之項目

B. 物理特性(Physical characteristics)

提供機場適切發展及興建。

- a. 地形
- b. 地質
- c. 設施
- d. 公共設施
- e. 土地取得

C. 社會及環境面(Social & Environmental)

- a. 航空運輸需求
- b. 地面聯外運輸的可及性
- c. 環境衝擊
- d. 未來發展衝擊
- e. 民眾支持與否

3. 現場探勘(Field investigation of potential sites)

4.最終方案評估及選擇(Final evaluation of alternative sites and selection)

方案評選指標可分為質化與量化項目兩種：

(1) 量化指標

- A. 土地取得及設置之成本
- B. 場址發展之成本
- C. 公共設施之成本
- D. 聯外運輸之成本
- E. 減緩環境衝擊之成本
- F. 噪音、空氣及水汙染

(2) 質化指標

- A. 機場擴充之可能性
- B. 土地使用的兼容性
- C. 航空運輸的兼容性
- D. 機場使用者的易及性

5.提出報告及建議(Report and recommendations)

3.3 機場配置

3.3.1 機場組成要件

機場亦稱為航空站、空港或飛機場，指具備供航空器載卸客貨之設施與裝備及用於航空器起降活動之區域。以空橋為分界，區分為空側及陸側設施，空側設施包括跑道、滑行道、停機坪等設施；陸側設施則包括航廈、停車場、地面運輸系統等，如圖 5。

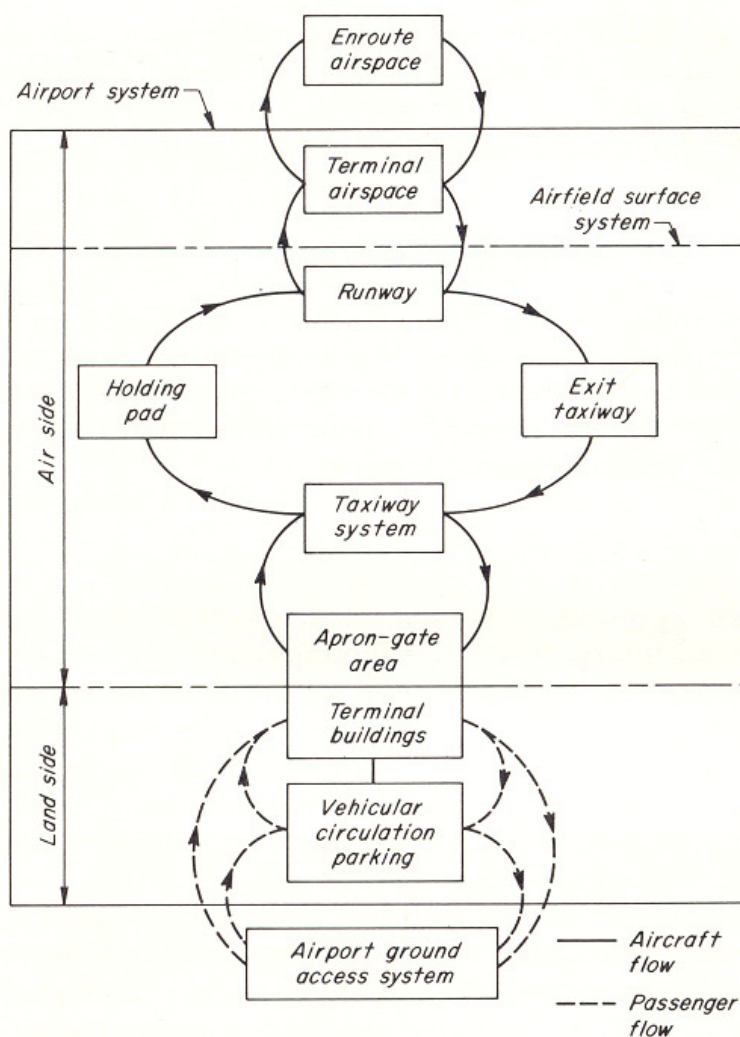


圖 5 機場組成要件圖

3.3.2 空側設施

一、跑道

1. 跑道設計

- (1) 方向：取決於風向、機型等。
- (2) 長度：取決於航機性能、天候等。
- (3) 寬度：取決於翼展長度等。
- (4) 鋪面形式：取決於航機重量、起落架、天候等。
- (5) 其他：諸如燈光、標線、標誌等。

2. 跑道方向

與機場盛行風向有關，其關鍵三要素為風向(Wind direction)、風速(Wind speed)及頻率(Wind frequency)，另需考量可用空域(Airspace availability)、環境因素(Environmental factors)、航行障礙物(Obstruction to navigation)、交通管制的能見度(Air traffic control visibility)及對野生動物的危害(Wildlife hazards)。

一般決定跑道方向，建議蒐集 5 年以上的風向、風速及頻率資料，並依此繪製風玫瑰圖(Wind rose chart)，單一跑道之風頻涵蓋率至少為 95%以上，倘若風頻涵蓋率小於 95%時，需考量設置其他方向副跑道之可行性。

3. 跑道長度

影響跑道長度的因素包括：

- (1) 依據聯邦航空條例(Federal Aviation Regulation, FAR)規定。
- (2) 設計機型載重、大小與操作特性。
- (3) 航機不著陸飛行的里程數。
- (4) 環境：包括溫度、高程、風、乾/濕等。
- (5) 跑道剖面狀況及近、離場之障礙物。

二、滑行道

設計準則：

1. 直捷、簡單。
2. 方向的改變最小化。
3. 適切數量的出口滑行道。
4. 避免滑行道相互交叉。
5. 理想規劃為單一方向。
6. 避免干擾雷達助航設備。
7. 安全。

3.3.3 陸側設施

一、客運航廈規劃

早期機場航廈設計規劃係參考鐵路車站，以藝術形式(Art form)或建築觀點(Architectural statement)來彰顯特定城市、機場或航空公司，直至 20 世紀航空業急遽成長，航廈設計也由藝術形式轉為功能與美學並重的規劃，另 1960 至 1970 年代可稱之機場發展改變最大的 10 年，航機載客人數容量提升 300%，美國聯邦航空總署(FAA)遂於 1970 年發行機場規劃手冊(Terminal Planning Guidelines)；國際航空運輸協會(IATA)亦隨後發行機場發展參考手冊(Airport Development Reference Manual)。

1. 客運航廈設計目標

- (1) 旅客最短步行距離[Walking distances(keep them short)]
- (2) 歡愉的環境[Pleasing environment(helps the traveler)]
- (3) 設施位置規劃完善[Services(well located and available)]
- (4) 潛在威脅最小化[Security(minimize threat potential)]
- (5) 成本效益高[Cost effective(includes concessions)]
- (6) 美學[Aesthetics(good waiting environment)]

2. 規劃設計考驗

- (1) 旅客類型不同。
- (2) 航空公司。
- (3) 機場經營者。
- (4) 特許經營者。
- (5) 政府機關。
- (6) 其他不完全資訊(如航機/旅客數量)

3. 航廈設計形式

- (1) 單元式(如圖 6)

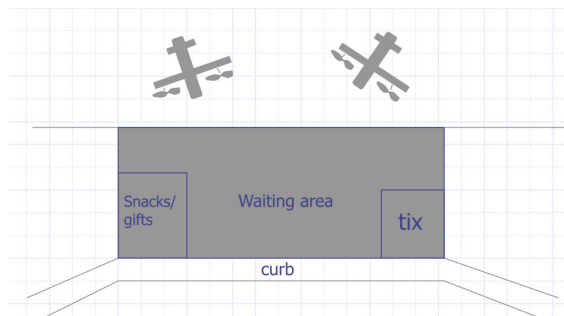


圖 6 單元式航廈設計示意圖

- (2) 多單元式(如圖 7)

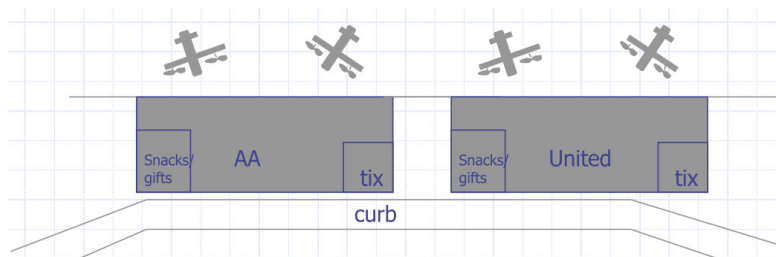


圖 7 多單元式航廈設計示意圖

- (3) 聯合單元式(如圖 8)

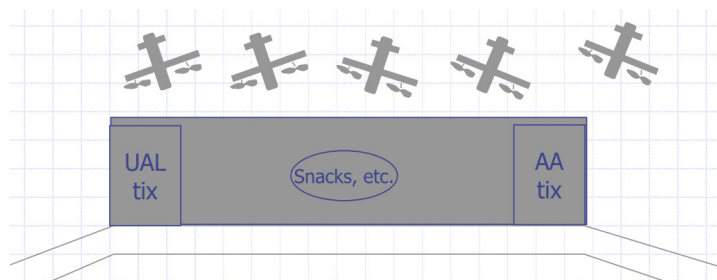


圖 8 聯合單元式航廈設計示意圖

(4) 線型式(如圖 9)

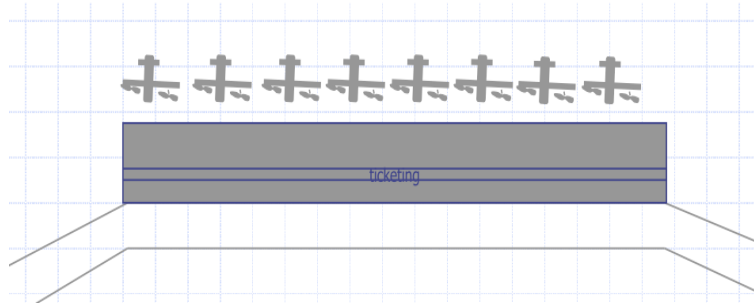


圖 9 線型式航廈設計示意圖

(5) 曲線式(如圖 10)

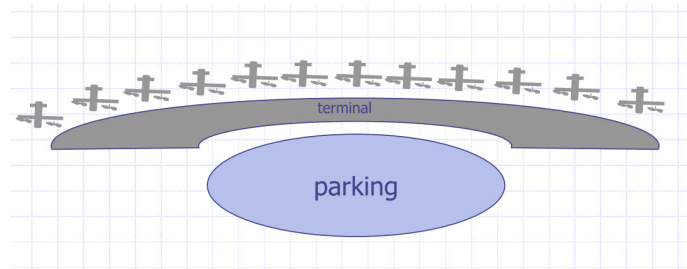


圖 10 曲線式航廈設計示意圖

(6) 指狀式(如圖 11)

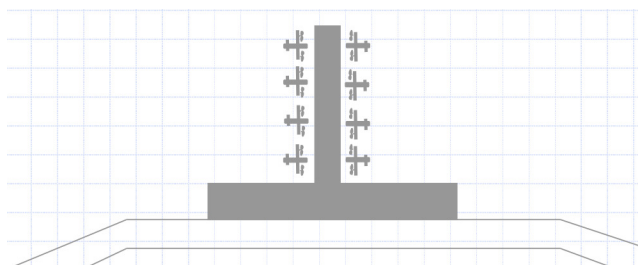


圖 11 指狀式航廈設計示意圖

(7) 衛星式(如圖 12)

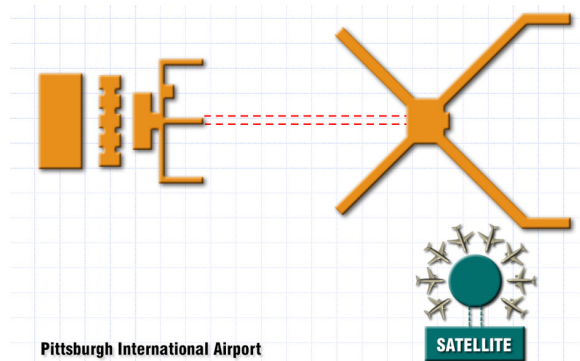


圖 12 衛星式航廈設計示意圖

(8) 移動式休息室(mobile lounge)(如圖 13)

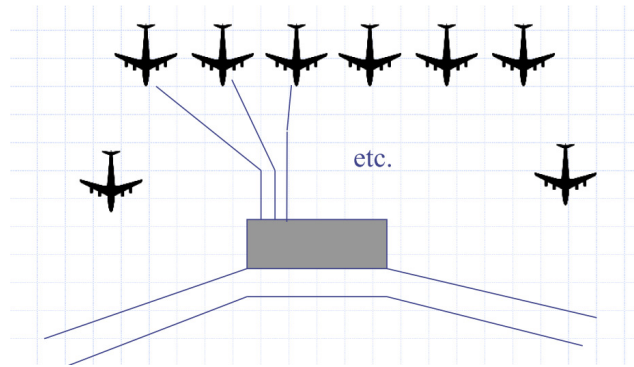


圖 13 移動式休息室航廈設計示意圖

(9) 接駁式(如圖 14)

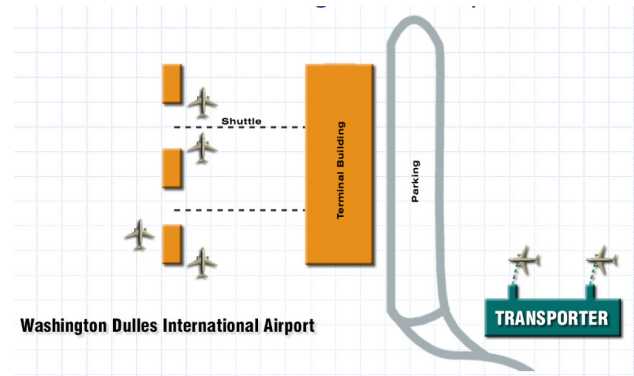


圖 14 接駁式航廈設計示意圖

4. 航廈基礎設施(如圖 15)

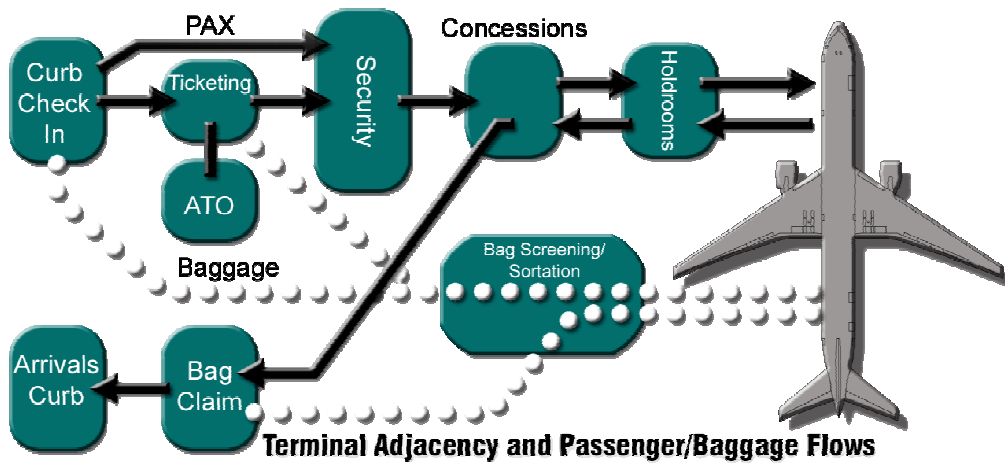


圖 15 航廈基礎設施圖

二、聯外交通營運及設計

1. 規劃流程

- (1) 預估聯外交通運輸需求(Estimate demands)
- (2) 運輸需求分配(Assign demands to facility)
- (3) 營運測試(Test operations)
- (4) 必要時重新修正(Revise as necessary)

2. 旅次型態

- (1) 員工(Employees)
- (2) 航空貨運人員(Air cargo)
- (3) 其他如服務、工程人員等。
- (4) 接/送機人員(Meeters/greeters & well/wishers)
- (5) 搭機乘客(Airline passengers)

3. 航機與旅客到離航廈之分佈型態

航機與旅客到離航廈的尖離峰時空分佈圖不相同，航機離站與旅客到站間時間差稱之為「lead time」，平均而言大約為 2 小時；航機到站與旅客離站間時間差稱之為「lag time」，平均而言大約 30 分鐘(詳圖 16)，爰導致空、陸側設施的尖峰時間不同，在辦理機場規劃之時，須特別注意。

Lag time = Departure time from airport after scheduled flight
arrival time

Lead time = Arrival time at airport prior to scheduled flight
departure time

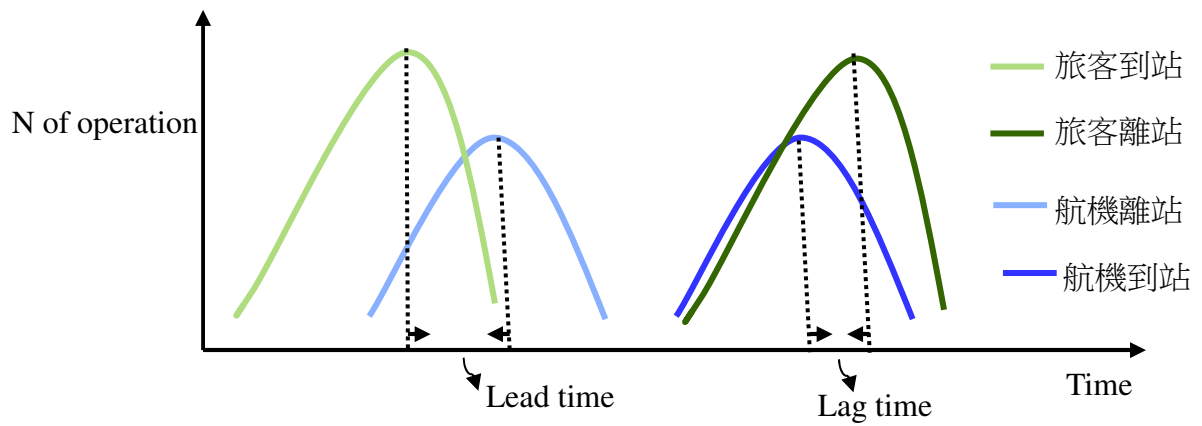


圖 16 航機與旅客到離站分佈示意圖

4. 路緣設計的考量因素

- (1) 車種類型(Vehicle mix)
- (2) 使用模式(Use pattern)
- (3) 停留時間(Dwell time)
- (4) 容量(Capacity calculations)

5. 道路營運評估考量

- (1) 針對不同車流特性定義道路節點容量。
- (2) Volume/capacity 比值。
- (3) 變換車道的駕車模式
- (4) 評估服務水準
- (5) 評估成本效益

3.4 運量預測

運輸是一種衍生需求(Derived demand)，運量預測是指根據國民經濟和社會發展等要素對交通運輸的需求，據以推估未來旅客運輸需求。運量預測係機場整體規劃(或稱主計畫)不可或缺的基礎項目，及其相關投資建設計畫之重要參考。運量預測結果不但可提供規劃人員作為運輸規劃之依據，亦作為各項重大投資計畫之決策及檢視現有設施容量之參考，包含空側、陸側設施、機場周邊環境與商業經營(詳下圖17所示)，同時影響機場整體規劃對各項航空設施需求之預測及配置。

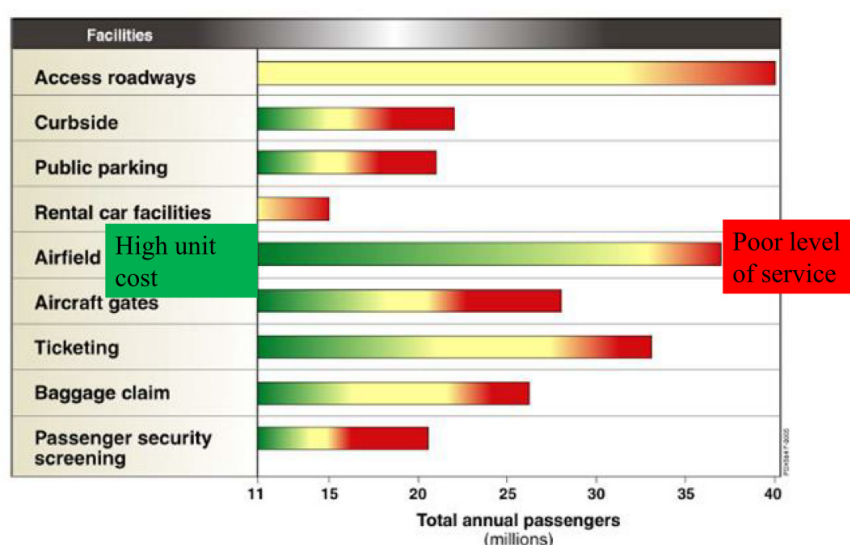


圖17 運量預測檢視現有設施容量示意圖

3.4.1 運量預測類別

一般機場運量預測的類別包括客運量、貨運量及起降架次等三項預測。客運量基本預測包含年運量、尖峰日、尖峰小時及每日分佈情形外，可能進一步分析起迄運量與轉運量差異、國內與國際運量差異、或傳統航空與低成本航空運量差異；貨運量則可區分為腹艙載貨及專用貨機運量預測；起降架次基本預測包含年起降架次、尖峰小時、設計日及每日分佈情形外，可能進一步分析主要航線、區域航線及一般航線差異、航機組成等。茲將相關內容彙整如表6。

表6 運量預測類別

類別	Passengers	Aircraft Operations	Cargo
內容	1. Annual traffic (MAP) 2. Temporal patterns ✦ Busy day ✦ Peak hour ✦ Daily profile 3. Traffic by category ✦ Originating vs connecting ✦ Domestic vs International ✦ Full service vs Low Cost Carrier	1. Annual 2. Temporal patterns ✦ Peak hour ✦ Daily profile ✦ Design day schedule 3. Aircraft by category ✦ Mainline vs regional vs general aviation ✦ Fleet mix	1. Belly 2. Dedicated carrier

3.4.2 空運市場發展全貌

Boeing公司於2017年對空運市場未來20年發展全貌(the big picture)，其預測2036年全球將投入41,030架新航機，旅客人次成長4.7% (詳圖18)。另從觀察過去70年全球空運市場旅客人次發展趨勢(詳圖19)，顯示航空運輸未來仍將持續蓬勃發展。

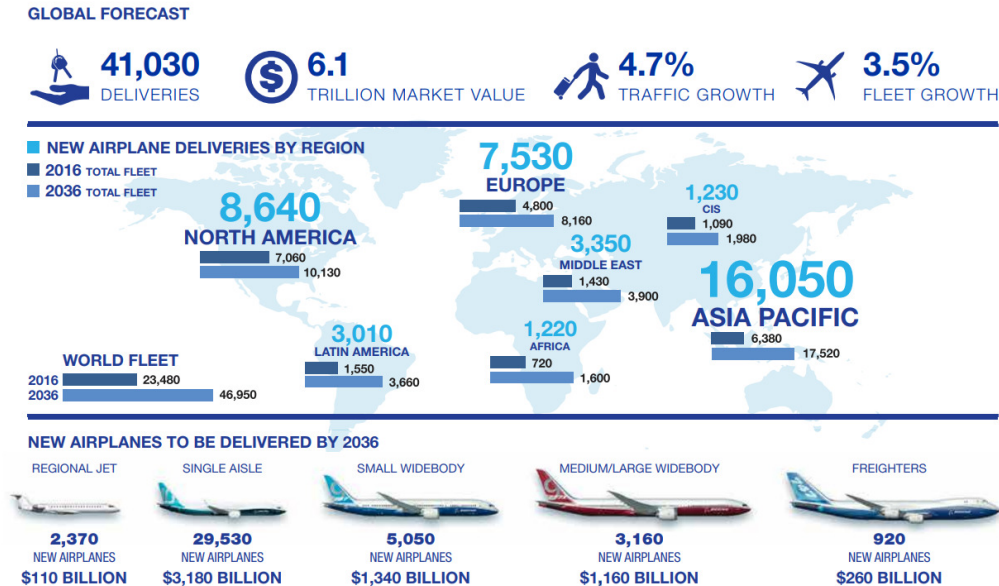


圖18 波音公司對空運市場未來發展預測

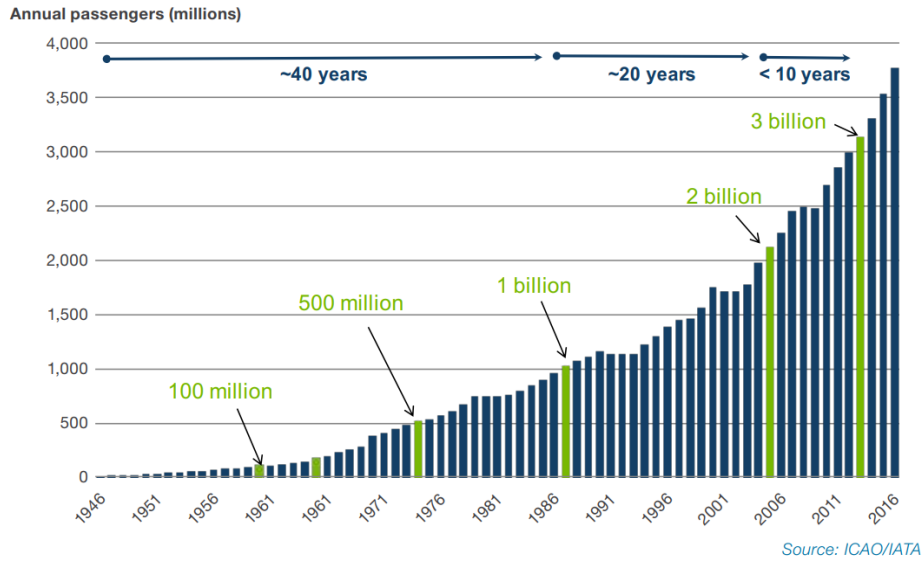


圖19 全球空運市場發展歷程

全球前20大機場分佈由1996年主要集中於歐美市場，至2016年逐漸轉向亞太地區，顯示全球主要樞紐機場改變(詳圖20)。另IHS公司預測未來20年全球國內生產總額(GDP)年成長率約2.9%(詳圖21)。

Top 20 airports with the most weekly seats in 1996



Top 20 airports with the most weekly seats in 2016



Source: August OAG 1996 and 2016

圖20 全球樞紐機場出現改變

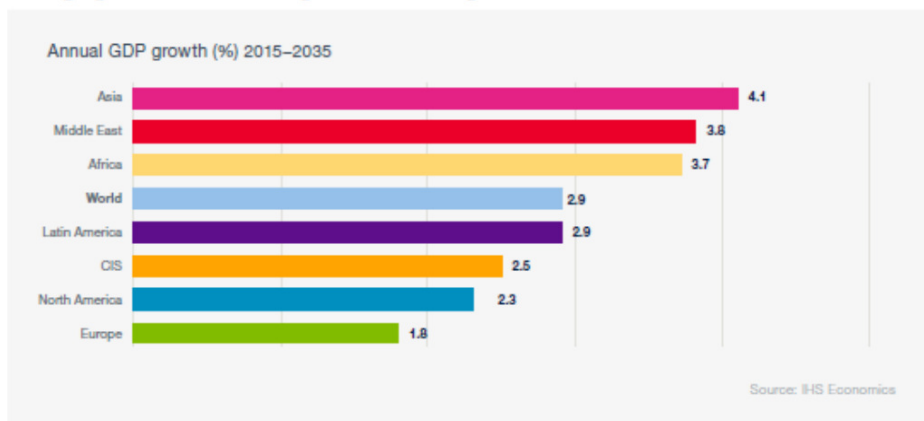


圖 21 全球國內生產總額趨勢預測

Airbus和Boeing公司持續研發新型航機(詳圖22)。

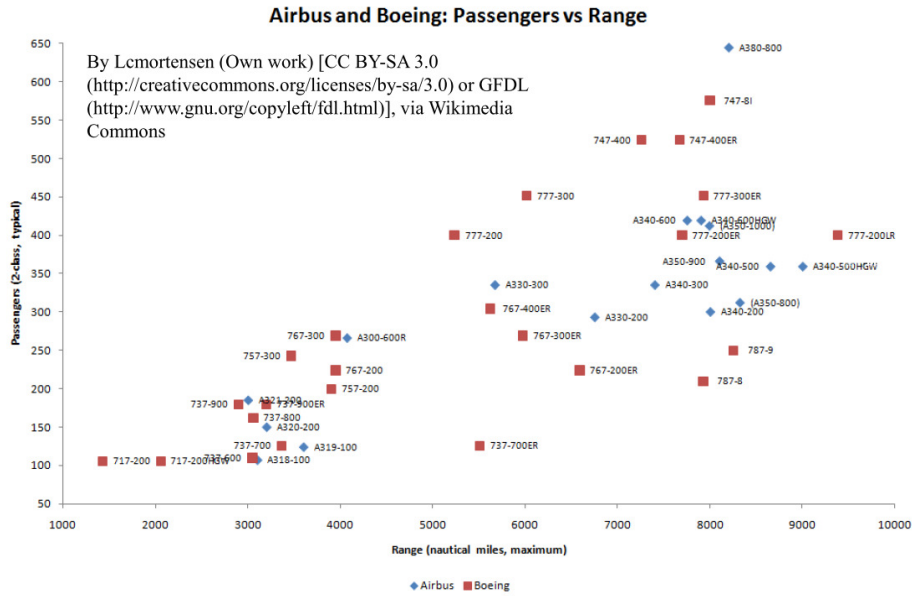


圖22 Airbus和Boeing之航機載客人數與航程

PIRA能源顧問公司長期預測未來油價波動大，充滿不確定，詳下圖。

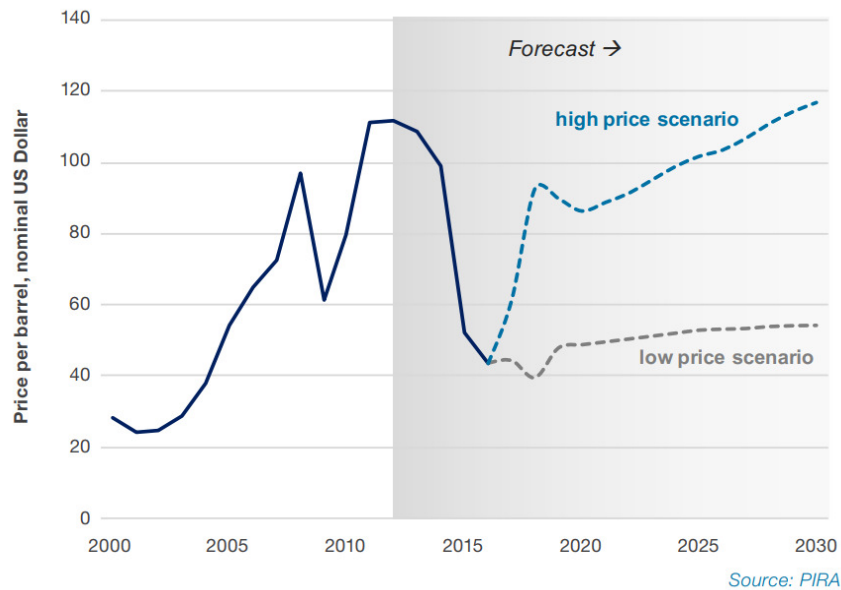


圖23 PIRA能源顧問公司預測未來油價波動

由航空資訊機構OAG整理1996年至2016年全球空運市場可知，過去20年航空旅客人數、航班及直飛市場持續成長；惟航機並未有明顯大型化之發展趨勢(如圖24)。

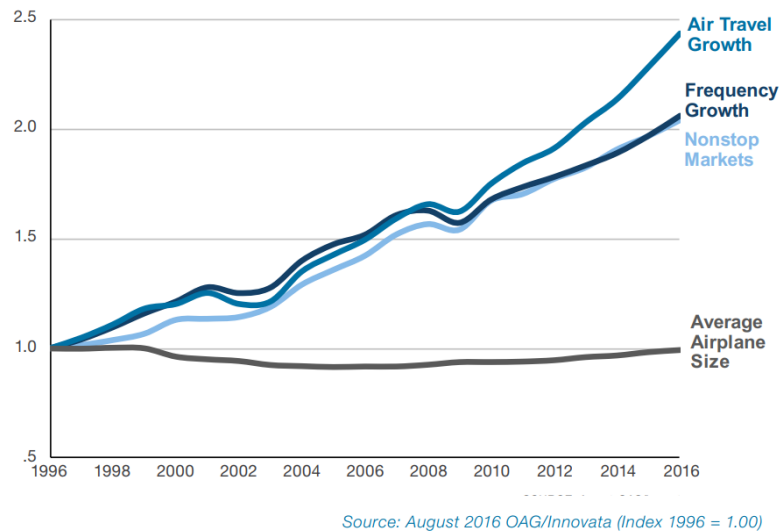


圖24 航空資訊機構OAG對空運市場分析

綜上，有關空運市場發展全貌說明如次：

1. 過去空運市場逐年增加主要因為航班增加。
2. 新興經濟體快速成長影響樞紐機場(major hub)重新分配。
3. 個人所得成長亦為航空市場成長重要因素之一。
4. 航機先進技術及航空公司對營運成本降低有很大貢獻。
5. 油價對財務及環境成本之影響係為最大不確定性因素。

3.4.3 運量預測程序

運量預測係以基年資料為基礎，考量班表、短期尖峰特性、旅客及航機分類特性等因素，推估搭機旅客年運量。

一、運量預測方法

1. 專家意見法

專家意見法顧名思義即透過各類專家對空運市場瞭解及經驗來進行運量預測，專家相互交流意見，無拘束地暢談自己的想法，脈絡思維相互碰撞，使預測觀點不斷集中並深化，進而凝聚共識。

德菲法(Delphi method)係為一種結構化之專家意見法，其利用一連串有系統的問卷，徵詢與研究相關的專家學者意見，藉由匿名及彼此不面對面的情況下，進行數回合的意見徵詢，每次調查後分析結果再分送各專家，作為修正先前意見之分析判斷，反覆進行直到各專家間的意見差異降至最低為止，匯集成一致性具體的共識或結論。其兼具會議和傳統問卷調查法之優點，建立在「結構化的資訊流通」、「匿名的群體決定」和「專家判斷」的原理上。

2. 量化模式分析法

透過歷史資料來建構統計模型，並且期望在未來預測年期仍舊有效，包括規範(specification)、校驗(calibration)及應用(application)三階段，其中規範係指選擇變數及數學模式之過程。

(1) 比例成長分析法

比例成長模式係假設機場客運量與全國機場客運量存在一定比例關係，借由找出機場客運量與全國交通量的比例，用以預測機場客運量。優點為簡單及費用低，缺點是假設內容未必成真。

(2) 時間序列分析法

時間序列分析法是透過歷史變化趨勢，預測未來發展，其假設運量發展以相同模式延續至未來。優點為無需仰賴其他預測模式，缺點則是當外部環境變化較大時，此分析方法較不合適。常見模式有以下三種(其模式示意圖詳下圖25)：

A. 線性模式($Y_t = \alpha + \beta \cdot t + \varepsilon_t$)：屬較保守的預測模式。

B. 指數模式($\ln(Y_t) = \alpha + \beta \cdot t + \varepsilon_t$)：屬較樂觀的預測模式。

C. 羅吉斯模式($Y_t = \frac{Y_{SAT}}{1 + \exp(-\beta(t - t_{1/2}))}$)：屬機場運量成長已趨

近飽和的預測模式。

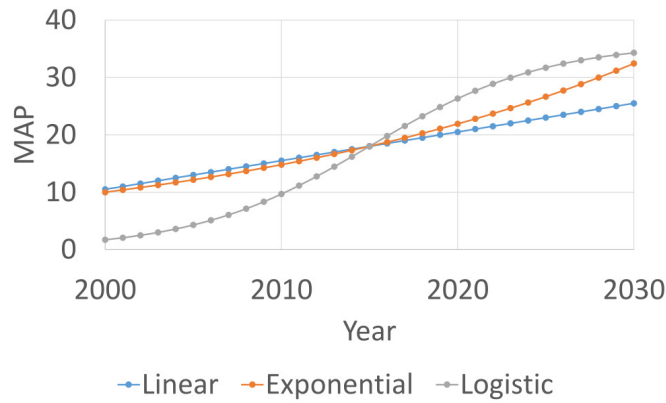


圖25 時間序列分析結果示意圖

(3) 因果分析法

因果分析模式係根據事物之間的因果關係，以預測事物的发展與變化，通過對需求預測目標有直接或間接影響因素進行預測；惟自變數使用前必須先與應變數進行相關檢定。優點為將可能影響運量的因子(自變數)納入考量，缺點為誤差來自於對各自變數之預測，即受到其他預測模式精確度之影響。常見模式有以下二種：

A. 線性模式($Y_t = \alpha + \sum \beta_i \cdot X_{it} + \varepsilon_t$)。

B. 對數-線性模式($\ln(Y_t) = \alpha + \sum \beta_i \ln(X_{it}) + \varepsilon_t$)。

二、預測搭機旅客年運量轉化為航機營運量(詳圖26)

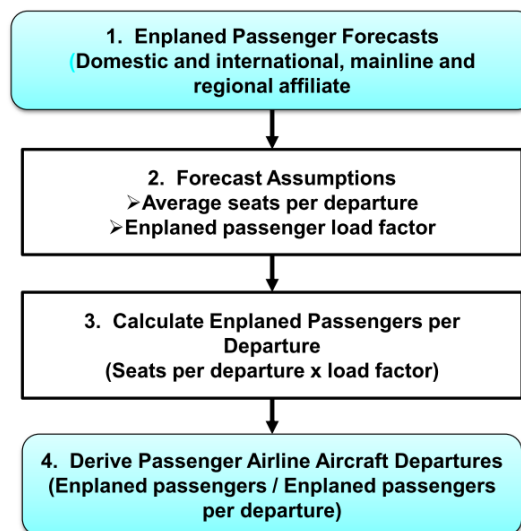


圖26 預測搭機旅客年運量轉化為航機營運量操作的流程

三、預測設計日運量分佈情形(詳圖27)

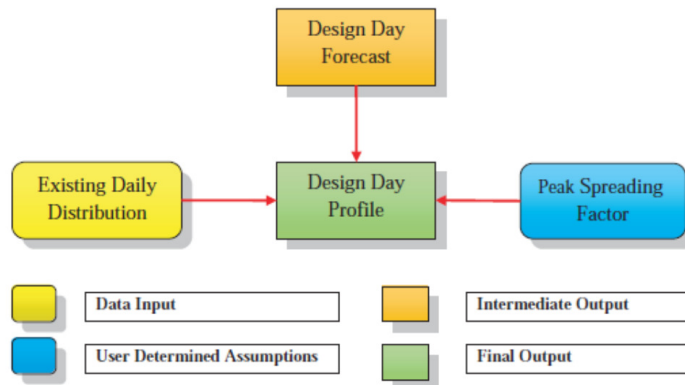


圖27 預測設計日運量分佈情形操作的流程

3.4.4 預測的可靠度及處理不確定性因素

運量預測受到非預期事件(如9/11、達康互聯網泡沫化)、自變數預測誤差、航網及航空公司等影響，其預測結果通常是不準確(inaccuracy)。一般而言，運量預測結果通常較實際運量為高，加上預測時間軸愈長，運量預測結果愈不準確，因此需瞭解運量過程中可能的誤差來源，透過定量化方法來減少預測的不確定性，同時必須發展策略並持續關注機場發展趨勢，以因應不斷變化且不易預測的環境變化。以下說明兩種處理運量預測不確定之方法：

1. 蒙特卡羅方法(Monte Carlo Method)

蒙特卡羅方法又稱統計模擬法、隨機抽樣技術，是一種隨機模擬方法，以概率和統計理論方法為基礎的一種計算方法，是使用隨機數（或更常見的偽隨機數）來解決很多計算問題的方法(如圖28)。

蒙特卡羅方法計算過程：

- (1) 模擬某一過程時，需要產生各種機率分布的隨機變數。
- (2) 利用統計方法進行模式結果之機率概估。

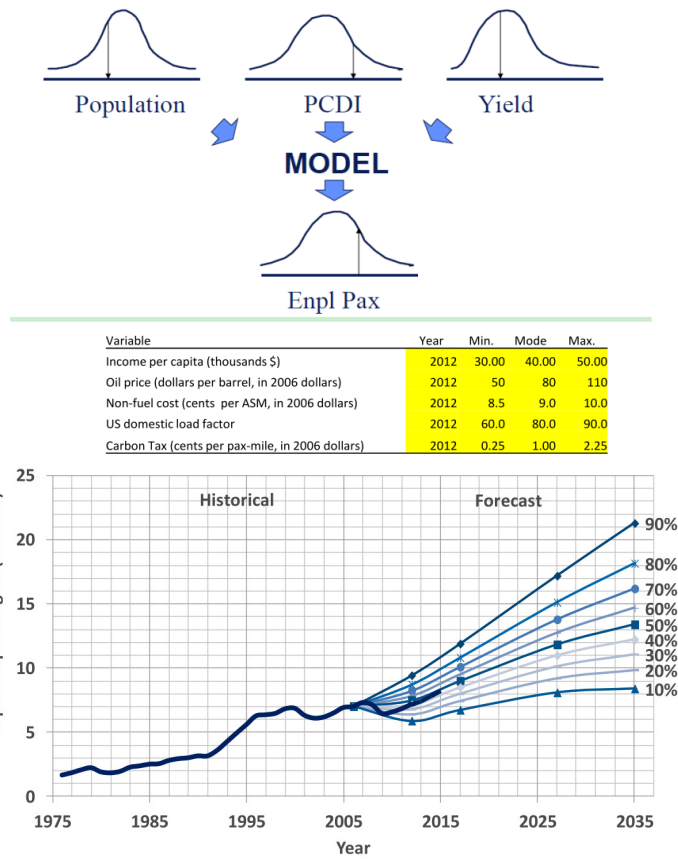


圖28 蒙地卡羅方法示意圖

2. 參考類群法(Reference Class Method)

參考類群法顧名思義為蒐集與目標機場規模類似的參考機場，其過去運量成長率作為分析。舉例而言，某機場於2010年旅客為650萬人次，為預測該機場未來10年運量發展，蒐集1990年及2000年達400萬至1,000萬旅客人次規模的機場，其10年的平均成長率，綜整如圖29所示，經統計分析，在90%的信賴區間下，機場年客運成長率約介於-4%至+6.5%間。

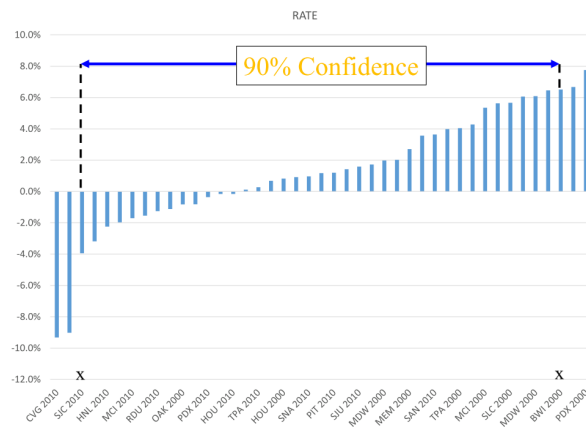


圖29 參考類群法分析示意圖

3.5 空側容量與延滯分析

容量(Capacity)係指在一定時間內，運輸系統所能處理的最大交通量，計算時間一般以年或小時為單位。機場容量依定義不同，大致可區分四類，最大通過容量(Maximum throughput capacity)係以航機無止盡的到來，航管人員竭盡努力地工作，亦即理想狀況下的容量；持續容量(Sustained capacity)則考慮航管人員實際可負荷處理航機數量；實際容量(Practical capacity)設定之平均延滯時間為4 -7 分鐘；宣告容量(Declared capacity)則進一步考慮航機時間帶。

一、影響空域及機場容量之因素(如表7所示)

1. 天氣(Weather conditions)
2. 機隊比例(Aircraft fleet mix)
3. 航管規則航機間隔離標準(Air traffic control rules and aircraft separation standards)
4. 跑道使用配置(Runway-use configurations)
5. 空域限制(Airspace constraints)
6. 飛機噪音管制程序(Aircraft noise abatement procedures)

表7 影響空域及機場容量之因素

Airport Geometry	
	Runway Exit Design
	Runway Entrance Taxiways
	Staging Pads/Taxiways
	Runway Crossings
	Parallel Taxiway
Airport User Information	
	Aircraft Fleet Mix
	Daily Demand Distribution
Aircraft Performance	
	Avionics Equipage
	Braking Action
	Random Variability
Runway Use & ATC Procedures	
	Applicability of Visual Flight Rules
	Wake Turbulence
	Weather
	Multiple Approach Technology
	Runway Specific Fleet Mix
Human Factors	
	Air Traffic Controller Workload
	Air-Ground Communications
	Random Variability
Airspace Factors	
	Departure Fix Restrictions
	Neighboring Airports
	Missed Approach

二、航機間隔離標準(separation)

機尾渦流(Wake vortex)亦稱為機尾亂流(Wake turbulence)，顧名思義為一種產生於航機尾端的亂流，航機機翼因為上下壓力差而產生升力，當機翼下方的高壓氣流流向機翼上方低壓區時，將於機翼翼端產生捲狀的渦流現象，飛機渦流將導致後方航機迅速下沉、翻滾，乃至於失控，一般而言，航機愈大，機尾渦流愈強。

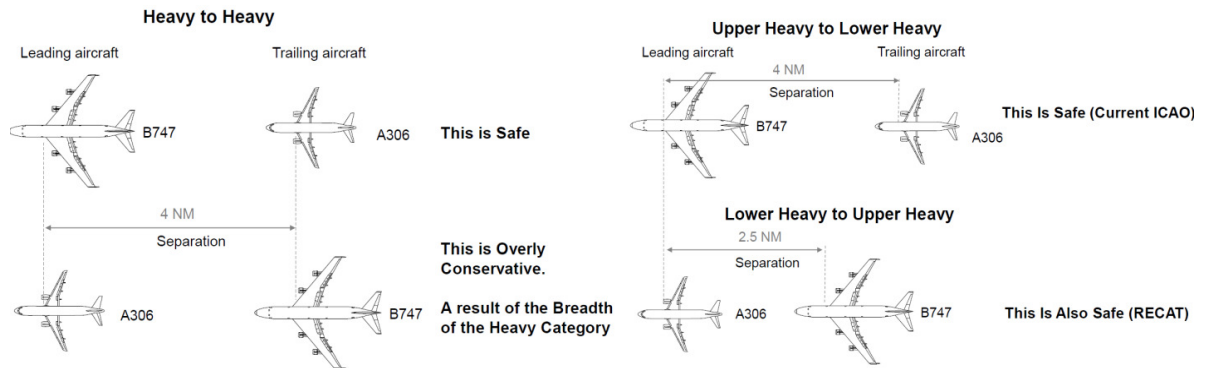
當航機排成一列近離場時，為避免機尾渦流對航機產生安全疑慮，爰航機間需保持適當間距，現行機尾亂流隔離作業是依照航機最大起飛重量進行分類，共分成小型航機(Light)、中型航機(Medium)、重型航機(Heavy)及超重型航機(Super)。當航機大小差不多，其所需間隔較小；大型航機在前、小型航機在後時，其所需間隔較大；小型航機在前，跟隨在後的大型航機較無影響，有關國際民航組織(ICAO)建議航機間隔離標準如下表：

表8 ICAO 航機間隔離標準表

Leading Aircraft (FPL Code)	Following Aircraft (FPL Code)	Separation Minima	Location	Separation Minima
A380 (J)	A380 (J)	#	-	#
	Heavy (H)	6 NM	-	2 Minutes
	Medium (M)	7 NM	Departing from the same position	3 Minutes
	Light (L)	8 NM		Departing from an intermediate point
Heavy (H)	A380 (J)	#	-	#
	Heavy (H)	4 NM	Departing from the same position	2 Minutes
	Medium (M)	5 NM		3 Minutes
	Light (L)	6 NM	Departing from an intermediate point	3 Minutes
Medium (M)	A380 (J) Heavy (H) Medium (M)	#	-	#
	Light (L)	5 NM	Departing from the same position	2 Minutes
Light (L)	A380 (J) Heavy (H) Medium (M) Light (L)	#		Departing from an intermediate point
	NOTE # Wake turbulence separation is not required			

NOTE # Wake turbulence separation is not required

由於管制員必須依照前後航機不同的機尾渦流等級，給予不同隔離時間標準，對於機場運作效率造成一定程度的影響。為了有效改善機場運作效率，FAA/ Eurocontrol 重新評估各類航機間的隔離標準(Wake Turbulence Recategorization, ReCat)，以大幅增加機場的跑道容量，如下圖所示。



RECAT Separation Matrix

		Follower					
		A	B	C	D	E	F
Leader	A	MRS	5.0	6.0	7.0	7.0	8.0
	B	MRS	3.0	4.0	5.0	5.0	7.0
	C	MRS	MRS	MRS	3.5	3.5	6.0
	D	MRS	MRS	MRS	MRS	MRS	5.0
	E	MRS	MRS	MRS	MRS	MRS	4.0
	F	MRS	MRS	MRS	MRS	MRS	MRS

- Separation was increased for some or all aircraft pairs
- Separation remained the same for some or all aircraft pairs
- Separation was decreased for some or all aircraft pairs
- MRS** Minimum Radar Separation (3NM, or 2.5 NM when existing requirements are met)

□ ReCat was implemented in Memphis in November 2012, Louisville in September 2013, and Cincinnati in March 2014.

圖 30 重新評估各類航機間的隔離標準(ReCat)

三、空側容量變異性(variability)

空側容量隨不同情境而異，以美國舊金山機場為例，機場受時間及天候等因素影響，空側容量隨之改變(詳圖31)。

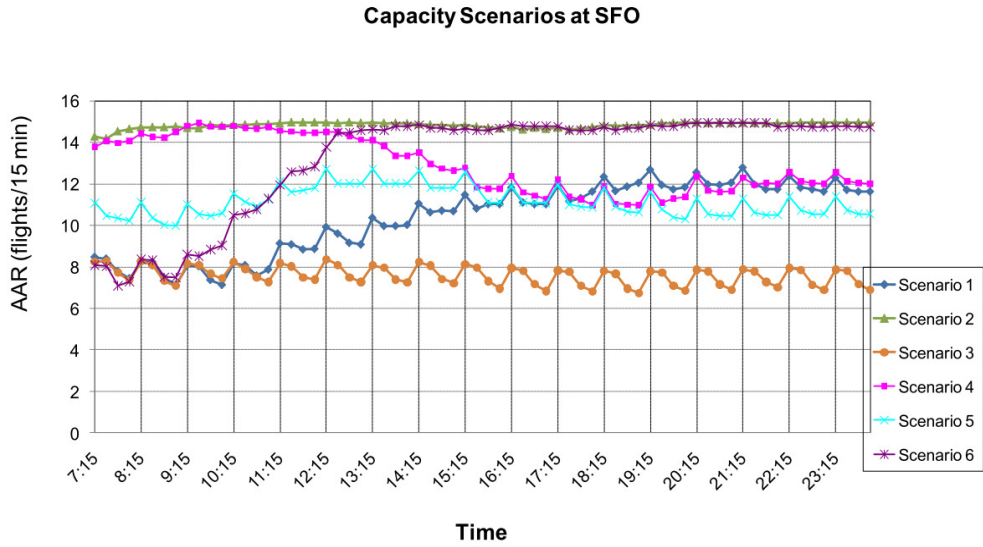


圖 31 美國舊金山機場在不同情境下的空側容量變異性

四、空側容量分析(Capacity analysis)

空側容量受限於空域、滑行道、停機坪及跑道等因素影響有所不同，其中又以跑道容量為最大限制因素。跑道混合使用(含起飛及降落)之時空圖(詳圖32)。

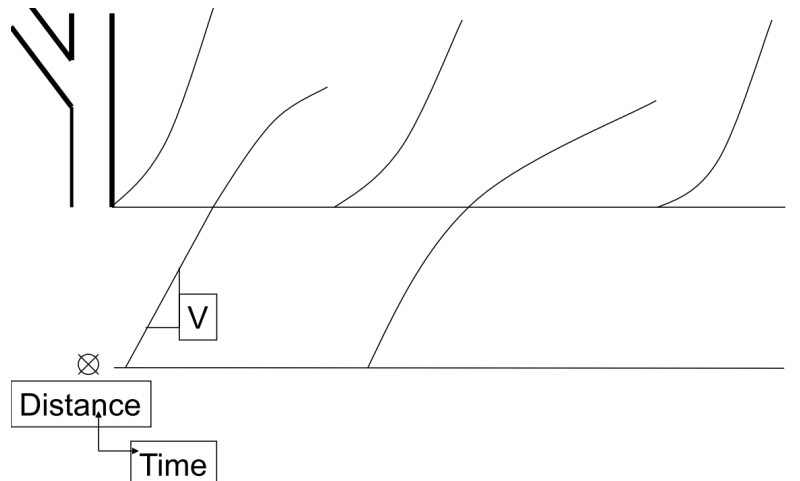


圖32 跑道混合使用之時空圖

空側容量計算公式：

$$capacity = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{\alpha\alpha'} n_{\alpha\alpha'} \tau_{\alpha\alpha'}} = \frac{1}{\sum_{\alpha\alpha'} p_{\alpha\alpha'} \tau_{\alpha\alpha'}}$$

$p_{\alpha\alpha}$ = Proportion of pairs of successive operations in which operation of class α' trails an operation of class α

另當某時段內航機組成愈複雜，因受到航機間隔離標準限制愈多，尤其是小型航機跟在大型航機後方發生次數愈頻繁，此時跑道容量將愈低(詳下圖33)。

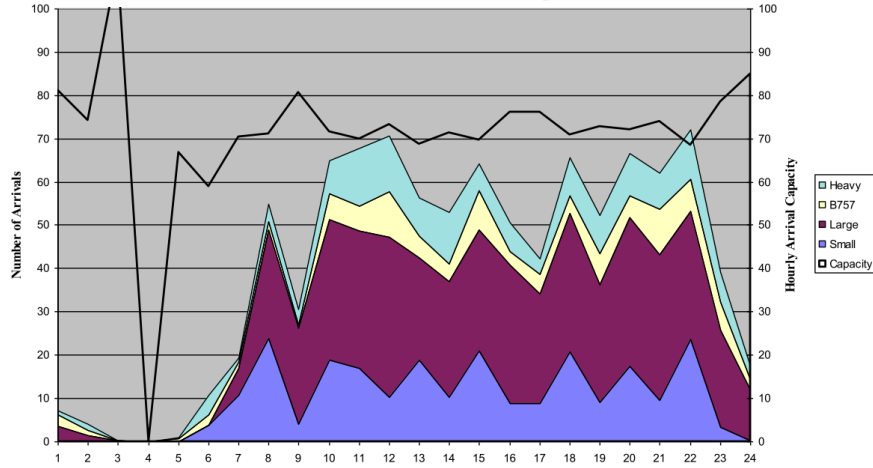


圖 33 航機組成與跑道容量關係

五、航班延滯(Flight delay)

影響航班延滯原因包括：

1. 空側容量(Airfield and airspace capacity)
2. 航機班表(Airline scheduling)
3. 航空管制程序(Air traffic management procedures)
4. 機場宵禁及設施運轉中斷(Airport curfews and facility outages)

學理上常以等候模式推估航班延滯(queueing models for estimation of delays)，其可分為微觀模式(一段區間內個別航機抵達時間)及巨觀模式(將一段區間內所有抵達航機視為一體，通常採用15分鐘)，如下圖所示。

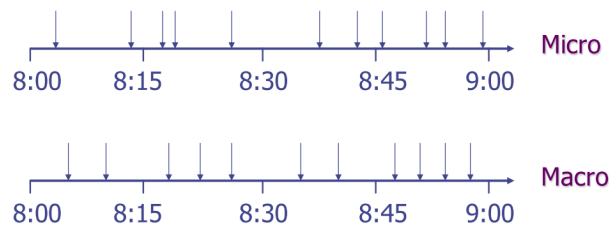


圖 34 等候理論推估航班延滯示意圖

3.6 機場需求管理

機場規劃者負責維持空側、航廈及陸側設施需求與容量之間的平衡。過去傳統僅著力於提供適切的設施，來滿足完全永無止盡的需求；現今則思考如何讓航空需求配合機場設施容量，即為機場需求管理(Airport demand management)。

當航機需求量大於容量時，因機場的設施有限，此時航班將產生延滯，倘航機排班人員於尖峰時段再增加額外航班，將導致其它航班延滯時間增加，因其他受影響航班延滯時間增加係由航空公司自行承受，排班人員無法完全感受航空公司對航班延誤造成的困擾，即為擁擠外部化(congestion externality)，爰須合理安排航班並實施機場需求管理等相關措施。

一、延滯影響率(Delay impact ratio)

$$DIR = \frac{\text{congestion delay caused by flight (seat-hrs)}}{\text{schedule delay saved by flight (seat-hrs)}}$$

二、機場需求管理方法

1. 時間帶管理

時間帶管理(Administrative slot controls)為最廣泛用來處理機場需求管理，其主要將機場劃分為三個等級。

(1) 等級 1：不需協調時間帶，現有容量足敷使用。

(2) 等級 2：需要協調時間帶，僅透過自主調整預定時刻表即可。

(3) 等級 3：必需完全協調時間帶，所有增加或時刻調整之航班，均需經由時間帶協調人(slot coordinator)同意。

時間帶協調會議通常發生於每年11月及6月，一般採用機場每小時容量為基準，時間帶分配基本原則為歷史優先權(historical precedent)，但過去一季班表期間使用率至少需達80%以上才可予以保留，航空公司亦可與其他公司自行轉移或交換時間帶。當有新的時間帶或部分時間帶需重新分配時，則納入時間帶匯總資料庫

(slot pool)供各航空公司提出申請。

實施時間帶管理雖能有效減少航班延滯，卻也降低班表調整之彈性。另可能導致「slot baby sitting」的問題產生，亦即航空公司為保持80%使用率，以較小型航機飛行，避免擁有的時間帶被重新分配，且可能因此阻擋新興航空公司進入市場之機會。

2. 市場基礎法

市場基礎法(Market-based approaches)其立論基礎係將跑道容量分配給願意出價最高之購買者，其優點在增加新的航空運輸業者進入市場之機會。

- (1) 競標：航空公司透過競標(auction)方式獲得他想要的時間帶，且航空公司必定會採取最具效率的方法來善用與經營。
- (2) 擁擠費：擁擠費(congestion pricing)主要與航機邊際成本有關，針對不同時段收取不同費用，使航空公司轉而利用非尖峰時段進行飛航。

上述方式都將使航空公司支付額外成本，實施前必須與航空公司進行充分溝通。相關策略內容如下表所示。

表9 市場基礎法相關策略

	How Calculated	When Applied	Who Pays	Rationale
Traditional Landing Fee	(Total landing field budget)/ (Landed weight) x Landings)	All day	All operators	Landing field budget depends in part on facilities to accommodate larger aircraft
INVEST???				
Revenue Neutral Flat Fee	(Total landing field budget)/(Operations)	All day	All operators	When one operation precludes another, there is no reason to charge them differently
INVEST???				
Revenue Positive Flat Fee	Surcharge on existing landing fees	Selected hours	All operators	Spread operations out of the peak periods
INVEST???				
Revenue Positive Peak Fee	Vary surcharges above landing fees	Selected /every hour	All operators	Vary the size of the surcharge in proportion to the delays (and therefore costs) imposed by excess demand in specific hours
or				
Auction	Define slots in each hour that maximizes net benefits (varies by hour)	Every hour	All operators	Reduce uncertainty about delays while allowing for optimal delay levels over the day

3.7 土地使用規劃與周邊環境

3.7.1 土地使用規劃

一、土地使用規劃概念

1. 確保航機運作安全
2. 確保地面人員安全
3. 降低或改善航機噪音污染

二、基本原則

1. 訂定機場周邊禁限建管制範圍及高度
2. 訂定可能危險活動行為
3. 劃定航機噪音影響範圍及不適合的土地使用項目

3.7.2 周邊環境

一、機場環境規劃

與機場開發相關環境影響因子：

1. 噪音(Noise)

FAA 訂定在 65 分貝等噪音線範圍內增加 1.5 分貝時，需進行環境影響評估(Environmental Assessments, EA)。一般而言，航機起飛之噪音影響範圍大於航機降落之影響範圍(如圖 35 所示)

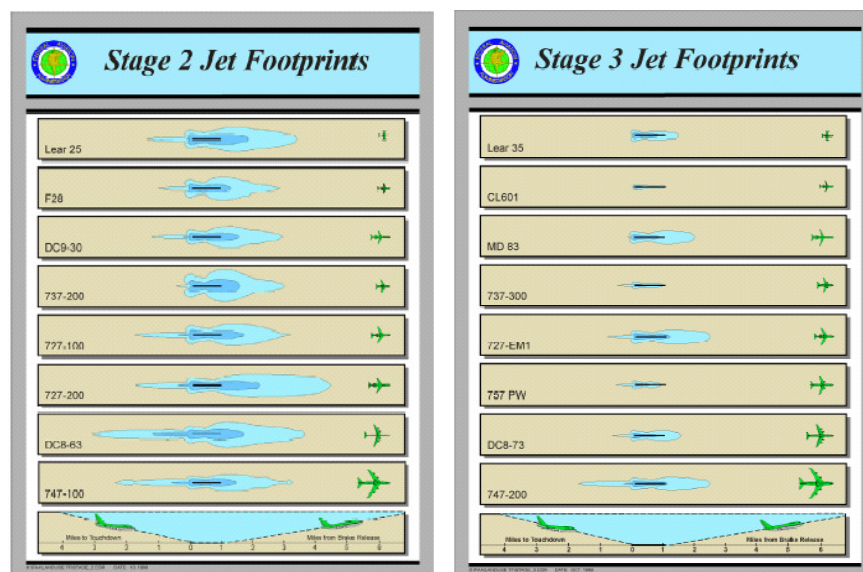


圖 35 不同航機起降噪音影響範圍圖

2. 土地使用的相容性(Compatible land use)
 3. 社會影響(Social impacts)
 4. 誘發社會經濟衝擊(Induced socioeconomic impacts)
 5. 空氣品質(Air quality)
 6. 水質(Water quality)
 7. 公共設施用地(Department of transportation act)
 8. 歷史、建築、考古遺址、文化資源(Historic, architectural, archeological, and cultural resources)
 9. 生物群聚分佈(Biotic communities)
 10. 瀕臨危險的動、植物(Endangered and threatened species of flora and fauna)
 11. 濕地(Wetlands)
 12. 洪水氾濫區(Floodplains)
 13. 沿海地區管理(Coastal zone management program)
 14. 海岸屏障(Coastal barriers)
 15. 原野河流(Wild and scenic rivers)
 16. 農地(Farmland)
 17. 能源供給及其他自然資源 (Energy supply and natural resources)
 18. 光害(Light emissions)
 19. 固體廢棄物影響(Solid waste impact)
 20. 工程建設影響(Construction impacts)
- 二、航機噪音估計及緩減措施

機場營運將帶來正、反兩面的外部影響，正面影響如新產業導入、商業營收增加等經濟層面影響；反面影響如噪音、空氣品質、水質等前述各項衝擊，其中又以噪音影響最大，美國於 1970 年制定國

家環境政策法(National Environmental Policy Act, NEPA)，其目的為將機場環境保護納入國家政策、建立環境影響評估審議委員會等。

1. 影響機場噪音的主要因素有：

- (1) 特定航機帶來的噪音(「Loudness」 of a particular aircraft)
- (2) 航機飛行路徑、高程(The flight path & altitude of aircraft at a particular point)
- (3) 機場每日營運航機數量(The number of daily aircraft operations)

2. 機場噪音的衡量

L_{eq} = Equivalent Noise Level

C_{NEL} = Community Noise Equivalent Level

L_{dn} = Equivalent Day-Night Noise Level

3. 噪音防制的可行措施：

- (1) 導入機場設計(Airport design interventions)
 - A. 替代跑道
 - B. 跑道遷建、航機維修設施提升
 - C. 聲音阻絕
 - D. 引擎系統升級
- (2) 機場及空域使用調整(Airport and airspace use)
 - A. 跑道交替使用
 - B. 航路使用優惠
 - C. 提高航機飛行高度
 - D. 限制航機裝載反推力設備

- (3) 土地使用(緩和噪音)(Land use)
 - A. 取得土地
 - B. 土地使用分區的兼容性
 - C. 聲音隔離(降低25-35分貝)
 - D. 建築規範
- (4) 噪音程序管理(Noise program management)
 - A. 徵收與噪音相關的降落費
 - B. 噪音監控
 - C. 民眾投訴機制
 - D. 社區參與
- (5) 限制進入(Access restrictions)
 - A. 部分機型無法於該機場起降
 - B. 機場宵禁措施
 - C. 限制每年航機營運數量

四、心得及建議

在享譽「花園中的城市」新加坡為期三週的「機場系統和規劃」課程，講師透過課堂教授、工作小組討論、機場實地參訪等形式，傳授機場的發展與演進、機場規劃的主軸、運量預測的不確定性，乃至於機場土地使用規劃與周邊環境等內容，不論從學術面或實務經驗面傳達相關知識，謹將相關心得及建議分享如下：

4.1 心得

一、機場規劃對於機場未來發展扮演重要角色

機場規劃分為系統規劃、主計畫及工程計畫等三個層次，系統規劃為整個國家、地區內所有機場功能定位、發展策略，係政策指導；主計畫為單一機場之發展規劃，關係機場未來發展規模和方向；工程計畫則為實踐系統規劃及主計畫所進行之實務階段。

機場的發展策略由主計畫、商業計畫及服務協議三部分構成，並非全然由主計畫決定，主計畫負責機場後續整建、擴建、改建等設施之規劃；商業計畫為針對機場營運及財務管理提出建議；服務協議係指航空關聯產業相互配合，包括航空公司航點、航線、航網及時間帶的規劃，貨運、地勤、空廚業與航空公司之串聯等。當上述三部分內容相互搭配，方能體現機場發展策略。

二、持續滾動檢討機場主計畫(整體規劃)

機場主計畫係承接系統規劃，針對單一機場未來短、中、長期發展提出規劃，並為後續工程計畫之先驅。機場主計畫為指引機場未來發展方向之依據，就機場現況發展、財務及經濟效益分析、土地取得、環境影響及施工條件等考量因素下，解決現存航空、環境與社會經濟等議題，亦為政府擬定未來各項民航建設或政策之主要依據及發展藍圖。

隨著航空市場發展及周邊環境變遷，其主、客觀條件隨時變動，亦即機場主計畫為持續性、協調性及綜合性之工作，一般而言，每 5 年重

新檢討機場主計畫內容，但如果外部環境發生重大改變時，可提前檢視主計畫相關內容，「彈性」調整計畫內容，以符實際發展需求。

另《商業週刊》2017年2月份一篇有關羽田機場首席清潔婦新津村子報導述及：「什麼工作都用心去做，就是專家。」同時新津村子也提到想法是行動的原點，機場規劃亦同，應思索如何將意念落實行動實踐，因應外在突發變化，以隨時調整因應。

三、機場為一個國家或城市之門戶意象

最早的機場航廈設計主要係參照鐵路車站而來，隨著航空運輸蓬勃發展，航廈的設計理念由藝術形式轉而功能性與美學兼具的規劃設計。機場是國家重要指標，依《遠見雜誌》2017年2月版一段文字提及：「機場的大小與流量代表當地的繁榮度和國際化，造型和美感則代表居當地人的文化觀和品味，所以，機場是國家的門戶。」

機場同樣與周邊都市計畫的發展息息相關，不論是桃園國際機場周邊大型綜合產業園區之桃園航空城規劃、松山機場存廢議題、臺中機場對面機場門戶及周邊產業專區整體開發計畫等，機場規劃需與地方政府緊密配合，從帶動經濟及產業發展、提升城市競爭力與世界接軌、對周邊民眾、環境衝擊影響等面向溝通協商，以尋求該機場發展共識。除此之外，航空運輸即為一種衍生性需求，機場同時也是很多人生命中驛站，《機場裡的小旅行：狄波頓第五航站日記》一書提到：「嘈雜、繽紛又美麗，機場是人類文明的想像中心，在這裡，你可以選擇飛行的目的地，也會不自覺思考，希望如何改變自己的人生。」

四、運量預測為機場規劃之基礎，惟其充滿不確定性

運量預測對機場規劃非常重要，其預測結果將影響各項民航設施之需求與配置檢討，亦為後續投資建設計畫之重要決定因素。運量預測的方法眾多，需依照該地區、機場發展特性，選擇適宜的分析模式及相關變數。運量預測年期愈長，預測結果愈容易失真，因此美國運輸研究委

員會(Transportation Research Board, TRB) 於 2010 年出版《Airport Passenger Terminal Planning and Design Volume 1: Guidebook》指出：「典型機場主計畫對航空客運量需求預測以 20 年為基準。」基此，機場規劃常以未來 20 年發展為目標年。

為避免運量預測與實際空運市場發展趨勢落差太大，可參考 Boeing 及 Airbus 公司對空運市場的未來預測分析，透過理論方法並持續關注空運發展趨勢及政經環境變遷，適時啟動檢討。

5.2 建議

重視機場規劃人才培育，持續派員參加機場規劃課程

新加坡民航學院每年辦理機場工程課程，提供世界各國之機場公司或營運團、相關機場規劃、工程、建築、維運等各領域之專業人員參與。參與此一課程，除可瞭解目前國際間機場規劃之最新情形外，透過一系列的課程安排，除了機場主計畫內容外，包含航空管制概述、支援輔助設施與消防站設計簡介課程，滋潤自己對於機場工作所需的養分與開拓自己的想像空間。

另本次課程新加坡樟宜機場公司共有 5 名學員參加，其學員背景包括：機場規劃、專案管理、建築、維護營運等面向，顯現人才孕育的重要性，本次課程並非僅辦理機場主計畫同仁需要參加，其他人員亦可透過本課程對機場工作有進一步學習與成長。