

出國報告(出國類別：實習)

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

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：羅文惠 科長

派赴國家：新加坡

出國期間：103年8月3日至23日

報告日期：103年11月18日

# 目 錄

一、目的 .....	1
二、行程與課程安排.....	2
三、課程內容.....	7
四、心得與建議 .....	58
附錄 機場規劃專題成果.....	62

## 一、目的

新加坡民航學院與美國柏克萊大學運輸學系(Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, US)合作開設機場工程(Airport Engineering Program)課程，是專門為工程師獲得國際認可的專業資格，同時具備機場工程學術與實用知識的一個方案。課程進行方式包含課堂講授、專題研討和實地考察新加坡樟宜機場與其他設施。該課程共包含三個階段，分別為「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。

本次參加機場系統與規劃課程，主要係考量我國自開放兩岸直航之後，桃園、高雄、松山及台中等國際機場之客運量逐年增加，加以行政院於 103 年 7 月核定臺灣地區民用機場整體規劃(102~106 年)，將接續辦理松山、高雄及台中機場主計劃之擬訂或修正，擬藉由參加本次訓練課程，有系統地學習機場之系統與規劃之最新觀念與趨勢，並與來自各國之學員互相交流瞭解各國之實際作法與經驗，使得接續辦理之機場主計劃能做得更細緻與完整。

## 二、行程與課程安排

### 2.1 行程

本次出國行程共計 21 天，第 1 天及最後 1 天係路程，其餘為課程時間，詳如表 2.1。

表 2.1 出國行程表

日期	行程	說明
103 年 8 月 3 日 (星期日)	臺北 -> 新加坡	啟程
102 年 8 月 4 日 (星期一)   102 年 8 月 22 日 (星期五)	新加坡	機場系統和規劃課程
103 年 8 月 23 日 (星期六)	新加坡 -> 臺北	回程

## 2.2 課程安排

本次課程共三週，內容相當豐富，學員需參與所有的課程、完成專題作業，並通過最後測驗，始完成學習，取得證書。詳細課程內容、講師與學員介紹如下：

表 2.2 訓練課程表

UC BERKELEY, ITS-SAA AIRPORT SYSTEM & PLANNING PROGRAMME  
4 - 22 AUGUST 2014

WEEK 1		AIRPORT SYSTEM AND PLANNING				
DAY/ DATE TIME	MONDAY 4 AUG 2014	TUESDAY 5 AUG 2014	WEDNESDAY 6 AUG 2014	THURSDAY 7 AUG 2014	FRIDAY 8 AUG 2014	
0900-1000	REGISTRATION AND OPENING CEREMONY  (0900-0930 hrs)	Capacity and Delay Analysis	Airport Demand Management	Introduction To Airport Planning	Airport Master Planning Process (Continue)	
1015 - 1115	Traffic Forecast					
1115-1215						
	<i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>	<i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>	<i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>	<i>Dr Jasenka Rakas (UCB)</i>	<i>Dr Jasenka Rakas (UCB)</i>	
1315 - 1415	Traffic Forecast (Continue)	Capacity and Delay Analysis Workshop	Study Period	Airport Master Planning Process	Study Period	
1415 - 1515						
1530 - 1630						
	<i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>	<i>Dr Mark Hansen (UCB)</i>		<i>Dr Jasenka Rakas (UCB)</i>		

Module 1



## 2.3 講師簡介

授課講師來自加州柏克萊大學、新加坡民航總局、新加坡樟宜機場集團及 CPG 顧問公司，詳細資料如下：

<b>UC BERKELEY, ITS-SAA AIRPORT SYSTEM AND PLANNING</b> <b>4 AUGUST – 22 AUGUST 2014</b>
---

### LECTURERS

#### 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 Gao Shu	Senior Engineer (Communications / Nav aids) Aeronautical Telecommunications & Engineering Division
------------	--

Mr Simon Koh	ATC Instructor (School of Air Traffic Services) Singapore Aviation Academy
--------------	---

Mr Mohd Fadzil Mohd Jakaria	ANS Officer (ANS Policy) Air Navigation Services Policy Branch
-----------------------------	---

#### Changi Airport Group (Singapore) Pte Ltd

Mr Stuart Ralls	Senior Manager, Projects Projects & Contracts Division
-----------------	---

Mr Au Lye Quee	Manager, Passenger Transportation Systems Engineering & Master Planning Division
----------------	---

Ms Lim Siew Lian	Senior Manager, Airport Planning Engineering & Master Planning Division
------------------	--

Mr Chee Kay Hyang	Assistant Vice President, Master Planning Engineering & Master Planning Division
-------------------	---

Mr Toh Heng Hock	Deputy Commander, Changi Operations Airport Emergency Service Division
------------------	---

#### CPG Consultants Pte Ltd

Mr Lee Ngai Hung	Vice President Airport Mechanical & Engineering Branch
------------------	---

Mr Khin Maung Lin	Principal Engineer Mechanical & Electrical Division
-------------------	--

Mr Yong Aik Fong	Vice President Structure Branch
------------------	------------------------------------

## 2.4 學員介紹

學員來自世界各地，有新加坡、紐西蘭、韓國、新加坡、泰國、阿曼、莫三比克、斯里蘭卡、南非、迦納及賴比瑞亞等 11 個國家共 20 名學員。專業背景各不相同，包含有土木工程、飛航管制、專案管理、建築、機場規劃等，來自政府部門(民航局)及機場公司。



### 三、課程內容

本課程涵蓋豐富，謹將其歸納為運量預測與需求管理、機場規劃介紹、機場配置與系統介紹、機場土地使用與周邊環境之關係等共四大類，並包含運量預測(Traffic Forecast)、容量與延滯分析(Capacity and Delay Analysis)、需求管理(Demand Management)、機場規劃(Introduction to airport planning)、機場策略規劃與主計畫(Airport Strategic and Master Planning)、環境議題(Environmental issues)、機場配置(Airport configuration)、土地使用規劃(Land Use Planning)、客運航廈規劃(Planning of Passenger Terminal)、機場附屬設施(Airport Utilities)、機場專案計劃管理(Managing Airport Projects)、新大型航機對機場規劃的影響(Impact of NLA on Airport Planning)、航管(Air Traffic Control)、障礙物限制面(Obstacle Limitation)、低成本航廈的設計(Design of Budget Terminal)、場址選擇(Site Selection)等內容。

其中「容量及延滯分析」與「機場配置」等課程，講師並於課程中納入專案研討，讓學員進行個案研析：在不同的跑道容量、航機組成假設下，計算延滯；經由學員自行假設新機場的周邊地理環境、目標年運量等基本條件，完成全新之機場規劃。藉由個案研析除將課程所學予以應用，加深學員之學習印象外，並藉由研討的過程促進學員間相互合作，使得彼此更加熟悉。

考量課程資料豐富，實難全數敘述，加以國內對於機場系統與規劃之討論亦有許多，爰本次報告將謹就運量預測與需求管理、機場規劃介紹、機場土地使用與周邊環境之關係等主題之主要內容，及相較於平日作業方式不同或有較深感受之議題等摘述於后，其餘上課資料，以光碟方式存放一份置於本組供有興趣之同仁參考。

### 3.1 運量預測與機場需求管理(Traffic Forecast and Airport Demand Management)

由下圖機場主計畫的過程中可以明顯的看出，運量預測之於機場主計畫及機場相關投資計畫來說非常重要，也可說是其基礎，運量預測的結果，影響機場主計畫中對於各項設施需求之預測及配置，亦是投資計畫之重要決策因素之一。

## Airport Master Planning Process

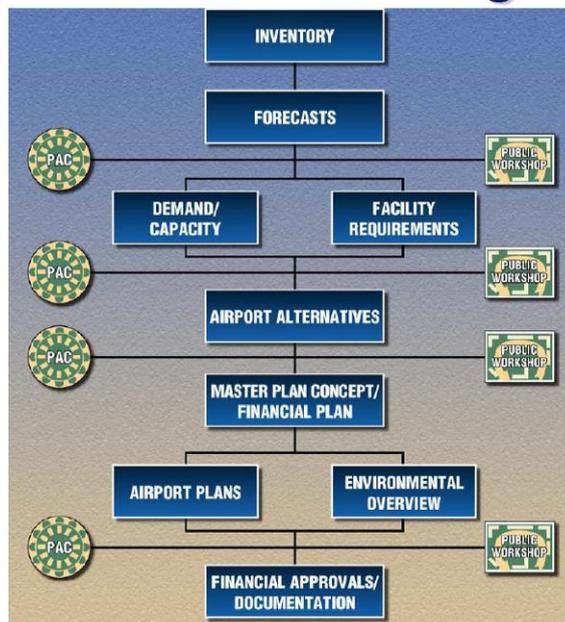


圖3.1 機場主計畫流程圖

#### 3.1.1 運量預測項目(What is Forecast)

有關機場運量預測的項目一般包含客運量預測、貨運量與航機起降架次預測等三項，每一個預測項目，除了最基本的年運量預測外，為了計算特定設施之需求，有時必須包含尖峰日、尖峰小時、每日概況等，此外某些特定情況下需瞭解運量組成的分類，例如：起迄量VS.轉運量、國內運量VS.國際運量、全服務航空運量VS.低成本航空運量等等。將各項預測常用之細項內容整理如表3.1：

表3.1 運量預測項目表

預測項目	預測內容
Passengers	Annual traffic (million annual passengers, MAP)
	Temporal patterns <ul style="list-style-type: none"> <li>· Busy day</li> <li>· Peak hour</li> <li>· Daily profiles</li> </ul>
	Traffic by category <ul style="list-style-type: none"> <li>· Originating VS Connecting</li> <li>· Domestic VS International</li> <li>· Full service VS Low Cost Carrier</li> </ul>
Cargo	Belly
	Dedicated Carrier (EX:DHL, UPS)
Aircraft Operations	Annual
	Temporal patterns <ul style="list-style-type: none"> <li>· Peak hour</li> <li>· Daily profile</li> <li>· Design day schedule</li> </ul>
	Aircraft by category <ul style="list-style-type: none"> <li>· Mainline VS Regional VS General Aviation</li> <li>· Fleet mix 機隊比例</li> </ul>

### 3.1.2 運量預測 (Forecast Techniques)

一般運量預測是從預測搭機旅客(Enplanements)年運量開始，依據基準年之數據為基礎，並考慮以及航班營運、時間和尖峰特性、旅客和航機分類等預測值。

#### 3.1.2.1 總旅客量的統計

有關總旅客量的統計有兩種，包含以航機為計算基礎及以機場為計算基礎，其中以航機為計算基礎的方法，對於機場的年旅客量來說，轉機旅客量會重複計算一次，在做設施規劃時要特別注意。

- 以航機為計算基礎：**Enplanements + Deplanements**

Each time a person boards an aircraft, he or she is counted as a passenger enplanement.

Each time they disembark, they are counted as a deplanement

- 以機場為計算基礎：**Originating + Terminating + Connecting**

Passengers who begin the air portion of their trip at an airport are counted as an originating passenger at that airport.

If they end the air portion of their trip at an airport, they are counted as a terminating passenger.

Combined originating and terminating passengers are often referred to as O&D passengers. A passenger who transfers from one aircraft to another is counted as a connecting passenger.

### 3.1.2.2 搭機旅客量預測方法

#### 1. 專家判斷法(Expert Judgment)

此方法係利用專家的專業背景，對於未來運量進行預測，準確性取決於專家們的專業知識和經驗及其以往預測結果之可信度。此種方法較適合應用於短期預測，但不適於長期或複雜狀況的預測。

著名的德菲法(Delphi exercise)，則為其中一例，是指由一群具代表性之專家先獨自做出預測，並將個別專家做出的決定告知其它專家，個別專家看完其他人的預測後，可以選擇是否修正自己的預測，此後經由重覆上述步驟修正，使所有專家意見趨於一致的方法。

#### 2. 量化模型(Quantitative Models)

量化模型是用歷史數據來建構統計模型，並且期望在未來目標年仍舊有效，常見方法有下列：

### (1) 比例法(Ratio Models)

假設機場交通量與區域交通量或全國交通量有一定的比例關係，因此借由找出機場交通量與全國交通量的比例，即可利用全國交通量的預測值來預測機場運量，此種方法優點為簡單及費用低；缺點是上述假設不一定為真，且預測的準確性取決於全國交通量的正確性，若全國交通量的預測錯誤的話，則機場運量的預測也同樣的會失準。

### (2) 時間序列分析(Time Series Analysis)

時間序列分析法是根據過去的變化趨勢，預測未來的發展，它的前提是假定事物的過去以同樣的型態(Pattern)延續到未來，好處是不需依據其他的預測，只要利用過去資料就能對未來做出預測，缺點是以過去資料對未來做預測必須假設型態(Pattern)重覆出現，即假設未來的運量變化與過去的運量統計以同樣的pattern延伸，這樣預測方法適合用在外部環境變化不大的情境，如果外部環境變化快速，則不適合利用此方法。

### (3) 因果模型(Causal Models)

因果分析，就是找出能夠解釋或預測某個因變數的自變數，即找出能夠解釋和預測運量的自變數，並利用線性或數線性的模型對運量做出預測，惟自變數使用前必須先對自變數與運量之間是否有相關進行檢定。

機場運量的自變數，通常包含供給面(價格、品質等)與需求面(收入或社會地位等)兩者。

運用因果模型，優點是比較能細部區分出每一個影響運量的自變數對於運量的影響，即敏感度分析，進而發展出不同假設情形下所預測的不同運量，缺點是誤差取決於自變數的預測。

3.1.2.3 將預估旅客數轉換至每日營運操作的流程(Translating Passenger Forecasts Into Operations)

## Translating Passenger Forecasts Into Operations

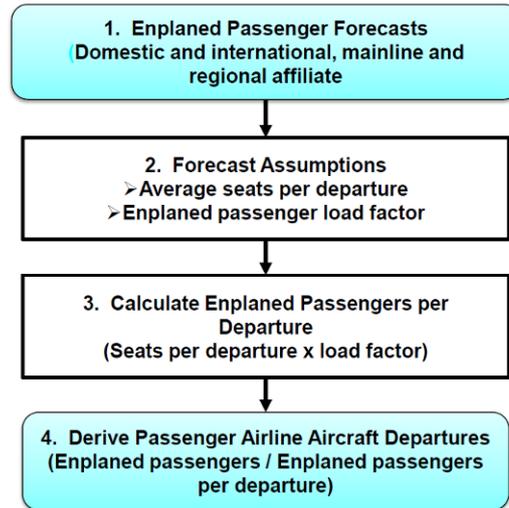


圖 3.2 預估旅客數轉換至每日營運操作的流程

3.1.3 運量預測結果的應用

運量預測的結果一般應用在空側設施、陸側設施、環境影響及年度計畫等四項，例如：依據運量預測的結果，決定空側跑道、滑行道、停機位或除冰設施等的數量；決定陸側航廈面積、報到大廳、安檢區域、路緣長度、停車場等規模大小；決定機場噪音及相關排放量對周邊環境所產生的影響；亦可將運量預測結果做為年度基本營運及財務預算需求以及對於航空公司與特許廠商相關費用收取之參考。將相關應用項目整理如表3.2。

表3.2 運量預測結果應用項目彙整表

應用位置	應用項目
Airside	Determine required airside facilities · Runways · Taxiways

	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Parking positions</li> <li>· De-icing facilities</li> </ul>
Landside	Determine required terminal and landside facilities: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Terminal area</li> <li>· counter space</li> <li>· security lanes</li> <li>· curbside</li> <li>· parking spaces</li> <li>· roadway capacity</li> </ul>
Environmental	Noise
	Emissions impacts
Annual	Basic operating and financial requirements
	Charges to airlines and concessionaires

### 3.1.4 運量預測誤差

機場規劃者必須認識到傳統的預測方法的不可靠性(unreliability)，瞭解在運量預測的過程中，可能發生錯誤的來源，包含在模型建立的階段，資料的錯誤、模型的錯誤；在預測階段，預測的錯誤；模型應用的階段，其他變數預測的錯誤等。

透過將不確定性進行定量化(quantifying the uncertainty)的方法來設法減少預測的不可靠性，另外必須發展策略，以因應不斷變化且不易預測的環境變化。

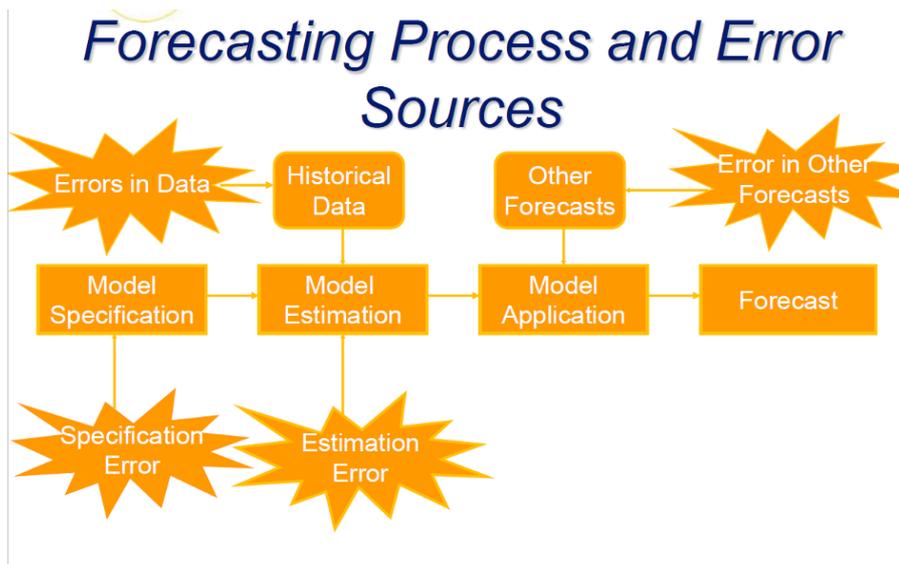


圖3.3 運量預測的流程及錯誤的可能來源

### 3.1.5 機場空側的容量與延滯

#### 3.1.5.1 機場容量的概念

影響機場容量的因素很多，空側容量只是其中一部分，大致上影響機場容量的項目有：聯外道路、路緣、停車、租車設施、空側容量、登機門、報到櫃檯、行李轉盤、安檢設施等等，通常在分析機場容量時，我們會檢視上述每一個項目的容量，再綜合考量機場的容量，如下圖：

### Airfield Capacity vs Airport Capacity

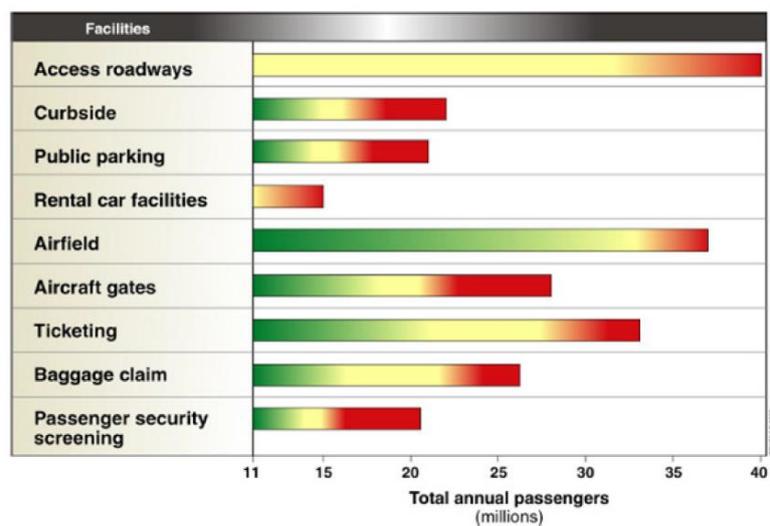


圖3.4 空側容量與機場容量關係圖

### 3.1.5.2 空側容量(Airfield Capacity)

所謂容量是指一運輸系統在一定時間內所能處理的最大交通量 (maximum traffic)。

在空側交通量計算的是航機本身數量(flights)，而非所載運的旅客人數 (payload)，這和一般我們談的機場容量有很大的不同。

而計算的期間通常分為年容量和尖峰小時容量。

在計算空側容量時，除了最大的通過交通量(Maximum throughput capacity)外，我們更在意的持續性的容量(Sustained capacity)。

最大通過交通量的兩個假設前提是「航機源源不斷的到來(infinite reservoir of aircraft)」與「航管人員持續用最大的能量在帶領航機 (controllers working as hard and skillfully as possible)」，然而在實務運作上，這兩個前提都無法達到：航機的到達與離開取源於航空公司的班表計畫、而航管人員也無法24小時持續的帶領航機(例如一個運動健將，即便100公尺只需要跑12秒，1公里(1000公尺)一定無法在120秒內跑完)。因此我們在計算空側容量時，用的並非Maximum throughput capacity。實際容量設定之平均延遲時間，通常為4 -7 分鐘。

### 3.1.5.3 影響空域和機場容量的因素(Factors that affect airspace and airport capacity)

影響因素包括：

#### (1) 氣候(weather conditions)

如機場雲幕高與能見度(雲霧)、側風等。

#### (2) 機隊比例(aircraft fleet mix)

飛機樣式與性能（如引擎規格、進場速度等）。

#### (3) 航管規則與飛機間隔標準(air traffic control rules and aircraft separation standards)

飛機起、降時，飛機彼此最小間隔或距離，如在IMC(Instrument Meteorological Conditions)的情形下，飛機離場間最小設定間隔為2nm (nautical miles)。

機尾渦流(Wake Vortex)，也有人稱機尾亂流，是一種受到飛機動力與兩翼結構所產生的強烈氣流，平行拖曳在飛機後方，在飛機排成一列進離場時，機尾亂流會對航機的安全產生嚴重的影響，因此前、後飛機間需保持適當距離，避免氣流影響後面飛機的起降，其間隔依前、後飛機機型（大、小）及操作時機(起、降)而不同以及所在位置而有不同。當飛機大小一致時，所需間隔較小，大型飛機在前、小型飛機在後時，所需間隔最大，小型飛機在前，則對於跟隨在後的大飛機較無影響。如下表所示：

表3.3 ICAO 間隔標準表

## ICAO Separations

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)	#		Departing from an intermediate point
	Light (L)	#	-	

NOTE # Wake turbulence separation is not required

NOTE # Wake turbulence separation is not required

#### (4) 跑道配置(runway-use configurations)

飛機起降時，跑道及滑行道配置情形，將影響飛機停留於跑道時間的長短。

#### (5) 空域限制(airspace constraints)

受機場附近地理環境(如山坡等)或其他機場（如軍用機場）等因素限制。

#### (6) 飛機噪音管制程序(aircraft noise abatement procedures)

為降低噪音對機場附近居民或生態的影響，限制航機起降數量、時間或飛行路徑，皆會對容量產生影響。

### 3.1.6 機場需求管理

機場規劃者的責任就是要負責空側、航廈及陸側其它設施需求與容量的平衡。以往規劃的重點著重在提供足夠的設施，來滿足完全不受約束的需求，然後現在另一種思考的方式是讓需求來和容量符合(**palance may also be attained by matching demand to capacity**)，也就是所稱的需求管理。

當機場的設施有限，無法滿足完全不受限制的需求時，航機就會面臨延滯，倘於尖峰時間，管理人員再排入航班，此一額外增加的航班，將會造成其它的航班更嚴重的延滯，惟此一延滯因屬其他航空公司所承受，額外增加的航班無法感受到航班延誤所造成的痛苦，也就是所謂的擁擠外部性(**congestion externality**)，因此必須對於需求進行管理，以減少總延滯。需求管理可分為兩大類：

#### 1. 時間帶管理法(Administrative Slot Controls)

- (1) Level 1- 不需協調，容量足夠。
- (2) Level 2- 需要協調，自主調整預定時刻表。
- (3) Level 3- 需要完全協調，所有增加航班或時刻調整，皆需要經過

時帶人協調人的同意。全世界約有 170 個機場皆屬於 Level 3 的情形。

時間帶協調，明確訂定個機場每小時容量，其訂定方式主要(80%)係參考前一季的歷史資料(即有歷史優先權)，其他亦參考既有航班的調整、不同目的航班或航空公司間交換時段等資料，以進行分配。

然而，個別機場的擁擠，會和航機前一個起飛或後一個到達機場產生連鎖的效應，也就是航空公司必須同時在起飛和抵達的機場都取得時間帶，才能完成飛行的計畫。為避免各航空公司申請兩地機場之聯繫往返耗時費力以及避免機場處理個別航空公司申請可能發生之黑箱作業，國際航空運輸協會( International Air Transport Association, IATA )自1974年起每年6月及11月邀集各航空公司代表以及由各國民航主管機關授權處理機場時間帶業務之時間帶協調人等，舉行時間帶協調會議，以同一地點面對面的方式，透過協調溝通或交換，將各航空公司所需之時間帶予以協調並確認，除儘量滿足各航空公司需求外，並避免產生不公平競爭。

## 2. 市場基礎法(Market-based Approaches)

除了上述時間帶協調的方法外，另一種方法是市場基礎法，其立論基礎即是將跑道容量分配給視該容量價值最高，願意出價最高購買者，這樣一來，由於跑道容量是以非常高的價格購入，航空公司一定會用最有效率的方法來使用它。

以尖峰小時取得較高使用費，或競標等方式操作，控制或平均跑道每小時的起降航班。然而這2種方法都會造成航空公司額外的負擔，實施前通常會先跟航空公司溝通。

## 3.2 機場規劃 (airport planning)

「機場規劃」，分為三個層次，包括：1.機場系統計畫 (Airport System planning)；2.機場主計畫 (Airport Mast planning)；及 3.機場建設計畫 (Airport facility/project planning)。其中機場系統計畫是從國家整體資源考量航空於交通運輸系統上之發展規劃，經由政策決定該區域所需之機場數量、功能定位、型式或區位。機場主計畫，則是指依據機場系統規劃之成果，針對單一機場進行最佳的發展概念規劃( A conception of the ultimate development of the airport)，提供短、中、長程發展策略，以滿足運量需求，並與機場周邊區域的產業及土地利用具有相容性。而機場建設計畫，通常係依據機場主計畫內容，並考量成本或預算後，對機場內某特定設施所研擬興建或改善計畫。當具體建議或方案被採用時，隨即進入細部設計或工程執行階段。

### 3.2.1 機場構成要件(Components of the Airport System)

機場是一個複雜的系統。

系統指由一群有關連的個體組成，根據預先編排好的規則工作，能完成個別元件不能單獨完成的工作的群體。一個機場也可視為一個系統，個別的元件如航廈、跑道，單獨存在並無法完成運輸的功能，唯有互相協調，缺一不可，才能有效率且安全地完成輸運旅客或貨運的功能。

機場系統以空橋為界，分為陸側和空側，陸側包括航廈和停車場，空側則有停機坪、登機門、滑行道系統和跑道；而與陸側停車場相連接為機場聯外運輸系統，與空側跑道相連則為空域。機場系統詳如下圖所示：

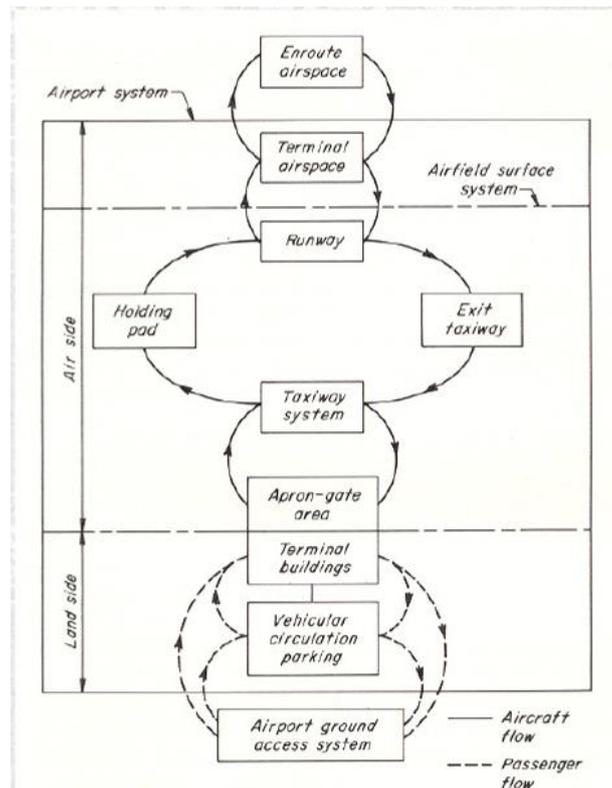


圖 3.5 機場系統構成要件圖

### 3.2.2 機場的規劃與設計(Airport systems planning and design)

機場最開始的發展來自於更早以前的技術，探究運輸發展的歷史，鐵路運輸發展較航空運輸要早，因此最開始的機場航廈設計就是參照當時的火車站來設計，而後再隨著航空運輸科技的不斷進步，而有了現今的航廈與整個機場系統的發展。



### 3.2.3 機場規劃的發展脈絡(evolving context of airport planning)

#### 1. 系統容量需求增加

隨著機場數量的增加，對於整體航空系統容量的需求也逐漸增加，必須檢討因應，以美國為例，短期進行「機場系統整合國家計畫」(National Plan of integrated Airport Systems(NPIAS))與「營運發展計畫」(FAA Operational Evolution Plan)，長期系統發展則進行「下一世代航空運輸系統發展」計畫 (Next Generation Air Transportation System)。

#### 2. 機場擴建困難

#### 3. 環境議題逐漸增加

#### 4. 市場缺陷

#### 5. 經濟議題

#### 6. 科技發展所帶來的機會

#### 7. 保安議題

### 3.2.4 機場系統規劃

#### 3.2.4.1 機場系統規劃的目標(System Planning Objectives)

系統規劃有三大目標，分別是定義機場發展的未來需求、做為資源分配決定的指導方針、與其它規劃活動的協調，說明如下：

#### 1. 定義機場發展的未來需求

首先發展系統層級(system-level)的預測，同時考量未來新科技對系統帶來的影響，找出未來需求所需要的額外容量，最後發展策略以提供所需的設施。

#### 2. 做為資源分配決定的指導方針(guide resource allocation decisions)

確定未來資金需求，定出未來優先發展計畫，平衡成本與收益。

### 3. 與其它規劃活動的協調(coordinate with other planning activities)

需考量與其它地面交通方式的協調，與經濟發展議題的協調等。

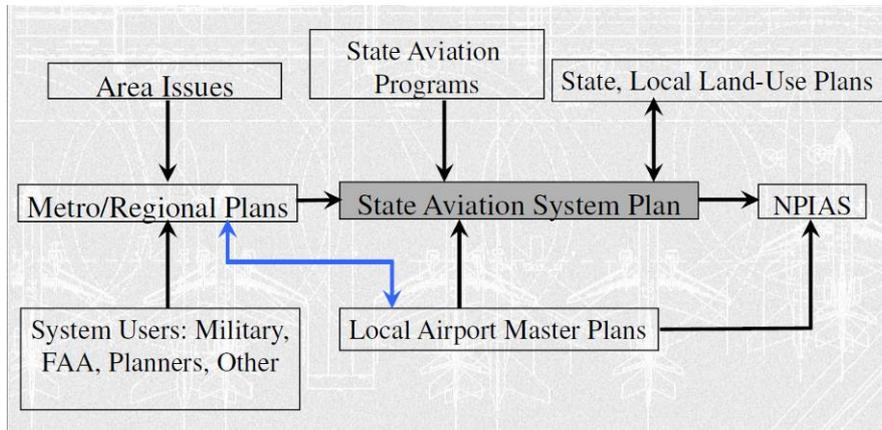


圖 3.6 規劃關係圖(planning Relationships)

#### 3.2.4.2 機場系統規劃扮演的角色(Role of aviation system planning)

1. 提供機場規劃所需的戰略層面
2. 以系統的高度定義機場發展的需求
3. 協調多個機場之間的發展
4. 提出發展所需相關基礎設施和服務之需求
5. 以更廣闊的運輸脈絡來定位航空運輸
6. 確定資金需求和計劃發展所需資金來源

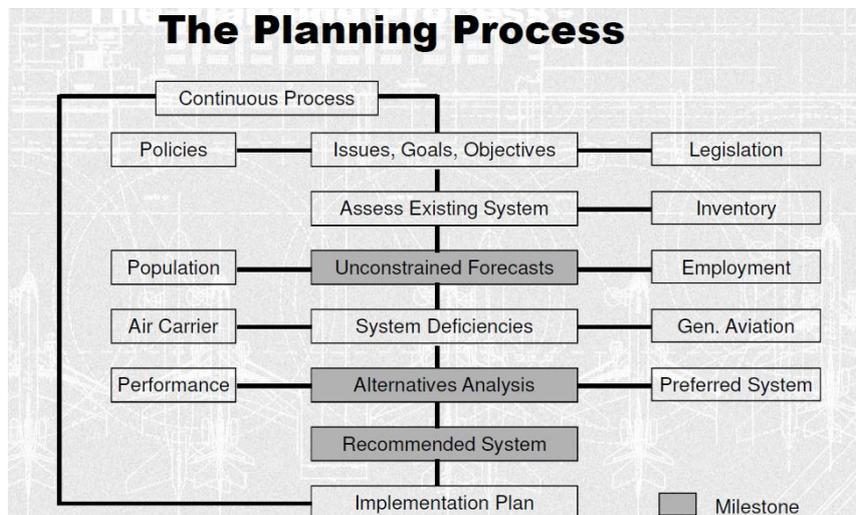


圖 3.7 規劃流程圖

### 3.2.5 機場策略規劃與機場主計畫(Airport strategic and master plan)

機場策略規劃與機場主計畫，是機場系統規劃與機場實質建設計畫間的“膠水”(glue, between strategic system planning and capital project planning)，也就是透過機場主計畫才能將系統規劃所產生的策略，落實在建設計畫中。

機場主計畫與3.2.4節所述的系統規劃最大的不同在於，機場主計畫是針對單一機場進行最佳之發展概念規劃，提供短、中、長程發展策略，以滿足運量需求，並與機場周邊之產業及土地利用具有相容性。

機場主計畫必須高度與廣度的整合機場的每一個功能，以及所有的機場利益相關者(airport stakeholders)，它必須有明確的目標、完整的數據分析以及公共的參與以促進決策。主計畫必須隨時注意與政策、管理面及技術目標一致才能成功。

#### 3.2.5.1 機場主計畫的目的

機場主計畫的目的包括：

1. 產出機場未來空側及陸側區域發展藍圖，同時揭示鄰近區域土地之使用建議。
2. 考量技術、經濟及環境等議題，發展概念與替選方案。
3. 建立發展方案之執行計畫，特別是短期之改善計畫。
4. 配合執行計畫提出可行之財務計畫。
5. 供政府訂定土地使用限制及預算編列之參考。
6. 為後續之規劃作業建立計畫整體架構及時程。

### 3.2.5.2 機場主計畫的內容與流程

主計畫辦理的內容與流程說明如下：

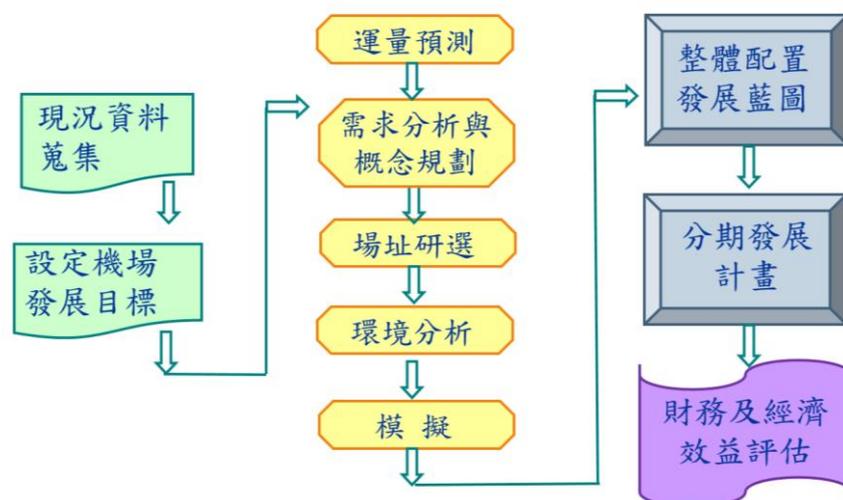


圖 3.8 主計畫流程圖

#### 1. 現況資料蒐集

包含機場本身、空域、周邊土地使用、上位計畫及周邊區域發展計畫等資料。

#### 2. 設定機場發展目標

依據機場系統規劃所設定的功能定位，設定機場發展目標

#### 3. 航空運量預測

一般以20年為長期、10年為中期、5年為近程計畫年期

#### 4. 需求分析及概念規劃

依據運量預測結果，逐一檢視機場設施是否滿足未來需求，包含空域；空側跑道、滑行道與停機坪、空橋之尺寸及數量；陸側包含航廈空間、停車場、聯外道路系統、相關公用事業設施(污、廢水處理、空調、機電)等。若既有場址可滿足未來需求，則進行細部規劃，若既有場址容量不足，則應研擬替代方案，如開發新場址、取代或增加新場址，或改變機場發展目標等。

#### 5. 場址研選

當既有機場容量不敷未來需求，須設置新機場時，則進行場址研選。

## 6. 環境分析

在主計畫研擬過程，即應針對機場對環境造成之既有及潛在影響進行分析，並研擬減輕對策。

## 7. 模擬

電腦模擬程式需要輸入大量基本資料，但機場模擬可以幫助規劃者研選出配置方案，適用於大型國際機場或較大規模擴建案，規劃者經由模擬可以快速分析各替選配置方案的優缺點。

## 8. 整體配置發展藍圖

以示意圖顯示機場未來配置發展藍圖，通常是大圖中有小圖的方式呈現，主要包括：

- (1) 機場配置圖：顯示機場範圍、降落區配置、陸側設施區域、助航設施位置等。
- (2) 土地使用圖：在機場範圍內之旅客航站區、維修區、貨運設施、普通航空業務基地設施、商業等建設配置圖。為顯示噪音影響程度及範圍、障礙物情況，以及可能影響機場作業之設施及活動等，應標示現況及建議之機場範圍外土地使用。
- (3) 航站區配置圖：顯示航站區各主要設施配置及其相互關係。一般以較大比例分別圖示航站區建築物區域、貨運站建築物區域以及棚廠區域等。
- (4) 聯外交通圖：顯示機場主要聯外道路至鄰近之商業中心路線，以及與其他主要幹線與交通系統之銜接點。機場範圍外之運輸系統，應配合既有之相關計畫進行規劃，或建議新路線，交由道路主管機關進行進一步評估。

## 9. 分期發展計畫：列入短、中、長期的分期發展計畫，包含預估經費需求。

## 10. 財務與經濟效益評估

由於目前國家資源有限，辦理主計畫都會被要求進行財務及經濟效益評估，近年來依國發會之要求，尚需進行與周邊區域之跨域加值規劃，以做為方案評估準則之一。

## 11. 主計畫的修訂

在美國，系統規劃的目標年是10~20年，每年會再重新檢視一次，而隨著系統規劃的完成，各機場的主計畫也會隨著修訂；在臺灣，主計畫一

般每五年通盤評估及修訂一次；當經濟、財務、政治環境及重大政策轉變時，應隨時啟動檢討。另至少每年應檢討及更新資料一次，以及時反映需求，做滾動式檢討。

### 3.2.5.3 機場主計畫的演進

表3.4，經由成長動力、規劃者、規劃重點、規劃工具及系統整合等面向，探討機場主計畫的演進，可以做為我們機場規劃人員在做機場規劃時的體認和參考，我們的規劃重點、工具和系統整合等面向都必須隨時配合調整，才能跟得上時代的脈動，例如，1990年代以後迄今，規劃的重點從設施的完善演變為「彈性」，因應外在環境的變動迅速，規劃的內容是否具有調整的彈性，為目前主計畫規劃強調的重點。

表3.4 機場主計畫演進比較表

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

### 3.2.5.4 機場主計畫與機場策略計畫的關係

圖3.9描述機場主計畫與機場策略計畫的關係，機場主計畫是機場策略計畫的一部分。舉例來說：機場在內外部壓力與政府上位政策的前提下，提出「非航空收入成長一倍」的策略，而這樣的策略，必須透過主計畫(master plans)、商業計畫(business plans)及服務協議(Service Agreements)來達成。也就是說機場主計畫並非萬能，機場的發展策略，必須透過機場主計畫檢討所需新增的設施，搭配營運規劃及與在機場提供服務的其它業者所提供

的服務，三者缺一不可，才能完成機場的發展策略，提昇機場的競爭力。



圖3.9 機場策略規劃與主計畫關係圖

### 3.3 機場配置

機場配置是依據所現有或新增之用地大小、位置、形狀；周邊環境的現況、障礙物，以及機場未來的發展目標、運量預測結果等，進行機場的配置，一般機場配置圖包含機場範圍、跑滑道等起飛、降落區配置、陸側設施區域、助航設施位置、進場及障礙物限制等。

#### 3.3.1 跑道

跑道是供航機起飛及降落的長方形場地，舖面以瀝青、混凝土或者碎石舖設，為機場的重要設施之一。

##### 3.3.1.1 跑道設計需考量特點

1. 跑道方位：取決於風和航機型式
2. 跑道長度：取決於航機性能和氣候
3. 跑道寬度：取決於航機的翼展
4. 舖面型式/厚度：取決於航機的重量、航機起落架和氣候等
5. 其它：燈光、標誌、標線等

### 3.3.1.2 跑道的組成

1. 跑道道面：承載航機重量之鋪面。
2. 跑道道肩(Shoulder)：銜接跑道道面之鋪面區域，以備航機越出道面時，作為鋪設道面與鄰接地面之緩衝，以防航機受損，同時防止引擎噴射氣流侵蝕鄰近整地面，並供地勤裝備緊急救難或維護時活動之用。
3. 跑道地帶(Runway Strip)：包含跑道、道肩及經整地排水良好的之矩形平坦地帶，用以減輕航機衝出跑道道面時之損害，並避免妨礙或干擾助導航設施波訊之傳遞。
4. 噴氣防護坪(Runway Blast Pad)：跑道端外之鋪面區域，用以降低航機噴射或螺旋氣流對地表之毀損及沖刷。
5. 跑道端安全區(Runway End Safety Area, RESA)：為減輕航機超越跑道端或提早著陸時之人機損傷，在跑道地帶二端外設置的平坦區域。
6. 清除區(Clearway)：為自跑道端外延伸之一矩形區域，供航機起飛滾行達到爬升之決定速度後，航機一具引擎故障，仍必須繼續起飛情況下，保障其起飛安全之用。
7. 緩衝區(Stopway, SWY)：由跑道端向外延伸與跑道同寬之鋪面或整地區域，供飛機起飛失敗時延長其加速停止距離之用。

### 3.3.1.3 跑道方位

跑道的方向取決於其盛行風的方向，影響跑道方向的因素包含：風向、風速和頻率。

#### 3.3.1.3.1 決定跑道方位的考量因素

除了一般我們所熟知的風向外，決定跑道方位應考量的因素包含：

1. 跑道方位須至少能涵蓋95%以上的風向。(蒐集3~5年，年、日、小時的資料)
2. 側風大小(以ICAO的設計標準criteria)

側風大小是跑道設計時很大的挑戰，因為航機的大小影響可承受的側風大小，然而通常一個機場的主跑道要服務各式大小機種的航機，其所能承受的側風大小不一，是考量跑道方位時一大考量。

<u>Runway Length</u>	<u>Design Crosswind Value</u>
< 1200meters	10 knots
1200~1500meters	13 knots
> 1500meters	20 knots

3. 環境因素，如噪音等
4. 障礙物
5. 塔台的視線
6. 空側的容量
7. 建設成本

#### 3.3.1.4 跑道的命名

跑道命名是依據進場方向與磁北的夾角而定(夾角/10)。進入盛行風方向的為主跑道。

二條平行跑道時，以進場方向決定數字後面之左或右。三條平行跑道時，有些機場用L(左)、C(中)或R(右)，如05L、05C、05R；有些機場的第三條跑道則會進到下一個數字，如05L、05R、06；授課講師則建議採用後者，因為對於機場和管制員在溝通時比較簡單、明瞭，避免混淆。

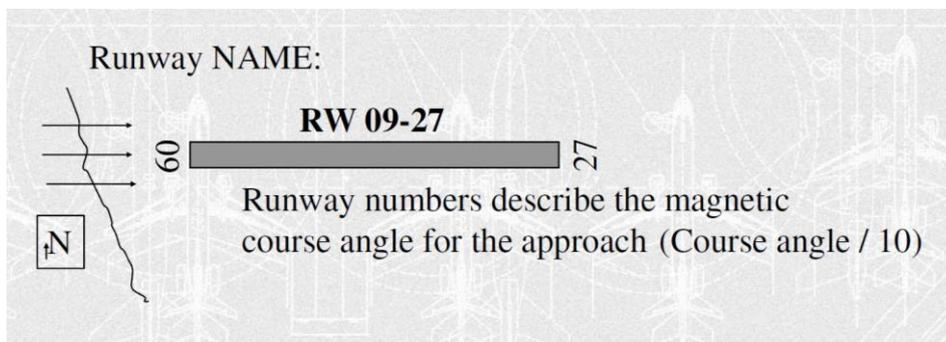


圖3.10 跑道命名規則示意圖

### 3.3.1.5 跑道長度

#### 3.3.1.5.1 影響跑道長度的因素

1. 設計機型的尺寸、性能及操作重量
2. 機場所在地環境，如溫度、風、氣候的溼度等
3. 跑道的剖面、排水等特性
4. 進離場的障礙物等

#### 3.3.1.5.2 參考跑道長度

1. 航機以其設計最大起飛重量或按航程核算之最大起飛重量、跑道縱坡度為零、標準大氣狀況、海拔高程、靜風等條件下，所需最低需求跑道長度，稱參考跑道長度。
2. 航機所需之參考跑道長度又分為起飛跑道長度及降落跑道長度，一般起飛長度較降落長度為長。一般航機所需之參考跑道長度為飛機出廠時，製造商依據不同引擎等條件於航機飛航手冊中提供。

#### 3.3.1.5.3 跑道長度的校正

跑道長度的校正，係依據設計機型之參考跑道長度，配合機場與跑道所在環境與條件等進行校正。校正因子包含：機場高程、跑道縱坡度、機場溫度、機場溼度等。例如：溼的表面狀況比乾的表面狀況要增加**15%**的降落長度。

起飛跑道長度校正因子包含機場高程、跑道縱坡度與溫度；降落跑道長度則僅需進行高程校正，說明如下：

1. 高程：機場高程海拔每增加 **985 ft**，校正跑道長度增加**7%**。
2. 溫度：機場參考溫度每大於標準大氣狀態下溫度**1° F**，校正跑道長度增加**1%**。
3. 跑道縱坡度：跑道縱坡度每增加**1%**，校正跑道長度增加**10%**。

#### 3.3.1.5.4 公布跑道長度

於飛航指南AIP中，為提供駕駛員有關跑道各項長度資訊，以利其於航機起降操作時之判斷依據，包含以下四項：

1. 可用之起飛滾行距離(Take-off Run Available, TORA)：宣布可用於航機起飛時於地面滾行的跑道長度。
2. 可用之起飛距離(Take-off Distance Available, TODA)：可用之起飛滾行距離(TORA)+清除區長度(如有提供清除區的話)。
3. 可用之加速停止距離(Accelerate-Stop Distance Available, ASDA)：可用之起飛滾行距離(TORA)+緩衝區長度(如果有提供緩衝區的話)。
4. 可用之降落距離(Landing Distance Available, LDA)：宣布可用於航機落地滾行之跑道長度。

#### 3.3.2 滑行道

滑行道的主要功能在連接跑道、航站大廈及服務維修區，在比較繁忙的機場，通常會設置一平行跑道的滑行道(parallel taxiway)，此平行滑行道可雙向運行，通常設置於跑道與航站大廈之間，以避免航機穿越跑道。

滑行道系統的設計需考量因素包含：運量、航機的型式、大小和速度、跑道的配置、客運航廈的位置、貨運站的位置、停機坪和停機位的位置、航廈聯外系統安排及布局、空側勤務道路、消防隊和救援服務、機場排水、油槽、普通航空業、軍方等因素。

##### 3.3.2.1 滑行道設計準則

滑行道設計時遵守下列原則：

1. 應儘可能直捷、簡單
2. 方向改變極小化 (minimum changes of direction)
3. 足夠數量的出口滑行道(如果可能的話設置快速出口)

4. 應避免穿越跑道及其它滑行道
5. 理想的設計是同一方向流動(ideally on-way flow)
6. 避免無線電助航干擾

### 3.3.2.2 滑行道系統發展階段

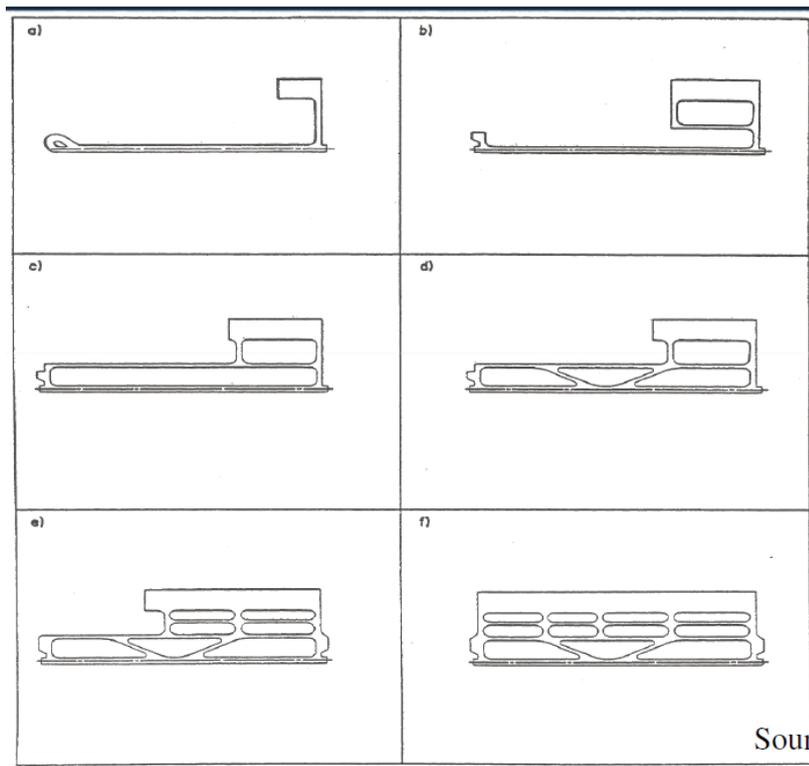


圖3.11 滑行道系統發展階段圖

### 3.3.3 航廈規劃

機場最開始的發展來自於更早以前的技術，探究運輸發展的歷史，鐵路運輸發展較航空運輸要早，因此最開始的機場航廈設計就是參照當時的火車站來設計，而後再隨著航空運輸科技的不斷進步，有了現今的航廈與整個機場系統的發展。

#### 3.3.3.1 航廈建設發展歷史

在商業噴射機時代開始之前，航廈設計的出發點是”藝術形式”或”建築風

格”，用來代表一個特定的城市、機場或航空公司。在這段期間有非常多有創意的想法和設計提出，但不是所有的設計都被採納建設。隨著航空運輸在20世紀變得更普遍，以及旅客人數快速增加，航廈的設計開始轉變，開始注重功能性和美觀的平衡，不似以往只注重建築地標的塑造。

### **最活躍的十年-機場發展最活躍的十年(1960-1970)**

1960-1970年應可堪稱機場發展最活躍的十年，飛機的機型從B707提升至B747，容量提升了300%，在此十年航空旅客人數成長了173%。

1960年和1970年之間的十年裡也看到了一些有史以來最具創新性和創造性的航廈設計，但是這一些重要而且往往是昂貴的建設，在當時並沒有真正的設計指引。這些非凡的創意和1960年代大量的航廈建設需求，以致於FAA在1970年初出版了第一版的航廈規劃指引(Terminal Planning Guidelines)，接著IATA也在2004年出版了機場發展參考手冊(Airport Development Reference Manual)。

#### **3.3.3.2 航廈規劃的目標**

航廈是機場系統的主要組成部分，空側和陸側即透過航廈來連結，航廈規劃的目的即係提供一個設施將旅客從陸側的聯外道路或停車場，送到空側的航空器上。(詳圖3.12)

航廈的規劃一般期望能達到下列目標，然而部分目標之間是互相矛盾的，例如高性價比和美學，爰此，在設計時，必須先確認航廈設計的目標，以做為取捨的依據。

1. 最短的步行距離
2. 愉快的環境(提供旅客最大的協助)
3. 完善的服務(優越的位置和可及性高)
4. 安全(潛在威脅最小化)
5. 高性價比(通常包含特許經營) cost effective (typically includes

concessions)

## 6. 美學(良好的候機環境) Aesthetics

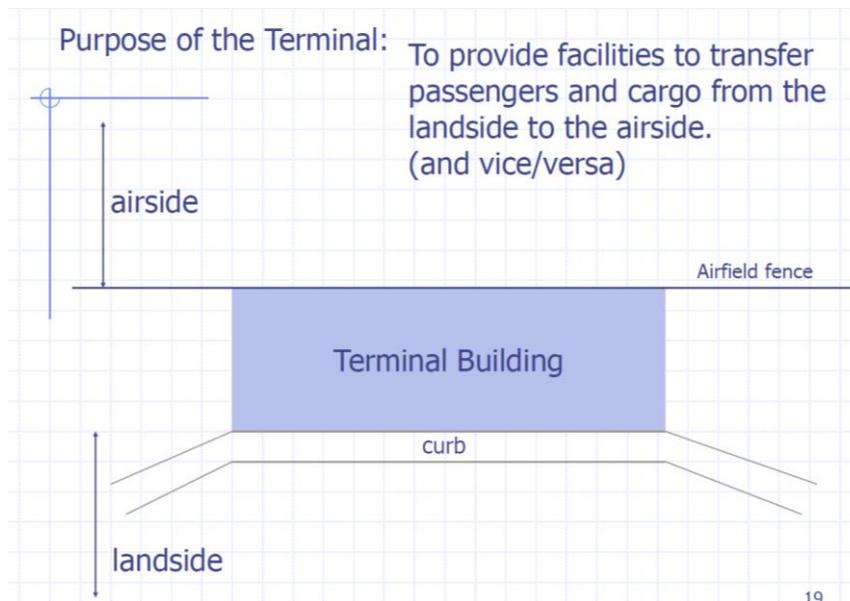


圖 3.12 航廈與機場系統關係圖

### 3.3.3.3 航廈類型

依據機場服務旅客的需求，一般可將航廈的類型分為兩大類，包括集中型和分散型。集中型的機場在機場內只有一座主航廈，所有旅客及行李之進出、通關均在該主航廈內進行，再至各登機廊廳登機，在美國以丹佛國際機場(Denver)為代表；分散型的航廈以約翰甘迺迪國際機場(JFK)機場為代表。每一航空公司使用各自之航廈，皆位於跑道所圍區域內，分期發展為沿跑道呈圓形排列發展。

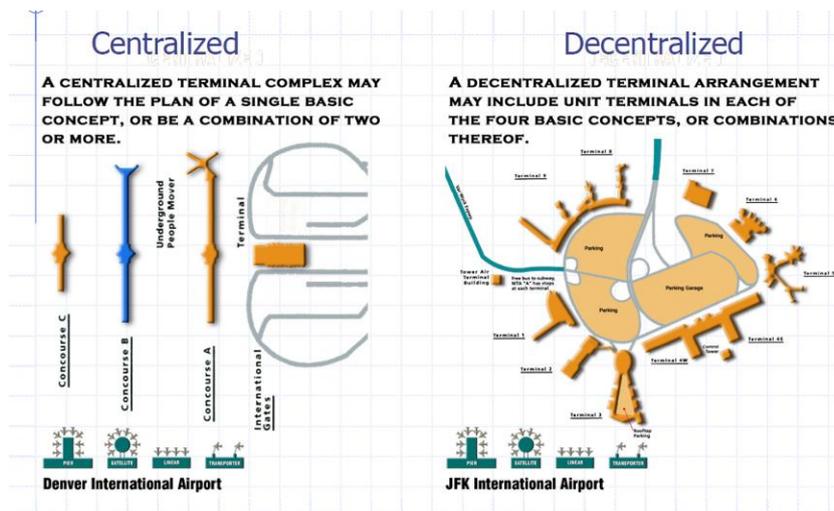


圖3.13 集中型與分散型航廈示意圖

### 3.3.3.4 航廈的概念 (terminal concepts)

#### 1. 單元式 (Unit)

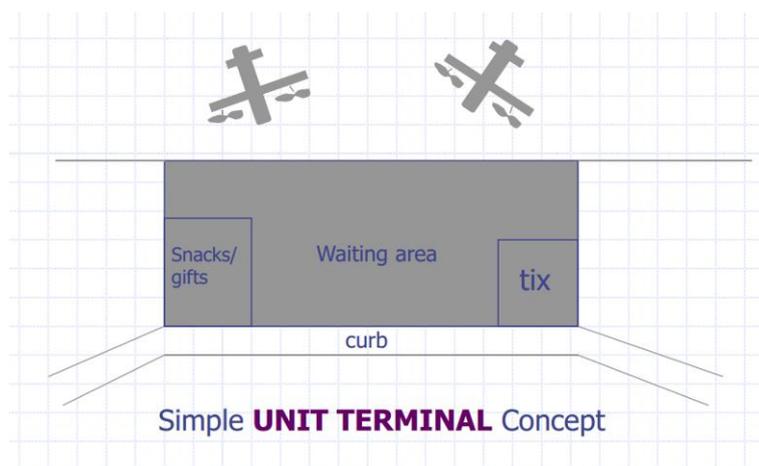


圖3.14 單元式航廈概念圖

#### 2. 複合式單元 (Multiple Unit)

複合式單元的好處是，每一家航空公司擁有各自獨立的航廈，可以將投資成本轉嫁至個別航空公司，缺點是航廈與航廈之間的轉接比較不方便，登機門的使用比較沒有彈性，航廈容量無法發揮，容易造成擁擠。

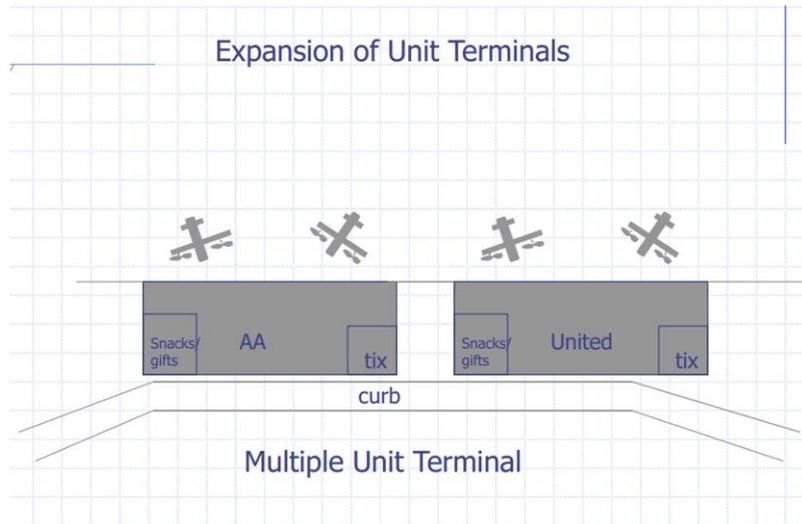


圖3.15 複合式單元航廈概念圖



圖3.16 JFK機場，Multiple Unit 航廈配置圖

### 3. 聯合式單元 (Combined Unit)

屬於半集中式的航廈，資源可以共享，但旅客步行距離可能非常長。

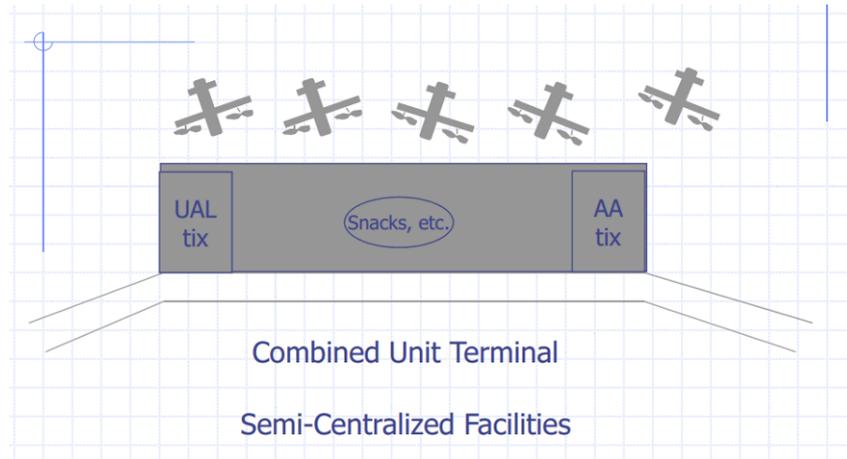


圖3.17 聯合式單元航廈概念圖

#### 4. 線型航廈(Linear)

線型航廈為長而窄的建築物，建築物一側為聯外的路緣，另一側為登機門。航機直接停靠於航廈前方，比較適合gate少的機場。

線型航廈對轉機旅客來說步行距離較長(對到達(terminating)旅客有時也會)，分散式的線型航廈，會降低處理效率，並且需要更詳細的航班資訊顯示，例如在美國達拉斯(DFW)機場，於聯外道路上即可看到相關航班資訊的顯示。

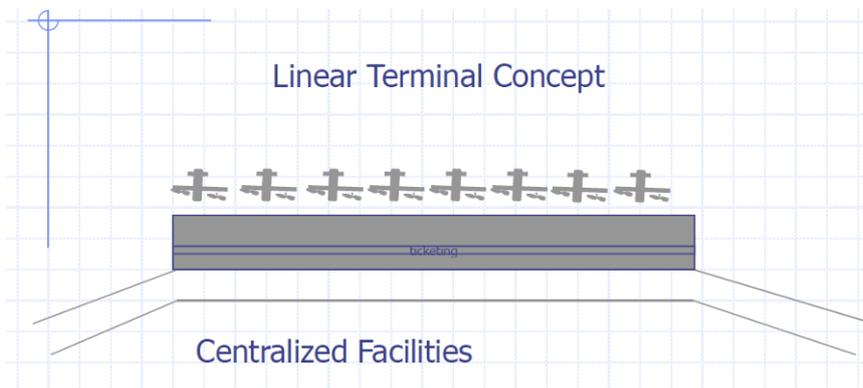


圖3.18 集中式線型航廈概念圖

##### 4.1 曲線的線型航廈(Curve-Linear)

**Curve can make curb longer, provide more capacity for land**

side and air side gate.

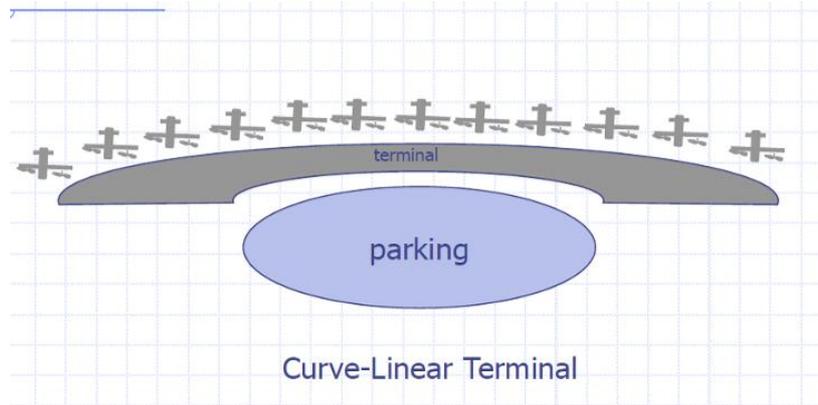


圖3.19 曲線的線型航廈概念圖

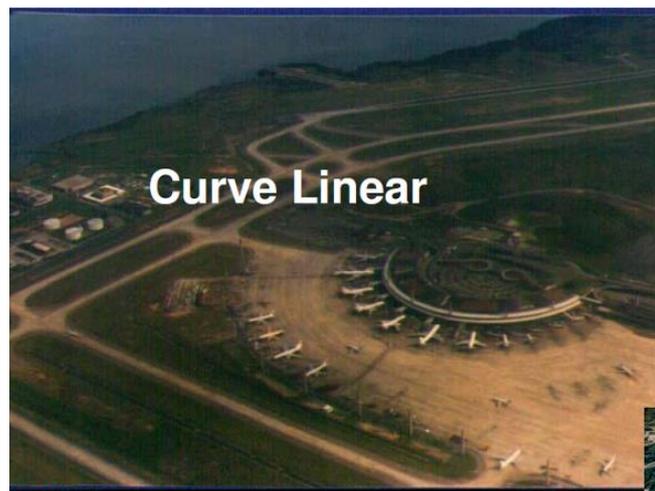


圖3.20 曲線的線型航廈配置圖

曲線的線型航廈，透過曲線可以使得路緣(curb)變長，提供路側停車及空側登機門更多的容量。

曲線的線型航廈，其好處包含：相較於直線型的航廈節省了一些空間、透過合適的設計可以為到達旅客(terminating passengers)提供較短的步行距離、增加路緣的長度。國際間許多大型的機場都採用此種設計，例如：戴高樂機場的第二航廈Charles de Gaulle Airport Terminal 2、達拉斯機場Dallas-Fort Worth Airport、堪薩斯機場Kansas City Airport(極端的緊緻/高密度模組Compact Module)。

曲線的線型航廈，還是有一些缺點，包含：圓形的造型有可能使旅客困擾，迷失方向、需要廣泛的航班資訊的提供、需要一些旅客運輸系統 (people mover)以服務需要在不同航廈間移動的旅客、需要更多的服務人力，因為在每一個航廈裡都需提供重複的服務、對轉機旅客通常有較長的步行距離、處理行李在不同航廈間的轉運也是問題。

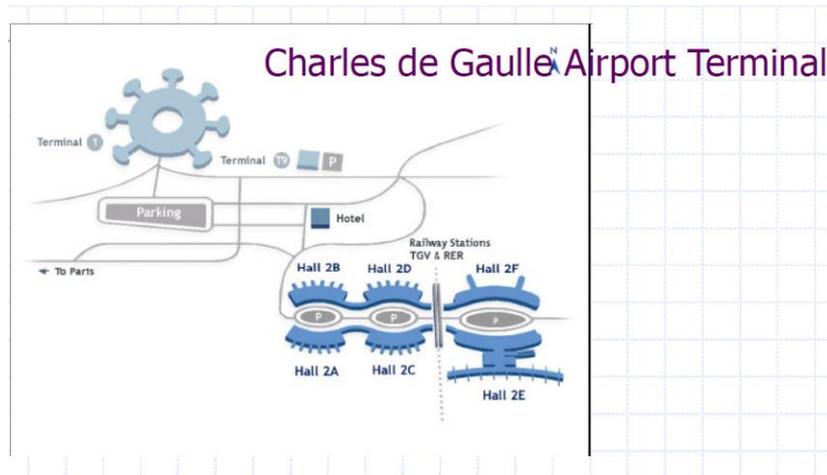


圖3.21 戴高樂機場的第二航廈配置圖



圖3.22 達拉斯機場配置圖

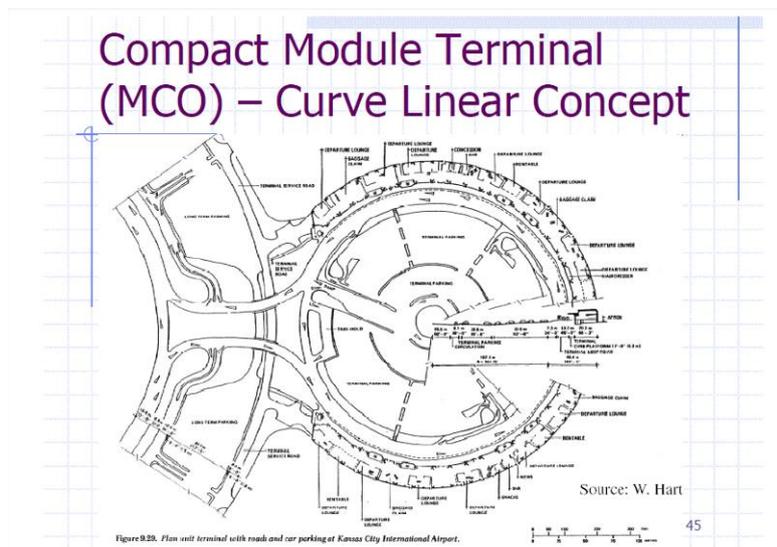


圖3.23 堪薩斯機場(Kansas City) 緊緻/高密度型模組示意圖

### 5. 指狀型航廈Pier-finger

指狀型航廈之設計採用了小而窄的建物，航機停靠在突出之指狀建物的兩側，指狀的一端連接到票務和行李提領區，旅客直接由登機門上下機，此種設計簡約、可提高航機停靠的容量，適合轉機比例高之機場。指狀型設計通常會將底端擴大，以利旅客的集中，最大的好處是集中化，但往往導致從報到櫃檯到登機門的距離過長、擴充性差、以及折返式的邊角不利於a/c的運行等缺點。

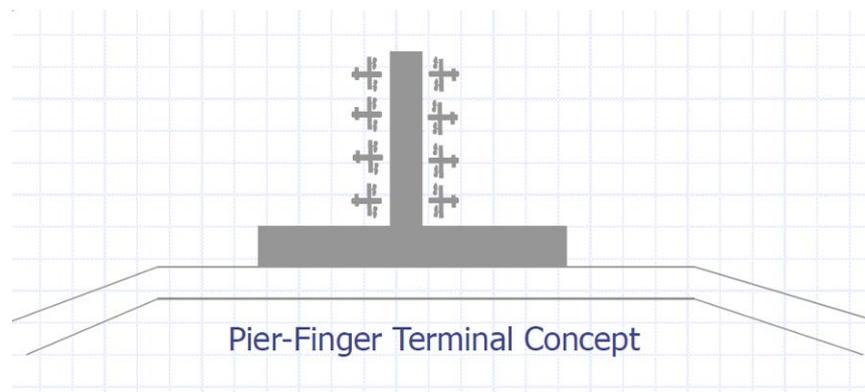


圖3.24 指狀型航廈概念圖

## Finger Pier Concept



圖3.25 指狀型航廈空照圖

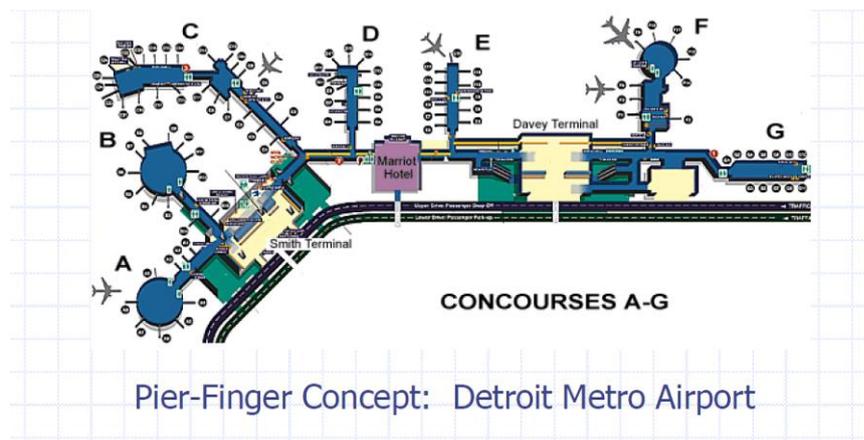


圖3.26 底特律(Detroit Metro)機場 指狀型航廈配置圖

### 6. 衛星型航廈(Pier-Satellite/Remotes Satellite)

衛星型航廈像是指狀型航廈的進化，沿著手指設置的登機門被消除了，取而代之的是在手指的末端設置登機門，而手指本身則設置於地下。又可分為遠端衛星型和碼頭衛星型。

遠端型衛星型航廈，是指一個與機場其它建築物分離的建物，旅客處理系統集中於主航廈內，候機室則位於遠端衛星式建築內，旅客藉由穿堂/地下人行隧道或機場捷運系統(people mover system, PMS)抵達候機室，行李則以機坪車輛載運至航機位置。航機可以停靠在它的整個圓周上。

第一個使用遠端衛星型航廈的機場是倫敦蓋特威克(London Gatwick Airport)機場。它利用地下人行隧道，將衛星連接到主航廈。也是第一個設置在洛杉磯國際機場，但它被轉換成另一種碼頭式衛星航廈(pier-satellite)。

使用自動旅客運輸系統(automatic people mover)連接衛星與主航廈的第一個機場是坦帕國際機場(Tampa International Airport)，然而這種設計已經是今日的標準了。

衛星式航廈的好處是等候空間可以共用、利於A/C movement、易於擴充、同一衛星航廈間的連接方便；缺點是步行距離長、將手指地下化及機械運輸成本高、路緣易擁擠等。

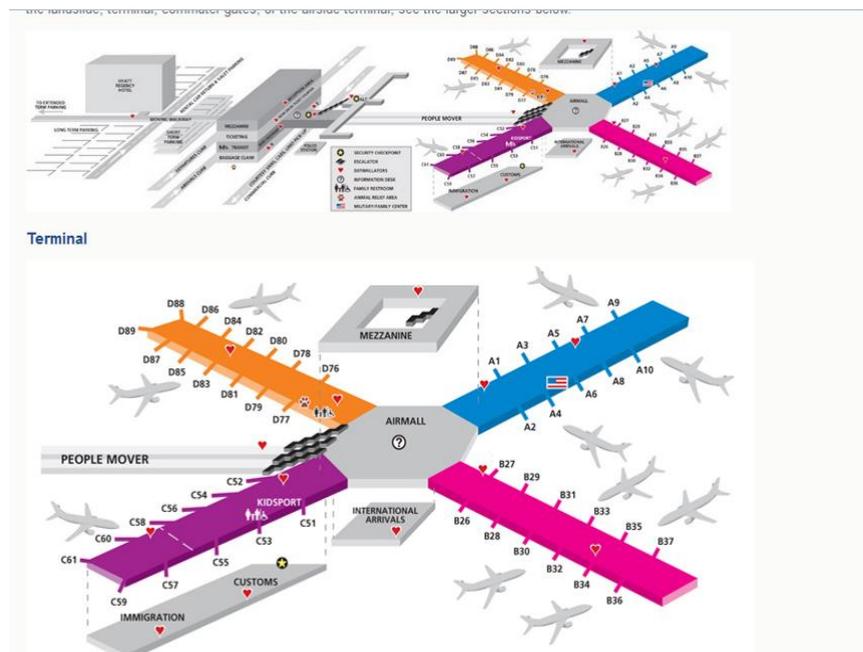


圖3.27 匹茲堡(Pittsburgh)國際機場 衛星式航廈配置圖

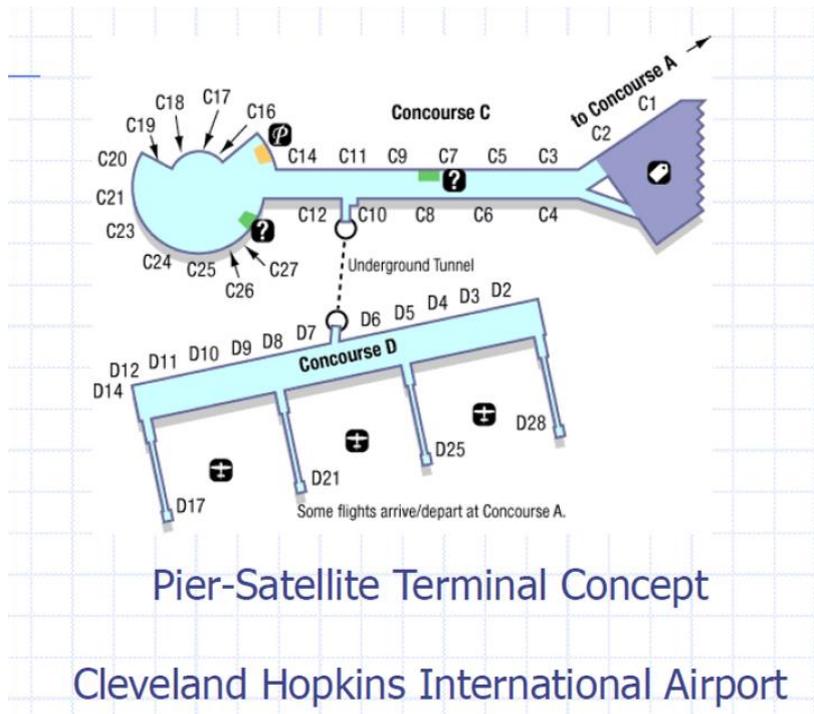


圖3.28 碼頭衛星型航廈概念圖

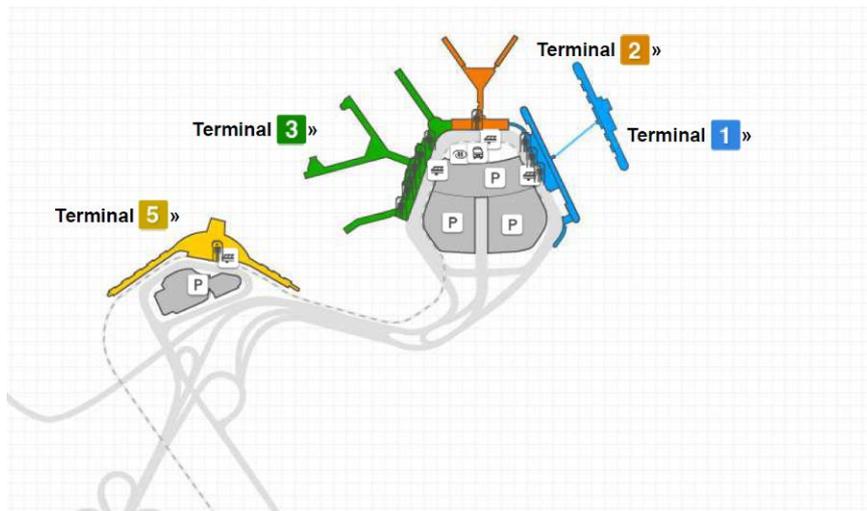


圖3.29 芝加哥機場(Chicago O'Hare)綜合了衛星型航廈 (第一航廈)、指狀型航廈及複合式單元航廈的設計

## 7. 移動式休息室(Mobile Lounge)

移動式休息室是比較少見的方式。利用巴士載運方式，提供旅客上下飛機的系統，這種裝置可以使航廈和航機直接連通。

The mobile lounge is a system for boarding and disembarkation from aircraft, using a bus-carriage type "vehicle ." passengers are transported from the gate to their aircraft in a large vehicle which docks directly to the terminal and the aircraft.

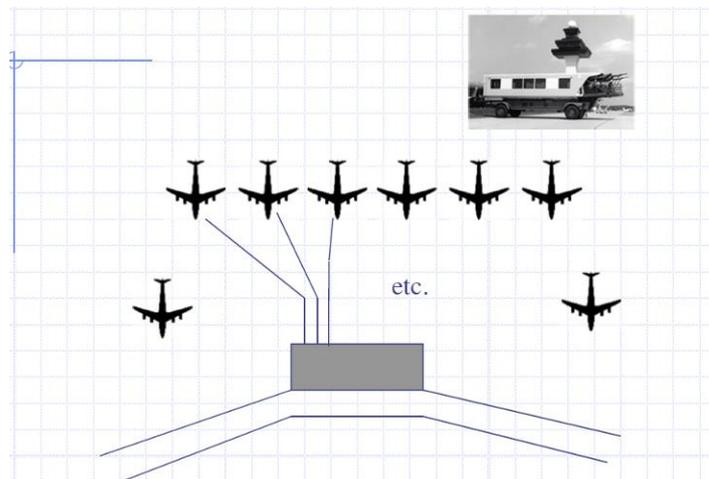


圖3.30 移動式休息室(Mobile Lounge)示意圖

### 3.3.4 低成本航廈規劃

設置LCCT的目的在於降低業者場站使用費，在LCCs發展成熟的歐、美多使用場站費較便宜之次級機場，少見機場設有LCCs專用航廈；亞洲地區吉隆坡是第一個設置，目前日本關西已在營運，另東京成田在興建中；至香港則宣告對LCCs與其他航空公司一視同仁，不另建專用航廈。

本次課程，特別安排新加坡樟宜機場公司人員講授，新加坡機場於低成本航廈的發展過程。低成本航空公司於新加坡機場營運始於Thai Air Asia

於2004年2月開航，同一年5月及9月陸續有Valu Air及Tiger Airways加入營運。

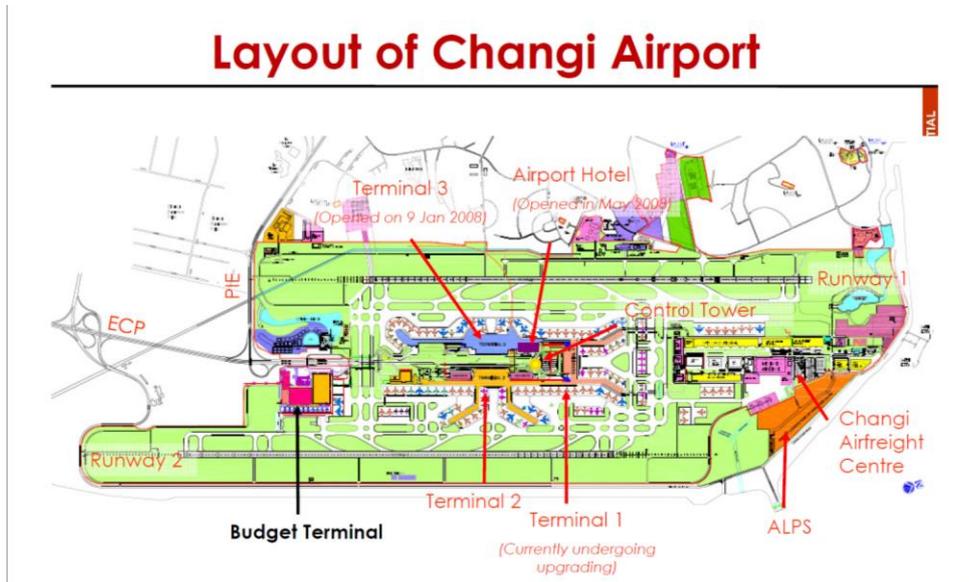


圖3.31 樟宜機場低成本航廈位置圖

#### 3.3.4.1 低成本航空公司的特性(Characteristics of Low Cost Carriers)

1. 最小的營運成本：通常不使用空橋、租用最少的報到櫃檯及進用最少的服務人員。
2. 期望所飛的機場能收取較低的機場服務費(含安檢費用)：使其票價更具競爭力。
3. 減少地停時間：以最快速度讓旅客上下飛機，減少飛機停留地面時間，以增加其營運量。
4. 僅提供最基本的服務：無航空公司貴賓室、部分航空公司甚至不提供殘障設施(或需另外收費)。
5. 機上的餐飲需額外付費。
6. 選擇座位需額外付費或旅客可額外付費以優先登機。
7. 通常使用較小型飛機(如C類航機)。

### 3.3.4.2 低成本航空公司對航空產業的影響(Impact of LCCs on Aviation Industry)

1. 機場：需檢視收費結構，以服務低成本航空公司，或可能帶動次要機場的客運量，另可考慮設置低成本航廈，以提供低成本航空公司使用。
2. 提供全服務的航空公司：需檢視其票價結構及營運商業模式，以利與低成本航空競爭。
3. 政府：低成本航空市場的成熟，使得政府有壓力需將該國的航空市場朝更自由化開放。
4. 航空市場：需開發更多的新航線，以因應新興市場需求。

### 3.3.4.3 樟宜機場於設置低成本航廈時所考慮的關鍵因素(Key Considerations)

樟宜機場當初設置低成本航廈時所考慮的因素有四，包含：1. 樟宜機場確實是發展LCC的理想區位嗎？ 2. 低成本航空公司對於低成本航廈的期望是什麼？ 3. 樟宜機場是否能滿足亞洲旅客的需求嗎？ 4. 低成本航廈的需求會持續存在並且不斷成長嗎？

經過上述的因素考量，樟宜機場於當時認為這個考慮因素的答案皆是正向的，於是有了低成本航廈的興建案。樟宜機場低成本航廈於2006年啟用，隨著低成本航空公司運量的成長，於2008年9月，展開低成本航廈的擴建工程，共7個月完成，擴建經費約1,000萬新幣，客運年容量提升為700萬人次。

### 3.3.4.4 樟宜機場低成本航廈設計理念(Design Philosophy)

樟宜機場於低成本航廈的設計理念包含：

1. 功能齊全又不失現代的設計：減少不必要的裝飾，以降低營運與維護成本。
2. 以模組化方式的建設，以預留未來更多航空公司預使用時之擴建需求所需。

## Layout of Budget Terminal



圖 3.32 樟宜機場低成本航廈配置圖

### 3.3.4.5 樟宜機場低成本航廈的特點(Key Features of Budget Terminal)

1. 依 IATA Level C 標準設置。
2. 單層樓的建築。
3. 簡單清楚的旅客動線。
4. 溫和普通的外觀。
5. 部分區域無空調設備。
6. 無空橋。
7. 無航空公司貴賓休息室。
8. 無電動走道。
9. 無轉運電車。
10. 簡單的行李輸送系統。

11. 露天停車場。
12. 收低較低的機場服務費。

#### 3.3.4.6 樟宜機場對於低成本航廈的檢討

隨著國際間對於機場所提供服務水準競爭愈來愈激烈，以及旅客對於機場的期待愈來愈高，即便是付比較低廉的票價以搭乘低成本航空公司的旅客，對於機場的要求並未因此減少，搭乘低成本航空的旅客，對於機場所提供服務的期望與一般的旅客無異。近年來樟宜機場公司不斷接獲旅客對於低成本航廈服務的抱怨，例如無空橋、於轉運電車、部分區域無空調等，幾經檢討，樟宜機場公司決定停止低成本航廈的服務，於2012年9月25日起關閉低成本航廈，並新建全新的航廈，以提供更完善的服務。

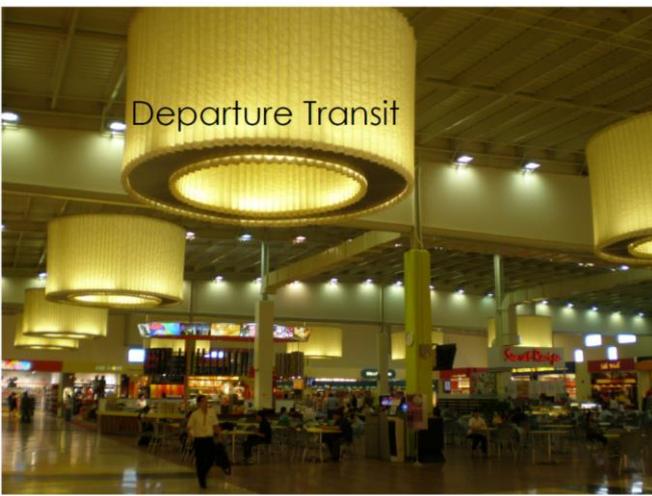




Departure Immigration



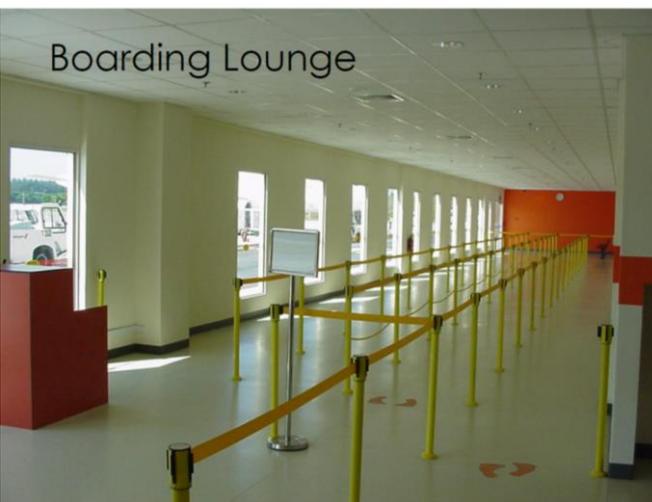
Centralised Security Area



Departure Transit



Departure Corridor



Boarding Lounge



Apron



Baggage Handling Area



Arrival Immigration



Baggage Claim Hall



Greeters Hall

樟宜機場低成本航廈設施照片

### 3.4 機場土地使用與周邊環境議題

#### 3.4.1 機場選址(airport site selection)

機場選址的目的在 1.選擇一個適當大小和合適的位置，以服務機場市場區域(airport market area)的民眾和商業。 2.從經濟、地理、工程和環保的角度來評估替選場址的可行性。

##### 3.4.1.1 場址選擇的步驟

###### 1.確認機場的類型和大小

確認機場的服務定位，屬於那一類型的機場，進行土地需求面積概估，及影響機場位置因子評估。

###### 2.可能場址初步檢討

當土地範圍大致符合機場需求，即進一步蒐集背景資料，包含有：

(1)航空活動；(2)鄰近地區的發展；(3)大氣狀況；(4)聯外交通可及性；(5)土地取得可行性；(6)地形與地質；(7)地理條件；(8)環境；(9)周邊的機場；(10)公共事業設施。

可能的場址經過上述資料蒐集後，分別列出優、缺點，機場場址應可供航機有效率且安全地作業，且符合社會大眾期望，將經費控制在合理範圍內，所需檢討的項目分為作業需求、社會面及成本效益等三大項。

###### 3.場址現場踏勘

除了上述在辦公室內進行相關資料蒐集與研究外，一定要至各替選場址進行踏勘，進行相關環境分析。其中環境分析首重避免敏感區位，如：特定水土保育區、生態保育區、自然保留區、稀有植物生長區、稀有動物棲息地、沿海地區自然保護區、核子設施周圍禁建區等。如無法避免時，則須事先探討法令的限制能否克服，並與相關主管機關、環保團體、利益團體事先協商，以評估該場址可能面臨之推動阻力。

#### 4.可能場址再檢討

彙整前階段蒐集資料、分析、現場踏勘及相關環境分析，剔除不適合場址，篩選出數個候選場址。

#### 5.確認場址

場址的確認通常還要再經過下列步驟：

##### (1) 配置及成本分析

##### (2) 最後評選

評選的進行通常是經過權重評比，即依據不同計畫所在意的重點，訂出評比的項目和權重加總後，選出最後方案。

評選的項目可分為質的(Qualitative)和量的(Quantitative)兩種：

**質的項目：**可擴張性；適合的、能共處的土地使用(compatible land use)；空中交通協調(air traffic compatibility)；可及性高。

**量的項目：**取得土地成本、場地開發成本、公共事業成本、建設成本、聯外運輸建設成本、旅客地面運輸花費、所產生的噪音、水和空氣的污染成本。

#### 3.4.1.2 影響機場規模大小的因素

一般而言，機場規模大小受下列因素影響

1. 預期的運量
2. 跑道的數量
3. 滑行道的配置
4. 停機坪空間
5. 航廈大小
6. 聯外道路、環場道路、停車場
7. 支援設施(如：維修棚廠、空廚等)
8. 氣象條件

9. 航路
10. 機場營運機型
11. 與周邊環境緩衝區的大小

#### 3.4.1.3 影響機場位置的因素

機場場址位置的因素有：

##### 1. 營運面因素(operational factors)

最主要考量航空器運行的安全和效率，包含空域、障礙物、氣候條件和危害因子(鳥擊、生態保育區等)。

##### 2. 自然物理因素(physical characteristics)

是否有適合開發和建設的自然物理條件，如：地形、土壤狀況、建設所需的材料是否容易取得、公用事業的容易取得性及土地取得可行性。

##### 3. 社會和環境考量(social and environmental considerations)

包含：是否滿足航空需求、地面接駁運輸的可及性、對環境的影響、對未來發展的影響、對周邊社區的影響等。

#### 3.4.2 機場環境規劃(airport environment planning)

由於環境議題愈來愈受到各界重視，進行機場規劃時，「環境可接受性」已經與「財務、經濟可行性」及「工程技術可行性」列於同等重要的地位，必須同時納入評估準則，否則即便財經、經濟、工程技術均可行，但機場建設所造成的環境議題無法於民眾接受，這項規劃案仍然是無法順利執行的。

而在「環境可接受性」考量因子中，政治可接受性往往是隱含之最重要因子，無論機場新建或既有機場改善，機場鄰近地區民眾、機場使用者、關切團體、專業人士、地方政府及各級民意代表之接受程序，常是計畫能否順利推動之關鍵，因此在主計畫研擬階段即應於適當時機將資訊公開、舉辦說明會或與地方政府協調，蒐集意見，以利計畫之進行。

一般而言，外界關心機場開發主要之環境因素如下：

## 1. 噪音

噪音應該是目前周邊居民最在意的環境議題了，一般機場建設產生的噪音包含：施工期間所產生的噪音及航機所產生的噪音。

其中航機的種類、航機的數量以及飛航路徑和高度都是影響航機產生噪音的因素。

## 2. 相容的土地使用

## 3. 社會影響

## 4. 社會經濟影響

用地被徵收後居民遷移；如果被徵收的用地為農地或工業用地減少後所產生的影響、機場營運後對於周邊就業、社經環境所產生的影響。

## 5. 空氣品質

施工期間施工車輛進出與施工本身所造成的空氣污染；機場營運後所產生的空氣污染，

## 6. 水質

施工、營運期間旅客與員工所產生的污水和廢水的處理；排放水所考慮周邊的排水容受力。

## 7. 交通

## 8. 歷史、建築、考古、文化資源

## 9. 生物群落(包含植物與動物)

## 10. 瀕危或受威脅的植物與動物

## 11. 溼地

## 12. 洪氾區

## 13. 沿海區

## 14. 沿海屏障

## 15. 野外風景河流

## 16. 農田

- 17. 能源供應與自然資源
- 18. 燈光
- 19. 廢棄物
- 20. 建設的影響

### 3.4.3 機場聯外交通的運作與設計(airport access operations and design)

旅客由出門到抵達目的地，機場是旅次的其中一部分，旅客由住家必須經由機場的聯外運輸系統抵達機場，也必須經由機場的聯外運輸系統才能離開機場，到達目的地。因此，一個完整的機場規劃，除了機場本身的系統外，也必須將機場的聯外運輸系統納入規劃，才能使旅客有完美的旅次體驗。

規劃設計進出機場的聯外運輸設施時，需平衡道路、停車場、機場路緣及公共運輸等系統之運作，瞭解彼此間之互相關係，如果有任何環節設計配合錯誤，將衝擊機場總體聯外運輸系統。

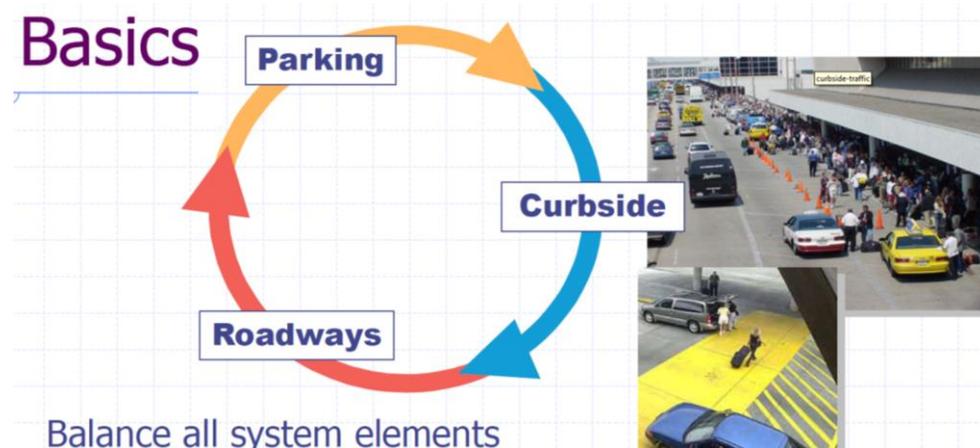


圖 3.33 機場聯外運輸設施，需平衡道路、路緣及停車系統

#### 3.4.3.1 規劃聯外設施的步驟

##### 1. 預估需求(estimate demands)

依據機場的運量，預估聯外的交通量需求，包含有旅客運量、接送機運量、

機場員工上班產生運輸、非航空收入高的機場另需以機場為旅次目的地的運量。

2. 將需求分配至各項設施(assign demands to facility)

將運量分配到各項不同的設施上，以決定設施數量

3. 試運行(test operation)

分為個別設施測試與系統測試。

4. 依試運行結果進行修正(revise as necessary)

### 3.4.3.2 機場聯外旅次的類型

機場聯外旅次產生的類型，除了我們所熟悉的旅客外，其實還包含很多種類，每個類型的數量、發生的時間、是一星期中哪一天等，每個類型運量發生的時間是否有重疊，還是互相錯開，都是在規劃聯外設施時必須考慮的，一般機場聯外旅次的類型如下：

1. 員工(employees)

2. 貨運人員(air cargo)

運送郵件、小包裹等

3. 其它：服務、交貨、建築工人

4. 接送機人員

5. 旅客

### 3.4.3.3 地面聯外設施(ground access facilities)

機場地面聯外設施一般可分為

1. 航廈前的路緣

考慮車輛類型、使用模式(私用車、接送車、計程車、箱型車、巴士等)、暫停時間、容量(路緣與道路)等。這些參數的數值會隨著不同機場類型、不同國家之風土民情、甚至同一國家也會因為特定事件發生而有變化，需要滾動式檢討。以美國為例，在911事件發生前，59%旅客抵達機場的時間為起

飛前1小時內，在911事件後，8%維持在起飛前1小時內抵達機場，53%則會提早至起飛前1~2小時。另接送旅客暫停時間也發生變化，911之前平均停留時間為5分鐘，911之後則縮短為2.6分鐘。

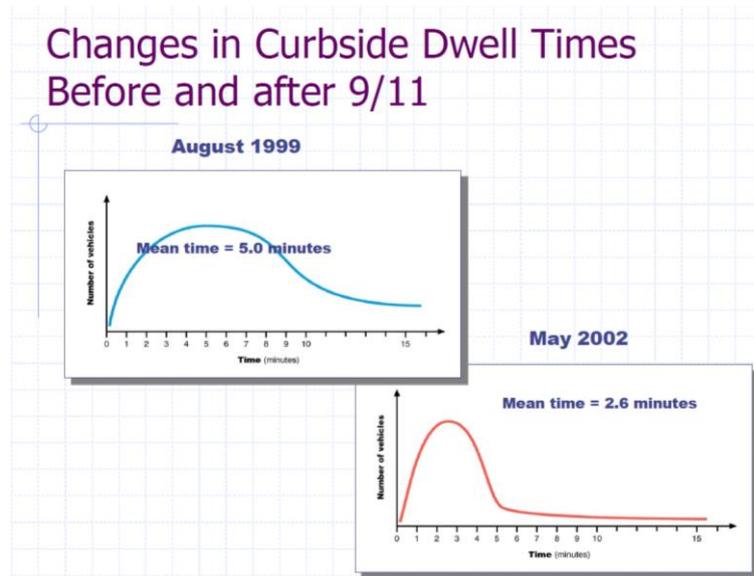


圖 3.34 美國911事件前後，車輛暫停時間變化圖

## 2. 循環系統

包含環場道路與旅客運輸系統(people-mover systems)

## 3. 不同運輸的轉乘

(1)鐵路系統

(2)地面運輸中心

(3)機場外航廈(off-airport terminal)

旅客可以在機場外的航廈就辦理報到和行李拖運，除了增加旅客的便利性外，也減少到達和離開機場的交通量。

## 4. 停車場

又分為公共停車場和需持停車證才能進入的停車場。

(1) 公共停車場：短期(計時收費，供接送旅客使用)、過夜(一般和長期，供旅客使用)。

- (2) 持停車證進入停車場：機場管理當局、航空公司、其它於機場承租房舍、供應商、承包商等之員工。

## 四、心得與建議

本次參加訓練課程之相關心得與建議如下：

### 4.1 心得

1. 機場是一個系統，個別的元件如航廈、跑道、滑行道，單獨存在並無法完成運輸的功能，唯有互相協調，缺一不可，才能有效率且安全地完成輸運旅客或貨運的功能。

系統指由一群有關連的個體組成，根據預先編排好的規則工作，能完成個別元件不能單獨完成的工作的群體。一個機場也可視為一個系統，個別的元件如航廈、跑道，單獨存在並無法完成運輸的功能，唯有互相協調，缺一不可，才能有效率且安全地完成輸運旅客或貨運的功能。

由於航廈是民眾接觸機場最直接的場所，因此，外界對於機場的要求往往也著重於航廈的改善與擴建，然而，我們身為機場規劃人員，除了航廈的容量外，機場要順利運作，除了民眾看得到、感受深的陸側設施外，空側的跑道、滑行道、助導航相關設施等也不能忽略，再者地面空陸側的設施完善後，還必須考慮空中的空域容量是否滿足，否則即便航廈蓋得再大再豪華，沒有空側的跑滑道系統、空中的空域容量滿足，機場的容量還是無法提昇。因此，我們身為機場規劃人員在規劃時一定要隨時提醒自己，機場是一個系統，解決機場的問題時，所提出的改善措施，一定要能滿足整個系統所有的元件的運作，才是具體可行的方案。

2. 機場主計畫並非萬能，機場的發展策略，除了透過機場主計畫檢討所需新增的設施，更需搭配營運規劃及與在機場提供服務的其它業者所提供的服務，三者缺一不可，才能完成機場的發展策略，提昇機場的競爭力。

在國內，每每談及機場競爭力，第一個想到的就是機場的建設，然而經過本次課堂上講師的講授，以及學員間之互動，有很深的感觸是，機場建設並非機場競爭力的全部，營運的靈活性及航線、航點、航班的規劃往往才是決勝的關鍵；要提昇機場的競爭力，首重機場的發展策略，擬定機場的發展策略後，則需透過機場營運規劃、機場提供服務的其它業者所提供的服務及機場主計畫(規劃所需新增的設施)等三大項，三項需密切配合，才能實現發展策略，提昇機場的競爭力。

**3. 機場主計畫指出機場未來發展方向與建設，影響相關團體及民眾之利害關係，甚而可能影響國家的競爭力，惟各國、各地區之風土民情不同，必須因地制宜。**

我國的機場建設規劃起步較晚，相關設施所需之參數，以往均根據美國 FAA 所訂之標準，近年來則逐漸依 ICAO 所建議的參數設計，然而除了空側相關設施考量飛航安全有國際上一致之標準外，陸側設施實則係服務水準的概念，設施提供的規模與各國、各地區之風土民情不同、各機場的預算不同，必須因地制宜，找出我國的參數，才能符合需求。

以機場之出境大廳及機場聯外設施中之停車場為例，講師於課堂上講授一般一位旅客所衍生的接或送機人員約為 1~1.5 位，因此相關停車場或出、入境大廳的空間需依此數據來設計，班上來自非洲地區之同學則隨即反應，以該國為例，一位旅客所衍生的接或送機人員為 10~20 人，與美國的例子有非常大的區別。

因此，我們進行陸側航廈、路緣、停車場等相關規劃時，除了參考 FAA 或 IATA 的參數外，更應該將國內的特殊情形，或因應每個機場的特色而做更有彈性的調整，以因應個別機場之需求。

**4. 身為機場規劃人員，我們必須體認，大眾對於機場的期望已不再是單純的運輸節點，除運輸的角色外，尚必須扮演城市意象與觀光地標(travel**

**Destination)**的功能，加以機場規劃必須與周邊地方政府密切合作，以都市發展的角度出發，通盤考量機場及周邊區域之未來發展，使得機場之規劃工作日趨複雜。

機場規劃的演進，解除管制以前(**Pre-deregulation**)，機場規劃總是將主要的心力和目光單純放在機場本身，著重設施的配置；1980 年代，機場規劃的重點在解決擁擠(**congestion**)，如何增加容量，使機場能安全、效率的運作是規劃的重點；1990 年代至今，機場的規劃著重靈活性(**flexibility**)，大眾對於機場的期望不再是單純的運輸節點，除了運輸的角色外，尚需提供一個完善的服務空間，提供前來觀光、洽公甚或是周邊城市居民，各項便利的機能，成為其旅遊、工作及生活的中心。因此，我們做為機場規劃人員，在規劃過程中，一定要與所在地的地方政府密切合作，以都市發展的角度出發，通盤考量機場及周邊區域之未來發展，也因為外在環境的變化迅速，外界的意見多元，因此機場的規劃比較起以前更重視能隨著外在變遷而調整的靈活性。

## 4.2 建議

### 持續派員參加相關機場系統與規劃課程

新加坡自 2013 年起與美國美國柏克萊大學運輸學系(**Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, US**)合作開設機場工程(**Airport Engineering Program**)課程，是專門為工程師獲得國際認可的專業資格，同時具備機場工程學術與實用知識的一個方案，該課程以一系統的課程，完整講受機場系統間各元件各作業單位間的關係與介面，除了本身較熟悉的主計畫外，亦介紹飛航管制、公共事業(如機電設備、污廢水和消防站規劃等)。

相較以往對於機場的相關知識主要透過 **ICAO** 相關文件、教科書、長官經驗傳承、現場實做等方式獲得，本次課程讓我以完整系統性的方式學習，有豁然開朗、因學習而成長的喜悅。

加以，參與課程的同學，來自不同地區和國家，有些國家平常接觸機會甚少，專業背景也各不相同，包含有土木工程、飛航管制、專案管理、建築、機場規劃等，來自政府部門(民航局)及機場公司，除了課堂上討論外，課後的交流也能分享與學習彼此的工作經驗與甘苦，除可進一步瞭解各國機場發展情形外，我也充分利用機會介紹臺灣的機場發展以及臺灣的風俗民情，借機行銷臺灣，增加我國的國際能見度。

綜上，建議能持續派員參加本課程，除了吸收完整機場系統知識外，亦可汲取國外成功案例，也增進國際交流，相信對於我國後續機場規劃與發展有正面助益。

## 附錄 機場規劃專題成果

## **Airport System and Planning**

### **4 – 22 August 2014**

#### **Airport Planning Exercise**

Team Members:

1. Kganyago C Chokoe (kganyagocc@gmail.com)
2. K.J.D.S.S. Jayasekera (sampathjayasekera@gmail.com)
3. Armando Mucavele (armando.mucavele@aeroportos.co.mz)
4. Alex Lam Hon Choong (alex.lam@changiairport.com)
5. Salim Hilal (salemhilal@yahoo.com)
6. Lee Kwong Hoe (lee.kwonghoe@changiairport.com)
7. Anne Lo Wen-Hui (annelo@mail.caa.gov.tw)
8. Mahmood Al-Mandhari (m.almandhari@caa.gov.om)
9. Ahmed Al-Sadi (a.alsaadi@caa.gov.om)
10. Badara Al-Riyami (b.alriyami@caa.gov.om)
11. Khalil Ibrahim (khalil.shezawi@gmail.com)
12. Said Amur Hamed (said.amur@gmail.com)

**Name of Airport: Alex International Airport**

#### **Background**

Airport currently serves 2 million international passengers and is forecasted to serve 4 million passengers per year in 20 years. The airport largely serves OD passengers who are travelling to the airport due the tourist attraction (seaside resort) in the vicinity. The airport is connected to regional hubs by short- and medium-range aircraft. The critical aircraft the airport expects to receive is the Boeing 737-900. The runway, taxiways and supporting infrastructure are planned to support this aircraft as well as aircraft up to Code 4D.

The airport is located in a remote area with only an agricultural area to the south-west of the airport site. The airport elevation is 5m and the aerodrome reference temperature is 30 degrees Celsius. Based on 5-year wind data, winds predominantly blow from the north-westerly direction.

#### **Annual Pax Forecast:**

The airport is expected to serve up to 4 million pax per annum within 20 years. The current passenger throughput is 2 MPPA. Due to the government initiative to

preserve the coastal environment, there would be controls to limit the amount of adverse effects of tourism on the environment. As such tourist traffic would not be allowed to grow in an unrestricted manner.

**Airport Type:** International

**Scope:** Destination

**Area characteristics:** Agricultural area to the south-west of airport site

**Aerodrome Reference Temperature:** 30 deg Celsius (based on 5-year data)

**Aerodrome Elevation:** 5m AMSL

**Primary wind direction:** Northwesterly and southeasterly seasonal winds.  
Runway designation will be 15-33

**Rainfall:** average 7 days per month

**Runway Parameters and Calculations:**

Critical Aircraft: Boeing 737-900

Wingspan: 34.5m

MTOW: 79016kg

Landing Weight: 66361kg

Runway length required (for takeoff): 2500m

Runway length required (landing): 2000m (dry), 2300m (wet)

Add 15%: 2645m

1% runway slope: 2910m

Add Safety Margin 15%: 3347m

Runway width: 45m

Min. Runway-Taxiway centerline separation: 176m

**Airport Specifications:**

Aerodrome Reference Code: 4D

Aerodrome Fire Category: 7



Airport planners and stakeholders are deliberating the planning parameters.



Airport planners and stakeholders are doing field investigation of alternative sites.

