

出國報告（出國類別：實習）

「IATA機場發展與基礎設施設計課程」
出國報告

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：張惟帆 / 薦任第六職等

派赴國家：新加坡

出國期間：民國 108 年 6 月 30 日至 108 年 7 月 6 日

報告日期：民國 108 年 9 月 12 日

摘 要

本出國計畫進修課程為國際航空運輸協會(International Air Transportation Association, IATA)主辦 108 年 7 月 1 日至 5 日之機場發展與基礎設施設計(Airport Development & Infrastructure Design)之課程，課程包含運量預測、機場主計畫、空側基礎設施、客運航廈、行李系統等內容，並於最後一天就上述內容進行測驗。

本課程主要透過講師講授投影片及學員報告的方式，學習機場從規劃、設計到營運等一系列內容；包含說明機場規劃(主計畫)對機場未來發展之重要性、運量預測對於機場規劃設計之意涵，以及機場空陸側基礎設施規劃設計之原則與概念，並提及土地使用規劃、環境衝擊與政治考量等都是影響機場發展重要因素。由於機場建設的成本非常高昂且不可逆，相關決策必須謹慎周延，講師也試圖透過相關實際案例傳達過去經驗，並提醒實務上須多加注意的地方，希望各學員能引以為戒，不再重蹈覆測。

機場規劃設計的領域專業性非常高，除了許多國際規範與原則須了解，並且遵守外，更有許多外在因素或是本地條件須加以考量，像是土地取得、環境及環保議題、機場與居民關係、各方利害關係人意見與政治因素等，皆需一併考量。且會因各國家、各機場的環境條件不同，而有所不同。因此，老師特別於課程中安排各國學員進行報告分享，針對平日業務或是國家所面對的課題，提出值得分享或是需要討論解答的議題。

本課程對於機場規劃設計及發展，有系統性地提供學員們全面性的概念，透過各章節清楚的講義內容，加上講師及學員針對各機場案例的分享，在理論及實務上皆有所學，使筆者對於機場規劃、設計與營運，有更深入的了解與體會。

目 錄

一、 目的	3
二、 過程	4
三、 講義重點彙整	5
四、心得及建議	40
附錄 1、參訓及格證書	41
附錄 2、參訓學員與講師	42

一、目的

國際航空運輸協會(International Air Transportation Association, IATA)係一由全球120個以上國家，共計290家以上航空公司所共同組成之航空公司同業公會組織，而IATA成立之主要任務及工作係負責制定及提供國際航空業界之行業政策及標準，IATA總部設於加拿大蒙特婁，於瑞士日內瓦設有行政分部，並於全球設有100多個辦事處及20多個訓練中心。

IATA當前之宗旨為「謀求人類福利，發展安全、經濟之航空運輸；直接或間接地對國際航空運輸業務提供協助與服務；與國際官方民航組織及其他國際社團機構通力合作」，早期IATA之業務著重於提供航空產業新知及意見予ICAO (International Civil Aviation Organization國際民航組織)，惟隨著航空產業迅速發展，IATA所扮演之角色日益重要，業務亦更趨廣泛，IATA當今主要業務為飛航安全、保安、旅客體驗改善及客戶服務等方面，其中客戶服務亦包含為航空產業提供相關諮詢和培訓課程，截至2017年底，IATA共在全球90餘個國家開辦專業訓練課程，有來自190多個國家、2000多個組織及政府關、10萬名學員參與訓練。

IATA所開設之訓練課程多為三至五天之短期實體課程，也可選擇透過網路遠距教學方式參加部分課程。其中2019年針對機場發展與基礎設施設計(Airport Development and Infrastructure Design)之課程，於全年(108年，以下以民國年份表示)共開辦五個梯次之實體課程，各梯次之課程天數皆為5天，分別於瑞士日內瓦、新加坡、加拿大蒙特婁及荷蘭阿姆斯特丹舉行，課程內容包含機場規劃、運量預測、空、陸側使用規劃、旅客相關航廈設施、跑道系統、機場成本結構、投資與財務決策、汙染排放、旅客與貨物相關之運作與航廈系統、機場聯外運輸、行李處理、反恐佈主義與警察設施、機場消防服務等，參加此訓練課程可增進航廈規劃設計之專業能力，吸收國際最新機場建設趨勢，對後續業務推動必有所助益。

二、過程

本次行程自 108 年 6 月 30 日起程，至 108 年 7 月 6 日回程，共計 7 日，其中包含 5 日的課程及 2 天的交通時間。本期學員共 11 位，分別來自臺灣、韓國、烏干達、汶萊、迦納、泰國、沙烏地阿拉伯、歐盟等國家，學員除了服務員民營機場公司，也有政府單位、顧問公司等，在專業背景上則含括土木工程、交通運輸、規劃設計等不同專業，學員需參與所有課程並通過紙筆測驗，方可取得證書。

表 2-1 行程表

日期	行程	說明
108 年 6 月 30 日 (星期日)	臺北 -> 新加坡	去程
108 年 7 月 1 日 (星期一) 至 108 年 7 月 5 日 (星期五)	新加坡	於新加坡 IATA 參加機場發展與基礎設施設計課程
108 年 7 月 6 日 (星期六)	新加坡 -> 臺北	回程

三、 講義重點彙整

(一) 運量預測 (Forecasting)

講師主要係以「機場發展建設參考手冊(Airport Development Reference Manual, ADRM)」第 10 版為講授本課程之基礎，並指出年運量預測值其目的是為提供規劃者進行機場長期發展計畫之參考，最主要分為市場需求及航空公司容量供給兩大部分，應思考機場未來空運需求趨勢為何，及航空公司該如何服務並滿足這些需求，如機場大小、頻率，而最重要的是清楚記錄運量預測之各項假設條件，以利未來相關前提改變時調整。其中，年運量主要係提供航廈設施等規模及擴建時程，尖峰小時運量預測值則可提供規劃者決定子系統(如報到櫃台、行李轉盤等設施)之最適規模，各國之計算方法雖有所不同，但多是取機場「典型」之繁忙狀態估計之，空中移動交通量則是為提供規劃者決定跑道及空側相關設施之最適容量。而就運量期程而言，短期預測可供編列預算、空運服務使用，中期可供費率管理、策略分析使用，長期則供機場主計畫，容量投資等用途。至於運量預測之項目，則應包含除了客運量、貨運量、航機架次，也應該包含停機坪需求、季節性、尖峰性、轉機比例、起訖點、機隊組成、停車需求、員工數量等。運量預測常用之原則有以下 2 種，最好是彼此能交互配合，最後收斂出 1 個基本情境預測值。

1. 由上而下(Top-Down):主要是以整個系統(例如 1 個國家或大區域範圍)之需求進行分析，最後得到之需求在依各機場之條件與特性合理分配之各機場，多係透過社會、經濟變數及其他因子與過去運量之關係而推出，為全球觀點。
2. 由下而上(Bottom-UP):針對目前已存在之機場分析其航線與市場特性後，預測其運量，該未來運量預測會受到該機場之成熟度、競爭者及營運與環境限制影響，為機場屬性。

之後再進行情境之模擬，分出高預測情境、基本情境、低預測情境與嚴峻情境等。最終之運量預測結果，將有助於後續研訂機場設施規劃、商業發展規劃及環境之議題如下：

1. 機場設施規劃(決定新建或擴建設施)：

- (1) 空側：跑道、滑行道、機坪。
- (2) 航站：客運航廈(旅客報到、零售免稅店、候機轉乘空間)、貨運站。
- (3) 陸側：停車空間、陸路聯外運輸系統。
- (4) 支援輔助設施：航機維修、空廚、航油供給/儲存、消防搶救、旅館、航站及航空公司辦公室。

2. 商業發展規劃：

- (1) 利潤收入：如航空收入(降落費、空橋/機坪使用費、機場服務費)、非航空收入(零售賣店收入(免稅店、餐飲等)、停車費、設施出租費、廣告費)。
- (2) 支出成本：如資本支出(CAPEX，每年度及每月份航廈改善計畫)、營運成本(OPEX，日常維護費用、員工薪資)。
- (3) 監管方面之罰金(Regulation penalties)

3. 環境議題考量

- (1) 航空噪音。
- (2) 航空器空污排放。
- (3) 機場能源消耗。
- (4) 機場廢棄物/污水處理。
- (5) 衍生之大小客貨車運量。

運量預測主要步驟如下：

1. 識別預計使用的變數
2. 定義市場與市場區隔

3. 分析運量
4. 設計情境
5. 建置模式
6. 檢核預測結果之合理性

(二) 機場主計畫 (Airport Master Plan)

講師強調機場都應制定主計畫，以合理可持續和具有成本效益的方式指導未來的基礎設施發展計畫。而 ADAM 雖有相關規範與建議，惟仍皆屬參考性質，並非聖旨。政策上則有以下建議：

1. 機場容量擴充之計畫應與機場主計畫緊密結合。
2. 機場主計畫為使所有利害關係人都能有利於未來發展與考量到各項可能影響未來發展之因素，建議應由具由全球機場規劃經驗之獨立顧問進行規劃。
3. 航空公司及其代表協會全面參與主計畫的制定和審查。
4. 基礎設施建設應盡可能考量到成本效益。
5. 主計畫應考量機場未來逐步擴展之可能性。
6. 在沒有機場主計畫前不要隨意進行機場各項建設計畫。

講師並建議為使機場系統永續發展，需定期(約 5 年)辦理機場主計畫，建立宏觀之機場發展藍圖，下圖 3-1 之流程圖，即目前一般機場管理當局或機場公司辦理機場主計畫時之步驟及流程，講師後續以流程說明主計畫辦理之方式。

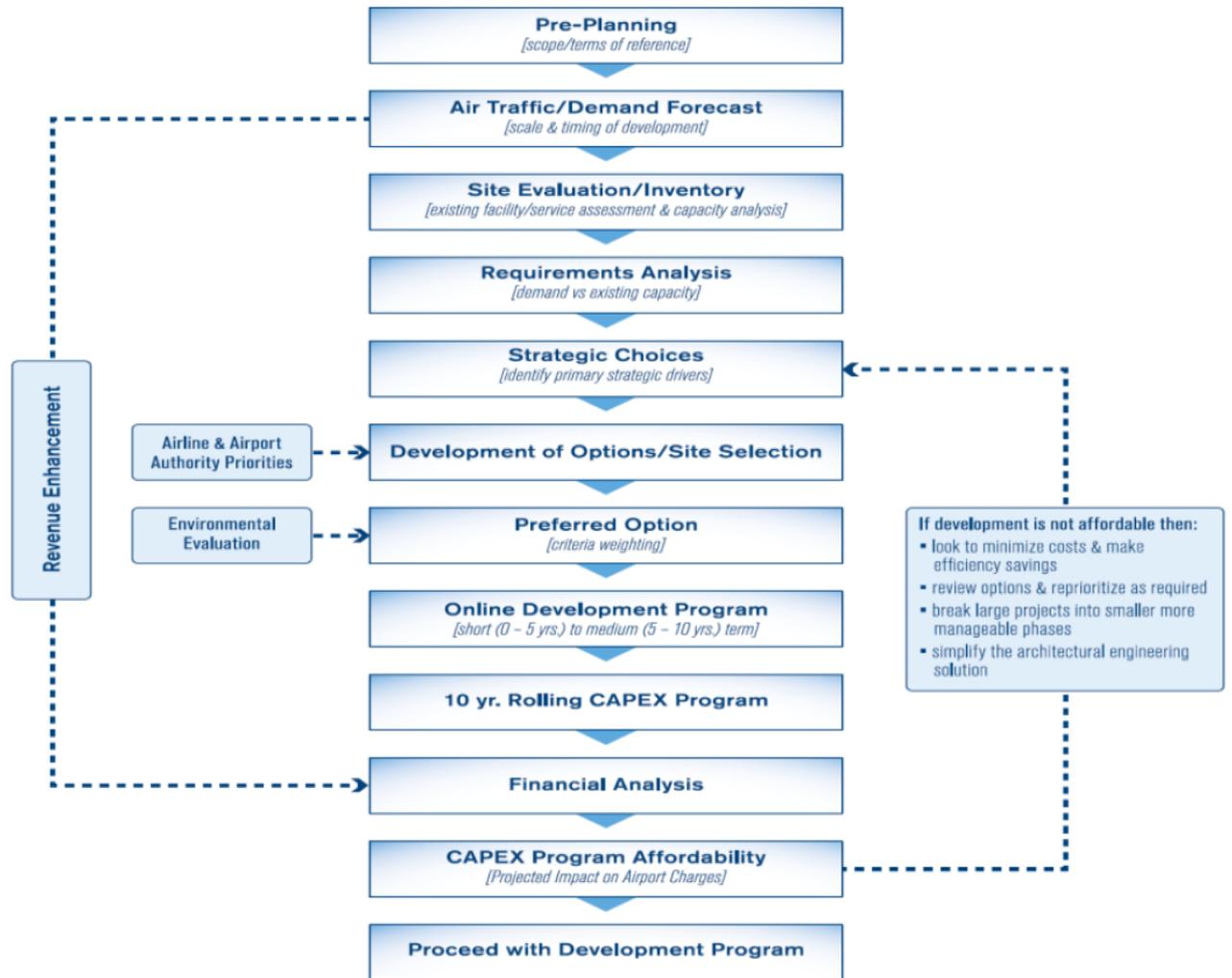


圖 3-1 機場主計畫作業流程圖

講師在談論主計畫辦理時所需流程與步驟時，不時強調宜先組成機場諮詢委員會(Airport Consultative Committee, ACC)、持續諮詢航空公司等相關利害關係者之重要性，因為這可使整個主計畫辦理過程中，與後續推動建設時更為順利。

針對圖3-1所述各流程步驟之重點，整理如次：

1. 預先計畫(Pre-Planning)：確定研究範疇、界定主計畫之規劃目標與目標年、回顧相關資料來源與內容(包含土地與設施調查等)、規劃方法、工作計畫、初步規劃所需預算及資金來源、瞭解機場及周邊潛在環境問題等。
2. 航空運量與需求(Air Traffic/Demand Forecast)：包含年運量、尖峰小時運量與空中移動交通量等，以預測未來航機起降架次、場站發展情形等，

詳細內容如前項運量預測(Traffic Forecasting)之說明。

3. 既有設施盤點(Site Evaluation / Inventory)：需蒐集相關資料，包含機場配置圖、環境、財務、土地使用等相關資料、近期相關研究、法規資訊、社經資料與交通量統計等。這些資料將被用來了解現況之土地租約與範圍、基礎設施翻新與擴展計畫，以及基礎設施容量/服務能量及相關限制條件等。
4. 需求分析(Requirements Analysis)：評估既有設施容量/服務能量與未來預測之需求、計算設施面積/需求面積/區位面積，瞭解是否可滿足未來需求、瞭解設施需求水平以訂定擴建計畫啟動門檻、檢核設施是否符合安全、設計規劃或相關標準(如ICAO Annex14)、瞭解航空產業未來發展策略與需求、驗證主計畫所採用假設條件，以確保不至於偏離需求過多。
一般來說，常見用於需求分析之機場設施如下：
 - (1) 空域、空側(跑道、滑行道)容量(年容量/尖峰小時容量)。
 - (2) 機坪、停機位(各類機型數)。
 - (3) 航廈內設施。
 - (4) 陸路聯外設施容量(公路、軌道、停車場)。
 - (5) 機場支援輔助設施。
5. 策略選擇(Strategic Choices)：瞭解國家/政府航空發展政策、航空產業限制、航空公司聯盟及其夥伴之發展策略、航空公司發展策略與購機計畫後訂定機場未來發展策略。
6. 方案建構(Development of Options/Site selection)：建構發展方案及替選方案、滿足預期之功能需求、需由機場營運、環境影響及財務效益等層面評選方案。當確定機場功能定位、未來發展策略，及透過前揭需求分析過程瞭解機場發展需求後，規劃者下一步驟為接續進行發展方案建構，此一步驟將允許規劃者在合理之規劃原則、環境友善、兼容/兼顧周邊土地、財務可行之條件下，建構出穩健、可受公評的發展方案，而此發

展方案內容，多為需求分析探討過之要項，包含機場空側設施(跑道、滑行道、機坪)、助導航設備、客運航廈、貨運站、陸路聯外運輸系統、機場支援輔助設施等。IATA建議採用如下圖3-2，具有結構性之流程，以建構、評估發展方案，並反覆進行。

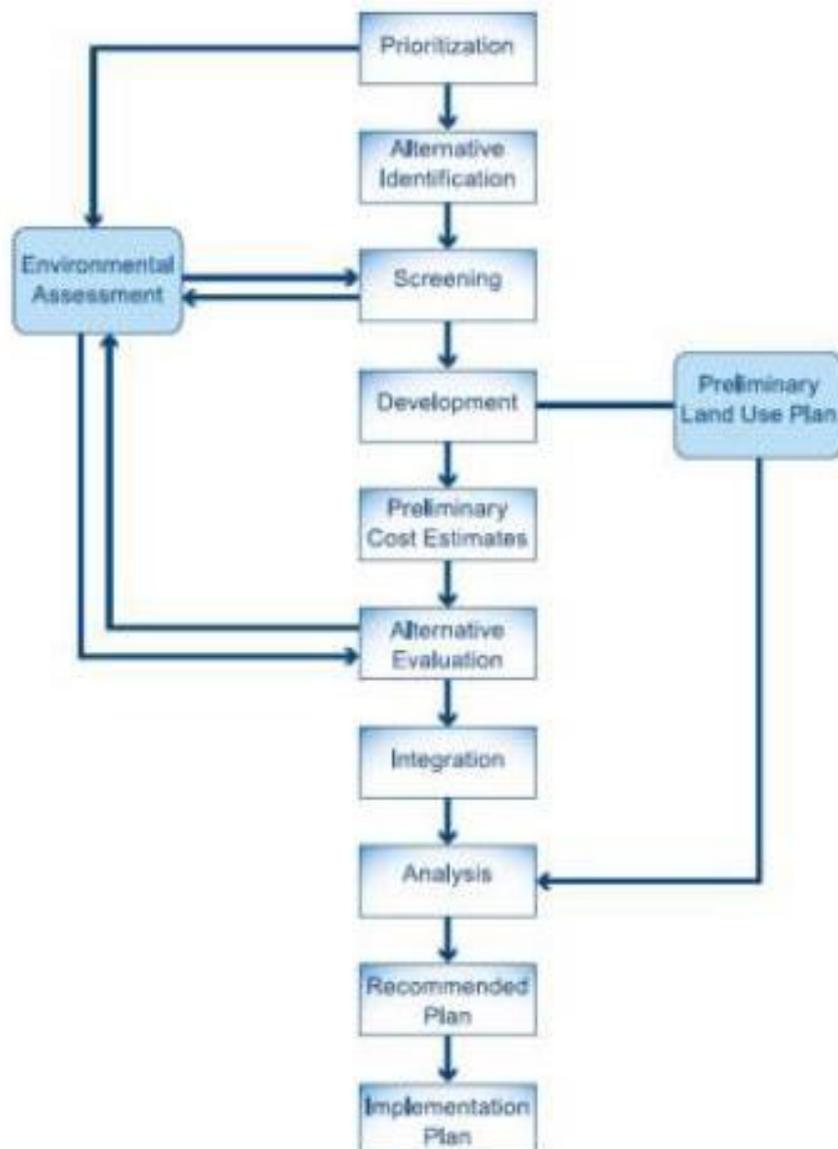


圖3-2 IATA建議之機場發展方案建構流程

7. 偏好方案(Preferred Option)：應制定評估之流程與相關準則，準則應包含營運面、環境面、財務面、土地面與未來發展彈性等，並應分別對空陸側設施訂定不同之適用準則。
8. 研訂實施計畫(Outline Development Program)：針對最適、最廣為機場管

理當局/利害關係者接受之發展計畫，研訂短期(0-5年)及中期(5-10年)之分期分階段實施計畫，且需包含土地使用計畫。

9. 每10年滾動之財務計畫 (10 yr. Rolling CAPEX Program)：講師建議現有機場應擁有10年的資本支出計畫，該計畫應顯示其在2個每5年期間的預定工程計畫。該計畫應每年與航空公司/ IATA機場開發專家進行重新評估，並應討論這些開發計畫對利害關係人的影響。
10. 財務評估(Financial Analysis)：估算實施計畫分年成本、財源籌措、財源負擔(含對機場費之影響)、建構可行之財務計畫。講師表示有效的機場主計畫應反映機場的商業價值與在機場發展策略上之意義，讓經營者願意投資。
11. 繼續開發計畫(Proceed with Development Program)：整理報告成冊並公開，內容包含機場配置、未來發展計畫涉及之土地使用計畫與期程，並依據該內容持續進行各項開發計畫。

(三) 空側基礎設施 (Airside Infrastructure)

為表達空側設施在機場規劃之重要性，講師以下面3張圖(圖3-3至圖3-5)說明空側用地占機場整體用地比例非常高，用地取得困難，常是機場規劃能否順利推行之關鍵，空側範圍包含跑道與滑行道等，主要為供航機起降滑行，經驗上跑道及滑行道用地面積約占機場整體面積至少50%，且會因跑道佈設型式而有不同占比。



圖 3-3 日內瓦機場 (空側占比約 70%)



圖 3-4 希斯洛機場 (空側占比約 55%)



圖 3-5 亞特蘭大機場 (空側占比約 75%)

以下講師分別就空側之跑道、滑行道與停機位等設施加以說明。

1. 跑道：跑道所需之土地與規模主要考量所在地溫度、海拔高度、跑道斜率、設計機型與安全需求等因素，其中設計機型對於跑道長度之參考資料，如下表 3-1。並建議跑道設計應考量以下因素：

- (1) 地質學 (Geological)：建造新跑道會有很大的用地需求，因此可能需要機場範圍以外的土地，當我們想分析機場範圍外用地是否適合作為跑道時，必須了解地質條件，因為這會影響跑道興建成本、後續維護成本、使用品質及使用年限等。

- (2) 地形學 (Topographical)：建造新跑道會有很大的用地需求，因此可能需要機場範圍以外的土地，當我們想分析機場範圍外用地是否適合作為跑道時，必須了解地形條件，因為這會影響跑道興建成本、對當地地形之衝擊、障礙物限制面 (包含進場面、轉接面、水平面與圓錐面等)之影響與對於已存在空側設施之高層改變等。

- (3) 氣象學 (Meteorological)：氣象條件將直接影響航空器在飛行上的表

現，例如溫度、濕度、氣壓與風向，尤其是風向，將直接影響跑道的方位。

(4) 環境 (Environmental)：跑道興建完成後，將直接對周邊居民造成噪音、空氣與自然生態之影響，因此不得不慎。

(5) 其他因素 (Others)：包含與鄰近機場之空域與航線重疊、與目前機場跑道是否可相互配合運作與傳統文化保存等問題。

表3-1 不同航機機型之跑道長度需求

AIRCRAFT	ICAO AERODROME REFERENCE CODE-CODE ELEMENT 2	MAX TAKEOFF WEIGHT (KG)	TAKE-OFF RUNWAY LENGTH (M) AT ISA + 20°C
A318	C	59,000	1,828
A319	C	64,000	2,080
A320	C	73,500	2,105
A321	C	89,000	2,286
A300-600 *	D	170,500	2,645
A310-300 *	D	164,021	2,450
A330-200	E	238,000	2,590
A330-300	E	235,000	2,657
A340-200 *	E	275,000	3,260
A340-300 *	E	276,500	3,230
A340-500 *	E	380,000	3,050
A340-600 *	E	380,000	3,100
A380-800	F	575,000	2,750
B717-200 *	C	54,885	1,840
B737-600	C	65,091	1,960
B737-700	C	70,080	2,160
B737-800	C	79,016	2,640
B737-900	C	79,016	2,860
B767-200(200ER)	D	151,954 (179,169)	2,200 (2,640)
B767-300ER	D	186,880	2,920
B767-400ER	D	204,117	3,580
B787-8	D	219,539	3,100
B777-200	E	247,208	2,620
B777-200ER	E	297,557	3,480
B777-300	E	299,371	3,500
B777-300ER	E	351,535	3,160
B747-200	E	377,843	3,190
B747-300	E	340,195	3,320
B747-400	E	396,894	3,018
B747-400ER	E	412,770	3,090
B747-8	F	439,985	3,090
MD-11 *	D	288,031	3,560

跑道容量之定義為某段時間可供運作/營運之航機架次，大多以年容量或尖峰小時容量之格式表示，對於規模較小機場之主計畫，可利

用下表3-2作為估算跑道容量之參考(最大容量)；然而，空側容量實際仍受制於機場營運時間、航管實際作業、機隊組成、跑道占用時間(Runway Occupancy Time)、起飛/降落之隔離準則、缺乏快速出口滑行道、機坪機位配置及跑道鋪面品質等因素，而有所不同。

表3-2 跑道容量參考

Runway Configuration	Example Used	Best Practice mvts./hr.	Max. mvts./annum recorded to date	Theoretical max. mvts./annum
Single runway	LGW	55	266,550 (2007)	331,238
Dependent parallel	CPH	83	288,793 (2001)	499,868
Independent parallel	MUC	90	476,197 (2011)	542,025
Intersection runways	VIE	68	266,402 (2008)	409,530
3 runways: all independent	AMS	110	446,693 (2008)	662,475
4 runways: 2 pairs of close parallels	CDG	116	551,174 (2008)	698,610

講師介紹以下幾種跑道型式及其優缺點如下：

- (1) 單一跑道 (Single Runway)：講師以日內瓦機場為例(如圖 3-6)，並說明其優缺點(如表 3-3)。

表 3-3 單一跑道優缺點

單一跑道	
優點	缺點
1. 對環境影響衝擊較小	1. 跑道容量受到限制
2. 跑道利用率較高	2. 跑道維護管理較為困難
3. IATA 建議之跑道型式，但須視機場需求而定	3. 當遇側風或風切時，會造成跑道運作上的問題

- (2) 開放式 V 型或 L 型跑道 (Open V to L Runways)：講師以愛爾蘭都柏林機場為例(如圖 3-7)，並說明其優缺點(如表 3-4)。

表 3-4 開放式 V 型或 L 型跑道優缺點

開放式 V 型或 L 型跑道	
優點	缺點
1. 可以增加跑道容量	1. 對於環境衝擊較大
2. 可以免受季節性風向改變之因素影響	2. 停機坪需占用較大之空間
3. 跑道維護管理較為容易	3. 未來停機坪難有效擴張
4. 2 個跑道可以同時使用	4. 其中 1 個跑道將成為盛行風時主要跑道
-	5. 頂點發生事故將導致 2 條跑道均無法運作

(3) 相交型跑道 (Intersecting Runways)：講師以邁阿密機場為例(如圖 3-8)，並說明其優缺點(如表 3-5)。

表 3-5 相交型跑道優缺點

相交型跑道	
優點	缺點
1. 可以免受季節性風向改變之因素影響	1. 對於環境衝擊較大
2. 跑道維護管理較為容易	2. 停機坪需占用較大之空間
-	3. 未來停機坪難有效擴張
	4. 其中 1 個跑道將成為盛行風時主要跑道
	5. 2 條跑道無法同時使用
	6. 相交處發生事故將導致 2 條跑道均無法運作

- (4) 交錯型跑道 (Staggered Runways)：講師以曼徹斯特機場為例(如圖 3-9)，並說明其優缺點(如表 3-6)。

表 3-6 交錯型跑道優缺點

交錯型跑道	
優點	缺點
1. 跑道維護管理較為容易	當遇側風或風切時，會造成跑道運作上的問題跑道容量受到限制
2. 跑道利用率較高	
3. 對於起飛和降落更安全	
4. 未來停機坪能較有效擴展	
5. IATA 建議之跑道型式	

- (5) 雙平行跑道 (Dual Parallel Runways)：講師以慕尼黑機場為例(如圖 3-10)，並說明其優缺點(如表 3-7)。

表 3-7 雙平行跑道優缺點

雙平行跑道	
優點	缺點
1. 跑道維護管理較為容易	當遇側風或風切時，會造成跑道運作上的問題跑道容量受到限制
2. 跑道利用率較高	
3. 起飛和降落安全	
4. 未來停機坪能較有效擴展	
5. IATA 建議之跑道型式	

- (6) 多平行跑道 (Multiple Parallel Runways)：講師以洛杉磯機場為例(如

圖 3-11)，並說明其優缺點(如表 3-8)。

表 3-8 多平行跑道優缺點

多平行跑道	
優點	缺點
1. 跑道維護管理較為容易	當遇側風或風切時，會造成跑道運作上的問題跑道容量受到限制
2. 跑道利用率較高	
3. 對於起飛和降落更安全	
4. 未來停機坪能較有效擴展	
5. IATA 建議之跑道型式	

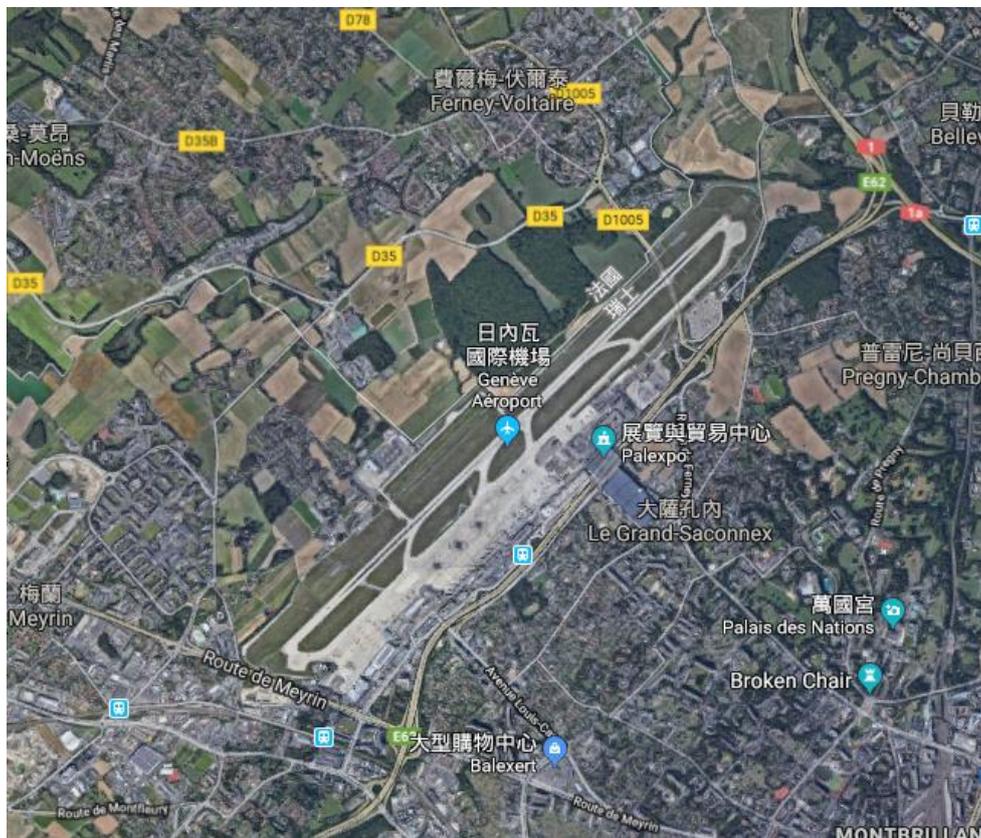


圖 3-6 日內瓦機場單一跑道型式



圖 3-7 愛爾蘭都柏林機場開放式 V 跑道

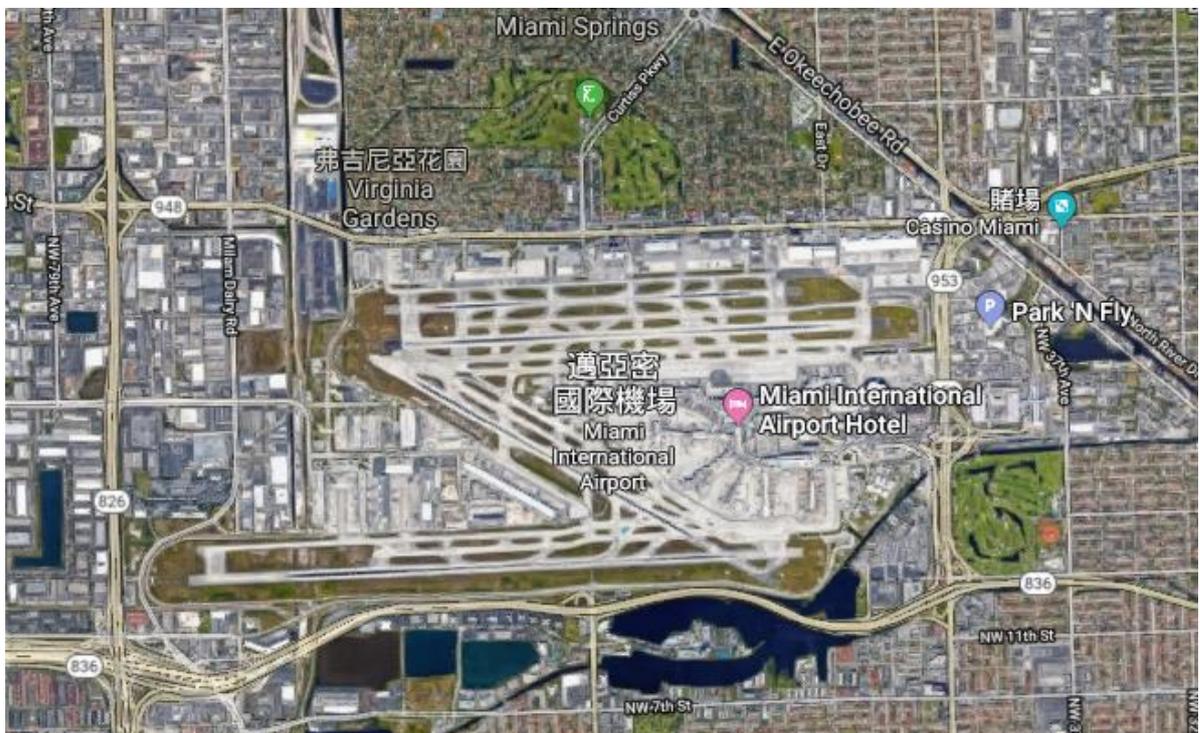


圖 3-8 邁阿密機場相交型跑道



圖 3-9 曼徹斯特機場交錯型跑道



圖 3-10 慕尼黑機場雙平行跑道

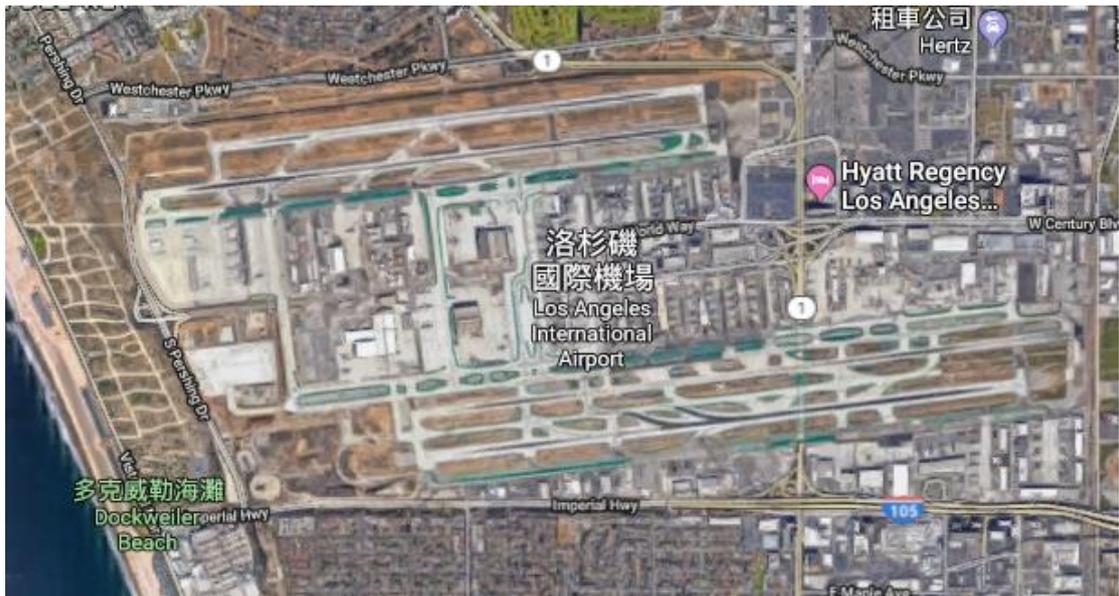


圖 3-11 洛杉磯機場多平行跑道

- 滑行道：構成相互連結的網絡，有效服務到達與離開之飛機；滑行道主要提供機場設施間連結的路徑，像是快速滑行道、平行滑行道與停機坪滑行道等。滑行道在幾何設計上，需要考量設計機型，其 ICAO Annex 14 對於各種機型在跑道與滑行道、滑行道與滑行道、滑行道與停機坪間之最小間隔均有明確之規定。另外滑行道之容量主要與滑行路徑與平行滑行道數量有關，其中滑行道配置應考量跑道尖峰小時容量，下表 3-9 為平行滑行道數量與容量間之關係。

表 3-9 滑行道容量

No. of taxiways	Taxiway capacity (mvts./hr.)	Notes
0	0 - 15	Backtracking required on runway
1	16 - 20	
2		Runway capacity will be the limiting factor
Landing only	50 - 55	
Take-off only	30	

- 飛機停機位：是指停放飛機的指定區域，用於裝載和卸載乘客、行李、郵件與貨物，或用於加油，長期停放及維護之地方。在設計上需要考量機場之機隊組成、平均停機位占用時間、近端與遠端停機位數量等，並

應盡可能規劃可以供多種機型之停機位；在幾何設計上，則應考量停機位之設計機型所需之最小間隔，以及飛機進站/離站方式與軌跡，盡可能規劃有效率之配置與設備(如空橋)以提升停機位周轉率。

(四) 客運場站 (Passenger Terminal)

客運場站基本上含括地面運輸系統、出入進大廳、安檢設施、商業設施與行李處理系統等；在整體規劃上需要考量未來成長擴張之可能性、應用彈性、系統整合與成本效益等，並以旅客角度思考流動性、步行距離及樓層變化。因各子系統之興設均有其建置成本、營運成本、整修成本、人力成本、系統改建與除役成本等成本，因此各子系統之規劃上需有生命週期之概念(如圖3-12)

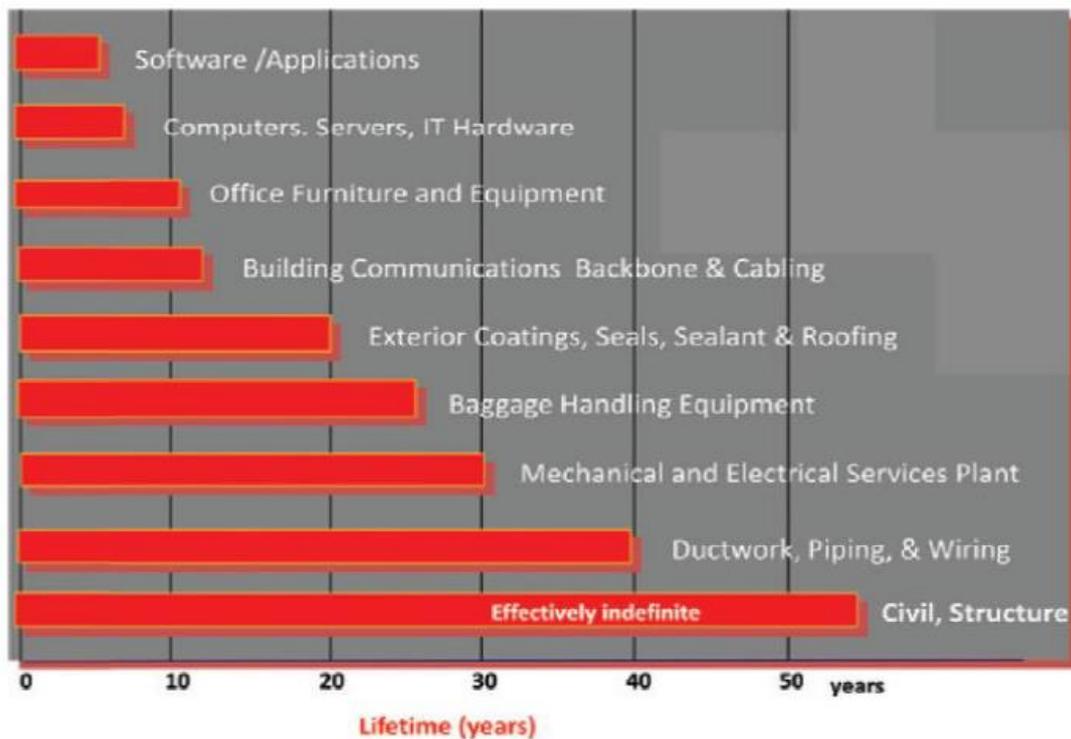


圖 3-12 各子系統之生命週期

以下將依講師授課方式，分別就航廈設計、服務水準、航廈涵蓋之各項設施與應注意事項等分述如下。在航廈設計上，講師建議可依航廈配置、樓層配置方式與旅客型態等作區分。

1. 在航廈配置部分，目前有常見之幾種配置方式，略述如下：

(1) 線型(Linear)：以線型方式設計之航廈案例，如圖 3-13，其優缺點，如表 3-10。

表 3-10 線型設計航廈之優缺點

線型	
優點	缺點
1. 動線單純 2. 運作有效率 3. 中央化運作 4. 建置費用低 5. 維修費用低 6. 可接受的步行距離 7. 轉機時間短 8. 休閒設施設置於中央地帶	1. 尖峰易阻塞 2. 空間未充分運用 3. 可能造成長步行距離

(2) 指狀型(Pier/Finger)：以指狀方式設計之航廈案例，如圖 3-14，其優缺點，如表 3-11。

表 3-11 指狀型設計航廈之優缺點

指狀型	
優點	缺點
1. 中央化航廈簡化動線 2. 旅客集中，服務指標單純，易管制 3. 增加空側空間運用效率 4. 較一般建置成本低 5. 休閒設施集中設置，使用量增加 6. 同一指狀轉機時間短	1. 尖峰時大廳易堵塞 2. 尖峰時鄰近指狀航廈之空側區域易壅塞 3. 航機滑行動線長，不利後推 4. 需要分層管制離到旅客 5. 步行距離長 6. 增加航空公司營運成本 7. 不同指狀轉機時間長

(3) 衛星型(Satellite)：以衛星方式設計之航廈案例，如圖 3-15，其優缺點，如表 3-12。

表 3-12 衛星型設計航廈之優缺點

衛星型	
優點	缺點
<ol style="list-style-type: none"> 1. 簡化陸側動線 2. 空側配置具彈性 3. 有利於未來擴充 4. 簡化旅客動線 5. 飛機使用空側有效率 6. 對於未來特殊航機需求具有發展彈性 7. 多種航廈擴張之可行方式 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 尖峰時大廳易壅塞 2. 需要良好之陸運連結設施 3. 設備成本增加 4. 需要增加營運點 5. 需要增加服務人力 6. 增建衛星區將增加步行距離 7. 不同衛星區轉機時間長

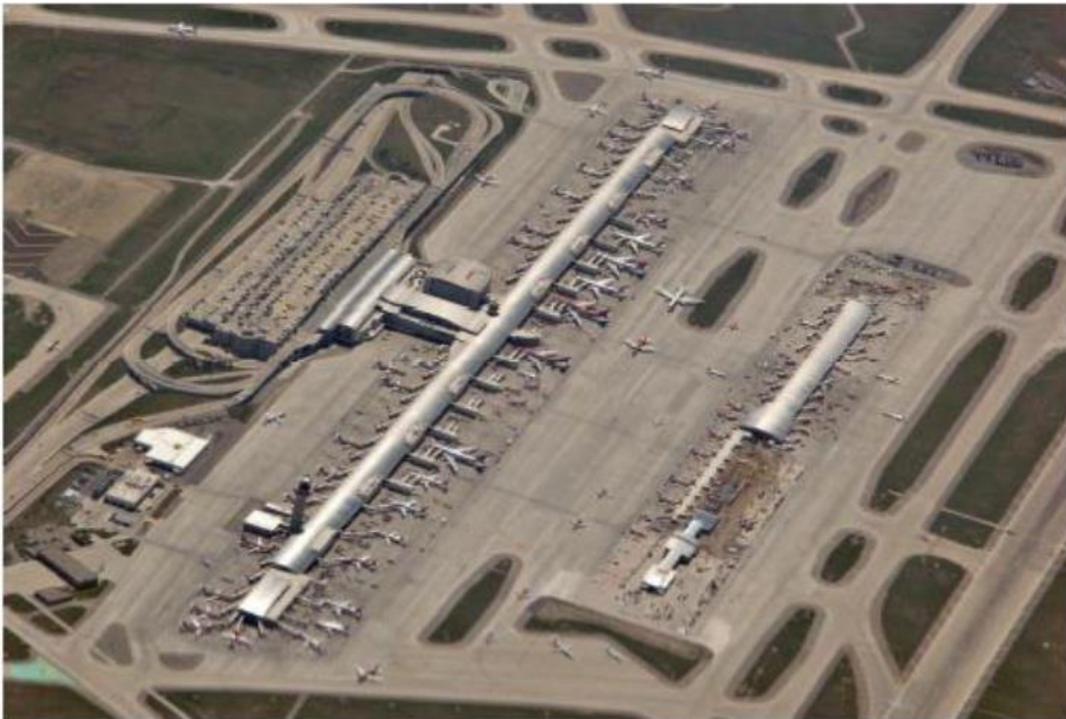


圖 3-13 以線型設計之航廈案例



圖 3-14 以指狀型設計之航廈案例



圖 3-15 以衛星型設計之航廈案例

2. 從樓層配置方式，依機場設計與使用需求可分作單層、1 又 1/2 層與多層之配置方式，但 IATA 建議設計仍應以旅客移動最小高度變化為原則，並摘述如下：

(1) 單層(Single Level)：這種配置方式適合在比較小型或地區型之機場，在同一樓層將出入境區域分隔，其優點在於動線單純，但在空間利用上則稍嫌沒有效率。其設計概念，如圖 3-16。

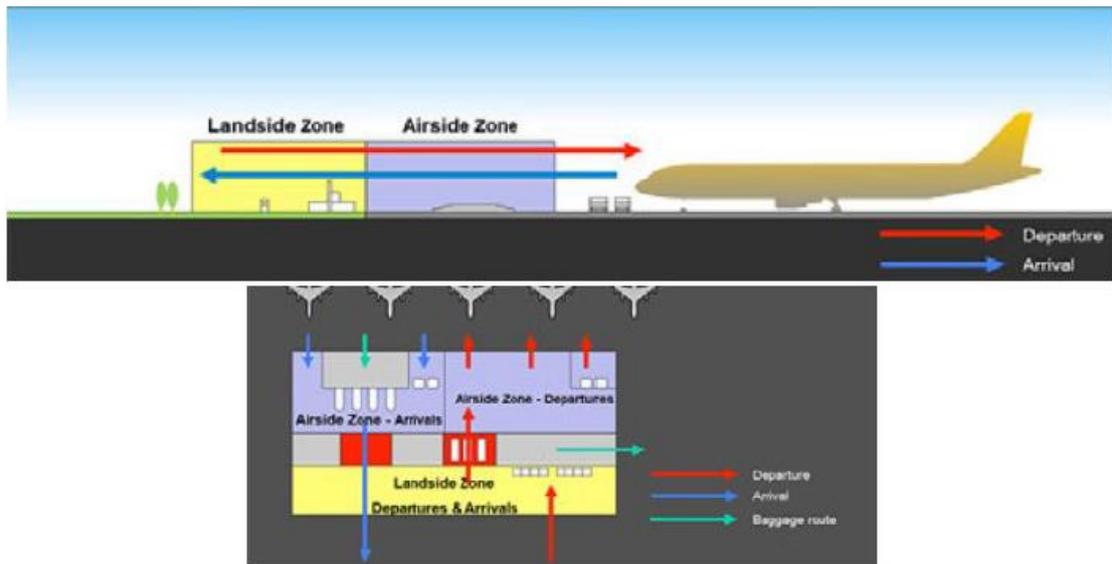


圖 3-16 單層式(Single Level)航廈

(2) 1 又 1/2 層(1 1/2 Level)：這種配置方式適合在中型之地區型之機場，其優點在於提供更有彈性之空間，且在動線規劃上也算是容易，其設計概念，如圖 3-17。

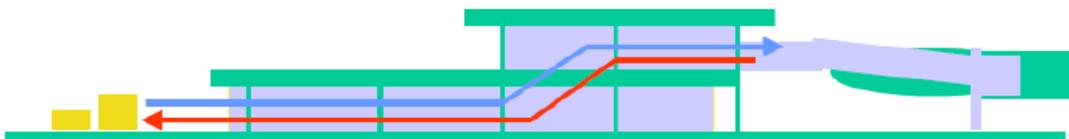


圖 3-17 1 又 1/2 層(1 1/2 Level)航廈

(4) 多層(Multi-Level)：這種配置方式適合大型之國際型機場，其優點在於

空間能有效之利用，但興建成本高，在動線規劃上則需妥善處理，減少乘客之負擔，其設計概念，如圖 3-18。

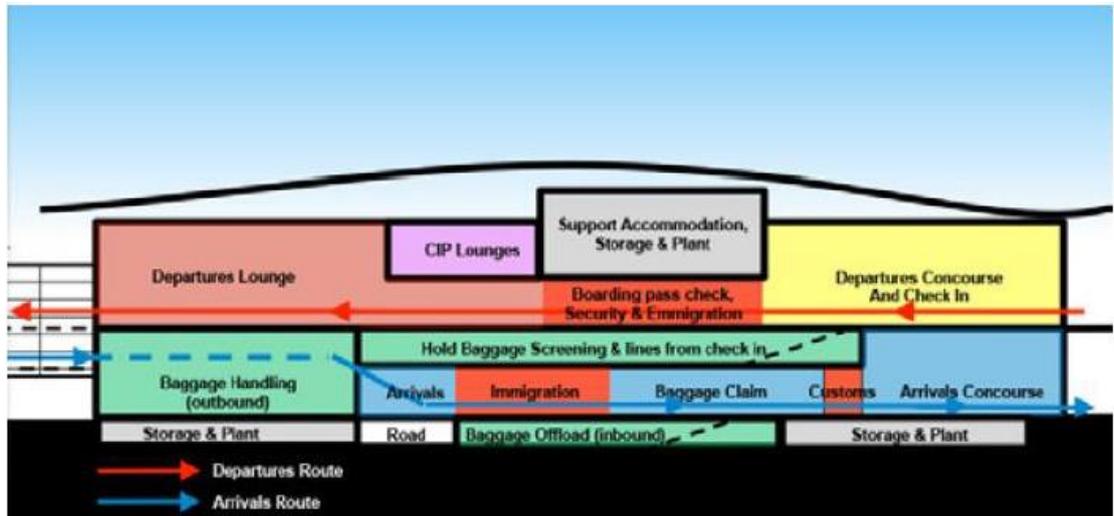


圖 3-18 多層(Multi-Level)航廈

3. 航廈型態可依旅客性質，區分以起訖為主與以轉乘為主之航廈設計，(部分則有 VIP 航廈)，此這 2 種旅客型態其在動線上會有很明顯之不同，應特別注意轉機旅客安檢與行李檢查之環節設計，這 2 種旅客型態之動線，如圖 3-19 與 3-20 所示。

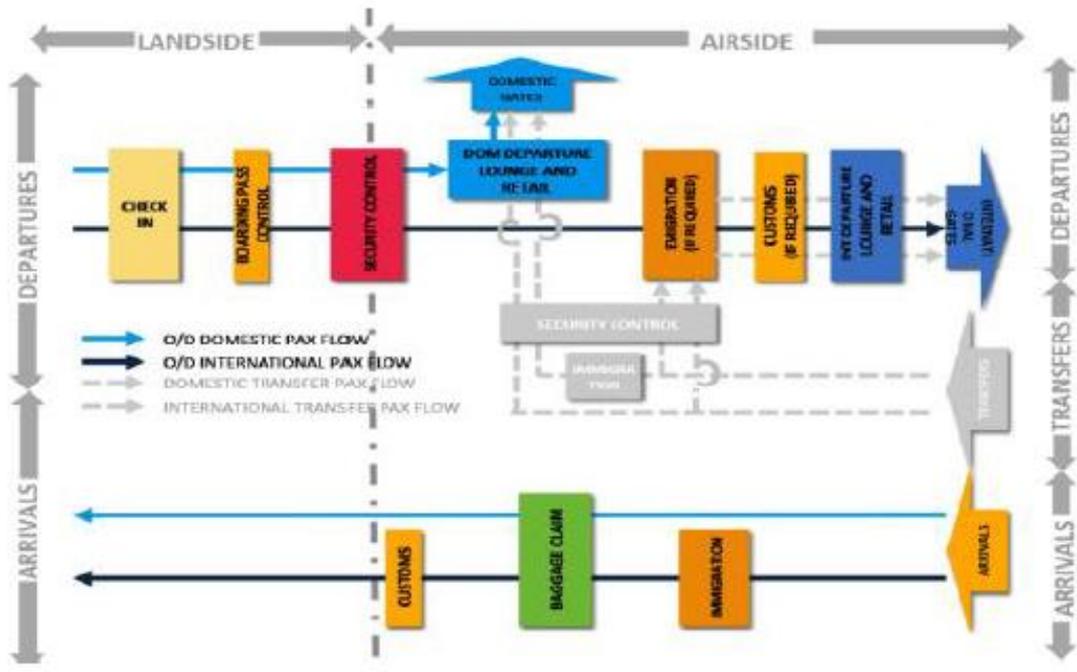


圖 3-19 旅客以起訖為主之動線

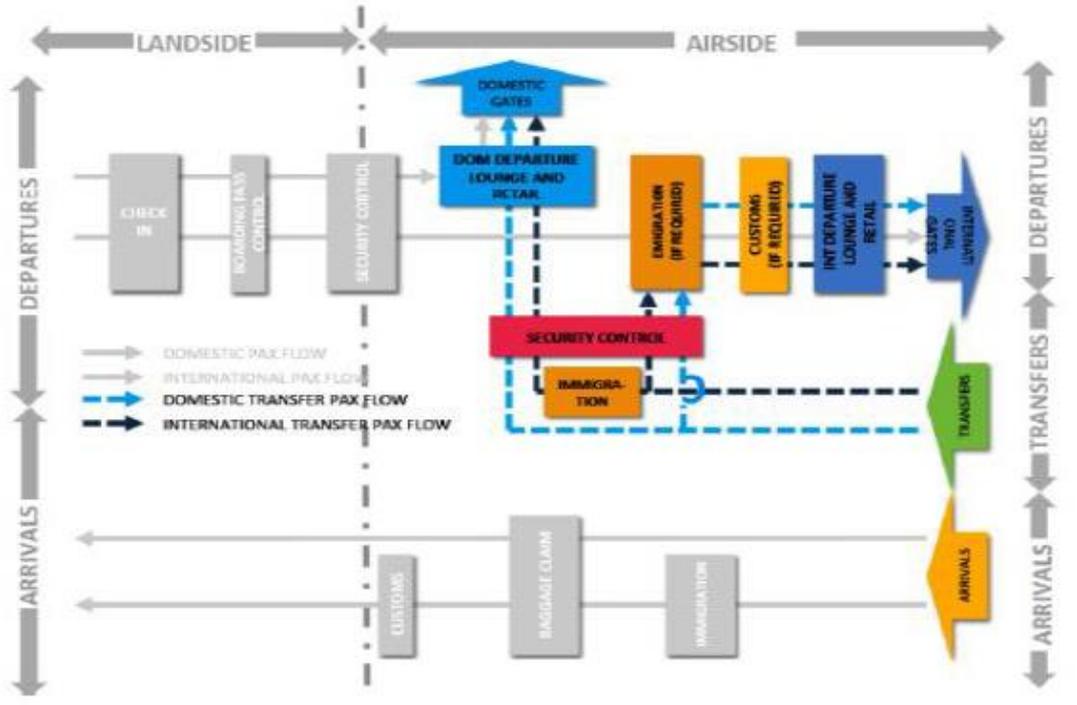


圖 3-20 旅客以轉乘為主之動線

有關航廈容量部分，主要可依設施總類，處理(processing)、等待(holding)、流通(circulation)之不同，區分為處理容量、流通流量及等待容量。而評估方式可分為直接觀察、利用理論公式計算以及運用軟體模式模擬三種。

在航廈服務水準部分，講師強調原熟悉之航廈服務水準區分為A、B、C、D、E等級，已不再使用，主要係因傳統之服務水準常造成投資上之浪費，講師表示IATA曾作過統計，服務等級A之硬體設施，其投資成本平均高出服務等級C之投資成本約30%，而傳統服務水準評定方式造成許多機場一味追求服務等級過度投資(如過數中東石油國打造之機場)，因此IATA於2014年與ACI共同發表新的航廈設施服務標準。

新的航廈設施服務標準，將航廈各項設施之分為2個服務面向，分別為空間(Space)與最大等候時間(Maximum Waiting Time)，各面向之等級分為3個等級，即過度設計(OVERDESIGN)、適中(OPTIMUM)與不足(SUB-OPTIMUM)，上述之等級認定係依IATA提供之標準以查表方式確認，其中最大等候時間係以最高之95%時間作為該最大等候時間，最後再以2個面向的交集作為該項設施之服務水準，整體服務水準也僅有過度設計(OVERDESIGN)、適中(OPTIMUM)、需考量改善(CONSIDER IMPROVEMENTS)與供給不足(UNDERPROVIDED)4種，其規劃概念，如圖3-21與3-22。

Level of Service =	SPACE	+ MAXIMUM WAITING TIME
Optimum	Sufficient space to accommodate necessary functions in a comfortable environment	Acceptable processing and waiting times
Sub-Optimum	Crowded and uncomfortable	Unacceptable processing and waiting times
Overdesign	Excessive or empty space	Overprovision of resources

圖 3-21 航廈各項設施不同服務面向之服務等級評斷參考

		SPACE		
		Overdesign	Optimum	Sub-Optimum
MAXIMUM WAITING TIME	Overdesign	Overdesign	Optimum	▶ Consider Improvements
	Optimum	Optimum	OPTIMUM	▶ Consider Improvements
	Sub-Optimum	▶ Consider Improvements	▶ Consider Improvements	Underprovided ▶ reconfigure

圖 3-22 航廈各項設施服務等級判定方式

依據上述之方式我們可針對航廈既有之各項設施評斷其服務水準，並可藉由平面圖將各設施之服務水準之顏色畫上，即可清楚知道航廈目前之問題點，並尋求改善。針對未來設施或改善後之設施部分，講師建議可利用模擬方式得到空間(Space)與最大等候時間(Maximum Waiting Time)之參數，再依上述方法求得服務水準。

航廈涵蓋之各項設施，包含出境大廳、乘客安檢設施、出境大廳、到達走廊、入境、海關、入境大廳、入境前廳與商業設施等。

1. 出境大廳(Departures Hall)：講師建議規劃良好之出境大廳應具備以下原則：

- (1) 為乘客提供良好之流通空間。
- (2) 提供良好之標示協助旅客簡化路徑。
- (3) 提供充足的公共設施。
- (4) 有利於陸側之商業空間規劃，以增加商業收入。

除此之外，講師建議應善用新科技與新設施，例如自助報到設施

(Kiosk)，將可有效減少旅客在大廳等候之時間與空間，增加營運效率。(如圖 3-23)



圖 3-23 機場自主報到設施(Kiosk)

2. 乘客安檢設施(Passenger Security Screening)：良好之乘客安檢設施應具備以下原則：
 - (1) 乘客安檢設施應盡可能合併在單一地點，該地點應有助於資源有效利用，包含優化設備和空間利用以及人力管理。
 - (2) 乘客安檢應設計為一個綜合過程，最好與出境管制和其他流程相結合，以幫助減少乘客的時間，並應善用相關之新技術。
 - (3) 檢查點之設計應能完全掌控所有準備或正受檢乘客和隨身行李。
3. 候機室(Departure Lounge)：講師表示好的候機室，應具備以下條件：
 - (1) 提供足夠的空間和座位。
 - (2) 商業設施之提供。
 - (3) 需有旅客服務中心。
 - (4) 良好的指標系統。

4. 到達走廊(Arrivals Corridors)：講師建議到達走廊的大小需足夠容納到達之旅客，自然光線應充足，並儘可能減少乘客的行走距離。
5. 入境(immigration)：講師表示好的入境，應具備以下條件：
 - (1) 地點應集中。
 - (2) 設施需足夠。
 - (3) 寬敞的排隊空間，且空間足以因應未來旅客之增加與新科技之引進。
6. 海關(Customs Processes)：講師表示好的海關，應具備以下條件：
 - (1) 地點單一且集中。
 - (2) 足夠之規模以因應入境旅客量。
 - (3) 適當之地點，且能清楚識別所有旅客。
 - (4) 動線設計應順暢。
7. 入境大廳(Arrivals Hall)：講師表示好的入境大廳，應具備以下條件：
 - (1) 應分別為乘客與遊客提供所需之設施。
 - (2) 應備有廁所、資訊服務(包含旅遊資訊與訂位服務)、娛樂空間等設施。
 - (3) 應與路側、接駁設施有良好之銜接。
 - (4) 應具有良好之指標系統。
8. 入境前廳(Arrivals Forecourt)：前廳規劃之最主要目的是使到達旅客能順利搭乘自有運具、租賃車、計程車與其他大眾運輸工具等。
9. 商業空間(Commercial and Retail)：商業空間之規劃，最主要之目的為提升旅遊經驗及品質、提升機場收入與挹注航空業收入等。其目前各機場特許商店之類型與比例如下表 3-13。

表 3-13 特續商店類型與比例

Concessions by type	Percentage
Duty-Free	5%–15%
Specialty Retail, Duty Paid	25%–40%
Convenience Retail	10%–20%
Food and Beverage	40%–60%
Personal or Business Services	5%–10%

最後，講師在客運場站設計提出 2 點注意事項：

1. 場站設計應為行動不便的人提供航空旅行之服務。(可參考 <http://www.changing-places.org>)
2. 場站之指標系統應以乘客角度設計，設計應力求簡單與視覺連續與一致性，並考量直覺性，可利用色彩與字型等特色吸引旅客注意與引導，(如圖 3-24 與 3-25)，同時新科技之引進與手機 APP 應用均可納入未來航站設計時考量。



圖 3-24 利用色彩吸引旅客注意

(五) 行李系統(Baggage System)

講師表示行李系統處理過程需要很高的準確率與可靠率，提供可靠快速的轉運行李服務，並須確保滿足MCT(Minimum Connection Time)之標準，建議MCT之標準(如下表3-14)，並應具備良好之安全檢查。此外，整體行李系統需要有多餘的容量及韌性，以避免萬一有設備發生故障造成行李處理延宕的情形發生；在行李系統正式上線前務必經過反覆的測試，模擬真實情況，以確保在各種狀況下均能正常運作。下圖3-25為行李系統處理之流程圖，主要分作入境、轉程與出境旅客行李之流程。

表3-14 IATA建議之MCT標準

	Domestic to Domestic	Domestic to International	International to Domestic	International to International
Minimum Connecting Time	35-45	35-45	45-60	45-60

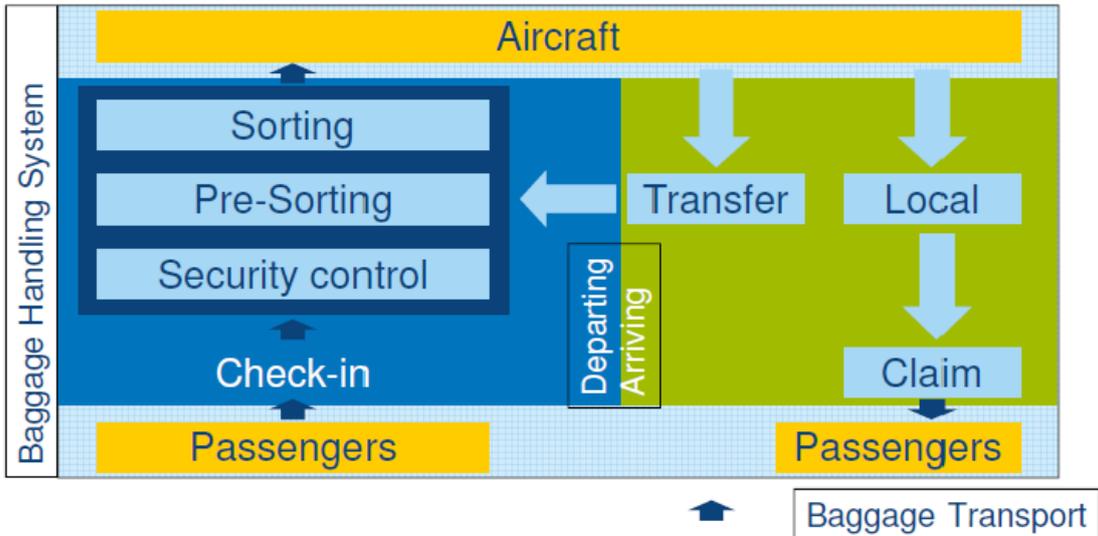


圖3-25行李系統處理之流程圖

根據ADRM將行李系統分為3類，各有其適合之行李分揀方式與要求，並簡述如下：

1. A類(Category A)：適合小型機場。
 - (1)尖峰小時行李處理量：小於999個/小時。
 - (2)分揀方式：建議可選擇採用自動或人工之分揀系統。
 - (3)人工分揀要求：行李處理大廳需提供設施2倍以上空間處理貨物，當處理貨物設施停機時，需有人力可以協助分揀。
 - (4)自動分揀要求：自動分揀系統，須能始終維持50%的行李尖峰流量值之流速運行。
2. B類(Category B)：適合中型機場。
 - (1) 尖峰小時行李處理量：大於1,000個/小時，小於4,999個小時。
 - (2) 分揀方式建議：建議選擇採用自動分揀系統。

- (3) 自動分揀要求：自動分揀系統，須能始終維持75%的行李尖峰流量值之流速運行。
3. C類(Category C)：適合大型機場。
 - (1) 尖峰小時行李處理量：大於5,000個/小時。
 - (2) 分揀方式建議：建議選擇採用自動分揀系統。
 - (3) 自動分揀要求：自動分揀系統，須能始終維持75%的行李尖峰流量值之流速運行。

影響行李系統容量因素：

1. 行李組成的數量、尺寸和航班類型（包機/預定）。
2. 起訖點之行李量。
3. 報到之瞬間高峰行李量與持續時間。
4. 航班裝貨前之前置時間。
5. 在線和離線轉機比例。
6. 重新檢查之行李量。

對於行李由機場外面進來(Outbound)之行李系統應考慮之事項：

1. 如何處理退貨程序。
2. 需特殊處理之小包裹或動物等。
3. 勞工權益。
4. 行李控制與監控系統。
5. 系統冗餘程度。

對於行李由機場內出來(Inbound)之行李系統應考慮之事項：

1. 尖峰時到達航班數。
2. 尖峰時行李規模。
3. 特殊尺寸之行李處理（如滑雪板）。
4. 乘客到達領取行李設備之位置與容量，需考慮旅客步行距離與出關程序等所需時間等。

對於行李安檢，目前IATA將其定義為5個層次(5 Level System)，其流程如圖3-26，並將各層安檢定義摘述如下：

第1層(Level 1)：利用自動化爆炸物檢測系統(Explosives Detection System, EDS / EDDS)、X光機檢測，通常拒絕具有潛在危險之行李。

第2層(Level 2)：由經過培訓的X射線操作員重新查看與Level 1相同圖像。

第3層(Level 3)：操作員使用智能X光機、斷層掃描機(CT)檢視行李。

第4層(Level 4)：與旅客會同檢查行李。

第5層(Level 5)：基於安全考量，將行李送至遠端檢查。

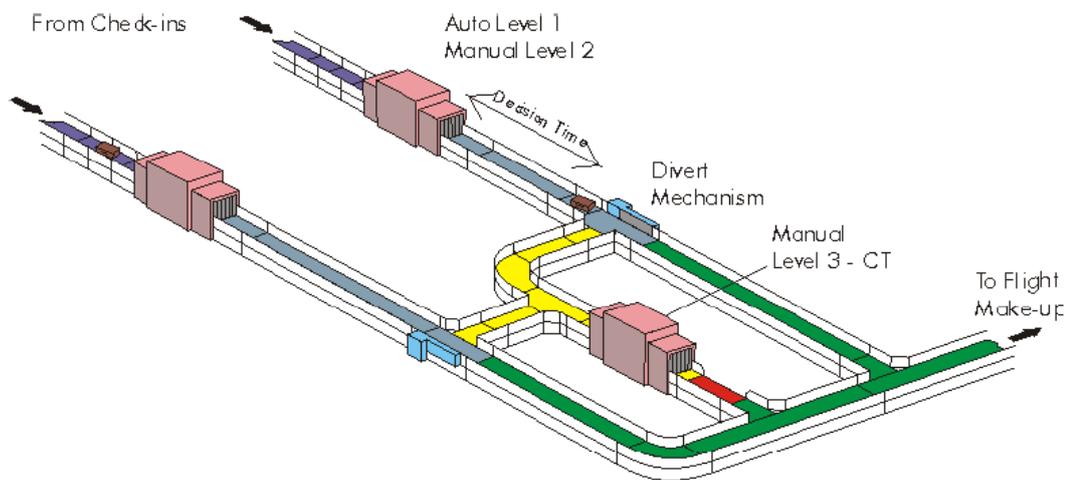


圖3-26 行李安檢流程

(六) 貨運航廈(Cargo Terminal)

本章節分別講述貨運營運、航空貨物、貨運機坪、貨運設施、貨物量預測等，講師特別提醒，由於機腹載貨仍佔一定比例，為利航機操作，機場規劃應將貨物處理中心盡量設置於航廈附近，並應考量貨物之危險性、時效性。

四、心得及建議

本次參加108年7月1日至5日於新加坡參加IATA辦理之「機場發展與基礎設施設計」課程，講師透過課堂講授與個人報告提問等形式，說明運量預測與機場規劃對機場未來發展之重要性、以及機場空側、陸側基礎設施規劃與設計之原則與概念，並講述規劃設計特別須注意的事項。此外，由於土地使用規劃、環境衝擊與政治考量等都是影響機場發展重要因素，講師搭配相關實務經驗與案例傳達相關知識。另由於本課程係由IATA開授，講師的論點多以航空公司之角度出發，與學員各自不同之背景，產生許多火花。謹將相關心得及建議分享如下：

(一) 心得

1. 機場設計應以功能導向

講者於五天課堂中一再引用美國建築師 Louis Henri Sullivan 之名言「Form Follows Functions」，強調功能決定型態，機場形式應追隨機能。舉凡現代世界上各大知名機場，多聘請世界知名建築師打造機場及航廈，以華麗的屋頂設計、現代的外觀造型，取得外界讚賞與注目；惟講師認為機場規劃設計應以需求導向，考量旅客及航空公司使用特性，在規劃設計階段，機場規劃者與建築師即應有充分的溝通與討論，了解機場營運實務狀況及需求，而非先產生外觀結構，再來設計內部空間之使用；因為機場本身的定位與營運特色，都直接決定了機場應有的整體配置與航廈設計，因此機場外觀與設計，絕應以機場本身的功能需求特性出發，此外，任何柱子、管線的設計，都應該持良好的擴充性及營運效率。我國未來進行航廈整建、擴建或新建時，皆應注意「功能決定型態」這個重點原則，以打造實用、耐用且符合營運需求的機場，避免建築設計在工程經費限制下工程難產，建設無法如期完成，或是建築構造對於機場營運制約、綁手綁腳的情況發生。

2. 機場規劃對於機場之重要性

雖然機場規劃僅是提供一個概念與構想，供未來機場發展參考，且須隨時滾動檢討修正，但講師一再強調機場規劃之重要性，並指出每個機場都是獨立的個案，是不能複製的(When you see an airport, you see an airport)。而機場規劃之重要性在於機場建設投資之不可逆性，以及所需投資之時間與金錢成本，動輒幾億的工程規劃，必然需要綜合考量機場營運、飛航安全、營運效率、旅運行為等各項議題；而機場營運的穩定性與重要性更是不在話下，當報到系統、行李系統，或是任何一個輔助設施的環節無法正常運作，都將導致嚴重的延誤，因此講師也特別針對ORAT(Operational Readiness and Transition) 講授相關課題，對於正式啟用前的排練、整合、系統測試、甚至是航機的調度都應詳加注意，當年希斯洛機場新航廈啟用時因為準備不夠周全，而導致啟用當日的機場亂象；不論是我國機場未來航廈與空陸側改善等計畫，在規劃階段或是啟用的前置作業，皆應注意本課程所提及的重點，以利機場順利營運與發展。此外，課堂機場規劃案例也提及墨西哥政府因政黨輪替，進行到一半的機場建設計畫遭暫停撤回，雖然這個案件某種程度似乎是因為政治力量的介入以及利益分配所衍生的問題，但我想若於機場規劃階段能與外界各方溝通協調，確定共同目標，應可降低因政黨輪替使政府機場建設政策大翻盤的機率發生。

3. 機場規劃設計及營運需要經驗之交流與累積

本次學員來自不同國家，工作性質及專業皆不盡相同，課前老師請大家說明對課程的期待及希望學習的內容，以略為調整上課重點；除此之外，老師也請各位學員報告自身業務或是國家於機場發展所面臨之課題，來自韓國金浦機場的員工分享自身停車場規劃與建設之業務；迦納同學則分享徵收機場用地，培養當地居民第二專長之相關經驗，而筆者分享了我國對於首都城市機場重要性之看法，及對於機場韌性概念之重

視，講者也回饋美國達勒斯、芝加哥與加拿大之雙機場城市之案例與觀點，並認同我國的對於城市機場之重要性，認為城市機場確實有其對於城市發展的助益以及便民的重要性。

除了上課時間，學員們更利用課堂間把握機會進行工作經驗交流，本次課程熟識了來自韓國機場公司Korea Airports Corporation的員工（該公司負責營運韓國境內除了仁川機場的其他機場），課餘透過輕鬆的方式，分享彼此工作經驗，談論金浦機場與松山機場的定位及與仁川機場與桃園機場的關係。從互動間除可進一步瞭解各機場發展經驗外，亦可向其介紹我國機場系統現況與發展情形，增進各國對於臺灣的認識與瞭解。

（二）建議

1. 機場要有自己的營運策略永續經營

機場建設應考量營運成本與效益，尤其新增設備於設置前，應詳實評估其投資效益與使用率，並預先規劃未來建設期程，預定 trigger(未來擴建之運量點)，以逐步擴張方式，避免不當的投資，或造成設備閒置或效益不佳之情形；講師以新加坡機場舉例，為了維持國家門面，新加坡政府投入大量的金錢，每三個月換一次室內造景及樹木，雖然成功打造了國家門戶，有助於提升國際形象，但和多數同學討論，考量永續經營與管理的精神，我們都認為這樣的作法背後的意義值得大家再思考。此外，講師也提到現在機場越建越大，如杜拜機場、大興機場等億級運量的機場；然而大機場在營運、效率的維持、以及旅客轉乘、步行距離皆應有所考量，未必是越大越好。另外講師也討論到了一個有趣的現象，近年來各國似乎皆以發展轉運機場為共同之目標，惟講師認為轉運機場之所以存在，是因為旅運特性及起訖組合的需要，而發展、營運轉運機場需要注意考量的事情很多，並不是一件容易或是利多的事情，不應該作為機場的營運目標。在

全球航空產業蓬勃發展的情況下，各國各地都更應該積極思考各自的優勢與機會，找出機場營運與發展的關鍵點，尋找利基市場，唯有找出機場自己的策略目標，而非人云亦云、依樣畫葫蘆，才能永續經營。

2. 在智慧化潮流下思考各機場合適之發展方向

科技日新月異，自助報到櫃台、自助行李托運、自助登機，以及新式安檢設備等，甚至是機場聯外交通以無人車之方式接駁，都將改變旅運行為與航廈設計，透過科技手段，減少人力及空間需求。然而，因應智慧化科技，並非僅是花大錢投資相關設備，更需要的是各系統的整合與協調，並且評估智慧化之效益與成本，以有效利用航廈空間增強營運效率；如機場規劃及營運管理者能透過管理策略，搭配科技硬體設備，應能協助每座機場找出適切的發展方向與最佳的營運模式。

3. 我國應持續積極培養航空人才

IATA每年除了開授機場發展與設計課程，提供世界各國之機場公司、航空公司或相關組織之機場規劃、工程、建築、維運等各領域之專業人員參與外，尚有各式各樣航空相關議題之課程。本次課程共有11國的專業人員參與，來自阿拉伯聯合國、烏干達、汶萊、迦納、泰國、韓國等國家，而依本次上課各國報名熱烈程度，可見各國皆致力於投入成本培養航空領域相關人才，顯見各國對人才孕育的重視。此外，多數國家或機場營運單位，甚至同時派兩位同仁參加。航空產業是專業性高，且影響國家發展的重要領域，人才培育絕非是一朝一夕可以完成的，建議我國針對航空規劃、設計、建設或是營運方面之人才培育要有明確的政策與計畫，讓臺灣的機場發展跟上世界的腳步、甚至走在前端。

附錄 1 訓練及格證書



附錄 2 參訓學員與講師合照

