

出國報告（出國類別：進修）

機場發展與基礎設施設計

服務機關：桃園國際機場股份有限公司

姓名職稱：李宗澤 工程師

派赴國家/地區：荷蘭/阿姆斯特丹

出國期間：113 年 10 月 25 日至 113 年 11 月 3 日

報告日期：114 年 1 月 3 日

公務出國報告提要

出國目的：參加 IATA 辦理「機場發展與基礎設施設計」課程

服務機關：桃園國際機場股份有限公司

出國人員：李宗澤

人員職稱：工程師(四)

出國類別：進修

出國期間：113 年 10 月 25 日至 113 年 11 月 3 日

報告日期：114 年 1 月 3 日

關鍵詞：IATA、機場發展手冊、機場主計畫、空側基礎設施、客運航廈、機場聯外運輸、運量預測、服務水準

報告書頁數：40

內容摘要：

本次參加國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA)辦理之「機場發展與基礎設計」課程，為期五天的實體課程內容包含運量預測、機場主計畫、永續性、空側基礎設施、客運航廈、機場聯外運輸等內容，瞭解機場發展及基礎設施的設計理念及建議事項，課程中的學生來自不同國家，學員交流各自機場遇到的情況之外，相關課程主題內容以小組討論分享看法，並於最後一天進行測驗。

在本次課程中，了解到制定機場主計畫對於機場整體開發的重要性，在機場進行開發之前，機場管理單位應先制定機場主計畫，透過定期滾動檢討機場主計畫，衡諸機場各利害關係人意見、機場與周邊民眾關係、環境影響、土地取得等外部因素，發展最適合機場發展需求的架構。課堂過程中了解各設施在機場發展手冊中的設計的原則及願景，更完整的認識到運量預測對於基礎設施容量的關係，不同設施容量設計所需運量預測數據不同，空側基礎設施的容量評估與航空交通運量架次相關，航廈基礎設施容量評估與尖峰小時的旅客量相關，評估機場各既有設施的服務水準，訂定基礎設施的擴展數量及時間點，以達到各設施最佳化的服務水準，機場規劃未來的面向包含智慧機場、環境永續、機場韌性等議題，除了運用最新科技及最新能源技術之外，也需要結合營運實務經驗，課堂上經過講師和學員的分享對於機場規劃有更深入的了解。

目 錄

壹、目 的.....	3
貳、過 程.....	5
一、行程紀要.....	5
二、課程內容概述.....	7
(一)運量預測.....	7
(二)機場主計畫.....	9
(三)空側基礎設施.....	12
(四)客運航廈.....	22
(五)行李處理系統.....	33
(六)機場聯外運輸.....	36
參、心得與建議.....	38
一、心得.....	38
二、建議.....	39

壹、目的

本次的課程是由國際航空運輸協會(IATA)開辦授課，與國際民航組織(ICAO)不同，國際航空運輸協會是世界航空公司的貿易協會，代表約 330 家航空公司佔全球航空運輸量的 80% 以上，支持航空活動的許多領域，並幫助制定關鍵航空問題的行業政策，該協會使命為代表、領導和服務航空業，所以思考機場議題的面相多以航空公司的角度出發，例如在機場基礎設施的需求上，機場與航空公司常會存在一定程度的緊張關係，特別是在機場認為需要的基礎設施與航空公司認為需要或願意為之支付的基礎設施之間，所以在硬體設施的需求和成本之間需要找到微妙的平衡，以確保機場未來的開發規劃符合航空公司的營運需求，機場也能吸引航空公司過來投資增開航線帶動旅客流量，造就雙贏的局面，IATA 為全球的機場提供諮詢服務，包括機場規劃設計部門、基礎設施部門等，也為航空公司提供諮詢服務，作為航空公司和機場之間的橋樑。

在機場發展與基礎設施設計議題，國際航空運輸協會與國際機場協會(Airports Council International, ACI)共同開發推出目前最新第 12 版本的機場發展手冊(Airport Development Reference Manual, ADRM)，由於第 11 版是在新冠疫情前發布，隨著疫情影響隨即開始第 12 版的編寫，以適應產業營運的變化，同時平衡航空公司與機場的運營環境各自的需求，建立機場與航空公司相互參與合作的關係，航空公司需要機場擴展客源，機場也需要吸引更多的航空公司來增長其業務收入，所以在機場設計考量上可以參考機場發展手冊，提出經濟上可行且可持續發展的基礎設施方案，雖然機場發展手冊不是一套標準或規範，而是一套建議和指導的文件，並沒有強制一定要遵守，但每次版本進版時編寫過程中，包含了各種行業顧問的意見，有很多行業專業人士參與其中，提供了非常有價值的建議，這使得 ADRM 成為機場發展規劃中非常有用的參考文件之一。

本次課程提及在運量需求預測及設施容量在機場發展與基礎設計的重要性，並藉由機場發展手冊的建議指引，參考機場韌性、成本經濟、環境影響及基礎設施運營效率及靈活性等議題，納入機場主計畫的規劃，以確保機場發展符合需求，桃園國際機場為我國最大之國際機場，是重要之國家門戶，隨著疫情解封客運量逐漸回復到過往年運量高峰，為滿足逐漸增長的客運量及班機需求，目前也正在興建第三航廈及第三跑道等重大基礎設施建設，提升設施容量，並定期更新機場綱要計畫，持續穩健發展，透過

本次課程的訓練了解機場發展與基礎設施設計的理念，以期應用於桃園國際機場未來重大建設發展規劃，提供更優質便民的航空運輸服務。

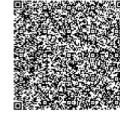
貳、過程

一、行程紀要

本次上課的地點位於荷蘭阿姆斯特丹的 IATA 訓練中心教室，地點位於霍夫多普火車站旁的商辦大樓裡，離史基普機場不到 10 分鐘的車程時間，上課的講師是英國籍的 James Bruce 先生，擁有 20 年的機場發展與設計的實務經驗，並長年在 IATA 講課，上課過程中時常分享過往案例經驗及趣事，並引導學生以另一種角度思考問題，上課的同學分別來自沙烏地阿拉伯、荷屬阿魯巴島、匈牙利、贊比亞、斯里蘭卡、黎巴嫩及南韓，其中工作性質有機場管理局的人員、航空公司人員及工程師等，課程關鍵主題包含運量預測、機場主計畫、永續性、空側基礎設施、客運航廈、聯外運輸等，在各不同主題的環節講師會與學生們交流所在機場的情況，並安排練習題，分組討論之後分享結果，藉由這個機會也能了解到不同國家機場的情況，為期五天的課程裡上課時段為上午 9 點至下午 5 點，課程表如表 1，中間會安排時間大家合照留影紀錄，如圖 1，最後一天的下午需進行課堂測驗，在測驗及格後 IATA 頒布學員課程通過的證書，如圖 2。



圖 1 學員合影



This is a secured QR-code
to verify it, please refer to
www.iata.org/training-authenticate

Certificate

This is to certify that

Tsung Tse Lee

born on 17 October, has passed with distinction the IATA classroom course

Airport Development and Infrastructure Design

28 October - 1 November 2024

Hoofddorp, Netherlands

given by instructor(s) James Bruce

Willie Walsh
Director General, IATA

0001977043 YAS



圖 2 課程證書

表 1 課程表

日期	課程時段	
	上午	下午
113 年 10 月 28 日	運量預測	運量預測、機場主計畫
113 年 10 月 29 日	機場主計畫、永續性	永續性、空側基礎設施
113 年 10 月 30 日	空側基礎設施	客運航廈
113 年 10 月 31 日	客運航廈、貨物運輸	貨物運輸、聯外運輸
113 年 11 月 1 日	聯外運輸	測驗

二、課程內容概述

(一)運量預測

「運量預測」是在機場規劃的基礎，幫助分析機場未來可能的需求和挑戰，從而設計能夠滿足各式需求的設施，這不僅是就過去數據的定量分析，還包括對市場趨勢、航空公司策略、人口統計和社會經濟因素的定性判斷，透過綜合分析可以確保機場規劃人員考慮所有潛在的變數，提供更精確的預測結果，整體來說機場預測是一種專業全面的工作，以推動機場長期的發展。

在 ADRM 第 12 版的內容說明，年度交通量預測(Annual traffic forecast)可以被用來推測設施擴展規模和時間，例如使用土地面積、建築佔地面積、樓地板面積等規劃；尖峰小時(Peak hour)的預測適合用來確定航廈內各系統設施的規模，例如：報到、安檢、出境查驗、行李提領等設施；航空交通流量(Air Traffic Movements)則對於確定跑道容量和空側基礎設施需求非常重要，綜上都可以看出需求預測與機場規劃密不可分的關係。值得一提的是，在課堂上老師特別強調尖峰小時預測的重要性，是機場設施設計的關鍵考量因素，因為它決定了設施在高峰運作時的負荷情況和服務能力，包含影響從安檢、證照查驗、行李處理、候機區和餐飲設施等機場的各個運作環節，與運營的流暢和乘客的良好體驗密切相關，通常需要將年客運量預測需求以較小時段的區間分段，轉換成尖峰小時，以便為最繁忙的時段進行規劃，在設計過程，往往不會以最大旅客人數需求去做設計，這是為了避免設施過度設計，造成成本浪費和設施閒置，而是常用足以應對 97-99%的比例的年旅客高峰量，來決定尖峰小時的容量，以設計出能夠在繁忙時段滿足旅客人數需求的設施，維持機場大部分時間的運營效率，並節省資本支出，主要的旅客流量預測方法有分為兩種類型，需透過相互結合使用，以獲得更全面的預測：

1. 自上而下(Top-down)：從宏觀層面出發，研究全球航空產業的趨勢與經濟數據，了解整個國家或大範圍區域的航空運量的需求，再評估各機場的條件、特性及市場占比等因素分配個別機場運量。
2. 自下而上(Bottom-up)：著重於機場的具體情況，基於機場過往實際數據、航空公司策略及市場特性，分析進行運量預測，其運量預測受機場成熟度、成長潛力、市場競爭及營運環境等因素影響。

之後進行情境模擬，分析出高預測情境、基本情境、低預測情境及危機情境，針對不同的預測情境，有助於幫助機場決策者制定後續機場設施、商業發展及環境議題如下：

1. 機場設施規劃(新建或擴建)：

- (1) 空側基礎設施：跑道、滑行道、停機位等。
- (2) 航廈設施：航廈內旅客處理相關設施、商業區域。
- (3) 停車場空間和聯外運輸系統。
- (4) 相關設施：消防救援、貨運站、航機維修、空廚、飯店、行政辦公空間。

2. 商業規劃：

- (1) 航空費用收入：降落費、飛機停放費、機場服務費。
- (2) 非航空費用收入：零售收入（商店和餐飲）、停車場收入、房舍租金、廣告收入
- (3) 運營支出(OPEX)：人員配備、員工薪資、日常維護費用。
- (4) 資本支出(CAPEX)：每年度的基礎設施新建或改善之計劃。
- (5) 監管單位之罰款(Regulation penalties)

3. 環境考量：

- (1) 航機噪音。
- (2) 航機污染排放物。
- (3) 機場能源消耗。
- (4) 機場廢棄物產生。
- (5) 衍生之車輛交通量

此外，由於所有機場與航空市場中皆不相同，因此預測需要細分比較不同的需求，例如：國內、國際航班、低成本航空公司、傳統航空公司、定期航班、點對點出發、轉機、過境、商務旅遊、休閒旅遊、市場佔比及載客率等，透過這些細分考量，機場可以更精確地預測需求，制定更有效的策略來吸引不同類型的旅客提高服務的水平。另外運量預測在機場規劃中面臨的挑戰，有來自市場需求的變動性、數據可靠性、政策因素及航空公司策略的變化等因素，尤其從 COVID-19 疫情事件中，可以看出需求突然變化對機場產生的重大影響，凸顯了機場韌性的重要性，所作之機場規劃需具備足夠的靈活程度，能夠應對不同情境，應用情境分析和持續更新預測數據，有助於動態調整運營策略，確保資源分配能夠適應市場變化，並制定緊急應變計劃和資源配置，以在變動環境中保持高效運營能力和長期競爭力。

(二)機場主計畫

機場主計畫是機場發展的核心文件，確保未來基礎設施發展與定位符合機場的長期運營和發展目標，從短期到長期的不同發展階段，內容涉及機場跑道、航站大樓、停機坪、貨運設施、地面交通基礎設施等各個設施的布局和整合，使機場能夠滿足未來的客運量和貨運需求，同時保持運營效率和財務可行性，在政策上，建議各機場應制定機場主計畫，並確保以下事項：

1. 基礎設施容量擴建的計畫與機場主計畫緊密相關。
2. 機場主計畫由具備全球機場規劃經驗的專業顧問撰擬準備，提供可幫助所有利害關係者擴展運營並從事盈利業務的計劃。
3. 航空公司及其代表協會全面參與機場主計畫的制定和審查。
4. 基礎設施設計應盡可能具有成本效益，而非過度設計。
5. 機場主計畫應考量所有基礎設施逐步擴展之可行性。
6. 在機場主計畫制定之前，不進行任何機場發展。

課堂上講師強調機場主計畫需要利用客觀的預測數據來制定，同時諮詢航空公司、飛航管制單位、地方政府、當地民眾等利害關係人意見參與協助，以達到平衡發展、經濟可行和環境友好的效果，在規劃的過程中是動態的變化，需要定期(建議5年)去更新，以適應變化的需求和外部條件，達成機場永續發展的目標，其機場主計畫流程圖如圖3，步驟概述如下：

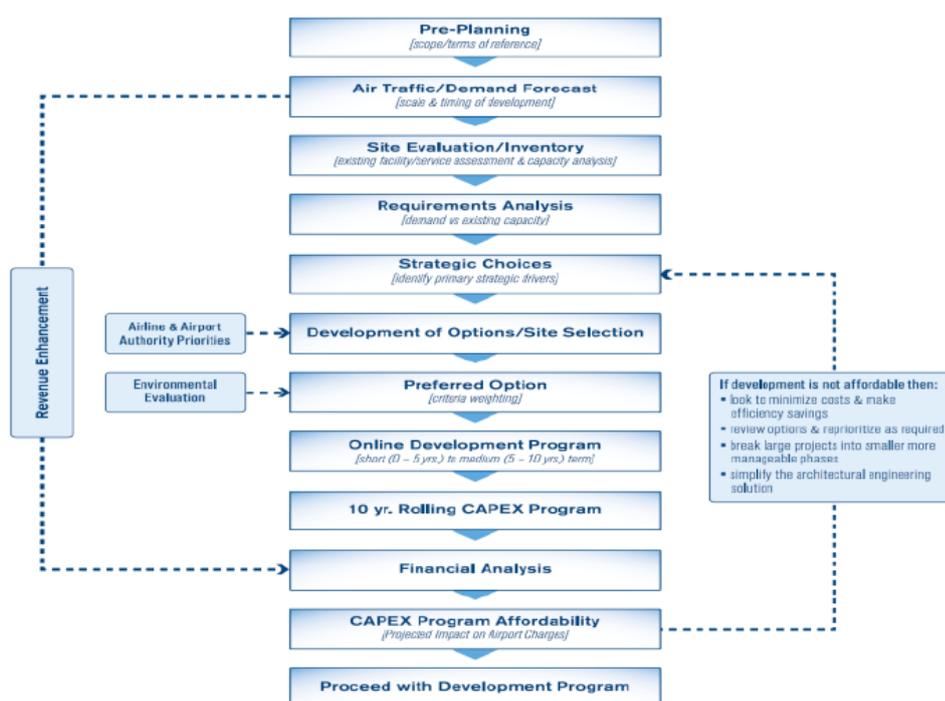


圖3 機場主計畫流程圖

1. 預先規劃(Pre-Planning)：需要明確未來發展的目標，回顧現有的相關資料和來源，審查現有的土地和設施調查報告，了解現有資產和基礎設施的狀況，聘請專業顧問來制定規劃內容、工作計劃、資料管理、環境考量和財務分析的初步架構。
2. 航空運量與需求(Air Traffic/Demand forecast)：航空交通和需求預測數據，有助於識別未來設施擴展的必要性和時機，預測數據包含年度、尖峰小時旅客數量(含出發、抵達、中轉)、年度及尖峰小時的航機起降架次數、載客率、市場細分(例如國內、國際、低成本航空等)、航空公司類型和飛機的型號、年度的貨物進出和中轉量等，預測需要綜合多個因素數據分析，來幫助機場規劃單位根據未來的交通需求制定合適的擴展計劃。
3. 既有場地及設施(Site Evaluation/Inventory)：需蒐集相關的資料，包含機場圖說、環境影響、財務資金、土地使用情況、周邊地理位置、交通量統計數據、當地社會經濟數據、近期機場發展之報告及所需遵守法規資訊，了解機場發展之限制與挑戰，使規劃更具可行性和永續性。
4. 需求分析(Requirement Analysis)：基於未來航空運量需求的預測數據，計算所需的設施數量及設施面積，評估既有設施容量和設施面積是否充足，訂定短、中、長期目標，滿足到未來可能的增長和變化，從而決定機場擴建和設施更新的時機點，常見用於需求分析之機場設施如下：
 - (1) 空域相關：飛行場地能力(大小、障礙物、方向)、導航輔助設施、航空交通管理設施。
 - (2) 空側相關：跑道、滑行道、停機坪等。
 - (3) 客運航廈：登機門、空橋、航廈建築樓地板面積、航廈建築佔地面積、航廈內設施、航廈前路緣及專用車輛設施等。
 - (4) 機場支援輔助設施：航機維修、航空公司行政、機場與地勤設備維護、貨運處理、汽車租賃與停車場、燃料供應、儲存與加油站、通用航空、飛行餐供應、警察/保全與消防服務、公共設施等。
 - (5) 陸路聯外運輸：公路、地鐵及停車場等。
5. 策略選擇(Strategic Choices)：綜合考量政府航空發展政策、航空公司營運方向、考慮不同選項的優缺點後，制定可行的機場未來發展策略。
6. 開發選項(Development of Options)：就先前需求分析和策略選擇建構開發方案和替代方案，滿足未來功能需求，針對機場各項空側、陸側、機場支援輔助設施及聯外運輸進行初步的成本估算，將技術、成本、環境評估等方面整合，考量初步土地使用計劃及周邊區域發展，提出可行合適的開發方案，開發架構如圖 4。

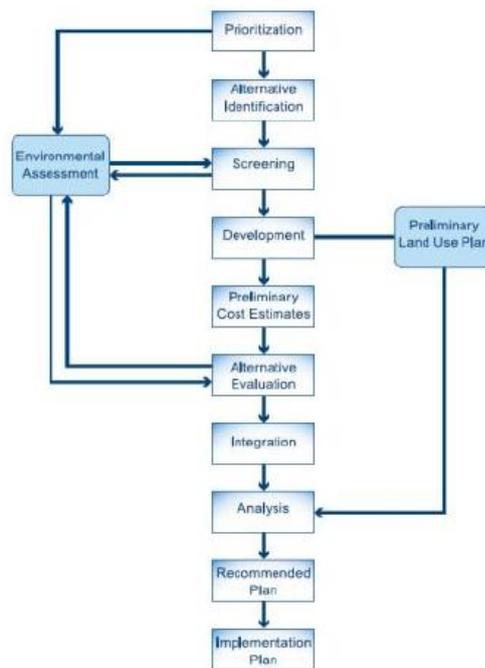


圖 4 開發選項架構圖

7. 優先方案(Prefer Option)：基於開發選項的方案中，就營運管理、工程技術、成本、土地使用、環境影響等面向綜合考量，選定適宜機場設施建設規模、配置的最佳方案。
8. 開發計劃概要(Outline Development Plan)：開發計劃應包含未來 5-10 年需求，擬定開發時間表，並考慮設計、相關法規批准、環境許可和協商的前置作業時間，同時考慮土地收購等外部因素，標示出未來關鍵項目發展里程碑時間，在財務、當地法規、環境限制下排序開發項目制定計劃。
9. 每 10 年滾動檢討的資本支出(10 yr. Rolling CAPEX Program)：講師建議機場應就未來 10 年評估資本支出需求，確保資本投資與機場的發展和運營需求一致，並根據最新的預測數據和實際需求進行滾動檢討，即時反映市場變化和運營情況。
10. 財務分析(Financial Analysis)：財務分析需評估未來的資本投資需求，及所需資本投資之時間點，分析在財務方面之可行性，確保機場具備足夠的資金來支持維護和擴建需求，從而實現長遠的運營和增長的目標。
11. 資本支出計劃負擔能力(CAPEX Program Affordability)：就機場的財務狀況、可獲得的資金來源、預期的現金流，以及其他財務指標來確保資本支出計劃的可行性，避免在進行大規模基礎設施投資時，對機場的整體財務穩定性和運營造成過大資金壓力。

12. 繼續開發計劃(Proceed with Development Program)：確認所規劃的開發計劃的可行性及財務可負擔能力後，並獲得相關單位的核准，開始執行計劃，過程中涉及協調各相關部門利益關係者，確保建設或擴展項目順利進行。

(三)空側基礎設施

機場空側基礎設施包含跑道、滑行道、停機坪、貨運機坪、飛航輔助設施及地勤地面服務等設施，其中最為關鍵的就是跑道系統，一般來說機場內跑道系統所需土地面積佔比通常會超過機場土地總面積 50%以上，例如圖 5~圖 7，根據不同的配置會有不同的佔比，這也代表跑道系統在機場規劃中是最為關鍵的因素之一。

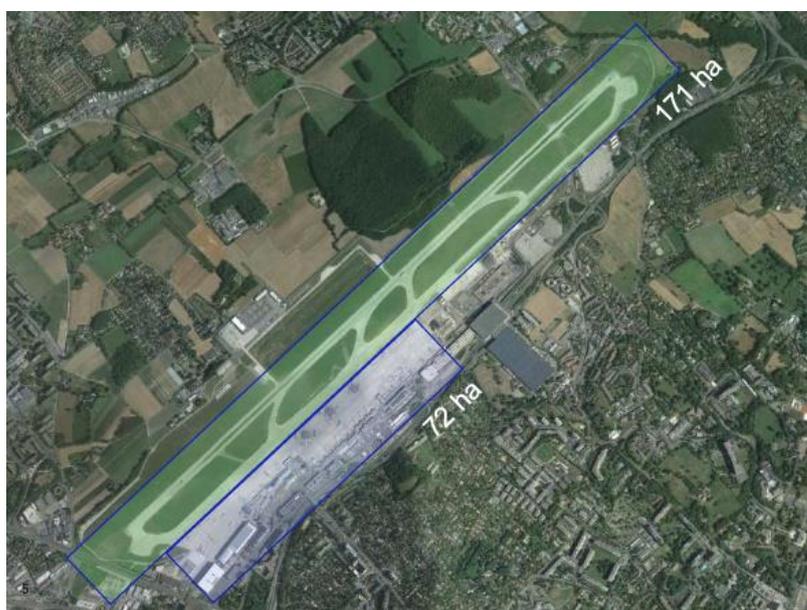


圖 5 日內瓦國際機場(佔比 70%)



圖 6 希斯洛國際機場(佔比 55%)

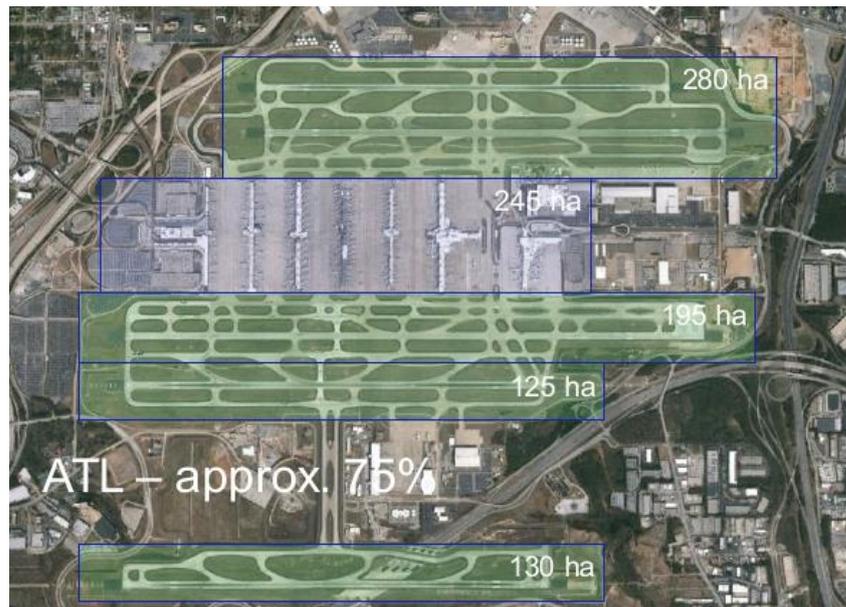


圖 7 亞特蘭大國際機場(佔比 75%)

機場跑道尺寸設計過程中需考量當地的氣溫、海拔高度、跑道坡度、額外的安全設施、設計機型等因素，確認規劃於使用該機場的關鍵機型，可以決定機場參考代碼，以設置一系列合適的機場設施供運作於該機場之飛機使用，機場代碼分別由航機相關之性能特性及尺寸兩個要素所組成。第一要素是根據航機參考場面長度所決定之數碼，第二要素是根據航機翼展所決定之字碼，如表 2，不同機型對於跑道長度的需求也有所不同，根據其航機的尺寸、最大起飛重量以及性能決定，如表 3，在決定跑道設置的位置及方向時需要考慮的下列限制因素：

1. 地質：選擇新跑道的土地時，分析當地的地質條件，可以用來評估施工和後續維護的成本，良好的地質條件有助於跑道在長期使用中保持其設計品質，減少因地面沉降或變形導致的結構問題。
2. 地形：不同的地形會影響跑道施工的難度和成本，施工過程中改變地貌對周圍環境和生態系統產生影響，機場周邊地形變化並考量障礙物限制面(進場面、過渡面、內水平面、圓錐面等)，確保飛機在起飛和降落時的安全。
3. 氣象：在選擇跑道位置時，當地的氣象條件例如：風向、風速、能見度、氣溫、海拔高度對於飛機起飛和降落有很大的影響，涉及機場的營運安全與效率。
4. 環境：跑道選址需考量對當地噪音、空氣品質、生態系統的影響，在符合最新法規的前提下，分析新跑道對周邊環境的潛在影響，從而制定相應的環境保護措施。
5. 其他：需考量是否存在與鄰近機場空域重疊、航班干擾問題、既有空域容量是

否充足、是否能與現有跑道相互配合運作、是否有考古遺址等情況做綜合評估。

表 2 航機參考場面長度及航機翼展表

Code element 1	
Code number	Aeroplane reference field length
1	Less than 800 m
2	800 m up to but not including 1 200 m
3	1 200 m up to but not including 1 800 m
4	1 800 m and over
Code element 2	
Code letter	Wingspan
A	Up to but not including 15 m
B	15 m up to but not including 24 m
C	24 m up to but not including 36 m
D	36 m up to but not including 52 m
E	52 m up to but not including 65 m
F	65 m up to but not including 80 m

表 3 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	2,090
A320	C	73,500	2,105
A321	C	89,000	2,296
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
A350-800	F	575,000	2,750
B717-200 *	C	54,865	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	3,690
B767-6	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	361,535	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
B747-6	F	439,985	3,090
MD-11 *	D	268,031	3,500

跑道容量決定了機場的整體容量，有兩個良好指標可以說明跑道容量超過負荷，分別是「平均關鍵小時延誤」(以分鐘為單位)，如圖 8 顯示，隨著時間推進，降落和起飛的延誤逐年增加，表明跑道容量不足以應對增加的交通需求，以及「過多起飛排隊延誤」，如圖 9，圖中的跑道和滑行道有多架飛機在等待起飛，顯示了排隊過長的情況，當排隊時間頻繁超出正常範圍時，則顯示出跑道容量已經達到或超過極限，為確保機場跑道能夠應對當前及未來的飛行交通增長，各機場需分析未來交通量需求、運營目標等，計劃未來擴建的時間點，以達到最佳的運營效率和經濟效益。

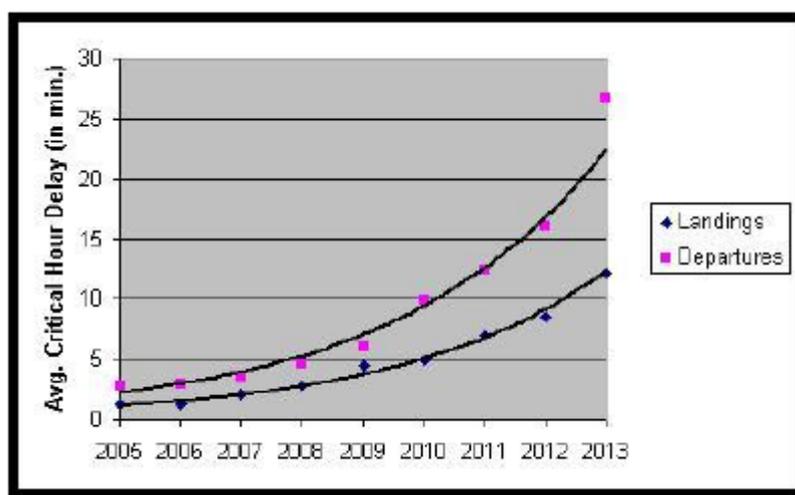


圖 8 平均關鍵小時延誤

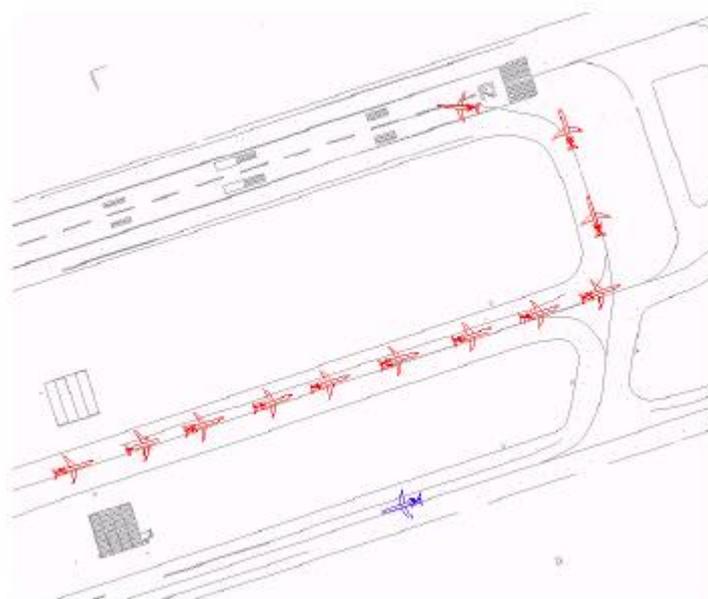


圖 9 起飛排隊延誤示意圖

機場跑道容量常用每小時起降架次數量說明大小，這取決於空域的配置、起飛/降落分離規則、機型大小(機隊組合)、跑道佈局與運行模式及跑道佔用時間等因素，以上因素決定了跑道每小時能處理的飛機數量，課堂上講師介紹不同的跑道配置及優缺點如下：

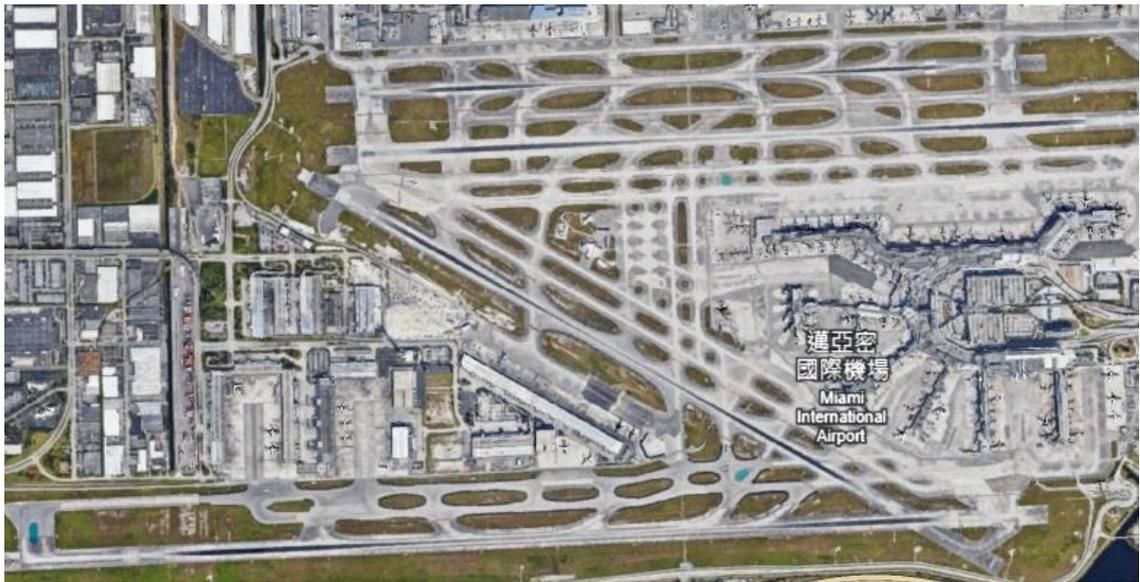
單一跑道(以日內瓦國際機場為例)	
	
優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> ● 對環境的影響較小。 ● 跑道使用率通常較高。 ● 在符合容量需求的前提下，是 IATA 的建議的跑道型式。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 跑道容量受到限制。 ● 較難應對跑道緊急情況或維護。 ● 遭遇側風或風切時，會產生跑道運作問題。

開放型 V 到 L 形跑道(以都柏林國際機場為例)



優點	缺點
<ul style="list-style-type: none">● 增加跑道容量。● 不同的跑道方向，可以應對季節性風向的變化。● 更易於應對跑道緊急情況或維護。● 可同時使用兩條跑道。	<ul style="list-style-type: none">● 對環境影響較大● 停機坪用地面積較大。● 未來停機坪難以有效擴展。● 其中一條跑道更易受盛行風影響。● 跑道交匯點發生事故時，將導致兩條跑道都無法使用。

交叉型跑道(以邁阿密國際機場為例)



優點	缺點
<ul style="list-style-type: none">● 不同的跑道方向，可以應對季節性風向的變化。● 更易於應對跑道緊急情況或維護。	<ul style="list-style-type: none">● 交叉設計的限制，兩條跑道無法同時使用。● 對環境影響較大● 停機坪用地面積較大。● 未來停機坪難以有效擴展。● 其中一條跑道更易受盛行風影響● 跑道交匯點發生事故時，將導致兩條跑道都無法使用。

交錯型跑道(以曼徹斯特國際機場為例)



優點

- 跑道的利用率高。
- 更易於應對跑道緊急情況或維護。
- 航機起飛和降落更為安全。
- 未來停機坪能有效擴展。
- 在符合容量需求的前提下，是 IATA 的建議的跑道型式。

缺點

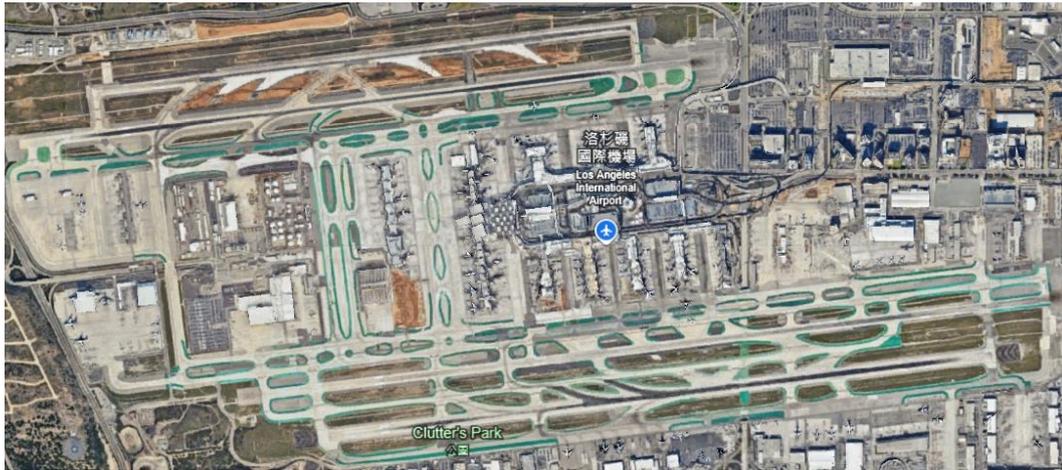
- 遭遇側風或風切時，會產生跑道運作問題。

獨立平行跑道(以慕尼黑國際機場為例)



優點	缺點
<ul style="list-style-type: none">● 跑道的利用率高。● 更易於應對跑道緊急情況或維護。● 航機起飛和降落更為安全。● 未來停機坪能有效擴展。● 在符合容量需求的前提下，是 IATA 的建議的跑道型式。	<ul style="list-style-type: none">● 遭遇側風或風切時，會產生跑道運作問題。

多條平行跑道(以洛杉磯國際機場為例)



優點	缺點
<ul style="list-style-type: none"> ● 跑道的利用率高。 ● 更易於應對跑道緊急情況或維護。 ● 航機起飛和降落更為安全。 ● 未來停機坪能有效擴展。 ● 在符合容量需求的前提下，是 IATA 的建議的跑道型式。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 遭遇側風或風切時，會產生跑道運作問題。

滑行道為飛機提供了機場內各區之間的連接路徑，類型分為跑道出口滑行道(含快速出口滑行道)、跑道平行滑行道、停機坪滑行道、滑行路徑；滑行道的幾何設計在 ICAO Annex 14 有明確規定，包括滑行道寬度、滑行道與滑行道、滑行道與跑道、滑行道停機位最小間距，依據不同機型大小有所不同，如表 4、5。

表 4 不同航機大小之滑行道寬度

OMGWS				
	Up to but not including 4.5 m	4.5 m up to but not including 6 m	6 m up to but not including 9 m	9 m up to but not including 15 m
Taxiway width	7.5 m	10.5 m	15 m	23 m

表 5 不同航機大小之滑行道間距

Code letter	Distance between taxiway centre line and runway centre line (metres)								Taxiway centre line to taxiway centre line (metres)	Taxiway, other than aircraft stand taxiway, centre line to object (metres)	Aircraft stand centre line to aircraft stand taxiway centre line (metres)	Aircraft stand taxiway centre line to object (metres)
	Instrument runways				Non-instrument runways							
	Code number				Code number							
1	2	3	4	1	2	3	4	(10)	(11)	(12)	(13)	
A	77.5	77.5	-	-	37.5	47.5	-	-	23	15.5	19.5	12
B	82	82	152	-	42	52	87	-	32	20	28.5	16.5
C	88	88	158	158	48	58	93	93	44	26	40.5	22.5
D	-	-	166	166	-	-	101	101	63	37	59.5	33.5
E	-	-	172.5	172.5	-	-	107.5	107.5	76	43.5	72.5	40
F	-	-	180	180	-	-	115	115	91	51	87.5	47.5

停機位是專門為飛機停放而設的區域，用於乘客上下機、行李及貨物裝卸、加油或維修等操作，IATA 建議進行飛機流量模擬，以驗證停機坪佈局的功能性，停機位及登機門的設計應考慮交通量及特定需求，停機坪位置應減少或避免飛機需要跨越跑道之可能，以提升航機運行安全性及效率。

停機坪容量不足原因為停機位數量供不應求、大型航機停靠需求超出預期、航機停留時間過長等，導致周轉效率下降，停機位規劃應考量機場營運之航機組合，以設置足夠的數量的停機位，就不同機型大小分配使用，提高飛機停留時各項設施操作效率，運用多功能停機位的設計來增加使用機位彈性，另外停機坪設計也需要滿足航機停航時地面服務的需求，劃設相關設施活動範圍，區分禁止、可供設備停放區域，以確保停機位周圍的有序的運作。

(四)客運航廈

客運航廈由一系列相互關聯的設施所組成，包含地面交通系統、主要航站大樓空間(航站路緣、抵達/出發大廳和商業設施)、出、入境查驗設施、安檢設施、候機區域、餐飲區、行李處理系統等，航站大樓設計原則需考量提供安全且有保障的環境、為旅客提供最佳的服務水準、有效整合航站大樓內旅客設施、可持續且具成本效益的解決方案、靈活的模組化擴展。

航站大樓設計須與跑道、滑行道系統容量、停機坪配置以及聯外運輸系統相平衡，轉機、樞紐航站大樓的配置設計應允許旅客和行李在商定的最短中轉時間(Minimum Connecting Time, MCT) 內完成相關作業，實務上國內轉機至國內/國外以 35-45 分鐘

估計，國際轉機至國內/國際，以 45-60 分鐘估計，以下為航廈與停機坪配置的類型概述：

線型(Linear)		
		
項目	優點	缺點
陸側	<ul style="list-style-type: none"> ● 集中式航站大樓處理方式，簡化與陸側系統的連結。 ● 若陸側擴建對空側營運影響較小。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 在尖峰時段容易造成航廈前庭擁堵。
空側	<ul style="list-style-type: none"> ● 周邊連續的靠停站停機坪可以有效利用。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 空側空間利用效率較低。
航廈	<ul style="list-style-type: none"> ● 集中式安檢易於管理 ● 標誌標示較簡化易懂。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 航機多僅能停靠航廈之一側，航廈登機空間利用受限。
財務	<ul style="list-style-type: none"> ● 初始建設成本適中 ● 運營及維護成本較低 	
步行距離	<ul style="list-style-type: none"> ● 若登機長廊長度適中，對大部分旅客，可接受步行至登機門 	<ul style="list-style-type: none"> ● 若登機長廊長度較長，航廈中央至登機門步行距離較長。
動線	<ul style="list-style-type: none"> ● 動線單純，指標易懂。 	

轉機	<ul style="list-style-type: none"> ● 允許較短的轉機時間 	
旅客設施	<ul style="list-style-type: none"> ● 旅客設施可以設置主要處理區和登機長廊附近。 ● 餐飲區及免稅商店可以集中在主處理區。 	

指狀型(Pier/Finger)



項目	優點	缺點
陸側	<ul style="list-style-type: none"> ● 集中式航站大樓處理方式，簡化與陸側系統的連結。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 在尖峰時段容易造成航廈前庭擁堵。
空側	<ul style="list-style-type: none"> ● 指廊兩側可以停靠航機，增加空間使用效率。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 鄰近指廊間的空側空間較為壅擠。 ● 航機滑行動線長，增加滑行時間。
航廈	<ul style="list-style-type: none"> ● 集中式安檢易於管理 ● 標誌標示較簡化易懂。 ● 可以針對單一指廊進行控管。 ● 指廊長度可以逐步延伸，對航廈營運影響較小。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 區隔出發和抵達的旅客，可能需要配置額外路線或樓層。 ● 延長指廊長度會增加步行距離，增加航機周轉時間。 ● 多個指廊增加航空公司營運複雜度

財務	<ul style="list-style-type: none"> ● 初始建設成本適中 ● 運營及維護成本較低 	
步行距離	<ul style="list-style-type: none"> ● 旅客步行至登機門距離適中 	<ul style="list-style-type: none"> ● 擴建指廊增加步行距離及複雜度，可能需要考量電動步道需求。
動線	<ul style="list-style-type: none"> ● 可以簡化標誌需求。 	
轉機	<ul style="list-style-type: none"> ● 指廊較為緊密，如航班調度適宜，允許較短的轉機時間。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 不同指廊間轉機時間較長
旅客設施	<ul style="list-style-type: none"> ● 可於指廊連接主要區域設置旅客設施，最大程度服務旅客。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 長指廊可能分流中央連接處旅客，需考量在指廊設置次要旅客設施。

衛星型(Satellite)



項目	優點	缺點
陸側	<ul style="list-style-type: none"> ● 集中式航站大樓處理方式，簡化與陸側系統的連結。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 在尖峰時段容易造成航廈前庭擁堵。 ● 增加衛星廊廳，需再增設進出通道
空側	<ul style="list-style-type: none"> ● 航機前往停機位較方便。 ● 線性衛星廊廳可提供停機位與跑道間的直接路徑。 	

	<ul style="list-style-type: none"> ● 衛星廊廳周邊的停機坪可以有效運用。 	
航廈	<ul style="list-style-type: none"> ● 易於區隔出發及抵達之旅客。 ● 方便管理旅客。 ● 擴建彈性高。 ● 新建衛星廊廳可以應對未來新設計的航機停靠。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 航空公司可能需要在不同衛星廊廳設置休憩場所。 ● 主要航站與各衛星廊廳分離，可能需增加航空公司營運人力。
財務		<ul style="list-style-type: none"> ● 旅客運輸系統及行李處理系統，初始建設成本與維護成本較高
步行距離	<ul style="list-style-type: none"> ● 旅客步行至登機門距離適中 	<ul style="list-style-type: none"> ● 擴建衛星廊廳增加步行距離及複雜度，可能需要考量電動步道需求。
動線	<ul style="list-style-type: none"> ● 可以簡化標誌需求。 	
轉機	<ul style="list-style-type: none"> ● 如航班調度適宜，允許較短的轉機時間。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 不同衛星廊廳間轉機時間較長
旅客設施	<ul style="list-style-type: none"> ● 可於主航站區設置旅客設施，最大程度服務旅客。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 多個衛星廊廳可能分散主要航站人流，需考量另外設置次要旅客設施。

航站樓內的設施佈局較為建議單一集中化，有助於減少成本並簡化旅客流程，旅客出發與抵達流程可以設置在不同的樓層，但同一旅客行程中的樓層變化應盡量減少，航廈樓層配置分為下列幾種：

1. 單層(single level)：多用於小型機場及地區型機場，出發與到達旅客共享相同的建築空間，行李處理和旅客服務區域簡單，建設與運營成本低，旅客動線直觀，但航站空間利用率低，設計概念如圖 10。

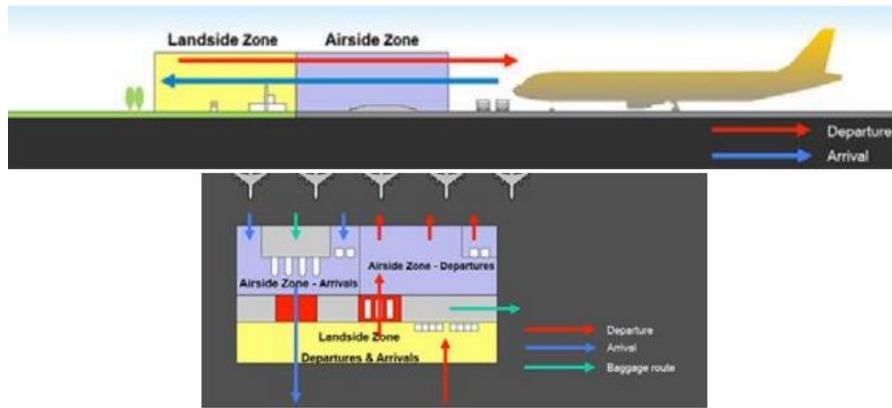


圖 10 單層式航廈

- 一層半(1 又 1/2)：在單層佈局的基礎上增加了中間層，中間層可以用來辦理登機手續，這種佈局可以比單層佈局更好地分隔到達與出發旅客，提高行李處理效率，適合中型機場，設計概念如圖 11。

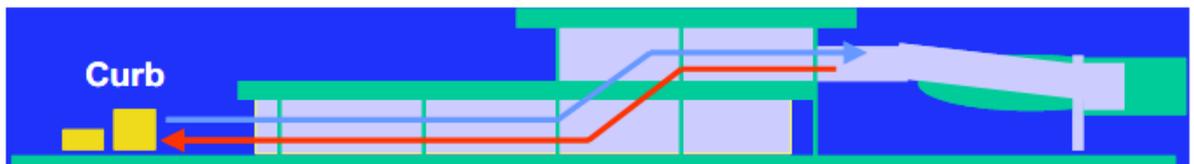


圖 11 1 又 1/2 層航廈

- 多層(Multi-Level)：多層設計通常有 3-4 個樓層，包含地面交通的地面層、抵達層和出發層，低層通常用於行李處理或其他後勤輔助設施，這種樓層設計可以有效的分流出發與到達旅客，減少混雜和動線交叉，但建設成本高及垂直交通設施需求大，適用於旅客人數較多的國際機場或樞紐機場，設計概念如圖 12。

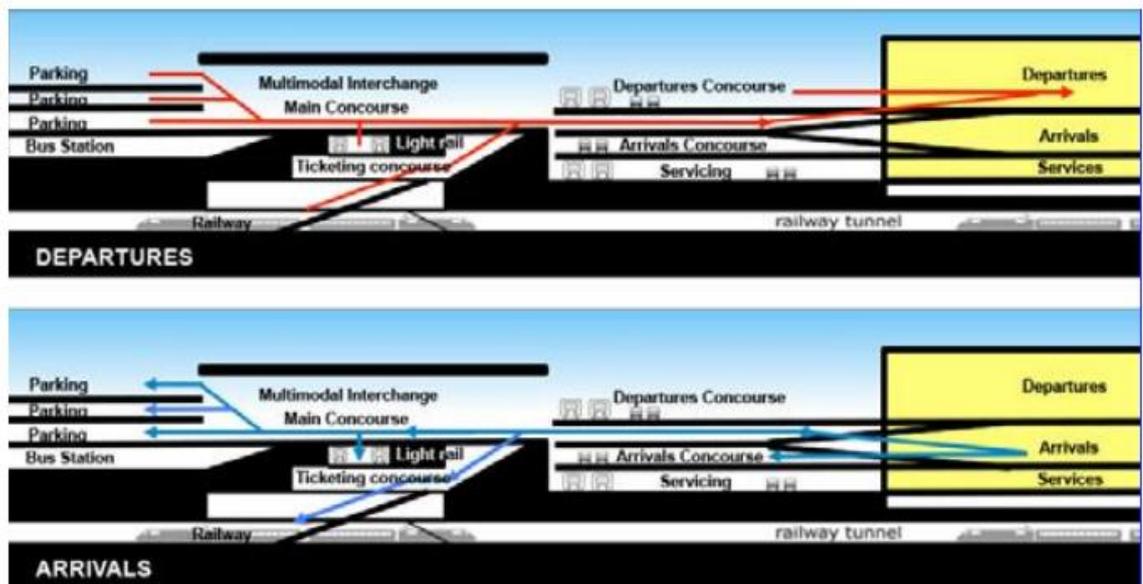


圖 12 多層式航廈

在旅客動線方面，一般來說可以分成起/迄及轉機的航廈旅客，說明如下：

1. 起/迄(O/D Terminal Flows)：出發旅客從陸側搭乘交通工具進入航廈辦理報到、托運行李手續，接著進入安檢區域進行旅客及隨身行李安檢，通過安檢及出入境查驗後進入出發大廳，前往至登機口候機，到達旅客動線則是相反的動線，入境查驗後，提領行李過海關離開航站，如圖 13。

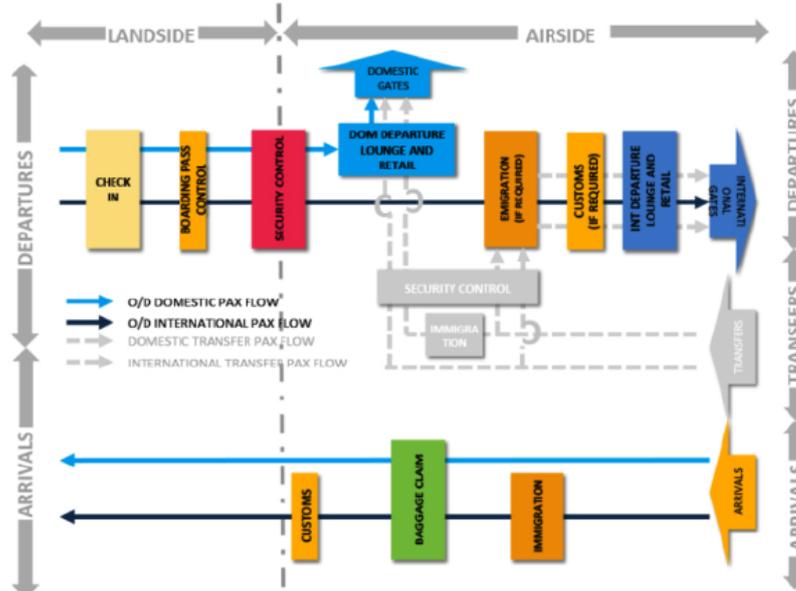


圖 13 旅客出發抵達動線

2. 轉機(Transfer Terminal Flows)：轉機旅客飛抵後經過轉機安檢進入出發大廳前往登機口候機，如圖 14。

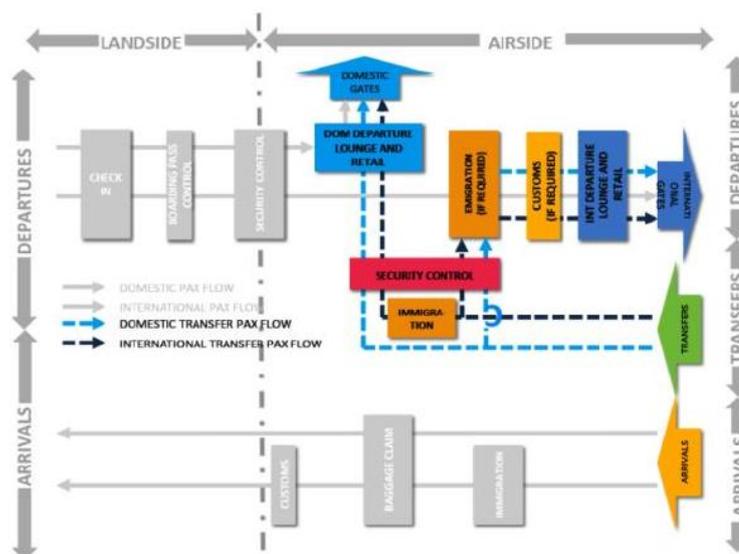


圖 14 旅客轉機之動線

旅客航站大樓的設施可以分成處理設施、等候設施、流通設施三種類型，常用於設施容量評估方法包含直接觀察操作、使用容量公式確定理論容量、模擬建模等方式，對於容量的定義可以分類成以下幾類：

1. 動態容量 (Dynamic Capacity)：設施子系統在單位時間內的最大處理量或流量。
 - (1) 處理容量 (Processing capacity)：在特定時間段內可處理的旅客或行李數量。
 - (2) 流通容量 (Circulation capacity)：旅客在機場不同流程區域之間移動的能力。
2. 靜態容量 (Static Capacity)：設施或區域（包括排隊區域）的容納潛力，通常表示為某一區域在任意時間內可容納的總人數。
3. 可持續容量 (Sustained Capacity)：在特定服務水準內，系統可以在一段時間內持續處理的最大容量，其中考慮動態容量及靜態容量以及各系統間協調運作。
4. 最大容量 (Maximum Capacity)：系統在有限時間內可以達到的最大處理量，但無法在較長時間內持續，否則會導致服務水平下降或出現顯著延誤，代表系統在理論上的最大能力。
5. 宣告容量 (Declared Capacity)：可以有效提供給機場運營方的數值，通常通過官方航空出版物（AIP）或其他特定管道發布。

有關服務水準（Level of Service, LOS）部分，是用來評估航廈各設施是否能夠提供符合需求的空間、效率及旅客體驗的標準，在 ADRM 第 12 版中有關航廈各系統設施建議服務水平應為最佳(Optimum)，對應於舊版以前的服務水準 C 級，在量化評估服務水準的過程中，分別以空間需求(Space)和最大等待時間(Maximum Waiting Time)兩項指標數值做判斷，航廈各區域服務水準指引的詳細參數和標準，如圖 15，並依據各指標數值大小分成過度設計(Over design)、最佳化設計(Optimum)、次佳設計(Sub-Optimum)3 個等級，對應服務水準評估矩陣如圖 16，可以評估設施服務水平的分類，為最佳化設計(Optimum)、需考量改善(Consider Improvements)、過度設計(Overdesign)、供給不足 (Underprovided/Reconfigure) 共四種類型，以此來評估既有航廈設施是否充足，及應對未來旅客需求的設施擴建時機。

LoS Guidelines		SPACE GUIDELINES [sqm/PAX]			MAXIMUM WAITING TIME GUIDELINES Economy Class [minutes]			MAXIMUM WAITING TIME GUIDELINES Business Class / First Class / Fast Track [minutes]			OTHER GUIDELINES & REMARKS		
		Over-Design	Optimum	Sub-Optimum	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum	Over-Design	Optimum	Sub-Optimum
Public Departure Hall		>2.3	2.0-2.3	<1.0	n/a			n/a			Optimum proportion of seated occupants: 15 - 20%*		
Check-In	Self-Service Kiosk (Boarding Pass / Bag Tagging)	>1.8	1.3-1.8	<1.3	<1	1-2	>2	<1	1-2	>2			
	Bag Drop Desk (queue width 1.4 - 1.6m)	>1.8	1.3-1.8	<1.3	<1	1-5	>5	<1	1-3	>3			
	Check-In Desk (queue width: 1.4 - 1.6m)	>1.8	1.3-1.8	<1.3	<10	10-20	>20	<3	Business Class 3-5	>5			
								<1	First Class 1-3	>3			
								<1	Fast Track 1-3	>3			
Security Control (queue width: 1.2m)		>1.2	1.0-1.2	<1.0	<5	5-10	>10	<1	Fast Track 1-3	>3			
Emigration Control (Outbound Passport Control) (queue width: 1.2m)	Staffed Emigration Desk	>1.2	1.0-1.2	<1.0	<5	5-10	>10	<1	Fast Track 1-3	>3			
	Automatic Border Control	>1.2	1.0-1.2	<1.0	<1	1-5	>5	n/a					
Gate Holdrooms ***	Seating	>2.2	1.8-2.2	<1.8	n/a			n/a			Optimum proportion of seated occupants: 50 - 70%*		
	Standing	>1.5	1.2-1.5	<1.2	n/a			n/a					
Immigration Control (Inbound Passport Control) (queue width: 1.2m)	Staffed Immigration Desk	>1.2	1.0-1.2	<1.0	<5	5-10	>10	<1	Fast Track 1-5	>5			
	Automatic Border Control	>1.2	1.0-1.2	<1.0	<1	1-5	>5	n/a					
Baggage Reclaim	Narrow Body Aircraft	>1.7	1.5-1.7	<1.5	<0	0 / 15	>15	<0	0 / 15	>15	The first waiting time value relates to "first passenger to first bag". The second waiting time value relates to "last bag on belt" (counting from the first bag delivery).**		
	Wide Body Aircraft	>1.7	1.5-1.7	<1.5	<0	0 / 25	>25						
Customs Control		>1.8	1.3-1.8	<1.3	<1	1-5	>5	<1	1-5	>5	Waiting times refer to a procedure when 100% of the passengers are being checked by Customs		
Public Arrival Hall		>2.3	2.0-2.3	<2.0	n/a			n/a			Optimum proportion of seated occupants: 15 - 20%*		

圖 15 不同設施服務水準指引

		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 16 服務水準評估矩陣

航廈旅客流程可以分為出發和抵達的兩種類型，其航廈旅客設施概述及願景如下：

1. 出發路緣(Departure Forecourt)：機場的陸側道路系統，為出發旅客提供服務，陸側公共交通網絡和航站樓之間的連接界面，包含道路、停車場、公共交通系統方便進入航站，其設計願景應與周邊城市高度連結，提供安全且便利的多種交通運輸模式進入航站。
2. 出發大廳(Departure Hall)：出發旅客進入航站的入口區域，由旅客流通等待、導引與集合空間、公共設施與航空公司設施區域所組成，出發大廳設計原則為開放、無障礙的空間且具備良好的導引功能，並為旅客提供舒適的候機環境，提升對機場的良好第一印象，且預留公共設施與商業收入活動空間，有助於提升機

場的非航空收入。

3. 報到設施(Check In)：報到設施包含傳統的航空公司櫃檯及自助報到機台，報到設施應快速簡便，充分利用自動化和最新技術，且據靈活性能夠適應未來變化尺寸適宜，建議可以將報到設施設置在單一大廳，以提高效率並提升旅客體驗。
4. 登機證檢查(Boarding Pass Check)：確保乘客持有有效的登機證進入管制區域，可以設置適當數量的自動化檢查點，以讓旅客快速通過。
5. 旅客安全檢查(Security Screening)：安檢設施應使用最新的技術和生物識別技術，實施非接觸且低侵入性的安檢程序，並可以根據旅客的個人風險等級進行動態調整，提升安檢效率和準確性。
6. 出/入境查驗(Emigration/Immigration)：空間除了查驗設施外，需配置足夠的排隊空間，包括應對突發情況的緩衝區，還需要辦公行政區域，供相關機構使用，查驗設施提供自動化服務，充分利用電子護照和生物識別控制技術，例如：E-Gate，以提升效率。
7. 出發候機廳(Departure Lounge)：候機廳是旅客登機前等待的區域，包含座位區、商店與餐飲、航班資訊顯示、服務櫃檯及娛樂設施等，候機廳設計原則應提供一個安靜、舒適的環境，利用自然光來提升空間氛圍，且盡量使旅客能觀賞飛機的起降，增強候機的趣味性，擁有足夠的空間及座位避免擁擠，擁有清楚且直觀的旅客路線指引，以利旅客快速找到登機門。
8. 登機門(Boarding Gate)：登機門設施應快速方便，可以充分利用自動化和生物識別技術，實施快速
9. 抵達長廊(Arrival Corridor)：提供通往行李領取、入境查驗、海關或轉機設施的通道，根據需要，可完全分隔國內(DOM)和國際(INT)的乘客流向，應允許旅客清楚地辨別方向且能以最短的距離完成轉機流程。
10. 行李提領區(Baggage Claim)：供乘客在下機後領取托運行李的場所，包括流動空間、行李輸送帶和等待區域，確保人員能夠舒適移動，行李輸送帶的長度應符合不同機型的需求，同時有清晰、邏輯化的標示航班號分配行李提領帶。
11. 海關(Custom)：針對國際旅客，需要滿足入境相關法律要求，考量各檢查機構的具體對設備和空間的需求，並規劃邏輯清晰的佈局，便於旅客快速辨識並實現流線型動線，提供寬敞的流通路徑，確保旅客在海關流程中的舒適性和高效性。
12. 抵達大廳(Arrivals Hall)：訪客等待抵達乘客的短期等候區，需提供足夠的流通空間與等待區域，以容納預期的乘客和訪客人數，應具有良好的標誌指引與航站樓的前庭及進出系統保持良好連接，提供旅遊資訊服務和娛樂設施等。

13. 抵達路緣(Arrivals Forecourt)：機場的陸側道路系統，為抵達的乘客與訪客提供被自家轎車、計程車或是其他大眾運輸工具的服務，需要清晰的標示確保抵達的旅客能夠快速找到交通工具，並有充足的空間來應對繁忙時段的需求。
14. 轉機設施(Transfer Facilities)：轉機設施的目標是縮短旅客和行李在不同航班之間的轉機時間 (Minimum Connection Time, MCT)，應為轉機旅客設置專門的過境安檢點，減少旅客等待時間，使用生物識別技術、自助設備等提高旅客處理速度，提供直觀的動線設計，避免不必要的樓層變化或冗長的路徑，減少不必要的等待和額外檢查流程，相關設施應具有適應未來旅客需求增長的能力，並可以適用於不同類型的轉機情境。

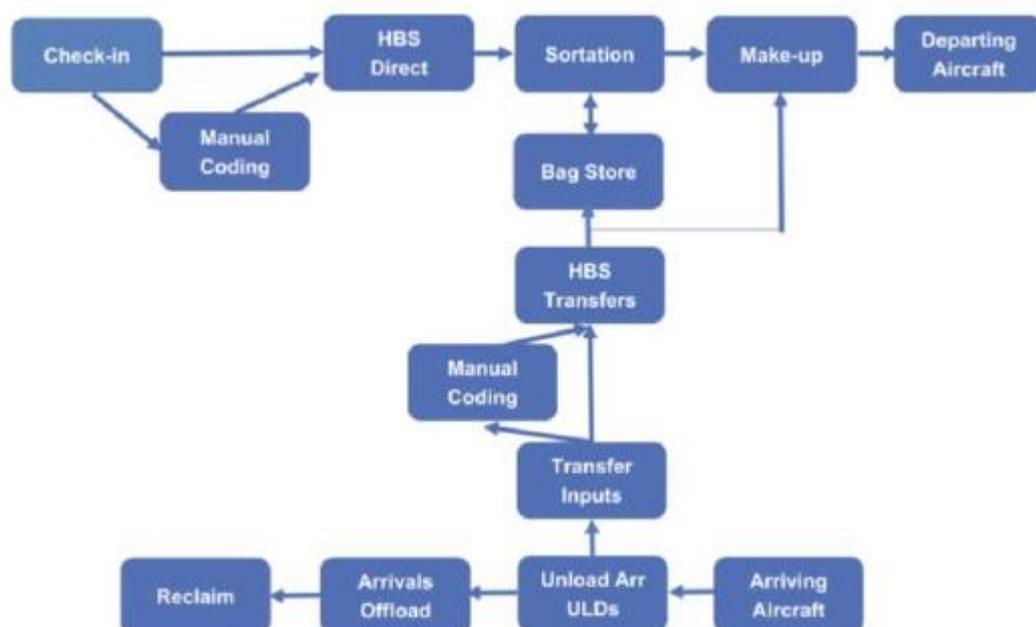
良好的商業設施規劃在機場航廈設計也是重要的一環，不僅能提升旅客的購物體驗，也能增加機場的非航空收入，其佈局建議可於空側中央區域，設置矩形商業廣場作為核心，主要免稅店或奢侈品牌的免稅店應盡量在中央區域，或是採貫穿型佈置設置在所有旅客必經之處，商店設計需要更注重門面寬度而非深度，以增加旅客的可見性，店面的設計和商品陳列需具吸引力，提高旅客進去消費之動力。

機場內不同設施內的指標規劃，為了讓旅客在機場內能迅速且準確地找到方向，減少焦慮和迷失感，其標示應符合國際通用標準、牌面內容清晰醒目，直觀易於理解，避免視覺雜亂，導引標示應融入建築設計中，根據旅客行為模式及動線，合理分佈設置於關鍵位置，引導旅客沿著最佳路徑移動，另指標系統應具可調整性，隨時確保資訊即時更新正確，為旅客提供有效的指引提升旅客體驗。

(五)行李處理系統

行李處理系統是航站大樓設計的核心部分，行李處理系統非常注重準確性及可靠性，牽涉機場運營的效率及旅客體驗，行李處理的流程圖如圖 17 所示，從旅客行李託運到提領的過程中，涵蓋行李安全檢查、分檢、轉移及存儲等步驟，在 IATA 的建議中，因應行李處理系統的複雜性，應聘請專業行李處理系統顧問協助設計和整合行李處理系統的設計成果，在航廈初期設計階段協同開發行李處理系統之設計，以利功能及空間相互配合，並與所有相關單位確認最短轉機時間(MCT)之標準，以此參數作為基準進行設計，以確保行李處理系統的效能符合需求，行李處理系統組成如下：

1. 行李托運(Bag Drop)
2. 行李安全檢查(Hold Baggage Screening, HBS)
3. 早到行李儲存(Early Baggage Storage ,EBS)
4. 分檢系統(Sortation)
5. 運輸系統(Carrier System)
6. 行李裝載(Baggage Make up)
7. 抵達行李系統(Inbound Baggage System)
8. 行李提領(Baggage Reclaim)
9. 轉運系統(Transfer System)



在行李處理系統的設計中，需求容量分析的考量因素如下：

1. 航班時刻表分析(Schedule Analysis)：分析航班的排班情況，在高峰時段的行李處理需求。
2. 繁忙時段(Busy hour)：確認一天中行李量最繁忙時段，評估系統在高壓下的性能。
3. 中轉行李比例(Transfer Ratios)：分析轉機行李的比例，確保系統能有效處理中轉行李需求。
4. 每位旅客行李平均量(Bag per Passenger Ratios)：預測旅客行李的總數量，設計容量參數。
5. 行李托運分佈模式(Turn-up Profile)：分析旅客何時將行李托運，以優化行李處理的流量和效率。
6. 安全規範(Security Regulations)：考慮航空安全規定對行李檢查設備和流程的影響。
7. 特殊行李(Out of Gauge ,OOG)：處理特殊行李（如超大行李）的需求，需要特定的流程和設備。
8. 運營模式(Operation Modes)：系統在不同運營場景（如正常運行、備用模式）下的性能。
9. 行李處理系統與技術(BHS System and Technologies)：需要引入最先進的技術以提高系統效率和準確性。

行李處理系統的設計過程中可與使用者（如航空公司和地勤）諮詢，確保滿足實際操作需求，綜合規劃與多方反饋，有助於提升 BHS 的整體性能，性能考量因素如下：

1. 成本效益解決方案：合理的建置成本與效益的最佳方案
2. 旅客到達模式：分析旅客行李交付的時間分佈
3. 行李托運開始結束時間：設定行李托運開放與關閉時間，確保符合航班時間表。
4. 系統內的處理時間：確保行李在系統內的處理時間符合裝載 (Make-Up) 和最短轉機時間 (MCT) 的需求。
5. 單一或多重操作人員：系統支持多種操作模式。
6. 抵達行李的第一件與最後一件處理性能：評估並優化行李從飛機卸載到旅客提取的時間表和準確性。
7. 最小化行李誤連接率：設計系統時應盡量減少行李錯誤連接到錯誤航班的情況。

行李的安全檢查一般來說分為五個級別，這些級別根據不同國家的安全規範可能有所不同，如圖 18，各分級摘述如下：

第一級(Level 1)：自動化檢查使用爆炸物檢測系統 (Explosive Detection Systems, EDS) 或增強型爆炸物檢測系統 (Enhanced EDS, EDDS)，結合 X 光掃描自動檢測行李。

第二級(Level 2)：自動檢查中被標記為可疑的行李會被送至人工審核區域，由受專業訓練的 X 光操作員檢視第 1 級檢測中標記的行李圖像，進一步判斷行李的安全性。

第三級(Level 3)：操作員使用更精密的 EDS 設備進行手動檢測。

第四級(Level 4)：要求旅客參與，對其行李進行實物檢查。

第五級(Level 5)：若發現行李中有高度可疑或危險物品，則行李會被移至遠程安全區域進行處理。

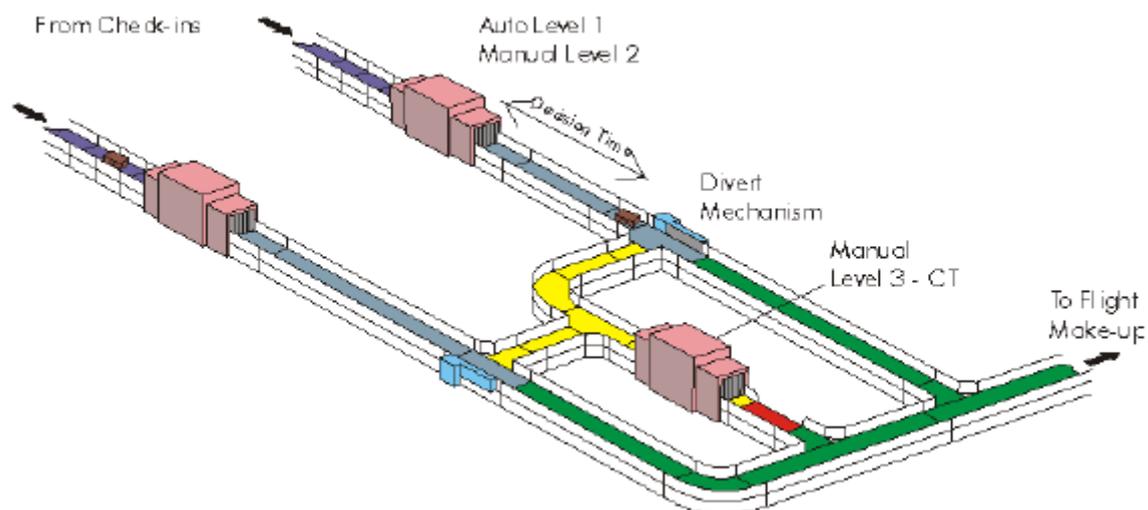


圖 18 行李安檢示意圖

在特殊行李的處理規劃，機場應設有專門超過規格的行李接收點，方便旅客交付特殊行李，設置寬輸送帶或升降設備確保安全且穩定地運輸，並使用可與標準行李整合的托盤運輸系統提升靈活性，行李搬運裝載可以考慮利用機械臂或其他自動化技術設備，以提升行李搬運的速度和效率，適合需要高效處理大量行李的機場，行李儲存方面規劃設置早到行李儲存系統，可以解決需存儲長時間中轉行李、平衡分揀系統容量及滿足機場外行李托運的需求，提高效率並減少運營壓力。

行李處理系統設置過程中，課程上說明按照過往經驗應特別注意項目如下：

1. 在初期設計階段與使用者確認 BHS 性能需求：設計初期與使用者進行充分溝通，確認系統性能符合期望，避免後續設計產生偏差。
2. 測試系統供應商的技術聲明：建議進行現地考察來驗證供應商技術聲明，確保選擇的技術性能符合機場需求。
3. 審慎編制招標文件：文件編制應準確具體，避免過於嚴格的條款，導致廠商提高報價，或是過於模糊的條款，增加未來的額外成本。
4. 模擬測試：驗證系統設計的和性能，可以分成虛擬模擬和操作前實地測試，通過模擬預測系統提前解決潛在問題。
5. 操作驗證：新系統投入營運前，進行分階段運行驗證，確認全面啟用前系統已經充分測試及調整。
6. 聘請行李處理系統專家：為系統設計、供應商選擇及運行優化提供專業意見，減少潛在風險。

(六)機場聯外運輸

機場不僅僅是航空旅行的起點或終點，同時也是連接其他交通方式的重要樞紐，如：公路交通、客運巴士、火車、捷運等，機場作為多模式交通樞紐的重要性通常與旅客運量的大小成正比，旅客人數越多的機場，越需要發展和提供多樣化的交通方式，以便利旅客進出機場，機場聯外運輸策略應著重在減少碳排放，提供便捷、可靠的大眾運輸選擇來吸引旅客和員工使用，從私人車輛等高碳排放交通方式轉向大眾運輸低碳排放的交通方式，以達到環境保護的目標，發展策略主要考量因素如下：

1. 可靠性和頻率：服務能夠準時按時運行，頻繁的班次有助於減少旅客等待時間，提升便利性。
2. 連通性和覆蓋範圍：大眾運輸系統需要覆蓋機場周邊的主要人口中心，良好的區域連通性可以擴大機場的服務範圍。
3. 便捷性和簡單性：大眾運輸系統應該讓旅客和員工能夠快速、輕鬆地到達目的地，擁有清楚的指引和簡單的購票流程。
4. 價格和優惠政策：合理的價格和優惠政策可以鼓勵使用公共交通。
5. 與城市發展的協調：聯外運輸策略需要與機場周邊的城市發展規劃相協調。

道路為連接機場和周邊地區的機場地面普遍的交通方式，以旅客航廈為核心，設置不同地方進出道路，例如：空側、貴賓通道、貨運站、停車場、飯店等，如圖 19，道路進出考量因素為機場內部道路與外部連結整合，主要幹線道路設計為高流量的道路，保持暢通避免擁堵；次要通行道路可以採功能性配置，例如員工專用道路或物流配送道路，確保互不干擾，提供多種的交通選項，滿足不同道路使用者的需求，例如規劃考慮自行車道和人行道，道路指標要清楚、直觀，設置位置要考慮提前提供駕駛者資訊，有足夠的時間進行判斷和反應，並可利用動態標示按實時交通狀況調整信息。

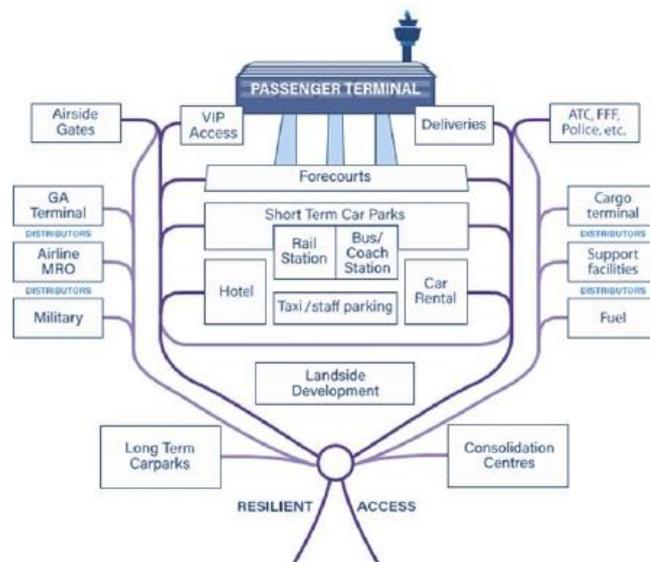


圖 19 不同進出道路示意圖

鐵路是可以載運大量乘客最普遍的大眾運輸交通模式，機場鐵路運輸的類型有不同類型：

1. 航廈旅客運輸：連接航站樓與停車場或附近設施的短距離運輸工具。
2. 地鐵與輕軌：連接市中心與機場的鐵路服務。
3. 高速列車：提供遠距離或高速交通服務，連接其他城市或地區。

機場車站規劃應在機場主計畫內一併整合，車站設計需考慮未來需求避免影響未來機場擴展，有流暢的換乘設計，盡量減少平面層數的變換，提供直觀清楚的指引連結直達航站樓，擁有足夠的空間滿足旅客需求。一般來說機場鐵路規劃往往伴隨巨大的投資和環境的影響，需要進行全面的財務分析和環境評估，平衡成本、旅客需求與環境效益，確保鐵路系統的成功實施與長期發展。

參、心得與建議

一、心得

1. 機場發展涉及層面廣泛

機場發展是一門專業、複雜的學問，對於機場規劃設計上國際組織(例如：ICAO、FAA)有頒布許多相關標準及規範，及需要符合本國的民航法規及相關助航設備建置的標準，並需要考慮地區人口數量、土地取得、環境評估、機場與周邊民眾的關係、政策變化等因素，空側跑道配置牽涉氣候、地質、地形、與周邊機場空域競合，且機場發展伴隨禁限建的規定，對於機場周邊城市的開發產生很大的影響，機場內部的交通系統也需要思考如何與周邊交通系統整合，達到減碳的目標，在課堂上講師多次介紹 IATA 的機場發展手冊，強調雖然只是一套建議和指南，在撰寫的過程中有諮詢許多顧問、行業從業人員、工程師專業意見，對於機場發展具有參考價值，可以提供發展方向。

2. 機場主計畫的重要性

機場作為重要的交通基礎設施，其開發往往伴隨很多人力、物力及資金的投入，對於整個區域的環境、產業結構、經濟、社會發展有深遠的影響，影響機場發展的因素眾多，為了讓機場長遠的發展符合需求，機場管理者需要制定一個有系統且全面的機場主計畫以供依循，讓機場未來數十年的發展提供清晰的方向，檢視既有機場設施容量，透過交通運量的預測和需求分析，規劃未來基礎設施的擴建，提前找出可能的瓶頸點預為應對，在短中期 10 年內滾動檢討資本支出計畫，根據需求變化逐步擴展基礎設施，避免過度投資，為長期目標年提供策略發展方向，另外機場內的單位眾多，包括公務單位 CIQS、航空公司、貨運業者、地勤業者、商業業者等等，在擬定機場主計畫的過程中要諮詢這些機場利害關係人意見，瞭解他們需求以確定機場未來的發展方向的一致性相互配合，更為貼近實務，成為機場發展策略的重要藍圖。

3. 基礎設施設計原則

機場設施首要原則是要確保機場安全及能有效率的營運，空側基礎設施例如：跑道、滑行道、停機坪的配置需符合 ICAO 的標準，確保航班運作的安全性，跑道規劃上

可以設置快速出口滑行道，有助於縮短跑道占用時間，提高航班運作流暢性，視航空交通量需求增長，空側設施分階段逐步擴建提高靈活性，在航廈內的各系統設施設計，與旅客使用體驗密切相關，在課堂上有說明 IATA 的 ADRM 將服務水準分為過度設計、最佳化、需考量改善及應重新配置等 4 種分類，有別於以前的 A、B、C、D、E 分級，設施的服務水準應以最佳化為設計目標，機場管理單位先行評估既有設施的服務水準的情況，針對需考量改善或重新配置的設施未來逐步規劃擴建改善，將機場資金投入在最需要改善的地方，也避免過度建設浪費成本。

二、建議

1. 機場建設複雜，可適時諮詢國際專家意見

建造新機場、增加新設施或吸引新航空公司是一項高度複雜、時間漫長且成本高昂的任務，建設發展過程中，可以就機場主計畫的審查、容量需求研究、服務水準評估檢討、航班時刻管理、機場交通研究和機場安全性等面向，向有相關經驗之國際專家諮詢，獲得所需的指導意見，對於機場未來的基礎設施開發符合實際需求、具有成本效益達到最佳化發展目標，目前桃園國際機場第三航廈已在建設階段，考量第一航廈亦使用多年，倘後續第三航廈啟用，有再重新規劃第一、二航廈或是建設機場重大計畫需求時，可以諮詢國際專家提供意見。

2. 機場建設運用最新科技

隨著的科技發展和氣候變遷，有關智慧機場及綠色永續機場是機場發展的趨勢，航廈旅客設施建議可以更多的設置自助報到櫃台、自助行李托運及高階的安檢設備，與各航空公司合作協助推廣民眾使用，通關設備建議採用生物辨識技術，減少旅客排隊的時間，利用物聯網裝置技術蒐集機場資料建立大數據，引入最新人工智慧技術應用分析，逐步實現機場智慧運營的目標，能源發展上建議採用最新潔淨能源技術，規劃機場作業車輛分階段汰換為電動車輛及完備相關基礎設施，邁向 2050 淨零排放政策目標，或是隨著 3D 列印技術的發展，建物採用模組化設計按需求擴展及調整，降低建造成本和時間，機場管理單位需時刻關注最新的科技議題並研擬應用之可行性，或參考重要國外機場之案例，持續透過創新的科技技術，提升機場運營效率及旅客的體驗，來應對快速變化的航空業需求。

3.為利機場業務推動，可持續參加航空相關國際組織舉辦之機場相關課程

為了讓全世界各國機場相關從業人員，可以應對機場市場日益激烈的競爭及變化，航空相關國際組織每年就管理、行銷、營運和安全不同領域提供培訓課程，讓各領域的專業人員參與，本次參加的機場發展與基礎設施設計，講師在課堂上就跑道和航廈大樓配置輔以大量案例說明，讓學員充分比較各佈局的好壞及設施設計重點，在運量預測及設施容量的計算上以案例練習讓學員印象深刻，各主題間安排練習進行小組討論，此外學員來自於不同的國家，在課堂上及練習討論的交流中，亦可以了解不同出發觀點和思維，聽取不同國家機場面臨的挑戰及營運實務分享，有助拓展國際視野，並學習國際上最新的發展趨勢和新知，在出國的過程中也能觀察重要國際機場的規劃配置，及相關基礎設施的設計，對於未來業務上的推動可以用更具國際觀及全面性的框架去思考因應，使機場建設符合國際趨勢及滿足需求。