

出國報告（出國類別：實習）

機場設計與施工課程出國報告

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：白為仁 技士

派赴國家：新加坡

出國期間：98年7月26日~8月21日

報告日期：98年11月20日

摘要

新加坡民航學院成立於 1958 年，為新加坡民航局之所屬單位，為國際民航組織所承認之訓練機構，它提供符合國際民航組織（ICAO）標準及規範之課程，以滿足國內外航空相關人員訓練之需求，它主要分為 4 個學系，分別為航空管理學系、民航安全與保安學系、航空交通管制學系及機場緊急救援學系，課程幾乎含括所有航空相關之訓練課程。

有關機場工程部分，新加坡民航學院提供了 3 個階段的課程，分別為機場系統規劃、機場設計與施工、及機場維護，本次參加的課程則為第 2 階段之機場設計與施工課程（**Airport Design and Construction : Module 2 of Airport Engineering Course**），授課內容主要係與機場工程相關的工程知識與規範，以及機場設計與施工時應考慮的因素與設備。

為了保護飛機在空中及機場上運作的安全，ICAO 制定了相關的安全規範，其中 **Annex 14** 則是針對機場、航空站相關設施安全規定，以往研讀此規範時，僅能強記規範中所建議之相關數值，對於其原理及其意義多為一知半解，或僅能揣摩想像，經過本次一系列機場設計課程老師講解後，終於了解規範制定背後的原意，以及一些數值背後隱含的東西，收穫甚多。

目錄

一、課程目標.....	1
二、出國行程.....	2
三、課程綱要及師資.....	3
四、課程摘要.....	6
4.1 機場場址的準備工作 (Site Preparation)	6
4.2 滑行道、等待機坪及停機坪幾何設計 (Geometric Design of Taxiways, Holding Bats and Aprons)	7
4.3 機場跑道幾何設計 (Geometric Design of Runway)	9
4.4 柔性道面設計 (Flexible Pavement Design)	11
4.5 剛性道面設計 (Rigid Pavement Design)	13
4.6 排水設計 (Drainage Design)	16
4.7 電力系統 (Electrical Services)	17
4.8 行李輸送系統設計(Design of baggage handling System).....	19
4.9 參訪行程.....	22
五、心得與建議.....	27

一、學習目標

機場設計與施工課程內容，涵蓋機場相關建設之工程知識，從一座新機場的選址、大地基礎工程建設、跑滑道設計與施工、機場排水到服務旅客之系統設備，如：空調、旅客行李處理系統等，均作初步之概述，使學員了解到機場相關工程的輪廓，讓從事機場工程相關人員對於其特殊性有所了解，並作經驗的傳承，於日後辦理機場工程設計及施工時能立刻掌握住其重點。

二、出國行程

日期	行程	重點說明
98年7月26日 (星期日)	台北—新加坡	啓程
98年7月27日 (星期一) 98年8月19日 (星期三)	新加坡	於新加坡民航學院 (Singapore Aviation Academy) 參加機場設計與施工 (Airport Design and Construction) 課程 (課程內容詳課程綱要)
98年8月20日 (星期四)	新加坡	考試
98年8月21日 (星期五)	新加坡—台北	回程

三、課程綱要及師資

3.1 課程表：

Module 2-Airport Design and Construction Schedule						
	0900-1000	1015-1115	1115-1215	1315-1415	1415-1515	1530-1630
27-Jul	Registration	Site Preparation		Geometrical Design of Taxiway, Holding Bays & Apron		Study Period
28-Jul	Geometrical Design of Runway System			Geotechnical Engineering		
29-Jul	Geotechnical Engineering(continued)			Visit to Geotechnical Engineering Laboratory		
30-Jul	Soil Stabilization			Visit to Asphalt Plant		
31-Jul	Asphalt Concrete Theory & Design			Study Period		
3-Aug	Asphalt Concrete Theory & Practice			Asphalt Concrete Workshop/Tutorial		
4-Aug	Flexible Pavement Construction			Flexible Pavement Design		Baggage Handling System
5-Aug	Flexible Pavement Design(continued)		Flexible Pavement Design Workshop		Study Period	
6-Aug	Electrical Services	Changi Airport Budget Terminal Expansion		Study Period		
7-Aug	Airconditioning & Mechanical Ventilation System		Passenger Loading Bridges		Changi Airport Terminal 1 Expansion/Upgrading	
10-Aug	National Holiday					
11-Aug	Drainage Design					Study Period
12-Aug	Drainage Design Workshop			Study Period		
13-Aug	Rigid Pavement Design					Study Period
14-Aug	Rigid Pavement Design Workshop/Tutorial			Airfield Lighting	Study Period	
17-Aug	Rigid Pavement Construction					Study Period

18-Aug	Construction Management & Contract	Study Period
19-Aug	Precast Construction	Visit to Precast Yard
20-Aug	Examination	

3.2 授課師資：

Nanyang Technological University

Prof Henry Fan	Professor & Director Center for Infrastructure Systems School of Civil and Environmental
Assoc Pro Wong Wai Fan	School of Civil and Structural Engineering
Assoc Prof Lum Kit Meng	School of Civil and Structural Engineering
Assoc Pro Wong Yiik Diew	School of Civil and Structural Engineering
Assoc Pro Anthony Goh	School of Civil and Structural Engineering
Assoc Pro Chu Jian	School of Civil and Structural Engineering

Changi Airport Group (Singapore) Pte Ltd

Mr Teoh Eng San	Project Manager Project Development & Contract Management Division
Ms Koh Sim Yi	Project Manager Project Development & Contract Management Division
Mr How Choon Onn	Division Head Project Development & Contract Management Division

Mr Stuart Ralls	Project Manager Project Development & Contract Management Division
Mr Ong Siong Ka	Executive Engineer (SAS) Engineering & Master Planning Division

CPG Consultants Pte Ltd

Mr Kueh Lip Kuang	Vice President (Airport Civil & Structure) Airport Civil & Structural Engineering Branch
Mr Khin Maung Lin	Senior Consultant (Mechanical) Airport Mechanical & Engineering Branch
Mr Lee Chong Hee	Vice President (Airport Engineering) Airport Civil & Structural Engineering Branch
Mr Lee Ngai Hung	Vice President (AM & E) Airport Mechanical & Engineering Branch

BNP Associates, Asia Pte

Ltd Mr Benedict Onn	Regional Director
---------------------	-------------------

四、課程摘要

機場工程屬於土木工程之一環，本課程上課期間自 98 年 7 月 27 日至 8 月 20 日，共 3 周又 4 天，課程除了安排與機場直接相關的課程外，也包含一部分土木工程之基礎學科，因上課內容及資料相當豐富，在此僅就與機場有直接相關的課程作敘述，其餘土木工程之基礎課程因台灣可翻閱之參考資料眾多，不再多作敘述。

4.1 機場場址的準備工作 (Site Preparation)

一座機場除了航站大廈等陸側設施外，還包含跑道等空側區域，因此一座機場的興建需要大量的土地，而場址的選擇極為重要，應考慮：

- 機場對外交通：靠近市區但不能限制市區未來的發展
- 場址的地理環境：氣候狀況
噪音、障礙物的問題
土地是否足夠作未來的擴充
- 機場對環境的影響：需將機場對周圍環境的影響降至最低
沒有鳥類等危險因子
飛行路徑是否為人口巨集的區域
- 社會經濟層面：改善社經聯繫的情況
增加就業與商業機會

機場場址的準備工作，應包括：

- 機場土地的開發應考慮：機場設施（如：跑道、滑行道等空側設施）、
助導航設備、旅客服務設施、地勤支援設施
- 土地的取得：公有土地、私有地購得、遷移補償
- 海埔新生地和土地改良工程：費用、填海材料、地盤改良工法
- 整地和大地工程：整地通常被視為藝術多過科學，因為不同地點其效率和
方法均不同

- 大地工作的計算：盡量挖填方平衡
- 機場等級的評估：受大地條件、排水及現有設施及助導航設備等因素限制

4.2 滑行道、等待機坪及停機坪幾何設計(Geometric Design of Taxiways, Holding Bats and Aprons)

4.2.1 滑行道 (Taxiways)

4.2.1.1 滑行道系統規劃應考慮：

- 每一條跑道應提供一條平行滑行道
- 滑行道的路徑要愈簡單愈直接
- 跑道末端要提供 bypass 滑行道，如果飛機在跑道末端無法起飛時，其他飛機可經由 bypass 滑行道進入跑道起飛
- 盡量避免穿越跑道和滑行道
- 轉彎處，滑行道寬度要提供足夠的轉彎半徑
- 每一條滑行道都要能被塔台通視
- 允許未來擴充空間，以因應交通成長

實際設計上，除了考慮上述條件外，爲了使機場跑道運作更有效率，在設計時應考量、分類該機場服務機種，然後作最有效的配置。

4.2.1.2 滑行道寬度及最小淨間距

依據 ICAO Annex 14, Table 1-1 Aerodrome Reference Code (如下表), Wing span(翼展寬度)主要用來決定滑行道最小間距,而 Outer main gear wheel span (飛機主輪外跨距)則用來決定滑行道道面寬度,因此對於 E 類航機

滑行道最小間距 = 65m (wing span) + 15m (clearance) = 80m

滑行道鋪面寬度 = 14m (outer main gear wheel span) + 2×4.5m (wheel clearance) = 23m

滑行道寬度 = 23m (滑行道鋪面寬度) + 2×10.5m (shoulder) = 44m

$$\begin{aligned} \text{跑道和滑行道間最小間距} &= 150\text{m (runway strip)} + 0.5 \times 65\text{m (wing span)} \\ &= 182.5\text{m} \end{aligned}$$

Table 1-1. Aerodrome reference code
(see 1.7.2 to 1.7.4)

Code number (1)	Code element 1		Code element 2	
	Aeroplane reference field length (2)	Code letter (3)	Wing span (4)	Outer main gear wheel span ^a (5)
1	Less than 800 m	A	Up to but not including 15 m	Up to but not including 4.5 m
2	800 m up to but not including 1 200 m	B	15 m up to but not including 24 m	4.5 m up to but not including 6 m
3	1 200 m up to but not including 1 800 m	C	24 m up to but not including 36 m	6 m up to but not including 9 m
4	1 800 m and over	D	36 m up to but not including 52 m	9 m up to but not including 14 m
		E	52 m up to but not including 65 m	9 m up to but not including 14 m
		F	65 m up to but not including 80 m	14 m up to but not including 16 m

a. Distance between the outside edges of the main gear wheels.

4.2.1.3 滑行道道肩主要的 4 個功能為：

- 避免飛機引擎吸入道面外的石頭或其他障礙物，造成飛機引擎損壞
- 避免滑行道鋪面邊緣破損
- 避免飛機意外衝出造成結構損壞
- 提供救火等緊急車輛通行

4.2.2 等待機坪 (Holding Bays)

ICAO 定義為一個可提供飛機等待或旁通的區域，用來使機場運作更有效率。在高流量的機場，應設置等待機坪，等待機坪位置與跑道中心線間距應保持

- 4 類精確進場跑道為 90m
- F 類航機則為 107.5m

4.2.3 停機坪 (Apron)

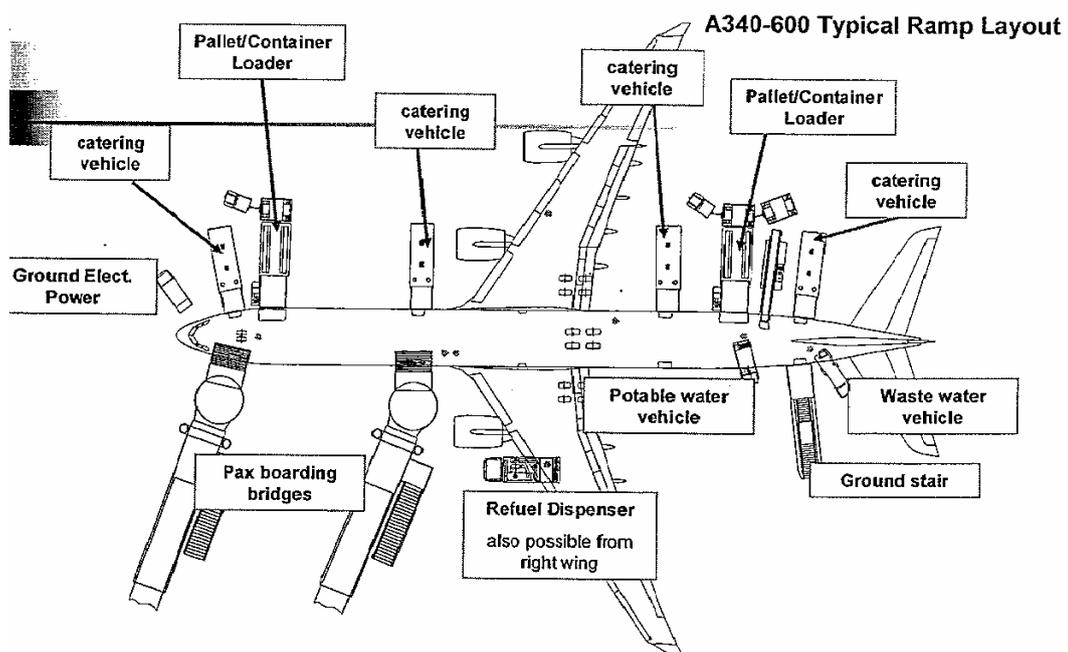
停機坪設計需考量：

- 所停放飛機的用途，如：停放客機、貨機或其他用途飛機

- 預測停機坪在尖峰小時的需求數
- 飛機的重量、尺寸和迴轉半徑
- 飛機停放位置的配置
- 飛機機翼淨空區
- 飛機引擎的影響
- 地勤設備
- 停機坪坡度：斜率不可超過 1%，但對於加油區域，其橫向坡度應保持在 0.5% 以內，確保油料計算的準確性

停機坪大小之設計則須考量：

- 主要停放飛機的尺寸
- 機坪使用量
- 淨空區的大小
- 飛機進出動線方式
- 航廈的尺寸
- 滑行到和勤務道路的相關位置
- 地勤設備的配置：下圖則為 A340-600 機型的地勤配置圖



4.3 機場跑道幾何設計

跑道長度設計準則

- 降落長度 (Landing dist.) 定義為，當飛機以一定的速度通過跑道頭時，高度為 50 英尺，且必須在 60% 的長度範圍內落地停止

$$\text{Landing dist.} = \text{Dist. to stop}/60 \quad (1)$$

- 跑道起飛長度 (Takeoff dist.)

單引擎失效繼續起飛長度

$$\text{One engine fail takeoff dist.} = \text{Dist. to 35ft height} \quad (2)$$

單引擎失效放棄起飛之煞車長度

$$\text{One engine fail abort takeoff dist.} = \text{Accelerate-Stop Dist.} \quad (3)$$

正常起飛長度

$$\text{Takeoff dist.} = 1.15[\text{Dist. to 35ft height}] \quad (4)$$

則 起飛長度 (Field length) = [(1),(2),(3),(4)]取大值

但不需要整個起飛長度都提供足夠強度之鋪面 (FSP, full strength pavement)，需提供足夠強度之鋪面 (FSP) 長度為

Landing :

$$\text{FSP} = \text{Landing dist.} \quad (a)$$

正常起飛情況 :

$$\text{Takeoff FSP} = 0.5[\text{takeoff dist.} + 1.15 \text{ liftoff dist.}] \quad (b)$$

單引擎失效繼續起飛情況 :

$$\text{FSP} = 0.5(\text{takeoff dist.} + \text{liftoff dist.}) \quad (c)$$

因此 FSP=[(a),(b),(c)]取大值

- 清除區 (Clearway)：至少 150m 寬，從跑道末端以 1.25% 坡度向上延伸，在此區域不可以有凸出物超過此高度，其長度

$$\text{CLW (Clearway) 長度} = \text{Takeoff dist.} - \text{Takeoff FSP}$$

- 緩衝區 (Stopway)：寬度和跑道一樣寬，當飛機放棄起飛時，提供

飛機煞車滾行的區域，以避免飛機結構損壞，其長度

STW (Stopway) 長度 = One engine fail abort takeoff dist - FSP

4.4 柔性道面設計 (Flexible Pavement Design)

4.4.1 基本概述

設計時考慮飛機機輪並非完全行使在一直線上 (Aircraft Wander)，而是在某一區域範圍內，其設計方式主要有 2 種：

- Portland Cement Association (PCA) Method：以反覆載種因子 (Load Repetition Factor, LRF) 來考慮 wander 效應
- Federal Aviation Administration (FAA) Method：以 Pass-to-Coverage ratio 來考慮 wander 效應

一般道面無法使用，有 2 種情況：

- 結構性：道面基層承載力
- 使用性：道面摩擦力、標線清晰度

4.4.2 FAA Method (ICAO Aerodrome Design Manual, Part 3)

設計前需收集的相關大地及機場運量資料如下：

- 鋪面和基層的基本性質資料：藉由現地取樣試驗後得到
- 機場飛機的種類
- 飛機年起降數資料

柔性道面的組成：

- 瀝青面層 (Bituminous Surface)：用來防止水進入基層，並提供平坦及飛機起強足夠強度
- Base Course：功用是將面層受力有效的傳遞到 subbase，並提供足夠的強度以支撐載重，一般建議其 CBR 值大於 80
- Subbase Course：功能和 base 類似，但其材料材質及強度均較 base 和 surface 低，一般建議其 CBR 值大於 20

FAA 設計法使用時注意事項及基本假設條件：

- 僅考慮飛機起飛重量超過 45350 公斤之機型
- 當某機型之起飛重量超過 136100 公斤時，一律假設該機型之起飛重量為 136100 公斤，而主輪型式均為 dual tandem
- 柔性道面厚度不可比以 subgrade 之 CBR=20 計算所得之厚度薄
- 當 base 使用 cement-treated 材質時，面層厚度應大於 100mm，以避免面層反射裂縫發生
- 以飛機最大起飛重量（MTOW）作為設計載重，並假設飛機 95% 的重量由 main landing gear 承載，5% 重量由 nose gear 承載
- 胎壓在 75-200psi

FAA 設計法之設計步驟：

- 由機場運量預測資料之機型、年起飛量、MTOW 及主輪型式，查表得出需要鋪面厚度，需求厚度最厚之機型則為此機場的 Design Aircraft
- 依其他機型之主輪型式，以一轉換係數，得出其他機型相對於 Design Aircraft 之修正年起飛量
- 以 Design Aircraft 的重量為基準，再將其他機型之修正年起飛量作修正計算，得出等量年起飛量（equivalent annual departures）
- 將此機場所有機型之等量年起飛量加總，得到總設計年起飛量
- 以 subgrade、subbase 的 CBR 值、Design Aircraft 的 MTOW、及總設計年起飛量，查表得出柔性道面總厚度，進而求得各層所需厚度，並由另一表檢核 base 和 subbase 的厚度是否大於最小所需厚度

4.4.3 道面加鋪（Overlays）

道面加鋪可以運用在混凝土道面和瀝青道面，如果現有道面有下列情況，可考慮加鋪

- 因為超載而造成損壞，且無法再以維修方式處理
- 機場未來需提供更大型航機時

- 道面已達使用年限

道面加鋪瀝青混凝土時應注意

- 厚度不得小於 75mm
- 避免產生 sandwich pavement，造成內部水無法排除
- 若原鋪面亦為瀝青混凝土，則原來的 surfacing 可當作 base，原來的 base 可當作 subbase

4.5 剛性道面設計 (Rigid Pavement Design)

4.5.1 基本概述

剛性道面的優點

- 較能承受長時間靜止荷重而不產生變形
- 道面勁度較不隨溫度的改變而改變
- 能夠承受水平方向的力量
- 能抵抗石油等化學溶劑的侵蝕

一般剛性道面用於

- 跑道末端飛機迴轉處
- 跑道與入口滑行道交界處
- 滑行道交叉口
- 停機坪與等待機坪
- 如果剛性道面較柔性道面更經濟時

混凝土鋪面及其材料性質

- 混凝土鋪面的破壞通常發生在板塊因承載產生彎矩而造成張力破裂
- 以混凝土抗彎強度來設計
- FAA 設計法以混凝土 90 天抗彎強度作設計

4.5.2 剛性鋪面設計方法

常用設計方式有 2 種

- **FAA Method**：以板塊邊緣之受力模式作考量，假設 25%的受力會傳遞到相鄰的板塊，以 90 天混凝土抗彎強度作設計，並考慮機場年起飛量
- **PCA Method**：以板塊中心受力模式作考量，假設所有的力量均會傳遞到相鄰的板塊，以混凝土的工作應力作設計，並考慮實際機場起飛次數

4.5.3 FAA 剛性道面設計法

其設計步驟大致與柔性道面相似，僅將路基強度以路基模數

(Subgrade Modulus) K 考慮，其步驟如下：

- 由機場運量預測資料之機型、年起飛量、MTOW 及主輪型式，查表得出需要鋪面厚度，需求厚度最厚之機型則為此機場的 Design Aircraft
- 依其他機型之主輪型式，以一轉換係數，得出其他機型相對於 Design Aircraft 之修正年起飛量
- 以 Design Aircraft 的重量為基準，再將其他機型之修正年起飛量作修正計算，得出等量年起飛量 (equivalent annual departures)
- 將此機場所有機型之等量年起飛量加總，得到總設計年起飛量
- 以 subgrade 的 K 值、Design Aircraft 的 MTOW、及總設計年起飛量，查表得出混凝土鋪面厚度

4.5.4 剛性道面的銜接 (Pavement Joints)

因熱漲冷縮及施工等問題，剛性道面由一塊一塊板塊組合而成，各板塊間的連接便為影響日後剛性道面使用性的重要因素，依用途可分為 3 種銜接模式

- 伸縮縫 (Expansion Joint)

FAA Joint Types:

Type	Details	Joint Usage	
		Longitudinal	Transverse
Doweled Expansion Joint		NA	Use near intersections to isolate different pavement area
Thickened Edge Expansion Joint		Use at intersections where dowels not suitable; at location along pavement edge where future expansion anticipated	At area where pavement expansion anticipated

■ 施工縫 (Construction Joint)

FAA Joint Types:

Type	Details	Joint Usage	
		Longitudinal	Transverse
Keyed Construction Joint		Acceptable for all construction joints	NA
Doweled Construction Joint		Acceptable for all construction joints	Use at locations where paving operations delayed or stopped
Hinged Construction Joint		Use at intersections where dowels not suitable; at location along pavement edge where future expansion anticipated	NA

■ 縮縫 (Contraction Joint)

FAA Joint Types:

Type	Details	Joint Usage	
		Longitudinal	Transverse
Doweled Contraction Joint		May be considered for general use	Use on all contraction joints (i) for > first 3 joints from free edge (ii) for first 2 joints from expansion joint (iii) for joints in reinforced pavement
Hinged Contraction Joint		For all contraction joints of the taxiway and for all other joints placed < 25 ft from pavement edge	NA
Dummy Contraction Joint		For all other contraction joints in pavement	For all remaining contraction joints in non-reinforced pavements

4.5.5 ACN-PCN

ACN 為航空器分類號碼，用來評估飛機載重對鋪面所造成之影響，其數據一般由飛機製造商提供；PCN 為鋪面分類號碼，用來表示鋪面承載的能力，PCN 值可由下列 2 種方式得到

- 經驗法則：由目前機場運作航機中 ACN 值最大者，作為其鋪面之 PCN 值
- 經由現地試驗及計算求得

ACN 與 PCN 值在機場的運用

- $ACN < 1.05PCN$ ：則此機型飛機使用頻率不可以超過該機場年起降次數的 5%
- $ACN < PCN$ ：此機型飛機在機場運作可不受限制

若發生 $ACN > 1.05PCN$ 的情況，則 ICAO 建議如下

- 限制該飛機運作的載重
- 機場當局應提升道面 PCN 值，以符合使用
- 減低機場跑道的使用年限，使道面 PCN 值增加

4.6 排水設計 (Drainage Design)

4.6.1 機場設置排水目的

- 飛航安全及運作效率
- 將機場道面地表水排出
- 將道基內地下水排出
- 降低地下水位

4.6.2 地表水逕流計算

- 逕流係數 (Coefficient of Runoff) C
與地表坡度、土壤性質、植被情形有關
- 水流集中時間 (Time of Concentration) T_c
區域內最遠的水流到排水系統的時間，

$$T_c = T_o + T_d$$

其中 T_o 為地表逕流時間、 T_d 則為排水系統內水流時間

- 降雨強度 (Rainfall Intensity) I

與降雨的延時有關，每個地區的降雨型態、延時均有其獨特的特性，故 I 值一般由各國自行統計降雨資料查表可得

4.6.3 排水設計及基本假設條件

一般設計之基本假設為

- 管徑內水為一穩定之水流
- 以一維情況分析
- 水流速度最小不可低於 1m/s，以免管徑阻塞

設計流程如下

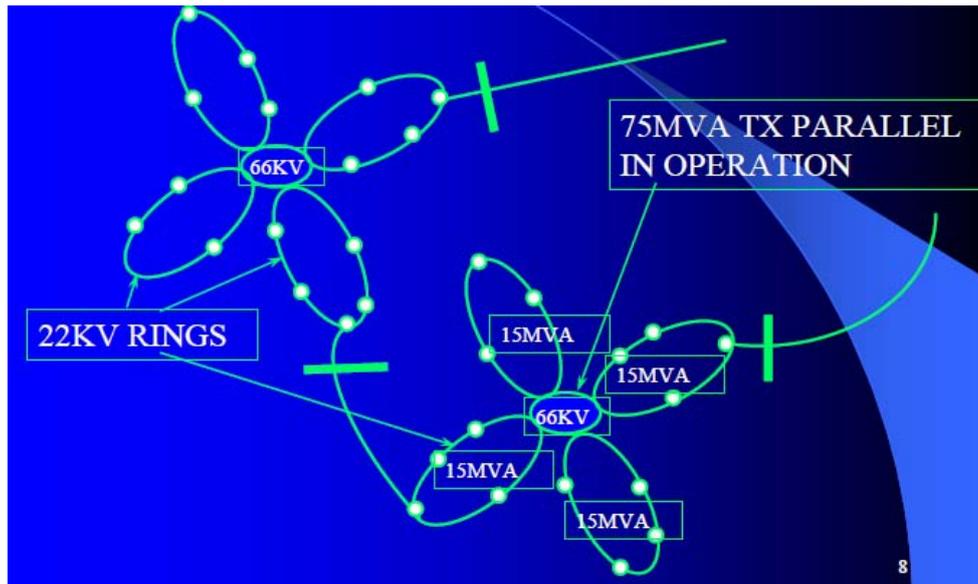
- 先將機場內土地依地表及地理特性適當的作區劃
- 依各劃分區域的土壤地表性質，查表或依經驗得出一合理的 C 值
- 依排水部設位置基算出 T_c
- 由設計降雨頻率及 T_c 查表得出 I 值
- 由曼寧公式得出設計管徑

4.7 電力系統 (Electrical Services)

4.7.1 高壓電力系統設計

設計規劃注意事項

- 高可靠度：備援 (Redundant) 系統的設計，用以確保一個變電站無法運作了，還可以由另一個提供機場運作的電力。
- 環狀設計 (Ring Concept)：如此才不會壞了一個迴路而影響到其他 (如下圖)



- 設計使用年限的考量：一般線路設計的生命週期為 25-30 年
- 負載不可以超過容量的 80%
- 機場重要的設施要有至少兩種以上的供電系統，確保機場在停電時還能維持基本的營運。
- 每個環狀迴路的分接不要超過 4-5 個。

4.7.2 機場緊急電力系統

- 備用發電機：爲了維持機場正常的營運，發電機用於
 - 空側的燈光（100%）
 - 塔台和雷達系統（100%）
 - 電腦安檢設備（100%）
 - 消防設備（100%）
 - 一般航廈的燈光（30-50%）：樟宜機場設計爲 50%
 - 行李處理系統（100%）：爲了讓飛機起降能正常運作，停電時需完全供應行李處理系統的電力。
- 不斷電系統(UPS)：停電時，電力切換到發電機供電通常需要 10-15 秒時間，因此部份系統需配備不斷電系統，以暫時維持設備運作，待發電機啓動可供電後，在由發電機供電，如：通訊系統、雷達系

統、中控室電腦設備、安全系統、航班顯示系統及緊急用燈光。

- 發電機設備設計考量：
 - 設備啓動所需的電流較一般運轉時大 4-5 倍，設計時應考量此種情況，避免設備無法運作。
 - 大型的發電機應考量設置緩衝啓動器（Soft Starter）
 - 保持發電機的負載在 60-70%，做爲未來擴充的空間

4.8 行李輸送系統設計(Design of baggage handling System)

旅客行李處理的服務，對機場而言，幾乎是沒有任何的利潤，但若處理不當，對於機場服務和航空公司的利潤都有很大的衝擊；

BHS(Baggage Handling System)主要分爲出境行李處理系統及入境行李處理系統。

4.8.1 出境行李處理系統

通常是最複雜的運作系統，主要設備有

- Check-in 輸送帶：用於將乘客 check-in 的行李輸送到主要的收集輸送帶系統(collector conveyor)，設計時考慮：
 - 一個主要的收集輸送帶可以容納 12-18 個 check-in 輸送帶。
 - 一個主要的收集輸送帶一分鐘可輸送 20 個行李。
- 傾斜行李輸送帶：用於輸送或分類行李用的傾斜輸送帶，其坡度不可大於 15 度。
- 排隊輸送帶(Queuing conveyor): 多個輸送帶的行李輸送到一條主輸送帶時，需要讓行李排隊的系統，做爲緩衝用控制流量，避免行李輸送打結。
- 轉向輸送帶

4.8.2 入境行李處理系統

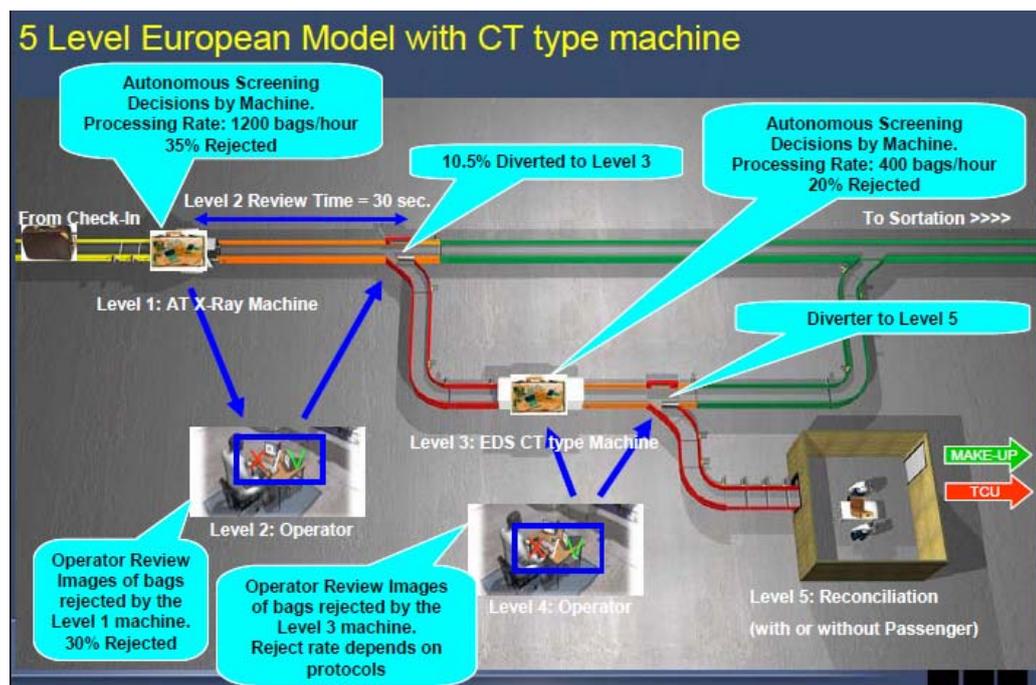
比較簡單，只需要有行李卸載區、輸送帶和行李轉盤即可。

4.8.3 人工處理及自動處理系統

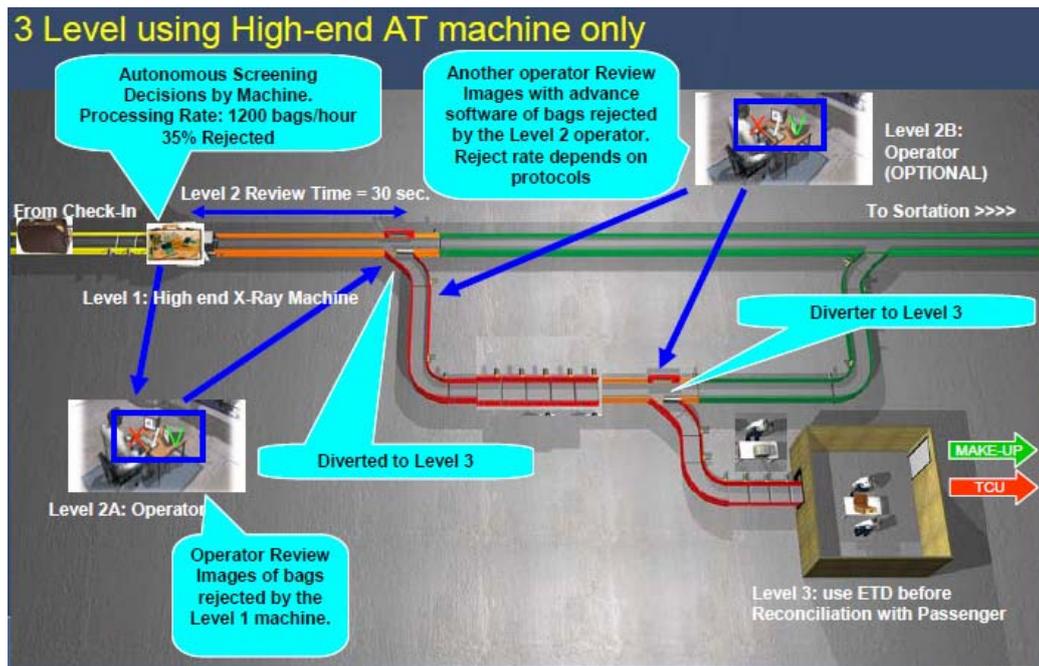
- 人工處理系統：處理行李量較少時，工資便宜較經濟的方式
- 自動處理系統：分類處理數量龐大的行李時用，設備投資大、複雜，用於工資成本較高時，但有一定的風險，可分為
 - pusher system
 - high speed diverters
 - tilt trays
 - high speed system（最先進）

4.8.4 行李安全檢查

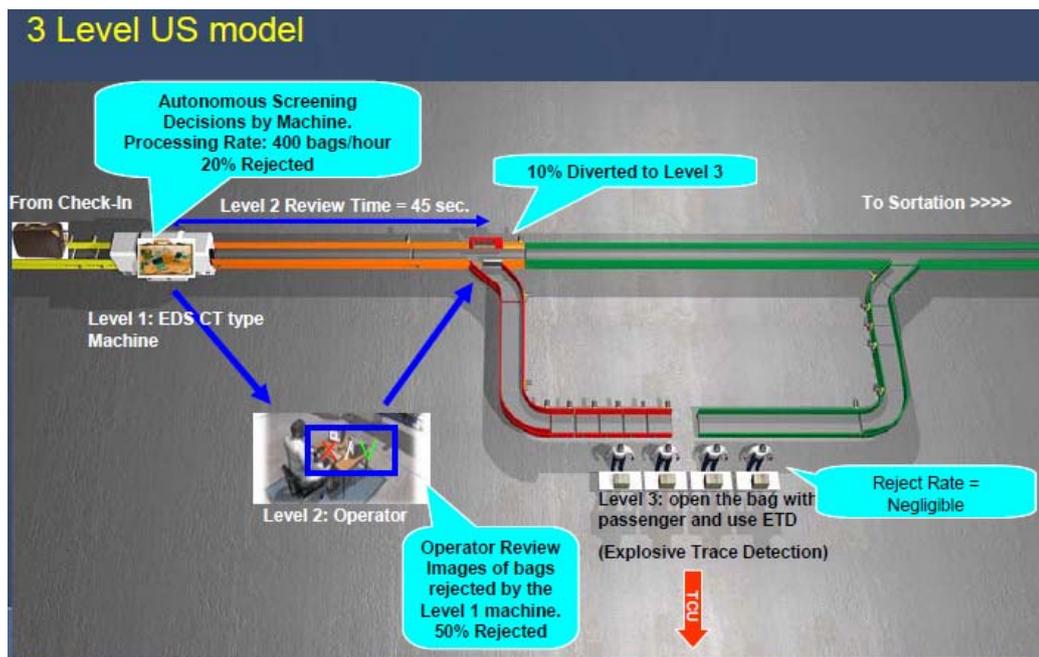
- 5 level European model with CT type machine



- 3 level using high-end AT machine only



- 3 level US model



4.8.5 設計注意事項

- 要以 10 分鐘尖峰需求量作估算，不應以每小時處理行李量作設計標準（通常設備商僅強調每小時處理量）
- 盡量讓行李快速、簡單輸送
- 根據現有空間設計適當的行李輸送模式

- 工作環境的考量
- 維護和儲存早到行李空間的考量
- 成本估計
- 備援系統和維護成本
- 未來擴充性
- 最後設計完後做 simulate 避免施工完成測試後才發現問題
- 新的行李標籤 RFID，因成本問題不普遍

4.9 參訪行程

4.9.1 參觀新加坡樟宜機場 Budget 航廈 (Budget Terminal)

Budget Terminal 顧名思義，這個航廈從設計、營運到服務都是以最經濟、最節省成本的方式做考量，因此，整個航廈僅有一層樓，航廈硬體設施僅滿足乘客最基本的需求，從旅客下車進入航廈、報到櫃檯、通關檢查、到登機門準備登機及登機，所有的程序均和一般航廈的流程一樣，入出境亦是採分流方式，惟僅有一個樓層，所以只是以不同區域做簡單的區分。



雖然這個航廈所提供的服務只滿足旅客最基本的需求，但安檢通

關的部份，仍維持和一般航廈一樣的高標準，因為這個航廈僅提供飛往馬來西亞、泰國、越南等鄰近國家的廉價航空公司，所以能提供飛機機型的大小也僅限於 C 類以下的航機。

爲了節省成本，進入海關後到登機門僅提供旅客可行走的通道，內候機室也幾乎無座位可供旅客候機，航空公司的服務人員也僅以臨時櫃檯辦理登機手續，飛機起降的時間也必須配合主要航班的時間，利用空檔的時間做起飛，因此其航班時間通常不是在深夜，就是在清晨。





此航廈的設計服務水準為 C 級，亦不若樟宜機場其他航廈服務水準為 B 級以上，但一切都是為了節省成本，所以雖然這個航廈不像樟宜機場其他一般的航廈，但市場對於廉價航空的需求仍是存在的，因此這個航廈自 2007 年啓用後，旅客人數逐漸成長，至 2008 年年旅客量已達 400 萬人次，故目前已進行擴建計劃。



新加坡的機場在興建時，都保留了未來擴充的空間，其原因除了隨

著經濟的發展，航空旅運量的需求逐年成長外，通常機場在興建時所做的旅運量分析，沒有一個是百分之百正確的，爲了彌補這個不確定因素，保留未來設施的擴充空間與彈性，也是機場設計重要的一環。

4.9.2 新加坡樟宜機場第一航廈整建工程

樟宜機場 Terminal 1 於 1982 年啓用，與桃園國際機場第一航廈年齡相當，因此同樣也面臨設施老舊及建築風格過時等問題，因樟宜機場轉機的旅客相當多，爲能有效處理轉機旅客行李，需將第一航廈原來半自動行李處理系統更新，但因該航廈爲三十年前即設計施工，受限於航廈現有空間，無法更新行李處理系統設備，爲解決此一問題並同時整修航廈內裝外觀，樟宜機場管理當局於 8 年前開始規劃第一航廈整修及擴建工程。

本次整建工程主要整修項目爲

- 將航廈管制區往空側方向擴建 30 公尺，用以容納後續更新爲全自動行李處理系統設備，並擴大增加服務轉機旅客商店之空間。
- 將航廈大廳及登機長廊重新裝修

因樟宜機場第一航廈爲一營運中之航廈，經向工程專案負責單位洽詢了解，爲了避免影響機場正常營運，經與顧問團隊討論了約 3 年的時間，才決定將整個施工階段分 130 個施工區塊，分段施工，總工期預計約 3.5 年（預計 2011 年完成），經費約 4 億 5 千萬新加坡幣（約新台幣 100 億）。

此外，爲了使航廈空間不致有太大的壓迫感，經過結構分析後，將部分二樓空間打除，使得轉機旅客在航廈內能感覺更舒適，值得一提的是，爲減低施工所產生的噪音，施工區與營運區間的分隔版加裝吸音棉墊；將大型的隔離板作美化的處理，讓人不注意還無法察覺航廈有工程在進行。

配合更新的消防法規，消防設施及空調電路亦一併更新，因預算考

量，天花板材料採簡單的樣式，配合使用省電日光燈管（T10）。

同樣在登機廊道與後機室的部份，為能讓航廈整體更具現代感，將原有牆與窗戶架構通通更新為落地窗的形式並運用強化玻璃。

最後，本工程是 24 小時連續施工，當然施工期間免不了會遭到旅客的報怨與投書，為了減少旅客的不便，平息抱怨，有時候還是得暫停施工 1-2 天，等待旅客抱怨減少後再繼續施工，因此對於整個施工期程的掌控便顯得更為重要了。

■ 空測施工作業



■ 航廈內施工區與營運區區隔



■ 內部裝修施工



五、心得與建議

■ 經驗傳承的重要性：

本次課程授課講師，幾乎均為航空相關背景之教授、副教授、或顧問公司主管，新加坡能以僅有一座民用機場的城市國家，在機場建設大致完成後，還能留住這麼多機場專業人才而不外流，除了顯示國家對於機場的重視之外，也讓人感受到政府對於專業知識的延續傳承相當看重，不會因為機場完成了，而任由市場機制放棄掉寶貴的機場工程經驗，假使某一天，又需要擴建或新建機場，藉由這些經驗的傳承必能快速掌握住其精隨；新加坡能以一個約 400 萬人國家，整合開出這一系列與機場工程相關的課程，在全世界算是相當難得。

■ 保留未來擴充的重要性：

本次上課時，不論教授哪一門課的講師均特別強調，設計時應考慮 10%-20% 的擴充空間，這除了是因應未來需求增加，也考慮設計時的預測值可能無法百分之百準確。

■ 所有建設均應將環境的影響降至最小

在環保意識抬頭的今天，每個居民都不希望飛機飛過自己家天空，因此目前機場新建的趨勢均為使用海埔新生地，或僅將跑道設置於海埔新生地上，這樣不但避免了噪音補償的問題，同時也解決機場周邊樓房高度管制的問題。

■ 與國際接軌

近年來由於台灣機場工程逐漸減少，因此對於國際機場的新趨勢或新規範接觸較少，建議本局辦理機場工程同仁多參加國際機場工程相關課程或訓練，雖然不見得國外所有的東西都適合本國機場，但至少知道國際上發生了、有哪些新的改變。

■ 珍惜資源、減少二氧化碳排放量

在新加坡，公開的場合常常會向民眾宣導 reduce、reuse、recycle，而台灣也是一個島國，同樣缺乏天然資源，因此要珍惜資源避免浪費；此外，在課程安排下，參觀新加坡某一家瀝青製造廠時，該公司人員還特別強調新加坡瀝青加熱過程均以天然氣，而不是以煤等高二氧化碳排放的燃料，雖然成本提高，但目前世界的趨勢就是要減少二氧化碳等溫室氣體排放量，而且未來國際上或許會落實碳交易機制，因此台灣也應該要提早預為準備。