

航空運輸設施設計

design of air transportation facilities part v

- 航空運輸授課內容，集中在航空運輸模式(air transportation mode)、機場主計畫(airport master planning)與機場配置及設計(airport layout and design)
- 課程分為三章，內容討論的項目
 - 機場選址(the location of airports)、跑道方位及長度的決定(the determination of runway orientation and length)、機場停機坪及航站的配置及功能(the function and layout of airport aprons and terminal buildings)
 - 跑滑道幾何設計(the geometric design of runways and taxiways)、機場排水系統設計(the design of airport drainage systems)、機場標誌及燈光系統(airport marking and lighting systems)

機場規劃及配置

airport planning and layout (chapter 16)

- 航空起源介紹(16-1)
 - Wright兄弟將看似易碎的雙翼雙輪的工藝品架於北卡海灘木軌上，並於1903年12月17日進行試飛，是人類製造航空器的濫觴
 - 人類第一次將比空氣重的工藝品飛起，並在空中持續飛行約12秒，飛行距離約37m(120ft)
 - 當天又另三次飛行，在空中最長持續飛行約1分鐘
 - 飛機在一次大戰扮演奇特角色，在戰後已發展可運數運務及人員
 - 航空運輸門檻成熟於二次大戰來臨
- 飛航活動的成長(16-2)
 - 美國航空旅客1945年的4.3十億人到1975年為403.2十億人
 - 城際航空旅客1995年為1975年三倍，有17.1%乘坐公營航空公司，此時期的私營航空公司受限
 - 貨運發展十分快速，1975年開始每年約6%成長
 - 航空運輸工業成熟的成長率約低於人口成長率，並隨社經改變而定

機場需求 airport demand (16-4)

- 新設或改善既有機場首先工作為預測機場設施的未來需求，預測內容包括年、尖峰日及尖峰時的乘客及航機組成，機場服務區域範圍與經濟及人口成長率
- 區域飛航活動主要根據因素
 - 服務區域或城市的人口及密度、城市的經濟特性、機場間的時間及機場是否為集散(HUB)
- 城市不包含集散的年上機乘客及航機營運，工業城市飛航活動少於政府、教育及財務等中心
- 機場需求研究需考量鄰近機場的客貨運，乘客會到較遠機場的原因，運費較少、無停等或班次較吸引
- 飛航預測的不同方法
 - 預測者的判斷、航空公司及製造商預測者的知識、國家預測及預測模式相關參數
- 飛航模式有時間系列模式(time series modal)，可由預測年航空乘客轉換為尖峰小時乘客，估計尖峰小時航機起降，以及每架航基的載客數

機場航空旅客預測

Figure 1: Enplaned and Deplaned Passengers (1996-05 Actual, Forecasts 2015/2025)



旅客預測結果

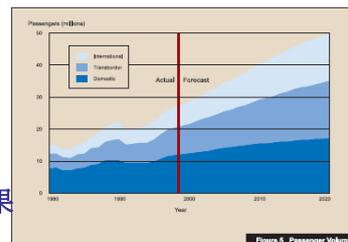
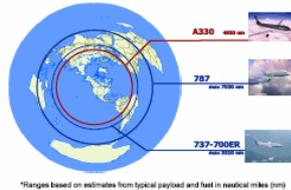


Figure 2: Range Diagrams for Select Aircraft Flying From Kelowna*



機場航線分佈



機場場址選擇 selection of an airport site (16-5)

- 機場場址評估有誤將導致功能不彰及作廢，需考量問題
 - 都市擴張導致土地缺乏及成本增加
 - 快速及大航機發展需要較長跑道及更多服務空間
 - 航空旅客的服務更複雜精細
 - 更多飛航活動增加噪音及環境衝擊
- 場址書面研究(desk study of area)
 - 既有綜合土地、社區及區域計畫的審閱
 - 可用風資料分析決定跑道方位
 - 依據地質、道路及航空照片選擇可行場址的進一步評估
 - 候選場址的土地成本研究
- 現場勘查(physical inspection)
 - 初次勘查(primary inspection)對既有及候選等機場進行整體調查，甚至依據航空照片進行空中調查
 - 定案勘查(final inspection)在初次勘查選擇的場址，進行複核調查
- 在現場看查後依據調查結果提出評估結果及建議

潛在機場場址的因素

- 使用者的方便性(convenience to users)
 - 機場位置要方便使用者進出，則位於城市附近並考量空域障礙物，城市距機場平均距離為16km
- 可用土地及成本(availability of land and land costs)
 - 機場所需土地，最大需求為4050公頃，最小一般飛航小於40公頃，桃園國際機場土地約2000公頃
- 機場配置及設計(design and layout of the airport)
 - 航機起降的跑道方位依據盛風，最佳跑道方位為盛風的 ± 10 度範圍
- 空域及障礙物(airspace and obstructions)
 - 飛航安全的議題:鄰近機場航線不影響航機起降，空域分析結果須符合規定。塔柱、建築物及山脊等實際標的不能穿透飛航空域。
- 工程因素(engineering factors)
 - 機場應位於平坦地，地形坡度符合及適宜的排水，非岩石地質及有足夠骨材供施工支用

機場土地的最少需求

- 機場土地需求面積包括跑道長度及數量，側向淨空，航站、停機坪、停車場、進出道路及其他設施的需求

Table 16-1 Minimum Land Requirements for Utility Airports

Runway Type	Runway Length		Landing Area (acres)	Approach Area (acres)	Building Area ^a (acres)	Total Area (acres)
	ft	m				
Basic utility stage I	2000	600	23	21	8	52
	3000	900	32	21	8	61
	4000	1200	41	21	8	70
	5000	1500	50	21	8	79
Basic utility stage II	2500	750	27	21	12	60
	3500	1050	36	21	12	69
	4500	1350	45	21	12	78
	5500	1650	54	21	12	87
General utility stage I	3000	900	39	30	24	93
	4000	1200	51	30	24	105
	5000	1500	63	30	24	117
	6000	1800	75	30	24	129
General utility stage II	3500	1050	90	125	24	239
	4500	1350	113	125	24	262
	5500	1650	136	125	24	285
	6500	1950	159	125	24	308

^aThese figures vary due to assumed higher degree of activity at the higher type of airport.

Source: *Utility Airports*, FAA Advisory Circular AC 150/5300-4B, including Change 8, July 3, 1985. (Now withdrawn.)

潛在機場場址的因素(續)

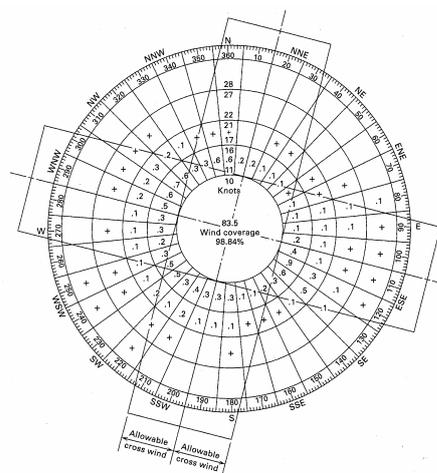
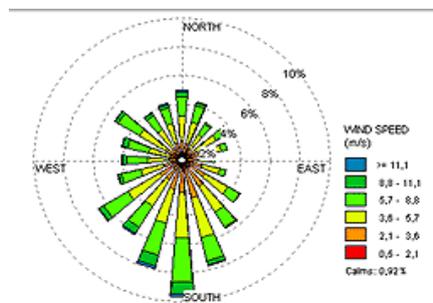
- 社會及環經因素(social and environmental factors)
 - 噪音是機場最困難的社會問題，航機引擎噪音是未來改善重點。機場不是好鄰居，跑道方位應避開住宅區、學校及教堂。
- 可用設施(availability of utilities)
 - 機場需要水、電力、電信及瓦斯等設施，規模要符合機場需求
- 大氣狀況(atmosphere conditions)
 - 霧、煙及能見度等應盡量排除
- 鳥的危害(hazards due to birds)
 - 機場的位置及航線需要評估航機受鳥擊的情況
- 其他機場的整合(coordination with other airport)
 - 在都會區設置兩個機場以上時，需經整合後規劃將來的航空需求

跑道方位 runway orientation (16-6)

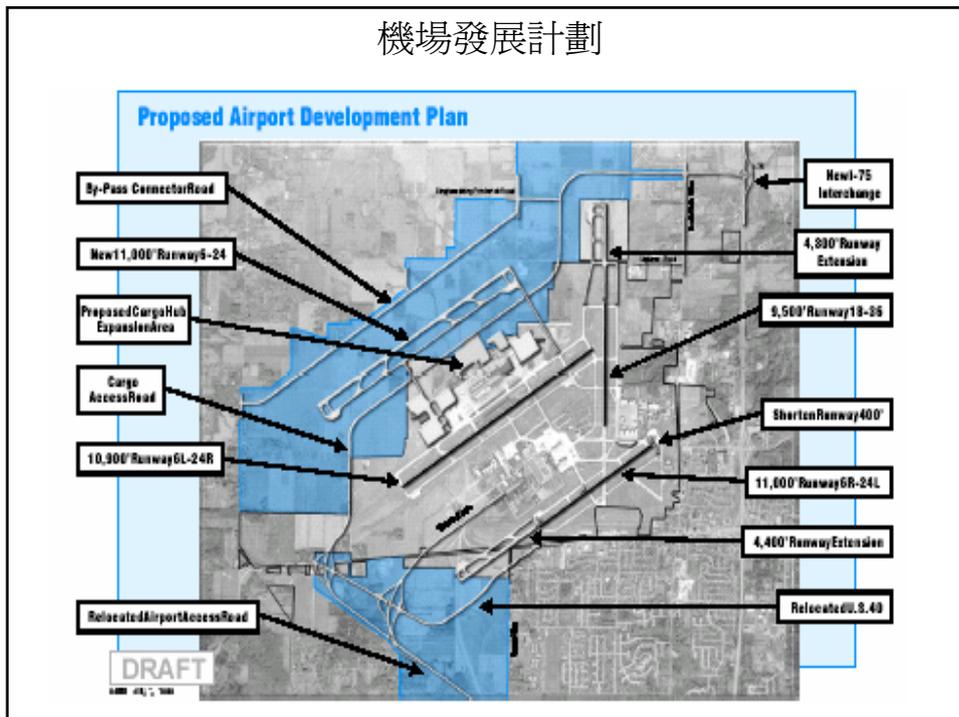
- 航機在風中起降的優點即跑道方位依據盛風方向，跑道如有垂直風存在則航機起降不安全
- 側風(crosswind)的大小依據航機尺寸及起降特性而定
 - A1及B1機場的側風極限為10.5knots
 - A2及B2機場的側風極限為13.0knots
 - A3及B3機場的側風極限為16.0knots
 - A4及B4機場的側風極限為20.0knots
- 跑道方位需涵蓋95%可供航機起降的風向，最好跑道方位利用圖示風玫瑰方法來決定

圖示風玫瑰

- 風玫瑰有五個範圍
 - 內圓風速為10knots
 - 第二圓風速為11~16knots
 - 第三圓風速為17~21knots
 - 第四圓風速為22~27knots
 - 第五圓風速為28knots以上



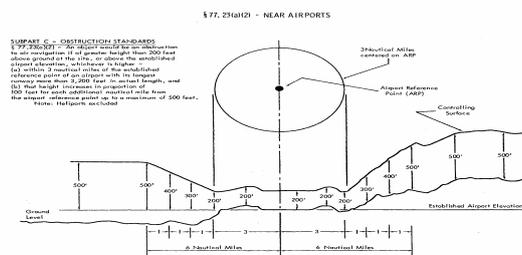
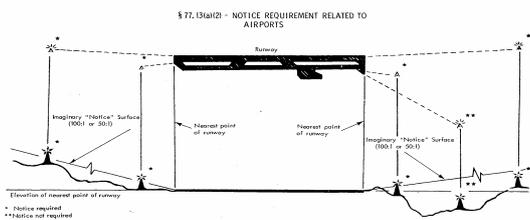
機場發展計劃



影響飛航空域的障礙物

objects affecting navigable airspace (16-7)

- 機場空域的飛航安全的障礙物研究，建築物危害結果的公聽會等需相同基準
- FAR part 77規則為飛航空域障礙物的決定標準，說明障礙物不影響飛航安全的假想面(imaginary surfaces)，如障礙物穿透此面需進行是否危害飛航評估
- 機場空域的危害評估
 - 建築物高於地面61m
 - 超過機場假想面(右上圖)
 - 超過採儀降飛行的高度(右下圖)
- 鐵路公路鄰近機場的高度，州際公路為5.2m，其他公路4.6m，鐵路7.0m



機場空域定義

- 起降地帶(takeoff landing strip)：指跑道及其毗連地帶。
- 進場面(approach surface)：指在跑道二端特定之傾斜面。
- 水平面(horizontal surface)：指在航空站或飛行場及緊鄰區域上一定高度之水平面。
- 漸變面(transitional surface)：指自進場面之兩邊及自進場面內邊兩端引延與跑道中心線平行之直線向外斜上與水平面相交接成之傾斜面。
- 圓錐面(conical surface)：接自水平面之周圍向外斜上延伸所構成之圓錐斜面。

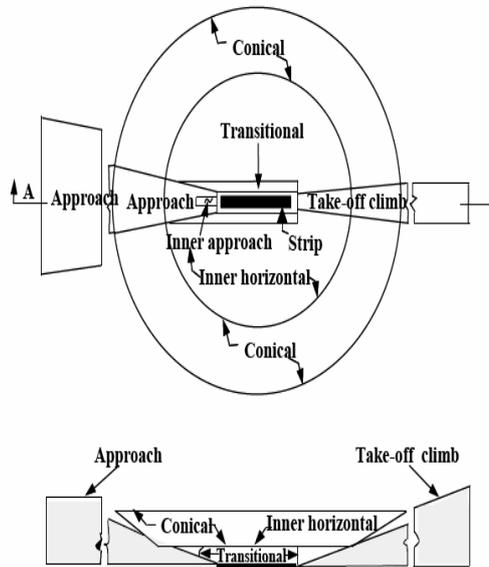


Figure 4. ICAO Imaginary obstruction limitation space standard for Aerodromes (4)

機場的起落地帶

- 中正航空站起落地帶
 - 自跑道兩端延伸各三百公尺，寬由跑道中心線向兩側各展二百二十五公尺所構成之矩形。
- 臺北及金門航空站起落地帶
 - 自跑道兩端延伸各六十公尺，寬由跑道中心線向兩側各展一百五十公尺所構成之矩形。
- 高雄航空站起落地帶
 - 南跑道自兩端延伸各六十公尺，寬由跑道中心線向兩側各展七十五公尺
 - 北跑道自兩端延伸各六十公尺，寬由跑道中心線向兩側各展一百五十公尺，個別構成之矩形。
- 前項飛航安全標準之範圍，為禁止建築地區。

民用機場假想面

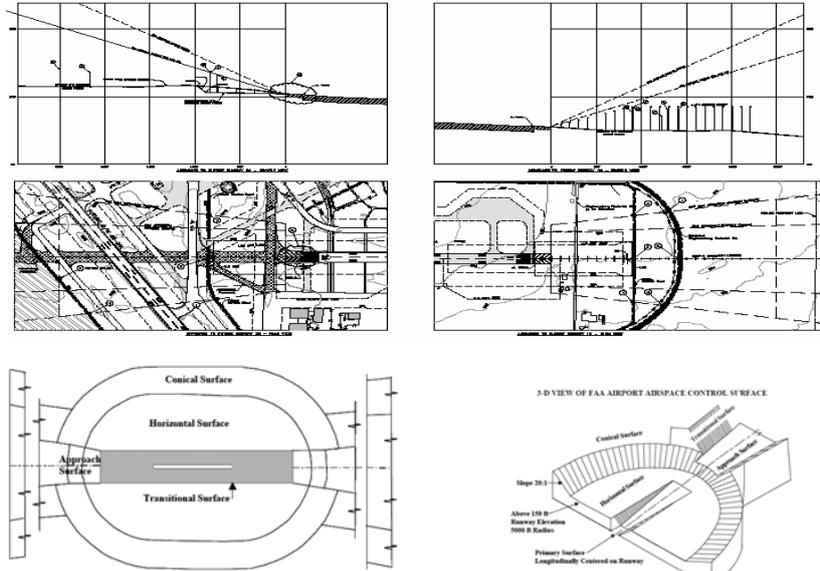


Figure 1. Plan view of FAA imaginary obstruction space standard, FAR Part 77 (3)

Figure 2. Isometric view of FAA imaginary obstruction space standard, FAR Part 77 (3)

跑道容量 runway capacity (16-8)

- 跑道容量係指航機起降次數，為決定機場容量的基準，以每小時或每年的單位時間為計量基礎
- 機場容量為極限或飽和容量(ultimate or saturation airfield capacities)，由航機等待起降的連續紀錄為基準，作為跑道設計方案比較的依據
- 影響跑道容量的因素
 - 天氣及空中交通控制情況(weather and air traffic control condition) 航機起降分為目視(VFR)或儀器(IFR)管制飛航作業，目視較儀器起降次數多
 - 跑道配置及數量(number and configuration of runway)跑道配置為平行及不平行，跑道數增加容量增加
 - 航機組成(fleet mix)大及重航機的百分比較高，需要較大航機間隔
 - 到達起飛比(arrival/departure ratio)到達航機速率較起飛航慢需要較多的營運時間
 - 轉機營運(touch and go operations)航機快速的到達及起飛一起運轉可增加容量
 - 跑道出口位置及數量(number and location of runway exits)跑道出口數多可降低航機佔用跑道時間

跑道容量(續)

- 航機組成的四類航機
 - Class A- small single engine aircraft, 12,500lb or less
 - Class B- small multiengine aircraft, 12,500lb or less and Learjets
 - Class C- large aircraft, 12,500lb and up to 30,000lb
 - Class D- heavy aircraft, more than 30,000lb
- 組成指標由C及D級等航機的百分比計算獲得

$$\text{Mixindex} = (\text{percent aircraft in class C}) + 3 \times (\text{percent aircraft in class D})$$



跑道長度及容量

Table 16-3 Airport Capacities for Long-Range Planning Purpose

Runway Use Configuration	Mix Index (Percent) (C + 3D)	Hourly Capacity (Operations)		Annual Service Volume (Operations/yr)
		VRP	IFR	
1.	0-20	98	59	230,000
	21-50	74	57	195,000
	51-80	63	56	205,000
	81-120	55	53	210,000
	121-180	51	50	240,000
2.	0-20	197	59	355,000
	21-50	145	57	275,000
	51-80	121	56	260,000
	81-120	105	59	285,000
3.	0-20	295	62	385,000
	21-50	219	63	310,000
	51-80	184	65	290,000
	81-120	161	70	315,000
4.	0-20	98	59	230,000
	21-50	77	57	200,000
	51-80	77	56	215,000
	81-120	76	59	225,000
	121-180	72	60	265,000
5.	0-20	197	59	355,000
	21-50	145	57	275,000
	51-80	121	56	260,000
	81-120	105	59	285,000
	121-180	94	60	340,000

Continued on following page

Table 16-3 Continued

6.	0-20	197	59	355,000
	21-50	147	57	275,000
	51-80	145	56	270,000
	81-120	138	59	295,000
	121-180	125	60	350,000
7.	0-20	150	59	270,000
	21-50	108	57	225,000
	51-80	85	56	220,000
	81-120	77	59	225,000
	121-180	73	60	265,000
8.	0-20	295	59	385,000
	21-50	210	57	305,000
	51-80	164	56	275,000
	81-120	146	59	300,000
	121-180	129	60	355,000

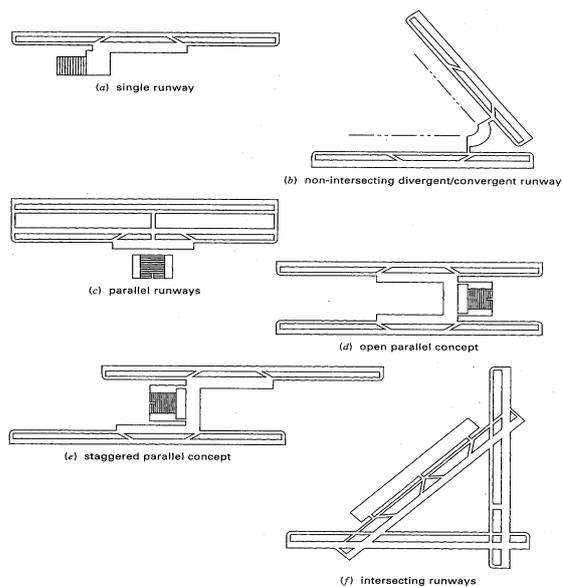
*Staggered threshold adjustments may apply.
Source: Airport Capacity and Delay, AC 150/5060.5, Federal Aviation Administration, Washington, DC, Sept. 23, 1983.

跑道配置 runway configuration (16-9)

- 機場佈設需解決已知跑道對其他跑道及服務設施的效益，包含航站、停機坪、維修場及其他建築物
- 影響跑道容量的主要因素為跑道配置，機場規劃者增加容量符合未來需求的唯一因素
- 單一跑道系統的每小時容量，目視管制飛航(VFR)情況為51~98次起降，儀器管制飛航(IFR)情況為50~59次起降
- 增加第二跑道的優點為增加風向範圍，在風不強時比單一跑道有較高容量，在風速

機場配置圖示

- 大機場需要三條跑道以上，最佳配置考量
 - 安全需求的最小空間
 - 盛風方向
 - 機場地形、形狀及可用空間
 - 航站及停機坪空間需求



機場階段發展

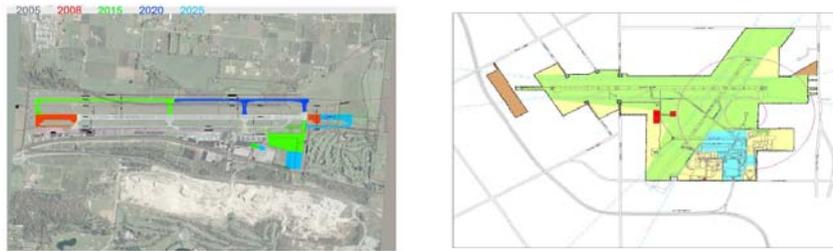
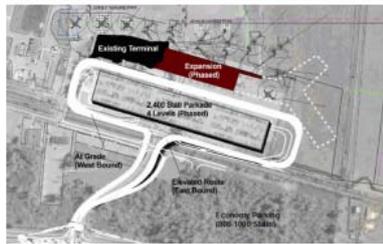
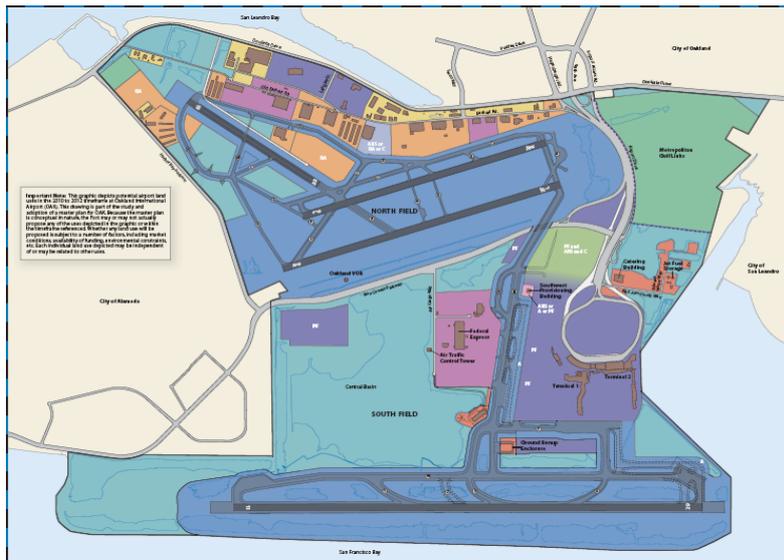


Figure 4: Terminal and Parkade Plan



Oakland 機場



O'Hare機場

