

十五、跑道與滑行道之佈設

◎ 跑道系統之佈設型式(圖 23-1)

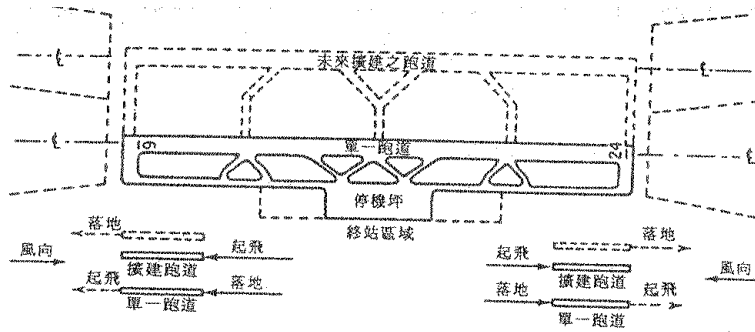
※ 影響機場未來運作效率及其容量，由機場用地形狀、風速、風向及未來服務飛航架次決定

※ 單一跑道：不可同時起降，目視管制飛航作業(VFR) 51-98 架次/小時，儀器管制飛航作業(IFR) 50-59 架次/小時

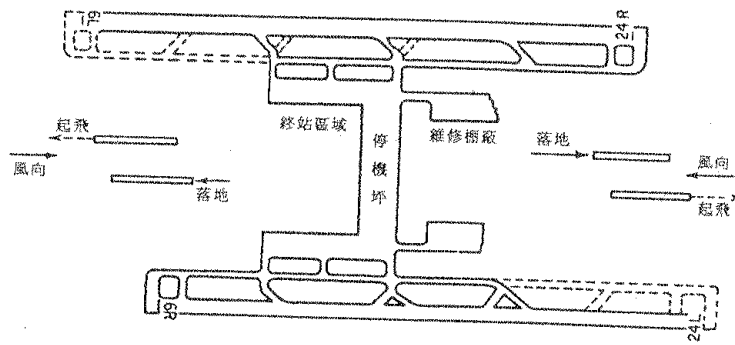
※ 兩平行跑道：兩跑道中心線間隔 $S > 215$ m 時，可同方向同時作業；VFR $S > 420$ m(日) ~ 840 m(夜), IFR $S > 1070$ m 可相反方向同時作業

※ 開口 V 型跑道：風速不大時，四方向均可作業

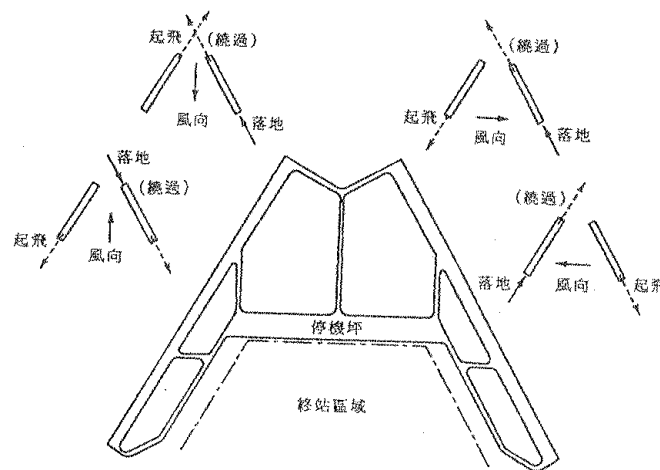
(均為逆風起降)



(a) 單一跑道 (資料來源: [3])



(b) 平行跑道 (資料來源: [3])



(c) 開口V型跑道 (資料來源: FAA)

◎ 跑道方位之推算

※ FAA：飛機降落時，至少 95% 時間，風之橫向速率小於 24 kph (15 mph)

※ 若不能滿足 95% 的風頻涵蓋率，則須另加建斜向跑道

※ 風頻圖法或風花圖法(圖 21-2)

1. 蒐集 5~10 年之風向、風速資料

2. 將其發生頻率列於表中(表 23-1)

3. 畫一風頻圖(四同心圓，半徑代表風速，由內而外 0~6.4, 6.4~24, 24~50,

50~75 kph，風向分爲十六等分，並填入資料

4. 圖上置一透明尺板(寬度爲容許最大側向風速之圓的直徑)，其中心線穿過圓心

5. 以圓心爲軸旋轉，計算覆蓋範圍百分比

6. 覆蓋百分比之和最大時爲跑道最佳方位

7. 多條跑道時亦同 (斜向跑道)

◎ 跑道編號系統

※ 由磁北順時針方向量測，以 10 度爲單位，跑道兩端以飛機落地時所朝方位編號 (可以機上儀表對準跑道)

※ 兩條(L, R)、三條(L, C, R)、四條(L, LC, RC, R)、五條(L, LC, C, RC, R)平行跑道

表 21-1 風速及風向之統計表

(單位：%)

風速 風向	6.4~24 kph	24~50 kph	50~75 kph	合 計
N	5.0	1.1	0.3	6.4
NNE	3.5	1.0	—	4.5
NE	1.4	0.1	—	1.5
ENE	2.6	0.3	—	2.9
E	2.3	0.5	—	2.8
ESE	5.1	1.3	0.1	6.5
SE	6.1	3.5	0.2	9.8
SSE	6.6	7.5	0.3	14.4
S	4.2	2.4	0.1	6.7
SSW	2.8	0.7	—	3.5
SW	1.7	0.1	—	1.8
WSW	2.8	0.2	—	3.0
W	2.0	0.2	0.1	2.3
WNW	5.7	2.4	—	8.1
NW	5.1	2.1	0.2	7.4
NNW	8.3	5.1	0.2	13.6
0~6.4 kph	—	—	—	4.8
合 計	100.0 %			

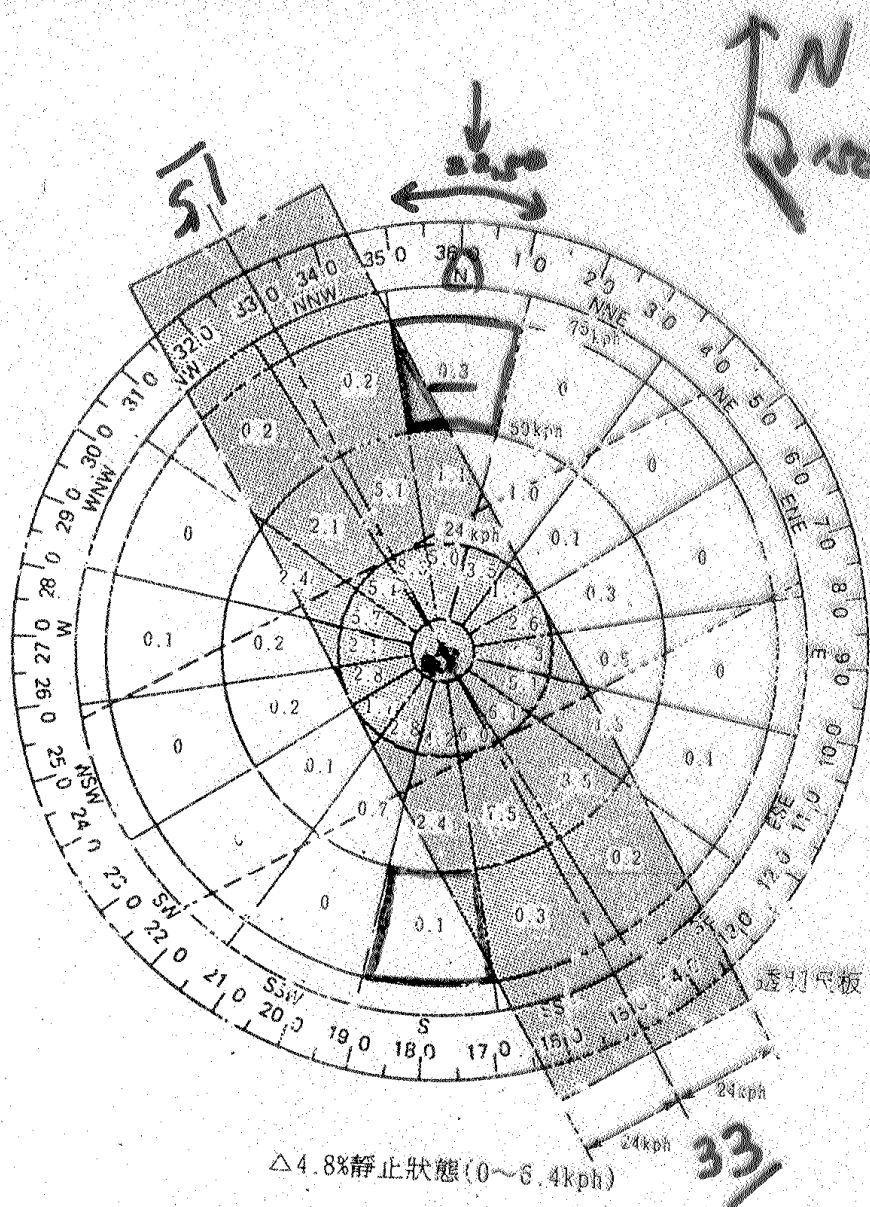


圖 21-2 風頻圖法說明例圖

◎ 跑道之容量

※ 在可忍受之延滯條件下，每單位時間跑道所能提供飛機起飛或降落之最大數量
(架次/小時，架次/年)

※ 可忍受之延滯

1. 起飛飛機：VFR 2~4 分鐘(依大小型飛機所佔比例而異)，IFR 4 分鐘

2. 到達飛機：VFR 1 分鐘，IFR 4 分鐘

※ 機型的分類(FAA)

A 型(輕型單引擎，5,700 kg 以下)、

B 型(輕型雙引擎，5,700 kg 以下)、

C 型(大型飛機，5,700~136,000 kg)、

D 型(重型飛機，136,000 kg 以上)

※ 影響跑道容量之因素：

1. 各種機型之混合比例

混合指數(%)=(C 型+3*D 型)飛機百分比

2. 天候狀況

3. 飛航管制作業(VFR, IFR)

VFR 之跑道容量較 IFR 高

4. 跑道之佈設(表 23-2 跑道容量表)

基本假設：空域足夠、具雷達管制設備、儀降系統、有足夠滑行道、連續起降作業 50% 以下

表 21-2 跑道容量表

跑道系統型式	佈設圖	混合指數 (C+ 3D) %	每小時容量 (架次 / 小時)		每年服務數量 (架次 / 年)
			VFR	IFR	
單一跑道		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	60	240,000
短間隔之兩平行跑道		0-20	197	59	355,000
		21-50	146	57	275,000
		51-80	121	56	260,000
		81-120	106	59	285,000
		121-180	94	60	340,000
獨立 IFR 平行跑道		0-20	197	119	370,000
		21-50	149	114	320,000
		51-80	126	111	305,000
		81-120	111	106	315,000
		121-180	103	99	370,000
兩平行跑道加一逆風跑道		0-20	197	62	355,000
		21-50	149	63	285,000
		51-80	126	65	275,000
		81-120	111	70	300,000
		121-180	103	75	365,000

續表 21-2

跑道系統型式	佈設圖	混合指數 (C+ 3D) %	每小時容量 (架次 / 小時)		每年服務數量 (架次 / 年)
			VFR	IFR	
四平行跑道		0-20	394	119	715,000
		21-50	290	114	550,000
		51-80	242	111	515,000
		81-120	210	117	565,000
		121-180	189	120	675,000
開口 V 型跑道		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
兩平行跑道加一逆風跑道		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

(資料來源：FAA)

◎ 滑行道系統

※ 連接終站區域與跑道，以便飛機進行起飛及供落地後之飛機由跑道中間滑離
(出口滑行道:一般在跑道中央與兩端)

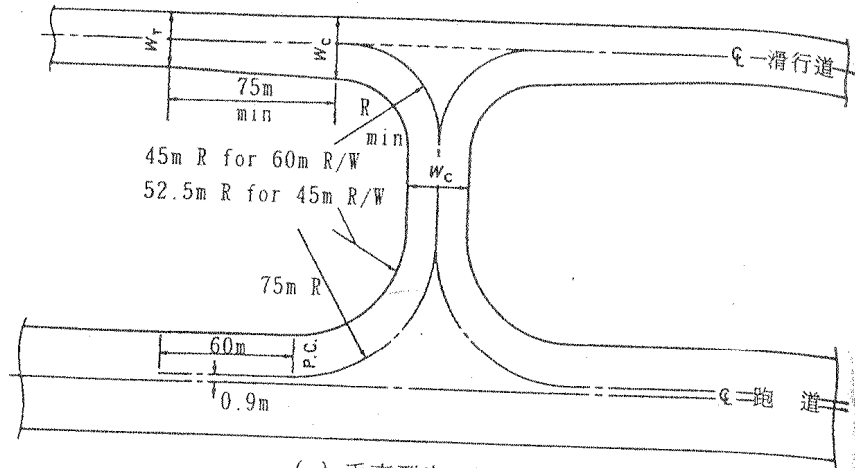
※ 起降次數多，可建一平行於跑道之滑行道；若起降少，則允許飛機在跑道滑行並於兩端加建可供迴轉之圓形滑行道

※ 滑行道系統之設計基本原則：

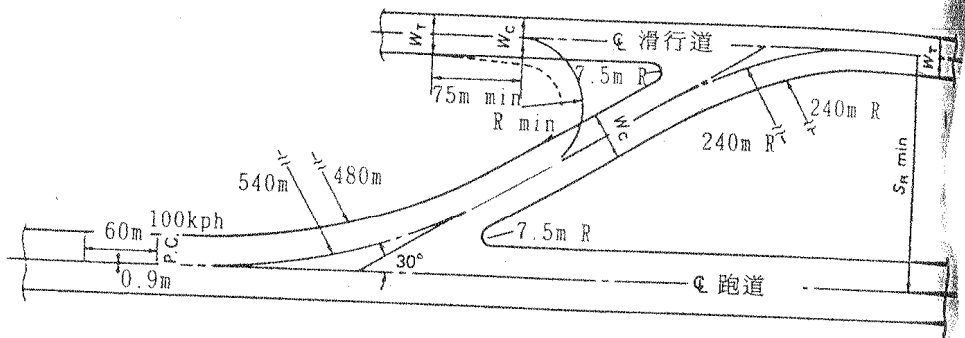
1. 考慮飛機起降架次、跑道佈設型式、航站大廈與其它地面設施之位置
2. 簡單直捷，直線線形，轉彎處半徑大，半徑最小為滑行道寬度之 1.5 倍
3. 避免跨越繁忙之跑道與其它滑行道
4. 跑道出口與停機坪間應有足夠空間，避免阻塞

※ 依飛機駛進或駛出區分為：出口滑行道(垂直型及快速型)、入口滑行道

※ 旁越滑行道、等待機坪



(a) 垂直型出口滑行道



(b) 快速型出口滑行道

圖 21-5 出口滑行道設計圖 (資料來源：FAA)

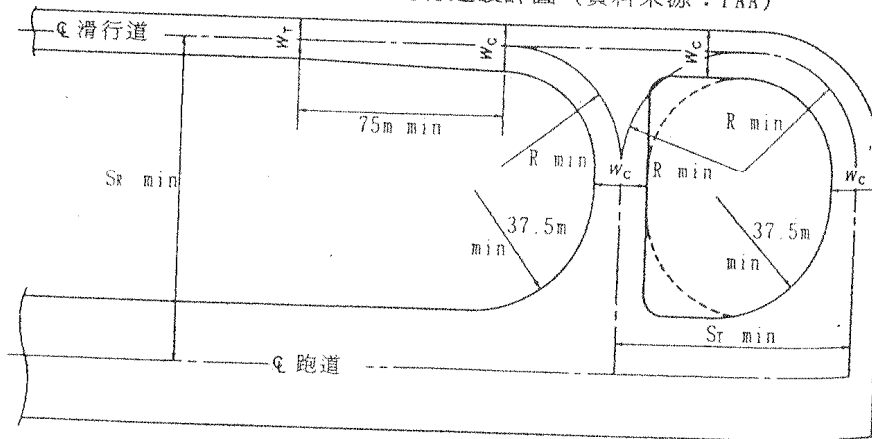


圖 21-6 旁越滑行道設計圖 (資料來源：FAA)

◎ 飛航空域之障礙(FAA，圖 23-8)

※ 假想面：任何物體延伸至假想面之上即為飛航之障礙物

※ 機場參考點：機場中心，中正機場為東經 121 度 13 分 26 秒，北緯 25 度 04 分 55 秒

※ 跑道之基本面：跑道為中心之長形範圍

※ 水平面：機場高度之上 45 m，以基本
面末端中心點為圓心，半徑為 B 劃圓
弧，各圓弧以切線連接之範圍

※ 圓錐面：圍繞在水平面之外，水平寬度
1200 m，上升坡度 20:1 之範圍

※ 進近面：跑道末端之後 60 m 起算，以
裡端寬度 A，寬度逐漸擴大至 C，延伸
長度 D，上升坡度 E 之範圍。分儀降系
統與非儀降系統，主要數據見表 23-3。

※ 漸變面：進近面兩邊以 7:1 坡度往外往
上延伸，寬度 1500m，到與水平面或圓
錐面相交之範圍

※ 跑道之清除區(圖 23-9，表 23-4)

跑道進近面正下方之地面，寬度與進近
面同，自跑道末端後 d 處，以斜率 e 上升
至 15 m 高度之處

表 23-3 機場假想面之主要數據表

(單位：m)

項 目	目視管制飛航		非 準 確 儀 降 管 制			準 確 儀 降 管 制
	(1)	(2)	(1)	(2)		
				(3)	(4)	
A (進近面裡端之寬度)	75	150	150	150	300	300
B (水平面半徑)	1,500	1,500	1,500	3,000	3,000	3,000
C (進近面外端之寬度)	375	450	600	1,050	1,200	4,800
D (進近面長度)	1,500	1,500	1,500	3,000	3,000	·
E (進近面斜率)	20:1	20:1	20:1	34:1	34:1	·

[註]：(1)：小型機場 (Utility Airport)，供 5,670 kg 以下之螺旋槳飛機使用。

(2)：跑道長度大於小型機場。

(3)：最短視線超過 1.2 km。

(4)：視線最短為 1.2 km。

·：裡端 3,000 m 之斜率為 50:1，另外 12,000 m 之斜率為 40:1。

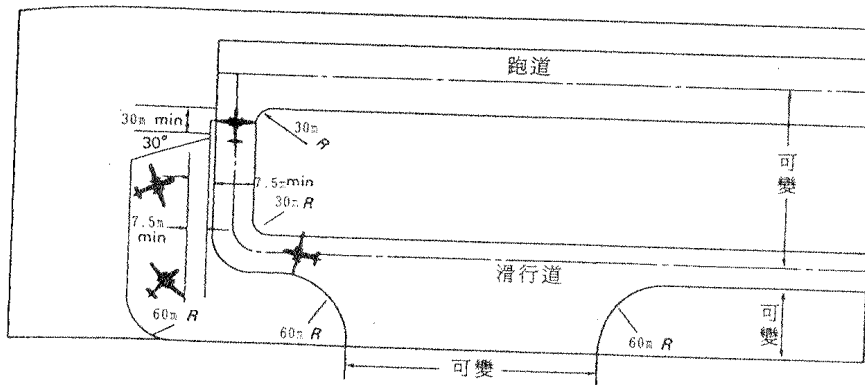
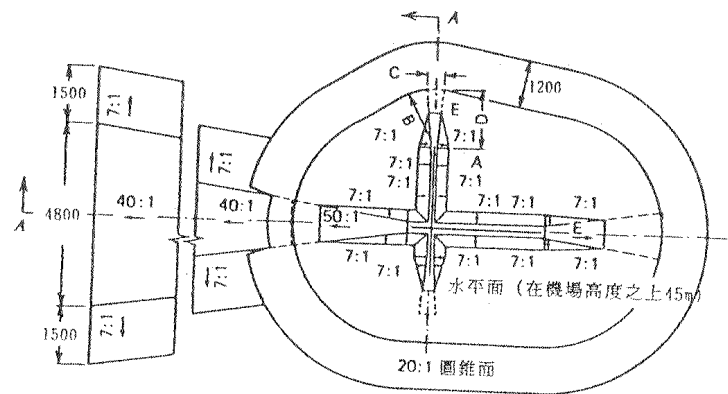
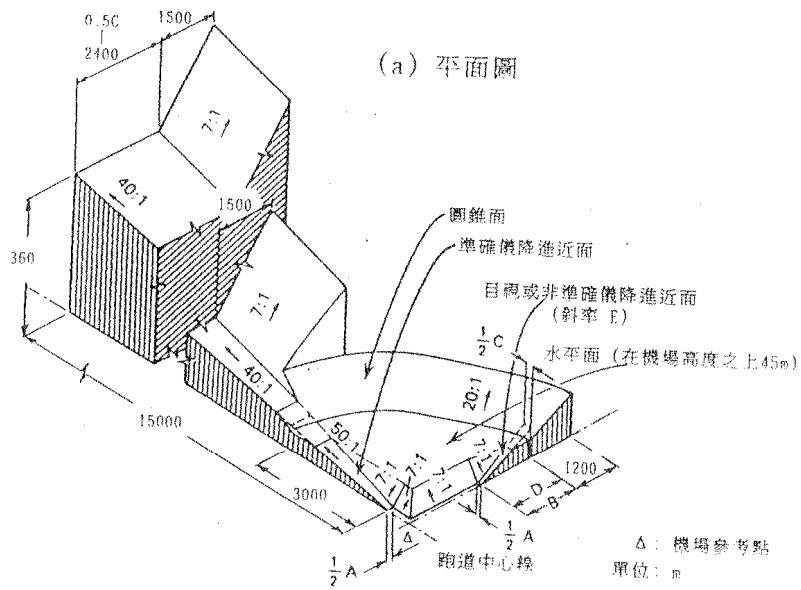


圖 23-7 等待機坪設計圖 (資料來源：FAA)



(a) 平面圖



(b) A-A 斷面圖

圖 28-8 用以認定飛航空域障礙之機場「假想面」圖
(資料來源：FAA)

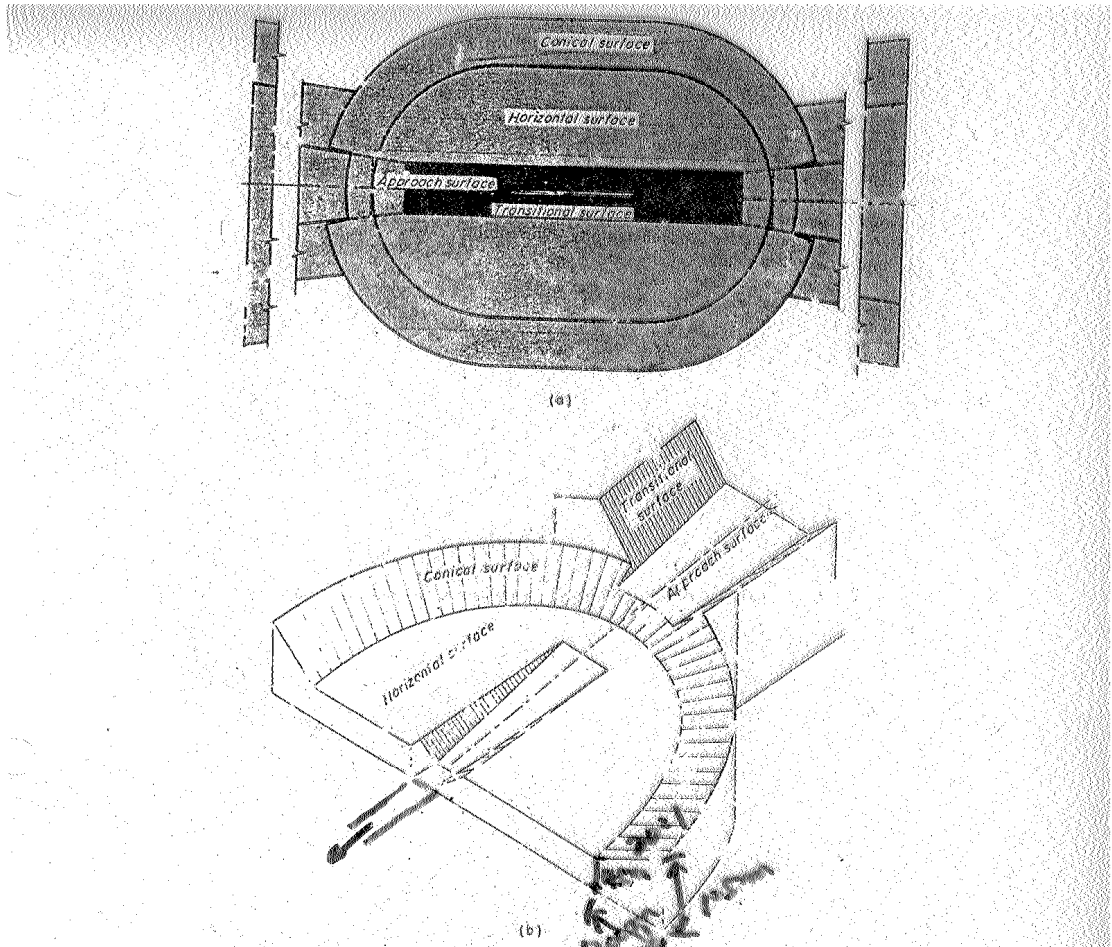


Fig. 7-3 Imaginary surfaces (Federal Aviation Administration [6].)

TABLE 7.2 Imaginary Surface Dimensions, FAR Part 77, (f)

Item	Visual runway ^a		Nonprecision instrument runway ^b			Precision instrument runway
	A	B	B			
			A	C	D	
Width of primary surface and approach surface at inner end ^c	250	500	500	500	1000	2500
Radius of horizontal surface	3000	5000	5000	10,000	10,000	10,000
Approach surface width at outer end	1250	1500	2000	3500	4000	6000
Approach surface length	5000	5000	5000	10,000	10,000	30,000 ^d
Approach slope	20:1	20:1	20:1	34:1	34:1	50:1 ^e

^a A = utility runways; B = runways larger than utility.

^b C = visibility minimum greater than $\frac{1}{2}$ mi; D = visibility minimum as low as $\frac{1}{2}$ mi.

^c Inner length 10,000 ft; outer length 40,000 ft.

^d Inner length 50:1; outer length 40:1.

source: Federal Aviation Administration [6].

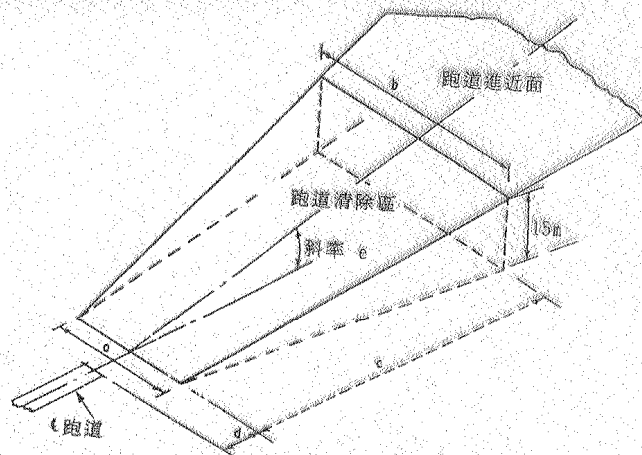


圖 21-9 跑道之清除區圖 (資料來源: FAA)

表 21-4 跑道清除區之主要數據表

跑道長度 (m)	距 離 (m)				斜 率 e
	a	b	c	d	
非儀降跑道長度					
≤ 640	75	135	300	60	20:1
641~1,360	120	240	600	60	40:1
1,261~1,800	150	270	600	60	40:1
1,801~2,250	150	270	600	60	40:1
$> 2,250$	150	270	600	60	40:1
儀 降 跑 道	300	525	750	60	50:1
VFR 機 場	60	90	300	30	20:1

註：表中b、c欄為最大值；若進場坡面比c 短即可保持在地面高度15 m內無障礙物，則可採較小值。清除區應包括7:1之漸變面，以確保高度15 m內無障礙物 (資料來源: FAA)。

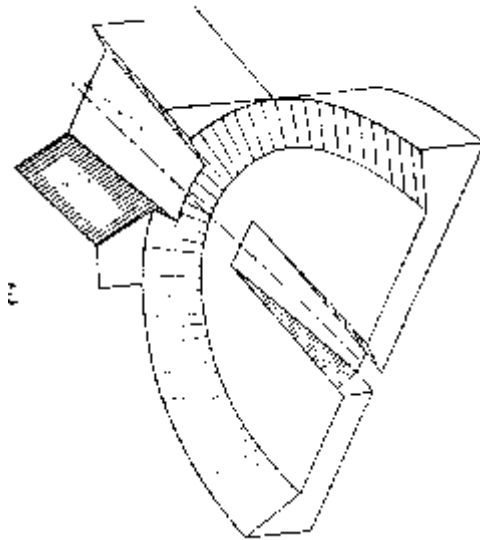
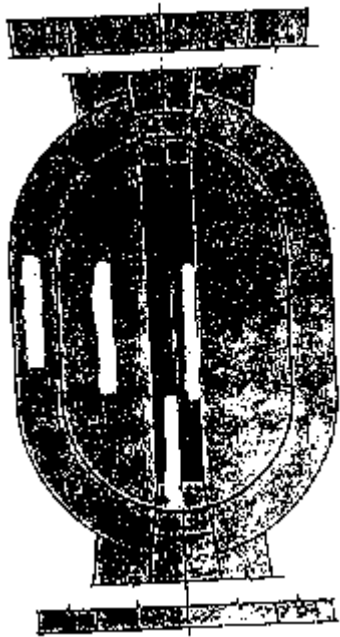
【例題】

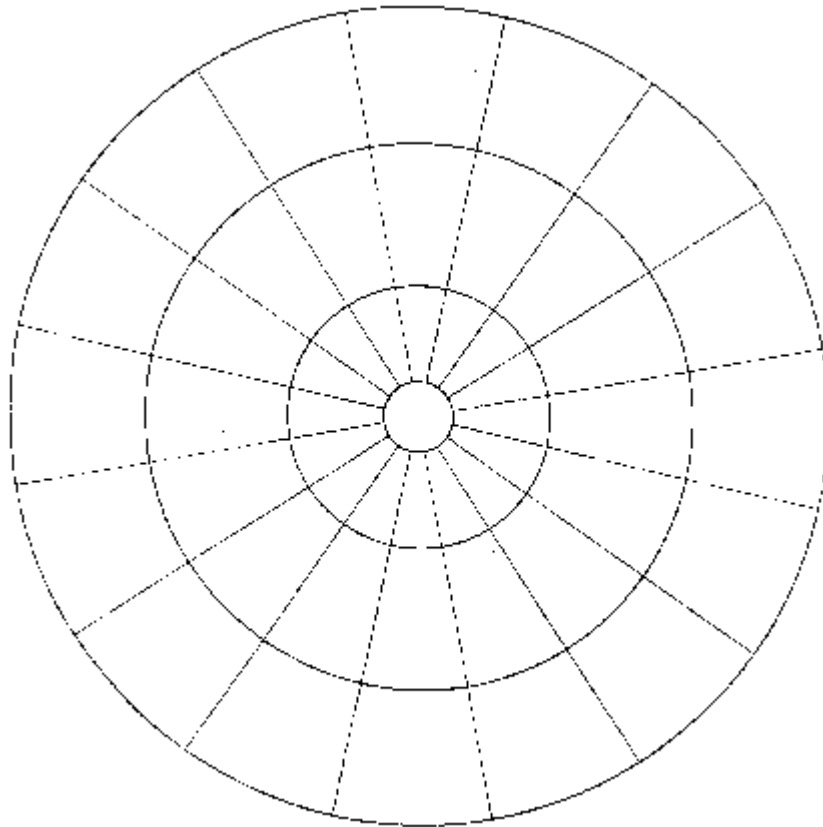
- 一、何謂跑道容量？可忍受之延滯定義為何？並請簡述影響跑道容量之四項主要因素為何？
- 二、機場跑道方位之選定：試簡述利用風頻圖法選定跑道最佳方位之基本步驟。又跑道系統應如何編號之？若某乘客發現某機場共有兩條平行的跑道，在飛機降落時機頭面對「8 R」的跑道，試說明此二跑道兩端各應如何編號？該乘客所朝之方向為何？
- 三、何謂滑行道系統？滑行道系統之佈設基本原則為何？
- 四、何謂飛航空域之假想面？依據美國聯邦飛航總署(FAA)之定義，在附圖中請指出各假想面之名稱，並請簡要說明之。(毋需寫出詳細之數字資料!)
- 五、假設欲在某地設置機場跑道，該地連續五年之風速及風向資料如下表所示。
 - (a)請利用風頻圖法(Wind Rose Method)選定跑道之最佳方位。(請臨摩附圖於答案卷內作答)
 - (b)若依據美國聯邦飛航總署(FAA)之標準，請將機場所需設置之跑道數及其編號以圖式方式標示於跑道兩端。

風向\風速	0~6.4 kph	6.4~24 kph	24~50 kph	50~75 kph	合計(%)
N	0.3	1.7	0.1	-	2.1
NNE	0.3	2.8	0.2	-	3.3
NE	0.3	8.3	5.1	0.2	13.9
ENE	0.3	5.0	1.1	0.3	6.7
E	0.3	3.5	1.0	-	4.8
ESE	0.3	1.4	0.1	-	1.8
SE	0.3	2.6	0.3	-	3.2
SSE	0.3	2.3	0.5	-	3.1
S	0.3	5.1	1.3	0.1	6.8
SSW	0.3	5.7	2.4	-	8.4
SW	0.3	5.1	2.1	0.2	7.7
WSW	0.3	4.2	2.4	0.1	7.0
W	0.3	6.1	3.5	0.2	10.1
WNW	0.3	6.6	7.5	0.3	14.7
NW	0.3	2.8	0.7	-	3.8
NNW	0.3	2.0	0.2	0.1	2.6
合計(%)	4.8	65.2	28.5	1.5	100.0

六、解釋名詞：

- (a) 滑行道
- (b) 飛航空域之假想面
- (c) 飛航管制作業
- (d) 跑道之清除區
- (e) 風頻圖之功用
- (f) 水平面與圓錐面
- (g) 進近面與漸變面





二、假設欲在某地設置機場跑道，該地連續五年之風速及風向資料如下表所示。(a)請利用風頻圖法選定跑道之最佳方位，**請務必加附風頻涵蓋率之概算過程**。(b)若依據美國聯邦飛航總署標準，請將所需設置跑道數及其編號標示於跑道兩端，請亦註明磁北的方向。(15%)

風向\風速	6.4~24 kph	24~50 kph	風向\風速	6.4~24 kph	24~50 kph
N	5.1	1.4	E	1.7	0.1
NNE	5.7	2.4	ESE	2.8	0.2
NE	5.1	2.3	SE	8.3	5.3
ENE	4.2	2.5	SSE	5.0	1.4
S	3.5	1.0	W	6.1	3.7
SSW	1.4	0.1	WNW	6.6	7.8
SW	2.6	0.3	NW	2.8	0.7
WSW	2.3	0.5	NNW	2.0	0.3

註：風速小於 6.4kph 佔 4.8%，風速大於 50kph 可忽略不計。

二、For the determination of runway orientation, assuming that the 5-year data of wind velocity and wind direction (in percentage) are listed below. (a) Please use wind rose method to find the proposed orientation. **Please include the approximate results of wind coverage calculation.** (b) To confirm with FAA crosswind standards, please determine the required

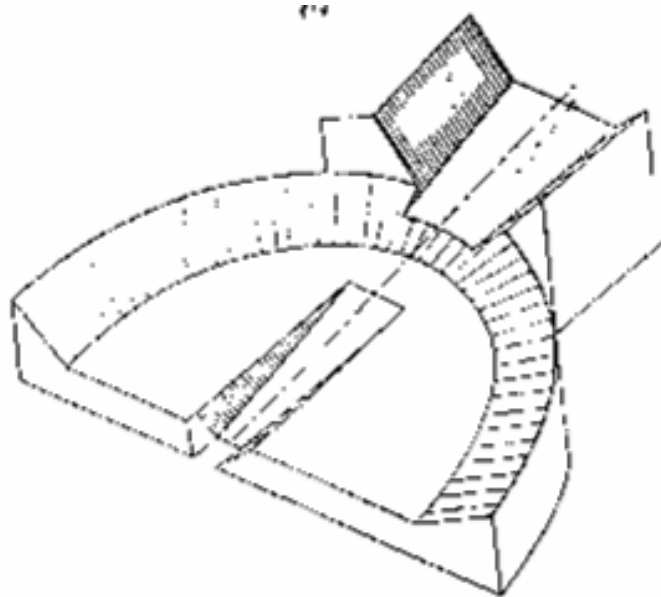
number of runways and mark on both ends using runway numbering method. (15%)

direction	velocity 6.4~24 kph	velocity 24~50 kph	direction	velocity 6.4~24 kph	velocity 24~50 kph
N	5.1	1.4	E	1.7	0.1
NNE	5.7	2.4	ESE	2.8	0.2
NE	5.1	2.3	SE	8.3	5.3
ENE	4.2	2.5	SSE	5.0	1.4
S	3.5	1.0	W	6.1	3.7
SSW	1.4	0.1	WNW	6.6	7.8
SW	2.6	0.3	NW	2.8	0.7
WSW	2.3	0.5	NNW	2.0	0.3

Note: Percentage of wind velocity less than 6.4 kph is 4.8%; percentage of wind velocity greater than 50 kph is negligible.

三、何謂飛航空域之假想面？依據美國聯邦飛航總署(FAA)之定義，在附圖中請指出各假想面之中英文名稱(10%)

三、Please state the definition of civil airport imaginary surfaces? Based on FAA standards, please point out and write down the name of each imaginary surface on the following figure. (10%)



- 1、飛機之起降作業，在落地時應儘可能以逆風方式降落，在起飛時應儘可能可能以_____ (順風或逆風)方式起飛。增建一條平行跑道，是否可以增加風頻涵蓋率？_____ (可、不可)
- 2、Because of the obvious advantages of landing and taking off into the wind, runways are oriented _____ (parallel or perpendicular) to the direction of prevailing winds. Adding a parallel runway will

increase wind coverage? _____ (yes or no)

- 3、 影響跑道容量之因素主要有： _____、 天候狀況、
_____、 與跑道之佈設。
- 4、 The major factors affecting runway capacity include: weather and
_____, number and configuration of runways,
_____, arrival/departure ratio, touch-and-go
operations, and number and location of runways exists.