

出國報告（出國類別：實習）

「國際民航組織儀航程序設計規範
初訓」出國報告書

服務機關：民用航空局 飛航服務總臺

姓名職稱：陳翊崑 管制員

派赴國家：新加坡

出國期間：105 年 1 月 10 日至 2 月 13 日

報告日期：105 年 3 月 13 日

目 錄

目 錄.....	i
壹、目的.....	1
貳、過程.....	1
參、學習內容與心得	5
一、國際民航組織 8168 號文件	5
二、儀航程序	6
三、非精確儀器進場程序	14
四、精確進場程序	23
五、離場程序	28
六、實作課程	32
肆、建議事項.....	35

壹、目的

近年來臺北飛航情報區之航行量不斷增加，持續維持飛航安全水準為最重要之任務。儀航程序與飛航安全及航管作業息息相關，相關設計人員需經專業訓練及實務累積，藉此「國際民航組織儀航程序設計規範初訓」課程培育儀航程序設計人才，提升儀航程序設計人力資源，提供各界滿意之民航服務。

貳、過程

本次參與進修課程為新加坡民航學院(Singapore Aviation Academy)開設之「國際民航組織儀航程序設計規範初訓(ICAO PANS-OPS Instrument Procedures Design Module 1: General Criteria and Conventional Practices)」，共 18 位學員參加(圖 2.1)，由於課程開課時間因故由 2015 年異動至 2016 年初，本次學員數為有史以來最少，往年約有 30 位學員。本次 18 位學員中有 12 位學員於第一階段初訓後繼續第二階段 3 週課程。參訓學員其中 6 位為政府民航單位派訓，6 位為政府軍事單位派訓，5 位為私人企業派訓，1 位自費研習。顯示各機構皆非常重視儀航程序設計人才之培育。



圖 2.1 2016 年國際民航組織儀航程序設計規範初訓學員與教職員合照

研習課程共計五週，1 月 10 日搭乘長榮 225 班機前往新加坡，2 月 13 日搭乘長榮 226 班機返國。課程除了文件講授外，包含 3 次實作課程(程序設計與成果簡報)，2 次期中測驗及 1 次期末測驗，實作課程及測驗成績皆達 70 分以上才可取得結業證書。(因課程進度關係，離場程序實作部分取消)，表 2.1 為本次課程表。

表 2.1 2016 年國際民航組織儀航程序設計規範初訓課程表

日期	課程內容
1 月 11 日	開訓報到、環境介紹、師資及學員自我介紹 PANS-OPS 文件架構 Review of mathematics for procedure design Review of aviation principles and navigation fundamentals for procedure design

1 月 12 日	General criteria Bank angle, turn rate, turn radii calculations and plotting ICAO wind spiral calculation and construction
1 月 13 日	Forming Fixes Applications NAV tolerance (VOR, NDB, DME) Fix tolerance area Minimum Obstacle Clearance construction and calculations
1 月 14 日	Initial approach segment Intermediate approach segment straight
1 月 15 日	Final approach segment Course Reversal Template Application
1 月 18 日	Racetrack construction Missed approach straight
1 月 19 日	Missed approach intermediate phase Missed approach turning Turn at altitude/turn at height
1 月 20 日	Missed approach turning 期中考試
1 月 21 日	Non-precision approach procedure design lab
1 月 22 日	Non-precision approach procedure design lab
1 月 25 日	Non-precision approach procedure design lab
1 月 26 日	Non-precision approach procedure design lab Precision Approach general principles OAS application and calculation

1 月 27 日	Precision Approach Desk Exercise OAS application and calculation Missed Approach Straight
1 月 28 日	Turning Missed Approach
1 月 29 日	Collision Risk Model CRM Exercise Precision Approach Criteria Review 期中考試
2 月 1 日	Precision approach procedure design lab
2 月 2 日	Precision approach procedure design lab
2 月 3 日	Precision approach procedure design lab
2 月 4 日	Precision approach procedure design lab Presentations and Critique Departures general criteria
2 月 5 日	Departure OIS Obstacle assessment Departure procedure design lab
2 月 10 日	Departure procedure design lab
2 月 11 日	Final review 期末考試
2 月 12 日	Charting and visibility considerations helicopter conventional procedures Certifications 結業式

師資：

本次課程授課講師仍為 Ralph Sexton 先生。Sexton 先生於 1994 年退休後，持續參與 ICAO 及 FAA 相關儀航程序規範文件之編修，並於美國及新加坡教授儀航程序設計。本次課程結束後，Sexton 先生將不再執教。

雖然講師 Sexton 先生為美國籍，但其授課方式較接近東方傳統教學。Sexton 先生於課程中手寫板書，學員將內容抄寫成筆記，等學員皆抄寫完畢無疑問之後，Sexton 先生才會講授下一章節。Sexton 先生認為若授課內容以 PowerPoint 投影片播放方式，學員課堂上較易分心，將等著複製 PowerPoint 檔案，而非積極參與課程。雖然抄寫筆記之授課進度較為緩慢但相對較為札實，確實有助於瞭解及記憶繁複之設計規範。

參、學習內容與心得

一、國際民航組織 8168 號文件

PANS-OPS (Procedures for Air Navigation Services-Operations) 關於飛航服務程序及航空器作業相關規範訂於國際民航組織 8168 號文件。8168 號文件分為 2 卷 (Volume I 及 Volume II)，第 1 卷為飛航程序(Flight Procedures)，規範個別飛行員操作、導航及依據航空器性能之程序設計，最新版本為 2010 發行之第 5 版。第 2 卷為目視及儀器飛航程序設計(Construction of Visual and Instrument Flight Procedures)，規範目視及儀器飛航程序制定標準，最新版本為 2014 年發行之第 6 版。

本次課程研習內容以 8168 號文件第 2 卷為主軸。8168 號文件內容之編排方式最上層為 Part，例如 Part I General、Part II Conventional procedures 等，Part 之下分列各 Section (Section 2、Section 4 等)，各 Section 之下分列各 Chapter (Chapter 3、Chapter 5 等)，Chapter 內為各段落 Paragraphs (3.1、4.3 等)。頁碼安排則依據上述架構編排，例如頁碼 I-4-5-2 為 Part I-Section 4-Chapter 5 第 2 頁。個段落內的圖表

亦同，例如 Figure II-3-2-3 為 Part II-Section 3-Chapter 2 圖 3。

二、儀航程序

國際民航組織儀航程序設計規範初訓課程教授之三類程序設計，依序分別為非精確儀器進場程序（Non-precision approach, NPA）、精確儀器進場程序（Precision approach, PA）及離場程序。

儀器進場程序（Instrument Approach Procedure, IAP）為利用地面助導航設施，將航空器由航路階段銜接至降落於跑道或是執行重飛之飛行路徑，此路徑需考量航空器特性，助導航裝備特性及與地障之隔離。非精確儀器進場程序（NPA）與精確儀器進場程序（PA）之差異在於有無垂直路徑助導航設施之引導（vertical guidance），含有垂直路徑引導設施之程序為精確儀器進場程序，非精確儀器進場程序則僅有水平路徑之助導航設施。非精確儀器進場程序（NPA）設計參考之地面助導航設備為特高頻多向導航台（VOR）、歸航台（NDB）及測距儀（DME）等，而精確儀器進場程序（PA）設計除了使用上述各助導航設施之外，必須加入提供垂直路徑引導之儀器降落系統（ILS）、微波降落系統（MLS）或 GCA 等地面助導航設備。

程序設計過程需考量所使用之助導航特性，透過三角函數及各種相關方程式計算得到程序中各項數據。於計算數據時，須特別留意所使用之單位以及單位間之轉換，避免將公尺與呎混淆；此外，對於計算結果小數位數之捨去(round down)或進位(round up)須百分之百正確，例如推算隔離時須進位，評估可允許之障礙物高度則選擇捨去。一連串之計算則必須確認是否皆使用調整過後之數據，若部分數據採用調整，部分未調整，將得到錯誤之結果。

程序設計規畫必須配合各類航空器特性。航空器載有最大落地重量時，依其通過跑道頭(Threshold)之指示空速(IAS)大小分為 5 類，如下表 3.2.1，直昇機為第 6 類(Category H)。目前無 E 類商用航空器。

表 3.2.1

類別	指示空速(IAS)
Category A	IAS < 91KT
Category B	91KT ≤ IAS < 121KT
Category C	121KT ≤ IAS < 141KT
Category D	141KT ≤ IAS < 166KT
Category E	166KT ≤ IAS < 211KT

於整段程序設計中，當考慮轉彎路徑時，皆須考量風對飛行路徑之影響。規劃轉彎路徑時須先計算轉彎率(Turn Rate, R)。使用 SI 單位之計算公式為 $R = (6355 \tan \alpha) / \pi v$ ， α 為 Bank Angle， v 為 TAS (KPH)；NON-SI 單位公式為 $R = (3431 \tan \alpha) / \pi v$ ， v 為 TAS (KT)， R 為每秒轉彎度數(DEG/Second)，最大不可超過 $3.0 \text{ } ^\circ/\text{sec}$ 。由轉彎率可算出轉彎半徑 r (Turn Radius)，公式為 $r = v / 20\pi R$ 。

特定風速之下，航機受各方向(Omni-Direction)風影響後之路徑可由風螺旋模式推算。 $E_\theta = W \times \theta / 3600 \times R$ ， E_θ 為航機轉彎 θ 角度，受風速 W 影響之後所偏離的距離。由無風時之路徑加計偏離之距離，可得到考慮各方向風影響後之路徑(圖 3.2.1)即為風螺旋。

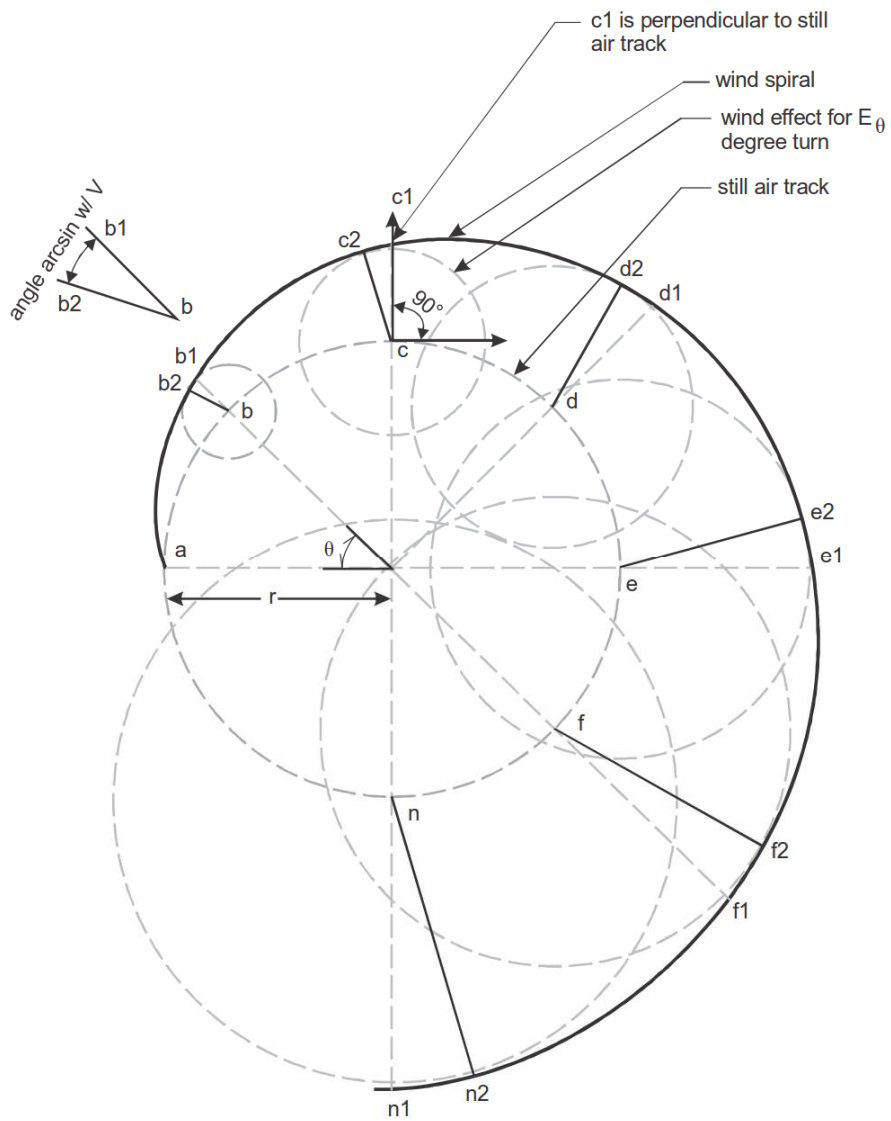


圖 3.2.1 風螺旋示意圖。

計算轉彎之保護區域時，需同時計算保護區域左邊界及右邊界之風螺旋，並於轉彎結束位置之切線向外延伸 15 度之保護區域(圖 3.2.2)。

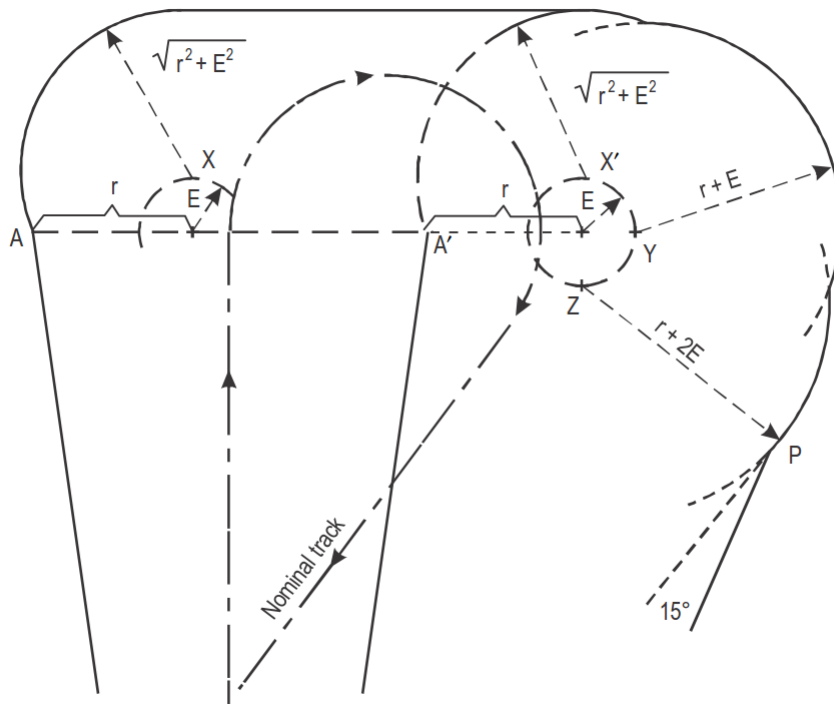


圖 3.2.2 風螺旋保護區域。

儀器進場程序(非精確儀器進場程序及精確儀器進場程序)之飛行路徑設計
 考量包括 5 個階段(圖 3.2.3)，分別為

- 到場階段 (Arrival Segment)
- 最初進場階段 (Initial Approach Segment)
- 中間進場階段 (Intermediate Approach Segment)
- 最後進場階段 (Final Approach Segment)
- 誤失進場階段 (Missed Approach Segment)

表 3.2.2 非精確儀器進場及精確儀器進場程序之比較表

	階段功能	非精確儀器進場程序	精確儀器進場程序
到場階段 (Arrival Segment)	銜接航路與 進場程序(並 非所有程序)	由航路定位點(Arrival Fix)至最初進場點 (Initial Approach Fix,	由航路定位點(Arrival Fix)至最初進場點 (Initial Approach Fix,

	皆包含此階段)	IAF) 間之路徑	IAF) 間之路徑
最初進場階段 (Initial Approach Segment)	提供航空器調整至終端降落狀態(所有程序必須包含此階段，程序內可設計多個最初進場階段)	由最初進場點 IAF 至中間進場點 (Intermediate Fix, IF) 間之路徑	由最初進場點 IAF 至中間進場點 (Intermediate Fix, IF) 間之路徑
中間進場階段 (Intermediate Approach Segment)	提供航空器調整速度及外型以進行最後下降(並非所有程序皆包含中間進場階段)	自中間進場定位點 (IF) 至最後進場定位點 (Final Approach Fix, FAF) 間之路徑	自中間進場定位點 (IF) 至最後進場定位點 (Final Approach Fix, FAF) 間之路徑
最後進場階段 (Final Approach Segment) 或精確階段 (Precision Segment)	到達跑道前之最後下降階段(所有程序必須包含此階段，而且僅有唯一)	自最後進場定位點 (FAF) 至誤失進場點 (MAPt) 間之路徑，在此階段中需完成對正跑道及下降，若航空器在最低下降高度無	自最後進場點 (Final Approach Point, FAP) 至誤失進場階段 (Missed Approach Segment) 之中間誤失進場時期 (Intermediate Missed

		<p>法目視跑道時，則須保持最低下降高度，直至誤失進場點（MAPt），實施誤失進場程序</p>	<p>Approach Phase）間之路徑，在此路徑中須加入下滑道及下降高度，並於必要時實施誤失進場</p>
<p>誤失進場階段（Missed Approach Segment）</p>	<p>將航空器由最後進場狀態回復至爬升狀態並將路徑銜接至待命點或航路定位點(所有程序必須包含此階段，而且僅有唯一)</p>	<p>誤失進場點（MAPt）後之路徑，包括直線誤失進場及轉彎誤失進場</p>	<p>僅包含最後誤失進場時期（Final Missed Approach Phase）</p>

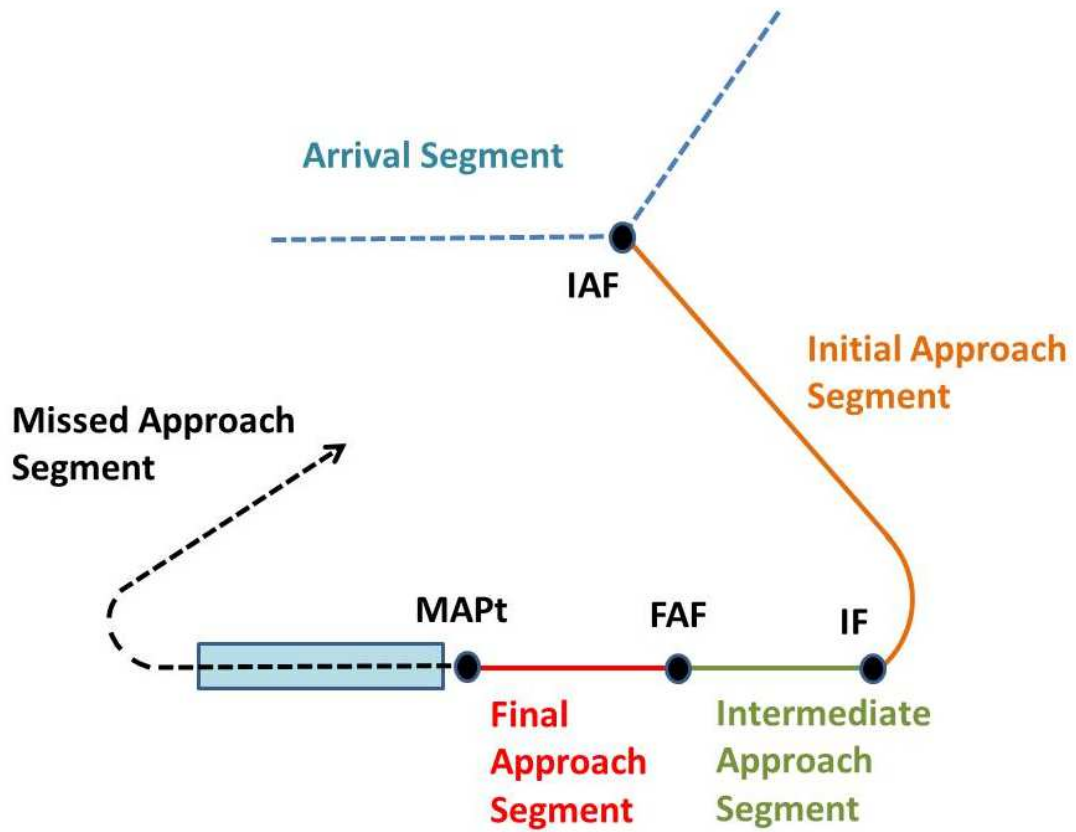


圖 3.2.3 儀器進場程序階段示意圖

各階段程序設計所採用之航空器速度範圍如下表 3.2.3(使用之速度單位為 km/h)及表 3.2.4(使用之速度單位為 Knot)。

表 3.2.3 航空器速度範圍表(km/h)

Aircraft category	V_{at}	Range of speeds for initial approach	Range of final approach speeds	Max speeds for visual manoeuvring (circling)	Max speeds for missed approach	
					Intermediate	Final
A	<169	165/280(205*)	130/185	185	185	205
B	169/223	220/335(260*)	155/240	250	240	280
C	224/260	295/445	215/295	335	295	445
D	261/306	345/465	240/345	380	345	490
E	307/390	345/467	285/425	445	425	510
H	N/A	130/220**	110/165***	N/A	165	165
Cat H (PinS)***	N/A	130/220	110/165	N/A	130 or 165	130 or 165

V_{at} Speed at threshold based on 1.3 times stall speed V_{so} or 1.23 times stall speed V_{slg} in the landing configuration at maximum certificated landing mass. (Not applicable to helicopters.)

* Maximum speed for reversal and racetrack procedures.

** Maximum speed for reversal and racetrack procedures up to and including 6 000 ft is 185 km/h and maximum speed for reversal and racetrack procedures above 6 000 ft is 205 km/h.

*** Helicopter point-in-space procedures based on GNSS may be designed using maximum speeds of 220 km/h for initial and intermediate segments and 165 km/h on final and missed approach segments or 165 km/h for initial and intermediate segments and 130 km/h on final and missed approach depending on the operational need. Refer to Part IV, Chapter 2.

Note.— The V_{at} speeds given in column 2 of this table are converted exactly from those in Table I-4-1-2, since they determine the category of aircraft. The speeds given in the remaining columns are converted and rounded to the nearest multiple of five for operational reasons and from the standpoint of operational safety are considered to be equivalent.

表 3.2.4 航空器速度範圍表(knot)

Aircraft category	V_{at}	Range of speeds for initial approach	Range of final approach speeds	Max speeds for visual manoeuvring (circling)	Max speeds for missed approach	
					Intermediate	Final
A	<91	90/150(110*)	70/100	100	100	110
B	91/120	120/180(140*)	85/130	135	130	150
C	121/140	160/240	115/160	180	160	240
D	141/165	185/250	130/185	205	185	265
E	166/210	185/250	155/230	240	230	275
H	N/A	70/120**	60/90***	N/A	90	90
Cat H (PinS)***	N/A	70/120	60/90	NA	70 or 90	70 or 90

V_{at} Speed at threshold based on 1.3 times stall speed V_{s0} or 1.23 times stall speed V_{slg} in the landing configuration at maximum certificated landing mass. (Not applicable to helicopters.)

* Maximum speed for reversal and racetrack procedures.

** Maximum speed for reversal and racetrack procedures up to and including 6 000 ft is 100 kt and maximum speed for reversal and racetrack procedures above 6 000 ft is 110 kt.

*** Helicopter point-in-space procedures based on GNSS may be designed using maximum speeds of 120 KIAS for initial and intermediate segments and 90 KIAS on final and missed approach segments or 90 KIAS for initial and intermediate segments and 70 KIAS on final and missed approach depending on the operational need. Refer to Part IV, Chapter 2.

Note.— The V_{at} speeds given in column 2 of Table I-4-1-1 are converted exactly from those in this table, since they determine the category of aircraft. The speeds given in the remaining columns are converted and rounded to the nearest multiple of five for operational reasons and from the standpoint of operational safety are considered to be equivalent.

三、非精確儀器進場程序

設計非精確儀器進場程序各個階段(Segment)時，皆須考量 5 項參數 (Parameters) 包括：

1. 路徑走向設定 (Alignment)
2. 路徑長度 (Length)
3. 下降梯度 (Decent Gradient)
4. 保護區域 (Area)
5. 最低障礙物隔離 (Minimum Obstacle Clearance, MOC)

以下分別說明不同階段各參數之設計規範

3.1 最初進場階段 (Initial Approach Segment)

1. 路徑走向設定 (Alignment) :

由 IAF 進入最初進場階段之路徑轉彎角度最大為 120 度。依照不同轉向角度，需考量 DTA(Distance to Turn Anticipation)(圖 3.3.1)，DTA 計算公式為 $DTA = r * \tan \frac{\alpha}{2}$ (r 為轉彎半徑， α 為轉彎角度)。當轉彎角度大於 70 度時，於轉彎航點前 2NM 需設置告警點(Turn Lead Point)。圖(3.3.2)

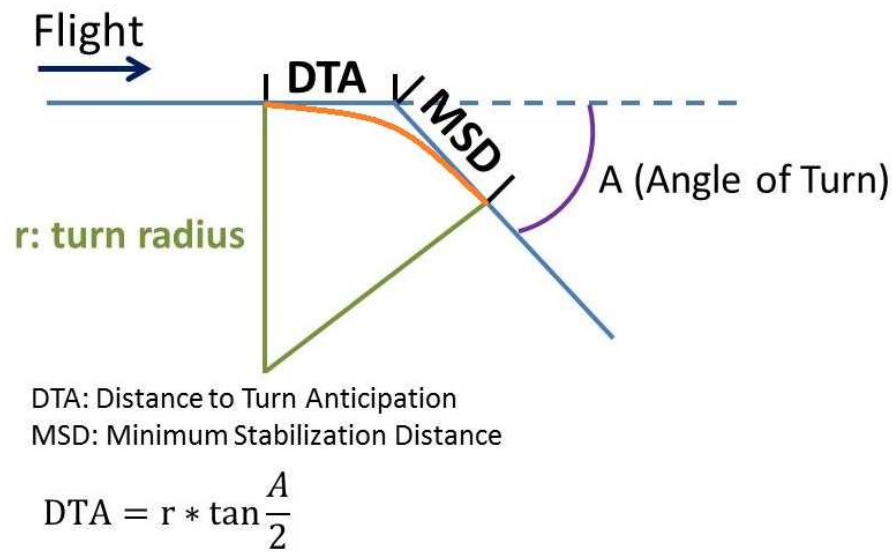


圖 3.3.1 DTA (Distance to Turn Anticipation)示意圖

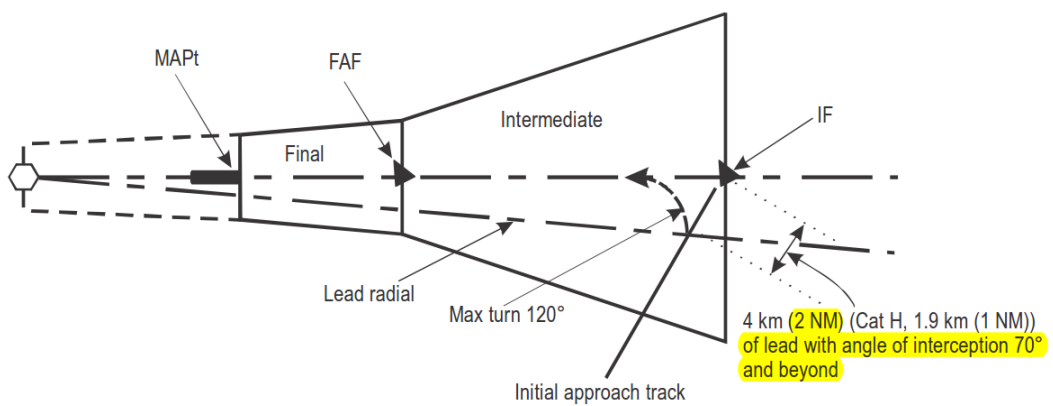


圖 3.3.2 Turn Lead Point 示意圖

2. 路徑長度 (Length)

路徑長度定義為航點至航點間之距離，但實際有效之長度為航點間距離減去 DTA 及 MSD 之長度。最初進場階段無最大路徑長度限制，惟勿超過助導航設備所能提供服務之範圍。最小所需距離則須考量轉彎角度及下降率設定等。

3. 下降梯度 (Decent Gradient)

下降梯度的計算為垂直改變量除以距離改變量，以百分比表示，或是以 FT/NM 表示。最初進場階段最佳下降梯度為 4%(下降角度約為 2.3 度)，最大下降梯度為 8%。

4. 保護區域 (Area)

在保護區域內，必須提供與障礙物間有足夠隔離。保護區域寬度為路徑中心線往左右各 5NM(Semi-Width)。5NM Semi-Width 等分為主區域(Primary Area)及副區域(Secondary Area)，各 2.5 NM。因 VOR 助航臺的特性，若使用由 VOR 定義之航點，則距離 VOR 36.5NM 外之保護區域 Semi-Width 為 $D \tan 7.8^\circ$ ，D 為與 VOR 之距離。因 NDB 助航臺的特性，若使用由 NDB 定義之航點，則距離 NDB 27.5NM 外之保護區域 Semi-Width 為 $D \tan 10.3^\circ$ ，D 為與 NDB 之距離(圖 3.3.3)。主區域及副區域仍為 Semi-Width 等分。

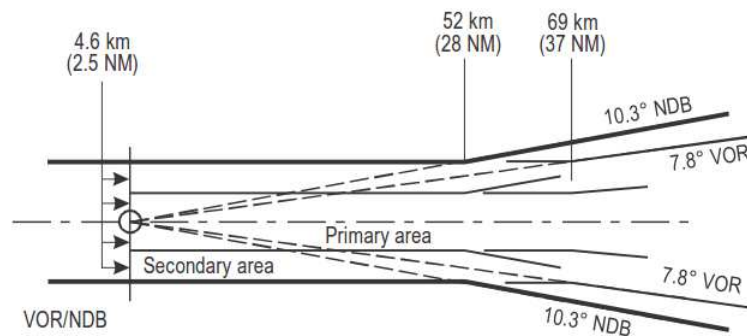


圖 3.3.3 以 VOR/NDB 為 IAF 時之保護區域示意圖

5. 最低障礙物隔離 (Minimum Obstacle Clearance, MOC)

最初進場階段主區域(Primary Area)之最低障礙物隔離為 300 公尺(984FT)。副區域(Secondary Area)則由航線內側自 300 公尺線性向外遞減至 0 公尺。

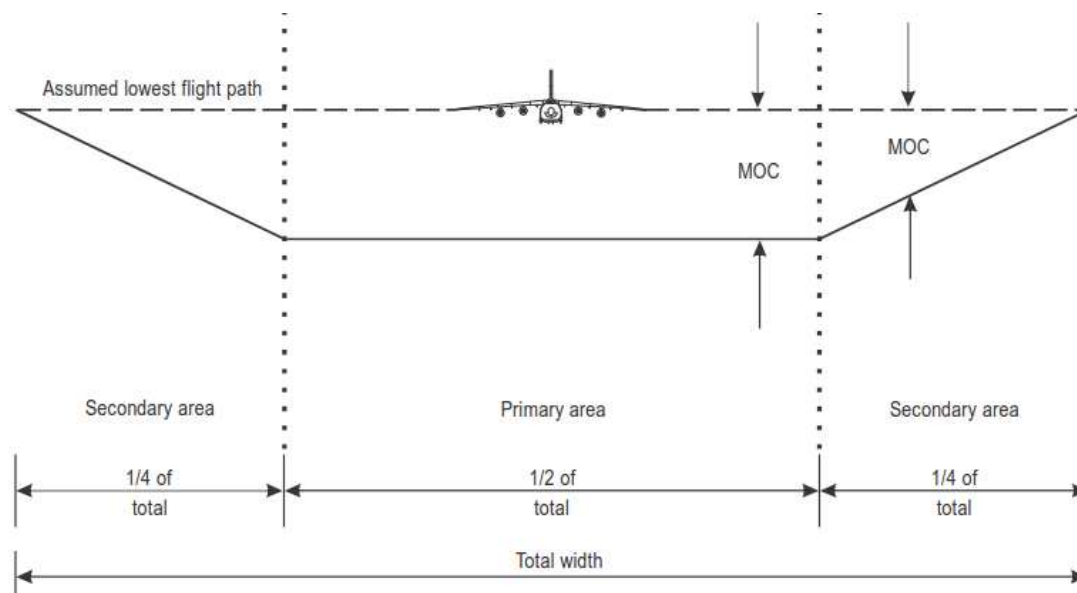


圖 3.3.4 Primary Area 及 Secondary Area 示意圖

3.2 中間進場階段

1. 路徑走向設定 (Alignment):

由 IF 點轉進中間進場階段之路徑轉彎角度最大為 120 度，與最初進場階段相同。當轉彎角度大於 70 度時，於轉彎航點前 2NM 需設置告警點。

2. 路徑長度 (Length):

中間進場階段最佳路徑長度為 10 NM；最大不可大於 15 NM，最短不可小於 5 NM，若轉彎角度大於 90 度，則依表 3.3.1 所示調整最小之路徑長度，例如轉彎角度介於 109 至 114 度之間，最短路徑長度為 9 NM。

表 3.3.1 攔截角度與最短路徑長度

<i>Interception angle (degrees)</i>	<i>Minimum track length</i>
91 — 96	11 km (6 NM)
97 — 102	13 km (7 NM)
103 — 108	15 km (8 NM)
109 — 114	17 km (9 NM)
115 — 120	19 km (10 NM)
Cat H	
61 — 90	5.6 km (3 NM)
91 — 120	7.4 km (4 NM)

3. 下降梯度 (Decent Gradient)

中間進場階段最佳下降梯度為 0%，即為平飛階段，以利進行航空器速度及外型調整至符合最後落地階段(目前大型商用航空器之性能已不需要此平飛階段，階段式下降消耗較多油料)。最大下降梯度為 5.2%(約為 3 度下降率)，進入最後進場階段前之 1.5 NM 須保持平飛。

4. 保護區域 (Area)

保護區域邊界由 IF 點之保護區域邊界連接(Semi-Width 為 5 NM)至 FAF 點之保護區域邊界(圖 3.3.5)，FAF 點之 Semi-Width 依助導航設施而異，特高頻多向導航臺(VOR)之 semi-width 為 1.0 NM，歸航臺為 1.25 NM。

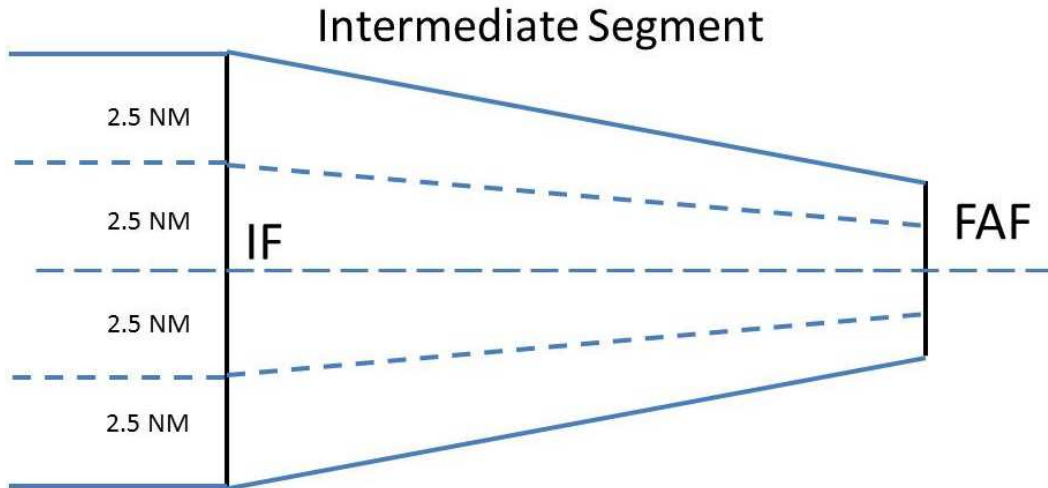


圖 3.3.5 中間進場階段保護區域示意圖

5. 最低障礙物隔離 (Minimum Obstacle Clearance, MOC)

中間進場階段主區域(Primary Area)之最低障礙物隔離為 150 公尺(492 FT)。副區域(Secundary Area)則由航線內側自 150 公尺線性向外遞減至 0 公尺。

3.3 最後進場階段 (Final Approach Segment)

1. 路徑走向設定 (Alignment) :

由 FAF 點轉進最後進場階段之路徑轉彎角度最大為 30 度(A,B,C,D 類航空器)。若因使用之助導航設施非於跑道中心線上，則最後進場階段路徑(Final Track to Runway, FAT)與跑道中心線之最大角度為 30 度(A 類及 B 類航空器)或 15 度(C 類及 D 類航空器) (圖 3.3.6)，若轉彎超過上述角度，則採環繞進場 (Circling approach)。

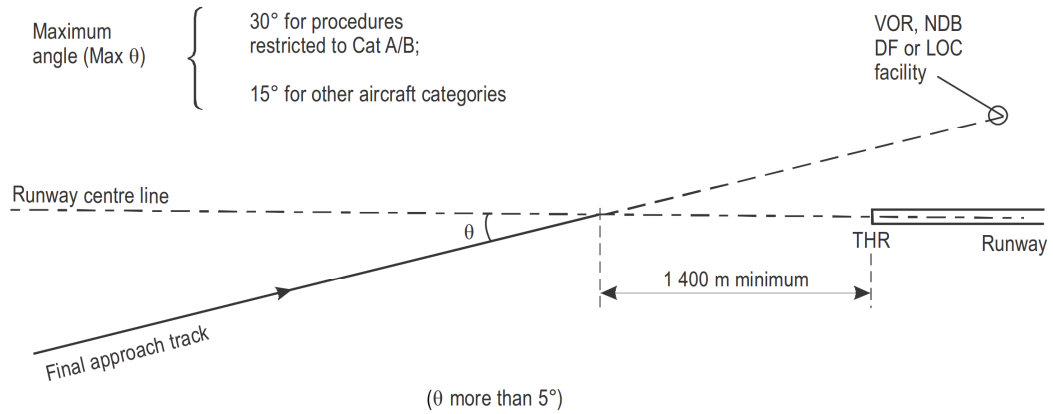


圖 3.3.6 最後進場航線（FAT）與跑道中心線夾角大於 5 度之規範

若因使用之助導航設施位置，使最後進場階段路徑（FAT）與跑道中心延伸線夾角小於 5 度時，則於距離跑道頭（THR）1400 公尺處，二線之距離不可超過 150 公尺(圖 3.3.7)。

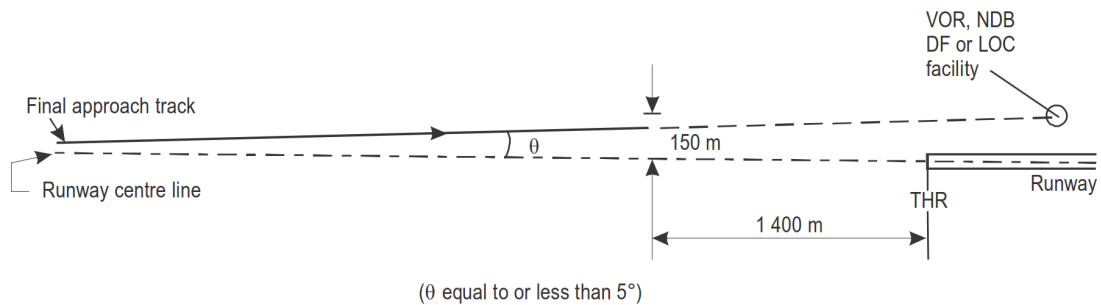


圖 3.3.7 最後進場航線（FAT）與跑道中心線夾角小於 5 度之規範

2. 路徑長度 (Length) :

最後進場階段最佳路徑長度為 5 NM，最短長度至少 3 NM，採用過長之路徑時，需考量所參考之高度表撥定值。

3. 下降梯度 (Descent Gradient)

最後進場階段下降梯度計算方式為自 FAF 點之高度扣除機場標高及扣除航空器於跑道頭之高度(50 FT)，計算公式為

$$\text{Gradient} = (\text{FAF Altitude} - \text{Runway Elevation} - 50 \text{ FT}) / \text{FAF to Threshold}$$

最後進場階段最佳(亦為最小)之下降梯度為 5.2%(下降角度約為 3 度)，A 類及 B 類航空器最大下降梯度為 6.5%(下降角度約為 3.71 度)，C 類及 D 類航空器最大下降梯度為 6.1%(下降角度約為 3.49 度)。

4. 保護區域 (Area)

保護區域寬度依參考之助導航設施而異。FAF 點設於特高頻多向導航臺 (VOR) 之 semi-width 為 1.0 NM，以 7.8 度向外延伸至 20 NM，此處 semi-width 為 3.74 NM。FAF 點設於歸航臺之 semi-width 為 1.25NM，以 10.3 度向外延伸至 15 NM，此處 semi-width 為 3.74 NM。

5. 最低障礙物隔離 (Minimum Obstacle Clearance, MOC)

若設有最後進場定位點 (FAF)，最後進場階段主區域 (Primary Area) 之最低障礙物隔離為 75 公尺 (246FT)。副區域 (Secondary Area) 則由航線內側自 75 公尺線性向外遞減至 0 公尺。若無最後進場定位點，主區域之最低障礙物隔離為 90 公尺 (295FT)，副區域則由航線內側自 90 公尺線性向外遞減至 0 公尺。

3.4 誤失進場階段 (Missed Approach Segment)

當航機於最後進場階段無法繼續進場落於跑道時，由誤失進場定位點 (MAPt)，爬升至特定高度，並至指定之待命航線、至某指定定位點繼續另一程序或重新加入航路。每個進場程序均會設計一個誤失進場程序，航機無法順利降落時使用。

誤失進場階段航線與最後進場階段路徑 (FAT) 之夾角小於 15 度為直線誤失進場 (Straight Missed Approach)，夾角大於 15 度為轉彎誤失進場 (Turning Missed Approach)。

誤失進場階段分為三個時期(Phase)，分別為最初誤失進場時期(Initial Missed Approach Phase)、中間誤失進場時期(Intermediate Missed Approach Phase)及最後誤失進場時期 (Final Missed Approach Phase)

最初誤失進場時期(Initial Missed Approach Phase)自誤失進場點(MAPt)至起始爬升點(Start Of Climbing, SOC)間止。MAPt 至 SOC 之距離計算公式為：

$MAPt\ to\ SOC = ATT + X + d$ ，ATT 為助導航設施之沿航跡容許值(Along Track Tolerance, ATT)；駕駛員操作反應時間 X 為 3 秒，航空器反應時間 d 為 15 秒。最初誤失進場時期之最低障礙物隔離(MOC)與最後進場階段之最低障礙物隔離(MOC)相同(75 公尺或 90 公尺)。

中間誤失進場時期(Intermediate Missed Approach Phase)始於起始爬升點(SOC)之爬升階段，至建立並維持最低障礙物隔離(MOC)達 50 公尺以上止。中間誤失進場時期，依航線角度分為直線誤失進場(Straight Missed Approach)或轉彎 誤失進場(Turning Missed Approach)。

直線誤失進場 (Straight Missed Approach)：中間誤失進場時期與最初誤失進場時期夾角不得超過 15 度。爬升率為 2.5%。主區域之最低障礙物隔離(MOC)為 30 公尺，副區域則由航線內側自 30 公尺線性向外遞減至 0 公尺。圖 3.3.8 為誤失進場各階段之最低障礙物隔離(MOC)。

轉彎誤失進場(Turning Missed Approach)：當最後進場航線 (FAT) 與誤失進場航線兩者夾角超過 15 °者，稱為轉彎誤失進場。分為於特定高度轉彎 (Turn at TNA/H) 及於定位點 / 助航設施點轉彎 (Turn at Fix / Facility) 二類。

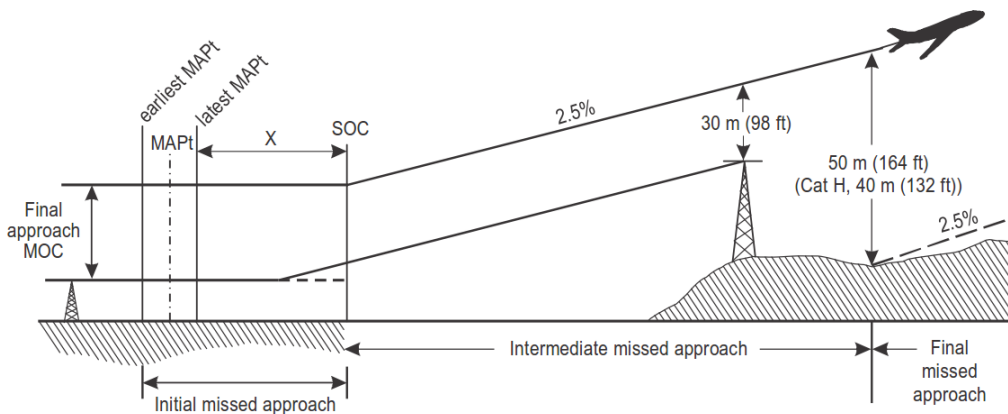


圖 3.3.8 誤失進場各階段之低障礙物隔離(MOC)

四、精確進場程序

最初進場階段各項參數除了路徑走向設定 (Alignment) 外，均與非精確進場之最初進場階段相同。由 IAF 進入最初進場階段之路徑轉彎角度最大為 120 度。自最初進場階段進入中間進場階段時，於中間進場定位點 (IF) 處之角度不得超過 90 度，同樣地，當轉彎超過 70 度時，於定位點前 2 NM 需設置提醒點。

中間進場階段由 IF 起始至最後進場點(FAP)結束。FAP 點為中間進場高度攔截上滑降臺(Glide Path)訊號之位置。中間進場階段之路徑須使用左右定位臺(LOC)之訊號，並已對準左右定位臺。中間進場定位點 (IF) 至 LOC 之最長距離為 25 NM，最佳距離為 5 NM。中間進場階段之保護區域寬度，由最初進場階段之保護區域寬度減縮至與障礙物評估面 (OAS) 之 X 面 (X surface) 同寬。最低障礙物隔離 (MOC) 與非精確進場中間進場階段相同。

最後進場階段 (final approach segment) 由 FAP 點至沿滑降臺(Glide Path)訊號降至障礙物間隔高度/實際高度(OCA/H)之位置。保護區域為使用障礙物評估面 (OAS) 範圍。

誤失進場階段由障礙物間隔高度/實際高度(OCA/H)之位置起始至高於跑道

頭 300 公尺為止。分為直線誤失進場（Straight missed approach）及轉彎誤失進場（Turning missed approach）兩類。直線誤失進場之保護範圍包括 OAS 模型，及 Z 平面於高度 300 公尺之位置向外延伸 15 度（圖 3.4.1）。轉彎誤失進場（Turning missed approach）分為於特定高度轉彎（Turn at TNA/H）及於定位點 / 助航設施點轉彎（Turn at Fix / Facility）二類。

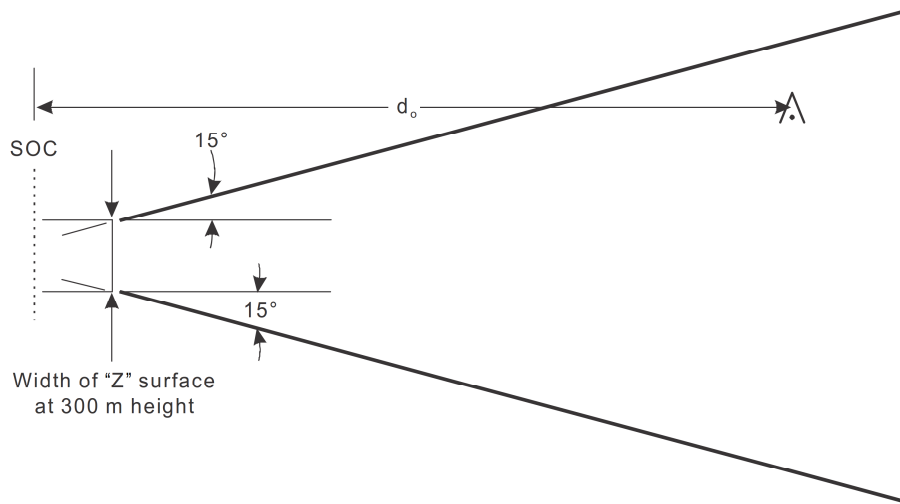


圖 3.4.1 直線誤失進場之最後階段

精確階段（precision segment）包括：最後進場階段（final approach segment）、誤失進場階段之最初誤失進場時期（Missed Approach initial phase）及中間誤失進場時期（Missed Approach intermediate phase），亦即自最後進場點（FAP）起，至爬升高度達 300 公尺處或開始實施轉彎誤失進場之高度，取其高度低者為精確階段之終點（圖 3.4.2）。

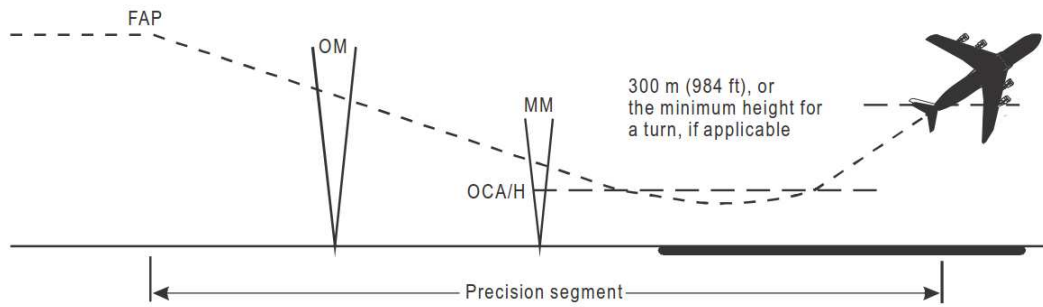


圖 3.4.2 精確階段示意圖。

障礙物評估面(Obstacle Assessment Surface, OAS)

障礙物評估面之座標系統以跑道頭為原點，依右手定則定義座標 X、Y、Z，由跑道頭朝向最後進場階段方向為正 X，由跑道頭朝向最後進場階段之左側為正 Y 方向，高於地表為正 Z 方向。航空器每次進場之路徑超出障礙物評估面之機率為 10^{-7} 。

障礙物評估面(圖 3.4.3)由 4 個平面(W、X、Y、Z)所組成，其平面方程式以方程式 $Z=AX+BY+C$ 來表示，其中係數 A、B、C 係依據滑降角度 (Glide path angle)、左右定位臺 (Localizer) 至跑道頭 (Threshold) 之距離及誤失進場爬升梯度決定。一般採用 3 度滑降角，左右定位臺 (Localizer) 至跑道頭 (Threshold) 之距離 3000 公尺，2.5 度誤失進場爬升梯度，可得各平面方程式為：

$$W \text{ 平面： } W | z = 0.0285x - 8.01$$

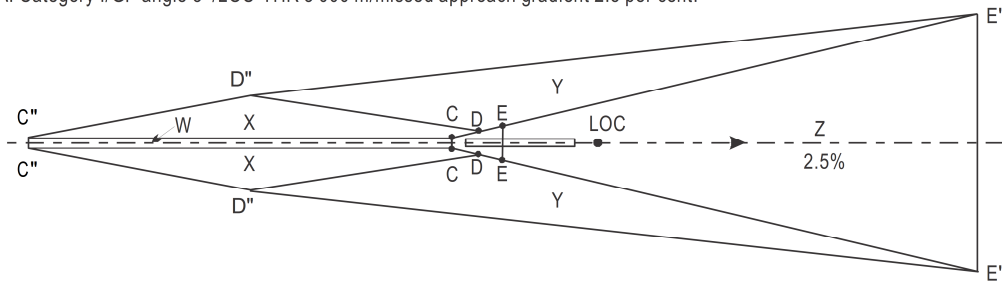
$$X \text{ 平面： } X | z = 0.027681x + 0.1825y - 16.72$$

$$Y \text{ 平面： } Y | z = 0.023948x + 0.210054y - 21.51$$

$$Z \text{ 平面： } Z | z = -0.0025x - 22.5$$

將位於障礙物評估面範圍內障礙物之 (X, Y, Z) 座標資料，代入上述四平面方程式，可得主要影響平面 (Controlling surface) 為何、關鍵障礙物 (Critical obstacle) 及突出高度 (Penetration)，進而決定障礙物間隔高度/實際高度 (OCA/H)。

A. Category I/GP angle 3°/LOC-THR 3 000 m/missed approach gradient 2.5 per cent.



Equations of the obstacle assessment surfaces:

$$\begin{aligned} W | z &= 0.0285x - 8.01 \\ X | z &= 0.027681x + 0.1825y - 16.72 \\ Y | z &= 0.023948x + 0.210054y - 21.51 \\ Z | z &= -0.025x - 22.50 \end{aligned}$$

Coordinates of points C, D, E, C'', D'', E'', (m)

	C	D	E	C''	D''	E''
x	281	-286	-900	10 807	5 438	-12 900
y	49	135	205	96	910	3 001
z	0	0	0	300	300	300

圖 3.4.3 障礙物評估面(OAS)模型示意圖

計算障礙物隔離高度 (OCH)時，將障礙物分為進場障礙物 (approach obstacle) 及誤失進場障礙物 (Missed approach obstacle) 兩類。進場障礙物 (approach obstacle) 之 OCH 為障礙物高度(Ho)加計航空器高度損失 (Height Loss)。誤失進場障礙物之 OCH 為 Ha 加計航空器高度損失， $H_a = \frac{H_{ma} \cdot \cot Z - (Xz - X)}{\cot Z + \cot \theta}$ ，其中 Hma 為誤失進場障礙物高度，X 為誤失進場障礙物之 X 座標，Z 為誤失進場之爬升角度 ($\cot Z = 40$)， θ 為滑降角度 (Glide path angle)， $Xz = -900$ 。計算所得最大之 OCH 為關鍵障礙物。

航空器高度損失 (Height Loss) 為航空器實施誤失進場，執行爬升指令後，由於下降階段之慣性作用及航空器外型調整，仍持續下降一段時間後才轉為爬升，此期間之下降高度即為高度損失 (HL) (表 3.4.1)。此外，在下述兩種情況下，須對每一航空器種類 (category) 之高度損失 (HL) 進行校正：

機場標高 (Elevation) 超過 900 公尺，高度損失校正量為：

$$(2\% \text{ Radio Altimeter HL}) * \frac{\text{Airport Elevation}}{300 M}$$

$$\text{滑降角度 (GP) 超過 } 3.2^\circ \text{，且低於 } 3.5^\circ \text{，高度損失校正量為：} 5\% * \left(\frac{GP - 3.2}{0.1} \right) *$$

(Radio Altimeter HL)

表 3.4.1

<i>Aircraft category (V_{at})</i>	<i>Margin using radio altimeter</i>		<i>Margin using pressure altimeter</i>	
	<i>Metres</i>	<i>Feet</i>	<i>Metres</i>	<i>Feet</i>
A – 169 km/h (90 kt)	13	42	40	130
B – 223 km/h (120 kt)	18	59	43	142
C – 260 km/h (140 kt)	22	71	46	150
D – 306 km/h (165 kt)	26	85	49	161
H – 167 km/h (90 kt)	8	25	35	115

Note 1.— Cat H speed is the maximum final approach speed, not V_{at} .

碰撞風險模型（Collision Risk Model， CRM）

碰撞風險模式 (CRM) 為統計資料模型，依視障礙物外型，利用立柱 (Spike) 或牆面 (Wall) 為參數進行障礙物碰撞機率模擬，圖 3.4.4 為碰撞風險模式計算結果範例。碰撞風險模型 (CRM) 除可計算航空器與障礙物之碰撞機率；亦可計算為符合低於 10^{-7} 碰撞機率，所需之障礙物間隔高度/實際高度 (OCA/H)。碰撞風險模型 (CRM) 之優點在於可快速評估各障礙物之障礙物間隔高度/實際高度 (OCA/H)，提供最低且最精確之 OCA/H。但目前國際民航組織因無法繼續維護碰撞風險模式 (CRM) 之程式，已不再提供 CRM 模式下載。

THIS IS A SUMMARY REPORT FROM THE ICAO COLLISION RISK MODEL.
 A COMPLETE REPORT WILL BE MAILED TO YOU ON
 IT IS IMPORTANT THAT INFORMATION ON THIS SUMMARY REPORT BE CHECKED
 AGAINST THE COMPLETE REPORT BEFORE ANY OFFICIAL USE IS MADE OF IT.

REQUEST TITLE: EXERCISE 2
 EXERCISE 2
 YOUR REFERENCE: TEAM 3
 ICAO REFERENCE CRM

WARNING - OFZ APPEARS TO BE PENETRATED

WARNING - 1 OBSTACLES ARE OUTSIDE THE PRECISION SEGMENT AND ARE NOT CONSIDERED.

PRELIMINARY RESULTS FOR ILS CATEGORY I

SPEED CAT.	TYPE OF REPORT	OCA/H METRES	TOTAL RISK	HIGHEST RISK IDENT	RISK OBSTACLE DESCRIPTION	RISK
A	SPECIFIED	OCH 53	5.0E-08	OBS 11	RAIL 2	4.6E-08
A	MINIMUM	OCH 52	9.0E-08	OBS 11	RAIL 2	8.2E-08
B	SPECIFIED	OCH 56	3.2E-08	OBS 11	RAIL 2	2.8E-08
B	MINIMUM	OCH 55	6.5E-08	OBS 11	RAIL 2	5.8E-08
C	SPECIFIED	OCH 59	3.1E-08	OBS 11	RAIL 2	2.6E-08
C	MINIMUM	OCH 58	6.4E-08	OBS 11	RAIL 2	5.5E-08
D	SPECIFIED	OCH 62	2.7E-08	OBS 11	RAIL 2	2.1E-08
D	MINIMUM	OCH 60	8.0E-08	OBS 11	RAIL 2	6.2E-08

圖 3.4.4 碰撞風險模式(CRM)計算結果

五、離場程序

國際民航組織 8168 號文件第 2 卷說明離場程序之章節於進場程序之前，授課順序則於課程最後講述。了解進場程序各項參數設定之後，較易理解離場程序部分。

每條跑道皆須建立離場程序，離場程序分為三類，包括：

- (1) 直線離場程序 (Straight Departure Procedure)
- (2) 轉彎離場程序 (Turning Departure Procedure)
- (3) 全方位離場程序 (Omni-Directional Departure Procedure)

離場程序自 DER (Departure End of Runway) 起始。最低障礙物隔離 (MOC) 與障礙物辨識面 (Obstacle Identification Surface, OIS) 由 DER 上方 5 公尺處開始計算。

離場程序中之最低障礙物隔離 (MOC) 為以 2.5 % 爬升梯度構成之障礙物辨識面 (OIS) 與航空器標準離場爬升梯度 3.3% 間之高度差 (0.8%)。亦即在 DER 處之最低障礙物隔離 (MOC) 為 0，距離 DER 處 dr 距離之 MOC 為 $dr \times 0.8\%$ (圖 3.5.1)。若障礙物高度凸出於 OIS，可考慮提高航空器爬升率，或是依障礙物距離，

公告起飛能見度及雲幕標準，由駕駛員目視後調整爬升率(See and Avoid)。當障礙物過高，航空器性能無法爬高超越，則設計改變離場航線方向。

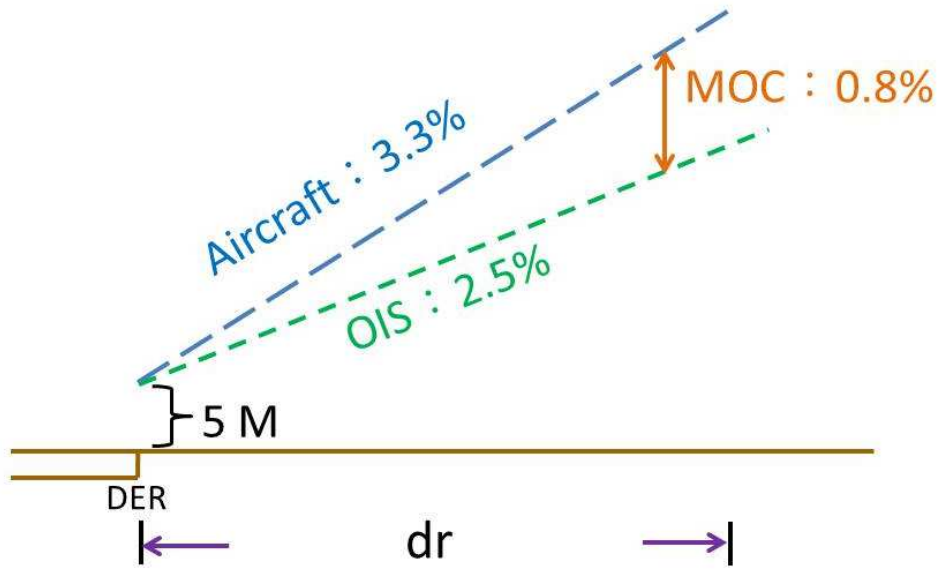


圖 3.5.1 離場程序之最低障礙物隔離 (MOC)

5.1 直線離場程序

航空器離場航線方向與跑道中心線之夾角小於 15 度為直線離場程序 (Straight Departure Procedure) (圖 3.5.2)。

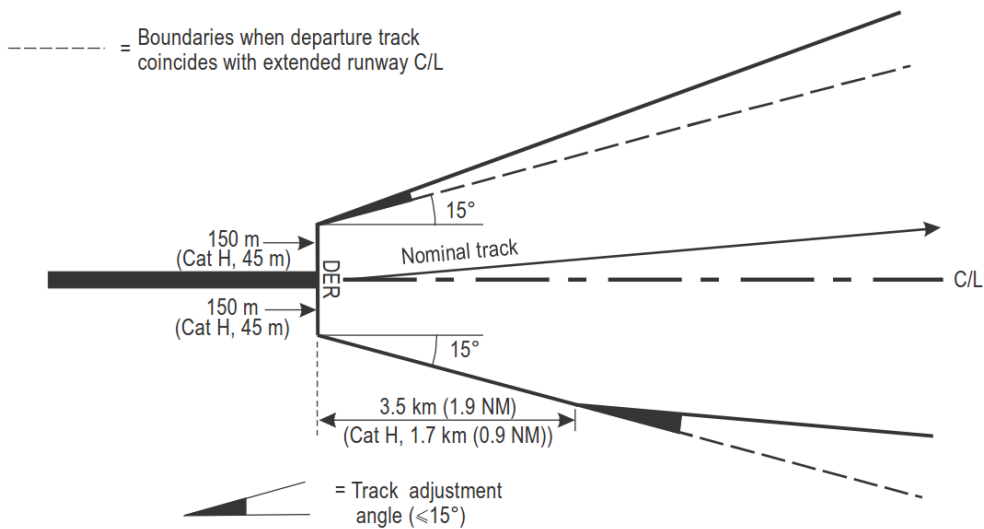


圖 3.5.2 直線離場程序示意圖

直線離場程序之保護區域分為區域 1 及區域 2。保護區域 1 之垂直範圍自 DER 上方 5 公尺起始，爬升至 DER 上方 120 公尺處結束，不同爬升率設定將會影響保護區域 1 之水平延伸長度。保護區域 1 水平範圍自 DER 處之跑道中心線左右各 150 公尺，以 15 度角向外擴展至 3.5 公里處(3.3%爬升率)(圖 3.5.3)，若提高爬升率至 4%，則保護區域 1 的長度為 2.87 KM。保護區域 2 沿保護區域 1 繼續擴展至離場程序結束。

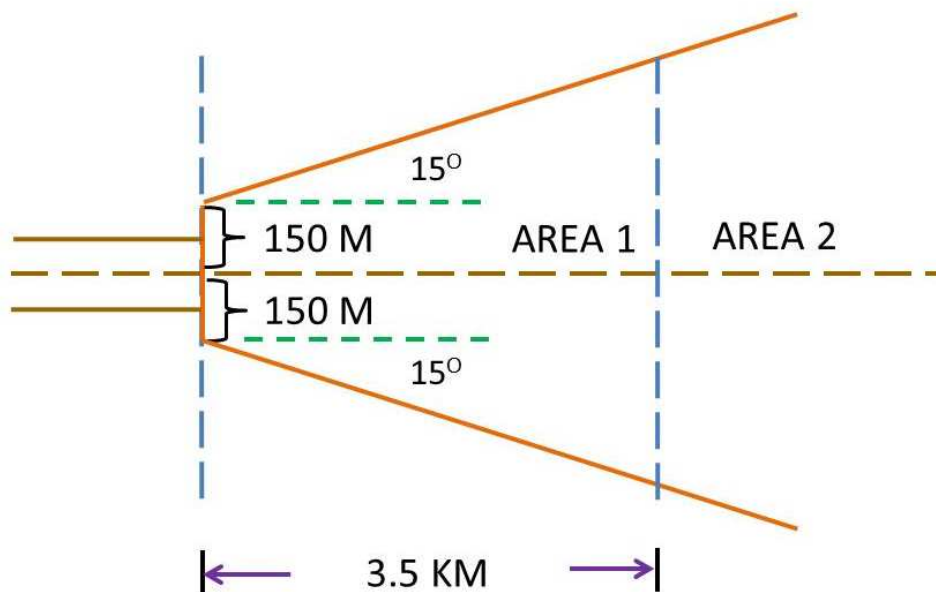


圖 3.5.3 直線離場程序之保護區域示意圖

5.2 轉彎離場程序 (Turning Departure Procedure)

航空器離場航線方向與跑道中心線之夾角大於 15 度為轉彎離場程序。轉彎離場程序之 IAS 設定為最後誤失進場速度加計 10%。風速設定為 30 KT 或是當地觀測資料較 30 KT 大者。

轉彎離場程序(圖 3.5.4)可設計為到達指定高度後轉彎(Turn at Altitude/Height)或於指定定位點轉彎(Turn at Fix)。轉彎離場程序之保護區域 1 由跑道起點後 600 公尺處開始，自跑道中心線向二側 150 公尺，同樣爬升至 DER 上方 120 公尺處

結束。在保護區域 1 之最低障礙物隔離 (MOC) 為 90 公尺。保護區域 2 為航空器轉彎後之保護區域。在保護區域 2 之最低障礙物隔離 (MOC) 為 90 公尺，若 $dr \times 0.8\%$ 超過 90 公尺 後則改用 $dr \times 0.8\%$ 為最低障礙物隔離 (MOC) 標準，直到與障礙物之隔離超過 300 公尺為止。

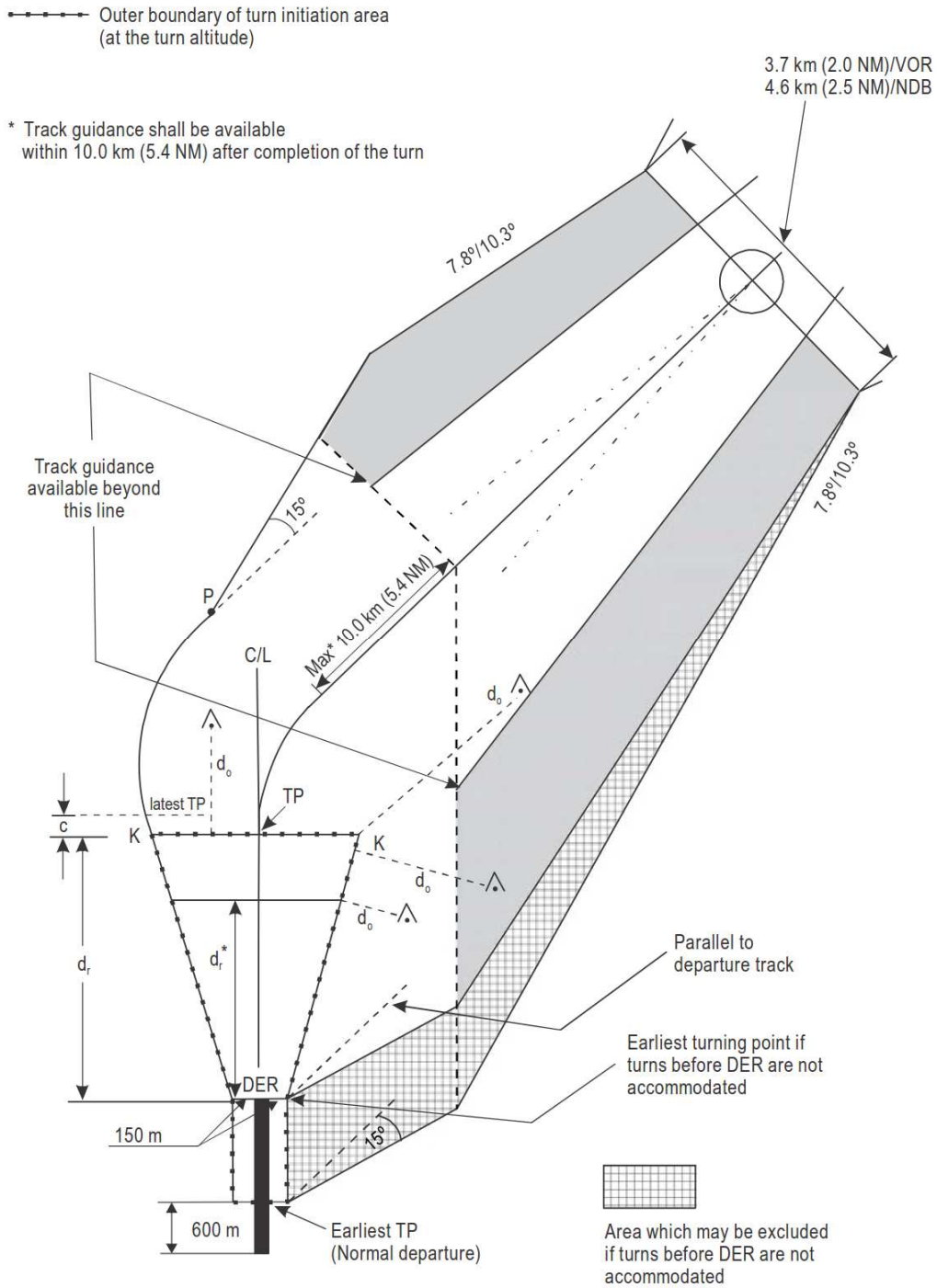


圖 3.5.4 轉彎離場程序示意圖

六、實作課程

實作課程採三人一組，協力依照課程所學之各個階段設計規範，製作出完整程序並繪於標準儀器進場程序圖範本(圖 3.6.1)。

INSTRUMENT APPROACH CHART - ICAO	AERODROME ELEV HEIGHT RELATED TO THR RWY- ELEV	APP TWR								
↑ VFR ELEV, ALT IN FEET DIST IN NM										
○ MSA 25 NM										
TRANSITION ALT MISSED APPROACH: ELEV										
THR RWY										
OCA/H	A	B	C	D	Speed	KT				
Straight - in Approach					FAF - MAP	min:s				
CIRCLING					Rate of descent/GS	ft/min				

圖 3.6.1 儀器進場程序圖範本

實際程序製作之順序與教學時之順序不同，程序規劃須由連接跑道之階段為起始，依序向外設計。建議設計流程為：

1. 綜合評估障礙物資料，可利用之助導航設施種類與位置，初步決定程序之路徑。
2. 依相關規範，首先規劃最後進場階段路徑、最後進場階段初始高度及下降梯度，評估保護區域(圖 3.6.2)及障礙物隔離是否足夠。
3. 規劃評估誤失進場區域，視需要調整程序參數設定，確保障礙物隔離。
4. 規劃中間進場階段及最初進場階段路徑走向，決定各階段的路徑高度，評估保護區域(圖 3.6.2)。
6. 選定助導航設施並依障礙物決定各扇區之最低高度(Minimum Sector Altitude, MSA)。
7. 依照 ANNEX 4 航圖規範繪製進場程序圖(圖 3.6.2)。
8. 整理各階段所採用資料及各項評估結果。

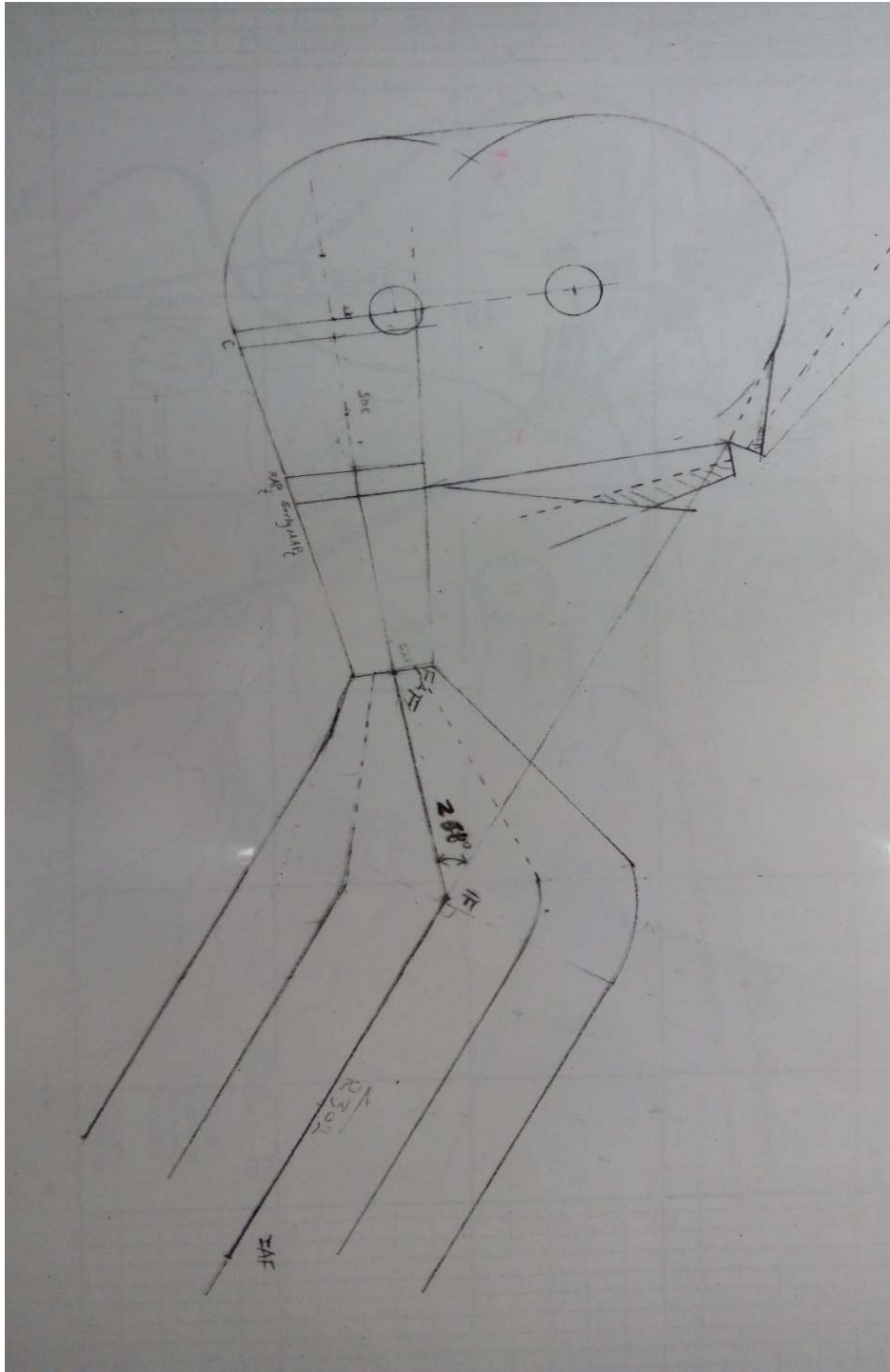


圖 3.6.2 進場程序各階段保護區域評估圖

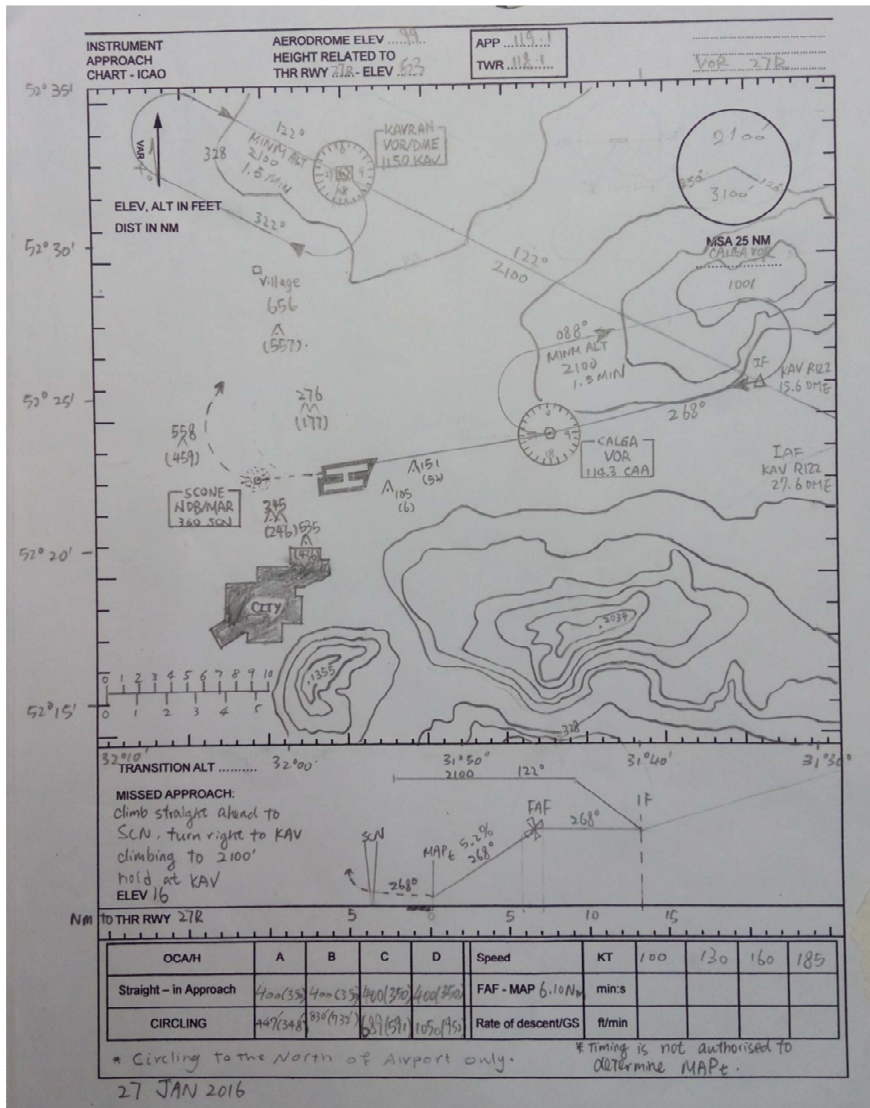


圖 3.6.3 依照 ANNEX 4 航圖規範繪製之進場程序圖

肆、建議事項

一、儲備儀航程序設計人才

目前教授儀航程序課程主要以新加坡民航學院為主，完整課程期程需時二個月，開課頻率為每年一次，未來因師資問題，開課間隔可能拉長，儀航程序設計人才培育非一蹴可及。建議長期規劃人員培訓經費，聘請師資於國內開課或於每次國外開課時選派多位人員參加，及早儲備儀航程序設計人才。

二、增進與他國程序設計相關機構之交流

本次進修之實作課程與香港學員同組，於討論時得知香港目前對於可能影響儀器進場程序及離場程序隔離之臨時障礙物(例如大型吊掛機具)，皆要求裝設香港自行開發之 EHMS(Equipment Height Monitoring System)或 HAMU(Airport Height Restriction Alarm System)系統。該系統配有 GPS 系統，可監測障礙物位置及高度，當障礙物高度超出限制範圍時，系統將自動發送告警給相關部門進行處置。此類自動監測系統之開發，值得我方參考使用。

目前與鄰區或其他國家之交流，主要為航管、航電、通訊情報及氣象等方面，儀航程序設計或障礙物審查相關人員間並無定期之交流活動。課程進修研習期間雖與他國學員有部分交流，但與課人員在程序設計相關方面皆是初學者，討論層面可能不夠深入。建議增進與他國程序設計相關機構之定期交流，有助於程序設計規劃與管理。交流除了可增進了解程序設計外，亦能了解各國障礙物審查之流程與方式、障礙物資料收集維護及人員培訓方式等等。