

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：實習)

赴新加坡民航學院參加
「國際民航組織儀航程序設計課程」
報告書

出國人 服務機關： 民用航空局
職 稱： 管 制 員
姓 名： 林 陳 國

出國地區： 新加坡
出國期間： 92.10.5 ~ 92.11.15
報告日期： 92.12.23

H2 / C09300022

系統識別號:C09300022

公務出國報告提要

頁數: 34 含附件: 是

報告名稱:

赴新加坡民航學院參加「國際民航組織儀航程序設計課程」報告書

主辦機關:

交通部民用航空局

聯絡人/電話:

陳碧雲/(02)23496197

出國人員:

林陳國 交通部民用航空局 航管組 管制員

出國類別: 實習

出國地區: 新加坡

出國期間: 民國 92 年 10 月 05 日 -民國 92 年 11 月 15 日

報告日期: 民國 92 年 12 月 23 日

分類號/目: H2/航空 H2/航空

關鍵詞: FMS為一整合性系統，由機載計測裝置(sensors)、接收器及飛航與航機性能資料庫處理器，提供航機操作指示及自動控制系統，新一代處理器更進一步提供飛航、燃料管理及航線計劃等。FMC為此類系統之通稱。

內容摘要: 全球空運需求日趨殷切，環球航線愈趨綿密，機載裝備配合衛星導航成爲國際間發展趨勢，ICAO亦逐年修改儀航程序設計標準，本局實有必要瞭解國際民航組織之PANS-OPS，此外爲配合我飛航情報區推動CNS/ATM計畫，加強GNSS及RNAV等儀器飛航程序之理論基礎與實務設計技巧，本次選派職赴新加坡民航學院參訓，以實地研習瞭解。全球衛星導航系統程序已是世界飛航之趨勢，利用衛星導航來建立空中交通之路徑，國際民航組織訂定之全球衛星導航系統，用以定義任何使用的衛星導航系統，亦即是使用者在航空器上的裝備接收衛星傳來的資料來決定其位置，目前大致包含美國的全球定位系統(Global Positioning System, GPS)、過去蘇聯的GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) 系統、歐洲 GALEO系統及日本的MSAS (MTSAT (Multi-functional Transport Satellite) Satellite-Based Augmentation System (MSAS))。各國學員皆以GNSS程序爲其參訓之目的，講師從善如流，調整授課比重，職亦以之爲本次報告主題，簡介GNSS之設計論理及運用原則。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

赴新加坡民航學院參加
「國際民航組織儀航程序設計課程」
報告書

目 錄

- 壹、 目 的
- 貳、 行程經過紀要
- 參、 訓練內容摘要
- 肆、 心 得
- 伍、 建 議
- 陸、 附 件

壹、目的

國際民航組織（ICAO）自 1944 年底由 52 國簽署成立，以制定全球民航事業作業標準為宗旨，至今增為 183 個簽約國，突顯作業標準全球一致的重要性。民航局配合 ICAO 2004 年全面飛安查核計畫（USOAP），特制定本（2003）年為「國際民航標準年」，成立航站管理小組、航空保安小組及飛航服務安全查核小組，進行整合，全面檢討，期能達到飛航服務標準化，提升飛航安全及效率，接軌國際，同步世界之水平。

全球空運需求日趨殷切，環球航線愈趨綿密，機載裝備配合衛星導航成為國際間發展趨勢，ICAO 亦逐年修改儀航程序設計標準，本局實有必要瞭解國際民航組織之 PANS-OPS，此外為配合我飛航情報區推動 CNS/ATM 計畫，加強 GNSS 及 RNAV 等儀器飛航程序之理論基礎與實務設計技巧，本次選派職赴新加坡民航學院參訓，以實地研習瞭解。

今擬以 FAA RNAV PROCEDURE DEVELOPMENT 及飛航安全基金會 92 年度支援本局「參與非正式太平洋區飛航管制協調會小組會議」二筆經費預算，報局奉核變更為赴新加坡民航學院參加「ICAO PANS-OPS Instrument Procedures Design Course 國際民航組織儀航程序設計課程」，因而得以成行。

貳、行程經過紀要

職於十月五日搭乘中華航空公司班機啟程赴新加坡，訓練課程於十月六日開始，為期六週，至十一月十四日結束。

十一月十五日搭機返回台灣。

新加坡近赤道，與台灣同一時區，為人口密集之都會型國家；市容交通、井然有序，人民守法、善良，民主素養高，誠然華人社會之光。

參、訓練內容摘要

全球衛星導航系統程序已是世界飛航之趨勢，利用衛星導航來建立空中交通之路徑，國際民航組織訂定之全球衛星導航系統，用以定義任何使用的衛星導航系統，亦即是使用者在航空器上的裝備接收衛星傳來的資料來決定其位置，目前大致包含美國的 Global Positioning System (GPS)、過去蘇聯的 GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) 系統、歐洲 GALEO 系統及日本的 MSAS (MTSAT (Multi-functional Transport Satellite) Satellite-Based Augmentation System (MSAS))。各國學員皆以 GNSS 程序為其參訓之目的，講師從善如流，調整授課比重，職亦以之為本次報告主題，簡介 GNSS 之設計論理及運用原則。

區域航行之基本原則及標準

區域航行為一參考地球表面之點對點的飛行(航點或定位點定義為經緯度—earth reference waypoint)，RNAV 程序設計以跑到頭經緯度為基點，參考電台的座標經緯度作為相對跑道位置之

參考點，適用傳統非精確進場之標準，同為五個階段 (Alignment, Length, Descent gradient, Area, MOC, and Missed approach) 。遇通過航點(fly-over waypoint)時，航機設定預期轉彎，但程序中並不指明；遇側過航點(fly-by waypoint)，航機於通過該航點時開始轉彎，並以 S-turn 加入訂頒航跡。航點誤差為 ATT(along-track tolerance)與 XTT(cross-track tolerance) 之和，機載航行系統 (Navigation system)應設定航點之模式(TO-TO MODE / TO-FROM MODE)及 ATT / XTT 適用之 RNAV 程序種類 (VOR/DME 程序、DME/DME 程序、BASIC GNSS 程序)。

以 VOR/DME 為基準之 RNAV 進場程序

一、通則

1. 參考儀器進場及 RNAV VOR/DME 之標準略事修改作為本程序之基準。以 VOR/DME 為基準之 RNAV 進場程序，最多九個航點〈最初進場點 (IAF) 至誤失進場轉彎航點 (MATWP)〉，航點以文數字方式命名，含經緯度，精確度至秒，參考電台之方位、距離。適用一般次要保護範圍標準。
2. 參考電台：VOR/DME RNAV 程序，以 VOR/DME 同址電台為參考電台，並應頒布區域航行系統，經由航行資料庫操控。

二、術語詞彙

ATT: 由機載裝備及地面裝備誤差制定之沿訂頒航跡的定位點誤差。

XTT: 由機載裝備及地面裝備誤差制定之與訂頒航跡垂直距離的定位點誤差，加上 FTT 〈飛行技巧誤差---flight technical tolerance〉

至切線點之距離(Distance to tangent point): 由航點至切線點之距離。

定位點誤差(Fix tolerance area): 定位點誤差由 ATT/XTT 每一面 〈±所構成之四邊形區域〉

電台校差(Station declination): 係指 VOR 電台 360 幅向與真北相差之角度。

切線點(Tangent point): 參考電台與訂頒航跡垂直投射的點。

切線點距離(Tangent point distance): 參考電台至切點的距離。

航點 (Way-point) -- 指用以訂定區域航行航線或從事區域航行航空器飛航路徑之特定地理位置。航點可區分為：

側過航點 (Fly-by waypoint): 指需要前置轉彎以切線攔截下一航段或程序之航點；或

通過航點 (Flyover waypoint) : 指自該點開始轉

彎以加入下一航段或程序之航點。

三、VOR/DME RNAV 系統精確度

區域航行裝備操作性能需與下列誤差 95% 信心上限數值，

決定系統使用精確度：

- 地面電台誤差(ground station tolerance)；
- 機載接收系統誤差(airborne receiving system tolerance)；
- 飛行技巧誤差(flight technical tolerance)；
- 系統計算誤差(system computation tolerance)； and
- 距參考電台距離(distance from the reference facility).

1. 地面電台及機載接收系統之誤差

VOR: a. $\pm 3.5^\circ$ ground system tolerance

b. $\pm 1.0^\circ$ monitor tolerance

c. $\pm 2.7^\circ$ receiver tolerance

三項數值之 root sum square 為 $\pm 5^\circ$

DME: $\pm 0.46\text{km}(0.25\text{NM}) + (1.25\% \text{ 距天線之距離})$

2. FTT 因機載裝備之位置指示器〈如 DME、CDI〉形式之不

同，而有差距，一般認為 FTT 乃導致不同進場階段之 XTT 的因素，其數值分別為：

—最初及中間進場階段(initial and intermediate approach)： $\pm 2\text{km}(1\text{NM})$

—最後進場階段及誤失階段(final and missed approach)： \pm

0.9km(0.5NM)

3. 系統計算誤差假設為： $\pm 0.9\text{km}(0.5\text{NM})$

4. 系統誤差總和：依 1.至 5.參數，以 root sum square 方式求得任一定位點之 ATT-along track tolerance(不含 FTT)及 XTT-cross track tolerance (含 FTT)。

註：*XTT* 因駕駛員對儀表之反應所以必須加上 *FTT*。

四、定位點之成立(satisfactory fixes)

最初進場定位點/中間進場定位點，ATT 之值應不大於 $\pm 3.7\text{km}(2.0\text{NM})$ 。

最後進場定位點(FAF)/誤失進場定位點(missed approach fix)/階梯下降定位點(SDF---stepdown fix)，ATT 之值應不大於 $\pm 3.7\text{km}(2.0\text{NM})$ 。

註：最後進場階段最多二個階梯下降定位點(SDF)

五、保護範圍寬度(Area width):分為主要保護範圍(W_p)及次要保護範圍(W_s)

—最初及中間進場階段(initial and intermediate approach)：二分之一保護範圍寬度($1/2 * A/W$)為下列二值之較大者： $3.7\text{km}(2\text{NM})$ 及 $\{1.5 * XTT + 1.85 \text{ km}(1\text{NM})\}$

—最後進場階段、誤失階段及轉彎點(final 、 missed approach and TP)：二分之一保護範圍寬度($1/2 * A/W$)為下列二值之較大者： $1.85\text{km}(1\text{NM})$ 及

$$\{1.5 * XTT + 0.926 \text{ km} (0.5 \text{ NM})\}$$

六、到場航路：障礙物間隔標準適用至 IAF 或 IF，頒布參考電台與 MSA，使用 RNP 1 為標準(小於 RNP 1 更佳)

七、最初進場階段

—路線設定(Alignment)：加入中間進場航跡之角度應小於 120 度。

—保護範圍寬度(Area width)：連結各相關定位點即得

—直接進場各階段之間的轉彎保護範圍：於 IAF 或 IF 之轉彎角度大於 30 度時

a. 一般採取機載裝備能預計該轉彎，訂頒轉彎於距定位點 $r \tan(A/2)$ (r :轉彎半徑、 A : 轉彎角度)前開始，是以航機傾斜角度之五秒建立(bank establishment)時間並不需。

b. 轉彎外緣(outer edge)及過度轉彎(overshoot)之考量，自主要保護範圍界線建立風螺線(wind spirals)，並適用次要保護範圍。

c. 轉彎內緣(inner edge)以 $A/2$ 轉彎角度加入轉彎後之訂頒航跡為其保護範圍。

八、中間進場階段

—路線設定(Alignment)：應與最後進場階段成一直線，加入最後進場定位點如需轉彎，其角度應不大於 45 度。

—長度(length)：此階段由側過 IWP 時之轉彎(如程序採用)，

及其後之直線所組成，FAWP 前之直線，其長度應不小於 3.7km(2NM)，允許航機於側過 FAWP 之前改平。

—保護範圍寬度(Area width)：連結 IF 及 FAF 為其保護範圍，FAF 如有大於 10 度之轉彎，參考前述到場航路之標準加大保護範圍寬度，次要保護範圍適用之。

九、最後進場階段

—路線設定(Alignment)：最後進場航跡應與跑道成一直線。

—長度(length)：以 10km(5NM)為基準，最長不超過 19km(10NM)，最短距離參考表 III-31-2。

—保護範圍寬度(Area width)：依前述定位點保護範圍寬度連結即可，並適用次要保護範圍。

—障礙物間隔(Obstacle clearance)：主要保護範圍內最低障礙物間隔高度為 75 m(246ft)。

—下降梯度(Descent gradient)：5%。

十、誤失進場階段(Missed approach segment)

—誤失進場航點(MAWP, missed approach waypoint)定義為通過航點。

—最初誤失進場航點(earliest MAWP)位置為訂頒 MAWP 減去 ATT 之值，由此點向外延伸，左右兩邊依 15 度扇行展開，連結最初誤失進場轉彎航點(earliest MATWP)之保護範圍寬度(W_p+W_s)，主要保護範圍寬度加上次要保護範圍

寬度)，若轉彎之保護範圍等於或小於最初誤失進場轉彎航點(earliest MATWP)之保護範圍，依前述訂頒航跡沿 15 度向外展開，連結最初誤失進場航點(earliest MAWP)與最後誤失進場航點(latest MAWP)之 SOC(Start of climb: 即航機到達最低轉彎高度，依 Annex 6 標準，不得低於 120 公尺)位置是為本階段之保護範圍寬度。

- 一、誤失進場階段之終點：誤失進場待命航點(MAHWP)定義為本階段之終點，於航機依訂頒爬昇梯 (DG)到達最低航路高度或待命高度時之位置，或於其後但不得提前。

以 DME/DME 為基準之 RNAV 進場程序

- 一、應用：參考儀器進場及 RNAV VOR/DME 之標準略事修改作為本程序之基準，程序命名為"RNAV DME/DME"，如以最不利於航行之所有計測裝置(VOR/DME、DME/DME 及 BASIC GNSS)為基準所設計之程序其識別命名"RNAV"並加註參考 VOR/DME 電台之識別，則其程序識別為"RNAV(XXX)"。如因作業需求及航線因平面或高度之差異，應依計測裝置分別製作航圖。定位點識別以文數字組成之航點識別代碼頒布之，座標精確度至秒及其參考電台之方位距離。
- 二、參考電台：因無法預期機載系統接收 DME 電台作為位置

更新，計劃航線應位於 DME 電台有效涵蓋範圍且應檢驗：
(如圖)

- a. DME 電台頒布最大範圍，學理上，電台無線電最長水平距離為 370.4km(200.0NM)
- b. DME 電台間交叉角度應介於 30 度至 150 度(如圖)

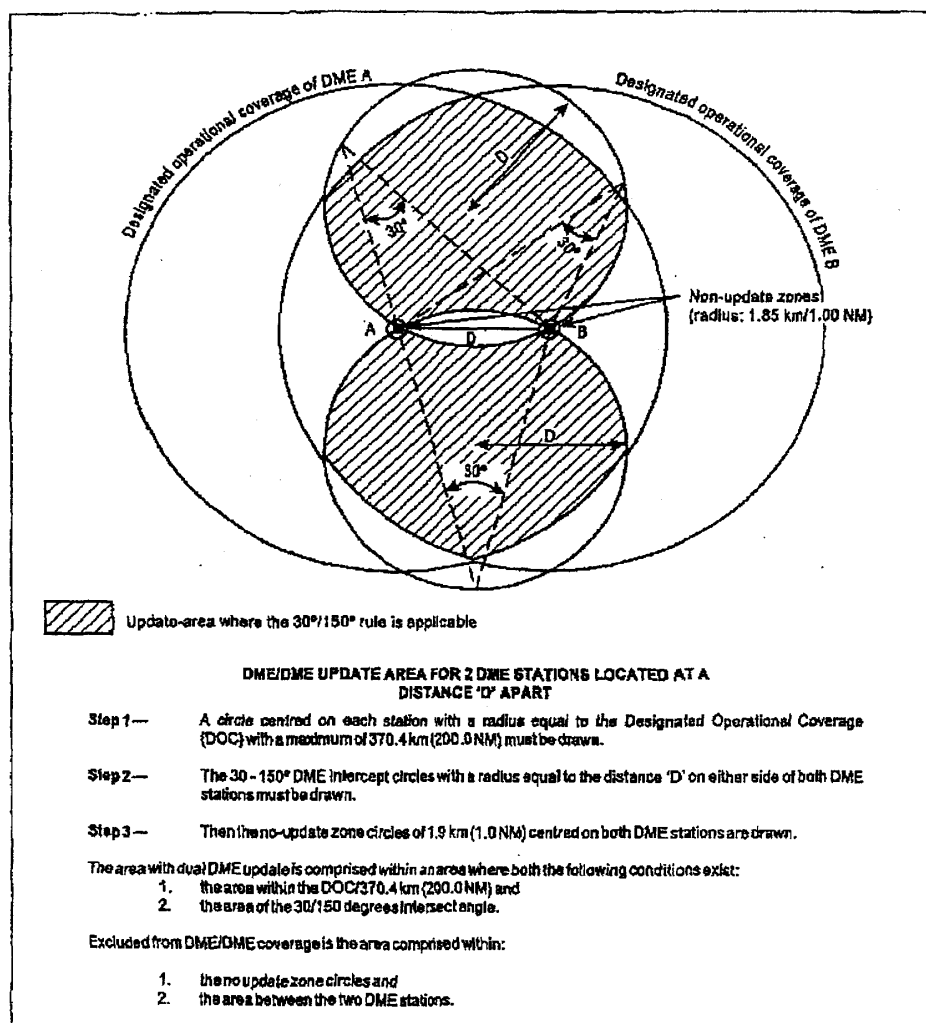


Figure III-32-1. Maximum update area of two DME stations A and B

- c. 設置 DME 扇形區域(sectorizations)者應頒布其範圍.

三、在空機裝置及地面設備：採取接收電台位於最大接收範圍的認定，保護範圍寬度及定位點誤差因此而作較為保守之假設。程序設計亦以備元作用(redundancy availability, 能同時處理參可兩座 DME 電台所作之位置更新資料)作為維持航行的需求，故而考量 1. 具 DME/DME 航行能力之 FMC，遇任一 DME 電台失效時，能自動切換至工作正常之 DME 電台； 2. 具 DME/DME 航行能力之單一 FMC 系統，能同時處理接收兩座或以上之 DME 電台位置更新資料。

註：FMS 為一整合性系統，由機載計測裝置(sensors)、接收器及飛航與航機性能資料庫處理器，提供航機操作指示及自動控制系統，新一代處理器更進一步提供飛航、燃料管理及航線計劃等。FMC 為此類系統之通稱。

四、 裝備需求：

在空機裝置應具備下列 1、3 或 2、3 兩項裝置。

1. 單一 FMC 具 DME/DME 航行能力及自動轉換之慣性導航，能於終端空域內操作之認可。
2. 單一 FMC 具 DME/DME 航行能力，能於終端空域內操作之認可。
3. 儲存所有航點(以 WGS-84 座標系統為基準)之航行資料庫，包括程序中規定之空速及高度限制，且能自動載入 FMC 飛航計劃。

地面設備：應具備下列 a、c 或 b、c 兩項設備。

- a. 兩座 DME 電台；此時則需較大之保護空域(不具備慣性導航能力之航機無法飛航此類程序)。
- b. 兩座或以上之 DME 電台；保護空域較小。
- c. 航點與 DME 電台座標符合 WGS-84 標準。

五、系統精確度：依航點特定高度/實際高度，以 DME/DME RNAV 進場程序之 DME 地面電台及機載接收系統的誤差為 0.46km(0.25NM)

—FTT：與 VOR/DME RNAV 程序到場航線之標準相同。

—系統計算誤差：以 WGS-84 為基準，本項誤差為 $\pm 0.46\text{km}(0.25\text{NM})$

—系統誤差總和：前三項誤差之和。

—XTT、ATT 及保護範圍寬度：與 VOR/DME RNAV 程序相同。

六、合格程序之檢驗：應於頒布前實施學理及作業之合格檢驗，包括航點位置及 DME 電台環境對 FMC 性能之影響。初期得以飛行模擬器(軟體)為之，檢驗其為航線 continuity 及 repeatability 之預期航道(predicted flight path)。

七、轉換模式檢驗

因採取航行系統選擇轉接近航路之 VOR/DME 電台的認定，故需檢驗航行電腦模式轉換。每一航行階段如有 VOR/DME

保護範圍寬度大於 DME/DME 或 BASIC GNSS 之情況，應

a. 於程序中載明可能造成模式轉換之 VOR/DME 電台；或

b. 於造成 VOR/DME 模式轉換之處，採較大之保護範圍寬度，程序以“RNAV”為其識別，並應附加計測裝置名稱。

八、程序之頒布

限制：程序中註明航機應具有沿明確航向指引(PCG, positive course guidance)，自動切換接收電台之慣性導航能力，具備元作用之航機除外。

航線識別及航行計測裝置需求之頒布：程序以“RNAV DME/DME”為命名，若無附註計測裝置名稱時，“RNAV”為其識別，亦適用於 VOR/DME 或 BASIC GNSS 航行計測裝置，同時航圖亦應分張繪製

以基本衛星導航接收器為基準之 RNAV 進場程序

一、通則

參考儀器進場及 RNAV VOR/DME 之標準略事修改作為本程序之基準，程序命名為“RNAV(GNSS)”。以最不利於航行之所有計測裝置(VOR/DME、DME/DME 及 BASIC GNSS)為基準所設計之程序其識別名稱為“RNAV”並加註參考 VOR/DME 電台之識別。如因作業需求及航線因平面或高度之差異，應依計測裝置分別製作航圖。定位點識別以 WGS-84 為基準之航點識別代表示

之，自最初進場點(IAP)至誤失進場階段(MA segment)最多九個航點，座標精確度參考 Annex 11、14。

機載裝置飛行系統具有 IMAL(integrity monitor alarm limit)功能維持航機位置保持在警戒範圍之內，及航行模式之轉換(transition to/from mode)；實施進場操作(approach operation)時，航行系統能解讀飛航計劃、航路結構、終端模式與進場模式不同階段之過渡、航點排序(waypoint sequencing)與預期轉彎、及誤失進場之後以定向模式(direct-to mode)至待命點執行待命、

二、GNSS 作業水準應有國家認可 basic GNSS 接收器之航空器，航空器所有人實施此類 RNAV 程序時，其 GNSS 作業系統應提供：

- a. integrity monitoring routines;
- b. turn anticipation; and
- c. read only electronic database.

三、定位點名稱(fix names): 儀器進場之定位點之識別以航點為之，包含最初進場航點(IAWP)，中間進場航點(IAWP)，最後進場航點(FAWP)及誤失進場航點(MAWP)。誤失進場階段包含誤失進場待命航點作為誤失進場時建立航跡指引。轉彎誤失進場包含誤失進場轉彎點(MATWP)，已定義其轉彎點(TP)。階段下降定位點亦應於程序中定義其與下一行點之距離作為識別。

四、精確度：公認 GNSS 太空間距之(space segment)95%信心

水準，精確度為 100m(328ft)。 可用之衛星數目及 GNSS 接收器與衛星相對位置決定定位點之可使用程度 (usability)，且因時因地而異。航行系統操作性能之量多取決於接收器能否即時偵測此類不利因素並對駕駛員提出警訊。合格之 GNSS 應具整合監視程式之功能，以為非精確進場航行系統之用，定位資訊如有異常事項(低於信心水準需求時)，整合監視程式也能像駕駛員提出警訊(integrity alarm check)。

註: *integrity alarm check* :

a. *report within tolerance* : green

b. *report not within tolerance* : green(still)

c. *alarm within tolerance* : red(integrity check)

d. *alarm not within tolerance* : (integrity failure)

航行系統精確度及誤差：影響 GNSS RNAV 航行系統精確度之因素為：

a. 固有太空間距精確度

b. 機載接收系統誤差

c. 系統計算誤差；及

d. FTT

註: *GNSS receiver* 空中性能之動態及整合 (*Dynamics and Integrity*) 的表現主為：

a. 精確度 (*Accuracy*) : 航機飛行系統報告之位置

與實際位置之差異。

- b. 航空資料完整性 (Integrity)：飛行系統針對特定精確度所作之位置報告，決定航機正常操作之機率。
- c. 可用性 (Availability)：系統特定功能堪用時間，除以需求時間 (可用性理想值為一，即 100%)
- d. 持續性 (Continuity)：航機操作期間系統持續堪用之機率，系統不致中斷之機率。(假設航機啟動時系統運作正常)

BASIC GNSS 系統的整合監視警訊的界限考量太空間距 (含控制因素)及機載系統誤差(含系統計算誤差，其數值分別為：

航路階段：3.7km(2.0NM)

終端階段：1.9km(1.0NM)

進場階段：0.6km(0.3NM)

FTT：因機載裝備之位置指示器〈如 DME、CDI〉形式之不同，而有差距，一般認為 FTT 乃導致不同進場階段之 XTT 的因素，其數值分別為：

- 最初進場航點(IAWP)位置距目的地機場參考點 (ARP) 56 km(30 NM)以上時誤差為 ± 3.7 km (2.0 NM)，位於目的地機場參考點 56 km (30 NM) 範圍時誤差為 ± 0.9 km (0.5 NM)

- 中間進場航點(IWP)： ± 0.9 km (0.5 NM)
- 最後進場航點(FAWP)： ± 0.6 km (0.3 NM)
- 誤失進場航點(MAWP)： ± 0.4 km (0.2 NM)
- 誤失進場轉彎航點(MATWP) 及誤失進場待命航點(MAHWP): ± 0.9 km (0.5 NM)

五、到場航線：單一扇形區域以機場參考點經緯度為其中心點。

六、最初進場階段：直接進場階段

— 路線設定(Alignment)：加入中間進場航跡之角度應小於 120 度。

— 保護範圍寬度(Area width)：位置距目的地機場參考點 (ARP) 56 km(30 NM)以上時，最初進場航點(IAWP) 保護範圍寬度的二分之一為 14.8 km (8.0 NM)，位於目的地機場參考點 56 km (30 NM) 範圍時保護範圍寬度的二分之一為 9.3 km (5.0 NM)。

— 長度(length)：本階段最佳長度為 9.3km(5.0NM)，如為到場航線加入最初進場航點，其長度應不小於 11.1km(6NM)。

— GNSS 程序應避免使用反轉程序。

— 待命程序應以 IAWP 為待命點且為唯一。

七、中間進場階段：

— 路線設定(Alignment)：應與最後進場階段成一直線，加入最後進場定位點如需轉彎，其角度應不大於 30 度。

—長度(length)：此階段由側過中間進場航點 IWP 時之轉彎(如程序採用，則其長度即 MSD)，及其後之直線所組成，最後進場航點(FAWP)前之直線，其長度應不小於 3.7km(2NM)，允許航機於側過最後進場航點(FAWP)之前改平。

—保護範圍寬度(Area width)：連結最初進場航點(IAWP)及最後進場航點(FAWP)為其保護範圍，次要保護範圍適用之。

八、最後進場階段：

—路線設定(Alignment)：最後進場航跡應與跑道成一直線。

—保護範圍寬度(Area width)：連結最後進場航點(FAWP)及誤失進場航點(MAWP)為其保護範圍，適用次要保護範圍。

—長度(length)：本階段理想長度為 9.3km(5.0NM)，通常不超過 11.1km(6NM)。

九、誤失進場階段：

—誤失進場航點(MAWP, missed approach waypoint)定義為通過航點，訂頒誤失進場航點應位於跑到頭(threshold)。

—開始爬升位置之計算(Start of climb)：依航機分類之最高之最後進場速度(TAS @ final approach speed)，根據機場標高調整溫度(ISA+15°C)加上 19 km/h(10kt)之順風。

—保護範圍寬度(Area width)：自最後進場於誤失進場航點(MAWP)之保護範圍寬度起，依誤失進場航跡，從最初誤失進場轉彎航點誤差(earliest MATWP tolerance)寬度左右二端 15

度向外展開，作為 GNSS 接收器顯示敏感度自 0.6km(0.3NM) 減低為 1.9 km(1.0NM)之補償，本階段保護範圍寬度為 9.3 km(5.0NM)，不適用次要保護範圍。

以基本衛星導航接收器為基準之“Y”型或“T”型設計觀念的 RNAV 進場程序

一、基本觀念：GNSS 非精確進場以對正跑到之最後進場階段、中間進場階段及至多三個最初進場階段，以左右 70 度至 90 度偏離之進場航道，形成“Y”型或“T”型設計航道(參考附圖一)，航機可從任何方向加入此類程序，不需任何反轉程序。IAWP、IWP 及 FAWP 應為側過航點。誤失進場階段從誤失進場航點(定義為通過航點)開始，應含一誤失進場航待命點應位於跑到頭 (MAHWP)。

— 考量轉彎距離及最小改平距離 (MSD-minimum stabilization distance)，最佳中間進場階段及最初進場階段之長度為 9.3km(5.0NM)。

— 障礙物及作業考量允許，中央最初進場階段(central initial segment)可由 IWP 開始。

— 術語

擷取訊號範圍(capture region): 連結基本 GNSS 程序中每

一最初進場航點(IAWP)的範圍，航機據以加入程序；擷取訊號範圍以攔截最初進場航點(IAWP)之角度定義之

(參考附圖一)。

二、BASIC GNSS 系統精確度：使用下列誤差值作為設計 GNSS 非精確進場之基準。

<i>Fix description</i>	<i>Across track error (XTT)</i>	<i>Along track error (ATT)</i>	
IAWP, IWP, MAIWP and MAHWP	2.8 km (1.5 NM)	1.9 km (1.0 NM)	
FAWP and MAWP	1.1 km (0.6 NM)	0.9 km (0.5 NM)	0.6 km (0.3 NM)

三、最初進場階段：直接進場階段

—路線設定(Alignment)：需由左右 70 度至 90 度偏離之進場航道加入中間進場航點 IWP 時，產生 offset IAWP，此時擷取訊號範圍得以最大 180 之角度攔截最初進場航點(IAWP)。

—保護範圍寬度(Area width)：BASIC GNSS 非精確進場之保護範圍寬度為 9.3km(5.0NM)，含次要保護範圍。

—長度(length)：最初進場航點(IAWP)與中間進場航點(IWP)的最小改平距離(MSD-minimum stabilization distance)之和為本階段的長度，中央最初進場階段(central initial segment)無上限距離，以 9.3km(5.0NM)為適中。

—下降梯度(Descent gradient)：理想下降梯度為 4%，最大下降梯度為 8%。

—航機側過航點時，實際飛行距離應扣除下列二數值之差：

*航點與切綫點之距離為 $r \tan(\theta/2)$ (θ : 轉彎角度)

*開始轉彎側過航點至切綫點加入下一進場航跡之距離為

$2\pi r \times 0.5A/360$, (r :以航機頃斜角度 25 度之轉彎半徑)。

—程序進入高度(Procedure entry altitude): 以機場參考點 25 哩之最低扇型高度(MSA)為其程序進入高度, 最初進場航點位於航路結構時, 以該航段之最低航路高度為其程序進入高度。

—程序使用三個最初進場航點時, 則不需反轉程序。

四、中間進場階段:

—路線設定(Alignment): 應與最後進場階段成一直線, 加入最後進場定位點如需轉彎, 其角度應不大於 30 度。

—長度(length): 此階段由側過 IWP 時之轉彎(如程序採用, 則其長度即 MSD), 及其後之直線所組成, 最後進場航點(FAWP)前之直線, 其長度應不小於 3.7km(2NM), 允許航機於側過最後進場航點(overflying the FAWP)之前改平。

—保護範圍寬度(Area width): 連結最初進場航點(IAWP)及最後進場航點(FAWP)為其保護範圍, 次要保護範圍適用之。

五、最後進場階段:

—路線設定(Alignment): 最後進場航跡應對正跑道。

—保護範圍寬度(Area width): 連結最後進場航點(FAWP)及誤失進場航點(MAWP)為其保護範圍, 適用次要保護範圍。

—長度(length): 本階段理想長度固定為 9.3km(5.0NM)。

—障礙物間隔(Obstacle clearance): 主要保護範圍內最低障礙物間隔高度為 75 km(246ft), 次要保護範圍內最低障礙物間隔高度自其內緣為 75 km(246ft)起線性遞減至其外緣為零。

六、誤失進場階段：

—適用 basic GNSS 程序。

Table III-33-1. Total system tolerances and area semi-widths for basic GNSS receivers

	IAWP (1) (km/NM)	IAWP (2) (km/NM)	Fix in initial seg- ment (km/NM)	IWP (km/NM)	FAWP (km/NM)	MAWP (km/NM)	Fix in missed approach segment or departure procedure (km/NM) (2)	Fix in missed approach segment or departure procedure (km/NM) (1)
Navigation system accuracy (3)	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12
Integrity monitor alarm limit (3)	3.7/2.0	1.9/1.0	1.9/1.0	1.9/1.0	0.6/0.3	0.6/0.3	1.9/1.0	3.7/2.0
Time to alarm	30 sec	10 sec	10 sec	10 sec	10 sec	10 sec	10 sec	30 sec
FTT	3.7/2.0	0.9/0.5	0.9/0.5	0.9/0.5	0.6/0.3	0.4/0.2	0.9/0.5	3.7/2.0
ATT	3.7/2.0	1.9/1.0	1.9/1.0	1.9/1.0	0.6/0.3	0.6/0.3	1.9/1.0	3.7/2.0
XTT	7.4/4.0	2.8/1.5	2.8/1.5	2.8/1.5	1.1/0.6	0.9/0.5	2.8/1.5	7.4/4.0
Area semi-width	14.8/8.0	9.3/5.0 (4)	9.3/5.0 (4)	9.3/5.0 (4)	3.7/2.0 (5)	1.9/1.0	9.3/5.0 (4)	14.8/8.0

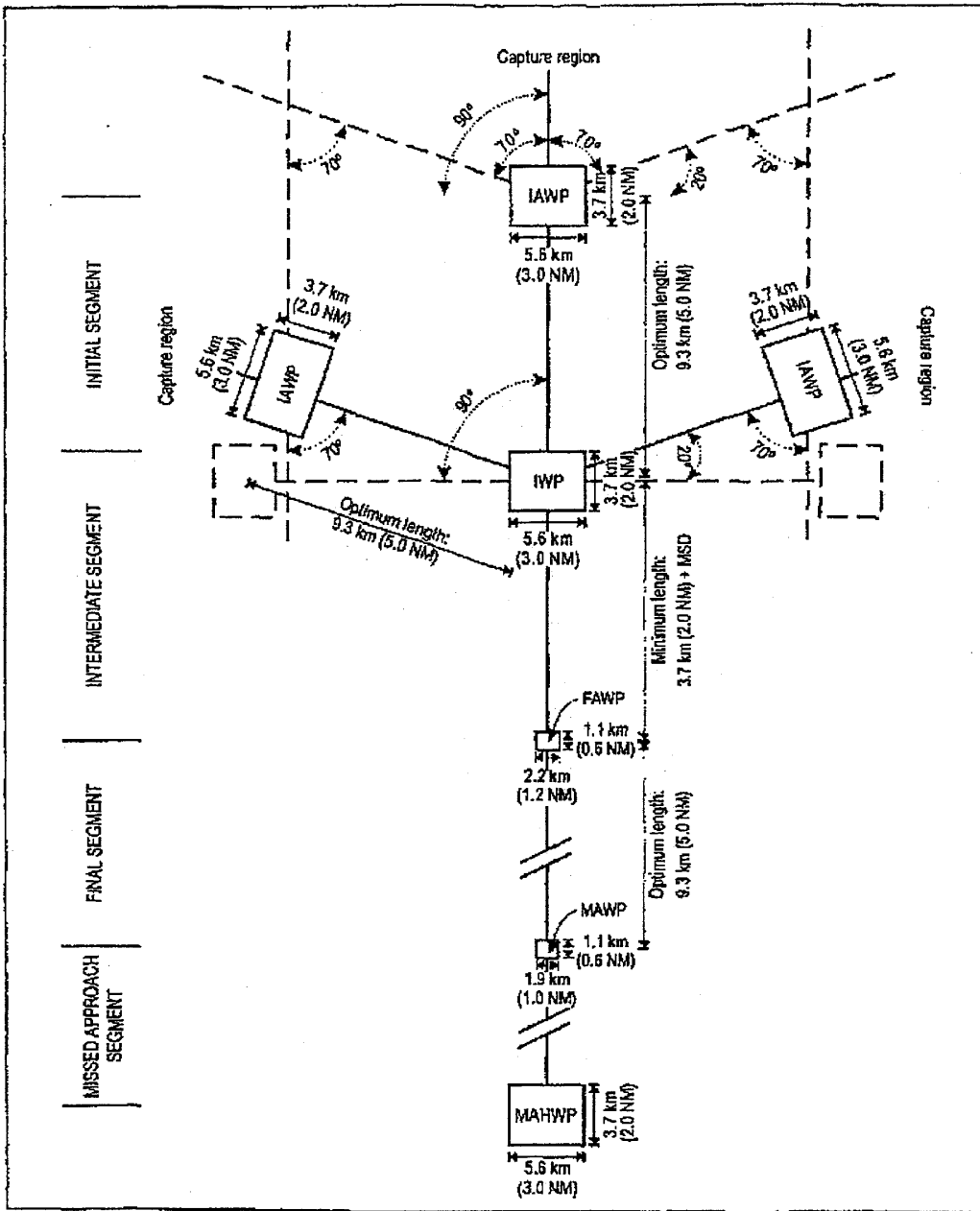
ATT = integrity monitor alarm limit (IMAL)

XTT = IMAL + FTT

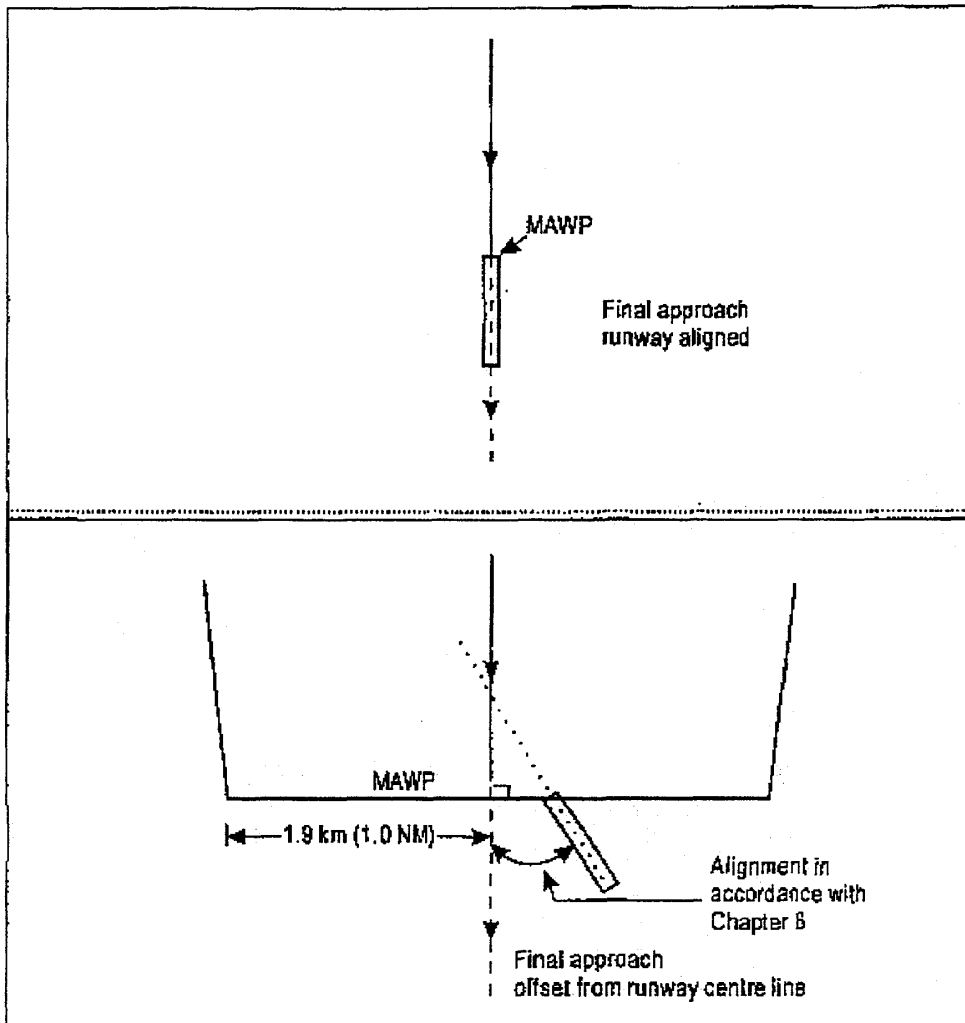
area semi-width = 2XTT

Notes.—

1. IAWP and missed approach segment or departure procedure fix positioned outside 56 km (30 NM) radial distance from the destination/departure airport ARP.
2. IAWP and missed approach segment or departure procedure fix positioned inside 56 km (30 NM) radial distance from the destination/departure airport ARP.
3. Includes all system computation tolerances.
4. Based on flight trials, which included turns onto the initial approach segment, the operational assessment leads to retain 9.3 km (5.0 NM) in place of 2 XTT when using basic GNSS receivers except when provisions of Attachment K to Part III are employed.
5. Based on flight trials.



附圖 一：基本 GNSS RNAV 進場



附圖 二：攔截角度範圍及誤失進場航點 (MAWP) 位置

肆、心得

由於科技之進步，航空界正處於重大轉變中，航機的飛行方式已由人工操作轉變為電腦自動化操作，原依靠傳統地面助導航設備亦逐漸轉變為依衛星或經緯度定位之飛行方式，儀航程序方式亦因應 FMS、RNAV、CNS/ATM、GNSS (GPS)、RNP、LNAV、VNAV 等之發展而有重大變革，而逐漸成熟的 GNSS 程序勢必成為未來之趨勢。

伍、建議

(一)、程序設計涉及塔台、終端、航路之部分，溶入其訓練課程，提升航管素質。

(二)、各作業單位培養程序設計人才(具理工背景為佳)，以較為了解當地作業需求，及地理人文背景，提出符合安全、有效運用空域之程序。

課程主要教材有：

- ICAO Doc 8168 Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations (PANS-OPS) ,
- ICAO Doc 9368 Instrument Flight Procedures Construction Manual ;
- ICAO Doc 9371 Template Manual for Holding, Reversal and Racetrack Procedures ;
- ICAO Doc 9274 Manual on the Use of the Collision Risk Model (CRM) for ILS Operations .

陸、附件

附件一 結業證書



附件二 講師經歷

Mr Ralph Sexton

Technical Vice President

Innovative Solutions International

Mr Sexton retired from the FAA in 1994 as Chief of the Standards & Criteria Section, responsible for the development of criteria used in the US Standard for Terminal and Enroute Instrument Procedures (TERPs). During his tenure, criteria were developed and published for MLS, MLS/RNAV and GPS (GPSS). His work included flight-testing projects for MLS/RNAV for Wide body Category D aircraft and for GPS.

His ICAO activities included :-

- **Principal Advisor to US Member of Obstacle Clearance Panel (OCP)**
- **Occasional Advisor to All Weather Operations Panel (AWOP) and Review of general Concepts of Separation Panel (RGCSP)**

Mr Sexton was a member of the US Satellite Operational Implementation Team (SOIT). He remains in the satellite programme as a consultant supporting the US Satellite Programme Office in flight testing, criteria development and the Minimum Operational Performance Specifications (MOPS) for Global Positioning System (GPS) and Required Navigation Performance (RNP).

Mr Sexton is also a Consulting Engineer and a Vice President, Technical, ISI, Inc, Satellite implementation instrument approach procedures.

Licenses and degree held are :-

- **BS degree in Physics, supplemented with Aeronautical and Electronics Engineering and higher Mathematics studies.**
- **Instrument rated Commercial Pilots License.**

附件三 訓練課程表

SINGAPORE AVIATION ACADEMY

PANS-OPS Basic Course Week 1:

Date	06 Oct 2003	07 Oct 2003	08 Oct 2003	09 Oct 2003	10 Oct 2003
	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday

0830 1000	Registration Administration and Orientation Introduction of Participants	General Criteria Speeds Categories IAS TAS Altitude Temperature Conversion Speed (TAS)	Fixes Forming Fixes Applications NAV Tolerance VOR NDB DME	Initial Approach Segment Operational Considerations Areas MOC Parameters Minimum Altitudes	Course Reversal Procedure Turn Base Turn Racetrack Templates
1030 1200	Executive Summary Organization of PANS Annexes	Bank Angle Turn Rate Turn Radii Calculations	Fix Tolerance Area Intersection Facility VOR NDB VOR/DME LLZ/DME	Desk Exercise Straight Initial Approach Segment	Altitude/Descent Calculations Area Construction Template Application MOC & Minimum Altitudes Demonstration Racetrack Construction
1300 1430	Review of Mathematics for Procedure Design	Desk Exercise Turn Radius Calculations Plotting	Desk Exercise Intersection Fix Tolerances VOR Facility VOR/DME Fix Tolerances	Intermediate Approach Segment Straight Operational Considerations Area MOC Parameters	Desk Exercise Racetrack Construction

1500 1630	Review of Aviation Principles and Navigation Fundamentals for Procedures Design	ICAO Windspiral Wind Calculations Turn Parameters Wind Circle Calculations Construction	Minimum Obstacle Clearance Primary Areas Principle of Secondary Areas Construction Calculations	Secondary MOC Calculations Width MOC Chart Application Minimum Altitudes Exercise	Final Approach Segment Parameters Area MOC OCA/H
Date	13 Oct 2003	14 Oct 2003	15 Oct 2003	16 Oct 2003	17 Oct 2003
0830 1000	Missed Approach Straight Parameters Initial Phase SOC MOC	Missed Approach Turning Turn at Point Area MOC Circling Bounding Circle	Exam 1	Non-Precision Approach Procedure Design Lab	Non-Precision Approach Procedure Design Lab
1030 1200	Missed Approach Straight MAPt Fix Tolerance Distance Example	Missed Approach Turn Example	Non-Precision Approach Procedure Design Lab	Non-Precision Approach Procedure Design Lab	Non-Precision Approach Procedure Design Lab
1200 1300	<i>L</i>	<i>U</i>	<i>N</i>	<i>C</i>	<i>H</i>
1300 1430	Missed Approach Intermediate Phase MOC Climb Gradient OCA/H	Missed Approach Turning Desk Exercise	Non-Precision Approach Procedure Design Lab	Non-Precision Approach Procedure Design Lab	Non-Precision Approach Procedure Design Lab

	Adjustments				
1500 1630	Missed Approach	Non-Precision	Non-Precision	Non-Precision	Non-Precision
	Turning	Approach	Approach	Approach	Approach
	Turn Parameters	Criteria	Design Lab	Design Lab	Design Lab
	Turn at Altitude	Review			
	Area				
	MOC				
	20 Oct 2003	21 Oct 2003	22 Oct 2003	23 Oct 2003	24 Oct 2003
	Non-Precision	Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	HOLIDAY
	Approach				
	Procedure	Precision Segment	Climb Gradient	Desk Exercise	
	Design Lab				
		OAS	OCA/H	ILS	
				Turning	
		Model	Final Obstacle	Miss	
		Templates	Final Approach		
			Obstacle		
	Non-Precision	Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	
	Approach				
	Procedure	Example	Missed Approach	Collision Risk	
	Design Lab			Model	
	Presentations	OAS	Beyond Precision		
	&		Segment	Obstacle Models	
	Critiques	Application			
		and	Straight	CRM Reports	
		Calculation			
			Turning		
	<i>L</i>	<i>U</i>	<i>N</i>	<i>C</i>	
	Non-Precision	Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	
	Approach				
	Procedure	Desk Exercise	Turning	CRM Example	
	Design Lab		Missed Approach		
	Presentations	Precision Segment			
	&		Turn at	CRM Exercise	

Critiques		Altitude		
		Height		
Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	
General Principles	Missed Approach	Turning Missed	Criteria Review	
	Straight	Approach		
System Operation				
	Height Loss	Example		
ILS	Model			
MLS				
27 Oct 2003	28 Oct 2003	29 Oct 2003	30 Oct 2003	31 Oct 2003
Exam 2	Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	Departure
	Procedure	Procedure	Procedure	
	Design Lab	Design Lab	Design Lab	OIS
				MOC
				Climb Gradients
				Track Adjustment
Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	Departure
Procedure	Procedure	Procedure	Procedure	Track Guidance
Design Lab	Design Lab	Design Lab	Design Lab	
			Presentations	Alignment
			and	
			Critique	Area
				Obstacle
				Assessment
<i>L</i>	<i>U</i>	<i>N</i>	<i>C</i>	<i>H</i>
Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	Departure
Procedure	Procedure	Procedure	Procedure	
Design Lab	Design Lab	Design Lab	Design Lab	Turning
			Presentations	

			and	Turn at
			Critique	Altitude
				Area
				Construction
Precision Approach	Precision Approach	Precision Approach	Departures	Departures
Procedure	Procedure	Procedure		
Design Lab	Design Lab	Design Lab	General Criteria	Turn Initiation
				Area
			Straight	
				Turn at a Point
			Areas	
				Turn Area
			Parameters	
03 Nov 2003	04 Nov 2003	05 Nov 2003	06 Nov 2003	07 Nov 2003
Departure	Area Navigation	GNSS	GNSS	RNAV/GNSS
DR Track	VOR/DME	System	Missed Approach	Departures
	RNAV	Performance		
Interception of			Straight	Parameters
Track Guidance	Tolerance Areas	Airborne		
		Equipment	Turning	Construction
	Area Widths	Performance		
	Tables			
Departure	Missed Approach	GNSS		RNAV/GNSS
Turning	Initial Phase	Exercise		Criteria Review
				Design Lab
Example	MOC	Waypoint		
		Calculations	Minimum	
	Intermediate Phase		Stabilization	
	Climb		Distance	
	OCA/H			
<i>L</i>	<i>U</i>	<i>N</i>	<i>C</i>	<i>H</i>
Departure	GNSS	GNSS	GNSS Procedure	Exam 3
	Adjustments	Criteria	Construction	Procedure
Turning Departure			Example	Design Lab
Exercise		General		
			Missed Approach	

		Initial		
			Desk Exercise	
		Intermediate		
Area Navigation (RNAV)	Desk Exercise	GNSS	RNAV	GNSS
			Departures	Procedure
	Geodetic	Final Segment		Design Lab
General Principles	Calculation		Criteria	
		Parameters		
Waypoints			Construction	
		Area		
Tolerances		Construction	Example	
Track Definition				
10 Nov 2003	11 Nov 2003	12 Nov 2003	13 Nov 2003	14 Nov 2003
GNSS	GNSS	GNSS	General Review	OCP
Procedure	Procedure	Procedure		Current Topics
Design Lab	Design Lab	Design Lab		and Initiatives
		Presentations		
		&		
		Critique		
GNSS	GNSS	RNAV/GNSS	General Review	OCP
Procedure	Procedure			Current Topics
Design Lab	Design Lab	VNAV		&
				Initiatives
		Example		
<i>L</i>	<i>U</i>	<i>N</i>	<i>C</i>	<i>H</i>
GNSS	GNSS	GNSS	Final Exam	Final Discussions
Procedure	Procedure	Augmentation		and
Design Lab	Design Lab	Systems		Course Evaluation
		Space-based		
		(SBAS)		
		Ground-based		
		(GBAS)		
GNSS	GNSS	Helicopter	Final Exam	Reserved
Procedure	Procedure	Procedure Design		
Design Lab	Design Lab	Criteria		
	Presentations			
	&	Runway		
	Critique	Cat H		