

出國報告（出國類別：會議）

「儀航程序設計自動化作業  
研討會」出國報告書

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：陳翊崴 技士

派赴國家：義大利

出國期間：108年6月2日至6月7日

報告日期：108年8月12日



## 摘 要

設計儀航程序時，須評估航空器飛行路徑範圍內障礙物之影響，然因障礙物資料數量龐大，採人工計算不具效益，且使用電腦輔助繪製飛行路徑範圍的精確度比徒手紙筆作業方式高，爰近年各國多已借助自動化之專業軟體系統進行儀航程序設計工作。

儀航程序設計自動化作業非僅按一個按鍵即可完成，仍需由設計人員於符合設計規範條件下，選擇各項設計參數。參加儀航程序設計自動化作業研討會與各國設計人員討論自動化作業軟體使用心得及相關限制，了解各國對相關儀航程序規範解讀及應用方式、各國儀航程序設計自動化作業實務及自動化作業可能遭遇的問題，有助本局儀航程序優化及推動性能導航相關業務。

## 目 次

壹、 目的.....	1
貳、 行程.....	1
參、 研討議題.....	3
一、 與設計規範相關事項.....	3
二、 設計自動化軟體產品功能優化.....	9
三、 其他討論.....	15
肆、 心得.....	16
伍、 建議.....	18

## 壹、目的

儀航程序(Instrument Flight Procedure, IFP)係依國際相關規範所設計具順序性之預設飛航路徑，航空器利用各類導航設備飛航於儀航程序路徑。儀航程序為確保航空器與地面障礙物有足夠的隔離，在設計儀航程序路徑時，須評估儀航程序保護範圍內障礙物之影響，然因障礙物資料數量龐大，採人工計算不具效益，且使用電腦輔助繪製飛行路徑範圍的精確度比徒手紙筆作業方式高，爰近年各國多已借助自動化之專業軟體系統進行儀航程序設計工作。在使用設計軟體自動化計算之同時，除須熟悉軟體的功能及特性，更必須對相關規範有足夠的認知，方能確認計算結果之合理性，避免因軟體技術與規範條文間差異，而導致儀航程序設計缺失。

儀航程序設計執行之部分實務經驗，必須透過面對面溝通，才能正確傳達及理解，透過參加儀航程序設計自動化作業研討會，與各地儀航程序設計人員研討自動化設計軟體使用心得及相關限制，增進了解各國儀航程序設計作業實務及可能遭遇的問題，有助於本局推動性能導航相關業務及優化本區儀航程序。

## 貳、行程

本次公務出國行程自 108 年 6 月 2 日至 7 日共 6 日，6 月 2 日(星期日)搭機前往義大利羅馬，6 月 3 日抵達羅馬，安頓後再次檢視相關會議交流議題，研討會日期為 6 月 4 日至 5 日，6 月 6 日束裝搭機返國，於 6 月 7 日端午節晚間抵臺。

本年度儀航程序設計自動化研討會於義大利羅馬舉辦，會議地點位於羅馬錢皮諾(Ciampino)機場旁之義大利國營公司 ENAV 總部內，因錢皮諾機場位置較為偏遠，離市中心約 1 小時車程，會議主辦單位每日提供接駁巴士由羅馬市中心往返會場。ENAV 為義大利飛航服務提供者，為 45 座機場

及 4 個區域管制中心提供相關航管服務，羅馬區域管制中心就設於 ENAV 總部旁，ENAV 另有儀航程序設計及飛測部門。本次會議共有分別來自德國、奧地利、捷克、荷蘭、義大利、愛沙尼亞、芬蘭、阿拉伯聯合大公國、印度、賽普勒斯及我國等地的民航主管機關、飛航服務公司、軍事單位等約 40 多位儀航程序設計人員與會。



圖 2.1 會議進行情況

## 參、研討議題

本年度儀航程序設計自動化研討會，主要討論議題可歸納為與規範相關事項、儀航程序設計自動化軟體產品功能優化、其他討論等，會議相關內容摘述如下：

### 一、與設計規範相關事項

#### 1. 目視階段保護面及障礙物間隔面

為加強保護航空器在目視降落階段之作業，國際民航組織 (ICAO) 儀航程序設計規範 8168 號文件 (PANS-OPS) 修訂第 7 版要求新頒訂的直接 (straight-in) 進場程序不得有障礙物穿越「目視階段保護面 (Visual Segment Surface, VSS)」；有障礙物穿越 VSS 者，除非經由航空研究確認不影響航空器操作，或障礙物高度不高於跑道頭標高 15 公尺，否則該程序不得發布。ICAO 於 2018 年 11 月最新修訂生效的 8168 號文件修訂第 8 版在 VSS 面之上新增「障礙物間隔面 (obstacle clearance surface, OCS)」，倘 VSS 有被障礙物穿越，則須再行檢視 OCS 是否被穿越，ICAO 規定進場程序之 OCS 不得被障礙物穿越，亦不得藉由航空研究放寬。VSS 及 OCS 的剖面示意圖如圖 3.1，水平範圍如圖 3.2。

自動化設計軟體已依照 ICAO 規範修訂內容，將描繪 VSS 及 OCS 範圍的功能納入，並可評估範圍內的障礙物是否超過 VSS 或 OCS 的限制高度，本局現有軟體版本已具備此功能輔助相關評估。依 ICAO 規範，進場程序都需評估 VSS 是否被穿越，自動化軟體雖已納入 VSS 評估功能，此為規範修訂後新增之模組，必須由設計人員於障礙物評估流程結束後另外執行，尚未同步於進場程序的障礙物評估處理。

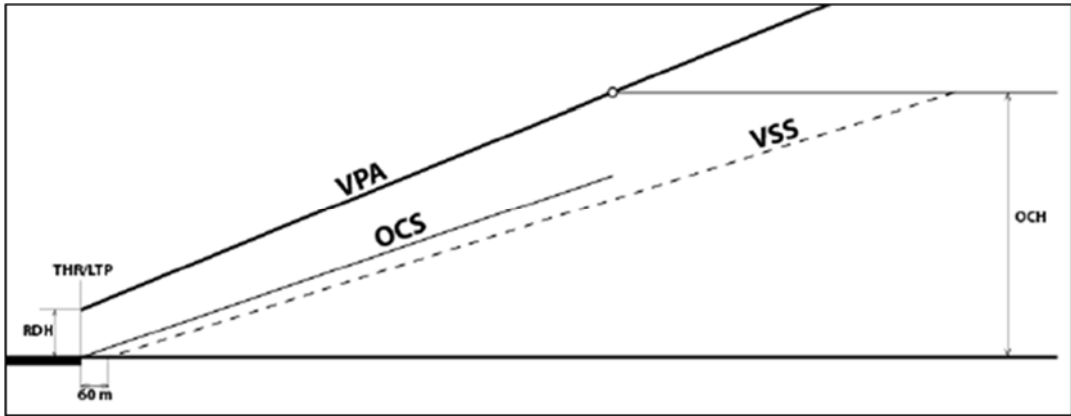


圖 3.1 VSS、OCS 垂直剖面示意圖

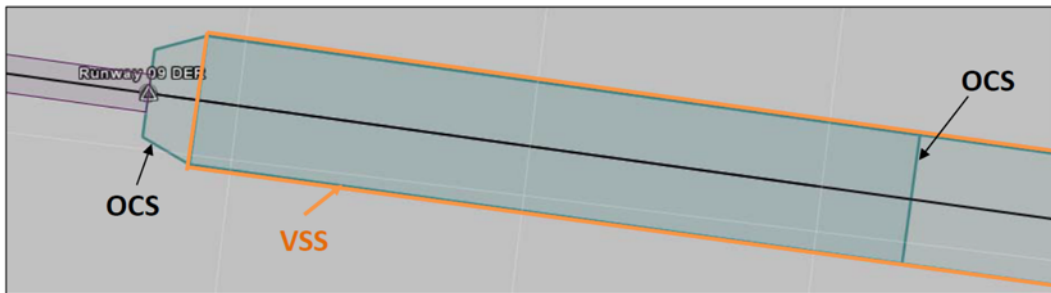


圖 3.2 VSS、OCS 保護範圍示意圖(摘自會議簡報)

## 2. 離場或誤失進場程序連續轉彎的障礙物評估方式

ICAO 儀航程序設計規範 8168 號文件，對於離場程序或是誤失進場程序障礙物的評估，僅說明如何評估直線接續一個轉彎的情況，對於連續 2 個或 2 個以上轉彎的情況，尚無明確的說明。評估直線航段接續單一個轉彎的障礙物影響，係以轉彎保護範圍內之障礙物至前一個航段(即直線階段)保護範圍的最短距離，不同障礙物的最短距離示意  $d_0$  如圖 3.3 所示。



現有自動化設計軟體評估連續多個轉彎的方式，係參照 ICAO 評估單一轉彎的方式，也就是各轉彎航段至障礙物的最短距離來計算所需的障礙物間隔，例如圖 3.4，評估位於第 3 個轉彎之後的障礙物(Obst A)，用來計算障礙物間隔的最短距離為 d1、d2、d3、d4的和(d1 至 d4 為非連續線段)。另一種可行的評估方式如圖 3.5，分別由障礙物(Obst1、Obst2、Obst3 等)連接一條連續的最短距離至前一個轉彎直到直線航段的保護範圍。

障礙物評估與距離及程序設計梯度(Procedure design gradient, PDG，也就是航空器爬升梯度)有關，相關評估計算為  $d1*PDG1+ d2*PDG2+d3*PDG3$ ，另 PDG 須由大爬升率降轉至小爬升率，不可由小爬升率加大後再減小，例如初始 PDG5%轉為 8%再轉為 3.3% 的方式不符合設計規範。

因受地形環境，不同轉彎航段須使用不同的程序設計梯度時(例如 PDG 由第一段 8%，降為第二段 5%，第三段恢復一般的 3.3%)，對於同一個障礙物而言，障礙物高度評估可能因前述 2 種不同的距離計算方式而有些微不同的結果，當評估同一個離場程序，部分障礙物依非連續線段方式的結果較為保守，另一部分障礙物則依連續線段的方式較為保守，前述 2 種方式均符合選取最短距離的前提，ICAO 設計規範尚無提供關於評估連續轉彎的作業細節。

自動化軟體廠商於本次會議中徵詢各國設計人員對於評估距離選用方式的意見，經討論後尚無決議是否新增或變更現行軟體採用的方式，將在未來相關會議中再議，另外廠商將向 ICAO 相關儀航程序技術會議說明此議題，但不一定會被 ICAO 納入規範修訂討論，本局將持續關注本案後續。

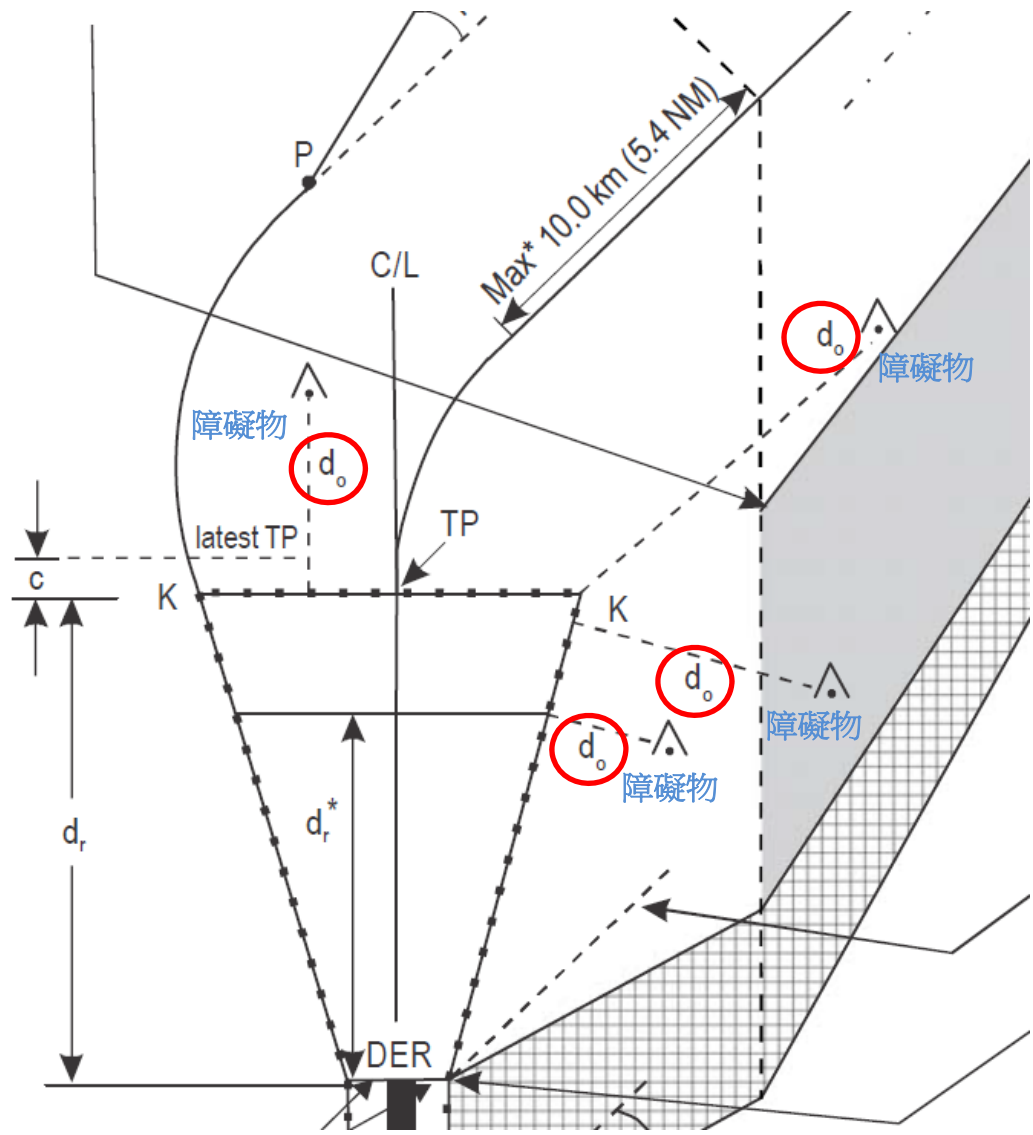


圖 3.3 障碍物評估最短距離  $d_0$  示意圖

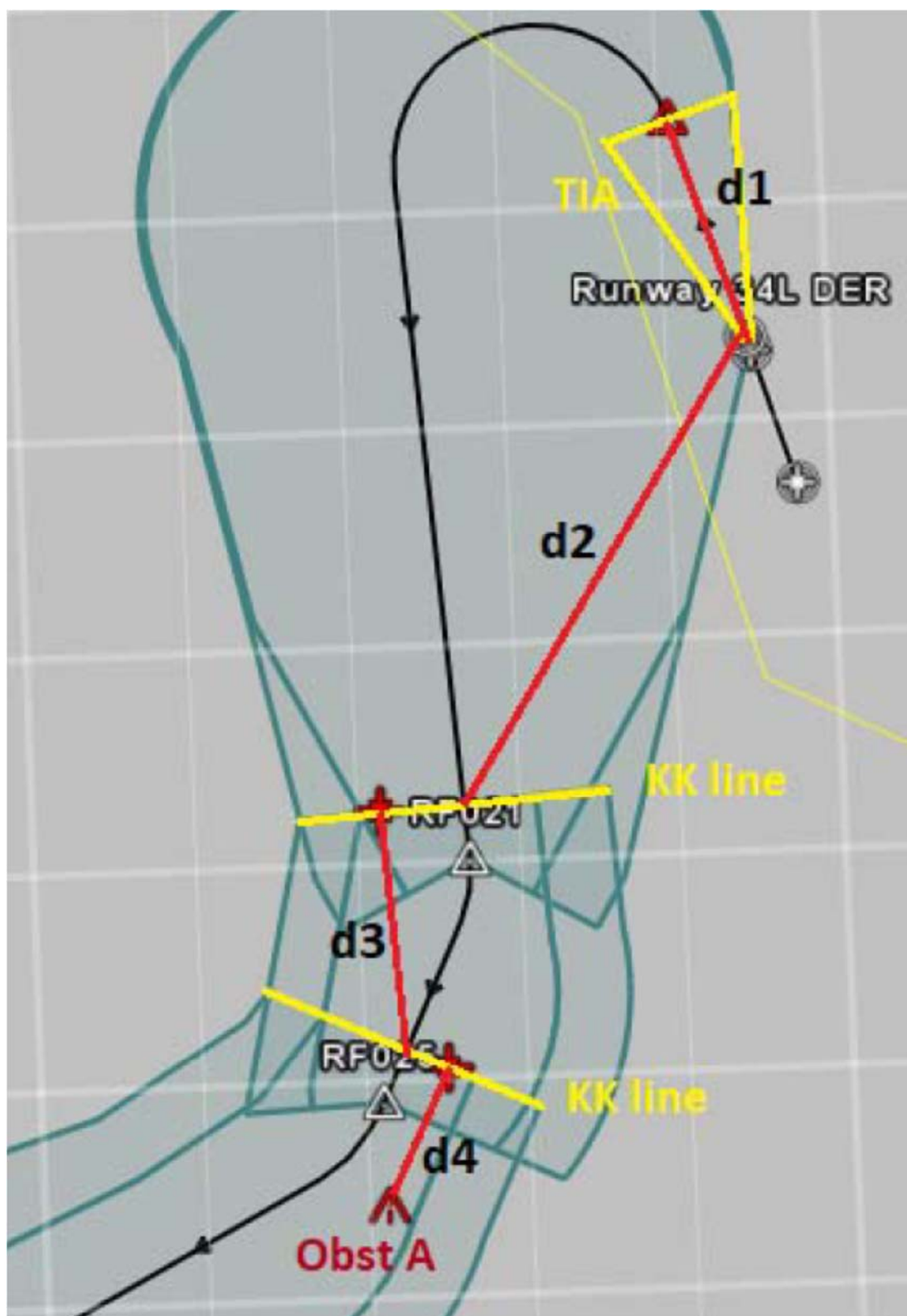


圖 3.4 連續轉彎障礙物評估距離，以非連續最短距離評估。(摘自會議簡報)

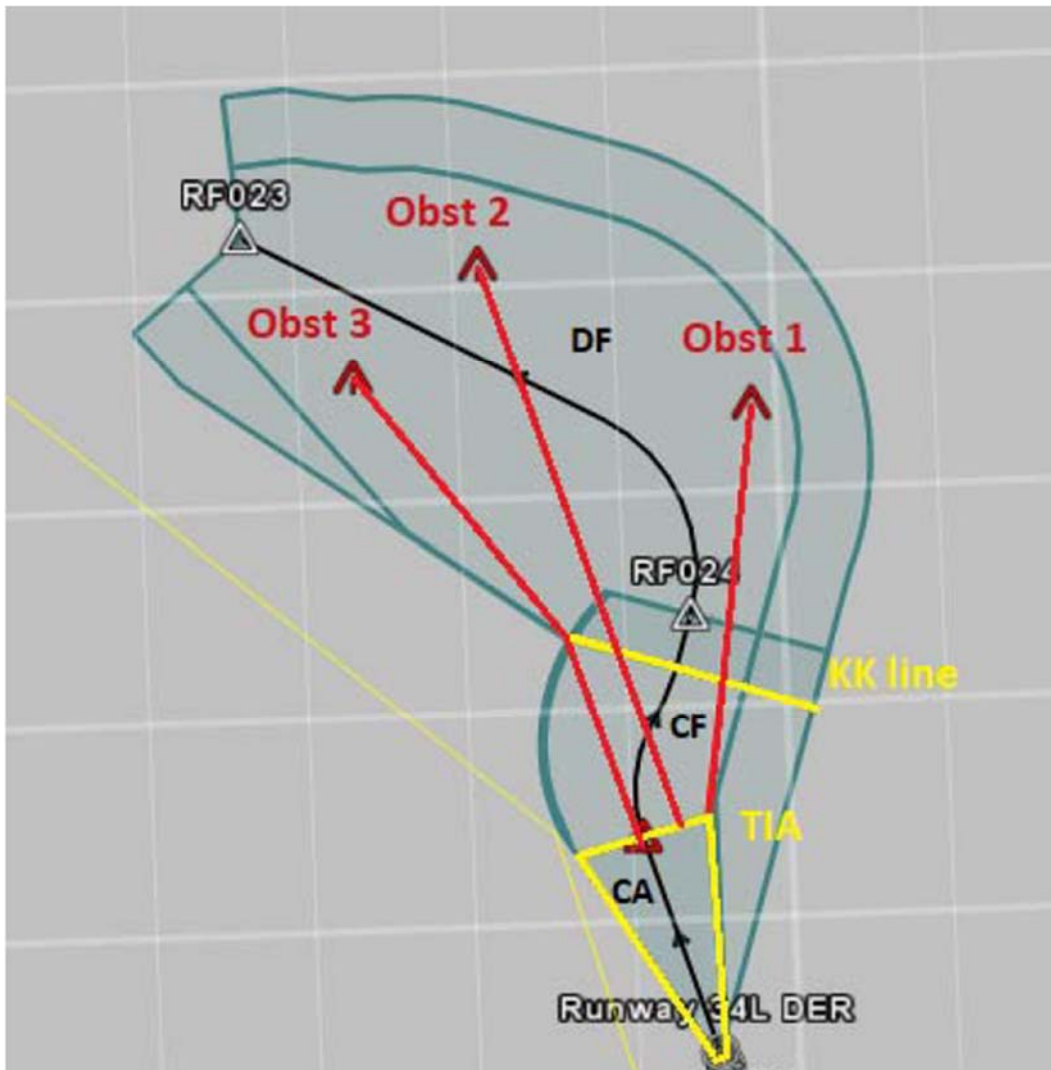


圖 3.5 連續轉彎障礙物評估距離，以連續最短距離評估。(摘自會議簡報)

### 3. 歐洲航空安全局(European Union Aviation Safety Agency, EASA) 相關規範

歐盟的法規結構係由基本規範(Basic Regulation)和施行細則(Implementing Rules)組成，有關 ICAO 相關民航規範，歐盟有相關配合的規範，2018 年 9 月歐盟民航法規的基本規範 No 2018/1139 文件取代原本的 No 552/2004 文件，而施行細則 2017/373 文件將於 2022 年 1 月取代現行的 73/2010 文件。基本規範 No 2018/1139 主要將基本要求重新定義。而施行細則 2017/373

將納入航空情報服務(AIS)的部分。自動化設計軟體除符合 ICAO 相關規範外，亦符合歐盟相關要求，前述歐盟規範的修訂，自動化軟體產品功能不致產生重大變化，軟體公司將持續關注相關歐盟法規條文的發展及相關指導文件，作為軟體調整的依據，近期尚無調整需求。

## 二、設計自動化軟體產品功能優化

### 1. 障礙物碰撞風險評估模型(CRM)

障礙物碰撞風險評估模型(Collision risk model, CRM)為儀器降落系統(Instrument landing system, ILS)進場程序的障礙物評估方式之一，ICAO 現有障礙物碰撞風險模型軟體係基於 1970 年代的碰撞機率理論所研發，為配合早期 DOS 作業系統開發，採透過文字介面輸入各障礙物相對於跑道頭的座標及高度，並設定相關障礙物形狀類別等參數後進行運算，檢視每個障礙物的碰撞機率，障礙物碰撞機率小於  $10^{-7}$  為可接受。

ICAO 已多年未對 CRM 軟體進行維護更新，尚無提供適用於現代電腦作業系統的 CRM 程式。為符合儀航程序設計人員需要，軟體公司已將 ICAO 版本的 CRM 程式轉為自動化設計軟體的模組之一，可自動連結障礙物資料進行碰撞機率計算。本局過去於使用 CRM 模組進行障礙物評估時，發現自動化軟體計算結果尚有不合理處，單一障礙物的碰撞機率大於所有障礙物的機率總和，經提報給軟體公司，現有版本的自動化軟體已修正完畢。

自動化軟體已預計今年下半年釋出 CRM 優化界面(如圖 3.6)，除原有 A、B、C、D 類航空器，將新增是否使用標準航空器尺寸(翼展 60 公尺，機輪與下滑道距離 6 公尺)的選項，使用者可在此欄位自行輸入翼展長度等，可針對更大翼展的 DL 類航空器進行評估。另外，誤失進場的爬升率將預設為使用標準的 2.5%爬升率，使用

者仍可依評估需求設定其他爬升率數值。

Cat	OCA req.	Risk requested (procedure OCA / user OCA)	
A	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> 742 ft MSL <input type="radio"/>	<input type="text"/> ft MSL
B	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> 742 ft MSL <input type="radio"/>	<input type="text"/> ft MSL
C	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> 742 ft MSL <input type="radio"/>	<input type="text"/> ft MSL
D	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="radio"/> 742 ft MSL <input type="radio"/>	<input type="text"/> ft MSL

Use Standard Dimensions

Wing Span:  m

GP Wheel Dist:  m

All obstacles  Shapes selection

圖 3.6 CRM 評估模組設定介面(摘自會議簡報)

## 2. 增進障礙物間隔高度及能見度限度功能

精確進場決定高度(Decision altitude, DA)或是非精確進場最下降高度(Minimum descent altitude, MDA) 係航空公司依其公司飛機性能或人員訓練等考量，於所公布的障礙物間隔高度(Obstacle clearance altitude, OCA)再加上各公司的裕度緩衝值，成為航空公司操作上的限度。現行自動化設計軟體可依據所設計的路徑及障礙物資料計算出進場程序的障礙物間隔高度，其顯示方式如圖 3.7。當使用者為了增加緩衝值以人工調高表格內的 OCA 數值時，會連帶影響程序設計的參數(如誤失進場計算)。為便利自動化軟體使用者，將新增顯示 DA 或 MDA 的功能，新的顯示介面如圖 3.8。使用者可調整如圖 3.8 進場限度表格裡的數值，該數值將存入軟體

的資料庫中，可作為未來航圖發布使用，將不影響儀航程序設計計算的參數。

依照 ICAO 相關規範，尚無相關航圖標示進場能見度限度的規定，航圖上可依照實務需要加註能見度限度，爰現行自動化設計軟體的進場限度顯示欄位尚無自動產出能見度限度的功能。軟體公司配合使用者需求，新版本將提供能見度及雲幕高數值，惟目前尚無相關細節，未來軟體釋出後，將再行確認是否符合本區設計作業需求。

Procedure	Category	A	B	C	D
LNAV	LNAV	<b>1510</b> (488)	<b>1510</b> (488)	<b>1510</b> (488)	<b>1510</b> (488)
LNAV	Circling	<b>1670</b> (624)	<b>1800</b> (754)	<b>1900</b> (854)	<b>1950</b> (904)

圖 3.7 現行障礙物間隔高度顯示方式(摘自會議簡報)，上排粗體數字為 OCA，下排括號內數字為 OCH。

Procedure	Category	A	B	C	D
LNAV	LNAV	<b>1520</b> 500 0.99 800	<b>1520</b> 500 0.99 800	<b>1520</b> 500 1.43 800	<b>1520</b> 500 1.43 800
LNAV	Circling	<b>1680</b> 640 1.18 800	<b>1810</b> 770 1.74 800	<b>1910</b> 870 2.30 900	<b>1960</b> 920 2.86 1000

圖 3.8 優化後 OCA 或 DA、MDA 顯示介面(摘自會議簡報)

### 3. 離場程序的轉彎傾角(Bank Angle)設計

依據 ICAO 儀航程序設計規範，建構離場程序的障礙物保護範圍時，所用的轉彎傾角一般最大設定為 15 度(傾角越小，完成轉彎



所需要的轉彎半徑及距離越大)，當航空器高度在 1000 至 3000 呎間，離場程序可使用至 20 度傾角，高於 3000 呎後，可使用至 25 度傾角。過去自動化設計軟體在離場程序全程採用最保守的 15 度。目前最新的軟體修訂，已可於規範範圍內選擇是否依人工指定的傾斜角度進行計算(參數設定如圖 3.9)。

此項新增的設定傾角功能，可增加設計作業的彈性，有助於複雜地形或是空域限制較多區域的程序設計作業，圖 3.10 為 15 度及 20 度傾角設計的障礙物保護範圍差異，以 20 度設計的保護範圍比以 15 度設計的小。但一般程序設計上仍以不限制航空器操作為優先考量。儀航程序發布最大或最小的傾角(Bank Angle)以限制轉彎的大小，將增加航空器操作的複雜度，ARINC424 資料庫編碼也無法將傾角編入，程序設計改為採用 DME ARC 方式或是限制飛行的輻向為佳。

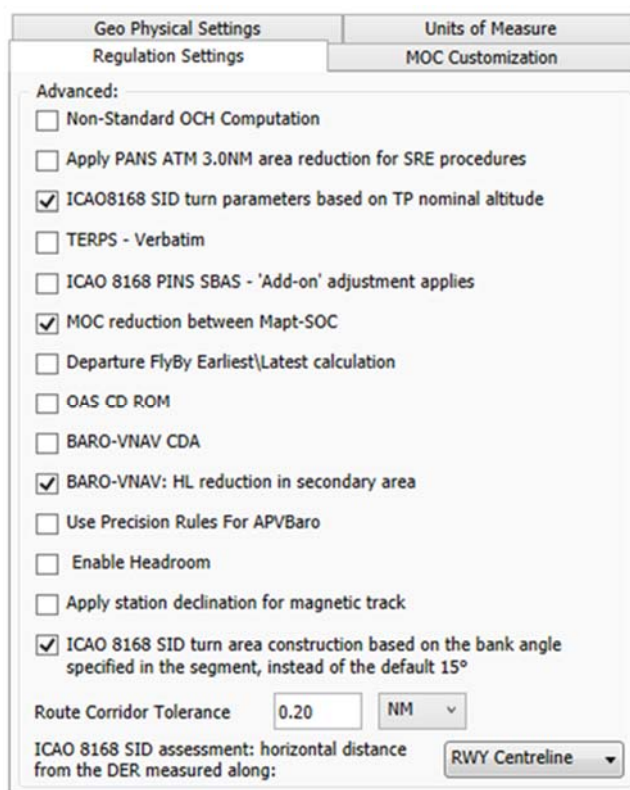


圖 3.9 離場程序轉彎傾角設定介面(摘自會議簡報)



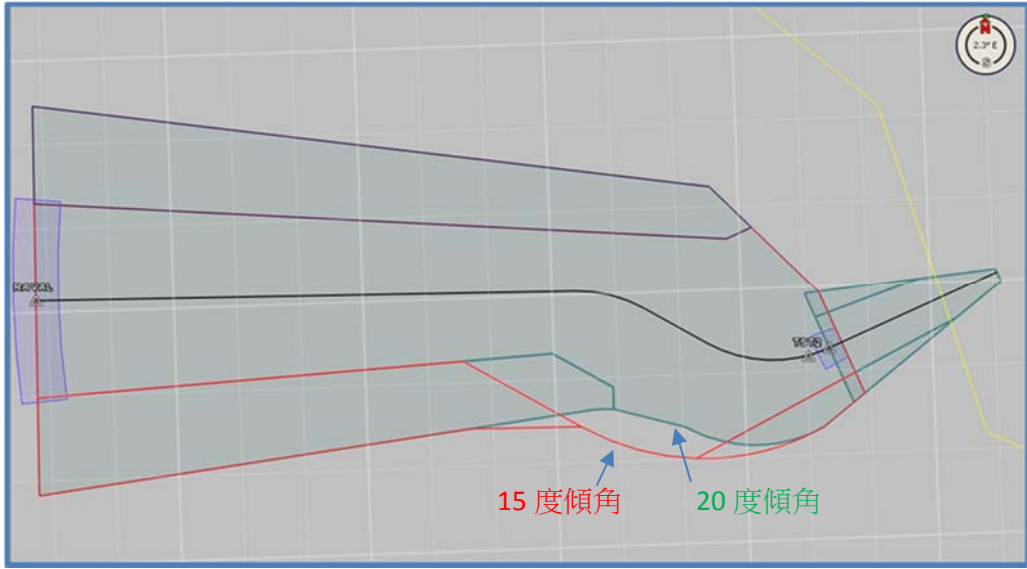


圖 3.10 不同傾角障礙物保護範圍差異(摘自會議簡報)

#### 4. 最後進場階段高度確認工具

為提供航空器駕駛員在最後進場階段檢查高度的參考，航圖上在最後進場點之後標示有以 3 度下滑角度下降的高度參考，例如圖 3.11，在距離 ITIA 測距儀 4 浬的位置，依 3 度下滑角的建議海拔高度為 1350 呎。這些參考數值以往是經人工計算後將結果登載在航圖上，未來自動化設計軟體在設計階段就能自動依最後進場點的設定位置，提供位於特定距離的高度參考數值(如圖 3.12)，提供設計人員與人工計算數值比對。

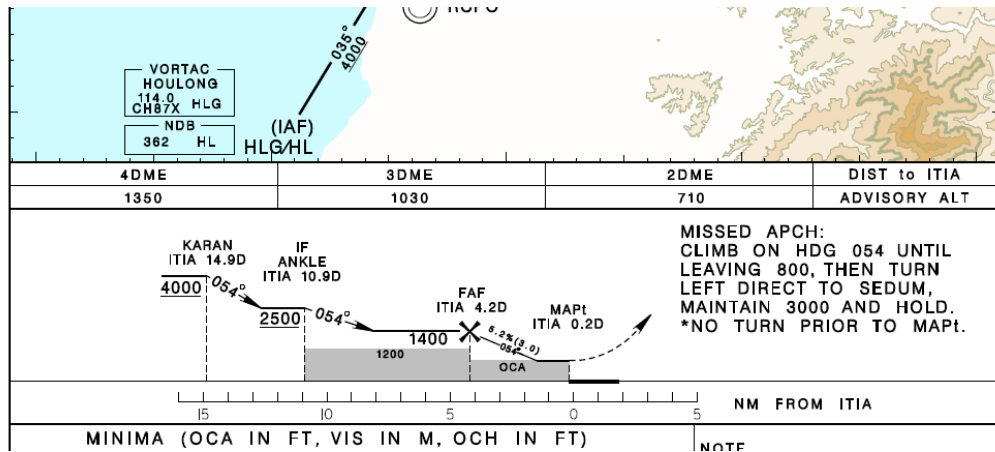


圖 3.11 最後進場階段高度參考值圖例

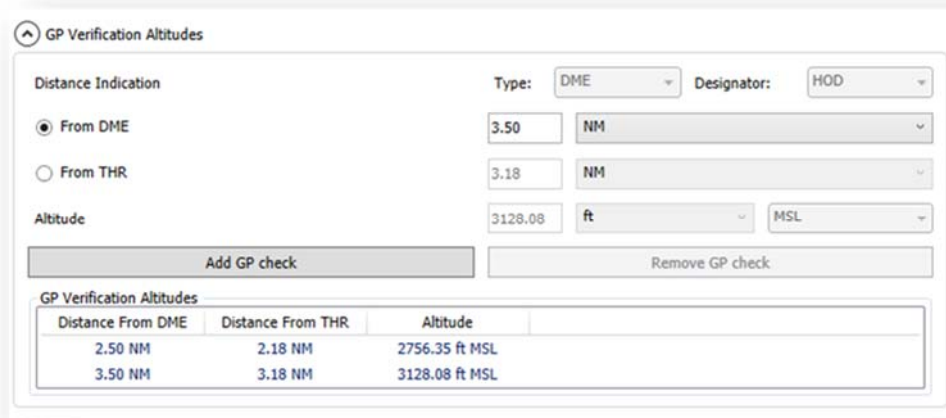


圖 3.12 軟體優化後高度參考值顯示介面(摘自會議簡報)

## 5. 路徑視覺化

ARINC424 航空資料庫編碼利用不同的路徑(Path)和終點(Terminator)組合，將各種儀航程序(離場程序、到場程序、進場程序、航路等)轉換為資料庫中一系列的航段類型，提供機載飛航管理電腦(FMS)使用。依 ICAO 儀航程序設計規範，發布性能導航(Performance-Based Navigation, PBN)儀航程序時，除提供航圖之外，應同時提供程序各航段的相關 ARINC424 編碼資料，但傳統儀航程序尚未強制要求提供。設計自動化作業軟體的一項特色為不論傳統或是 PBN 程序，設計作業時必須指定每一個航段的導航資料庫 ARINC424 編碼格式。

當使用 VI(heading to intercept next leg)或是 CI(course to intercept next leg)編碼格式設計儀航程序，也就是保持特定航向或是航道去攔截下一個助導航設施訊號，現行軟體描繪此類編碼的航空器軌跡線，是採用最保守的設定，即航空器將先飛越所攔截的航向後再修正回來對準該航向。現代配有飛航管理電腦以導航資料庫輔助飛行的航空器，飛航管理電腦將計算較為平滑且經濟的路徑；另外航圖所發布的程序路徑為連接各航點間航段的示意圖，非以標示所有可能路徑為目的，目前各國航圖的標示也都是以平滑的

路徑為代表。未來自動化軟體儀航程序路徑視覺化的方式將採顯示平滑路徑(圖 3.13)，平滑路徑所使用的轉彎半徑與飛越後再修回的轉彎半徑相同，相關障礙物評估的範圍，仍依照較為保守的方式，以先飛越再修回方式計算障礙物的保護範圍。

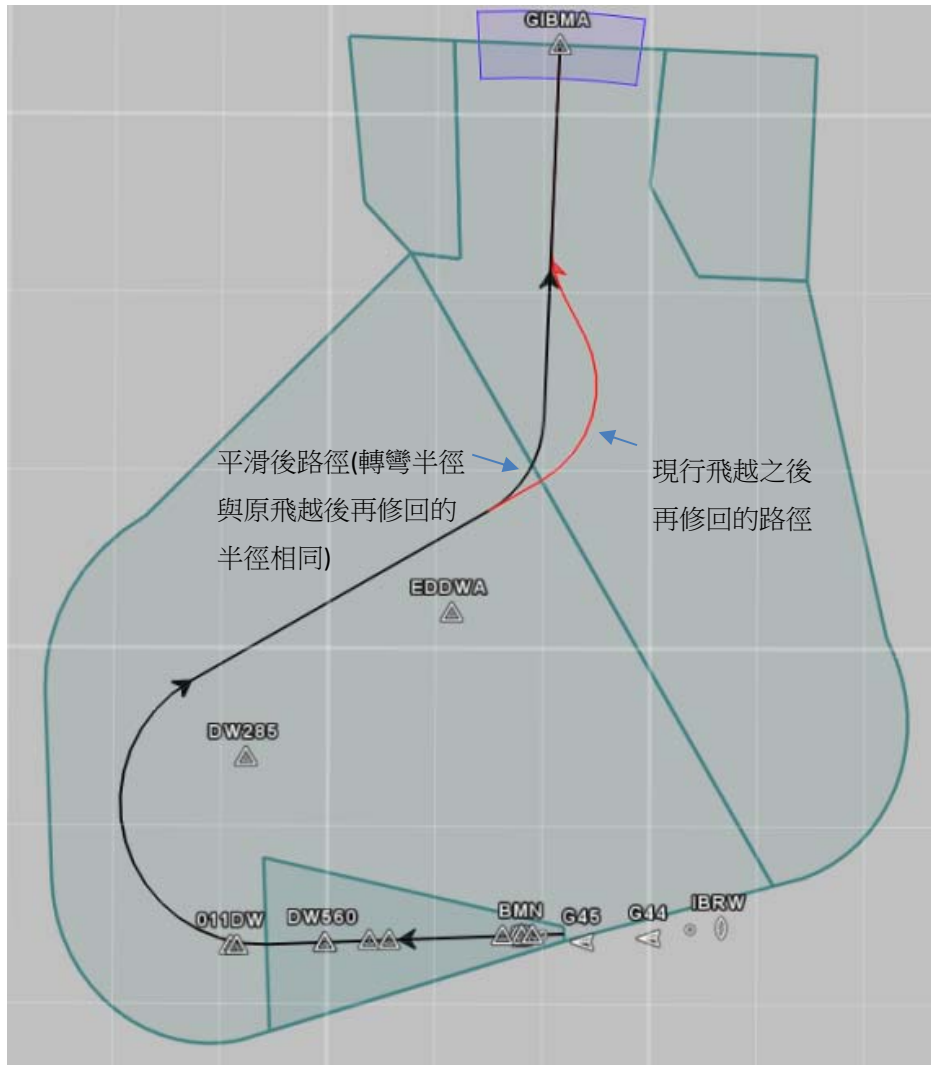


圖 3.13 儀航程序路徑視覺化示意(摘自會議簡報)

### 三、其他討論

- 自動化設計軟體配合雲端運算

雲端運算為未來發展趨勢，自動化設計軟體規劃朝此方向發展，透過將軟體建置於雲端的方式，使用者可以減少設置成本，維護及

測試的工作也將更有效率，目前軟體廠商已進行相關雲端運算測試，包括：

- (1)將設計自動化軟體設置於 Microsoft Azure 雲端運算平台，儀航程序設計人員於遠端操作，使用者無需自行建置運算硬體，此方式已與加拿大飛航服務公司 Nav Canada 進行測試，另英國的飛航服務公司 NATS 正接洽中。
- (2)將自動化軟體安裝於用戶建置的雲端硬體上，自動化軟體維護工程師可透過 CITRIX 雲端軟體，遠端連線到用戶的雲端進行維護工作。與現行由本地使用者建置運算伺服器的方式類似。
- (3)將自動化軟體安裝於用戶建置的雲端硬體上，並透過 VM Ware 程式，提供外部使用者（例如資料提供者、飛航服務提供單位或是軍事機構等）連結使用。

## 肆、心得

### 一、儀航程序設計自動化作業須逐步累積經驗

本局目前的儀航程序設計自動化作業軟體各國使用心得都是認為相對保守，在符合設計規範條件下，均採最保守的參數輔助程序設計，例如依據設計規範，離場程序在距離機場一定範圍內，轉彎角度小於 15 度所使用的障礙物間隔數值比轉彎大於 15 度障礙物間隔數值的小，自動化作業軟體則不論轉彎角度大小，均使用最大的障礙物間隔數值來評估，此評估方式雖然更為安全，但評估結果可能要求不合理的爬升性能，此時就必須適度調整相關設計方式。如何運用自動化作業軟體保守特性，搭配設計規範解讀實務，因應本區各機場之幾何特性、周圍地形、空域條件等設計妥適之儀航程序，尚需在實務作業中逐步累積經驗，透過研討會相關技術經驗交流的機會，學習其他地區因應其相關機場、地形等條件的設計實務，掌握儀航程序設計規範與實務作業相關發展。

ICAO 尚未規定傳統儀航程序須發布 ARINC 424 航空資料庫編碼資訊，本局現有設計自動化作業系統的另一特色是為配合程序設計資料的完整性，對於性能導航或是傳統程序的每一個航段，都必須指定 ARINC424 編碼類型進行設計，原用的自動化作業軟體在設計傳統儀航程序時不須使用 ARINC424 編碼，將舊有儀航程序轉用新軟體評估時，須因應 ARINC424 編碼格式進行調整，運用新系統以檢核現有傳統程序設計與 ARINC424 資料庫編碼之協調性。相同的儀航程序，不同設計人員所採用的 ARINC 424 資料庫編碼組合方式可能不同，本局採用的編碼組合，可能尚有優化空間，傳統程序的航圖上尚無提供編碼方式，無法直接參考學習，透過研討會的場合與其他專家學習設計自動化作業與資料庫編碼運用技巧，確保本局所設計之儀航程序能更精準、正確地轉換為航空資料庫編碼。

儀航程序設計自動化作業不是只需按一個按鍵就可完成所有設計工作，設計人員必須熟稔規範並配合設計實務經驗，判斷自動化作業系統產出的路徑或是儀航程序保護範圍是否合理，軟體參數必須謹慎選用，避免增加航空器操作的限制而背離優化程序的目的。

## 二、確保儀航程序設計自動化作業所使用資料的正確性

本次會議中阿拉伯聯合大公國說明杜拜機場的儀航程序及飛航指南(AIP)資料處理情況與本局相似，相關資料也是分別儲存在不同資料庫中，不同資料庫的軟體來自不同公司的產品，阿拉伯聯合大公國刻正考慮未來繼續採用現行 2 個不同資料庫，以資料轉換方式進行資料庫之間的數據交換，或是僅建置單一共用之資料庫，相關優缺點及設置成本仍在評估中，杜拜相關經驗可作為本局未來資料庫建置的參考方向。

無論儀航程序自動化作業資料與 AIP 資料儲存在共同或相異的資料庫，儀航程序設計人員須確保儀航程序設計採用的數據，與程序生效當時有效的飛航指南資料一致無誤，避免誤用在程序生效日已經失效的

資料，或是誤用尚未生效的數據；儀航程序設計人員除熟悉規範及設計自動化作業軟體，尚需與航空情報人員密切合作，確保儀航程序設計成果以航圖及飛航資料傳遞給使用者過程中，皆維持資料一致性及正確性。

自動化作業軟體裡儲存或匯出的儀航程序資料包括所有與儀航程序相關的資訊，儀航程序設計單位必須保存這些資訊以確保資料的完整性，未來維護或變更程序設計時，才能從正確的資料進行設計，避免因誤用資料產生設計疏失。

## 伍、建議

### 一、建議持續派員參加儀航程序設計自動化作業研討會

本次多數與會單位使用儀航程序設計自動化作業軟體的時間較本局長，尤其是歐洲地區的儀航程序設計人員，對設計自動化作業具相當經驗，宜持續派員參加建立人脈增進交流，此外，相關設計規範與設計作業自動化實務的議題具有延續性，經多屆會議持續討論後才有具體結論，參與相關討論過程的經驗也可作為設計實務的參考，宜持續關注各項議題的發展。持續派員參加儀航程序設計自動化作業研討會有助本局掌握相關法規解讀與設計作業，使我國儀航程序設計作業與國際實務作法一致。

### 二、建議派員參加相關領域會議或課程

隨著航空科技的進步，性能導航技術的推動，程序設計與飛航實務的結合越顯重要，儀航程序設計人員除專精相關儀航程序設計規範外，本局曾派員參加「ARINC424 資料庫編碼課程」及「了解駕駛艙 (understanding the cockpit side) 訓練課程」等訓練，增進設計人員對航空器性能及執行儀航程序的飛航表現等知識。相關飛航實務的知識，亦有助於設計作業自動化，例如由過往參訓的內容得知限制傾角將

增加操作複雜度，仍以不限制為宜，作業自動化新增的功能不一定能幫助優化儀航程序。建議派員參加儀航程序設計相關領域的會議或課程，透過了解其他領域的專業知識，納入儀航程序設計自動化作業的考量，對優化儀航程序設計及提升飛航服務品質具實質助益。