

機場氣象裝備設置標準與建議

王崑洲

一 前言

依據國際民航公約附約 3 國際航空氣象服務 (ICAO ANNEX-3, July, 2001) 之建議, 每一個國家應儘可能在其領土內的機場成立必要之航空氣象台, 並依照機場大小、跑道類別及航行需求, 在適當地點安裝必要之氣象裝備, 以利航空氣象台能提供正確之航空氣象觀測資料。為確保航空氣象台所發布的觀測資料能具有代表性, 有關機場氣象裝備的設置地點, 除要類似綜觀氣象測站考慮儀器的暴露環境外, 下列事項亦應特別注意:

- (1) 觀測資料對機場區必須具有代表性, 尤其是起飛和降落區。
- (2) 符合國際民航公約附約 14 機場設計與運作 (ICAO ANNEX-14, July, 1999) 之障礙物限制規定。
- (3) 位於機場某地帶 (strip) 內之氣象裝備必須採易斷 (frangibility) 結構。
- (4) 架設地點是否滿足地形需要、電源供應和通信容易等條件。

本文主要係依據國際民航組織第 8896 號航空氣象實務手冊 (ICAO DOC 8896, 1997), 及機場氣象感應器美國聯邦設置標準 (FCM-S4-1994, August, 1994) 之相關規定和建議, 並參照台北飛航情報區之飛航需求而撰寫, 其內容可做為規劃、建置各級民航機場氣象設備之參考標準。

由於機場地理環境之複雜程度及大小範圍各有不同, 再加上機場跑道有目視和儀降進場之區別, 故在考慮氣象裝備建置時, 首先必須明確了解要架設裝備之所處環境, 後再依氣象感應器之選址標準, 選擇最符合相關規定的地點架設, 即可滿足機場飛行操作之航空氣象需求。

二、 裝備與架設環境

- (1) 風向風速計 (Anemometer and Wind vane): 依需求分別設置於機場跑道中間及兩端著陸區 (touchdown zone) 附近, 用於量測跑道風向風速, 其感應器高度應離跑道面 6~10 公尺。距離感應器 150 和 300 公尺半徑周圍內之障礙物 (obstruction) 高度應分別比感應器低 4.5 和 3 公尺以上。如因地形複雜無法完全符合上述條件, 感應器與障礙物之距離起碼應保持障礙物高度之十倍距離, 以免影響風場資料觀測之正確性。
- (2) 能見度計 (Transmissometer): 依需求分別設置於機場跑道中間及兩端著陸區附近, 用於量測機場能見度, 其感應器高度離跑道面可介於 1.5~4.25 公尺之間, 其中以 2~3 公尺為最佳高度。距離感應器 30 公尺內之草本植物應修剪至 25 公分以下, 且附近應避免有閃光及中度光源干擾, 以免影響能見度觀測資料之正確性。
- (3) 跑道視程感應器 (Runway Visual Range sensor): 依需求配合能見度計

設置於跑道中間及兩端著陸區附近，用於量測駕駛艙（5 公尺）至跑道面間平均高度 2.5 公尺之跑道視程，通常其感應器高度和能見度計一樣離跑道面約 1.5~4.25 公尺之間，其中以 2~3 公尺為最佳高度。

- (4) 雲高計(Celiometer)：通常設置於精確跑道（precision runway）中信標台（middle marker），有時亦可設置於跑道著陸區附近，用於量測進場區（approach area）或著陸區之雲高，其感應器高度離跑道面應不超過 1.5 公尺，通常為 1.2 公尺。感應器附近應避免有閃光或中度光源干擾，以免影響雲高觀測資料之正確性。
- (5) 溫度露點感應器或溫度溼度感應器 (Temperature and Dew point sensors)：配合一套風向風速計設置於跑道附近，用於量測跑道飛機引擎高度附近之空氣溫度和露點，通常其感應器約離跑道面 1.5 ± 0.3 公尺，且有通風良好之外罩保護以免受輻射影響溫度量測；距離感應器 30 公尺內之草本植物應修剪至 25 公分以下，且附近應避免人為條件如大建築物、冷卻水塔、柏油路 等等存在，以免影響溫度觀測資料之正確性。
- (6) 氣壓感應器 (Pressure sensor)：通常設置於耐風雨（weatherproof）的設施內，其感應器可設置於室內或室外。惟大部份情況下，室內良好的通風效果常會使高度表撥定值產生 $\pm 0.6hPa$ 的誤差，因此，氣壓感應器目前常設置於室外，並使用適當的通風介面（vent interface）裝置，以使測量之氣壓值符合標準。為避免氣壓感應器因氣流通過所產生的偏差，通風介面應避免受潮和吹氣，同時也應避免設置在溫度變化迅速及地表容易震動的地方。設置於室外之氣壓感應器高度至少應離跑道面 1 公尺以上，30 公尺以下。
- (7) 空盒氣壓計(Aneroid Barometer)：通常置於氣象觀測室內，用於量測高度表撥定值（altimeter setting）之平均海平面氣壓 QNH。QNH 係依標準大氣溫度（15^o）及大氣遞減率（0.65 /100 公尺）而得。空盒氣壓計應避免放置於溫度突變或曝露於直接熱力或日光之下，且應固定免於震動，以免產生誤差。
- (8) 自動雨量計(Automatic rain gauge)：配合一套風向風速計設置於跑道附近，用於量測降水量或(及)降水形式，其感應器離跑道面應不低於 2 公尺，通常以 3 公尺為最佳高度。如僅需量測降水量，則此項設備亦可採用離跑道面高度約 1 公尺、直徑 8 吋或 12 吋承雨口之傾倒式雨量儀（Recording precipitation gauge）替代。雨量計之感應器應遠離樹木、建築物和其它障礙物，以免影響雨量觀測之正確性。本項裝備應含顯示和記錄裝置。
- (9) 風向指示器 (Wind direction indicators)：為機場目視導航設施，依 ICAO 規定每座機場應設置 1~2 套於跑道兩端或中間附近，作為航機起降和滑行主要目測機場風向風速之用，其風向袋應為截頭圓錐形，由布料製成，長度應不小於 3.6 公尺且較大尾端直徑不小於 0.9 公尺。風向袋的顏色

應選擇至少在高度 300 公尺能配合背景清楚看見風向袋並理解其指示；另風桿高度最好選擇離跑道面約 6~10 公尺之間，且應符合跑道地帶內應採易斷施工之相關規定。此外，為利航空器辨識，至少應有一個風向袋的位置使用直徑為 15 公尺、寬 1.2 公尺的白色環帶予以標示。在夜間使用機場，至少應有一個風向袋設有照明。如機場地形特殊，亦可在主要風袋之外，於跑道著陸區附近增設長約 2.4 公尺、較大尾端直徑約 0.45 公尺及風桿高度約 3 公尺之小型照明風向袋，以輔助著陸區風場局部情況之目測。

- (10) 福丁式水銀氣壓計 (Fortin Mercury Barometer): 為測量大氣壓力及氣壓變量之標準儀器。通常設置於溫度穩定或變化緩慢之氣象觀測室或氣壓室內，其懸掛地方應遠離熱源或通風口，且任何時候都應防止陽光直射。它可作空盒氣壓計校正之用。
- (11) 空盒氣壓儀 (Aneroid Barograph): 為測量測站氣壓、最高與最低氣壓及時間、氣壓變量、趨勢及特性等之自記觀測儀器。通常設置於溫度穩定或變化緩慢之氣象觀測室或氣壓室內。
- (12) 最高最低溫度計 (Thermometers, Maximum and Minimum): 通常放置於百葉箱中的木架上，用於測量每日最高和最低氣溫。
- (13) 乾濕球溫度計 (Thermometers, dry and wet bulb): 通常放置於百葉箱中的木架上，用於測量大氣溫度、水氣壓、露點溫度和相對濕度。
- (14) 溫濕度儀 (Thermograph and Hygrograph): 為測量大氣溫度和相對濕度之自記觀測儀器，通常放置於百葉箱中。
- (15) 阿斯曼乾濕計：設置於氣象觀測室內，為手動量測溫度露點之氣象儀器，當跑道溫度露點計或溫度溼度計故障時可做為備份之用。
- (16) 百葉箱(含最高、最低及(或)乾濕球溫度計木架)：設置於氣象觀測園內，箱身置於四腳木架上，箱底距地高度約 120 公分，四腳之構造宜堅實，箱門宜朝北，其材質為檜木，塗以白色油漆；其外型體積最小不得少於長 76.2×寬 76.2×高 82.5 公分，前面有活動樞紐門，具雙層箱頂及似窗之四壁，其每一窗葉形之間隔，可使空氣流通，內附最高最低及(或)乾濕球溫度計木架，以利置於箱內之最高、最低溫度計及乾濕球溫度計之精確量測。

三、氣象感應器選址標準與建議

- (1) 本節所提供之氣象感應器選址標準 (criteria) 與建議是根據 ICAO ANNEX-14 有關機場跑道地帶 (runway strips) 跑道種類 (runway category) 跑道長度、跑道寬度以及助導航設施等配置規定，並參考機場障礙物 (obstacle) 轉接面斜率 (transition surface slope) 有關氣象儀器設置之規定訂定。

- (2) 機場跑道地帶範圍視跑道長度及跑道種類定有不同之限制寬度。通常機場跑道長度分為 (1) 800 公尺以下 (2) 800~1200 公尺 (3) 1200~1800 公尺及 (4) 1800 公尺以上四個等級。而跑道種類則分儀器精確進場 (Instrument precision approach)、儀器非精確進場 (Instrument non-precision approach) 及目視非儀降 (Visual/Non-instrument) 等三種跑道。其中儀器精確進場又分成 CAT-I、CAT-II 及 CAT-III 等三類跑道。
- (3) 儀器精確進場係指跑道具有儀器降落設備 (Instrument landing system; ILS) 或微波降落系統 (Microwave landing system; MLS) 之助導航設施稱之。
- (4) 儀器非精確進場係指跑道無 ILS 或 MLS, 而有左右方向定位台 (Localizer type directional aid; LDA) 或測距儀 (Distance measuring equipment; DME) 之助導航設施稱之。
- (5) 機場障礙物轉接面依跑道種類有內轉接面和轉接面兩種設計。內轉接面之障礙物高度與內部地帶之水平距離比, 1、2 級精確進場跑道為 1:2.5 (40%); 3、4 級精確進場跑道為 1:3 (33%) 兩種不同斜率。轉接面之障礙物高度與外部地帶之水平距離比, 除儀器精確進場不分等級均為 1:7 (14.3%) 之斜率外, 1、2 級機場為 1:5 (20%); 3、4 級機場為 1:7 (14.3%) 兩種不同斜率。
- (6) 儀降跑道地帶: 1、2 級機場之跑道限制寬度為距跑道中心線兩側 75 公尺; 3、4 級機場為 150 公尺。
- (7) 非儀降 (目視) 跑道地帶: 1 級機場之跑道限制寬度為距跑道中心線兩側 30 公尺; 2 級機場為 40 公尺; 3、4 級機場為 75 公尺。
- (8) 內轉接面地面限制寬度: CAT-I 之 1、2 級機場限制寬度為自距跑道中心線兩側 45 公尺起, 以 1:2.5 (40%) 之斜率向外、向上延伸; CAT-I、II、III 之 3、4 級機場限制寬度為自距跑道中心線兩側 60 公尺起, 以 1:3 (33.3%) 之斜率向外、向上延伸。
- (9) 轉接面地面限制寬度: CAT-I 之 1、2 級機場限制寬度為自距跑道中心線兩側 75 公尺起, 以 1:7 (14.3%) 之斜率向外、向上延伸; CAT-I、II、III 之 3、4 級機場限制寬度為自距跑道中心線兩側 150 公尺起, 以 1:7 (14.3%) 之斜率向外、向上延伸。
- (10) 氣象感應器除溫度露點和降水這兩種感應器, 可在環境條件許可下, 選擇遠離跑道的其它地點架設外, 風、雲高、能見度、RVR、氣壓等感應器應儘可能選擇距跑道中心線相當長度的地方集中架設, 以免違反跑道地帶和障礙物轉接面斜率之規定。

- (11) 風向風速感應器距跑道中心線之最短距離，通常以測風桿 6~10 公尺之障礙物高度斜率換算成水平距離後，再加上跑道四種不同限制寬度（30、40、75、150 公尺），就可得出下列八種不同參考數據，惟因環境因素無法將測風桿或塔設置於下列範圍內，而必須架設在更短的距離時，為了飛行安全，應採易斷設計。
- a) 1、2 級儀器精確進場跑道之最短距離應界於 117~145 公尺之間，如圖一所示。
 - b) 1、2 級儀器非精確進場跑道之最短距離應界於 105~125 公尺之間，如圖二所示。
 - c) 3、4 級儀器精確和非精確進場跑道之最短距離皆應界於 192~220 公尺之間，如圖三所示。
 - d) 1、2 級 CAT-I 儀器精確進場跑道之最短距離應界於 117~145 公尺之間，如圖四所示。
 - e) 3、4 級 CAT-I、II、III 儀器精確進場跑道之最短距離應界於 192~220 公尺之間，如圖五所示。
 - f) 1 級目視機場之最短距離應界於 60~80 公尺之間，如圖六所示。
 - g) 2 級目視機場之最短距離應界於 70~90 公尺之間，如圖七所示。不在此範圍內應採易斷設計。
 - h) 3、4 級目視機場之最短距離應界於 117~145 公尺之間，如圖八所示。
- (12) 目前之風向風速感應器距跑道中心線之最短距離，如不符合上述標準，西元 2010 年 1 月 1 日以後須採易斷設計。
- (13) RVR 感應器通常架設於儀器精確進場跑道附近，應距跑道中心線 66~120 公尺間，因位於跑道地帶內，應採易斷設計。惟西元 2010 年 1 月 1 日前 ICAO 並未規定易斷之結構。
- (14) 能見度計通常架設於儀器非精確進場和目視機場跑道附近，西元 2010 年 1 月 1 日以後須採易斷施工。其距跑道中心線距離建議：
- a) 儀器非精確進場跑道應界於 75~150 公尺間。
 - b) 2 級目視機場應界於 45~70 公尺間。
- (15) 雲高計如架設於跑道降落區附近，西元 2010 年 1 月 1 日以後須採易斷施工。其距跑道中心線距離建議：
- a) 儀器精確進場跑道應界於 66~120 公尺間。
 - b) 儀器非精確進場跑道應界於 75~150 公尺間。
 - c) 2 級目視機場應界於 45~70 公尺間。
- (16) 氣象感應器選址最重要的三個步驟是：
- a) 確定機場地帶與障礙物轉接面斜率、了解機場跑道之進場程序是屬於目視飛行規則（VFR）或儀器飛行規則（IFR），並確定助導航設施之

位置和高度。

- b) 勘察機場地理環境、蒐集機場氣象資料和分析機場氣候特徵。
- c) 決定氣象感應器位址時，除非因特殊之地理環境因素，須將感應器架設於跑道地帶內，否則應避開機場跑道地帶及遵守轉接面之斜率規定。對架設於跑道地帶內之感應器桿柱或塔架須採用易斷品材料，以確保飛機起降安全。

- (17) 為精確量測機場一條或多條跑道上飛機起降區域之代表性氣象資料。有關氣象感應器設置數量，幾乎取決於機場環境和跑道氣象條件之差異程度而定。通常地形平坦、氣象條件均勻之機場，其感應器數量較少；反之，地形粗糙、氣象條件不均勻之機場，依需求其感應器數量較多。

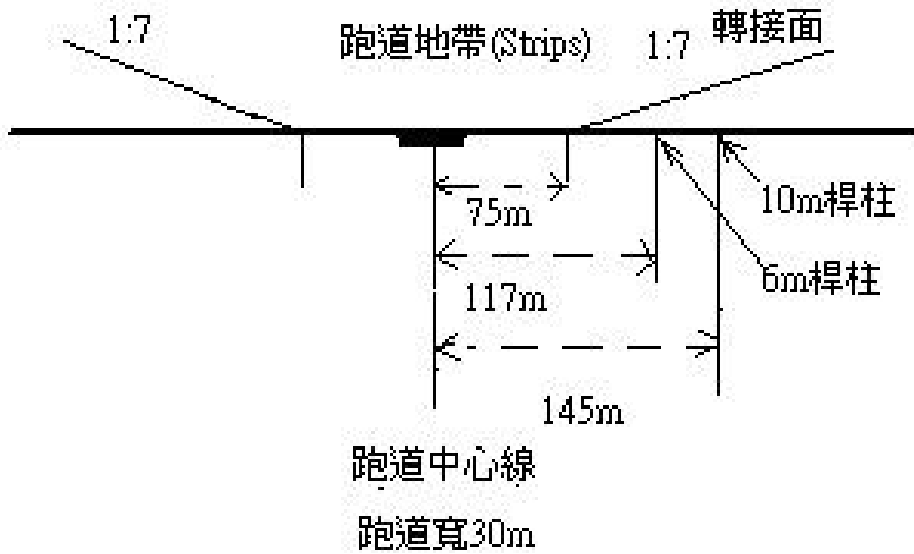
四、結語

機場航空氣象觀測資料之準確性與代表性，與航機飛航操作之安全性關係極為重要。因此，如何依機場地形、跑道長度、周遭物體等環境條件，適當的規劃氣象裝備的設置地點，是一項非常重要的工作與課題。過去，由於民航氣象作業和維護單位對氣象裝備之設置標準並不太注意 ICAO 之相關規定，以致於部份裝備的架設觀念，長久以來一直與 ICAO 的標準與建議有所出入；如今，原有觀念已逐步獲得改善。為使國內各民航機場的氣象裝備能符合相關設置規定，民用航空局飛航服務總台今（92）年再筆者努力下，已重新修訂完成「各級民航機場氣象裝備設置作業要點」，並擬訂一套中長程改善計畫，預定自九十三年度起逐步實施。屆時，希望各機場之航電和氣象負責人員能參考本文所述之標準與建議，妥善規劃與架設，以減少場面氣象設施對機場飛安之潛在威脅。

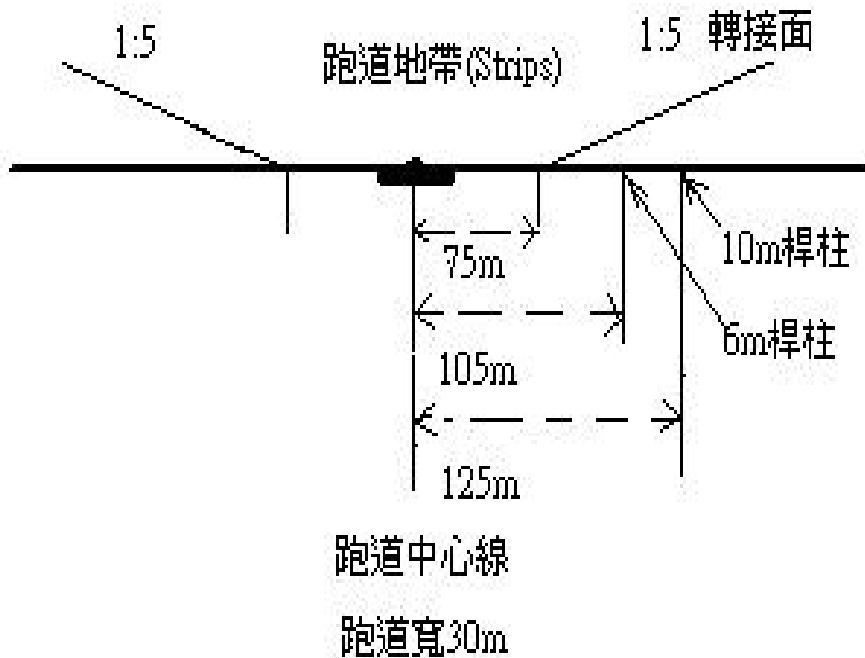
參考文件

- ICAO ANNEX-3, July, 2001 : Meteorological Service For International Air Navigation , 14th。
- ICAO ANNEX-14 , July , 1999 : Aerodrome Design and Operations , Vol -1 , 3th。
- ICAO DOC 8896 , 1997 : Manual of Aeronautical Meteorological Practice , 15th 。
- FCM-S4-1994 , August , 1994 : Federal Standard for Siting Meteorological Sensors at Airports , Washington D.C.。

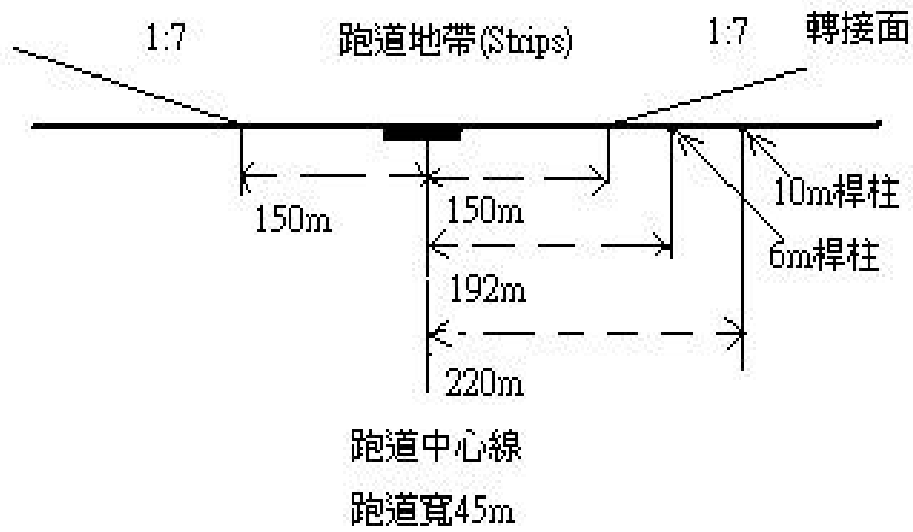
各級機場跑道障礙物限制區圖示



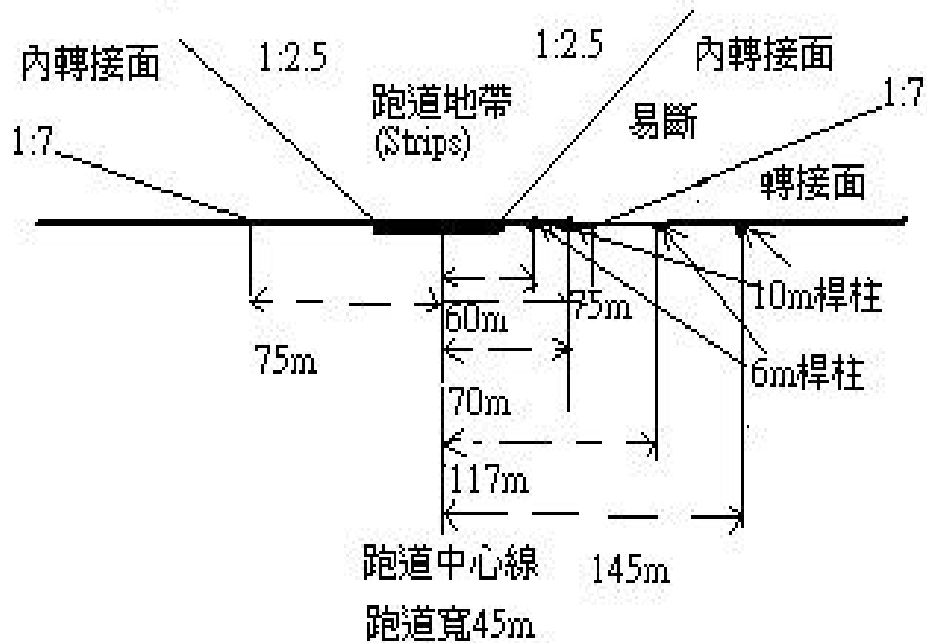
圖一：1、2 級儀器精確進場跑道



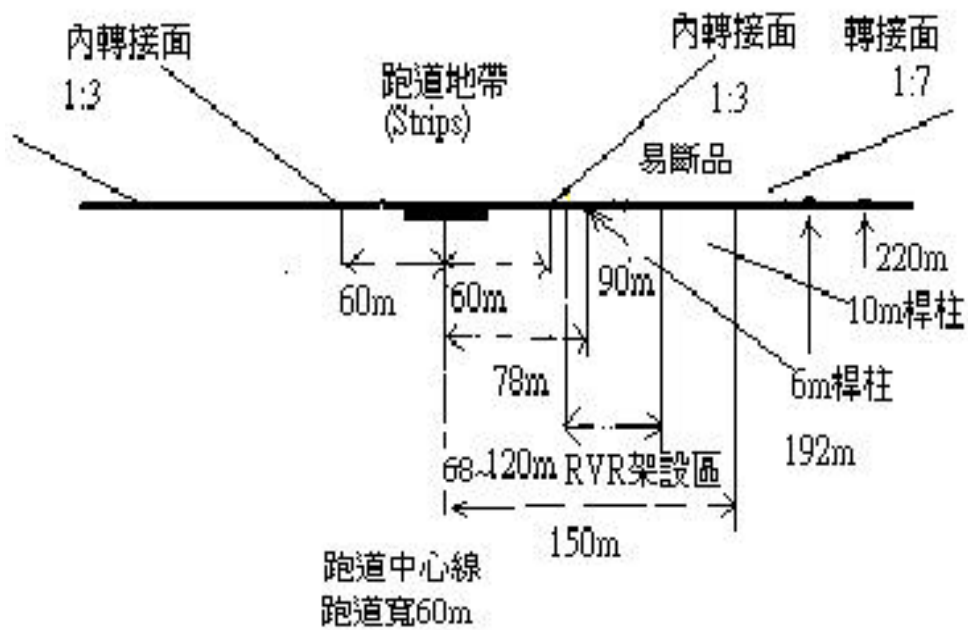
圖二：1、2 級儀器非精確進場跑道



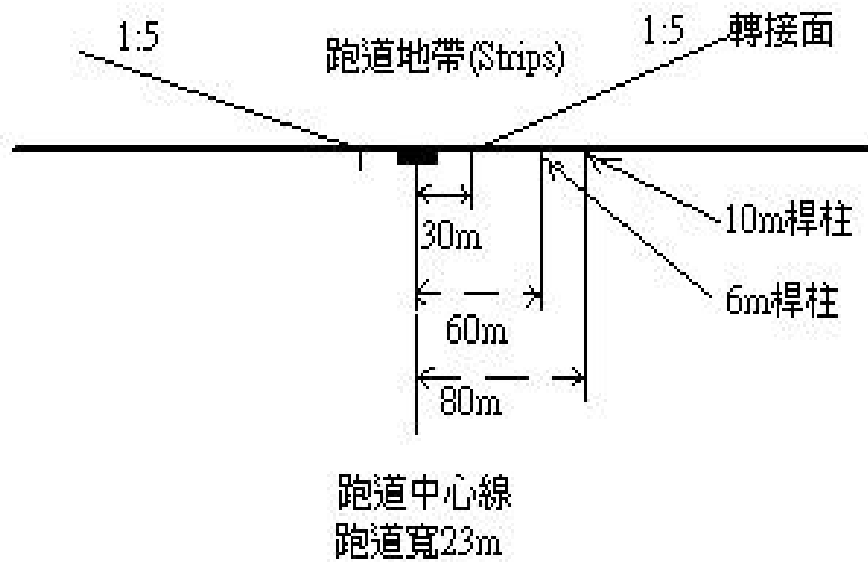
圖三：3、4 級儀器精確和非精確進場跑道



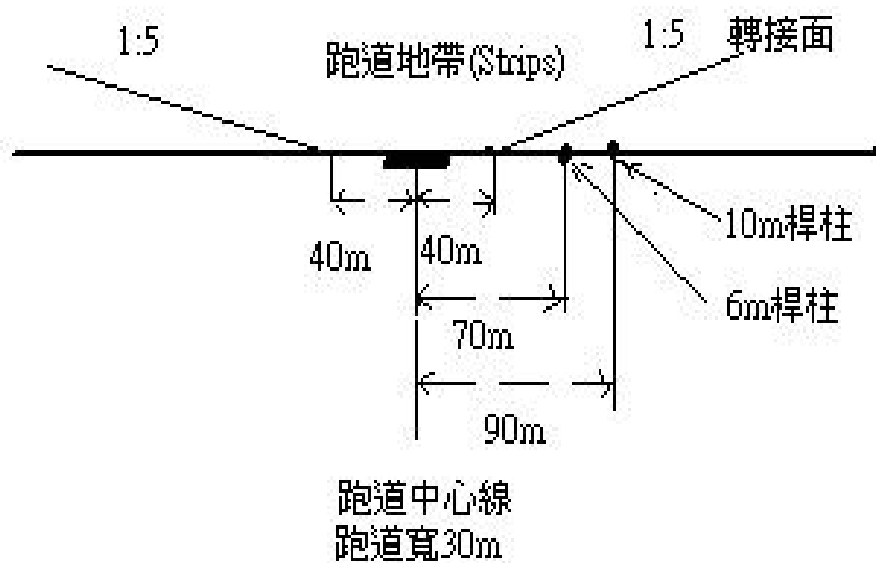
圖四：1、2 級 CAT-I 儀器精確進場跑道



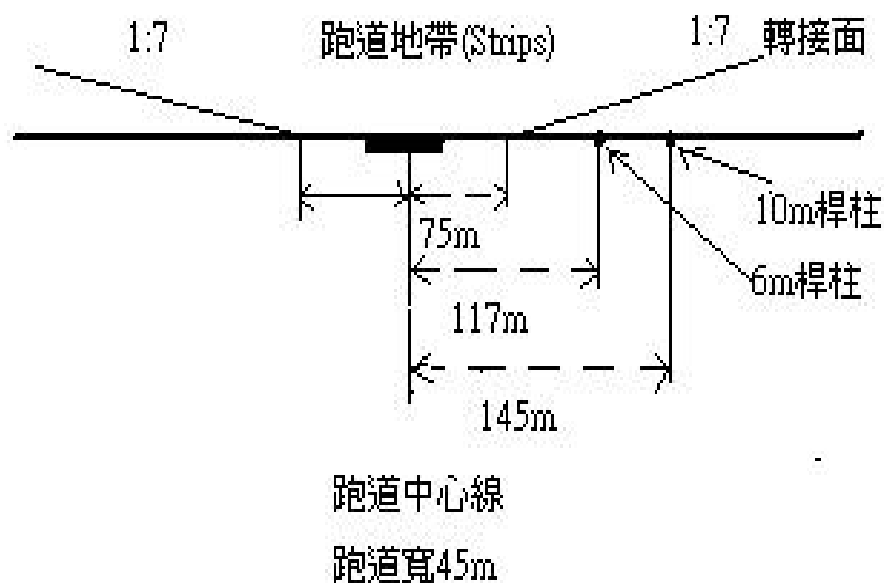
圖五：3、4 級 CAT-I, II, III 儀器精確進場跑道



圖六：1 級目視進場跑道



圖七：2 級目視進場跑道



圖八：3、4 級目視進場跑道