

第五章 助航設施與飛航服務

有一位美國 F14 戰鬥機的飛行員在接受記者訪問時提到，降落的過程宛如在茫茫大海中尋找一張漂浮的郵票。雖然航空站不像航空母艦漂浮不定，但是由於飛機降落時除必須考慮三度空間的移動(左右定位與下降斜率)外，還必須時時修正側風對飛行軌跡的影響，需要高度的技巧才能完成。航空站也是航路的交會點與航空公司航線的起點、終點與轉接點，地面與空中交通繁忙。為了協助飛行員完成高難度的降度任務，與避免飛機在繁忙的航空站內或近空發生碰撞，商業使用的航空站都盡可能設置完善的助航設施，並由機場塔台的管制員提供完備的飛航服務。

本章在 5.1 節介紹航空站的助航設施，5.2 節介紹機場近空與地面的監視雷達，5.3 節說明機場相關的飛航服務。

5.1 航空站助航設施

本節所討論的助航設施(navigation aid)為在機場範圍內或鄰近地區所裝設，協助飛機進場與降落的儀器或設備。根據進場程序的分類，可將助航設施分為目視進場(visual approach)、非精密儀器進場(nonprecision instrument approach)與精密儀器進場(precision instrument approach)三類。目視進場是指航空器的進場與降落完全由飛行員以目視完成，且各種規則與程序皆受目視飛行規則(visual flight rules, VFR)規範。非精密儀器進場是指航空器在進場與降落的過程由助航設施提供左右水平定位的導引，但每有降落斜率的導引。精密儀器進場系統所提供的導引最為完備，包含左右水平定位與降落斜率，甚至在提供 CAT 精密儀降設備導引的跑道上，可達到百分之百完全自動降落的要求。無論非精密儀降或精密儀降皆屬於儀降系統，皆受儀器飛行規則(instrument flight rule, IFR)所規範。

5.1.1 目視進場助航設施

目視進場與降落由飛行員以目視完成，因此飛行員在進場與落地的過程必須自行調整航空器的水平位置與下降斜率，並修正側風對飛行軌跡的影響。目視進場跑道的助航設施主要提供兩種功能，即協助飛行員辨識跑道端點與協助飛行員維持適當的下降軌跡。



1.跑道端點辨識燈(runway end identifier lights, REIL)

「跑道端點辨識燈」置於跑道的端點，以協助飛行員辨認跑道端點的位置。

2.目視進場斜率指示器(visual approach slope indicator, VASI)

「目視進場斜率指示器」的功能為協助飛行員維持適當的下降路徑(desired glide path)，該路徑是跑道落地區以 3% 仰角向進場方向空域延伸的直線。通常該系統由前後兩個燈組構成，設於跑道旁。當飛行員進場時，若看到遠端燈組為紅色且近端燈組為白色，表示飛機的位置在適當的下降軌跡上，若飛行員持續一段時間皆看到紅色燈組在白色燈組的上方，則可以確認飛機的下降軌跡與最適斜率的軌跡相符。若看到兩個燈組皆為白色，則表示飛機的目前位置高於最適下降路徑的位置。相反的，若看到兩個燈組皆為紅色，表示飛機的位置低於最適下降路徑的位置。

3.精密進場路徑指示器(precision approach path indicator, PAPI)

「精密進場路徑指示器」的功能與 VASI 相同，都是協助飛行員確認飛機的位置是否位於最適下降斜率(3%)的路徑上，兩者的差別在於 PAPI 提供的資訊較 VASI 豐富。讀者需注意的是，雖然 PAPI 有「精密(precision)」的字元，但是仍屬於目視進場的助航設施，不可和本章下一小節所要介紹的儀降系統相混。

PAPI 通常由一組並列的 4 個燈號所構成，設於跑道旁。為了方便說明，將該 4 個燈號由左到右編為 1 至 4 號。若飛行員看到 1 號與 2 號燈為白色，且 3 號燈與 4 號燈為紅色，顯示飛機的位置在最適當的下降路徑上。若飛行員看到 4 個燈號皆為白色，代表其位置遠高於最適下降路徑的位置，且比斜率 3.5% 的路徑位置還高。若飛行員看到 1 至 3 號燈皆為白色，但 4 號燈為紅色，則飛機所在位置的高度介於 3% 與 3.5% 的下降路徑之間。反之，若飛行員看到 4 個燈號皆為紅色，表示飛機的位置低於 2.5% 的下降路徑。若 1 號燈為白色，但 2 至 4 號燈為紅色，則飛機的位置介於 2.5% 的下降路徑與 3% 的下降路徑之間。

VASI 與 PAPI 所提供的資訊僅為飛機位置與最適下降路徑位置的相對高低，所提供的資訊較為粗略，且容易受到飛行員位置高低的影響。其資訊來源為設於地面的燈號，亦容易受到能見度的影響。但是其優點為飛機上不必裝設任何儀器，只憑飛行員目視即可接受此資訊，較為經濟。此外，VASI 與 PAPI 除了受能見度不足的影響之外，不受其他地面移動或固定設備的影響，也是其優點。

5.1.2 非精密儀器進場

非精密儀器進場與精密儀器進場皆屬於儀器進場(instrument approach)的程序，兩者最大的差別在於前者僅提供進場與降落飛機水平左右的導引，而後者除了水平左右導引之外，另可導引飛機最適的下降斜率。非精密儀器進場的助航設施以 VOR 與 NDB 為代表，VOR(very high frequency omnidirectional range)主要的目的為航路的導航，VOR 為設於地面的固定設施，為一個無線電波發射器，其發射頻率介於 108.00MHz 與 117.95MHz 之間。每座 VOR 均從磁北(magnetic north)以順時針方向繞一圓周定義 360° ，對每間隔一度的方向發射不同的無線波束(radio beam)。飛機上必須裝設 VOR 的接收器才能收到 VOR 所發射的訊號，且飛機藉其所收到的訊號可確認其與 VOR 的方位關係。譬如某飛行員收到某 VOR 90° 無線波束的訊號，則該飛行員可確認其飛機的位置在該 VOR 的 90° 射角(radial)的延伸線上。

5.1.3 精密儀器進場

精密儀器進場的助航設施可以提供水平左右定位、精確下降斜率與距離的資訊以導引飛行員進場與降落。最普遍的精密儀器進場助航設施為儀降系統(instrument landing system, ILS)，為了提供左右定位、下降斜率與距離的助航資訊，ILS 包含水平定位儀(lacalizer)、下降斜率發射器(glide slope transmitter)與信標(marker)三個主要部分。

1. 水平定位儀

水平定位儀通常設於進場方向遠端跑道端點外的地面，其設施為數排水平的發射器(transmitter)，這些發射器向前方發射扇形範圍的無線訊號，頻率介於 108.10MHz 與 111.95MHz 之間，扇形區域在距離發射器 10 哩內為跑道中心線左右 35° 的範圍，10 至 18 哩間的扇形夾角降為跑道中心線左右 10° 。水平定位儀發射器訊號的範圍為距離 18 哩，發射天線上方 4500 呎以下的空域。

2. 下降斜率發射器

下降斜率發射器(glide slope fransmitter)通常裝設於跑道旁邊，其位置距離進場跑道端點約為 750 至 1250 呎，距離跑道中心線約 250 至 600 呎。GS 發射器的主要功能為向上發射特定頻率(329.15MHz 至 335.0MHz)的無線訊號，該訊號中心線由跑道降落區朝進場方向以仰角 3° 向空域延伸，飛機上的飛行員藉由機上接收器的幫助攔截此訊號，讓飛機進場時維持 3° 的最適下降斜率。GS 發射器所發射訊號的距離達 10 哩，其垂直高度為中心線上下各 0.7° ，即飛機場下降斜率在 2.3° 至 3.7° 的範圍皆可收到 GS 發射器的訊號。



參考文獻

1. FAA, Instrument Flying Handbook, Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation, FAA-H-8083-15, Chapter7, 2001.
2. JEPPESEN, Instrument Commercial Manual, Jeppesen Sanderson Inc., Chapter8, 2000.