

場管制台及花蓮近場管制台等三個業務負責單位進行離到場航機管制的交接業務。另一方面，臺灣桃園國際機場位處台北終端管制區域內，其儀器離到場航機之管制由台北近場台負責。[3]

3.2 台北終端管制區域相鄰航路

台北飛航情報區內的導航電台「鞍部多向導航台/測距儀 (ANBU VOR/DME)」位於台北終端管制區域內，乃屬我國重要的導航電台之一，共與多個定位點組成三條國內航路：W2、W4、W8；及六條國際航路：A1、B576、B591、G587、R583、R595。另有一條區域航行航路 M750 通過台北終端管制區域，及一條 B-1 TRANSITION 航路與鞍部多向導航台相連接。[3] 台北終端管制區域相鄰之航路如圖 6 所示。

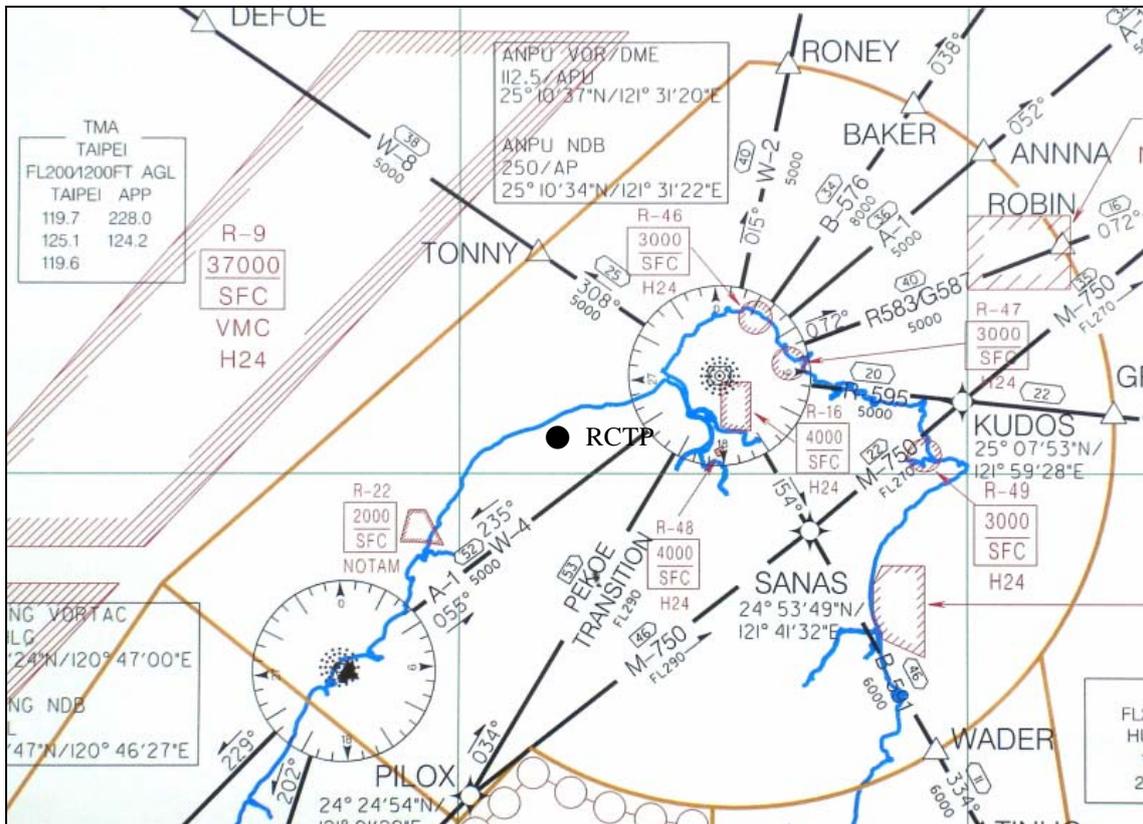


圖 6 台北終端管制區域航路示意圖

3.3 臺灣桃園國際機場儀器飛航程序

儀器飛航程序為一系列預設且有順序性之飛航程序與航線，以供航空器自起飛機場飛航至目的地機場。臺灣桃園國際機場航機之離場共有六個傳統儀器離場程序及八個區域航行儀器離場程序，以銜接前述九條航路的

其中七條傳統航路及一條區域航行航路；到場部份則共有九個傳統儀器到場程序及五個區域航行儀器到場程序；另有十個傳統儀器進場程序及四個 GPS 儀器進場程序供航機於終場降落。[3]

3.3.1 離到場程序衝突分析

當兩架航機未有安全之垂直或水平隔離，則為航機衝突。臺灣桃園國際機場之航機起降運作方式依當時風向及風速之相關規定而有所不同，一般可分為 05/06 跑道運作及 23/24 跑道運作兩種情形。若分別將儀器離到場程序投影在同一張圖面上，可以觀察出儀器離到場程序間相互交錯之情形，這些儀器離到場程序之間相互交錯的地方，也就是航機進行離到場時最容易發生衝突的地方。

1. 05/06 跑道運作

當機場以 05/06 跑道進行起降作業時，可使用的傳統離場程序有 CS1、FB1、SU1M、SU1T、KS1M、KS1T，其中 CS1 屬夜間離峰之減噪程序，KS1M、KS1T 兩種程序乃屬馬公多向導航台/測距儀（MAGONG VOR/DME）故障時應變使用，架次實屬少數，因此不予討論。

使用 05/06 跑道進行降落的傳統到場程序則有 AU1A、MG1B、SA1B、MG1C、SA1C，其中 MG1C、SA1C 同屬馬公多向導航台/測距儀故障時應變使用，因此也不予討論。

因此乃將所選之 FB1、SU1M、SU1T、AU1A、MG1B、SA1B 等六種傳統離到場程序同時投影至同一平面上進行分析如圖 7。

由圖 7 可以歸納出以下幾種發生航機衝突的可能：

- (1) FB1 離場與 AU1A 到場之衝突：由於 AU1A 到場之航機需以鞍部導航台/測距儀為基準進行進場前的轉向動作，而 FB1 離場也需經由 FIBER 定位點飛經 APU 附近，因此若有密集的航機同時需要利用區域北面進行爬升及下降，勢必易於交會點 A 處發生航機衝突。
- (2) AU1A 到場與 SU1M/SU1T 離場之衝突：SU1M/SU1T 離場起飛之航機需於起飛後 3 哩開始進行左轉 180 度之程序朝西南方飛行，若同時有 AU1A 到場之航機經過及轉向，可能會因隔離不足而有航機衝突發生，如所標示交會點 B 及交會點 C 兩處。
- (3) AU1A 到場與 MG1B/SA1B 到場之衝突：若有 AU1A 到場之航機與 MG1B/SA1B 到場之航機同時接近航道會合處，會有前後機隔離不

足而發生航機衝突的可能，如交會點 D 所示。

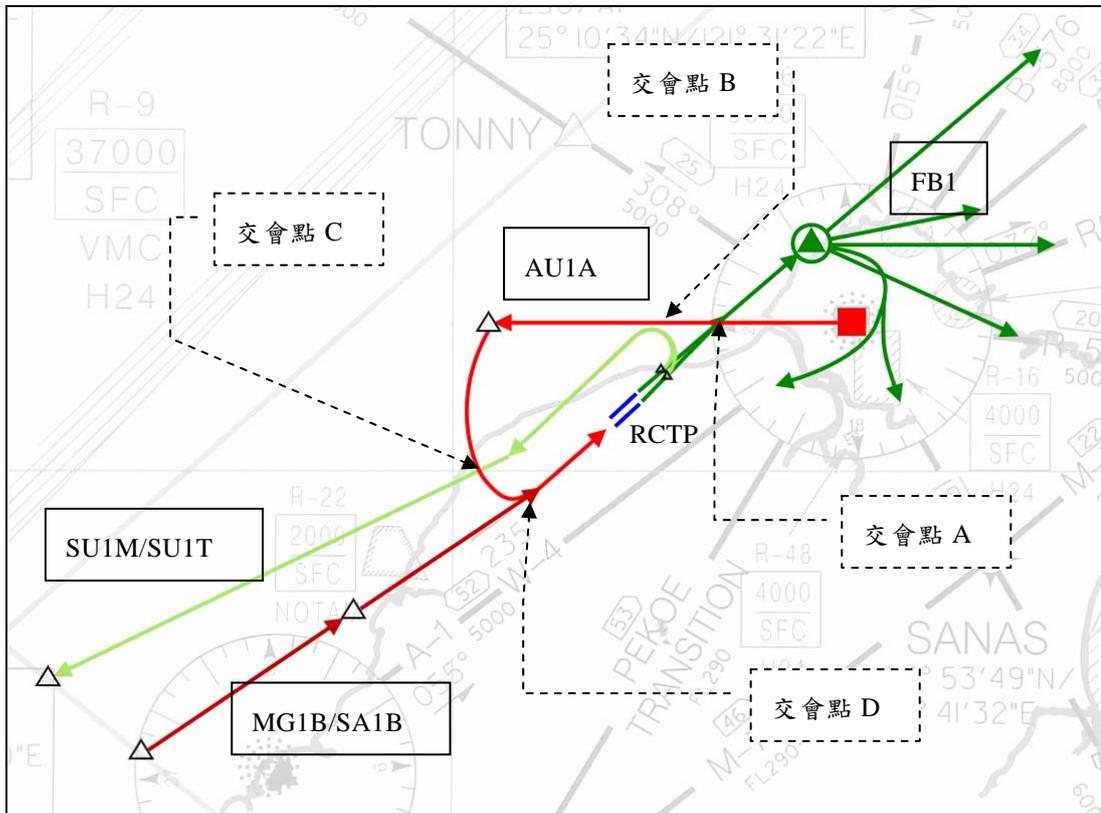


圖 7 使用 05/06 跑道之離到場程序投影示意圖

2. 23/24 跑道運作

當機場以 23/24 跑道進行起降作業時，可使用的傳統離場程序有 AP4、CS1、SU1M、SU1T、KS1M、KS1T，其中 CS1 屬夜間離峰之減噪程序，KS1M、KS1T 兩種程序乃屬馬公多向導航台/測距儀故障時應變使用，起飛架次稀少，不予討論。

使用 23/24 跑道進行降落的傳統到場程序則有 AN1B、GN1、NT1、TE1、MG1B、SA1B、MG1C、SA1C，其中 MG1C、SA1C 同屬馬公多向導航台/測距儀故障時應變使用，不予討論。

因此將 AP4、SU1M、SU1T、AN1B、GN1、NT1、TE1、MG1B、SA1B 等九種傳統離到場程序同時投影至同一平面上進行分析如圖 8。

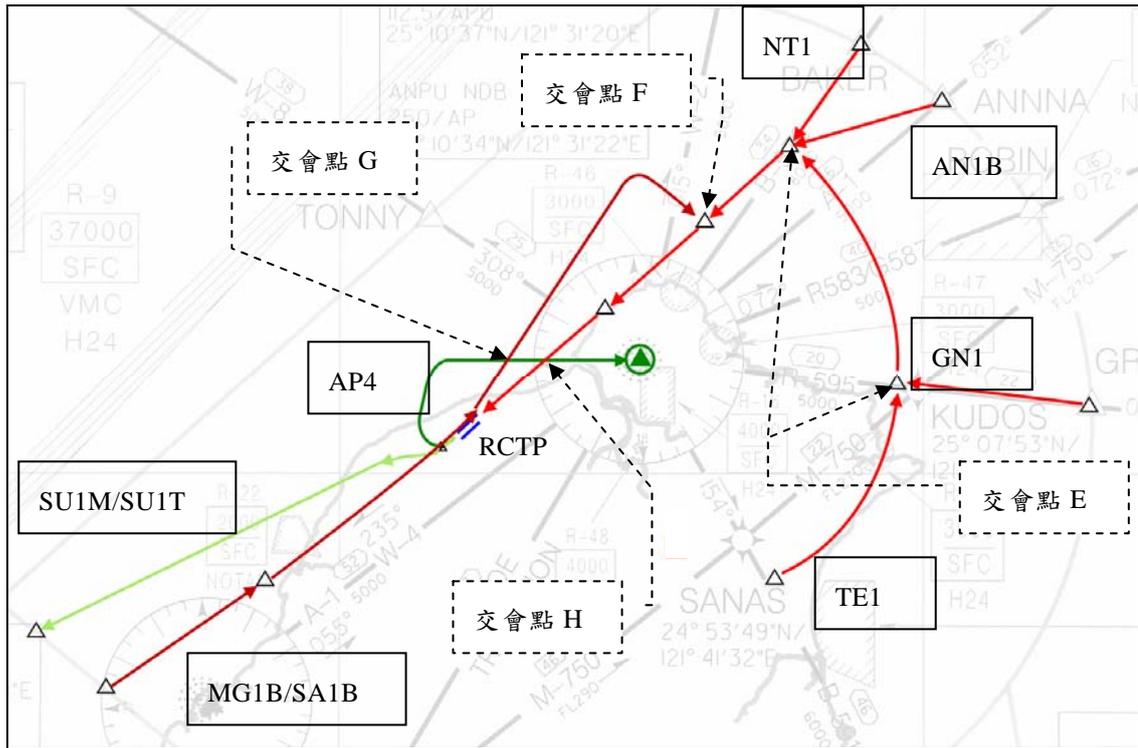


圖 8 使用 23/24 跑道之離到場程序投影示意圖

由圖 8 可歸納出以下幾種發生航機衝突的可能：

- (1) AN1B、GN1、NT1、TE1 到場之衝突：經由 AN1B、GN1、NT1、TE1 等四種程序所到場的航機會在最終過程使用同樣的到場航線，因此需考量航機會合之衝突問題，如交會點 E 處所示。
- (2) AN1B/GN1/NT1/TE1 到場與 MG1B/SA1B 到場之衝突：MG1B/SA1B 到場之航機會先飛經臺灣桃園機場上空後進行 LAVOS TRANSITION 並加入 AN1B/GN1/NT1/TE1 的進場航線，因此會有航機會合的衝突發生，如交會點 F 所示。
- (3) AP4 離場與 MG1B/SA1B 到場之衝突：若同時有 AP4 離場之航機與 MG1B/SA1B 到場之航機進行 LAVOS TRANSITION，會有衝突的問題，如交會點 G 所示。
- (4) AP4 離場與 AN1B/GN1/NT1/TE1 到場之衝突：若有 AN1B/GN1/NT1/TE1 進場之航機正進行終場落地，則有可能與 AP4 離場朝北面飛行之航機發生衝突，如交會點 H 所示。

3.3.2 小結

以上依據 AIP 所發佈之傳統儀器離到場程序投影圖所整理出的可能衝突點共有八處，若以發生衝突之航機性質不同，可簡單分為「會合衝突」及「起降衝突」。會合衝突乃指兩架衝突航機性質同為到場，因前後隔離不足而發生；起降衝突則為一起一降之兩造航機可能因垂直/水平隔離不足而發生。以上所描述之各種傳統離到場程序也由多數臺灣桃園國際機場航班所使用。由於目前採用區域航行航路的航班屬極少數，在進行資料分析時代表性不足，因此於本研究並未納入討論。然區域航行航路設計原則比傳統航路設計彈性較大，且為未來航空管制之趨勢，因此指示之規劃將脫離傳統定位台建構思維，以區域航行之概念進行規劃。進一步整理並分類這八處衝突點如下表：

表 1 離到場程序衝突點特性一覽表

| 使用跑道 | 交會點 | 衝突類型 | 相關程序 |
|-------|-----|------|---------------------------------------|
| 05/06 | A | 起降衝突 | 離場：FB1 到場：AU1A |
| | B | 起降衝突 | 離場：SU1M/SU1T 到場：AU1A |
| | C | 起降衝突 | 離場：SU1M/SU1T 到場：AU1A |
| | D | 會合衝突 | 離場：無 到場：MG1B/SA1B、AU1A |
| 23/24 | E | 會合衝突 | 離場：無 到場：AN1B/GN1/NT1/TE1 |
| | F | 會合衝突 | 離場：無 到場：AN1B/GN1/NT1/TE1、MG1B/SA1B |
| | G | 起降衝突 | 離場：AP4 到場：MG1B/SA1B |
| | H | 起降衝突 | 離場：AP4 到場：AN1B/GN1/NT1/TE1 |

經由以上綜合整理後，將可確定所欲改善之衝突點及相關程序，而為了避免航機間發生上述的衝突，航管便需要介入，運用飛航管制作業程序來確保航機間之安全隔離。

3.4 台北終端管制區域作業規範

為避免航機在遵循儀器飛航程序時仍發生航機衝突，航管需介入引導航機，因此需進一步了解航管所遵循的相關作業規定。而在進行新的到場管制規劃時，也需遵從民航相關作業法規及操作限制，因此本節將針對台北終端管制區域管制人員相關作業規範作一整理。(註：台北飛航情報區依據 ICAO 第 4444 號文件及 FAA 7110.65 規範，已新訂定飛航管理程序(Air Traffic Management Procedures, ATMP)，並自民國 96 年 6 月 30 日 1600 世界標準時間起正式實施。本研究則為民國 94 至 95 年間所收集得之相關資料為研究參考，於此特別註明。)

3.4.1 飛航管制之目的

民航局對於「飛航管制(Air Traffic Control)」的定義為：「為促進安全、有序、迅速之空中交通，由有關單位所提供之服務。」另外，對「飛航管制服務(Air Traffic Control Service)」的定義為：「指空中交通管制業務，為防止航空器間及在操作區內航空器與障礙物間之碰撞；加速並保持空中交通之有序，所提供之服務。」因此，飛航管制的主要目的可整理為三點：

- (1) 確保飛航時航空器間及航空器與障礙物間之安全；
- (2) 有次序的安排空中交通；
- (3) 提高效率、減少延誤、加速流量。

3.4.2 飛航管制之方式

為了達到飛航管制目的，航管人員主要運用四種飛航管制作業技巧來提供雷達管制服務：指定高度、雷達引導、空速調整、等待。

1. 指定高度

離場的航機起飛後便是希望能儘速爬升到最適當省油的巡航空層，然後以該空層飛往目的地；到場的航機在到達目的地前，最理想的狀態便是於距目的地機場適當距離外，離開巡航空層，開始引擎怠

速，以平穩的角度，持續下降至降落在跑道上。然而，實際情形是有太多的因素無法讓飛機如前述理想狀況般一路爬升或下降；例如：儀器飛航程序設有高度限制，兩個飛航管制單位訂有固定交接管高度協議等情形，最常見的，就是兩架航空器間會有水平隔離不足最低雷達隔離要求的 3~5 哩情形，航管為確保航機間之安全距離，因此介入指定兩架航機分別保持有 1000 呎隔離以上之高度，等兩架航機間取得水平隔離後，再讓航機繼續爬升或下降。航管對於離場爬升或到場下降的航機進行高度指定，便有可能造成航機的垂直飛航軌跡呈現階梯式的爬升或下降情形。為加強駕駛員及管制員清楚瞭解航管高度指示之意義，並考量航空器爬升/下降操作特性，另訂定如下 [3]：

- (1) 當航管單位頒發爬升/下降高度許可且附有「由駕駛員自行決定」(At pilot' s discretion) 時，駕駛員可自行決定爬升/下降高度時機及爬升/下降率，爬升/下降至航管指定高度。
- (2) 當航管單位頒發爬升/下降高度許可未附有「由駕駛員自行決定」(At pilot' s discretion) 時，駕駛員應於接獲該許可後立即離開原高度，並依航機性能以最適當之速率爬升/下降高度至指定高度前之 1000 呎，其後以每分鐘 500 呎至 1500 呎之爬升/下降率，爬升/下降高度至航管指定高度。於全程爬升/下降階段中，如有任何時候，不能到達每分鐘 500 呎時，應告知航管單位。

2. 雷達引導

航管運用雷達所顯示的航機位置來引導航機。一般而言，儀器飛航航機皆按照儀器飛航程序所訂定的固定路線飛航。然而，當航機間飛航路線有可能交錯，僅採取高度隔離可能造成航機保持固定高度過久，或為了安排離到場航機之飛航順序以加速流量，航管會採取以航向引導航機的方式來介入並取代航機之原飛航程序。

雷達引導的優點有[4]：

- (1) 可以有效的縮短航機間的水平距離，對狹小的空域是增加容量與效率的有效方法；
- (2) 航管容易掌握航機的飛航動態；
- (3) 航管容易安排航機順序；
- (4) 取得航機間安全隔離的最快速方法。

雷達引導的缺點有[4]：

- (1) 航管需耗費大量精神於航情警覺 (Situation Awareness) 上，航管人員工作負擔大，且增加無線電通話量；
- (2) 駕駛員不易掌握所需飛行距離；
- (3) 額外的雷達引導可能增加航機飛行距離；
- (4) 額外的雷達引導可能增加航機平飛保持高度之情形。

3. 空速調整

空速調整在飛航管制上主要的作用為安排航機間的順序。根據「飛航管制程序 ATP-88」[2]對空速調整的規定為：「儘量少用速度調整以取得或保持所需之隔離」；「避免加速與減速交替並用」；「如先前指定之速度調整不需時，應同意駕駛員恢復正常空速」；「駕駛員認為速度調整超出或違反航空器之操作規定時，有責任及權利加以拒絕」…等規定。

當運用速度調整時應考慮航機所需之間隔及達到該間隔之定點。實施空速之調整應基於下列原則[2]：

- (1) 調整空速之前應先考慮相對速度，相關航情之位置及隔離之需求。
- (2) 空速之調整並非一蹴可及，達成速度調整所需之時間、距離與航空器之外形、高度及速度有關。對前後航空器之速度調整，應運用下列技巧之一：
 - (a) 先對後一航空器減速；
 - (b) 先對前面之航空器加速；
 - (3) 為保持隔離，指定一特定空速。

4. 等待

在航路或儀器離到場程序的航點上，會設計等待點與等待航線，目的為供航機因任何因素無法繼續往前飛行時，可以在等待點上空等待。航管頒發等待指示予航空器通常為機場或跑道關閉致使航機一時無法落地，或因為航機太多，已無多餘空域實施雷達引導，抑或即使實施雷達引導也只是會成為過度引導。

等待會大幅增加航機到場的飛行距離 (Flying Miles)，而且等待時為了取得與其它在相同等待點等待的航機間之高度隔離，會指定

固定高度等待。因此，等待會影響航空器的垂直飛航軌跡。一般來說，只要航情許可，航管人員多會以暫時性的雷達引導方式來取代等待，以類似蛇行的路徑進行航機的隔離。

3.4.3 空域隔離標準

根據「飛航管制程序 ATP-88」[2]規定，飛行中航空器間的最低隔離標準，視飛航管制所擁有的裝備而不同，如果航管人員不配備有雷達裝備，則航空器間需採行「非雷達隔離標準」，如果航管配備有雷達裝備，且航管人員運用該雷達裝備提供雷達隔離服務，則航空器間可以採行「雷達隔離標準」。然而，如果航管配備有雷達裝備，航管人員卻並非一定必須運用雷達隔離，他也可以採用非雷達隔離標準，只是非雷達隔離的運用效率一般來說比雷達隔離差，過多採用非雷達隔離很容易造成航機嚴重的延誤。

飛航管制程序 ATP-88[2]規定當管制員滿意雷達之顯示與裝備性能，且適合提供雷達服務時，始提供雷達服務，並在下列航空器間提供雷達隔離：

- 
- (1) 已雷達識別之航空器；
 - (2) 起飛之航空器與已雷達識別之航空器間，且起飛之航空器將在跑道末端 1 哩內被雷達識別；
 - (3) 已雷達識別之航空器與未雷達識別之航空器間符合特定條件時。

台北近場管制台的終端航管自動化系統屬數位式雷達系統，並設立有單一雷達區，因此台北終端管制區所適用之航空器間最低雷達隔離標準為：航空器位於距雷達天線 40 哩內之單一雷達區時採用 3 哩隔離。航空器距雷達天線 40 哩以外或於多雷達區時則採用 5 哩隔離[3]。

一般來說，在航管人員配備有雷達裝備的情形下，會以採取最低僅需 3~5 哩的雷達隔離來進行前後隔離與左右隔離，以提高航行量，增加空域與機場使用效益。高度隔離則是相當有效率的隔離方式，因空域是屬於三度空間，水平隔離加上高度隔離的搭配運用才能發揮三度空間的效能。因此，雷達隔離與高度隔離搭配運用是航管人員在確保航機間安全隔離時最常使用的方式，只要同一時間有任何一種隔離存在，即代表航機間有足夠的安全距離，並不需要同時保持雷達隔離與高度隔離。

3.4.4 航機操作限制

到場並非只是單純的航線規劃，其仍必須符合航機操作相關限制，因此本小節乃針對航機相關操作規定作一整理。

1. 儀器進場

儀器進場程序 (IAP, Instrument Approach Procedure) 主要目的為能精準導引航空器飛航下降至目的地機場跑道。因此除了航空器實施目視進場程序外，民航機在落地前最後進場階段皆以實施儀器進場程序來落地。前述說明航管運用雷達引導頒發航機航向指示，可以取代儀器飛航程序中的標準儀器離場程序、航路、及標準終端到場程序。然而雷達引導在民航方面無法取代儀器進場程序，因此，被雷達引導的到場航機最終航管必須將飛機引導回儀器進場程序的航線上，讓航機實施儀器進場程序落地。飛航管制程序 ATP-88[2] 對引導航空器攔截儀器進場程序最後進場航道有如下的規定：

- (1) 至少在進場口 2 哩以外，除非有下列情況之一：
 - (a) 當報告之雲幕高在最低引導高度之上至少 500 呎 (ft.) 及能見度至少 5 公里 (km.) 時 (無氣象報告之機場可依駕駛員報告者為準)，得引導航空器至進場口外 2 哩 (NM.) 內攔截最後進場航道，但不可於進場口以內攔截。
 - (b) 如駕駛員特別請求，得引導航空器於進場口以內攔截最後進場航道，但不得在最後進場點以內攔截。
- (2) 精確進場時，其高度不高於下滑道，或不低於進場程序圖指定之最低下滑攔截高度。
- (3) 非精確進場時，其高度能容許依公佈之程序下降。

一般而言，民航機進場下滑道 (Glide Path) 為以跑道頭位置開始，以 3 度角往外延伸之高度路線。為了符合前述規定，航管人員通常會於引導航機攔截儀器進場程序最後進場航道前，指定航空器下降並保持適當高度，再攔截最後進場航道。攔截高度依攔截位置而定，通常為 2000 呎、3000 呎及 4000 呎。因此，落地的飛機在 5000 呎以下降落跑道之前會有平飛一段距離的現象。

2. 空速限制

航空器飛行空速與其飛航軌跡有很大的關係，依AIP規定，除下列情況外，民用航空器於B類、C類、D類、E類及E類地表空域內高度低於10000呎飛航時，指示空速不得超過每小時250浬：[3]

- (1) 如上述之空速限制低於航空器之最低安全空速，駕駛員得依安全空速操作並儘速告知航管。
- (2) 為隔離航機及加速流量，對雷達管制情況下之航機，航管得取消上述之空速限制，惟駕駛員與航管不得違反下列空速限制：
 - (a) 儀器飛航程序另訂之空速限制；
 - (b) 噪音管制程序之空速限制；
 - (c) 航空器進入或飛航等待航線時之規定。

航空器的『指示空速』不得超過250浬/小時，其所代表的意義就起飛爬升的航機來說，在10000呎高度以下，當指示空速到達250浬/小時後，駕駛員將會把剩餘引擎推力用在爬升上，直到離開10000呎後再加速至適當速度繼續爬升。而就下降的航機來說，航機在下降到達10000呎以前，駕駛員必須減少航機的下降率，以使航機於大速度下利用飛機本身的阻力讓速度減低至250浬，再繼續下降。因此，10000呎以下250浬/小時空速限制，不論對起飛爬升或到場下降的飛機，在爬升下降率的變化上都會造成影響。

3. 噪音管制

噪音管制程序也會對航空器的操作產生限制。臺灣桃園國際機場針對噪音防治相關規定有包括起飛前三浬內需保持跑道航向，以及於世界時間1400~2300內若使用23/24跑道離場則需使用CS1程序以降低噪音危害。[3]

航道噪音量與引擎在起飛與降落時的操作有關，在起飛與爬升時引擎推力的操作上，航空公司有兩種不同的策略；當起飛與爬升時使用全推力(Full Thrust)時，可以儘速到達巡航高度作省油飛行，然其缺點是較長的時間引擎幾近全速運轉而壽命較短；亦可於起飛與爬升時使用減低推力(Reduced Thrust)，以減少引擎全速運轉的時間而延長其壽命，相對的其缺點就是較慢到達巡航高度，整體飛行較為耗油。