

Rod Machado

的地面飛行學校

目錄

Rod Machado 的地面飛行學校 ...	5	第四課：低速飛行.....	46
與飛行教練見面	6	機翼及其組成.....	46
第一課：飛機騰空的原理.....	7	課程小回顧.....	58
「四原力」與您同在.....	7	放手飛吧.....	58
飛行控制.....	10	第五課：起飛	60
副翼.....	10	第六課：降落	62
升降舵.....	11	您的首次（想像的）降落.....	62
平直飛行.....	13	降落的操作細節.....	63
準備好進行配平修正了嗎？.....	18	與動力一同遨遊.....	64
第二課：飛機如何轉彎.....	22	飛得過低時如何調整滑降路徑.....	67
方向舵.....	26	降落平飄.....	68
第三課：爬升.....	31	鼓動襟翼.....	72
下降.....	34	使用襟翼降落.....	75
開始爬升.....	35	第七課：滑行飛機.....	78
直上青天.....	36	滑行的觀念.....	78
一起跳華爾滋？.....	37	機場標示.....	79
接下來呢.....	37	跑道燈號.....	81
峰迴路轉.....	41	滑行道標示.....	83
開始轉彎下降.....	43	其他的跑道標示.....	88

目錄

第八課：失速	91	第十一課：側風降落	115
首先登場的小理論	91	側風的問題	115
失速、攻角與相對的因應	91	側航法	115
在任何姿態或空速下失速	94	壓機翼法	119
停止飛行 開始失速	96	兩種方法同時運用	120
失速時的錯誤行動	97	第十二課：VOR 導航	121
失速時的正確行動	97	VOR 概觀	121
離場失速	98	飛機上的 VOR 設備	123
第九課：大坡度轉彎	99	如何利用 VOR 進行導航	123
大坡度轉彎的航空動力學	99	如何攔截與追蹤 VOR 航道	126
想想以下狀況	102	在選擇的航道上飛越 VOR 信標台	129
魚與熊掌不可兼得	103	在 VOR 航道上進行風偏修正	130
難關來了	103	第十三課：儀器掃描飛行第一步驟 135	
大坡度轉彎的藝術	104	姿態、動力、與配平	135
第十課：機場航線	107	從爬升狀態返回平直飛行	138
第一邊（離場邊）	108	由平直飛行展開下降動作	139
第二邊（側風邊）	108	由下降狀態返回平直飛行	140
第三邊（下風邊）	109	進入爬升與下降轉彎	140
準備第四邊飛行	110		
第四邊（底邊）	110		
第五邊（最後進場邊）	112		

目錄

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟 142	第十七課：儀器降落系統 (ILS) 進場 ..
輻射式掃描主要儀錶.....142168
第十五課：儀器掃描飛行第三步驟 151	以一定的速率下降169
使用垂直速度表進行配平、持續監看六大飛行儀錶動態.....151	輻射式掃描主要儀錶.....172
第十六課：儀器進場飛行.....155	一些重要祕訣.....173
目視飛行與儀器飛行的比較155	在左右定位航道進行風偏修正174
儀器飛行：概觀156	第十八課：等待航線177
進場圖157	在航線上等待.....177
VOR 進場.....158	直接進入法178
在聖塔摩尼卡機場進行 VOR 進場159	平行進入法178
不同的 VOR 進場方式160	淚滴進入法179
田徑跑道式航道迴轉.....161	結語180
倒鉤型航道迴轉162	索引.....181
ILS 進場164	

Rod Machado 的地面飛行學校



Rod Machado 是位專業演講人。他的足跡踏遍歐美各地，在談笑風生中為每位聽講人帶來無窮

的收穫。Machado 談觀念時深入淺出，講起課來妙語如珠，內容安排引人入勝，讓他成為航空飛行與其他各界備受歡迎的一位講師。

Machado 累積了30年以上飛行經驗。時數高達8,000小時以上飛行資歷，全是硬底子真工夫——他的每個CFI（合格飛行教官）飛行時數，都是以單次飛行換取來的。自1977年起，他指導過數百堂飛行教練再檢定指導（flight instructor revalidation clinic）以及飛航安全講座。他還獲頒1991年美國西區年度飛行教練榮譽，表彰他28年來擔任企業飛行員與飛行教練的貢獻。

過去的六年裡，Machado 為美國ABC電視台「飛行天地」（Wide World of Flying）節目撰寫內容，同時也參與主持工作。他還擔任美國「私人飛機所有者與飛行員協會」（AOPA）國家CFI發言人，更同時由華盛頓「聯邦航空總署」（FAA）任命為「國家意外事故預防顧問」。他所編撰的《私人飛行員手冊》（Private Pilot Handbook）是成千上萬有志學習飛行者必備參考書籍。Machado 的所有著作，以及豐富的飛行智慧與閱歷，都可以透過以下網站尋得：www.rodmachado.com。

與飛行教練見面

大家好，我是Rod Machado，您的地面飛行學校教官。我的任務是在接下來的飛行課程中，讓您掌握各種飛行時需要理解的基本要領（正好，我也是您的飛行教練）。現在就請您扣上安全帶，調整好座椅，準備開始大量吸收新知，一路享受它們為您所帶來的無窮樂趣。

這些年我帶過不少的朋友飛行，方法十分乾脆：先在地面課程中講解觀念，接著登上飛機展開飛行課程，著陸後再討論大家得到什麼收穫。

現在我們要以同樣的方式來上課。不論是地面課程或飛行課程，我都會當成您正學著駕駛一部真正的飛機。當然，目前您手上所控制的並不是真正的飛機，不過也非常接近實際飛行的情況了。在您真正坐進座艙展開飛行課程之前，這些地面課程都要求您能夠做好回家功課。我唯一的要求是：在每一堂課程開始之前，您都要完成先前指定的作業。

回家功課有多重要，應該不用我再多說了。教練唸小學的時候，有一回功課沒交，老師那邊又不能不給個理由交代，我就告訴她：「呃，功課被狗吃掉了。」老師見怪不怪地回了我一句：「Rod，你打算讓老師相信，狗會吃掉你的功課嗎？」我回答：「好啦，是我逼牠吃的，不過牠真的吃下去了。」當然，我不會逼您非做不可，免得您逼自己的狗吃作業。不過您要是能切身力行做完功課，我保證您會和所有我教過的學生一樣，紮紮實實學到一身功夫。

說的再多，還不如實際動手。何不立刻開始我們的地面飛行訓練？藉著循序漸進的學習，您所學的可不是那種枝微末節的片段知識，而是切合日用民生的飛行學問。這麼一來，您的腦袋瓜還可以清出很多記憶空間記得教練告訴您的笑話呢。

第一課：飛機騰空的原理

往往，我們不需要完全懂得機械設備背後的原理，就可以知道如何操作它們。

娶不到老婆的那陣子，我爸爸送我一部吸塵器當生日禮物。幾個月後我媽打電話問我：「你找得到吸塵器的袋子吧？」我說：「袋子？什麼袋子？」

我哪知道這玩意兒得用到袋子啊。

對機械原理一竅不通，並非全然沒有好處；不過在高空飛行時，那可就另當別論了。要成為飛行員，並不要求您非得是航空動力學博士不可，只要稍微了解飛機能夠在空中保持漂浮的原理，懂得某些基礎入門、進而比較深入的概念，就派得上很大用場，甚至確保個人平安。這也是為什麼，第一堂地面訓練課程內容特別長。

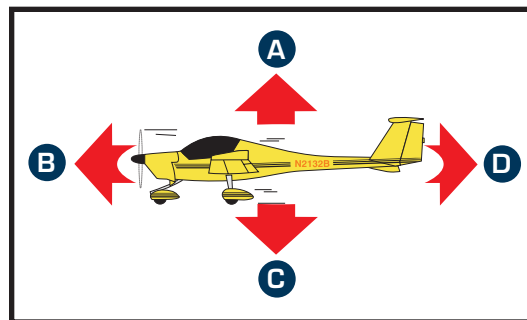
別擔心，您不用把整套課程一字不漏地背到滾瓜爛熟，不過，我希望您能確實把全部的內容好好地讀過一遍。想知道怎麼開飛機，基本上腦袋瓜裡還是得要有些東西（至少要有些專業上的認識）。這堂課正是您入門的起點。

歡欣鼓舞地讀下去吧。這可是一項投資，回收的報酬可會遠超過您的想像。

願「四原力」與您同在

「四原力」好像是哪個搖滾樂團的名字？不是啦。

這些力量，是飛機飛行時機身所受到的作用力。飛機一旦起飛，這四種基本作用力就會如影相隨：昇力（lift）、重力（weight）、推力（thrust）、與阻力（drag）。圖 1-1 說明了這四種基本力的作用情形。



[圖 1-2] 飛機飛行時所承受的四種作用力。A—昇力、B—重力、C—推力、D—阻力

當然，圖上的這些大箭頭只是為了圖示的方便，並沒有這樣的箭頭真的從飛機裡射出來。如果您們希望看到的是以紅紅綠綠的「原力」，金光閃閃彷彿您能沿著它們上天下地，我想這麼說是有點掃了大家的興，不過您慢慢就會習慣的。這些箭頭的確為我們展示著一場高度競爭的新遊戲：四路作用力相互拔河。身為飛行員，您的工作就是活用手邊的資源來調和這些力量。現在我們就來看看，這些力究竟如何對飛機產生作用。

第一課：飛機騰空的原理

機翼的運動在穿越空氣時，會產生一股向上作用的力量，這就是昇力。機翼的前進運動，會讓上下翼面所承受的壓力產生輕微的差異，這個上下差異，就是昇力的來源。由於昇力的存在，飛機才能夠維持在空中飛行。

我個人最早的昇力體驗，可以追溯到四歲第一次上教堂那天。當時榮耀天主的捐獻盤打我面前移過去，我順手就取下了幾個亮晶晶的子兒先行救濟自己。我爺爺繞著一排排座位追著我跑，我當時還想說：「讚，教堂真好玩！」爺爺揪住我毛衣領口，一把拎起來就往門外扔了出去。爺爺手臂所施的力量就等於一股昇力，正好抵消我的重量，讓我騰空一路往門外飛。機翼所施予飛機的作用，就等於爺爺的手，提供昇力讓飛機保持漂浮狀態。

重力是向下作用的力。由於飛行員可以決定飛機的載重大小，所以某種程度上，您可以說這是人力可以控制的力量。除了燃料隨著旅程慢慢消耗之外，飛機的實際重量在航程中不大容易變動。一旦飛上天空，您可不要在上面烤肉或者臨時把天使抓進來搭便機（或者把教練踢下去）。飛行中任意將乘客踢出機外，可是違反各國航空管理局法規的行為，別這麼做。

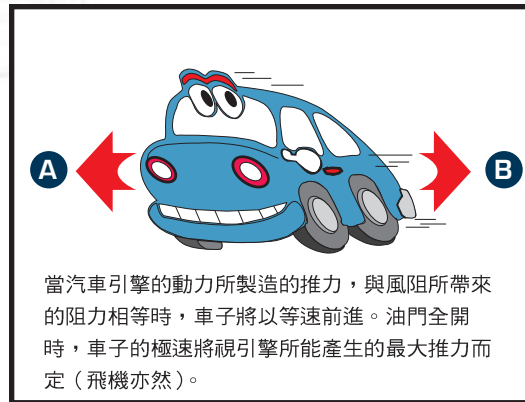
在等速飛行中（飛機的速度與方向保持一定不變），昇力與重力維持著某種平衡。

引擎驅動螺旋槳後，所產生的前進力量就是推力。大多數情況下，引擎愈大（表示馬力愈足），所產生的推力就會愈大，飛機前進的速度也就愈快（直到某個極限為止）。只要任何交通工具運動前進，永遠都會遇到一個空氣動力學上的障礙：阻力。阻力會讓飛機產生一股向後的拉力，道理很簡單，當您的運動穿過大氣層的分子的時，這些分子就會產生撞擊推擠，阻力就是這麼來的。這可以簡稱為「風阻」（不過飛行員和工程師們比較少用這個辭）。很少東西逃得過自然法則的約束。這個道理，恐怕孔老夫子早在幾千年前就說過了。

第一課：飛機騰空的原理

推力為飛機加速，不過機身受到的阻力才是決定真正飛行速度的關鍵。當飛機的速度增加，相對地，阻力也會增加。由於大自然的強悍力量，飛機的速度每提高一倍，實際上將會產生四倍的阻力；最後，向後作用的阻力會與引擎產生的推力相等，飛機就會因此保持一定的速度飛行。

教練在唸高中時以一部小金龜車代步，它對這些作用力再熟悉不過了（被取名為金龜車，也許就是因為它耐得起撞吧）。金龜車的前進速度，受限於自身引擎的規格。它具備四個小小的汽缸（每一回啟動其中三個汽缸，留一個引擎喘氣休息一下），跑的速度不會超過一小時65英哩。圖 1-2 說明了，金龜車在極速時的最大推力與向後作用的相等阻力如何相互抵消的情形。



[圖 1-2] 汽車的A—推力由引擎產生，B—阻力則源於空氣分子造成的阻力。

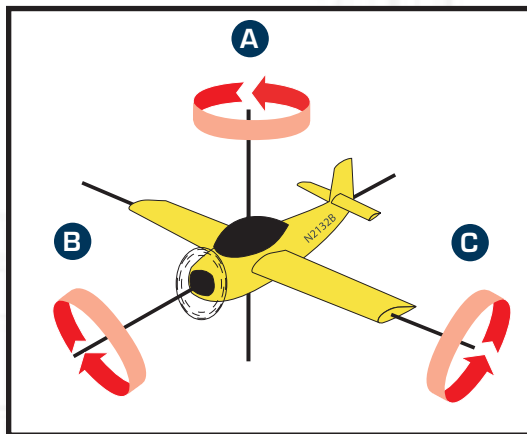
維持慢速度前進時，所需要的推力較小，相對的阻力也沒有那麼大。以低於車輛極速的任何速度行駛，省下來的多餘推力（馬力）可以轉作其他用途，例如加速超車，或者幫電池充電也可。飛機的道理也一樣。在水平飛行時，以低於極速的任何速度運動，就能夠擁有一些多出來的力量（推力）。多出來的推力可以應用來進行航空飛行最重要的動作——爬升。

聽過了這些介紹，我想您可以開始學習初步的飛機飛行控制了。

第一課：飛機騰空的原理

飛行控制

如果您天生就是當飛行員的料，您大概正秉著極大耐心，一心盼望我們開始進入飛行控制的主題。是的，連甘地都會為您的耐心喝采，只可惜他老人家不在這兒，只有委屈您聽教練的稱讚了。圖 1-3 顯示穿過機身的三道想像軸線。藉著您的控制，飛機可以圍繞一道、或多道的軸線旋轉運動。



[圖 1-3] 飛機三道想像的軸線。A—垂直軸（偏航）、B—縱軸（滾轉）、C—側軸（俯仰）

「縱軸」(longitudinal axis) 也稱「長軸」(long axis)，從機鼻穿透機身的中心，從機尾拉出來。當飛機進行滾轉 (roll) 或側傾 (bank) 動作時，會沿著這道軸線旋轉機身。

打美式足球時，向側邊傳球的動作稱為側後傳 (lateral pass)。同樣的，從一邊的機翼末梢、穿過機翼、機身、再從另一道機翼延伸到末梢拉出來的軸線，就稱為「側軸」(lateral axis)。圍繞著側軸，飛機可以進行俯仰 (pitch) 動作。

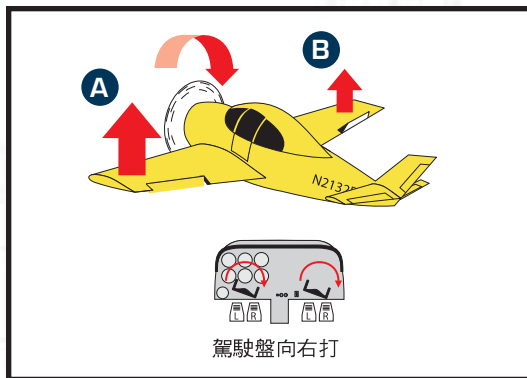
飛機由上往下通過機身重心，有一道「垂直軸」(vertical axis)，正好穿過座艙與機腹的位置。飛機圍繞這道軸線偏航 (yaw)。我們可以用伸懶腰的動作，來模擬偏航運動：早上起床將雙手平舉，然後站直，向左或向右旋轉，就可以將脊椎骨想像成一道垂直軸，而您正繞著它偏航。

好啦，您已經具備飛機圍繞著軸線飛行的概念了，因此，我們可以開始探討主要的三種飛行控制了。

第一課：飛機騰空的原理

副翼

「副翼」(aileron) 是位於機翼後緣的可移動控制面。它們的功用，是讓飛機隨著您所希望的方向進行側傾（或稱「壓坡度」）與滾轉動作。當您向右轉動駕駛盤（control wheel），如圖 1-4 所顯示的那樣，兩片副翼就會在同一時間內，以彼此相反的方向偏擺（這不是機械故障，本來就是這樣設計的）。左翼的副翼放下，左翼所承受的昇力就會提高；右翼的副翼升起，右翼的昇力便會降低。昇力的差異，將會讓飛機向右側傾。



[圖 1-4] 向右侧進行側傾。請看副翼如何引導飛機滾轉。
A—副翼降下，昇力增加；B—副翼升起，昇力下降。

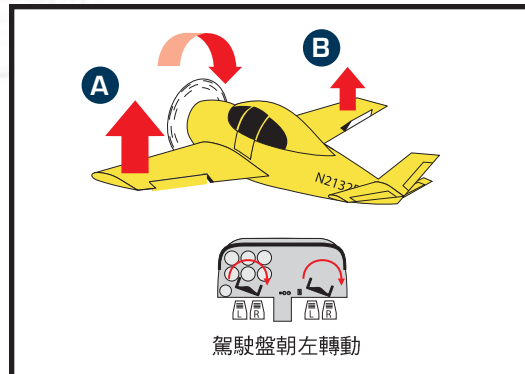


圖 1-5] 向左侧側傾。請看副翼如何引導飛機側傾滾轉。
A—副翼升起，昇力下降；B—副翼降下，昇力增加。

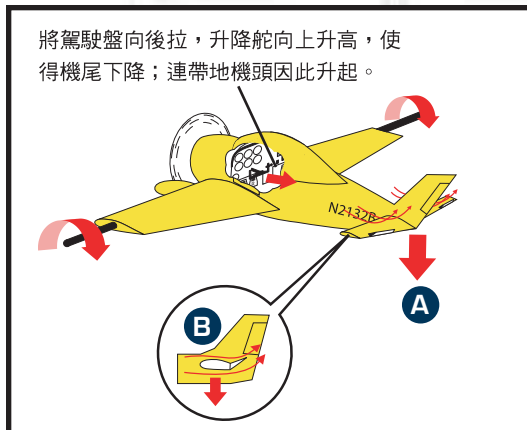
將駕駛盤向左轉（如圖 1-5 所示），左側副翼升起，減少左翼所承受的昇力；右側副翼同時也會降下，增高右翼的昇力。這麼一來，飛機便開始朝左側傾。

副翼讓某一側的機翼所承受的昇力提高，同時減緩相對一側機翼的昇力。兩翼昇力的差異可以讓飛機側傾，只要根據需求來調整昇力差距即可。

升降舵

「升降舵」(elevator) 是位於飛機後端的可移動水平控制面（圖 1-6）。它的作用是讓飛機調整俯仰角度。

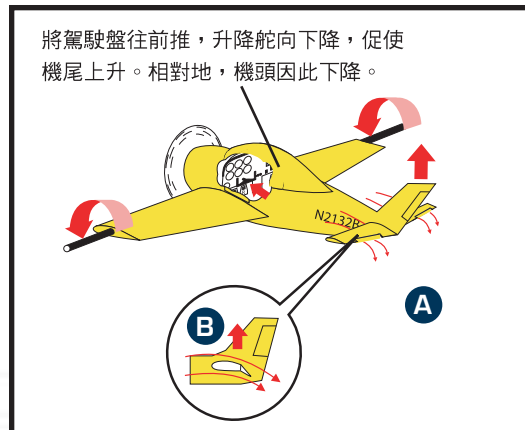
飛行控制第一課：飛機騰空的原理



[圖 1-6] 升降舵控制，可以改變飛機的俯仰角度。A—機尾運動（向下）。B—機尾下降，機頭升起。

控制升降舵與副翼，在航空動力學原理上是同一回事。將駕駛盤往後拉（如圖 1-6 所示），就可以讓升降舵控制面向上移動，機尾下方壓力降低。於是機尾下降，機頭則以仰角抬升。

在圖 1-7 中，將駕駛盤往前推，升降舵控制面向下移動，如此一來，機尾上方的壓力會下降，機尾因此開始上升，機身會沿著側軸向機頭方向垂傾，機鼻下降。



[圖 1-7] 升降舵控制可以改變飛機的俯仰角度。A—機尾運動（向上）。B—機尾向上升，機頭下降。

簡單地說，要讓抬高機頭，就將駕駛盤往後拉；要降下的話，將駕駛盤往前推就行了。

第一課：飛機騰空的原理

還有第三種飛行控制，也就是方向舵（rudder），讓飛機繞著垂直軸偏航。我們稍後再回頭討論這個部份。不過我還是希望能確定一下，您不會以為我是因為上課用的小抄不見了才這麼說。

您已經具備如何進行飛行控制的基本概念了，現在讓我們將注意力轉到飛機上面，討論一下如何進行實際的飛行演練：平直飛行。

平直飛行

接下來您要開始進行平直飛行練習了——平直飛行是最基礎的飛行演練之一，而「平直」兩個字聽起來，是不是會讓您以為這是兩個不同的飛行動作呢？嗯，您想的一點也沒錯。「直線飛行」（Straight-and-Level Flight）表示飛機朝某個特定的方向行進，機翼與地平線保持平行；「平直飛行」指的是飛機不增加或降低高度的飛行狀態。

在平直飛行時，圖 1-8 所顯示的就是坐在左邊座位的您（飛行員）眼中的景象。圖片顯示我們正朝著遠山一路前進，別擔心，教練就在旁邊，而且對閃避山脈這種事很拿手。事實上，這正是我的專業。



[圖 1-8]

如何研判您正保持直線飛行

好，您怎麼知道飛機保持在平直飛行狀態呢？最簡單的研判方法，就是對著機窗（前窗）檢視儀錶板。圖 1-8 顯示出儀錶板的上緣與遠方的天地線近乎平行。這表示您的機翼沒有側傾，也就是說，您正朝著前方直線飛行，沒有偏轉的跡象。

還有一個方法，也可以告訴您飛機是否正保持直線飛行。您可以按下苦力帽（hat switch），也就是位於搖桿最上面中間的按鍵來進行檢視。如果您從左側或右側的機窗看出去（如圖 1-9 所示），可以看到兩側的機翼與自然天地線的相對位置。在直線飛行中，兩翼與天地線所保持的距離應該相等（這裡指的是天地線，可不是山的稜線喔）。

第一課：飛機騰空的原理



[圖 1-9]

以正確的姿態飛行

實際駕駛飛機時，我會鼓勵學生保持向左右兩側機窗探視景物的習慣。這可以幫助他們檢查機翼位置，同時集中精神留意一下空中的交通（traffic）。我說交通，可不是要您檢視地面的車流以報導路況，我是指其他同樣在空中飛行的飛機。不過在模擬飛行中，要您不斷地按鍵來移轉左右機窗的視野，實在是太為難您了，所以您可以直接運用姿態儀（attitude indicator；AI）來維持平直飛行。姿態儀位於六大主要飛行儀錶上排正對您的位置（如圖 1-10 所示）。

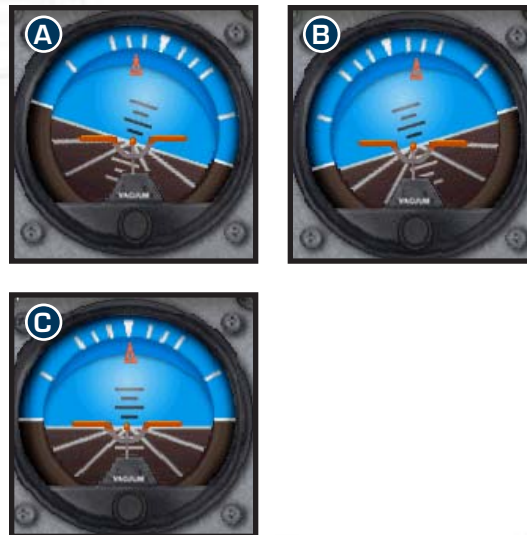


[圖 1-10]

姿態儀是根據自然天地線所設計的模擬天地線。顧名思義，姿態儀顯示出飛機的姿態（俯仰角度、機翼與天地線的側傾坡度）。姿態儀上半部的底色是藍色（天空的顏色是也，除非您住的城市空氣污染太嚴重了），下半部是棕色（代表您腳下的大地）。天地兩色之間，有一條白色的細線代表人工天地線。當飛行員受限於低能見度而看不到自然天地線、或無法分神觀測機翼位置時（這將是您從事模擬飛行的真實寫照），可以參考姿態儀來飛行。

第一課：飛機騰空的原理

向左拉動搖桿，飛機會朝左斜傾，這個動作會讓飛機的左翼往地面測傾（如圖 1-11 所示）。這是您進行左轉的方式。您會留意到，姿態儀裡面的小飛機（橙翼）的左翼，也會向地面偏斜。以機械觀點來說，移動的其實是姿態儀裡的球，對應小飛機將飛機現階段的姿態呈現出來。只要透過姿態儀研判哪一道機翼正在朝地面傾斜，您永遠可以知道飛機側傾的方向（這很容易研判，因為飛機也就只有這麼兩片機翼）。



[圖 1-11]

依照上述的方法，輕輕將搖桿向右拉動，姿態儀會顯示一個右轉動作。這回輪到右翼向地面傾斜了（圖 1-11B）。向左右兩邊調整搖桿，等到兩側機翼同時與人工天地線保持平行後（圖 1-11C），將搖桿歸回中間位置，讓飛機恢復直線飛行（如圖 1-11C 所示）。總之，只要機翼沒有側傾，飛機就不會轉向。

第一課：飛機騰空的原理

掌握您的航向

還有一個方法可以研判您是否正保持著直線飛行。此時我們要介紹「航向指示器」(heading indicator) 的運用。



[圖 1-12]

圖 1-12 所顯示的，就是飛機的航向指示器，有時也稱為「方向陀螺儀」(directional gyro)。它位於六大主要儀錶（我們很快地就會討論到它們）下排的正中央。您可以把航向指示器想像成一具機械式羅盤，功能就是指出您的航向。也請您留意一下航向指示器上所顯示的數值，在每個數值後面加一個零，得到的就是飛機的航向。換句話說，數字 6 代表 60 度航向（讀作「航向洞六洞」），數字 33 代表 330 度（我會特別大聲地唸出來：「航向三三洞」。飛行時，洪亮清晰的聲音對通訊而言非常重要）。每 30 度為間隔為出現一個數值，每個數值之間又會以 5 與 10 度為刻度單位。

要循著一個特定航向飛行，只要取最短的角度，直接轉到該航向即可。如果您想朝西飛，直接調整飛機航向，直到航向指示器裡的白色飛機機鼻對準了字母「W」（向西，航向 270 度），就大功告成了。當然，如果航向保持一定，您就是在直線飛行的狀態，因此也不必考慮改變航向。這是您研判自己是否正處於直線飛行狀態的另一個方法。

現在您已經瞭解平直飛行中的直線飛行部份了，我們接下來要討論水平飛行的部份。

第一課：飛機騰空的原理

確定您在平飛

我們先看一下，倘若您的飛機機鼻俯仰角度發生變化時，飛行高度會出現什麼影響。當您向後拉動搖桿，機鼻會升高，姿態儀裡的小飛機也會朝向天空（藍色部份），正如圖 1-13A 所示。



[圖 1-13]

察看「高度表」(altimeter)，它位於姿態儀右側（圖 1-13B）。長的指針（百英尺指針）一般說來會隨著機鼻上升，同時以順時針方向轉動。就和時鐘的指針一樣，順時鐘運動代表數字在增加，在這裡數字所代表的，是飛機目前所位於的海拔高度。

高度表的下方是「垂直速度表」(vertical speed indicator; VSI)，指針向上，代表著飛機的正爬升率（圖 1-13B）。這些輔助顯示可以幫助您研判飛機正在爬升，而不是平飛。

搖桿歸正後，飛機會恢復平飛（假定是在飛機適當配平的情況下——我們稍後會談到這個部份）。

當您以機鼻向下的姿態飛行，姿態儀也會顯示小飛機朝向地面（棕色部份）的狀態，如圖 1-14 所示。

第一課：飛機騰空的原理



[圖 1-14]

高度表指針倒轉的時候（逆時針運轉），顯示飛行高度正在下降。

垂直速度表指針朝下的話，就會顯示出下降率。我們可以說，假如高度表的長針不動了，而垂直速度表的指針歸零，您就位於平飛狀態中。事實上，這才是正式飛行員確定飛機是否正處於平飛狀態的確實做法。

要保持這些指針穩定，可需要相當的練習（現實中，它們多多少少會作小幅度的擺動）。水準中上的私人飛行員，只要能將飛機保持在預定高度上下各100英呎的範圍裡就不錯了。丟臉的是，當我還在學習飛行的時候，發現還不如更改預定高度比較快（當然，我終究還是練會了這個技巧）。

在互動課程裡，您會練習到如何讓姿態儀裡的小

飛機（橘翼）與人工天地線保持平行，以保持飛機直線飛行。如果機翼朝左或右方傾斜，您就朝相反的方向拉動搖桿（運用副翼）來修正。

您也會練習到讓高度表裡的百英呎指針保持穩定，也就是讓飛機維持平飛。指針理論上應該不會再動。如果動了，您就用搖桿去修正飛機的俯仰角度，直到指針穩定為止。一旦指針穩定了，您所得到的，就是讓飛機維持平飛的標準俯仰姿態。

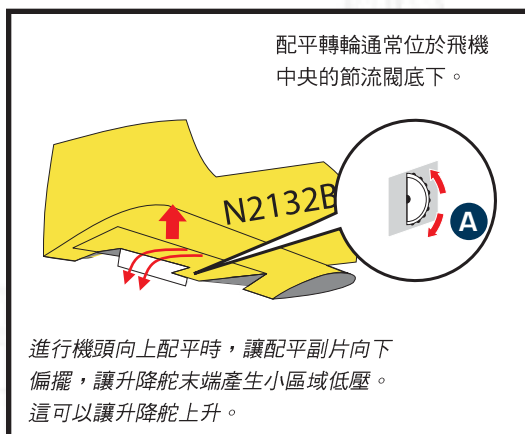
準備好進行配平修正了嗎？

飛機飛行時，會受到各種飛行動力上的影響。有的影響會讓機頭升高，有的則會讓機頭下降。引擎動力、飛機重量、以及昇力等等，都還只是其中一小部份呢。這些力量對您來說代表什麼呢？好吧，如果飛機自己一直朝前俯衝，您總不能就這樣坐著，一路往後拉著搖桿不放吧。不停地出力去拉駕駛盤，您的手臂很快地就會痠了（阿諾史瓦辛格會以您為榮，我可不會）。幸好，飛機上有稱為「配平副片」(trim tab) 的設計，可以抵消除飛機外部機件所傳遞到駕駛盤上的力量，進而紓解飛行員手臂的負荷。我們就來看看配平副片的作用原理，接著再介紹如何操作。

第一課：飛機騰空的原理

配平副片的原理

配平副片是體積不大、可動的控制面，裝設在主控制面上（這裡所指的是升降舵）。出現在圖 1-15A 中的，就是配平副片與配平控制轉輪，後者用來調整配平副片的位置（在真正的飛機上，控制轉輪位於兩個前座之間，或儀錶板的下方）。



[圖 1-15A] 升降舵配平的原理。A--機頭向下。B--機頭上升。

移動配平副片，可以讓控制面尾端（也就是配平副片的位置）產生輕微的壓力變化。適度的壓力，可以讓主要控制面保持定位，不必去動到駕駛盤。您會注意到，配平副片的作用方向正好和主控制面的方向相反。如果您想要讓升降舵上升（彷彿飛機要爬升時將駕駛盤往後拉一樣），配平副片必須向下偏擺（如圖 1-15A 的升降舵 A 所示）。

想調整升降舵下降（一如飛機下降的情況），配平副片需要向上偏擺（如圖 1-15B 的升降舵 B 所示）。

第一課：飛機騰空的原理

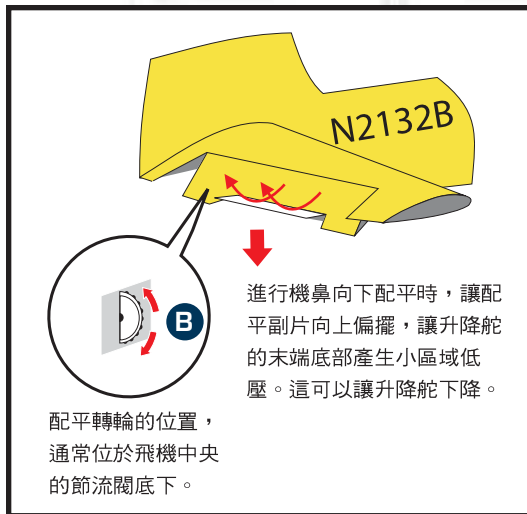


圖 1-15B] 升降舵配平的原理。A--機頭向下。B--機頭上升。

您可以把配平副片想像成一隻看不見的手，替您把飛機穩定在既定高度，取代您施予搖桿的力量。您可以在搖桿上找到配平控制器，它可能是個小轉輪或按鈕。如果您的搖桿上沒有配平功能的話，也可以用鍵盤上的兩個數字鍵（1 和 7）來為飛機調整適當的俯仰姿態。「1」鍵具備升降舵上升配平功能，「7」鍵則具備升降舵下降配平功能。

以下要告訴您如何在平直飛行中配平飛機。首先，檢視飛機是否已經適度配平，然後鬆開搖桿，檢視垂直速度表的指針動態。如果指針顯示飛機正在爬升（指針向上旋轉），飛機就需要進行升降舵向下配平。將搖桿輕輕往前推，來恢復平飛狀態，然後按一次「7」，進行小規模的升降舵向下配平（或直接運用升降舵向下配平按鈕即可）。完成之後，鬆開搖桿，看看會出現什麼效果。

您按配平按鈕的次數愈多，配平量就愈高。所以請用點耐心，您可能需要反覆這個程序，直到垂直速度表的指針保持相對水平、接近零爬升率為止。

如果垂直速度表的指針下降的話（向下轉），將搖桿輕輕向後拉，讓飛機回復平飛狀態。然後按「1」鍵幾次，進行升降舵向上配平（或者直接運用升降舵向上配平按鈕）。完成之後，鬆開搖桿，看看垂直速度表的指針有什麼反應。如果必要，重複同樣的程序，直到飛機回復平飛為止。

第一課：飛機騰空的原理

我傾向運用垂直速度表指針來配平飛機，因為它蠻「敏感」的。我說它敏感，倒不是您說它醜它就會哭，而是它對飛機俯仰姿態的輕微變化，會有相當靈敏的反應。這可以讓您更容易察覺偏離平直飛行的其他狀況。在往後的課程裡，我會講解如何於飛機爬升與下降時，利用垂直速度表指針進行配平。

許多飛行員也會利用配平修正來控制側傾角度（坡度），這稱為「副翼配平」（aileron trim）。您的搖桿可能也配備了這個裝置。在兩翼內部的油料重量不均，或乘客集中在客艙的某一側時，坡度配平就會派得上用場了。

不論您的飛機配平得多完美，多少還是會出現小幅度的上下擺盪，飛行高度會在預定的上下100英尺範圍內變動著。這就是飛行。即使經過適當配平，飛機的高度或航向都難免會出現輕微的變動。除非搖晃過了頭，否則您不用擔心這個狀況。您的職責是讓飛機盡可能地自在飛行，只要容許您自己有些時間可以思考、規劃如何安全地完成飛行，就不礙事。

為自己驕傲一下吧，因為您已經結束第一堂地面飛行課了。嘿，教官還真為您感到驕傲呢。現在我們可以進行一些互動飛行訓練了。請進入**學飛課程**（Learn to Fly），選擇**學生課程第一課**（Student Lesson One）。待會兒進入下一堂課，我會為您介紹轉彎的基本觀念。

第二課：飛機如何轉彎

大家對於飛行會有許多錯誤觀念。舉個例來說，有的飛行員看到螺旋槳氣流的英文propwash，會以為這個「prop 洗」是某種強力洗潔精。還有一小部份的人聽到教練說：「好，taxi！」時，會急著要去招一部計程車，殊不知taxi是個飛行術語，指的是飛機滑行的意思（我們會在第七課學到）。

當我還是個懵懵懂懂的見習飛行員時，一位聯邦航空總署（FAA）教練問我飛機要怎麼轉彎。我看著他說：「報告教練，用駕駛盤。」只見教練捶胸頓足猛搖頭。我承認我的答案可能有點離譜，讓教練看起來有點小小的焦慮（他口角的飛沫與糾結的眉毛代表了一切）。可是您目前的觀念都還正確，所以我們就直接介紹飛機轉彎的原理，瞭解一下要如何進行這個小小的絕妙飛行動作。

以上清晰的圖解告訴我們，昇力沿著垂直方向作用（向上拉曳飛機），可讓飛機保持騰空狀態。當然，如果昇力可以向上拉曳，同時它也可以向左或右產生小規模的分力。這些分力發生作用時，飛機就會轉彎。

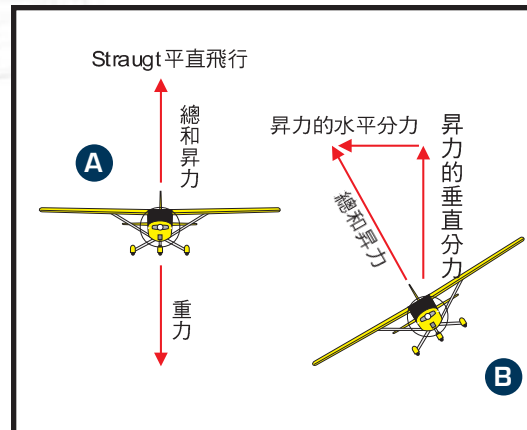


圖 2-1 中的飛機 A 代表平直飛行中的飛機。

圖 2-1 中的飛機 B 顯示出飛機側傾時的昇力總和。部份昇力將飛機向上拉曳（昇力的垂直分力），部份昇力則將飛機朝轉彎的方向拉曳（昇力的水平分力）。您可以透過想像，假裝您看到了構成整體昇力的其他較小分力（這些寶貝箭頭又來了；在真的飛機上您就看不到這些箭頭了，所以趁現在好好享受一下吧）。這些箭頭分別代表構成整體昇力的每道分力。

第二課：飛機如何轉彎

您要永遠記住，帶動飛機轉彎的是昇力中的水平分力，它會像您用手畫圈拉著東西甩一樣，劃一道弧拉曳飛機轉向。因此，側傾角度愈大，昇力的水平分力愈大，轉彎的速度也會愈快。現在您已經知道飛機怎麼轉彎了，教練先假裝一下哲學家蘇格拉底，問您一個重要的問題（不要介意現在我身上裹著床單。哪天您要是看到我全身包裹著床墊，那就表示我們終於要練習降落了）。我要問的問題是：「我們要如何分解昇力，來讓飛機轉彎？」

答案是：「用副翼！」

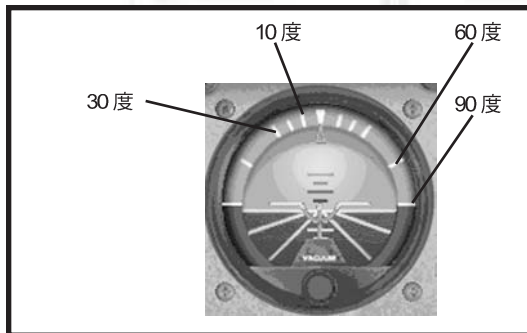
如果您說：「用駕駛盤」，我可以答應我不會發心臟病。事實上，轉動駕駛盤或搖桿（也就是操縱副翼讓飛機側傾），的確是我們分解昇力讓飛機轉彎的正確做法。

轉彎時，偏轉（當我提到「偏轉」，指的是慢慢地將它向左或右方拉動）搖桿到預定的轉彎方向，然後滾轉飛機直到它達到該有的坡度。接著，將搖桿歸正，飛機通常會在這個坡度中保持穩定。如果飛機偏出了您所希望的坡度，輕推搖桿一兩下維持坡度即可。

讓我包著床單再扮演一次蘇格拉底好了，請問一下：「在座艙中，如何得知飛機的坡度有多斜？」畢竟，您不可能另外找個飛行員一路跟在後頭看。這裡有一個更好的方法。

圖2-2顯示了我們之前提到的姿態儀。在姿態儀的頂端，剛好就在中間部份的左右兩邊，各有三道白色的坡度刻度顯示。每10度有一道刻度，剛好到30度為止。超過了30度以後，就是代表60度和90度的兩道坡度刻度。如果您想進行30度坡度側傾，就滾轉飛機，直到白色刻度（頂端算過來第三道）停在橙色的小三角形上面就行了。

第二課：飛機如何轉彎

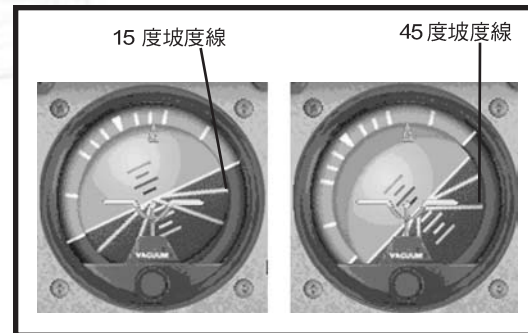


[圖 2-2] 坡度線

很簡單吧？不過，如果您的飛機想側傾 15 或 45 度角時，又要怎麼辦呢？這裡告訴您如何操作。

在圖 2-3 中，我們看到由從姿態儀中央點往下斜拉的白色斜線，左右分別各有兩條。它們分別代表 15 度與 45 度坡度線。如果您向右滾轉飛機，直到姿態儀裡的小飛機（橙翼）與第一道斜線平行，如圖 2-3 所示，那麼代表飛機側傾了 15 度。要側傾 45 度坡度，您可以輕輕滾轉飛機，直到小飛機的機翼與第二條斜線平行即可。

在您準備進入互動課程學習轉彎之前，您還得多



[圖 2-2] 坡度線

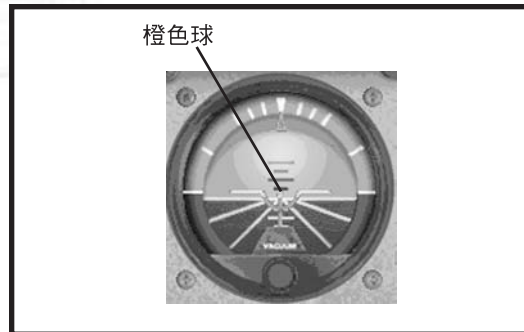
學習一個觀念。

從事飛行時，有一件事很重要：您要記得我們所學的每件事都有其目的。尤其在飛機轉彎時，您將更進一步看到這個道理。

在轉彎時，總和昇力會被拆解成分子，這表示原本承托飛機重量的垂直昇力減少了（請回頭參閱圖 2-1 中的飛機 B）。這時飛機會朝當時作用力最大的方向移動，也就是向下的重力。我們可以隨時在進入轉彎動作時，稍微提高我們的昇力來抵消重力的影響。

第二課：飛機如何轉彎

如果想要提高昇力，您可以握住搖桿稍微向後拉。在稍後的課程中您會理解到，這道在搖趕上向後施加的力，將加大機翼的攻角（angle of attack），因而小幅度提高機翼的昇力。可惜的是，攻角加大，相對的阻力也會跟著提高，飛機的速度將因此降低。進行小坡度轉彎時（30度左右或以下），您並不需要操心這類減速現象。不過在進行大坡度轉彎時（45度或以上），可能就需要額外的動力來避免空速過度降低。



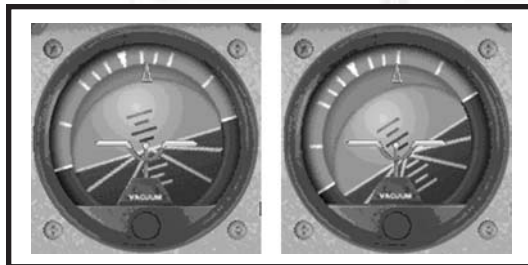
[圖 2-4] 在平直飛行中，小飛機幾乎停在水平線上。

讓我們看一下飛機在轉彎時，您要如何藉著姿態儀來推算您操縱搖桿時的施力大小。

請觀察姿態儀中的小飛機位置（特別是兩翼中間的橙色球）。在平直飛行中，小飛機（以及橙色球）幾乎是對準於人工天地線上，如圖 2-4 所示。在側傾時，您很難從姿態儀上識別飛機的俯仰動作，因為小飛機不再對準人工地平線了。因此在轉彎時，您可以利用橙色球與人工天地線的相對位置，來識別俯仰的角度。

為了能在 15 度與 30 度坡度轉彎中保持飛行高度，您必須稍微增加飛機的俯仰角度。圖 2-5 給您一個基本概念，告訴您必須增加多大的俯仰角度。

第二課：飛機如何轉彎



[圖 2-5]

您必須記住的重要一點是，坡度愈大的轉彎，需要更大的俯仰角度來維持飛行高度。完成轉彎動作後，飛機滾轉回復平直飛行，此時您必須解除向後拉搖桿的力量，將俯仰角度放低到平直飛行所需要的角度大小。在下面有關慢速飛行的課程中，您還會學到更多為什麼要在轉彎時增加俯仰角度的理由。目前您只需要記住一點，滾轉進入或完成轉彎動作的當兒，您必須進行必要的俯仰角度調整，以保持既定的飛行高度。在大坡度轉彎中，隨時準備好將搖桿微微往後拉，來保持垂直速度表指針歸零，以及讓高度表的長針（百英尺）保持穩定。利用橙色球與人造天地線的相對位置，在飛機滾轉時決定俯仰角度。而且要記得，降低俯仰角度來回復平直飛行。

之前我答應過，我們還會更詳盡地探討方向舵的用途，在這裡有一點補充資訊，提供給擁有方向舵硬體的朋友做個參考。

方向舵

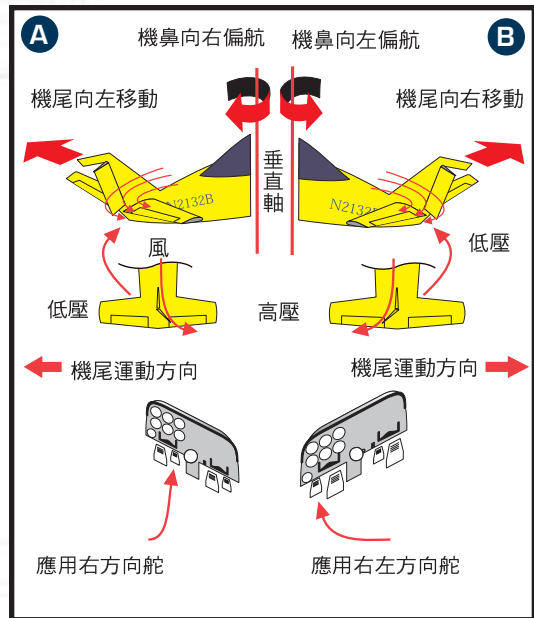
「方向舵」(rudder) 是位於飛機後端的可動垂直控制面。它的功用是保持機鼻對向飛機要轉彎的方向，而不是讓飛機轉彎！記得，飛機是藉著側傾動作來轉彎的。方向舵就是負責調校所有會讓飛機偏離轉彎方向的力量（這一類力量不少，不過不在我們目前的討論範圍。如果您想多為自己的飛行知識加分，可以先跳到本課最後面，閱讀「加分補充資料——反向偏航（Extra Credit—Adverse Yaw）」）。

第二課：飛機如何轉彎

「模擬飛行 2002」含有「自動方向舵」(autorudder) 功能，可以讓機鼻在轉彎時維持定向。因此，如果您沒有方向舵踏板，在模擬飛行中的飛機也能協調飛行。換句話說，任何適度的方向舵作用，都要仰賴副翼在同一時間配合。當然，真正的飛機上沒有所謂的自動方向舵功能（即使有些飛行見習生將教練視為自動方向舵）。因此，如果您決定在真正的飛機上進行飛行訓練，您將學習到所有關於方向舵的原理，以及踏板的操作法。如果您正好有方向舵踏板硬體，那麼請您繼續讀下去，多學習一些關於如何使用它的知識。

您可以將方向舵想像成垂直於機尾的一道副翼。將方向舵踏板向左或右踩，可以改變迎風的垂直穩定翼 (vertical stabilizer) 角度，讓飛機沿著垂直軸進行偏航。這個偏航動作可以讓機鼻轉到即將轉彎的方向去。

運用右方向舵踏板，如圖 2-6 中的飛機 A 所示，可以將機尾朝壓力較低的方向推過去。當機尾移動，飛機會繞著垂直軸轉動。踩動右方向舵踏板，機鼻就會向右偏航；踩動左方向舵踏板（從現在起我會簡稱為方向舵就好），如圖中所示，機鼻會向左偏航。（很聽話吧？）



[圖 2-6]

有關方向舵運用的補充知識

假設您打開生日禮物，發現裡頭是一組「模擬飛行 2002」的方向舵套件。這種好運怎麼會落在您的頭上！（或者，您的搖桿可能剛好內建了方向舵功能。試著扭轉一下！）您把所有東西接好之後，不用多久一定會問：「嘿，我什麼時候才用得到方向舵？」答案是，只要您動到副翼，就一定要用到方向舵（如飛機轉彎的時候）。

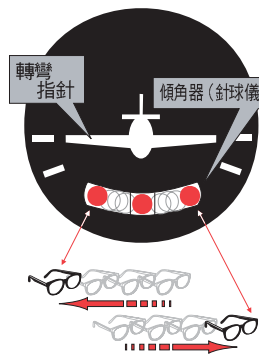
第二課：飛機如何轉彎

如果您在轉彎時沒有用到方向舵，機身會有一部份往既定坡度以外的方向偏去。這可不是什麼賞心悅目的現象，您的教練恐怕又要眉毛打結了。記得這個要訣的一個簡單方法是：右轉，右方向舵，左轉，左方向舵。手腳同時並用。

目前挑戰益智擂台的最重要問題來了：「方向舵要打多少量才夠呢？」問得好。圖2-7所顯示的是一具「傾角器」(inclinometer)，也稱為「針球儀」(ball)，它構成了「傾斜轉彎指示器」(turn coordinator；位於儀錶板中)的一部份。

傾斜轉彎指示器中的白色小飛機，會告訴您飛機轉彎的方向。針球儀中的小球會在玻璃管中往左或右自由滾動，告訴您需要調整方向舵多少角度。任何不適當的方向舵操作（或根本沒有操作），會對飛機施加不需要的側邊作用力。這時，這顆小球就會像車子急轉彎時放在儀錶板前的太陽眼鏡一樣滑移。您的職責就是操作方向舵，讓球保持在中央位置。

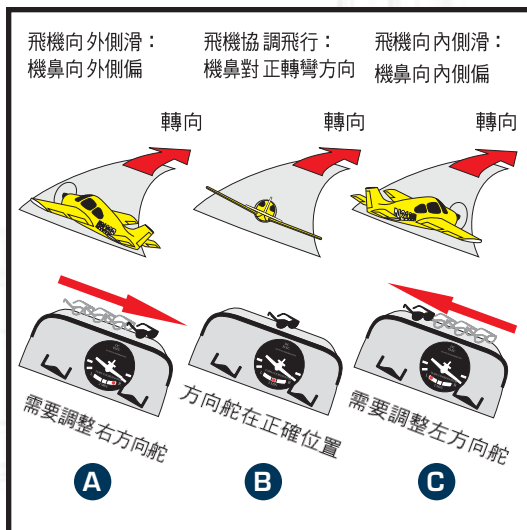
針球儀的運動方式，可以用放在車子儀錶板前、會隨著轉彎滑過來滑過去的太陽眼鏡作為說明。讓太陽眼鏡滑動的力量，同樣的就是作用於針球儀的力量。不過，針球儀比眼鏡移動得輕緩些。針球儀偏離中線，表示機鼻偏離了預定的轉彎方向。此時就要利用方向舵來將針球儀歸中。



[圖2-7] 傾斜轉彎指示器

第二課：飛機如何轉彎

圖2-8 顯示一部正在轉彎的飛機。飛機A的機鼻正朝轉彎以外的方向前進（或許是因為右方向舵作用不足，或右副翼作用過頭所致）。針球儀與飛機朝右偏，較原本預定的轉彎方向偏向內側。換句話說，您需要將機鼻稍微向右修正，才能精確對準轉彎方向。讓右方向舵充分作用，讓飛機對準轉彎方向，球會歸回到中央位置，如飛機B所示。



[圖2-8] 飛機的側滑

飛機C的機鼻比預定的轉彎方向朝內側偏（或許因為右方向舵過度作用，或右副翼發揮的作用不足）。針球儀與飛機朝左滑移，飛機向預定轉彎方向的外側偏。稍微運用左方向舵，就可以保持機鼻朝著既定的轉彎方向前進，針球儀也會同時歸回中間位置。

簡單地說，如果球偏離中央位置朝左或右方滾動，就（分別去）運用右或左方向舵來修正，讓球保持在中央位置。有時您會聽到您的教練說：「踩球！（Step on the ball）」這是教練的飛行術語，意思就是告訴您：球往右偏，就踩右方向舵；球朝左滾，就踩左方向舵。可別把舉起腳來去踩傾斜轉彎指示器裡的那顆小球，這樣教練會懷疑您高中到底有沒有畢業。當然，也別在鞋子裡放彈珠踩踩。

進入轉彎動作時，副翼與方向舵要協調運作，而且作用的方向要一致。這也就是飛行員所說「協調飛行」（flying coordinated）的意思。副翼決定側傾角度，方向舵則保持機鼻朝預定的轉彎方向前進。如果針球儀在整個過程裡保持對中，我們就會說這是協調得當（properly coordinated）的飛行控制。

第二課：飛機如何轉彎

加分補充教材：

反向偏航（Adverse Yaw）

「反向偏航」是飛機之所以需要配備方向舵的原因。飛機向右側傾時，左副翼在放下的狀態，會使左翼上升。放下的副翼提高了左翼的昇力，卻也同時稍微提高了阻力。「等等，」您一定會說：「我只想提高升力，可沒說我要阻力啊。」

說得好，不過這些作用力並不像您打電話點披薩，點什麼送什麼。大自然碰巧就是讓昇力與阻力哥倆好寶一對，就像您高中約會時跟在旁邊如影隨形的媽媽一樣（那可真是如假包換的「阻力」啊）。

飛機右轉時，左翼上的副翼會放下來，提高該翼升力，因此機翼會抬升；不過，相對提高的阻力，也會將左翼稍微往後方拉曳。這會讓飛機在向右側傾的同時，機鼻被朝著反方向（左側）拉曳（或偏航）。反向偏航這個名詞，就是這麼來的。

不消說，如果您的飛機向右側傾，您一定會讓機鼻也對著同一個方向飛行，不是嗎？這就是方向舵派得上用場的地方。只要能讓傾斜轉彎指示器中的小球對中，就表示您已經適當地校正了反向偏航。在這個情況下，飛機正位於適當的協調飛行狀態。

請記住，飛機在進入與結束側傾滾轉的時候，都會受到反向偏航的影響，此時，需要施加在方向舵上的力量也愈大。一旦您在轉彎時穩定住飛機，往往方向舵就能恢復對中，而機鼻也朝著你預定的方向前進（待會兒您還會學到，在什麼情況下轉彎時，需要持續保持一些舵量）。

當然，沒有方向舵踏板硬體或方向舵搖桿，您可能就得啟動自動方向舵的功能來飛行了。我想，解除「模擬飛行2002」中這個功能而讓飛機漫天搖晃，並不是一件很有意義的事。

目前您表現得還不錯。何不進入**學生課程第二課**（Student Lesson Two）實際練習一下？然後，我們再進入更高階課程一窺飛行堂奧，例如爬升動作。我也先藉著帶您回到低空域的機會，為您介紹飛機如何進行下降。

第三課：爬升

小學五年級時，老師要我站到講台上說出「演講」的組成要素。我走到台前，轉過身，平靜地回答：「嘴唇、舌頭、肺與氧氣。」哎，這顯然不是老師所要的答案。

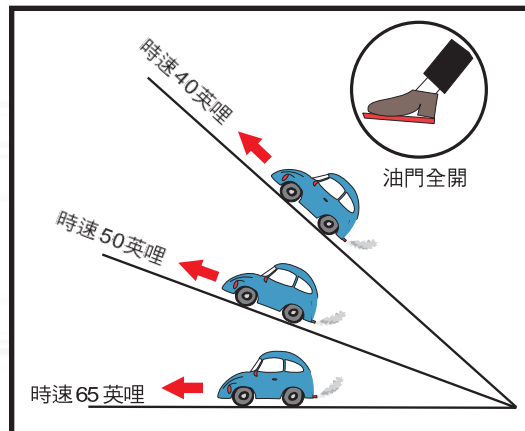
演講有它的基本組成要素，飛行也不例外。目前，我們已經練習過四大飛行基本要領中的兩項：平直飛行與轉彎。現在我們再來看看最後的兩項：爬升與下降。

有關飛行最大的一個錯誤觀念之一，就是認為飛機是以多出來的昇力進行爬升動作。這和相信把護手霜加到飛機油箱裡，可以讓飛機著陸更平穩、機身更柔軟、外觀更新穎的想法一樣離譜。

飛機爬升所仰賴的是多出來的推力，而非昇力。讓我們回頭以馬路上的汽車為例來說明，讓您進一步瞭解與此現象有關的原理。

在上坡路段行進的車子，就類似於爬升中的飛機。唯一不同的是，車子遇到爬坡路段只得乖乖

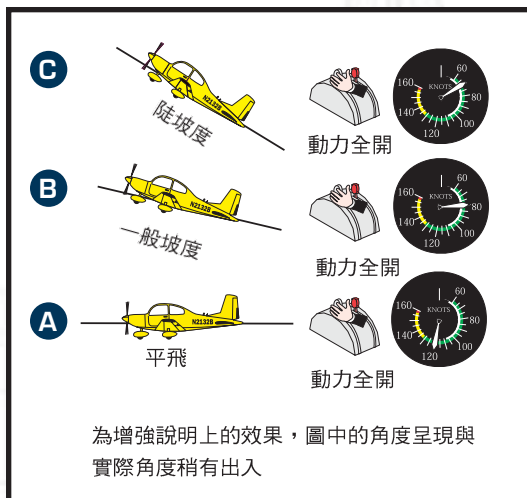
地爬，您（飛行員）卻可以決定自己想要的爬升坡度。爬升坡度可以藉著之前提過的升降舵來選擇。車子在平路上以最大馬力前進，所能達到的最高速度是每小時65英哩（參閱圖3-1中的A車）。當我們遇到上坡路段（B汽車），時速就會落到50英哩。更陡的坡度，還會讓車速繼續落到40英哩時速左右（C汽車）。車子引擎的有限馬力在面臨陡峭的上坡時，無法對抗風阻與重力等後向作用力，因此車速就會減緩。改裝排氣量較大的引擎，或重新設計車輛結構來減少風阻，是唯一可以讓老爺車增加點速度來爬坡的做法。



[圖3-1] 動力與爬坡角度。即使動力全開，車子的速度將會在坡度變陡時減緩。

第三課：爬升

同樣的分析，也適用於我們原來的主題。飛機爬升，就像在空中攀爬一座看不見的山（圖3-2）。飛機在平直飛行、節流閥全開的情況下（圖3-2中的A飛機），我們先預設它的最高速度為時速120英哩（飛機的節流閥和汽車的油門差不多，只是飛機的節流閥需要以手動控制）。



[圖3-2] 動力、爬升角度、與空速。即使飛機的節流閥全開（最大動力），飛機的速度還是會在坡度變陡時開始減緩。飛行員得配合特定的爬升空速選擇飛行姿態，以調整爬升的角度（坡度）。

飛機的推進需要比較高的動力輸出，反之則否。您稍微將升降舵的控制盤往後拉，就可以讓機鼻向上仰升（B飛機），飛機接著以小坡度飛行，空速會下降——（比如說時速80英哩），就和汽車爬坡時遇到的情形一樣。試著以更大的坡度爬升時（C飛機），空速還會再往下降到時速70英哩。在這個情況下，並不是說您的速度只要超過時速70英哩就能爬升了，您還需要額外的動力（推力）才辦得到。

爬升的坡度如果繼續增加，空速還會更進一步滑落，一如爬坡時減緩下來的車速。然而，飛機的飛行還需要一個特定條件的配合：維持最低的前進速度（forward speed）。飛機必須維持在這個速度以上，才足以讓機翼產生足以讓飛機騰空的昇力。有沒有想過，為什麼飛機需要跑道才能起飛呢？道理和跳遠選手需要助跑一樣。飛機（與跳遠選手）必須在起飛（躍起）之前達到某個特定的速度。

維持飛機騰空所需要的最低速度，就叫做飛機的「失速速度」（stall speed）。這是一個重要的速度值，隨著飛機重量、襟翼設定、動力設定、與坡度角度而有不同。不同的飛機也有不同的失速速度（不要緊張，等會兒我就會講解如何識別飛機是否即將面臨失速）。只要飛機將速度維持在失速速度以上，就能製造足夠的昇力來抵托飛機的

第三課：爬升

如果C飛機的失速速度（圖3-2）為時速60英哩，那麼以稍微大一點的坡度爬升時，承托飛機重量的昇力就會不夠。這種情形就稱為「失速」（stall）。如果是在無意中造成飛機失速，伴隨而來的通常是一些來自原始人性的呼喊，如「哇哩咧」、「唉呦喂」、或者更乾脆的一聲「啊～～」，可能您也會聽到有人說：「讓我入定一下」。如果這發生在真的飛機上，我打包票下回沒有人敢再坐閣下開的飛機了。

這也是為什麼，我們要在接下來的課程中介紹失速的原理與操作（刻意失速，沒錯）。教練們的生理構造比較特殊，在您無意間讓飛機失速的特殊情況下，我們不會發出悲慘的叫聲。這也是為什麼，有時我們被稱為「合格的飛行教練」（CFI）。

您還需要知道一點，擁有充足動力的飛機（如噴射戰鬥機），才能以陡峭的角度爬升；動力有限的飛機，比須採取較緩的角度來爬升。

瞭解到爬升所憑藉的是額外的推力、而非機翼多餘的昇力之後，我們可以推出一些有趣的結論。例如，任何因素，只要會讓降低引擎的動力輸出，同時也會妨礙您達到最大爬升速率。影響動力輸出的因素，包含了高海拔與高溫度等情況。而爬升的時候沒有設定動力全開，也是造成爬升動力不足的情況之一，不過這種情形就有點離譜了，不是嗎？

現階段，您應該會問到一個重要問題。我說的當然不是參禪證悟之類的問題，像「汽缸點燃的聲音究竟蘊含著什麼奧意」，或「如果飛機在森林中迫降而沒有人聽到，它真的發出聲音了嗎？」等等。您應該問的一個好問題是：「如果我的飛機要爬升，要怎麼樣求取適當的爬升角度呢？」我們現在就來看看。

飛機都有特定的爬升姿態（爬升角度）來提供世上最美好的事物：讓飛機安全地維持在失速速度以上，同時完成最佳的爬升程序。您可以參考飛機的空速錶，來求取適當的爬升姿態。

第三課：爬升

配合輸出的爬升動力（小型飛機通常會打開所有節流閥），調整俯仰姿態直到空速顯示出適當的爬升速度。如果是 Cessna 172 型飛機，我們會以 75 節速度來進行所有爬升動作。有時，飛行員會以略高於 75 節的速度爬升，不對，說起來他們的速度還要更快才對，因為他們要求取更良好的機鼻上方能見度（over-the-nose visibility）。

抬高機鼻，空速就會減緩；降低機鼻，速度又會回增。機鼻的俯仰，換句話說，就是你所選擇的飛機姿態或爬升坡度，將決定空速錶接下來的狀態。和地面世界不同的是，飛行員可以決定空中這座山的坡度大小（當然了，還是有特定的範圍！）。由於您的飛行經驗有限，不妨以目視方式，根據前窗景象來決定正確的爬升角度（機鼻姿態），不要完全倚賴空速錶的讀數爬升。

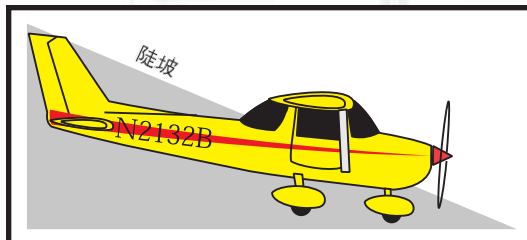
教練還是個飛行見習生時，任何特定空速對我來說，都像是指針永遠對不到的數字。青春期的我，協調的能力很差，反應慢不說，甚至還會被有人在後面推的拋錨車子撞到。我就是個活生生的例子告訴大家：即使沒有奧運體操選手的協調反應，您還是可以成為一位合格的飛行員。

下降

引擎的動力能推動汽車上山，重力則向下拉引它。您的腳如果沒有踩著油門，車子的下滑速度就會由它所面臨的下坡坡度來決定。坡度愈陡，下滑的速度愈快，如果坡度減緩，下滑的速度就會跟著減緩。如果坡度變得過緩，就需要追加一些動力輸出，以維持足夠的前進速度。

飛機不依靠動力也一樣可以下滑（圖 3-3）。只需要降下機鼻，您就能嚐到一路搭順風車的滋味（當然這不是一部車啦，我們就別深究細節了）。您可以運用升降舵控制，來調整機鼻向下姿態，以您所希望的任何（合理的）空速下降。

第三課：爬升



[圖 3-3] 下降中的飛機

現在您的心中有了一個答案，可以回答一個我保證生平第一次坐飛機的人都會問、或想問您的問題：「萬一飛機的引擎掛掉怎麼辦？」萬一真的發生這種事，飛機會變成滑翔翼開始滑翔，並不是一塊石頭砰地掉下來。

與爬升動作不同的是，您可以選擇以各種空速下降。不過還是要考量到諸多因素，例如「前進能見度」(forward visibility)、引擎冷卻、與亂流對飛機外皮結構的影響等。所有這些項目，都在我的《私人飛行員手冊》(Private Pilot Handbook) 中有詳盡的探討，您可以直接登入我的網站來購得這本手冊，也可以從「模擬飛行 2002」的**資訊庫與輔助說明** (Library and Help) 分頁連過去。

在進行最後階段的降落課程時（也稱為「最後課程」），您應該維持特定的空速。通常，這個速度至少要維持在飛機失速速度的30%以上。當您準備降落的那一瞬間，多出來的空速或不當的控制力量，往往會造成降落過程的不平穩（飛行員之間常常會拿這件事來互糗）。

現在，是討論如何在座艙中實際操作爬升與下降動作的時候了。

開始爬升

光說不練，飛行有何樂趣可言？我們立刻就來看看，進入爬升動作的所有步驟。假設您的飛機正以100節速度、巡航動力設定進行平直飛行，剛開始爬升時，您需要抬高機鼻到爬升姿態，同時增加爬升動力。畢竟，想儘快飛往高處是可以理解的事，因為您可以儘量借風使力，並得到更好的空中景觀（還有很多理由呢）。在Cessna 172飛機上，您永遠要保持動力全開設定來爬升，接著，再運用足夠的機鼻向上配平，將飛機穩定在這個姿態。

第三課：爬升

一旦您拉高機鼻，就會注意到空速開始下降，且垂直速度錶開始顯示飛機正在爬升。這是飛機正在爬升狀態的明確指示。當地面的人們看起來愈來愈像螞蟻時，也是飛機正在爬升的另一種跡象（除非您看到的是真的螞蟻）。



圖3-4顯示飛機如何以85節空速、每分鐘500英尺速度爬升。

直上青天

工程師們（不是開火車的那種）告訴我們，Cessna 172 型飛機爬升時，效率最高的空速是74節。由於圖3-4中的飛機空速為85節，您要如何保持飛機的全力爬升狀態，同時讓飛機的空速減緩到74節呢？

答案是將機鼻稍微抬高（增加爬升的坡度）。保持這個姿態，並一邊留意空速錶的反應。上下調整機鼻的俯仰角度，直到空速錶顯示出74節（是75節也沒關係）。耐心等待一下。飛機本身受到慣性作用牽制，機鼻的俯仰姿態改變時，需要一點時間來求取新狀態的穩定。

要維持75節爬升速度，您理論上會在姿態儀看到趨近13度角的俯仰姿態，如圖3-5所示（目前，我們會用姿態儀作為俯仰與側傾角度的參考，因為在模擬飛行中，自然天地線會被儀錶板擋住）。姿態儀的垂直刻度線每條代表5度角，所以由下往上，分別代表5、10、15、20度俯仰角度。13度俯仰角度就位於在第三條線的上方。

第三課：爬升



[圖 3-5]

當然，飛機爬升的俯仰姿態會有細微的變化。不過重要的是，您能找到適度的俯仰姿態，以取得您所需要的爬升空速。

一起跳華爾滋？

現在您已經知道飛機爬升的箇中奧秘啦。下回要讓飛機爬升的時候，只要遵循以下程序即可：看著姿態儀將機鼻抬升到趨近13度角，動力全開，然後配平飛機來維持姿態。就是這麼簡單哪。接下來微調俯仰角度（大約1到2度左右），來求取正確的空速。爬升動作就像華爾滋舞步一樣，「1、2、3」，「1、2、3」，或「姿態，動力，配平」（掃興的是，如果是我來跳，恐怕每數一次就要來一句：「哎，對不起，我踩到妳的腳了。」）改變姿態，改變動力，然後穩定在新的姿態後配平飛機。

當然，您也可以選擇以較快的速度爬升。這往往能讓您更容易地從儀錶板上方看到機外的景象（因此我看得見、也避得開航線上的其他飛機）。如果您在爬升不求快不求高效率，不妨先求取適當空速，讓你能同時得到良好的爬升速率與視野。

接下來呢…

如果您繼續爬升，就會飛出大氣層了，對吧？不至於啦。不過，您總得知道如何讓飛機下降吧。

第三課：爬升

將飛機下降想像成在下坡路開車就行了。首先，車子沿著斜坡下行時，通常您的腳不會再去踩踏板加油門，而是順著坡度一路下滑。坡度的陡急會決定車子最後的速度。陡峭的斜坡，會讓車子產生較快的下滑速度，遇到較緩的斜坡，速度則會慢個一拍。飛機的情形也差不多。

圖3-6中的飛機，動力遞減到以慢車飛行的狀態。在某個層次上來說，飛機是從山坡上滑下來。圖中，飛機的空速穩定在80節。現在我們來改變一下坡度。



[圖3-6]

俯仰角度改變 意味著空速的改變

我們先看一下，俯仰角度的微小變化，將會如何影響空速。在沒有重新配平的情況下，如果您稍微降下機鼻（形成一道下坡），您將能找出一個姿態，可以維持90節的空速。請一邊檢視姿態儀，一邊進行這個動作。藉著小小的俯仰角度調整（大約0.5度角、1度角、甚至2度角）來維持這個姿態不變。您就會發現到空速開始上升了。

最後空速將會顯示在90節，姿態儀也會顯示出圖3-7裡的類似俯仰姿態。如果您想要繼續以這個空速下降，配平飛機並維持此姿態即可。

第三課：爬升



[圖 3-7]

如果您想要抬升機鼻（稍微減緩下降的角度），您要接著求取一個姿態，讓飛機空速維持在 70 節。圖 3-8 顯示了獲得這個空速時所需要的姿態。



[圖 3-8]

這就是您如何在下降時控制空速的方法。運用姿態儀的垂直刻度，來抬高或降低俯仰姿態，進行微調，然後觀看結果。飛機緩緩改變它的速度時，記得您要耐心等待結果。

藉著俯仰角度的調整來控制空速，是一項動作，特別是在您準備降落的時候，這絕對派得上很大的用場。畢竟，您在降落時需要用到不同的速度來飛行，而藉著調整俯仰角度，您可以求取自己想要的空速下降。只是，您還要記得運用配平來維持飛機的特定姿態，以求取想要的空速。

第三課：爬升

最後，在這裡為您透露一個似乎只有高竿的飛行員才知道的小祕密。根據特定的空速，為飛機進行適當的配平後，它應該就此保持既定空速，即使動力的大小改變也部會影響（這還會同時受到許多因素的影響，所以空速可能會有小小的變動）。因此，您已經意識到這是個重要的觀念了。如果您正準備降落，且配平飛機以保持特定空速，此時唯一需要做的調整就是動力設定，以維持在適當的滑降路徑上飛行。換句話說，飛機應該維持它最後配平時所得到的速度來降落。好吧，教官知道您很好奇這部份的原理，我們就稍微帶到有關改變下降速率的部份吧。

改變下降速率

想要維持一定的空速來下降，但是下降速率卻偏低（垂直速度錶指數偏低），這時您該怎麼辦呢？嗯，這是掌握力量的時候了（抱歉，我指的是掌握引擎的動力，不是掌控世界的權力）。動力對下降速率有直接的影響。

以80節空速與維持飛行慢車的動力設定，飛機會以將近每分鐘700英尺的速率下降（圖3-9）。假設說，舉個例子好了，您正朝著地面接近，需要減緩下降速率來進入跑道。您要怎麼做？



[圖3-9]

將您的飛機動力輸出設定提高，比如說2100RPM（每分鐘轉速），然後稍微調整一下俯仰角度，來維持80節空速。有必要的時候，再重新配平飛機一次。

您的儀錶現在應該和圖3-10裡面的看起來一樣了。得到一點動力上的支援，飛機會變成以每分鐘300英尺的速率下降。當然，增加更多的動力，飛機就會停止下降。如果動力加得更多，飛機就會回返平飛，甚至還會以80節速度重新爬升呢。

第三課：爬升



[圖 3-10]

到了目前的訓練階段，也是確認一下您將如何控制飛機的時候了。動力（節流閥的位置）理論上是用來調整下降速率（垂直速度錶讀數）的方法，飛機的俯仰姿態（由搖桿控制）則用來維持特定空速。在爬升時，您永遠要將可茲運用的動力全部輸出（通常是節流閥全開設定），同時使用搖桿調整飛行姿態，來維持想要的空速。目前您已經熟悉爬升與下降的程序了，讓我們將第二課裡學到的技巧與這裡所學到的綜合演練一下。

峰迴路轉

假定我們要把爬升、下降與轉彎動作結合，特別是，讓我們看看飛機在爬升時如何同時進入一個 20 度右側側傾，然後再滾轉恢復平直飛行。以下的步驟提供給您參考。

首先讓飛機開始爬升。將俯仰角度抬高到 13 度機鼻向上姿態，如圖 3-11 所示；動力全開，並進行配平。接著，您會滾轉到想要的側傾角度。此時的祕訣是使用姿態儀的橙色球作為俯仰角度的參考依據。由於橙色機翼此時並不會對準人工天地線，因此您可以使用橙色球做為俯仰角度參考，使用姿態儀的橙色指針作為側傾角度參考。

第三課：爬升



[圖3-11]

進行爬升動作的時候（下降亦然），您最好在達到預定高度前的50英尺內開始讓飛機回復平飛。這50英尺緩衝高度，可以幫助您避免高出或低於預定飛行高度。如果您想在4,000英尺高度恢復平飛，那麼高度錶讀數為3,950時，您就要開始改平飛機。這時您需要降低機鼻，並滾轉進入平直飛行姿態。

沒錯，動力仍然設定在全開狀態，很好。將飛機加速到巡航速度（除非您本來就想以較低速度飛行），接著，降低動力到接近2200RPM巡航設定。一旦空速穩定了，接著為這個姿態配平，如圖3-12所示。



[圖3-12]

好的，整個操作程序就是這樣。您可能不相信，這些步驟看起來好像很簡單，其實飛行演練本身都存在著某些難度。記得，從一個姿態轉變到另一個姿態的祕訣（例如由平直飛行進入爬升動作），也像跳華爾滋一樣：「姿態、動力、配平」。您先將飛機的姿態調整爬升所需的一組設定（80節速度，以13度角爬升），接著進行動力設定調整（在這裡當然是動力全開囉），最後在以充份配平來維持既定姿態。「姿態、動力、配平」三步驟，就是改變俯仰角度的祕訣。

第三課：爬升

開始轉彎下降

假設我們目前位於4,000呎高度，想進行20度坡度左轉，同時下降到2,500呎高度。為了讓這個演練更具有挑戰性，我們以90節速度來進行。以下是操作過程。

1. 進入20度坡度左轉彎，調降動力至飛行慢車。
2. 降低機鼻，達到依據推算可以獲得90節空速的姿態（您會注意到，動力一降低，機鼻就會自行下降。因此您必須將搖桿稍微往後拉，以免下降速度過快）。
3. 3度仰角俯仰姿態，所產生的空速為80節，或許您可以考慮將機鼻降到1度仰角（姿態稍微調低）。記得，由於您正在進行轉彎動作，所以可以利用姿態儀中的橙色球當作俯仰角度參考，如圖3-13所示。



[圖3-13]

4. 飛機位於2,550英呎時（距離下降預定高度還有50英呎），開始讓飛機恢復平直飛行。
5. 接著將動力提高到2300RPM巡航設定，空速穩定後開始配平。「姿態、動力、配平」，記得吧？

您已經知道如何爬升、轉彎、與下降了，一如之前學到如何進行平直飛行那樣。是的，您已經瞭解如何操作所有的基本飛行動作了。現在不妨先來點練習，教官會放您單飛，讓您在**學生課程第三課**（Student Lesson 3）裡頭自己體驗一下。

第三課：爬升



[圖 3-14]

您已經學到在空中駕駛飛機的基本要領，接下來，我們還要學習讓飛機在跑道上降落的所有小技巧。事實上，我們下一課要學的是如何用較低的速度飛行，就像進場降落時所用的飛行速度一樣。

圖 3-14 是一具典型的高度錶，您可以在大多數飛機上見到。它有三枚指針（有時候座艙裡的事一忙起來，您也會希望自己有隻手吧）。最短的針所指的數字代表飛機的「萬英尺」高度，中等長度指針所指的數字代表「千英尺」，最長最細的指針則標示出「百英尺」高度。

讀高度錶

讀高度錶與看手錶時間類似。我必須說明仔細一點兒，因為我知道有些讀者是看電子錶長大的，他們並不知道米老鼠的短手臂指著 3、長手臂指著 12 代表什麼意思。有人甚至還不知道米老鼠的手會往哪個方向轉呢。

讀高度錶最容易的方法，就是把它當成時鐘來看。例如，如果圖 3-14 裡的高度錶 A 是座時鐘的話，它代表幾點呢？三點？沒錯。高度錶 A 當然不是時鐘，它所顯示的是 3,000 英尺高度。長（百英尺）指針指著 0 英尺，中等長度指針（千英尺）指著 3,000 英尺。

如果高度錶 B 是座時鐘，現在是幾點呢？它顯示三點三十分，或者說三點半。不過它是高度錶，讀數是 3,500 英尺。長（百英尺）指針指著 500 英尺，中等長度指針（千英尺）指在 3,000 與 4,000 英尺之間。因此現在的高度是 3,000 過 500 英尺（也就是 3,500 英尺）。

第三課：爬升

如果高度錶C是時鐘，現在幾點？看起來是6點45分左右。精確一點兒說，長（百英尺）指針指著800英尺，中等長度指針（千英尺）指在有點靠近7,000英尺的地方。因此現在的高度是6,000過800英尺（也就是6,800英尺）。不會很難，對吧？

試著將高度錶D視為時鐘。這樣是幾點呢？是的，看起來應該是三點吧。您可以再靠近一點兒仔細看，觀察一下最短的指針（萬英尺）。它指著1這個數字過一點點，表示您需要在中針與長針所顯示出的高度值之外，再加上10,000英尺。因此，高度錶D顯示出飛機在13,000英尺的高度飛行。

玩具風車

小朋友的玩具風車會轉，是因為被風吹動的關係。也許您沒有注意到，飛機的螺旋槳就是給超級大孩子玩的超級大風車。飛機引擎每分鐘的轉速（RPM值）在空速改變時，會與預先設定的位置不一樣，這個現象就是風車效應的一種。例如，每當節流閥被設定在新的RPM值，RPM讀數會隨著飛機空速的改變而變動。為什麼會這樣呢？因為螺旋槳因應空速改變的方式，和風車對風的反應是一樣的。這是有意讓螺旋槳快轉，或避免它在空速穩定之前就發揮全力運轉。這時往往需要重新設定一次RPM值（有時需要兩次），來達到您所需要的最後設定。風車效應僅作用於安裝固定螺距螺旋槳的飛機上（類似我們模擬飛行中的飛機）。稍後，您就會學到定速螺旋槳如何改變俯仰角度來維持特定的RPM值。

第四課：低速飛行

教練跟您交換個條件好了。我讓您坐進一架空速可達120節的飛機（這是超過奔馳在高速公路上的車速一倍），我的要求只有一個：我要您儘可能地以慢速度飛行。聽起來很合理，對吧？其實不然。這就像要求賽車選手坐進他的愛車，您卻要求他只能以一檔來行進一樣。不過，您有個好理由來進行低速飛行。

低速飛行的練習，主要是為了讓您預備好飛行中最重要的一件事：降落。畢竟，您不可能以巡航速度降落地面，因為飛機可不是設計來在地上「飄機」用的。您也不希望輪胎被磨燒得脫出輪框，對吧？（開玩笑啦，可是實際的情況就是這樣。）一般說來，降落時的速度愈慢，愈容易在跑道上控制飛機。

另外，飛機也不能飛得太慢，否則就會停止飛行而落墜（這就是失速，不過失速與是否失去引擎動力無關，待會兒您就會學到）。這也是為什麼我希望您能夠習慣一下低速飛行，來知道哪裡潛藏著危險。而且，您以後一定會發現到，有時候我們不得不尾隨在一架低速飛行的飛機後方，所以您必須瞭解如何調整空速，才不會撞上您前方那架飛機的尾巴。這還只是我們練習低速飛行的部份理由呢，總之，這是項重要的飛行技術。

讓我們先從討論機翼如何產生昇力開始吧。

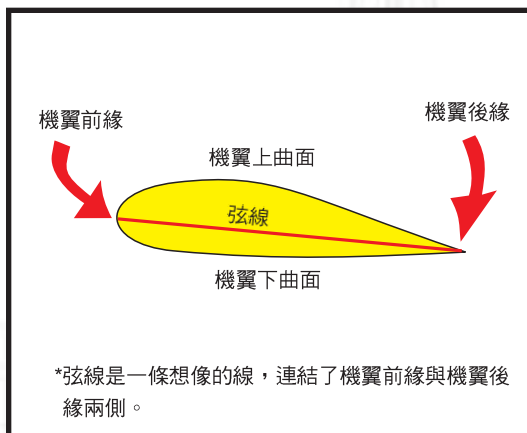
機翼及其組成

機翼的定義

好幾年前我在地面飛行學校受訓時，教練問我「翼」這個字的來源與定義為何。我回答：「報告教官，我想這個字是從中國那邊傳過來的，意思是『鳥的手臂』。」教練啾噥說了一些為什麼許多動物會把剛出生的幼雛吃進肚子裡的事情，然後翻字典查閱這個字的定義。「翼」的定義是「可動的、成對的飛行用附肢」。她看著我，開了口：「好，你認為呢？」我回答：「我認為『翼』是鳥的手臂。」我們唯一的共識是兩人看法不同，即使我是對的。

第四課：低速飛行

機翼由一些個別部份組成。包括機翼上曲面 (upper cambered surface)、機翼下曲面 (lowered cambered surface)、機翼前緣 (leading edge)、機翼後緣 (trailing edge) 與弦線 (chord line)。如圖4-1 所示。



[圖4-1] 機翼五大組成

您會留意到一件事：機翼上曲面（「曲」代表弧度）似乎比機翼下曲面擁有更大的曲線。這是刻意設計成這樣的。待會兒我們進行更詳細的說明時，這將會是個很大的重點。

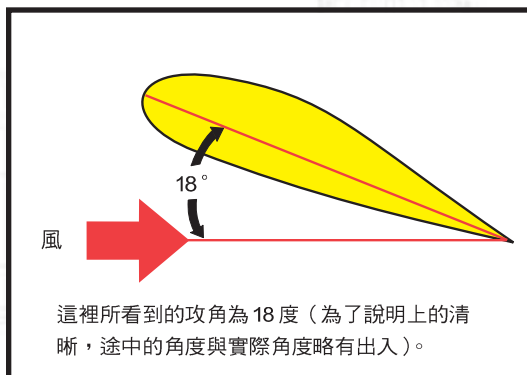
或許弦線是唯一無法由字面上解讀出意思的名詞。弦線是一條想像的線，由機翼前緣拉到機翼後緣。相信我，機翼裡並不是真的有這麼一排線。它只是想像的概念，和代表四個作用力的箭頭意思差不多。如果賣鞋子的人指著您的腳說：「您的腳趾在這裡。」您可能會回答說：「謝謝，我一直找不到呢。」在現實生活裡，他（她）只是指一個地方，而該地方存在著某種眼睛看不到的東西。弦線的功用與這個比喻類似。由於機翼的表面為曲線構造，要說出機翼朝著哪個方向飛行很難。又因為工程師們不喜歡不確定的事情，他們一致認為弦線可以代表了機翼的整體面。

機翼的功用

要瞭解昇力，您必須透過視覺方式，想像一下機翼如何「攻擊」(attack) 空氣。航空工程師們討論著機翼如何以特定角度去接觸、或攻擊空氣。這和惡犬攻擊郵差的方式幾乎一樣：一嘴尖牙首先出動。機翼的哪個部份負責攻擊呢？是機翼前緣嗎？還是機翼後緣？或是機翼底部？到了這裡，弦線的定義就派得上用場了。

第四課：低速飛行

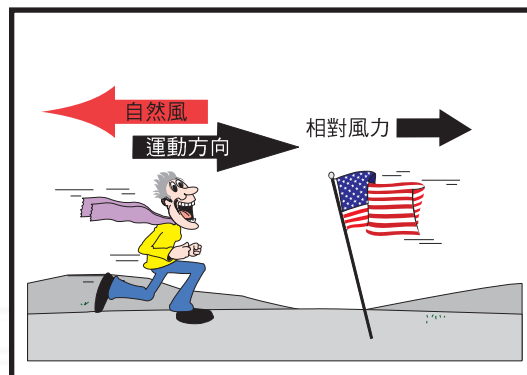
因為每種飛機的機翼大小與形狀不盡相同（一如每位飛行員有不同的個性），有時候您很難確切地判定風會從何處、以何種方式吹襲機翼。幸運的是，弦線可以當作機翼形狀的一個整體參考。如果我說風以18度角吹在機翼上，意思就是風向和弦線的夾角是18度（圖4-2）。這個說明雖然聽起來可能會讓在座的您打呵欠，然而對工程師而言，它的重要性不亞於鬥牛士那件護檔縫得紮實緊密的褲子。在昇力的祕密公開之前，您只剩另一個定義需要理解。這個專業術語叫做「相對風力」（relative wind）。這可不是指您家族裡面哪位親戚（relative）的肺活量（wind）喔。



[圖4-2] 攻角。攻角是機翼弦線與相對風力的夾角。相對風力指的是吹向機翼的風。

相對風力

飛機的運動會在對機翼產生風阻，這稱為相對風力，因為它對應（且來自於）飛機的運動而產生。例如我們可以在圖4-3裡看到，無論這位慢跑者朝哪個方向跑，他可以感覺到一股風由相對於（相反且對等）他運動的方向吹襲。

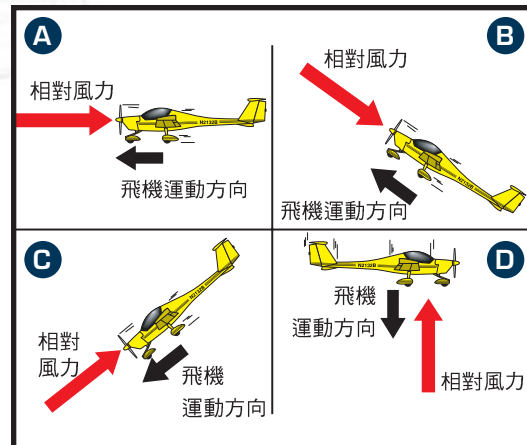


[圖4-3] 相對風力。相對風力伴隨物體的運動而產生。即使自然風的風向是從跑者的身後往前吹，這位跑者還是會因為自身的運動，感覺到一股風力迎面襲來。相對風力的作用永遠相對於物體運動的方向（相反且對等）。

第四課：低速飛行

相對風力就是伴隨運動而產生的風，與飛機的運動方向相反且對等。為了說明這點，您可以在車子行駛時，將手固定放在車窗外頭（不過還請您把身體其他部份留在車裡，拜託）。您會感覺到風由車子運動的相反方向吹。假設您在高速公路上倒車行進，您會感覺到風的吹襲，以及此起彼落的喇叭聲（可能還會夾雜著警車的警笛聲）。

飛機前進時，如圖 4-4 裡的 A 飛機所顯示，風會朝著機鼻吹襲。飛機爬昇或下降，相對風力同樣會陰魂不散地追著機鼻吹（B 飛機與 C 飛機）。讓飛機機腹貼著底下的空氣向下直落，風就會吹向機腹部位（D 飛機）。請參考 D 飛機的狀態，不論水平姿態為何，風依然吹向機腹。



[圖 4-4] 所有的圖解說明了，相對風力與飛機的運動方向對反且相等。

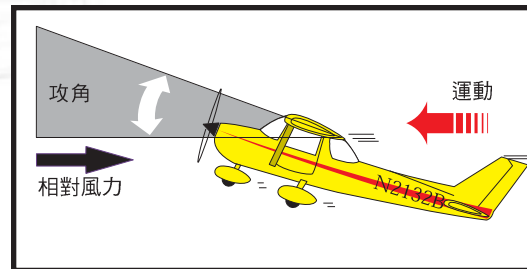
相對風力的風向與飛機的運動方向相反，無關飛機正朝著哪個方向飛行。教練接下來要講的這個論點十分重要，因此我希望您將一隻手指塞進右耳裡。快點，在讀下去之前先做好這個動作。我之所以希望您這麼做，是不想看到您讓這個觀念左耳進右耳出。這個務必謹記的重要原則是：相對風力不受飛機飛行方向的限制。它相反且對等於飛機速率的方向。現在就讓我們看看，風究竟是怎麼「攻擊」機翼而產生昇力的。

第四課：低速飛行

攻擊空氣

狩獵對某些朋友而言是種運動。即使您的對手很無辜，不知道自己正參與您的活動，依然可以算是一種運動。攻擊動物的意思是說，獵人的槍口必須精確地對準獵物。獵人透過覘孔，可以看見子彈行進的路徑。飛機和獵槍（也和汽車）不同，因為它的垂直爬升路徑，並不等於它的向上坡度（incline；也就是機鼻朝上所對的方向）。您還記得跑道盡頭外的750英尺高塔嗎？起飛時，如果您只將飛機機鼻對到障礙物上方一點點的位置（和步槍觀測一樣），您絕對無法飛得過去。事實上，唯一可以確定的是接下來發生的事情：消防隊員們會在塔邊好言相勸要您從塔頂下來。記住，推力有限的飛機，爬升路徑的坡度較緩，不能和部份噴射戰鬥機相提並論。

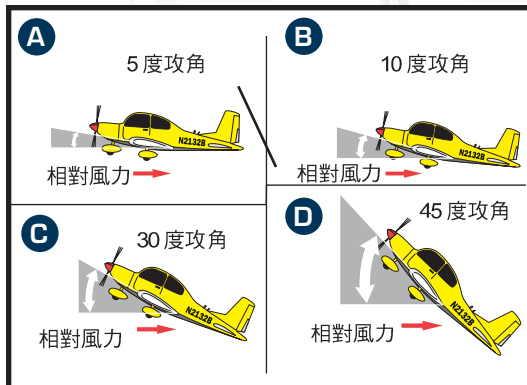
這裡需要瞭解的最重要一點是（快將手指放回右耳堵著）：機鼻（連帶和機翼弦線）會對著與實際爬升路徑不同的坡度來飛行。機翼的向上坡度大小與爬升路徑的角度之間，還夾著一個角度（您很快地就會知道原因了）。記得，相對風力永遠與飛行路徑相反且對等，更精確地說，有個角度存在於弦線與相對風力之間。這個角度就叫做「攻角」（angle of attack），請參閱圖4-5。



[圖4-5] 攻角。

圖4-6顯示出A飛機的機翼（弦線）與相對風力方向之間夾了5度角。一般我們會說，機翼的攻角為5度。我們在B、C、D飛機上看到更大的攻角，分別為10、30、45度。機翼弦線與相對風力的夾角愈大，攻角相對愈大。同時，一如您即將看到的，機翼的昇力與攻角有直接的關連。

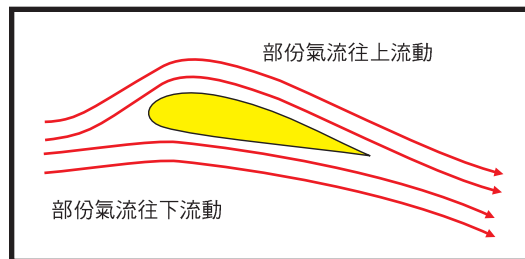
第四課：低速飛行



[圖 4-6] 攻角。產生昇力的原理。

機翼切割起空氣來毫不留情，其威力可比武士刀，直追空手道。機翼本身是一種精密裝置，以特定方法來切割迎面而來的空氣。設計機翼的用意，就是要用來「划」過空氣分子，讓這些分子順著上下兩路分離開來，同時避免在水平方向產生太大阻力。水平方向的阻力會減緩機翼的速度（也就是先前提過四種基本作用力中的阻力），當然了，這個力量愈小愈好。

圖 4-7 顯示機翼在 10 度攻角狀態下，如何將風切割開來。氣流撞擊機翼的機翼前緣，迫使部份空氣往機翼上方流動，其他的部份則順著曲線朝機翼下方流動。這兩股分別朝機翼上下兩側分離運動的氣流，就是昇力的來源。我們先看氣流如何撞擊機翼底面，因而產生部份總昇力的過程。



[圖 4-7] 流過機翼上、下方的氣流。機翼的昇力由這兩道氣流作用產生。

撞擊昇力與壓力昇力

當車子正在行駛的時候，將您的手伸到車外代表兩件事：它告訴您一道相對平緩的表面如何產生昇力，順便告訴後面來車您要轉彎了。圖 4-8 顯示風如何在撞擊您的手之後向下流動。

第四課：低速飛行

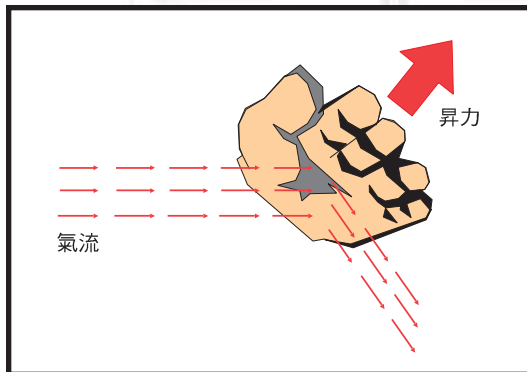


圖4-8] 撞擊昇力。氣流吹襲手掌後，會轉往手掌下方流動，因而產生一股對反且相等的力量作用於您的手掌上。手掌受到空氣分子撞擊，就會產生高壓。

深知箇中三昧的牛頓先生好心地告訴我們，每股作用力都會帶來方向與力道正好相反且對等的反作用力。沿著機翼向下流動的氣流，將產生一股讓機翼向上（相反的方向）運動的力。這股力量，可是由數以億計的微小空氣分子撞擊機翼底面所產生的撞擊能量。同時，機翼底部的高壓也是源於這樣的分子撞擊。因此，機翼會向上移動，就像被什麼人從底下給抬起來一樣。

這種昇力就是一般所稱的「倉門（barn door）昇力」，也稱為撞擊（impact）昇力。它在機翼所獲得的總昇力裡頭只佔了一小部份，這表示飛機不是單單藉著倉門昇力就能飛行。如果可以的話，您就會聽到人們報告說目擊到倉庫的門在天上飛，而不是飛碟。

更微妙、力量更大的昇力，是來自機翼上方的那股曲線氣流。

以機翼來扭曲風的路徑

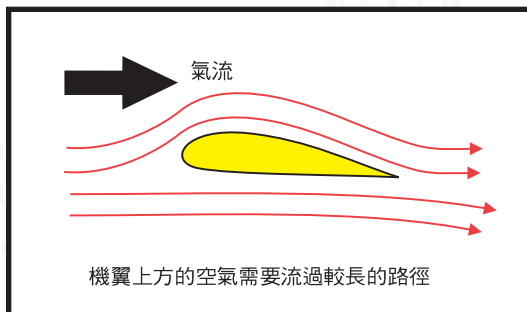
日本人所發明的摺紙藝術，被稱為「歐哩嘎米」；隨後，他們再接再厲地發揚摺人藝術，稱為「柔道」。然而「摺」的藝術，一直等到飛行也採用了這項技術，才臻於竟境。它稱為「飛行術」（flying coach）。

飛機飛行時所「摺」的則是另一種東西——風。它們利用機翼來摺彎風的路徑。用「摺彎風的路徑」來解釋飛機為什麼會飛，聽起來好像有點不夠專業，所以有氣質的希臘字典裡頒佈了一個嚇人的名詞：「航空動力學」（aerodynamics）。簡單地說，機翼是讓風朝下改變路徑、或以流線來行進的一種精密裝置。

第四課：低速飛行

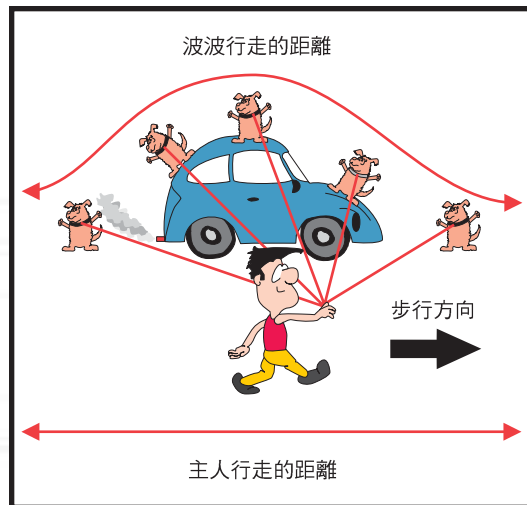
然而，改變風吹過機翼的路徑，又是怎麼獲得昇力的呢？讓我們一起把答案找出來。

圖4-9是機翼的剖面圖。請仔細觀察它的形狀。以小角度攻角飛行時，機翼上方的氣流被摺彎（或說扭曲），非常精確地沿著機翼上曲面向後流動。機翼的底面相對之下比較平坦，氣流路徑的彎曲程度也就相對小了一些。如果機翼上下兩側的風要同時流抵機翼後緣（科學原理與實驗都說它們會同時流抵），上面的風可得要加點油快跑，才能跑完比較長的路徑距離。



[圖4-9] 小角度攻角狀態下，氣流從機翼上、下方流過的情形。攻角小，流過機翼上方的氣流路徑比較彎，機翼下方的氣流路徑比較緩。

舉例說明好了。您牽著您的鬥牛犬（就叫牠「波波」好了）出來散步，您在人行道上走，波波在水溝蓋上走（圖4-10）。波波走著走著遇到一部停在路邊的金龜車，牠是一隻有志氣的狗，寧可直接踩著圓滾滾的車身走過去，也不願繞路（記得，牠可是鬥牛犬）。顯然，沿著車子的曲線走過去，會比您走在路面的距離長。波波如果不想被狗繩子勒到脖子，牠必須稍稍加快步伐，才能在同一時間內把這段較長的路走完。



[圖4-10] 波波沿著車體走過的距離，會比您在路面上走的距離長（機翼的原理也是如此）。

第四課：低速飛行

您是否留意到，車子外緣曲線與機翼曲面的相似之處呢？車子的上緣表面比較彎，底部比較平。空氣流過機翼時，它會的流動路徑會彎曲，流速會增快。

流過表面的空氣速度增加時，會出現一個特殊現象。一位名為白努利（Bernoulli）的物理學家指出，空氣流過表面的速度愈快，作用於表面的壓力愈小。高速率運動的氣流通過機翼時，機翼上方的壓力會稍微下降。換言之，機翼上方的壓力比下方所承受的要低（就別問為什麼了。它與動能的轉換之類原理有關，解釋起來大家的腦袋會像動過腦葉手術一樣昏昏的）。這個奇妙的現象就叫「白努利定理」，這五個字道盡飛機可以翱翔天際的祕密。

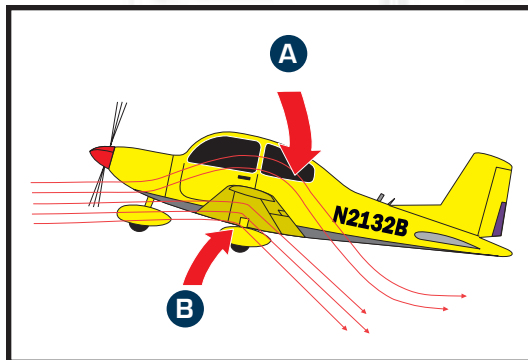
大多數的機翼設計，機翼上表面是彎曲流線，下表面則相對較為平坦。因為這樣的形狀構造，即使攻角角度不大，有弧度的翼面依然可以為空氣帶來一些曲度，以及加速的效果。這就產生了您正慢慢懂得去憐愛去疼惜的昇力，尤其在您體認到飛機不應該從天上掉下來的時候。

攻角與昇力的產生

您搭飛機出國的時候，不知道是否注意到了，飛行員總會在飛機達到最基本的前進速度後，稍微將機頭拉高並開始爬升？這個動作稱為「仰轉」（rotation）。

當飛機加速準備起飛時，最後它會達到足夠飛離地面的速度。這個速度相對說起來還是偏低，因為機翼的構造曲線在這個時候，還無法扭曲足夠的空氣分送到機翼底下去，來產生騰空所需要的足夠昇力。這也是為什麼飛機得慢慢起飛，而不是忽然間跳起來，像隻蚱蜢一樣跳進您的便當裡。飛行員必須多進行一些動作，為風增加額外的曲度，例如，稍微抬高機鼻以增大攻角。如此一來，空氣所必須通過的路徑曲度，會比機翼的工程曲線所提供的更大。圖4-11是這個過程的圖解。

第四課：低速飛行



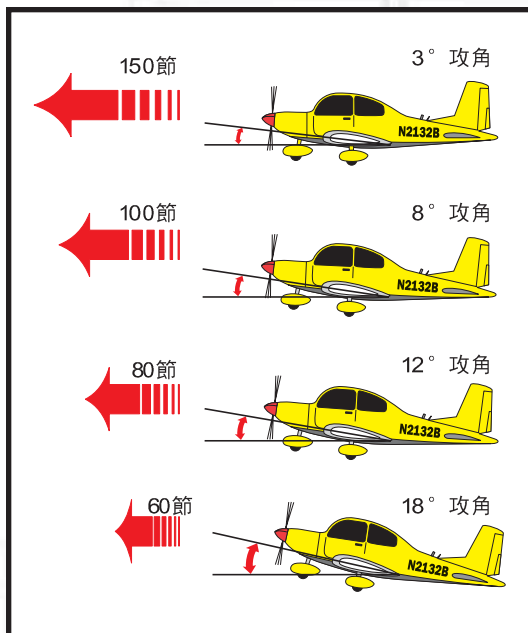
[圖 4-11] 昇力有兩種形式。A 昇力源於低壓：攻角大的時候，氣流將被導引以曲徑流到機翼的流線之外。B 是衝擊昇力，在攻角大的時候，作用於機翼底面的衝擊昇力將會提高。

加大的曲度，拉長了機翼上表面空氣行進的距離，空氣流速因而增快，機翼上方的壓力也就隨著降低。加大的攻角，讓機翼底面與相對風力進行更大面積的接觸，產生了更大的撞擊昇力。這麼一來，就能夠讓飛機在較慢的空速狀態中，產生飛行時所需的昇力（謝謝您的發現，白努利爺爺！）。

現在，您已經知道機翼如何在空速較低時，藉著加大攻角來產生飛行所需的昇力。您也瞭解到為什麼飛機以較慢的空速起飛或著陸時，會以機鼻朝上的姿態飛行了。那麼空速較快的時候，又會出現什麼樣的情形呢？您是否也已經注意到，飛機以巡航速度飛行時會採取幾近平飛的姿態？

圖 4-12 顯示以不同攻角角度飛行的飛機。以高速飛行時，飛機會出現較小的攻角，因為機翼的形狀所產生的昇力已經足夠了。飛機減速後，機翼必須加大攻角，以人為操作來扭曲風所流動的路徑。

第四課：低速飛行



[圖 4-12] 攻角與飛行速度的關係。根據平飛時所產生的速度變化，我們可以清楚地看到攻角與空速之間的關係。空速增加時，飛機需要較小的攻角來維持騰空。速度減緩時，飛機的攻角就需要加大。

攻角與昇力之間存在著密切而緊張的關係。以小角度攻角飛行時（如巡航飛行），只要空速夠快，機翼的構造設計就可以產生飛行所需的昇力。空速較高時（巡航速度），撞擊機翼底部的空氣不是製造昇力的主要因素，因為機翼底部與風接觸的面積相對比較小了。

整體來說，飛機飛得愈慢，飛行所需要的攻角愈大。然而，所有的好事背後皆有其負面因素存在。過度扭曲空氣的路徑，空氣就無法順著機翼曲面平緩流動，以自然方式來產生昇力。空氣流動得不順暢，很有可能會引發昇力不足的狀況。我們將這個情形稱為「失速」。後面的課程將會進一步探討這個情況。

現在我們可以談談，如何實際在空中進入與脫離低速飛行的技術性細節了。

低速飛行實作

以巡航動力進行平直飛行時，飛機以大約110節的空速穿越空氣移動。以這個速度飛行，我們的俯仰姿態大約為機鼻向上仰4度角，一如我們在姿態儀中所見。以這個情況為例子，我們來看看您要如何進入低速飛行。

第四課：低速飛行

為了製造一點身歷其境的感覺，我們假定您正要準備降落，必須將飛機的速度降到75節，以免飛機飛過頭。在維持高度的情況下進入低速飛行，以下是您應該遵循的一般程序：

1. 將動力調降到飛行慢車（藉著經驗累積，您最後將會學到如何因應您所需要的空速，來進行動力設定，並將動力調降到對應值）。
2. 及時抬高機鼻，保持垂直速度錶的指針穩定歸零（或保持高度錶的百英尺指針穩定）。
3. 飛機減速時，小規模進行機鼻向上配平，以維持機鼻向上俯仰姿態的穩定（機鼻向上俯仰約為9度角，一如姿態儀所顯示）。
4. 飛機得到想要的空速後，運用適當的動力來維持高度（約1900 RPM），同時小幅度調整俯仰角度以維持預定空速。
5. 進行最後配平（如有需要）來維持俯仰姿態，並保持既定空速。

脫離低速飛行

假設我們正跟隨著一架飛機飛行，塔台航管人員要求您將空速由75節調升到85節。您得如何辦到？只要將進入低速飛行的流程倒過來就行了：

1. 稍微提高動力，例如，調整設定到2000 RPM左右。
2. 及時降低機鼻，保持垂直速度錶指針穩定歸零（或保持高度錶的百英尺指針穩定）。
3. 飛機加速時，小規模進行機鼻向下配平，以維持機鼻向上俯仰姿態的穩定（機鼻向上俯仰約為6度角，一如姿態儀所顯示）。
4. 飛機得到想要的空速後，運用適當的動力來維持高度，同時小幅度調整俯仰角度以維持既定空速。
5. 進行最後配平（如有需要）來維持俯仰姿態，並維持既定空速（此時應為85節）。

第四課：低速飛行

課程小回顧

到目前為止，您已經檢視過如何以數種不同的速度來操縱飛機了。訓練到了這個階段，您應該也意識到，以節流閥調整動力輸出，是維持高度、或者下降速率最好的方法。空速部份，則是藉由調整飛機俯仰姿態來維持。不過，如果您不需要維持特定空速（如進行巡航飛行時），又將是什麼情形呢？畢竟在巡航飛行中，您不是調節節流閥位置（調整動力輸出）來維持飛行高度的，不是嗎？對，不是。以下請看解說。

巡航飛行時，一般來說您會將節流閥設定在不致損傷引擎的動力值（為了教學簡明起見，我們假定模擬飛行中所有動力全開的動作不會損傷到引擎）。接下來，在大多數情況下您也不會去特別調整節流閥的位置。在巡航飛行中，並不需要特別去調整飛機以特定的空速飛行，此時動力設定值不變，您只需要稍微調整俯仰姿態，來保持、或修正飛行高度即可。在低速飛行中則不然，您要運用動力來控制高度與俯仰姿態（透過搖桿），以求取特定的空速。這可能與您當初所猜想的情形剛好相反。您很快地就會看到，這會是您在降落時所需要掌握到的技巧。

第四課：低速飛行

放手飛吧

現在，我要您進入**互動課程第四課**（Interactive Lesson Four），坐進飛機裡演練一下低速飛行的技巧。您的終極目標是維持穩定的高度與航向，嘗試用各種不同的低速度飛行。首先您會發現到，想一邊保持航向精確，又要維持空速與高度穩定並不容易。因此您要將優先順序排出來：先調整俯仰角度，來求得想要的空速；再來，維持該俯仰姿態，稍微調整動力來維持高度。

如果您感覺十分順手，也請嘗試一下低速飛行轉彎。不過在轉彎時要小心。記得地面課程教過的，轉彎時要稍微調整所需要的俯仰姿態，來維持轉彎時的高度。現在您知道如何運用節流閘設定了，所以在必要時可以增加一點動力，來維持轉彎時的高度。轉彎的坡度愈急，需要的動力愈大。在低速飛行中不要捨不得配平（即使飛機在轉彎時儘量不要配平，因為轉彎本身就是一種不穩定的狀態）。這麼做可以您在無暇檢視儀錶板時，避免飛機脫離您想要的俯仰姿態。總之，好好玩吧！

第五課：起飛

幾年前，有位飛行教練教到一位曾經當過船員的學生。第一次上飛行課時，這位學生走向飛機，解開全部三條安全帶往旁邊一丟，大喊：「解纜囉！」顯然，他的腦袋瓜裡有些海水還沒蒸透。

抱歉，飛機不必解纜，它們都是直接起飛的。一旦飛上天空，您需要一些實際程序來返回機場準備降落。這和把船開回碼頭的道理相似。然而，您並不是單純加入返港船隻的行列就好，您還要與其他船員、漁夫一同排隊上岸。這麼一來大家才不會動氣，連人帶魚擠成一團，從此讓您聞「魚」色變。

我們先從起飛程序開始這一課的內容。

起飛時，您的目標是將飛機加速到足夠的速度，以抬高機鼻成為爬升姿態。有時這個動作被稱為「仰轉」(rotating)。我建議您在仰轉時，飛機的速度至少要高出襟翼全收時的失速速度至少5節以上（這個速度是50節，正好是空速表中綠弧的起點）。當空速表顯示飛機達到55節空速時，將機鼻抬高到以80節爬升的姿態（您將從經驗中學到這個姿態為何。在這裡是機鼻向上俯仰11度）。準備好了嗎？以下請看操作方法。

首先，將動力全開，沿著跑道中央線加速。如果您目前使用方向舵踏板，沒有自動方向舵功能為您修正，您應該會看到飛機在動力增加時向左偏航。這個情形的發生有幾個原因。螺旋槳的沖流(propeller slipstream)與引擎扭力(engine torque)都會讓飛機在起飛時往左偏轉，只要用足量的右方向舵修正，就可以讓飛機重新對準跑道。當然，如果您沒有方向舵踏板，就不必擔心飛機在起飛時會偏左飛，自動方向舵會為您排除這些力量的影響。

空速錶顯示出55節速度時，飛機就可以準備起飛了。飛吧。仰轉讓機鼻抬高到正11度角，如圖5-1所示（此時搖桿需要額外的施力，讓飛機在仰轉時飛離跑道）。請耐心等等，持續這個姿態，飛機最後還是會自行加速到80節。

第五課：起飛



[圖 5-1]

恭喜啦！您已經起飛了。沒什麼難的，不是嗎？
現在就請您進入互動課程練習起飛，體會一下剛剛所學到的技術。

當然，飛上去之後，還是得飛下來。想飛下來，
就得學習怎麼樣好好降落。接下來我們就要進入降落的課程。

第六課：降落

有人說過，每位飛行員都會有這樣的體認（因為您即將成為一位飛行員，所以也應該知道一下）：您可以選擇不起飛，但是您不能選擇不降落。

降落對飛行員來說，就像美麗的作品之於藝術家那樣。當您站在達文西的傑作「蒙娜麗莎」前，您所看到的是藝術之美；對飛行員來說，一場完美的降落，也會帶來同樣的成就感。教練想在這裡為您示範如何對準跑道，來完成一幅美麗的作品。

我們將以與實際飛行稍有出入的方式，來進入這部份課程。我的計畫是先教您如何降落，稍後的課程中再介紹「機場航線」(traffic pattern) 飛行。這樣一來，等到教官教您起飛後沿著機場航線飛行時，您就能實際操作降落程序，而不會以優雅的姿態摔落地面了。此外，有些事還提醒了我，如果現在不先教您降落，您還是會自個兒忍不住去摸索。因此，何不乾脆讓我直接助您一臂之力，迎向這個誘惑人的部份吧。

我總是告訴學生飛機會自己降落（好吧，幾乎啦）。所有飛行員所要做的事，就是對正跑道收放一下油門即可。這樣吧，我們先在腦海中演練一下怎麼讓飛機降落，或者用另一種講法，運用您的想像力來進行第一次「精神上」的降落。

您的首次（想像的）降落

先舉個例子：想像一下您正在長長的跑道上排隊。您目前在距離地面500呎的上空，正以65節速度前進。動力設定在慢車狀態。想像您調整俯仰角度來維持65節空速，這需要將飛機調整大約10度角機鼻向上俯仰姿態，如圖6-1所示。當然，您也要想像一下如何配平飛機，好將空速維持在65節。現在重頭戲上場了：以這個俯仰姿態維持65節空速飛行，將動力設定在慢車，一路飛到著陸為止。您認為接下來會是什麼情形呢？

第六課：降落



[圖 6-1]

如果您告訴我飛機會降落，您說對了。事實上，只要您維持65節空速飛行，飛機几乎是會自己降落的。當然了，也許您會在降落時弄得地面雞飛狗跳，人仰馬翻，不過除了這樣的騷動之外，降落差不多就是這麼回事。成功的降落，在想像與現實之間只差了一個動作：「降落平飄」(landing flare)。

事實上，我們並不是將飛機直接朝地面一頭栽下去，而是在機輪觸地前，讓飛機開始平飄。平飄動作關係到下降路徑的改變，來逐漸縮減飛機與跑道的距離。飛機會在離地面10到15英尺高度時開始平飄，稍後我們將會詳細探討這個部份。目前，您應該瞭解到成功降落的祕訣，就是讓飛機自己去完成大部份的動作。換句話說，如果飛

機配平後得到適當的空速，接下來除了保持機翼水平、稍微調整動力來改變滑降路徑之外，就沒有什麼其他要操心的事了。只要您對準跑道，飛機幾乎會自己降落。

以下請看進一步說明。

降落的操作細節

為什麼要選擇以65節速度從「第五邊」(final approach；也稱「最後進場邊」)進場呢？(第五邊是機場航線的一部份。飛機在此等候飛進跑道。)基本上，飛行員會以高於失速速度30%的速度進場。以我們目前的情況來看，飛機沒有放下襟翼的失速速度為50節(也就是空速錶綠色圓弧開始的地方)，因此，提高30%的速度後，就會達到65節。飛得比這個速度稍微快一點，飛機就會飄過預定的著陸地點(進場太快，是新手飛行員學習降落時會面臨的常見錯誤之一)；如果飛機飛慢了一點，您一路會因為瀕臨失速速度而惴惴不安。控制您的空速，或許是成功的降落過程中最關鍵的一環。

第六課：降落

以模擬飛機來說，65 節速度可以讓鼻輪的位置比主輪高出一些，如圖 6-2 所示。請記住，飛機減速後，攻角必須增大，以保持所需昇力。因此，65 節進場速度需要稍微加大攻角，讓鼻輪同時升到比主輪高一點的位置。請記住一點，Cessna 172 是前三點式起落架 (tricycle-gear) 機型，在設計上會讓兩組主輪先著地，鼻輪再接著輕輕地抵觸地面。如果鼻輪先碰到地面，您會面臨飛行員聞之色變中的最可怕事項：保險自付額提高。您還會在跑道上「豚跳」(porpoise)，這是一種讓人糗到太平洋的彈跳現象，可不是指與鯨魚自在嬉遊的海豚。



[圖 6-2]

與動力一同遨遊

假設您已經配平過飛機，以 65 節速度關閉動力下降。當您飛進跑道，會發現您的進場路線對向超出跑道盡頭的某個點，這情形著實不妙。畢竟，飛機應該在跑道上降落，而不是滑到跑道外頭老伯伯的菜園子裡。您要怎麼樣才能預見自己在降落時會超出跑道盡頭，而又得如何進行修正呢？

第六課：降落

如果您在飛機上所觀察到的跑道幾何形狀，變成圖6-3中的樣子，您就可以推斷自己的飛機下降太快了。A畫面中的景象是您進入理想的滑降路徑時，跑道在儀錶板上方看起來應有的幾何形狀。B畫面中所顯示的樣子，則是您飛得太慢時（低於預定的滑降路徑）所看到的跑道形狀。C畫面裡是飛行速度太快（高出預定路徑）時，跑道看起來的樣子。



[圖 6-3A]



[圖 6-3B]



[圖 6-3C]

第六課：降落

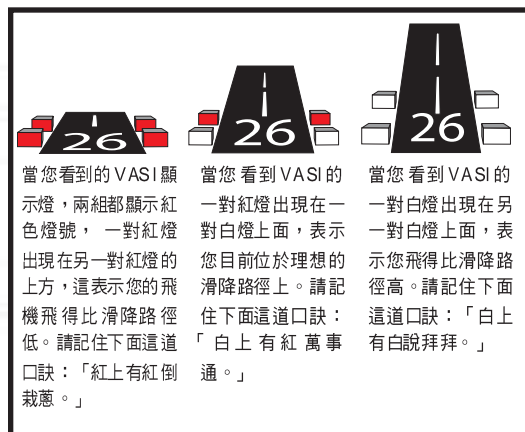
請注意B畫面裡的跑道盡頭，與遠方天地線的距離相當靠近，跑道兩端也幾乎即將貼齊。這兩道視覺線索，告訴您目前飛機的位置低於進場的滑降路徑。不用說，當您看到沙漠的灌木叢已達視線高度、飛機的輪子掠過大烏龜的頭時，自然表示飛機低過頭了。

沒有機械與電子設備的幫助，您的確需要藉著練習與經驗，才能研判自己是否位於正確的滑降路徑準備飛進跑道。某些機場會提供一些裝置或方法，來協助您對準飛進某一跑道的適當滑降路徑。請參閱本頁右方「VASI」（目視進場下滑指示）的旁註解說，來進一步瞭解這些協助設施的功能。剛開始進入降落互動課程時，以直覺來推算您的進場高度並沒有關係。這可以訓練您運用感官直覺。如果您聽到輪胎在抵達跑道前發出嘎吱聲響，自然就會知道飛機進場時飛得太低了。如果您看到跑道在飛機下方消失，那就是飛得太高了。說起來，這些都是很基本的判斷。有了一些經驗之後，您在選擇滑降路徑進場時，就會更加熟練。相信教練的話，這可不是在唬您喔！

VASI（目視進場下滑指示）

遇到低能見度狀況，或者是夜間，您缺少外面的視覺依據來決定適當的滑降路徑，幸好，「VASI」（Visual Approach Slope Indicator）可以讓這個問題迎刃而解，它提供視覺上的依據讓您選定滑降路徑；對了，VASI的英語發音為VAZ-eee，不要有邊讀邊、沒邊讀中間唸成了花瓶（vase）。

VASI 通常是由兩對（共四組）裝設於機場跑道兩側的燈管所構成，因此有時被稱為雙燈（two-bar）VASI。兩對VASI燈號通常設置在距離跑道進場端500到1,000英尺的位置上，如圖6-13所示。這些燈號會顯示出紅色或白色的光，飛行高度不同，所看到的顏色就會不一樣。箱子裡的燈其實顏色是固定的，改變的是您從不同高度往下看的角度。當您在不同的高度、以不同的角度看過去，VASI就會顯示出不同的顏色。



[圖6-13] 雙燈VASI（目視進場下滑指示）

第六課：降落

飛得過低時如何調整滑降路徑

好吧，假定您飛得太低了。您要如何進行修正？

一發現飛得太低，請立刻增加動力。這件事不大需要動用到大腦（雖然我希望您的大腦能隨時待命，因為在平飄時您需要大腦的協助）。您將注意到在動力增加後，下降率就會立刻降低一些，如圖6-4所示。輕微的動力調整，能夠輕微地調整滑降路徑。運用各種動力上的配合，將飛機送進跑道就對了，隨時保持65節進場速度。在理想狀態下，滑降路徑會領著您一路飛進跑道，飛機的進場動線將一路平滑順暢。哈，誰不希望這個世界就是這麼理想完美？問題它不是。因此，您得心甘情願地進行各種動力調整，必要時還得變換滑降路徑，好將飛機送進跑道。

當您飛得比適當的滑降路徑低，兩對VASI燈號都會顯示成紅色。有的飛行員會驀然想起那句「紅上有紅倒栽蔥」的口訣，知道眼前的景象意味著危險。這時您應該恢復平飛，看到紅燈出現在白燈上方時再下降。看到紅燈出現在白燈上方，表示您高於前一對燈號的滑降路徑，低於後一對燈號的滑降路徑（這是您位於適當滑降路徑的複雜說法），您將會在兩對燈號距離之間的跑道上降落。口訣是：「白上有紅萬事通」。當然，如果您飛得過高，兩對VASI燈號都會顯示白色。口訣來了：「白上有白說拜拜。」您要逐漸提高下降率，直到上方的那對燈號變紅為止。您偶爾會看到VASI有介於紅燈與白燈之間的粉紅色，這是燈色轉換的區間，告訴您飛機的高度與適當滑降路徑之間的關係變化。

如果您看到閃爍的紅燈出現在閃爍的白燈上方，表示您現在正朝著一部警車飛下去。這下您可真是遇到大麻煩了（話說回來，也沒聽過VASI燈號會上高速公路追著其他車跑的）。

第六課：降落



[圖 6-4] A 與 B 分別為動力稍微增加時的垂直速度錶 (VSI) 與引擎轉速錶 (tachometer)。C 與 D 則分別為這兩組儀錶在動力稍微降低時的顯示情形。

另一方面，如果您一路飛得太低，那就有充分的理由增加動力來保持高度，直到您進入正常的滑降路徑。教練在這裡強調一次，經驗會告訴您什麼時候需要調降動力，並對著跑道開始滑降。當然，如果您之前誤判了高度且飛得過低，您應該開始爬升，然後在高度足夠進行正常的滑降時，直接降低動力開始下降。這種拿捏工夫，是有點像煮義大利麵，這全看您自己的手工巧不巧（如果您準備好進行完美降落的話）。只要飛機飛得進跑道，想的到的方法都是好方法。還有，在整個

的過程中請務必記得配平飛機。

飛得太高時怎麼辦？我們很快就會談到這一點。現在，我們先來看看如何讓飛機平飄降落。

降落平飄

現在您已經透過想像，讓飛機以 65 節速度沿著第五邊航線飛進跑道。您實際駕駛飛機的時候，如果遇到緊急狀況，這個速度可以幫助您排除危險。在 65 節的速度下，模擬飛機位於可接受的最低限度降落姿態（機鼻向上俯仰，鼻輪比主輪稍高，很好）。此外，模擬飛行的下降率不會高到讓大家在降落時震得鼻青臉腫，雖然在實際飛行中，這個姿態仍有可能在降落時對飛機造成損傷。因此，想要在所有情況下合宜地降落，您一定要學習平飄技巧，確保飛機輕柔、安全地降落。

第六課：降落



[圖 6-5]

您應該在距離地面跑道約 10 到 15 英尺高的地方，就開始進行降落平飄（如圖 6-5 所示）。以預定進場速度下降的同時，小幅度輕輕拉動搖桿，就能拉高機鼻展開平飄。要以多大的力道來拉搖桿呢？老話一句，這同樣是經驗問題。您的目標是壓低下降角度，並降低空速來降落。現在，您可以用較低的下降率，與機鼻稍微抬高的姿態飛向跑道。這麼做可以減緩點地時的力道，保持鼻輪高於主輪的狀態（如圖 6-6 所示）。



[圖 6-6]

如果您的進場速度過高（也就是比飛機的失速速度高出 30% 以上），很有可能您會在平飄時飄浮或開始爬升；在機輪即將點地的狀況下，這可不是件好事。飄浮表示飛機無法落地，除非您遇到夠長的跑道，否則您會將昂貴的飛機化為橫衝直撞的越野車，一頭衝出機場周圍的籬笆。如果您在平飄時機頭拉得太快，則會發現自己瞬間位於離跑道 50 到 100 呎高的空中，失去空速，也沒了頭緒。

第六課：降落

在這個情況下，您需要增加動力、稍微調降機鼻角度、並下降到您可以重新進行平飄的位置。如果您不採取這樣的行動，飛機可能會失速。原諒我這麼烏鴉嘴，不過在100英尺高的地方練習失速，可絕對是個驚天動地的決定（哇！保險金額啊）。唯一可以讓飛機在平飄中失速的時機，是機輪距離地只剩幾吋的時候。這麼一來，它只會往下「掉」個幾吋距離，既不會傷到飛機，也不會嚇到乘客。是的，平飄需要稍微掌握時機，不過它有很大的彈性空間來進行。

您如何研判您正位於10-15英尺的平飄高度呢？在真正的飛機上，您可以利用周邊景物來進行高度研判。在模擬飛行中，螢幕上的座艙景觀在一般情況下沒有側窗，您無法任意別過頭觀看任何景物（您可以嘗試使用**虛擬座艙**（Virtual Cockpit）畫面，透過搖桿上的苦力帽，就能平移觀看全方位的景觀）。試試看！在**View**選單，點選**View Options**項目，再選擇**Virtual Cockpit**（虛擬座艙）功能即可。

透過練習，即使只是透過一般性的座艙視野畫面，您還是能夠訓練出如何研判高度的能力。同時，您也可以運用跑道的海拔高度（或稱「機場高度」）當作研判依據。舉個例子吧，假定機場標高為海拔2,787英尺，您可以在高度表讀數顯示2,800英尺時開始平飄。當然，這一招只有在模擬飛行中學習降落時才算數，在您成為正式的飛行員，且駕駛真正的飛機之後，千萬別這麼做，否則會讓坐在您身邊的飛行員汗流浹背。

在您難以研判何時要展開平飄時，還有一個更好的建議，可以幫助您平穩著地。當您認為自己接近平飄高度時，稍微提高適當的動力，將下降率降到每分鐘100呎，同時維持進場速度不變（如圖6-7所示）。這類似水上飛機飛行員在平靜無波的明亮湖面上降落的方法。要在明鏡般的湖面上空斷定飛機的所在高度，實在不是一件容易的事情。以進場速度維持每分鐘100呎的下降率，可以讓飛機在可接受的情形下降落湖面（避免敲到鱒魚的頭）。如果在機場跑道上運用這個方法，您降落時所需要的距離會拉長（因為動力增加了），所以要確定前方有足夠長度的跑道。

第六課：降落



[圖 6-7]

正常情況下，您應該在開始平飄時逐漸將動力降到慢車，然後，輕輕拉高機鼻到平飄姿態，讓飛機以這個姿態降落在跑道上。如果您想更進一步得知機鼻需要拉高的角度，不妨試著在姿態儀中升高到14度俯仰姿態。飛機會以這個姿態落在跑道上。當飛機持續地慢下來，您在搖桿上施點力，維持既定的機鼻向上平飄姿態。只要飛機觸了地，輕輕將搖桿放鬆，降低鼻輪讓它點地（飛機的鼻輪，在落地後還有控制行進方向的功能喔）。

飛機開始平飄後，從儀錶板上方看不到跑道，說起來是司空見慣的事情。在真正的飛機上，您可以調高座椅，來得到比較清晰的景觀。至於要教練把您抱在膝頭上，好讓您得到比較高的視野，教練只有送您三個字：「想得美」。在模擬飛行中，您不需要調高座椅或要教官抱抱，您可以按**SHIFT+ENTER**，透過電子方式來調高座位（別緊張，這不是逃生彈射椅），將座位調到您可以充分望見前方景觀為止。要調低座椅的話，怎麼辦呢？簡單，按**SHIFT+BACKSPACE**即可。

好極了！閣下有操作平飄的天賦。當然，完熟的平飄技術是門藝術，不過透過練習，您遲早能夠全然掌握到要領。瞭解平飄觀念之後，讓我們接著討論如何在襟翼全開的情況下進行平飄。什麼時候需要動用到襟翼呢？答案是：飛機飛得太高，需要增加下降率與下降角度時。在討論飛機如何運用襟翼降落之前，教練先為您詳細介紹一下襟翼的作用。

第六課：降落

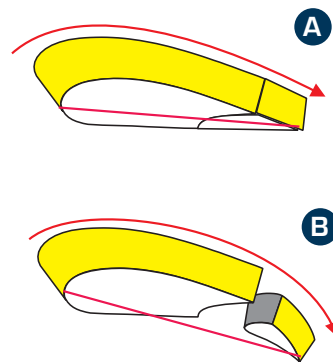
鼓動襟翼

您是否想過，大型商業客機的機翼為什麼要在起飛與降落前伸展出幾片鋁板？

高速飛機需要小而薄的機翼來達到令人瞠目驚舌的速度，以滿足當今旅客對速度的強烈渴求。然而，薄而小的機翼相對帶來了一個問題：失速速度提高了。大多數噴射客機如果不能延展機翼的寬度與曲線、暫時形成低空速時所需的機翼形狀時，它們必須以趨近200英哩時速來起降，才能掠過失速速度的門檻。工程師們因此設計出具備這種功能的機翼，為它們裝設了襟翼。只要放下或收回襟翼，就可以調整機翼的昇力與阻力特性。

放低襟翼，也就同時延伸、放低了機翼後端，如圖6-8所示。機翼的昇力通常能透過兩種方法提高。第一種方法是將機翼後端放低，增加弦線與相對風力的夾角；攻角增加機翼的曲度，機翼上方的空氣流速就會提高（許多襟翼甚至同時向下與向外延展，增加了機翼的表面積，如Cessna 172型的設計）。由於攻角加大，曲線增加，襟翼就能提供飛機在低空速時所需的更多昇力。

襟翼放下時，機翼的曲度增加（表面積也隨之增加），弦線移動，攻角因而加大。這能讓機翼產生低空速狀態所需的更多昇力。

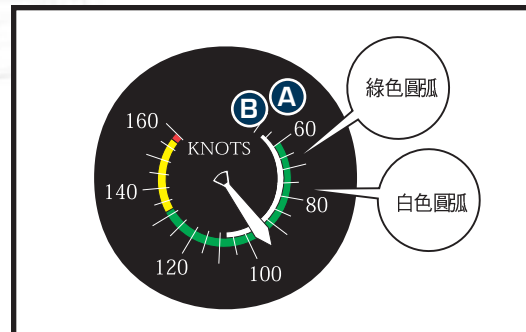


[圖6-8] 襟翼如何改變了機翼的曲度。A—機翼曲度較小，襟翼在收回狀態。B—機翼曲度增加。

第六課：降落

那麼，為什麼小飛機也需要裝設襟翼呢？最重要的一點是，它們可以產生維持低空速所需的昇力。降落的時候，您的目標是能夠以足夠的低空速進場與著陸，您絕對不會想要維持巡航速度來降落（以這樣的高速點地，機輪很可能會在跑道上拉出三道小小的黑煙）。此時，襟翼能讓您以較低的速度進場並進行降落，同時維持在失速速度的安全門檻之上。

降落時速度減緩，表示飛機所需的跑道長度也相對變短。在跑道長度有限的狀況下，這可是個重要的考量。另一方面，如果風勢較強，您可能會以稍微放下、或完全不放襟翼的方式來控制飛機進場。在襟翼所帶來的低速狀態下，飛機會變得比較難以控制，因為飛機操縱起來沒有那麼聽話。讓我們參考一下空速錶，來看看襟翼能夠提高昇力的程度（圖6-9）。



[圖6-9] 襟翼的速度區間。A—伸展襟翼時為53節（白色圓弧的起點）。B—襟翼未放時為60節（綠色圓弧的起點）。

由於Cessna 172 型模擬飛機的襟翼是白色的（為了方便討論，就假設它們是吧），空速錶的白色圓弧代表襟翼運作時的速度範圍。白圓弧的起點（B）是動力關閉、襟翼全放的失速速度（不超過飛機最大重量限制的不加速飛行）。這是飛機襟翼全放、動力關閉、機輪放下時的失速速度。在圖6-9所顯示的狀況下，如果飛機沒有超過臨界攻角，即使吹襲機翼的風速達53節，飛機依然可以飛行。

第六課：降落

白圓弧在速度值較高的另一端，是襟翼全放時所容許的臨界速度，一旦超過這個速度，襟翼就會損壞。誠如空速錶中所顯示的，在襟翼放下的時候，您不能讓空速超過107節（不過，還是有些飛機可以在放下部份襟翼的時候，讓您超過這個速度飛行）。將好好的一部飛機開到故障或變形，可不是件好事，即使開的是租來的飛機也一樣（您會在收到飛機鈹金修護帳單時，深深體會到這麼做有多不值得）。

請留意白圓弧（B）的起點速度（53節），比綠圓弧（A）的起點速度（60節）還低了7節。在先前的討論中，我們學過綠圓弧是襟翼（與機輪）未放下、動力關閉時的失速速度。在不放下襟翼的情況下，吹襲機翼的風速須達60節以上，飛機才能飛行。襟翼全放時，您會以較慢的速度——準確地說，也就是慢了7節的速度著地（空速錶中襟翼全放時的失速速度，是以飛機的最大限重為準）。

不過，天底下沒有不勞而獲的事。襟翼為您的飛機帶來昇力，一方面也會帶來阻力。襟翼全放，飛機的速度會全面降低。您如果試著加速，有時候阻力還會大過您所施加的動力。幸運的是，襟翼的前半部所提供的昇力通常會高於阻力，只有後半部所帶來的阻力才會超過昇力。這也是為什麼部份飛機的操作手冊會推薦您，只要放下10到25度的襟翼來進行短場起飛（飛機有3到4層的襟翼系統，通常只需放下1或2層即可）。

如果進場時飛得太高，您可以選擇放下全部的襟翼，提高飛機所受到的阻力。一般來說，襟翼只有在沿著機場航線飛行時下降才會用到，由巡航飛行下降時派不上用場。畢竟在高度狀態下，從巡航飛行下降十分地快，所遇到的寄生阻力（parasite drag）也大的多。如果您想要在巡航飛行狀態使用襟翼下降，您必須將飛機的速度降低到使用範圍襟翼的最高速度限制以下（空速錶中的白圓弧線終點），才能放下襟翼，這麼一來反倒費事。飛機在巡航速度下，可以下降得更快，更省動力，同時也能早點兒把您送到目的地。

第六課：降落

由於襟翼在低速時能夠提供較多昇力，您不妨仔細思考一下，飛機在空中要在什麼時機、以什麼方式收回襟翼。如果您正要進行襟翼全放的進場動作，而飛機又必須盤旋一下子（也就是說，放棄這次進場，再度爬升，以重新進行另一次降落），請記得不要將襟翼一次全部收回！這就像是有人在低速飛行時忽然拆掉您的部份機翼一樣，失速速度會在瞬間提高。在您來得及加速回到安全的速度之前，您就會先行面臨失速的危險。先應用全部的動力，然後配合著速度回收襟翼。如果您的襟翼伸展30到40度，請將它們收回到最低阻力／最大昇力的位置。通常，這個位置會在伸展／收回到一半的位置（視不同的飛機機型而定）。如果您的飛機襟翼會依照順序將三層全部放下，一旦飛機開始加速，先收回一層襟翼，接著再慢慢收回其他兩層。

使用襟翼降落

您可以使用襟翼控制桿（圖6-10）、或按**F7**鍵來啟動襟翼（按**F6**鍵則可以收回）。



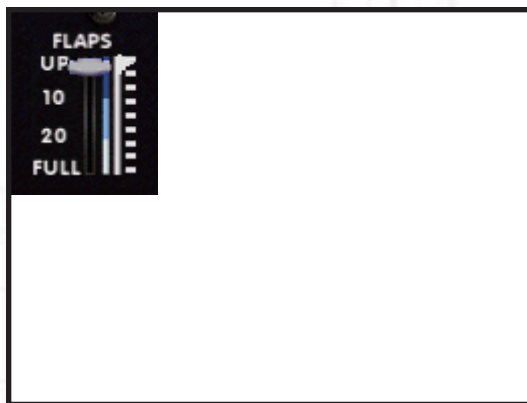
[圖6-10]

由於襟翼變動了機翼的昇力與阻力特性，您要準備好調整俯仰姿態以維持空速穩定。襟翼全放時會為飛機帶來很大的阻力。襟翼也會讓飛機機鼻向上抬高，您需要將搖桿向前推，以穩定空速。如果您飛得太高，則需要運用襟翼來修正。以下是建議流程：

由於這部飛機在襟翼全放時，失速速度是40節（空速錶中的白圓弧起點），您需要以較低的速度進場。記住，飛行員所使用的進場速度比飛機失速速度高出30%，而進場時的失速速度要以當時飛機的機翼形狀為準。在模擬飛行裡，我們採用的速度為60節。

第六課：降落

襟翼未放下時，飛機以65節速度進場，假設這時您發現跑道被飛機儀錶板遮住了（圖6-11），這是飛機進場飛得太高的跡象，所以，現在是放下襟翼（或者更多段襟翼）的時機。在電腦鍵盤上按一次**F7**，放下10度襟翼。您同時也需要向前推一點搖桿，來校正襟翼放下之後所帶來的機鼻向上姿態；然後，重新調整機身的俯仰姿態，將最後進場速度調整為53節。可別忘了配平喔！



[圖6-11]

您還要再按**F7**兩次（一次伸展10度襟翼），將尚未放下的20度襟翼全部放下來，讓30度襟翼完全伸展（這是這型飛機的襟翼伸展極限）。您在按**F7**鍵的時候，要確切做到調整俯仰姿態來獲得60節空速。

如果襟翼發揮作用，您就會注意到跑道出現在視野中。此時飛機也要稍微往前調整俯仰角度，讓跑道更被更清楚地看到。此時下降率將隨著提高，飛機因為襟翼的作用，原本機鼻朝上的俯仰角度會稍稍減緩，如圖6-12所示（換言之，伴隨著襟翼作用，鼻輪在目前並沒有高出主輪的位置，這是另一個為什麼我們需要進行平飄的理由）。

第六課：降落



[圖 6-12]

放下襟翼之後，您一定會立刻注意到飛機的下降率提高了。這也是為什麼，飛機在放下襟翼之前就要稍微提早開始平飄的原因。飛機進入平飄高度時，您要抬高機鼻，由目前的姿態調整到14度機鼻向上俯仰姿態，並維持這個姿態直到安全著陸為止。是的，您可能會在著陸瞬間聽到失速警訊（我們將在失速課程裡詳細討論這個部份），不過這時您只距離地面幾吋而已，沒有關係。

那麼，為什麼此時還會用到襟翼呢？除了它們能讓您以較低的速度著陸，而飛機著陸後要停下來時，也不需要花那麼多力氣去煞車。它們在越過阻礙降落、或跑道長度較短時，也派得上用場。

單飛與衣服下襬

學生飛行員第一次單飛時，有個習俗是教練要裁掉學生的上衣下襬。這個習俗真正的起源已經不可考了，不過直到今天，還有成千上萬的飛行教練會在學生首度單飛時遵循這個傳統。有人說，在過去無遮罩的雙人座艙時代，教練會坐在學生後面跟飛，為了引起學生的注意，教練會將身子前傾，去拉學生的上衣下襬。單飛表示沒有教練隨行，所以不再需要垂個衣服下襬了。

我並不清楚這個習俗的真正起源。不過這倒也是個有趣的傳統，話說回來，身為飛行教練，沒有什麼是比看著自己的學生第一次單飛更驕傲的了。

如今您就要獨當一面了。站出來，讓教練驕傲一下，完成飛行之後按一下列印鍵。您會得到一片很酷的、小小的襯衫下襬複製品，來紀念這件令人興奮的大事。

我們已經上完基礎的學生飛行員課程了。您即將可以單飛了！現在請進入**私人飛行員課程程序** (Private Pilot Lesson Sequence)，準備翱翔天際，展開新的冒險。

第七課：滑行飛機

「學會跑步之前，你要先學會走路。」我的爺爺總是這麼說。不過他也常說我是抱來的。當我展露不可置信的神情，他就說：「啊，隔壁的把你抱過去，我們又把你抱回來了沒錯呀！哈！」就在此和各位分享一下阿公的冷幽默。

如果我爺爺是位飛行教練的話（不過他不是），我確信他會這麼說：「學會在天上飛之前，你要先學會在地上滑（taxi）。」這麼說也對啦。接下來要介紹的，是您在飛進萬里長空之前，應該先好好熟悉一下的地面滑行訣竅。

滑行的觀念

飛機在空中就像是優雅的飛鳥。不過在地面它們可是笨重的很倒像隻飛不動的信天翁。簡單來說，它們並不算耗在地面不動。因此，工程師們不會比照地上跑的汽車，為您設計各種舒適配備。例如，別奢望在Cessna 172 飛機上找到動力方向盤。不過，您還是可以在真的飛機上，看到座艙的地上裝著踏板。這是您在飛機滑行時控制方向的方法。

滑行不難。如果您的模擬飛行附有方向舵踏板，踩踏它們就可以讓飛機轉向了（如果您的搖桿內建了方向舵功能，只需扭轉搖桿，就可以得到和踏板一樣的效果）。踩下踏板，可以讓飛機的鼻輪轉到同一個方向。例如，踩下右踏板，飛機就會向左轉彎。飛機升空後，飛機的鼻輪會伸進一個無法再轉動的位置上。之後，踩下方向舵踏板將會啟動方向舵作用，是鼻輪不再轉動了。

如果您沒有方向舵踏板，那麼事情就會簡單得多。您可以透過搖桿來為飛機轉向。飛機會朝搖桿轉動的方向轉彎，就是這麼簡單。

提醒您注意一件事：避免以快速度滑行。滑得愈快，飛機愈容易出現難以控制的狀況。以前三點式起落架的飛機為例，飛機如果急速煞停，機身會不穩定。騎過小孩子三輪車的人應該都知道這個情形。快速停下以及過急的轉彎，都會讓車子翻覆。大體來說，不要滑行得比你步行的速度快。當然，如果有人走起路來像NBA 球王張伯倫（Wilt Chamberlain），飛行員帶飛機滑行時就累了。總之，試著滑慢一點準沒錯。

第七課：滑行飛機

您先給飛機足以滑行的動力，再降到1000 RPM。如果飛機開始滑得太快，就將動力關到慢車，並施加煞車。飛機減緩到可以接受的滑行速度，然後繼續滑行。

滑行飛機是整個過程裡比較容易的部份，難的地方在弄清楚您要將飛機滑到哪裡去。您不能一路在機場裡亂滑，除非您先有一些滑行道與跑道記號的概念。如果您在設有飛航管制塔台的機場裡，您需要與航管人員聯繫，得到滑行的許可。

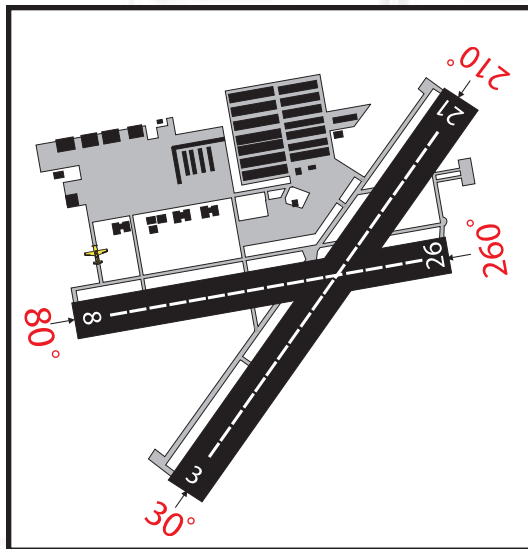
機場標示

您有沒有過這樣的疑問，所有這些閃著黃燈在機場上開來開去的小卡車是做什麼用的？我想我知道答案。長久以來，我一直深信它們是送三明治去給在機場裡迷路的學生飛行員。畢竟這些學生從滑行道滑進跑道、又從跑道跑進停機坪，一路過來也該餓了。

機場的信號與標示需要統一的規劃，才能讓大家安心地辨識遵循。美國聯邦航空總署（FAA）助了一「翼」之力，詳細地為機場跑道、滑行道、與其他航空器活動場域，明定如何鋪設、標示、與照明。不過，即使每座機場未必在規劃上完全一模一樣，相異之中還是有個原則可以遵循。道理和祕密情報員解碼器一樣，解個碼就行了。

我們一起看看加州的奇諾機場（圖 7-1）。這座機場擁有兩條可以朝四個不同方向起降的跑道（別擔心您弄不清楚東南西北！就是每條跑道各有兩個方向的意思）。

第七課：滑行飛機



[圖 7-1] 奇諾 (Chino) 機場鳥瞰圖

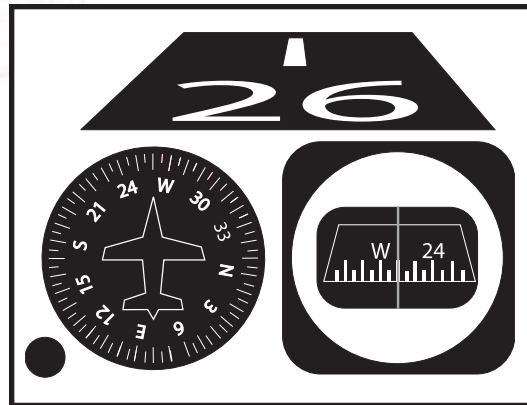
因為奇諾機場有航管塔台，航管人員要是看到您降落的跑道與他們所指定的不同，可是會急如熱鍋上的螞蟻。因此每條跑道都編了號碼，大大地用白油漆寫在上面。跑道的編號與標示，有助於將它們與機場其他不做著陸用途的區域區隔開來。奇諾機場的跑道編號分別為 8、26、21、與 3 號。

您是否會想說，這些編號是隨手編出來的？我有位學生以為，跑道的編號是飛機速限或地震方位顯示。嗯哼。其實這些編號所代表的是跑道的實際「磁向」(magnetic direction)，取磁向方位值三位數中的前兩個數字。所以本質上，跑道的編號也就是它所對著的方向，化整為 10 度一個單位。對向 211 度的跑道，就是 21 號跑道 (Runway 21)，當您與航管人員或其他飛行圈子裡的人對話時，英文要讀成「runway two one」。對著 076 度角的跑道，就是 8 號跑道了 (自動進位為 10 整數)。

凡事皆有兩面，跑道也有兩端。除了少數例外 (通常是遷就臺地地形之故)，理論上您可以從跑道的任一端進行起降。這表示跑道的每一端有獨立的編號。在座反應比較快的人，應該察覺到了這些編號 (以三位數呈現時)，同一跑道兩端的編號所代表的角度會相差 180 度值。沒錯，因為兩個方向正好彼此相差 180 度角。

第七課：滑行飛機

所有的跑道角度都是以磁北極為準。磁北極是磁羅盤所對的北方，與地理上的北極不同（那裡是聖誕老公公住的地方，他也是位飛行員喔）。當您的飛機對向任何跑道時，飛機上的磁羅盤應該會約略地顯示出跑道的方向。圖7-2所顯示的，就是飛機在對準奇諾機場26號跑道時，機上的羅盤與方向陀螺儀所應呈現的狀態。在第14課裡，您會學習到更多有關磁向與地理方向的觀念。目前，在機場裡頭只要記得這件事就行了：凡是風向、降落方向、與所有飛航管制（ATC）指定的方位，都是以磁向為準。



[圖7-2] 機場跑道的磁向 (magnetic direction)。方位指示器與磁羅盤在飛機對準26號跑道中央時，所顯示的均為磁向。

跑道燈號

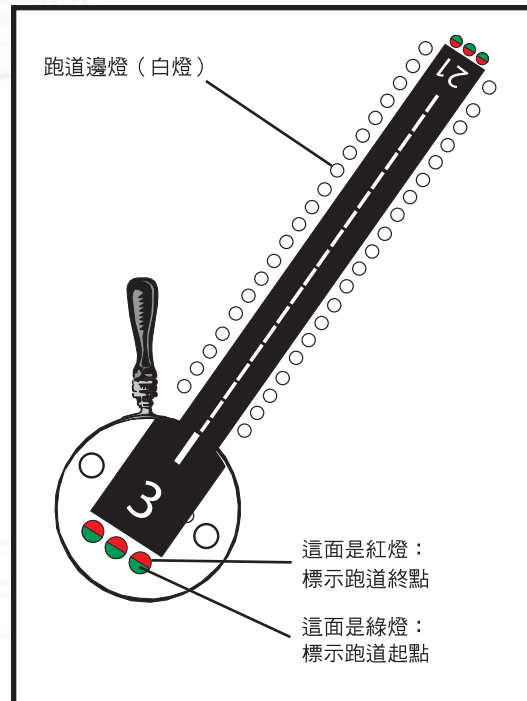
跑道以白漆標示記號，在白天很容易進行識別。那麼，到了晚上要怎麼辦呢？別急著拿綠色的螢光棒到處插，機場的門面還是要顧一下。再說，如果用螢光色來做標示，機場可是會引來一群搖滾歌手與花花綠綠的嬉皮巴士聚集狂歡的。

第七課：滑行飛機

夜間標示的方法是燈號。當夕陽緩緩西落，機場通常會開啟燈光，彷彿遊樂場裡的散步廣場似的。各式顏色的燈，有的閃有的不閃，既賞心悅目，也讓人看得一頭霧水。把它們想成以燈光顏色當作標示，您的想法就相去不遠了。

圖7-3裡的白燈沿著跑道兩側一路設置，稱為「跑道邊燈」(runway edge lighting)，距離200英尺設置一盞。管制人員在日落與日出之間、或者能見度不佳的時候，就會開啟跑道邊燈。

跑道的起點會設置綠色的起點指示燈(threshold lights)，另一端則設立紅燈標示。紅色燈適合用作警告，表示可以使用的跑道路面已經到了盡頭(過了紅燈，就只剩下老伯伯的菜園了啦)。設在跑道起點與終點兩端的燈，構造都是雙面的，從一邊看是綠色，從另一邊看則是紅色。稍微想一下好了，其實21號跑道的起點指示燈，正是3號跑道的終點指示燈。



[圖7-3] 基本跑道燈號

第七課：滑行飛機

目前我所描述的，只是一些基本的跑道指示燈號，您幾乎會在任何有夜間作業的機場看到它們。它們還能夠、而且真的會設計得更加華麗。當您的飛行經驗多了以後，一定會看到一些機場裝設了非常專業的燈號系統。事實上，設有精密儀器跑道的機場，可以裝設非常精細的燈號，乍看還會以為是西部草原的篝火。有的跑道會沿著中央線一路設置燈號，有的則裝設了耀眼、有固定程序的閃光燈引導您一路進跑道。您也會有機會遇到落地燈號排得像棵巨大的聖誕樹，嘩啦啦排滿前3000英尺跑道。曾經有位學生說過這些燈號太漂亮了，他不確定可否在上面降落。當然可以！請參閱《飛航資訊手冊》(Aeronautical Information Manual)，以瞭解更多有關燈號系統的資訊。

滑行道標示

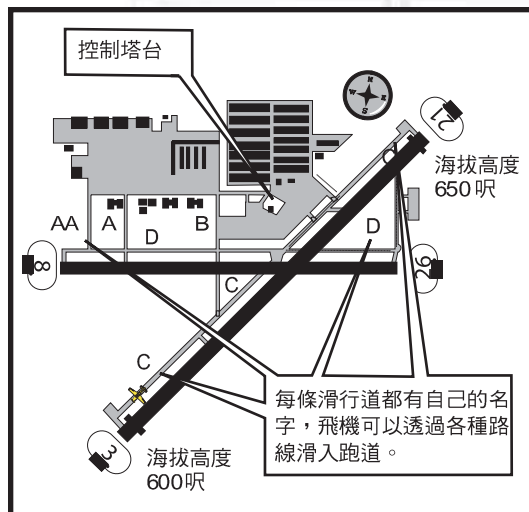
飛行員上天一條龍，在第一條蟲。空中的天王天后，落地後都得奉公守法。人們普遍有個錯誤觀念，以為飛行員最大，有在機場任意壓馬路的特權。這個說法明顯地不對。大多數飛行員，您可以叫他們矇著眼睛找到自動販賣機，可是在不熟悉的機場裡，他們常常會摸不清楚哪條跑道可以通往停機坪。您常會看到有些飛機和飛行員，被從一些奇奇怪怪的地方被「拉」出來（有一回，我一位同事在一座民間／軍方兩用的機場裡，不

小心滑行到「祕密」軍用機庫裡去了。天知道究竟祕密在哪裡，軍方一向沒有隨手關門的習慣）。

圖7-4所顯示的，是機場平面圖中的滑行道標示。滑行道D (Delta) 與8-26號跑道北側平行，滑行道C (Charlie) 則與3-21號跑道的西北邊平行。還有許多相互交會的滑行道，同樣地以英文字母來標示。由於航管作業使用「字母呼號代碼」辨讀英文字母，因此每條滑行道都會有自己的名稱。（譯註：英文字母呼號代碼，是為了能在無線電通訊中，清晰地傳達與辨識飛機呼號、跑道編號、與滑行道編號等資訊中的英文字母。全世界的飛行通訊都使用同一套字母代碼，「A」要唸成「Aleph」，「B」要唸成「Bravo」，一直到「Z」為止，每個字母都有一個獨特的詞相對應。有關飛航管制作業與完整的「字母呼號代碼」資訊，請參閱「模擬飛行2002」的《飛航管制手冊》。）

在規模較大的機場，甚至部份有地面交通或工事進行的小型機場裡，塔台航管人員往往會發出複雜的滑行許可 (taxi clearance)。

第七課：滑行飛機

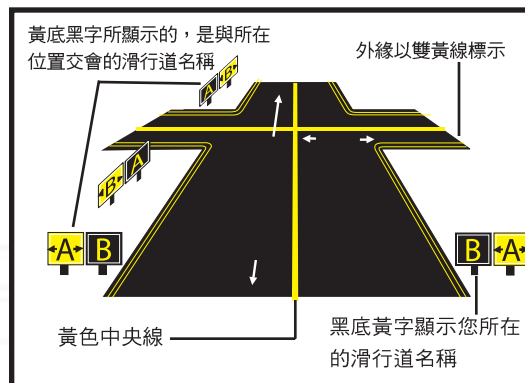


[圖 7-4] 典型的機場滑行道

以下是這類許可的一個例子（飛航管制對話通常都用英文進行）：「November 2132 Bravo, taxi to Runway 21 via Charlie, southwest to Delta, turn left; cross Runway 21 and make a left turn on Golf, over.」（「呼叫 November 2132 Bravo，由 Charlie 滑行到 21 號跑道，轉西南西至 Delta，左轉；穿過 21 號跑道左轉進入 Golf。通話完畢。」）學生聽到這個，一般的反應都是「啊？」一聲反應不過來

如果您有機場平面圖，也許就可以從圖 7-4 的 A1 位置滑行道 A2 位置，不會迷路。很多不同的機場平面圖（與圖 7-4 類似），可以協助飛行員在機場地面滑行時找到途徑。

滑行道中間有一條黃色的實線，表面的外緣有平行的雙黃線標示（圖 7-5）。滑行道的名稱會以一面小標示牌來註明。



[圖 7-5] 機場滑行道標示。所有標示都採黃色系統。

這些標示牌設在滑行道的邊緣，以黑底黃字表示滑行道的名稱。黃底黑字的標示牌，則註明與所在位置交錯的滑行道名稱。箭頭代表交錯的滑行道兩端的指向。在夜間，許多（未必全部）滑行道設有藍色的全方位邊線燈（圖 7-6）。有的機場則會沿著滑行道中央線嵌入綠色的標示燈。

第七課：滑行飛機

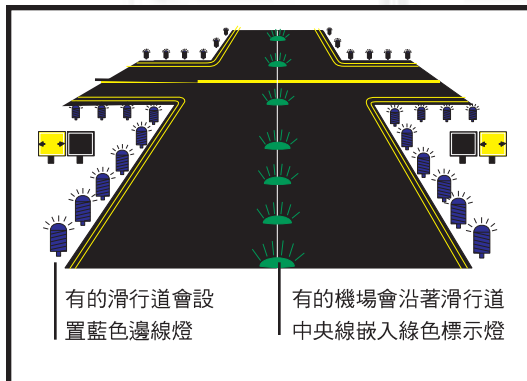
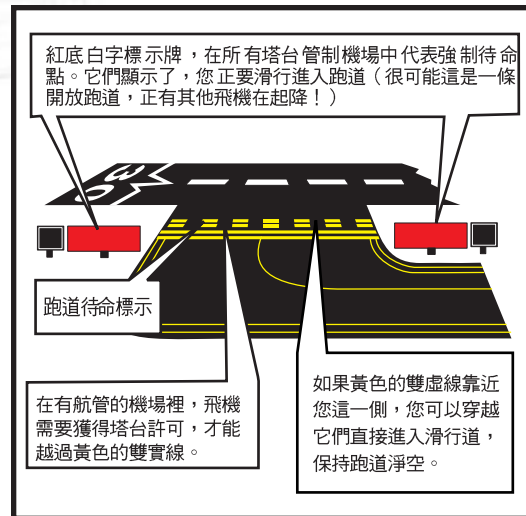


圖 7-6] 滑行道燈號標示

有一回，我遇到一位多愁善感的學生對著滑行道中央的綠燈擺晃。我以為她是感冒藥副作用發作，結果不是。她怕飛機輾壞了燈，另一方面也怕燈會撞壞機輪。您不用擔心燈或機輪會損壞，只要（如果還是不放心的話）把鼻輪往嵌燈的邊邊挪個幾吋就行了。



[圖 7-7] 滑行道標示

身為飛行員，您必須學會識別滑行道的起點與終點。這段路可以透過四道黃線來辨識，兩條實線、兩條虛線，與滑行道方向垂直，與跑道方向平行（圖 7-7）。這些標示也稱為「跑道等待標示」（runway-hold marking）。

第七課：滑行飛機

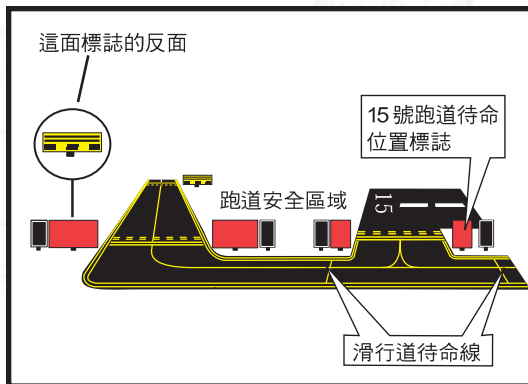
如果您的位置是在靠近兩條實線的這一邊，那麼，在有塔台管制的機場裡，您必須等候許可才能進入跑道。如果您位於雙虛線那一頭，您可以直接越過它們下跑道，並進入滑行道。（從現在起，我們會假定「有塔台管制的機場」就是指那些有航管塔台正在運作的機場。）

假設您的飛機剛降落準備滑離跑道，您應該越過雙虛線維持跑道淨空。在美國聯邦航空總署的標準裡，整部飛機（包含機身的每一道翼尖細部）都越過了黃色雙虛線，才算跑道淨空。這麼規定的理由是，有的飛機（如加長型 DC-8）機身較長，機尾可能會突伸到跑道範圍裡去。如此一來會提高其他飛行員的降落難度，甚至會讓他心臟多跳好幾下。

在沒有航管塔台作業的機場裡（這表示機場沒有控制塔台，或塔台在夜間關閉了），要不要進入開放跑道，飛行員可以自行決定。（從現在起，我們會假定「無塔台管制機場」是指沒有航管塔台，或塔台暫停航管作業的機場。）在這個情況下，您應該在跑道外暫停，不要超過滑行等待線。等到跑道上沒有任何飛機車輛，且沒有任何飛機在最後進場位置準備落地，再滑進跑道。換句話說，「進跑道前停看聽」。您最不想遇到的事，應該是有人降落在您的頭頂上。再說，讓其他飛行員盤旋上空團團轉，可不會增進您在機場圈的人緣。無塔台管制的狀況下，您不妨將自己的動向透過「共同航線諮詢頻道」（Common Traffic Advisory Frequency；CTAF）播送出去。這可以讓其他在機場航線上的飛行員得知您的動態。稍後我們會就這個部份再行討論。

第七課：滑行飛機

另一個識別跑道位置的方法，是尋找位於四條黃線旁邊的紅底白字標示牌（圖 7-7）。這些資訊標示牌稱為「跑道等待標誌」（runway-holding sign）。它們的功用是告知您：您已經進入一條可使用的跑道了。它們也指示了跑道的方向。在圖 7-7 裡，數字「30-12」表示向左是 30 號跑道，向右是 12 號跑道（也就是說，朝左邊去，就會到 30 號跑道的起點。以此類推）。在有塔台管制機場裡，這些標誌是您進入暫停位置的指標，除非您獲得許可進入或穿越跑道。在圖 7-8 裡，您可以看到單一的跑道等待標誌，顯示滑行道與起飛跑道的起點交會。



[圖 7-8] 跑道待命標誌

在無管制機場中，跑道待命標誌表示：您在確定跑道上沒有其他與您衝突的交通狀況時（有其他飛機準備起降，就絕對可以稱為衝突），可以前進穿越或進入跑道。在有管制機場中，這些標誌會伴隨滑行道待命線（雙實線與雙虛線）出現，提供明確的警告：您正要穿越、或進入一個有空中交通進行中的跑道。

有些機場的滑行道，可能會經過跑道安全區域。如圖 7-8 所示，滑行道 Delta 直接穿越 15 號跑道起點後方的區域。在 15 號跑道降落的飛機，其進場高度可能會低到危及其他進場與滑行之中的飛機。這對大型飛機而言更是個問題。然而，所有的機場規定都會事先考量到最壞的情況。這條邊緣跑道的等待位置標誌，以紅底白字構成，位於黃色雙實線旁的「15APCH」字樣，表示該處為有航管塔台機場的強制待命點（也就是說，進入以下滑行道路段的飛機，將會影響到在 15 號跑道降落的飛機）。在滑行道 Delta 上、從跑道的另外一邊看過來，您會看到跑道待命標誌的背面。上頭是跑道安全區域標誌（通常只會在有航管塔台的機場裡看到）。這面標誌繪上了與滑行道上一樣的標示（雙實線與雙虛線）。這些標誌可以被視為一個指標，來決定您何時向航管人員回報您正要下跑道。記住，在無塔台管制機場裡，飛行員必須自己決定要不要進入與穿越跑道。

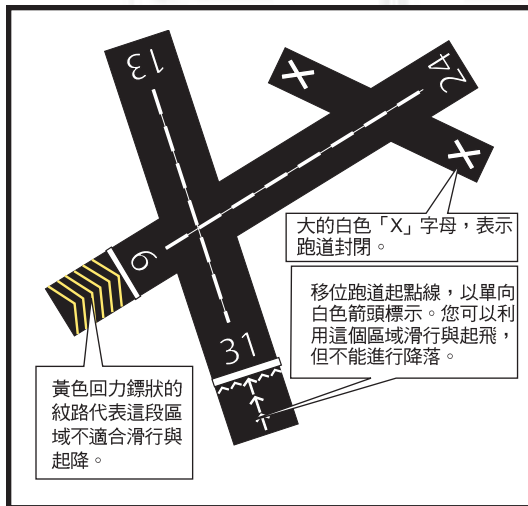
第七課：滑行飛機

雖然不太可能、但也不無可能，在有塔台管制機場裡，飛行員會在無意之間滑行到正有其他飛機起降的跑道裡去。有位飛行員就曾經在一座繁忙的機場裡，滑行到一條有其他飛機正要起降的跑道中央，然後杵在那兒不動（可能在等哪部黃色卡車送三明治來）。這位飛行員完全沒弄清楚塔台的指示，也不願進行確認，就這樣將飛機停在一部噴射機正要進場的當口。塔台人員說了：「32 Bravo，您知道自己所在的位置嗎？」飛行員回答：「勃班克機場對吧？」塔台人員又說：「對，很好。不過您有沒有看見一部大型波音707直對著您衝來正要進場？」飛行員回答：「有。」「您希望它降落在您的頭上嗎？」飛行員回答：「不想。」航管人員說了：「那您最好別擋它的路。」不希望自己被波音707砸個包的飛行員，就這麼一溜煙地滑離了跑道。

其他的跑道標示

不能因為水泥鋪成跑道的形狀，就代表您可以在上面降落。有些跑道漆上了黃色回力鏢狀的紋路（圖7-9，位置A），代表這段區域不適合滑行與進行起降。它們對飛機來說，是不折不扣的不毛之地，絕對不要使用這個區域的任何部份。也許因為它們的表面承受不了飛機的重量（甚至連滑行都成問題，就別提到降落了），或因為其他原因不適合使用，飛機要是闖進這個區域，可能會遭遇輪軸陷入柏油裡的窘境，就像捕蠅紙上的一隻大蒼蠅。

第七課：滑行飛機



[圖 7-9] 跑道表面標示

單向的白色箭頭被稱為「移位起點標示」(displaced threshold; 圖 7-9, 位置 B)。跑道的這段區域不作降落用途，但是可以用來滑行、起飛、或在降落後下跑道。移位起點線通常是為了降低噪音所進行的措施之一，只要強制飛機在離跑道起點遠一點的地方著陸，您就要在進場時維持比在跑道起點著陸時更高的高度。設置移位起點標示還有其他原因，例如遇到可以承受飛機重量、卻無法承受降落時衝擊力道的表面（飛機重量與降落的衝擊力道，可是完全不同的兩回事。我為什麼會知道？曾經有位飛行教練，搬出了芮氏地震量度來衡量我的降落強度）。

第七課：滑行飛機

教練不能透露是哪些人，不過偶爾還是會有專業的客機駕駛員，把滿飛機的乘客載到非目的地的機場降落。沒有什麼會比當眾出糗更糟的了。幾年前，一位飛行員在一座美國東岸的機場，就搞過這種「飛機」。他不慎降落在一座小小的訓練機場裡頭，只有零零星星幾架Cessnas與Piper小飛機在機場航線上飛來飛去。當他著陸後停下來，機輪在薄薄的跑道表面撞凹出幾個坑。飛機得油門全開才滑行得動，飛行員知道這下可慘了。一些當地居民跑出來說：「喂！看看你在我們的跑道上幹的好事。弄得坑坑疤疤的。天啊。」唯一讓飛機脫困的方法，是將飛機拆卸到只剩光溜溜的骨架，讓它輕到能夠在不損壞跑道的前提下再度起飛。至於這位飛行員的生涯是否能像這部飛機一樣再度起飛，就不得而知了。

第八課：失速

首先登場的小理論

在第四課「低速飛行」課程中我曾經示範過，為了維持飛行時有足夠的昇力，機翼的攻角必須隨著空速下降而增大。或許您會好奇地想，攻角到底可以增大到什麼程度。畢竟，常識告訴我們凡事都會有個限度才對。古埃及人就是看到了事情的限制，金字塔才沒有蓋的更大，法老們一定有這樣的認知才對。機翼呢，自然也有其限度存在。

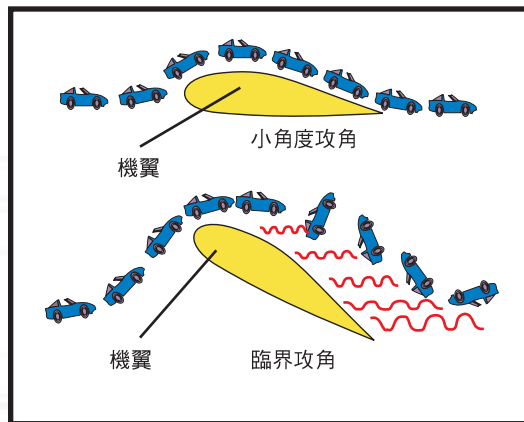
一旦機翼將攻角拉大（以大多數飛機來說為18度），空氣將會在機翼上方開始形成不規則的波動。機翼抬升到某個特定角度之後，空氣持續出現不規則波動，接下來機翼就會失速。這個角度，就是大家所說的「臨界攻角」(critical angle of attack)。

好，最重要的觀念來了：由於機翼超過臨界攻角後就會失速，您可以把機翼的攻角降回到臨界攻角以下，以脫離失速狀態。每個人都聽清楚了嗎？請很快地覆誦十遍。

失速、攻角與相對的因應

飛行員的職責，不外乎就是與四大基本作用力打交道；維持昇力，以及避免讓空氣出現不規則波動，而造成失速狀態發生。

您可以將空氣分子想像成一部部從機翼上跑過去的小賽車（圖8-1）。每部車／空氣分子都有一個目標：沿著機翼上曲面的弧線跑過去。當然，如果機翼的攻角不大、曲線不陡，這趟路跑起來倒還算是輕鬆（圖8-1A）。



[圖8-1] 攻角

第八課：失速

不過，當機翼以大攻角迎向空氣時，請看看這些車／空氣分子的運動路徑。攻角超過18度左右（這稱為臨界攻角，您很快就會知道原因了），這些車／空氣分子無法渡過這個難關（圖8-1B）。

遇到這個情形時，它們會滾轉、或在產生波動後，流進散逸的空氣中，不會在機翼上形成規律且快速的平薄氣流（圖8-2）。於是機翼就會失速。



[圖8-2] 失速與未失速機翼的對照

記得，根據白努利原理，機翼上方的氣流速度愈慢，昇力愈小。撞擊機翼底部的空氣分子固然也提供了撞擊昇力，不過我們之前學到，撞擊昇力不足以提供足夠的力量來承托飛機。昇力低於飛機重量時，壞事就來了。機翼會罷工且失速。白努利先生這下也救不了您，重力會直接把您召回地面去。

所有的機翼都有臨界攻角（不同機型之間，臨界值稍有不同）。超出這個角度，機翼與風就無法協調運作了。所有在您心坎呢喃的理論，遇到了物理與航空動力學鐵律就要安靜退一邊兒去。機翼就像警察，永遠盯著您。一旦超出臨界攻角，空氣分子就不會給您帶來昇力了。這聽起來很嚴重，然而事情有可能就是這麼嚴重。幸好已經有了可以解決這個問題的方法，並不是朝著教官大喊：「來，請接手！」這時候，又要請您用手指頭把右耳塞緊，因為這件事太重要，我不希望您左耳進右耳出。您可以減緩攻角讓機翼脫離失速狀態。您可以控制升降舵，輕輕地放低機鼻（圖8-3；A與B）。

第八課：失速



[圖 8-3] 失速與超出臨界攻角的補救措施

很簡單吧，好樣的。一旦攻角降到臨界值以下，空氣分子就會平穩流過機翼上方，昇力再度回升，就這麼簡單。現在飛機可以繼續飛行，並回復到所有飛行時應有的狀態（圖 8-3；C 與 D）。請將此謹記在心。好了，您可以將耳朵上的手指頭移開了。

為什麼我要這麼強調這個部份呢？因為人在面臨壓力的情況下（機翼失去飛行的力量，會讓許多飛行員恐慌），您可能會做出一些與適當補救措施背道而馳的動作。飛行員會習慣性地拉或推升降舵控制盤，以改變飛機的俯仰姿態。在失速狀態下，飛機的機頭會朝下，如果未經過訓練，我們的本能地就會試著將升降舵向後拉。即使您將整個控制盤拉到手脫臼也無濟於事，機翼依然會繼續失速下去，而您，我的朋友，恐怕腦中會只剩一片空白。

第八課：失速

如果機翼失速了，您所要做的、很重要的一件事情是：將攻角降回到臨界值以下。唯有這樣，機翼才能重新再飛。為飛機加速以回復穩定狀態的過程中，動力全開也頗有幫助。動力可以讓前進速度增加，有助於減緩攻角。

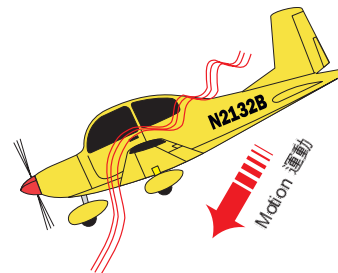
機翼失速時，可千萬不要呆若木雞。這是您被稱為純熟飛行員的理由。採取行動吧。不過別弄巧成拙就是了。

在任何姿態或空速下失速

您應該意識到了，飛機可能以任何姿態、任何空速發生失速。請將您的手指頭塞回右耳裡。不論機鼻朝上或朝下，或者您以60節或160節飛行都一樣，飛機是否會超出臨界攻角，與姿態與空速無關。圖8-4A顯示一個可能發生失速的例子。

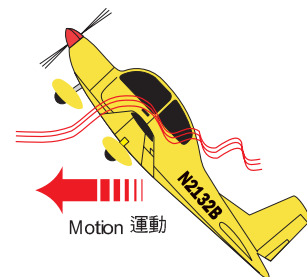
這架飛機以機鼻朝下姿態與150節空速發生失速。

飛行員脫離失速狀態的唯一方法，是解除施加在升降舵控制盤上的力量（這個力量是首先造成飛機失速的原因）。



這架飛機以100節空速水平移動與失速，因為飛行員控制升降舵時拉得太用力。

脫離失速狀態的方法是鬆緩升降舵控制盤上的施力，讓攻角降到臨界值以下。



[圖8-4] 如何脫離超出臨界攻角後的失速狀態

第八課：失速

飛機帶有慣性，因此它們會朝著正在飛行的方向移動。飛機A機鼻向下，以150節速度下墜可在家裡試！)。飛行員機頭拉得太急，因此機翼超過了臨界攻角，飛機也隨著失速。哇！想像一下。以150節速度機鼻朝下失速！圖8-4B顯示飛行員猛拉升降舵控制盤之後，飛機在平飛狀態以100節空速失速的情形。

飛行員要如何脫離失速狀態？第一步試將升降舵駕駛盤往前推，或鬆緩控制盤／輪桿上的施力，以減緩攻角（記得，如果將升降舵控制盤往後拉，或許就是讓攻角增大、形成失速的首要原因）。這麼做，可以重新獲取平穩、高速的氣流順著機翼上方流動，飛機就能回復飛行狀態

第二步，就是將可用的動力全開（如果有需要）來為飛機加速，減緩攻角。

一旦飛機脫離失速狀態，它應該回復預定的姿態，同時確保您不會再度失速。從您先前的失速狀態回復後再度失速，就是大家所稱的「二度失速」(secondary stall)。與動學不倦繼續上進的精神不同，二度失速可沒有任何進階的意味，尤其是在座的飛行教練更不會這麼以為（您在聽到女性飛行教練輕描淡寫地說著「嗯，想一想，生小孩也沒有這麼痛苦」時，您心裡就應該有譜了）。

在安全高度刻意地讓飛機失速，的確很好玩，至少有教育意義。失速對多數飛機而言，算是比較不激烈的演練。在接近地面時失速，說起來，是嚴肅的一件事，因為這通常不是有意造成的結果。在飛行訓練中，您將有機會充分練習脫離失速狀態的方法。

控制失速的飛機是一回事，控制您的本能反應，可又是另一回事。例如，有個會讓您墜入（名副其實的「墜」入）失速狀態的典型陷阱，是降落過程中的高下降率。在進場時，您可能會往後拉升降舵，來試著減緩下降率。如果您因此超過臨界攻角，飛機就會失速了。您往機窗外看到的跑到，將會旋轉得有如在近距離觀看一顆超新星。

第八課：失速

如果您依循自己未經訓練的直覺本能，持續將升降舵往後拉，失速的情形就會更加嚴重。受過訓練的飛行員比較能因應這個情況。他們知道拉升降舵有可能會造成失速，所以會在降落時適度調整升降舵角度與動力，來改變飛機的滑降路徑，同時避免超出臨界攻角（您的教練會示範如何在降落時適度調整升降舵與動力）。飛行員怎麼知道要施加多少力道在升降舵上？他們又怎麼知道這麼做不會讓飛機失速？

如果您的飛機配備了攻角指示錶，識別失速就會容易的多。您只需要讓攻角保持在該飛機機翼的臨界值以下即可。攻角指示錶雖然重要性很高，在小飛機的儀錶板上卻不常見。在我們的模擬飛行裡，您是否進入失速狀態所能研判的主要線索，就是失速警告的鳴聲。這個鳴聲會在您距離失速狀態還有幾節速度時啟動。您還擁有頂級的服務，看到「失速」（STALL）字樣出現在螢幕上。當然，您在駕駛真正飛機的時候，並不會看到這些反應。不過，您是有可能看到紅色的失速警告燈亮起來，效果其實都是一樣的。

現在您已經有了失速航空動力學的良好基礎了，讓我們進一步來看脫離失速狀態的技術細節。

停止飛行 開始失速

將搖桿大幅度向後拉，會讓機翼超出臨界攻角，然後飛機開始失速。失速時，氣流不再平穩流過機翼的上方，而是形成不規則的波流，飛行的昇力因而不足。飛機的俯仰姿態會朝前傾（如果行李、乘客、與燃料都適當地配佈在飛機上的話）。這個自發性的機鼻向下姿態，有點像是異物梗塞在食道時您自行採取「漢姆里克急救法」（Heimlich maneuver）一樣；飛機會自動地試著將攻角到臨界值以下，以試著自救。

第八課：失速

如果飛機已經具備了自行解除失速狀態的功能，我們又何必費勁兒來學這些呢？問得好。問題在於失速時，飛行員往往會採取一些阻撓飛機脫離失速狀態的行動。您必須知道這些行動為何。另一方面，在接近地面時無意間失速，您必須知道如何快速因應脫離，才能將失去的高度值壓到最小。我們再試一次失速，不過這一回，我們要看如果阻撓飛機自發性的向前俯仰反應，會發生什麼狀況。

失速時的錯誤行動

如果飛機失速了，而我們又採取妨礙飛機自行脫離失速的反應動作，會發生什麼事情？

答案是，飛機會隨著往後拉到底的搖桿繼續失速。無論您多用力地拉搖桿，飛機也無法爬升。仔細地想想這個情形。只要搖桿一路拉到底，飛機就會一路失速往地面下墜，這不是什麼好玩的事，對吧？搖桿一路拉到底，會讓飛機機翼的攻角一直保持、甚至超過了臨界攻角。不幸的事，這正是許多飛行員會在失速之後做的事情。

失速時的正確行動

這正是為什麼，我們要學習在失速時釋開任何施加在搖桿上的力量，同時要逆向操作，將搖桿往前推移，直到機翼攻角減緩到臨界值以下為止。飛機能脫離失速狀態的適當姿態為何，要考慮許多因素來決定，因此在互動課程中，我們會使用 5 到 10 度機鼻向下俯仰姿態，來進行模擬的失速狀況因應。您不要採取過陡的機鼻向下姿態，這樣會帶來高度落差過大與空速增快的狀況。

怎麼樣才能知道飛機的攻角角度調得夠低了？在模擬飛行中，您會經歷到這些事情：失速警報停止鳴響、「失速」(STALL) 字樣在螢幕上消失、飛機重新穩定飛行、空速開始增加、同時飛行控制開始比較有反應。如果您的教官在場的話，他／她的聲調會逐漸恢復正常。

第八課：失速

除了某些例外，這是飛行員們一向用來研判與脫離失速狀態的方法。您也可以在這瞬間將動力全開，來減緩攻角角度，這麼做有助於縮短脫離失速狀態的時間。小心不要讓增加的動力加高了機鼻的俯仰角度，要不然，攻角可能又會有越界的危險，引起另一次的失速。飛機脫離失速狀態後（也就是說，失速警報停止鳴響了），升高機鼻到爬升姿態，穩定爬升空速。

離場失速

在設定動力全開的情況下失速，會發生什麼事呢？假定您剛從機場升空，以全部的動力爬升（一如您平時在飛行時的習慣），忽然間，您發現有隻虎頭蜂不知何時飛進了座艙裡。您一時分心，忘了自己正在開飛機，而伸出兩隻手去拍打這隻小蟲。當然，您凌空揮打，飛機也隨著失速，座艙這下子可真像是功夫電影裡的場景了。這會兒怎生是好？

好啦，這位大俠，世界上所有的功夫都幫不了您了。您只需要做一件事：將機翼的攻角降緩到臨界值以下。一旦飛機不再失速了，您可以回復到爬升姿態。別勞神去動節流閥了，您的飛機已經在全動力狀態了。

這會兒您可有概念了：您進入航空主題樂園的第一站，就是「失速世界」。唯一要注意的就是：別兜進遊樂場裡某個叫「現實世界地面」的角落。這部份讓教練口頭上為您介紹就行了。

您很容易地就可以記住，飛機是因為超出臨界攻角而失速。不過請別忘了，這可能發生在任何姿態、空速、與任何動力模式中。現在，您可以更進一步體會這些情形了。

現實狀況裡，如果飛機朝著地面筆直落下，而您又猛拉控制盤，飛機還是會失速下去。當然，我們不會在真的飛機上這麼做（即使飛機是租來的）。記得，這是模擬飛行。它就像是奇幻世界，我們在裡頭不必承受任何風險。所以我們可以善用技術上的方便，好好試試一些別人只有口頭上說說、卻永遠無法真正放手去做過的事情。

您何不現在就進入**私人飛行員課程第一課**，體驗一下失速的滋味並練習各種因應技巧？好好玩吧！

第九課：大坡度轉彎

我喜歡大坡度轉彎！除了好玩、富挑戰性之外，很多時候也是測試飛行員得以挑戰飛行極限的能力。如果您同時玩過微軟貝荊X品的「戰鬥模擬飛行」(Combat Flight Simulator)，就體會得到：大坡度轉彎是甩掉窮追不捨的敵機很管用的一招！

大坡度轉彎（坡度通常在45到55度角之間）是邁向進階飛行的踏板，常常練習，您將發現自己在飛行控制方面愈漸純熟。大坡度轉彎還能幫助您學習集中心志，以執行類似的高級飛行動作。

大坡度轉彎還有另一個您也許尚未察覺的好處。它告訴您每架飛機都有其性能上的限制，一旦踰越了，都是要付出代價的。轉彎的角度太大，可能就會造成失速。如果飛機的高度距地面還有數千英尺，失速不見得有那麼大危險；不過可別在對正跑道的當兒，突然間來個大坡度轉彎，在高度與空速皆低的情況下失速，後果可能不堪設想，讓您像個地質學家似的忙得團團轉（說起來也和地質學有點關連，因為您可能在地面上撞了個大洞）。

大坡度轉彎的航空動力學

在進入主題之前，我們不妨先來點小小的複習。先前您學到，在機翼側傾時，會導致部份昇力從水平方向拉引飛機。飛機能夠轉彎，就是因為總昇力的水平分力作用的緣故。

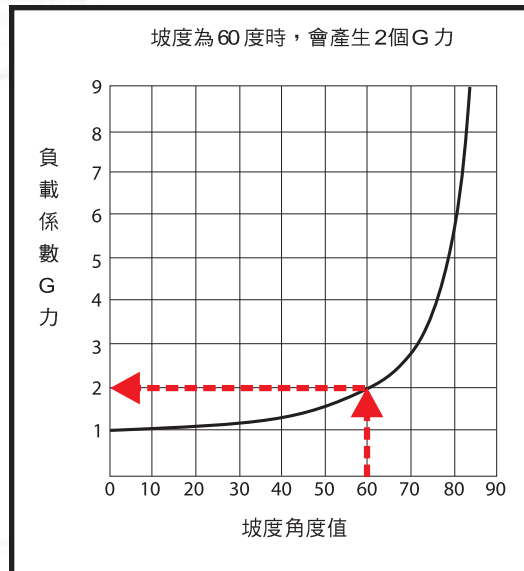
當然，物體一旦進入運動狀態，如果沒有受到外力影響，這個狀態就會維持下去。這是一位名字叫牛頓的老兄說的（被蘋果砸到的那一位）。飛機轉彎，機體的質量依然會朝原先的運動方向繼續前進，因此我們坐雲霄飛車時，如果遇到軌道轉彎，您會感覺到有一股力量把身體往座位的方向拉。雲霄飛車改變運動的方向，然而您的身體卻有繼續向前衝的傾向。加上重力往下作用的關係，您會覺得自己有被拉進座椅裡頭的感覺。

飛機並非沿著軌道運動，不過在平穩的大坡度轉彎時，您還是感覺得到類似的力量將您往座椅的方向拉。轉彎的坡度愈急，將您拉向座椅的力量就愈大。這個力量，有時就稱為G力，或「負荷係數」(load factor)。G力中的「G」源自英文字「gravity」(重力)，而非老美乘客感覺到自己被一股力量拉向座位時所發出的驚呼：「Gee」！

第九課：大坡度轉彎

對所有飛機來說，G力事先推算得出大小。圖9-1顯示，在不同的坡度轉彎中的G力增加情形。從圖表上可以看出，坡度角度為60度時，您與飛機都會感受到2個G的力量（G-force of 2；2Gs）。換句話說，您與飛機都會感覺到自己的重量比平時增加了一倍。想像那個景況：整包炸得油膩膩的薯條連一根都沒有入口，您就明顯地經歷了體重的增加。當然，只要滾轉出轉彎動作，恢復平直飛行，您的體重就會回復了，此時您只會感覺到一個G力，也就是您現在的狀態（這就真的要看您之前吃進去多少薯條了）。

這裡有個地方要注意一下：如果您和您的飛機因為G力增加的關係，感覺上變重了，身為飛行員的您，就要採取行動來抵消加倍的重力。您必須增加飛機的昇力來維持飛行。如果沒有這麼做的話，飛機便無法在大坡度轉彎的過程中維持一定的高度；事實上，還有失速的可能。您應該不會想出名才對，讓大家知道有位飛行員每逢大坡度轉彎就失速。想像一下大家會因此給您取的綽號：「自由落體先生」、「失速王子」等等。



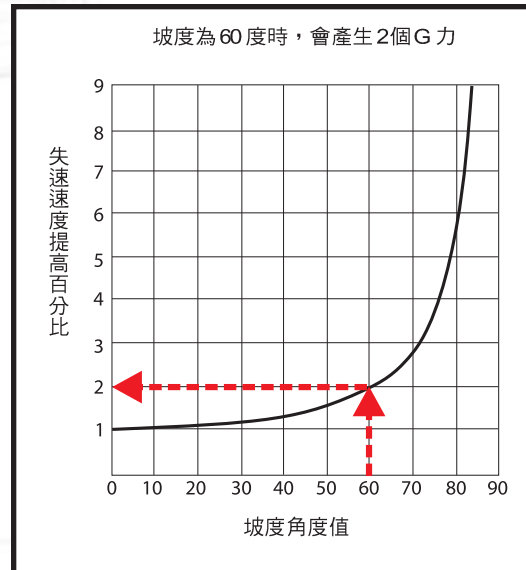
[圖9-1] 負載係數表

第九課：大坡度轉彎

要在大坡度轉彎時提高昇力，表示您必須將搖桿往後拉，來增大飛機的攻角。如果要讓飛機繼續飛行，昇力必須與飛機承受的重力相等—不論是實際重量，或是表面重量。這就是為什麼，大坡度轉彎需要大攻角，以產生足夠的昇力讓飛機能夠繼續飛行。您知道會發生什麼情形，對吧？

如果大坡度轉彎過度，飛機會在獲得飛行所需的充足昇力之前，先面臨超過臨界攻角的問題，接著產生失速。在得以繼續飛行之前，您必須將脫離失速狀態列為當務之急。

您剛學到飛機的失速速度，會在大坡度轉彎時提高。您在平直飛行時的失速速度可能為50節，大坡度轉彎時可能會提高到70節。圖9-2所列的對照圖表，可以讓您推測在G力增加時，失速速度所提高的百分比。



[圖 9-2] 失速速度與坡度角度對照圖

第九課：大坡度轉彎

例如，坡度角度為60度時，飛機與承載物會承受2個G的力量。圖9-2說明了，承受2個G力時，飛機的失速速度會提高40%。因此，平直飛行時失速速度為50節的飛機，在坡度角為60度時，失速速度將提高到70節（原來的50，再加上50的40%）。

這件事代表的意義是，如果您想要進行60度坡度轉彎，最好讓空速保持在70節以上，以防失速。這不是很棒嗎？您可以事先推算出大坡度轉彎時所應維持的空速，不必求神問卜。

這也是為什麼，您需要在坡度轉彎時增加動力的原因。在大多數狀況下，增加動力可以幫助飛機加速，求取大坡度轉彎時所需提高的速度，避免失速的情況發生。當然，如果您的飛機引擎不夠大顆，它可能無法輸出足夠的推力，讓飛機加速到得以預防在大坡度轉彎時失速。嗯，我記得我去看過一位醫生，跟她說：「醫生，我這樣做的話會痛！」她的建議，當然囉，就是「別這麼做」。

如果您的動力不足，可別一時興起就來個超級大坡度轉彎。這個道理應該不用我多說了。

現在還不到擔心技巧的時候。您應該先瞭解飛行原理，接下來我們再談轉彎的藝術層面。

想想以下狀況

看來您需要6度機鼻向上姿態，好在轉彎過程中維持高度。由於攻角加大了，機翼底部有更多面積接觸到氣流，一方面產生了更多昇力，另一方面也帶來了阻力。因此，飛機的速度會稍微降緩，一如空速表所顯示。

好，問題來了。根據以下條件，請想想會有什麼狀況發生：

- 空速下降，卻需要維持高度的大坡度轉彎。
- 失速速度提高，如果不小心，您可能會發現自己進退維谷。
- 失速速度提高的同時，空速持續下降，最後兩個速度值相會。

第九課：大坡度轉彎

結果會發生什麼事？沒錯，飛機會失速。您要如何在大坡度轉彎時避免這個情況？不妨增加動力，來防止空速降低。老話一句，別急著要把一個彎轉得多優美，目前只要樣子還過得去就行了。接著學下去，我很快就會教您轉彎的分解舞步了。

魚與熊掌不可兼得

假設您滾轉進入45度坡度轉彎，動力全開。會發生什麼情形？您會注意到，動力的增加可以維持空速不變。您現在知道了，只要您的飛機有足夠的動力，就可以完成一個優美的大坡度轉彎，空速維持穩定。

如果轉彎的坡度真的很陡呢？比方說60度坡度好了。在這種角度下，您的失速速度會從50節提高到70節。問題是：「您有足夠的動力，在60度坡度轉彎時將空速提高到70節嗎？」找出答案的唯一方法，就是在安全的高度實際進行實驗。

進行實驗時，您會發現空速在下降，即使動力全開也一樣。為什麼呢？因為小飛機沒有多餘的動力，在攻角必須增大的時候，用來克服所增加的強大阻力。

難關來了

接下來是飛行員常常會遇到問題的部份。當飛機將動力關到慢車準備降落的時候，它們要做大坡度轉彎動作以對準跑道。此時飛機的速度慢，坡度陡，空速與失速速度的值慢慢輻合趨於相等。也就是說，在大坡度轉彎時，失速速度會因為G力的關係而提高，空速卻受到阻力增加的影響而降低；這麼一來，空速與失速速度趨於相等，飛機就會失速。如果在靠近地面的高度發生這樣的情況，後果可是不堪設想的。您接下來會常聽到這一類被稱為「加速型失速」(accelerated stall)。飛機會出現這種失速現象，是因為大坡度轉彎時的高G力所引起的。

好啦，介紹了這麼多科學，接下來談談藝術吧。我們就來說說，要怎麼讓飛機進行優美的大坡度轉彎。

第九課：大坡度轉彎

大坡度轉彎的藝術

完美大坡度轉彎的祕訣，就是事先瞭解您的飛機應該採取什麼姿態，才能在大坡度轉彎時維持高度。大坡度轉彎時會影響到飛機的變數很多，所以您也只能求個大概。一般情況下，您可以在飛機急轉時，藉著外面的視覺線索做判別依據。這麼做可以同時注意附近空中有無其他飛機，且觀察您的飛機所採取的姿態。在模擬飛行中，不太容易藉著這類視覺線索來掌握大坡度轉彎的適當姿態，您可以全力監看姿態儀就行了。

請參考一下圖 9-3。這是 45 度坡度轉彎時，飛機的約略姿態。飛機滾轉進入轉彎動作時，您需要逐漸增大俯仰角度，直到飛機成為 6 度機鼻向上姿態為止。接著，您應該監看高度錶 (altimeter)，來決定哪一類的小俯仰修正是維持現有高度所需要的。如果您願意的話，也可以利用垂直速度表 (VSI) 作為額外的資訊參考來源。訣竅無他：就是進行小規模的修正，眼睛盯著高度錶瞧、別讓飛機往下掉就是了。

第九課：大坡度轉彎



圖 9-3]

在您試著回到原先的高度時，過度仔細的修正，可是會讓您漫天搖擺個不停。以私人飛行員的標準來看，大坡度轉彎時發生以下狀況是可以接受的：

- 您的高度變動為超過100英尺範圍。
- 完成轉彎時的方位，未超過動作起始前的原方向10度。
- 坡度變化在5度之內。
- 空速維持在原速度的10節以內。

還有一件事，是您進行大坡度轉彎時所應該知道的：將搖桿往後拉，會稍微增大飛機的坡度角度。因為這個緣故，您必須謹慎，不要讓坡度在大坡度轉彎時增加。施力將搖桿往後拉時，這樣的情形十分常見。此外，在陡峭的坡度角度中，即使飛行員什麼都沒碰，飛機自然而然會自行加大坡度。再提醒您一次，要有心理準備，在必要時以副翼的壓力來抵消加大坡度的力量。因此在大坡度轉彎過程中，特別是在搖桿上施力以維持高度時，您可能需要以搖桿朝反方向移動副翼，以防坡度過傾。

第九課：大坡度轉彎

或許您會覺得奇怪，為什麼我在討論大坡度轉彎時，都沒有提到有關配平的事情。理由是，只有在控制飛機維持某個飛行狀態一段較長的時間時，才用得到配平。大坡度轉彎瞬息萬變，通常不需要配平飛機。再說，大坡度轉彎可以幫助您辨識加速行失速的發生。在真正的飛機上，您會有因為G力增加、被一股力量拉向座位的實際感覺；模擬飛行無法提供這種感覺。因此，您必須藉著施加在搖桿上的後拉力量，來警告您飛機在高空速時接近失速的狀況。這也是我們在大坡度轉彎中不配平飛機的另個好理由。

您現在已經有資格，可以用大坡度來嘗試大坡度轉彎了。在互動課程中練習時，您可以一路將坡度加到55度，這個坡度，是擁有商用民航駕駛員資格的飛行員才可以飛的。滾轉進入與飛出轉彎動作，維持高度變動在100英尺範圍內、空速改變不超過10節、大坡度轉彎後偏離方向不超過10度。好好地享受飛行的樂趣吧！現在您可以在私人飛行員課程中練習大坡度轉彎了。

在下一堂地面課程裡，我要為您介紹機場航線飛行。

第十課：機場航線

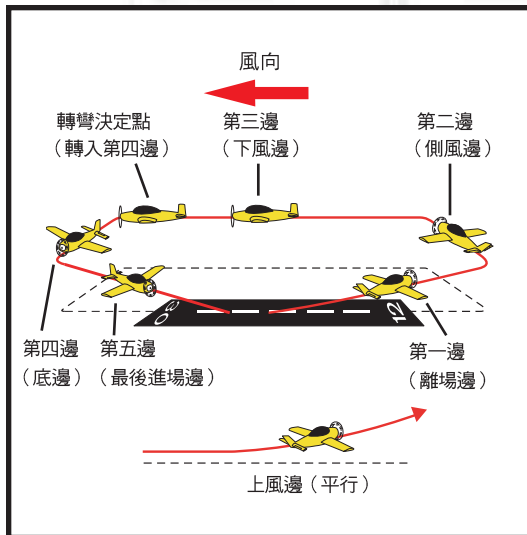
飛機就像是訓練有素的鴿子：它們都會朝特定的目的地飛去。一如鴿子的家是鴿籠子，飛機的家就是機場。這麼多飛機要飛回機場（尤其是飛向同一座機場時），神奇的是它們都不會擠成一團動彈不得。以鴿子的觀點來看，我猜您會認為飛行員有一套他們自己的「咕咕」信號，來保持彼此之間的安全距離。事實上，飛行員在機場進行作業時，的確是不推不擠，井然有序。他們不會像見到光的飛蛾那樣，漫無章法地飛來飛去。飛行員們會沿著相對於跑道方向的一道矩形航線飛行，且維持特定的高度。這道航線正式名稱叫做「機場航線」(traffic pattern)，可以讓飛行員們尋找與看見其他也在機場範圍內飛行的友機。這也是您在機場練習起降用的航線。我們現在就仔細來看看，要如何沿著機場航線飛行。

繞著機場飛行，必須精準謹慎，才不會撞及友機，讓我們對準跑道並妥善降落。這個進場與校準跑道的流程，就稱為機場航線，如圖 10-1 所示的矩形。機場航線有五道主要的邊：

- 第一邊，也稱為「離場邊」(departure leg)
- 第二邊，也稱為「側風邊」(crosswind leg)
- 第三邊，也稱為「下風邊」(downwind leg)
- 第四邊，也稱為「底邊」(base leg)
- 第五邊，也稱為「最後進場邊」(final approach)

讓我們就每一邊，來討論它的目的與功能。由於我們在模擬飛行中可以想到哪裡就到哪裡，何不想像我們就在風光明媚的夏威夷火奴魯魯 (Honolulu) 機場？

第十課：機場航線



[圖 10-1] 機場航線

第一邊 (離場邊)

飛機利用第一邊起飛。飛機如何起飛，我們之前已經介紹過了。我猜您會說我們有一個很好的開始，因為飛機已經順利地完成第一邊的飛行了。

第二邊 (側風邊)

由於在機場航線上進行訓練的關係，您必須以90度左轉彎（在大多數機場航線中，會以左轉彎進入下一邊）進入第二邊。這一邊也稱為側風邊，因為飛行路徑與跑道垂直，通常也會與風向交會。飛機飛過跑道盡頭後，在「機場航線高度」（TPA）300英尺範圍內左轉進入第二邊（TPA是機場航線飛行的最大高度）。在我們的地面課程中，我們將機場航線高度設為絕對海平面（MSL）上1,000英尺，這也大約是離地面1,000英尺左右（離水面差不多也是這個距離，所以要小心別撞到飛魚）。

飛機沿著第一邊與第二邊（有時也包含部份第三邊在內）飛行時，還會持續地爬升，直到抵達機場航線高度為止。這個過程要視您與TPA的接近程度、飛機性能、跑道長度、與飛機乘客數目等等。如果您在第二邊就飛抵了TPA，請保持1,000英尺高度平直飛行，加速到90-95節，將引擎調到2000 RPM，並進行配平。最好您也能將換邊時，限制飛機坡度轉彎在30度之內。這不是練習戰鬥飛行轉彎技巧的時機，再說，戰爭已經打完好幾十年了。

第十課：機場航線

第三邊（下風邊）

飛機飛完第二邊，繼續左轉90度。這時飛機的飛行方向與跑道平行，不過與降落方向正好相反。這一邊稱為第三邊，也稱為下風邊（C點）。您這時是順著風、而非頂著風飛。

飛第三邊航線，應該與降落跑道保持0.5到1英里距離。這麼做有好幾個原因。首先，這個距離可以讓您安心地看到跑道的位置，如果飛機引擎出了問題，您可以滑降回跑道安全降落，而不是掉進捕龍蝦的網子裡。第二個原因，這個距離足以讓您輕易看到跑道；您並沒有必要飛那麼遠，讓跑道的邊緣小到幾乎看不見。與跑道保持較近的距離，您能更加容易推測風的動向，進行必要的風偏修正。

您可能會問：要怎麼推算轉入第三邊的時間呢？問得好，方法有好幾種。在真的飛機上，您可以往左機窗向外看，推算您在第二邊飛行的距離。在模擬飛行中也可以透過同樣的方法，選擇側窗視野畫面顯示，調整視野到可以看見跑道為止，之後，再轉回前窗視野畫面即可。（或您可以使用方便的虛擬座艙功能，我們之前提到過，好用吧？）此外，您還能夠過一些小小的數學計算來抓距離。飛機以60節地面速度行進，一分鐘能飛一海哩。因此，您應該在轉入第二邊之後的30到60秒之間，開始轉彎進入第三邊。由於您的飛機以75節爬升（假定為75節地面速度），您必須及早、或許在轉入第二邊後的24到48秒之間開始轉彎。或許最容易的方法，就是利用模擬飛行中的俯視畫面（Top-Down view），來推算轉彎點。

最後，您如何找到飛進第三邊的方向？答案很簡單，與起飛所對的方位完全相反就是了。這不須任何數學推算，只要您在對準跑道時，檢閱方位指示器上的數字就行了。這就是您在第三邊飛行的方位。

第十課：機場航線

準備第四邊飛行

您沿著第三邊飛行，飛過從降落跑道起點線拉過來的對應點時，您要放下10度襟翼開始準備降落（確定您在使用襟翼時，速度調到95節以下。空速錶裡白色圓弧結束的地方，就是飛機襟翼伸展時的**最大速度**）。以下是您在這個狀況裡的參考程序：

1. 飛過降落跑道起點線拉過來的對應點時，放下10度襟翼。
2. 使用搖桿調整俯仰姿態，以維持高度。
3. 配平飛機。（記得，別用配平去改變俯仰角度，這是搖桿的任務。一旦飛機的姿態穩定了，運用配平來解除搖桿上的壓力。）

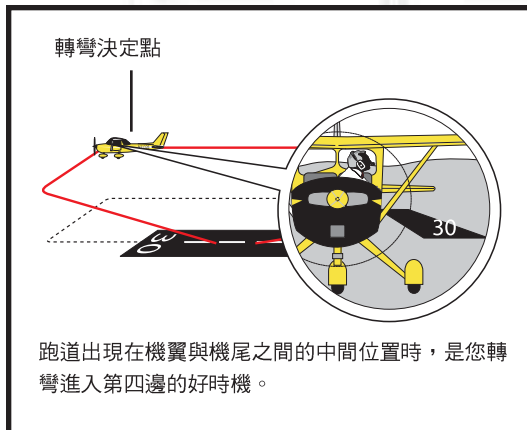
在第三邊飛行時，保持高度很重要。畢竟，飛機是在第三邊進入機場航線，過早從TPA下降，可能會讓您在降落時壓在別人的飛機上（也許發明雙翼飛機的靈感就是這麼來的）。

第四邊（底邊）

現在又有另一個90度左轉彎了。我們稱第四邊為底邊，到了這裡，您距離最後進場就只剩下一個左轉彎了。何時應該展開轉彎進入第四邊？

假定不受其他飛機影響，您可以很方便、實際地決定開始轉入第四邊的時機。當降落起點線出現在機翼（此時應該是左翼）與機尾之間45度的地方。也就是說，當您向左側的機窗看出去，跑道起點線與左翼呈45度角（或機翼與機尾之間的中間位置），如圖10-2所示。這提供了一道對稱的矩形機場航線，而非變形蟲般歪歪扭扭的路徑。此外，這也提供您與跑道之間的充足距離，以便舒適自在地進場。

第十課：機場航線



[圖 10-2] 機場航線

是的，如果您需要的話，也可以往左機窗看出去，推算您應該轉進第四邊的位置。然而，您也可以使用模擬飛行的俯視畫面，來推算轉彎點，如圖 10-3 所示。

第四邊是降落的過渡點。在這裡，您可以為飛機的速度與降落狀態，開始進行重要的調整。這也



[圖 10-3]

是為什麼，即使第三邊沒有其他飛機飛在您的前頭，您也要避免太早飛進第四邊。飛機進入跑道前，所有的狀況都會發生得很快，您應該給自己充分的時間調整空速、襟翼、與滑降路徑等等。所以我會推薦您挪出至少一英哩的距離，來進行最後進場。有時候，最好是修正航線，第三邊飛長一點，讓您在最後進場時的長度可以到達 2 英哩。假定您在航線上並沒有跟在其他飛機後面（或後面有其他飛機跟隨），長一點的最後進場邊可以給您多一點時間，為飛機的降落進行調整。當我介紹一款較新型、也許也較快速的飛機給某位飛行員的時候，我會建議他採取較長的最後進場航線。

第十課：機場航線

飛機降落時，一般會從第四邊（底邊）開始降低高度，一路持續到進入第五邊（最後進場邊）觸地為止。以下是整個程序：

1. 飛機進入即將轉入底邊的預定位置時（如您在俯視畫面中所看到的），進行90度的左轉彎。如果想要不費力地找出飛行方位，就找與第三邊（下風邊）左側呈90度的航線，這就是飛進第四邊的方位。
2. 沿著這個方位完成轉彎動作。
3. 降低動力到飛行慢車。
4. 以70節速度穩定滑降（可能的話，我喜歡在進入底邊時，以襟翼未放下狀態的失速速度再加上40%的速度來飛）。
5. 記得配平飛機到70節速度。

現在，您要開始準備進入第五邊（最後進場邊）了。

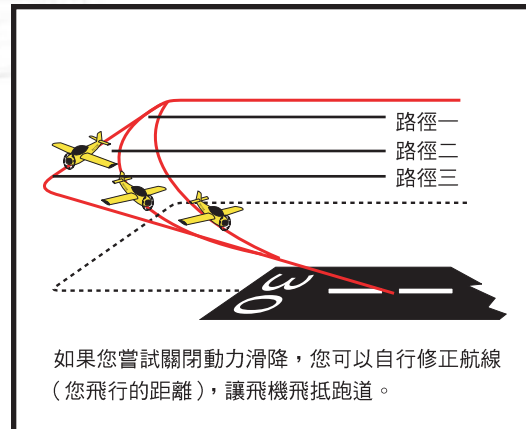
第五邊（最後進場邊）

第五邊（最後進場邊；有時簡稱「最後邊」）是降落程序中的關鍵航線。通常，由第四邊以直角轉進第五邊最好，這樣容許您有充分的時間，來觀察與修正飛機的下降路徑，並對準跑道。在第五邊飛行時，整部飛機的機制會設定為降落模式，速度調整到最後進場速度（通常為當時飛機失速速度加上30%）。一旦飛機設定好穩定的最後進場下降狀態，您就要接著推算，是否滑降路徑過高、過低、或恰如其份地即將降落於既定的跑道區段。

第十課：機場航線

由第四邊轉入第五邊時，如果有任何明顯跡象顯示出飛機的滑降路徑過高或過低，您可以趁此時進行修正。

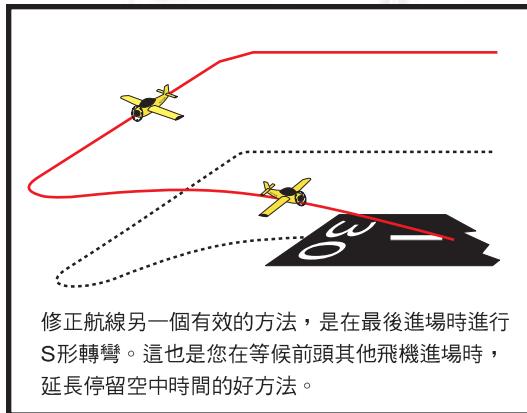
讓我們假定您正由第四邊進行關閉動力進場。轉入第四邊後，您降低動力並開始下降。我們也同時假定，您要降落在跑道的特定區段上。如果您飛得太低，您可以縮短由第四邊進入第五邊的轉彎路徑，如圖10-4所示。



[圖 10-4] 航線調整

取路徑一飛行，可以讓您在下降時取道較短的飛行距離，因而提高您定點降落的機會。路徑二的飛行距離較長，路徑三則是進入第五邊的一道良好、方正的轉彎路徑。如果您飛得過高，可以自行拉大進入第五邊的轉彎路徑，讓你有充足的距離來下降，如圖10-5所示，請參考圖中的選擇B。

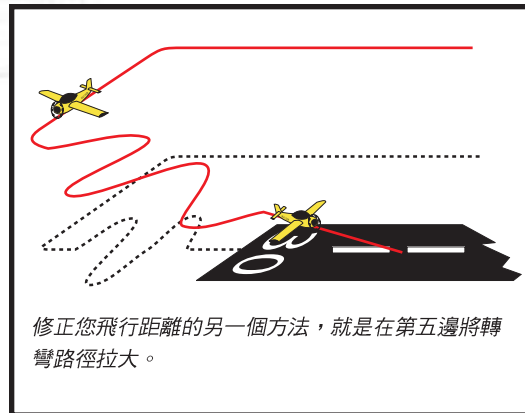
第十課：機場航線



修正航線另一個有效的方法，是在最後進場時進行S形轉彎。這也是您在等候前頭其他飛機進場時，延長停留空中時間的好方法。

[圖 10-5] 航線調整

另一個選擇，是在最後進場時進行S形轉彎。S形轉彎是將直接滑降路徑變為一系列左右交替的轉彎（乍看之下還以為你喝了太多調酒！）。由於兩點之間最短的路徑是直線，只要您飛的不是直線路徑，距離就會變長了。在下降率不變的情況下，飛的距離愈長，您能夠下降的高度愈大。一旦您在第五邊排隊等候落地，將速度穩定在65節（如果您決定放下20或30度襟翼，我建議以60節速度進場）。別忘了配平。



修正您飛行距離的另一個方法，就是在第五邊將轉彎路徑拉大。

[圖 10-6] 航線調整

現在您就要完全靠自己、也應該可以在降落時獨當一面了！請進入**私人飛行員課程**，練習一下機場航線飛行技巧。

好的，我想您可以接著嘗試側風飛行了。如果您目前已經覺得降落樂趣無窮了，還有更好玩的等在後頭，我們要試試在風向沒有直接吹向跑道時降落飛機。

第十一課：側風降落

風向計與機場跑道之間，有沒有什麼共通點？答案是：沒有。風向計能順著風指出風向，跑道則固定在地面上硬生生不動。通常飛行員喜歡逆著風飛，除了能夠以比較慢的速度落地，飛機的空速也比較容易控制。問題是，飛行員也喜歡在跑道上降落啊，當風向與跑道的方向彼此不一致時，您還是得乖乖地降落，沒有其他選擇（除非您特別去找一條與當時風向趨近平行的跑道降落，不過這麼做並不實際）。這個情況我們稱之為「側風降落」（crosswind landing），您接下來就要開始學習相關的訣竅與技巧。

首先，我要假定您的模擬飛行工具配備了方向舵踏板，或者您的搖桿有可扭動的方向舵功能。

您需要這些配備，才能進行側風降落。如果沒有這些配備的話，也可以使用電腦鍵盤來操縱方向舵。用手指頭控制，與透過用腳來控制方向舵是不同的兩回事，不過效果一樣。為了實用起見，我將在這堂課裡以方向舵踏板為準。

側風的問題

就您之前已經學到的技術，學習側風降落只不過再多加一些其他的技巧。降落的基本要領對您來說，應該已經駕輕就熟了，現在我們要再追加一些要領印在您的心版上，讓您擁有更完備的飛行技術。我們將從學習如何校正側風偏移（crosswind drift）著手。

有兩種基本方法，可以校正側風進場與降落時的風偏作用。第一個是「側航法」（crab method）技巧，第二個是「壓機翼法」（wing-low method），或稱「側滑法」（side slide method）。我們來看看如何讓飛機側航，以進行風偏校正；接著，我們會討論壓機翼法，來進行相同的校正動作。

側航法

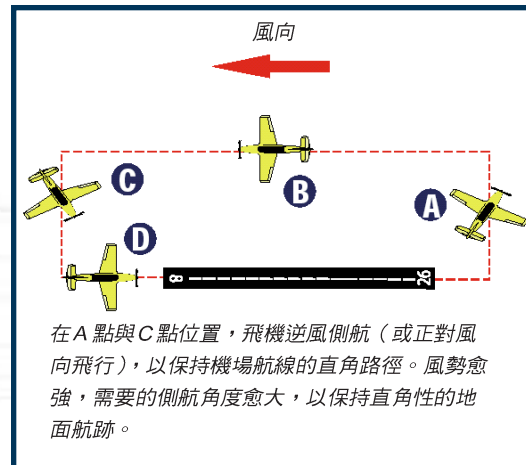
我懷疑側航（crabbing）這個名詞，是觀察螃蟹（crab）走路得到靈感的。螃蟹面朝某個方向走路時，結果卻是朝著另一個方向移動。人們一開始會以為，高污染海岸的有毒廢水，可能是害螃蟹這樣走路的罪魁禍首。我不知道您會怎麼想，不過我聞到一點

第十一課：側風降落

點DDT，走路也會開始不對勁。幸運的是，螃蟹走路不對勁有好幾個理由。我懷疑牠們很難同時動這麼多腳。有時候飛機的機頭朝著某個方向飛行，機身卻往另一個方向移動，說起來倒像隻螃蟹。這也是為什麼，飛機依循地面方位來飛行的路徑，就稱為該飛機的地面航跡（ground track）。

您可能會在機艙裡心寬體胖地坐著，安心地看著羅盤所顯示165度方位來飛行，其實只有在無風（或者風對著飛機機鼻直吹而來）的狀態下，您的航向才有可能不偏離以地面為準的165度角方位。一陣輕風，就會讓航向偏離。不同的風力與角度，影響輕重互見，不一而足。

唯一能夠直接依循地面航跡的方法，就是將飛機的機鼻對著風向（不論風從哪裡吹來）逆風飛行（程度視情況而定），來抵消風力的作用（請參閱圖 1-11）。如果您將機頭朝右偏一點，而風又將機頭往左吹一點，就會形成平衡，讓您能夠依照預定的航線飛行。

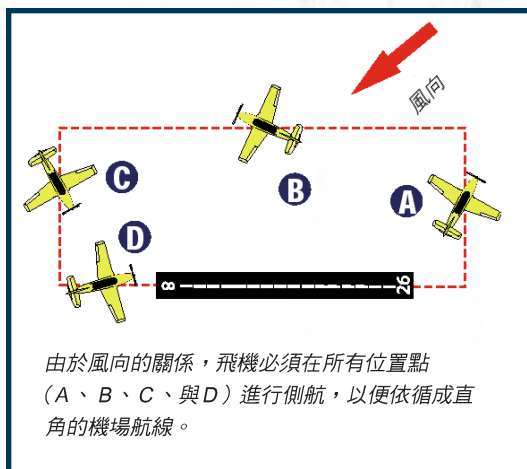


[圖 11-1] 在機場航線上進行風修正

您要怎麼去衡量精確的側航程度？先讓飛機進行小規模的協調轉彎（先試5或10度角）對到逆風方向，機翼放平，然後看看結果會怎樣。記得我說的是協調轉彎（coordinated turn）喔。我們並不是用方向舵來進行側航，而是協同運用方向舵與副翼來轉向逆風處。別忘了，這個觀念很重要。

第十一課：側風降落

如果飛機適當側航，它就會沿著與跑到成直角的地面航跡飛行（如圖 11-1 中的虛線所示）。飛機的地面航跡與跑道成垂直，如飛機 A 所示。同樣的，飛機 C 向左側航，逆著風飛，在第四邊（底邊）維持預定的地面航跡。當然，如果風向不是正對跑道，您必須沿著機場航線五個邊一路側航，來維持直角地面航跡（參閱圖 11-2）。



[圖 11-2] 在機場航線上進行側風修正

如果任風將飛機吹著走，您就無法沿著預定的航線飛行。在機場航線飛行中，這個問題更需要注意。其他的飛行員，以及塔台人員，都預期您會沿著機場航線的每個邊直飛，因此將風向列入考量並進行側航，將是唯一能達到這個要求的途徑。

當您的飛機在第五邊（最後進場邊）候待進場時，側航修正變得格外重要。您必須盡快將飛機迎向逆風方向，設定好適當的偏航角度，如此一來，您的地面航跡才能對正跑道的中央線。您可能要作好幾個轉彎動作，才能找到適當的側航角度。沒關係，放心做就是了。

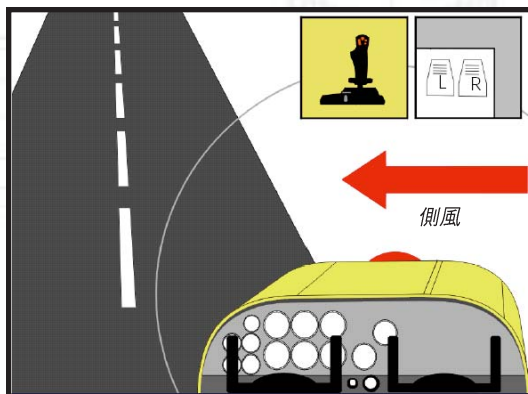
一旦側航角度確定下來，您就一路以這個角度飛進跑道。事實上，您會維持側航狀態進入平飄。只有在飛機就要觸地前的那一剎那，您在平飄時會做一個動作，叫「跳離側航」（kicking out the crab）。

跳離側航

跳離側航的意思，不是要您將摯情烈性的飛行教官踢出飛機，而是要您在飛機觸地前，藉著方向舵的充分作用讓飛機的長軸對正跑

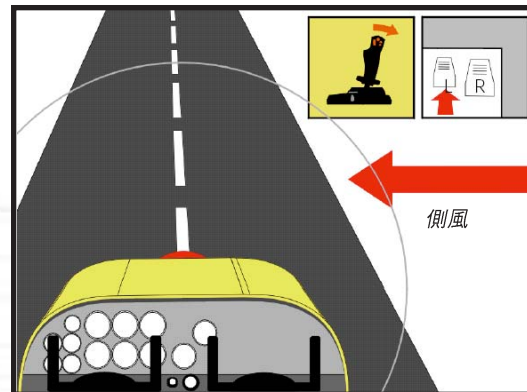
第十一課：側風降落

道中央線（如圖 11-3A 所示）。對，您剛剛才在飛機觸地之前，充分用方向舵校正了飛機的方向。就是這樣。好，接下來還要再介紹一個觀念。



[圖 11-3A]

我們假定您側航到左側，您必須增加左方向舵作用，在飛機觸地前對準方向。您運用左方向舵時，飛機會自然地向左側傾。因此在跳離測航時，您得動用右副翼來調平機翼（如圖 11-3B 所示）。



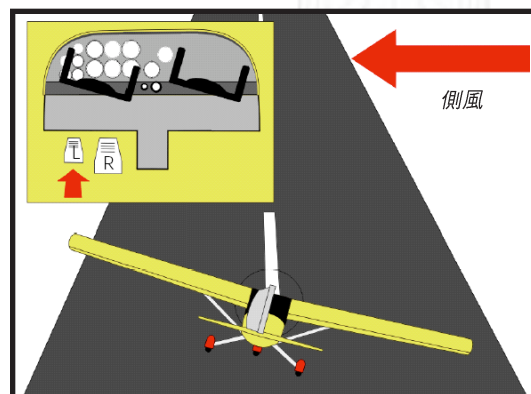
[圖 11-3B]

遇到側風降落時，我不偏好運用側航法。它需要算準時間才能順利進行。情況複雜的時候，如飛機在平飄時減速，您往往得增加側航角度，才能繼續對準跑道中央線。原因是，飛機在平飄時速度會慢下來，飛機的速度一慢，就需要較大的側航角度來抵消風偏作用。因此飛機在平飄時，您往往需要增大偏航角度，同時在機輪觸地之前，您需要再將飛機對正跑道中心線一次。呼！真累啊。不過，還有另一個對您、飛機、以及乘客來說都容易得多的方法。

第十一課：側風降落

壓機翼法

這聽起來有點像中國飛行教練發明的動作，不是嗎？以壓機翼法進行側風修正，您只需要運用副翼，朝側風方向側傾就行了。如果風打右邊來，就動一點右副翼，讓飛機向風側滑（如圖 11-4 所示）。因此，這個方法也稱為側滑法側風降落。如果您側傾角度足夠，飛機側滑的程度就能抵消風的側邊推力，讓飛機對正跑道中央線。然而，您還得多兼顧一件事，這方法才會管用。



[圖 11-4]

當您充分運用副翼來抵消風力時，飛機會朝側傾的方向轉彎，記得，可別讓飛機就這樣轉過去。充分施加反方向的方向舵，保持飛機的長軸對準跑道中央線。換句話說，如果您用右副翼向右側傾，來進行右風偏修正的話，您同時也要運用左方向舵，防止飛機向右轉彎。那麼，需要打多少左（反向）方向舵呢？只要飛機的機鼻能夠對準跑道就行啦。

第十一課：側風降落

從這個位置開始，飛機一路飛向跑道且開始平飄。不必別出心裁做其他動作。飛機開始平飄時，假定出現右側風，右翼會偏低，飛機的右輪（上風處的那組機輪）就會先觸地。這不但是正常現象，還是我們所預期出現的情況。飛機在進行側風修正時，本來就是要這樣落地的。當然，一旦您以上風的機輪觸地後，您自然也要讓另一組機輪落到地面，因為它遲早也會自行落地。您可不願看到飛機一路「翹單輪」滑行吧。如果您願意，拍張照片寄給我，我一定要看。

兩種方法同時運用

就風偏修正的兩種方法而言，您已經看到「側航法」與「壓機翼法」的基本差異了嗎？壓機翼法容易得多，需要的技巧較少。進行風偏修正時，這個方法也比較有效。不過，我會在側風降落時融合兩種方法。

我在最後進場時採用側航法做修正。然後，在距離跑道上空約100英尺時，我會轉換使用壓機翼法飛行。這可以免於讓飛機一路側滑太久，乘客得備嘗被推擠到機艙一側的艱辛。

您已經會啦。側風降落沒那麼難。它們確實需要練習，而且我希望您能用心。那麼，請利用您的課餘時間練習一下技巧，我們下堂課見。

第十二課：VOR 導航

您是否曾經在開車時徹底地迷了路，無助到想把車當場開進二手車行給賣了，拿了錢之後當場買部新車重新來過？真是這樣的話，您連自己是誰也迷失了。找路不難，尤其是開車的時候。您只要開到加油站問個路就行了。可是開飛機的時候怎麼辦？您總不能把飛機飛進加油站去問路，就算您真的要加油加水，還是會引起一陣騷動。所幸，您只要懂得操作一組稱為「VOR」的小小導航裝置，就不必擔心開飛機時會迷路。VOR 是 Very high frequency Omnidirectional Range（特高頻多向導航台）的縮寫。

VOR 概觀

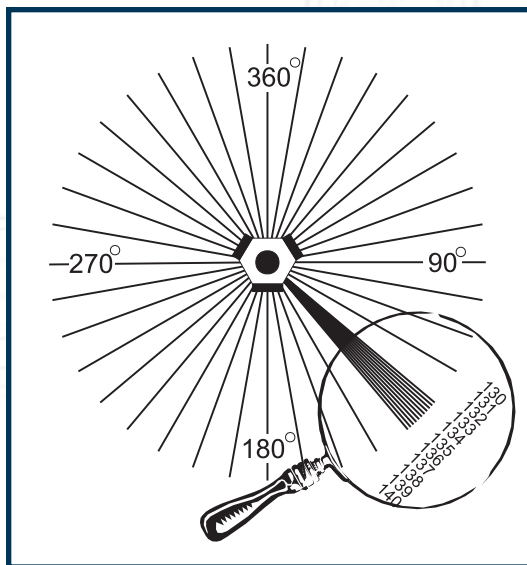
進行VOR 導航時，需要兩組裝置配合：一個是如圖 12-1 所示的機上 VOR 接收設備，另外一個就是地面無線電訊號信標台（從幾千呎高空看下來，就像小小的烤餅攤子）。



[圖 12-1] A：VOR接收器；B：VOR顯示器

地面無線電訊號信標台會朝各方向發出360道電波航道，每一道都會經過無線電信標台的中心點，如圖 12-2 所示。這些電波航道分別對應羅盤上的特定角度，0度對正北方，90度對東，270度對西，以此類推。藉著飛機上的VOR設備，您可以依照無線電信標台這360條電波航道中的任何一條來飛向、或飛離該VOR台。

第十二課：VOR 導航

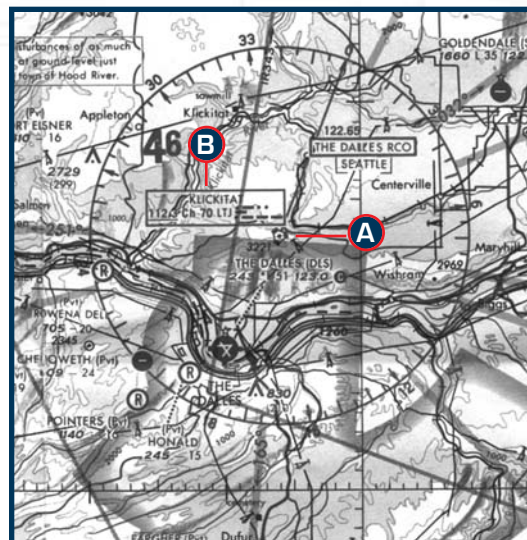


[圖 12-2] 放射狀VOR 電波航道

當然，如果您不知道VOR 台的位置，不論是導向或導離該信標台，都沒有什麼實質上的意義。所幸飛行員在飛行時，總會帶著航空專用區域地圖（請參閱圖 12-3），圖上會清楚地標示VOR 台的位置。VOR 台（位置 1）位於一組羅盤的中心，周圍有以 5 度為

劃分單位的刻度記號，每 10 度又以較大的刻度記號來表示，每 30 度則以數字來顯示方向角度。

在羅盤的附近有個小框，記載了該VOR 地面台（位置 2）的名稱、摩斯電碼（Morse code）代號、以及頻率。在圖 12-3 裡，VOR 頻率為 112.3。您不用去在意



[圖 12-3]

第十二課：VOR 導航

「CH70」代表什麼意思，這是軍方飛行員使用的頻道，不是有線電視第70台。

飛機上的VOR設備

大多數飛機上配備了一組或多組VOR接收器，每組裝置都連結到一具與圖12-4裡所看到類似的VOR顯示器上。飛行員提到他們「機上的VOR」時，指的就是這具顯示器。它由五個主要的元件組成：

- 顯示器上方的電波航道指標（index），指出您所選定的電波航道。
- 一枚可以向左右偏移的垂直指針，也稱為「電波航道偏航指示器」（course deviation indicator，或簡稱CDI）。
- 一個朝上、或朝下指的三角旗標，也稱為「模糊指示器」（ambiguity indicator）；它有時會呈現紅白條紋相間的狀態。（向上指的三角形標示「TO」（飛往），向下指則代表「FROM」（飛離），紅白條紋旗標則代表「OFF」

（止）。在我們的地面課程裡，我會分別用TO、FROM與OFF來代表這三個旗標。）

- 一個全方位航向選擇旋鈕（omnibearing selector；OBS）。這個旋鈕可以讓您選擇電波航道。
- 一個呈圓形、而且可以轉動的羅盤卡。您可以轉動OBS旋鈕來調整它的方向。（轉動OBS旋鈕可以選擇不同的電波航道值，與上述的電波航道指標對應。）

如何利用VOR進行導航

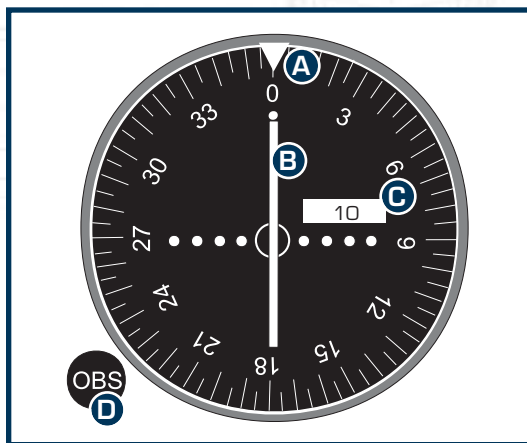
以VOR導航，您必須先對通與識別您要用來導航的VOR信標台頻率。當您的導航接收器設定了適當的頻率之後，您就可以選定其中一條電波航道來飛（一條空中的高速公路）。

轉動OBS鈕，將某一個特定值對應到電波航道指標上（圖12-4），您就可以在VOR

第十二課：VOR 導航

信標台所發出的360道電波航道裡，選定任何一條可飛行的航線。

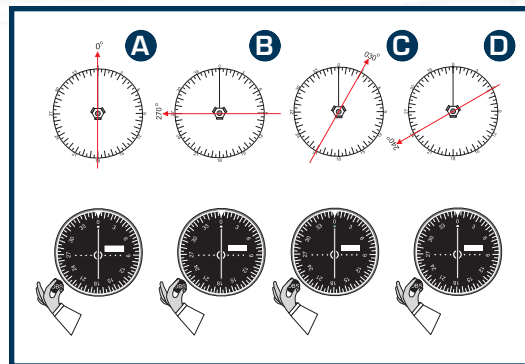
[圖 12-4] A-電波航道指標；B-CDI；C-旗標；D-OBS 旋鈕



我們先假設您用 OBS 旋鈕選擇了 360 度電波航道（或者說 0 度，其實它們是同一道電波航道）。您的 VOR 顯示器會自動定位，顯示 360 度電波航道與您飛機的相對位置（圖 12-5A）。您可以看到，您所選的 360

度電波航道會以該角度方向穿過 VOR。如果您選定的是 270 度電波航道，VOR 顯示器將定位到 270 度航道（圖 12-5B）；以 OBS 選擇 030 度，顯示器則定位到 030 航道（圖 12-5C）；選擇 240 度，顯示器亦會自動定位到該對應航道（圖 12-5D）。

[圖 12-5]

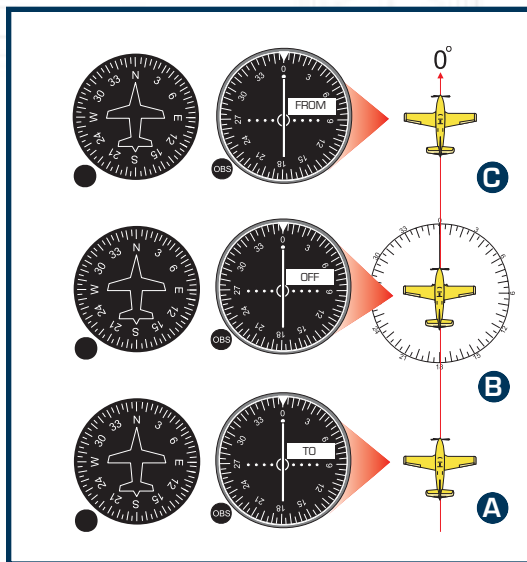


您在進行模擬飛行的時候，請注意一下，VOR 的航道選擇鈕是可以「調轉」的。您只要將游標移到它的附近，當加號（+）或減號（-）出現，再按滑鼠鍵來選擇特定的航道即可。

第十二課：VOR 導航

先假定您選擇的是360度航道好了（360的值會出現在電波航道指標上面），要飛這道航線，您要將方位指示器調整到360度方向。假設您已經完成了這個程序，VOR指示器的指針應該會對中，旗標顯示「TO」字樣（向上的三角形），如圖12-6A所示。

當您的飛機正對信標台上空的時候（圖12-



[圖 12- 6]

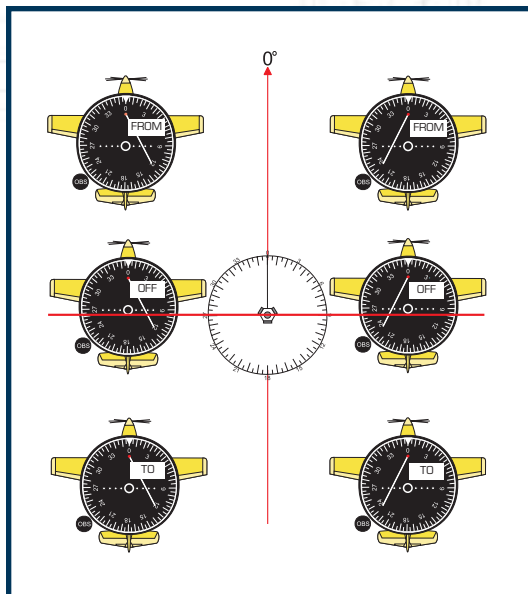
6B)，旗標會顯示「OFF」字樣（紅白條紋），顯示出您當時並不是飛向、也沒有飛離信標台。簡單地說，如果飛機在選定的電波航道上飛行，而且指針對中的時候，旗標的TO或FROM字樣會告訴您，飛機究竟是飛向還是飛離VOR信標台。

您沿著選定的航道飛行時，如果通過了VOR信標台，您會看到旗標由TO自動轉成FROM（向下指的三角形），請參閱圖12-6C。

如果您的飛行方向無誤，然而VOR指針卻沒有完全對中，又會發生什麼樣的情形呢？這表示您的飛機並沒有完全對應電波航道的軌跡。圖12-7裡可以看到，位置不同的幾部飛機與他們的VOR顯示情形。飛機A的方位為360度（與選擇的航道方向相同）。它的VOR顯示情形為：指針右偏，旗標出現TO字樣。這表示飛行員所選定的電波航道正位於飛機的右側，如果飛機A完全對應到該航道，其方位就會直接對向信標台的所在位置。飛機A必須向右轉彎，進入它所選

第十二課：VOR 導航

定的航道；同樣的情況，飛機C與飛機E也要右轉才能進入該航道，才能對向VOR信標台，飛機B、D、與F則必須左轉。請注意，當信標台正對飛機的90度垂直側邊(abeam)時，旗標會顯示出OFF字樣。這並不表示飛機脫出了航道，而是您暫時處於



[圖 12-7]

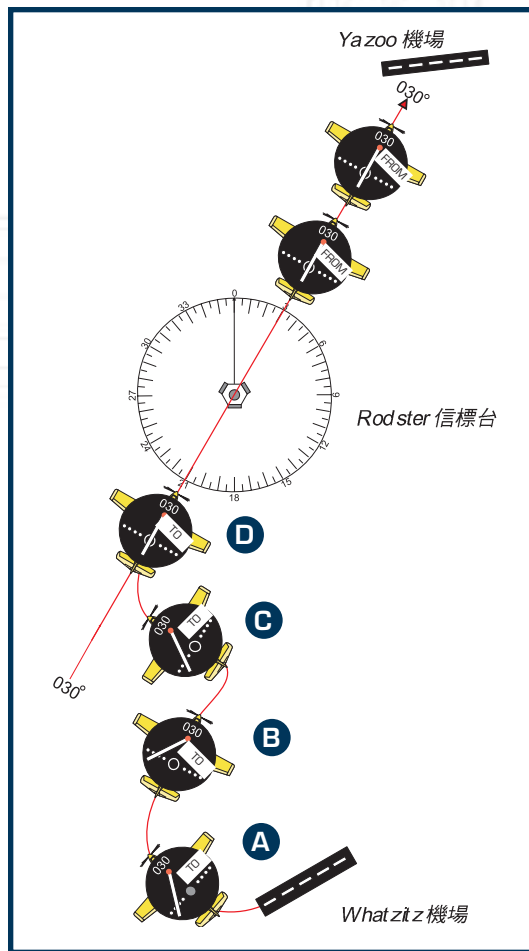
既不是飛向、也不是飛離信標台的狀態。記得，只要偏航指針朝某個方向偏移，您就將飛機朝那個方向轉彎，去進入原先所選定的航道就對了。

如何攔截與追蹤VOR 航道

假設您現在要飛離Whatzitz 機場(以030度航道飛往、飛離信標台，如圖12-8所示)。(為了精確起見，我們會在小於100的方位值前面冠上一個0。這可以避免飛行員將30度誤判為300度。我們將030讀成「洞三洞」，英文則讀成「zero-three-zero」。這樣讀可以讓您聽起來有專業機師的架勢。)您的目的地是Yazoo 機場，它位於飛離Rodster 信標台的030度航道。

您的OBS 設定到030，飛機飛離Whatzitz 機場。VOR 顯示器中的偏航指針偏左，旗標出現TO字樣。指針朝左或朝右偏，並不能告訴您飛機位於所選定航道的哪

第十二課：VOR 導航



[圖 12-8]

一側，您必須將飛機實際對正與該航道相同的方向（或至少想像您對正了這個方向）。為什麼呢？VOR 設備的指針與旗標顯示，與飛機的飛行方向完全無關。

這一點非常重要：VOR 設備無法得知飛機本身的飛行方向。因為機上的VOR 導航顯示，是以飛機已經對正所選定航道的方向為前提在運作。顯示器僅能偵測飛機是位於航道的左或右側，以及您目前所飛的航道是否將帶著您飛向、或飛離信標台。

顯然地，030 度航線並不在飛機的左方。不過，如果您將飛機轉向所選定航道(030)的方向，偏航指針與旗標就能帶領您飛進航道。也只有在這個情況下，指針本身才能告訴您，您所選定的航道確實位於飛機的左側。TO/FROM 旗標則告訴您，只要您進入航道了，且方向為030 度，您就能一路飛向VOR 信標台（這裡要假定沒有風偏等其他因素將您吹離航道）。

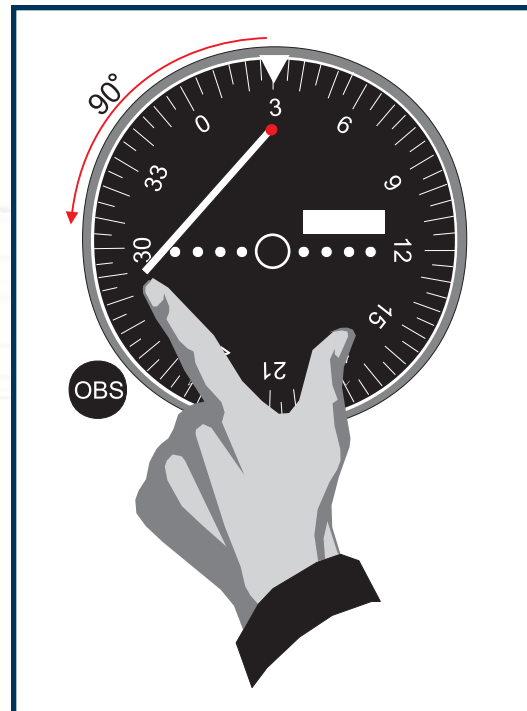
我知道有一個疑問會在您的心頭熊熊燃燒：如果您得向左轉進入030 航道，那麼飛機

第十二課：VOR 導航

需要轉幾度才適當呢？答案是大於0度、小於90度就行了。這完全視您希望以多快速度進入該航道而定。以實際層面來看，如果VOR指針完全偏斜，您未必知道所選定的航道是在1哩附近還是遠在100哩外。在這樣的情況下，您的目標應該是儘速進入航道；因此，就以90度角截入航道。不妨問問自己，030度向左加90度是什麼方位？然後看看羅盤，向選定航道的左方推算90度（圖12-10）。朝300度方位飛（與選定的航道成垂直），可以讓您在最短的時間內截入該航道。

[圖 12-9]

回到圖12-8，飛機B必須轉左，截入030度航道。它應該向左轉多少度呢？答



案一樣，也是大於0度、小於90度就可以了。如果我們要儘快攔截到航道，就朝300度方位左轉（與所選定的030度航道垂直），如圖12-8裡的飛機C所示。

不必擔心您無法一下子就精確對準航道。指

第十二課：VOR 導航

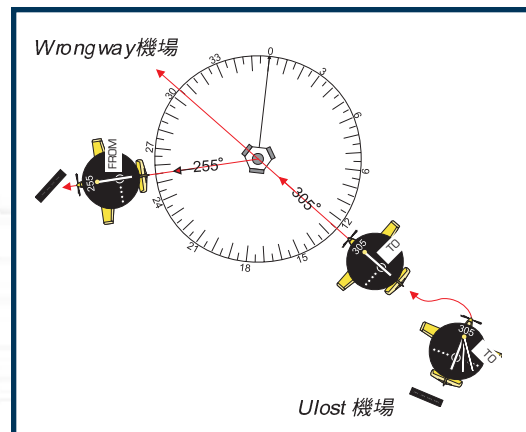
針能多快對中，要看您距離信標台有多近而定。只需要一點點經驗，就能幫助您推算指針對中的快慢，以及從航道方位開始轉彎的時機。

在選擇的航道上飛越VOR 信標台

我們現在要更實際地來運用VOR 導航功能。假設您的飛機升空後，在Ulost 機場的周邊（圖 12-10 中的飛機 A）飛行，目的地為Wrongway 機場。由於這堂課的主題是VOR 導航，我們要透過VOR 來尋找Wrongway 機場的位置。問問自己：「飛向Bigfoot 信標台最好的路徑為何？」您可以合理地假定，飛機永遠位在某一通過VOR 信標台的電波航道上。不過，您怎麼研判自己所飛的是哪條航道呢？以下為您介紹方法。

[圖 12-10]

將導航無線電調整到Bigfoot 信標台的頻率，調轉OBS（航向旋鈕），直到旗標出現



TO 字樣，指針對中為止，如圖 12-10 中的飛機 B 所示。此時再看看頂端的電子航道指標所對的航道是哪一條。在這裡，您正位於飛往Bigfoot 信標台的305 度航道，如飛機 B 所示。很簡單吧？

您飛近信標台時，問問自己哪條航道將通過信標台中心，並對準Wrongway 機場的所在方向。畫條線（或目測）來找出這條航道。看來，通過信標台往Wrongway 機場

第十二課：VOR 導航

方向的是255度航道。因此，當您飛過信標台的上空，將飛機轉向到255度，調轉OBS到255度。現在，您的VOR顯示已經設定好追蹤255航線飛往Wrongway機場，如圖12-10中的飛機C所示。

在VOR航道上進行風偏修正

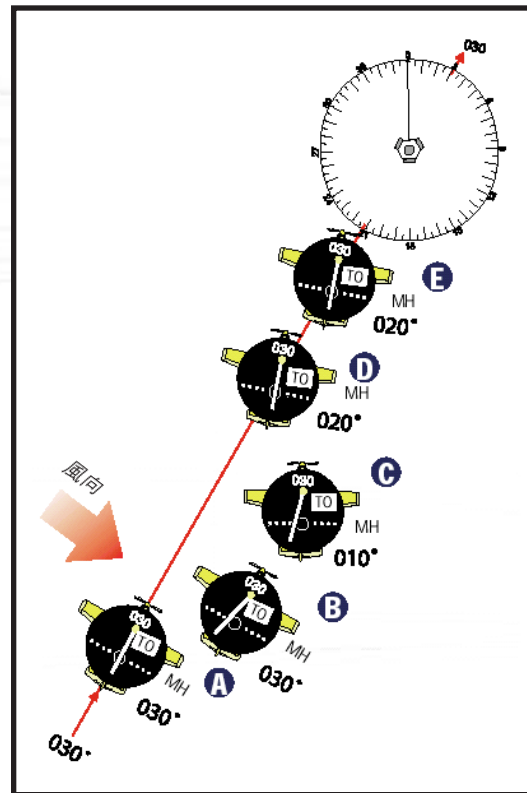
我希望您不會因為一陣風吹過來，剛剛學到的一切就派不上用場了。不過話說回來，我又還沒有開始提風這個變數，您又怎麼會被吹跑呢？直到目前，我還假定所有的一切動作，都是在無風狀態下進行，但是現實中，這種理想狀況極少發生。現在我們就來學習如何在VOR導航時進行風偏修正吧。

風偏修正可以分為以下三個部份來探討：

- 辨識風力對飛機的影響效應。
- 切回原來航道。
- 進行風偏修正。

以下請看風偏修正的程序：

1. 辨識風力對飛機的影響效應。圖 12-11 中，飛機A正截入030度航道，向



[圖 12-11]

第十二課：VOR 導航

VOR 信標台飛行。在無風的狀態下，飛機A 可以保持030 度方向，VOR 指針對中，朝信標台飛去。即使僅在微風狀態下，飛機A 依然會飄離航道。確定風向為何，並進行必要的適度修正，是成功導航的第一步。

要確定風對飛機本身的影響，將飛機對向所選定航道的方向（在這個例子裡為030 度）。接下來您必須等待一下。如果無風，指針將會保持對中（或幾乎對中）。如果有側風出現，指針必然會出現偏斜現象，如圖中的飛機B 所示。在重新切回原航道之前，指針可以容許偏移到什麼程度？或許在這個例子裡，最好的建議是不要等到指針偏得太多（或許不要超過VOR 顯示器上的一個小刻度），就開始進行修正。

2. 切回原來航道。如果偏航指針向左偏，那麼您所選的航道在飛機的左側，如飛機B 所示。飛機被風吹向航道的右方

（表示側風從左方吹來）。一旦您掌握到風向，您必須在進行風偏修正之前先切回原航道。您可以用20 度角切回航道，如圖12-1 中的飛機C 所示（颶強風時，有時您必須以30 到40 度角切回航道）。

3. 進行風偏修正。重回航道後，第三個步驟才是進行風偏修正。您必須讓飛機逆風飛行，來抵消風的推力。需要多大程度的修正呢？這要看好幾個變數來決定，包括考量到風速與風向。實際上。這些變數也不是真的有那麼大影響。先試試10 度風偏修正，看看什麼情形會發生。這有點像是去看電影，您也無法事先知道電影到底好不好看，要自己走一遭戲院才知道（即使我上一回看的電影，真是有夠難看的，我看到中間一半就出來了。很不幸地，這是電視上播的電影，所以我走出的是自己的家門）。一旦您位於航道上，將飛機轉向，讓它以10 度角對著逆風（這表示它現在朝向020 度方位，如圖12-11 中的飛機D

第十二課：VOR 導航

所示)。拿出一點耐心，等著看結果會怎樣。

正如您所看到的，飛機E 完全地遵循著030 度航道飛向信標台，指針也不再偏移。恭喜了！您已經成功地完成了風偏修正。而且，如果您、或者任何有經驗的飛行員，能夠一次就找出適當的風偏修正角度的話，真的是很幸運！現實中，您或許需要至少嘗試兩次以上，才能找出風偏修正的角度。同樣的風偏修正原理也適用在追蹤特定航道而飛離信標台的狀況。

您做得很好！您正逐步邁向成為VOR 導航一代宗師的目標，既是氣象大師，也是空中導航之王。大家會希望您穿著白袍，在機場的四周漫步。世界各地的飛行員都會慕名前來向您請教。嘩，連電視台都來採訪了！上節目！什麼事都可能發生。最起碼，您可以輕鬆地飛抵目的地。

好了！醒醒！現在是您進入私人飛行員課程、練習VOR 導航的時間了。接下來，請閱讀ATC 手冊並進行ATC 課程。最後，再請您進行私人飛行員試飛程序（Private

Pilot Checkride）。

VOR 與空中公路

到目前為止，我還是將每一條從VOR 發射出來的電波稱為航道（course），其實這麼做也是因為一個好理由。這樣比喻，可以讓整個說

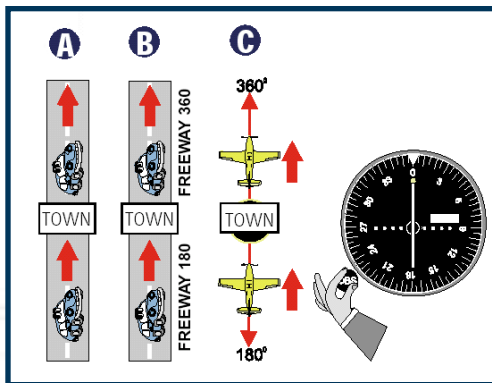
第十二課：VOR 導航

明過程更容易被人理解。為了接下來的進階飛行觀念，如儀器進場（instrument approach）飛行等，您必須了解如何遵循特定一條電波航道發射波（radial）飛向與飛離 VOR 信標台，不僅僅是單一的特定「航線」。當飛行員提到他們正從特定航道飛近、飛離信標台的時候，同時也代表他們正循著 360 度放射狀電波航道中的任何一條在飛行。

我們就以您上回在小鎮路上開車的經驗，來展開我們的討論好了。我們假設有一條公路穿過小鎮向正北方延伸，如圖 12-12A 所示。當您進出這座小鎮時，車子會面對正北方（360 度），與公路的指向相同。假設這條公路進入鎮上後，有部份路段取了不同的路名，這會影響到車子穿過小鎮時所行進的方向嗎？當然不會。讓車子駛離小鎮的向南公路路段，我們就稱為 180 號公路好了，向北方駛離小鎮的路段就叫 360 號公路，如圖 12-12B 所示。這麼一來，我們可以說，車子是由 180 號公路進入小鎮，從 360 號公路離開小鎮。您的方向並沒有改變過，只是給了道路不同的編號而已。

以 VOR 進行導航，基本上也是一樣的情況（如圖 12-12C 所示）。如果您朝北飛向這座「小鎮」VOR 信標台，您會沿著 180 度電波航道飛近，從 360 度航道飛離。不管沿著哪一

第十二課：VOR 導航



[圖 12-12]

條飛，路徑都是朝向360度方位，一如地面上的公路一樣。將飛近與飛離信標台的放狀射電波以單一公路來比喻，有時候聽起來並不適切。不過對利用儀器來飛行的飛行員而言，這是他們所需要用來瞭解VOR導航的方法。因此，在您被要求攔截與追蹤飛往某一信標台的180度航道時，您必須將OBS旋鈕設定到360度（或者這麼說，與您飛向信標台所依循的航道相差180度的航道）。在您展開儀器進場飛行之前，就先把所有VOR電波想成航道就是了。

第十三課：儀器掃描飛行第一步驟

姿態、動力、與配平

透過之前上過的大多數課程，您已經從飛機的機窗望見自然天地線，知道飛行是什麼感覺了。如果我把它拿走了呢？我不是說拆掉您的機窗，而是拿掉您外面的視覺景觀。當您飛進雲層時，情況就是這樣。也許您不知道，飛機飛進雲層之後，飛行能見度並不高，這表示您不太可能看得見天地線。失去了視覺上的參考依據，您需要仰賴飛機上的儀器來飛行。這就是接下來的三堂課所要探討的主題。

我打算為您講解包含三步驟的掃描飛行儀器程序。之前，我也是這樣協助學生準備他們的儀器飛行證照考試（這張執照允許他們穿進雲層飛行）。如果您花點時間嫻熟每個步驟，您將習得與民航機師一樣的儀器飛行技術。唯一的差別在於，您背後沒有150到400名的乘客眼睜睜地盯著您做每個動作。首先，我們先確認一下您是否真的瞭解儀器掃描的意義。

掃描程序

當飛行員提到「掃描」的時候，他們不是指心電圖掃描（即使飛航體檢時已經做過了），也不是腦波掃描（不過您要是沒事摔飛機，恐怕就有需要了）。他們所指的是掃描飛機儀錶板上的六大飛行儀錶，如圖13-1所示。所謂掃描，並不是要您眼睛咻咻咻快速掃過這些儀錶，而是一套經過設計的程序，讓您知道什麼時候該看哪些表，看過了以後又要做些什麼動作。這也是我為什麼要將掃描程序分成三個簡易步驟的原因。這三道步驟將會在底下為您一一說明，不過我希望您能夠一次學習一個步驟，熟練之後再進行下一個；上手之後，再讓它們成為一氣呵成的三合一程序來操作。

第十三課：儀器掃描飛行第一步驟



[圖 13-1]

三步驟

以下是應按順序執行的三步驟：

第一步驟：姿態、動力、與配平。

第二步驟：輻射式掃描主要儀錶。

第三步驟：使用垂直速度表（VSI）進行配平，持續監看六大飛行儀錶動態。

只要飛機的飛行姿態進行重大改變，就要依序進行這三個步驟。舉個例子，平直飛行的飛機如果要開始爬升，就是重大的姿態改變。從直飛爬升

變為轉彎爬升，也是重大的姿態變換。本質上，任何基本飛行動作的結合，都會關係到飛行姿態的變化。三步驟程序應該在 15 到 20 秒左右的時間裡完成。在這一堂課裡，您會將重心先放在第一步驟上面，在接下來的兩堂課裡，再依序介紹步驟 2 與步驟 3。掌握了每一步，您就能掌握儀器飛行技術。

最重要的儀錶

儀器掃描的第一步驟關係到飛機上最重要的儀錶：姿態儀（attitude indicator）。當您在第一步驟選擇了飛行姿態後，您指需要監看姿態儀。您之所以能夠這麼做，是因為它同時提供了俯仰與坡度資訊，而其他的儀錶僅能提供其中一樣資訊，無法同時顯示兩種。這是姿態儀如此重要的原因。然而在我們正式進入第一步驟討論之前，您需要瞭解一種稱為「機翼改平與俯仰反應」（wing leveling-and-pitch reflex）的飛行技術。

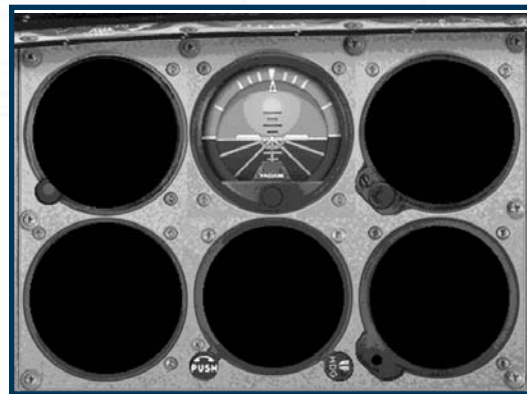
第十三課：儀器掃描飛行第一步驟

機翼改平與俯仰反應，指的是維持飛機特定姿態所需的飛行技術。保持飛機某一特定姿態，並不是一件簡單的事情。飛行員往往會因為掃描儀錶分心，加上亂流持續地擾動飛機，兩個因素都會導致飛機側傾，造成不必要的轉彎。技術熟練的飛行員遇到這種情況，下意識地就會立即校正不必要的俯仰與側傾；這往往是自發性的動作，他們會直覺地移動搖桿，將飛機回復為原定的姿態。除非您經過練習，否則進行這些修正之前免不了還是要想一下。如果您駕駛的是一艘大飛船，反應慢一點無妨，駕駛飛機的話就不行了。

在互動課程中，您會有機會培養機翼平飛與俯仰反應。別草草結束這個練習，我很想盡力形容這個反應有多重要。我會在飛機上和學生們待上好幾個小時，確定他們知道要朝哪個方向扳動搖桿，以改平機翼或維持想要的飛行姿態。如果您覺得自己已經掌握了這些反射性本能（且手臂還有知覺的話），請進入三步驟掃描程序的第一個步驟。

掃描的第一步驟

第一步驟要求您為想要的姿態選擇飛行姿態、動力、與配平狀態。例如，如果您正在平直飛行（圖 13-2），且想要爬升（這是一個重大的姿態變動），您需要選擇一個爬升姿態、設定動力值、然後進行配平修正。專注監看姿態儀來進行這些程序。

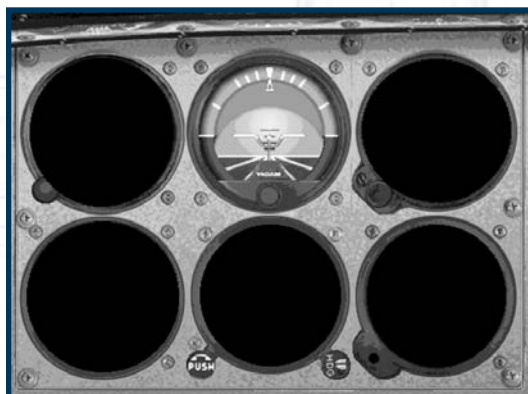


[圖 13-2]

根據您之前的經驗，根據您想要達到的飛行狀態需求，選擇一個飛行姿態。您還記得先前課程裡提及的姿態，是吧？如果忘了，現在剛好回頭複

第十三課：儀器掃描飛行第一步驟

習複習。圖 13-3 顯示出，在動力全開的狀態下，以 80 節速度爬升所需要的大約俯仰姿態（機鼻向上 13 度）。



[圖 13-3]

以下告訴您如何根據第一步驟完成程序，由平直飛行狀態進入爬升動作：

1. 將飛機俯仰姿態向上調整 13 度。您無法確定這能為您帶來剛好 80 節速度，不過目前為止沒有關係。您要先將飛機調整到約略的姿態，細節部份待會兒再打算。
2. 俯仰姿態向上之後，動力全開（2550 RPM）。（等飛機機頭抬高後，再施加爬升動力。因為隨著動力的施加，機鼻向上的俯仰姿態會增加螺旋槳在空氣動力上的負荷，抑制引擎轉速超速。）
3. 運用配平修正，保持飛機的爬升姿態。（目前您可以進行約略的配平修正。最後配平將留待在三步驟儀器掃描的第三步驟裡進行。）

做得好！真優秀！現在我們要接著探討，當飛機進行重大的姿態改變、從爬升狀態返回平直飛行時，我們將如何實施掃描程序第一步驟。

從爬升狀態返回平直飛行

如果您的飛機正在爬升，以下是您可以如何藉著儀器掃描的步驟 1，來返回平直飛行狀態。

1. 將飛機機頭下俯到平直飛行姿態（圖 13-2）。您可能無法確定飛機是否完全回復平飛狀態，不過目前還不用擔心這件事。

第十三課：儀器掃描飛行第一步驟

2. 等個10秒鐘，將動力降低到2300 RPM 巡航設定。（為什麼要等10秒鐘呢？因為您要在飛機的動力降低之前，在短時間內加速到以巡航速度飛行。在下一堂課裡面，您得在動力降低之前將飛機加速到100節、甚至更高的巡航速度，等待的時間也許會更長。因為您還無法掌握空速值，因此我們騰個10秒鐘時間讓飛機加速。）
3. 一旦動力降低了，開始配平飛機，維持平直飛行姿態。

接著我們來探討如何運用掃描程序的步驟1，讓飛機由平直飛行進入下降動作。此時，重要的是在下降時維持適當姿態。下降時的空速一般來說會比爬升時要高，所以我們可以採取半度機頭朝下俯仰姿態，如圖13-4所示。您會以100節左右的速度下降。記得程序：姿態、動力、配平。以下請看操作細節。



[圖 13-4]

由平直飛行展開下降動作

1. 選擇讓飛機下降的適當姿態（圖13-4）。
2. 立即將動力降到飛行慢車。（一般認為，同時調整姿態與進行動力設定是很好的做法。動力降低將會導致飛機機鼻自動下俯，因此有助調整機鼻下俯姿態。動力沒有降低就開始放下機鼻，會導致空速升高，有時甚至超出您想要的數值。）
3. 配平飛機，維持想要的機鼻向下俯仰姿態。

接著我們再看看，如何從下降狀態回復平直飛行。記住程序：高度、動力、與配平。

第十三課：儀器掃描飛行第一步驟

由下降狀態返回平直飛行

1. 選擇平直飛行姿態（圖 13-2）。
2. 提高動力到2300 巡航設定。如果您錯過提高動力的適當時機，空速會下降。因此在飛機一進入平直飛行姿態後，最好就能立即增加動力。
3. 配平飛機以維持想要的姿態。

這是很重要的一堂地面課。會讓操作儀器飛行的飛行員頭痛的，向來都是些小細節，如變換動力設定的時機與方式等。的確，這種事情沒那麼好玩，但是值得您去理解。現在我們就來看看，飛機要如何藉著儀器掃描步驟 1，由平直飛行進入轉彎動作（又是個重大的姿態改變）。

進入爬升與下降轉彎

在之前的課程裡，您學到飛機需要20 到30 度側傾才能完成轉彎動作。這個事實同樣適用於儀器飛行。您要避免以超過30 度的坡度轉彎。為什麼呢？以過陡的坡度轉彎，會讓飛行員在進行儀器飛行時應接不暇。儀器飛行已經夠令人疲勞了，大坡度轉彎所帶來的各種航空應力，對飛行員來說無疑是雪上加霜。因此在進行儀器飛行時，我們將統一採用20 度坡度轉彎。稍後，您將學到進階的轉彎觀念，像是標準轉彎（standard rate turns）。

我知道您的轉彎技術已經爐火純青了，我們就直接切入主題，探討一下如何應用儀器掃描步驟 1，來進行轉彎與爬升動作結合的重大姿態改變。這就像曼妙的舞步裡結合了所有的踢踏，卻沒有一個人的腳被踩到。祕訣是，您要在調整至爬升姿態的同時，立即進入20 度坡度轉彎。以下請看步驟。

第十三課：儀器掃描飛行第一步驟

進入爬升轉彎

1. 滾轉進入向右20度坡度轉彎，同時調整飛機至爬升姿態（圖13-5）。
2. 進入向上俯仰姿態後，設定爬升動力（2400 RPM）。
3. 配平飛機，維持爬升姿態。

我們再接著探討，如何藉著步驟1 進入下降左轉彎。



[圖 13-5]

進入下降左轉彎

1. 選擇下降左轉彎姿態（圖13-6）。
2. 同時降低動力到飛行慢車。
3. 配平飛機維持此姿態。



[圖 13-6]

記得，您已經練習了三步驟掃描的步驟1。只要姿態、動力、配平條件都穩定了，您就可以進入步驟2了。步驟2 讓您根據步驟1 裡所選擇的姿態進行微調。不過在進入下一課之前，還是先請您進入互動課程練習一下，熟能生巧。

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟

輻射式掃描主要儀錶

第一步、第二步、第三步：這像不像舞王佛雷亞斯坦 (Fred Astaire) 的入門舞蹈課？對，教導大家學會儀器掃描最好的方法，就是以簡明易懂的步驟來學習。以這個比喻來看，您的舞伴是儀表板，您的眼睛會以某種節奏，從一個儀錶舞動到另一個儀錶上。您剛才學習過三步驟儀器掃描的第一步驟了，現在是進入第二個步驟的時候了。

第一步驟告訴您如何只參考姿態儀，就能讓飛機以各種姿態飛行。不過把姿態儀視為姿態控制的唯一方法，有點像把核子武器搬出來對付家裡的跳蚤，有效是有效，準頭卻有待加強。身為能夠進行儀器飛行的飛行員，您需要精準控制航向、高度、與空速。一旦您在第一步驟中選擇了新的飛行姿態，您就可以進入第二步驟，輻射式掃描主要儀錶，並微調修正在第一步驟中選擇的姿態。

以下是提供您參考的三個步驟。記得，每當您的飛機進行重大的姿態改變，就要依序完成這三個步驟。大體上，這三個步驟需要15到20秒來完成。

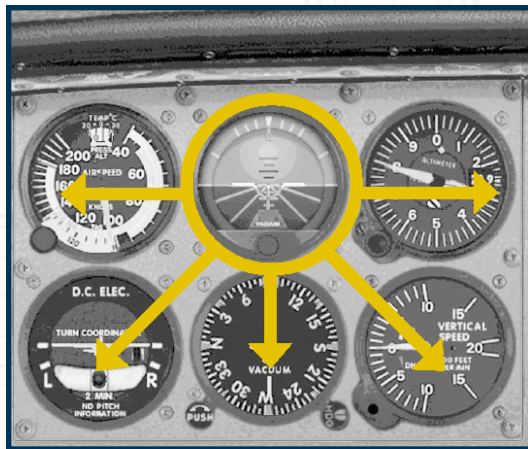
第一步驟：姿態、動力、與配平。

第二步驟：輻射式掃描主要儀錶。

第三步驟：使用垂直速度表 (VSI) 進行配平，持續檢視六大飛行儀錶動態。

進行第二步驟的目的，在於檢視一個或多具飛行儀錶，然後進行必要的俯仰狀態、坡度角度、或動力輸出方面的修正，以調整出想要的飛行姿態。另一方面，這麼做也可以讓飛機完全進入您所希望的方位、空速、與高度狀態。輻射式掃描的意思，是說您的掃描動作先從姿態儀開始，接著移到另一具主要儀錶上，接著再將視線移回姿態儀。掃描就是以這樣的模式，沿同一道路徑來回進行。想像在單車車輪的軸心與輪框之間，您的視線沿著輻條來回梭巡那樣（如圖14-1所示）。

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟



[圖 14-1]

「主要」就意味著「重要」。而主要的飛行儀錶，正提供您精準控制俯仰姿態、坡度角度、與動力輸出等狀態的重要資訊。您所選擇的每個姿態，都會用到三具基本儀錶：一具檢視俯仰，一具檢視坡度，一具則檢視動力狀態。然而您怎麼知道要用的是哪一具儀錶呢？畢竟，您可以有許多的選擇。要回答這個問題，我們一起去吃個漢堡吧。

儀錶名稱

當您在速食店點餐時，櫃台服務人員就會去按某個小按鍵，上面貼著您所點的食物圖案。您點汽水，他就會去按貼著汽水圖案的按鍵。這種簡明的視覺反應式設計，可以讓服務人員不必花太多心思在結帳這種事情上面，好去想一想哲學、倫理學、甚至想出「費瑪最後定理」(Fermat's last theorem) 的另一個證明方式。當然，如果您跟他說聲：「好天氣！」他可能會回答您：「對不起，我找不到這個按鍵。」我們不妨也用類似的標籤系統，來識別儀表板上的主要儀錶吧。

我希望您使用如圖 14-2 所示的標籤，直接貼在電腦螢幕上的儀錶下方（目前暫時還不用替垂直速度錶貼標籤）。將黃色便利貼有黏性的那一端剪下來，寫上儀錶的名稱就行了。可別動用三秒膠去貼電腦螢幕啊（要是您真的這麼做了，速食店一定會歡迎您的加入）。

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟

水平



[圖 14-2]

直線

主要儀錶識別

圖 14-2 所顯示的，是您在任何飛行狀況下都需要檢視的飛行儀錶。假設您選擇了平直飛行姿態，哪些儀表是您需要進行輻射式掃描的呢？請看一下儀表板，找出標示著「straight（直線）」與「level（水平）」的儀錶，它們分別為航向指示器（heading indicator）與高度錶（altimeter）。航向指示器幫助您直飛，高度計幫助您平飛；引擎轉速錶（tachometer）則顯示選擇的動力輸出設定值。換句話說，您可以單就這三具儀錶進行掃描，為平直飛行姿態進行微調。很簡單，不是嗎？

假設您現在將飛機設定為直線爬升（或下降）姿態，哪些儀錶需要進行輻射式掃描呢？找出標示著「straight（直線）」與「climb（爬升）」的儀錶，它們分別為航向指示器與空速計（airspeed indicator）。航向指示器幫助您直飛，空速計幫助您決定適當的爬升（或下降）俯仰角度；引擎轉速錶還是一樣，顯示出您所選擇的動力輸出設定值。

最後，我們假定您將飛機設定為水平轉彎的姿態，哪些儀錶需要進行輻射式掃描呢？找出標示著「level（水平）」與「turn（轉彎）」的儀錶，它們分別為高度計與協調轉彎指示器（turn coordinator）。高度計幫助您平飛，協調轉彎指示器則幫助您決定轉彎所需的坡度大小（很快地您就會知道怎麼看）；引擎轉速錶顯示您所選擇的動力輸出設定值。

現在您已經知道如何判定，要在什麼樣的飛行狀況下掃描哪些儀錶了。接下來，您需要輻射式掃描這些主要儀表，觀察他們的讀數顯示與指針動態。然後，將視線挪回到姿態儀上，並進行必要的姿態調整，讓主要儀錶上的讀數保持穩定。目前我們先假定，我們剛從某個飛行姿態轉進平直飛行好了。

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟

輻射式掃描的基本要領

除了平直飛行中會用到的主要飛行儀錶之外，我們將暫時把圖 14-3 裡的其他所有儀錶遮蓋起來。這是進行儀器飛行訓練時的正式做法。我們假設您已經完成儀器掃描的第一步驟，且將飛機設定在平直飛行姿態，請展開第二步驟，輻射式掃描主要飛行儀錶，並在姿態儀上進行必要的姿態調整，讓飛機進入精確的平直飛行狀態。在繼續深入討論這些之前，讓我們先談一些有關輻射式掃描的觀念。

開始



[圖 14-3]

姿態儀的下方有「start（開始）」字樣，因為這正是所有輻射式儀器掃描進行的起點。一如單車輪子的中間輪軸，您的掃描由此展開，並向外放射延伸到其他的主要飛行儀錶上。您的視線將會在主要儀錶上停留約 1 到 2 秒鐘，檢視該儀錶是否有任何讀數變化或指針偏移。接下來，您的掃描視線再移回姿態儀上，進行必要的飛行姿態修正，保持主要儀錶的讀數穩定。

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟

當然，您也可以同時輻射式掃描多具主要飛行儀錶。要這麼做，您還是要以姿態儀做為輻射式掃描的起點，視線挪到某具主要儀錶進行檢視，再回到姿態儀；接著，由此展開另一次輻射式掃描，檢視完儀表後，同樣地將視線再挪回姿態儀。重覆這樣的動作，為您想要檢視的儀錶——進行輻射式掃描，檢視過後，視線一律挪回姿態儀。

例如在平直飛行時，您可以以輻射式掃描的方法檢視航向指示器（直線飛行）、高度錶（水平飛行）、與引擎轉速錶（動力輸出設定）。以姿態儀為輻射中心點，視線往下移到航向指示器上面，檢視讀數有無變化；回到姿態儀，必要時稍微進行側傾角度上的修正，保持飛機航向不變，或回復適當的航向。接著，再將視線挪到高度錶上面，根據既定的姿態檢視飛機是否偏離既定的飛行高度；回到姿態儀，必要時進行小規模的俯仰角度調整，保持指針穩定、或讓飛機回到預設高度。引擎轉速錶是輻射式掃描的最後一站，必要時為動力設定做最後調整，然後立即將視線挪回姿態儀。飛機進行重大的姿態改變時，引擎轉速錶的輻射式掃描通常不需要超過一次。現在，請從航向指示器開始進行掃描，重覆輻射式掃描的步驟，直到兩具儀錶（航向指示器與高度計）都顯示出飛機正在平直飛行狀態。以下請看整個程序。

平直飛行

1. 以姿態儀為起點，對著航向指示器進行輻射式掃描。
2. 回到姿態儀，必要時調整側傾角度，維持270度航向。
3. 對高度計進行輻射式掃描。
4. 回到姿態儀，必要時調整俯仰角度，維持4,000英尺飛行。
5. 對引擎轉速錶進行輻射式掃描，必要時調整節流閥的位置，維持2300轉巡航飛行設定（通常不需要再掃描一次引擎轉速錶）。
6. 繼續對航向指示器與高度計進行輻射式掃描，進行小規模姿態校正，直到飛機穩定在平直飛行狀態。

輻射式掃描的祕訣，就是在您要特地為某一儀錶進行輻射式掃描之前，先快速掃描過每一具主要儀錶至少一次以上。這可以讓您確定目前飛機是否接近所希望的飛行姿態，您可以拿捏所需要的修正動作，來穩定飛機的狀態。我們接著就直線爬升飛行，來講解主要儀表的輻射式掃描。

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟

直線爬升飛行

這裡依循前例，我們將直線爬升飛行時不需要特別檢視的儀錶遮起來（圖 14-4）。我們假設您由平直飛行狀態開始直線爬升，並進行三步驟掃描的第二個步驟。您要藉姿態儀來調整飛行姿態，以270度航向、80節速度進行爬升。



[圖 14-4]

直線

以下是您為主要飛行儀表進行輻射式掃描的程序：

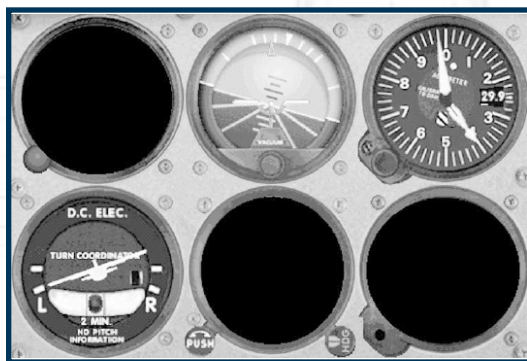
1. 以姿態儀為起點，朝著航向顯示器進行輻射式掃描。
 2. 回到姿態儀，必要時調整側傾角度，維持270度航向。
 3. 朝著空速錶進行輻射式掃描。
 4. 回到姿態儀，必要時調整俯仰角度，維持80節空速。
 5. 必要時，再對引擎轉速錶進行輻射式掃描，調整引擎轉速到2400轉爬升設定值（通常不需要再掃描一次引擎轉速錶）。
 6. 繼續對航向指示器與空速計進行輻射式掃描，進行小規模姿態校正，直到飛機穩定在航向270度、速度80節的直線爬升狀態。
- 您已經有個概念了。能夠事先知道哪些儀錶需要檢視，就能精準控制飛行姿態，飛行儀錶也就不再那麼深奧難懂了。接下來我們再試試在平飛轉彎時進行三步驟儀器掃描的第二步驟。

平飛轉彎

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟

我們將平飛轉彎時不需要特別檢視的儀錶先遮起來（圖 14-5）。

[圖 14-5]



我們假設您在 4,000 英尺高度向左進行平飛轉彎，開始進行第二步驟。您應該開始對相關主要儀錶進行輻射式掃描，在姿態儀上進行姿態修正，以維持 4,000 英尺飛行高度不變，與標準速率轉彎的進行。

什麼叫做標準速率轉彎呢？

所謂標準速率轉彎，讓飛機以每秒鐘 3 度的速率改變航向。在前一堂課，我建議您以側傾 20 度進行轉彎。這完全沒有問題，不過為了更進一步追求精確，我希望您以標準速率來進行。您調整側傾角度，直到協調轉彎指示器的小飛機機翼碰到第二道白色指示刻度，如圖 14-5 所示。

現在飛機會精確地以每秒鐘 3 度的速率改變航向。進行標準速率轉彎，可以讓您知道完成轉彎所需的時間。畢竟，以每秒鐘 3 度的速率，完成 360 度轉彎需要兩分鐘，完成 180 度轉彎需要一分鐘。以下是您為主要飛行儀表進行輻射式掃描的程序：

1. 以姿態儀為起點，向高度計進行輻射式掃描。
2. 回到姿態儀，必要時調整俯仰角度，維持 4,000 英尺飛行高度。
3. 對協調轉彎指示器進行輻射式掃描。
4. 回到姿態儀，必要時調整側傾角度，維持標準速率轉彎。

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟

5. 必要時，對引擎轉速錶進行輻射式掃描，調整引擎轉速到2300轉巡航飛行設定（通常不需要再掃描一次引擎轉速錶）。
6. 繼續對高度錶與協調轉彎指示器進行輻射式掃描，進行小規模姿態校正，直到飛機穩定在4,000英尺飛行高度、向左進行標準速率轉彎。

如果您的進度已經推到這裡，您很快就可以這麼說了：「誰是最偉大的飛行員啊…為什麼會是我呢？」在本堂課的最後一個演練例示裡，我們要看的是如何在下降右轉彎時進行第二步驟。

引擎無動力輸出的狀況下 進行下降右轉彎

我們將下降轉彎時不需要檢視的儀錶先遮起來（圖 14-6）。我們假定您的飛機已經進入無動力輸出狀態，進行下降右轉彎，且正要開始進行第二個步驟。首先對相關的主要儀錶進行輻射式掃描。在姿態儀上進行姿態修正，以100節精確速度下降，同時進行標準速率轉彎。



[圖 14-6]

以下是您為主要飛行儀錶進行輻射式掃描的程序：

1. 以姿態儀為起點，對著空速錶進行輻射式掃描。
2. 回到姿態儀，必要時調整俯仰角度，維持100節空速。
3. 對協調轉彎指示器進行輻射式掃描。

第十四課：儀器掃描飛行第二步驟

4. 回到姿態儀，必要時調整側傾角度，維持標準速率轉彎。（您不需要對引擎轉速錶進行輻射式掃描，因為節流閥已經調到飛行慢車位置了。）
5. 繼續對空速計與協調轉彎指示器進行輻射式掃描，進行小規模姿態校正，直到飛機穩定在100節空速、向右進行標準速率下降轉彎。

在下一堂課裡，我們會介紹三步驟儀器掃描的最後一個步驟。在這裡，我們暫時為如何在新姿態裡穩定飛機的繁重功課譜上句點。我們將飛機配平、坐穩、且享受我們所選擇的新姿態，直到下一次我們決定再為飛機進行重大的姿態變換為止。

第十五課：儀器掃描飛行第三步驟

使用垂直速度表進行配平、 持續監看六大飛行儀錶動態

現在，您瞭解到儀器飛行的飛行員可不是在飛機撫琴高歌的一群人。他們唯一所做的最像做音樂的一件事，是飛機進行主要姿態變換時，遵循一步一步的程序進行儀器掃描。目前為止，我們已經探討完三大步驟裡的前兩個步驟了。現在就讓我們進入第三個、也是三步驟掃描裡的最後一個步驟。

在這裡我們稍稍複習一下這三個主要步驟。在飛機進行重大的姿態變換時，三個步驟的執行順序為：

第一步驟：姿態、動力、與配平。

第二步驟：輻射式掃描主要儀錶。

第三步驟：使用垂直速度錶（VSI）進行配平，
持續監看六大飛行儀錶動態。

在第一步驟裡，您進行了重大的姿態變換；接著是第二步驟，您為飛機的俯仰姿態、側傾角度、與動力設定等狀態進行微調。在第三個步驟裡，

您將進行最後的配平修正，讓飛機穩定飛行，在您鬆口氣的同時，持續監看儀錶板上的六具主要飛行儀錶，也簡稱為「六大儀錶」（Big-6 instruments）。與第二步驟裡的輻射式掃描比起來，「監看掃描」（monitor-scanning）比較輕鬆一些。現在就讓我們進一步探討第三步驟吧。

三步驟掃描的第三步驟

在第三步驟中，您的主要目標為參考垂直速度錶進行最後配平修正。垂直速度錶可以偵測細微的俯仰角度變化，即時顯示任何飛行姿態的偏差。此外，垂直速度錶的指針長度，有助於更容易地偵測出飛機的垂直移動程度。

最後配平的祕訣，就是要先求取一個穩定不變的VSI狀態。飛機水平飛行時，配平飛機讓垂直速度表指針指到0爬升率。千萬別猛打配平轉輪（或猛按按鍵）彷彿您在騎乘旋轉木馬，否則連坐在旁邊的人也會看得頭暈目眩。輕輕調轉配平轉輪，將任何施加其上的控制力量慢慢放鬆，然後觀察垂直速度錶的指針。如果它向上或向下移動，請分別進行機鼻向下或機鼻向上配平，讓指針停止移動。

第十五課：儀器掃描飛行第三步驟

飛行員沒有任何理由需要完全鬆開對飛機的控制，來看不受配平控制的飛機朝哪個方向飛去。這麼做除了讓自己頭痛之外，幫助並不大。如果完全鬆開控制，而不是稍微鬆開控制力量，未經配平的飛機可能會急速偏離既定的飛行姿態，端賴它脫出配平控制的程度而定。現在，您必須在重新進行配平修正前，將飛機帶回先前的飛行狀態。藉著鬆開控制力量、觀察垂直速度錶的動態、並進行相對配平，會為您省下您很大的力氣。您可以從事微小的配平修正，不需要將失控的飛機先帶回定位。

爬升或下降時的配平修正，與平直飛行時的配平動作相仿。鬆緩控制上的力道，找出穩定的垂直速度表指針位置。假定指針指著特定的爬升速率，一旦您鬆緩控制力道，而指針開始移動，飛機就需要進行配平修正。以能夠穩定飛機之前的爬升率（或下降率）為準，來進行機鼻向上或機鼻向下配平。往往它需要進行二到三次的配平調整，才能找出有效的設定；這很正常，而且您有的是時間。反正您一直都在飛機上，不是嗎？

同時也請您記得，完美地配平飛機沒有那麼容易。即使您是配平之王，飛機還是有可能上下偏移個幾百英尺落差。除了進行微小、程序性的俯仰修正之外，您無計可施。飛機和人一樣，製造出來沒有兩部是一模一樣的。一道小凹痕，一點多出來的重量，都會對飛機的航空動力表現構成微妙的影響，使飛機無法完美地被配平。

監看掃描

進行過最後的配平修正後，接下來就是為六大主要儀錶（圖 15-1）進行監看掃描。通常這會以順時鐘方式來進行由上排儀錶循序到下排的儀錶。實際上，您可以選擇讓自己的眼睛最舒適的方式來進行監看掃描。如果您注意到任何讀數偏差，就回到姿態儀進行微小調整，來維持既定飛行姿態。

第十五課：儀器掃描飛行第三步驟



[圖 15-1]

進行監看掃描時，您大部份的時間會投注於儀錶的檢視。第三步驟會因此持續進行，直到您想再變換一次飛行姿態為止（此時飛機就會展開另次主要的姿態變動）。掃描程序的完整步驟，會在主要姿態變換時重新循環一次。

通常您要花5到15秒鐘時間，來完成三步驟掃描的前兩個步驟。完成掃描程序的第二步驟之後，有時您也會發現無法直接進入第三步驟。例如遇到亂流，或進行儀器進場時，您可能不得不迅速輻射式掃描基本儀錶，來維持對飛機的精確

控制。請記住，輻射式掃描需要多方面因素的配合：不管是生理上、知識上、與情緒反應上。您固然可以為儀錶板上所有儀錶進行輻射式掃描，然而通常沒有必要這麼做，到頭來會變得非常累人。只要根據控制飛機時所需要的儀錶，來進行輻射式掃描就夠了。

來自飛行專家的祕訣

這些年來，部份飛行專家提出一個相當特殊的方法，可以在確定飛機姿態與進行過配平後，偵測到儀錶的變動。他們將視線集中在儀錶板的中心，恰好是姿態儀下方的位置。單單藉著眼睛的餘光，他們同時監看所有儀錶的動態。這很像是速讀者被訓練同時讀三、四個字，儀器飛行的飛行員可以一眼監看多個儀錶，匯集所有資訊。發展出圓周視野這類的技能，需要練習工夫，不過它似乎代表了從事儀器飛行更高的境界！在您達到這樣的境界之前，只要您完成儀器掃描的第三步驟，請讓自己的視線勤加來回，檢視任何飛行姿態的偏移。

第十五課：儀器掃描飛行第三步驟

箇中奧妙

一旦您對垂直速度錶的運用駕輕就熟，您會發現它提供其他有用的資訊，來精確地控制飛機的飛行。大多數飛行員也發現到，垂直速度錶可以幫助他們將飛機維持在10到20英尺範圍裡平飛。

飛機平飛時，由於偏擺的弧度大與指針靈敏度高的緣故，有時候透過垂直速度錶，能夠更容易辨識出飛機的偏向情形。花點時間來學習以精準地以垂直速度錶來飛行，您將會有很多的收穫。

生活中有許多無聊的事情可以做，然而儀器飛行絕不會是其中一件。飛行儀錶的藝術正考驗著您的毅力。儀器飛行提供您機會來完全掌控飛機與自我，這也是為什麼大多數的（儀器飛行）飛行

員都這麼快樂的原因。他們發現到成就感所帶來的天地。不過我應該提醒您一聲，在機場裡顯示出太快樂的模樣，可能會給您帶來困擾。有人說不定會起疑，要您去做禁藥篩檢測試呢。小心哦！

現在要進入重頭戲了。終於到了探討儀器進場飛行的時刻了。我們首先要看看VOR（特高頻多向導航台）進場飛行，再接著研究ILS（儀器降落系統）飛行如何進場。您一路行來，已經走了長長的一段路來磨練自己的飛行技術，為自己之前所學感到驕傲的同時，也請準備好讓接下來的新內容對您的歡呼。

第十六課：儀器進場飛行

好了，您可以舒服地坐進安樂椅，拿罐飲料一邊喝，一邊學習新觀念。沒錯，放輕鬆，因為這一課主要包含的是有關儀器飛行員裡的輕鬆討論。沒啦，沒什麼天大的祕密要講，也不必來什麼寒暄客套，不需要密碼才能通關。特別是，我們要談什麼是儀器進場，以及基於什麼原因、在何種時地、以什麼方式進行儀器進場。當您上完這堂課，您應該有充分的把握進行基本的儀器進場。還好啦，也不過是和駕駛巨無霸客機的專業飛行員做的事一樣而已。

目視飛行與儀器飛行的比較

在之前的課程中，我們花了許多的時間學習如何觀看窗外的天地線，以進行所謂的「目視飛行」旄也就是飛行員所稱的「flying VFR」，指的是在「目視飛行準則」(Visual Flight Rules；VFR)下進行飛行作業。然而在看不到天地線的時候(比如說受到雲層影響)，您又要怎麼繼續飛行呢？可以的，您可以進行「儀器飛行」(IFR flying)，IFR是「儀器飛行準則」(Instrument Flight Rules)的縮寫。

藉著IFR飛行，您可以透過飛機上的儀器，來控制飛機在雲層中飛行，導航設備(如VOR)同時可以將您領向目的地機場。以上所有一切，都能夠在能見度極低的雲中進行，至少在飛機降落的

前一刻都還管用。不過要讓飛機安全降落，永遠還是要求飛行員的目視狀況足以清晰看見跑道(沒錯，即使保險理賠額度高，頭盔防具準備好，您還是得看著外頭的景物，才能讓飛機平安降落)。

想要進行儀器飛行，飛行員需要參加儀器飛行檢定，這是擁有私人飛行員執照之後才能參加的。這項檢定要求額外的訓練，如透過各種儀錶操控飛機，進階導航等等(您得答應我不告訴別人這個的確好玩到不行，要不然大家都會想來參一脚)。這套儀器訓練的大部分，都是和掃描儀錶有關，就和您之前練習的三步驟掃描類似。

您已經預備學習超越儀器掃描的觀念了。您即將晉級下一關，裡頭有些軟體程式，要求您與龐大、有一堆眼睛的噴火怪獸作戰。嗯，今天還不行。把雷射鎗收起來，飲料拿出來，因為我們就要開始學習如何進行完整的儀器進場飛行了。

第十六課：儀器進場飛行

儀器飛行：概觀

儀器飛行的運作是這樣的。首先，飛行員向「飛航管制」(air traffic control; ATC) 報備將採取儀器飛行的計畫；這有點像向一家氣氛幽雅的餐廳預定晚餐的席位，提醒餐廳的服務人員預留您的位置。ATC 做的事情也是一樣。計畫一經報備，即將開始展開儀器飛行的同時，您照例要在起飛地點呼叫飛航管制塔台，告訴他們您有一分飛行計畫已經報准。他們說：「好的，我們接受您的飛行計畫，您現在可以起飛了。」很簡單的。還比上餐廳吃飯省事，您不必為塔台人員留小費。

有了飛行計畫與起飛許可，您可以離場升空，爬升入雲（如果有雲的話），然後沿著您的航向飛行。您的目標是遵循航道飛往您的目的地，這些航道由 VOR 發出的電波航道所構成，縱橫穿越整個國家。您怎麼知道自己要沿著哪條航道飛呢？一如要找到通往渡假勝地的高速公路一樣，您可以參考道路地圖。飛行員，說起來，會使用這類地圖的航空版本，其中顯示所有 VOR 電波航道及其最低高度限制。這些限制讓您不至於飛得太低。

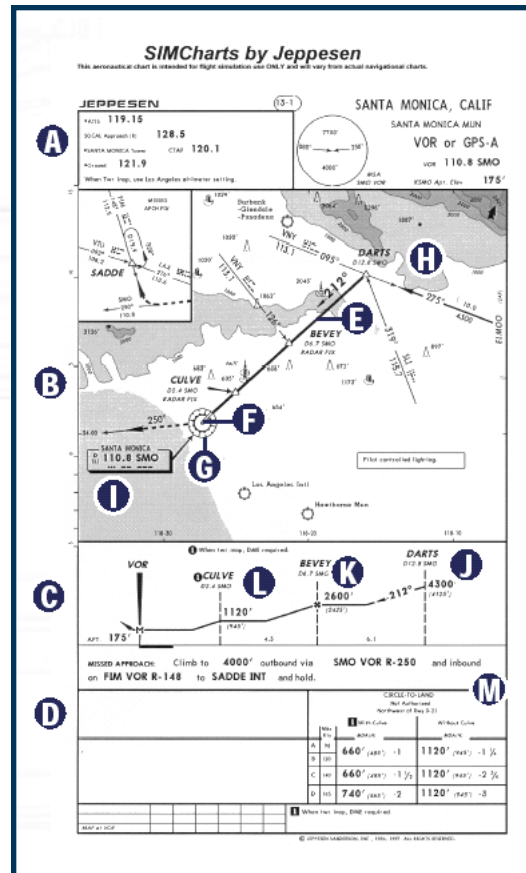
ATC 和它大大的超級雷達，將會一路追蹤您，和其他碰巧也在您的附近進行儀器飛行的其他飛機。如果飛機之間靠得太近，雷達管制人員會以口頭下達指令，將飛機導開（提供航向讓它們去飛），拉大飛機之間的距離，以免發生危險的碰撞事故。

當飛行員接近目的地時，他們會將手伸進飛行包袋裡頭，掏出一張特別的紙，看起來像張面紙般薄薄的（別真的拿去擤鼻子，否則大家會好奇是哪位排笛大師在開飛機）。我所提到的這張紙被飛行員稱為「儀器進場圖」(instrument approach chart)，其中包含了如何飛離航道、進入機場、以及進場降落的詳細指示，整個過程都會運用到一些電子輔助導航設備（通常是 VOR）。大多數規模較大的機場，會準備一份或多份儀器進場指示（或圖表），而圖 16-1 所顯示的，就是一份典型的 VOR 儀器進場圖。

第十六課：儀器進場飛行

進場圖

儀器進場圖之間包含著一些基本共同點。首先，在頂端您會看到當地飛航管制的無線電頻率，透過這個頻道您可以與航管人員對話（圖 16-1 的 A 部份）。這一部份的下方是一份平面俯視圖（plan view），顯示出飛向機場所需要的電子輔助導航資料（B 部份）。再下來是剖面圖（profile view），提供您一些對著機場下降時需要參考的最低高度限制（C 部份）。最後，圖的底部是「最低高度限制」（minima）欄（D 部份），顯示飛機飛向機場時向下的最低高度限制。



[圖 16-1]

第十六課：儀器進場飛行

有一個被稱為「失誤進場點」(missed approach point; MAP)的位置點，會被標示在所有的進場圖上面。通過失誤進場點時，飛行員必須能清晰地看見跑道，才可以進行降落。這個點通常會以字母「M」標示在剖面圖上(圖16-1的C部份)。如果您在MAP上無法清晰看見跑道，就必須進行失誤進場程序。這表示您最好轉往其他天候較好的機場降落。

說了這麼多，我敢說您一定非常好奇儀器進場的實際操作程序。我們現在就來看看。儀器進場見的幾種方式，我們先探討最常見的一種：VOR進場。

VOR進場

圖16-1所顯示的，是美國加州聖塔摩尼卡(Santa Monica)機場的VOR進場圖。請看平面圖(位置E)中所顯示的，由右上往左下通向機場的一道粗黑線。這是儀器進場航道，將您帶進機場(位置F)。位於機場的VOR信標台(位置G)，提供導航信號來引導飛機進場。以下請看如何以這個程序來進場。

我們假設您的飛機位於DART交會點(位置H)，這個交會點顯示出VOR進場航道的起點。所有的儀器進場航道都會在平面圖上以粗黑線標示出來。請留意聖塔摩尼卡機場的VOR進場航道，是由該機場的VOR信標台發出的212度電波航道所構成。您所要做的，就是切到粗黑線所標示的航道上飛行，然後沿著這個航向進場。在您追蹤這條航道的同時，也要讓飛機下降到最低高度，如進場圖的剖面圖(C部份)所示。

然而一開始，要怎麼樣才能進入這道進場航道呢？有兩種方法。第一，ATC(飛航管制人員)會給您雷達向量(航向)，讓您切到粗黑線所代表的航道上；或者，您可以沿著一道VOR航道飛，再連到進場航道上(稍後會再討論這部份)。

第十六課：儀器進場飛行

在聖塔摩尼卡機場進行VOR進場

要沿著212度VOR航道進場，請將您的導航訊號接收器調到110.8 MHz（聖塔摩尼卡機場的信標台頻道，位置I），然後設定您的OSB（全方位選擇旋鈕）到212度。212度航向可以讓您和選擇的航道平行。從這裡開始，您可以沿著212度航道飛進機場。

剖面圖部份顯示了，一旦您通過了DARTS交會點，您就可以下降到2,600英尺高度（位置J）。許多飛機配備有測距儀（Distance Measuring Equipment；DME），如果您的機上也有這樣的設備，您可以得到與聖塔摩尼卡機場VOR信標台的DME讀數。當您接近信標台時，DME就會顯示出飛機與該信標台之間的距離。DME顯示的值为6.7英哩時，您正位於BEVEY交會點上（位置K）；現在，您可以下降到1,120英尺高度了。為什麼要像這樣分階段來降低飛行高度呢？因為，您得將飛行高度保持在位於進場航道上的較高障礙物上方。當您逐漸接近機場，障礙物通常不會太高（就算有，其他飛行員也把原先較高的障礙物都撞得差不多了）。因此，您在接近跑道之前，會先沿著進場航道逐次地降低飛行高度。

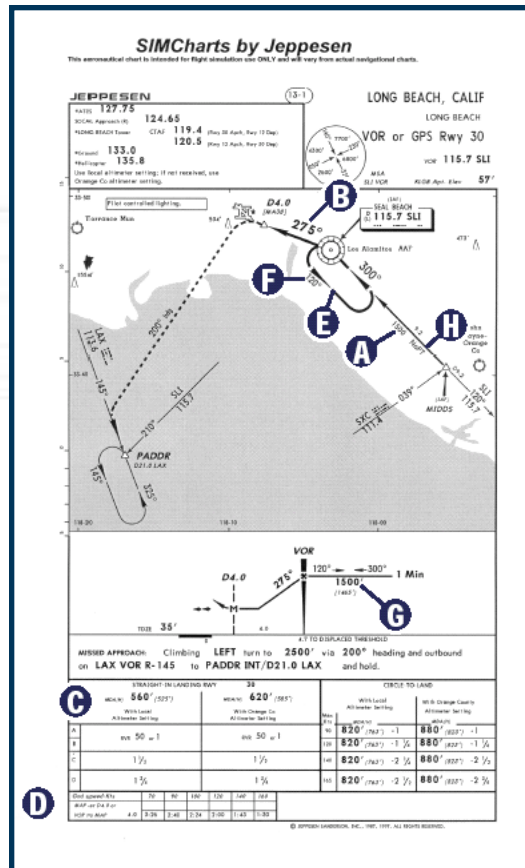
最後，當DME顯示的讀數為2.4英哩，您已經進入CULVE交會點（位置L）。由於在剖面圖上您已經看不到更低的高度限制了，您就要進入「最低高度限制」（minima）欄（D部份），來找出您可以下降的最後（也是最低的）高度。最低高度限制欄顯示出，660呎為進場的最低下降高度（minimum descent altitude；MDA）。要繼續下降，您必須能在目視範圍內看到機場的位置。您需要擁有一英哩以上的能見度（在最低高度限制欄中，660英尺高度所對應的基本能見度），才能繼續下降。

如果您在飛越機場信標台之前，還無法目視到機場的位置，您必須執行失誤進場程序。因此，如果VOR旗標從TO字樣變為FROM，而您還沒有看見機場，您必須立刻執行這個程序（位置M）。這個程序讓您回到安全的高度，讓您重新展開另一次進場動作。

第十六課：儀器進場飛行

不同的VOR 進場方式

VOR 儀器進場程序還分很多種。一旦對它們瞭如指掌，要解讀任何進場圖都不是問題。例如，圖 16-2 是加州長灘（Long Beach）機場的 VOR 進場圖（您可以從圖 16-1 與 16-2 之間，看出兩份進場圖在格式上稍有不同。在接下來幾年裡，所有進場圖都會統一為圖 16-2 中所示的規格）。這裡的進場飛行包含了兩個主要部份。第一個部份是飛往 SLI VOR 信標台的 300 度航道（將頻率調到 115.7 MHz，OBS 設定到 300 度）。沿著這條航道飛行的最低高度限制為 1,500 英尺，如圖中的位置 A。



[圖 16-2]

第十六課：儀器進場飛行

當TO/FROM 旗標變換字樣而顯示FROM時（已經通過了SLI VOR 信標台上空），您需要轉彎，沿著飛離信標台的275度航道向機場飛去（位置B）。由於剖面圖沒有記載有關這段航程的任何最低高度限制，請直接參考最低高度限制欄數據（進場圖的C部份）。您被准許在這個進場程序中下降到560呎高度。那麼失誤進場點又在哪裡呢？它可以根據時間來推算（通過信標台後開始計時，空速飛行一段時間後的距離），或者是參考與VOR的DME讀數。兩個失誤進場點都以位置D來標示。

田徑跑道式航道迴轉

有關這份進場圖，最後還有一個地方要介紹。您留意一下在進場圖位置E上有個像田徑跑道似的航道，這是兩種航道迴轉（course reversal）方法之一。航道迴轉，有時也稱為「程序轉彎」（procedure turn），會用在類似以下的情況。假設您由正北方飛往VOR信標台，通過信標台後

又要直接轉進275度進場航道，轉彎角度未免過於陡急。因此，您應該在通過VOR信標台之後，進行航道迴轉改採120度航向（位置F）飛行，暫時以相反的航向飛離信標台（與機場）。之後，您會在這裡再度轉彎，截入飛往信標台的300度航道，通過信標台，再沿著275度航道飛向機場。

簡單來說，在進行航道迴轉時，您必須盡量試著讓飛機在這圈「田徑跑道」的範圍裡飛行。一旦超出這個範圍，您很難讓飛機與底下的台地確切保持安全距離。當然，在模擬飛行裡這並不會真正帶來什麼危險；大不了被模擬的山脈撞到頭，又不會怎麼樣。然而，我們的練習旨在培養真正的飛行技術，所以，我們還是要假裝一下所有的一切都是玩真的。好吧，那麼誰知道，進行田徑跑道式航道迴轉的最低高度限制為何？您可以在剖面圖上看到，正確答案為1,500英尺（位置G）。

第十六課：儀器進場飛行

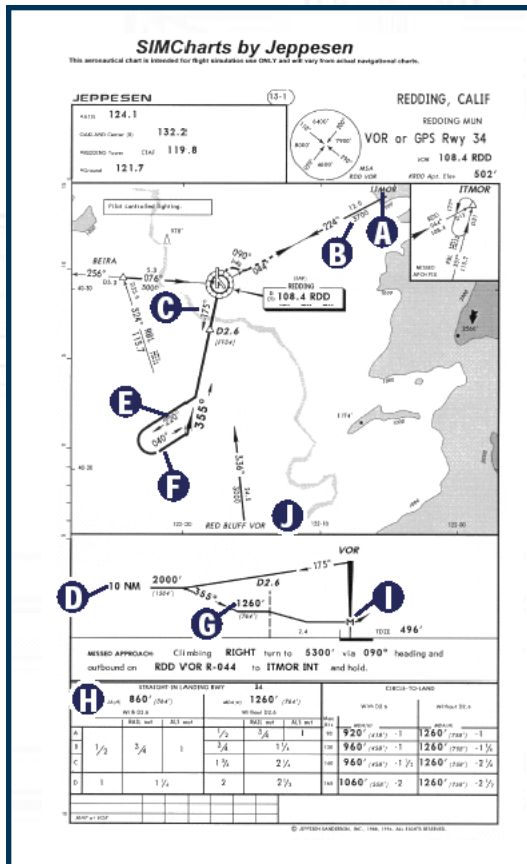
所以，如果我從正北方朝著SLI VOR 信標台往下飛，我得在通過信標台後轉向，飛進120度方位航道。這麼做可以讓我把飛機保持在「田徑跑道」的範圍之內。一分鐘後（這個時間值顯示於剖面圖上的位置G，列在迴轉航道旁邊），我會左轉截入300度航道回到信標台，同時完成儀器進場程序。當然，它假設我已經事先把OBS設定到300度了。雖然經過稍微簡化，以上說明和真實的飛行操作程序相去不遠。

附帶一提，有部份航道可以不經過航道迴轉程序，就直接通往VOR信標台，它們稱為「饋送航道」(feeder route)，因為它們會將您「送」進儀器進場程序裡。位置H顯示出一條饋送航道，以MIDDS交會點為起點，標示了字母「NoPT」，代表「不進程序轉彎」(no procedure turn)之意。沿著這條航道，您應該跳過航道迴轉程序，直接進行儀器進場。換句話說，您可以直飛信標台，再接著飛往機場就行了。

倒鉤型航道迴轉

第二類型的航道迴轉，可以參閱圖16-3所示，名為「倒鉤型航道迴轉」(barb-type course reversal)或「倒鉤型程序轉彎」(barb-type procedure turn)。假設您由ITMOR交會點進場(位置A)，沿著通往RDD VOR信標台的航道飛行。這條航道為224度航道(108.4 MHz 頻道，OBS設定224度)。此航道上的最低高度限制為3,700呎(位置B)。一旦您通過了VOR信標台，轉彎並背對信標台追蹤175度航道，如圖中位置C所示(此時您的OBS應該已經調到175度了)。在這裡您所要做的，是先飛離信標台(與機場)，迴轉，接著再沿著飛往信標台的方向飛行，飛進儀器進場航道。

第十六課：儀器進場飛行



[圖 16-3]

剖面圖顯示，程序轉彎的最低高度限制為2,000英尺，您應該在VOR信標台（位置D）外的10海哩（nm）範圍內完成下降動作。在您下降時，您要背對信標台（與機場）飛行，同時在未超出信標台10英哩的範圍內，以220度航向轉彎（位置E）。以這個航向飛行不超過一分鐘，然後左轉進入040度航向（位置F），截入飛往機場的進場航道，這也表示您要重新設定OBS到355度，追蹤VOR信標台的位置。一旦航向對回信標台，您可能要下降到1,260呎（位置G）。當您的DME值（與RDD VOR的距離）顯示出2.6英哩時，您可以下降到860呎高度，這是「最低高度限制（minima）欄」（位置J）所記載的值。剖面圖上的字母「M」（位置H）顯示VOR信標台為此進場程序的失誤進場點。

請留意一下分別由ITMOR與RED BLUFF信標台導向RDD信標台的饋送航道（位置A與J）。在平面圖中，饋送航道的標示線比儀器進場航道稍細，隨時標記著最小航高數值。這兩條航道都沒有標注「NoPT」字樣，因此在您沿著其中任何一條航道飛近RDD信標台的時候，您必須進行程序轉彎，在進入儀器進場程序。

第十六課：儀器進場飛行

由Red Bluff信標台（位置J）沿336度航道追蹤RDD信標台（OBS設定到336度），通過RDD信標台後左轉，截取飛離信標台的175度航道。接著，您再遵循之前所描述的航道迴轉流程即可。

您是否都聽懂了呢？我剛才帶領您聽完VOR儀器進場的速成課程，一般的儀器飛行飛行員可是要花上好幾個月才能吸收呢。您可以從「儀器飛行課程」中的「VOR進場」部份開始入手。想在頭上放個冰袋退退燒？我可以理解。您可能不會相信，接下來您只要再跟教官飛一趟，學另一樣新東西，您就幾乎對所有儀器進場飛行有個基本認識了。這會兒要學的叫做ILS，也就是「儀器降落系統」（Instrument Landing System）的縮寫與簡稱。之前我們曾經稍微帶到ILS這個觀念，現在我們就來詳細介紹它的原理與設定。

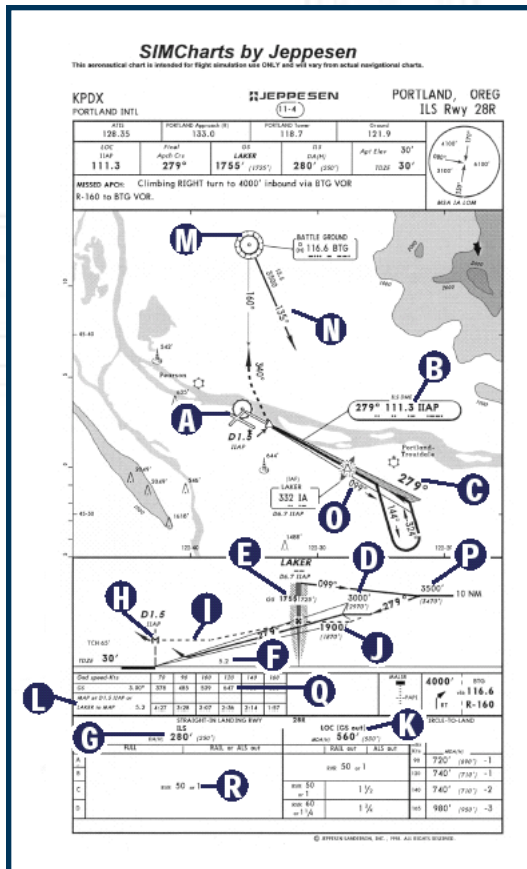
ILS進場

ILS由兩道導航電波構成：一道為水平方向引導，也稱「左右定位台」（localizer）；另一道為垂直方向引導。ILS進場程序比VOR進場更能發揮作

用的原因是，它能在低到令您安心的飛行高度，將您直接帶進跑道與設定降落。VOR進場（以及其他進場程序）頂多將您帶到機場上空，有時與跑道的高度落差高達數百英尺；這麼一來，要從儀器進場程序轉到實際降落動作時當然會困難得多。ILS的水平方向引導電波，比VOR電波航道更敏感。我說敏感，可不是說您罵它，它就會哭給您看，而是它的指針能比VOR更快反映航道所發生的偏移。如此一來，要維持指針對中就容易得多。您會注意到，下滑道（glideslope）指針也相當靈敏。

圖16-4顯示波特蘭（Portland）國際機場（位置A）的ILS跑道28R進場圖。左右定位台的頻率為111.3 MHz（位置B）。將您的一號導航接收器（NAV 1；兩部相疊的接受器，位於上頭的那一部）調整到這個頻率，設定VOR顯示器去追蹤一條、也是唯一一條正對跑道的特定航道，稱為「左右定位台航道」（localizer course）。在波特蘭機場，這道航道的方位為279度（位置C）。

第十六課：儀器進場飛行



[圖 16-4]

一旦對通到左右定位台的頻率，您可以將 OBS 設定為飛往信標台航道，作為航向參考（雖然 OBS 目前無法使用，因為 VOR 接收器已經特地調整給左右定位台 航道專用）。調整到左右定位台頻率，可以自動啟動特定的下滑道頻率（未記載於進場圖上）。

假設您在位置 D，高度為 3,000 呎（下滑道截取高度），您正以 279 度航向飛行，且 VOR 顯示器中的下坡道指針超過了中央位置，這表示您飛在下滑道下方。當您保持在 3,000 呎飛行，滑降指針終究會對中一次（表示您已經截取得到下滑道了）。這時候，您可以開始進行之前提過的穩定速率下降。

和 VOR 進場程序不同的是，這時您不是採分梯次第下降的方式。ILS 會讓您沿著電波飛到失誤進場點，一路避開所有的障礙物（這要假定您沒有飛得比下滑道低）。

第十六課：儀器進場飛行

您沿著下滑道開始下降時，會通過外信標台（outer marker），在剖面圖上以垂直的斜線陰影標示（圖中位置E）。這時飛機座艙中的一個藍色標示燈就會啟動（警報聲聽起來像速食店薯條炸好了的嗶聲）。外信標台會通知您，您目前正在下降過程中通過某一特定位置點（距離跑道5.2英哩，也就是在剖面圖中的位置F）。

進行ILS進場時，您可以飛到多低呢？答案是，您可以一路飛到「決定高度」（decision height；DH），也就是280英呎，可參閱「最低高度限制欄」中的位置G。DH是您的失誤進場點，如果到了這裡您還無法目視看見機場，您必須執行失誤進場程序。是的，我知道有一個「M」字母出現在跑道的起點（位置H）。有時候，飛行員會選擇不沿著下滑道進行ILS進場，

因為他們可能沒有配備下滑道頻率接收器，或者機場的下滑道未開啟（也許有人罵了它，讓它感覺很受傷，索性就關閉了）。因此，剖面途中的虛線（位置I）顯示左右定位台進場的MDA（最低下降高度），一如您在VOR進場時所看到的分階段下降高度值。如果我獲准進行左右定位台進場，我將以1,900英呎（位置J）通過外信標台，下降到560英呎（位置K），再飛到MAP（失誤進場點）。MAP的位置需要依據時間（通

過外信標台後以特定的空速飛行為準），或根據左右定位台的測距儀（DME）讀數來推算（位置L）。

此外，這份進場圖上的其他東西對您來說，應該都很熟悉了。例如，假設您通過Battle Ground VOR信標台（位置M），航管人員會對您發出進場許可。從BTG到ILS的饋送航道為135度放射電波（位置N）。在這條電波航道上，設定您的VOR去向信標台方向進行追蹤，直到截取左右定位台的電波為止。您怎麼知道自己已經截取到左右定位台的電波了呢？您可以設定一台導航無線電（相疊兩部機子的底下那一部），收取BTG VOR信標台的電波來導航，同時，再將另一部導航無線電（上面那部）設定來接收左右定位台的電波。藉著BTG VOR信標台飛行時，只要左右定位指針對中，您就知道自己通過左右定位台了。此外，由於135度航道會帶著您飛到LAKER交會點（左右定位台所在位置），此時座艙裡的外信標台燈號顯示，也會隨之啟動，成為另一個您可以參考的線索。

第十六課：儀器進場飛行

在LAKER交會點，您要將飛機轉往099度航向（位置O），下降到3,500英呎（位置P），並在距離LAKER交會點10海哩的距離內進行程序轉彎。關於左右定位台，您還要知道一個重要的項目。由於左右定位台是單束電波，以和進場方向相反的方向追蹤電波，指針也會以相反方向偏移。換句話說，當您以離場方向飛行，如果左右定位指針朝某個方向移動（右或左），您必須朝相反的方向飛行（左或右），讓指針對中，這稱為「反向感測」（reverse sensing）。因此在您沿著航道的離場方向飛行，且準備進行程序轉彎時，您必須沿指針偏移的相反方向移動，保持指針對中。

一旦您已經完成程序轉彎，且以279度航向往進場方向飛，指針將會回復正常狀態。完成程序轉彎並進入左右定位台進場航道之後，您就可以下

降到3,000呎高度（下滑道攔截高度）。此時您要一路追蹤左右定位台，沿著下滑道下降飛到DA（Decision Altitude；決定高度）。我們很快地就會進一步講解如何進行ILS飛行。

在這短短的一堂課裡頭，竟也說了這麼多觀念，至少您已經接觸到儀器進場的基本知識。或許您也會覺得腦震盪了。的確，您需要一些練習，才能掌握這些觀念。不過話說回來，儀器進場飛行樂趣無窮，您還可能會飛上癮呢。要是有一天您的電腦故障了，您不必驚訝自己正在為儀器飛行癮候群所苦。

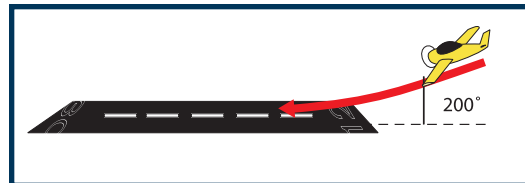
第十七課：儀器降落系統（ILS）進場

準備好搖滾了嗎？如果您認為降落很好玩，先等等，飛過儀器降落系統進場（ILS）再說。我們在上一堂課稍稍提到一點ILS的觀念，不過我們在此要更加深入地探討它。因為，ILS是飛行技術中挑戰性最高的項目之一，又能同時為您帶來成就感。



[圖 17-1]

ILS 進場是指飛行員運用垂直與水平兩道電子波束的導引，讓飛機朝著跑道下降。您要根據飛機儀錶板中 ILS 顯示器的兩枚指針（圖 17-1），來完成這項作業。與其他儀器進場方式不同，ILS 將您往下帶到所謂的「決定高度」（decision height；DH）。DH 距離跑道的海拔高度約有 200 英尺左右（如圖 17-2 所示）。



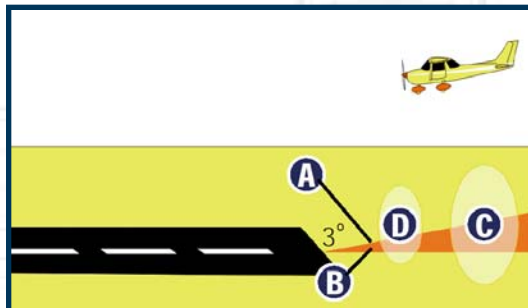
[圖 17-2]

在這並不算高的高度，您可以往外稍微觀察一下，決定您目視跑道的能見度為何，是否達到可以降落的標準（因此它被稱為「決定高度」）。如果此時能見度不佳，您無法清晰地看見跑道，如此一來可能會影響道降落的安全；這時您就要增加動力，爬升，轉往其他天候較佳的機場去降落。現在，我們就詳細探討一下 ILS 進場作業究竟是如何構成的。

ILS 包含兩道由跑道發送出去的電波，一道電波的角度朝前，一道的角度朝上（如圖 17-3 所示）。向外發送（水平方向）的電波稱為「左右定位台」（localizer），幫助您將飛機對正跑道。您要依據圖 17-1（位置 A）裡的指針來追蹤左右定位台；如果指針偏右，您就要向右飛；偏左就朝左飛。對中的指針，則表示您的飛機正對著跑道的中心線。在無風的狀態下，您指需要沿著跑道航向飛行，保持左右定位台指針對中即可。如果有風出

第十七課：儀器降落系統（ILS）進場

現，您需要進行小規模的風偏修正。聽起來很簡單，不過您還是需要練習才能上手。



[圖 17-3]

下滑道本身是一道電子波束，從跑道以3度左右角度向上延伸（圖 17-2）。將滑降指針對中，如圖 17-1（位置B）所示，您將朝下飛行，進入一條沒有障礙物的航道飛向跑道。您要如何保持滑降指針對中呢？照著左右定位台指針的模式依樣畫葫蘆就行了。如果指針向上跑，您就朝上飛；向下的話，您就跟著朝下飛。您的目標是保持某一特定下降率，讓飛機能沿著下滑道一路飛到DH（決定高度）。

以一定的速率下降

如果您以典型90節的空速進行ILS進場，就必須維持500 FPM（每分鐘英尺）下降率，才不至飛離下滑道。當然，如果您以更高的速度進場，下降率就要隨著增加。下滑道的角度與周圍的風，是影響精確下降率的兩大因素，讓您難以將滑降指針對中。

假設您想要以90節速度、500 FPM下降率來下降飛行（這是您會用來進行ILS進場的典型設定），您要如何進行？首先，您要降低目前的1600 RPM動力設定，讓機鼻自然而然稍微放低俯仰角度。然後您得調整俯仰姿態，讓下降率保持在500 FPM；同時也調整動力設定，維持空速在90節。沒錯，這和先前課程裡所用的控制方法正好倒過來。以這樣的方式來控制，讓您保持精確的下降率，以進行ILS進場程序。

第十七課：儀器降落系統（ILS）進場

以下就是整個程序的梗概：

1. 調整動力設定，保持以90節空速平飛。90節空速所需要的俯仰姿態為機鼻朝上，與水平線夾角約6度。
2. 降低動力到1600 RPM，機鼻會自然放低，再調整俯仰姿態，以保持500 FPM 下降率。您需要在姿態儀（AI）上將飛機調整到機鼻向上姿態，與水平線約成3度角。
3. 進行配平。來維持提供穩定下降率的姿態。
4. 為動力輸出設定進行微調，保持90節空速（飛機有慣性存在，因此您調整過節流閥的位置後，要等幾秒鐘才能感覺到空速變化。請耐心稍等）。

信不信由您，這正是您截取到下滑道之後所要做的事情。在一般狀況下，由於我們都是從下滑道的下方進行截取，您需要以90節速度平飛，直到滑降指針降下來，對到ILS顯示器的中心位置（圖17-4）。指針一旦對中了，您就要降低動力到1600 RPM左右，調整俯仰角度，配平飛機以求得穩定的500 FPM下降率，並保持90節空

速。假設您正沐浴在宇宙的和諧中，飛機就會一路沿著下滑道飛到決定高度。不過您知道我們身上的「氣」總是很容易被吹亂，因此您可能不能盡信造化。所以呢，您會需要隨時稍微調整下降率，來保持滑降指針對中。我們一起來看看。



[圖 17-4]

假設您飛在下滑道的上方，您就需要增加下降率，才能截取到它。如果您想要將下降率由500調升為700 FPM，您需要將飛機調整為機鼻朝上2度俯仰姿態，如圖17-5所示。您還需要降低動力以保持90節空速。

第十七課：儀器降落系統（ILS）進場



[圖 17-5]

將飛機維持在特定下降率的祕訣是，眼睛不要去盯著垂直速度錶（VSI）的指針跑。只要在姿態儀上為飛機維持精確的姿態，然後稍微調整一下您所施加在搖桿上的力量，就能調整下降率了。

假設您已經截取到下滑道，且想要將下降率調回到500 FPM。您可以將飛機調整到機鼻向上3度俯仰姿態，將動力設定調整到接近1600 RPM。

假設您飛在下滑道的下方，就必須調降下降率來攔截它。將飛機調整為平飛姿態，讓下降率由500 FPM降為300 FPM，如圖 17-6 所示。增加動力至1700 RPM左右，以維持90節空速。



[圖 17-6]

記得喔，不必去盯著垂直速度表的指針來做動作。在姿態儀上調整俯仰姿態就好，再稍微一下控制一下施加在搖桿上的力量，來微調垂直速度表的指針。

第十七課：儀器降落系統（ILS）進場

輻射式掃描主要儀錶

進行 ILS 飛行的時候，您可要打起精神來。一路檢視 ILS 指針動態並飛到決定高度，是需要集中精神的過程。因此您要持續進行三步驟儀器掃描中的第二步驟，換句話說，您要不斷地輻射式掃描主要的儀錶，控制飛機以維持一定的下降率。圖 17-7 顯示進行 ILS 進場時所需要的主要儀錶。它們的主要功能如下：垂直速度錶（VSI）主要用於檢視俯仰角度；高度錶（HI）檢視側傾角度；姿態儀（AI）則檢視動力輸出設定。您必須輻射式掃描這些儀表，以及位於儀錶板右上方的 ILS 顯示器（然而您並不需要持續地檢視空速錶）。



[圖 17-7]

因此在進行 ILS 飛行時，您需要持續性地輻射式掃描三具主要儀錶，偶爾參考檢視其他的儀錶讀數。這時候您會忙得手忙腳亂，沒有辦法接續進行三步驟儀器掃描的第三步驟（監看掃描）。

此外，所有下滑道的結構並非都是一模一樣的，彼此的角度會有一些差異。因此，它們可能需要透過不同的下降率來攔截，視飛機的機型而定。圖 17-8 的表格提顯示了下降率與不同下滑道的對照，為進行 ILS 飛行的飛行員提供數據參考。以 90 節飛行時，如果要進入 3 度角下滑道，您需要採取 485 FPM 下降率。現在輪到您上場了。

第十七課：儀器降落系統（ILS）進場

下降速率											
下降角度（以 度為單位至小 數點下一位）	地速（節）										
	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
3.0	160	240	320	395	485	555	635	715	795	875	955
3.5	185	280	370	465	555	650	740	835	925	1020	1110
4.0	210	315	425	530	635	740	845	955	1060	1165	1270

[圖 17-8]

如果您追蹤不到左右定位台，就將眼睛對著前方的跑道，以目視方式對準中心線來降落。您會發現用眼睛看著跑道、以穩定航向飛行其實是很容易的事情。為什麼這樣更省事呢？因為您藉著眼前出現在機鼻上方（over-the-nose）的景象，凡舉俯仰角度、側傾角度、與航向校正等資訊，無一不是一目瞭然。只有在機窗外能見度不良的狀況下，您才需要執行受過訓練的儀器掃描程序，檢視三具主要儀錶（AI、HI、ILS 顯示）來取得肉眼所看不見的資訊。

一些重要祕訣

現在，您對ILS飛行已經有初步的認識了。接下來要告訴您飛行專家所知道的觀念。首先，最需要您進行輻射式掃描的重要儀錶，分別是高度錶（HI）與垂直速度錶（VSI）。您並不需要一直輻射式掃描空速錶與ILS顯示器。事實上，您可以將掃描空速錶的頻率，壓低到大約每掃描HI與VSI十次，再掃描一次空速錶就行了。您也可以將ILS顯示器的掃描頻率，壓低到每掃描HI與VSI三

第十七課：儀器降落系統（ILS）進場

次，再掃描一次ILS顯示器即可。當然，如果時間容許的話，還要記得偶爾檢視高度錶、引擎轉速錶、與其他次要的儀錶。只要您發現某個航向與下降率可以讓您依循ILS程序飛行，您就必須精確地穩定這些數值，除非您有任何理由需要更動它們。我說的就是「精確」兩個字。一位優良的儀器飛行飛行員，可以將航向對到一度不差，下降率維持在特定值上下各25 FPM範圍。是真的！可是它需要很多的練習，才磨練得出這種工夫。

遇到亂流，您的航向與VSI指示很容易就會變亂。這時候您最好取平均值飛行，以姿態儀為主來進行俯仰與坡度控制。找出一個能夠求得近似下降率的俯仰角度，以這個姿態飛行並在姿態儀上保持機翼為平飛狀態。

此外，在進行模擬飛行的過程中，有時候您也需要進行小小的、雖然看起來有點笨笨的，搖桿檢視。與真實的飛機不同，您無法感覺到飛行控制

裝置上壓力的變化，因此您無法即時得知飛機姿態上的變化。再說，飛機上裝置了方向舵，可以微調飛機的方向控制；不過，您的模擬飛行周邊硬體並沒有硬性規定非要配備方向舵不可。因此，小小的笨笨的搖桿檢視偶而是必要的，可以保持飛機以精確的姿態飛行。如果您剛好有方向舵踏板或方向舵搖桿，請保持您的檢視動作優雅流暢！

在左右定位航道進行風偏修正

記得十幾歲的時候，我第一次跟老爸說，我需要一點空間。他把我鎖在家門外，說：「全部的空間都給你吧。」就在當時，我見識到回饋反應（feedback）的威力。回饋反應改變了我的舉止，一如我知道它也會改變您，尤其是在沿著左右定位航道飛行時。

第十七課：儀器降落系統（ILS）進場

當您第一次進行 ILS 飛行時，將飛機的航向定在左右定位台的方位。以奧克蘭機場為例，其左右定位台的方位為 294 度。朝 294 度方位飛行，檢視指針動態。此時您需要左右定位指針的移動來告訴您飛機的反應。特別是您朝著 294 度方位飛行時，您需要知道指針移動的方向與幅度。

左右定位指針的移動，可以告訴您兩件事情：風向與風速（由指針的移動速度可以看出來）。一旦指針偏離了中央位置（水平偏移一個刻度點），請以 5 到 10 度攔截角度（intercept angle；IA）來將指針重新對中。您修正使用的攔截角度愈小，過度修正的可能性也會降低。當然，如果您使用了 10 度攔截角度來修正，結果指針沒有對回中央，或偏得更遠，那麼您就要用更大的攔截角度，來將指針修正對中。您也知道您需要至少保持 10 度的風偏修正角度，才能保持在左右定位航道上。

一旦左右定位指針對中了，您需要進行小小的風偏修正。根據您盡可能所推算出來的風況，試試看使用 1 度、5 度、10 度風偏修正角（wind-correction angle；WCA）。建立了風偏修正角之後，請觀察左右定位指針的動態。如果它歸位對中了，您就知道風偏修正角是目前航向與左右定位台方向之間的某個角度。

例如，為了截取奧克蘭機場的左右定位航道，您以 294 度方位飛行。幾秒鐘之內，左右定位指針會開始向左移動。您由 294 度方位向左調整 10 度飛行，或者可以說成 184 度攔截角度，來重新對中指針，以切回到左右定位航道上。當指針對中了，您由 294 度方位向左加 5 度風偏修正角（289 度）。如果這個 WCA 有效，指針就會穩定在中央位置；如果沒有，就以較小的航向調整，來重新對中指針。這個技巧稱為「側修」（bracketing），是所有專業飛行員（透過細微的修正）為 VOR 與左右定位指針對中歸位的技巧。

練習這個技巧，的確可以讓您在日後的飛行中省

第十七課：儀器降落系統（ILS）進場

去許多困窘的狀況。您一定不希望看到左右定位指針猛敲儀錶的邊框吧。

請進入ILS進場互動課程。您會回味無窮，相信我！

第十八課：等待航線

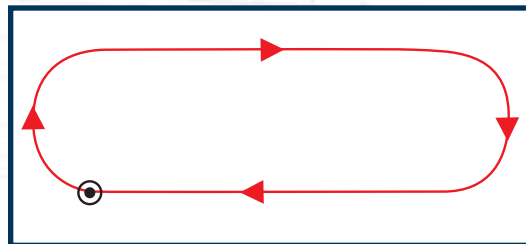
在第十課裡，您已經學過如何沿著機場航線（traffic pattern）飛行。那麼，什麼又叫「等待航線」（holding pattern）呢？而機場航線與等待航線之間，又有什麼差別呢？好，您可能先前有個印象，飛機沿著這樣的航線飛行時，飛行員是以目視方式來作業。而您將在這堂課所學的等待航線，卻完全是在儀器飛行的狀態下作業。

當機長在播音器裡頭說：「嗯…各位旅客，我們可能要稍後一會兒降落。」您或許會長嘆一聲，心裡想：「這下又要誤點了。」這會兒您對儀器飛行的認識，可能比您自己所想像的還要多。因為這就是等待航線設計的目的—延遲飛機降落。由於空中交通壅塞或天候的關係，航管人員會調配各飛機在某處稍作等候；您可不能不顧航管所安排的等待程序，隨隨便便就往停機坪俯衝。因此，航管人員會告訴飛行員依照等待航線飛行。

在航線上等待

標準的等待航線，看起來像是通過某一定點（如 VOR 信標台、NDB 無定向無線電信號台、或航道交會點等）的一圈橢圓形跑道，如圖 18-1 所示。兩個拉長的直線段分別稱為「航入」（inbound）與「航出」（outbound）邊。在標準的等待航線裡，您一律向右轉彎（非標準等待航線，當然就是向左轉囉）。所有的轉彎動作都要

以標準速率進行。等待航線的邊有多長呢？還蠻長的，沿著航入邊飛行大約要飛上個一分鐘。風況也會影響邊長旆有風的時候，您需要調整航出邊的長度，讓您在進入航入邊時，飛完的時間還是維持在一分鐘左右。



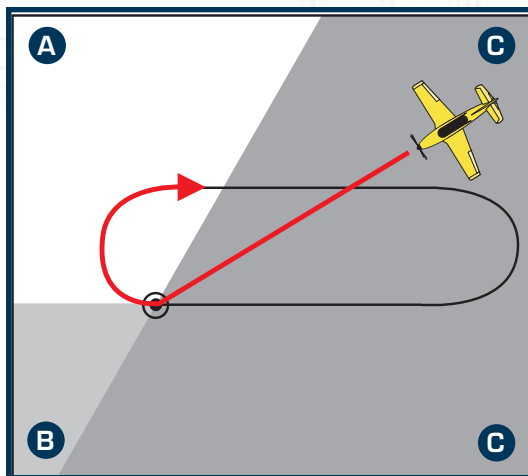
[圖 18-1]

實際上，沿著等待航線飛行很容易，不過要懂得怎麼去發現等待航線的位置，可是讓很多飛行員傷透腦筋。要保持飛機在安全空域裡飛行，FAA（美國聯邦航空總署）建議了一些進入等待航線的特定方法。要用什麼方法，得看您在通過航線的固定點時航向為何。

第十八課：等待航線

直接進入法

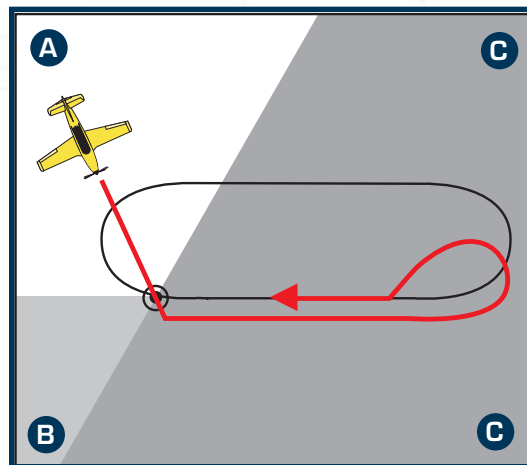
您在接近固定點時，如果航向與航入邊的動線方向相同（參閱圖 18-2 區域 C），請以直接進入法飛進等待航線。在固定點右轉（標準等待航線）或左轉（非標準等待航線），然後保持在航線上飛行。



[圖 18-2]

平行進入法

飛到固定點時，航向與航入邊的動線方向相反，且通過固定點後就飛離了等待航線的迴圈時，則適用平行進入法（參閱圖 18-3 區域 A）。您通過固定點後，就沿著與航入邊平行的方向飛一分鐘，之後轉向跑道切進航入邊。回到固定點後，保持在等待航線上飛行即可。



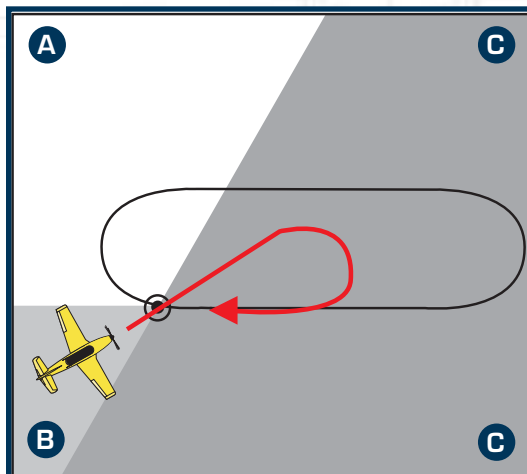
[圖 18-3]

第十八課：等待航線

淚滴進入法

通過固定點時，航向與航入邊的動線方向相反，但通過固定點後會飛進等待航線的迴圈裡，則適用淚滴進入法（參閱圖 18-4 區域 B）。在通過固定點後，轉向等待航線，以和航出邊夾 30 度角的航向飛行。保持此航向飛一分鐘，然後掉頭朝相反的方向飛，去切入航入邊。回到固定點後，保持在等待航線上飛行。

聽起來很複雜吧？大多數的飛行員會這麼認為。所幸，大多數的情況我們會用單純的直接進入法，因為航管人員通常會趁您沿著航道飛近一處交會點時，通知您在航線上等待。練習飛行等待航線，是您磨練儀器飛行技術的好方法，萬一哪一天有航管人員通知您等待，您才知道要怎麼來因應。現在就請您進入等待航線飛行課程，然後在儀器飛行檢定考試中，好好地讓監考官大開眼界。



[圖 18-4]

第十八課：等待航線

結語

如果您上完了這裡所有的課程，您有好幾個地方讓我括目相看。首先，您表現出高昂的學習動機，讓我想起《白鯨記》(Moby Dick) 裡全力追捕巨鯨的Ahab 船長，冒險犯難之際也不忘隨身配帶「哇沙米」醬。船長有鬥志，就像您一樣。當其他進行模擬飛行的葛格美眉們正忙著從橋下鑽過或在航空母艦上降落，您卻犧牲享樂在用功。而且，您先苦後甘，紮下了飛行技術的基本功。我很欣賞。即使您所學到的不全然就是真實世界裡的飛行技術，可是也算接近了。

記得，這只是個開端。您要考慮登上真正的飛機去上堂飛行課。沒別的理由，就是看一下您究竟學到了多少。誰知道呢？幾年後，說不定教練會坐到您所駕駛的飛機呢。

祝您飛行順利！



索引

A	
abeam	側邊 125
adjusting for landing	降落設定調整 67
aerodynamics	航空動力學 52
aeronautical charts	航空圖 122
Aeronautical Information Manual	《飛航資訊手冊》 83
aft	向後 97
AI	姿態儀 172
aileron	副翼
crosswind	側風 116, 119
landings	降落 116, 119
trimming	配平 21
ailerons	副翼 10
air traffic control (ATC)	飛航管制 156
airport, signs	機場，標示 79
airspeed	空速 38
drop in as indication of climbs	下降顯示飛機進行爬升 36
effect on nose position	對機鼻位置的影響 34
airspeed indicator	空速錶
green arc	綠色圓弧 60
radial-scanning	輻射式掃描 144
white arc	白色圓弧 73
altimeter	高度錶 17
how to read	讀法說明 44
angle of attack	攻角 47, 50, 91, 101
increasing	增大 54
apparent weight	表面重量 101
approach chart	進場圖 157
artificial horizon line	人工天地線 25
attitude	姿態 42, 135
attitude indicator	姿態儀 14, 136
degrees of pitch	俯仰角度 37
miniature airplane	(儀表中的)小飛機 24
orange pointer	橙色指針 41
vertical calibration	垂直刻度線 36
autorudder	自動方向舵 26, 30

axes	軸	10	climbing	爬升	31
lateral	側軸	10	climbing and descending turns	爬升與下降轉彎	140
longitudinal	長軸	10	Cockpit view	座艙視野	70
vertical	垂直軸	10	Common Traffic Advisory Frequency (CTAF)	共同航線諮詢頻道	86
B			compass cards	羅盤卡	123
bank control	坡度控制	21	constant rate descent	定速率下降	169
bank marks	坡度刻度	23	control tower	航管塔台	86
barb-type course reversal	倒鉤型航道迴轉	162	controlled airports	有塔台管制機場	86
base legs	機場航線第四邊 (底邊)	110	course deviation indicator (CDI)	電波航道偏航指示器	123
bernoulli	白努利	92	crab method, see crabbing	側航方法，參閱「側航」	115
Bernoulli's principle	白努利定理	54	crabbing	側航	115
Big-6 instruments	六大主要飛行儀錶	136	critical angle of attack	臨界攻角	91,92
blue marker beacon-light	藍色標示燈	166	crosswind drift	側風偏移	115
C			crosswind landings	側風降落	115
charts, sectional	航空專用區域地圖	122			
chord line	弦線	47			

crosswind legs, heading	機場航線第二邊 (側風邊)	108
cruise flight	巡航飛行	57

D

decision altitude (DA)	決定高度	167
decision height (DH)	決定高度	166, 168
deflecting the joystick	偏轉搖桿	23
degrees of bank	側傾角度	23
departure leg	機場航線第一邊 (離場邊)	108
departure stalls	離場失速	98
descending	下降	35
descent from straight-and-level flight	由平直飛行進入下降狀態	
Entering		139
descent rate	下降速率	169
descent rates	下降速率	40
descents	下降	19

direct entries	(等待航線之) 直接進入法	178
directional gyro	方向陀螺儀	16
displaced thresholds	移位起點標示	89
Distance Measuring Equipment (DME)	側距儀	159
downwind legs	機場航線第三邊 (下風邊)	109
heading	航向	110
drag	阻力	8, 51

E

earth's horizon	自然天地線	13
electronic beams	電波束	164
elevators	升降舵	11
engine torque	引擎扭力	60

F

factors	因素	35
feeder routes	饋送航道	162, 166
leading	導向	163

final approach	機場航線第五邊 (最後進場邊) 63, 122	"FROM" indication (從信標台) 飛離顯示 123
fixes	(等待航線之) 固定點	full flaps to increase the airplane's drag 襟翼全放以增加飛機的
holding	等待 177	阻力 74
flags	旗標	full throttle 節流閥全開 32
VOR	特高頻多向導航台 123	
flap operating range	襟翼的操作範圍 73	G
flaps	襟翼 72	G-forces G力 99
flare	平飄 63, 68	glidepath 滑降路徑 113
effect of flaps on	襟翼對平飄的影響 77	glidepaths 滑降路徑 65
flight plans	飛行計畫	glideslope down 沿下滑道向下 167
IFR	儀器飛行準則 156	glideslope intercept altitude 下滑道攔截
flights	飛行	高度 165, 167
coordinated	協調 27, 29	glideslope needle 下滑道指針 164
Four Forces	四大基本作用力	glideslopes 下滑道
drag	阻力 7	defined 定義 169
four forces	四大基本作用力 7	go around 盤旋 75
drag	阻力 8	
lift	昇力 7, 8	H
thrust	推力 7, 8	hat switches 苦力帽 13
weight	重力 7, 8	

heading	航向		hundred-foot hand		
airplane's	飛機的	16		百英尺指針	17
specific	特定的	16			
heading indicator	航向指示器	16	I		
radial-scanning	輻射式掃描	144	ILS approach	儀器降落系統進場	164
VOR navigation	VOR 導航	125	detailed	詳細說明	168
high altitudes	高海平面高度		inbound	航入	177
effect on power production	對動力輸出的影響	33	inclinometers	傾角器	28
high temperatures	高溫		index	VOR 指標	
effect on power production	對動力輸出的影響	33	VOR	VOR	123
hold-short lines	(滑行道) 待命線	85	instrument approach charts	儀器進場圖	157
holding fixes	等待航線固定點	177	instrument approaches	儀器進場	155
holding patterns	等待航線	177	Instrument Flight Rules	儀器飛行準則	164
horizons	天地線	14	Instrument rating	儀器飛行檢定	135
horizontal component	水平分力	22	instrument scan	儀器掃描	135
horizontal guidance	(儀器降落系統)		intercepting and tracing a VOR course	攔截與追蹤 VOR 航道	126
	水平導向	164	intercepting the localizer	攔截左右定位台	166

J			localizer needle	左右定位台指針	175
joysticks	搖桿	13	localizers	左右定位台	
neutral position	歸中位置	23	defined	定義	168
L			longitudinal axis	長軸	10
laminar airflow	平薄氣流	92	aligning	對準	117
landing attitudes	降落高度	68	lowered cambered surface		
landing flares	降落平飄	63		機翼下曲面	47
landings	降落	62	M		
Lateral axis	側軸	12	magnetic compass points		
lateral axis	側軸	10		磁羅盤指向	81
leading edge	機翼前緣	47, 51	magnetic North Pole		
left (nonstandard holding pattern)				磁北極	81
	(非標準等待航線動線)		mandatory hold points		
	向左彎	178		強制待命點	87
left rudder	左方向舵	28	minima sections	最低高度限制欄	157
left turn	左轉彎	28	minimum forward speed		
level flight	平飛	13		最低前進速度	32
lift	昇力	8, 22, 31, 47	missed approach point		
load factor	載重因素	99		失誤進場點	158,
localizer course	左右定位航道	164			161, 166
localizer frequency			monitor scanning		
	左右定位頻率	165		監看掃描	152

N

NAV 1	一號導航信號接收器	164
nose gear	鼻輪	71

O

OBS	全方位航向選擇旋鈕	165
omnibearing selector (OBS)	全方位航向選擇旋鈕	123
orange ball as a pitch reference	以橙色球為俯仰參考體	41
outbound	航出	177
outer markers	場外信標台	166

P

parallel entries	(等待航線之) 平行進入法	178
pitch	俯仰	10, 11, 38
downward	向下	14, 17
upward	向上	14, 17
plan view	平面俯視圖	157
power	動力	42, 135
procedure turns	程序轉彎	162
profile view	剖面圖	157, 161

propeller slipstreams

螺旋槳沖流	60
-------	----

R

racetrack course reversals	田徑跑道式航道迴轉	161
racetrack patterns	田徑跑道式航道	177
radial-scanning	輻射式掃描	142, 173
radial-scanning primary instruments	輻射式掃描主要 飛行儀錶	172, 173
radials	放射狀電波束	133
radios	無線電 Common Traffic Advisory Frequency (CTAF)	共同航線諮詢頻道 86
rate of climb	爬升速率	17
rate of descent	下降速率	57
relative wind	相對風力	48
direction	風向	49
velocity	速率	49

right (standard holding pattern)	(非標準等待 航線動線) 向右彎	178	runway's threshold	跑道入口	
right rudder	右方向舵	28	45-degree angle	45度角	111
right turns	右轉彎	28			
rotation	仰轉	54	S		
rudder	方向舵	26, 78	S-turns	S轉彎	114
crosswind	側風	116	Scanning	掃描	137
landings	降落	116	sectional charts	區域航空圖	122
runway edge lighting			sideslip method	(側風降落之) 側滑法	119
	跑道邊燈	82	slow flight	慢速飛行	46
runway lighting	跑道燈號	81	stall	失速	33
centerline	中央線	83	stall speed	失速速度	32
sequenced	程序性	82	stalling	失速	46
runway markings	跑道標示		stalls	失速	91
arrows	箭頭	88	departure	離場	98
chevrons	臂章狀線條	88	high-speed	高速	94
runway safety area sign			intentional	刻意	95
	跑到安全區域標誌	88	recovery	脫離	93, 96
runways	跑道		standard rate turn		
markings	標示	80		標準速率轉彎	148
numbers	編號	80	steep turns	大坡度轉彎	99

bank angle	側傾角度	99	"TO" indication	(向信標台)	
steering the airplane on the ground			飛近顯示		123
	將飛機轉向地面	78	Top-Down view	俯視圖	109, 111
Straight flight	直線飛行	13	tracking in reverse	朝相反方向追蹤	167
Straight-and-level flight			traffic pattern altitude (TPA)		
	平直飛行	13	機場航線高度		108
T			traffic patterns	機場航線	107
tachometer	引擎轉速錶		trailing edge	機翼後緣	47, 53
radial-scanning	輻射式掃描	144	tricycle-gear airplane		
takeoffs	起飛	60	前三點式起落架飛機		64
taxiing the aircraft			trim	配平	40
	滑行飛機	78	Trim tab	配平副片	19
taxiway markings	滑行道標示	83	direction	方向	19
taxiway signs	滑行道標誌	84	trimming	配平	18, 20, 42, 135
teardrop entries	(等待航線之)		joystick	搖桿	20
	淚滴進入法	178	keyboard	鍵盤	20
three-step process for scanning your			specific airspeed		
flight instruments			特定空速		40
	掃描飛行儀錶三步驟	135	turn coordinator	轉彎協調器	28
throttle position	節流閥位置	41	turning	轉彎	22
Thrust	推力	8, 31			

U					
uncontrolled airport				Very high frequency Omnidirectional Range	特高频多向
	無塔台控制機場	86			導航台範圍
					121
upper cambered surface				VOR flag	VOR 旗標
	機翼上曲面	47		off	止
					125
				VOR navigation	VOR 導航
					121
				VSI	垂直速度錶
					154, 172,
					173
				radial-scan	輻射式掃描
					151
V				W	
VASIs	目視進場下滑指示	66		weight	(四大基本作用力) 重力
vertical axis	垂直軸	10, 27		wind correction	風偏修正
					130, 174
vertical component				wind direction	風向
	垂直分力	22			175
vertical guidance (儀器降落系統)				wind speed	風速
	垂直導向	164			175
Vertical Speed Indicator (VSI)				wing	機翼
	垂直速度錶	17			46
vertically	垂直地	22		angel of attack	攻角
virtual cockpit	虛擬座艙	70			25
Visual Approach Slope Indicator (VASI)				Y	
	目視進場下滑指示	66		yaw	偏航
Visual Flight Rules					10, 27
	目視飛行準則	155		adverse	反向
					30
VOR	特高频多向導航台	158			
electronic courses					
	電波航道	121			