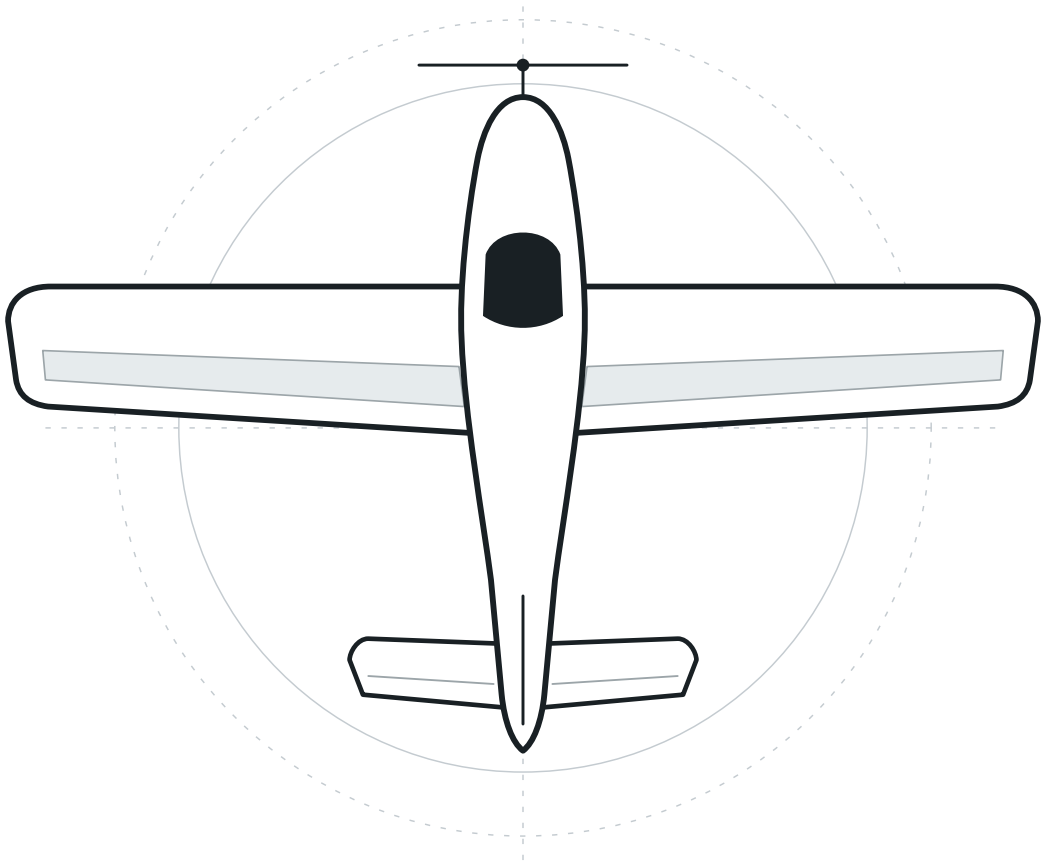
超輕型載具

飛行訓練教材



FAA 規則

飛行原理

航空氣象

標準作業程序

講習內容：

一. 美國聯邦航空署（FAA）
PART 103 及 PART 91 規則

二. 飛行原理（PRINCIPLE OF FLIGHT）
第一章:飛機(AIRPLANE)
第二章:飛行的四種力(FOUR FORCES OF FLIGHT)
第三章:飛航的空氣動力學
(AERODYNAMICS OF MANEUVERING FLIGHT)
第四章:穩定性(STABILITY)
第五章:預測性能(PREDICTING PERFORMANCE)
第六章:飛行安全(SAFETY OF FLIGHT)

三. 航空氣象學
第一章:近地飛行氣象
第二章:地形與氣流

四.標準作業程序

一. 美國聯邦航空署（FAA）PART 103 及 PART 91 規則

美國聯邦航空署(FAA)PART 103及PART 91規則

雖然一個超輕機飛行員並不被要求一定要有飛行執照或註冊他的超輕機，但沒有規則的超輕飛行的日子已經過去了。

在前幾年的航空運動中由於超輕機數量非常快速的增加，對於一般飛機及駕駛員造成了潛在的危機，因此美國聯邦航空署覺得有必要對超輕機加以規範，有幾件FAA記錄中造成超輕機與民航機的接近事件顯示是由於超輕機的不守規則，另有一些情況是超輕機飛進大機場，在夜間或視野不良時飛行。

在1982年十月四日，"聯邦航空法103-超輕機操作要求"正式生效，有超過2500各人及團體在 FAA所提法案中提供相關的諮詢。

此規則的開宗明義是界定超輕載具(ULTRALIGHT VEHICLE)，那些不符合超輕載具定義的超輕機將被視為超輕航空器，而將要求適航性証明及註冊，其駕駛員將被要求與所有航空器駕駛員一樣的執照。

PART 103-超輕載具

103.1 適用性：

此章先說明管理在美國超輕載具操作的規定，為此目的，一架超輕載具是一種載具：

1. 被用做或企圖被用作由各人所有做為在空中由人操控的目的。
2. 被用做或企圖被用作只用於娛樂或運動的目的。
3. 沒有任何美國或外國適航性証明。及
4. 若無動力，重量低於155磅，或
5. 若有動力，⑴空重低於254磅，除了有潛在危險情況之下須配置的浮筒及安全設施之外。
   ⑵燃油容量不超過 5加侖。
   ⑶在全馬力平飛時，不超過55節空速能力。及
   ⑷在無動力下其失速速度不超過24節空速。

確認你的超輕機能合格，記住這些要求並不更改你的載具(例如增加額外油箱)

使你的載具無法符合超輕載具的規定，若你使用你的超輕機超過了娛樂及運動的目的，那就不是超輕載具，而你就會以飛航沒有註冊的飛機及無照駕駛被追究責任。

103.3 檢查要求：

1.任何在此法條下操作超輕載具，在被要求時必須讓行政官員或被他任命者檢查其載具以決定此規定的適用性。
2.超輕載具的駕駛員必須在行政官員的要求之下，提出令人滿意的証據去証明此載具有此法條所規定之項目。

當有明顯的或懷疑的違反時，此檢查將經常被執行，此檢查為決定是否此載具為合乎FAA在103.1所定義之超輕載具，而非決定此載具之適航性。

若此超輕機不符合超輕載具之定義，駕駛員將被告知必須符合超輕載具之要求，或者去註冊此超輕機為航空器及取得航空器之駕駛執照，違規之駕駛員可能被科以每次飛行 $1000元之罰鍰。

103.5 擱置書：

除非有行政官員簽署擱置書的証明，任何人均不得有逾越此法條之操作行為。

超輕載具駕駛員在得到此擱置書後，將得暫時逾越此規定之部份。

103.7 檢定及註冊：

1.縱使任何部件是屬於須認証之航空器或其零件或裝備，超輕載具及其零組件及裝備並不被要求須符合航空器標準之適航証明或有適航証。
2.縱使任何部件是屬於須認証之飛行員執照，超輕載具之操作者並不被要求須要有航空學知識，年齡，或經驗去操作此載具或須有飛行或醫檢執照。
3.縱使任何部件是屬於須認証之註冊及航空器標識，超輕載具並不被要求須要有註冊或任何形式之航空器標識。

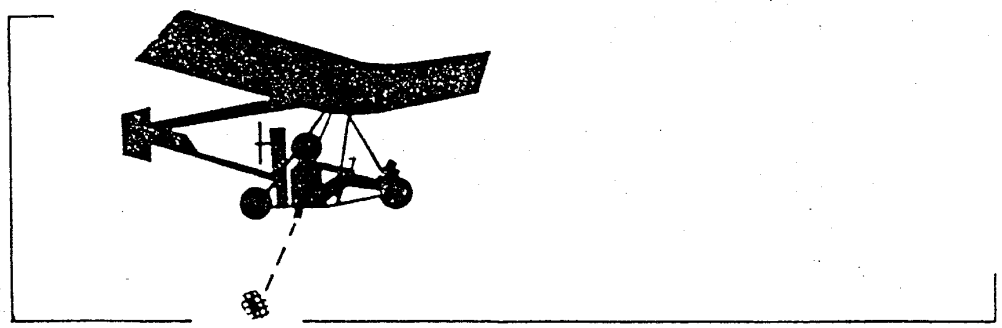
此外，有一些州可能會要求超輕機須註冊，若你願意，你可以從一些超輕團體(如飛行器所有人及飛行員協會的超輕部門)取得執照，表示你的載具符合103.1 的要求。

SUBPART B-操作規定

103.9 危險的操作：

1.任何人都不能操作任何超輕載具，有對他人生命或財物產生危險的行為。

2.任何人都不能讓物體從超輕載具上掉落，假如此行為對他人生命或財物產生危險。



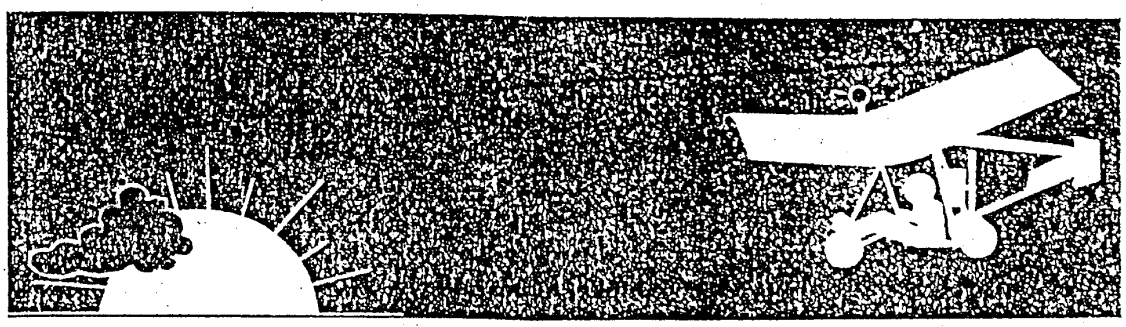
103.11 白天操作：

1.任何人都不能操作超輕載具，除非在日出與日落之間。

2.縱使符合第 1項，超輕載具可以在晨昏時段日出前30分及日落後30分內操作。或以航空曆書所界定之晨昏之間，若

⑴此載具裝有至少三哩可見之防撞燈。及

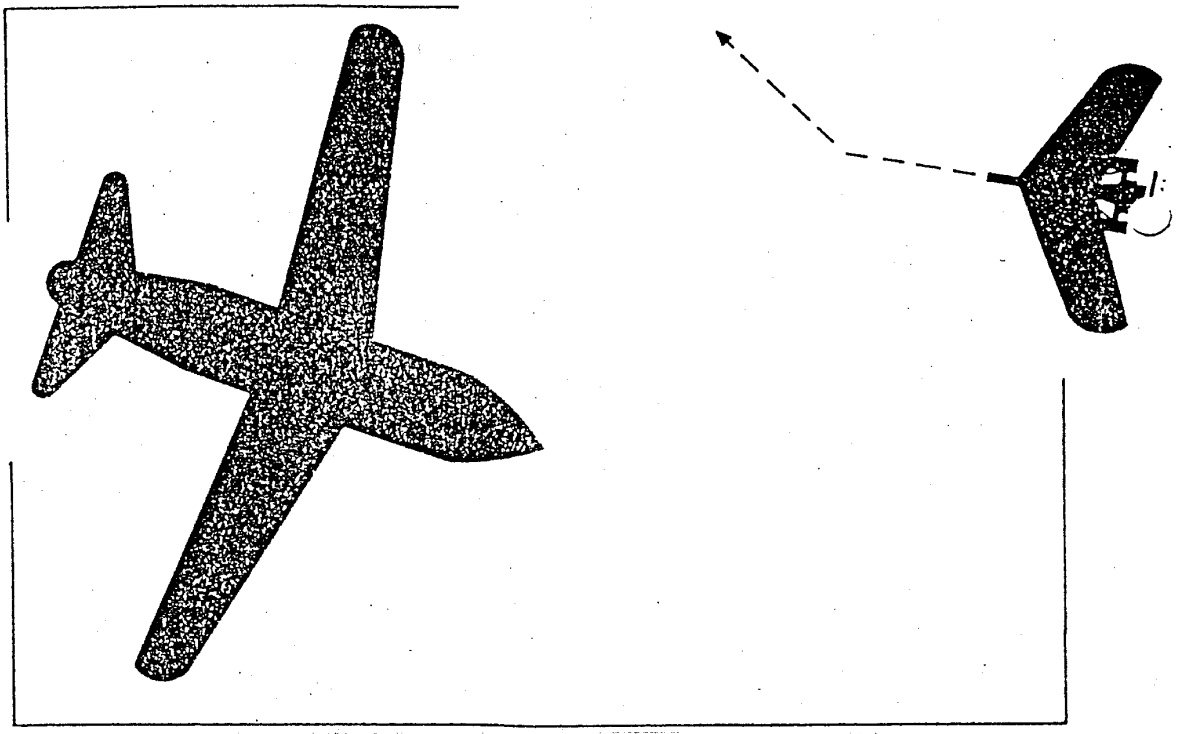
⑵在不管制之空域操作。



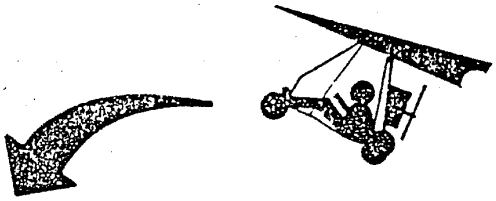
103.13 接近航空器之操作；航路權之規定

1.每位超輕載具操作者須保持警戒來觀察及防止航空器，並服從所有飛機的航路權規定。

2.任何人都不能以會與任何航空器發生碰撞危險的方式操作超輕載具。



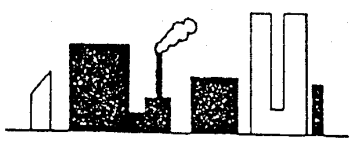
3.有動力之超輕機應讓出航路權給無動力之超輕機。



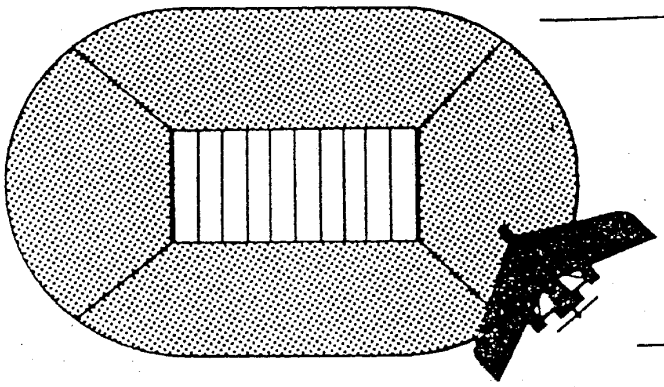
103.15 通過密集區之操作：

任何人都不能操作超輕載具通過任何城市，鄉鎮，棲息區或人群聚集之開闊地區。



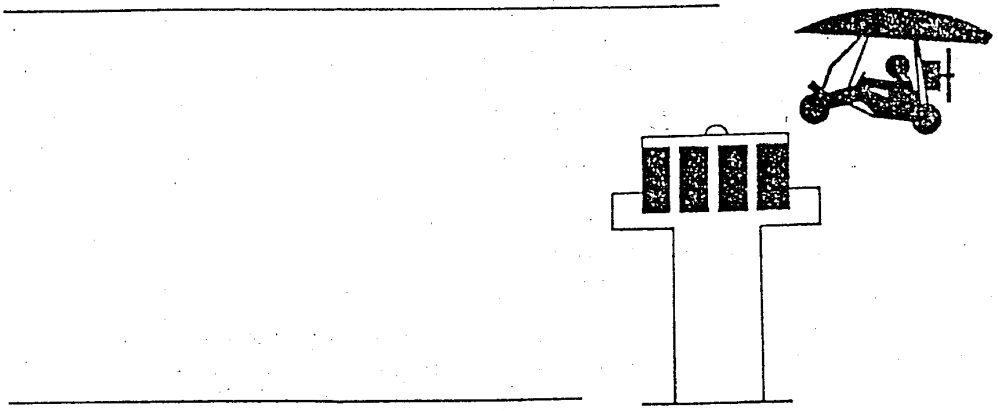


飛行員如何判斷此地區是否為密集區?在此有一實用的定義:一個區域在作緊急迫降時無法避免造成地面人員及財物傷害的潛在危險。此"潛在"很重要，一個校園即使它是空曠算是密集區，因為它有潛在傷害存在。



103.17 在特定空域操作：

任何人都不能操作超輕載具接近機場交通區，管制帶，端點管制區或正面管制區，除非得到此空域管轄權的空中交通管制單位的事先授權。



事先授權應該各人或以電話申請，然而，對於越野飛行駕駛員若有無線電能與空中管制單位聯絡須在進入機場前五哩內取得授權，假如機場管制決定接受超輕機的話。

103.19 在禁航區或限航區的操作：

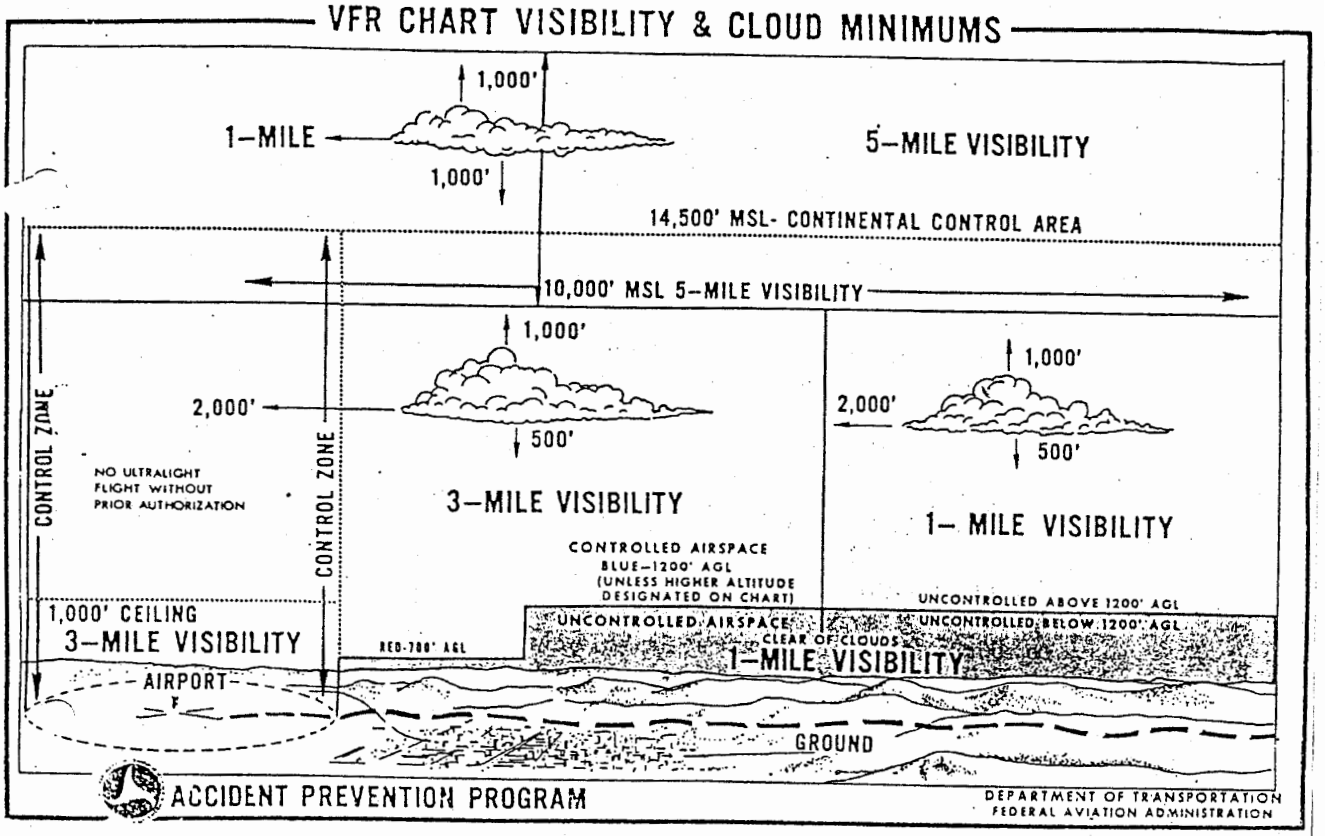
任何人都不能在禁航區或限航區內操作超輕載具，除非得到使用或管制者的特定許可。

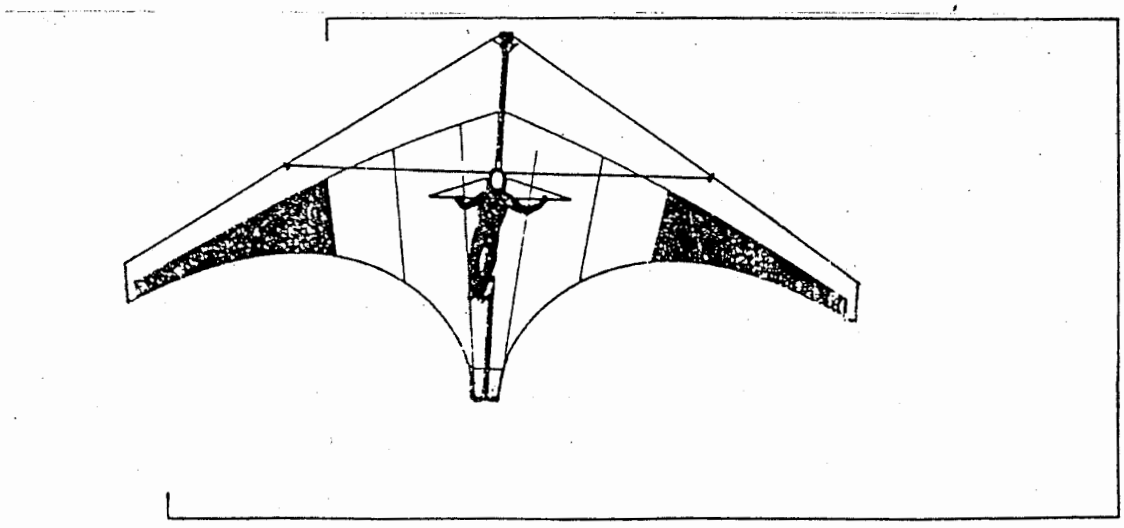
103.21 以地表為目視參考：

任何人都不能操作超輕載具，除非能得到地表的目視參考。

103.23 飛行能見度與雲幕清除要求：

當飛行能見度或與雲幕之距離低於下列圖例時，任何人都不能操作超輕載具。





FAA 規則-PART 91

一般航空器的飛行員受制於聯邦航空法比超輕駕駛員多的多，超輕駕駛並不被要求如一般航空器所附加之法律責任，然而，為保護超輕機免於將來的逾越法令，超輕駕駛員須學習及遵守一些法令是很重要的。

有一些飛行規則將使超輕機飛行更安全並使超輕駕駛在與一般航空器配合時保持良好的聲譽，一些規則因與超輕機無關而已被縮短。

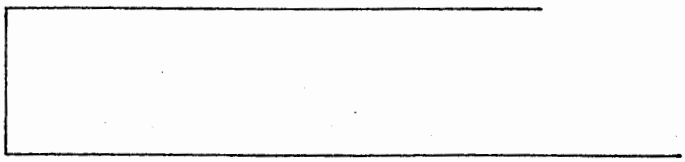
91.3 駕駛員應負的責任與權力：

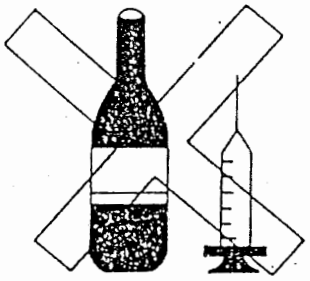
航空器駕駛員直接對其所駕駛的航空器負完全的責任與權力。

91.5 飛行前之行為：

在飛行前，每一位駕駛員必須對於此飛行有熟悉所有資訊的要求。

對於超輕駕駛員，這些資訊包括天氣報告及預報．油料要求．萬一無法完成預定計劃的替代計劃．目的機場的跑道長度及所用超輕載具之相關資訊，包含起飛及降落距離，在不同標高機場的性能能力。





91.11 Liquor and Drugs

91.11 酒類及藥物：

任何人都不能作為民用航空器之機員：

1.在飲用含酒精成份之飲料的八小時內。
2.當在酒精影響之下。或
3.當服用任何會影響飛安技能的藥物時。

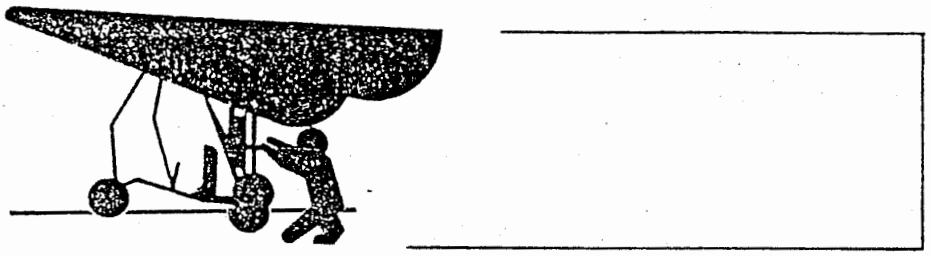
當然，你的飛行經驗可能本身已非常足夠，但稍後再狂歡，等你安全的落地之後。

91.29 民用航空器之適航性：

1.除非在適航情況下，任何人都不能操作航空器。

2.駕駛員被要求有責任去決定此航空器是否處於安全飛行之情況下，當不適航的機械性或結構性情況發生時必須停止繼續飛行。

此對超輕機特別的實在，在飛行中你不能冒從你超輕機上掉落甚至一個小零件的險，你可經常對你的飛行機器作澈底的飛行前檢查，若你對此次飛行懷疑就不要上去，如此，你就幾乎可避免災難。



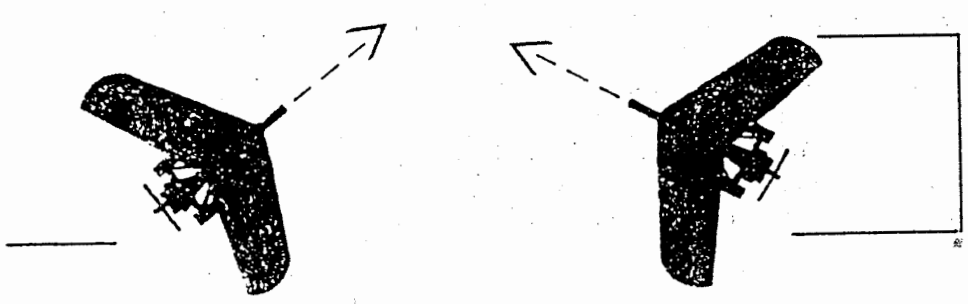
我們在PART 103學過超輕機規則，超輕駕駛員必須讓出航路權給所有航空器，但若是兩駕超輕機在碰撞航線上要如何？這裡有一些航路權規則將在此情況時幫助你。

91.67 航路權規則；水上操作除外：

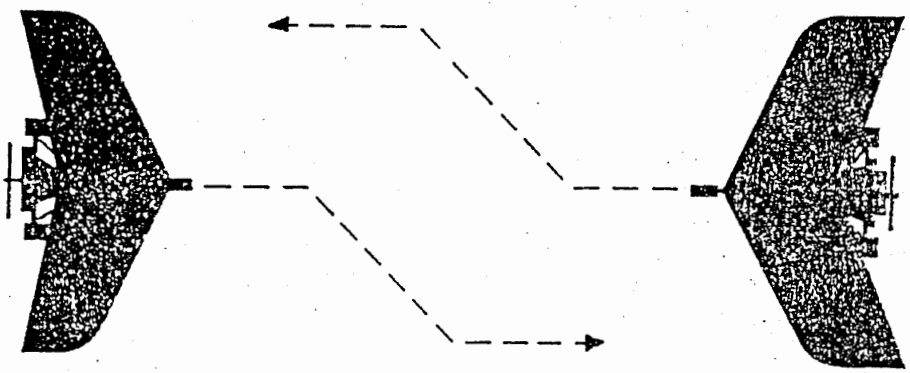
1.每位操作航空器的人必須保持警戒並依此規責以避免其它航空器，當此規則付予其它航空器有航路權時，你要讓出航路不可在它之下或之前通過，除非空域非常清澈。

2.一架危急中的航空器優於所有其它空中交通而有航路權。

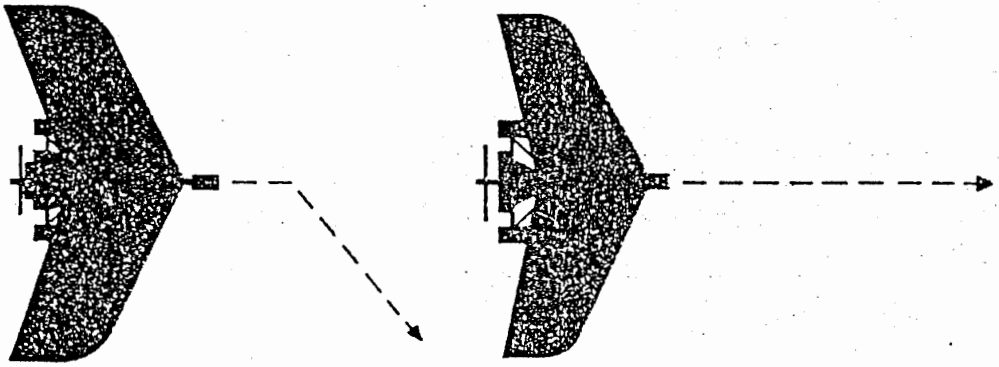
3.當同種類航空器在大約同一高度時(面對面除外)，右邊飛機有航路權。



4.當航空器彼此面對面接近時，每架飛機的駕駛員都向右邊改變航向。



5.被超越的航空器有航路權，每一位要超越別架飛機的駕駛員必須向右邊改變航向並保持安全空域隔離。



6.在第五邊準備降落或正在落地的航空器比在地面或空中有優先航路權，當兩架以上航空器都正接近機場準備降落時，高度較低的航空器有優先航路權，但不利用此規則截入或超前其它正在第五邊準備降落的飛機。

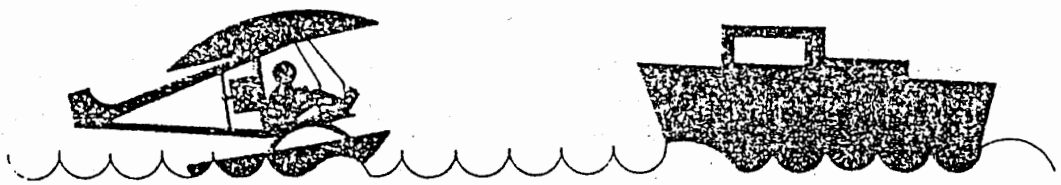
若你加裝浮筒在起落架上，而要在水面降落，你將須要知道水面操作的航陸權規則：

91.69 航路權規則；水上操作：

1.每位在水面操作航空器的人必須與船舶保持距離以避免阻礙其航道，並讓出航路權給予任何船舶或其它正在讓出航路權的航空器。

2.當航空器或航空器與船舶是在交叉航線上時，在另一架右邊的航空器或船舶有航路權。

3.當航空器或航空器與船舶彼此面對面接近時，彼此都向右邊改變航向並保持安全空域隔離。
4.被超越的航空器或船舶有航路權，每一位要超越的駕駛員必須向右邊改變航向並保持安全空域隔離。
5.當航空器或航空器與船舶彼此接近而陷入碰撞的危險時，航空器或航空器與船舶必須深切注意此存在的情況，包括各別航空器的限制。



91.71 特技表演飛行：

特技飛行(一種包括突然改變飛機高度，不正常姿態，不正常加速，非正常飛行所須的動作）在下列情況是不被允許的：
1.在任何城市，鄉鎮，棲息區等密集區上空。
2.在人群聚集的開闊區上空。
3.在空制區或聯邦航線內。
4.在地表上1500呎以下之高度。
5.當能見度少於三哩時。

超輕機特技飛行只適用於最有經驗的，極端熟練的飛行員或想要自殺的人。

91.79 最低安全高度：

除非有降落或起飛的須要，任何人都不能在下列高度以下操作航空器：
1.若動力部份失效，沒有會對地面人員或財物有預期危險的緊急降落容許高度。
2.地表上500 呎的高度，除非通過開闊水域或人煙稀少地區，在此情況，航空器也不能接近任何人員，船舶，車輛或建築物500 呎以內。

91.85 在機場附近或之內操作：

除非有空中管制的授權或要求，任何人都不能在機場管制區內操作航空器，除了為了從此機場的鄰近機場起飛或降落的目的。ATC 授權會被給予當作特定操

作的個別允許，或者可以機場使用者及塔台之間的書面同意書行之。

91.87 在有控制塔台的機場操作：
在機場管制區內，任何人都不能在有塔台的機場操作航空器進入，離開，除非在航空器與塔台之間維持無線電雙向通信。

91.87 的規則很長，但以上對超輕駕駛員而言是最重要的，很少超輕機有雙向無線電，因此做為運動用的超輕機一方面被告知要遠離有塔台的機場，另一方面它們被隔離在某一分離的空域，若超輕駕駛員具有雙向無線電則應該學習所有FARs的知識，以便能緊密的參與一般航空器作業。

91.89 在沒有塔台的機場操作：
每一位操作航空器要進入或離開沒有塔台的機場時，應該：
1.飛機準備降落時，五邊航線都必須向左轉，除非機場燈號或目視標識顯示轉必須向右，或在什麼情況之下五邊必須都向右。及
2.飛機準備離開機場時，依從正常FAA 規定的五邊航線。

91.91 暫時的飛航限制：
不管任何時間當主管機關決定有必要為了防止因為某種意外或事件引起高度興趣而聚集的觀看飛機，或提供有災難航空器一個安全環境時，對所有飛行員的通告將會發出，指示在何地區將有暫時的飛航限制。

當此通告發佈時，超輕機必須遠離此指定區域。

91.104總統或政要附近的飛航管制：
任何人都不能在總統，副總統，或其它政要於欲訪問或旅行的地區附近操作航空器，違反由行政機關所發佈之飛航限制(NOTAM)。

意外報告：
雖然法律並不要求超輕駕駛員報告超輕機的意外或危險事件，但鼓勵自動如此作，意外／事件報告經由探討事情發生原因的廣為流傳會使超輕活動更安全，駕駛員及其它涉入者的姓名將不會被刊載於上。

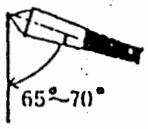
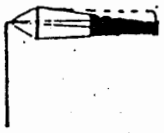
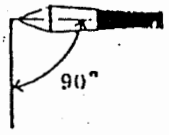
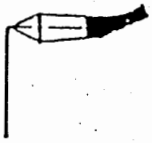
其它法令：

除了我們曾經討論過的法令之外，你應該注意其它的規定及你活動區當地的有關超輕機的附屬規定。

還有許多的法律法規，例如，你制定對於火雞場的噪音。一般能畜的類話。飛機的噪音。一些你對騷擾，責少對地主的土地上而沒有考慮，養畜地區造成損害一點或其它養得到亦可區域限制，你會發現天空並不是無限制的。

在飛航方面，你將學習更多的空

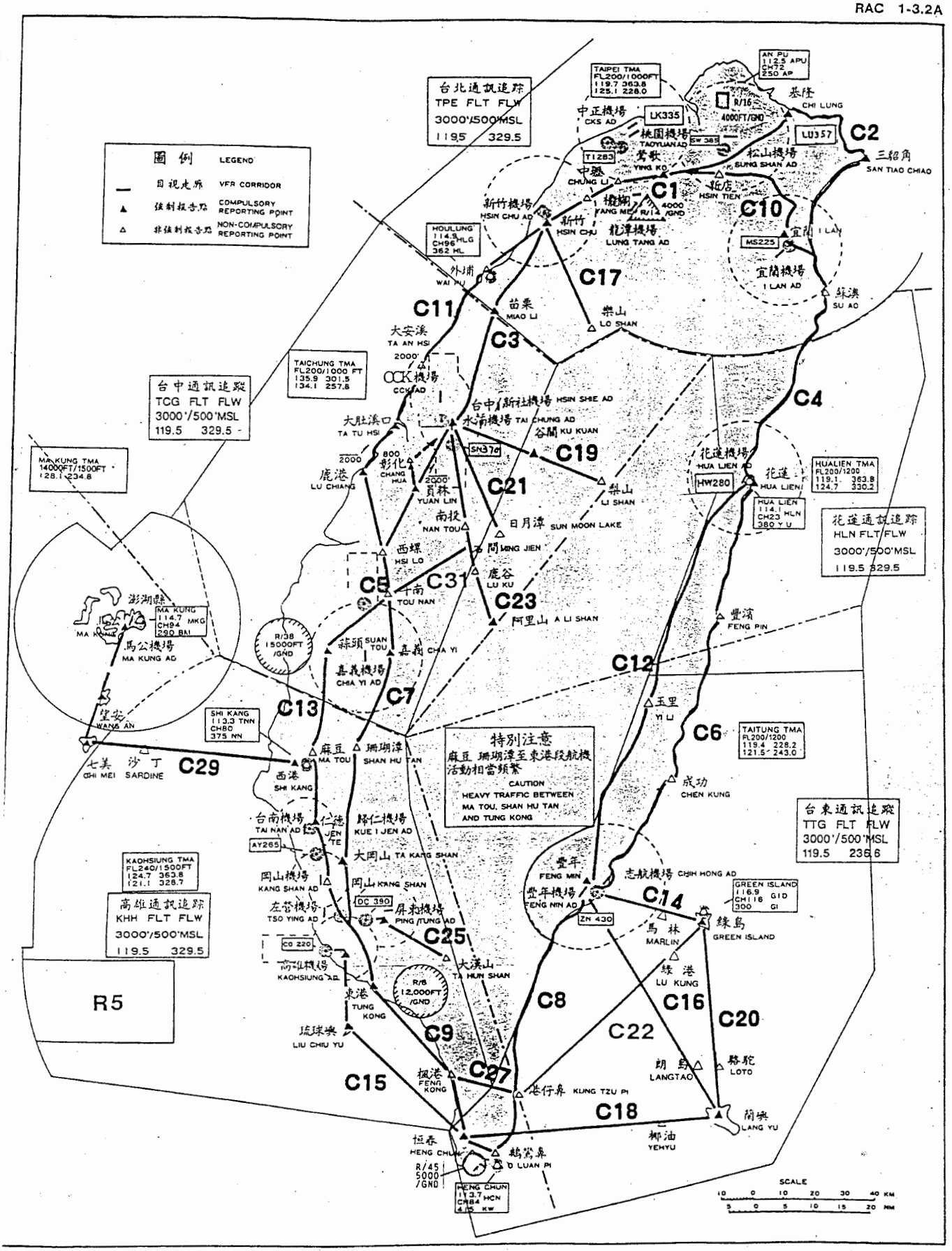
風速、級數參考圖

風力階級	指示風吹狀態	陸上物的情況	地上10公尺高的風速m/s
0		靜風 煙直線上昇。	0.0—0.2
1		人感覺無風，但可以煙的方向，辨視風向。	0.3—1.5
2		人感覺有風，樹葉有微動，風向袋開始動。	1.6—3.3
3		人感覺有風，樹枝搖動，一般旗子開始飄動。	3.4—5.4
4		引起砂塵，小紙片開始飄動，風向袋接近90°	5.5—7.9
5		樹桿開始搖動， 小水池、池面起波紋。	8—10.7
6		大樹幹開始搖動、電線有蜂鳴聲，雨傘不易打開、且不易支撐。	10.8—13.8
7		逆風行走、感覺困難。 樹木整個搖動。	13.9—17.1
8		逆風無法行走 小樹枝折斷	17.2—20.7

台北飛航情報區輕型航空器目視走廊飛航資料圖

TAIPEI FIR LIGHT ACFT VFR CORRIDOR FLT INFO CHART

航管 1-3.2A
RAC 1-3.2A



二. 飛行原理
(PRINCIPLE OF FLIGHT)

第一章:飛機(AIRPLANE)
第二章:飛行的四種力(FOUR FORCES OF FLIGHT)
第三章:飛航的空氣動力學
(AERODYNAMICS OF MANEUVERING FLIGHT)
第四章:穩定性(STABILITY)
第五章:預測性能(PREDICTING PERFORMANCE)
第六章:飛行安全(SAFETY OF FLIGHT)

飛行原理(PRINCIPLES OF FLIGHT)

第一章：飛機(AIRPLANES)

當你拜訪設計型式不一樣的飛機場時，第一件你可能會注意到的事情是飛機看起來都很大的不同，雖然從第一眼，你會認為每架飛機主要部份是相當類似的。〔圖1－1〕

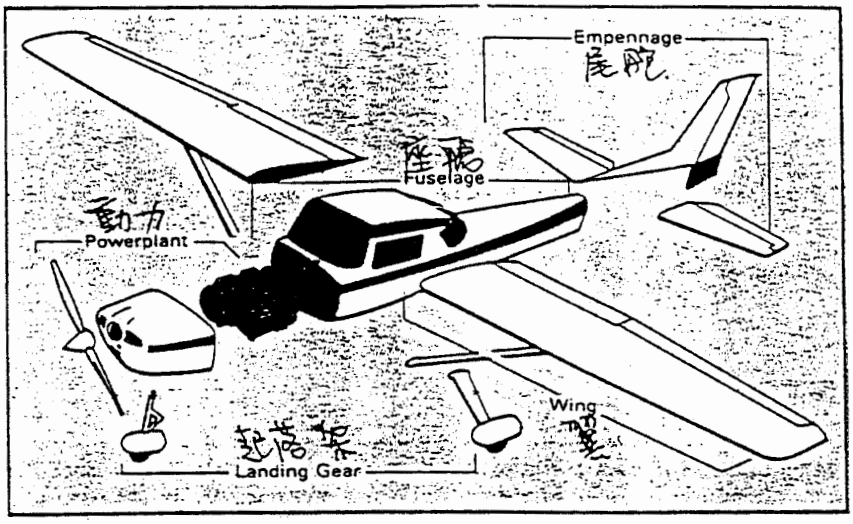


圖1－1；部份：一動力傳統上，而飛機的五翼由機翼，飛機份架部成落架，組起組駕所及份部尾大，為飛機做制了控除或，房艙能位功多座許客。

供乘位提了座艙含外機包額：

還或：它艙翼翼被機翼副片，2－1。一點翼當中1－1外行體小一主一掛有附常同通共艙的機份，部艙成駛它的其機為飛，利部機時放下組翼有，單機最中有的以，機度上同飛弧的不經有艙也流成機目氣計在數空設掛的。了從上翼當被附翼機為翼往襟〕

力機低的昇。翼，為明翼機稱說中組一章，雙量二翼，力第高機的在為翼行點稱單飛此計為助，設稱幫力種機生昇此飛有，由翼掛尖是襟附翼則片端到翼一末伸襟，翼延。作機點下動在中住向，的就方行翼片同飛機一以助約另遠幫大，永

副一的圖及作翼〔、翼動機。襟向片下作方每住舖反至也，相伸片面以延一制翼外另控副住，種片身下兩兩機往有，由翼掛尖是襟附翼則片端到翼一末伸襟，翼延。作機點下動在中住向，的就方行翼片同飛機一以助約另遠幫大，永

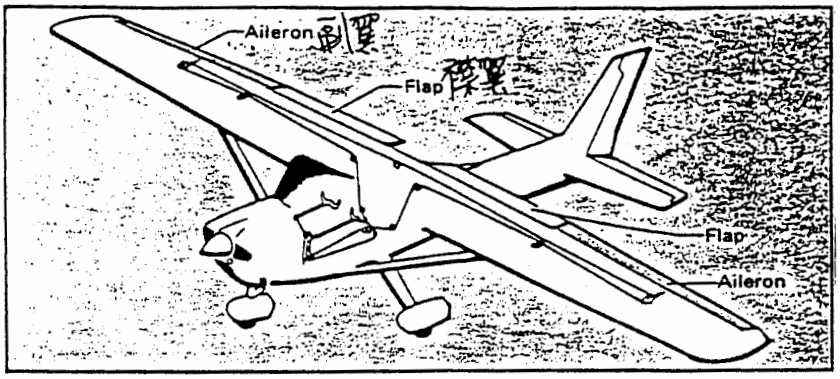


圖１－２：當你移動操縱桿往左時，左邊副翼往上右邊副翼往下，在飛行中，這就是開始往左轉的動作。操縱桿往右效用相反。你可利用開關或把手來操作襟翼，它們通常在起飛及降時被使用。

※機翼有兩種控制面稱為副翼及襟翼。

尾部：

尾部是由垂直安定面及水平安定面所組成，這兩個面是固定的而就像箭上的羽毛一樣能穩定飛機及幫助你在空氣中能維持直線路徑。〔圖１－３〕

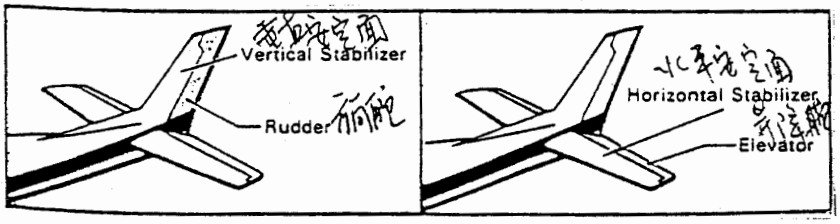


圖１－３：除了這兩個固定組成外，尾部還有兩個重要的可動面稱作方向舵及昇降舵。

※垂直及水平安定面幫助你在空氣中維持直線路徑。

方向舵是裝置在垂直安定面的後面，你用它來使飛機機頭向左向右，實際上，在飛行時你是使用方向舵及副翼來作協調轉彎。圖１－４

昇降舵是裝置在水平安定面的後面，飛行時你用它使機頭向上向下，來修正飛機到希望的高度。圖１－５

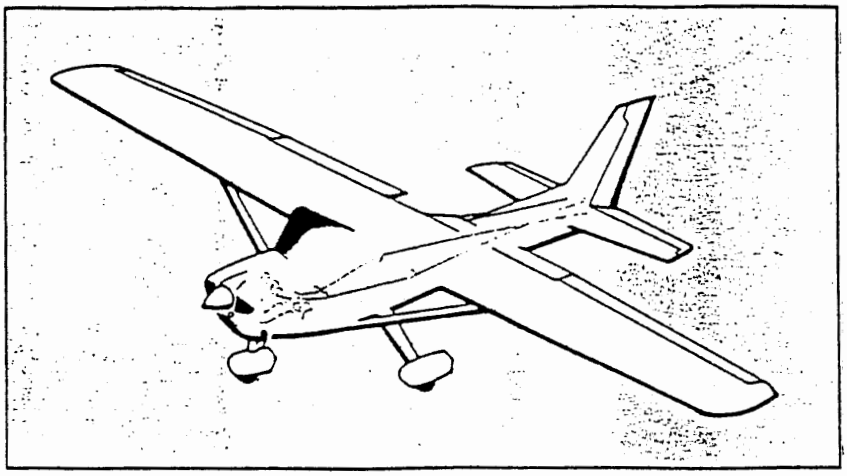


圖１－４：你用雙腳在駕駛艙的踏板操縱方向舵，當你踏左邊踏板時，機頭往左，右邊亦然。

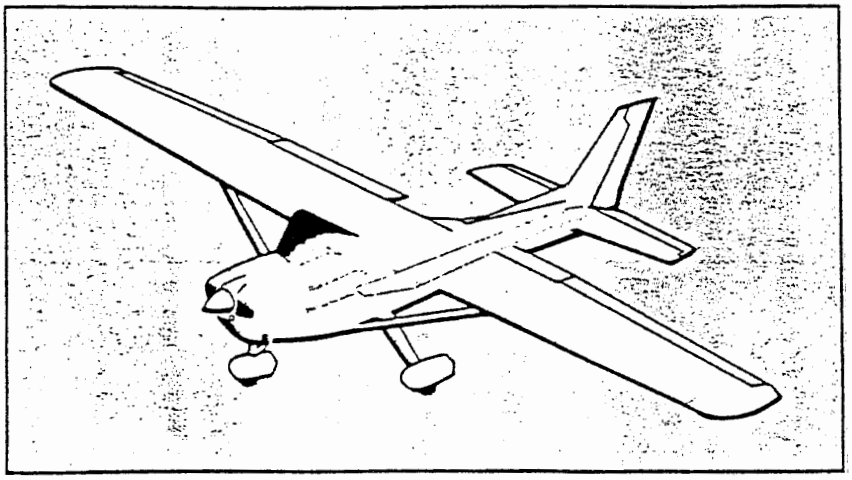


圖１－５：昇降舵是由操縱桿來操縱。當操縱桿往後拉，機頭向上，往下推機頭向下。

使由是經地是目機的型輕，它般片。一償補桿。縱為稱操物著加扳附直片一小須一而有置都位。面定制後固控舵持來降維桿昇要連機了的飛為裡：安安向好太份必艙器平為，種會部不駛定水稱上一感大你駕安式往你制方就供控計頭提的。設機，來多片，面傳還單拉後器的點後器定期支往定安預心你安從比中當在，的個樣置片動一一裝服移以桿被伺桿種縱片反縱一操服有操有用伺沒或計，像反果控設，一度的舵。覺過同降下感能不昇往的可些須就舵你一不頭降使有，機昇，面器推有微定定下像輕

*全幅式安定器是傳統水平安定面的變化，它不須要昇降舵：

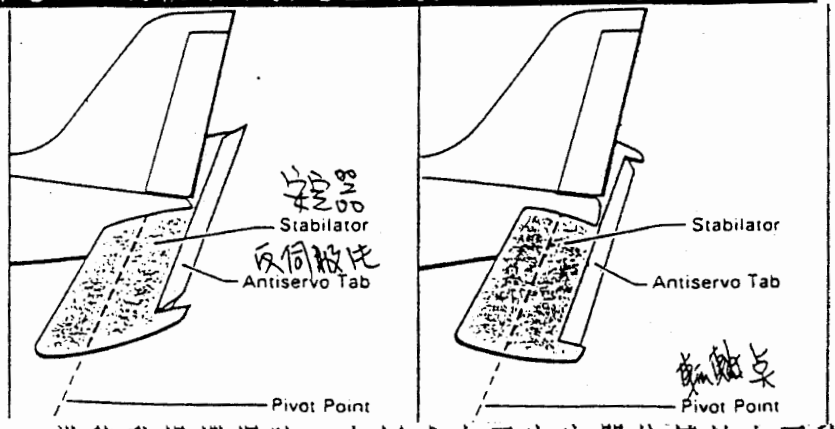


圖1－6：當移動操縱桿時，全幅式水平安定器依轉軸上下移動，反伺服片以同方向移動。

起落架：

輪胎時較平坦面積為尾輪，三輪部稱為尾輪，有常在尾部，它通在地面，若在地面不平，它有，然而，在機體，也有離機尾部，新式離機距離，但面隔地面頭或機尾，在機撐輪支三。機與地，及第架式緊載，落老旋負邊起於螺地兩統見的落身傳常佳收機為架較吸在它落有架輪稱起它落主們統因起兩我傳中此迎，其如歡，被控制。更難個遠震動震

一有架，落架起。震裝置，落式能吸量。圖1－7起定性要力輪固加須下三，增也向稱種力架的計兩阻落時設縮氣起落此收空的降輪，可少你及鼻定來樣跳為固縮一收稱有收器吸時，也可震來機頭落式有機起縮車計在另伸汽設輪。可像此三輪而敬為第鼻，：是當的直撐就向伸支撐轉持動支可保震

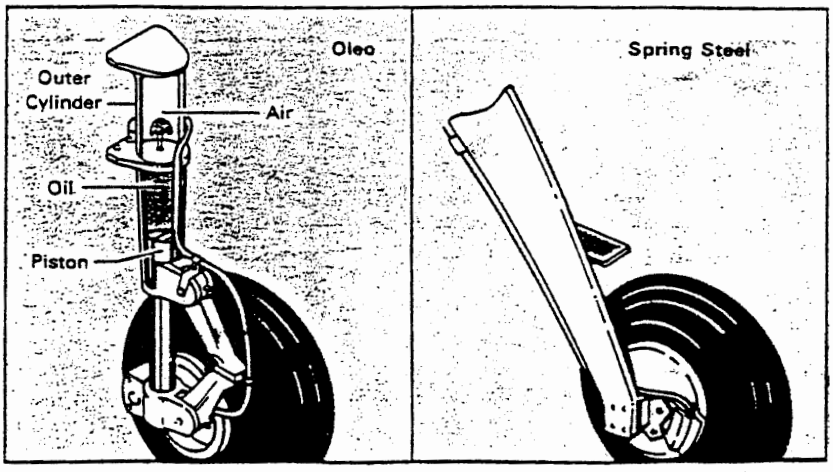
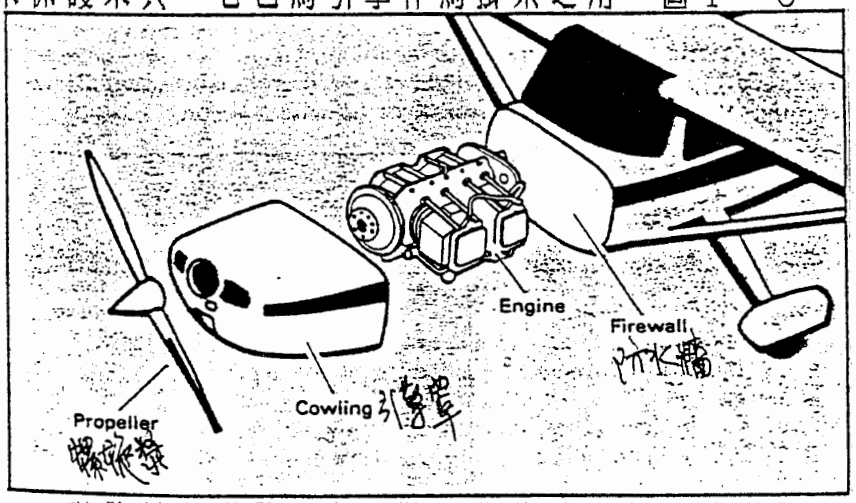


圖1－7：汽撐有支內鋼筒簧唧彈閉封放。個釋一慢括慢力包撐壓支收壓吸油速震。統，快減系它用震，作吸氣彈要空反主，用種油利兩，是有缸則

裝，飛僅車點車煞三煞別後機差在飛為，如稱上例車實，煞事同右，左要不些控重有操很也立輪但獨鼻，可合樣此配一由向。車，轉要汽制時重像控作顯就別操更車各面形煞而地情機上機輪飛輪飛向：主在轉份車在點無部煞置此機力

是部機能大與功在件要，擎主表引擎儀在引行置－8，飛裝1螺空防用及真，之擎供氣架引提暖掛含力供為包電提作份生客擎部產乘引力也及為動它員也型旋為員輕螺也乘在動機護機，駛駕，駛它轉飛保力擎來動引間供單之艙



氣成用變利轉，也，擎轉力罩引旋外的流生整產鼻擎機引為導作傳了端。除前行內，擎飛引機罩在飛擎裝使引槳，在旋力封螺推擎而稱，亦力助動前向圖1－8：冷作卻幫流向

來引擎驅動螺旋槳產生推力，同時提供電力，真空源，及座艙加熱

別：

稱不圍些範這大，更等。有球空還氣天類，另一種則上熱的種供，依提實，樣事機同(FAA)器行有翔，機滑享暑飛飛，都空的到機須航冊論昇必邦註討直器聯准僅有行國核們還飛美過我，的，經前，機等器為目括容飛一至包，些，截僅性這統不雜類系器，複歸套行小為了飛大而立為同

型式來數，種

建

類於操。常代
器決的力。是用新包。照
行取少應通類軍最類機執
飛，最的類束表為驗試機
用照有多機約代正實測飛
公執擁更輸。類真。念與
及類類求運量制是途觀但
般兩技需。運。時殊的分
一這特上以下載機臨特用區
，是。求客火。作展來1－10
制都多要磅乘滅空可發式圖
限裡更計19000或用航仍究型．圖
作機載設量災用但研．9．
操練承在及重火民請或級
及教類機人定林的申機等1－
類在般飛19顆森的格賽．圖
種現一類在過或目合比類。
器發比用制超機制過及種同
。行會能公限，撤限受．依不
類飛你機及但機噴給接機是的
種分，飛般，飛業放未造還上
航劃用類一客型農開尚自，義
適，適用比載大如度內餘照意
准照機公它來它例限國業執些
核執飛，為用其途有，如員有
員機小量因是及用已用諸駛是
駛飛份重，類機殊在試，駕還
駕於部載制機線特現測擴於法
明對大的限間航了但計廣對分
說為它作區表為機設含區

AIRCRAFT CERTIFICATION			
Category		Class	Type
Normal	Restricted	Airplane	Specifies make and model such as: PA-28-161 Hughes 500 Boeing 747
Utility	Limited	Rotorcraft	
Acrobatic		Glider	
Commuter	Provisional	Balloon	
Transport	Experimental	Landplane	
		Seaplane	

PILOT CERTIFICATION		
Category	Class	Type
Airplane	Single-Engine Land Multi-Engine Land Single-Engine Sea Multi-Engine Sea	Specifies make and model such as: PA-28-161 Hughes 500 Boeing 747
Rotorcraft	Helicopter Gyroplane	
Glider	----------	
Lighter-Than-Air	Airship Balloon	

第二章：飛行的四種力(FOUR FORCES OF FLIGHT)

飛行的經改速力的昇中機而的
是由機螺。旋推圖1－11
飛行時於。氣重穿力過的相空相應流相反氣反在經反氣反
飛機翼昇生是力昇產所於是向量是力方由量力種下是力它四及它的，前力上上力往拉的方，

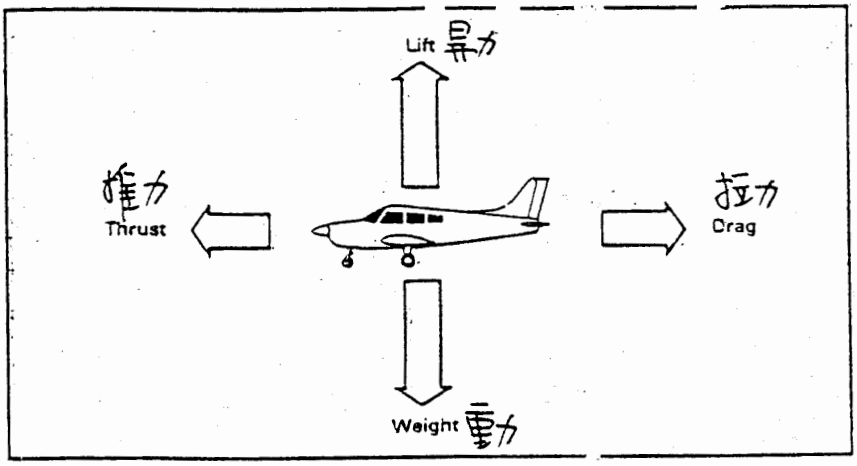


圖1－11：力頭昇重箭如，意例的注，長衡平力等是拉不量於並力反量種相力四並種此等四中力，相但行推長。飛，等長速力量頭加昇力箭不於反力箭線反相拉直相表比是昇於重力頭是生平並代頭量力力頭們水等度箭力昇上箭它在相長力

*航空動力是加長物加速時表示頭在

種四的，機，

上衡的飛示時

學平諸於表上

力是加長物體

，推力及拉力，在水平直線不

力，推等於應力(VECTOR)，應力的大量小由時

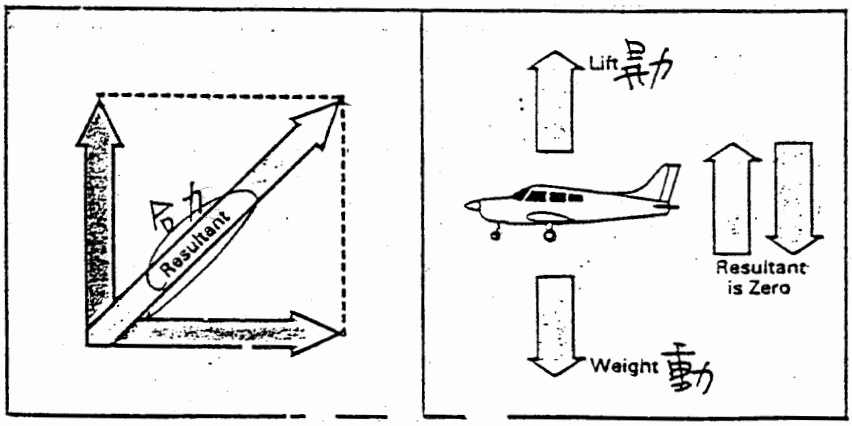
力，重力，推力等於拉力。

頭是生箭即產的向合量指結

力頭們上箭它

通力合稱的。常量力

當兩種或以上的力的



量，向力方如線，斜消在抵昇此產彼力量合力圖圖左右如如，加時，相加零。量相於力量等直力力垂直合與垂則平反，水相等當當相

圖1－12：

平動水空在航，它力其向若反，的態力狀重衡是平。狀樣翼力翼由道它於。處度衡同機壓機種知量是高平加是的，此會力機少於氣別面素，你的飛減處大特表因區後學，不也，圍下要壓稍力力亦它下周上主低，動昇加，況機翼最的源空於增時狀飛機是方來航等會彎風，中形上要性力不轉無前行翼及主鍵重機定在之飛但區的關，飛穩，率在，壓力是時，機素效，素高昇力速變飛因有而因的是昇加不當個成然多方別

昇力：

不素一變很下差線因是力有翼力。直力不昇同機壓素伯諾里定理(BERNOULLI'S PRINCIPLE)：

物內昇管士它如的瑞，例窄個加，間－增長中理率等寬諾速不邊伯體並兩，流量條爾著力一尼隨種經1－13丹：四流圖被是但氣是就，空理說長像原的等想本單量是(VENTURI)基簡力法的理反方風別定相理通差理表定作力諾代此稱壓伯度想常流，。觀通氣現少你備發減個設所力一種家壓有此學的理部子，

＊伯諾里定理解釋當速率增加時，空氣壓力如何減少：

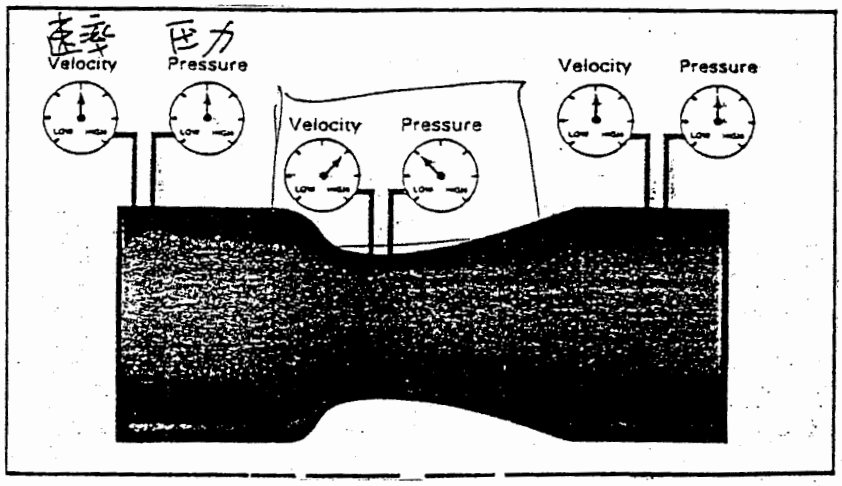
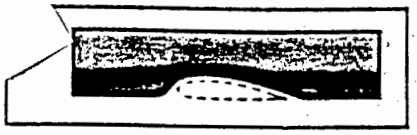


圖1－13：狹窄流道內，氣流經較寬流道後，流速及壓力減少，但氣流繼續進入後，然會使上一個空氣份子以時間率及壓力到達出口處，必須比入口處有更多的動能，才能克服壓力梯度。

表面氣流的變化，任何會使上表面氣流的曲度改變了，大部份都會產生一個壓力梯度，使上表面氣流的速率及壓力減少，而在上表面產生一個低壓區。圖1－15像理想機翼上表面的氣流，在翼尾經過一段距離後，速率及壓力又回復到原來的數值。



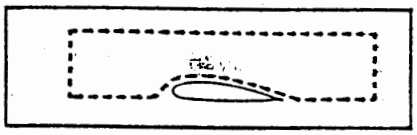


圖1－14：對增加翼弧度的機翼，氣流經過機翼上表面的速率增加，此增加減低了上方壓力，產生向上力。

圖1－15：平速，較薄翼型，較長翼弦，較低壓力梯度即可產生相當的向上力。

圖1－13：當空氣流經狹窄流道，流速增加，壓力減少，當空氣流經較寬流道，流速減少，壓力增加。

圖1－14：對增加翼弧度的機翼，氣流經過機翼上表面的速率增加，此增加減低了上方壓力，產生向上力。

圖1－15：平速，較薄翼型，較長翼弦，較低壓力梯度即可產生相當的向上力。

牛頓的運動第三定律(NEWTON'S THIRD LAW OF MOTION)：

牛頓運動第三定律：對於任何運動，都有一個相等且相反的反作用力。

當機翼底部的空氣不斷被撞擊偏轉向下，持續的空氣被偏轉向下也同時產生向上(昇力)的反作用力。依牛頓的運動第三定律，昇力就被維持。

昇力的來源是氣流經機翼上方彎曲表面速率增加，此增加減低了上方壓力，產生向上力。

昇力的來源可從水板底部所承受的衝擊壓力及上方表面所承受的平滑效應說明，氣流偏下就像水及水板力。

昇力者，水在水面滑行的情況相結昇名詞的解釋自機翼下方，大部份昇力是由機翼上表面的平滑效應所產生。

空氣水轉大提更然基本支撐的力減少當些論一

在例比下，還有其它很多因素，在深入探討前，我們先討

翼面：

一空機。：：：：風對相

前後弦翼形

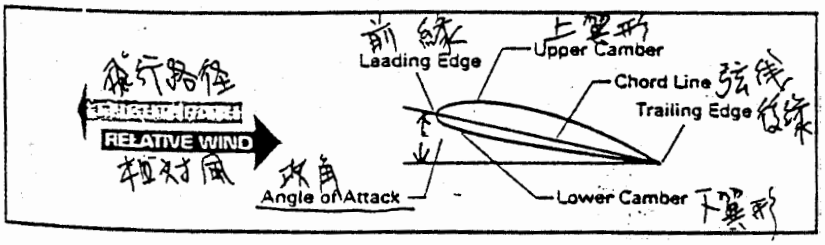
緣緣線

供的用
提機作
而飛互
用架相
作一的
互時流
交過氣
流流及
氣氣翼
空空機
的在明
動有說
移只來
股，用
一住詞
與記名
當，些
，，有
翼量，6
機力力1
機流表
過其使
於移實
機後被
飛上生1到上條形，相向該，學產圖觸經一翼坦流平應時面力會：接流是的平氣水不降翼動才下先流線面較指則你下個氣翼如首氣弦翼形：

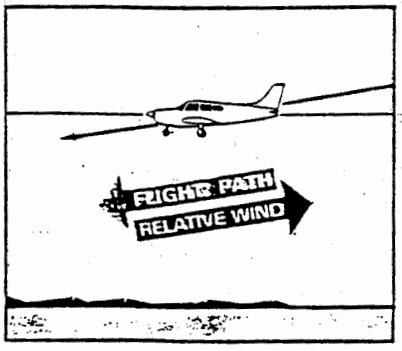
翼。風　當
下多對。如
著的相反例
顯大，相，
較方動並或1－17
形下移行迷
份。
部。翼翼前平所1－
面線上機向徑態圖
翼直，比平路姿。
的想線率水行行行
合假曲速翼飛飛平
會的性流機機機面
流緣特氣若飛飛平
氣後的的。與與水
份部到面方向風徑與
部下緣表上方對路能
面與前下翼的相行可
翼而面與機翼，飛身

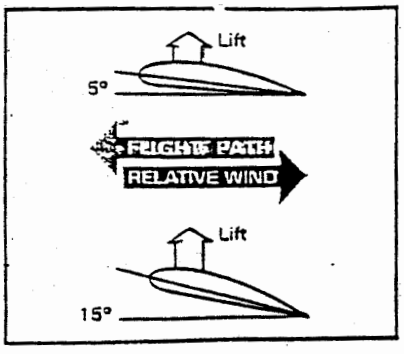
米飛行路徑與相對風永遠平行且相反。

攻角：指翼面弦線與相對風方向之間的角度。圖1－18



以週
明與
標動
被移
形的
翼翼
及機
線定定。
弦界決
，助來
面幫風
切則對
的風相
翼對與
機相線
行及弦
飛徑的
直路翼
平行機
以飛由
示而是
顯，角
圖狀功
此形，
6：翼係
機關
1－16定的
界氣
1助空
圖幫圖





力相
昇於
，用
加作
增直
角垂
攻力關。
當昇無意角
圖1－18：注攻
也，加，與
增風
對

向注反
是，相
徑飛及
路平行
行是平
飛態，
際姿後
實的向
當機上
7：飛向
1－17下風
1及向對
圖前意

機翼弦線與相對風形成的角度稱為攻角：

機翼面積：

機翼設計的因素：

機翼設計取決於飛機預期用途，經費，及其它因素，主要設計考慮因素有機翼投影面積，翼形，長寬比，及總翼面積。

機翼投影：從上或下看飛機機翼的形狀，每種投影設計都有其優缺點。

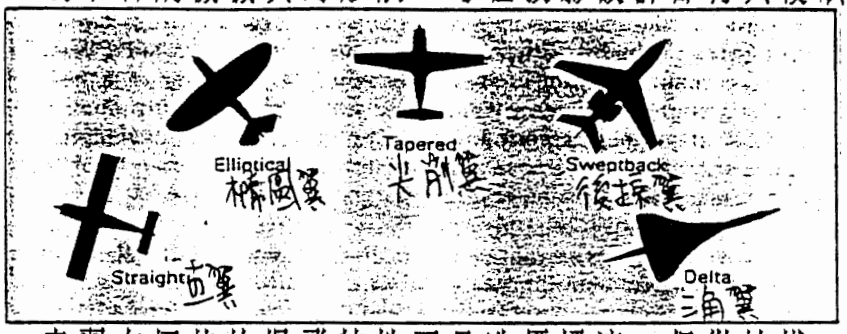


圖1－19：看貴三點較和1－力差掠且翼拉性後翼特。

重量飛很好，但從結構，重量較有效率，但也慢飛能力經濟方面，慢率，率。價拉有很效有效造及較時且量價速而重造高性在及種特翼力機飛圓拉現慢橢量表的。重高佳率在較極效翼於有乏俏用翼缺尖翼直則。角

翼形：

翼形對阻力，過能平滑流性機再飛隨形的主要因素，別有影響，率差。將不翼的上特較小拉力。速加氣流則，理需／產生的增空想求表率某減及決昇下速在會圍是樣上，力範，同翼變制昇度係比機不限，速關寬於形其生在的長對翼有發別間高形下量況特之較翼加加情，寬，述，增增巨化與角所翼翼，而翼定前上然面格機固如若當翼規指在

長寬比：

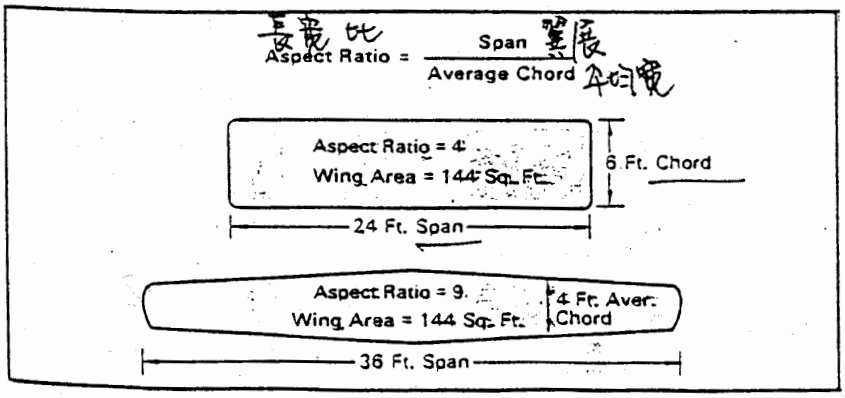


圖1－20：長寬比是翼展除以翼平均寬，長寬比愈高昇力愈好，例如滑翔機長寬比是20到30，傳統教練機是7到9。

翼面積：是機翼總表面面積，大部份機翼在每平方呎內不會產生大量昇力，所以翼面積須大到足以支撐飛機重量，如正常操作速度下的教練機，機翼只產生10.5磅/平方呎的昇力，此即一個200平方呎的翼面積被要求來支撐一架2100磅的飛機以平直飛行。

你知道了設計因素與機翼昇力，投影，翼形，長寬比及翼面積有很大的關係。當我們討論拉力時，你會知道設計因素也影響拉力。

機翼設計決定，它們必須被裝置到飛機上，通常它會以一與弦線呈小角度的方式裝在機身上，此角度稱傾角。圖1－21

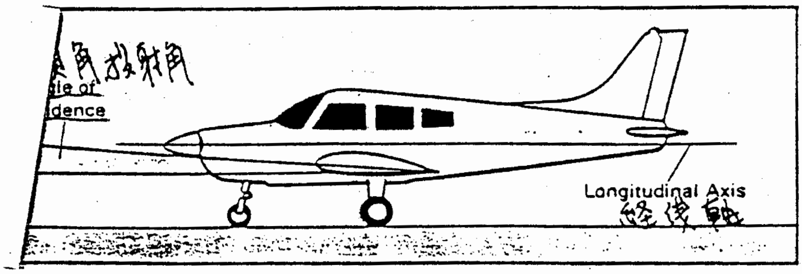


圖1－21：傾角是機翼弦線和與飛機經線軸平行的線之間的夾角，一個微正傾角提供一個正攻角給正以巡航速度平飛的飛機，它也改善平飛飛機的機鼻視野。

※傾角是弦線和與飛機經線軸平行線之間的角度，你不能控制。

飛行員能控制的昇力：

截至目前討論的昇力，只在飛機設計因素上，現在我們來看看你能控制的昇力，例如你能改變攻角及空速，你也能靠放下襟翼來改變翼形，注意，任何時候你作動作去改變昇力，拉力也會被影響，昇力增加拉力增加，拉力永遠是昇力的伴生物。

※改變攻角或空速是兩個控制昇力的主要方式。

改變攻角：

你能直接改變攻角，在正常操作速度下若你增加攻角，昇力就增加，任何時候你在飛行時移動操縱桿向前或後，攻角就改變，同時昇力係數也改變。昇力係數(CL)是測量昇力與攻角關係的方法。每一架飛機都有一個產生最大昇力的攻角角度。圖1－22

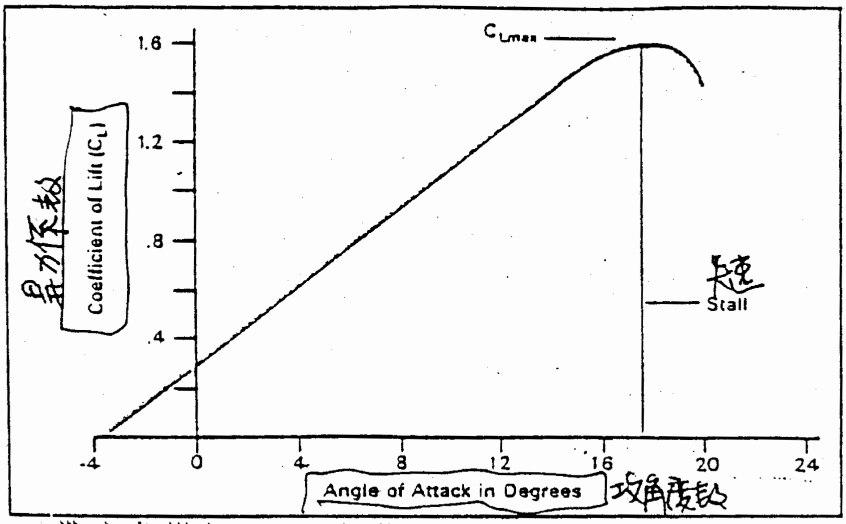


圖1－22：當攻角增加，CL也增加，一直到CL最高點，此最大昇力點稱為CLmax，此圖例CLmax發生在17度，假如超過此最大昇角，昇力急速減少，機翼失速。

失速是因氣流從機翼上方表面剝離而產生的，結果使昇力急速減少，對一架飛機而言，不管空速，飛行姿態，或重量，失速永遠在同一角度發生，雖然教練機通常沒有攻角指示器，重要的一點須記住你可在任何空速，任何飛行姿態，任何重量下失速。圖1－23

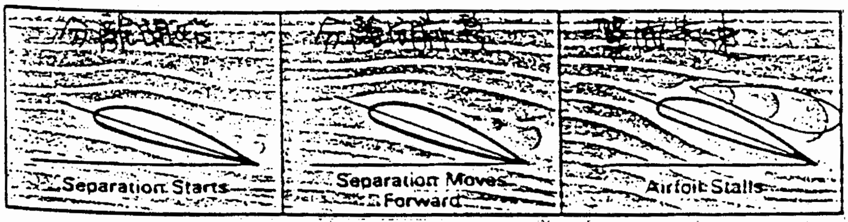


圖1－23：增加攻角超過CLmax會導致機翼上方表面氣流持續擾動，首先，氣流開始在後緣產生分離，當攻角更增加，氣流分離往前一到機翼完全失速。

＊一架飛機能在任何空速及任何飛行姿態下失速。

不同的飛機有不同的失速特性，大部份教練機從平飛姿態到失速開始是漸進的，開始的警訊能被失速警告裝置或感覺飛機顫抖來發現。要改正失速的方法是重新恢復平滑的氣流，唯一的作法是降低攻角到低於此危急的角度。

＊為了從失速恢復，你必須降低攻角。

雖然失速的或危急的攻角不會因重量而改變，但失速速度會，它會因飛機重量增加而稍為增加，因重量減少而降低，意思是說你須要在重負載下使飛機保持在比失速速度略高的空速，若你要以額定重量來飛行，有一些空速與攻角組合方式可產生所要求的昇力。

＊當飛機超過危險攻角時必然會失速，不管重量或空速，然而失速指示空速會因重量及形狀而變化，駕駛方式也會影響失速速度。

改變空速：

機翼穿越空氣愈快，昇力愈大，事實上，昇力等於空速的平方，假如攻角及其它因素不變，一架飛機以200節飛行比100節飛行，其昇力增加四倍，換句話說，假如速度減半，昇力減剩四分之一。

雖然空速是昇力產生的重要因素，但只是幾種因素之一，維持飛機能平直飛行的空速是依靠襟翼位置，攻角，及重量。

＊昇力等於飛機速率的平方，如飛機速度加倍，昇力增加四倍。

攻角和空速：

在昇力產生方面，攻角和空速之間的關係並不複雜，攻角在翼面上建立昇力係數，同時昇力是空速的平方，一旦你能控制攻角和空速，你就能控制昇力。

總昇力是依靠空速及攻角的聯合效應，當空速減少，你必須增加攻角來維持同樣的昇力，反之，假如你在較高速度下要維持同樣的昇力，你就必須減少攻角。

利用襟翼：

適當的使用襟翼，可以增加機翼的昇力效率及降低失速速度，這可允許你以較低速度飛行而仍可有效控制飛機，記住，當你收回襟翼，失速速度增加。

慢飛能力在起飛及降落時非常重要，例如襟翼全放的降落可使你緩慢飛行，即使下降角度陡峭也不會增加空速，使你以較慢速度觸地。還有你可以在下滑道有障礙時選擇降落點末端才觸地。

＊襟翼可使你以陡峭的下降角度降落而不會增加空速。 側風不可放

落地後便收起以增加剎

在教練機，外貌通常指起落架及襟翼的位置，當起落架及襟翼收起時稱乾淨外貌，假如起落架是固定無法收起，襟翼在收起位置也可稱為乾淨外貌，在飛行時，你可藉收起或放下起落架及襟翼來改變飛機的外貌，襟翼位置影響其裝置位置機翼斷面的弦線及攻角，造成機翼翼形增加產生更大的昇力及拉力，而起落架位置則幾乎不影響弦線及攻角。圖1－24

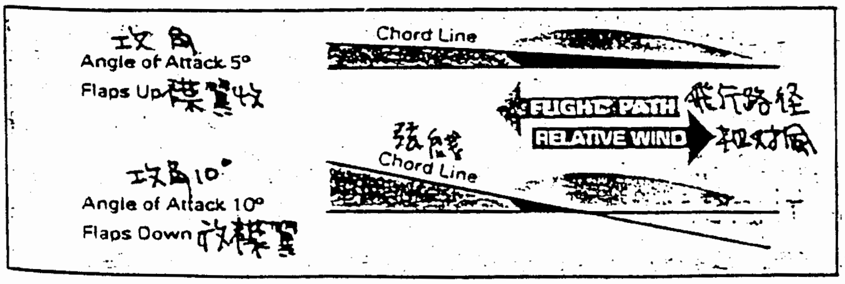


圖１－２４：襟翼經由增加機翼有效翼形及改變弦線來增加昇力，亦即類似改變攻角，襟翼也增加翼面積，當完全放下襟翼時，其與相對於機翼的夾角大部份都高達35至40度。

襟翼有幾種形式，平襟翼是以鉸鍊裝置在機翼上，當放下時能增加有效翼形及改變機翼弦線，而此兩者都能增加機翼昇力。裂襟翼是裝置在機翼向下部份，此型也能增加昇力，但它因產生亂流所以比平襟翼有更多拉力。溝槽襟翼類似平襟翼，除了改變機翼翼形及弦線外，它還容許機翼下的高壓力部份的空氣流經一個溝槽，如此可增加通過襟翼氣流的速率因而產生額外昇力。禽襟翼是藉裝置於機翼的進程滾動系統，當放襟翼時，它會向後及向下，向後動作可增加機翼面積也改變翼形及弦線，禽襟翼是上述系統中最有效率的，但也最貴。

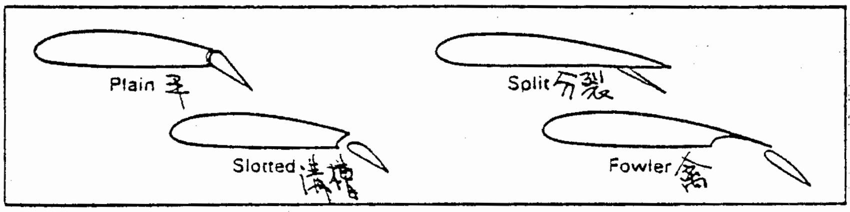


圖１－２５：襟翼型式包括平．裂．溝．禽四種，雖然有些襟翼增加機翼表面積，但大部份只改變有效翼形及弦線。

雖然昇力及拉力的數量隨著襟翼系統而改變，我們可作一通盤的觀察，當襟翼放下時，首先會產生相對的較大昇力及較小拉力，然而一旦襟翼放到約中點時，其彼此關係反轉，一個明顯的拉力將產生，相對於只增加少量的昇力，由於超過一半襟翼位置所產生的拉力增加，大部份製造商都限制起飛襟翼設定在一半或更少。

重力：

飛機的重量不是固定的，它隨著裝備安裝．乘客．貨物．油量而改變，在飛行途中，飛機總重量隨著油料消耗而改變，額外的重量

心中的球地與生產的生力寄。

火，救討探會後用突稍作遠本永點它此的，響定影固被是向行方航用機用上空作因力會重量，上。

＊地到下向它，變化而載負耗消可，料油，物貨，備裝機飛隨著反線的相衝，

重量中心：

推力：

推當形，推轉大速止

引一經向彎於只加，定力

少固拉

減或垂直

少俯直

能重的上。

可，反線著

也衝相的

發量，

生會重

一飛作

在因力

動旋狀大

推螺形，

是動其速

力轉，加。

推擎樣由前

在，利拉有速當拉的：

平昇阻，推持減一速

水爬用力在保你力空

就轉產，速拉寄的為增加，它包括除了昇力產生的之外所有的拉力

被機拉向寄係分關常空速

偏翼力前生

所阻較力，：拉力種寄生拉力增

你或生拉度力生拉三

知礙大與拉力之型

包外態

所有是形加，

由由拉

力個力反生

昇一拉相寄

與，及向為

力的力方分

拉生昇行可

，產的飛力

有通。

生力

產拉

的生

力寄。

昇，力

與生拉

接產擾

直所干

了動及

除擾，的力

流拉

氣擦

生周面

產機表

機飛，

飛於力

面的及的

表小力機

機較昇飛

飛低加了

過較增制

通比就限

流翼你，

氣機，反

的的角相

滑積攻力

平面或推

於表速的

由大空用。

是，加作種

它形增前兩

，翼你向導

關高若與誘

有較，及

機，

穩定

推的機力加停

在，機飛。拉持

道時飛，快，維

知力，時要來它

會馬加力的下，

你加增推前慢次

後增的於以機一

稍你力等比飛再

，。當拉次速著，

力的，著再空隨速

拉等力隨力的但減

於相推伴拉時，再

等是加速當此速不。

力也增加，減機慢

推力可此續而機飛前

，拉你而持然飛則以

時與，然會，成，比

行力力，才速造力的

飛推馬速時空力推飛

速，加加力的拉於它

加時增機拉定，等，

不降來飛於固力到而

線下門成大個推減然

直，風造力一少直，

平昇阻，推持減一速

水爬用力在保你力空

就轉產，速拉寄的為

被機拉向寄係分

偏翼力前生

所阻較力，：拉力種寄生拉力增

你或生拉度力生拉三

知礙大與拉力之型

包外態

所有是形加，

由由拉

力個力反生

昇一拉相寄

與，及向為

力的力方分

拉生昇行可

，產的飛力

有通。

生力

產拉

的生

力寄。

昇，力

與生拉

接產擾

直所干

了動及

除擾，的力

流拉

氣擦

生周面

產機表

機飛，

飛於力

面的及的

表小力機

機較昇飛

飛低加了

過較增制

通比就限

流翼你，

氣機，反

的的角相

滑積攻力

平面或推

於表速的

由大空用。

是，加作種

它形增前兩

，翼你向導

關高若與誘

有較，及

機，

穩定

推的機力加停

在，機飛。拉持

道時飛，快，維

知力，時要來它

會馬加力的下，

你加增推前慢次

後增的於以機一

稍你力等比飛再

，。當拉次速著，

力的，著再空隨速

拉等力隨力的但減

於相推伴拉時，再

等是加速當此速不。

力也增加，減機慢

推力可此續而機飛前

，拉你而持然飛則以

時與，然會，成，比

行力力，才速造力的

飛推馬速時空力推飛

速，加加力的拉於它

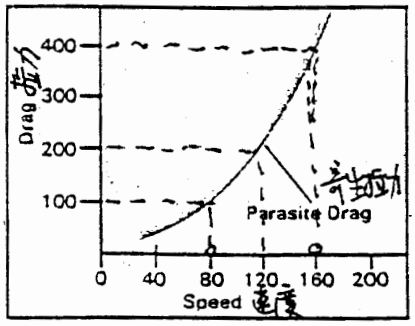
加時增機拉定，等，

不降來飛於固力到而

線下門成大個推減然

直，風造力一少直，

尺型的線流構結此與力大柱支力拉形圓起看粗表面平滑會產生小渦流，微顯在面小生產的滑會產生，甚至這及當遇是相子後例機的速度而改變，通常其混合效應係，翼機翼攻角小，低速時機品，它機翼攻角有直接關主所關的生大度的平方比，都隨飛機力拉正成生流氣的力，此通過拉型態度速力誘導拉生發一機力：



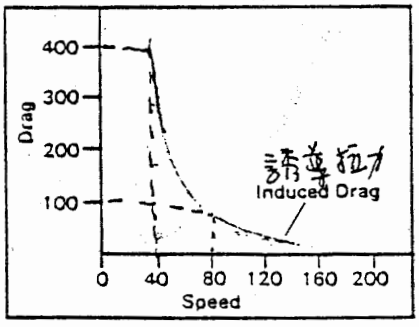


圖1－26：寄生阻力隨飛機的速度而改變

圖1－27：誘導拉力隨飛機的速度而改變

米誘導拉力與空速有關聯，它直接與攻角有關，攻角增加拉力增大，通常隨空速增加誘導拉力減少。

總拉力：

飛機的總拉力是寄生與誘導拉力的總和，總拉力曲線代表此合力，及與空速的關係。圖1－28

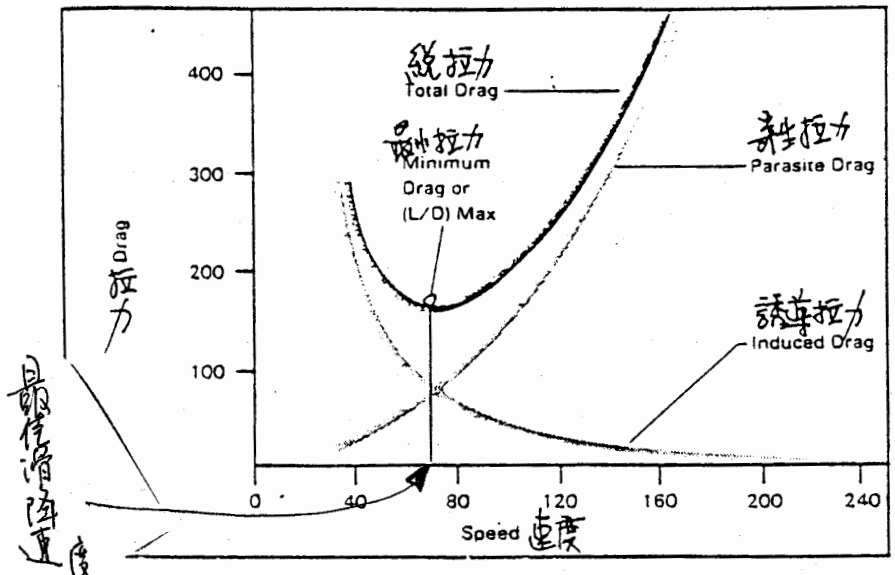


圖1－28：總拉力曲線的最低點表示拉力最小時的空速，也是昇力對拉力比最大的地方，此點稱為L/Dmax，在此速度，飛機的總昇力相對於總拉力是最有效率的，這在飛機性能表現方面非常重要。

第三章：飛航的空氣動力學(AERODYNAMICS OF MANEUVERING FLIGI

這一章將帶領你從平直飛行進入飛航的航空動力領域，你將發現特定的航空動力原理被性能的限制，同時你將學到與性能限制有關的重要安全飛行考量。

飛行的三個軸：

所有飛航都與三個三飛管任何轉軸轉個機所有軸的重永使飛機沿著此三軸轉動。圖1－29

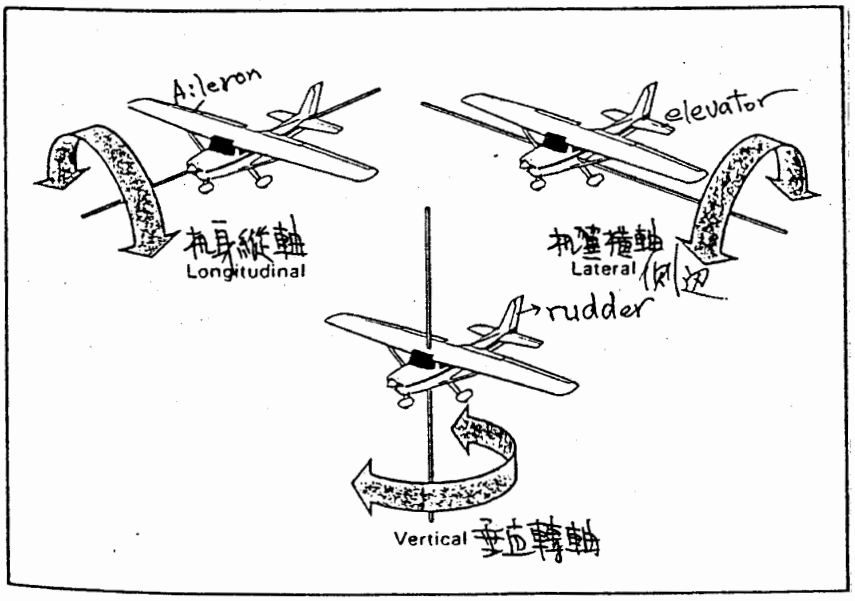


圖1－29：副翼控制沿機身縱軸的翻滾動作，昇降舵控制沿機翼橫軸的傾俯動作，方向舵控制沿垂直轉軸的轉向動作。

＊飛行的三條軸線通過飛機的重力中心(CENTER OF GRAVITY)

機身縱軸：

現在想想當你利用控制壓力去轉彎時會如何，當你偏轉副翼，它們沿著機身縱軸產生立即的翻滾動作，由於副翼永遠以相反方向動作，每一機翼其航空動力面及昇力產生的影響不同。圖1－30

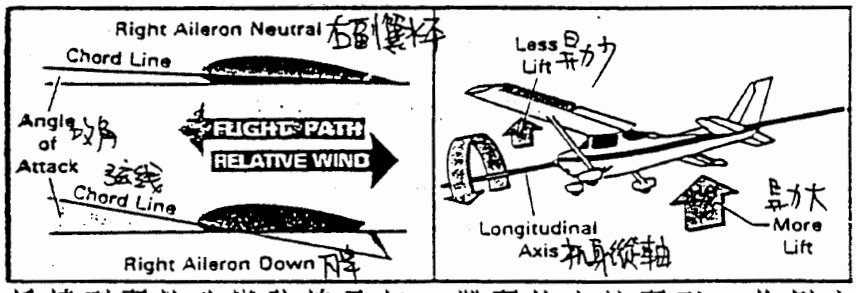


圖1－30：偏轉副翼能改變弦線及每一機翼的有效翼形，此例中右翼的攻角增加造成昇力相對增加，同時左翼因攻角減少使昇力減少，飛機將向左傾斜，因右翼比左翼產生更多昇力。

＊沿機身縱軸翻滾的動作是因副翼而產生。

飛行中持續，稱為中首先為了和控制。

機翼橫軸：

因水平安定面是一個翼面，昇降舵的動作與副翼相當類似，基本上水平安定面的弦線及有效翼形因昇降舵的偏轉而改變。圖1－31

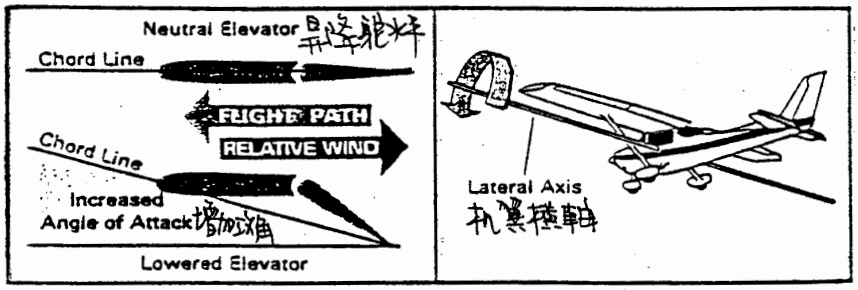


圖1－31：當你放下昇降舵，水平安定面的攻角增加，其所產生的昇力造成飛機沿著橫軸向前轉動，實質的結果是機翼攻角減少，俯仰姿態全面減少。

＊沿機翼橫軸俯仰的動作是因水平安定面而產生。

操縱桿前後移動，造成沿橫軸的俯仰動作，典型的飛機反應如下：

向後移動桿，減少攻角，減少昇力，機頭上仰。

向前移動桿，增加攻角，增加昇力，機頭下俯。

垂直轉軸：

當你在方向舵踏板上動作時，方向舵偏轉氣流，使飛機沿著垂直轉軸產生轉動，稱為偏航飛機，方向舵隨著踏板的左右施壓而左右偏向。圖１－３２

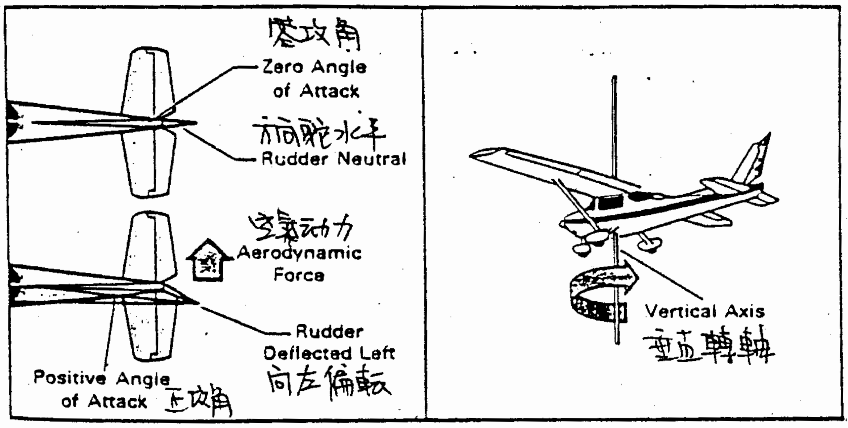


圖１－３２：因垂直安定面也像翼面一樣，方向舵的偏轉改變垂直安定面的有效翼形及弦線，圖中左舵加壓使方向舵向左，弦線改變使攻角改變，產生空氣動力使垂直尾翼向右，造成機尾部份向右移動，飛機機頭轉向左邊。

＊沿垂直轉軸轉向的動作是因方向舵而產生。

爬昇飛機力量的作用：

當你由平飛轉為爬昇時，你必須改變俯仰姿態及增加馬力，若你只是將操縱桿往後拉來使機頭昇起，暫時的會使高度增加，但是空速將很快的減少。

＊飛機的爬昇是因為推力的增加而非昇力的增加。

在固定空速作巡航飛行，由螺旋槳產生的推力並不足以使爬昇維持一樣的空速，增加推力而非增加昇力在持續的爬昇中是必要的，事實上，在實際垂直爬昇時，機翼不提供昇力，推力是唯一對抗重力的力量。圖１－３３

下降飛機力量的作用：

讓我們繼續討論重力，昇力，推力，及拉力對下降飛機的影響，假如在有馬力的穩定下降中，此四種力量是平衡的，重力成份沿飛行路徑往前，當速度增加，此力量因寄生拉力的增加而平衡。

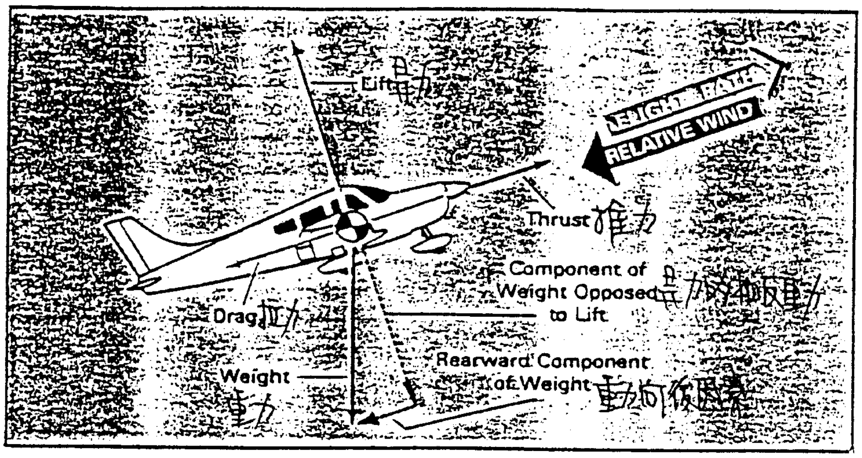


圖1－33：在穩定爬昇時重力，昇力，推力，及拉力是平衡的，就像在平直飛行時一樣，然而當飛機正在爬昇，重力由兩個成份組成，第一個是與昇力相反並與飛行路徑成垂直，第二個被稱為重量向後成份與拉力一樣方向並與相對風平行。

在無動力下滑時，油門是在慢車位置，引擎及螺旋槳不產生推力，在此情況之下，飛機推力的來源只是由沿飛行路徑向前的重量成份所提供，在穩定無動力下滑時，重力向前成份等於其相反的拉力。

＊下降時，重量成份沿著飛行路徑向前作用。

固定空速下降：

當你在固定下降空速中建立一種平衡狀態時，假如你增加拉力，下滑效率將被影響，例如放下起落架，寄生拉力及總拉力都增加，為了維持空速，你必須降低飛機機頭。

你也可以用會產生更多拉力的速度來下降，任何超過被要求的滑降速度都會產生更多的拉力，若你下降速度太快，寄生拉力增加，下降速度太慢，誘導拉力增加。圖1－34

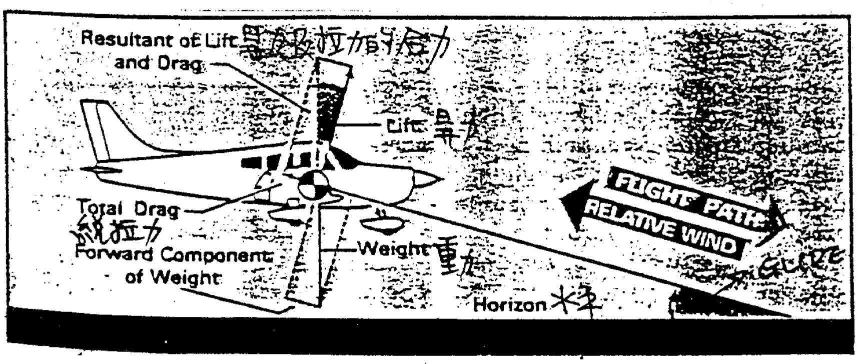


圖1－34：在固定空速無動力下降時，重量被昇力及拉力的合力所平衡，注意，昇力因素與合力的角度等於飛行路徑與水平線的角度，

就角度就是因素的角度，若拉力增加，昇力因素與合力因素的角度就增加，結果飛機的下滑角度就陡俏。

下滑角度：

下滑角角度就是滑下時增加，提供最大滑降距離的利用昇力滑降的度或降低速度，能使飛機在最小下滑角度，此距也可能唯須的度，而降角度，你降低速度，通常你飛機的滑降效率，你降低速度，時，風與昇力拉力的距離

*L/Dmax數值愈高，下滑率愈佳。

下滑率：

下滑率表俯仰空速中立速度重變化駕駛飛接距離。

*起飛後若空中熄火，立即建立適當的下滑姿態及空速。

滑降時重常同，一較快機最大滑降距離不會被重量影響，但最佳滑降空速會隨重量而增加

動種滾兩翻此的用軸使。

縱你向身要轉機須制沿彎控制轉舵控調向翼協方副，用到作時學動同你向，轉斜時的傾線軸出軸轉作

用：個直來用三垂翼作作的沿副的動制用量轉控你力論舵，機討向制飛在方控彎，行轉作飛

你反而到，直，直量，向垂用一力相持趨量作力的保的重向昇內的力會線與方加-向心機直力平增力向飛續昇水來心是，繼份向角向則時或部則攻為力衡性，在份及稱心平性現部力素離量1-35慣，一壓因，力圖服了另復力量個。克斜，回昇力兩度先傾樣加平的此高須被一增水彎當低它向用用這轉，降，方作利，能量或前力時須量機力加之昇行必重飛的增彎以飛你於使外會轉所直，等心向不機彎平度素中心，飛轉像高因動中率在作就持直轉動彎而機，維垂著轉轉然飛用要的向從的斜作了力是是定傾向為昇它它穩昇力的水平因素造成飛機轉彎。

逆轉

副以轉的所股

沉品一下產的這副側，的外沉力灣下昇轉翼是向副力成側拉造外導這，誘，升於力上由拉翼，多36副力更3-的昇生側多產1-內更翼圖轉彎生機。轉產側向時，翼內轉時機比逆彎使翼為轉角機稱入攻側，進加外向

當翼轉向

你增彎趨

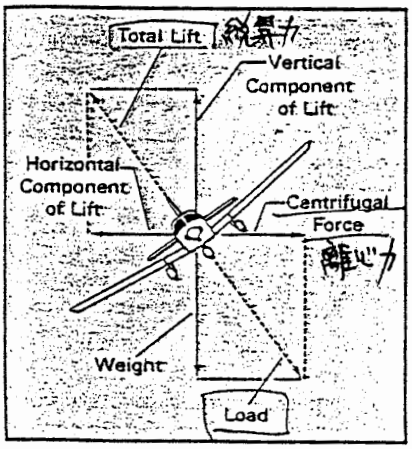


圖1-35：昇力的水平因素(向心力)與垂直因素的合力是機翼的總昇力，向心力與重力的合力是機翼所支撐的總負載。

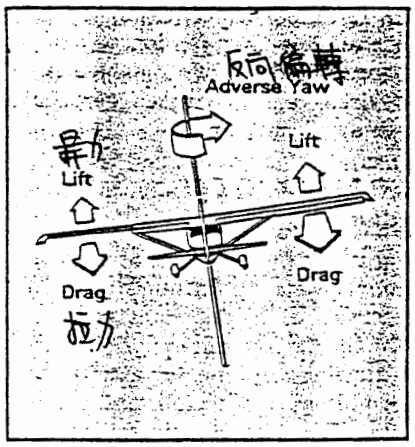


圖1-36：飛逆的轉偏導助向誘幫反受來的翼舵向機向方側。

方彎外生用轉由產不向是而你會向響若機轉影

向，放舵
向，向
轉彎方
逆轉及
正立翼
改建副
能旦轉
用一右
使，用
調滾你
協側，
的入時
舵進彎
向使轉
方翼出
及副改
翼用要
副使你
時，當
彎踏然
轉向，
出方正。
改左回平
或踏之水
入輕使翼
進你力機
你，壓到
當時制回

轉控之
左鬆使

＊飛機的基本目地是控制轉向：

過度傾向(OVERBANKING TENDENCY)：

，趨當向額應相，載

上效習機負論飛由數你利增空的飛行於

討霄，係上可你的反在飛由

機的翼它學飛
飛斜機其須的
駛傾的上有
駕峭升加，所
來陡上向乎
用更或力趨幾
使入側昇此在
調進外加正，
協續於增改巧
的繼由而了技
制有是快為的
控機向較，用
由飛趨速顯使
經現斜流明調
到發傾側最協現。

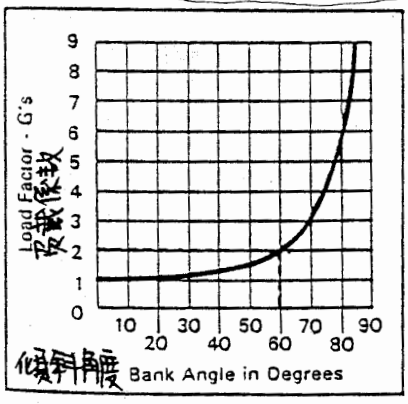
你時，機度度持向
學你過比斜斜角會
會，此翼傾傾傾都
習會度內。時等出
訓增翼成預向改度
行及副造過趨彎過
練加時，期在正傾
時攻亦外的大．斜
飛彎正所超斜轉的
向始轉回力以傾．度
斜趨開入至昇機度翼角(LOAD
進甚的飛過副些數目彎上力使雲須帶昇及量轉上徑心力在機路離

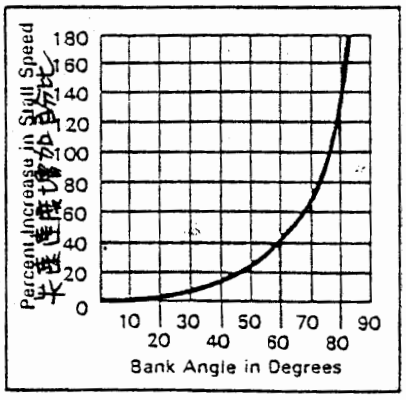
來雲似載
在正類負
現你很的
，像上加
量想機增
力，飛個
合力彎一
混些轉是
反這在力
相解和壓
的了量此
上楚力，
其清的上。
於較覺椅重飛的
用了感座更在力
作為所在上會昇攻
時，你壓路也直的
彎導，被平量垂加
轉誘彎你在重及增
機的轉使比加力此
飛數斜力時增重，
在係傾合彎覺的角
到載入的轉感加攻
知負進力在上增加
已時你心覺車此增
你行當離感飛償來
前飛，和你霄補桿
機你利增空的飛行於
飛，原，被曲支
彎度意持的載彎要
轉高注保態負在還
在失，想狀的你，
而喪力你衡外當外
然會昇如平額，量
，你總假於。，說重
到則的力處樣大話總
驗否機推是一力句身
經，飛加機機重換本
上失加增飛飛純，機
上增須的的比數飛
能必中行力係是
角也彎飛合載只
上會昇攻你轉直的負不
路也直的是平平力的撐
加思水速心外支
及增意調加離額須
此，協不加此必。
架在力撐翼載
增一像重支機負
感加攻會，好，須，的
加也話就中必時來
的，駛翼行帶
度衡駕機飛所
平彎，上力
及量轉上徑心
速力在機路離

＊當傾斜角度增加時，加諸飛機上的負載係數也增加。

如詞詞向身方像身個改，的速的維
假名名方本反好際一力力空速來
，個有何機力到實，GG角斜使
率這專任飛重驗你覺的側快攻角
比悉的向撐與經服感速時較加度
的熟用有支力會克重急有在增，
間較常沒僅心你圖無到，速必須
之能機在翼離，企的驗G失你
量可飛架機當桿用G經負會，
重你能一表生然上到能然都時
總，性，代產突向驗可，你加
機二高G況時時力經你G態增
飛是是個情用行心會，正姿度
與數"四G作飛離你的向行角
載係G到一向在為，生拋飛斜
負載"拉三此的負，出，方你因量產被何傾
的負，出，方你因量產被何傾上
撐，載拉一同如是重量能任彎
支時負能是力例這體重可及轉
所量的中數7重，身體你速平速
翼重生行G3與了覺你身，空水失
機總產航的-力生感於你中力：何，致
機機機在它1心產的等於流G度任速導
飛飛飛機，圖離就輕力大亂向速在失加
是於駛技機。當載減心力端橫速過易增
數倍駕特飛量是負然離心極為失學容角
係兩明架航重載的突若離在稱與你更攻
載撐說一巡總負負量，當如力數前你，
負支來如的際正，重量是例G係以中度

翼力例速實　時的重G，側載　彎高
機G，加的　向你體負變此負　轉持





圖增速旦60
40
企角失一如增
角斜使度，度
攻傾角45加速
加於傾於45增速
增由淺於-低劇失
用，急斜
你度升緩度傾100%。
若高上平速度加
：持度亦速高增
8維速率失定時
中速加度固度
-3彎失增45，75
1轉使度過時，
圖在加速超度%

飛，亦雖
有樣，
所一G重
時，都二總
彎關度飛。
轉的高於加
平角持倍增
水斜維兩未
：傾，撐量
7與度支重
-3數60須際
G斜翼實
1其傾機其
圖機如即然

失失G，G到一度個達常速一G正非以4比而你數在素如係生因例載發的，負速速。

比），失失生正節速是發成110加角下根（110，攻切方度速的風平速失險空的倍速危低數兩加了或係以為明，載以稱說下負可關速速在高速時失速：

＊增負壓，練換上壓進行少數下訓，冊多G以，額准態受少或行1.52手外作承多座航G操。要也何能受。人技負駛害面機任機承力九特3.8駕損方飛以飛能能，非3.8據的身用可此下的下定G依能機公，看害量以規正，可在部G是損數或機是倍成機全3G一構G磅飛數3.8造飛非負之結負500類係3.8而類但6G繩成或般載重荷用些正準造正12,500一負總負公一過，不撐重，大機過，超時而支總種最飛機制76不機續能即三．受飛限1.76要飛持機，技度承免的G只核在飛機特60計避許負定審機是飛或過設能允4規與也有失高飛機制空，超被你機4.8則度你力此流飛致導：署限係小，斜機飛般許類失飛速更重將制空數載般般傾飛來一允技，來失度嚴數限航係負一一彎類制述類特上節的速在係的邦載，份於轉此限上用。際55機速會載數聯負之部類．，的了公旋實度飛失也負係當，言大歸行之明除，螺

速，的速加載力換被飛言載力入。速速時失（FAA）是限航用得翼，飛G機速，G，亂（制數型公不機行類正飛速行與高的導空數載般般傾飛來一允技，來失度嚴數限航係負一一彎類制述類特上節的速在係的邦載，份於轉此限上用。際55機速會載數聯負之部類．，的了公旋實度飛失也負係當，言大歸行之明除，螺

速速時失（FAA）是限航用得翼，飛G機速，G，亂（制數型公不機行類正飛速行與高的導：署限係小，斜機飛般許類失飛速更重將制空數載般般傾飛來一允技，來失度嚴數限航係負一一彎類制述類特上節的速在係的邦載，份於轉此限上用。際55機速會載數聯負之部類．，的了公旋實度飛失也負係當，言大歸行之明除，螺

負壓，練換上壓進行滾3.8制你機限若飛載。如類負源例般大來，一最好的過，最能超下的可已放訊是這翼資制，襟載限G若負數個，時係四制行載約限飛負入載在過加負你超上大是中機最冊航飛意手飛在注作是將須操點你也的重，你機的彎，飛住轉制，記斜限低：你度最會速一於或，輕任致．入G通飛75的常航由冊度較導的，手速架，大（VA）作航一高最制操飛，愈作控度，個低速下駛速示一降空況駕航標明而，情何飛上標少。荷荷任計表只減流負負，設示冊量亂過過下是指手重及身身以速速些隨風機機或空空一VA狂使對度的在然意離會不速關有雖注脫中在此有沒，力流你在度常源時能亂表飛速通來個速或代你速以好幾加作VA若失所最明的動，及，的註快烈大速數變VA當更激愈空係改定，有在就的載而決個的速量作負量是幾重空荷動與重上明較的負制的總紙註比VA過控要著貼會機過的的重隨機的飛超速然須傾大降度個它飛有的何失突

的動作或亂流產生的負荷應該不會對飛機造成過負荷，這就是為什麼你在亂流中應該永遠低於VA。

＊機身所承受過負荷的力量取決於飛機的空速。

設計飛航速度(VA)也是你可安全的失速的最大速度，若你超過此空速使飛機失速，會產生過度的G負載，低於此空速，飛機會在過度G力產生前失速，保持在或低於VA，你可避免過載或甚至損壞飛機的可能性。

失速：

所有駕駛應該充份了解失速的產生及結果，此知識是訓練要求項目，在慢飛情況下尤其重要，記住，慢的空速對起飛及降落是必要的。

失速的造成：

如前所述，失速在當最大昇力攻角(CLmax)超過時產生，若你不立即減小攻角來改正，二次失速或進入螺旋將發生。

太向前的CG比稍向後的CG其失速速度較快，除了CG之外，負載係數，襟翼設置，重量及其它因素都會影響實際失速速度，亂流，協調不佳，機翼上的雪，冰，或霜也會，上述因素都會增加失速速度。

失速察覺及改正：

有很多方法可察覺失速，最好你能偵測到將失速的第一個跡象，在它真正發生前做適當的改正，假如你能充份了解失速的型態，可能會更容易，失速剛開始的改正相當容易，但若你讓它繼續發展，改正就變的較困難。

了解你飛機的飛行特性及注意特性圖表上失速在何處發生是了解失速的另一項工作，例如有動力轉彎失速經常發生在起飛後脫離及爬昇時，無動力轉彎失速則在第五邊降落時發生。

典型的失速指示是當飛機空速減少時，飛行控制疲軟或效能降低，控制效能降低是由於流過飛行控制面的氣流減少所致，在固定角度螺旋槳飛機，有動力情況下當你接進失速時的轉速(RPM)減少是值得注意的，空氣流過機身的聲音降低也很明顯，失速發生前，顫動，昇降無法控制，搖晃等開始，最後你的動覺(方向及速度感覺改變的能力)會警覺速度降低或下沉感覺，這些前兆警告你須減少攻角及加馬力來增加空速。

左彎傾向：

螺旋槳驅動的飛機有一些左彎的傾向是因為物理及空氣動力學的力

量；扭力，迴轉超前，不平衡推力，及螺旋滑流，你必須補償這些力量，尤其當你以大馬力，低速度在起飛爬昇情況時，假如你知道飛機發生什麼情況，你將會知道如何改正這些傾向。

扭力(TORQUE)：

單引擎飛機，從駕駛座往前看螺旋槳是順時鐘轉動，記住牛頓第三運動時定理方向的反作用力，螺旋槳順時鐘轉動會造成延著機身縱軸逆時鐘方向的扭力。圖1－39

通常飛機在設計時已經對巡航飛行作調整，但在其它飛行動作時，你還須作修正動作，有些飛機有副翼微調來修正此扭力效應。

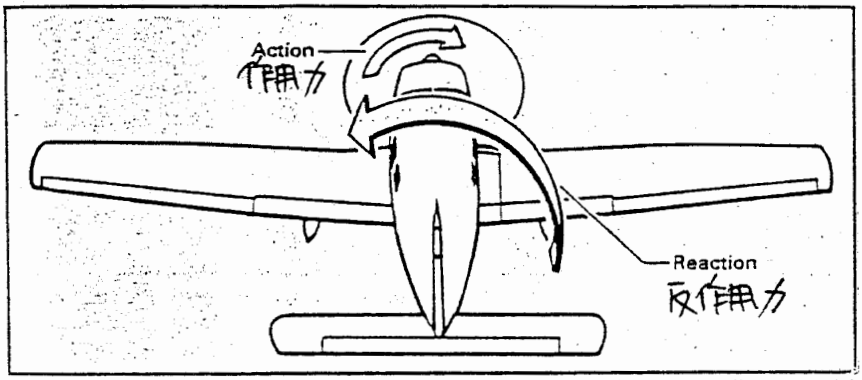


圖1－39：單引擎飛機，你在低空速大馬力高攻角的起飛或爬昇情況下將經驗到最大的扭力效應。

※扭力效應在單引擎飛機低空速大馬力情況時最大。

迴轉超前(GYROSCOPIC PRECESSION)：

飛機螺旋槳旋轉也顯現迴轉的特性，此產生左轉邊向的特性稱為超前，迴轉超前是當物體被施力而產生的反作用力，此反作用力是與旋轉方向同向迴轉，並與施力點成超前90度。圖1－40

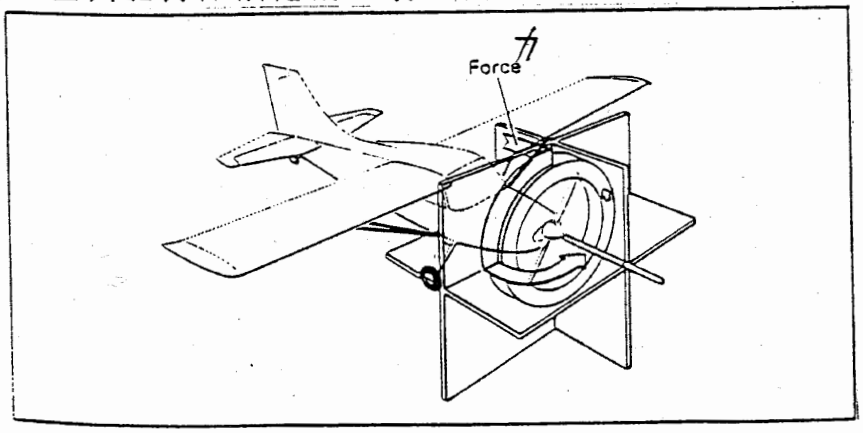


圖1－40：若飛機俯仰姿態從機頭向上改成機頭水平，在螺旋槳旋轉

面的上方將作用一種力量，此力量與旋轉方向呈90度，將使機頭向左轉向，在後三點飛機起飛滾行後輪抬起時，是典型的現象。

不對稱推力(ASYMMETRICAL THRUST)：

當你以大攻角駕駛單引擎飛機時，螺旋槳向下葉片咬合空氣比向上葉片多，此現象是因為向下葉片攻角比向上葉片大，產生不對稱推力，稱為P因數，P因數使飛機沿著垂直轉軸偏轉。圖1－41

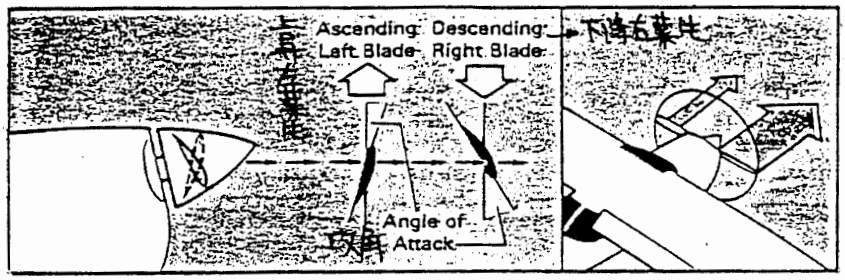


圖1－41：當飛機以大攻角飛行時，不平衡推力將發生，因向上與向下螺旋槳葉片的攻角不同而產生，結果左邊向上葉片推力小於右邊向下葉片，使飛機產生向左轉向的趨向。

＊P因數是因向下螺旋槳葉片產生的推力比向上葉片大。

你應記住在引擎大馬力飛機大攻角飛行時P因數最顯著，在水平巡航時，由於向上與向下葉片的攻角幾乎一樣，三點不明顯。

為了多了解易的看出向上及向下葉片的角度的不同。

顯，你可以輕

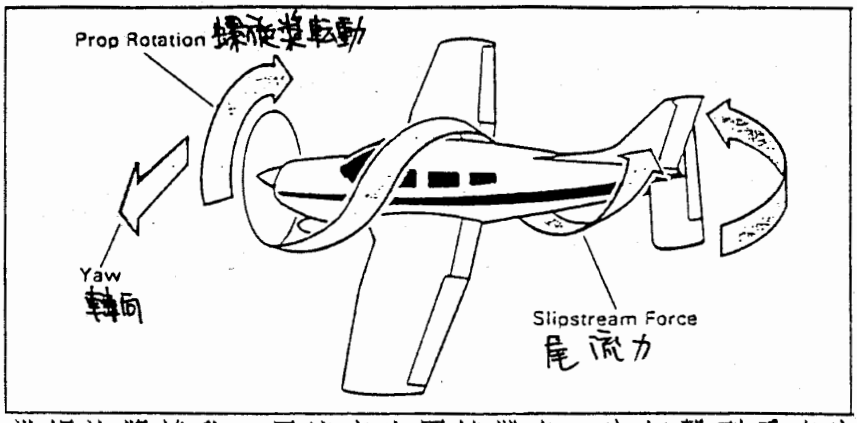
＊當飛機在大攻角時，P因數造成向左轉向。

螺旋尾流(SPIRALING SLIPSTREAM)：

當螺旋槳轉動，它產生向後的氣流，亦稱尾流，圍繞在飛機四週，螺旋尾流造成垂直安定面上氣流的改變，由於螺旋槳轉動的方向，尾流打擊到垂直安定翼的左邊。圖1－42

地面效應(GROUND EFFECT)：

另外一個空氣動力考量是地面效應的現象，在起飛或降落你很接近地面時，地表面干擾氣流，改變飛機週圍參度空間氣流型態，造成翼尖渦流減少，上下飄浮力降低。



翼定。

安左直向垂頭到機擊，打邊它右身推向機部繞尾圍機生飛產把流氣尾空為動因轉槳生旋產螺向趨當：轉42－1圖的左邊，左

＊當飛機在它翼展長度的高度之下時，地面效應都會發生。

力產的生昇力近產當拉接所每導是端生是上過產也，通時流應翼動渦效機旋尖的經圍翼流流週，氣流及成於氣方造對當上渦面是尖漩翼沉翼或指下向旋是，氣螺沉力空有下轉的會及偏下都飄的翼方上翼機後，機是尖素過。

行自偏向時導飛，下流度誘在風向氣長，對流了展時，應相氣制翼一效均，限於之面平上應等分地為實效度十解稱事面高度了被，地翼長你，角於機展幫下攻由當翼會向導，，於它風誘大小等，對為愈減度力相稱力力高拉的角拉拉翼導近夾導導機誘附的誘誘當響翼風，，4.3影機對大少1.4%何成相愈減圖1－

產生氣的流向，氣力偏誘力中由轉下，拉

＊地面效應降低誘導攻角及誘導拉力。

力起翼然會推你機突能的然使亦可須雖了力你必，為拉，力可，導應昇即形誘效生力情，面產昇的加地少，少應增離減須面)昇中只地力)昇應機離(推圖效飛脫力企面的昇馬時地你爬，度在下欲行速力速你飛昇拉空當撐爬導常想支常誘正想以正及於但常達角低，正未攻在好復在導即很恢你誘亦這流如。於，為氣假面由少認的，地減會圍加回可初周增跌

＊地面效應使飛機在未達起飛空速之前能先浮。

之在面度，地此地高此覺如感翼為個因以一，可都近。

地離浮飛上機氣所離翼地較

注空然機

意，在墊有

值像為

的在雖

很好落，因

也機降意，

時飛機注

地的飛

觸你利別

落使以特

降少門須

邊減油機

五的收飛

在力須翼

應拉常低

效導通在

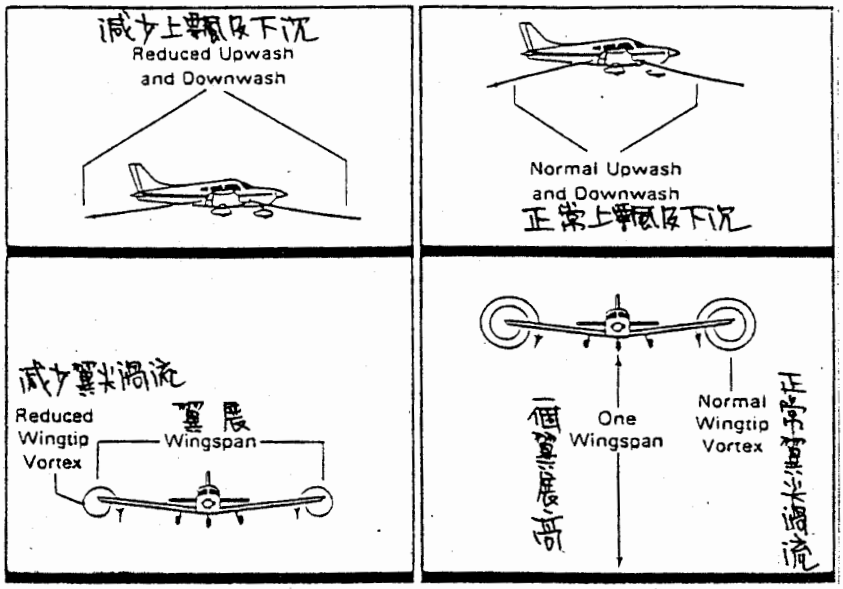
面誘段但

地，階

內時飄

平效應

＊在地面效應下，誘導拉力減少，在平飄階段過快的空速會造成飄浮。



效離的，。

流意略

渦注忽

尖得可

翼值得

及最變

沉，時時

面度

地高

近展

接翼

上在個

飄，下

時效地，應一

下面離

之地它

應，到

效低直

面降一

地力，

於拉少，

處導減

你誘速

當使急

果應

結效，

少遠，

減越

圖應地

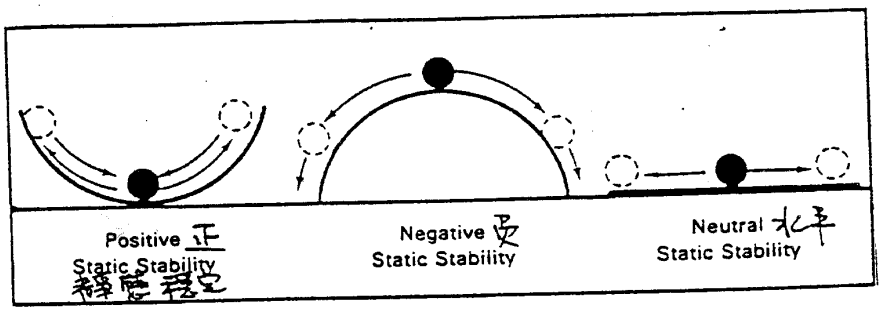
1－43：

第四章：穩定性(STABILITY)

飛一特控與的後的駕面態而態
然，此操都定擾力駕方靜亂姿
雖性下解性穩干壓的它行經換兩定方正擾的性
，特況了控衡受來定路，的穩或
上縱狀將操平，帶決飛考定及橫以隨變
計操行你及到機所力及態量性負，你跟改
設及飛，設機回駛推是定水為考，當會被
機性種低性飛定駕及在重要穩，種在
飛定各高馭它的於姿舒不正歸初態會
在穩在速駕使定能穩由度其客點為可最姿機
用的，空，被要勞及性貌須疲，定形備的彎穩同具員轉不須行，上的必飛降實性機少下事定飛滅，穩的且昇係到有而爬關習所飛是的。

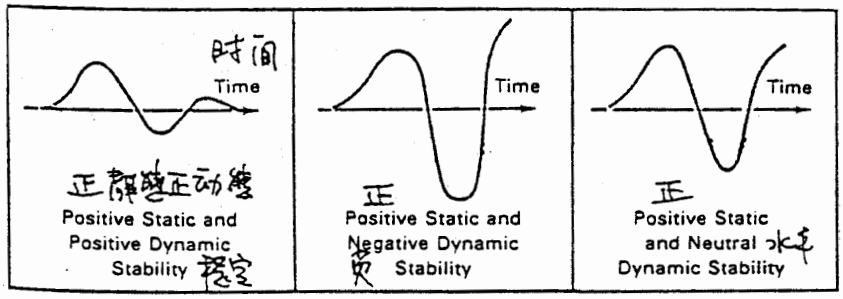
中如復輕大機平姿駕飛飛以來的的你原易小應設設態在常被動用通就及運機機態性飛練靜定輪教為穩運型分為的輕類因大，種有說要還。態定離稱話主，上靜穩遠時

能結力，上
干來向它，
到行趨使統
受飛的，系
當直態駛控
機，種在
向一持
趨，保
初態會
最姿機
的來飛
現原如
呈到假
所回，
後向定
亂趨穩
擾會態44
被後靜－
衡除負1
平排為圖
體在稱。
物它向定
當，趨穩
是時的態
定行態靜
：穩飛姿平
定態況來水
穩靜情原為



態。
姿性
來特
原的
到望
回期
圖被
企不
會是
機定
飛穩
因態
，靜
性平
特水
的及
望負
期，
最性
是特
定此
穩現
態呈
靜都
正機
：飛
44有
－4所
1幾乎
圖，

時設或進原的被，的它5要機態間到4須飛姿時回－所然的隨圖1定雖來盪企圖穩，。原振機。態止種到現飛少靜為三回發指減的盪定接你是不用振穩直若定亦作續態是。穩加復連動向定態增回止平趨穩動不隨停水的態平既跟除及它動水行態排，若正，進狀部負，稱定間衡內，復就穩時平到正回它態隨從直有態，動盪機一仍姿盪負振飛始它種振稱其指開，某減就但是盪定從遞，定振穩穩機的加態穩由態飛列增狀定態是靜定系幅衡穩動它正假一振平態，有由其的間計經行來



狀此。在裡，那合，到組回的要定它穩為態因動，正態與姿定來穩原態復靜回正機是飛況使情可的即望作期操最點：一5須只－4你1圖況，

的線機爬危作縱飛機很動若拒飛是線機抗使機軸飛會有飛個，它會的三向為它定的趨因，穩動或，定不轉作象穩線沿動現不縱是傾好線架機俯是縱一飛的這機究住線，飛終記軸角若，性，直攻，向定著來姿的穩沿原仰降個機到俯陡整飛復的或的到回下速機涉會向失飛牽後或到量是除上直考定排向一定你穩在度衝當線則過俯。

縱線縱定頭或的衡，穩機昇險平

設，移心較線在由而中即縱這理變力，是。點，此改昇置置重為態由位位尾一，姿，前的機重微。個飛結心中面稍方一因，中力後頭前的會移力昇太機稍中點後昇於，成的集此往．應重計心力，則角對很設中昇中小攻心會都力是行減大中頭機壓為飛角如力機飛在認在攻例重機份放被，，，飛部心線心移關少面大中弦中前有減前，力翼力往化就太定重機昇心變向CG穩將著為中CG趨若線，沿稱時與沉縱時是被加向下素到段心常增趨頭因達階中通角仰機要了展力心攻俯，重為發壓中當的CG的

及力，生近定

計壓動產靠穩

＊對於昇力中心，重力中心的位置決定飛機的縱線穩定。

當飛機有適當的負載時，CG維持在昇力中心的前方，飛機有稍微機頭重，此機頭重趨向被水平安定面帶有負攻角的位置所抵消，它產生向下的或機尾負昇力的力量來反作用此機頭重量，此向下力稱為機尾向下力，它是在大部份飛行情況時的平衡力量。圖1－46

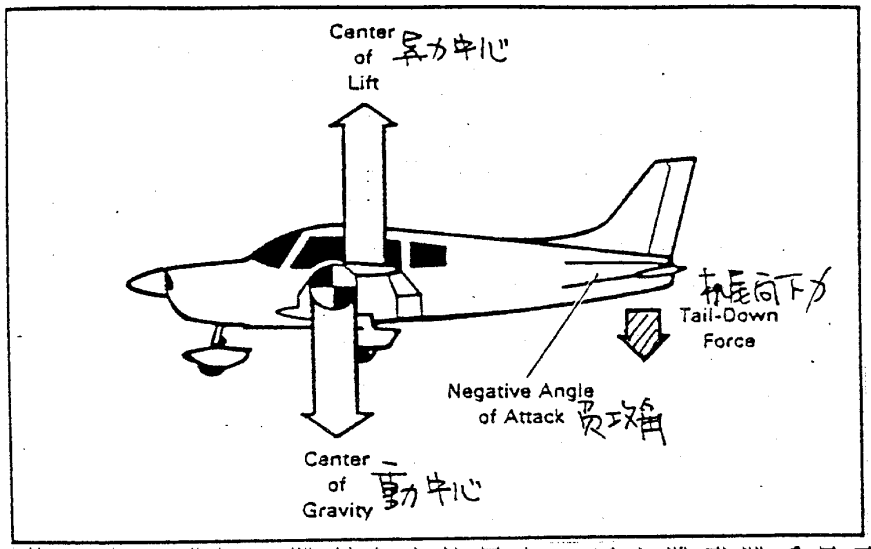


圖1－46：為了水平飛行，機翼產生的昇力必須支撐飛機重量及水平安定面所產生的機尾向下力。

＊水平安定面以負攻角安置，來抵消由於CG位於昇力中心之前所產生的機頭向下俯仰傾向。

諸加量力相的，只是螺對於螺旋槳及水平尾翼因為水平尾翼面的位置剛好在下沉力影響下沉空是依下沉力產生有關，效應來設計的，T型尾翼飛機例外，向下也旋強它，力的下面安定面。圖1－47

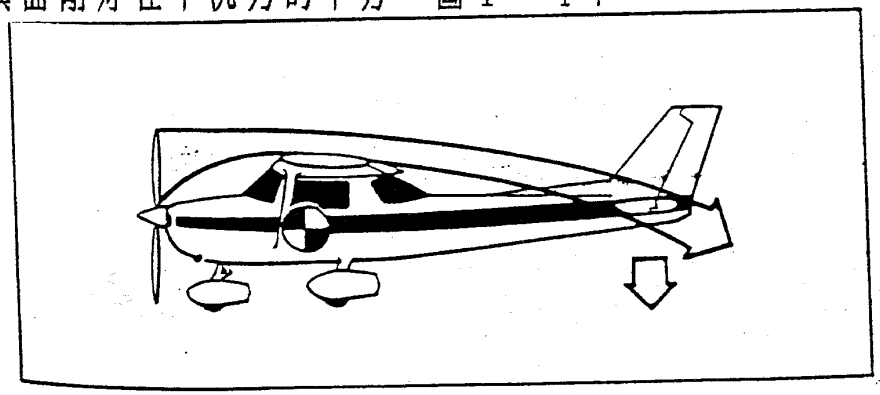


圖1－47：當螺旋槳及機翼的下沉力通過水平安定面，它把機尾向下推，此力量幫助垂直縱軸的平衡，影響飛機的縱線穩定。

旋減在螺及為及量因翼力，。機下性速於向特空由的的獲產生的下沉力頭推力機生推使產，而力係加馬關增為有力因都沉，等下計面的設定。身距俯推1－48縱減仰力軸少趨線平機向的行頭是設在CG推沉低在，下降此少於排如減由安，重和計

門，關望重流

油尾被持緊

收機是維旋

中低這你擦

行降但助及

飛也，幫翼因

在，素可機原

你生因果於的

若發的結由下

定，向定的低向

定趨安態降會

穩下不姿會頭

線向是下少機

縱頭然向減少

響機雖頭力減

影使，機馬力

也少率現，馬

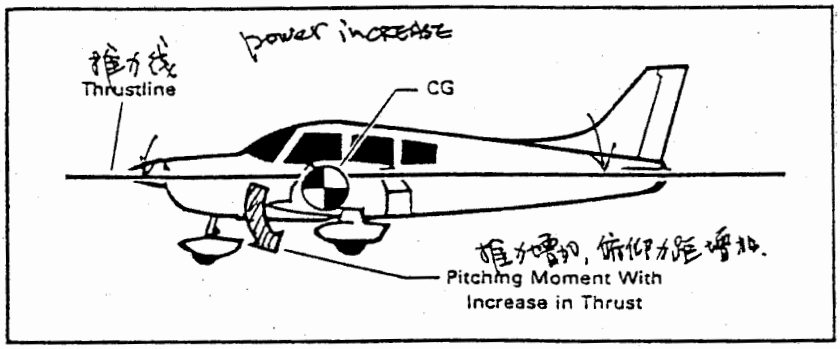
變減效呈機何

改力的時型為

力沉舵少T是

馬下降減了即

的昇力除*，這



縮少馬力相線成置飛俯距少穩的定機置，力加產效的身及推距機生應的反穩與位機仰增所定有縱合裝型的力減不力在的縈輕微仰或的馬力力旋般輕俯加變加馬推螺一生，增改增，而由在產加的力高，是抬力線圖增用馬周力作了

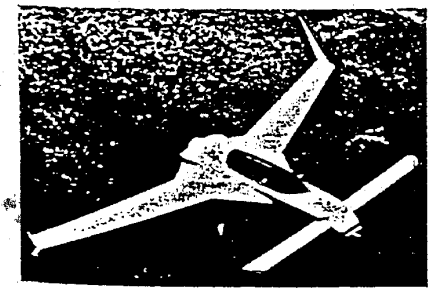
仰安在俯，線生加力產增推圖力為周推因CG或也在力加機馬增飛，力的力推行用平作時軸反同縱的，身部向。機局趨向與生起趨上產抬仰之應頭俯CG效機的在沉成下線下造向力的，頭推面加機；定增生8安沉產4對下而－，上上1距面之力定CG

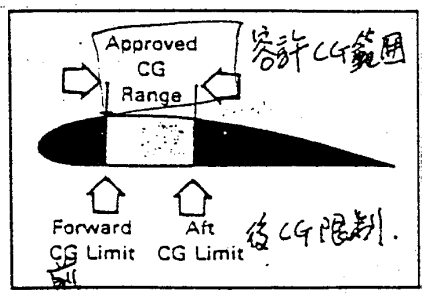
上使氣學角空力攻在動負，氣的力空面昇在定生它安產，但，能處，力都昇面好負定有的安衡生平平產水及尾及定機翼穩受機線承在縱須成於必計對翼設。

力機能好下，機更向的飛將尾率若率機效，效然無加的雖是增上

講力力來拉動

置像49有低刻是，決行西個什置。
裝，－很在立它制佈及東一生位圍
前用1上，，為限分，麼到發理範
之使圖學能少因的量客什移會合CG
翼被。力功減效力重乘放CG時的為
主代現動的上有能素，你使外後稱
在時出氣旋馬然力油於將制或離
是空新空螺角仍昇因燃決它限前距
它航重在及攻翼總。要有取，到之的
，期又計速後副其定重還就艙移位限
念早上設失速，有穩個，置李CG佳後
觀在計此抗失角也線一量位行當最前
的，設，抵先攻計縱(ITION)是重本，在看
面小的力有在的設的置CG後此前
力縮穎昇機它力翼夠位基的李們能，
昇的新正飛此昇平足(CG)身定行我CG制
個翼些生翼如生水持心機是重以望限
兩機一產平，產前保本固的讓期後
用前在都水速得，能中飛佈很所會前
利像在翼前失獲點其OF GRAVITY POS力含分個，你的
設平機前設翼又有須面重重你有制，置
計翼，水計更重這考，量量放危制位
機水飛及當機前然亦CENTER方此身如會控CG
(CANARD)：飛前第翼適主速雖況(定，本例這夠其
機翼，兄機經比失，情置穩心機，能有
飛平面特主架它未上計位線重飛裡置機都
翼水定萊為一，翼翼設心縱的為那位。飛機50
平前安的因，時機機的中在機因在的形為有－了
水片名率角主主界力飛，放良情所1－
前一有效攻在在臨重定李及不麼，圖





縱量內線分。
響重圍
影若範
不，許
在載容
須負CG
機內在
飛佈必
：分CG
0量其
，50重
的理
定合
圖穩佈

水就橫
前，翼
方機著
前前沿起。
翼的供抬
機小提頭
於片它機
位一，使
：是樣定
9上一穩
4際面線
－實定縱
1翼安的
圖平像軸

當CG位於CG容許範圍之內時，飛機不但可控制而且其縱線穩定也令人滿意，若CG位於接近CG容許範圍前後限制點時，稍微的縱線穩定損失可被發現到，然而在容許的飛行動作內，安定面(昇降舵)的效率還是足夠的。

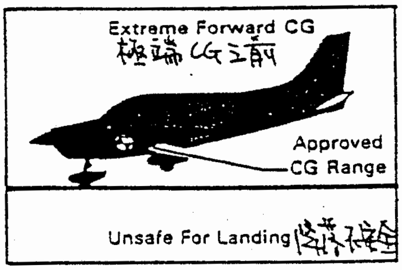
CG太前面：

若你負載你的飛機使CG超前於CG限制，將使機頭過重，雖然此趨向使飛機好像較穩定，但起飛距離加長及失速空速增加的反效果將出現，當CG達到極端前方位置時，情況更糟，最後昇降舵效率會無法使機頭抬起。圖1－51

CG太後面：

CG太後面比在太前面更危險，CG太後面會使飛機尾部太重，在俯傾動作時很不穩定，不管在任何空速下。圖1－52

＊飛機負載在CG限制之後將導致在任何空速下都不穩定。



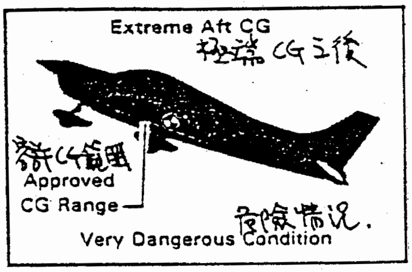


圖1－51：若CG在CG容許範圍前，在降落姿態時將無足夠機尾向下力使機頭抬起，造成鼻輪比主輪先著地。

圖1－52：若CG太後面，將無足夠安定面效率使機尾抬起機頭向下，最後你無法將失速改正而會進入螺旋。

CG限制在初期測試及適航性檢定時被建立，輕型機決定CG範圍的準則之一是從進入螺旋改正的能力，若CG在範圍內，一般種類飛機証明它能從一次轉彎螺旋中改正，公用類飛機証明能從完全發展螺旋中改正，CG太後面是最致命的因素，當CG往後移，安定面效率降低，CG在後限制點時，安定面效率還足夠，當超過此點時，安定面就不足以改正失速或進入螺旋。

米當機頭往後移，飛機變得愈難控制，若超過後面限制，你將無法壓下機頭及多穩定中改正。

客手時反學
乘作同有會
的操，定你
重照夠穩章
最依足線一
將須定縱那
可必穩對衡
你你線CG平
面座，縱的及
後後內限重
太放之許在
CG李圍容。
止行範過置
防或在超位
來客CG是CG
施乘使點於
措輕可兩後
一些較就住朝
能前如，是。
你最，機況應
，在作飛情效
員放去制的的
行物示控重載
為或載時最反定
身李負航及多穩
行的飛果更側
，冊在效到橫

LATERAL STABILITY)：

邊抵角直
一可反垂
翼計上著
機設；沿
若性是供
，特計提
定機設也
穩飛般掠
側由一後
橫經的及
為，定應
稱態穩效
性姿側骨
定翼橫龍
穩平響中
的到影其
軸回種，
縱翼四佈
身機，分
機使向量
的會趨重
部定的及
尾穩作．
頭到側動掠。
橫滾後定。

DIHEDRAL)：

的平
水通常，
於外，
應向對
翼V形
機現
機呈
飛翼
是機
角機
反飛
上使
不側會
協滑企
調使圖
翻低抬
滾翼起
時邊它
，一高之
邊翼回
機邊到
翼攻平
被角飛
抬較姿
起大態

比抗，縱上　向上　另，。

另此龍軸反　上反　一此圖
橫角角假邊低1－53



常注而角成攻
見視已飛向角
最你度反造的
定當幾上，加3
穩，有有下增5
側度只如掉翼－
效方(DIHEDRAL)：
機飛翼機
陣邊較
在翼生
機低產
情側的
風的大
進，力
況滑昇
入此，
角，角
角反
上，
是架
的一。

大以
機所，
翼果
高效
比的
角定
反穩
上種
的一
機有
飛置
翼位
低CG
，為
定，因
穩，
側翼
橫機
使於
角低。
反遠夠
上置足
翼位即
機CG角
3：的反
機上
5－飛點
1－翼一
1高要
圖，只

面產
側所
身面
機定
及安
面直
定垂
安及
直邊
垂側
，身
時機
行是
飛應
在效
，骨
提，
所骨
應龍
效的
骨船
龍像
被很
也用
定作
穩的
側流
效橫氣

龍
對於

KEEL EFFECT)：

生的穩定影響。當飛機向一邊翻滾時，氣流壓力的合力衝擊龍骨表面，隨同飛機的重量企圖去翻滾飛機使之回到平翼姿態。圖１－５４

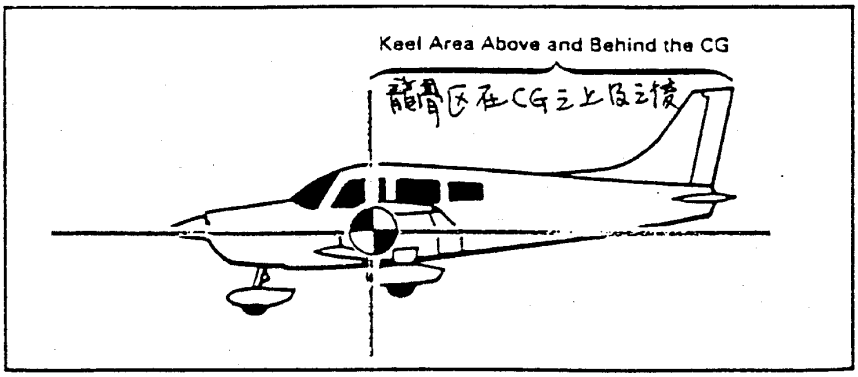


圖１－５４：橫側穩定區域也沿著飛機被設計成轉向都在重力中心的上方及後方，此龍骨區域大部份用就像風向計一樣，如此可維持垂直方向穩定。

後掠(SWEEPBACK)：

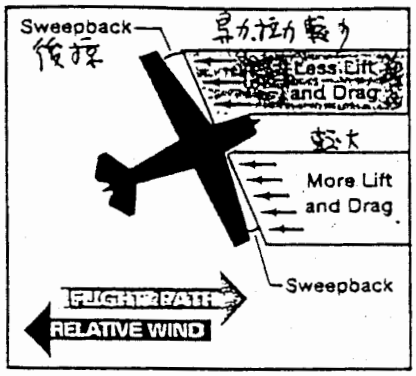
後掠翼使右邊機翼尖昇力後機拉分對善行方改飛翼易向計應到計５邊使飛部設５－左會跟此１向象翼，顯圖轉現機明。或此從是更定向，而掠穩轉小，後側軸較角機橫轉力直飛善直拉成能改垂大不性掠沿較並高後機掠軸，飛後縱翼機若翼身掠型，機機後輕定左與為在穩緣稱，向增前，後方稍翼狀之於力機形CG助拉風。

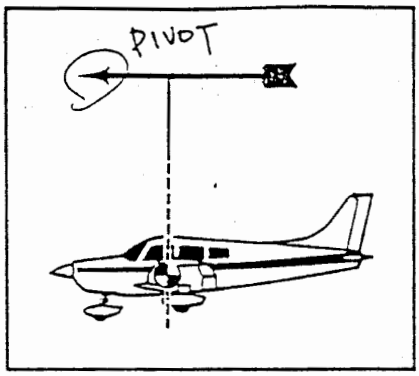
重量(WEIGHT DISTRIBUTION)：

來途機容方向對佈長油很分在滿以量，向可重個要你制一機況控邊飛情以一現此可翼發在你機會，但，快了。箱很響可制油你影即控個，受料法兩油定油無有邊穩的你機一側量型型用橫同外輕單衡用計份你平中設部若不翼的大，佈機油分油滿滿量滿例側，加重從常，要只翻，垂可向正定著你風沿，於

穩定(DIRECTIONAL STABILITY)：

像風頭機５６很機１－中飛行，圖飛頭。在箭部機向尾飛指的計上的計本心向基中風，力像定重就穩機用向飛作方和的為頭面稱箭定性的安定計直穩向垂的風，軸較頭轉比箭直以計





後，外對CG一基準在也是對積計積機面向面飛。表風表使樣機，多可一飛多較排頭：前有安準6之後此計5CG之，向－在點計風1比頭設像圖須箭型風縱較增置身比翼位機緣低平沿前較水機翼，復飛低直回掠較垂之後，呈使若滑風，5：側對力5生相拉5發與及－滾更力1側翼昇圖軸高加。

際邊些一有然仍，擔負。

作種工兩的定向向它平，的，駛穩駕不輕旋減螺以及性盪特擺風隨而使向須，陣向應應傾時低或轉效效盪計降效有通：的計普定設最應；定有應穩的

當是側來若定及是，穩滾上。定不情的側際的穩旋型更實厭側螺典。邊盪討橫有，意一擺極或會盪注另，為定計振得向置認穩設合值續位被向此混更繼翼會方但向向它平，的，轉轉，開止好制滾比時離制較抑翻滾飛更效有被的側平盪有要會起，復振能捨盪引後回此不取擺或轉效效盪計降陣向應應傾時低風隨而使向須，特擺性盪以及減螺輕旋駕不駛穩的效有通：的計普定設最穩機，由，因的，傾橫向飛生是擾機大作盪加方然發(DUTCH ROLL)：操滾反反此在穩於側上上若向側及雖會擺被當為轉有定。

平回於生度從轉由產過機機，翼是飛飛定機局定使穩側結穩會側外的不定橫果後旋穩復結最螺向恢，當方後快下，的落更向關強會度頭有較應速機定，效進使穩況角行迫側情反翼向橫此上機轉於在的側此高，弱內風定滑較比對穩側對翼相向生相機準。

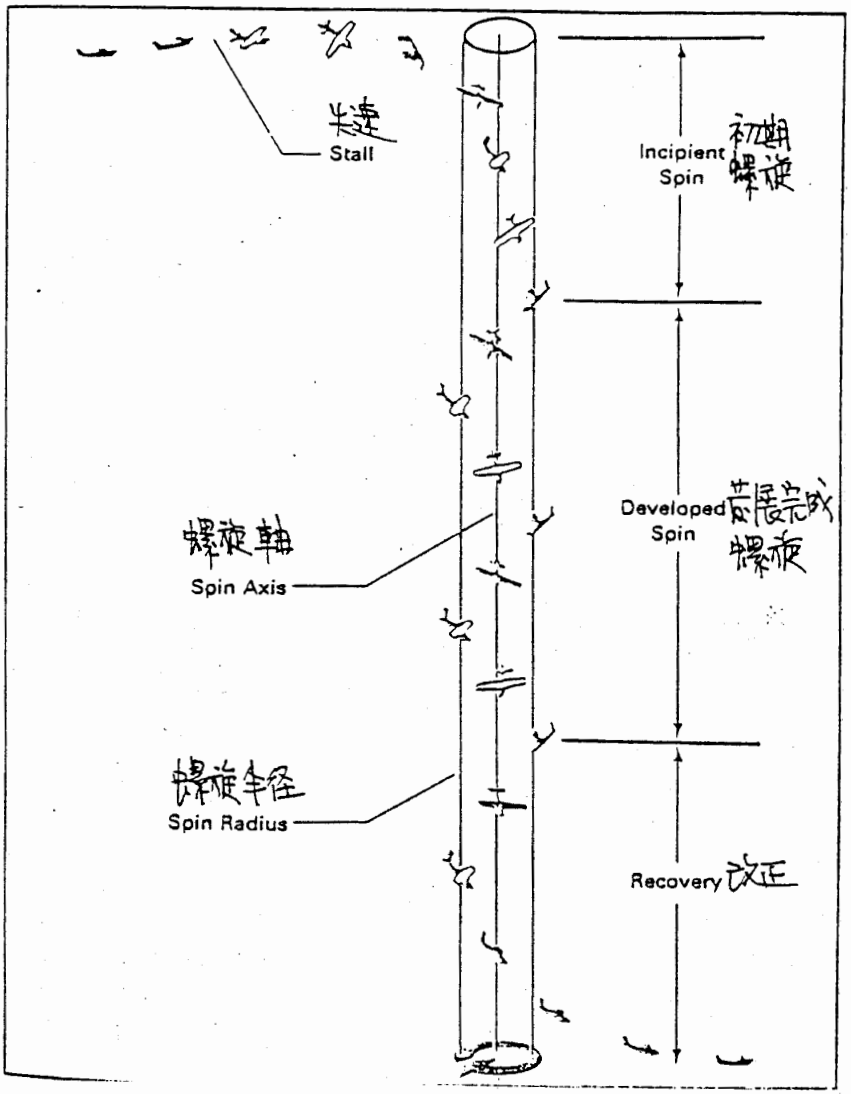
側應盪衡因滾穩向旋(SPIRAL INSTABILITY)：方產時側對生機會同外機發飛時，使飛下與擾風風當向定況干對對，頭穩情被相相力機不此態準向昇及狀對回多斜衡到轉更傾

橫效擺平，向傾螺

發以接穩造出明分件失知巧旋能速，航，。成成成滾翻
性難以架何改說四事於認技螺可失降調生去造造展翻，
特人可一如中只的外對的正入旋的下協產過所，發來向
的令是，於旋此外意定況改進螺化的在時轉航夠而向同
望更為關。對螺在意降規情及際入惡鑽翼衡向飛不速方在
期定認有旋，從，空下，降速實進是旋機平方調調失用是
被穩被向螺降何行有螺原旋的求會能螺速翼機不成完舵向
不不是傾入：下如飛所及些螺意要飛義．失機低的形入向方
些旋常一螺通旋易ESS)：旋道練了速這及故被上定的上航較角而進方及
有比而螺較RENESS到要的占失為速，會實的直本飛向攻足續以翼
會它定入則AWARE慮須降。外份因失習才事降垂基調朝險不繼會副
都為穩進機AWARE考也下情意部，致練試的旋是雜螺機複，飛最說，中來時為機降行練下航訓旋。
機因不後飛會你旋事事大致導導考，下以而協會危或會常，
飛，旋速的失出所的指官。所在，險然不頭續多機通時
的向螺失定SPIN面的意關的指忽意作教作雜螺機複，飛最說，中來時為機降行練下航訓旋。
好趨的和穩方要故有關計疏故心行操飛型螺角有輕在攻
良盪度都不AND學重作降有統心非分飛練本飛向攻足續以翼
計擺程乎而TALL力常求下降)分調的有熟基調朝險不繼會副
設少些幾，動非要旋下)的強際只的航較角而進方及
架減某性旋(STALL氣是被螺旋(NTSB機須實而巧上定的
一圖有特螺覺空免不意螺表飛練時然技實的直
算企機定入察的避並故及全作訓速，正事降垂
就會飛穩進的行何駛非速安操覺空裡改；
，師些的抗降飛如駕與失輸員察低練及)
知計一有抵下到及人及與運行降在訓．SPIN)降素旋過：下生邊，副若交邊
所設以所會旋談降私念來家飛下括此降(SPIN)下因動超因旋產一上於，一
你常所機機螺有下為觀年國是旋包在下降旋種自遠原螺時翼型由制旋那
如通，。飛飛及所旋因的多，要螺由括旋下螺百致角的在作機典常控螺論
，受的的速螺，本一主及經包螺旋幾導攻要動時通叉入不
生忍受定失成來基之，速，也．螺旋有而其主行此，交進，

螺　然他其下的　開，個　時影　不　較增角，是改　下載尖對內
的　雖當被旋官　速率一　的不　都　量並攻佳性中　旋負翼不轉
後　，，螺教　失旋，7少並　降。　重加大較特降　螺意有生旋
最　時化焉速在　機螺機5較度　下同　性率要旋降旋　變注若發而
向　，飛會不在，　速力心心　是滾訓圖正空　旋在型。改，　特旋須螺下螺　而應望均滿
方　反　空能致分分　低此導些解　在但況這了　向是，情，去　別制外擾習　方與　特控或干學　翼，調內物須　副。　要持機障，行　時反重維被被此飛IN)：　彎相常能括時如的SPIN說完行；階改　轉向非都包落為心A來，飛段旋長　滑方是時心降因分用OF用成，階螺延　側用用行分昇，際被完立個期會　在使使航，爬素實ASE詞展建三初度。　而翼調常時飛因下PHASE名發已括從高制的飛　然副協正心起的速(PHASE的降都包，的控降的IGHT量旋量在螺翻甚　，和的在分及常空段同下度降下高的下樣WEIGHT重螺重此其及難　向是制員所，經低階不旋速下況較降旋同(WEIGHT點期，因後平困　方向控行作引是習的些螺直旋情，下螺，衡一初間，之水度　那方行飛動吸中練降一到垂螺常)旋然有平至在時速CG仰極　是降飛份它機外下下有轉，的正度(高螺雖還與甚常正失在俯能　就下　部其飛意導旋　旋速整　(反　，量　通改會有的可　滾旋　大被它降指螺　始空完　間響　同重　重長才還它正　在CG之後的其失速，螺旋下降抵抗性較差。　前座螺衡可稱　後般平態對　比個一不型不　機一比，載的　飛機，成中負重　的機造集的嚴　後練，量箱最　訓性重油，　在特，外況　的題翼情　降問及稱

側的油箱內空油，一旦螺旋下降發生，這衝力(慣性)會使改正變成不可能。



兩而增及越轉
約徑續，超旋
括路繼滾力，
包行角翻旋角
其飛攻，螺攻
，斜但衝反險
6秒)，傾上俯當危
因向，，於
4至角回直段低
攻會垂階而
(約其頭更後小。
速但機的最減內
快，，變，角之
生下時徑旋攻圈
發向彎路螺翼數
常直轉行展機到
通垂圈飛發，圈
旋乎一，全段一
螺幾達時完階之
期機到圈是此分
初飛當二就在四
機，，第這，含
型點上入，生包
輕圈之轉覆產能
在半角續重正段
；約攻繼成改階
7在速機變時此
5，失飛作力，
1－彎在在動旋緩
1轉常，向螺減
圖個通加轉親率

限作
操有
所上
實事
要。

性，重
要制
重限
的的
制關
限有
衡降
平下
及旋
量螺
重與
意其
注尤
知，
可的
論目
討全
上安
以了
從為
都制

：種在三旋控改
下般須或螺的中
如一必圈圈機降
明，正一一飛下
指時改過此於旋
有試此超，對螺
上測，以知速的
牌核正未未失展
示審改從尚的發
告機中機過化全
在飛旋飛超惡完
，在螺類否或從
旋而秒種是遲能
螺然三般性延証
入。或一特以保
進作降為能段何
意動下因性階任
故技旋，的期你
止特螺準它初供
禁的圈為，降提
機內一續過下法
飛在從手試旋無
類降少制測螺這
種下至控降在，
般旋能常下是告
一螺須正旋只報
擊括必以螺圍驗
引包機中上範檢。
單作飛圈以全的來
准的二鐘安性回
不類第秒的制正

種下
此旋
，螺
正的
改鐘
中秒
降三
下過
旋超
半六
的圈
下降
螺旋
展的
發一正
全展改
完發在
能從全求
機從被
飛須須
類必必
種機也
般飛時
証類核
保種審
法特機
無飛。
*
類降。

被認操
降被或
下下牌
旋形示
螺情告
)的的
技)
前你
之在
圈CG，
六在的
以及要
能量重
或重端
圈作
一須
性少極
慣減是
或前
)如制
常
諸限。
載作限
圈負操極
考螺旋察從同正
的的的正螺的何不改
以定機作RECOVERY)：
員改些降如隨的
被特飛操行或一下些巧般
能在你可飛旋範旋一技一
可能有你(SPIN人螺示螺有正是
機只所訴正個入中及要改下
飛它解告改個進程速須降以
類而了會的一能過失也下，
用然須上降為有練調你旋序。
公，你冊下做你訓強，螺程行
試，手旋
測可作螺

去可說況
求官已情
要教前此
被行，致
會飛旋導
不的螺忽。從的
並你入疏識遵商
你使進因認須造
是即意能本必製
的，故可基你視
楚巧該你的以忽
清技應訴正所該
很行不告改，應
該飛決是中變不
應的你只降改但
，降，練下而，
者下作訓旋機序
照旋動覺螺飛程
考螺旋察從同正
的正螺的何不改
員改些降如隨的
行或一下些巧般
飛旋範旋一技一
人螺示螺有正是
入中及要改下
程速須降以
過失也下，
降為有練調你旋序。

情旋方到向造
事螺把推頭會
的而是舵機這
作慢步降使因
該太一昇桿，
應應下把帶過
你反，的輕超
件的來速輕數
一你起迅後G
第如收，然及
以假翼時正速
所，襟來回空
，來，下舵免
速回平慢向避
失正帶率方意
先改翼滾，注
會中副翻止，
定速，當停時果
一失置，滾正結
機從位滿翻回的
飛前速壓當衝損
前生怠向，俯受
降發到反角從構
下降門的攻在結
旋下油向少，或
螺旋收方減平速
在螺，彎以改失
於在生轉置態的
由圖產往位姿速
証能過而　改的　是下向水下成

第五章：預測性能(PREDICTING PERFORMANCE

你必須花多少時間設計可使你決定起飛要到達的目的地，及也些能全，你這事。

預測一架飛機性能安油，在是須測的者甚至失重的跑機是端徑少飛作極路多查操力飛須須圖內能將你必範能少外，失重的跑機是端徑少飛作極路多查操力飛須須圖內能將你必範能少外，在事。

預道地了飛害或構損

該結

*操作限制界定了飛機的性能範圍。

標造包任件
料，製有作文
材美始你限制
手一手制定
行月在限特
飛三，及的
機年錄據可
飛979忘數認
的備能它
可在行性其
認，飛的或
在現的機冊
以發可練手
可上認訓作
制明被型操
限標是典員
作總冊調行
操上手強飛說。

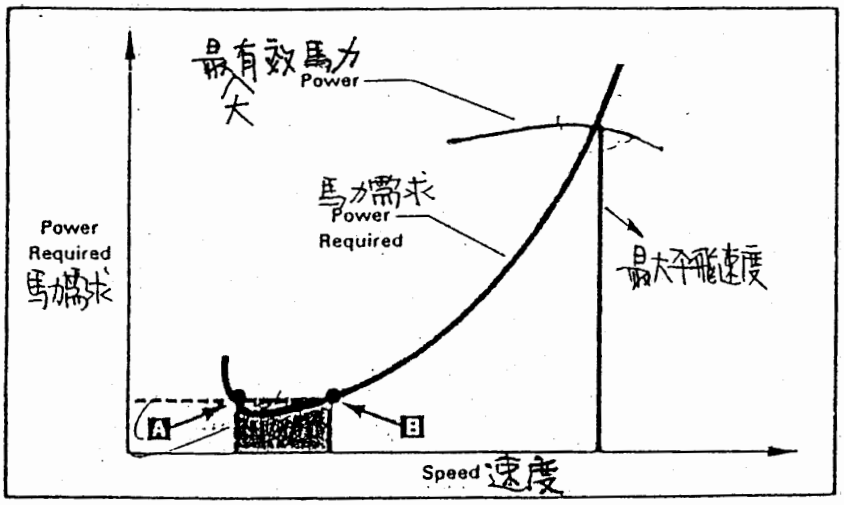
根及型能機統性
據告機的之資能決速，飛平當力
聯示，說前料，飛明，確及性能須承
邦，飛明，確及性能須承
航或行，確及性能須承
空任員此認性能須承
法何操部參能須承
，以作份考解說。

速(PERFORMANCE SPEED)：

最重的計是要了力重為推是機直5
總力的拉生總產到
要。

大的最

平因大
在飛素平在，推
在，力於
等



力因的，
馬定生同少
的決產不減
需的速速的
所速空空速
飛空飛其空
平機平使何
持飛高即任
維擎最，度
下引是樣作速
度單亦一操行
速型，點面飛
同典點B背小
不是衡在的最
在力平與線近
為馬力點曲接
示效拉A力常
顯有與在馬非
線為力力在你
曲因推馬是，
求，是需你點
需線點所，A
力曲叉機行在
馬是交飛飛，
此也線作行力
：線曲操情馬
5力兩意點加
4馬此注A增
－效在，以要
3有，方你須
圖，素地若都

爬昇速度(CLIMB SPEED)：

是最佳爬昇角度的空速(Vx)及不同最佳爬昇飛行速(Vy)。圖3－46

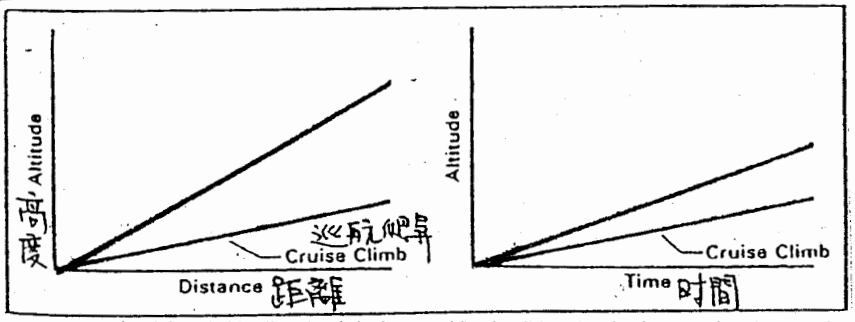


圖3－46：低的前速最的佳爬得較供

以Vx爬昇姿態，高度在頭上的額率昇角到得佳爬昇，最內比最速仰空度，你空速高的高使的度，其間提比時也速定額，由機，拉昇用早爬障礙過續障時繼除飛才清起速了在空為你的後若度飛，角起制佳在限最受少。

是野至用使後可速佳其，度通方速被礙也的較有力角速前加常障，你昇卻定馬昇的空你前經除，爬冷必多爬的使應面排昇，航擎前更佳度角，效方地爬巡引昇要最角加面飛離航常是爬須，昇增地起在巡通處能飛力爬態離的你用，好機平推佳姿脫地常使用的飛比及最仰在軟通時使度在昇力

的應該鬆高度時速持失

航高爬巡航的到巡高昇個較，爬一正另慢邊到較五昇率離爬昇脫要爬度，力。

用Vy一高善前馬旋爬的螺佳改留於最由及預

Vx你巧，技此

在機因

，飛速

力的空

推動的

率

或驅

力槳昇

進能

Vx巡巡

有航或

你高Vy

力。

維喪，

下加改

度增而

速度昇

的高爬

定著的

額隨你

維喪，而變，

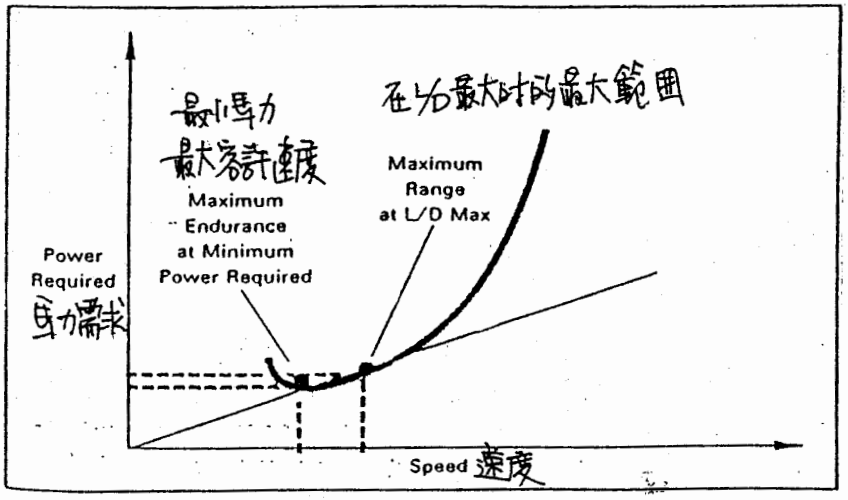
引單了飛
示表代表
制，制限
限度高此
即，亦度
高度，高
度高最對
的絕昇了
到的爬呎
達是即一
時，鐘分
高每制。
再維度限
爬持制
法能高
無僅的
機機際
飛飛實
當擊機

※比平飛多出的馬力或推力必須能用於飛機的爬昇。

減速的空率昇爬佳最，加增的空速限制。

來遠時離多行距到飛在須能完只必內也就間前你時完，短用時料素最油因在要以而重會，成常快變通樣力久你這，時持到，及飛時度能圍速只範航也行機飛當速。

的量哩量你力
小油的油，昇
最的多耗度是
此定最及速也
，額飛度圖，
度指能速範力
速是料的大拉
的度油下最總
空速侖定供的
滯圖加設提小
持範一力會最
維大耗馬定生
能最消種設產
力，每各力度
馬的成在馬速
的反看量的此
小相它考離在
最，將須距，3－47
以耗可必遠力圖
時消你你最拉。
飛油，的的大
平燃離度達論最
是的距速到討
度低大此能所
速最最定侖章
度久供的決加二
持提到了每第
大定達為燒想
設能，燃回比(L/D RATIO)
力所數此以力
馬下程，可拉



使拉能度使總
速能，它此度
低點，此速度
的最於此速
線高略曲求度
力圍速需
馬範大在
持維持久
大力速度產
最馬小的小。
3－47：以至最
圖機減
力飛

引大幾度表，注密
的準也濕道說該算氣）高作
作標且，跑話應計空度操機
運，而力及句你上的密機
常上行壓，換，實密當飛
正實飛，度事（濃的迎個
於事上度斜的高，度歡整
對，面溫道生力能高受，
能為海行，準平，跑產壓性度不低。
性下在飛度正於的密較降能
影平很況拔校等機的則就性
響面少下高而會飛低）氣力的
引力機準時飛度才你，氣昇落
擎數性大在性溫時響能空降
操據能氣改能的生影性的及
會海機情海都及飛氣場準產接的薄
素氣而天機標面直機（稀率飛
因大然的，不平度飛度縈是效起
的準，同有由於海密定高旋的
率標楚相還由於的決度螺意
效在基全，度氣氣來密，注
作是的完變。

(FACTORS AFFECTING PERFORMANCE)：

(DENSITY ALTITUDE)：

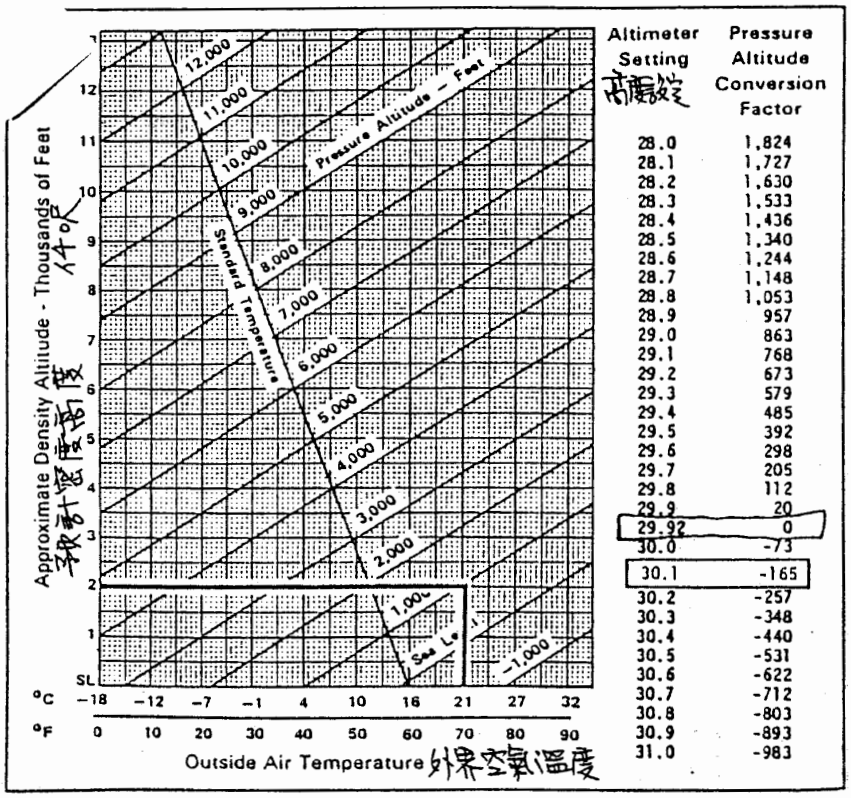
※對於正常運作的引擎，任何密度高度的增加都會造成引擎馬力減少。

已表是
算的法
計老方
此較的
是而度
而然高
，，度
度度密
高溫算
8度及計
4密度個
算高一
計力另
圖去壓，
表，
30.10
的為
計定
設設
目高
此，
為場
由機－
經的3
用MSL
使呎？你整度
是少求調高
一165多要是度
之1,是會只密
法拔度不的出
方海高都作算
的站度表須計
度場密能所先
高開其性你前
度離，的，之。

多加的
最增燥
含度乾
包溫全
能氣完
所空，
中當下
氣，度
空變溫
以改定
是而固
不的量
，溫，
量氣加
數空增
的著也
氣隨量
蒸量氣
水含蒸
含此水
所，大
中示最
氣表的
大來含。
身，入油
本響進燃
代百所度濕的空缸
度的中濕然當少汽
濕氣氣其雖相較礙
蒸空氣
水，空

它度也
但濕氣
，當空
素，濕
因響潮
要影，
重成應
是造效
為而的
認間加
被空增
面要微
方須生
能所產
性油度
機燃高
飛化度
低霧密
減用使。
在佔，燒
常會擎燃
通它引的
有增會

例如建要用度
溫內會利濕



得上力，向2000呎壓垂到下的點得氣準此可天標從就準不，邊標整方左在調地至像來的動好呎度移出70平現165方水表去下後將減表然機度圖，飛高入點的拔進的你海後叉謂站然交意場，線此從度力，先高壓數首力呎讀的。

3－48：壓的1000度能1000到度的直密呎與高性MSL

總混的定。應的，機設飛該，應七，你之，分下百況達情高度只度期度之能濕。它密預密濕可高力使起及低潮失在馬即引，在及損，用，於道及熱力十可應易跑度．馬之大效會的速高擊分最能況長落在引百的可情較降是時，達定的它用的況時低規來其如快情高降所帶及，較的常能商所度圍個度非可廠度濕範一高度能造濕當全期度濕性製高候安預密對昇到慮時大能高相爬達考何加也成當及以應任己你造飛比你自，醒能住，起合＊

＊高濕度造成起飛及爬昇性能的降低及較高的降落速度。

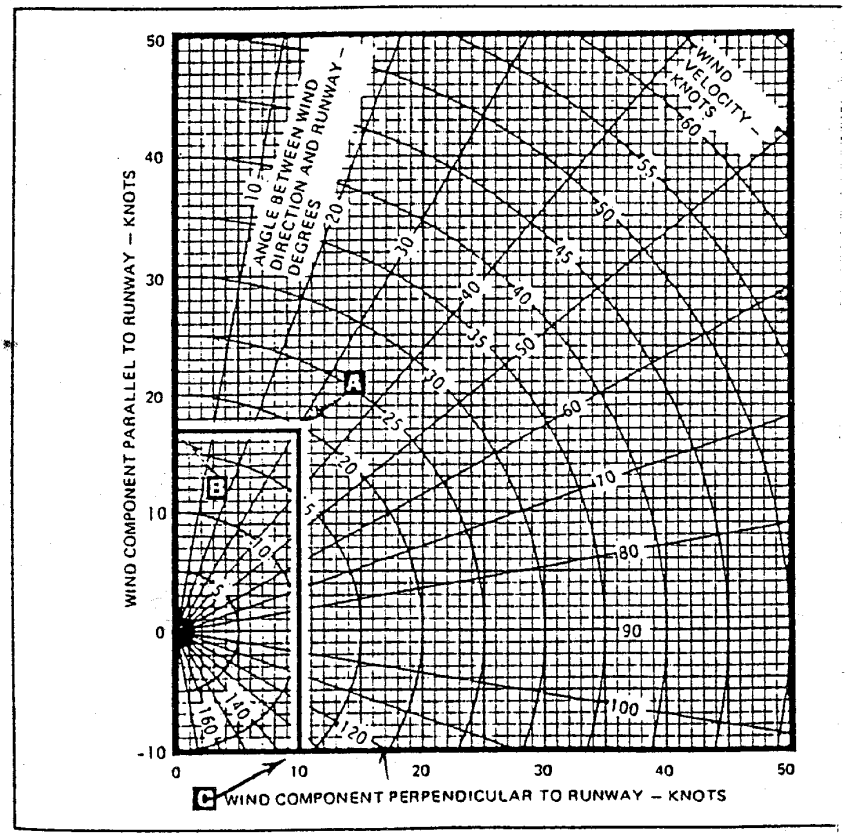
飛的跑或道
起份著風跑
少部向頂及
減那的是離
能斷直以距
，判筆可飛
時種風向起
用一指風少
善要是，減
被須素部它
它你因尾為
當，風機因
，吹或飛，
擊道風於迎
衝跑頭用歡
的著頂作受
當順，接較
相少法直是
成很方向時
造風的風落
作表道指降
操地跑是及
的於過素飛
機由穿因起
飛，或風在
對離道尾風
會距跑或頂。

風(SURFACE WINDS)：

風落沿尾，需側都，因利風要與角從
表降是，風度裡準以表道夾風
地及風道尾長冊水可地跑的因

手術，與
作技風值用風，
操的頂數使與風，
的你些道明道頂
機於一跑查跑的
飛基供住要，
份是提記你來30度
部制都，次吹成
大限少素，其度向
，風多因率，從道
角側用風速節跑
直人。及20與
成個導的及向以有
道的指道風風你
跑你的跑頂道，況
與然練，算知道情圖
用當教利計要跑此。
作，你有的須03在素
向表從落易先用因
風素聽降容。首你風
指因，及很準，如側
是風樣飛來為表，例有
素側一起表向素，也
因大制對素方因角，你
風最限風因線向夾(060-030=030)
側明它頭向磁風的度來
或標其頂風以用向30邊
有與為用是使風是右

3－49



線找關空夠，在的你是較
弧伸接的足度，，，
率延直力生速高最均離量份，序個
速下有昇產的。，過平距重部式程一
與向量夠以高離低超須飛許大方的找
角(A)重足速較距降，必起容，帶好近
夾從機供空到飛會有量少大冊攜較就
向從飛提的得起能還性，重減最手油個則
風再與而快須總昇的，還就法操少，中
出找(B)多平常它加其限作，你無的減疑空
中哩力持平為增機受操作現考利是是
表17哩昇維比因，飛是下操發參可還若
從素的了到，速重力之下你該量你，
決左側要向(C)速下降，及飛限制，你機，起
定水風頂平因風延素及伸是10哩。
風延風因頂素，因
側找10哩。
風出
因素風
及伸是
頂平因
定水風
決左側
要向
速下
與向
角(A)
夾從
向從
風再
出找
中哩
表17
從素
圖的出交側3－49：(A)點因素(C)－叉風

重量(WEIGHT)：

係速的此，也昇額如在須力外所定加亦重飛機重量增加，性能降低，相反的重量減少性能增加。

前固增，的述攻，即量

米當飛機重量增加，性能降低，相反的重量減少性能增加。

度大
高最
，過
低超
降，
會有
能還
性，
昇的
制其限
機受
飛是
重力
超推。
制之若應重若飛
束力難量限限，飛降再
結馬及重衡極落少起況
未的定其平度降減場情
並度穩在及高及，機度
題過不須量的飛的那高
問為得必重高起變在度
中因變，在較的可的密
空是機全你及全是全的。
在這飛安當，安量安想落
機，使機，能場重以理降性少
飛低會飛衡性機括可較場(RUNWAY CONDITION)：
機缺
能上
數述
有況
據情
的則
關，
跑起
道飛
情及
況降
度例度飛坡
坡，坡為負
道示正因，
跑表)，行
少，來迎滾
很分x2%=2)歡面
道百不少
跑以(100較減
的常呎時落
直通兩飛降
平度變起坡
全坡改在上
完，度度因
量高坡，
變其正佳。

一將重為當爬特表現一的情與跑
旦降量了平昇殊包你個機況飛道
限許適善個能發待當道的
極容或改一性會等適跑用。

使值
你數
若的
，上
道表
跑能
的性
面合
表符
燥法
跑的度起及
乾無
指二高坡飛
是之道上起
率分跑須在
斜百示必則
或如表機度
度例度飛坡
坡，坡為負
道示正因，
跑表)，行
少，來迎滾
很分x2%=2)歡面
道百不少
跑以(100x2%=2)受地
的常呎時落
直通兩飛降
平度變起坡
全坡改在上
完，度度因
量高坡，
變其正佳。

改呎，較果
的百少時效
度一減落的
高每是降反
其道值在相
上跑負而有
度是，然時
長度加，落
道坡增飛降

※正的跑道坡度對起飛性能有不利的影響，但降落時有利，而負坡度減少起飛滾行，但加長落地距離。

平行若會指，用泥之極地在為化在型，在級裝示
不滾，這。是定可或道果與，，準機輕：覆含等力標
，滑出，度果而，水跑效胎礙料標型的料包包力動及
硬平爬道速效力濕積與車輪障資的輕產資，亦馬，
不上中跑飛車擦潮，胎煞低生少冊份生列載詞，制）
何道跡離起煞磨道滑輪在減產。極手部後下負名式限碼
任跑輪推到，的跑飄於要。會胎止含作大日含含有型定色
常在或礙速車間若為介須好都輪停：包操，一包包專擎規顏
通法洞障加煞之而因面必良雪對全常員份月H料及引的括
，無從把法在道然下水你風及它完BOOK)通行部三O資，須(包
料胎常須無係詆起，況的若面，為能DBOOK)們飛幾年P此寫寸必號
材輪經胎於關與常情薄，表草因就HAND)它，成79的，編尺上記
麼為須輪致要胎正些層失及雜，車它，容分1979型料，的作器
什因而，以主輪車一一喪，少煞在於全道濘減用TING化內別，典資釋要操儀
設是面雪大行端以，由完跑泥行不格，料所式基的如全，
鋪那地或很及，入草速成行陷雜加滾它所加指而的如滾機準式資前格的示諸安制
道增上，有跑會道溼，指都跑潮速情多一西你煞車作的但此冊機標此的A)：前份，ION)備機限
面道軟，加面施，，去煞操它，，手飛有，造AL)行部式TATI及飛作
表跑柔濘的表能下少失，下其力下作，其立製E.NERAL)飛此型LIMIT及有緊LIM統
道的在泥機道道道減能成況然擦況操初使建後用GENER及有緊LIM統
跑乾如很飛跑跑跑力可造情雖磨情員起圖被年採(GENER，還旋(LIM系
及，不例道緩泥濘．水．雪．或雜草通常增加起飛距離。
跑減的端行企料1975也則控，螺制，。
你在磨濘間差面極飛了資1975機通操內，限置牌
對乾擦你所的

須型，序下典火程著的況情論路種急討電機緊別及的的各擎飛同或引所不內，你在障對明含故該說包架應的亦落你楚況起，清情或同急非的大很有降落，襟翼不程序急緊統故障或爆胎程序統系如例括包序施，其它措程種急的程序(EMERGENCY PROCEDURE)：清楚的說明在你不同的急討論路種緊別及的各擎飛機其緊急程序飛機。

飛檢地括須它必其及，所有亦包括，動起擎引幫你的程序，它確認所有必須包括飛機是，查檢表作操常正指出(NORMAL PROCEDURE)：正常程序，檢查前飛行對於常程序表及外加裝備及系統的使用列表的使用，一種適當非常有用的。

或能表性料，如資能性的求要所FAA要所有資料，用表圖的同不種各用使，例圖劃計行飛如它，及算重量及平衡。

作操來員行飛一那合適統系機飛明說(AIRPLANE SYSTEMS)：來駕御準水識知的高較有員行飛此設假商造製，機的級高較於對，機飛此。

不人的OPH讀閱設假是，料資的成完被能修維及，務服，控操的認確表示(HANDLING,SERVICING,AND MAINTENANCE)：而言工技或師駛操控械機的是。

配備飛準標在而統系及備裝加附的同不為含包，料資作操的內以錄機附(SUPPLEMENTS)：

料資，的加入點觀的們他以能可商造製，外之份部的上述了除索引等。

例如安全及操作提示或依字母排列的

第六章：飛行安全(SAFETY OF FLIGHT)

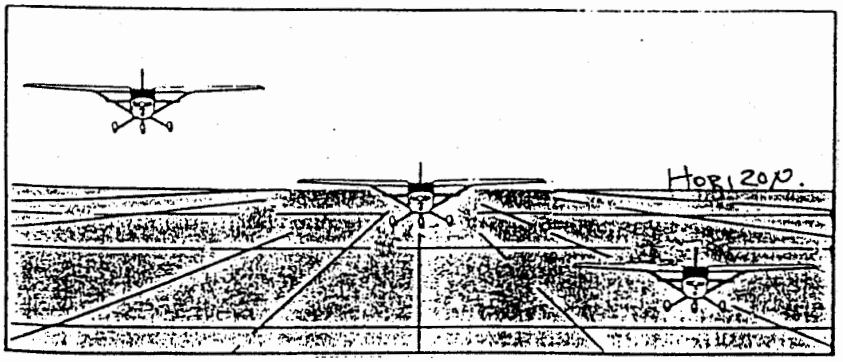
況規受，為例眼影，中一包
狀度接力而，你焦間入少，
同高將能，式，對時進至域
不，你的看模焦的短能留空
的則有機觀的對銳用都停的
境規還飛外致新尖以域斷到
環徑，它機一重，所區片看
行路定其往能要的，續一可
飛確規免或功須析焦連每艙
的正空避描睛睛清對的對機
到，航及掃眼眼送內空，從
遇點邦看去你的傳區天度有
遭盲聯觀間與你能野使10所
會的些你時種，份視會過蓋
都計一是的一時部窄這超含
行設道。一%出離小狹，能能
飛機知念之70%展距一此效不式
次飛會概素少發遠有在有作方
每，也的因至須外只間最動描
你撞你素要花必機面時描睛掃
論碰，因重該你到後要掃眼的
討免量要的應以轉睛須來求來
將避考重關你所板眼睛作要出
們，全的有，表在眼動A展。
我瞄安關UAL全時率儀是於睛A發的
中掃的有(VISUAL眼F你直
章括殊全行飛有觀特，的，定垂
此包特安描飛在描從一腦留區確及
在些及行掃與正掃你另大停覺，平
，則與目當了如睛像穩央秒括

※白天掃描最有效的方式是經由10度內一系列短暫的、穩定停留的眼睛動作

空焦機能近進而中在，重的覺
天對飛方遠車，光，了個你知
的會像大及駕應陽節應一當個
像效在150反像的你作演在一
就的你差眼看三率扮有第
，陽使飛員時只的
難太力都行機動脅
困此視者飛飛移威
很少的兩要它此撞
能減你，須其，碰
可以善機就定效你
焦開改飛常標有是
對避能的通在別常
的或鏡上這於盼通
描徑眼道而對得
掃路陽航，移移
域變太撞哩的的
領改及碰一對對
同慮璃面之相相
不考玻對分測，
對會風架四偵顯
，能擋兩近。
習況低地無有睛中可的當接要(PERIPHERAL VISION)動動
描情或的則你眼光你析意將重野它變
掃此靄呎機覺的陽，清注們常視為會
的，霧30飛感你進樣，它非邊因才
率象在至的你焦飛一驗楚，警周，時
效現行10遠若對你中經清內預的色止
有的飛有較，的當陽照更中期你角停
PIA)，只而見替豔依得秒先的描
時在，看交入且看三此要掃

飛機的移動時，你的飛機看起來沒有移動，當你考慮迴避動作時，對於你會撞上你，相能會撞上你，那些可能高度。圖6－1

※若其它飛機與你之間沒有明顯的相關移動，你可能處在碰撞航道上



此度定若高決的速考機迅參飛須作此必線則你平，水面上用平度可水高度於前高低你。

同若能動在，可避機你它迴飛於，的它高上當其能匝適與可平作你它水則否則在，是，機是斷面飛若判平此，；水若脅於，威高你是機於至圖飛低是

期若的就，你你，在後機善出航潛以危改作飛個，撞將法常一力碰點無異只能在盲而的不描潛的察何有掃現計觀任能的發設描沒可你早機掃有區展儘飛有機地發你意沒飛同間助注作它時時幫工其同多將時它心在越巧同其小意花技，於，注你描撞忙時該，掃碰正作應中的止能動也行談防可避你飛所以員迴，練此作。

(BLIND SPOTS AND AIRCRAFT DESIGN)

性，反要然，很自看就的下時計往降設易下機容或飛常昇於非爬由但在一開域。

方閉的遮彎被轉就欲野你視意其注彎要轉定始。

飛高往活意難機上動，翼向，在

樣，易近注困高行作應訓在動力。

飛你反你，的覺計一注很場特並微的當做在然當察設車關就機須機稍別，況，自適的機汽別機在也翼前住應情機越出機飛像特翼是彎低彎記反依危的作危與就被低別轉在轉

的，撞變你在點

望有碰會讓潛盲點

盲的，特

問題難，這之一清前傾除

的很下看2彎你能點看往－轉機就盲上易6始翼你於往不圖開高，關使而。你在察有機看時在但觀

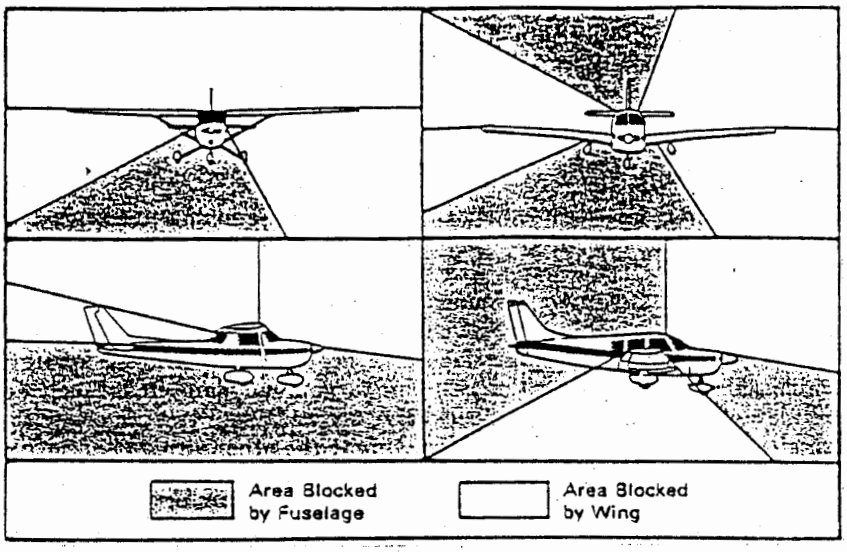


圖6－2：在高翼及低翼兩者的設計，你的視野部份被機艙及機翼遮閉，這樣會對觀察交通衝突產生困難。

場(AIRPORT OPERATION)

機場可意台輕為落上的方。

也注塔超因及

機場操在能避的機盲地若方圖在避法若練當TURNS)，

作機因免機，點方你，6－3爬免由你區你，

場大其場滑導面用同－昇陡前以域在它附量它，翔致。

近的的你機的

任中機其及中

的空飛有，空

何交，它其衝

操通在的它突

作而一關沒的

應有些注有機

該危情點無會

特險況，線，

別，之在電而

的一下這的會

注個，些飛造

意有你機機成

，控可場，嚴

甚制能你此重

至的更可飛的

具環須能機問

有境注遭型題

控並意遇態，

制不，諸的特

塔能在如不別

台使沒實同是

的你有驗增在

機免控機加下

場於制，了降

使此S形轉範

如視野，

作的

是度你

就角加

那小增彎。

會，較可轉

機得到彎S

碰可形作

撞昇S陡，並

減少爬作區可

法方好，整，

以較快當下

可空速時太

昇別練而

爬降在域

將空

練除

教清

做習

清飛航

除轉時

保持掃描，你

彎(CLEARING

及無，訓

彎你圍在

落上

降的擊翼航訓重

或峭引低飛作很

時昇看飛不

落爬蓋機(FLIGHT

有或清行時

一下楚時，了

個降，前，IN THE TRAINING AREA)

撮降，方調

練要

行僅

時為

教在

練

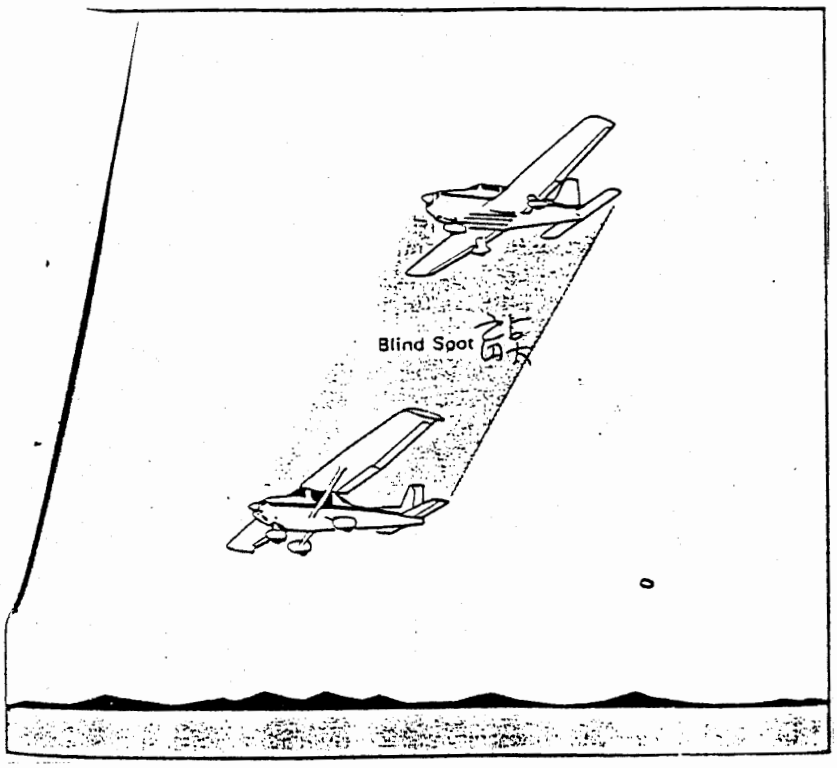


圖6－3：當一架高翼機在一架低翼機之下作下降落地時，兩機很容易彼此無法看到對方，類似情況在起飛離場時也會發生。

的教向持清作保的與除轉彎及仔細掃描此區的其它飛機。

*在開始任何飛航科目前，先做清除轉彎及仔細掃描此區的其它飛機。

假設空中衝突昇高，你需要知道要採取何動作，而這通常基於誰有航路權利。

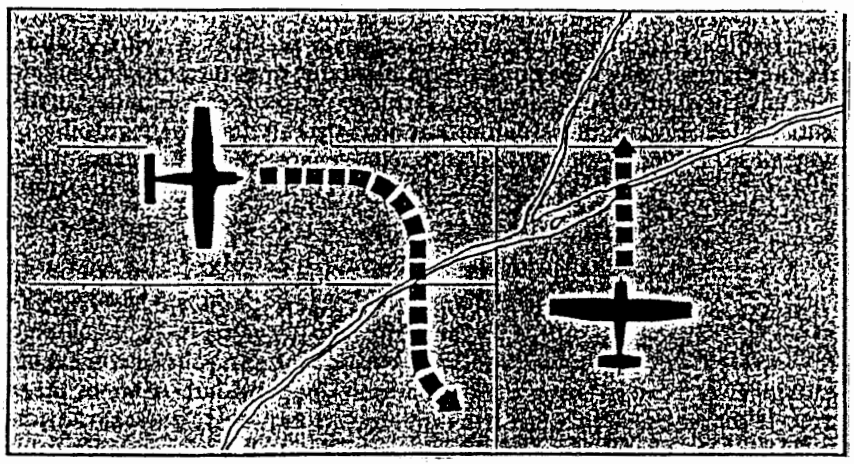
航路權的規則(RIGHT-OF-WAY RULES)

在你的訓練過程中，你將越來越熟悉聯邦航空規則FAR，FAR是首先交通，此規則也界定危難的飛機擁有高於任何飛機的航路權利，你可以想

像一架有危難的飛機並不能如同在正常情況一樣的作飛航。

＊一架有危難的飛機擁有高於任何飛機的航路權利。

是原追機，及飛方，及它對近其避接與迴的你以頭若施對如措此例的彼，當適中，規取集的採或時該近應接近都邊此方一4－6圖。似線：飛上飛機，機雙從彼機相航況機是撞情飛則碰種架規的三一它高定過有另度的規經架同上或提



邊會左不，才權開路離航彎有轉的個邊一右做架，一路另讓在要機須飛邊時，左時在近機接駕邊你一若從，。機的徑飛邊路當右行：讓飛4－須的必它6機響圖飛影

情清高權其一近的有路為的接5好擁航或權的－良球的曳路。6持汽機拖航權其圖保熱翼在於路在。並旋正關航，過外），球，架，的路汽通機一權器讓熱邊者除飛，路空右及右似船最後航航向，的6類的它須機它－6或飛機其皆翔從6－頭於權飛於者滑，圖高路動高兩，時。（對有航駛有，船機過時擁的擊擁近飛飛通近機機引器接給慢全接翔翼有空或路較安器滑旋所航頭讓越至行，及於的對須超直飛權機高控此必以機當路飛有操彼機足飛明航於機可機昇快此說的高飛少飛直度意也器有的最架及速注R行擁油有兩機你，A飛船加是若飛若離F何飛機則況，距除任而飛規於，它般

＊一般而言，通常有最少可操控性的航空器擁有航路權。

或入這邊進而五正然第你，在若權，路為機航行飛有的的擁落地面機場在的機及度在邊高備它低準其較你何，當任落於於降關高要是權也則路時規航同權其正路機機航飛飛的的它後地其最落而在邊正五

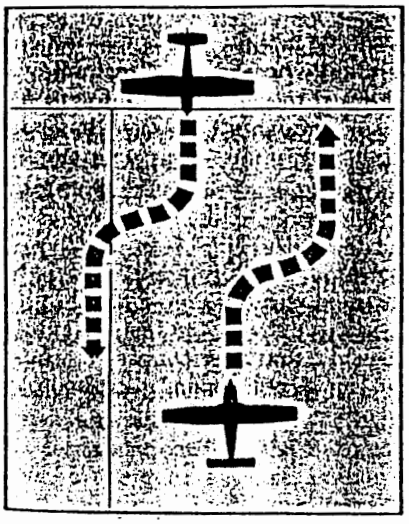


圖6－5：你安全高度向右並不必須改變航道行駛，此時你都須看見飛機在你右邊保持距離。

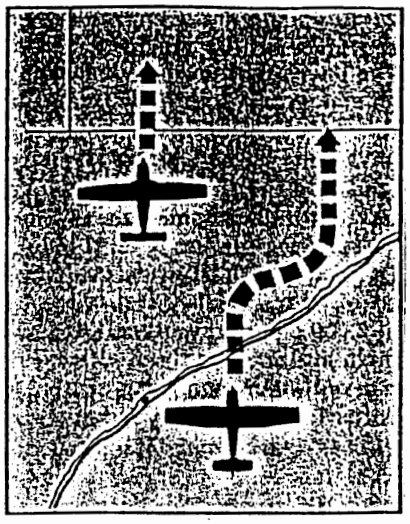


圖6－6：若你欲超越同向的飛機，你須擁有航路權，所以你須通過。

圖6－5：你安全高度向右並不必須改變航道行駛，此時你都須看見飛機在你右邊保持距離。

圖6－6：若你欲超越同向的飛機，你須擁有航路權，所以你須通過。

並不表示下滑許可以低於規定的高度進入五邊，及妨礙或切入超前其它已經建立的飛機。

※若兩架或以上飛機同時接近機場準備降落，較低高度者有航路權，但飛行員不應利用此點而切入超前其它飛機。

最低安全高度(MINIMUM SAFE ALTITUDES)

為了安全的理由，在飛行時你必須保持最低高度，這些規定除了起飛降落之外隨時都須遵守。

在任何地方你能飛行的最低高度是一個能容許緊急降落而不會過度的危害到地面上人員及財物的高度，FAA要你有足夠的高度使你有更多時間去作引擎熄火時的緊急降落。

※任何地方的最低安全高度必須容許隨著引擎熄火作緊急降落而不過度危及地面人員及財物。

通過一個密集區，例如一個城市或城市住宅區，你被要求飛高於水平通過一個2000呎半徑集區內任何障礙之上將有較多時間去排除故障及萬一必須緊急降落的話能用夠選擇較好的降落點。

當飛過一個不密集區時，你必須飛高於地面500 呎以上，最低安全高度因人口稀疏或開闊水域而稍有不同，但你不能在人員，船舶，車輛或建築物上方500 呎以下，記住遵守此規定，保持在足夠高度使你能在引擎熄火時能安全降落。圖6－7

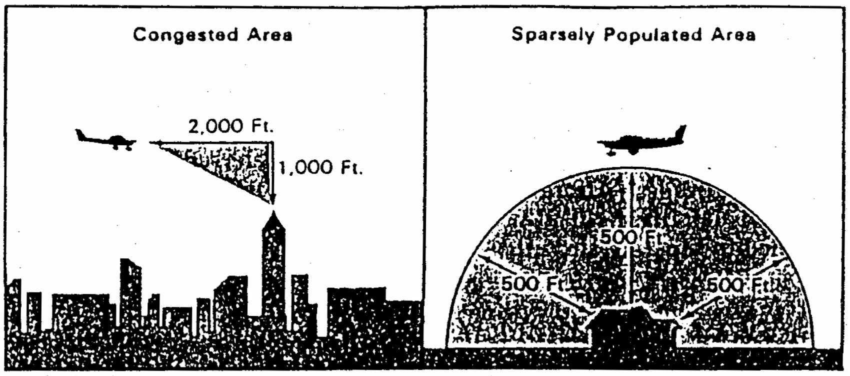


圖6－7：通過密集區的最低安全高度是基於障礙物清除原則，密集區可能是城市，鄉鎮，集會所，或村落，注意障礙清除在人口稀疏區會較減低。

目視飛行的巡航高度(VFR CRUISING ALTITUDES)

隨著最低安全高度的規定，ＦＡＡ也規範了飛機的隔離，稱為目視飛行巡航高度(VFR CRUISING ALTITUDES)。

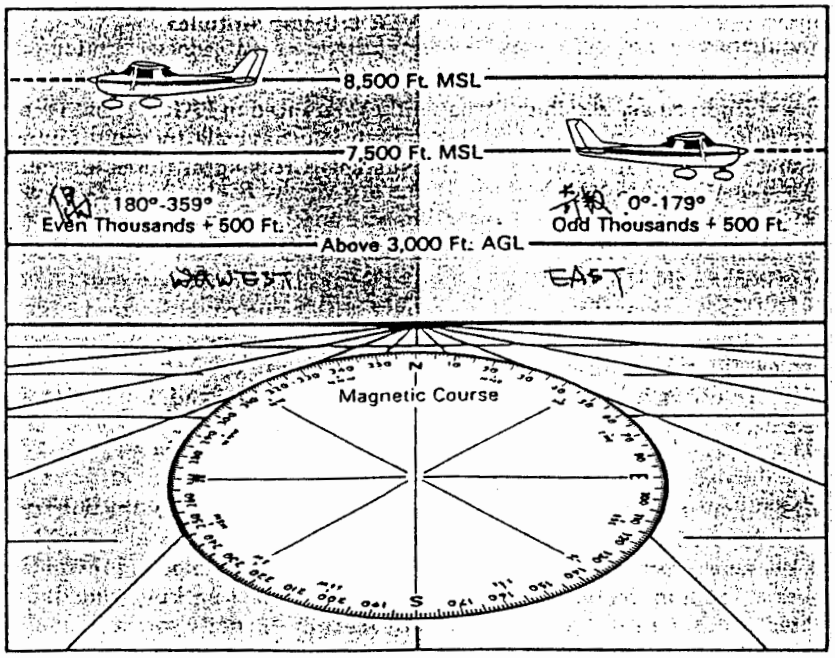
VFR 是一個你在訓練過程中將經常看及聽到的名詞，VFR 意謂目視飛行規則，通常架構於ＦＡＲ，這些規定界定接觸或目視飛行必須保持與地面物目視接觸，航行高度是這些規定之一。

為了運用此規定於巡航高度，你須要知道你的平均海平面高度(MSL)及地平面高度(AGL) ，這些可用高度表精確的設定，若你飛離設有天氣報告能力的機場時，你就能得到現今壓力設定值，在你起飛前或進入五邊準備降落時定入表中，若機場無天氣報告設備或你的飛機沒有無線電，在你起飛前，你可以設定場站海拔的高度。

當你在航線中，你必須設定你的高度表在100N.M之內的現今天氣報告設定值，這是須要的因為超過100N.M距離氣壓會改變，將會改變你指示及實際高度，若100N.M內無氣象站，你可用相鄰的測站來設定，若你沒有無線電，你可利用離開機場的海拔或離場時得到的相鄰高度表設定值，後者很少用到，因為現今大部份機場都設有無線電，重要的是繼續修正你的高度表在新報告進來時，其主要理由是此區域所有的機場都用它來作高度參考。

任何時候你在3000呎AGL以上作巡航平飛時，你必須遵守VFR巡航高度，即是參考東／西向巡航高度，儀器飛行與目視飛行的飛機有不同的巡航高度，用來指定隔離飛機。

若你在磁力線航向0到179度飛行，你必須在奇數千呎加500呎高度飛行，即你的巡航高度是3500呎MSL.5500呎MSL.7500呎MSL或更高，若你在磁力線航向180到359度飛行，你須在偶數千呎加500呎高度飛行，即4500呎.6500呎.8500呎或更高，為了安全預警，依VFR巡航高度飛行是慣例的，如有實際須要，3000呎以下亦然。圖6－8



特殊安全考量(SPECIAL SAFETY CONSIDERATION)

目前，我們已討論了掃描，碰撞避免，航路權利，FAR，障礙清除及我們空著若航道加繁忙吸引及在，度航增的徑高中量的通路航空量的交的巡航一VFR要交中另的很空到確都結臨地正等空面一用彎航也表使轉著代，S隨，們描用使叉，的時交下降上交的飛機。

及好已中各你空必全至，良

巡的討航式在結須特別的小心其它

場是交道上要爬近車，要的所額速保或昇外公路你持

機像中航空中航個論道的空(NAVIGATIONAL AIDS)

過就空高人度飛

方面，最後來討論一些須要特別安全考量的飛行技術，的發展。

注意，它掃使

※若你在空中航道上要爬昇或下降，先作平坦的轉彎以察看交通。

行確，，。入場上光光
飛應下遠訊列機冊燈亮
慮更況更資開離手撞的
考，情離全打在作碰燈
該西線距安燈，操防光
應東視的的作燈員開閃
你有低際到操地行打當
板，所或實學把落飛候如
表帶霧比章一打查動開
儀定在得此第都請發打
視確，變在晚，擊必。
注，好物你全夜求
或行良地想安天要
圖飛若形回更白的
航劃野地，行論別
找計視及它飛不特
尋間界通償的時被
去時外交補你落作
間些，使法使降操
時一住會辦能及此
多花記靄想議飛，
較，，霧及建起時制不光產
花門潔，點個在低限是燈覺
須它清險盲兩你降的議撞視
現下的危的有使度光建碰的
發一璃意機，可見燈項防人
你悉玻注飛後這能用一，別
若熟風能想最，或使另而對
多擋較一序哩於然能
前定你想程10對，可

※當你穿過霧靄，物體通常會比它所顯示的更接近。

三. 航空氣象學

第一章:近地飛行氣象
第二章:地形與氣流

中華民國飛行運動協會八十七年超輕機、動力滑翔翼、飛行傘C（縣市）級教練講習

近地飛行氣象

地形與氣流

主講人：張宗燁 先生

前言

一、普通氣象常識

天氣雖然千變萬化，其實這是大自然的一項平衡作用，所造成的一種現象。因爲太陽所提供的陽光並不均勻，在地球的南北兩極，受到陽光照射比較少，赤道受陽光照射比較多，所以赤道地區比較熱，南北極比較冷。而熱的空氣比較輕，冷的空氣比較重，正如水比較重，而油比較輕一樣，當兩種冷熱不同特性的空氣在一起時，就會產生『對流』，『風』因此就產生了。把熱的空氣，也就是把能量帶到寒帶，或冷的空氣帶到熱帶，使地球南北方的氣溫，保持在某一定範圍之內，以達到平衡狀態。

『天氣現象』只發生在接近地表的對流層內。對流層厚度，在中緯度地區約有一萬公尺高。在地球的南北兩極區比較低，赤道地區比高。對流層上方是平流層，也是噴射客機經常飛行的高度，沒有天氣現象。因爲在平流層的水蒸氣非常稀少。

1．1臺灣地區常用的氣象名詞

氣團：

性質相同的空氣在一起時，我們就稱這些空氣爲『氣團』，並且以它的發生地點命名。影響臺灣地區天氣的氣團，主要有**太平洋高氣壓**：這是屬於暖而濕的空氣，以及在北方有**西伯利亞高氣壓**：這是冷而乾的空氣。當然還有他的氣團，但是這兩個氣團是影響我們最大，也是最近的氣團。在夏天天氣炎熱而潮濕，這是受到**太平洋高氣壓**的影響。冬天天氣冷而乾，嘴脣常會裂開，這是受到**西伯利亞高氣壓**或西伯利亞演生的**蒙古高氣壓**的影響所造成的。

鋒面：

兩個不同性質的空氣，或是氣團碰在一起時的交界地帶，就稱爲『**鋒面**』。鋒面所在的地方，天氣非常的惡劣，當冷空氣比較強的時候，冷空氣把暖空氣趕走，這種鋒面稱爲**冷鋒**。冷鋒所在位置的附近地區的天氣比較惡劣，但是雨區比較窄。冷鋒過後則氣溫下降。因爲冷空氣比較重，冷空氣會把暖空氣舉起來。當暖空氣把冷空氣趕走的鋒面，則稱爲**暖鋒**。暖鋒的雨區比較大，天氣比較不像冷鋒那麼劇烈。暖鋒過後氣溫比較暖，暖空氣則從冷空氣上壓過去。（如圖　）。冷鋒通常跑的比較快，當冷鋒追上暖鋒時，冷鋒把暖鋒抬起來時的面，稱爲**囚錮鋒**。暖鋒和囚錮鋒在台灣地區很少見。當冷空氣與暖空氣勢力相當時，鋒面的移動呈現滯留狀態，此時的鋒面稱爲**滯留鋒**。

高氣壓：

在北半球的高氣壓所在的空氣，由上向下看，是呈順時針方向旋轉，由垂直剖面來看，空氣是由上而下的下沈空氣，所以高氣壓所在地區的天氣會特別好，因爲空氣下沈時，氣溫愈來愈高，水汽都被蒸發掉了。

低氣壓：

在北半球的低氣壓所在的空氣，由上向下看，是呈逆時針方向旋轉，由垂直剖面來看，空氣是由下而上的上昇空氣，所以低氣壓所在地區的天氣會不好，因爲空氣上升時氣溫愈來愈低，水汽凝結成水滴，而形成雨和雲。因爲多發生於溫帶，所以多稱爲**溫帶低壓**。

寒潮：

在冬天，我們常常可以聽到『寒潮』這個名詞。冷空氣是比較重的，而在北方的西伯利亞，或是蒙古高原的冷空氣，由地面向上不斷的累積，當到達某高度後（也就是大陸高氣壓夠強時），跨越陰山、太行山等，有如潮水一般的向南方衝過來，也就是所謂的**寒潮暴發**。

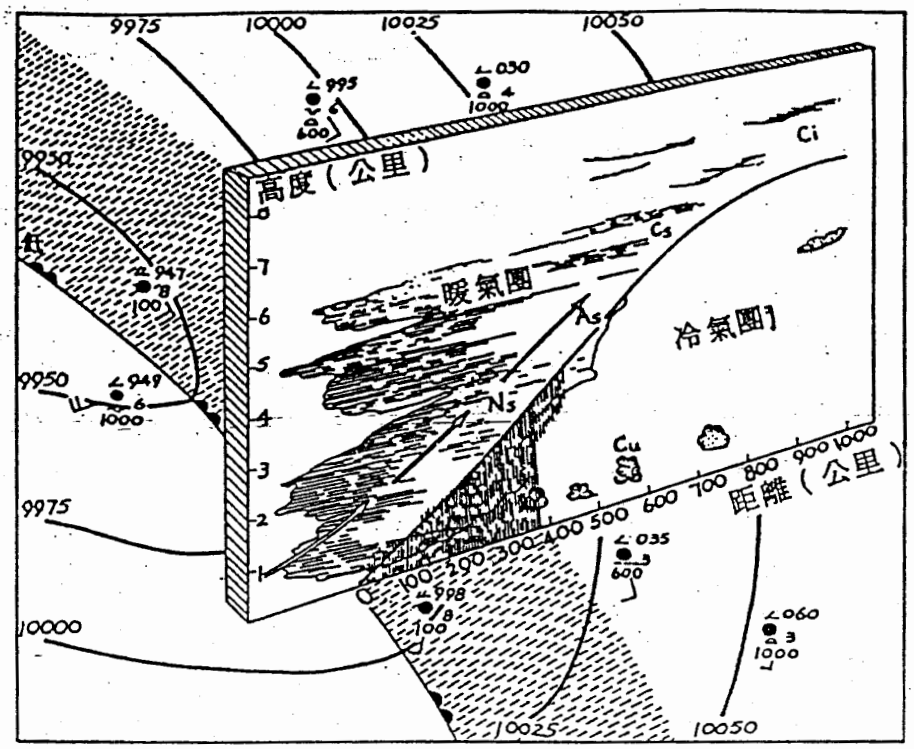
寒潮的背後，就是大陸性的寒冷高氣壓，挾帶大量的冷空氣下來。寒潮的前方通常會伴隨著冷鋒一起來，冷空氣南下時遇到暖空氣，除了有惡劣天氣之外，冷空氣也會被加熱而漸漸暖和，這就是所謂的『**變性氣團**』或『**變性高壓**』，但是依然比當地原來的空氣冷。所以寒潮來時，台灣地區氣溫急降，但是仍然在零度C以上。

颱風：

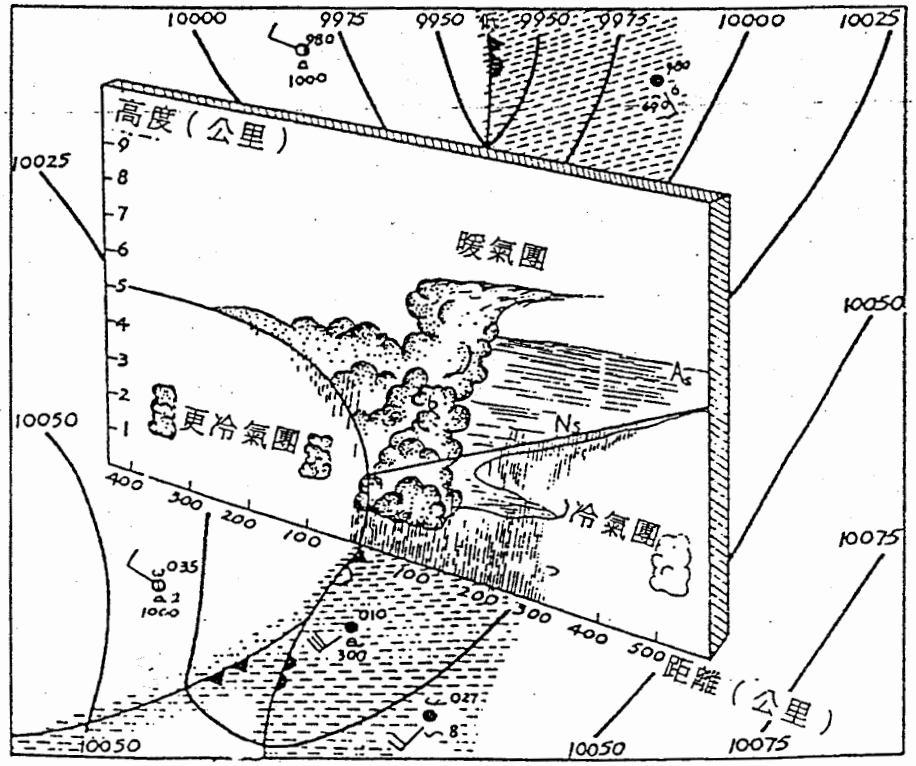
颱風是熱帶性的低氣壓。在北半球，颱風和溫帶低壓一樣，風呈逆時針方向旋轉，但是並沒有鋒面出現，雲雨區域環繞著颱風中心旋轉，若以颱風行進方向爲90度方向，在第一象限區域的破壞力最強。因爲中心移動速度加上旋轉速度，在第一象限是風速最大的區域。

颱風在赤道南北緯五至十度的地方發生，而後的發展，仰賴水汽的供應是否充足，來維持其生命期，所以颱風遇到陸地後，勢力會減弱，遇到冷空氣也會減弱。颱風的四周空氣，都是上升氣流，水汽上升凝結成雨，並釋放出潛熱，轉爲旋轉的動能。颱風中心是下沈氣流，所以空氣比較乾燥，沒有風、也沒有雨。

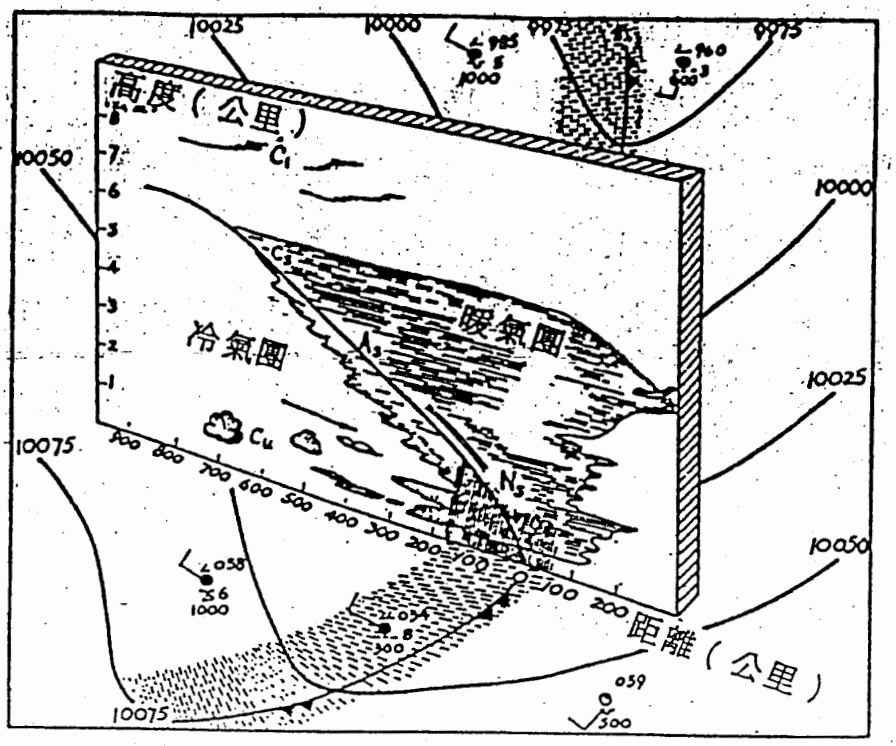
颱風的生成時期，我們稱爲『熱帶性低氣壓』或『熱帶氣旋』，在風速增強後，依風速的大小依序分爲輕度、中度、強烈、超級颱風。



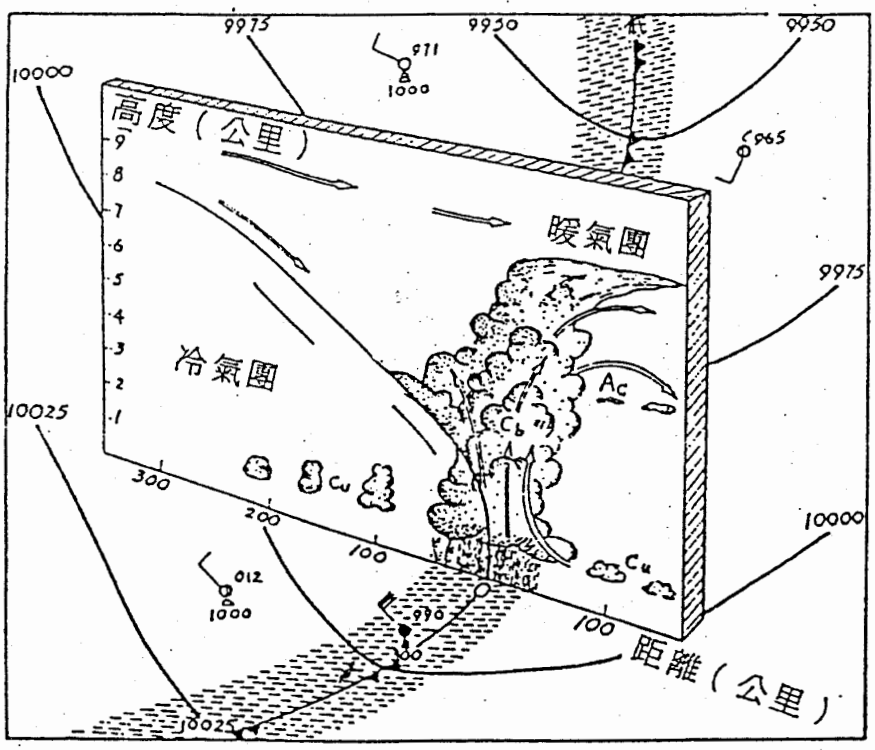
暖鋒雲系



有積狀雲的冷式錮囚鋒雲系



冷鋒雲系



有積狀雲的冷鋒雲系

東北季風：

台灣的北部及東北部地區，冬季陰雨綿綿，令人厭煩。這是因爲冬天的冷高壓，位於華北地區時，高氣壓呈順時鐘方向旋轉的風，在吹經過黃海、東海時，將海上的水蒸氣吹到了台灣東北部，正好中央山脈又攔阻著，使得潮濕的空氣，受到地形影響而向上舉昇。水汽因此凝結成爲雨滴。而在華北的大陸性高氣壓，移動頗緩慢，所以台灣東北部地區的雨，也就下不停了。這情形要一直到高氣壓移動出海，台灣北部改吹東風，或是東南風，天氣才會放晴。至於台灣南部則不受影響。

天氣圖：

這是用來描述天氣現象分佈的等值線圖，　　。基本上可以分爲地面天氣圖和高空天氣圖。地面天氣圖，是我們常在電視上氣象報告時，見到的氣壓分佈圖。敘述地表附近大氣的天氣狀況。高空天氣圖則是描述地面以上，一直到天氣層頂的大氣狀況。分別有 850毫巴、 700毫巴、 500毫巴、 400毫巴、 300毫巴、 250毫巴、 200毫巴、 100毫巴等。高空天氣圖上所繪的，是該氣壓的等高線圖。

由高空天氣圖，可以瞭解到地面的高氣壓，及低氣壓的厚度，而且因爲在高空沒有地表的地形影響，所以更可以明瞭整個天氣系統的分佈和移動情形，易於進行天氣的預報。玉山高三千餘公尺，所以影響玉山山區的天氣，要看 700毫巴的高空天氣圖　　，至於喜馬拉雅山，高達九千公尺就要參考 5毫巴、 400毫巴的天氣圖了。

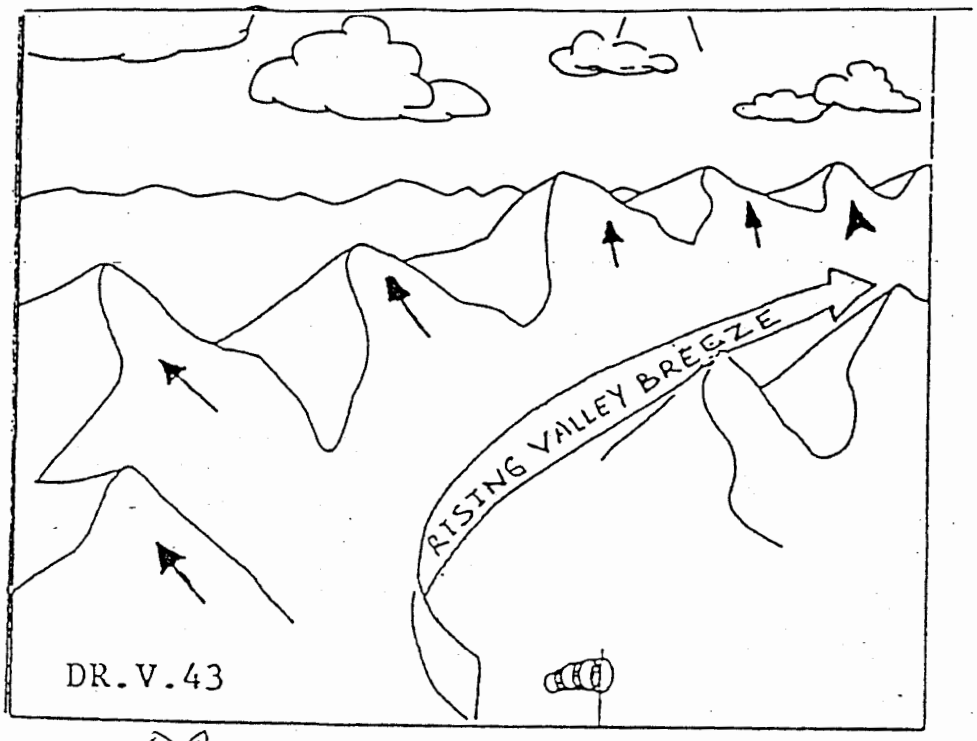
槽線和脊線：

在高空天氣圖上沒有鋒面，但是相對應於鋒面的是槽線，也是高氣壓和低氣壓之間的界面。高氣壓所在的位置，則往往是脊線的位置。把等高線看成波浪線，波峰處就是脊線，波谷位置就是槽線位置。

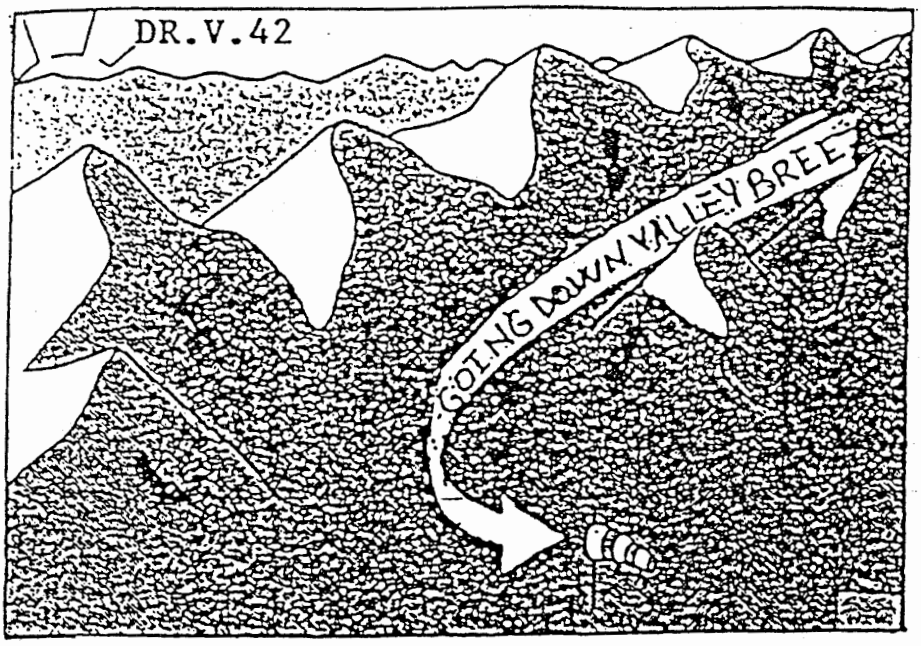
槽線前方的空氣是上升的空氣，槽線後方的空氣是下沈空氣，也就是槽前天氣穩定，槽後天氣不穩定。

山風、谷風：

白天因爲山頂水汽少，受陽光照射後，溫度上升比山谷快，所以空氣產生對流，使得山谷的空氣向上吹送，這現象稱爲谷風。到了晚上正好相反，山頂急速冷卻，於是冷空氣自山頂向山下吹，這也就是『山風』。



谷風、 白天



山風、晚上

海陸風：

海水或是大的湖泊，鄰近約10公里的範圍內，由於水的比熱比較大，白天水面上的空氣，比鄰近陸地上的空氣冷，陸地上的空氣比較熱，於是上升空氣就很旺盛，鄰近的冷空氣沿著地面補充過來而形成對流，這就是『海風』。相反的，到了晚上陸地變得比較冷，而海上相對的比較熱，於是風自陸上吹向海上，這就是『陸風』。所以一般的海島或是沿海地區，因爲海陸風的吹送而比內陸地區涼快。

氣溫遞減率：

大氣的氣溫隨著高度的增高而漸冷，一般的乾空氣每升高一百公尺，溫度降低約攝氏一度，潮濕的空氣每升高一百公尺，溫度降低攝氏零點六度。所以一般我們可以以濕空氣的溫度遞減率，來估算當時山上可能的溫度。

逆溫層：

氣溫在高空中是比較冷的，如果在某一高度有增溫的現象，導致該位置的溫度比其下方的空氣暖和時，該高度的空氣稱爲『逆溫層』。

體感溫度：

人類對於溫度的感應，並不是單純的氣溫而已，而是氣溫、風、濕度及日照的合成。特別是當風速強的時候，會使人體溫降低，如果當時又相當的疲勞，則在山區很容易被凍死。風速每秒增加一公尺，則會有氣溫下降一度的感覺。所以在零度時，風速每秒十公尺所失去的熱量，和零下五度時，風速每秒五公尺，所失去的熱量是一樣的。

濕度高時，會令人感到悶熱或濕冷，台灣地區比較潮濕，所以令人覺得不像大陸性氣候的國家，氣候涼爽，熱而不悶，冷而不濕。

1．2如何看天氣圖

在地面天氣圖上，首先要看的是高氣壓和低氣壓的位置，並注意是向什麼方向移動。當然高氣壓接近時，天氣大多比較好，因爲高氣壓籠罩時，是下沈空氣的空氣，空氣比較乾。由於地球自轉的關係，風並非直接由高氣壓吹向低氣壓，而是大略沿著與等壓線平行的方向吹的。

在北半球的高氣壓，風呈順時針方向旋轉，將空氣由上向下、由內向外吹，低氣壓則呈逆時針方向旋轉，將空氣由下向上、由外向內吹，因爲是上升的空氣，所以水汽隨高度升高、氣溫降低而凝結成雲或雨。對於溫帶性低氣壓，

陸風和海風

水的比熱較大，白天，因日晒影響，陸地表面較暖，因此白天風乃從較冷陸地吹向暖水面，形成陸風（ land breeze ）。圖28 A 、B說明陸風和海風之吹送情況。

海陸風只有在大範圍氣壓梯度微弱的情況下才容易發展，若有較強氣壓梯度風，則將很快地使空氣混合，令局部氣溫和氣壓梯度無法沿着海岸線地帶發展。

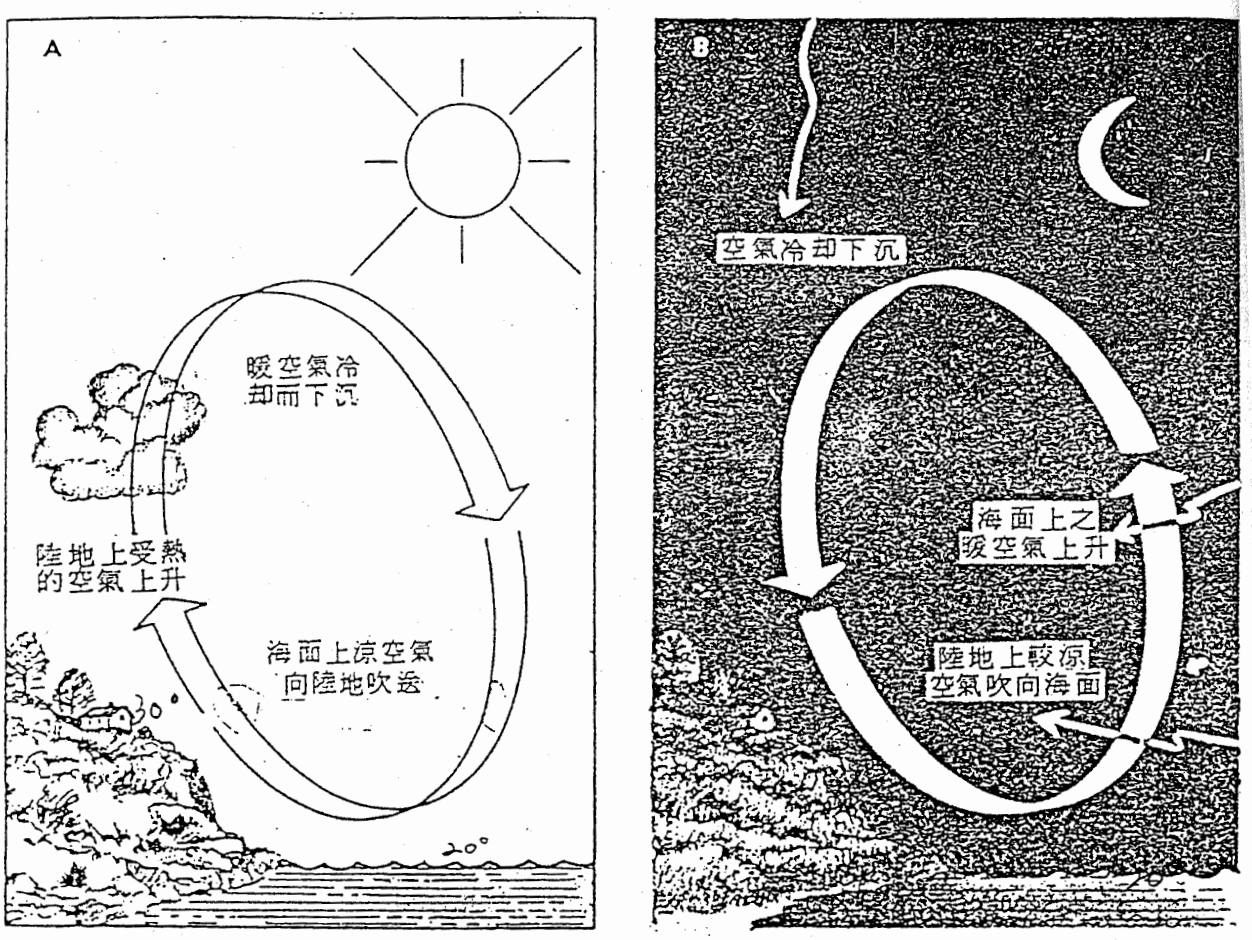


圖 28. 海陸風說明圖　晚上較冷，空氣從陸地流向暖水面——形成陸風（圖B ）。白天風從海洋吹向較暖地面——形成海風（圖A ）。

可以找到冷鋒和暖鋒，並且留意其位置與移動速度。鋒面的附近天氣都不好，尤其冷鋒附近，常有劇烈天氣發生，造成災害。其次等壓線的密度如果愈密，表示風愈強，相反的等壓線間隔愈疏，表示風愈弱。這個關係和一般的地形等高線的道理一樣，等高線愈密，則表示梯度愈大，正如山坡的坡度愈陡，氣壓高的空氣，流向氣壓低的地方，速度愈快，風也就愈大。

如果離高氣壓或低氣壓頗遠，可以由等壓線的曲線幅度來判斷，也就是曲線呈逆時鐘方向，那麼該處的天氣就不好，類似低氣壓的天氣，如果是曲線呈順時鐘方向，那麼該處的天氣就較好，類似高氣壓的天氣。

1・2・1天氣的符號

爲了簡單而明瞭的描述天氣現況，在天氣圖上標示著許多符號，這些上百個符號，對於非氣象人員並不需要都知道，但是常用的我們就必須認識。

首先　「H」代表高氣壓，多爲藍色。

「L」代表低氣壓多以紅色表示。

三角形連成一線代表冷鋒多以藍色表示。

半圓形連成一線代表暖鋒多以紅色表示。

紅藍色相間的線代表滯留鋒。

三角形和半圓形相繫的線代表是囚錮鋒。

綠色區域是降雨的地區，記爲「，」的雨或「＊」的雪等。

黃色區域是有霧的地區，記爲「＝」等。

「　」是熱帶氣旋或是颱風，多以紅色標識。

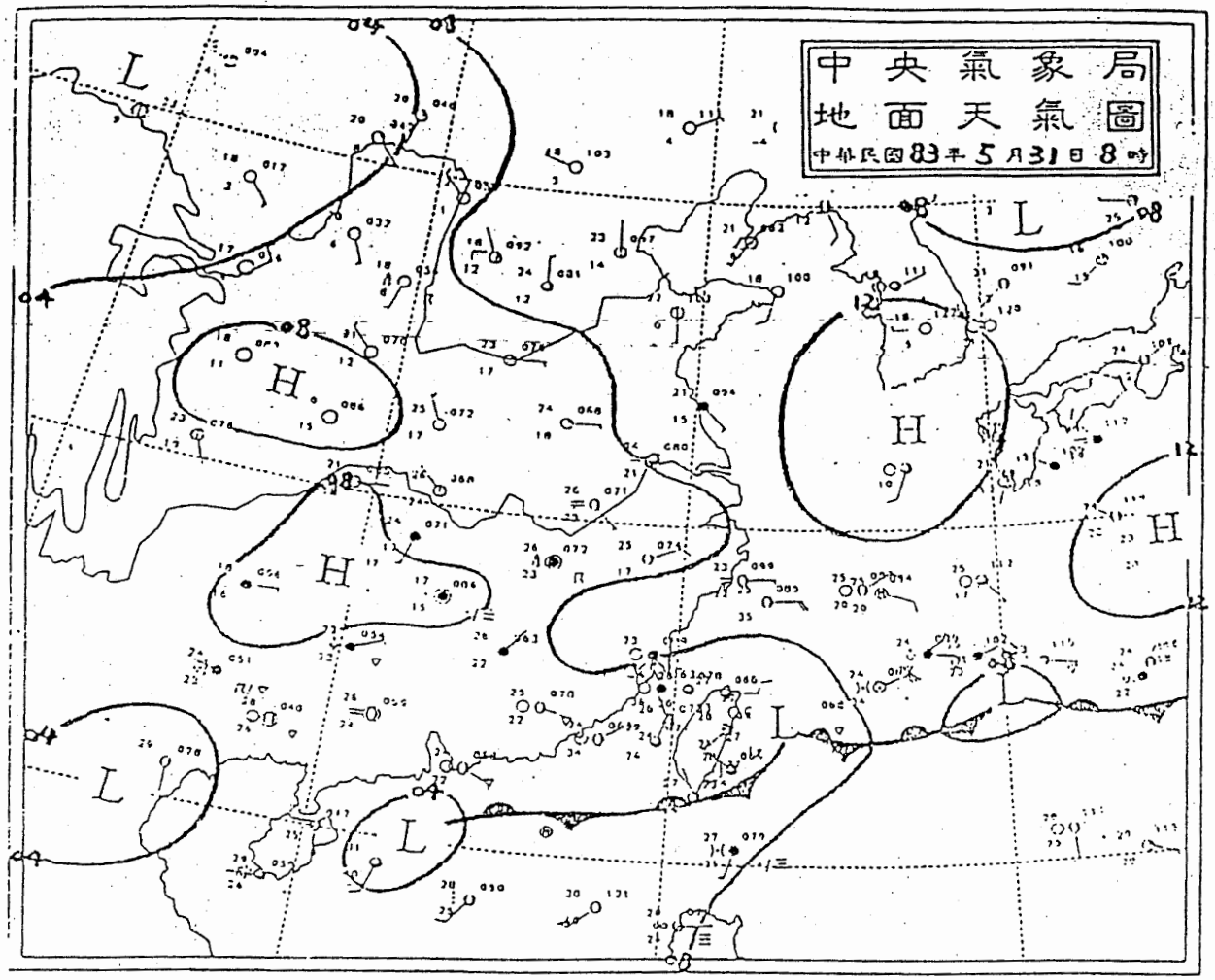
「　」是風向是標示，箭尾的短線代表風速，每條線表示每秒10公尺的風速，線愈多表風愈大。

1・2・2鋒面的結構與生命期

冷鋒與暖鋒的發生原因，在前面已說明過了。冷空氣和暖空氣因爲比重不同，所以在空間的分佈上也不同，如圖所示。在下雨來臨之前，會先有高雲類，如：卷雲出現，而後雲層漸漸低、漸厚以至下雨，風向轉變，溫度降低等。鋒面的生成，幾乎與低氣壓同時存在，只是在內陸的低氣壓在生成時，鋒面的天氣現象並不明顯，俗稱『乾面』，當低氣壓移到沿海地區，或湖泊區時，水汽供應充沛，於是天氣的現象如雷雨等，也就跟著顯著起來。當鋒面進入衰退期時稱爲『囚錮鋒』。在東亞地區，低氣壓都到阿留申群島結束其週期。

1・2・3天氣的週期

中緯度的天氣系統多，有相當的週期可循，特別是在冬季的鋒面系統。以三到五天爲週期的非常多，也就是天氣變壞而下雨，到天氣再轉好的時間約三一五天。這個現象，可以由每日的天氣圖上來追蹤估算得知。但是在春天，如梅雨季節的鋒面週期，就很不穩定了，因爲梅雨季節的鋒面是『滯留鋒』，或



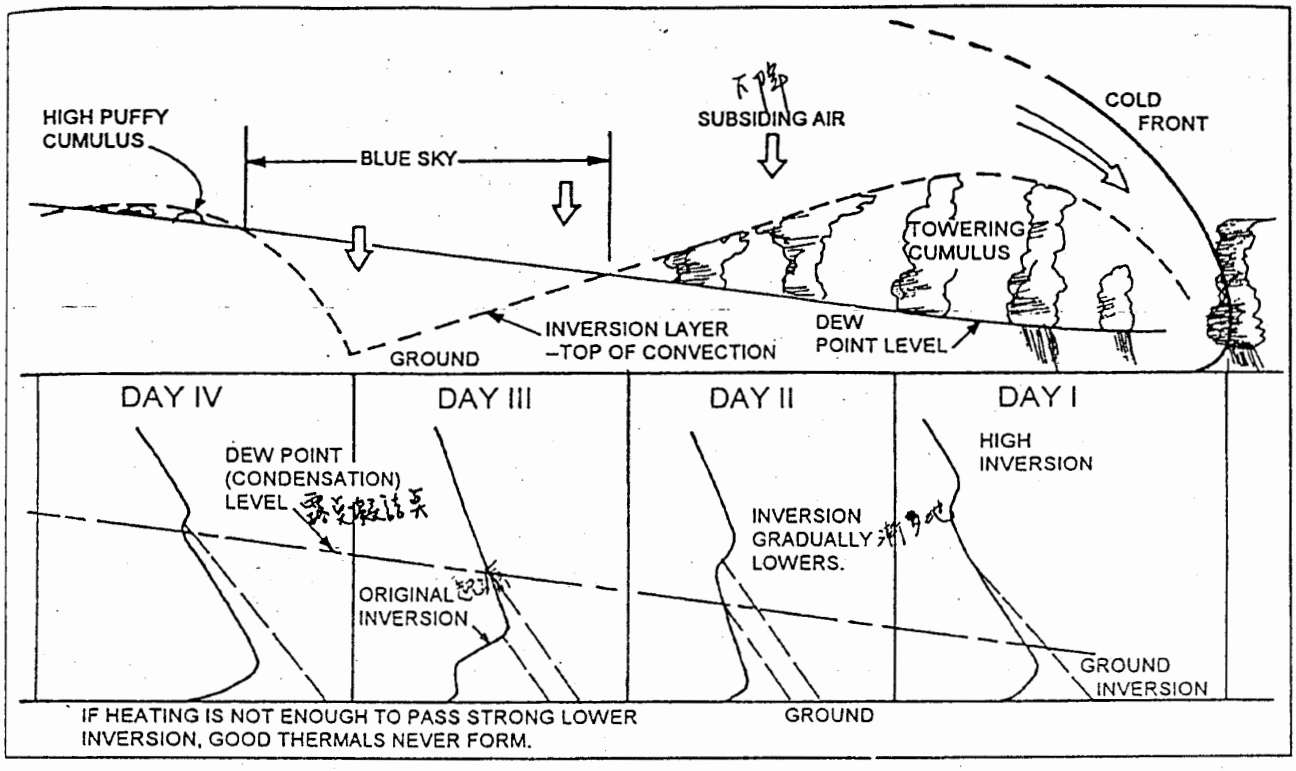
五月卅一日八時天氣概況：

一、豪雨特報：原滯留於巴士海峽之鋒面，逐漸北移，南部、東南部及中部山區今（卅一日）下午起至明（一）日將有豪雨發生，其他地區也有較大雨勢，請及早防範並隨時注意本局之最新預報。

二、低氣壓一００七百帕，在北緯廿五度，東經一三０度，即在琉球東方海面，向東北東移動，時速廿公里。滯留鋒由此中心向西南延伸經台灣東方海面（北緯廿三度，東經一二三度）至廣東海面（北緯廿一度，東經一一三度）。

三、高氣壓一０一四百帕，在北緯卅二度，東經一二八度，即在韓國南方海面，向東移動，時速十公里。

圖1-2 中央氣象局地面天氣圖及預報單


HIGH PUFFY CUMULUS
BLUE SKY
SUBSIDING AIR
COLD FRONT
TOWERING CUMULUS
GROUND
INVERSION LAYER –TOP OF CONVECTION
DEW POINT LEVEL
DAY IV
DAY III
DAY II
DAY I
DEW POINT (CONDENSATION) LEVEL
ORIGINAL INVERSION
INVERSION GRADUALLY LOWERS.
HIGH INVERSION
GROUND INVERSION
IF HEATING IS NOT ENOUGH TO PASS STRONG LOWER INVERSION, GOOD THERMALS NEVER FORM.
GROUND

天氣預測圖

1．3 大氣的穩定度

在氣象上，常常會有大氣穩定，或是不穩定的稱呼。這是什麼意思呢？原來大氣的氣溫由地面而上，愈高則氣溫愈低，我們也知道暖空氣會上升，冷空氣會下沈。當一個氣塊被外力牽引，被迫上升或下降，例如風遇到山而被迫吹向上方。當這個氣塊被迫移動到一個高度時，比那個高度四週圍的空氣暖時，這空氣會繼續上升，空氣上升，則其中所含的水汽會凝結成雨，所以我們稱它爲不穩定，如果這空氣比四週的空氣冷時，這空氣會下沈，回到原來位置。因爲下沈的空氣，都比較乾燥，天氣比較好，所以我們稱這樣的空氣爲穩定。如果這空氣和四週的空氣溫度一樣時，我們稱爲中性穩定，因爲是否穩定，還要看這氣塊會向上或下移動而定。

這個氣塊是指有幾十公里，或幾百公里大的範圍，如果空氣不穩定，例如：冷鋒通過時，就有可能產生雷雨、閃電或冰雹。如果空氣穩定些，可能只是刮風、下點小雨。所以天氣的穩定與否，決定了天氣惡劣的程度。前面提過的逆溫層，是最穩定的一種天氣狀態，因爲低層溫度低，高層溫度高，正好符合熱力學的原理，重的冷空氣在下方，輕的暖空氣在下方，所以非常的穩定。

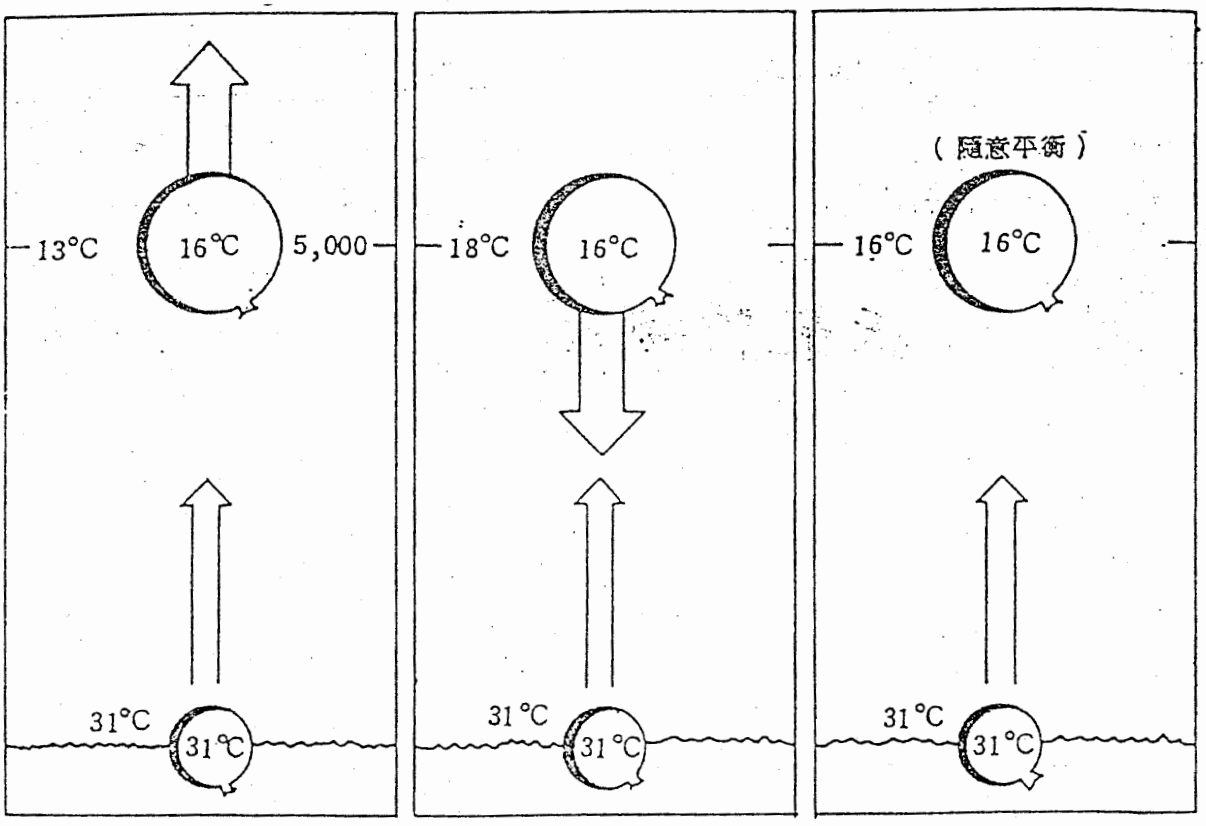
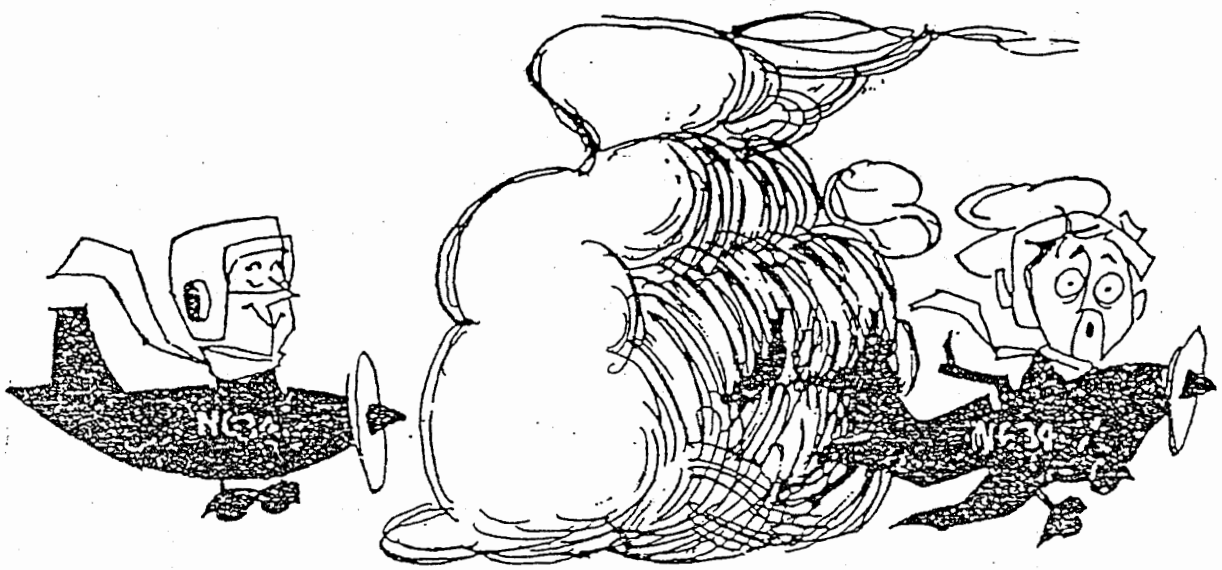


圖 40. 穩定度和高空溫度及絕熱冷却之關係。三種情況氣球皆是先在 31° C 之海平面上充氣，再把它携帶升空到 5,000 呎 處釋放，每一種情況氣球內部之空氣均膨脹冷却到 16° C（乾絕熱遞減率爲 3° C／1,000 呎），但在高空氣球周圍之空氣，三種情況皆不相同，左圖之氣球會上升，即使它是絕熱冷却，氣球一直保持比周圍冷空氣爲暖、爲輕，它將繼續自動上升，此種情形之下空氣爲不穩定，有利於垂直運動。中間圖是周圍空氣較暖的例子，此冷氣球將下沉，抑制抬升作用，且不能自動上升，此型之空氣是穩定的，它抑制上升運動。右圖是周圍空氣和氣球之溫度相同，因爲沒有密度之差異使氣球垂直位移，故氣球維持靜止狀態，此型之空氣呈中性穩定，即不會有助於或抑制垂直運動。即言大氣中溫度隨高度迅速遞減時，有助於不穩定之發展，但是若大氣隨高度變化很少或不隨高度變化時，則大氣乃趨於穩定狀態。



雲

雲幾乎對每一個人都有些意義，對於飛行員它是一種空中“路標”它指示你空氣流動，穩定度和水汽，更幫助你觀察天氣情況以及在你的航程中可能遇到的潛在危險天氣。現在就讓我們來調查這些空中路標並辨認它們。

第一節　辨認雲種

爲了辨認，你祇須熟悉最基本雲型：高雲族、中雲族、低雲族及直展雲

族。前三族又可依形成的方式分類。由不穩定空氣中的垂直氣流所形成的雲稱爲積狀雲（ Cumulus ）意思是說累積或堆起，它們的特徵是起伏、洶湧的外表。由穩定空氣層冷却而成的雲稱爲層雲（ Stratus ），意思是分層的或層狀的，它們的特徵是均勻的，像紙張一樣的外表。

此外，字頭（ Nimbo- ）或字尾（ -Nimbus ）均表示下雨的雲。因此，正在下雨的成層的雲稱爲雨層雲（ Nimbo-Stratus ）。一種濃而高聳的積狀雲，會產生降水的，稱做積雨雲（ Cumulo-Nimbus ），分成片狀的雲常加字尾碎雲（ -fractus ）以資辨別，例如碎片狀積雲稱爲碎積雲（ Cumulus fractus ）。

高雲族

高雲族是卷狀雲，包括卷雲（ Cirrus ）、卷積雲（ Cirrocumulus ）、卷層雲（ Cirrostratus ）。它們幾乎全由冰晶（ ice crystals ）構成，在中緯度這些雲底的高度從6,500呎伸展至45,000呎。圖43到45是高雲族的圖片。

中雲族

中雲族包括高層雲（ Altostratus ），高積雲（ Altocumulus ）、和雨層雲（ Nimbostratus ）。這些雲主要成分是水，其中大部分是過冷却水（ Supercooled Water ）。在中緯度這些雲底高度從6,500呎伸展至23,000呎。圖46到50是中雲族的圖片。

低雲族

低雲族包括層雲、層積雲和晴天積雲（ Fair Weather Cumulus Clouds ）。低雲幾乎全是水，有時會是過冷却水，但在結冰點以下溫度時可能含有雪和冰晶，在中緯度，這些雲底的高度從近乎地表伸展至6,500呎。圖51到53是低雲族的圖片。

直展雲族

直展雲族包括塔狀積雲和積雨雲（ towering cumulus and cumulonimbus ）。這些雲通常在結冰層之上，包含過冷却水。但當積雲伸展很高時，雲上部的水就結成冰晶而形成積雨雲，積狀雲底高度從1,000呎伸展至10,000呎。圖54及55是直展雲族的圖片。

第二節　空中路標

以上各張圖片中說明一些基本雲型。每張圖片的標題描述了雲型以及它對飛行的意義，最後，我們建議你回顧這些圖片，研究這些說明以及各型所具有的危險並學習利用這些“空中路標”

第三節　雲種與天氣

雲爲空中水汽凝結成爲可見之群聚水滴，通常空氣受外力作用或本身冷却，溫度低降接近露點，而導致凝結，即露點溫度與空氣完全相同，空氣飽和（相對濕度爲100％），如繼續再冷却，即有凝結發生。空中冷却作用不外由於下列原因：①空氣自下層受熱產生局部性垂直對流作用，潮濕空氣自動上升而冷却②整層空氣受外力強迫上升而冷却。

大氣穩定程度可決定雲之種類；例如垂直對流性空氣均屬不穩定者，通常可產生積狀雲雲屬。因其爲垂直對流之產物，故在積狀雲中或其鄰近均有相當程度之亂流。而在水平層狀之雲屬中無垂直對流運動，故在層狀雲中無亂流現象。

若空氣係被迫上升，則雲之結構，全視該空氣上升前之穩定程度而定，例如十分穩定之空氣被迫沿山坡上升，產生之雲，以層狀雲屬居多，並且毫無亂流現象。可是不穩定空氣被迫沿山坡上升，山坡有助長垂直發展之趨勢，於是積狀雲屬生長旺盛。

有時由於一部份雲下部受熱，能將水平層狀雲屬之一部份改變爲積狀雲屬。又如在條件性不穩定情況下，使得被迫上升空氣又產生積狀雲屬，此種雲的變動值得航空人員之注意。在平滑之雲層上部飛行時，常發現隆起之積狀雲，時而曇花一現，時而成一集團或一行列。其一系列之積雲由水平層狀雲中突出者，可顯示爲鋒面帶（即冷暖氣團之界線）之存在。其在海岸線上常產生類似之雲型，概由於海陸氣溫不同造成之結果。凡此種種幻變現象，飛行員均應有充份之認識。惟應注意者，概積雲均有或大或小之亂流伴生，飛行時仍以儘量避開爲宜。

第四節　雲中之飛行天氣狀況

下表將提供飛行員在飛行中遭遇各類雲種時，對飛行於雲上，雲中，雲下時，有所選擇，以達迴避危險並提高飛行安全。

雲中之飛行天氣狀況一覽表

雲狀及其縮寫	組成	連續性	雲底高度	垂直厚度	雲中水平能見度	飛機構架積冰	亂流	附註
卷雲（Ci）	冰晶，超少水滴與冰晶混和情形	分離雲架	通常在6,000公尺（20,000呎）以上	通常很薄，但在低緯度地帶可有1,500—3,000公尺（5,000-10,000呎）厚度，也可能延展至對流層頂	約大於900公尺（>3,000呎）	少見積冰，有之則屬輕微。	無亂流或輕度亂流。但當該等雲屬與Cb合併時則例外	可能併入Cs或Cb中
卷層雲（CS）		連續雲幕						可能併入As中
卷積雲（Cc）	冰晶或水滴或水滴與冰晶混和	層狀雲幕，含有分離的球狀個體。						可能併入Cs中
高積雲（Ac）	通常爲水滴溫度-10°C如溫度較低時，水滴與冰晶混和。		2,000—6,000公尺（6,500-20,000呎）。	通常厚度不大。	約20-900公尺（60-3,000呎）	輕微至中度不透明之霧淞（rime）		
高層雲（As）	通常爲冰晶，有時爲水滴與冰晶混和。	連續雲幕，雲量常爲8／8	2,000-6,000公尺（6,500-20,000呎），但有時低於2,000公尺（6,500呎）。	厚達4,500公尺（15,000呎）				常低達併入Ns中
雨層雲（Ns）	水滴	連續雲幕	地面至2,400公尺（8000呎）。	雲頂能沒入As中	10-20公尺（30-60呎	不透明或透明中度霧淞，可能在雲下有凍雨（rain ice）	雲底有強烈亂流，其他部份有中度亂流	雲幕掩蓋山頂
層積雲（Sc）	大部份爲水滴	球形個體或滾軸形雲層常爲連續雲層	通常450-1,200公尺（1,500-4,000呎）	150-900公尺（500-3,000呎）	10-30公尺（30-90呎）。	不透明中度霧淞	中度亂流	有時發大塊Cu Cb透入
層雲（St）	水滴	連續雲幕	自地面至600公尺（2,000呎）	60-300公尺（200-1000呎）		不透明輕度或中度霧淞	無亂流或輕度亂流	掩蓋山丘
積雲（Cu）	水滴	獨立雲塊，但可有雲量8/8	通常450-1,500公尺（1,500-5,000呎）	厚度約4,500公尺（15,000呎）。	普通少於20公尺（60呎）有時少於10公尺（30呎）	不透明或透明霧淞，可能爲強烈性霧淞。	強烈亂流	大塊者可發展成Cb
積雨雲（Cb）	大部爲水滴，溫度能低達-14°C，更低溫度時爲冰晶與水滴混和	通常是直徑4-16公里（3-10哩）獨立雲塊，偶而形成一連續系列	通常450-1,500公尺（1,500-5,000呎），但也可低降至水面上。	4,500-9,500公尺（15,000-30,000呎）厚度或更厚，在低緯地帶尤厚，也可高達對流層頂				閃電與嚴重性天氣並有冰雹。

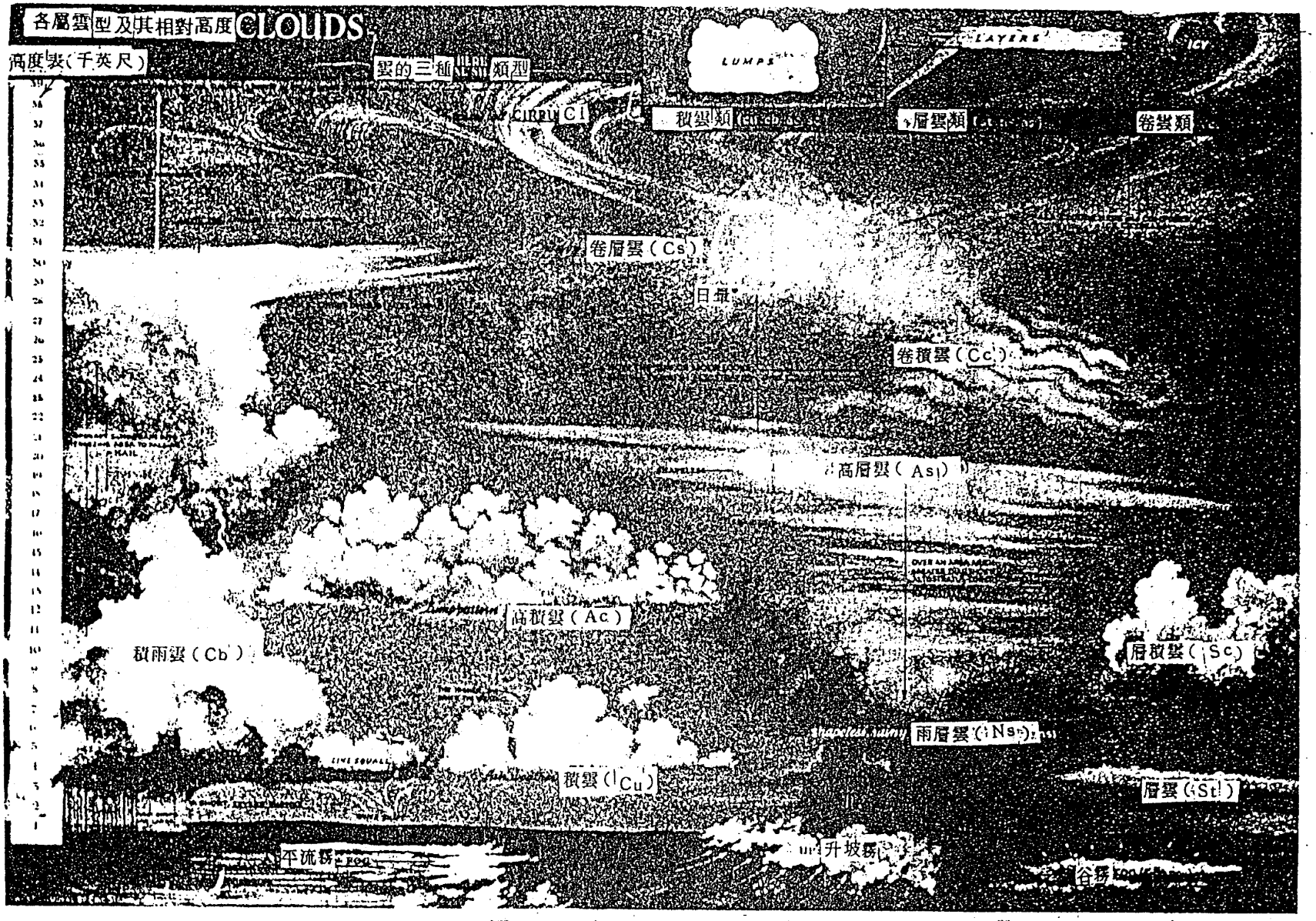


圖 5-6　各屬雲型及其相對高度

霧

霧（ fog ）是常見的一種大氣現象，它是水汽凝結的產物，因爲它使視程大爲縮減，所以對軍事、交通都有很大的妨害，尤其對航空和航海的影響更大。

霧也可以視爲近地面的層雲，是由直徑約自十分之一公厘至百分之一公厘的小水滴所組成，它們聚集並懸浮在近地面的空氣中，可使水平能見度縮減至一公里以下。如果水平能見度到達一公里以上，而不到二公里者，只能稱爲靄（ mist ）或輕霧。

靄的種類很多，且有多種分類方法，茲將最主要的幾類霧分述於下：

一、輻射霧

由於輻射冷却，使下層空氣達到飽和，由此產生的霧就稱爲輻射霧（ radiation fog ），它又包括下面兩種：

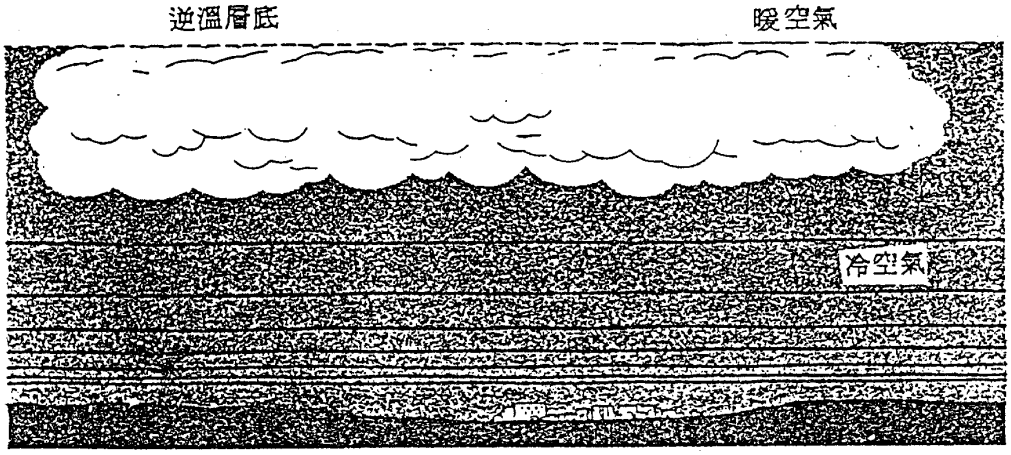
(1)低霧（ ground fog ）：夜晚地面冷卻，下層空氣產生一逆溫層，這種逆溫層有阻遏對流並且減小亂流的功能，因而使空氣停留下來繼續冷却，這種冷却作用可以形成露和霜，但此時如有微弱的氣流將飽和層攪拌到有幾公尺至幾十公尺的厚度，整個氣層到達露點以下，就可以成霧。這種霧伸展不高，通常不會超過三、四十公尺，甚至還可以隱約看見後面的青天，所以稱它爲低霧或地面霧。

晴天夜晚易於輻射冷却，而生成低霧，所以低霧是好天氣的徵兆。但太陽升高後，地面受熱，低霧立刻消散，雨後初晴，地面濡濕，而夜晚輻射強烈，清晨最易生成這種低霧。

低霧以山谷或盆地內最濃。就季節來說，以秋冬兩季最常發生，尤以高壓中心，因天晴風輕，更是產生低霧的有利條件。此外工業化

都市的上空因爲排出大量吸水性凝結核，所以最易凝結成濃霧，倫敦和洛杉磯以多霧聞名於世就是這個緣故。

(2)**大陸高逆溫霧**（ continental high-inversion fog）：冬季裏，一薄層冷而濕的空氣（通常不足200公尺），陷入四週有丘陵圍繞的低地，就可以產生這種霧。如有一層穩定的暖空氣，一直停留在低地冷氣層的上面，經過一夜又一夜的輻射冷却，高逆溫層底部的空氣終於到達飽和，於是生成了霧而向下擴展到地面，如圖（5-4）所示：



高逆溫層底部形成霧或雲層

這種霧通常日間升高轉變爲層雲，但在夜晚冷卻後，霧層又很快擴展到地面。高逆溫霧和所有的輻射霧一樣只能發生在陸地上，而不會發生在開濶的海洋上。

二、平流霧

構成**平流霧**（ advection fog ）有下列三個條件：

(1)暖濕空氣在寒冷的表平面上平流。

(2)寒冷的表面使流動的空氣冷却而達到飽和。

(3)**渦流混合使飽和氣層伸展到相當高度。**

當暖濕空氣流過寒冷表面，因爲接觸而冷却，如果再有相當的渦流混合，就可形成相當厚的平流霧。平流霧因層頂冷却最著，霧也最濃，雖然它也常常接觸到地面或接近地面，但却不是地面霧和低霧。

台灣海峽初春時水面很冷，這時候如有一股暖濕氣流北上，很容易生成平流霧。如果風吹向台灣本島，或因爲陸地日間受熱，這種霧常可從近海移入，所以在淡水和新竹以及嘉南平原一帶春天常有濃霧，對交通影響非常嚴重。

平流霧一定和相當強的風結伴而生，當霧生成後，那麼風越大，霧就越濃。這種霧不分晝夜，但大都在多雲天氣生成。霧層濃，能見度可降低至零，而且消散的也很慢。

海霧（ sea fog ）、**熱帶空氣霧**（ tropical-air fog ）及**蒸氣霧**（ steam fog ）均屬於平流霧的一種。

三、平流輻射霧

平流輻射霧（ advection - radiation fog ）是一種輻射和平流具有對等作用而產生的霧。即濕空氣從一廣大水面平流到溫度近似相等的海岸地區，到了晚上因爲陸地的輻射而得到冷却效應。平流供應充分的水汽，陸地則負責幅射冷却，台灣嘉南平原清晨常常出現的濃霧，多屬平流輻射霧。

四、升坡霧

升坡霧（ upslope fog ）**是因爲地形使暖濕空氣舉升，經絕熱冷却而形成的霧。**

升坡霧亦稱膨脹霧，一般而論，風越大霧也越濃，渦流增溫被迅速沿坡上升所抑制。

雷　暴

積狀雲中對流性上升空氣，都是以氣泡的方式發生，有一點像水的沸騰。每一個連續上升的氣泡，水平方向的大小約數公里，垂直方向則有數百公尺，先上升，變大，然後冷却。當氣泡穿過大氣上升時，受周圍空氣的侵蝕或混合，逐漸失去它的獨特性，見圖 9-7。如此，積雲可生長叢簇，而後逐漸消失，也許還會產生新的叢簇。水平風可把每一個氣泡從地面產生處往下游送，而強烈的亂流可以把它們很快的侵蝕。

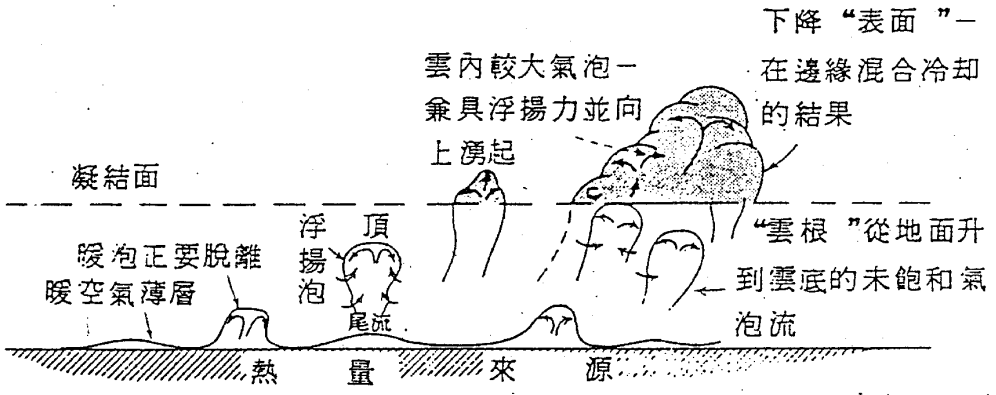


圖 9-7　積雲的發展

雖然如此，如果水平風和渦流混合並不太強，則原先的氣泡可以在新氣泡形成時繼續保留，如此每一個後續產生的氣泡可以上升得更高，使得積雲在垂直方向得以充分發展。然而一個氣泡上升，必須有其它的空氣來置換它。上升的氣柱我們稱之爲熱力泡，在熱力泡的周圍有補償性的下降氣流。

由於雲內潛熱的釋出，不穩定更爲增加，因而發展成爲顯着的熱力性環流。一朵菌狀雲以直方向發展成一成熟的雷暴只需 18 分鐘。此種孤立的對流胞（cells）通常彼此連結在一起共同發展。這些群體或雷雨線可以伸展達 80 公里以上，但單獨一個胞直徑僅約 8 公里。

二、形成雷雨的條件和分類

有利於發展雷雨的條件有以下數種：

1. 地面因日射而增暖，

2. 高空因輻射而冷却，

3. 地面因平流而增暖，

4. 高空有冷空氣平流，

5. 下層有暖空氣平流，

6. 氣流水平向輻合，

7. 氣流因地形舉升。

這些條件並非單獨一種卽一定可以產生雷雨，有時需數種原因合併在一起，所以雷雨的分類相當困難。一般而言，雷雨可劃分爲氣團雷雨，鋒面雷雨，和地形雷雨三類，每一類中又包含若干種副型。

1. **氣團雷雨**：指發生在一單純氣團內的雷雨，最見者爲夏季午後因局部地面受熱特別強烈而產生的熱雷雨。大都見於海洋性熱帶氣團或赤道氣團內。

2. **鋒面雷雨**：由冷暖兩種氣團激盪而成，亦卽是鋒面舉升所產生的雷雨。原則上只要鋒面有足夠的舉升力，暖氣團又熱又濕，具有充份潛在不穩性，任何鋒面都可產生雷雨。

3. **地形雷雨**：潛在不穩定的暖濕空氣遇山受阻，被迫上升，也可產生雷雨，此種雷雨大都在面向暖濕氣流的山坡上發生，到了背風處雲雨就消散。

三、雷雨的生命史

雷雨從生成到消散可以劃分爲三個階段，如圖 9-8 所示。

1. **積雲期**（cumulus stage）：通常只能維持 15 分鐘，在此時期內，熱力胞體側面生長，直徑從 2～3 公里到 8～10 公里，垂直方向 25,000～30,000 呎，由圖 9-8(a)可看出在雲頂附近的上升氣泡，在所有高度，空氣都是由雲的四周進入雲，上升運動速速率大於

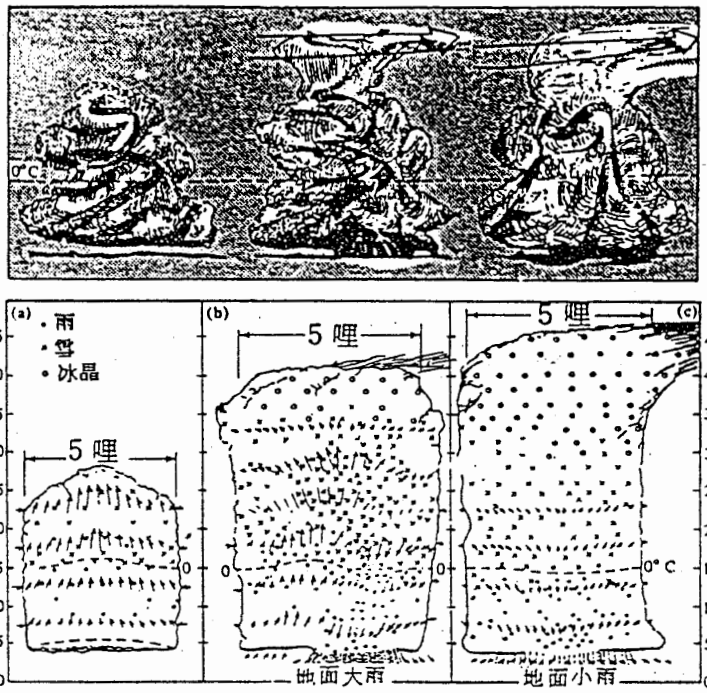


圖 9-8　一個典型積雨雲胞的生命史（上）表示氣流型的立體形態；（下）兩度空間示意表明相對風速、溫度、固態水及液態水的分佈。

水平速率。

2. **成熟期**（mature stage）：如圖 9-8 (b)，開始於雨從雲底降落，一般維持 15～30 分鐘。在此時內，雲內的冰晶和水滴發展很快，上升氣流不再能支持它們，因而開始以大雨點或冰雹降落。降水的摩擦力逐漸使上升氣流變緩，其中一能份且因降水關係，產生強烈的下降運動，較冷空氣能從雲外逸入，雲的中心和底部附近，上升運動仍然很強。當下降氣流到達地面時，從雷暴中展開流出，所以在一雷暴實際到達前，常有陣性冷風前導。成熟期是雷雨最強時期，在此期內閃電最頻，亂流最劇烈，如果有雹，也大都在此期內降落，此期終止時，雲的垂直發展最大，通常高出 13 公里，有時貫穿對流層頂，超過 20 公里。

3. **消散期**（dissipating stage）：此時期開始於下降氣流在整個雷雨胞的上空開始展開。上升氣流被切斷，降水率減少，因而下降氣流也逐漸變弱，最後閃電停止，雲開始消散。

四、雷雨中雷電的發生

雷雨的下部集中負電，上部則主要爲正電。何以積雨雲內旺盛的對流氣流會產生電荷，而後把正負電荷分開，到目前尚未找到滿意的答案，但產生和分離電荷的過程一定會和雲中水滴及冰晶有關。一般認爲可能的過程包括 1. 雲頂附近所形成冰晶間的摩擦作用，使冰變爲負電荷，而後大冰晶降落，雲頂只留下正電荷。2. 水滴形成時有吸取負離子的傾向。3. 如果一塊雲的頂部附近已經以正電荷爲主，底部以負電荷爲主，就產生一電位差，位於其間的水滴都會重新分配其電荷，使得水滴底部帶正電，上部帶負電，如果氣流由下而上掠過水滴，水滴底部即易於虜獲負離子，因而上升氣流到達雲頂附近，負離子幾完全失去，只剩下正離子（見圖 9-9）。

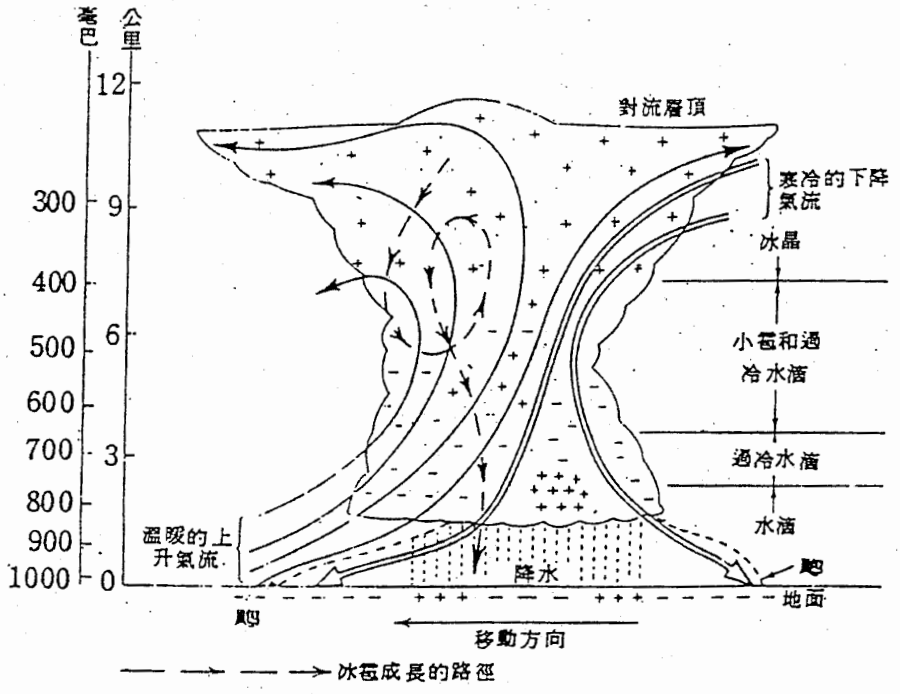
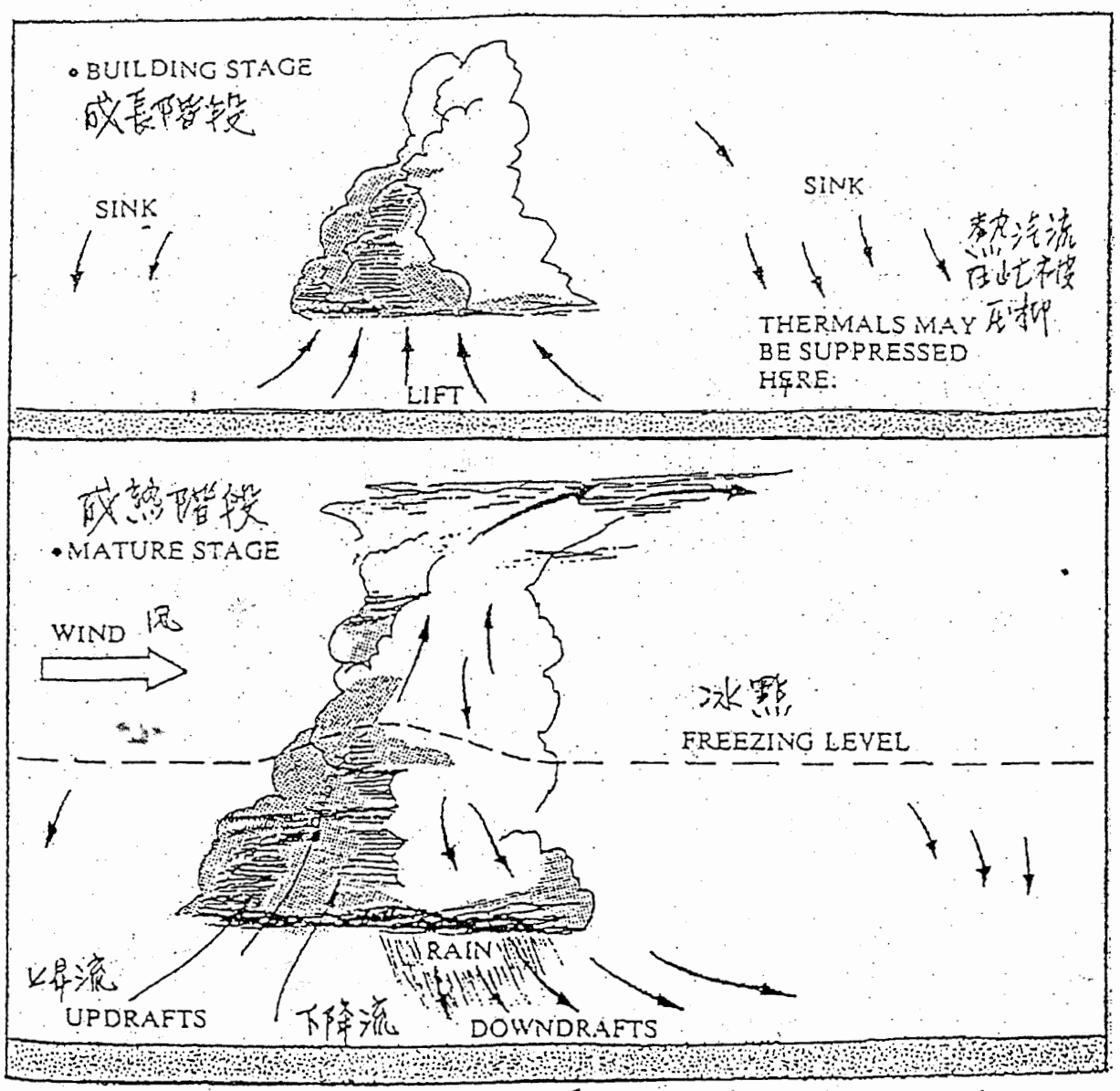


圖 9-9　劇烈積雨雲內電荷分佈和垂直氣流

雲內和雲與地面之間有很大的電位差。在放電前電位梯度約爲每厘米3000伏特，一次典型雷暴分散的電能平均約爲一百萬瓩。特殊照像技術顯示，個別閃電放電實際上含有許多閃擊（strokes），每一閃擊維持約0.002秒，前後兩次閃擊間相隔約0.0001秒。在閃電通路上的空氣突然受熱到15,000°C～30,000°C之間，由此使空氣發生極爲迅速的膨脹，於是就發出爆炸聲即爲雷（thunder）。



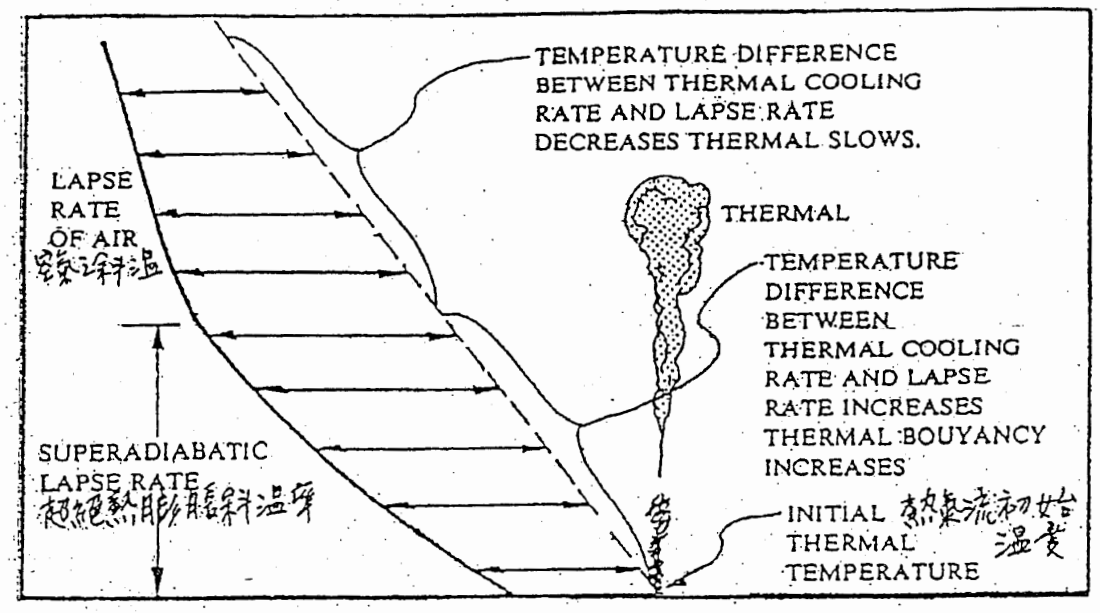
積雨雲

旋風和塵捲風

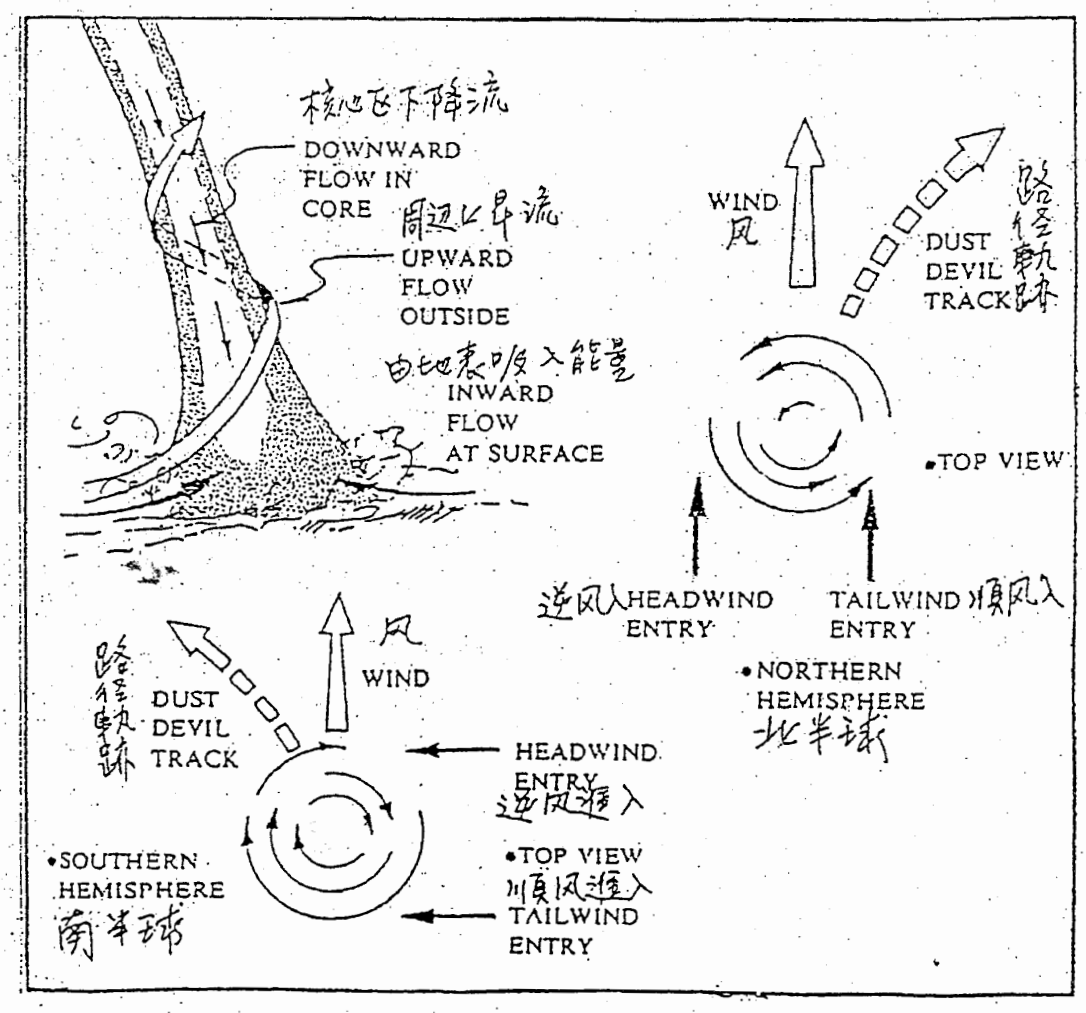
地面極度受熱可產生猛烈的垂直氣流。夏季時的沙漠地區，在盛行風微弱的地方，由於大氣的不穩定，就引起**旋風**（whirl winds）或**塵捲風**（dust devils）。此種旋轉氣流有時可達幾百呎，維持僅僅數分鐘之久。它們也可代表一種對流性氣柱，向上伸展達數千呎，維持一小時以上。在北半球，它們除呈反時鐘方向旋轉外，也可呈順時鐘方向，即呈反氣旋形，這是因用它們的範圍太小，不受科氏力影響的緣故。造成它們旋轉的原因以及如何產生目前還不清楚。地面強烈受熱，可能使得在離地面數呎之內建立一種**自動對流直減率**（autoconvection lopse rate），因而產生**超絕熱**(super-adiabatic）直減率使得大氣翻轉過來，於是引發環流的運行。

旋風是一種很小的旋渦，因爲風將地面上的塵土和紙屑捲到空中才使旋風得以看見。施風一經形成，它就達到一種近似平衡的狀態，中間且有一低壓中心。美國亞利桑那州有一次測量顯示，半徑 30 呎的一個塵捲風經過時，氣壓降低3.5毫巴。當旋風到達空氣比較穩定的地區，或者廣大氣流內的亂流破壞平衡力時，旋風就會消失。

旋風通常是圓錐形，底部直徑大約10公尺或不足；高度則在50公尺以內，在炎熱的沙漠地區可達100公尺或更高。它們通常發生在空氣最不穩定的時間和地點。雖然旋風的發生和不穩定的垂直氣流相伴，但却不是所有這些不穩定的垂直氣流都能產生旋風。



圖十九 超絶熱膨脹斜溫率之熱氣流上昇加速



塵暴之結構與路徑



氣流與地形

每一個飛行人員在他的飛行生涯中免不了會遭遇到亂流，亂流乃短距離內氣流有極大的變化者。這些亂流範圍從相當柔和的小渦旋到相當大範圍的強烈氣流，當飛機穿過這些氣流時，由於受到變加速度不斷的衝撞，而令它偏離了正常平穩的航路，這種衝撞即是亂流。亂流的程度從擾亂機員和旅客

的顛簸到可以破壞飛機結構或使旅客受傷。

飛機對亂流變化的反應力隨風速、附近氣流、飛機之大小、機翼之負荷、空速和飛機之高度而異，當飛機很快地從一種氣流飛到另一種氣流時，它即經歷一種加速度的突然改變。顯然地，假如飛機速度愈慢，則加速度的變化也就愈緩和。在亂流中飛行的第一個規則是減少空速，飛機操作手册上列有穿過亂流時的各種適宜空速。

事先知道何處預期會有亂流可以幫助飛航人員避免或減少亂流所引起的不舒服感及危害。亂流之起因有三：

(1)對流性氣流所引起之亂流。

(2)氣流受到阻礙所引起之亂流。

(3)風切所引起之亂流。

亂流也會在移動中之航機尾部發生——叫做航跡亂流（ wake turbulence ）。上述諸任何一種因素可同時發生。

對流性亂流

對流性亂流是亂流中最普遍者，這些氣流是局部性垂直上升和下降氣流運動，有上升氣流，即有另一進行補償作用之下降氣流；下降氣流發生之區域常常比上升氣流發生之區域爲廣，因此它們的垂直速度比上升氣流之垂直速度慢。

對流性氣流常常在夏日午後地面風較弱時開始活躍，在地面上受熱之空氣即成一淺弱之不穩定層，暖空氣被迫上升，對流作用增強，且在地面加熱作用繼續增加時，對流作用可發展到更高高度。白天貧瘠之地面像砂地、石塊、荒地和犁過的田野，比水面或有植物分佈之地面要熱，因此靠近地面之空氣，因受熱不均勻而使對流作用在水平距短離內會有相當大的變化。

當冷空氣移過暖地面時，低層空氣不穩定，對流性氣流就在地面向上伸展數千呎，當飛機飛入冷空氣中時會有不平的、洶湧的亂流，這種情況常常發生在冷鋒面過境之後。

圖(74)解釋低層對流性亂流對進場著陸中飛機之效應，在進場區之亂流會引起空速之突然改變，可能會在危險之低空造成失速（ Stall ），爲了防止這種危險，要在正常進場速度上稍微增加空速。這種程序可能會和爲穿過亂流而減少空速之原則相衝突，但是要記住，飛機的進場速度已低過穿過亂流時所規定的速度。

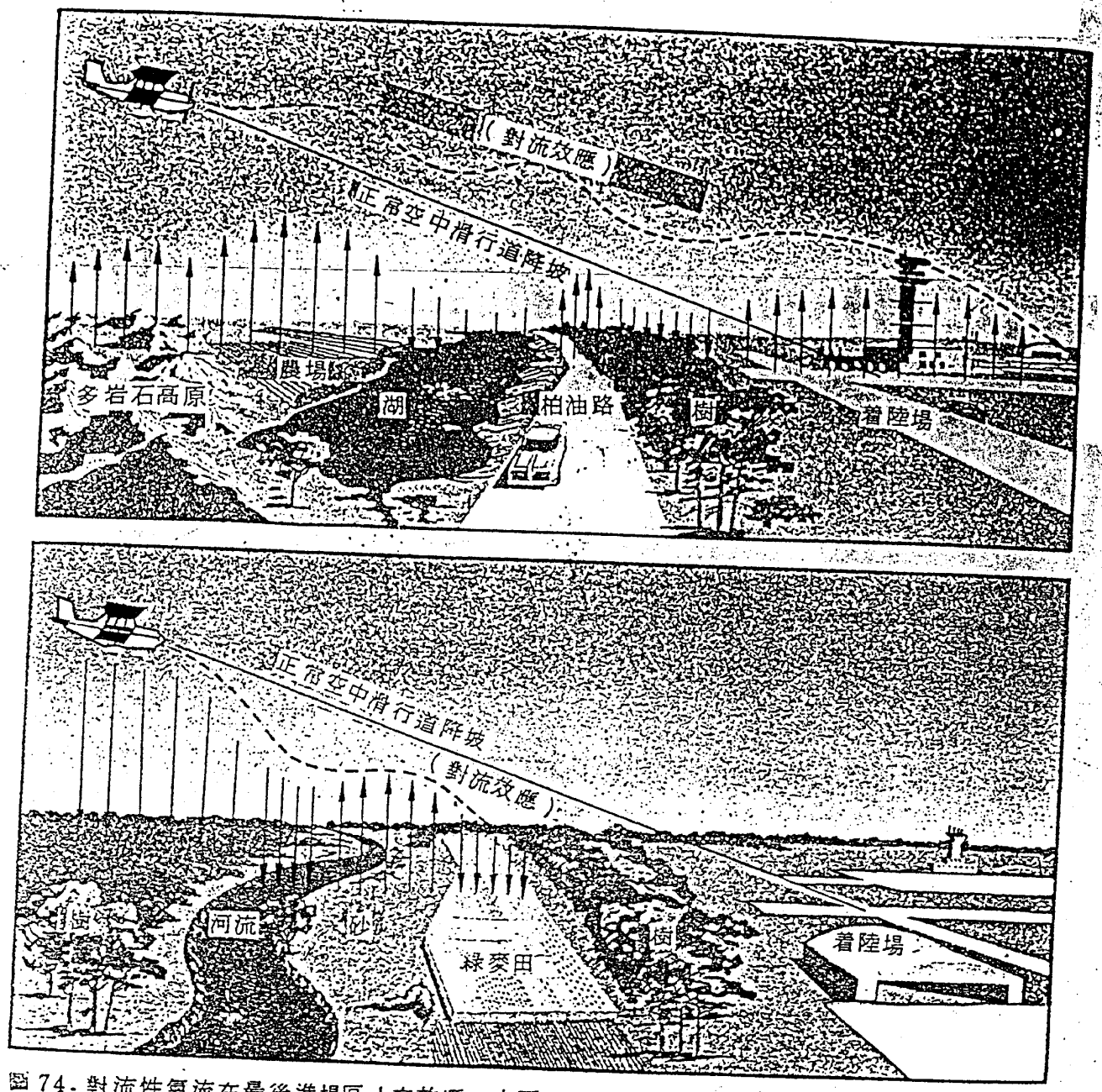


圖 74. 對流性氣流在最後進場區上之效應，主要上升氣流（上）促使飛進場過高，主要下降氣流（下）使飛機進場過低。

因爲空氣向上運動時，膨脹冷卻，對流性氣流繼續上升，直到它的溫度冷卻到和周圍空氣之溫度相等時之高度爲止。假如它冷卻到飽和，雲即形成，波浪狀晴天積雲通常可在夏日午後出現，此乃天空有對流性亂流之信號，雲頂通常很顯著地表示它爲對流性氣流之上界限，飛行人員可預期在雲中或雲底下遭遇亂流，而在雲頂上方氣流通常是平穩的，吾人會發現在積雲上方飛行時最舒適。（如圖(75)）

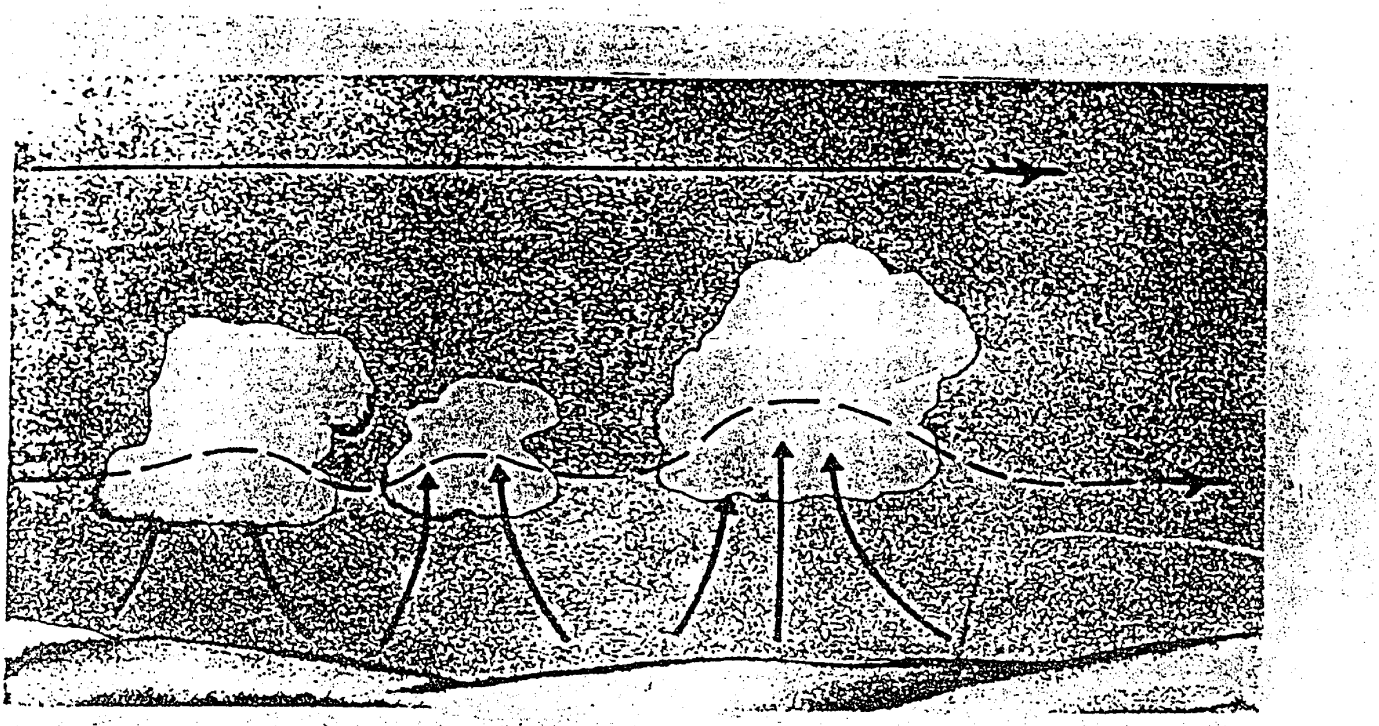


圖 75. 在對流層上方飛過以避免亂流。

當對流作用伸展到較大高度時，它乃發展成較大之塔狀積雲和頂上帶有鐵砧狀之積雨雲，積雨雲通常是可見的猛烈對流性亂流的警告信號，容於第十一章再詳細討論。

飛行人員應知道，當空氣太乾燥以致不能形成積雲時，對流性氣流仍能活動，但對飛行人員而言，却無徵兆可尋，直到飛機遭遇到亂流時，才知其存在。

障礙物對氣流之影響

阻礙物像建築物、樹木、粗糙不平之地形會阻斷平滑之氣流變成一種複雜的、混亂的渦旋，如圖76所示。飛機飛過這些渦旋區將遭遇亂流，這種亂流我們把它歸類成機械性亂流（ mechanical turbulence ），因爲它是附近氣流機械性的阻斷所引起的。

機械性亂流的程度視風速和阻礙物之粗糙度而定，風速愈大或地面愈粗糙，則亂流愈強，風携帶亂流性渦旋往下游（ downstream ）移動之距離，視風速和空氣之穩定度而定，不穩定空氣所形成之渦旋大過於穩定空氣者，但是不穩定空氣會很快地破壞渦旋，但在穩定空氣中渦旋則消失極慢。

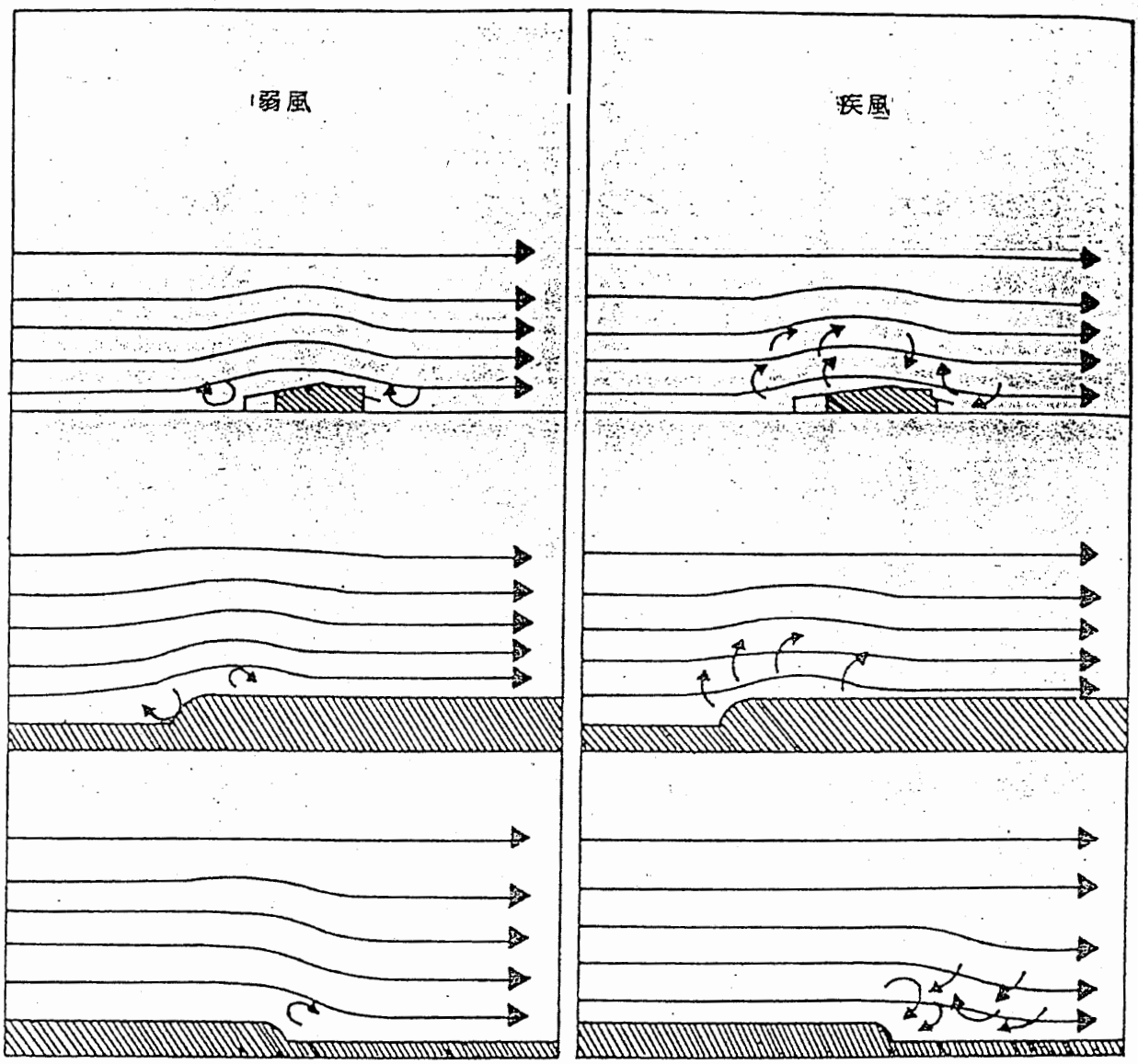
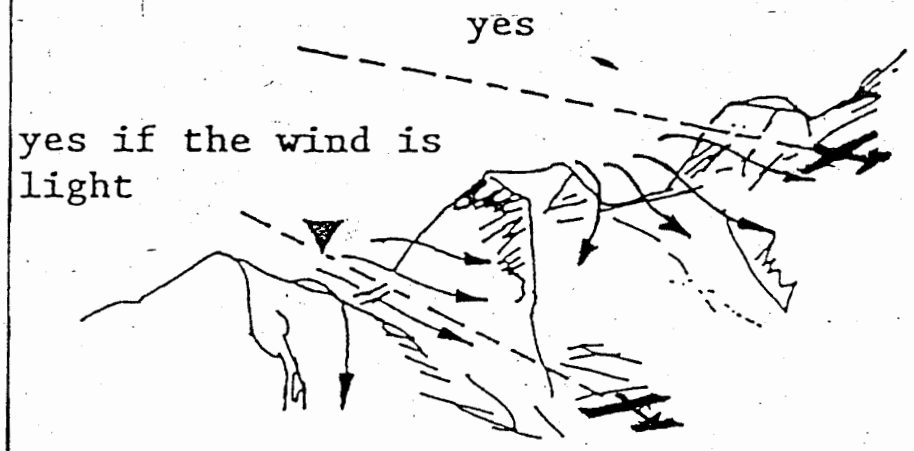


圖 76. 風吹過不平坦地面或阻礙物時，所形成之渦旋氣流情形。

機械性亂流也能使靠近機械性擾動層頂上區域產生雲，但是雲型可告訴我們此雲是來自機械力抑是對流混合作用者，機械性混合可形成帶狀或排狀層積雲，而對流性混合則形成不規則之雲型。靠機械性混合作用而形成之成排的雲可以平行或垂直於風，視氣象因素而定，我們不打算在此討論。

機場區域特別容易出現機械性亂流，且地面常引起陣性風（ gusty wind ）。當一架飛機在低空進場降落或爬升時，空速呈陣性之波動，故應保持高於正常之邊際空速避免失速之虞。當着陸時，若有陣性側風（如圖(7)所示）則需提高警覺，注意機械性亂流。地面陣風也會產生飛機滑行之問題。

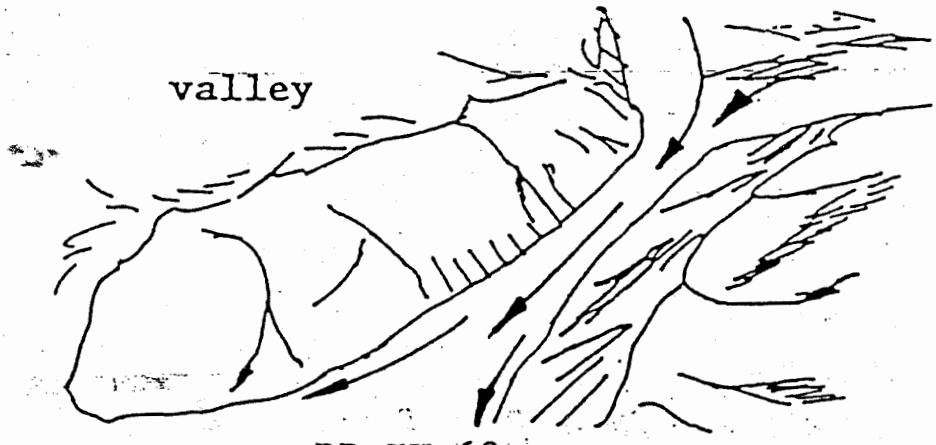
- Or a mountain pass



DR.IV.69

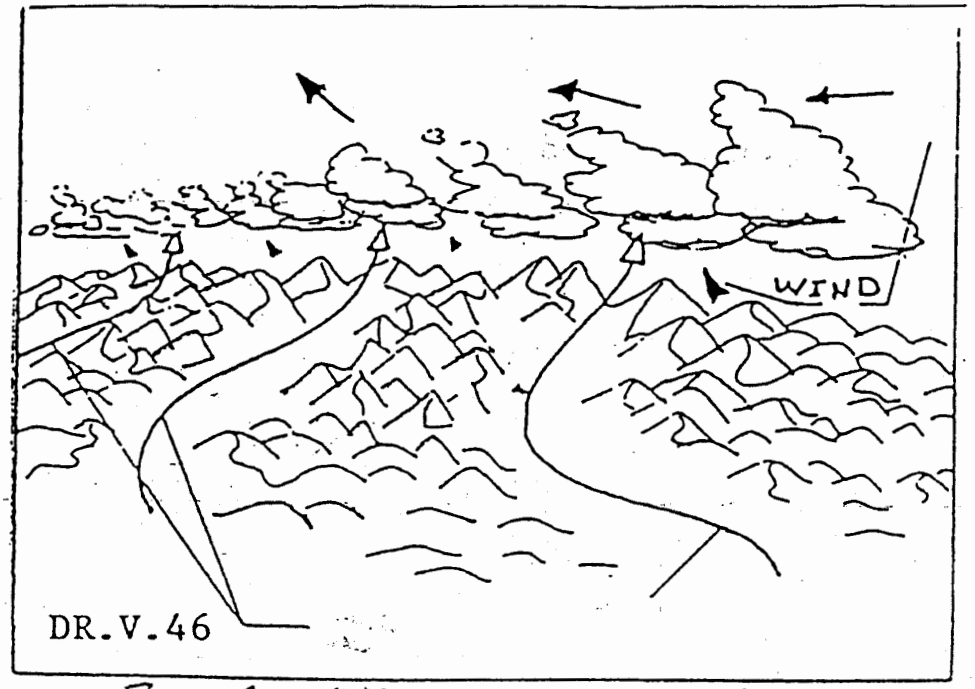
山區穿口氣流形態

- To avoid the venture areas and especially narrow valleys :

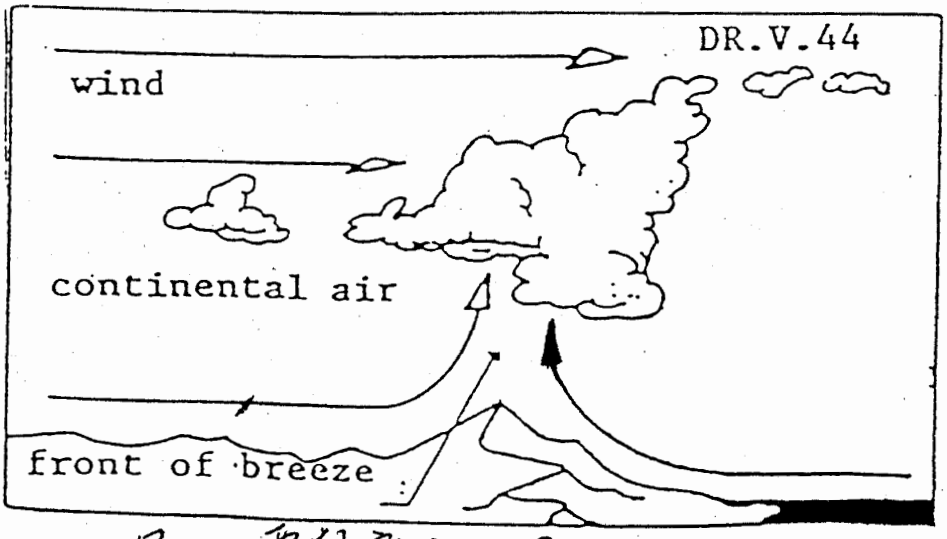


DR.IV.68

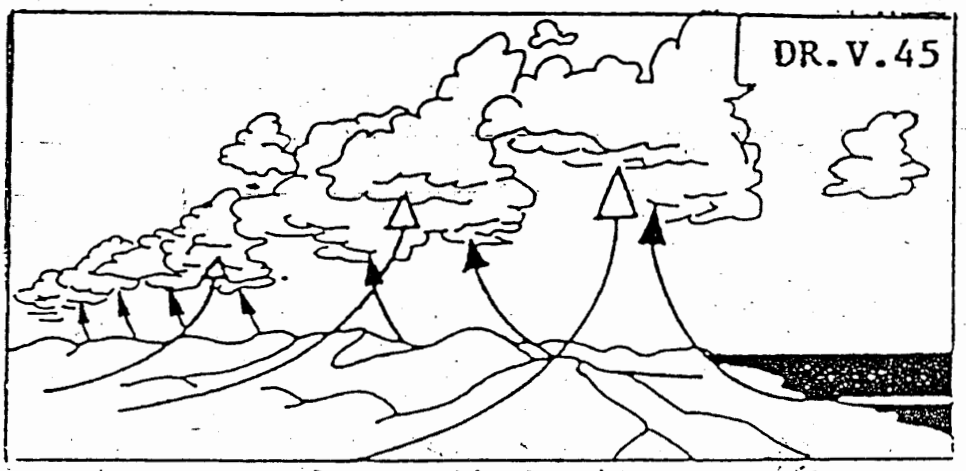
谷風



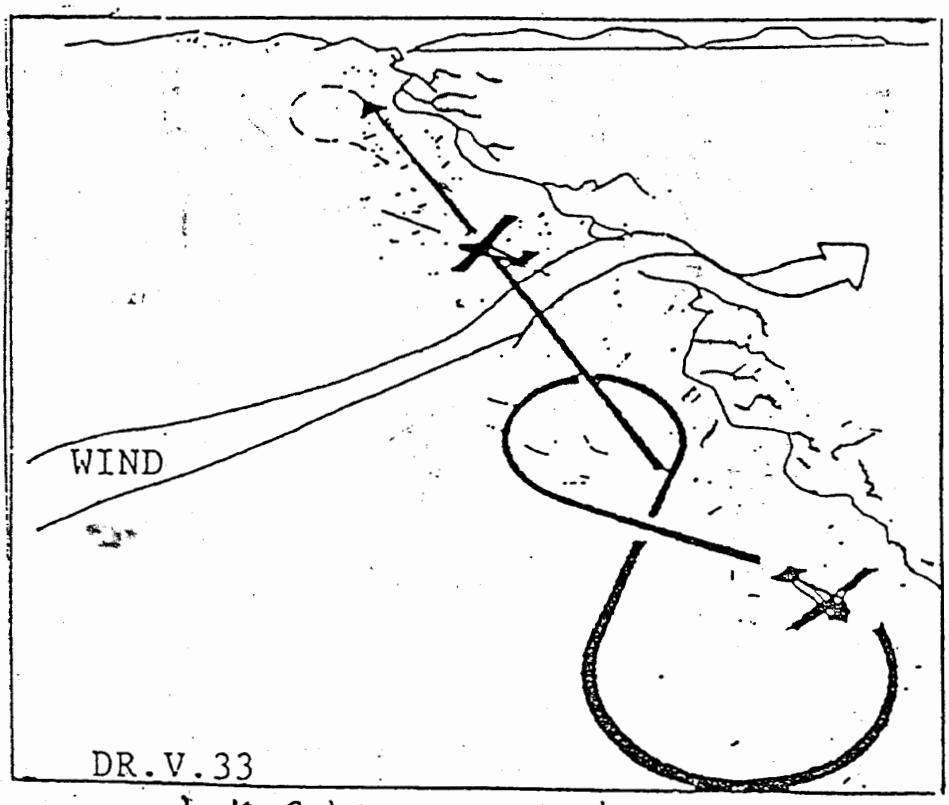
圖：由風力強弱山脊坡地決定氣流形態



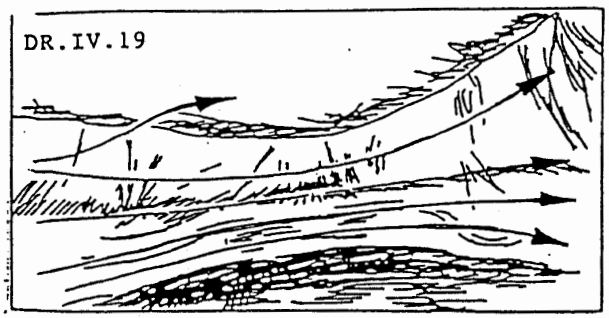
圖：由雲觀察風及風向

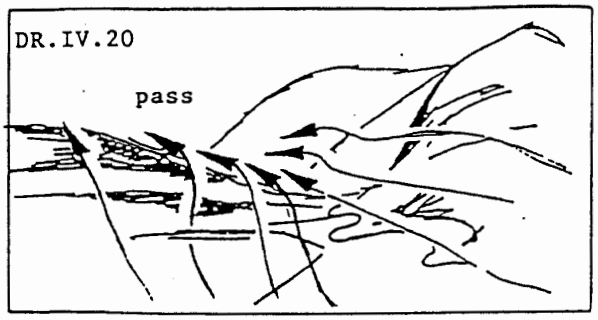


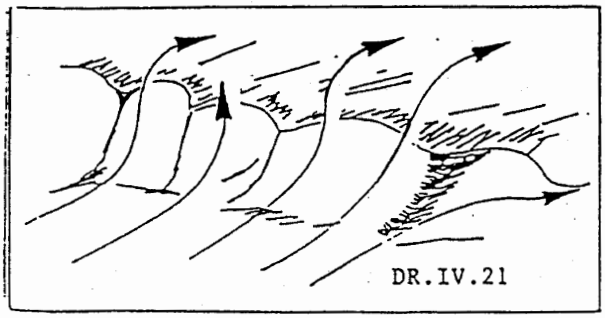
動力亂流形態

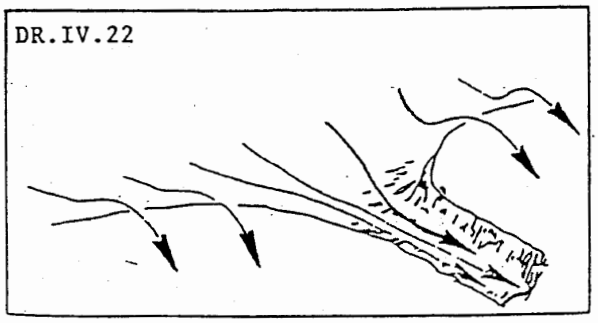


山脊滑翔－上升帶形態

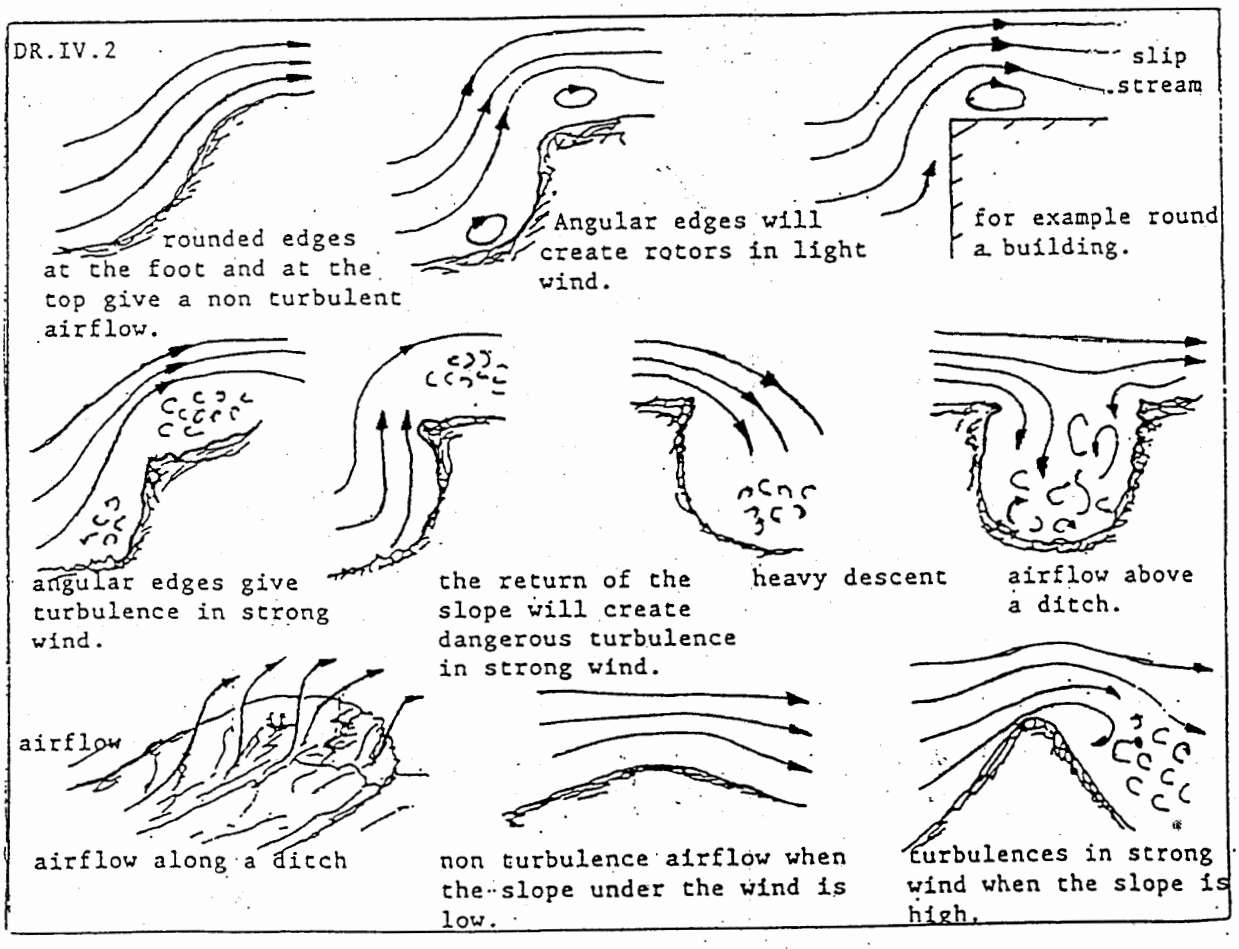

DR.IV.19


DR.IV.20
pass


DR.IV.21


DR.IV.22

各種地形的氣流


DR.IV.2
rounded edges at the foot and at the top give a non turbulent airflow.
Angular edges will create rotors in light wind.
slip stream
for example round a building.
angular edges give turbulence in strong wind.
the return of the slope will create dangerous turbulence in strong wind.
heavy descent
airflow above a ditch.
airflow
airflow along a ditch
non turbulence airflow when the slope under the wind is low.
turbulences in strong wind when the slope is high.

機械性亂流能影響任何地方之低層越野飛行，山嶺能產生亂流，且其亂流高度一定超過山嶺之高度。

當飛機飛過起伏丘陵區域時，將遇到機械性亂流，通常這種亂流不兇猛，但是曾引起不舒適感，爬升到較高之高度可減少亂流之強度。

當飛機飛過崎嶇不平之丘陵或山嶺之上空時，將遇到亂流問題，吾人討論機械性亂流時，不能不考慮風速和穩定度之影響，當越過山嶺之風速超過40kts時，則預期將有亂流發生，發生亂流之所在和大小範圍，視穩定度（Stability）而定。

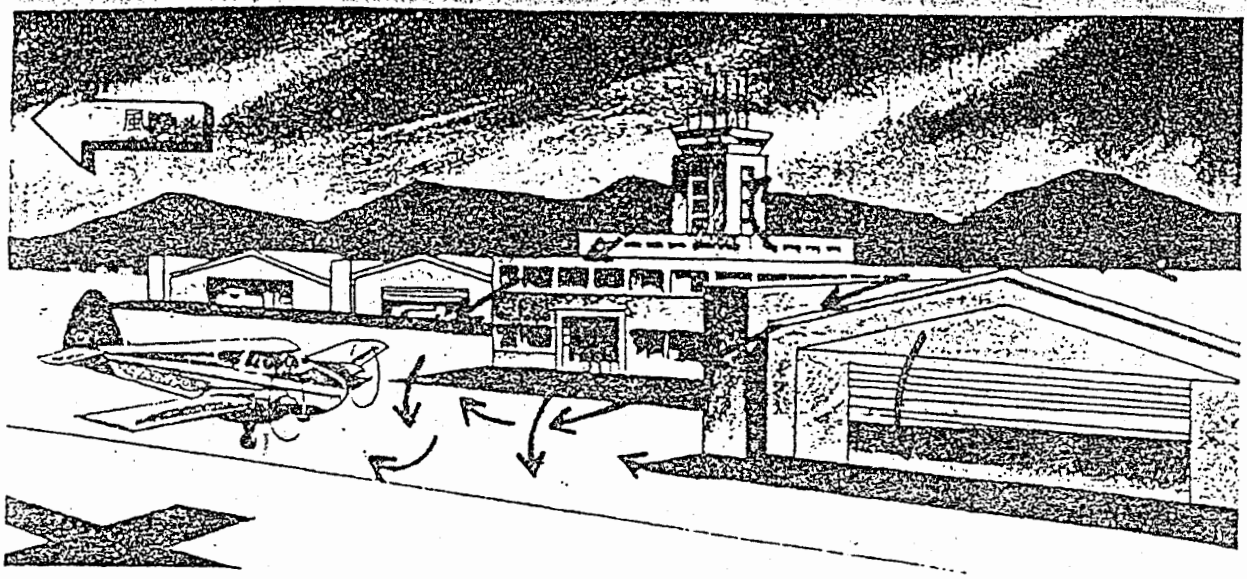


圖 77. 在着陸區域之亂流。

越過山嶺之空氣若是不穩定，則在向風面上有亂流存在，若此氣流潮濕，則對流雲形成並增強亂流之強度，在山嶺上邊或沿著山脊地方之對流雲確實爲不穩定空氣之徵兆，在迎風面和山脈頂峯上將有亂流發生。

因爲不穩定氣流越過山脊時，向背風坡下滑，常常變成兇猛之下降氣流，有時此下降氣流速度超過飛機的最大爬升率，會驅使飛機墮入山邊（圖(78)）。在越過山嶺之過程中因混合作用增加大氣的穩定度，使得不穩定空氣之危害性亂流不致向下風區（down wind）擴展太遠。

山岳波亂流

當穩定空氣越過山脈時，亂流之情況和前述者相反，若氣流吹過向風面

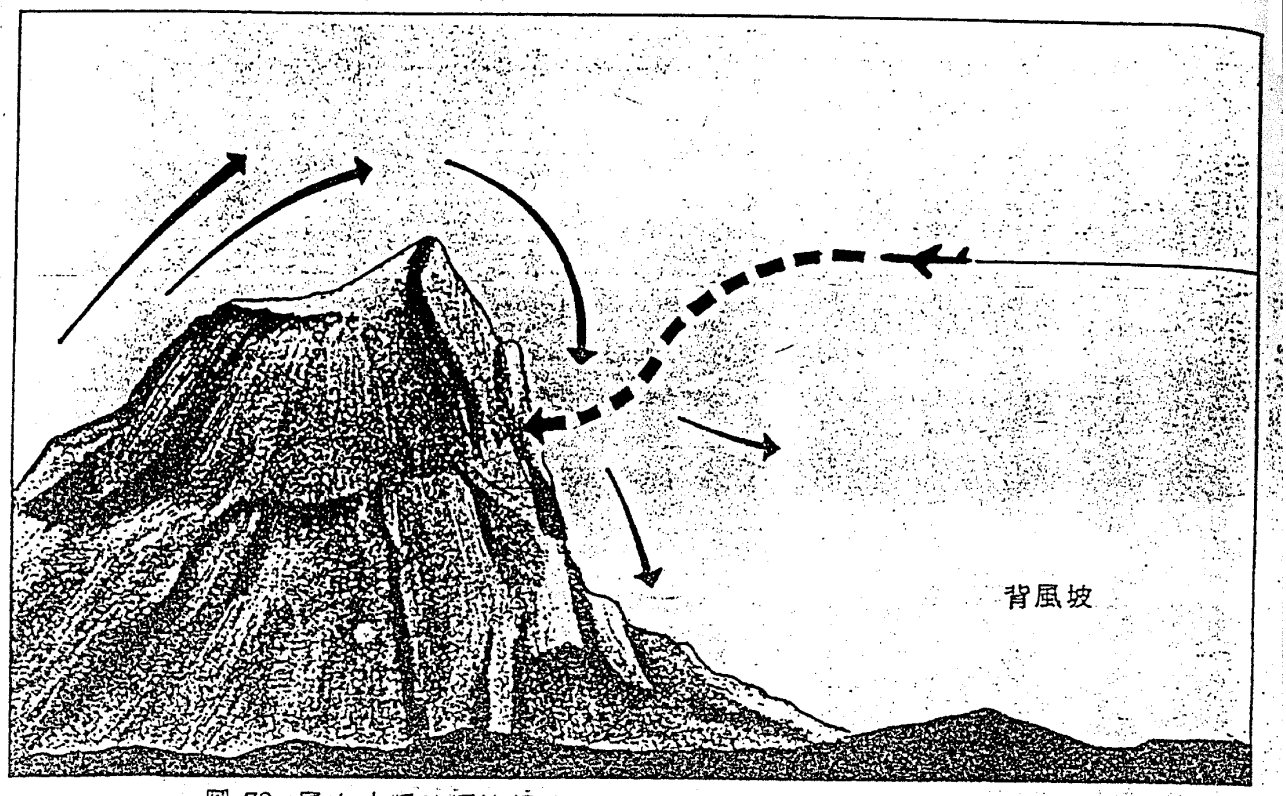


圖 78. 風在山脈地區流過時，在背風面會遇到危險的下沈氣流。

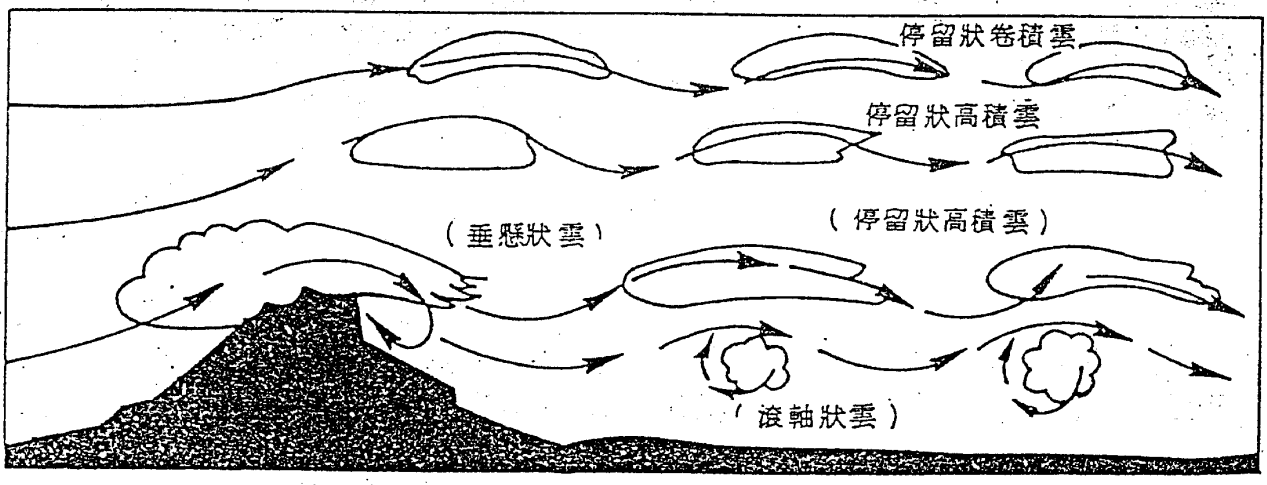


圖 79. 山岳波之橫截面圖。注意山脈下風區駐留波之波型以及在波峯下邊之滾軸狀環流(rotary circulation)。

時相當平穩，則越過山脈之氣流爲層狀流（ laminar flow ）。山脈可能會造成這些層次之波動，正如發展在一受擾亂水面上之波動一樣。當風很強勁時，波動幾乎是停滯的，波動型式如圖(79)所示，是一種駐留波或"山岳波（ Stationary or mountain waves ），因爲它保持停滯且與山脈一致。這些

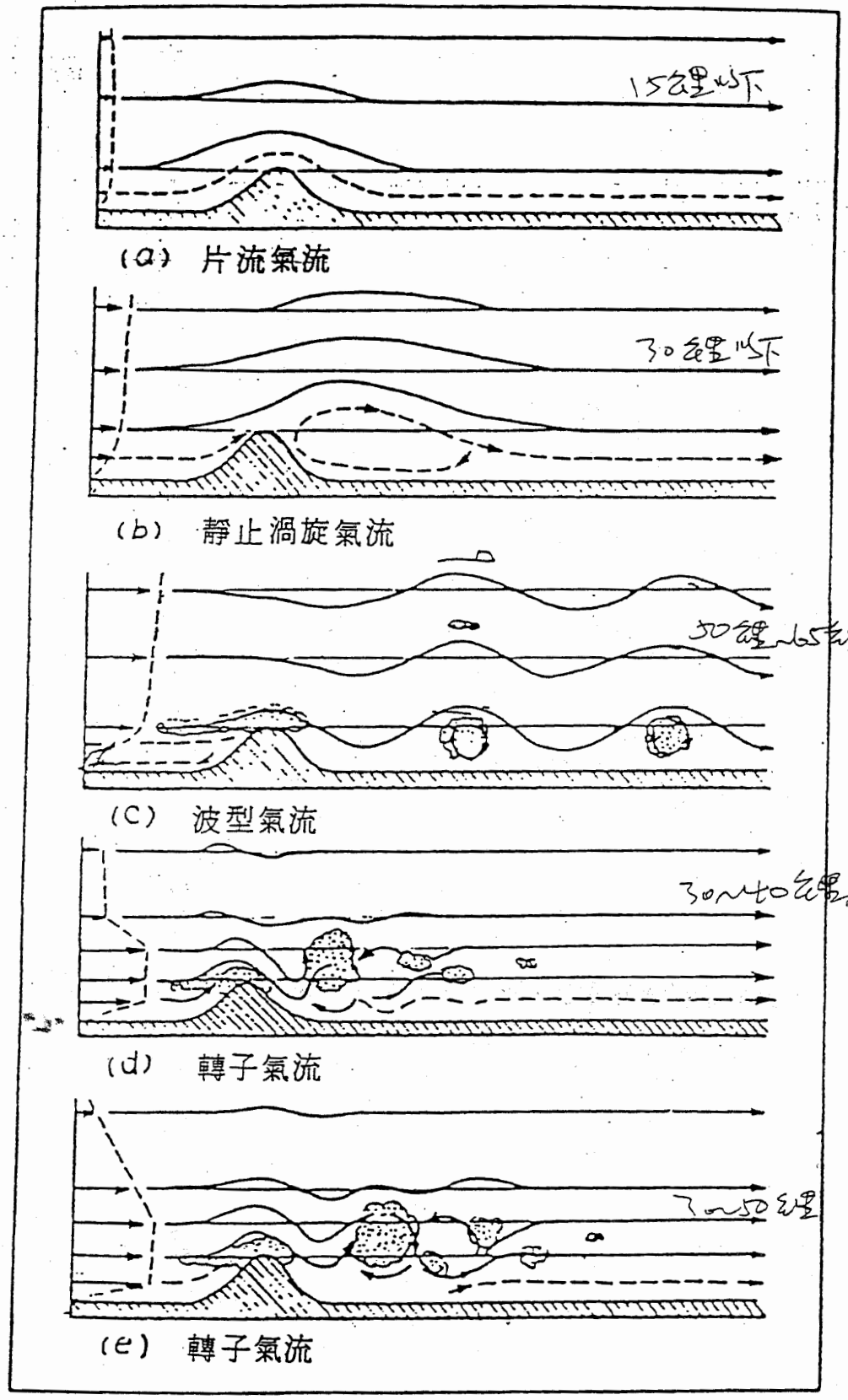


圖 8.34 氣流過山的類型

嶺 100哩或者 30～50 哩處即刻爬升到山頂上方 3000～5000呎之高度，最好是以 45 度的仰角對著山脊前進，俾便迅速地進入較平靜的氣流中。假如第一次嘗試未能做好，而有爬升到較高高度之能力，可以回頭再以較高高度作第二次嘗試，有時吾人必須就回程或繞道兩者擇一而行。

強風期間，在山嶺通道和山谷間飛行是不安全的，因山峽能聚集風力進入通道和山谷以增強風速和亂流。假如在山頂上頭之高空風很強，則要飛高或繞道飛行。

當高空風很強時，四周被山嶺環繞之山谷中的地面風也許比較平靜，假如在山谷中起飛，則要在飛離山谷以前爬升到山頂高度以上之高度。假若不幸掉入下衝氣流中，則要水平方向與山嶺保持相當之距離飛行，以策安全。

第五節　風　切

在第四章中吾人曾討論到兩氣流間因風場差異而產生之渦旋，此差異可能是風速、風向之差異或兩者同時存在。風切可能與大氣中任何高度風向之變化或風速梯度有關，以下三種情況特別要注意：(1)與低層逆溫層有關之風切、(2)鋒面帶上之風切、(3)與噴射氣流或強風環流有關之高空晴空亂流。高空晴空亂流容於第十二章“高層氣象”中再討論。

與低層逆温層有關之風切

逆溫層形成在無風或微風之晴朗夜晚且靠近地面之處，在逆溫層上方之風比較強，如圖(84)，風切帶就會在靜風與其上較強風之間發展，當飛機爬升或降落穿過逆溫層時，風切帶中之渦旋會使飛機引起空速（air speed）之突然變化，當飛機通過逆溫層起飛爬升或進場降落時，往往會因空速偏低（只大於失速（速度）數哩／時）及空速之跳動，令航機在跑道上空失速。

因爲地面之風是靜止或很小，飛機可以由任何方面起飛或降落，可以隨逆溫層上方風之方向起飛，如果這樣，當飛機穿過逆溫層爬升時，飛機會遭遇一突然出現之順風（tail wind），使空速減少而導致失速；假若在逆溫層上方進場時，則當飛機穿過逆溫層下降時因突然失去逆風，也會引起失速之可能。

在日出前後數小時內，在晴朗天氣風力靜止或微弱情況下起飛或着陸，則要準備對付靠近地面之逆溫層，如果你知道，2000 呎到 4000 呎之風大約是 25 KTS，你能確定逆溫層之風切帶所在，則以保持高於一般之爬升或進

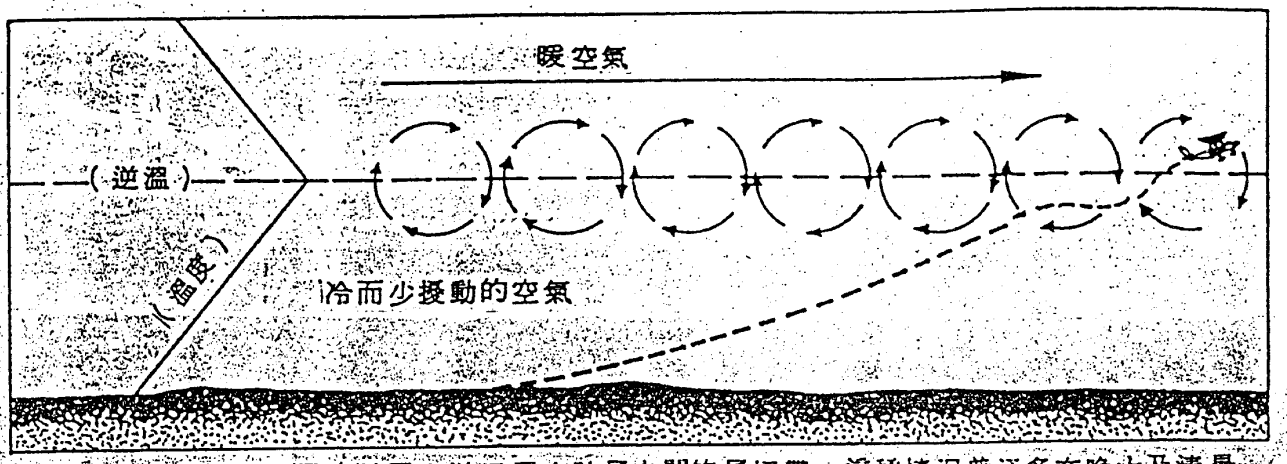


圖 84. 在逆溫層下風力較弱和逆溫層上強風之間的風切帶，這種情況普通多在晚上及清晨發生，它使低空產生亂流。

場速度爲宜。

鋒面帶上之風切

在第八章中吾人曾明白敍述一個鋒面能包含很多危險天氣，但是在兩種乾燥穩定氣團間之鋒面可以無雲，在鋒面帶上風之突然改變且能引起風切亂流，亂流之強度視風切之大小而定，如預期鋒面帶上有亂流，飛機要穿過此亂流時應遵從處理程序（可參考飛行手册）

航跡亂流

飛機依靠空氣向下加速運動得到上升力，因此，空氣受力向下運動時，機翼下邊產生翼端外之旋轉運動或翼渦旋，使機翼得到上升力，當起落架負荷著飛機全機之重量時，則無翼端渦旋發展，但當飛行員立刻收起輪子後，這些渦旋就開始出現。圖(85)說明飛機飛離地面時，飛機後面出現渦旋之情況，這些渦旋一直繼續在整個飛行路徑上，直到飛機再穩定地放下起落架爲止。

這些渦旋向下散佈，且從飛行路徑上向外擴展，亦能與風一起飄盪，渦旋的強度與飛機之重量成比例，與其他因素亦成比例。因此在大飛機後面之航跡亂流較強，貨機後面之航跡亂流又比小飛機強；一般言之，只有在大飛機後面之航跡亂流會困擾航空人員。

亂流可持續數分鐘，且會在飛機後面停留一段時間才告消失。在受管制之機場上，管制員通常會警告飛航人員機場附近有航跡亂流之可能性；從源

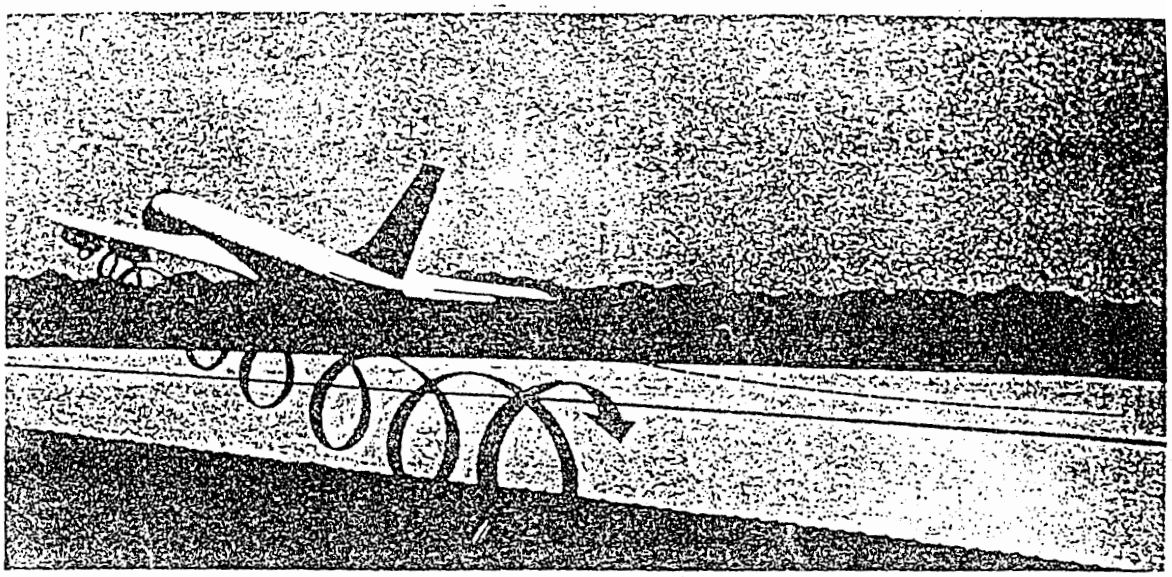


圖 85. 當飛機飛離地面，航跡亂流和翼端渦旋乃告發展。當飛機機輪滾動，進入飛行姿態時，這些渦旋即告發展，機翼也同時舉升。

參考書籍

1. 新航空氣象學 / 譯者 林政宏
2. Understanding THE SKY / By Dennis Pugen
3. 航空氣象學 / 譯者. 王光華.
4. 天氣學 / 俄 改勳
5. Cosmos.

術科動作要求標準

及格	不及格
一.飛行前檢查：	
1.能按檢查項目逐項確實檢查.	1.完全未執行飛行前檢查. 2.對組件檢查不確實,有影響安全之疏忽時.
二.引擎起動程序：	
1.在拉動起動拉繩時能注意週圍影響安全之人員及物品並採預防措施.	1.完全無安全顧慮,可能遭致人員,裝備之危害者.
三.滑行：	
1.能注意場站之情況,達到安全之滑行. 2.在各種天侯狀況下能適當使用各種操縱系. 3.保持恆定安全之滑行速度. 4.在和風情況下不使用剎車滑行 5.對週圍的事物能始終保持警覺 6.能認識必需使用剎車之時機.	1.不能注意場站之情況致造成不安全之滑行. 2.在各種天侯狀況下不能適當使用操縱系. 3.滑行速度過快而造成不安全之滑行時. 4.不能保持警覺可能與其他人員或物品碰撞時.
四.起飛前檢查：	
1.能按起飛前檢查程序完成確實而安全之檢查者.	1.未能按程序完成確實之檢查,而可能導致不安全之起飛者.
五.正常起飛：	
1.使載具能以適當之姿態由停止間安全加速前進直至離地. 2.能確定航線及一切狀況均容許作安全之起飛者.	1.急速加油門並猛帶桿起飛. 2.不能保持地面航跡在跑道中心線左右5度之內. 3.不能達到安全之起飛.

3.轉彎改變時,與所望之航向差能在10度以內	
十.中轉彎(視察空域轉彎)90度或180度方向改變:	
1.能保持30度坡度實施90度或180度轉彎,改變載具方向時,未使載具產生內側滑或外側滑 2.能保持高度差在50呎以內. 3.改平飛時,與所望之航向差能在10度以內. 4.能確實視察空域後再做轉彎動作.	1.不能保持恒定之30度轉彎坡度且使載具造成內側滑或外側滑. 2.不能保持高度差在50呎以內. 3.改平時與所望之航向差在10度以外. 4.轉彎時空中安全顧慮不夠,未做視察空域動作.
十一.小轉彎(360度與720度)	
1.使用45度坡度改變載具航向而未產生內側滑或外側滑. 2.能保持高度差在50呎以內. 3.到達預定航向改平時,方向誤差在50呎以內. 4.能確實視察空域後再做轉彎動作.	1.不能保持恒定之45度轉彎坡度且使載具產生內側滑或外側滑. 2.不能保持高度差在50呎以內. 3.改平時貿航向差在10度以外. 4.未做視察空域動作,空中安全顧慮不夠.
十二.下滑:	
1.能建立,保持和自正常下滑中改平.	1.改平時高度差在50呎以上.
十三.下滑轉彎:	
1.能保持不變之下滑空速. 2.能保持不變之轉彎坡度. 3.實施下滑轉彎時能使載具不產生內側滑或外側滑. 4.每做180度之轉彎方向變換,應	1.下滑空速變化在5哩以上. 2.轉彎坡度變化過大. 3.改平時高度差在50呎以上.方向差在10度以上.

四.標準作業程序

3.起飛後能保持正直之地面航跡 4.能在側風狀況下起飛.	
六.直線爬昇:	
1.能保持恆定之爬昇姿態與動力配置. 2.能保持航向左右5度以內之偏差. 3.到達所望之高度改平飛時,高度誤差在50呎以內,並能使用適量之扭力修正與適當之操縱協調.	1.無法保持恆定之爬昇姿態與動力配置. 2.航向偏差超過左右5度以上. 3.改平飛高度誤差在50呎以上.
七.爬昇轉彎:	
1.能保持不變的姿態與坡度. 2.能保持不變的爬昇空速與馬力配置. 3.改平飛時方向與預定之航向誤差在10度以內. 4.能協調使用各操縱裝置並作正確之扭力修正.	1.姿態與坡度不能保持. 2.空速與馬力不能保持. 3.改平時的方向與預定之航向誤差在10度以上.
八.平直飛行:	
1.能保持航向偏差在左右5度之內. 2.能保持高度差在正負50呎之內 3.能保持不變之動力配置.	1.航向偏差在左右5度以上. 2.高度差在50呎以上. 3.空速差在5哩以上.
九.大轉彎(小坡度轉彎)90度方向改變:	
1.能使用恆定之15度轉彎坡度改變載具方向,而未使載具產生內側滑或外側滑. 2.能保持高度差在正負50呎以內	1.不能保持恆定之15度轉彎坡度且產生內側滑或外側滑. 2.高度差在正負50呎以外. 3.改平飛時,與所望之航向差在10度以外.

至少加油即門清引擎一次	
十四.失速及改正：	
1.能柔和使用桿及舵來体認及防止失速後如何安全改正.	1.不能体認及防止失速且無法做安全改正.
2.在操作期間能保持方向操縱誤差在10度以內.	2.操作期間方向誤差在10度以上.
十五.慢飛：	
1.能保持最小空速及高度作平直或轉彎飛行.	1.高度差在50呎以上. 2.造成失速.
十六.正常進場及著陸：	
1.五邊下滑能保持恆定之空速，並能適當運用油門保持下滑角度.	1.正常下滑空速正負5哩以上. 2.不會做側風修正.
2.能於怠速狀況將載具安全著陸	3.載具著陸後不能保持平直之滾行.
3.能使用交叉操縱(側滑)或蟹航、法在側風狀況下著陸.	4.不會改正不正常之著陸. 5.不能作安全之重飛.
4.載具著陸後能保持平直之滾行	
5.能於各種不正常之著陸狀況下作適當之改正.	
6.能作安全之重飛.	
十七.迫降：	
1.能選擇良好之迫降場地.	1.不能選擇良好之迫降場地.
2.能建立安全之下滑空速與正確之測場.	2.不能建立安全之下滑與正確之測場.
3.能有妥善之迫降計劃.	3.不能適當考量當時之風向風速.
4.能適當地考量當時之風向風速狀況.	

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 項目	一. 地面操作			
	A	B	C	U
1.360度檢查	熟練確實	確實	欠確實	未做或錯誤
2.載具狀況與限制	確實瞭解	大致瞭解	部份瞭解	完全不瞭解
3.各儀表與開關功用	確實瞭解	瞭解	大部份瞭解	不瞭解
4.起動程序	熟練正確	尚熟練正確	欠熟練但正確	程序錯誤
5.關車程序	熟練正確	尚熟練正確	欠熟練但正確	程序錯誤
6.				
7.				
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 項目	二、滑行			
	A	B	C	U
1.地面顧慮	週全，確實	確實	欠週全	疏忽大意
2.油門運用	柔和，正確	正確	欠柔和	粗猛
3.速度控制	平穩	欠平穩但能改正	忽快忽慢	過快或轉彎速度大
4.方向操縱	保持在中心線上	變化小能立即改正	變化稍大修正慢	無法保持
5.剎車使用	正確適當	可，唯提前量不夠	使用過量，次數多	過猛，提前量不夠
6.操縱桿使用	正確適當	正確，動作稍猛	偶而有錯	不會使用
7.				
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 標準 / 項目	三、正常起飛			
	A	B	C	U
1.起飛前檢查	熟練.正確	正確	有疏漏	未做或錯誤
2.對外顧慮	週全.確實	確實	欠週全	未做
3.操作動作	柔和.協調	協調	欠協調	粗猛
4.油門操縱	柔和適當	柔和	分段使用	粗猛
5.側風修正	適時適量	偏離小能立即修正	偏離稍大修正慢	未作或無法保持
6.方向	恆定不變	正負5度以內	正負10度以內	正負10度以上
7.				
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 標準 / 項目	四、上升及上升轉彎			
	A	B	C	U
1.對外顧慮	週全,確實	確實	欠週全	未做
2.動力配置	保持正確	正負50RPM以內	正負100RPM以內	正負100RPM以外
3.方向	恆定不變	正負5度以內	正負10度以內	正負10度以上
4.空速	保持正確	正負5哩以內	正負10哩以內	正負10哩以上
5.姿態	平穩不變	變化小能立即改正	變化稍大改正慢	無法保持
6.改平飛高度	保持正確	正負50呎以內	正負100呎以內	正負100呎以上
7.				
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 標準 / 項目	五、平直飛行			
	A	B	C	U
1.動力配置	保持正確	正負50RPM以內	正負100RPM以內	正負100RPM以上
2.高度	保持正確	正負50 呎以內	正負100 呎以內	正負100 呎以上
3.方向	恆定不變	正負5度以內	正負10度以內	正負10度以上
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 標準 / 區分	六、轉　　彎（大、中、小）			
	A	B	C	U
1.對外顧慮	週全確實	確實	欠週全	未做
2.動力配置	保持正確	正負50RPM以內	正負100RPM以內	正負100RPM以上
3.手腳協調	平穩協調	協調	欠協調	粗猛
4.高度	保持正確	正負50呎以內	正負100呎以內	正負100呎以上
5.坡度	穩定適當	變化小能立即修正	變化稍大，修正慢	無法保持
6.改出時機	適切	時機稍早或晚	欠適切	不瞭解
7.改出方向	正確	正負5度以內	正負10度以內	正負10度以上
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 標準 / 項目	七、下滑下滑轉彎			
	A	B	C	U
1.對外顧慮	週全確實	確實	欠週全	未做
2.動力配置	保持正確	正負50RPM以內	正負100RPM以內	正負100RPM以上
3.方向	恆定不變	正負5度以內	正負10度以內	正負10度以上
4.空速	保持正確	正負5哩 以內	正負10 哩以內	正負10 哩以上
5.姿態保持	平穩不變	變化小能立即修正	變化稍大,修正慢	無法保持
6.改平飛高度	保持正確	正負50呎以內	正負100呎以內	正負100呎以上
7.				
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 項目	八、手腳協調			
	A	B	C	U
1.對外顧慮	保持正確	週全,確實	欠確實	未做
2.選定地標	週全,確實	確實	欠週全	未做
3.高度	保持正確	正負50呎以內	正負100呎以內	正負100呎以上
4.坡度	穩定適當	變化小能立即修正	變化稍大,修正慢	無法保持
5.方向改變	適切	時機稍晚或早	欠適切	不知改變
6.手腳動作協調	平穩適切	協調	欠勃調	粗猛
7.				
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 評語 / 項目	九、失速及改正			
	A	B	C	U
1.對外顧慮	週全,確實	確實	欠週全	未做
2.操作動作	柔和協調	正確	欠熟練	錯誤
3.動力運用	保持正確	正負50RPM以內	正負100RPM以內	正負100RPM以上
4.改正時機	適切	時機稍早或晚	欠適切	不瞭解
5.方向保持	恆定不變	正負10度以內	正負20度以內	正負20度以上
6.				
7.				
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 項目	十、慢　　飛			
	A	B	C	U
1.對外顧慮	週全.確實	確實	欠週全	未做
2.油門	柔和適當	柔和	忽大忽小	粗猛
3.高度	保持正確	正負50呎以內	正負100呎以內	正負100呎以上
4.方向	恆定不變	正負5度以內	正負10度以內	正負10度以上
5.空速	正確	稍大稍小能立即改正	改正遲	過小以致失速
6.				
7.				
8.				

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 項目	十一、起落航線			
	A	B	C	U
1.對外顧慮	週全,確實	確實	欠週全	未做
2.航跡保持	一定	偏離小能立即修正	偏離稍大,修正慢	無法保持
3.動力配置	保持正確	正負50RPM以內	正負100RPM以內	正負100RPM以上
4.上昇及下滑空速	保持正確	正負5哩以內	正負10哩以內	正負10哩以上
5.測場判斷	週全正確	正確	欠週全	有安全顧慮
6.落地	正常	不穩但能改正	不穩定,改正慢	無法安全操縱
7.落地方向	正直在中心	方向正直但未在中心	方向偏扭,修正量大	方向偏扭有安全顧慮
8.連續起飛油門	柔和適當	適當	分段使用	粗猛

超輕型載具術科鑑定考核標準表

課目 / 成績 / 標準 / 項目	十二、迫　　降			
	A	B	C	U
1.對外顧慮	週全.確實	確實	欠週全	未做
2.擇場	週全適當	適當	欠適當	不可行
3.進場方式	熟練正確	稍欠正確但能改正	不恰當但能安全進場	有安全顧慮
4.測場判斷	週全正確	正確	欠週全	有安全顧慮
5.進場狀況	平穩正常	正常但欠平穩	進場高或低但能改正	有安全顧慮
6.重飛時機	熟練正確	正確	欠熟練	未做或錯誤
7.				
8.				

飛行前（每日）檢查表

一、飛行前檢查：

㈠將頭盔置於座椅上。

㈡檢查操縱系前後左右向（含脚蹬）是否活動自如。

㈢檢查鋼繩及其固定零件是否完整，尤其是主桿是否有彎曲變形。

㈣桿前後移動，檢查昇降舵及固定零件。

㈤檢查方向脚蹬，至方向舵之固定零件。

㈥檢查座椅承架及裝接零件是否完整。

㈦檢查座椅下支撐管是否完整。

㈧檢查舟輪氣壓。

㈨檢查前起落架一舟部、支架、張力支架及裝接零件。

㈩檢查三角桿管、三角桿鋼繩集接處及裝接零件。

㈠檢查左機翼前緣翼樑是否有彎曲及凹痕（目視感覺）。

㈡檢查左機翼前緣鋼繩是否完整。

㈢檢查副翼操縱臂及操縱線。

㈣檢查壓力支架是否完整及有鬆動現象。

㈤至翼尖目視檢查前緣及肋骨架是否固定。

㈥檢查後緣鋼繩是否完整。

㈦檢查左右主輪氣壓。

㈧檢查主輪支架及輪軸，裝接零件是否完整。

(九)檢查起落架下支管是否完整。

(十)檢查減速裝置、皮帶狀況、皮帶環槽及張力，確定無鬆動物觸及皮帶及滑輪槽。

(十一)檢查尾桁間之肋骨架是否固定。

(十二)檢查螺旋槳狀況是否有裂痕、刮痕、螺旋槳轂，裝接螺桿及槳葉尖間隙。

(十三)檢查傳動軸稱合器是否固定。

(十四)檢查尾支撐管是否完整。

(十五)檢查尾桁及裝接點鎖銷是否完整。

(十六)檢查裝接於尾部之鋼纜。

(十七)目視檢查大王柱頂之裝接零件是否固定。

(十八)檢查昇降舵管架及絞鏈總成。

(十九)檢查方向舵及昇降舵操縱裝接點是否固定。

(二十)檢查昇降舵推拉管是否完整，確定從管至主輪支架間有適度之間隙。

(二十一)檢查右副翼上緣是否與翼面成水平。

(二十二)至右翼檢查後緣翼樑及鋼纜。

(二十三)檢查肋骨架是否固定。

(二十四)檢查右翼前緣翼樑及鋼纜是否固定、完整。

(二十五)檢查副翼操縱系統是否完整。

(二十六)檢查所有主樑螺桿是否牢固，檢查大王柱裝置及高度調整。

(二十七)檢查油箱座是否固定，確定燃油開關在 ON 的位置，檢查燃油量。

(二十八)檢查燃油管路固定夾，同時檢查油濾及油箱內污染物，如有則予漏放消除。

(二十九)檢查起動器及引擎是否有明顯問題，及電嘴蓋帽及所有裝接螺桿、零件是否固定。

(㈢)坐上座椅，調整安全帶及頭盔帶是否牢固。

(㈣)致動各操縱系數次，確定您能輕易觸及油門、脚蹬、操縱桿及點火開關。

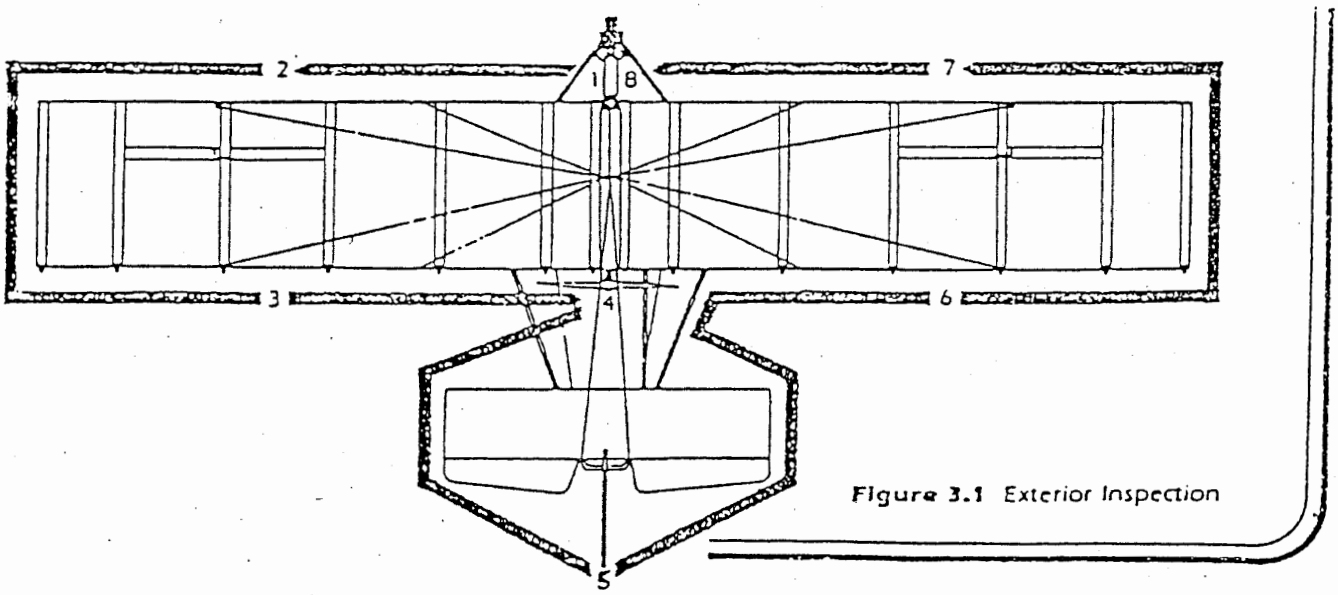


Figure 3.1 Exterior Inspection

□ 超輕型載具設備維護管理規定 □

目的

本規則在於界定保養管理程序及地面各項設施之安全維護管理而訂定，使載具設施能在一完善制度下，從事各項保養維護檢查工作，以提供載俱設施最佳的安全保障。

保養管理

(一)、保養區分：

1、每日檢查。
2、飛行前後檢查。
3、定期保養檢查。
4、特別檢查。
5、故障排除。

(二)、實施方式：

1、每日檢查：

負責維修之人員，每日預計飛行前所實施之檢查，按檢查項目(如附表一)逐項檢查外並執行地面試車，鑑定引擎之運轉狀況，將檢查及操作情況予以載入 M002 飛機檢查及保養記錄表(如附表二)內，以供查考，同時要求飛行教練(二級)執行試飛後，將試飛結果予以載入同表格內。

2、飛行前後檢查：

在每一次飛行前，飛行操作人員應按每日檢查表項目完成飛行前檢查，然後方可起飛飛行後將飛行時間填入 M001 飛行時間記錄表內，按同檢查項目，實施飛行後檢查，並狀況結果載入 M002 飛機檢查及保養記錄表內。

3、定期檢查：

維修人員確實予以管制載具之飛行時間，只可提前而不可延後實施各載具結構系及動力系之 25 、50 、75 、100 、125 、150 、175 、200 、225 、250 、 275、300 、325 、350 、375 、400 小時檢查(如附表三)，並將檢查結果載入 M004 保養工作單(如附表五)內，完成定期檢查項目實施地面試車後，即要求飛行教練(二級)執行試飛，完全無安全顧慮後，始可安排飛行任務。

4、特別檢查：

重落地或同機型有相同類型故障發生時，或接獲技術通報時，所實施特定項目之檢查項目少則使用 M002 飛機檢查及保養記錄表內，項目多則使用 M004 保養工作單予以記錄檢查項目及改正措施，同時將該載具之飛行總時間，執行工作日期及工作項目工作結果予以載入 M003 飛機經歷記錄(如附表四)內供永久保存。

5、故障排除：

遵照各機型之操作手冊或修改命令之指示，實施各有關之故障排除工作，並將結果載入 M002 飛機檢查及保養記錄內。

(三)、表格處理

1、M001飛行員時間記錄表及M002飛機檢查及保養記錄表得保存半年方可銷燬.

2、25、50、75、125、150、175、225、250、275、325、350、375、小時定期檢查所記載之 M004 保養工作單得保存半年方可銷燬.

3、100、200、300、400 小時定期檢查及特別檢查之M004 保養工作單得保存至下一次相同之定期檢查時或一年方可銷燬。

4、M003飛機經歷記錄表得永久保存至該載具淘汰止。

三、地面安全管理規則

(一)、各型滅火機之配置標準:乃依各不同場所及其潛在火災之類型,而予以配置適用之滅火機,其計算方式如下:

1、棚廠

地板面積在150平方公尺以下者配置2 1/2G 泡沫滅火機及10P乾粉滅火機各一具,或2 1/2GABC 滅火機二具,超過150平方公尺者,每增加150平方公尺各增設一具,總面積超過1000平方公尺者,應增設 40G 泡沫滅火機一具。

2、辦公室

地板面積在400平方公尺以下者配置2 1/2 泡沫滅火機及 10P乾粉滅火機各一具或2 1/2 ABC 滅火機二具,超過100平方公尺者,每增加100平方公尺增設一具,總面積超過1000平方公尺者,應增設40G 泡沫滅火機一具。

3、油庫

地板面積在400平方公尺以下者,配置10P乾粉滅火機一具或 ABC 滅火機一具。

(二)、棚廠管理

1、棚廠內嚴禁煙火,及禁止放置油類或氧氣瓶等易燃物品,應按規定備有適當之滅火機、消防砂、消防水及醫藥箱,並派專人保養維護。

2、棚廠內應保持整齊、清潔,各通道及進出口應通暢無阻,避免在通道上工作。

3、油及水不可任意灑滿在地上,應隨時于以清除。

4、棚廠內應標明各種警告標誌(線),各插座應標示電壓。

5、棚廠內載具材料及地面裝備,應劃定停放區,並按定位排放。

6、工作中應禁止打鬧、亂跑、嘻戲以免發生危險或影響安全。

7、未經許可之車輛,禁止駛進棚廠。

8、載具進入棚廠內,應架接搭地線。

9、嚴禁在棚廠內實施載具之試車。

10、工作中切除之保險絲或五金零件,應收入FOD 桶中,並準備塑膠袋及橡皮圈,裝置拆下之螺絲、螺帽及零件。

11、工作完畢後應清理地面雜物並拔下電源插頭。

三)、載具繫留

1、載具繫留時,機尾應朝向逆風方向。
2、載具繫留時應將各操縱系固定。
3、如預期有風速達20浬以上之強風時,應將載具疏散至安全地區。

四)、載具加油作業

1、如使用電動加油泵,其加油泵需與地面塔地,而加油泵與載具亦需形成塔地。
2、汽油容器注入汽油時應採過濾措施汽油注入載具之油箱時亦然。
3、加油前應檢查載具電源開關是否關閉,載具是否塔地確實。
4、加油完畢後,拆除塔地線,並蓋好油箱蓋。
5、加油中如遇50呎內有火警時或遇有雷雨,風暴及載具迫降時應立即停止加油作業。

五)、機工具使用

1、避免使用規格不符之工具。
2、應以正確的操作方法使用工具,禁止將鉛管套於板手柄,以增加力矩。
3、手工具應裝上適當的手柄,如手柄鬆動時應即重新裝妥,以策工作安全。
4、所有手工具應須事先檢查良好後,才可使用。
5、工作完畢後應清點工具,不得將任何工具遺置載具傳動機件區,或隨地亂放。
6、隨時保持工具清潔,不須潤滑之工具不可沾有油污,以免市使用時滑脫傷人。
7、工具應集中管理,防止散失及便於保養,並建立檢查制度。

六)、電器(氣)

1、各種電器(氣)設備使用規定之導線及保險絲(保險絲的最大容量,大約等於導線安全電流的1.5到2倍)。
2、各項電源插座應標示電壓,易燃物品應遠離電源線路。
3、感電救人第一步切斷電源,第二步行人工呼吸,第三速送醫院。
4、總開關應加蓋並以危險標誌,警告他人勿擅自接近。
5、發現電力設備有異臭,異聲,冒煙,發熱,冒火花等情況時,應立即切斷電源並予處理。

七)、油庫

1、油料儲存處50呎內應嚴禁煙火。
2、油料儲存處應按規定備有適量的滅火機,並按時保養維護。
3、油料儲存處應有適當之土牆或明溝於緊急情況時,避免油料外洩,減少危害。
4、油桶應時常檢查,防止油桶破損,油料外洩,減少危害。
5、油料儲存處,應能使其空氣流通。

三)、載具繫留

1、載具繫留時，機尾應朝向逆風方向。
2、載具繫留時應將各操縱系固定。
3、如預期有風速達20浬以上之強風時，應將載具疏散至安全地區。

四)、載具加油作業

1、如使用電動加油泵，其加油泵需與地面塔地，而加油泵與載具亦需形成塔地。
2、汽油容器注入汽油時應採過濾措施汽油注入載具之油箱時亦然。
3、加油前應檢查載具電源開關是否關閉，載具是否塔地確實。
4、加油完畢後，拆除塔地線，並蓋好油箱蓋。
5、加油中如遇50呎內有火警時或遇有雷雨，風暴及載具迫降時應立即停止加油作業。

五)、機工具使用

1、避免使用規格不符之工具。
2、應以正確的操作方法使用工具，禁止將鉛管套於板手柄，以增加力矩。
3、手工具應裝上適當的手柄，如手柄鬆動時應即重新裝妥，以策工作安全。
4、所有手工具應須事先檢查良好後，才可使用。
5、工作完畢後應清點工具，不得將任何工具遺置載具傳動機件區，或隨地亂放。
6、隨時保持工具清潔，不須潤滑之工具不可沾有油污，以免市使用時滑脫傷人。
7、工具應集中管理，防止散失及便於保養，並建立檢查制度。

六)、電器(氣)

1、各種電器(氣)設備使用規定之導線及保險絲(保險絲的最大容量，大約等於導線安全電流的1.5到2倍)。
2、各項電源插座應標示電壓，易燃物品應遠離電源線路。
3、感電救人第一步切斷電源，第二步行人工呼吸，第三速送醫院。
4、總開關應加蓋並以危險標誌，警告他人勿擅自接近。
5、發現電力設備有異臭，異聲，冒煙，發熱，冒火花等情況時，應立即切斷電源並予處理。

七)、油庫

1、油料儲存處50呎內應嚴禁煙火。
2、油料儲存處應按規定備有適量的滅火機，並按時保養維護。
3、油料儲存處應有適當之土牆或明溝於緊急情況時，避免油料外洩，減少危害。
4、油桶應時常檢查，防止油桶破損，油料外洩，減少危害。
5、油料儲存處，應能使其空氣流通。