

44-7.56
482
3

應用科學叢書
大眾滑翔學
羅錦春著



正中書局印行

序

一九三九年的中國巨擘青年——韋超在一九四〇年的植樹節，溘然長逝了！這是中國滑翔史上的巨大損失，關心滑翔前途的中華兒女，誰都替這滑翔創作者，作一陣會心的傷感！也同時振起一種剛毅的勇氣，來承繼這滑翔英雄未了的志願。

韋超是一個坐而設計，起而飛行的滑翔創作家，他的犧牲，毫無疑義的會使中國的滑翔歷史，增了一個無窮的創痛，留下一個絕大的傷痕！但是凡是愛好滑翔的志士，都應負起完成滑翔大衆化的責任，及發揚滑翔國防化的天職。

滑翔是建設大空軍的基礎教育，而空軍又是國防的偉大壁壘，無空軍就談不上國防！現代化的國防線，建築在天空的氣海中，比之陸地上，或海面上的防線，尤為重要！現代的生存競爭法，是立體式競爭的垂直軸，所以滑翔事業的重要性，並不亞於海上的鐵船，或陸上的要塞。

作者在國內和這滑翔創作家，是食住行同在一起的同學，在英國念書時也是食住行同在一塊兒的同學，當他成功的時候，固然感覺吸着愉快的空氣，在他長辭的時候，又感覺特別要為中國的滑翔界痛惜！這本小書的作意，大半是在介紹一點滑翔的常識，略盡一個國民的責任；可是，假使有人要說是爲着紀念自己的朋友而動筆，那我也不加以否認！

鐘齊誌於成都 二十九、九、九

目 次

第一章 滑翔歷史的演進	1
第一節 古代飛行史話	1
第二節 溫塞的滑翔建樹	2
第三節 架駛滑翔機的先進	2
第四節 複翼滑翔機的製造	3
第五節 萊特兄弟的功績	4
第六節 亞邱德剛的水上滑翔機	8
第七節 哈塞與米雪斯密的滑翔機	9
第八節 近代的滑翔事業	9
第九節 中國的滑翔史話	10
第十節 滑翔是良好的運動	12
第十一節 近代滑翔機的安全性	12
第十二節 滑翔的經驗談	13
第二章 滑翔氣流與原理	15
第十三節 氣流動力	15
第十四節 大氣結構	15
第十五節 同溫層與變溫層	17
第十六節 空氣重量的討論	18

(1)

67603

目	次	3
第三十八節 拉曳的運用原則	...	66
第三十九節 設備與儀器	...	66
第四十節 飛行試驗	...	67
第五章 滑翔的園地	...	68
第四十一節 滑飛與飄飛	...	68
第四十二節 飄飛的定義	...	69
第四十二節 靜力飄飛與動力飄飛	...	70
第四十四節 飄飛所必須的上升風力	...	71
第四十五節 滑翔因素	...	71
第四十六節 滑飛與飄飛區域	...	72
第四十七節 用氣球求上升氣流的現象	...	75
第四十八節 煙霧的利用	...	76
第四十九節 產風地帶	...	76
第六章 滑翔駕駛員的訓練	...	79
第五十節 滑翔的初步訓練	...	79
第五十一節 滑翔飛行員的訓練方法	...	81
第五十二節 座位與初級的進度	...	81
第五十三節 飄飛	...	84
第五十四節 滑翔的教授法	...	85
第五十五節 拉曳滑翔機應注意之原則	...	87
第五十六節 訓練滑翔泛論	...	89
第七章 滑翔教練機的建造方法	...	94
第五十七節 翼肋的形式	...	94

	目	次	9
第七十九節	鋼	...	135
第八十節	飛機材料概況	...	136
第八十一節	蒙布與塗料	...	139
第十章	滑翔機的動力概念	...	141
第八十二節	滑行的理論	...	141
第八十三節	飄飛的理論	...	151

第一章 滑翔歷史的演進

第一節 古代飛行史話

公元前 1300 年，希臘哲學家第達來 (Daedalus)，因逃難而以蠟黏羽毛，作成雙翼，借其子依加賴 (Icarus)，由格里特 (Crete) 飛至西西里 (Sicily) 島中，其子少年氣壯，高飛入雲，逼近太陽，蠟翼受熱溶化，乃溺死海上。這是一段神話式的飛行史。又約在公元前 400 年，泰蘭頓 (Tarentum) 的哲學家和數學家阿吉泰 (Archytus)，曾運用其匠心製成一個木鴿，使之飛行，其飛行之距離為五十呎。上述兩段，都是歐西滑翔史話的源泉。至於我們中國的飛行史，則首推戰國時代的公輸子了，據說他當時善製飛鸞，但找不到可信的史籍，無從考據，到了漢朝，傳說韓信曾令其間諜坐於風箏之上，高飛探敵，測知敵軍的行動，所以每戰輒克。這些傳說，不但中國人作為閒談的資料，即歐美飛行史話也有這樣的記載，所以現代飛機的軍事價值，早就給韓信開了先河！

法國鐵鎖工匠俾斯納爾 (Besnier) 於 1678 年，曾製成一種翼狀物體，繫於手足之上，使之上下鼓動，有如飛鳥的活翼，其翼分為四葉，俾斯納爾從樓上的走廊，滑落小屋的瓦頂，藉着四葉活翼的輔助，居然安全飛了下來，當時他感到了成功的呼吸，十分滿意。降至 1742 年，法國伯葵維侯爵 (Marquis de Bacqueville)，曾一度發生飛翔的

(1)



興趣，乃建一滑翔機，由侯爵大樓窗口滑下，飛渡花園的上空，落在一艘婦女洗浴的畫舫上面，這是多麼風韻的一段滑翔史！

第二節 溫塞的滑翔建樹

中古時代的意大利人利康那度達溫塞(Leonardoda Vinci)是一個天才的藝術家和軍事工程師，他所繪就的圖畫，和機翼構造的說明，證明了他當時的飛機設計，是與近代的滑翔機構造非常相似。他一生所作成的彫刻和圖畫，創造了近代飛機的形態，而他的圖則和機翼的機械結構理論，更開了近代飛機設計的先河，成功了滑翔機的基本工作。溫塞死了以後，藝術家嘉比(Garber)承繼溫塞的思想，構成一架比溫塞計畫的滑翔機約小四分之一的滑翔機模型，這模型現在保存於華盛頓的工藝博物院裏，是以人力搏動，鼓翼飛行的小飛機。溫塞最成功的思想，就是計畫飛機尾部安定板的翹角(dihedral)；這給與維持自動安定性以莫大的補助。

第三節 駕駛滑翔機的先進

世界滑翔機成功紀錄的創造者，就是英國人佐治加利爵士(Sir George Cayley)，他發明了近代化的滑翔飛行，屢著成效，他的滑翔角是十八度，滑飛了好幾回，這不能不算是十九世紀的偉大創作。加利爵士，不但在滑翔飛行方面建立功績，並且發明了空氣動力學的原理，和飛機平衡定律，及飛機的操縱法。

1867年法國陸軍上尉拉卜里(Lebris)，建一類似海鷗式的滑翔機，用兩輪車拉之上昇，高飛三百呎。這是利用氣流的趨勢而上浮

的。同時，德人鄂圖里梁索爾（Otto Lilienthal），和其弟加斯他維（Gustave），也研究飛行的原理，他們創造一個滑飛的葉翼，繫人於翼中，而由山頂上滑下，由此經過了不斷的改造和試飛，而造成了今日世界滑翔事業的發展。

1895年英人沛斯比爾查（Percy S. Pilcher），製成一架151平方呎面積的飛行葉翼，能飛至394呎的距離，這可算是滑翔紀錄中的一個成功小階段。不過，他當時感覺上述的滑翔機太易損壞了，所以他另創了一架較大而堅固的滑翔機出來，這機的重量是79磅，（在當時已算是重的機構）。機翼的面積172平方呎，可是，在滑飛測驗時，這樣過於重笨的滑翔機，很不容易操縱，所以終於再從事輕量滑翔機的製造，和飛行，結果得着不少有價值的紀錄。最後，他自己製成一部四匹馬力的發動機，裝在他最新式的滑翔機上，可惜在他未行試飛這有發動機的飛機之前，這位滑翔家却溘然長逝了。

第四節 複翼滑翔機的製造

芝加哥的土木工程師張紐特（Chanute），感覺單翼滑翔機太不穩定了，所以他設計一種新產品，以彌補這個缺陷，就製成各式雙翼及複翼的滑翔機，來做實驗的工作。張紐特複翼機的形狀，如圖2A所示，為四葉機翼和一個尾翼的滑翔機，在機翼上端，另有一葉與飛行方向平行的頂翼，用以安定全機昇力的中心，其滑飛角為十二度，但不能十分優越。後來張紐特感覺複翼仍不能滿足飛行的條件，於是再造一種雙翼機來替代前者，而且使牠的下翼微形彎曲，和里梁索爾滑翔機的拱翼，作1:12之比例。這雙翼機的總重量為22磅，連

駕駛人共重約 172 磅，由張紐特的助手試飛，雖經了七百次的滑飛，從不曾發生過一次失事，這何等安全而穩定！雙翼機的滑飛速度為每秒 33 呎，滑飛角則介於七度至十二度之間。

滑翔飛行史中最奇妙的一頁，要算是三十五年前的蒙特哥末利教授(Professor Montgomery)了，他是美國加州(California)的教授，由高飛 2,500 呎的氣球中，垂坐一架新式的滑翔機滑飛下來，安然抵達地面，這可算是滑翔紀錄中的一件奇績。

第五節 萊特兄弟的功績

萊特兄弟(Wright brother)的創造，不但是飛機飛行的鼻祖，同時也是滑翔機的建功者，他們服膺於滑翔事業，作里梁索爾和張紐特的信徒。不但是科學的研究家，同時更是航空機械的實行者。他們利用張紐特的設計原理，精心探索，做成了不少的滑翔機，並且對於空氣動力學的闡發，不遺餘力。他們所製成的第一架滑翔機，面積較小，其第二架滑翔機則較大，約為前者的兩倍，全機面積為 308 平方呎，里梁索爾的成功作品，全機面積是 151 平方呎，里查最稱意的滑翔機全面積是 165 平方呎，張紐特的機翼面積為 134 呎。萊特兄弟前輩所建的滑翔機，從沒有這樣大的面積的，可是萊特兄弟深信他們的操縱機械安穩可靠，所以有這樣大的決心毫不猶豫地去實驗牠。(如圖 1(A)的所示)

萊特兄弟在第二架滑翔機試驗中，發明了一種滑翔的新技術，就是突破過去滑翔家的起飛繩墨，而另闢新門徑。在萊特兄弟以前的起飛方法，是由山頂上滑飛下來的，可是萊特兄弟卻利用兩個助

手，在起飛時，把機翼扶正，比及機翼產生昇力(lift)以後，乃自行騰空翱翔，安然離陸矣。同時他們發覺滑翔機的前阻力(head resistance)太大，又把機翼的前緣改成流線形，以減少阻力，這樣他們居然能在山邊滑飛了300呎的距離，雖在流動速率每小時二十七英里的氣流中，也能安然遨遊於空際。他們第二架滑翔機的機翼面積已大，所以重量增至108磅，機長14呎，高6呎，翼展(span)22呎，這機作了不少新的滑飛工作，並且是第一架裝有滑板(skid與飛行機的skid不同的，所以稱為滑板)的滑翔機，這是萊特兄弟對於滑翔事業的偉大建樹。

萊特兄弟的第三架滑翔機，是專門拿來試驗滑翔機的安定性的，全機總重量116磅，翼展32呎，翼弦(chord)5呎，其展弦比(aspect ratio)介於6與7之間，對於近代

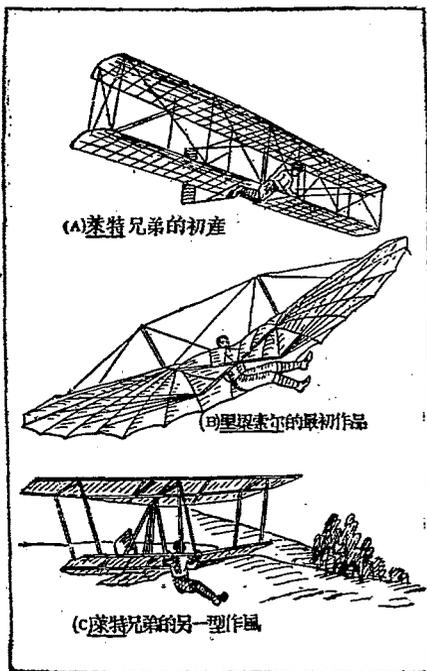


圖1 滑翔機的鼻祖

展弦比的計算，實有莫大的啓示。這機的升降舵(elevator)，具有15平方呎的面積，在操縱上，尚稱如意。可是萊特兄弟們感覺牠還不夠安定，所以後來又加上了一塊6.4平方呎的安定板，實開今日飛機尾部安定板(stabilizer)的先河。

萊特兄弟在滑翔安定及操縱方面，均有絕大的新貢獻，因為他們感覺滑翔機兩翼的平衡，須要有特殊的機構來補助，就發明把下翼後緣作彎捲的活動，用以調劑兩側的安定，這就是彎翼(warped wing)的使用了。彎翼的彎曲愈多，則該翼的昇力增大，而阻力亦大，由是而形成轉變的趨勢，並可平衡兩翼的平衡狀態。他們嗣後又感到彎翼的不足，乃更發明方向舵的使用，以調整滑翔的方向，於是就孕育了今日三軸安定性的三項操縱了，——即副翼(aileron)，方向舵(rudder)，和升降舵(elevator)等操縱是也——。他們更領悟到若把方向舵和彎翼的操縱聯綴，可以得到更良的滑翔效果。因為方向舵和彎翼的動作調協，可以互相增加安定的

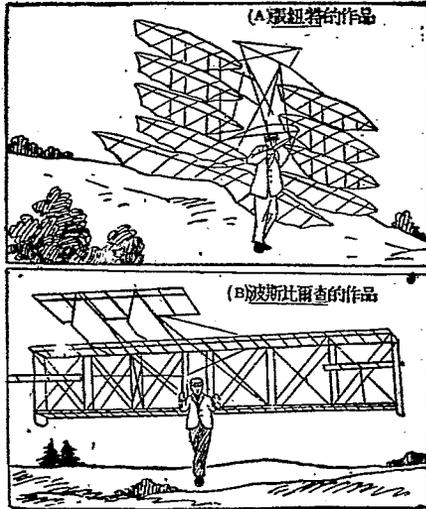


圖 2 古代滑翔機

性能。自從他們造了這第三架的滑翔機以後，他們作許許多的滑飛。滑飛的角度，都在七度以下，結果成功了1902年的滑翔經驗，保育着1903年的飛行創作，變成人類史策中的大偉人。

萊特兄弟能於每小時14哩至36哩的流動氣流中滑飛，其滑飛的時間，延至30秒；而滑飛的距離，卻遠遠622呎。雖然在1903年的初秋，萊特兄弟在空中滑飛至一分鐘之久，但這可以證明了單靠氣的支持，是不能長久翱翔於空際的，所以就啓示了他們使用動力飛行的動機，他們承認若能把一部發動機裝在機上，其飛行的效率，必定遠超滑翔的成果。於是他們進行動力飛行的研究，旋又製造一架堅固的滑翔機，(如圖3(A)所示)，把他們自己設計製成的12匹馬力發動機裝上，竟於1903年十二月十七日公開試航，遂開人類

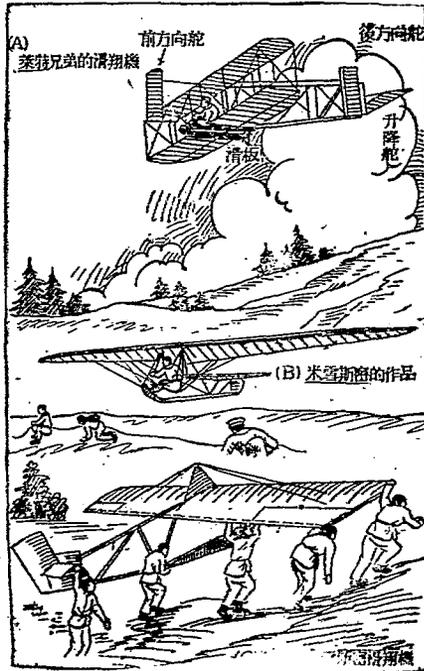


圖3 古代的滑翔機

的飛航史話。

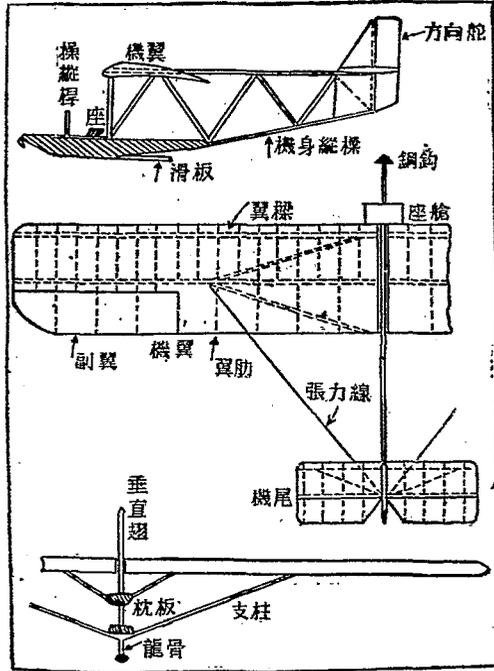


圖4 滑翔機的簡影

第六節 亞邱德剛的水上滑翔機

當萊特兄弟正與高采烈研究滑翔飛行的時候，不少知名之士也同時進行滑翔的試驗，當時法人阿訥斯亞邱德剛（Ernest Archdeacon）便發明了水上滑翔機，成爲世界水上飛機的鼻祖。他的滑翔機

裝有兩個浮艇(pontoon)，滑飛於水面上煞有興味，牠起飛的方法，是用一個小汽艇在水面上拉使前進，比及速度增加，昇力漸大，乃離水面而高飛。不過當時亞邱德剛試飛時，汽艇拉進的速度，約為每小時22英里，而且逆着每小時4英里的風力。亞邱德剛當日的水上飛機，對於飛行方面，並不十分成功，因為那時還沒有平衡定律的關係。未後，這位法國人又造了好幾個滑翔機，在1904年繼續試驗於雪默(Berck-Sur-Mer)海灘之上。

第七節 哈塞與米雪斯密的滑翔機

哈塞(Harth)與米雪斯密(Messerschmitt)兩人，在1910年開始製造他們第一架滑翔機，這機同時也是第一架能變動前衝角(incidence)的高翼(high wing)滑翔機，這機的機翼前緣較重，而以一種機械的方法，來操縱機翼的角度。哈米兩氏最初試飛時，恆在地平線上面演習，一直到了1914年，才獲得安全而平穩的滑飛結果，他們的滑飛速度，為每秒鐘49呎。哈塞氏在1916年的滑飛演習中，竟能以每秒26至33呎的滑飛速度，保持着三分半鐘高度相等的滑翔。哈氏又在1920年中，表演着更驚人的滑翔奇績，他在魯安(Rhoen)試飛，能在速度不變的條件下，飛至距離起飛點有164呎的高空中，他當時滑飛地面的斜坡，却為二度至五度間的陡角。如圖3。這些滑翔演習，默示着1940年的空軍偉大魔力。

第八節 近代的滑翔事業

滑翔事業的突飛猛進，是今日大眾化的運動。自里梁索爾輩的

古典滑翔起，而至耶紐特的複翼變遷，萊特兄弟的改良進步，以迄於現在超絕的德國滑翔事業止，中間經過不斷的研究，不斷的試飛，形成了今日世界上驚人的空軍基礎教育。

近代滑翔紀錄的進展，確有一日千里之勢，昔日數秒鐘數分鐘數小時的滑翔至今已成陳跡，1933年八月，史蔑特 (Schmidt) 的空中停留滑翔紀錄為36小時又35分鐘的長時間，至1932年的遠距離滑翔紀錄，是165英里的遠程，為格勞安可夫 (Groenhoff) 在慕尼黑所建的功績。而1934年二月的滑翔高度紀錄，卻是節特馬爾 (Dittmar) 在巴西首都奧沙治納羅 (Rio de Janeiro) 演時的功績，其高達12,631呎，這些近代的滑翔奇績，在在表示着人類的進步。

第九節 中國的滑翔史話

中國古代的滑翔，像公輸子的飛鳶及韓信的風箏這一類的史話，我們似乎可以不必詳加議論，最值得我們效法的是現代的中國滑翔事實，這事實的作者，是中華民族1939年的巨擘青年，這青年建了滑翔功績以後，就在1940年的三月十二日溘然長逝。他是為着播散中華民族的空軍建軍基礎教育的種子而犧牲的，他把他的整個生命赤騰騰地獻給國家，他自己一點沒有遺憾，不過，中華民族的青年們，卻不勝悲悼痛念，在中國滑翔事業上，是一件大損失，在國家軍國民教育上，是一個絕大的創傷！他就是深入每個青年腦海裏的韋超先生。韋君幼年就失了怙恃，幸虧他兄長韋永成先生的培育，由鄉間攜往上海，就近督導，入浦東中學讀書，畢業後升入之江大學，旋乃考選留英公費生，在未放洋之前，先入國內航空學校學習航空機械，卒

業後，即於1933年春出國赴英，入曼哲斯特（Manchester）工業大學研究，並在亞扶勞（A. V. Roe）飛機製造廠，阿姆斯湯（Armstrong Siddeley）發動機製造廠，阿姆斯湯飛機製造廠（Armstrong Whitworth）及生德勞（Sannders-Roe）飛機飛艇製造廠等實習工程，直至1935年的暑期裏，他的大學生活始行結束。畢業後，爲博覽計，他徧遊英國各飛機工廠及機場，考察英國的航空事業，旋以未學飛行爲憾，乃於1935年秋轉赴德國專學滑翔，1936年秋初的時候，他在德國滑翔學校畢業，因學術優美，受奧大利滑翔學校的聘請，乃任該處滑翔學校的教師職務，極受學生的愛護和景仰；旋以異域生活，非青年所長安，乃於1937年春返國。欲以發展祖國的滑翔事業，用以補助航空教育的普及。抵國後，在國內飛機修理廠任工程師，旋又因事赴滬，並遊南京，得與京滬各名人相把晤。適大公報諸先生，熱心於提倡滑翔運動，乃拔資購置滑翔機一架，（即現在之大公號）；擬於1937年全國運動會中表演，以作倡導滑翔運動之偉業。不幸是年七七戰事爆發，我國的抗戰軍興，此醞釀半載的滑翔表演，遂告中輟。自從我國抗戰建國大業開展以後，韋君追隨黨國先進，在抗戰洪流中，努力進行其滑翔的初志，竟於1939年冬，在成都機場，首作滑翔的驚人表演，繼而作重慶上空的滑翔壯舉，使全國青年，對中國的滑翔事業，抱着無窮的願望，和堅固不拔的信心，這可以說是中國滑翔史的創舉，同時也是中國滑翔史的新紀元，這種畫時代的科學貢獻，對於抗戰建國的中華民族，展開了偉大的光明前途。

雖然韋超先生不幸已作光榮的殉職，可是中國的滑翔界，絕不因為他的犧牲而中斷，中國的滑翔青年，雖偶然失去了他們的導師，

但竟能發揮韋君未竟的職志，這一方面由於韋君勇往精神所感召，另一方面卻由於中華兒女歷史上一貫傳統英邁氣節所造成，所以在中國滑翔史策中，韋超是英勇的創造者，而億萬優秀的青年，卻是滑翔界的承繼人了。

第十節 滑翔是良好的運動

滑翔是一種優良的運動，對於青年們的身心，都有無限量的好處。翱翔於太空中，既無飛機發動機和螺旋槳的嘈雜聲音，而有御風而行的暢快。靜可以修養個人的思想和技術，動可以振作國民的風度。就私人方面來講，有提倡高尚娛樂的主旨，又可以鍛練我們的體格；就國家方面來講，更可以養成多量的空軍基礎人員，而消費則不若飛機飛行那麼龐大。

滑翔是一件很安全的飛行事業，青年們可以隨處學習，或演習於原野之間，或滑走於山坡之側。處此科學技術化的今日，提倡學習高尚的滑翔，實為補助政府建立強大空軍的好方法。

第十一節 近代滑翔機的安全性

近代的滑翔機，比舊式的滑翔機安全得多了，舊式滑翔機沒有適宜的操縱機械，沒有舒適的座位，沒有良好的機翼結構。現在的滑翔機，既能操縱自如，升降浮沉，都可加以調整，而且在滑翔機整個設計上，已有長足的進步，所以今日的滑翔，實在談不上甚麼危險。如圖 4 所示，就是近代初步訓練的滑翔機圖樣，因機構簡單，雖不能作滑翔高級技術的表演，但可算是安全的初步滑翔機。

假使我們滑飛的時候，身心寧靜地進行我們的操縱工作，那末，對於滑翔的平衡狀態，自然能夠繼續維持，這樣，當然不會發生任何不幸，因為我們已經了解滑翔原理之後，對於這一個問題，自然易於解答，況且，我們的滑翔的操縱法，又是那麼簡單，更可以使我們安心駕駛了，除非遇着大風的時候，我們要十分加以注意罷了。

第十二節 滑翔的經驗談

德國著名滑翔者格林倍爾 (Wolfgang Klemperer)，曾有這樣的一段描寫，他說：“滑翔是高尙無比的運動，當你越陌度阡，遨遊於氣海的時候，恰似鴻飛天際，舉措自如，矚目下方，其樂無極，實有空中主人翁的氣概，這是多麼暢傲呵！當你靜心考察地球上的空氣氣流動向時，應付自然的手段，又須何等敏捷！若能消磨數星期於野外的帳幕生活，作滑翔的運動，這是世界上最有意義的行為。滑翔運動，是科學化，體育化的優良訓練，因為牠需要你的理智來應付各項體格和學術的培養”。

美國林白大佐 (Colonel Charles Lindbergh) 則有這麼的一節批評，他說：“滑翔飛行，不但因為牠的降落速度能低至每小時十哩而增加飛行的安全性，同樣地也是學習駕駛飛機最經濟的飛行教育呢。滑翔機的操縱原理，完全和飛機的操縱一樣，一個滑翔學生，可以在他的滑翔過程中，練習他的飛行感覺，對於轉側降落等行為的神經知覺訓練，實在較諸飛機經濟得多了。滑翔也是一種興奮的運動，美國人士，不分長幼，皆視為高尙娛樂之一，集少數人的資力，便可購置一架滑翔機，將來美國滑翔事業的振興，可翹足而待，我希望能在

三年之間，養成百萬滑翔機的駕駛員，活躍於美國大地之上”。

由於上面航空界創作者的啓示，我們知道滑翔運動，是今日刻不容緩的國防重要工作，不但男子可以參與，即女子也可以參加，美國亞美利亞愛霞女士 (Miss Amerlia Earhart)，就是美國第一個女滑翔家，至德國參加滑翔運動的女子，則指不勝屈了。

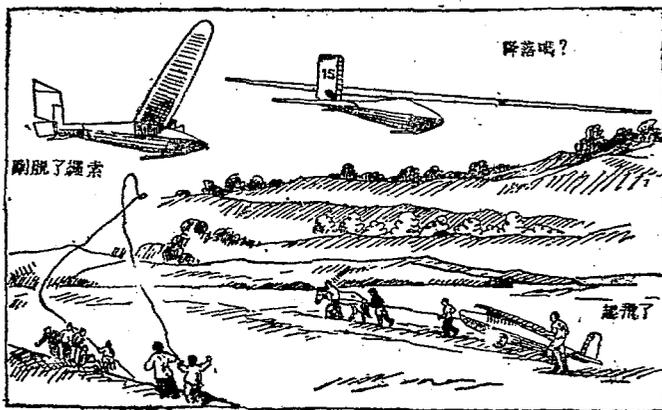


圖5 起落的滑翔姿態

第二章 滑翔氣流與原理

第十三節 氣流動力

空氣在太空中，是流動的氣體，可是牠流動的情形，極為複雜，其流動緩慢則為微風，其流動急激則成暴風，氣流緩，則力小，氣流急，則力宏，這是天然氣海中的變化，而影響於滑翔的實施，卻就至大了。風力是氣流動蕩而生的現象，地面受熱而氣體較輕，遂使體輕的空氣上升，形成上升的氣流，但上方密度較濃，體質較重之冷空氣，因而隨之下降，作為補充空間的動作，遂為下流的活動氣流了。

地球輪廓的自然形狀，因四季寒暑之不同而異其溫度，又因地殼岩石質量之變化，和地殼凹凸不平的形態，更足以引起種種不同之溫度，由溫度之變遷，因而形成種種複雜的風向。例如盛夏之日，平原的溫度，當較森林為高，故平原上空之氣流上升，而森林上空的氣流下降，因為平原的上升氣流速度較諸森林的向上速度為快也。（如圖6）

假使我們的滑翔機是在平原的上空，那末，自然上升較易，但若到了森林上空之上，那就快要下降了。這就是滑翔運動對於氣象學最值得研究的一種課目，也就是氣流動力的主要原因。

第十四節 大氣結構

哈佛大學 (Harvard university) 青山 (Blue Hill) 氣象台台長亞歷山大麥亞特 (Alexander Mc Adie), 是大氣結構學的權威學者, 他對於大氣, 曾有這樣的說明, 他說: “空氣是一種機械性的混合物, 不是化學性的化合物。其中有五分之四是氮, 五分之一為氧, 雖然在這種比率下, 還有少量其他罕有的氣體, 但可置諸不論, 故作上述的質量比較。可是, 在航空氣象方面來講, 除了氮氧為大氣結構的主幹外, 還有兩種重要的物體, 即水氣與塵土是也。這水氣與塵土, 其影響於滑翔飛行者甚大, 因為水氣往往能惹起雲霧之變化, 雨雪之交馳, 和雷電的震擊, 這樣就增加了飛行的困難, 而成為失事原因之一了。又如空氣過乾, 則飛機上的木質機構鬆裂失效, 若空氣過濕, 則木造部分更易於腐化, 此亦為水汽在大氣中作怪的現象。至如飛行時突被

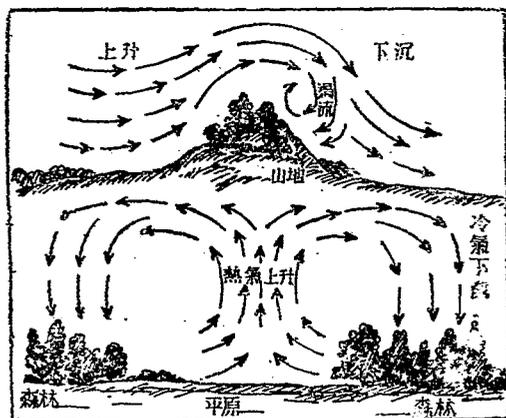


圖 5 地勢的自然氣流

冰結機上，則更屬危險的因素了。此外塵土飛揚，瀰漫空際，使氣海形成塵海，自然也非飛行的福音。總之，大氣是極不穩定的東西，氣壓、氣溫、密度、都不能像我們理想的大氣那麼規則，牠是萬變的物質，一切固定刻板的定律，都不適用於研究氣象的變化，大氣是圓球狀的氣海，不是堅固有形的固體，不但我們不能把牠分為若干層，也不能把牠分為若干組，這是多麼靈活的氣流！”

第十五節 同溫層與變溫層

環繞地球外邊，有兩層大氣的氣海，一層叫做變溫層 (troposphere)，另一層稱為同溫層 (stratosphere)。變溫層接近地殼的表面，同溫層卻在變溫層的外圍，這兩層氣海都像地球外面的流動氣殼，把地球包裹着。變溫層的厚度，約為海平線上十公里的距離（即約六英里的厚度），在這範圍界線內的氣海，其氣壓、氣溫、密度、恆為變動的狀態，所以一切氣象的變化，都在變溫層界內；而同溫層則反是，因為同溫層的空氣穩定，氣溫一律，絕不因離地遠近而改變其溫度，即高度雖增而溫度固定之謂也。在 1934 年，意人唐納特 (Donate) 曾以飛機上達 14,443 公尺之上，1936 年，英人史璜 (Swain) 曾以飛機上達 15,230 公尺之上，1935 年，美人安德生上尉 (Capt. Anderson) 和史迪芬 (Stevens) 用氣球高入 22,066 公尺的同溫層中，這是人類在同溫層中的活動紀錄，他們都異口同聲地承認同溫層是最理想的飛行界線，不過，滑翔機卻不易達到那麼高的氣海罷了。

變溫層是在同溫層的下方，環着赤道和緯線而纏繞，在赤道附

近，這變溫層最厚，而在南北兩極處，則這層的氣海最薄，因為牠緯度的極向而愈薄故也。北極圈內變溫層的厚度為 4,000 公尺，赤道上的變溫層厚度為 17,000 公尺。（若在南北兩溫帶的上空，自然沒有這樣厚的變溫層氣海）。

普通在空中飛行時，氣壓、氣溫，都有儀器作我們的指導者，（即氣壓高度表和氣溫表），惟有關於空氣密度一項，還沒有詳明的指示。所以高空的密度，不易為人察覺。根據一般科學的考察，在 8,000 公尺高度時，全世界的空氣密度，都是一樣的。若超出 8,000 公尺以上，則赤道上空的空氣密度，卻比兩極較為濃密了。在低平線的時候，空氣密度為氣壓氣溫的函數。凡是氣壓操縱範圍的區域，稱為氣壓圈（barosphere）。凡是空氣密度為氣溫函數的區域，稱為氣溫圈（thermosphere）。在滑翔機本身的能力內，很難上達變溫層的表面，不過，將來若用飛機拖拉的話，也許能夠渡入同溫層也說不定。

第十六節 空氣重量的討論

空氣是有重量的東西，所以就有阻力。遠在十八世紀的時代，德國工程師加爾菲特力米文（Carl Frederick Meerwin），就早已知道空氣阻力定律了，當時他計算每 130 平方呎面積的空氣，可以支持一人的重量，這個推測很和事實相近。他更決定若在水面試驗空氣的浮力，當比較為安全。這更引起近世德國徐伯林伯爵（Count Zeppelin），和美國梁格斯教授（Professor Langley）的水上實驗的先例了。

第十七節 風的起源

空氣和含有熱量的地面相接觸時，則和暖的氣流上升，而寒冷的氣流下降，因為冷空氣的密度較重，所以突趨於暖氣流上升後的空間，而補其位置。這種氣海對流的現象，就是風的起源了。原野上空的空氣，其溫度常較湖沼森林上空的空氣溫度為高，所以平原上空的上升氣流，自較湖沼森林上空的上升氣流為較速（這自然祇指日間，不是夜裏）。在兩種不同之上升速度對比之下，遂形成上升和下降的交流空氣，這就是給我們用作滑翔的氣流。空氣的動力和氣流之速度成正比例，大概每小時流動2哩的風速，可以產生每平方呎0.01磅壓力，於一塊與氣流垂直的平板上，若果風速增至每小時15哩的話，那末，牠對於這垂直平板的壓力，就變為每平方呎0.67磅的壓力了。風速的測計，是由飛機上的氣速表而知道的。

表1. 風力表（根據貝福風力標）

風的名稱	陸地測候所之貝福風標說明	標準密度時的平均風力		速度(哩/小時)
		風標等級	壓力(磅/呎)	
靜風	輕煙直上	0.00	0.00	0
似靜風	煙隨風向，但無風勢。	0.01	0.01	2
輕風	樹葉擺動。	0.04	0.08	5
細風	樹枝隨風而動。	0.13	0.28	10
節風	塵土飛揚，樹枝搖動。	0.32	0.67	15
節疾風	池水波紋，小樹搖曳。	0.62	1.31	21
高節風	電線頻響，把傘困難。	1.10	2.30	27
大節風	大樹搖動，行走困難。	1.70	3.60	35
暴烈風	折樹損瓦。	2.60	5.40	42
烈風	茅舍倒，樹倒震塌。	3.70	7.70	50
狂風	房屋損壞，大樹翻根。	5.00	10.50	59
狂風	折風所過，廢舍為墟。	6.70	14.00	68
颶風	颶風猛烈，陸地少有。	8.10—10.90	17.00以上	75以上

註：貝福風標(Beaufort scale)由靜風起至颶風止，靜風=0，颶風=10。

第十八節 空氣的阻力

空氣阻力，是一切飛機的主要障防物，當然滑翔機也不能例外。在滑翔機的時候，最能減少空氣阻力的形狀，要算流線形（Stream line）了，所以流線形是一切飛機結構的理想形狀。

空氣阻力的增加率，適為滑飛速度增加率的平方，例如由每小時 5 哩的滑飛速度，增至每小時 10 哩時，則其空氣阻力，增加四倍。（因由 5 哩增至 10 哩，適為兩倍，故 2 的平方為 4 倍的空氣阻力矣。設 5 哩的阻力為 x ，則 10 哩的速度時之阻力為 $4x$ 是也），若由 5 哩的速度，增至每小時 50 哩的速度，則速率的增加率為十倍，而空氣阻力的增加為百^次。

但使氣流的流動速度為每小時 60 哩，那末，牠的阻力幾近於每平方呎 17.7 磅的壓力了。所以克服阻力的力量（即馬力）增加率，適為速度增加率的立方。上述空氣阻力的增加率，祇是速度增加率的平方而已。我們若將滑翔機的滑飛角度，用操縱的技能把牠改變，那就等於把機翼的前衝角改變了，這樣一來，滑翔的位置既已變更，則滑飛的風壓力，自然隨而增減，所以翱翔空際時所需要之力量，也不是一定的了。因為機翼的設計，常以減少空氣阻力為有效之原則，當然在昇力（lift）和浮力方面，不能不略為犧牲。近日各航空界，為研究空氣阻力的有效變遷計，常常不惜重金，構造風洞（wind tunnel），專門考察空氣阻力之減少狀態，作為設計滑翔機、飛船、飛機等的精密參考。

滑翔機在空氣中的滑飛情況，恰似魚游水中，船行水上，不過，水

的浮力大，氣的浮力小，所以滑翔機的滑飛，是專靠滑飛前進時所生的空氣動力，以維持滑翔機的重量。但空氣動力的產生，卻由於氣流與滑飛時的下降速度相配而成的現象。倘若氣流動向和昇力的分力大於滑翔機的下降速度時，這滑翔機就可以上升空際了。

第十九節 阻力與昇力的關係

滑翔機的翼洞(Aerofoil)，恆為流線形，所以機翼的空氣阻力，往往不若圓柱體、球體和長方形各種形狀之大。機翼在滑飛時對於風向或氣流的關係，不能超過十六度的角度，因為超出十六度關係角之外，就會減少機翼的昇力，形成墜滯(Stalling)的現象了。可是若在十六度關係角的範圍裏，則機翼與氣流關係之大小，恆與昇力成正比例(在近代具有襟翼(flap)的飛機機翼，其機翼與氣流或風向的關係角，恆比十六度為大，即可增至二十五度之譜)。滑翔機之所以能在空中滑飛，原因是由於滑飛時的速度，使機翼下面產生壓力，和機翼上面產生吸力，(suction)有以致之。吸力與壓力相合而成的結果，就是機翼的昇力了；有了昇力之上浮，所以能夠抵抗滑翔機和人體的重量，因而翱翔於空中矣。其對於飛行的基礎原理，完全和飛機的飛行原理一樣，不過，滑翔機不需用發動機的機械力量，而利用自然的氣流與滑飛的技術和人工的機構，來實踐飛行的任務。飛機則利用發動機的力量，來改造氣流和飛行的動力。這是二者不同之點。

翼面上方的吸力，往往比下方的壓力為大，所以就整個機翼昇力來源而論，上方吸力所成的昇力，往往佔全翼昇力的75%，下方壓力對於昇力的貢獻，祇約25%。雖然，昇力的變遷，情形頗為複雜，因

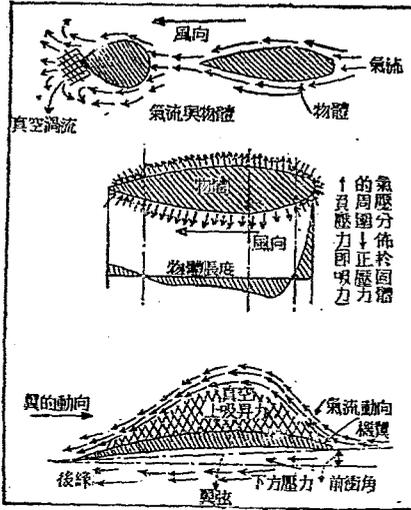


圖 7 氣流與機翼的現象

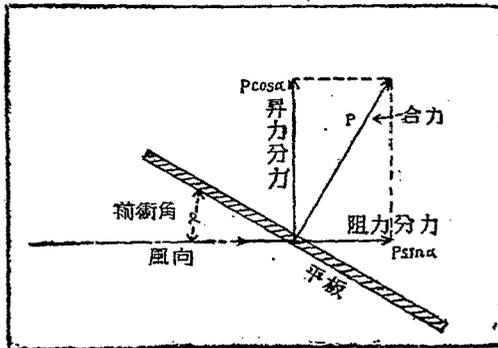


圖 8 昇力和阻力

爲翼形形狀的變易，展弦比 (aspect ratio) 的大小，前衝角的增減，和滑飛時與氣流互動速度的快慢，均爲改變全機昇力的因素。滑翔機的昇力，既爲抵抗重力的主要因素，則翼面下方的壓力，爲直接的上浮力量，翼面上方由局部真空產生的吸力，乃間接的上浮力量，蓋以上下兩方氣流速度不均的比率，實爲促進機翼上方局部真空吸力的來源。我們之所以能夠滑飛於空際，主要的條件，就是要求氣流風向與機翼互動的速度，這速度會引起機翼上方的吸力和下方的壓力的。

第二十節 空氣壓力與速度的變遷

表 2. 爲風向與每平方呎垂直面積在種種流動速度間之壓力關係。

表 2. 氣流速度壓力表

呎/秒速度	呎/分速度	哩/小時速度	磅/平方呎壓力
1.47	88	1	.005
7.33	440	5	.123
14.67	880	10	.492
36.60	2,200	25	3.075
73.3	4,400	50	12.300
146.70	8,800	70	24.163
146.60	8,800	100	49.200

上表的情形，乃由固定之物體，在流動的氣流中所得的壓力結果，雖然或與物體運動於空氣中的情形，稍有不同，但其表示壓力由

速度而增加的意義卻完全一樣。這種實驗足以證明：當機翼與風向的關係角，在適宜的斜度時，大可以增強全機的上浮力量。因為阻力最小昇力最大的時候，就是我們最理想的滑翔角度了。所以昇阻比率(lift-drag ratio)最大之時，其昇力愈高，而阻力愈小，而滑翔的能效生焉！（如圖 8 所示）。

高速度的風力效能，任何玩過風箏的人都會知道牠的力量，除非我們找着了氣流的趨向，否則風勢愈強而操縱的繩線必然愈緊，不易升空，所以開放風箏決不是一件簡單的事情，必須我們了解風向以後，在地面上使牠滑飛了相當的距離，始能上升，這樣的滑飛，就是使風箏得着速度和上升的壓力了。假使我們在沒有風勢的時候來開放風箏，則滑走地面的人工引力一旦停止，風箏立墜，絕無升高的機會的。飛機和滑翔機飛行的原理，就是根據機翼面積所發生的昇力以維持其全機的重量，倘若機翼面積所得到的氣流壓力和吸力，較大於全機的重量，則機體上浮，否則下降。但機翼壓力和吸力的增減，却因着空氣與飛機互動的速度而改變。在重量不變條件之下，滑翔機的機翼面積愈大，則其前進的速度和需要上浮的風力必愈小，因為在同一條件下的飛機，其翼面之大小與速度壓力成反比例。

大凡翼面愈小，則其每單位面積的載重量必增，而其滑飛風力的需求亦愈大。所以飛機與滑翔機的設計原則，互有優劣的地方太多了，非有精密的實驗，來折衝各方的長短不可。飛機與滑翔機飛行條件不同之點，就是一個能以發動機螺旋槳來自生活動氣流，一個不能自生活動氣流而利用自然氣流而已。

第二十一節 氣核和氣袋

在飛行的航程中，不論是飛機或滑翔機，都常常會遇着氣核 (bumps) 的。尤其在卷雲 (cirrus cloud) 裏面，氣核特別盛行。界於 15,000 呎的高度間，氣核亦常遇見，但最多氣核的地帶，要算是較低的雲層裏了。討論氣核者，往往把氣層分爲兩大部分，此項氣層的厚薄，我們姑且不計，祇類別其氣核的組成而已。接近地面的氣層中的原因，大都因爲地形或地面上的障礙物（如高塔高山大廈森林等是也）所致，至於海面及大湖的上空，則甚少氣核之存在。縱因氣流的雜亂或氣體的上升間或有之，但亦不若山地帶氣核之甚也。

最多氣核的地方，當然是邱陵地帶，大山的上空，和山谷的空域了。氣流因高山的障礙而生渦流 (eddy)，而渦流頂端的氣體，常較他處爲冷。這樣就發生着下降氣流於山陰之側了，牠下降的斜度是沿着山坡的形勢的。不但山陽的氣流上升，山陰的氣流下降，即荒野的平原和森林的上空，也有同樣的現象。因爲山陰的空氣較冷而下降，那末，森林上空的空氣，較冷，故亦下降。山陽與荒原相似，森林與山陰相同，二者相互而生的現象，完全一致。冷熱之迥異，氣流升降之不同，氣流渦流的起伏等情形，所以就成爲構成氣核的主要因素。若在兩大氣流交界處，兩大組織不同的雲層裏產生氣核，那就不是氣核的正常現象，但這類氣核的危險性，卻十分惡劣了。

氣核的擴大性，不但根據氣流變位的情形而確定，同時也視飛機的速度和飛機的總量而變遷。可是，滑翔機對於氣流動向易於追隨而順其自然之趨勢，所以不常受劇烈性的氣核撞擊。但飛機則不

然，因為飛機自己有着前進運動的能力，所以對於氣核的撞擊，較為嚴重。滑翔機能御風而翔，順天然的氣流而升降，較之飛機的藉着人工動力而運動者，不可同日而語。不過，滑翔機體質既輕，滑飛空中之際，輒易顛簸，一若小艇之比郵船然，其因波浪而擺動的情形，當然較為劇烈。

假使渦流不大，自然氣核的撞擊性亦減，若滑翔的速度增加，也可以減少撞擊性的成分。滑翔機的翼展，常比飛機的翼展為大（在同一比例情形之下），所以若遇氣核於側方，則傾斜之勢立見。倘整個滑翔機投入氣核之內，那末，這流對於空中的活物，就不得不隨之而



圖 4 氣流的概況

浮沉於氣海之中了。

氣核的危險性，以地面氣層為最甚，因為地面上的建築物、森林、池沼、高山、大川、高原、山谷等都是構成氣核的因素。各種物形的變態，使吸收太陽熱力的性能不同，由於溫度之不同，遂形成氣海中各種渦流及空氣對流的現象，倘對流的溫度不一，那末，對流的速度也隨而增減矣。在地面表層空氣的溫度一致的時候，則氣海無波，氣核絕跡，所以氣核常生於日間，甚少在夜裏的。如圖 9。

氣流運動之時，若遇固定之物體，則發生渦流，此乃自然的趨勢，其情形一若江河裏的暗礁殘岩一樣。不過一為氣流，一為水流而已，所以氣流若遇障礙，則其活動之能力增加，如水流灘上，因為空氣與

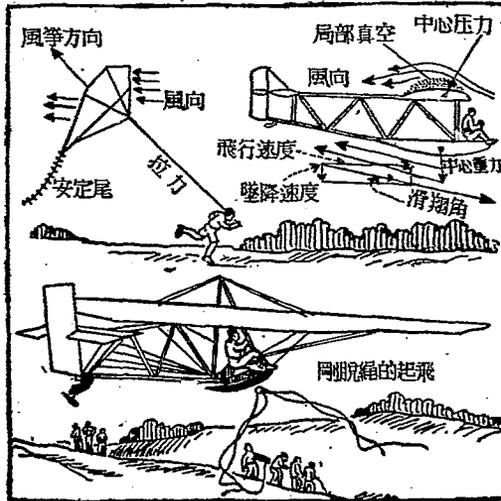


圖 10 滑翔機的重力和風等的拉力的對比

地面發生摩擦的緣故，普通與地面接觸的氣層，其流動速率比諸高氣層的流動率為慢，所以氣袋往往產生於低空。在兩種上升下降空氣交流的交界地方，特別是在交流圈的頂端和基部，氣袋的構成尤為常事。

第二十二節 重力的吸引

在地球上的任何物體，都有一種趨向地心的力量，這地心吸引力的力量，就是物體的重量。假使某物體自由於太空之中，則其受地心吸引力的運動，恆為一直線的運動，但吸引力的大小，卻隨物體質量之不同而各異，所以我們對於物體受地心引力而生的重力，也就有輕重不同的重量了。若物體受阻於太空中，不能直接接觸地面時，則這物體受地心引力而發生壓力，這壓力就是物的重量。各種重量的單位，乃用以釐定物體質量的名詞，所以物體質量的地心引力愈大，則這物體的重量也愈重，欲求物體重量的減輕，必須使該物體的地心引力減少。可是，地心引力，又因距離地心的遠近不同而差別，但最大地心引力的地方，要算是地球的表面了。由地球表面而達地球的中央，其吸引力的大小，與距離地心的遠近成正比例，例如在深入地層二千哩以下的物體，其所受之地心引力，祇等於該物體在地面上所受的吸引力的半數而已。不過，若由地面做起點來計地球上的空間距離，那末，就是我們所稱的高度了，高度愈高，地心引力愈小，因為高度與地心引力成反比例。例如：距離地面上四千哩的高度，其地心引力，卻為該物體在地面時的地心引力的四分之一了。可是，我們人類現在能夠到達的天空高度，卻不能產生若何較大的區別，所

以我們討論飛行的時候，也置地心引力的距離差異於不論，因為我們能夠活動的太空，與理論上的地心引力變遷率，太過渺小了。

我們知道，最足以支配滑翔飛行的力量，就是地心的吸引力，所以專門用以對於這種引力的力量，就已在不少了。無論任何滑翔機的翱翔運動，都靠這地心引力的牽動而滑飛，下降速度和滑飛速度的對比，與乎偏斜風向的速度，及滑翔角度等，均為滑飛運動的要素之一。不過，輕量的滑翔機，牠的被引力量也較小，倘若在同一機翼負重(wing loading)同一偏斜風向速度情形之下，則這較輕的滑翔機的滑翔距離，當比較重的滑翔機的滑翔距離為較遠。所以高空滑翔的滑翔機結構，常比低空滑走的滑翔機為較輕。而高空滑翔機的形狀，亦比低空滑翔機設為流線上，用以減少空氣的阻力。

第二十三節 氣流壓力的產生

物體在太空中和空氣互動的時候，往往產生氣流的壓力，這壓力也就是空氣的阻力，因為空氣是有重量的東西，所以物體在空中活動時，就會產生阻力，其阻力的來源，恰似船行水面時的阻力一樣，不過，當着飛機御風而行的時候，是整個體積沒入氣海裏，當然牠的阻力是全部的，和船浮水面的局部阻力，略有不同之處，其沒入氣海的情形，倒十分相似於魚游水中了。但是水的密度黏着力比較空氣為大，自然水的阻力也較空氣為大，單就空氣阻力來講，其阻力的大小，是由飛行物體的形狀和氣流的速度而異，譬如風箏之高飛，全靠我們在地面上的繫線牽拉，和風力的吹動，苟風停線脫，則風箏立即下墜。風箏的簡單原理，已如圖 10 所示，是藉風力和拉力而上升，藉

尾部以安定其壓力的平衡狀態。最初的風箏，是我們中國人發明於數千年前的玩意兒，可是，有用的飛機和滑翔機，都給歐美人士發明了，這可說是我們祖先輩不能承繼先賢科學思想的一個缺憾，我們今日的青年，再不該因循苟且，應急起直追啊！

第二十四節 滑翔機的御風原理

近代滑翔機的結構，是採取上彎的機翼，來支持機身，內部活力的操縱，卻由操縱系的機械完全負責。至於這滑翔機的精神主宰者，就是駕駛人了。在升降方面，有着陸滑走的設備，在滑飛自然環境的變遷方面，有滑翔儀器的指示，所以今日的滑翔，是絕無疑義的一種安全的大衆航空運動。可是，滑翔機最值得人們注意的地方，是不費動力，不耗經濟，不需給養，而能安然翱翔於霄漢之上，這是多麼微妙的快事！但飛機則不然，雖然說飛機是我們航空國防的最後目的，可是，在大衆化的經濟條件之下，我們為節省物力計，還感覺飛機的消費太大了一點。滑翔機和飛機在飛行條件上不同之處，要算是天然和人工的不同了，滑翔機是利用自然的氣流而飛翔，飛機是利用人工的動力而活動，滑翔機要賴天然的補助，但飛機則不全靠天時的運用，所以飛機的昇力，是由機翼上方的吸力和下方的壓力而產生，而這種吸力與壓力，又藉發動機的運動螺旋槳，使發生引進力量之所致。因為飛機的昇力很大，能夠支持龐大的重量，惟滑翔機卻沒有巨大的動力供給，自然昇力也沒有飛機的昇力那麼強大了。（此指在同一結構情況而言）。

當着飛機上昇的時候，牠的昇力比重力為大，牠的引進拉力比

空氣的阻力爲較強，所以能上騰。若在不飛，則昇力與重力相等，故能維持原狀不升不降，且拉力與阻力亦相等，故能不加速也不減速度（其平飛的動態，是按牛頓的慣性定律而運動的）若欲下降，就得增加阻力減低昇力了。可是滑翔機卻有異於是，因爲缺乏了螺旋槳的拉力，所以談不上高速度的任意升降，必須藉氣流和滑翔角度的改變，以求升降的昇壓力量，滑翔機的起飛是用人工拉進，就無異於飛機的螺旋槳拉力。兼以地心引力的關係，配合滑翔的角度，所以能在空中滑走，再不需拉力了。初級滑翔的滑翔角度，是根據下墜速度和滑飛速度的比率而決定的，這兩種速度分力的合力，便造成了牠的滑翔角。

滑翔機的滑飛速度，是依靠機翼面積的大小和偏斜風向而變遷的，而其下墜速度，卻以滑翔機本身的重量與機翼的負重而轉移，還有，倘若駕駛員的操縱技術高明，也可以減少下墜速度而增長其滑翔的距離。因爲技術優良的滑翔員，能夠把偏斜風力的價值改變，而作較遠的滑飛距離了。雖然性能大小一樣的滑翔機，技術高超的駕駛者，能夠把下墜速度減小，飛行速度增大，所以產生一個有效的飛行合力，來縮小滑翔的角度。這麼一來，對於滑翔的效率，自然增大了。

第三章 滑翔機泛論

第二十五節 滑翔機類別

滑翔機約分爲四種：第一種是舊時傘狀的降落滑翔機，無滑飛的能力，操縱無方，祇是給古代科學家拿來做試驗之用，絕無現代滑翔之價值的。第二種是近代化的滑翔機，有方向舵、升降舵、及副翼等操縱機構，宜於初步滑翔訓練之用者。第三種是現代高級飛行的滑翔機，一切構造完全機械化、流線化、近代化，宜於作高級飛行，或空中列車（以飛機爲前導，後拉以若干滑翔機）之用者。第四種是現在進行實驗中的理想滑翔機，或利用活翼的鼓動，或改變機翼的前衝角，使能操縱自如，藉以更變中心昇力，爲升降浮沉之用者。

第一種滑翔機是古代里梁索爾和張紐特等的作品。第二種滑翔機是初步訓練的簡單工具。第三種是滑翔機專家的玩品。第四種是實地將來改進的先聲。我們現在所急於實施的，自然是第二和第三兩種了。第二種的構造既易，學習亦較單純，最易於在短期內完全大衆化。第三種的構造精密，設計周詳，除了沒有發動機以外，牠的外貌飛機樣似的，這是功能偉大的滑翔機，需要優良的駕駛人員，才能發揮效力。

第二十六節 風行一時的單翼機

現在最流行的滑翔機，大部是單翼的，因為牠的構造簡明，重量輕巧，易於操縱的緣故，所以成為現代最標準的結構，如圖 11(B)(C) 兩圖，為初學上的方便計，初步滑翔機的設計，是力求輕巧，是以對於構造上，不若高級滑翔機那麼精密，但是牠的體態是一樣的，不過，高級滑翔機的機翼和機身的流線形，較為顯著一點罷了。

假使上升氣流的力量不大，那末，我們的滑翔機就須要具備着較低的下墜速度，和較輕的機翼負重，但是，這樣的滑翔機，難免對於空氣動力效率上，有點犧牲了。因為牠的支柱、座位、鋼繩、操縱機械等，都暴露於氣流之中，當然增加了不少阻力。倘若阻力一經增大，則牠的飛行和滑飛速度，也不得不減少。這樣滑翔機設計上的一種矛盾條件，在乎我們自己善於取捨而已。

就滑翔機的效率來講，滑翔的角度，是由下墜速度和滑飛速度

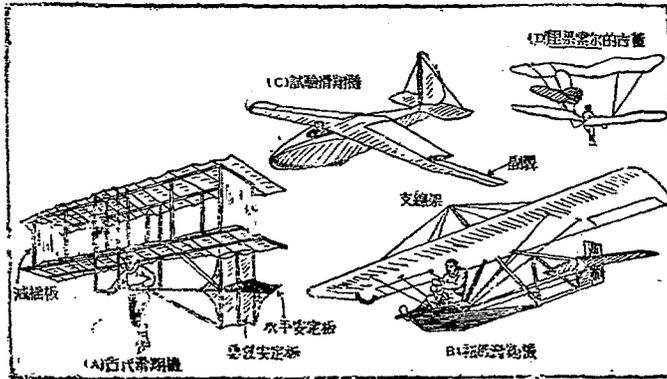


圖 11：古今滑翔機的對比

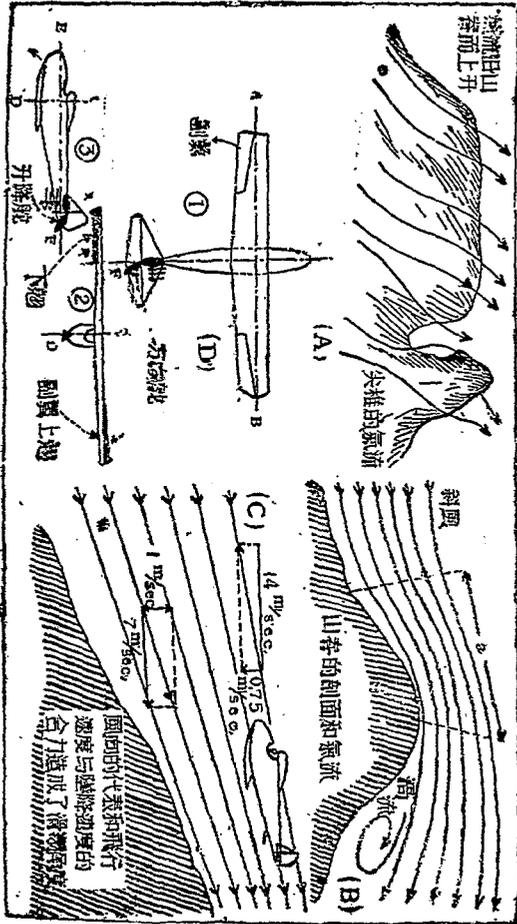


圖 12 產生有效氣流的山坡

的合力而得來的，如果我們的下墜速度不變，而能單獨增加滑飛速度，那末，滑翔角度自然減小，而滑翔效率增加矣。所以滑翔機的主要條件，是一方面想辦法減輕下墜速度，另一方面增加其滑飛的速度，這就是滑翔機構造上的絕大進步了。

第二十七節 滑翔機的操縱

滑翔機的操縱系，分三軸：

1. 垂直軸(vertical axis)。
2. 橫動軸(transversal axis)。
3. 縱動軸(longitudinal axis)。

這三軸的變遷，都直接影響滑翔機的動向。所以在高度操縱的時候，其橫動軸不變，而垂直軸和縱動軸變其方位，這是升降舵負責的任務，專司高度的操縱了。在方向操縱方面來講，就是垂直軸不變，而橫動軸和縱動軸都改變方位，這是方向舵的責任，牠專司方向動作的操縱的。至於安定操縱的機構，要算是副翼了。副翼專司傾側的動作，就是維持縱動軸不變，而垂直軸和橫動軸變動的動作。

上述三軸的改變運動，都有專門的機構來負操縱的責任，所以稱為操縱系。操縱系的詳情，均如圖 12 所示。至如操縱的方法，則升降舵和副翼，均以操縱桿支配之，而方向舵則以兩個踏足板轉動之。這些操縱桿和踏足板的位置，都在機身座位之間，管理十分容易。假使我們要上升或下降，祇把操縱桿略向前後推移，就可以完成任務。推前的時候，滑翔下降；移後的拉動，則滑翔上升。如果我們要轉側的話，那就把操縱桿向左右擺動；左動則左傾，右動則右傾。至於

方向舵的擺動，卻有賴於踏足板的進退，方向舵左擺則左轉，右擺則右轉。

橫動軸的形成，有點特殊的地方，牠不是由重心力所構成，而是由於機翼和氣流動力的合力所組成的平均壓力線，這平均壓力線的變遷，完全賴着機翼斷面和氣流方向所成之角度而更改，即依機翼側面前衝角的大小而轉移其壓力線的位置。普通這平均壓力線的所在處，恆接近機翼前緣，約在翼弦三分之一的地方。

平常不規則的風力，——即這一邊的風力，比另一邊的風力較強——往往使滑翔機失其平衡的狀態，在風力參差情況之下，因機翼兩側的壓力大小不均，遂致機翼的昇力也不一致，因而搖擺不定，所以必需副翼的操縱，以求安定平衡。有時除了副翼作橫動軸的安定操縱以外，還有增加襟翼（flap）的結構，以安定壓力線平均。不過，襟翼除了能夠補助安定性而外，更可以增加前衝角的角度，延長昇力的效率，和減低降落的速度等，其他主要任務，為避免失速墜滯（stalling）的唯一好工具，至於自動翼（Auto-slot）的裝置，對於安定和失速，也有特殊的貢獻。

第二十八節 利用氣流的滑翔

利用氣流的滑翔，最能持久，所以能夠奪取世界滑翔持久紀錄的作家，必有高明的技術和精密的氣象才行的。能識別上升氣流的所在地，而充分與以滑翔的利用機會，則能延長遨遊空際的時間，這與長途滑翔和高空滑翔有點不同，牠要比長途滑翔和高空滑翔容易一些。祇要你能夠充分地利用氣流的升降，一切高度和距離都可以

不管，那總比高空和長途來得簡單一點吧！持久滑翔的技術，須要認清何處是上升氣流，乃利用之上騰，到了得了相當的高度，就滑飛下來。滑降的方向，須要對正第二段上升的氣流，預備滑降終結，乃更隨第二段上升氣流而上浮了。這樣繼續不斷地上升和下降，形成一種水波形的滑翔曲線，順其自然的趨勢，所以能夠久而不疲，恰似善於航海的水手，駕一葉的小舟，浮沉於波濤之上，而能安達彼岸，因其善于運用自然的方法，故能以逸代勞。

丘陵起伏的地域空間，是最理想的氣流滑翔，假使山丘形成馬蹄形的形狀的話，那就更妙了。倘若風向是由開口處吹進，那末，山谷裏的氣流，都是上升的，這樣給與滑翔者一個絕好的機會，可隨氣流的升降，往返浮沉於兩山之間。所以爭取高度滑翔紀錄的滑翔家，必須選取特殊的山勢，尋求強大的上升氣流所在地，作為高度滑翔的表演所在，才能達到上升高空的目的。因為丘陵的地帶，才能產生氣海中強大的空氣對流現象。空氣對流的原因，根本因為暖氣輕而上升，冷氣濃而下墜的緣故，上升所遺留的空間，給下墜的氣流補缺，

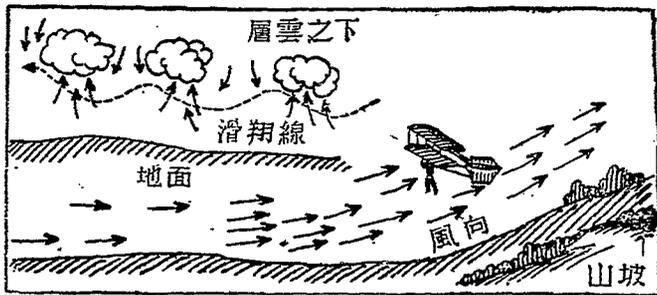


圖 18 層雲與山坡的氣流

所以就有對流的作用，和液體的對流作用，形式上有點相同的。

空氣對流的區域，常發見於森林、河流、城市、沙漠、山野、草原、山陰、山陽各地之間或積雲之下，但空氣的渦流，則往往因地形的起伏或建築物的障礙，遂引起水波式的起伏氣流，可作滑翔上升之用者。利用空氣對流或上升氣流的決定，完全由駕駛員自己來測度應付，若能於短促的時間，運用各處上升氣流的趨勢，這就是一個好滑翔員了。

第二十九節 滑降比率的意義

滑翔機開始滑飛的時候，第一件重要的工作，就是求得相當的高度，然後由這高度滑飛前進，以取得滑飛的距離。這種利用高度換取距離的飛行，就是滑翔的真義，苟能繼續利用上升氣流，繼續獲得高度，繼續滑飛空際，換取直線形的距離時，這便成為持久性的長距離滑翔了。可是每一架滑翔機，必有牠自己滑翔性能，這性能是不一定相同的，因為牠的滑飛速度和下墜速度不相同的緣故，所以滑飛時的水平距離與下墜時的垂直距離的比例，就稱為滑降比率（glide ratio）。換句話說，就是滑翔機在單位時間內的前進水平距與該單位時間內的下墜距的比率是也。（如圖 12 所示）。普通近代滑翔機的滑降比率，約由 10:1 至 30:1 之間，初級滑翔機的滑翔比率，卻以 12:1 為最普通。

長途的滑翔飛行，始於 1922 年，但現在卻成為滑翔界的必修科了。長途滑翔的要點，在能利用上升氣流，和尋求最優美的滑降比率，因為駕駛者若能操縱純熟，時常滑飛着最有效的滑翔角度，則必善

能致遠，由這一段上升氣流，滑飛至另一段上升氣流了，這樣繼續上升，繼續滑進的相互爲理，自然可以達到長途滑翔的目的。好像在這段上升氣流滑翔的時候，觀察到另一個陽光正照的荒漠上的上升氣流，就無法由這段氣流裏，滑越到那段荒漠的上空，再由荒漠上空，尋求其他上升氣流的空域，（如城市、丘陵、石山、沙漠、平原等地的上空是也）這就全靠駕駛者的技術，來克服彼此間飛越的困難了。這裏自然包括着滑翔比率的運用，和氣象學的研究，都是滑翔長途的重要課目。

在已經學過長途滑翔之後，更當學習有計畫的往返滑翔，往返滑翔自然比長途滑翔困難得多，可是也須經常練習才行，往返滑飛的困難焦點，是天氣的變化，和歸程的逆轉，逆轉時的滑翔，往往得着相反的風方的，況且，天氣的變化，沒有一時停止，我們要克服這種自然的變態，真不是一件簡單的事情，一方面靠我們滑飛的技術，另一方面靠我們氣象學上的氣流運用，才可以成功這種任務。有時長途滑飛的時候，還可以利用將要變爲大風雨的烏雲與層雲，但是，往返滑翔卻很難使用這種險惡的環境了。因爲密雲未雨的場合，其暖氣上升於雲層之下，往往就成爲很好的滑翔環境。再如高山頂上，常爲雲層所籠罩，剛在雲的下邊，這樣的山坡，最易達到滑翔時所需的高度，就是利用地形和層雲的好地方了。天才的滑翔家，除了善觀天變，利用氣流，技術精巧而外，沒有其他特別的秘訣。

第三十節 舊式的德國滑翔機概述

滑翔事業的發展，要首推德國了。因爲第一次歐洲大戰以後，牠

就作白熱化的滑翔運動，建立了大衆化的空軍基礎教育，結果，造成了第二次歐戰的空軍戰鬥員，這證明了滑翔運動對於國防上的重要性，是來容我們忽視的。

至於德國滑翔機的種類頗多，茲就其最著的機種，略爲分述之如下：

(A) 孔蘇式(Konsul)滑翔機 孔蘇式滑翔機，爲拔特書(Botsch)和史別斯(Spies)二人所設計，在潭士特(Damstadt)的巴比達夫(Bahnbedarf)公司製造(如圖14所示)。這機的設計要點，一方面側重利用各種風向的斜度，另一方面側重於長途滑翔的安靜狀態，所以一切的設計原則，都隨着這兩個條件而着手。這機是高翼的滑翔機，其翼展爲18.7公尺(61.35呎)，翼弦(chord)長1.2公尺(3.94呎)，所以機翼展弦比(aspect ratio)約爲15之譜。這翼的翼展雖寬，但祇有翼樑(spar)一條，並且沒有複雜的支柱(strut)，形狀頗爲整潔，中部的機翼翼樑，是一條箱式翼樑(box spar)，機翼兩端的翼樑，是一條I形的構造。箱式翼樑的機翼中部，長爲8公尺(26.25呎)，負重較大，兩端負重較小，故以I形的翼樑構成之。翼之前緣(leading edge)用複板(plywood)覆蓋，與翼樑的上下兩邊相連接，中部翼樑和外端翼樑的接合，是採用容克斯系(Junkers system)的套管接合法(sleeve coupling)，以球形螺桿及日形螺桿聯接之。這機的側面，類似米雪斯密(Messerschmitt)一樣，翼端漸作尖形，以減少前衝角的角度，並且，增加了昇力的分佈作用，來提高安定的效率。

這機的副翼操縱，自然是由操縱桿負責，當着方向舵不變的時

候，副翼的操縱，完全和平常的操縱一樣，不過到了左右轉動的時候，副翼的動作就不一樣了，右轉時右方副翼的擺動較多，左轉時左方的副翼擺動較多。在這樣大翼展的情況下，方向舵的受力是相當大的，若果得着副翼的幫助，自然有莫大的好處。這機的機身恰似魚形，上下脊腹均甚狹窄，好像戰艦的龍骨一樣，增加滑飛時的速度。這機的翼面積是 22 平方公尺，(236.81 平方呎)，全機的重量是 130 公斤

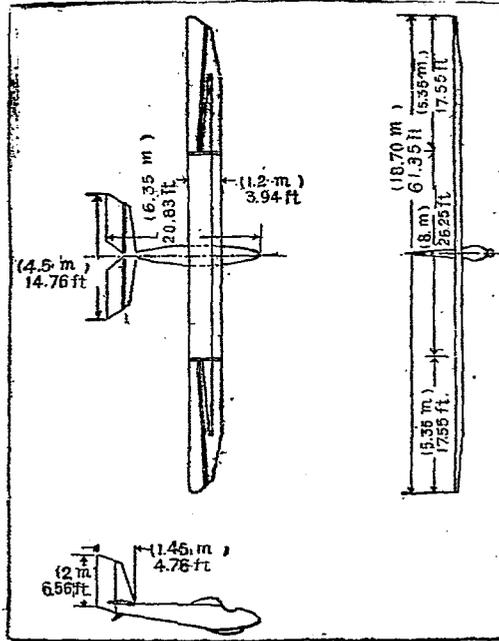


圖 14 孔蘇式滑翔機

(287 磅)，這種翼面與重量的比率，應該是滑翔很快的明證了。這機的昇阻比率，在每秒 14.8 公尺 (48.58 呎) 的速度下，其比率為 1:21.4；在 1923 年九月廿九日，拔特書曾用孔蘇式滑翔機，奪取世界滑翔的長途紀錄，超越過 18.9 公里 (11.74 哩) 的天空，當時感覺這孔蘇式滑翔機，確是一代的產品，不過，比諸格勞安可夫的 165 哩的長途滑翔，就有大巫見小巫之感了。

(B) 北立堅 (Pelikan H6) 式滑翔機 北立堅 H6 式滑翔機，是漢諾維 (Hannover) 高級工業學校的學生根塞 (Gunther)，馬丁 (Martens)，和美夏 (Meyer) 三人所設計的作品，他們受着博羅教授 (Professor A. Proll) 的指導，在漢維諾製成。這機的機翼也分為三段，即中部與兩翼端是也。翼有翼樑一條，前緣蓋以複板，內支硬管，機身亦為複板造成，作橄欖形，尾部漸小，流線畢露，其著陸處作貫珠 (tandem balls) 式的小輪兩個，用以替代滑板的工作。這機的副翼狹而長，升降舵和方向舵則為長方形的結構，這機的特點是沒有垂直翅 (fin) 及安定板 (stabilizer)，其狀況如下：

翼 展	15.0 公尺	(49.21 呎)
全 長	5.16 公尺	(17.26 呎)
翼 面 積	15.00 平方公尺	(161.46 平方呎)
翼面荷重	9.7 公斤/平方公尺	(1.99 磅/平方呎)
機 身 重	25.5 公斤	(56.2 磅)
翼 中 部 重	20.0 公斤	(44.1 磅)
翼 側 部 每 重	12.5 公斤	(27.56 磅)
升 降 舵 重	3.4 公斤	(7. 磅)

方向舵重 1.1 公斤 (2.4 磅)
 總 重 75.0 公斤 (165.3 磅)
 下墜速度 0.0447 公尺/秒 (1.467 呎/秒)

這機的滑翔角度甚佳。在 1924 年的時候，牠被羅治 (Koch) 駕駛，曾以 50 分鐘的時間，奪取羅史丹 (Rositten) 飄行紀錄。

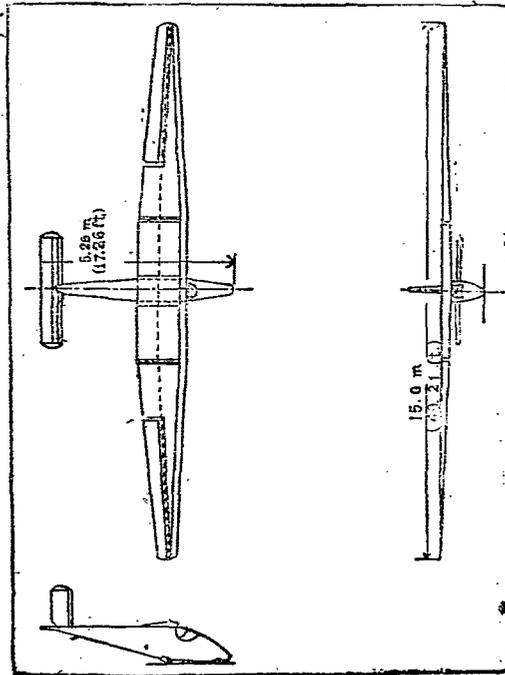


圖 15 克登式滑翔機

(C) 達得索耳(Der Dessaver) 滑翔機 這機的構成,如圖 16 所示,是德國得索(Dessau) 航空學會會員所設計的,機翼祇有翼樑一條,普通稱為單翼樑構造, (monospar construction), 翼之前緣,蓋以複板,全翼分為三部,其外部機翼之翼樑下方,用特殊的鉸環接合之,使與中部機翼相聯繫,這聯繫的鉸環是可以調整的,以增加機翼

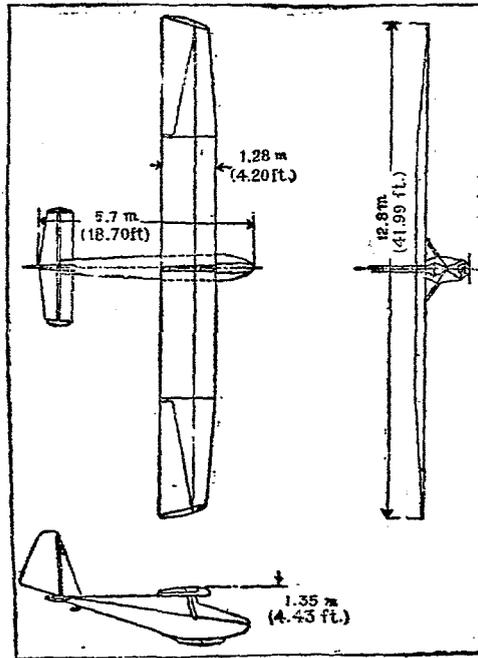


圖 13 達得索耳滑翔機

的平衡，翼樑上方的接合，卻用螺桿啣緊，並藉滑飛時的氣流壓力，使之上伸，所以不會下垂而更加鞏固。機翼的構造，是採用哥廷根 (Gottingen Profile 289) 289 的翼形，翼的厚度漸向翼端而漸小，機身是尖銳的流線形，略斜向上。

這機的機身，是利用皮層應力 (stressed skin) 的殼式 (monocoque type) 構造，所以沒有對角的張力線 (dagonal bracing wire)。起落架的裝置，是利用空氣彈力的減震滑板，至於機翼與機身相連的地方，卻在機身的主要擋板 (Bulkhead) 之處，用兩條短而大的支柱，在機身兩側連接之。為減少着陸時的震擊起見，在支柱的裏面，加以橡皮膠墊，當受重壓的時候，可以有 5 公釐 (0.2 吋) 的彈力。安定板與垂直翅都以複板構成，而安定板尤可以加以調整的操縱的。其副翼與方向舵的面積較大，可是，安定板卻十分細小，副翼的上下擺幅，在操縱時是下小而上大，即下彎的角度比上彎的角度為小也。如左副翼下彎的角度為 x ，則右副翼的上彎角度為 $x+y$ ，反之，右副翼下彎的角度為 x 時，則左副翼上彎的角度為 $x+y$ 也。這種操縱法，稱為差動駕駛 (differential steering)。其操縱的工具，也和飛機的操縱桿一般無二，至於這機的大概情形，則述之如下：

翼 展	12.8 公尺	(42 呎)
翼 弦	1.28 公尺	(4.2 呎)
展 弦 比	10	
機 長	5.7 公尺	(18.7 呎)
機 高	1.35 公尺	(4.43 呎)
翼 面 積	15.5 平方公尺	(166.84 平方呎)

安 定 板	0.95 平方公尺	(10.23 平方呎)
升 降 舵	1.5 平方公尺	(16.15 平方呎)
垂 直 翅	0.44 平方公尺	(4.74 平方呎)
方 向 舵	1.3 平方公尺	(14.00 平方呎)
副翼(每個)	1.66 平方公尺	(17.87 平方呎)
淨 重	115.0 公斤	(253.5 磅)
翼 面 荷 重	11.3 公斤/平方公尺	(2.31 磅/平方呎)

這機的荷重分配極佳，能夠作優美的曲線飛行工作，所以在魯康(Rhon)競賽會中，湯姆遜(Thompson)駕駛牠而奪得良好的結局。

(D) 潭士特(Darmstadt) 滑翔機朱舍烈(Geheimrat) 式 這機是高單翼滑機翔，為納哥拉斯(Nicolaus)與可夫曼(Hoffmann)二人所共同設計，而在潭士特的巴比達夫(Bahnbedarf)公司製造之，如圖 17 牠潭士特高級技術學校的滑翔機，頗為一時所向，這機的翼展為 12.1 公尺(39.7 呎)，機長 5.45 公尺(17.88 呎)，翼弦 1.41 公尺(39.7 呎)，翼面積 14.3 平方公尺(153.92 呎²)，其側面上彎 24 公分(9.45 吋)，機翼外部作梯形，翼展 2.75 公尺(9.02 呎)，翼端漸尖，翼內有翼樑兩條，一為主翼樑，一為副翼樑，翼之前緣蓋以複板，而橫動軸的操縱卻有賴於副翼了。

機身長 4.92 公尺(16—14 呎之間)，其橫斷面作長方形，不平面的流線形尚佳，但側面流線則略為失色。這機的起落架有兩個低的滑板，附於機身的兩側，滑板與機身之間，卻有氣墊為之緩衝，這氣墊是用鉛合金片來保護的。其升降舵的面積為 1.4 平方公尺(15.07

平方呎), 升降舵的操縱, 是在駕駛員座位的部分。當滑飛時的風向失調時, 升降舵是改變機翼前衝角的好工具。這機的方向舵面積是 0.35 平方公尺 (3.77 平方呎) 而垂直翅為 0.47 平方公尺 (5.06 平方呎) 的面積; 機翼的重量是 43 公斤 (94.8 磅), 機身的重量為 28 公斤 (61.7 磅), 機翼的荷重, 每平方公尺的面積, 負有 11.5 公斤的重量, (即每平方呎荷重 2.56 磅) 1923 年湯美 (Thomas) 曾用這機奪取空中持久滑翔記錄, 在 1922 年中, 霍克墨克 (Hackmack) 曾用這機高飛 320 公尺 (1,050 呎) 之上, 而作一小時又三十分鐘的滑翔表演。

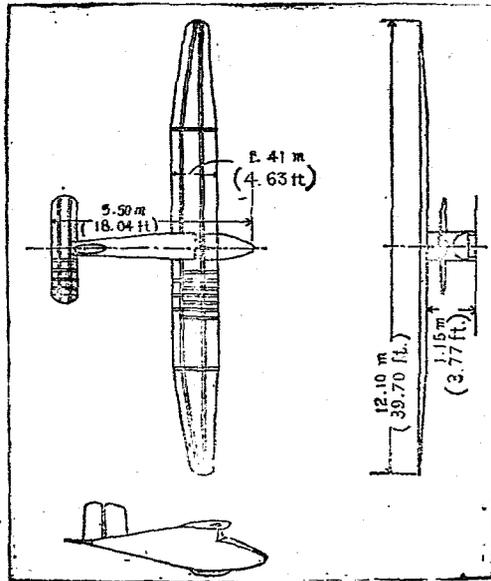


圖 17 漢士特滑翔機全圖式

(E)米雪斯密 (Messerschmitt) 滑翔機 S13 式 米雪斯密和哈塞 (Harth) 本來是合作的, 直至 S13 式以後, 才由米雪斯密一人設計, (如圖 18), 米氏自 S13 式起, 放棄過去採用操縱桿之設計, 而替以單獨操縱桿的構造。S13 式的安定板可以調整, 並能於已經調整後, 予以固定, 所以對於滑飛時的平衡, 頗為進步, 機翼內操縱, 卻藉鋼管之聯繫, 而以槓桿機械運用之。S13 式的翼展 14 公尺 (45.93

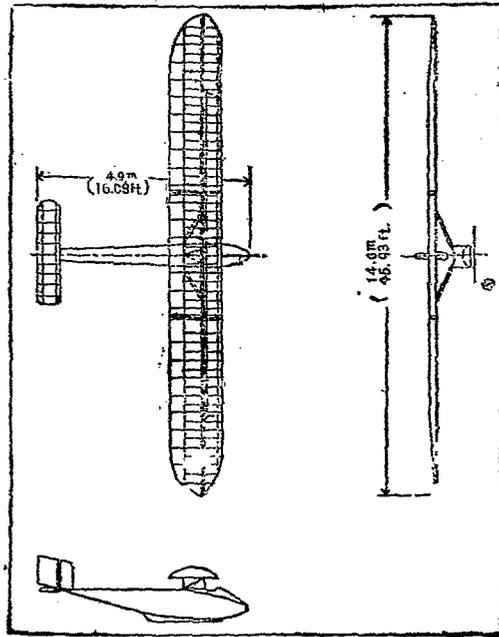


圖 18 米雪斯密 S13 式滑翔機

呎),機長 4.9 公尺 (15.08 呎),機翼的構成是單翼襟的結合,但翼肋(rib)卻有主翼肋與副翼肋之分。S13 式的機身斷面作長方形,而操縱軸的長度,卻有優美的流線,S13 式的起落架,是富於彈性的長滑板,機翼與機身的聯接,卻有賴於機身兩旁的支柱了。機翼的操縱是平行的,以三分之一的後緣(trailing edge)活動,來差動前緣的三分之二的固定部分。升降舵的操縱是槓桿,方向舵的操縱是鋼繩。這機的機翼分爲三部,中部則加以油漆,兩外部則否,在滑翔效率來講,這 S13 式確有相當的進步,不過,S13 式更比 S13 式改良多了。1823 年的魯康滑翔競賽會中,霍克墨克曾作一暴風滑翔表演,高飛 303 公尺(994 呎),這也算是過去滑翔界中的異彩吧。

第三十一節 近代的德國滑翔機

滑翔事業進展的神速,自然首推第二次歐戰初期握有優勢空軍軍力的德國了。滑翔的進步,就是空軍的進步,滑翔的成功,就是空軍的成功,這是現代立體式生活競爭的定律,表面上看來,似乎有點冒昧,可是,徵諸歐美空軍的建軍事實,卻又十分合理了!我們已知德國是現在滑翔最進步的國家;那末,我們且把牠近日在萊因競賽會中所參加的滑翔機種,討論於下:

(A) D.30 號滑翔機 D.30 號滑翔機,是潭士特航空技術會的作品,這機設計時的研究費用頗爲浩大,可是,牠的成就卻也不小,在萊因競賽會中,這 D.30 號卻對於空氣動力學方面,具有特殊的貢獻,牠曾飛行於浦力曼(Bremen)上空,造成長途往返滑翔的新紀錄。這機最精彩的構造,厥爲機翼,其翼展爲 20 公尺,翼之最厚處爲 15 公

分，翼樑為皮層應力的箱形構造，而以鎂合金（electron）板製成之，機翼前緣附以整形的翼肋，外覆以夾板，故在結構上頗為鞏固。機翼的後緣，為副翼和襟翼的所在地，能全部向下彎折，以為全機橫動軸操縱及降落時緩速飛行之用。這機的機翼，共分三部，即中部翼和兩外部翼是也。外部翼位於兩端，能向上彎折 10° ，向下彎折 2.5° ，一方面可以增加安定性和副翼的操縱性能，另一方面又可以在丘陵地帶升降，避免傾側時的機翼損傷，所以有這種活動外部的構造。機身座艙部份，為普通之橫隔架，外層覆以薄板，後部卻成為殼式的構造，而以鎂合金為外殼，以鉚釘鎖固之。D30 的升降舵均為木製，機底的滑板，裝有氣墊（air cushion）式的減震器，為升降起落時緩衝之用，機翼的上面，有活動小襟兩塊，豎起時可以作為擴大着陸滑翔角度的機構，如圖 19 所示。

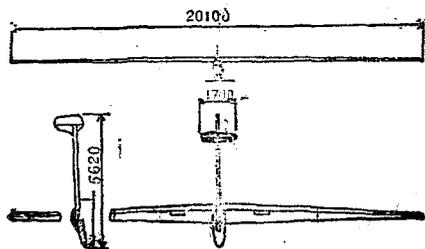
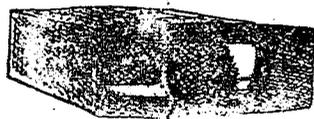


圖 19 (A) D30 滑翔機



(B) D30 機翼樑

(B) 白鷺 (Reiher) 號滑翔機 白鷺號為德國潭士特滑翔研究所所製造，牠與 D.30 號同為 1938 年最高性能的滑翔機，曾在雷雨中造成 7,800 公尺的高度紀錄，機翼為鷗型的中翼，前緣與翼樑前端構成抗扭箱形，牠的翼樑構造，是單樑式的夾板鑲合結構，左右兩翼樑，在機身中央直接結合，機翼所受的扭力，則由樑端的鋼管接頭，傳於駕駛艙後面的擋板上，使力量的分配，不致集中於接頭之上，免受損壞之虞，這機的外表，甚為光滑勻觀，並且裝有 DES 制動翼 (air brake)，結構精巧，機身機翼與機尾，裝拆尤為簡便，即三四人在一短小的時間中，便可完成任務。這機的翼型為哥廷根 549，但外端則易以最大昇力係數的哥廷根 676 翼型呢。如圖 20 所示。

(C) FS.18 號滑翔機 FS.18 號滑翔機，如圖 21 所示，為富爾蓋特航空技術會 (FFS Stuttgart) 所製，其機翼為單翼式，並有制動翼，以為操縱滑翔速度之用，FS 18 號裝有折翼式的襟翼，好像 D.30 號及白鷺號一樣，其起落架以輪為之，可以完全縮藏於機身之內，並在起落輪內裝有制動，以減少降落時在地面的滑走距離，這種機構，多為近代滑翔機所有，較舊式型種，尚無此項設備，這機的性能優異，是 1938 年的最享盛名的產品。

(D) AFH 4 號滑翔機 這機是漢諾維航空技術會 (FFS. Hannover) 所製造，機翼為鷗型中翼，有特殊的前進角，翼端向前翹進，以增加駕駛員的上下視程，這機的機翼荷重甚大，但翼厚僅 12 公分而已。AFH.4 號的襟翼，為佛勒式 (Fowler flap)，襟翼開展時，其機翼面積為 11.4 平方公尺，否則機翼面積縮至 10 平方公尺，這機的前進角，為構造上的特別作風，可是，其池形體，卻和通常的滑翔機

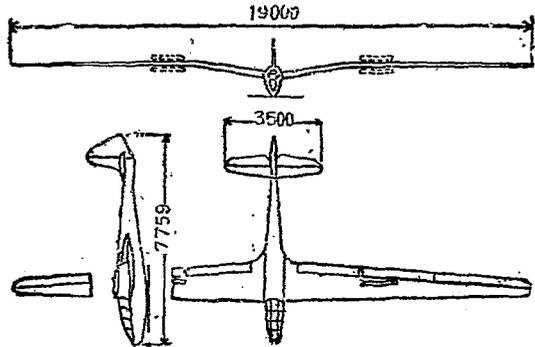


圖 80 白鷲號滑翔機

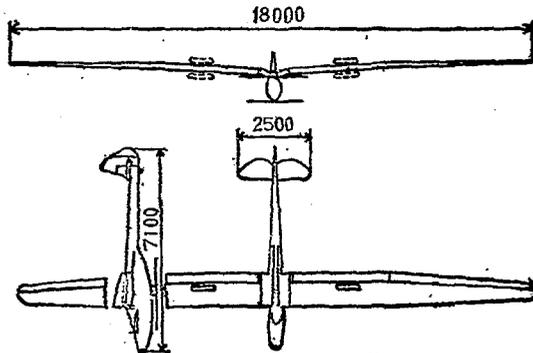


圖 81 FS1B 型滑翔機

構，頗為一致。如圖 22。

(E) B.6 號滑翔機 B.6 號滑翔機，是柏林航空技術會 (FFG. Berlin) 的作品為中翼式的滑翔機，翼樑為單樑式，單採的前緣，卻為扭箱形的構造，翼之後緣，裝有硬紙板覆蓋之，容克斯複翼，這複翼在機翼後緣左右兩邊，各分為三段，專司副翼和襟翼的工作。這機的翼尖略向下彎，用以保護着陸時的複翼，免受地面的擦傷。機身座艙部分的機架，是用鋼管桿接而成，使遇意外迫降時，駕駛員得藉以保障，但機身的後部骨架，卻是木製的殼式構造 (monocogue construction) 機上裝有 DFS. 制動翼和司匹利 (Sperry) 式人工地平儀，降落安定，至於這機的起落輪，更能自由伸縮，在滑飛的時候，減少許多空氣的阻力了。如圖 23。

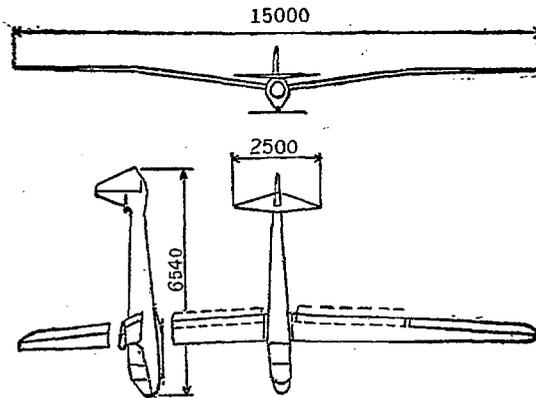


圖 AFH1 號滑翔機

(F)哥根廷 3 號 (Minimoa Goettengen 3. 滑翔機 哥根廷 3 號滑翔機, 是著名長途滑飛的滑翔機; 近年德國各滑翔專家, 咸普遍地樂予使用。為世界著名滑翔家希塞 (Wolfgang Hirth) 氏所設計。最新 1938 型者, 採用較大彎曲度的翼型, 用以減小下墜速度。機身下面的滑板後部, 裝有固定式的制動起落輪, 專司升降時的滑走作用。這機機翼的中部翼樑, 是鋼管構成的, 可是其他各部, 就改用木的製造了。如圖 24。

(G)飛鷹 (Wehe) 號滑翔機 飛鷹號滑翔機 是德國滑翔研究所大量製造的機種, 這機的性能極高, 所以德國人士樂為採用。它是上翼式的機構, 工作較為容易, 而成本卻十分經濟。雖然牠的滑翔效率, 會比中翼式的鷗型略為遜色, 可是, 在簡便的原則上來講, 牠又特具優點了。飛鷹號的機身頗長, 所以機尾距離重力中心較遠, 其垂直

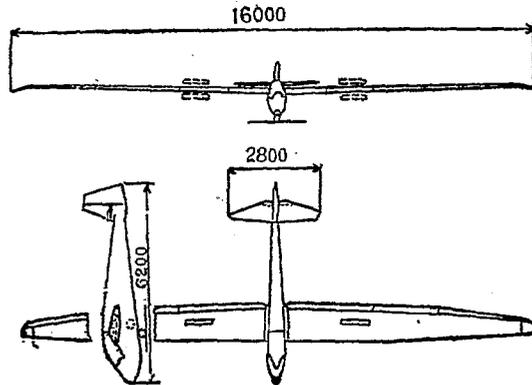


圖 23 (A)B.6 號滑翔機

軸和橫動軸的安定性特別良好，非普通滑翔機所可比擬。機內設有一充水的配重，可以增加四十公斤的重量，同時，更可以增加滑飛時的前進速度，作為滑翔速度的調整機構，飛鷹號的機翼，裝有 DFS 制動翼於上，操縱靈敏，結構精良。如圖 25。

(H)敏賢(Muenchen) 13 號滑翔機 敏賢 13 號滑翔機，是敏賢航空技術會 (FFG. Muenchen) 的作品，全部的機構，是木與金屬互用的，機翼和機尾為木的構造，而機身的骨架，卻是鋼管焊接而成的結構，這機製造簡便，頗為滑翔界所樂用，故產品亦多。機身的流線

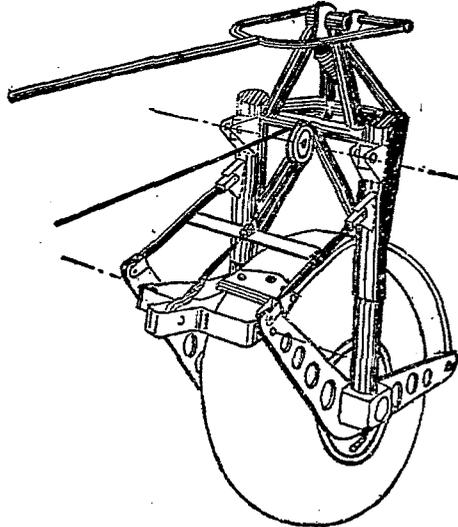


圖 23 (B)B.6 機起落架

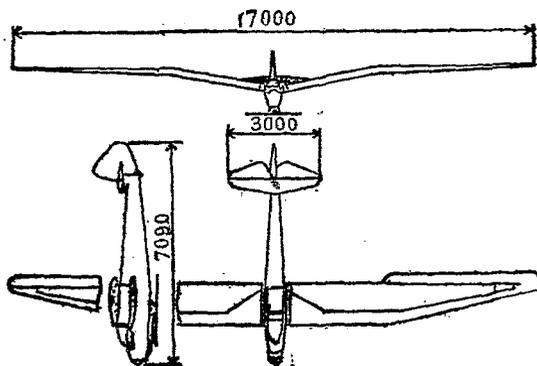


圖 24 哥根廷 3 號滑翔機

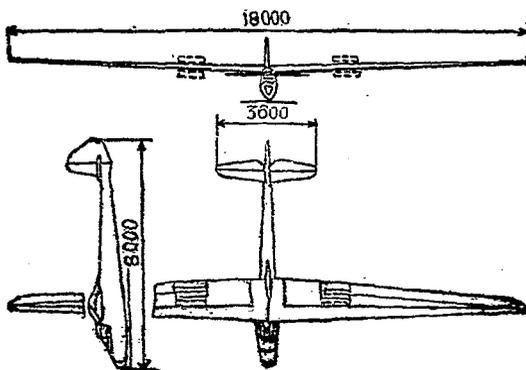


圖 25 飛 威 號滑翔機

形甚佳，前面積特小，駕駛員的頭部，位於機翼中央的前端，座艙上口，有精緻的風擋，為保護駕駛員面部之用。這機的裝拆方法，尤為簡便，無錯綜繁複之困難，如圖 26。

(I) 飛鶴(Kranish)號滑翔機 飛鶴號滑翔機為德國滑翔研究所製造的產品，這機是雙座的，甚宜於訓練長途滑翔之用。其機翼為鷗型中翼式，後座的視程，特別廣闊，無上翼之阻礙。機底滑板處，有可以投下的小輪兩個，起飛後即可將這兩輪由空中投下，以減少飛行時的重量，而另一方面，又可於起飛時予以利用，使易於上騰。這機在構造上造詣特深，對空氣動力學的運用，尤得登堂入室的奧旨，故在性能上利用氣流的機會特別優美了。飛鶴號善於長途飛行，曾經建立了三次世界滑翔的紀錄。如：

- (1) 雙座滑翔機的高度紀錄。(7,600 公尺)
- (2) 雙座滑翔機在空中停留紀錄。(50 小時又 50 分鐘。)
- (3) 長途往返滑翔紀錄 (約 250 公里由漢堡至漢諾維，再由漢諾維飛返漢堡)，如圖 27。

(J) 霍登(Horten III)號滑翔機 這機是全翼式滑翔機，為德國滑翔研究所技師霍登所設計，霍氏研究經年，始成此機，實在毅力不少，而這機的成功代價，自然也大起來了。這機的機身，就是整個機翼的中部，但在構造上卻比兩側的機翼有點不同了。翼的中部，即為機身，是利用鋼管構成的機架，翼的左右兩部，是用木的構造，左右側翼後緣的外端，為副翼的所在地，後緣的中部，卻是襟翼的位置。機翼前緣的外端，裝有 DFS 制動翼，比左右兩端的制動翼同時開展時，可以縮小滑降比率，為降洛時有效工具。但當制動翼開展一邊的時

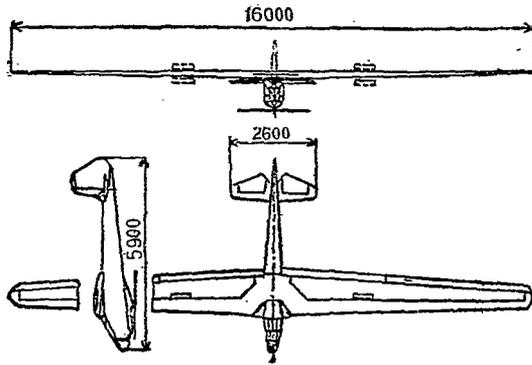


圖 26 敏賢 13 號滑翔機

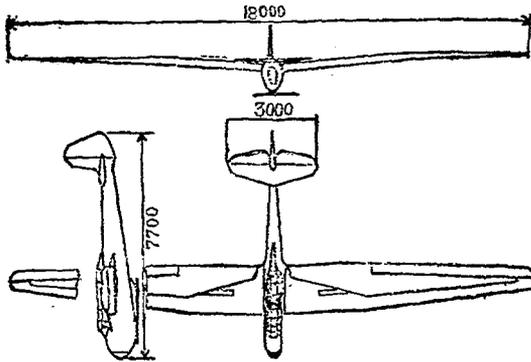


圖 27 飛鶴號滑翔機

候，卻又可以作為方向舵之用。因為展開制動翼的一端阻力，比另一端的阻力為大，所以能夠改變滑飛的方向。霍登滑翔機的特殊成績，厥為牠的 8,000 公尺的高空飛翔。這機的功用，不僅是普通的滑翔飛行，同時專事研究全翼式飛機的安定性，用以發展將來航空界設計的新園地，若果能夠巨型的全翼式的飛機，作為空軍的飛行工具，那就更加偉大了。式如圖 28。

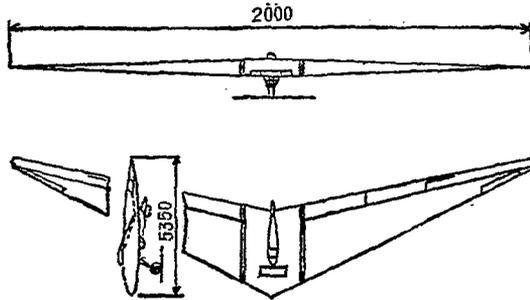


圖 28 霍登號滑翔機

茲將上述各機的概況，用表列示如下：

表 3. 德國各種滑翔機概況

型 別	翼展 (公尺)	展 面 (平方公尺)	機 重 (公斤)	比 重 (公斤/立方公尺)	全 重 (公斤)	翼 展 (公尺)	翼 面 (平方公尺)	型 號	製 造 年
D.20 號	20	12	80	15	275	22.9		N. CA. 2 0.2	1939
白 鷲 號	10	10.16	18.85	230	315	10.4		Goet. 519+6,	1937
FS.18 號	18	18	17.8	101	270	15.8		NACA. 48012+723	1978
AZI.4 號	15	11	22.5	185	275	27.5		NACA. 28013	1933
B.6 號	16	14.5	17.4	155	210	16.4		NACA. 48012	1939
哥 斯 廷 號	17	20	14.5	93	813	15.5		Govt. 6-1+38	1935
飛 鷹 號	8	18	17.8	105	285	15.8		Goet. 49	1933
核 實 1 號	11	16.5	15.5	5	245	14.8		自 製	1936
飛 路 號	18	22.7	14.3	205	415	19.3		Govt. 85+500 磅 翼	1935
霍 登 號	2	33.2	11	215	315	8.7		自 製	1938

第四章 滑翔機的設計原則

第三十二節 機翼荷重的設計原則

機翼荷重，是結構學上和空氣動力學上的重要因素，每因各種荷重之不同，輒產生飛機性能上的迥異。至於荷重的設計，可以先從力學的計算及試驗來着手，以求得性能上的基本條件。所以滑翔機的概念，必須事先繪就結構的圖則，如翼展、翼弦、翼型、翼面積、前衝角、前進角、橫上反角、翼厚、機身、長度、高度、寬度、形狀、機尾面積、方向舵、安定板、垂直翅、升降舵、起落架等，一切對於誘導阻力 (induced drag)，輪廓阻力 (profile drag)，寄生阻力 (parasite drag) 的影響，必須周詳顧及，才可決定設計機翼荷重的大小，而論斷其滑降比率和滑翔速度。

在設計機翼荷重的時候，速度圖 (velocity diagram) 與前衝角的關係，是由零點算起，集合各速度方向量 (velocity vector) 末端的代表點而成一曲線圖的。速度是由翼胴特性 (aerofoil characteristics) 的計算和寄生阻力的計算，及安定性的力量而得來的。其對於自由飛行和風洞 (wind tunnel) 試驗的結果，恆為校正速度的計算而已。

普通在設計學上的需要，往往關於機翼結構力量的校正，輒求下列條件的應合。

(A)最高速度的荷重因數(load factor), 必須在 1.5 之間。

(B)翼胴壓力中心(center of pressure)的最前位置, 常常因最低速度而變遷其地位, 在這種情形之下, 其荷重因數, 可由下式決定之。

$$F = \frac{(V_{\max})^2}{(V_{\min})^2} \times 0.25$$

F 代表荷重因數, V_{\max} 代表最高速度, V_{\min} 代表最低速度。

(C)若最高速度與滑翔路線(gliding path)成爲 1 與 6 的斜線, 則其荷重因數的決定, 可由下式得之。

$$F = \left(\frac{V_{\max}}{V_{\text{path 1 in 6}}} \right)^2$$

($V_{\text{path 1 in 6}}$), 爲滑翔路線在 1 與 6 斜線時的速度。無論在任何情形之下, 應力分析, 是由於取得機翼空氣力量方向量(wing air force vector)的正確位置, 與運用機翼荷負、機尾荷重及機尾重量的應用反應力而決定的。

(D)機翼的結構應該能夠負載上述必需的荷重, 不過, 結構上的力量方向, 是和重力相反的, 而且結構的載負能力, 更要超出荷重因數半數以上, 方稱安穩堅固。

(E)機翼的結構, 應該在荷重因數等於 2 的時候, 尚能載負全機, 雖在翼尖直接遭遇反應力之際, 尚能容耐全機橫動軸上所得的重心力, 所以對於翼端着陸的降落, 仍能容受荷重的阻力。

(F)翼肋(rib)的設計, 應該基於全翼的力在某部的分配量, 而後決定該部翼肋的結構強度, 以調整之, 所以翼肋的力量分析, 應

該有 30% 的伸縮性，以策安全。

第三十三節 設計操縱面積的荷重原則

操縱面積的設計，須以擔負下列原則的荷重為標準：

(A) 水平機尾的面積，應以平衡機翼結構的荷重為先，在已知機尾荷重之後，應該加上 30% 的安全因數，用以保障特殊情形時的壓力分配。在這種特殊情形的平均荷重，決不能少於每平方呎 6 磅。

(B) 荷重的分配，應與飛機機尾的荷重分配一樣。

(C) 垂直機尾的面積，其單位荷重的大小，應該為水平面積荷重的 70% 而已。

(D) 副翼的設計，須能支持的單位荷重量，適與垂直機尾的面積相同。

第三十四節 起落架荷重設計

滑翔機的重量，超過淨重 50 磅以上者，或其降落時的着陸速度為每小時 20 哩以上者，均須裝有穩健的起落架，這類起落架之中，或為滑輪 (wheel)，或為滑板，但其主要原則，則在乎減少全機機構上的一切結構的震壓應力而已。牠的着陸情形有三：

(A) 三點着陸。

(B) 水平着陸。

(C) 側降着陸。

這種着陸方法和飛機無二，不過，滑翔機無論如何總得比飛機輕了許多，所以起落架也無須乎像飛機起落架那麼強固。總之，滑翔

機降落時的着陸高度，至少要預算牠由離地約 15 呎高之處，墜落地面，我們設計時，要顧慮到起落架的強度，是否能夠支持全機在載重情形之下，由 15 呎的高度中墜降地上，而不致受任何損壞，才可以負起起落架的任務，同時我們還要預留若干安全的因數，來應付非常的條件。起落架的荷重因數，最低不能小於 5。假使起落架是滑板而非滑輪，那麼，在水平着陸情況之下，則下降的水平分力，適等於垂直分力的半數，因為地面具有摩擦力的緣故。至於側降着陸的橫動軸荷重設計，則完全和飛機的荷重設計一樣了。

第三十五節 操縱系設計原則

飛機之無操縱系機構者，為絕不安全的建造，決不為人所樂用，且絕不為政府所許可也。滑翔機亦然，必須有操縱系的設備，來調整前衝角的大小，而安定橫動軸的安定性，然後成為技術化的產品。

除了橫動軸的安定操縱而外，有效的縱動軸操縱是必需的，但縱橫兩軸的安定性，都藉着重量的改變來調劑，而重量變遷的方法，自然是靠操縱氣流的壓力來轉移了。可是，真正的安定性試驗，除了風洞實驗而外，還得倚諸實地試飛。因為試飛的時候，駕駛員可以測驗在空中時的自身位置，是否合於安定性的原則，某部分的操縱是否合理，靈敏，輕巧，抑或特殊的重笨，困難，失效等情形，都可以在試飛條件下，予以判別。

操縱系的結構，必須充分穩健，無論副翼、升降舵、方向舵、襟翼、制動翼等操縱部分，必須在最大空氣荷重的時候，尚能運用自如，方為合格。至於操縱桿的強度，更屬重要，以不吃力，不複雜而輕巧，

簡單, 堅固者為原則。

第三十六節 機身荷重設計

滑翔機的機身設計, 完全和飛機機身設計一樣, 不過, 有兩項不同地方, 茲且述之如下:

(A) 滑翔機機身尾部的結構, 須使尾部的荷重和機翼的荷重相平衡。

(B) 着陸的荷重因數為 5。

機身的設計, 在種類上可分為三式:

(1) 橫桁式 (girder type)。

(2) 殼狀式 (monocoque type)。

(3) 橫桁固蓋式 (girder with stiff-covering type)。

橫桁式的機身, 其應力的分配, 完全由機身的骨架負擔, 外蒙布蓋, 不負任何應力的支持責任。至於殼狀式的機身, 牠的應力分析, 都在皮層上, 而橫桁固蓋式的力的分配, 卻由支柱和複板構成的外蓋同時負擔。

第三十七節 滑翔機的外蓋

滑翔機的外蓋設計, 完全因各機的單位面積荷重的不同而各異, 為適應氣候、重量、強度、耐用各條件起見, 對於棉織品、麻織品、絲織品、油漆、樹膠、磁油、滑油的使用, 恆以各地方的溫度、濕度、塵土的情況而定。在採用之先, 應該先行試驗, 實用時方為妥善。

在操縱面積的外蓋, 其荷重的變遷較為複雜, 所以必須利用模

型試驗，以謀安全。尤其是對於縫紉的部分，更應特別注意試驗的工作。大凡布質鬆懈或銹蝕的部分，最易損壞，所以外蓋的油漆和布料，應該有所選擇，須以荷重的大小而異其組織，不能一概為例也。在翼肋和機尾面積的荷重試驗時，其荷重的最高效率，不能超過其所用的物質能力之75%。

第三十八節 拉曳的運用原則

滑翔機的拉曳工作，可以用人力，機器力，汽車，絞盤，汽艇，飛機等力量，但在任何拉曳情形之下，牽繩脫卸的關節，駕駛員必須能操縱自如，當固結時，無論任何力量的變態，方向的變遷，都不會脫出，當解放時，可以立刻脫落，毫不牽掛為原則。

牽繩和關節的構造強度，和重量，都不應該過重或過輕，過輕則力量不足，易於損折，過重則傷及機身的支柱結構，所以此項繩索和關節的強度，不得超過機翼結構最高荷重量的三分之二。

第三十九節 設備與儀器

滑翔機應該有安全帶的裝備，作為保護之用。安全帶的強度，須能支持850磅的拉力，這項拉力的支持，就是在荷重因數等於5的時候，尚足以維持170磅重的人體重量的強度了。

滑翔機的儀器，包括墜滯速度(stalling speed)指示表，變壓表(variometer)，風速表(air speed indicator)，滑翔角度指示表，(angle of attack indicator)，傾斜表(inclinometer)，高度表(height indicator)，轉向指示表(turn indicator)，寒暑表，時計等設備。若作特殊飛

行的滑翔機，那自然更須其他特殊的儀表裝置了。滑翔儀器的特徵，就是要在慢速率飛行時，儀器的指示尤為正確，用以判別安全滑翔的氣象。在簡單的滑翔機中，儀器之使用，可以略為增減。

第四十節 飛行試驗

在滑翔機的性能中，沒有多量的要求的，因為根本上滑翔機是沒有動力的飛行機。至於荷重與滑翔的能力，均賴着橫動軸和縱動軸的安全性而變遷，這種安全性能的表現，又與操縱情形的優劣而各異。所以試飛員的技術要絕對優良，而試飛的環境和氣象亦須適當，才能正確地決定一架滑翔機的性能。

在靜氣中試飛時，特別要注意校對着根據設計荷重因數而繪作的速度圖(velocity diagram)。大凡飽和載重的滑翔試飛，須要作 30° 滑翔角的俯衝滑降，同時這 30° 俯衝的時間，也要相當持久，才能夠維持這大角度的滑翔啓線的最高速度，用以測驗機翼機身和操縱面積上有無震蕩的狀態，而決定其結構和性能的優劣。同時更要測驗滑翔機的尾旋(spin)性能，把重心移至最後位置的時候，然後作六週以上的尾旋，用以試其由尾旋恢復正常滑翔的特性，這種試飛，是成功的滑翔機性能的唯一工作。

第五章 滑翔的園地

第四十一節 滑飛與飄飛

滑翔飛行，在技術上可以分爲兩種，一種是滑飛（gliding），另一種是飄飛（soaring）。滑飛是初級滑翔的技術，由山坡滑飛下來，祇作短時間，短距離和低空的飛行而已。飄飛是長時間，長距離，和高空的飛行，在技術上有高深的造詣，所以飄飛的滑翔技術，就是高級的技術了。因爲滑翔技術巧拙的不同，於是任初級滑飛工作的滑翔機又稱爲滑行機，而任高級飄飛工作的滑翔機，又稱做飄翔機（sailplane）。這是就技術而異其名稱的，其實總稱之曰滑翔機就行了。

滑翔的時候，應該對於地勢、氣流、都有所選擇，尤其對於滑翔機性能上的優劣，更當注意。現代滑翔訓練的進度中，大致分爲四級：第一級的是初級滑翔，第二級是中級滑翔，第三級的是高級滑翔，第四級的是特殊的滑翔。

初級滑翔所用的滑翔機，是簡單的機構，機翼輕簡、機身暴露，機翼荷重較輕，若包括駕駛員的重量來說，則每平方呎的翼面荷重，約介於 1.5 至 2.5 磅之譜，這種初級練習機的設計，其目的在使學者了解滑翔的基本常識而已。

中級訓練的滑翔機，其大小與初級滑翔機無大異，惟翼展較長，翼弦較短，機身不是暴露，而是蒙蓋作流線形的，全機的結構，都在

注重流線化和整潔化，沒有初級滑翔機那麼粗笨。這完全是準備高級滑翔訓練的先聲，而注重於經驗的陶冶。

高級滑翔訓練的滑翔機，和特殊滑翔的滑翔機，在結構上，完全沒有甚麼分別，祇是特殊滑翔時，多裝備一些特殊的裝備和特殊技術的研究罷了。現代化的高級滑翔機，形式上是絕對流線化，結構上是精密而簡潔化，無支柱張線的繁複障礙物，機身狹小作流線形，機翼的翼型，以減少空氣阻力增加升力為目的。機尾是臂式 (cantilever) 的堅強構造，全機的安定性能提高，機翼面積的單位荷重量，比初中兩級的滑翔機為大，荷重至少須在每平方呎 2.5 磅以上的。翼展在 50 呎至 60 呎之譜，這種滑翔機的速度，是比初級滑翔機為快，因為牠的流線優良吧，平常高級滑翔機的速度，總在每小時 40 哩以上，而牠的滑降比速，常常超出初級甚遠，現在新式的滑翔機滑降比，都在 20 : 1 至 30 : 1 之間了。

總之，滑飛是普通的初級滑翔技術，飄飛是高級滑翔的技術，滑飛是漸失高度的飛行，飄飛是維持高度的飛行；滑飛是不一定利用上升的氣流，而飄飛則必須利用上升氣流才能成功的。德國自凡爾塞條約約束以後，滑翔機的進步，一日千里，已經登峯造極，在世界上首屈一指，所以演成了今日德國的龐大空軍，達到滑飛與飄飛的訓練目的。

第四十二節 飄飛的定義

美國亞爾福勒禪納克 (Alfred Gymnich) 先生是滑翔界的先進，他曾這樣地定了一個飄飛的定義，他說：「飄飛是利用氣流，維持飛

行速度，而不用任何其他動力或引力來補助的自由飛行。飄飛的情況分爲兩種：（1）靜力飄飛，（static sailflying）；（2）動力飄飛（dynamic sailflying）；靜力飄飛是利用地勢和上升氣流爲主，動力飄飛是利用風的內能和空氣渦流爲主。靜力飄飛因地勢氣流而隨之飄蕩上升，但動力飄飛却未有十分的成效，因爲在熱上升氣流中，不容易作動力飄飛的工作。所以近代的飄飛滑翔機以靜力飄飛爲主要目的，而盡量利用氣流的斜坡，尤其是熱上升氣流的斜坡，實爲靜力飄飛的唯一條件。

第四十三節 靜力飄飛與動力飄飛

靜力飄飛是在熱上升氣流中飛行，隨氣流和地形而浮沉升降，是一種不加速的飛行，這種飛行，最容易得到空中停留的持久紀錄，又因靜力飄飛是全賴氣流的力量，所以這種滑翔機的構造，特別以輕爲妙，而又須有良好的升力性能，尤以減低墜降速度爲主要的條件。至於動力飄飛，是利用風力的飛行，利用風的內能和渦流的力量，使滑翔機在風向中運動，在傾斜風力中飛行。總之，靜力飄飛是人類滑翔的普遍運動，而動力飄飛却未曾卓著成效。

滑翔家的唯一技能，就是要認識上升氣流所在的空域，和氣流的強弱，及氣流的利用是也。最好的上升氣流，往往在於高山之陽，所以飄飛的理想園地，就是山坡和傾斜的海灘或沙灘了。上升氣流的高度和面積的廣狹，隨地形與風勢而變遷，且氣流與氣流間，往往有摩擦的存在，即上升氣流與下降氣流的交界地方，因上下的不同，而產生垂直的摩擦。當經過河流及湖沼的上空時，最易感覺氣流的

摩擦力減少，所以形成了下降的氣流，若在很高的地方察看，常常見到湖沼上空的雲霧，慢慢地溶解起來了，這就是因為減低氣流摩擦力的關係，海陸交界處氣流的反摩擦，特別顯著，當風力由海面吹入陸地時，因受摩擦力增加的關係，所以趨向海旁的風力，比較吹過陸地的風力來得利害，因而造成了上升的氣流，此項上升的氣流，稱為上升的風力，或上升摩擦風力。

第四十四節 飄飛所必須的上升風力

當風流遇着障礙物而不能前進之際，因受空氣阻力的壓迫，和後面風勢的擁擠，往往向上空而逃逸，或側面而瀉流，這是氣流必然的現象，因為總是向着阻力較小的方向流動，山頂的空氣，較山邊的為小，所以氣流會越過山巔，若為長的山脈，那就沿山頂而流動。總之，氣流是溫柔的流體，牠會順地形而調整牠自己的行動。

上升氣流的行動，造成滑翔機飄飛的動能，這種氣流，也可以稱為傾斜的氣流了，因為氣流是水波式的曲線動態。上升氣流的上升力，或傾斜陡角的大小，均隨風勢的疾徐和地勢的峻坦而改變。若欲滑翔機維持其固有的高度，那就必須牠飄飛中的上升風力，較牠在靜氣中的墜降速度為大，然後可以支持這滑翔機本身的重力而不下沉，最低限度，也要兩者的力量相等，才不下降。這就是說：若果在單位時間內的上升風力，小於滑翔機的墜降速度，則機下沉。反之風力上升大於滑翔機的墜降速度，那就上攀了。自然，操縱技術的優美也是其中條件之一吧。

第四十五節 滑翔因素

世界上滑翔界空中停留紀錄的久暫，完全是由於風力氣流的優劣，和駕駛員體力的強弱而轉移，若果滑翔機飄飛於上升氣流動程之內，而駕駛員又不作降落的技術操縱，滑翔是不會停止的。至於運用氣流的持久飛行技術，本來就沒有絕對的法則，完全靠着駕駛員的學識和經驗來自行判斷。不過，倘若滑翔機的設計航空化，駕駛員的身體健康化，則在上升氣流的活動圈內，宜作橢圓形或圓周形的循環飄飛，最能支持長久。

關於滑翔機構造上的性能因素，也須珍重顧及。表面看來，好像滑翔機和飛機不同的地方，祇是沒有發動機罷了，其實不然，滑翔機的滑翔因素，完全和飛機不同的。飛機以發動機為引進的動力，滑翔機以氣流的力量為動力，雖然有時在某種特殊情勢之下，飛機的發動機停止了，也可以像滑翔機那樣慢慢地滑降下來。可是，這不是正常的狀態。由於各方滑翔經驗的所得，知道滑翔機的構造方針，和建造飛機根本不同。

第四十六節 滑飛與飄飛區域

滑翔的地區，最好是蜿蜒而不峻的山坡，宜在山之陽，宜在山之側，宜迎風之谷，宜乘風之坡。因為這種有利滑翔的地勢，必須有利滑翔之風力，才足夠滑翔圖地的條件，而上升風力的高度，若能高達數百呎，那是理想的滑翔區域了。

山腳的下方地形，最宜平坦，使滑翔機下降時，得以優游自在，免至傷及機的本身及駕駛員的安全，若是在迎風山坡之下，又有廣袤的平滑草地，這就是優美的滑翔場所，無須再事外求了。如圖

29 一塊良好的滑翔園地，必在適宜高度的山坡或原野，既是山之陽又是迎風之谷，山坡既不過峻，而山脚又有平坦的草原，既宜於滑翔運動，又宜夏日消暑的露宿。經驗家的地形選擇，不外如是，或者加上一個直立的山峯，作圓頂狀，使氣流沿山峯而上，再經圓頂而轉流線式的風向。山谷中風力的速度，最少也要達到每秒鐘 20 至 30 呎，而風向的預測，至少也要有 50% 的正確性，方才可以實施工作，山脚的地基，最忌岩石，而偶爾有幾塊灌木的小林，點綴其間，是可以的，惟以草地為最佳。

凡是成功的滑翔，自然靠着機的性能，駕駛員的技術，和氣流的優劣。丘陵的山谷，是起飛的地點，隨氣流而上升，假使下面的地形變更，則上空的氣流也變態，所以滑翔飛行時，或由平原而趨山地，或由曠野而趨森林，或由陸地而趨湖沼，這一切的地形變換，都隨駕駛員的聰明，而自行決定其滑翔的方法與路徑，來求得上升風力的使用，而達到理想的飛行高度。凡高度愈高，則滑翔的時間愈能持久，而操縱的機會也愈多了。

簡單滑翔，在丘陵地帶，沒有障礙物的原野就行了，山丘的高度，以 30 呎至 150 呎者為宜，初學滑翔的所在，略具傾斜線的坡地就夠用了。初學滑翔的小丘坡地，以環山可用的小丘為佳，因為這樣可以利用各方風向，倘若沒有這樣的環繞山坡，有效斜坡在山谷裏，也無不可。

飄飛滑翔的地點，比初學滑翔的滑飛地點，較為難得。飄飛的園地，以連環式的山脈而具美麗山峯者為最良。當風力吹入山谷時，沿山坡而上升以至於山脊，在山脊上的氣流，是上升的流動風力，上升

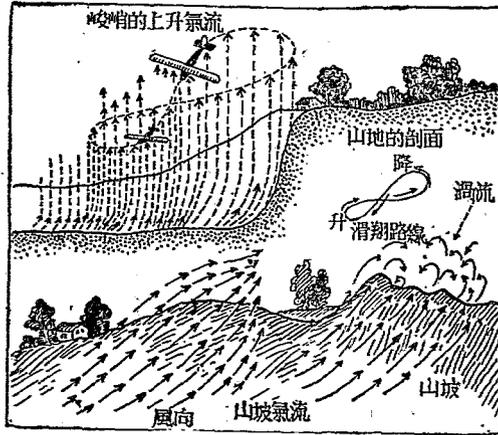


圖29 山坡的氣流與滑翔



圖30 利用地勢和氣流的滑翔

氣流的範圍，隨山脊的長度而增加，這種長山脈的長距離上升氣流，往往造成往返飛行的好機會，也就是空中停留紀錄的創造地方了。愈有經驗的滑翔家，愈能利用陡峻的山坡，駕御急激上升的風力，以求得最高的高度，而延長滑翔的時間。

大湖和海旁的風力，往往由水面吹上陸地，而且風勢甚強，雖沒有山脊的作用，也有優良的滑翔風向，所以在大湖和海邊的滑翔園地，祇要略具傾斜線的低度山脊或草原，就可以作良好的飄飛運動場了。

第四十七節 用氣球求上升氣流的現象

欲求氣流上升的速度和高度，最簡單而經濟的方法，就是升放氣球於空中以測驗之。用普通的樹膠袋，內充氫，鼓而大之，放之空中，用儀器測驗其上升的速度，和其最後的高度，就可以知道氣流的行動了。製氣球之法，可用較厚的大口玻璃瓶，裏面注蒸餾水及鋅片，然後加入鹽酸於其中，用水松木將瓶口塞閉，導以小玻璃管，而管口剛在瓶內溶液的上面，使瓶內所生的氫，經小管而流入樹膠小袋，當通氫之先，宜先將樹膠袋內部的空氣壓出，然後接入小管而注滿氫，注足之後，膠袋脹成球形，遂成為氣球，可以施放上升矣。氣球充滿了氫後，若將袋縛固，懸於靜氣中，則靜而不動，間或略作下沉的趨向，是無關重要的。

裝滿氫的氣球，在山坡上施放，則氣球隨氣流上升，直至氣流的頂端而後止，若風力較急，則必很快而上騰，但有時或因洩氣而降，非氣流之下沈也。故宜注意氣球的良好與否，以決定之。

在氣球上升之際，用儀器測視其高度，並記錄其上升的時間。得了升騰的最後高度和時間之後，然後退而求其結果於研究室中，按圖索驥計其高度和上升的速度，這就完成了測驗氣流的工作。或則請教於氣象專家，以定氣流的行動，尤為有效。這是選擇滑飛場所的最初工作。

第四十八節 烟霧的利用

研究氣流的方法，也可以烟霧測驗之，其方法如下：用市上購來的白磷（white phosphorus）製造烟霧。白磷離水即行自燃，若以鐵錫由瓶中取出，置於盤中，則發出一道白色的烟霧，因此就可以由烟霧的流動狀態，來測定氣流的行動。白磷是棒形，有毒性而易於自燃的物質，恆裝於瓶內而置諸水中。取用時非十分小心不可，一離水面，就要自燃。若取出盤中時，而仍不燃燒，則可用火柴燃燒之，然後必發白烟而可以為用矣。

最輕便而經濟的測驗氣流方法，就莫過於利用破布，塗以膏油，或滲以膏油，菜油，煤油之屬，然後縛於木桿或竹桿上燃之，自然發出黑烟，利用黑烟的動態，又可以測知氣流的行動了。

第四十九節 產風地帶

滑翔既係是依賴氣流而上升，自然，產生有效上升氣流的地帶，便是優良的滑翔場所了。但當氣流運動時，產生風力的大小，卻有賴於地形的環境了。普通滑翔權威家的地點選擇，恆以傾斜的山坡，而具有良好的草原，迎風的山谷，間有一些灌木的地方為最佳的滑翔

場。當氣流由山脚上吹時，彎成垂直的上升風力，上經山頂而轉入山的背面，所以迎風的正面，是可以利用的滑翔機場，這樣的地方，就稱為產風地帶，產風地帶的高度範圍，約為山高的兩倍，假使山的高度為 300 呎，則其所產生的上升風力，約為 600 呎。

任可滑翔飛行的時候，都是逆風而飛，以維持滑翔的時間，駕駛員兀坐機上，以安全帶繫固之，以免氣流浮蕩時發生意外的危險。當起飛的時期，往往就以簡單的人力拉動，使風力將滑翔機舉浮於空中。人力起飛的最簡方法，就是以有彈性的膠帶，扣入機身前面的鉤內，帶之兩端以人拉而前進，作 V 形的分開，中間約成為 30° 的銳角，當拉進之際，一部分人把滑翔機扶正，其餘都到前面去拉引滑翔機頭的膠帶，一俟駕駛員的「前進」口號發出以後，大家一齊跑動，把滑翔機推入上升的氣流裏，所以即能上騰，而開始其御風的生活矣。

當氣流沿山坡上升的時候，產生浮力於滑翔機翼之間，而這小小的人造飛行機，就借舉力而翱翔空際了。聰明能幹的駕駛員，會任隨風力之所使，飛騰於山峯之上，而不向山谷間的平地草原滑降，而作長時間的循環往返飛行了。倘若技術格外高超的話，就借此而上入雲霄，在活動的游雲之間，藉雲外的渦流而運動，這樣就在高空渡過山坡背面的反風向，進而滑翔於第二山峯的有效氣流之間，遂又順着上升氣流而上攀，尋覓着第二段游雲，於是又渡過第二山峯的失效反風向，因而再滑飛入到第三山峯的有效氣流，遂又繼續上升了。這種的循環滑翔，往往造成長途滑翔的好紀錄，是良好的滑翔技術之一。如圖 30。

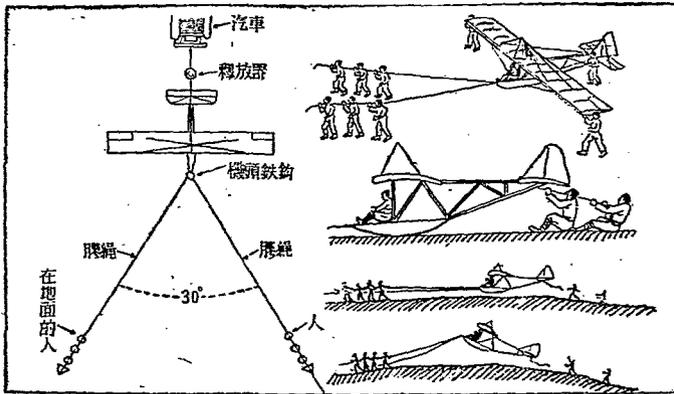


圖 1 人 力 起 飛

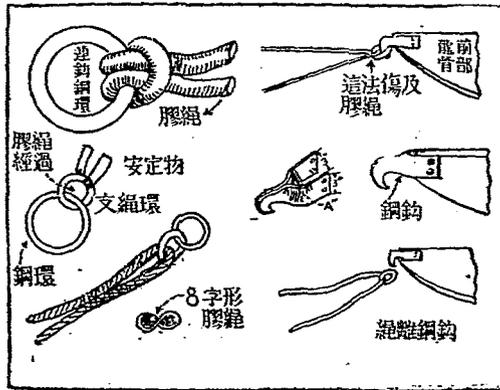


圖 32 膠 繩 與 鋼 鉤

第六章 滑翔機駕駛員的訓練

第五十節 滑翔的初步訓練

初級滑翔的時候，學者往往操心過急，勇於求知，但滑翔是要按步就班的技術，學者大都多是勇氣壯健的青年，的確起初會有點不耐煩的，但是，總須稍安無躁。我們初學一件新東西，總得靜心忍耐，才有偉大的成功的。初學時由山坡滑飛下來，滑飛的時間，有了八秒鐘的時間就夠了。無論你是怎樣的膽大，也會使你提心吊膽，但這是初時的感覺，慢慢地就習慣平庸起來，一點也滿不在乎了。即使你已經飛過了許多次飛機或是具有經驗的飛機飛行員或戰鬥員，可是，一到了滑翔機上，也得靜心去了解滑翔的風味，逐步前進，絕不該放棄滑翔的基本學問。

沒有經驗的初學學者，應該在山邊的平地上，練習滑飛的初步技術，迎風滑走。滑飛場的長度，最少要在 200 碼(yards) 以上，雖然初學滑飛時的滑飛距離，不到滑飛場三分之一，可是，總得寬曠一點才好。滑翔機場的地面人物，至少要有十人以上來幫助學者的起飛工作。他們可分為三組，一組扶定機身，兩組在前拉膠帶，膠帶兩端兩邊至少三人，作拉動起飛的工作，膠帶中部裝以金屬圈一個，扣入機身前面的鋼鉤中，起飛時拉緊膠帶，往前走動，膠帶鬆脫，則滑翔機起矣。

近代滑翔機的操縱系，裝有標準式的飛機操縱，駕駛員安坐機上，繫以安全帶，以一人扶正機翼，以免機翼向地傾側，蓋因滑翔機的起落架大都不像飛機那樣有兩個並列的起落輪故也。二人或三人拉緊機尾的繩索，前面兩組人物，拉引膠帶，作 30° 的V形，向前走動。前面拉機的人員，步伐最宜整齊，兩邊用力平衡一致，則滑翔機的滑飛路線平直，絕少危險，否則兩邊用力不均，滑翔路線不直，則或損機翼，或傷拉引之人(如圖31)。

初學時，拉引者先慢步而行約十步後，開始快步疾走，走約十步至二十步，緊拉機尾的人員，即放手任隨滑翔機射入氣海裏，就完成了第一步的滑翔運動。可是每一節動作的開始，都由駕駛員發口令，以趨整齊。假使風的速度，超過每小時十五哩的話，那就不宜使初學者去滑飛了，因為風力過大，往往使初學的駕駛員，把他的滑翔機撞壞。到了進步以後，就進入山坡上滑翔，而風力大一點，也沒有影響。

滑飛的特殊設備，就是有彈性的樹膠帶和鋼環，鋼環貫於膠繩或膠帶的中部，用以扣入機身前面的鐵鈎的，環之大小和直徑，以堅固而不過重為宜，約能扣入鐵鈎為準。環之直徑與膠繩的直徑不相上下。膠繩或膠帶之直徑，約為 $\frac{7}{8}$ 吋時，則繩長100呎至150呎，繩與鋼環接觸摩擦的部分，最好以硬膠墊夾固之，免致膠繩受傷。機身底下的滑板，有時鑲以薄鋼板或鋁合金(duralumin)板，免受沙地摩擦的損害。倘用金屬夾木為之，亦未常不可。有時機場的地面太平滑，就要預備一個滑翔起飛架，架以4方吋的木條做成架柱，而以橫條間之，橫條與橫條之間，約為4吋，用以減少起飛的摩擦力。有時

橫條更塗以膏油，以增加滑性。起飛架形如樓梯，不過簡單一點罷了，起飛架擺在地面時，恰似鐵路的軌道。滑翔機場上，更要具有雙輪簡便拖車一架，用以牽引機尾移動滑翔機之用。機尾須有牽引環一個，以便拖車的牽引，機翼兩端亦應裝小扣環，以便運輸時不致損害。

第五十一節 滑翔飛行員的訓練方法

滑翔技術的訓練，開始總是由教師指導，而自己單獨飛行的。由這樣的教練方法，門外漢看來，似乎有點危險，而事實上這是十分安全的，況且教師可以由此而認識學者的技術進度，詳加改正。因為沒有發動機嘈雜的緣故，教師可以在地面上自由指導學生，學生在機上依據教師的指示改正，自然十分容易了，這樣減少了滑翔機的載重量，反而增加滑翔安全的效率。

初學滑翔時的滑翔機，構造往往較為粗硬結實，以便學者的衝撞，不致易於損壞，因根本學者的技術祇是滑飛而不是飄飛，談不上高明的操縱，所以無須輕巧的構造。初學滑翔的時候，總是來幾個空中跳躍罷了，學者宜於空中跳躍經驗中，來領略加速和操縱的祕訣。但不該操之過急，否則反為不妙。滑飛時，滑翔機需要相當的速度，以取得機翼的升力，所以大約在地面上滑走了 50 呎至 100 呎之譜，然後始能上騰而躍入空中。假使駕駛員感覺失了滑飛的升力而勢將墜滯跌降，那末，最好把定機翼的平衡，而讓牠自行墜降，約墜降 25 呎以後，滑翔機的滑翔速度，就可以安全地恢復過來了。滑翔機的機翼既大，機身又輕，牠的滑飛速度，不會太快的。

第五十二節 座位與初級的進度

初級滑翔機的座位，都是一致的沒有掩護機蓋的，原因是減少失事的傷害，因為初學滑翔者，若果坐在有掩護機蓋的座位裏，就很容易縮小他的視程範圍，他不能周圍四顧，最容易失了滑翔的平衡狀態，和滑飛的直線。況且，掩護的座位，會強迫他運用飛行的感覺性，而失掉視力的作用，所以初級機的座位，是暴露而無掩護的。

初學時，略作短距離的躍飛，而躍飛的距離，是和經驗成比例的，經驗愈多，滑飛的距離愈遠。到了躍飛經驗充足以後，就應該作正式的滑飛了，這時可以到山坡上滑飛下來，而膽子和經驗都有了相當進步，而且有了滑飛的把握和操縱的技術。大概在傾斜的山坡再經了十幾二十次滑飛工作以後，就可以進入中級滑翔的階段，而從事於飄飛的學習了。飄飛時的滑翔機機構，較為複雜，身翼的流線是十分顯著了，空氣動力學的學理在運用了，一切構造完全具體而精密化了。此種滑翔機，往往是高翼式，所做的工作是飄飛的工作，而也可以稱之為飄翔機了。

未曾進入中級滑翔之先，首宜熟練滑翔機的操縱技術，在平地祇作躍飛的實習，每次約在空中滑飛數秒鐘，用以增進飛行的感覺，躍飛的時間與距離，逐漸增加後，乃在小丘旁邊可作 30 秒鐘滑翔實習，30 秒鐘的滑飛完畢了以後，就是完成了初級滑翔的第一項課目。經過 45 秒鐘的滑飛時間，就成功了第二項課目了。若進而作一分鐘的滑飛和左右轉變的滑飛方法，那就解決了初級滑飛的第三項

課目 經過第三項課目實施以後，應該練習較久的滑飛，若能作 5 分鐘以上的滑飛，操縱如意，這時初級滑翔課程已經畢業，可以升入中級滑翔也學飛了。

中級滑翔機的性能概況，已如上文所述，可是牠的力學，操縱系等，均甚優良，其升阻力比，高至 21 或 22，但若高至 31 或 32，那就算是特殊的限度了。

凡是滑翔機造成之後，不管是自造，或別人代造，都要敦請滑翔專家作試飛的研究，以求這新機種的一切性能，然後拿作教授學生之用，方為安穩，否則機種的性能不良，會妨礙學生的進步和安全的。經過良好的試驗以後，一般學生都可以安心學習，自信心因而提高，一切心理的影響，非常重大，尤其是技術上的心理作用，與事實上的關係，更是密切。滑翔運動，最好是參加正式學校來習練，若能獨自慢慢地在山坡上試飛，也會成功，不過，總得多費時間，而技術終欠優異。

初學滑翔必須注意的事情，就是千萬不要跑到山坡最高處練習，應先從山坡最平處學習起，慢慢地把滑飛的斜坡增高起來，才能成功斜坡式的滑翔路線，滑飛自如。若初學滑翔者一開始就跑到山巔上演習，那極可能變入墜滯的降落，這是有害的動作，極不相宜。因為在熟悉利用上升氣流之前，在山頂滑飛是多麼危險，很容易被氣流升入氣流頂端，轉而入於渦流的部分，翻到反風向的山背後面了，這時滑翔機的前衝角必因渦流而增大，遂成墜滯的現象，最容易打壞滑翔機而失事的，所以初學者對於這一點，千萬不可魯莽。到了善能利用上升氣流的滑翔程度，那就不妨在山坡的頂端起飛，因為

這時的技術，已有應付環境的能力了。

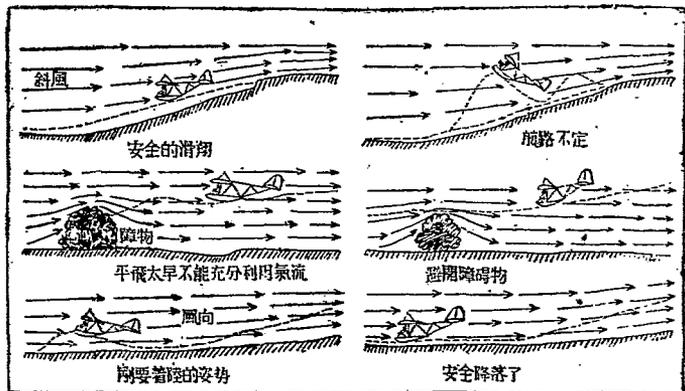


圖 駕駛的情形

第五十三節 飄飛

飄飛是進步的滑翔工作，是需要良好的教師來指導的，倘若以為可以無師自通，自己一個人瞎幹，那是最笨的方法了。雖然，十分聰明而具有忍耐力的青年，也許可以自己去學習一點飄飛的滑翔知識，可是，進度非常之慢，而成績不會優良，絕不可以比擬教師指導下的滑翔技術的。良好導師，不但指示你以巧妙的操縱技術，同時更教授你以豐富的滑翔氣象學。在優良指導下，和健全組織之下的學校裏，去學習滑翔界的飄飛技能，最多費 30 日至 60 日之間的時間，就可以畢業，至於特殊的滑翔經驗，那就得倚靠自己不斷地研究了。在特殊的氣流中，聰明的滑翔家，來實踐驚人的滑翔表演，美國

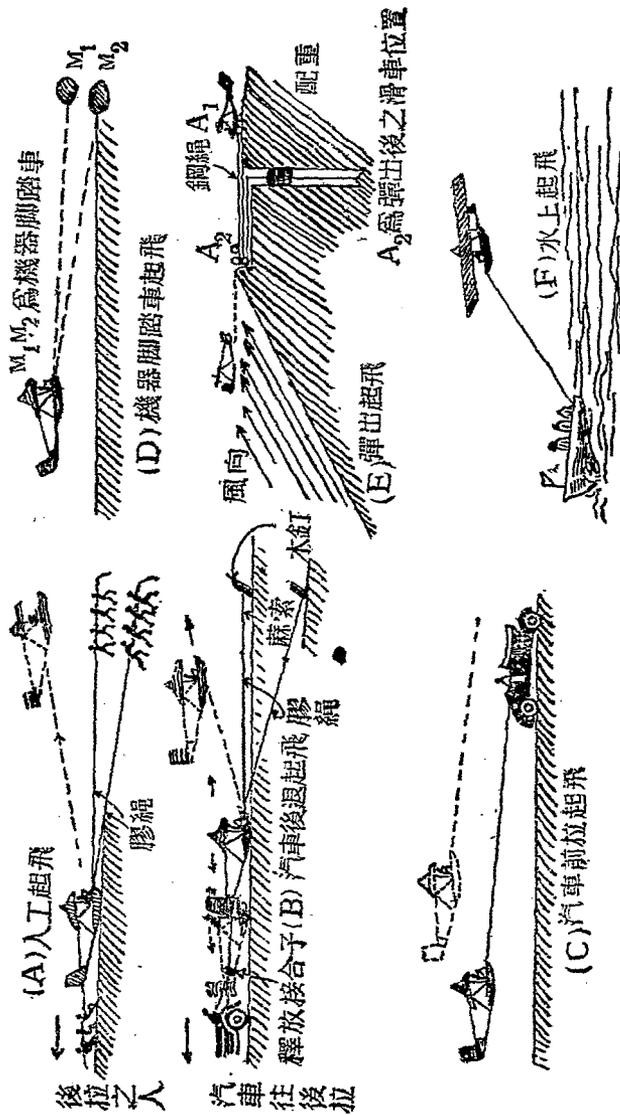


圖 34 滑 翔 機 各 種 起 飛 法

著名滑翔家格林卜爾(W. Klemperer),在林士角爾(Wallings Corner)表演時,其滑翔機在700呎高度就脫了牽拉的繩索,但竟能利用這低空而作5哩的滑翔,這完全靠着個人的聰明來應付環境的。

第五十四節 滑翔的教授法

初學滑翔時,不但可以用人力拉引,更可以用汽車拖拉,不過,這種汽車要聲音很微,才不妨礙教師指導學生時的聲浪。教師可以坐在汽車的後位,用擴聲筒(megaphone)向學生指導滑飛的要領及操縱的要訣。在剛起飛離地的時候,學者往往遇事張皇,而作過多的操縱,把操縱桿拉得太多了,於是演成墜滯的角度,或者在手足緊張的離陸之際,把滑翔路線弄歪了,偏向左右,這是常見的事實,所以對於操縱桿的運用,事前應該時常練習,并從各次滑飛經驗中,學熟拉正機頭前進的習慣。若果是在學習中級或高級滑翔,對於起飛航線的取直,至少要有半哩長的距離,才在空中開始轉變的工作。

充滿熱誠的青年,是最好的滑翔施教對象,但年老而有忍耐力的長者,也是一個滑翔好學生。美國有一位五十五歲老先生,甚喜滑翔運動,愛好飛的工作,對於滑翔的常識也相當具備,當他加入滑翔學習以後,剛經過15次的躍飛的練習,到了16次滑翔開始的時候,升入空中祇有25呎的高度,那牽拉起飛的繩索,忽然脫掉了,他就臨機應變地慢慢滑飛下來,一點沒有傾斜,作一次優美的着陸。這種工作,往往為青年人在15次躍飛後未能做到的進度,而這位老先生居然做到了,豈不驚人!

滑翔學生經過 15 呎的直線飛航成功以後，就進入 50 呎高度的飛行工作，和急脫(quick release)飛行的工作了。急脫飛行意義，就是在相當高度上，突然把牽的繩索脫去，學急脫飛行時，最先指導學生作維持高度及上攀的操縱，因為急脫飛行的起飛，往往在山頂上用膠繩把滑翔機彈落山谷下面，作較遠距離的滑翔，以便學生學習空中滑飛的飛行感覺。自然，在初級滑翔時，就該演習感覺的銳敏，不過，那時的經驗，祇限於低空罷了。學習急脫滑飛時，已經是中級的滑翔工作了。學生的初級訓練不夠時，輒於急脫飛行中失事而損壞物力。

在教師未曾開始授課之前，應該檢驗急脫繩索是否彈性，和構造是否良好，縛結是否穩固，釋放器(release device)是否作用靈活，然後開始課目的實施。教師指導學生滑翔的口令，第一是：「坐入座艙(cockpit)」，第二是：「足踏方向舵，踏足板」，第三是：「以右手握持操縱桿於中立狀態，副翼與升降舵的操縱，應在靈活的中立位置」。第四是：「安全帶是否紮緊？」第五是：「預備好了嗎？不要搖動操縱桿。」這時教師坐在汽車後尾，用 200 呎長的繩索，拉着學生乘坐的滑翔機，向前開動，一俟速度達到每小時 12 哩時，再發第六個口令：「操縱桿應在中立性的位置！不可拉後，你已離陸升空了！」第七個口令是：「踏正方向舵，不要偏入側方。」在這學生已經升空之後，空中操縱的改正，是需要教師不斷地指導的，直至滑翔終結的時候，還得在地面批評改正學生升空時一切優劣的動作。

教授空中操縱的步驟，第一要學生能夠把握方向舵的操縱，不使偏側；第二要學生能夠利用升降舵的操縱，以安定水平的航線。同

時，對於學生在空中感覺，也要練習，使他慢慢地可以從感覺上了解滑翔安定性的志趣，才能使他優良的進步。

第五十五節 拉曳滑翔機應注意之原則

下文是由滑翔經驗專家所訂定的拉曳原則，雖然，詳細的節目，尚未十分周到，可是，滑翔機的拉曳要點，却已包括無遺了。

拉曳起飛的方法甚多，或用人力，或用汽車，或用絞盤，或用汽車絞盤，或用飛機拖曳，總之，以簡便與適合環境之供給為原則。

關於人力拉牽的起飛，是最簡單而經濟不過的方法，但汽車拉曳，也十分普遍而合用。茲略將汽車拉曳的綱要，討論如下。

(A) 若以 $\frac{1}{8}$ 吋的鋼繩作拉曳的工具，就須有 400 呎的長度，能夠得到 $\frac{3}{8}$ 吋大的鋼繩，那是更好了，長度也須 400 呎。滑翔機上應有自由操縱的釋放關節，以便駕駛員在需要時得以隨意把拉繩釋放下來。為減輕滑板的損傷起見，有時輒裝滑輪兩個，於機身下面，在未會達到起飛速度以前，駕駛員應該感覺他的一切操縱機械，是否非常靈活自如。

(B) 曳繩連機的一端，有鋼環一節，扣入滑翔機身前面的鐵鉤內，另一端縛於汽車身上的固定部，縛繩於車上時，以兩週而易於解脫的活結為佳，以便滑翔機有意外時，得以立即解脫拖繩，減輕滑翔者的危險，有時學生忙中忘却釋放拉繩的工作，這是地面拖拉人員和教師應該注意的事情！

(C) 假使起飛的風速，有每小時 5 哩的速度，而起飛的速度是每小時 15 哩的話，那末，汽車拖拉的速度，不能超過每小時 25 哩。

(D) 初次滑翔的學生，他的機頂一經低了下來，就須把曳繩解脫，但在上攀的時候，無論如何都不該把曳繩解脫，否則將生墜滯(stall)的現象！倘若機頭下垂而不把曳繩解脫，則曳繩鬆緩而卷曲，在曳繩卷鬆的時候，汽車再用力拉，其勢必將滑翔機拖翻了。

(E) 有時曳繩突然由鬆而緊，往往引起學飛者變更航線的正軌而入斜差，若拉力太猛，則必傷及滑翔機的滑板或其他部分，甚或把駕駛員拋出座艙。

(F) 在學生起飛後，汽車宜離開滑翔機的航線，退入兩邊，以免阻礙滑降的直線滑走，否則容易引起滑翔機的側降，傷及全機矣。

(G) 起飛時的操縱桿，最初微向前推，一俟起飛的速度夠了，就

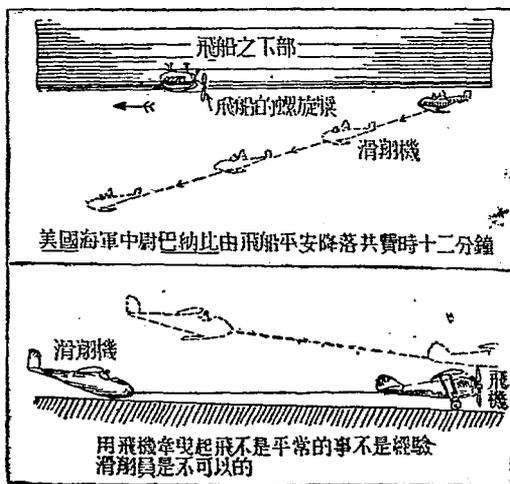


圖3 特殊的滑翔機起飛法

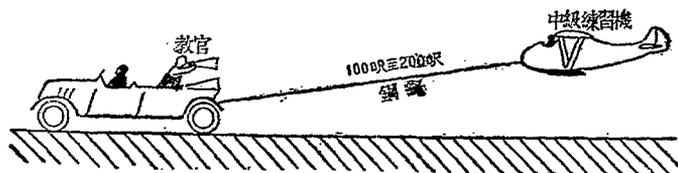


圖 56 汽車拉曳起飛

須慢慢地把操縱桿往後拉，到了確已離地滑翔的時候，又要把桿略推，一直到了降近地面時，又須向後輕輕一拉。

高級滑翔機，亦稱飄翔機，往往用飛機拖引起飛的，若是水上滑翔機，更可以用快汽艇拖拉。美國霍克 (E. Hawks) 上尉，是用飛機拖引滑翔機橫渡美國的第一人。我們中國的滑翔創作家，章超中尉，也常常用飛機拖動滑翔機，在成都重慶的上空，作不少次數高級特殊的滑翔表演。

水上滑翔機沒有滑板或滑降輪，而替以滑筒 (pontoon)，這當然是利用汽艇拖動了。汽艇拖拉的時候，其應該注意的事情，正和汽車拖拉的情形一般無二。至於飛機拖引的滑翔機，不是高級的滑翔專家，不能輕與嘗試，因為這是最技術化最不容易的階段。

第五十六節 訓練滑翔泛論

訓練滑翔的主要原則，是要求方法大衆化，設備機械化，技術簡便化，以博取普及的滑翔教育真義。有時環境需要我們的訓練方法十分經濟，那就祇好用大部分的人力，來彌補物力設備的缺憾。有時環境允許我們節約人力，多用物力來減少人力的損耗，那就得採用

機器的幫助，來完成我們的計畫了。所以在起飛方面來講，除了上述的方法而外，還可以用新式的自動釋放器(auto natic release device)來減少起飛時的困難，在飄飛方面來講，為貫徹運用氣流的原則計，往往採用變壓表來成功上升氣流和熱上升氣流的利用，這是以物力援助人力的科學方法。

自動釋放器是裝在地面上的箱形機構，用膠繩連接於機尾的固定部分。這器的內部裝有彈性活塞一個，容於長圓形的圓筒中，其內部之壓力，因時間的長短而隨意增減，達到一定彈力的時候，牠自動地把滑翔機彈入空中，這機構是替代機尾拖拉的力量，免卻後面往後拉的人力作用而已。自動釋放器的概況，如圖 37。

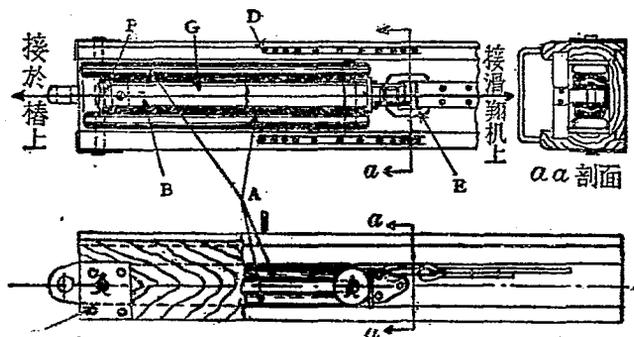


圖 37 自動釋放器 A 膠繩 B 壓氣筒 C 夾板 D 調整孔
E 接滑翔機機尾 F 活塞 G 壓氣筒削缺部分

至於變壓表的用途，完全是利用氣流的補助品，如圖 33 所示，無論在城市、山野、草原、郊卜、海邊、山坡、湖澤或森林等地，都可以發生無限的效用的。在變壓表指示下的滑翔，使駕駛員在氣中知

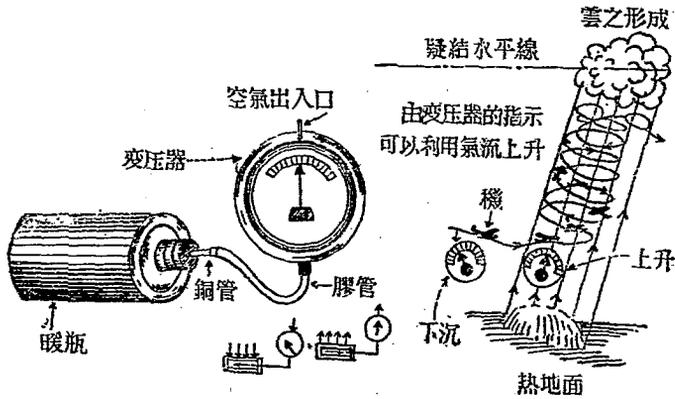


圖33 變壓器的現象

道氣壓的改變，並立刻知道自己現在所處的環境，因而改正其滑翔的航程和操縱了。

汽車絞盤是中高兩級滑翔機常用的起飛工具。因為汽車行動敏捷，且能裝載絞盤的重量，甚宜於郊野運動的條件，所以絞盤拖曳法，也是滑翔重要的節目了。近代汽車絞盤拖曳，正如孩子們的

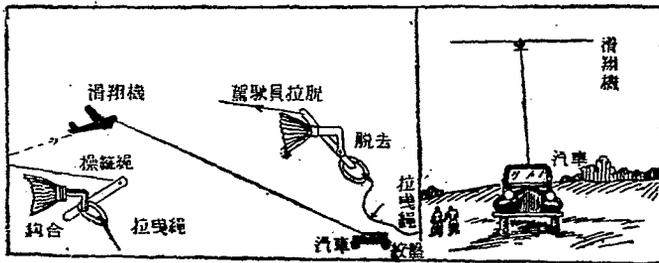


圖 汽車絞盤起飛

放風箏一樣，十分普遍，駕駛員若把升降舵翹上，則機尾較重，機頭上升，藉絞盤的力量，把滑翔機頭往下拉緊，因此就成為上升的好方法了。如圖 39。

人力起飛的滑翔程序已如以上各節所述，但在實施上之情況，則如圖 40 所示，完全以人力完成起飛的工作。至於初中級級的

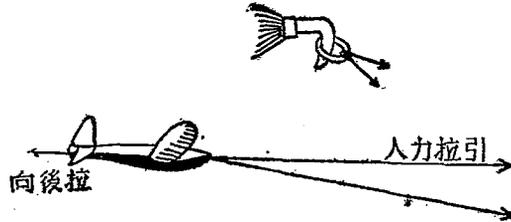


圖 40 簡單的鋼鉤

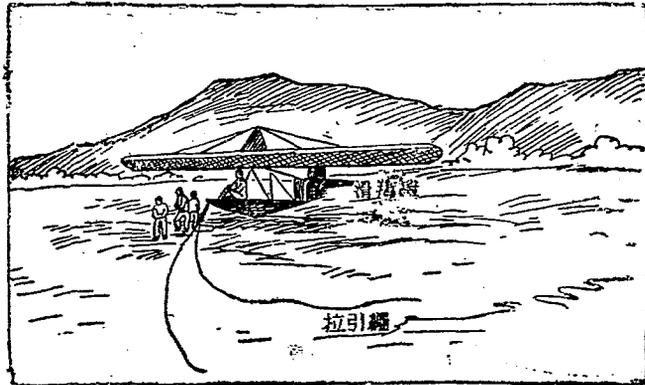


圖 41 初級滑翔機的起飛前奏

滑翔情形，則在圖 41 中見之，各級機種已經不同，而其所負的工作，途亦不能一致了。

滑翔是隨氣流而轉移的飛行運動，故其降落的地點，雖說是有一定的計畫預算，但總不免有意外的，所以強迫降落的地方和強迫降落的技術，都應該在平時加以演習，方能成功一個完美的滑翔員。在森林的地帶中，特別是不容易降落的，即使偶然給我們有一個小場所，我們應該運用特殊的降落技術，才能完成此項特殊的使命的，如圖 42 所示，就是特殊降落的好方法之一了。

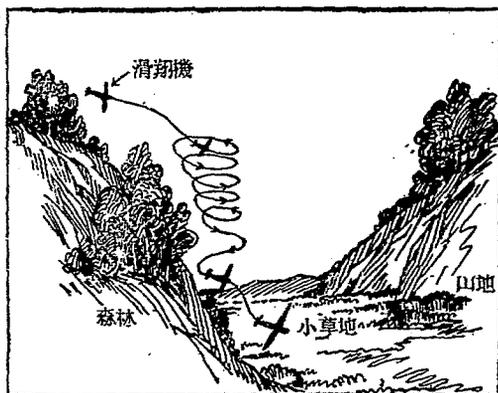


圖 42 滑翔機的迫降場

第七章 滑翔教練機的建造方法

第五十七節 翼肋的形式

翼肋的形式，是翼廓形狀的代表，其曲線之彎度，是根據一條準繩 (datum line)，而定其尺寸的大小的。翼肋大致分為三項，當製造翼肋時，必須製定一種型範 (jig)，再由型範而大批製造翼肋。

第一種翼肋是壓合翼肋，亦稱普通翼肋，肋的前段，蓋以複板，聯接受力的部分，也以複板夾固之，形成局部的箱式斷面，如圖 43 所示。因為避免翼肋變形的關係，欲保持機翼的曲線形狀，往往在型範上，以白木或 $\frac{1}{2}$ 吋厚的複板，將翼肋的外周，做成實際的翼肋曲線，不使變動，而後各肋依範製造，自然合乎要求矣。翼肋型範是在平滑的平臺上做成，即翼肋的內支柱，也須依照圖則，一一配製成範，其大小厚薄長短等尺寸完全依翼型的規定，以碎板環翼肋而釘固之。到了製造翼肋的時候，祇要把樺木 (spruce) 條夾入型範，以白膠膠固，並以 $\frac{3}{16}$ 吋的小複板將聯接處釘固，便成功翼肋的工作。

第二種翼肋，亦稱幹肋，每一機翼中，輒有幹肋三五條，即每隔二條或一條第一種普通翼肋後，就有幹肋一條是也。幹肋的骨幹支柱頗為強大，或以複板鑲於翼肋的一邊，以加強翼肋的負擔，複板鑲夾時，先以白膠膠緊，同時以小銅釘釘合於肋骨之上。有時幹肋不一定用複板釘合，祇將肋骨增大就行了，這種幹肋較為經濟，但不若

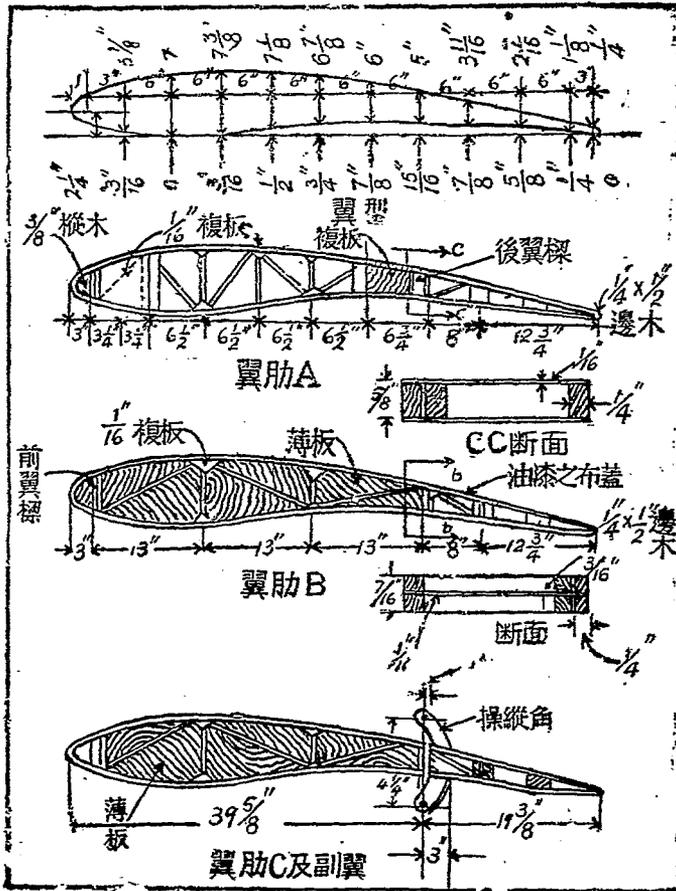


圖 43 翼肋 A 為 1/4" × 5/8" 樑木條，翼肋 B 與 C 為 3/16" × 1/4" 樑木條

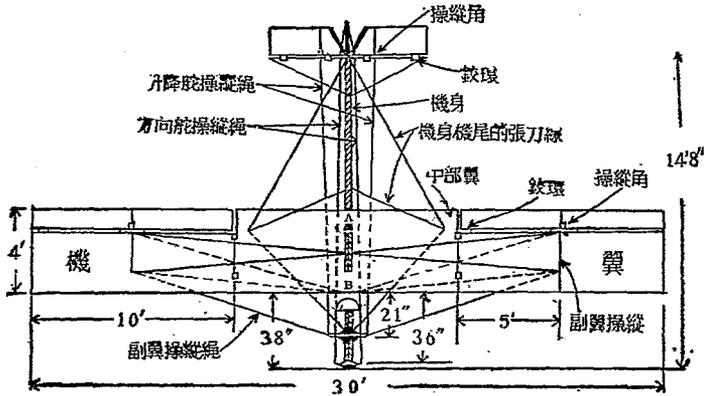


圖 44 平面操縱繩及張力線圖 A 為支線架 B 為座銷

複板鑲合者那麼堅固罷了。

第三種翼肋是不完全翼肋，亦稱短翼肋，專門用於副翼附着的部分，肋的尾端，祇至後翼梁而止；不完全翼型的曲線完面的。短翼肋之裝有副翼操縱角(aileron horn)者，應該用雙肋於該處，以維持應力的分布。構造法與普通翼肋相同，交接支柱間，除用白膠而外，亦用樺木(birch)小複板夾而釘之。副翼操縱角以 $\frac{1}{4}$ 吋厚的硬木做成，或用 $\frac{1}{16}$ 吋的軟鋼板，或用 $\frac{1}{16}$ 吋的鋁合金板製成之。副翼接於短翼肋後翼梁的後面，以螺釘貫後梁鋼鉸而與後翼梁相連，合成該段的整個翼胴(aerofiol)

第五十八節 機翼的裝配

機翼主幹就是翼梁。翼梁的建造法，是依據設計圖則的尺寸和形狀構成的，有單翼梁 (monospar) 雙翼梁 (double spar)，複翼梁 (multi-spar)，和箱式翼梁 (box spar)，殼式翼梁 (monocoque spar) 之別，主要的木材，以樅木為最佳，以其紋直而組織堅實故也。在滑翔機的翼梁中，恆以木製翼梁為準，間有高級滑翔之特殊製造，或用輕金屬為之者，不過，無論如何，都以木造翼梁為現代普通滑翔機機翼的主要材料。

普通滑翔機翼梁之構造，以樅木削為長條，法甚簡單，但須準確。間用兩條樅木板接合而為一長梁者，這樣就須白膠接合後，再加壓力夾固之，其荷重與由一條長木造成者無異。

在翼肋和翼梁已經分部造成以後，就得進行裝配機翼的工作。先把翼梁置於長凳上，把各部分需要之螺釘和配件接頭等洞孔，先行鑽就，然後將翼肋一一裝入，並配好接頭零件，裝入翼梁的翼肋，此時再行校正其位置，然後以白膠膠固，以銅釘釘緊，注意各翼肋間的距離和交接處的緊實，於是再行裝上支柱，張力線 (bracing wire) 等內部組織，這時更須校正或調整機翼的形狀和荷重支點的正確位置，勿使偏斜。最後把副翼的操縱繩 (control cable) 裝入翼內，裝好滑車，至是乃完成機翼的內部結構，然後蒙以機翼布蓋，塗以油漆，這樣的程序，就成功了機翼整個的工作。

至於副翼的配裝法，一如機翼然，不過略比機翼簡單一點罷了。副翼操縱角是用硬木或金屬片做成的，裝配時須要特別注意其位置，以免操縱發生困難。

若以樅木造成翼梁的話，雖說大小厚薄長短沒有一定，可是，前

翼梁若有五吋高， $\frac{5}{8}$ 吋厚就夠了，後翼梁較低一些，有三吋半高已經不壞了。

機翼的前緣(leading edge)和後緣(trailing edge)均有長條夾入以爲固定前後緣之用者，這工作在校正機翼後，蒙布之先進行之。機翼的構成骨幹，須以膠油(shellack)塗之，以防水氣或日光之侵害。翼梁的兩端，往往包以葛布，塗以光油(varnish)。機翼的零件和接頭，除了是不銹鋼或鋁合金造成者外，其他材料構成的，一律要塗以磁漆(enamel)。鋁與鋁合金造成的零件和小管，應以林諾油(lincoln)塗其表面。

第五十九節 蒙布與油漆

滑翔機的蒙布，不若飛機蒙布那麼考究，有較輕的棉紗布料就行了。假使能夠採用飛機使用的特殊布料(飛機的蒙布，是棉葛絲三者合成的組織，織成強韌的布料)，那就更好不過了。可是滑翔機翼的前緣，往往是用軟薄的複板屈成翼狀，膠固釘牢之後，然後再蒙布質，這樣可以減輕滑翔時的前緣損壞。

機翼蒙布的縫紉處，須另貼布條，檢驗孔口等處，須另貼布板(patch)。操縱繩經過的地方，須以鷄眼釘鑲入，以免損壞。蒙布縫成整幅後，蓋於翼上，縫合於後緣，以小繩扣縫後緣的合口，並以粗繩拉緊蒙布於各翼肋之間，以免擺動變位。其拉緊繩扣的距離，約四吋至五吋，凡扣有緊繩之處，外面必須加貼布條，以免損害。有時爲增強蒙布的力量計，每以縫紉行列，和翼肋成45度角，但通常的蒙布，多使縫紉行列，與翼肋平行。

蒙布外面加貼的布條，和布板等，均以黏性塗料（dope）塗刷之，既可以填滿布紋，更可以作黏着之用。蒙布工作，縫紉工作停止後，第一步塗漆工作，就是先以紅色黏着塗料塗勻之，使翼肋與蒙布互相附着，因為布孔的關係，塗料可以滲入翼肋之上，所以能夠膠結不離。有時不用紅色塗料，而以白色黏性塗料（clean dope）代之，但總比不上紅色的好處，因為紅色塗料，除了能夠黏着和保護蒙布外，尚能防範太陽光中熱線的侵害，在熱帶的滑翔機，紅色塗料，尤為重要。像我們中國的氣候，炎暑酷烈，也以紅色塗料為初次塗油的上品，白色者次之。經過第一層塗油完畢之後，往往用幼紗布輕擦蒙布的表面，然後再行塗以光澤的塗料，如銀光色塗料（silver dope），灰色塗料等美觀的物質。

機翼經過了塗油工作之後，還須把左右機翼的重量，使之平衡，假使那一邊的機翼太輕了，就得多加一層塗料，以平均兩翼的重量，倘若祇是相差數兩的話，那也無須於斤斤計較也。塗油時最忌溫度太低，平時以 70° F. 至 90° F. 為宜，冬日宜於陽光中塗擦油料，初層或內層塗料，以掃擦塗於布上，外層光澤的塗料，以壓力噴油筒噴塗之。

塗料可大別分為兩類，一為纖維素硝酸鹽（cellulos nitrate），一為纖維素醋酸鹽（cellulose acetate）；前者是用火藥棉花經過硝酸與硫酸配製而成，後者是用棉花經過無水酸（anhydride）與醋酸（acetic acid）配鍊而得的。其中鹽酸和醋酸的分子，為纖維素吸收以後，形成一種新的化合物，所以富於黏着性和光澤。這樣的棉花塗料，很易分解於甲醇（methyl alcohol），和乙醇（ethyl alcohol）等各溶劑之中，

有時滲以少許非溶劑的本生油 (benzine), 使增加其優良的質素, 有時滲以雙醋酒精 (diacetone alcohol), 作為保軟之用, 而滲以三芬納磷酸鹽 (triphenyl phosphate) 為防火之用 (這物在滑翔機上, 是不適用的)。若滲以少許尿素 (urea), 更可以防止酸化作用, 而持久其貯藏的性能矣。

飛機的油漆, 初以醋酸鹽塗料, 掃塗兩次後, 然後再以硝酸鹽塗料掃塗三次, 最後再加上有顏色的磁漆 (enamel)。可是在滑翔機的油漆工作, 就用不着那麼複雜, 祇塗兩次硝酸鹽塗料, 和一次光油 (varnish), 也就可以勉強應用了, 若能加塗磁漆和醋酸鹽塗料, 那是更佳的成品。

醋酸鹽塗料, 善具抗燃性 (fire resisting value), 紅色的更可以抗拒日光熱線的侵害; 硝酸鹽塗料, 善具緊張性 (tautness), 而價格較廉; 磁漆則具有光滑堅實的特性, 至於光油的性質, 善能保護水氣侵入和光澤韌滑。當着掃塗過多醋酸鹽塗料時, 往往易使磁漆起皺紋與裂痕, 所以醋酸鹽塗料應該用硝酸鹽塗料間開, 勿令磁漆直接接受醋酸鹽塗料的影響。普通若塗塗料四次, 則每平方碼的面積, 增加重量一英兩半 (ounce), 若塗二次, 則其增加的重量, 亦祇為上述的半數而已。這種重量的增減施用, 端在平衡翼重時用之。至於機翼緊張性的大小, 對於空氣動力上的影響頗大, 在適宜張度之內, 可以補助結構上的微小缺點。

第六十節 教練機的繩線裝置

滑翔機上的張力線 (bracing wire) 和控制繩 (control wire) 約可

分爲五種：

- (1) 流線形鋼線 (solid stream'line wire)。
- (2) 硬鋼繩 (non-flexible cable)。
- (3) 軟鋼繩 (flexible cable)。
- (4) 圓形型鐵線 (round swaged wire)。
- (5) 鋼琴鋼線 (solid piano wire)。

在使用方面來講，流線形鋼線常用於機翼上之張力線（如飛行線 'flying wire,' 支重線 'landing wire'），和起落架的張力線中。硬鋼繩的用途與流線形的鋼線同樣，不過，在組織上不同而已。流線形鋼線是結實的一條，而硬鋼繩則爲若干組小鋼線合成一條罷了。軟鋼繩用於操縱系之上，如升降舵，方向舵，副翼等操縱繩是也。圓形鐵線和鋼琴鋼線都是使用在機翼機身的內部張力線中，因其受力的多寡而異其性質。

機身暴露的滑翔機，多爲初級滑翔構造，所以這種滑翔機的各部結構，往往採用許多張力線來補助力的分佈。除了張力線以外，所必需的就是操縱繩了。張力線的性能，具有堅強的張力強度，而操縱繩卻是堅韌柔軟，易於轉動滑車者爲尚。操縱繩的大小，約介乎 $\frac{3}{8}$ 吋至 $\frac{1}{2}$ 吋之間，已足夠滑翔機操縱之用。若爲特殊飛行的滑翔機，其操縱繩的直徑，則微爲增大，如圖 44 所示之平面圖，就是繩索分佈的大概。方向舵操縱繩，由踏足板連接於方向舵的操縱角 (control horn)。升降舵操縱繩，由操縱桿連接於升降舵，而副翼操縱繩，卻由操縱桿的關節，連接於副翼的操縱角。至於操縱系的精密運轉情形，可以於圖 45 中見之，在接合上，不是十分簡單的工作，而效

能上又是十分重要，所以操縱繩的接頭、關節、連繫等在技術上都是絕對不容馬虎的。滑翔機操縱系的組織原理，和飛機的操縱系組織沒有兩樣，對於空氣動力的運用方法，也是完全一致。

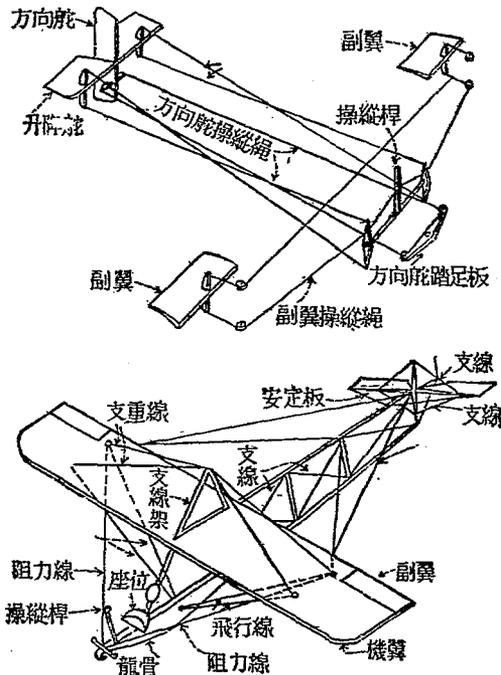


圖 滑翔機的操縱系

圖 46 所示之操縱系組織，是單縱梁 (longeron)，滑翔機所採用的裝置情形，其方向舵之連繫，和上面所述的完全一樣，其操縱桿則

爲活節樞軸(pivot)的構造，桿端作叉形，連於小管 A，A 管繫於操縱臂上。中通操縱繩，經小滑車的導引，乃聯繫於升降舵的操縱角，繩之一端，繫於上方操縱角，而另一端卻繫於下方的操縱角了。關於副翼的操縱，是由操縱桿的搖動，而經 A 管的傳遞，遂令連於 A 管的操縱臂作左右的傾斜，因而拉動左右副翼的操縱繩，再由操縱繩連於副翼的操縱角，所以副翼能作上下兩方向擺動。當操縱桿左擺時，左邊的副翼上彎，減少左翼的升力，而右邊的副翼下彎，增加右翼的升力。在這種升力不平衡情況之下，自然整個滑翔機向左傾了。反之若操縱桿向右邊擺動時，其結果適與左擺時的作用相反。

就安定機翼機身機尾各部分的位置計，往往用許多張力線來平衡各部的均勢和對稱狀態，這種張力線，以流線式的爲最佳，硬鋼繩次之，軟鋼繩又次之，至其他兩種張力線，祇供機翼內部張力的應用者爲多。

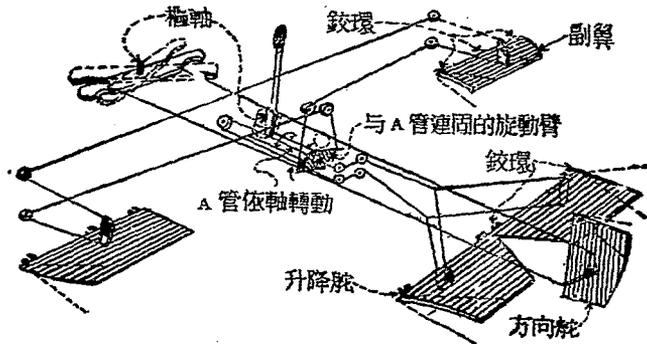


圖 6 操縱系的聯接

第六十一節 滑翔機的裝配

初級滑翔機的裝配工作，是很簡單的，至於中級和高級滑翔機的裝配，就較為複雜，幾與簡單的飛機裝配技術一樣。這裡所討論的，暫限於初級滑翔教練機的裝配。

普通初級滑翔教練機的裝配工作，就是把機翼裝於機身上，校正兩邊機翼的平衡，對準機頭與翼尖的距離，機尾與翼尖的距離，安定板與升降舵的位置，方向舵的位置等工作。飛行線和支重線的兩方，均要等距，也要對稱。若有上反角和前衝角的，就要特別注意各種張力線的鬆緊，不要使左右前後的角度，互為差異，要相對的同樣，才可以增強滑翔的效率。校正前衝角和上反角的方法，祇要調整飛行線，支重線，和機翼與機身間的張力線就行了。有時初級教練機根本就沒有前衝角和上反角，祇要把機翼兩端和機尾機身弄正了，就可以切實地把各接頭螺釘裝上弄好，這裝配工作，便算優良的成績了。

校正機翼機身間的關係以後，再檢查內部的螺釘螺帽是否扣好，內部張力線是否鬆緊合度，操縱系的接頭鋼繩是否良好，操縱桿在中立狀態時是否對稱，這就是裝配滑翔機的需要工作，至於副翼要和機翼曲線一致，升降舵、襟翼或制動翼，都要在平衡中立的位置。方向舵要和機身縱動軸平行，自然也是裝配工作的重要條件。

第八章 高級滑翔機的建造法則

第六十二節 滑翔機翼的曲線

滑翔機最重要的飛行因素，就是機翼的翼型。況且，滑翔機不像飛機那樣，可以利用發動機的引力，來彌補機翼的缺點，所以它的機翼翼型，就特別感覺到直接的重要！滑翔機翼型，以較厚的流線形為尚，而翼下的曲陷線（concave），尤以不用為佳。所以哥廷根的翼型，是現代滑翔機翼型的摩登翼型了。在哥廷根航空研究所實驗的結果，對於滑翔機翼型的選擇，當以哥廷根 441，和哥廷根 535 為佳；最新式的滑翔翼型，就算是哥廷根 549，532，和 NACA 23012 等了。哥廷根 549 翼型的升力係數，(lift coefficient) 為 1.2 時，其阻力係數(drag coefficient) 為 0.012；532 的升力係數為 0.8 時，其阻力係數為 0.01；535 的升力係數為 1.0 時，其阻力係數為 0.012。所以翼型的優劣，實為滑翔機性能的重要因素。現代滑翔的飛行速度之所以高達每小時 60 公里至 70 公里的原因，就根本由於翼型的改善。雖然，DFS 制動翼能夠幫忙減少著陸時速度，足以提高滑翔速度的信念，不受著陸速度所牽制，但推源於翼型的進步，是無可諱言的。

自然，高級滑翔機的翼型，是以奪取最優美的流線形，減少空氣的阻力為原則。因為翼面下方的壓力，和翼面上方的吸力，都是升力

的來源，可是，翼胴在一定限度內，（即翼胴厚度不能超越翼弦長度的 $\frac{1}{3}$ 。）增加其厚度時，可以提高升力的產量，而優美的流線，尤為升力生產率的生力軍。上下兩方吸壓力的合作，構成了空氣的合力，這合力是幾乎與翼弦成垂直的，吸力佔全部升力三分之二，壓力佔全部升力三分之一，有時特殊翼型的升力，其吸力佔全部升力的四分之三的，不過，這種翼型，不大十分普遍罷了。

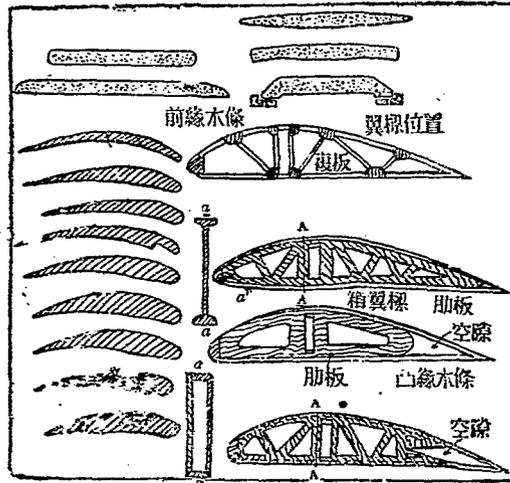


圖 7 滑 翔 機 翼 型

第六十三節 翼型的特性

滑翔機翼型的重要性，已如上文所述，現在略把翼型的概念，述

之如下。

(1)翼型中線的彎曲線 (comber) 顯著者, 可以補助上攀的價值。

(2)翼型厚度在 1:7 與 1:5 之間者, 恆比薄翼型的阻力為小。因為厚翼可以容納大的翼梁, 可以減小支柱和張力線等一切產生寄生阻力 (parasite drag) 的機構。

(3)翼的後緣, 若微向上彎, 則可以增高滑翔機的安定效率, 但有害於滑翔角度。

(4)翼的前緣, 若流線顯著, 則可以把阻力減至最低限度。

(5)翼面的上方, 為升力產生的策源地, 以光滑為佳, 故不宜有和紋, 皺摺, 和凹凸不平的表面, 其蒙布宜精細, 接頭須掩蓋。

(6)副翼, 襟翼, 制動翼, 方向舵等操縱動作時, 往往引起機翼後緣的湍流, 為減少上升效率的因素, 所以特別對於各動活翼面的操縱彎度, 有適宜的限制。

上面所講的各點, 是設計機翼時所必須顧及的要件, 雖然, 各機的特殊任務或有不同, 可是, 在安定和流線化的原則來講, 其共同的目標, 也未嘗稍異。滑翔機機翼和飛機機翼大致也都相同, 不過, 前者側重升力, 而對於翼面荷重和飛行速度, 不能不有點讓步; 後者重在阻力的減少, 增加翼面的荷重和飛行速度, 所以升力可於高速度時補之, 故其機翼的翼型, 就無須像滑翔機機翼那麼厚了。(這指相對情形下的狀態而言)。

第六十四節 高級滑翔機機翼的構造

高竊滑翔機機翼的構造，大致和初級機翼的構造法差不多，不過，因為要作高空和遠距離飛行任務的關係，對於機翼的機構上須要精密而較為堅固一點。翼梁的構造 有時用複板合成，而以銀樅木削成的 I 形和箱式構成為最普遍。翼梁做好之後，就裝置預定翼型的翼肋。翼肋的距離，約為 30 公分至 50 公分，(11.8 吋至 19.7 吋)，翼肋裝畢，即以白膠膠固之。翼肋與翼梁接觸處，更宜鑲以適宜的三角小木片，膠固并釘牢之。大凡機翼的翼展愈寬，則支力的範圍愈大，而其翼梁的構造必須愈堅，方才可以荷負翱翔時的空氣壓力，這就無異乎人身上的脊骨，要有強健的脊骨，才能支持肋骨的結合。在建造之前，對翼梁的材料、強度、荷重安全因數，都要預先決定，預先分析，預先試驗。

翼梁的高度，要依翼型厚度而決定，而翼型的高度，又須依據機翼的建造法而變遷。倘若是臂式機翼，自然翼胴較厚。假使是用支柱和張力線來維持機翼外面的安定的話，那就不能不採納較薄的翼胴，以減輕阻力與重量了。可是嚴格一點來說，為着翼梁的堅固安定起見，時常都以較高的翼梁為滑翔機機翼的重要原則。雖然，在力的計算上或許感覺過於結實，其實這種估計，有時不能完全和事實相符，能夠多一點翼梁的強度，是不會十分吃虧的。——這當然指在適宜範圍中的強度而言。

翼梁的位置，應該接近壓力的中心線，用以支持全翼的中心壓力。至翼梁的名稱，有前梁與後梁，單翼梁與複翼梁，箱式梁與補助梁，殼狀梁與顯露梁之別，這都是位置形式上的區別，而實際上也是荷負機翼壓力的骨幹，都以支持全機的上浮力_z為任務。

翼肋是收集翼面的壓力，傳達壓力於翼梁的工具，也是維持翼型的有效物品。其形狀依翼型而轉移，在構造上，以細長的肋骨作外廓，以分歧的支柱作內部的聯結，也以縱木造成，有時採用我國國產的杉木，也可以建造翼肋，不過，在選擇時應注意杉木的木紋和韌性，須以先行試驗較為妥善。翼肋內支柱的交接點，須以複板用膠膠合而以銅釘釘之。翼梁翼肋之間，尚有與翼肋平行的大支柱，和對角張力線，為團結各部組織的主要物品。

其他機翼零件、接頭、蒙布、油漆等工作，也是構成機翼工作的一步，大致和上章所述的程序相同。

第六十五節 翼梁的構造

註：下面的敘述，是滑翔機翼梁的結構情形，由 NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) 第 439 號備忘錄 (Technical Memorandum No 439) 中節譯出來的。

箱式的翼梁，以 I 形的縱木作桁條 (girder)，用複板作鑲板 (web) 形成輕而強的結構，所以現代許多滑翔機翼梁的構造，都採用這個方法了。複板與桁條相配而成的組織，以白膠聯接之後，很像一塊金屬有突緣 (flange) 的硬板片，力量很大，且能耐用，不易扭歪變形。雖然，翼梁的形狀不一定要像圖 48 所示那種樣子，但桁條與複板相結而成的結構原則，卻是結構學上的重要組織。桁條的材料，以沒有結節而木紋細直的銀樅為最佳。桁條裁正之後，遂把牠們統合起來，用白膠把鑲板一同湊近，并以壓力夾固之，俟白膠乾結，乃再以小銅釘釘合。因為整個翼梁的結構，是靠鑲板與桁條的團結，而二者的

團結，卻有賴於白膠，但白膠的膠合，又須藉壓力的幫助。

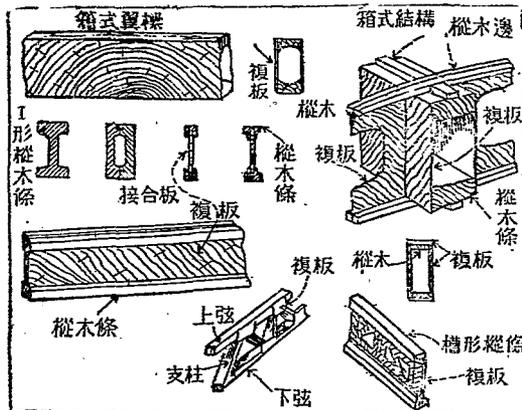


圖48 滑翔機翼樑狀況

在建造翼樑時，必須用若干塊細長複板接合起來，這種工作，應在未曾把桁條與鑲板膠合前行之，複板接合法，是把接合的部分削成 15° 至 45° 的斜面，然後於斜面塗以白膠，而加壓力於其上，俟其乾固，即可應用。採用單翼樑的機翼，多用箱式翼樑，因為牠能夠擔負較強的扭力，不致變態。但雙翼樑的機翼，往往以 I 形翼樑為最普遍，蓋以其簡而輕便故也。可是，這 I 形翼樑的荷重能力和容受的扭力，都不能和箱式翼樑相提并論，況且，I 形翼樑的機翼，還要薄複板來包蓋機翼的前緣，來增強翼樑與前梁的聯繫。

I 形翼樑在工作上容易多了，而且又省料。或用桁條和鑲板聯合夾成，或以縱木削成 I 形的斷面。前者工作，比較多一點。在採用桁條鑲板的翼樑時，其夾接膠合之程序，和箱式翼樑無二。但最忌

把桁條削成小槽後，然後將鑲板鉗入，因為這種工作，既不能增強二者固結的力量，反而削弱桁條本身。

第六十六節 高級滑翔機翼肋的構造

翼肋是承受翼面的空氣壓力而傳遞於翼梁的居間組織，其形狀悉依翼型確定。翼肋的構造方法約為兩種：一種是用細長肋骨作翼肋的外廓，而以三角式的支柱，來作內部的支持。另一種是乾脆地就用複板切成整個翼肋，在肋的中間，切去若干小塊，遂成穿花式的切削狀態，利用肋中未削去的部分，作牠自己內部的支柱。現代化的工業國家，產鋁甚多，質輕而耐用，往往以薄鋁片翦成翼型，再把鋁翼型穿以洞孔，在洞孔的邊緣，和翼型的外範，彎成與翼肋断面作垂直的角邊，增加鋁片的強度，遂成功最優美的鋁翼肋了。不過，這種翼肋，和複板削成的翼肋，在構造上很相似，所以可以包括在第二種構造法之內。

接近機翼內支柱的翼肋，和副翼操縱角附着處的翼肋，都要特別堅強。或用雙肋，或用較大的翼肋，或用箱式的翼肋，以增應力的支持。複板削成的翼肋，裝於翼梁時，須以三角小木片夾而固定之，若為鋁片翦成之翼肋，則須以小鐵釘釘入翼梁內。同一機翼中的翼肋，其大小長短厚薄都不一定相等，因為翼尖比翼根小，而翼根的厚度又比翼尖高，所以翼根的翼肋尺寸，和翼尖的翼肋尺寸，是不一定相同的。

翼肋的間隔，疎密各有不同，有些設計專家主張翼肋較密使翼面平滑；但有些卻主張少用翼肋，而以薄複板蓋之，以求結實，惟通

常滑翔機翼的間隔，約在 30 公分至 50 公分（12—20 吋）之間，總之，翼肋愈疎，則肋之結構應該愈強。機翼的前緣，感受空氣壓力很大，所以翼肋的前部流線，應該特別光滑，而有時須以薄複板為前蓋，就是這個緣故。

翼肋的弱點，是在翼梁接觸之處，尤其單翼梁的翼肋，往往在交接點折斷。所以翼肋和翼梁銜接的部分，宜以複板加強翼肋的結構。但任分段構造的翼肋，可以減少此項毛病。當翼肋與翼梁裝配的時期，切不可用大鐵釘或大銅釘來釘合，須以小銅釘釘入，並以少用為佳，以免傷害翼梁的組織。

在翼肋裝入翼梁之際，度準距離，膠以白膠，鑲以三角小板，然後以小釘釘固，使翼肋內部的小支柱，合成支持局部扭力之基礎。在單翼機中，更須對角支柱的支持力，來補助機翼本身的不逮。雙翼機則因有兩翼間支柱維持的關係，可以省卻對角支柱，而以對角張力

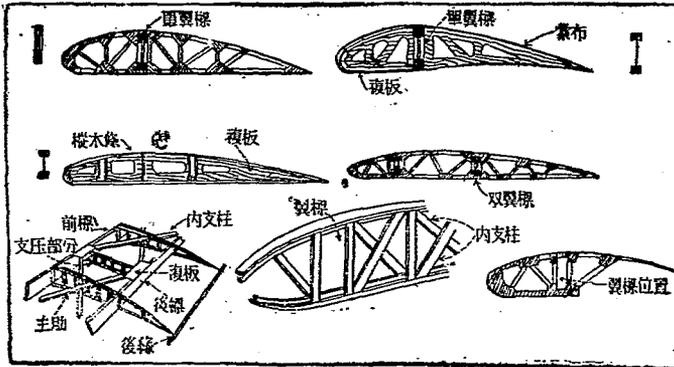


圖 9 翼 肋

代之。臂式機翼的結構，和非臂式機翼的結構，大體相同，其改變中心壓力的方法，亦為利用副翼的擺動，原則上，各式機翼都是一致的。

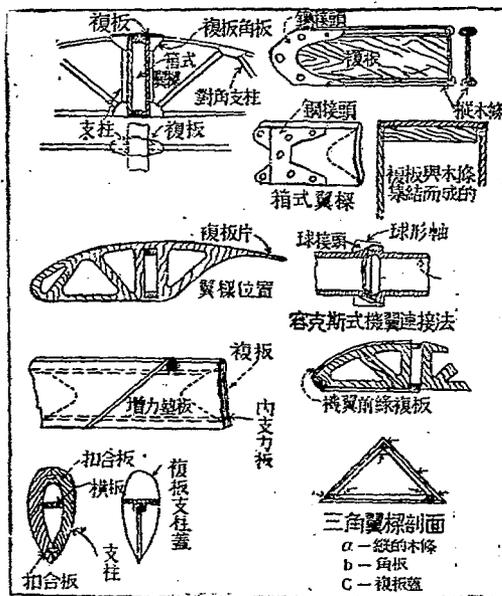


圖50 機翼的零件

第六十七節 翼間張力線

翼間張力線，是維持機翼形狀，固定機翼各部組織的主要工具，張力線的兩端，是用鋼製的接頭，和目螺釘來旋接的，其中一端是固定的，而另一端則為可以伸縮的旋動扣 (turnbuckle) 扣緊之。在機翼

裝正之前，可鬆緊旋動扣而調整其形狀，在校正機翼以後，各旋動扣須以保險線束之，以免鬆脫。因為機翼對角張力線是不常變動的部分，一經校正，不容輕易更改，所以對角張力線的鬆緊，距離和角度，都要在未鎖旋動扣之前度準，不可草率從事！尤須對準各方的對稱工作。

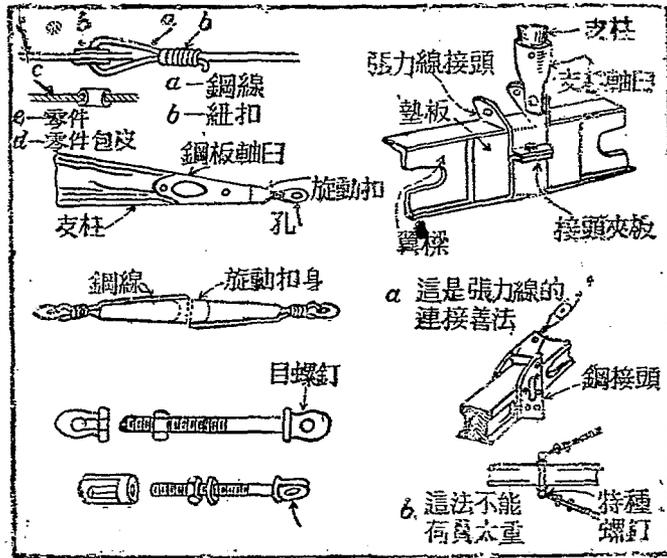


圖51 . 張力線的連接結構

機翼和機身接頭的角度，是整個翼間張力線中所應該注意的事。雖然，各式滑翔機中不一定有裝配角度，但有時這裝配角度不是正的，而是負的。不論其為正、負、或零，都得在校正張力線時特別注

意。張力線又應該視其受力的情形，來決定其鬆緊的程度。譬如飛行線應該在地面時鬆一點，支重線應該在地面時比較緊一些才行，這就是一個例子。

關於機翼的前衝角一項，沒有一定的規定，各隨翼型而變遷的。但無論如何，前衝角 (incidence) 都不能超過四度，同時翼端的前衝角應比翼根的角度略小，方為妥善。假使機翼的後緣是微彎的話，其前衝角可以比諸固定後緣者為略大，設有同樣結構的滑翔機兩架，一架是彎曲的機翼後緣，另一架是固定的機翼後緣，若在同等情形中試驗之，就會給我們發覺兩者不同的地方了。大凡翼肋後緣彎曲者，其氣流可以減輕卷流 (vortice) 的成分，而阻力減少，使滑翔角度得着許多的進步。反之，則其滑翔角度便形減小了。不過，機翼後緣的彎曲，祇限於細微的彎度，和不震動為原則，倘若因彎曲而生震蕩，或彎曲的情形過於顯著，那就不但不能補助滑翔角度，反而有害於滑翔角度了。

第六十八節 滑翔機的機身

滑翔機機身的結構，是根據經濟原則和建造的目的而變遷的。為着要減少機身前面積的空氣阻力，使流線優美，提高滑飛速度，和保護駕駛員的身體計，往往對於高級滑翔機機身的流線形，特別加意改善；對於機身的前面積，特別設法縮小，對於機身的外貌，特別弄弄美觀；對於機身的外廓，特別蓋得周密；非若是，則不足以適應滑翔的重要條件，無法運用上升氣流而翱翔矣！

滑翔機機身的構造，以簡便輕易經濟為原則，所以通常以交組

(trellis) 和骨架 (skeleton) 構造者為主。但接近駕駛員頭部的地方，應該不要有任何支柱的存在，以免礙及駕駛員的視程和安全。雙翼的滑翔機，最好把四個機翼接着四根機身的縱梁，而機尾的安定板和升降舵，也應連於縱梁，以求結實堅固。機身的主幹，為上下左右的縱梁，連合縱梁的機構，由縱梁與支柱的湊合，便成功了機身骨架的構造。有了骨架，再加流線桁條，桁條之外，蓋以蒙布，蒙布之外，塗以油漆，使外表佳美，阻力減輕，這就成為機身的完美結構。

機身的構造法，約分三種：第一種是初級滑翔機用的木架機身，沒有掩護座位的，是最簡單的木架機身構造，第二種是鋼管銲接，或鋁合金管釘接的構造；第三種是木製骨架，外鑲複板的殼式機身，此項機身的應力，完全由皮層的複板負重任，而支柱次之，所以亦稱為皮層應力。簡單的機身架構成，如圖 52 所示。

現代新式的滑翔機身，大都採用殼式的機身建造法，因為牠的支柱可以疎而細，重量既小，結構又堅，最合設計的理想。機身座艙的四週，應該設有支柱和張力線的包圍，座艙內面以寬便舒適為原則，使操縱方便，座位安暢，以增加駕駛員的技術運用，座艙的高度，以剛露駕駛員頭部於氣流中為最佳，視程愈廣愈妙，座位以柔軟及佈置頭枕者為良。座艙的前後左右，和座艙的下面，應該用軟物墊蓋，或用軟布包裹，這不但增強機構的力量，更可以減少意外的失事。機身前部的材料，最好用槐木 (ash)，機身後部，則縱木和良好的杉木，亦未嘗不可，因為槐木不易分裂或折斷，所以槐木為最佳。縱梁若為兩種材料構成時，其交接點應在座艙的後面，

硬軟兩種不同材料的膠合，是不平凡的工作，不得其道，則不能

膠結堅實，最好很快的把多量的白膠塗滿於槐木之上，俟數分鐘之後，乃再將白膠塗於樅木或杉木之上，於是開始夾緊，加以相當的壓力，使乾固後，便成優良的接合點了。原因是硬木的木紋軟細，白膠不易透入內部，所以必須先塗白膠，才能成功。整個機身縱梁都用槐木的話，對於重量很不合宜，且槐木又不易工作，所以改用樅木於後部，而且後部的支柱，縱梁等的尺寸，應該比前部為小，以其所受的應力較小故也。大凡座艙後部的重量愈輕，對於俯衝的時候，操縱愈為靈活。

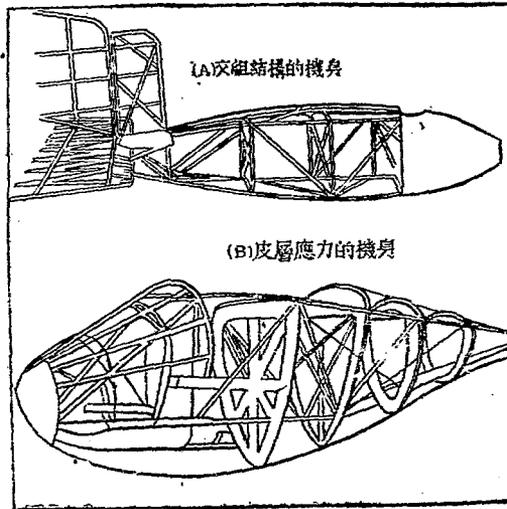


圖 機身骨架的結構概況

倘若沒有起落架減震器的話，座艙的下部，應裝置適當的彈簧，

以減少駕駛員和機身的震動。機身兩端多為尖形，或為水平尖形，或為垂直尖形，尤其是方向舵和升降舵附着的部分，需要尖形的尾端來補助。機身的結構，用木料的較為經濟，但用金屬板或鋼管，鋁合金管，製成的卻較為堅固而耐用。而且金屬製成的機身，對於機翼接頭及其他聯接裝置，較為易於穩固，在工作方面，亦比較方便許多。若以製造飛機的工廠和製造飛機的技術人員來製造滑翔機，一切構造上的問題，都可迎刃而解。不過，若是普通的滑翔團體，來自行製造滑翔機的時候，那就最好用木材作結構的材料了。因為金屬的工作設備，和工作技術，是比較複雜而困難的。

大凡用複板製成的滑翔機，在技術上很相似戰船和飛艇(flying boat)的製造。有了造船經驗的人，略加訓練，就可以成為殼式滑翔機的製造專門人才了。殼式滑翔機的構造，主要的材料就是複板和鋁合金板，為節約重量和經濟條件計，最理想的殼式結構材料，自然首推複板了。殼式結構的主體，在橫的方面，就是節架(frame)，或稱擋板，(bulkhead)；在縱的方面，就支力幹(stringer)，縱支力幹和節架而外，就是複板的包皮構造了。所以這殼式結構，亦稱為皮層應力，因為牠的主要應力的分佈，都在包皮之上，節幹不過是維持形狀的機構而已。殼式結構的內部，較為簡潔，對於機內的設備，工作較易，即操縱系的裝置，亦為方便多多矣。在機翼接頭處的節架，須特別堅實，材料既要較厚，同時也要增加節架中的對角支柱，在機尾附着的部分，其節架亦應較強，以接受荷重的力量。殼式結構的程序，先就地面繪就機身的骨架圖，規定節架的位置。根據機身的中線而安置機身的主要縱梁，然後安置各節的節架，而用夾架(clamp)把節架逐

個夾定,再把支力幹裝上,使各節架的位置,完全固定起來,乃就機身的內外方,裝上包皮的複板,接縫處以白膠膠接,以小銅釘釘固之。複板和支力幹,節架,縱梁相接的部分,以白膠和螺釘夾緊,以母螺鎖合之。這是殼式機身結構的大概程序,至於細微的工作進度,自然在工廠中可以看到。

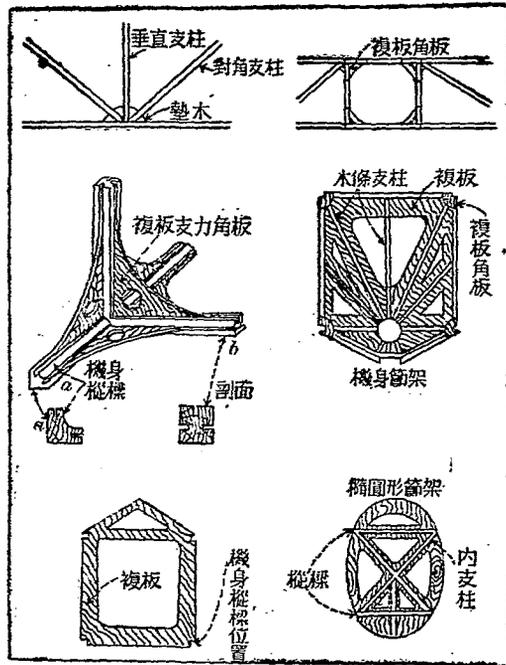


圖 53 機身內部結構

滑翔機機身的構造,有方形的斷面,有橢圓形的斷面;方形斷面

的機身，工作較易，橢圓形的機身，工作較難，至方形與橢圓形的材料，用複板或鋁合金板，二者均可，方形斷面的機身可以用四條縱梁的骨架構造法構成，惟殼式的機身結構，卻側重於橢圓斷面的機身了。方形斷面的機身，須有四條縱梁，而橢圓的機身，祇要三條縱梁就夠了。方形機身不易成殼式結構，而橢圓機身，則既可以作殼式結構也可以作骨架結構或交組結構。所以現代化的滑翔機，其機身斷面，多為橢圓形，一方面使流線優美，另一方面使建造輕巧，在工作時候，橢圓機身包皮的鑲置須從狹小部分裝起，以減少彎曲複板的困難，以利工作的進行。

第六十九節 起落架

起落架是滑翔機主要部分之一，不能當作補助機構來看待的。滑翔機的起落架結構，其對於起飛時的作用，大於其對於降落時的作用。因為滑翔機很輕，假使是合理操縱，對降落的安全方面是不成問題的。不過，對於起飛方面，就具有特殊的意義了。因為起飛的時候，地面滑飛的地面摩擦，是儘量地希冀減少，使全機易於上騰，到了空中的時候，尤要減低空氣的阻力，方為合算。所以滑翔機的起落架，雖然降落作用也是重要條件之一，可是，比不上起飛的作用。

現代滑翔機的起落架，多數採用機底下面中央的滑板，(runner or skid)，一方面可以應付起飛和降落的需要；另一方面又可以減低滑翔空中時的空氣阻力。這種起落架經過許多試驗的滑翔，大家都認為是最滿意的作品。過去許多設計家曾屢經試驗滑翔機起落架的結構方法，對於採用像飛機起落架那樣的構造，是試驗出不良的

結果，近代滑翔機中，間有用飛機的尾部小輪，作為滑翔機起落架的起落輪者，不過，總不十分普遍，一般滑翔機設計家認為滑板是現代滑翔機起落架的中庸結構，大家樂於採用。這種滑板式的起落架，在起飛時的安全率較高，而構造簡便，猶其餘事。許多不適宜的起落架，往往在起飛時引起不良的結果，損壞了物，傷害了駕駛者的勇氣和精神！良好而簡單的滑板，可以於每秒鐘四公尺的風速，利用兩個人的幫忙，就能夠起飛上騰了。

滑板的危險情形，是當着翼尖觸地的時候，所以起飛時必須有人在旁把機翼扶正，一俟速度已發生作用，就無須人工來補助了。除非是一點速度都沒有，否則翼尖是不會觸地的，因此裝有滑板的滑翔機起飛時，很少看見機翼的尖端和地面相抵觸，雖然保護兩翼觸地的企圖，還在人類滑翔界中，留有相當的觀念，可是，這祇是一種將來改進滑翔機的希望而已。

單條中央滑板式起落架的益處，不但比雙輪式起落架的阻力較小，而且易於迎風操縱。當着降落時，若遇側風橫襲，簡單的滑板可以安全着陸，但雙輪的起落架就不易迎入風向了，因為牠們的轍距（tread）已大，自然轉向設難。現代的滑板製造，大都裝在機底的中央，用富有彈力而彎成曲線的柔軟板片做成，板的末端，尤具彈性力量。滑板的上方，就是座位，座位與滑板之間，往往裝有減震器或特別的彈簧，以減輕着陸時的震簸。這種滑板式起落架，能夠把一切震蕩的力量，平均地分佈於每一個接頭和聯接部分，對於機溝很少傷害。滑板的寬度，雖因滑翔機的重量而各異，但目的在防止滑板陷入地面為準則，普通的寬度，約為6—8公分（2.4—3.2吋）之間，若

在沙灘上起飛，就要較寬的滑板了。

滑板是槐木(ash)或榆木(elm)造成的，造滑板時，先將木料置於冷水中滲潤數天，或置於熱水中溫滲數小時，然後取出彎成弧形的曲線，彎曲時更須加壓力，復以白膠膠合，便成整片的滑板。若在彎曲時不先行滲潤木片，則於製成後，每遇劇烈着陸的震動，就會使滑板鬆離，易於損壞。滑板附着於機身底部，以複板製成的垂直夾板支持之。夾板的厚度，約為2公分(0.8吋)，夾板的下緣，削成滑板的形狀，上邊鉗入機身的節架中，而以白膠結合，兩側復支以小木柱，和複板做成的小夾片。這樣把夾板固定之後，乃以白膠塗於滑板的表面，膠而結之，復用螺釘夾緊，遂成功機身底下的滑板了。這樣的滑板機構，自然祇限於高級滑翔機上有之，若是初級滑翔機的話，根本就沒有正確的機身，就談不上用夾板來支持滑板和機身的聯繫

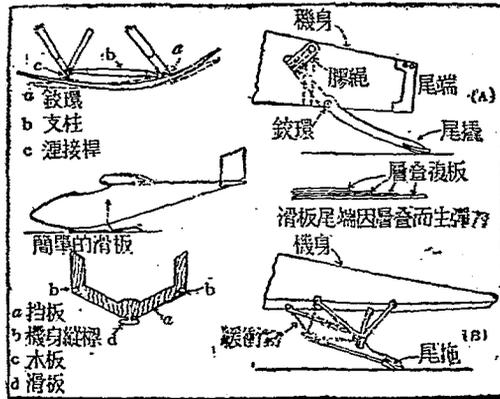


圖 54 起落架的裝置

了。初級滑翔機的滑板，是直接夾在中央縱梁的下面的。

滑板的另一製造方法，就是利用分離的木片，一片一片的鉗入夾板，逐漸以螺釘夾固，形成數片合成的複式彈簧，各片的長短不一，作階砌狀，最下面的一塊木片，應下方圓滑，四周削去稜角，使着陸時無擦扣草根和雜物之虞。

第七十節 滑輪式起落架

上面曾經討論過雙滑輪起落架的害處，可是，若不用雙輪而改用一個中央小滑輪時，就可以把阻力減小，操縱自如，恰似中央單滑板的作用了。近代滑翔機之中，往往又採取滑板和滑輪的折衷辦法，就是用一個皮製的圓球，像足球一樣的圓球，裝在機身的下面，使滾轉容易，減輕磨擦的作用，獲得最小的空氣阻力，和最優良的減震效率。可是，這樣的圓球，很易發生倒行滾轉的毛病，因為在斜度較大的山邊滑降時，往往滑翔機因圓球的圓滑而作倒退的滑滾，這算是很不好的現象，易致滑翔機於損壞之列，尤其機尾最遭厄運了。除非是另外裝上一個氣球制動器，不許可圓球倒退轉動才行。不過，這種圓球的滑輪，究不若專門製成的那些飛機小尾輪那麼適用和易於制動，所以使許多現代化的滑翔機，始終愛好滑板或單滑輪式的起落架，這是經過很多經驗得來的產物，自然不會一時被人捨棄的。

第七十一節 滑板的形狀與尾撬

滑翔機起落架之最宜於操縱者，莫若使起落架和滑翔機的重力中心線成垂直的狀態。如是，則操縱靈活，易於起飛矣。滑翔機起落

架的滑板形狀，成曲線的彎曲，但以拋物線似地的彎度為合宜。倘成圓形的滑板，那就反易使滑板在降落時陷入土中，產生較大的磨擦力了。彈性的滑板，是很好的結構，牠能適應地面的情形，來減輕地面的磨擦，使機身的動向自如，沒有偏向轉側的毛病。在靜力結構的機身中，其滑板與機身間的彈性作用，可用縛結滑板(blind runner)來構成。靜力滑板聯接於靜力結構中，便成功縛結滑板的構造，其法是利用彈簧和膠繩或膠圈等富有彈性的物質，來連結於滑板及機身結構之間，使一切震動的力量，統由彈簧，膠繩或膠圈等物，先行接受，減輕了機身上的直接震撼。

凡是較長的滑板結構，都用不着尾撬(tail skid)來補助。但是，滑翔機的滑板較短或太短時，就需要尾撬的幫忙了。尤其滑輪和圓球式的起落架，更加必需尾撬的協助。尾撬的作用，主要是保護尾翼和支持機尾的重量，若具有長滑板的滑翔機，其中心重力線都在滑板維持範圍之內，所以不需尾撬也行的。尾撬不但要荷負機尾的壓力，更須負擔左右偏動的扭力，所以尾撬彈性縛帶，須能略作左右的彈動，才能完成其本身的使命。尾撬的高度，以適於地面滑走，和增加前衝角的變動作用為原則，太低會給地面擦傷機尾，太高了會減小前衝角的增加，所以要以適中為宜。

第七十二節 操縱系的組織

當着我們力求減低墜降速度，和縮小滑翔角度的時候，第一個先決條件就是解決滑翔機的操縱性能。滑翔機的安定性中，也有縱橫的安定和方向的安定，所以也有三個操縱系，即副翼，升降舵，方向

舵三者是也。維持縱動軸安定性的是升降舵，維持橫動軸安定性的是副翼，維持方向安定性的是方向舵。飛機的操縱面積和滑翔機的操縱面積主要不同之點，就是飛機的操縱面積較小，滑翔機的操縱面積較大。因為飛機有發動機的力量來引動，速度甚大，滑翔機沒有發動機的引力，利用氣流而滑翔，速度較慢，所以需要較大的面積來補助操縱的效率。

以前有人利用操縱機翼的前衝角，來替代上述三項的操縱機構，結果大都宣告失敗。操縱機翼的方法，始於哈塞(Harth)。1934年，法國曾有飛行小虱(flying flea)的出現，就是採用哈塞的機翼操縱法的，但是沒有多大的成功。無論怎樣的改變，直至現在為止，沒有旁的操縱方法，可以有價值地起而取代副翼升降舵和方向舵的操縱地位。

方形的副翼沒有梯形的副翼那麼好，同時牠的擺動角特別要大，所以沿着機翼後緣的狹長副翼，最為現時滑翔設計家所向，尤其是愈趨近翼根的部分，其副翼愈為狹小，則操縱愈為靈活。副翼與機翼的接頭，操縱角等，也是影響操縱性能的大因素，所以副翼與機翼間隙，沒有調流板(fairing cover)隔掩，以免副翼與機翼間產生意外的渦流，這也算是操縱效率中的一種因素！

第七十三節 升降舵與縱動軸的安定性

升降舵是安定縱動軸的工具，牠的活動，是在機尾部分依水平軸而旋轉的。升降舵的前面，常設有安定板(stabilizer)不過，許多高級滑翔機，都不用安定板的，其原因是增強縱動軸的靈活性，和善

於利用急劇的氣流。升降舵的翼型切面，是完全對稱的流線形，在構造上也有翼梁和翼肋，梁的構成，或為金屬圓管，或為木的I形，或為箱式，而肋的構造，卻大致與機翼的翼肋相似。升降舵轉動軸的位置，偏近升降舵的前緣，約介於升降舵弦長偏前三分之一的距離。軸的構成，多為鋁合金管或鋼管。這種圓形的金屬管，是很不容易把木的肋骨裝上的，這點須要一點特殊的技術，用角板（angle plate）夾入軸上，以小螺釘旋固之。至於升降舵與機尾聯接的部分，因機尾的水平階台往往易於附着，沒有甚麼困難。

倘若有安定板在升降舵前面的話，那更好辦了，升降舵可以直接用鉸環和目螺釘聯於安定板的後緣，恰似方向舵聯於垂直翅（fin）一樣，這種聯接方法，在飛機是很普遍的，但滑翔機卻不一定有這樣的作風。

很有名的英國維斯特蘭（Westland）飛機製造廠，曾製造一種有名的無尾飛機，而滑翔界中，也有無尾滑翔機的出現。不過，為數無多。大凡無尾飛機和無尾滑翔機的升降舵，方向舵，都附設於向後屈退的翼尖上，雖曰無尾，實則化一尾而為兩尾矣，不過，牠們的尾是在翼上而不在身上罷了。

第七十四節 方向舵和振翼的操縱

方向舵是飛行方向的操縱工具，位置常在機尾之上，是垂直的翼板，有時方向舵的前方裝有垂直翅一塊，但許多滑翔機是沒有垂直翅的，所以方向舵在機尾處和升降舵是互為垂直的狀態。方向舵的翼型，也是流線式，作對稱的面積，其構造法與升降舵沒有特殊的

差異，也有翼梁與翼肋錯綜連綴而成，其轉動軸多為圓形的金屬管，有操縱角附於軸上，為駕駛員踏足板的操縱繩所連接。

方向舵是滑翔機操縱工具三大主要物體之一，假使方向舵有了毛病，那就很是一件大憾事了。

振翼機的振翼操縱法，是哈塞發明的機械操縱方法，這法可以利用氣流的波動力量，來改變升降左右的變動行為，不過，這種操縱的機械結構，很不容易成功，荷重的力量，材料的強弱，很難設計，而且很不容易駕駛。所以現在很少採用這種操縱方法。振翼操縱最不利的時候，是當着滑翔俯衝之際，每逢俯衝時的機翼，其翼面的荷重特別加大了，這時不是人的體力所能轉移其壓力的勢能的，所以振翼機的操縱法，祇在試驗性質的滑翔機用之耳。

第七十五節 操縱桿

滑翔機的操縱，是由駕駛員的動作而發生效力的，所以一切操縱的技術或方法，都應該一元化，和普通的飛機操縱完全一樣才行。副翼的操縱，由於操縱桿的左右移動而生效，升降舵的操縱，由於操縱桿前後移動而上下搖擺；方向舵的操縱，由於踏足操縱桿的左右伸縮而轉移，恰以飛機的操縱系一樣；至於起落架的操縱，祇於飛機上有之，現在的滑翔機，尚無此種繁複的需要。除了機械式的操縱桿和踏足板而外，滑翔機的自然操縱技術，却有賴於感覺的鍛煉和修養，這種修養要靠經驗才能夠獲取，不是一朝一夕可以成功的。

滑翔機的飛行訓練，就是空軍的基礎教育，那末，操縱技術的訓練，自然要和飛機相符合，才可以促進飛行教育的普及，絕不應該使

滑翔機和飛機發生技術上的軒輊，來妨礙空軍教育大衆化的實施，所以原則上牠們的操縱系統，絕對應該一致才行。操縱桿本身的構造，是一根鋁合金的圓管，可以前後左右自由地轉動的，牠的轉動範圍，是一個錐形的立體，各種方向都可以活動自如。操縱桿的下端，連結於副翼的操縱繩，和升降舵的操縱繩，至於方向舵的操縱繩，卻繫接於踏足板的兩端。高級滑翔機的操縱系連接法有二：第一種就是普通的軟性鋼質操縱繩，第二種是槓桿式的關節連接操縱，槓桿式的操縱系，工作比較方便，易於裝拆，且可減低磨擦力，沒有滑車的拉引，省卻繩索交織的麻煩。不過，在檢驗時，槓桿的每一個關節，都得詳爲考察，否則一釘鬆緊之微，就會引起有志青年的大事了，這是

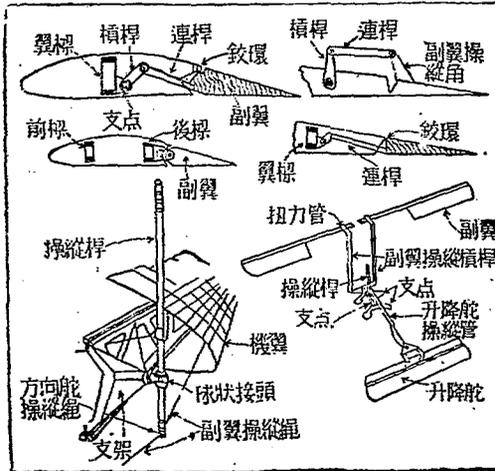


圖 高級滑翔機的操縱系

在操縱結構中的重要技術，不可忽略。

圖56，是初級滑翔機的機身結構，構造十分簡單，牠和高級滑翔機的機身，相差甚遠。在這樣簡單的機身中，利用槓桿式的關節連接操縱系，是十分不易的事情，所以槓桿式的操縱系連接法，現在祇限於高級滑翔機中選用之耳。

第九章 構造滑翔機的材料

第七十六節 材料簡論

滑翔機的構造材料，應以國產的材料為原則，以免漏卮增大，但採用國產材料時，應先行試驗各材料的性質，然後實行決定採用的程度，和採用的方法。因為我們國產的材料雖然豐富，可是，都沒有經過專家的實驗和證明，所以在採用之前，必須多一番試驗材料的工作。至於我們現在所知道的材料，很多不是國產的，現姑就已知道的材料中，略為討論。

(A) 樅木 (spruce) 這種材料，產於美洲大陸上，亦稱銀樅木，以產於斯特加 (Sitka) 者為最佳。才紋筆直，木身巨大，甚宜於飛機和滑翔機構造之用。屈曲時，須以蒸汽蒸滲後，方可舉行。否則傷及木質，又這種木料，最忌火燒，易傷木紋。

(B) 槐木 (ash) 槐木亦稱白楊，或稱栗木，木紋細韌，不易折斷。且質地堅實，最宜作機身前段的縱梁，或滑板的拖搖。

(C) 塗料 (dope) 塗料市上有現成的製品，各色塗料的用法，已於前第七章中述及，茲不再贅。塗料中包括各種顏色的纖維素塗料，和光油磁漆等物質。

(D) 機尾的材料 機尾的材料，包括整個機尾翼型內外的一切結構，即木材，金屬零件，接頭，白膠，蒙布，油漆，繩索等物質。

(F) 機身的材料 機身的材料，包括木材、鋼管、鋁合金管、複板、零件、接頭、鋼繩、蒙布油漆、螺桿、螺母、白膠等一切物質。

(F) 鋼管 鋼管為金屬機身骨架的主要材料之一，在滑翔機構造中，以較薄的鋼管為適宜。鋼管的聯接，或用汽焊，或用接頭，均為交組結構和骨架結構的重要方法。

(G) 鋁合金管 (duralumin tube) 鋁合金管，性質輕堅，為理想的航空材料，是由鋁滲雜其他金屬混合而成的物品，但祇能利用接頭聯接，而不能利用汽焊。

(H) 鋁合金板和鋁板 (duralumin sheet and aluminium sheet)

這兩種金屬輕板，為殼式機身結構的主要材料之一。皮層應力的構造，幾乎離不了牠們。

(I) 複板 (plywood) 複板是數層或三層薄木板膠壓而成的物品，用途甚廣，殼式機身機翼結構的外皮，都很普遍地需要牠。牠的主要材料，就是樺木 (birch)。

(J) 白膠 (casein glue) 白膠是用牛奶製成的白粉，用水調勻後，即可應用，但若用水調成漿狀後，超過八小時，則不復能用矣。這種白膠，我國已有生產的工廠，不一定倚靠舶來品。

(K) 零件和接頭 (fitting and joint) 零件和接頭所用的金屬，大部為鋼製。大凡鋼的含碳成分超過 0.05 者，在工作時必須加以熱處理 (heat treatment)，先行鎔接 (annealing)，繼以韌化 (tempering) 有時鎔合 (normalizing)，有時硬化 (hardening)，隨鋼的性質而適應使用處理的方法。

(L) 螺釘與母螺 螺釘與母螺，為裝置零件時的必需品，物微而

效用大，不可忽也。

(M)鋼線與鋼繩 鋼線與鋼繩，也是機翼和機身上的要件，但大小的應用，卻隨結構而變遷了。大概機翼的內張力線，是採用鋼琴線，而操縱系的聯接，則多用鋼繩了。

(N)旋動扣 (turnbuckle) 旋動扣是鋼線和鋼繩的接頭，假使沒有旋動扣，就無從使張力線和操縱繩的鬆緊易於調整了。

第七十七節 木材

木材是構造滑翔機最重要的材料，金屬鋁合金等次之，雖然近代工業發達，金屬構造的工作困難大為減少，可是就工作的程序時間經濟言，還是木材較為適合各項客觀的條件。在修理簡單方面來講，木材也比金屬結構為易。不過，就抵抗濕氣，強度均勻和減低結構上的振動方面來說，那就不如金屬了（這指鋁合金而言）。

凡是採用木材做滑翔機的材料時，其力的強度的計算，應該用的最低荷重數值為木材強度的估計標準。削取木材時，應順木紋而斧鑿，使削面與木紋平行，有結節者決不可用，未乾透的木材，也決不可用。木材受水氣的侵入後，遇乾燥氣候時，自行收縮，往往會有點變形，但若果知道木材的特性，用其縱紋，那就較為安定了。因為木材受濕燥氣候的變遷而變形時，往往發生於與木紋垂直的平面上，而對於木紋的縱線是沒有改變的。在利用木材的場合，最好利用牠的縱紋。關於與木紋垂直的闊面，最好使之在最經濟的原則下用之，就沒有不良的毛病了。凡是橫切面之處，也須塗以光油或膠類，不令水氣由木紋的斷面而侵入，再不得已時，更可改用複板，就可以避

免木材的害處了。

第七十八節 金屬的結構

滑翔機的構造材料，有時以木材為主，有時以金屬中的鋁合金為主，因為機翼機身的內外結構，都可以採用木材或採用金屬。例如交組結構和骨架結構的機身，已可用木材和複板，也可以用鋼管，鋁合金管或鋁合金板。殼式結構的機身，也可以用木材，更可以用鋁合金，這完全依設計的需要，環境的適應而決定的。在機翼和其他各部亦然，木材與金屬，均可斟酌為用耳。可是，木材結構的滑翔機，也不能不略用金屬的，如操縱桿必須利用鋼管或鋁合金管，零件，接頭必須採用金屬的板片，螺釘，螺帽必為金屬所製，張力線，和操縱繩必由金屬製成等，都是必須金屬的補助，才能完成構造的使命。

鋁合金為現代最有用的航空材料，牠的成分，是由鋁（aluminum），銅（copper），錳（manganese），鎂（magnesium）等物配合而成的合金，其中以鋁為最多，佔百分之九十。鋁的比重為 2.8，壞損強度為 3500 至 4500 公斤 / 公分²，即每平方公分的面積，可以容受三千五百公斤至四千五百公斤的重量，（即每平方吋 5000J 至 6400 磅）。鋁合金遠較銅質為輕，且又足以支持飛機和滑翔機的結構力量，所以成功為最優美的金屬。在以金屬做主要材料的結構中，除了很少地採用一點木材外，可以說不大需要木材來補助。因此，金屬的結構，是很完美的構造，不過，工作略為複雜，材料較為昂貴，工具較為精巧而已。

第七十九節 鋼

鋼類之爲飛機和滑翔機所採用者，可以大致分爲三種：

- (1) 普通冷滾鋼 (cold rolled steel) 或冷引鋼 (cold drawn steel)。
- (2) 第 1025 號硬鋼 (steel N. 1025)。
- (3) 鉻鉬鋼 (chrome—molybdenum steel)。

冷滾鋼的含碳成分，約爲 0.12% 至 0.20% 之間，這種鋼的質性柔軟，所以亦稱爲軟鋼，軟鋼冷引時的張力強度 (tensile strength)，約爲每平方吋 60,000 磅至 70,000 磅之譜。在經過工作的軟鋼，雖不加以鑄接，也有每平方吋 40,000 磅的強度。這種軟鋼對於飛機的結構，是不甚充分滿意的，但在滑翔機的結構來說，卻是很不壞了。

硬鋼是由軟鋼的缺點改進而成的產品，牠的含碳量爲 20% 至 30%。硬鋼的性質，雖經過燒焊的工作，而牠的強度，還能保持每方吋 55,000 磅的張力強度，若經過熱處理的鑄合，那就更好了。滑翔機構造材料，採用硬鋼時，即第十八或第十六號的厚度 (No. 18. or No. 16 gauge)，也就夠用了。硬鋼的彈性係數，(modulus of elasticity) 不甚強，但機械的精確程度卻十分可靠。

鉻鉬鋼的性質，堅韌并著，可以冷引至很薄的片壁，可以屈成各式的形狀，既能冷用，亦可加熱。雖經氧燒焊後，也不影響其強度，若在工作以後，再行施以熱處理，則其性質將較原來更優，這一種很特別的優美材料，近代飛機多用之，能以之爲滑翔機材料，那就最好

不過了。鎳鉻鋼的鋼管，最合於建造機身的骨架，牠的號碼，是第 4130 X (No. 4130 X)，表面看來，很和硬鋼相似，所以運用時或儲藏時，非有精密的識別不可，否則材料用錯了，會產生莫大的危險。

第八十節 飛機材料概況

鋼類若經熱處理的工作，來改變牠的張力強度，使達到每平方吋 150,000 磅的時候，就會和鋁合金一樣輕的重量，這祇指強度與重量的因數對比而言，可知鋼類每受熱處理的改造性質時，其重量亦爲之減輕，所以用汽焊接合的鋼板，比之用鉚釘 (rivet) 接合的鋁合金板，在強度相同條件之下，鋼板是不會比鋁合金板重很多的，所以鋼的結構，還能保留相當重要性。鎳鉻鋼的性質更佳，可以用熱處理的方法，使牠的強度高至每平方吋 200,000 磅之譜，而其屈服點 (yield point) 則在 170,000 磅左右。

各種材料的強重係數 (strength-weight factor)，是由材料中的最大強度，除以該材料的比重而得來的。最大強度的單位，自然也以每平方吋若干磅計，下面所述的表內強度價值，當亦以平方吋磅爲單位。

$$\text{強重係數} = \frac{\text{材料最大強度}}{\text{材料比重}}$$

有時強重係數以 S. W. F. 代表之。至於各普通材料的強重係數，略爲敘述之如下：

(甲) 金屬材料 (張力) S. W. F.

音樂鋼線——直徑 0.01 吋 400,000/7.85 = 51.0

高鎔度鋼料	$200,000/7.85=25.0$
中鎔度鋼料	$150,000/7.85=19.0$
鋁合金	$55,000/2.85=19.0$
鎂合金	$34,000/1.75=19.0$
鎔合鋼	$95,000/7.85=12.10$
軟鋼	$55,000/7.85=7.0$
低量含碳鋼	$40,000/7.85=5.1$
鋁	$12,000/2.7=4.4$
(乙)木材(壓力)	S. W. F.
脂松	$2,200/0.12=18.0$
杜格拉西銀樅 (Douglas fir)	$6,000/0.54=11.0$
樅木	$4,300/0.43=10.0$
白橡	$5,900/0.74=8.0$

最大強度的鋼料,其強重比率 (strength-weight ratio),較諸鋁合金的強重比率 約大 20%。至於最宜於製造滑翔機零件的金屬材料,再分述如下:

(1) 冷滾鋼

張力強度	55,000
屈服點	36,000
承力強度	90,000
承壓強度	60,000
壓力強度	55,000
切力強度	35,000

(2) 鋁合金

	鋁合金板	鋁合金棒	鋁合金管
張力強度	55,000	{55,000(直徑 3/4 吋以下) 50,000(直徑 3/4 吋以上)}	55,000
屈服點	30,000	{30,000(直徑 3/4 吋以下) 25,000(直徑 3/4 吋以上)}	30,000
承力強度	75,000	75,000	75,000
切力強度	{27,000(1/16 吋以上厚度) 20,000(1/16 吋以下厚度)}		30,000 27,000

(3) 鎳鋁鋼管

張力強度	95,000
屈服點	60,000
焊處張力	80,000
焊處切力	50,000
非焊處切力	60,000
焊處承力	125,000
非焊處承力	140,000

(4) 鎳鋁線 混合鋼

張力強度	屈服點	承力強度	切力強度
100,000	80,000	140,000	65,000
125,000	105,000	175,000	80,000
150,000	125,000	190,000	90,000
180,000	140,000	200,000	115,000

(以上單位,均以磅每平方呎計)

第八十一節 蒙布與塗料

麻葛與棉紗織成的布料,都可以為滑翔機蒙布之用,不過,組織要十分結實,若就良好的條件來講,應該以麻葛為主,棉紗次之,絲亦可用,但以滲合組成的葛布為最佳。因為葛的韌性強度較大,而纖維較長也。布的組織,須強而輕,且尚密實。任何雜質的滲雜,或污染,都是不好的現象,尤以光潔為貴,否則不為塗料所透入矣。塗料以纖維素與硝酸鹽製成者,或纖維素與醋酸鹽配製者為主,硝酸塗料較廉,醋酸塗料較昂,因醋酸塗料,有滲透布紋的妙處,用於第一層塗油時最佳。上項塗料在液體狀態時,最能抗拒燒燃,但須安置得當,否則亦常可發生危險也。塗料塗畢以後,若能以光澤的油漆,輕抹其表面,則絕對不透水矣,酸類塗料,以掃掃之,磁漆則以噴射器噴塗之。

蒙布經過了三次塗料之後,可以增加 20% 的強度,在滑翔機上的油漆,有時為經濟起見,都是兩次酸類塗料的掃刷後,就祇再加一層光油就算了事,這不能算是良好的塗油方法,若能作三次酸類塗料的掃抹後,表面噴以磁漆,最為合理。

關於白膠的使用法,可依製成者的說明而調用,白膠主要的成分,就是提出脂肪的牛奶。製成白膠後,是作粉狀的,用時以水調之,約可保持八小時的時間,過此則失效了。所以調用白膠不能留之過久,也不宜調用過多。儲藏時置於罐中,不許水氣侵入,方能應用不誤。

至於保護零件，接頭等的方法，最好是用電鍍了。鋼類零件，應以鍍鎘 (cadmium plating) 爲佳。鋁合金的零件，應以陽極電鍍 (anodizing) 爲最好。若以油漆塗之，則光油磁漆之屬，均爲上品。金屬的零件，不宜塗以過厚的油漆，過厚則易於剝落也。鋼線鋼繩之屬，以蔴油凡士林等塗之就夠了。

有時滑翔機的木材中，爲避免水氣計，亦可用抗水膠 (marine glue) 塗之，抗水膠有乾性抗水膠和濕性抗水膠之別，但在滑翔機上所使用的卻是濕性的抗水膠了。因爲牠可以潤透木紋，不令水氣內侵的緣故。

表 4. 各種普通木材性質

種 類	比 重		顏 色	特 性 與 用 途
	乾 後	未 乾		
樺木 (birch)	0.75	0.95	白黃	性韌而不甚堅，製造複板。
槐木 (ash)	0.50	1.05	灰白	性堅而韌富於彈性，可造滑板及機身縱梁。
松木 (pine)	0.65	0.85	黃白	軟而易裂質輕，可作補助支柱及隔板。
樅木 (spruce)	0.50	0.80	黃白	軟，而易裂，質輕較直，可作翼梁支柱之用。
杉木 (fir)	0.60	0.85	白	軟 不易裂，較直，較樅木略硬，用途與樅木同。
榆木 (elm)	0.70	0.95	黃褐	堅硬且韌，用途與槐木同。
槭木 (maple)	0.70	0.95	白褐	硬而韌不易裂，爲複板之材料。

表 5. 木材強度係數

種類	張力強度		順紋的壓 力強度	彎力強度		剪力強度		單 位
	橫紋	順 紋		橫紋	順紋			
槐木	20—50	850—1100	350—450	400—500	20	30	公斤/平方公分	
	785—711	12090—15°46	4978—6410	5689—12801	2846	427	磅/平方吋	
樺木	20—40	500—800	250—400	400—500	25	50	公斤/平方公分	
	225—569	7112—11379	3553—5689	5689—7112	3556	711	磅/平方吋	
松木	20—40	500—800	400—450	1100—1100	300	30	公斤/平方公分	
	285—69	7112—12090	5689—6401	1424—15646	237	853	磅/平方吋	
雲杉	20—4	500—900	300—400	500—800	250	50	公斤/平方公分	
	285—569	7112—1281	4273—5682	7112—11379	3556	711	磅/平方吋	
榆木	20—	500—900	360—400	400—1000	50	10	公斤/平方公分	
	427—711	8534—1280	4267—5689	6401—14224	4267	568	磅/平方吋	

表 6. 繩線斷折強度

繩 的 直 徑		線 的 直 徑		斷 折 強 度	
公 厘	吋	公 厘	吋	公 斤	磅
2.8	0.1102	0.40	0.017	1161	2558
3.1	0.1220	0.45	0.0177	1470	3241
3.5	0.1378	0.50	0.0197	1816	4004
3.9	0.1535	0.55	0.0217	2190	4829
4.2	0.1674	0.60	0.0236	2615	5766
4.5	0.1772	0.65	0.0256	3070	6770
5.0	0.1969	0.70	0.0270	3580	7850

表 7. 繫繩斷折強度

繩之直徑		線號碼	繩股數目	線之直徑		斷折強度	
公厘	吋			公厘	吋	公斤	磅
1.8	0.0709	42	6	0.20	0.00787	330	728
2.3	0.0905	42	6	0.25	0.00984	510	1125
2.4	0.0945	72	6	0.20	0.00787	565	1247
2.7	0.1063	42	6	0.30	0.01181	740	1631
3.0	0.1181	72	6	0.25	0.00984	885	1951
3.2	0.1260	42	6	0.35	0.01377	1010	2271
3.6	0.1417	42	6	0.40	0.01574	1300	2867

表 8. 鋼管重量

外直徑	管 壁 厚 度			
	0.5 公厘 0.02 吋	1.00 公厘 0.04 吋	1.5 公厘 0.06 吋	2.0 公厘 0.08 吋
公 厘 英 吋	公斤/公尺 磅/呎	公斤/公尺 磅/呎	公斤/公尺 磅/呎	公斤/公尺 磅/呎
10 0.39	0.116 0.078	0.221 0.149	0.312 0.210	0.391 0.263
20 0.79	0.239 0.161	0.466 0.313	0.679 0.456	0.882 0.593
30 1.18	0.361 0.243	0.711 0.478	1.043 0.704	1.372 0.923
35 1.38	0.423 0.234	0.833 0.560	1.231 0.827	1.616 1.085

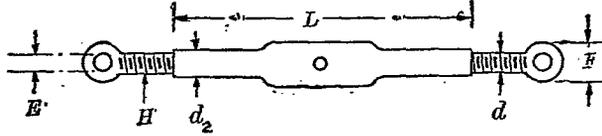
表9. 鋁合金管重量

外直徑	管 壁 厚 度				
	1.4 公厘	1.5 公厘	2.0 公厘	2.5 公厘	3.0 公厘
	0.04吋	0.06吋	0.08吋	0.10吋	0.12吋
公厘 吋	公斤/公尺 磅/呎	公斤/公尺 磅/呎	公斤/公尺 磅/呎	公斤/公尺 磅/呎	公斤/公尺 磅/呎
10 0.39	0.087 0.057	0.133 0.089	0.185 0.124	0.241 0.162	0.311 0.202
20 0.79	0.162 0.109	0.248 0.167	0.340 0.228	0.434 0.292	0.533 0.358
30 1.18	0.240 0.161	0.365 0.245	0.494 0.332	0.627 0.421	0.785 0.528
40 1.58	0.316 0.212	0.480 0.323	0.652 0.468	0.820 0.551	0.991 0.670

表10. 鋼板與鐵板的重量

厚 度		熟 鐵		軟 鋼		硬 鋼	
公厘	吋	公斤 平方公尺	磅 平方呎	公斤 平方公尺	磅 平方呎	公斤 平方公尺	磅 平方呎
0.5	0.01969	3.90	0.7988	3.93	0.8049	3.93	0.8249
1.0	0.03937	7.80	1.5976	7.85	1.6078	7.85	1.6378
1.0	0.0508	11.70	2.3964	11.87	2.4312	11.77	2.4107
2.0	0.07874	15.60	3.1952	15.70	3.2156	11.70	3.2156

表 11. 旋動扣強度



螺絲直徑 (d)	螺帽直徑 (d ₂)	扣長 (L)	孔直徑 (E)	扣耳外徑 (F)	最高荷	最大荷重
公厘 吋	公厘 吋	公厘 吋	公厘 吋	公厘 吋	公厘 吋	公斤 磅
0.80 0.25	10.20 0.40	14.10 14.40	60.5 2.00	4	12.25 0.49	3200 7055
6.35 0.25	10.20 0.40	114.10 4.49	60.8 2.00	4.75 0.19	12.42 0.49	2400 5291
4.75 0.19	7.60 0.30	101.60 4.00	44.5 1.75	3.21 0.13	9.58 0.38	1975 3252
4.75 0.19	0.75 0.27	52.60 2.05	31.8 1.25	3.21 0.13	9.47 0.37	1000 2205
4.75 0.19	7.45 0.29	101.60 4.00	44.5 1.75	3.21 0.13	9.42 0.37	1475 3252
4.75 0.19	6.85 0.27	82.50 3.25	31.8 1.25	3.21 0.13	9.58 0.38	1200 2756
3.97 0.16	5.84 0.23	66.70 2.63	28.6 1.13	2.28 0.09	7.83 0.31	1000 2205
3.97 0.16	5.24 0.23	63.70 2.63	28.6 1.13	2.28 0.09	7.83 0.31	975 2150
3.18 0.13	5.84 0.23	50.80 2.00	20.6 0.81	1.83 0.07	6.33 0.5	570 1257
3.18 0.13	4.90 0.19	50.80 2.00	22.2 0.87	1.83 0.07	6.05 0.2	875 1929
2.38 0.09	3.71 0.15	44.50 1.75	19.1 0.75	1.63 0.06	4.73 0.19	425 937
2.38 0.09	3.71 0.15	44.50 1.75	19.1 0.75	1.63 0.06	4.73 0.19	400 882

第十章 滑翔機的動力概念

第八十二節 滑行的理論

在講求滑行性能之前，我們必須先認識在怎樣情況之下，才能得到直線和等速的滑行。欲作這種直線和等速的滑行，滑翔機上所受的各力，必須互成平衡。那末，滑翔機上究竟受些什麼力呢？茲述之如下：

(A)機翼上的升力(L)。

(B)全機各部的總阻力(D)。——包括機翼的誘導阻力(induce drag)，輪廓阻力(profile drag)，和寄生阻力(parasite drag)。

(C)全機的重量(W)。

在作直線等速的滑行時，這三種力必須平衡，如圖57所示。因為重量 W 的方向是與水平線垂直的，所以欲成平衡，則 L 與 D 的合力 F 亦應該是與水平線垂直的。 W 通過重心 G ，所以 F 亦應該通過重心 G 。又滑翔機既作直線飛行，則該機左右側方，一定沒有外力作用，所以 L, D 兩力應該與 W 同在一與水平面垂直之表面以內。

θ 是升力與合力 F 中間所成的角度。因為升力永遠是與飛行線垂直的，又因為 F 必須與水平線垂直，所以滑行線與水平線所夾的角度亦是 θ ，換言之，滑行線與水平線所成的角度(滑翔角)永遠與升力 L 及升阻合力 F 所成的角度相等。

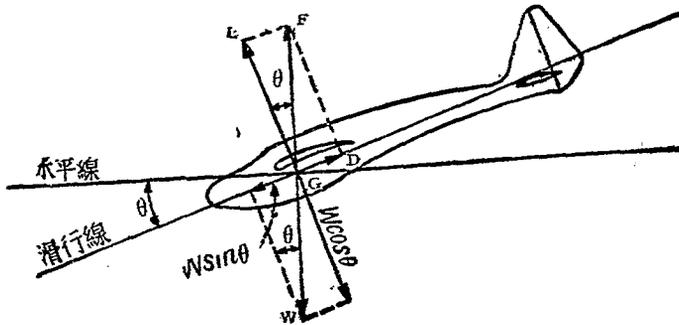


圖57 力之平衡

按空氣動力學之表示法：

$$L = KL\rho SV^2 \quad (1)$$

$$D = KD\rho SV^2 \quad (2)$$

式中的 KL = 升力係數

KD = 阻力係數

ρ = 空氣密度，

S = 機翼面積，

V = 在滑行線上的飛行速度。

由圖 57 所示之平衡關係，可知：滑翔機既作直線之等速飛行，

故

$$L = KL\rho SV^2 = W \cos \theta \quad (3)$$

$$D = KD\rho SV^2 = W \sin \theta \quad (4)$$

由上二式得：

$$\tan\theta = \frac{KD}{KL} = \frac{1}{E} \quad (5)$$

式中的 $E =$ 全機之總空氣動力效率 $= \frac{KL}{KD}$

由此可知，滑翔角的正切等於該機全機總空氣動力效率的倒數，換言之，即滑翔機的空氣動力效率愈大，則滑翔角的角度愈小。普通滑翔機的總空氣動力效率 E 的數值是很大的，約為 20 左右，所以滑翔角的角度都是很小的，因為，由公式 (5) 可得：

$$\tan\theta = \frac{1}{20} = 0.05.$$

$$\therefore \theta = 2^\circ 52'$$

對於直線等速的滑翔，略述如上，我們現在可以進而討論滑翔性能了。

(1) 怎樣使滑翔半徑為最大？

如圖 58 所示， P 為滑翔機的起飛點，其高度為 PR ， Q 為該機着地點， R 為經過 P 點所畫的垂線與地面相交之點。 QR 即滑翔半徑，由圖可知，若使滑翔半徑為最大，則滑翔角 θ 應為最小。

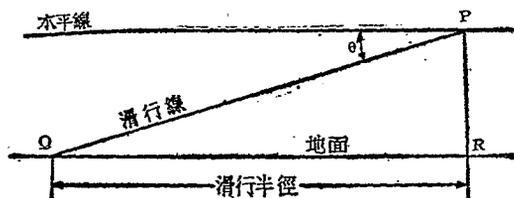


圖 58 滑 行 半 徑

由公式(5)可知,欲使滑翔角為最小,則全機之總空氣動力效率 E 之數值必須為最大。要達到這個目的,我們須用以下的方法:

- a. 增加機翼剖面的曲度以加大其升力係數 KL 之數值。
- b. 減小寄生阻力,並加長機翼之展弦比,以減小全機總阻力係數 KD 之數值。

(2) 怎樣使滑行時間延長?

由一定的高度滑降,欲使滑行的時間長久,則必須使滑翔機的墜降速度縮小。

有一點須要特別注意的,就是滑行半徑最大的滑行並不是滑行時間最久的滑行,因為在滑行半徑最大的滑行時,滑翔機的墜降速度未必是最小的。

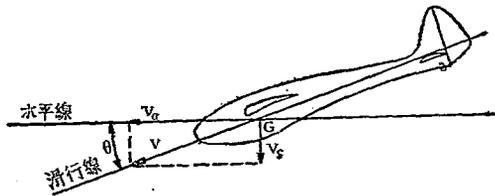


圖 59 墜 降 速 度

圖 59 所示, P 為滑翔機的出發點, V 為該機在滑行線上的速度。 V_a 為該機之墜降速度。 V_a 為前進速度, θ 為滑翔角,由圖 59 可知

$$V_a = V \sin \theta.$$

因 θ 之角度甚小,故:

$$\sin\theta = \tan\theta$$

$$\text{故得} \quad V_s = V \tan\theta \quad (6)$$

由公式(3)可知:

$$V = \sqrt{\frac{W \cos\theta}{S \cdot KL\rho}} = \sqrt{\frac{W}{S \cdot KL\rho}} \quad (\text{因 } \cos\theta = 1)$$

由公式(5)可知:

$$\tan\theta = \frac{1}{E}$$

代入公式(6)即得:

$$V_s = \sqrt{\frac{1}{\rho}} \cdot \sqrt{\frac{W}{S}} \cdot \frac{1}{E\sqrt{KL}} \quad (7)$$

現在我們把這公式右邊的三個因子的意義分別解釋如下:

第一個因子 $\sqrt{\frac{1}{\rho}}$ 是代表空氣的密度對墜降速度的影響,也就是高度對於墜降速度的影響,換言之,即高度愈小的地方,空氣的密度愈大,滑翔機的墜降速度愈小。

第二個因子 $\sqrt{\frac{W}{S}}$ 是代表翼面的荷重 $\frac{W}{S}$ 對於墜降速度影響的,換言之,即機翼每平方公尺所擔負的荷重公斤數愈小,則滑翔機的墜降速度也愈小。

第三個因子 $\frac{1}{E\sqrt{KL}}$ 是代表機翼前衝角及全機的空氣動力特性, KL , KD , E , 等數值對於墜降速度的影響,換言之,即 $\frac{1}{E\sqrt{KL}}$ 的數值愈小,則墜降速度愈小。

普通討論墜降速度時,多不計及高度之影響,故欲使墜降速度

減小，即使滑翔時間延長，我們由公式(7)可以看出，必須用以下的方法：

a. 增大機翼面積 S 使 $\frac{W}{S}$ 之數值小。

b. 選用滑翔前衝角處 $\frac{1}{E\sqrt{KL}}$ 數值最小，即 $E\sqrt{KL} = \sqrt{\frac{KL^3}{KD^2}}$ 。

$= KL^{\frac{3}{2}}/KD$ 最大之機翼剖面。

如以上述兩種滑翔性能比較觀之，將兩種滑翔合繪一圖。如圖57，則二者之區別顯然可見。

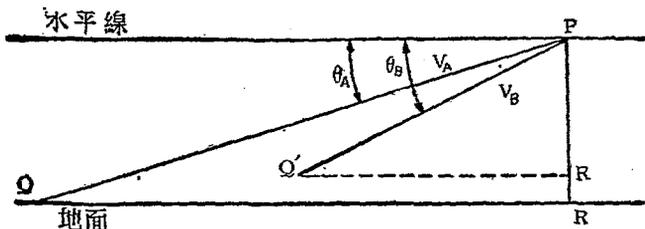


圖 57 兩種滑行之比較

設有設計完全相同之 A, B 兩滑翔機，同時由圖中之 P 點出發，A 機以與最大之 E 值相當之滑翔角 θ_A 滑翔，則其滑翔線為 PQ，B 機以與 $KL^{\frac{3}{2}}/KD$ 之最大值相當之滑翔角 θ_B 滑翔，則其滑翔線為 PQ'。當 A 機達到 Q 點時，B 機祇達 Q' 點，該點之高度為 RR'，較 Q 點為高，B 機當時之滑翔半徑為 R'Q' 較 A 機的 RQ 為小。A 機之滑翔速度 V_A 較 V_B 大，其滑翔角 θ_A 較 θ_B 小，故 A 機能及遠。B 機之滑翔速度 V_B 較 V_A 小，其墜降速度較 A 機者小，故 B 機能持久。

第八十三節 飄飛的理論

滑翔機的飄飛性能，若能提高，則其滑翔性能必受良好之影響。因為既得攀升至較大之高度，則其滑翔半徑及滑翔時間自然隨而增大。現在且把飄飛的簡單理論加以討論如下：

(1) 怎樣可以攀升高空？大凡滑翔機欲向高空攀升，則其墜降速度必須甚低。例如墜降速度若為每秒鐘 5 公尺，則當其遇到每秒鐘 5 公尺之上升氣流時，則滑翔機不但能不墜降，且可於每秒鐘攀升 5 公尺。由此觀之，則墜降速度愈小，愈能充分利用微弱之上升氣流而向高空攀升。關於墜降速度，前文已經討論，茲不贅述。

(2) 怎樣可使滑翔速度穩定？滑翔機在翱翔時，升至高空，往往遭遇和地面並行的急風，使該機對空氣的速度發生變動。假使滑翔機本身的質量相當大，而能藉其本身的慣性，維持其原有的飛行速度。如此，則遇逆風吹過時，滑翔機的風速必頓時增高，如遇順風，則當順風停止時，滑翔機的風速亦必頓時增大。又如，當滑翔機由速度小的風層中飛入速度大的氣層時，亦會發生同樣結果。

在上述各項情形之下，滑翔機的風速既增，則其所受阻力自必加大，頗足以減低其飛行速度，且使其骨架受到增大之外力，故設計時對此種情形，不能不加以注意。

設滑翔機的風速原為 V_1 ，因上述原因而增至 V_2 ，則此時所增加之阻力為：

$$D' = KD\rho S(V_2^2 - V_1^2). \quad (8)$$

因此種增加的阻力而生之負加速度（即減速度）必為：

$$a = \frac{D'}{m} = \frac{D'}{\frac{W}{g}} = \frac{gD'}{W} = 9.81 \frac{D'}{W} \quad (9)$$

式中之 m 爲滑翔機之質量， W 爲該機之重量， g 爲重力常數，其數值爲每秒鐘 9.81 公尺。

由此式可見，若欲使滑翔機負加速度的變化微小，則必須應用以下的方法。

(a) 增大機重 W 之數值：——其作用正如機器上之飛輪，目的在藉較大之慣性以維持其原有的度速。

此種重量之增大，不但可使飄飛穩定，且可使滑翔機得到較大的速度及升力。因滑翔機上並無發動機及螺旋槳，其維持力全靠重量在滑行線的分力 $W \sin \theta$ 而來。由公式(5)可知 θ 的角度甚小，故 W 必須有較大的數值，才能有充分的推進力，滑翔機因此才能有相當的前進速度，然後機翼上才有充分的升力來支持全機。

(b) 減小 D' 之數值：——由公式(8)可知，減小 D' 的唯一方法，即減小 KD 之數值， KD 是總阻力係數，其中包括機翼各阻力的係數及寄生阻力的係數。所以要減小 KD 的數值，必須設法減小機翼的誘導阻力和輪廓阻力及寄生阻力。至於減小機翼各阻力的方法爲：

(甲) 選用曲度較小的機翼斷面。

(乙) 選用較大的展弦比，以減小機翼的誘導阻力。

可是，減小寄生阻力的方法，則爲：

(甲) 注意機身及支柱等的流線形。

(乙)減少各部骨架中間的干涉，例如駕駛人的頭部若伸出坐艙之外，很足以影響機翼的性能，故須設法將坐艙用透明的風擋來掩閉，就是一例。

(3)怎樣增高操縱性？滑翔機在飄飛時所遇到的上升氣流範圍未必很大，倘若駕駛人發現其滑翔機已飛出該氣流範圍的時候，必須能作很靈敏的動作來回到該氣流範圍之內，才能充分利用該氣流來攀升。不過普通的滑翔機的操縱性不很靈敏，遇到上述情形，便感覺困難。現在把改良操縱性應注意各點略述如下：

(a)側滾操縱性：滑翔機的側滾操縱性，可用以下三種方法來提高牠。

(甲)將機翼直接裝配於機身，不用支翼三角翼 (cabane)，並使機翼的厚度由翼根至翼梢漸漸減小。這樣將機構的質量集中於全機重心的附近，使全機的慣性力矩大減，側滾時自感靈便。

(乙)在機翼各部用不同的翼型，使近翼梢處之前衝角減小。這樣可使翼梢處不易失速，以補正在低速度時副翼失效之弊。

(丙)使副翼翼弦最長的部分接近翼梢，這樣可使副翼上之壓力中心，距全機重心較遠，因可增加側滾時的操縱性。

(b)方向操縱性：增大方向操縱性的方法，大略如下：

(甲)機身宜長，使垂直翅與方向舵等，對於全機重心有充分的距離。

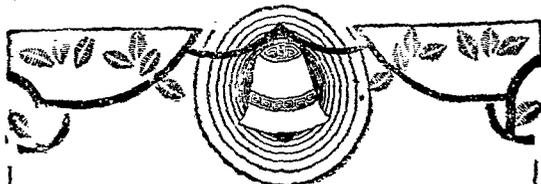
(乙)使機身的斷面由重心向機尾處漸漸變小，這樣可使機身的質量集中於重心附近，偏航時自感靈便。

(丙)使垂直翅的面積小，而方向舵的面積大，這樣操縱性自

能增高。

(c)翻旋操縱性: 倘若對上述(a)、(b)兩項操縱性加以充分的注意, 則翻旋操縱應該不生什麼問題, 因為滑翔機由於其構造的情形, 全機質量自然集中於垂直軸線。所以翻旋操縱性方面, 一般的滑翔機都是很好的。





版權所有
翻印必究

中華民國三十二年五月初版
中華民國三十四年十一月滬一版

大眾滑翔學

全一冊 定價國幣二元五角
(外埠酌加運費匯費)

著 者 羅 錦 春

發 行 人 吳 秉 常

印 刷 所 正 中 書 局

發 行 所 正 中 書 局

(1543)

吳益換
俞曉雲
校對

