

飛機構造與強度

第一分冊

Д.И.古列也夫 主編



國防工業出版社

飛機構造與強度

第一分冊

Д·И·古列也夫 主編

易 生、楊 明、姜佩賢、史超禮
詹承禹、楊國柱、龔堯南、余公沼 譯

王德榮、何慶芝 校訂

國防工業出版社

出版者的話

本書係根據古列也夫(Д.И.Гуреев)主編、沃羅諾維奇(А.П.Воронович), 沃斯科鮑也夫(Ф.Е.Воскобоев), 古列也夫(Д.И.Гуреев), 康(С.Н.Кан), 普羅托波波夫(А.Б.Протопопов), 斯維爾德洛夫(И.А.Свердлов), 季洪拉夫(В.А.Тихонравов), 齊布里亞(Б.П.Цибуля), 楚耳科夫(В.С.Чулков), 等九人合著「飛機構造與強度」(Конструкция и Прочность Самолетов)一書譯出。

本書可作航空學院飛機構造與強度計算課程之教本或主要參考書,並可供航空部門工程師參攷。

中譯本分四分冊出版。第一、二分冊的譯者為易生、楊明、姜佩賢同志。校訂者為王德榮同志。

第三、四分冊的譯者為詹承禹、楊國柱、龔堯南、史超禮、余公沼同志。校訂者為何慶芝同志。

Д.И.Гуреев
КОНСТРУКЦИЯ
И
ПРОЧНОСТЬ САМОЛЕТОВ

Издание В В И А им.проф.Н.Е.Жуковского
1950

本書係根據蘇聯儒科夫斯基空軍工程學院
一九五〇年俄文版譯出

*

飛機構造與強度

第一分冊

[蘇]古列也夫主編

易生、楊明、姜佩賢、史超禮 譯

詹承禹、楊國柱、龔堯南、余公沼

王德榮、何慶芝 校訂

*

國防工業出版社出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第074號

書號: 0001 • 850×1168 1/32 • 5 $\frac{1}{2}$ 印張 • 125,000字

一九五五年九月第一版北京第一次印刷

印數 1—1,700冊

飛機構造與強度第一分冊目錄

第一章 飛機結構型式的飛展.....	I
§ 1. 飛機在速度鬥爭方面的發展.....	8
§ 2. 高速飛機的特徵.....	17
§ 3. 飛機的分類.....	19
§ 4. 飛機的部位圖.....	23
§ 5. 結構組.....	25
§ 6. 對飛機結構的要求.....	26
§ 7. 其他飛行器具的型式.....	27
第二章 飛機的載荷	30
§ 1. 水平飛行.....	30
§ 2. 曲線飛行.....	31
§ 3. 人對過荷的耐久力.....	34
§ 4. 飛機機動性的限制.....	37
§ 5. 空氣壓縮性對過載的影響.....	39
§ 6. 在飛行中載荷係數的測量.....	47
§ 7. 某些特技飛行的載荷係數.....	50
§ 8. 在不平靜氣流中的飛行.....	51
第三章 飛機載荷的設計情況.....	57
§ 1. 飛機的分類.....	58
§ 2. 設計情況.....	59
§ 3. 安全係數.....	66
§ 4. 靜力與動力試驗.....	68
§ 5. 飛機強度的飛行試驗.....	71
第四章 機翼.....	73
§ 1. 機翼的功用.....	73

§ 2. 對機翼的要求	74
§ 3. 機翼的外形	75
第五章 單翼機機翼的載荷	88
§ 1. 載荷數值	88
§ 2. 空氣動力載荷的分佈	89
§ 3. 飛機俯衝時空氣動力載荷的分佈	93
§ 4. 壓力中心和空氣動力合力方向的決定	94
§ 5. 質量力的分佈	96
§ 6. 機翼彎矩圖和剪力圖的作法	97
第六章 機翼的結構型式和受力型式的發展	105
§ 1. 基本規定和分類原則	105
§ 2. 具有中間支柱的機翼	108
第七章 飛機結構構件的強度計算	131
§ 1. 桿條的縱向彎曲	131
§ 2. 空心桿條在縱向彎曲時的局部穩定性	143
§ 3. 各向同性薄板的穩定性	148
§ 4. 失去穩定後的各向同性的薄板	158
§ 5. 圓筒形薄壁的穩定性	165
§ 6. 薄壁樑由於剪切而失去穩定性後的工作情況	169
§ 7. 扭轉	182
§ 8. 彎曲時的剪應力	199
§ 9. 楔形平樑的工作	201
§ 10. 剖面沿長度變化的薄壳的工作特點	209
第八章 單翼飛機的機翼強度	213
§ 1. 骨架構件的強度	214
§ 2. 正應力的決定	219
§ 3. 剪應力的決定	231
§ 4. 有三層蒙皮的機翼	253
§ 5. 在機翼中央裝噴氣發動機時其結構與計算的特點	262

第一章

飛機結構型的發展

我們的國家是航空的祖國

用人造的工具在天空飛行的思想，是和人類歷史一樣久遠的。還在古代就時常出現許多製造和試驗翅膀或其他飛行器具的企圖。解決飛行的基本問題的巨大功績應屬於俄羅斯的發明家和學者。

在十六世紀末葉伊萬·雷帝聽說賤民尼基特加（貴族盧波托夫的農奴）似曾繞亞歷山大城外飛行之後，就立刻下令將這個「臆造者」殺死。

一世紀以後一個農民發明家用國庫給他的金錢，曾兩次試用「雲母」翅膀飛行。這些神話式的資料說明了在天才的勇敢的俄羅斯人民中間，曾有過許多飛行器具的發明家。用滑翔機式的器具來飛行，在當時顯然是可能的，並且以當時的技術水平來說，也是能夠製造這種器具的。只是由於當時俄羅斯的文字不發達，所以我們現在僅知道一些片斷的事蹟。

十八世紀自然科學的發展是與偉大的俄羅斯學者——米海爾，華西里維奇，羅蒙諾索夫的名字分不開的。羅蒙諾索夫除了許多的輝煌的科學發明之外，還第一個發明了重於空氣的飛行器具。在科學院的會議記錄中保存有下面的文件：「羅蒙諾索夫教授向會議介紹了一種能攜帶溫度表和其他小型氣象儀表而升起的小器具，並提出了這種器具的設計圖；為此參加會議的先生們審查了他的提案，並向科學院辦公廳報告，請求當局命令匠師福則烏斯根據此圖，在作者的監督下，製成此種器具以備試驗。此文將作為科學院會議的備忘錄。一千七百五

十四年三月九日」。

這說明了羅蒙諾索夫在一七五四年發明並製造了直昇飛機，並在歷史上第一個企圖在空中運輸中採用螺旋槳。更值得注意的是，很久以後在一七八二年法國的科學院還認為重於空氣的器具是不可能飛行的。也不能忘記，當時在海船上還沒有採用螺旋槳做為推進器的。

這個偉大的俄羅斯學者的天才發現，證明了他本人知道空氣阻力的規律，並找到了在飛行時支持和推動重於空氣的飛行器的力量。應當指出：羅蒙諾索夫為了消滅反作用力矩，曾預知要按旋轉方向相反的兩個螺旋槳。

在十九世紀的初期，俄羅斯的發明家們主要是致力於製造可以操縱的氣球。但同時他們也不斷地企圖創造重於空氣的飛行器具。在十九世紀末到二十世紀初期，發明家紛紛向俄國軍事主管機關提出飛機、撲翼機，直昇飛機和操縱裝置的設計圖案。

俄羅斯的發明家阿爾漢格爾斯基、伊萬寧、特列切斯基、柯斯托維契、契奧可夫斯基等早在外國進行類似的研究之前，就正確地解決了氣球的操縱問題。

阿爾漢格爾斯基經過了五年的研究和實驗之後，在一八五一年提議設計「空氣靜力」機器。這個機器能昇在空中，並能按航空人員的意志着陸，可以在任何風向下飛往指定的方向，最後還可以攜帶羅盤以指示方向（像在海洋裡的羅盤一樣）。

孟德列耶夫——偉大的俄羅斯學者——成功地研究了許多航空問題。他在一八八〇年發表了重要的著作「論液體阻力和航空」。在一八七八年孟德列耶夫在講演中英明地預見到了重於空氣的飛行器的優越的發展前途。他第一個論證了有密封座艙的同溫層飛行的原理，在他論證之後五十年，同溫層飛行才實現。

在孟德列耶夫的鼓勵下，莫查依斯基發展了自己的事業。世界上出現了第一架飛機，人類應該感謝莫查依斯基——偉大的、有獨創性的意志堅定的研究家，為着自己的理想而勇往直前的戰士。

莫查依斯基從十九世紀六十年代末期開始創造飛機的工作。在一八七七年完成了飛機的詳細設計。經過週密的模型試驗，研究了螺旋

漿，研究了操縱性和穩定性之後，規定了機翼、尾翼和副翼最適合的尺寸。莫查依斯基開始研究副翼是在一八七七年，就是比法國福爾曼所謂「第一個採用副翼」，還要早三十一年。

根據文獻證明，這架飛機在一八八二年七月二十日飛行了。飛機是由莫查依斯基的助手伊萬·尼基弗羅維奇·哥魯比夫所操縱的。這樣人類便第一次乘重於空氣的機器昇到空中去了。莫查依斯基的理想完全實行了。在一八八三年亞歷山大·費德羅維奇·莫查依斯基又設計了有蒸氣發動機的第二架飛機。莫查依斯基所設計的蒸氣發動機，是當時記錄上最輕的。

從二十世紀開始，俄羅斯的飛機設計家就走着獨立創作的道路，在許多方面都走在外國設計家的前面。當時在大多數外國飛機（福爾曼，奧金等）上都採用一面有蒙皮及翼樑暴露在外的機翼，俄羅斯設計家就創造了更完善的兩面有蒙皮並有形成翼型的輕便翼肋的機翼了。他們初次由有支持的安定面轉向採用無支持的安定面。俄羅斯的設計家當時就採用了盒式層板機身，差不多所有最早期的俄國飛機上都採用了由一個操縱桿同時操縱升降舵和副翼的操縱裝置。這種操縱裝置是由發明家烏里揚寧在一九〇六年所製造的。

俄羅斯的設計家加克里，斯列沙烈夫，格利哥羅維奇等成功地設計和製造了質量遠超於外國的飛機。製造世界上第一個新穎的多發動機飛機「伊里亞·穆拉米池」的榮譽，應歸於俄羅斯的設計師們。斯列沙烈夫製造了一架完善的飛行重量達 6.5 噸的雙發動機飛機。格利哥羅維奇是世界上最早的水上飛機製造者之一，他的飛機無論在俄國或在外國都成為製造各種飛船的原型。所有這些都可以證明，在第一次世界大戰的前夜，俄國製造的飛機要比沙皇政府用來武裝俄國空軍的法國的福爾曼、奧金、牛伯爾飛機完善得多。

格利哥羅維奇的「M—5」和「伊里亞·穆拉米池」飛機在當時是相當好的，甚至向外國卑躬屈膝的政府官員也不得不採用這種飛機來武裝軍隊。「M—5」一直到一九二一年還做為教練機使用。

在二十世紀初期，俄國在空氣動力學的領域內，由於儒科夫斯基和察普雷金及其他學者的努力，走在世界各國的前面。儒科夫斯基和

察普雷金是空氣動力學理論的創造者，儒科夫斯基同時又是實驗空氣動力學的奠基人。

在飛機製造的初期，計算飛機骨架的強度時和計算簡單的桁架桿條結構是一樣的。從過渡到薄壁結構之後，保證強度的問題變得非常複雜，因而要求極深的理論來分析這問題。這種結構的理論基礎為俄羅斯造船家布卜諾夫、克雷洛夫、巴卜克維奇、西曼斯基等的重要著作所奠定了。

在布卜諾夫的一九一二至一九一四年的著作裡，深刻地闡明了屏的穩定性，薄板的計算，減縮係數等問題。這些著作中的理論假設及結論，到現在還是飛機強度計算的基礎。

和飛機結構發展的同時，飛機強度計算的方法也被研究及改進了。這種改進一方面是沿着深刻的理論研究的路綫而前進，一方面是沿着創造簡單而精確的工程計算方法的路綫而前進。

蘇聯學者卡林爾金、烈賓遜、丁尼克、巴卜可維奇、伊留申、符拉索夫、烏曼斯基等人關於普通結構力學的著作，組成了現代飛機強度計算的科學基礎。這些著作不僅在國內，而且在國外也被廣泛地應用於飛機強度計算領域內和應用於結構力學的其他領域內。

蘇聯的專家維特欽金、別遼耶夫、拉斯托夫車夫、高斯馬列夫、切遼木辛、康恩、史維爾特洛夫等廣泛地製訂了工程的飛機強度計算方法和它的理論基礎。

隨着飛行速度和發動機功率的增長，就要求研究動力強度的問題，而這個問題首先為蘇聯的學者基爾德師、哥羅斯曼等人所解決。

在製訂飛機及其部件的必需強度的設計條件方面，中央流體氣體動力研究院的工作人員克列伊諾夫、西斯金、馬卡列夫斯基等人做了很多工作。

俄國的民意黨人基巴里期奇在一八八一年頭一次提出利用火箭做為飛行器具的發動機的主意。他的設計是在監獄中完成的，所以這個設計也被認為參加殺害亞歷山大二世的「行動」了。一直到十月革命之後才從憲兵隊檔案裡找到這個設計。

俄羅斯著名的學者和發明家曹可夫斯基頭一次在一連串的科學工

作中，解決了可以在重於空氣的飛行機器上利用噴氣發動機可能性的問題。在一九〇三年發表的論文「用火箭研究天體」中，已經提出了現代化的用液體燃料的火箭了。

曹可夫斯基應當算做噴氣運動理論的創始人。在火箭技術的研究方面曹可夫斯基走在世界所有學者的前面，他不僅論證了噴氣飛機可以飛行，還提出了一系列具有很可信服的計算的設計。

在一九一一年工程師哥羅霍夫提出了一種使用脈動式空氣噴氣發動機（用石油）的飛機。

空氣噴氣發動機的理論是第一個由斯切奇金教授製定的，這個理論並在一九三二年發表在「航空技術」雜誌上了。

曹可夫斯基在自己的論文中，將噴氣飛機分為兩種型式。在論文「同溫層飛機——半噴氣式」（一九三二年）中，他論述了裝有現在稱為空氣噴氣發動機的供高空高速飛行用的飛機。這樣的飛機在一九四一年（即曹可夫斯基的論文發表的九年後）為加波羅尼工廠根據康皮寧的設計所製成了。

在「新式飛機」（一九二九年）、「噴氣飛機」（一九三〇年）、「火箭飛機」（一九三〇年）等論文中，曹可夫斯基論述裝有液體式噴氣發動機的飛機。

實際上類似的飛機在一九四二年為包爾厚維金諾夫教授製成。

在祖國航空技術的歷史中，永遠記載着最早的莫查依斯基飛機所用發動機的設計家們的名字：可斯托維奇、達塔林諾夫、烏費姆車夫、哥利卓杜波夫，這些人在十九世紀末和二十世紀一十年代就製出了比外國發動機性能更好的發動機。

統治者的昏庸無知，沙皇俄國的經濟和技術的落後，以及對外國技術的崇拜，嚴重地阻礙了俄國先進的航空人員的前進。真正的愛國者抱着很大的希望來迎接偉大的十月革命。十月革命給航空開闢了廣大的活動範圍。

從蘇維埃政權存在的第一天起，列寧和斯大林就非常注意航空事業。他們親自幫助了航空工程師和科學工作者。

黨、列寧和斯大林不斷地關懷着科學事業和航空工業的發展。

在一九一八到一九一九年間，列寧簽署了二百多件關於航空問題的文件。蘇聯政府爲航空科學和航空工業的進一步發展創造了必要的物質條件。

俄國人民光榮的兒子，航空科學所有基礎部分的創造者儒科夫斯基教授很久就想建立一個動力科學研究所和航空大學，在一九一八年他向蘇聯政府建議組織流體氣體動力研究院。政府不僅同意這種建議，同時還全力支持這個良好的開端。在一九一八年十二月出現了如今世界知名的中央氣體液體動力研究院。在一九一九年建立了航空技術學校，於一九二一年又改爲紅色航空工程學院，在一九一九年又擴大爲軍事航空學院即現在的儒科夫斯基航空學院。其後又在這些基礎上廣泛地發展了航空研究機關和學校。

一九二〇年十二月三日人民委員會通過了一項特別決定：解脫儒科夫斯基教授的定期講課的責任，賦予他講解更加重要的有科學內容的課程的權利。

在社會主義工業化的基礎上，蘇聯航空工業在斯大林同志的領導下，以驚人的速度成長起來了。國內戰爭時代的半手工業式的航空工廠，依照黨和斯大林同志的意志，變成了有頭等技術的強大企業了。許多巨大的航空工廠是被建立起來了。航空工廠和與此有關的工業部門的裝備，是在最新的技術成就的基礎上建立的。出現了大批技術高明的航空專業人材。「我們過去沒有航空工業，現在我們有了」。斯大林同志用這句話說明了第一個五年計劃的巨大勝利之一。

蘇聯航空技術裝備的每一步驟，和技術思想的每一個成就，都是和斯大林的名字分不開的。斯大林同志的指示：「我們要比別人飛得更高，更遠，更快」成爲蘇聯航空發展的總路線的基礎。

從蘇維埃政權成立那天起，航空發展就走上了科學的正軌。科學和實際航空任務結合了。在國內戰爭之後建立了航空科學的基本學科：實驗空氣動力學、飛機空氣動力計算、飛行動力學、飛機強度計算、航空材料學、航空發動機原理和構造等。

在這個時期格利哥羅維奇和波里加爾波夫的設計局展開了自己的活動。杜波列夫的設計局也開始工作了。杜波列夫的設計局到現在還

在前進着：設計新式的飛機結構，建立新的飛機型式和它的計算方法。由於成功地設計了「AHT」和「TV」等飛機，蘇聯人民不只一次地向總設計師安德烈·尼古來耶維奇·杜波列夫表示了他們自己的謝意。

三十年代初期滑翔機開始引起人們的注意。從這時起蘇聯的滑翔機家一直就佔世界的首要地位，並且不止一次建立了世界記錄。著名設計師伊留申、雅克福列夫、包爾厚維金諾夫等從製造滑翔機而開始了自己的勇敢的工作。很多在一九二五到一九三〇年間所造的飛機，都具有良好的質量。當時最有名的飛機有：格利哥羅維奇的攔擊機“И-2”，波里加爾波夫的“И-3”，杜波列夫的“И-4”，格利哥羅維奇和波里加爾波夫的“И-5”，杜波列夫的偵察機“Р-3”，波里加爾波夫的“Р-5”，杜波列夫的轟炸機“ТБ-1”，“ТБ-3”。

在一九二七年製出了“У-2”飛機，爲了紀念它的設計師波里加爾波夫，這飛機後改名“ИО-2”。這種飛機到現在還被廣泛使用，它的使用期限最長。

在第一個斯大林五年計劃期間，飛機製造業獲得了飛躍的發展。這個躍進是由於航空專家們在黨的領導下，做了充分的準備工作而獲得的。

“И-16”和“СБ”飛機在飛行、戰術性能方面，是世界上最好的。在波里加爾波夫的“И-16”飛機上，大的速度和良好的機動性能夠很好地配合。

不久以後又設計和製造了波里加爾波夫的“И-153”，伊留申的“ДБ-3Ф”和杜波列夫的飛機——巨人「馬克西姆·高爾基」。

在戰前我們的航空員建立了關於飛機、滑翔機、氣艇和模型飛機等的62個世界記錄。其中同溫層氣球 СССР-1 號飛到19000公尺的高度（一九三三年）。哥羅莫夫飛行了12411公里的距離（一九三四年），哥羅莫夫和契卡洛夫由莫斯科經北極長途飛行到美國（一九三七年）。

我們的偉大的祖國成爲了航空的強國。

在衛國戰爭期間，遵照斯大林同志的指示，利用所有的航空科學和技術上的成就，來製造品質優良的作戰飛機。蘇聯天才的學者察普雷金、赫里斯金安諾維奇、基爾德師等和蘇聯優秀的設計師杜波列夫、

伊留申、米古林、雅克福列夫、拉伏其金、米高揚、克里莫夫等緊密合作，爲我們空軍創造了頭等的戰鬥技術。

我們的飛行員在這些飛機——殲擊機“拉”、“雅克”、“米格”，衝擊機“伊爾”，轟炸機“別特”和“杜”——上創造了巨大的功績，表現了無比的勇敢和技能，獲得了全世界愛好自由的人民的愛戴和尊敬。

斯大林同志所培養的蘇聯空軍在衛國戰爭中，粉碎了德國空軍，蒙受了不朽的光榮。我們正在勝利地建設着一支更完善，更強大的，不愧爲世界上第一個社會主義國家的空軍，以隨時準備打擊侵略者。

現在航空技術正處在一個巨大的轉變階段，這個轉變乃是由噴氣發動機的出現和飛行速度接近音速所引起的。

曹可夫斯基的預言“噴氣飛機的時代必將代替螺旋槳飛機的時代”實現了。

依賴先進的蘇聯科學泰斗察普雷金早在一九〇二年發表的論文「論氣體流」，蘇聯學者們已經在高速空氣動力學方面做了很多工作。

毫無疑義，爲斯大林同志所鼓舞着的蘇聯學者，設計師和工程師們，必將利用自己的經驗，社會主義的優越性和俄國及蘇聯先進學者的優良傳統，來進一步鞏固蘇聯航空技術在世界上的優越地位。

§ 1. 飛機在速度鬥爭方面的發展

經過了飛機製造業發展的最初階段（在這個階段裡，飛機設計師們都致力於解決使人類能夠用重於空氣的機器作飛行的問題）之後，便進入爭取提高飛行速度的階段了。

飛機的最大飛行速度主要是決定於飛機的外形和它的動力裝備。因此飛機的發展是和空氣動力學及發動機製造的發展有着密切聯系的。

在飛機發展的所有階段中，空氣動力學的基本發展方向在於減少飛機的正面阻力，和提高機翼的最大升力。空氣動力學上的巨大成就往往會引起飛機飛行速度的顯著提高。

航空發動機的主要發展方向，過去和現在，都是減少發動機的比重（發動機的重量與其功率之比），和提高發動機的高空性能。發動

機比重的顯著減小（例如用另一種發動機去代替時），將使飛機的飛行速度飛躍地增加。

空氣動力學和發動機製造方面的成就聯合應用到飛機設計上，就出現新的飛機結構和受力型式。反過來說，飛機結構的改進，新的受力型式，新的材料和新的製造施工法的採用，也向空氣動力學和發動機製造方面提出了新的要求。

我們可以從兩方面——飛機的外形和它的內部構造——來研究飛機結構的發展過程。

飛機外部形狀主要決定於：

- a) 機翼（機翼的數量，形狀及安裝在機身上的相對位置）；
- b) 發動機的數量，形狀及型式；
- B) 機身的數量及形狀。

對飛機外形的基本的及決定性的要求就是保證飛行中空氣動力的要求。爲了達到最大飛行速度，其中最主要的要求乃是正面阻力要小和穩定性要好。

外部形狀在一定程度內決定着結構的受力型式。飛機結構，首先是骨架的結構，必須滿足正面阻力小和使用方便的要求，同時還要在重量小的條件下，有足夠的強度，能夠受得住在飛行中可能作用在它上面的載荷。重量小的要求對航空設計來講，乃是改進構造的基本動機和判斷構造好壞的標準。

最小重量的要求也決定了對完成結構所用的受力型式及材料。

飛行速度不斷努力提高後，就引起了飛機空氣動力學的巨大發展，促使發動機的比重不斷地減小，促使改用新式的發動機，創造了新的飛機結構。

正因爲速度在相當大的程度內決定着飛機結構的外部 and 內部的形狀，所以伴隨着飛機速度的不斷增加（在二十年內從300公里/小時發展到900公里/小時），就要不斷改進舊的和引入新的結構受力型式。

在這短短的期間裡，出現了很多新的型式，使整個飛機有顯著的改進。

飛機構造的發展，可以分爲三個主要階段。第一個階段（約在

一九三四至一九三五年結束)的特徵是:由優勢的多支柱的雙翼機過渡到下單翼機,並且採用了收縮起落架,在發動機上使用了發動機罩。第二階段的基本特徵是:製出了更有效的增加機翼最大升力的附翼機構,用減少摩擦的方法去減少正面阻力,減少凸起部分(例如鉚釘頭),採用了金屬蒙皮,並把蒙皮包括在受力型式內,出現了大馬力高空性能良好的發動機(帶渦輪壓縮器的)。第三個階段(現代航空在這個階段的前夕進入了二次世界大戰)的特徵是:已達到的飛行速度接近了音速,空氣的壓縮性已成為飛機設計師在爭取提高飛行速度時所必須考慮的參數了。在這個階段裡,新式的航空發動機(渦輪噴氣式和噴氣式發動機)已被廣泛地應用了。

單翼機型式在航空發展的初期便出現了。但是它却長期地讓位於雙翼機,這主要是由於在同樣速度和機動性下,單翼機的重量太大。隨着飛行速度的增加,單翼機在達到高速方面的優越性和雙翼機比較

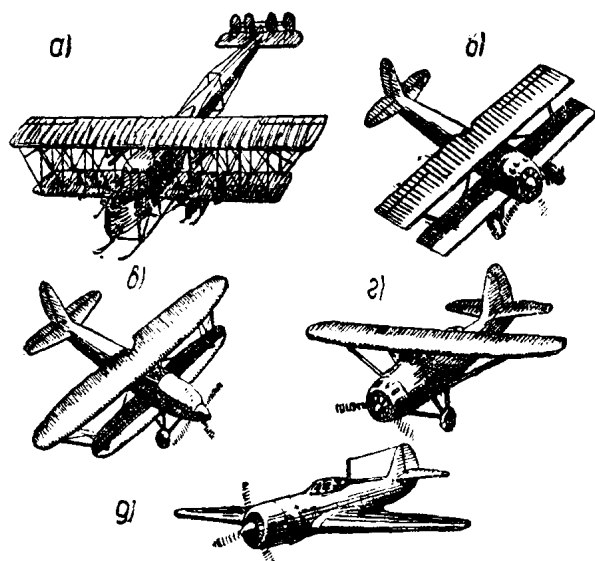


圖 1

起來逐漸明顯了,最初單翼機是和雙翼機互相競爭,但是後來便把雙翼機完全排擠出去了。這是由於使用了新的材料和新的結構型式,也

是由於飛機強度計算科學的一般進步。多支柱的雙翼機（圖 1, a）逐漸讓位於單支柱的雙翼機（圖 1, б），然後翼半飛機（圖 1, в），其後又是支柱式的單翼機（圖 1, г），最後是無支撐的單翼機（圖 1, д）。按照安裝在機身上的位置，單翼機可分為以下幾種：

a) 下單翼（圖 2）；

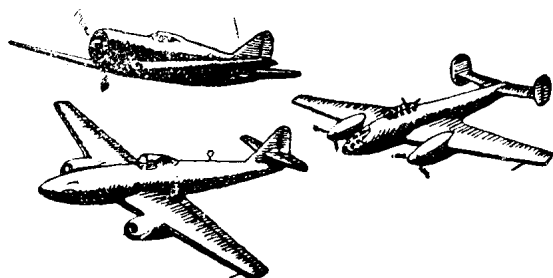


圖 2

б) 中單翼（圖 3）；

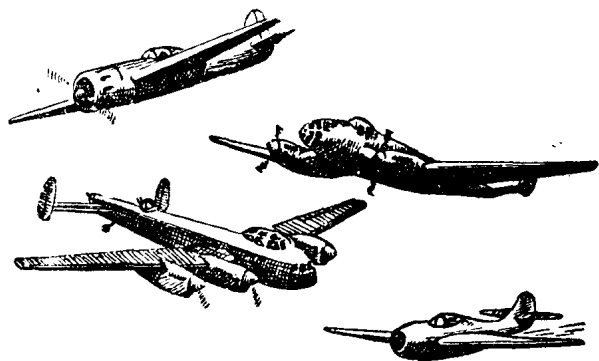


圖 3

в) 上單翼（直接位於機身上）（圖 4）；

г) 傘型單翼，其機翼用支柱固結在機身上面（圖 5）。 •

此外還有「海鷗式」單翼機，它有兩種即「正海鷗式」（圖 6, a）和「反海鷗式」（圖 6, б）。上述的各種單翼機型式在避免有害阻力（由於機身及機翼干擾而產生的阻力）方面，各有其優缺點。在飛行中起

落架的收縮，無疑地促使我們轉向使用下單翼，因為使用下單翼可使起落架更短，重量更輕，更容易收在機翼裡。

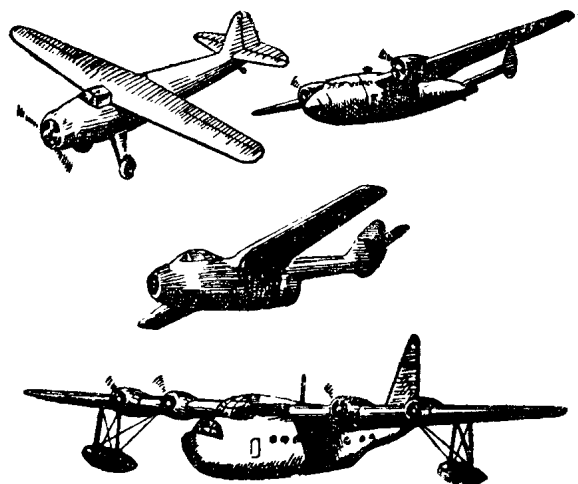


圖 4

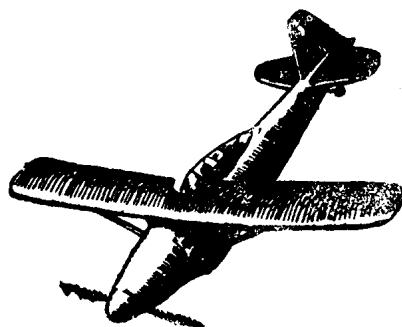


圖 5

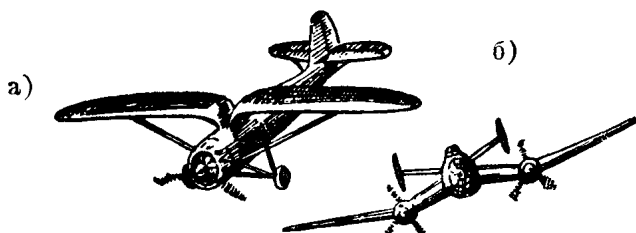


圖 6