

高等学校教学用书

飛機設計原理

Л. Н. СУТУГИН 著

何慶芝 鄭鴻模 葉逢培 譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



飛機設計原理

Л. И. 蘇杜庚著

何慶芝 鄭鴻模 葉逢培譯

高等教育出版社

本書係根據蘇聯前航空工業人民委員部國防書籍出版社 (Оборонгиз НКВД) 出版的古比雪夫航空學院“飛機構造與設計”教研組主任 Л. И. 蘇士庚 (Л. И. Сутугин) 著“飛機設計原理” (Основы проектирования самолетов) 1945 年版譯出。原書經蘇聯前航空工業人民委員部教育司審定為航空學院教學參考書。

本書由何慶芝、鄭鴻模及葉逢培譯出，由鄭鴻模校訂。

飛 機 設 計 原 理

Л. И. 蘇 士 庚 著
何慶芝 鄭鴻模 叶逢培譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五號)

新華印刷廠印刷 新華書店總經售

書号15010·134 開本850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張9 $\frac{10}{16}$ 字數239,000

一九五五年八月北京第一版

一九五七年二月北京第三次印刷

印數2,001—3,200 定價(10) + 1.46

目 錄

序言	7
----	---

第一篇 設計的一般性問題

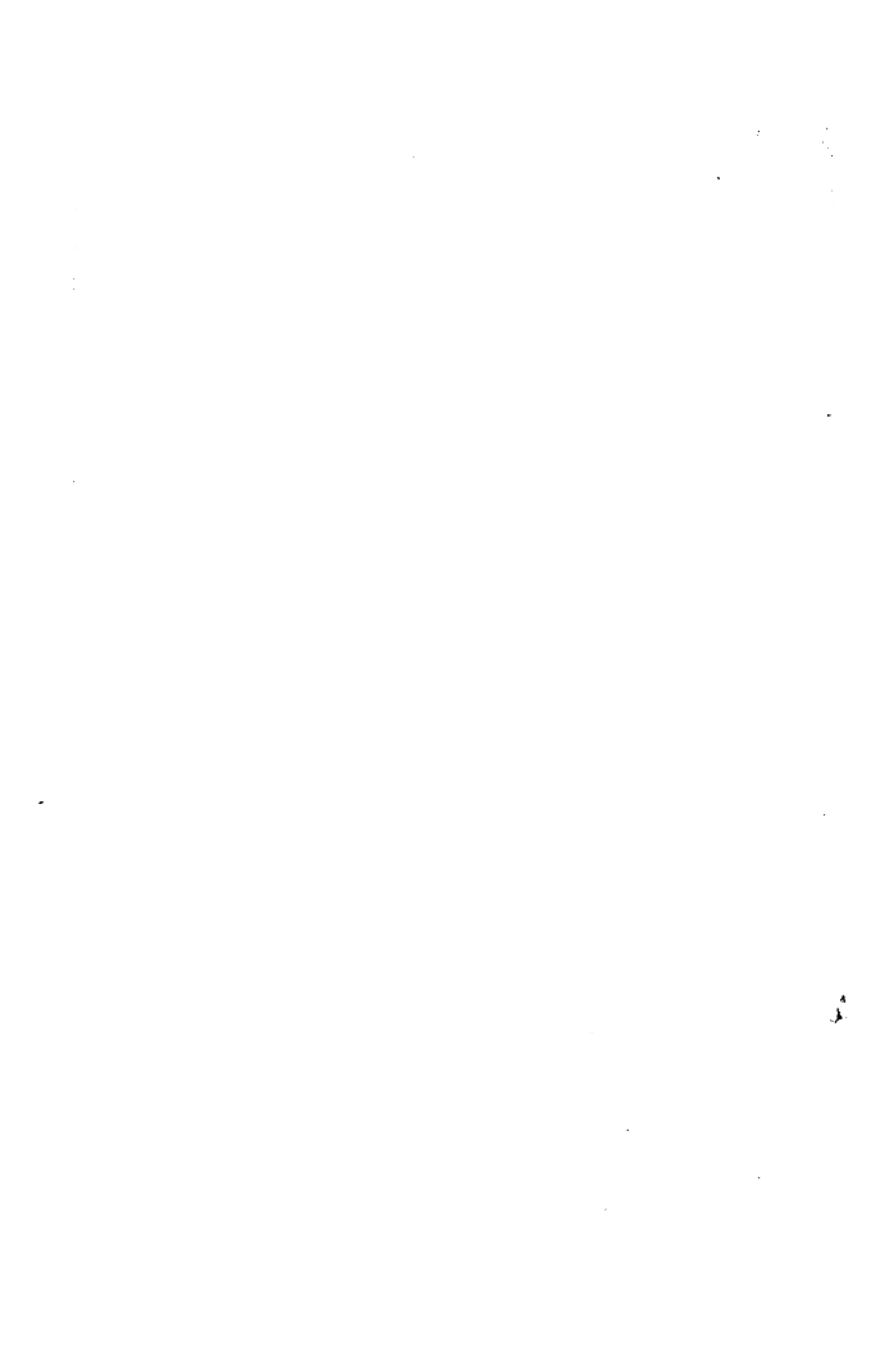
第一章 飛機設計和製造的階段	9
§ 1. 設計階段	9
§ 2. 製造階段	13
第二章 飛機型式的分析及其發展的遠景	15
§ 1. 各主要型式的特徵	15
雙翼機	16
撐桿式單翼機和張線式單翼機	21
懸臂式單翼機	25
尾翼的型式及其對視界和射界的影響	33
§ 2. 機翼和飛機型式的特殊形狀	34
小展弦比機翼	35
無尾飛機	37
“鴨式”飛機	42
錯翼飛機	44
福格塔式 (Fokker) 單發動機不對稱飛機	46
特殊形式的雙翼機	47
§ 3. 飛機型式發展的途徑	48
§ 4. 結語	53
第三章 發動機的選擇及其佈置	56
§ 1. 選擇發動機的主要標誌	56
§ 2. 功率和適高性	57

計算舉例	60
§ 3. 構造特點	61
冷卻系統的类型	61
氣缸的安排	63
減速器	66
§ 4. 外形尺寸	68
§ 5. 重量特性	71
§ 6. 使用特性	72
§ 7. 發動機的位置	74
§ 8. 結語	79
第四章 材料的選擇	82
§ 1. 對航空材料的主要要求	82
§ 2. 結語	84
第五章 武器的選擇和防彈板的位置	87
§ 1. 對飛機武器位置和防彈板位置的主要要求	87
§ 2. 固定式射擊武器的評比和選擇	88
§ 3. 活動式射擊武器的評比和選擇	99
§ 4. 轟炸武器的評比和選擇	103
§ 5. 防彈板的佈置	107
§ 6. 結語	116

第二篇 飛機的草圖設計

第一章 飛機飛行重量第一近似值的確定	118
§ 1. 草圖設計的功用、內容、性質和特點	118
§ 2. 飛機重量的分類	120
§ 3. 有用載荷	122
射擊武器和轟炸武器	125
§ 4. 燃料和滑油的儲備量	140
§ 5. 統計資料及其整理	146
§ 6. 飛行重量的確定	153

§ 7. 結語	154
第二章 主要尺寸的確定	157
§ 1. 機翼面積的選定	157
§ 2. 機翼草圖的作法	168
§ 3. 機翼的平均氣動力翼弦	177
§ 4. 機翼翼型的選取	185
§ 5. 附翼的選定	199
§ 6. 結語	218
第三章 飛機重量的分部計算	220
§ 1. 發動機螺旋槳組和飛機組重量的求法	220
§ 2. 發動機螺旋槳組的重量	221
§ 3. 飛機組的重量	229
§ 4. 重量登記表	233
§ 5. 結語	233
第四章 飛機的初步部位圖和重心定位	239
§ 1. 部位圖及其要求	239
§ 2. 擬製部位圖的程序	243
§ 3. 重心定位	253
§ 4. 單座單發動機飛機及雙發動機飛機部位圖的舉例	256
§ 5. 多座單發動機軍用機及多發動機軍用機部位圖的舉例	268
§ 6. 民用飛機部位圖的舉例	282
§ 7. 結語	286
第五章 結論	288
§ 1. 擬製飛機的三面全圖	288
§ 2. 視界圖和射界圖	291
§ 3. 飛機阻力的確定	292
§ 4. 設計計算概述	302
§ 5. 說明書	303
參考書目	305



序 言

在着手進行課程設計和畢業設計時，通常在工作之初，學生得化費很多完全不合理的時間去了解參考資料，或去選擇一些一般性的，但在設計的最初階段不可能用得上的資料。因此，產生了普遍所謂“沒有思考時間”的情況，把廣泛的構思變為極尋常而無生趣的一種設計，以致要等完成這種設計之後，設計的作者才開始懂得應如何進行設計工作。

飛機設計是一項極其複雜的工作，實際上，它只可能由一組熟練的包括各方面的工程師和專家們來完成。

設計的過程可分為許多階段，而在這些階段中，在各種截然不同的技術範圍內的許多複雜問題的解決，常常應用逐次近似法，同時也必須逐漸增加設計人員和加深對某些問題的研究。

首先，應作整架飛機的草圖設計，而求得下列諸問題的第一近似值：飛機重量，各部件重量，機翼翼型及其沿翼展的變化，尾翼的尺寸，機身的形狀，各主要部件承力元件的位置，消耗性和非消耗性載重的位置，機翼的主要尺寸及其面積。

草圖設計是對於確定的飛機型式和發動機而作的，同時也適應於主要部件的一定材料。

這種形式的設計就是要求作初步部位圖。在作這種部位圖時應以點劃線來表示機翼和機身的主要承力元件；而且要盡可能精確地把所有載重畫上。根據初步部位圖可以作出三面全圖。

根據對飛機各部件的進一步研究和飛機機體的製造，作出第二種形式的部位圖，在這個圖上要表示出各種承力元件和載荷的

精確位置，但不表示連接承力元件的零件和設備的零件。爲了聯系所有承力元件與非承力元件，是需要這張部位圖的。

在直接繪製第二張部位圖之前，各專門設計組應設計並作出各種部件的全圖。這裏所謂的設計，就是擬製機翼、機身和尾翼的理論圖及其全圖。對起落架、螺旋槳發動機組和操縱系統來說，它們的設計就是擬製全圖，進行專門的計算，和作出傳動圖等。

作好各部件的零件圖後，就要作第三種形式的部位圖，在這張圖紙上，要根據各零件圖畫出所有的元件。

“飛機設計原理”一書並非保證設計或畢業設計的參考書籍，而是“飛機設計和構造”課程的初步。在本書中研究了整架飛機草圖設計的一些問題，並根據實際的設計過程及本課程教學大綱的次序，列出了一些比較肯定的設計方法。

每章末尾所列設計參考書籍，祇是從總參考書目中指出那些爲學習本課程時獨立工作所需的補充資料。

Л. 蘇生庚

第一篇 設計的一般性問題

第一章 飛機設計和製造的階段

§ 1. 設計階段

設計的過程包括一系列彼此緊密聯繫的階段。

戰術和技術要求 飛機設計是以研究或擬訂戰術和技術要求為開始。在要求中，通常要指明飛機的功用、發動機的型別和數目、飛機應該承受的有用載荷、巡航時間或航程，知道了上述的各種性能後，就可以確定出必須的燃油量和滑油量。

無論是給定的發動機和總載荷重量，抑或是自己選定的發動機和總載荷重量，都必須保證一定的氣動力性能，即：飛行高度 H 的 $V_{\max}$ ，爬升至飛行高度的時間 t ，實用昇限 H_{Π} ，降落速度 V_{noc} ，起飛滑跑的時間 t_{pas} 或長度 L_{pas} 等。在大多數情況下，得指明或給出完成氣動力要求的步驟，或者劃分出：爲了得到既定的 V_{noc} 值或 L_{pas} 值，首先應該滿足那些性能。另外，也需有一系列的使用要求。

在要求的各種重要項目中，有一項應指明飛機主要部件所用的材料。

飛機的功用，其重量及 $V_{\max}$ 充分地規定了飛機在進行強度計

算時所應屬的類別。

應將有用載荷 G_H 列爲一詳細的表格，其中指明空勤組的成員，乘客的定額，武器和炸彈的重量及型別，以及貨物行李等的重量。

對每一種型別飛機的技術要求並非固定不變的，根據航空事業的普遍增長和發展，這種技術要求是逐年在提高的。戰術和技術要求的氣動力性能，經常應比該時期中業已使用的同一類型飛機的氣動力性能來得高。

根據功用，有用載荷的種類，同時也根據氣動力要求的次序，可以得出被設計飛機的工作情況及該飛機的特徵的概念。只有經過仔細地研究了使用條件（對軍用機來說，還得仔細研究戰術條件），才有可能更好地應用已定的武器型別，及給定的發動機的功率；才有可能改善空勤組的工作情況，才有可能爲旅客創造舒適條件；以及在飛行和降落時保證空勤組和旅客的安全。

選擇型式 飛機型式的選擇需根據下列各項性能所規定的要求來進行：這些性能是：氣動力性能，飛機的功用，強度和剛度，視界和射界，生存力，以及生產和使用等。

選擇發動機 在戰術和技術要求中，有時並未指明發動機的型別，而讓設計師自己去選擇。在選擇發動機時，必須考慮到冷卻的形式、功率、適高性、燃料和滑油的消耗量、外形尺寸、構造特點、重量、以及使用的可靠性和使用的情況。而發動機數目的選擇則根據：完成各種既定要求所需的需用功率；該時期已有的發動機的功率；飛機的功用；戰術和經濟方面的考慮。

材料 飛機主要部件材料的選擇得根據戰術和技術的要求，已擬定的飛機型式，飛機的功用，以及戰時的生產情況和經濟方面的考慮。

草圖設計是設計的第一階段，是對於已選定的飛機型式和發

動機而進行的。戰術和技術要求，及既有飛機的統計資料就是草圖設計工作的出發點，按照給定的總載荷值定出飛機的飛行重量，根據飛機的飛行重量，及需要的 $V_{\text{нвс}}$ 或 $L_{\text{пас}}$ 可以定出機翼的面積。按照機翼的面積及其主要尺寸就能定出其餘部件的主要尺寸，並進而擬製飛機三面全圖時所必須的部位圖。飛機的尺寸、重量及前面阻力等能讓我們去確定在工作高度的 V_{max} ，同時也能讓我們去確定其他的氣動力數據，並將它們與戰術和技術要求進行比較。

尋求合理的尺寸 爲了確定一套最有利的飛機的主要尺寸，阻力和總重量，以便應用它們來充分滿足戰術和技術要求，或者爲了找出不可能全部滿足要求的根據，就必須尋求合理的尺寸。假如草圖設計得出的結果足以滿足戰術和技術的要求，則爲了說明有可能再提高這些要求，也需要進行這種尋求合理尺寸的研究工作。這裏所謂的研究工作，就是改變草圖設計時所採用的機翼的面積，展弦比和相對厚度等，也就是要考慮到整架飛機尺寸、阻力和重量的改變，將機翼的面積、展弦比和相對厚度等向增加的一方面或減少的一方面改變。如果得出許多方案，則應進行氣動力計算，以便把尺寸、重量和阻力的改變與氣動力數據的改變結合起來。把其中兩三種最好的方案作出三面全圖，畫出視界圖和射界圖，進行比較詳細的研究。伴隨最後方案的選定，就得出了較精確的氣動力計算，重量綜合表，重心定位圖，視界圖，射界圖和簡短的技术說明。

採用這種方式得出的草圖設計結果和尋求合理尺寸的結果，就是設計機關對“訂貨者”委託的任務，以及戰術和技術要求的答

案。

提出草圖設計的設計機關，普通在計算精確度限制的不大的公差範圍內，應對其所獲得的飛行數據負責。設計的下一步工作

則依據草圖設計的審定來進行。

預備設計 草圖設計經批准後，預備設計的進行，就以草圖設計和尋得的合理尺寸為基礎，並且考慮到訂貨者的全部意見、願望和要求。

預備設計的主要部分——飛機的部位圖——是表示飛機的側視全圖，並表示出空勤組、武器和設備在飛機上的位置，以及各種承力結構元件的協調關係。

繪製部位圖時，要經過幾個階段。首先要解決的是機翼、機身、起落架、尾翼和螺旋槳發動機組等主要元件與主要載重及空勤組位置的協調問題。為了達到全部協調，得同時作機翼、尾翼、起落架和機身的理論圖及全圖。經過檢驗重心定位後，這些圖紙就轉送到計算局，以便進行強度計算，並確定機翼、機身、尾翼、起落架和發動機架等骨架承力元件的主要內力和剖面尺寸。

根據計算，在部位圖上要作許多修改。另外還要核驗所有的主要尺寸、空勤組、武器和設備的位置，以及視界、降落和操縱的方便性等，最後還要將上述諸項在真實尺寸的飛機樣體上檢查其協調關係，樣本應盡可能接近真實地表示出飛機的整個構造，並具有真實的武器和設備。

除進行詳細的氣動力計算外，還要作縱向靜穩定計算，尾旋的驗算和抖振的計算，確定轉彎的半徑和時間，起飛滑跑計算，航程計算，以及許多按飛機功用而定的其他計算。通常為了更明確和解決許多在工作過程中產生的困難，還要作一些計算性質和實驗性質的單獨研究工作。實驗工作是以整架飛機的模型來進行，或以各部件（機翼、尾翼、機身、發動機短艙）的模型來進行。由於大風洞的出現，就有可能作與實物相同的特製的飛機空動模型的實驗。這種實驗是極有價值的，因為它能解決許多由於雷諾數 Re 太小在研究模型時不能解決的問題。

在擬製預備設計時，考慮到所選用的材料和製造方法，以選定飛機主要部件的構造型式。飛機的設計與某些生產準備工作應同時進行。在進行飛機的預備設計中，就應把施工方面的研究看為必須的了，因為只有這樣作，構造才會滿足大量生產的要求，而不致損害飛機的飛行和戰術的特性。

在審定了樣體和所有必須的氣動力研究之後，預備設計就告結束。

執行設計 執行設計就是擬製試製飛機的設計圖和施工圖。與進行擬製圖紙工作的同時，應根據已知的主要內力，進行構件和零件的強度計算。為了檢驗計算，應對一些主要的構件和零件的試件進行強度試驗。

在進行執行設計中，而且就是在將來，在生產中製造零件時，重量控制都是最重要工作中的一項。重量控制的作用是把設計重量與按圖紙從理論上仔細計算所得的重量進行比較和協調，然後再把設計重量與製造零件時所得的重量進行比較和協調。零件的過重會減低飛機的飛行性能，特別是會減低爬高速度。即使重新分配一下重量——和設計重量比較，加重一部分零件，同時減輕另一部分零件——，仍將引起極嚴重的困難：與設計的重心位置相比，重心位置有了變動。要及時的消除這種不協調的現象是完全有可能的，而且，這也就是重量控制的基本任務。

只有將整架飛機及其零件進行了靜動力試驗，而且得出了良好的結果，又將本階段研究認為必要的一些改變，在圖紙上作了修改之後，執行設計才算是完善的。

§ 2. 製造階段

製造試驗飛機 為了進行飛行試驗，試驗飛機的製造不應少

於兩架。在製造第一批飛機期間，設計局應消除可能在圖紙上產生的不協調現象，並進行重量控制。

工廠的飛行試驗 工廠的飛行試驗可以分為幾個階段。第一階段是確定飛機的飛行數據，並把它們與計算的數據相比較。除了確定最大速度、降落速度、爬高速度、上昇限度、靈敏性和尾旋性能等之外，還要檢查穩定性、操縱機構和冷卻系統的效能，以及操縱機構的工作情況，作用在手柄上的壓力等。與此同時，還要進行抖振和顫振的試驗。

有了第一階段試驗的良好結果，並證明業已完成戰術和技術要求中，基本上屬於氣動力數據方面的那些要求之後，就轉入第二階段的飛行和使用試驗，以及武器試驗。在前兩個試驗階段中，要消除所有發現出來的有關設計和生產的缺點，也就是說，要“矯正飛機”。

國家試驗 經過工廠各種試驗後的飛機，還應提請作國家試驗。國家試驗的基本目的是檢查工廠的試驗，並由試驗的駕駛員對該飛機的性能作全面的評價。

最後的一次試驗階段，是對一小批飛機進行的，其目的在於研究一在正常使用條件下，由中等水平的駕駛員駕駛時飛機的工作情況。

優良飛機的主要特徵是飛機的使用時間。設計得好的飛機只要稍加改進（增高功率和發動機的適高性能等），就能把它的氣動力性能提高到最新式飛機的水平。設計得不好的飛機則不可能加以改進，並很快地就過時了。

從開始設計一架驅逐機起，到不能使用它為止，其正常的工作時期平均為五年。由此可以看出，快速設計法及生產過程的機械化是多麼重要。設計集團的豐富經驗和高度的技術能保證減少必須的設計時間，另外，最大限度地使構造標準化，並在設計時，根據

對成功的構造的全面分析，特別是對那些不成功的構造的全面分析，應用那些業已證明為良好的構造型式，亦可以縮減必要的設計時間。

合理構造的創造，以及飛機製造範圍內的成就，離開了在理論方面、設計方面和生產方面不斷的科學研究工作是不可想像的。

第二章 飛機型式的分析及其發展的遠景

§ 1. 各主要型式的特徵

飛機的型式基本上是依機翼的型式而定，而機翼的型式首先又以機翼的數目為其特徵。

多於三翼的飛機——多翼機——是罕見的，以前，有時還可以看到三翼機的型式，但這種型式的飛機早已消失了。而長時期所設計的主要型式却為雙翼機和單翼機。

對於大多數型別的飛機而言，目前以及一向都已顯然斷定，單翼機是最合理的一種型式。

按照有無外部骨架元件，單翼機和雙翼機又有各種不同的型式，根據外部骨架元件，這些型式可分為張線式、撐桿式和懸臂式。

單翼機可以按機翼相對於機身的位置來分類，這樣就有四種主要的型別，即“傘形”單翼機、高單翼機、中單翼和低單翼機。

飛機的型式亦可以按機身的型別來分，則有單機身式、雙機身式，有短艙的雙尾撐或無短艙的雙尾撐式，無機身式或無尾式。

發動機的數目及其位置 在一定的機翼機身組合方式下，發動機的數目及其位置亦顯著地影響到飛機的型式。在單發動機飛機上，發動機可以安置在機身的頭部和中部，也可以安置在短艙的頭部和尾部。在多發動機飛機上，發動機可以在翼弦的方向安放在

機翼的前面，後面，或交錯混合的安放，即安放在機翼的前緣和後緣。所有這些混合的安放，在垂直方向亦容許，即可以安放在機翼上，機翼下，和翼弦的水平線上。最後還得提到，發動機亦可以安置在機翼內。

螺旋槳 可以作成牽引式和推進式，也可以作成混合的裝置。發動機的功率可以利用一根延伸的軸傳至螺旋槳，或利用傳動器傳到兩個螺旋槳。同樣，也可以採用傳動器，將兩個或更多個的發動機功率傳到一個螺旋槳。

尾翼 多發動機飛機的垂直尾翼，在多數情況下都作成分散式*，而水平尾翼則不管是單發動機飛機或多發動機飛機，都作成懸臂式。單發動機飛機採用中央式垂直尾翼，而多發動機飛機則很少採用這種型式。至於同時採用中央式和分散式垂直尾翼的情況亦是有的。

最近期間，已發現有用三點式起落架來代替兩點式起落架的趨勢。不管是三點式還是兩點式，輪子不收的情況已經極少見了。

必須用不同的觀點來分析已有的各種型式，和選擇能更好地滿足飛機功用的型式。對整個飛機型式來說，或對作為確定飛機型式的機翼來說，提出下列幾項主要的要求：即要有最小的正面阻力，最小的有害干擾，符合規範的強度，足夠的剛度，最小的重量，生存力，視界和射界只有最小的遮蔽，製造簡單，使用簡便和構造簡單等。

在設計的最初階段，可以只限於對機翼型式選擇的一般考慮，和飛機其餘部分（這些部分最後得確定飛機的型式）特點的指示。

雙翼機

雙翼機所經歷過的主要階段，可以表明如下（圖1）：

* 即雙直尾——譯者註。