

# 飞机和直升机结构 元件设计

[苏联] B. H. 达林 著



国防工业出版社

# 飞机和直升机結構元件設計

〔苏联〕B. H. 达林著

文 杰 譯



國防工業出版社

1964

## 內 容 簡 介

本书介紹了保证航空結構元件的重量最小和成本最低的設計方法(例如, 材料和毛坯型式的選擇, 元件外形和截面及其連接方法的選擇等等)。本书根据苏联国内外实践的經驗总结, 討論了提高零件强度和持久强度极限的結構方法和工艺方法; 也討論了零件連接型式, 某些組合件的設計步驟和密封型式等等。

本书可供航空院校的教師、高年級学生及工程技術人員参考, 并可作为課程設計和毕业設計的指導书。

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ САМОЛЕТОВ И ВЕРТОЛЕТОВ

[苏联] В. Н. Далин  
ОБОРОНГИЗ 1962

\*

### 飞机和直升机結構元件設計

文 杰 譯

\*

國防工業出版社出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

850×1168  $1/32$  印張  $2\frac{9}{16}$  63 千字

1964 年 6 月第一版 1964 年 6 月第一次印刷 印数: 0,001—2,100 册

統一书号: 15034·764 定价: (科六)0.42 元

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 引言                             | 5  |
| I. 零件設計和部件設計的联系                | 8  |
| II. 保证飞机和直升机結構零件重量最輕和成本最低的方法   | 9  |
| 1. 材料的选择                       | 10 |
| 2. 关于毛坯选择的建議                   | 13 |
| 3. 由鑄造毛坯制成的零件的設計               | 13 |
| 4. 焊接組合件的設計                    | 15 |
| 5. 深腐蝕加工零件的設計                  | 16 |
| 6. 零件截面和外形的选择                  | 20 |
| 7. 結構零件的等强度性                   | 21 |
| 8. 結構零件的截面形状                   | 21 |
| 9. 构件参与工作状态时对力綫的考虑             | 22 |
| 10. 截面剛度的变化                    | 22 |
| III. 影响零件疲劳强度的結構因素和工艺因素        | 23 |
| 1. 結構措施                        | 25 |
| 2. 强化工艺法                       | 35 |
| 3. 切削加工                        | 38 |
| 4. 噴丸处理                        | 39 |
| 5. 滾压加工                        | 41 |
| 6. 液体拋光                        | 42 |
| 7. 化学热处理                       | 42 |
| 8. 热处理                         | 44 |
| 9. 腐蝕影响和吸附活性介质的影响              | 46 |
| 10. 鍍层的影响                      | 46 |
| 11. 零件材料表面层状态对持久强度极限值影响的一般評定方法 | 49 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 12. 零件尺寸对持久强度极限的影响·····  | 50 |
| IV. 零件連接的型式·····         | 51 |
| 1. 鉚接·····               | 53 |
| 2. 螺栓連接·····             | 57 |
| 3. 元件的胶接·····            | 60 |
| 4. 胶接組合件的設計·····         | 60 |
| 5. 具有蜂窩金屬填料的的多层結構·····   | 61 |
| V. 軸承組合件的設計步驟·····       | 64 |
| 1. 滚动軸承配合的選擇·····        | 69 |
| 2. 軸承組合件的密封裝置·····       | 69 |
| 3. 潤滑剂的用途·····           | 71 |
| VI. 組合件的密封·····          | 72 |
| 1. 平移运动副的密封·····         | 73 |
| 2. 旋轉連接处的密封裝置·····       | 76 |
| 3. 固定接头(連接)的密封·····      | 78 |
| VII. 补偿器·····            | 78 |
| VIII. 关于設計操纵拉杆的一些介紹····· | 80 |
| IX. 倒角和圓根·····           | 81 |
| 参考文献·····                | 82 |

# 飞机和直升机結構元件設計

〔苏联〕B. H. 达林著  
文 杰 譯



國防工業出版社

1964

## 內 容 簡 介

本书介紹了保证航空結構元件的重量最小和成本最低的設計方法(例如, 材料和毛坯型式的選擇, 元件外形和截面及其連接方法的選擇等等)。本书根据苏联国内外实践的經驗总结, 討論了提高零件强度和持久强度极限的結構方法和工艺方法; 也討論了零件連接型式, 某些組合件的設計步驟和密封型式等等。

本书可供航空院校的教師、高年級学生及工程技術人員参考, 并可作为課程設計和毕业設計的指導书。

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ САМОЛЕТОВ И ВЕРТОЛЕТОВ

[苏联] В. Н. Далин  
ОБОРОНГИЗ 1962

\*

### 飞机和直升机結構元件設計

文 杰 譯

\*

國防工業出版社出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

850×1168  $1/32$  印張  $2\frac{9}{16}$  63 千字

1964 年 6 月第一版 1964 年 6 月第一次印刷 印数: 0,001—2,100 册

統一书号: 15034·764 定价: (科六)0.42 元

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 引言                             | 5  |
| I. 零件設計和部件設計的联系                | 8  |
| II. 保证飞机和直升机結構零件重量最輕和成本最低的方法   | 9  |
| 1. 材料的选择                       | 10 |
| 2. 关于毛坯选择的建議                   | 13 |
| 3. 由鑄造毛坯制成的零件的設計               | 13 |
| 4. 焊接組合件的設計                    | 15 |
| 5. 深腐蝕加工零件的設計                  | 16 |
| 6. 零件截面和外形的选择                  | 20 |
| 7. 結構零件的等强度性                   | 21 |
| 8. 結構零件的截面形状                   | 21 |
| 9. 构件参与工作状态时对力綫的考虑             | 22 |
| 10. 截面剛度的变化                    | 22 |
| III. 影响零件疲劳强度的結構因素和工艺因素        | 23 |
| 1. 結構措施                        | 25 |
| 2. 强化工艺法                       | 35 |
| 3. 切削加工                        | 38 |
| 4. 噴丸处理                        | 39 |
| 5. 滾压加工                        | 41 |
| 6. 液体拋光                        | 42 |
| 7. 化学热处理                       | 42 |
| 8. 热处理                         | 44 |
| 9. 腐蝕影响和吸附活性介质的影响              | 46 |
| 10. 鍍层的影响                      | 46 |
| 11. 零件材料表面层状态对持久强度极限值影响的一般評定方法 | 49 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 12. 零件尺寸对持久强度极限的影响  | 50 |
| IV. 零件連接的型式         | 51 |
| 1. 鉚接               | 53 |
| 2. 螺栓連接             | 57 |
| 3. 元件的胶接            | 60 |
| 4. 胶接組合件的設計         | 60 |
| 5. 具有蜂窝金屬填料的多层結構    | 61 |
| V. 軸承組合件的設計步驟       | 64 |
| 1. 滚动軸承配合的選擇        | 69 |
| 2. 軸承組合件的密封裝置       | 69 |
| 3. 潤滑剂的用途           | 71 |
| VI. 組合件的密封          | 72 |
| 1. 平移运动副的密封         | 73 |
| 2. 旋轉連接处的密封裝置       | 76 |
| 3. 固定接头(連接)的密封      | 78 |
| VII. 补偿器            | 78 |
| VIII. 关于設計操纵拉杆的一些介紹 | 80 |
| IX. 倒角和圓根           | 81 |
| 参考文献                | 82 |

## 引 言

“飞机和直升机結構元件設計”課程讲述合理設計航空結構元件的某些原則和具体举例。

实际上不可能对于設計各种类型的飞机和直升机的任何零件,都提供单独的建議。而只能根据一般原則,采取对具体設計的机种最有利的解决方案。

在設計飞机和直升机的結構过程中,必然会遇到一些相互矛盾的要求,这些要求是从經濟性、使用性和飞行安全性等方面所提出的。設計师的技巧就在于分析这些相互矛盾的要求,找出对所設計零件的最有利和最合理的結構解决方案。

飞机和直升机像任何机器一样,是由各个零件——結構元件装配起来的。

在机械零件課程中讲述許多技术部門所共有的最一般的零件。这在很大程度上減輕了专业課程的任务。专业課只是研究該技术領域中零件設計的特点、零件工作条件的特点、承力型式、所采用的材料、制造方法、計算方法等等。

由各个零件装配成設備不是一下子完成的,而是順序地由单个零件——結構元件装配起来的。根据装配工艺过程,由零件装配成組合件,組合件装配成更复杂的組合件或大組合件,大組合件装配成部件等等。这个順序在图紙的分类編号里得到反映。設計师的职责不仅要熟练地設計零件或組合件,而且也要善于正确地进行图紙編号。为此,需要通曉图紙的分类編号和图紙与装配工艺过程的关系。設計产品的所有图紙均須进行編号。

現在讓我們来討論一下工作图如何編号,为此,引用如下的定

义:

1. 所謂零件是指不采用装配工序而制造的产品。

2. 所謂組合件是指产品組成部分的可卸和不可卸的连接件。組合件可分为簡單組合件和复杂組合件。簡單組合件是个別零件工艺上主要用相同方法(例如焊接和鉚接等等)連接起的組合件;复杂組合件是某些簡單組合件和个别零件連接成的組合件。在大多数情况下,組合件是由同一种功用的零件連接而成的。

3. 不同功用的組合件和零件的連接称为大組合件。

大組合件、組合件和零件連接組成部件,而各部件連接組成整架飞机(或直升机)。

上述的定义在一定程度上是已知的,但对正确地进行图紙编号又是必要的。例如,实际上就不可能划定組合件和大組合件之間的明显的界限。

把飞机分类和分組的典型方法(对直升机也一样)在設計師手册中已經給出。但是这种划分不能认为一成不变。它随着直升机和飞机的生产工艺的改变而改变,且在每个单位由标准化小組来加以修正。

生产时要提供如下图紙:用于模綫車間的理論图;用于装配車間的大組合件和組合件的装配图;用于机械加工、鑄造和其他車間的零件图。所有这些图都是根据生产图紙的要求完成的。在零件图上零件按比例  $M1:1$  繪制出。对于大尺寸的零件,要选择合适的比例,且按  $M1:1$  的比例繪出所必要的断面、放大部位、剖面、或矢向視图。当零件几何尺寸很小的部分需要机械加工的情况下,則把这个部分以合适的比例单独地繪出。

对于几何形状极为简单且由半成品制成的零件,不必单独繪制零件图,而只要在装配图上标明制造該零件所必需的尺寸。这种零件称为“无图零件”。

在所有图的右上角都有一个图标,在此图标中注上表面加工,

热处理和表面处理的必要说明。如果必须作补充说明，那末把它写在附注里，并在图标里相应说明名称的左边一栏中写上：“参阅附注”。如果在完成工艺过程中不需要任何说明，那末在图标里相应说明名称的左边一栏中画一横线。

装配图要附保证指定生产单位需要的零件、标准件和成品的明细表。而且在紧固的标准件清单上，首先注出所有的螺栓，而后注出螺帽、垫圈和开口销。标准件和半成品用相应的代号标明，代号包括标准件的名称、主要几何尺寸和所用的材料。

在图纸右下角的标题栏中，注出图上所画零件、装配组合件或大组合件必要的说明。

在零件图、组合件图和大组合件图上，还要注出制造某零件或装配组合件和大组合件所必需的几何尺寸，配合和公差，以及断面、视图和其他说明。在以后的装配和其他工作情况下如果需要，在图上注出该零件、组合件或大组合件与固定在其上面的一些零件连接，那末这些零件用假想线画出，而安装尺寸应当注明是“参考尺寸”。

## I. 零件設計和部件設計的联系

假若不很好地研究所設計零件与其連接零件之間的关系，不很好地研究所設計零件所有的組合件和大組合件的結構，不明确这些組合件和大組合件的用途及其在整个飞机或直升机結構中的作用情况，要想合理地設計零件，即使是設計很小的零件，也是永远不可能做到的。零件設計与組合件、大組合件和部件的設計总是密切地交織在一起的。有时，在設計个别零件时，发现有必要改变組合件甚至大組合件的結構，以便改善其整个結構及使用特性。

現在我們討論一下合理設計結構零件的一些基本的总則：

1. 在設計零件时必须考虑經濟要求，即应当用先进的方法来制造零件，而且这种方法所产生的廢料要最少。承受疲劳載荷零件應該具有最大的工作寿命。

2. 在設計零件时，必須考虑滿足对該型飞机或直升机所提出的气动力要求。这个要求不仅是对直接构成飞机(或直升机)和升力螺旋桨桨叶外表面的零件提出的，而且对其他很多内部零件也有这一要求。例如，为了防止可能形成的导致增加阻力和减少升力的廢气流(在升力螺旋桨上)对发动机隔艙和直升机机身的密封装置，以及桨叶尾段相互連接处的密封装置要提出要求。

3. 設計零件时必须合理地利用其結構的可用容积。例如，从联动和强度的观点来讲，起落架减震支柱杆的长度、管徑和管壁厚度都很大。为了起动发动机和制动起落架輪，机上必須装有压缩空气瓶。利用起落架空心杆的内部空間作为压缩空气的貯存器，从而减少了压缩空气瓶及其固定用零件的重量，使装置更为紧凑。

4. 必須这样設計零件，使其橫截面的形状从抵抗作用在零件

上面的一些基本力强度来看为最有利。零件的形状与其连接零件的连接应该尽可能简单,而它们的制造、安装和装配应该符合成批生产的条件。

所讨论的合理设计结构零件的某些总则包含着一系列的矛盾。例如,为了减小大组合件的外形尺寸,会使零件的结构形状复杂化,同时又要求零件形状尽量简单等等。因此在设计时务必要创造性地利用和采用这些原则,寻找最成功的和最有利的解决方案。

在研究飞机和直升机的结构时,此原则是批判地分析结构方案的基本出发点之一。

## II. 保证飞机和直升机结构零件重量 最轻和成本最低的方法

为了制造零件首先必须选择零件的材料。材料应具有:

- 1) 高的强度和小的比重;
- 2) 尽可能低的成本和材料加工时可能使用廉价的先进加工过程(轧制、冲压、压制、铸造、焊接等等);
- 3) 在温度、时间和空气的湿度作用下,材料的机械性能和重量不变;
- 4) 必要的疲劳强度和韧性;
- 5) 必要时能借助材料表面的特殊加工改善其强度性能的可能性;
- 6) 尽可能大的抗蚀性,或者借助在生产中已经掌握的专门表面处理来保护材料不受腐蚀的可能性。

在某些情况下,必须考虑零件修理的可能性和所选用材料的贮备情况。

## 1. 材料的选择

选择大組合件的結構零件某种材料可以影响到大組合件的重量。但是对于某一結構来讲，确定某种材料的重量利益总不是轻而易举的事情，而且不可能定出材料重量利益的某种通用准则，使此准则适用于設計时可能遇到的任何情况。

零件受載(拉伸、压縮和扭轉等)不同情况下，零件重量利益的准则也不同。当零件处在受拉伸或者純压縮(沒有总体和局部的丧失稳定性的現象)工作状态时，受載很大零件的材料重量利益問題最容易解决。

結構零件的重量和强度是相互联系的。因此比較材料应同时考虑这两个因素的特性。为了保证进行这种比較，可采用材料单位强度的概念。材料的单位强度就是指材料的强度与它的比重之比。

假定某結構零件受作用力  $P$  拉伸，此时我們要按重量利益来比較两种材料。

第一种材料零件的重量为

$$G_1 = F_1 \gamma_1 l,$$

式中  $F$ ——零件的横截面面积；

$l$ ——零件的长度；

$\gamma$ ——材料的比重。

第二种材料零件的重量为

$$G_2 = F_2 \gamma_2 l。$$

在这两种情况下由結構要求确定的长度  $l$  相同。

如果  $G_1 = G_2$ ，或者  $F_1 \gamma_1 l = F_2 \gamma_2 l$ ，則第二种材料按重量利益来讲是和第一种材料相等；如果  $G_1 > G_2$ ，或者  $F_1 \gamma_1 l > F_2 \gamma_2 l$ ，則第二种材料的重量利益大于第一种材料。

采用第一种材料时，計算載荷可写为

$$P = F_1 \sigma_1,$$

式中  $\sigma_1$ ——第一种材料的計算应力。

采用第二种材料时，計算載荷可写为

$$P = F_2 \sigma_2.$$

如果这两种材料的重量利益相等，則

$$\frac{F_1 \sigma_1}{F_1 \gamma_1 l} = \frac{F_2 \sigma_2}{F_2 \gamma_2 l}.$$

由此，可得两种材料重量利益相等的条件为

$$\frac{\sigma_1}{\gamma_1} = \frac{\sigma_2}{\gamma_2}.$$

第二种材料重量利益較大的条件为

$$\frac{\sigma_1}{\gamma_1} < \frac{\sigma_2}{\gamma_2}.$$

零件受純压縮(沒有失去稳定性)时，重量利益的准則仍然相同。对于受拉伸或簡單压縮(沒有失去稳定性)的任何截面形状的零件，借助判断准則  $\frac{\sigma}{\gamma}$  按重量利益来比較材料都是正确的，而仅受到一个条件的限制，即零件长度  $l$  不变。

对于其他形式的載荷，也可以用类似的方法来确定两种材料的重量利益的条件。

下面确定材料单位强度的主要公式。

当零件的材料受載时，其单位强度由下式确定：

拉伸时，用  $\frac{\sigma_b}{\gamma}$ ；

压縮时，用  $\frac{\sigma_{сж}}{\gamma}$ ；

剪切时，用  $\frac{\tau_{ср}}{\gamma}$ ；

弯曲时，用  $\frac{\sigma_{н}^{\frac{2}{3}}}{\gamma}$ ；

扭轉時，用  $\frac{\tau_{kp}^{\frac{2}{3}}}{\gamma}$ ；

縱向彎曲時，用  $\frac{E^{\frac{1}{2}}}{\gamma}$ 。

利用某公式時，必須考慮橫截面的幾何相似條件和失去穩定性的可能性。

借助重量利益準則選擇材料時，必須力求使得該重量利益準則的正確性符合實際條件；採用重量利益準則時，如果不考慮推導它時所根據的先決條件，那末可能得到完全不正確的結果。

在某些情況下，最正確的是根據橫截面的比較計算來解決材料的選擇問題。

緣條截面足夠大的雙緣條梁可作為由於輕率地採用重量利益準則而可能會導致不正確結果的一個實例。將抗拉強度相差很大大梁緣條的兩種材料按重量利益準則 $\left(\frac{\sigma}{\gamma}\right)$ 進行比較，我們必將得到不符合實際情況的結果，這是由於一種材料做成的緣條截面重心之間的距離與另一種材料做成的緣條截面重心之間的距離相差很大的緣故。因此， $\frac{\sigma}{\gamma}$ 準則不可能是正確的。

即使在合理設計受力型式的結構中，還會有一些受載很小的零件，這時假如按其常用計算應力給定它們的尺寸，那末這些尺寸，就會顯得太小，從它們的工藝觀點以及在使用過程中可能出現的偶然載荷和沖擊的觀點來看，這樣小的尺寸是不允許的。例如，在構架式翼肋中，有些撐杆常常承受很小的載荷。這種撐杆的尺寸通常由結構條件決定。如果承受拉伸的撐杆採用硬鋁材料，並根據作用力以及該材料的計算應力和按結構條件所確定的尺寸來決定撐杆的壁厚，那末壁厚可能太小（例如，0.3 毫米），以致在製造和使用過程中，撐杆的給定形狀，甚至完整性都易遭到破壞。在這種情況下，為使杆壁具有實際上可以允許的厚度，應當採