

# 飞机设计手册

第四册

重量重心计算



南京航空学院翻印

1983.5.

# 飞机设计手册

第四册

重量重心计算

《飞机设计手册》编辑委员会 编



30322239



国防工业出版社

467281

### 内 容 简 介

本册是飞机设计手册第四册，重量重心计算部分。书中给出了飞机各组件、系统的重量估算公式，各种零、部件重量计算方法及计算图表以及求全机重心和称重的方法等。

本书供从事飞机重量重心计算及飞机设计的工人、技术人员使用。亦可供其他从事航空生产、科研的人员以及航空院校师生参考。

封面题字：郭沫若

### 飞 机 设 计 手 册

第 四 册

重 量 重 心 计 算

《飞机设计手册》编辑委员会 编

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 10<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 插页 2 242 千字

1978年6月第一版 1978年6月第一次印刷 印数：0,001—2,500册

统一书号：N15034·1623 定价：1.90元

## 出版说明

建国二十多年来，在毛主席革命路线指引下和无产阶级文化大革命的推动下，我国航空工业取得了迅速发展。当前，航空工业战线广大职工，决心在以华主席为首的党中央领导下，继承毛主席的遗志，坚持以阶级斗争为纲，“抓革命，促生产，促工作，促战备”，为在本世纪内实现四个现代化的宏伟目标而英勇奋斗。在这样的大好形势下，1965年出版的《飞机设计员手册》已不能满足需要，为此，在部的统一领导和有关单位的积极支持下，我们重编了《飞机设计手册》。

手册编写工作坚持了党的群众路线，由工人、技术人员、教师和领导干部组成的三结合编写小组，遵照毛主席“独立自主，自力更生”和“洋为中用”的方针，深入工厂、设计所和使用部队，经过充分调研，广泛搜集资料，总结了我国飞机设计、试验、生产和使用的经验，同时，也参考了国外有关的资料。为了确保书稿质量，手册初稿编成后，请有实践经验的同志参加了审稿工作，广泛征求了意见，并进行了反复修改。

根据需要，《飞机设计手册》共分八册。第一册为符号、公式、数表、算法；第二册为飞机设计的一般技术要求；第三册为强度计算；第四册为重量重心计算；第五册为飞机零件设计；第六册为标准；第七册为材料、热处理、表面处理；第八册为成品、附件汇编。

本手册可供飞机设计、科研、教学等方面的人员参考使用。由于编者水平所限，错误和不足之处在所难免，诚恳地希望读者批评指正，以便再版时增补和修改。请将意见寄往三机部三〇一所（飞机设计手册联络组）。

《飞机设计手册》编辑委员会

一九七七年十二月

## 前 言

本册是重量重心计算。其内容包括飞机重量估算、零件重量计算、全机重心计算及飞机称重等四个部分。供从事飞机重量重心计算及飞机设计的工人、技术人员使用，亦可供其他从事航空生产、科研的人员以及航空院校的师生参考。

书中，飞机重量估算部分只叙述了飞机方案论证阶段中组件、系统的重量估算。给出了理论的、经验的或半经验的计算公式，典型机种的统计数据。同时在十多种飞机的统计基础上，对收集的公式作了一些增补、修正和编辑，力求使计算误差较小。所给出的计算公式，虽经一定数量机种的验算，但由于这些机种多是一定类型的飞机，所以公式本身具有一定的局限性。零件重量计算部分主要参考原《飞机设计员手册》第三十五章重量计算的一般原则与方法、第三十六章重量计算用表等编出，并对其中的表格进行了全面的校核。全机重心计算与飞机称重部分系根据国内实践与有关参考资料编辑而成。

“我们的责任，是向人民负责。”由于我们水平所限，在内容上可能会有错误和不妥之处，希读者随时提出宝贵意见，以便改正。

参加本册编写的单位有：122厂、132厂、172厂、182厂、603所、611所。

本书在编辑与出版过程中，得到了有关单位的大力支持和协助，特致谢意。

《飞机设计手册》编辑委员会

第四册编写组

一九七七年二月

# 目 录

符号 .....	7
----------	---

## 第一章 飞机的重量估算

第一节 飞机的重量分类 .....	9
第二节 飞机部件、系统的重量估算 .....	12
一、机身的重量估算 .....	12
二、机翼的重量估算 .....	14
三、平尾的重量估算 .....	17
四、垂尾的重量估算 .....	18
五、起落架的重量估算 .....	19
六、操纵、液压冷气系统的重量估算 .....	20
第三节 几种飞机有关数据的统计 .....	21
第四节 大飞机的机身、机翼重量估算 .....	24
一、旅客机机身重量估算 .....	24
二、机翼重量估算 .....	26

## 第二章 零件重量计算

第一节 重量计算的一般原则 .....	34
一、一般规定 .....	34
二、重量计算的技术规定 .....	34
三、零件重量计算修正系数的规定 .....	34
第二节 零件重量计算方法介绍 .....	35
一、求曲线长度的一般公式及图表 .....	35
二、求面积的一般公式及图表 .....	38
三、求体积的一般公式及图表 .....	45
第三节 常见零组件重量计算举例 .....	51
一、机加件、锻铸件的重量计算 .....	51
二、焊接件的重量计算 .....	52
三、铆接件、钣金件(蒙皮、框肋、隔板、型材)的重量计算 .....	52
四、整体壁板的重量计算 .....	53
五、胶接点焊件的重量计算 .....	53
六、密封结构(整体油箱、气密舱、水密舱)的重量计算 .....	54
七、夹层结构(蜂窝夹芯、泡沫塑料夹芯)的重量计算 .....	55
第四节 重量计算用表 .....	56

### 第三章 全机重心计算

<b>第一节 机翼平均气动弦的计算</b> .....	132
一、基本公式 .....	132
二、梯形翼、后掠翼的计算 .....	133
三、双后掠翼的计算 .....	134
<b>第二节 全机重心计算</b> .....	135
一、座标 .....	135
二、在各个设计阶段中飞机重心的计算 .....	136
<b>第三节 调整重心的几种方法</b> .....	138
一、移动设备 .....	138
二、改变机翼和机身的相对位置 .....	138
三、改变机翼面积 .....	138
四、改变机翼后掠角 .....	141
五、改变机翼的展弦比和梯形比 .....	144

### 第四章 飞机称重

<b>第一节 全机称重及定重心</b> .....	145
一、全机称重的目的、状态和技术要求 .....	145
二、全机称重方法 .....	145
<b>第二节 零、部、组件的称重</b> .....	153
一、零、部、组件称重目的和要求 .....	153
二、组件称重及测定重心的方法 .....	155
<b>附录一</b> .....	156
<b>附录二</b> .....	157
<b>附录三</b> .....	168
<b>参考书目</b> .....	169

# 飞机设计手册

第四册

重量重心计算

《飞机设计手册》编辑委员会 编



30322239



国防工业出版社

467281

### 内 容 简 介

本册是飞机设计手册第四册，重量重心计算部分。书中给出了飞机各组件、系统的重量估算公式，各种零、部件重量计算方法及计算图表以及求全机重心和称重的方法等。

本书供从事飞机重量重心计算及飞机设计的工人、技术人员使用；亦可供其他从事航空生产、科研的人员以及航空院校师生参考。

封面题字：郭沫若

### 飞 机 设 计 手 册

第 四 册

重 量 重 心 计 算

《飞机设计手册》编辑委员会 编

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业登记证出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 10<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 插页 2 242 千字

1978年6月第一版 1978年6月第一次印刷 印数：0,001—2,500 册

统一书号：N15034·1623 定价：1.90 元

## 出版说明

建国二十多年来，在毛主席革命路线指引下和无产阶级文化大革命的推动下，我国航空工业取得了迅速发展。当前，航空工业战线广大职工，决心在以华主席为首的党中央领导下，继承毛主席的遗志，坚持以阶级斗争为纲，“抓革命，促生产，促工作，促战备”，为在本世纪内实现四个现代化的宏伟目标而英勇奋斗。在这样的大好形势下，1965年出版的《飞机设计员手册》已不能满足需要，为此，在部的统一领导和有关单位的积极支持下，我们重编了《飞机设计手册》。

手册编写工作坚持了党的群众路线，由工人、技术人员、教师和领导干部组成的三结合编写小组，遵照毛主席“独立自主，自力更生”和“洋为中用”的方针，深入工厂、设计所和使用部队，经过充分调研，广泛搜集资料，总结了我国飞机设计、试验、生产和使用的经验，同时，也参考了国外有关的资料。为了确保书稿质量，手册初稿编成后，请有实践经验的同志参加了审稿工作，广泛征求了意见，并进行了反复修改。

根据需要，《飞机设计手册》共分八册。第一册为符号、公式、数表、算法；第二册为飞机设计的一般技术要求；第三册为强度计算；第四册为重量重心计算；第五册为飞机零件设计；第六册为标准；第七册为材料、热处理、表面处理；第八册为成品、附件汇编。

本手册可供飞机设计、科研、教学等方面的人员参考使用。由于编者水平所限，错误和不足之处在所难免，诚恳地希望读者批评指正，以便再版时增补和修改。请将意见寄往三机部三〇一所（飞机设计手册联络组）。

《飞机设计手册》编辑委员会

一九七七年十二月

## 前 言

本册是重量重心计算。其内容包括飞机重量估算、零件重量计算、全机重心计算及飞机称重等四个部分。供从事飞机重量重心计算及飞机设计的工人、技术人员使用，亦可供其他从事航空生产、科研的人员以及航空院校的师生参考。

书中，飞机重量估算部分只叙述了飞机方案论证阶段中组件、系统的重量估算。给出了理论的、经验的或半经验的计算公式，典型机种的统计数据。同时在十多种飞机的统计基础上，对收集的公式作了一些增补、修正和编辑，力求使计算误差较小。所给出的计算公式，虽经一定数量机种的验算，但由于这些机种多是一定类型的飞机，所以公式本身具有一定的局限性。零件重量计算部分主要参考原《飞机设计员手册》第三十五章重量计算的一般原则与方法、第三十六章重量计算用表等编出，并对其中的表格进行了全面的校核。全机重心计算与飞机称重部分系根据国内实践与有关参考资料编辑而成。

“我们的责任，是向人民负责。”由于我们水平所限，在内容上可能會有错误和不妥之处，希读者随时提出宝贵意见，以便改正。

参加本册编写的单位有：122厂、132厂、172厂、182厂、603所、611所。

本书在编辑与出版过程中，得到了有关单位的大力支持和协助，特致谢意。

《飞机设计手册》编辑委员会

第四册编写组

一九七七年二月

# 目 录

符号 .....	7
----------	---

## 第一章 飞机的重量估算

第一节 飞机的重量分类 .....	9
第二节 飞机部件、系统的重量估算 .....	12
一、机身的重量估算 .....	12
二、机翼的重量估算 .....	14
三、平尾的重量估算 .....	17
四、垂尾的重量估算 .....	18
五、起落架的重量估算 .....	19
六、操纵、液压冷气系统的重量估算 .....	20
第三节 几种飞机有关数据的统计 .....	21
第四节 大飞机的机身、机翼重量估算 .....	24
一、旅客机机身重量估算 .....	24
二、机翼重量估算 .....	26

## 第二章 零件重量计算

第一节 重量计算的一般原则 .....	34
一、一般规定 .....	34
二、重量计算的技术规定 .....	34
三、零件重量计算修正系数的规定 .....	34
第二节 零件重量计算方法介绍 .....	35
一、求曲线长度的一般公式及图表 .....	35
二、求面积的一般公式及图表 .....	38
三、求体积的一般公式及图表 .....	45
第三节 常见零组件重量计算举例 .....	51
一、机加件、锻铸件的重量计算 .....	51
二、焊接件的重量计算 .....	52
三、铆接件、钣金件(蒙皮、框肋、隔板、型材)的重量计算 .....	52
四、整体壁板的重量计算 .....	53
五、胶接点焊件的重量计算 .....	53
六、密封结构(整体油箱、气密舱、水密舱)的重量计算 .....	54
七、夹层结构(蜂窝夹芯、泡沫塑料夹芯)的重量计算 .....	55
第四节 重量计算用表 .....	56

### 第三章 全机重心计算

<b>第一节 机翼平均气动弦的计算</b> .....	132
一、基本公式 .....	132
二、梯形翼、后掠翼的计算 .....	133
三、双后掠翼的计算 .....	134
<b>第二节 全机重心计算</b> .....	135
一、座标 .....	135
二、在各个设计阶段中飞机重心的计算 .....	136
<b>第三节 调整重心的几种方法</b> .....	138
一、移动设备 .....	138
二、改变机翼和机身的相对位置 .....	138
三、改变机翼面积 .....	138
四、改变机翼后掠角 .....	141
五、改变机翼的展弦比和梯形比 .....	144

### 第四章 飞机称重

<b>第一节 全机称重及定重心</b> .....	145
一、全机称重的目的、状态和技术要求 .....	145
二、全机称重方法 .....	145
<b>第二节 零、部、组件的称重</b> .....	153
一、零、部、组件称重目的和要求 .....	153
二、组件称重及测定重心的方法 .....	155
<b>附录一</b> .....	156
<b>附录二</b> .....	157
<b>附录三</b> .....	168
<b>参考书目</b> .....	169

# 符 号

## 一、基本符号

$A$	截面积 (米 <sup>2</sup> 、厘米 <sup>2</sup> ); 系数	$c$	厚度 (米、厘米)
$B$	宽度 (米)	$h$	高度 (米、厘米)
$D$	直径 (米)	$l$	翼展 (米); 长度 (米)
$F$	面积 (米 <sup>2</sup> 、厘米 <sup>2</sup> )	$n$	过载; 数量
$G$	重量 (公斤)	$\rho$	翼载 (公斤/米 <sup>2</sup> ); 推重比 (公斤推力/公斤)
$H$	高度 (米)	$q$	动压 (公斤/米 <sup>2</sup> ); 单位面积重量 (公斤/米 <sup>2</sup> )
$K$	系数	$x, y, z$	分别为 $X, Y, Z$ 轴座标
$L$	距离 (米); 长度 (米)	$\alpha$	迎角 (度); 机翼迎角 (度)
$M$	飞行马赫数	$\gamma$	比重 (克/厘米 <sup>3</sup> ); 比重 (公斤/公斤推力)
$M$	力矩 (公斤·米)	$\delta$	偏转角 (度)
$N$	数量	$\eta$	根梢比; 机翼根梢比
$S$	机翼面积 (米 <sup>2</sup> ); 表面积 (米 <sup>2</sup> )	$\lambda$	展弦比; 机翼展弦比; 长细比
$V$	当量空速 (公里/小时); 体积 (厘米 <sup>3</sup> )	$\sigma$	应力 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )
$W$	突风速度 (米/秒)	$\tau$	剪应力 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )
$b$	弦长 (米); 机翼弦长 (米)	$\epsilon$	利用系数
$b_0$	翼根弦长 (米)	$\varphi$	安装角 (度)
$b_1$	翼梢弦长 (米)	$\chi$	后掠角 (度); 机翼后掠角 (度)
$b_2$	平均气动弦长 (米); 机翼平均气动弦长 (米)	$\psi$	上反角 (度); 机翼上反角 (度)

## 二、角注符号

$bu$	木	$dl$	当量; 大梁
$bz$	标准	$dt$	低头
$c$	常用	$fb$	腹板
$cl$	测量	$fd$	发动机
$cw$	垂尾	$h$	后
$cz$	操纵	$hw$	货物
$dj$	对接	$jb$	基本

jg 结构  
 jy 襟翼  
 jz 集中; 机组  
 k 客  
 kj 空机  
 m 米  
 ne 内  
 pj 平均  
 pw 平尾  
 q 前; 起落架  
 qf 起飞  
 ql 前轮  
 qt 其他  
 ry 燃油  
 s 设计  
 sb 设备  
 sh 机身  
 sy 使用

tf 突风  
 tt 抬头  
 ty 凸缘  
 wa 外  
 wl 外露  
 wy 无油  
 x 行李  
 xh 巡航  
 yi 机翼  
 yl 翼肋; 液压冷气  
 yuy 余压  
 z 总; 轴  
 zg 纵向构件  
 zhl 主轮  
 zl 着陆  
 zs 增升  
 zt 主体  
 zx 重心

# 第一章 飞机的重量估算

## 第一节 飞机的重量分类

飞机的重量分类是在生产实践中产生的。一个统一的合理的飞机重量分类，对于重量的统计、分析与估算等都很重要。目前还没有一个统一的分类方法，本节根据有关资料给出了与上述公式相适应的歼击机和轰炸机、运输机及旅客机等大型飞机的重量分类表（见表 1-1 和表 1-2），以供飞机设计时重心定位、重量估算和重量统计时使用。

表1-1 歼击机的重量分类

类别	内容
飞机重量	<p><b>结构</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 机身结构： 前机身，中机身，后机身，机身整体油箱，机罩，尾撑，雷达罩，进气道，减速板，发动机引射器结构（指引射器在机身上），机翼机身的连接螺栓。</li> <li>2. 机翼结构： 机翼主翼面，机翼上的可操纵面（襟、副翼等），中翼结构，机翼机身的整流包皮，机翼整体油箱。</li> <li>3. 平尾结构： 平尾主翼面（包括安定面、舵面），配重，整流包皮，接头。</li> <li>4. 垂尾结构： 垂尾主翼面（包括安定面、舵面），配重，整流包皮，接头。</li> <li>5. 着陆装置： (1) 起落架：前、主及辅助起落架的机轮、支柱及其连接件，减震器及其连接件，起落架护板，舱门，转弯机构等（不包括收放机构）。 (2) 减速伞装置：伞体，伞箱，放伞机构。 (3) 着陆钩。 (4) 尾支座减震器。</li> <li>6. 操纵系统及其安装构件。</li> <li>7. 液压、冷气系统及其安装构件。</li> <li>8. 座舱盖。</li> <li>9. 平尾大轴。</li> <li>10. 全机表面涂料。</li> </ol>
	<p><b>动力装置</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 发动机重量： 发动机净重，发动机附件（不包括固定在发动机上的飞机附件），延伸管。</li> <li>2. 发动机安装构件、操纵、冷却、起动、灭火及其补充安装构件。</li> <li>3. 燃油系统： 供油系统及其安装构件，进气增压系统及附件，燃油箱及其安装构件。</li> <li>4. 副油箱挂架（固定在飞机上的）。</li> <li>5. 发动机引射器（固定在发动机上的）。</li> </ol>

类别	内容	
飞机正常起飞重量	设备重量	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 仪表设备: 仪表盘, 表头, 传感部及其之间的导线和安装构件。</li> <li>2. 电气设备: 电源系统, 全机供电电缆, 电气附件及其安装构件。</li> <li>3. 无线电设备: 全机除火控雷达以外的所有无线电电子设备、天线及其间的电缆和安装构件。</li> <li>4. 雷达设备: 火控雷达。</li> <li>5. 高空设备: 空调系统, 氧气系统, 防冰系统, 飞行员弹射座椅及其安装构件 (其中可包括一些零星的飞机附件)。</li> <li>6. 自动器及其安装构件。</li> </ol>
	军械及装甲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 火炮装置。</li> <li>2. 外挂武器的挂架, 发射装置 (指不可投放的)。</li> <li>3. 瞄准、照相装置。</li> <li>4. 装甲重量。</li> </ol>
	有效载荷	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 飞行员及救生设备 (如伞、救生船、食品等)。</li> <li>2. 防冰液。</li> <li>3. 滑油。</li> <li>4. 氧气 (供飞行员及发动机补氧用)。</li> <li>5. 起动汽油。</li> </ol>
飞机重量	消耗载荷	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 燃油重量。</li> <li>2. 弹药重量 (包括炮弹、导弹等)。</li> <li>3. 可投放的外挂物。</li> </ol>

表1-2 大型飞机的重量分类

类别	内容	
飞机重量	结构重量	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 机身结构: 前机身, 中机身, 后机身, 机身尾罩, 尾撑, 雷达罩, 机身整体油箱, 防弹玻璃及其安装构件。</li> <li>2. 机翼结构: 中央翼, 中外翼和外翼, 机翼上的可操纵面 (后缘襟翼及其滑轨, 前缘襟翼和前缘缝翼及其滑轨, 副翼, 扰流板等), 机翼、机身的对接接头和螺栓, 翼身整流罩, 机翼整体油箱。</li> <li>3. 平尾结构: 平尾主翼面 (安定面、舵面和调整片), 配重, 平尾与机身的整流包皮和接头。</li> <li>4. 垂尾结构: 垂尾主翼面 (安定面、舵面和调整片), 配重, 垂尾与机身间整流包皮和接头, 平尾安定面操纵机构的整流罩 (T型尾翼飞机)。</li> <li>5. 着陆装置: (1) 主、前起落架及辅助轮的支柱, 机轮及其连接件, 前轮转弯机构, 舱门, 护板, 斜撑杆及收放机构等。 (2) 减速伞装置 (一般仅用于轰炸机), 伞箱, 伞体及其抛放机构等。</li> <li>6. 发动机短舱和吊挂: 短舱的前整流罩, 短舱中段, 尾罩, 短舱吊挂。</li> </ol>