

飞机强度计算 手册

М. Ф. 阿司塔霍夫、А. В. 卡拉瓦也夫、

С. Я. 馬卡洛夫、Я. Я. 苏兹达利柴夫著



国防工业出版社

飞机强度計算手冊

М. Ф. 阿司塔霍夫、А. В. 卡拉瓦也夫、

С. Я. 馬卡洛夫、Я. Я. 苏滋达利柴夫著

楊秉宪、潘天敏等譯

張紀剛、諸德超校



國防工業出版社

1959

本書包括計算表：应用于飞机制造中的材料和半成品的数据，結構力学的資料，飞机及其主要部分强度計算所必需的数据。

本書可供計算工程师和構造师应用，亦可作为高等航空工業学校学生課程設計和畢業設計的参考書。

苏联 М.Ф. Астахов, А.В. Караваев, С.Я. Макарови
Я.Я. Суздалбцев 著 ‘Справочная книга по
расчету самолета на прочность’ (Оборо-
нгиз 1954年)

*

国防工业出版社

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
五三六工厂印刷 新華書店發行

*

850 × 1168 1/32 印張 25 張 851 千字

1959 年 4 月第一版

1959 年 4 月第一次印刷

印数：0.001—1.452 册 定价：(11)5.10 元

№ 2210

統一書号：15034.326

序 言

著者在着手出版飞机强度計算手冊第三版时，清楚地預料到了面临的困难。飞机强度計算的資料目前增加很多，以致在編写手稿的第一步就不得不放棄按照原定篇幅出版那种百科全书型式的手冊的想法。著者決定仅限于飞机靜力学問題，而且書中还不夹杂近来在其他作者著作中已經解決但还未經实践驗證过的某些新問題。

本書資料是按照在应用上尽可能简单与方便而列出的，有时甚至不免影响到敘述的准确性与严密性。

本書敘述的一般特点是，完全照顧到刚开始担任飞机强度計算的工程师的需要，因此，在書中基本上仅列入那些在不同程度上为实际計算所必需的公式和參考資料。考虑到工厂工程計算人員時間的宝贵，著者差不多把所有繁杂的和不可靠的公式都刪去了，只留下相当简单而又为实践所驗證过的公式，不論在什么地方，只要是可能的話，就用簡化或图解說明把公式变为应用的形式，这也是为了使讀者花費最少的时间。

对公式的基本要求——准确性，著者並沒有看做教条，而是在書中各个部分有所变化。例如，計算机翼根部时，要求所求出的正应力誤差不超过 $\pm 5\%$ ，而当計算塑性范围的蒙皮撓度时，允許有 $\pm 25\%$ 的誤差，而对于某些零件誤差还可能更大一些。

类似的差別，从工厂的工程师的观点来看，是完全合理的。他們对于在人为的，实用上有时很狹窄的前提下才是准确的，所謂准确的計算方法是善于怀疑的。

書中的新原理部分比手冊的需要要詳細些，在应用新的或不熟悉的公式及方法的地方，都給出了相应的原文索引。

著者給自己提出了一个困难任务——避免原稿发生錯誤和刊誤，因此把計算图表及公式，特别是在第 I、III 两篇，进行了充分的分析檢查。

假使不看校訂和增补的參考資料的話，考虑到对第二版提出的要求和意見，全書实际上是重新編写了一遍。

著者認為有义务向給予宝贵指教的評閱者，科学技术博士 C.H. 賽司金，科学技术博士 A.M. 切列母亨教授，以及科学技术副博士 A.A. 杜布朗文，工程师 D.H. 庫尔古卓夫，科学技术副博士 A.A. 別朗吳司等，表示謝意。

著者并对編輯E.Л.維列尔致謝，他為准备本書的付印进行了艰巨复杂的工作。

本書各章由下列同志編写：第I、II、III篇——Я.Я.苏兹达利柴夫，第IV及第V篇（第九章除外）、第III篇第七章中§1、§2及第八章——С.Я.馬卡洛夫，第V篇第九章——М.Ф.阿司塔霍夫，第VI篇——А.В.卡拉瓦也夫。

目 录

序言	13
----------	----

第 I 篇 表格和计算数据

第一章 度量	15
§ 1. 英美制和公制之间的关系	15
§ 2. 某些公制度量之间的关系	16
§ 3. 某些气体常数	18
§ 4. 不同高度上的音速	19

第二章 数学表格和公式	20
-------------------	----

平方, 立方, 平方根和立方根, 普通对数, 倒数, 圆周长度, 圆面积(20)

自然对数(40)

三角函数(公式)(42)

三角函数的数值(44)

双曲线函数 $\operatorname{ch} \varphi$ (67)

当半径为1时, 圆周的弧长, 弓形的高度, 弦长和面积(69)

第三章 剖面的几何特性	72
-------------------	----

§ 1. 基本公式	72
§ 2. 剖面的比较数据	74
§ 3. 梯形的重心	75
§ 4. 圆形实心剖面的计算数据	76
§ 5. 圆管的计算数据	79
§ 6. 流线型管子的计算数据	87
§ 7. 剖面的计算数据	88
§ 8. 某些图形的面积、重心位置和对垂直轴 Y 的惯性矩	104
§ 9. 波形板的特性比较表	108
§ 10. 某些剖面的面积填充系数, 惯性矩系数和断面系数	110
§ 11. 任意形状的面积, 静力矩和惯性矩	112
§ 12. 物体的体积(表面积)和惯性矩(表面的)	120

第 II 篇 在飞机制造中所采用的材料和半成品的特性

第一章 材料特性的一般概念	129
---------------------	-----

§ 1. 基本特性	129
§ 2. 〇—图	130
第二章 材料的特性	133
§ 1. 符号和因次	133
§ 2. 某些金屬的应力极限比	134
§ 3. 鋼	136
碳鋼 (表 II .1) (136)	
張綫和彈簧用的碳鋼 (表 II .2) (137)	
合金鋼 (表 II .3) (137)	
§ 4. 鋁合金	139
變形鋁合金 (表 II .4) (139)	
鑄鋁合金 (表 II .5) (142)	
§ 5. 鎂合金 (表 II .6)	142
§ 6. 青銅	143
錫青銅 (表 II .7) (143)	
不含錫的特种青銅 (表 II .8) (144)	
§ 7. 木質材料	145
航空用的木材 (表 II .9) (145)	
一級航空用層板 (表 II .10) (148)	
二級航空用層板 (表 II .11) (149)	
§ 8. 塑性材料 (表 II .12)	150
§ 9. 飞机用布 (表 II .13)	153
§ 10. 焊料和易熔合金 (表 II .14)	155
§ 11. 橡皮材料 (表 II .15)	156
§ 12. 胶 (表 II .16)	157
§ 13. 受拉时加载速度对强度的影响	157
§ 14. 溫度对机械性能的影响	158
鋁合金 (表 II .17) (159)	
鋼 (表 II .18—22) (160~161)	
青銅 (表 II .23和24) (161~162)	
有机玻璃 (表 II .25) (162)	
§ 15. 材料的某些物理特性	168
§ 16. 摩擦系数 (表 II .26和27)	164
第三章 半成品和結構元件	165

§ 1. 金屬絲, 鋼繩, 扁條, 松緊螺套	165
鋼絲的計算數據 (表 II .28) (165)	
帶式鋼張綫 (表 II .29) (166)	
對於固接在具有編結的鋼套環上的鋼繩的破壞力 (表 II .30) (166)	
松緊螺套的破壞力 (表 II .31) (166)	
鋼繩的破壞力 (表 II .32—35) (167)	
§ 2. 滾珠軸承	167
作用在滾珠軸承上的靜載荷 (表 II .36) (168)	
§ 3. 彈簧	169
薄片彈簧 (表 II .37) (169)	
受拉和壓的柱狀螺旋彈簧 (表 II . 38) (171)	
§ 4. 計算耳片用的圖表	172
§ 5. 螺栓和螺釘的計算數據 (表 II .39)	172
§ 6. 鉚釘的計算 (表 II .40)	172
鋁合金制鉚釘的計算數據 (表 II .41) (175)	
鋼鉚釘的計算數據 (表 II .42) (176~177)	
抗拉鉚釘的強度 (表 II .43及44) (178~180)	
總孔角為120°的埋頭鉚釘(180)	
淬火的鋼鉚釘(180)	
§ 7. 管狀鉚釘和空心螺栓 (表 II .45)	181
§ 8. 木螺栓和木螺釘 (表 II .46和47)	182
§ 9. 焊接	183
鐵焊(183)	
電弧焊(184)	
原子氫焊(184)	
接觸焊 (表 II .48—50) (184~185)	
受拉點的工作(185)	
有色金屬的焊接(186)	
釐焊(186)	
§10. 彈簧鎖和托板螺帽螺釘	186
彈簧鎖(186)	
托板螺帽螺釘 (表 II .51—53) (187~188)	
螺釘鎖(188)	

第Ⅲ篇 結構力学

第一章 拉伸及压缩	191
§ 1. 計算拉伸及压缩之基本公式	191
§ 2. 孔及切口的影响	192
§ 3. 軋紋方向的影响	194
第二章 挤压	194
§ 1. 基本概念, 金属之挤压	194
§ 2. 螺栓对木材的挤压	195
第三章 剪切	199
§ 1. 变形图及变形功	199
§ 2. 許可剪应力	200
第四章 扭轉	201
§ 1. 基本公式	201
§ 2. 閉合薄壁剖面	203
§ 3. 扭轉时孔和切口对强度之影响	208
§ 4. 扭轉时之計算应力及塑性系数	209
§ 5. 各种剖面的杆在扭轉时的慣性矩及应力	211
第五章 弯曲	217
§ 1. 弯曲的基本公式	217
§ 2. 弯曲时之塑性系数	218
§ 3. 梁受弯的計算公式	222
1. 伸臂梁(222)	
2. 双支点梁(227)	
3. 有伸臂的双支点梁(242)	
4. 有双伸臂的双支点对称梁(244)	
5. 有一个固持端的双支点梁(246)	
6. 有一个固持端和伸臂的双支点梁(251)	
7. 兩端固持梁(253)	
§ 4. 有軸向載荷之橫弯曲	258
1. 等剖面柱梁(258)	
2. 柱梁的計算表(260)	
3. 支点的旋轉及位移对支点反力及力矩的影响(276)	

4. 軸向拉伸梁之彎曲(277)	
5. 受拉柱梁的計算表(278)	
§ 5. 柱梁之圖解計算	283
1. 欽佐夫圓(283)	
2. 變剖面梁(286)	
§ 6. 多跨梁	288
1. 三彎矩定理(288)	
2. 三彎矩方程式右面部分各項(290)	
3. 受軸向力及橫向載荷作用之三彎矩定理(292)	
§ 7. 受複雜應力時管的強度核驗	301
§ 8. 斜彎曲	303
第六章 彎曲時的剪切及剛心	304
§ 1. 基本概念	304
§ 2. 剛心	305
§ 3. 確定薄壁剖面之剛心	306
§ 4. 開剖面之剛心	306
§ 5. 閉剖面	307
§ 6. 各種剖面的剛心位置	314
§ 7. 有突緣及不受力壁的剖面的受彎	318
§ 8. 求某些剖面受剪時的剪應力分布	324
第七章 縱彎曲	334
§ 1. 概述	334
§ 2. 等剖面柱之縱彎曲計算	334
§ 3. 受縱彎曲管件之計算	344
§ 4. 木質杆件縱彎曲之計算	347
§ 5. 鉸支變剖面杆件之縱彎曲	348
§ 6. 變剖面柱之圖解算法	353
§ 7. 變剖面短柱之計算	357
§ 8. 帶有偏心的軸向力之杆件的縱彎曲	357
第八章 桁架	359
§ 1. 一般原理	359
§ 2. 桁架的組成	359
§ 3. 靜定桁架的計算	362

§ 4. 靜不定桁架的計算	370
第九章 剛架	374
§ 1. 剛架計算方法	374
§ 2. 求解簡單剛架的公式	375
$\int_0^l M, M_k, d_s$ 值表 (376)	
單跨不對稱的鉸支雙杆剛架 (380)	
基礎為鉸支的等剖面支柱的矩形剛架 (385)	
基礎為固持的等剖面支柱的矩形剛架 (388)	
雙支點的矩形閉合剛架 (393)	
彈性基礎的矩形閉合剛架 $K = \frac{J_2}{J} \frac{h}{l}$ (399)	
基礎為鉸支的支柱剖面不同的不等腰梯形剛架 (402)	
由內向外作用的均勻分布載荷有拉杆及無拉杆的矩形閉合剛架 (407)	
第十章 曲梁	408
§ 1. 應力和應變	408
§ 2. 求中性綫曲率半徑的圖解分析法	410
§ 3. 計算曲梁的公式	410
§ 4. 曲管的彎曲	412
第十一章 拱	414
§ 1. 三鉸拱	414
§ 2. 雙鉸拱	415
§ 3. 有固定基礎的拱	421
§ 4. 有大弧高 f 的拱	431
§ 5. 拱的穩定性	431
1. 三鉸拱 (431)	
2. 雙鉸拱 (431)	
3. 無鉸拱 (436)	
第十二章 彈簧的計算	436
第十三章 環與隔框	442
§ 1. 按圓弧彎曲的等剖面梁的計算公式	444
§ 2. 圓環的計算公式	446
§ 3. 等剖面橢圓形環 (隔框) 的計算公式	451
§ 4. 求等剖面圓環 (隔框) 內力的圖表	457

§ 5. 計及彈性的隔框計算图表	463
第十四章 木質(松木的)梁之弯曲計算	479

第Ⅳ篇 薄板的計算

第一章 各向同性的平薄板	483
§ 1. 压縮	483
§ 2. 偏心的压縮和弯曲	490
§ 3. 四边全部受压	491
§ 4. 剪切	492
§ 5. 压縮和剪切同时作用	493
§ 6. 平行四边形薄板	494
第二章 各向同性的曲薄板	496
§ 1. 压縮	496
§ 2. 剪切	503
§ 3. 扭轉	506
§ 4. 压縮和剪切	508
第三章 管的弯曲	509
第四章 薄板承受正压力的計算	512
§ 1. 矩形平板	512
§ 2. 曲板	530
§ 3. 球面薄板	534
§ 4. 带填料的薄板	535

第Ⅴ篇 飞机的計算

第一章 硬壳式机翼的計算	537
§ 1. 剖面几何数据的确定	538
§ 2. 确定单位长度上的載荷	540
§ 3. 机翼扭軸的求法	540
§ 4. 剪力与軸向力之力矩的求法	543
§ 5. 正应力的求法	544
§ 6. 由弯曲而产生的剪应力的求法	546
§ 7. 由扭轉而产生的剪应力的求法	551
§ 8. 由弯曲而产生的二次正应力的求法	553
§ 9. 由扭轉而产生的二次正应力的求法	557

§10. 在固定端因扭轉而产生的剪应力的求法	560
§11. 挠度和扭角的求法	564
§12. 牆式翼肋的計算	571
§13. 按塑性变形的計算	574
A. 弯曲(574)	
B. 剪切(582)	
B. 变形(583)	
第二章 半硬壳式机翼的計算	586
§ 1. 由弯曲而产生的二次正应力和二次剪应力的求法	586
§ 2. 受拉区減縮系数的求法	590
§ 3. 受压区減縮系数的求法	593
§ 4. 腹钣承剪計算	605
第三章 支柱式机翼的計算	622
第四章 箭形机翼計算特点	629
第五章 半硬壳式机身的計算	635
§ 1. 求蒙皮的局部应力	636
§ 2. 圓錐形壳体的計算	647
§ 3. 隔框的計算	651
§ 4. 开口与加强边的計算	654
§ 5. 硬壳式机身失去总稳定性的計算	659
第六章 构架式机身的計算	661
§ 1. 概述	661
§ 2. 构架式机身受对称載荷情况时的計算	663
§ 3. 构架式机身受扭的計算	668
§ 4. 机身受側向載荷的計算	669
第七章 起落架計算	671
§ 1. 計算簡图	671
§ 2. 計算方法	673
第八章 发动机架的計算	685
§ 1. 概述	685
§ 2. 星型发动机所用的发动机架	688
§ 3. 排型发动机所用的发动机架	700

第九章 尾翼、副翼、襟翼及操纵系统的计算	706
§ 1. 尾翼的受力计算	706
§ 2. 用能量法解舵的弹性支点反作用力	713
§ 3. 绘制计算水平尾翼用的载荷图	715
§ 4. 箭形尾翼的计算特点	725
§ 5. 旋转轴为V形的舵的计算特点	729
§ 6. 尾翼零件的计算	731
§ 7. 舵的计算	735
§ 8. 副翼、开裂式襟翼及普通襟翼的计算	737
§ 9. 飞机操纵系统的计算	743

第Ⅶ篇 飞机起落架减震装置及其计算

第一章 起落架减震装置（一般问题）	755
§ 1. 减震装置的工作情况	756
§ 2. 功量图与减震器的作用	759
§ 3. 轮胎之特性与选择	766
第二章 油液空气减震器	771
§ 1. 概述	771
§ 2. 油液空气减震器的设计计算	779
§ 3. 油液空气减震器的核验计算	792
第三章 橡皮减震器	806
§ 1. 概述	806
§ 2. 橡皮减震器的计算	808
附录 接头的计算	814
参考文献	818

飞机强度計算手冊

М. Ф. 阿司塔霍夫、А. В. 卡拉瓦也夫、

С. Я. 馬卡洛夫、Я. Я. 苏滋达利柴夫著

楊秉宪、潘天敏等譯

張紀剛、諸德超校



國防工業出版社

1959

本書包括計算表，应用于飞机制造中的材料和半成品的数据，結構力学的資料，飞机及其主要部分强度計算所必需的数据。

本書可供計算工程师和構造师应用，亦可作为高等航空工業学校学生課程設計和畢業設計的参考書。

苏联 М. Ф. Астахов, А. В. Караваев, С. Я. Макарови
Я. Я. Суздалбцев 著 ‘Справочная книга по
расчету самолета на прочность’ (Оборо-
нгиз 1954年)

*

国防工业出版社

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
五三六工厂印刷 新華書店發行

*

850 × 1168 $1/32$ 印張 25 $\frac{1}{16}$ 851 千字

1959 年 4 月 第一版

• 1959 年 4 月 第一次印刷

印数: 0,001—1,452 册 定价: (11) 5.10 元

№ 2210

統一書号: 15034.326

目 录

序言	13
----------	----

第 I 篇 表格和计算数据

第一章 度量	15
--------------	----

§ 1. 英美制和公制之间的关系	15
------------------------	----

§ 2. 某些公制度量之间的关系	16
------------------------	----

§ 3. 某些气体常数	18
-------------------	----

§ 4. 不同高度上的音速	19
---------------------	----

第二章 数学表格和公式	20
-------------------	----

平方, 立方, 平方根和立方根, 普通对数, 倒数, 圆周长度, 圆面积(20)

自然对数(40)

三角函数(公式)(42)

三角函数的数值(44)

双曲线函数 $\operatorname{ch} \varphi$ (67)

当半径为1时, 圆周的弧长, 弓形的高度, 弦长和面积(69)

第三章 剖面的几何特性	72
-------------------	----

§ 1. 基本公式	72
-----------------	----

§ 2. 剖面的比较数据	74
--------------------	----

§ 3. 梯形的重心	75
------------------	----

§ 4. 圆形实心剖面的计算数据	76
------------------------	----

§ 5. 圆管的计算数据	79
--------------------	----

§ 6. 流线型管子的计算数据	87
-----------------------	----

§ 7. 剖面的计算数据	88
--------------------	----

§ 8. 某些图形的面积、重心位置和对垂直轴 Y 的惯性矩	104
---------------------------------------	-----

§ 9. 波形板的特性比较表	108
----------------------	-----

§ 10. 某些剖面的面积填充系数, 惯性矩系数和断面系数	110
-------------------------------------	-----

§ 11. 任意形状的面积, 静力矩和惯性矩	112
------------------------------	-----

§ 12. 物体的体积(表面积)和惯性矩(表面的)	120
---------------------------------	-----

第 II 篇 在飞机制造中所采用的材料和半成品的特性

第一章 材料特性的一般概念	129
---------------------	-----