

高等学校教学用书



飞机动力装置

В. И. 波利考夫斯基著



国防工业出版社

統一書號

15034 · 394

定價3.10元

高等学校教学用书

飞机动力装置

В. И. 波利考夫斯基著

晏礪堂等译

馮文瀾等校



国防工业出版社

1959

內 容 簡 介

本書系根据苏联国防出版社1952年出版的波利考夫斯基著“飞机动力装置”一書譯出。

本書闡述了为正确地設計与使用飞机动力装置所必須的設计基础，并研究了活塞式发动机的飞机动力装置和燃气輪噴气式发动机的飞机动力装置。

同时对有关燃料系統、滑油供应系統、进气及排气、冷却、檢查与操縱、起动和发动机的固定与悬挂等問題也作了介紹。

經过苏联高等教育部的审定，本書作为航空学院的教科書。

本書由晏礪堂、易正本、王幼純、陈大光、陈克鏘、曹傳鈞、赵法經、刘树声等同志譯出，由易正本同志初校，馮文瀾、周爰源、沈魯等同志复校。

苏联 В. И. Поликовский 著 ‘Самолетные силовые установки’ (Оборонгиз 1952年第一版)

*

国防工业出版社

北京市書刊出版业營業許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 22 $\frac{3}{16}$ 印張 564 千字

1959 年10月第一版

1959 年10月第一次印刷

印数：0,001— 2,100 册 定价：(10) 3.10 元

NO 3007

目 录

前言	9
緒論	11

第一篇 燃油系統

第一章 活塞式發動机飞机燃油系統之基本特性与計算	19
§1 概 述	19
§2 初級燃油 系統的計算	28
a) 概述(28)——б) 从油箱至油泵燃油 管路的阻力計算(30)——	
B) 流体靜压头的确定(34)	
§3 油泵气泡特性与燃油系統升空 性的計算	36
§4 燃油系統特殊的流 体計算	43
a) 联接管計算 (43)——б) 低洼点計算 (46)——B) 增压 油管	
計算(50)——r) 通气系統計算(50)——д) 紧急泄油計算(54)	
第二章 燃油系統构件	55
§5 油箱 与輸油管	56
a) 油箱构造(56)——б) 油箱配件(64)——B) 悬挂 油箱与拋擲	
油箱(78)——r) 导管 (84)	
§6 油 泵	86
a) 油泵轉子机构与减压活門的协同工作(87)——б) 容 积式油泵的	
引射自动汲油法(90)——B) 电动汲 油泵 (90)	
§7 开关 与活門	95
§8 油 滤	104
第三章 油箱增压及充填惰性气	109
§9 概 述	109
§10 从 N_2 或 CO_2 气瓶往油箱中增压	111
§11 用廢气 将 油箱增压	112
第四章 燃油系統的一些安装准則与重量数据	116
§12 一般管路装置	116
§13 防火开关与鎖閉开关的装置及其操縱	119
§14 燃油系統的一些重量数据	125
第五章 燃气輪發動机飞机燃油系統的特点	126
§15 燃气輪發動机飞机燃油系統 的特点	126
a) 燃气輪發動机飞机与活塞式發動机飞机燃油系統的区别(126)——б)	
所用燃油特性的影响(129)——B) 燃气輪發 动机 飞机燃油系統計算	

特点 (132)

附录 飞机在空中加油.....135

第二篇 滑油供給系統

第六章 航空滑油141

§16 航空滑油的特性.....141

第七章 滑油系統的基本特性143

§17 活塞式發動機動力裝置的滑油系統.....143

§18 燃气渦輪發動機動力裝置的滑油系統.....145

§19 發動機工作狀態對滑油系統基本特性的影響.....146

第八章 各種外滑油系統方案148

§20 正向外滑油系統方案.....148

§21 外滑油系統內滑油中的空氣與燃氣的清除.....155

§22 特殊的外滑油系統方案.....158

a) 反向滑油系統方案(158)——б) 雙路滑油系統方案(160)——B)

分別汲回滑油與氣泡的滑油系統(161)——r) 裝置空氣分離器的滑油

系統(163)——д) 封閉式滑油系統(166)

第九章 滑油系統的升空性168

§23 滑油泵.....168

a) 基本特性(168)——б) 滑油泵的泡沫特性(171)

§24 滑油系統升空特性的繪制.....175

§25 滑油系統流體阻力的計算.....176

§26 進入油泵的滑油中帶有空氣時對滑油系統升空性的影響.....179

§27 提高滑油系統升空性的方法.....180

第十章 滑油系統的構件182

§28 滑油箱和滑油導管182

a) 滑油箱所需容積的確定(182)——б) 滑油箱的構造和安裝(186)——

B) 滑油箱的配件和內部的容積構造(189)——r) 滑油導管(199)

§29 滑油濾.....201

§30 開關.....207

第十一章 冬季使用的要求208

§31 構造零件與附件.....208

§32 滑油用汽油沖淡.....217

第十二章 滑油的冷卻220

§33 滑油散熱器的構造.....221

§34 滑油散熱器的計算.....227

§35 滑油散熱器工作的穩定性.....235

§36 燃气渦輪發動機潤滑系統的滑油冷卻.....240

第三篇 内部空气动力学进气及排气系统

第十三章 动力装置内部空气动力学	242
§37 基本概念及公式	243
a) 需用和可用空气耗量(243)——б) 空气流经动力装置所消耗的功率(246)	
§38 空气在导管中运动时压头的损失	248
a) 摩擦损失(249)——б) 扩压器(253)——в) 气流的收缩及速度场的均匀性(264)——г) 气流的转弯(267)	
§39 进口条件	272
a) 进气口的进口前方附面层的影响 (273)——б) 螺旋桨扇风的影响(281)	
§40 风道的出口部分	283
§41 进口及出口实际情况对可用压头及正面阻力的影响	285
§42 对可压缩性影响的考虑	287
a) 外部的滞止 (287)——б) 高速空气及气体的流体损失计算(288)——в) 空气受热的计算 (290)	
§43 飞机的气密装置	291
第十四章 进气口。进口部分的造型设计。机翼上进气口	294
§44 概述	294
§45 气流流入角	297
§46 进气口的几何形状和气体动力学的基本关系	301
§47 进气口的造型设计	304
§48 螺旋桨整流罩基本尺寸的选择及其造型的设计	307
第十五章 活塞式发动机进气及排气系统	308
§49 活塞式发动机的进气系统	308
a) 进气管(309)——б) 保护网及气滤(313)——в) 进气所消耗的功率(317)——г) 空气的加热(318)——д) 活塞式发动机进气系统设计时的附加说明(321)	
§50 活塞式发动机排气系统	323
§51 排气管气动力计算	331
a) 排气集气管的计算(331)——б) 单独排气管的计算(335)	
§52 以活塞式发动机的排出废气而工作的废气涡轮动力装置	339
a) 概述(339)——б) 飞机上的涡轮增压器装置(342)——в) 涡轮增压器的冷却, 滑油供给, 操纵及调节系统 (349)	
第十六章 燃气涡轮发动机进气及排气系统	353
§53 燃气涡轮发动机进气系统	353
a) 燃气涡轮发动机的进气口及空气导管(354)——б) 流体损失对燃气涡轮发动机性能的影响(367)	

§54 燃气涡轮发动机飞行中的进口遮闭装置进气通道的防冰, 防塵及防沙装置·····	369
a) 进口遮闭装置(369)——б) 燃气涡轮发动机进气口的防冰装置(372)——в) 燃气涡轮发动机进气口的防塵及防砂装置(374)——г) 进口通道的构造(376)	
§55 燃气涡轮发动机的排气系统·····	378
a) 概述(378)——б) 排气管路的主要尺寸及其对发动机性能的影响(382)——в) 排气管的吹風及隔热(383)——г) 管路的构造及其悬挂(391)	
第十七章 排气的自由射流·····	394
§56 排气的自由射流对飞机的影响·····	394
a) 靠近噴口处的气流尺寸(394)——б) 射流对临近壁面的影响(396)——в) 发动机在地面工作时(飞行速度 $V_H=0$) 自由射流的特性(397)——г) 自任意断面噴口流出的气流(400)——д) 飞行速度对排出射流特性的影响(402)——e) 与飞行速度有一夹角的已燃气的噴流(403)	

第四篇 发动机的冷却系统

第十八章 活塞式发动机的冷却系统·····	405
§57 概述·····	405
§58 冷却系统的计算及其一般方案·····	412
第十九章 液冷活塞式发动机的冷却·····	420
§59 液体散热器·····	420
a) 散热器及其元件的构造(420)——б) 蜂巢式液体散热器的散热(425)——в) 蜂巢式散热器的流体阻力(432)——г) 平板式和肋片式散热器的散热(436)——д) 平板式和肋片式散热器的流体阻力(441)	
§60 散热器装置·····	442
a) 散热器装置的位置(442)——б) 散热器風道(447)	
§61 液冷系统的流体力学·····	449
a) 一般数据(449)——б) 水冷系统的流体计算(454)——в) 提高水冷系统工作安全性的方法(464)——г) 蒸发散热系统(468)	
§62 水冷系统的組成·····	469
a) 概論(469)——б) 膨胀箱(470)——в) 通气活門(474)——г) 分离器(477)——д) 水冷系统的扩散噴射器(480)——e) 泄水开关(482)	
§63 冷却系统用的液体·····	482
第二十章 活塞式气冷发动机的冷却·····	485
§64 概論·····	485
§65 发动机冷却需用空气量的求定·····	488

§66 关于空气冷却系统的计算和设计方面的准则	492
§67 强迫冷却	497
第二十一章 冷却空气用散热器	502
§68 概論	502
§69 冷却空气用散热器的类型	506
§70 气冷空气散热器的散热和流体阻力	507
§71 冷却空气用散热器的计算准则	509
附录 活塞式发动机的内冷却	512

第五篇 操纵系统和起动系统

第二十二章 活塞式发动机的控制系统和操纵系统	515
§72 概論	515
§73 进气压的操纵	521
a) 节气门的操纵(521)——б) 多速增压器转速的操纵(529)——B)	
涡轮压气机的操纵(531)	
§74 混合比的调节	532
§75 螺旋桨的操纵	534
a) 变距螺旋桨的操纵系统(534)——б) 顺桨的操纵(539)——B) 制	
动螺旋桨的操纵(541)——r) 在多发动机飞机上的螺旋桨的操纵(543)	
§76 螺旋桨和油门联合操纵	545
§77 调节温度的装置	550
a) 概論(550)——б) 自动化的调温装置(555)	
§78 动力装置操纵系统及其构件的构造	560
§79 动力装置操纵附件和仪表在座舱中的配置	571
第二十三章 燃气涡轮发动机动力装置的操纵系统、控制系统	
和调节系统	580
§80 涡轮喷气发动机操纵系统的特点	580
§81 涡轮螺旋桨发动机操纵系统的特点	583
§82 燃气涡轮发动机动力装置的操纵系统、控制系统和调节系统	588
第二十四章 活塞式发动机的起动	597
§83 概述	597
§84 电起动机的起动	600
§85 压缩空气起动	604
§86 用火药发动机的起动	607
§87 起动点火系统	608
第二十五章 燃气涡轮发动机的起动	608
§88 燃气涡轮发动机起动的特点	608
§89 燃气涡轮发动机的起动系统	612

§90 渦輪螺旋槳發動機起動的某些特點.....	621
--------------------------	-----

第六篇 動力裝置設計的一般問題

第二十六章 發動機在飛機上的安裝	623
------------------------	-----

§91 發動機的固定.....	623
-----------------	-----

§92 發動機架和支架接頭.....	624
--------------------	-----

a) 支架系統(624)——б) 支架接頭與發動機架強度計算的基本數據(634)

§93 發動機支架系統的減震問題.....	638
-----------------------	-----

第二十七章 發動機罩和螺旋槳槳轂的整流罩	646
----------------------------	-----

§94 發動機罩.....	646
---------------	-----

§95 螺旋槳槳轂整流罩.....	658
-------------------	-----

§96 發動機罩強度計算的基本數據.....	659
------------------------	-----

第二十八章 動力裝置的防火安全問題	662
-------------------------	-----

§97 總論.....	662
-------------	-----

§98 隔火板	666
---------------	-----

§99 動力裝置的搭鐵.....	670
------------------	-----

第二十九章 導管，它們的連接，敷設和着色	674
----------------------------	-----

§100 導管及其連接	674
-------------------	-----

§101 導管的敷設	683
------------------	-----

§102 導管和動力裝置其他構件的着色	686
---------------------------	-----

第三十章 動力裝置安排的一般問題	687
------------------------	-----

§103 發動機在飛機上的安裝位置	687
-------------------------	-----

§104 動力裝置的某些總的重量特性和空氣動力特性	696
---------------------------------	-----

參考文獻	701
------------	-----

前 言

在本書中，作者用了所需篇幅对正确而合理地設計和使用飞机动力裝置的設計原理作了叙述。

本書所研究的动力裝置应用于具有强力活塞式汽油發動机和燃气輪噴气發動机的一些陆上飞机上。

并以極有限的篇幅引述有关螺旋桨及其操縱机构的材料，以及發動机附件、結構、組件和悬挂元件的强度計算与設計等材料。

作者根据自己的經驗知道，那些脫离开某飞机和某發動机实际工作情况而孤立地解决的技术問題，只有局限的价值，并且是有条件性的。因此就把主要的注意力放到比較肯定的設計和合理使用的基本計算原理上。

本書是为航空学院的高年級学生們所写，但也同样适合于在飞机和發動机設計局，以及飞行基地上工作的工程师們使用。

由于有了过去出版的一些教学用書，使本書的編写工作大大減輕。这些書是：斯庫巴契夫斯基 (Г. С. Скубачевский) 和郝洛宁 (Д. В. Хронин) 合著的“飞机的螺旋桨發動机裝置”(1946年)；若文斯基 (Н. Е. Жовинский) 的“航空动力裝置”(1948年)；而特别是瓦尔科夫 (Г. И. Волков) 所著的教科書“飞机的动力裝置”(1947年)。

作者在很大程度上采用了这些書籍中可貴的技术資料和教学法上的叙述方式。

在編写本書时和在它付印期間，以謝尔格·奥尔忠尼願則 (Серго Орджоникидзе) 命名的莫斯科航空学院的發動机构造教研室曾集体地(教研室主任是斯庫巴契夫斯基教授)給予作者以很大的帮助。

技术科学副博士柯斯多契金 (В. В. Косточкин)、若文斯基和書的科学校对罗辛諾-罗辛斯基 (Г. Е. Лозино-Лозинский) 工程师等所提的意見特別宝貴，而且对本書的內容有很大的影响。

作者謹对上列同志及組織致以深切謝意。

緒 論

所謂“动力装置”是包括产生拉力的航空發動机，以及一切使發動机有效地、可靠而順利地工作所必需的附件、零件、和飞机結構的元件。

作为一門独立学科的动力装置这門科学，是研究上述一切构件的总体的；并認為發動机的一切特性如：重量、外廓尺寸、工作所需要的空气和燃油的消耗量、潤滑循环系統、散热、溫度规范、悬挂条件等等，都必须給出。

除掉發動机和具有操縱桨叶轉动的机构的螺旋桨（变距螺旋桨的桨轂和自动器）以外，动力装置一般包括：

——發動机的外部燃油供給系統（包括油箱、燃油泵、油管、开关、油滤、加油装置等等，并包括向油箱里放送惰性气体的系統）；

——冷却系統，在現代的动力装置中，它的数目达到10~12种（包括發動机的气缸、机匣、軸承、点火系統附件、排气管、渦輪压气机、傳动盒等等）；

——进气系統，其中包括用作空气滤清、加溫、和冷却的附件以及防冰装置；

——排气系統；

——發動机，螺旋桨和动力装置其余各系統和元件的操縱，及其工作的檢查系統；

——發動机的悬挂元件和整流罩元件；

——渦輪压气机，它的安装和冷却、潤滑等的操縱系統；

——輔助系統和附件：强化系統，發動机工作協調器，悬挂式油箱的悬挂和投擲的机件，飞机的空中加油設備等等。

动力装置这门科学，应当使得发动机制造家们，能够及时地和正确地向飞机制造家们提出发动机安装的技术条件；而使得飞机制造家们，能够不仅根据功率、高空性、重量、燃油消耗率以及外廓尺寸等基本特性来正确地估价新发动机，并且也能估计其他的，在很多情况下极其重要而有决定性的指标。

——气缸头、冷却液和滑油的散热和容许温度；

——螺旋桨减速器的长度，这长度确定了造成良好整流罩的可能性；

——更换和调整附件的可能性；

——发动机操纵自动化的程度；

——传动机构的功率等等。

动力装置这门科学一方面是以水力学、空气动力学及气体动力学、热工学、材料力学等科学方面的成就为基础；而另一方面则又有赖于飞机和发动机的创造、试制修正、以及使用的经验。

作为一门独立学科的动力装置这门科学在三十年代里已开始发展。它是在斯大林国家工业化计划顺利地实现的基础上，在苏维埃航空科学、技术和工业繁荣与发展的基础上，在科学家、设计家、工业工作者以及空军和民航的工作人员创造性合作的基础上发展起来的。这种在苏维埃制度的条件下所自然建立和发展起来的合作，在各个厂商互相残酷竞争的资本主义国家环境中是不可能的。这也就是说明了为什么动力装置这门综合性的科学只有在苏联才能够建立起来。

尤其是在近代的高速飞行中，飞机动力装置的质量在很多情况下决定了发动机在飞行中的主要特性，更不用说它对发动机工作的可靠性和顺利性所起的影响了。

创造可靠而完善的飞机动力装置的复杂性决定于：

——必须在极其有限的容积里安置具有强大拉力的装置；

——对动力装置空气动力完善性有着高度的而且不断在提高的要求；

——需要在任何环境以及惰性过载的情况下保证发动机的正常工作。当飞机作特技和俯冲时，作用于各个方向的惰性过载能达到很大的数值，它又会使燃油和滑油倒出发动机和引起很大的陀螺力矩等。

创造近代飞机动力装置，先要在风洞里，在发动机试车台上和附件试验台上作一系列的试验，作模型装配以及在惰性过载和稀薄空气的作用条件下作动力装置各种元件的地面试验等等。以后的动力装置试飞修正通常要占试验飞机的试制修正所需全部时间的很大一部分。然后在长期过程中以及在成批使用时仍然要继续进行这类的修正。

优质的动力装置所应满足的基本条件，归根必须保证：

——在各种容许的发动机工作状态下，在飞机任何可能的飞行状态中，和在一切可能的大气条件下使发动机可靠而顺利的工作；

——便于日常使用，定期工作的进行以及发动机和动力装置附件的快速装拆；

——动力装置一切构件的最小重量和最大的紧凑性；

——减少由于进气导管、排气管、冷却装置等所引起的损失，以保证得到最大可能的拉力。

随着飞行速度和飞行M数的增加，对飞机动力装置空气动力完善性的要求是不断地在增长着。

“对于高速飞机来说，没有一个阻力来源是可以因为很小而被忽略的”（葛罗欣柯教授 Б. Т. Горощенко）。

为了要求正面阻力小，在有些情况下采用构造很复杂的以及有许多使用上的困难和缺点的动力装置也就被认为是正确的。

例如，后推式螺旋桨的动力装置型式和带有大延长轴发动机的动力装置型式等就是这样的。

现代的单发动机飞机，其动力装置的重量占到飞机总重量的30~40%。即使从这一点就会看出降低动力装置的重量对于飞机

性能是何等重要。

动力装置的重量平均每增加1%就降低飞机升限30~50米，减少在地面时的上升速度 V ，1~2%，而在中等高度甚至减少2~3%。

油箱的重量约为0.1公斤/升，或燃油重量的~10%。这就是说，在远航的飞机上，油箱的重量可以达到与发动机本身的重量级次相同。因此必须和重视发动机重量一样来注意油箱的重量指标。

使用品质是评价动力装置非常重要的准则。

在动力装置中，特别是活塞式发动机的，需要控制发动机和它的附件、螺旋桨、冷却系统等几十个参数。

在燃气涡轮发动机的动力装置中，操纵元件的数目稍微少些；但是仍然远超过驾驶员能够用手进行可靠操纵的数目，特别是在复杂的气象条件下或在空战时，同时，即使稍微离开了最适宜的工作状态也会显著地影响到动力装置的效果和发动机的寿命。

这就是为什么动力装置操纵系统的自动化和联动程度，检查的明显性和可靠性，极限状态和危险状态的信号设备等之所以特别重要的缘故。

对于单座的飞机，这些特性是尤其重要的。

除了动力装置在飞行中的使用特性以外，还必须对其地面使用质量加以很大的重视，例如：

- 发动机及其附件的速换性；
- 加油和泄油方便与迅速程度；
- 对需要检查和调整的主要附件的接触方便等。

飞机动力装置的地面使用质量，在很大的程度上决定了翻修时间、定期工作与准备工作的时间，因而也确定了飞机的可能出勤次数，以及器材的利用率和效率。

满意地解决这些在动力装置方面的问题是和由于有限的发动

机舱尺寸所引起的一些特殊困难互相关連着，而这些尺寸首先取决于要求最小的正面阻力。有时由于就在这同一容积中安装武器而使安排的高密度变的更为复杂。安排的密度是用每單位总体积的重量来表示的；对于活塞式发动机的动力装置来说，其值约为 $500 \sim 700$ 公斤/米³，对于燃气涡轮发动机的则为 $300 \sim 500$ 公斤/米³。

必須指出关于保证动力装置的可靠性、安全性和防护力的重要性。

所谓可靠性就是在任何气象条件下、任何飞行状态和飞机在空中所有一切可能的姿态下，发动机及其附件和所有装置可靠的起动和顺利的工作。

在苏联，大气温度变动在 -60°C 到 $+60^{\circ}\text{C}$ 之間，要满足这些情况就需要特别注意起动系统、冷却系统、从燃油中分出水分和对滑油箱通气管的加温等等。

所谓动力装置的安全性首先就是指防火安全性。

飞机的动力装置包括有燃油和滑油的附件和油路、排气管的灼热面、燃烧室和电线；并且它们还必须装在一个为地面安全技术任何规章所绝对禁止的外廓尺寸里面。由于地方的局限性就必须严格地考虑个别附件和零件的相互位置和充分的气密性，周密地考虑通电搭铁和发动机的可靠通风等。

对于近代飞机来说，防火安全性已经达到了如此重要的地步，以至于在进行飞机部位安排时，在安排动力装置和油箱的时候就已需要考虑它●。

动力装置的可靠性是逐年增加的，但是目前这一问题的情况还需要给予慎重的注意和更深入的工作。

除了可靠性以外，防护力就是评价动力装置的决定因素之一。这一概念就是：

-
- 近来在技术書籍中甚至会看到关于在多发动机飞机上使用可抛掉的动力装置的建議。对于防火问题的这种解决办法的合理与否，姑且不作詳細分析；但提出这种建議，由问题本身的意义来看还是很有意思的。