

译 序

《航空电机结构》一书，它是当前有关高速电机设计书籍中较为全面、较为系统的一本工程设计用书。该书介绍了各种航空发电机和电动机的设计要求，各种零、组件的结构设计和强度计算，公差与配合，加工工艺以及材料选择等方面的设计准则和计算方法。

该书不仅对从事航空电机设计人员和高等院校师生有很好的参考价值，而且对于航天、船舶、机动车和工业用高速电机的设计人员也有较好的参考价值。

由于我们水平有限，书中难免有错误和不妥之处，欢迎读者批评指正。

航空电机结构

(苏) Л. И. 波斯别洛夫著

卢俊华 陈兴福 张士灿 译

周全发 卢俊华 校

71919



航空工业出版社

航空工业出版社
PDG

航空电机结构

[苏] Л. И. 波斯别洛夫 著

卢俊华 陈兴福 张士灿 译

周全发 卢俊华 校

航空工业出版社

内 容 摘 要

本书分析了各型航空电机的原理、结构特点、设计要求和制造工艺。具体介绍了各种零、组件的结构设计和强度计算、公差与配合、工艺以及材料选择方面的设计准则和计算方法，并应用了一些在制造和使用中行之有效的实例，是当前较为全面、较为系统的一本航空电机结构设计用书。

该书不仅对从事航空电机设计人员和高等院校师生有很好的参考价值，而且对于航天、船舶、机动车和工业用高速电机的设计人员也有较好的参考价值。

航空电机结构

[苏] Л.И.波斯别洛夫 著

卢俊华 陈兴福 张士灿译

周全发 卢俊华校

航空工业出版社出版

(北京安定门外北苑大院2号)

新华书店北京发行所发行

北京航空学院印刷厂印刷

1987年4月第1版

1987年4月第1次印刷

787×1092毫米 1/32

印张：13.6

印数：1—3000

字数：298千字

统一书号：15448.4

定价：2.70元

前 言

航空技术是迅速发展着的技术领域之一。近15~20年内几乎全部更新了服役中的飞机及其机内设备。对现代化飞机提出的新要求促使人们重新审定包括电机在内的全部电气设备的技术规范。减少电机重量和体积,提高环境温度和机械强度,这一切完全改变了电机的面貌。在选择结构型式和冷却方法、使用寿命和材料、固定方法和可靠性方面的见解也随着改变。结构材料、绝缘材料、浸渍材料、半导体元件以及加工工艺等方面的新成就都是设计人员必须考虑的因素。

在以前出版的各种有关书籍中,对结构问题注意较少,把主要注意力集中在电磁性能的計算上。这些书籍已问世十余年,因此,有必要搜集十余年来所积累的經驗,并加以系统化。

本书将通过分析各型电机的原理、结构特点和制造工艺,展示出当代电机制造业达到的水平,也照例应用了一些在生产和使用中已行之有效的实例。航空电机在许多性能上都优于一般电机,所以,总结航空电机所达到的水平必将推动整个电机制造业的技术进步。

本书共分二篇:第一篇论述一般问题、原始数据和结构要求;第二篇论述电机各主要部件的结构。

作者对給予本书提出許多宝贵意见的H.3.馬斯佳耶

夫和承担本书編輯工作的 Б. М. 艾捷什坦依恩表示感謝。

本书总編輯为科学技术博士 А. Ф. 費多謝耶夫教授，他对本书提供的許多建議都使作者能更好地解决著作中遇到的問題。

对本书的宝貴意見敬請寄往莫斯科动力机械出版社。

作 者

目 录

译 序	
前 言	
绪 论	 (1)

第 一 篇

航空电机设计的一般问题和原始数据

第一章 航空电机的工作条件和要求	 (4)
§ 1 航空电机的系统设计方法	 (4)
§ 2 航空电机的使用条件	 (6)
§ 3 设计航空电机的技术任务书	 (16)
§ 4 飞机和直升机的供电系统	 (18)
§ 5 恒速传动装置	 (21)
§ 6 对电气设备的使用要求	 (30)
第二章 航空电机的冷却系统	 (35)
§ 1 航空电机冷却系统的发展	 (35)
§ 2 冷却系统的分类	 (39)
§ 3 强化传热	 (64)

第三章 航空电机的电磁和结构型式..... (72)

§ 1 电磁和结构型式..... (72)

§ 2 电机的重量..... (94)

§ 3 电机的配置..... (96)

第四章 材料.....(114)

§ 1 材料的选择.....(114)

§ 2 金属.....(118)

§ 3 绝缘材料.....(121)

第 二 篇

电机的结构部件

第五章 转子.....(131)

§ 1 设计转子的主要任务.....(131)

§ 2 转子结构.....(134)

§ 3 转子绕组.....(149)

§ 4 转子零件的配合.....(158)

§ 5 温度补偿.....(163)

§ 6 不同负载下圆筒和环的计算公式.....(169)

§ 7 转子零、组件机械强度的计算.....(171)

第六章 整流子和滑环.....(186)

§ 1 概述.....(186)

§ 2	与锥形钢套相配的整流子.....	(188)
§ 3	整流子零件的几何尺寸.....	(196)
§ 4	与锥形钢套相配的整流子 (单燕尾) 强度的计算.....	(200)
§ 5	整流子的低温验算.....	(207)
§ 6	双燕尾和三燕尾整流子的计算特点.....	(211)
§ 7	塑料整流子.....	(212)
§ 8	塑压滑环.....	(216)
§ 9	装在钢套上的滑环.....	(218)
第七章 轴		(220)
§ 1	轴的类型.....	(221)
§ 2	轴上的负载.....	(225)
§ 3	轴的挠曲.....	(239)
§ 4	临界转速.....	(247)
§ 5	法兰对接轴的应力.....	(253)
§ 6	软轴的扭转振动.....	(254)
第八章 轴承		(257)
§ 1	概述.....	(257)
§ 2	滚动轴承.....	(261)
§ 3	计算.....	(277)
§ 4	轴承的配合.....	(282)
§ 5	轴承组件的密封.....	(285)
§ 6	轴承加油方法.....	(293)
§ 7	轴承的安装和拆卸以及轴承	

组件的标准件.....	(297)
第九章 壳体和端盖.....	(299)
§ 1 概述.....	(299)
§ 2 电机的连接.....	(301)
§ 3 壳体结构.....	(303)
§ 4 输出接线盒和差动保护电流互感器.....	(308)
§ 5 端盖.....	(312)
§ 6 壳体和端盖的计算.....	(315)
第十章 电刷和刷握.....	(318)
§ 1 电刷接触.....	(318)
§ 2 电刷的制造.....	(321)
§ 3 电刷的类型和尺寸.....	(323)
§ 4 电刷的安装.....	(327)
§ 5 刷握.....	(333)
§ 6 刷握弹簧及其计算.....	(338)
第十一章 离合器.....	(343)
§ 1 概述和设计要求.....	(343)
§ 2 制动离合器.....	(344)
§ 3 装板弹簧的耦合制动离合器.....	(349)
§ 4 带圆柱形弹簧和滚珠键的耦合 制动离合器.....	(352)
§ 5 脱扣离合器.....	(354)
§ 6 自由离合器（单向离合器）.....	(356)

第十二章	一些工艺问题	(359)
§ 1	结构的工艺性、生产的机械化和自动化...	(359)
§ 2	公差和配合.....	(369)
§ 3	表面光洁度.....	(373)
§ 4	表面形位偏差.....	(375)
§ 5	尺寸链.....	(376)
§ 6	公制螺纹和花键接合.....	(380)
§ 7	焊接和钎焊.....	(384)
§ 8	铸件的设计.....	(386)
§ 9	金属热处理和化学热处理.....	(387)
§10	电镀和涂漆.....	(389)
§11	绕组浸渍.....	(391)
第十三章	平衡	(393)
§ 1	平衡的任务.....	(393)
§ 2	平衡方法.....	(399)
§ 3	转子动平衡机.....	(403)
第十四章	设计文件的一体化	(407)
§ 1	设计文件.....	(408)
§ 2	对图纸的基本要求.....	(410)
§ 3	尺寸、极限偏差和光洁度的绘制规则.....	(410)
§ 4	焊接、钎焊和粘结连接.....	(412)
§ 5	某些图纸的绘制规则.....	(415)
参考文献.....		(421)

绪 论

近年来，飞机和直升机机上供电系统的功率增加很快，因为，机上越来越多地安装了各类仪表、仪器、装置和各种各样的机构和系统，而这些都需要电。上述各种设备包括发动机的自动控制和燃油系统、飞机自动控制系统、照明系统、加热和调温系统、无线电通信系统、雷达和飞行导航设备、机载电子计算机电源等。图 B-1 列出了现代大型运输机上主要供电设备和用电设备的位置。图 B-2 列出了 1920 年以来重型飞机一次电源——航空发电机的功率增加曲线。

近年来，电源总功率基本上稳定在 250 千伏安水平上。这主要由于降低了一些主要耗电设备的功率。其中，首先是无线电通信装置、雷达和部分导航仪器已开始广泛地采用比早先使用的电真空元件效率高的半导体元件。第二次世界大战开始以后，供电系统的功率猛增。第一架最电气化的飞机是苏联国产俯冲轰炸机 *Пе-2*（总设计师是 *B.M. 别特略高夫*）。在此飞机上，第一次采用了机轮、水平安定面、襟翼和调整片的电动收放机构以及散热器遥控系统的电动驱动装置等。当然，后来的发展证明，象机轮控制装置这样的强力传动装置采用液压驱动更好，但这也改变不了在各型飞机上增加电气设备的总趋势。

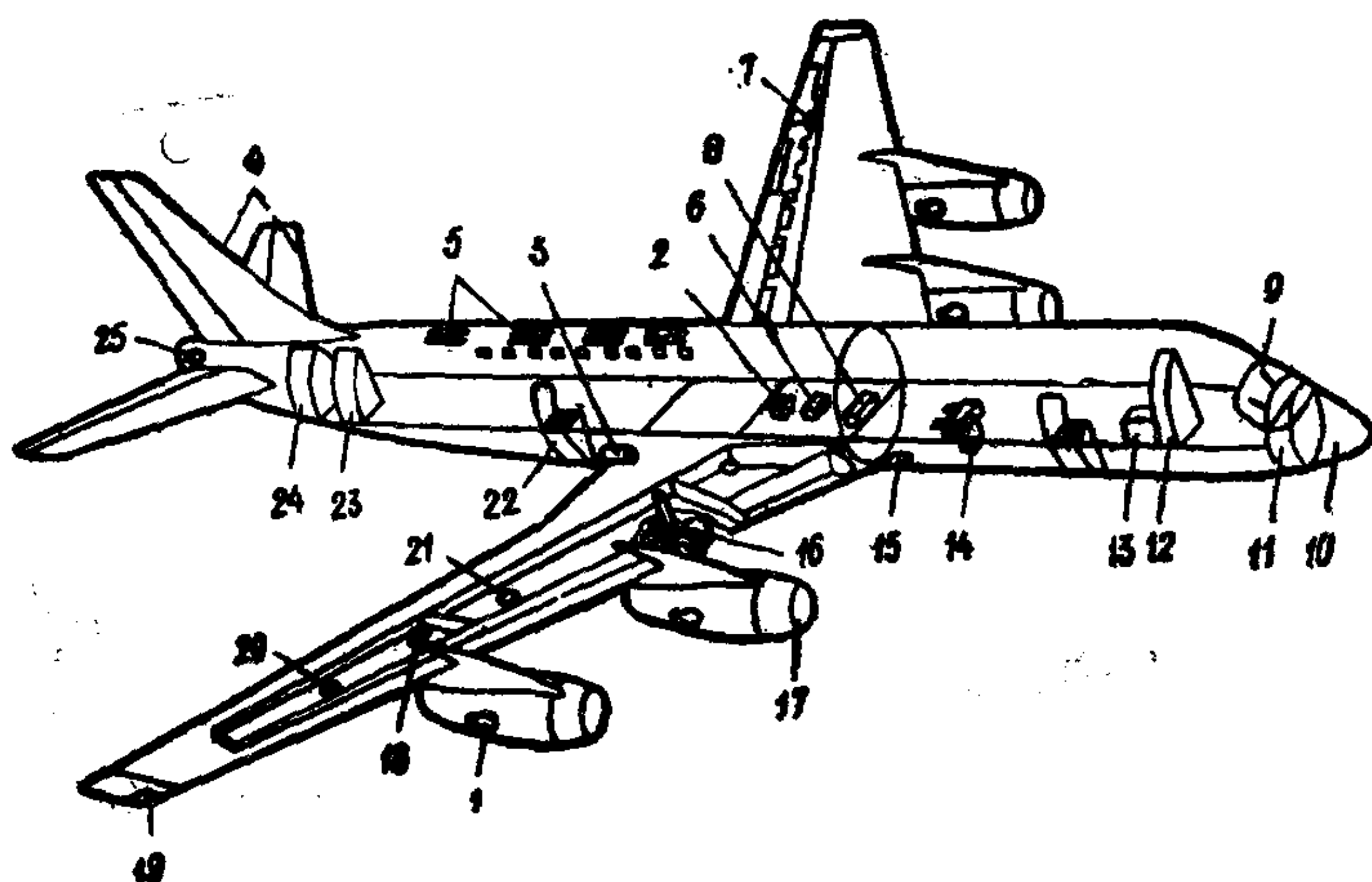


图 B-1 机载电源和主要用电设备的位置

1—由恒速传动装置驱动的交流发电机；2—蓄电池；3—自备电源；4—尾翼防冰装置；5—照明灯；6—调温器；7—机翼操纵机构；8—整流装置；9—风挡刮水器和加热器；10—雷达；11—无线电和导航设备；12—供电系统控制装置；13—机载电子计算机；14—升降机；15—无线电高度表；16—机轮控制装置和防滑系统；17—进气口防冰装置；18—燃油泵；19—航行灯；20—飞行灯；21—着陆灯；22—电动舷梯和舱门控制装置；23—电气炊具；24—盥洗室内的电气设施；25—飞行记录器

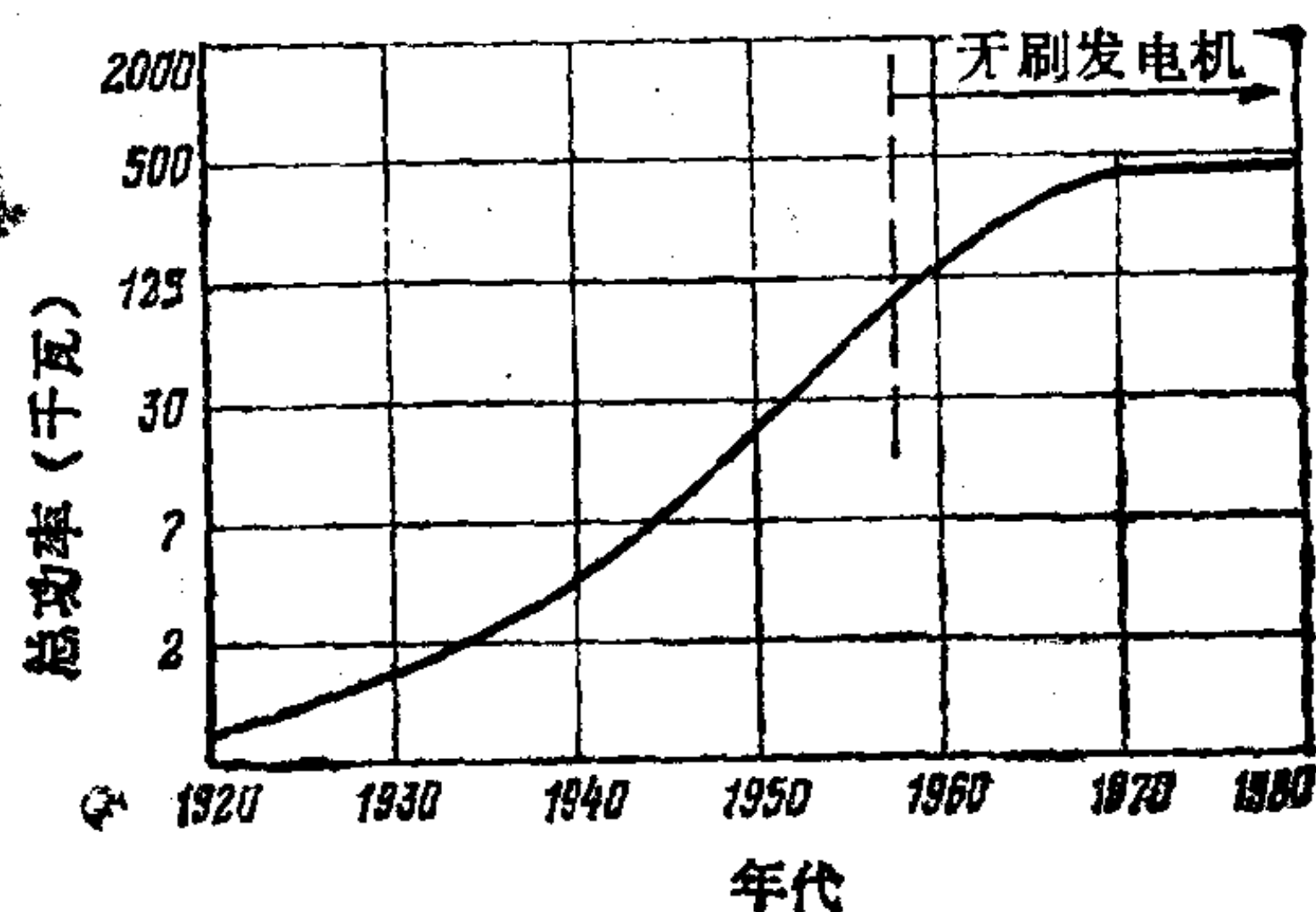


图 B-2 机载电源总功率的增加

在现代重型飞机上，各种电机的类型就有数十种，而其总数远超过一百台。在最新型的四发动机飞机上，同类发电机的数量不少于6～8台。这样，必然要对电机的重量提出严格的要求。只要稍许减少一点每类电机的重量，就可以很显著地减少机上电气设备的总重量。

苏联已研制和生产了各种类型和各种用途的航空电机，且已装备了苏联国产飞机和直升机。苏联生产的航空电机无论在可靠性方面还是在重量和电气性能方面，都达到世界先进水平。苏联的许多科学研究所和设计局都在进行广泛、深入的科研工作，为进一步改进航空电机的各种参数而努力。可以完全相信，他们的工作能确保苏联的航空电机制造业继续保持领先地位。

第一篇

航空电机设计的一般

问题和原始数据

第一章 航空电机的工作条件和要求

§1 航空电机的系统设计方法

现代飞机就其本身外形来说与旧式飞机差别已很大，增加了速度、高度和载重量，改善了起飞和着陆特性，提高了舒适程度。基于现代技术的成就，更换了某些种类的设备，如发动机、全套航行驾驶设备、通信设备和调节系统。飞机的改进及其性能的改善造成了设备数量和其复杂程度的增加。所有这些使我们不得不将飞机作为其各个组成部分有着密切联系和相互关系的非常复杂的系统来看待。这就有了采用系统设计方法的必要性。这种方法本身就是按照事先拟定的总体规划，用最为正确的方法分配其各个子系统之间的功能，以保证其最高效率的过程。

系统设计方法要求对所有组成的子系统进行综合设计，确定它们之间的联系，以及每个子系统与飞机，即与系统本身的功能的联系。需要时刻注意，每个子系统的主要目的是

保证整个系统的功能。同样，对待飞机供电这样的子系统也适用这种观点。它的任务是在包括紧急情况在内的所有可能的使用条件下，给所有用电设备供电。

本书从设计角度论述的航空电机，不单用于供电系统，还可以这样说，在飞机或直升机上未必能找到与电机无关的功能子系统。所以，在设计航空电机时，必须与几乎所有功能子系统的设计人员保持联系，统一研究它们的原始要求，实行多次“反馈”，从而形成技术上可行和合理的决定。

电机制造业中的设计涉及多学科知识，它包括许多阶段。有许多行业的工程师参加设计工作，如研究人员、计算员、设计员和工艺员。这样，电机本身的设计只是设计的一个阶段，正式开始是在完成电磁计算之后。但是，坚持这种形式上的顺序性却不能有效地解决问题。经验证明（这也是系统设计方法的一个组成部分），在设计过程中，设计师一开始就得参加，只有在这种情况下，才能有效和最佳地解决问题。电磁方案、体积大小、铁心冲片和轴直径的选择，转速和冷却方法的选择没有设计师参加就不可能进行。设计师的任务是给出电机的最终形式，各个零件的机械强度计算和制订所有的技术文件。更正确地说，在制订电机总图之前的提技术方案或草图设计阶段也必须参加。

飞机作为一个系统，它本身就属于一个更为复杂的系统的一个组成部分。这个复杂系统包括全套地面服务设备，全套导航设备等等。这些比较通用的地面系统对飞机上的子系统和部件也有要求。例如，全套地面服务设备要求飞机的各系统有良好的可检性，扩大检查和修理之间的周期，缩减服务人员等等。