

飞机直流电源

蔣志揚編



國防工業出版社

飞机直流电源

蔣志揚編



國防工業出版社

國防工業出版社

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

*

850×1168¹/₃₂·5¹²/₁₆印張·145千字

1958年12月第一版

1958年12月北京第一次印刷

印數：0,001—1,300冊 定價：(11)1.20元

№1999 統一書號15034·271

目 录

前言	6
緒論	7
§ 1 电能在飞机上的应用范围	7
§ 2 飞机电气化的发展簡史	11

第一章 飞机电气設備概論

§ 1.1 飞机电气设备的分类	14
§ 1.2 飞机电气设备工作条件的特点	15
§ 1.3 对飞机电气設備的基本战术技术要求	19
§ 1.4 影响飞机电气設備重量的主要因素	22
§ 1.5 飞机供电系统的分类	24

第二章 航空蓄電池

§ 2.1 化学电源在航空上的应用	26
§ 2.2 鉛蓄電池的构造原理和工作原理	27
§ 2.3 航空鉛蓄電池的构造	28
§ 2.4 鉛蓄電池的基本特性	32
§ 2.5 蓄電池的充电方法	42
§ 2.6 蓄電池的使用	48
§ 2.7 鉛蓄電池的主要故障及排除方法	56
§ 2.8 蓄電池在飞机上的安装	59
§ 2.9 鎳鎘和鉄鎳硷性蓄電池	60
§ 2.10 銀鋅蓄電池	62

第三章 飞机直流发电机供电

§ 3.1 飞机直流发电机概述	68
-----------------------	----

§ 3.2 对飞机发电机的基本要求	70
§ 3.3 飞机直流发电机构造特点	70
§ 3.4 航空发电机的冷却	72
§ 3.5 电刷装置	79
§ 3.6 电刷的高空特性	81
§ 3.7 飞机发电机的传动	84

第四章 飞机直流发电机电压调整概論

§ 4.1 飞机直流发电机电压调整器的工作特点	87
§ 4.2 电压调整的方法	87
§ 4.3 激磁电流调整程度	89
§ 4.4 激磁电流调整的串联接法	89
§ 4.5 变阻轉速特性	91
§ 4.6 激磁靜止稳定性	94
§ 4.7 提高激磁靜止稳定性的方法	96
§ 4.8 激磁运动方程式	98

第五章 飞机直流发电机电压自动调整

§ 5.1 飞机电压调整器的主要类型	100
§ 5.2 炭片电压调整器的一般性質	100
§ 5.3 炭片电压调整器的连接原理图	102
§ 5.4 炭片电压调整器的工作原理及构造元件的特点	103
§ 5.5 带有炭片电压调整器的发电机电压调整动态过程	106
§ 5.6 带炭片电压调整器的发电机电压调整过程方程式	113
§ 5.7 电压调整过程在稳定性上的研究	113
§ 5.8 调整器的稳定装置	116
§ 5.9 溫度补偿	120
§ 5.10 炭片电压调整器在飞机上的安装和調节	122
§ 5.11 振动式电压调整器	123
§ 5.12 炭片式与振动式电压调整器的比較	128

第六章 飞机发电机及其和蓄电池组的并联运用

§ 6.1 飞机发电机并联运用的必要条件	129
§ 6.2 电压调整器在发电机并联运用时的接法	131
§ 6.3 平衡线圈的作用	133
§ 6.4 具有炭片电压调整器的发电机的并联运用	135
§ 6.5 发电机与蓄电池并联工作的条件	143
§ 6.6 蓄电池充电程度的影响	147
§ 6.7 多发电机的并联运行	148

第七章 飞机发电机的保护电器

§ 7.1 低限继电器和反流继电器	152
§ 7.2 防止发电机过载和短路	162
§ 7.3 保护发电机的其他方法	167

第八章 飞机的电源选择

§ 8.1 飞机电源选择的要求	169
§ 8.2 电源负载图的绘制方法	169
§ 8.3 电源的选择	173
主要参考书籍	183

前 言

本書敘述了飞机直流电源的理論和設備，包括对飞机电气設備的战术技术要求、航空蓄電池、飞机直流发电机使用問題、电压調整問題、直流电源的并联工作，直流发电机的保护电器以及飞机电源選擇等。

作者在編写本書时，参考了最近几年来苏联出版的有关飞机电气設備的教科書，教学参考書，飞机电气設備說明書以及其他有关飞机电气化方面的材料。

本書可作为航空学院及航空专科学校“飞机电气設備”課程的教材或参考書；此外，对飞机电器工厂和特設工程技术人員也有用处。

作者对顧美言，胡克疆两同志在本書出版校对中的工作，表示謝意。

作者学識有限，書中不妥之处，尚祈讀者专家指正。

蔣 志 揚

1957年8月

緒 論

§1 電能在飛機上的應用範圍

1. 飛機上裝置特種設備的必要性

現代飛機不但要在良好的氣象條件下飛行，並且還要在惡劣的氣象條件下進行各種飛行，如遠距離飛行、高空飛行、高速度飛行、盲目飛行和盲目著陸等。而軍用飛機還要在這種複雜狀況下完成各式各樣的戰鬥任務。如果不採用一些專門的輔助設備，想完成上述戰鬥任務是不可想象的。這些專門輔助設備是：飛機上各種儀表（發動機儀表和航行儀表等）、信號裝置、照明設備、通訊設備、發動機和飛機操縱的各種自動裝置、導航設備和雷達等。

僅從盲目飛行這一點上來看，要保證飛行安全，就必須正確地掌握航向、飛行高度、飛行狀態和機場位置，並與機場保持密切聯繫。在這種情況下，我們就必須有各種指示儀表、高度表、空速表、地平儀、羅盤、無線電定向器、信號裝置和無線電通訊設備等等。

沒有這些專門的輔助設備，軍用飛機就不可能具備所要求的性能，也就不能完成它自己的使命。

近年來航空技術的迅速發展，對現代飛機提出了更高的要求：飛得高、飛得快和飛得遠。因此，飛機上所需要的輔助設備，不但在數量上有很大增加，而且要求這些輔助設備的工作更為精確和可靠。

在很多情況下，應用輔助設備，將大大減輕飛行人員的體力勞動。這在高空飛行時，就顯得更為重要。

目前特種設備，在體積、特性、配置和安裝上都非常適合飛機飛行特性及戰術技術的要求。這不但能使動作迅速準確，減輕飛

行人員的勞累，同時在提高飛機戰鬥力和發揮飛機最大性能上也是起到重要的作用。因而，我們肯定地說，隨着航空事業的發展，特種設備也將得到日益廣泛的應用。

2. 特種設備的能源

要使所有上述輔助設備——特種設備動作并操縱這些設備，就需要消耗能量，在飛機上能量的來源有：

- (1) 飛行人員的肌肉能；
- (2) 液壓裝置；
- (3) 氣動裝置；
- (4) 航空發動機或專門發動機的傳動；
- (5) 電力裝置；
- (6) 化學能；
- (7) 旋轉體的動能。

在各種不同的具體情況下，確定使用某一種能的問題時，應該考慮到在某條件下使用某種能的要求和可能性。

另一方面，選擇能源還要保證特種設備操縱簡單、工作可靠、容易維護和檢修。在可能情況下，供給各種設備的能源的種類愈少愈好，這樣，可以使得特種設備簡單而且統一。

3. 電能的優點及在現代飛機上的廣泛應用

與其他能源相比較，電能有許多下列突出的優點：

- (1) 電能很容易改變為其他種能，可以滿足各種性質不同裝置的需要；
- (2) 容易使操作過程自動化；
- (3) 在戰鬥時，致命性較小；
- (4) 工作可靠、操作簡便；
- (5) 重量輕和所占的空間小。

由於電能具有很多優點，電能在飛機上獲得廣泛的應用。目前飛機上主要設備和裝置可能採用的能，如表1所示。

從表1可明顯地看出，電能是最常用（萬能）的一種能，

表 1 飞机上辅助设备运转时所使用的能量种类

顺序	设备名称	能的种类						
		电能	液力能	机械能	气能		体力	化学能
					压缩	抽气		
I	动力组							
	点火	+	-	-	-	-	-	+
	发动机起动	+	-	-	+	-	+	+
	滑油和汽油泵的传动	+	-	+	-	-	+	-
	增压器的调整	+	-	+	-	-	+	-
	混合气的调整和控制	+	-	+	-	-	+	-
	发动机油门的操作	-	-	-	-	-	+	-
	水散热器和滑油散热器的散热片之调整	+	-	-	-	-	+	-
	转速的同步	+	-	-	-	-	-	-
	改变螺距的传动	+	+	-	-	-	-	-
操纵防冰装置	+	-	-	-	-	-	-	
螺旋桨顺桨	+	-	-	-	-	-	-	
II	飞机的操纵机构							
	副翼, 襟翼	+	+	-	-	-	+	-
	刹车板 (阻力板)	+	+	-	-	-	-	-
	调整片	+	-	-	-	-	+	-
	方向舵, 升降舵	+	+	-	-	-	+	-
	安定面	+	+	-	-	-	+	-
	自动驾驶 (操纵杆)	+	+	-	+	+	+	-
俯冲自动装置	+	+	-	-	-	+	-	
III	起落架							
	起落架的收起和放下	+	+	-	-	-	+	-
	机轮的制动	+	+	-	+	-	-	-
	机轮的滑转	+	+	-	-	-	-	-
IV	照明							
	着陆照明, 信号和仓内照明	+	-	-	-	-	-	+
	航行灯	+	-	-	-	-	-	-

(續)

順序	設備名稱	能的種類						
		電能	液力能	機械能	氣能		體力	化學能
					壓縮	抽氣		
V	黑暗中的觀察(紅外線)	+	-	-	-	-	-	
VI	信號	+	-	很少	-	-	+	
VII	通訊							
	(內部的, 外部的和無線電通訊)	+	-	-	-	-	-	
VIII	無線電導航	+	-	-	-	-	-	
IX	遠距離操縱	+	-	-	-	-	-	
X	雷達瞄準和探測	+	-	-	-	-	-	
XI	軍械							
	操縱機關槍和炮	+	+	+	+	+	+	
	裝彈	+	+	-	+	+	-	
	旋轉炮塔的傳動	+	+	+	-	-	-	
	投炸彈	+	+	-	+	-	-	
	打開炸彈倉	+	+	-	-	+	-	
	絞車的傳動	+	+	-	-	+	-	
	炮彈的計數	+	-	+	-	-	-	
	牽引彈鏈	+	+	-	+	+	-	
XII	航行駕駛設備							
	陀螺儀	+	-	-	+	+	-	
	自動駕駛儀	+	-	-	+	+	-	
	自動領航儀	+	-	-	-	-	-	
XIII	遠距離傳送和控制的儀器和裝置	+	-	-	-	-	-	
XIV	暖氣設備和加溫設備 (乘員和儀器)	+	-	-	-	-	+	
XV	控制測量儀器和儀表	+	+	+	-	-	-	
XVI	照象槍	+	-	-	-	-	+	
XVII	特殊設備 (氧氣和滅火設備)	+	-	+	-	-	+	
XVIII	通風設備	+	-	+	-	-	-	

注 (+) 表示可以採用的能量

(-) 表示不能被採用的能量

也就是說，电能几乎能使上述任何一种设备进行工作。事实上，随着航空技术的发展和不断的改进，很早以前，在很多场合下，其他种类的能就不使用了。

现代飞机（不論民航机或軍用机）的电气设备是一个相当复杂的系統。它具有的电源设备功率可达 250 瓩；电网导线的长度达几万公尺，以及包括几百个不同类型的电动机和用电器（测量用的，信号用的，检查用的和配电用的等）。现代重型飞机的电气设备的总重量达几百公斤。由此可见，电气设备在飞机上应用得非常广泛并已成为现代飞机上不可分割的一部分了。

§2 飞机电气化的发展簡史

本节只叙述飞机电气化发展过程中的主要事蹟以及一些电气设备的作用。从这个簡短的叙述中可以概略地了解飞机电气化的发展历史以及苏联科学家在这一方面的工作和贡献。

1869 年俄罗斯人拉得京（А. Н. Ладыгин）設計了一个比空气重的飞行器，叫做“电气飞机”，它要用电动机来驱动螺旋桨。拉得京所設計的“电气飞机”虽然很不完善，但是这种設計对飞机电气化有着重大意义，他首先提倡在重于空气的飞行器上使用电动机，同时提出了在航空事业上使用电能的問題。12 年以后，德国人基薩恩德兄弟才提出了类似于“电气飞机”的計劃。

在飞机上实际使用电能的最初形式是发动机的电点火。

1879 年卡斯多維奇（О. С. Костович）所发明的俄罗斯飞艇的发动机（80 馬力、240 公斤），是用电弧点火的。而当时法国設計师达蒙列尔的发动机是用热导管点火的，这种方法对飞艇非常危險。

1882 年俄罗斯人莫查伊斯基（А. Ф. Можайский）发明了世界上第一架飞机。到 1913 年俄罗斯又制造了世界上第一架多发动机的巨型飞机——“俄罗斯武士”号。

1914 年制造的巨型飞机“依利亚·莫洛米茲”号有三吨半重，

能够載重一吨半，續航時間已超过8小时，速度为100公里/小时，可以升到2000公尺的高空。在这架飞机上首先装置了电照明、电加温和无綫电台等用电器。后来成为俄罗斯著名的电气工程师瓦拉得京（В. П. Вологдин）也参加了飞机“依利亚·莫洛米兹”号的设计工作。

由于当时的无綫电台是火花型的，需要較高频率的交流电供电。工程师瓦拉得京在1912年就拟制了一个功率为2000瓦、频率为1000赫和轉速为4000轉/分的交流发电机。

1918~1920年，飞机上才开始应用直流电。1923~1924年应用电压为12伏的直流电。1925~1926年开始利用电的方法来测量非电数值，如电动轉速表、温度表和油量表等，并且开始用电动起动机去起动机航空发动机。这种电动慣性起动机的原理是由苏联科学院院士庫列巴金（В. С. Кулебакин）創立的。

直到1930年才采用现在仍旧使用的电压为24伏的直流电源。

1939年是飞机电气化的重大时期，飞机上的許多重要机构，开始采用电动机来进行远距离操縱。在这个时期以前，絕大多数的机构都是应用机械式或液压式机构。苏联在1939年所制造的 Пе-2 型俯冲轟炸机，就装置了很多电动机，例如电动收放起落架、調整片、散热器和增压器等电动机。这个重大的改革和大部分重要机构电气化的正确性，在苏联偉大卫国战争中得到了充分的証明。

苏联制造 Пе-2 型飞机三年之后，一些资本主义国家（如美、英和德国等）才开始采用类似的电动机。

在飞机电气化发展的过程中，苏联科学家作出了巨大的贡献，例如庫列巴金院士在飞机发电机电压自动調整理論和电点火技术方面的著作，以及其他科学家的著作，对飞机电气化的发展，起了很大的作用。

随着航空技术的迅速发展，飞机上各种設備逐渐走向电气化和自动化。在1940年以后，飞机电气化有了更显著的发展，我們

从一些统计资料（图1，图2和图3）中得到说明。

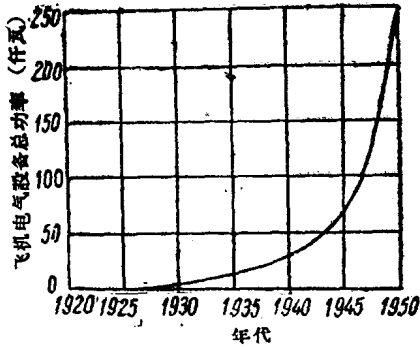


图1 飞机电气设备功率增长情况

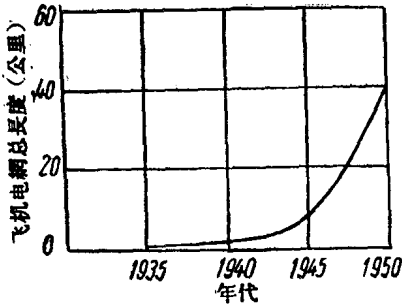


图2 飞机电网导线总长度增长情况

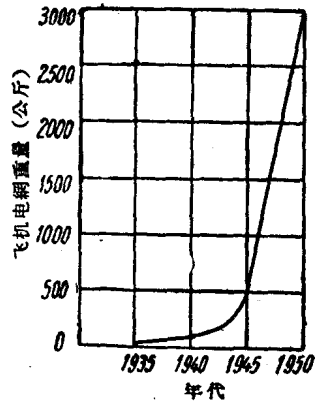


图3 飞机电网重量增长情况

最后，我们肯定地认为，随着航空技术的发展，飞机电气化也会迅速发展，并且广泛地采用科学技术上的新成就。

第一章 飞机电气设备概論

§ 1.1 飞机电气设备的分类

1. 按用途分类

(1) 电源及电能变换器

- a) 发电机——飞机的主要电源;
- б) 化学电源——各种蓄电池和原电池,是飞机的輔助电源;
- в) 电能变换器——所謂电能变换器就是指用来改变电流种类(例如直流变为交流)、改变电压的大小(例如直流低压升为直流高压),以及同时改变电流种类和电压大小的(例如直流低压变为交流高压)装置。

根据这种分类方法,属于这一类的设备不仅是变流机和升压机,而且也包括整流器和变压器等设备在内。

(2) 用电器

飞机上有数量很大而用途各不相同的用电设备。这些用电器的分类较为复杂和困难。现将飞机上的用电器大致分为下列几种:

- a) 电动机构——如起落架收放电动机构、自动俯冲装置、副翼、襟翼、调整片、散热器、阻力板和鱼鳞片等。电动机构实际上是飞机上主要的用电器;
- б) 照明设备——仓内的、机身外部的、信号用的和检查用的照明设备;
- в) 加温设备——一些仪表、瞄准器和风挡玻璃等的加温设备;
- г) 通讯和无綫电设备——收发报机、机内通话和无綫电导航装置等;
- д) 点火设备——起动点火感应线圈;

e) 武器电气設備——电动打火机、旋轉炮塔、电动投彈器和照相枪等;

ж) 信号装置——起落架收放警告喇叭、指示灯、火警指示灯等;

з) 仪表装置——工作原理是以应用电能为基础的各种檢查和測量仪表,如温度表、轉速表、气体分析器和油量表等。

(3) 电网——用来輸送和分配电能給各个用电器

a) 导綫;

б) 配电、保护和操縱电器——开关,按钮,繼电器等;

в) 測量仪表——电流表和电压表。

(4) 点火系統——磁电机及其附件(活塞式发动机工作用的)。

2. 按工作状态分类

(1) 連續(长时)工作的設備和仪器。这类設備和仪器的工作時間很长,設備的发热达到它本身的稳定值。属于这类設備的有:发电机、蓄电池、油泵、一部分仪表和高压磁电机等。

(2) 短时工作的設備。所謂設備的短时工作,是指設備在工作过程中,設備本身的温升沒有达到它的稳定值,而工作中的間歇時間很长。在工作停止期間,設備本身的温度降低到与周圍介質相同的温度。属这类設備的有:起落架电动机构、点火綫圈等。

(3) 重复短时(断續的)工作的設備。所謂重复短时工作,是指設備在工作过程中,設備工作一段時間后,就停歇。停歇一定時間后,設備又重新工作。設備按着一定規律重复工作。在这种情况下,工作的間歇時間不大,設備的温度在間歇期間不能下降到周圍介質的温度。属于这类設備的有:調温系統中的电动机、风挡玻璃加温器等。

§ 1.2 飞机电气設備工作条件的特点

随着航空技术的发展和飞机的不断改进,飞机电气設備也必

須在高空、低温、速度大、加速度大、振动和傾斜等复杂的条件下进行工作。这与地面电气设备有着显著的区别。

飞机电气设备的工作条件基本上可以表现在下列几个方面。

1. 大气条件的影响

现代飞机需要在高空飞行。随着飞行高度的增加，大气的压力和温度亦随着发生变化。这对飞机电气设备的工作有严重的影响。

从图 1—1 可以看出，随着飞行高度的增加，大气压力和温度也发生显著的变化。高度为 12000 公尺时，大气压力约为地面大气压力的 $\frac{1}{6}$ 。

为了使飞行人员在高空上不致受到大气条件改变的不良影响，所以在飞机上装有压力座舱，座舱内用专门的自动增压装置和加温器，使温度和压力经常保持在必需的水平上。但是，仍有大量电气设备和它的部件处于压力舱之外。因此，这些设备和它的部件就必须能够适应一定高度下的大气条件，在较低气压和低温下能够正常工作。

周围大气的压力和温度的变化，对电机、电器、仪表等工作

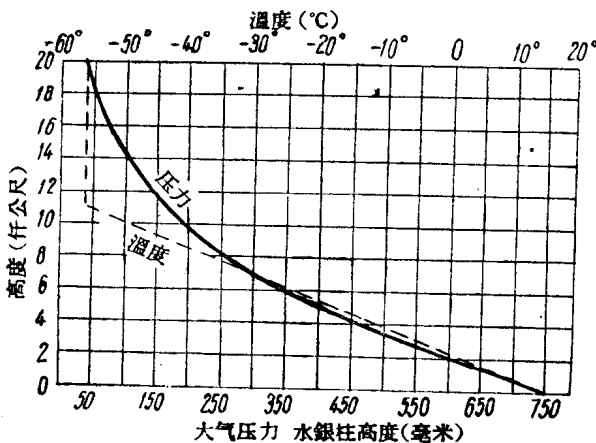


图 1—1 大气压力和温度与高度的关系。