

高等学校教学用书



飛機电气設備

上 册

Д. Э. 布魯斯金 著

高等教育出版社

高等学校教学用书



飛機电气設備

上册

Д. 9. 布魯斯金 著
林 士 譯

高等教育出版社

本書系根据蘇聯國立動力出版社（Государственное энергетическое издательство）1948年出版的布魯斯金（Д. Э. Брускин）著“飛機電氣設備”（Электроборудование самолетов）譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為動力高等學校和電工高等學校的教科書。

本書重點放在闡述與各種飛機電氣設備作用原理有關的理論問題，解釋各種過程的物理意義，並且研究現在飛機電氣設備實物部分的典型對象。書中一般地略去有關設備使用的說明資料，只提出在維護工作中最為需要的操作規則。

本書也可供從事飛機電氣設備方面的工程技術人員參考。

本書由北京航空學院教師林士謨譯出，蔣志揚校訂。6.11至6.13節系由劉燕謀的譯稿校改而成。又翻譯本稿時曾參考馮毓江對本書所作的閱讀筆記。



飛 機 電 氣 設 備

上 冊

Д. Э. 布魯斯金 著

林士謨 譯

高等教育出版社出版 北京琉璃廠170號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第051號）

京華印書局印刷 新華書店總經售

統一書號15010·622 開本850×1168 1/32 印張8 字數187,000 印數0001—1,000
1958年2月第1版 1958年2月北京第1次印刷 定價（10）元1.20

序 言

本書的目的是為了提供給學習飛機電氣設備課程的高等學校學生作教科書。本書是配合榮獲列寧助章以 B. M. 莫洛托夫命名的莫斯科動力學院第四及第五年級學生的課程大綱而編寫的。

目前尚未出現內容包括飛機電氣設備所有各部分的書籍。現有的參考資料中有的僅僅討論了部分的章節內容，或者是目的僅僅在於研究具體的設備，而缺少對電氣設備的工作過程作理論分析。

本書寫作的對象是具有良好的電工技術訓練，並已讀過電工理論基礎、測量儀表、電機學及電力拖动理論等基礎課程的學生們，因此，對於電工學的一般性問題，書中僅在為了解釋飛機電氣設備工作及構造特點有關範圍內才用一部分時間予以講述。

在編寫這本教科書時，重點放在闡述與各種飛機電氣設備作用原理有關的理論問題，解釋各種過程的物理意義，並且研究現代飛機電氣設備實物部分的典型對象。

書中一般地略去有關設備使用的說明資料，僅僅提出在維護工作中最為需要的操作規則。

這本書可以作為空軍學校學生的教學參考書。

寫作這本書時的主要資料是根據作者在和他的導師 B. C. 庫列巴金 (Кулебакин) 院士一起工作時獲得的知識。作者特地在这里深深地對他表示感激。

在寫作本書時，必需特別提出榮獲列寧助章之以 B. M. 莫洛托夫命名的莫斯科動力學院航空工程教研室同事們給予的巨大幫助。

写作本書个别章节时,曾获得下列諸人的参与:

副教授 Г. Н. 謝尼洛夫 (Сенилов) 和 Б. К. 白索娃 (Басова) 以及教师 Л. В. 包克辛斯基 (Бокшицкий), Г. Ф. 盧哥伏依 (Луговой) 和 Н. М. 楚馬科夫 (Чумаков) 等。作者在这里特別對他們表示謝意。А. М. 申克維茲 (Сенкевич) 副教授在准备本書手稿付印时做了許多工作,也在此一并致謝。

Д. В. 布魯斯金

上册目录

序言	vii
緒論	1
1. 飞机电气设备的功用及应用范围	1
2. 飞机电气设备發展簡史	4
3. 飞机电气设备的分类	5
4. 对电气设备的基本技术技术要求	6
5. 电源的种类	7
6. 机上电网电压的选择	9
第一章 航空蓄电池	11
1.1. 航空蓄电池的功用,类型及作用原理	11
1.2. 铅蓄电池的化学反应	12
1.3. 航空蓄电池的構造	15
1.4. 航空蓄电池組	17
1.5. 航空蓄电池的电气特性	19
1.6. 蓄电池的主要故障	26
1.7. 蓄电池的充电	27
第二章 飞机发电机	30
2.1. 对飞机发电机提出的要求	30
2.2. 飞机发电机的拖动	33
2.3. 安装于飞机上的发电机型別	36
2.4. FC 型发电机	37
2.5. FC 型发电机的構造	42
2.6. 飞机发电机的冷却系統	46
2.7. 某些外国发电机構造上的特点	49
2.8. 飞机发电机的电刷	51
2.9. FC 型发电机的内部接綫圖	53
2.10. 发电机旋轉方向的改变及发电机的反激磁法	54
2.11. 发电机在发动机及飞机上的安装。发电机的维护規則	56
2.12. 飞机发电机可能發生的故障及故障排除法	58
2.13. 飞机发电机的电磁特性	60
2.14. 飞机发电机的电磁反应	71
2.15. 飞机发电机的換向	75

第三章 飞机发电机的电压调整与保护	78
3.1. 飞机发电机的电压调整方法	78
3.2. 使用振动接触点以调整电压的方法	79
3.3. 振动式电压调整器的装置及作用原理	88
3.4. 脉动电压的振幅与频率	90
3.5. 调整器接触点的遮断功率	98
3.6. 与 PK 型调整箱配合使用的电压调整器	95
3.7. PPK 型调整配电箱式电压调整器	97
3.8. 波希公司的电压调整器	98
3.9. 电阻作平滑地变化的变阻式电压调整器	99
3.10. 飞机上炭片式电压调整器的典型构造	102
3.11. 炭片式调整器的特性	104
3.12. 电阻作分段变化的变阻式电压调整器	106
3.13. 调整器变阻器的分段电阻值及分段数目的计算	110
3.14. 变阻式与振动式调整器的比较	112
3.15. 应用高限继电器保护飞机发电机的过负载	114
3.16. 发电机过负载的其他保护方法	119
3.17. 飞机发电机反电流的防止	121
3.18. 联合式继电器	124
3.19. 接触器式低限继电器	127
3.20. 关于调整箱的资料	129
第四章 飞机上电源的并联工作	133
4.1. 飞机发电机并联工作的特点	133
4.2. 平衡线圈的作用	135
4.3. 飞机发电机与蓄电池组的联合工作	141
4.4. 电源的选择	145
第五章 飞机的电能变换器	153
5.1. 无机电用直流升压机	153
5.2. 振动式变换器	164
5.3. 变流机	167
5.4. 感应子式变流机	169
5.5. 串级式变流机	171
第六章 飞机电力拖动	177
6.1. 飞机电力拖动的发展及应用	177
6.2. 拖动装置的基本力学原理	180
6.3. 特性曲线的基本类别	182
6.4. 电动机的分类	183
6.5. 电动机的机械及电气特性	185

6,6. 电动机的無变阻器起动法	196
6,7. 操縱飞机各种器件及螺旋槳发动机組各种部件的电力拖动机构	198
6,8. 电动机	198
6,9. 减速器	200
6,10. 負載曲綫圖	201
6,11. 起动航空发动机的电动起动机,直接作用式起动机	204
6,12. 电动慣性式起动机	207
6,13. 复合作用式电动起动机	216
6,14. 起落架的电力拖动机构	218
6,15. 起落架收縮机构的运动方式	221
6,16. 收放起落架拖动机构的电路圖	224
6,17. 变距螺旋槳(ВНШ)的电气設備	226
6,18. 远距离操縱机构	230
6,19. 飞机用安培里金发电机	239
附录	1

緒 論

1. 飞机电气设备的功用及应用范围

所有現代飞机,特别是重型軍用飞机及运输机上,都具有数目繁多而复杂的各种设备,以便在困难的气象条件下,及夜间保证可靠的飞行,并进行盲目飞行及盲目着陆,以及完成各种复杂而重要的战斗任务。

飞机上各种机构,螺旋桨发动机组,武器,通讯工具等的操纵,都要求飞行人员紧张的注意以及精确的工作。当然,将飞机,或个别构件及装置的操纵程序作全部、甚至局部的自动化,将大大地减轻飞行中人员的工作,以便使其能集中注意力于执行某些最重要的任务,从而增大飞行中的可靠性及安全性。

很容易了解,为了使全部的复杂设备及其操纵机构进行工作,便需要消耗能源,在飞机上这种能源可能是:

- a) 飞行人员的体力;
- б) 液压能;
- в) 机械能;
- г) 压缩空气能;
- д) 电能。

为了在飞机上使上述各种设备进行工作,目前最广泛的是应用电能。电能最容易转换为任何其他形式的能量。电能的应用,使能量容易地传送及分配至受电器而且电能可以比较容易地使一些必要及重要的动作自动化。

从下列表格中可以看出,电能基本上可以在所有情形下被利

編号	設 备 名 称	可以用作开动設備機構的各种动力					
		电力	液压力	机械力	气压力		爆炸力
					压力	吸力	
I	<u>螺旋槳發動机組</u>						
	發动机						
	点火系統.....	+	-	-	-	-	-
	点火調整裝置.....	+	-	+	-	-	+
	發动机起動裝置.....	+	-	+	+	-	+
	汽油泵傳动裝置.....	+	-	+	-	-	+
	增压器的調節裝置.....	+	-	+	-	-	+
	混合气品質的調節与控制系统	+	-	+	-	-	-
	油門的操縱裝置.....	-	-	-	-	-	+
	节气門散热器魚鱗片的操縱裝置(水及滑油散热器).....	+	-	-	-	-	+
	同步器.....	+	-	-	-	-	-
	螺旋槳						
	旋轉螺旋槳叶的拖动機構.....	+	+	-	-	-	-
	恒速自动器.....	+	-	+	-	-	-
	防冰器.....	+	-	-	-	-	-
	螺旋槳制动器.....	+	-	-	-	-	-
II	<u>飞机的操縱機構</u>						
	副翼——縱翼操縱機構.....	+	+	-	-	-	+
	阻力板.....	+	+	-	-	-	-
	修正片.....	+	-	-	-	-	+
	操縱舵.....	+	-	-	-	-	+
	安定面.....	+	+	-	-	-	+
	操縱手柄.....	+	+	-	+	+	+
	俯冲裝置.....	+	+	-	-	-	+
III	<u>起落架</u>						
	收起及放下起落架的裝置.....	+	+	-	-	-	+
	輪刹車裝置.....	+	+	-	+	-	-

編 号	設 备 名 称	可以用作开动设备机械的各种动力					
		电力	液压力	机械力	气压力 压力 吸力	体力 (手力)	爆炸力
IV	照明裝置.....	+	-	-	-	-	+
V	訊号裝置.....	+	-	+	-	-	+
VI	通訊裝置.....	+	-	-	-	-	-
VII	無線电通訊及雷達裝置.....	+	-	-	-	-	-
VIII	武器						
	槍炮的操縱裝置.....	+	+	+	+	+	-
	槍炮的裝彈裝置.....	+	+	+	+	+	-
	旋轉槍架的轉動器.....	+	+	-	-	-	-
	投彈器.....	+	-	+	+	+	+
	炸彈槍門的啓閉裝置.....	+	+	-	+	-	-
	起升炸彈時应用的絞車开动裝置(或悬挂裝置).....	+	-	-	-	+	-
IX	航行駕駛設備						
	陀螺儀表.....	+	-	-	+	+	-
	自動駕駛儀.....	+	-	-	+	+	-
X	远距离操縱及傳送指示的器件及裝置.....	+	-	-	-	-	-
XI	保護, 加溫裝置.....	+	-	-	-	-	-
XII	檢查測量器件及仪表.....	+	+	+	-	-	-
XIII	照像設備.....	+	-	-	-	+	-
XIV	特殊裝置						
	氧气, 灭火器等.....	+	-	+	-	+	-

用,而在这点上,其他形式的能量是不可能与电能比拟的。

最近几年来,航空界使用电能已获得迅速的发展,因而可保证把飞机上应用各种形式的能源尽量统一起来,并且可保证具有前面已部分地提及的其他一系列的优点。

同时,电气设备是一个很复杂的系统(例如在运输机上,导线的长度可达 10 至 15 公里,总重量可达 600 至 4500 公斤),并且对电气设备的要求也很高。

最近十年来,飞机电气设备的应用有特别显著的发展。

2. 飞机电气设备发展简史

飞机上电能首先被用作航空发动机的电气点火。早在第一次世界大战期间,即已应用了无线电设备,及电气照明装置。开始时应用机内照明装置,以后又出现了机外照明装置。在大战的末期,飞机上曾出现过特殊的着陆装置。

从 1925—1926 年,开始应用电气法测量非电量(如电气式转速表,温度表,油量表,高度表等)。

约在 1930 年左右,为了增大飞机的飞行速度,出现了使用电动液压拖动装置以收缩起落架的机构。以后又需要把其他动作,例如转动炮塔及电磁式起动等等,加以电气化。

由于航空发动机马力加大,出现了起动发动机的电动起动机。

在发动机和飞机制造的进一步改善及成就上,出现了具有可以调节螺距的螺旋桨,俯冲自动装置,操纵面修正片机件等。由于加强战斗力,便要求应用电动投弹器,及通过螺旋桨射击的机关枪同步器等。

在远程及高空飞行中,有必要对机中人员及个别仪表应用电力进行保暖。而且为了使发动机容易起动,——甚而需要对发动机个别部分进行加温。

由于飞机上应用巨大数目的电器，电能源中个别发电机的功率，以前约为 100 瓦，以后增到 300 瓦，目前则增加至 9000 瓦。在某些飞机上总设备功率达到 50 瓦甚至更高的数字。

随着飞机上电源功率的增大，电线的总长度也在增加。然而这种增加不仅没有使飞机发生阻碍，恰恰相反，甚至还解除了在机械传动中，使用钢索及传动机件，以及在液压或气压传动中，使用导管的需要，因而增加了飞机内部的空間。

3. 飞机电气设备的分类

飞机上的电气设备可以分为下列的主要组别：

1. 电源。
2. 电能受电器。
3. 机身电网。
4. 电点火系统。

1. 电源：首先为基本电源，即：

a) 发电机，即为飞机上电力的基本能源；

б) 酸性蓄电池(鉛蓄电池)及偶而使用的鹼性式蓄电池(通常用于無線电装置中)；

в) 应用于特殊装置中的原电池。

此外，本组别中也可包括：

г) 电能变换器，將低压直流电变为高压直流电，或將直流电变为交流电；

д) 整流装置。

2. 属于电能受电器组，可包括下列各项：

a) 机内机外訊号及检查用的各种照明装置；

б) 飞行人员及个别仪表的加温装置(裝于空速管，时鐘，瞄准器，及电动投弹器内)；

В) 起動裝置: 直接及間接作用式起動機, 起動繞圈;

Г) 武器的電氣化裝置: 電磁起動器, 電燃爆炸釋放器, 電磁式炸彈架的鎖扣, 旋轉槍架, 電動投彈器, 照像槍等;

Д) 個別機件的電力拖動裝置 (如起落架的收放, 俯衝自動裝置, 襟翼, 阻力板, 整流片, 散熱器等) 的操縱裝置;

е) 無線電台——接收及發送電台;

Ж) 機內通訊裝置及訊號裝置;

З) 空中照像機構;

И) 檢查式儀表; 電氣油量表, 高度表, 轉速表, 電阻式溫度表等。

3. 機身電網中包括為了使電能作可靠的輸送及分配所使用的全部元件, 例如:

а) 具有各種絕緣, 機械保護及屏蔽的導線;

б) 開關, 操縱及保護裝置 (如轉換開關, 普通開關, 按鈕, 繼電器及可燃式保險器等);

В) 配電裝置: 配電板, 接線盒, 接線柱, 夾子, 插銷接頭等;

Г) 測量儀器。

4. 電點火裝置: 連續工作式及起動式磁電機, 高壓及低壓電線, 點火開關及起動繞圈等。

4. 對電氣設備的基本戰術技術要求

飛機上電氣設備的戰術——技術要求, 決定于電氣設備功用之重要性及使用中之特殊條件。按本質看來, 所有這些要求都歸結於保證整個電氣設備系統在工作上的可靠性及安全性的要求。這些要求是在所有的情形下都是決定性的因素。而且擺在工程師面前的唯一具體任務, 便是為了達到這目標。

基本戰術——技術要求包括下列各項:

1. 抵抗电气, 热力, 机械及化学作用的强度。
2. 重量及体积須輕巧。
3. 在振动, 颠簸, 撞击及巨大加速度下, 工作必須可靠。
4. 在火灾, 爆炸及使用方面必須有安全性。
5. 在周圍介質参数(如压力, 温度, 湿度等)变化时, 工作須不致受到影响。
6. 無線电台及磁罗盤的工作所受影响要小。
7. 檢查、安裝及使用上須方便簡單。
8. 工作須不受空間位置的影响。
9. 工作的准备过程須迅捷。
10. 价廉。

可以看出, 上面所列举的許多要求, 可能同样地适用于任何普通工業或运输業的电气設備。但是为了满足所提出的要求而必須完成的定額值却存在着明显的差别。

前述要求中有許多是互相矛盾的, 因而在任何个别情况下, 設計师的任务即在于寻求同时可以保証工作安全及可靠的基本要求而又是最为有利的折衷办法。

5. 电源的种类

目前在飞机上主要使用着直流电。

直流电的优点在于可使發电机与蓄電池共同工作, 这样便可满足下列要求:

- a) 当發动机不工作时(如准备起飞, 滑行, 下滑, 着陆以及启动發动机等), 仍有电源;
- 6) 当發电机损坏时, 可有后备电源。

不可能在飞机上只利用蓄電池作为唯一的电源, 因为如果这样, 蓄電池的重量及体积将会太大。

近来, 重型飞机上出现了采用高频(400 周/秒左右)交流电作为主要电源的趋势。应用交流电源的主要优点为:

a) 变换电压较为简单, 这点特别对于在长度较大的电网内传送及分配电能时, 以及个别形式的用电器内为了获得最有利的电压时, 尤为重要;

b) 交流电机在构造及维护上比较简单;

b) 高频交流发电机及电动机比直流电机价廉, 且体积轻小;

r) 没有电解作用, 因而在单线制电网情形下, 可避免飞机上金属部分的锈蚀作用;

л) 使用固体整流器及二极整流管(为了获得高压直流电)将交流变为直流电时, 比较简单容易。

应用交流电的主要障碍为:

a) 为了获得固定的频率, 必须设有保证发电机转速不变的拖动装置。因为发电机通常是由航空发动机带动, 而发动机的转速则随着飞行状态的改变而变化;

б) 要保证由发动机带动的几个发电机并联运行工作有许多困难;

в) 不可能利用蓄电池作为后备电源;

г) 当发动机停止工作时, 为了获得电力, 必须设置由单独工作的内燃机带动的辅助发电机。

目前, 在飞机上交流发电机尚很少应用, 如果必须对个别受电器供给交流电时, 可使用变流机(变流机即为将直流电变为交流电的变换器)。但是, 现代飞机电气设备愈来愈感觉有使用交流电的需要。

不必深入详细分析, 即可指出将来的飞机, 特别是大型飞机, 显然是趋向于使用交流电源的。

6. 机上電網电压的選擇

在飞机上起初曾应用 12 伏作为机上電網的額定电压。目前，苏联已采用 24 伏作为标准額定电压。

大多数的外国飞机裝置中，也有額定电压为 24 伏的机上電網。但是一直到現在，仍然会碰到具有 12 伏額定电压的机上裝置。

目前認為 24 伏是最有利的电压。但也有認為提高电压較為有利的論据和反对提高电压的論据。

下面的論据主張提高电压較為有利：

a) 提高电压可减少导綫的截面及重量，因为在相等的电压降百分比下，导綫截面及重量將与电压的平方成反比；

б) 可使用較輕及較价廉的电动机。

但低电压却具有下列各优点：

a) 在低电压下，可减少短路的可能性；

б) 可以減輕接触裝置的工作；

в) 高空飞行中，換向器及电刷工作比較可靠；

г) 使用低电压时，熾热灯泡內，每單位光度所需的电能及灯泡尺寸均較小因而灯头，灯罩等尺寸也較小；

д) 低伏特灯泡比較耐用，而使用高电压时，小功率的灯泡特別不易制造，因为必須采用过于細長的灯絲；

е) 在低电压下，备用蓄电池的体积及重量較為輕小。

因此，選擇電網的标准电压时，必須考慮到一系列的因素，特別是，机上服务人員的安全問題。這個問題在使用高电压电源时将無疑地变得复杂化。

但是，如果保持机上電網的額定电压为 24 伏，由于目前飞机設備的功率不断增大，因而輸电的干綫上須通过巨大的电流（可能达到 2000 至 3000 安）。在这样巨大的电流数值下，导綫截面將大