

飞行技术专业系列教材



民航飞机电子电气系统

MINHANG FEIJI
DIANZI DIANQI XITONG

主 编 © 朱新宇 胡焱 沈家庆 钟玲玲



清华大学出版社

文轨车书 交通天下

<http://www.xnjdcbs.com>

责任编辑：宋彦博

封面设计：刘海东



飞行技术专业系列教材

飞行原理（第2版）

飞行中人的因素（第2版）

飞行员航空理论教程（上中下册）（第3版）

航空器系统与动力装置

航空燃气涡轮动力装置（第2版）

目视和仪表飞行程序设计（第2版）

航空电子设备（第3版）

飞机系统

驾驶舱资源管理

机组资源管理

民航飞机自动飞行系统

空中领航学（第3版）

航空气象（第2版）

航空活塞动力装置（第2版）

空中交通管理基础

民航飞机电子电气系统

Q 搜课件
M 购图书



微信公众号：[xnjdcbs](http://www.xnjdcbs.com)

新浪微博：<http://weibo.com/xnjdcbs>

官方网站：<http://www.xnjdcbs.com>

诚信·质量·创新·服务

ISBN 978-7-5643-4975-2



9 787564 349752 >

定价：64.00元

飞行技术专业系列教材

民航飞机电子电气系统

朱新宇 胡 焱 沈家庆 钟玲玲 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

民航飞机电子电气系统 / 朱新宇等主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2016.8
飞行技术专业系列教材
ISBN 978-7-5643-4975-2

I. ①民… II. ①朱… III. ①民用飞机 - 电子系统 -
教材②民用飞机 - 电气系统 - 教材 IV. ①V271

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 205521 号

飞行技术专业系列教材

民航飞机电子电气系统

朱新宇 胡焱 沈家庆 钟玲玲 主编

责任编辑 宋彦博
封面设计 刘海东

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

发行部电话 028-87600564 028-87600533

邮政编码 610031

网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印 张 22.75

字 数 567 千

版 次 2016 年 8 月第 1 版

印 次 2016 年 8 月第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5643-4975-2

定 价 64.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

总 序

民航是现代综合交通运输体系的有机组成部分，以其安全、快捷、通达、舒适等独特优势确立了独立的产业地位。同时，民航在国家参与经济全球化、推动老少边穷地区发展、维护国家统一和民族团结、保障国防和经济安全、加强与世界不同文明沟通、催生相关领域科技创新等方面都发挥着难以估量的作用。因此，民航业已成为国家经济社会发展的战略性先导性产业，其发达程度直接体现了国家的综合实力和现代化水平。

自改革开放以来，我国民航业快速发展，行业规模不断扩大，服务能力逐步提升，安全水平显著提高，为我国改革开放和社会主义现代化建设做出了突出贡献。可以说，我国已经成为名副其实的民航大国。站在新的历史起点上，在 2008 年的全国民航工作会议上，民航局提出了全面推进建设民航强国的战略构想，拉开了我国由民航大国迈向民航强国的序幕。

要实现民航大国向民航强国的转变，人才储备是最基本的先决条件。长期以来，我国民航业发展的基本矛盾是供给能力难以满足快速增长的市场需求。而其深层次的原因之一，便是人力资源的短缺，尤其是飞行、空管和机务等专业技术人员结构不合理，缺乏高级技术、管理和安全监管人才。有鉴于此，国务院在《关于促进民航业发展的若干意见》中明确指出，要强化科教和人才支撑，要实施重大人才工程，加大飞行、机务、空管等紧缺专业人才的培养力度。

正是在这样的大背景下，作为世界上最大的航空训练机构，作为中国民航培养飞行员和空中交通管制员的主力院校，中国民用航空飞行学院以中国民航可持续发展为己任，勇挑历史重担，结合自身的办学特色，整合优势资源，组织编写了这套“飞行技术专业系列教材”，以解当下民航专业人才培养的燃眉之急。在这套教材的规划、组织和编写过程中，教材建设团队全面贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）》，以培养适应民航业岗位需要的、具有“工匠精神”的应用型高素质人才为目标，创新人才培养模式，突出民航院校办学特色，坚持“以飞为主，协调发展”的方针，深化“产教融合、校企合作”，强化学生实践能力培养。同时，教材建设团队积极推进课程内容改革，在优化专业课程内容的基础上，加强包括职业道德、民航文化在内的人文素养教育。

由中国民用航空飞行学院编写的这套教材，高度契合民航局颁布的飞行员执照理论考试大纲及知识点要求，对相应的内容体系进行了完善，从而满足了民航专业人才培养的新要求。可以说，本系列教材的出版恰逢其时，是一场不折不扣的“及时雨”。

由于飞行技术专业涉及的知识点多，知识更新速度快，因此教材的编写是一项极其艰巨的任务。但令人欣喜的是，中国民用航空飞行学院的教师们凭借严谨的工作作风、深厚的学术造诣以及坚韧的精神品质，出色地完成了这一任务。尽管这套教材在模式创新方面尚存在瑕疵，但仍不失为当前民航人才培养领域的优秀教材，值得大力推广。我们相信，这套教材的出版必将为我国民航人才的培养做出贡献，为我国民航事业的发展做出贡献！

是为序。

中国民航飞行学院
教材编写委员会
2016年7月1日

前 言

随着中国民航向民航强国的目标越飞越近，围绕飞行技术专业人才培养的改革也在不断深入。为了配合民航新技术的进展以及满足民航业对飞行员素质的要求，中国民用航空飞行学院学科组决定对航空电子电气系列课程进行重新审视和定位，将原有的“民航飞机电气仪表及通信系统”和“航空电子设备”两梯次课程体系变为三梯次课程体系，包括“飞行电学基础”“民航飞机电子电气系统”和“民航运输机电子系统”，涵盖了从基础到专业的理论和知识，遵循循序渐进、由浅入深的知识理解的原则。

本教材在电子电气教学体系中具有承上启下的作用，较好地衔接了基础和专业知识。在本书编写过程中，我们结合原《民航飞机电气仪表及通信系统》在使用过程中的反馈信息，汲取了各任课教师多年的教学经验，紧密联系民用飞机电气系统、航空仪表、飞机通信系统的应用实际和发展趋势，对原有内容进行了较大幅度的修改与补充，增加了变频供电、卫星通信等新知识，特别是突出了民航法规在教学与飞行工作中的重要作用，将法规、知识和运行紧密结合，更利于学生对民航法规的理解和运用。

本书分为上、中、下三篇。上篇为“飞机电气系统”，主要介绍了飞机直流电源、交流电源及其调压、控制保护设备的基本原理和基础理论知识，同时对常用的飞机电路设备、电能变换设备以及飞机电源的并联供电、不中断供电、输配电知识也进行了较为详尽的阐述，此外还简要介绍了飞机电力传动装置、发动机电力起动方法、灯光照明及警告设备。中篇为“飞机通信系统”，重点介绍了通信机的收发原理，并以典型飞机的通信系统为例介绍了常用通信设备的使用方法，还介绍了无线电波的传输、干扰及抑制措施等内容。下篇为“航空仪表”，介绍了航空仪表的基础知识和飞机上基本仪表设备的基本原理，并对高空升、姿态、航向仪表进行了重点介绍。

本书由中国民用航空飞行学院朱新宇、胡焱、沈家庆、钟玲玲担任主编。其中，第1~6章由朱新宇编写，第7、8、9、11章由胡焱编写，第12、13章由沈家庆编写，第14、15章由钟玲玲编写，第10章由胡焱和钟玲玲共同编写。何晓薇教授审阅了全书，并提出了宝贵的意见。本书在编写过程中得到了中国民用航空飞行学院教务处和航空工程学院的大力支持，他们为提高教材质量付出了大量心血。同时，电子教研室和电气教研室的全体教师结合教学经验对全书内容进行了多次讨论，并提出了中肯的建议，在此一并感谢。

由于资料 and 水平所限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2016年5月

目 录

上 篇 飞机电气系统

1 飞机电气系统概述	2
1.1 飞机供电系统概述	2
1.2 飞机电源系统技术发展	8
复习思考题	14
2 飞机电路控制与保护装置	15
2.1 电路连接装置	15
2.2 电路控制装置	20
2.3 电路保护装置	27
复习思考题	36
3 飞机电源系统	37
3.1 航空电池	37
3.2 飞机直流发电机	50
3.3 飞机交流发电机	55
3.4 恒频交流电源	58
3.5 变频交流电源	65
*3.6 混合供电系统	67
3.7 二次电源	70
3.8 应急电源	79
3.9 地面电源	81
复习思考题	84
4 飞机输配电系统	85
4.1 飞机电网型式和配电方式	85
4.2 发电机的电压调节	91
4.3 并联供电	96
4.4 直流电源的故障与保护	102
4.5 飞机交流电源的控制	105
4.6 飞机交流电源的故障及其保护	111

复习思考题	116
5 飞机用电设备	118
5.1 电动机械	118
5.2 飞机发动机的电力起动设备	119
5.3 灯光照明设备	126
5.4 测量仪表与告警指示设备	136
复习思考题	139
6 电磁干扰及其防护	140
6.1 电磁干扰及其危害	140
6.2 电磁干扰的控制	143
6.3 静电及其防护	150
6.4 高强辐射场及闪电	154
6.5 典型飞机系统的电磁干扰源	160
复习思考题	164

中 篇 飞机通信系统

7 通信的基本知识	167
7.1 基本概念	167
7.2 电波传播的基本知识	170
7.3 无线电波频段的划分及各波段电波的传播特点	178
复习思考题	184
8 无线电收发原理	185
8.1 无线电收发原理概述	185
8.2 幅度调制	190
8.3 莫尔斯电码	194
8.4 卫星通信	196
8.5 数据链	203
复习思考题	209
9 机载通信设备	210
9.1 民用航空通信系统概述	210
9.2 音频控制系统 (ACS)	213
9.3 甚高频通信系统	216
9.4 高频通信系统	218
9.5 选择呼叫系统 (SEL CAL)	221
9.6 卫星通信系统	223

9.7	飞机通信寻址报告系统 (ACARS)	225
9.8	应急定位发射机 (ELT)	229
9.9	音频综合系统 (AIS)	232
9.10	未来的民用航空通信系统	235
	复习思考题	236

下 篇 航 空 仪 表

10	航空仪表基础	238
10.1	概 述	238
10.2	陀螺基础	249
	复习思考题	258
11	全静压仪表及系统	260
11.1	国际标准大气	260
11.2	气压式高度表	261
11.3	升降速度表	268
11.4	空速表	270
11.5	马赫数表	274
11.6	全静压系统	276
	复习思考题	282
12	测量飞机姿态的仪表	284
12.1	转弯侧滑仪	284
12.2	航空地平仪	291
12.3	姿态基准系统	302
	复习思考题	304
13	测量飞机航向的仪表	306
13.1	磁罗盘	306
13.2	陀螺半罗盘	315
13.3	陀螺磁罗盘	318
13.4	罗盘系统	324
	复习思考题	327
14	发动机仪表	329
14.1	发动机仪表概述	329
14.2	测量压力的发动机仪表	330
14.3	测量温度的发动机仪表	335
14.4	测量转速的发动机仪表	338

14.5 测量油量的发动机仪表.....	340
14.6 测量流量的发动机仪表.....	342
14.7 测量发动机振动的仪表.....	345
复习思考题.....	347
15 辅助仪表	348
15.1 航空时钟.....	348
15.2 指位表.....	350
15.3 弹簧管压力表.....	351
复习思考题.....	352
参考文献	353

飞机电气系统

张明强 编著

上篇

飞机电气系统



图 1-1 飞机电气系统示意图

本书共分上下两篇。上篇为飞机电气系统基础知识，包括飞机电气系统组成、飞机电气系统供电、飞机电气系统保护、飞机电气系统测试等内容。下篇为飞机电气系统应用，包括飞机电气系统设计、飞机电气系统维护、飞机电气系统故障排除等内容。本书可作为航空院校、航空维修人员培训教材，也可供从事飞机电气系统工作的工程技术人员参考。

1 飞机电气系统概述



微信扫一扫
彩图更生动

1.1 飞机供电系统概述

1.1.1 电源系统的组成和功用

飞机上电能的产生、调节、控制、变换和传输分配系统总称为飞机供电系统，包括从电能产生到用电设备端的全部设备、控制元件和线路。它又可分为飞机电源系统和飞机输配电系统两部分。

飞机电源系统是飞机上电能产生、调节、控制和变换部分的总称，是指由飞机电源到电源汇流条间的部分。通常飞机电源系统由主电源(primary power)、辅助电源(auxiliary power)、应急电源(emergency power)、二次电源(secondary power)和外部电源(external power)及其连接与监控装置部分组成，如图 1.1 所示。

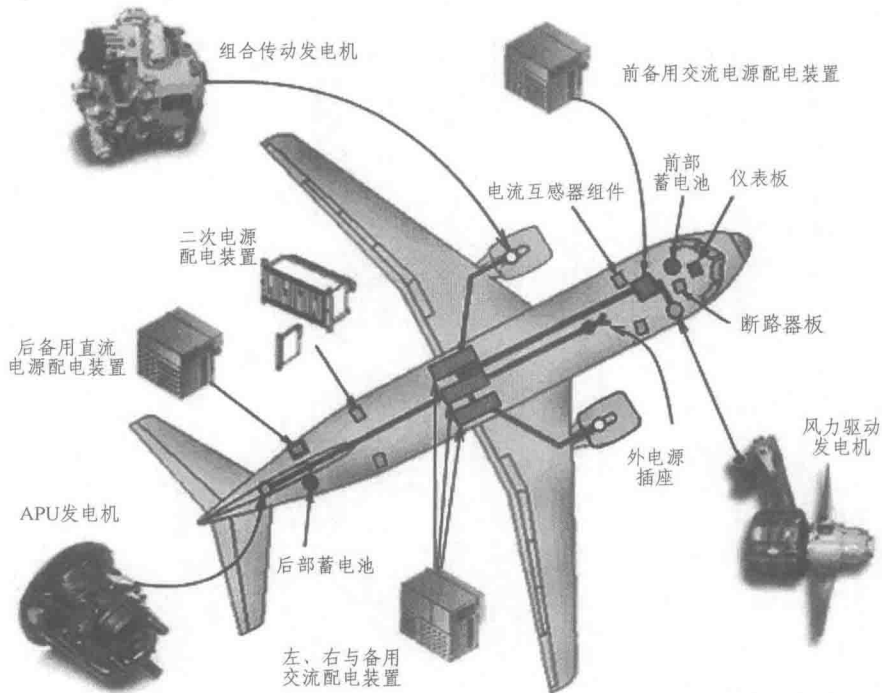


图 1.1 飞机电源系统组成示意图

主电源由航空发动机直接或间接传动的发电机及其变换调节、控制保护设备等构成，负责在飞机正常飞行期间向全机提供足够数量和一定质量的电能，满足机载用电设备的需要。

辅助电源是飞机发动机未工作或部分主电源发生故障时向飞机供电的电源。在中、大型飞机上,采用辅助动力装置(Auxiliary Power Unit, APU)驱动的发电机作为辅助电源;在小型飞机上,则采用蓄电池作为辅助电源。

应急电源是在主电源发生故障后向飞机飞行必需的用电设备供电的电源。由于应急电源容量小、储能有限,当飞机上仅有应急电源供电时,飞机必须在就近机场着陆。在小型飞机上,应急电源仅采用蓄电池;而在中、大型飞机上,为满足ETOPS(延程运行)需要,除蓄电池外,通常还安装有冲压空气涡轮(Ram Air Turbine, RAT)发电机或液压马达驱动发电机(Hydraulic Motor Generator, HMG)作为应急电源。

二次电源由电能变换器构成,用于将主电源产生的一种形式的电能转变为另一种或多种形式的电能,以适应不同用电设备对特殊电压或频率的需要。

飞机停于机场时,为了环保和经济,最好由机场的外部电源供电。外部电源通过电缆和机身的插头插座向飞机供电,以供在地面通电检查机上用电设备和起动发动机之用。

飞机供电系统是飞机的重要子系统,在CAAR-121部第313条“其他设备”中对电源的安装做了规定:

飞机只有安装下列设备,方可以实施本规则的运行:(c)符合运输类飞机型号合格审定适航要求的电源和配电系统,或者在任一电源或者配电系统部件失效时,利用外部电源,能为所需要的仪表和设备供电的发电和配电系统。在系统中准许使用普通部件附件,只要局方认为其设计能合理地防止失效。当使用由发动机驱动的多个电源时,它们应当分别安装在各台发动机上。



拓展阅读

飞机输配电系统是指由电源汇流条到用电设备端的部分。飞机输配电系统又称飞机电网,由电线、配电装置和保护元件等构成。

飞机输配电系统根据配电方式的不同分为集中式、分散式和混合式三种。

集中式配电系统设有中心配电装置,所有电源的电能都送到此配电装置,所有用电设备也通过导线连接到配电装置,所以飞机上的电源都处于并联工作状态。这种配电方式仅适合于小型飞机。

分散式配电系统是将各电源产生的电能送到各自的配电装置,并通过它们向就近的用电设备供电。一旦某电源出现故障,由它供电的设备转由其他正常工作的电源供电。这种配电方式比较简单可靠。

混合式配电系统设有多个用电设备汇流条,分布于用电设备附近,称为二次配电装置。此时所有电源的电能仍集中在中心配电装置,二次配电装置由中心配电装置供电,这样可以简化中心配电装置,减轻飞机电网质量。

输配电系统的控制方式有:常规式、遥控式和固态式。常规控制方式的电源线和用电设备输电线都集中于座舱内的中心配电装置中,由飞行员控制电源和用电设备电路的接通或断开。遥控式配电系统的配电汇流条设于用电设备附近,由飞行员在座舱内通过继电器或接触器接通或断开电路,故座舱内只有控制线,没有电力线。固态式配电系统应用微型计算机和分时多路传输总线来控制电源和用电设备的通或断,既有遥控式的特点,又简化了控制线,减轻了飞行人员的负担,减轻了飞机电网的质量,提高了电网的可靠性和易维修性。

此外,飞机电网根据电压分类有低压电网和高压(60V以上)电网两种,根据电流类型来划分则有直流电网和交流电网。就交流电网来说,又有单相和三相电网之分。就电网的线

制来划分,飞机电网有单线、双线、三线、四线等几种。根据电网的用途来划分,飞机电网则有主电网(即供电网)、配电网、辅助电网和应急电网等。

1.1.2 供电状态和电源容量

1. 供电状态

在飞机的飞行准备、起飞爬升、着陆和停机等各个阶段,要对飞机进行操纵和完成执行飞行任务所需的工作,若此时供电系统能连续地完成其全部功能性工作,称其处于正常供电状态。该工作状态中有用电设备的转换、发电机转速的改变、汇流条的切换和同步、多发电系统的并联或解除并联等动作。

供电系统的非正常工作状态则是一种意外的短时失控状态,它的发生是不可控制的,发生的时刻也是无法精确预测的,但它恢复到正常工作状态是一个可控制的动作。例如,配电线一旦发生短路,则短路处电流迅速增大,电网电压急剧降低,从而使电网中别的用电设备可能无法正常工作,但随后因该电路中的保护装置动作,切除了短路,系统又恢复正常。又如,在不并联运行的多发电系统中,若其中一台发电机发生故障,则该发电机的控制器将它的励磁电路切断,并将发电机输出的馈电线中的接触器断开,于是由该发电机供电的所有用电设备都失去了电能供应,但随后供电系统将这些用电设备转换到正常工作的发电通道,它们又可恢复正常工作。我国的适航法规也明确要求:任一电源的失效或故障均不得造成危险或损害其余的电源向重要负载供电的能力。

飞行中飞机主电源不能提供足够的或符合规定的电功率,而要求使用应急电源的工作状态,称为供电系统的应急工作状态。由于应急电源容量小,因而只能向飞行和降落所必需的设备供电,且供电时间有限。我国的适航法规 CCAR-25-R4 规定:在正常电源(除蓄电池之外的电源)不工作、燃油(从熄火和重新起动力考虑)为临界状态,且飞机最初处于最大审定高度的情况下,飞机能按目视飞行规则安全飞行至少 5 min。



拓展阅读

应急电源有两种类型:应急蓄电池和应急发电机。前者因储能有限,属于短期供电应急电源,一般规定应急供电时间不低于 30 min;后者属于长期供电电源。蓄电池供电时,供电电压将随供电时间的增加而降低,甚至低到 18~20 V,而应急设备需在这样低的电压下正常工作。

对于在国内航线使用的飞机,应急供电时可到就近机场或备降机场着陆,且所用通信和着陆仪表设备的用电量不大,故应急电源容量可以小些。对于跨洋飞行的飞机,在到达任一机场前,必须进行长时间飞行,飞机上除安装有国内飞行所需用电设备外,还有短波通信和无线电测向器等用电设备,此时,用增大蓄电池容量来满足应急供电需求是不现实的,宜采用应急发电机,利用液压或气动能量发电。

应急电源必须具有独立性,它应不依赖于主电源或别的电源而能自行工作。应急供电时,应急电源的电气特性指标一般低于主电源的电气特性指标,但在应急状态下工作的电气设备仍必须具有规定的特性,并保证安全可靠。

2. 电源容量选取

飞机电源系统的容量是指主电源的容量,等于飞机上主发电系统的台数与单台发电系统

额定容量的乘积。直流电源容量的单位为千瓦(kW),交流电源容量的单位为千伏安(kV·A)。

发电系统的额定容量是在电源质量指标符合技术要求的长期连续工作时的最大容量。发电系统的工作状态要受环境因素的影响:当它在地面工作时,因只能靠内装风扇冷却,允许输出功率较小;在高空时,尽管进气温度降低了,但大气密度也同时降低,导致散热效果变差;飞机低速飞行时,进风量小;超音速飞行后进气温度因绝热压缩而急剧升高,也会使发电机最大允许容量降低。变速工作的直流发电机低速时的功率极限受励磁绕组发热的限制,高速时受摩擦损耗和换向条件的限制。喷油冷却交流发电机的最大允许工作容量受飞行高度及速度的影响较小,但变速交流发电机的低速最大允许工作容量也受励磁过大的限制。

电源系统的容量不仅取决于发电机和变换器(对于变速恒频即VSCF电源),还与从电源到电源汇流条的主馈线容量有关。馈电线的容量应与电源的额定容量相匹配。

飞机低压直流发电机的额定容量有3kW、6kW、9kW、12kW、18kW等数种,交流电源的额定容量有30kV·A、40kV·A、60kV·A、90kV·A、120kV·A、150kV·A、250kV·A等数种。现代民航客机供电系统容量如图1.2所示。

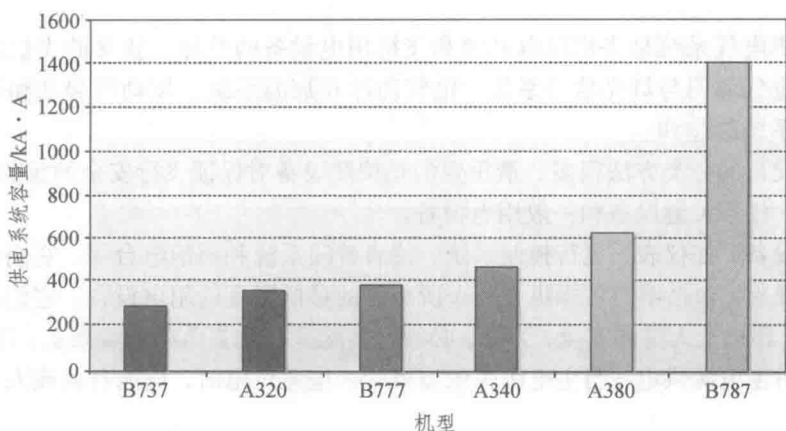


图 1.2 现代民航客机供电系统容量

飞机交流发电机允许在150%额定负载下工作2min,在200%额定负载下工作5s。VSCF电源供电系统的过载能力要低一些。

在多发机电源系统中,一个发电通道出现故障,不应卸载用电设备;仅在两个或两个以上发电通道出现故障时,才需要卸去次要用电设备。在没有负载自动管理系统的飞机上,卸载工作由飞行员人工完成。由于人工操作会滞后,这种情况下往往会出现电源过载。2min过载要求是为了满足电源故障时人工监控负载的需要和短时工作用电设备的需要。5s过载是为了满足电动机起动和配电线路发生接地短路故障时排除故障而电源不损坏而需要的时间。

飞机电源的容量取决于机载用电设备的用电量大小。如果电源还有起动航空发动机的功能,则还应满足起动的需求。飞机的用电设备决定于飞机的类型及其任务:大型飞机的用电设备比小型飞机多得多,而旅客机的用电设备与货运机相比又有很大的不同。即使是同一飞机,在不同飞行阶段所使用的用电设备也不同。

在中国民航适航标准CCAR-25第1351条“电气系统和设备 总则”中规定:

发电系统包括电源、主电源汇流条、传输电缆以及有关的控制、调节和保护装置。发电系统的设计必须符合下列规定：



拓展阅读

- (1) 电源在单独工作或并联运行时功能正常；
- (2) 任一电源的失效或故障均不得造成危险或损害其余的电源向重要负载供电的能力；
- (3) 在任何可能的运行条件下，所有重要负载设备端的系统电压和频率（如果适用）均能保持在该设备的设计限制范围之内；
- (4) 因切换、清除故障或其他原因而引起的系统瞬变不会使重要负载不工作且不会造成冒烟或着火的危险；
- (5) 备有在飞行中相应机组成员容易接近的措施，以将各电源与该系统单独断开或一起断开；
- (6) 备有措施向相应机组成员指示发电系统安全运行所必需的系统参量，如每台发电机的输出电压和电流。

1.1.3 用电设备

广义的飞机电气系统是飞机供电系统和飞机用电设备的总称。狭义的飞机电气系统是飞机供电系统、电气照明与灯光信号系统、电气防冰和加温系统、发动机起动和电点火系统、飞机电力传动系统的总和。

飞机用电设备的分类方法很多，最重要的是按照设备对保证飞行安全的重要性分为三类：飞行关键设备、任务关键设备和一般用电设备。

飞行关键设备，如仪表、飞行控制系统、仪表着陆系统和通信电台等，它们是确保飞机安全返航或就近降落（包括维持可操纵飞行）所必需的最低限度的用电设备。它们的供电一旦中断，将威胁飞机和机上人员的安全，为此，必须将其配置在重要负载汇流条上。正常供电期间，飞行关键设备由主电源供电，当主电源失效需要转入应急供电时，应能自动或人工地转为由应急电源供电。

任务关键设备是完成飞行任务所必需的设备，如民用飞机中的座舱增压和空调设备等。在飞机应急供电时，为确保重要负载得到供电，将视故障的严重程度，切除部分乃至全部任务关键设备。

一般用电设备，如座舱照明和厨房炊具等，它们正常工作与否并不危及飞行安全，故当主电源发生局部故障而提供的功率有限时，为确保对重要负载和主要负载的供电，根据故障的严重程度，将首先切除部分乃至全部一般用电设备。

根据机载设备重要性的不同，供电系统将采用不同的供电余度，如图 1.3 所示。普通负载由主发电机供电，重要负载可由主发电机和主蓄电池供电，而飞行关键负载则可由主发电机、应急发电机、主蓄电池、飞控蓄电池和主发电机及应急发电机的永磁机供电，构成了六余度供电。应急发电机可由发动机引气或液压马达二余度驱动。

在民航法规中对某些关键的系统或设备有明确的要求，例如，在适航法规 CCAR-25 第 25.1165 条“发动机点火系统”规定：“(h) 涡轮发动机飞机的每个发动机点火系统必须作为重要电气负载。”