



大飞机出版工程
总主编 顾诵芬

飞机电气和电子系统

——原理、维护和使用

Aircraft Electrical and Electronic Systems
Principles, Maintenance and Operation

【英】迈克·图利 戴维·怀亚特 著
张天光 张博宇 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

大飞机出版工程
总主编 顾诵芬

飞机电气和电子系统

——原理、维护和使用

Aircraft Electrical and Electronic Systems
Principles, Maintenance and Operation

【英】迈克·图利 戴维·怀亚特 著
张天光 张博宇 译



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要讨论飞机电气和电子系统的基本原理、使用和维护。内容涉及欧洲航空安全局适航认证第 66 部分的电气部分,包括电气技术基础、电子技术基础、数字技术基础、发电机与电动机、电池、供电系统、控制器与传感器、发动机系统、燃料管理、照明系统、机舱系统、告警与保护系统、地形感知告警系统、飞行数据与驾驶舱语音记录仪、持续适航等。本书通俗易懂,附有大量的图表和照片以及多个便于参考的附录。对于对飞机电气和电子系统感兴趣的读者来说,这是一本很有价值的教科书和参考书。

读者对象:飞机工程大学生;需要在商用航空和通用航空的飞机维护领域获得许可证的机械师、技术员和工程师;参加军用与民用飞机维护和相关航空工程培训的人员;以及飞行员、航空工程管理人员等。

(飞机电气和电子系统)

© M. Tooley and D. Wyatt.

This translation of *Aircraft Electrical and Electronic Systems* is published by arrangement with Elsevier Ltd.

上海市版权局著作权合同登记章图字:09-2011-124

图书在版编目(CIP)数据

飞机电气和电子系统:原理、维护和使用/(英)图利(Tooley, M.), (英)怀亚特(Wyatt, D.)著;张天光,张博宇译. —上海:上海交通大学出版社,2011

(大飞机出版工程)

ISBN 978-7-313-07795-0

I. ①飞… II. ①图…②怀…③张…④张… III. ①飞机—电气系统—研究②飞机—电子系统—研究 IV. ①V242②V243

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 204656 号

飞机电气和电子系统

——原理、维护和使用

[英]迈克·图利 戴维·怀亚特 著

张天光 张博宇 译

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

昆山市亭林印刷有限责任公司 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:29.75 字数:593 千字

2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-313-07795-0/V 定价:125.00 元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话:0512-57751097

大飞机出版工程

丛书编委会

总主编:

顾诵芬(中国航空工业集团公司科技委副主任、两院院士)

副总主编:

金壮龙(中国商用飞机有限责任公司副董事长、总经理)

马德秀(上海交通大学党委书记、教授)

编委:(按姓氏笔画排序)

王礼恒(中国航天科技集团公司科技委主任、院士)

王宗光(上海交通大学原党委书记、教授)

刘洪(上海交通大学航空航天学院教授)

许金泉(上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院工程力学系主任、教授)

杨育中(中国航空工业集团公司原副总经理、研究员)

吴光辉(中国商用飞机有限责任公司副总经理、总设计师、研究员)

汪海(上海交通大学航空航天学院副院长、研究员)

沈元康(国家民航总局原副局长、研究员)

陈刚(上海交通大学副校长、教授)

陈迎春(中国商用飞机有限责任公司常务副总设计师、研究员)

林忠钦(上海交通大学副校长、教授)

金兴明(上海市经济与信息化委副主任、研究员)

金德琨(中国航空工业集团公司科技委委员、研究员)

崔德刚(中国航空工业集团公司科技委委员、研究员)

敬忠良(上海交通大学航空航天学院常务副院长、教授)

傅山(上海交通大学航空航天学院研究员)

总 序

国务院在 2007 年 2 月底批准了大型飞机研制重大科技专项正式立项,得到全国上下各方面的关注。“大型飞机”工程项目作为创新型国家的标志工程重新燃起我们国家和人民共同承载着“航空报国梦”的巨大热情。对于所有从事航空事业的工作者,这是历史赋予的使命和挑战。

1903 年 12 月 17 日,美国莱特兄弟制作的世界第一架有动力、可操纵、重于空气的载人飞行器试飞成功,标志着人类飞行的梦想变成了现实。飞机作为 20 世纪最重大的科技成果之一,是人类科技创新能力与工业化生产形式相结合的产物,也是现代科学技术的集大成者。军事和民生对飞机的需求促进了飞机迅速而不间断的发展,应用和体现了当代科学技术的最新成果;而航空领域的持续探索 and 不断创新,为诸多学科的发展和相关技术的突破提供了强劲动力。航空工业已经成为知识密集、技术密集、高附加值、低消耗的产业。

从大型飞机工程项目开始论证到确定为《国家中长期科学和技术发展规划纲要》的十六个重大专项之一,直至立项通过,不仅使全国上下重视起我国自主航空事业,而且使我们的人民、政府理解了我国航空事业半个世纪发展的艰辛和成绩。大型飞机重大专项正式立项和启动使我们的民用航空进入新纪元。经过 50 多年的风雨历程,当今中国的航空工业已经步入了科学、理性的发展轨道。大型客机项目其产业链长、辐射面宽、对国家综合实力带动性强,在国民经济发展和科学技术进步中发挥着重要作用,我国的航空工业迎来了新的发展机遇。

大型飞机的研制承载着中国几代航空人的梦想,在 2016 年造出与波音 B737 和

空客 A320 改进型一样先进的“国产大飞机”已经成为每个航空人心中奋斗的目标。然而,大型飞机覆盖了机械、电子、材料、冶金、仪器仪表、化工等几乎所有工业门类,集成了数学、空气动力学、材料学、人机工程学、自动控制学等多种学科,是一个复杂的科技创新系统。为了迎接新形势下理论、技术和工程等方面的严峻挑战,迫切需要引入、借鉴国外的优秀出版物和数据资料,总结、巩固我们的经验和成果,编著一套以“大飞机”为主题的丛书,借以推动服务“大型飞机”作为推动服务整个航空科学的切入点,同时对于促进我国航空事业的发展和加快航空紧缺人才的培养,具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

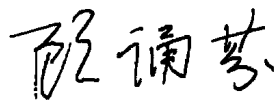
2008年5月,中国商用飞机有限公司成立之初,上海交通大学出版社就开始酝酿“大飞机出版工程”,这是一项非常适合“大飞机”研制工作时宜的事业。新中国第一位飞机设计宗师——徐舜寿同志在领导我们研制中国第一架喷气式歼击教练机——歼教1时,亲自撰写了《飞机性能捷算法》,及时编译了第一部《英汉航空工程名词字典》,翻译出版了《飞机构造学》、《飞机强度学》,从理论上保证了我们的飞机研制工作。我本人作为航空事业发展50年的见证人,欣然接受了上海交通大学出版社的邀请担任该丛书的主编,希望为我国的“大型飞机”研制发展出一份力。出版社同时也邀请了王礼恒院士、金德琨研究员、吴光辉总设计师、陈迎春副总设计师等航空领域专家撰写专著、精选书目,承担翻译、审校等工作,以确保这套“大飞机”丛书具有高品质和重大的社会价值,为我国的大飞机研制以及学科发展提供参考和智力支持。

编著这套丛书,一是总结整理50多年来航空科学技术的重要成果及宝贵经验;二是优化航空专业技术教材体系,为飞机设计技术人员培养提供一套系统、全面的教科书,满足人才培养对教材的迫切需求;三是为大飞机研制提供有力的技术保障;四是将许多专家、教授、学者广博的学识见解和丰富的实践经验总结继承下来,旨在从系统性、完整性和实用性角度出发,把丰富的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有我国特色的“大飞机”理论与实践相结合的知识体系。

“大飞机”丛书主要涵盖了总体气动、航空发动机、结构强度、航电、制造等专业方向,知识领域覆盖我国国产大飞机的关键技术。图书类别分为译著、专著、教材、

工具书等几个模块;其内容既包括领域内专家们最先进的理论方法和技术成果,也包括来自飞机设计第一线的理论和实践成果。如:2009年出版的荷兰原福克飞机公司总设计师撰写的 *Aerodynamic Design of Transport Aircraft* (《运输类飞机的空气动力设计》),由美国堪萨斯大学2008年出版的 *Aircraft Propulsion* (《飞机推进》)等国外最新科技的结晶;国内《民用飞机总体设计》等总体阐述之作和《涡量动力学》、《民用飞机气动设计》等专业细分的著作;也有《民机设计1000问》、《英汉航空双向词典》等工具类图书。

该套图书得到了国家出版基金资助,体现了国家对“大型飞机项目”以及“大飞机出版工程”这套丛书的高度重视。这套丛书承担着记载与弘扬科技成就、积累和传播科技知识的使命,凝结了国内外航空领域专业人士的智慧和成果,具有较强的系统性、完整性、实用性和技术前瞻性,既可作为实际工作指导用书,亦可作为相关专业人员的学习参考用书。期望这套丛书能够有益于航空领域里人才的培养,有益于航空工业的发展,有益于大飞机的成功研制。同时,希望能为大飞机工程吸引更多的读者来关心航空、支持航空和热爱航空,并投身于中国航空事业做出一点贡献。



2009年12月15日

序 言

《飞机电气和电子系统》是为飞机工程专业撰写的系列教材之一。本书讨论欧洲航空安全局(EASA)适航认证第 66 部分的第 11 单元和第 13 单元的电气部分。本书也可以作为商业和技术教育委员会(BTEC)国家学位和高等国家学位、伦敦城市教育行业协会资格证书、国家职业资格证书(NVQ)和基础文凭单元中航电和飞机电气单元的参考资料。

本书包含了从事商用飞机工程维护和通用航空业务的机械师、技师和工程师认证所需要的基础知识。此外,本书对参加飞机维护和相关航空工程培训的军人和其他人员应该有所帮助。本书对飞机工业内部那些需要了解电气和电子系统的人员(如飞行员、工程管理人员等)也会具有吸引力。

本书介绍了电气、电子和数字理论的基本知识,它们为本书后面讨论的各种系统的原理提供了支持。对那些已经了解基本知识的读者来说,后面的章节可以作为单独的主题来阅读。那些需要对相关基本知识做进一步了解的读者,可以参阅本丛书中的其他有关书籍:

- 《飞机工程原理》;
- 《飞机数字电子与计算机系统》;
- 《飞机通信与导航系统》。

本丛书适用于独立学习或在教师辅导下学习。这些书籍对自学者和那些希望更新或升级飞机维护证书的人员来说特别有用。本丛书还为参加欧洲航空安全局(EASA)适航认证第 147 部分和美国联邦航空条例(FAR)第 147 部分初始培训的人员以及在高级和高等教育机构参加后续学习的人员提供了有用的参考资料。

本书的书名——《飞机电气和电子系统》——是经过特别选择之后确定的，以便与其他航电系统(如通信、导航、飞行导引和仪表)相区分。“航电”(航空电子设备)这个术语在20世纪40年代后期首次使用，用以识别像雷达、无线电导航和通信这样的电气和电子设备，到60年代后期该术语才通用起来。20世纪70年代研制出了基于计算机的集成系统，如地面接近告警系统。这些系统使用了一些现有传感器来监测像气压测量高度、垂直速度和无线电测量高度这样的飞机参数。

电气和电子系统的不断发展和集成以及集成电路、微型处理器、数据通信和电子显示器的广泛应用，已经赋予“航电”这个术语新的意义。飞机工程师会遇到使用老式技术的营运飞机以及基于现代技术、刚投入运营的新型飞机。根据过去40年的发展趋势，飞机对航电系统的依赖将会越来越多。最终的结果将是“全电气”飞机——传统的机械传动、液压和气动系统将全部被电气和电子系统取代的概念。

本书只为工程专业的学生建立一个参考点，而不是要讨论所有飞机类型的所有系统类型。读者还需要注意的是，本书不会提供像飞机出版物(包括维护手册和布线图手册)那么详细的讨论。尽管本书给出了很多与具体飞机类型有关的例子，但这只是为了展示具体的讨论内容。

在整本书中，系统的原理和使用都总结为大量的“要点”。读者可以通过“小测验”来定期评估所掌握的知识。最后，系统的原理和使用通过大量的“维护要点”来与飞机维护工程的实际情况联系起来。每一章的最后都有一些选择题，读者可以利用附录中的复习考试卷做进一步的测验。下面对本书做一个简要介绍。

第1章通过电荷的运动和基本的电气参数(如电流、电压、电阻和功率)来解释电学原理。本章介绍了静电现象和电容器以及电磁现象和电感器。本章的重点是为飞机上的电气系统提供支持的重要概念和基本定律。本章详细介绍了交流电和变压器的工作原理，最后一节讨论了电气系统的安全性。如果读者以前没有学过电气原理，这一章将非常有用。本章的编写也用于弥补读者知识的不足，使读者很快熟悉相关知识。

第2章介绍了电子技术基础知识。本章解释各种常见半导体器件(包括二

极管、可控硅整流器、晶体管和集成电路)的原理、构造和基本应用。本章还详细介绍了整流器电路(半波和全波)和用作电流放大器的晶体管。

数字技术和集成电路的出现使航电系统的规模和应用发生了革命性的变化。第3章向读者介绍了数字技术。本章先介绍了逻辑门的功能和工作原理,然后进一步讨论组合和时序逻辑在飞机上的几种典型应用。本章介绍了用于表示数值数据的编码系统和逻辑系统,随后又介绍了飞机数据总线系统以及简单计算机系统的结构和主要构件。

发电机和电动机广泛应用于现代飞机。第4章阐述了发电机和电动机的工作原理以及飞机发电和配电的理论和实际应用。本章还比较详细地讨论了三相发动机系统及其连接方法。

如果读者拿不准是否需要学习第1章~第4章,请试做每章后面的选择题来评测一下自己对相关知识的掌握。

所有的电气和电子系统都需要电源。电池是大部分提供直流电的飞机上的主要电源。第5章讨论了飞机上使用的电池类型、典型应用及其安装和维护。飞机上使用的电池有多种,电池的种类通常由电池的构造材料来定义,包括铅酸电池和镍镉电池。本书也考虑把其他类型的电池用作飞机的主要电池,包括锂电池和镍-金属氢化物电池。

第6章讨论飞机上使用的其他电源及其典型应用。电力可以来自各种电源,这些电源分为一次电源和二次电源。电池和发电机为一次电源,变流器和变压整流装置(TRU)为二次电源。根据系统的需求,这种供电可以是直流或交流。发电机可以提供直流电或交流电,其输出需要进行调节。变流器用于把直流电(通常来自电池)变成交流电。变压整流装置把交流电变成直流电,它通常用于从交流发电机给电池充电。在有些场合,变压器(如第1章所述)用于把交流电变换为交流电,通常为把115V交流电变成26V交流电。除了机上设备,大部分飞机在地面服务或维护期间还有连接外部电源的设施。辅助电源设备(APU)通常用于通过配气系统起动飞机的主发动机。飞机在地面上时,辅助电源设备也可以提供电力。发电机出现故障时,连续供电可由冲压涡轮(RAT)提供。

飞机的安全与经济飞行越来越取决于电气和电子系统。这些系统都用导线和电缆相互连在一起,并呈现很多形式。第7章讨论了导线和电缆的物理构造,

以及把电力配送到飞机上各种负载之前如何保护它们不出现过载。电气导线和电缆必须看作飞机不可分割的一部分,需要仔细进行安装,紧接着是满足持续适航所不断进行的检查和维护。导线和电缆的安装不能认为是“安装后就不用管了”;没有正确安装或维护的导线会对系统的可靠性造成严重的影响。我们需要安全有效地配送各种电源,并控制其在飞机上的应用。导线和电缆一旦安装,必须受到保护,防止过载的发生;过载会导致过热,释放有毒气体,也可能引发火灾。有人建议在立法中引入新术语:电气导线互联系统(EWIS)。这将承认这样的事实:导线是安装在飞机上的很多部件之一。电气导线互联系统可以指任何导线、布线装置或它们的组合,包括终端装置;它们装在飞机上,用于在两个或多个端点之间传送电能。

飞机上的电力通过称为“汇流条”的公共点提供给各种负载。在第8章,将重点讨论汇流条结构形式,以及为保护和管理飞机上的各种电源所做的布置。电力配送系统基于一个或多个汇流条,汇流条提供了到达整个飞机上电路和器件的预先设定的路径。配电系统的特性和复杂性取决于飞机的大小和用途,包括从单发动机通用航空飞机到多发动机旅客运输机。

在电气系统中,bus(母线、汇流条)一词来自拉丁语 omnibus,意思是“用于所有的”。汇流条可由一个或多个前面讨论的电源(发电机、变流器、变压整流装置或电池)供电。保护装置(保险丝、断路器)与具体的系统串联;如果出现过载情况,它们就会使该系统断电。在单个电路保护装置之前,还需要有保护电源和汇流条馈电线。

飞机上很多系统需要用手动或自动方式进行控制和/或监控。第9章讨论飞机上使用的一般的控制器和传感器。开关提供了一种最简单形式的控制和监控。开关的操作可以通过手动、感测装置启动或遥控来完成。飞机的很多其他参数也需要测量,测量通过各种传感器来完成。传感器用于把期望的参数(如压力、温度、位移等)变成电信号。

飞机发动机带有很多需要供电的系统。第10章讨论了用于活塞发动机和燃气涡轮发动机的发动机起动、点火和指示系统。最主要的需求(就电流消耗而言)是起动系统。在通用航空飞机上,活塞发动机和燃气涡轮发动机都使用电气起动机。较大的运输机使用来自地面设备或另一台发动机空气交互供给的空气

起动系统(电控)。活塞发动机和燃气涡轮发动机上的电气起动系统有很大的差别。随着全电气飞机的发展,会有越来越多的飞机使用电气起动。发动机也需要为其点火系统提供电力。同样,活塞发动机和燃气涡轮发动机的需要有很大的不同。尽管起动系统和点火系统在本章作为分开的系统来讨论,但它们的工作需要协调一致,也就是说,它们是起动发动机并点燃空气/燃料混合物的工具。

发动机的电气和电子需求还包括运行和管理发动机所需的各种指示系统。这些指示系统包括(但不限于)下列参数的测量和指示:转速、推力、转矩、温度、燃料流量和油压。指示可以用单个指示器或电子显示屏来完成。

燃料管理对飞机的安全和经济飞行来说是必需的。燃料管理的规模取决于飞机的大小和类型。燃料通过各种方法输送给发动机。第11章将对多种飞机的燃料管理进行简要讨论。燃料管理系统包含油量指示、燃料配送、加油、放油和燃料抛放。首先,我们需要测量飞机上携带的油量。采用各种技术和方法测量燃料的容量,测量仪器从简单的观测计到电子传感器,这主要取决于飞机的类型和大小。在较大的飞机上,燃料由电动泵输送给发动机。在较小的飞机上,采用的是发动机驱动的油泵,并配有备用的电动泵。电磁阀或电动阀用于在异常情况下隔离对发动机的燃料供应。在较大的飞机上,燃料可以在油箱之间传送;还可以通过机组人员手动控制,也可以通过燃料控制计算机自动控制。

飞机上配备照明系统有几个原因,包括安全性、运行和维护需要以及方便旅客。第12章将讨论几种照明技术以及具体场合使用的设备类型。飞机照明的应用可以分成4个部分:飞行舱(驾驶舱)、客舱、外部和服务(货舱和设备舱)。飞机上使用的照明技术有很多种。照明灯由通/断开关、可变电阻器或自动控制电路控制。

为了旅客的安全、方便和娱乐,旅客运输和公务飞机配有各种客舱电子设备。这些设备主要应用于照明、音频和视频系统。第13章将讨论用于旅客安全、方便和娱乐的各种系统和设备。音频系统包括飞行人员或乘务人员使用的旅客广播系统,用于发出安全公告和其他飞行信息。这些公告通过手持话筒发出,旅客可以从客舱的喇叭和耳机中听到。同样的系统也可用于播放自动配音,这常常用于以外语发布的公告,或者上下飞机时用作背景音乐。公务机和客机装有各种厨房设备。这些设备的特性取决于飞机的大小和用途。为了旅客的舒

适,客机上装有空调。飞机为了在高空飞行,客舱里需要增压。机载登机梯可使旅客、机组人员和地勤人员不需要通过车载登机梯和候机楼就能上下飞机。所有这些系统都带有电气和电子接口以及控制功能。

第 14 章讨论了机体控制系统,如起落架控制和指示系统、控制面位置和指示系统。我们需要各种传感器来对机体系统进行监测和控制。粗略地说,传感器可以认为是用于探测两种状态(或条件)之一,或者一个可变的位置。两种状态包括起落架的收起或放下和舱门的打开或关闭。可变位置包括控制面和襟翼位置。两状态位置探测装置由微动开关和接近开关组成,可变位置探测装置由多种器件(包括同步机和可变电阻器)组成。

第 15 章讨论了飞机上配备的各种系统,这些系统用于保护飞机免遭各种危害,包括失速、结冰、下雨、起飞期间不安全的设置和侧滑。失速保护系统在飞机达到失速前向机组人员提供清晰、特定的告警。在结冰和/或下雨条件下飞行会给飞机的安全运作带来多种危险。结冰会影响飞机的气动力和配平状态。如果飞行员没有把某个控制器设定在正确的位置(即构成不安全设置)就试图起飞,设置告警系统(也称为起飞告警系统)就会告警。防侧滑系统(也称为防锁死制动系统:ABS)用于着陆期间防止主起落架轮子锁死(尤其是在湿的或结冰的跑道上)。

在飞机上着火是非常严重的危害,必须采取所有的预防措施来最大限度地减少着火的风险。如果着火确实发生了,飞机上必须有适用的消防手段。第 16 章重点讨论用于探测火焰和烟雾的设备和系统以及喷洒灭火剂的手段。消防理论的内容本身就是工程领域的一个分支。本章讨论基本的防火理论,以便向读者提供足够的信息,了解防火理论,并了解如何通过飞机电气系统进行实施。

在 20 世纪 70 年代,事故调查人员和管理机构进行了很多研究,以分析当时飞机事故最突出的原因之一:有控制地飞入地形(CFIT)。它可以定义为这样一种事故:一架正常的飞机在合格飞行员的控制下,意外地飞入地形、障碍物或水。第 17 章赋予这种保护系统一个通用名称:地形感知告警系统(TAWS)。CFIT 事故通常发生在视觉条件不好的情况下,同时经常受到其他因素的影响,如飞行人员精力不集中、设备故障或空中交通管制(ATC)通信不畅通。在发生 CFIT 事故时,飞行员通常对这种危险情况没有察觉,等飞行员有所察觉时,事故已无

法避免。地面接近告警系统(GPWS)于1967年研发出来,它能告诉飞行员他的飞机正面临CFIT事故的危險。以后又增加了一个前视地形回避(FLTA)功能,该系统进一步发展为增强型地面接近告警系统(EGPWS),前视地形回避功能通过全球卫星定位系统来实现。

经得起飞机坠毁的飞行数据记录仪(FDR)是与飞机工业有关的基本电气/电子系统之一。尽管它被喷成鲜亮的橘黄色,但新闻媒体常常称之为“黑匣子”。用于事故调查的飞行数据记录仪是商业旅客运输机上强制安装的设备。安装可承受飞机坠毁的飞行数据记录仪的努力可以追溯到20世纪40年代。现在飞行数据记录仪又补充了驾驶舱语音记录仪(CVR)。第18章将讨论用于调查事故和监控发展趋势的各种FDR/CVR技术。在故障或事故之后使用的记录仪是调查人员努力查找原因不可缺少的一部分。数据记录仪也用于指示飞机和发动机性能的变化趋势。在飞机的飞行试验和早期营运期间,人们建立了判定飞机完好、正常工作状况的各种算法。这些算法包括发动机参数,如发动机在给定速度和高度下的排气口温度、油压和轴振动。于是这些参数在飞机的整个寿命周期内都得到监控;对任何偏离标准值的情况都要进行分析,以便确定发动机是否需要检查、维护或拆卸。

使用电气和电子设备会干扰附近的电子设备。这种干扰称为电磁干扰(EMI)。第19章将讨论电磁干扰的某些影响。电气或电子设备都会发出辐射,但同时又都容易受到电磁干扰的影响。这是一对矛盾,因为很多电气工程原理都基于电磁波与导体的耦合或者导体与电磁波的耦合(发电机和电动机)。而且,有些系统专门设计用来发送和接收电磁能量,如无线电设备。在复杂的航电系统中,EMI会带来严重的问题(即使不是难以发现的问题)。一种设备能与其他设备一起工作而不会引起EMI的能力称为电磁兼容性(EMC)。

现代数字设备以很高的速度和相对较低的功率进行工作。除了EMI,设备还会受到来自环境(如无线电和雷达发射机、供电线路和闪电)的高强度辐射场(HIRF)的影响。这些辐射场产生的高能量会中断飞机上电子元件和系统的工作。(这种效应也称为高能辐射场——HERF。)这些电磁能量会感应出很大的电流,并与EMI的次级效应一起,对电子元件造成直接破坏。

电子技术的进步带来很多新型产品和功能,如更快的处理器、更高容量的存

储器和高效显示器。这些技术进步主要来自半导体面结物理尺寸的减小,这使得可以在给定尺寸的集成电路上放置更多的器件。与某些类型半导体器件有关的一个突出问题,是变小的面结容易受到静电电压的破坏。这个问题有可能会影响飞机上配备的很多电子设备。其中的影响从半导体面结弱化,到设备完全失效。这些效应发生时,人们很可能看不到任何损坏的迹象。静电敏感器件(ESSD)指的是那些容易受到杂散电荷破坏的电子器件,这里的杂散电荷主要来自操作者。这个问题在高容量存储器和电子显示器中特别常见。静电敏感器件的弱化和破坏可能是由于操作不当造成的,也可能是由于不合适的存储方法造成的。操作 ESSD 的实际问题将在本章讨论。

在飞机的整个工作寿命中需要有很多程序来确保飞机满足有关的适航要求,而且能够安全飞行。用于这类程序的通用术语称为“持续适航”。第 20 章讨论航电工程师需要的某些实用安装要求、文档和测试设备,以确保飞机电气与电子系统的持续适航。术语“维护”用于表示飞机或元器件大修、修理、检查、更换、改造或消除缺陷的任何组合,但不包括飞行前的检查。导线和电缆的安装一定要高度重视,它们不能被当做“安装后不用管”的东西。导线如果没有正确安装或维护就会严重影响系统的可靠性。维护后负责给飞机或元器件放行的人员是认证成员。对飞机和相关系统进行维护需要各种测试设备和技术文档;认证人员为了完成他们确保持续适航的职责,需要这些设备和文档。

本丛书的支持材料(包括互动问题、媒体文件等)可从 www.66web.co.uk 或 www.key2study.com 在线获取,点击“Aircraft Engineering”的链接就可阅读。

致 谢

下列人员为本书提供了思路、支持并做出了贡献，作者向他们深表谢意。我们感谢劳埃德·丁格尔(Lloyd Dingle)，他最早提出了“飞机工程丛书”的设想；感谢亚历克斯·霍林斯沃思(Alex Hollingsworth)，他授权编写本书。我们还要对爱思维尔科学技术图书出版社(Elsevier Science & Technology Books)的两位编务助理露西·波特(Lucy Potter)和霍莉·巴赛(Holly Bathie)表示感谢。

我们还要感谢下列公司，他们允许我们复制他们公司的有关信息：

- 先进技术系统国际有限公司(Advanced Technological Systems International Limited)：新一代飞机电池；
- 航空质量公司(Aero Quality)：电池维护详细说明；
- 飞行显示系统公司(Flight Display Systems)：空中娱乐系统；
- 铱星有限责任公司(Iridium Satellite LLC)：卫星通信系统；
- 利斯航电系统、直升机服务和怀科姆航空中心(Lees Avionics, Helicopter Services and Wycombe Air Centre)：在他们厂区拍的照片；
- 专业电子服务有限公司(Specialist Electronic Services Ltd)：飞行数据记录仪。

目 录

- 1 电气技术基础 1**
 - 1.1 电子理论 1
 - 1.2 静电学和电容器 3
 - 1.3 直流电 7
 - 1.4 电流、电压和电阻 8
 - 1.5 功率和能量 14
 - 1.6 电磁学和电感器 16
 - 1.7 交流电与变压器 22
 - 1.8 安全问题 38
 - 1.9 选择题 39

- 2 电子技术基础 41**
 - 2.1 半导体理论 41
 - 2.2 二极管 45
 - 2.3 晶体管 57
 - 2.4 集成电路 63
 - 2.5 选择题 65

- 3 数字技术基础 67**
 - 3.1 逻辑门 67
 - 3.2 组合逻辑系统 70
 - 3.3 单稳态器件 71
 - 3.4 双稳态器件 74
 - 3.5 解码器 77
 - 3.6 编码器 80