



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

民航运输类专业“十二五”规划教材

航空电气设备与维修

(第2版)

白冰如 谭卫娟 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

民航运输类专业“十二五”规划教材

航空电气设备与维修

(第2版)

白冰如 谭卫娟 主编



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

航空电气系统的组成、原理和维修是航空维修人员必须掌握的知识和技能。本书是针对高职航空机电设备维修专业编写的一本全面介绍航空电气基础理论、基本知识和维修技能的教材。

本书以航空电气设备为载体,用“模块+项目+任务”的形式来组织教学内容,突出了“项目引领,任务驱动,工学结合”的高职教育特色。全书共分五个模块,包括电气维护的基本知识、飞机电源系统的修理与维护、电动油泵的检修、灯光照明系统的维护、飞机电气系统电路分析。本书将电气设备原理与构造和维修方法、常遇故障的分析融为一体,使知识和技能“骨肉相连”,让学生在循序渐进的训练中,理解航空电气设备的基本原理,掌握航空电气设备的维修方法。

本书可作为高职高专院校飞机机电设备维修、飞机电子设备维修、机务维护专业相关课程的配套教材和教学参考书,并对从事航空电气设备维修一线工作的飞机维修工程技术人员和检验人员有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

航空电气设备与维修/白冰如,谭卫娟主编.—2版.—北京:
国防工业出版社,2015.5

“十二五”职业教育国家规划教材 民航运输类专业“十
二五”规划教材

ISBN 978-7-118-10146-1

I. ①航... II. ①白... ②谭... III. ①航空电气设备-维修-高等职业教育-教材 IV. ①V242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 249570 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17½ 字数 392 千字

2015 年 5 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 46.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

高等职业教育飞机机电设备维修专业 教材建设委员会

主任委员 蔡昌荣(广州民航职业技术学院副院长)

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

王俊山(海航集团总裁助理)

关云飞(长沙航空职业技术学院副院长)

李永刚(西安航空职业技术学院副院长)

杨 征(上海交通职业技术学院南校区主任)

杨涵涛(三亚航空旅游职业学院执行副院长)

张同怀(西安航空学院副院长)

陈玉华(成都航空职业技术学院副院长)

赵淑荣(中国民航大学职业技术学院院长)

贾东林(沈阳航空职业技术学院副院长)

唐庆如(中国民航飞行学院航空工程学院院长)

唐汝元(张家界航空工业职业技术学院院长)

雷建鸣(中国试飞院工学院院长)

委 员 (按姓氏笔画排序)

于 飞 付尧明 白冰如 刘建超 李长云

杨 杉 杨 勇 杨俊花 吴梁才 汪宏武

宋文学 张学君 陈 律 陈浩军 林列书

易磊隽 罗玉梅 罗庚合 夏 爽 郭紫贵

章 健 彭卫东

《航空电气设备与维修(第2版)》 编委会

主 编 谭卫娟 白冰如

副主编 夏 爽

参 编 (按姓氏笔画排序)

林 坤 杨 琼 任斌斌

前 言

航空电气系统是现代飞机的关键系统之一,有飞机的血管和神经之称。它一旦发生故障,轻则造成巨大的经济损失,重则造成机毁人亡的重大事故。航空电气系统包括飞机供电系统和飞机用电设备,由于种类繁多,本书不可能全部涉及,因此精选了若干具有代表性的航空电气设备,采用“模块+项目+任务”的结构模式,引导学生在做中学,教师在做中教。

本书为“十二五”职业教育国家规划教材,高等职业院校飞机机电设备维修专业核心课程“航空电气设备与维修”的教材,也是西安航空职业技术学院航空维修工程学院在国家示范院校建设中重点专业课程体系改革与建设的成果之一。

本书由西安航空职业技术学院白冰如、谭卫娟任主编,三亚航空旅游职业学院夏爽任副主编。具体分工是:绪论、模块1中项目1由西安航空职业技术学院白冰如编写;模块1中项目2、项目3和项目4,模块2、模块5由西安航空职业技术学院谭卫娟编写;模块3中项目1由西安航空职业技术学院林坤编写;模块3中项目2由西安航空职业技术学院杨琼编写;模块4中项目1和项目2由三亚航空旅游职业学院夏爽编写;模块4中项目3、项目4、项目5由三亚航空旅游职业学院任斌斌编写。全书由白冰如统稿。

由于编者水平有限,编写的时间较短,错误或值得商榷的地方在所难免,希望使用本书的教师、学生和其他相关人员不吝指正。

编 者

目 录

绪论	1
预备知识	7
0.1 概述	7
0.2 飞机电源系统的功用及组成	7
0.3 飞机输配电系统的功用及组成	10
0.4 飞机用电设备	15
模块1 电气维护的基本知识	17
项目1 常用的工具和量具及其使用	17
项目2 电路测量	42
项目3 导线的焊接、夹接,电缆的包扎和捆扎	64
项目4 飞机负极线及搭铁线的认识与操作	87
模块2 飞机电源系统的修理与维护	96
项目1 交流发电机的分解与维修	96
项目2 航空蓄电池的检查维护和拆装	138
项目3 反流断路器的分解和装配	152
项目4 静变流机的分解与维修	161
模块3 电动油泵的检修	170
项目1 离心式电动油泵的分解和维修	170
项目2 齿轮式电动油泵的分解与维修	183
模块4 灯光照明系统的维护	192
项目1 信号灯的拆卸和维护	192
项目2 着陆滑行灯的检修	196
项目3 荧光灯的检查与更换	205
项目4 座舱灯的检查	209
项目5 航行灯的检查与拆装	214
模块5 飞机电气系统电路分析	221
项目1 飞机操纵系统电气设备电路分析	221
项目2 飞机电源系统电路分析	244

附录 A 国外民航飞机常用计量单位	252
附录 B 中英文对照缩写表	254
参考文献	263

绪 论

为了使任课教师和学生明确本门课程的地位、教学目的和要求,以便更好地搞好该课程的教学工作,特作以下三点说明。

一、本课程是飞机机电设备维修专业示范建设中开设的专业核心课程之一

2007年8月,西安航空职业技术学院被教育部、财政部确定为国家示范院校建设立项单位,同时飞机机电设备维修专业也被确定为中央财政重点支持建设的项目之一。其中,飞机机电设备维修专业课程体系改革是项目建设的重点和难点,也是研究经费投入较大的几个子项目之一。项目组在负责人马康民教授的带领下,制定了详尽的、切实可行的调研计划和课程体系改革研究方案。项目组先后调研了西安飞机工业(集团)有限责任公司、中国人民解放军第5702工厂、中航工业第5716工厂、西安航空发动机(集团)有限公司、厦门太古发动机服务有限公司等航空企业的岗位设置和人才需求,分析了空军工程大学工程学院、成都航空职业技术学院、西安航空学院、长沙航空职业技术学院等兄弟院校相关专业的课程设置,经过广泛分析和研讨,运用现代高等职业教育理念和方法,结合本专业的特点和要求,提出了以培养学生真正维修能力为目标的课程体系重构指导思想。继而,运用系统分析的理论和方法,开展了大量的研究工作。确立了5门专业核心课程,即飞机维护、飞机修理技术、航空发动机修理技术、飞机及发动机附件修理技术和航空电气设备与维修;按照专业通用课程支持核心课程,专业基础课程支持专业通用课程,公共文化课程支持专业基础课程的思路,重构了飞机机电设备维修专业的课程体系。为了进一步完善新的课程体系,我们还对专业通用课程、专业基础课程、公共文化课程进行了补充、完善和整合,重新编写了与新课程体系配套的教材,并将研究成果贯彻在西安航空职业技术学院2009级飞机机电设备维修专业教学计划中。飞机机电设备维修专业教学计划见表1。

表1 飞机机电设备维修专业教学计划

课程层次	课 程 名 称		备 注
专业核心课程	1	飞机维护	新编5门专业核心课程的教材,即《飞机维护》《飞机修理技术》《航空发动机修理技术》《飞机及发动机附件修理技术》《航空电气设备与维修》
	2	飞机修理技术	
	3	航空发动机修理技术	
	4	飞机及发动机附件修理技术	
	5	航空电气设备与维修	
			



(续)

课程层次	课 程 名 称		备 注
专业通用课程	1	航空工程与技术概论	新编《航空材料及应用》和《航空工程与技术概论》教材； 整合工程热力学、航空发动机原理、航空发动机构造三门课程为航空发动机原理与构造一门课程，重编教材； 整合空气动力学、飞行原理和飞机构造三门课程，为飞机原理与构造一门课程，重编教材
	2	航空材料及应用	
	3	飞机原理与构造	
	4	航空发动机原理与构造	
	5	航空维护技术基础	
	6	无损检测及在航空维修中的应用	
	7	专业英语	
			
专业基础课	机械制图与航空识图、机械设计基础、液压与气动技术、机械制造技术、公差与技术测量、电工电子技术		机械制图增加航空识图内容变更为机械制图与航空识图
			
公共文化课	思想道德修养与法律基础、形势与政策、应用文写作、计算机应用基础、高等数学、体育、英语等		新增应用文写作，提高学生的公文写作能力

本项目研究制定的飞机机电设备维修专业新的课程体系具有鲜明的职业教育特色,荣获 2011 陕西省高等学校教学成果二等奖。

1. 5 门专业核心课程,在航空职业教育中属于首创

从表 1 可见,5 门专业核心课程,是根据飞机与发动机高等职业教育要求,落实本专业人才培养方案,满足飞机维护、修理,航空发动机修理,航空电气设备与维修及飞机和发动机附件修理中对应的 11 个工作岗位的需求开设的课程。这 5 门课程填补了航空职业教育的空白,在国内属于首创。

2. 7 门专业通用课程及其配套教材,对航空类职业院校相关专业具有很好的辐射作用

在新课程体系中,有 7 门专业通用课程,其中飞机原理与构造是原来空气动力学、飞行原理和飞机构造三门课程整合的结果;航空发动机原理与构造是原来工程热力学、航空发动机原理、航空发动机构造三门课程整合的结果;航空工程与技术概论是原来航空航天概论课程整合的结果。这都充分体现了“理论够用、重在应用、强调技能培养”的高等职业教育理念,加强了飞机和发动机修理中需要的内容,而大幅度删减了飞机和发动机设计方面的内容。因为本专业毕业生不搞飞机与发动机设计工作,从而充分体现了在构建课



程体系时,专业通用课程必须大力支持专业核心课程的宗旨。

上述三门课程的教材及我们编写的航空材料及应用,可供航空类职业院校相关专业使用,很好地发挥了重点示范专业的辐射作用。

3. 在按照系统理论和方法指定的新课程体系中,优化和重构的专业基础课程和文化基础课程,有力地支持了本专业的全面建设

新制定的6门专业基础课程,即机械制图与航空识图、机械设计基础、液压与气动技术、机械制造技术、公差与技术测量、电工电子技术,其中,机械制图与航空识图、液压与气动技术、机械制造技术、公差与技术测量是新增加的,它们都是支持专业通用课程必不可少的。

新制定的课程体系列出了9门文化基础课程。其中应用文写作是新增加的。由于在调研中,发现高等职业院校的毕业生普遍写作能力较差,调查对象主动要求开设应用文写作课程,以提高毕业生的公文写作能力。

综上所述,本课程体系使用系统的观点和方法认识该专业的所有课程,整合原有课程,创建新的课程体系,并对其进行最佳设计、管理与控制,使之处于最佳运行状态;同时,采用新的理论与方法分析和评价课程体系。这种用系统工程的理论与方法作指导,使本专业所有课程形成有一定联系、相互依赖、相互影响,推动教学工作运行的系统称为课程体系。它是职业教育由模仿本科教育和中技教育的初级阶段,向具有专门理论和实践特色并向其深度发展的产物。课程体系是人才培养方案的主轴,是制定教学计划,进行师资培养,教学设施建设,实训室建设的依据。因此,搞好课程体系建设是航空机电设备维修专业在示范建设中的首要任务。

二、航空电气设备与维修教材的主要内容

航空电气设备与维修课程,是在充分调研的基础上,仔细分析了航空电气设备维修相关工作岗位、生产一线从业人员的知识、能力和素质的需求,按照“项目引领、任务驱动”先进教育理念精心编写的。

教材内容是将航空电气设备与维修典型工作任务所要求的理论知识、实践技能和职业素养进行有机整合,序化后形成了五大模块和若干个项目,见表2。

表2 航空电气设备与维修课程整体教学设计

序号	模块名称	项目名称	任 务
1	电气维护的基本知识	项目1 常用的工具和量具及其使用	任务1 使用常用工具拆装一字螺钉 任务2 使用常用工具拆装六角螺帽 任务3 使用常用工具拆装固定销 任务4 使用常用工具拆装连接螺钉和连接螺帽 任务5 使用常用工具拆装锁紧丝 任务6 使用常用工具拆装电缆插销 任务7 使用常用工具拆装开口销
		项目2 电路测量	任务1 使用万用表测量直流电流、直流电压、交流电压和电阻等 任务2 使用兆欧表 任务3 测量电路断路部位 任务4 测量电路短路部位 任务5 测量电路错线的方法



(续)

序号	模块名称	项目名称	任 务
1	电气维护的基本知识	项目3 导线的焊接、夹接,电缆的包扎和捆扎	任务1 将导线焊在接线片上 任务2 导线的夹接 任务3 电缆的包扎 任务4 电缆的捆扎
		项目4 飞机负极线及搭铁线的认识与操作	任务1 负极线的拆下及安装 任务2 搭铁线的安装
2	飞机电源系统的修理与维护	项目1 交流发电机的分解与维修	任务1 了解该型交流发电机的功用、结构及主要技术参数 任务2 对交流发电机进行测试 任务3 交流发电机的分解 任务4 发电机的清洗 任务5 交流发电机的检查 任务6 发电机的修理 任务7 发电机的组装 任务8 发电机的存放
		项目2 航空蓄电池的检查维护和拆装	任务1 蓄电池在飞机上的检查 任务2 蓄电池在飞机上的安装
		项目3 反流断路器的分解和装配	任务1 反流断路器的分解 任务2 反流断路器的装配
		项目4 静变流机的分解与维修	任务1 静变流机的分解 任务2 静变流机的清洁 任务3 静变流机分解后的检查 任务4 静变流机零件的修理
3	电动油泵的检修	项目1 离心式电动油泵的分解和维修	任务1 对不同种类离心式电动油泵进行分解、检查与装配 任务2 离心式电动油泵安装完毕,通电检查各项性能符合规定后的工作
		项目2 齿轮式电动油泵的分解与维修	任务1 对电动油泵进行分解、检修和装配 任务2 电动油泵安装完毕,对其性能进行检查和调整
4	灯光照明系统的维护	项目1 信号灯的拆卸和维护	任务1 检查某型信号灯的灯泡 任务2 进行拆卸和维护
		项目2 着陆滑行灯的检修	任务1 修理前通电检查 任务2 总体分解 任务3 带电动机的减速器组件的分解 任务4 摩擦离合器组件的分解 任务5 带齿轮的某型电动机的分解 任务6 检修 任务7 装配 任务8 总装配



(续)

序号	模块名称	项目名称	任 务
4	灯光照明系统的维护	项目3 荧光灯的检查与更换	任务1 检查荧光灯的工作情况 任务2 更换荧光灯
		项目4 座舱灯的检查	任务1 检查座舱灯的照明情况 任务2 座舱灯的拆卸
		项目5 航行灯的检查与拆装	任务1 检查航行灯的工作情况 任务2 航行灯的拆装
5	飞机电气系统电路分析	项目1 飞机操纵系统电气设备电路分析	任务1 襟翼收放电路的分析 任务2 水平安定面配平警告电路分析 任务3 起落架收放操纵电路分析 任务4 调整片电动操纵电路分析
		项目2 飞机电源系统电路分析	任务1 直流启动发电机控制电路分析 任务2 晶体管电压调节器原理电路分析

航空电气设备与维修课程的考核方法和成绩评定,按照理论和任务完成的情况相结合的考核原则,理论考核占30%,任务完成情况占70%;任务完成情况的考核又分为过程考核和产品考核两部分,而过程考核占20%,产品考核占80%。

三、航空电气设备与维修课程的教学特点和要求

航空电气设备与维修是一门实践性很强的专业核心课程。本课程教学采用任务驱动、案例教学、录像教学、网络学习等相结合的手段,使学生熟悉航空电气设备维修的工作内容和工作程序,熟练掌握航空电气设备维修基本技能,了解航空电气设备维修相关的管理知识等。培养学生透过现象分析问题和解决问题的能力,养成发现故障、研究故障、探求排除故障的工作作风,培养学生善于观察、勤于思考、全面系统分析问题的能力,逐渐培养学生创新思维和航空电气设备维修的能力。

教材的结构形式是:学习指南(教学目标、教学重点、教学难点)—课前任务—情景创设—工作项目(任务内容、任务准备、任务讨论、任务执行、结果评价)—知识导航—材料阅读—学习体会—课后任务。

其中,学习指南中包括教学目标、教学重点和难点。教学目标中包括知识目标、能力目标和情感目标。学习指南既是对教师教学提出的要求,也可以作为学生自学和预习时的指导。

课前任务是需要每个学生以个体的形式或以小组的形式在课程开始之前完成的任务,在自学学时完成。课前任务的目的是提高学生的学习积极性,在学生未开始新的专业知识学习之前,根据以往的经验(学习经验或生活经验)完成,可达到旧知识与新知识的有效衔接,让学生从情感上更容易接受。课前任务还可以达到让学生自行复习旧知识的目的。因为模块化的教材打破了以往的学科体系非常严谨的、循序渐进的知识体系,所以模块中上一个项目的知识可能并不能支持下一个项目的知识,这就需要学生在课前就了解这次学习需要哪些基础知识,以便预习。

情景创设指教师在授课时需要创造一种情境,并配合多媒体教学来实现。例如,模块



4 中的灯光照明系统的维护,教师可选择由灯光照明系统故障导致的飞行事故或飞行事故征候的视频来讲解。首先,让学生知道灯光照明系统出了故障有哪些后果,然后引导学生来学习如何维护灯光照明系统。

在工作项目中,任务是明确地向学生提出来完成哪些任务;任务准备指完成这些任务需要进行哪些准备,包括知识上的、实验工具等。任务讨论指学生分组后进行讨论,并且最后确定一种方案实现任务。任务执行指教师按照学生讨论出的方案引导大家知道方案中哪些是可行的,哪些是不行的,而不是强制告诉学生禁止怎样、必须怎样,并最终规范正确的步骤。

结果评价是按照一定的评分标准对各个小组的表现进行打分。

知识导航指上述内容中出现的一些名词和相应的支撑知识部分。学生可自己查找。

材料阅读指有关本任务的其他内容,如从报刊上或期刊上转载的相关内容,主要用做拓展部分。

学习体会指学生学完本次任务后有哪些体会。

课后任务指完成本次学习后需完成的任务,用于学生复习。

由于飞机上的航空电气设备种类繁多,教材中不可能一一涉及。任务驱动型教材的目的是引导学生学会自主学习,达到“授之以鱼,不如授之以渔”、“举一反三”的目的。

此外,由于飞机的安全飞行是航空事业的大事,在本门课程的教学过程中,要不断加强对飞机维护与飞行安全重要性的认识,培养学生树立“安全第一,预防为主”的思想,教育学生养成诚信工作、一丝不苟的良好习惯和工作作风,这也是本课程每一个教学环节必不可少的教学内容。

由于本课程是实践性很强的课程,所以其考核方法要以实践为主,兼顾理论知识的考核,而没有必要全部采用闭卷考试的方式考核。因此,项目过程考核应成为本课程的主要考核手段之一。另外,撰写与航空电气设备维修的工作相关的论文或者研究报告,也是值得提倡的考核方法。建议授课老师在教学实践中不断试行,并注意总结有关经验,以便在今后的课程改革中不断完善这方面的工作。

综上所述,航空电气设备与维修是本专业核心专业课程之一,该课程的教材建设、教学实践、实习环节以及考核方法等诸多方面,都还有许多工作需要我們继续研究,只有在今后的教学过程中,师生共同努力,通过不断实践,不断总结和提高,才能使之逐步完善。

预 备 知 识

0.1 概 述

航空电气系统是飞机的重要飞行保障系统,对飞机飞行安全、任务完成和提高飞机总体性能起着重要作用。

航空电气系统由飞机的供电系统和各种用电设备组成。飞机的供电系统由电源系统和输配电系统组成,它包含从电源到用电设备输入端的全部环节。其中,电源到电源汇流条之间的部分是电源(发电)系统。电源汇流条到用电设备输入端的部分是输配电系统。飞机的用电设备是指飞机上所有使用电能的设备、装置和系统,包括飞机飞行操纵、发动机控制、航空电子、生命保障、照明与信号、防冰加温、旅客生活服务设备等。

0.2 飞机电源系统的功用及组成

现代飞机都需要使用电能,其主要用途包括:

- (1) 给电子设备供电,如无线电通信、导航设备、雷达设备等。
- (2) 电能转换为机械能,如电动油泵、电动机、电磁活门等。
- (3) 电能转换为光能,如各种照明灯、信号灯等。
- (4) 电能转换为热能,如电热防冰系统、民用飞机厨房用电设备等。
- (5) 电能转换为化学能,如在飞行中,给飞机蓄电池供电。

为保证在各种情况下需要工作的各种机载用电设备都能获得电能,飞机电源系统由主电源、辅助电源、二次电源、应急电源和外部(地面)电源供电插座等系统与设备组成。其中各部分的功能如下:

(1) 主电源是飞机上全部用电设备的能源,由航空发动机直接或间接驱动的发电机及其控制和保护装置构成。

(2) 二次电源是为了满足不同用电设备的需求,将主电源电能转换成另一种形式或规格的电能装置。例如在低压直流电源系统中,有旋转变流机、静止变流机、直流变换器等装置,它们将低压直流电变换成交流电或另一种(或多种)电压的直流电。在交流电源系统中,有变压器和变压整流器,它们将一种交流电变换成另一种电压的交流电或直流电。

(3) 辅助电源是在航空发动机不运转时,由辅助动力装置(Auxiliary Power Unit, APU)驱动的发电机或机载电瓶提供的电源,常用于在地面检查机上用电设备和起动飞机发动机,在空中也可以用来给部分机上用电设备供电。小型飞机上常用机载电瓶作为辅助电源,大型飞机上常用辅助动力装置作为辅助电源。



(4) 应急电源是一个独立的电源系统。飞行中当主电源失效时,由应急电源向飞机上的重要负载供电。飞机应急电源由蓄电池或应急发电机(如冲压空气涡轮(Ram Air Turbine, RAT)发电机、液压马达驱动发电机(Hydraulic Motor Generator, HMG))组成。冲压空气涡轮发电机不工作时,会收放于飞机机体或机翼内;工作时,则打开放出,靠迎面气流吹动涡轮,带动发电机或应急液压泵。应急电源容量均较小,仅能保证提供飞机紧急返回机场或紧急着陆时重要机载用电设备工作所需的电能。

(5) 此外,飞机上都备有外部(地面)供电电源插座,用以接通地面电源以及在地面由地面电源车或静变电源(逆变器)向飞机供电,以便于通电检查机上用电设备和起动发动机。外部电源和机上主电源不允许同时接入飞机电网。

飞机上采用的主电源类型随飞机类型及其性能要求、飞机的用途及用电设备的不同而有所不同。目前,国内外正在使用的飞机主电源是多种多样的,包括低压直流电源系统、恒速恒频交流电源系统、变速恒频交流电源系统、变速变频交流电源系统、高压直流电源系统等。

(1) 低压直流电源系统。低压直流电源系统是飞机上最早采用的电源,在第二次世界大战期间趋于成熟。其额定电压由6V、12V,逐步发展为28V的低压直流电源系统,一直沿用至今。28V低压直流电源系统主要由直流发电机、调压器、保护器、滤波器和蓄电池等组成。

主发电机额定容量有3kW、6kW、9kW、12kW、18kW和24kW等数种,相应的额定电流为100A、200A、300A、400A、600A和800A。辅助电源和应急电源为航空蓄电池。在大型飞机上由辅助动力装置传动的直流发电机作为辅助电源或备用电源。二次电源为旋转变流机或静止变流机,它将低压直流电转变为400Hz三相或单相交流电或其他形式的电能,供飞机上的其他设备使用。

航空发动机的转速随工作状态而改变,最高工作转速与最低工作转速之比一般小于2:1。为了使发电机输出电压不变,必须设置电压调节器,靠调节发电机的励磁电流使发电机输出电压不因转速和负载的变化而变化。早期飞机上发电机容量在1kW以下,常用振动式电压调节器。20世纪40年代,发电机容量增加到数千瓦,变为使用炭片式电压调节器。20世纪60年代出现晶体管式电压调节器。发电机与蓄电池并联工作时,为了防止蓄电池的电流在发电机不工作时流入发电机,还有专门的反流保护器。过电压保护器也在大容量飞机直流电源中应用。目前,飞机直流电源系统已应用具有微处理器的发电机控制器,它兼有控制、保护、自检、故障记忆与隔离报警等多种功能,既提高了电源供电质量,又改善了维修性和可靠性。

启动发电机是喷气式飞机诞生后发展起来的双功能电机。发动机工作前,它作为电动机工作,带动发动机转子旋转,达到一定转速后发动机喷油点火,使发动机进入能自持工作的状态。此后,发动机反过来传动电机,使其成为发电机向用电设备供电。一台电机两个用途,减轻了总重量,是航空直流电源的重要发展。

低压直流电源系统的主要优点是简单可靠,用蓄电池作为备用及应急电源很方便。但是随着飞机的发展,用电设备特别是交流用电设备的增多,低压直流电源的弱点也日益暴露。直流发电机的电刷和换向器限制了电机转速,从而限制了电机的最大容量,通常飞机直流发电机的最大容量为18kW。电源容量加大后,飞机直流电网的重量显著增加。



二次电源为旋转式变流机,它的效率低、重量大。

随着电力电子技术的发展,无刷直流发电机和静止变流机等设备的出现,为低压直流电源系统提供了新的发展条件。

低压直流电源系统是适合于中小型飞机使用的一种电源系统,目前大中型飞机上已经很少采用 28V 低压直流电源系统作为主电源系统。

(2) 恒速恒频交流电源系统。1946 年,美国发明恒速传动装置 (Constant Speed Drive, CSD), 开辟了航空恒速恒频 (Constant Speed Constant Frequency, CSCF) 交流电源的时代。目前飞机恒频交流电的额定频率为 400Hz、电压为 115V/200V。飞机交流发电机通过恒速传动装置由航空发动机传动。恒速传动装置将变化的航空发动机转速变为恒定的转速传动交流发电机,故发电机能输出 400 Hz 交流电。恒频交流发电机的额定容量有 15kVA、20kVA、30kVA、40kVA、60kVA、90kVA、120kVA 和 150kVA 等数种。大中型飞机的辅助电源为辅助动力装置传动的发电机。应急电源有冲压空气涡轮发电机、蓄电池、静止变流机或液压马达驱动发电机。二次电源为变压器和变压整流器。恒频交流电源的应用消除了低压直流电源的缺点。

几十年来,恒速恒频交流电源系统经历了四个发展阶段。20 世纪 50 年代为第一阶段,采用差动液压恒速传动装置、有刷交流发电机和电磁机械式调节保护器。20 世纪 60 年代为第二阶段,采用齿轮差动液压恒速传动装置、无刷交流发电机和电磁式控制保护器。20 世纪 70 年代进入第三阶段,发展了组合传动发电机 (Integrated Drive Generator, IDG), 其特点是:恒速传动装置与发电机一体化设计,减少了零部件,使结构紧凑;发电机采用喷油冷却,铁心采用高性能铁钴钕软磁材料,转速可升高到 12 000r/min 或 24 000r/min,这样,电源的功率质量比显著增大,过载能力增强,可靠性进一步提高。其以 IDG 为核心部件组成的恒速恒频交流电源系统框图如图 0-1 所示。20 世纪 80 年代进入第四阶段,交流电源的设计思想由以降低质量为主转变为以提高维修性和降低全周期费用为主,于是由微型计算机构成的控制器居主导地位,标准化、模块化、智能化成为重要的考虑因素。

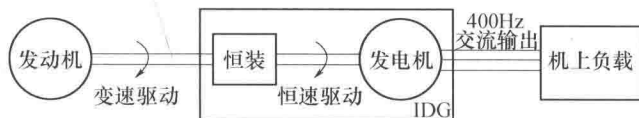


图 0-1 恒速恒频交流电源系统框图

恒速恒频交流电源系统的优点是:工作环境温度高,过载能力强。其主要缺点是:CSD 生产制造、使用维护困难;电能变换效率较低,主电源效率约为 70%;电能质量难以进一步提高;难以实现起动发电。

恒速恒频交流电源系统是目前应用最为广泛的一种飞机电源系统。

(3) 变速恒频交流电源系统。电力电子技术的发展为变速恒频 (Variable Speed Constant Frequency, VSCF) 电源奠定了基础。1972 年,美国 GE 电气公司研制的 20 kVA VSCF 电源首次装机 (A4 飞机) 使用。变速恒频交流电源系统框图如图 0-2 所示。40 多年来 VSCF 电源有了迅速的发展,成为新型飞机电源发展的方向。VSCF 电源的优点是:电能质量和电能转换效率高;旋转部件少;工作可靠;结构灵活性大;能实现无刷起动发电;生产使用维修方便。这种电源的缺点是:电力电子器件的应用,使其允许的工