

民用飞机电源

叶尚生 庞大海 编

广州民航职业技术学院

前 言

本书是按照学校开设的机电专业《高职班》教学计划和教学大纲进行编写的教材。全书共分3章，介绍了民用飞机电源的基本知识，并结合民航维修工作的实际需要，介绍了一些维修技能知识。

本书在编写中兼顾了高职和中专机电专业的要求，目的是使学生对民用飞机电源系统有一个总体的认识，介绍的内容侧重说明系统及其设备的共性原理和技能训练的基本知识，部分涉及到具体机型的内容可帮助学生加深对原理以及基本知识的理解，具有广泛应用的特点，便于学生在毕业生产实习中加以巩固，并在此基础上提高。同时，考虑到学生在毕业时考取电气专业“民用航空器维修人员基础执照”的需要，本书保留了航空电气专业基础执照教材电源系统的大部分内容，为学生取得“双证”作充分的准备。

本书第一、二章由叶尚生编写，庞大海编写第三章。

在本书开印之时，衷心感谢 GAMECO 质保副总监林朝宗航空电气高级工程师，他在百忙中认真负责地对全书初稿进行了严格细致的审阅，提出了许多宝贵的建设性意见，对本书的质量保证起到了关键的作用。

同时，本书的完成与学校各级领导的重视和有关同志的大力支持是分不开的，在此表示衷心的感谢！

由于时间仓促，学识水平有限，不当和错漏之处在所难免，欢迎批评指正。

编者

1998年3月

FU3P/18

目 录

第一章 概述	1
第一节 飞机电源系统的发展概况	1
第二节 电源系统主要设备在飞机上的分布	2
一、设备舱电气设备	2
二、飞机上的电源控制、配电和指示装置	4
第二章 飞机交流电源系统	8
第一节 概述	8
一、交流电源系统的主要优缺点	8
二、飞机交流电源系统的基本形式和主要参数	9
第二节 恒速传动装置	12
一、概述	13
二、差动游星齿轮系的工作原理	14
三、液压泵与液压马达的工作原理	17
四、正差动状态和负差动状态时的工作情况	21
五、转速调节系统	23
六、恒装输入脱开装置	25
七、典型飞机恒速传动装置工作举例	26
第三节 飞机交流发电机的结构形式和励磁方式	29
一、有刷交流发电机	29
二、无刷交流发电机	31
三、交流发电机的相复励电路	33
四、旋转整流器	35
第四节 交流发电机电压的自动调节	38
一、概述	38
二、电压检测比较电路	40
三、磁放大器式电压调节器	44
四、晶体管式电压调节器	49
第五节 飞机交流发电机的并联供电	57
一、概述	57
二、并联供电的条件	58
三、无功功率与有功功率调节的基本概念	61
四、无功电流的自动均衡	61
五、有功电流的自动均衡	66
六、投入并联的自动控制	68

第六节 飞机交流电源控制和保护	71
一、概述	71
二、单独供电的控制关系	73
三、并联供电的控制关系	74
四、主要控制的逻辑关系	76
五、短路故障与差动电流保护	78
六、励磁故障及保护	79
七、不稳定故障保护的概念	83
八、同步汇流条短路故障与逆序保护	83
第七节 二次电源及变压整流器	85
一、二次电源的概念和对航空变压整流器的要求	85
二、航空变压整流器的组成与线路工作原理	87
第八节 飞机外部电源系统	94
一、概述	94
二、外部交流电源的供电控制与保护	96
第三章 飞机直流电源系统	103
第一节 航空蓄电池	103
一、概述	103
二、航空酸性蓄电池	103
三、航空碱性蓄电池	115
四、镍镉蓄电池	118
第二节 直流电压调节器	120
一、炭片电压调节器	121
二、晶体管电压调节器	133
第三节 直流发电机的并联供电	138
一、发电机并联供电负载分配的均衡性	138
二、发电机并联供电的稳定性	146
第四节 直流电源的控制和保护	149
一、发电机的输出控制与反流保护	149
二、发电机励磁控制与过电压保护	155
三、直流供电系统的短路与短路保护	158
第五节 飞机直流电网	162
一、飞机电网	162
二、飞机直流电网的类型	169

第一章 概述

第一节 飞机电源系统的发展概况

飞机电源系统是现代飞机的一个主要系统,它的作用是产生和传输电能以提供机上各系统的各种用电设备(如飞行控制,飞行管理,雷达,通信导航,防冰加温,生活服务和照明等)用电。

现在,我们从飞机电源系统的几个主要分析方面:机上主电源的类型,发电机的类型与驱动,发电机输出电压的调节,系统的控制与保护等,回顾民用飞机电源系统的发展过程。

早期的中小型活塞式发动机飞机,如安-2、运-5、立-2、伊尔-12和C-46飞机等,其机载电源主要以直流为主的,28伏的低压直流电源由活塞式发动机经过减速器直接驱动直流发电机,通过电压调节器的调压作用而产生。直流电源容量只有几KW至十几KW,电压调节器从早期的振动式发展到炭片式。系统的控制方式多为借助于继电器和接触器所进行的人工控制。另外,应急电源由蓄电池提供,少量负载用的交流电源则由旋转变流机(直流→直流电动机→交流发电机→交流)提供。

随着航空事业的发展,涡轮螺旋桨发动机使飞机的升限和航程都增大,对电源容量的需求也大大增加。在增大直流电源容量的同时,也要求增大交流电源容量,因此,逐步发展和采用了交流电源系统,出现了涡轮螺旋桨飞机上交流电源与直流电源并存的情况,如我国民航使用的伊尔-18、安-12、安-24、运-7、肖特-360和SAAB-340等机型,既保留了28V低压直流电源系统,又配备有交流电源系统。在交流电源系统中,发动机通过减速器直接驱动有刷交流发电机,单台发电机独立向各自的汇流条供电;电压的调节一般采用交流磁炭式电压调节器(磁放大器 and 炭片调压器)。系统的控制方式仍多为继电器和接触器组成的人工控制。

科学技术的不断进步,现代大型运输机的动力装置从涡轮喷气发动机,涡轮风扇发动机发展到高涵道比的涡轮风扇发动机,既可以大大节省燃油,又可以使飞机电源系统发展更趋完善。涡轮喷气发动机、涡轮风扇发动机飞机的电源系统均以交流电作为主电源,直流电源从交流电网中经变压整流,稳压而获得。相对于主电源为交流电源来说,这种直流电源称作二次电源。在这些飞机上,交流电源系统采用了无刷交流发电机,每台交流发电机由相应的发动机通过恒速传动装置(CSD)来驱动,在波音757、767和777飞机上,恒速传动装置与交流发电机合为一体,成为所谓的整体传动发电机(IDG)。

交流电压的调节从波音707等少数飞机上采用的磁放大器调压发展到60年代以后的飞机上采用的晶体管调压,从而既降低了飞机设备的重量,又提高了系统的工作可靠性。控制电路在保留了某些继电器、接触器的基础上,增加了晶体管元件,集成电路和电子计算机,使系统自动化程度大大提高。数字、文字信息显示代替了过去的某些指示仪表,而且一些主要部件都具有自检测功能。

至于飞机电源总容量,波音707、三叉戟、图-154及波音737-200这些飞机,一

般均在 80 ~ 120KVA，而在波音 737-300 和以后的波音系列飞机上，单台发电机的容量就达到了 90KVA，波音 777 飞机单台主发电机容量最大更达到 120KVA，而且，波音 777 飞机在同一台发动机上还安装有由发动机附件齿轮箱直接驱动的后备交流发电机，其容量也有 20KVA，使飞机电源总容量大大的增加。在增加总容量的同时，还设置了辅助电源系统，由辅助动力装置（APU）驱动的交流发电机，其容量在不断地增加，从三叉-2E 飞机的 30KVA 增加到波音 777 飞机的最大 120KVA，保障了飞机各系统的可靠、安全工作；在波音 777 飞机上，应急系统还增设了 RAT（冲压空气涡轮）驱动的交流发电机，其容量为 7.5KVA，它与原有的电瓶、静变流机系统一同向飞机重要交、直流负载提供应急电源，大大提高了系统的工作可靠性。

综上所述，现代飞机电源系统一般由主电源、二次电源、应急电源和辅助电源组成。主电源系统是飞机上全部电器负载的能源；二次电源是用来变换主电源的电压、电流和频率的电源设备，如变压整流器、变流机等；应急电源作为一个独立的电源系统，当主电源失效时，由应急电源向机上重要用电设备供电；辅助电源系统只存在于大型飞机和某些中型飞机上，它的功用是在航空发动机不运转时，由辅助动力装置（APU）驱动发电机而发电，常用于地面检查，在空中也可用于给机上用电设备供电。此外，现代大多数运输机上都装备有地面交、直流电源插座，以供地面通电检查和发动机的起动。

第二节 电源系统主要设备在机上的分布

一、设备舱电气设备

飞机上电源系统主要电气设备在设备舱的分布及安装，不同机型是有差别的。

在三叉-2E 飞机上，电源系统主要的电气设备安装在前设备舱（如图 1-2-1），这些设备有：主发电机控制组件（GCU）、APU 发电机控制组件（APUGCU）、交流地面电源控制组件、变压整流器、电瓶、静变流机等。

在波音 757 飞机上，电源系统主要的电气设备安装在主设备中心和后设备中心。IDG 和 APU 发电机的控制组件（GCU），汇流条电源控制组件（BPCU），电源配电板和两台主变压整流器安装在主设备中心；主电瓶及其充电器，静变流机安装在主设备中心前区；APU 电瓶及其充电器，APU 变压整流器安装在后设备中心。（如图 1-2-2）

主发电机（IDG）、APU 发电机电源控制组件（电源控制盒）具有控制、调压和保护功用；交流地面电源控制组件或汇流条电源控制组件（BPCU）具有供电控制、过压保护和逆相序保护。变压整流器是把作为主电源的交流电转换为低压直流电的装置。机上电瓶可用于起动 APU（波音 757 飞机的 APU 起动电源由独立的 APU 电瓶提供），但机上主电瓶主要是作为应急电源，当主电源失效时，由主电瓶向机上重要用电设备供电。静变流机是应急电源的重要设备，当主电源失效时，由主电瓶通过静变流机提供单相交流电。

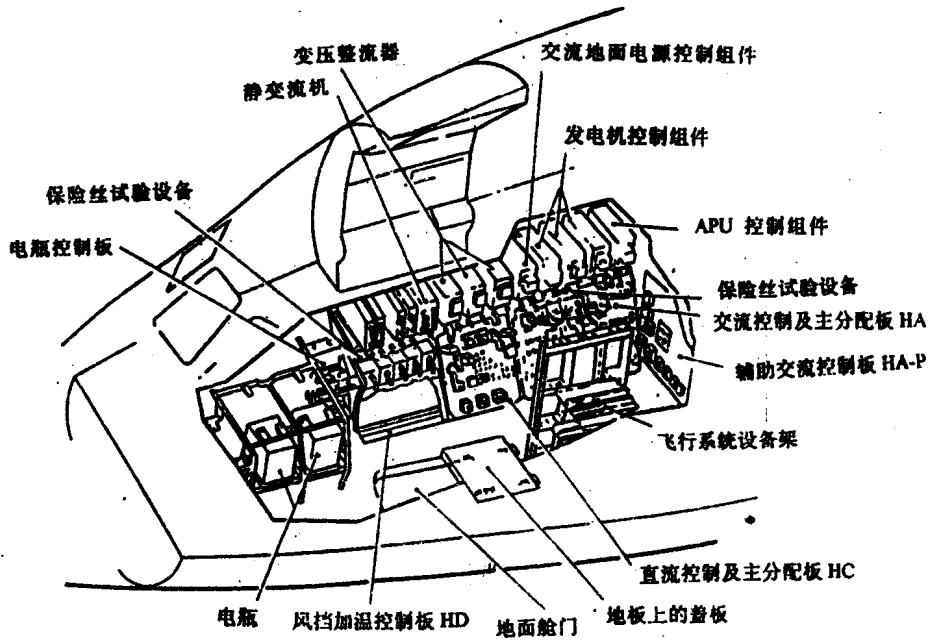


图 1-2-1 三叉-2E 飞机电源系统主要电气设备

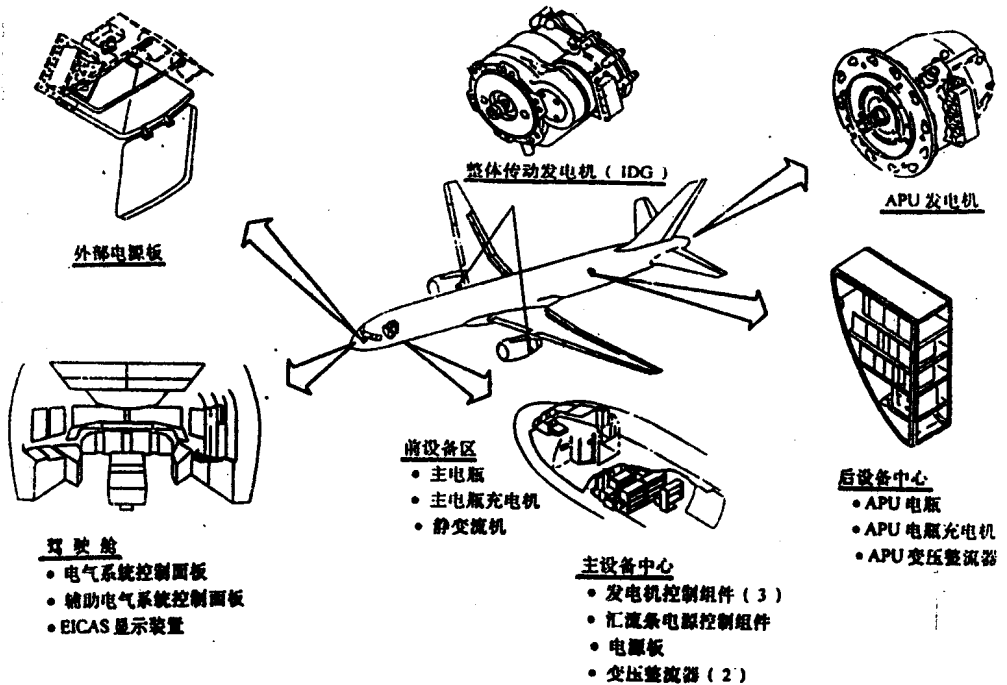


图 1-2-2 波音 757 飞机电源系统主要电气设备

二、飞机上的电源控制、配电和指示装置

(一) 三叉-2E 飞机

1. 电气控制面板 (BE/C)

在驾驶舱右侧的随机控制板 BE 上, 有一块分板 C, 这块面板称电气控制面板 (BE/C), 它是电源系统的主控面板。面板上装有电源系统的控制装置和指示装置 (如图 1-2-3), 包括各控制电门、安培表、伏特表、频率表, 磁指示器和汇流条失效警告灯。其特点是: 面板上的指示和操纵装置仿照系统的实际布局, 给人产生形象、直观的印象。

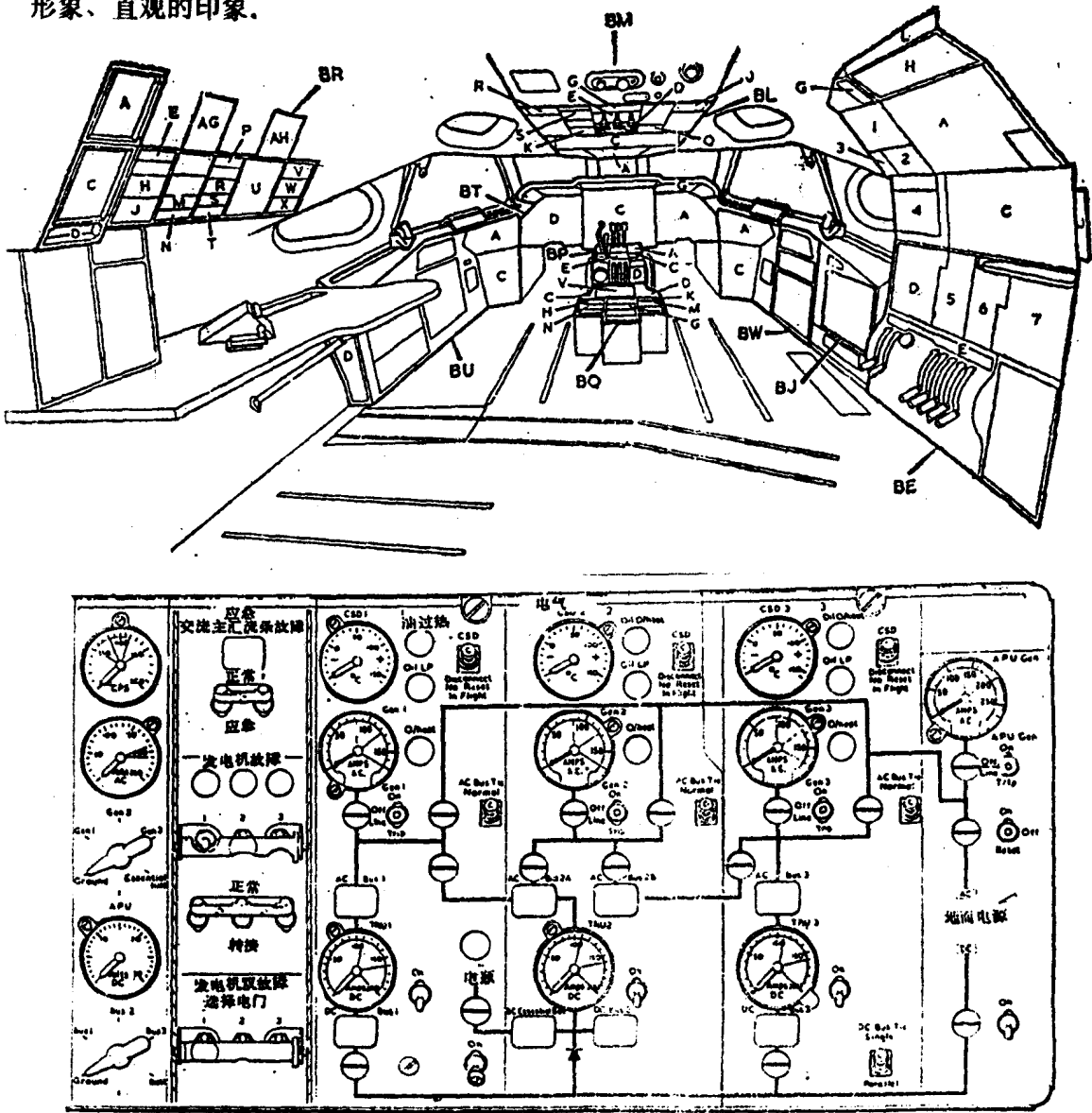


图 1-2-3 三叉-2E 飞机电气控制面板 (BE/C)

2. 配电板

在驾驶舱和随机控制面板（BE）垂直相接处，安装有由13块辅助面板组成的面板，称主配电板（BA）（如图1-2-4）。左侧6块辅助面板装配有交流电保险丝和跳开关；右侧7块辅助面板装配有直流电保险丝和跳开关。面板旁标有字母，为便于查找，保险丝和跳开关尽可能按系统分布，并标有色标。面板内垂直安装有铜棒形的汇流条。

在驾驶舱右壁下部，装配有飞行和灭火配电板，上面分布有飞行系统的跳开关。

此外，前设备舱中，还有主交流配电板，直流配电板，电瓶配电板。这些板上装有保险丝、跳开关和接触器。

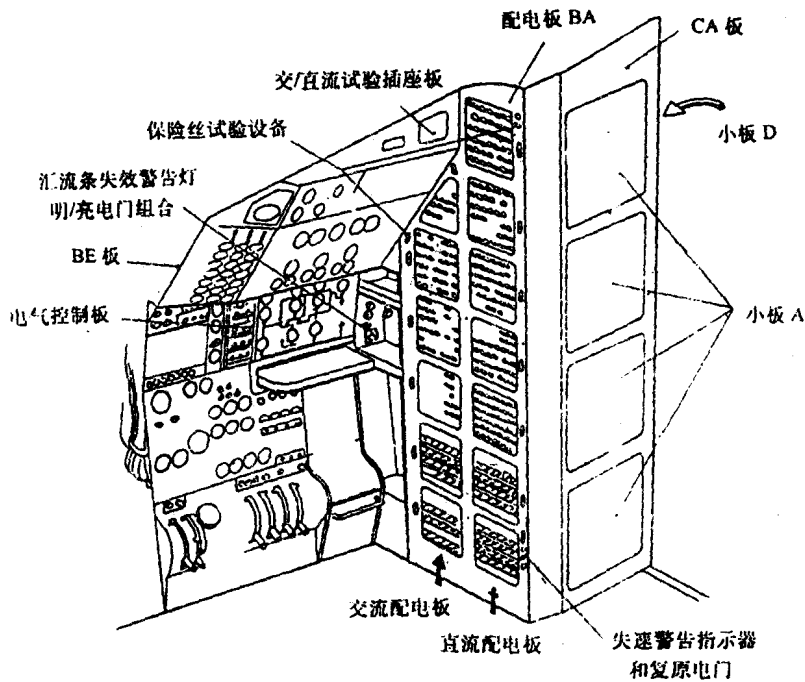


图1-2-4 三叉-2E飞机主配电板（BA）

（二）波音757飞机

1. 驾驶舱顶板上的电气系统控制面板（P₅）和随机上的辅助电气系统控制面板（P₆₁）

P₅是电源系统的主控面板，面板上装有电源系统的控制装置和警告、指示装置（如图1-2-5），包括各控制电门和信号指示灯。其特点是：面板上的指示和操纵装置仿照系统的组成和实际布局，给人产生形象、直观的印象；控制电门是按压式开关，控制电门和信号指示灯组合在一起，形成灯组合开关。

P₆₁是电源系统的辅助控制面板，主要安装有主发电机和APU发电机的励磁人工复位开关，三个开关也是按压式的灯组合开关。

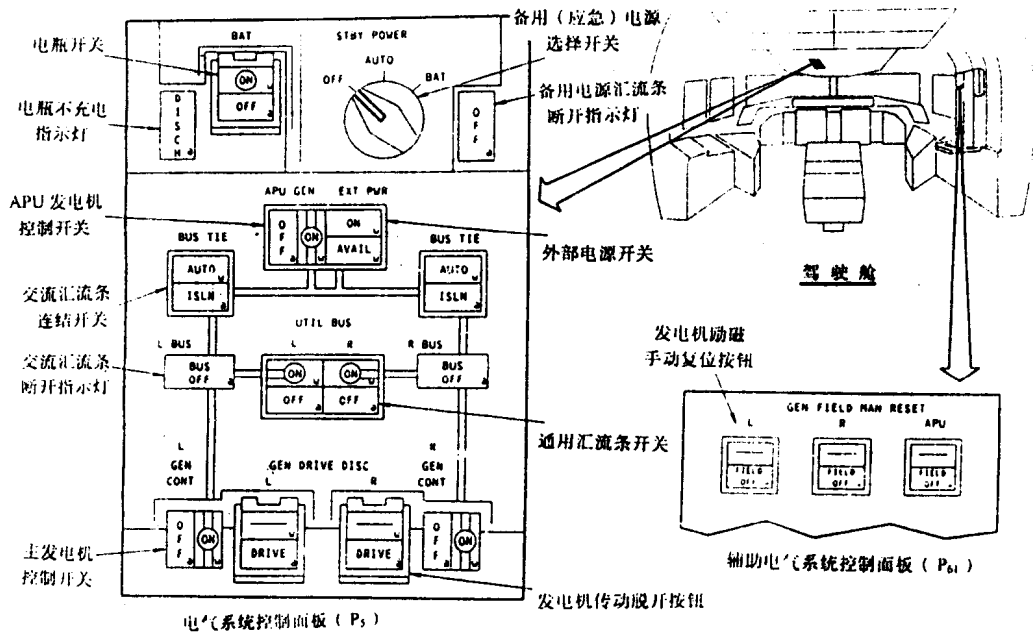
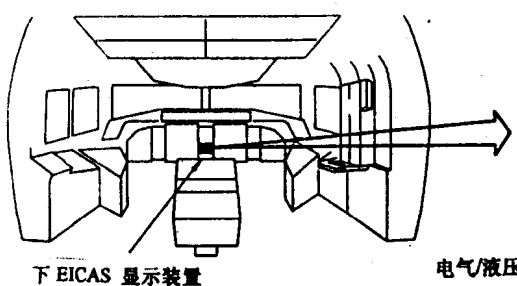


图 1-2-5 波音 757 飞机电源系统面板

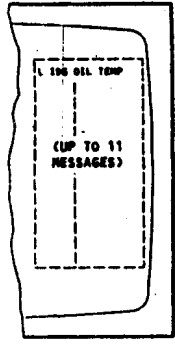
2. EICAS 指示装置

在 EICAS 电气/液压维护页中，显示为当前电源系统中供电的交、直流电源的功率、电压、频率、电流和负载状况等主要参数；还以数字、文字形式显示电源系统的故障、状态和维护信息。（如图 1-2-6）



电气/液压 页

	ELEC/HYD				
	STBY /BAT	L	R	APU /BAT	GEN PWR
LOAD	0.78	0.85	0.00	0.00	
AC-V	115	115	115	0	0
FREQ	400	402	398	0	0
DC-A	+10	77	75	0	
DC-V	28	28	27	28	
IDG OUT		105	110		
IDG RISE		8	9		
HYD PRESS	LOW	NORM	HIGH		
HYD QTY	0.76	1.29	0.25		
HYD PRESS	3230	3210	2140		
HYD TEMP	50	47	115		



MAINTENANCE MESSAGE	TIME DELAY	HYD	NOTES
T-R UNIT			
STBY INVERTER	0.7 SEC	X	
MAIN BAT. CMGR	10 SEC	X	INHIBITED BY R AC BUS OFF
CAPT INSTR XFER			
F/O INSTR XFER			
APU BAT. CMGR (OPT)	10 SEC	X	INHIBITED BY R AC BUS OFF
APU BAT. NO STBY (OPT)	1 SEC	X	
L OR R IDG FILTER (OPT)	5 SEC	X	
IDG OUT TEMP (OPT)	10 MIN	X	AUTO EVENT
L OR R IDG TEMP SENS			
L OR R IDG OIL TEMP	5 MIN	X	AUTO EVENT; INHIBITED BY L OR R IDG TEMP SENS
IDG RISE TEMP	5 MIN	X	AUTO EVENT; INHIBITED BY L OR R IDG TEMP SENS
HYD GEN ON (OPT)			
HYD GEN VAL (OPT)	5 SEC	IN AIR	

图 1-2-6 波音 757 飞机电源系统面板 EICAS 电气/液压维护页

3. 配电板

主电源配电板 (P_6), 左发电机电源配电板 (P_{31}), 右发电机电源配电板 (P_{32}), APU 发电机电源和外部电源配电板 (P_{34}) 。 (如图 1-2-7)

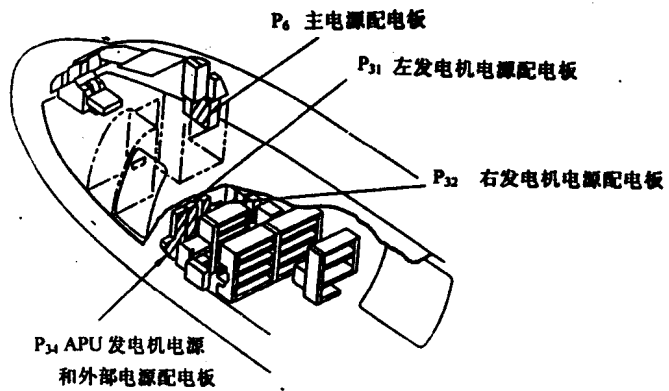


图 1-2-7 波音 757 飞机配电板

第二章 飞机交流电源系统

第一节 概述

一、交流电源系统的主要优缺点

(一) 交流电源作为主电源的原因

1. 电源容量的增加, 要求提高电压以减轻飞机重量

现代大型飞机的装机容量增长了近百倍, 如果仍用低压直流电源系统, 则使飞机发电系统和供电系统的重量增大很多。对发电系统的发电机来说, 受换向条件的限制, 有刷的直流发电机电压不能太高, 否则, 换向火花将增大; 为了解决换向火花的问题, 需要增加某些机件, 因而使电机重量增大。例如功率为 18KW 的直流发电机, 重量达 41.5Kg, 而喷油冷却的 60KVA, 115/200V 的交流发电机的重量却只有 17Kg 左右。

对于飞机供电系统, 减轻重量的最有效方法是适当提高电源电压。与地面供电系统一样, 若电流、电压一定时, 要减少传输线的功率损耗, 就要降低线电阻, 从 $R=\rho L/S$ 可知, 传输线的截面积必然增大, 从而使飞机的重量增加; 若提高了电源电压, 传输电流必然下降, 就可以选择较细的传输线来减少导线的重量 ($P=U^2/R$)。但电压的提高, 将使直流发电机换向火花增大, 使开关设备的熄弧变得更困难, 降低了直流电源系统工作的可靠性。而交流电源系统中普遍采用无刷交流发电机, 不存在换向问题, 即使是有刷交流发电机, 其电刷和滑环只通过交流发电机的励磁电流, 所以交流发电机的额定电压可以提高。

2. 飞机电源工作环境条件的变化, 迫使采用交流电源

(1) 随着飞行高度的增加, 直流电机炭刷和整流子的磨损变得越来越厉害。

涡轮螺旋桨飞机的飞行高度约为 6000m, 一般的喷气飞机则增加到约 10000m。随着飞行高度的增加, 空气稀薄, 水蒸气含量急剧减少, 在 10000m 高空, 水蒸气含量约为海平面的 1/360。水蒸气对直流电机的电刷和整流子具有润滑作用, 可以减少磨损, 氧化生成的薄膜也可以形成保护层。所以, 高空水蒸气含量的减少, 使直流发电机换向困难, 炭刷磨损变得很严重; 而无刷交流发电机不存在换向的问题, 即使是有刷的交流发电机, 流过电刷和滑环的励磁电流密度比直流发电机小得多, 所以交流发电机的炭刷磨损比直流发电机好得多。

(2) 发电机冷却条件的要求。

直流发电机整流子与炭刷的磨损和火花是发热的主要来源, 直流电机大约有 75% 的损耗发生在转子上, 因此直流发电机一般都采用冲压空气冷却。随着飞行速度的提高, 冲压空气温度也在提高, 使得采用冲压空气对发电机冷却变得不可能; 如果对发电机采用油冷, 需要把冷却油通到转子上, 因电刷和换向器不允许接触油液, 使得技术上解决密封等问题变得十分困难。而交流发电机的发热损耗主要发生在转子, 冷却问题比较容易解决。

3. 电压和功率变换的要求

现代飞机上的雷达、通信导航和飞行控制系统等用电设备需要多种不同电压的交流电源和直流电源，因此，就存在从主电源得到电流种类不同、电压大小不等的功率变换问题。

如果主电源为低压直流系统，要获得不等电压的直流，一般采用直流升压机；要获得不同电压和频率的交流电，则采用变流机，这些变换设备效率低（在 60% 以下），重量大，而且升压机和变流机都存在换向和炭刷磨损的问题，工作可靠性差。后来采用的静变流机，虽然解决了换向和炭刷磨损的问题，但要将大量的直流变为交流，其效率、电能质量和设备重量等问题还有待提高和改善。

当采用交流作为主电源系统时，使用变压器能方便地得到不同电压的交流，用变压整流器还可以得到所需要的直流。这些变换设备效率高（在 80% 以上），而且由于不存在换向和炭刷磨损的问题，提高了工作的可靠性。另外，现代飞机上使用交流电的用电设备约占 90%，所以，只需把 10% 的交流功率变换为直流电，使得变换能量的设备减少，功率损耗也减小。

（二）交流电源系统的主要优缺点

纵上所述，交流电源系统的主要优缺点概括如下：

1. 主要优点

（1）交流发电机没有换向器，特别是无刷交流发电机没有电刷和滑环，同时采用喷油冷却，工作可靠性大大提高。最新的喷油冷却整体传动发电机（组合电源装置），把恒速传动装置和交流发电机组合为一个整体，使发电系统更先进更完善。

（2）电源电压的提高，使交流发电机和电网设备重量大大减轻。

（3）交流电能易于变换，即易于变压和整流。

2. 主要缺点

（1）恒速传动装置结构复杂，造价高，维护困难。

（2）交流电源系统的控制和保护设备比较复杂，特别是并联运行时的控制更为复杂。

二、飞机交流电源系统的基本形式和主要参数

飞机交流电源系统包括发电、输电、配电及用电四个环节，通常把发电、输电称为供电系统，把输电、配电系统组成的网络称为电网。

（一）飞机交流电源系统发电的基本形式

飞机交流电源系统发电的形式取决于发动机到发电机的传动方式，可分为变频交流电源系统和恒频交流电源系统两大类。在交、直流并存的螺旋桨发动机飞机上，一般采用变速变频交流电源系统，而在现代大型涡扇发动机飞机上则广泛采用恒速恒频交流电源系统。最新的变速恒频交流电源系统只在少数的波音 737-300 型飞机上试用。

1. 变速变频交流电源系统

在变速变频交流电源系统中，交流发电机是由发动机通过减速器直接驱动的（如图 2-1-1_a），其输出交流电的频率是随发动机转速的变化而变化的。以这种发电机发电作为主电源即构成变速变频交流电源系统。

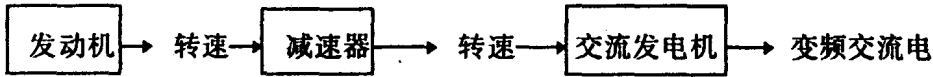


图 2-1-1_a

变速变频交流电源系统不需要恒速传动装置，因而系统结构简单，重量轻，可靠性高，维护方便，效率高。这种电源系统的主要缺点是发电机之间不能并联供电。

变速变频交流电源系统适用于装有涡轮螺旋桨发动机的飞机或直升机，因为涡轮螺旋桨发动机的转速变化范围很小，所以发电机输出电压的频率变化范围也很小。

2. 恒速恒频交流电源系统

在恒速恒频交流电源系统中，交流发电机是由发动机通过恒速传动装置（CSD）驱动的（如图 2-1-1_b），其转速是恒定的，它向汇流条输出恒频交流电。

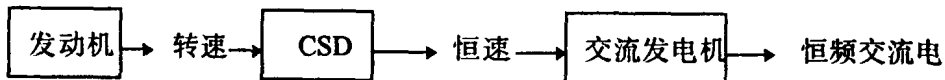


图 2-1-1_b

恒速恒频交流电源系统具有很多优点，主要是：

(1) 恒频交流电对飞机上的各类负载都适用，而且由于电源频率恒定，使用电设备和配电系统的重量比变频系统轻，配电也比较简单。

(2) 恒频交流发电机可单台运行，也可以并联运行，其电气性能好，供电质量高。

由于恒频交流电所具有以上的优点，及恒速传动装置在设计制造上取得了较大的进展，整体传动发电机（IDG）的出现，使得恒速恒频交流电源系统在现代飞机上得到了广泛的应用。恒速恒频交流电源系统适用于涡喷、涡扇发动机飞机，因为涡喷、涡扇发动机最低转速与最高转速之比高达 1:3，如果不采用恒速传动装置来稳定转速，发电机输出的交流电压是不能满足要求的。

3. 变速恒频交流电源系统

恒速恒频交流电源系统中的恒速传动装置虽然经过不断的努力，得到了不少改进，但仍然是结构复杂，成本高，可靠性低，维护比较困难。因此，随着电子电气技术的高度发展，不采用恒速传动装置的变速恒频系统已由试验研究阶段进入了装机正式投入航线的试用阶段。现在采用的变速恒频系统是交-直-交系统，即由发动机带动交流发电机产生变频交流电，经过整流为直流，再逆变为所需频率和电压的交流电，作为飞机的主电源。

(二) 飞机交流电源系统的供电方式

对于多台恒频交流发电机供电的交流电源系统的供电方式,一般可分为单独供电和并联供电两类。

1. 并联供电

将多台频率相同的交流发电机并联起来,同时向机上所有汇流条供电,称为并联供电。其优点是发电机的利用率高,系统可靠性好;但是,并联系统的控制和保护设备复杂。

2. 单独供电

在正常状态下,每台发电机单独向各自的汇流条供电,只在故障时才实行转换,这种供电方式称为单独供电。其优点是控制和保护设备比较简单;但是,它在一台发电机故障需要转换为另一台发电机供电时,汇流条会瞬间中断电源。

(三) 交流电网供电馈线的连接方式

电网供电馈线是指把电能从发电机输送到汇流条的供电线路。根据发电机和供电馈线连接方式不同,可构成单相交流电源系统和三相交流电源系统。单相交流电源系统比较简单,它以一根馈线将电源连接到汇流条,另一根则利用飞机壳体形成回路。三相交流电源系统主要有以下几种连接形式。

1. 中线接机体的三相三线制

中线接机体的三相三线制交流供电系统如图 2-1-2。它实际上相当于三相四线制,只是利用机体作中线而省去一根导线。这种供电系统重量比较轻,单相负载的通、断及保护装置也比较简单,对飞机壳体的最大电压只是相电压,所以对机上人员比较安全。这种形式是现代飞机上普遍采用的供电形式。

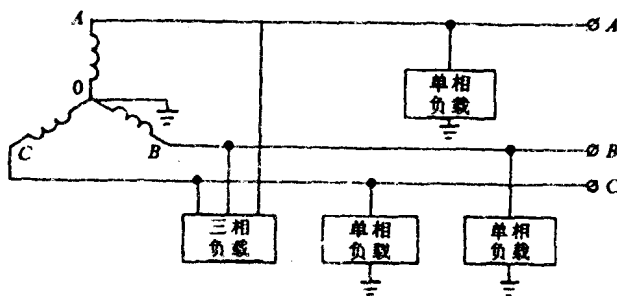


图 2-1-2 以机体为中线的三相三线制供电系统示意图

2. 没有中线, 中点不接地的三相三线制

中点不接地的三相三线制交流供电系统如图 2-1-3。在这种系统中,单相负载的电压只有单一的线电压,没有相电压,这是该系统的缺点。

3. 以单相为主而兼有三相的供电系统

这是一种特例,应用于安-24 飞机交流电源系统中,系统供电线路如图 2-1-4 所示。

交流电源由一台三角形连接的三相交流同步发电机产生,主用其中的 C_2-C_3 相提

供单相交流电源，其电压调节就是以这一相为基准的，所以它是一个单相交流电源系统。但是，它除接有 C_2 相的设备汇流条以外，还输出 C_1 相到自动驾驶仪汇流条，因而允许 C_1 - C_2 相接入 700VA 负载。该系统的缺点是：按单相进行电压调节时，其他两相因为负载很小，其电压一定偏高。

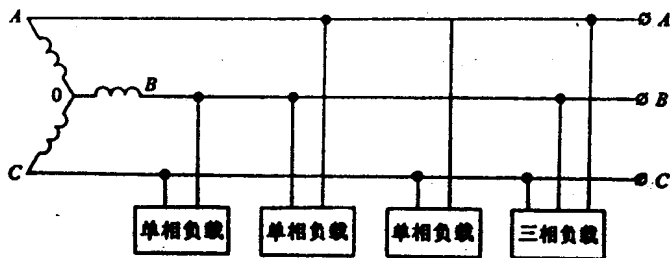


图 2-1-3 中点不接地的三相三线制

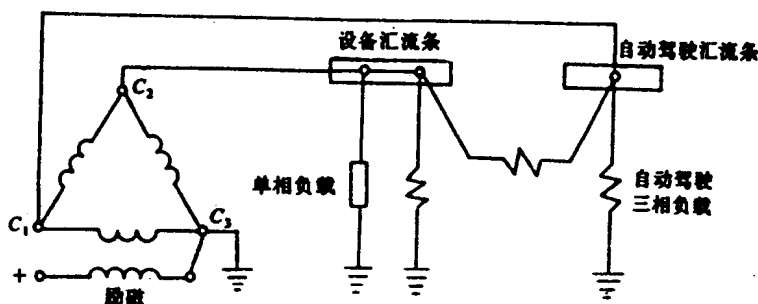


图 2-1-4 以单相为主而兼有三相的供电系统

(四) 交流电源系统的主要参数

交流电源系统的主要参数是电压、频率和相数。根据交流发电系统、供电系统以及用电设备的重量、尺寸和性能等各方面考虑，目前飞机主电源广泛采用的是：115/200V，400Hz，三相交流电源系统。

第二节 恒速传动装置

在现代的大型喷气运输机上，广泛采用恒速恒频交流电源系统，系统由恒速传动装置（简称恒装）把变化的发动机转速变为恒定的转速来驱动交流发电机，从而产生恒定频率的交流电源。

恒速传动装置的形式很多，有液压式、机械式、液压机械式、电磁式、电磁机械式等多种。目前，在波音系列和其他飞机上，普遍采用的是液压机械式的恒速传动装置，最新技术诞生出来的恒装与喷油冷却发电机组为一体的整体传动发电机，其保持发电机恒速的原理也与轴向齿轮差动液压机械式恒装相同，只不过其结构更

紧凑，重量功率比更小而已。因此，本节以轴向齿轮差动液压机械式恒装为基础简要介绍恒装的工作原理。

一、概述

(一) 恒速传动装置的安装位置

恒速传动装置在涡轮风扇发动机上的安装位置如图 2-2-1。发动机的 N_2 转速经过塔轴、附件齿轮箱、恒速传动装置，然后带动交流发电机转动。

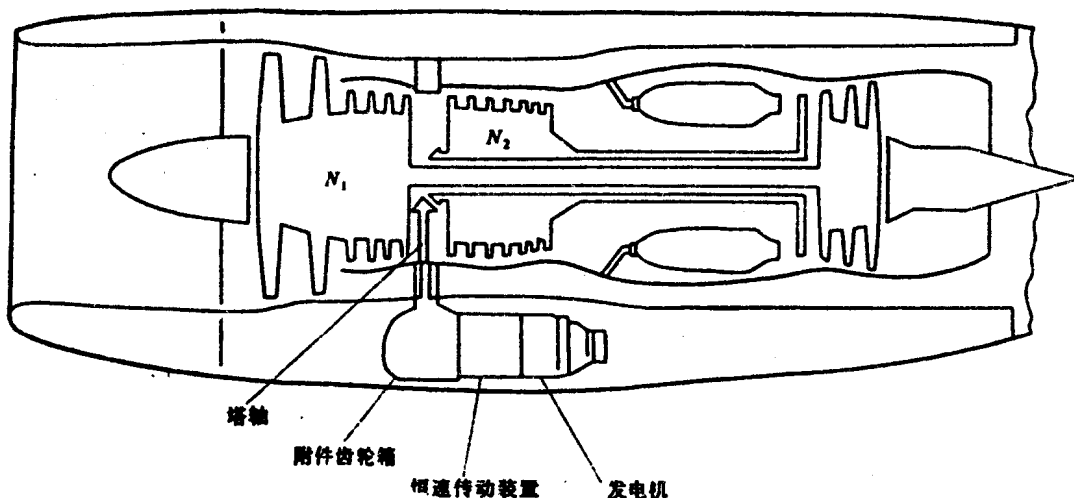


图 2-2-1 恒速传动装置在发动机上的安装位置

(二) 轴向齿轮差动液压机械式恒速传动装置的基本组成

液压机械式恒速传动装置的主要基本组成如图 2-2-2。包括传动系统、滑油系统、调速系统和保护系统。

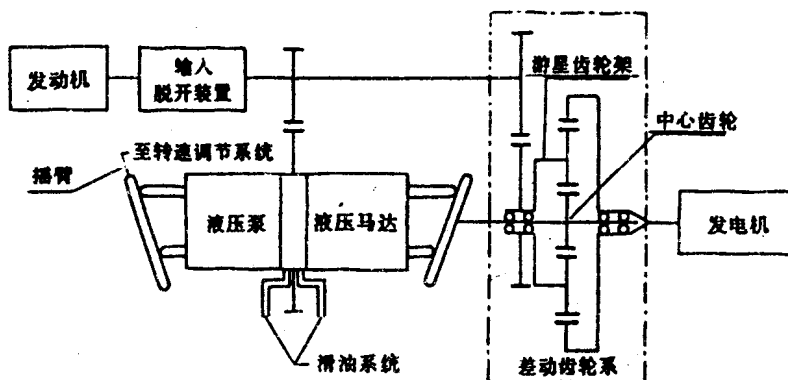


图 2-2-2 液压机械式恒速传动装置组成关系图