

铁路职业教育铁道部规划教材

客车电气装置

KECHEDIANQIZHUANGZHI

TIELU ZHIYE JIAOYU TIEDAOBU GUIHUA JIAOCAI

杨志强 / 主编 麻冰玲 / 副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



铁路职业教育铁道部规划教材

客车电气装置

杨志强 主编

麻冰玲 副主编

叶庆文 主审

客车电气装置

主编：杨志强 副主编：麻冰玲 主审：叶庆文

北京：中国铁道出版社 2008年4月第1版

北京：中国铁道出版社 2008年4月第1版

北京：中国铁道出版社 2008年4月第1版

北京：中国铁道出版社 2008年4月第1版

中国铁道出版社

2008年·北京

内 容 简 介

本书为铁路职业教育铁道部规划教材。本书对目前我国主型铁路客车电气装置的结构、原理、故障与检修等方面的内容进行了详细的介绍,主要内容包括:22 型客车电气系统、25G 型与 25K 型客车电气系统、BSP 客车电气系统、国产 25T 型客车电气系统、电开水炉、集中式轴温报警装置、客车行车安全监测诊断系统、TFX1 型电子防滑器、塞拉门、柴油发电机组及配供电系统等。

本书可作为客车车辆检修专业用教材,也可作为职业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

客车电气装置/杨志强主编. —北京:中国铁道出版社,2008.4

铁路职业教育铁道部规划教材

ISBN 978-7-113-08671-8

I. 客… II. 杨… III. 铁路车辆:客车—电气设备—职业教育—教材 IV. U271.038

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 020952 号

书 名:客车电气装置

作 者:杨志强 主编 麻冰玲 副主编

责任编辑:程东海 电话:010-51873135

封面设计:陈东山

责任校对:孙 玫

责任印制:金洪泽

出版发行:中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码:100054)

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

版 次:2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:12.75 插页:6 字数:317 千

书 号:ISBN 978-7-113-08671-8/U·2197

定 价:28.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

前 言

本书为铁路职业教育铁道部规划教材,是根据铁路教育“客车车辆检修”专业教学计划“客车电气装置”课程教学大纲编写的,也兼顾成人教育和在职人员的使用,尽量做到内容精练,文字通俗易懂,深入浅出。

本书编者及主审均为来自教学第一线从事铁道车辆专业职业教育的教师。在编写过程中紧扣职业教育的培养目标,结合职业教育的特点和要求,在课程体系安排上,在教材内容的选取上力争做到教材的总体结构和课程目标之间的一致性,正确处理好教材的知识传授和能力培养这两者之间的关系。

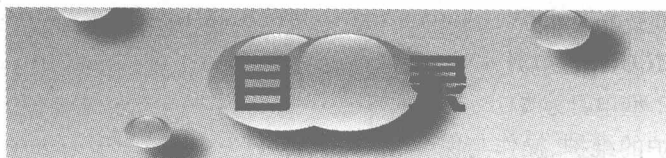
教材内容的陈旧一直是教材编写的突出问题和难点。本教材的编写在这方面做了较大的努力,将目前用量越来越少的 22 型客车的电气装置精简为一章,将 BSP 客车电气系统、国产 25T 型客车电气系统和客车行车安全监测诊断系统等新内容纳入了教材。

本书由浙江师范大学职业技术学院杨志强(绪论、第二章、第六章、第七章)、翁孟超(第十章),沈阳铁路机械学校麻冰玲(第四章)、张鹏(第五章),湖南铁路科技职业技术学院罗华阳(第一章),郑州铁路职业技术学院马松花(第三章、第八章、第九章)编写,杨志强主编、麻冰玲副主编;昆明铁路机械学校叶庆文主审。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,希望使用本书的读者批评指正。

编 者

2008 年 1 月



绪 论	1
复习思考题	3
第一章 22 型客车电气系统	4
第一节 TG 型铅蓄电池	4
第二节 GN 型碱性蓄电池	6
第三节 客车感应子发电机	8
第四节 KP-2A 型控制箱	13
复习思考题	19
第二章 25G、25K 型客车电气系统	20
第一节 电源控制柜与照明控制柜	20
第二节 统型应急电源概况与整流器	24
第三节 统型应急电源充电机	26
第四节 统型应急电源应急控制系统	29
第五节 统型应急电源的故障与维修	31
第六节 车体配线	34
复习思考题	38
第三章 BSP 客车电气系统	40
第一节 概 述	40
第二节 BSP 客车供电系统	42
第三节 BSP 客车照明与视听系统	48
第四节 BSP 客车蓄电池充电机	49
复习思考题	53
第四章 国产 25T 型客车电气系统	54
第一节 综合控制柜概况	55
第二节 综合控制柜的工作原理	59
第三节 综合控制柜的使用、维护与检修	62
第四节 25T-2×35 kV·A+12 kV·A 逆变器的组成、参数与原理	65
第五节 25T-2×35 kV·A+12 kV·A 逆变器的使用与故障	71
第六节 25T-8 kW+3.5 kV·A 充电器概况与基本原理	76
第七节 TCP4-008/600(L)型 DC 110 V 充电机	81
第八节 TKB2-0035D/DC 110(L)单相逆变器	86
第九节 系统操作与故障处理	90

复习思考题	95
第五章 电开水炉	96
第一节 KSQ - VI型电开水炉	96
第二节 DR50 - 16CT2 型电开水炉	100
第三节 TCL - 12 型电开水炉	103
第四节 电开水炉的维护、操作与保养	107
复习思考题	108
第六章 KZS/M - I 型集中式轴温报警装置	109
第一节 概 况	109
第二节 KZS/M - I 型集中式轴温报警装置的工作原理	111
第三节 KZS/M - I 型集中式轴温报警装置的操作与使用	115
第四节 KZS/M - I 型集中式轴温报警装置的故障与处理	119
复习思考题	121
第七章 KAX - 1 型客车行车安全监测诊断系统	122
第一节 系统特点与组成	122
第二节 车厢级网络系统与主机	124
第三节 列车级通信网络与主机	129
第四节 列车级主机的显示界面与操作流程	132
第五节 常见故障与处理	136
复习思考题	138
第八章 TFX1 型电子防滑器	139
第一节 TFX1 型电子防滑器的结构与作用原理	139
第二节 TFX1 型电子防滑器的功能与操作使用	142
第三节 TFX1 型电子防滑器的常见故障与处理	145
复习思考题	147
第九章 塞拉门	148
第一节 塞拉门的机械结构	148
第二节 塞拉门控制原理	150
第三节 塞拉门门控器	153
复习思考题	155
第十章 柴油发电机组及配供电系统	156
第一节 康明斯发电车柴油机的原理与结构	156
第二节 康明斯柴油机的保养	164
第三节 柴油机的调速控制与起动	166
第四节 三相同步发电机	172
第五节 发电车电气控制	177
第六节 发电车的常见故障	193
复习思考题	197
参考文献	198

绪 论

一、本课程的研究内容和客车电气装置的基本发展情况

为了满足旅客和乘务人员旅途生活需要和改善车内卫生环境而在客车上设置一些机械装置,这些机械装置需要由供电设备供电并实行电气控制和检测,我们把这一类对机械装置进行供电和电气控制及检测的设备统称为客车电气装置。

学习和研究客车电气装置的构造、作用原理、维护和使用方法,以及客车电气装置的改进、发展等是《客车电气装置》课的主要内容。

在老式铁道车辆中,电能只用于照明、电扇与电动水泵。新型客车为了提高对旅客的服务质量,创造舒适的旅行环境和保证运输要求,在车辆上相继采用了电气照明、电采暖、空气调节、播音通信、电开水炉、轴温报警装置、行车安全监测诊断系统、车载视频系统、烟火报警等装置。每辆新型客车的用电量由过去的 1 kW 增至 30 kW 左右,许多新技术在电气装置中得到广泛的应用,电气装置的面貌有了很大的变化,技术性和服务性有了明显的增强,在客车运用中的地位 and 作用有了明显的提高。因此,客车电气装置的内容已成为当今车辆部门工作人员的必备知识。

二、我国铁路客车的供电方式及用电制

客车所需电能的供应,根据列车牵引动力的形式,客车电气化的程度,列车编组情况和供电设备的经济性等,可以采用以下三种不同的形式。

(一) 单独供电

单独供电又称分散式供电。它是在单节客车上安装一套独立的供电装置。当车辆用电量较小时,也可以每两辆或三辆车共用一套独立的供电装置,此时安装有发电设备的客车称为母车,不带发电设备的车称为子车。子母车之间通过车端电力连接器连接车内输电干线。

客车单独供电有下述三种类型:

1. 蓄电池组供电

单独使用蓄电池组供电是根据车内负载的工作电压和功率,把若干个蓄电池结合起来向负载供电。这种供电方式的优点是设备简单,使用方便,可靠性好,电流是纯直流成分;缺点是单位功率所占的体积和重量较大。蓄电池在放电过程中电压逐渐降低,电池放电至终止电压时,必须停止放电并进行充电,否则会因过放电而损坏电池。这种供电方式在用电量不大的客车上使用,国内使用的客车上不易见到。

2. 车轴发电机供电

采用车轴驱动的发电机与蓄电池组并联供电,是世界各国在普通客车上运用较广泛的一种供电形式。我国旧型普通客车曾采用过轴驱式的 L 型直流发电机,从 20 世纪 70 年代开始,在普通 22 型和 23 型客车上广泛使用三相感应子发电机。轴驱式发电机的工作电压,当功率

小于 3 kW 时用 24 V, 功率为 3 ~ 10 kW 时为 48 V, 功率在 10 kW 以上时采用 110 V。其供电系统的基本组成和原理如图 1 所示。

行车时, 发电机输出的三相交流电首先经过桥式整流电路整流, 然后通过车体配线送给车上各种负载, 包括直流负载和交流负载。向交流负载(荧光灯)供电时须经逆变器将直流电变换成交流电后方可使用。除了向车上负载供电外, 还须向蓄电池充电。发电机输出电压的稳定及蓄电池充电电流的大小由控制箱来控制。列车停车或低速运行时改由蓄电池供电。

3. 小型柴油发电机组供电

在客车底部装设小型柴油发电机组, 并由其向车内的负载供电, 这种供电方式称小型柴油发电机组供电。采用这种方式单独供电, 可以减少机车牵引动力, 提高供电电压, 减少蓄电池用量, 便于长时间停站时利用市电, 但要求机组

工作可靠, 噪声和振动小, 使用维修方便。这种供电方式适用于单独或分开连挂且装有空调装置的客车, 如我国长春客车厂生产的 RW₂₂ 型空调软卧车和四方机车车辆工厂生产的 YW₂₂ 型宿营车采用的就是这种供电方式。

(二) 集中式供电

对于用电量较大并且是固定编组的列车, 采用全列车集中供电的方式。列车集中供电的电源, 对于非电气化区段, 由列车中的发电车柴油发电机组提供; 对于电气化区段, 可以由接触网通过电力机车主变压器提供。

当发电车的柴油发电机组集中供电时, 供电电压一般为三相线压 400 V, 相压 220 V, 频率 50 Hz, 通过车端电力连接器分两路向客车送电。这种供电方式的优点是用电负载和控制器件可直接采用民用产品, 但所需的输电干线截面积较大, 干线穿管施工难度大, 对连接器插头与插座间接触电阻的要求非常严格(小于 0.000 8 Ω)。

目前我国采用的发电车, 多装有三台柴油发电机组, 每台机组的功率为 300 kW, 发电车装机总功率为 900 kW。发电车共分五部分: 配电室、机器间、锅炉室、厕所及休息室。其中配电室系发电车操纵中心, 是 3 台主机及全车用电装置的控制场所, 它可通过配电盘上的集控装置操纵所连挂车辆的通风机、压缩机等。根据季节和列车用电量的不同, 发电车有两种供电状态:

1. 任意一台主机单独运行, 向全列车供电。
2. 任意两台主机同时运行, 各自向全列车供电。

我国电气化铁路供电的额定电压为单相工频 25 kV, 波动范围 19 ~ 27 kV。根据研究, 我国由接触网供电的旅客列车, 将由新型客运电力机车主变压器增设的两个辅助绕组供给容量为 800 kV · A、串联电压为 3 kV(并联为 1.5 kV) 的电, 即通过电力机车主变压器, 将受电弓取得的单相工频 25 kV 的电压, 转变为单相工频 3 kV 或 1.5 kV 的电压, 输送给所牵引的客

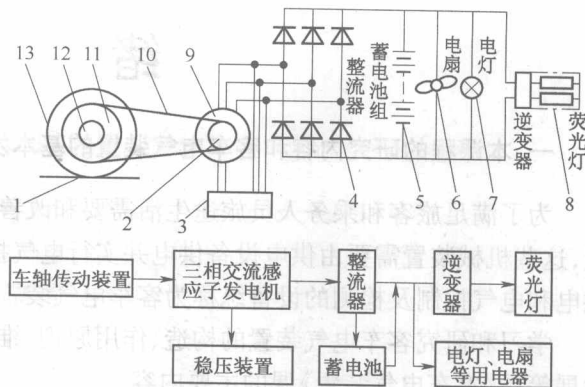


图 1 供电系统的基本组成和原理

- 1—钢轨; 2—发电机皮带轮; 3—控制箱; 4—主整流管; 5—蓄电池组;
6—电扇; 7—电灯; 8—灯具; 9—车轴发电机; 10—传动皮带;
11—轴皮带轮; 12—车轴; 13—车轮

车。

由接触网供电的客车,其用电负载特点是:空调机组电动机为三相异步电动机,其三相电源由分散于每辆客车中的三相逆变器供电;采暖电加热器与电开水炉由降压变压器提供电源;照明与通风机由带有充电机的蓄电池组供电并通过变换器变换成交流电,以保证摘挂机车时也能正常工作。

由接触网供电的客车,由于输电电压较高,因此输电干线与车端电力连接器必须具有良好的绝缘性能,连接器必须带有钥匙,以保证操作安全。

由于我国目前的主型客车已从 22 型转换为 25 型,越来越多的全列空调旅客列车运行在全国铁道干线上,因而集中供电的方式已成为列车供电的主要形式。

(三) 混合供电

鉴于目前铁路牵引动力存在多种类型,客车编组方式也不尽相同,因此,除上述两种供电方式外,还有混合供电方式。混合供电有下列几种情形:

1. 客车照明与通风机由轴驱式发电机与蓄电池并联供电,而车上的采暖电热元件由电气化铁道的接触网供电,这种供电方式适用于电气化区段运行的普通客车。

2. 客车照明和另外一些低压直流用电器由轴驱式发电机与蓄电池并联供电,空调机组由本车小型柴油发电机组或发电车供电。

综上所述,客车的供电系统有多种形式,在运用时应根据车种、用途、编组方式、负载类型、功率、用电要求及供电经济性等条件来具体选择。

三、本课程的学习要求与方法

1. 掌握我国主型空调客车集中供电装置、用电装置的构造、工作原理和维修知识,掌握必要的操作技能,为从事检修、运用工作打下基础。

2. 熟悉客车轴温报警装置、客车行车安全监测诊断系统等的结构、原理,初步掌握其维修知识和操作技能,了解 22 型客车电气系统和铁路客车电气装置中的新技术、新工艺和新设备,为今后客车电气装置的进一步发展做好相关知识的储备。

本课程在学习中主要涉及到电工、工业电子学及自动控制的基本理论和知识,在学习中应注重掌握工作原理,切忌死记硬背。同时,本课程也将涉及设备装配、线路检查、电工器材和电子元件的选用以及电气装置的具体操作等实用技术,因此,要求在掌握构造和工作原理的基础上,加强自身技能的培养,以适应现场的需要。

复习思考题

1. 电能在铁路客车上有哪些应用?
2. 铁路客车的供电有哪几种方式? 其应用的范围是什么?
3. 简述车轴发电机交-直流供电装置的工作原理。

第一章

22 型客车电气系统

22 型普通客车普遍采用车轴交流发电机供电装置,其电气系统主要由蓄电池、J₅ 感应子发电机、KP-2A 型控制箱、客车电扇、客车照明与逆变器及车体配线等组成。

第一节 TG 型铅蓄电池

蓄电池是一种化学电源,它可以把电能转变为化学能储存起来,使用时再把化学能转变为电能放出去,前者称作充电,后者称作放电。蓄电池的充、放电是可逆的,可以反复使用,这是蓄电池和其他化学电源的主要区别之一。蓄电池根据极板所用材料和电解液性质的不同,一般可分为酸性(铅)蓄电池和碱性(铁镍或镉镍)蓄电池两种。

一、TG 型铅蓄电池的构造与电化学反应方程式

在我国铁路客车上使用的酸性铅蓄电池为 TG 型(T 表示铁路用,G 为本型电池采用管式正极板)。TG 型铅蓄电池的结构见图 1-1。

1. 正极板群:为增大蓄电池的容量,获得较大的放电电流,蓄电池的极板由 10 片组成。每片正极板又由板栅铅芯、套管和作用物质三部分构成。

2. 负极板群:负极板群是由 11 片涂膏式负极板组成,每片负极板由栅格状基板和铅膏两部分构成。在蓄电池极板群的制作中,均令负极板片数比正极板片数多一片,这是由于蓄电池在放电时正极板上的二氧化铅要变成硫酸铅,作用物质体积发生膨胀,如果正极板和负极板数量相同,放电时最外侧的一块正极板只一面发生作用,易产生单面膨胀造成极板弯曲。新造蓄电池在工厂内要进行化成充电,其目的是使两极板上的作用物质(此时的极板为生板)电化成有用的作用物质,即正极板上为多孔性的二氧化铅,负极板上为海绵状铅,同时具有疏松适度的结构。

3. 隔板:隔板用来隔离正、负极板,防止它们互相短接。

4. 电池槽:电池槽是盛装极板群和电解液的容器,其底部做有支持极板的脚垫,以防止作用物脱落造成极板底部短接。

5. 电池盖及浮标:电池盖见图 1-2,电池盖上有极柱孔、注液孔及浮标孔,浮标孔盖中央处装有浮标套、浮标和

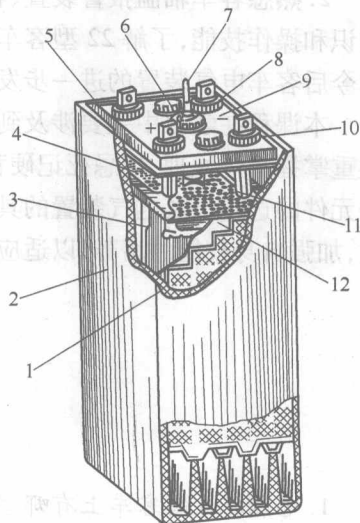


图 1-1 TG 型铅蓄电池结构图

- 1—负极板;2—胶槽;3—正极板;
- 4—防护板;5—沥青;6—注液孔;
- 7—浮标;8—浮标孔盖;9—电池盖;
- 10—极柱卡;11—浮标套;12—隔板

浮标孔盖,浮标是指示电解液液面高度的装置,它的上部有三条指示线,中间为蓝色,其他两条为红色。当蓝色指示线与浮标孔盖顶面在同一水平时,表示液面高度合适,当上端或下端红线与浮标孔盖顶面在同一水平线时表示液面高度已达到最低或最高限,遇此情况应对液面高度进行调整。注液孔上旋有注液孔盖,其侧面有排气孔。注液孔盖旋下后可以给电池补液,充电时电池内产生的气体可从排气孔排出。

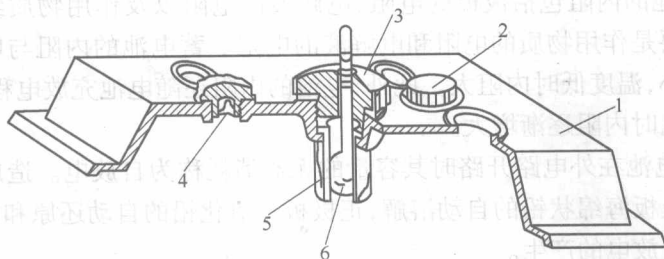
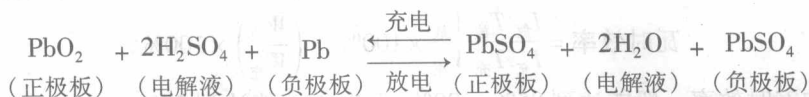


图 1-2 电池盖及浮标结构图

1—电池盖;2—注液孔盖;3—浮标孔盖;4—排气孔;5—浮标套;6—浮标

6. 铅蓄电池的电化反应方程式:



二、电 解 液

铅蓄电池的电解液是用浓硫酸和纯水按一定密度调制而成的稀硫酸。所用的浓硫酸是一种无色、无臭的透明油状体,在 15℃ 时的密度为 1.835,含纯硫酸 93.2%,所用的水必须是经过净化的水(如蒸馏水),不能用自来水和其他天然水代替。其中蒸馏水中氯离子含量不得大于 5.5 mg/L,铁离子含量不得大于 5.0 mg/L,蓄电池用蒸馏水作电导实验时,其绝缘值应大于或等于 0.3 MΩ。TG 型电池充电后的相对密度一般选为 1.260 ± 0.005 (30℃);放电后的相对密度不宜过低,一般选为 1.150 (30℃)。

三、铅蓄电池的特性

1. 电动势:在实际运用中,铅蓄电池的电动势可按 $E = 0.85 + d(\text{V})$ 计算,式中 d 是电解液在极板有效物质细孔中的密度值(15℃)。蓄电池的电动势在充电后略有降低,在放电后略有升高。

2. 端电压:蓄电池的端电压随电池充放电的状态而变化。放电时端电压降低,充电时端电压要比电动势高,相差的数值等于放电电流或充电电流在电池内阻上的电压降。

3. 容量:蓄电池由充电充足状态,放电至规定终止电压时所放出的总电量为蓄电池的容量,它表现出蓄电池的蓄电能力。当蓄电池以恒定电流放电时,它的容量 C 等于放电电流值 $I_{\text{放}}$ 和放电时间 $T_{\text{放}}$ 的乘积,单位为 A·h,即 $C = I_{\text{放}} T_{\text{放}}$ 。蓄电池的容量大小与很多条件有关,如蓄电池的充电程度、放电电流、放电时间;电解液的相对密度、温度;电池的效率和新旧程度以及蓄电池极板表面进行电化反应时参加反应的作用物质的多少等。影响运行中蓄电池容量的主要因素有以下两个方面:

(1) 放电率: 蓄电池放电至终了电压的快慢叫做放电率。放电率可以用放电电流的大小或者放电至终了电压的时间长短来表示。例如: 一只 $315 \text{ A} \cdot \text{h}$ 容量的蓄电池, 以 52.5 A 电流放电, 6 h 后到达终了电压。此时, 如用电流表示放电率为 52.5 A 率; 如以时间表示则为 6 h 率。一般放电率多用时间表示。

(2) 电解液温度: 电解液温度高时, 蓄电池容量增大。反之容量下降。

4. 内阻: 蓄电池的内阻包括极板的电阻、电解液的电阻以及作用物质细孔内所含电解液的电阻等, 其中主要是作用物质的电阻和电解液的电阻。蓄电池的内阻与电解液的温度成反比, 温度高时内阻小, 温度低时内阻大。此外, 电池的内阻还随电池充放电程度而变化, 充电时内阻逐渐减小, 放电时内阻逐渐增大。

5. 自放电: 蓄电池在外电路开路时其容量的无益消耗称为自放电。造成铅蓄电池自放电的因素很多, 如负极板海绵状铅的自动溶解, 正极板二氧化铅的自动还原和电解液中混有有害杂质等, 都能引起自放电的产生。

6. 效率: 表示蓄电池电量或能量利用程度的百分数称为蓄电池的效率。蓄电池的效率的表示方法有两种, 即安时效率和瓦时效率:

$$\text{安时效率} = \frac{I_{\text{放}} T_{\text{放}}}{I_{\text{充}} T_{\text{充}}} \times 100\% = \left(\frac{Q_{\text{放}}}{Q_{\text{充}}} \right) \times 100\%$$

$$\text{瓦时效率} = \frac{I_{\text{放}} T_{\text{放}} V_{\text{放}}}{I_{\text{充}} T_{\text{充}} V_{\text{充}}} \times 100\% = \left(\frac{W_{\text{放}}}{W_{\text{充}}} \right) \times 100\%$$

蓄电池的安时效率一般能达到 $85\% \sim 90\%$, 瓦时效率能达到 70% 。

四、铅蓄电池充放电工作

客车用蓄电池在客车做定检时, 将它从车上卸回车间进行定期检修和充电工作。蓄电池的充电方法有定电流充电法、定电压充电法和分级定电流充电法几种, 客车电池定检中的充电均采用分级定电流充电法。几种经常进行的充放电工作的意义分述如下:

1. 初充电: 指新造电池使用前的第一次充电。目的是恢复新造电池在化成后的部分放电和极板作用物质未被化成的部分充分化成。

2. 普通充电: 运用电池因放电或经过检修后为恢复容量而进行的充电。

在上述两种充电过程中, 如遇到电池温度接近 45°C 时应适当减小电流或采取降温措施, 通常采用强通风冷却或事先将电池放在水槽中用循环水降温。

3. 放电试验: 为了检查电池充电后的容量, 都要进行放电试验。根据试验结果, 可以了解初充电的质量和运用电池自上次定检以后的使用情况。定检后的电池, 当测得的实际容量低于标称容量的 70% 时, 一般不再装车使用。

4. 补充电: 在列车上运用的电池, 当遇到某些特殊情况如列车中途意外停车, 或列车编组母车不足, 以及长期停用的母车电池自放电严重等, 造成电池容量过少时, 可在车库内进行补充电。补充电所用电流的大小, 根据电池的具体情况而定, 一般以 10 h 率为宜。

第二节 GN 型碱性蓄电池

碱性镉镍蓄电池具有腐蚀性小、环境污染小、自放电小及低温性能好、寿命长等优点。碱性镉镍蓄电池在铁路客车上的运用越来越广泛。

一、镉镍蓄电池的构造与电化学反应方程式

1. 构造

客车用的镉镍蓄电池是方形开口袋式,其结构见图 1-3,它主要由正极板、负极板、隔离物(隔膜)、壳体和电解液五大部分组成。目前使用较多的为 GN-300 型、GN-450 型等,其中 G 为负极材料镉的代号,N 为正极材料镍的代号,300 或 450 为蓄电池的容量。

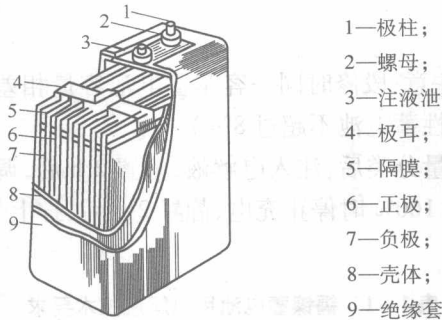
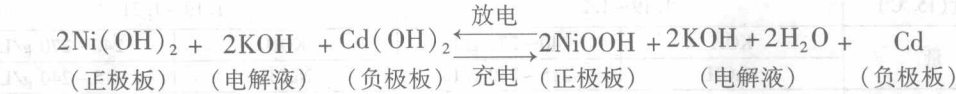


图 1-3 GN 型碱性蓄电池结构图

2. 电化学反应方程式



二、主要性能参数及技术要求

1. 电压

- (1) 充电电压:指电池在充电时两极的电位差,即 $U_{\text{充}} = E_0 + I_{\text{充}} R_{\text{内}}$ 。
- (2) 放电电压:指电池在放电时两极的电位差,即 $U_{\text{放}} = E_0 - I_{\text{放}} R_{\text{内}}$ 。
- (3) 额定电压:指放电过程中的平均电压。目前国际电工协会 IEC 标准规定:镉镍系列电池单只额定电压为 1.2 V。

2. 容量:其定义与铅蓄电池相同。

3. 自放电率:其定义与铅蓄电池相同。镉镍蓄电池在室温下充电后,在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 环境中搁置一个月,电池的剩余容量不低于额定容量的 90%,其放电率不大于 25%,搁置 1.5~2 个月就完全停止自放电,容量一直在额定容量的 75% 左右。

4. 寿命:蓄电池每充、放电一次叫一次循环,按 IEC 标准进行寿命实验,循环次数不小于 500 次,一般在 1 000 次以上。

5. 保存期:蓄电池的保存期为 4 年,其性能应符合上述主要电气性能要求。

6. 外观要求:蓄电池塑料外壳应整洁,所有金属零件应镀镍,极柱、螺母、金属垫圈应涂一层凡士林油。

7. 气塞密闭性要求:将电解液放入蓄电池中,使液面高出极板 50~60 mm,拧上气塞,蓄电池倾斜 30° ,应无电解液流出。

三、镉镍蓄电池的段修

1. 照表 1-1 检查电解液。

(1) 用浮标测试电解液的密度(一般测试 3~5 只电池),如不符合要求应进行调整。

(2) 测电解液的碳酸根含量。

(3) 蓄电池以 $1/5$ 额定电流恒流放电至 1.0 V /只,倒出电解液,在确保电池内部清洁后注入所需的新电解液进行充电。

2. 检查电池容量。

3. 把电池按容量分类(注意:段修时同一客车蓄电池容量相差不大于 10%,大修时,酸性蓄电池容量差不超过 5%,碱性蓄电池不超过 8%)。

4. 装车前的充电。按容量分类后,注入电解液,静置 2 h 后,调整液面,然后用 $1/5$ 额定电流恒流充电,当充入的电量为 160% 时停止充电,静置 2 h 后,拧上气塞并用棉纱将蓄电池外表擦干净,待装车运用。

表 1-1 镉镍蓄电池用电解液技术要求

项 目	标 准			
	新电解液		使用的极限值	
外 观	无色、透明、无悬浮物			
相对密度(15℃)	1.19~1.21		1.19~1.21	
含 量	KOH	240~270 g/L	KOH	240~270 g/L
	NaOH	215~240 g/L	NaOH	215~240 g/L
Cl^-	小于 0.1 g/L		0.2 g/L	
CO_3^{2-}	小于 4 g/L		30 g/L	
Ca、Mg	0.1 g/L		0.3 g/L	
氨沉淀物(以 Al 计)				
Al/KOH	小于 0.02 g/L		0.02 g/L	
Al/NaOH				
Fe/KOH				
Fe/NaOH	小于 0.03 g/L		0.03 g/L	

第三节 客车感应子发电机

一、 J_5 型感应子发电机的构造

在客车车轴式交流发电机供电装置中,采用了感应子发电机。它属于同步交流发电机的一种,具有结构简单、维护方便、重量轻、功率大等优点。

客车感应子发电机按功率可分三种,即 3 kW (J_3 型)、 5 kW (J_5 型)、 7 kW (J_7 型),分别适用于用电量不同的客车。目前用得最多的是 J_5 型,它的外形见图 1-4,其结构见图 1-5。

(一) 定子铁芯

定子铁芯压装在机座内腔,由硅钢片冲片叠压而成。它的内圆周上有 2 个大槽用来嵌放激磁绕组,22 个小槽用来嵌放电枢绕组(见图 1-6)。它的外周上有 6

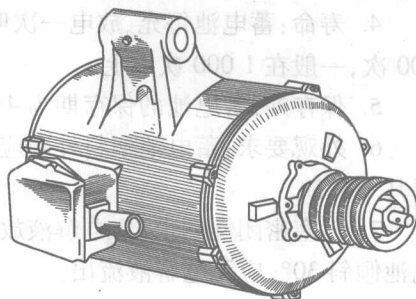


图 1-4 J_5 型感应子发电机外形图

个鸠尾槽,两端有定子端板和定子压圈各一块。它是将定子冲片(见图 1-7)、端板及压圈叠压紧密后在鸠尾槽上插入夹片,夹牢后焊固而成为一个整体。

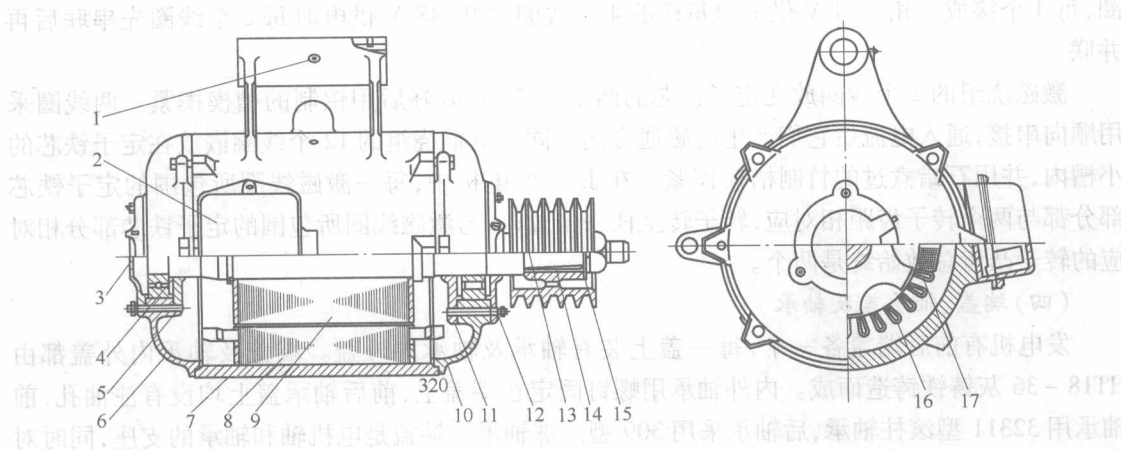


图 1-5 J₅ 型感应子发电机结构图

- 1—吊耳;2—接线盒;3—后轴承盖;4—后轴承内盖油封圈;5—后轴承内盖;6—后轴承盖;
- 7—机座;8—定子;9—转子;10—前端盖;11—前轴承内盖;12—前轴承外盖;
- 13—三角皮带轮;14—键;15—三角皮带轮挡圈;16—小楔槽;17—大楔槽

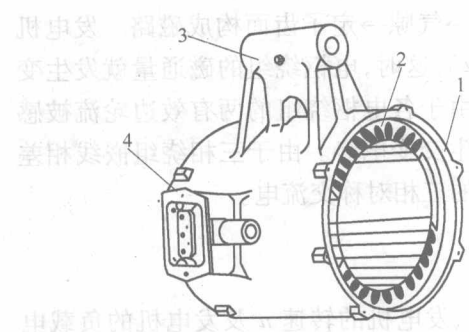


图 1-6 机座及定子铁芯

- 1—机座;2—定子心片;3—吊耳;4—接线盒

(二) 转 子

转子由轴承和套装在轴上的铁芯组成,转子铁芯也采用硅钢片冲片叠压而成,目的是减少涡流损失。转子冲片的外圆周上均布有 6 个凸齿和凹槽。转子的轴用 45 号碳素钢旋制而成,轴上开有一个沿轴向倾斜 $1^{\circ}10'$ 的斜键槽。转子组装时冲片沿斜键套装在轴上,使转子的凸齿成为斜齿,其目的是改善电机输出电势的波形,同时也减少电机的附加损耗和噪声。转轴上具有 1:10 锥度的一端供安装皮带轮用(见图 1-8)。

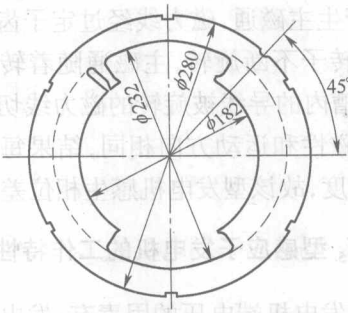


图 1-7 定子冲片

(三) 激磁绕组和电枢绕组

激磁绕组由两个线圈串联组成,每个线圈用 $\phi 1.25$ mm 的高强度漆包线两根并绕 150 匝。激磁绕组中通入直流电产生发电机工作主磁通。

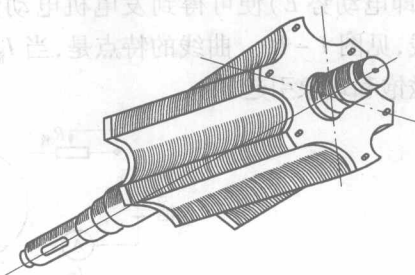


图 1-8 转子斜齿

常温下激磁绕组的总电阻为 $2.3\ \Omega$, 允许长时间通过的最大激磁电流为 $9\ \text{A}$ 。

电枢绕组(又称工作绕组)的作用是产生感应电势并向机外输出电能。它共有 12 个线圈, 每 4 个接成一相。24 V 供电时每槽的 4 个线圈并联, 48 V 供电时每 2 个线圈先串联后再并联。

激磁绕组的 2 个线圈放在定子铁芯的两个大槽内, 嵌好后用铝制的槽楔楔紧。两线圈采用顺向串接, 通入电流后它们产生的磁通方向相同。电枢绕组的 12 个线圈嵌放在定子铁芯的小槽内, 并用石蜡煮过的竹制槽楔楔紧。在 J_5 型发电机中, 每一激磁线圈所包围的定子铁芯部分都与两个转子齿距相对应, 转子转至任一位置时, 与激磁线圈所包围的定子铁芯部分相对应的转子凸齿总数始终是两个。

(四) 端盖、轴承盖及轴承

发电机有前后端盖各一个, 每一盖上装有轴承及轴承内外盖。端盖及轴承内外盖都由 HT18-36 灰铸铁铸造而成。内外轴承用螺钉固定在端盖上, 前后轴承盖上均设有注油孔, 前轴承用 32311 型滚柱轴承, 后轴承采用 309 型滚珠轴承。端盖是电机轴和轴承的支座, 同时对电机具有密封和散热作用。

二、 J_5 型发电机的工作原理

J_5 型发电机属于交流感应子发电机, 其基本工作原理是: 当激磁绕组内通过直流电流时, 电机内产生主磁通, 磁力线经过定子齿→气隙→转子齿→气隙→定子齿而构成磁路。发电机工作时, 转子不断旋转, 主磁通随着转子齿的旋转而移动, 这时, 电枢绕组的磁通量就发生变化, 定子槽内的导线被旋转的磁力线切割而感生电势。由于各电枢绕组的两有效边轮流被感应, 而且磁性和运动方向相同, 结果每个工作绕组都感生交变电势。由于三相绕组嵌线相差 120° 电角度, 故该型发电机感生相位差互为 120° 电角度的三相对称交流电。

三、 J_5 型感应子发电机的工作特性

影响发电机端电压的因素有: 发电机的激磁电流 $I_{\text{激}}$ 、发电机的转速 n 及发电机的负载电流 $I_{\text{负}}$ 。这 4 个参数间的相互变化关系称为发电机的特性, 如用一组曲线来表示, 就得到发电机的特性曲线。

(一) 空、负载特性

在图 1-9 中, 使 $I_{\text{负}} = 0$, 令发电机转速 n 为常数, 改变激磁电流 $I_{\text{激}}$, 测量发电机的端电压 (即电动势 E) 便可得到发电机电势随激磁电流变化的关系曲线, 此曲线就是空载特性曲线, 见图 1-10。曲线的特点是, 当 $I_{\text{激}}$ 很大时, 发电机电势出现明显的下降, 这一现象是由磁饱和现象引起的。

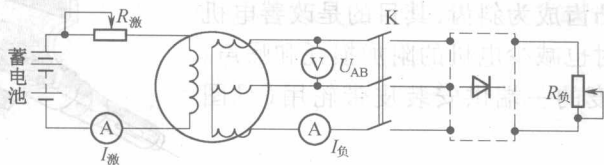


图 1-9 特性试验电路图

图 1-11 为 J_5 型发电机的空、负载特性曲线。图中有两组曲线为空载曲线。这两组曲线

均由上升曲线和下降曲线所组成,下边的一条为上升曲线,是随 $I_{\text{激}}$ 的逐步增加得到的;上边的一条为下降曲线,是随 $I_{\text{激}}$ 的逐渐减小得到的。这两条曲线之差异是由磁滞现象造成的。由图示的两条曲线可以看出,在 $I_{\text{激}}$ 一定的情况下,转速高时,电机端电压高;转速低时,电机端电压则比较低。当合上开关 K 并加上一定的负载后,可得到图中右边的一条电阻性的负载特性曲线。由图中可以看出,在转子转速 n 一定的条件下,当输出电压相同时,有负载比空载时所需要的激磁电流要大。

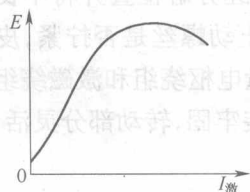


图 1-10 空载特性曲线

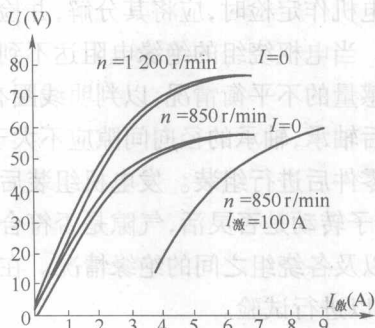


图 1-11 空、负载特性曲线

(二) 外 特 性

发电机的外特性是指转速 n 、 $I_{\text{激}}$ 、 $\cos\varphi$ 均为常数的情况下,发电机端电压随负载电流而变化的关系。 J_5 型感应子发电机的外特性曲线见图 1-12。从图中可以看出,当负载电阻逐渐减小,负载电流逐渐上升时,发电机电压下降比较明显,这种外特性称为软特性。感应子发电机的外特性之所以比较软,主要是由于发电机的电枢反应较强和内阻压降较大造成的。

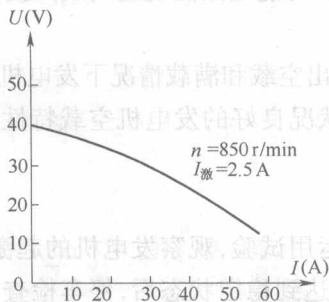


图 1-12 外特性曲线

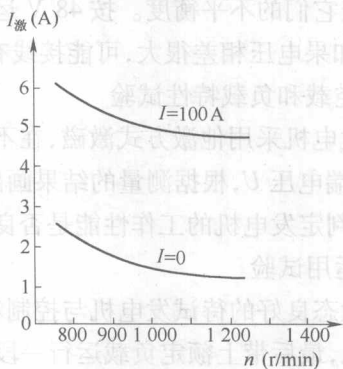


图 1-13 调节特性曲线

(三) 调节特性

一般发电机的调节特性曲线,是指为了保证发电机的输出电压不变,在转速等于常数的情况下,激磁电流随负载电流而变化的关系曲线。但对于轴驱动式供电的发电机,转速在运行过程中变化很大,其调节特性曲线如图 1-13 所示,它表明为保持发电机电压不变,在一定的负载电流的情况下,激磁电流与转速之间的变化关系。由图中可以看出,当发电机的负载和转速在较大范围内变化时,欲将发电机电压稳定在额定值,激磁电流也必须能在较大范围内进行调节。