

高等学校试用教材

车辆电气装置

章 音 主编

中国铁道出版社

高等学校试用教材

车辆电气装置

章音 主编

中国铁道出版社

1981年·北京

内 容 简 介

本书是根据铁道车辆专业课程教学大纲编写的。书中的内容除了包括我国铁路客车常用的电气装置,如无触点的感应子发电机、由半导体器件组成的交-直流供电装置、晶体管逆变器以及车体配线的设计方法以外,还比较详细地介绍了客车空气调节装置的自动控制系统、JSC-1型数码显示的轴温巡回检测装置和列车集中供电装置等。

本书为铁路高等院校铁道车辆专业的教材,亦可供铁路车辆部门的有关工程技术人员学习参考。

高等学校试用教材

车辆电气装置

章 音 主编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 12 插页: 3 字数: 293 千

1981年1月第1版 1981年1月第1次印刷

印数: 0001—4,800 册 定价: 1.35 元

前 言

车辆电气装置是铁路客车、公务车、卫生车、动力试验车等车辆内部的一种重要设备。这种设备，按其作用的不同，可分为用电器、自动化装置和供电装置三大部分。

建国以来，随着国民经济的发展与科学技术水平的不断提高，我国铁路车辆电气装置的面貌发生了较大的变化。特别是进入七十年代以来，由于我国半导体材料和技术有了较大的发展，因此车辆电气装置中的新产品与新技术不断增多。过去长期采用的 L 型直流发电机和附属品箱，被感应子发电机和用三极管、可控硅或磁放大器组成的电压自动调节装置所代替；车辆内的照明由过去的白炽灯，逐步过渡为采用荧光灯。诸如此类，新型电气装置的出现，不仅改善了铁路运输条件，提高了供电质量，而且还减轻了列车工作人员的劳动强度。

近几年来，一些工厂和路局还先后设计制造了用于多山洞地区的列车自动照明装置、软卧客车自动呼唤装置、客车供电削压器（或称稳压器）、可控硅式逆变器、站名自动显示器等许多新产品，进一步提高了客车自动化和现代化的水平。

尤其应当指出的是，为了适应旅游事业的发展和提高人民物质文化生活水平的需要，目前已经开始在客车上安装闭路电视和空气调节装置，并且采用了以柴油发电机作为供电电源的列车集中供电装置。

为了适应这种飞速发展的形势的要求，铁路各部门都在大力普及和推广电子技术。作为铁路高等院校铁道车辆专业的学生来说，也应加强电子技术的学习，以适应四个现代化的要求。为此，一九七八年四月，在峨眉召开的铁道部教材编审会议决定，根据“车辆装备”课程中电气部分教学大纲的要求，特编写此书，并定名为《车辆电气装置》。全书共分七章：第一章概括介绍客车电气装置的组成和分类；第二章介绍客车空气调节装置的自动控制系统；第三章介绍以 PMOS 集成电路组成的轴温巡回检测装置；第四章介绍我国铁路客车目前所采用的交-直流供电装置；第五章介绍客车荧光灯所用的晶体管逆变器；最后两章介绍列车集中供电装置和车体配线的方法以及必要的技术措施。

本书由西南交通大学主编，兰州铁道学院和北方交通大学协编。书中的第七章由兰州铁道学院楼文刚同志编写，第六章由北方交通大学李诗博同志编写，第四章由西南交通大学章音同志与楼文刚同志共同编写，其余各章均由西南交通大学章音同志编写。本书由上海铁道学院滕兆武同志主审。

在本书的编写过程中，四方机车车辆工厂和四方车辆研究所提供了有关的资料；铁道部车辆局史贵林同志、上海铁路局刘子凌同志和长春客车厂耿允俊同志分别审阅了各章节，并提出了许多宝贵意见，在此一并致谢！

鉴于我们对车辆电气技术的研究不够，理论水平有限，书中难免有谬误之处，敬希读者不吝指正。来信请寄四川峨眉西南交通大学机械系。

编 者

一九八〇年

目 录

第一章 概述.....	1
第一节 车辆电气装置的组成及其运用条件.....	1
第二节 车辆的电气负载.....	2
第三节 车辆的自动化装置.....	3
第四节 车辆的供电系统.....	4
第二章 客车空气调节装置的自动控制系统.....	7
第一节 客车空气调节装置的控制原理.....	7
第二节 控制元件.....	9
第三节 电动机的启动特性.....	16
第四节 控制系统电路图.....	21
第五节 空调自动控制系统的稳定性.....	25
第三章 客车轴温巡回检测装置.....	29
第一节 概述.....	29
第二节 绝缘栅场效应管.....	31
第三节 PMOS 集成电路	33
第四节 5G23B 中增益运算放大器	49
第五节 轴温测量.....	54
第六节 轴位显示与切换.....	58
第七节 轴温报警电路.....	61
第八节 检测装置的电源.....	63
第九节 JSC-1 型轴温巡回检测装置总电路.....	64
第四章 交-直流供电装置	68
第一节 概述.....	68
第二节 J ₀ 型感应子发电机.....	69
第三节 KP-2A 型可控硅式控制箱	81
第四节 磁放大器式控制箱.....	91
第五节 三极管式控制箱	104
第六节 客车照明稳压器	106
第五章 晶体管逆变器	109
第一节 概述	109
第二节 客车荧光灯逆变器	111
第三节 推挽式双铁芯晶体管逆变器的设计	117
第六章 列车集中供电	121
第一节 列车柴油机发电站的组成及特点	121

第二节	柴油机	123
第三节	三相同步发电机	132
第四节	同步发电机的励磁调节系统	140
第五节	柴油机发电站的并联运用	151
第六节	柴油发电机组的选择	159
第七节	列车发电站总线路图	161
第七章	车体配线	172
第一节	车体配线的型式及组成	172
第二节	导线的选择	175
第三节	车体配线的绝缘	179
附表		
附表一	导线的型号、名称及用途	181
附表二	BXR及BBXR型单芯橡皮软线规格 (500伏级)	182
附表三	BX及BBX型单芯橡皮电线规格 (500伏级)	182
附表四	YH型橡套软线及电缆规格	183
附表五	室内敷设用铜芯绝缘导线的容许连续负载 (安)	184
附表六	根据机械强度要求, 导线容许的最小截面积 (毫米 ²)	186

第一章 概 述

第一节 车辆电气装置的组成及其运用条件

铁道车辆是我国一种主要的运输工具。它对电能的使用十分广泛，例如：电气照明、电力拖动、电热、电视、播音、通讯以及自动检测、自动显示、自动调节和自动控制等，其种类繁多，涉及面很广。我国旧型铁路客车（如硬席座车）的用电量，每辆车不超过1千瓦，而带有空气调节装置的新型餐车，其用电量将增加到40千瓦左右。如果按现代化水平较高的一列车（编组十五辆，其中包括行李车、邮政车、餐车、硬卧车、软卧车和硬席座车等）来计算，其峰值负荷可达400~600千瓦，相当于一个车辆段的生产用电量。

任何一种铁道车辆的电气装置都可以认为是由电气负载、供电系统和自动化装置三部分组成的。这里突出了自动化装置，目的是为了强调这一专门技术。当然，它也有消耗电能与供给电能的问题。

铁道车辆电气装置的运用条件不同于地面固定的工业或民用电气设备，也不同于航空和船舶的电气设备。它是由运输对象、运行区间、车辆的运行品质和技术经济指标来确定的。对于旅客列车，其运用条件一般可以归纳为下列几点：

1. 因为车上乘坐大批旅客，故电气装置应保证满足行车安全的要求。例如，车体配线应当有可靠的绝缘，杜绝产生火灾的可能性；电器产生的电弧应尽可能减少，电机电器的温升不应过高；悬挂于车下部分的电气设备，应当不超出《铁路技术管理规程》的规定；悬挂部件应有足够的机械强度，防止因部件的裂损、变形和脱落，而造成车辆颠覆或脱轨等恶性事故。

2. 要求电气装置工作安全可靠，重量和尺寸以及成本尽可能少，以提高车辆的技术经济指标；电气装置的结构应尽可能简单、牢固，使用寿命长，便于日常检查和维修。

3. 客车运行所经地区广大，气候与自然地理条件多变。这样，对于全国通用的车辆，其电气装置应当满足下列工作环境条件：

温度变化范围	-50~+50℃
相对湿度	20~80%
海拔	0~3000米

对于固定区间运行的车辆，可以根据运行区间的实际情况确定运用的环境条件标准。

温度对电气装置的影响比较大，如：可以使蓄电池电解液比重发生变化；继电器和接触器线圈阻值发生变化；发电机输出电能发生变化（随温度上升而下降）；润滑油冻结或熔化；生橡胶或电木冻裂以及荧光灯启辉性能因温度下降而恶化等。

湿度对电气装置的影响，主要是使绝缘性能变劣。

海拔高度增加后，空气变得稀薄，使得电气装置的散热条件受到影响。

除了上述的环境条件之外，对于安装在车下的电气装置，还要考虑防止灰尘、沙土或雨雪浸入等问题。例如，轴驱式发电机的结构应当采用全封闭型式。

4. 铁路客车运行方向经常变化,运行中存在振动和冲击。因此,要求电气装置能够适应这种工作条件,无误动作和零件松脱、打火现象;对于安装在车底架上、由万向轴传动的发电机(车轴驱动),应当考虑车辆连挂时万向轴所承受的轴向冲击力。

5. 电气装置运行品质良好,电流、电压和频率等各种参数相对稳定,对车内的无线电通讯或列车播音设备的干扰尽可能少或根本消除,对外界(如高压线)干扰有足够的抵抗能力。

6. 尽可能采用大批生产的标准件和通用件,以降低成本,便于检修。

第二节 车辆的电气负载

车辆的电气负载包括以下几个部分:

1. 照明电光源。新型客车主要采用交流荧光灯,特殊部位和事故灯采用白炽灯。光源的形状和规格很多,如棒形、椭圆形,球形,环形和U型等。对于220/380伏交流供电系统,荧光灯可以采用民用的启辉电路;对于直流48伏供电系统,荧光灯则采用专门的逆变器点燃。照明电光源使用过程中,白炽灯为电阻性负载,荧光灯在低频工作时则为电感性负载。

2. 空气调节装置的电气设备。其中,主要是制冷压缩机、冷凝器排风扇和空调通风机的直流或交流电动机,取暖加热用的各种管式电热元件以及电磁控制元件等。由于制冷压缩机的电动机和电热元件所消耗的功率较大,因此,空气调节与制冷装置的电气设备成为车辆突出的电气负载。它不仅要求解决较大的供电容量,而且还要解决启动和保护问题。

3. 满足旅客和车上乘务人员在途中生活需要的饮食和卫生设备。其中,包括电热水器、电冰箱、电动吸尘器和电气集便器等。另外,某些包间式客车,还要适当配备有电动刮胡刀的电源。

4. 列车电视、播音和通讯设备。其中,包括闭路电视,收、扩、录、放多用机,列车有线电话或无线电话等。这些设备需要电压和频率比较稳定的正弦交流电或直流电。为此,车上还设有专用的变流机或直流稳压电源。

5. 一般客车使用的电风扇、离心水泵用的电动机以及燃油锅炉附属的各种电气设备。

6. 各种特殊用途的专用车辆所带有的专门电气设备。

在决定供电系统的总容量时,必须考虑电气负载的需要功率、功率因数和功率利用系数。

一般的电气设备,在其产品目录或说明书上都标有它的额定功率。由电热元件构成的电气负载,其额定功率即为需要功率;对于电动机,在产品目录上所标有的功率,是指电动机在正常工作状态下,本身轴上所具有的有效机械功率。电动机的需要功率比有效机械功率大,多出的部分是电动机本身的损耗。所以,电动机的需要功率实际等于其效率除有效机械功率。

负载的功率因数($\cos \varphi$)是对交流电路而言的,在计算交流发电机及其输电干线的功率时,需要考虑这个值。

负载功率因数的大小,由其视在功率除需要功率的商来确定。视在功率等于负载的电压与电流的乘积,单位用伏安或千伏安表示。在同一需要功率的情况下,负载的功率因数愈小,它的视在功率就愈大。因此,应尽可能提高负载的功率因数。

车辆所采用的三相异步电动机,在正常工作状态下的功率因数,一般等于0.75~0.85。

如果电动机不满载,将可能减少至0.5,空载时可以下降到0.25~0.30;电热元件和白炽灯属于电阻性负载,其功率因数等于1;一般荧光灯和控制电器,功率因数等于或小于0.7。具有空气调节装置的旅客列车,在夏季工况时,全列车负载的功率因数一般为0.8左右;而在冬季工况时,则接近于1。

车辆的电气负载并非同时工作,特别是带有空调装置的旅客列车。空调装置的工况是随外温和车内定员的变化而变化的,因而列车电气负载的功率消耗也将产生相应地变化。所以,为了合理的计算供电容量,还必须考虑负载的功率利用系数。所谓负载功率利用系数,是指某一时间内一组同时工作的负载,其平均需要功率与总安装功率之比。它与负载的效率、平均电网电压、负载与负载间的工作组合方式以及负载本身的特性等因素有关。因此,要精确地确定负载的功率利用系数是比较困难的。负载的功率利用系数通常是按经验或试验的方法来确定的,即在负载电路中安装瓦时电度表,测定一个或总负载的实际消耗功率数,然后与计算的安装功率数作比较,从而确定出一个负载或总负载的功率利用系数。根据国外的资料,常见的车辆电气负载,其功率利用系数列如表1—1以供参考。

常见的车辆电气负载的功率利用系数

表 1—1

电 气 负 载	功率利用系数	电 气 负 载	功率利用系数
压缩机电动机	0.60~0.75	饮水电冰箱	1.0
冷凝器排风扇电动机	0.8	配电盘用电	0.2
通风机电动机	0.9	吸尘器与其它生活器具	0.3
荧光灯逆变器	0.75	控制电路	0.5
电热水器	0.2	值班照明和信号灯	0.2
水箱电加热器	0.2		

第三节 车辆的自动化装置

车内设备自动化的意义在于:减轻列车乘务人员的劳动强度,提高旅客的舒适度,满足对旅客服务的需要,保证行车安全和机组正常运转,延长机组的使用寿命以及节约能量消耗等。

车内设备自动化的内容,目前包括有以下几项:

1. 软席卧车的自动呼唤;
2. 客车轴温巡回检测与报警;
3. 燃油锅炉运转的自动控制;
4. 空气调节装置的自动调节、自动控制、自动保护与自动显示;
5. 车内站名预告自动显示;
6. 火灾自动报警;
7. 发电机电压的自动调节;
8. 发电机的过电流、过电压或过功率自动保护;
9. 多隧道地区运行的列车照明自动控制。

以上列举的自动化内容中,3、4和7项为闭环调节系统,其余为开环控制系统。

闭环调节系统的原理方框图如图1—1所示,其特点是系统的输出端与输入端之间存在负反馈回路,这种系统需要而且应该保证输出稳定。

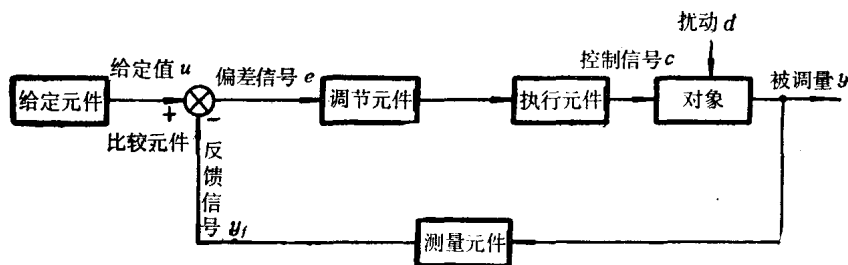


图 1-1 闭环调节系统原理方框图

开环控制系统的原理方框图如图 1-2 所示，它不存在反馈回路。它的输出只是输入的反映，或者根据输入来完成一定的动作程序，而不存在输出稳定的问题。

如图 1-1 或图 1-2 所示，闭环调节系统或开环控制系统都是由具有一定功能作用的



图 1-2 开环控制系统原理方框图

元件组成的。这些元件的作用如下：

测量元件——测量系统输出被调量的实际值；

给定元件——给出被调量的规定值；

比较元件——将给定值与实际值进行比较，并输出偏差值；

调节元件（又称中间或放大元件）——将比较元件输出的偏差值进行放大，以便推动执行元件动作。有时，调节元件还可以改变调节过程的速度；

执行元件——根据放大的偏差信号，向被控对象发出相应大小的控制信号，使被调量达到要求的值。

自动化系统既然是由上述元件组成的，所以这些元件本身的检测与比较的精度以及放大能力与时间常数的大小均将影响整个系统的调节或控制品质。

具体的车辆自动化装置的结构与工作原理，将在以后的章节中加以阐述。

第四节 车辆的供电系统

车辆的供电系统可以采用单独供电、集中供电和混合供电三种方式。

一、单独供电方式

车辆单独供电方式是每辆车都带有一套独立的供电系统。当车辆用电量较小时，也可以每二辆或三辆车共用一套独立的供电系统。此时，安装有发电设备的车辆称为母车，不带有发电设备的车辆，则称之为子车。子、母车之间通过输电干线由车端连接器联系起来。

车辆单独供电系统通常可采用下述三种方式：

1. 采用蓄电池组供电；

2. 采用由车轴通过皮带或万向轴驱动发电机与蓄电池组并联供电;
3. 采用小型柴油发电机组供电。

单独供电的特点是功率较小,一般为1.2~40千瓦;车辆可以随意摘挂和编组;供电装置的主机不占有车内有效空间;全列车输电干线可以贯通,并联成统一电网,因此局部故障不影响列车用电。

车辆使用的蓄电池,有酸性铅蓄电池和碱性(铁镍或镉镍)蓄电池两种。我国客车主要采用铅酸蓄电池。用蓄电池组供电,其优点是设备简单,电流系统纯直流成分,使用方便;它的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。铅蓄电池的端电压下降至1.8伏时,必须停止放电并进行充电,否则就会出现过放电现象。因此,这种供电方式,只适宜用于运行区间短、用电量不大的车辆。

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采用比较早的一种方式。旧型客车的轴驱式发电机一般都采用直流发电机,而新型客车则采用三相感应子交流发电机。

轴驱式发电机的工作电压,当功率小于3千瓦时为24伏,功率为3~10千瓦时采用48伏,功率高于10千瓦时采用110伏。

车轴与发电机之间传动装置的型式,一般是根据发电机功率的大小确定的。功率在10千瓦以下时,采用平皮带或三角皮带传动;功率在10千瓦以上时,一般多采用万向轴传动。10千瓦以下的发电机可以悬挂在转向架的构架上,10千瓦以上的发电机一般需固定在车体底架的横梁或中梁上。

轴驱式发电机在行车速度超过30公里/小时才能发电,所以对于运行速度较低而且停站频繁的旅客列车就不宜采用这种供电方式。遇此情况或车内电气负载采用220/380伏交流电时,单独供电系统宜采用小型柴油发电机组供电。为了减少噪音和振动,机组通常安装在车底架上的框架式箱体。吊装箱的底面距轨面的距离应不少于100毫米。另外,还应配备可靠的防火设施。

二、集中供电方式

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,在设备投资、节约有色金属、减轻车辆重量等诸方面都是比较经济的。列车集中供电的电源,一般由车上的柴油发电机电站或电气化铁道的接触网供给。对于内燃动车组,可由动力车供给。

列车的柴油发电机电站是由安装在发电车或行李发电车中的柴油发电机组构成的。柴油发电机组的工作由专用的控制盘进行操作、监视和控制。电站发出的电能,通过贯穿全列车的输电干线以及专门的车端连接器,向每辆客车的电气负载供电。

列车仅在电气化区段运用时,车上全部电气负载也可以由接触网供电。我国电气化接触网采用单相工频25千伏交流电,国外有的采用1500或3000伏直流电,也有的采用 $16\frac{2}{3}$ 赫或25赫的低频单相交流电。

由接触网供电时,对于电热取暖设备可以串联使用,由电力机车变压器次边的辅助绕组获得单相交流电。对于车上的三相异步电动机等电感性负载,则需通过劈相机或单-三相变压器、交-直-交三相变流器以及变流机组等获得三相交流电。

为了减少供电设备的重量和解决技术上的困难,也可以考虑在车辆上采用特殊的单相电容电动机,以取代三相异步电动机,从而用简单的变压方法,利用接触网的单相交流电。

三、混合供电方式

鉴于目前铁路牵引动力还存在多种方式，而且客车空调技术正在发展阶段，为了适应车辆运用的需要，除了前述的单独和集中两种供电方式之外，还可以采用第三种——混合供电方式。

混合供电的方式有下列几种：

1. 车辆照明与通风电动机由轴驱式发电机经整流后供给直流电，而车上的取暖系统则由电气化铁道的接触网供给交流电；
2. 列车或车组正常运用时由柴油发电机组供电，而发生事故时则由备用的轴驱式发电机供电；
3. 带空调的车辆与不带空调的车辆连挂时，带空调的车辆由柴油发电机组供电，而不带空调的车辆则由轴驱式发电机供电。

综上所述，车辆供电系统有多种类型，具体选择时应从下列四个方面考虑：

- ① 车辆电气负荷的类型和功率以及它们的用电性质；
- ② 车辆在列车中的编组方式；
- ③ 车种及用途；
- ④ 在保证可靠供电的条件下，尽量考虑供电设备的经济性能。

第二章 客车空气调节装置的自动控制系统

第一节 客车空气调节装置的控制原理

铁路客车为了使车内空气的温度、相对湿度、气流速度和清洁度等参数能满足人体舒适和卫生条件的要求，而装设有空气调节装置。

一般客车的空气调节装置的组成部分及其控制原理如下：

1. 通风系统

客车的空调通风系统一般采用机械强迫通风方式，它由安装在车端内顶棚上的离心式通风机组以及进风道、回风道、送风道和排风道等组成。

通风机由电动机驱动后，从车端吸风口和进风道吸入车外的新鲜空气，同时从车内回风口吸入再循环空气。二者混合后经滤尘器过滤，然后进入空气处理室（或称中央空调器），经过冷却去湿（夏季）或加温加湿（冬季）处理，再沿送风道经各个送风口送入车内。同时，车内一部分多余的废气经排风口排出车外，以保持车内、外空气的压力平衡。

离心式通风机的风量等于新风量与回风量之和。新风量与回风量之比，根据车型具体设计确定，如硬卧车和软卧车通常为1:3（夏季）或1:2（冬季）。

为了改变通风量和新风量与回风量的混合比，通风机的电动机有高、低两种转速。新鲜空气的进风口和再循环空气的回风口安装有百叶窗式调节板，调节板的开度可以用手动调节，也可以用伺服电机或牵引电磁铁自动调节。

2. 氟利昂制冷装置

客车空气调节装置在夏季一般是采用让空气通过空气冷却器的方法将送入车内的空气进行冷却和去湿处理的。这种空气冷却器通常为氟利昂制冷装置的蒸发器。

氟利昂制冷装置除了上述的蒸发器以外，还包括电动机驱动的压缩机、冷凝器、贮液筒、膨胀阀、电磁阀、干燥过滤器以及油分离器、氟高压表、氟低压表、油压表和压力继电器等附件。

冷凝器通常是采用轴流式电动排风扇进行冷却的，风扇电机的转速有时可以按压缩机的工作缸数、亦即随制冷量的变化而变化。

电磁阀用于开通或截断制冷剂在管路中的通路，从而达到调节压缩机能量、卸载启动、防止压缩机发生液击等目的。

压力继电器用来保护压缩机正常工作。当压缩机吸气压力过低或排气压力过高时，压力继电器能自动切断压缩机的工作电源，使压缩机停止工作。

膨胀阀是压缩式制冷装置的自动调节部件。它可以根据蒸发器出口的氟蒸气的过热度的高低，自动调节送入蒸发器的氟利昂液体的流量，以使蒸发器的制冷量达到要求。

蒸发器的热负荷即为从流过它的空气中所带走的热量。为了保持车内温度达到要求，这种热量应随着车外气温和车内定员数的变化而变化。当蒸发器热负荷变化甚大时，单靠膨胀阀调节是不够的，还可分别采取下列措施：

- (1) 改变压缩机的工作缸数;
- (2) 改变压缩机的转速;
- (3) 改变压缩机的运转或停止工作的延续时间;
- (4) 改变进入蒸发器的氟液体通路。

实际上,经常采用的措施是上述的(1)、(3)、(4)项。

3. 加热设备

客车空气调节装置在冬季时,必须将送入车内的空气进行加热处理。加热的方法是在空气处理室安装空气预热器。为了使车内达到一定的温度,在车内地板面上还要安装补偿加热器。加热的热源通常采用电热或独立锅炉温水取暖装置所产生的热量。

客车在冬季运用中,由于外温和定员数的变化,车内空气的加热量也应当随之变化,这样才能保证车内空气的温度达到规定的要求。对于采用电热加温的元件,可以通过控制通入元件的电压和电流或改变加热元件的数量的方法,来达到增加或减少加热量的目的,对于独立锅炉温水取暖装置,可通过改变锅炉的燃烧状态,提高或降低温水的温度的方法,获得加热量的增减。

4. 加湿设备

客车空调装置,一般不带有加湿设备。但在冬季,当定员少且外温较低、车内空气的相对湿度低于30%的情况下,最好添加加湿设备。

最简单的空气加湿方法是使用电热或电极加湿器。电极加湿器内注有水,水中插有两个电极。当电极通电时,电流通过水阻产生热量,使水蒸发成水蒸汽并送入车内的空气中。电热加湿器用电热元件代替电极进行加热。若要改变加湿量,只需改变两种加湿器的输入电流或通电时间即可达到。

客车空气调节装置的自动控制系统,不仅要使上述通风机、废气排风扇、制冷压缩机、冷凝器排风扇等电动机的工作自动启动或停止,而且还要适应外界不断变化的空气参数,自动调节通风量、制冷量、加热量、加湿量以及新风量与回风量的混合比,使车内的空气参数达到规定的要求。

实现客车空气调节装置自动控制与自动调节的方法,目前采用的有定位式和比例式两种。定位式又包括双定位和多定位两种。为了搞清定位式和比例式两种方法及其特点,这里以电热器为例加以说明:

采用双定位调节时,整个电热器只有切断或接通电源两种工作状态;采用多定位调节时,可以将电热器的电热元件分成若干组。调节过程中,根据需要自动接通或切断其中某些组元件。这样,可以使加热量的变化有较大的范围;采用比例式调节时,可以平滑地改变通入电热器中的电流,使加热量有更大的调节范围。

目前在客车上采用的多数是双定位调节。这种自动控制系统由下列几个部分组成:

- (1) 测量部分——用测温元件测量车内的实际温度;
- (2) 比较部分——用比较元件将所测的温度与规定值进行比较;
- (3) 放大部分——用中间放大元件将比较结果进行放大;
- (4) 执行部分——用执行元件改变压缩机或通风机和电预热器等的工作状态。

在客车空调装置的自动控制系统中,控制对象是客车,车内的温度和相对湿度等是被测量,车外的温度和相对湿度、车辆运行速度(它对车辆热传递系数与太阳辐射热有影响)和车内定员等变化因素称为干扰或扰动。

因此, 我们也可以这样地概述空调自控系统的工作原理: 当有外来干扰而使控制对象的平衡状态被破坏时, 应由自动调节装置发生作用, 使控制对象过渡到新的平衡状态。

为了具体深入地了解自动调节装置的作用和效果, 我们先从控制元件着手, 分析控制电路的工作原理, 最后再研究其控制系统的稳定性。

第二节 控制元件

一、测温元件

自动控制系统通常采用的测温元件有热电偶、电接点式水银温度计、热敏电阻、双金属片以及充有易挥发液体的温包等。其中, 双金属片和温包都是作为某种器件而存在的, 如双金属片微型继电器、压力或膨胀式温度继电器等。温度继电器的型号包括 WT-1226 型、WJ-35 型和 WTZ-228 型等。它们不仅有测量的功能, 而且还具有比较、判断和动作的功能, 即不仅可以测量温度, 而且还可以与规定值进行比较, 最后以接通或切断电路的形式, 控制电动机和其它执行元件的工作。

目前客车空调自动控制系统中的测温元件, 主要是采用电接点式水银温度计、WJ-35 型温度继电器和热敏电阻等三种, 下面将逐一加以介绍:

1. 电接点式水银温度计

电接点式水银温度计如图 2-1 所示, 它有固定接点与可调接点两种。固定接点 (WXG-01f 型或 HA₃-03 型) 水银温度计除了温泡和毛细管之外, 还有与规定温度相适应的几个焊接点 (如 23°C、25°C 等)。当温度上升时, 水银膨胀并沿毛细管上升, 使接点与触点连通; 温度下降时, 水银收缩, 接点与触点之间断开。

可调接点 (WXG-11t 型) 水银温度计有两个刻度标尺, 其分度值和刻度范围均相同。上段刻度表示所整定的温度数值, 下段刻度表示实际测定的温度。温度计的下段除水银温泡和毛细管外, 还有用铂丝做的固定触点, 它的一端在毛细管内为圆圈状, 另一端与顶端胶木头内接线柱的铜丝焊牢。活动

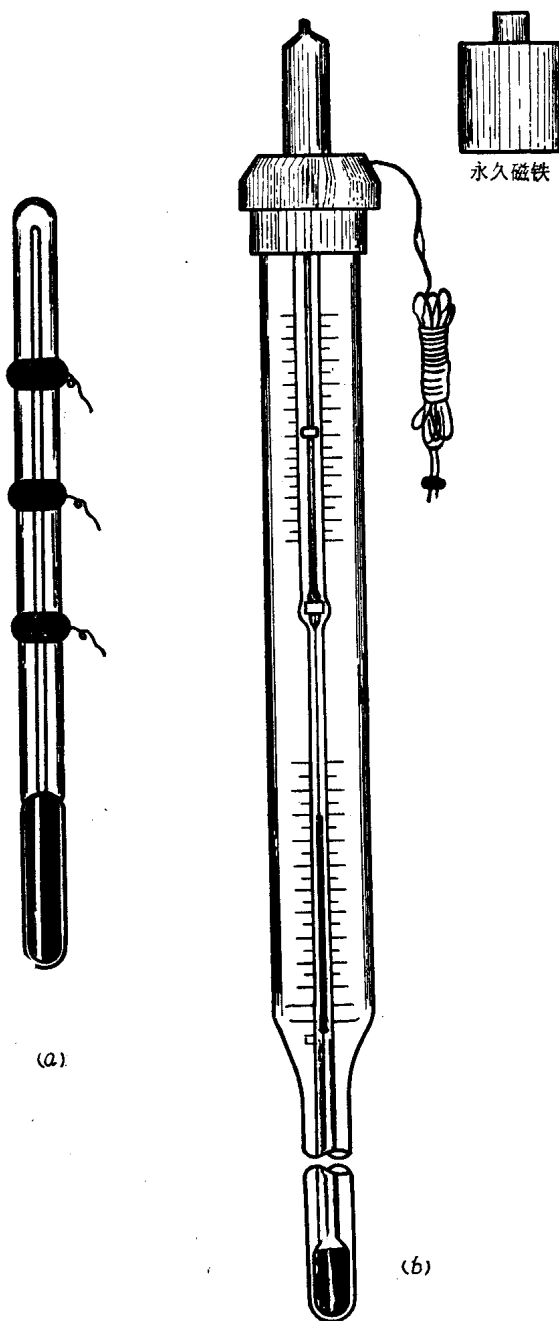


图 2-1 电接点式水银温度计
(a) 固定接点水银温度计; (b) 可调接点水银温度计。

触点为一根细钨丝，一端伸入铂丝圆圈内，另一端接到上部扁玻璃管内的指示铁中。指示铁套在螺丝杆上，当螺丝杆转动时，指示铁可以在扁玻璃管内上下移动，以调节钨丝的位置。螺丝杆的下端伸入到铁底座小孔内定位，上端带有位于顶部胶木头内的一块扁铁。需要整定温度时，胶木头套上的永久磁铁将胶木头内的扁铁吸住，转动永久磁铁，螺丝杆和扁铁便一起随着转动，使指示铁上下移动。指示铁在上部刻度标尺的位置，即为整定温度值。

电接点式温度计的接点一般只能接在低于 6 伏电压的电路中，通过的电流最大允许值为 0.2 毫安。如果通过的电流过大，则不仅由于水银柱本身发热而影响到测量的精度，而且在接点断开时所产生的电弧，还可能烧坏水银面。因此，电接点式水银温度计的接点，一般接在电子管的栅极回路、晶体管的基极回路或高灵敏继电器的回路中。

2. WJ-35型温度继电器

WJ-35型温度继电器的控制原理如图 2—2 所示，其测温部分为感温包、毛细管和波纹管组成的封闭容积，里面充有低沸点的液体，如氯甲烷、乙醚或丙酮等。当温度上升时，因温包内的液体蒸发而形成一定的压力传给波纹管。波纹管通过在其上部的顶杆，使杠杆受到一顶力矩，它克服弹簧的拉力矩后使杠杆围绕支点 O' 作顺时针方向转动。杠杆上的 A、B 两点与微动开关按钮脱离后，其常闭触点闭合，同时切断常开触点，亦即切断控制电路。反之，当温度下降时，常开触点电路将被接通。

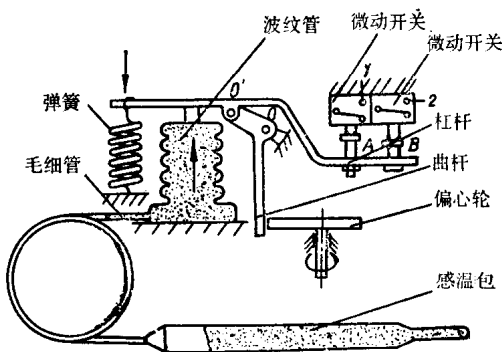


图 2—2 WJ-35型温度继电器

继电器带有可调旋钮，转动旋钮改变偏心轮的位置，便可以调节曲杆的位置，使弹簧拉力矩因支点 O' 位置的改变而得到调节，亦即改变了波纹管产生作用所需要的顶力矩，调节了控制温度的整定值。WJ-35型温度继电器的温度调节范围为 $15 \sim 27^{\circ}\text{C}$ ，其动作温差为 $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 。

继电器有两个微动开关，每个微动开关中有常闭与常开触点各一对，触点容量为 220 伏，5 安。全封闭压缩机制冷系统中的两个微动开关，一个可以用于控制压缩机，另一个可以用于控制热泵的电磁转换阀。

3. 热敏电阻

热敏电阻是一种结构简单、使用方便的测温元件，它由金属氧化物或硫化物、碲化物等半导体材料制成。常用的国产半导体热敏电阻，其型号和主要参数如表 2—1 所示。

常用的国产半导体热敏电阻的型号和主要参数

表 2—1

型 号	主 要 参 数					
	25℃时 标称阻值	材料常数 ($^{\circ}\text{K}$)	额定功率 (W)	测量功率 (mW)	时间常数 (秒)	耗散常数 (mW/ $^{\circ}\text{C}$)
RRC ₂ -1	820Ω~300kΩ	2200~3300	0.25	0.1	≤85	≥4
RRC ₂ -2	820Ω~330kΩ	2200~3300	0.5	0.2	≤115	7~7.6
RRC ₂	6.8kΩ~1000kΩ	3900~5600	0.4	0.1	≤20	7~7.6
RRC ₂	8.2kΩ~100kΩ	2200~3300	0.06	0.05	≤20	—
RRC ₂ B	3kΩ~100kΩ	3900~4500	0.03	—	≤0.5	—

半导体热敏电阻具有较大的负温度系数,例如RRC₃-1型,其温度系数为-2%。因此,它对温度变化的反应很灵敏。在使用中,可以略去导线和接触电阻受温度的影响。但是由于生产过程的不一致性,同一型号热敏电阻的实际阻值不一定相等。所以,为了达到互换的目的,每一个热敏电阻应预补偿成具有同样阻值的测温元件。关于补偿的方法,请参阅第三章第五节。

二、放大元件

客车空气调节装置的自控系统,其控制对象是客车,而执行元件则是电动机、电磁铁或电热元件。由于这些电器的输入功率较大,故利用测量元件或各种温度继电器的触点直接来推动,一般是不适宜的。因为这些电器感温机能较强,而执行机能却较弱;电路参数不相符合或接线方式不适合。所以,常常在二者之间,加有推动器。其中包括晶体管放大器、磁放大器、电磁继电器和接触器等。

1. 晶体管放大器

这种放大器可分为直流和交流两种。常用的有BJOW-1、JHK-1、KCW-1和KW-1等型号。晶体管放大器的特点是:无触点、动作迅速、灵敏度高、体积小、重量轻和功耗小等。但其抗干扰的能力差,容易受温度变化的影响。为了搞清一般晶体管放大器的工作原理,我们选择JHK-1型晶体管恒温控制器为例,加以说明。

图2-3所示为JHK-1型晶体管恒温控制器,它通过中间继电器和接触器,可以控制电动机或电热器的的工作。这种控制器由测温电桥、差动放大器、中间放大器、射极耦合双稳电路以及整流、滤波和稳压环节构成的电源组成。考虑到使用的要求,电路中设有整定控制温度、防止温度漂移的补偿环节与电路状态指示等几个附加部分。电路的工作原理如下:

合开关 K_1 接通电源后, $D_1 \sim D_4$ 将电源变压器 B_1 次边的36伏交流电整流为直流电,经过 C_1 、 C_2 、 R_0 组成的RC滤波器和 $CW_1 \sim CW_4$ 稳压管以后,变成波纹系数较小的稳定直流电压,每个稳压管两端电压为3.2~4.5伏。

电阻 R_1 、 R_3 、 R_4 、 R_7 和电位器 W_1 组成直流电桥。其中, R_7 为RRC₃型半导体热敏电阻, W_1 用于整定控制温度。

三极管 BG_1 和 BG_2 组成差动放大器,它们共用一个射极电阻 R_6 。由于 R_6 对两个三极管的集电极电流有电流负反馈作用,因而具有抑制因温升而引起的零点漂移能力。

当环境温度低于整定值时,热敏电阻的阻值大于 R_7 ,使 BG_2 的饱和程度比 BG_1 大,因而差动放大器输出端B点的电位低于A点的电位。这样,中间放大器 BG_3 的导通程度得到加强,其集电极电流 I_{c3} 增大,使电位器 W_3 上的压降增加,从而提高了三极管 BG_4 的基极电位。因而, BG_4 导通, BG_5 截止,继电器 J_1 释放,其常闭触点闭合, J_2 得电。此时,一方面接通了控制电热器的接触器,使电热器工作;另一方面使红色指示灯开亮。

反之,当被控对象的环境温度上升超过规定值,电路中B点与A点的电位几乎相等时, BG_3 、 BG_4 截止, BG_5 导通, J_1 吸合, J_2 释放,电热器停止工作,绿灯开亮。

电路中的 D_5 、 R_{10} 、 R_{12} 是用以改善温度漂移的, R_{17} 是为了减小发射极耦合双稳电路回差的, D_6 、 D_{11} 为续流二极管。

JHK-1型晶体管恒温控制器的主要技术指标如下:

控温范围: $-18 \sim +20^\circ\text{C}$

回差: 1.5°C 、 2.5°C 可调

环境温度: $-40 \sim +50^\circ\text{C}$