



高等教 育
城市轨 道交 通
系 列 教 材

CHENGGUI JIAOTONG
CHELIANG KONGTIAO ZHUANGZHI

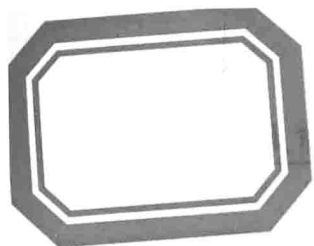
城轨交通 车辆空调装置



张天彤 / 主 编
王丽红 韩增盛 / 副主编
汪国利 / 主 审



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>



轨道交通系列教材

城轨交通车辆空调装置

张天彤	主 编
王丽红 韩增盛	副主编
汪国利	主 审

北京交通大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统地介绍了城市轨道交通车辆空调的工作原理、结构、使用和检修技术,对空调的相关基础理论作了必要的讲解,内容包括城轨车辆空调基础知识、制冷工作原理及结构、制冷装置主要部件、自动化器件及辅助设备、通风系统和加热系统、控制系统、检修及技术、运转及保养、故障分析与检修,具有较强的实用性和可读性。

本书旨在为高等职业院校及高等院校相关专业的学生提供教学用书,同时为相关工程技术人员和一线工作人员提供学习和参考用书。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

城轨交通车辆空调装置/张天彤主编. —北京:北京交通大学出版社,2014.2
(高等教育城市轨道交通系列教材)

ISBN 978-7-5121-1818-8

I. ①城… II. ①张… III. ①轻轨车辆-空气调节设备-高等职业教育-教材
IV. ①.U270.38

中国版本图书馆CIP 数据核字(2014)第020410号

特邀编辑:宋英杰

责任编辑:陈跃琴

出版发行:北京交通大学出版社

电话:010-51686414

北京市海淀区高粱桥斜街44号

邮编:100044

印刷者:北京时代华都印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:14 字数:350千字

版 次:2014年3月第1版 2014年3月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-1818-8/U·163

印 数:1~2500册 定价:35.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

城市轨道交通具有运量大、速度快、安全、准点、保护环境、节约能源和节约用地等特点。世界各国普遍认识到：解决城市交通问题的根本出路在于优先发展以轨道交通为骨干的城市公共交通系统。国外大城市城市轨道的运营经验表明，大力发展城市轨道交通是纾缓国内交通拥堵难题的重要途径。随着城市交通拥堵的日益严重，国内城市轨道交通建设将进一步提速，未来发展空间大，前景十分广阔。

城市轨道交通的发展离不开城轨交通车辆的发展，空调装置作为城轨车辆的主要部件之一，对乘客的舒适性、安全性出行提供必要的保障作用，同时也是现代轨道交通车辆先进技术的重要体现。

城轨车辆空调装置是一个多专业的综合性设备，涉及工程热力学、传热学、流体力学等学科，牵涉机械、电气、控制、材料等多领域，是现代车辆装备技术综合化、智能化、网络化的集成体现。熟悉城市轨道交通车辆空调装置的基础理论知识，掌握其安装、使用、维护和管理技能是城轨车辆运用和检修人员的一项基本的、重要的工作。

本书以城市轨道交通车辆空调基本原理为基础，结合国内多家地铁、轻轨公司的城轨交通车辆，系统介绍了典型城轨车辆空调装置的结构、原理、维护和故障处理，突出理论与一线现场实践的结合，适合我国目前高等职业院校及高等院校城市轨道交通车辆专业教学需要，对地铁运营公司车辆检修培训和学习也有一定的指导作用。

本书由张天彤任主编，王丽红、韩增盛任副主编。具体分工：第1、2、8章由王丽红编写，第3章由韩增盛编写，第4、5、6、7章由张天彤编写，第9章由马松花编写，第10章由高民富编写。全书由张天彤统稿，汪国利主审。

由于编者水平有限，难免有疏漏和错误之处，恳请各位读者批评指正。

编 者

2013年12月

目 录

第 1 章 城轨车辆空调概述	1
1.1 城轨车辆空调概况	2
1.1.1 城轨车辆空调现状	2
1.1.2 城轨车辆空调系统的性能评价指标	2
1.1.3 城轨车辆空调与铁路客车空调比较	4
1.1.4 城轨车辆空调系统的特点与发展方向	4
1.2 城轨车辆空调的作用及组成	6
1.3 城轨车辆空调的特点及要求	7
第 2 章 城轨车辆空调基础知识	10
2.1 湿空气	11
2.1.1 湿空气的状态参数	11
2.1.2 湿空气的焓湿图	16
2.1.3 空气状态变化过程在 $h-d$ 图上的表示	19
2.2 城轨车辆客室内空气参数的确定	21
2.2.1 温热条件的舒适度	21
2.2.2 影响乘客人体卫生和舒适性的因素	22
2.2.3 客室内空气参数的要求	23
2.2.4 外气参数的确定	24
2.3 制冷剂	24
2.3.1 制冷剂的作用	25
2.3.2 空调制冷系统对制冷剂的要求	25
2.3.3 制冷剂的分类及表示方法	27
2.3.4 常用制冷剂的性质	30
2.4 润滑油	33
2.4.1 润滑油的作用	33
2.4.2 润滑油的性能与要求	34
2.4.3 润滑油的分类与选择	36
第 3 章 城轨车辆空调制冷工作原理及结构	38
3.1 蒸气压缩式制冷原理	39
3.1.1 蒸气压缩式制冷的基本原理	39

3.1.2	蒸气压缩式制冷循环系统的组成及工作过程	39
3.1.3	蒸气压缩式制冷的应用	41
3.1.4	制冷剂液体过冷和吸气过热对制冷循环的影响	43
3.2	城轨车辆空调制冷的工作过程	44
3.2.1	城轨车辆空调简介	44
3.2.2	制冷系统的工作过程	46
3.2.3	车内制冷	46
3.3	城轨车辆空调典型结构	47
3.3.1	广州地铁一号线车辆空调	47
3.3.2	郑州地铁一号线车辆空调	52
第4章	制冷装置主要部件	57
4.1	制冷压缩机	58
4.1.1	制冷压缩机的类型及应用	58
4.1.2	活塞式制冷压缩机	59
4.1.3	涡旋式制冷压缩机	65
4.1.4	螺杆式制冷压缩机	69
4.2	制冷换热器	75
4.2.1	换热器的工作原理	75
4.2.2	冷凝器	77
4.2.3	蒸发器	80
4.3	节流机构	82
4.3.1	热力膨胀阀	82
4.3.2	毛细管节流装置	84
第5章	空调机组辅助部件	86
5.1	温度传感及控制元件	87
5.1.1	温度控制器	87
5.1.2	压力式温度计	88
5.1.3	温度传感器	89
5.2	压力保护开关	90
5.2.1	压力控制器	90
5.2.2	压差继电器	92
5.3	阀件	94
5.3.1	电磁阀	94
5.3.2	截止阀	96
5.3.3	逆止阀	97
5.3.4	安全阀	98
5.4	其他辅助设备	99

5.4.1 油分离器	99
5.4.2 贮液器	100
5.4.3 干燥过滤器	100
5.4.4 气液分离器	102
5.4.5 流量/湿度指示器	102
第 6 章 空气通风和加热系统	104
6.1 通风机	105
6.1.1 轴流式通风机	105
6.1.2 离心式通风机	106
6.1.3 贯流式通风机	108
6.1.4 幅流式通风机	109
6.2 通风管道结构	110
6.2.1 主风道、回风道及排风道	110
6.2.2 新风口、送风口、回风口及排气口	111
6.2.3 空气过滤器	112
6.2.4 应急通风系统	113
6.3 空气加热系统	113
6.3.1 电加热器	113
6.3.2 热泵	114
6.3.3 城轨车辆空调加热系统	116
6.4 通风系统典型结构	117
6.4.1 广州地铁四号线车辆空调通风系统	117
6.4.2 郑州地铁一号线车辆空调通风系统	119
第 7 章 城轨车辆空调控制系统	122
7.1 城轨列车通信网络控制系统简介	123
7.1.1 现场总线技术	123
7.1.2 列车总线类型简介	124
7.1.3 典型 ARCNET 列车通信控制网络系统介绍	125
7.1.4 典型 MVB 通信控制系统简介	127
7.2 空调自动控制系统	128
7.2.1 主要控制元件	128
7.2.2 控制电路的主要功能	130
7.2.3 空调机组的常见工作模式	131
7.3 地铁空调典型控制系统	132
7.3.1 深圳地铁 1 号线车辆空调控制模式	132
7.3.2 深圳地铁 5 号线车辆空调控制系统	134

第 8 章 城轨车辆空调检修及技术	138
8.1 检修仪器与设备	139
8.1.1 常用检测仪表	139
8.1.2 常用检修工具	145
8.2 制冷系统安装和接管	147
8.2.1 安装准备与安装原则	147
8.2.2 压缩机的安装	148
8.2.3 辅助设备的安装	148
8.2.4 管路的安装及连接	150
8.3 制冷系统检漏及充注制冷剂	156
8.3.1 压力检漏	156
8.3.2 真空检漏	160
8.3.3 充注制冷剂	163
8.4 空调机组的拆卸、安装与检修	167
8.4.1 空调单元的拆卸与安装	167
8.4.2 空调单元的检修	168
第 9 章 城轨车辆空调运转及保养	170
9.1 城轨车辆空调装置试验	171
9.1.1 单元空调机组试验方法	171
9.1.2 空调机组装车后试验	173
9.2 空调机组的安装及试运转	176
9.2.1 安装说明	176
9.2.2 试运转说明	176
9.2.3 空调机组操作安全注意事项	178
9.3 空调机组的保养与维护	178
9.3.1 检修规程	178
9.3.2 单元空调机组保养及维护	179
9.3.3 排气装置的保养及维护	184
9.3.4 司机室通风机的保养及维护	184
9.3.5 控制系统的保养及维护	184
9.4 空调单元维护软件的使用	187
9.4.1 空调控制软件监控	187
9.4.2 MVB 信号	188
9.4.3 故障监控	189
9.4.4 更改参数	190
9.4.5 更改压缩机信息	190
9.4.6 空调软件更新	191

第 10 章 空调装置的故障分析与处理	193
10.1 空调机组的故障检查方法	194
10.1.1 空调机组的正常工作状态	194
10.1.2 空调机组日常检查	194
10.1.3 检查方法与步骤	197
10.2 空调机组常见故障和处理方法	198
10.2.1 常见故障分类	198
10.2.2 常见故障原因分析及故障处理	200
10.2.3 司机室通风单元故障分析及处理	202
10.2.4 客室电取暖器故障分析及处理	203
10.3 通风机常见故障和处理方法	203
10.3.1 振动及噪声	203
10.3.2 通风机电机发热	204
10.3.3 轴承温升过高	204
10.3.4 电机电流过大或温升过高	204
10.3.5 风量不足	205
10.3.6 通风机的电机不转	205
10.4 空调机组典型故障案例	206
10.4.1 某地地铁车辆空调机组漏水问题	206
10.4.2 某地地铁车辆冷凝风机故障	209
参考文献	213

1

第1章 城轨车辆空调概述

本章概述

近些年城市轨道交通快速发展,出门乘坐城轨交通的人数越来越多,随着人们生活质量的逐步提高,乘客对所乘坐交通工具的舒适性要求也越来越高。由于城市轨道交通车辆主要运行在地下隧道,乘客密度大,因此通风换气、改善车内空气品质是提高乘客舒适性的重要方面。目前,几乎所有的城市轨道交通车辆使用空调与制冷装置达到上述目的。从技术角度看,车辆的空气调节技术是车辆的一项极其关键技术之一,是现代轨道交通车辆先进技术的重要体现。

车辆空调与制冷装置是一个多专业的综合性产品,涉及工程热力学、传热学、流体力学等学科,牵涉机械、电气及控制、材料等领域,技术先进、复杂。车辆空调与制冷装置的正确安装、使用、维护和管理是运用与检修人员的一项基本的、重要的工作。城轨车辆与铁路客车的空调装置有其相似之处,也因其运用环境的不同,性能、参数等方面又体现出各自的特点。

本章主要讲述了城轨车辆空调概况,包括城轨车辆空调的现状与发展趋势;城轨车辆空调与铁路客车空调的区别;城轨车辆空调的性能评价指标、作用、组成及特点和要求。

学习重点

1. 了解现有城轨车辆空调的现状与发展趋势。
2. 熟悉城轨车辆空调与铁路客车空调的区别。
3. 掌握城轨车辆空调的性能评价指标、作用、组成及特点和要求。

1.1

城轨车辆空调概况

我国早期的地铁、轻轨车辆并无空调装置,只设通风系统。早期上海、广州等进口地铁车辆的空调系统属原装进口的,在运用中出现不少问题,其根本原因在于这些空调系统不符合我国国情。我们知道,在西欧、北欧国家,夏季气温普遍偏低,客流少,乘坐率低,而我国人口众多,气温较高,这就是我们的实际情况。目前我国借鉴国内现有的铁路客车空调技术,研制出符合此实际且更易于实现的空调制冷技术,城轨交通车辆的空调装置已完全实现国产化。

1.1.1 城轨车辆空调现状

目前,我国采用的城轨车辆空调类型是传统的单冷型,只作为制冷机。也有一些空调机组安装有电加热器,功率很小(9~12 kW),仅作为预热。采用“分离式”,即独立的空调机组和控制柜;“定速型”压缩机,即电源采用辅助逆变器直供型。

单冷型设计使空调机组的利用率降低,空调机组的效能和功能不能全部利用起来,造成浪费;分离的控制柜占用车辆内部空间,而且与空调机组间的线路连接复杂、繁多,不方便空调机组的安装、维护、检修等;定速压缩机启动时电流冲击大,要求辅助逆变电源容量大,车厢冷热负荷变化大,制冷能力不能迅速调节,使客室内温度不均匀。

1.1.2 城轨车辆空调系统的性能评价指标

1. 空调机组

城轨车辆空调系统一般应达到小型轻量化、抗震性、阻燃性、水密性、可维护性(免维护性)、耐腐蚀性、电源协调使用等要求。下面从3个方面进行讲解。

1) 小型轻量化

小型轻量化是城轨车辆空调系统的显著特点。由于城轨车辆一般比铁路车辆小,高度低,运载量大,而空调机组通常置于车顶部,受上部限界的限制,其体积、质量受到一定限制。所以小型、轻量化是空调机组必须满足的条件。近年来,国产地铁空调采用一系列新技术来缩小空调制冷装置的体积。如:采用卧式蜗旋式压缩机;换热器采用内螺纹管,以增强换热效果,减少换热器体积;采用带亲水膜轻质铝翅片,降低换热器质量;引进高效进口风机,在保证流量、噪声等要求下降低了体积及质量。

2) 可靠性高

首先,抗震性能好。车辆在运行中会产生振动,因此车辆空调系统要具备足够的抗震性能。《铁道客车空调机组》(TB/T 1804—2003)对车辆空调设备提出抗震要求及试验标准。这个标准对运行条件好于铁路车辆的城轨车辆空调系统来说,应该是完全适用的。

其次,耐腐蚀性好。现在城市的污染程度较大,尤其是沿海城市的盐雾影响,对暴露在大气中的空调机的电机、换热器壳体的耐腐蚀性要求较高,因此空调机组在设计、制造中要充分考虑到这点。如采用防护等级较高的电机,并在电机外部配合处增加电机防护技术措施,在换热器上采用耐酸、碱、盐雾腐蚀的覆膜铝翅片,并采用不锈钢板材制造空调机壳体,防止腐蚀,延长空调机组的使用寿命。

3) 免维护程度高

安装于车辆上的空调机组并不能像地面制冷机组那样,可以给检修、维护人员一个易于检视的环境和空间。根据铁路客车空调的使用经验,在条件允许的情况下,城轨车辆空调系统应尽量使用单元式、全封闭式制冷循环系统,并提高免维护的元件使用率。

2. 空调控制器

空调控制器控制空调机组正常运行,是空调机组的重要组成部分。它在车辆上的使用关键是可靠性、可触及性、自动化程度及电磁兼容性。

1) 可靠性

目前,城轨车辆空调控制器的关键元件采用的是质量较好的进口元件或合资工厂生产的元件,降低了元件的故障率。电路设计经过大量的实际运行验证,可靠性较高。

2) 可触及性

由于空调控制器元件动作较频繁,并有较多的空调机组保护元件,其维护量较大。在空调机组检修中,还要观察控制器整体的动作情况,以便判明故障原因。因此空调控制器要尽可能布置在检修人员易于触及、易于观察的地方,否则就会给空调机组的维护、检修带来麻烦。

3) 自动化程度

城轨车辆与铁路客车运行及人员配置情况不同。在城轨车辆运行中不配制车辆设备巡检员,这就要求城轨车辆空调系统自动化程度高,能够在出现问题时自动处理,如对非故障问题有自我保护及自我恢复能力,对故障能够自我诊断及自动存储,以便车辆进站后能够及时修复。

城轨车辆空调系统大都采用了微处理器控制系统。该控制系统能够对偶发性非故障现象进行自我判断,对于实际故障能够诊断记录,可通过手提电脑进行手动调试。该控制系统还可以进行通信,实现上位机的集中控制功能。控制系统的主要任务是以温度信号为判据,控制制冷或采暖系统的运行及停止。温度过高时,开启压缩机制冷;温度过低时,开启加热器采暖;温度适中时,仅开通风使车内空气循环,并保持一定量的新风。这样使车厢保持适宜的温度和湿度,为乘客和乘务人员创造良好舒适的环境。

4) 电磁兼容性

车辆的自动化程度越高,车辆设备及信号控制系统电磁环境越复杂,电子部件信号系统要适应此电磁环境。因此空调系统控制装置要在预期的电磁环境中能正常工作,且无性能降低或故障,电磁兼容性是要预先考虑的,要遵照车辆运行电磁环境进行功能设计。

3. 通风系统

经空调机组处理后的空气通过通风系统送入车内,并保持车内送风的均匀。通风系统可制约空调机组的性能发挥,是车辆空气调节的重要组成部分。

目前,城轨车辆空调一般设废排口,尤其在车辆乘客多的情况下,通过车门开闭不能完全置换车内空气,有必要设置废排口。这样的好处:①直接将拥挤人群下部散发的热量通过废排口排出,减少上涌热气流与空调系统送风的有效空气的干扰;②冬季有利于热气流下沉;③使乘客感受更多的新鲜空气。

1.1.3 城轨车辆空调与铁路客车空调比较

(1) 轨道状况:铁路线路复杂,轨道状况不一,车辆振动较大,需要空调系统的抗震性好。城轨线路的轨道状况相对统一、稳定,车辆振动频率范围较小,空调系统较易满足要求。

(2) 速度:铁路客车速度高,车辆倾摆较大,需要空调机耐倾摆性好。城轨车辆速度较低,最高速度 $\leq 120\text{ km/h}$,车辆倾摆较小,空调系统较易满足要求。

(3) 气候环境:铁路客车运行线路可能贯穿我国南北东西,不同地带的气候环境差异较大,空调系统必须满足不同的气候条件。城轨车辆运营在相对固定的小范围线路上,其空调系统只要针对特定气候环境设计,即可满足要求。

(4) 可靠性:铁路客车运行区间较长,进站段检修周期长,因此空调系统应具有较高的可靠性,以减少检修的次数。城轨车辆运行进站段周期较短,可以适当更换车辆,空调系统的可靠性不如铁路客车要求高。

(5) 可用空间:铁路客车体积较大,可提供给空调系统较多的安装空间,空调系统易于布置。城轨车辆体积较小,而且客车本身需要携带动力、信号、控制系统等部件,能提供的空间十分有限,空调系统较难排布。

(6) 线路环境:铁路客车主要运行于旷野中,只在城市部分区域穿行,所以给城市环境带来的影响相对较小。城轨车辆主要在城市里穿梭,给城市环境带来的影响较大,而且车辆本身使用了较多的电气、电子设备,增大了对周围环境的电磁干扰。

1.1.4 城轨车辆空调系统的特点与发展方向

变频技术历经近 30 年的发展,已经日趋成熟,工业变频器已经成为各行各业的必备产品。变频技术飞速发展带来的契机,使变频空调以其固有的节能、高效、舒适、提升低温

供热能力、可靠等特点,必将成为城轨车辆空调发展的方向。

1. 空调特点

变频空调机的主要特点如下。

1) 变频空调机节约能源

变频空调机的主要特点是:高频降温,低频连续运转维持恒温,同时温度波动小。变频空调机的节电正是由于低速连续小功率运转时具有高能效比,且减少了多次开关造成的开关损耗,从而达到节能降耗目的。

空调机压缩式制冷循环的原理在几十年来未发生变化的情况下,空调机的节能分为3类:第1类是节能元件的选用,例如采用高效压缩机,采用高效的直流风机电机;第2类是提高换热效率,例如采用浸水膜的铝箔,由于水不易形成水珠堵塞风道而提高效率,或采用带内螺纹铜管提高效率等方法;第3类是运行节能控制,即变频节能。实践证明,变频空调机可实现运行节能30%以上。

2) 变频空调机的低温供暖能力

变频空调机可利用其高速旋转的特点,额外补充一部分电功率,从而使供风温度提高,实现供暖。变频空调机可使环境温度调节到 -10°C 。

3) 变频空调机的舒适度

变频空调机实现了低频运转维持温度,比普通空调机的开关维持温度的温度波动大大减少,同时又利用了变频空调机的高速运转提升能力,实现迅速降温、升温而提高舒适度。

4) 变频空调机可实现更宽的工作电压

变频空调机实现了低频启动,启动电流很小,电源电压波动小,还可实现更宽的工作电压,自动修正加到压缩机上去的电压,使压缩机工作更稳定,效率更高。

2. 发展方向

根据变频空调机的特点,未来城轨车辆空调的发展目标如下:

① 冷暖一体化,热泵型冷暖两用车用空调,弥补目前定速车用空调不能供热的不足,提高空调机的利用率,取消电暖气;

② 机电一体化,变频控制器与变频空调机实现一体化组装,使城轨车辆设备布置简单,安装简易,安全;

③ 采用先进的集成技术,使得该产品体积小、质量轻;

④ 配电简单,与外在的电气连接只是两个航空插头,节约了布线成本和车辆空间;

⑤ 全变频设计,变频涡旋式压缩机加上变频风扇电机和4套变频器;

⑥ 动态恒温空调系统,做到冷暖无级调节,舒适度更高。

1.2

城轨车辆空调的作用及组成

城轨车辆空调与制冷装置的作用是将一定量的车外新鲜空气和车内再循环空气混合，经过滤、冷却或加热、减湿或加湿等处理后，以一定的流速送入车内，并将车内一定量的污浊空气排出车外，从而控制客室内温度、湿度、风速、清洁度及噪声，并使之达到规定标准，以提高车内的舒适性，改善乘车环境。

一般车辆空调系统（见图 1-1）主要由通风系统、制冷系统、加热系统、加湿系统及自动控制系统五大系统组成。考虑到城轨车辆实际运行区域的气候条件，有些车辆可不设专门的加热及加湿系统。



图 1-1 空调装置

（1）通风系统：通风系统的作用是将车外新鲜空气吸入并与车内再循环空气混合，滤清灰尘和杂质后，再压送分配到车内，同时排出车内多余的污浊空气，以保证车内空气的洁净度及合理的流动速度和气流组织。通风系统一般由通风机组、空气过滤器、新风口、送风道、回风口、回风道及排废气口等组成。

（2）制冷系统：制冷系统（也称空气冷却系统）的作用是对车内的空气进行降温、减湿处理，使车内空气的温度与相对湿度保持在规定的范围内。冷却系统工作时，由制冷剂通过蒸发器冷却将要送入车内的空气，而蒸发器表面的温度低于空气的露点温度，空气中的部分水蒸气就会凝结成水滴，形成我们通常所说的“空调水”。因此，空气在通过蒸发器冷却的同时也得到了减湿处理。为保证制冷系统安全、有效地工作，制冷系统除压缩机、蒸发器、冷凝器、节流装置四大件外，还配有贮液器、干燥过滤器、气液分

离器等辅助设备。

(3) 加热系统: 加热系统的作用是在低温时对进入车内的空气进行预热和对车内的空气进行加热, 以保证车内空气的温度在规定的范围内。加热系统通常包括空气预热器和地面空气加热器两部分。在空气温度较低时, 通风系统向车内送风过程中, 由预热器对空气进行加热, 然后再送入车内, 而车内地面式加热器对车内空气加热, 以补偿车体和门窗的热损失。

(4) 加湿系统: 加湿系统的作用是在车内空气相对湿度较低时, 对空气进行加湿处理, 以保证车内空气的相对湿度在规定的范围内。加湿最简单的方法是采用电极加湿器。

(5) 自动控制系统: 自动控制系统的作用是控制各功能系统按给定的方案协调、有序地工作, 以使车内的空气参数控制在规定的范围内, 并同时对空调制冷装置起自动保护作用。电气控制系统一般由各设备的控制电器、保护元件及相关仪表和电路等组成。

(6) 司机室送风单元: 城轨车辆司机室内一般不设单独的空调机组, 而设立一个单独的送风单元。该送风单元设有风量和风向可调的送风口, 并且送风口可进行关闭, 其内置的调速风机, 可由司机根据实际需要进行手动控制。送风单元内置的调速风机通过单独的风道从相邻的空调送风道中吸入已处理的空气送入司机室, 通过调节送风口大小来调节送风量, 通过调节送风口方向来调节送风方向, 回风通过司机室隔门上的百叶窗进入客室实现回风。

1.3

城轨车辆空调的特点及要求

(1) 现代城轨车辆客室基本采用全密封结构, 而且为保证大流量旅客上下车的时间和效率(每站停 30 s), 每侧设置 3~5 个客室车门。由于城市轨道交通站间距短(一般 800~2 000 m), 客室车门频繁开启, 因此, 客室内部制冷损耗大, 制冷效率低。要达到和保持使人体感觉舒适的微气候条件, 必须加大空调系统的制冷能力(一般应为计算制冷量的 110%~120%)。如果没有足够的制冷能力, 不断的制冷损耗会使空调系统长时间的工作也达不到规定的微气候条件, 也就失去空调装置的作用和意义。

(2) 城轨车辆载客量大, 人员众多, 在客室内, 由于人的呼吸, 车内氧气减少, 二氧化碳(CO_2)含量增加, 车内过多的二氧化碳会使旅客感到气闷、疲劳, 当增加到一定浓度后就会影响人的健康。此外, 车内还可能产生其他有害气体, 使车内空气变得污浊。因此, 必须不断更换车内的空气, 使车内空气保持一定的新鲜程度。因此, 按照卫生标准和要求, 每人必须有 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 的新鲜空气量, 即新风量的要求。空调机组应设有可自动调节的新风口和回风口。新风调节机构可保证从全开到全闭范围内调整新风量, 回风口的气流调节装置可确保制冷和紧急通风功能的需要。调节机构设置调节挡板, 用于调节新风、回风的混合比例。新风阀与排气阀同步, 根据车辆载客量的不同, 可调节不

同的开度,改变新风量。

(3) 城轨客车车内的空气流速,同样影响人体的散热。车内空气流速的增大可以加速人体表面的对流散热,促进人体表面汗液的蒸发,从而增加散热效果。通过试验,夏季人体对空气流速有感觉的极限近似为 $0.15 \sim 0.25 \text{ m/s}$ 的范围。城轨车辆送风均匀性是靠通风系统来保证,该系统的好坏,直接影响着车内的温度均匀性及送风均匀性,它可制约空调机组在车辆中的性能发挥。目前,我国城轨车辆普遍采用静压风道,这种静压风道能够降低噪声,使送风均匀。

(4) 城轨车辆通常车内乘客较多,车辆内部要求做到全面送风。即使是空调机回风口区域,也要设送风口,否则气流受拥挤人群扰动、阻塞,回风往往越过空调机回风口区乘客头顶回到空调机内,此处乘客感觉不到气流;而且在超员的情况下,回风温度也较高,不能带给乘客相应的凉爽感觉,无法满足舒适需要。

城轨车辆的空调装置通风系统送入车内的空气中通常含有部分再循环空气和新鲜空气,其通风量为新鲜空气量和再循环空气量之和。一定数量的新风量进入,可以保证客室内的正压,可有效地防止外界未经处理的空气及灰尘的渗入。但是,由于城轨车辆载客量大,客室内所需新风量大,使空调系统的通风量增大,从而使客室的正压值增大。为保证客室内的一定正压,同时又要平衡所需要的新风量带来的正压过大,需将客室内多余的空气排出车外,因此,城轨车辆一般需设置废排口或废排装置。对于采用塞拉门系统的城轨车辆来说,客室内正压过大,会使最后关闭的塞拉门关门阻力剧增,从而不能保证车辆的正常运行。因此,客室正压值一般应在 $9.81 \sim 29.4 \text{ Pa}$ 为宜。城轨车辆废排口或废排装置的废排量应略小于或等于新风量,一般为新风量的 $90\% \sim 95\%$ 。

(5) 现代城市轨道交通车辆全部采用 VVVF 逆变器控制的交流传动系统,辅助供电系统采用静止逆变器(SIV)。一般情况下每列车设置有两组静止逆变器(SIV)及两组蓄电池组。静止逆变器(SIV)将接收到的直流 1500 V 或 750 V 高压电转换成三相 $380 \text{ V}/50 \text{ Hz}$ 交流、 110 V 直流及 24 V 直流,作为客室照明、空调系统及各系统控制设备电源,同时可向蓄电池组充电,并满足不同负载的供电需求。城轨车辆的空调装置,其压缩机、冷凝器风机、蒸发器风机一般采用 SIV 提供的三相 $380 \text{ V}/50 \text{ Hz}$ 交流电进行工作,控制系统采用 110 V 直流电。

(6) 根据城轨车辆运行特点和可靠性要求,一般每节车辆采用两套空调机组,并且由每列车的两套辅助逆变器(SIV)分别供电。这样做可保证以下两种故障状态时的车辆正常运行:

① 当每节车辆中一台空调机组故障时或制冷系统出现问题时,另外一台机组还可正常工作,为车辆提供一定的制冷量,保证车辆的正常运行;

② 当一台辅助逆变器(SIV)故障时,另外一台辅助逆变器(SIV)可保证每节车辆的空调机组的制冷能力可自动减半,或保证一台空调机组正常工作。

另外,当两台辅助逆变器(SIV)同时故障或外部供电系统故障,接触网或送电轨停电时,空调系统应自动转入紧急通风状态,此时由蓄电池提供 $\text{DC } 110 \text{ V}$ 电源,制冷压缩机和