



城市轨道交通车辆运用与检修专业规划教材

城市轨道交通 车辆空调检修


C HENGSHI GUIDAO JIAOTONG
CHELIANG KONGTIAO JIANXIU



许 磊 蒋志侨◎主编



西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

 城市轨道交通车辆运用与检修专业规划教材

城市轨道交通 车辆空调检修



主 审：柴彬堂
主 编：许 磊 蒋志侨
副主编：黄明亮 江 念
参 编：王 毅 谢婷婷 刘亚琴
刘 勇 熊维陵 张 博



西南师范大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆空调检修 / 许磊, 蒋志侨主编

. -- 重庆: 西南师范大学出版社, 2016.12

ISBN 978-7-5621-8405-8

I. ①城… II. ①许… ②蒋… III. ①城市铁路-铁路车辆-空气调节设备-检修-中等专业学校-教材

IV. ①U279.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 289239 号

城市轨道交通车辆空调检修

许磊 蒋志侨 主编

责任编辑: 周明琼

封面设计: 牛津迪

制作排版: 重庆新综艺图文广告有限责任公司

出版发行: 西南师范大学出版社

地址: 重庆市北碚区天生路 2 号

网址: <http://www.xscbs.com>

印刷者: 重庆俊蒲印务有限公司

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 10.25

字数: 201 千字

版次: 2017 年 6 月 第 1 版

印次: 2017 年 6 月 第 1 次印刷

书号: ISBN 978-7-5621-8405-8

定 价: 24.00 元

前言

P R E F A C E

进入 21 世纪以来,随着我国国民经济的快速发展以及城市化进程的加快,发展大容量城市轨道交通已成为各大城市的共识,各大城市加快了城市轨道交通的建设步伐。城市轨道交通车辆作为城市轨道交通系统的主体,承载着运送旅客的职能,要快捷、安全、舒适地将旅客送到目的地,空调系统在城市轨道交通车辆中发挥着重要的作用。

本书突出职业教育特色,坚持“做中学、做中教”,以岗位需求和职业能力为依据,既培养学生的专业理论素养,提高学生专业技能,又对学生进行职业意识培养和职业道德教育。采用一体化教学模式,使理论和实践教学能够有机结合,实施“学做一体化”。

本书采用“项目+任务”体系进行编写,根据城市轨道交通车辆空调的情况,以岗位技能为主线,详细介绍了城市轨道交通车辆空调系统各部分结构,空调系统的保养和维修。全书共分五个项目,规划学时为 72,包括城市轨道交通车辆空调装置整体认知(12 学时)、城市轨道交通车辆空调制冷系统检修(16 学时)、城市轨道交通车辆空调通风与供暖系统检修(16 学时)、城市轨道交通车辆空调控制系统检修(16 学时)、城市轨道交通车辆空调装置常见故障检修(12 学时)。

本书在编写时,力求文字简明扼要、通俗易懂;结合行业的实际情况,突出城市轨道交通车辆空调系统检修过程和保养方法;努力做到图文并

茂,使之成为一本实用性强、具有新意的中职教学用书。该书适合做中等职业学校交通运输类专业的教材,也可以供相关从业人员学习参考使用。

本书在编写过程中,得到了重庆公共运输职业学院、重庆市轨道交通(集团)有限公司等单位有关领导、专家的支持和帮助;同时参考了有关人员的相关文献资料,在此一并致以衷心的感谢。由于编写人员的水平有限,本书内容、资料如有不妥之处,敬请广大读者给予批评指正。

目录

C O N T E N T S

项目一 城市轨道交通车辆空调装置整体认知/1

任务一 空调系统概况的认知/3

任务二 空调装置部件的认知/12

任务三 空调检修工具的认知/20

项目二 城市轨道交通车辆空调制冷系统检修/29

任务一 空调制冷系统的认知/31

任务二 空调制冷系统的维护/40

任务三 空调制冷系统的检修/46

项目三 城市轨道交通车辆空调通风与供暖系统检修/55

任务一 空调通风与供暖系统的认知/57

任务二 空调通风与供暖系统的维护/71

任务三 空调通风与供暖系统的检修/79



项目四 城市轨道交通车辆空调控制系统检修/85

任务一 空调自动控制系统的认知/87

任务二 空调控制系统的维护/102

任务三 空调控制系统故障的诊断与检修/112



项目五 城市轨道交通车辆空调装置常见故障检修/131

任务一 空调机组的故障检查/133

任务二 空调装置常见故障维修/141



参考文献/154

项目一

城市轨道交通车辆空调装置整体认知

项目描述

近年来,我国城市轨道交通快速发展,出门乘坐轨道交通的人越来越多,乘客对所乘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乘客密度大,因此通风换气、改善车内空气质量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都使用空调装置达到上述目的。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。城市轨道交通车辆空调系统与我们日常生活中常见的家用、办公空调的功能一样,在城市轨道交通车辆中起到调节客室内空气温度、增强客室内空气流动,提高城市轨道交通车辆乘坐舒适性的作用。学习本项目能够对城市轨道交通车辆空调系统有一个整体的认知。

学习目标

目标类型	目标要求
知识目标	(1)掌握空调系统的基本概念
	(2)掌握城市轨道交通车辆空调系统的组成和功能
	(3)掌握城市轨道交通车辆空调系统的特点及发展方向
	(4)了解空调系统常用名词概念及相关国家标准
技能目标	(1)能列出城市轨道交通车辆空调系统各部分组成
	(2)能说出城市轨道交通车辆空调系统各部件名称及功能
情感目标	(1)能进行团队协作
	(2)积极参与学习过程,遵守秩序,服从安排

学习准备

(1) 教学场地:在互联网多媒体教室及车辆电气实训室中进行,课后可实地参观。

(2) 设备要求:至少具有能连接互联网的多媒体教室一个,要有能播放视频、投影的设备。

(3) 准备笔记本、签字笔等学习用具。

(4) 利用网络查询城市轨道交通车辆空调维护与检修相关信息。

(5) 进入实训场地应着工作服、运动鞋。

任务一

空调系统概况的认知

任务目标

通过对城市轨道交通车辆空调系统整体概况的学习,能够全面地了解城市轨道交通车辆空调系统的组成及各系统的功能,并对变频空调技术发展有一定认识。

任务分析

本任务主要是完成对车辆空调系统的整体认知。对车辆空调装置各主要系统构成要有充分的认识,理解各系统之间相互的联系以及知道车辆空调系统的发展趋势。实施任务时要特别注意安全要求和规范,一般以学习小组为单位实施。

任务实施

一、任务准备

现场对城市轨道交通车辆空调系统进行认识时,必须加强对人身及设备的安全知识的学习,要遵守安全操作规程,不得随意触动带电部分,对车辆空调系统的认识过程中,不需要开启电源,只在不带电的情况下进行认知学习。

(一) 空调系统的概念

空调系统即人为地调节空气温度、湿度、含尘浓度和气流速度等参数,以满足使用者对室内环境要求的机组设备。



(二) 车辆空调系统的组成

车辆空调系统主要由通风系统、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。考虑到城市轨道交通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系统或加湿系统。

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、送风口、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,由空气预热器对空气进行加热,再送入车内,并由地面空气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,以使车内空气参数控制在规定的范围内,并同时对空调制冷起自动保护作用。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。

(三) 城市轨道交通车辆空调系统的组成

城市轨道交通车辆空调系统是由空调机组、送风单元、控制装置和司机室送风单

元等组成。一般来说,城市轨道交通车辆的空调系统均是在车顶两端设置 2 台单元式空调机组,通过车顶的风槽和风口向客室内送风。根据空调机组的出风方式,它一般可分为下出风和侧出风两种形式。

1. 空调机组

空调机组采用顶置式安装,采用下出风下回风方式,单冷型,微机控制并具有自诊断功能。每节车厢安装空调机组 2 台。当列车的一台辅助电源发生故障时,空调机组自动减半运行。全列车各空调机组在车辆运行时由司机集中控制,在维修时由维修人员单独控制。空调机组外形如图 1-1-1 所示。

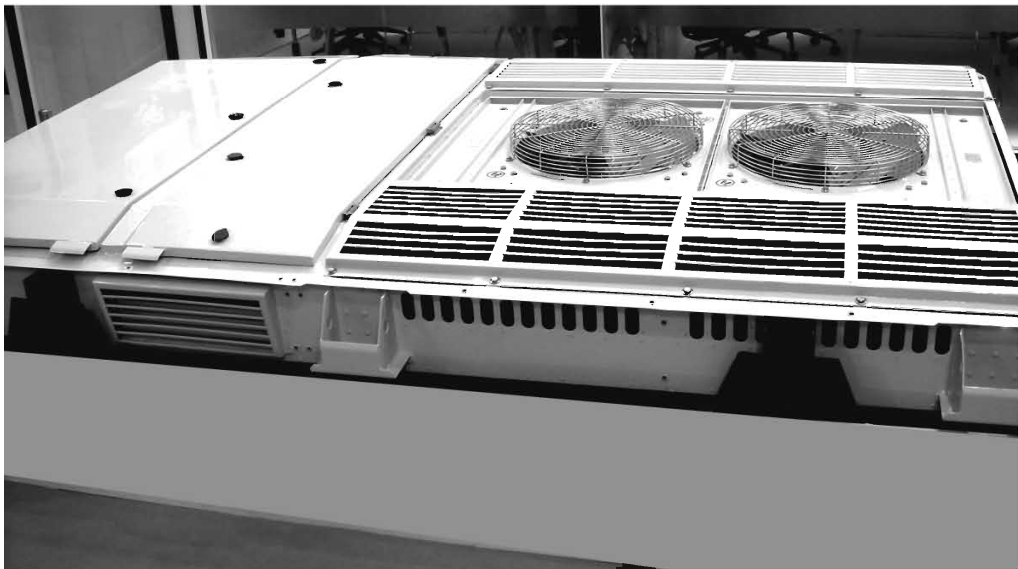


图 1-1-1 城市轨道交通车辆空调机组

空调装置设有 4 种工况:手动、自动、通风和停止,并可通过本车控制装置对空调进行控制,也可通过司机室内的显示屏进行控制和温度设定。在手工况时,空调机组根据各自的温度控制器所设定的温度进行客室内温度控制;在自动工况时,空调机组根据外界环境温度自动调节客室内温度。空调机组可与列车总线网络共同对空调机组进行控制。

城市轨道交通车辆空调机组一般应满足小型轻量化、可靠性高、噪声低、免维护程度高等要求。

(1) 小型轻量化。小型轻量化是城市轨道交通车辆空调系统的显著特点。城市轨道交通车辆的空调机组通常安装于车顶部,其体积重量受到上部限界的限制,所以小型轻量化是空调机组必须满足的条件。近年来,国产城市轨道交通车辆空调采用了一



系列新技术以缩小空调机组体积,如采用卧式涡旋式压缩机,换热器采用内螺纹管以增强换热效果、减小换热器体积,采用带亲水膜轻质铝翅片以降低换热器质量,引进高效进口风机等,在保证流量、噪声等要求下降低体积和重量。

(2) 可靠性高。城市轨道交通车辆空调机组应能满足车辆运行震动和冲击条件下的可靠性要求。首先,空调机组的耐震性要好。车辆在运行过程中会产生震动,空调机组要具备足够的耐震性能。我国铁路行业标准 TB/T1804-2009《铁道客车空调机组》中对铁路客车的空调设备提出了抗震要求及试验标准。与我国铁线路相比,城市轨道交通线路状况相对稳定、车辆震动较小,所以 TB/T1804-2009 的标准对于城市轨道交通车辆空调系统来说是适用的。

其次,空调机组的耐腐蚀性要好。当前城市污染程度较大,对暴露在大气中的空调电机和换热器壳体的耐腐蚀性要求较高,须采取相应的保护措施。例如,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组壳体,以防止被腐蚀,延长空调机组使用寿命。

(3) 噪声低。随着生活水平的提高,人们对环境的要求也越来越高。轨道交通也属于噪声污染源之一,尤其对沿线的影响更大。城市轨道交通车辆在选用空调装置时,必须考虑其噪声对环境的影响。

(4) 免维护程度高。安装于城市轨道交通车辆上的空调机组不能像地面制冷机组那样,可以给检修和维护人员一个易于检视的环境和空间。根据城市轨道交通车辆空调的使用经验,在条件允许的情况下,空调系统应尽量使用单元式、全封闭式制冷循环系统,并提高免维护元件使用率。

2. 送风单元

客室顶板设两排送风格栅,格栅为工程塑料材质。送风格栅与风道出口(静压箱)之间以软质聚氨酯泡沫塑料为密封材料加以密封,严防送风流窜。全车送风道采用静压式均匀送风风道,客室送风由沿车长方向布置的条缝式送风口向车内送风;司机室送风由设在邻近司机室的空调机组提供,通过送风道,从司机室的可调式送风口均匀送出。回风通过设在空调机组下方内顶板上的回风口,车内部分空气经回风道回到机组和新风混合,经过冷热交换后,送入车内二次利用。

废气排放装置设在车顶,车内部分循环空气在客室内正压的作用下,通过客室的穿孔内顶板和设在车顶的自然排风器排到车外。

应急通风系统在交流辅助电源设备发生故障的情况下,通过蓄电池组经调频调

压逆变电源自动启动,向客室、司机室提供全部新风。当交流辅助电源供电正常时,空调系统自动转入正常工作状态。

3.控制装置

城市轨道交通车辆空调系统以自动控制为主,当自动控制部分发生故障时,可采用手动调节装置。空调机组的工作由微机进行控制,通过微机调节器可控制室温。空调系统中新风口、风道和客室座位下均设有温度传感器,将温度传感器测得的温度值传递到调节器中进行处理。每节车有一台微机调节器,它控制两个空调单元,可由司机室集中控制或每节车单独控制。下面以“长客”某机车车辆的空调控制系统为例,介绍空调系统的控制及操作。

每辆车的空调控制柜内均设置有集控、本控选择开关。列车正常运行时,选择集控模式,此时整列车所有车辆的空调通风和供暖系统皆受司机室指令控制;列车在检修时选择本控模式,空调系统将接受本车空调控制柜内功能选择开关的控制,此时空调控制器保持对列车监控系统的通信和状态更新。司机通过列车监控显示屏(TMS)对空调的设置如图 1-1-2 所示。



图 1-1-2 TMS 操作界面

4.司机室送风单元

城市轨道交通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吸入已处理的空气送入司机室,通过调节送风口来调节送风量,通过调节送风口的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。

(四) 城市轨道交通车辆空调系统的发展方向

变频技术历经 30 多年的发展,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、低温供热能力强、可靠等特点成为城市轨道交通车辆空调发展的方向。变频空调与定速空调的性能参数对比见表 1-1-1。

表 1-1-1 变频空调与定速空调的性能参数

空调类型	定速空调	变频空调
能耗	1	约 0.7
启动电流	额定电流的 3 倍以上	额定电流的 0~0.3 倍
控温精度	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
除湿效果	差	好
直流供电	不行	可以
机电一体化	难	容易
热泵	难	容易
控制柜	大	小或不需
逆变电源容量	额定输入功率的 2 倍	额定输入功率的 0~1.2 倍
综合成本	高	低
维护成本	低	稍高
技术实现	容易	复杂

1. 新型变频空调的优点

(1) 变频空调节能环保。变频空调节电 30% 以上(深圳地铁公司官方实测数据)。频率降低、效率提高:制冷剂流量减少,相对换热面积增加,效率提高;低频时压缩机容积效率提高。

在季节变化上,采用热力学自动优化系统,始终以最高效率运行,当负荷减少时频率降低,用电减少。(在春、秋季或早、晚环境温度不太高时,定速空调通过频繁启动来控制温度,而制冷系统从启动到正常额定运行需要一定时间,在此期间空调消耗功率不变但效率低,造成能源浪费。)

(2) 一体化设计。全新设计的变频空调,将原空调机组、空调控制柜、空调逆变电源(采用直流电供电时)全部集成到新的空调机组内,实现三合一设计,如图 1-1-3 所示。

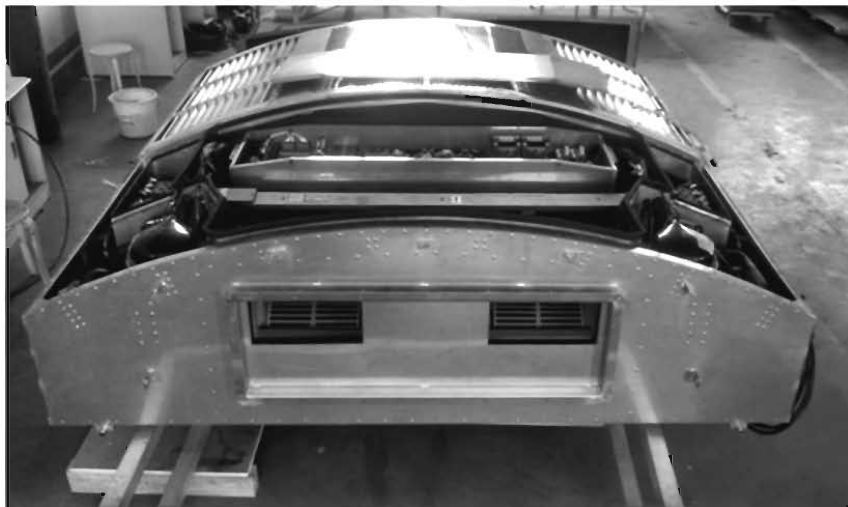


图 1-1-3 一体式变频空调

(3) 启动电流小。变频器驱动压缩机,启动电流从零开始,对电源无大电流冲击现象。整列车的空调机组可随时 / 同时启动,不必延时 / 分别启动。通过压缩机运行频率的变化而不是通过频繁启停压缩机控制温度,使压缩机寿命延长(压缩机寿命主要指标是启停次数)。

(4) 变频无级调速更舒适。压缩机通过运行频率的变化控制,可以调节空调机组的制冷 / 制热量,使车室温度的变化更平稳(与目标温度差距大时,高频率运转,快速制冷 / 制热;接近目标温度时低频率运行,产生较少制冷 / 制热量,起维持稳定作用),以及温度较低时的低频运行除湿功能,使乘客更加舒适。(定速空调在接近目标温度时,压缩机频繁停止和启动,除湿效果不好。)采用 UIC553 控制模式的变频空调,完全符合 UIC553 标准,新风量根据载荷信号自动调整,客室环境更舒适。

(5) 直流电源供电成本低。变频空调机组可直接用 DC 600 V 或 DC 750 V 供电,由内部变频器控制压缩机、风扇电机等工作,省去空调逆变电源,优化车辆电源结构。新设计变频空调时,将原空调机组、空调控制柜、空调逆变电源(采用直流电供电时)全部集成到空调机组内,实现三合一设计。以地铁空调为例,如采用直流供电技术,整车可省下逆变及控制部分采购成本。

2. 发展方向

根据变频空调机的特点,未来城市轨道交通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,使城市轨道交通车辆设备布置简单,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。

二、操作步骤

(一) 空调机组的认识

(1) 找出空调机组的具体位置。

(2) 对照实物说出空调机组的主要作用、结构。

(二) 客室送风单元的认识

(1) 找出客室送风单元的具体位置。

(2) 对照实物说出客室送风单元的主要作用、结构。

(三) 控制装置的认识

(1) 找出控制装置的具体位置。

(2) 对照实物说出控制装置的主要作用、结构。

(四) 司机室送风单元的认识

(1) 找出司机室送风单元的具体位置。

(2) 对照实物说出司机室送风单元的主要作用、结构。



拓展知识

空调系统常用名词及概念

轨道车辆空调机组(air-conditioning units for railbound vehicles):轨道车辆空调机组是一种向机车、铁道车辆、轻轨车辆、地铁的客室、工作间提供经过处理的空气的设备。它主要包括制冷系统以及加热系统的通风装置。

紧急通风(emergency ventilation):当车辆动力电断电时,由车辆的蓄电池经逆变器给空调机组的通风机供电,由通风机进行全新风通风的运行过程为紧急通风。

温度(temperature):温度是表明物体冷热程度的物理量。由于规定和划分方法不