



城市轨道交通专业培训系列教材



城市轨道交通 车辆技术

上海申通地铁集团有限公司
轨道交通培训中心 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

城市轨道交通专业培训系列教材

城市轨道交通 车辆技术

上海申通地铁集团有限公司
轨道交通培训中心 编著

中国铁道出版社

2011年·北京

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆技术/上海申通地铁集团有限公司
轨道交通培训中心编著. —北京:中国铁道出版社,
2011.6

城市轨道交通专业培训系列教材
ISBN 978-7-113-12696-4

I. ①城… II. ①上… III. ①城市铁路—铁路车辆—
技术培训—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 040453 号

书 名: 城市轨道交通专业培训系列教材
城市轨道交通车辆技术
作 者: 上海申通地铁集团有限公司轨道交通培训中心

策划编辑: 殷小燕
责任编辑: 殷小燕 电话: (010)51873147
封面设计: 崔丽芳
责任校对: 张玉华
责任印制: 陆 宁

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
网 址: <http://www.tdpress.com>
印 刷: 三河市华业印装厂
版 次: 2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷
开 本: 787 mm×960 mm 1/16 印张: 24.75 字数: 405千
印 数: 1~3 000册
书 号: ISBN 978-7-113-12696-4
定 价: 40.00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

城市轨道交通专业培训系列教材

编辑委员会

主任：毕湘利
副主任：叶华平 周庆灏
委员：(按姓氏笔划为序)

丁建中	王子强	王曰凡	王伟	王伟雯
王如路	王征	王晓保	王育才	艾文伟
毕艳祥	朱宏	朱翔	朱小娟	朱效洁
达世鹏	刘加华	宋键	沈光怡	邹松
周俊龙	周剑鸿	陈鞍龙	施俊明	殷峻
张琼燕	张凌翔	皇甫小燕	黄钟	鲁新华
戴祺	瞿锋			

城市轨道交通专业系列丛书

编写组

组长：叶华平
副组长：李益 杜晓红
成员：

丁晨	朱鸣	朱小瑶	吴玲英	李跃进
陆国春	陈春根	张建华	姚军	姚纯洁
姚晓荣	徐金祥	翁瑶	夏熠	蒋义华
唐益				

《城市轨道交通车辆技术》

编写人员

主 编:王方程

副 主 编:姚晓荣

主 审:周俊龙 陈鞍龙

编 著:王方程 姚晓荣 王建兵 沈 豪 印祯民

傅 卿 马 文 余 强 沈 涛 周 炯

金 浩 王 立 周 欣 李刚锋 孙沪澄

王 健

序

随着城市化进程的加快,城市“出行难”的社会问题越来越突出。在“以人为本、公交优先”方针指引下,城市轨道交通因运能大、速度快、安全准点、节约资源、保护环境等优点,日益成为广大市民出行的首选,深受市民欢迎。当前我国的城市轨道交通正处在大发展、大建设时期:北京、上海等大城市的轨道交通已率先由单线运营进入了网络化运营;其他城市的轨道交通网络化建设规划也在不断深化和完善。便捷的城市轨道交通运营网络在为市民带来出行便利的同时,也为轨道交通运营部门带来了新的管理课题。

城市轨道交通的自身特点决定了:一旦开通运营,就必须持续保持高度的安全性、可靠性和服务的人性化。网络化运营带来的客流迅猛增长,对客运组织和客运服务提出了高要求。城市轨道交通的发展需要有一大批专业人才,急需有一套能满足城市轨道交通网络化运营要求的人才培训教材。

这套《城市轨道交通专业培训系列教材》是以上海城市轨道交通十余年运营实践为基础并结合全国轨道交通发展状况,推出的面向国内、面向未来的教材。城市轨道交通多专业“联动”的要求决定了专业技术人才的“一专多能”要求,因此本“系列丛书”既是城市轨道交通各专业人员的入门和提升培训教材,也能满足非本专业人员对其他专业的业务进修。

坚持科学发展观,提高自主创新能力。把多年积累的地铁各专业运营管理与维护方面的经验及解决实际问题的思路和方法,由多位具有运营实践的专业技术人员提炼总结,汇编成书,期望能给轨道交通运营管理与维护人员以启迪和帮助。

“源于实践、高于实践”,“符合国情”是本套丛书的二大特点,不但可以满足当前运营管理培训的需要,也为今后的城市轨道交通网络化发展的管理提出了新的思考和知识点。随着城市轨道交通不断引进新技术,随着运营管理的要求越来越高,虽然书中阐述的技术和管理的基本原理是相同的,但是《城市轨道交通专业培训系列教材》必然还要在实践中不断补充实例、不断完善,希望本套丛书能真正成为技术和管理人员的“良师益友”。

编委会

2009年10月

前 言

随着我国国民经济的不断发展,各大城市的轨道交通建设均进入快速发展期,城市轨道交通运能大、能耗低、污染少、速度快、安全、准点的优点,使其成为深受人民欢迎的城市交通工具。北京、天津、上海、广州、深圳、南京、沈阳、成都、杭州、西安、苏州等 20 多个城市均在加紧进行轨道交通建设。

城市轨道交通是集线路、车辆、供电、通信信号、自动售检票、运营管理等专业工种于一体的综合系统;新工艺、新技术在城市轨道交通各个专业得到充分地运用;城市轨道交通职业是新的职业工种,所以对从业职工的岗前培训、岗位培训以及技能考核,成为城市轨道交通职业教育的重要任务。

《城市轨道交通车辆技术》是在借鉴原上海地铁运营有限公司《电动列车检修工》一书的基础上,由工作在第一线的专业培训师及相关技术人员撰写。结合上海地铁 10 余年来车辆检修工作的经验,从车辆检修专业的角度出发,对于机械系统、牵引系统、辅助系统、列车自控和监控等都进行了描述和概括;作为一本面向城市轨道交通一线职工的教材,理论联系实际是这本教材的特色。

本书在编写过程中得到上海申通地铁集团公司技术研究中心、维护保障中心和各运营公司领导的指导和大力支持,在此表示衷心地感谢!

本书不仅是城市轨道交通职工培训教材,也可以作为城市轨道交通大专院校、职业学校学生的教学参考用书。

编 者
2011.5 于上海

目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 车辆编组及运行	1
1.2 车辆的类型和特点	2
1.3 车辆的组成	5
1.4 车辆的检修制度	9
第 2 章 机械系统	11
2.1 车 体.....	11
2.2 客室车门.....	34
2.3 车钩缓冲装置.....	53
2.4 转向架.....	73
2.5 机械制动系统	113
2.6 空调系统	147
第 3 章 牵引系统	196
3.1 直流牵引传动系统	196
3.2 交流牵引传动系统	215
3.3 牵引设备	224
3.4 牵引控制系统	275
第 4 章 辅助系统	297
4.1 辅助系统的基本组成	297
4.2 辅助逆变器	300
4.3 蓄电池	335
4.4 中压并网供电技术	340
第 5 章 综合线路图	351
5.1 主电路	351
5.2 控制回路	353
5.3 辅助回路	368
5.4 中央控制单元 CCU	371

2 城市轨道交通车辆技术

5.5 照明系统	373
5.6 空调控制	375
5.7 车钩监控	379
5.8 车门控制	381
5.9 ATP 系统	384
参考文献	386

第 1 章 概 述

城市轨道交通是采用轨道进行承重和导向的车辆运输系统,依据城市交通总体规划的要求,设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路,具有线路、信号、车站、供电、控制中心和服务设施等,以列车或单车形式,运送相当规模客流量的城市公共交通方式。城市轨道交通车辆是运载乘客的工具,在城市轨道交通系统中有着重要的地位。

1.1 车辆编组及运行

城市轨道交通车辆作为运载旅客的运输工具,不仅要保证车辆运行的安全、准点、快速、具有良好的牵引、制动性能,同时又要有良好的乘客服务设施,使乘客感到舒适、方便。

1.1.1 车辆的编组

城市轨道交通车辆按有、无动力可分为两大类:动车(M),带有动力牵引装置,可分为带受电弓的动车(M_p)和不带受电弓的动车(M);拖车(T),本身无动力牵引装置,分为带驾驶室的拖车(T_c)和不带驾驶室的拖车(T)。

城市轨道交通车辆不同于铁路系统机车牵引,一般采用电动车组编列运行。

1. 全动车编组运行(如北京地铁 1 号线)

这种编组的优点是摘编方便、编组灵活,可以充分利用粘着,以发挥再生制动或电阻制动的作用,减少基础制动带来的粉尘污染,而且比较容易实现大的加减速度,有利于缩短停站时间。

2. 动、拖混编:“四动加两拖”或“六动加两拖”(如上海地铁)

这种编组形式虽然动车数量减少,但起动和制动的加减速度同样可以满足客运量及行车间隔的要求,而由于动车数量的减少可以显著节省投资和维修费用。

编列运行时,多采用 8 节编组、6 节编组和 4 节编组。带驾驶室的 T_c 车始终编在列车的两端,其他车型在列车中的位置可以互换。如 6 节编组的形式可以是 T_c-M_p-M-M_p-M-T_c,也可以是 T_c-M_p-M-M-M_p-T_c,8 节编组的形式可以是 T_c-M_p-M-M_p-M-M_p-M-M_p-M-T_c,也可以是 T_c-M_p-M-M-M_p-M_p-M-M_p-M-T_c。

1.1.2 多车连挂运行

当一列城市轨道交通车辆在运营中突然发生故障而无法自行运行时,一般就需要用另一列完好的列车对其进行救援,以尽快将故障列车牵引出正线,以保证正线运营畅通。因此,多车联挂运行功能是十分重要的。

1. 在一条运营线路上运行多种车型情况下,为了保证联挂运行功能的正常,要求全自动车钩的机械车钩型式和尺寸相同,电气车钩的一些电气触头设置相匹配。

2. 为了保证联挂功能的正常及运营安全性,要求联挂后的运行控制只能在救援列车的任一司机室内进行操作且此时其余各司机室的控制功能被锁闭。在控制司机室可以对二列车的停放制动进行施加和缓解,同时也可以向二列车进行客室广播和司机室间的通讯。特别注意的是:被救援列车的故障(包括紧急制动故障)不能影响救援列车的正常运行。

3. 在连挂运行时,要求一列空载的救援列车牵引一列超载的故障列车,能在线路最大坡道上,最小供电电压下能够向上起动。多车联挂的速度一般不应大于5 km/h。

1.2 车辆的类型和特点

城市轨道交通作为城市公共交通的重要组成部分,具有快速、安全、准时、大运力、无污染等特点,已被广泛地认同为城市公共交通的主要发展方向。国际、国内均已明确城市交通应发展公共交通,而轨道交通应是城市公共交通发展的重点。然而城市轨道交通由于均为专用通道,而且大部分设置在地下(特别是城市中心区)或高架,因而投资造价高。城市轨道交通的系统费用由建设费、车辆购置费、运营费等组成,其中车辆购置费和运营费占据着较大比例。因此,在考虑满足客流需求、适应城市发展的城市轨道交通网络,应正确选用车辆的类型。

1.2.1 车辆类型选用的主要因素

1. 客流特点

城市轨道交通运送的主要对象是市内常住人口的上下班客流、车站和机场的集中到达客流、节假日及大型活动的集中客流、流动人口集中进、出城市的客流等。建设城市轨道交通的最终目的是缓解城市公共交通,改善人们的出行条件,促进城市的经济发展。

2. 客流量

根据单向高峰小时最大断面客流量,通常单向高峰小时最大断面客流量在

0.6万~1万人次/h,宜采用地面公共交通;1万~3万人次/h可采用轻轨交通;3万~7万人次/h应选择地铁交通。

3. 旅行速度

市区采用地面公共交通,旅行速度为10~25 km/h;市区交通采用轻轨、地铁交通的旅行速度为30~40 km/h;城郊间采用快速轨道交通,旅行速度为50~60 km/h;城际区域间则要采用更高旅行速度的轨道交通。

4. 线路条件

若由于地形限制,线路小半径或大坡度特别多,要考虑采用单轨车辆、直线电机车辆或低速磁浮车辆。

1.2.2 车辆的主要标准及特征

1. 地铁系统

地铁系统是大客运量的城市轨道交通系统,是城市轨道交通的主要形式。地铁车辆主要在大城市地下隧道中运行,也可以在地面或高架上运行。根据线路和客运规模的不同,可分为高运量地铁和大运量地铁,其主要技术标准及特征见表1.1。

表 1.1 地铁车辆主要技术标准及特征

系 统	分 类	车辆和线路条件	客运能力 N (人次/h) 运营速度 v (km/h)	备注(典型线路)
地铁系统	A型车辆	车长:24.4 m/22.8 m; 车宽:3.0 m; 定员:310人; 线路半径: ≥ 300 m; 线路坡度: $\leq 35\%$ 。	$N:4.0$ 万~7.5万 $v:\geq 35$	高运量; 适用于地下、地面或高架(上海地铁1号线)
	B型车辆	车长:19.52 m; 车宽:2.8 m; 定员:230~245人; 线路半径: ≥ 250 m; 线路坡度: $\leq 35\%$ 。	$N:3.0$ 万~5.0万 $v:\geq 35$	大运量; 适用于地下、地面或高架(杭州地铁规划)
	直线电机 B型车辆	车长:(17.2)16.8 m; 车宽:2.8 m; 定员:215~240人; 线路半径: ≥ 100 m; 线路坡度: $\leq 60\%$ 。	$N:2.5$ 万~4.0万 $v:\geq 35$	大运量; 适用于地面、高架或地下(广州地铁)

2. 轻轨交通系统

轻轨交通系统是一种中运量的轨道交通系统,主要在城市地面空间环境中运

4 城市轨道交通车辆技术

行,线路采用地面专用轨道或高架桥轨道,在城市中心街区也可进入地下运行或与地铁接轨。其主要技术标准及特征见表 1.2:

表 1.2 轻轨车辆主要技术标准及特征

系 统	分 类	车辆和线路条件	客运能力 N (人次/h) 运营速度 v (km/h)	备 注
轻轨系统	C 型车辆	车长:18.9~30.4 m; 车宽:2.6 m; 定员:200~315 人; 线路半径: ≥ 50 m; 线路坡度: $\leq 60\%$	N :1.0 万~3.0 万 v :25~35	中运量; 适用于地下、地面或高架
	直线电机 C 型车辆	车长:16.5 m; 车宽:2.5 m; 定员:150 人; 线路半径: ≥ 60 m; 线路坡度: $\leq 60\%$	N :1.0 万~3.0 万 v :25~35	中运量; 适用于地面、高架或地下
	有轨电车系统 (单车或铰接车)	车长:12.5/28 m; 车宽: ≤ 2.6 m; ;定员:110/260 人; 线路半径: ≥ 30 m; 线路坡度: $\leq 60\%$	N :0.6 万~1.0 万 v :15~25	低运量; 适用于地面道路混行

3. 单轨交通系统

单轨交通系统是一种车辆在特制轨道梁上运行的中等运量轨道交通系统,车辆与专用轨道组合成一体的交通工具。根据车辆与轨道之间的关系可以将单轨交通分为跨坐式和悬挂式两种。其主要技术标准及特征见表 1.3:

表 1.3 单轨车辆主要技术标准及特征

系 统	分 类	车辆和线路条件	客运能力 N (人次/h) 运营速度 v (km/h)	备 注
单轨系统	跨坐式单轨车辆 GJ231	车长:15 m; 车宽:3 m; 定员:150~170 人; 线路半径: ≥ 60 m; 线路坡度: $\leq 60\%$	N :1.0 万~3.0 万 v : ≥ 35	中运量; 主要适用于高架(重庆轻轨)
	悬挂式单轨车辆	车长:14 m; 车宽:2.6 m; 定员:80~100 人; 线路半径: ≥ 60 m; 线路坡度: $\leq 60\%$	N :0.8 万~1.5 万 v : ≥ 20	中运量; 主要适用于高架(日本千叶都轻轨)

4. 磁浮交通系统

磁浮交通系统适用于城市人口超过 200 万人的特大城市之间或区域城市群之间的客运交通。因为磁浮车辆运行时无轮轨接触摩擦阻力、无机械振动、爬坡能力强、运行速度高、舒适性强等优点,磁浮交通系统被誉为 21 世纪的交通工具。其主要技术标准及特征见表 1.4:

表 1.4 磁浮车辆主要技术标准及特征

系 统	分 类	车辆和线路条件	客运能力 N (人次/h) 运营速度 v (km/h)	备注(典型线路)
磁浮系统	低速磁浮车辆	车长:12~15.5 m; 车宽:2.6~3.0 m; 定员:150 人; 线路半径: ≥ 70 m; 线路坡度: $\leq 70\%$	N :1.5 万~3.0 万 最高运行速度: 100 km/h	中运量; 主要适用于高架(青城山磁悬浮)
	高速磁浮车辆	车长:24~27 m; 车宽:3.7 m; 定员:100 人; 线路半径: ≥ 300 m; 线路坡度: $\leq 100\%$	N :1.0 万~2.5 万 最高运行速度: 430 km/h	中运量; 主要适用于郊区高架(上海磁浮交通)

1.3 车辆的组成

城市轨道交通车辆尽管形式不同,均可由机械系统、牵引系统、辅助系统三大部分组成。其中机械系统包括车体、客室车门、车钩缓冲装置、转向架、机械制动系统、空调系统。牵引系统包括车辆受电弓、牵引电机等电器以及电气传动控制系统。辅助系统由辅助电源、车钩、空调、照明、车门等自控监控系统等组成。

1.3.1 车体

车体是城市轨道交通车辆最重要的组成部件之一,座落在转向架上。除了载客之外,几乎所有的机械、电气、电子等设备都安装在车体的上部、下部及内部,驾驶室也设置在车体中(图 1.1)。

车体一般由底架、侧墙、车顶、端墙等组成。车体最初由普通碳素钢制造。为了减少腐蚀,提高使用寿命,耐候钢制造的车体得到广泛应用。为实现车体的轻量化,现代城市轨道交通车辆多由不锈钢、铝合金制造,车体的个别部位也可采用有机合成材料制造。车体要有隔音、减振、隔热、防火以及尽可能保证乘客安全的措施。



图 1.1 上海地铁车辆车体(AC04 型)

1.3.2 客室车门

为满足城市轨道交通的特殊性,城市轨道交通车辆客室车门要有足够的数量、要有足够的有效宽度以及车门附近要有足够的空间以使乘客上下车时间满足运行密度的要求。

客室车门尽管类型多种多样,基本上都是由驱动系统、机械传动系统、门叶、电气控制系统四部分组成(图 1.2)。根据客室车门驱动系统的动力来源可分为电动式车门和气动式车门;按照车门的运动轨迹以及与车体的安装方式的不同可分为内藏对开式双滑门、外挂式移门、塞拉式车门和外摆式车门 4 种。

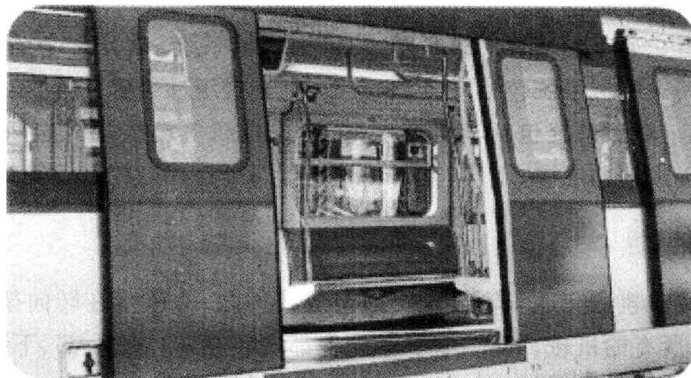


图 1.2 客室车门(外挂式)

1.3.3 车钩缓冲装置

车钩缓冲装置是车辆最基本的也是最重要的部件之一。它是用来连接列车中

各车辆,使之彼此保持一定的距离,并且传递和缓和列车在运行中或在调车时所产生的纵向力或冲击力。

城市轨道交通车辆车钩缓冲装置一般由钩头、缓冲装置、对中装置、钩尾冲击座4部分组成(图1.3)。

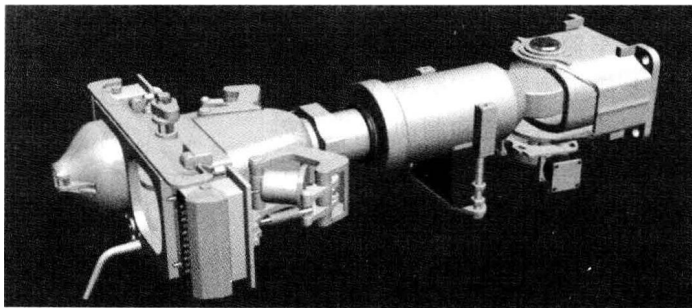


图 1.3 全动车钩缓冲装置

1.3.4 转向架

转向架是城市轨道交通车辆最重要的组成部件之一,是支撑车体并担负车辆沿轨道走行的支撑走行装置。

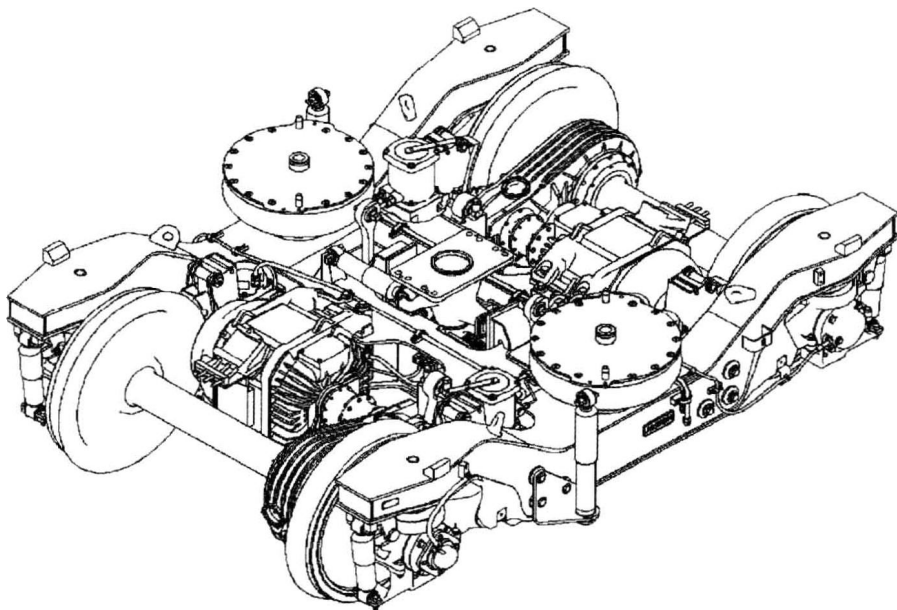


图 1.4 上海地铁动车转向架(AC03 型)

转向架一般由构架、轮对、悬挂系统、减振装置、基础制动装置、传动装置等组成(图 1.4)。动车的牵引电机、变速机构等装在转向架上。转向架的结构及各部参数是否合理,直接影响车辆的运行品质、动力性能和行车安全。

1.3.5 制动系统

城市轨道交通车辆必须安装制动系统,其作用就是根据需要使车辆按规定减速、停车。

制动系统由制动控制系统和制动执行系统组成。制动控制系统是产生制动原动力并进行操作和控制的部分,制动执行系统是传送制动原动力并产生制动力的部分。

城市轨道交通一般站间距离较短、调速及制动频繁,故列车在正常运营时,为了提高旅行速度,列车必须启动快、制动距离短。上海地铁车辆制动控制方式为电空控制,应用 BECU 对各种数据进行处理后发出电信号,控制制动力。制动方式为再生制动、电阻制动和摩擦制动相结合(图 1.5)。

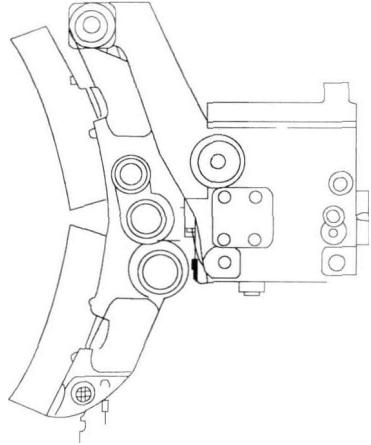


图 1.5 摩擦制动采用的单元制动机

1.3.6 空调系统

城市轨道交通的运输任务是运送短途乘客,这就要求客室内要有卫生清洁而且是舒适的环境条件。城市轨道交通车辆因乘客拥挤,空气污浊,必须设有通风装置,一般采用机械通风。在地面高架并运行在较冷地区的车辆,设有电热器,一般由供电线路直接供电。

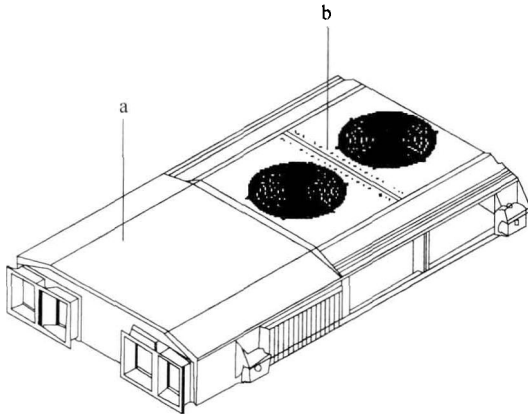


图 1.6 单元式空调机组

随着空气调节技术的普遍应用和乘客对乘车环境舒适性要求的不断提高,近几十年来,在轨道交通的列车上安装空气调节设备得到了广泛重视,国外先进国家的轨道交通列车都

设置了空调系统;我国新建的城市轨道交通列车也都设置了空调系统(图 1.6)。