

城市轨道交通系列丛书

城市轨道交通车辆

吴海超 王 华 主 编
石朝阳 麻冰玲 副主编

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG CHELIANG

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

城市轨道交通系列丛书

城市轨道交通车辆

吴海超 王 华 主 编

石朝阳 麻冰玲 副主编

中 国 铁 道 出 版 社

2016年·北 京

内 容 简 介

本书详细介绍了城市轨道交通车辆车体、转向架、车门、连接装置、制动系统、控制系统、电气牵引系统、空调通风系统等重要部件的结构、原理和应用。能满足城市轨道交通车辆专业高等职业技术教育、中等职业技术教育以及相关城市轨道交通教学的需求。

本书可作为高校城市轨道交通车辆专业教材,也可用于城市轨道交通车辆部门职工培训教材,以及从事城市轨道交通车辆部门的管理人员、工程技术人员和车辆运用维修人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆/吴海超,王华主编. —北京:
中国铁道出版社,2016.8

(城市轨道交通系列丛书)

ISBN 978-7-113-22092-1

I. ①城… II. ①吴… ②王… III. ①城市铁路—
铁路车辆—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 167672 号

城市轨道交通系列丛书

书 名:城市轨道交通车辆

作 者:吴海超 王 华 主编

责任编辑:黄 璐 编辑部电话:010-51873138 电子信箱:tdpress@126.com

编辑助理:李润华

封面设计:薛小卉 王镜夷

责任校对:孙 玫

责任印制:陆 宁 高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

版 次:2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

开 本:710mm×960mm 1/16 印张:15.25 字数:285千

书 号:ISBN 978-7-113-22092-1

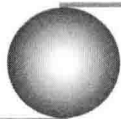
定 价:42.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174

打击盗版举报电话:市电(010)51873659 路电(021)73659

前



言

目前,中国已成为世界上城市轨道交通发展最快的国家,运营里程已超过3 000 km。作为城市轨道交通系统主要工具的城市轨道交通车辆,其设计、制造、运用和检修工作需要大量具有专业知识的人员。为满足城市轨道交通车辆专业高等职业技术教育、中等职业技术教育以及相关城市轨道交通教学的需要,编写了本书。

本书是关于城市轨道交通车辆的专业教材,主要介绍城市轨道交通车辆车体、转向架、车门、连接装置、制动系统、控制系统、电气牵引系统、空调通风系统等重要部件的结构、原理和应用。本书内容注重理论联系实际,可满足不同层次读者学习需求,各章具有相对的独立性。

本书由南京铁道职业技术学院吴海超、王华、何忠韬、李纯、张文、李春英、陈国强、刘妮娜,辽宁轨道交通职业学院麻冰玲,南京地铁集团有限公司石朝阳等编写。吴海超、王华任主编;南京铁道职业技术学院林瑜筠任主审;石朝阳、麻冰玲任副主编。其中,第一章由何忠韬、王华编写;第二、三、五章由麻冰玲、李纯、张文编写;第四、七、八章由王华、李春英编写;第六章由陈国强编写;第九章由吴海超、石朝阳编写。全书由吴海超、石朝阳统稿。刘妮娜参加了全书的整理和校对工作。

本书在编写过程中还得到了南京地铁集团有限公司、上海申通地铁集团有限公司、中车南京浦镇车辆有限公司、深圳市地铁集团有限公司等有关部门的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

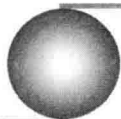
本书可作为高校城市轨道交通车辆技术专业教材,也适用于城市轨道交通车辆部门职工培训,以及从事城市轨道交通车辆部门的管理人员、工程技术人员和车辆运用维修人员学习参考。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2015年10月

目



录

第一章 绪 论	1
第一节 城市轨道交通车辆特点	1
第二节 城市轨道交通车辆分类	1
第三节 城市轨道交通车辆的主要技术参数	3
第四节 城市轨道交通车辆编组	6
第五节 城市轨道交通车辆组成	7
第六节 城市轨道交通车辆的发展	11
第二章 车 体	15
第一节 概 述	15
第二节 铝合金车体	18
第三节 不锈钢车体	23
第四节 城轨车辆车体发展趋势	24
第五节 车体材料选择	26
第三章 转 向 架	29
第一节 概 述	29
第二节 构 架	35
第三节 轮对轴箱装置	40
第四节 弹簧减振装置	50
第五节 牵引传动装置	62
第四章 车 门	68
第一节 概 述	68
第二节 司机室门	72
第三节 电动式塞拉客室门	74

第五章 车辆连接装置	86
第一节 车 钩	86
第二节 缓 冲 器	92
第三节 电气连接装置	96
第四节 贯通道装置及渡板	100
第六章 制动系统	106
第一节 概 述	106
第二节 风源系统	111
第三节 基础制动装置	121
第四节 防滑控制	131
第五节 制动控制系统	133
第七章 控制系统	148
第一节 概 述	148
第二节 牵引系统控制	152
第三节 常规制动控制	160
第四节 紧急制动控制	163
第五节 辅助系统控制	169
第六节 车门控制	171
第七节 通信广播控制	175
第八章 电气牵引系统	178
第一节 概 述	178
第二节 高压受流与主要组件	180
第三节 牵引系统与主要组件	185
第九章 空调通风系统	196
第一节 概 述	196
第二节 客室空调通风系统	198
第三节 司机室空调通风系统	215
第四节 空调系统的控制和运行	219
参考文献	238

第一章

绪 论

城市轨道交通车辆是城市轨道交通系统中的关键设备,是城市中输送旅客的运输工具。主要包括地铁车辆、轻轨车辆、单轨车辆等。

在城市轨道交通车辆中,地铁车辆比较具有代表性。各种城市轨道交通车辆的传动及控制大同小异,仅根据各自的运行工况进行功率、控制环节和某些子系统的增减。

第一节 城市轨道交通车辆特点

城市轨道交通车辆是城市轨道交通运载乘客的工具,主要在市內和市郊运行,具有以下特点:

1. 一般为电动车组,有单节式、双节式和三节式等类型,有动力车与非动力车之分。
2. 由于服务于城市市內公共交通,其在车內的平面布置上具有一定的特性,例如,座位少、车门多且开度大、内部设备简单等。
3. 对于高架轻轨和独轨车辆的要求是使其轴重小,以降低线路工程投资。城市轨道交通车辆满载和空载的差异较大。
4. 城市轨道交通车辆运行于城市中,对于车辆的隔声、消声要求较高。
5. 城市轨道交通车辆车体的防火性能要求严格,特别是在地下隧道运行时,一旦发生火灾后果不堪设想。
6. 作为城市景观的一部分,对车辆的外观及色彩都有相应的要求。

第二节 城市轨道交通车辆分类

城市轨道交通包括地铁、轻轨、独轨、新交通系统、市域及市郊铁路等。我国建设部以“运输能力”为主要标准,划定地铁和轻轨的界限。地铁:单向高峰小时能运送3万~8万人次乘客的轨道交通系统,是一种大运量的客运交通系统;可以埋于地下,也可高架,但由于车辆在钢轨上运行的振动噪声大,故一般埋于地下,仅在人口较少的郊区,才敷设于地面或高架,但需采取声屏障措施。轻轨:单向高峰小时能运送1万~

3 万人次的轨道交通系统,主要敷设于地面或高架,是一种中运量的客运交通系统。跨座式单轨、直线电机、低速磁悬浮、现代化有轨电车、胶轮车等,均属于中运量的系统。地铁和轻轨在运能、线路的技术标准、列车的最大长度和经济指标四个方面有所区别。

一、按牵引动力配置分类

城市轨道交通车辆有动车(自身具有动力装置,即装有牵引电机)、拖车(不装备动力装置)、带司机室车和不带司机室车等多种形式。

动车(Motor,用“M”表示):车辆本身具有动力装置,有牵引和载客双重功能。带受流装置的动车常用“M'”表示,不带受流装置的动车用“M”表示。

拖车(Train,用“T”表示):本身不带动力装置,需要动车拖动的车辆,仅有载客功能。设有司机室的拖车用“Tc”表示,带受流装置的拖车用“T'”表示。

二、按车体制作材料分类

普通碳素钢车、耐候钢车、铝合金车和不锈钢车。

三、按受电方式分类

受电弓受电车和受流器受电车。

四、按电压等级分类

DC 750 V 和 DC 1 500 V。

五、按牵引控制系统分类

直流变阻车、直流斩波调压车、交流变压变频车和直线电机变频变压车。

六、按车辆规格分类

按车体宽度分为 A、B、C 三类车型。

A 型车车体基本宽度为 3 m;轴重最大 16 t,载客量最大。A 型车的最大载客量正常状况下为 310 人/辆。

B 型车车体基本宽度为 2.8 m;B 型车的最大载客量正常状况下为 240 人/辆。

C 型车车体基本宽度为 2.6 m。

我国的一些大城市在开始投入运营时,只有上海、广州、深圳、南京 4 个城市地铁繁忙线路使用 A 型车,当前新建地铁的城市大多采用 B 型车,如苏州、杭州、沈阳、长春等。

第三节 城市轨道交通车辆的主要技术参数

城市轨道交通车辆技术参数分为性能参数与主要尺寸参数两部分,参数概括了车辆技术规格的相关指标,从总体上对车辆性能及结构进行表征。

一、车辆性能参数

车辆性能参数主要包括:

1. 自重、载重:自重是指车辆整备状态下的本身结构及设备组成的全部质量,以吨(t)为单位;载重是指正常情况下车辆允许的最大装载质量,以吨(t)为单位。

2. 构造速度:是指车辆设计时,按照安全及结构强度等条件所决定的车辆最高行驶速度。车辆实际运行速度一般不允许超过构造速度。

3. 轴重:是指按车轴形式及在某个运行速度范围内,车轴允许负担(包括轮对自身的质量)的最大总质量。轴重的选择与线路、桥梁及车辆走行部的设计标准有关。

4. 每延米轨道载重:是车辆设计中与桥梁、线路强度密切相关的一个指标,同时又是能否充分利用站线长度,提高运输能力的一个指标,其数值是车辆总质量与车辆全长之比。

5. 通过最小曲线半径:指配用某种形式转向架的车辆在站场或厂、段内调车时所能安全通过的最小曲线半径。

6. 轴配置或轴列数:用数字或字母表示车辆走行部结构特点的方式。若是4轴动车,设两台动力转向架,则轴配置记为B-B;若是6轴单铰轻轨车,两端为动力转向架,中间为非动力铰接转向架,其轴配置记为B-2-B。

7. 最大启动加速度:指在平直线路上,额定定员的载荷条件下,列车在启动过程中单位时间内速度的增加量(m/s^2)。

8. 平均启动加速度:指在平直线路上,额定定员的载荷条件下,自牵引电动机取得电流开始,至启动过程结束,该速度被全程经历的时间所除的商。

9. 最大制动减速度:指在平直线路上,额定定员的载荷条件下,列车在制动过程中单位时间内速度的减小量(m/s^2)。

10. 列车平稳性指标:反映车辆振动对人体感受造成影响的主要指标,通常用斯佩林公式进行计算,其值越大,说明车辆的稳定性越差,一般要求城轨车辆的平稳性指标值应小于2.7。

11. 牵引电机功率:一般为180~300 kW。

12. 自重功率指标:一般为10~15 kW/t。

13. 供电电压:一般采用DC 1 500 V或DC 750 V。

14. 冲击率:由于工况改变引起的列车中各车辆所受到的纵向冲击,以加速度变化

率来衡量(m/s^3)。要求城轨车辆的纵向冲击率不得超过 1 m/s^3 。

15. 制动形式:有摩擦制动、再生制动、电阻制动以及磁轨制动等多种形式。

16. 转向架安全性指标:反映转向架运行平稳、稳定和良好过弯性能的指标,通常包括脱轨系数、倾覆系数、轮重减载率等。

17. 座席数及每平方米地板面积站立人数:地铁车辆由于其短途高流动性的运载特点,座席数较少,一般为 55~65 座,站立数一般 250 人,超载时乘客总数按 $7\sim 9 \text{ 人/m}^2$ 计算。

二、车辆的主要尺寸参数

1. 车辆长度:车辆处于自由状态,车钩呈锁闭状态时,两端钩舌内侧之间的距离。

2. 车辆最大宽度:车体横断面上最宽部分的尺寸。

3. 车辆最大高度:车辆顶部最高点与钢轨顶面之间的距离,通常情况下还需说明与最高点相关的结构,如有无空调,受电弓的状态等。

4. 车钩高度:是指车钩水平中心线至钢轨面的高度。通常取新制造完成或检修后空车的数值。列车中各车辆的车钩高度基本一致,这是保证列车正常运行时不全发生脱钩事故的必要条件。目前我国城市轨道交通车辆的车钩高度尚无统一的标准,上海和广州车辆高度为 720 mm,北京地铁车辆为 660 mm。

5. 车辆定距:同一车辆的两转向架回转中心之间的距离。

6. 固定轴距:同一转向架的两车轴中心线之间的距离。

7. 地板面高度:车辆地板面与钢轨顶面之间的距离。取新造或修竣后空车的数值。其受两方面的制约,一是车辆本身某些结构高度的限制,如车钩高及转向架下心盘面的高度;另一方面又与站台高度的标准有关,应与站台高度相协调,比如上海地铁车辆为 1 130 mm,北京地铁车辆为 1 053 mm。

三、城市轨道交通车辆限界

1. 车辆限界的定义

限界是限定车辆运行及轨道周围构筑物超越的轮廓线。限界分车辆限界、设备限界和建筑限界三种,是工程建设、管线和设备安装位置等必须遵守的依据。规定限界的目的是为了车辆防止在直线或曲线上运行时与各种建筑物及设备发生接触,以保证车辆安全通行。地铁限界如图 1-1 所示。

车辆限界就是一个限制车辆横断面最大允许尺寸的轮廓图形。无论空车或重车在直线地段运行时,所有突出和悬挂部分都应容纳在限界之内,因此车辆限界是车辆在正常运行状态下形成的最大动态包络线。车辆限界是根据车辆外轮廓尺寸和主要技术参数,并考虑车辆在平直线路上、正常运行状态下静态运动包迹线和动态情况下横向和竖向偏移量及偏转角度,按可能产生最不利情况进行组合计算确定的。车辆限

车辆限界与车辆轮廓线之间,必须留出一定的、为确保行车安全所需的空間,这个空間考虑了以下因素:

①车辆制造公差引起的上下、左右方向的偏移或倾斜。

②车辆在名义载荷作用下弹簧受压引起的下沉,以及弹簧由于性能上的误差可能引起的超量偏移或倾斜。

③由于各部分磨耗或永久变形而造成的车辆下沉,特别是左右侧不均匀磨耗或变形而引起的车辆倾斜与偏转。

④由于轮轨之间以及车辆自身各部分存在的横向間隙而造成车辆与线路間可能形成的偏移。

⑤车辆在走行过程中因运动中力的作用而造成车辆相对线路的偏移。它包括曲线区段运行时实际速度与线路超高所要求的运行速度不一致而引起的车体倾斜;以及车辆在振动中也会产生上下、左右各个方向的位移。

⑥线路在列车反复作用下可能产生的变形,包括轨道产生的随机不平顺现象等。

2. 地铁车辆限界

(1) 地铁车辆限界

地铁车辆限界是基准坐标系中的一个轮廓线,是车辆在正常运行状态下形成的最大动态包络线。车辆及轨道线路各尺寸在具有最不利公差及磨耗时(包括两次维修期間所发生的尺寸偏差)、车辆在运动中处于最不利位置、由各要素引起的车辆各部位的最大偏移均应容纳在轮廓內。

《地铁设计规范》规定了钢轨钢轮、标准轨距系列的地铁限界,包括车辆限界。直线地段车辆限界分为隧道內车辆限界和高架或地面线路车辆限界,后者应在前者的基础上,另加当地最大风荷载引起的横向和竖向偏移量。受电弓或受流器限界是车辆限界的组成部分。

(2) 地铁设备限界

地铁设备限界是基准坐标系中位于车辆限界外的一个轮廓线,是用以限制设备安装的控制线。除另有规定外,建筑物及地面固定设备的任一部分均不得向內侵入此限界,接触轨限界属于设备限界的辅助限界。

设备限界和车辆限界之間留有一定的間隙,这个間隙主要作为未涉及因素的安全留量,按照限界制定时的规定,某些偏移量计入此間隙。车辆水平曲线上和竖曲线上的曲线偏移也计入这个間隙內,因此,设备限界在水平曲线上需要加宽,在竖曲线上需要加高。

第四节 城市轨道交通车辆编组

城市轨道交通车辆中,动车和拖车通过车钩连接而成的一个相对固定的编组称为一个(动力)单元,一列车可以由一个或几个单元编组而成。车辆编组主要包括列车中

动车与拖车的分布形式,以及车辆之间的连接方式。车辆编组需考虑的因素有线路坡度、运营密度、站长长度、安全可靠、工程投资、客流大小等。

无电机和传动装置的车辆称为拖车,可分为无驾驶室(T或A)和有驾驶室(Tc或A)两种情况。有电机和传动装置的车辆称为动车,可分为无受电弓(M或C)、有受电弓(Mp或B)、有驾驶室(Mc)、有受电弓及驾驶室(Mcp)几种情况。

在编组方式中,“M”表示动车,“T”表示拖车,“c”表示带有司机室,“p”表示带有受电弓,“+”代表全自动车钩,“-”代表半永久牵引杆,“=”代表半自动车钩。

车辆编组一般为4~8辆/列,通常以6辆/列为多。6节编组其排列顺序为A、B、C、C、B、A。6辆车编组的列车按以下形式配置(图1-3):+A-B-C=C-B-A+,构成列车的基本单元定义为:+A-B-C=。

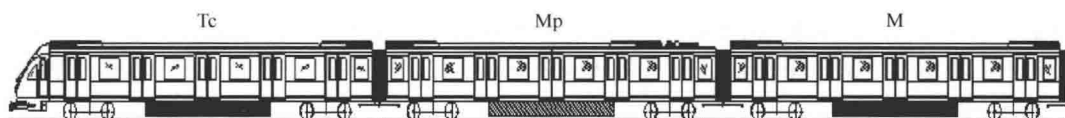


图 1-3 列车单元编组图

目前我们国家各个城市的地铁编组方法都不尽相同,但是均采用动、拖混编的方式。一般动、拖混编采用“4动2拖”或“3动3拖”的连接方式。

例如,北京地铁4号线的列车编组为+Tc-M-Mp-T-M-Tc+,由三个单元车组成;杭州地铁1号线、深圳地铁3号线等列车编组为+Tc-Mp-M=M-Mp-Tc+,由两个单元车组成,每一单元车为二动一拖;北京地铁八通线原来的4辆编组为+Mc-Tp=T-Mc+,共两个动力单元,每一单元车为一动一拖等。

列车并非一定是偶数编组,主要还是取决于城市及其线路的近远期客流量的大小。比如苏州地铁1、2号线,无锡地铁1号线均采用5辆编组,编组方式为+Tc-Mp-M-Mp-Tc+。

随着城市的发展,在既有线路不能满足客运能力的需要时,亦存在扩编问题。比如北京地铁八通线的“4改6”,上海地铁1号线的“6改8”等。上海地铁1号线6辆编组方式为+A-B-C=C-B-A+,而扩编的八辆编组方式为+A-B-C=B1-C1=C-B=A+,是在原来的6辆上增加一个B-C单元,并将各单元之间以半自动车钩进行连接。

第五节 城市轨道交通车辆组成

城市轨道交通车辆类型不同,技术参数也不一样,但基本结构类似。城市轨道交通车辆主要由车体、转向架、车钩及缓冲装置、制动装置、空调通风系统、车辆电气牵引系统、辅助供电系统、列车控制和诊断系统、乘客信息系统九部分组成。

一、车 体

车体主要由底架、侧墙、端墙及车顶组成。车体原来采用普通碳素钢制造,后为了延长车体的使用寿命,耐腐蚀的耐候钢被广泛应用。目前为达到在最轻的自重下满足强度的目的,车体普遍采用整体承载的不锈钢结构或铝合金结构,并且采用模块化生产工艺。车体底架采用上拱结构,即使在满载情况下车体也不会产生下挠度。

车体有带司机室车体和无司机室车体两种类型。一般司机室采用框架结构,外罩玻璃纤维增强塑料罩壳,用螺栓紧固在车体构架上。在隧道运行的车辆前端还应设有乘客紧急安全疏散门。司机室内布置有驾驶台、转椅和司机需要操作的各种电器设备箱。

车体是搭载乘客的地方,采用美观、舒适的内部装饰。每侧有车窗和供乘客上、下的宽型车门及其传动装置,车体内还应布置座椅、扶手、立柱、乘客信息系统等各种服务设施以及车门紧急手柄、紧急对讲、灭火器等安全设施,并安装车辆电子、电器、机械等各种设备和部件。

车辆及其设备禁止使用易燃材料,应采用高助燃性、低发烟浓度、低毒性的环保材料,车体要有隔声、减振、隔热、防火和各项保护乘客安全的措施,车体还应有良好的密封性和排水功能,以适应全天候运行的要求。

二、转 向 架

转向架是支撑车体及其载荷并使车辆沿着轨道行驶的车辆运行装置。转向架分动力转向架和非动力转向架,它位于车体和钢轨之间。转向架一般由构架、弹簧悬挂装置、轮对装置和制动装置组成。对于动力转向架还设有牵引电机及齿轮传动装置。

转向架引导车辆沿着轨道行驶,同时承受、传递来自车体及线路的各种载荷,并缓和其动力作用。地铁、轻轨车辆转向架一般利用转向架轮对踏面与钢轨的黏着力产生牵引力和制动力,利用车轮的轮缘与钢轨的黏着力使车辆沿着轨道行驶。跨座式单轨车辆转向架由走行轮、导向轮、稳定轮代替地铁、轻轨车辆的钢制车轮,走行轮为充氮气的钢丝橡胶轮胎;导向轮、稳定轮是填充压缩空气的尼龙丝橡胶轮胎。磁悬浮车辆是由直线电机推动车辆行驶,用悬浮、导向电磁铁进行车辆的悬浮和导向。转向架是保证车辆运行质量、动力性能和运行安全的关键部件。

三、车钩及缓冲装置

城市轨道交通车辆是由车钩连接成编组运行的列车。为了改善列车纵向冲击,在车钩的后部装有缓冲装置。另外还必须连接车辆之间的电气和空气的管路。因此,车钩及缓冲装置包括车钩、缓冲器、电路连接器和气路连接器。它们能连接车辆以及车辆间的电路和气路,并传递和缓冲列车运行时的牵引力、制动力及其他冲击力。

目前,城市轨道交通车辆大都采用密接式车钩。密接式车钩分为全自动车钩、半自动车钩和半永久牵引杆三种。全自动车钩一般设置在列车端部,在低速时可实现机械、电路、气路的自动连接与分离;半自动车钩一般安装在组成列车的车组之间,有时也设置在列车端部,可以实现机械、气路的自动连接与分离,而电路需要人工进行连接与分离;半永久牵引杆安装在列车车组的两节车辆之间,用可以拆卸的一副牵引杆进行连接,其气路、电路均需人工进行连接。车钩和缓冲装置固定在车体底架上,在车辆运行中的牵引、制动时发生的纵向拉力和压缩力经车钩、缓冲器,最后传递给车体底架的牵引梁。缓冲器起到缓解车辆之间冲击的作用。

四、制动装置

制动装置是使车辆减速、停车,保证列车安全运行所必不可少的装置。在动车、拖车上都设置有制动装置,使运行中的列车按需要减速或在规定的距离内停车。城市轨道交通车辆制动装置除常规的机械(压缩空气)制动装置外,还要求具有电制动(再生制动、电阻制动)功能,并且应充分发挥电制动能力,且电制动和机械制动能够协调配合。

城市轨道交通车辆的制动系统能保持各车辆的减速度一致,以减少车辆制动时的纵向冲动;具有根据载客量变化的制动力自动调整功能;还有紧急制动能力,除在遇到紧急情况可由司机施加紧急制动以外,在车辆运行中发生车辆分离等危及列车运行安全事故时列车可自动进行紧急制动。

城市轨道交通车辆的制动形式有摩擦制动和电制动两种,摩擦制动有以压缩空气为动力的闸瓦制动、盘式制动,还有用电磁铁与钢轨的作用力进行制动的轨道电磁制动;电制动有再生制动和电阻制动。摩擦制动的压缩空气动力由车辆的供气系统供给。供气系统主要由空气压缩机、干燥过滤器、压力控制装置和管路组成,还向空气弹簧需要压缩空气的设施供气。电制动是在车辆制动时将牵引电机变成发电机,将列车动能变为电能,再生制动是将这种电能反馈到电网供给其他列车使用,电阻制动将电网不能吸收的电能通过电阻器将其转变为热能散发到大气。

五、空调通风系统

城市轨道交通车辆由于客流密度大,为改善车厢的空气质量必须装有通风装置。车辆的通风方式有自然通风、强迫通风和空调通风。车厢空气质量的好坏是影响乘客舒适性的重要方面,随着城市轨道交通车辆服务质量的提高,自然通风已不被采用,单一的机械式强迫通风系统也逐渐被空调通风系统所取代。空调通风系统主要由压缩机、蒸发器、冷凝器、冷凝风机等组成。车厢内部分空气和车厢外的风相混合,经空调机组处理后送入车厢。根据城市的自然条件和列车的运行环境,一些车辆还设置了采暖装置,采暖一般采用电热器,安装在车厢的座椅或侧墙下方。

六、车辆电气牵引系统

车辆电气牵引系统包括车辆上的受流器和各种电气牵引设备及其控制电路。

受流器有三轨受流器和受电弓两种,受流器的选择主要取决于供电电压。供电电压为 DC 750 V 时,一般采用三轨受流器,其优点是对市容景观影响较小;供电电压为 DC 1 500 V 时,一般采用接触器受电,其优点是线路电压降低、能量损失少,同时需要的牵引变电站数量少。

车辆电气牵引系统有直流电气牵引系统和交流电气牵引系统两种。车辆电气牵引系统采用直流牵引电机,虽然它有重量重、体积大、维修量大的缺点,但由于其具有调速容易的优点,也曾得到广泛地应用。随着电力电子技术和微电子技术的高速发展,城市轨道交通车辆目前主要采用交流调频调压(VVVF)技术的交流电气牵引系统,具有效率高、控制性能好等优点。

车辆直流电气牵引系统的控制方式从凸轮变速发展到斩波变速方式,他们都是把车辆动能转化的电能消耗在电阻上,存在着浪费电能的缺点。随着电子技术的发展,直流电气牵引系统的控制方式已发展为计算机控制的斩波调压变速方式,可将车辆动能转化的电能存储在电抗器中,之后反馈到电网。直流斩波调压变速方式的主要优点:只有在列车电制动电网不能吸收再生电能时才由电阻消耗电能,节约能量;电机的电流波动小,黏着能力提高;结构简单,便于检修。

车辆交流电气牵引系统的控制方式是采用计算机控制的交流调频调压(VVVF)技术,牵引逆变器主要由输入滤波器、三相逆变线路、制动斩波线路和控制线路组成。交流调频调压(VVVF)变速控制的优点:采用交流异步牵引电机无接点控制,维修量大大减少;电气牵引系统小型轻量化、减少重量;黏着性能好,黏着能力提高。

七、辅助供电系统

城市轨道交通车辆上的辅助设备,例如,车厢通风、空调及牵引等系统设备的通风和空气压缩机电机、照明(采用交流电源)等交流负载,以及乘客信息系统、列车控制系统、车辆及其子系统控制系统、电动车门驱动装置、蓄电池充电器、照明(采用直流电源)等直流负载,都是由车辆辅助供电系统进行供电。

辅助供电系统主要由辅助静态逆变器、充电器、蓄电池三大部分组成。辅助静态逆变器将 DC 1 500 V 输入逆变成 AC 380 V 供给车辆辅助交流负载,一路交流输出再转换成 DC 110 V 低压直流输出供给车辆辅助直流负载。DC 110 V 输出还有一类是与辅助静态逆变器分开设置,单独直接地将 DC 1 500 V 输入转换成 DC 110 V 低压直流输出供给车辆辅助直流负载。

蓄电池是车辆辅助供电系统的低压直流备用电源,在辅助逆变器正常工作时处于浮充电状态;在网压供电或辅助逆变器发生故障而不能正常工作时,可作为紧急电源

向车辆辅助直流紧急负载(如客室车厢紧急通风、紧急照明及各控制系统)进行供电。

八、列车控制和诊断系统

现代化的城市轨道交通车辆,列车计算机控制系统具有自我监视和诊断功能,信息采集、记录和显示功能。车辆及车辆主要系统都采用计算机进行自动控制,能够对列车主要设备的运行状态自动进行故障诊断。

使用计算机控制设备的监控和诊断系统,还能用手提数据收集器通过列车上的USB 维修接口来收集所有的各种有关数据。同时也能在各系统微处理器的本地维修接口收集到相关数据。所收集数据的种类和精确度需能满足维修和分析故障的需要。

九、乘客信息系统

城市轨道交通车辆信息系统向乘客提供列车运行信息、安全信息和其他公共信息,例如,列车的终点站、停车车站、换乘信息等;在列车发生故障时,向乘客提供回避危险的指挥、指导信息等。乘客信息系统包括广播、列车运行线路电子显示图、LED 显示屏、LCD 显示屏,以及各种文字、图示固定信息。向乘客播报和显示的各种形式的信息应简洁明了,还要正确并同步,避免对乘客产生误导。

第六节 城市轨道交通车辆的发展

一、国外城市轨道交通车辆的发展

国外城轨车辆已运营的主要有三种类型:地铁车辆、轻轨车辆和高架独轨车辆。

1. 地铁车辆

自 1863 年 1 月 10 日英国伦敦第一条地铁开通以来,截至 2008 年,经过近 140 年的发展,全世界已有 127 个城市建成地铁,总计运营里程 5 500 多千米,拥有运营车辆 58 800 多辆。主要集中在英国、法国、德国、瑞典、西班牙、俄罗斯、美国和日本等国的大城市,其运营里程占 42%,拥有车辆占 52%。

2. 轻轨车辆

自 1888 年美国弗吉尼亚市第一条有轨电车投入商业运行以来,虽有较大发展,但由于有轨电车速度慢、噪声大、运量小、安全性差、正点率低等原因,20 世纪 50 年代各国城市都纷纷拆除有轨电车线路,发展地铁交通。到 20 世纪 80~90 年代,又由于地铁造价高、能耗大、环保噪声问题等原因,在建设地铁的同时又发展了新型轻轨交通;据统计,有 20 余座城市已经建设了轻轨,轻轨总线路长 26 000 多千米。这些车辆大部分都是 100%或 70%的低地板车辆,截至 2003 年,由西门子公司、庞巴迪尔公司和阿尔斯通公司共生产了 1 300 列合计 4 000 多关节式车辆。