



高等职业教育城市轨道交通专业规划教材

城市轨道交通车辆总体

杨志强 主编

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



高等职业教育城市轨道交通专业规划教材

城市轨道交通车辆总体

杨志强 主编
王连森 主审

中国铁道出版社

2007年·北京

内 容 简 介

本书对目前我国城市轨道交通车辆的总体结构作了详细的介绍,主要包括:城市轨道交通车辆的基本概况、车体与车门、车体连接装置、转向架、城市轨道交通车辆动力学与强度等。

本书可作为城市轨道交通车辆专业高等职业教育教材,也适用于城市轨道交通部门职工培训,以及从事城市轨道交通部门的管理人员、工程技术人员和运用维修人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆总体/杨志强主编. —北京:中国铁道出版社,2007.7

高等职业教育城市轨道交通专业规划教材

ISBN 978-7-113-07928-4

I. 城… II. 杨… III. 城市铁路-铁路车辆-高等学校:技术学校-教材 IV. U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 063001 号

书 名:城市轨道交通车辆总体

作 者:杨志强 主编

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)

责任编辑:程东海 编辑部电话:010-51873135

封面设计:冯龙彬

印 刷:中国铁道出版社印刷厂

开 本:787×1 092 1/16 印张:12 字数:298 千

版 本:2007 年 6 月 第 1 版 2007 年 6 月 第 1 次印刷

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-07928-4/U·2068

定 价:20.00 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,请与本社发行部调换。

联系电话:(市电)010-51873171 (路电)021-73171

网址:<http://www.tdpress.com>

前言

QIANYAN

进入 21 世纪,我国城市轨道交通事业正处于方兴未艾的时期,随着我国城市轨道交通事业的迅速发展,为满足高职高专城市轨道交通车辆专业教学的需要而编写本书。

轨道交通车辆是城市轨道交通系统最重要、最关键的设备,也是技术含量很高的综合性机电产品,它涉及机械、电气、控制、材料等多门学科。我国城市轨道交通车辆尚处于发展的初期阶段,有关轨道交通车辆的书籍甚少,高职高专城市轨道交通车辆专业用书尚属空白。本书在编写中引用了部分国内外同类专业教材和上海、广州、深圳、北京等地铁公司的资料,在此一并谨表衷心感谢。

本书编者均为来自教学第一线从事轨道车辆专业职业教育的教师。在编写过程中紧扣高等职业教育的培养目标,结合高等职业教育的特点和要求,在课程体系安排上,在教材内容的选取上力争做到教材的总体结构和课程目标之间的一致性,正确处理好教材的知识传授和能力培养这两者之间的关系。

本书由浙江师范大学职业技术学院杨志强(第一章)、同济大学城市轨道交通研究院张济民(第五章)、郑州铁路职业技术学院卢桂云(第四章)、株洲铁路科技职业技术学院袁清武(第六章)、广州铁路职业技术学院曾青中(第三章)、太原铁路机械学校于值亲(第二章)编写。杨志强担任本书的主编;沈阳铁路机械学校王连森任主审。

书中的第五、六章为进一步拓宽知识面而编写,可作为选讲内容。

由于编者水平有限,资料匮乏,不妥之处在所难免,恳请使用本书的读者批评指正。

编者

2007 年 4 月

目 录

MULU

第一章 概 论	1
第一节 城市轨道交通的类型	1
第二节 城市轨道交通车辆分类、编组与标识	5
第三节 城市轨道交通车辆的组成与主要参数	8
第二章 车体与车门	13
第一节 车体类型与结构	13
第二节 车内设备	23
第三节 结构及材料的轻量化途径	45
第三章 车体连接装置	52
第一节 车钩缓冲装置的用途与分类	52
第二节 车钩	53
第三节 缓冲器	60
第四节 贯通道装置	63
第四章 转向架	67
第一节 转向架概述	67
第二节 转向架的主要组成件	72
第三节 动力转向架的传动系统	100
第四节 典型地铁车辆转向架	103
第五节 其他类型地铁车辆转向架	110
第六节 轻轨车辆转向架	122
第五章 城市轨道交通车辆动力学	139
第一节 车辆振动的型式与原因	139
第二节 车辆运行平稳性及其评价标准	143
第三节 轮轨接触几何关系及滚动理论	145
第四节 车辆蛇行运动稳定性与运行振动分析	149
第五节 车辆的曲线通过	152
第六节 车辆运行安全性	153
第七节 动车组的纵向振动	156
第八节 轨道车辆系统动力学计算机仿真软件简述	159

第六章 城市轨道交通车辆强度.....	162
第一节 作用在轨道车辆上的载荷.....	162
第二节 车辆的运动方程式.....	171
第三节 车体强度的近似简化计算.....	172
第四节 有限元电算法分析车辆结构强度简介.....	178
第五节 城市轨道交通车辆零部件强度试验.....	181
参考文献.....	186

第一章 概 论

内容提要:本章主要介绍城市轨道交通的类型、城市轨道交通车辆的类型及编组与标识、城市轨道交通车辆的组成与主要参数等内容。

第一节 城市轨道交通的类型

我国人口众多,目前 100 万人口以上的大城市达到了 49 个,这些城市的公共交通方式,大多数还是采用传统的运量不大的公共汽车和无轨电车。现代城市在客运高峰期间,旅客高度集中、流向大致相同的客流现象已很普遍,低运量的交通工具已不能满足出行的需要。

城市轨道交通以其大运量、高效率、低污染等优势,已成为许多大城市解决交通问题的首要选择。城市轨道交通采用全封闭道路,立体交叉,自动信号控制系统和轻型快速的电力驱动车组,行车密度高,旅行速度快,单向客运量大,其城市客流的运载能力和其他传统道路交通工具相比,优势十分明显。

进入新世纪以来,城市轨道交通发展态势十分迅猛,全国已有 20 多个城市开展了城市轨道交通的前期工作,初步统计近期规划建设 65 条线路,约 1 700 km 长,总投资达到 6 000 多亿元。除里程增加外,我国轨道交通也呈现由单一形式向多样化发展的趋势。

目前,国外城市快速轨道交通主要有:地下铁道、快速轻轨交通、高架独轨交通、新交通系统和磁悬浮交通等。我国也形成以地铁、城市快速铁路、高架轻轨为主的多元化发展趋势。

一、地下铁道交通

地下铁道始于英国。1863 年英国伦敦建成了世界上最早的一条地下铁道,长度只有 6 km,当时使用的是蒸汽机车。1969 年,北京第一条地铁建成通车,线路长为 23.6 km。北京地铁是我国修建的第一条地下铁道。

在 20 世纪 50 年代至 90 年代,欧洲、北美、日本等工业较发达国家的城市地下铁道发展迅速,经过多年的发展,其地铁交通已相当发达。近 20 年来,许多发展中国家的大城市也都在规划、建设地下铁道,以缓解大城市日趋严重的交通难题。据统计,目前世界范围内已有 40 多个国家和地区的大城市都建有地下铁道,累计地铁线路总长达 5 000 多公里,年客运量约为 230 亿人次。

地下铁道有以下特征:

1. 客运量大,有利于大城市中心区高峰期乘客的疏通,单向最大客运量可达 6~8 万人次/h。
2. 线路的全隔离全封闭和信号控制的高度自动化,保证了地铁车辆的高车速和高行车密度运行。车辆平均旅行速度可达 40 km/h 以上,最高车速可达 90 km/h,行车密度可达 1.5~2.0 min。

3. 地下铁道线路在市中心区均设于地下,当线路延伸至近郊时采用高架或路堤的型式。线路全部或大部设于地下的目的是为了节约投资。

4. 站台长一般为 100 ~ 200 m,站间距一般在 0.5 ~ 1.5 km。地铁列车的编组数决定于客运量和站台的长度,一般为 6 ~ 8 辆。

5. 车种按有无动力可分为动车与拖车,为节约车辆投资,一般采用动车与拖车混合编组的方式。

6. 地铁的消音、减震和防火有严格的要求,能满足客运容量大、安全、快速、舒适和节能等方面的要求。

7. 受电的制式主要有直流 750 V 第三轨受电和直流 1 500 V 架空线受电弓受电。受电额定电压取决于发车频率和车辆所需电流量等因素。为减少电压降和电能损失,加大牵引变电站的距离,提高列车再生制动的回收率,对于发车频率高、电流大的车辆宜采用直流 1 500 V 额定电压。

8. 新建线路投资昂贵,一般在 5 000 万美元/km 以上。建造周期长,建造一条中等长度的线路往往需要几年甚至十几年的时间。成本回收周期长,约需 20 ~ 30 年。

二、城市快速轻轨交通

轻轨交通,又叫快速有轨交通。它是一种中等运量的城市轨道交通客运系统,其客运量在地铁与公共汽车之间。轻轨交通是国外 20 世纪 70 年代在传统有轨电车的基础上发展起来的一种先进的城市公共交通。它是一种用电力牵引,在轨道上整列行驶的有轨电车。

轻轨车辆实际上是采用电子控制和先进技术的城市有轨电车,它比老式有轨电车的载客量要大,但没有有轨电车那种巨大噪声和速度慢的缺点。它可以在地面轨道或高架轨道上行驶,也可以在地下隧道内运行。

城市快速轻轨交通有以下特点:

1. 轻轨交通是以钢轮和钢轨为走行系统的交通方式,其车辆的牵引动力为电力,可以是直流传动、交流传动或线性电机传动等。

2. 轻轨交通的建设投资要比地铁少得多,通常轻轨每公里造价仅为地铁的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{5}$ 。

3. 电压制式以直流 750 V 架空线(或第三轨供电)为主,也有部分采用直流 1 500 V 和直流 600 V 供电。

4. 轻轨交通车辆有单节四轴车、双节六轴单铰接车和三节八轴双铰接车等 3 种基本类型。可单节运行,也可编组运行。

5. 轻轨车辆轴重一般为 10 ~ 12 t,车辆要求轻量化,以降低线路工程的投资。

6. 作为中等运量公共交通客运方式的新型轻轨交通,其单向每小时输送旅客能力约为 2 ~ 4 万人次/h,介于地铁和公共汽车(4 000 ~ 8 000 人次/h)的客运能力之间,对中等城市组成公交骨干线路,大城市作为公交辅助线路是一种比较经济的客运方式。

7. 轻轨交通的线路可以是地面、地下和高架,与地面道路可以部分混行,也可以完全隔离。在新建轻轨交通工程中,铺设在地面上的轨道,根据道路条件主要有两种情况:一是半封闭式的专用道,其他车辆不得进入,仅在道路交叉口处设置道口,并利用信号控制技术,保证轻轨车辆优先通行。二是全封闭专用车道,在通过交叉路口处,采用立体形式,保证车辆以较高的速度运行。

8. 轻轨交通的设施一般比较简单,地面车站的主要建筑就是装有风雨棚的站台。

9. 对环境影响小。轻轨交通是以电为动力,对环境无污染。车辆一般采用弹性车轮,在转向架上下连接处有特制的“橡胶弹簧”装置,能吸收来自3个方向的冲击力和自由振动,大大减小了噪声和振动。在轨道方面,除了采用无缝线路外,还在轨下设置了各种有效的弹性垫层,必要时还可在重要路段设置隔音挡板,使车辆在运动中的噪声和振动影响降到最低值。

10. 行车安全有保障。轻轨交通系统通常都要考虑信号装置和行车指挥系统,以保证行车安全,如果运行速度高,行车密度大,还要设置自动闭塞信号系统。

由于轻轨交通具有上述优点,国外各大城市已经建成了不少轻轨交通,而且还在陆续发展之中。据统计,现在全世界已有270多座城市建有新型轻轨交通系统,在这些城市中,轻轨交通正在发挥着重要的作用。

在城市轨道交通系统中,车辆是城市轨道交通最重要、最关键的设备。它不仅投资大,而且技术复杂,是多专业综合性的产品,涉及机械、电气、电机、控制、材料等领域。我国由建设部负责制定的《城市快速轨道交通工程项目建设标准(试行本)》中将我国快速轨道交通车辆分为三种型式。其中A型车和B型车通称地铁车辆,而C型车为轻轨车辆。各类车型主要技术规格如表1-1所示。

表 1-1 各类车型主要技术规格

序 号	项 目 名 称		A 型车	B 型车	C 型车		
			四轴车	四轴车	四轴车	六轴车	八轴车
1	车辆基本长度(m)		22	19	18.9	22.3	29.5
2	车辆基本宽度(m)		3	2.8	2.6		
3	车辆高度	受流器车(m) (加空调/无空调)	3.8/3.6	3.8/3.6	3.7/3.25		
		受电弓车(m) (落弓高度)	3.8	3.8	3.7		
		受电弓工作高度(m)	3.9~5.6				
4	车内净高(m)		2.10~2.15				
5	地板面高(m)		1.1		0.95		
6	车辆定距(m)		15.7	12.6	11	7.2	
7	固定轨距(m)		2.2~2.5	2.1~2.2	1.8~1.9		
8	车轮直径(mm)		φ840		φ760		
9	车门数(个/每侧)		5	4	4	4	5
10	车门宽度(m)		≥1.3				
11	车门高度(m)		≥1.8				
12	定员人数 (人)	单司机室车	295	230	200	240	315
		无司机室车	310	245	210	250	325
13	车辆轴重(t)		≤16	≤14	≤11		
14	站立人员标准	定员(人/m ²)	6				
		超员(人/m ²)	9				

续上表

序 号	项 目 名 称	A 型车	B 型车	C 型车		
		四轴车	四轴车	四轴车	六轴车	八轴车
15	最高运行速度(km/h)	≥ 80		≥ 70		
16	起动平均加速度(m/s^2)	≥ 0.9		≥ 0.85		
17	常用制动减速度(m/s^2)	1.0		1.1		
18	紧急制动减速度(m/s^2)	1.2		1.3		
19	噪声 [dB(A)]	司机室内		≤ 70		
		客室内		≤ 75		
		车外		80~85(站台)		

注:C型车未包括低地板车。

三、城市独轨铁路交通

独轨交通,国外也称为独轨铁道,是指车辆在一根轨道上运行的轨道交通系统。车辆的旅行速度为 27~37 km/h,最大输送能力为 2~3 万人/日。独轨交通可分为跨座式和悬挂式两种类型,跨座式是车辆跨坐在轨道梁上行驶,悬挂式是车辆悬挂在轨道梁下方行驶。

跨座独轨铁路的车辆走行装置跨骑在走行轨道上,其车体重心处于走行轨道的上方。应用跨座式独轨铁路最多的国家是日本。1964 年,日本东京修建了从市中心到羽田机场的跨座式独轨铁路,全线实现计算机集中控制,该线成为旅客出入羽田机场的重要通道。后来,日本又建成了大阪线、北九州线等跨座式独轨铁路。另外,法国、美国、澳大利亚和英国也都修建了自己的跨座式独轨铁路。

悬挂式独轨铁路的车辆走行装置悬挂在走行轨道上,其车体重心位于走行轨道的下方。1893 年德国人 Langen 发明了悬挂式独轨,1901 年在伍珀塔尔开始运营,全长共 13.3 km,其中 10 km 线路跨河架设,其余架设在公路的上方,至今仍在运营。后来由法国企业管理股份有限公司和其他十几家公司共同研制了 SAFEGE 型对称悬挂式独轨铁路,它的特点是轨道梁为钢制断面,底部有开口,充气轮胎组成的转向架在轨道内走行,车体悬挂在转向架的下面,车辆走行平稳,噪声低。日本的湘南江岛线和千叶线均采用这种型式。德国的 Dotomendum 也于 1984 年开始了悬挂独轨铁路的运营,并且在 1993 年进行了系统的扩建与更新。悬挂式独轨铁路与跨座式结构相似,所不同的是车辆控制装置和空调设备等不是装在车地板下面,而是装在车顶部位。

独轨铁路交通有以下特点:

1. 独轨铁路线路占地少,线路支柱占地宽度仅 1~1.5 m,因此可充分利用城市有限的空间,适宜于在大城市的繁华中心区建线,对城市的影响极小。
2. 线路构造较简单,建设投资费用较低,仅为地铁建设费用的三分之一左右。
3. 独轨铁路能够实现大坡道(60‰)和小曲线半径(50 m)安全运行,建线时可绕过城市的建筑物。
4. 独轨铁路一般采用轻型车辆,列车编组数为 4~6 辆,客运能力一般每小时单向运量为 1~2 万人次。
5. 车辆的走行装置采用空气弹簧、橡胶轮胎、电力驱动,噪声低,无废气,乘坐舒适。
6. 独轨铁路高架于闹市运行,乘客乘坐舒适,视野宽广,有城市交通和旅游观光的双重作用。
7. 跨座式独轨铁路轨道梁采用预应力混凝土梁制成,悬挂式独轨铁路的轨道梁一般为箱

形断面的钢结构。独轨铁路轨道梁支承在钢筋混凝土的支柱上,支柱的型式有 T 型、倒 L 型、门型等,根据地形和用地选择等条件,可以灵活选择。

独轨铁路除上述占地小、构造较简单、建设投资费用低、可运行于闹市区、噪声小且乘坐舒适等特点外,它也有缺点:由于独轨铁路采用橡胶轮,它与混凝土轨面的滚动摩擦阻力大,其能耗比一般轨道交通大 40% 左右,且有轻度的橡胶粉尘污染;运营能力较小,单向每小时客运量约为轻轨交通的一半;整个系统不能与常规的地铁、轻轨接轨;道岔结构复杂、笨重,道岔转换时间较长,从而增加了列车折返时间;车辆走行装置比较复杂;列车运行在区间发生事故时,疏散和救援工作比较困难。

独轨交通已经经历了一个多世纪的发展历程,第二次世界大战后,随着科学技术的进步,独轨铁路的技术逐渐成熟,轨道、车辆和通信信号设备都有了很大的发展,再加上独轨铁路可以利用公路和河流上方空间,独轨技术受到一定的重视。但是,因为独轨铁路的导向、稳定等关键技术问题尚未完全解决,而且独轨交通的运输能力又与有轨电车不相上下,技术要求却高得多,因此在世界范围内并没有得到广泛的应用。

四、新交通系统

新交通系统是指车辆采用橡胶轮、电气牵引,在有特殊导向的专用轨道梁上运行的系统。在系统中车辆可在线路上无人驾驶,无人管理,完全由中央控制室的计算机集中控制,自动运行。新交通系统与独轨交通有许多相同之处:采用高架线路,列车编组 2~6 辆,每小时单向运能在 1 万人次左右,采用电力驱动,橡胶轮走行。新交通系统与独轨交通系统最大的区别在于除有走行轨外,还设有导向轨,另外新交通系统的自动化程度也比较高。新交通系统的导向系统可分为中央导向方式和侧面导向方式。

五、城市磁悬浮交通

磁悬浮交通利用电磁铁将车辆悬浮在轨道之上,在运动中没有轮轨的接触关系。磁悬浮交通一般可分为:高速超导型,最高速度为 550 km/h;中速常导型,最高速度为 250 km/h;低速常导型,最高速度为 100~120 km/h。城市磁悬浮交通采用低速常导型。

磁悬浮交通最大的特点是运行中完全脱离传统的轮轨关系,噪声极低,仅为空气摩擦声和电气噪声等,无黏着限制,可实现最大的启动加速度和制动减速度,可在大坡度线路运行,机械振动小,舒适性和平稳性高,维修费用低。

城市磁悬浮交通采用电力驱动,牵引、制动采用交流直线电机,进行调频调压控制。磁悬浮采用电磁铁调压控制,依靠磁力自导向,列车编组与地下铁道相近。城市磁悬浮交通的主要缺点是列车发生事故后救援工作困难。

第二节 城市轨道交通车辆分类、编组与标识

一、车辆类型

城市轨道交通车辆主要是指地铁车辆和轻轨车辆。

按有无动力装置分类,地铁车辆可分为动车和拖车两类。动车是指装有牵引电动机等牵引动力装置的车辆,拖车是指不带动力装置的车辆。从有无司机室和是否带有受电弓分类,地铁车辆可分为带司机室拖车、无司机室带受电弓动车和无司机室不带受电弓动车等类型。不

管动车还是拖车,两者都可以乘坐旅客。

国内地铁车辆按牵引供电方式分类,主要有两大类型:一种是以北京、天津为代表的接触轨(三轨)受流,窄车体车辆,其额定电压为 DC750V,车长 19 m,车宽 2.8 m,车高 3.5 m。另一种是以上海、广州为代表的接触网受流的宽车体车辆,额定电压为 DC1 500V,车长 22.8 m,车宽 3 m,车高 3.8 m,深圳、南京地铁车辆也采用此种形式。这两种车辆已定为我国的标准车辆。

我国推荐的城市轻轨交通车辆可分为三种类型,即单节四轴车、双节六轴单铰接车和 3 节八轴双铰接车。按有无司机室,可分为双司机室车、单司机室车和无司机室车。轻轨交通车辆均为动车,可单节运行,也可编组运行。

二、地铁列车编组

根据客流量,地铁列车在运营时,都是以动车组的形式进行,多者 6~8 辆,少则 2 辆即可组成一列车组。地铁运营动车组一般都是固定编组,它没有机车和车辆的分别。

国内已运营的地铁列车编组情况如下:

当采用 6 辆编组时:A—B—C—C—B—A。其中上海地铁一号线、二号线,广州地铁一号线,深圳地铁一号线均采用此种编组方式。

当采用 8 辆编组时:A—B—C—B—C—B—C—A。上海地铁 8 辆编组时,采用此种方式。

上述列车编组中的符号含义如下:

A——带司机室拖车;

B——带受电弓动车;

C——动车。

上述编组能保证所编列车首尾两车辆均带有司机室,中间各节车辆之间贯通,以便乘客沿全列车随意走动,使乘客在全列车中均匀分布,也有利于在列车发生意外事故时乘客能沿此通道经司机室前端安全门撤离。

上述固定车组各车之间采用的车体连接车钩情况如下:

1. 上海地铁一号线、二号线

当 6 辆编组时:—A = B * C = C * B = A—

当 8 辆编组时:—A = B * C = B * C = B * C = A—

2. 广州地铁一号线列车编组

—A * B * C = C * B * A—

3. 深圳地铁一号线列车编组:

—A * B * C = C * B * A—

其中符号含义为:

“—”表示自动车钩;

“=”表示半自动车钩;

“*”表示半永久牵引杆。

北京地铁早期的列车编组为全动车编组,两车为一单元,使用时按 2、4、6 辆编挂组成列车组。北京复一八线列车编组为 6 辆编组,三动三拖,具体编组如下:

$$M_c \cdot T + M \cdot T + T \cdot M_c$$

其符号含义为:

M_c ——带司机室的动车;

M——动车；

T——拖车；

· ——单元中两车之间的连挂；

+ ——单元之间的连挂。

M_c 车的司机室端采用自动车钩,各车之间都采用半永久牵引杆。

上述车辆的主要技术参数如表 1-2 所示。

表 1-2 国内已投入使用的地铁车辆的主要技术参数

技术参数	北京早期车辆 ¹	北京复八线	上海一号线	上海二号线	广州一号线	深圳一号线 ²
列车编组	2~6 辆(全动车)	6 辆(3 动 3 拖)	6 辆(4 动 2 拖)	6 辆(4 动 2 拖)	6 辆(4 动 2 拖)	6 辆(4 动 2 拖)
供电及受流	DC750 V (三轨)	DC750 V (三轨)	DC1 500 V (架空线)	DC1 500 V (架空线)	DC1 500 V (架空线)	DC1 500 V (架空线)
车辆尺寸轮廓 (mm)	长	19 520	19 520	24 140(拖车) 22 800(动车)	24 140(拖车) 22 800(动车)	24 140(拖车) 22 800(动车)
	宽	265	2 800	3 000	3 000	3 800
	高	3 509~3 600	3 510	3 800	3 800	3 800
车辆定距(mm)	12 600	12 600	15 700	15 700	15 700	15 700
每列额定载客量(人)	360~1 080	1 440	1 860	1 860	1 860	约 1 920
转向架	有摇枕 轴距 2 100 mm	无摇枕 轴距 2 200 mm	无摇枕 轴距 2 500 mm	无摇枕 轴距 2 500 mm	无摇枕 轴距 2 500 mm	无摇枕 轴距 2 500 mm
空气压缩机	活塞式	2 级压缩活塞式	W230/180-2	活塞式 3 缸	活塞式 3 缸	活塞式
牵引电动机	直流	鼠笼式异步 电动机 180 kW	鼠笼式异步 电动机 207 kW	鼠笼式异步 电动机 190 kW	鼠笼式异步 电动机 190 kW	鼠笼式异步 电动机约 220 kW
空调与通风	机械通风	机械通风	空调	空调	空调	空调
构造速度(km/h)	80	80	80	80	80	80
平均加速度(m/s^2)	0.9	0.83	0.9	0.9 (0~36 km/h)	1.0 (0~35 km/h)	≥ 0.6 (0~60 km/h)
常用制动平均减速度 (m/s^2)		0.94	1.0	1.0	1.0	1.0
紧急制动平均减速度 (m/s^2)	1.2	1.2	1.3	≥ 1.2	≥ 1.2	1.3
车钩高度(mm)	660~670	660	720	720	720	720
减速箱传动比	5.9	7.69	5.95		6.3	6.68

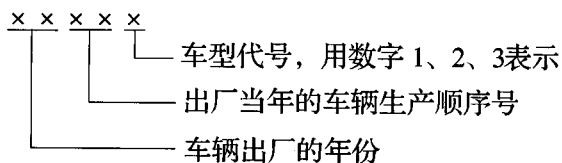
注:1. 北京地铁早期车辆是指工厂设计序号为 DK₁~DK₁₆ 的车辆。

2. 深圳一号线车辆主要参数来源于投标文件。

三、地铁车辆的标识

(一) 车辆的编号

每节车都有固定的编号,其编号由 5 位数“×××××”组成,含义如下:



车型代号中,“1”表示自身无动力,依靠有动力的车辆推动或拖动的拖车;“2”表示转向架上装有牵引电动机,无司机室,车顶装有受电弓的动车;“3”表示转向架上装有牵引电动机,无司机室,车顶没有受电弓的动车。

(二) 车端、车侧的定义

1. 车端的定义

车端是按车钩的自动化程度高低来定义的。车辆两端的车钩一般都为不同类型的车钩,自动化程度较高的车钩所在的一端定义为Ⅰ位端,而自动化程度较低的车钩端定义为Ⅱ位端。

2. 车辆车侧的定义

当人站立在车辆的Ⅰ位端面向Ⅱ位端时,人的右侧即为车辆的右侧,人的左侧即为车辆的左侧。

3. 列车车侧的定义

列车车侧定义与车辆车侧定义不同,列车的车侧是以司机驾驶列车的方位来定义的。当司机驾驶列车时,司机的右侧即为列车的右侧,司机的左侧即为列车的左侧。

(三) 车门、座椅的编号

根据建设部负责制定的《城市快速轨道交通工程项目建设标准(试行本)》,我国地铁车辆A型车每侧门数为5个,B型车每侧门数为4个。如上海地铁车辆采用内藏式对开滑动门,车辆每侧设有5扇门,每扇有两片门叶,其编号定义为:自Ⅰ位端到Ⅱ位,右侧为由小到大的连续奇数,即1/3、5/7、9/11、……、17/19;左侧为由小到大的连续偶数,即2/4、6/8、10/12、……、18/20。

座椅的编号方式与车门类同。

第三节 城市轨道交通车辆的组成与主要参数

一、组成

城市轨道交通车辆尽管形式不同,但均由车体、转向架、牵引缓冲连接装置、制动装置、受流装置、车辆电气系统、内装及设备、自控监控系统等组成。

(一) 车体

车体是城市轨道交通车辆最重要的组成部件之一。它坐落在转向架上,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。

车体分有司机室车体和无司机室车体两种。它一般由底架、端墙、侧墙及车顶等组成。车体的传统材料有碳钢、耐候钢或不锈钢等几种。随着科技的发展,目前车体采用高强度整体承载的铝合金轻金属结构,这不仅能满足车体的强度要求,而且还能极大地减轻车体自身的重量以及车辆运动时的能量消耗。车体的基本作用是:

1. 用以容纳乘客。
2. 用以安装与连接其他设备和部件。
3. 对于有司机室的车辆,车体还是司机驾驶列车的场所。

(二) 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。它装置于车体与轨道之间,由构架、弹簧悬挂装置、轮对、轴箱装置和制动装置等组成。转向架可分动力转向架和非动力转向架两种,动力转向架装设有牵引电机及传动装置,而非动力转向架则不设动力和传动装置。转向架是保证车辆运行品质的关键部件。

转向架的主要作用是:

1. 牵引和引导车辆沿着轨道行驶。

2. 承受与传递来自车体及线路的各种载荷。
3. 缓和来自车体及线路各种载荷的动力作用。

(三) 牵引缓冲连接装置

城市轨道车辆多辆编组,车辆之间设有牵引缓冲连接装置。它主要由车钩、车钩后部设置的缓冲装置、连接车辆之间的电气和空气管路等组成。车辆必须借助于牵引缓冲连接装置才能编组成列运行。

牵引缓冲连接装置的主要作用是:

1. 用来连接列车中各车辆并使彼此保持一定距离。
2. 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。

(四) 制动装置

通过司机操纵使列车减速或在规定的距离停车称之为制动,为了施行制动,在车辆上装设的由一整套零部件组成的装置称制动装置。制动装置是保证列车安全运行所必不可少的组成部分,其作用是用以产生制动力,使列车减速或及时的停车。

为保证运行中的车辆能按需要减速或在规定的距离内停车,在动车和拖车均设有制动装置。城市轨道车辆制动装置可分为摩擦制动、电气制动和磁轨制动等形式。

摩擦制动又称机械制动,分为闸瓦制动和盘形制动。闸瓦制动又称为踏面制动,它由闸瓦压紧车轮踏面产生阻力实现制动。盘形制动是在车轴上安装制动盘,它由闸片夹紧制动盘产生阻力实现制动。

电气制动分为能耗制动和再生制动。能耗制动也称电阻制动,它是将列车的动能经牵引电机及控制转换为电能而消耗在电阻上。再生制动是将列车的动能经牵引电机及控制转换为电能反馈到供电线路上。电气制动须与机械制动相配合。

磁轨制动是用电磁铁与钢轨间的作用力实施制动的。

(五) 受流装置

受流装置是城市轨道交通车辆接受供电的装置。城市轨道交通车辆一般采用直流供电,分 750 V 和 1 500 V 两种。直流 750 V 采用第三轨供电,在车辆的转向架上装有受流器。接触方式分为上部受流和下部受流。上部受流是受流器的滑块与第三供电轨上部接触滑行,下部受流是受流器的滑块与第三供电轨的下部接触。直流 1 500 V 采用架空线接触网供电,车辆采用受电弓受流。

受流装置按其受流方式可分为以下 5 种形式:

1. 杆形受流器

杆形受流器,俗称拖铃,其外形为两根平行杆,上部有两个受电轨(导线)。杆形受流器广泛用于城市无轨电车及有轨电车。

2. 弓形受流器

弓形受流器形状如梯形,属上部受流,弓可升可降,其接触有一根导线,下面由导轨构成电路,用于城市有轨电车。

3. 侧面受流器

侧面受流器又称旁弓,在车顶的侧面受流,多用于单轨车和矿山电力机车。

4. 轨道式受流器

轨道式受流器又称受电靴或第 3 轨受流。它从底部导电轨受流,多用于速度较高的隧道列车。北京地铁及目前欧美大部分城市地铁均采用这种受流方式。

5. 受电弓受流器

受电弓受流器又称受电弓,属上部受流,形状如倒三角形,弓可升可降,适用于高速电力机车及地铁。上海地铁采用的就是这种形式的受流器。

(六) 车辆电气系统

车辆电气系统包括车辆上的各种电气设备及其连接导线。按其作用和功能可分为三个系统,即主电路、辅助电路和控制电路。

1. 主电路系统

主电路系统由牵引电机及与其相关的电气设备和连接导线组成。它是电传动车辆上高电压、大电流、大功率动力回路。主电路的作用是:在牵引工况,将变电所传递的电能转变为车辆牵引所需的牵引力;在电气制动工况,将车辆的动能转变为电制动力,实现功率的转换和传递。

主电路的电气设备主要包括:将电源引入车辆的受流装置、用以牵引车辆的牵引电机、用以调整直流电机端电压的斩波器、用以接通和分断车辆主电路的高速断路器、用以列车电阻制动的制动电阻、使电机电流平滑并减少车辆在牵引和电制动时对接发触网不利影响的线路滤波器。

2. 辅助电路系统

为了保证车辆正常运行和使客室具有一定的舒适性,车辆上需要许多辅助设备。如,为了给斩波器箱、逆变器箱和制动电阻箱通风冷却而设置的通风机;为了列车制动、受电弓升降和开闭客室门等气动机械而设置的空气压缩机;为了调节客室内空气参数而设置的空调压缩机与各类风机;客室照明、蓄电池充电、控制电气、司机室取暖设备等。这些辅助设备和供应辅助用电的系统就构成了车辆的辅助电路系统。

3. 控制电路系统

轨道车辆的控制电路是低压小功率电路,分为有接点的直流电路和无接点的电子电路。有接点的直流电路由主控制器、继电器、控制电气的低压部分以及联锁接点组成;无接点的电子电路由微机及各种电子插板等组成,可分为列车牵引控制单元,制动控制单元,空调控制单元和逆变器控制单元等。

控制电路用以控制主电路与辅助电路各电器,通过司机操纵主控制器各手柄和操纵按钮,使车辆按司机意图或按列车自动运行控制系统的控制来运行。

车辆电气系统中的三个电路系统一般在电气设备方面互相隔离,分别装设在控制操纵台、电气箱及各种设备箱中,再通过电磁或机械方式相互联系协调动作,形成完整的车辆电气系统,控制操纵列车的正常运行。各种设备箱、电气箱安装在司机室、客室或悬挂在车体下部。

(七) 车辆内部设备

车辆内部设备包括服务于乘客的车体内的固定附属装置和服务于车辆运行的设备装置。属于前者的有:照明、通风、空调、座椅、拉手等。服务于车辆运行的设备装置大多吊挂于车底架,如蓄电池箱、斩波器、逆变器、制动电阻箱、空气压缩机组、制动控制单元和储风缸等。

二、主要技术参数

车辆技术参数一般可分为主要尺寸和性能参数两大类。它是从总体上表征车辆性能及结构的一些参数。

(一) 车辆的主要尺寸

1. 车体的长、宽、高

车体的长、宽、高又有车体外部与内部之别,车体内部的长、宽、高必须满足旅客乘坐等要求,车体的外部长、宽、高应符合车辆限界的要求。

2. 车辆最大宽度和高度

车辆最大宽度指车体最宽部分的尺寸;车辆最大高度指车辆顶部最高点离钢轨水平面的距离。

3. 车钩高

车钩高是指新造或修竣后的空车,从车钩水平中心线至轨面的高度。各车辆的车钩高应基本一致,这是保证正常传递牵引力及列车运行时不会发生脱钩事故所必需的。城市轨道交通车辆的车钩高无统一的标准。

4. 地板面高度

地板面高度是指新造或修竣后的空车,从地板面距轨面的高度。地板面高度将受到两方面的制约: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。

5. 车辆定距

车辆定距是指支承车体的前、后两转向架中心间的距离。

6. 转向架固定轴距

转向架固定轴距是指其最前位轮轴中心线与最后位轮轴中心线之间的距离。

7. 车辆全长

车辆全长是指车辆前、后两车钩连挂中心线之间的距离。

(二) 车辆性能参数

1. 自重、载重

自重:车辆自重是指车辆本身的全部质量。

载重:车辆载重是指车辆允许的正常最大装载质量。

2. 构造速度

构造速度是指车辆设计时所允许的车辆最高行驶速度。构造速度是按车辆安全及结构强度等条件而得到的参数,车辆实际运行速度不允许超过构造速度。

3. 轴重

轴重是车轴允许负担的最大总质量,它包括轮对自身的质量。

4. 每延米轨道载重

每延米轨道载重是车辆总质量与车辆全长之比。

5. 通过最小曲线半径

通过最小曲线半径是指车辆在站场或厂、段内调车时所能安全通过的最小曲线半径。当车辆在此曲线区段上行驶时不得出现脱轨、倾覆等危及行车安全的事故,也不允许转向架与车体底架或与车下其他悬挂物相碰。

6. 轴配置(轴列数)

轴配置是指车辆转向架动轴或非动轴的配置情况。例如,4轴动车,设两台动力转向架,则轴配置记为B—B。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. 速度

速度参数包括:最大起动加速度、平均起动加速度和最大制动减速度。