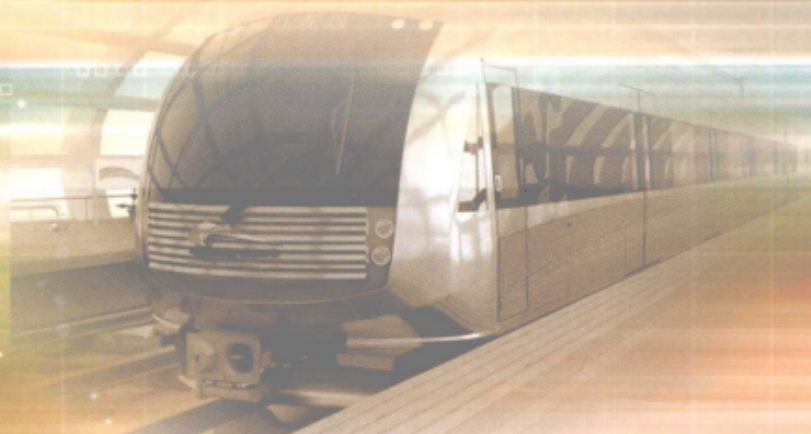




高等职业教育城市轨道交通专业系列规划教材

城市轨道交通 运输设备

林瑜筠 主编



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG YUNSHU SHEBEI

责任编辑 金 锋
封面设计 冯龙彬

中国铁道出版社

高等职业教育

城市轨道交通专业系列规划教材

- 《城市轨道交通概论》
- 《城市轨道交通运输设备》
- 《城市轨道交通运营组织》
- 《城市轨道交通企业管理》
- 《城市轨道交通专业英语》
- 《城市轨道交通工程设计》
- 《城市轨道交通工程施工》
- 《城市轨道交通工程施工组织设计与概预算》
- 《城市轨道交通车辆总体》
- 《城市轨道交通车辆》
- 《城市轨道交通车辆检修》
- 《城市轨道交通车辆电机电器》
- 《城市轨道交通车辆牵引与控制》
- 《城市轨道交通车辆制动系统》



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

地址：北京市宣武区右安门西街8号

邮编：100054

网址：<http://www.tdpress.com>

ISBN 978-7-113-08485-1



9 787113 084851 >

ISBN 978-7-113-08485-1/U · 2150

定 价：30.00 元



高等职业教育城市轨道交通专业系列规划教材

城市轨道交通运输设备

林瑜筠 主编
毛保华 主审

城市轨道交通运输设备
主编：林瑜筠

编辑电话：(010)21873134 E-mail: jn@msg8128@163.com

责任编辑：金萍
封面设计：戚成彬
责任印制：张玉华
责任校对：金萍

北京：中国铁道出版社（北京市宣武区广安门内大街8号）100044

北京：北京市铁路工程总公司

本：787mm×1092mm 1/16 印张：17.25 字数：421千

本：2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷

册：1—3 000册

号：ISBN 978-7-113-08485-1 U · 5180

中国铁道出版社

册：30.00元

2008年·北京

凡购买本社图书的消费者，均可享受本社提供的售后服务。

电话：(市电)010-21873171 (总机)010-21873171

北京市铁路工程总公司 (C/O) 21873134 电：(010) 21873134

内 容 简 介

本书全面介绍城市轨道交通设备的基本组成和基本原理,主要包括城市轨道交通线路与站场、车辆与牵引供电系统、信号与通信以及其他设备。

本书是高职城市轨道交通专业教学用书,也可作为中专相关专业使用,还可作为从事城市轨道交通的工程技术人员和技术工人的学习资料,以及城市轨道交通技术培训用书。

城市轨道交通设备

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通设备/林瑜筠主编. —北京:中国铁道出版社,2008.3

(高等职业教育城市轨道交通专业系列规划教材)

ISBN 978-7-113-08485-1

I. 城… II. 林… III. ①城市铁路—信号设备—高等学校:技术学校—教材②城市铁路—机电设备—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(2008)第 024144 号

书 名:城市轨道交通设备
作 者:林瑜筠 主编

策划编辑:金 锋 编辑部电话:(010)51873134 E-mail:jinfeng88428@163.com
责任编辑:金 锋
封面设计:冯龙彬
责任校对:张玉华
责任印制:金洪洋

出版发行:中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街8号,100054)
印 刷:北京市彩桥印刷有限责任公司
开 本:787mm×1 092mm 1/16 印张:17.25 字数:431 千
版 本:2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷
印 数:1~3 000 册
书 号:ISBN 978-7-113-08485-1/U·2150
定 价:30.00 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,请与本社读者发行部调换。

电话:(市电)010-51873171 (路电)021-73171

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

城市轨道交通(包括地下铁道和轻轨铁路)具有运量大、速度快、安全可靠、污染轻、受外界环境干扰小等特点,对改变城市交通拥挤、乘车困难、行车速度下降、空气污染是行之有效的。因此,城市轨道交通是现代化都市所必需的。20世纪90年代以来,我国城市轨道交通加快了建设步伐,尤其是进入21世纪,迎来了城市轨道交通建设的高潮。除北京、天津、上海、广州已建成规模和档次不同的地铁和轻轨并进行扩展和延伸外,深圳、南京、大连、长春、武汉、重庆也已开通运营地铁或轻轨,还有青岛、沈阳、西安、杭州、哈尔滨、成都、苏州等已批准建设城轨。我国城市轨道交通呈现着十分广阔的发展前景。

城市轨道交通设备包括线路与站场、车辆与牵引供电系统、信号与通信设备以及其他设备(自动售检票系统和门禁系统、火灾自动报警系统和自动灭火系统、环境与设备监控系统、通风与空调设备、给排水及消防设备、屏蔽门/安全门、防淹门、自动扶梯和电梯、综合监控系统等),是城市轨道交通赖以正常运营的物质和技术基础。城市轨道交通设备的技术水准和运用质量是城市轨道交通安全、效率和效益的保证。

本教材是根据2004年城市轨道交通教材研讨会和2004年城市轨道交通教材大纲会讨论和制定的《城市轨道交通设备》教学大纲编写的。本教材共分四章:城市轨道交通线路与站场、城市轨道交通车辆与牵引供电系统、城市轨道交通信号与通信设备、城市轨道交通其他设备。每章分别介绍各种设备的作用、组成、基本原理和使用方法。鉴于本教材为城市轨道交通高职运输专业所用,对于各种设备重点介绍其基本原理及正确使用。

本教材尽可能覆盖我国各地城市轨道交通的各种运输设备,各校在组织教学时,可根据具体情况予以选用,并进行适当补充。

本教材由南京铁道职业技术学院林瑜筠主编,北京交通大学毛保华教授主审。编写分工如下:第一章由南京铁道职业技术学院张厚红编写,第二章由南京铁道职业技术学院华亮、宋奇吼编写,第三章第一、二、三节由南京铁道职业技术学院林瑜筠编写,第三章第四节由上海地铁运营公司林一鸣编写,第四章由广州铁道职业技术学院雷洁编写。

在本教材编写过程中,得到众多单位和同仁的大力支持和热情帮助,在此表示衷心的感谢。

由于我国城市轨道交通设备,尤其是ATC,引入多国技术,制式纷杂,资料难以搜集齐全,再加上编者水平所限,时间仓促,教材中不免有错误、疏漏、不妥之处,恳望读者批评指正,以不断提高本教材水平,为我国城市轨道交通事业的发展尽绵薄之力。

编者
2008年1月

目 录

MULU

绪 论	1
第一章 城市轨道交通线路与站场	6
第一节 线 路	6
第二节 高架结构工程与地下隧道	23
第三节 车站建筑	30
第四节 站 场	37
复习思考题	48
第二章 城市轨道交通车辆和牵引供电系统	50
第一节 城市轨道交通车辆概述	50
第二节 城市轨道交通车辆的机械部分	56
第三节 城市轨道交通车辆的电气牵引传动系统	84
第四节 直线电机车辆	92
第五节 跨坐式单轨铁路车辆	95
第六节 牵引供电系统	97
复习思考题	108
第三章 城市轨道交通信号与通信设备	109
第一节 信号基础设备	109
第二节 联锁设备	126
第三节 ATC 系统	157
第四节 城市轨道交通的通信系统	179
复习思考题	209
第四章 城市轨道交通其他设备	211
第一节 供电系统	211
第二节 自动售检票系统和门禁系统	218
第三节 火灾自动报警系统和自动灭火系统	224
第四节 环境控制系统	234
第五节 车站机电设备	241
第六节 环境与设备监控系统	252

第七节 综合监控系统..... 257

复习思考题..... 267

参考文献..... 269

1 出 卷

6 城市轨道交通运营组织 第一章

6 概 论 第一章

33 城市轨道交通工程安全管理 第二章

36 施工组织 第三章

76 概 论 第四章

84 运营组织 第五章

90 城市轨道交通运营组织 第二章

90 城市轨道交通运营组织 第一章

90 城市轨道交通运营组织 第二章

84 城市轨道交通运营组织 第三章

93 城市轨道交通运营组织 第四章

92 城市轨道交通运营组织 第五章

97 城市轨道交通运营组织 第六章

108 运营组织 第五章

100 城市轨道交通运营组织 第三章

100 城市轨道交通运营组织 第一章

136 城市轨道交通运营组织 第二章

151 城市轨道交通运营组织 第三章

159 城市轨道交通运营组织 第四章

300 运营组织 第五章

311 城市轨道交通运营组织 第四章

311 城市轨道交通运营组织 第一章

318 城市轨道交通运营组织 第二章

324 城市轨道交通运营组织 第三章

334 城市轨道交通运营组织 第四章

341 城市轨道交通运营组织 第五章

325 城市轨道交通运营组织 第六章

绪论

城市轨道交通包括地铁和轻轨,是一种独立的有轨交通系统,不受地面道路情况的影响,能够按照设计的能力正常运行,从而快速、安全、舒适地运送乘客。

城市轨道交通是有轨交通,其运输组织、功能实现、安全保证均应遵循有轨交通的客观规律。在运输组织上要实行集中调度、统一指挥、按运行图组织行车;在功能实现方面,各有关设备如隧道、线路、供电、车辆、通信、信号、车站机电设备等均应保证状态良好,运行正常;在安全保证方面,主要依靠设备正常运行和合理行车组织来保证必要的行车间隔和正确的行车径路。

为了保证城市轨道交通列车运行安全、正点,在集中调度、统一指挥的原则下,行车组织、设备运行管理、车辆检修、安全保证等均由一系列规章制度来规范。城市轨道交通是一个多专业多工种配合工作、围绕安全行车这一中心而组成的有序联动、时效性极强的系统。

城市轨道交通具有城市道路交通无可比拟的优势:容量大,运行准时、速达、安全,效率高,无污染,利于环境保护,节省土地资源,能实现大运量的要求,具有良好的社会效益。

城市轨道交通的运输组织工作远比地面交通复杂。但由于服务范围限于城市内部,服务对象单一,其运营管理又比铁路简单得多。然而城市轨道交通的高密度,又需要现代化的设备和技术。

城市轨道交通设备基本上可分为线路和站场、车辆和牵引供电、信号和通信、其他设备(包括供电、自动售检票系统和门禁系统、火灾自动报警系统和自动灭火系统、车站机电设备、环境与设备监控系统、综合监控系统)。这些设备是城市轨道交通的“硬件”,是正常运营的物质基础,是安全的技术保证。

城市轨道交通中采用了以计算机处理技术为核心的各种自动化设备,从而代替人工的、机械的、电气的行车组织、设备运行和安全保证系统。如 ATC(列车自动控制)系统可以实现列车自动驾驶、自动跟踪、自动调度;SCADA(供电系统管理自动化)系统可以实现主变电所、牵引变电所、降压变电所设备系统的遥控、遥信、遥测;BAS(环境监控系统)和 FAS(火灾报警系统)可以实现车站环境控制的自动化和消防、报警系统的自动化;AFC(自动售检票系统)可以实现自动售票、检票等功能。这些系统全线各自形成网络,均在 OCC(控制中心)设中心计算机,实行统一指挥,分级控制。

一、线路和站场

城市轨道交通路网的基本形式有:单线式、单环线式、多线式、蛛网式。每一条城市轨道交通线路都是由线路(区间隧道或地面线路或高架线路)、车站及附属建筑物组成。

城市轨道交通线路是城市轨道交通车辆运行的基础,按其空间设置位置,有地下、地面和高架三种形式。上部建筑沿用传统铁路方式,由钢轨、轨枕、联结零件等组成。线路下部基础由路基、道床等组成,现多采用的整体道床结构。跨坐式单轨铁路的车体重心在轨道梁的上方,运行时车体跨坐在轨道梁上。

道岔,可以把不同位置和方向的轨道相互连接起来。在城市轨道交通线路中,一般,9号

道岔用于正线和辅助线,7号道岔用于车辆段。

车站是城市轨道交通的重要组成部分,是集散客流的基本设施。车站按其功能分为四种:中间站、区域站(折返站)、换乘站、终点站。车站间的距离在市区宜为1 km左右,在郊区不宜大于2 km。地下车站一般由地面出入口、中间站厅、地下站台组成。高架结构车站由地面出入口、高架站厅、高架站台组成。站台类型有岛式站台、侧式站台、混合式站台。

车辆段用于列车停留、折返、临修及检修。包括停车库、检修库、运用管理部门管理与服务部门。

城市轨道交通线路按其在运营中的作用,分为正线、辅助线和车场线。辅助线包括折返线、渡线、联络线、停车线、出入线、安全线等。车场线指牵出线、停留线及车辆段内各种作业线和试车线。

防止车辆与沿线建筑物(设备)发生互相碰撞,必须规定限界。城市轨道交通限界分为车辆限界、设备限界、建筑限界。

二、车辆和牵引供电

车辆是城市轨道交通的重要组成部分,应具有先进性、可靠性和实用性,满足容量大、安全、快速、美观和节能的要求。城市轨道交通车辆有动车和拖车,带司机室车和不带司机室车等多种形式。动车又分为带有受电弓的动车和不带受电弓的动车。在运营时采用动拖结合、固定编组,形成电动车组。

车辆由车体、转向架、牵引缓冲连接装置、制动装置、受流装置、电气系统以及内部设备组成。

车体分为有司机室车体和无司机室车体两种。现均采用整体承载的钢结构或轻金属结构,以在最轻的自重下满足强度的要求。

转向架分为动力转向架和非动力转向架,分别安装在动车和拖车上。转向架一般由构架、弹簧悬挂装置、轮对轴箱装置和制动装置等组成。动力转向架还装设有牵引电机及传动装置。

各种转向架主要的区别在于所用车轴的类型和数目、轴箱定位的方式、弹簧装置的形式、载荷传递的方式等。

车钩缓冲装置用于连接车辆,并改善列车纵向平稳性,还连接车辆之间的电气和空气的管路。城市轨道交通车辆均采用自动车钩,可分为非刚性车钩和刚性车钩两种基本类型。

制动装置使运行中的车辆按需要减速或在规定的距离内停车。制动系统包括制动控制系统和制动执行系统。制动控制系统由制动信号发生与传输装置和制动控制装置组成。制动执行系统通常称为基础制动装置,有闸瓦制动与盘形制动等;按电动车组动能的转移方式分为摩擦制动和动力制动两类。制动控制系统主要有空气制动系统和电控制动系统两类。

受流装置从接触导线或导电轨将电流引入动车。

车辆电气系统包括车辆上的各种电气设备及其控制电路,按作用和功能分为主电路系统、辅助电路系统和控制电路系统三部分。从架空接触网或接触轨接收的电能为机械能,驱动电动车组运行。牵引电动机有直流串励电动机与交流三相异步电动机两种。

车辆内部设备包括车电、通风、取暖、空调、座椅、拉手等服务于乘客的车体内的固定附属装置和蓄电池箱、主控制箱、电动空气压缩机组、总风缸、电源变压器、各种电气开关和接触器箱等服务于车辆运行的设备装置。

接触网是城市轨道交通的输电网。通过电动车组的受电弓和接触网的滑动接触,牵引电

能就由接触网进入电动车组,驱动牵引电动机使列车运行。馈电线是连接牵引变电所和接触网的导线,牵引回通过轨道和回流线导入牵引变电所。牵引变电所向接触网供电有单边供电和双边供电两种方式。为了使接触网的供电安全、可靠和灵活,划分电分段和机械分段。

接触网分为架空式接触网和接触轨式接触网。架空式接触网由接触悬挂、支持装置、支柱与基础等组成,要考虑跨距、弛度和张力。接触轨是沿电牵引线路敷设的与走行轨道平行的附加轨,由电动车组伸出的受流器与其接触而取得电能。

三、信号与通信

城市轨道交通信号设备的主要作用是保证行车安全和提高线路通过能力,是城市轨道交通的主要技术装备。城市轨道交通要求信号设备安全性高、通过能力大、保证信号显示距离、抗干扰能力强、可靠性高、自动化程度高。

城市轨道交通信号系统具有完善的列车速度监控功能、联锁关系不复杂、车辆段独立采用联锁设备、自动化水平高等特点。

城市轨道交通信号基础设备主要包括继电器、信号机、转辙机、轨道电路等,它们是城市轨道交通信号系统的重要基础设备,它们的运用质量和可靠性,是信号系统正常运行和充分发挥效能的保证。对于城市轨道交通,轨道电路不仅用来检测列车是否占用,更重要的是传输 ATP 信息。所以除车辆段内可采用 50 Hz 相敏轨道电路外,需要采用无绝缘数字音频轨道电路。

联锁设备是城市轨道交通的重要信号设备,用来在车站或车辆段实现联锁关系,建立进路、控制道岔的转换和信号机的开放,以及进路解锁,以保证行车安全。联锁设备分为正线车站联锁设备和车辆段联锁设备。联锁设备早期采用继电集中联锁,现在多采用计算机联锁。

列车自动控制(ATC)系统是城市轨道交通信号系统的最重要的组成部分,它实现行车指挥和列车运行自动化,能最大限度地保证列车运行安全,提高运输效率,减轻运营人员的劳动强度,发挥城市轨道交通的通过能力。ATC 系统的技术含量高,运用了许多当代重要的科技成果。目前用于我国城市轨道交通的 ATC 系统基本上是从国外引进的,列车自动控制(ATC)系统包括三个子系统:列车自动防护(ATP)、列车自动运行(ATO)、列车自动监控(ATS)或调度集中(CTC)。ATC 功能包括:ATS 功能、联锁功能、列车检测功能、ATC 功能和 PTI 功能。

按照闭塞实现的方式,城市轨道交通的闭塞可分为固定闭塞、移动闭塞和介于两者之间的准移动闭塞。准移动闭塞式和移动闭塞式 ATC 系统可以实现较大的通过能力,对于客运量变化具有较强的适应性,可以提高线路利用率,具有高效运行、节能等作用,并且控制模式与列车运行特性相近,能较好地适应不同列车的技术状态,其技术水平较高,具有较大的发展前景。

ATP 按地面信息的传输方式分为点式和连续式两种。按地—车信息传输所用的媒体分类,连续式 ATC 系统可分为有线与无线两大类,前者又可分为利用轨间电缆与利用数字编码音频轨道电路两类。按地—车之间所传输信息的内容,ATC 系统可分为速度码系统与距离码系统。ATC 系统的发展方向是基于通信的列车自动控制系统——CBTC。

ATC 系统包括控制中心自动控制模式、控制中心自动控制时的人工介入控制或利用 CTC 系统的人工控制模式、车站自动控制模式、车站人工控制模式等控制等级。

城市轨道交通列车的主要驾驶模式包括列车自动运行驾驶模式、列车自动防护驾驶模式、限制人工驾驶模式、非限制人工驾驶模式以及自动折返驾驶模式。

城市轨道交通必须配备专用的、完整的、独立的通信系统,以集中统一指挥,构成城市轨道交通的各部门之间的有机联系,保证城市轨道交通列车运行的安全、可靠、准点,实现行车调度和列车运行自动化。

城市轨道交通通信网由光纤数字传输、数字电话交换、广播、闭路电视监控、无线通信等系统组成,包括传输系统、公务电话系统、专用电话系统、无线通信系统、广播系统、时钟系统、闭路电视监视系统、电源及接地系统。

城市轨道交通通信按功能,分为专用通信、自动电话通信、有线广播通信、闭路电视、无线通信、其他通信。

四、其他设备

城市轨道交通其他设备包括上述三类设备以外的供电系统、自动售检票系统和门禁系统、火灾自动报警系统和自动灭火系统、车站机电设备、环境与设备监控系统、综合监控系统。

城市轨道交通供电系统是最重要的基础能源设施,为各种用电设备提供动力电源,确保轨道交通列车和照明、通风、空调、排水、通信、信号、防灾报警、自动扶梯等各系统的正常运行。供电系统包含供电局地区变电所与轨道交通主变电站之间的输电线路、轨道交通供电系统内部牵引降压配电网络、直流牵引供电网和车站低压配电网、电力监控系统、防雷设施和接地系统等。

变电所可分为主变电所、牵引变电所、降压变电所、牵引降压混合变电所。电源及供电系统采用集中供电方式,中压供电网络与牵引供电系统共用,电压等级为 33 kV,电源由主变电所供给。车站及区间动力、照明负荷由车站降压变电所供应,供电电压为 0.4/0.22 kV。

供电系统按满足一、二级负荷要求,两路电源供电。

动力照明供电范围为各车站和区间、车辆段、综合维修基地的所有动力照明用电,城市轨道交通物业用电。

电力监控(SCADA)系统对城市交通供电系统变电所、牵引网设备进行实时控制监视和数据采集,使调度管理人员通过监控系统实时地监视供电系统设备的运行情况,及时掌握和处理供电系统的各种事故、报警事件,准确实施调度指挥、事故抢修和事故处理,保证供电的可靠性、安全性。

自动售检票系统(AFC)用于自动售票、自动检票和自动统计、结算。它是集机械、电子、计算机应用、计算机网络管理、通信传输、票务政策及票务管理等功能于一体的控制系统和信息管理系统。AFC 系统通常由中央计算机、车站计算机、票房售票机、自动售票机、进/出闸机、验票机和车票等部分组成。

门禁系统的功能主要是方便授权人员在受控情况下方便地进入设备管理区域。门禁系统由中央计算机、车站计算机、主控制器、电源箱、就地控制器、读卡器、电子锁、员工票以及通信网络组成。

火灾自动报警系统(FAS),对城市轨道交通全线进行火灾探测、报警和控制。FAS 有中央和车站两级监控。FAS 系统由图形控制中心系统、车站级火灾自动报警系统和现场设备组成。

城市轨道交通的主变电站、变配电站、信号设备室及车站控制室等一些电子电气用房采用自动灭火系统进行保护。自动灭火系统由存储输送灭火介质的网管子系统和探测报警的控制子系统组成,平时由自动灭火系统的控制子系统来监视防护区的状态,火灾时能自动报警,并

按预先设定的控制方式启动灭火装置,达到扑救防护区火灾的目的。

车站机电设备包括通风与空调设备、给排水及消防设备、屏蔽门/安全门、防淹门、自动扶梯和电梯。

城市轨道交通地下车站的内部空气环境采用通风或空调系统进行控制,分为通风系统和空调系统。通风空调系统按控制区域分为隧道通风系统和车站通风空调系统两大部分。隧道通风系统分成区间隧道通风系统和车站隧道通风系统。车站通风空调系统分成车站公共区通风空调系统(大系统)、车站设备管理用房通风空调系统(小系统)和空调水系统。

城市轨道交通给排水系统包括给水系统、排水系统、水消防系统。给水系统包括车站、区间生产、生活给水系统。排水系统由雨水系统、污水系统和废水系统组成。

屏蔽门系统是为了在城市轨道交通地下车站达到节能与保护乘客安全的目的而设置的;为了起到保护乘客的目的,在高架车站则常常设置全高安全门或半高安全门。屏蔽门系统主要由门体、门机、电源与控制等部分组成。其中控制系统主要由屏蔽门中央接口盘、屏蔽门就地控制盘、门控单元以及通信介质及通信接口构成。屏蔽门/安全门的控制方式控制系统实现系统级控制、站台级控制和手动操作三级控制方式。

为防止突发事故造成隧道破裂后江水、湖水涌进车站和地下区间而事故扩大,在穿越河湖的地下区间进出水域的两端适当位置设防淹门。防淹门包括闸门、门槽、启闭机、锁定装置、密封等部件。防淹门控制系统以每个门体为相对独立的控制子系统,完成防淹门开、关门的控制。在控制中心及相关车站可通过主控系统网络监视设备的运行状态。

自动扶梯、电梯设置在车站内和出入口。自动扶梯将地面上的乘客送入地下站台或高架站台,以及将地下站台或高架站台上下车的乘客送到地面。电梯、楼梯升降机主要为行动不方便的乘客提供出入城市轨道交通的一条无障碍通道,也兼作在设备更换维修时运输设备零部件。

第一章 城市轨道交通线路与站场

城市轨道交通线路是城市轨道交通车辆运行的基础,而车站是城市轨道交通线的重要组成部分,又是集散客流为旅客服务的基本设施。车站的选址、站场布置与规模不仅影响运营效益,而且影响城市建设。

第一节 线路

一、线路空间设置

城市轨道交通线路空间设置有地下、地面和高架三种方式。

1. 地下

这种方式线路置于地下隧道中。其优点是:与地面交通完全分离,且不占城市地面与地上空间,基本上不受地面气候影响。其不足之处在于需要较大投资、较高的施工技术、较先进的管理、完善的环控、防灾措施与设备。在建设过程中仍会影响地面交通,运营成本较高,改造、调整与维护均较困难。

2. 地面

这种方式一般采用独立路基的方式,以减少与地面道路交通的互相干扰。其优点是造价低,施工简便,运营成本低,线路调整与维护较易。其不足是运营速度难以提高(有部分平交道口),占地较多,影响城市道路交通,容易受气候影响,乘车环境难以改善,有一定的负效应(如噪声、影响景观等)。

3. 高架

这种方式线路设在高架工程结构物上,与地面交通无干扰。造价介于地下与地面之间,施工、维护、管理、环控、防灾诸方面都较地下线路方便;但要占用一定的城市用地,并有光照、景观、噪声等负效应,也受气候的影响。

在同一条城市轨道交通线路上,上述三种不同的空间布置方式可组合采用。在市中心、人口稠密、建筑密集、土地价值较高的区域,应采用地下隧道方式,也可适当布置为高架方式;而在城市边缘区或郊区,则宜采用地面独立路基。如要提高轨道交通的效率与安全可靠性,则宜采用高架方式。

二、线路主要组成

线路由下部基础及上部建筑组成。

1. 线路下部基础

城市轨道交通多采用整体道床结构,也有部分地面线路沿用传统铁路的方式。

(1) 整体道床结构

城市轨道交通中多采用无砟道床结构,主要用于地下隧道与高架线路。最为普遍的是混凝土整体式道床,即将道床路基轨枕组合形成钢筋混凝土整体结构的轨下基础。

整体式道床采用就地连续灌注混凝土基床或纵向承轨台,简称 PACT 型轨道。这种形式结构简单,减振性能较好,但施工较为复杂。也可以把预制好的混凝土枕与混凝土道床浇筑成一个整体,或者采用预制的钢筋混凝土支承块与混凝土道床浇筑成一体,如图 1-1 所示。

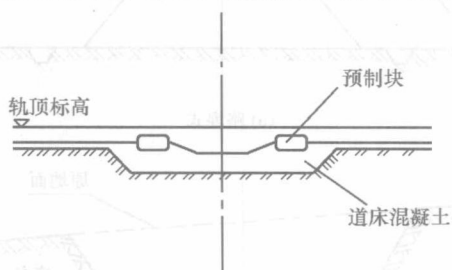


图 1-1 隧道内的整体道床

桥上整体道床结构也称无砟无枕梁结构,是通过扣件直接把钢轨和混凝土桥面联结起来。应用较广泛的是在混凝土梁上二次浇注混凝土纵向承轨台。图 1-2 所示是高架混凝土桥无砟轨道结构。纵向承轨台高 150 mm 分段隔开,以利排水。两纵向支承台间设置防脱轨矮墙以代替通常使用的护轨。

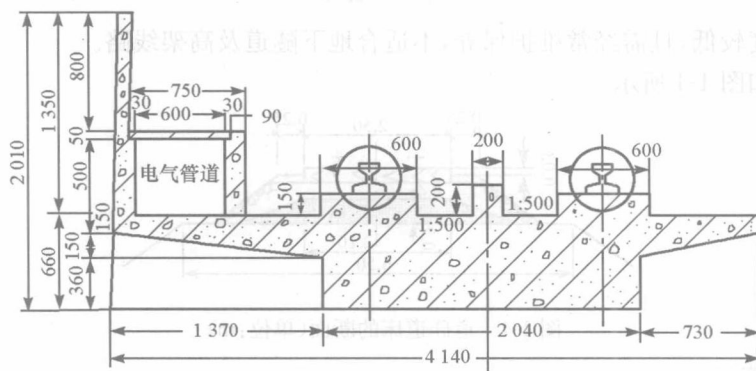


图 1-2 高架混凝土桥无砟轨道结构(单位:mm)

(2) 传统铁路下部基础

传统铁路线路下部基础由路基、道床等组成。

① 路基

路基是铺设轨道的基础。它直接承受轨道的压力,并将其传递到地基。路基状态如何直接关系到线路的质量,影响行车速度及行车安全。路基有两种基本形式,即路堤和路堑,如图 1-3 所示。城市轨道交通一般采用路堤式路基,并采用独立路基方式。路堤式路基采用取土填筑办法,按规定断面尺寸夯实而成。

路基作为土工结构物,必须有足够的强度、稳定性和耐久性。路基工程应做好排水设计,确保排水畅通。

② 道床

道床是指铺设在路基上的道砟层,它的主要作用是均匀地传布轨枕压力于路基上,并保持轨枕的位置,且使轨道有足够的弹性,以减缓列车的冲击震动。

道床材料常采用碎石,它具有良好的弹性、排水性能,造价低,维护简单易行,防噪声性能

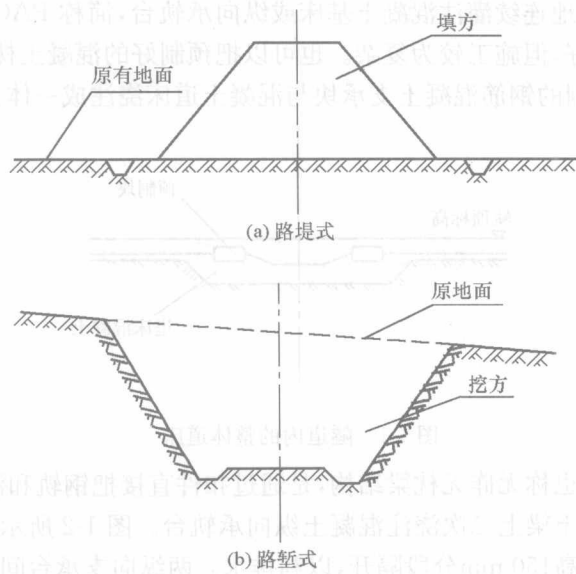


图 1-3 路基

也较好。但强度较低,且需经常维护保养,不适合地下隧道及高架线路。

道床断面如图 1-4 所示。

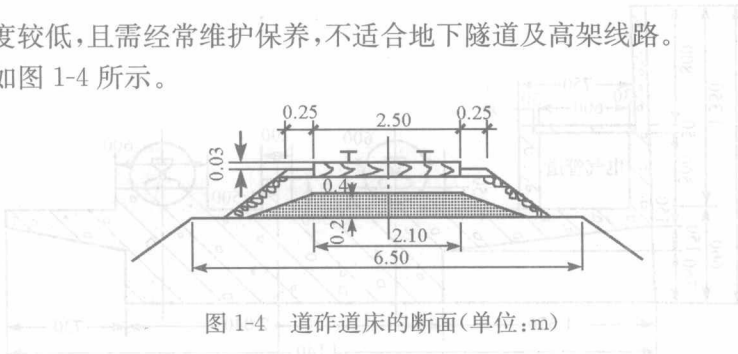


图 1-4 道砟道床的断面(单位:m)

2. 上部建筑

城市轨道交通采用整体道床结构时,只需将钢轨用弹性扣件安装在整体道床上即可。而采用传统铁路方式时,其上部建筑由钢轨、轨枕、联结零件等组成,如图 1-5 所示。

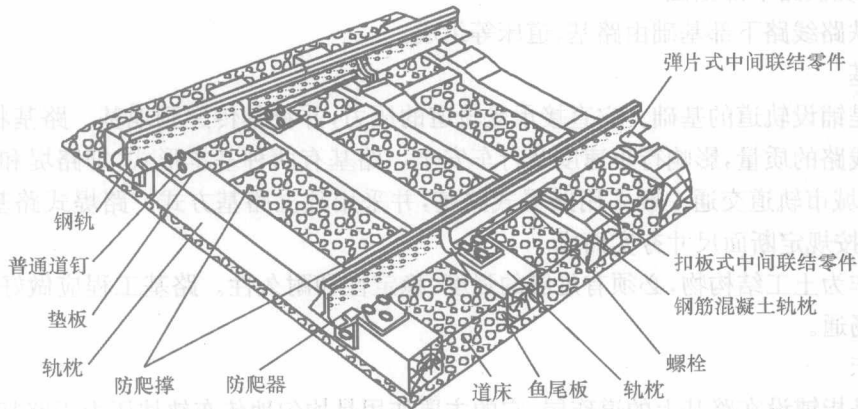


图 1-5 传统铁路轨道基本组成

注:本图仅为示例之用。

(1) 钢轨

钢轨是轨道结构的重要组成部分,是轨道的基本承重结构,它用来引导城市轨道交通车辆的行驶,并将所承受荷载传到轨枕、道床及路基上去,也为车轮滚动提供最小阻力的接触面。

钢轨要求有足够的承载能力、抗弯强度、断裂韧性、稳定性及耐腐蚀性,其断面形状为工字形,由轨头、轨腰和轨底三部分组成,如图 1-6 所示。钢轨的类型是按每延米的重量来区分的。选用钢轨原则上应以轨道承受荷载的轻重来确定。城市轨道交通正线采用 60 kg/m 或 50 kg/m 的钢轨,在车辆段(停车场)可采用 50 kg/m 或 43 kg/m 的钢轨。

我国标准钢轨长度有 12.5 m 及 25 m 两种。另有用于曲线上的标准缩短轨。

普通钢轨有热胀冷缩的性能,为适应钢轨伸缩铺轨时在两根钢轨的接头处,应留有适当的轨缝。

钢轨在使用过程中不可避免地产生各种伤损,如折断、裂纹及磨损等,为保证行车安全,出现钢轨伤损应及时更换。

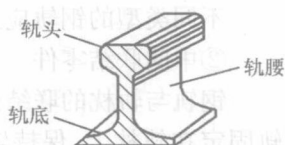


图 1-6 钢轨断面

(2) 轨枕

轨枕的作用是承受钢轨传来的作用力,将其传给道床,并有效地保持钢轨的位置和轨距。因此,轨枕应具有一定的坚固性、弹性和耐久性。

轨枕按其使用部位可分为用于区间线路的普通轨枕,用于道岔上的岔枕及用于无砟桥上的桥枕。

城市轨道交通中轨枕现均采用混凝土枕。其稳定性好,坚固耐用。在直线区段,一般每公里配置 1 600~1 680 根。在曲线半径较小或坡度较大地段,适当增加。

我国使用的混凝土枕长度为 2.5 m,目前有增大的趋势,已出现 2.6 m、2.7 m 的轨枕。

(3) 联结零件

联结零件分为接头联结零件和中间联结零件。

①接头联结零件由夹板、螺栓和垫圈等组成,如图 1-7 所示。通过它们把钢轨连接起来,使钢轨接头部分具有和钢轨一样的整体性,以抵抗弯曲和移位,并满足热胀冷缩的要求。

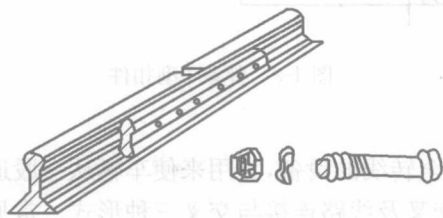


图 1-7 接头联结零件

夹板是用来夹紧钢轨的。每块夹板都要用 4 枚或 6 枚螺栓上紧,且为防止车轮万一在接头部位脱轨时切割全部螺栓,螺栓帽的位置在钢轨的内外侧相互交错。

在城市轨道交通中已基本采用无缝线路结构,钢轨接头联结零件数量大大减少,但在无缝线路的缓冲区、轨道电路的绝缘区、有道岔的线路区段中,接头联结零件还是不能少的。

钢轨接头按其在两股钢轨上的相互位置分为对接和错接,如图 1-8 所示。城市轨道交通正线、辅助线钢轨接头常采用对接,可减少列车对钢轨道冲击次数,改善运营条件。辅助线和车场线半径等于及小于 200 m 的曲线地段钢轨接头应采用错接。错接距离不应小于 3 m。



图 1-8 对接、错接

不同类型的钢轨应采用异型钢轨连接。

②中间联结零件

钢轨与轨枕的联结是通过中间联结零件实现的,这种联结零件称为扣件。其作用是将钢轨固定在轨枕上,保持轨距和阻止钢轨相对于轨枕的纵、横向移动。扣件必须具有足够的强度、耐久性和一定的弹性,以有效地保持钢轨与轨枕的可靠联结。此外,扣件还应简单,便于安装和拆卸。

混凝土扣件按其结构分为扣板式、弹片式、弹条式等。城市轨道交通线路多采用弹条式扣件。弹条式扣件用锚固法把螺旋道钉固定在轨枕上预留的孔内,再装上弹条,拧上螺帽,使弹条压紧轨底。在钢轨与承轨台之间,设减振垫层以减小车辆振动,降低噪声。弹条有多种型号,图 1-9 所示为弹条 I 型扣件。

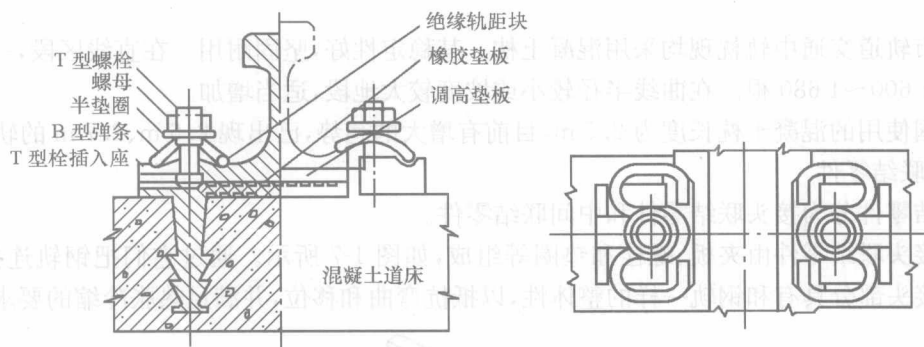


图 1-9 弹条 I 型扣件

3. 道岔

道岔是线路上供列车安全转线的设备,它用来使车辆从一股道转向或越过另一股道。

道岔有线路连接、线路交叉及线路连接与交叉三种形式。常见的线路连接有单开道岔、单式对称道岔及三开道岔。线路交叉有直角交叉及菱形交叉。线路连接与交叉有交分道岔及各种交叉渡线。应用这些道岔,可以把不同位置和方向的轨道相互连接起来。

城市轨道交通中间站通常不设配线,很少有道岔存在。有渡线和折返线的车站设有道岔,用于车辆的转线。在车辆段(停车场)内设有较多道岔,通过道岔将停车线、检车线等与走行线连接。

(1)单开道岔

单开道岔结构简单,在城市轨道交通中广泛应用。单开道岔将一条线路分为两条,主线为直线,侧线由主线的左侧或右侧岔出。站在道岔前部面向尖轨尖端,凡侧线由主线左侧岔出的称为左开道岔,侧线由右侧岔出的称为右开道岔。

单开普通道岔主要由转辙器部分、连接部分、辙叉及护轨部分组成,如图 1-10 所示。