

CHENGSHIGUIDAOJIAOTONGGONGCHENG
ZHILIANGJIANDUSHIWU

城市轨道交通工程

质量监督实务

江苏省建设工程质量监督总站
南京市轨道交通建设工程质量安全监督站

编

城市轨道交通工程 质量监督实务

江苏省建设工程质量监督总站
南京市轨道交通建设工程质量安全监督站

编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

南京·2017

内 容 提 要

本书以城市轨道交通工程质量监督实务为主,同时对城市轨道交通工程的定义、组成、建设特点以及质量监督的现状和发展趋势等作了概述。全书共八章,包括城市轨道交通工程质量监督概论、城市轨道交通工程质量监督的基本规定、城市轨道交通工程质量行为监督、地铁工程实体质量监督(车站工程、区间工程、轨道工程、系统安装工程)、工程质量问题及违法违规行为处理等内容。

本书可作为各级城市轨道交通工程质量监督人员培训用书,也可作为各级建设行政主管部门和建设单位、施工单位、监理单位等有关人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通工程质量监督实务/江苏省建设工程质量监督总站,南京市轨道交通建设工程质量安全监督站编. —南京:东南大学出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-5641-7473-6

I. ①城… II. ①江… ②南… III. ①城市铁路—铁路工程—工程质量监督—技术培训—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 270639 号

书 名:城市轨道交通工程质量监督实务

编 者:江苏省建设工程质量监督总站 南京市轨道交通建设工程质量安全监督站

责任编辑:宋华莉

编辑邮箱:52145104@qq.com

出版发行:东南大学出版社

出 版 人:江建中

社 址:南京市四牌楼 2 号(210096)

网 址:<http://www.seupress.com>

印 刷:南京玉河印刷厂

开 本:889 mm×1 194 mm 1/16 印张:23.25 字数:736 千字

版 印 次:2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-7473-6

定 价:88.00 元

经 销:全国各地新华书店

发行热线:025-83790519 83791830

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销中心联系。电话:025-83791830

《城市轨道交通工程质量监督实务》

编写单位

主编单位：江苏省建设工程质量监督总站

南京市轨道交通建设工程质量安全监督站

参编单位：苏州市建设工程质量安全监督站

无锡市建设工程质量监督站

无锡市市政工程质量监督站

江苏省城市轨道交通工程质量安全技术中心

《城市轨道交通工程质量监督实务》

编写委员会

主任：顾小平

副主任：金少军 石平府 谢冬

委员：顾颖 彭尧 蔡志军 丁小晴 谢波 谭鹏 余进

许云虎 唐浩 俞菱庆 朱若愚 孙君 李栋 吴志明

杨晓虹 钱奕技 顾永松 许国东 季泳

《城市轨道交通工程质量监督实务》

审定委员会

主任：顾小平

副主任：金少军 石平府 谢冬

委员：金孝权 张俭 虞凌红 李继刚 辛达帆 徐克洋

梅晓海 陈惠宇 陶建岳 金国鑫 孙小军

前 言

随着我国经济社会的发展和人民生活水平的不断提高,政府和公众对于建设工程质量也愈加重视,建设工程质量已成为社会关注的焦点问题之一。近年来,我省轨道交通工程建设迅速发展,南京、苏州、无锡多条地铁工程建成通车,苏州、南京、淮安有轨电车已经运营,徐州、常州地铁也在建设之中。随着城市轨道交通建设的大发展,城市轨道交通工程质量管理力量紧缺的问题日益突出,对质量监督人员培训工作提出了新的要求。为了全面提升我省工程质量监督人员在城市轨道交通工程方面的质量监督能力和执法水平,规范工程质量监督工作,保证工程质量监督人员的培训质量,江苏省建设工程质量监督总站依据国家、省的有关工程建设的法律、法规、标准、规范以及相关规定,结合已发行的《建设工程质量监督实务》,组织编写了《城市轨道交通工程质量监督实务》。

本书主要适用于各级城市轨道交通工程质量监督人员的培训,也可作为各级建设行政主管部门和建设单位、施工单位、监理单位等有关人员的参考用书。通过本书的学习,工程质量监督人员可以系统地掌握城市轨道交通工程质量监督的基本理论、基本知识和实务,有效提高业务能力和执法水平。本书共分八章,第一章、第二章主要介绍城市轨道交通工程质量监督概论和基本规定,第三章主要介绍城市轨道交通工程质量行为监督,第四章、第五章、第六章、第七章主要介绍地铁工程实体质量监督,分别为车站工程、区间工程、轨道工程、系统安装工程,第八章主要介绍工程质量问题及违法违规行处理。

本书在编写过程中广泛征求了有关监督机构和高等院校的意见,多次召开了编写、审定人员联席会议,经过多次讨论与反复修改,最后由审定委员会审查定稿。

由于本书内容涉及面较宽,参考资料有限,错漏之处在所难免,敬请读者谅解和指正。为不断完善本书内容,请读者随时将有关意见和建议反馈至江苏省建设工程质量监督总站(江苏省南京市草场门大街88号江苏建设大厦27层,邮编:210036,邮箱:szjzjcdk@163.com),以供今后修订参考。

目 录

第一章 城市轨道交通工程质量监督概论	1
第一节 城市轨道交通工程概述	1
一、城市轨道交通定义	1
二、城市轨道交通工程发展现状	2
第二节 城市轨道交通工程组成与工程划分	5
一、地铁工程的组成	6
二、城市轨道交通工程划分	10
第三节 城市轨道交通工程的建设特点	12
一、城市轨道交通工程建设阶段划分	12
二、城市轨道交通工程建设管理模式	17
三、城市轨道交通工程特点	19
第四节 城市轨道交通工程的质量监督现状及发展趋势	20
一、城市轨道交通工程质量管理工作的成效明显	20
二、城市轨道交通工程质量管理工作的趋势	21
第二章 城市轨道交通工程质量监督的基本规定	25
第一节 城市轨道交通工程质量监督相关法律法规	25
一、《中华人民共和国建筑法》	25
二、《建设工程质量管理条例》	26
三、《房屋建筑和市政基础设施工程质量监督管理规定》	27
四、《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》	28
五、《城市轨道交通建设工程验收管理暂行办法》	28
六、《建筑工程五方责任主体项目负责人质量终身责任追究暂行办法》	29
七、《实施工程建设强制性标准监督规定》	30
八、《江苏省房屋建筑和市政基础设施工程质量监督管理办法》	30
九、其他规范性文件	31
第二节 城市轨道交通工程建设标准和强制性条文	31
一、城市轨道交通工程建设标准	31
二、城市轨道交通工程建设强制性条文	32

第三节 城市轨道交通工程质量行为监督相关法律法规知识	33
一、城市轨道交通工程发包与承包	33
二、参建各方责任主体的单位资质	35
三、参建各方专业技术人员执业资格	38
四、城市轨道交通工程领域生产操作人员职业资格证书制度	40
五、城市轨道交通工程施工许可	41
六、城市轨道交通工程的监理	42
七、施工图设计文件审查及设计文件的修改	42
八、城市轨道交通工程质量检测	43
九、城市轨道交通工程监测	44
第四节 城市轨道交通工程质量监督程序	45
一、城市轨道交通工程质量监督手续	45
二、城市轨道交通工程质量监督工作计划编制	47
三、城市轨道交通工程质量监督抽查	48
四、城市轨道交通工程竣工验收监督	52
五、城市轨道交通工程质量监督报告	54
六、城市轨道交通工程质量监督档案	56
第三章 城市轨道交通工程质量行为监督	58
第一节 概念	58
一、工程质量责任主体单位	58
二、工程质量责任相关单位	58
第二节 城市轨道交通工程质量行为监督的依据	59
第三节 城市轨道交通工程质量行为监督抽查	60
一、首次监督时质量行为抽查	60
二、日常监督时质量行为监督	60
三、工程质量行为监督抽查主要内容	61
第四章 车站工程	69
第一节 地基基础及支护结构	69
一、主要规范依据	69
二、地下连续墙	69
三、钻孔灌注桩	77
四、咬合桩	82
五、SMW 工法桩及搅拌桩	88
六、锚杆及土钉墙	94
七、高压喷射注浆	99
八、降水井	103

第二节 地下车站结构	108
一、主要规范依据	108
二、概述	108
三、主要施工环节及工序	109
四、施工质量控制要点	110
五、质量监督要点	125
六、常见质量问题及预防	126
第三节 高架车站主体结构	128
一、主要规范依据	128
二、概述	129
三、主要施工环节及工序	129
四、施工质量控制要点	134
五、质量监督要点	136
六、常见质量问题及预防	137
第四节 装饰装修	138
一、主要规范依据	138
二、地面工程	139
三、吊顶工程	141
四、饰面板(砖)工程	144
五、抹灰工程	149
六、门窗工程	151
七、幕墙工程	153
八、细部工程	163
九、无障碍设施	165
第五节 建筑给水排水工程	167
一、概述	167
二、施工环节及工序	167
三、施工质量控制要点	167
四、质量监督要点	170
五、常见质量问题及预防	171
第六节 通风空调	171
一、概述	171
二、主要施工环节及工序	173
三、施工质量控制要点	174
四、质量监督要点	178
五、常见质量问题及预防	179
第七节 电气工程	180
一、主要规范依据	180

二、概述	180
三、主要施工环节及工序	180
四、施工质量控制要点	180
五、质量监督要点	185
六、常见质量问题及预防	186
第五章 区间工程	187
第一节 矿山法区间	187
一、主要规范依据	187
二、概述	188
三、主要施工环节及工序	189
四、施工质量控制要点	195
五、质量监督要点	203
六、常见质量问题及预防	204
第二节 盾构区间	205
一、主要规范依据	205
二、概述	205
三、主要施工环节及工序	207
四、施工质量控制要点	211
五、质量监督要点	223
六、常见质量问题及预防	224
第三节 高架区间	225
一、主要规范依据	225
二、概述	225
三、主要施工环节及工序	226
四、施工质量控制要点	230
五、质量监督要点	231
六、常见质量问题及预防	232
第四节 路基工程	233
一、主要规范依据	233
二、概述	233
三、主要施工环节及工序	234
四、施工质量控制要点	236
五、质量监督要点	237
六、常见质量问题及预防	237
第六章 轨道工程	240
第一节 道床	240

一、概念	240
二、主要施工环节及工序	241
三、施工质量控制要点	245
四、质量监督要点	248
五、常见质量问题及预防	248
第二节 线路铺轨	249
一、概念	249
二、主要施工环节及工序	249
三、施工质量控制要点	252
四、质量监督要点	255
五、常见质量问题及预防	255
第三节 道岔及伸缩调节器	255
一、概念	255
二、主要施工环节及工序	256
三、施工质量控制要点	257
四、质量监督要点	259
五、常见质量问题及预防	259
第四节 线路附属	259
一、概念	259
二、施工质量控制要点	259
三、质量监督要点	260
四、常见质量问题及预防	260
第七章 系统安装工程	261
第一节 一般规定	261
一、主要规范依据	261
二、施工质量控制要点	261
三、质量监督要点	264
四、常见质量问题及预防	264
第二节 供电系统	264
一、主要规范依据	264
二、变电所安装	265
三、电力监控	269
四、环网电缆	270
五、杂散电流	272
六、接触网	273
第三节 通信系统	281
一、概述	281

二、传输系统	281
三、电话系统	282
四、无线通信系统	284
五、视频监控系统	285
六、广播系统	288
七、乘客信息显示系统	289
八、时钟系统	291
九、电(光)缆线路	291
十、电源及接地系统	295
十一、办公自动化系统	296
十二、常见质量问题及预防	297
第四节 信号工程	298
一、概述	298
二、主要施工环节及工序	299
三、施工质量控制要点	299
四、质量监督要点	305
五、常见质量问题及预防	307
第五节 火灾报警及联动系统	307
一、概述	307
二、火灾报警系统	308
三、气体灭火系统	311
四、常见质量问题及预防	313
第六节 自动售检票系统	313
一、主要规范依据	313
二、概述	314
三、主要施工环节及工序	314
四、施工质量控制要点	314
五、质量监督要点	319
六、常见质量问题及预防	320
第七节 环境与设备监控系统	320
一、概述	320
二、主要施工环节及工序	321
三、施工质量控制要点	321
四、质量监督要点	324
五、常见质量问题及预防	324
第八节 站台屏蔽门系统	324
一、主要规范依据	324
二、概述	324

三、主要施工环节、工序	324
四、施工质量控制要点	325
五、质量监督要点	327
六、常见质量问题及预防	328
第九节 综合监控系统	328
一、概述	328
二、施工质量控制要点	329
三、质量监督要点	331
四、常见质量问题及预防	331
第十节 联调联试	332
一、概述	332
二、施工质量控制要点	333
三、质量监督要点	335
第八章 工程质量问题及违法违规行为处理	336
第一节 概述	336
第二节 工程质量违反强制性条文问题处理	337
一、工程建设强制性条文的法律地位	337
二、责任主体违反工程建设标准强制性条文行为的法律责任	338
第三节 工程质量问题和质量事故的处理	338
一、概念	338
二、工程质量问题的分类	338
三、工程质量事故分级	339
四、工程质量问题(事故)的处理	339
五、工程质量问题(事故)处理的质量监督	339
六、工程质量事故报告和调查处理程序	340
第四节 工程质量违法违规问题的处理	341
一、工程质量违法违规行为的法律责任	341
二、质量监督机构对工程质量违法违规问题的处理	342
三、工程质量法律法规中的行政处罚	343
第五节 行政处罚	351
一、行政处罚的基础知识	351
二、行政处罚程序	351
第六节 建筑市场诚信体系建设	354
一、建筑市场诚信行为信息管理	354
二、建筑业企业信用综合评价	355
参考文献	356

第一章 城市轨道交通工程质量监督概论

第一节 城市轨道交通工程概述

一、城市轨道交通定义

城市轨道交通是城市公共客运交通系统中具有中等以上运量的轨道交通系统,主要为城市内公共客运服务,是一种在城市公共客运交通中起骨干作用的现代化立体交通系统,它具有强大的运输能力、较高的服务水平和显著的资源环境效益,是一种为社会提供资源集约利用、环保舒适、安全快捷的大容量运输服务方式。

广义的城市轨道交通是指以轨道运输方式为主要技术特征,具有固定线路、铺设固定轨道、配备运输车辆及服务设施等的公共交通设施。轨道交通是因为城市经济的发展和道路的拥挤而产生的,并作为城市公共交通系统的一个重要组成部分而发展的,因此,人们把它称为城市轨道交通。在轨道交通发展的历史进程中,人们把城市以外的客运及货运铁路运输称为铁路运输业,与城市轨道交通区别开来。在中国,随着区域经济和城市群的发展,人们又把连接这些地区的城际铁路也惯称为城市轨道交通。根据《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2011)规定,城市轨道交通属于从事城市旅客运输活动的城市公共交通运输业类,行业代码为 G5412。

城市轨道交通在世界范围内发展较快、种类繁多,不同的地区、国家和城市,技术指标差异较大,世界各国尚无十分统一的分类标准。不同的分类方法,可以分出不同的结果:若按容量(运送能力),可分为大容量、大容量、中容量和小容量;若按导向方式,可分为轮轨导向和导向轨导向;若按线路敷设方式,可分为地下、高架和地面;若按线路隔离程度,可分为全隔离、半隔离和不隔离;若按轨道材料,可分为钢轮钢轨系统和橡胶轮混凝土轨道梁系统;若按牵引方式,可分为旋转式直流、交流电机牵引和直线电机牵引;若按运营组织方式,可分为传统城市轨道交通、区域快速轨道交通和城市(市郊)铁路。

在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》(GB 5655—1999)中,将城市轨道交通定义为“通常以电能为动力,采取轮轨运转方式的快速大运量公共交通之总称”。随着城市轨道交通建设的发展,城市轨道交通工程的定义有了进一步明确和细化,《城市轨道交通技术规范》(GB 50490—2009)和《城市轨道交通工程基本术语标准》(GB/T 50833—2012)对城市轨道交通及其组成给出了明确的定义:城市轨道交通是指采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统,包括地铁、轻轨交通、单轨交通、有轨电车、磁浮交通、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统。其中:

地铁是指在全封闭线路上运行的大运量或高运量城市轨道交通方式,线路通常设于地下结构内,也可延至地面或高架桥上。

轻轨交通是指在全封闭或部分封闭线路上运行的中运量城市轨道交通方式,线路通常设于地面或高架桥上,也可延伸至地下结构内。

单轨交通是指采用电力牵引列车在一条轨道梁上运行的中低运量城市轨道交通系统,根据车辆与轨道梁之间的位置关系,单轨交通分为跨座式单轨交通和悬挂式单轨交通两种类型。

有轨电车是指与道路上其他交通方式共享路权的低运量城市轨道交通方式,线路通常设在地面。

磁浮交通是指通过磁力实现列车与轨道的非接触支承、导向和驱动的交通。中低速磁浮交通是

指采用直线异步电机驱动,定子设在车辆上的磁浮交通。高速磁浮交通是指采用直线同步电机驱动,定子设在轨道上的磁浮交通。

自动导向轨道系统是指在混凝土轨道上,采用橡胶轮胎,并通过导向装置,自动导引车辆运行方向的轨道交通系统。

市域快速轨道系统是指服务范围覆盖城市市域范围内的城市轨道交通系统。

二、城市轨道交通工程发展现状

1863年,世界上第一条地下铁道于1月10日在伦敦建成;1881年,第一辆有轨电车在德国柏林工业博览会上展示;1888年,美国弗吉尼亚州里士满市建成了世界上第一个投入商业运行的有轨电车系统。回顾20世纪城市交通的发展历程,就是一个螺旋式的上升过程:有轨电车从大发展到大拆除,然后汽车登上历史舞台,由早期的以蒸汽为动力发展为以电能为动力,到现在以地铁和轻轨为代表的城市轨道交通又恢复了它的主导地位。

1904年10月,中国第一条轻轨线路在抚顺建成通车;1906年6月,天津有轨电车建成通车;1969年10月,中国第一条地铁——北京地铁一期工程建成。回顾中国城市轨道交通的发展,也经历了螺旋式上升的建设发展历程,到2005年年底,中国大陆现有建成通车的城市轨道交通线路共有504.503 km。近年来,中国城市轨道交通发展迅猛,已有30多座城市建成、在建或拟定了建设规划。截至2017年11月,中国内地已有31个城市开通运营城市轨道交通,运营总里程共3 965 km;已有11个城市开通运营现代有轨电车,运营里程共233 km;上海和长沙开通磁浮交通,运营里程共49 km。城市轨道交通有多种类型,每一种类型都有其应用范围,中国城市轨道交通发展呈现建设城市多、势头猛、类型多元化的特点,正在形成以地铁为骨干、多种类型并存的城市轨道交通体系。

(一) 地铁

地铁(metro或underground railway或subway)是地下铁道的简称,是城市快速轨道交通的先驱。世界上第一条地下铁道于1863年在伦敦诞生,中国第一条地铁——北京地铁一期工程于1969年10月建成,20世纪70年代和80年代是世界各国地下铁道建设的高峰。纽约、旧金山以及中国香港地区也称其为“大容量轨道交通系统”(Mass Rail Transit)或“快速交通系统”(Rapid Transit System)。地铁泛指建在地下的干线铁路,从发展上看,地铁已是一个历史名词,其内涵与外延均已扩展为泛指地下、地面、高架三种运行线路结合的一种大容量轨道交通系统。这种轨道交通系统的建设规律是在市中心为地下隧道线,市区以外为地面线或高架线。如首尔在1978—1984年建造的地铁2号、3号、4号线总长105.8 km,其中地下线路83.5 km,高架部分22.3 km(占全长的21%)。2010年5月28日正式运营的南京地铁2号线,线路全长37.8 km,地下线22 km,地面线和高架线15.8 km;共设置26座车站,其中地下车站17座。

地铁的运能,单向在3万人次/h,最高可达6万~8万人次/h,最高速度可达120 km/h,运行速度可达60 km/h以上,可为3~8节编组,车辆运行最小间隔可低于1.5分钟。驱动方式有直流电机、交流电机、直线电机等。地铁具有运量大、速度快、安全、准时、节能、不污染环境、节省城市用地等优点。随着地铁技术的不断发展,地铁车辆主要向“动车组”方向发展。地铁车辆具有较好的加速、减速性能,启动快,停车制动距离短,平均运行速度高;具有较大的载客容量,车门数多,便于乘客上下车,可以缩短停站时间;车型小,适合在隧道内运行;车辆采用不易燃材料制成,不容易发生火灾;自动化程度较高等。但地铁建设成本高(每千米投资5亿~7亿元人民币),建设周期长,因此比较适合在不便于发展地面和高架轨道交通的大城市的中心区客流密集度极高的路段建设。《国务院办公厅关于加强城市快速轨道交通建设管理的通知》(国办发〔2003〕81号)规定:地方财政一般预算收入在100亿元以上,国内生产总值达到1 000亿元以上,城区人口在300万人以上,规划线路的客流规模达到单向高峰3万人次/h以上,可申报修建地铁。

地下铁道由于大部分线路在地下或高架桥上通行,因此技术水平要求较高,可靠性和安全性要求也高。地铁系统与国家干线铁路一样,主要由线网、轨道、车站、车辆、通信、信号等设备构成,要求各部

门能够有机结合,协同动作,最大限度地完成输送任务。地铁路网的基本形式有单线式、单环线式、多线式、蛛网式。每一条地铁线路都是由区间隧道(地面上为地面线路或高架线路)、车站及附属建筑物组成。地铁已发展成由电力牵引、轮轨导向、具有一定规模运量、车辆编组、按运行图运行在全封闭的地下隧道内,或根据城市的具体条件,运行在地面或高架线路上的大容量快速轨道交通系统。

(二) 轻轨交通

轻轨交通(Light Rail Transit)是作用在轨道上的荷载相对于铁路和地铁的荷载较轻的一种交通系统。轻轨是一个比较广泛的概念,公共交通国际联合会(UITP)关于轻轨运营系统的解释文件中提到:轻轨是一种使用电力牵引、介于标准有轨电车和快运交通系统(包括地铁和城市铁路),用于城市旅客运输的轨道交通系统。轻轨是在市郊铁路和有轨电车的基础上改造发展起来的城市轨道交通系统。原来采用轻型轨道,现在轻轨已采用与地铁相同质量的钢轨。

我国在《城市轨道交通工程基本术语标准》(GB/T 50833—2012)中,把单向客运能力为1万~3万人次/h的轨道交通方式定义为中运量轨道交通,即轻轨。轻轨一般采用地面和高架相结合的方法建设,路线可以从市区通往近郊。列车编组采用2~6辆或单节,铰接式车体。轻轨采用了线路隔离、自动化信号、调度指挥系统和高新技术车辆等措施,最高速度可达每小时60 km,克服了有轨电车运能低、噪声大等问题。

由于轻轨具有投资少(每千米造价在0.6亿~1.8亿元人民币)、施工便捷、建设周期短、运能高、灵活等优点,足以解决客流密度不高的城市交通问题,因此发展很快。无论是发达国家,还是发展中国家,轻轨方兴未艾。各国纷纷根据各自的国情,制定相应的轻轨发展战略和模式。纵观各国情况,大致有以下三类发展模式:一是改造旧式有轨电车为现代化的轻轨。这种模式以德国、苏联及东欧各国为典型代表。二是利用废弃铁路线路改建成轻轨路线。这种方式以美国圣迭戈轻轨为代表,欧洲也有类似的情况,如瑞典的哥德堡、德国的卡尔·马克思城(现开姆尼茨)也都采用这一方式。中国上海5号线、武汉轨道交通1号线一期工程也属于这种方式。三是建设轻轨新线路的方式。对于有些城市而言,修建轻轨比修建地铁更经济实惠,因此,诸如马尼拉、鹿特丹、中国香港等城市都相继新修了轻轨线路。由于轻轨交通建设标准低于地铁,因而其国产化进程容易推进,适合在我国大、中城市(特别是中等城市)的中等客流密集度的路段建设。

经过100多年的发展,轻轨已形成三种主要类型:钢轮钢轨系统、线性电机牵引系统和橡胶轮系统。钢轮钢轨系统即新型有轨电车,是应用地铁先进技术对老式有轨电车进行改造的成果。轻轨的走行形式既可以是钢轮钢轨的双轨,也可以是胶轮单轨。

(三) 单轨交通

单轨交通(Monorail Transit)是指通过单一轨道梁支撑车厢并提供导引作用而运行的轨道交通系统,其最大特点是车体比承载轨道要宽。单轨交通系统是一种把单轨铺设在高架桥上的新型铁路。因支撑方式的不同,单轨一般包括跨座式单轨和悬挂式单轨两种类型。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。单轨车的走行轮采用特制的橡胶车轮,以减少振动的噪音。单轨车的两侧还装有导向轮和稳定轮,以控制列车转弯,保证列车运行稳定可靠。

国外单轨列车一般由4~6辆组成,列车运输能力为0.5万~2万人次/h。德国的乌伯塔在1901年建成了世界上第一条悬挂式单轨线路,1963年单轨式列车在日本开始运营,1975年跨座式单轨交通系统在日本开始建设。国内首条跨座式单轨线路,也是西部地区第一条城市轨道交通线路,即重庆轨道交通2号线于2004年11月6日开始载客运营,重庆轨道交通2号线也是国内第一次引进国外先进技术,通过消化吸收再创新而建设并成功运营的国内第一条单轨交通线路。

单轨系统有占地少、造价低、振动小、噪声低、爬坡能力强、转弯半径小等优点。高架单轨因轨道梁宽通常仅为85 cm,不需要很大空间,可以适应复杂地形的要求,适宜在狭窄街道的上空穿行,可减少拆迁、降低造价。高架单轨结构简单,易于建造,建设工期短,它的工程建设费用只有地下铁道建设费用的三分之一,因此十分适合在地形复杂的丘陵、山区城市与郊区之间的区域建设。

(四) 有轨电车

有轨电车(tram)是指使用电力牵引、轮轨导向、1 辆或 2 辆编组运行在城市路面线路上的低运量轨道交通系统。

有轨电车起源于公共马车,为了多载客,人们把马车放在铁轨上,这样做是为了减少旅客人均牵引力。随着电动机的发展和牵引电力网的出现,电动机取代了马匹。在 20 世纪 20 年代,美国的有轨电车线总长达 25 000 km。至 20 世纪 30 年代,欧洲国家、日本、印度和我国的有轨电车有了很大发展。

1906 年 6 月天津有轨电车建成通车,1908 年上海有轨电车交通线建成通车,在随后的年代里,我国的大连、南京、北京、沈阳、哈尔滨、长春、鞍山、武汉等城市都相继修建了有轨电车。虽然旧式有轨电车行驶在城市道路中间,与其他车辆混合运行,又受到路口红绿灯的控制,运行速度很慢,正点率低而且噪声大,加减速性能较差,但仍不失为居民出行的便捷交通工具,在当时我国城市的公共交通中发挥了骨干作用。随着汽车工业的迅速发展,大量的汽车涌上街头,城市道路明显地出现拥挤,且有轨电车每小时单向运输能力一般在 1 万人次以下,这很难满足急剧增长的城市客流运输需要,于是世界上各大城市都纷纷拆除有轨电车线路,改修运量大的地铁或轻轨交通。我国在 20 世纪 50 年代末,有关的有轨电车拆除得所剩无几,只剩下长春、大连和鞍山三座城市的有轨电车没有拆除,并一直保留至今,继续分担着正常的公共客运任务。由于上述有轨电车的种种问题,有轨电车一度停止了发展,有的城市为了适应运输量的需要,在它原来的基础上将其改为类似轻轨的大公交车辆。

近年来,有轨电车因在减少空气污染方面优于汽车交通、在投资方面少于地铁及轻轨交通等优势,其建设开始复苏,作为介于常规公交和轻轨之间的低运量的轨道交通系统,在城市交通建设中得到了运用与发展。江苏苏州、南京、淮安的有轨电车线路已建成并投入运营,长春、大连进行了有轨电车改造,鞍山也准备对现有的有轨电车进行改造,北京、上海等城市正在酝酿新建有轨电车线路。

(五) 磁浮交通

磁浮交通(Maglev Transit)是一种运用“同性相斥、异性相吸”的电磁原理,依靠电磁力使车厢悬浮并行走的轨道运输方式。磁浮交通有常导和超导两种类型。常导式磁浮线路能使车辆浮起 10~15 mm 的高度,运行速度较低,用感应线性电机来驱动。超导式磁浮线路能使车辆浮起 100 mm 以上,速度较高,用同步线性电机来驱动,技术难度较大。日本使用超导体产生的磁力使列车悬浮,列车速度可达 500 km/h。德国使用常导相吸原理达到磁浮,列车速度也提高到 400 km/h。磁浮列车(maglev train)是根据电磁学原理,利用电磁铁产生的电磁力将列车浮起,并推动列车前进的高速交通工具。由于它运行时悬浮于轨道之上,因而没有轮轨的摩擦,突破了轮轨黏着极限速度的限制,成为人们理想的现代化高速交通工具。

我国与德国合作的上海浦东龙阳路至浦东国际机场磁悬浮高速线(线路总长为 30 km)于 2002 年在上海投入运营,上海浦东建成的磁浮交通,最高速度可达 430 km/h。我国国内第一条自主设计、自主制造、自主施工、自主管理的低速磁悬浮长沙低速磁浮工程,连接高铁长沙南站和长沙黄花国际机场 T2 航站楼,线路全长 18.54 km,初期设车站 3 座,预留车站 2 座,设计速度为 100 km/h,于 2014 年 5 月 16 日开工建设,2016 年 5 月 6 日载客试运营。

磁浮交通适合于在对旅行速度要求较高的区域之间建设。

(六) 自动导向轨道系统

自动导向轨道系统(Automated Guideway Transit System,简称 AGT)也称新交通系统,是一个模糊的概念,不同国家和城市对此都有不同的理解,国际上还没有统一和严格的定义。广义上认为,AGT 是那些所有现代化新型公共交通方式的总称。狭义上新交通系统则被定义为,由电气牵引,具有特殊导向、操作和转向方式的胶轮车辆,单车或数辆编组运行在专用轨道梁上的中小运量轨道运输系统。我国标准则定义为在混凝土轨道上,采用橡胶轮胎,并通过导向装置,自动导引车辆运行方向的轨道交通系统。

自动导向轨道系统中的电动车辆在专用的轨道线路上运行,而且车轮均为橡胶轮胎,沿着特制的混凝土轨道运转,车站无人管理,完全由中央控制室的计算机集中控制,自动化水平高。自动导向轨道系统与单轨交通有许多相同之处,最大的区别在于该系统除了有走行轨外,还设有导向轨,故称之为自动导向轨道交通。自动导向轨道系统属于胶轮—导轨系统,一般用在高架线上为多。走行轮为胶轮,走行在桥

梁面上,起支承作用;导向轮也是胶轮,依靠导向板或导向槽对车辆起导向和稳定作用。按照专用导向轨的位置,自动导向轨道系统可以分为三种形式:轨道中央引导方式、侧向引导方式以及中央引导和侧向引导方式的混合。自动导向轨道系统的导向系统可分为中央导向方式和侧面导向方式,每种方式又可分为单用型和两用型。所谓单用型是指车辆只能在导轨上运行,两用型则指车辆既可在导轨上运行,又可以在一般道路上行驶。

自动导向轨道系统最早出现在美国,当初多为一种穿梭式往返运输乘客的短距离交通工具,曾被称为“水平电梯”或“空中巴士”“快速交通”。在逐渐发展成一种城市客运交通工具后,其一般被称为“客运系统”(People Mover System)。后来日本和法国又做了进一步的技术改造和发展,并使其成为城市中的一种中运量客运交通系统。日本称之为新交通系统(意指含有高度自动化新技术的交通系统),以区别于其他各种交通运输工具。法国称之为 VAL 系统,名称来源于轻型自动化车辆(Véhicule Automatique Léger)的法文字母字头的拼音,也有一种说法,即 VAL 一词是因线路起始地名字头缩写而得名。

自动导向轨道系统自 1963 年美国西尼电气公司研发面世后,在世界许多地方被逐渐推广采用,尤其日本和法国无论是技术还是规模都处于领先的地位。世界各地已有几十条规模不等,用途不同,具体构造也有所不同的新交通系统线路。日本有 10 条线路,并将高架单轨和自动导向轨道系统看作现代化的象征,故从 1976 年起做出规定,自动导向轨道系统可使用国家的财政资助,因而促进了新交通系统的发展。

中国内地的自动导向轨道系统处在起步阶段,天津市于 2006 年为纪念天津有轨电车百年在滨海新区开通了全长 7.6 km 的亚洲首条胶轮导轨线路,北京市于 2008 年奥运会前开通了服务于首都国际机场 T3 航站楼的新交通系统,上海市也于 2009 年开通了胶轮导轨电车。中国台湾地区的台北市于 1994 年建成,1996 年 3 月投入运营的木栅线(中山中学至木栅动物园),线路全长 10.8 km,其中高架线 10 km、地下线 0.8 km,采用 VAL 制式,属中运量新交通系统。中国香港地区于 20 世纪 90 年代后期建设的新机场从登机厅到机场主楼,为接运旅客也建成了一条长约 1 km 采用 VAL 制式的新交通系统。

自动导向轨道系统有以下优点:客运能力为 0.5 万~1.5 万人次/h,高于公共汽车,而且建设成本与地铁、轻轨相比要低得多;与单轨系统相似,运行在专用的高架轨道上,与其他车辆不构成干扰,运输效率较高;车辆除采用橡胶轮胎外,其他部分与有轨车辆差不多,在技术上容易实现;既可以采用列车无人驾驶、车站无人管理方式,也可以省去自动控制改由人工操纵,机动灵活、使用方便;节约能源,基本上没有噪声污染,有利于环保。

(七) 市域快速轨道系统

市域快速轨道系统(Urban Rail Rapid Transit System)是一种大运量的轨道运输系统,客运量可达 20 万~45 万人次/d,适用于城市区域内重大经济区之间中长距离的客运交通。市域快速轨道系统的列车,主要在地面和高架桥上运行,必要时也可采用隧道,其线路技术、设施与干线铁路基本相同,是以提高市民出行速度为目的的公交型轨道交通。

市域快速轨道系统通常运行在城市内部和城市群之间,为公务出行、假日休闲旅游、探亲访友等客流提供大运力、高密度、公交化的快速交通。

市域快速轨道系统可 adopt 地铁车辆或专用车辆,线路半径不小于 500 m,线路坡度不大于 3%,最高运行速度为 120~160 km/h。当采用钢轮钢轨体系时,标准规矩仍采用 1 435 mm。由于线路较长,站间距相应较大,必要时可不设中间车站,因而可选用最高运行速度在 120 km/h 以上的快速专用车辆,也可选用中低速磁悬浮列车进行技术经济比较。

第二节 城市轨道交通工程组成与工程划分

随着科技进步,城市轨道交通各类工程的组成及技术运用也在不断更新和发展,各地在城市轨道交通工程建设过程中,根据城市发展需求、城市结构特征、城市人口和经济发展条件、客流特征,结合城市轨道交通特点,经技术经济分析和比较,进行合理决策和建设定位。根据《城市轨道交通工程项目建设标