

城市轨道交通供电工程 施工技术手册

杨建国 主编

城市轨道交通供电工程 施工技术手册

杨建国 主编

中国铁道出版社

内 容 简 介

《城市轨道交通供电工程施工技术手册》是为了适应我国城市轨道交通建设高潮而编制的专业施工手册，汇集了城市轨道交通供电系统的基本知识，同时也为同行业提供了必要的设备性能及施工工艺。

本书共 10 章，包括设备运输、安装、电气试验等内容。可供城市轨道交通施工、设计人员参考。同时，也可供大中专院校作为教学资料参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通供电工程施工技术手册/杨建国主编

北京：中国铁道出版社，2013.7

ISBN 978-7-113-17028-8

I. ①城… II. ①杨… III. ①城市轨道交通—供电系统—
工程施工—技术手册 IV. ①U239.5—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 210629 号

书 名：城市轨道交通供电工程施工技术手册
作 者：杨建国 主编

责任编辑：王明容 编辑部电话：010-51873138 电子信箱：tdpress@126.com
封面设计：郑春鹏
责任校对：马 丽
责任印制：陆 宁

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：三河市航远印刷有限公司
版 次：2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷
开 本：787 mm×1 092 mm 1/16 印张：31 字数：781 千
书 号：ISBN 978-7-113-17028-8
定 价：120.00 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) 51873170（发行部）

打击盗版举报电话：市电 (010) 63549504，路电 (021) 73187

前 言

目前,我国的城市轨道交通建设事业发展的势头愈演愈烈,各个大中城市都在扮演强势角色,力争兴建自己城市的轨道交通。而大部分的建设任务也需要有资质、有能力的施工企业勇于承担。当前,除了铁路系统的施工队伍按专业加入到城市轨道交通建设里来,也还有一些其他施工队伍将进入这支建设大军。在我国的轨道交通建设还没有像现在这样的规模时,当时笔者所服务的单位正在各大城市参与轨道交通施工,因此笔者就萌发了编写一本可以全面了解并掌握相关的施工技术的关于城市轨道交通施工书籍的想法。

目前,笔者有幸参与了新版国家标准《地铁施工规范》的制、修、订工作,从而使这本施工手册的内容也由开始的牵引供电工程,补充扩编为轨道交通供电系统工程,虽然书名只有两个字之差,但书的结构和内容就有了巨大的变化,能够与现场真实情况相结合,给工程管理提供方便。写这本书的目的就是规范施工技术,规范施工管理,配合新版《地下铁道施工规范》的实施。

这本施工手册共包括 10 章内容,根据新版《地下铁道施工规范》的内容,涉及 110 kV 系统的组合电器及油浸变压器、35/10 kV 系统的干式整流、配电变压器和相关的开关柜、1500/750 V 整流装置及直流开关柜、低压 400 V 配电开关柜、电气设备试验等内容。

本施工手册内容编写人员分工:

第一章:杨建国

第二章:高占奎

第三章:杨建国、高占奎、刘强、刘东坡、张发明、田宇、张江、吴建德、陈模标、吴阶矿、李增利、程峰、刘平、赵立峰、赵惠超、续永刚

第四章:韩兰贵、杨建国、续永刚

第五章:王雅刚

第六章:杨建国、高占奎、程峰、李增利

第七章:高占奎、杨建国、郝卫国

第八章:杨建国

第九章:杨建国、续永刚

第十章:吴胜祥、李书全、张永康、苏保卫

笔者同时对罗兵、李增山、赵海亮、钟辉、曹明、陈海婷、张 鹃等同事表示衷心的感谢,感谢他们提供具体资料及帮助;在这里同时感谢参考资料及设备生产企业资料的作者,没有他们的奉献精神,这本施工手册也是难以完成的,在此深表谢意!

由于笔者水平有限,不妥之处在所难免,恳切希望广大读者不吝指正。

目 录

第 1 章 城市轨道交通概述	1
1.1 轨道交通溯源	1
1.2 城市轨道交通的基本类型	2
第 2 章 轨道交通供电系统的结构形式	13
2.1 地铁的供电方式.....	13
2.2 轨道列车的供电方式.....	14
2.3 城市轨道交通变电所工程.....	16
第 3 章 城市轨道交通变电所工程施工	22
3.1 变电所工程施工程序.....	22
3.2 变电所工程施工准备.....	23
3.3 设备基础槽钢的安装.....	24
3.4 变电所接地系统安装.....	27
3.5 电缆支架、桥架的安装	32
3.6 设备的运输和就位.....	35
3.7 盘、柜等的开箱检查及就位	43
3.8 电气设备的轨道车运输及就位.....	44
3.9 变压器网栅安装.....	46
3.10 箱式变电站的运输和就位	48
3.11 110 kV 系统设备安装	52
3.12 交流中压设备安装	89
3.13 整流机组安装.....	142
3.14 直流设备安装.....	182
3.15 400 V 设备安装	214
3.16 其他盘、柜的安装	235
3.17 变电所电缆敷设及电缆头制作.....	264
3.18 电缆二次配线.....	267
3.19 变电所孔洞的封堵.....	270
3.20 变电所受电启动及送电开通.....	272
第 4 章 城市轨道交通接触网施工	275
4.1 概述	275

4.2	接触网的组成	276
4.3	接触网工程施工程序	278
4.4	施工调查与测量	281
4.5	门形支架的安装	283
4.6	支持定位装置及下锚装置安装	289
4.7	附加线架设及接触悬挂架设	292
4.8	刚性悬挂接触线的安装	304
4.9	接触悬挂调整	312
4.10	分段绝缘器和隔离开关的安装及调试	313
4.11	牵引回流系统安装	321
4.12	静调电源柜安装	329
4.13	冷滑试验及送电开通	334
第 5 章	城市轨道交通接触轨施工	337
5.1	接触轨系统的构成和技术特征	337
5.2	钢铝复合接触轨的应用环境	338
5.3	钢铝复合接触轨系统组件及特点	339
5.4	钢铝复合接触轨安装	345
第 6 章	城市轨道交通环网电缆工程	353
6.1	环网电力电缆布置的基本结构形式及供电方式分类	353
6.2	中压网络常用的两种接线形式	353
6.3	集中式供电方式环网电力电缆布置的基本结构形式	354
6.4	分散式供电方式环网电力电缆布置的基本结构形式	356
6.5	电缆支架和桥架的安装	357
6.6	环网电缆敷设	361
6.7	电缆头制作与安装	365
6.8	电缆试验及电缆线路故障分析	384
第 7 章	城市轨道交通杂散电流防护系统及钢轨电位限制装置施工	386
7.1	杂散电流的形成及危害	386
7.2	杂散电流的防治措施	386
7.3	杂散电流腐蚀防护措施对相关专业的要求	387
7.4	杂散电流监测及排流系统施工	391
7.5	杂散电流自动监测系统安装	394
7.6	排流柜安装	398
7.7	单向导通装置安装	402
7.8	钢轨电位限制装置	407

第 1 章 城市轨道交通概述

随着工业生产的发展、人口的高度集中、世界各大中城市区域性的城市化进程的不断扩大大、交通运输量的飞速增长以及盲目发展汽车工业和私人小汽车,已在很多国家的大城市造成交通拥堵、噪声大、空气污染等严重的社会问题,迫使各国政府必须在城市公共交通方面作出明智的抉择,为城市的可持续发展制定必要的发展规划。

由于地面发展的空间已十分狭小,继续在大城市中发展地面交通,必将面临占地困难、破坏城市景观、地面道路交叉拥堵等问题。因此,缓解城市交通拥堵的首选方案就是将地面交通转入地下,发展地下轨道交通,充分发挥其高速、安全、正点、便捷的特点。

城市轨道交通是组成城市公共交通的骨干网络。它具有节能、占地少、运量大、无污染、运输安全正点等特点,属于绿色环保交通体系,符合可持续发展的原则,特别适合于人口密集的大中城市公共交通事业的发展。

1.1 轨道交通溯源

法国人巴斯卡于 1662 年在巴黎首创无轨公共马车,由于其乘坐价格低廉,被戏称为“五毛钱的马车”。它有固定的运行线路和班次,城市公共交通从此诞生,无轨公共马车是城市公共交通的先驱。

1827 年,世界上第一条有轨公共马车出现在美国纽约百老汇的大街上,这种交通工具是英国人约翰·乌特兰于 1775 年发明的。欧洲中世纪的道路状况不佳,乘客坐在设备简陋而又颠簸的马车上极不舒服,相比之下,这种在轨道上行驶的马车算是较为舒适的了。有轨马车是靠马匹牵引车辆、车轮在钢制轨道上滚动行驶的交通运输工具,可搭载双倍于普通马车的乘客和货物。由于它比无轨公共马车更有效率、更舒适,因而大受欢迎,并在世界各国的城市中得到大面积的效仿和应用。截止到 1879 年,法国巴黎已有 38 条公共有轨马车路线。

1876 年,从英属马恩岛到格拉斯港的马车铁路开通(见图 1-1-1)。这条拥有 30 辆各种客车的线路,受到英国游客的喜爱。130 多年后的今天,这条线路成为世界仅存的有轨马车旅游线路。



图 1-1-1 格拉斯港的有轨马车线路

在 19 世纪 70 年代后,由于电车及此后汽车的出现,有轨马车逐渐退出了历史舞台。公共有轨马车是现代城市轨道交通发展的雏形。

1.2 城市轨道交通的基本类型

城市轨道交通的种类繁多,一般可分为缆索铁路、空中悬挂铁路、城市铁路、市郊铁路、地下铁道、有轨电车、轻轨铁路、独轨铁路、机场铁路、新交通系统、磁悬浮铁路等。

城市轨道交通中的轨道结构大多采用钢轨线路的轮轨结构,只有单轨铁路和磁悬浮铁路采用混凝土轨道梁结构。

1.2.1 缆索铁路

缆索铁路是通过设在地面上的传动装置(蒸汽机或电动机)带动绞车和钢索牵引车辆在钢轨上运行的登山用交通工具。

世界上最早的缆索铁路修建在美国旧金山,它于 1873 年 8 月 2 日作为城市交通工具投入运营,这条铁路长 853 m,两端高差 33.6 m,由英国人安德鲁·史密斯设计,缆车沿着轨道运行,这条轨道中间敷设着由一个金属槽保护着不断运行的缆索。一台稳定的蒸汽发动机在街道下不停地向缆索做功,依靠缆车下的机械装置抓住或释放这条缆索,从而保持车辆的运营。这条缆索铁路至今仍作为旅游设施在营业。

我国香港特别行政区目前仍然在运营当中的缆索铁路如图 1-2-1 所示,位于香港岛的太平山山顶公园的东侧,1888 年 5 月 30 日建成通车,到目前已有 120 多年的历史。该线路长 1 371 m,高差 373 m,轨距 1 524 mm。1926 年由蒸汽动力牵引改造为电力牵引,1989 年改造为计算机自动化管理。该线路配备两辆铝制的车厢,一节上、一节下往复运转。在车厢前进的方向,有一小间驾驶室,但无人驾驶,也不准许游客入内。中途停靠 4~5 个车站,每站约停 1 min 时间,由控制室集中控制。车厢内的座位和靠背均是木制的(木板条),虽然简陋,但仍保留着古老的色彩。

另外值得一提的是奥地利萨尔茨堡的要塞铁路如图 1-2-2 所示。萨尔茨堡要塞建于 1077 年,由大主教格博哈德主持修建,后由雷翁哈德·冯克罗查赫主教进行了扩建。要塞完全继承了中欧城堡风格,城堡中建有城堡博物馆和莱纳政权博物馆,博物馆展览的内容包括城堡历史、萨尔茨堡的武器手工业以及司法权史。1891 年 8 月,萨尔茨堡地区委员会作出决定,建造一条要塞铁路。仅用了 78 天时间,这座被萨尔茨堡居民们亲切地称为“水罐铁路”的项目完工了。

“水罐铁路”这个名字源于缆车所应用的一种技术,而这种技术恰恰是车辆运行所需要的。在山顶车站,人们在车辆的底盘容器里灌上水,通过重量平衡的办法把固定在



图 1-2-1 香港太平山山顶缆索铁路

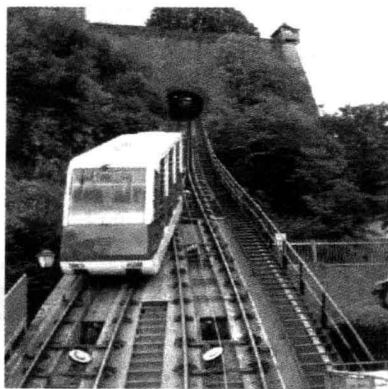


图 1-2-2 萨尔茨堡要塞铁路

同一根缆绳上的缆车从山谷牵引上来。每辆车搭载的乘客数量不同,就需要加入不同数量的水。44年后这种车辆牵引系统实现了电气化。在城堡铁路建成120多年后的今天,它已经发展成为现代化的缆索铁路之一。

1.2.2 空中悬挂铁路

德国乌帕塔尔市有一条独特的空中悬挂铁路。这条铁路修建于1898~1901年期间,当时在埃尔伯费尔德和巴尔门这两个城镇之间急需修建一条新的交通线路,由于地面上已经没有空地,所以科隆的工程师尤金·朗格提出的在乌帕河上架设悬挂式铁路的设计方案被采纳。这条铁路于1898年开始建设,1900年10月24日德国皇帝威廉二世亲自乘车参与了空中铁路的试验,1901年3月1日正式运营。这条空中悬挂铁路为全钢结构,其工程技术在当时是最先进的。线路全长13.3 km,从佛奥文克尔开始的3 km长的区段建设在凯撒大道上空,其余10 km则架设在乌帕河上空,全线设17座车站。100多年后的今天,这条空中铁路依然是世界上独一无二的悬挂式铁路。21世纪之初,德国对这条空中铁路进行了全面的维修,希望它再继续运行100年。

悬挂铁路沿着河道高架在河面上,如图1-2-3所示。它不影响地面上的车辆行驶和人员往来,大大节省了宝贵的城市土地。看上去不那么安全的悬挂车辆,其实十分安全,运行100多年来仅仅在1950年发生过一次意外。当时一个马戏团想让它的一头小象乘坐悬挂列车观光,但是小象却受到了惊吓,它冲破车厢倒栽下来,幸运的是,它只受了点轻伤。



图 1-2-3 行驶在乌帕河上的乌帕塔尔悬挂列车

1.2.3 城市铁路

在一般情况下,凡是为城市交通服务的所有轨道交通设施都可以称其为城市铁路。城市铁路主要是在现有铁路的基础上,利用较少的投资建设联络线或支线,在城市圈概念下开行环中心城市和卫星城之间的大运量旅客列车,并在此基础上完善与地铁、轻轨等交通线路的连接,逐步实现各种轨道交通车辆的共轨运营。我国除了城市轨道交通之外,基本上还没有开发出真正意义上的城市铁路。不过在北京、上海、广州、重庆等铁路枢纽地区,如果要开发建设城市铁路,还是有一定的基础和条件的,目前部分城市已经开始着手前期的调研工作,预计在2020年前后必定会有一定数量的城市铁路在我国出现。

国外开发的城城市铁路,基本上是以国家干线铁路在城市中的铁路枢纽为基础,修建一些必要的支线和联络线形成环线网络,开行城市公交化的旅客列车,辅以与地铁、轻轨列车共轨运营的措施。以站距短、停站多、密度大为特点,主要用于缓解城市公共交通的压力。

1.2.4 市郊铁路

顾名思义,市郊铁路专指由城市中心开往郊区的铁路。一般利用国家干线铁路或修建专用线路,开行往返于城市中心区到卫星城或卫星城之间的旅客列车。此种列车以站距较大、停站少、密度小为特点,主要用于通勤、旅游以加强市郊之间的联系。我国各主要铁路枢纽城市

开行的市郊旅客列车种类繁多,除了主要用于铁路职工及其子女通勤和通学的市郊列车外,目前开行的市郊旅游列车比重逐步加大,形成热点。

北京在奥运会开幕前夕,开通了连接北京北到延庆的市郊轨道交通线——S2线,如图1-2-4所示,并于2008年8月6日正式运营。这是国内第一条名副其实的市郊铁路,它是利用既有线路经过改造而成的。“S2线”由北京北站(西直门)至延庆站,全长82 km。开行的列车采用国产新型内燃动车组,沿途交替停靠清华园、清河、昌平、南口、八达岭等车站。设计时速为160 km/h,平均时速为平原120 km/h,进山区后为45 km/h。该动车组在乘车环境和舒适度方面,与现在京包线上运行的其他列车相比,均有较大改观。

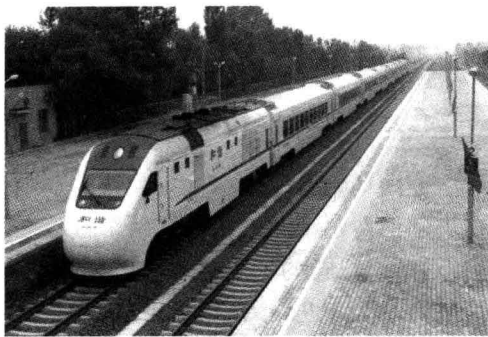


图 1-2-4 北京市郊铁路“S2 线”

1.2.5 地下铁道

地下铁道泛指修建在各大中城市地下的轨道交通线路,由于地下铁道所处的城市环境和建设条件的不同,其部分线路可能采用地面线路或者采用高架线路。

世界上第一条地下铁道 1856 年在英国伦敦的法灵顿街和帕丁唐路之间修建,全长 6.2 km。1863 年 1 月 10 日建成通车,当时采用由铁路公司租借的蒸汽机车牵引。1890 年 12 月 18 日,英国伦敦南部威廉王街到斯托克威尔的地下铁道建成开通,成为世界首条采用电力牵引的地下铁道。

我国的第一条地下铁道于 1969 年 10 月在北京基本建成,于 1971 年 1 月开始试运营,如图 1-2-5 所示。运行区段从北京火车站至西郊苹果园,全长 23.6 km,共有 17 个车站。

目前我国建成并投入运营地下铁道或其他类型轨道交通的城市还有天津、上海、广州、大连、南京、深圳、重庆、武汉、长春、沈阳、杭州和香港等。

1.2.6 有轨电车

世界上第一列有轨电车 1881 年在德国柏林工业博览会上亮相并进行了展示。世界上第一个投入商业运营的有轨电车系统,于 1888 年在美国弗吉尼亚州的里士满市建成开通。

1908 年我国第一条有轨电车线路在上海建成开通,随后大连、北京、天津、沈阳、长春、鞍山等城市的有轨电车也相继建成,在城市公共交通中发挥了骨干作用。

随着汽车工业的崛起,大量汽车拥上街头,有轨电车速度低、运量小、舒适性差、技术落后等缺陷暴露无遗,再者城市道路的面积明显不能维持有轨发电车运输发展的需要。从 20 世纪 50 年代开始,世界上各大城市纷纷拆除有轨电车线路,我国各城市的有轨电车也基本拆除,而如图 1-2-6 所示的长春旧式有轨电车一直保留到新的轻轨线路建成为止。

随着人口的集中和城市规模的扩大,城市交通量急剧增长,城市道路的建设速度与汽车增长的数量产生了尖锐的矛盾。各大中城市加快了发展立体化的快速轨道交通,来解决城市的环境保护、能源结构和可持续发展等战略问题。在世界范围内,又掀起了修建轻便轨道交通的热潮。



图 1-2-5 北京地铁



图 1-2-6 长春旧式有轨电车

为了缓解 2004 年雅典奥运会的交通压力,希腊雅典市政府投资兴建的从雅典市中心至比雷埃夫斯港的有轨电车线路,如图 1-2-7 所示,于 2004 年 7 月 19 日在奥运会开幕前顺利开通。

位于雅典北部地区的奥林匹克综合体育中心和南部地区的法里罗奥运场馆区以及海林尼科奥运场馆区,是雅典奥运会比赛场馆最为集中的地区。这条有轨电车线路的开通,把雅典奥运会的三大场馆集中区连接了起来。

奥运会期间交通压力最大的是雅典市中心通往奥林匹克综合体育中心的轻轨 1 号线,每天乘车的人次接近 40 万。由于这条轻轨线还通往南部法里罗海滨,所以它是奥运会期间雅典交通的“瓶颈”,也是让奥运会组织者最担心的地方。随着有轨电车线路的开通,轻轨 1 号线的压力大大减轻。这条有轨电车线路还与轻轨 1 号线相连,人们换乘非常方便。



图 1-2-7 雅典新建有轨电车线路

1.2.7 轻轨铁路

1978 年 3 月在布鲁塞尔召开的国际公共交通联合会会议上,确定了新型有轨电车交通的统一名称,即 LRT(Light Rail Transit),简称轻轨交通或轻轨铁路。我国在对轻轨和地铁的称谓上有混乱的地方,比如长春轻轨与上海、天津、武汉轻轨就不是一回事,长春轻轨是纯粹的现代有轨电车;而上海、天津、武汉轻轨的客运量明显高出长春轻轨,采用的客运车辆与地铁也几乎没有区别。



图 1-2-8 台北“大众捷运”系统

轻轨铁路也分为地下、地面和高架三种结构形式,它与地下铁道的主要区别在运输能力方面。地下铁道的运输能力为 4 万~6 万人次/h,轻轨铁路运输能力为 3 000~11 000 人次/h。

我国台湾省 1996 年 3 月在台北市建成轻轨铁路——“大众捷运”系统,也就是我们所说的地铁,如图 1-2-8 所示。该系统由 6 条线路组成,分别是淡水线、木栅线、中和线、板桥线、新店线和南港线,全长 67.2 km,共有 62 个车站。该系统日均载客量为 92 万人次,最高时可达到 104 万人次。如果以每千米载

客量来计算,它属于世界上使用密度比较高的大众交通工具。台北的轻轨线路从严格意义上讲,只有木栅线属于轻轨,而且还是自动导轨系统。

我国大陆修建的第一条轻轨铁路是长春市轻轨 1 号线,从长春火车站至卫星广场站,全长 14.6 km。其中高架线路 1 km,地下和半地下线路 1 km,沿线设 17 座车站,平均站间距 0.86 km。采用接触网供电方式,供电电压为 DC 750 V。全线设有牵引变电所 6 座、控制中心 1 座、停车场 1 座。长春市轻轨 1 号线采用 VVVF 控制技术的国产低地板 C 型轻轨列车,列车长 28.76 m,额定载客 300 人,最高运行速度 70 km/h,旅行速度为 20~30 km/h。

我国目前最长的轻轨铁路是天津津滨轻轨铁路,如图 1-2-9 所示。天津津滨轻轨铁路从天津市经济技术开发区第八大街至市区中山门,全长 45.41 km,每千米造价约 1.33 亿元。其中高架线路 39.92 km,地面线路 5.5 km,全线设 19 座车站,采用接触网供电方式,供电电压为 DC 1 500 V。



图 1-2-9 天津津滨轻轨铁路

1.2.8 独轨铁路

独轨铁路属于城市轨道交通中的中等运量的公共交通系统,可划分为悬挂式和跨座式两个系列。其中悬挂式一般采用桁架梁或钢制箱型梁结构,分别采取在桁架梁内铺设钢轨和钢轮转向架传动或橡胶充气轮胎转向架在底部开口的箱型梁内传动;跨座式一般采用混凝土轨道梁结构,传动采用橡胶充气轮胎,且由橡胶轮胎承担行走和导向。前面 1.2.2 节介绍的空中悬挂铁路就是独轨铁路的一种形式。

独轨铁路的特点是能够适应各种复杂地形的要求,且建设工期短,在相同条件下工程造价只相当于地铁的 1/3,并具有通过 60%以上大坡道和 100 m 以下曲线半径的能力。

日本从 1950 年开始进行独轨铁路的研究,1957 年在东京都的上野动物园建成自行开发的第一条悬挂式独轨铁路,采用钢制箱形梁结构,主要用于运送游客兼作城市公共交通的试验线。

日本 1964 年建成连接东京市中心至羽田机场的跨座式独轨铁路,全长 13.1 km,其中海上部分 7.1 km,陆地部分 6 km,成为出入羽田机场的主要交通工具。该独轨铁路采用混凝土轨道梁结构,列车 4 辆编组,发车间隔为 4.5 min。

我国从 20 世纪末开始研究独轨铁路,最具代表性的属张家界武陵源景区十里画廊的观光电车。1998 年,张家界振升旅游实业有限公司开发了十里画廊观光电车。所谓的观光电车其实就是跨座式独轨铁路,十里画廊跨座式旅游观光电车由南车株洲电力机车公司制造,钢结构的轨道架设高度不超过 1 m,观光电车车体采用半封闭式玻璃钢结构,造型优美、色彩与景点底色和谐、强度好、耐腐蚀、不导电、安全性好,如图 1-2-10 所示。



图 1-2-10 武陵源景区十里画廊跨座式独轨观光电车

十里画廊观光电车线路全长约 10 km, 设起点与终点两个车站, 在起点与终点之间为一环形线路。列车供电系统采用侧向安全滑触线受电, 供电电压为交流三相 380 V, 列车最高行驶速度 10 km/h, 旅行速度 3 km/h, 列车五辆编组, 最大载客量含司机 30 人。列车行走线路与旅客徒步旅游路线全程采用栏杆隔离, 安全可靠; 观光电车全程行驶在风景秀丽的十里画廊景区。

重庆市建成的跨座式轻轨二号线如图 1-2-11 所示, 东起商业中心较场口, 西至大渡口区钢铁基地新山村, 全长 19.15 km, 设 18 座车站。工程一次规划设计, 分两期建设实施。一期工程较场口至动物园段 14.35 km, 设 13 座车站、两座主变电站、1 座控制中心, 是我国首次引进的具有国际先进水平的跨座式单轨系统, 能够适应沿线特殊地形的要求。线路纵贯长江和嘉陵江间狭长的渝中半岛, 穿行于中梁山至真武山之间的低丘地带。



图 1-2-11 重庆跨座式轻轨

1.2.9 机场铁路

机场铁路, 也即通常所称的机场联络线, 机场联络线从市区到机场的距离一般不会超过 30 km, 乘车时间一般需要 10~45 min。机场联络线的建立一般采取三种方案, 一是修建专用快速铁路, 二是利用国家干线或地方市郊铁路网修建支线或延长线, 三是利用城市轨道交通系统修建直达机场的快速交通线路。目前, 机场铁路采用的轨道交通模式多种多样, 既有常规铁路, 也有地下铁路。随着科学技术的进步, 采用混凝土轨道梁结构形式的独轨铁路和磁悬浮铁路也在机场铁路的建设方面得到应用。

机场铁路基本上属于城市轨道交通范畴。随着城市规模的扩大和民航运量的大幅度增加, 普通公路乃至高速公路已经很难承担机场和城市之间的旅客运输能力。随着形形色色城市轨道交通的建立, 机场联络线也就应运而生。

世界上最早修建的机场联络线于 20 世纪 50 年代出现在英国伦敦的盖特威克机场至维多利亚火车站之间, 便于换乘, 能够满足非伦敦地区居住旅客直接换乘其他列车继续旅行的愿望。

我国香港特区的机场快线即属于地铁形式的机场铁路, 该地下铁路同时承担机场快线(全长 35.3 km)和地铁东涌线(全长 31.1 km)两条线路的运输能力。其中机场快线直接为往来香港新机场的旅客服务, 而东涌线则为地区客运服务。香港机场快线于 1998 年 7 月 6 日投入运营, 最高行驶速度为 135 km/h。

由上海地铁 2 号线龙阳路车站至浦东国际机场的上海磁悬浮列车示范运营线, 如图 1-2-12 所示, 就是典型的磁悬浮铁路在机场铁路中应用的模式, 该项目引进德国的 Transrapid

技术,同时也是中国建成的世界上第一条高速商业运营线,该线路全长约 30 km,最高时速为 430 km/h。



图 1-2-12 上海磁悬浮列车示范运营线

1.2.10 新交通系统

新交通系统是以改善大城市的交通措施为目的而开发研究的,其线路一般是利用公路、铁路及河流等地区的上层空间采取高架方式,但在个别区段也可采用地面或地下方式,以降低工程造价。新交通系统的实用化已有十多年的历史,主要以世界各大城市轨道交通中采用小断面车辆、桥梁、隧道的线性电机驱动系统、AGT 系统和单轨运输系统为具体表现,新交通系统采用站距短、停车多、密度大的运营方式,以便与城市的公共交通系统相互匹配,达到分散客流的目的。

新交通系统的特点主要有以下几个。

1. 采用电力牵引,没有空气污染。
2. 由于采用橡胶轮胎,大幅度地降低了运营及振动噪声。
3. 线路采用高架方式,与其他交通设施完全隔离,不必担心交通拥堵。
4. 线路的正点运营率和安全可靠明显提高。
5. 站间距小,方便旅客换乘。
6. 车辆小型化、轻量化,显著降低了工程的建设费用。
7. 运营管理系统全部采用电子计算机技术,全面提高了系统的自动化水平。

日本横滨市金泽新城在 20 世纪 80 年代初期,为了解决公共汽车运量不足的现象,决定兴建介于地铁和公共汽车之间中等运量的新型交通设施。根据城市总体规划,1982 年 12 月决定开工建设全长 10.6 km 的新交通系统。该系统线路全部为高架形式,最小曲线半径为 50 m,最大坡度为 40‰,于 1989 年 7 月 5 日建成开通。

横滨新交通系统的车辆在混凝土轨道上运行,完全实现了无人自动化驾驶。该系统的车辆可由两侧导向或中间导向,采用第三轨供电方式,供电电压为 DC 750 V。

新加坡 LRT 轻轨系统采用橡胶车轮的车厢在高架水泥路面上行驶,如图 1-2-13 所示,依靠车底的导向轮和路面中间的导轨进行导向,与日本的新交通系统(AGT)相类似。我国香港赤鱘角国际机场于 1997 年开通了全长约 1 km 的 APM 新交通系统,北京首都国际机场于 2008 年奥运会之际开通了全长约 4 km 的 APM 新交通系统,如图 1-2-14 所示。广州珠江新城在 2010 年世界大学生运动会前开通了线路总长约 3.94 km 的 APM 新交通系统。



图 1-2-13 新加坡 LRT 轻轨



图 1-2-14 首都国际机场 APM 系统

除上述新交通系统方式之外,线性电机驱动的新交通系统,由于车体结构小,隧道断面也相应减小,故被称为“小型地铁”或“微型地铁”。线性电机驱动系统仍然采用轮轨传动结构,只是采用线性感应电动机驱动。目前日本大阪的地铁 7 号线和东京地铁的 12 号线采用的就是线性电机驱动列车。

1.2.11 磁悬浮铁路

目前,世界上的磁悬浮铁路的工作原理主要包含电磁悬浮和电动悬浮两种方式,并已经达到实际应用的水平。

电磁悬浮就是对车载的、置于导轨下方的悬浮电磁铁通电励磁而产生电磁场,电磁铁与轨道上的电磁构件(钢质导轨或长定子直线电机定子铁芯)相互吸引,将列车向上吸起悬浮于轨道上,电磁铁和电磁轨道之间的悬浮间隙一般为 8~10 mm。列车通过直线电机牵引行走,通过控制悬浮电磁铁的励磁电流保证稳定的悬浮间隙。最新的电磁式悬浮列车以德国的 Transrapid 08 高速类型(如图 1-2-15 所示)和日本的 HSS-T100L 中低速类型(如图 1-2-16 所示)为代表。

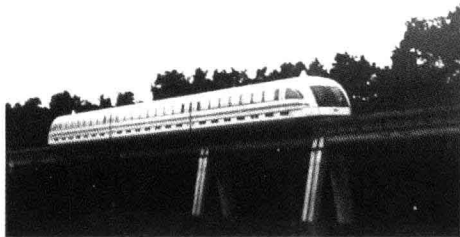


图 1-2-15 德国 Transrapid 电磁悬浮车

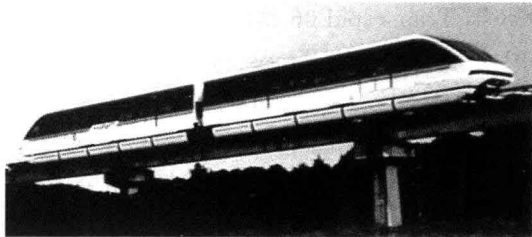


图 1-2-16 日本 HSS-T100L 型电磁悬浮车

电动悬浮就是列车运动时,车载磁体(一般为低温超导线圈或永久磁铁)的运动磁场在安装于线路上的悬浮线圈产生感应电流,两者相互作用,产生一个向上的磁力,将列车悬浮于路面上一定的高度(一般为 100~150 mm),列车运行靠直线电机牵引。与电磁式相比,电动式磁浮在静止的时候不能悬浮,在低速运行时列车依靠橡胶轮胎支撑和导向。当列车加速达到