

城市轨道交通 行车组织

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
XINGCHE ZUZH

朱济龙 主编 李 军 主审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

城市轨道交通行车组织

朱济龙 主编

李 军 主审

中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

通过对本书的学习,可以使从事或将要从事城市轨道交通事业的人员系统地了解行车组织的基本概念和基本理论,掌握了解城市轨道交通基本设备,掌握了解车站工作组织和计算、列车开行方案的基本方法和计算,获得编列车运行图和调车工作与车辆运用基本技能,掌握城市轨道交通运输能力计算与列车运行组织和计算方法,为从事城市轨道交通行车工作打下坚实的基础。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通行车组织/朱济龙主编. —北京:
中国铁道出版社,2011.6
ISBN 978-7-113-13023-7

I. ①城… II. ①朱… III. ①城市铁路-行车组织
IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 094446 号

书 名:城市轨道交通行车组织

作 者:朱济龙 主编 李 军 主审

责任编辑:孙 楠 电话:010-51873421 电子信箱:tdpress@126.com

封面设计:郑春鹏

责任校对:孙 玫

责任印制:郭向伟

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)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市华业印装厂

版 次:2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:11 字数:274 千

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-13023-7

定 价:25.00 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,请与本社读者服务部联系调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

前 言

《城市轨道交通行车组织》是城市轨道交通专业职业教育的一门核心专业课。城市轨道交通行车组织是城市轨道交通的重要组成部分,是城市轨道交通系统综合运用各种技术设备、合理组织列车运行、实现乘客运输过程的计划和组织工作。其主要内容包括:城市轨道交通系统构成概述、列车开行计划、车站工作组织、行车闭塞法、调车工作与车辆运用、列车运行图与车辆运用计划、运输能力、列车运行组织等。

本书通过对城市轨道交通行车设备及基本原理的描述,深入浅出地对行车组织办法进行了全面详细的介绍。

通过本课程的学习,使从事或将要从事城市轨道交通事业的人员系统了解行车组织的基本概念和基本理论,掌握城市轨道交通基本设备、车站工作组织和计算、列车开行方案的基本方法和计算,获得编列车运行图和调车工作与车辆运用基本技能,掌握城市轨道交通运输能力计算与列车运行组织和计算方法,为从事城市轨道交通行车工作打下坚实的基础。

全书共分八章。

第一章介绍城市轨道交通系统基本构成、城市轨道交通的作用和运输生产过程、城市轨道交通系统网络结构、城市轨道交通线路、车站设备、列车与车辆段设备。

第二章介绍客流基本概念、列车开行计划、列车开行方案。

第三章介绍车站技术设备、车站行车作业、乘客换乘方式。

第四章介绍行车闭塞法、传统自动闭塞控制、列车运行自动控制的自动闭塞、电话闭塞法控制。

第五章介绍调车作业、车辆运用、乘务管理。

第六章介绍列车运行图、车辆运用计划。

第七章介绍城市轨道交通运输能力、城市轨道交通线路通过能力、城市轨道交通列车折返能力、城市轨道交通运输能力加强。

第八章介绍行车调度工作、正常情况下的列车运行组织、非正常情况下的列车运行组织、特殊情况下列车运行。

本书在编写过程中参考引用了有关专家、学者、老师的城市轨道交通方面的书籍和文献,部分城市轨道交通企业的运营资料及相关文献,博采众家之长。在此谨向有关专家、学者、老师及部门致以衷心的感谢。

同时,编者也得到了武汉地铁公司、深圳地铁公司、上海地铁公司、广州地铁公司、南京地铁公司、成都地铁公司、武汉铁路司机学校等部门的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

城市轨道交通系统引入多国技术,制式众多,而且相关设备发展日新月异,书中的资料和数据可能与实际设备存在出入,仅供参考。同时由于编者水平有限,书中难免有不足、不妥之处,请读者批评指正。

编者
2011年3月

目 录

第一章 城市轨道交通系统构成概述	1
第一节 城市轨道交通的作用和运输生产过程.....	1
第二节 城市轨道交通系统网络结构.....	4
第三节 城市轨道交通线路.....	7
第四节 车 站	16
第五节 列车与车辆段	20
第二章 列车开行计划	27
第一节 客流概述	27
第二节 列车开行计划	37
第三节 列车开行方案	41
第三章 车站作业组织	50
第一节 车站技术设备	50
第二节 车站行车作业	57
第三节 乘客换乘	63
第四章 行车闭塞法	69
第一节 行车闭塞法概述	69
第二节 传统自动闭塞控制	72
第三节 列车运行自动控制的自动闭塞	76
第四节 电话闭塞法控制	89
第五章 调车工作与车辆运用	91
第一节 调车作业	91
第二节 车辆运用.....	100
第三节 乘务管理.....	104
第六章 列车运行图与车辆运用计划	106
第一节 列车运行图.....	106
第二节 车辆运用计划.....	123
第七章 运输能力	126
第一节 运输能力概述.....	126

第二节	线路通过能力·····	128
第三节	列车折返能力·····	132
第四节	运输能力加强·····	137
第八章	列车运行组织·····	143
第一节	行车调度工作·····	143
第二节	正常情况下的列车运行组织·····	156
第三节	非正常情况下的列车运行组织·····	164
第四节	特殊情况下列车运行·····	168
参考文献 ·····		170

第一章 城市轨道交通系统构成概述

城市轨道交通行车组织是城市轨道交通组织的重要组成部分,是城市轨道交通系统综合运用各种技术设备、合理组织列车运行、实现乘客运输过程的计划和组织工作。也就是为综合运用列车、机车、车辆、线路、车站、通信信号等运输技术设备所进行的工作。狭义的行车是指列车、机车和列车在轨道线路上的运行活动。

城市轨道交通是由活动设备(车辆)与各种固定设备(线路、车站、车辆基地、控制系统、供电与环控设备等)所组成的复杂系统。从广义角度来讲,城市轨道交通的基本构成中还应包括营运、控制、信息等要素。

第一节 城市轨道交通的作用和运输生产过程

一、城市轨道交通的特点

城市轨道交通是城市公共交通的骨干,符合可持续发展的原则,特别适应于大中城市。

城市轨道交通与城市其他道路交通相比有以下特点:

1. 安全

城市轨道交通因为运量大,人们在设计、建设、管理以及资金的投入方面,对城市轨道交通的安全特别重视。

2. 快捷

城市轨道交通不受地面环境影响。

3. 准时

城市轨道交通在其专用的轨道上行驶,在可靠技术支持下,按照运行计划行驶,一般都会正常准时运行。

4. 舒适

城市轨道交通的乘车环境好。

5. 运量大

城市轨道交通的车厢空间大,一般一列城轨列车一次可载 2 000 人以上。

6. 无污染(或少污染)

城市轨道交通的动力是电能,没有污染。

7. 占地少,不破坏地面景观

城市轨道交通的线路主要在地下,占用城市地面面积少,不会破坏地面景观。

8. 投资大,技术复杂,建设周期长

城市轨道交通是一个庞大的系统工程,它涉及土建(装修)、机械、电子、供电、通信、信号等技术。设备多,点多面广,技术要求、技术含量高,系统性、严密性、联动性要求高。土建工程大而多,而且建设的周期长。涉及的资金投入一般是每公里 4 亿~6 亿元。一般大城市建成一个 200 km 的城市轨道交通网,要投资上千亿的资金,且时间要 10~20 年。

二、城市轨道交通在国民经济中的地位和作用

1. 城市轨道交通的地位

引领城市规划:大力发展城市轨道交通事业是从根本上改善和解决城市交通的状况,保持城市可持续性发展的重要措施。城市交通的规划、建设和运营,带动了城市向郊区地区扩展,从而使城市原有的规模得到扩大,而且,在城市轨道交通的作用下,城市的各种设施向线路两侧集中,导致城市沿着城市轨道交通线路轴向发展,进而导致城市中心的变迁和原有格局的改变。所以城市轨道交通与城市的发展是紧密相关的,对城市发展具有巨大的引导作用,城市结构也会随着城市轨道交通的发展而不断发展变化。现代化的大都市以发展道路交通来完全满足客运需求是不现实的,城市不可能提供足够的土地来增加道路。因此,大容量、无污染、高效率、对改善环境有益的城市轨道交通日益成为城市交通发展的首选模式。城市规划的实质是交通规划和用地规划,在规划城市轨道交通时结合城市的定位、地理结构、人文景观、人口规模、用地规模等,使其适合城市未来的发展。

随着我国经济的迅速发展和城市化进程的加快,客运交通量急剧增加,原有的城市交通系统无论在数量和质量上都不能满足城市发展的需求,发展快速便捷的城市轨道交通系统已逐渐得到各级政府的重视和广大群众的拥护。20世纪90年代以来,城市轨道交通系统的研究进一步深入展开,城市轨道交通建设进入了一个新的发展阶段。许多城市意识到城市轨道交通不但可以解决城市交通问题,更重要的是可以促进城市可持续发展,进而推动城市经济建设。

2. 城市轨道交通的作用

解决城市交通现状:当前,我国大中城市普遍存在着道路拥挤、车辆堵塞、交通秩序混乱的现象,这已成为城市发展的“瓶颈”问题。随着我国城市规模和经济建设飞速的发展,城市化进程在逐步加快,城市人口也急剧增加,大量流动人口涌进城市,人们出行和物资交流频繁,交通需求急剧增长,城市道路交通供需矛盾日趋紧张。发展以城市轨道交通为骨干,以常规公交为主体的公共交通体系,为城市居民提供安全、快速、舒适的交通环境,引导城市居民使用公共交通系统是国外大城市解决城市交通问题的成功经验,也是我国大城市解决交通问题的唯一途径。城市结构改变的一个重要因素就是人口的疏解。但是我国城市传统的以步行、自行车、公共汽车为主的交通方式,限制了城市人口的有机疏解。城市轨道交通具有快捷、安全、容量大等特点,不仅能及时疏解大量密集人群,而且由于其对沿线区域的可达性的大大提高,对居民产生巨大的吸引力,可以诱导人们远离市中心居住,从而促进城市结构的改变。

(1) 环境保护

城市环境与交通有着极为密切的联系。城市环境恶化的一个重要原因在于汽车的尾气排放和城市道路的噪声。以汽车为主的城市道路交通对城市发展有着极为不利的影响,它带来大气污染、交通事故增加和其他一系列社会问题。而城市轨道交通具有低能耗、无污染、安全等特点,它对于改善城市环境、增加城市环境容量有着极为重要的作用,对于建立新型生态城市结构具有重要的现实意义。

节约资源、减少能源消耗:以城市轨道交通为主的城市轨道交通,一般修建在城市的地下,不仅用地比城市道路交通的汽车要少得多,而且由于强大的运输能力以及快速、安全等特点,更能促进城市人口密集在轨道两侧,促进城市用地集约化与居住环境改善的统一,促进城市形

态和土地使用格局相应的调整,促进城市人口外延性的发展,也使人口分布于更宽广的地域。另外城市轨道交通的能源是电力,与地面交通所消耗的能源相比是很少的。

(2)拉动相关产业的发展

城市轨道交通是一个系统工程,涉及其他行业较多,如:房地产、制造、建筑、媒体以及服务行业等。建设城市轨道交通,相关行业就要配合、配套。这样就给其他行业提供了发展的机会,同样也提高了城市人口的就业率,从而又推动了城市的经济发展。

(3)战备防空

城市轨道交通系统在和平年代是城市的交通设施,是用于城市居民出行的交通工具。战争时期(或非常时期)城市轨道交通设施还能作为城市居民的防空掩体(避难场所)。

世界各国城市轨道交通的发展说明,城市轨道交通的发展无不和与之发展相配套的技术经济政策密切相关。我国城市轨道交通现已进入快速发展阶段,在把握机遇、快速发展的同时,更应重视城市规划作用,保持城市经济增长,保持城市的可持续发展。因此,在正确的战略指导下,研究制定城市轨道交通的建设发展具有重大的现实意义。

三、城市轨道交通运输的产品和生产过程

城市轨道交通运输生产是利用轨道线路、车站、机车、车辆、通信信号等技术设备,将乘客从一个地点运至另一个地点。城市轨道交通运输生产的产品是旅客在空间的位移,不具有实物形态,以人/km 来计算。城市轨道交通运输,一般要经过始发站的发送作业、运送途中的上、下乘或换乘和终到站的到达作业等一系列作业程序,如图 1-1 所示。

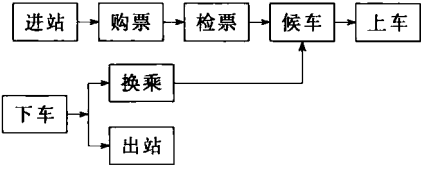


图 1-1 乘客进、出站活动流线示意

四、城市轨道交通的运输技术管理

城市轨道交通系统技术管理主要分为行车管理、站务管理、票务管理、设备运营管理 4 大部分:

1. 行车管理

行车管理可以分为运输计划的编制、车辆配备计划、列车牵引计算、列车运行图的铺画、列车运行交路计划、运输能力计算、列车运行与行车调度指挥等内容。行车管理是城市轨道交通运营管理体系的核心内容。

2. 站务管理

站务管理主要包括乘客的导向、乘客的乘降、接发列车、列车的折返。

3. 票务管理

票务管理主要包括票制、票价的确定和自动售检票系统及其运用、管理。

4. 设备运营管理

设备运营管理包括车站服务设施系统、通信及信号系统、收费系统、供电系统、环控系统、通风及排烟系统、防灾系统、给水排水系统、自动扶梯及电梯运载系统等设施、设备的操作运用和养护维修管理。

五、城市轨道交通运输的设备系统

城市轨道交通由许多设备系统组成,不同的设备系统完成着城市轨道交通系统的不同功

能。一般分为车辆(RST)及车辆段设备(WSH),供电设备[分为:交流高中压(HMV),牵引供电(TPS),接触网(OCS)],电力监控(SCA),线路(轨道),通信(TEL),信号(SIG),车站设备监控(BAS),防灾报警(FAS),气体灭火系统(GFS),环控系统(ACS),电梯、扶梯(ESC),屏蔽门(PSD),自动售检票系统(AFC)等。

从运输功能来看,城市轨道交通设施、设备分属于3大系统:

1. 列车运行系统:线路、车辆、牵引供电、信号、通信等。
2. 客运服务系统:车站照明、自动扶梯、自动售检票及广播、导向及乘客信息系统、消防、车站设施等。
3. 检修保障系统:为保障行车、客运设备性能良好,使其能随时重新投入运营而具备的检修设施及其他设备。

城市轨道交通系统,乘客密集,跨越市区,工作上具有高度集中、半军事性、各个工作环节紧密联系和各部门协同动作等特点。

城市轨道交通的这些特点,要求行车组织工作要认真贯彻安全生产的方针。

六、城市轨道交通的参数

一般城市轨道交通系统的运输参数有:

1. 日均载客量:即每天乘坐城市轨道交通人数的总和。
2. 行车间隔:即每一列车发车的时间间隔。一般以分钟为单位,精确到秒。分高峰期、中峰期和低峰期。
3. 运行车辆:即运行时刻在线路上行驶的列车数量。
4. 停站时间:即列车在车站停站时间,一般以秒为单位。
5. 速度:即列车在区间(车站与车站之间的距离)行驶的平均速度。
6. 交路周期:即列车在线路上行驶一个往返所需要的时间(包括停站时间和折返时间)。
7. 票价:乘客乘坐城市轨道交通列车需要买票付费。票价的多少根据乘客乘坐列车行驶距离多少而定,一般以乘坐的车站为单位。票价的政策是由政府确定。

第二节 城市轨道交通系统网络结构

一、城市轨道交通网络结构

城市轨道交通网络受城市的布局结构、自然地理环境等因素的影响,形成了千姿百态的网络形态。在各种网络形态中,最常见、最基本的有星形、网格状、放射网状和有环放射状,如图1-2所示。

不同结构形态的网络有着不同的特点,以下分别介绍各种网络结构的几何特征。

1. 星形结构

星形结构是指网络中所有线路只有一个交点的结构。其唯一的换乘站一般都位于市中心的客流集散中心,乘客方向流间相互干扰大;除容易引起混乱与拥挤外,换乘枢纽的设计与施工难度也很大(指:网络结构重要的部分,事物相互联系的中心环节)。一般多采用分层换乘,因而车站的埋深加大,车站的建设费用增加,乘客换乘时间延长。这种结构由于线路都通达市中心,使得市郊与市中心间联系便利,市中心的可达性极好,但市郊间联系不便,必须经过市中心换乘,如图1-3所示。

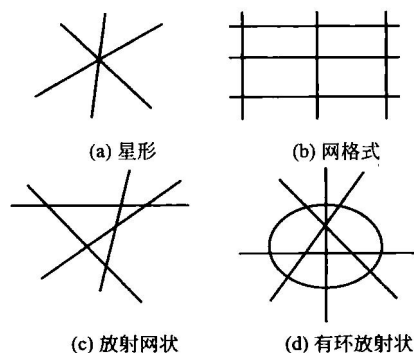


图 1-2 城市轨道交通网络结构的四种基本形态

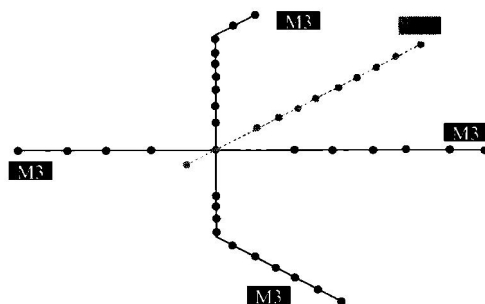


图 1-3 布达佩斯城市轨道交通网络示意图

星形结构的城市轨道交通网适用于单中心城市,且城市轨道交通网络规模不大,城市轨道交通线路条数不超过 3 条。

2. 网格式

网格式线网的各条线路纵横交叉,形成方格网,呈棋盘状。网格式线网中的线路走向比较单一,大多呈平行四边形。采用这种结构形态的有大阪和墨西哥城,如图 1-4 所示。

网格状轨道线路分布比较均匀,客流吸引范围大;线路多为纵横两个方向,乘客辨认方向简单;换乘站多,纵横线路间换乘便捷,线网连通性好。但由于线网走向比较单一,多为纵横两个方向,因此对角线方向的出行距离较长;市中心与郊区间出行需要换乘,有些地方可能需要换乘多次;平行线路间换乘也很麻烦,一般需要换乘两次以上,当网络密度小、平行线间距离大时,平行线间的换乘也是很费时的。

网格状的城市轨道交通网一般适用于规模不是很大、开发强度较低、中心区发展比较均匀的城市。

3. 放射网状

放射网状结构由多条径向线交叉所形成,多为三角形的网络结构。采用这种线网结构形态的有芝加哥(图 1-5)、慕尼黑和名古屋等城市。放射网状多数线路在城市中心区域发生三角形交叉,市中心区线路和换乘枢纽密集而均匀,网络连通性好,乘客换乘方便。任意两条路间都可以实现直接换乘,路网中深入市郊的放射线很长。由于各个方向都有线路通达城市中心区,市郊到城市中心的出行方便,市中心区对市郊的经济辐射距离远。缺点是市郊间发生联系时必须到市中心区的换乘枢纽换

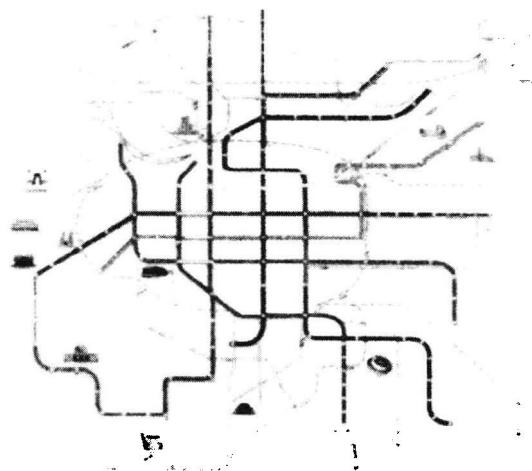


图 1-4 大阪城市轨道交通网络示意图

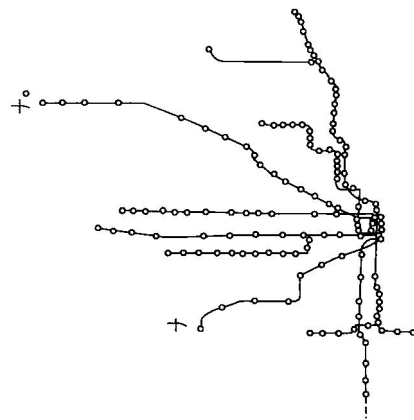


图 1-5 芝加哥城市轨道交通网络示意图

乘,导致乘客绕弯路。

总体来说,在放射线不是很长的情况下,或在轴向发展的城市内采用该结构是很有利的。一方面,城市各郊区、各发展轴与市中心联系便捷,另一方面,中心区的换乘枢纽布置均匀,有利于扩大市中心区的范围和提高服务水平。

4. 有环放射状

有环放射状是在放射网状的基础上增加环形线而形成的网络结构,线网由多条径向线和环绕市区的环线共同构成。在城市轨道交通网络规模不大的一些城市,如新德里、巴黎等,环线一般只有一条,而在一些城市轨道交通线网规模较大的城市,如莫斯科、东京等,会出现两条或两条以上的城市轨道交通环线(图 1-6)。

有环放射网状结构是由放射网状结构增加环线而形成的,因此具有放射网状结构的全部优点,同时由于环线与所有径向线都能直接换乘,整个网络的连通性更好,线路间换乘更方便,而且能有效地缩短市郊间乘客利用城市轨道交通的出行距离和时间。当城市郊区发展成市区后,这种形式的网络便于线网有效的扩展。



图 1-6 东京城市轨道交通网络示意图

二、城市轨道交通量分配

我们要把运输工具分配阶段所得到的各小区之间的城市轨道交通量分配到将来的城市轨道交通路网上去,以求得路网中的各城市轨道交通线路应承担的交通量,从而为确定城市轨道交通的类型和规模提供依据。

城市轨道交通量分配常用的方法有最短路径法,即将 OD 间的城市轨道交通量全部分配到相应的最短路线上。

OD 调查即交通起止点调查,又称 OD 交通量调查,OD 交通量就是指起终点间的交通出行量。“O”来源于英文 origin,指出行的出发地点;“D”来源于英文 destination,指出行的目的地。

在 OD 间同时选定多条路径,按各条路径的特性值(如时间、所需费用等)的大小比例,将各 OD 间的城市轨道交通量分配到各条城市轨道交通线路上去。

最短路径法实际上是在进行交通量分配时用得最多的方法。其原因是城市轨道交通容量大、造价高,路网不像道路网那样密,路径选择自由度小,且旅行所需时间基本上不受拥挤程度的影响,所以最短路径法比较符合实际,而且最短路径法的思路清晰易懂。

最短路径法是由莫尔(R. F. Moore)于 1975 年首先提出,经改进后被称为 Dijkstra(迪杰斯特拉)法。该方法可以用图解法来做说明,以图 1-7 为例。

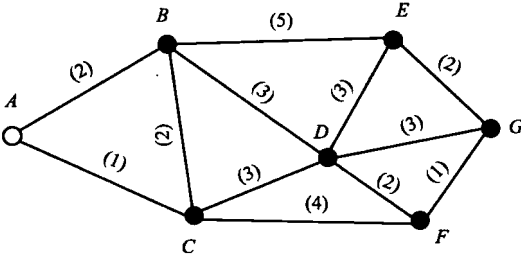


图 1-7 用最短路径求解的线网

图中各条链(两节点间的连线)上都标有权值。所谓链的权值,泛指链的长度,但作为实际指标,它既可以是实际距离,也可以是所需费用、所需时间或由它们复合而成的指标。最短路径法可以同时求出一个节点到其他所有节点的最短路径。第一个节点称为根。现在就来寻求以节点 A 为根的最短路径。

为了求解,需要在图 1-7 的基础上加些标注(图 1-8)。在各节点加上一个标记栏“[,]”,栏内前一项标记与该节点相连、至根距离最短的前一节点的标号,后一项用于标记该节点到根的累计最短距离。方括号中的第一项若是一个负号,则表示该节点无前节点,说明它是根。

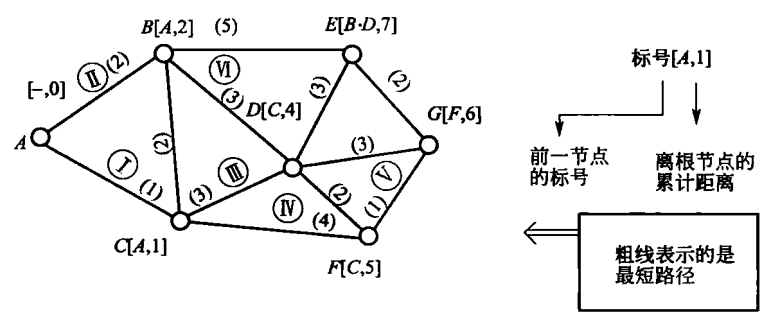


图 1-8 寻求最短路径的过程

D 能与 A 节点相连的可能节点为 B 和 C,距离分别为(2)和(1),所以标记栏内记入 C,以此类推,可逐一把最短距离记入它们的标记栏内,到最后所有的节点都被标记,并与根节点连接。根据这些标记,从各节点反推回去,即可得到最短路径。例如,G—A 的最短路径是 G—F—C—A,其距离为 6。有了 G—A 的最短路径,则 G 所在的交通小区与 A 所在的交通小区之间的城市轨道交通量将全部分配到 G—F—C—A 路径上。在图 1-8 中,粗线所表示的就是最短路径。

第三节 城市轨道交通线路

线路是列车所行驶的轨道式通道,由轨道结构及支撑它的路基、涵洞或桥梁、隧道等建筑物组成。

为了保证线路各类建筑物建成后能够发挥应有的作用,它们在总体上应满足行车需求和工程实施的一系列要求。

如今的城市轨道交通已有多种固定导轨形式,由此派生出轮轨系统、单轨系统、磁浮系统等多种类型,不同的城市轨道交通系统有着不同的轨道结构。

一、轨道线路种类及敷设方式

1. 线路种类:按其在运营中的作用,城市轨道交通的线路分为正线、辅助线和车场线三类。

正线是连接两个车站并从区间伸入或贯穿车站、行驶载客列车的线路。正线还可分为区间正线和车站正线。

辅助线一般不行驶载客列车,是指车站内进行列车到发、通过、折返作业的线路,停放列车的线路,列车进出车辆段(停车场)的线路,以及将线网中的不同线路、车辆段与铁路连接起来

的线路。它们包括:车站侧线、折返线、渡线、存车线、出入段(场)线、安全线和联络线等。

车场线是车辆段(停车场)内进行车辆停放、编组、列检、检修、清洗和调试等作业的线路,有停车线、列检线、检修线、洗车线、牵出线 and 试车线等。

2. 线路敷设方式:城市轨道交通的线路敷设有地下、高架与地面三种方式(图 1-9、图 1-10)。



图 1-9 高架轨道线路图



图 1-10 地面轨道线路图

地下线路敷设在地下隧道中,按埋设深度有浅埋(埋深不大于 20 m)和深埋(埋深大于 20 m)两种情形。区间段的隧道横断面有单跨矩形、双跨矩形、圆形和马蹄形等形状(图 1-11)。

	明挖法	盾构法	暗挖法
区 间	 标准段 渡线 上下式	 单跨 双跨	
车 站	 岛式 站台 侧式 站台	 联拱结构 梁拱结构	

图 1-11 地下线路区间及车站典型横断面形状示意图

(1)明挖法:指的是先将隧道部位的岩(土)体全部挖除,然后修建洞身、洞门,再进行回填的施工方法。

(2)盾构法:用带防护罩的特制机械(即盾构)在破碎岩层或土层中掘进隧洞的施工方法。可同时有序进行掘进、出砬、拼装预制混凝土衬砌块。

(3)暗挖法:有时也称为矿山法,尤其是指在坚硬的岩石层中采用的矿山巷道掘砌技术的开凿方式。

地下线路通常采用无砟轨道结构(即钢筋混凝土整体道床)以及采用“高站位、低区间”纵断面设计(图 1-12)。

高架线路敷设在高架桥上,高架桥大都采用混凝土结构,其墩柱除应具有足够的强度和稳定性外,造型设计还应与城市景观协调(图 1-9)。

在轨道结构方面,单轨采用一种特殊类型的道岔,如图 1-13 所示。



图 1-12 高站位、低区间设计

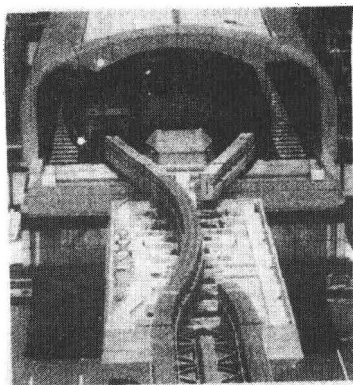


图 1-13 跨坐式单轨的道岔

地面线路又分为路权共用与路权专用两类。路权共用的地面线路通常敷设在街道上,在街道上的布置有双线在道路两侧、双线在道路一侧、双线在道路中央、单线在道路一侧等情形。为了不影响其他交通,路权共用线路将槽形钢轨嵌铺在街道路面上(图 1-14、图 1-15)。路权专用的地面线路有独立路基,大都采用有砟轨道结构(图 1-16)。



图 1-14 路权共用的地面线路

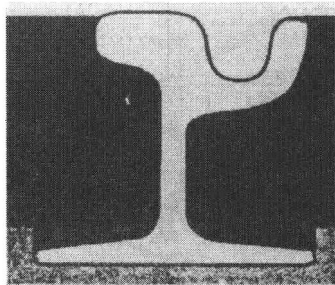


图 1-15 路权共用的地面线路
槽形钢轨示意图

二、轨道线路的结构

不同城市轨道交通系统的轨道结构功能不尽相同。在轮轨系统中,轨道结构的功能主要有以下几点:

(1)导向。引导城市轨道交通列车沿固定的路线行驶,这是各类城市轨道交通系统轨道结构共有的功能。城市轨道交通车辆运行依靠轨道来导向,引导列车沿钢轨延伸方向行驶。钢轨与车轮之间的契合关系在一定程度上限制了车辆的横向移动。

(2)减小荷载作用强度。列车荷载通过车轮传递到钢轨,然后通过轨枕、道砟等传递到路基。钢轨受到的集中荷载一般会大于 60 kN,轨面压应力超过 40 000 kPa,而最后传递到



图 1-16 路权专用的地面线路

路基顶面上的均布荷载强度一般不超过 100 kPa。

(3)减振降噪。轨道结构中介于钢轨与轨枕之间的垫圈、有砟轨道结构的道砟等都具有一定的弹性,这对减少列车及轨道结构的振动有一定作用;通过改善钢轨平顺度、轨面平滑度等可以降低轮轨摩擦引起的噪声。

地铁、轻轨轨道结构一般由钢轨、轨枕、连接零件、道床、道岔及其他附属设备组成,如图 1-17 所示。

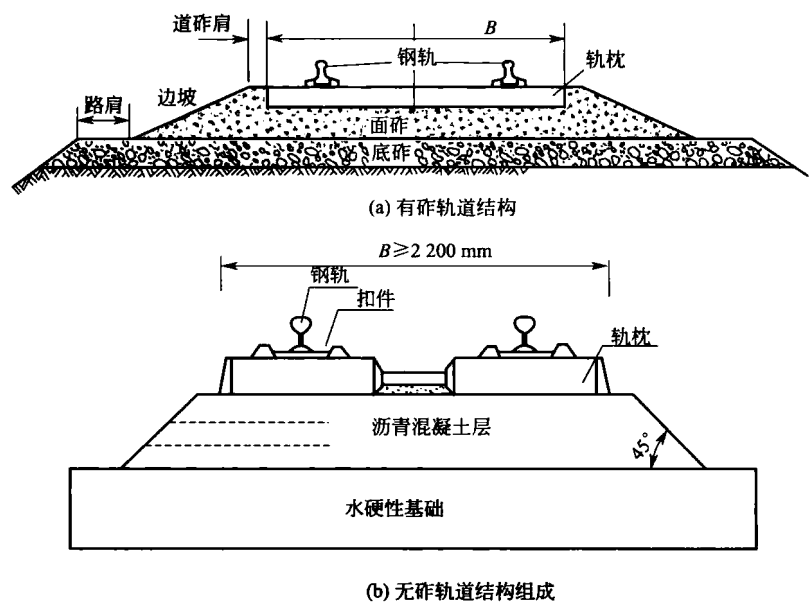


图 1-17 轮轨系统的轨道结构组成图

1. 钢轨

钢轨的功用在于引导城市轨道交通列车的车轮,直接承受来自车轮和其他方面的力并传之于轨枕,同时为车轮的滚动提供小阻力的表面。在电气化铁道或自动闭塞区段,钢轨还可兼作供电电路、轨道电路之用。

图 1-18 所示是我国城市轨道交通的钢轨标准断面,它由轨头、轨腰和轨底三部分组成。

习惯上用每延米钢轨的质量来称呼不同等级的钢轨,我国常用的钢轨质量等级有 50 kg/m、60 kg/m。对于 60 kg/m 钢轨, $H=176\text{ mm}$, $B=150\text{ mm}$ 。

城市轨道交通系统轮轨正线一般采用 60 kg/m 钢轨,车场线采用 50 kg/m 钢轨,正线采用焊接型长钢轨。直线轨距标准为 1 435 mm。

2. 轨枕

轨枕的功用是支承钢轨,保持轨距和方向,并将钢轨对它的各种压力传递到道床上。

3. 连接零件

钢轨连接分为中间连接和接头连接两类。中间连接为钢轨与轨枕之间的连接,通常称为

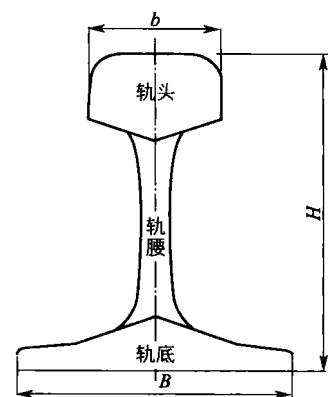


图 1-18 钢轨标准断面示意图

扣件。接头连接是将两根钢轨之间用接头夹板连接。

4. 道床

道床是轨枕的基础。

在隧道内的道床一般采用混凝土整体道床；高架线路可采用整体道床，也可采用碎石道床；地面一般采用碎石道床，对路基进行强度处理。

5. 道岔

道岔是列车从一股轨道转入或越过另一股轨道时的线路设备(图 1-19)。

单开道岔在城市轨道交通线路中运用最为广泛，普通单开道岔包括尖轨、基本轨、辙叉、护轮轨、翼轨、连接零件及转换设备连接部分。

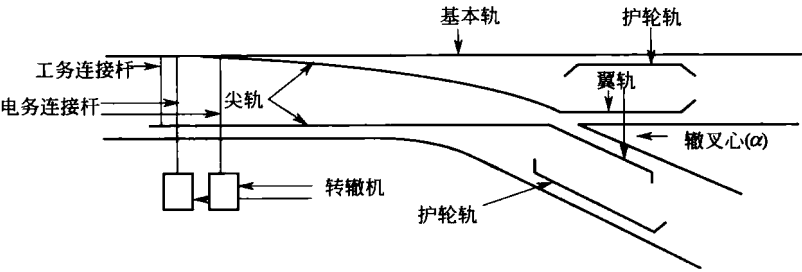


图 1-19 普通单开道岔构造示意图

车轮在通过辙叉时，从两根翼轨的最窄处到辙叉心的最尖端之间有一段空隙，这就是道岔的有害空间。设置护轨的目的是要强制引导车轮的运行方向。

城市轨道交通线路的正线及折返线统一采用 9 号道岔，车厂线除试车线采用 9 号道岔，其余均采用 7 号道岔。

道岔号数为辙叉角余切的取整值，号数越大的道岔，允许侧向通过的列车速度越大。例如 7 号道岔的允许侧向通过速度为 25 km/h，而 9 号道岔的允许侧向通过速度只有 30 km/h。

5 号道岔 AT 弹性可弯尖轨高锰钢整铸，允许侧向通过速度 20 km/h。

9 号道岔 AT 弹性可弯尖轨高锰钢整铸，允许侧向通过速度 35 km/h。

9 号可动心轨道岔、AT 弹性可弯尖轨，允许侧向通过速度 50 km/h。

12 号道岔 AT 弹性可弯尖轨高锰钢整铸，允许侧向通过速度 50 km/h。

表 1-1 道岔号数与辙叉角的关系

道岔号数	7	9	12	18	30
辙叉角	8°07'48"	6°20'25"	4°45'49"	3°10'47"	1°54'33"

道岔可分为：普通单开道岔、交叉渡线道岔、单渡线道岔、复式交分道岔、单开对称道岔和三开道岔(图 1-20)。

三、线路的划分

1. 正线

正线是指供载客列车运行的线路，包括区间正线、车站正线。城市轨道交通的正线一般为全封闭线路，按双线设计，采用右侧行车制。正线与其他交通线路相交时，一般采用立体交叉。