

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 刘建
责任编辑 胡思佳
封面设计 黄燕美

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG XINGCHE ZUZH

城市轨道交通 行车组织

职业教育城市轨道交通系列创新教材

职业教育城市轨道交通系列创新教材

城市轨道交通 行车组织

主编 李意芬 黄敏 王玮

城市轨道交通
行车组织

主编 李意芬 黄敏 王玮
上海交通大学出版社

免费提供
精品教学资料包
服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-16467-4



9 787313 164674

定价: 43.00元



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

职业教育城市轨道交通系列创新教材

城市轨道交通 行车组织

主 编 李意芬 黄 敏 王 玮

副主编 陆广华 刘秀丹



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

全书分 11 个模块, 内容包括城市轨道交通行车组织基础知识、城市轨道交通行车组织基本原理、城市轨道交通车站行车组织、城市轨道交通车辆段行车组织、城市轨道交通列车开行计划、城市轨道交通列车运行图编制、城市轨道交通行车调度工作、正常情况下的行车组织、非正常情况下的行车组织、列车折返方式与列车运输能力、城市轨道交通行车事故处理与预防等。

本书可作为职业院校城市轨道交通相关专业的教材, 也可供相关技术人员作为参考之用。

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通行车组织/李意芬, 黄敏, 王玮主编

. 一上海: 上海交通大学出版社, 2017 (2025 重印)

ISBN 978-7-313-16467-4

I. ①城… II. ①李… ②黄… ③王… III. ①城市铁路—行车组织—高等职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 011168 号

城市轨道交通行车组织

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG XINGCHE ZUZH

主 编: 李意芬 黄 敏 王 玮

出版发行: 上海交通大学出版社

地 址: 上海市番禺路 951 号

邮政编码: 200030

电 话: 021-64071208

印 制: 三河市龙大印装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 14.5

字 数: 295 千字

版 次: 2017 年 1 月第 1 版

印 次: 2025 年 8 月第 9 次印刷

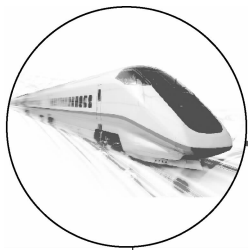
书 号: ISBN 978-7-313-16467-4

定 价: 43.00 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0316-3655788



出版说明

近年来，我国经济持续快速发展，城市规模不断扩大，城市人口不断增加，导致城市交通拥堵问题日益严重，地面交通承载能力日显不足。在此形势下，大力发展轨道交通已经成为解决城市交通问题的重要手段。

截至 2024 年年底，中国内地共有 58 个城市开通运营城市轨道交通，城市轨道交通运营线路总长度达 12 160.77 km。

我国正在经历着有史以来规模最大的城市轨道交通建设，城市轨道交通的高速发展带来了社会对城市轨道交通专业人才的巨大需求，同时，这样的需求也为职业教育城市轨道交通专业的发展带来了良好的契机。

为了适应和促进我国高等职业教育城市轨道交通专业教学的发展，规范城市轨道交通系列教材体系的建设，结合职业教育“校企合作，工学结合”的教学改革特点，我们特组织一批具有丰富教学经验的一线教师和企业人员编写了这套城市轨道交通系列规划教材。

本系列教材具有如下特色：

第一，严格遵循国家和行业现行标准与规范，同时结合国内各大城市轨道交通建设运营的实际组织编写。

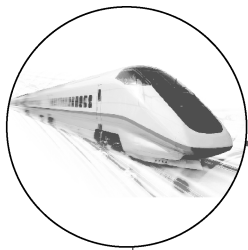
第二，注重职业教育特点，采用项目式教学模式，侧重实际工作岗位操作技能的培养。

第三，注重理论与实践的有机结合，根据实际需要和实际情况有针对性地设置实训环节，以增强学生的实际操作能力。

为了支持“立体化”教学，我们特别为本系列教材精心策划了精品教学资料包，为广大读者提供丰富的教学资源，以满足网络化及多媒体等现代教学需求，有效提升教学质量。

希望各院校在使用本系列教材的过程中提出宝贵的意见和建议，我们将认真听取，不断完善本系列教材。

编审委员会



前言

随着我国经济的发展,城市规模不断扩大,城市人口呈现规模性增长,导致城市交通问题日益凸显。为了解决这一紧迫问题,我国各大城市在大力发展地面交通的同时,也将城市轨道交通(地铁)建设提上了日程。

城市轨道交通行车组织工作作为城市轨道交通运营的核心内容之一,需要多工种协同工作才能顺利完成,因此,无论是站务员、行车调度员、司机,还是检修员等,都需要掌握城市轨道交通行车组织的相关知识。本书为满足当前我国高等职业教育教学改革的需求,按照教育部职业教育国家规划教材编写指导思想和有关原则编写而成,以城市轨道交通系统行车专业岗位所需理论知识和操作技能为主,对城市轨道交通行车组织进行了全面而详细的讲解。

本书推荐学时安排如下表所示:

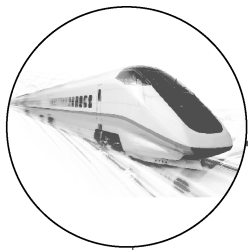
模 块	内 容	学 时
1	城市轨道交通行车组织基础知识	4
2	城市轨道交通行车组织基本原理	6
3	城市轨道交通车站行车组织	6
4	城市轨道交通车辆段行车组织	4
5	城市轨道交通列车开行计划	6
6	城市轨道交通列车运行图编制	6
7	城市轨道交通行车调度工作	4
8	正常情况下的行车组织	8
9	非正常情况下的行车组织	6
10	列车折返方式与列车运输能力	2
11	城市轨道交通行车事故处理与预防	2
总计		54



本书由李意芬、黄敏、王玮任主编，陆广华、刘秀丹任副主编。编写分工如下：模块 1 和模块 6 由陆广华编写，模块 2 和模块 3 由王玮编写，模块 4 和模块 5 由李意芬编写，模块 7、模块 8 和模块 9 由黄敏编写，模块 10、模块 11 和附录由刘秀丹编写。编者在编写过程中参考引用了国内外大量参考文献，在此向相关作者表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中存在的疏漏和不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者



目 录

模块 1 城市轨道交通行车组织基础知识 1

1.1 城市轨道交通对行车组织的要求 1

1.2 城市轨道交通系统的行车组织特点 2

1.3 城市轨道交通系统的主要行车设备 3

1.3.1 车辆 3

1.3.2 线路 4

1.3.3 车站 13

1.3.4 车辆基地 14

1.3.5 轨道 20

1.3.6 信号系统 21

1.3.7 列车自动控制系统 22

1.3.8 通信系统 26

1.3.9 供电系统 27

学习评价 30

思考与练习 31

模块 2 城市轨道交通行车组织基本原理 32

2.1 行车信号基础 32

2.1.1 行车信号的概念和分类 33

2.1.2 行车信号的基本要求 33

2.1.3 行车信号机的类型和信号显示制度 34

2.1.4 信号显示 34

2.1.5 行车标志 37

2.2 行车闭塞法 41

2.2.1 行车闭塞法概述 41

2.2.2 闭塞制式的实现 43

2.2.3 传统自动闭塞 45

2.2.4 移动闭塞 48

2.2.5 电话闭塞 56



2.3 联锁及联锁设备	58
2.3.1 联锁和进路	58
2.3.2 联锁的原理	59
2.3.3 联锁设备的功能和要求	60
2.3.4 联锁系统控制	60
学习评价	62
思考与练习	64

模块 3 城市轨道交通车站行车组织 65

3.1 城市轨道交通车站概述	65
3.1.1 城市轨道交通车站的概念和分类	66
3.1.2 城市轨道交通车站的组成	70
3.2 城市轨道交通车站行车设备	73
3.2.1 线路	73
3.2.2 轨道	75
3.3 城市轨道交通车站行车作业标准	89
3.3.1 车站行车作业基本要求	89
3.3.2 车站行车作业制度	90
3.3.3 接发列车作业	91
学习评价	95
思考与练习	96

模块 4 城市轨道交通车辆段行车组织 97

4.1 城市轨道交通车辆段概述	97
4.1.1 车辆段的类型和主要业务	97
4.1.2 车辆段的主要功能和构成	98
4.2 城市轨道交通车辆段行车组织作业	100
4.2.1 车辆段行车作业	100
4.2.2 车辆段接发车作业	103
4.3 城市轨道交通车辆段调车作业	104
4.3.1 车辆段调车作业的概念和分类	104
4.3.2 车辆段调车作业的作用	104
4.3.3 车辆段调车作业的要求	105
4.3.4 调车作业计划	106
4.3.5 调车作业过程的有关规定	107
学习评价	110
思考与练习	111

模块 5 城市轨道交通列车开行计划 112

5.1 列车开行的基本概念	112
----------------------	------------

5.1.1	列车的概念	112
5.1.2	运营时刻表	113
5.1.3	行车间隔时间	113
5.1.4	列车停站时间	113
5.1.5	折返方式与折返时间	114
5.1.6	列车运行速度	114
5.2	全日行车计划	115
5.2.1	全日行车计划的编制依据	115
5.2.2	全日行车计划的编制步骤	115
5.2.3	全日行车计划编制案例	116
5.3	列车开行方案	118
5.3.1	列车编组方案	118
5.3.2	列车交路方案	120
5.3.3	列车停站方案	121
	学习评价	124
	思考与练习	125
模块 6	城市轨道交通列车运行图编制	126
6.1	列车运行图的含义及表示形式	126
6.1.1	列车运行图的含义	126
6.1.2	列车运行图的表示形式	127
6.2	列车运行图的意义和符号	127
6.2.1	列车运行图的意义	128
6.2.2	列车运行图的符号	128
6.3	列车运行图的分类及车次规定	131
6.3.1	列车运行图的分类	131
6.3.2	车次规定	134
6.4	列车运行图的组成要素	135
6.4.1	时间要素	135
6.4.2	数量要素	137
6.4.3	其他相关要素	137
6.5	列车运行图的编制	138
6.5.1	编制列车运行图的原则和要求	138
6.5.2	编制列车运行图的准备资料与步骤	139
6.5.3	实行新列车运行图之前的准备工作	140
	学习评价	140
	思考与练习	142
模块 7	城市轨道交通行车调度工作	143
7.1	行车调度概述	143



7.1.1	行车调度的基本任务	143
7.1.2	行车调度指挥的原则	144
7.1.3	运营调度组织架构	145
7.1.4	行车调度员的职责和行车调度主要设备	146
7.2	行车调度控制方式	148
7.2.1	人工调度指挥系统	148
7.2.2	电子调度集中系统	148
7.2.3	行车指挥自动化控制系统	149
7.3	行车调度组织工作	149
7.3.1	行车调度工作制度	149
7.3.2	列车运行调整原则和方式	151
7.3.3	列车运行调整方法	152
	学习评价	154
	思考与练习	155
模块 8	正常情况下的行车组织	156
8.1	行车组织指挥体系	156
8.2	列车运行组织方式	158
8.2.1	列车调度指挥中心的主要工作	158
8.2.2	列车运行组织方式分类	158
8.2.3	列车运行组织的原则	159
8.3	列车驾驶模式	160
8.3.1	列车自动驾驶模式	160
8.3.2	列车自动折返模式	160
8.3.3	受监控的人工驾驶模式	161
8.3.4	受限制的人工驾驶模式	161
8.3.5	不受限制的人工驾驶模式	161
8.4	列车司机作业	162
8.4.1	出勤流程及携带物品	162
8.4.2	在车站站台的作业程序	162
8.4.3	在列车终点站的作业程序	163
8.4.4	交接班规定	163
8.4.5	列车故障报修和退勤	164
8.4.6	司机作业标准化	164
8.5	行车指挥自动化时的列车运行组织	166
8.5.1	行车指挥自动化子系统的主要功能	166
8.5.2	列车运行组织方法	166
8.5.3	控制中心 ATS	167
8.5.4	列车正线运行	167

8.5.5	列车出入段	168
8.5.6	列车运行调整	168
8.6	调度集中控制下的行车组织	169
8.6.1	调度集中控制的类型与主要功能	170
8.6.2	调度集中控制下的列车运行组织方法	170
8.6.3	调度集中控制下的列车运行调整	170
8.7	调度监督下半自动控制的行车组织	171
8.7.1	调度监督时的接发列车作业	171
8.7.2	改用电话闭塞法时的接发列车作业	172
8.7.3	改用时间间隔法时的接发列车作业	173
8.7.4	站间电话联系法组织行车	174
	学习评价	174
	思考与练习	175
模块 9	非正常情况下的行车组织	176
9.1	ATC 系统发生故障时的行车组织	176
9.1.1	ATS 系统发生故障时的行车组织	176
9.1.2	ATP 系统发生故障时的行车组织	177
9.1.3	ATO 系统发生故障时的行车组织	178
9.2	信号联锁设备发生故障时的列车运行组织	178
9.2.1	采用电话闭塞法组织行车	178
9.2.2	采用调车方式组织行车	179
9.3	特殊情况下的行车组织	180
9.3.1	应急扣车时的行车组织	180
9.3.2	列车反方向运行时的行车组织	180
9.3.3	列车退行时的行车组织	181
9.3.4	列车推进运行时的行车组织	182
9.3.5	恶劣天气时的行车组织	182
	学习评价	182
	思考与练习	183
模块 10	列车折返方式与列车运输能力	184
10.1	列车折返方式	184
10.1.1	站前折返方式	184
10.1.2	站后折返方式	185
10.1.3	混合折返方式和环形线折返方式	185
10.2	列车运输能力	186
10.2.1	列车运输能力概述	186
10.2.2	影响通过能力的因素	186



10.2.3 通过能力的计算	187
10.3 提高列车运输能力的措施	188
学习评价	190
思考与练习	190
模块 11 城市轨道交通行车事故处理与预防	191
11.1 城市轨道交通行车事故的定义及分类	191
11.1.1 城市轨道交通行车事故的定义	191
11.1.2 城市轨道交通行车事故的分类	192
11.2 城市轨道交通行车事故的处理原则	194
11.3 城市轨道交通行车事故的调查处理原则	195
11.4 城市轨道交通行车事故处理流程	195
11.4.1 事故报告	196
11.4.2 应急处理	197
11.4.3 事故调查与跟踪处理	197
11.4.4 责任判定	198
11.5 城市轨道交通行车事故预防	199
11.5.1 建立完善安全规章,安全生产有章可循	199
11.5.2 建立三级安全网络,落实安全生产责任制	199
11.5.3 建立安全检查制度,预防运营事故发生	199
11.5.4 建立安全培训制度,营造安全文化氛围	200
11.5.5 建立应急救援体系,增强应急处置能力	200
11.5.6 建立事故处理机制,落实责任追究制度	200
11.5.7 建立警地联动机制,共保地铁平安	201
学习评价	201
思考与练习	202
附录	203
附录 A 城市轨道交通运营管理规定	203
附录 B 城市轨道交通行车组织名词、术语解释	210
附录 C 城市轨道交通信号常见名词术语英(缩略语)中文对照	214
参考文献	220



模块

1

城市轨道交通行车组织基础知识



学习目标

- (1)了解城市轨道交通对行车组织的要求。
- (2)熟悉城市轨道交通系统的行车组织特点。
- (3)知道城市轨道交通系统的主要行车设备。



学习重点

- (1)城市轨道交通系统的行车组织特点。
- (2)城市轨道交通系统的主要行车设备。

1.1 城市轨道交通对行车组织的要求

行车组织是城市轨道交通系统完成运营任务的核心,它担负着指挥列车运行、保证行车安全、提高运输效率的主要任务,它的优劣直接影响着乘客运输任务的完成情况。城市轨道交通对行车组织工作提出了很高的要求,主要表现在以下几个方面:

1. 安全性要求高

由于城市轨道交通,尤其是地下部分隧道空间较小,行车密度较大,故障排除难度大,若发生事故难以救援,将会造成非常严重的损失,因而,保障行车安全是行车组织工作的首要任务,这也对行车组织工作提出了更高的安全性要求。

2. 通过能力要求大

城市轨道交通一般不设站线,进站列车均停在正线上,现行列车停站时间直接影响后续列车接近车站,所以要求信号设备必须满足通过能力的要求。另外,不设站线使得列车正常运行的顺序是固定的,将有利于实现行车调度自动化。



3. 计划性要求强

城市轨道交通行车组织要有完善的行车计划且日常当中要严格遵守,即按图行车。在运营期间,各部门都要以运行图为依据,按照行车组织规则组织列车运行,列车发车时刻、停站时间、发车密度、运行交路等都需要提前制订计划。

4. 可靠性要求高

由于城市轨道交通隧道净空小,且装有带电的接触轨或接触网,行车时不便维修和排除设备故障,因而要求信号设备具有很高的可靠性,应尽量做到平时不维修或少维修。

5. 信号显示要求高

城市轨道交通地面信号机少,地下部分背景暗且不受天气影响,虽然直线地面瞭望条件好,但曲线地段受隧道壁的遮挡,信号显示距离受到限制,所以保证信号显示也是一个重要的方面。

6. 自动化程度要求高

城市轨道交通站间距短,列车密度大,行车工作十分频繁,而且地下部分环境潮湿,空气不佳,没有阳光,工作条件差,所以要求尽量采用自动化程度高的先进技术设备,以减少工作人员的数量,并减轻他们的劳动强度。

7. 限界条件要求严格

受土建限界的制约,要求城市轨道交通的室外设备及车载设备体积小,同时必须兼顾施工和维护作业空间。

1.2 城市轨道交通系统的行车组织特点

城市轨道交通的信号系统沿袭铁路的制式,但由于其自身的特点,与干线铁路有所不同:城市轨道交通在整个运输生产过程中调车作业甚少,行车组织基本上只从事列车运行组织和接发列车工作,由调度所(或中央控制室)和车站(车场)两级控制完成。城市轨道交通系统的行车组织具有以下特点:

1. 具有完善的列车速度监控功能

城市轨道交通所承担的客运量巨大,对行车间隔的要求远高于干线铁路,最短行车间隔达到 1.5 min 甚至更短,因此对列车运行速度监控的要求极高。

2. 联锁关系较简单,但技术要求高

城市轨道交通的大多数车站没有配线,不设道岔,甚至也不设地面信号机,仅在少数有岔联锁站及车辆段才设置道岔和地面信号机,故联锁设备的监控对象远少于干线铁路车站的监控对象,联锁关系远没有干线铁路复杂,除折返站外,全部作业仅供乘客乘降,非常简单。通常一个控制中心即可实现全线的联锁功能。

城市轨道交通信号自动控制最大的特点是把联锁关系和列车自动防护系统编/发码功能结合在一起,且包含一些特殊的功能,如自动折返、自动进路、紧急关闭、扣车等,增加了技

术难度。

3. 车辆段独立采用联锁设备

城市轨道交通车辆段的功能类似于干线铁路区段站的功能,包括列车编解、接发列车和频繁的调车作业,线路较多,道岔较多,信号设备较多,一般独立采用一套联锁设备。

4. 行车调度自动化水平高

由于城市轨道交通的线路长度短,站间距离短,列车种类较少,行车规律性很强,因此它的调度系统中通常包含自动排列进路和运行自动调整的功能,自动化强度高,人工介入极少。

1.3 城市轨道交通系统的主要行车设备

城市轨道交通系统是由各种先进的设施和设备组成的,行车设备主要由车辆、线路、车站、车辆基地、轨道、信号系统、列车自动控制系统、通信系统、供电系统等构成。

1.3.1 车辆

车辆是城市轨道交通系统完成乘客运输任务的工具,同时也是整个城市轨道交通系统中最关键、技术含量高且集中的机电设备。从行车组织的角度来说,车辆是城市轨道交通行车组织工作的直接管理对象。根据功能的不同,其分为客车和工程车两种。

1. 客车

客车型号和技术参数不仅是确定线路技术标准的基础,也是确定系统运营管理模式和维修方式的基本条件,而且还是进行系统设备选型和确定设备规模的重要依据。城市轨道交通车辆的类型不同,其技术参数也不同,但其结构基本相同。一般城市轨道交通车辆主要由车体、车门、车钩及缓冲装置、转向架、制动装置等组成。

(1)车体。城市轨道交通车辆车体采用大断面铝合金型材或不锈钢材全焊接结构,底架、侧墙、车顶、端墙分别组焊后再在总焊装台上被焊接成整个车辆壳体。采用整体承载结构,可充分发挥车体各个构件的强度,提高车体的整体刚度,减小车辆自重,降低牵引能耗。

客室内装包括地板、预制成型的顶板、侧墙板、端墙板、侧顶盖板、车窗、空调系统进气排气口等,客室内一般安装有乘客座椅、照明灯、立柱扶手、灭火器、乘客文字信息显示器或图像显示屏、广播喇叭、乘客司机对讲装置、紧急开门装置、车门状态指示灯、安全监控摄像头、电气控制柜等。

(2)车门。城市轨道交通车辆车门包括客室车门、司机室侧门、客室与司机室通道门、司机室前端疏散门。

客室车门主要有内藏门、外挂门、塞拉门3种结构形式。由于客室车门关系到乘客的安全,要求在运行中可靠锁闭,在设计上通过监测装置将车门状态与列车的牵引指令电路联锁。同时,为了应对故障或意外的紧急情况,每个车门都配置了可现场操作的切除装置和紧急开门装置。

(3)车钩及缓冲装置。车钩及缓冲装置装在底架牵引梁上,是车辆的一个安全部件,其作用有以下几个:



- ①将车辆互相连挂,连接成为列车。
- ②传递纵向牵引力和冲击力。
- ③缓和车辆之间的动力作用。
- ④实现电路和气路的连接。

(4)转向架。转向架是车辆中一个关键的系统,涉及车辆的运行品质及乘客运输安全,是列车牵引力、车辆载荷和轨道外力的直接承受者。

转向架主要由构架、轮对、一系悬挂、二系悬挂、中央牵引装置、牵引电机(动车)、齿轮箱、联轴节、空气管路、制动单元等组成。

(5)制动装置。城市轨道交通车辆必须安装制动系统。制动系统的作用就是根据需要使用车辆按规定减速、停车。制动系统由制动控制系统和制动执行系统组成。其中,制动执行系统分为摩擦制动、电气制动和磁轨制动等形式。

①摩擦制动。摩擦制动又称为机械制动,分为闸瓦制动和盘型制动。闸瓦制动又称为踏面制动,它是由闸瓦压紧车轮的踏面产生阻力实现制动;盘型制动就是在车轴上安装制动盘,通过闸片夹紧制动盘产生的阻力实现制动。

②电气制动。电气制动分为能耗制动和再生制动。能耗制动也称为电阻制动,它是将列车的动能经牵引电机及控制转换为电能消耗在电阻上。再生制动就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。

③磁轨制动。磁轨制动是用电磁铁与钢轨间的作用力实施制动的。

2. 工程车

在城市轨道交通车辆中还有一种工程车,它的作用是维护线路设备设施,并负责突发事件处理、事故救援工作。按照用途不同,工程车可分为内燃机牵引车、轨道牵引车、接触网线车、起重车、清扫车、平板装卸车等。

1.3.2 线路

线路是城市轨道交通系统中车辆和列车运行的基础设施,它不仅确定了列车在城市三维空间的走向,而且是城市轨道交通安全、快速运行的前提条件。

1. 城市轨道交通线路的特点

城市轨道交通线路具有以下特点:

(1)城市轨道交通线路一经建成,无论是在地下、地面还是在地面以上,其位置的改变都十分困难,建成后的改建会引起周围建筑、道路等很大的拆迁工程,并破坏多年来逐渐形成的协调的环境。因此,线路设计要做长期的考虑。

(2)城市轨道交通线路一般为双线,通常每条线路设有一个车辆段和一个停车场。线路车站没有经常性的调车作业,为节省用地,一般车站不设到发线,车辆集中停放在车辆段或停车场。

(3)市内客运的运距短,且全面地分布在整个城市区域内,为保证线路的客流吸引力,通常站距设置为1~2 km,因此站点设置密,停车频繁。

(4)由于线路各站点的吸引范围小,城市客流可容忍的等待时间较短,因而要求发车间隔时间不能太长,一般不超过10 min。又因为短时间里聚集的客流量有限,所以列车编组长度通常为4~8节车厢,较城际列车的编组长度短。

2. 城市轨道交通线路的分类

城市轨道交通线路可分别按线路铺设的空间位置和线路在运营中的作用进行分类。

(1)按线路铺设的空间位置分类。城市轨道交通线路按其铺设的空间位置来分主要有地下线路、地面线路、高架线路3种类型,如图1-1所示。同一条轨道交通线路根据实际走向及线路区域分布可采用上述3种不同的空间布置方式。较为理想的铺设方式是在市中心人口、建筑密集,土地价值较高的区域,采用地下方式设置城市轨道交通线路,也可适当布置为高架方式;而在城市边缘区或郊区,则宜采用地面线路或高架线路。

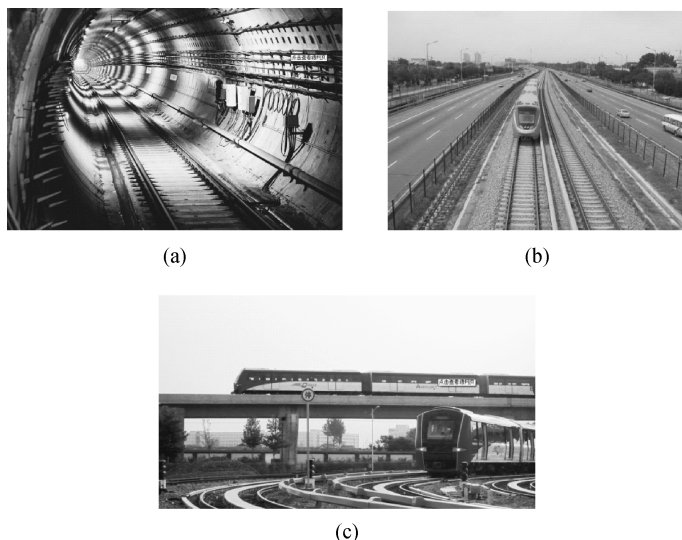


图1-1 线路按其铺设的空间位置分类
(a)地下线路 (b)地面线路 (c)高架线路

①地下线路。地下线路常用于地下铁道系统,铺设于地下隧道内。隧道分为圆形隧道和矩形隧道,一般区间隧道为圆形隧道,站台两端为矩形隧道。隧道的开挖一般有明挖法和暗挖法,目前国内外普遍采用的是暗挖法中的盾构法。根据线路与城市道路的关系,城市轨道交通地下线路的平面位置主要有线路位于道路规划红线范围内和线路位于道路规划红线范围外两种情况(道路规划红线是指道路用地的边界线)。

地下线路与地面道路交通完全分离,基本不占城市地面空间,不受气候影响,建成运营后对道路交通及城市景观没有影响。但由于线路设于地下,需要较高的施工技术,较先进的管理,完善的环控、防灾措施,因而工程造价较高,运营成本较高,而且建设过程会影响地面交通,改造调整与线路维护均较困难。

目前,地下线路大多采用混凝土整体道床,主要由隧道、整体道床、侧沟、轨枕(混凝土长枕、混凝土短枕、支撑块等)、钢轨、扣件、钢轨联结零件等组成。

②地面线路。地面线路直接铺设于路面上,占用路面面积,对道路交通有很大影响。地面线路普遍采用碎石道床。碎石道床线路造价低,道床弹性好,但稳定性较差,运行噪声较大。由于地面线路直接铺设在地面上,因而施工简便,工程造价较低,运营成本低,线路调整与维护方便,但占地面积较多,会破坏城市道路路面,且运营速度难以提高,容易受气候影响。

在城市道路上铺设地面线路,一般有两种位置:一种位于道路中心带上,另一种位于快



车道一侧。地面线路设置如图 1-2 所示。

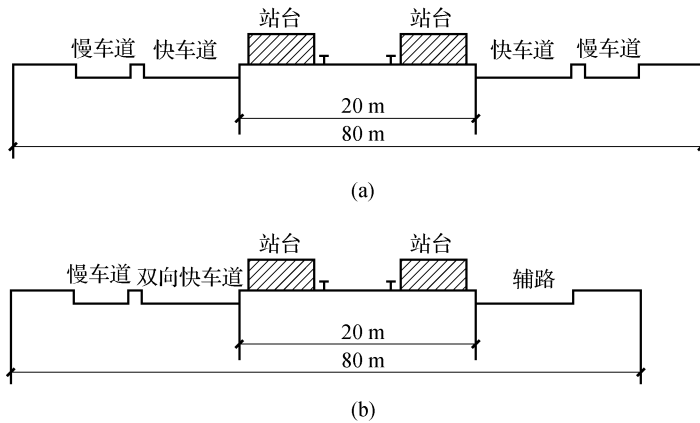


图 1-2 地面线路设置

(a)位于道路中心带上 (b)位于快车道一侧

地面线路主要由路基、碎石道床、侧沟、轨枕(木枕、混凝土枕)、钢轨、扣件、钢轨联结零件等组成。

③高架线路。高架线路的铺设于城市高架桥上,是城市轨道交通中一种重要的线路铺设方式。其一般沿城市道路一侧或中央铺设。桥面轨道线路大多采用混凝土整体道床。高架线路的铺设工程造价介于地下线路和地面线路之间。

高架线路结构稳定,比地面线路占地少,不影响地面道路交通;施工、维护、管理、环境控制、防灾等方面较地下线路方便。但采用高架桥形式会影响城市景观,线路容易受气候变化影响,占用一定的城市用地,列车运行时的噪声对沿街区域影响较大。

高架线路主要由高架桥、整体道床、侧沟、混凝土支撑块、钢轨、扣件、钢轨联结零件等组成。

(2)按线路在运营中的作用分类。城市轨道交通线路按其在运营中的作用分为正线、折返线、渡线、停车线、联络线、检修线、试验线、出入段(场)线、洗车线、安全线等。城市轨道交通线路的整体布置如图 1-3 所示。

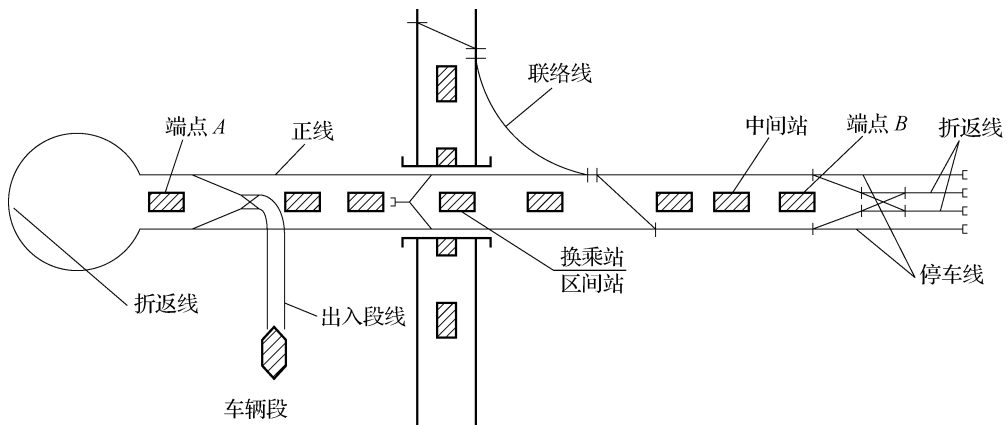


图 1-3 城市轨道交通线路的整体布置

①正线。正线是指连接所有车站、贯穿运营线路始终点、供车辆载客运行的线路，如图 1-4 所示。正线行车速度快，密度大，且要保证行车安全和乘车舒适性，对线路标准要求较高。正线与其他交通线路相交处一般采用立体交叉；在特殊条件下（如运营初期），两条线路或交通方式的运量均较小时，经过计算，通过能力满足要求时，也可考虑采用平面交叉。



图 1-4 正线

城市轨道交通系统的正线是独立运行的线路，大多数线路为全封闭，一般设计为双线，采用上、下行分行，实施右侧行车惯例，以便与城市地面交通的行车规则相吻合（世界上绝大部分国家的城市道路交通均实行右侧行车规则，也有部分国家的城市道路交通实行左侧行车规则）。一般南北走向的线路，向北的为上行，向南的为下行；东西走向的线路，向东的为上行，向西的为下行；环形线路内圈为上行，外圈为下行。

②折返线。折返线是指设在线路两端终点站或准备开行折返列车的区间站，方便列车调头、转线及存车等的线路。

城市轨道交通线路一般都较长，全线的客流分布不太均匀，这时可组织区段运行。区段运行是指列车根据运行调度的要求，在端点站与中间站之间或在中间站与中间站之间进行列车折返调头。故在这些地方需要设置折返线，折返线的形式应能满足折返能力的要求。折返线除了供运营列车往返运行时的调头转线使用外，有些也可以作为夜间存车使用。

折返线有以下几种折返方式：

a. 环形折返线。环形折返线俗称灯泡线，如图 1-5 所示。

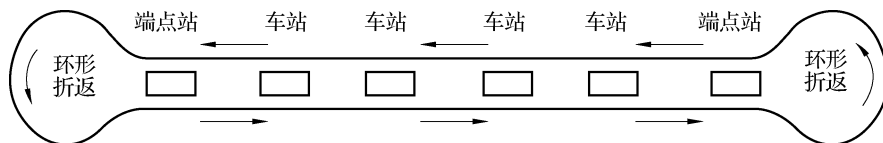


图 1-5 环形折返线

环形折返线是将端点折返作业转化为沿一个环形单线区段运行的作业，实质上取消了



折返过程,变为区间运行,有利于列车运行速度的发挥,消除了因折返作业而形成的线路通过能力限制条件,是一种有利于提高运营效率的折返方法。

环形折返线中环线占地面积较大,尤其是在地下修建时难度更大,投资较高;环线折返丧失了一端停车维护、保养、检查的机动线路,对车辆技术要求和运行组织要求较高。线路机动性下降,线路延伸可能性甚微,一般只适用于线路较短、线路延伸可能较小且该端点站又往往在地面的情况。图 1-6 为天津地铁 1 号线的“灯泡线”局部。



图 1-6 天津地铁 1 号线的“灯泡线”局部

b. 尽端折返线。尽端折返线可分为单线折返、双线折返与多线折返等不同布置办法,如图 1-7 所示。尽端折返线弥补了环形折返线的不足,使端点站既可有效组织折返(如双折返线可明显缩短折返时间),又可备有停车线供故障停车、检修、夜间停车等作业使用。尽端折返线对于线路延伸也十分方便,比较适合于地下结构的端点站,以及线路较长或有延伸可能、土地不宜多占用的情况。

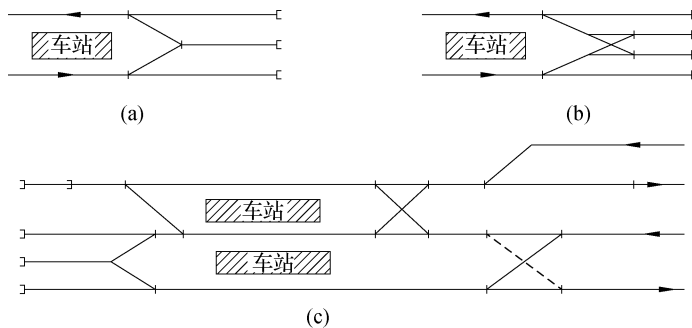


图 1-7 尽端折返线

(a)单线折返 (b)双线折返 (c)多线折返

c. 渡线折返。在车站前或车站后设置渡线完成折返作业,分为站前渡线折返、站后渡线折返和区间站渡线折返 3 种形式,如图 1-8 所示。

很明显,利用渡线折返需要修建的线路最少,投资下降。然而,列车进出车站与折返作业有严重的干扰,尤其是在区间站利用渡线进行区间列车折返时,需占用正线进行作业,故

对运营管理要求十分严格。同时,列车运行间隔时间因受其制约而需要延长,导致线路通行能力下降,安全可靠性存在隐患。所以,列车运行速度较高、运行间隔时间较短(发车频率较高)、运量较大的线路不宜采用渡线折返。

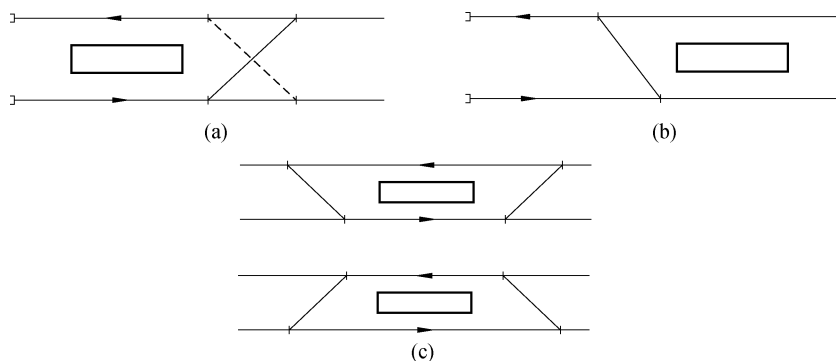


图 1-8 渡线折返

(a)站前渡线折返 (b)站后渡线折返 (c)区间站渡线折返

d. 单轨线路折返。单轨线路折返与双轨线路不同,必须采用专门的转线设备来完成,如图 1-9 所示。

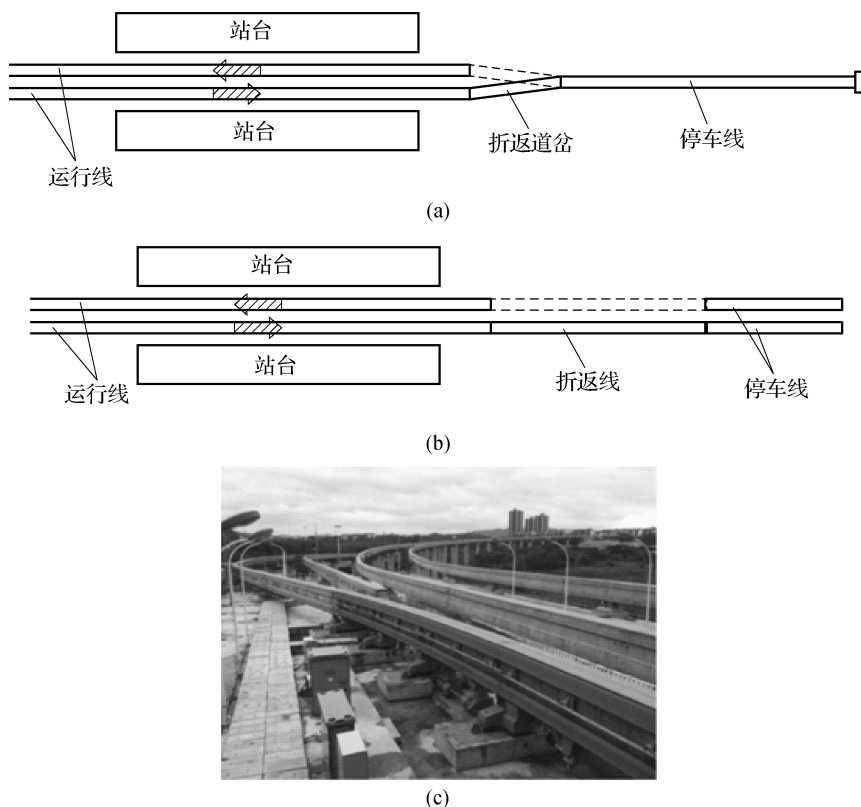


图 1-9 单轨线路折返

(a)单轨线路利用道岔进行折返 (b)单轨线路端点站平移折返 (c)实际利用道岔单轨折返图

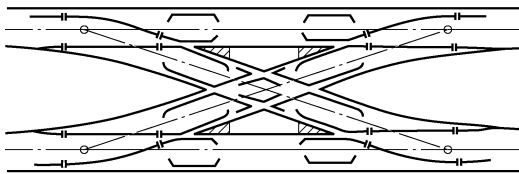


单轨线路折返因需承载线路、使列车做转动或平移,故建造与投资均有一定的难度,也是单轨交通发展的一个制约因素(包括单轨线路间的分岔连接均需转动承载台的道岔)。

③渡线。渡线是指利用道岔将线路上下行正线(或其他平行线路)连接起来的线路。渡线分单渡线和交叉渡线,分别如图 1-10 和图 1-11 所示。图 1-8 所示的渡线折返是渡线的一种。



图 1-10 单渡线



(a)

(b)

图 1-11 交叉渡线

(a)交叉渡线示意图 (b)实际交叉渡线

④停车线。停车线一般设置在端点站,是专门用于停车、进行少量检修作业的尽端线,如图 1-12 所示。在车辆基地,则拥有众多的专用停车线,供夜间停止运营后列车的停放。需要进行检修作业的停车线设有地沟。城市轨道交通线路运输量大,列车运行间隔较密,在运营过程中如果列车发生故障,为了不影响后续列车的运行,在设计上应能使故障列车及时退出运营正线。一般在轨道交通线路沿线每隔 3~5 个车站的站端应加设渡线和停车线。



图 1-12 停车线

⑤联络线。联络线是城市轨道交通线路之间为方便调动列车等而设置的连接线路,主要是两条正线间的连接线,如图 1-13 和图 1-14 所示。联络线按其布置形式可分为单线联络线、双线联络线和联络渡线。

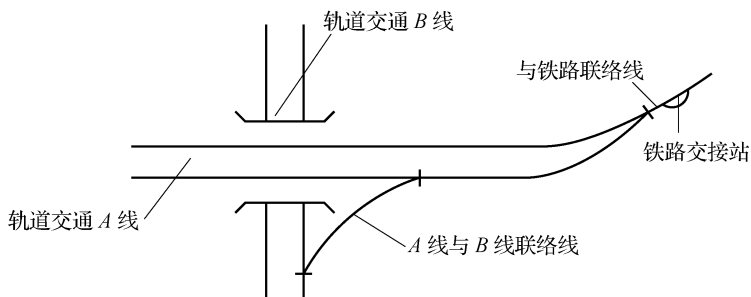


图 1-13 联络线



图 1-14 实际联络线

联络线因连接的轨道交通线往往不在一个平面上,因此有较大的坡道与较小的曲线半径,故列车运行速度不会太高。如果在地下建设,则施工难度较大,投资也随之加大。

⑥检修线。检修线是指设在车辆基地检修库内,专门用于检修列车的线路,如图 1-15 所示。检修线设有地沟,配有架车设备、检修设备。



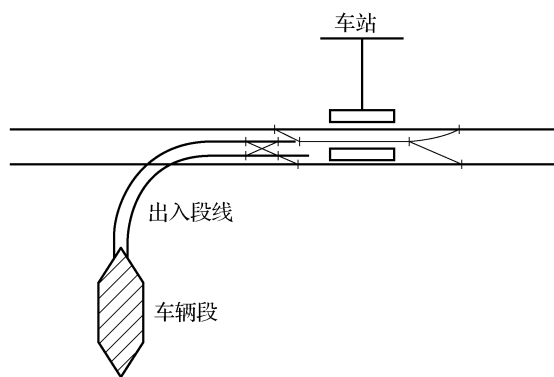
图 1-15 检修线

⑦试验线。试验线是指设在车辆基地,用于对检修完毕的列车进行状态检测的线路,如图 1-16 所示。为达到必要的运行速度,试验线需有一定长度标准和平纵断面特点。



图 1-16 试验线

⑧出入段线。出入段线是专供列车进出车辆段的线路,如图 1-17 所示。为保证运行列车的停放和检修,应在城市轨道交通沿线的适当位置设置车辆段。车辆段与正线连接的线路为出入段线,其是车辆段与正线之间的联络通道。出入段线可以设计为双线或单线,与城市道路或其他地方的交叉处可采用平交或立交。



(a)



(b)

图 1-17 出入段线

⑨洗车线。洗车线是专门用于清洗车辆的线路,如图 1-18 所示。



图 1-18 洗车线

⑩安全线。在出入段线、折返线、停车线和岔线上应根据情况设置安全线,安全线的长度一般不小于 40 m。如当出入段线上的列车在进入正线前需要一度停车,且停车信号机与警冲标之间的距离小于列车制动距离时,应设安全线,如图 1-19 所示。

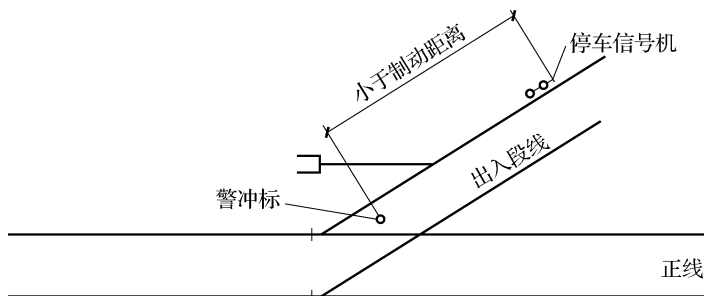


图 1-19 设置安全线

上述分类中的折返线、渡线、停车线、联络线、安全线也可称为辅助线,辅助线是城市轨道交通系统的重要组成部分,直接关系到系统运营组织的效率。检修线、试验线、出入段线、洗车线也可统称为车场线,是车辆段内进行厂区作业与停放列车的线路。

1.3.3 车站

城市轨道交通车站是客流的节点,是乘客出行的基地,乘客上下车及相关的作业都是在车站进行的;城市轨道交通车站是列车到发、通过、折返、临时停车的地点;城市轨道交通车站是轨道交通线路的电气设备、信号设备、控制设备等集中的场所,也是运营、管理人员工作的场所。

根据车站建筑的空间位置不同,车站一般包括主体、出入口、通道、通风道及风亭(地下)和其他附属建筑物。根据功能的不同,车站主体可分为站厅层、站台层和设备区。车站的主

体是列车的停车点,它不仅是供乘客上下车、集散和候车的地方,一般也是办理运营业务和放置运营设备的地方。

(1)出入口。出入口用于吸引和疏解客流,其规模与出入口的乘客总设计流量有关。出入口一般布置在街道交叉口,以便大范围地吸引和疏解客流。

(2)站厅层。站厅层用于售票、检票,是布置部分服务与控制设备的场所,一般分为付费区和非付费区。根据客流的大小,在不影响客流集散的同时可以设置商业用房。有些车站的站厅还可考虑与地下商业街连接在一起布置。在站厅层的两端一般有设备用房、管理用房及辅助用房。

(3)站台层。站台层是供乘客上下车的平台,是分散上下客流、供乘客乘降的场地。站台的大小取决于远期预测的高峰小时客流量。站台层也设有设备用房及管理用房,一般不设辅助用房。站台层常用的站台形式有岛式站台、侧式站台和岛、侧混合式站台。

(4)设备区。设备区是安置各类设备、进行日常维修及设备保养的场所。其主要分为环控机房、事故风机房、通信机械室、信号机械室、通信测试室、环控电控室、消防泵房等。

(5)通道。通道是乘客进出车站、出入站台及换乘列车的必由之路。通道的数量和宽度不仅要满足方便乘客出入车站与高峰小时的乘客通行需求,还要满足紧急情况下乘客的快速疏散,同时还要兼顾与城市公路的立交功能。因此,通道的设计要与车站的总体设计相适应。

(6)通风道及风亭。车站是乘客非常集中的地方,尤其是地下车站人流密集,环境相对封闭,很容易造成车站环境空气污浊。为保证乘客及车站工作人员的健康,地下车站都设置了环境控制系统,可以为车站进行不间断的空气置换,以满足车站空气清新要求,因此要设置相应的通风道和风亭以进行通风换气。

(7)管理用房。管理用房是车站工作人员的办公用房。其包括车站控制室(简称车控室)、站长室、站务室、广播室、票务值班室、售票亭、会议室及警务办公室等。

(8)辅助用房。车站的辅助用房包括卫生间、洗手间、更衣室、清扫工具室等。

为保证城市轨道交通车站上述各功能区能正常运营,需要相应的设备配套,如自动售检票系统、屏蔽门系统、环境控制系统、消防系统、给水排水系统、车站低压及照明系统、站内客运设备、环境与设备监控系统等,以满足各功能区为乘客提供满意服务的要求。

对于城市轨道交通系统最常见的地下车站,其出入口设置在地面,位置一般应尽量设于地面交通车站、停车场附近,以形成较好的换乘组合,并保证高峰时段客流通畅。地下车站的站厅一般设置于地下一层,地下站台则设置于地下二层,地面出入口、站厅、站台之间要设置快捷可靠的乘降设备,如楼梯、自动扶梯等。

1.3.4 车辆基地

车辆基地又称为车辆停放及维修基地,也叫车辆段,是车辆停放、保养、修理的专门场所,主要由停车场(库)、列检所(库)、站场线路、信号控制楼等组成。为了便于统一管理,往往将机电、通信与信号、公务、仓库、教育培训等部门、设施与车辆基地组建在一起,成为更大的车辆综合维修基地。

1. 车辆基地的组成

车辆基地以车辆运用、检修为主,但考虑到地铁系统管理需要,为了方便组织城市轨道交通地铁各专业的维修工作,可以将工务所、电务所、机电所、材料仓库、教育培训中心、行车控制中心等设施全部或部分与车辆基地建在一起,这样有利于协调各专业接口,对各专业维修工作进行有效的协调管理,可以合理规划、统一使用场地和设备,节约土地和投资,同时也有利于实现计算机网络和现代化管理。

车辆基地根据功能和规模的大小可划分为停车场、车辆段、列检所。

(1)停车场。停车场是供车辆停放的场所,承担的任务有车辆的停放、洗刷、清扫,以及车辆列检和乘务工作;停车场所在正线运营列车的故障处理和救援工作;车辆定修(年检)以下车辆的各级日常检查维修的修程,若遇到车辆的重大临修则采用部件互换的修理方式。每条地铁线路按其线路长短和配属车辆的多少设置停车场,根据需要再增加设置辅助停车场,辅助停车场仅设置停车、列检设施,只承担车辆的停放、清洁、列检工作。

停车场配备车辆运用、整备和日常检查维修及配套设施,主要有停车列检库、不落轮镗床、调机库、临修库和车辆自动洗刷库及出入段线、洗车线、试车线、各种车库线,以及牵出线、车线、走行线等各种辅助线路;主要设备有调机车(内燃机)、不落轮镗床、自动洗车机和车救援设备,以及为车辆提供重大临修服务的架车机、起重机等。

停车场不仅要有足够的轨道停车位,同时还要设置供管理人员、乘务员工作和活动休息的场所。

(2)车辆段。车辆段是城市轨道交通系统中对车辆进行运用、管理、停放及维修保养的场所。车辆段除具有停车场的功能外,还是对城市轨道交通车辆进行较大修程的场所。

①车辆段的主要功能。

- a. 承担所属线路的车辆停放、清洁、列检工作。
- b. 承担所在线路车辆的定修(年检)及以下车辆检查维修和临修工作。
- c. 承担所属线路和由多条联络线互相沟通的线路的车辆架、大修工作。
- d. 承担车辆部件的检测、修理工作,满足车辆各修程对互换部件的需求。其维修能力的设置也可使其成为地铁网络的车辆部件维修点,为其他车辆段服务。

②车辆段的设备设施。车辆段要在停车场的基础上增加车辆架、大修的设施设备,车辆检修方式主要采用部件互修。同时,根据工艺要求,要具备车辆部件的检修能力。

车辆段配备的车辆检修设施主要有车辆架、大修库、静调库和部件检修间,以及油漆间、机加工、熔焊间和必要的辅助间等。车辆架修、大修主要设备有架车机、移车台或车体吊装设备、公铁两用牵引车、转向架、车钩、电机等各种部件的试验和修理设备,车辆油漆设备,列车静态和动态调试设备。承担列车转向任务的车辆段还设置列车的回转线。车辆段内无物资总库时还要设置材料库,并配备必要的运输和起重设备。

车辆段主要划分为检修区和运营区,所有的检修工作均集中在检修区进行,运营区主要负责段属车辆的停放、列检和乘务工作。

车辆段一般还兼有综合检修基地的功能,是保障线路各系统正常运行的基地和管理部。一般在停车场设置的各系统的维修工区,属综合检修基地管辖。



(3)列检所。列检所的任务是利用列车停放时间和停放场地,对车辆的重要部件进行例行技术检查,对危害行车安全的一般故障进行重点修理。因此,列检所一般设在停车场或列车折返段(指列车折返时停留和准备场所)的停车线上。

2. 车辆基地的主要线路

(1)停车库线。停车库线要满足线路所有运用车辆的停放需要,线路长度根据车辆编组的需求进行设计,一般为列车长加 8 m,可设计为一线一位或一线二位,线路间隔通常为 3.8 m,通常设检修坑道。

(2)出入段线。出入段线位于车辆段或停车场与正线的结合处,是段(场)与正线的过渡线路,供车辆出入停车场或车辆段的线路。除特殊条件限制,其都要设置为双线,并避免切割正线,根据行车和信号要求留有必要的段(场)线路与运营正线的转换长度。其有效长度至少保证停放一列列车。

(3)牵出线。牵出线适应段(场)内调车的需要,牵出线的长度和数量根据列车的编组长度、调车作业的方式与工作量确定。

(4)静调线。静调线设在静调库内,在列车检修完毕到试车线试车之前,要在静调库对列车进行静态调试,检查列车各部分的技术状态,对各种电气设备、控制回路的逻辑动作和整定值进行测试与调整。静调线全长设置地沟,地沟内设置照明光带。静调线为平直线路,静调库内还要设置车间牵引电力电源和相关的测试设备。车辆段在车辆检修后进行车辆的尺寸检查,其中要对车辆的水平度进行检查,需要轨道高差精度等标准较高的线路(称为零轨),宜设在静调线。

(5)试车线。试车线供定修、架修、大修后列车在验收前的动态调试。试车线的有效长度应满足列车最高时速和全制动的需求。试车线一般为平直线路,线路中间要设置不小于一单元列车长度的检查坑,供列车临时检查用。为进行列车车载信号装置的试验,试验线还应设置信号的地面装置,试车线旁应设置试车工作间,内设信号控制和试车必须配置的有关设备、设施与仪器。试车线应采取隔离措施。

(6)洗车线。洗车线供列车停运时洗刷车辆用,洗车线中部设有洗车库。洗车线一般为贯通式,尽量和停车线相近,这样可以缩短列车行走时间,并减小对车场咽喉地区通过能力的压力。洗车库前后要设置不小于一列列车长度的直线段,以保证列车平顺进出洗车库。

(7)检修线。检修线是指用于车辆各种不同修程的专用线路,检修线为平直线路,布置在检修、定修、架修、大修库内。其包括架修线、大修线、定修线、临修线、静调线等。这些线路设有 1.4~1.6 m 深的检修坑道,中间设有维修平台,根据需求配有架车机、悬挂式起重機、转向架、转向盘等设备。

(8)临修线。当列车发生临时故障和破损时,在临修线上完成对车辆的临修工作,临修线的长度能停放一列列车,并考虑列车解编的需要。

以上线路是保证列车运行和检修的主要线路,除此之外,维修基地内还必须按需要设置临时存车线、检修前对列车清洗的吹扫线、材料装卸专用线、内燃调机车、特种车辆(如轨道车、接触网架线试验车、磨轨车、隧道冲洗车等)停车线、联络线和与铁路连通的地铁专用线等。

3. 车辆运用、检修库房和车间及其主要设备

(1) 停车列检库及其附属车间。停车列检库兼有停车、整备、清扫、日常检查、司机出乘等多种功能,为实现这些功能,停车列检库除设有停车线外,以及运用车间、运转值班室、司机待班室等司机出乘用房,以及列车及列车车载信号检修用房。

由于列车本身价格昂贵,在地铁运行中占据着重要地位,因此在停车列检库都设置自动防灾报警设备,和整个消防系统联系在一起。架空接触网或接触轨应进库,接触轨应加防护装置,每条库线两端和库外线之间及停车台位之间设置隔离开关,可以对每条停车线的接触网(接触轨)独立停、送电,每条停车线还应有接触网(接触轨)送电的信号显示和列车出、入库的音响报警装置。停车线兼作车辆列检线,应有检查地沟。

地铁车辆除了有自动洗刷机洗刷外,对自动洗刷不到的部件应进行人工辅助洗刷,每日还要对列车室进行清扫、洗刷和定期消毒。这些工作在清扫库进行,清扫库一般毗邻停车列检库,库内应设置上、下水及洗刷平台。

在停车列检库两端应有一段平直硬化地面,作为消防、运输通道,通道应该设置可动防护栏杆,平时封锁,仅在特殊情况下使用。

(2) 检修库及其辅助车间。检修库及其辅助车间的平面布置情况主要取决于车辆的配属量、车辆的修程、检修方式及其工艺流程,同时要综合考虑自然地形条件、工件运输线路,以及安全、防火和环保要求等因素。

① 双周、双月检库。双周、双月检都要在库内对列车的走行部、车体及车顶设备进行检查,为便于作业并保证安全,线路采用架空形式。除线路中间设置地沟外,在检修线两侧设有3层立体检修场地。底层地坪低于库内地坪(若以轨面标高为 $\pm 0.00\text{ m}$,其地坪标高约为 -1.00 m),可以对走行部及车体下布置的电气箱、制动单元、蓄电池进行检查;中间为标高 $+1.10\text{ m}$ 左右的平台,可对车体、车门进行检查作业;车顶平台标高为 $+3.50\text{ m}$,主要对车辆顶部的受电弓、空调设备进行检修,车顶平台设有安全栏杆。双周、双月检库立体检修平台如图1-20所示。



图1-20 双周、双月检库立体检修平台

双周、双月检库根据作业的要求可设有悬臂吊,可以对需要进行拆、装作业的受电弓和空调设备进行吊装,还配置了液压升降车、蓄电池电气箱搬运车等运输车辆。

为了对车辆进行双周、双月检、定修(年检),还应设置受电弓、空调装置、车载信号、试验



设备等辅助车间及备品工具间。

②定修库。定修库和双周、双月检一样,线路采用架空形式,线路中间设置检修地沟,线路两侧设置3层检修场地。车库设2 t起重机。车辆的定修和临修有时也可以在一个车库进行,合并为定修、临修库,这时必须根据列车编组在库内设置架车机组,在列车解钩后可以同步架起一个单元的车辆。车库内设有10 t起重机,可吊装车辆的大部件。定修库的辅助车间应和其他检修库统一考虑。

③架修、大修库。架修、大修库的布置应根据车辆检修工艺流程确定。对车辆设备和部件的检修方式主要采用互换修,作业流程根据实际情况一般采用流水作业和定位修方式相结合。采用部件互换修可以减少列车的停库时间,并且可以合理地安排计划,做到均衡生产,避免因某一部件检修周期长,而影响整列车的检修进度。联合检修厂房内设置车辆的待修部件、修竣部件和备用部件的存放场地。

架修、大修库内主要设备有地下式架车机(见图1-21)、移车台、假转向架、桥式起重机、公铁两用牵引车及必要的运输工具、工作平台等。



图 1-21 地下式架车机

④辅助检修车间及其设备。地铁车辆是一种涉及多种专业、极其复杂的设备,在对车辆进行架修、大修时,都要架车、分解,以便对部件进行检修,这些检修工作都是在辅助检修车间进行的。这些辅助检修车间根据列车架修、大修的工艺流程,大部分都布置在检修主库的周围。

a. 转向架、轮对间。转向架、轮对间通过轨道和转向架、转盘架、大修库相连接,主要由转向架检修区、轮对检修区和轮对等部件的存放区组成。

- 转向架检修区。转向架检修区对转向架进行分解,分解后的部件被送到相应检修位置进行检修,恢复技术状态,然后进行组装。

- 轮对间检修区。轮对间检修区主要对轮对、轴箱、轴承进行检修。由于轴承的检修工作专业性强,需要大量的设备和较大的占地面积,但是每年的工作量很小,所以一般都将轴承检修工作委托社会专业单位。有条件的地方,也可以将探伤工作委托社会专业单位。

- 轮对等部件的存放区。转向架、轮对间要适应互换修方式,应有足够的轮对、转向架

及其他部件的存放场地,还应配备相应的起重设备。

b. 电机间。电机间是对车辆牵引电机、空气压缩机电机,以及其他车辆设备(如制动电阻冷却风机等)的动力电机进行检修的辅助车间。电机大修专业性强,检修量少,并且需要绕线、浸漆、烘干等设备,一般都委托专业工厂进行。

c. 电器、电子间。电器间承担对车辆电气组件的检修作业,包括对列车的主控制器、主逆变器、辅助逆变器、各类高速开关、直流接触器等进行试验、检修、检验。电子间主要对列车牵引、制动、空调等计算机控制系统的各类电子控制板进行检修作业。

此外,辅助检修车间还有车门、制动、车钩、受电弓、空调检修间等。

上述辅助检修车间一般都布置在架修、大修主库的周围,可以使检修工序、流程合理、紧凑、简洁,缩短运输路程,提高工作效率。

(3)其他库房及车间。维修场地内有些库房及车间由于环境保护和劳动保护要求、检修的特殊要求等因素,或者由于设施和维修基地的检修共同使用,要单独设置。

①不落轮镟床库。地铁车辆转向架的轮对在运行中有时会出现踏面的擦伤、剥离和轮缘磨损达不到运行技术要求的问题,需要及时镟削。使用不落轮镟床可以不拆卸轮对而直接对车辆的轮对踏面和车缘即时地进行镟削。运行的实践说明,不落轮镟床是保证地铁车辆正常运行的重要设备,开始建设时就要对此做充分考虑。

不落轮镟床需要在温度、湿度得到控制的环境中使用,为减少投资,在库内为镟床单独设置隔离的环境空间。

不落轮镟床库及其前后一列车辆范围的线路为平直线路。作业线的长度要满足列车所有车辆轮对镟削的要求,列车出入库和轮对的就位一般由专门的牵引设备承担。

②列车洗刷库。列车洗刷库建在洗刷线的中部,库内设有自动洗刷机,可用化学洗涤剂和清水对列车端部与侧面进行洗刷。在洗刷过程中,列车以低于5 km/h的速度通过洗车设备完成车体清洗作业,也可用专门设置的小车带动。目前,较高级的洗车设备具有喷淋、去污、上蜡、吹干等功能,减少了人工作业。为避免列车洗刷作业影响其他线路的进路,洗刷机前后线路的长度都不应小于一列车辆的长度。列车自动洗刷机如图1-22所示。

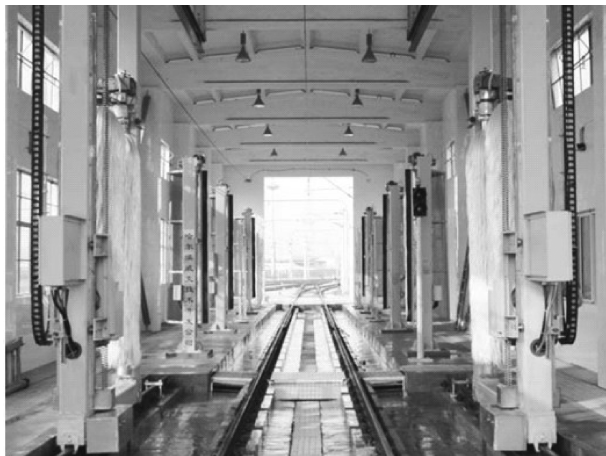


图 1-22 列车自动洗刷机



③蓄电池间。蓄电池间主要对地铁车辆的碱性蓄电池进行充电和检修,另外,也对各种运输车辆的酸性蓄电池进行充电和检修。蓄电池间要配置相应的试验、充电、通风、给水排水和防腐设备。放碱性蓄电池和酸性蓄电池的操作间应分开设置,防止酸气进入碱性蓄电池,酸、碱发生中和作用,影响电池的质量。蓄电池间要单独设置,并布置在长年主导风的向下风侧,还要有防爆措施。

④中心仓库。中心仓库承担城市轨道交通全线各专业所需机电设备、机具、工具、材料、备品备件的供应工作,主要工作环节有采购、入库、仓储、发放。仓库中应有仓储起重、运输等设备和设施,还应附有露天存放场和材料的专用轨道线,还需要设置专门的环控库房,以存放对环境要求高的精度配件。

对于易燃、易爆物品要单独设立危险品仓库,危险品仓库应单独设置在对周围建筑影响最小的位置,并与外界隔离,根据易爆、易燃物品的性质不同应分不同房间分别存放,建筑物的通风、消防等要符合有关规定。有时为了减少与邻近建筑物之间的防火距离,易燃品库也可采取半地下式或地下式的建筑。

城市轨道交通设备配件种类繁多(仅车辆配件就有数千种),价格昂贵。仓库对物流的管理涉及社会流通领域和城市轨道交通内部生产领域。它既是各专业检修生产工艺的组成部分,与检修生产密不可分,要保证供应;又有着非常强的“成本中心”的作用,材料、备件的消耗管理和物流本身对资源的占用、消耗都与检修成本有着直接关系。

随着现代物流技术、计算机信息管理技术和电子商务的发展,中心仓库采用自动化立体仓库仓储技术、建设城市轨道交通自动化综合物流系统成为可能。

除此之外,根据需要还有调机(内燃机车)库、消防间、污水处理站、配电站、变电站、机械加工中心、汽车库等库房,车间也需要单独设置。

1.3.5 轨道

轨道是城市轨道交通系统的重要组成部分,轨道作为一个整体结构铺设在路基之上,直接承受列车车辆及其荷载带来的巨大压力,对列车运行起着导向作用。

轨道是由钢轨、轨枕、道床、扣件、道岔及其他附属设备等组成的构筑物。

1. 钢轨

钢轨是指两条呈直线形平行分布,安装在轨枕或路基之上的由钢铁材料制成的金属构筑物。钢轨是轨道的组成部分,其作用是直接承受车轮传递的列车及其荷载的重量,并引导列车的运行方向。此外,在城市轨道交通系统中,钢轨还要兼供轨道电路之用。

除上述功用外,钢轨有时还起到安全保护作用,这时的钢轨被称为护轨。其主要分为防脱护轨、桥上护轨和道岔护轨。

(1)防脱护轨。当列车以高速转弯时,外弯一面的轮缘承受着极大的压力,为防止轮缘负荷过重,在内弯的轨条处会装设一段钢轨,使另一边的轮缘分担列车转向时所产生的离心力,而通常这个附加的轨条会比正常的轨条高些,以加强保护。

(2)桥上护轨。在钢轨两侧分别装设两段钢轨,以防止列车在桥上或高地出轨时继续向外冲。

(3)道岔护轨。在道岔区为防止车轮在岔心处进错路线而安装的护轨为道岔护轨。

2. 轨枕

轨枕是轨道的基础部件,它是承垫于钢轨之下,将钢轨所承受的重量压力平均传递到道床上,同时又能有效地保持钢轨轨距和方向、几何形位的轨道部件。轨枕具有必要的坚固性、弹性和耐久性,能便于固定钢轨,有抵抗纵向和横向位移的能力,阻止钢轨因列车行驶压力而被拖动,保持两条钢轨间的一定距离和方位。列车经过时,它可以适当变形以缓冲压力,但列车通过后还得尽可能恢复原状。

3. 道床

道床是指路基、桥梁或隧道等下部结构之上,钢轨、轨枕上部结构之下的碎石、卵石层或混凝土层。

道床是钢轨或轨道框架的基础,主要作用是支撑轨枕,把来自轨枕上部的巨大荷载均匀地分布到路基面上,大大减少了路基的变形。道床依靠本身和轨枕间的摩擦,起到固定轨枕的位置、阻止轨枕纵向或横向移动的作用。

1.3.6 信号系统

信号系统是城市轨道交通系统中重要的设备之一。城市轨道交通的基本任务是安全、准时、高效率、高密度地运送乘客。因此,必须采用可靠的列车运行控制设备来指挥列车的运行,以确保列车运行的安全。从传统的闭塞、联锁信号设备到现代化的列车自动控制系统,是长期实践、经验的积累,以及技术不断改进和发展的结果。

1. 信号系统的作用

信号系统主要起到确保列车运行安全和提高轨道交通运行效率的作用。

(1)确保列车运行安全。城市轨道交通信号系统是指挥列车安全运行的关键设备,只有满足在列车运行前方的轨道区段没有列车占用(列车进路空闲)、道岔位置正确、没有敌对或相抵触的信号等条件时,才允许向列车发出允许列车前行的信号。所以,列车只有严格按照信号的显示运行,才能确保列车运行的安全;反之,将导致事故的发生。在城市轨道交通运输中,确保乘客的乘车安全是最重要的,所以信号系统担负着确保运输安全的重要使命。有了信号系统的保障,可以减少列车运行事故,并可以降低事故等级,减小事故损失。

(2)提高轨道交通的运行效率。在城市轨道交通中,信号设备对于提高行车效率有着极其重要的作用。由于采用了列车运行自动控制技术,列车以最高的允许速度运行时,行车间隔大大缩短,甚至可以达到 $1.5\sim 2\text{ min}$,这样便加大了行车密度,缩短了列车停站时间,大大提高了轨道交通的运行效率。

2. 信号系统的特点

城市轨道交通具有高密度、短间隔、短站距和快速等特点,因而对交通保障系统有着安全要求高、通过能力大、抗干扰能力强、可靠性高、自动化程度高等要求。城市轨道交通信号系统改变了传统的铁路以地面信号显示指挥行车的方式,实现了以车载信号为主体信号的方式,用计算机系统实现了速度控制、进路选择和进路控制等,并逐步向无人驾驶的方向发展。

3. 信号系统的组成

城市轨道交通信号系统通常由信号基础设备、联锁系统、列车自动控制系统等组成,用于列车进路控制、列车间隔控制、调度指挥、信息管理、设备状态检测等,是一个高效的综合自动化系统,如图 1-23 所示。

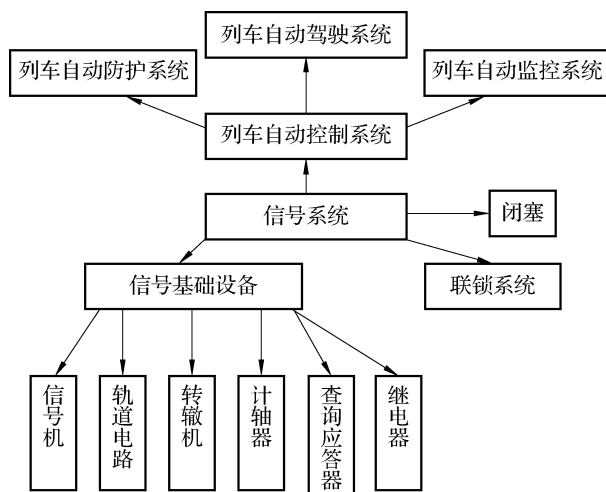


图 1-23 城市轨道交通信号系统的组成

1.3.7 列车自动控制系统

列车自动控制(automatic train control, ATC)系统,它是轨道交通列车控制的核心技术,也是城市轨道交通信号系统最重要的组成部分,如图 1-24 所示。它实现了行车指挥和列车运行自动化,最大限度地保证了列车运行安全,提高了运输效率,发挥了城市轨道交通的通过能力。

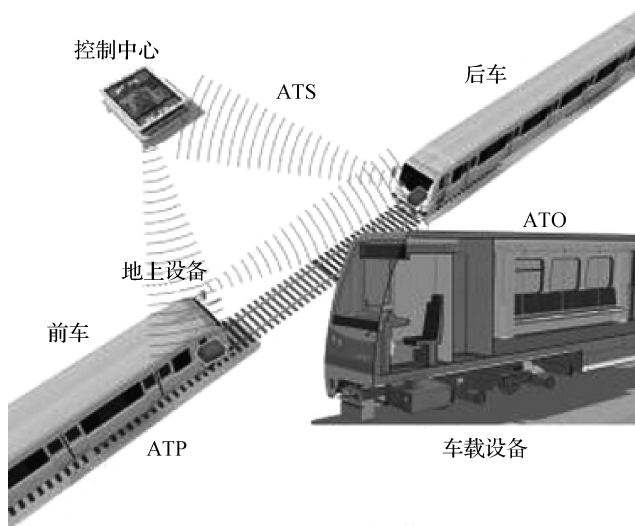


图 1-24 列车自动控制系统

1. ATC 系统

列车自动控制系统是对列车运行的全过程或部分作业实现自动控制的系统,是通过获取地面信息和命令控制列车运行,并及时调整与前行列车之间必须保持的距离以保证按照空间间隔运行的技术方法。

(1)ATC 系统的组成。ATC 系统由列车自动防护(automatic train protection,ATP)系统、列车自动驾驶(automatic train operation,ATO)系统和列车自动监控(automatic train supervision,ATS)系统三个子系统组成,简称“3A”子系统。各子系统之间相互支持,实现对列车的控制,保障列车行驶的安全和运输效率的提高。

ATC 系统设备分布于控制中心、车站、轨旁设备及列车中。ATC 列车自动控制系统框图如图 1-25 所示。

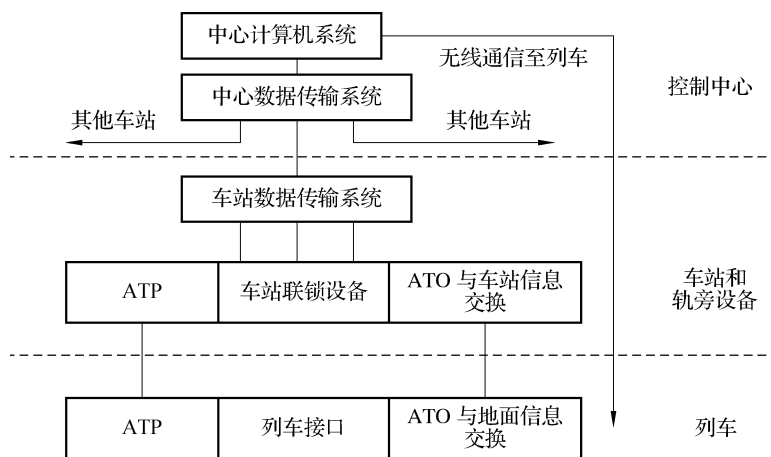


图 1-25 ATC 列车自动控制系统框图

(2)ATC 系统的功能。ATC 系统包括 5 个原理功能:ATS 功能、联锁功能、列车检测功能、ATC 功能和列车识别(positive train identification,PTI)功能。

①ATS 功能。ATS 功能可自动或人工控制进路,进行行车调度指挥,并向行车调度员和外部系统提供信息。ATS 功能主要由位于控制中心(operating control center,OCC)内的设备来实现。

②联锁功能。联锁功能响应来自 ATS 功能的命令,在满足安全准则的前提下,管理进路、道岔和信号的控制,将进路、轨道电路、道岔和信号的状态信息提供给 ATC 系统。联锁功能由分布在轨旁的设备来实现。

③列车检测功能。列车检测功能一般由轨道电路或相应的计轴设备等装置完成。

④ATC 功能。在联锁功能的约束下,根据 ATS 的要求实现对列车运行的控制。ATC 功能有 3 个子功能:ATP/ATO 轨旁功能、ATP/ATO 传输功能和 ATP/ATO 车载功能。ATP/ATO 轨旁功能负责列车间隔和报文生成;ATP/ATO 传输功能负责发送感应信号,它包括报文和 ATC 车载设备所需的其他数据;ATP/ATO 车载功能负责列车的安全运营、列车自动驾驶,并且为信号系统和列车司机提供接口。

⑤列车识别功能。PTI 功能通过多种渠道传输和接收各种数据,在特定的位置传给

ATS,向ATS报告列车的识别信息、目的号码、乘务组号和列车位置数据,优化列车运行。

(3)ATC系统的分类。城市轨道交通ATC,按闭塞制式可以分为固定闭塞式ATC、准移动闭塞式ATC和移动闭塞式ATC,按通信方式可以分为点式ATC和连续式ATC。

2. ATC的子系统

(1)ATP子系统。ATP子系统是保证行车安全、防止列车进入前方列车占用区段和防止列车超速运行的设备。ATP子系统不断将来自联锁设备和操作层面上的信息、线路信息、前方目标点的距离和允许速度信息等从地面通过轨道电路等传至车上,从而由车载设备计算得到当前所允许的速度,或由行车控制中心计算出目标速度传至车上,由车载设备测得实际运行速度,依此来对列车速度实行监督,使之始终在安全速度下运行。当列车速度超过ATP装置所指示的速度时,ATP的车上设备就发出制动命令,使列车自动地制动;当列车速度降至ATP所指示的速度以下时,可自动缓解。

①ATP子系统的组成。ATP子系统主要由3个部分组成,即用以实现控制列车运行的车载设备、用以产生控制信息的轨旁设备、轨旁与车载两方互通信息的中间传输通道。ATS子系统负责监督和控制ATP子系统,联锁系统和轨道空闲检测装置为ATP提供基层的安全信息,ATP的控制对象是列车。

ATP子系统的车载设备主要包括车载主机、司机状态显示单元、速度传感器、列车地面信号接收器、列车接口电路、电源和辅助设备。

ATP子系统的核心设备安装在列车上,但是它所需的主要信息都来自轨旁设备。根据城市轨道交通信号系统的不同制式,列车自动防护系统轨旁设备可以设置点式应答器、轨道电路或计轴器,向列车传递有关信息。安装在列车上的设备接收并处理这些信息。

②ATP子系统的功能。ATP子系统主要有以下功能:

- a. 速度监督与超速防护。
- b. 测速与测距。
- c. 车门与站台安全门的控制。
- d. 列车检测。
- e. 停车点防护。
- f. 提供司机人机界面(man machine interface,MMI)。
- g. 折返/改换驾驶室。

(2)ATO子系统。ATO子系统主要用于实现“地对车控制”,即用地面信息实现对列车驱动、制动的控制,包括列车自动折返,根据控制中心指令自动完成对列车的启动、牵引、惰行和制动,送出车门和站台安全门开关信号,使列车以最佳工况安全、正点、平稳地运行。

ATO子系统实现列车自动驾驶,需要ATP和ATS提供支持。ATP向ATO提供列车运行的速度、线路允许速度、目标速度和目标距离,以及列车当前所处位置等基本信息;ATS向ATO提供列车运行作业和运行计划。

①ATO子系统的组成。ATO子系统由轨旁设备和车载设备组成。

ATO轨旁设备通常也用作ATP轨旁设备,接收与列车自动运行有关的信息。地面信息接收、发送设备和轨道环线都属于ATO轨旁设备。这些轨旁设备,如点式应答器、轨道电

路能够接收来自列车ATO车载天线发送的信息,也能够把ATS有关信息通过轨道环线或其他轨旁设备发送到列车上,由列车ATO车载设备进行接收并处理。地面信息接收、发送设备通常安装在线路旁,但是其调谐控制部分通常安装在信号设备室内,而轨道环线则安装在线路上。

ATO车载设备由设在列车每一端司机室内的ATO车载控制器(包括司机控制台)、安装在列车每一端司机室车体下的两个ATO接收天线和两个ATO发送天线组成,还包括ATO附件,这些附件用于测量速度、定位和司机接口。ATO车载设备通常和ATP车载设备安装在一个机架内。

②ATO子系统的功能。ATO子系统的功能分为基本控制功能和服务功能。

基本控制功能包括自动驾驶、自动折返、自动控制车门开闭等。自动驾驶又包含自动调整列车运行速度、停车点的目标制动、从车站自动发车、区间内临时停车等。

服务功能包括列车位置功能、允许速度功能、巡航/惰行功能、PTI支持功能等。

(3)ATS子系统。ATS子系统主要是实现对列车运行及所控制的道岔、信号等设备运行状态的监督和控制,为行车调度人员显示出全线列车的运行状态,监督和记录运行图的执行情况,在列车因故偏离运行图时及时做出调整,辅助行车调度人员完成对全线列车运行的管理。

ATS在ATP和ATO子系统的支持下,根据运行时刻表完成对全线列车运行的自动监控,可自动或由人工监督和控制正线(车辆段、停车场、试车线除外)列车进路,并向行车调度员和外部系统提供信息。

①ATS子系统的组成。ATS子系统由控制中心设备、车站设备、车辆段设备、PTI设备及列车发车计时器等组成。

a. 控制中心设备。控制中心设备是ATS的核心。其用于状态表示、运行控制、运行调整、车次追踪、时刻表编制、运行图绘制、运行报告、调度员培训、与其他系统对接等。ATS控制中心设备主要包括中心计算机系统、综合显示屏、调度员和调度长工作站、运行图工作站、培训/模拟工作站、绘图仪、打印机、维修工作站、局域网、不间断电源(uninterruptible power supply,UPS)及蓄电池。其设备组成如图1-26所示。

b. 车站设备。车站设备由ATS分机及车站现场控制工作站组成。

c. 车辆段设备。车辆段设备由ATS分机及车辆段终端组成。

d. PTI设备。PTI设备是ATS车次识别及车辆管理的辅助设备,由地面查询环路和车载查询器组成。

e. 列车发车计时器(train depart timer,TDT)。TDT设备设于各站,为列车运行提供车站发车时间、列车到站晚点情况的时间指示,提示列车按计划时刻表运行。

②ATS子系统的功能。ATS子系统具有下列主要功能:列车运行情况的集中监视和跟踪;列车运行的自动记录;时刻表自动生成、显示、修改并优化;自动排列进路,按行车计划自动控制道旁信号设备以接发列车;列车运行自动调整;列车运行和设备状态自动监视;调度员操作与设备状态记录、运行数据统计及报表自动生成;运输计划管理、输出及统计处理;实现沿线设备及列车与控制中心之间的通信;列车车次号自动传递;车辆修程及乘务员管理;



系统故障复原处理;列车运行模拟及培训;乘客向导信息显示。

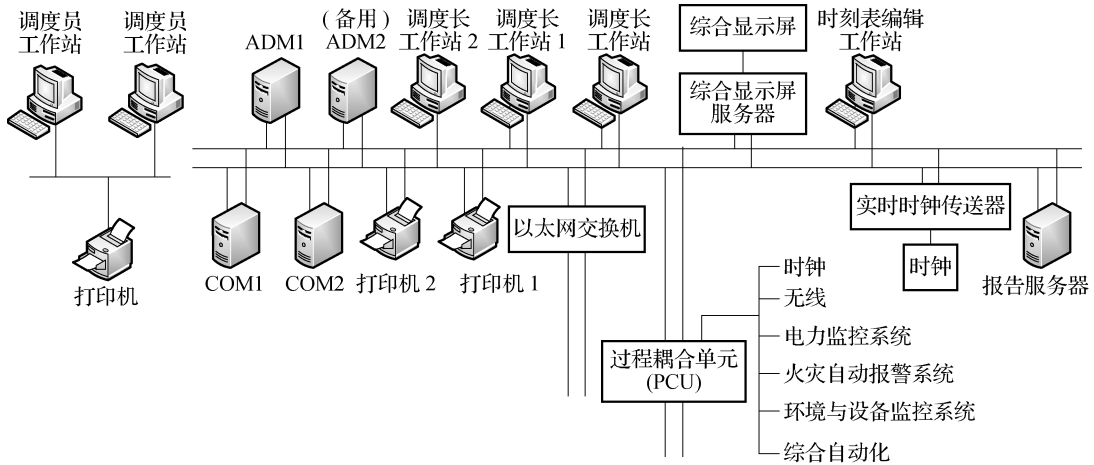


图 1-26 控制中心设备组成

1.3.8 通信系统

通信系统是实现列车运输集中统一指挥、行车调度自动化、列车运行自动化,提高列车运输效率的有效手段。通信系统是既能传输语音信号,又能传输文字、数据和图像等信息的综合业务数字通信网。

通信系统按其用途可分为电话系统(公务电话、调度电话、站内电话和轨旁电话)、无线调度系统、闭路电视系统、广播系统、时钟系统、商用通信系统等。

1. 电话系统

(1)公务电话。公务电话以数字程控交换机设备为核心,连接办公室、OCC、车站、设备室等电话分机,以满足城市轨道交通对内和对外的通信,为保证安全和减少成本使用专网网络构建。

(2)调度电话。调度电话为运营、电力、维护和救灾等提供有效的通信,为控制信息的行车调度员、环控调度员、电力调度员、设备维修调度员等提供专用直达通信。

(3)站内电话和轨旁电话。

①站内电话。站内电话是为了适应站内岗位之间频繁通话而建立的独立的内部电话系统。站内电话主要提供车站内部通信和与相邻车站、联锁站间的直达通信。站内电话是一个车站内部的电话系统,一般采用小型交换机实现。

②轨旁电话。轨旁电话是根据系统运营、维护及应急需要,供列车司机和维修人员在紧急情况下及时联系车站及相关部门的电话系统。轨旁电缆连接轨旁电话与站内交换机,轨旁电话机具有抗冲击和防潮等特性,区间内每 150~200 m 安装一部电话,3~4 部轨旁电话机并接使用同一号码,通常在一条区间线路是几部电话交叉配置以提高可靠性。轨旁电话可同时接站内电话和公务电话,通过插座或开关实现号码转换。

2. 无线调度系统

无线调度系统是调度员与司机通信的唯一手段,也是移动作业人员、抢险人员实现通信的重要手段。无线调度系统有专用频道方式和集群方式两种形式。其中,专用频道方式是根据用途配置频道,每种频道只作一种用途,空闲时也不作他用;专用频道方式有着设备简单、通话速度快的特点,但是在话务负荷上分布不均,某些繁忙的信道经常阻塞,而某些信道又经常处在空闲状态。

3. 闭路电视系统

闭路电视系统方便控制中心调度管理人员、车站值班员、站台管理人员和司机实时监控车站客流、列车出入站、乘客上下车情况,以提高运营组织管理效率,保证列车安全、正点,同时借助车站和中心录像进行安全及事故取证。

4. 广播系统

广播系统是城市轨道交通运营行车组织的必要手段,它的主要作用有:对乘客进行广播,通知列车到站、离站、线路换乘、时间表变更、列车误点、安全状况;播放音乐,以改善站厅、站台、列车车厢等的候车和乘车环境;进行防灾广播,播放突发或紧急情况,组织指挥事故抢险,提高应急响应能力;对运营人员进行广播,发布有关通知信息,协同配合工作;等等。

5. 时钟系统

时钟系统是为运营准时、服务乘客、统一全线设备标准时间而设置的,系统采用全球定位系统(global positioning system,GPS)标准时间信息。

6. 商用通信系统

商用通信系统为乘客提供在城市轨道交通内的无线通信、广播、无线上网等服务,主要有城市广播、中国移动全球移动通信系统(global system for mobile communications,GSM)通信、通用分组无线服务技术(general packet radio service,GPRS)上网、中国联通 GSM 通信、码分多址(code division multiple access,CDMA)通信及 4G 服务等。

1.3.9 供电系统

城市轨道交通供电系统是由电力系统经高压输电网、主变电所降压、配电网络、牵引变电所降压、整流等环节向城市轨道交通系统输送电力的能源系统。而城市轨道交通系统与一般电力用户有很大区别,所以其供电系统的功能、要求和构成也存在一定的特殊性。

1. 城市轨道交通供电系统的功能

城市轨道交通供电系统是城市轨道交通运营的动力源泉,负责为电动列车提供牵引用电,为车站、区间、车辆段、控制中心等建筑物提供动力和照明用电。因此,其应具备安全可靠、经济适用、调度方便的特点,具备供电、故障自救、自我保护、防止误操作等功能。

(1)供电服务功能。为城市轨道交通运营服务是城市轨道交通供电系统的最基本功能,即为所有用电设备提供安全、可靠的电能。城市轨道交通系统中的用电设备既有风机、水泵、照明灯具等固定设备,也包括运动着的列车。这些设备的电压等级、制式不同,对电源的要求也不同。城市轨道交通供电系统就是为这些用电设备提供合格的电力,使其正



常运行,保证城市轨道交通安全运营。

(2)故障自救功能。系统的安全性、可靠性是供电系统的首要要求,城市轨道交通供电系统应设置必要的备用措施,以保证供电系统发生任何一种故障时都不影响城市轨道交通的正常运行。双电源是城市轨道交通供电系统的主要原则,两路电源互为备用,当一路电源发生故障时,另一路电源应能满足系统正常供电的要求。

(3)自我保护功能。城市轨道交通供电系统应设置完整、协调的保护措施,各级保护应相互配合和协调,保护装置应满足可靠性、灵敏性、速动性、选择性的要求。在系统某处发生故障时,应使最近的保护装置动作,只切除故障部分的设备,从而缩小故障影响范围。

(4)防止误操作功能。防止误操作是保证系统安全、可靠地运行所不可缺少的环节。供电系统中任何一个环节的操作都应有相应的联锁条件,避免因误操作而发生故障。

(5)灵活的调度功能。城市轨道交通供电系统应能在控制中心进行集中控制、监视和测量,并根据运行需要方便、灵活地进行调度,变更运行方式,分配负荷潮流,使系统在更加经济合理的模式下运行。

(6)控制、显示和计量功能。系统应能方便地进行各种控制操作,各环节的运行状态应有明确的显示,各种电量的测量和电能的计量应准确。另外,应具备远距离控制、监视和测量功能,在控制中心即可根据运行需要方便地进行调度,提高系统运行的经济性。

(7)电磁兼容功能。城市轨道交通处于强电、弱电多个系统共存的电磁环境,为了使各种设备或系统在这个环境中能正常工作且不对该环境中其他设备、装置或系统构成不能承受的电磁干扰,各种电气和电子设备的系统内部与其他系统之间的电磁兼容显得尤为重要。供电系统既是电磁干扰源,又是电磁敏感设备,要在技术上采取措施抑制干扰,提高抗干扰能力。

2. 城市轨道交通供电系统的基本要求

城市轨道交通供电系统对保证城市轨道交通正常、安全运行具有很大的影响,它应具备安全可靠、经济适用和满足不同用户需求的基本要求。

(1)供电系统必须安全可靠。城市轨道交通电动列车和车站设备都是为乘客提供服务的设备,在运营过程中,一旦供电中断,受影响最大的是行车和客运两个部门。所以,城市轨道交通供电系统必须具有高度的安全性,以保证供电的连续性和稳定性。为此,各变电站均采用两路进线,并互为备用;电源容量设计时应为发展留有余地;而且应选用先进、可靠的电气设备,采用模块化的计算机控制系统,实现实时监控,调度自动化的运行模式;并以专人定时巡视检查来进一步保障供电运行的安全可靠。

(2)供电系统必须经济适用。经济是指在满足供电系统安全可靠的前提下,实现项目在全生命周期内供电系统费用的最低化。经济性不但要求节省初期的工程投资,还要尽量降低运营成本,以保证项目在全生命周期内实现最佳的技术经济效益。适用是指城市轨道交通供电系统的建设应满足业主的建设目的和对性能的要求,主要通过系统设计来实现。

(3)供电系统必须满足不同用户的需求。无论是车站还是列车的用电设备,对供电都有不同的要求,为了分析其用电要求,首先对供电负荷进行分类。按供电对象的重要性可将供电负荷分为3类。

①一级负荷。一级负荷必须连续供电,不可间断,一旦停电将造成重大人员伤亡和经济

损失。城市轨道交通电动列车、通信信号设备、车站通风、消防设备等属于一级负荷，必须确保不间断供电。为此，必须采取两路电源供电，当任何一路电源失电后，应自动、迅速切换至另一路电源。除由两个电源供电外，还应增设应急电源，并严禁将其他负荷接入应急供电系统。可作为应急电源的有独立于正常电源的发电机组、供电网络中独立于正常电源的专用的馈电线路、蓄电池、干电池。

②二级负荷。二级负荷为不可停电负荷，一旦停电将造成较大人员伤亡和经济损失。城市轨道交通车站照明、自动扶梯等设备属于二级负荷，应确保连续供电，如果停电，在一定程度上会影响客运服务质量，但并不影响列车运行安全。设计时，一般采用二路进线电源，再分片、分区供电。

③三级负荷。三级负荷是除一级、二级负荷以外的负荷。城市轨道交通的商业用电、广告照明等设备属于此类负荷，应确保正常供电，在维修保养或其他必要期间，如负荷高峰期可以停电。停电后不会影响客运服务质量和列车运行，其用电可根据电网负荷情况进行调整。

城市轨道交通供电系统，必须依据不同用电需求区别对待，才能满足和保障用户的用电需求，实现城市轨道交通的正常运营。

3. 城市轨道交通供电原理

城市轨道交通供电电源一般取自城市电网，通过城市电网一次电力系统和轨道交通供电系统实现输送或变换，最后以适当的电流(直流或交流)形成和电压等级供给用电设备。其中，牵引供电系统和动力照明系统是城市轨道交通供电系统中最主要的组成部分。从发电厂经升压变电所、高压输电网、区域输电网、区域变电站至主降压变电所部分通常被称为城市电网一次电力系统。城市轨道交通供电原理如图 1-27 所示。

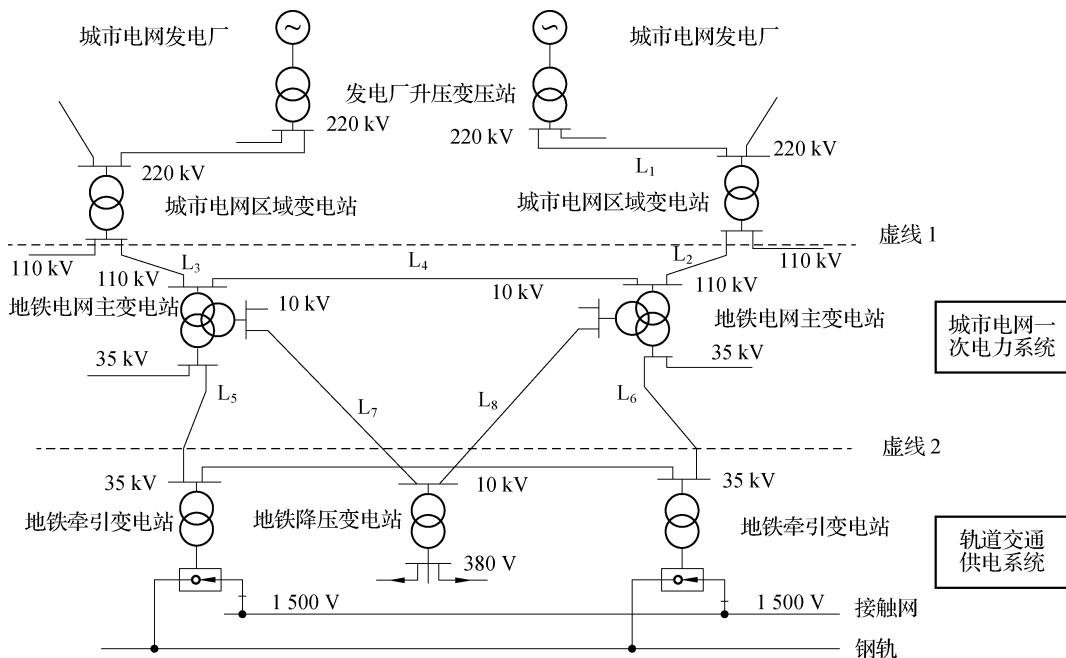


图 1-27 城市轨道交通供电原理



城市轨道交通是一个重要的用电部门,按规定须由两路独立的电源供电,当其中任何一路电源发生故障时,另一路应能保证一级负荷的全部用电需要。因此,城市轨道交通牵引变电所的电源进线来自两个区域变电所或来自一个区域变电所的两路独立电源,当一路电源失压时,另一路电源自动切入,使城市轨道交通系统能获得不间断的电源。

4. 牵引网供电制式

(1)牵引网的电流制。直流馈电方式不但适用于电阻启动控制方式,也适用于斩波调压和变频调压等电子控制方式。采用直流供电的电动车辆具有调速范围大、调速方便、易于控制、启动制动平稳、接触网简单、投资省、电压质量高等优点,所以,目前城市轨道交通电力机车基本上都采用直流制。

(2)牵引网的电压等级。目前,世界上城市轨道交通中的直流牵引电压等级繁多,如570 V、600 V、625 V、650 V、700 V、750 V、780 V、825 V、900 V、1 000 V、1 100 V、1 200 V、1 500 V、3 000 V,其发展趋向是国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)标准中的600 V、750 V和1 500 V;我国国家标准规定为750 V、1 500 V两种,其电压允许波动范围分别为500~900 V、1 000~1 800 V。在选择电压等级时,要结合系统馈电方式,根据车辆、线路等工程特点综合比较确定。

(3)牵引网馈电方式及其与电压等级的关系。馈电方式与电压等级是牵引网供电制式中的关键点,两者密切相关。对于一个具体的城市轨道交通工程,馈电方式与电压等级的选择,应该结合起来统一考虑。牵引网的馈电方式有架空接触网和接触轨两种方式,我国牵引网供电制式有直流1 500 V架空接触网、直流1 500V接触轨、直流750 V架空接触网、直流750 V接触轨4种方式。

与750 V电压等级相比,1 500 V电压等级的供电距离更远,电压损失和电能损耗更小,但防护要求也更高。我国早期城市轨道交通项目中,1 500 V主要用于架空接触网,但随着支持、防护材料的不断发展,目前在接触轨系统中也有大量应用,而且直流1 500 V接触轨在供电能力、施工难度、对城市景观的影响等诸多方面都更有优势。

学习评价

学习完本模块后,请根据自己的学习所得,结合下表所列内容进行打分评价。

模块1 学习评价表

评价内容	评价方式			评价等级
	自评	小组评议	教师评议	
课前预习本模块相关知识、相关资料				A. 充分 B. 一般 C. 不足
了解城市轨道交通对行车组织的要求				A. 充分 B. 一般 C. 不足

(续表)

评价内容	评价方式			评价等级
	自 评	小组评议	教师评议	
熟悉城市轨道交通系统的行车组织特点				A. 充分 B. 一般 C. 不足
知道城市轨道交通系统的主要行车设备				A. 充分 B. 一般 C. 不足
参加教学中的讨论和练习,并积极完成相关任务				A. 充分 B. 一般 C. 不足
善于与同学合作				A. 充分 B. 一般 C. 不足
学习态度,完成作业情况				A. 充分 B. 一般 C. 不足
总评				

思考与练习

- (1)城市轨道交通对行车组织有哪些要求?
- (2)简述城市轨道交通系统的行车组织特点。
- (3)根据功能不同,城市轨道交通车辆可以分为哪几种?
- (4)简述车站的结构功能。
- (5)简述轨道的组成。