

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



城市轨道交通 调度指挥

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
DIAODU ZHIHUI

选题策划: 金颖杰
责任编辑: 卢尚坤
封面设计: 黄燕美



定价: 39.80元

职业教育城市轨道交通系列创新教材

城市轨道交通调度指挥

主编◎付全成

哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

职业教育城市轨道交通系列创新教材



城市轨道交通 调度指挥

主编◎付全成

哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

职业教育城市轨道交通系列创新教材



城市轨道交通 调度指挥

主 编◎付全成
副主编◎陈 海 严大勇

内 容 简 介

本书共分七个模块,内容包括城市轨道交通调度指挥基础、列车运行计划及列车运行图、城市轨道交通行车调度指挥概述、正常情况下的行车调度指挥、非正常情况下的行车调度指挥、施工及工程列车运行组织、其他调度工作组织。

本书既可作为职业教育城市轨道交通相关专业的教材,也可供相关从业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通调度指挥/付全成主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2020.5(2025.8重印)

ISBN 978-7-5661-2653-5

I. ①城… II. ①付… III. ①城市铁路—轨道交通—
运输调度 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 063959 号

城市轨道交通调度指挥

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG DIAODU ZHIHUI

选题策划 金颖杰

责任编辑 卢尚坤

封面设计 黄燕美

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号

邮政编码 150001

电 话 0451-82519989

经 销 新华书店

印 刷 三河市骏杰印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 12.5

字 数 304 千字

版 次 2020 年 5 月第 1 版

印 次 2025 年 8 月第 5 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5661-2653-5

定 价 39.80 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

Preface

前言

随着我国经济的高速发展,城市轨道交通以其快速、高效、安全、大容量、环保等特点成为各大城市公共交通的重点建设项目。目前,我国的城市轨道交通正处于快速发展时期,作为我国各大城市人们的主要交通出行方式之一,城市轨道交通为推动城市交通的正常运转发挥了重要作用,在人们的日常生活中扮演着越来越重要的角色。城市轨道交通的迅猛发展,使该行业对专业人才(尤其是运营管理、施工、维修养护等方面的综合型人才)的需求不断增加。

城市轨道交通调度指挥工作是城市轨道交通运营管理的核心内容之一,需要多个工种协同工作,以保证列车安全、快速、准时、经济地运送乘客。无论是行车值班员、值班站长、行车调度员、环控调度员、电力调度员、司机,还是信号检修、电力维修等岗位人员,均需要掌握城市轨道交通调度指挥相关知识。

本书按照城市轨道交通调度指挥岗位的实际工作需要编写,具体内容与推荐学时见下表:

模 块	内 容	学 时
1	城市轨道交通调度指挥基础	8
2	列车运行计划及列车运行图	8
3	城市轨道交通行车调度指挥概述	8
4	正常情况下的行车调度指挥	10
5	非正常情况下的行车调度指挥	8
6	施工及工程列车运行组织	8
7	其他调度工作组织	6
总计		56

本书在重点介绍行车调度指挥工作的同时,还介绍了环控调度指挥工作、电力调度指挥工作,以及施工运行组织的内容,基本涵盖了从事城市轨道交通调度指挥工作的相关岗位所



需的知识和技能。

本书由河南物流职业学院付全成任主编,贵州电子科技职业学院陈海、河南物流职业学院严大勇任副主编。本书在编写过程中参考了一些相关教材及教学资料,在此向相关作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

Contents

目 录

模块 1	城市轨道交通调度指挥基础	1
1.1	城市轨道交通系统的构成	1
1.1.1	轨道	1
1.1.2	线路	3
1.1.3	车辆	12
1.1.4	车站	13
1.1.5	车辆基地	15
1.1.6	信号系统	16
1.1.7	通信系统	26
1.1.8	其他重要的设备系统	28
1.2	城市轨道交通调度指挥概述	34
1.2.1	调度指挥工作的作用与任务	34
1.2.2	调度指挥机构	35
1.2.3	调度指挥相关岗位人员的素质和岗位要求	37
1.2.4	调度指挥设备	40
	思考与练习	42
模块 2	列车运行计划及列车运行图	43
2.1	列车运行计划	43
2.1.1	客流计划	43
2.1.2	全日行车计划	45
2.1.3	列车开行方案	46
2.1.4	车辆配备与运用计划	54
2.2	列车运行图	56
2.2.1	列车运行图的格式与分类	56



2.2.2 列车运行图的线条、符号和车次规定	60
2.2.3 列车运行图的要素	62
2.2.4 列车运行图的编制	65

思考与练习	70
-------	----

模块3 城市轨道交通行车调度指挥概述 71

3.1 行车调度指挥原则与行车规章	71
3.1.1 行车调度指挥原则	71
3.1.2 行车规章	72
3.2 行车组织指挥体系与列车驾驶模式	73
3.2.1 行车组织指挥体系	73
3.2.2 列车驾驶模式	74
3.3 行车凭证及行车报表	75
3.3.1 行车凭证	75
3.3.2 行车报表	77
3.4 列车运行组织	81
3.4.1 行车指挥自动化	81
3.4.2 调度集中	83
3.4.3 调度监督	83
3.4.4 列车运行调整	85
3.4.5 行车调度工作考核指标	88

思考与练习	90
-------	----

模块4 正常情况下的行车调度指挥 91

4.1 车站行车组织	91
4.1.1 车站行车作业基本要求	91
4.1.2 车站行车作业制度	92
4.1.3 车站接发列车作业	93
4.2 列车运转流程	97
4.2.1 列车出场	98
4.2.2 列车正线运行	99
4.2.3 列车入场	99
4.2.4 列车整备	100
4.2.5 列车司机作业	101
4.3 车辆基地调车作业	103

模块5 非正常情况下的行车调度指挥 133

模块6 施工及工程列车运行组织 154

III 



6.1.2	施工计划	155
6.1.3	施工组织管理	161
6.2	工程列车的运行组织	167
6.2.1	工程列车的概念和种类	167
6.2.2	工程列车开行组织方法	169
	思考与练习	173

» » » > 模块7 其他调度工作组织 ————— 174

7.1	环控调度工作组织	174
7.1.1	环控调度工作组织的基础知识	174
7.1.2	正常情况下的环控调度工作组织	176
7.1.3	非正常情况下的环控调度工作组织	178
7.2	电力调度工作组织	181
7.2.1	电力调度员工作站的主要功能	181
7.2.2	供电系统运行管理的任务和内容	182
7.2.3	正常情况下的电力调度工作组织	185
7.2.4	非正常情况下的电力调度工作组织	187
	思考与练习	190

参考文献	191
-------------	------------

模块

1

城市轨道交通调度指挥基础



学习目标

- (1) 熟悉城市轨道交通系统的构成。
- (2) 了解调度指挥工作的作用与任务,熟悉城市轨道交通调度指挥机构的构成。
- (3) 了解调度指挥相关岗位人员应具备的素质和岗位要求。
- (4) 熟悉城市轨道交通调度指挥设备。

1.1 城市轨道交通系统的构成

1.1.1 轨道

轨道是城市轨道交通系统的重要组成部分,其作为一个整体结构铺设在轨枕上,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。

轨道由钢轨、轨枕、道床、扣件、道岔及其他附属设备等组成。

1. 钢轨

钢轨是指两条呈直线形平行分布,安装在轨枕或道床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力,并引导列车的运行方向。此外,在城市轨道交通系统中,钢轨还可兼做轨道电路。

2. 轨枕

轨枕是轨道的基础部件,它是承垫于钢轨之下,将钢轨所承受的压力平均传递到道床上,同时又能有效地保持钢轨轨距、方向和几何形位的轨道部件。轨枕应具有必要的坚固性、弹性和耐久性,便于固定钢轨,有抵抗纵向和横向位移的能力,可以阻止钢轨因列车行驶





压力而被拖动,保持两条钢轨间的距离和方位。轨枕在列车经过时应可以适当变形以缓冲压力,在列车通过后能够尽可能恢复原状。

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。

道床是钢轨或轨枕框架的基础,其主要作用是支撑轨枕,把来自轨枕上部的巨大荷载均匀地传递到路基上,减小路基的变形。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。

4. 扣件

扣件是联结钢轨与轨枕的重要部件,其作用是保持钢轨在轨枕等轨下基础上的正确位置及钢轨与轨枕的可靠联结,阻止钢轨的纵向和横向移动,为轨道结构提供一定的弹性,减轻振动,延缓轨道残余变形累积。

5. 道岔

道岔是使机车车辆由一股轨道转向或越过另一股轨道的联结设备,是线路轨道的重要组成部分。道岔是线路的三大薄弱环节之一,直接影响列车的速度、行车安全及乘客乘坐的舒适度。

根据道岔的功能,道岔可以分为单开道岔、双开道岔、三开道岔、交分道岔和交叉渡线等类型,如图 1-1 所示。

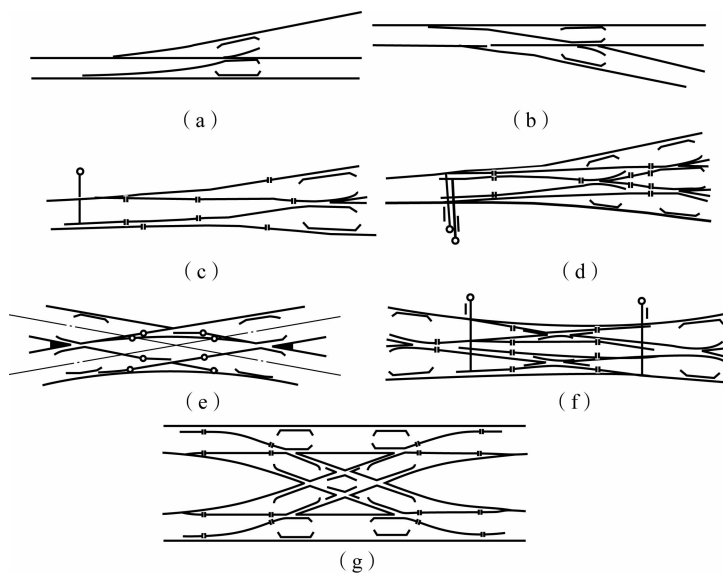


图 1-1 道岔的类型

(a)左开单开道岔;(b)右开单开道岔;(c)双开道岔;(d)三开道岔;(e)单式交分道岔;(f)复式交分道岔;(g)交叉渡线

6. 其他附属设备

其他附属设备包括护轨、车挡、轨道加强设备等。

(1) 护轨。钢轨有时还起到安全保护作用,这时的钢轨称为护轨。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。为防止列车在桥上或高地出轨时继续向外冲而在钢轨两侧分别装设的两段钢轨称为桥上护轨。

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钢轨称为道岔护轨。

(2) 车挡。车挡是一种安装在线路尽头,为了阻止列车因意外情况而越出线路终端的安全设施,是保证列车停车的最后一道技术防线。

(3) 轨道加强设备。轨道加强设备包括防爬器、防爬撑、轨距杆等。

① 防爬器。防爬器是安装于轨底并贴靠轨枕侧面,以阻止钢轨沿轨枕面相对窜动的零件。防爬器一般用于碎石道床。

② 防爬撑。防爬撑是指沿轨道纵向成对安装在道心两侧的轨枕盒内,使 3~5 根轨枕形成框架,共同承受一对防爬器传递的轨道爬行力的零件。防爬撑与防爬器配合使用(图 1-2),一般用于碎石道床。

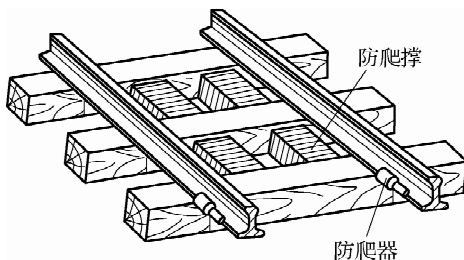


图 1-2 防爬撑与防爬器

③ 轨距杆。轨距杆在轨底将两根钢轨联结起来,以提高钢轨的横向稳定性,提高轨道保持规矩的能力。

1.1.2 线路

线路是城市轨道交通系统中列车运行的基础设施,它不仅是确定列车在城市三维空间走向的因素,还是城市轨道交通安全、快速运行的前提条件。

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主要可以分为地下线路、地面线路、高架线路三种类型。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三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密集、建筑密集、土地价值较高的区域采用地下线路,也可适当采用高架线路;而在城市边缘区或郊区,则宜采用地面线路或高架线路。

(1) 地下线路。地下线路(图 1-3)常用于地下城市轨道交通系统,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。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)。



图 1-3 地下线路

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,建成运营后对地面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,较先进的管理水平,完善的环控、防灾措施,因而工程造价和运营成本较高,并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(图 1-4)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,工程造价和运营成本较低,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,一般有两种选择: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 1-5 所示。

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。



图 1-4 地面线路

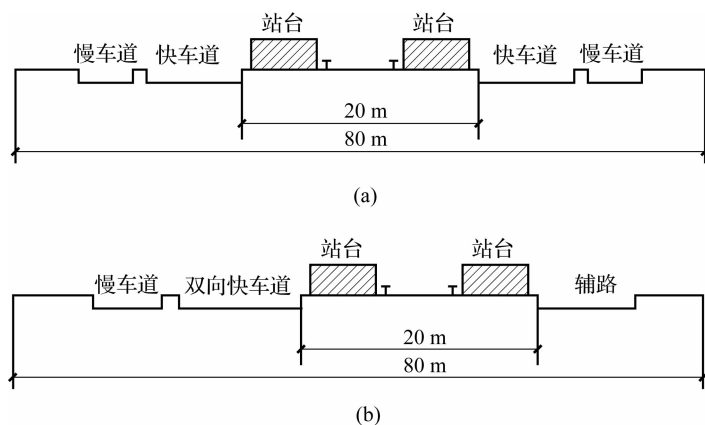


图 1-5 地面线路设置

(a)位于道路中心带上;(b)位于快车道一侧

(3) 高架线路。高架线路(图 1-6)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。高架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。



图 1-6 高架线路

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,在施工、维护、管理、环境控制、防灾等方面较地下线路方便。但采用高架线路会影响城市景观,线路容易受气候变化



影响,还会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运营中的作用可分为正线、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 1-7 所示。

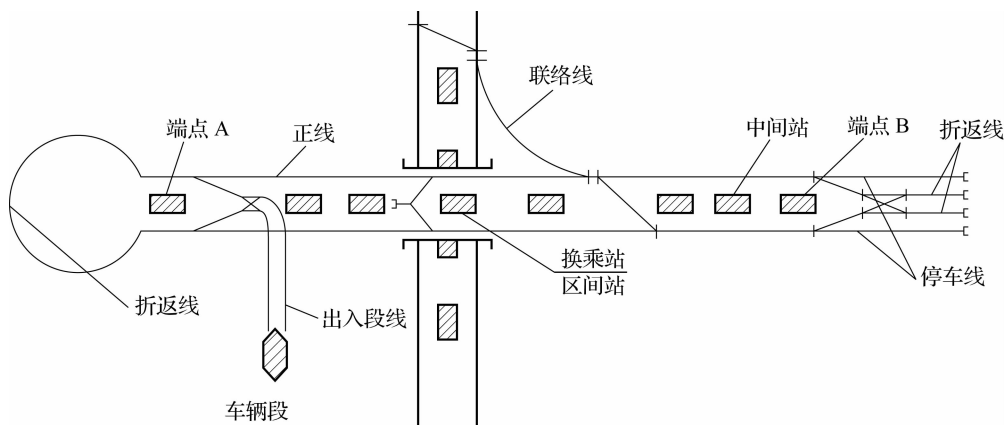


图 1-7 城市轨道交通线路的整体布置

(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。正线行车速度高、密度大且要保证行车安全和乘车舒适性,对其要求较高。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,经过计算,通过能力满足要求时,也可考虑采用平面交叉。

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行车调度员的要求,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掉头运行。所以,在这些地方需要设置折返线,折返线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,有些也可以用于夜间存车。

折返线分为尽端折返线、环形折返线、单轨线路折返线、渡线折返线。

① 尽端折返线。尽端折返线可分为单线折返线、双线折返线与多线折返线等,如图 1-8

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(如双线折返线可明显缩短折返时间),又可备有停车线,供故障停车、检修停车、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,比较适用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。

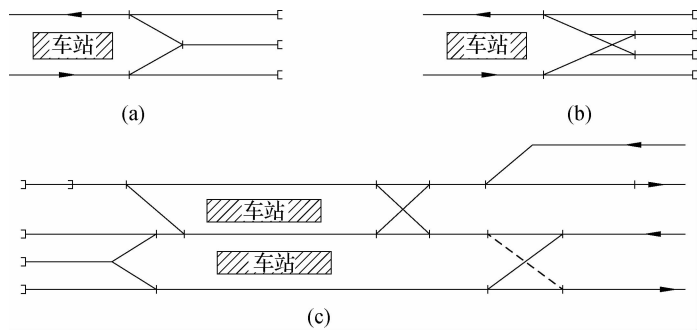


图 1-8 尽端折返线

(a)单线折返线;(b)双线折返线;(c)多线折返线

② 环形折返线。环形折返线俗称灯泡线(图 1-9),可将端点折返作业转化为沿一个环形单线区段运行的作业,实质是把折返运行变为区间运行,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。

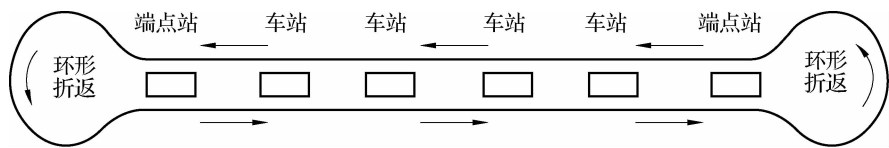


图 1-9 环形折返线

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;环形折返线没有一端停车维护、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。环形折返线机动性下降,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大多数在地面的情况。

③ 单轨线路折返线。单轨线路折返线(图 1-10)与双轨线路不同,必须采用专门的转线设备来完成折返作业。

单轨线路折返线因需承载线路、使列车做转动或平移,故建造与投资均有一定的难度,这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)。

④ 渡线折返线。在车站前或车站后可设置渡线完成折返作业。渡线折返线分为站前渡线折返线、站后渡线折返线和区间站渡线折返线三种,如图 1-11 所示。

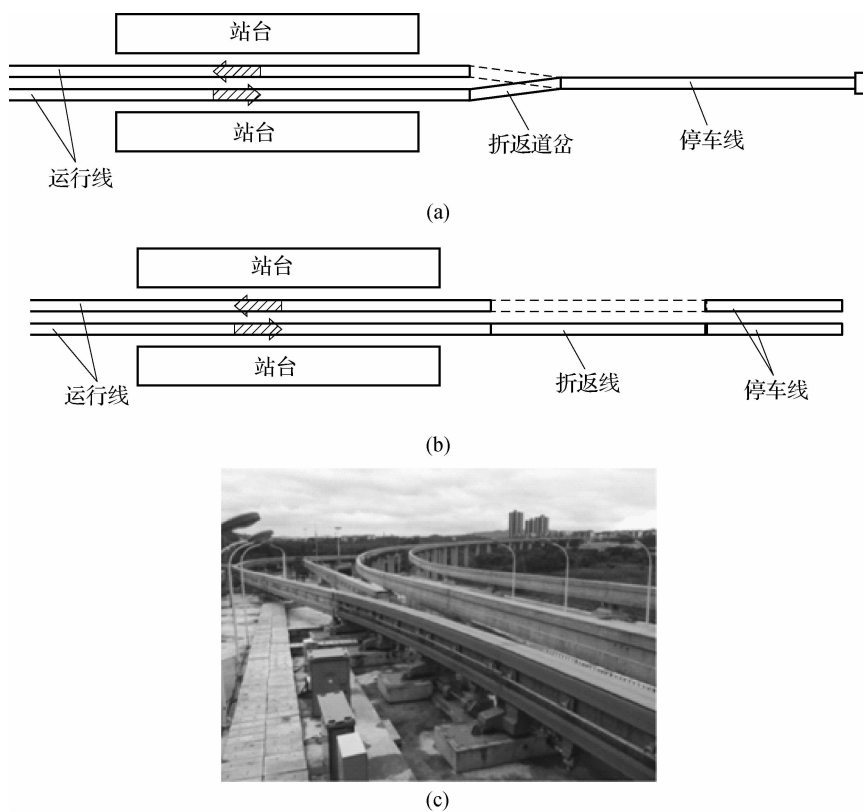


图 1-10 单轨线路折返线

(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

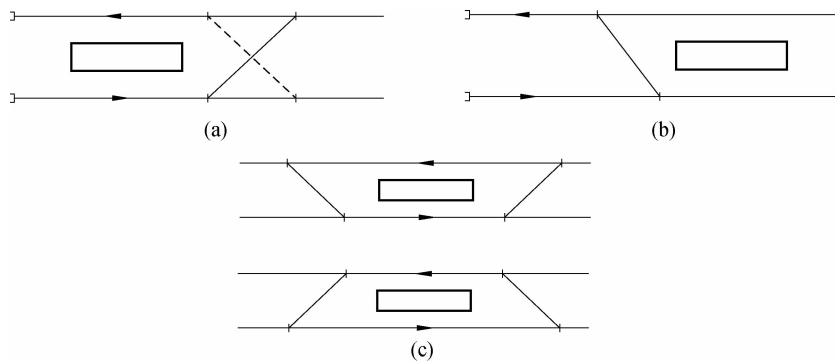


图 1-11 渡线折返线

(a)站前渡线折返线;(b)站后渡线折返线;(c)区间站渡线折返线

利用渡线折返需要修建的线路最少,投资较少。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。

(3) 渡线。利用道岔将线路上下行正线(或其他平行线路)连接起来的线路称为渡线。渡线分为单渡线(图 1-12)和交叉渡线。



图 1-12 单渡线

(4) 停车线。停车线(图 1-13)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。车辆基地拥有众多的专用停车线,供夜间停止运营的列车停放。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。一般在城市轨道交通线路沿线每隔 3~5 个车站加设渡线和停车线。



图 1-13 停车线

(5) 联络线。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称为联络线。联络线主要是两条正线间的连接线,如图 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。

因连接的城市轨道交通线路往往不在一个平面上,联络线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。若在地下建设联络线,则施工难度较大,投资也随之加大。

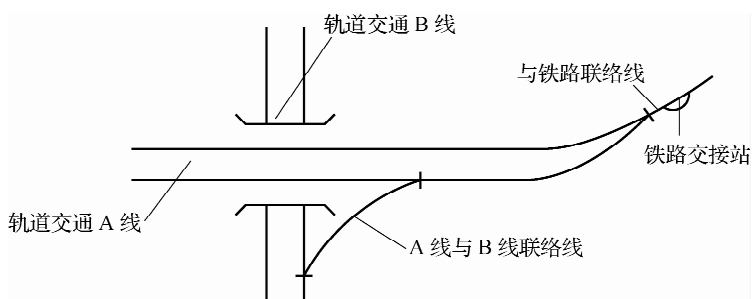


图 1-14 联络线

(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(图 1-16)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。为达到必要的列车运行速度,试验线需有一定的长度标准和纵断面特点。



图 1-16 试验线

(8) 出入段(场)线。出入段(场)线是专供列车进出车辆基地的线路。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(图 1-17),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。

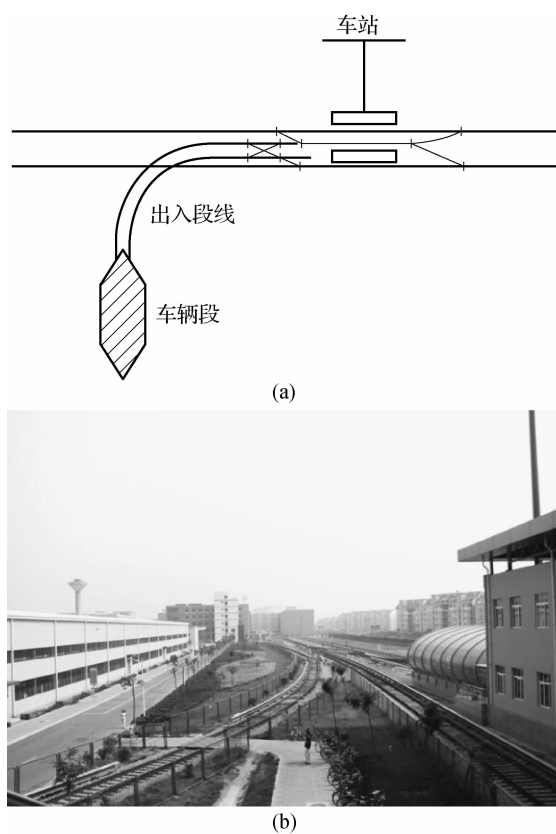


图 1-17 出入段线

(9) 洗车线。洗车线(图 1-18)是专门用于清洗车辆的线路。

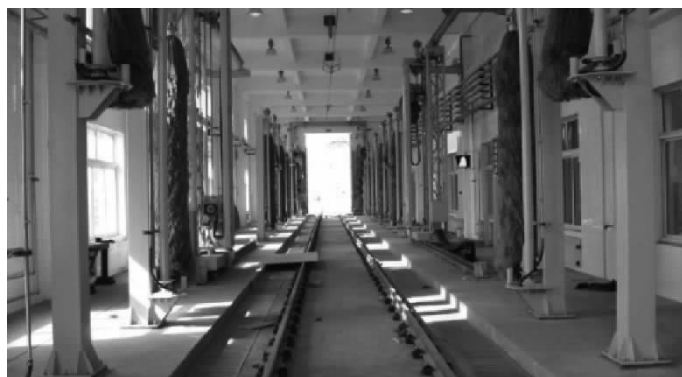


图 1-18 洗车线

(10) 安全线。在出入段(场)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。当出入段(场)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。

上述分类中的折返线、渡线、停车线、联络线、安全线也可统称为辅助线,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(场)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。

1.1.3 车辆

城市轨道交通车辆技术含量很高,融合了先进的机械制造技术、电子技术、信息技术、计算机网络技术、材料工艺等高新技术。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,还是进行系统设备选型和确定设备规模的重要依据。城市轨道交通客车的类型不同,其技术参数也不同,但其结构基本相同。一般城市轨道交通客车主要由车体、车门、车钩及缓冲装置、转向架、制动装置等组成。

(1) 车体。城市轨道交通客车车体采用大断面铝合金型材或不锈钢钢材全焊接结构,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体。车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。城市轨道交通客车车门包括客室车门、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、塞拉门三种结构形式。由于客室车门关系到乘客的安全,因此在运行中车门应可靠锁闭,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(图 1-19)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、荷载和轨道外力的直接承受者。

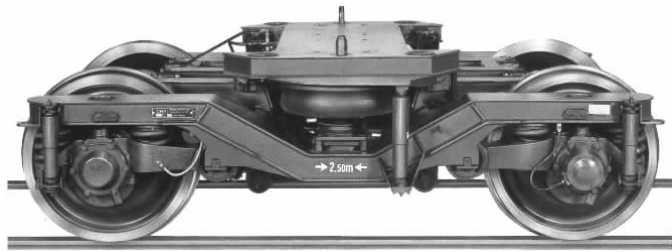


图 1-19 转向架

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装置。制动装置的作用就是根据需要使用车辆按规定减速、停车。制动装置由制动控制装置和制动执行装置组成。其中,制动执行装置分为摩擦制动装置、电气制动装置和磁轨制动装置等。

① 摩擦制动装置。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 电气制动装置。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实现制动。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实现制动。电气制动须与摩擦制动相配合。

③ 磁轨制动装置。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

城市轨道交通中工程车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、起重车、清扫车、平板装卸车等。

1.1.4 车站

车站是城市轨道交通系统的重要组成部分,是客流集散的场所,它必须具有供乘客乘降的功能,某些车站还需要提供换乘、折返、停车检修、临时待避功能。同时,车站是城市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。

从不同的角度,可对车站进行分类。

1. 根据车站站台形式分类

根据车站站台形式的不同,车站可分为岛式车站、侧式车站和混合式车站。



(1) 岛式车站。岛式车站(图 1-20)是指上、下行线路位于站台两侧的车站。岛式车站站台具有空间宽敞、站台面积利用率高、能调节客流等特点。因此,岛式车站一般用于客流量较大的车站。

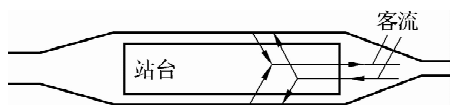


图 1-20 岛式车站

(2) 侧式车站。侧式车站(图 1-21)是指上、下行线路位于中央,站台分布于线路两侧的车站。侧式车站站台可避免上、下行乘客相互干扰。车站造价低、改建容易,但是站台面积利用率低,不可调节客流,站台没有岛式车站站台宽阔。因此,侧式车站多用于客流量不大或两个方向客流量较均匀的车站。

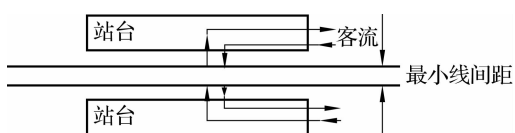


图 1-21 侧式车站

(3) 混合式车站。混合式车站(图 1-22)是指同时具有岛式车站和侧式车站的车站。混合式车站主要用于两侧站台换乘或列车折返。

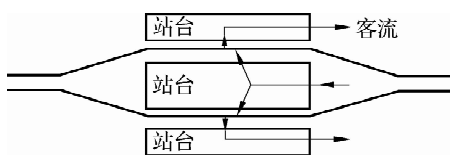


图 1-22 混合式车站

2. 根据车站所处位置分类

根据车站所处位置的不同,车站可分为地下车站、地面车站和高架车站。

3. 根据车站运营功能分类

根据车站运营功能的不同,车站可分为终点站、换乘站、中间站、区间站、枢纽站、联运站和通勤停靠站等。

(1) 终点站。终点站是指线路两端端点的车站,除了供乘客乘降外,还用于列车折返或停留。因此,终点站一般设有多股停车线。如果线路需要延长,终点站可作为中间站或区间站使用。

(2) 换乘站。换乘站是指在两条或两条以上城市轨道交通线路交叉点上设置的车站,其主要功能是供乘客乘降、换乘,向乘客提供服务。



(3) 中间站。中间站是城市轨道交通路网中数量最多的基本站型,功能单一,仅供乘客乘降之用。

(4) 区间站。区间站又称为折返站、区域站,是设在线路中间可供列车折返、开行区间列车的车站,其主要功能是供乘客乘降、向乘客提供服务、供部分列车折返。

(5) 枢纽站。枢纽站是指由此站分出另一条线路的车站,位于城市轨道交通线路分岔的位置,可以接送两条线路上的乘客。

(6) 联运站。联运站站内设有两种不同性质的列车线路,以进行联运及客流换乘。联运站具有中间站和换乘站的双重功能。

(7) 通勤停靠站。通勤停靠站是指内部职工通勤乘降点,设在车站与车辆基地的联系线路上。

1.1.5 车辆基地

车辆基地是城市轨道交通车辆停放的场所,主要由停车场(库)、列检所(库)、站场线路、信号控制楼等组成。

1. 车辆基地的种类

按功能不同,车辆基地可以分为检修车辆段(以下简称车辆段)和运用停车场(以下简称停车场)。

(1) 车辆段。车辆段是停放车辆及对车辆进行运营管理、维修保养的场所,也是工作人员的办公场所(包含临时住宿场所)。车辆段的作业范围如下:

- ① 列车管理和编组工作。
- ② 列车停放、双周/三月检、清扫洗刷、定期消毒等日常维修保养工作。
- ③ 车辆段内配属列车的乘务工作。
- ④ 车辆的定修、架修与大修等定期检修和检修后的列车试验。
- ⑤ 车辆的临修。
- ⑥ 车辆段内设备、机具的维修,以及调车机车、工程车等的整备及维修。

(2) 停车场。停车场只配备停放车辆的股道和一般车辆维修整备设备,仅能完成车辆的运营管理、清洁整备、安全检查等日常维修保养工作。停车场的作业范围如下:

- ① 列车管理工作。
- ② 场内配属列车的乘务工作。
- ③ 列车停放、清洁洗刷、定期消毒等日常维修保养工作,必要时可包括双周/三月检及临修工作。

2. 车辆基地的主要行车作业

车辆基地的主要行车作业如下:





(1) 接发作业。

① 接车作业。接车作业是指信号楼值班员在行车调度员的指挥下,及时组织列车进入车辆基地车库所办理的各项作业。

② 发车作业。发车作业是指信号楼值班员在行车调度员的指挥下,及时组织列车从车辆基地出发进入正线所办理的各项作业。

(2) 调车作业。为了保证次日运营需要或车组检修需要,车组或工程车不可避免地会在车辆基地的不同车库间与线路上移动,需要利用车辆基地内的牵出线、车库线、检修线等线路进行调车作业。车辆基地的调车作业主要有以下几种:

① 列车出入库。列车出库按调车作业有关规定进行,离开车库后应在车门外一度停车。有人发车时,按出库手信号离开车库;无人发车时,乘务员应下车确认库门正常开启、接触网送电后方可离开车库。列车入库作业与出库作业顺序相反,但内容相同。

② 工程车出入库。为完成施工作业必须开行工程车时,工程车在车辆基地的出入库作业同样也是调车作业。

③ 车辆移库或转线。车辆移库或转线是指车辆由于定期检修的需要而进行的作业。

(3) 试车作业。试车作业是指为确保车辆技术性能符合正线运行的要求,车辆在定期检修后进行作业。试车作业包括车辆基地内的调试和正线上的调试。其中,车辆基地内的调试分为试车线试车、股道试车和非进路试车。

① 试车线试车。试车线试车是指由车辆检修部门向运转值班室提出试车申请,运转值班员通知信号楼行车值班员布置进路,列车按调车信号驶入试车线进行调试。

② 股道试车。股道试车是指车辆在车辆基地线路上进行的小范围的动态调试。车辆检修部门向运转值班室提出试车申请,运转值班员派出司机配合试车。

③ 非进路试车。非进路试车是指车辆在车辆基地线路上进行的大范围的动态调试。车辆检修部门向运转值班室提出试车申请,运转值班员派出司机配合试车。

1.1.6 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、联锁信号设备发展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。

城市轨道交通信号系统通常由信号基础设备、闭塞、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。

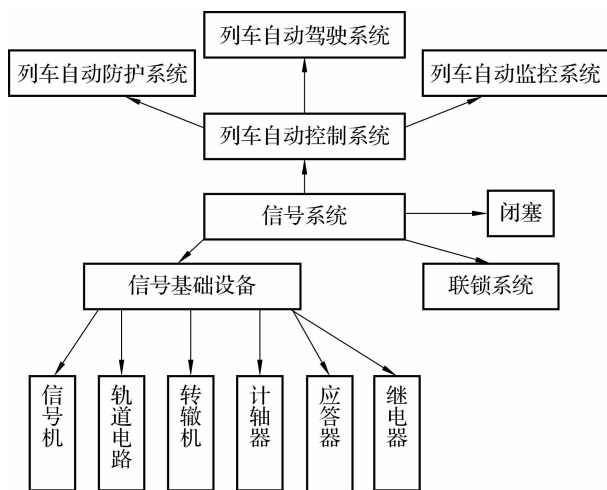


图 1-23 城市轨道交通信号系统的组成

1. 信号基础设备

信号基础设备包括信号机、轨道电路、转辙机、计轴器、应答器和继电器。

(1) 信号机。信号机是城市轨道交通的轨旁基础设备。城市轨道交通以车载信号为主体信号,正线区段一般不设信号机,只有在道岔区段,为了满足调车作业的需要才会设置地面信号机。城市轨道交通采用透镜式色灯信号机或发光二极管(light-emitting diode,LED)色灯信号机。列车的运行速度不取决于信号显示,即信号为非速差信号。允许信号的绿灯、黄灯不表示列车的运行速度,而是代表列车的运行进路是走道岔直股还是弯股。目前,我国城市轨道交通中未对地面信号的显示方式和显示意义进行统一规定,因此信号显示存在一定的差异。以下为某地铁信号机所表达的行车信息。

① 信号机的显示。城市轨道交通信号机的显示颜色一般采用红、绿、黄三种颜色,再辅

- 红灯。红灯表示停车,禁止列车越过该信号机。
- 绿灯。绿灯表示进路空闲,允许列车越过该信号机,进路中道岔开通直股。
- 黄灯。黄灯表示进路空闲,允许列车越过该信号机,进路中道岔开通侧向。当黄灯用于车辆段显示时,只代表列车可以通过该信号机,不含道岔开通情况。
- 蓝灯。蓝灯表示禁止调车(用于车辆段),禁止列车越过该信号机。
- 月白色灯。月白色灯表示允许调车(用于车辆段),列车可以通过该信号机进行调车作业。

② 正线上的信号机。

• 防护信号机。正线道岔防护信号机设在道岔岔前和岔后的适当地点。防护信号机采用三显示机构,自上而下的灯位为黄(或月白)、绿、红,其显示意义如下:黄灯(或月白色灯)



表示所防护的道岔开通折返线,准许列车按规定速度越过该信号机运行至折返点。绿灯表示所防护进路的道岔开通区间,准许列车按规定速度越过该信号机进入区间。红灯表示禁止列车越过该信号机。黄灯+红灯表示所防护的区间要求列车以不超过 25 km/h 的速度越过该信号机,有条件进入区间。

- 阻挡信号机。阻挡信号机设在线路尽头,表示列车停车的位置。阻挡信号机采用单显示机构,即一个红灯。当阻挡信号机显示为红灯时,表示列车或车辆不能越过该信号机。

- 进、出站信号机。车站一般不设进、出站信号机,而是在正向出站方向的站台侧、列车停车位置前方的适当地点设置发车指示器或发车计时装置。当然,也可以根据需要设进、出站信号机或只设出站信号机。进站信号机设置在车站入口外方的适当位置,用于保证车站内的作业安全,红灯表示不准列车越过该信号机进入站内,绿灯表示允许列车按规定速度越过该信号机进入站内。出站信号机设置在车站出口处,指示列车能否由车站进入区间,红灯表示不准列车出站,绿灯表示允许列车出发进入区间。

- 发车指示器。发车指示器设置在站台上列车发车的始端位置,其作用是向驾驶员表示能否关门及发车的时间,平时不亮灯。列车停靠后,发车前 5 s 闪月白色灯提示驾驶员关闭车门,发车时间到亮月白色稳定灯光,列车出清后灭灯。

- 通过信号机。采用自动控制系统的城市轨道交通,其自动闭塞通过信号机已失去主体信号的作用,一般在区间不设置通过信号机。当自动防护设备发生故障时,为便于驾驶员掌握列车运行的位置,可结合系统特点设必要的分界标,根据需要也可以设通过信号机。通过信号机采用三显示机构,自上而下的灯位为黄、绿、红。

③ 车辆基地的信号机。在车辆基地入口处设置进段(场)信号机,在车辆基地出口处设置出段(场)信号机。在同时能存放两列及以上列车的停车线中间设列车阻挡信号机(可兼作调车信号机),车辆基地内其他地点根据需要设置调车信号机。

(2) 轨道电路。轨道电路是由钢轨线路和钢轨绝缘构成的电路,是信号的重要基础设备,它的性能将直接影响行车安全和运输效率。轨道电路的作用如下:

- ① 监督列车在正线或车辆基地等线路的占用情况。轨道电路反映有关线路空闲时,为建立进路、锁闭进路、开放信号、解锁进路及构成闭塞提供依据;轨道电路被占用时,控制有关信号机自动关闭,将信号显示与列车运行结合起来。

- ② 传递行车信息。在正线上,根据列车的不同位置,有关闭塞分区的轨道电路传输不同的控制信息,实现对追踪列车的控制。带有编码信息的轨道电路是城市轨道交通信号系统车-地信息传输的通道之一。

- (3) 转辙机。道岔的转换和锁闭是行车安全的关键,而控制道岔的设备是转辙机,转辙机设于道岔尖轨或心轨的轨旁,它对于保证行车安全、提高运输效率、降低行车人员的劳动强度起着非常重要的作用。转辙机的作用如下:

- ① 转换道岔。转辙机可以转换道岔的位置,根据需要转换至定位或反位。

- ② 锁闭道岔。道岔转至所需位置并且密贴后,实现锁闭,防止外力转换道岔。
- ③ 正确反映道岔位置。道岔的尖轨密贴于基本轨并锁闭后,给出相应的位置表示。
- ④ 故障报警。道岔被挤或因故处于“四开”(两侧尖轨均不密贴)位置时,及时给出报警和显示。

(4) 计轴器。计轴器是以安装在钢轨轨腰上的轮轴传感器为探测手段,直接计取和检查通过列车的轴数,并通过运算比较,判断计轴轨道区段是否有车占用的信号基础设备。

(5) 应答器。应答器又称信标,是利用电磁感应理论在特定地点实现机车与地面间相互通信的数据传输装置,用于地面向列车传送线路基本参数、线路允许速度、特殊定位、列车运行目标数据、临时限速、车站进路等固定和实时可变的信息。随着列车自动控制系统的普及,应答器在轨道交通中得到了广泛应用。应答器是欧洲标准的称谓,信标是北美标准的称谓,现在大部分城市轨道交通中用的是欧式应答器。应答器的组成如下:

① 地面应答器。地面应答器(图 1-24)存储特定的地面信息,通常放在轨道中间。当列车经过地面应答器时,车载天线通过无线射频激活应答器,应答器向列车控制系统传送线路基本参数、线路速度、特殊定位、列车运行目标数据、临时限速、车站进路等固定和实时可变的信息,保证列车运行安全。

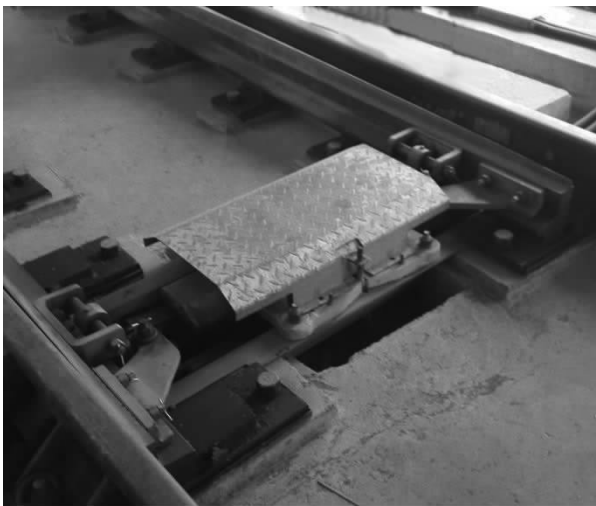


图 1-24 地面应答器

② 车载查询器。车载查询器安装于机车底部,不断发送功率载波信号,机车通过地面应答器时接收地面应答器发来的调制数字编码信息。车载主机将处理后的信号传送给车载自动防护设备。

(6) 继电器。城市轨道交通信号中广泛采用的信号继电器(以下简称继电器)通常作为自动控制系统的接口部件。继电器动作的可靠性直接影响信号系统的可靠性和安全性。



2. 闭塞

闭塞是指列车进入区间后,区间两端车站都不向这一区间发车,以防止列车相撞或追尾。闭塞设备保证了在同一个区间(闭塞分区)、同一段时间内只允许有一趟列车运行。

(1) 行车闭塞法。我国采用站间区间、所间区间或闭塞分区为列车运行的空间间隔。通过相邻车站、线路所、闭塞分区的设备或人为控制,使列车与列车互相保持一定间隔,以保证列车安全运行的行车方法,称为行车闭塞法。

(2) 闭塞区间的划分。区间与站内的划分是行车组织工作的一项重要内容,也是划定责任范围的依据。列车进入不同地段时必须取得相应的凭证或准许。在我国,列车占用区间的凭证通常为车站出站信号机的准许显示或目标点和速度码。在城市轨道交通线路上,采用的闭塞方式不同,闭塞区间的划分也不相同,如图 1-25 至图 1-27 所示。

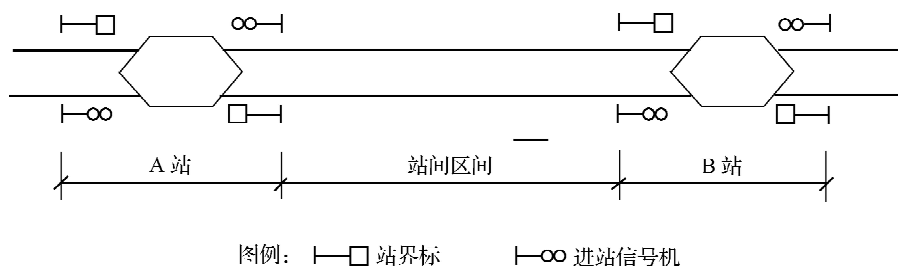


图 1-25 双线线路区间的划分

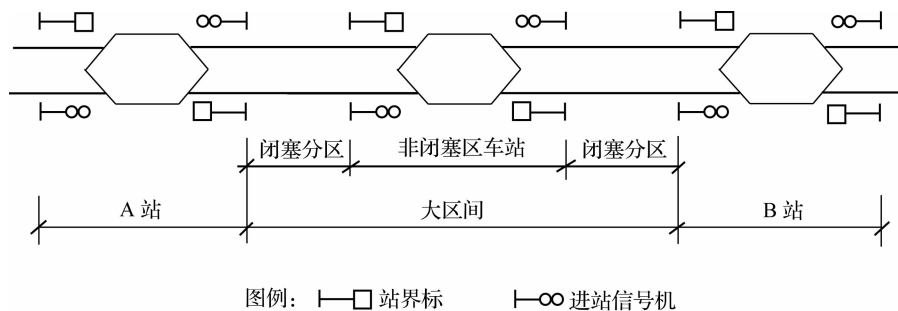


图 1-26 双线线路自动闭塞分区的划分

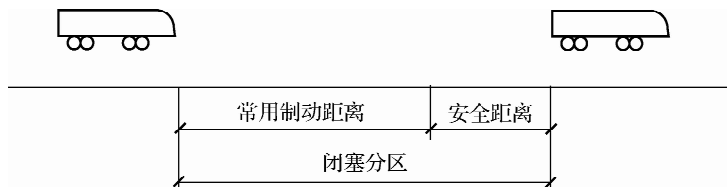


图 1-27 移动闭塞分区的划分

① 采用站间闭塞时,在双线或多线上,分别以各线路的进站信号机机柱或站界标的中

心线为车站与区间的分界线。两站间的线路区段称为站间区间。

② 采用大区间闭塞时,并非所有的车站都是闭塞区间的分界点,通常根据作业需要将某些大站(或重要车站)设置为闭塞区车站。两闭塞区车站之间的线路区段称为大区间,其他车站则为大区间内的闭塞分区分界点。

③ 采用移动闭塞时,是以同方向保持最小运行间隔的前行列车尾部和追踪列车头部为活动闭塞区间的分界线的。

因为城市轨道交通运营企业站间距较短,所以在采用固定闭塞运行时,站间区间是指相邻两个车站同方向头端墙之间的区间,如图 1-28 所示。

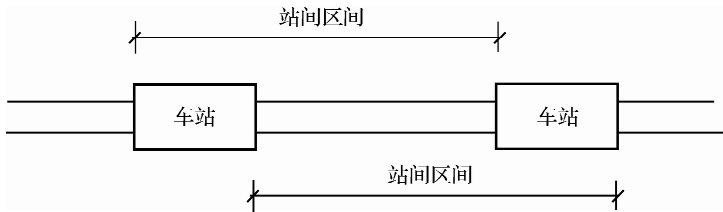


图 1-28 站间区间的划分

(3) 行车闭塞法的分类。行车闭塞法从各种不同的角度有不同的分类方法,一般可分为基本闭塞法和代用闭塞法。移动闭塞法、准移动闭塞法及固定闭塞法属于基本闭塞法,电话闭塞法属于代用闭塞法。当基本闭塞法不能使用时,应采用电话闭塞法作为代用闭塞法。

基本闭塞法是依靠设备实现前后列车之间的空间间隔,保证列车安全运行的。采用固定闭塞法时,列车由车站发车的凭证是发车表示器闭塞表示灯发出的稳定的绿色灯光或出站信号机显示的允许信号;采用移动闭塞法或准移动闭塞法时,列车由车站出发的凭证是出站信号机及列车的车载信号。

电话闭塞法是依据规章规定通过人工办理实现前后列车之间的空间间隔,保证列车安全运行的。采用电话闭塞法时,列车占用区间的凭证是路票,由车站凭车站值班员的手信号发车。

3. 联锁系统

城市轨道交通正线集中站或车辆段内的许多线路由道岔联结。按各道岔的不同开通方式可以构成不同的进路,进路由入口的信号机防护。建立进路时,为了保证行车安全,不仅要保证进路上的有关区段空闲,而且要把进路上的有关道岔转换到进路要求开通的位置并锁闭,还要保证未建立敌对进路,然后防护该进路的信号才允许开放。一旦信号开放,被防护的进路就不能再变动,即不准进路上的道岔再转换位置,敌对进路也被锁在不能建立的状态下,敌对信号不能开放。这种存在于信号机、道岔、进路之间的相互制约的关系称为联锁关系,简称联锁。



(1) 联锁的基本内容。联锁的基本内容包括以下几个方面:

- ① 防止建立导致机车车辆相冲突的进路。
- ② 必须使列车或调车车列经过的所有道岔均锁闭在与进路开通方向相符合的位置上。
- ③ 必须使信号机的显示与进路的开通状态相符。

(2) 联锁设备的功能。联锁设备的功能如下:

① 联锁逻辑运算。接收列车自动监控系统或行车值班员的控制命令,进行联锁逻辑运算,实现对道岔和信号机的控制。

② 轨道电路信息处理。接收和处理轨道区段的“空闲”“占用”状态信息,并把该状态信息转发给其他相关设备。

③ 进路控制。排列进路、锁闭进路和解锁进路。

④ 道岔控制。监测道岔状态,解锁、转换和锁闭道岔。

⑤ 信号机控制。监视轨旁信号状态,并依据进路、轨道区段、道岔和其他轨旁信号状态,自动给出允许信号或禁止信号。

(3) 联锁系统控制。联锁的目的是防护进路,主要工作为进路建立和进路解锁。

① 进路建立。进路建立是指从开始办理进路到防护该进路的信号开放的这一阶段。进路建立的过程可分为以下五个阶段:

- 办理进路。采用双按钮进路式选路法,操作人员按压进路的始、终端按钮以确定进路的范围、方向(接车方向还是发车方向)和性质(列车进路还是调车进路)。

- 选出进路。根据已确定的进路范围自动选出与进路有关的信号机、道岔和轨道电路,并检查其是否符合进路开通的条件。

- 转换道岔。道岔控制电路动作,将选出的道岔转换到规定位置。

- 锁闭进路。道岔转换完毕后,需锁闭道岔和敌对进路,以确保行车安全。进路锁闭后,从防护该进路的信号机开始至进路的终端在控制台上显示白光带。在集中联锁的道岔区段,进路锁闭实质是由构成该进路的各轨道区段的锁闭构成的。

- 开放信号。满足以上条件后,信号机自动给出允许显示,指示列车驶入进路。

② 进路解锁。进路解锁是指从列车驶入信号机内方到出清进路中全部轨道区段为止的这一阶段,或者指操作人员解除已建进路的阶段。进路解锁即解除对道岔的锁闭和对敌对进路的锁闭。

以允许列车是否驶入进路为分界,根据解锁条件和时机的不同,将进路解锁分为取消进路、人工解锁、正常解锁、中途折返解锁及故障解锁。无论何种解锁都必须关闭信号后解锁进路。

一般将信号机外侧的一段或几段轨道电路区段称为接近区段,接近区段的长度是由列车的运行速度决定的。信号开放后,根据接近区段是否有车占用,进路锁闭分为预先锁闭和接近锁闭。信号开放后,接近区段无车占用时的进路锁闭称为预先锁闭,接近区段有车占用时的进路锁闭称为接近锁闭。进路锁闭方式不同,办理解锁的手续也不同。

- 列车未驶入进路的解锁方式有取消进路、人工解锁。

取消进路:进路锁闭后,信号由于某种原因没有开放,或者进路处于预先锁闭时,操作人员将办理取消手续解锁进路。

人工解锁:信号开放后,进路处于接近锁闭时,操作人员根据需要办理人工解锁手续,进路需经过 30 s 或 3 min 的延时才能解锁。延迟时间是从信号关闭时算起的,设置延时解锁是为了防止解锁原有进路改为其他进路时,处于接近区段的列车可能由于停车不及时冒进信号而压上正在转换的道岔。延时能够确保列车或调车机车车辆有足够的停车时间。对于接车进路和正线发车进路规定延时 3 min,对于侧线发车进路和调车进路规定延时 30 s。在城市轨道交通中,由于列车的行驶速度较慢,延时一般采用 30 s 或 1 min。

- 列车驶入进路的解锁方式有正常解锁、中途折返解锁、故障解锁。

正常解锁:也称为逐段解锁,即列车顺序占用和出清进路的各轨道区段后,进路上的轨道区段自始端至终端自动顺序解锁,一般采用三点检查法,如图 1-29 所示。当满足以下条件时,区段 B 自动解锁:前一轨道区段 A 和本轨道区段 B 同时被占用;前一轨道区段 A 出清并解锁;本轨道区段 B 和下一轨道区段 C 同时被占用;本轨道区段 B 出清且后一轨道区段 C 被占用。正常解锁形式有利于提高线路的利用率。

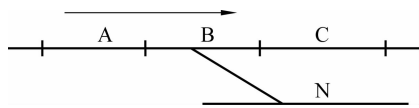


图 1-29 三点检查法

中途折返解锁:在折返作业时,列车未压上或部分压上的轨道区段能够随着列车或车列的折返而自动解锁。

故障解锁:随着列车通过进路,各道岔区段应按正常解锁方式自动解锁,但由于轨道电路故障,不能正常工作,破坏了三点检查自动解锁的条件,使进路因故障不能自动解锁,此时需由操作人员介入使进路解锁。故障解锁是一种以道岔区段为单位实施的解锁。

4. 列车自动控制系统

列车自动控制(automatic train control, ATC)系统是城市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。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。ATC 系统设备分布于控制中心、车站、轨旁设备及列车中。

(1) ATC 系统的功能。ATC 系统包括五个原理功能:列车自动监控(automatic train supervision, ATS)功能、联锁功能、列车检测功能、列车识别(positive train identification, PTD)功能、ATC 功能。

① ATS 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。

④ PTI 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 系统,向 ATS 系统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。

⑤ ATC 功能。在联锁功能的约束下,根据 ATS 系统的要求实现对列车运行的控制。ATC 功能有三个子功能: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。

(2) 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 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。

① ATP 系统。ATP 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 系统不断将来自联锁设备和操作层面上的信息、线路信息、与前方目标点的距离和允许运行速度等信息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运行速度,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,依此来对列车运行速度实行监督,使之始终在安全速度下运行。当列车运行速度超过 ATP 系统所指示的运行速度时,ATP 系统的车上设备就发出制动命令,使列车自动地制动;当列车运行速度降至 ATP 系统所指示的运行速度以下时,制动可自动缓解。

• ATP 系统的组成。ATP 系统主要由三个部分组成,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 系统负责监督和控制 ATP 系统,联锁系统和轨道空闲检测装置为 ATP 系统提供基层的安全信息,ATP 系统的控制对象是列车。

ATP 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、电源和辅助设备等。ATP 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,ATP 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。

• ATP 系统的功能。ATP 系统的主要功能有速度监督与超速防护、测速与测距、车门与站台安全门的控制、列车检测、停车点防护、提供司机人机界面(man-machine interface, MMI)、折返/改换驾驶室。

② ATO 系统。ATO 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 系统实现列车自动驾驶,需要 ATP 系统和 ATS 系统提供支持。ATP 系统向 ATO 系统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 系统向 ATO 系统提供列车运行作业和运行计划。

- ATO 系统的组成。ATO 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端驾驶室內的 ATO 车载控制器(包括司机控制台)、安装在列车每端驾驶室车体下的两个 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、定位等。ATO 车载设备通常和 ATP 车载设备安装在一个机架内。

- ATO 系统的功能。ATO 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,其中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 系统。ATS 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,辅助行车调度员完成对全线列车运行的管理。

ATS 系统在 ATP 系统和 ATO 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。

- ATS 系统的组成。ATS 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。控制中心设备是 ATS 系统的核心。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 系统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。车站设备由 ATS 分机及车站现场控制工作站组成。车辆段设备由 ATS 分机及车辆段终端组成。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。列车发车计时器设于各站,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。

• ATS 系统的功能。ATS 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。

1.1.7 通信系统

通信系统是城市轨道交通运营的联络中枢,它的主要任务是及时传递运营各系统、各部门和控制中心间及其相互间的信息,以便及时采取行动确保整个系统正常运行。通信系统主要包括以下几个子系统。

1. 传输系统

传输系统是通信系统的基础,是行车调度指挥中心和车站、车站和车站之间信息传输的主要手段,为通信各子系统及相关专业的各种业务信息提供相应的语言、文字、数据和图像传输通道,迅速、准确、可靠地传送城市轨道交通运营管理所需要的各种信息。传输系统的主要功能如下:

(1) 信息传输及通道交换。传输系统为公务电话、专用电话、无线通信、广播、时钟、视频监控、电源、乘客信息系统、信号、自动售检票、电力监控、防灾报警、设备监控、门禁、屏蔽门等系统提供可靠的、冗余的、可重构的、灵活的信息传输及交换信道。

(2) 系统保护。传输系统的光纤环路具有双环路功能。主用环路出现故障时,能够自动切换到备用环路上,保证传输系统不中断,切换时不影响正常使用,完成倒换动作后向传输网络管理系统报告保护倒换事件。当主、备用光纤环路的线路在某一点同时出现故障时,两端的网络设备自动形成一条链状的网络。当某个网络节点设备出现故障时,除受故障影响的节点设备外,其他网络节点设备能保持正常工作。

(3) 故障自愈。传输系统对网内传输的各种信息进行环路保护,环路中的传输设备发生故障和光缆断路时,传输环路会自动脱离故障设备并组成新的环路继续工作,并发出故障报警信息。

(4) 扩容与组网。传输系统具有良好的可扩展性,为今后的业务发展预留容量及扩展条件,此外还提供较好的兼容性能,可兼容并连接本网络以外的其他网络或系统。

2. 无线通信系统

无线通信系统为城市轨道交通固定用户和移动用户(控制中心及车辆段/停车场调度员、车站值班员、列车驾驶员、防灾人员、维修人员)提供了移动通信手段,满足其语音、数据



通信的需要;同时,在城市轨道交通运营出现异常情况和有线通信系统出现故障时,能满足迅速提供防灾救援和事故处理指挥的需要。

3. 电话系统

电话系统由公务电话子系统和专用有线调度子系统组成。

(1) 公务电话子系统。公务电话子系统一般由用户、交换机和传输系统提供的数字中继链路等组成。公务电话子系统主要用于城市轨道交通内部各部门之间的电话联系,为本工程的运营、管理、维修等部门的工作人员提供服务;公务电话子系统能与当地的公用电话网连接,实现城市轨道交通用户与公网用户间的通信;可向城市轨道交通用户提供语音、数据、传真等通信服务业务。公务电话子系统在正常情况下应保证列车安全高效运营,为乘客提供高质量的出行服务;在异常情况下能迅速转变为供防灾救援和事故处理的指挥通信系统。

(2) 专用有线调度子系统。

① 专用有线调度子系统的组成。专用有线调度子系统包括调度通信、站厂通信、站间通信、区间通信等。

- 调度通信。调度通信包括行车调度通信、维修调度通信、电力调度通信、环境调度通信、防灾调度通信等。

- 站厂通信。站厂通信供行车值班室或站长与本站内和运营业务相关的人员进行通话。

- 站间通信。站间通信是指相邻两个车站值班员之间进行通话联络的点对点通信。

- 区间通信。区间通信主要是指区间电话,其主要作用是供驾驶员、区间维修人员与邻站值班员及相关部门联系通话。

② 专用有线调度子系统的功能。城市轨道交通专用有线调度子系统主要为城市轨道交通运营及维修服务,是行车调度员和车站(车辆基地)值班员指挥列车运行与维护人员指导使用人员操作设备的重要通信工具,是为列车运营、电力供应、日常维修、防灾救护提供指挥手段的专用有线通信系统。

专用有线调度子系统可为控制中心指挥人员提供专用直达通信,并具有单呼、组呼、全呼、紧急呼叫和录音等功能,同时可为车站内各有关部门提供与车站值班员的直达通话,并且车站值班员可呼叫相邻车站的车站值班员。

4. 乘客信息系统与广播系统

(1) 乘客信息系统。乘客信息系统(passenger information system, PIS)是指城市轨道交通运营商采用成熟可靠的网络技术和多媒体传输、显示技术,在指定的时间将指定的信息显示给指定人群的通信系统。从结构上看, PIS 由中心子系统、车站子系统、网络子系统、广告制作子系统、车载子系统组成。PIS 在正常情况下能够提供列车时间信息、政府公告、出





行参考、股票信息、广告等实时多媒体信息,在发生火灾、阻塞、恐怖袭击等情况下能够提供紧急疏散指示。其具体功能有实时信息的显示、紧急疏散、广告发布、时钟的显示、对终端显示屏的广泛兼容性、定时自动播出、多语言支持、列车服务信息显示、集中网管维护、全数字传输、广播级的图像质量。图 1-30 所示为车站乘客信息系统。



图 1-30 车站乘客信息系统

(2) 广播系统。广播系统主要用于城市轨道交通运营时对乘客进行公告信息广播,发生灾害时兼做救灾广播及运营维护广播之用。

5. 视频监控系统

视频监控(closed circuit television,CCTV)系统是城市轨道交通运营、管理现代化的配套设备,主要用于运营管理人员、公安人员实时监视车站客流、列车出入站及旅客上下车情况、主要设备,以加强运营组织管理、提高运营指挥效率及事故灾害处理能力,确保安全正点地运送旅客。CCTV 系统的主要功能有以下几个:

(1) 向调度中心的一级行车管理人员(行车调度员、环控调度员、公安值班员等)提供各站台区的行车情况和站厅区旅客流向的图像信息。

(2) 向车站行车值班员提供本站列车停靠、启动、车门开闭及售票机、闸机出入口等处的现场实时图像信息。

(3) 向列车驾驶员和站台工作人员提供相应站台乘客上下列车的图像信息。

1.1.8 其他重要的设备系统

1. 供电系统

城市轨道交通供电系统是城市轨道交通的动力源泉,在为线路上运行的机车提供所需要的牵引负荷的同时,为车站、区间、车辆基地、OCC 等提供其所需要的动力照明电能。在城市轨道交通运营过程中,供电一旦中断,不仅会造成城市轨道交通运输系统的瘫痪,而且

会危及乘客的生命安全,造成财产损失。因此,城市轨道交通供电系统的有效运行是城市轨道交通系统安全可靠运行的重要保障。

(1) 供电系统的组成。城市轨道交通作为城市电网的一个用户,一般是从城市电网取得电能,无须单独建设电厂。城市电网也把城市轨道交通作为一个重要用户。因此,无论是干线电气化铁路、工矿电力牵引用电,还是城市轨道交通的电力牵引用电,均由国家电网统一供给。城市轨道交通供电系统主要由外部供电系统、牵引供电系统、动力照明供电系统、监控和数据采集系统组成。

① 外部供电系统。发电厂(站)是发出电能的中心,一般可分为火力发电厂、水力发电站和原子能核电站等。为减少线路的电压损失和能量损耗,发电厂中发电机发出的电能要先经过升压变压器升高电压,然后以 110 kV 或 220 kV 的高压通过三相传输线输送到区域变电站。

在区域变电站中,电能先经过降压变压器把 110 kV 或 220 kV 的高压降低电压等级(如 10 kV 或 35 kV),再经过三相输电线输送给本区域内的各用电中心。城市轨道交通牵引用电既可以从区域变电站高压线路得电,也可以从下一级电压的城市地方电网得电,这取决于系统和城市地方电网的具体情况及牵引用电容量的大小。

直接从系统高压电网获得电力的城市轨道交通系统往往需要再设置一级主降压变电站,将系统输电电压由 110 kV 或 220 kV 降低到 10 kV 或 35 kV,以适应直流牵引变电所的需要。从管理的角度看,主降压变电站可以由电力部门直接管理,也可以归属于地方城市轨道交通部门管理。

② 牵引供电系统。在城市轨道交通牵引供电系统中,电能从牵引变电所经馈电线、接触网输送给电动列车,再从电动列车经钢轨(轨道回路)、回流线流回牵引变电所。牵引供电系统由牵引变电所和牵引网组成。

• 牵引变电所。牵引变电所是牵引供电系统的核心,一般由进出线单元、变压变流单元和馈出单元构成。其主要功能是将中压环网的 AC 10 kV 或 AC 35 kV 三相高压交流电源经变压变流单元转换为城市轨道交通列车所需的电能,并分配到上下行区间供列车牵引使用。在城市轨道交通工程中,由于地下土建工程造价较高,因而在地面有条件时最好将牵引变电所建于地面。但降压变电站由于压损的要求仍应设在车站内,这样可以有效地降低工程造价。

• 牵引网。由馈电线、接触网、轨道回路及回流线组成的供电网络称为牵引网。馈电线可以理解为送电线或供电线,是从牵引变电所向接触网输送牵引电能的导线。接触网是沿列车钢轨架设的一种特殊供电线路,可经电动列车的受电器向其供给电能。轨道构成了牵引供电回路的一部分,列车行走时,利用钢轨作为牵引电流回流的电路为轨道回路。回流线是指用以供牵引电流返回牵引变电所的导线,通过吸流作用,迫使由大地回归的电流大部分从回流线返回牵引变电所,其回归方向与接触网中的电流方向相反,因而可抵消绝大部分由接触网电流产生的对通信线路的干扰。



③ 动力照明供电系统。动力照明供电系统可为除城市轨道交通列车以外的其他所有城市轨道交通用电负荷提供电能,包括通信、信号、事故照明和计算机系统等许多一级负荷。城市轨道交通降压变电站与城市电网 10 kV 变电站一样,都是将中压电经变压器变为 380 V 或 220 V 电源供动力照明负荷用电。在引入电源方面,每座降压变电站均从中压环网引入两路电源,有条件时还应从相邻变电站或城市电网引一路备用电源;对于特别重要的负荷(如控制系统计算机设备等负荷),还应设蓄电池作为备用电源。

④ 监控和数据采集系统。监控和数据采集(supervisory control and data acquisition, SCADA)系统是贯穿于整个供电系统的监视和控制部分,是控制技术在电力系统中的应用。SCADA 系统由控制中心、通信通道和被控站系统组成,对全线变电站及沿线供电设备实行集中监视、控制和测量。其中,控制中心由数据服务器、通信前置机、工程师工作站及模拟盘显示器等组成,实现对所采集数据的分析、计算、存储、设备状态监视及控制命令的发送等功能。被控站系统由变电站上位可编程逻辑控制器(programmable logic controller, PLC)或后台计算机、所内通信通道及下位 PLC 组成,实现对设备状态、信号等数据的采集、整理、简单分析计算及所内控制等功能。

(2) 供电系统的功能。城市轨道交通供电系统应具备安全、可靠、调度方便、技术先进、功能齐全、经济合理的特点,并应具备以下一些功能:

① 全方位的服务功能。供电系统的服务对象除运送乘客的电动车辆外,还有保证乘客在旅行中有良好卫生环境和秩序的通风换气设备、空调设施、自动扶梯、自动售检票、屏蔽门、排水泵、排污泵、通信信号设备、消防设施和各种照明设备。在这个庞大的用电群体中,用电设备有不同的电压等级和电压制式,既有固定的,也有时刻在变化着的。供电系统就是要满足这些不同用途的用电设备对电源的不同需求,使城市轨道交通系统的每种用电设备都能发挥各自的功能和作用,保证城市轨道交通系统能够安全、可靠地运营。

② 故障自救功能。无论供电系统如何构成,采用什么样的设备,安全、可靠地供电总是第一位的。在系统中发生任何一种故障,系统本身都应有备用措施,以保证城市轨道交通系统的正常运营。供电系统设计以双电源为主要原则,当一路电源发生故障时,另一路电源应能保证系统的正常供电。

③ 自我保护功能。系统应有完善、协调的保护措施,供电系统的各级继电保护应相互配合和协调,当系统发生故障时,应当只切除故障部分的设备,从而使故障范围缩小。系统的各级保护应当满足可靠性、灵敏性、速动性、选择性的要求。

④ 防止误操作的功能。系统中任何一个环节的操作都应有相应的联锁条件,不允许因误操作而发生故障。尤其是各种隔离开关(无论是电动还是手动)或手车式开关的隔离触头,都不允许带负荷操作。防止误操作的联锁条件可以是机械的,也可以是电气的,还可以是电气设备本身所具备的或是在操作规程和程序上严格规定的。防止误操作是保证系统安全、可靠运行不可缺少的环节。

⑤ 方便灵活的调度功能。系统应能在控制中心进行集中控制、监视和测量,并应能根

据运行需要,方便、灵活地进行调度,变更运行方式,分配负荷,使系统的运行更加经济合理。当系统发生故障而使一路或两路电源退出运行时,为保证列车的正常运行,电力调度员可以对供电分区进行调度和调整,以达到安全可靠、经济运行的目的。

⑥ 完善的控制、显示和计量功能。系统应能进行本地和远程控制,并可以方便地进行操作转换,系统各环节的运行状态应有明确的显示,使运行人员一目了然。各种信号显示应明确,事故信号和预告信号应分别显示。各种电量的测量和电能的计量应准确,并便于运行人员查证和分析,牵引用电和动力照明用电应分别计量,以利于对用电指标进行考核和经济分析。在控制中心应能对整个供电系统进行控制、信号显示、各种量值的计量统计。

⑦ 电磁兼容功能。城市轨道交通车辆是强电、弱电多个系统共存的电磁环境,为了使各种设备或系统能在这个环境中正常工作,各种电气和电子设备的系统内部及与其他系统之间的电磁兼容显得尤为重要。供电系统及其设备在城市轨道交通这个电磁环境中,首先是作为电磁干扰源存在的,同时也是敏感设备。在城市轨道交通的电磁环境中,供电系统与其他设备、装置或系统应是电磁兼容的。

2. 给排水系统

(1) 给水系统。目前,我国城市轨道交通的给水系统大致可分为生产、生活和消防共用的给水系统,生产、生活给水系统,消火栓给水系统,自动喷水灭火给水系统,以及空调冷却循环给水系统。

(2) 排水系统。排水系统主要处理系统的粪便污水、结构渗水、冲洗及消防等废水和车站露天出入口及洞口的雨水,一般包括主排水泵站、辅助排水泵站、污水泵站、局部排水泵站和临时排水泵站。

3. 火灾报警系统

火灾报警系统(fire alarm system, FAS)是城市轨道交通自动化系统的一个重要组成部分,它通过设置在保护现场的火灾探测器接收火灾燃烧时产生的烟雾、温度等物理信号,并将其变换为电信号输入火灾报警控制器,也可以通过手动报警以手动的方式向火灾报警控制器通报火警。

(1) FAS 的组成。FAS 由中央级设备、车站级设备及连接中央级和车站级的网络组成。

① 中央级设备。中央级设备由两个图形命令中心(graphical command center, GCC)和一个主时钟的接口设备组成,可实现对全线火灾情况的监控和时钟同步功能。

• GCC。GCC 配置两台计算机(互为主备),当一台计算机出现故障退出运行时,另一台计算机仍然正常工作。GCC 提供了全线各站点的设备分布图,中央控制室的调度人员可以非常直观地看到火灾报警出现的站点及报警位置。另外, GCC 还配备了两台打印机,一台打印机用于实时数据打印,另一台打印机用于报表或历史记录打印。



- 主时钟的接口设备。主时钟设备通过 RS232 协议通信接口与 FAS 连接,接收由通信系统提供的时钟同步信号,通过 FAS 网络将时钟同步信号传送到各个站点,以实现全线各站点的时间同步。

② 车站级设备。车站级设备主要由控制盘、车站级 GCC 及各种外围设备组成,可实现火灾监视和消防联动功能。

- 控制盘。控制盘是 FAS 的中央大脑,可综合处理各种数据信息,做出火警判断,发出声、光报警,启动相关消防设备并监视其状态等。

- 车站级 GCC。车站级 GCC 采用工业计算机和液晶显示,具有良好的人机界面,可以直接显示本站点的系统分布图,方便值班人员快速处理火灾报警。车站级 GCC 还具备报警信息(包括火警报警信息、故障报警信息、反馈报警信息)分类、历史记录查询、设备工作状态查询、设备控制及联动等功能。

- 外围设备。外围设备是指布置在现场的各种火灾探测设备和功能模块等。外围设备按功能不同分为火灾监测设备、状态监视设备、控制设备、消防通话和消防广播设备及接口设备。各种外围设备都有各自独立的地址,并通过数据总线与控制盘通信。它们不仅可以提供各种火灾监测手段,而且可以进行消防设备的监控。

③ 连接中央级和车站级的网络。系统通过光纤将中央级设备与车站级设备连成对等令牌环网。当网络传输线路上的某一点断开或因其他故障无法通信时,系统可自动将环形网降级到总线网运行,这时中央级 GCC 仍可以监视所有的站点。当网络传输线路上出现两点或多点断开时,系统网络会重新组合成两个或多个各自独立运行的小网,此时中央级 GCC 仅可以监视与其相连的小网上的站点。

(2) FAS 的功能。FAS 的功能可分为中央级功能、车站级功能和现场级功能。

① 中央级功能。中央级功能主要负责城市轨道交通全线各车站、区间隧道、控制中心大楼、车辆段和主变电所等下属所有区域范围内火灾的监视、报警、控制及其他系统的消防联动,在发生火灾时承担全线灭火的指挥任务。

② 车站级功能。车站级功能主要负责车站及相邻半个区间隧道范围内火灾的监视、报警、控制及其他系统的消防联动。车站级火灾报警控制器随时监控和接收各探测点的报警信号,发出声光报警信号,并能自动或手动执行对有关消防设施的联动控制。模拟图形显示终端能够按照车站建筑平面分级、分区显示本站消防系统的详细信息,并能实时打印、输出各种有关数据报告。闭路电视监控系统通过安装在车站站台、站厅等公共场所内的全方位的监视器实时收集站内的视频信息,并将这些信息反映到值班室的监控器上,由值班人员进行监控和处理。

③ 现场级功能。现场级功能主要是指火灾监控与报警设备的具体功能,如火灾探测器用于对站内设备用房区域、站厅、站内乘客公共区域等进行火灾自动探测。手动报警装置安装于站内乘客公共区域、设备用房区域及列车车厢内,以便现场人员及时通报火情。另外,为便于紧急报警,在站内乘客公共区域及设备用房区域设置的消火栓箱上,以及区间隧道和

站内轨道外侧所设的消防栓箱上,均配置了紧急电话插孔。

4. 环境与设备监控系统

环境与设备监控系统(building automatic system,BAS)是从智能建筑领域引用过来的,本意为建筑设备自动化系统,是采用先进的楼宇自动化系统对城市轨道交通车站及区间隧道进行环境监控的系统。

(1) BAS 的组成。城市轨道交通 BAS 由设置在控制中心的中央级监控系统、设置在各个车站车控室的车站级监控系统及就地级设备组成。

① 中央级监控系统。中央级监控系统由中央级局域网组成。中央级局域网采用高速工业以太网,网络冗余配置,采用 TCP/IP,通信速率为 10 Mbit/s、100 Mbit/s,通信介质为同轴电缆或五类双绞线。中央级监控系统主要包括中央级监控工作站、服务器、维护工作站、打印机、大屏幕系统、UPS 等。中央级监控系统设备在集成系统中也可作为其他系统的设备来使用。

② 车站级监控系统。车站级监控系统建立在开放的、可靠性高的冗余交换以太网上,局域网内设有车站级监控工作站(车站服务器)、车站控制系统及综合后备盘(integrated backup panel,IBP),包括打印机、UPS、车站控制网等。车站局域网把车站的所有 BAS 设备连接起来,并通过城市轨道交通骨干网实现与中央级局域网的连接。

③ 就地级设备。就地级设备主要包括 PLC、远程 I/O、传感器和执行器及相关接口等。其控制器一般相对集中于环控电控室中。根据机电设备的设置情况,在照明配电室、冷冻机房、区间风井、区间泵房等附近设置就地级监控设备和就地控制柜等。

(2) BAS 的功能。

① 中央级功能。中央级监控工作站具有良好的人机界面,监控人员可监视全线各车站的通风、空调、给排水、电扶梯、照明、屏蔽门、防淹门等系统的运行状态及对相关设备进行控制。操作员站具备完善的报警功能,可将报警信息进行分类、筛选、重新组织,建立一个报警系统;同时,还具有在 FAS 报警下各系统启动火灾模式进行联动的功能,组成全系统的安全体系。

中央级监控系统可对历史数据记录进行处理、裁剪、分析和统计,具有统计、文件处理、归档及报表功能。

② 车站级功能。车站级监控系统可以监视车站各系统设备的运行状态和参数,具有调节控制功能、逻辑控制和模式控制功能。控制器根据环境参数对环控系统设备进行运行工况的转换,并进行最优化的控制,从而达到节能运行的目的。

③ 就地级功能。就地级控制器通过车站控制网与车站主控 PLC 通信,接受控制指令并对现场设备进行就地控制,同时将设备运行状态和参数传送到车站主控 PLC 上。



1.2 城市轨道交通调度指挥概述

1.2.1 调度指挥工作的作用与任务

1. 调度指挥工作的作用

调度控制中心是城市轨道交通运营企业日常运输组织的指挥中枢,担负着组织行车、提高运营服务质量、确保运输安全、完成乘客运输计划、实现列车运行图的重要责任。它对城市轨道交通日常工作的开展起着决定性的作用。

在生产过程中,为了保证完成乘客运输计划,实现列车运行图,必须进行的一系列的日常运输工作组织,统称为调度指挥工作。运营调度工作由调度控制中心实施,实行集中领导、统一指挥、逐级负责的原则,使各个环节紧密配合、协同动作,从而保证列车安全、正点地运行。

2. 调度指挥工作的任务

(1) 行车调度指挥。行车调度指挥的主要任务:科学地组织客流,经济合理地使用车辆及其他运输设备,挖掘运输潜力,根据列车运行图和每日的具体状况组织与运输相关的各部门密切配合,采用相应的调整措施,努力完成运输生产任务,以满足乘客出行的需要,更好地服务城市人民的生活。具体的行车调度指挥工作的基本任务如下:

① 负责组织各站及有关行车部门按列车运行计划行车,监督各站及有关行车部门的执行情况,及时正确发布有关行车的命令及指示。

② 监督列车到发及运行情况,遇到列车晚点和突发事件时,及时采取运营调整措施,迅速恢复列车正常运行。

③ 遇列车运行调整时,正确指导车站及有关行车部门进行工作。

④ 负责编制及组织线路施工、抢修的作业计划。

⑤ 负责工程车、试验列车等上线车辆的调度指挥工作。

⑥ 当发生行车事故时,按规定程序及时向上级主管部门汇报,采取措施防止事故扩大,并积极参与救援工作的指挥。

⑦ 建立健全运营生产、调度指挥等各项原始记录台账及统计,分析报表,并按规定向主管部门报告。

⑧ 密切注意客流动态,协同有关部门根据客流变化采取相应的组织方案。

(2) 环控调度指挥。环控调度指挥的主要任务如下:

① 通过 BAS、FAS 监控车站机电设备,主要为各车站通风设备、空调、隧道通风设备、气



体灭火系统及扶梯、照明、给排水等设备。

② 确保车站环境温度及空气质量达标。

③ 监视全线车站的火灾报警情况,确保火灾报警及时被确认。

④ 监视全线车站环控系统、给排水系统、照明系统、电扶梯系统、屏蔽门系统等的运行状态。

⑤ 负责紧急情况下环控系统的指挥及监控工作,确保相关设备在紧急情况下能够正常运行,协助抢修救灾工作。

⑥ 当中央级监控系统失控时,负责指挥车站值班员(值班站长)进行就地级控制。

⑦ 负责在城市轨道交通发生火灾时向市消防控制中心(119)报告火灾情况,请求消防队支援。

⑧ 负责将所辖设备的运行情况和资料、故障报告及作业信息进行汇总,填写各类统计报表,定期将运行统计、分析材料报送有关部门。

(3) 电力调度指挥。电力调度指挥的主要任务如下:

① 负责所辖范围内的供电生产工作。

② 执行供电协议有关条文。

③ 执行供电系统的运行,制定事故情况下的供电运行模式。

④ 负责管辖范围内的设备操作管理。

⑤ 指挥供电系统内的事故处理,参加事故分析,制定系统安全运行的措施。

⑥ 负责对供电系统的电压调整、继电保护、安全自动装置设备进行运行管理,执行继电保护及自动装置的运行、更改方案。

1.2.2 调度指挥机构

运营调度是城市轨道交通系统的核心组成部分,包括负责对整个运营网络内所有列车的运行实施计划、监控和调整,组织列车在车辆基地运行,以及进行正线的施工检修作业组织等。其基本职能包括编制列车运行图、组织列车运行和应对突发事件等。

目前,线网较成熟的轨道交通控制中心可分为两个层次:中央运营协调与应急指挥中心(emergency treatment center,ETC)和线路运营控制中心。

1. 中央运营协调与应急指挥中心

随着线路的增加,单一设置线路运营控制中心将导致各条线路之间的信息传递不畅,单条线路采取的调整措施可能不适应整个轨道交通网络的客流需求,因此需要集成多条线路对整个运营网络进行协调控制。

中央运营协调与应急指挥中心负责协调整个运营网络中各条线路运营控制中心和相关部门对路网的运营状态、设备运行情况进行实时监控。在发生突发事件时,根据其影响程度及时发布预警命令,控制影响范围,降低不利影响;根据公司信息传递的相关规定,做好内外





部信息的传递工作;特别是在发生影响两条及以上线路的紧急情况时,实现运营资源的统筹、协调和联动,提升应急突发事件的处置能力。其管辖范围为试运营及运营载客的线路、车站、出入口、通道、停车场、车辆段等的列车服务、客流变化、设施设备运转状态的处置与协调。

其基本任务包括以下几个:

- (1) 实时监督运营状态,监督日常行车组织、客运组织、设备状态等各类生产活动。
- (2) 协调运营生产,协调企业内部各单位和部门之间、各运营线路之间的日常运营生产。
- (3) 实时疏导路网客流。
- (4) 收集反映路网运营生产情况的基础数据,汇总每日路网运营生产情况。
- (5) 对外发布运营实时信息。
- (6) 指挥与协调社会影响较大的突发事件。

2. 线路运营控制中心

为了实现安全正点地行车,进行不间断的组织指挥和监督,有序组织运输生产,城市轨道交通系统应设立不同级别的控制中心。线路运营控制中心实行分工管理原则,按业务性质设置不同的调度工作岗位,通常设有环控调度、行车调度、电力调度、客运调度等工种。各工种调度各司其职;控制中心值班主任全面负责调度指挥工作;行车主管负责行车调度员的业务指导、突发事件的指挥与报告、运营统计与分析;设备主管负责各相关设备的管理工作,包括施工管理及安全生产管理等。各城市轨道交通系统可根据自己的具体情况及管理模式设置不同的调度工作岗位,但在线路运营控制中心一般都设置环控调度、行车调度、电力调度等工种。图 1-31 所示为某城市轨道交通线路运营控制中心的组织结构。

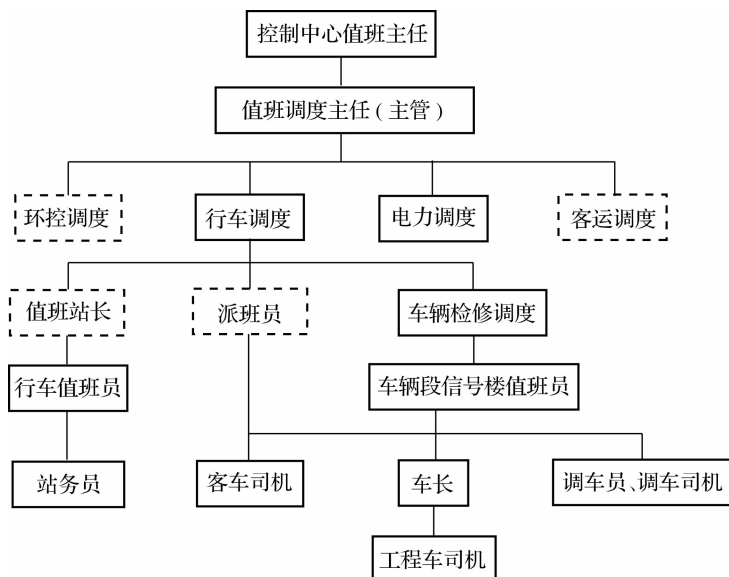


图 1-31 某城市轨道交通线路运营控制中心的组织机构

值班调度主任(主管)是调度班组工作的领导者,在值班中接受控制中心值班主任的领导,负责统一指挥协调各调度工种及车站、车辆段等相关人员的工作。各线专业调度员由值班调度主任(主管)统一指挥。在处理突发事件、事故时,各专业调度员向值班调度主任(主管)提供本岗位的处理方案,征得值班调度主任(主管)同意后实施。

行车调度员是一个调度区段行车工作的指挥者,负责监控列车的运行状况,及时掌握列车运行、到发情况,发布调度命令,检查各站、段(场)执行和完成行车计划情况,并且在列车晚点或发生事故时,组织和指挥车站工作人员、列车乘务员,以及相关的各个部门及时采取相应措施,尽快恢复列车运行,减少运营损失。

环控调度员主要监控通风、空调、给排水等与环境相关的各种设备,及时调节所管辖区段内的温度、湿度、空气流动速度、含尘量等各种参数,保证环境质量,满足乘客的出行需要。

电力调度员主要监控变电所、接触网等与供电相关的各种设备,及时采集各种数据,保证各个车站、列车供电的可靠性与安全性。

1.2.3 调度指挥相关岗位人员的素质和岗位要求

1. 行车调度员应具备的素质与岗位要求

由于行车调度员对列车的安全运营起着决定性的作用,因此每个城市轨道交通运营企业对行车调度员的要求都非常严格,要求他们不仅有扎实的专业知识,还应具备较高的分析处理问题能力、反应能力及沟通能力等。

(1) 行车调度员应具备的素质。

① 具有运输专业实践工作经验,并经过调度专业知识的学习,熟悉行车组织规则、行车调度规则和突发事件应急处置规则等各项行车规章,并取得调度员上岗资格证。

② 熟悉人、车、天、地、电、设备、规章等与运营相关的情况。

- 人。熟悉各站值班站长及乘务人员的基本情况,包括业务能力、工作习惯、家庭情况、个性特点等,以便更好地组织工作。

- 车。熟悉车辆结构、列车的基本工作原理及主要系统(如制动系统、转向架系统、传动系统等)常见故障的处理方法,以便在出现故障后能沉着冷静地进行合理调度,使故障的影响降到最低。

- 天。熟悉天气变化对行车造成的影响。例如,雨、雪天对站厅、站台的影响;在露天线路上,天气变化可能给行车工作带来的影响;等等。行车调度员若能及时掌握天气变化信息,便可以根据不同的天气情况提前采取有效的调整措施,保证列车安全、正点运行。

- 地。熟悉列车运行过程中途经线路的曲线、坡度、信号机布置、桥隧及建筑物限界等情况。

- 电。掌握所管辖区段线路牵引供电区域的划分及供电情况。

- 设备。设备主要指信号设备、环控设备、火灾报警设备、车站监控设备、售检票设备、



电扶梯系统、动力照明系统、屏蔽门等与列车运行息息相关的各种设备。

• 规章。行车调度员应全面掌握行车组织规则、行车调度规则、突发事件应急处置规则等与列车运营及事故处理相关的各种规章制度。

③ 熟悉司机、车站值班员等与列车运行有关的作业人员情况(如工作经历、业务水平、性格特点等),充分调动有关人员的工作积极性。

④ 身体健康,无色盲、色弱、高血压、心脏病、传染病、肠胃系统等疾病。

⑤ 熟悉车辆技术状态、使用性能和特点等。

⑥ 掌握气候变化、节假日、重大活动等因素对客流增减及列车运行影响的一般规律。

⑦ 熟悉与行车有关的各种技术设备,如线路平纵断面、信号设备、联锁设备、闭塞设备、车站折返设备、调度集中设备和通信广播设备等。

⑧ 具有高度的责任心,爱岗敬业;能承受较强的心理压力,具有良好的心理素质;具有较强的语言表达、人际沟通能力和应急决策能力。

(2) 行车调度员的岗位要求。在各调度岗位中,行车调度员是运营调度工作的核心,担负着指挥列车运行、贯彻安全生产、实现列车运行图、完成运输计划的重要任务。

① 组织指挥各部门、各工种严格按照列车运行图的规定和要求行车。

② 组织列车到发和途中运行,监控列车运行和设备运用状况。

③ 根据客流变化及时调整列车开行计划。

④ 遇列车晚点、运行秩序紊乱时,调整列车运行,尽快恢复按图行车。

⑤ 发生行车事故时,按照规定立即向上级和有关部门报告,迅速采取救援措施,最大限度地减少人员伤亡,降低事故损失,防止事故升级,及时恢复列车的正常运行。

⑥ 安排各种检修施工作业,组织施工列车开行。

2. 环控调度员应具备的素质与岗位要求

城市轨道交通环控系统是关系设备、员工及乘客人身安全的辅助监控设备,因此环控调度员必须熟知所有环控、火灾报警设备的情况,具备各类应急情况下环控设备启动的判断、处理能力。

(1) 环控调度员应具备的素质。

① 必须熟练掌握环控系统和 FAS 的运行方式、监控设备的内容、故障处理方法等知识。

② 必须熟知行车组织规则、环控调度规则和突发事件应急处置规则等技术文件与有关规章制度。

③ 能够熟练操控环控调度工作站上的各种设备。

④ 在出现突发事件时,及时做出反应,为设备功能及运营的尽快恢复做好准备。

⑤ 了解天气变化等自然因素对环控系统运行影响的一般规律。

⑥ 熟练掌握管辖线路区间阻塞、火灾情况下的各种疏散方式及环控系统对应工况需开启的模式,保证在区间火灾阻塞、火灾情况下正确启动相应模式,保证区间应急通风、排烟。



⑦ 熟练掌握管辖线路 FAS 监控温感探头、烟感探头、感温电缆等设备布置位置,能够及时甄别、判断、正确处理各类火灾报警,保证运营安全。

(2) 环控调度员的岗位要求。

① 负责监控或操纵全线环控设备。随时监控全线环控设备,发现问题及时处理,并及时报告。

② 积极协助控制中心其他专业的调度员处理好各类突发事件,避免发生次生事故。

③ 按计划启动环控系统,保证在列车正常运行时排除余热余湿,为乘客创造较为舒适的环境。

④ 在列车阻塞时向阻塞区间提供一定的送、排风量,以保证列车空调正常工作,维持列车内乘客能接受的环境条件。

⑤ 认真执行设备维修制度,发现设备故障及时通知维修调度员。

⑥ 负责办理环控及 FAS 设备维护检修工作的手续,协助进行设备的调试工作。

⑦ 认真填写好本岗位的各类统计报表,做好原始资料的收集和整理工作。

3. 电力调度员应具备的素质与岗位要求

城市轨道交通供电系统是最重要的基础能源设备,因此电力调度员必须熟知所有供电设备的情况,具备设备发现问题后的掌控能力。

(1) 电力调度员应具备的素质。

① 熟知全线电力系统运行方式,各变电所设备,一、二次接线情况,电气设备编号及各种变压器等电气设备的技术参数。

② 掌握接触网隔离开关安装具体位置,熟知接触网及各变电所设备供电状况。

③ 熟练操作电力调度的 SCADA 系统,进行接触网停、送电操作和 35 kV 环网改变运行方式的停、送电操作。

④ 了解主变电站 110 kV 进线系统,熟练掌握主变电站 35 kV 母线出线断路器到沿线主受电变电所的一次接线、继电保护装置、动作原理和故障处理方法。

⑤ 熟悉本系统可编程控制系统编程保护、保护逻辑关系、继电保护、自投装置、闭锁和联锁关系、远动装置和仪表的原理。

⑥ 在电气检修和电气故障处理过程中,能正确下达电力调度命令,指挥沿线变电所和主变电站值班员进行电气操作,并对正确性负责。电气出现故障时,通过改变电力系统运行方式及时恢复供电。

⑦ 能熟练按规程规定正确办理电气工作票,熟练填写电气倒闸操作票,并保证所书写的操作票完全正确合理。

⑧ 熟知全线各种电气设备检修时的停电范围、影响范围和电气安全措施。

⑨ 熟悉电力设备检修时保证安全的组织措施和技术措施。

⑩ 熟悉电力系统正常运行与应急时的运行方式、电气倒闸操作原则、事故处理原则。





⑪ 熟练掌握电力系统电力操作安全规程和电力调度规则等相关文本,并在实际调度工作中严格执行,杜绝违章指挥和违章操作。

⑫ 熟知发布电力调度命令时应遵守的电气规定、停送电操作流程,审批工作票、安全措施及相关管理规定,掌握各种电力表格的填写方法及各种电量数据统计方法。

(2) 电力调度员的岗位要求。

① 严格执行行车组织规则、电力调度规则和突发事件应急处理规则及公司有关文件、指示。

② 按作业需要准确监控各项设备,保证其正常运营。

③ 下达调度命令时,内容齐全,语言清晰,事件描述清楚。

④ 中央控制室作业人员主要工作质量指标包括列车正点率、运行图兑现率及事故处理正确率和及时性。

1.2.4 调度指挥设备

1. 中央运营协调与应急指挥中心的运营生产监督设备

中央运营协调与应急指挥中心的运营生产监督设备主要包括以下内容:

(1) 显示大屏。显示大屏是中央运营协调与应急指挥中心设备的核心系统,主要显示各种信息、全网线路示意图、AFC 全网客流情况等图像。

(2) 智能公共交通调度系统。智能公共交通调度系统的显示界面由若干显示器组成。它可实时获取各条线路列车的运行信息,对各线路的 ATS 系统进行监督,但不控制。

(3) SCADA 系统。SCADA 系统的显示界面由若干显示器组成。其具有遥信功能但不具备遥测功能,包含一次接线图相关的所有位置信号;可定制画面,但不包含事故信号报警。

(4) CCTV。通过 CCTV 可查看各线路运营控制中心调度选择的画面,调度员可了解车站站台、站厅的客流和列车到发等情况。

(5) 中央运营协调与应急指挥中心调度电话。中央运营协调与应急指挥中心调度电话供中央运营协调与应急指挥中心调度员选呼各线路运营控制中心调度员、轨道交通公安指挥室、各运营单位。

(6) 公务电话。公务电话供中央运营协调与应急指挥中心调度员与内部各单位、生产部门进行业务联络。

(7) 自动分析系统。自动分析系统对路网在线列车与站间区间的实时延误、在线列车与站间区间的客流饱和度进行实时跟踪。

2. 线路运营控制中心行车调度相关设备

线路运营控制中心行车调度相关设备如下:

(1) 综合显示屏。城市轨道交通线路运营控制中心一般装有行车、供电、环控中央监控

终端设备,各模拟屏能够显示现场(车站、车辆段)设备的使用和占用情况,包括列车运行状态、供电系统情况和车站环控设备工作情况,如图 1-32 所示。

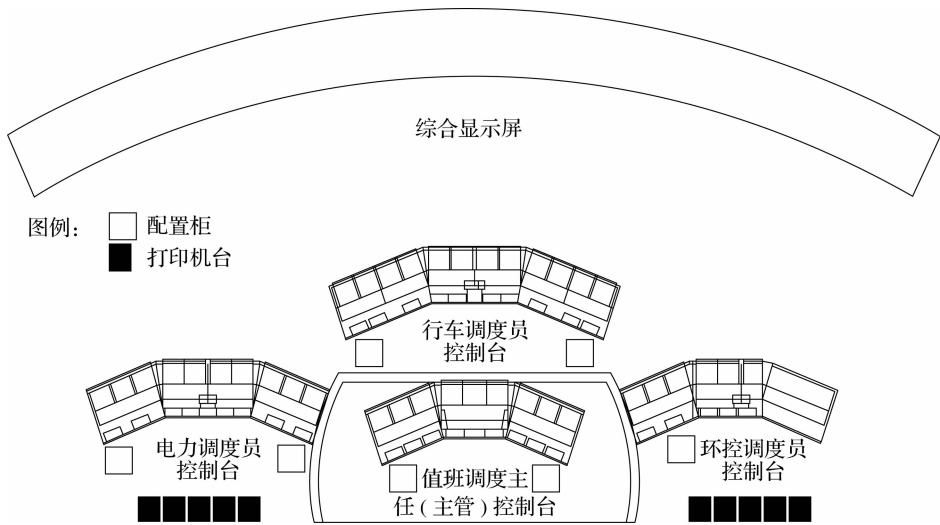


图 1-32 线路运营控制中心布置

综合显示屏主要显示有关行车的信息,包括轨道电路、线路、信号平面布置,各站及区间线路布置,以及列车车次及其运行状态。

(2) 中央级 ATS 工作站。在线路运营控制中心内,综合显示屏可供所有人员监察,而各类控制台的设备按各种专业功能的不同分别设置。控制中心的工作台分别设置了 ATC 系统、自动售检票终端监控系统、通信系统、电力监控系统、FAS 等操作设备,供有关人员操控、监察日常客运作业及处理故障和事故使用。

行车调度员配备若干监视终端和一个操作盘,通过监视器可以监视各车站的情况,可对各车站的站台、站厅进行图像监视,并可对监视图像进行切换,同时也可使用移动摄像机进行监控,并对监视的对象进行录像。

(3) 通信设备。控制中心的通信设备主要有调度电话、无线调度电话、中央广播设备等。

① 调度电话。调度电话是为列车运行、电力供应、维修施工、发布命令等提供指挥手段的专用通信工具,包括调度直通电话、公务电话等。控制中心设置有防灾调度、行车调度及电力调度直通电话。调度直通电话具有单呼、组呼、全呼、紧急呼叫和录音等功能。各工作台设置有数字话机,可实现与其他部门的通信,并具有会议电话、来电显示、呼叫转移等业务功能。

② 无线调度电话。无线调度电话包括无线调度台和手持台。

• 无线调度台。值班调度主任(主管)控制台及行车调度员控制台均需设置无线调度台(互为备用),用于对列车驾驶员、站场无线工作人员实施无线通信。该设备具有组呼、紧急呼叫、私密呼叫及对列车进行广播等功能。



• 手持台。控制中心配备多部手持台,用作无线调度台发生故障时的备用设备,其分为车站维修台与电力调度台等,在日常交接班时需保持手持台处于良好状态。

③ 中央广播设备。值班调度主任(主管)控制台、行车调度员控制台及电力调度员控制台分别设置广播控制台,其可对各车站、停车场、车辆段等相关单位进行广播,具有人工和自动广播两种模式,并可指定区域广播。

思考与练习

- (1) 根据运营功能,简述城市轨道交通车站的种类。
- (2) 车辆基地的主要行车作业是什么?
- (3) 信号基础设备有哪些?
- (4) 简述 ATC 系统的组成。
- (5) 简述线路运营控制中心的组织结构。