



21世纪职业教育创新型教材

城市轨道交通 行车组织

主编 孟涛



北京工业大学出版社

内容提要

本书是根据城市轨道交通培养方案和职业学校学生培养要求编写的项目式职业教材。依据本书内容需要,设置了9个大项目,共30个任务,对城市轨道交通行车组织技能进行了精练的阐述。本书内容主要包括:城市轨道交通行车组织与行车基础设施、城市轨道交通运行图、城市轨道交通行车调度与调车工作、城市轨道交通正常情况下的行车组织、城市轨道交通非正常情况下的列车运行组织、城市轨道交通车辆段行车组织、城市轨道交通施工作业组织、客流运营计划及运输能力分析、行车事故预防与分析,基本涵盖了城市轨道交通行车组织的各个领域。

本书可作为职业教育城市轨道交通类专业的教学用书,也可作为企业培训在职职工的培训用书,同时可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通行车组织/孟涛主编. —北京:北京工业大学出版社, 2020.6

ISBN 978-7-5639-7272-2

I. ①城… II. ①孟… 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(2019)第 297296 号

城市轨道交通行车组织

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG XINGCHE ZUZHI

主 编: 孟涛

责任编辑: 陈娜

封面设计: 易帅

出版发行: 北京工业大学出版社

(北京市朝阳区平乐园 100 号 邮编:100124)

010-67391722(传真)bgdcbs@sina.com

经销单位: 全国各地新华书店

承印单位: 天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本: 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张: 16

字 数: 333 千字

版 次: 2020 年 6 月第 1 版

印 次: 2020 年 6 月第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-5639-7272-2

定 价: 48.00 元

版权所有 翻印必究

(如发现印装质量问题,请寄本社发行部调换 010-67391106)

前

言

目前中国开通运营轨道交通的城市已达35座，轨道交通线路总长超过5 000公里，到2020年城市轨道交通里程总数将达到或超过9 000公里。城市轨道交通的迅速发展，带动了对城市轨道交通人才的需求。目前城市轨道交通领域人才缺口非常大，如从事施工、维修养护、通信信号系统操作、运营管理、监理等专业人才。未来，我国将需要大量城市轨道交通专业人才。

培养高级应用技能型专业人才是职业教育的目标，是摆在教育工作者面前的重要任务。教材是教学工作的重要载体之一，面对当前职业教育城市轨道交通专业学生适用教材较少的现状，为了满足城市轨道交通专业职业教育的需要，编者围绕应用型人才培养目标做了大量的调研，坚持理论联系实际的原则，结合城市轨道交通岗位的需求，并运用多年教学经验将理论知识和操作技能进行了深度融合，编写了本教材。

“城市轨道交通行车组织”是从事城市轨道交通指挥和调度岗位工作的必修课程，主要培养学生的列车指挥、列车组织与调度、行车事故处理和故障情况下应急处理等专项职业能力。书中明确行车组织规章、行车指挥体系、岗位职责、交接班、检修施工登记和道岔擦拭等制度，使学生达到行车值班员初、中级职业标准的相关要求，为走上工作岗位做好初步准备。

本书是根据城市轨道交通培养方案和职业学校学生培养要求编写的项目式职业教材。依据本书内容需要，设置了9个大项目，共30个任务，对城市轨道交通行车组织技能进行了精练的阐述。本书内容主要包括：城市轨道交通行车组织与行车基础设备、城市轨道交通运行图、城市轨道交通行车调度与调车工作、城市轨道交通正常情况下的行车组织、城市轨道交通非正常情况下的列车运行组织、城市轨道交通车辆段行车组织、城市轨道交通施工作业组织、客流运营计划及运输能力分析、行车事故预防与分析，基本涵盖了城市轨道交通行车组织的各个领域。

本书可作为职业教育城市轨道交通类专业的教学用书，也可作为企业培训在职职工的培训用书，同时可供相关工程技术人员参考。

本教材在编写过程中，参考并引用了城市轨道交通专业的研究专家和学者的著作与成果，在此表示衷心的感谢！

由于我国城市轨道交通运营管理机构及部门分布在全国各地，规章制度、行车组织方法存在着一定的差别，随着技术设备的不断更新，行车组织方法也在不断地改进，因此，虽然编者做了大量工作，付出很大努力，但限于知识水平，书中难免有不足之处，敬请广大专家和读者批评指正。

编 者





| | | |
|------------|----------------------------|-----------|
| 项目一 | 城市轨道交通行车组织与行车基础设施 | 1 |
| 任务一 | 城市轨道交通行车组织概略 | 1 |
| 任务二 | 城市轨道交通行车基础设施 | 9 |
| 项目二 | 城市轨道交通运行图 | 33 |
| 任务一 | 认知列车运行图 | 33 |
| 任务二 | 编制列车运行图 | 41 |
| 任务三 | 计算列车运行图的指标 | 57 |
| 项目三 | 城市轨道交通行车调度与调车工作 | 61 |
| 任务一 | 行车调度工作 | 61 |
| 任务二 | 调车工作 | 65 |
| 项目四 | 城市轨道交通正常情况下的行车组织 | 71 |
| 任务一 | 行车闭塞法的认知 | 71 |
| 任务二 | 列车运行组织 | 79 |
| 任务三 | 车站行车作业 | 88 |
| 项目五 | 城市轨道交通非正常情况下的列车运行组织 | 97 |
| 任务一 | 发布调度命令 | 98 |
| 任务二 | 站间自动闭塞法行车 | 111 |
| 任务三 | 进路闭塞法行车 | 112 |
| 任务四 | 电话闭塞法行车 | 113 |
| 任务五 | 反方向行车、列车退行 | 128 |
| 任务六 | 救援列车和工程列车的开行 | 131 |
| 任务七 | 信号故障情况下行车 | 139 |



| | | |
|-------------|----------------------|-----|
| 项目六 | 城市轨道交通车辆段行车组织 | 153 |
| 任务一 | 车辆段出入车作业 | 154 |
| 任务二 | 车辆段列车整备作业 | 159 |
| 任务三 | 车辆段调车作业 | 160 |
| 项目七 | 城市轨道交通施工作业组织 | 171 |
| 任务一 | 施工作业计划 | 171 |
| 任务二 | 施工组织实施 | 177 |
| 项目八 | 客流运营计划及运输能力分析 | 189 |
| 任务一 | 客流计划 | 190 |
| 任务二 | 全日行车计划 | 203 |
| 任务三 | 车辆配备计划与列车交路计划 | 212 |
| 任务四 | 通过能力分析与输送能力分析 | 221 |
| 任务五 | 运输能力加强 | 228 |
| 项目九 | 行车事故预防与分析 | 235 |
| 任务一 | 预防行车事故 | 235 |
| 任务二 | 认识判断行车事故 | 239 |
| 任务三 | 分析与处理行车事故 | 243 |
| 参考文献 | | 249 |

项目一

城市轨道交通行车组织与行车基础设备

项目导读

城市轨道交通行车组织在运输生产过程中具有无可替代的重要作用。通过本项目，学生可以对城市轨道交通行车组织的概念、原则、特点、要求以及城市轨道交通行车组织的主要规章和基础设备的知识进行系统的学习，为进一步细化、深入学习其他方面的知识奠定良好的基础。

知识目标

- (1) 了解行车组织的特点及工作要求。
- (2) 了解行车组织的相关规章制度及主要作用。
- (3) 了解城市轨道交通列车的类型、客车的编组、工程车辆的类型及作用。
- (4) 了解城市轨道交通轨道的组成，掌握道岔的组成、分类及道岔位置和号数。
- (5) 了解城市轨道交通供电系统、通信系统的基本知识。

能力目标

- (1) 能够掌握行车组织的概念及原则。
- (2) 能够掌握行车组织的机构及主要工作职责。
- (3) 能够掌握行车组织岗位及层次，掌握主要行车组织岗位的工作职责。
- (4) 能够掌握城市轨道交通线路的类型及作用，了解限界的分类。
- (5) 能够掌握城市轨道交通车站的分类，了解车辆段的功能及布置形式。
- (6) 能够掌握城市轨道交通信号系统的组成及列车运行控制的相关知识。

任务一 城市轨道交通行车组织概略

一、行车组织概述

1. 行车组织的概念

城市轨道交通行车组织是指在运输生产过程中，以安全运送乘客、满足设备维护为目

的，按列车运行图的要求，为乘客提供安全、准点、舒适和快捷的运营服务所进行的一系列与运输有关的工作。

行车组织是使城市轨道交通运营系统中各单位、各部门在集中领导、统一指挥的原则下，紧密配合、协调动作，确保行车和乘客安全，完成各项工作任务的核心。其担负着指挥列车运行、保证行车安全和提高运输效率的重要任务。

2. 行车组织的原则

城市轨道交通是现代化都市的重要基础设施，它安全、迅速、舒适、便利地在城市范围内运送乘客，最大限度地满足市民出行的需要，与其他城市公共交通工具相比，具有运量大、速度快、安全可靠、污染低，受其他交通方式干扰小等优点。

要想实现城市轨道交通的诸多优势，城市轨道交通运营的行车组织，必须坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产方针，坚持贯彻“高度集中，统一指挥，逐级负责”的原则。在运营过程中，行车工作实行 24 h 制，基层作业人员由各级指挥负责组织调度；各级指挥要根据各自职责任务独立开展工作，但必须服从运营控制中心（Operations Control Center, OCC）值班主任的总体协调和指挥。

3. 行车组织的特点

城市轨道交通的行车组织基本上沿袭铁路的管理模式，但由于其自身的特点，城市轨道交通在整个运输生产过程中调车作业较少，行车组织基本上只从事列车运行组织和接发列车工作，由运营控制中心（OCC）和车站（综控室）两级完成，其特点主要如下。

（1）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铁路，最小行车间隔达到 90 s 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

城市轨道交通除折返站外，其他车站全部作业仅为旅客乘降。因此，大多数车站没有配线，不设道岔，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铁路车站的监控对象，联锁关系远没有铁路的复杂，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 ATP 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、紧急关闭和扣车等，从而增加了技术难度。

（3）车辆段独立采用联锁设备

城市轨道交通的车辆段类的功能似于铁路区段站，包括列车编解、接发列车和频繁的调车作业，因其线路较多，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。

4. 行车组织的要求

城市轨道交通尤其是地下铁道因其固有的特点，对其行车组织提出以下要求。

(1) 安全性要求高

因城市轨道交通尤其是地下部分隧道空间小，行车密度大，故障排除难度大，若发生事故难以救援，损失将非常严重，所以为了保证行车的安全，城市轨道交通对行车组织提出了更高的安全要求。

(2) 通过能力大

一方面，城市轨道交通一般不设站线，进站列车均停在正线上，先行列车停站时间直接影响后续列车，所以要求信号设备必须满足通过能力；另一方面，不设站线使列车正常运行的顺序是固定的，有利于实现行车调度自动化。

(3) 保证信号显示

城市轨道交通虽然地面信号机少，且不受天气影响，直线地段瞭望条件好，但地下部分背景暗，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要求。

(4) 可靠性高

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

(5) 自动化程度高

城市轨道交通站间距短，列车密度大，行车十分频繁，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设备，以减少工作人员和减轻他们的劳动强度。

(6) 限界条件苛刻

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

5. 行车组织的主要规章

由于主管部门不同，我国城市轨道交通不像铁路运输系统那样由原铁道部制定了《铁路技术管理规程》《铁路行车事故处理规则》等全国性的规章制度，而是由各城市轨道交通主管部门或运营公司根据各城市的具体情况制定相应的运营管理、运营安全规章制度。

例如，北京市地铁运营有限公司的相关规章制度就有《地铁运营技术管理规程》《地铁行车组织规则》《地铁客运组织规则》《各车站与车辆段的行车组织细则》《地铁行车事故处理规则》《行车事故救援办法及应急处理预案》等。

目前，全国虽然没有统一的规章制度，但是各城市均根据城市轨道交通系统特征，所在城市的地理、气候和人文环境等要素特征，制定了详尽的运营管理、运营安全规章制度，使城市轨道交通系统各部门、各单位人人有章可循，保障城市轨道交通系统运营的安全、可靠。

当然，根据城市轨道交通系统共有的特点，各城市间的各项规章制度均有类似之处，下面就以《行车组织规则》《行车调度工作规程》和《车站行车工作细则》为例进行说明。

（1）《行车组织规则》

各城市轨道交通企业，一般根据设备功能、设备技术状况，列车运行、行车组织原则和设备检修等编写适合本城市轨道交通的《行车组织规则》，其主要内容有以下几个部分：

第一部分 总则。该部分主要说明运营服务的宗旨，各单位、各部门必须坚持安全生产的方针，贯彻“高度集中，统一指挥，逐级负责”的原则，紧密配合、协调动作，确保行车和乘客安全，完成各项工作任务。

第二部分 技术设备。该部分主要规定了机车车辆与建筑物的限界，线路的类型、地铁车站与区间的分界、线路的坡度与上下行方向规定等，通信与信号的设置与使用要求，车站的设置，供电模式与供电电压，客车的组成与运行速度等。

第三部分 行车组织基本原则。该部分内容主要有在正常情况下采用什么样的模式驾驶列车，行车的时间标准规定、地铁行车指挥组织与机构、列车车次的规定、信号设备管理、行车闭塞方法与联锁、工作站的操作规定等。

第四部分 列车运行。该部分内容主要有列车运行模式，客车运行的准备和条件，客车出入车辆基地的组织方式，列车接发作业规定，客车运行中的操作，工程车开行规定，车辆与信号设备调试的规定等。

第五部分 设备检修施工。该部分内容主要是设备检修施工组织，运营时间的设备抢修及非运营时间的施工组织原则等。

第六部分 非正常情况下的行车组织。该部分内容主要是扣车规定，信号系统故障的处理，开放引导信号的规定，客车故障的处理，救援列车的开行，特殊情况下的列车运行，遇恶劣天气时的行车组织等。

第七部分 调车作业。该部分内容包括调车作业领导与指挥，调车计划的编制、传达和变更，调车作业方法，调车允许速度等。

第八部分 信号显示。该部分内容主要是信号系统的显示意义，手信号及其显示，音响信号、徒手信号显示，信号标志牌的显示等。

（2）《行车调度工作规程》

《行车调度工作规程》（以下简称《调规》）是行车调度员及有关行车人员必须认真学习并严格执行的、统一的技术作业规范，是保证行车调度指挥工作科学合理、行之有效

的重要保障。因此，各城市轨道交通企业均会编写在企业内部执行的《调规》，其主要内容包括总则，行车调度的组织机构、职责范围和工作制度，行车调度设备，日常调度工作，调度命令，特殊情况下的调度处置，施工检修作业实施细则，运行记录、图表和运营分析，运营报表填记说明，调度员的选拔与培训，附录等。

（3）《车站行车工作细则》

《车站行车工作细则》是根据《行车组织规则》规定的技术标准而制定的具体指导各正线上车站行车工作的作业规范，是加强车站技术管理，保证安全组织行车的重要技术文件，是车站编制、执行日常作业计划，组织接发列车、调车和各项技术作业以及有关技术设备使用的基本规则，是车站组织查定各项技术作业过程、时间标准，计算设备能力，进行日常运输生产分析、总结的主要依据。

《车站行车工作细则》的主要内容包括车站概况和技术设备，日常作业计划及生产管理制度，车站行车组织工作，车站客运组织工作，特殊运输工作组织，检修施工管理，行车备品管理及行车簿册填记要求，设备故障时车站广播宣传的规定，列车与车辆技术作业过程及其时间标准等。

思考探究

《行车组织规则》的主要内容有哪几个部分？

二、行车组织机构及岗位

1. 行车组织机构及其主要工作

为了实现安全正点地行车，进行不间断的行车组织、指挥和监督，城市轨道交通企业都会设置行车组织控制中心及现场控制站等机构。现场控制站一般设在正线各车站，主要负责监控通过本站列车的情况，其受控制中心的统一指挥，并在紧急情况下，由控制中心授权负责组织列车进出站。控制中心将整个运输生产活动按业务性质分成若干部分，并设置不同的调度工种，分别管理不同的工作，如在控制中心，通常设置行车调度、环控调度和电力调度等调度工种。

（1）运营控制中心（OCC）

OCC 是城市轨道交通系统运营日常管理、设备维修和行车组织的指挥中心，设有值班主任、行调、电调、环调和维调等工种，各调度员对全线列车运营和设备运行情况进行总的监视、控制、协调、指挥和调度。

（2）车辆段控制中心（Depot Control Center, DCC）

DCC 是车辆段、停车场管理、车辆维修组织和作业的控制中心，负责车辆段、停车场范围内的行车组织、维修施工管理，负责车辆日常检修、清洁、定修和临修工作控制，为

轨道交通系统运营及设备维修施工提供数量充足和工况良好的客车和工程列车。

(3) 车站

车站设有综控室，主要任务是接发列车并做好乘客服务工作，遇突发情况进行应急处理，确保行车安全和乘客的人身安全。



视野拓展

青岛地铁 13 号线空载试运行

13 号线位于山东省青岛市西海岸新区，总体呈东北—西南走向。线路起于西海岸新区的嘉陵江路站，经经济技术开发区、灵山湾影视文化产业区、新区中心区、古镇口创新示范园、董家口经济区，终到董家口火车站，共设 23 座车站，其中有 14 座高架站、9 座地下站，线路全长 70 km。作为西海岸新区首条轨道交通线路，13 号线基本实现了轨通、通信通、电通，于 2018 年 8 月 31 日通过项目工程验收。线路除井冈山路站、凤凰山路站、双珠路站、世纪大道站、董家口火车站 5 个站为侧式站台，其他站均为岛式站台。

13 号线试运行分为四个阶段。

第一阶段属于人机设备磨合阶段。信号系统采用点式列车控制、人工驾驶，主要熟悉点式模式下信号系统的操作及特性。通过车辆、信号、供电等设备系统的运转，验证设备功能。

第二阶段采用基于通信的列车控制系统（Communication Based Train Control, CBTC）模式运行。列车采用人工驾驶与自动驾驶混跑。本阶段随着设备调试的进一步完善，设备性能趋于稳定，增加上线列车数量，提高列车运行速度。

第三阶段采用点式列车控制或 CBTC 模式运行。本阶段属于高密度行车阶段，安排列车连发，先后组织全部上线列车采用大交路、小交路运行，测试高峰折返能力，验证设备的可靠性，检验调度、站务、乘务及设备维修维护人员的实操能力。

第四阶段信号系统采用 CBTC 模式。本阶段属于模拟试运行阶段，按照运营期间时刻表组织行车，采用大小交路套跑，验证时刻表执行情况，统计各项指标，各项指标要达到试运营评审要求。

按照程序，为期三个月的试运行完成后，13 号线将迎来载客试运营前的最后一道把关，即试运营基本条件评审。试运营基本条件评审是由业内专家组对载客运营条件进行科学评价，为地铁运营提供可靠保障。试运营基本条件评审最终通过后，方可开通试运营。

2. 行车组织岗位及其职责

城市轨道交通运营指挥一般分为一级、二级两个层级，二级服从一级指挥。一级指挥为：行车调度员、电力调度员、环控调度员；二级指挥为：值班站长、行车值班员、车场调度员、信号楼值班员、派班员、维修调控员。各级指挥要根据各自职责任务独立开展工作，并服从上一层级调度员的指挥，在特殊情况下需服从值班主任总体协调和指挥。

行车工作由行车调度统一指挥，各部门协调工作以保障列车按图行车。供电设备运行由电力调度员统一指挥，环境监控与控制 and 防灾报警设备运作由环控调度员统一指挥。车站行车组织工作由车站当班值班站长统一负责，行车值班员协助，值班站长和行车值班员均服从行车调度的统一指挥，执行调度命令。正线上运行的列车及车上员工由客车司机负责指挥，工程列车上所有员工由车长负责指挥，但客车司机、车长同样必须服从行车调度的统一指挥，执行调度命令。城市轨道交通行车组织岗位及指挥层次如图 1-1 所示。

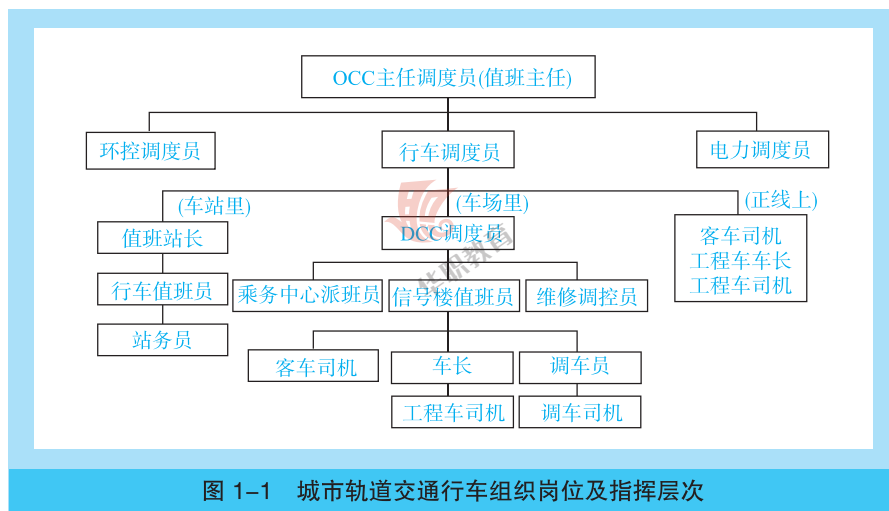


图 1-1 城市轨道交通行车组织岗位及指挥层次

(1) 行车调度员

负责城市轨道交通的日常行车组织、指挥工作，按照“运营时刻表”的要求组织行车，保证安全、准点和优质的运营服务，负责监督控制全线客流变化情况，调集人力、物力和备用车辆，疏导突发大客流；负责组织、实施正线、辅助线范围内的行车设备检修以及各种施工、工程车运输作业；负责组织处理在运作过程中发生的各种故障、事件和事故；负责监督和协调供电系统的运作。

(2) 客车司机

客车司机应严格遵守各种规章制度，正确执行各种作业程序，确保客车运行安全，还应严格按照“运营时刻表”行车；工作时必须严守岗位，不得擅自离岗，且应严格按照要求规范操作司机室传声器，避免大力拉扯传声器支架。客车司机必须经考试合格并取得“司机驾驶证”后，方可独立驾驶客车。客车司机必须严格执行有关安全规章制度，听从

行车调度指挥，按照列车时刻表安全、正点地为乘客提供快捷舒适的优质服务，且需班前做好行车预想，班后做好总结。对于行车工作中发生的事故事件，必须及时、如实汇报，便于有关人员的调查。

（3）值班站长

负责组织班组成员与上一班次交接班，布置当班工作，掌握本班组出勤情况并根据运营需要合理安排各岗人员；负责本站范围内现场有关事宜的处理及突发事件的现场指挥工作；负责班组运营生产、日常管理的原始记录及考勤审核上报工作，及时做好信息反馈、生产数据统计和工作总结。

（4）车站行车值班员

执行分公司、部、中心和车站的有关规章制度，做到有令必行，有禁必止。在值班站长的领导下，负责车站行车工作。服从行车调度员的指挥，执行行调命令，严格按列车运行图组织行车。严格执行一次作业程序，熟悉行车设备的性能，掌握操作方法。控制车站广播，密切关注监视屏，掌握站台乘客动态，并视情况及时广播。局域操作员工作站（Local Operator Workstation, LOW）停用时，负责现场人工排列进路。非运营时间做好巡道、设备维修的登记和注销手续。保管使用行车设备备品，正确填写各种行车日志，字迹要清楚。值班站长不在时代理其职责。完成上级领导临时交办或外部门需协办的其他工作。

（5）车辆段、停车场人员

1) 车辆维修调控员。全面负责车辆的计划维修、故障抢修、事故处理、调试、改造作业安排及组织实施，监视所有车辆的技术状态，提供运行图所规定的客车数上线服务，并确保其状态良好，符合有关规定。负责车辆检修内务管理及协调，调配车辆部各中心的生产任务。

2) DCC 调度员。负责车场内行车运营秩序的组织和指挥，在车场内发生突发事件时的临时指挥；负责指挥车场内电客车、工程车的调车转轨作业，对车场辖区内施工、检修作业进行审批和办理；负责制定试车线调试、检修计划，按照“列车运行图”“运营时刻表”“轨行区周施工及行车计划通告”“车辆检修需求”，制作“车场收车计划表”“车场发车计划表”，合理安排电客车出入车场；掌握车场内列车和车辆的停留状况，根据工作要求，正确及时地编制调车作业单，下达命令，并监督检查计划的实施；负责车场范围所有计划内和临时性的施工安排，督促施工负责人做好施工区域内的安全防护措施；指挥信号楼值班员合理安排场内行车作业，布置并监控信号楼值班员的作业，认真执行各项规章制度和作业标准，确保发车、收车及调车作业安全；严格执行车场内接触网停/送电操作的有关规定，并掌握车场内接触网停/送电状况，及时安排信号楼值班员在计算机联锁设备上防护；指挥工程车司机、电客车司机配合各施工部门工作，布置并监

控工程车司机、电客车司机的作业流程，认真执行各项规章制度和作业标准。

3) 信号楼值班员。负责操作计算机联锁设备完成车场内进路排列、施工防护、计算机联锁用户端状态监控，按场调指挥，配合完成行车组织、调车作业的工作；在场调的指挥下，操作计算机联锁设备，负责列车和车辆的出入车场进路和调车进路的排列；负责接收、执行场调下达的命令并做好记录工作，操作西门子计算机辅助信号系统（Siemens Computer Aided Signaling, SICAS）；负责通过无线调度台对电客车司机、工程车司机、施工负责人下达命令和通知。

4) 乘务派班统计员。负责安排乘务员的出退勤作业，制定和组织实施乘务员的派班计划，遇突发事件时及时调整交路，调配好乘务员的派班。协助乘务中心主任管理乘务员日常事务，检查落实各项管理制度和作业安全规定。

5) 调车员。当基地有调车作业时，负责机车车辆移动的现场指挥，由工程车司机（或副司机）担任。

6) 车长。当工程车开行时，由两名司机担任，一名负责驾驶列车，另一名担任车长，负责指挥列车运行及检查、监视车辆装载货物的安全，推进运行时负责引导瞭望。

任务二 城市轨道交通行车基础设施

一、列车

城市轨道交通列车是将车辆按运营时刻表、施工行车通告及有关规定编成的车列，配备有司乘人员及规定的列车标志，并挂有动力车辆（如机车等）。城市轨道交通列车根据其用途分为客车、救援列车和工程列车等。

1. 客车

(1) 客车车辆

在现代城市轨道交通中，客车车辆也称电客车，它一般是以电力牵引、动车组形式编组，其主要任务是载客。

1) 客车车辆的分类。城市轨道交通客车车辆有多种形式，一般分为带司机室的拖车（以下简称 A 车）、无司机室带受电弓的动车（以下简称 B 车）和无司机室不带受电弓的动车（以下简称 C 车）三种车型。

动车即为自身配有动力装置、具有牵引与载客双重功能的车辆；拖车为不装备动力装置、需具有动力牵引功能的车辆牵引拖带的车辆，其仅有载客功能。

A 车为一侧贯通式车厢，B 车、C 车为两侧贯通式车厢，这样便于乘客在编组成列时任意走动。A 车在司机室一端装设有可开启的乘客紧急疏散装置，乘客在列车发生故障或

发生其他意外情况下不能经由列车侧门下车时，可通过该疏散装置疏散。

2) 客车车辆的编号。每节客车车辆都对应唯一一个车辆编号，以便于故障统计和维修资料库的建立，同时，也便于运营人员对车辆定位。

客车车辆编号适宜用一个字母加 3 位数来表示。例如，客车车辆编号为 A101，其中 A 代表 A 车型，101 代表此类型车辆的序列号，最前一位表示线别，如 1 为 1 号线，01 为各线别供货商供车辆的序号，即 101 为 1 号线的第一辆车。

(2) 客运列车

城市轨道交通客车车辆在运行时采用动拖结合、固定编组（一般为 4 辆、6 辆或 8 辆），形成电动列车组，成为客运列车，简称为客车。由于客车本身带有动力牵引装置，因此兼有牵引和载客两大功能。

1) 客车编组。客车的编组辆数根据线路高峰小时最大断面客流量、车辆载客标准、最小行车间隔、列车满载率及在初期、远期配备列车相互配套等要求来确定。

当客车采用 6 节编组时，一般排列为：A+B+C+C+B+A。

当客车采用 8 节编组时，一般排列为：A+B+C+B+C+C+B+A。

这样就能保证列车两端均带有司机室，中间各车以缓冲装置进行连接，客室内以贯通道贯通，乘客可以任意走动。

客车 6 节编组如图 1-2 所示。

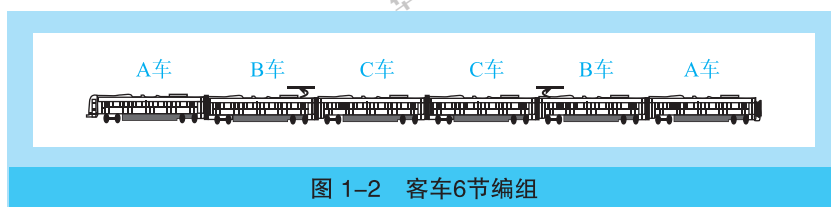


图 1-2 客车 6 节编组

组织行车时，为了便于工作人员快速、准确地找到客车的指定部位，为故障或意外事件处理节省时间，对客车车门和车辆端位进行了编号。

每种车型的 1 位端定义如下（另一端定义为 2 位端），具体如图 1-3 所示。

A 车：全自动车钩处的车端为 1 位端。

B 车：远离受电弓的一端为 1 位端。

C 车：半永久牵引杆处的车端为 1 位端。

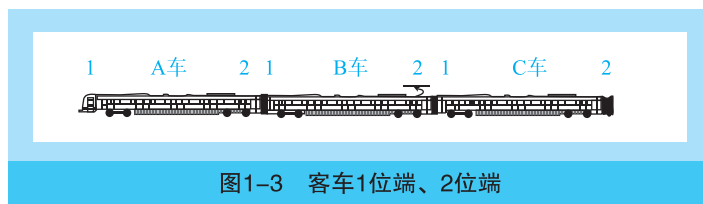


图 1-3 客车 1 位端、2 位端

车辆右侧门、左侧门的定义如下：

当从车辆的 2 位端向 1 位端看去时，人的右侧定义为车辆的右侧，另一侧定义为左侧。

客车车门编号原则如下：

每节车辆的左侧门扇用 1~19 奇数连续编号，右侧门扇用 2~20 偶数连续编号。左侧 1/3 号门，右侧 2/4 号门是最靠近 1 位端的车门，如图 1-4 所示。

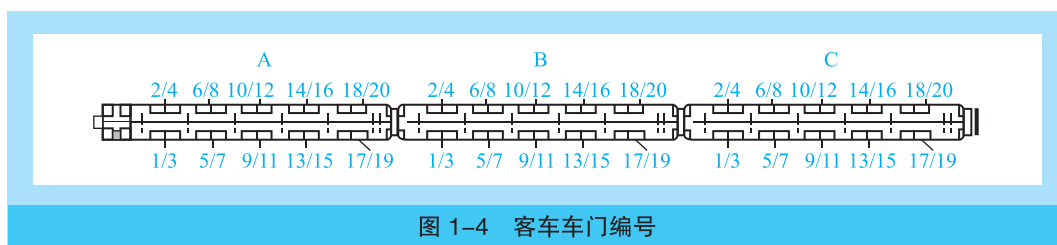


图 1-4 客车车门编号

2) 客车车次。车次号用于定位客车的行程，在一条轨道交通线路中，当日运营时间内车次号是唯一的。客车车次可用 4 位编码来表示，其中前两位代表客车服务号，后两位代表行程。例如，客车车次为 0201，02 代表客车服务号，01 代表行程，单数行程代表下行，双数行程代表上行。

客车服务号为两位编码，与运营时刻表相对应，在当日运营时间内有效而且是唯一的。列车服务号对下列计划有参考作用：实际客车作业计划（哪一列客车指定哪一次行程）、客车司机的计划和实际值班表（哪一位司机何时在哪一列客车当值）。一般客车服务号采用 01~99 数字来表示，根据需要还可以用不同区间的数字来分别代表普通客车、空客车、调试车和专列等的客车服务号。例如，01~79 代表普通客车，80~89 代表空客车，90~97 代表调试车，98~99 代表专列等。

除了车次，还有一种客车标识码，称为客车识别号。客车识别号用于监控客车运行和客车状态，由 6 位编码组成，其中前 2 位为目的号，后 4 位为车次号。目的号与行程目的有关，用来指定客车的运行方向、折返方式和服务类型，一般在各运营公司的行车组织规则中直接定义。

2. 救援列车

当线路上的电客车或工程列车发生故障时，前去抢修故障车的列车称为救援列车，可由电客车和内燃机车等担当。

内燃机车使用柴油机动力，一般用于城市轨道交通工程领域，但在特殊情况下（如接触网、供电系统发生大型故障时），可承担电客车救援和调动等任务。

(1) 救援列车的开行原则

当列车在线路上由于发生故障不能开动车时，由控制中心主任调度员确定是否救援。如果实施救援，就需开行救援列车。

当客车担任救援列车时，必须在被救援列车后方站（相对于运行方向）清客，空车前往救援；如客车在区间不能空车前往救援，需组织故障列车和救援列车在最近的车站清客。已申请救援的列车不准动车，司机应打开被救援列车两端的标志灯或设置红闪灯作为防护信号，并做好与救援列车的联挂准备工作。

如被救援列车停在区间，行车调度员需发布封锁区间线路的命令。当向封锁区间发出救援列车时，不办理行车闭塞手续，以行车调度员的救援列车开行命令作为进入该封锁线路的许可。

救援列车应在距离被救援列车 15 m 处停车，听候救援列车司机的指挥联挂。救援列车推进被救援列车运行时，司机需在救援列车前端驾驶室（相对于运行方向）驾驶，被救援列车前端驾驶室需有司机或列车引导员进行引导，运行限速为 25 km/h；救援列车牵引被救援列车运行时，司机需在救援列车前端驾驶室驾驶，限速为 30 km/h。

（2）救援列车的车次号

救援列车的车次号用 3 位编码表示，如救援列车开行车次编号为 601~699 等。

3. 工程列车

工程列车是指进入正线运行的用于配合施工作业的列车。

（1）工程列车的类型

工程列车可以是单独一台内燃机车或其他专用作业车，也可以是由几种作业车辆编组而成的列车。城市轨道交通运营企业运用的工程列车主要有轨道车、钢轨打磨车、轨道起重车、接触网放线车、接触网架线车、平车和平板吊车等。其中，采用接触轨系统的运营企业不需要用到接触网相关的作业车型。

1) 轨道车。轨道车是一种用于铁道设备维修、大修和基建作业的内燃机车。在施工作业过程中可用来牵引装载物料或设备的平车，日常情况下可在段场内（特殊情况下也可在正线）用于牵引或推送无动力的电动客车。

2) 钢轨打磨车。钢轨打磨车是用于打磨轨道轨头表面不均匀部位的专业轨道维修车辆。它通常由一辆动力车和若干辆打磨作业车组成，多个磨头可同时作业，可通过列车控制系统对不同的钢轨缺陷采取多种模式实施快速打磨。

3) 轨道起重车。轨道起重车由自带动力的车体、驾驶室、液压伸缩吊臂及支腿组成，可用于线路施工、维修时的起重、装卸、牵引作业和接触网立杆架线作业，并可与其他车辆联挂组成抢修专列。

4) 接触网放线车。接触网放线车用于接触网导线和承力索的架设，也可用于电气化改造或接触网大修作业时接触网导线和承力索的架设。

5) 接触网架线车。接触网架线车用于电气接触网的架线、维修和更换等工作，也可用作牵引车，满足接触网各种施工需要。

6) 平车。平车是铁道上大量使用的通用车型,无车顶和车厢挡板,自重较轻,装运吨位可相应提高,且无车厢挡板的制约,装卸较方便,必要时可装运超宽、超长的货物。平车主要用于装运大型机械、钢轨等施工物料和设备。

(2) 工程列车的编组

工程列车按规定的编挂条件进行编组,下列车辆禁止编入工程列车:

- 1) 车体倾斜超过规定限度的。
- 2) 曾经发生脱轨或冲撞事故,未经检查确认的。
- 3) 装载货物超出车辆限界,无挂运命令的。
- 4) 装载跨装货物的平车,无跨装特殊装置的。
- 5) 平车装载货物违反装载和加固技术条件的。
- 6) 平车侧板未关闭的。
- 7) 制动系统有故障的。

(3) 工程列车的车次

工程列车和救援列车的车次号均用 3 位编码表示,如工程列车开行车次编号为 501~599 等。

小贴士

区间封锁:由于施工或区间发生事故等,根据调度命令,除指定列车外,禁止其他列车进入该区间,称为区间封锁。

二、线路与限界

1. 线路

城市轨道交通线路有不同的敷设方式,可分为地下线、地面线和高架线。地下线即敷设在地下隧道里的线路,是对城市环境影响最小的一种敷设方式,因此在城市中心地区通常采用地下线,避免对地面建筑和道路造成大的影响;地面线即敷设在地面上的线路,为了保证城市轨道交通车辆的快速运行,一般采用专用道形式,因此地面线通常在有条件的城市道路或郊区采用,避免对城市道路造成大的影响;高架线即敷设在高架桥上的线路,这是介于地面和地下之间的一种线路,既保持了专用道的形式,又占地少,减少了对城市交通的干扰。不同的城市轨道交通线路敷设方式对应着不同的行车组织设备和不同的行车组织方法。

同时,根据行车组织的需要,不同地点的城市轨道交通运行线路发挥着不同的作用,以确保行车组织的有序和安全。城市轨道交通线路按其在运行中的作用,分为正线、辅助线和车场线。

(1) 正线

正线是指贯穿所有车站、区间，供列车载客运行的线路。正线中，车站两端墙内的线路为站内线路，称为车站正线；两相邻车站相邻端墙间的线路范围为区间正线，如图 1-5 所示。

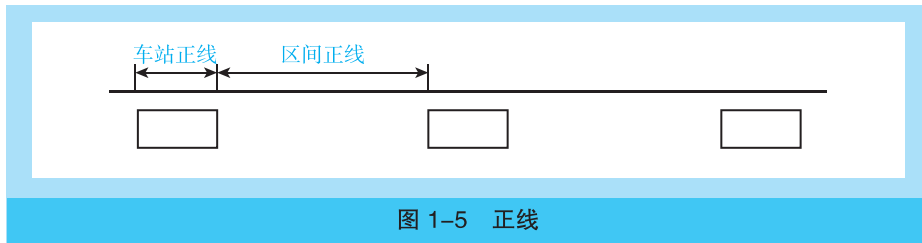


图 1-5 正线

城市轨道交通系统的正线采用上下行分行，实行右侧行车惯例。由于正线行车速度高、密度大，线路标准要求高，一般采用 60 kg/m 以上的钢轨进行敷设。

(2) 辅助线

为保证正线正常运行，合理调度列车运行而配置的线路为辅助线。根据其工程不同，辅助线可分为折返线、渡线、存（停）车线、联络线和出入段线等。

1) 折返线。折返线是指在同一条线路内，为列车往返运行时掉头转线而设置的线路。折返线通常设置在线路两端的终点站或者准备开行折返列车的中间区域站，如图 1-6 所示。

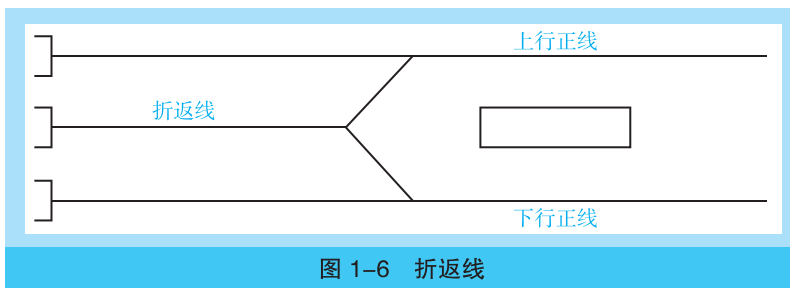


图 1-6 折返线

2) 渡线。渡线是用道岔将上行线、下行线及折返线连接起来的线路，又分为单渡线和交叉渡线，如图 1-7 所示。

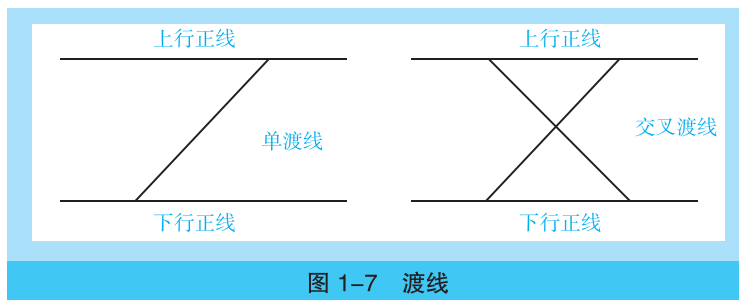


图 1-7 渡线

渡线可以满足改变列车运行方向的需要，但在中间站利用渡线进行区间列车折返时，需占用正线进行作业，对于列车的运行间隔影响较大，会导致线路通过能力下降。因此，只有在一些非正常情况下，才会采用渡线进行一些小交路的运行，作为列车运行调整的手段。

3) 存(停)车线。为了使故障列车能尽快退出正线运行，每隔 3~5 个车站应设置存(停)车线，供故障列车临时存放或检修之用，如图1-8所示。

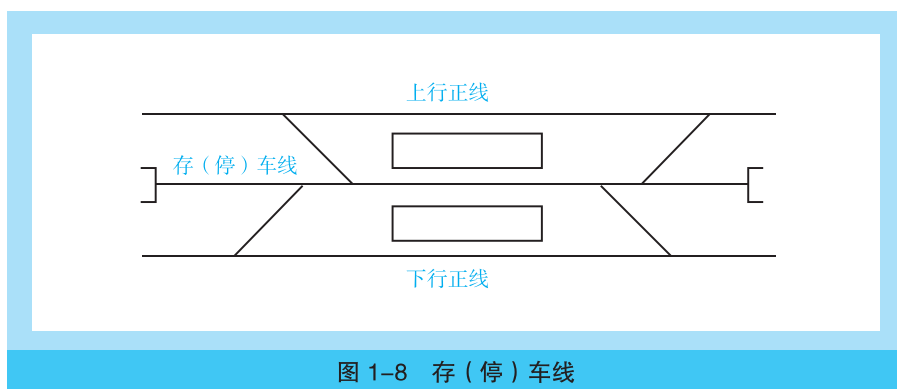


图 1-8 存(停)车线

4) 联络线。联络线是两条单独运行线路的连接线，可实现同种制式的线路列车过轨运行，如图 1-9 所示。

5) 出入段线。出入段线是连接正线与车辆段的线路，供列车出入车辆段使用，如图1-10所示。

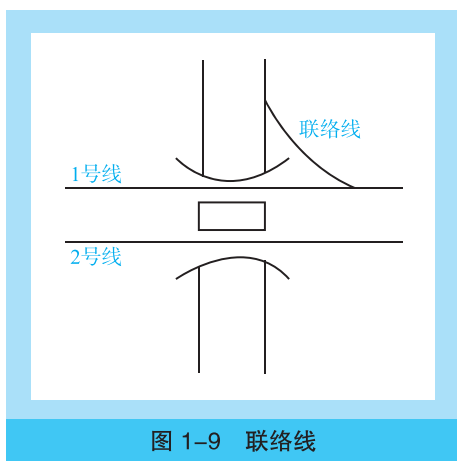


图 1-9 联络线

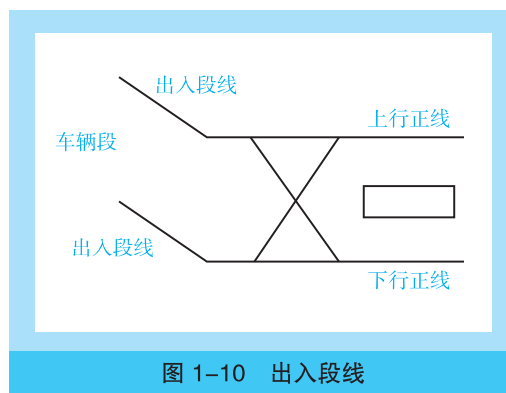


图 1-10 出入段线

(3) 车场线

正线是供列车载客运行的场所，而车辆段(车场)是供列车检查、维修和非运营时间停放的场所。车场线就是指车辆段内场区作业、停放列车的线路，根据其作用的不同分为停车线、检修线、试车线、洗车线和牵出线等，如图 1-11 所示。

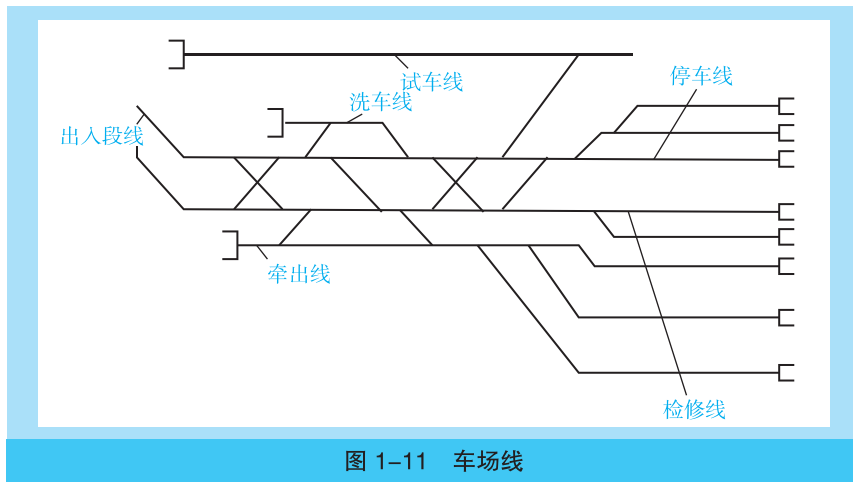


图 1-11 车场线

1) 停车线。停车线是车辆的停放线，按一线一位或一线两位设计，其数量应满足该运行线路配属列车的存放需要，如图 1-12 所示。

2) 检修线。检修线是车辆在各种不同修程时停放的专用线路，一般设有检修坑道和维修平台，如图 1-13 所示。



图 1-12 停车线

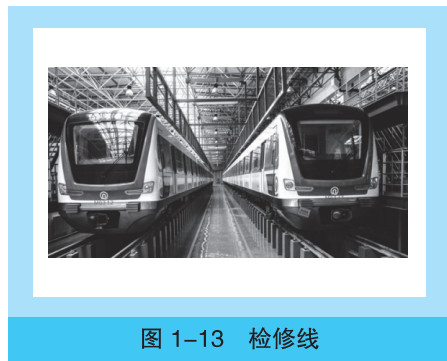


图 1-13 检修线

3) 试车线。试车线是在车辆段内设置的对车辆进行动态性能试验的线路，其线路标准通常与正线一致，一般用于新车调试或维修后的列车调试。

4) 洗车线。洗车线是安装有洗车设备的线路，用于车辆自动清洗。在洗车线上列车以低于 5 km/h 的速度通过洗车设备，完成车体清洗作业。

5) 牵出线。牵出线用于场内列车的转线作业。

2. 限界

城市轨道交通区间是城市轨道交通列车高速运行的地段，为保证行车安全，车辆与沿线建筑物之间必须有一定的空间间隔。城市轨道交通限界是根据车辆轮廓线和车辆有关技术参数，结合轨道及轨道沿线建筑物，并综合考虑设备和安装误差而定的。限界的确定既

要保证安全又要使投资最低。

城市轨道交通限界分为车辆限界、设备限界和建筑限界。受电弓限界或受流器限界是车辆限界的组成部分，接触轨限界属于设备限界的辅助限界。

(1) 车辆限界。车辆限界是车辆在正常运行状态下形成的最大动态包络线。直线地段车辆限界分为隧道内车辆限界和高架或地面线车辆限界，高架或地面线车辆限界应在隧道内车辆限界的基础上，另加当地最大风荷载引起的横向和竖向偏移量而得出。

(2) 设备限界。设备限界是用以限制设备安装的控制线，它是位于车辆限界外的一个轮廓。直线地段设备限界是在直线地段车辆限界外扩大一定安全间隙后形成的；曲线地段设备限界应在直线地段设备限界的基础上，按平面曲线不同半径、过超高或欠超高引起的横向和竖向偏移量，以及车辆、轨道参数等因素计算确定。建筑物与地面固定设备的任何一部分及它们的刚性和柔性运动，均不得向内侵入此限界。

(3) 建筑限界。建筑限界是在设备限界的基础上，考虑了设备和管线安装尺寸后的最小有效断面，它是位于设备限界外的一个轮廓。它规定了城市轨道交通隧道的形状、尺寸和位置，地下车站及站台位置以及地面建筑物的位置，计及施工误差、测量误差及结构永久变形在内，任何永久性建筑物均不得向内侵入此限界。建筑限界与设备限界之间的空间应能安排各种电缆线、消防水管和消防箱以及其他如电力、信号和通风等设备系统的固定设备。

直线区段圆形单洞隧道断面建筑限界如图 1-14 所示。

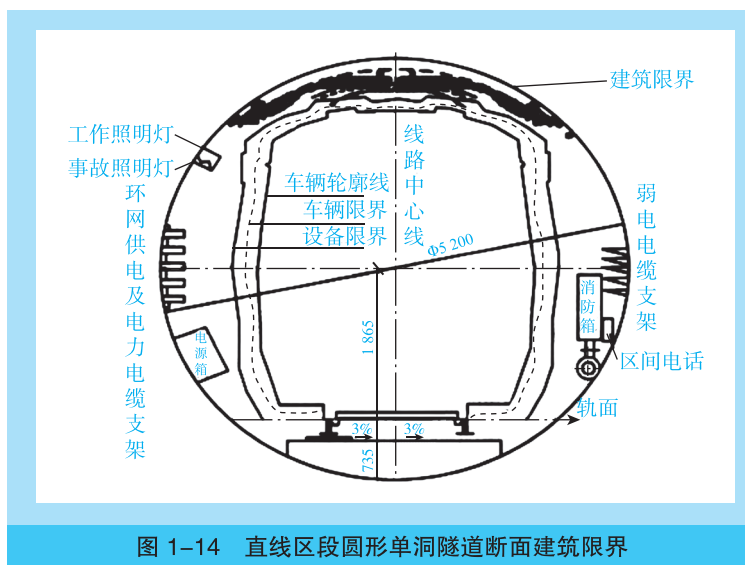


图 1-14 直线区段圆形单洞隧道断面建筑限界

小贴士

轮廓线，又叫“外部线条”，指电影构图中个体、群体或景物的外边缘界线，是一个对象与另一个对象之间、对象与背景之间的分界线。在机械制图当中，当回转体的轴线与投影面平行时，相对于该投影面区分回转体上回转面可见与不可见部分的分界线，称为回转线，该回转线在此投影面上的投影称为轮廓线。

三、轨道与道岔

轨道是城市轨道交通的重要组成部分，也是列车运行的基础。轨道可铺设在隧道、高架桥和地面，供列车运行。

轨道由钢轨、轨枕、连接零件、道床、防爬设备和道岔组成，如图 1-15 所示。按照行车组织的要求，各车站可根据行车要求设置不同用途的线路，采用不同类型的钢轨、轨枕和道岔。城市轨道交通运行正线一般采用 60 kg/m 的钢轨，车场线采用 50 kg/m 的钢轨，正线采用焊接型长钢轨，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；地面线一般采用碎石道床，对路基进行强度处理，并采用高性能的弹性扣件以减轻列车运行时的振动和噪声。城市轨道交通线路的正线及折返线统一采用 9 号道岔，车场线除试车线采用 9 号道岔外，其余均采用 7 号道岔。直线轨距标准为 1 435 mm。

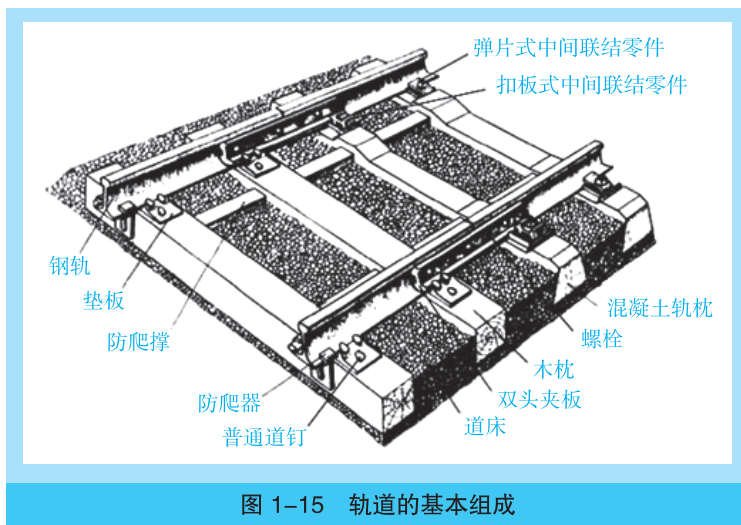


图 1-15 轨道的基本组成

地铁线路以地下线为主，这就使得其养护、维修具有一定的特殊性：地下隧道内净空富余量小、行车密度大，因此对轨道养护维修的空间小及能利用的时间少；隧道内温度变

化幅度较小，钢轨因温度变化引起的形变小；隧道内空气相对潮湿、排水要求高，并要求轨道的主要零件采取防锈处理；地铁一般采用整体道床，稳定性好，但是弹性差、造价昂贵，并且列车运行会带来一定的噪声与振动；同时轨道还作为列车牵引用电的回流导线，应满足绝缘要求，以防泄漏电流对钢筋及其他设备产生腐蚀。

1. 钢轨

钢轨的作用是支撑和引导机车车辆的车轮运行，并把车轮传来的压力传给轨枕，以及为车轮滚动提供阻力最小的表面；有的线路钢轨还为供电、信号电路提供回路。钢轨类型以每米质量（kg）数来表示，有 75 kg/m、60 kg/m、50 kg/m 和 43 kg/m 等。钢轨的标准长度有 12.5 m 和 25 m 两种，此外还有曲线上使用的标准缩短轨。

地铁正线与半径为 250 m 及以上的曲线，应铺设无缝线路。无缝线路是将 25 m 长轨端无螺栓孔的钢轨焊接成 1 km 长及以上的轨条铺设在轨道上，接缝大大减少，因此消灭了列车通过接头区时的冲击力，从而减小了振动与噪声。由于在 1 km 长的钢轨内不存在轨缝，因此当温度升高或降低时钢轨内部就会产生巨大的温度应力，这是无缝线路的一个显著特点。隧道内温度变化幅度较小时，铺设无缝线路十分有利，如在地面线铺设无缝线路则需要加强养护与监控，并适时进行应力放散工作，以防止线路胀轨跑道。

正线与辅助线上的钢轨应设轨底坡，如图 1-16 所示，其坡度为 1:40，但在道岔与道岔间不足 25 m 的直线段不应设轨底坡。

运营企业必须对钢轨进行定期与不定期探伤与检查，根据国家相关技术标准进行钢轨伤损的标示与跟踪。在高架桥与隧道内，钢轨伤损达到轻伤则应及时更换，在普通线路（道岔）以及无缝线路缓冲区的重伤和折断钢轨应立即更换。

2. 连接零件

钢轨必须通过连接零件才能固定在轨枕上，钢轨之间也需要用连接零件连成整体。

钢轨接头间的连接零件通常采用鱼尾板、螺栓和道钉等，如图 1-17 所示。钢轨与轨枕之间的连接零件通常采用弹跳式扣件，如图 1-18 所示，这种扣件在一定程度上可弥补整体道床弹性不足的缺陷。

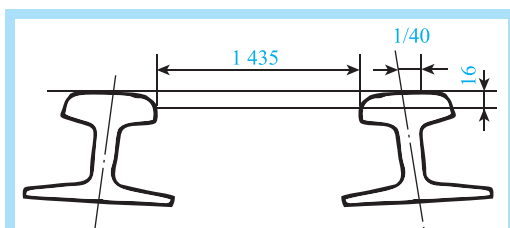


图 1-16 轨底坡

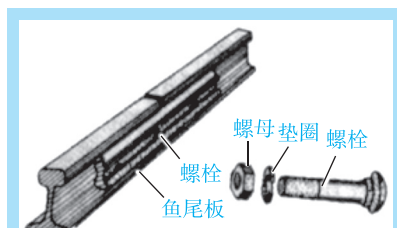


图 1-17 钢轨连接



图 1-18 弹跳式扣件

地铁轨下还应采用绝缘弹性橡胶垫层，该橡胶垫层必须保持持续的绝缘性能和足够的弹性，一旦绝缘性能与弹性降低则应立即更换。

运营企业必须对钢轨连接零件进行定期巡检，根据国家相关技术要求，及时恢复连接零件的功能与补齐缺失的连接零件，以确保轨道系统的整体稳固。

3. 轨枕

轨枕直接支撑钢轨，并通过扣件牢固地与钢轨连接。

地面线路采用国家标准轨枕铺设，隧道等采用钢筋混凝土短轨枕式混凝土整体道床时，短轨枕宜在工厂预制，混凝土强度等级宜采用 C50，底部宜伸出钢筋以加强与混凝土整体道床的连接。当采用连续支撑混凝土整体道床时，应采用整体灌注式。

4. 道床

道床的作用是支撑轨枕，把从轨枕传来的压力均匀传给路基。它还有缓冲车轮对钢轨的冲击、固定轨枕的作用，在地面线还能起到排除轨道中雨水的作用。

地铁隧道普遍采用整体式道床，无须补充石砟或更换轨枕，整体性强，稳定性好，轨道几何尺寸易于保持，可减少养护维修工作量，但不足的是工程造价高、施工难度大，一旦完成无法纠偏，出现病害难以整治，且道床弹性差。

高架线路可采用新型轨下基础，地面线路宜采用碎石道砟以降低投资。

地铁线路道床纵向排水坡度可与线路坡度一致，但不宜设置为平坡，道床面还应有不小于3%的横向排水坡。

当地铁隧道内混凝土整体道床与地面碎石道床相连时，衔接处应设置弹性过渡段。碎石道床应按国家现行相关规范的规定设置防爬装置。

5. 防爬设备

列车运行时，常常产生作用在钢轨上的纵向力，使钢轨做纵向移动，有时甚至带动轨枕一起移动。这种纵向移动叫作爬行。爬行一般发生在复线铁路的区间正线、单线铁路的重车方向、长大下坡道上和进站时的制动范围内。

线路爬行往往引起轨缝不匀、轨枕歪斜等现象，对线路的破坏性很大，甚至造成胀轨跑道，危及行车安全。因此，必须采取有效措施来防止爬行，通常采用防爬器和防爬撑来防止线路爬行，如图 1-19 所示。

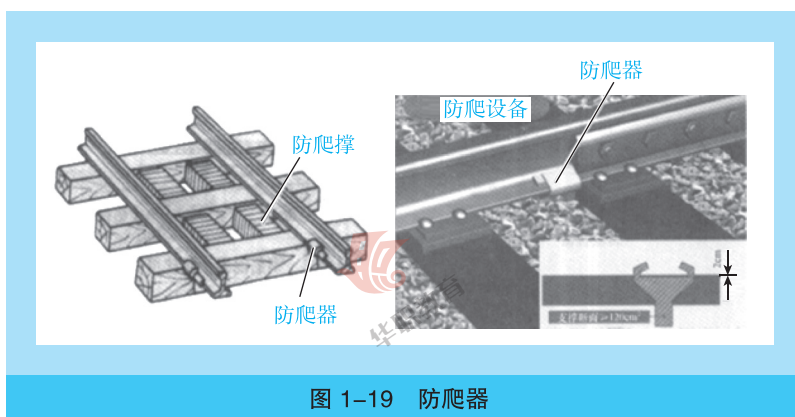


图 1-19 防爬器

穿销式防爬器是由带挡板的轨卡和穿销组成的。安装时，轨卡的一边卡紧轨底，另一边楔进穿销，使整个防爬器牢固地卡住轨底。这样，钢轨受到纵向阻力时，由于轨卡的挡板紧贴着轨枕，轨枕就可以阻止钢轨爬行了。为了充分发挥防爬器的作用，通常在轨枕之间安装防爬撑，把 3~5 根轨枕关联起来，共同抵抗钢轨爬行。

6. 道岔

道岔是引导机车车辆从一股道转入另一股道的线路设备，是轨道系统的重要组成设备，也是轨道的薄弱环节之一。

道岔经常向某一方向开通称为定位，反之为反位。地铁通常规定道岔开通直股称为定位，反之为反位。

道岔（见图1-20）按用途与平面形状分为普通单开道岔、对称道岔、三开道岔和交分道岔等类型。



图 1-20 道岔

(a) 普通单开道岔；(b) 对称道岔；(c) 三开道岔；(d) 交分道岔

道岔设备由转辙部分、连接部分和辙叉部分组成，通过尖轨的平移，形成不同的开通方向，实现列车安全转线的目的。普通单开道岔构造如图 1-21 所示。

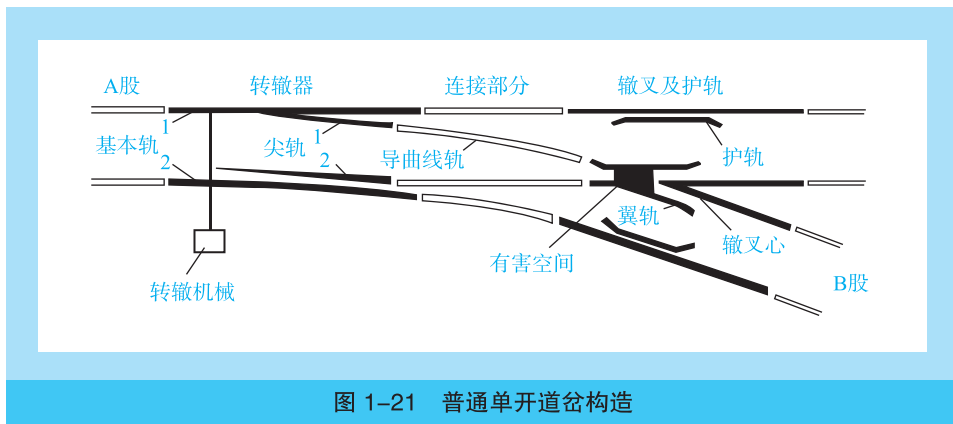


图 1-21 普通单开道岔构造

(1) 转辙部分。转辙部分由两根尖轨、两根基本轨、连接零件及转辙机械组成。通过尖轨的平移，可形成不同的开通方向，以实现列车安全转线的目的。尖轨断面变化大，又经常要扳动，是道岔的薄弱部分。

(2) 连接部分。连接部分由两根导曲线轨和两根基本轨组成，它将转辙部分和辙叉部分连成一组完整的道岔。

(3) 辙叉部分。辙叉部分由辙叉心、翼轨和护轨等组成。在辙叉心实际尖端与翼轨间最小距离处存在轨线中断不连续的情况, 形成一个有害空间, 当列车通过时, 会造成车轮与辙叉实际尖端互相冲击。一般采取限制通过道岔速度的方法来降低不利影响, 减少给乘客造成的不适感。

当车轮从连接部分驶入辙叉心时, 利用车轮踏面较宽的条件, 在钢轨断开处, 先使车轮踏面的外侧部分压在翼轨上, 由翼轨来承载机车车辆, 然后逐渐使车轮踏面的内侧部分压向辙叉心, 最后越过中断的钢轨。

在辙叉两侧设有的护轨, 能严格地保证车轮安全、顺利地通过。如果没有护轨, 当车轮迎尖轨驶来时, 轮缘有可能猛烈撞击辙叉心的尖端, 破坏辙叉心, 甚至误入异线造成脱轨。此外, 护轨还能牵制轮对的另一侧车轮, 迫使车轮按规定的路径行驶。

道岔号数是代表道岔各部分主要尺寸的, 习惯上用辙叉角的余切值表示, 如图 1-22 所示。



图1-22 道岔号数

道岔号数计算公式为

$$N = \cot \alpha = FE/AE$$

式中: N ——道岔号数;

α ——辙叉角。

由计算公式可见, 道岔号数与辙叉角成反比关系。 α 角越小, N 越大, 导曲线半径也越大, 机车车辆通过道岔时越平稳, 允许的过岔速度也就越高。所以, 采用大号数道岔对于列车运行是有利的。

车辆或列车沿道岔直向运行, 行车速度在 100 km/h 以下时, 一般不需限速, 而通往侧向时需限速, 限速标准根据道岔号数大小确定。

道岔侧向构造速度如表 1-1 所示。

表 1-1 道岔侧向构造速度

| | | | |
|-------------|----|----|----|
| 辙叉号 | 7 | 9 | 12 |
| 速度/(km/h) | 30 | 35 | 50 |

道岔侧向允许通过速度如表 1-2 所示。

表 1-2 道岔侧向允许通过速度

| | | | |
|-----------|----|----|----|
| 辙叉号 | 7 | 9 | 12 |
| 速度/(km/h) | 25 | 30 | 50 |

四、车站与车辆段

1. 车站

车站是轨道交通客流的集散地，同时又是轨道交通运营设备集中设置的场所，主要包括线路、道岔、通信、信号、环控、自动售检票、自动扶梯、电梯、照明、给排水、消防、防灾报警（Fire Alarm System, FAS）和设备监控等设备系统，由出入口、通道、站厅层、站台层、设备用房、管理用房及生活用房等部分构成。有些简易车站无站厅层。

(1) 按车站客流量大小可分为：大车站、中等车站和小车站。

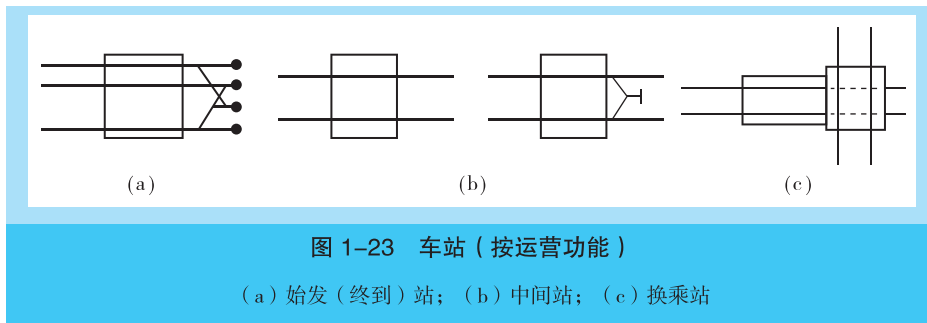
- 1) 大车站：高峰每小时客流量在 3 万人次以上。
- 2) 中等车站：高峰每小时客流量在 2 万~3 万人次之间。
- 3) 小车站：高峰每小时客流量在 2 万人次以下。

(2) 按车站的运营功能不同可分为：始发（终到）站、中间站和换乘站。

1) 始发（终到）站：一般设置在线路两端，除具有供乘客乘降的基本功能之外，还可用于列车折返、停留和临时检修，如图 1-23（a）所示。

2) 中间站：中间站是线路上数量最多的基本站型车站，其主要作用就是供乘客乘降。但有些中间站还设有折返线、渡线和存车线等，可供列车折返和进行列车运行调整，如图 1-23（b）所示。

3) 换乘站：换乘站设置在两条及两条以上的轨道交通线路交叉点。除具有供乘客乘降的基本功能之外，其最大的特点是乘客可从一条线路换乘到另一条线路，有平面换乘和立体换乘之分。换乘站最大限度地节省了乘客出站、进站及排队购票的时间，为乘客换乘提供了方便，如图 1-23（c）所示。



思考探究

我国目前最大的地铁车站是哪个城市？

(3) 按车站设置的位置可分为：地下站、地面站和高架站，如图 1-24 所示。



图 1-24 车站（按车站设置位置）

1) 地下站：线路、主体建筑和设备设施设置在地下隧道的车站，又可分为浅埋式车站和深埋式车站两种。

2) 地面站：线路、主体建筑和设备设施设置在地面的车站。

3) 高架站：线路、主体建筑和设备设施设置在高架桥上的车站。

(4) 按站台形式可分为：岛式站台车站、侧式站台车站和混合式站台车站。

1) 岛式站台车站：上、下行线分别在站台的两侧，站台面积可以得到充分利用，管理集中，车站结构紧凑，乘客换乘方便，如图 1-25 所示。

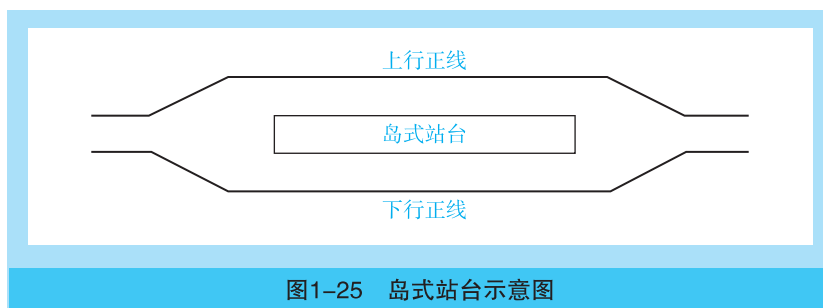


图1-25 岛式站台示意图

2) 侧式站台车站：站台分布在上、下行线一侧，列车进站无曲线，运行状态好，乘客乘降车互不干扰，不易乘错方向，站台横向扩展余地大，如图 1-26 所示。

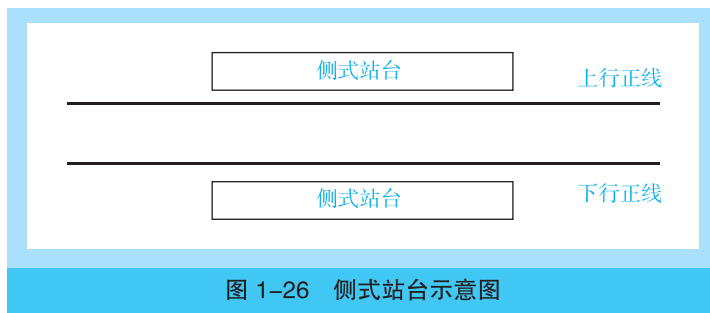


图 1-26 侧式站台示意图

3) 混合式站台车站：既有岛式站台又有侧式站台的混合形式，一般多为始发/终到站，设有道岔和信号联锁等设备，如图 1-27 所示。

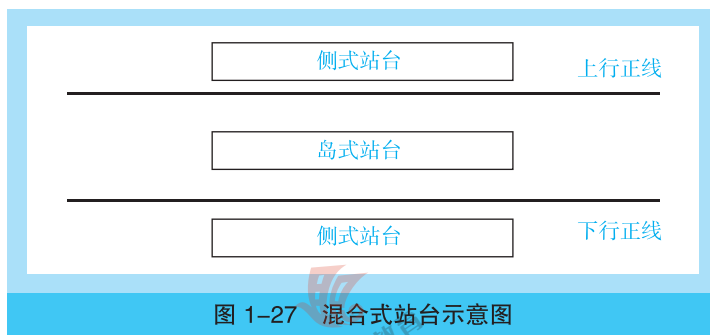


图 1-27 混合式站台示意图

2. 车辆段

城市轨道交通车辆段主要担负着一条或几条线路的城市轨道交通车辆的停放、检修和清洁等任务，有的车辆段还负责乘务人员的组织管理、出乘和换班等业务工作，并相应配备乘务值班室等设施。车辆段一般设有停车库（场）、检修库、洗车设备和运营管理用房等设施。另外还有测试列车综合性能的试车线，存放内燃机车和工程车的车库。

(1) 车辆段的主要功能

1) 列车的停放、日常检查、一般故障处理和清扫洗刷、定期消毒，根据需要进行车辆摘挂、编组和转线等调车作业。

2) 车辆修理：月修、定修、架修与临修。

3) 车辆的技术改造或厂修。

4) 车辆段内通用设施及车辆维修设备的维护管理。

5) 乘务人员组织管理、出乘计划编制、备乘换班的业务工作。

车辆段线路及车库如图 1-28 所示。



图 1-28 车辆段线路及车库

(2) 车辆段与联轨站相连接的主要形式

1) 车辆段位于线路端部。线路起(终)点站站后接车辆段, 这种形式较好, 车辆基地出入线与正线干扰少, 有利于运营管理, 如图 1-29 所示。

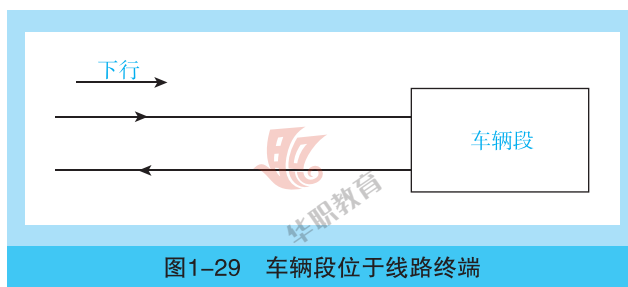


图1-29 车辆段位于线路终端

2) 车辆段位于线路中间, 有一站接轨与两站接轨两种方式。一站接轨需要设立列车回转设备, 如图 1-30 所示。两站接轨, 列车出入车辆段可自然掉头, 车辆段内不需设列车回转设备, 如图 1-31 所示。

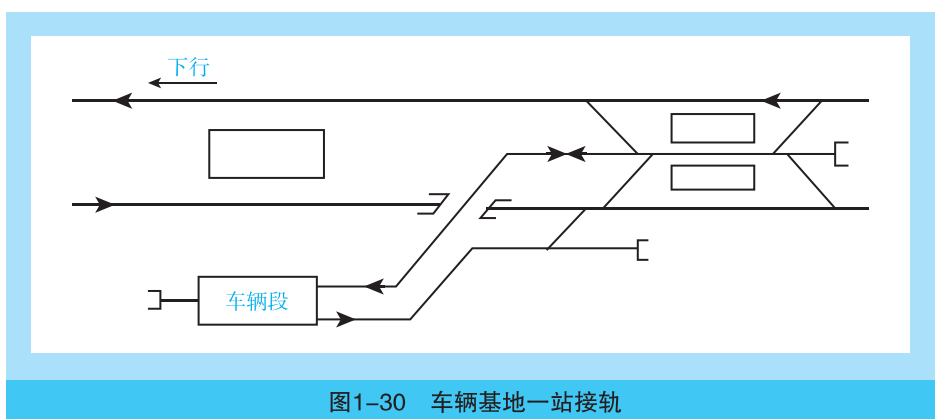


图1-30 车辆基地一站接轨

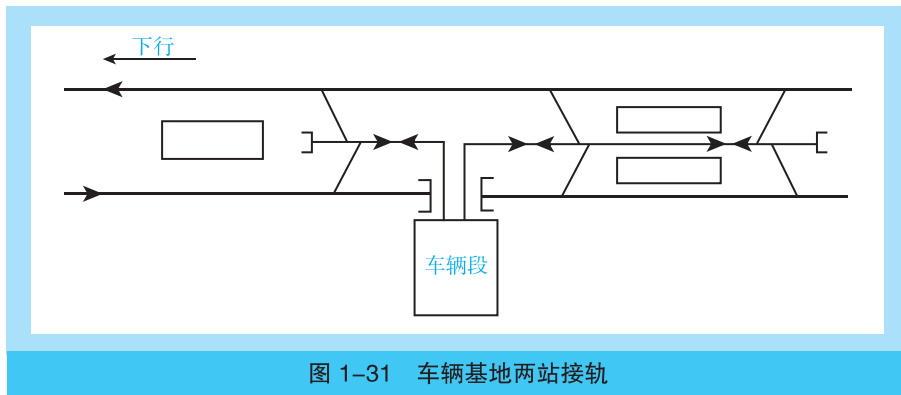


图 1-31 车辆基地两站接轨

五、供电系统

供电系统担负着整个交通系统运营所需电能的供应与传输，是系统安全、可靠运营的重要保证。供电系统一般取自城市电网，且大部分为城市电网一级负荷，要求比较高，以确保供电的可靠性。

城市轨道交通供电系统包括外部电源、主变电所、牵引供电系统、动力照明供电系统和电力监控系统。

(1) 牵引供电系统

牵引供电系统为电动客车运行提供电能，它由牵引变电所、接触网和钢轨等组成。目前我国各城市的地铁和轻轨采用的电压制式均在 750~1 500 V 范围内。接触网分为接触轨（又称为第三轨）和架空接触网两种。各城市轨道交通系统可根据各自实际情况采用不同的供电方式。接触网供电方式如图 1-32 所示。如北京地铁即采用了 750 V 接触轨供电方式，上海、广州地铁均采用了 1 500 V 接触网供电方式。

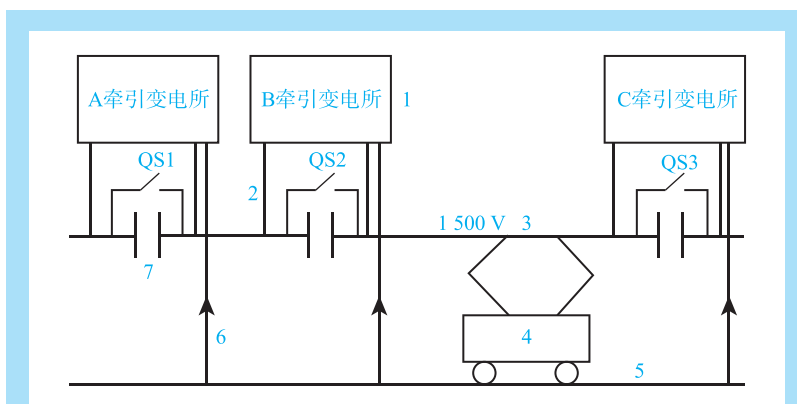


图 1-32 接触网供电方式

1-牵引变电所；2-馈电线；3-接触网；4-电力机车；

5-钢轨；6-回流线；7-电分段

（2）动力照明供电系统

动力照明供电系统为车站和区间各类照明，自动扶梯、风机、水泵等动力机械设备和通信、信号、自动化等设备提供电源，它由降压变电所和动力照明配电线路组成。

（3）电力监控系统

电力监控系统的作用是保证控制中心能够对供电系统的主变电所、牵引变电所和降压变电所的供电设备的运行状态进行实时监控、控制及数据采集。它由控制中心的主机、设在各变电所的远程控制终端以及连接终端与中心的通信网络三部分组成。

思考探究

北京地铁采用了750 V接触轨供电方式，那其他几个大城市地铁采用了哪种供电方式呢？

六、信号系统与通信系统

1. 信号系统

信号系统是用于指挥和控制列车运行的设备系统，是安全行车的重要保证，也是列车通过能力和输送能力的决定因素之一，影响着城市轨道交通的行车速度和行车间隔时间。

信号系统通常包括三大部分：基础设备、联锁设备和列车自动运行控制系统（Automatic Train Control System, ATC）。

信号系统基础设备包括：（色灯）信号机、（电动）转辙机和轨道电路等。

道岔、进路和信号三者之间相互制约的关系称为“联锁”，实现这种联锁关系的设备叫作联锁设备。它可确保只有当线路空闲，进路道岔位置正确并锁闭，敌对信号未开放时，防护该进路的信号机才能开放。一旦信号机开放，则该进路上的道岔位置不能转换，敌对信号不能开放。

联锁设备具有以下功能：轨道电路的处理、进路控制、道岔控制、信号控制和进路自动设置。值班人员通过控制台控制现场设备，并通过表示盘（墙式大表示盘或显示器）所反映的现场设备状态来监视车站情况。控制台和表示盘可以设在本站，也可设在控制中心，通过遥控、遥测手段来实现监控。

城市轨道交通的信号系统是保证列车运行安全和提高运输效率的重要设施。由于城市轨道交通行车密度大、站间距离短，所以对列车运行的安全性和自动化程度有更高的要求。传统的信号系统是通过设置在地面的色灯信号机传递不同的行车命令，司机根据地面

的信号显示，按照行车有关规定操纵列车进站、出站和区间运行，这种制式基本上是依赖司机保证行车安全。但这种传统的信号系统已不能适应城市轨道交通系统高密度、高安全性的行车要求。目前，我国城市轨道交通系统车辆段内一般使用计算机联锁设备，设有地面信号机，信号机和道岔由车辆段信号控制室集中控制。正线使用 ATC 系统，车站不设进站、出站信号机，区间无通过信号机，当在区间或车站设置道岔时，在该处设有地面防护信号，以确保进路开通正确。

ATC 系统是一种能实现列车速度自动控制和列车运行间隔自动调整的信号系统。ATC 系统取消了传统的地面信号，将机车信号作为主体信号，信号的含义发生了质的变化，传递给列车的是具体的速度或距离信息。ATC 系统根据与先行列车之间的距离和进路条件，在车内连续地显示出允许的速度信息，或按设定的运行条件所能达到的允许速度信息，自动地控制运行速度，进行超速防护，以达到自动调整行车间隔的目的，并实现列车在车站的定位停车。ATC 系统包括列车超速防护子系统（Automatic Train Protection, ATP）、列车自动驾驶子系统（Automatic Train Operation, ATO）和列车自动监控子系统（Automatic Train Supervision, ATS）。

ATP 子系统主要用于对列车驾驶进行防护，对与安全有关的设备或系统实行监控，实现列车间隔保护和超速防护等功能。其主要的工作原理是：不断地将一些信息从地面传至车上（如前方目标点的距离和允许速度等），从而得出此时刻所允许的安全速度，以此来对列车实现速度监督及管理。

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，自动调整列车的速度。使用 ATO 子系统的一大优点是缩短了列车间隔，提高了线路的利用率和行车的安全可靠性。

ATS 子系统主要是实现对列车运行的监督和控制，辅助行车调度人员对全线列车运行进行管理。它向行车调度人员显示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反应（提出调整建议或者自动修正运行图），通过 ATO 的接口，列车向旅客提供运行信息通报（如列车到达、出发时间，运行方向和中途停靠站名等）。

2. 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。整个通信系统包括以下五个子系统。

（1）传输系统

在城市轨道交通系统内，传输系统为设备系统提供传输信道，如为电话、广播、闭路电视图像、无线通信系统、数据采集与监视控制系统（Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA）、自动售检票系统（Automatic Fare Collection, AFC）、建筑设备自动化系统（Building Automation System, BAS）、防灾报警系统、办公系统及其他自动化系统等提供必要的传输信道。

（2）电话子系统

电话子系统由公务电话通信系统和专用电话通信系统组成。

1) 公务电话通信系统：包括各车站、控制中心、各系统设备的维修单位、各管理单位以及管理指挥机关内部及单位之间的公务电话通信系统。

2) 专用电话通信系统：包括调度电话、站间直通电话和轨旁电话。

①调度电话：包括行车调度员、电力调度员、环控调度员、专用调度员和各车站、车辆运用单位等用户之间的直接通话。

②站间直通电话：由专用通道传递，拎起直通，主要办理行车业务。

③轨旁电话：供有关专业人员及时报告运行线路发生的故障及其他紧急情况。

（3）广播系统

广播系统的主要作用是向乘客及时通报运营信息或播放音乐，以改善候车环境；在故障等非常情况下通报行车、客运安排，必要时也可紧急召唤检修、抢修人员。

（4）监视系统

监视系统主要供控制中心的调度人员和车站值班员实时、有选择地监视沿线各车站（主要是站台及站厅）的状况；监视客流动态，以确保乘客进出站及乘降列车的安全和有序；监视列车在车站的作业情况，以确保行车安全。该系统也供列车司机监控乘客乘降列车情况。一般情况下站台列车停车位置头部装有显示器，显示由两台摄像机拍摄的乘客上下列车及车门、屏蔽门开闭情况。

（5）无线通信系统

无线通信系统一般供在移动状态下工作的人员使用，如供司机、检修人员及站务人员等在工作中和调度及指挥机构取得联系时通话使用，必要时可以使用无线通信发布调度口头命令，指挥行车。无线通信系统包括列车无线调度电话、车辆段无线电话及应急抢险无线电话等。

项目小结

本项目是城市轨道交通行车组织的基础知识，着重介绍了行车组织的要求与特点和行车组织机构与岗位，重点阐述了列车、线路限界、轨道与道岔、车站与车辆段的基本知识，同时对供电系统、信号系统和通信系统的知识也做了简明扼要的阐述。学生可通过对以上知识的学习和掌握，为学习其他知识创造条件并奠定良好的基础。

学习检测

一、填空题

- (1) 城市轨道交通运营的行车组织工作应该坚持贯彻“_____”的原则。
- (2) 城市轨道交通运营指挥一般分为_____两个指挥层级，_____服从_____指挥。
- (3) 为了实现安全正点地行车，进行不间断的行车组织、指挥和监督，城市轨道交通企业都会设置_____等机构。
- (4) 车场信号控制室也称信号楼，集中控制_____范围内的_____，受车场控制中心的调度与管理，负责协助组织列车进出车场以及车场内的调车作业。
- (5) 当基地进行调车作业时，负责_____的现场指挥者，由_____担任。

二、问答题

- (1) 行车组织有哪些相关规章制度？
- (2) 什么是城市轨道交通列车？
- (3) 城市轨道交通的线路类型有哪些？
- (4) 道岔共分为几种类型？
- (5) 怎样判断道岔的定、反位位置？
- (6) 岛式站台与侧式站台的区别是什么？
- (7) 通信系统包括哪几个子系统？