

1

项目

城市轨道交通信号系统概述

城市轨道交通信号系统通常由车辆段信号系统和正线信号系统两大部分组成。其中,正线信号系统又称为列车自动控制(automatic train control, ATC)系统,包括列车自动防护(automatic train protection, ATP)系统、列车自动监控(automatic train supervision, ATS)系统及列车自动运行(automatic train operation, ATO)系统。ATC系统是采用技术手段对列车的运行方向、运行间隔和运行速度进行控制,从而保证列车运行安全,提高列车运输效率的系统。

通过本项目的学习,学生应能认识城市轨道交通车辆段信号系统、正线信号系统的设备组成,掌握车辆段信号系统和正线信号系统的区别与联系,了解信号系统的安全管理与设备维护方式。

重点难点

- (1) 城市轨道交通信号系统的组成。
- (2) 车辆段信号系统的作用。
- (3) 正线信号系统的作用。
- (4) 城市轨道交通信号系统的设备维护。

任务 1.1 城市轨道交通信号系统组成

城市轨道交通自问世以来,其安全程度和载客能力不断得到提高,信号系统也不断得到完善和发展。随着经济的发展,城市轨道交通信号系统已经成为城市轨道交通不可缺少的组成部分。城市轨道交通信号系统被用于列车进路控制、列车间隔控制、调度指挥、信息管理、设备状况监测及维护管理等多个方面。



知识目标

- (1) 掌握车辆段信号系统的特点及在城市轨道交通信号系统中的作用。
- (2) 掌握正线信号系统的作用。





技能目标

- (1) 能够识读城市轨道交通信号系统布局图。
- (2) 能够区分正线信号系统和车辆段信号系统。

1.1.1 车辆段信号系统

列车在车辆段/停车场运行的目的与正线不同。车辆段/停车场是列车存放及维修保养的场所,设有停车列检库线、检修库线、洗车线、试车线等;而停车场与车辆段的区别在于,停车场没有车辆架修与大修的功能。相对于正线而言,车辆段线路的特点是道岔多、线路多,列车运行所经过的线路分支多,列车在车辆段/停车场内允许运行的最高速度为 25 km/h。因此,在车辆段/停车场范围内对列车运行的控制主要是对列车路径的控制,即为了使列车按照正确的路径(进路)安全行驶,必须保证指定进路上无车占用,道岔位置正确,无敌对进路。在这样的前提下,防护进路的信号才能开放,传递给司机明确的行车指令,控制列车驶入进路。车辆段/停车场采用独立的联锁系统,联锁系统是保证列车运行安全,实现进路、道岔、信号之间相对制约关系的系统,具有高可靠性、高安全性和可维护性。

车辆段联锁设备用以实现对车辆段的进路控制,并通过车辆段 ATS 分机与行车指挥中心交换信息。早期,车辆段联锁设备采用 6502 电气集中联锁,近年来逐步采用计算机联锁设备。城市轨道交通车辆段信号设备一般采用国产计算机联锁设备,试车线多采用与正线相同的进口 ATC 设备。

列车在车辆段/停车场内的作业主要有出入段/场的列车作业、段/场内的调车作业及试车线的试车作业。车辆段/停车场内的所有作业均由车辆段/停车场联锁系统控制,车辆段/停车场内的试车作业须在信号楼控制室与试车线控制室完成控制权的交接后才可进行。

先进的车辆段信号控制系统包括联锁系统、进路控制设备、接近通知、终端走过防护和车次号传输设备等,其特点是信号一体化。这些设备由局域网连接并经过光缆与调度中心相通。列车的整备、维修和运行相互衔接成一个整体,保证了城市轨道交通的高效率和低成本。

车辆段内试车线设置若干与正线相同的 ATP 轨道电路和 ATO 地面设备,用于对车载 ATO 设备进行静、动态试验。

在车辆段内设有相应的日检/月检设备用于列车的常规检测。

1.1.2 正线信号系统

正线是列车完成客运任务的主要区域,其线路等级较高,仅在部分设备集中站才设置道岔和地面信号机,大多数车站没有侧线。为了提高运营能力,除在有岔车站设置联锁设备,确保列车折返和转线作业的安全外,正线主要采用对列车实现空间间隔(闭塞)的控制技术来确保列车的追踪安全,保证列车在任意一个实时速度下与前车保持安全行车间隔,从而满足运营需求、提高运输效率、降低运营成本、提高服务水平,以获得较好的社会效益和经济效益。

ATC 系统是采用技术手段对列车运行方向、运行间隔和运行速度进行控制,从而保证运行安全、提高运输效率的系统。其中,ATP 系统是 ATC 系统中最重要的一部分,属于安全相关类功能系统。城市轨道交通列车的运行速度高,在高峰期,列车密度大,运输对象为乘客,因此对安全性要求高。仅依靠运行人员防止运行事故的发生远不能满足运行安全的要求,因此必须使用 ATP 系统。ATP 系统必须满足“故障-安全”原则,以防止发生列车碰撞、超速和其他危害。

ATS 系统可以为行车指挥人员提供全线列车的运行状态显示,监督和记录运行图的执行情况,在列车运行偏离运行图的情况下实现自动调整,保证列车按时刻表正点运行;还可以通过系统接口向广播系统(public address system, PAS)和乘客信息系统(passenger information system, PIS)发送列车实时运营信息,从而为乘客实时提供诸如列车到站时间、出发时间、运行方向、停靠站名、各条线路乘客流量状况等运行信息。

ATO 系统以 ATP 系统为基础,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,送出车门和屏蔽门同步开关信号,使列车按最佳工况正点、安全、平稳地运行。

任务 1.2 城市轨道交通信号系统的设备分布

对于城市轨道交通而言,列车在车辆段和正线上运营的目的不同,因此设置在车辆段和正线上的信号系统的功能有所不同,设置在车辆段和正线上的信号设备也有所区别。



知识目标

- (1) 掌握控制中心设备的组成及作用。
- (2) 掌握车站及轨旁设备的组成及作用。
- (3) 熟悉车载设备的作用。
- (4) 掌握车辆段信号设备的组成及功能。



技能目标

- (1) 能够识别正线信号设备和车辆段信号设备。
- (2) 能够正确应用不同的信号设备。

1.2.1 控制中心设备

控制中心设备属于 ATS 系统,是 ATC 系统的核心。控制中心设备用于状态表示、运行控制、运行调整、车次追踪、时刻表编制及运行图绘制、运行报告生成、调度员培训、与其他系统连接。ATS 系统控制中心设备如图 1-1 所示。



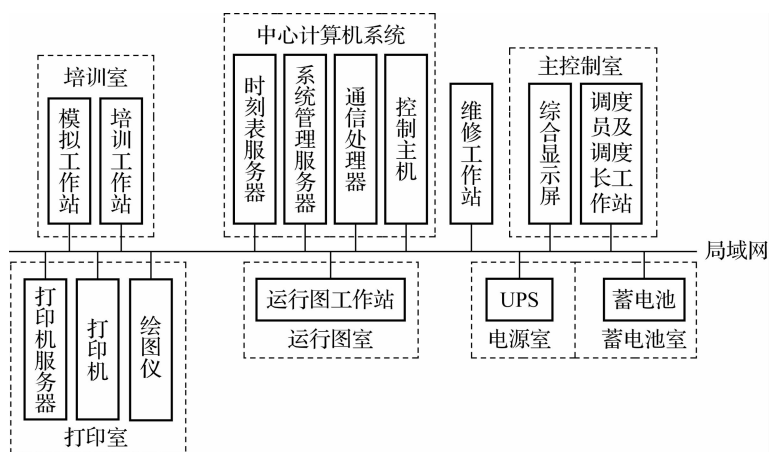


图 1-1 ATS 系统控制中心设备

控制中心设备主要包括时刻表服务器、系统管理服务器、通信处理器、控制主机、综合显示屏、调度员及调度长工作站、运行图工作站、培训/模拟工作站、绘图仪、打印机、打印机服务器、不间断电源(uninterruptible power supply, UPS)及蓄电池等。其中,综合显示屏、调度员及调度长工作站设于主控制室内,控制主机、通信处理器、系统管理服务器、时刻表服务器设于中心计算机系统内,运行图工作站设于运行图室内,绘图仪、打印机和打印机服务器设于打印室内,培训/模拟工作站设于培训室内,UPS 设于电源室内,蓄电池设于蓄电池室内。

1. 中心计算机系统

为保证系统的可靠性,主要硬件设备均为主/备双套热备方式,可自动或人工切换。系统能满足自动控制、调度员人工控制及车站控制的要求。

(1) 控制主机。控制主机采用双机热备的工作方式,两套系统的硬件和软件配置相同,互为主备关系。在正常工作状态下,主机负责完成系统的所有功能,备机处于备用状态。当主机出现故障时,系统通过通信接口自动转换为备用状态并发出报警,原来的备机转换为主机。

(2) 通信处理器。通信处理器中存储着实际的进程映像。所有从联锁设备和外围设备发送来的数据都由通信处理器最先得到和进行处理。一些应用功能也由通信处理器激活,并在此服务器上得以运行。因此,通信处理器是自动调整功能的核心部分。

(3) 系统管理服务器。系统管理服务器用于系统数据的存储,处理所有不受运行时间影响的数据,如系统配置、计划时刻表、计划运行图等。通常在系统启动或收到一个询问指令或对某一设备的参数进行设置的情况下,才需要启用系统管理服务器。列车自动调整功能通常所需要的计划时刻表,就是系统启动时从系统管理服务器中读到的。

(4) 时刻表服务器。时刻表服务器用来建立离线时刻表的操作者平台。编制时刻表也是时刻表服务器的任务。系统管理服务器存储的计划时刻表由时刻表服务器提供。

2. 主控制室

(1) 综合显示屏。综合显示屏由显示设备和相应的驱动设备组成,用来监视正线列车

的运行情况及系统设备的状态。

(2) 调度员及调度长工作站。调度员及调度长工作站用于行车调度指挥,与 ATC 计算机系统接口,是实际的操作平台,使调度员能在控制中心监视和控制联锁设备及列车的运行,如有需要还可显示计划运行图和实绩运行图。调度员可将系统投入列车自动调整,必要时可人工干预。

3. 运行图室

运行图工作站用于运行计划的编制和修改,通过人机对话实现对运行时刻表的编辑、修改及管理。

4. 培训室

培训/模拟工作站配有各种系统的编辑、装配、连接和系统构成工具以及列车运行仿真软件。它可以与调度员工作站显示相同的内容,实现相同的控制功能,能仿真列车在线运行及各种异常情况,但不参与实际的列车控制。实习调度员可通过它模拟实际操作,培养系统控制和各种情况下的处理能力。

5. 打印室

(1) 打印机服务器。打印机服务器用来缓冲和协调所有操作员及实时事件激活的打印任务。

(2) 绘图仪和打印机。绘图仪和打印机用于输出运行图及各种报表。

6. 维修工作站

维修工作站主要用于 ATC 系统的维护、ATC 系统故障报警处理和车站信号设备的监测。

7. 电源室和蓄电池室

控制中心配备在线 UPS 及可提供 30 min 后备电源的蓄电池。电源系统采用集中供电方式,由防雷屏、转换屏、稳压屏和 UPS 等组成。

8. 局域网

局域网把本地工作站和远程工作站、服务器的可编程逻辑控制器(programmable logic controller, PLC)连接在一起,允许各个成员间进行高速数据交换。

控制中心 ATC 系统与现地的通信是通过两个以在线/备用形式连接的以太网 LAN 来实现的。LAN 到每个现地的辐射是通过远端光缆及安装在控制中心、车辆段和现地的容错网络光端机来实现的。LAN 与位于信号室的在线/备用计算机连接,也与每一个现地控制点的计算机监督控制(supervisory computer control, SCC)系统连接。

中央 ATC 系统通过与车站 ATC 系统的前置机进行通信,获取所有信号设备的状态数据并把调度命令发送给车站信号设备。另外,中央 ATC 系统在执行主要功能时,均要通过车站 ATC 系统发送命令到相应的信号系统。



1.2.2 车站设备

车站设备分为集中联锁站设备和非集中联锁站设备,如图 1-2 所示。

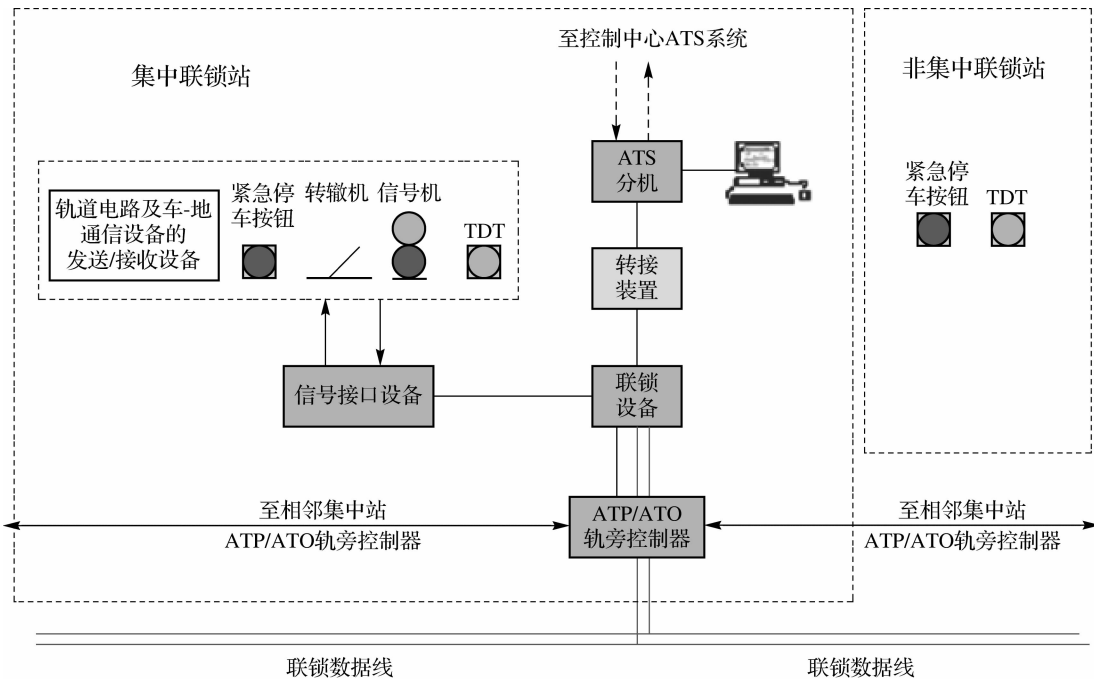


图 1-2 车站设备

1. 集中联锁站设备

集中联锁站是 ATS 系统与 ATP 系统地面设备和 ATO 系统地面设备的接口,用于连接联锁设备和其他外围系统,采集车站设备的信息,传送控制命令,使车站联锁设备能接收 ATS 系统的控制,以实现车站进路的自动控制。

集中联锁站设有 ATS 分机、联锁设备、转接装置、ATP/ATO 轨旁控制器、信号机、转辙机、列车发车计时器 (train depart timer, TDT)、紧急停车按钮、信号接口设备等。其中,ATS 分机是集中联锁站的核心设备,负责与车站联锁系统、车站 ATP 系统、TDT 进行接口,还负责将联锁设备采集的表示信息,以及车站 ATP 系统设备传递过来的列车位置、状态等信息传递到调度中心 ATS 系统中。同时,ATS 分机还要将调度中心传递过来的进路指令和列车运行指令,通过联锁系统和 ATP 系统传递给地面设备和车载设备。另外,ATS 分机具备本地计划存储功能,当中心 ATS 系统与车站 ATS 系统中断时,ATS 分机能够按照预定的计划继续生成指令来控制地面设备和车载设备。ATS 分机还能控制站台上 PIS 的列车目的地显示器、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。正常情况下,在列车整列进入站台后,TDT 按系统给定站停时间倒计时显示距计划时刻表的发车时间,为零时指示列车发车;若列车晚点发车,则 TDT 增加停

TDT 设于各站,为列车运行提供车站发车时机、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。正常情况下,在列车整列进入站台后,TDT 按系统给定站停时间倒计时显示距计划时刻表的发车时间,为零时指示列车发车;若列车晚点发车,则 TDT 增加停

站时间的计时。在特殊情况下,若实施了站台扣车控制,则 TDT 给出规定显示;若下达提前发车命令,则 TDT 立即显示零;若列车通过车站,则 TDT 给出相应的显示。

集中联锁站一般为有道岔车站,各设备分设于车站控制室、车站信号设备室、车站站台层及轨旁线路层。

(1) 车站控制室。车站控制室设置一台远程 ATS 工作站,用于采集车站设备的信息、传送中心的控制命令及存储由中心下载的時刻表,并实现车站进路自动控制的功能;ATS 分机在中心 ATS 系统授权的条件下,可以实现对本地联锁区域的控制功能,即实现站控功能。在车站控制室中还设置了正线联锁系统的本地控制工作站,用来提供列车运行的本地显示;当中心和本地 ATS 系统发生故障时,可以通过本地控制工作站完成设置进路、扳动道岔等基本操作。在每站设置的综合控制盘上设有“扣车/终止扣车”“跳停”“紧急停车/取消紧急停”等按钮及相应表示灯和蜂鸣器,以实现相关功能的本地控制。

(2) 车站信号设备室。车站信号设备室主要设有联锁设备、ATP/ATO 室内设备、轨旁控制设备、列车检测室内设备、车-地通信室内设备、电源设备、接口设备、电缆柜/架、防雷设备等。

(3) 车站站台层。车站站台层设置发车指示器、自动折返按钮(具有自动折返功能的车站设置)、紧急停车按钮等行车和旅客安全设备。

① 发车指示器。发车指示器一般设置于发车正方向站台端部,每侧站台设置一个;采用闪光或倒计时显示方式,显示发车时刻。当列车在站台停车后,发车指示器按系统给定的站停时分倒计时时间,闪光后点亮稳定灯光或倒计时牌显示为零时允许列车发车,倒计时牌显示正计时为发车晚点,并提供扣车、催发车等指示功能。

② 自动折返按钮。无人自动折返车站的列车运行正方向站台端部设置有自动折返按钮箱,用来实现列车无人驾驶自动折返。

③ 紧急停车按钮。在每一车站站台上,分别按上行和下行各设置两个或两个以上站台紧急停车按钮。在紧急情况下,车站站务员通过按压此按钮使进入或驶出车站的列车紧急停车。联锁设备用于检查车站综合后备盘(integrated backup panel, IBP)和站台紧急停车按钮的状态,其一旦检测到按钮被按下,将会立即关闭相应的列车进路,同时 ATP 系统通过车-地通信设备向列车发送相应的列车控制命令信息。

(4) 轨旁线路层。轨旁线路层上设置有信号机、转辙机、列车检测设备及车-地通信设备等。

① 信号机。信号机用于向司机发出信号显示,表示是否已为列车准备好相应的进路,以保证所防护区段内的列车运行安全。

② 转辙机。转辙机是转换道岔,实现列车从一股道转换到另一股道的设备,是轨道交通线路中最关键的信号基础设备,直接关系到行车安全。

③ 列车检测设备。列车检测设备用以检测线路占用情况,并向列车传输控制信息,将列车运行与信号显示联系起来。列车检测设备是信号系统的重要基础设备,直接影响行车安全和运输效率。列车检测设备主要包括轨道电路和计轴设备。

④ 车-地通信设备。车-地通信设备包括点式通信设备和连续式通信设备。点式通信设备是实现系统初始化、列车定位、轮径校核、精确停车等功能的通信设备,可在线路的某些特定位置上安装固定的应答器或信标来实现通信。连续式通信设备包括感应环线、漏泄电缆、



裂缝波导管和无线电台等。

2. 非集中联锁站设备

非集中联锁站由 ATS 分机和车站现地控制工作站组成。但其 ATS 分机只是一个经过功能裁剪的轻量级的分机。非集中联锁站的 ATS 分机不需要与联锁设备和 ATP 设备接口,只需要完成 TDT 信息内容的计算驱动;另外,负责车站现地控制工作站与中心及其他系统的数据转发。

非集中联锁站的现地控制工作站也较集中联锁站的现地控制工作站简单,主要提供站场及列车车次号的监视功能,另外提供基本的扣车、跳停办理等功能。

由于非集中联锁站设备的功能简单,因此可以根据不同的应用要求,考虑省略分机系统,将现地控制工作站与设备集中站分机相连,而 TDT 则由现地控制工作站驱动。非集中联锁站的 PTI、PIS 均通过集中联锁站的 ATS 分机与 ATS 系统联系。有岔非集中联锁站的道岔和信号机由集中联锁站的计算机控制,通过集中联锁站的 ATS 系统分机接收 ATS 的控制命令。

1.2.3 轨旁设备与车载设备

1. 轨旁设备

(1) ATP 系统轨旁设备。ATP 系统的核心设备安装在列车上,但 ATP 系统所需的主要信息都来自轨旁设备。ATP 系统轨旁设备连续监视和检查联锁条件,如道岔的监督、紧急停车按钮的监督、侧面防护和其他进路的监督。这些信息是 ATP 系统轨旁设备计算移动授权的基础。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,用来向列车传递有关信息,并由安装在列车上的设备接收和处理这些信息。

① 点式应答器。通常会在线路上间隔一定的距离设置点式应答器,用来存储线路中有关列车运行的信息。当列车经过点式应答器时,由安装在列车车底的查询器感应接收、读取信息,由车载主机对这些信息进行综合分析处理。

点式应答器中所包含的信息包括线路位置、列车运行距离、基本线路参数、速度限制等,这些信息被固化在应答器中。应答器可分为有源应答器和无源应答器。有源应答器不仅可以向列车传送实时信息,而且可以根据需要对应答器内的数据进行更新。当列车经过时,由列车从无源应答器中读取事先存入的固定数据。

② 轨道电路或计轴器。轨道电路除了具有表示列车是否占用轨道的功能,还可以向线路实时发送列车运营所需的信息,由列车接收和处理。轨道电路所发送的信息的容量大,有利于列车的车载系统对列车进行实时控制。一般来说,轨道电路所发送的信息包括轨道电路的长度、坡度和曲线参数,载波频率,轨道电路编号,线路限制速度,目标距离,目标速度,道岔定反位,列车停站信号,备用信息等,这些信息以数字编码的方式顺序排列,放在一个信息包里。列车收到这些信息后进行实时处理,实时控制列车的运行状态。

现在使用较广泛的计轴器同样具有检查区段占用与空闲的功能,而且不受轨道线路道床状态的影响。

(2) ATO 系统轨旁设备。地面信息接收发送设备和轨道环线都属于 ATO 系统轨旁设备。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 系统车载天线发送的信息,也能够将 ATS 系统的有关信息通过轨道环线或其他轨旁设备发送到列车上,由 ATO 系统车载设备进行接收和处理。

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。

2. 车载设备

车载设备,即车载 ATP/ATO 计算机单元,用来接收轨旁设备传送的 ATP/ATO 信息,计算列车运行曲线,测量列车的运行速度及走行距离,实现列车运行超速防护及列车自动运行,保证行车安全和为列车提供最佳的运行方式。每套车载 ATC 设备包括车载 ATP/ATO 计算机单元、司机盘、人机界面、测速传感器、定位补偿设备、发送/接收天线、应答器(信标)天线等车-地通信设备。

(1) ATP 车载设备。ATP 车载设备能连续检测列车的位置,监督速度限制、防护点和根据列车在站台区域的精确停车控制列车车门和站台安全门。联锁系统是 ATP 系统底层的基本防护系统。ATP 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,如图 1-3 所示。

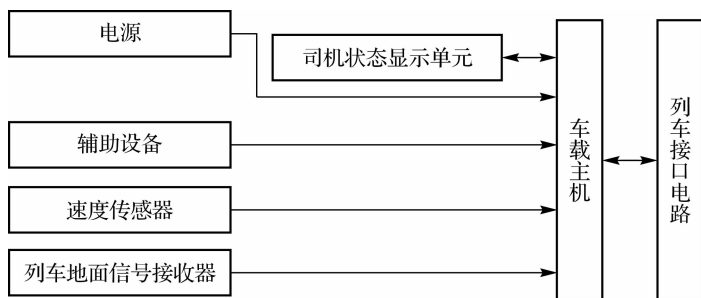


图 1-3 ATP 车载设备的组成

① 车载主机。ATP 系统的车载主机由各种印刷电路板、输入/输出接口板、安全继电器和电源等设备组成。这些设备分层放在机柜中,各板之间通过机柜上的总线进行通信。

② 司机状态显示单元。司机状态显示单元是车载系统与列车司机之间的人机界面,可以显示列车当前运行速度、列车到达某点的目标速度、列车到达某点的走行距离、列车的驾驶模式和有关设备的运行状况等与行车直接相关的信息。在司机状态显示单元上还设置有一些按钮,用于帮助司机操作和控制列车的运行。

③ 速度传感器。通常在列车的车轴上装有两个速度传感器,用于测量列车的运行速度、运行距离及判定列车的运行方向。有时在列车上也安装多普勒雷达测速仪。

④ 列车地面信号接收器。列车地面信号接收器安装在列车底部,用于接收从轨道上传来的信息,这些信息可以由地面轨道电路发送给列车,或者由安装在地面的专门设备(如应答器)发送给列车。根据所接收的信息格式、容量和处理速度等因素,列车地面信号接收器被设计为感应天线或其他形式,以保证列车在一定的运行速度下能及时接收和处理所收到的信息。



⑤ 列车接口电路。ATP 车载设备通过车载主机与列车接口,车载主机将控制信息通过接口电路传送给列车,同时车载主机通过接口电路从列车上获得列车运行的状态信息。

⑥ 电源和辅助设备。列车上不仅设有 ATP 系统运行所需的电源,还有列车运行模式选择开关、各种电源开关和其他一些辅助设备。

(2) ATO 车载设备。ATO 车载控制器是 ATO 系统的核心组成部分,它从 ATP 车载设备获得必要的信息(如列车运行速度和列车位置信息等),并进行实时处理,计算出列车当前所需的牵引力和制动力,向列车发出请求,列车牵引或制动系统收到请求指令后,对列车施加牵引或制动,使列车得到实时控制。

ATO 车载天线一般安装在列车第一列编组车体下,接收 ATS 地面设备传输来的信息,同时向 ATS 地面设备发送有关的列车状态信息。这些信息一般包括列车识别信息、列车运行信息、列车车门状态信息、车轮磨损信息、ATO 车载设备的状态和报警信息等。

ATO 车载设备为主备冗余,当主 ATO 单元发生故障时,系统自动从主 ATO 单元切换到备用 ATO 单元。虽然主 ATO 单元和备用 ATO 单元使用同样的软件,能够得到相同的传感器输入和独立计算,但是在一段时间内,只有一个 ATO 单元(主 ATO 单元)与其他子系统接口,而备用 ATO 单元不提供任何输出。

3. ATP 车载设备和轨旁设备的联系

连续式 ATP 系统利用数字音频轨道电路向列车连续地发送数据,允许连续监督和控制列车运行。对于 ATP 系统,由轨道电路反映轨道状态,传输 ATP 信息,在轨旁无须其他传输设备;当轨道电路区段空闲时,发送轨道电路检测电码;当列车占用时,向轨道电路发送 ATP 信息;轨道旁的轨道电路连接箱内(发送端、接收端各一个)仅有电路调谐用的无源元件,包括轨道耦合单元及长环线。

车载 ATP 设备完成命令解码、速度探测、超速下的强制制动、特征显示、车门操作等任务。车载 ATP 设备根据地面传来的数据(由 ATP 列车地面信号接收器接收)和预先储存的列车数据计算出列车实时最大允许速度。将此速度与速度传感器测得的列车实际运行速度相比较,当超过允许速度时,报警后启动制动器。

借助状态显示单元,司机可以按照 ATP 系统的指示操纵列车的运行。状态显示单元包括司机显示功能、司机外部接口两个子功能。司机显示功能用于向司机显示实际速度、最大运行速度、目标距离、目标速度,ATP 设备的运行状态,以及列车运行时产生的重要故障信息,在某些情况下还伴有音响警报。司机外部接口包括允许按钮、车门释放按钮和确认按钮。

1.2.4 车辆段信号设备与试车线信号设备

1. 车辆段信号设备

车辆段信号设备包括 ATS 分机、车辆段终端(包括派班室终端和信号楼终端)、联锁设备、维修终端、信号机、道岔转辙设备、轨道电路和电源设备等,如图 1-4 所示。信号机、道岔转辙设备及轨道电路属于信号终端设备,位于线路上,通过接口继电器与联锁设备相连。室内设备位于车辆段室内信号控制中心内。

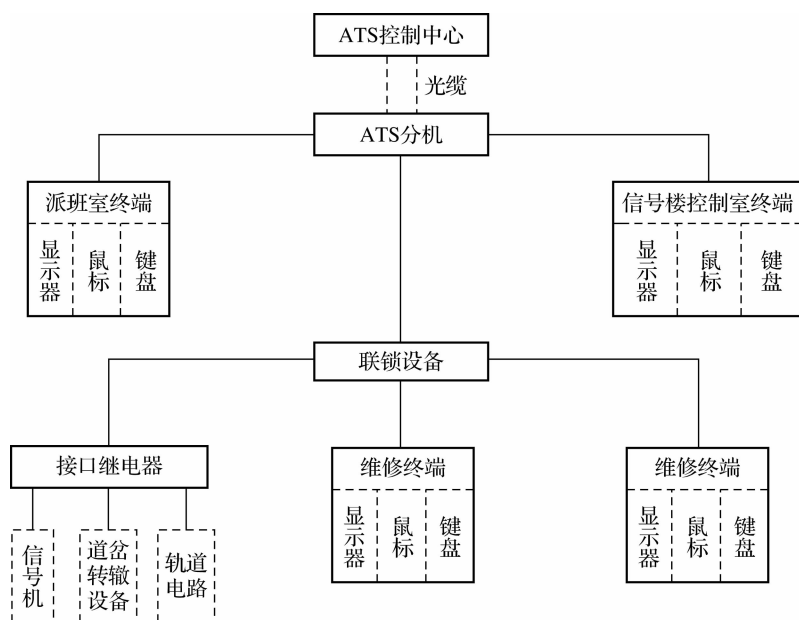


图 1-4 车辆段信号设备的构成

(1) ATS分机。车辆段设一台ATS分机,用于采集车辆段内各个线路被列车占用的状态信息、调车列车信号机的显示状态及道岔的基本情况信息,并且将相关信息通过光缆传输至ATS控制中心,以便控制中心及车辆段值班员及车辆管理人员了解段内停车库线列车的车次及车组运用情况,正确控制列车出段。车辆段不纳入正线统一的按照计划作业自动进路办理流程。ATS分机只与联锁设备接口,提供车辆段人工操作指令处理功能。

(2) 车辆段终端。派班室和信号楼控制室各设一台终端与ATS分机相连,根据来自ATS控制中心的实际时刻表建立车辆段作业计划。车辆段终端通过与ATS控制中心交互,获取列车运行计划,生成司机出乘计划,并将机车运行计划上传到中心ATS系统。

(3) 联锁设备。联锁设备用以实现车辆段的进路控制,并通过ATS分机和ATS控制中心交换信息,实现段内运行列车的追踪监视,为车辆段与ATS控制中心之间提供有效的传输通道。当传输距离较长时,可采用modem。联锁设备只受车辆段值班员的人工控制。

(4) 维修终端。维修终端设备室内设有显示器、鼠标和键盘,可显示与控制中心相同的内容,并且有用于维修和检测的有关信息。通过维修终端设备可以对相关信号设备进行自动或手动测试,但是不能控制进路。

(5) 信号机。信号机通常设置于列车运行方向的右侧,在存车库线中间尽头设置阻挡信号机(为红色单显示结构),在车辆段出入口处设置出段信号机和入段信号机(为三显示结构,自上至下依次为黄色、绿色、红色),在库线中间设置调车信号机(为白色、蓝色双显示结构)。

(6) 道岔转辙设备。道岔转辙设备是重要的信号基础设备,能实现道岔的转换和锁闭,对于保证行车安全、提高运营效率起着非常重要的作用。常见的道岔转辙设备有ZD6型电动转辙机、ZD(J)9型电动转辙机、S700K型电动转辙机、ZYJ7型电动转辙机。

(7) 轨道电路。轨道电路是监督列车占用情况、传输行车信息的媒介,用于保证列车运



行的安全性和可靠性,可以提高运输效率。停车场/车辆段多采用 50 Hz 相敏轨道电路,用来检查轨道的占用和空闲状态,不能用来传递车辆的运行信息。

(8) 电源设备。信号系统供电负荷等级为一级负荷,由两路独立电源供电,互为主备电源,具有自动切换功能。主备电源切换时,电源中断时间不大于 0.15 s。

车辆段信号设备设有专用电源屏用于供电。电源屏一般采用模块化结构。对有不间断供电和抗干扰要求的设备设有 UPS 设备,UPS 设备采用免维护蓄电池,其后备时间一般按 30 min 设计。

2. 试车线信号设备

试车线主要实现车辆性能测试和车载信号设备性能试验两大功能。在车辆完成维修保养后,需要利用试车线对列车运行相关数据进行测试和验证。车载信号设备在上线调试前,需要利用试车线对其进行动态测试;车载信号设备在维护维修后也需要利用试车线对其进行性能测试和功能验证。

车辆段联锁设备能对其所辖的试车线上的道岔、信号机实行集中控制,试车线道岔区段的占用/空闲、信号机的开放/关闭能反映至信号楼控制室的操作显示工作站显示屏上。

室内及现场设备包括测试工作站、试车工作站及控制台、与车辆段联锁系统接口、ATP/ATO 室内设备、列车检测设备、车-地通信室内(外)设备、电源设备(含 UPS 及蓄电池)、继电器接口、精确停车现场设备等。

为了能在长度有限的试车线上模拟列车在正线各种环境中的运行情况,应针对试车线设定一条典型速度曲线,并永久地将数据储存在 ATP 轨旁单元中。

试车线可实现的具体功能如下:

(1) 驾驶模拟测试。驾驶模拟测试包括在 RM 模式(ATP 限速人工驾驶模式 25 km/h)、SM 模式(ATP 系统保护下的人工驾驶模式)、ATO 模式、节能模式(巡航或惰行)下的测试。

(2) 性能测试。性能测试包括超速测试,保护区段测试,列车保护距离测试,紧急停车测试,双侧折返测试(包括无人自动折返测试),双侧车站定位停车和车门控制测试,轨道保温故障测试,硬件性能测试,车载显示测试,报警、登录和诊断测试,屏蔽门接口测试及与其他系统的接口测试。

任务 1.3 城市轨道交通信号系统的安全管理与设备维护

城市轨道交通信号系统的维护和检修是保障设备安全、可靠、经济运行的重要措施。为了确保各项维修工作任务能够有计划、有序、有效地进行,需要对信号系统的维护和检修工作进行科学的组织。



知识目标

- (1) 了解城市轨道交通信号系统安全管理的内容。
- (2) 掌握城市轨道交通信号系统的维修模式。

- (3) 了解城市轨道交通信号系统的修程。
- (4) 掌握城市轨道交通信号系统的维修方式。
- (5) 熟悉信号设备故障处理制度。



技能目标

- (1) 能够合理选择信号系统的维修模式。
- (2) 能够制订合理的信号系统检修计划。

1.3.1 信号系统的安全管理

影响城市轨道交通运营安全的因素有很多,包括人、物、环、管等。设备质量良好既是轨道交通运营的基础,又是运营安全的重要保障。

各类信号系统在实现列车控制方式、车-地数据传输方式、列车定位方式和信息量等方面各有不同。信号系统是整个城市轨道交通运营的中枢,信号设备遵循故障导向安全原则,保证乘客和列车的安全,实现高密度有序运行的功能。信号系统不完善或信号系统故障,将造成运营整体处于瘫痪状态,或者不能保障运营安全。信号系统作为保障城市轨道交通行车安全的重要系统,其重中之重安全关键都有什么呢?这里主要从信号系统本身的安全角度进行分析,不涵盖公共安全、消防火灾、特殊天气、行车组织、外部环境等其他领域的安全关键。

1. 信号逻辑安全

城市轨道交通信号系统遵循联锁逻辑、移动闭塞(基于通信的列车控制,communication based train control,CBTC)逻辑,通过第三方安全认证才可载客运营,满足安全完善度等级(safety integrity level,SIL)4级要求。最重要的是当出现故障时,一定要遵守故障导向安全原则,主要包括计轴强制复零、道岔强转、信号升级显示、道岔自动动作、断电后动作保持、道岔位置与实际不符、敌对进路、联锁侧防、逻辑覆盖优先级、通信丢包时限、系统冗余表决机制、降级车混跑、列车连挂、进路元素锁闭等。

2. 电气电路安全

电气电路安全是指系统电路部分逻辑安全及弱电设备电气安全,主要包括地线打火、动作(表示)电路混线、室内分线盘配线错误、接头虚接、静电伤害、电源系统漏电、电缆绝缘不良、室外电缆破皮、轨道电路极性交叉错误、板卡元器件散热不良、外接大功率用电设备、防雷单元失效、空开整定值不对、电机相位错误、主机设备风扇失效、设备房内静电地板下方有老鼠等。

3. 机械部件安全

机械部件安全是指因设备安装不良、紧固松动等可能造成行车、人身安全的隐患,主要包括道岔密贴不良、转辙机外锁闭装置松动或卡阻、轨行区设备安装松动、高架设备安装松动、室内主机板卡安装松动、站台站厅通信高处安装设备松动、车载车下部分设备安装松动、





蓄电池等重型部分摆放松动、信号机灯盘瞭望距离不够、转辙机电机卡阻等。

4. 信号调试、作业安全

信号调试、作业安全是指信号设备检修、信号系统调试过程中存在的人身、行车安全隐患,主要包括动车极限功能测试、信号功能失效下的动车调试、转辙机室内外检修联动、转辙机动作试验、电源及 UPS 设备检修、ATS 服务器数据备份、服务器及工作站病毒防护、核心行车安全软件的数据修改、各子系统版本升级后的一致性确认、设备更换作业后的功能确认、场段作业时行车避让、施工范围核对、超出厂家限制条件的非法操作、带电拆卸板卡或部件、漏检漏修、有隐患不修等。

1.3.2 信号系统的设备维护

1. 信号设备的维修模式

信号设备的维修模式以预防性检修为主、故障纠正性维修为辅。

(1) 预防性检修。预防性检修体制是目前国内外城市轨道交通信号系统普遍采用的一种按信号设备运行周期进行计划检修的信号设备检修体制。

预防性检修包括计划修和状态修。

① 计划修。计划修是根据设备的可靠性预先制定设备的检修周期、检修内容及技术标准,并按照相应的年度检修计划及月度检修计划来进行的维修作业。

② 状态修。状态修是指对设备进行连续监视或定期监测,当设备状态量或其变化量超过规定范围时,及时进行更换或在线维修的维修方法。状态修是一种以设备实际技术状态为基础的预防性维修制度。实行状态修的基本条件是该设备具备有效的自检、监测、报警、冗余等功能和手段,能够随时掌握该设备的工作状态及变化趋势,预防可能出现的故障。

预防性检修是提高系统可靠性和可用性的重要手段。预防性检修的定期检修不能影响列车的正常运营,对于中央及正线地面设备的维修应在非运营时段内进行。

(2) 故障纠正性维修。故障纠正性维修是根据信号设备的实际技术状况来确定检修时机。它不对设备规定固定的拆卸分解范围和检修期限,当信号设备发生故障时,对故障的设备、器材进行维修或更换,其最重要的要求是尽快恢复系统的正常运行。利用维修监测终端、远程服务及诊断系统来提高故障纠正性维修的准确性,缩短故障修复时间,提高维修效率。

故障检修体制是一种建立在实时的状态监控、完善的故障分析、配件的寿命管理规律及信号设备运转性能稳定基础上的体制。

在信号设备维修模式中,上述模式可以根据具体情况配合选用。定期检修和状态检修属于预防性的,故障检修则属于非预防性的。对故障发生与工作时间有密切关系且无法监控的设备板块,宜采用定期检修方式;对故障发生能以参数或标准进行状态检查的零部件,宜采用状态检修方式;对故障发生不危及安全,且通过连续监控可以在故障发生后进行检修的零部件,或者发生事故后的修理,宜采用故障检修方式。

2. 信号设备的修程

信号设备的修程是以预防性检修为原则,根据设备的可靠性来确定维修周期和维修内容的制度。

我国几个主要城市轨道交通信号设备的修程如下:

(1) 北京地铁。北京地铁信号系统设备的修程分为日巡视、月检、季检、半年检、年检、故障维修。

(2) 上海地铁。上海地铁信号系统设备的修程分为日检、周检、月检、季检、年检、故障维修。

(3) 广州地铁。广州地铁信号系统设备的修程分为日常保养、二级保养、小修、中修、大修、故障维修。

信号中修是为保证信号设备达到规定的工况,在大修期间对系统中的部分薄弱环节进行统一的整治维修。

信号大修是指设备到了规定年限,对全套设备进行的大规模检修。一般大修会伴随着比较多的器件、部件、设备的更换。

3. 信号设备的维修方式

(1) 自主维护。从降低维护成本、掌握核心技术及培养专业技术人员角度出发,城市轨道交通信号设备的维修方式宜采用自主维护方式。

(2) 委外维护。地铁公司可以根据运营需要,在维护技术条件或维护能力不能满足运营对维护任务要求的前提下,将维护任务委托给具有维护能力的单位(主要指设备专业维护单位、专业设备制造单位等)。

4. 维修工区的设置

城市轨道交通信号设备维修管理机构一般设置在车辆段/停车场和控制中心内,主要完成信号设备的日常养护、维修及管理。信号工班是负责信号设备维修工作的基本生产组织,一般根据线路长度、设备数量及维修值班点的设置进行工班的设置和工班人员的配置。

(1) 工班的设置。

① 根据信号系统设备维修组织机构及维修内容的不同,工班可分为以下几类:

- 正线工班。除 ATS 系统及车载设备外,对于正线上其他信号设备的维修(包括试车线),根据线路的实际状况可设置多个正线工班,分管各自的里程。一般正线工班在折返车站设 24 h 人员覆盖的值班点,并配备工具和备品备件,随时做好抢修准备,以确保地铁正常运营。正线工班根据维修计划或当日运营情况,在运营结束后进行日常养护、检修与故障(运营期间处理难度大、可维持运营的故障)处理工作。

- 控制中心 ATS 工班。控制中心 ATS 工班负责全线 ATS 设备的养护与维修。对应不同的线路可设置各自分管的 ATS 工班。

- 车载设备测试工班。车载设备测试工班负责车载设备的维修、日常测试,车辆库修时车载设备的装卸及动态测试。车载设备测试工班一般设置在停车库内,运营结束后进行日常养护、检修与故障(运营期间处理难度大、可维持运营的故障)处理工作。车载设备测试工



班也可根据需要在正线上设置日检点,运营期间列车发生故障时,可跟车随检。

- 车辆段/停车场信号工班。车辆段/停车场信号工班负责车辆段/停车场内(包括试车线)的信号设备的养护与维修。

- 综合检修工班。综合检修工班负责对能够更换下来的设备(如电源设备、继电器等)进行轮检和维修。

- 电子设备检修工班。电子设备检修工班负责全线 ATP、ATO、ATS 系统设备的检测。一般进口 ATC 设备都返回原设备供应商处维修。

- 机械检修工班。机械检修工班负责转辙机(包括安装装置)、信号机等轮检和维修。

- DCS 工班。DCS 工班负责全线 DCS 设备的养护检修工作。DCS 工班可以单独设置,也可以并入 ATS 工班。

② 根据各维护检修的设备、器材对运营的影响不同,工班又可分为信号现场工班和集中检修工班。

- 信号现场工班。信号现场工班负责在线运营设备的日常养护、检修与故障处理工作。由于地铁运行间隔短、行车密度大,因此其室外设备的巡检、维修及故障处理都被安排在夜间非运营时段内进行(室内故障需及时处理)。信号现场工班按轮班制实行昼夜值班,一般的做法是将设备全部包保到人,巡视和检修均由包保者完成,并在一个检修周期内对设备的安全和故障负责。

由于线路上设有各专业的设备,因此信号设备的巡视和检修就会与其他专业设备发生联系。例如,设备检修完成后要进行试验,需运营部门的配合;又如,有些设备的检修(如供电专业接触网的检修)需要使用检修车,会对在线路上作业的人员造成危险。因此,室外设备巡视与检修工作的组织必须按照标准化流程进行,以确保检修工作的顺利完成和检修人员的人身安全。

- 集中检修工班。集中检修工班主要负责室内外设备(如继电器、转辙机及各种电子板件等)的集中检修工作,将更换下来的按计划轮修的设备和器材送往专门检修场所进行检修。集中检修工班的工作对运营没有影响,不实行昼夜值班制度,实行设备检修质量包保责任制。

(2) 工班人员的配置。各信号工班均设置工班长一人,负责组织完成本工班所辖设备的养护与检修任务,工班各项日常事务的管理工作,以及本工班人员的培训、考核等相关工作。

5. 设备故障统计通报制度

(1) 设备故障登记。信号段应严格执行设备故障登记制度,不论是外界妨害故障、材质故障,还是自身维修不良故障,只要反映到设备上都要登记,并将故障发生时分、修复时分、故障现象、处理经过按设备故障登记簿上的要求进行登记。维修班长负责设备故障登记和初步分析工作。

(2) 设备故障统计分析。技术人员负责设备故障统计和故障详细分析工作,每月对故障件数、故障延时及故障率进行统计,每季度进行一次统计并与上年同期进行对比,每年进行全年统计并与上年进行对比。

(3) 设备故障通报。段长负责设备故障通报,每月对全月的安全生产情况,设备故障件数、性质、经过、原因、存在的问题进行通报,并对有关故障的责任者进行通报,使大家吸取教训;同时对在安全生产中工作积极,解决设备隐患、处理故障有功的人员进行通报表扬。

技能训练

技能训练 1-1 认识车辆段/停车场信号设备

训练目的

- (1) 了解车辆段/停车场的线路组成及布局。
- (2) 认识车辆段/停车场内的信号联锁设备(联锁计算机、接口设备、维修终端、电源设备)、信号终端设备(信号机、转辙机、轨道电路),并初步了解各个设备的功能。
- (3) 认识信号平面布置图上各设备的图形符号。

训练设备

车辆段/停车场信号设备、图片或信号平面布置图、车辆段/停车场沙盘实验室。

训练内容

- (1) 观察车辆段/停车场的线路特点,了解各线路的名称和作用。
- (2) 认识车辆段/停车场内各种信号机,观察其设置位置、灯光配列,熟悉名称。
- (3) 认识车辆段/停车场内的道岔转辙设备,观察转辙机设置的位置及与道岔的关系,能够区别单开道岔和联动道岔。
- (4) 观察比较轨道电路的设备,观察钢轨绝缘处轨缝连接部件。
- (5) 观察信号楼控制室内的设备及信号设备室内的信号设备,了解联锁的概念及意义。
- (6) 认识转换轨处的信号设备,观察停车与信号机之间的位置关系。

注意事项

- (1) 分组观察,听从指挥,以认知为主。
- (2) 避免接触带电设备,注意操作安全。

技能训练 1-2 认识正线信号设备

训练目的

- (1) 了解正线的线路布局及特点。
- (2) 认识控制中心信号设备、车站信号设备及线路信号设备,并初步了解每一部分的功能,建立正线联锁的概念。
- (3) 认识信号平面布置图上各设备的图形符号。

训练设备

正线信号设备、正线沙盘实验室、图片或信号平面布置图。



训练内容

(1) 认识控制中心的信号设备,观察综合显示屏的显示内容,尤其是对列车追踪的显示法,比较与调度员工作站显示内容的异同。

(2) 认识车站的信号设备,观察发车指示牌的显示与列车发车的关系;找到站台上紧急停车的位置;观察乘客向导牌上的内容。

(3) 观察列车的停站位置,车门与屏蔽门/安全门的开关情况。

(4) 认识正线道岔转换设备、防护信号机结构。

(5) 对比无缝钢轨与有缝钢轨。

注意事项

(1) 分组观察,听从指挥,以认知为主。

(2) 避免接触带电设备,注意操作安全。

思考与练习

1. 填空题

(1) 城市轨道交通信号系统包括_____和_____两大部分。

(2) 车辆段线路的特点是_____,_____,列车运行所经过的线路分支多。

(3) 列车在车辆段/停车场内的作业主要有_____,_____和_____。

(4) 城市轨道交通控制中心设备是_____的核心。

(5) 车站信号设备室主要设有联锁设备、_____,_____,_____,_____,_____,接口设备、电缆柜/架、防雷设备等。

2. 选择题

(1) 列车在车辆段内的限速是()。

A. 20 km/h

B. 25 km/h

C. 30 km/h

D. 35 km/h

(2) 城市轨道交通控制中心设备属于()系统。

A. ATS

B. ATP

C. ATO

D. ATR

(3) 下列不属于时刻表编辑工作站需要完成的工作的是()。

A. 列车运行计划的编辑

B. 调整列车运行计划

C. 记录列车实际运行图

D. 调整列车的运行速度

(4) 下列不属于轨旁线路层上的设备的是()。

A. 测速传感器

B. 信号机

C. 转辙机

D. 轨道电路

