



# 项目十

## 列车全自动运行

### 知识要点

1. 全自动运行系统定义及其功能。
2. 列车全自动运行行车组织办法。
3. 全自动运行系统与非全自动运行系统的差异。

### 项目任务

1. 掌握全自动运行下各行车岗位作业内容。
2. 掌握全自动运行整个作业过程操作要点。

### 项目准备

1. **场地、工具准备：**全自动运行桌面系统、模拟沙盘、线路、信号机等行车设备模型、车站模型、列车模型、各种登记簿、联系电话、调度命令等。
2. **人员安排：**学生按车站数分组，安排行调 1 人，每站设有行车值班员 1 人、每列车设司机 1 人。

### 相关理论知识

#### 一、全自动运行系统概述

##### 1. 全自动运行系统定义

全自动运行是基于现代计算机、通信控制和系统集成等技术实现列车的运行自动化。其范围包括：将停车场内列车从休眠中自动唤醒并完成自检、自动完成正线运营、到站精准停车、自动开闭车门、自动发车离站、自动折返、完成运营后自动清客、自动回库、自动休眠、自动洗车等。

##### 2. 列车运行自动化等级

根据 GB/T 32590.1—2016（轨道交通 城市轨道交通运营管理和指令/控制系统 第 1 部分：系统原理和基本概念），将人工驾驶运行模式、非自动化驾驶运行模式、半自动化驾驶

运行模式、无人驾驶运行模式和无干预运行模式分别定义为 GoA0、GoA1、GoA2、GoA3 和 GoA4，见表 10-1。全自动运行系统（FAO）包含自动化等级 GoA3 和 GoA4，即全自动运行系统运行模式包括有人值守下列车自动运行（DTO）和无人值守下列车自动运行（UTO）。

(1) **TOS - 目视下列车运行** 列车运行由司机全权负责，不受任何系统监控，但道岔和轨道可部分由自动设备系统监控。

(2) **NTO-非自动化列车运行** 司机在司机室观察路况，根据轨旁信号和车载信号控制列车加速和制动，并在发生紧急情况时及时停车。信号系统可断续、半连续或全程监管司机驾驶。列车上或站台上工作人员共同负责列车的安全离站，包括车门关闭。

(3) **STO-半自动列车运行** 运营工作人员在列车司机室观察路况，并在发生紧急情况时及时停车。列车的加速和制动由设备自动完成。全程由自动设备系统监管。列车上或站台上工作人员负责列车的安全离站。

(4) **DTO-有人值守下列车自动运行** 列车工作人员不控制列车加速和减速，也不负责在司机室监视路况和紧急制动操作；而列车的安全离站（包括车门关闭）由列车工作人员负责，或由设备自动完成。

(5) **UTO-无人值守下列车自动运行** 列车在不配置车上工作人员的条件（所有功能均由系统负责实现）下的运行。

表 10-1 列车运行自动化 5 个等级划分

自动化等级	列车运行方式	驾驶模式
GoA0	目视下列车运行（TOS）	无 ATP 防护
GoA1	非自动列车运行（NTO）	ATP
GoA2	半自动列车运行（STO）	ATO
GoA3	有人值守下列车自动运行（DTO）	FAO
GoA4	无人值守下列车自动运行（UTO）	

### 3. 全自动运行系统主要功能

全自动运行系统将列车司机执行的工作完全由自动化的、高度集中控制的列车运行系统完成。全自动运行系统实现了行车计划自动匹配、列车自动唤醒、自检、列车自动出入库、列车运行工况自动匹配、列车自动运行及停站、自动开关车门/站台门、车门/站台门自动对位隔离、车门/站台门夹人夹物探测、列车自动折返、列车停车精度自动对位、自动跳站、PIS 信息自动发布及自动广播、车载 CCTV 自动联动、运营及故障信息实时在线传输及诊断、列车自动回库休眠、自动洗车等主要功能，并具有常规运行、降级运行和灾害工况等多重运行场景，具备更高的安全性、可靠性、可用性和可维护性。

同时按照 UTO 等级建设的全自动运行系统，在常规驾驶模式的基础上，增加了 FAO（全自动运行）模式，如图 10-1 所示。UTO 等级建设的线路具备完整的驾驶模式，可支持从传统的 CBTC 运营应用模式平滑过渡到全自动运行运营应用模式。

(1) **自动化列车运营** 车辆配置休眠唤醒单元、整车延时断电控制模块，实现列车的自动唤醒与休眠功能。列车的照明、空调具备智能调节和远程控制功能，满足列车进入正线自动服务的需求。列车具备清扫工况、正线运营工况、车辆段运行工况，在不同情况下自动启用相对应工况。车辆具备全自动运行模式、跳跃模式、蠕动模式、洗车模式。

自动化等级	列车运行类型	定义	列车运行调整	列车停车	关门确认	车站发车	紧急情况的操作
GoA3	无人驾驶	DTO	自动	自动	自动	自动	乘务员
GoA4	全自动无人驾驶	UTO	自动	自动	自动	自动	自动

图 10-1 全自动运行系统功能对比图

(2) **乘客乘降监控** 列车具备车门故障对位隔离站台门功能。列车具备远程广播功能，在清客和在关门过程中能够自动广播或远程广播。

(3) **线路检测** 线路检测主要是通过障碍物检测系统和脱轨检测系统实现的，如图 10-2 所示。

① **障碍物检测系统**。该系统安装于列车前后端，共两套，将采集的视频信息通过车地通信系统传输到 OCC 监控平台，供 OCC 远程调取现场图像。当检测到障碍物时，列车上传报警信息。

② **脱轨检测系统**。该系统安装在转向架构架端头、轨道正上方，提供脱轨检测信号，供车辆采取相关措施，从而降低车辆在脱轨后产生的损失和风险。该系统全列配置，每个转向架构架端头配置，单节车配置 4 套检测传感器。当检测到脱轨时，列车自动紧急制动并上传脱轨信息。



图 10-2 障碍物及脱轨检测装置

#### (4) 紧急状态监测处理

- ① 列车配备火灾探测装置，具备信息上传功能，且能够远程复位。
- ② 每对车门配置乘客紧急对讲装置。
- ③ 与信号配合，实现车门与站台门故障对位隔离的功能。
- ④ 每节车厢均配置足量的摄像头，可以清晰地查看车厢内乘客行为和设备设施状态。
- ⑤ 列车每个车厢配置远程广播装置。
- ⑥ 列车在损失部分制动力的情况下，能够自动调整列车限速。

⑦ 列车在发生灾害性事故时，具备乘客疏导的应急照明。

⑧ 紧急解锁。紧急解锁装置分3个档位，分别是初始位（复位）、紧急解锁请求位（请求）和紧急解锁位（解锁）。

#### (5) 状态监测及上传

① 列车配置走行部状态实时检测装置能够实时检测车辆牵引电动机、齿轮箱、轴箱温度及振动、冲击情况，具备故障预警、报警功能，能够将不同级别的故障分别上传控制中心和车辆段。

② 列车控制及管理系统（Train Control and Management System, TCMS）、车门系统、制动系统、牵引系统、辅助电源系统、通风空调、列车广播、车载无线设备和乘客媒体系统具备自诊断的功能，并具备信息上传功能。

### 4. 全自动运行系统与非全自动运行系统设备差异

相比于非全自动运行系统，全自动运行系统的信号系统新增设备共计12项。

#### (1) 车站及轨旁设备（3项）

1) 人员防护开关（SPKS）：在列车全自动运行时为工作人员提供可靠的安全防护，防止进入人工作业区域或者在人工作业区域起动。信号系统在车控室IBP盘或站台区设置人员防护开关及相应表示灯，工作站具有SPKS相关表示，SPKS的具体位置可根据运营需求进行设置。工作人员进入区间时需转动SPKS，建立相应封锁区域。封锁区域外的列车不进入该区间。封锁区域内的列车制动停车或保持静止状态不发生移动。

2) 站台关门按钮：为了实现站台人工关闭车门功能，信号系统在车站站台上设置站台关门按钮。站台值班员人工进行清客确认后或需要关闭车门时，按压站台关门按钮，关闭车门和站台门。

3) 应答器：根据需要，在正线折返线、存车线增加用于休眠/唤醒和列车定位的应答器设备。

(2) 车载设备（2项） 车载信号设备需设置辅助驾驶设备用于实现休眠和唤醒等相关控制功能（或通过其他车载设备实现此功能）。

为了提高车载设备的可靠性和可用性，车载ATO设备应采用冗余配置，车载信号设备增加与车辆的输入/输出接口，用于实现列车全自动运行控制。

(3) 车辆段设备（4项） 同传统的人工驾驶车辆段方案相比，车辆段内需要增加轨旁ATP/ATO计算机设备，在车辆段咽喉区、洗车库、自动控制区域/非自动控制区域的转换轨、停车列检库内增加相应的应答器设备。

同CBTC（ATP/ATO）车辆段方案相比（已配置轨旁ATP/ATO计算机设备），车辆段内需要在洗车库、自动区域/非自动区域的转换轨、停车列检库内增加相应的应答器设备。

在车辆段停车列检库运转值班室或停车列检库内设置人员防护开关（SPKS）及相应表示灯的控制盘，ATS相关工作站具有SPKS相关表示。原则上车辆段自动控制区被划分为若干SPKS防护分区，停车列检库库内区域每一条停车列检线（2个列位）设置1个SPKS；洗车库区域设置1个SPKS；车辆段咽喉区自动控制区域（停车列检库和洗车库区域除外）设置1个SPKS。SPKS的具体设置位置应根据运营需求进行调整。

(4) 控制中心设备（2项） 控制中心需要增设车辆管理调度工作站和乘客调度工作

站，用于实现车辆和乘客的相关监视、控制及调度功能。

(5) 试车线设备(1项) 新增用于全自动运行功能测试用的信号设备及相关应答器等。



CBTC 系统

## 二、全自动运行系统列车运行组织

### 1. CBTC 全自动运行系统

#### (1) CBTC 全自动运行系统概述

1) 系统构成。CBTC 全自动运行系统包括 ATS 子系统、ATP 子系统、ATO 子系统、联锁子系统、数据通信(DCS)子系统和信号维护监测(MMS)子系统等。

2) 发展趋势。CBTC 基于车地通信,可以减少对地面设备的依赖,满足不同编组列车混跑的需求,在 CBTC 技术发展的基础上进一步研究互联互通信号系统关键技术和装备研制,有利于进一步提高信号系统产品的标准化,符合行业发展的整体趋势, CBTC 信号系统构成如图 10-3 所示。

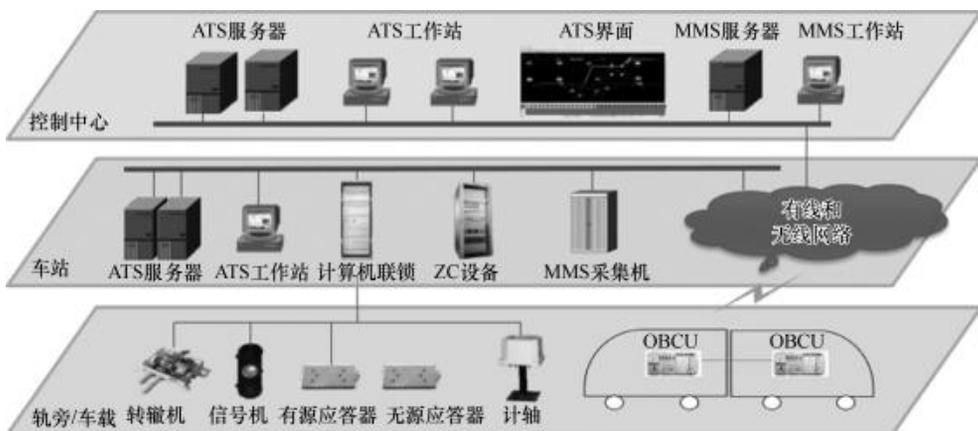


图 10-3 CBTC 信号系统构成

#### (2) CBTC 全自动运行系统功能

##### 1) ATS 子系统。

① ATS 子系统设备主要包括 ATS 工作站、调度员工作站和时刻表工作站等,如图 10-4 所示。

② ATS 子系统功能包括监视功能、控制功能、列车运行描述、列车运行图/时刻表的管理、列车运用计划及车辆管理、列车运行的调整、列车运行的查询、事件回放、用户登录及权限管理、故障告警、全自动运营。

③ 列车运行径路的确定原理。当列车进入 CBTC 控制区域后,ATS 为列车分配时刻表。ATS 根据列车分配的时刻表确定列车的运行交路。运行交路是列车的总体运行路径,列车在车站发车前,ATS 基于运行交路向联锁发送至下一站的进路命令,联锁为列车办理至下一站的进路。进路是列车当前可用的行进路径。ZC 基于当前行进路径计算移动授权,由车载控制器(OBCU)实施超速防护,如图 10-5 所示。



图 10-4 ATS 子系统设备图

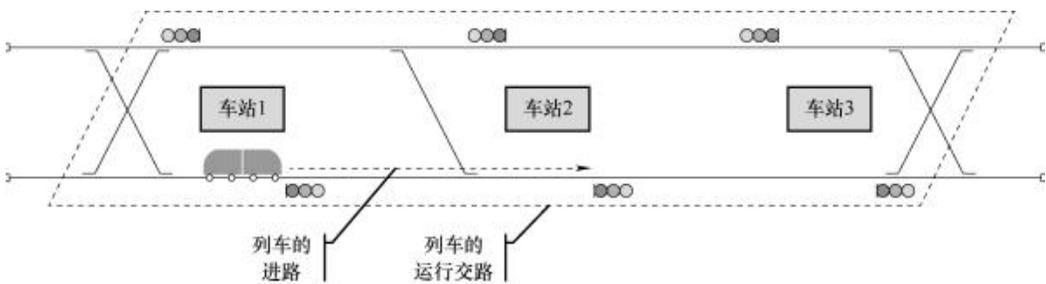


图 10-5 列车运行径路的确定原理图

④ ATS 子系统控制模式的转换。控制中心的 ATS 应用服务器与各集中站的 CBI 和区域控制器（ZC）通信，同时连接线路上所有的车载设备，采集全线的轨旁设备状态以及列车的状态。中心 ATS 控制整个系统运行，当控制中心的 ATS 故障，本地 ATS 服务器激活，与本地的 CBI 及 ZC 通信，采集本控制区域的轨旁设备状态并进行处理，如图 10-6 所示。同时本地 ATS 工作站也会连接到该激活的本地服务器，显示设备信息以及供本地操作员来对本区进行控制。

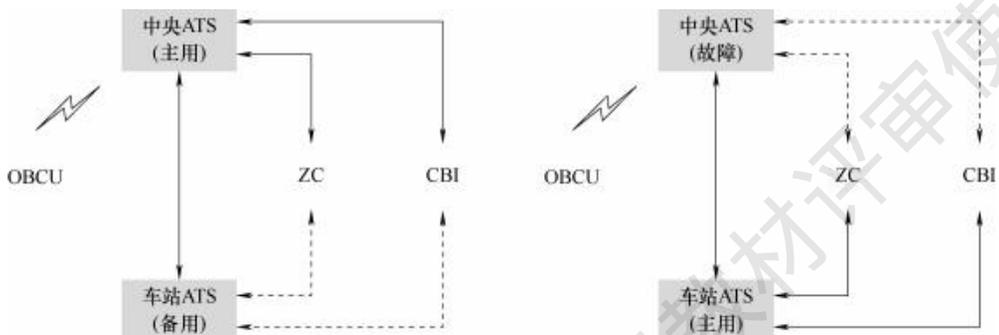


图 10-6 中心和本地控制模式转换原理图

## 2) ATP 子系统。

① 系统组成：ATP 子系统由地面设备（如图 10-7 所示）和车载设备组成（如图 10-8 所示）。

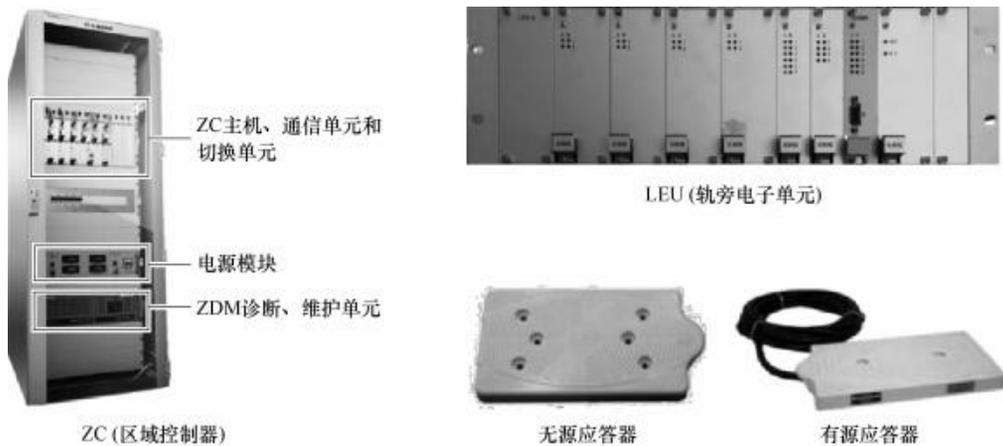


图 10-7 ATP 地面设备图

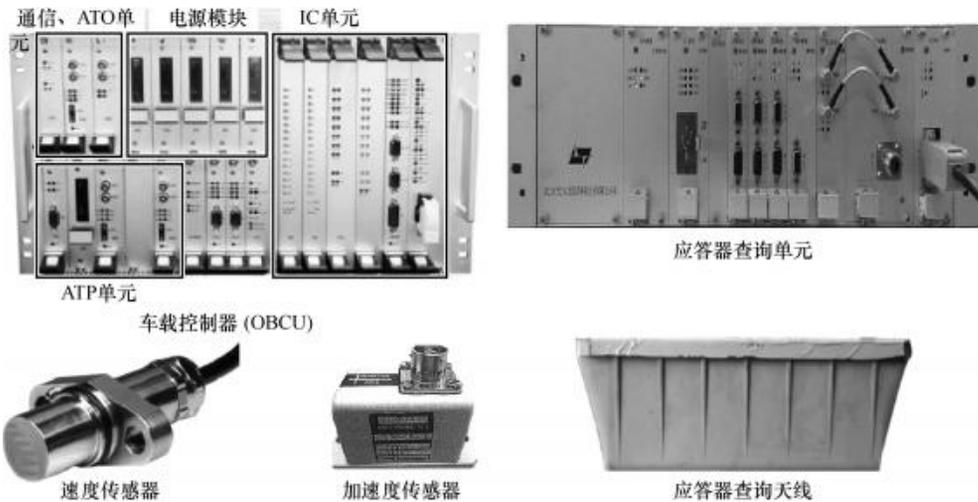


图 10-8 ATP 车载设备图

地面设备包括区域控制器（ZC）、轨旁电子单元（LEU）、无源应答器、有源应答器等。ZC 是 ATP 子系统的核心设备，采用二乘二取二的冗余结构。LEU 用于向有源应答器传输可变信号数据；无源应答器是将自身存储的固定报文信息传输至车载接收设备；有源应答器是应答器用于接收来自 LEU 的可变信号数据，并将其传输至车载接收设备。

车载设备包括车载控制器（OBCU）、应答器查询单元、应答器查询天线、速度传感器和加速度传感器等。OBCU 是 ATP 子系统的核心设备，用于实现列车的测速定位和列车的控制；应答器查询单元用于从地面应答器读取信号数据；应答器查询天线是应答器的天线；速度传感器用于测量列车的速度以及运行距离；加速度传感器用于测量列车的加速度，以补偿车轮空转打滑时速度传感器的测量误差；DMI 用于显示各种驾驶相关信息。

② ATP 子系统功能包括列车驾驶模式、列车速度判定、列车位置判定、移动授权管理、临时限速管理、授权速度判定和超速防护、授权方向判定与防护、紧急制动命令、非命令移动监督、牵引受阻监督、红灯误出发防护、站台安全停靠、站台门管理、站台紧急关闭管

理、车门管理、列车发车授权、车状态监督与防护、系统启动自检及联合自检、工作人员防护开关、诊断维护、进入和退出 CBTC 区域、车地通信、逃生门监督、蠕动控制。

③ 列车超速防护。OBCU 确定移动授权范围内的所有由线路限速和临时限速导致的变速点。OBCU 计算从当前位置不超速到达变速点（包括移动授权终点）的安全制动曲线，然后确定由安全制动曲线、线路限速和列车限速导致的当前位置限速，并取其中最不利的限速作为 ATP 限速。OBCU 比较当前速度和 ATP 限速，如果超过的值大于超速容限就认为超速，如图 10-9 所示。

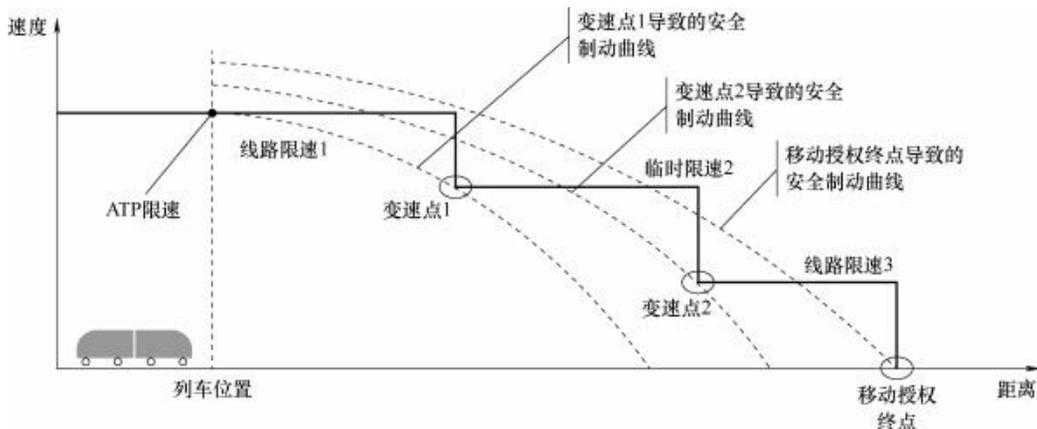


图 10-9 列车超速防护原理图

### 3) ATO 子系统。

#### ① ATO 子系统由地面设备和车载设备组成。

ATO 子系统的地面设备完全共用 ATP 子系统的地面设备，包括区域控制器（ZC）、轨旁电子单元（LEU）、无源应答器和有源应答器。

ATO 子系统的车载设备完全共用 ATP 子系统的车载设备。在 OBCU 的通信板上运行独立的 ATO 和休眠唤醒应用软件实现 ATO 和休眠唤醒控制。

② ATO 子系统功能包括列车自动驾驶、停车点管理、自动折返、车门/站台门管理、站台扣车、站台跳停、倒计时管理、雨雪模式命令、运行调整、列车休眠唤醒、列车环境监督、工况管理、自动鸣笛、远程控制管理、维护诊断、司机人机接口、自动对站调整、门故障隔离、清客、远程重启。

③ 列车自动驾驶。列车自动驾驶原理如图 10-10 所示。OBCU 确定移动授权范围内的 ATO 停车点。停车点可能是下一个车站或者移动授权终点减去一个固定距离。OBCU 确定停车点范围内由临时限速和预存的运行等级曲线导致的变速点，计算从当前位置不超速到达停车点和变速点的 ATO 制动曲线，确定由 ATO 制动曲线临时限速和预存的运行等级曲线导致的当前位置限速，并取其中最不利的限速作为 ATO 限速，然后根据自动调速算法调整列车速度不断逼近 ATO 限速。

### 4) 联锁子系统。

#### ① 联锁设备包括设备集中站联锁设备和非设备集中站联锁设备。

在设备集中站设置计算机联锁子系统设备，如图 10-11 所示，包括计算机联锁主机、现

地控制工作站（与车站ATS工作站一体化设置）、联锁维护工作站等设备，实现对信号机、转辙机、站台门、计轴等设备的控制。

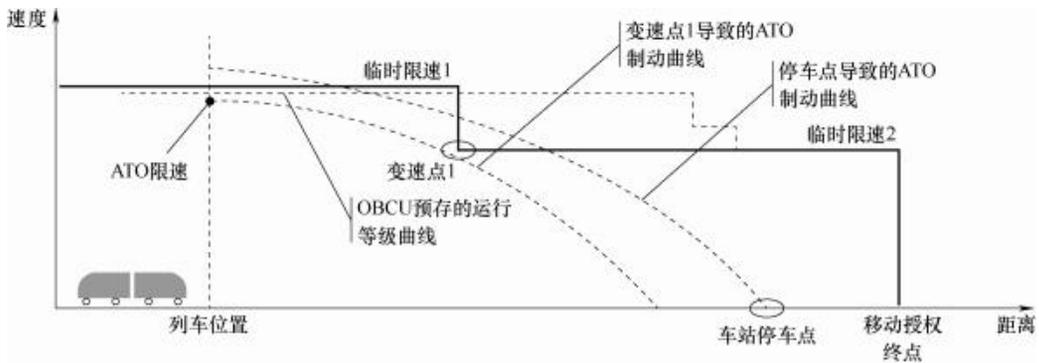


图 10-10 列车自动驾驶原理图



图 10-11 计算机联锁子系统设备

在非设备集中站的信号机、转辙机、站台门、计轴等设备由设备集中站的联锁子系统设备控制，仅设置ATS监视工作站实现监控功能。

② 联锁子系统功能包括全站封锁、进路办理、进路锁闭、进路解锁、信号机监控、CBTC下强制点灯、道岔监控、强扳道岔、轨道区段监控、站台紧急停车监控、SPKS监控、站台门监控、列车运行方向控制、扣车/取消扣车、站控/遥控功能、临时限速功能、接口功能、故障诊断、信号设备监督和报警功能、操作防护功能。

#### 5) DCS 子系统。

① DCS 子系统包括有线网络系统和无线网络系统。

有线网络系统包括骨干网络设备、本地网络设备、安全网络设备以及网管设备，如图 10-12 所示。

无线网络系统包括 LTE 承载网设备、LTE 核心网设备、LTE 基站设备、LTE 车载设备以

及 LTE 网管设备, 如图 10-13 所示。



图 10-12 骨干网交换机

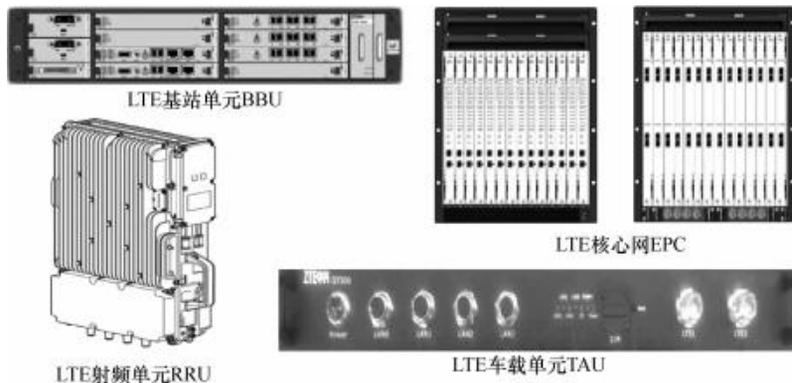


图 10-13 无线网络系统设备

② 骨干网络设备原理。骨干网络的拓扑结构采用高冗余度的双环网, 无论是设备还是链路上都实现了冗余设计。在每个集中站以及控制中心、车辆段等其他站点均配置两台 IP 业务交换机。如果一个环中的一台失效, 并不影响本站点网络与整个骨干网络的连通性。骨干网络设备采用 3 层高性能业务交换机, 所有接口均满足 10M/100M/1000M 以太网标准, 传输介质为单模光纤。

#### 6) MMS 子系统。

① MMS 子系统包括维修中心设备、控制中心设备和设备集中站/车辆段设备, 如图 10-14 所示。

② 系统功能包括 OBCU、ZC、联锁等控制子系统状态监测; 转辙机、信号机、计轴等基础信号设备状态的监测; 监测记录和报表。

### 2. 全自动运行系统正常情况下列车运行组织

城市轨道交通全自动运行系统的使用, 从列车在停车场内, 自休眠中自动唤醒并完成自检、自动完成正线运营、到站精准停车、自动开闭车门、自动发车离站、自动折返, 完成运营后自动清客、自动回库、自动休眠、自动洗车等一系列作业, 对车辆段出入段作业、传统 CBTC 模式正线接发车作业、列车折返作业等在信号设备使用、行车岗位作业内容等方面都产生了一定程度的变化。

#### (1) 全自动运行系统下行车岗位要求

1) OCC 调度工作要求。OCC 调度岗位设置比在传统行调工作站、电力调度员工作站、环控调度员工作站、维修调度员工作站基础上, 增设车辆调度员工作站、乘客调度员工作站。各监督岗位的职责如图 10-15 所示。



图 10-14 MMS 子系统设备



图 10-15 列车自动运行下的 OCC 调度职责

调度指挥从上到下一般分为线网监控级、线路控制级和现场执行级，下级服从上级指挥。各层级根据各自职责任务独立开展工作，并服从 OCC 值班调度长的总体协调和指挥。线路控制级调度员一般有运营调度员（行调、车辆调度员、乘客调度员、车辆段/停车场调度员）、电力与环控调度员和设备维修调度员。现场执行级人员包括值班站长、行车值班员、车辆轮值调度员、正线司机、车辆段/停车场司机及各专业维修工班。

2) 乘务工作要求。与传统模式相比，司机岗位要求如下：

① 有人值守的全自动运行（DTO）模式。正线设置正线司机班组，负责列车运行监控、列车故障处置、列车乘客服务等工作。车辆段/停车场设置车辆段/停车场司机班组，负责工程车驾驶、调试列车作业、调车作业、场内人工现场办理进路等工作。

② 无人值守的全自动运行（UTO）模式。司机退出司机室，系统设置正线多职能队伍（驻站）负责紧急情况下的列车驾驶及车站服务工作，设置正线多职能队伍（巡视）负责列

车巡视以及车厢乘客服务工作。每班至少有 2 名具备电客车驾驶证的人员，且其全线具备电客车驾驶证的在班人员总数至少等于上线列车（加备车）数。车辆段/停车场设置多职能队伍负责工程车驾驶、调试列车作业、调车作业、场内人工现场办理进路等工作。

其中系统自动联动、OCC 远程监控车辆无人化后，司机的部分职责发生了转移，如图 10-16 所示。

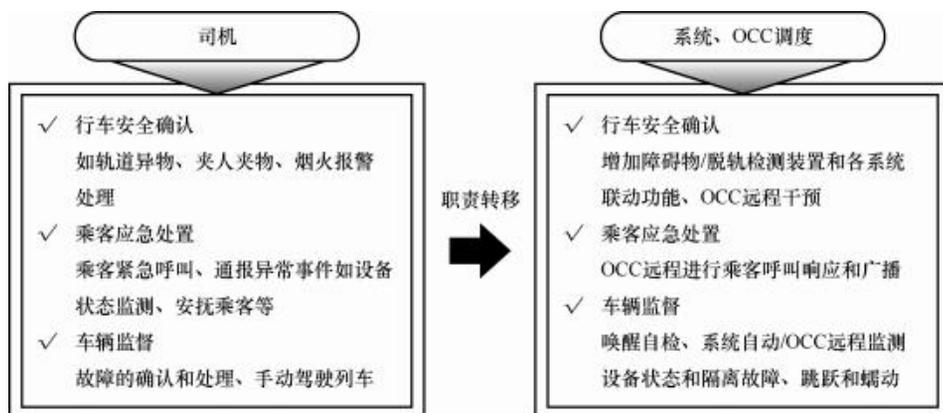


图 10-16 司机部分职责转移图

## (2) 正常情况下列车运行组织

1) 列车驾驶模式。目前我国城市轨道交通 CBTC 全自动运行系统 6 种驾驶模式如下。

① 全自动驾驶 (FAM) 模式。FAM 模式为在连续式通信控制级别下由 ATP 监控的列车全自动运行模式。在该模式下，ATP 子系统保证列车的运行安全，ATO 子系统实现在正线、车辆段自动控制区域内的列车全自动无人驾驶运行。在 FAM 模式下具备自动进/出站、自动开/关门、自动唤醒/休眠等功能。

② 应急 (CAM) 模式。CAM 为车辆网络出现故障，或车辆与信号车载设备通信故障时的应急模式。列车以蠕动模式运行时，车辆根据来自信号系统的蠕动命令，控制列车牵引或制动，蠕动模式下列车速度接近 ATP 速度时，车辆进行限速控制。当列车以蠕动模式进站自动停车后，施加紧急制动以防止列车移动，等待人工处理。

③ ATP 监控下的列车自动运行 (AM) 模式。在该模式下，ATP 子系统保证列车的运行安全，ATO 子系统实现列车在区间的自动运行及站台定位停车。

④ ATP 监控下的人工驾驶 (CM) 模式。在该模式下，ATP 子系统确定列车运行的最大允许速度，列控员按 ATP 防护速度曲线驾驶列车运行，ATP 子系统实现列车自动防护的全部功能。

⑤ 受限制的人工驾驶 (RM) 模式。在 RM 驾驶模式下，车载 ATP 限制列车在某一固定的低速（如 25km/h）之下运行，列控员根据调度命令和地面信号显示驾驶列车，列车运行超过该固定的速度时，车载 ATP 设备实施紧急制动，直至停车。

⑥ 非限制的人工驾驶 (EUM) 模式。EUM 驾驶模式下，车载设备处于切除状态而不监控列车的运行，列控员根据调度命令和地面信号驾驶列车。列车运行的安全由联锁设备、调度人员、列控员共同保证。

2) 全自动驾驶模式 (FAM) 运行。在全自动运行线路每天正式运营开始前，OCC 行调

通过行调工作站下载并执行当日派班计划、当日列车运营时刻表，电调值班员负责远程控制或自动控制正线和车辆基地的上电工作。列车能够实现自动唤醒，自动对自身设备进行自检。然后列车根据派班计划按时自动运行至转换轨并接收列车运营时刻表，根据收到的正线工况服务命令进入正线运营服务。车辆系统接收车载信号设备发送的工况指令自动控制照明、空调等设备运行。

① 投入运营前接触轨送电。早间投入运营前，提前一定时间行调工作站上自动弹出接触轨送电提示，行调人工与车站确认接触轨送电区域出清后，通知电调进行送电。

② 列车唤醒。列车在投入运营前由 TIAS 自动或远程唤醒位于休眠区域停车位置的列车。唤醒的整个过程包含（最多唤醒 5 辆电客车，如唤醒失败，TIAS 自动匹配第 1 辆备车出库）：列车上电、各系统自检、ATP 确认系统具备 FAM 模式的基本条件、静态测试、动态测试、自检成功后按照运行图发车。

③ 列车按照运行图出库，进入正线投入运营。TIAS 远程按照运行图自动为列车触发车库门打开，触发出库进路，检查车库门打开等联锁条件满足后，出库信号机开放允许信号，列车出库进入正线投入运营；列车出库有两种方式：自动唤醒后 FAM 出库和司机人工升级 FAM 模式出库。

④ 进站停车。列车以 FAM/CAM 模式进站停车，如自动停在停车窗内，TIAS 显示列车停稳状态；列车在进站、到站、离站时自动触发车辆广播。

⑤ 雨雪模式。FAM 模式下，列车收到中心 TIAS 设置雨雪模式指令时，进入雨雪模式；雨雪模式下列车按最高运行速度不超过 40km/h 行车；FAM 模式下，列车收到中心 TIAS 取消雨雪模式指令时，退出雨雪模式，转为正常模式。

⑥ 折返换端。FAM 模式下的自动折返，站务员应在规定时间内完成清人作业，列车在站台关门或远程关门后，根据运行图进行折返换端作业。

⑦ 清人。当列车收到 TIAS 发送的清人指令后，列车在该站台打开车门不关闭，站务员进行清人作业。清人完毕，站务员须向行调汇报。

⑧ 列车按照运行图返回停车场。每日运营结束后，行调应监控列车按照运行图规定时刻运行至车辆段或停车场。

⑨ 休眠。FAM 模式下，当列车在停车库线、正线存车线、×××站终端折返线停稳在规定位置提供远程休眠和本地休眠功能。

⑩ 本地休眠。司机按下休眠按钮后，车辆延时 30s 为整列车断电，进入休眠状态。

⑪ 洗车。FAM 模式下，列车根据移动授权停稳在洗车库前，根据洗车指令进行洗车作业，洗车结束后，列车自动换端，出清洗车库停车点停稳，根据移动授权运行回库。

⑫ 自动调车。调车作业由车场控制中心根据业务需要进行自动调车作业。

3) 非全自动驾驶模式（FAM）运行。

① 司机在车场与派班员办理电客车出乘手续，并按规定于电客车出库前 30min 进行整备作业，具体整备作业内容按《电客车司机作业指导书》中的规定执行。

② 电客车凭车载信号或地面信号进入出场转换轨与行调联系。

③ 电客车入车场时，司机在临近车站广播通知乘客全部下车后关好车门，凭车载信号或地面信号运行进入入场转换轨与 DCC 调度员联系。

④ 电客车在车站停稳后，司机打开司机室门，监视乘客乘降情况，根据运行图/时刻表



规定的时间关车门，当车门关闭后，确认车门、站台门关好、无夹人夹物后凭车载信号或地面信号显示发车。

⑤ 控制权在车站时，地面信号设备故障，值班站长须将故障情况及列车运行情况及时报告行调。

⑥ 当电客车进站时，站务员注意站台门状态，维护乘降秩序，必要时协助司机开关站台门，发现紧急情况及时按压紧急停车按钮或显示停车信号。处理完毕后，显示“一切妥当”信号通知司机。

⑦ 电客车进站停车，当未到停车标停车时，司机确认运行前方无异常后，迅速自行对标停车。电客车进站越过停车标，经行调同意后方可退行对标停车。运行图/时刻表中没有规定通过车站或无调度命令，司机不得驾驶电客车通过车站。行调根据情况安排电客车通过车站或清人时，司机应及时广播通知乘客。

⑧ 列车处于停稳状态时，排除故障，需要转换 RM 模式时，不需要向行调报告；转换 EUM 驾驶模式时，必须得到行调允许方可进行。

⑨ 需取消列车进路或关闭信号时，应先通知司机，在确认列车尚未启动时方可操作。

## 项目实施

### 一、全自动运行系统行车组织一般要求

#### 1. 系统应最大程度实现行车指挥和列车运行自动化

系统原则上在正常运行工况下，无须人工介入操作；具备在远程功能的情况下，优先采用远程处置；若远程处置无效或必须工作人员处置时，应安排工作人员现场进行处置。

#### 2. 系统应实现相关服务设备综合自动控制

全自动运行系统应基于运营时刻表，关联列车运行基础设施及客运服务设备设施作业流程，实现列车及相关服务设备综合自动控制。

#### 3. 人员防护开关使用要求

1) 人员防护开关一般分为就地级、远程级。就地级设置于站台设备区通道及车辆段/停车场防护区域入口处，远程级设置于车控室及车辆段/停车场调度室。原则上优先使用就地级操作。

2) SPKS 在正线中断抢修、夜间施工（动车作业除外），车辆段/停车场自动化区域施工（动车作业除外）、检修、抢修，自动化区域司乘人员及检修人员上车时使用，使用前需得到授权。

3) SPKS 应遵循“谁使用谁设置”的原则，防护自身安全。由他人协助设置、恢复时，必须做好联控。

4) SPKS 使用时采用挂锁方式，机械锁配置在现场 SPKS 开关箱，不使用时保持开锁状态。站台 SPKS 开关箱固定配置一套机械锁，钥匙由车站保管；车辆段/停车场 SPKS 开关箱按专业配锁，同专业不同地点的锁钥匙通用，不同专业的锁钥匙不通用，钥匙由专业人员随身携带，车辆段/停车场调度室备用一套所有专业的钥匙。

5) 正线施工作业时（动车作业除外），由第 1 个进入该防护区域的作业人员设置并挂

锁。作业人员在进入下一个防护区域前，经落轨梯设置防护并挂锁或确认已挂锁。行车值班员确认本站范围内（本站请销点及作业区域涉及本站的）所有作业（含人工挂拆地线、临时下轨行区等作业）均已销点、人员出清后，即可撤除本站所有防护。

6) 正线中断抢修时，由现场负责人负责设置 SPKS 并挂锁，机械锁钥匙随现场负责人移交同步交接。抢修结束后，由现场负责人恢复 SPKS，并交还钥匙。

7) 司机上自动化区域库内列车时，按出勤顺序先后由后车司机作为前车司机的防护员或由机动人员作为司机的防护员协助设置 SPKS，司机上车后需电台联控防护员，恢复 SPKS。如遇特殊情况由车辆段/停车场调度员远程协助 SPKS 的操作。

8) 站务员进出站台及附近轨行区，由站务人员操作防护开关。

9) 降级列车运行至需使用的 SPKS 防护区域内，禁止操作 SPKS，待降级列车驶离 SPKS 防护区域，方可操作。

10) 车辆段/停车场施工、检修、抢修作业由作业人员各自挂锁，第 1 个进入该防护区域的作业人员设置并挂锁，后续作业人员确认已挂锁后再自行挂锁。人员出清时，各自撤除机械锁，撤除最后一把机械锁的作业人员恢复 SPKS。

#### 4. 人员上下车相关要求

1) DTO 模式下，司机在车辆段/停车场内出勤，应于库内动车时间前 40min 上车。

2) DTO 模式下，原则上备用车司机需在备用车上待令。

3) UTO 模式下，司机在正线出勤，通过客室门上车。

4) 司机上站停列车时，优先从客室门上车；司机及检修人员需要上、下区间及辅助线列车时，车控室设置 SPKS 防护，确认人员上车后及时取消。

5) 车辆段/停车场内司机及其他作业人员上下车要求在车辆段/停车场运作手册中明确。

6) 异常情况下，行车调度组织司机上站停列车时，应设置站台扣车。行车调度组织司机上区间列车时，应先设置远程紧急制动。

7) 司机登车前，需确认列车处于静止状态，得到行调或车辆段/停车场调度员同意后，方可登车。

8) UTO 模式下，列车因故障停于非疏散平台位置时，驻站司机使用登车梯上车。

9) 列车因故障停于长大区间时，若故障车为通信列车，行调可组织后续列车出清后，以人工驾驶方式携带司机前往故障车。

#### 5. 正线全自动运行列车监控要求

1) 列车在有人值守情况下，原则上由司机对列车进行监护，车辆调度员辅助监护。列车在无人值守的情况下，车辆调度员远程监护列车运行，司机负责列车巡视。

2) DTO 模式下，列车上乘客服务由司机监护。当乘客使用应急对讲设备时，由司机负责接通对讲并处置。

3) DTO 模式下，若司机发现列车故障应及时汇报 OCC 行调，待得到行车调度接管列车控制权的通知后，可接管列车控制权处置故障。

4) 在危及行车安全、人身安全等紧急情况下，司机可先采取紧急措施并取得列车权，后向行调汇报。

5) UTO 模式下，车辆调度员远程监护列车运行，司机负责列车巡视。异常及紧急时，



车辆调度员应根据故障现象进行判断，对于远程无法判断或处理的故障，应尽快安排司机现场处理。

6) 全自动运行场景下，一旦司机接管列车控制权，相关行车组织要参照对应城市轨道交通线网/线路行车组织管理办法执行。

7) 当列车上发生乘客跌倒、摔伤、夹人夹物等紧急情况时，现场工作人员应及时处置。

#### 6. 列车、工程车出回场要求

1) 时刻表内列车（轧道车、末班车除外）出回场，优先采用最高等级驾驶模式。

2) 转场车、套跑车、过线、工程车、调试车出回场采用最高信号层级下的人工驾驶模式。

3) 出入段线、出入场线常态设置封锁区段。出回场批次中的第 1 个车组出回场前，或临时加开车组出回场前等情况下，行调、车辆段/停车场调度员共同确认条件满足后临时解封区段。

#### 7. 全自动运行信号系统防护设置与撤除相关要求

1) 全自动运行时，调度员优先通过信号操作指令实现调度指挥意图，然后向相关岗位发布相关书面或口头命令。

2) 全自动运行线路调度员应在发生非正常、故障、应急等特殊情况下，第一时间合理运用信号系统设置相关安全防护或确认系统防护自动设置。

3) 在非正常、故障、应急等特殊情况消除后，需撤除防护时，调度员应严格确认撤防条件满足后，方可撤除相关防护。调度员在执行撤防命令前，应得到调度长授权，并严格执行双人确认制度。

4) 遵循远程信号防护和现场 SPKS 防护相结合的原则，远程防护由行车人员在信号工作站上设置，现场防护由作业人员操作 SPKS 进行防护。

5) 原则上车辆段/停车场全自动区域车组停放股道的两端信号机、转换区域两端信号机常态设置封锁，需进行调车、发车等作业时，确认条件后可撤除封锁。

6) 原则上正线每日运营结束后，应将信号机的自动排路功能关闭。每日运营前检查，检查结果符合运行标准的区段，应将相应信号机设置为自排状态，局部不满足的区段，应在相关的信号设备上通过信号指令设置安全防护。

## 二、列车司机站台日常工作

1) 监控列车进出站的运行状态及站台广播情况。

2) 监控列车对标停车状态，若过标或欠标，跳跃失败及时汇报行调登车处置。

3) 监控到站列车乘降作业，关注车门及站台门是否能正常开关。

4) 监控车站客流情况，维护站台秩序，组织乘客有序乘降，确保站台安全。

5) 关注 PSL、激光探测器主机工作状态、指示灯显示正常。

6) 实时接收行调的指令，进行应急处置。遇车站非行车类突发事件时，应急人员需第一时间协助站务员处理。

## 扩展阅读

### 破题开路降成本 锐意革新见实效

从检修一线到工程师、技术主管，从初出茅庐的新人成长为今日的“创新达人”，王烟平从运营实际需求出发，不断提高列车的利用率和运行可靠性，有效降低维修成本，均衡人力、物力资源，确保供好车、供足车，被长沙市人民政府办公厅授予“技能大师”称号。

#### 1. 攻关——实现深度维修

作为“王烟平创新工作室”带头人，王烟平带领团队一直致力于长沙地铁车辆电气技术科技攻关和创新，牵头承担的科研项目“长沙地铁电客车电磁阀和继电器便携式检测工装研究”“电客车空调控制器试验台研发”顺利通过验收，极大地促进了长沙地铁车辆电气技术水平的提升，有效保障列车运行安全。

面对技术封锁、资料缺乏，王烟平通过查阅和研究大量芯片技术资料，分析电路结构，成功获取部分电子部件的内部结构，绘制出电气原理图，并利用信号激励等方式对板件故障进行检测，总结出一套行之有效的诊断和维修方法，实现了电客车多个电子部件的芯片级维修，大大节约了维修成本。而这只是他锐意创新的一角。近年来，王烟平一边积极参与技术攻关与创新，一边把专业技术申请国家知识产权保护，获得11项专利，发表10余篇高质量论文。

#### 2. 突破——创新检修模式

地铁列车的检修关乎运营安全，建立起系统的作业标准变得迫切。为规范检修人员作业标准，王烟平主持或参与编制了地铁1~5号线列车日检、双周检、三月检、年检、架修等规程，创新了地铁列车检修模式，制定了三日检和均衡修规程。

在列车质量趋于稳定后，围绕双周检、三月检、年检检修规程，他编制了一套数万字的均衡修规程，通过充分掌握列车可靠度和零部件的故障周期，调整列车检修周期来创造合适的维修条件。而在列车日常检修过程中，从日检到AB检，再到双日检，直到三日检，检修模式结合实际不断优化调整，实现了人力物力优化，在管理上发挥最大效能，进一步缩短列车维修停运时间、提高列车利用率和运行可靠性，有效降低了维修成本。

#### 3. 传承——推进人才孵化

作为一名高技能人员，王烟平还担任公司兼职培训师，他牵头编写城市轨道交通技能人才培养教材《车辆检修工》，并开展了多次业务技能培训，取得了良好的培训效果，获得同事一致好评。

工作之余，他还积极利用工作室开展电子维修工具使用培训，以“面对面”精心讲解和“手把手”悉心指导，车辆检修一线年轻员工在培训中，快速掌握电子维修工具的使用和电路板集成电路芯片的拆卸与焊接方法，电子技术的理论知识和实操技能都得到夯实。现如今，工作室逐渐成为青年技能人才的培养基地和创新项目的“孵化园”，为供好车打下了坚实基础。

滴水石穿，非一日之功。从普通技术工人到技术创新能手，在王烟平身上，是新时代高技能人才的缩影，他以自己勇于创新、持之以恒的精神在平凡的岗位上精彩绽放，由“工”变“匠”，也把创新的种子种到更多人的心中，为长沙地铁的安全运营贡献智慧与力量。

## 复习思考题

### 一、填空题

1. 全自动运行系统（FAO）包含自动化等级 GoA3 和 GoA4，即全自动运行系统运行模式包括\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
2. ATO 子系统由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。
3. SPKS 应遵循\_\_\_\_\_的原则，防护自身安全。
4. 司机上自动化区域库内列车时，按出勤顺序先后由\_\_\_\_\_作为前车司机的防护员或由机动人员作为司机的防护员协助设置 SPKS。
5. UTO 模式下，司机在正线出勤，通过\_\_\_\_\_上车。

### 二、选择题

1. 人员防护开关一般分为（ ）。  
A. 就地级      B. 远程级      C. 中央级      D. 车站级
2. UTO 模式下，列车因故停于非疏散平台位置时，驻站司机由（ ）上车。  
A. 客室门      B. 登车梯      C. 疏散平台      D. 司机室
3. UTO 模式下，（ ）远程监护列车运行，司机负责列车巡视。  
A. 行调      B. 车辆调度员      C. 行车值班员      D. 驻站司机
4. 时刻表内列车（轨道车、末班车除外）出回场，优先采用（ ）。  
A. RM      B. CM      C. CAM      D. FAM
5. 目前我国城市轨道交通 CBTC 全自动运行系统驾驶模式包括（ ）。  
A. FAM      B. ATO      C. CM      D. EUM

### 三、简答题

1. 列车运行自动化等级如何划分？
2. ATS 子系统控制模式如何转换？
3. 地面 ATP 子系统设备包括哪些？车载 ATP 子系统设备包括哪些？
4. 简述列车自动驾驶的原理。
5. 简述 ATO 子系统的功能。
6. 简述全自动驾驶模式（FAM）的运行流程。
7. 简述非全自动驾驶模式（FAM）的运行流程。

## 参 考 文 献

- [1] 李志成, 王晓飞. 城市轨道交通行车组织 [M]. 2 版. 北京: 中国科学技术大学出版社, 2017.
- [2] 牛凯兰, 牛红霞. 城市轨道交通行车组织 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [3] 马成正. 城市轨道交通运营管理专业实训项目标准化指导书 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2017.
- [4] 操杰, 应夏晖. 城市轨道交通调度指挥工作 [M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.
- [5] 吴海军, 柴小春. 城市轨道交通客运组织 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2013.
- [6] 付兵, 廖理明. 城市轨道交通 CBTC 信号系统 [M]. 北京: 西南交通大学出版社, 2016.
- [7] 李建国. 城市轨道交通系统概论 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [8] 黄浩勇. 城市轨道交通信号联锁与 ATS 系统 [M]. 北京: 西南交通大学出版社, 2016.
- [9] 毛保华. 城市轨道交通系统运营管理 [M]. 2 版. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.
- [10] 邵伟中, 宋博, 刘纯洁. 城市轨道交通运营组织 [M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [11] 徐新玉, 耿幸福. 城市轨道交通行车组织基础 [M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2016.

- |                         |         |
|-------------------------|---------|
| 城市轨道交通系统概论 第3版          | 李建国     |
| 城市轨道交通机械基础              | 徐 坚 柴鹏飞 |
| 城市轨道交通电工电子              | 于 涛     |
| 城市轨道交通车辆构造              | 连苏宁     |
| 城市轨道交通车辆电气控制 第3版        | 唐春林 华 平 |
| 城市轨道交通车辆检修 第2版          | 阳 东 卢桂云 |
| 城市轨道交通运用与管理             | 阳 东 甄东生 |
| 城市轨道交通客运服务 第3版          | 裴瑞江     |
| 城市轨道交通客运组织 第3版          | 裴瑞江     |
| 城市轨道交通行车组织 第2版          | 张静静 牛凯兰 |
| 城市轨道交通通信与信号 第3版         | 贾毓杰 王红光 |
| 城市轨道交通专业英语 第2版          | 李建民     |
| 城市轨道交通运营安全管理 第2版        | 任 萍     |
| 城市轨道交通站务工作组织            | 朱济龙     |
| 城市轨道交通车站机电设备 第2版        | 朱济龙     |
| 城市轨道交通供电系统概论 第2版        | 李建民     |
| 城市轨道交通供变电技术 第2版         | 徐亚辉     |
| 城市轨道交通车辆制动系统维护与检修       | 李益民 阳 东 |
| 现代有轨电车系统概论              | 朱济龙     |
| 城市轨道交通电动列车驾驶（配实训任务单）第2版 | 毛昱洁     |
| 接触网（铁路方向）               | 崔乐梅     |



机工教育微信服务号

策划编辑◎师哲 / 封面设计◎张静

ISBN 978-7-111-75822-8



9 787111 758228 >

定价：49.00元