

第一章 信号系统概述

【学习目标】

1. 掌握信号系统的组成；
2. 掌握信号系统分类；
3. 掌握信号设备分类。

【知识要求与技能要求】

1. 掌握信号系统的组成、作用、发展和相关的信息技术；
2. 掌握固定闭塞、准移动闭塞、移动闭塞区别；
3. 掌握信号系统设备组成。

第一节 信号系统组成

城市轨道交通信号系统通常由列车自动控制系统（Automatic Train Control, ATC）组成，ATC 系统包括 4 个子系统，如图 1.1 所示。

- (1) 列车自动监控子系统（Automatic Train Supervision, ATS）。
- (2) 列车自动防护子系统（Automatic Train Protection, ATP）（包括地面 ATP 子系统和车载 ATP 子系统）。

(3) 列车自动运行子系统 (Automatic Train Operation, ATO) (包括地面 ATO 子系统和车载 ATO 子系统)。

(4) 计算机联锁子系统 (Computer Interlocking, CI)。

上述 4 个子系统通过信息交换网络构成闭环系统, 实现地面控制与车上控制结合、现地控制与中央控制结合, 构成一个以安全设备为基础, 集行车指挥、运行调整以及列车驾驶自动化等功能为一体的列车自动控制系统。

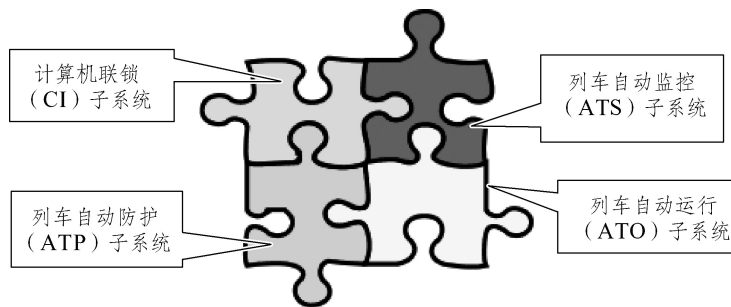


图 1.1 ATC 系统组成

第二节 信号系统分类

在城市轨道交通中, 为了保证行车安全, 并使线路具有一定的通过能力, 需要把线路划分为若干个区间并按照一定的方法组织列车在区间运行, 称为行车闭塞或闭塞。闭塞方式有固定闭塞、准移动闭塞和移动闭塞三种。按照闭塞方式分类, ATC 系统分为固定闭塞 ATC 系统、准移动闭塞 ATC 系统和移动闭塞 ATC 系统。

一、固定闭塞 ATC 系统

固定闭塞 ATC 系统是指基于传统轨道电路的自动闭塞方式, 闭塞分区按线路条件经牵引计算来确定, 一旦划定将固定不变。列车以闭塞分区为最小行车间隔, ATC 系统根据这一特点实现行车指挥和列车运行的自动控制。根据每个闭塞分区的限速命令, ATP 系统能够监控列车的运行速度。由于列车定位是以固定区段为单位, 所以固定闭塞系统的速度控制模式通常是分级方式, 即为多段式 (阶梯式) 速度-距离制动曲线, 当列车运行速度超过限速指令时对列车实施制动控制, 固定闭塞速度曲线如图 1.2 所示。

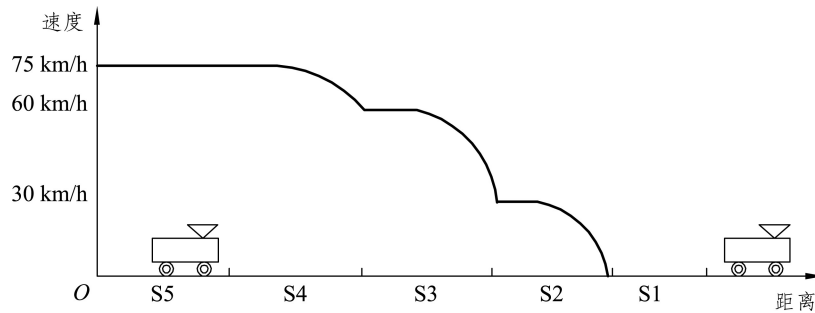


图 1.2 固定闭塞速度曲线

二、准移动闭塞 ATC 系统

准移动闭塞 ATC 系统本质上是一种固定闭塞系统，也要进行闭塞分区的划分。准移动闭塞在控制列车的安全间隔上比固定闭塞更灵活。它通过报文式轨道电路辅之环线或应答器来判断分区占用并传输信息，信息量较大；可以告知后续列车继续前行的距离，后续列车可根据这一距离合理地采取减速或制动，列车制动的起点可延伸至保证其安全制动的地点，从而改善列车速度控制，缩小列车安全间隔，提高线路利用效率。但准移动闭塞中后续列车的最大目标制动点仍必须在先行列车占用分区的外方，并没有完全突破轨道电路的限制。

它根据列车前方目标距离、线路状态、列车性能等因素所确定的速度-距离控制曲线，对列车的速度进行监控。当列车速度超过其速度-距离控制曲线限定的速度值时，对列车实施安全制动控制。准移动闭塞速度曲线如图 1.3 所示。

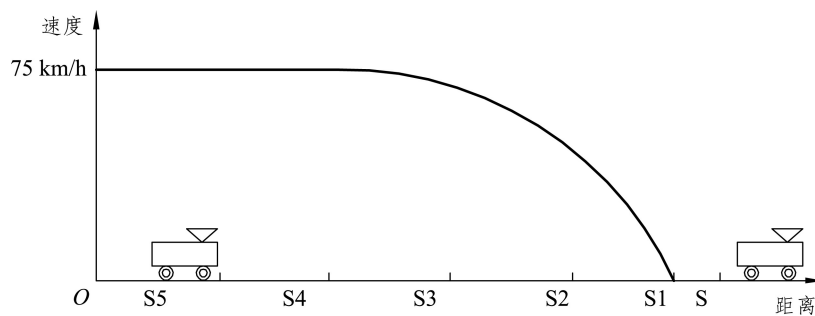


图 1.3 准移动闭塞速度曲线图

三、移动闭塞 ATC 系统

移动闭塞是基于通信技术的列车控制（Communication Based Train Control, CBTC）ATC 系统，该系统不依靠轨道电路向列控车载设备传递信息，而是利用通信技术实现车地通信，

并实时地传递列车定位信息。移动闭塞速度曲线如图 1.4 所示。

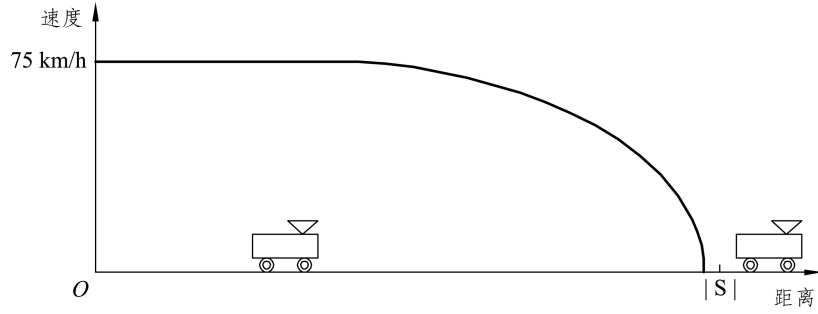


图 1.4 移动闭塞速度曲线图

第三节 信号设备分类

信号系统按其所处地域可分为控制中心设备、地面设备及车载设备。

控制中心设备主要包括中心 ATS 计算机系统、中心显示设备、调度员（长）工作站、时刻表/运行图工作站、培训/模拟设备、维修工作站、网络传输设备、绘图仪和打印机、电源设备。

地面设备主要包括信号机、转辙机、轨道电路（计轴）、计算机联锁、信号电源、无线传输系统（含应答器，无线天线）等。

车载设备主要包括车载主机、测速电机、天线、外部接口设备、模式转换设备、网络设备。



复习思考题

1. 城市轨道交通信号系统通常由列车自动控制系统（Automatic Train Control, ATC）包括哪 4 个子系统？
2. 信号设备按其所处地域可分为哪三类？
3. 信号的作用主要是什么？

第二章 信号机和信号表示器

【学习目标】

1. 了解信号的意义和种类；
2. 掌握信号机的作用和固定信号机的分类；
3. 熟悉信号机的工作原理和电路接通方式；
4. 掌握信号的颜色及其显示意义；
5. 熟悉地铁各信号机灯光配置及显示的对应关系。

【知识要求与技能要求】

1. 掌握信号的显示方式；
2. 掌握信号机与信号表示器的基本概念；
3. 掌握信号机控制电路原理。

第一节 信号机概述

一、信号的一般概念

(一) 信号的意义

在地铁线路上装设信号，是为了迅速、准确地组织列车运行和保证调车作业的安全，从而提高运输效率，改善行车工作人员的劳动条件。利用各种信号机的显示，能向列车或调车车列发出指示运行条件、线路状况、列车车辆的位置等信息。由此可见，信号是一种指挥列车运行及调车工作的命令，有关行车工作人员必须严格执行，以便安全地按计划组织列车运行。

(二) 信号机的作用

信号机是指挥列车运行、保障行车安全的重要设备。信号机受联锁关系的制约，通过不同色灯的显示为司机指示前方进路的运行条件、轨道区段状态及行车调度员的指令等。信号机的显示由信号联锁设备结合轨道、道岔、进路、列车位置等多种因素综合决定。

二、信号机的种类

信号从广义上可分为视觉信号和听觉信号两大类：听觉信号包括机车和轨道车的鸣笛；视觉信号包括信号机、信号灯、信号牌、信号旗等。视觉信号按其性质可分为固定信号、移动信号、手信号、信号表示器、信号标志等。固定信号是固定安装在一定位置的信号，移动信号是指在地面上临时设置的信号，手信号是指手提式信号灯、信号旗或直接用手臂发出的信号。

下面主要对固定信号机的详细分类进行说明，一般来说，固定信号机可以按用途、使用的光源类型和安装方式的不同划分为不同的种类。

(一) 按用途分

目前，北京地铁所使用的信号机按用途一般可分为进站信号机、出站信号机、区间信号机、防护信号机、阻挡信号机，预告信号机，进段信号机、出段信号机、调车信号机等。

进站信号机：设置在车站入口处，为了防护车站并指示列车能否由区间进入车站而设置的信号机。

出站信号机：设置在车站列车运行方向的出口处，是为了防护区间，表示禁止或允许列车从车站出发进入区间而设置的信号机。

区间信号机：在区间分界点处设置的信号机。

防护信号机：为了防护道岔区段，在道岔前方设置的信号机。

阻挡信号机：为了阻挡进行折返作业的列车不能超越规定地点的信号机叫阻挡信号机。该信号机可分为顺向阻挡和反向阻挡两种。与列车运行方向一致的为顺向阻挡信号机，其定



位显示为进行信号；与正线列车运行方向相反的为反向阻挡信号机，其显示为固定的禁止信号，即永远是红灯。

预告信号机：在主体信号机前方，为预告主体（进站）信号机的显示状态而设置的信号机。

进段信号机：设置在车辆段的入口处，为了防护车场并指示正线的列车能否由正线进入车场而设置的信号机。

出段信号机：设置在车辆段向正线运行方向的出口处，是为了防护正线，表示禁止或允许列车从车场出发进入正线而设置的信号机。

调车信号机：设置在车场内，为防护调车进路，指示调车车列能否进入调车进路而设置的信号机。

（二）按信号机使用的光源类型分

目前所使用的信号机，因使用的光源不同又可分为透镜式色灯信号机和 LED 小型信号机两种。现在 LED 小型信号机已应用于城市轨道交通的大部分线路，例如色灯信号机应用于北京地铁 1 号线、13 号线、八通线等线路。

（三）按安装方式分

信号机按安装的方式不同又可分为高柱型、半高柱信号机和矮柱型信号机。高柱型、半高柱型信号机一般用在车辆段进、出段处；矮柱型信号机一般用在正线上和车场内，其实物分别如图 2.1 ~ 图 2.6 所示。



图 2.1 高柱型信号机



图 2.2 半高柱型信号机



图 2.3 两显示矮柱型信号机



图 2.4 三显示矮柱型信号机和两显示矮柱型信号机



图 2.5 三显示矮柱型信号机



图 2.6 两显示矮柱型信号机

第二节 信号机结构和工作原理

一、信号机结构与组成

(一) 信号机结构

高柱型信号机结构如图 2.7 所示。

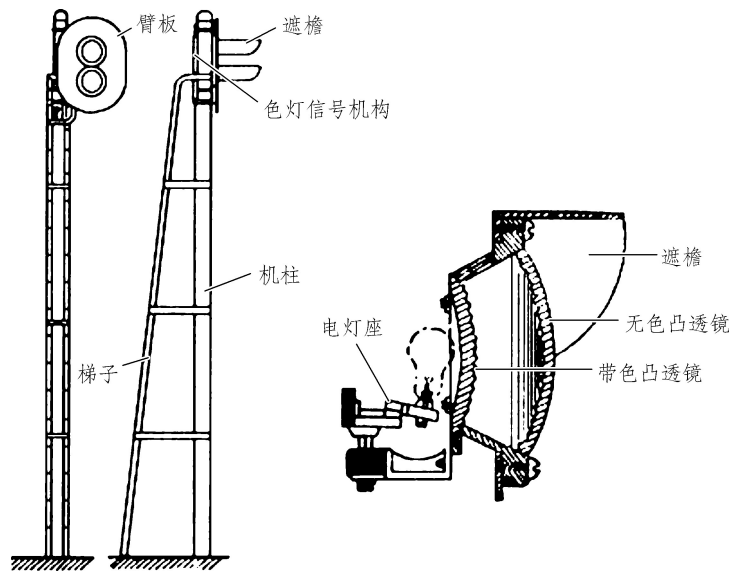


图 2.7 高柱型信号机结构

(二) 信号机组成