

CHENGSHI GUDAO JIAOTONG  
XINHAO SHEBEI

# 城市轨道交通信号设备

林瑜筠 ○ 主编



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

# 城市轨道交通信号设备

林瑜筠 主编

束元 主审

中国铁道出版社

2018年·北京

## 内 容 简 介

本书全面讲述城市轨道交通信号系统的基本组成和基本原理,分为城市轨道交通信号设备概述、信号基础设备(继电器、信号机、转辙机、轨道电路、计轴器、应答器)、联锁系统、列车自动控制系统(ATC)、单轨信号系统。

本书可作为高等学校城市轨道交通运营管理类专业教学用书,也可作为中等职业教育相关专业的教学参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通信号设备/林瑜筠主编.—北京:中国铁道出版社,2018.1

ISBN 978-7-113-24239-8

I.①城… II.①林… III.①城市铁路—交通信号—信号设备 IV.①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 010218 号

书 名:城市轨道交通信号设备

作 者:林瑜筠 主编

---

责任编辑:徐 清

编辑部电话:010-51873147

电子信箱:357716058@qq.com

封面设计:郑春鹏

责任校对:焦桂荣

责任印制:高春晓

---

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市宏盛印务有限公司

版 次:2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷

开 本:710 mm×1 000 mm 1/16 印张:11.5 字数:211 千

书 号:ISBN 978-7-113-24239-8

定 价:30.00 元

---

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

# 前 言

城市轨道交通(包括地下铁道和轻轨交通)具有运量大、速度快、安全可靠、污染轻、受其他交通方式干扰小等特点,对改善城市交通拥挤、乘车困难、行车速度下降、空气污染是行之有效的。因此,城市轨道交通是现代化都市所必需的。20世纪90年代以来,我国城市轨道交通加快了建设步伐,尤其是进入21世纪,迎来了城市轨道交通建设的高潮。我国城市轨道交通呈现着十分广阔的发展前景。

在城市轨道交通的各项设备中,信号设备是非常重要的和关键的设备,具有不可替代的作用。城市轨道交通的安全、速度、输送能力和效率与信号系统采用的设备密切相关。信号系统不仅是城市轨道交通安全运行的保证,而且实际上已成为城市轨道交通调度指挥和运营管理的中枢神经。选择合适的信号系统可以获得较好的经济效益和社会效益。因此,采用ATC(列车自动控制系统)已成为城市轨道交通的共同选择。城市轨道交通信号系统的技术含量高,具有网络化、综合化、数字化、智能化的现代化系统的技术特征。

全书分城市轨道交通信号设备概述、信号基础设备(继电器、信号机、转辙机、轨道电路、计轴器、应答器)、联锁系统、列车自动控制系统、单轨交通信号系统(共五章)进行介绍。

第一章城市轨道交通信号设备概述,较全面地介绍城市轨道交通信号设备的概况,帮助读者建立对于城市轨道交通信号系统的清晰概念。

第二章信号基础设备,简要介绍继电器、信号机、转辙机、轨道电路、计轴器、应答器的基本概况。

第三章联锁系统,介绍联锁的基本概念,计算机联锁的基本结构,举例介绍双机热备型和二乘二取二型计算机联锁。

第四章列车自动控制系统(ATC),它是城市轨道交通信号系统的

核心和关键,也是本书的重点。先介绍 ATP(列车自动防护)、ATO(列车自动运行)、ATS(列车自动监控)的基本原理,再介绍我国城市轨道交通所用的各种 ATC 系统。虽然基于轨道电路的 ATC 已不再发展,但是仍有一些线路在运用,故仍作简要介绍。而对于蓬勃发展的 CBTC 系统,则予以重点介绍。

第五章单轨交通信号系统,简单介绍单轨交通及其信号设备,重点介绍列车自动防护及列车位置检测(ATP/TD)系统。

由于城市轨道交通信号系统制式纷杂,且各具特色,尤其是 ATC,尽管我们尽量涵盖,但不可能面面俱到。各地各校在组织学习时,可根据实际需要予以选用和适当补充。

本书由南京铁道职业技术学院林瑜筠主编,南京铁道职业技术学院张厚红、刘慧、刘妮娜,南京铁道信息技术学院王文宁,华东交通大学涂序跃副主编。林瑜筠策划并对全书进行统稿。王文宁编写第一章,张厚红编写第二章,刘慧编写第三章,涂序跃编写第四章,刘妮娜编写第五章。

由于我国城市轨道交通信号系统制式众多,资料难以搜集齐全,再加上编者水平所限,时间仓促,书中不免有错误、疏漏、不妥之处,恳望读者批评指正,以不断提高本书水平,为我国城市轨道交通信号事业的发展尽绵薄之力。

编者

2017年10月

# 目 录

第一章 城市轨道交通信号设备概述	1
第一节 城市轨道交通信号设备的特点	1
第二节 城市轨道交通信号系统组成	3
第三节 城市轨道交通信号系统的地域分布	5
第四节 城市轨道交通信号系统的功能及其实现	10
第二章 信号基础设备	13
第一节 信号继电器	13
第二节 信号机	17
第三节 转辙机	22
第四节 轨道电路	34
第五节 计轴器	44
第六节 应答器	47
第三章 联锁系统	52
第一节 联锁系统概述	52
第二节 计算机联锁系统概述	58
第三节 双机热备型计算机联锁系统	67
第四节 二乘二取二计算机联锁	70
第五节 计算机联锁的操作使用	74
第四章 列车自动控制系统	83
第一节 ATC 系统综述	83
第二节 ATP 子系统基本原理	99
第三节 ATO 子系统基本原理	113
第四节 ATS 子系统基本原理	119

第五节 基于轨道电路的 ATC 系统 .....	138
第六节 CBTC 系统 .....	144
第五章 单轨交通信号系统 .....	168
第一节 单轨交通信号设备 .....	168
第二节 单轨交通 ATP/TD 系统 .....	169
参考文献 .....	175

# 第一章

## 城市轨道交通信号设备概述

城市轨道交通信号设备是城市轨道交通的主要技术装备,它担负着指挥列车运行、保证行车安全、提高运输效率的重要任务。现代化的城市轨道交通要求城市轨道交通信号设备的现代化。

### 第一节 城市轨道交通信号设备的特点

城市轨道交通系统的安全、速度、输送能力和效率与信号系统密切相关,以速度控制为基础的列车自动控制系统已成为城市轨道交通信号系统的共同选择。信号系统实际上已成为城市轨道交通调度指挥和运营管理的中枢神经,选择合适的信号系统,可以带来较好的经济效益和社会效益。

#### 一、城市轨道交通对信号系统的要求

城市轨道交通,尤其是地下铁道因其固有的特点,对其信号系统提出如下要求:

##### (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,所以对行车安全的保证,即对信号系统提出了更高的安全要求。

##### (2)通过能力大

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接近车站,所以要求信号设备必须满足通过能力的要求。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,地下部分背景暗,且不受天气影响,直线地



段瞭望条件好,但曲线地段信号显示距离受到限制,所以在非 ATP/ATO 控制情况下保证信号显示也是一个重要的问题。

#### (4)抗干扰能力强

城市轨道交通均为直流电力牵引,要求信号设备对其有较强的抗电气化干扰能力。

#### (5)可靠性高

由于城市轨道交通隧道净空小,且装有带电的牵引接触网或接触轨,行车时不便下洞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。

#### (6)自动化程度高

城市轨道交通站间距短,列车密度大,行车工作十分频繁,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技术设备,以减少工作人员,并减轻他们的劳动强度。

#### (7)限界条件苛刻

城市轨道交通的室外设备及车载设备,受建筑限界的制约,要求设备体积小,同时必须兼顾施工和维护作业空间。

## 二、城市轨道交通信号系统的特点

城市轨道交通的信号系统沿袭铁路的制式,但有其自身的特点。城市轨道交通信号系统的特点是:

#### (1)具有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,最小行车间隔达到 90 s,甚至更小,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

城市轨道交通的大多数车站没有配线,不设道岔,甚至也不设地面信号机,仅在少数有岔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较少,联锁关系不太复杂。除折返站外全部作业仅为乘客乘降,非常简单。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、扣车等,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功能较多,包括列车编解、接发列车和频繁的调车作业,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) 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,列车种类较少,行车规律性很强,因此它的信号系统中通常包含自动排列进路和运行自动调整的功能,自动化程度高,人工介入极少。

## 第二节 城市轨道交通信号系统组成

自城市轨道交通问世以来,其安全程度和载客能力不断得到提高,信号系统也不断完善和发展。随着经济的发展,世界各国城市人口急剧膨胀,对城市轨道交通的载客能力提出了越来越高的要求,最重要而有效的措施就是缩短列车运行间隔。在这种情况下,随着计算机技术的飞速发展,城市轨道交通信号技术日趋成熟,成为城市轨道交通不可缺少的组成部分。

城市轨道交通的信号系统通常由列车运行自动控制系统(ATC)和车辆段/停车场(以下统称为车辆段)信号控制系统两大部分组成,用于列车进路控制、列车间隔控制、调度指挥、信息管理、设备工况监测及维护管理,由此构成了一个高效的综合自动化系统,如图 1-1 所示。

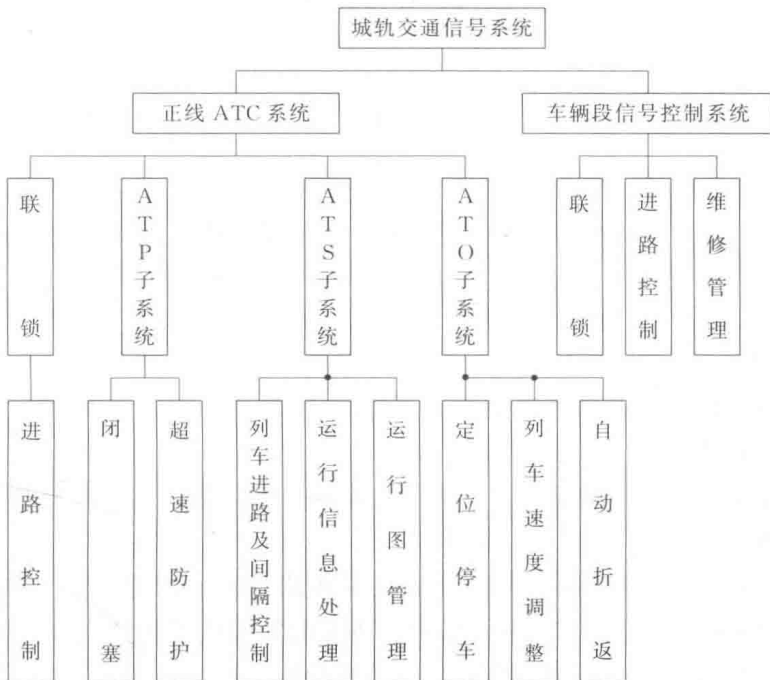


图 1-1 城市轨道交通信号系统框图

## 一、列车运行自动控制系统

列车运行自动控制系统(ATC)包括列车自动防护(ATP)、列车自动运行(ATO)及列车自动监控(ATS)三个系统,简称“3A”。系统需设置行车控制中心,沿线各车站设计为区域性联锁,其设备放在集中控制站(一般为有岔站),列车上安装有车载控制设备。控制中心与集中控制站通过有线数据通信网连接,控制中心与列车之间可采用无线通信进行信息交换。ATC系统直接与列车运行有关,因此ATC系统中的数据传输要求比一般通信系统的安全性、可靠性、实时性更高。

### 1. ATP子系统

ATP子系统的功能是对列车运行进行超速防护,对与安全有关的设备实行监控,实现列车位置检测,保证列车间的安全间隔,保证列车在安全速度下运行,完成信号显示、故障报警、降级提示、列车参数和线路参数的输入,与ATS、ATO及车辆系统接口并进行信息交换。

ATP子系统不断将从地面获得的前行列车位置信息、线路信息、前方目标点的距离和允许速度信息通过轨道电路等传至车上,由车载设备计算得到当前所允许的速度,或由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,依此来对列车速度实行监督,使之始终在安全速度下运行,以缩短列车运行间隔,保证行车安全。

ATP子系统包括车载ATP和地面设备两部分。

### 2. ATO子系统

ATO子系统主要实现“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,根据控制中心的指令使列车按最佳工况正点、安全、平稳地运行,自动完成对列车的启动、牵引、惰行和制动,传送车门和屏蔽门同步开关信号。

使用ATO后,可使列车经常处于最佳运行状态,避免了不必要的、过于剧烈的加速和减速,因此明显提高了乘客的舒适度,提高了列车正点率并减少了能量消耗和轮轨磨损。

ATO子系统包括车载ATO单元和地面设备两部分。

### 3. ATS子系统

ATS子系统主要实现对列车运行的监督和控制,辅助调度人员对全线列车进行管理,其功能包括:调度区段内列车运行情况的集中监视与控制,监测进路控制、列车间隔控制设备的工作,按行车计划自动控制轨旁信号设备以接发列车,列车运行实绩的自动记录,时刻表自动生成、显示、修改和优化,运行数据统计及报表自动生成,设备运行状态监测,设备状态及调度员操作记录,运输计划管理等,还具有列

车车次号自动传递等功能。

ATS子系统包括控制中心设备和ATS车站、车辆段分机。控制中心ATS设备有中心计算机系统、工作站、显示屏、绘图仪、打印机、UPS等。每个集中控制站设一台ATS分机,用于采集车站设备的信息和传送控制命令,并实现车站进路自动控制功能。车辆段ATS分机用于采集车辆段内库线的列车占用情况及进/出车辆段的列车信号机的状态。

此外,在ATC范围内的各正线集中控制站各设一套联锁设备,用以实现车站进路控制。联锁设备接收车站值班员和ATS控制。考虑到运用的灵活性,正线有岔站原则上独立设置联锁设备,当然也可以采用区域控制方法。

## 二、车辆段联锁设备

车辆段设一套联锁设备,用以实现车辆段的进路控制,并通过ATS车辆段分机与控制中心交换信息。

车辆段联锁设备采用计算机联锁。

先进的车辆段信号控制系统的特点是信号一体化,包括联锁系统、进路控制设备、接近通知、终端过走防护和车次号传输设备等。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、维修与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。

车辆段内试车线设若干段与正线相同的ATP和ATO地面设备,用于对车载ATC设备进行静、动态试验。

## 第三节 城市轨道交通信号系统的地域分布

按地域,城市轨道交通信号设备划分为五部分:控制中心设备、车站及轨旁设备、车辆段设备、试车线设备、车载ATC设备。

### 一、控制中心设备

控制中心设备属于ATS子系统,是ATC的核心。控制中心设备组成如图1-2所示。

控制中心设备主要包括中心计算机系统、综合显示屏、调度员及调度长工作站、运行图工作站、培训/模拟工作站、绘图仪和打印机、维修工作站、UPS及蓄电池。综合显示屏、调度员及调度长工作站设于主控制室。控制主机、通信处理器、数据库服务器、维修工作站设于设备室。运行图工作站设于运行图室。绘图仪和打印机设于打印室。培训/模拟工作站设于培训室。UPS设于电源室,蓄电池设于蓄电池室。

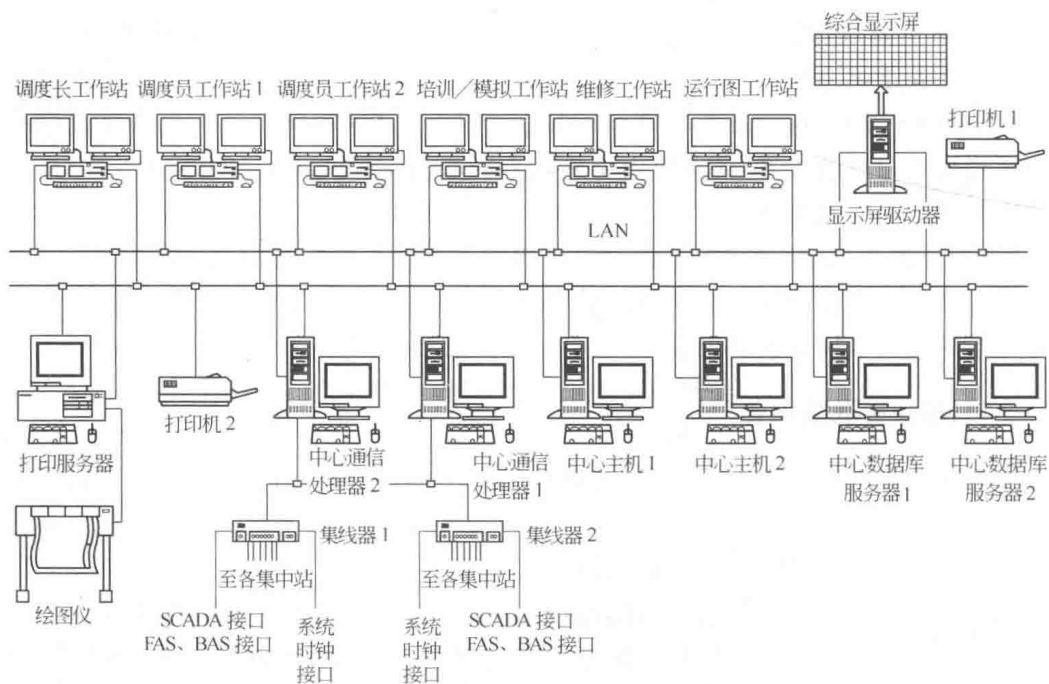


图 1-2 控制中心设备

### 1. 中心计算机系统

中心计算机系统包括控制主机、通信处理器、数据库服务器、局域网及各自的外部设备。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。

### 2. 综合显示屏

综合显示屏设于控制中心的控制室,用来监视正线列车运行情况及系统设备状态,由显示设备和相应的驱动设备组成。

### 3. 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。

### 4. 运行图工作站

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

### 5. 培训/模拟工作站

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的软件。它可与调度员工作站显示相同的内容,有相同的控制功能,能仿真列车在线运行及各种异常情况,而不参与实际的列车控制。实习操作员可通过

它模拟实际操作,培养系统控制和各种情况下的处理能力。

### 6. 绘图仪和打印机

彩色绘图仪和彩色激光打印机,用于输出运行图及各种报表。

### 7. 维修工作站

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

### 8. UPS 及蓄电池组

控制中心配备在线式 UPS 及可提供 30 min 后备电源的蓄电池组。

近年来,新建轨道交通有的线路设主、备控制中心,它们的设备配置相同,可互相切换。

## 二、车站及轨旁设备

车站分集中控制站和非集中控制站。集中控制站一般为有道岔车站,也可能是无道岔的车站。非集中控制站一般为无道岔的车站。有道岔车站根据需求和可能也可以由邻近车站控制,而成为非集中控制站。采用基于轨道电路的 ATC 系统的车站信号设备组成如图 1-3 所示。

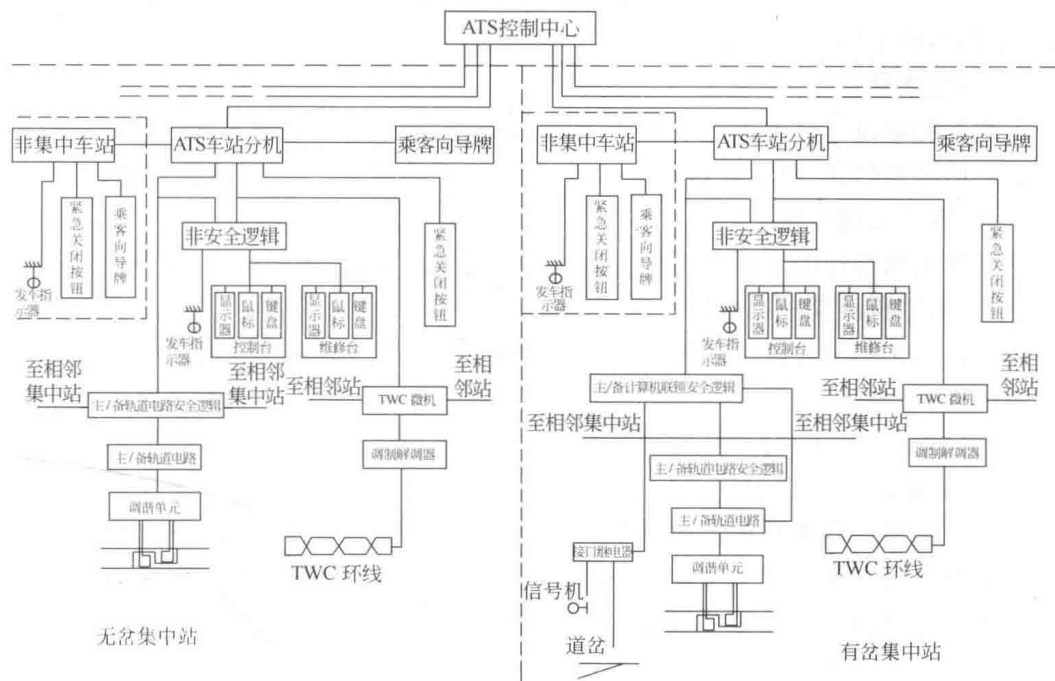


图 1-3 采用基于轨道电路的 ATC 系统的车站信号设备组成示意图

### 1. 集中控制站及轨旁设备

集中控制站设有 ATS 车站分机、车站联锁设备、ATP/ATO 系统地面设备、电源设备、维修终端、紧急关闭按钮,以及信号机和发车指示器、转辙机。

#### (1)ATS 车站分机

集中控制站设一台 ATS 分机,用于采集车站设备的信息,接收控制命令,实现车站进路的自动控制。

#### (2)车站联锁设备

集中控制站设计计算机联锁,能接收车站值班员和 ATS 系统的控制,用以实现车站进路的自动控制。

#### (3)ATP/ATO 系统地面设备

ATP 地面设备包括轨道电路或 ATP 地面编码发码设备,与 ATS、ATO、联锁设备的接口,用于实现列车占用的检测和发送 ATP 信息,实现列车运行超速防护。

当采用基于轨道电路的 ATC 系统时,ATO 地面设备包括站台电缆环路, TWC 车地通信设备,以及与 ATP、联锁设备的接口设备,用于发送 ATO 命令,实现列车最佳控制或列车自动驾驶。

#### (4)电源设备

集中控制车站配备一套适用于联锁设备、ATS、ATP、ATO 设备的在线式 UPS 及可提供 15 min 后备电源的蓄电池组。

#### (5)维修终端

维修终端设维修用彩色显示器、键盘及鼠标,显示与控制用显示器相同的内容及必要的维修信息,并能对信号设备进行自动、手动测试,但不能进行控制。

#### (6)紧急关闭按钮

紧急关闭按钮用于在遇到紧急情况危及行车安全时,关闭信号,使列车停车。

#### (7)信号机及发车指示器

正线上防护信号机设于道岔区段,线路尽头设阻挡信号机,用于指示列车运行,防护列车进路。

在正向出站方向的站台侧列车停车位置前方设置发车指示器,指示列车出站。

#### (8)转辙机

转辙机用于转换道岔。对于直尖轨道岔,采用单机牵引;对于 AT 道岔,采用双机牵引。可采用外锁闭装置,也可采用内锁闭方式。当前采用的转辙机为电动转辙机或电动液压转辙机,有直流、交流两种类型。

### 2. 非集中控制站及轨旁设备

非集中控制站的设备只有发车指示器、紧急关闭按钮。无道岔的非集中控制站轨旁仅有轨道电路的耦合单元或计轴器等。有道岔的非集中控制站除了轨旁的

耦合单元或计轴器外,还有防护信号机和转辙机。

### 三、车辆段设备

车辆段信号设备包括 ATS 分机、车辆段终端、联锁设备、维修终端、信号机、转辙机、轨道电路、电源设备,其构成如图 1-4 所示。

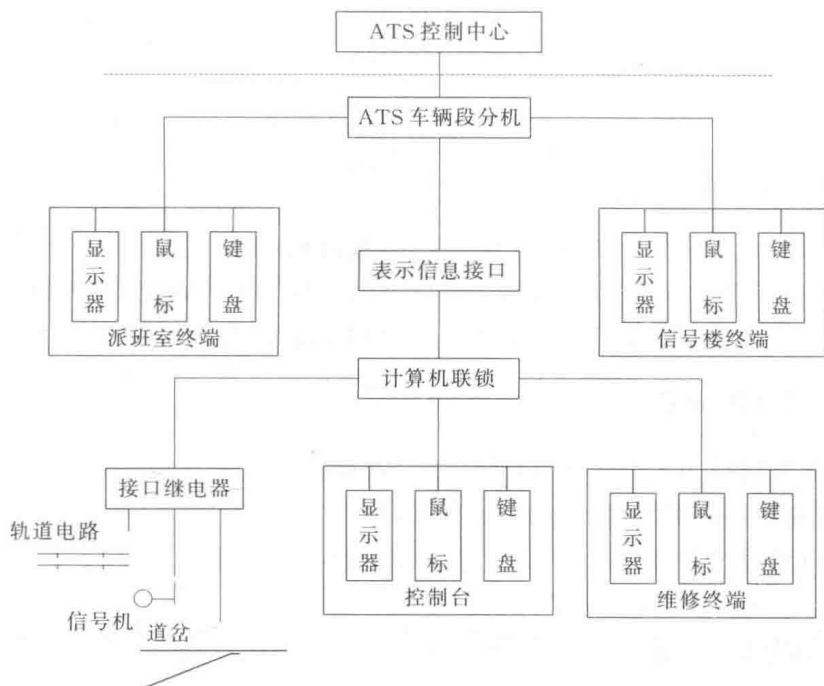


图 1-4 车辆段设备示意图

#### 1. ATS 分机

车辆段设一台 ATS 分机,用于采集车辆段内存车库线的列车占用及进/出车辆段的列车信号机的状态,以在控制中心显示屏上给出以上信息的显示。

#### 2. 车辆段终端

车辆段派班室和信号楼控制台室各设一台终端,与车辆段 ATS 分机相连。

#### 3. 联锁设备

车辆段设一套联锁设备,实现车辆段的进路控制,并通过 ATS 分机与控制中心交换信息。联锁设备只受车辆段值班员人工控制。

#### 4. 维修终端

设备室内设维修用彩色显示器、键盘及鼠标,显示与控制室相同的内容及维修、监测有关信息,并能对信号设备进行自动或手动测试,但不能控制进路。

#### 5. 信号机



车辆段入口处设进段信号机,出口处设出段信号机,存车库线中间进段方向设列车阻挡信号机,段内其他地点根据需要设调车信号机。

#### 6. 转辙机

车辆段内每组道岔设一台电动转辙机或电动液压转辙机。

#### 7. 轨道电路

车辆段内轨道电路多采用 50 Hz 相敏轨道电路,检查列车的占用和空闲。

#### 8. 电源设备

车辆段信号楼内设置适合于联锁设备、ATS 设备的 UPS 及蓄电池。

### 四、试车线设备

试车线上设若干段与正线相同的 ATP/ATO 地面设备,用于对车载 ATC 设备的试验。试车线设备室内设置用于改变试车线运行方向和速度的控制台。试车线设备室配备一套适合于 ATP/ATO 设备的 UPS,不设蓄电池。

### 五、车载 ATC 设备

车载设备包括 ATP 和 ATO 两部分,用来接收轨旁设备传送的 ATP/ATO 信息,计算列车运行曲线,测量列车运行速度和走行距离,实行列车运行超速防护以及列车自动运行,来保证行车安全和为列车提供最佳运行方式。

## 第四节 城市轨道交通信号系统的功能及其实现

城市轨道交通信号系统的功能与铁路一样,主要包括联锁、闭塞、列车控制和调度指挥四方面,由 ATC 系统和车辆段联锁设备完成。

### 一、联锁及其实现

联锁是车站范围内进路、信号、道岔之间互相制约的关系,它们之间必须建立严密的联锁关系,才能确保行车安全。

联锁的基本内容是:

(1)进路上各道岔位置必须正确且被锁闭,进路空闲,敌对进路未建立且被锁闭在未建立状态,防护该进路的信号机才能开放。

(2)信号机开放后,它们防护的进路上的各道岔不能转换,与该进路敌对的所有进路不能建立。

联锁由联锁设备完成,目前均采用电气的方法实现集中联锁,对信号机和转辙机进行自动控制和远距离控制。联锁设备采用计算机逻辑判断的方法完成联锁关