



绪 论

0.1 城市轨道交通信号系统概述

0.1.1 城市轨道交通信号设备

城市轨道交通信号设备是组织指挥列车运行，保证行车安全，提高运输效率，传递信息，改善行车人员劳动条件的关键设施。城市轨道交通信号设备是城市轨道交通的主要技术装备之一。城市轨道交通信号设备的装备水平和技术水准是城市轨道交通现代化的重要标志。

城市轨道交通信号设备（包括信号继电器、信号机、轨道电路、转辙机等）是构成城市轨道交通信号系统的基础，它们的质量和可靠性直接影响信号系统效能的发挥及可靠性。

1. 信号继电器

信号继电器是城市轨道交通信号系统中所用各类继电器的统称。信号继电器不仅是构成各种继电器式控制系统的关键，而且是电子式或计算机式控制系统的接口部件。因此，信号继电器在城市轨道交通信号系统中得到了广泛的应用。

安全型继电器是信号继电器的主要定型产品，是 24 V 直流系列的重弹力式直流电磁继电器。它的基本结构是无极继电器，利用电磁作用的原理，当线圈中通过规定数值的电流时，继电器励磁，衔铁被吸合，带动动接点运动，使前接点接通；当断电或电流小于规定数值时，继电器失磁，衔铁依靠重力及接点弹力复位，带动动接点运动，使后接点接通。利用继电器接点的通断即能控制有关电路。

在无极继电器的基础上，派生出加强接点继电器、整流式继电器、有极继电器、偏极继电器等，以满足电路的不同需要。安全型继电器多采用插入式结构，以便于更换。

时间继电器是一种缓吸继电器，它借助电子电路或单片微机获得所需的延时。电源屏用继电器包括直流继电器和交流继电器。交流继电器的特殊之处是交流磁系统，铁芯用硅钢片叠成，铁芯端面加短路铜环。灯丝转换继电器是交流继电器，用于监督信号灯泡灯丝



的完整,有弹力式和重弹力式两种结构。交流二元继电器是交流感应式继电器,因具有可靠的频率选择性和相位选择性,故在 25 Hz 相敏轨道电路中可作为轨道继电器。动态继电器具有动态特性,必须在序列脉冲作用下才能动作,是双机热备计算机联锁的接口部件。因为继电器经常会发生断线故障(使电路开路)和短路故障(使电路短路),所以对由继电器构成的各种形式的信号电路应采取一定的安全措施。

2. 信号机

信号机构成信号显示,用来指示列车运行和调车作业的命令,是各种信号系统的重要组成部分。城市轨道交通采用色灯信号机或发光二极管(light-emitting diode, LED)信号机。除了车辆段和有岔站外,一般不设地面信号机。在城市轨道交通中,列车的运行速度不取决于信号的显示,即信号为非速差信号。允许信号的绿灯、黄灯并不代表列车的运行速度,而是代表列车的运行进路是走道岔直股还是弯股。

3. 轨道电路

轨道电路是轨道交通重要的信号基础设施,用来监督列车对轨道的占用和传递行车信息。一般的轨道电路是以钢轨作为传输通道,再配上发送设备、接收设备和钢轨绝缘。当有列车占用时,电流被分路,接收设备即可反映轨道电路被占用。

轨道电路有调整状态、分路状态和断轨状态三种基本工作状态。其基本参数是道碴电阻和钢轨阻抗。道岔区段轨道电路有分支,为保证分路良好,当分支长度大于 65 m(以一个送电端、一个受电端、带三个无受电分支的轨道区段和一个送电端、两个受电端、带一个无受电分支的轨道区段两种情况的 50 Hz 微电子相敏轨道电路为例)时,必须采用一送多受的方式。为防止钢轨绝缘破损造成轨道电路错误动作,必须进行极性交叉。

计轴器是用于完成计算车辆进出区段的轮轴数,分析计算区段是否有车占用的一种技术设备。它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况等的影响。它采用轨道传感器、计数器来记录和比较驶入及驶出轨道区段的轴数。作为检查区段的安全设备,计轴器的作用和轨道电路等效。在采用基于通信的列车控制(communication-based train control, CBTC)系统的城市轨道交通线路中,当无线传输设备发生故障,可采用计轴器检查列车的位置,构成降级信号。目前,采用城市轨道交通 CBTC 系统的车辆段、停车场大多选用 50 Hz 微电子相敏轨道电路,正线大多选用计轴器。

4. 转辙机

转辙机用于完成道岔的转换和锁闭,是影响行车安全的最关键设备。ZD6 系列电动转辙机是我国目前使用数量最多的转辙机,它是利用直流电动机作为动力源,用行星传动式减速器减速,采用内锁闭方式。由于列车的提速,ZD6 系列电动转辙机已不能满足速度的需要,内锁式转换设备也不能适应提速的需要,因此必须采用分动外锁闭道岔转换设备,即由转辙机外的外锁闭装置来实现道岔的锁闭。

外锁闭装置由转辙机带动动作。外锁闭装置分为燕尾式和钩式。燕尾式外锁闭装置属于平面锁闭,为提速初期所采用,该种装置存在较多缺点,故被钩式外锁闭装置取代。钩式外锁闭装置为垂直锁闭方式,锁闭可靠,安装调整方便。

0.1.2 列车自动控制系统

列车自动控制 (automatic train control, ATC) 系统是城市轨道交通信号系统最重要的组成部分。按闭塞制式的不同, ATC 系统可分为固定闭塞式 ATC 系统、准移动闭塞式 ATC 系统和移动闭塞式 ATC 系统。

ATC 系统包括列车自动防护 (automatic train protection, ATP) 子系统、列车自动运行 (automatic train operation, ATO) 子系统、列车自动监控 (automatic train supervision, ATS) 子系统、正线计算机联锁 (computer based interlocking, CBI) 子系统、数据通信子系统 (data communication subsystem, DCS) 等。其中, ATP 子系统是整个 ATC 系统的安全核心, 负责整个 ATC 系统安全的所有方面, 具有列车间的安全间隔和超速防护、列车定位、速度测量、计算移动授权并执行速度监督等功能。ATO 子系统在 ATP 子系统的安全保护下, 根据 ATS 子系统的指令, 实现列车的自动驾驶, 实现列车在区间正方向地自动运行, 自动完成列车的启动、加速、巡航、惰行、减速和停车、站台精确停车、程序站停、下站停车、跳停和扣车、在 ATP 子系统允许下的车门控制等功能。ATS 子系统通过与 ATP、ATO 和 CBI 子系统的协调配合, 可以实现列车监视和跟踪、进路自动控制、列车调整、人工控制等功能。CBI 子系统负责安全执行传统联锁功能。它从辅助列车检查计轴系统中获得列车的位置信息。CBI 子系统除与轨旁设备接口 (如转辙机、LED 信号机等) 外, 为保证正确的 CBTC 系统运行, 还与区域控制器 (zone controller, ZC) 接口。DCS 包括轨旁数据接入网络、轨旁数据骨干网络、车载数据通信网络和车地双向通信网络等。

0.2 城市轨道交通通信系统概述

城市轨道交通通信系统一般由传输、公务电话、专用有线调度、无线列车调度、闭路电视监控、广播、时钟、乘客信息、不间断电源 (uninterrupted power supply, UPS) 等子系统组成, 构成传送语音、数据和图像等各种信息的综合业务通信网。

(1) 传输子系统。传输子系统是整个通信网络的纽带, 它给通信各子系统及电力系统、信号系统、自动售检票 (automatic fare collection, AFC) 系统、消防报警系统、办公网络等提供传输通道, 将各车站、车辆段、停车场的设备与控制中心的设备连接起来。传输子系统一般用光纤连接, 构成双环路拓扑结构网络。

(2) 公务电话子系统。公务电话子系统为城市轨道交通运营提供办公电话、传真等业务, 同时在控制中心、车站、车辆段、停车场等也设置公务电话, 它既可作为办公电话使用, 也可作为专用有线调度电话的备份, 一旦调度电话出现故障, 还可临时应急使用。

(3) 专用有线调度子系统。专用有线调度子系统是为行车指挥、维修、抢险等设置的专用通信系统。

(4) 无线列车调度子系统。无线列车调度子系统主要是用于固定人员 (调度员、值班员) 与流动人员 (驾驶员、维修人员、列检人员等) 之间的通话。

(5) 闭路电视监控子系统。闭路电视监控子系统是轨道交通运营管理及保证运输安全的重要手段, 它为控制中心的调度员、各车站值班员、公安值班人员等提供有关列车运



行、旅客疏导、防灾救火、事件突发等情况下的现场视频信息。

(6) 广播子系统。广播子系统在为乘客提供列车到发时间和安全提示信息的同时，还能在紧急情况或突发事件时为乘客提供疏散信息。

(7) 时钟子系统。时钟子系统主要是为行车组织提供统一的标准时间，并向其他系统提供标准时间信号。

(8) 乘客信息子系统。乘客信息子系统的主要功能是为乘客提供关于行车时刻表、安全提示、视频等方面的文字或多媒体视频信息。

(9) UPS 子系统。UPS 子系统主要为其他通信子系统提供稳定的电源，当市电或 UPS 主机发生故障时，可通过电池组为设备供电，保证通信设备的正常运行。



模块

1 信号继电器

继电器是一种多组接点的电动开关，它是通过给线圈通电产生电磁力或利用交流感应的原理产生转矩，带动开关（接点）接通或断开的。继电器是自动控制系统中常用的器件，用它不但可以接通和断开电路，而且还可以构成各种逻辑电路来监督执行设备的运行状态，实现对电气和机械设备的自动控制与远程控制。在轨道交通信号控制系统中采用了大量的继电器——信号继电器，它作为轨道交通信号控制系统中的重要器件，可以实现对各种信号设备的控制和监督。



学习要点

- (1) 掌握直流无极继电器的结构和工作原理。
- (2) 了解信号继电器的基本功能、分类及表示方法。
- (3) 了解常用信号继电器的工作特点。
- (4) 了解信号继电器的特性。



相关案例

××××年××月××日，试车线××计轴区段无车占用显示红光带，经查找发现，测量继电器端子 4-1、4-4 电压及该继电器二极管两端电压均为 0 V，轨道继电器采用 JWXC-1700 型继电器，轨道继电器前后线圈串联使用，用导线将 2、3 端子连接，从而构成轨道继电器电路。若将继电器 2 端子断开，则会造成该电路开路，致使轨道继电器落下。

1.1 信号继电器的基础知识



学习目标

- (1) 掌握直流无极继电器的结构和工作原理。



(2) 了解信号继电器的基本功能、分类及表示方法。

1.1.1 直流无极继电器的结构和工作原理

通常所说的直流无极继电器指的是通用的无极继电器。其主要型号有 JWXC-1700、JWXC-2000、JWXC-1000、JWXC-7、JWXC-2.3、JWXC-70/480 等。其中，JWXC-1700 型继电器是最常用的直流无极继电器。

1. 直流无极继电器的结构

直流无极继电器由电磁系统和接点系统两大部分组成。

1) 电磁系统

直流无极继电器电磁系统的组成如图 1-1 所示，电磁系统由线圈、铁芯、轭铁、衔铁、重锤片、止片等构成。

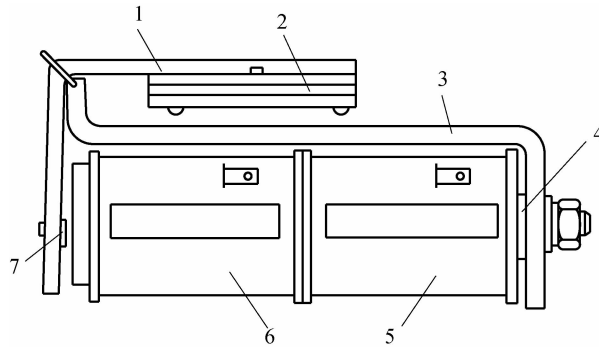


图 1-1 直流无极继电器电磁系统的组成

1—衔铁；2—重锤片；3—轭铁；4—铁芯；5—后圈；6—前圈；7—止片

(1) 线圈。线圈水平安装在铁芯上，分为前圈和后圈（前圈用 3-4 表示，后圈用 1-2 表示）。采用双线圈的目的主要是增强控制电路的适应性和灵活性。线圈绕在线圈架上，线圈架由酚醛树脂压制而成。线圈用高强度漆包线密排绕制，抽头焊有引线片。

(2) 铁芯。如图 1-2 所示，铁芯由电工纯铁制成，为软磁材料，具有较高的磁通密度和较小的剩磁。它的外层镀锌防护。继电器的规格不同，铁芯的尺寸大小也不同。极靴在铁芯头部，用冷墩法加粗。

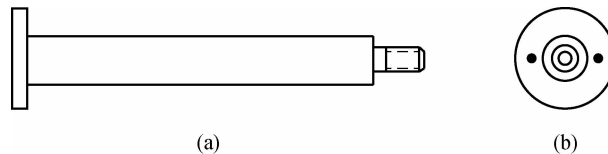


图 1-2 铁芯

(a) 正视图 (b) 右视图

(3) 轭铁。轭铁呈 L 形，由电工纯铁板冲压成型，外表镀多层铬防护。

(4) 衔铁。衔铁由电工纯铁冲压成型，为角形，靠蝶形钢丝卡固定在轭铁的刀刃上。

(5) 重锤片。铆在衔铁上的重锤片由薄钢板制成。线圈断电时继电器衔铁靠重力返

回。重锤片的基片的数量由继电器的后接点组数决定，一般8组后接点用3片，6组后接点用2片，4组后接点用1片，2组后接点不用。即后接点组数越多，其片数越多，以保证继电器落下时，动接点对后接点有足够的压力。

(6) 止片。止片由黄铜制成，安装在衔铁与铁芯闭合处的衔铁上，用以增大继电器在吸起状态时的磁阻，减小剩磁的影响，保证继电器可靠落下。止片有6种厚度，因继电器的规格不同而异，可按规格更换。

2) 接点系统

直流无极继电器接点系统的组成如图1-3所示。直流无极继电器的接点系统采用两排纵列式联动结构，它处于电磁系统的上方，通过接点架、螺钉紧固在轭铁上，使两者成为一个整体。用螺钉将下止片、电源片、银接点单元、动接点单元、绝缘垫、下压片及上压片按顺序组装在接点架上。用拉杆将动接点与衔铁联结在一起。

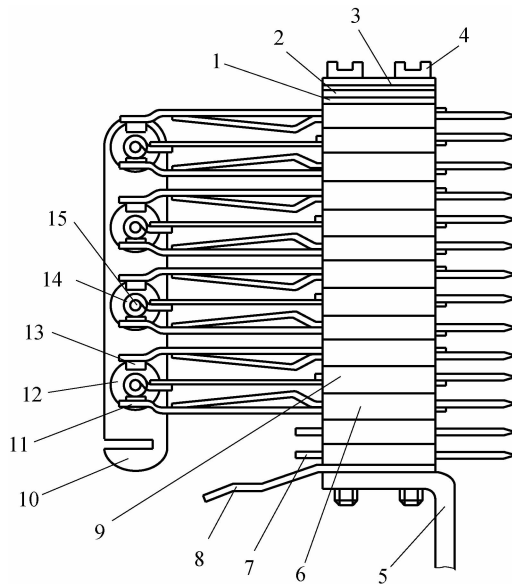


图 1-3 直流无极继电器接点系统的组成

- 1—绝缘垫；2—下压片；3—上压片；4—螺钉；5—接点架；6—银接点单元；
7—电源片；8—下止片；9—动接点单元；10—拉杆；11—后接点；
12—动接点；13—前接点；14—动接点轴；15—绝缘轴

(1) 下止片。下止片由锡磷青铜板制成，外层镀镍。它在衔铁落下时起限位作用。

(2) 电源片。由黄铜制成的电源片压在胶木内。电源片一端（继电器里侧）和继电器线圈连接，另一端（继电器外侧）与继电器插座相连。

(3) 银接点单元。银接点单元由锡磷青铜带制成的接点片与由黄铜制成的托片组成，两组对称地压制在胶木内。在接点簧片的端部焊有银接点（前接点或后接点）。接点接触时会因碰撞而产生颤动，颤动将形成电弧，对接点有较大的破坏作用，为消除这种颤动必须设置托片。

(4) 动接点单元。动接点单元由锡磷青铜带制成的动接点簧片和由黄铜板制成的补助



片组成，它们压制在酚醛塑料胶木内。动接点簧片的端部焊有动接点。动接点由银氧化镉制成。

(5) 压片。压片由弹簧钢板冲压成弓形，分为上、下两片，其作用是保证接点组的稳固性。

(6) 接点架。接点架由钢板制成，用螺钉和轭铁固定，保证接点架不变位。

(7) 拉杆。拉杆一般由塑料制成，拉杆上设有绝缘轴，动接点轴套在拉杆的绝缘轴上。衔铁通过拉杆带动接点组动作。绝缘轴用冻石材料制成，具有较高的抗冲击强度。动接点轴由锡磷青铜线制成。

2. 直流无极继电器的工作原理

直流无极继电器的工作原理如图 1-4 所示，在线圈上通以直流电源后，线圈中的电流 I 使铁芯磁化，在铁芯内产生工作磁通 Φ ，它从铁芯极靴处经过主工作气隙 δ 进入衔铁，又经过第二个工作气隙 δ' 进入轭铁，然后回到铁芯，形成一个闭合磁路。在工作气隙 δ 处，由于磁通 Φ 的作用，铁芯与衔铁间会产生电磁吸引力 F_D ，当 F_D 大到足以克服机械负载的阻力 F_j （主要是衔铁自重和接点的弹力）时，衔铁就会动作，与铁芯吸合。此时，衔铁通过拉杆带动动接点动作，使后接点断开，前接点闭合接通。

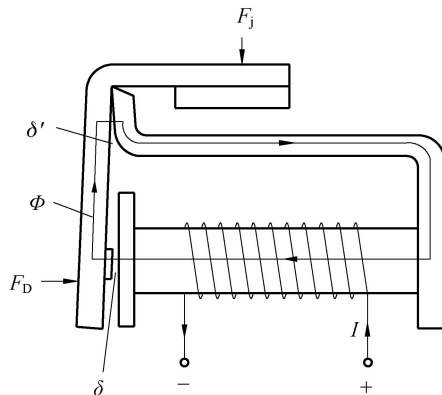


图 1-4 直流无极继电器的工作原理

当断开电源时，线圈中的电流逐渐减小，铁芯中的磁通按一定规律随之减小，吸引力也随之减小。当电流逐渐减小到铁芯所产生的吸引力小于机械力时，衔铁离开铁芯而释放。此时，拉杆带动动接点动作，使前接点断开，后接点闭合接通。

1.1.2 信号继电器的基本功能

信号继电器的基本功能有以下几点：

(1) 可以用较小功率的电信号控制继电器动作，由继电器控制较大功率的执行设备动作。铁路信号的控制对象，如信号机、道岔转辙机的功率都很大，因此大多都采用继电器控制。

(2) 可以用继电器组成结构复杂的逻辑电路，对各种逻辑条件进行检查处理，构成功能强大的自动控制系统。在计算机控制技术应用之前，铁路信号的车站控制、区间控制、驼峰调车控制等都曾采用继电器控制电路，在计算机控制技术广泛应用的今天，许多电路仍

然采用继电控制。

(3) 当控制命令的发送端与执行端距离较远时, 可将控制信号传送到接收端, 进行放大, 通过继电器, 实现远程控制。

1.1.3 信号继电器的分类

根据铁路信号对继电电路的控制功能需求, 人们设计了多种类型、多种型号的信号继电器。下面按照不同的方式介绍信号继电器的分类。

1. 按继电器动作电流性质的不同分类

按继电器动作电流性质的不同, 信号继电器可分为直流继电器和交流继电器。

(1) 直流继电器。直流继电器是由直流电源供电的, 按所通电流的极性, 直流继电器又可分为无极继电器、偏极继电器和极性保持继电器。例如, JWXC-1700、JPXC-1000、JYJXC-160/260 属于直流继电器。直流继电器属于电磁继电器。

(2) 交流继电器。交流继电器是由交流电源供电的, 按动作原理, 交流继电器又可分为交流电磁继电器和交流感应继电器。例如, JZCJ、JJJC 属于交流电磁继电器, JRJC-66/345、JRJC1-70/240 属于交流感应继电器。

2. 按继电器的动作原理分类

按继电器的动作原理分类, 信号继电器可分为电磁继电器、感应继电器、热力继电器等。

(1) 电磁继电器。电磁继电器的原理是通过继电器线圈中的电流产生磁通, 形成电磁力, 吸引衔铁, 带动接点动作的。此类继电器数量最多, 如 JWXC-1700、JYJXC-135/220。

(2) 感应继电器。感应继电器是利用电流通过线圈产生的交变磁场与另一交变磁场在翼板中所感应的电流相互作用产生电磁力, 使翼板转动而动作的, 如二元二位继电器 JRJC-66/345、JRJC1-70/240。

(3) 热力继电器。热力继电器是利用膨胀系数不同的两个金属片加热后所产生的单向弯曲的物理特性而使接点动作的。

3. 按继电器输入量的物理性质分类

按继电器输入量的物理性质分类, 信号继电器可分为电流继电器、电压继电器、功率继电器、频率继电器等。

(1) 电流继电器。电流继电器反映的是电流的变化, 它的线圈必须串联在电路中使用, 如 JWXC-2.3、JZXC-H18。

(2) 电压继电器。电压继电器反映的是电压的变化, 它的线圈必须并联在电路中使用, 其励磁电路单独构成, 如 JWXC-1700、JYJXC-135/220。

(3) 功率继电器。功率继电器反映的是功率的变化。

(4) 频率继电器。频率继电器反映的是交流频率的变化。

有些继电器集电压继电器和电流继电器于一身。例如, JWJXC-H125/0.44 继电器, 它有两个线圈, 其中, 125 Ω 的前圈是电压线圈, 而 0.44 Ω 的后圈是电流线圈。



4. 按继电器的动作速度分类

按继电器的动作速度分类，信号继电器可分为快动继电器、正常动作继电器和缓动继电器。

(1) 快动继电器。快动继电器的动作速度非常快，一般动作时间小于 0.1 s。

(2) 正常动作继电器。正常动作继电器的动作时间为 0.1~0.3 s，大部分信号继电器属于此类。

(3) 缓动继电器。当继电器衔铁的动作时间超过 0.3 s 时，该继电器称为缓动继电器。缓动继电器又分为缓吸型继电器和缓放型继电器。

5. 按继电器的接点结构分类

按继电器的接点结构分类，信号继电器可分为普通接点继电器和加强接点继电器。

(1) 普通接点继电器。普通接点继电器具有开、断功率较小的负载的能力，以满足一般信号电路的要求。多数继电器为普通接点继电器。

(2) 加强接点继电器。加强接点继电器具有开、断功率较大的负载的能力，以满足电流较大的信号电路的要求，如 JWJXC-480、JYJXC-135/220。

6. 按工作的可靠程度分类

按工作的可靠程度分类，信号继电器可分为安全型继电器和非安全型继电器。

(1) 安全型继电器。安全型继电器是指继电器的动作必须符合故障-安全原则（系统中的设备发生一个或几个故障后，其结果是按照预先设定的、确保系统运行安全的状态输出，此原则称为故障-安全原则）。铁路信号系统中所用的继电器大多都是安全型继电器。

(2) 非安全型继电器。非安全型继电器主要依靠弹簧的弹力释放衔铁，故又称为弹力式继电器。一般来说，非安全型继电器的安全性、可靠性均低于安全型继电器。

1.1.4 信号继电器的表示方法

信号继电器的表示方法主要有型号、符号及名称代号三种。型号是指由继电器结构决定的具有不同特性和功能的继电器；符号是指用电路符号表示不同型号的继电器及其接点；而名称代号是根据继电器的用途给继电器起的名称，它与继电器的型号、符号无关。

1. 信号继电器的型号表示法

信号继电器的型号由字母和数字组成，字母表示继电器的类型，数字表示线圈的电阻值（单位为 Ω ）。例如，JWXC-1700，第一个字母 J 表示继电器，第二个字母 W 表示无极，第三个字母 X 表示信号，第四个字母 C 表示插入式，数字 1700 表示继电器的线圈电阻为 1700 Ω ，即该继电器前圈、后圈的电阻均为 850 Ω 。

信号继电器型号中代号的含义如表 1-1 所示。

表 1-1 信号继电器型号中代号的含义

代号	含 义		代号	含 义	
	安全型	其他类型		安全型	其他类型
A		安全	R		二元
B		半导体	S		时间、灯丝、双门
C	插入	插入、传输、差动	T		通用、弹力
D		单门、动态	W	无极	
DB	单闭磁		X	信号	信号、小型
H	缓放	缓放	Y	有极	
J	继电器、加强接点	继电器、加强接点、交流	Z	整流	整流、转换
P	偏极				

安全型继电器有无极继电器（含无极、无极加强接点、无极缓动、无极缓放、无极加强接点缓放）、整流式继电器、有极继电器（含有极、有极加强接点）、偏极等型号。表 1-2 列出了各种安全型继电器的型号及规格（如线圈连接方式、接点组数、鉴别销号码、电源片）。表中，Q 表示前接点，H 表示后接点，D 表示定位接点，F 表示反位接点，J 表示加强接点。

表 1-2 各种安全型继电器的型号及规格

类型 序号	规格 序号	继电器类型	继电器型号	线圈 连接 方式	接点 组数	鉴别销号码	电源片	
							使用	连接
1	1	无极继电器	JWXC-2000	串联	2QH	12, 55	1, 4	2, 3
	2		JWXC-1700		8QH	11, 51		
	3		JWXC-1000			11, 52		
	4		JWXC-7			11, 55		
	5		JWXC-2.3			4QH		
	6		JWXC-370/480	单独	2QH, 2Q	22, 52		
	7	无极加强 接点继电器	JWJXC-480	串联	2QH, 2QHJ	15, 51	1, 4	2, 3
	8		JWJXC-160		2QHJ	11, 52	1, 4	2, 3
	9		JWJXC-135/135	单独	2QH, 4QJ, 2H	31, 53	3, 4/1, 2	
	10		JWJXC-300/370		4QHJ	22, 52		
	11	无极缓动继电器	JWXC-H310		8QH	22, 54	1, 4	
	12	无极缓放 继电器	JWXC-H600	串联	8QH	12, 51	1, 4	2, 3
	13		JWXC-H340			12, 52		
	14		JWXC-500/H300			单独	12, 53	3, 4/1, 2
	15		JWXC-H850	4QH	11, 52	1, 4		
	16		JWXC-H1200	串联	8QH	14, 42	1, 4	2, 3



(续表)

类型 序号	规格 序号	继电器类型	继电器型号	线圈 连接 方式	接点 组数	鉴别销号码	电源片	
							使用	连接
1	17	无极加强接点 缓放继电器	JWJXC-H125/0.44	单独	2QH, 2QHJ	15, 55	3, 4/1, 2	
	18		JWJXC-H125/0.13			15, 43		
	19		JWJXC-H125/80		2QH, 2QJ	31, 52		
	20		JWJXC-H80/0.06		2H	12, 22		
	21		JWJXC-H80/0.17			15, 55		
2	22	整流继电器	JZXC-480	串联	4QH, 2Q	13, 55	7, 8	1, 4
	23		JZXC-0.14	并联	4QH	13, 54	5, 6	1, 3 2, 4
	24		JZXC-H156	串联		22, 53	5, 6	1, 4
			JZXC-H62		13, 53			
	25		JZXC-H18	串联	4QH	13, 53	5, 6	1, 4
	26		JZXC-H142					
	27		JZXC-H138					
	28		JZXC-H60					
	29		JZXC-H0.14/0.14	单独	2QH, 2H	22, 53	53, 63/ 32, 42	
	30		JZXC-16/16		4QH	13, 53	1, 2	
	31		JZXC-H18F				5, 6	
	32		JZXC-H18F1				1, 2	
	33		JZXC-480F		4QH, 2Q	71, 81		
	3		34	有极继电器	JYXC-660	串联	6DF	15, 52
35		JYXC-270	4DF		15, 53			
36		JYJXC-3000	2F, 2DFJ	13, 51				
37		JYJXC-J3000	单独	2DF, 2DFJ	15, 54	1, 2/3, 4		
38		JYJXC-135/220						
39		JYJXC-X135/220						
40		JYJXC-220/220						
4	41	偏极继电器	JPXC-1000	串联	8QH	14, 51	1, 4	2, 3

2. 信号继电器的符号表示法

在信号控制电路中会用到各种信号继电器，为了简化和规范电路，可将信号继电器

(线圈)和开关接点用电路符号表示。图 1-5 以 JWXC-1700 继电器为例,展示了最常用的直流无极继电器的线圈和接点的基本图形符号。其中,图 1-5 (a) 中的 1、4 代表 AJ 的线圈端子编号,图 1-5 (b) 中的 1 代表 AJ 的接点组编号。

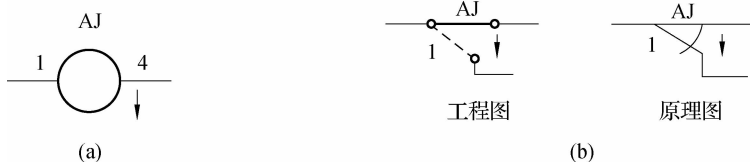


图 1-5 JWXC-1700 继电器的线圈符号和接点符号

(a) 线圈符号 (b) 接点符号

继电器接点符号有工程图用和原理图用两种。其中,工程图用的符号略为复杂,但能准确表达接点的状态,且不致因笔误而造成误解,所以信号工程图纸、文件和书籍必须采用标准的工程图用符号;原理图用的接点符号比较简单,容易造成误认,正规的文件和图纸中不许使用。

不同类型的信号继电器、不同的线圈使用方式,其线圈的符号不同;继电器不同的定位状态、电路中不同的开关状态要求,其接点的符号也不相同。有关继电器的各种线圈符号和接点符号的表示方式将在后面具体介绍。

3. 信号继电器的名称代号表示法

首先需要说明的是,继电器的型号和继电器的名称不同。继电器的型号是继电器本身所固有的,如 JWXC-1700 表示该继电器是无极继电器,线圈阻值为 $1\ 700\ \Omega$;而继电器的名称一般是根据它在继电电路中的主要用途和功能来命名的,常常用其汉语拼音声母来表示,它与继电器的型号无关。例如,按钮继电器表示为 AJ,信号继电器表示为 XJ。在一个控制系统中会使用很多继电器,同一作用和功能的继电器也不止一个,它们的名称必须有所区别。例如,以 XLAJ 代表下行进站信号机的列车进路按钮继电器,以 SLAJ 代表上行进站信号机的列车按钮继电器。同一个继电器的线圈符号和接点符号的上面必须用该继电器的名称来标记,以免互相混淆。同一个继电器的各接点组还要进行编号,以防止重复使用。

1.2 常用信号继电器

学习目标

- (1) 了解常用信号继电器的工作特点。
- (2) 了解信号继电器的特性。
- (3) 掌握信号继电器的定位状态。



1.2.1 常用信号继电器的工作特点

1. 无极加强接点继电器

无极加强接点继电器的加强接点具有通断较大功率信号电路的能力。无极加强接点继电器有 JWJXC-480、JWJXC-H125/0.44、JWJXC-H125/80、JWJXC-H125/0.13、JWJXC-H120/0.17、JWJXC-H80/0.06 等型号。

1) 无极加强接点继电器的结构

无极加强接点继电器的电磁系统与无极继电器大体相同；其接点系统由两组普通接点和两组加强接点组成，分别表示为 2QH 和 2QHJ。普通接点与无极继电器相同，加强接点则具有特殊设计的大功率接点和磁熄（吹）弧器。

无极加强接点继电器的接点系统如图 1-6 所示。加强接点组由加强动接点单元和带磁吹弧器的加强接点单元组成。为了防止接点组间的飞弧短路，应在两组加强接点间安装既耐高温，又具有良好绝缘性能的云母隔弧片，云母隔弧片铆在拉杆上。为保证加强接点的安装空间，达到熄灭接点电弧的目的（熄灭电弧或火花的一种方法），在前接点、动接点和后接点间增加了空白单元。

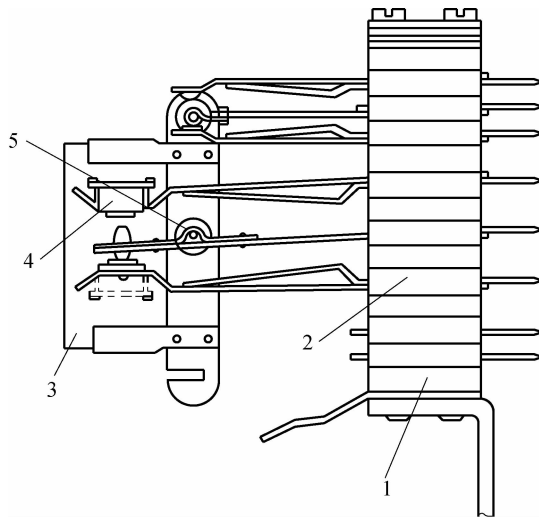


图 1-6 无极加强接点继电器的接点系统

1—空白单元；2—加强接点单元；3—云母隔弧片；4—磁熄弧器；5—加强动接点单元

由锡磷青铜片冲压成型的加强动接点片的头部铆有由银氧化镉制成的动接点。而加强静接点片的头部，同样铆接银氧化镉接点，在接点的同一位置点焊了安装磁钢的熄弧器夹。

磁钢（永久磁钢）由铝镍钴合金或铁镍铝合金制成。为避免电弧烧损接点及对磁钢去磁，在加强接点端部设有导弧角，使电弧能够迅速移到接点及磁钢的前部位置。

2) 磁吹弧的原理

磁吹弧的原理如图 1-7 所示，永久磁钢产生的永磁磁通经过接点间的气隙构成磁回

路。当接点断开时，在接点之间产生电弧（电子和离子）。当接点间产生电弧时，电子和离子就要受到永磁的电磁力，使电弧被吹得向外拉长，最终导致电弧自行熄灭。

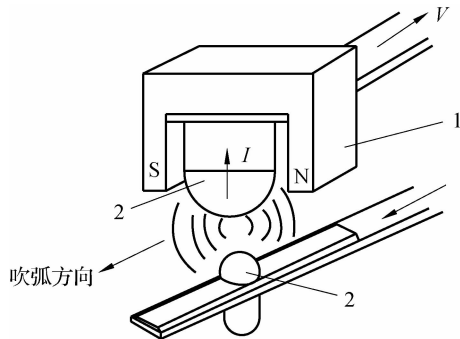


图 1-7 磁吹弧的原理

1—永久磁钢；2—接点

磁吹弧的方向根据左手定则确定。要求通过接点电流的方向，应符合使接点间电弧向外吹的原则。如果向内吹弧，不但不会熄灭电弧，还会造成接点的损伤。所以，加强接点上应用有磁熄弧器的继电器，如 JWJXC-480、JWJXC-H125/0.44、JWJXC-H125/80 等。这种继电器规定了接点的正负极性，使用中要注意磁吹弧的方向。

2. 无极缓放继电器

为满足信号电路的需求，需要对继电器的时间特性进行改变。改变继电器时间特性的方法，一是改变继电器的结构，二是通过外加元件来实现。

无极缓放继电器是通过改变继电器的结构来实现缓放的，具体是在继电器的铁芯上套铜线圈架，在铜线圈架上绕线圈。

当线圈接通电源或断开电源时，铁芯中的磁通会发生变化，在铜线圈架中产生感应电流（涡流），使铁芯中的磁通变化减慢，从而使继电器缓吸缓放。

无极缓放继电器有 JWXC-H340、JWXC-H600 等型号。当然，有些无极加强接点继电器也是缓放继电器，如 JWJXC-H125/0.44、JWJXC-H125/80、JWJXC-H125/0.13、JWJXC-H120/0.17、JWJXC-H80/0.06 等。

无极缓放继电器和无极缓放加强接点继电器的接点符号同无极继电器；无极缓放继电器的接点编号与无极继电器的接点编号基本相同，无极缓放加强接点继电器的接点编号与无极加强接点继电器的接点编号基本相同。

3. 整流式继电器

整流式继电器用于交流电路中。在电路中，该继电器上虽然通的是交流电，但其内部却用整流元件将交流电整流为直流电。所以，它属于直流继电器。

4. 直流偏极继电器

直流偏极继电器与无极继电器不同，它能够鉴别直流电流的方向，即衔铁的吸起与线圈中电流的方向有关，只有通过规定方向的电流时，衔铁才会被吸起；当电流方向相反时，衔铁不动作。



5. 有极（极性保持）继电器

有极继电器具有定位和反位两种稳定状态。定位状态指的是吸起位置，反位状态指的是落下位置，这两种稳定状态在线圈中的电流消失后仍能继续保持，故有极继电器又称极性保持继电器。

6. 时间继电器

时间继电器是一种缓吸继电器，它是在无极继电器的基础上，配合电子延时电路，获得 180 s、30 s、13 s、3 s 等延时时间，以满足各种信号电路的需要。

时间继电器的 180 s 一般用于接车进路和正线发车进路的人工延时解锁、中间出岔解锁，30 s 用于侧线发车进路和调车进路的人工延时解锁、非进路调车进路解锁、道岔控制电路，13 s 用于道岔报警电路、道岔控制电路，3 s 用于灯丝断丝等报警电路。

7. 交流二元二位继电器

交流二元二位继电器不同于电磁继电器，它是交流感应继电器。这里的二元是指有两个互相独立又互相感应的交变电磁系统，二位是指继电器有吸起和落下两种状态。根据电源频率的不同，交流二元二位继电器可分为 25 Hz 和 50 Hz 两种。

在电气化牵引区段为了防止牵引电流对轨道电路工作的干扰，采用 25 Hz 相敏轨道电路，其中的轨道继电器采用 JRJC-66/345 型和 JRJC1-70/240 型二元二位继电器。当然，在非电气化牵引区段采用 25 Hz 相敏轨道电路时也可采用该类型的轨道继电器。

铁路现场应用的主要是 25 Hz 交流二元二位继电器，50 Hz 交流二元二位继电器主要在地下铁道、矿山等直流牵引区段的轨道电路中作为轨道继电器使用。两者只是线圈参数有所不同，以适应不同频率的需要，结构和动作原理基本相同。

8. 灯丝转换继电器

灯丝转换继电器是交流继电器，它用于信号点灯电路中，一般置于室外的变压器箱或信号机构中。当信号灯泡的主灯丝断丝时，通过主灯丝的落下自动点亮副灯丝，并通过其接点接通灯丝断丝报警电路。

1.2.2 信号继电器的特性

信号继电器的特性包括电气特性、时间特性、机械特性和牵引特性。这些特性用来表征继电器的性能，是选用和检修信号继电器的重要依据。

1. 电气特性

信号继电器的电气特性是指反映继电器性能的电气参数。这些参数对于设计信号控制电路，实现继电器逻辑功能具有重要作用。信号继电器的电气特性包括额定值、吸起值、工作值、转极值、充磁值、释放值、反向工作值、反向不工作值和返还系数等。

(1) 额定值。额定值是继电器正常工作时所必须接入的电源电压或电流值。信号控制电路中大多数直流继电器的额定电压为直流 24 V，其他性能不同的继电器有不同的额定值。

(2) 吸起值。吸起值是指向继电器线圈通电，继电器刚一吸起（动接点与前接点刚刚接触）时的电压值或电流值。

(3) 工作值。工作值是指保证继电器可靠吸起（衔铁止片与铁芯紧密接触，全部前接点闭合），并满足规定接点压力继电器线圈所需要接入的最小电压值或电流值。工作值是满足继电器的电磁系统及接点系统正常工作状态要求的最低值。在实际应用时，继电器线圈所接入的电压值或电流值必须大于工作值。显然，继电器的工作值越小越好，一般规定工作值不大于额定值的70%。例如，当额定值为24 V时，工作值为16.8 V。

(4) 转极值。转极值是有极继电器的特有参数，它是指能够使有极继电器衔铁转极的最小电压值或电流值。

转极值分为正向转极值和反向转极值。正向转极值是指使有极继电器的衔铁由反位向定位转极，全部定位接点闭合，并满足规定接点压力时的正向最小电压值或电流值；反向转极值是指使有极继电器的衔铁由定位向反位转极，全部反位接点闭合，并满足规定接点压力时的反向最小电压值或电流值。正向转极值和反向转极值不相等。

(5) 充磁值。充磁值也称过负载值，它是4倍的工作值或转极值。充磁值是在测试继电器的释放值或转极值时，为了使继电器的电磁系统充分磁化，达到磁饱和后，在最不利条件下继电器的测试释放值或转极值。

(6) 释放值。释放值也称落下值，是指向继电器通以规定的充磁值后，逐渐降低电压或电流，当继电器的衔铁落下、全部前接点断开时，继电器线圈的最大电压值或电流值。显然，继电器的释放值越大，继电器工作越可靠。

通过比较上述几个参数的大小可知，对同一继电器有下列关系：释放值小于吸起值小于工作值小于额定值小于充磁值。

(7) 反向工作值。反向工作值是指向继电器线圈反向通电，使继电器可靠吸起，并满足接点压力时所需要的最小电压值或电流值。由于受磁路剩磁的影响，同一继电器的反向工作值大于工作值，但相差不能太大，一般反向工作值不大于工作值的120%。

(8) 反向不工作值。反向不工作值是偏极继电器特有的参数，即向偏极继电器线圈反向通电，保证继电器不动作的最大电压值。对于JPXC-1000型继电器，反向不工作值为200 V。

(9) 返还系数。返还系数是衡量继电器工作性能的重要参数。继电器的释放值与工作值之比称为返还系数。显然，返还系数越大越好，因为返还系数越高，说明继电器的落下越灵敏，工作越可靠。一般规定，普通继电器的返还系数不小于30%，缓放型继电器的返还系数不小于20%，轨道继电器的返还系数不小于50%。

2. 时间特性

信号继电器的时间特性是反映继电器动作快慢的时间参数。

信号继电器并不是线圈一通电就立即吸起，线圈一断电就立即落下，而是稍有迟缓，这是因为信号继电器的线圈实际上是具有铁芯的电感，在接通或断开电源时，由于电磁感应作用，使得电感中的电流不能“突变”，而是会在铁芯中产生涡流，在线圈中产生感应电流。根据楞次定律，感应电流产生的磁通总是阻碍铁芯中原来磁通的变化。因而，信号继电器都有缓动的特性。

由信号继电器自身结构产生的缓动时间并不长，一般不超过0.2 s，不会对继电电路的正常动作造成大的影响。但在实际的信号控制电路中，由于电路动作的需要，有时要求继电器必须具有一定的缓动时间，因此须采取措施改变继电器固有的时间特性。



3. 机械特性和牵引特性

在继电器衔铁的动作过程中，衔铁受到电磁吸引力的牵引，称电磁吸引力为牵引力。同时，继电器的衔铁（及重锤片）的重力和接点簧片的弹力组成作为牵引力的反作用力，它与牵引力的方向相反，称为机械力。显然，只有当牵引力大于机械力时，继电器才能可靠工作。因此，继电器机械力的大小决定了牵引力的大小。

(1) 机械特性。安全型继电器接点片的数量、重锤片的数量、衔铁的动程等决定着继电器机械力的大小，而且继电器的机械力的大小不是固定不变的，而是随着衔铁与铁芯间的气隙的变化而发生变化的。继电器的结构不同，其机械特性也不同。

(2) 牵引特性。当在无极继电器线圈上加上直流电源后，铁芯中就产生磁通，当磁通经过铁芯与衔铁间的气隙时，对衔铁产生电磁吸引力（牵引力）。牵引力与线圈的磁势（线圈的匝数和所加电流的乘积 WI ，通常称安匝）及气隙的大小有关。

1.2.3 信号继电器的定位状态

继电器有两种状态，即吸起状态和落下状态。在电路图中只能表达这两种状态中的一种。在电路图中，继电器呈现的状态称为通常状态（简称常态），或称为定位状态。在铁路信号系统中，应遵循以下原则来规定定位状态：

(1) 继电器的定位状态应与设备的定位状态相一致，将信号布置图中所反映的设备状态约定为设备的定位状态。例如，一般信号机以关闭为定位状态，道岔以开通为定位状态，轨道电路以空闲为定位状态。

(2) 根据故障-安全原则，继电器的落下状态必须与设备的安全侧相一致。例如，信号继电器的落下应与信号关闭相一致，轨道继电器的落下应与轨道电路占用相一致，只有这样才能实现电路发生断线故障时导向安全侧。

根据以上两项原则就可以确定继电器的定位状态。例如，信号继电器 XJ 落下与信号关闭相对应，规定 XJ 落下为定位状态；道岔定位表示继电器 DBJ 吸起与道岔处于定位相对应，规定 DBJ 吸起为定位状态，而道岔反位表示继电器 FBJ 吸起应与道岔处于反位相对应，故规定 FBJ 落下为定位状态；轨道继电器吸起与轨道电路空闲相对应，规定轨道继电器吸起为定位状态。

在电路图中，凡以吸起为定位状态的继电器，其线圈和接点处均以“↑”符号进行标记；凡以落下为定位状态的继电器，其线圈和接点处均以“↓”符号进行标记。

实训任务

任务描述

- (1) 对信号继电器有一个清晰的认识和了解。
- (2) 学生分组讨论学习计划。
- (3) 分组学习信号继电器的基础知识，了解常用信号继电器的用法。
- (4) 各组将学习成果进行交流并汇报。
- (5) 对学生的学习情况进行评价。

任务准备

- (1) 多媒体教室或轨道交通通信与信号车间现场，学生人数根据场地和需要确定。
- (2) 教学用的 PPT、视频及相关教学引导资料。
- (3) 考评所需的记录、评价表。

任务考评

将考评结果填入表 1-3。

表 1-3 模块 1 任务实施过程考评表

考评项目		配分	要 求	学生自评	小组互评	教师评定
知识准备	基础知识回顾 制订学习计划	5	熟悉的程度			
	信号继电器的基本功能	5	熟悉的程度			
任务组成	信号继电器的分类	20	熟悉的程度			
	信号继电器的表示方法	20	熟悉的程度			
	常用信号继电器	20	熟悉的程度			
	任务实施过程记录	5	详细性			
	所遇问题与解决记录	5	成功性			
	讨论过程的表现	5	遵守上课纪律、态度			
协调合作，成果展示		15	小组成员的参与积极性、成果展示的效果			
成绩						
总成绩 (根据需要按照自评、互评和教师评定做百分比计算， 以学生为主、教师为辅)						

思考与练习

- (1) 简述直流无极继电器的结构。
- (2) 简述直流无极继电器的工作原理。
- (3) 简述信号继电器的基本功能。
- (4) 信号继电器是如何分类的？
- (5) 安全型信号继电器的电气特性主要包括哪些？各有什么含义？
- (6) 简述信号继电器的定位状态。



模块

2 信号机

为保证轨道交通运输安全，满足列车及调车作业的需要，必须设置各种信号机和信号表示器，以指示列车及调车车列的运行条件。轨道交通运营管理及维护人员必须了解信号的相关知识，掌握各种信号机和信号表示器的作用、设置要求和用途等有关知识。



学习要点

- (1) 理解铁路信号的含义，了解铁路信号的分类。
- (2) 了解铁路信号的设置。
- (3) 了解固定信号的分类。
- (4) 掌握城市轨道交通正线信号机及表示器、车辆段信号机的设置及作用。
- (5) 了解城市轨道交通信号机的命名。
- (6) 掌握城市轨道交通信号的显示意义。



相关案例

××××年××月××日，××车辆段 D×信号机红灯不亮，开放调车信号时白灯也不亮。在处理故障的过程中，在机械室发现电源屏信号隔离变压器有输入无输出，更换后故障消除，但通过触摸发现变压器过热，怀疑室外有短路，故将分线盘外线甩开。到现场检查后发现 D×信号机密封不良，雨水渗入信号机，造成信号点灯变压器短路。在更换信号点灯变压器、连接好外线后，设备恢复正常。

2.1 铁路信号概述



学习目标

- (1) 理解铁路信号的含义。
- (2) 了解铁路信号的分类及设置。

- (3) 了解铁路信号机的命令。
- (4) 了解铁路信号机的设置。

2.1.1 铁路信号的分类及设置

从浅层意义上理解，铁路信号是指在铁路行车和调车作业过程中，向行车有关人员发出的指示和命令。从深层意义上分析，铁路信号不仅仅是简单的红灯、绿灯等信号显示，而是指在铁路运输系统中保证铁路运输安全、提高运输作业效率的综合自动控制系统。它包括车站控制、区间控制、列车运行控制、行车指挥控制、列车解体编组控制等。

1. 铁路信号的分类

铁路信号的分类方式很多，主要有以下几种：

1) 按用途分类

按用途分类，铁路信号分为信号机和信号表示器。

- (1) 信号机。信号机用来防护站内进路、防护区间、防护危险地点，具有严格的防护意义。
- (2) 信号表示器。信号表示器用来对行车人员传达行车或调车意图，或对信号进行某些补充说明，没有防护意义。

2) 以人识别信号的方式分类

以人识别信号的方式分类，铁路信号分为听觉信号和视觉信号。

(1) 听觉信号。听觉信号是指以声音方式提供的指示信号，如号角、口笛、机车鸣笛、响墩等。视觉信号是指以不同颜色的灯光、旗帜、标牌等提供的指示信号，如信号机、信号灯、信号旗、信号牌、信号表示器等。

(2) 视觉信号。视觉信号又以设置的位置不同分为手信号、移动信号、固定信号。手信号是指车务人员手握的信号旗、手提的信号灯等；移动信号是指在地面上临时设置的可移动的信号牌；固定信号是指设在地面或机车上固定不动的信号。平时所说的信号专指固定信号。

3) 按设置部位不同分类

按设置部位不同分类，铁路信号分为地面固定信号和机车信号。

(1) 地面固定信号。地面固定信号是指常设于固定地点的信号机或信号表示器等，防护站内进路或区间闭塞分区及道口。

(2) 机车信号。机车信号是指设在机车驾驶室内部的信号机或显示器等，复示地面信号，正逐步作为主体信号使用。

4) 按信号机的显示方式分类

按信号机的显示方式分类，铁路信号机分为色灯信号机和臂板信号机。

(1) 色灯信号机。色灯信号机，以其灯光的颜色、数目和亮灯状态来表示信号。色灯信号机按信号机构的构造又分为透镜式、组合式、LED等。目前广泛使用透镜式色灯信号机，其有高柱（进站、正线出站、通过、预告、接车进路等）和矮型〔站线出站、发车进路信号机、调车信号机（一般情况）〕两种类型，如图 2-1 和图 2-2 所示。当两条线路之间的距离不足以装设色灯信号机时，还可以采用信号托架或信号桥，如图 2-3 所示。色灯信号机的发展方向是组合式的色灯信号机。

(2) 臂板信号机。随着铁路信号技术的发展，臂板信号机已基本被淘汰。

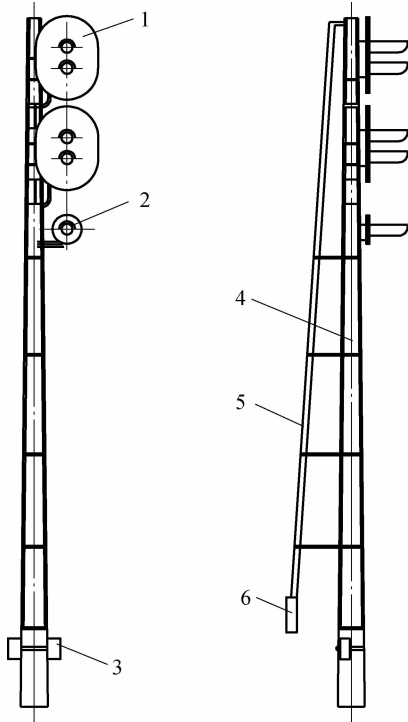


图 2-1 高柱透镜式色灯信号机
1—机构；2—引导机构；3—卡盘；
4—机柱；5—梯子；6—梯子基础

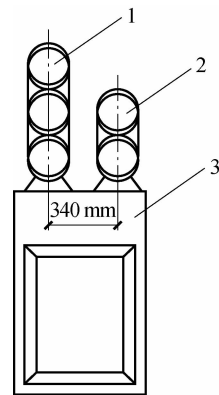


图 2-2 矮型透镜式色灯信号机
1—三显示信号机；2—二显示信号机；
3—基础

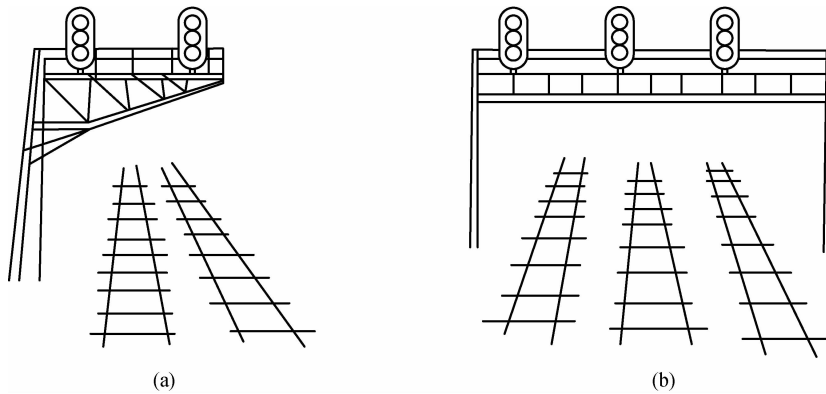


图 2-3 信号托架或信号桥
(a) 信号托架 (b) 信号桥

5) 按信号机的用途分类

按信号机的用途分类，铁路信号可分为进站、出站、通过、进路、预告、接近、遮断、驼峰、驼峰辅助、复示、调车等。其中，进站、出站、通过、进路、驼峰、调车等信号机都能独立构成信号显示；预告信号机从属于进站信号机、站间区间的通过信号机和遮断信号机；复示信号机从属于进站、进路、出站、驼峰、调车等信号机。

6) 按信号机的地位分类

按信号机的地位分类，铁路信号可分为主体信号机和从属信号机。

(1) 主体信号机。主体信号机能够独立显示信号，指示列车或调车车列运行条件。

(2) 从属信号机。从属信号机不能独立存在，而必须从属于某种信号机（如预告信号机、复式信号机）。

7) 按停车信号的显示意义分类

按停车信号的显示意义分类，铁路信号可分为绝对信号和容许信号。

(1) 绝对信号。绝对信号是指当显示停止运行的信号时，列车、调车车列必须无条件遵守的信号显示。所有站内信号机的禁止信号均显示为绝对信号。

(2) 容许信号。容许信号是指在列车信号机显示红灯、显示不明、灯光熄灭时允许列车限速通过，并随时准备停车的信号。

2. 铁路信号的基本颜色、显示与设置

与其他交通系统的信号相似，铁路信号也是以红、黄、绿三种颜色为基本颜色，但是铁路信号的显示要比其他交通系统信号的显示复杂得多，除这三种基本灯光外，信号机上还有蓝灯和月白灯灯光，信号表示器还有紫色灯光、透明白灯等。

不同颜色的灯光用不同的符号和代号来表示，各种常用灯光的符号和代号如表 2-1 所示。

表 2-1 各种常用灯光的符号和代号

灯光颜色	红色	黄色	绿色	白色	蓝色
符 号	●	⊗	○	◎	⦿
代 号	H	U	L	B	A

铁路信号灯光的基本含义是红灯表示停车，黄灯表示注意或减速运行，绿灯表示按规定速度运行。但是为了提供更加明确、具体的信号显示，铁路信号的显示意义不仅以灯光的颜色不同来区分，还以灯光的数目和不同组合来区分，有时还以稳定灯光和闪光显示的不同方式来区分。

此外，对铁路信号的显示意义还有不同的描述方式。例如，要求停车的信号被称为禁止信号，要求注意或减速运行的信号及准许按规定速度运行的信号被称为进行信号；显示禁止灯光、不允许越过的信号被称为绝对信号，而显示禁止灯光在特殊情况下允许越过的信号被称为非绝对信号（容许信号）。

我国铁路运输采用左侧行车制，因此铁路地面固定信号机一般都设置于线路左侧。在特殊情况下，需将信号机设置于线路右侧时，一般应由铁路局（公司）批准。各种信号机有着不同的防护作用，其具体位置的设置，根据用途的不同有着不同的具体规定。

综上所述，从广义上讲，铁路信号是指在铁路运输系统中保证行车安全、提高车站和区间的通过能力及编组能力的各种控制技术的总称；从狭义上讲，铁路信号是为对行车有关人员指示运行条件而规定的物理特征符号。目前，我国铁路信号主要采用色灯信号机。

2.1.2 铁路信号机的命名

1. 进站信号机的命名

进站信号机的命名规则如下：



(1) 上行用 S，下行用 X。

(2) 当在车站一端有多个方向线路接入时，在字母 S 或 X 的右下角加该信号机所属线路名的汉语拼音字头，如 X_D 。

例如，双线自动闭塞区间的反向进站信号机，在字母右下角加 F，表示反向，即 X_F 。

2. 出站信号机的命名

出站信号机的命名规则如下：

(1) 上行用 S，下行用 X，在字母右下角加上股道号，如 S_I 、 S_{II} 等。

(2) 对于线群出站信号机，应在字母右下角加所属线群的股道号，如 X_I 。

(3) 当有多个车场时，先在右下角加车场号，再在车场号后面加股道号，如 S_{II4} 。

3. 通过信号机的命名

自动闭塞区段上的通过信号机的名称以该信号机所在地点坐标的千米数和百米数来表示，下行为奇数，上行为偶数，如在 $100\text{ km}+350\text{ m}$ 处设置通过信号机，下行方向的编号为 1003，上行方向的编号为 1004。区间正线有分歧道岔的通过信号机，包括自动和非自动闭塞区间，以 T 命名，以运行方向为下标，如 T_S 、 T_X 。当有数架通过信号机并存时，再加顺序号， T_{S2} 、 T_{S4} 、 T_{X1} 、 T_{X3} （上行双数、下行单数）。

4. 预告信号机和接近信号机的命名

预告信号机和接近信号机的命名规则如下：

(1) 预告信号机的第一个字母为 Y，后面缀以主体信号机的名称，如 YXD。

(2) 接近信号机的第一个字母为 J，后面缀以主体信号机的名称，如 JX、JS。

5. 调车信号机的命名

调车信号机的命名规则如下：

(1) 调车信号机用 D 表示，在其右下角缀以顺序号。从列车到达方向顺序编号，上行用双号，下行用单号，如下行咽喉 D_1 、 D_3 等，上行咽喉 D_2 、 D_4 等。

(2) 当有若干个车场时，以百位数表示车场，如 I 场的 D_{101} 、 D_{103} 。

(3) 若同一个咽喉调车信号机超过 50 架，则超出部分的调车信号机编为 D_{1101} 、 D_{2100} ，其中千位表示车场号。

车站信号机命名举例如图 2-4 所示。

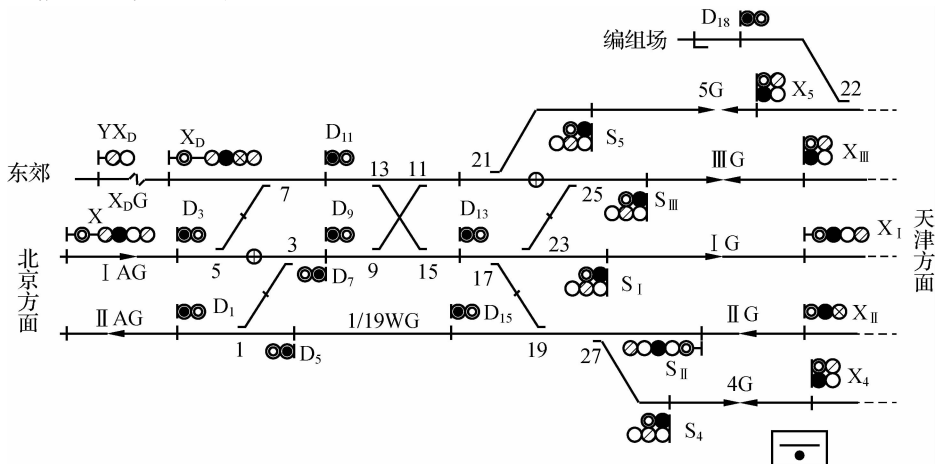


图 2-4 车站信号机命名举例

2.1.3 铁路信号机的设置

1. 进站信号机

在每一个车站接车线路的入口必须装设进站信号机。进站信号机应设在距进站最外方道岔尖轨尖端（顺向为警冲标）不小于 50 m 的地方，如因调车作业或制动距离的需要，可以向站外方向移设，但一般不得超过 400 m，进站信号机的设置如图 2-5 所示。

设置进站信号机的作用是防护车站。进站信号机是车站与区间的分界点，只有进站信号开放，才能允许列车进入站内。以进站信号机的不同显示指示列车的运行条件。并且进站信号机开放后，其他与之敌对的信号机不得开放，即与敌对的信号机发生联锁关系。

铁路车站进站信号机的灯光配列基本相同，即从上至下的灯位排列为黄、绿、红、黄、白，进站信号机的灯光配列如图 2-6 所示。

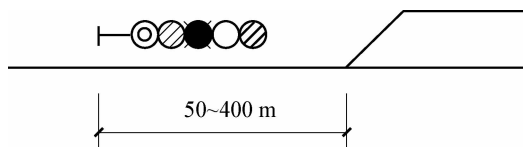


图 2-5 进站信号机的设置

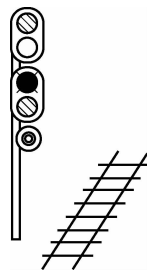


图 2-6 进站信号机的灯光配列

2. 出站信号机

在车站的正线和到发线上都应装设出站信号机。在电气集中的车站，出站信号机均兼作调车信号机，因此称其为出站兼调车信号机。出站信号机的位置设置依据其内方道岔的方向确定，大多数出站信号机的内方为顺向道岔，在两线路中间且距离两线路中心不小于 2 m 的位置设置警冲标。出站信号机应设在每一发车线的警冲标的内方，距警冲标 3.5~4.0 m，出站信号机的设置如图 2-7 所示。

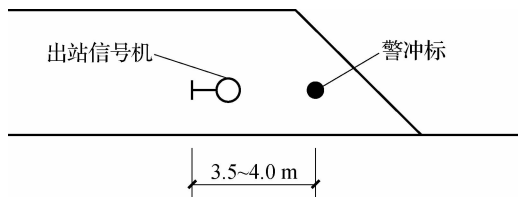


图 2-7 出站信号机的设置

若股道的出站信号机内方的第一个道岔为对向道岔，则出站信号机应设在对向道岔尖轨尖端外方对应的基本轨轨缝的位置。

出站信号机的作用就是防护发车进路和区间，同时指示列车在站内的停车位置，即机车的最凸出部分不准超过未开放的出站信号机。出站信号机的允许灯光显示作为列车占用区间的凭证，同时指示列车的运行条件。出站信号机开放后，其他与之敌对的信号机不得



开放，即与敌对信号机发生联锁关系。

出站信号机的灯位配置、排列及显示，不仅与车站的联锁制式有关，还与区间的闭塞方式有关。

3. 通过信号机

在自动闭塞区段，将区间划分成若干个小段，每一小段称为一个闭塞分区。在每一闭塞分区的入口处设置一架通过信号机，用以防护闭塞分区。在高速铁路自动闭塞区间，由于列车运行速度高，人工辨认地面信号显示已非常困难，因此取消了区间地面通过信号机，而改由列车控制系统自动控制列车的运行。

半自动闭塞区间很少设置通过信号机，在少数站间距离太长的区间中间设有线路所，在线路所对应的位置上设置通过信号机，用以防护所间区间。

在自动闭塞区段区间，通过信号机的灯光显示可以随着列车的运行自动变换，三显示和四显示区间列车位置与通过信号机的关系如图 2-8 所示。

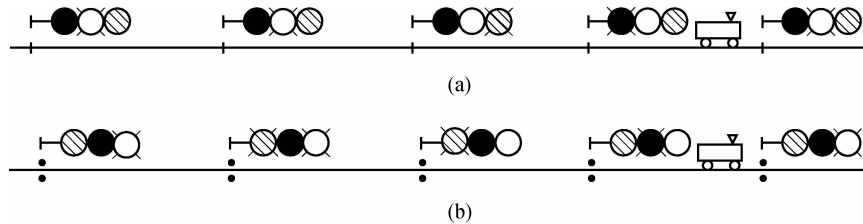


图 2-8 三显示和四显示区间列车位置与通过信号机的关系

(a) 三显示自动闭塞通过信号机显示 (b) 四显示自动闭塞通过信号机显示

进站信号机、出站信号机、通过信号机的设置举例如图 2-9 所示。

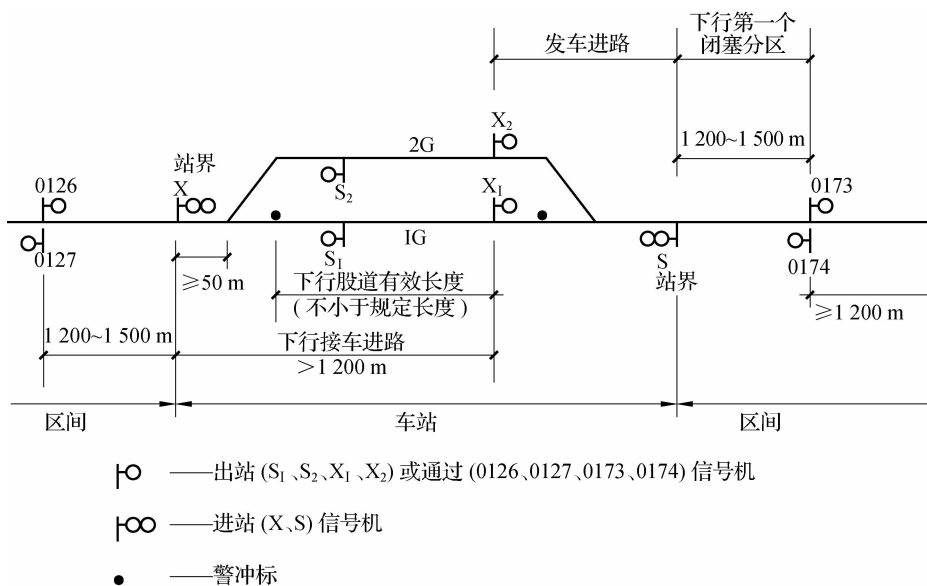


图 2-9 进站信号机、出站信号机、通过信号机的设置举例

4. 进路信号机

对于规模较大的区段站或编组站，一个车站将由多个车场组成。在有多个车场的车站，为使列车由一个车场开往另一个车场，应装设进路信号机。进路信号机的作用就是防护转场进路。进路信号机的设置如图 2-10 所示，在车场入口处设置的列车信号机与进站信号机相似（ X_L ），称为接车进路信号机，用以指示列车进入车场的运行条件；在车场股道端部设置的列车信号机与出站信号机相似（ $X_{I1} \sim X_{I3}$ ），称为发车进路信号机，用以指示列车运行到下一列车信号机。

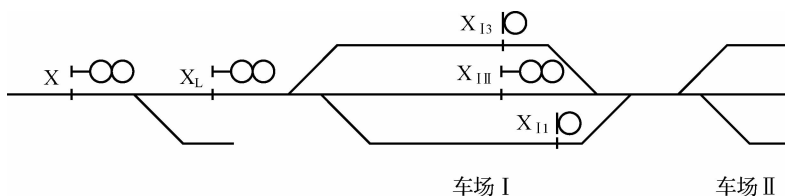


图 2-10 进路信号机的设置

当两个车场距离较近时，可不设接车进路信号机，而用前一车场的发车进路信号机指示列车进入下一车场的运行条件，即一架进路信号机兼有接车和发车两种指示功能，该进路信号机称为接发车进路信号机。

5. 遮断信号机

为了防止紧急情况突发时列车进入危险地点，在有人看守的铁路与公路平面交叉的道口应装设遮断信号机；在有人看守的桥隧建筑物及可能危及行车安全的塌方落石地点，应根据需要装设遮断信号机。遮断信号机距离防护地点不得小于 50 m。

6. 预告色灯信号机

预告信号机的作用就是预告主体信号机的显示。中国铁路总公司发布的《铁路技术管理规程》（TG/01—2014）的条文中对预告信号机的设置要求如下：

(1) 半自动闭塞区段、自动站间闭塞区段，进站信号机为色灯信号机时，应设色灯预告信号机或接近信号机。

(2) 遮断信号机和半自动闭塞区段、自动站间闭塞区段线路所通过信号机，应装设预告信号机。

(3) 列车运行速度不超过 120 km/h 的区段，预告信号机与其主体信号机的安装距离不得小于 800 m；当预告信号机的显示距离不足 400 m 时，其安装距离不得小于 1 000 m。

进站预告信号机的设置如图 2-11 所示。

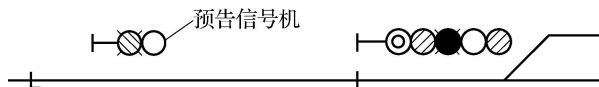


图 2-11 进站预告信号机的设置



7. 接近信号机

接近信号机的作用与进站预告信号机相同。对于半自动闭塞区段、自动站间闭塞区段进站信号机外方接近区段和接近信号机的设置,《铁路技术管理规程》条文要求:列车运行速度超过 120 km/h 的区段,应设置两段接近区段,在第一接近区段和第二接近区段的分界处设接近信号机,在第一接近区段入口 100 m 处设置机车信号接通标。

接近信号机的设置如图 2-12 所示。

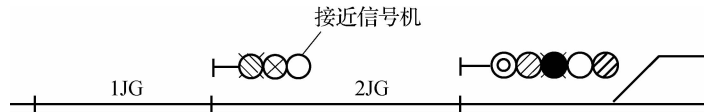


图 2-12 接近信号机的设置

8. 调车信号机

调车信号机的作用是防护调车进路,指示调车作业。设置调车信号机的目的是满足站内调车作业的需要。一般规模较小的中间站设置的调车信号机不多,而在规模较大的中间站、区段站、编组站设置的调车信号机的数量很多。除各正线、到发线的出站信号机兼作调车信号机外,与车站集中区连接的岔线及咽喉区中间均设有调车信号机。

1) 调车信号机的分类

(1) 按作用分类。按作用分类,调车信号机有如下几种:

① 起始调车信号机。为了防护车站集中区,在牵出线、编组线、专用线、停车线、货物线等各种线路与车站集中区连接线路的入口处均应设置调车信号机(如 D_2 、 D_{18} 等),以防止非集中区的列车未经车站允许而进入集中区。

② 折返调车信号机。为了满足站内车列转线等折返调车作业的需要,在咽喉区的适当地点应设置调车信号机。例如,对于举例站场, D_{13} 信号机是为了满足 I 股道与 II 股道或 I 股道与 III 股道之间转线作业需要而设置的, D_{11} 信号机是为了满足 III 股道与 5 股道转线作业的需要而设置的。这类车站咽喉区中的调车信号机最多,在此就不一一列举了。

③ 阻拦调车信号机。为增加车站咽喉区的平行作业,提高咽喉区的作业效率,或者为了缩短牵出调车车列的走行距离,应在咽喉区的适当地点设置起阻拦作用的调车信号机。例如,对于举例站场, D_7 信号机就是在 I 股道与 II 股道转线作业时阻拦牵出的列车,以保证该调车作业时,可进行经 5/7 道岔反位的列车或调车作业; D_5 信号机就是在 II 股道与 4 股道转线作业时阻拦牵出的列车,以保证该调车作业时,可进行经 1/3 道岔反位的进路的列车或调车作业。

在较大的车站咽喉区,调车信号机的设置很复杂,一般是先设置起始调车信号机,再设置折返调车信号机,最后设置阻拦调车信号机。除起始调车信号机外,其他信号机的设置很灵活,一般由电务部门与运输部门共同协商,在既满足车站调车作业的需要,又不会造成不必要的设备投资的前提下,确定调车信号机的设置方案。

实际上,调车信号机的作用并不是唯一的,同一架调车信号机有时起折返信号机的作用,有时又起阻拦作用。

(2) 按设置位置的特点进行分类。为了便于设计和学习,一般将调车信号机按照设置位置的特点进行如下分类:

① 尽头调车信号机。尽头调车信号机是指设在尽头线或岔线入口的调车信号机(如 D_2 、 D_{18} 等),该信号机的前方没有本咽喉的其他信号机或道岔。

② 单置调车信号机。单置调车信号机是指设在咽喉区岔群中间、单个设置的调车信号机,如 D_{11} 、 D_{13} 、 D_8 、 D_{16} 等。

③ 并置调车信号机。并置调车信号机是指在咽喉区岔群中间同一坐标线路两侧成对设置的两架方向相反的调车信号机,如 D_7 与 D_9 、 D_{10} 与 D_{12} 等。

④ 差置调车信号机。差置调车信号机是指成对设置在咽喉区中间一个无岔区段两端线路两侧不同坐标上的两架方向相反的调车信号机(如 D_5 与 D_{15} 、 D_4 与 D_{14} 等),即无岔区段夹在两差置调车信号机之间。

需要指出的是,设在进站信号机内方与进站信号机只隔一个无岔区段的调车信号机,如 D_1 、 D_3 、 D_6 等不属于尽头调车信号机,它是进站信号机的附属调车信号机,与进站信号机统称为列车兼调车信号机。

2) 调车信号机的显示信号

调车信号机显示下列信号:

(1) 一个月白色灯光,表示准许越过该信号机调车。

(2) 一个月白色闪光灯光,表示当装有平面溜放调车区集中联锁设备时,准许溜放调车。

(3) 一个蓝色灯光,表示不准越过该信号机调车。

一般的车站,没有平面溜放作业,调车信号没有白灯闪光显示,只有白灯和蓝灯显示。

3) 调车信号机的设置

调车信号机的灯位配置很简单,大多数调车信号机都只采用一个白灯、一个蓝灯的矮型双灯机构。

不办理闭塞的站内岔线,在岔线入口处设置的调车信号机可采用高柱信号机,并用红色灯光代替蓝色灯光。

在尽头式到发线上设置的起阻挡列车运行作用的调车信号机,应采用矮型三显示机构,并用红色灯光代替蓝色灯光。当该信号机的红色灯光熄灭、显示不明或显示不正确时,应视为列车的停车信号。

9. 复示信号机

复示信号机的作用是复示主体信号机的显示。各种信号机必须达到规定的显示距离时才能满足作业需要,但是由于受到地形和地物的影响,有时信号的显示距离达不到要求,此时就需要在主体信号机前方的适当位置设置复示信号机。



2.2 城市轨道交通信号机



学习目标

- (1) 了解城市轨道交通信号机的设置原则。
- (2) 掌握城市轨道交通正线信号机及表示器、车辆段信号机的设置及作用。
- (3) 了解城市轨道交通信号机的命名。
- (4) 掌握城市轨道交通信号机的显示意义。

信号是保证行车安全的设备，是指示列车及调车作业的命令，行车有关人员必须熟知信号的显示方式，按照信号显示要求进行行车及调车作业。

城市轨道交通地面采用的色灯信号机在结构上与铁路信号机基本相同，但在设置原则和显示意义方面与铁路信号机有一定的区别，对于信号机的显示距离也有自己的规定，除了车辆段和有道岔的正线车站外，其他地方一般不设置地面信号机。

城市轨道交通的自动化程度比较高，一般采用地面信号显示与车载信号系统相结合、以车载信号系统为主的运行方式。列车的运行速度不取决于地面信号机的显示，地面信号只起辅助作用。

2.2.1 城市轨道交通信号机的设置原则

1. 设置于列车运行方向的右侧

城市轨道交通采用右侧行车制，不论是正线还是车辆段，地面信号机均应设置于列车运行方向的右侧。地面信号机的地下部分一般安装在隧道壁上，对于特殊情况，可以设置在列车运行方向的左侧或其他位置。

2. 不得侵入设备限界

信号机的安装位置应符合《地铁限界标准》(CJJ 96—2003)的要求，信号机不得侵入设备限界，因为设备限界是用以限制设备安装的控制线。

2.2.2 正线信号机及表示器的设置及作用

1. 防护信号机

设置：在正线道岔前和岔后的适当地点。

作用：防护正线上的道岔。

2. 出站信号机

设置：发车线路端部（车站出口）。

作用：防护区间，指示列车能否由车站进入区间。

3. 道岔防护兼出站信号机

设置：位于发车线路端部（车站出口）的道岔岔前和岔后的适当地点。

作用：防护正线道岔和区间。

4. 阻挡信号机

设置：线路终点。

作用：阻挡列车。

5. 发车表示器

设置：在正向出站方向站台一侧，列车停车位置前方的适当地点。

作用：向驾驶员表示能否关闭车门及发车的时间。

2.2.3 车辆段信号机的设置及作用

1. 进段（场）信号机

设置：车辆段（场）的入口处。

作用：指示列车从正线进段（场）。

2. 出段（场）信号机

设置：车辆段（场）的出口处。

作用：防护正线，指示列车从段（场）进入正线。

3. 调车信号机

设置：车辆段（内）。

作用：指示调车作业。

2.2.4 城市轨道交通信号机的命名

1. 正线信号机的命名

1) 命名规则

正线信号机以 S 或 X 开头，上行方向编 S，下行方向编 X；编号由四位数字组成，前两位为车站编号，后两位为信号机号码，上行咽喉编双号，下行咽喉编单号，相对车站中心自远而近由小到大编号。

2) 命名举例

例如，S0402，其中，S 代表该设备为正线信号机，并且该信号机的开放朝向为上行方向，“04”代表车站的编号，“02”代表其所在车站内信号机的号码，表明该信号机在该车站的上行咽喉。

2. 车辆段信号机的命名

车辆段的进段、出段信号机用上行或下行（S、X 和 J、C）表示。

调车信号机冠以字母 D，下缀编号，下行咽喉为单号，上行咽喉为双号，从段外向段内顺序编号。



2.2.5 城市轨道交通信号的显示

1. 正线信号的显示

地面信号机的显示由主显示（红、绿和黄）和辅助显示（蓝色）组成。其中，主显示用于非 CBTC 列车（故障的 CBTC 列车或是没有装备车载设备的列车），辅助显示用于 CBTC 列车（装备有全套车载设备并在 CBTC 控制模式下的列车）。对于使用主显示的非 CBTC 列车，当接近地面信号机时，区域控制器发出一个安全的信息给联锁，让信号机不显示蓝灯。辅助显示（蓝灯）对于非 CBTC 列车为禁止信号。

1) 道岔防护信号机

每个道岔防护信号机都有四个 LED 灯位。这些 LED 信号有以下五种显示方式：

(1) 绿灯。绿灯表示进路排列至下一架信号机，进路中的所有道岔都在直向且电锁闭，允许列车在线路限速条件下运行。

(2) 黄灯。黄灯表示进路开放至下一架信号机，进路上至少有一个道岔在侧向且电锁闭，允许列车在道岔开通方向按规定的限速条件运行。

(3) 黄灯+红灯。黄灯+红灯表示引导信号，引导运行限速为 25 km/h，并随时准备停车。此时，列车的安全完全由人工保证。

(4) 红灯。红灯表示绝对停止信号，不允许列车越过此信号显示。

(5) 蓝灯。蓝灯表示 CBTC 列车可越过该架信号机，非 CBTC 列车不允许越过该架信号机。

2) 出站信号机

每个出站信号机都有三个 LED 灯位，出站信号机位于站台终端。出站信号机有以下三种显示方式：

(1) 绿灯。绿灯表示进路排列至下一架信号机，进路中的所有道岔都在直向且电锁闭，允许列车在线路限速条件下运行。

(2) 红灯。红灯表示绝对停止信号，不允许列车越过此信号显示。

(3) 蓝灯。蓝灯表示 CBTC 列车可以越过该架信号机，非 CBTC 列车不允许越过该架信号机。

3) 道岔防护兼出站信号机

每个道岔防护兼出站信号机都有四个 LED 灯位，这些 LED 信号的显示方式同道岔防护信号机。

4) 阻挡信号机

阻挡信号机位于线路上的折返位置。其有以下三种显示方式：

(1) 绿灯。绿灯表示进路排列至下一架信号机。

(2) 红灯。红灯表示绝对停止信号，不允许列车越过此信号显示。

(3) 蓝灯。蓝灯表示 CBTC 列车可以越过该架信号机，非 CBTC 列车不允许越过该架信号机。

5) 终端信号机

终端信号机设置在线路的终端。每个终端信号机有一个红灯显示。所有列车在此信号机前方必须停车，对接近的 CBTC 列车不灭灯。

2. 正线信号显示的基本原则

非 CBTC 列车按照地面信号机的显示行车。如果仅有 CBTC 列车在一段区域运行，那么位于这两个 CBTC 列车间的信号机均为蓝灯。当 CBTC 列车与非 CBTC 列车混跑时，非 CBTC 列车的地面信号机为点灯（除蓝灯），CBTC 列车的地面信号机为蓝灯。

所有 CBTC 列车前方要接近的信号机均为蓝灯，所有非 CBTC 列车前方要接近的信号机均为点灯（除蓝灯）。对于蓝灯的信号机，非 CBTC 列车不允许越过此架信号机。

3. 车场信号的显示

1) 进段信号机

绿灯表示允许进段，红灯表示禁止列车越过该架信号机，黄灯+红灯表示引导进段。

2) 三显示列车阻挡兼调车信号机（绿灯封闭）

红灯表示禁止越过该架信号机，月白灯表示允许调车。

3) 二显示调车信号机

红灯表示禁止调车或越过该架信号机，月白灯表示允许调车。

4. 信号的显示距离

各种地面信号机及表示器的显示距离应符合下列规定：

- (1) 行车信号和道岔防护信号应不小于 400 m。
- (2) 调车信号和道岔状态表示器应不小于 200 m。
- (3) 引导信号和道岔状态表示器以外的各种表示器应不小于 100 m。
- (4) 各种地面信号机及表示器的显示距离为无遮挡条件下的最小显示距离。

实训任务

任务描述

- (1) 对信号机有一个清晰的认识和了解。
- (2) 学生分组讨论学习计划。
- (3) 分组学习铁路信号的基础知识、城市轨道交通信号机的知识。
- (4) 各组将学习成果进行交流并汇报。
- (5) 对学生的学习情况进行评价。

任务准备

- (1) 多媒体教室或轨道交通通信与信号车间现场，学生人数根据场地和需要确定。
- (2) 教学用的 PPT、视频及相关教学引导资料。
- (3) 考评所需的记录表、评价表。

**任务考评**

将考评结果填入表 2-2。

表 2-2 模块 2 任务实施过程考评表

考评项目		配分	要 求	学生自评	小组互评	教师评定
知识准备	基础知识回顾、 制订学习计划	5	熟悉的程度			
任务组成	铁路信号的概念	10	熟悉的程度			
	铁路信号的分类及 铁路信号机的设置	15	熟悉的程度			
	信号机的命名及设置原则	15	熟悉的程度			
	正线信号机和车辆段 信号机的设置及作用	15	掌握的程度			
	信号显示及信号的显示距离	10	熟悉的程度			
	任务实施过程记录	5	详细性			
	所遇问题与解决记录	5	成功性			
讨论过程的表现	5	遵守上课纪律、 态度端正				
协调合作，成果展示	15	小组成员的参与积极 性、成果展示的效果				
成绩						
总成绩 (根据需要按照自评、互评和教师评定做百分比计算， 以学生为主、教师为辅)						

思考与练习

- (1) 简述铁路信号的含义。
- (2) 简述铁路信号的分类。
- (3) 简述铁路信号系统中进站、出站、调车信号机的设置及命名。
- (4) 简述城市轨道交通正线信号机及表示器的设置及作用。
- (5) 简述城市轨道交通车辆段信号机的设置及作用。
- (6) 城市轨道交通正线信号机是如何命名的？
- (7) 城市轨道交通车辆段信号机是如何命名的？
- (8) 简述城市轨道交通正线信号机的显示意义。
- (9) 简述城市轨道交通车辆段信号机的显示意义。



模块

3 道岔转辙设备

道岔转辙设备是保证列车或调车车列在站内安全运行的重要基础设备。轨道交通运营管理及维护人员必须了解道岔转辙设备的相关知识，熟练掌握转辙设备的结构和动作原理。



学习要点

- (1) 掌握道岔的基础知识。
- (2) 掌握转辙机的作用、分类和设置。
- (3) 了解 ZD6 系列电动转辙机的结构及各部件作用。
- (4) 掌握 ZD6 系列电动转辙机的动作过程。
- (5) 掌握 ZD6 系列电动转辙机的安装方式。
- (6) 理解道岔的锁闭方式。



相关案例

××××年××月××日，某车辆段内 9 号道岔由定位向反位操纵时，发生挤岔报警故障，控制台的电流表显示电流值并未归零；而向定位操纵时，一切正常。经信号维修人员的分析，故障的发生是由于 9 号道岔处的反位尖轨与基本轨之间夹雪，经清扫后，故障消除。

3.1 道岔转辙设备概述



学习目标

- (1) 掌握道岔的基础知识。
- (2) 掌握转辙机的作用、分类和设置。
- (3) 了解转辙机的外部转辙装置。

3.1.1 道岔的基础知识

道岔是把一条轨道分支为两条或两条以上的轨道，使列车车辆由一条线路转往另一条线路的基本设置。常用的道岔分为单开道岔、对称道岔和交分道岔。

道岔转辙设备是转换和锁闭道岔位置的设备，包括转辙机及其外部转辙装置、转换锁闭器、道岔监督与监测设备等。其中，转辙机是道岔转辙系统的核心和主体，外部转辙装置包括各类杆件、安装装置和外锁闭装置（外锁闭道岔），转换锁闭器是电动液压转辙机的配套设备，道岔监督与监测设备是保证列车及调车车列安全的附加设备，它们共同完成道岔的转换、锁闭和位置监督的功能。

1. 道岔的组成

下面以单开道岔为例，对道岔的组成进行说明。单开道岔指的是主线为直线、侧线向主线的左侧或右侧分支的道岔。站在道岔前端面向尖轨，侧线向左分支的道岔称为左开道岔，侧线向右分支的道岔称为右开道岔。单开道岔包括转辙器、连接部分、辙叉及护轨，单开道岔的组成如图 3-1 所示。

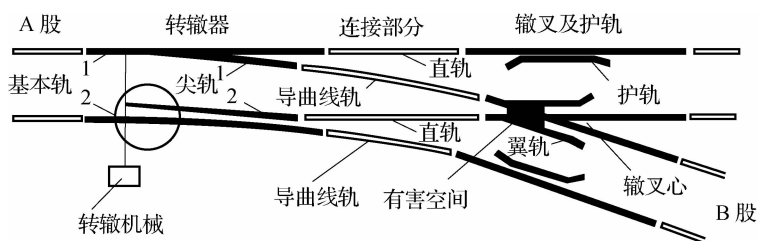


图 3-1 单开道岔的组成

1) 转辙器

转辙器由两根尖轨、两根基本轨和转辙机械组成。

2) 连接部分

连接部分包括两根导曲线轨和两根直轨。列车侧向过岔的速度要受到严格的限制。

3) 辙叉及护轨

辙叉及护轨包括翼轨、护轨及辙叉心。其作用是保证车轮安全通过两条钢轨的交叉处。

辙叉的有害空间是指从两根翼轨的最窄处到辙叉心实际尖端之间存在的一段轨线中断的空隙。当机车车辆通过辙叉有害空间时，轮缘有走错辙叉槽而引起脱轨的可能。因此，必须设置护轨以强制引导车轮的运行方向，保证车轮安全过岔。

道岔上的有害空间是限制列车过岔速度的一个重要因素。为消除有害空间，减轻车轮对翼轨和辙叉心轨的冲击，适应列车的高速运行，人们研制了各种可动心轨。可动心轨辙叉的心轨与道岔尖轨是联动的，当尖轨开通某一方向时，可动心轨的辙叉心就与开通方向一致的翼轨密贴，与另一翼轨分开，从而消除有害空间。

2. 道岔的辙叉号

辙叉心所形成的角叫作辙叉角 α 。道岔号数 N 是代表道岔各部主要尺寸的，习惯上用辙叉角的余切表示，即

$$N = \cot \alpha = FB/AB \quad (3-1)$$

式中， N 为道岔号数， FB 为辙叉根端长， AB 为辙叉跟端支距。

道岔号数的计算图示如图3-2所示。

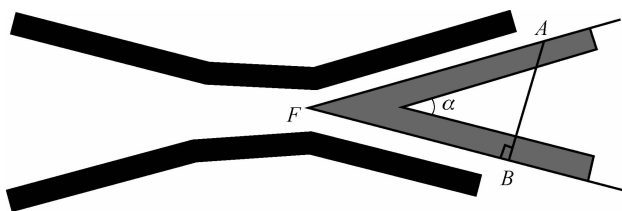


图3-2 道岔号数的计算图示

道岔号数与辙叉角成反比关系，即 α 越小， N 越大，导曲线半径也越大，列车侧线通过道岔时越平稳，允许的侧线过岔速度也就越高。所以，采用大号码道岔对列车运行是有利的。

现场检测道岔号数的最简单方法是脚量法，即先在辙叉心轨顶面上找出一脚长的宽度处，然后由此向前量至辙叉理论尖端处有几脚长度，就是几号道岔。

3. 道岔的位置

道岔是两条线路汇合处的转辙线路，道岔的位置是指道岔的尖轨与基本轨密贴后道岔所开通的线路状态。当道岔密贴后，岔前基本轨与直股线路开通，称道岔开通直向位置；当道岔密贴后，岔前基本轨与弯股线路开通，称道岔开通侧向位置。

为了便于完成与道岔有关的设计和检查，对道岔的定位和反位进行了规定。

道岔定位是指根据车站线路的布置和作业安全的要求对道岔规定的参考位置。道岔反位是指与定位位置相反的另一密贴位置。如果道岔以直向开通为定位，则侧向开通即为反位。

无论道岔在定位还是在反位，尖轨和基本轨之间都必须满足道岔的密贴标准。检查道岔密贴时，应在对应道岔第一连接杆处用厚度为4 mm、宽度为20 mm的检查锤或钢板夹在尖轨与基本轨之间，这时道岔不应该锁闭。

如果道岔既未开通直向线路也未开通侧向线路，也就是既不在定位也不在反位，或者不满足密贴标准，则称该道岔为四开状态。因此，道岔不仅仅有定位和反位两个位置，还可能有非正常的第三个无表示的位置——四开。

4. 对向道岔与顺向道岔

道岔的尖轨尖端叫作岔尖。当列车迎着岔尖运行时，这组道岔叫作对向道岔。对向道岔决定列车的去向，如果位置不对，将使列车进入异线，造成列车冲突，后果非常严重。当列车顺着岔尖运行时，这组道岔叫作顺向道岔。顺向道岔虽然不决定列车的去向，但如果位置不对，也将造成道岔挤岔，甚至有发生列车颠覆的危险。



3.1.2 转辙机

1. 转辙机的作用

转辙机的作用有以下几点:

- (1) 转换道岔的位置, 根据值班员的意图将道岔转换至规定位置(定位或反位)。
- (2) 道岔转换到规定位置且密贴后, 实现机械锁闭, 防止外力转换道岔。
- (3) 正确地反映道岔的实际位置, 道岔的尖轨密贴于基本轨后(可动心轨道岔的心轨和翼轨密贴), 给出相应的表示。
- (4) 道岔被挤或因故处于四开(两侧尖轨均不密贴)位置时, 转辙机将及时做出切断表示并发出报警。

2. 转辙机的分类

(1) 按供电电源的种类分类, 转辙机可分为直流转辙机和交流转辙机。

直流转辙机的工作电源为直流电, 它采用直流电动机。ZD6 系列电动转辙机、ZD9 型电动转辙机、ZY 系列电液转辙机和 ZK 系列电空转辙机均属于直流转辙机, 其中, 前三种转辙机由直流 220 V 供电, 电空转辙机则由 24 V 直流电供电。直流电动机中的换向器和电刷较易损坏, 故障率较高。因此, 目前无刷直流电机已经开始在直流转辙机上进行试用, 如果可以推广使用, 则将克服上述问题。

交流转辙机采用三相交流电源或单相交流电源, 以三相异步电动机或单相异步电动机(现大多采用三相异步电动机)作为动力。目前推广的提速道岔用的 S700K 型电动转辙机、ZY(J)7 型电液转辙机和 ZD(J)9 型电动转辙机均为交流转辙机。交流转辙机采用交流电动机, 不存在换向器和电刷, 因此故障率低, 而且单芯电缆的控制距离也比较远。

(2) 按动作能源和传动方式分类, 转辙机可分为电动转辙机、电动液压转辙机和电空转辙机。

电动转辙机由电动机提供动力, 采用机械传动的方式。多数转辙机都是电动转辙机, 包括我国铁路上使用的 ZD6 系列转辙机、S700K 型电动转辙机和 ZD(J)9 型电动转辙机。

电动液压转辙机简称电液转辙机, 由电动机提供动力, 采用液力传动的方式。ZY(J)系列转辙机即为电液转辙机。

电空转辙机以压缩空气作为动力, 由电磁换向阀控制。ZK 系列转辙机即为电空转辙机。

(3) 按动作速度分类, 转辙机分为普通动作转辙机和快动转辙机。

绝大多数转辙机转换道岔的时间都在 3.8 s 以上, 属于普通动作转辙机。ZD7 型和 ZK 系列电空转辙机转换道岔的时间在 0.8 s 以下, 属于快动转辙机。快动转辙机主要用于驼峰调车场(在驼峰上进行列车解体的调车作业地点), 以满足分路道岔快速转换的要求。

(4) 按锁闭道岔的方式分类, 转辙机可分为内锁闭转辙机和外锁闭转辙机。

内锁闭转辙机依靠转辙机内部的锁闭装置锁闭道岔尖轨, 是间接锁闭的方式。ZD6 系列转辙机采用内锁闭方式。采用内锁闭方式锁闭道岔, 锁闭力量小, 列车运行对转辙机的冲击较大, 速度较高时容易造成锁闭失灵, 因此只在非提速区段道岔或提速区段侧线道岔

使用。

外锁闭转辙机虽然内部也有锁闭装置，但对道岔的直接锁闭主要依靠转辙机外的外锁闭装置。将密贴尖轨直接锁于基本轨上，斥离尖轨锁于固定位置，是直接锁闭的方式。用于提速道岔的 S700K 型电动转辙机、ZYJ7 型电液转辙机（包括 SH6 型转换锁闭器）和 ZD(J)9 型电动转辙机均采用外锁闭方式。采用外锁闭方式锁闭可靠，列车对转辙机几乎无冲击。

(5) 按是否可挤分类，转辙机分为可挤型转辙机和不可挤型转辙机。

可挤型转辙机内设挤岔保护（挤切或挤脱）装置，当道岔被挤时，动作杆能够脱离机械联系，从而保护整机不被损坏。不可挤型转辙机内不设挤岔保护装置，当道岔被挤时，易挤坏动作杆与整机连接结构。电动转辙机和电液转辙机都有可挤型和不可挤型。

3. 转辙机的设置

城市轨道交通线路常用的标准道岔有 7 号、9 号、12 号。正线及折返线上统一采用 9 号道岔。7 号道岔一般在车辆段或停车场使用，12 号道岔在一些重要的折返线、渡线或联络线等线路使用。

3.1.3 外部转辙装置

1. ZD6 系列转辙机的外部转辙装置

ZD6 系列转辙机的外部转辙装置主要包括密贴调整杆和表示调整杆组成。密贴调整杆一端通过立式杆架与道岔的第一连接杆相连，另一端通过螺栓与电动转辙机的动作杆相连。动作杆通过密贴调整杆、道岔第一连接杆带动道岔尖轨进行转换并实现密贴。通过调整密贴调整杆上的轴套可调整道岔尖轨的密贴。表示调整杆的一端通过舌铁与道岔尖端杆相连，另一端通过螺栓与转辙机的表示杆连接。通过调整道岔尖端杆上螺栓的位置，可以调整道岔的主表示缺口。

2. 外锁闭装置

提速道岔转辙系统的外部转辙装置均采用外锁闭装置。目前，外锁闭装置有钩式和 HRS 锁闭装置两种，早期的燕尾式外锁闭装置已基本被淘汰。钩式外锁闭装置采用垂直锁闭方式，锁闭可靠，安装、调整方便。目前，绝大多数提速道岔各牵引点都采用钩式外锁闭装置，只有在高速铁路和客运专线部分道岔上采用 HRS 锁闭装置。

3.2 ZD6 系列电动转辙机

学习目标

- (1) 了解 ZD6 系列电动转辙机的结构及各部件作用。
- (2) 掌握 ZD6 系列电动转辙机的动作过程。
- (3) 掌握 ZD6 系列电动转辙机的安装方式。

3.2.1 ZD6 系列电动转辙机概述

1. ZD6 系列电动转辙机的特点

ZD6 系列电动转辙机的特点如下：

(1) ZD6 系列电动转辙机采用直流串激可逆电动机，额定电压为 160 V，具有过载能力强，在额定转矩 1.8 倍的情况下能够安全使用的特点。

(2) ZD6 系列电动转辙机所用的减速器为两级减速封闭式减速器，第一级为外啮合齿轮传动，第二级为一齿差行星内啮合齿轮传动，总传动比大，机械转矩大。

(3) ZD6 系列电动转辙机所用的自动开闭器是整体式结构，可以独立拆卸而不影响其他部分。

(4) ZD6 系列电动转辙机所用的动作杆、表示杆均采用镀铬工艺，耐磨性能得到了大大提高。

(5) ZD6 系列电动转辙机所用表示杆采用了新型加强式表示杆，此种表示杆不但可以提高整体强度，而且可以消除滑扣和主、副表示杆脱开失控的现象。

2. ZD6 系列电动转辙机的型号及主要技术参数

ZD6 系列电动转辙机的型号用 ZD6-××/×来表示。其中，Z 表示转辙机，D 表示电动，6 表示设计序号，第一个×表示派生顺序号，第二个×表示动作杆动程，第三个×表示转辙机的额定转换力。

ZD6 系列电动转辙机的型号及主要技术参数如表 3-1 所示。

表 3-1 ZD6 系列电动转辙机的型号及主要技术参数

型 号	额定电压 /V	额定转换力 /N	动作杆动程 /mm	表示杆动程 /mm	转换时间 /s	工作电流 /A	动作杆主副销抗挤切力 /N	表示杆销抗挤切力 /N
ZD6-A165/250	160	2 450	1 650 ⁺²	135~185	≤3.8	≤2.0	主副 29 420 ±1 961	
ZD6-D165/350	160	3 430	1 650 ⁺²	135~185	≤5.5	≤2.0	主副 29 420 ±1 961	14 700~ 17 600
ZD6-E190/600	160	5 884	1 900 ⁺²	140~190	≤9	≤2.0	主 49 000±1 961 副 ≥88 260	设固定检查缺口 ≥20 000
ZD6-F130/450	160	4 410	1 300 ⁺²	80~130	≤6.5	≤2.0	主 29 420±1 961 副 49 000±1 961	14 700~ 17 600
ZD6-G165/600	160	5 884	1 650 ⁺²	135~185	≤9	≤2.0	主 29 420±1 961 副 49 000±1 961	14 700~ 17 600

(续表)

型 号	额定电压 /V	额定转换力 /N	动作杆动程 /mm	表示杆动程 /mm	转换时间 /s	工作电流 /A	动作杆主副销抗挤切力 /N	表示杆销抗挤切力 /N
ZD6-H165/350	160	3 430	1 650 ⁺²	80~130	≤5.5	≤2.0	主副 29 420±1 961	
ZD6-J165/600	160	5 884	1 650 ⁺²	50~130	≤9	≤2.0	主副 29 420±1 961	
ZD6-K190/350	160	3 430	1 900 ⁺²	80~130	≤7.5	≤2.0	主 29 420±1 961 副 49 000±1 961	

3.2.2 ZD6 系列电动转辙机的结构

ZD6 系列电动转辙机的结构如图 3-3 所示，ZD6 系列电动转辙机主要由电动机、减速器、摩擦联结器、主轴、锁闭齿轮和齿条块、动作杆、自动开闭器、表示杆（或锁闭杆）、移位接触器、遮断开关（安全接点）等组成。

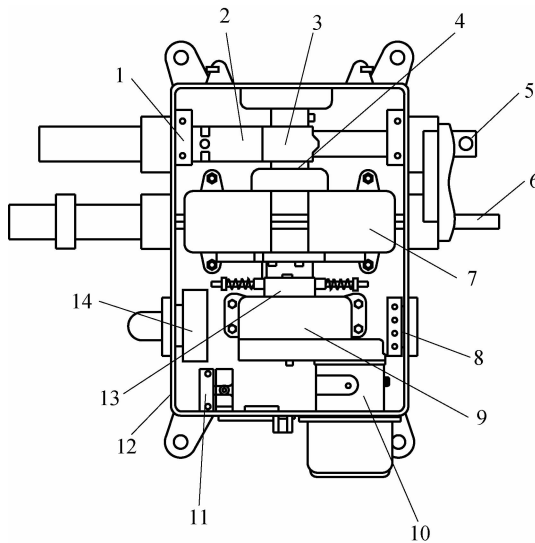


图 3-3 ZD6 系列电动转辙机的结构

- 1—移位接触器；2—齿条块；3—锁闭齿轮；4—主轴；5—动作杆；6—表示杆；
7—自动开闭器；8—电机接线端子；9—减速器；10—电动机；
11—遮断开关；12—底壳；13—摩擦联结器；14—插接器

1. 电动机

ZD6 系列转辙机目前基本采用 DZG 电动机，属于直流电动机，它为短时、直流、串激、可逆电机。DZG 电动机主要由定子绕组（简称定子）、转子绕组（简称转子）、换向器、电刷、外壳等组成。

电动机能够将电能转换为机械能，它为电动转辙机提供动力，给电机通电，使电机旋转，从而带动其他部件动作，最终使道岔转换。



直流电动机的正转和反转可通过改变定子或转子的电流方向来实现。为配合四线制道岔控制电路，可采用定子正转和反转分开使用的方式，电动机内部接线如图 3-4 所示。两个定子通过公共端子与转子绕组串联，电机电路的电流方向为：从 1 端子到 3 端子，通过电刷、换向器、电刷到 4 端子或从 2 端子到 3 端子，通过电刷、换向器、电刷到 4 端子。

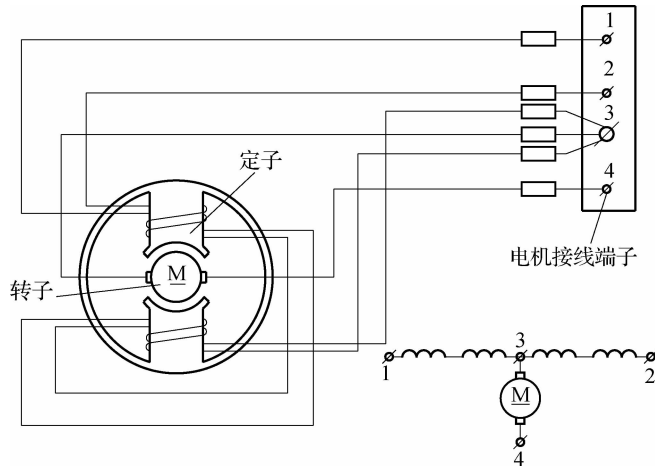


图 3-4 电动机内部接线

直流电动机的电气参数：额定电压为 160 V，额定电流为 2.0 A，摩擦电流为 2.3~2.9 A，额定转速为 2 400 r/min，额定转矩为 0.882 6 N·m，短时工作输出功率不小于 220 VA，单定子工作电阻[20℃时， $(2.85 \pm 0.14) \times 2 \Omega$]，刷间总电阻[20℃时， $(4.9 \pm 0.245) \Omega$]。

2. 减速器

减速器的作用是把电动机高速旋转的转速降下来，以获得较大的转矩从而带动道岔转换。ZD6 系列电动转辙机所用的减速器为两级减速封闭式减速器，第一级为外啮合齿轮传动，称为齿轮减速器，当电动机通电旋转时，安装在电动机输出轴上的小齿轮转动，随着小齿轮的转动，与之啮合的大齿轮也随之转动，实现减速；第二级为一齿差行星式内啮合齿轮传动，称为行星减速器。减速器的总传动比越大，机械转矩就越大。ZD6 系列各型转辙机减速器的相关参数如表 3-2 所示。

表 3-2 ZD6 系列各型转辙机减速器的相关参数

转辙机机型	大齿轮齿数	小齿轮齿数	一级减速比	二级减速比
ZD6-A	103	27	3.815	41
ZD6-D/H	110	20	5.5	41
ZD6-E/F/G/J	118	12	9.833	41
ZD6-K	114	16	7.125	41

行星减速器的组成如图 3-5 所示，行星减速器主要由偏心轴、外齿轮（两个）、内齿轮等组成。

偏心轴属于行星减速器的输入轴，它一端连接在第一级减速器的大齿轮上，当大齿轮

旋转时，偏心轴就会旋转；偏心轴上有两个成 180° 角的滚动轴承，在每个滚动轴承上安装一个外齿轮，外齿轮有 41 个齿，配有两个外齿轮的目的是达到机械转动的平衡。每个外齿轮上有 8 个圆孔，每个圆孔内插入一根套有滚套的滚棒，滚棒安装在输出圆盘的一侧。内齿轮靠摩擦联结器的摩擦带固定在减速器壳内，外齿轮处于内齿轮里面，内齿轮有 42 个齿。输出圆盘的另一侧属于输出轴。当输入轴旋转时，由于偏心轴外齿轮会做摆式旋转，外齿轮会带动滚棒即带动输出圆盘旋转，此时输出圆盘即输出轴就随之旋转。

当输入轴随第一级减速齿轮顺时针旋转时，偏心轴也顺时针旋转，使外齿轮在内齿轮里沿内齿做逐齿啮合的偏心运动。当输入轴旋转一周，外齿轮也做一周偏心运动。在外齿轮偏心转动（公转）一周时，外齿轮的齿在内齿轮里错位一齿。在正常情况下，由于内齿轮静止不动，迫使外齿轮在一周的偏心运动中反方向旋转（自转）一齿的角度。当输入轴顺时针转动（公转）41 周时，外齿轮逆时针转动（自转）一周，从而带动输出轴（输出圆盘）逆时针旋转一周，这样就达到了减速的目的。

外齿轮既在输入轴（偏心轴）的作用下做偏心运动，又与内齿轮作用做旋转运动，类似于行星的运动，既有自转又有公转，所以外齿轮称为行星齿轮，该种减速器称为行星传动式减速器。

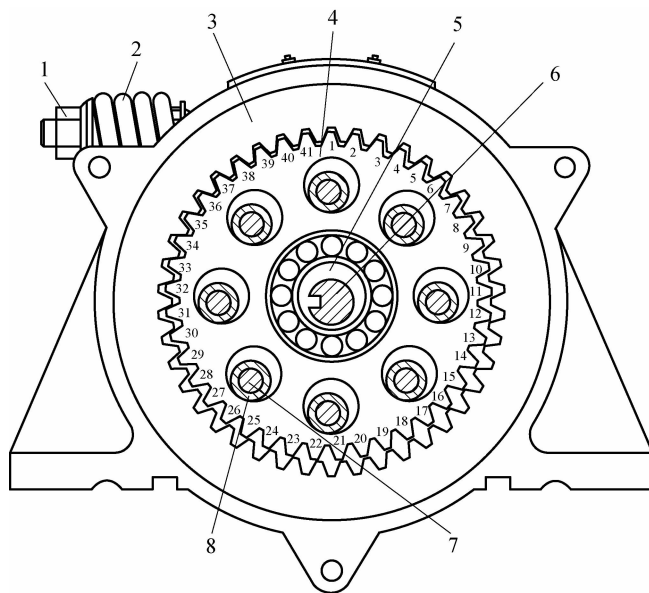


图 3-5 行星减速器的组成

- 1—调整螺母；2—弹簧；3—内齿轮；4—外齿轮；5—偏心轴；
6—输入轴；7—滚棒；8—滚套

3. 摩擦联结器

摩擦联结器的组成如图 3-6 所示，ZD6 系列电动转辙机在行星减速器内齿轮的延伸部分上安装了摩擦联结器，它主要由减速壳、摩擦制动板、摩擦带、弹簧、调整螺母等组成。它的作用如下：

(1) 当道岔转换到规定位置时，电动机断电，但由于电动机转动有惯性而不能立即停转，因此为了防止内部机件因受到撞击而毁坏，摩擦联结器会通过摩擦空转消耗电动机的剩余动能。



(2) 当道岔因故转不到规定位置时, 电动机的电路不能断开, 此时为了防止电动机因突然停转而使电流过大损坏电动机, 摩擦联结器会通过摩擦空转消耗电动机的动能, 使电动机保持转动。

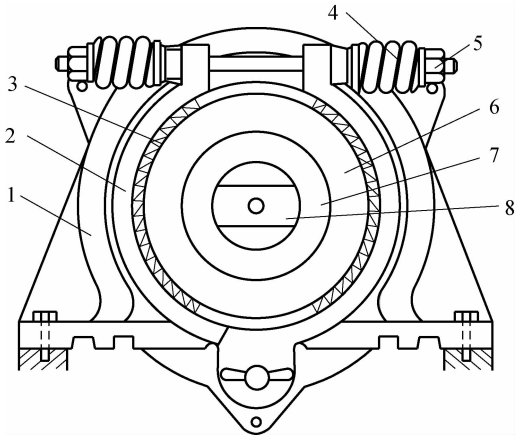


图 3-6 摩擦联结器的组成

1—减速壳; 2—摩擦制动板; 3—摩擦带; 4—弹簧; 5—调整螺母;
6—内齿轮; 7—滚珠轴承; 8—输出轴

摩擦制动板下端套在固定于减速壳的夹板轴上, 当上端螺栓弹簧压紧时, 内齿轮就靠摩擦作用而被固定, 即在正常情况下, 内齿轮靠摩擦联结器的摩擦力而固定不动。

当道岔受阻不能密贴时, 或在道岔转换完毕、电动机惯性运动的情况下, 输出轴不能转动, 外齿轮受滚棒阻止而不能自转, 但在输入轴的带动下做摆式运动, 这样外齿轮将对内齿轮产生一个作用力, 使内齿轮在摩擦制动板中旋转 (摩擦空转), 消耗能量, 保护电动机和机械传动装置。

ZD6-A 型电动转辙机的摩擦联结器的调整弹簧和螺母各有一个, 而 ZD6 系列的其他型号转辙机一般各有两个调整弹簧和螺母。因此, 在调整道岔摩擦电流时, 可两侧分别调整摩擦力。

摩擦联结器的摩擦力要调整合适, 过紧会失去摩擦联结作用, 损坏电动机和机件; 过松则不能正常带动道岔转换。摩擦联结器的松紧通过调整螺母来调整弹簧压力而实现。一般情况下, 摩擦联结器的额定摩擦电流应为额定动作电流的 1.3~1.5 倍。

4. 主轴

主轴的组成如图 3-7 所示, 转辙机的主轴主要由主轴、主轴套、滚针轴承、止挡栓等组成。主轴的一端与启动片联结, 另一端与锁闭齿轮联结。当启动片转动时, 主轴随之转动, 主轴带动锁闭齿轮转动。主轴上的止挡栓用来限制主轴的转角, 使锁闭齿轮和齿条块达到规定的锁闭角, 使整机动作协调。

5. 锁闭齿轮和齿条块

锁闭齿轮如图 3-8 (a) 所示, 它共有 7 个齿。其中, 1 齿和 7 齿 (对称布置) 是位于中间的启动小齿, 在它们之间的另一侧是锁闭圆弧。齿条块如图 3-8 (b) 所示, 齿条块上有 6 个齿、7 个齿槽。中间 4 个是完整的齿, 两边的是中间有缺槽的削尖齿。缺槽是为了使锁闭齿轮上的启动小齿能顺利通过而设置的。

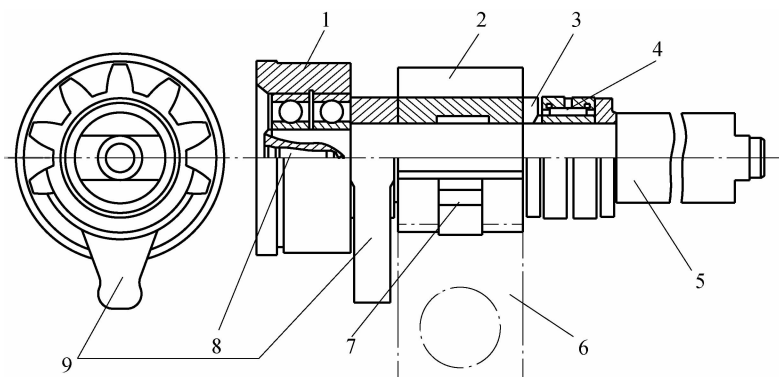


图 3-7 主轴的组成

1—主轴套；2—锁闭齿轮；3—挡圈；4—滚针轴承；5—主轴；6—齿条块；
7—启动片；8—卸轴器连接孔；9—止挡栓

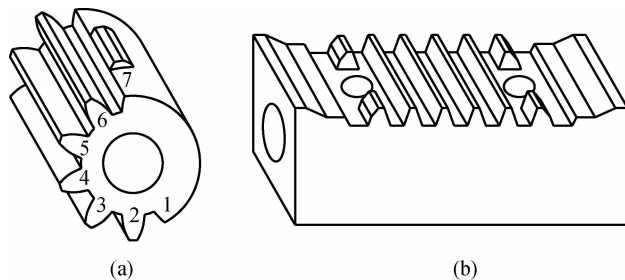


图 3-8 锁闭齿轮和齿条块

转辙机的内锁闭如图 3-9 所示，当道岔到达规定位置（尖轨与基本轨密贴）时，锁闭齿轮的圆弧正好与齿条块的削尖齿弧面相重合，从而实现机械锁闭。实现机械锁闭后，如果尖轨因受到外力而移动，那么齿条块也会随之移动，但此时的作用力只能沿锁闭圆弧的半径方向传给锁闭齿轮，因此它不会转动，从而实现对接岔的间接锁闭。

锁闭齿轮与齿条块的动作原理是：在电动转辙机转换过程中，锁闭齿轮与齿条块都要完成解锁、转换和锁闭三个过程。

1) 解锁过程

假定图 3-9 (a) 所示为定位锁闭状态，若要将道岔转换至反位，则电动机须逆时针旋转，输入轴顺时针旋转，使输出轴逆时针旋转，通过启动片带动主轴、锁闭齿轮做逆时针转动。此时，锁闭齿轮的锁闭圆弧面首先在齿条块的削尖齿上滑退，锁闭齿轮上的启动小齿 1 从削尖齿 I 的缺槽经过。当主轴旋转 32.9° 时，锁闭圆弧面将全部从削尖齿上滑开，启动小齿 1 与齿条块齿槽 1 的右侧接触，完成解锁。

2) 转换过程

启动小齿 1 拨动齿条块齿槽 1 的右侧，带动齿条块移动，锁闭齿轮的齿轮与齿条块的齿啮合，将锁闭齿轮的旋转运动变成齿条块的直线运动。当锁闭齿轮转至 306.1° 时，齿条块、动作杆向右移动 165 mm，使原斥离尖轨转换到反位，与另一基本轨实现密贴。