

项目一

继电器

轨道交通信号基础设备包括信号继电器、信号机、转辙机、轨道电路等设备。信号继电器是轨道交通信号继电器式控制系统的关键部件，也是电子式控制系统的主要接口部件。安全型继电器是我国信号继电器的主要定型产品，如直流 24V 系列的重弹力式直流电磁继电器。

我国 6502 型继电联锁系统，俗称 6502 型继电联锁系统，其逻辑关系全部靠继电器电路完成；其后计算机联锁系统得到迅速发展，联锁关系完全由计算机软件完成，然而其控制输出，还是以继电器为接口，以实现对道岔、信号机等控制。

目前无论城市轨道交通的正线联锁系统，还是车辆段/停车场的联锁系统，基本上都以继电器为接口，接通控制电路实现对外部设备的控制。所以，信号技术人员必须掌握继电器的工作原理及其应用技术。

任务一 认知继电器



学习目标

- (1) 了解继电器的结构和各部分结构名称；
- (2) 了解继电器的工作原理；
- (3) 了解继电器的使用场所。



学习任务

认知继电器，主要包括元件符号、触点形式、线圈、触点、铁芯、分类。



工具设备

常用继电器及插座。



教学环境

低压电器实验室或者 6502 集中联锁实验室。



基础知识

一、继电器原理

继电器是一种电磁开关，是实现自动控制和远程控制的重要设备。随着衔铁的动作，动接点与静接点接通或断开，从而实现对其他设备的控制。



继电器类型很多,但均由电磁系统和接点系统两部分组成。电磁系统主要包括线圈、铁芯、衔铁等,接点系统由动接点和静接点组成。

最简单的电磁继电器如图 1.1 所示。它就是一个带接点的电磁铁,其动作原理也与电磁铁相似。当给线圈中通以一定数值的电流后,在衔铁和铁芯之间就产生一定数量的磁通,该磁通经铁芯、衔铁、轭铁和气隙形成一个闭合磁路,铁芯对衔铁就产生了吸引力。吸引力的大小取决于所通电流的大小。当电流增大到一定值时,吸引力增大到能克服衔铁向铁芯运动的阻力时(主要是衔铁自重),衔铁就被吸向铁芯;当线圈中没有电流时,衔铁由于重力作用被释放。由衔铁带动的动接点(随衔铁一启动作的接点)也随之动作,与动合接点(以下称前接点)接通。此状态称为继电器励磁吸起(以下简称吸起)。可见,继电器具有开关特性,可利用它的接点通、断电路,构成各种控制和表示电路。

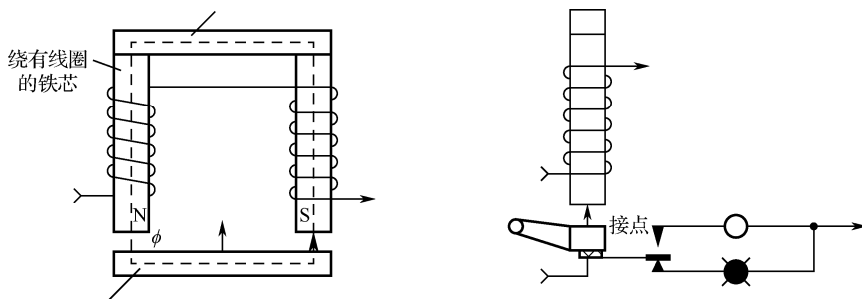


图 1.1 电磁继电器的基本原理

二、继电器的作用

继电器具有继电特性,能以极小的电信号来控制执行电路中相当大功率的对象,能控制数个对象或数个回路,能控制远距离的对象。由于继电器的这种性能,给自动控制和远程控制创造了便利的条件,所以,它广泛应用于国民经济各部门的生产过程控制和国防系统的自动化和远动化之中,也广泛应用于铁路信号的各个方面。

故障-安全原则是铁路信号设备必须遵循的原则,当系统任何部分发生故障时,应确保系统的输出处于安全状态。随着电子技术的迅速发展,电子器件尤其是计算机以其速度快、体积小、容量大、功能强等技术优势,在相当大程度上逐渐取代继电器,构成自动控制和远程控制系统,使技术水准大大提高。但与电子器件相比,继电器仍存在一定优势,尤其是具有故障-安全性能,因此不仅现在,而且在未来一定时期内,继电器在铁路信号领域仍将起着重要作用。例如,在计算机联锁设备中,尽管以计算机为核心,但还采用继电器电路作为系统主机与信号机、轨道电路、转辙机的接口电路。

在目前的铁路信号设备中,继电器的作用主要体现在以下几方面。

(一) 表示功能

利用不同继电器表示轨道区段的占用和空闲、信号机的开放和关闭、道岔是否在规定位置,区间是否闭塞等。例如,车站每组联锁道岔均设置定位表示继电器和反位表示继电器,当它们吸起时分别表示该道岔在定位或在反位,进而实现控制台的表示及有关设备间



的相互控制。

（二）驱动功能

车站联锁设备的主要控制对象是信号机和转辙机，不论车站采用继电联锁还是计算机联锁，均利用继电器控制相应设备。例如，车站的联锁道岔控制电路中设有定位操纵继电器和反位操纵继电器，当有关继电器吸起时，能够驱动道岔向定位或反位转换。

（三）逻辑功能

在继电联锁设备及继电半自动闭塞设备中，利用继电电路实现有关逻辑关系，以保证车站和区间的行车、调车作业安全。例如，当单线半自动闭塞区间有列车运行时，利用继电半自动闭塞电路控制两相邻车站的有关出站信号机不能开放，使车站不能再向区间发出其他列车，保证列车在区间的行车安全。

目前，信号继电器在以继电技术构成的系统中，如继电集中联锁、继电半自动闭塞、继电式驼峰自动集中等，起着核心作用，这些系统仍然大量存在，还将使用相当长的时期。而信号继电器在以电子元件和微型计算机构成的系统中，如计算机联锁、多信息自动闭塞、通用机车信号等系统中，作为其接口部件，将系统主机与信号机、轨道电路、转辙机等执行部件结合起来。虽然已出现全电子化的系统，但要全部取消继电器仍然需要相当长的时期。所以，继电器在信号领域始终起着重要的作用。

三、信号设备对继电器的要求

继电器作为信号系统中的主要（或重要）器件，它在运用中的安全、可靠就是保证各种信号设备正常使用的必要条件。为此，信号设备对继电器提出了极其严格的要求，具体如下：

- （1）动作必须可靠、准确；
- （2）使用寿命长；
- （3）有足够的闭合和断开电路的能力；
- （4）有稳定的电气特性和时间特性；
- （5）在周围介质温度和湿度变化很大的情况下，均能保持很高的电气绝缘强度。

四、信号继电器分类

继电器种类繁多，按不同方式分类如下。

（一）按动作原理分类，可分为电磁继电器和感应继电器

电磁继电器是通过继电器线圈中的电流在磁路的气隙（铁芯与衔铁之间）中产生电磁力，吸引衔铁动作，带动接点系统动作。此类继电器数量最多。

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，使翼板动作。



（二）按工作电流分类，可分为直流继电器和交流继电器

直流继电器是由直流电源供电的，按所通电流的极性与继电器的动作关系，又可分为无极、偏极和有极继电器。直流继电器都是电磁继电器。

交流继电器是由交流电源供电的。它按动作原理分电磁继电器和感应继电器。

整流式继电器虽然用于交流电路中，但它用整流元件将交流电整流为直流电，所以其实质上是直流继电器。

（三）按输入量的物理性质分类，可分为电流继电器和电压继电器

电流继电器反映电流的变化，它的线圈必须串联在所反映的电路中。该电路中必有被反映的器件，如电动机绕组、信号灯泡等。

电压继电器反映电压的变化，它的线圈励磁电路是单独构成的。

（四）按动作速度分类，可分为正常动作继电器和缓动继电器

正常动作继电器衔铁动作时间为 $0.1 \sim 0.3s$ ，大部分信号继电器属于此类。缓动继电器，衔铁动作时间需大于 $0.4s$ ，又可分为缓吸和缓放。时间继电器是利用脉冲延时电路或软件设定使之缓吸。缓放型继电器则利用短路铜环产生磁通使之缓动，主要取其缓放特性。

（五）按接点结构分类，可分为普通接点继电器和加强接点继电器

普通接点继电器具有开闭功率较小的接点，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。

加强接点继电器具有开闭功率较大的接点，以满足电压较高、电流较大的信号电路的要求。

（六）按工作可靠程度分类，可分为安全型继电器和非安全型继电器

（1）安全型继电器（N型）是无须借助于其他继电器，也无须对其接点在电路中的工作状态进行监督检查，其自身结构即能满足一切安全条件的继电器，其特点如下。

① 当线圈断电时，衔铁可借助于自身重量释放，从而使前接点可靠断开。

② 选用合适的接点材料，构成非熔接性前接点，或采用能防止接点熔接的特殊结构（如接熔断器、接点串联）。

③ 当一组不应闭合的后接点仍然闭合时，结构上能防止所有前接点闭合。

（2）非安全型继电器（C型）是必须监督检查接点在电路中的工作状态，以保证安全条件的继电器。其特点如下。

① 由于继电器在使用时已检查了衔铁的释放，因此不必采用非熔接性接点材料。

② 当一组不应闭合的前接点仍然闭合时，结构上能保证所有后接点不闭合；反之亦然。

N型继电器主要依靠衔铁自身释放，故又称重力式继电器；C型继电器主要依靠弹簧弹力释放衔铁，故又称弹力式继电器。一般说来，N型继电器的安全性、可靠性高于C型继电器。



五、安全型继电器

我国信号系统中应用最广泛的是 AX 系列继电器，其基本结构是直流无极继电器，其他类型继电器由无极继电器派生而出。下面以直流无极继电器和整流式继电器为例说明信号继电器的原理和应用。

（一）直流无极继电器

1. 结构

直流无极继电器外观如图 1.2 所示，其结构如图 1.3 所示，由直流电磁系统和接点系统两部分构成。电磁系统由线圈、铁芯、轭铁、衔铁等组成。线圈通电后产生磁场，吸起衔铁；线圈断电时依靠重力作用使衔铁可靠释放。接点系统包括拉杆和接点组，接点组分为静止的前接点、后接点和固定在拉杆上的动接点。接点的接通情况可以反映继电器的状态，用于控制其他设备。直流无极继电器共有 8 组接点，彼此绝缘但动作一致。

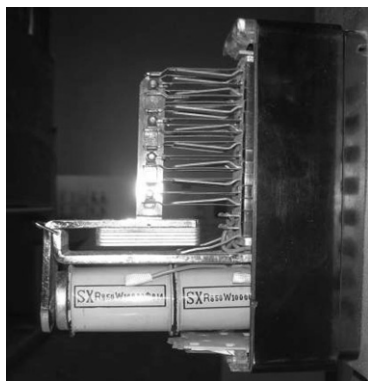


图 1.2 直流无极继电器实物

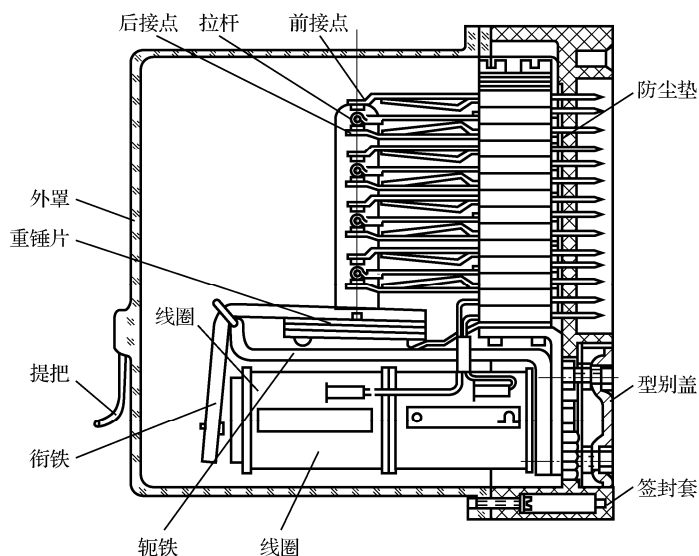


图 1.3 直流无极继电器结构示意图



2. 工作原理

当线圈通以直流电流后,产生磁通,经铁芯、轭铁、衔铁和气隙,形成闭合磁路,因而使铁芯对衔铁产生吸引力。当此吸引力增大到足以克服重锤片和拉杆等重力时,就能将衔铁吸向铁芯,于是衔铁带动拉杆推动动接点向上动作,使动接点与前接点闭合,此时称为励磁状态(又称为吸起状态)。

当线圈中的电流减少或断电时,磁路的磁通随之减少,铁芯对衔铁的吸引力相应减少。当吸引力不足以克服重锤片和拉杆的重力时,衔铁释放,使动接点与前接点断开,并与后接点闭合,此时称为失磁状态(又称为落下状态)。这种继电器的电源使用直流电,同时继电器的动作与通入线圈的电流方向无关,故称为无极继电器。

(二) 整流式继电器

整流式继电器应用于交流电路中,其电磁系统、接点系统、动作原理与直流无极继电器相同,在直流无极继电器的基础上增加整流电路,一般采用4个二极管组成的桥式整流电路,如图1.4所示,将交流电源整流后输入继电器线圈。整流式继电器接线如图1.5所示。

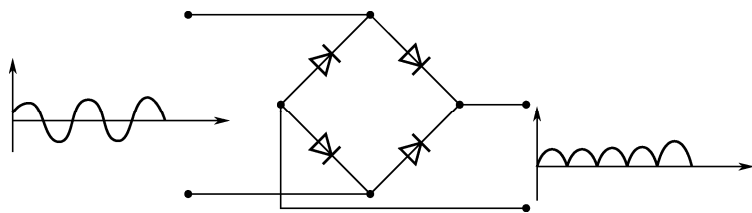


图 1.4 桥式整流电路

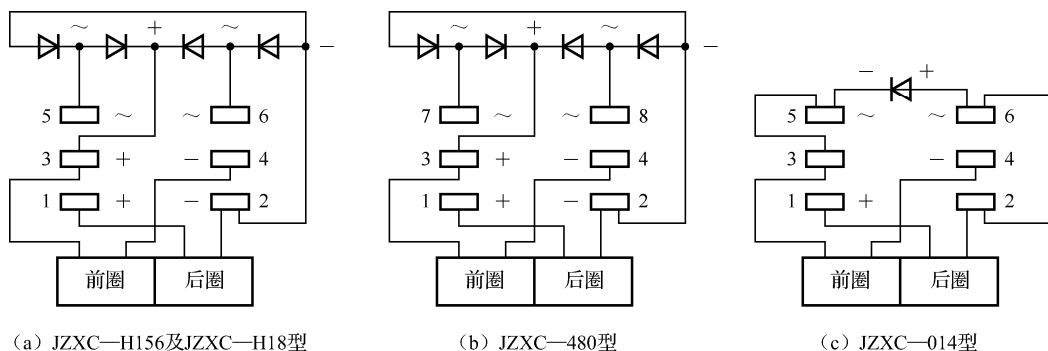


图 1.5 整流式继电器接线

整流式继电器接点系统的结构与无极继电器相同,零部件全部通用,只是接点的编号有所区别。

整流式继电器动作原理与无极继电器相同,但交流电源通过整流后使继电器动作,在线圈上加的是全波或半波的脉动直流电,其中存在交变成分,使电磁吸引力产生脉动,工



作时发出响声，对继电器正常工作带来不利影响。

（三）交流二元继电器

交流二元继电器属于交流感应式继电器，具有两个既相互独立又相互作用的交变电磁系统，故称二元继电器，有吸起和落下两种状态。根据不同频率，交流二元继电器分为 25Hz 和 50Hz 两种。交流二元继电器的电磁系统包括局部电磁系统和轨道电磁系统。局部电磁系统由局部线圈和局部铁芯组成；轨道电磁系统由轨道线圈和轨道铁芯组成。交流二元继电器与前面介绍的继电器工作原理完全不同，只有在其局部线圈和轨道线圈中输入电流频率相同，且局部线圈中电流相位超前轨道线圈中电流相位 90° 时，翼板中才能产生正方向的转矩，接通前触点；其他情况下，翼板不产生转矩，继电器将保持原来的位置而不动作。

交流二元继电器应用于相敏轨道电路，这种故障-安全特性不仅能够解决轨道电路轨端绝缘的破损防护问题，还能防止牵引电流及其他频率的干扰。二元继电器结构如图 1.6 所示。

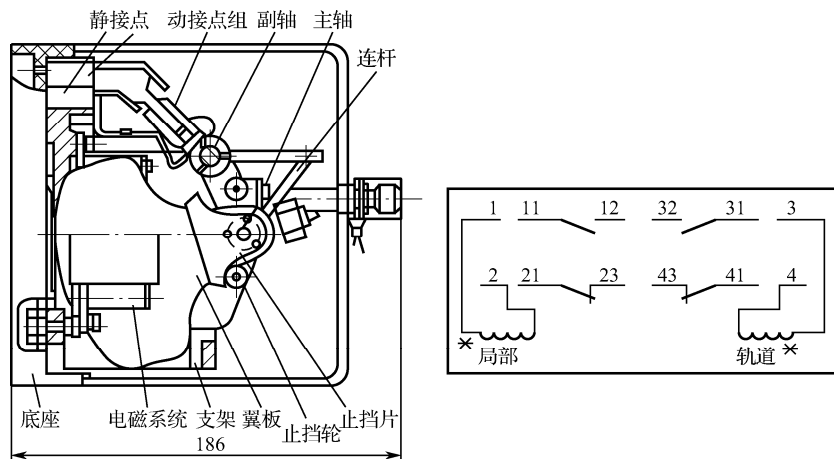


图 1.6 JRJC1—70t 240 型继电器结构

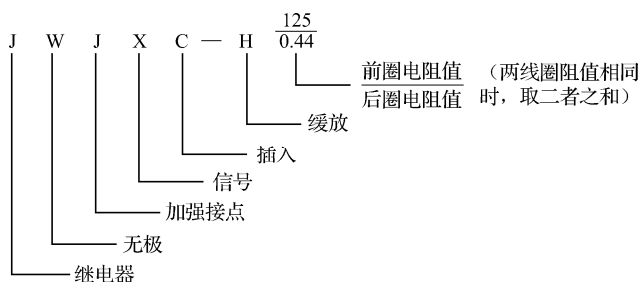


相关案例

【案例 1】铁路安全型继电器型号介绍

AX 系列安全型继电器是直流 24V 系列的重、弹力式直流电磁继电器，其典型结构为无极继电器，其他各型号都是由其派生而成的。因此，绝大部分零件都能通用。

安全型继电器型号用汉字拼音字母和数字表示，字母表示继电器种类，数字表示线圈的电阻值（单位 Ω ），例如：



安全继电器的代号及含义如表 1.1 所示。

表 1.1 安全继电器的代号及含义

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				

【案例 2】 列车脱轨事故

（一）事故概况

1991 年 4 月 27 日 11 时 23 分，×次旅客列车接近沪杭线 K168 线路所上行通过信号机时（已开放），司机发现 2 号道岔开通安全线，立即采取紧急制动措施，但停车不及，致使列车进入安全线并冲出土挡，造成机车及机后 1～6 位车辆脱轨。旅客轻伤 7 名，列车乘务员轻伤 1 名；机车中破 1 台，客车报废 2 辆、大破 3 辆、小破 2 辆，线路损坏钢轨 50 米，枕木 20 根。构成旅客列车脱轨重大事故。

（二）原因分析

4 月 27 日，×电务段××信号工区，按计划在沪杭线 K168 线路所进行更换 1/2 号道岔电动转辙机，于 10 点 40 施工结束，当试验扳动道岔时，发现道岔不转换，施工人员将 1 号道岔电缆盒端子配线互换之后，道岔定、反位能转换，但控制台无表示，又将 2 号道岔表示电路中的整流二极管反接，控制台道岔位置有显示，此时参加施工的段信号技术室工程师、领工员、信号工长及信号工均认为故障已全部排除，但未核对道岔表示和实际位



置是否一致,就盲目在《行车设备检查登记簿》上销记签字,交付使用。车站即办理 72 次 168 公里线路所上行通过进路并开放信号,当机车司机发现开通安全线采取紧急制动后,进入安全线造成脱轨重大责任事故。



拓展知识

XDB—II 型新型信号点灯灯丝断丝报警装置

随着铁路事业的高速发展,为适应铁路信号点灯灯丝断丝报警的要求,北京全路通铁路专用器材工厂相继研制开发了一、二代 XDB 型信号点灯灯丝断丝报警装置。在 XDB—I 型基础上,根据现场施工需求改进的 XDB—II 型新型信号点灯灯丝断丝报警装置,扩大了检测容量并增加了辅助调试功能,便于实时监测灯丝继电器工作电流,从而及时了解设备工作状态。该装置已通过南昌铁路局技术鉴定,CRCC 认证,铁道部科技查新结论属新型创新技术,已相继在厦深线、龙厦线、京承线、京沪线、京原线、京九线、古洛线、北同蒲线等主要铁路干线投入使用,现场反馈性能稳定、工作可靠,还未出现误报、错报、漏报等现象。

XDB—II 型信号点灯灯丝断丝报警装置由 DDX—2 型点灯单元、检测分机和报警主机 3 部分组成,安装时只需室内改动信号点灯电源线,室外不需要额外增加电缆,并可接入已有微机监测及计算机联锁系统。施工简单,便于维护。

(1) DDX—2 型点灯单元。由信号点灯变压器和灯丝转换模块组成,具备传统点灯单元点灯及灯丝转换的基本功能。

(2) 检测分机。有灯丝状态检测和断丝信息提取功能。借助点灯供电电源线,检测分机从灯丝继电器 DJ 上采集信息,通过内部阻容网络,检测断丝前后相关支路阻抗的微小变化,并将这种变化以数字量信息传递给报警主机,由报警主机进行判断是否发生断丝报警及回路不完整报警。

(3) 报警主机。对接收到的分机信息进行分析判断,从而确定是否报警;如果报警,将输出声光报警信号以提示现场工作人员及时处理。报警主机主要实现功能:①主丝断丝报警;②副丝断丝报警;③主副双丝断丝报警;④报警时,报警信息定位至具体信号灯灯位,区间运用时可检测电缆断线地点,误差为 100 m;⑤通过 CAN 总线将报警信息传送至微机监测系统;⑥实时监督灯丝继电器 DJ 电流,减少现场维护的工作量。报警主机与检测分机的数字通信采用 CRC16 冗余校验,可有效杜绝由于干扰而造成的通信错误,从而保证信息传输的高可靠性。报警主机除本身发出声光报警信号外,还输出开关信号驱动主控台的报警装置进行报警。在实际应用时,可根据需要设置为上行报警、下行报警分别输出,或者不区分上、下行报警输出。XDB—II 型信号点灯灯丝断丝报警原理示意如图 1.7 所示。

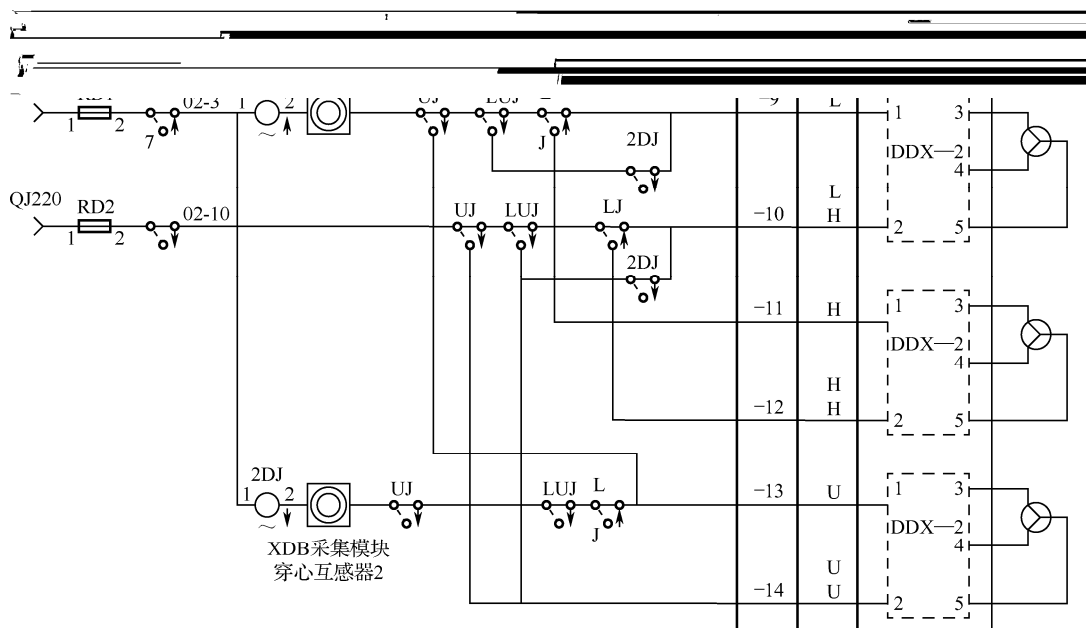


图 1.7 XDB—II 型信号点灯灯丝断丝报警原理示意图

任务二 继电器应用



学习目标

- (1) 了解继电器的定位状态；
- (2) 了解继电器的电气参数和机械参数；
- (3) 了解继电器的基本电路。



学习任务

认知继电器，主要包括各类继电器实物、操作继电器、信号系统图纸和参数的含义。



工具设备

常用继电器、信号系统图纸。



教学环境

低压电器实验室或者 6502 集中联锁实验室。



基础知识

一、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。

二、继电器线圈及触点标注

不同类型继电器线圈及触点的图形符号参见表 1.2 和表 1.3。

表 1.2 不同类型继电器线圈的图形符号

序号	符 号	名 称	序号	符 号	名 称
1		无极继电器	6		有极加强继电器
2		无极继电器（两线圈分接）	7		偏极继电器
3		无极缓放继电器	8		整流式继电器
4		无极加强继电器	9		交流继电器
5		有极继电器	10		交流二元继电器

表 1.3 不同类型继电器触点的图形符号

序 号	符 号		名 称
	标准 图 形	简 化 图 形	
1			前触点闭合、后触点断开
2			前触点断开、后触点闭合



续表

序 号	符 号		名 称
	标 准 图 形	简 化 图 形	
3			极性继电器触点组 定位触点闭合, 反位触点断开
4			极性继电器触点组 定位触点断开, 反位触点闭合

在继电器线圈的符号上, 必须标注端子号, 对于仅有一个定位状态的继电器, 还必须标注箭头以表明其定位状态。

触点组用两位表示, 第一位表示触点组号; 第二位表示前、中、后触点, 用“1”表示中触点, “2”表示前触点, “3”表示后触点, 一般电路图中仅在中触点处标出其触点组号。从表 1.2、表 1.3 中可看出, 当触点组号为 1 时, 中触点为 11, 前触点为 12, 后触点为 13。继电器吸起时, 中、前触点接通, 中、后触点断开; 继电器落下时, 中、前触点断开, 中、后触点接通。对于有极继电器, 由于无法用箭头表示其状态, 所以必须完整标注其触点号, 例如 111 表示中触点, 112 表示定位触点, 113 表示反位触点。其中, 百位数 1 表示该继电器为有极继电器, 以区别于其他继电器。

三、继电器基本电路

(一) 串联电路

串联电路指继电器接点串联连接的电路, 其功能是实现逻辑“与”的运算, 如图 1.8 所示。

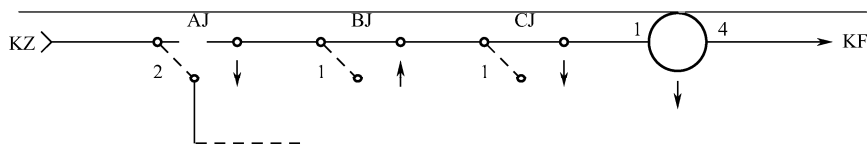


图 1.8 串联电路

(二) 并联电路

由几个继电器接点并联连接的电路称为并联电路, 其功能是实现逻辑“或”运算, 如图 1.9 所示。

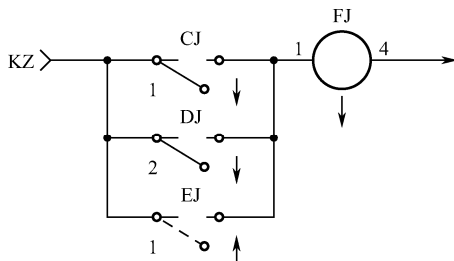


图 1.9 并联电路



（三）串并联电路

根据逻辑功能的要求，在电路中有些接点串联，有些接点并联，这类电路称为串并联电路，如图 1.10 所示。

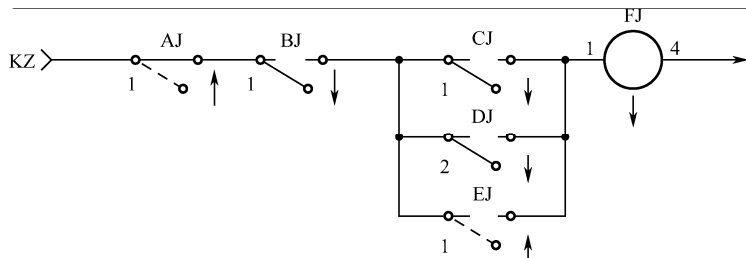


图 1.10 串并联电路

（四）自闭（自锁）电路

凡是有自身前接点参与保持该继电器吸起的，称为自闭电路，如图 1.11 所示。

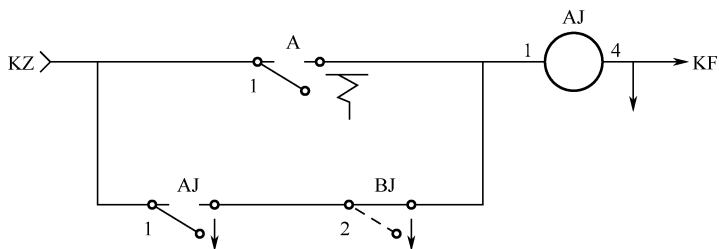


图 1.11 自闭电路

（五）继电器特性及参数

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，实现继电电路的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 24V，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（中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。

（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。

（5）充磁值。充磁值也称过负载值，它是工作值或转极值的 4 倍。

（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。



(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最小电压值或电流值。

(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 200V。

(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。继电器特性曲线更好解释返还系数这个概念,如图 1.12 所示。

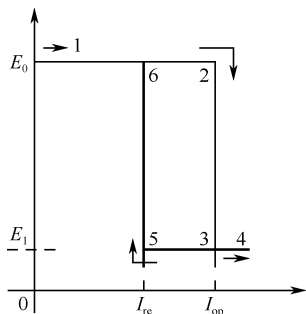


图 1.12 继电器特性曲线

流过的电流大于整定的动作电流 I_{op} 时,继电器能够突然迅速动作,并稳定、可靠地输出低电平;在继电器动作以后,当电流减小到小于返回电流 I_{re} 时,继电器又能立即突然返回到输出高电平。

(六) 继电电路的分析方法

在设计和分析继电电路时,为了便于认识和掌握电路的逻辑功能、继电器动作顺序、继电器动作时机和继电器励磁回路,需采用一些简便的分析方法,通常有动作程序法、时间图解法和接通路径法。

1. 动作程序法

动作程序法用来表示继电器的动作过程,着重反映继电器的时序关系,而不严格地表达逻辑功能。用符号表示各继电器状态的变化,“↑”表示继电器吸起;“↓”表示继电器落下;“→”表示促使继电器吸起与落下;“|”表示逻辑“与”,如图 1.13 所示。

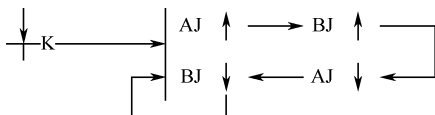


图 1.13 动作程序法

2. 时间图解法

整个电路动作过程与继电器的时间特性(如缓放时间的长短)密切相关。这时,可用时间图解法来较准确地进行分析。时间图解法能很清楚地表示出各继电器的工作情况、相互关系和时间特性,能正确地反映整个电路的动作过程。

时间图解法把继电器线圈通电、后接点断开、前接点闭合、线圈断电、前接点断开、后接点闭合等都使用时间图表示出来,如图 1.14 所示。继电器之间的互相关系在时间图上用箭头表示,它的动作过程时间图如图 1.15 所示。

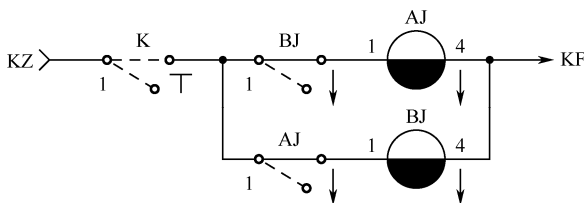


图 1.14 脉动偶电路

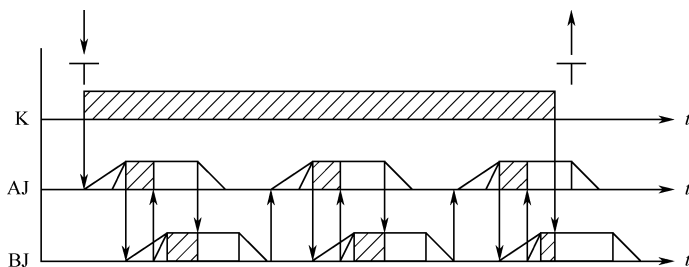


图 1.15 脉动偶电路时间图

3. 接通径路法

接通径路法用来描述继电器励磁电流的径路，即由电源正极经继电器接点、线圈及其他器件（按钮接点、二极管等）流向电源负极的回路，它是分析继电器电路时常用的方法（俗称跑电路），如图 1.16 所示。

$$KZ-K_{11-12}-BJ_{11-13}-AJ_{1-4}-KF$$

$$KZ-K_{11-12}-AJ_{11-12}-BJ_{1-4}-KF$$

图 1.16 励磁电路



相关案例

【案例 1】 JWXC—1700 型无极继电器

（一）用途

JWXC—1700 型无极继电器（以下简称继电器）在信号电路中作通用继电器。

（二）适用环境

- a) 环境温度：-40~+60℃；
- b) 相对湿度：不大于 90%（温度+25℃）；
- c) 气压：不低于 70kPa（相当于海拔高度 3000m 以下）；
- d) 振动：振频不大于 15Hz，振幅不大于 0.45mm；
- e) 工作位置：水平；
- f) 周围无引起爆炸危险的有害气体，并应有良好的防尘措施。

（三）机械特性

- 接点组数：8QH；
- 鉴别销号码：11、51；
- 接点间隙：不小于 1.3mm；
- 托片间隙：不小于 0.35mm；
- 接点压力：动合接点不小于 250mN；动断接点不小于 150mN；



接点齐度误差：不大于 0.2mm。

（四）电气特性（+20℃时）

线圈电阻： $850(1 \pm 10\%) \Omega \times 2$

线圈串联，连接 2、3，使用 1、4；

额定值：DC 24V；

充磁值：DC 67V；

工作值：不大于 DC 16.8V；

释放值：不小于 DC 3.4V；

反向工作值：不大于 DC 18.4V；

接点电阻：不大于 0.05Ω 。

（五）绝缘耐压

在试验的标准大气条件下，继电器的绝缘电阻应不小于 $100M\Omega$ 。

在气压不低于 86kPa 条件下（相当于海拔高度 1000m 以下），继电器的绝缘耐压应能承受交流正弦波 50Hz、2000V 有效值电压，历时 1min 应无击穿闪络现象，重复试验时的电压应为原承受电压值的 75%。

（六）电寿命

继电器接点通以 DC 24V，1A 阻性负载，其电寿命为 2×10^6 次。

【案例 2】安全型继电器电磁系统检修

铁路信号继电器的性能好坏直接影响铁路列车运行的安全，所以对继电器的性能检测尤为重要，对于继电器的检修及调整工艺一般分为下列几个步骤。

（一）检修前的准备工作

通用工具：150mm 调簧钳，150mm 尖嘴钳，75mm、150mm 螺丝刀，14mm×100mm 活口扳手，4~11mm 套筒扳手，75W 电烙铁，什锦锉，小铁墩子，镊子，测牛（克）计，小手锤。

专用工具（自制）：启封螺丝刀、叉口、螺丝刀；接点爪调整器：黄铜塞尺和根据需要自制的其他工具。

个人检修用品：白布带、白绸带、银砂纸、400 号水砂纸、酒精、汽油。

（二）电磁系统检修

1. 线圈检查

线圈架应无破损和龟裂，在不影响机械强度的情况下，破损处可用环氧树脂修补，用镊子检查线圈引线应无假焊、断股，发现断股应重新焊接。

2. 磁路检修

（1）卸下钢丝卡检查，钢丝卡应无裂纹，弹力充足。



(2) 检查轭铁。

轭铁转角处应无裂纹, 衔铁安装处的刀刃应良好, 如发现刃角圆钝, 可用细锉修成锐角。检查铁芯, 铁芯安装应正直、牢固, 若铁芯松动, 则应卸开型别盖板螺丝, 从底座上取下继电器用铁芯紧固扳手插进极靴面的两圆孔内, 然后用活口扳手拧紧铁芯螺帽。轭铁及铁芯的镀层完整, 小面积的损坏可用淡黄色漆涂刷防护, 若镀层大面积剥离, 则应重新电镀处理。

(3) 检查衔铁。

衔铁应无扭曲变形, 吸合时应与铁芯面平行, 以保证气隙均匀, 导磁性能良好。衔铁若扭曲厉害, 则应卸下止片, 在钳工平台上用榔头垫方木敲打整平。衔铁刃口应尖锐, 若因磨耗而造成圆角时, 同样用细锉修成锐角; 当磨耗严重, 影响衔铁灵活动作而又无法修复时, 应更换。

(4) 磁系统擦洗去污。



知识拓展

安全型继电器接点 (触点)

继电器接点是继电器的执行机构, 通过接点来反映继电器的状态, 进行电路的控制。从接点材质到接点结构, 从接点组数到接点容量, 对继电器接点有较高的要求。对频繁通断大电流的接点, 还必须采取灭火花措施。

(一) 对接点系统的要求

在实际应用过程中, 继电器的大部分故障发生在接点系统上, 因此继电电路的可靠性在很大程度上取决于接点系统工作的可靠性。为保证继电器的可靠工作, 必须对接点系统有一定的要求, 这些要求包括:

- (1) 接点闭合时, 接触可靠, 接触电阻小而且稳定;
- (2) 接点断开时, 要可靠分开, 接点间电阻为无穷大, 即有一定的间隙;
- (3) 接点在闭合和断开过程中没有颤动;
- (4) 不发生熔接;
- (5) 耐各种腐蚀;
- (6) 热导率和电导率要高;
- (7) 使用寿命长。

(二) 接点参数

1. 接点材质

对接点材质的基本要求是机械强度高、电导率和热导率高、耐腐蚀、熔点较高、加工容易、价格适宜。

2. 接点电阻

接点接触时两导体间的连接是接触表面间若干个接触过渡段的结合, 因此它的电阻比



同样形状、尺寸的整个导体要大得多,这种接触连接所形成的电阻叫作接触电阻。接点电阻与接点材料、接点间压力、接点的接触形式、接点间电压降、温度及化学腐蚀、电腐蚀等因素有关。接点电阻由接触电阻及接点本身的电阻两部分组成。

由于接触电阻的存在,使通过接点的电流在接触过渡段产生功率损失,使接点发热。接点发热后增大了材料的电阻系数,减低了机械强度。由于发热和散热是同时进行且取得平衡的,所以接点通电后,能产生一定的温升(接点温度与周围环境温度之差),使接点电阻和机械强度保持在一定范围内。总的要求是尽量减小接点电阻,以避免过高的接点温升与电压降。因此,对接点电阻均要提出不允许超过的电阻值。

3. 接点压力

接触点之间的压力和材质,在很大程度上决定着接点电阻的大小。开始接触的瞬间,接点压力加在为数不多的接触点上,这些接触点被压平,使两接触表面更加接近一些,产生一些新的接触点,总的接触电阻就会降低。但当压力达到某数值时,再增大压力也不会使接点的接触电阻有明显减小。

接点间存在压力,接点支撑件(接点弹片等,一般采用弹性元件)能产生弹性变形,避免因震动等因素造成接触分离,所以对接点压力有明确的最低值。

4. 接点齐度

同一继电器的所有接点用于电路中,理论上要求同时接触。但在接点系统的生产过程中,从工艺上不可能做到没有误差,因而接点很难做到完全同时接触。继电器各组接点同时接触的误差称为接点不齐度,要求其越小越好。

5. 接点间隙

在动接点和静接点开始分离的瞬间,接点间产生很高的电场,在接点间隙中的自由电子在此电场力的作用下从阴极向阳极高速移动,这样就产生了接点间的电弧。另外,这些电子与气体中的自由电子撞击,使气体电离,进一步使电弧加剧。电弧的产生使接点迅速氧化和点燃,加速接点的损耗,缩短使用寿命。但当接点间隔增大后,拉长了电弧,可使电弧熄灭。此外,接点间隙小,雷电效应也可能使接点间产生放电现象,故要求接点间有足够大的间隙。

6. 接点滑程

接点表面的腐蚀、氧化和灰尘等对接触电阻有很大影响,为了保证接点的可靠工作,当接点开始接触后,要求接点相互之间有一定程度的位移,该位移叫作接点滑程。

(三) 接点容量

继电器接点所允许通过的最大电流称为接点容量,继电器使用时严禁超出接点容量,以保证各类接点达到规定的接点寿命动作次数。超出接点容量使用时,会造成接点接触面拉弧烧损,使接点的接触电阻增大,寿命缩短,严重时造成器材或设备烧损。

(四) 接点材料

一般继电器要求接点材料的电阻系数小,抗压强度低,而且选用不易氧化或其氧化物



电阻率小的材料。因为，接触材料电阻系数越小，接点本身的电阻越小，接触电阻越小；材料的抗压强度越小，在一定的接点压力下，接触面积就越大，接触电阻越小。

银的电阻率最低，银的氧化膜的电导率与纯银几乎相等，且抗压强度不高，因此几乎所有类型的继电器都采用银和银合金作为接点材料。

对控制大电流和高电压的接点，应选择耐腐蚀和难熔的材料，如钨和金属陶瓷等。钨熔点高，硬度也很高，不会熔合，几乎没有机械磨损，耐腐蚀能力强，但它在大气中易氧化。

金属陶瓷，大部分是由两种互相不能熔成合金的成分用金属陶制法（粉末冶金法）制成的。它磨损小，熔点非常高，耐腐蚀能力强，不易熔合，导电、导热性能好，很适宜作为接点材料。银氧化镉就是其中的一种，其基本物质为银（85%~80%），起导电作用，氧化镉（12%~15%）起导热作用，获得了最佳配合。它在高温下（990℃）还能以爆炸形式分解出氧与镉的蒸汽，起到对电弧的吹动和消除游离的效应，形成自动吹弧作用，提高了接点的熄弧性能。特别是它与银接点配合使用时，具有防粘连、接触电阻小等特点。

安全型继电器的普通接点中，静接点常用银或银氧化镉制成，动接点用银氧化镉制成。加强接点的静接点、动接点均用银氧化镉制成。

《铁路信号维修规则》规定，普通接点的接触电阻，银-银应不大于 0.03Ω ，银-银氧化镉应不大于 0.05Ω ，银-银碳应不大于 0.3Ω ，银氧化镉-银氧化镉应不大于 0.1Ω 。加强接点的接触电阻，银氧化镉-银氧化镉应不大于 0.1Ω 。

任务三 继电器操作运用实例

【操作运用案例】 认知和使用继电器

1. 实训项目教师工作活页（见表 1.4）

表 1.4 实训项目教师工作活页

实训项目	认知和使用继电器		
学时	2	班级	略
实训场所	6502 继电器集中联锁实训室		
工具设备	安全无极继电器若干、整流继电器若干、万用表若干、多媒体课件、图片、仿真软件、示教板		
教学目标	专业能力	(1) 能够说出无极继电器的各部分名称 (2) 能够说出继电器分类 (3) 能够说出继电器的型号及表示的含义 (4) 能够用万用表对继电器进行检测 (5) 能够画出继电器线圈和触点的符号	
	方法能力	(1) 能综合运用专业知识，通过专业书籍、多媒体课件和图片资料获得帮助信息 (2) 能根据实训项目学习任务确定实训方案，从中学会表达及展示活动过程和成果	
	社会能力	(1) 能在实训活动中保持积极向上的学习态度 (2) 能与小组成员和教师就学习中的问题进行交流和沟通 (3) 能与他人共享学习资源，具有较好的合作能力和团队协作精神	

续表

教学活动	略（详见教学设计）		
教学评价	（1）学生活动：①以5~7人小组为单位开展实训活动，根据本组同学在实训过程中的能力表现及结果进行自评和组内互评；②根据其他小组同学在成果展示活动中的表现及结果进行互评 （2）教师活动：①教师组织学生开展评价活动和总结；②对学生在本实训项目的单元成绩做出综合评价		
教学资料	（1）城市轨道交通信号设备教材 （2）继电器仿真软件 （3）实训项目学生学习活页		
指导教师		教学时间	年 月 日

2. 实训项目学生学习活页 (见表 1.5)

表 1.5 实训项目学生学习活页

实训项目 认知和使用继电器			
班级：_____	姓名：_____	学号：_____	时间：_____
一、实训目标			
1. 专业能力目标			
(1) 能够说出无极继电器的各部分名称；			
(2) 能够说出继电器分类；			
(3) 能够说出继电器的型号及表示的含义；			
(4) 能够用万用表对继电器进行检测；			
(5) 能够画出继电器线圈和触点的符号。			
2. 方法能力目标			
(1) 能综合运用专业知识，通过专业书籍、多媒体课件和图片资料获得帮助信息。			
(2) 能根据实训项目学习任务确定实训方案，从中学会表达及展示活动过程和成果。			
3. 社会能力目标			
(1) 能在实训活动中保持积极向上的学习态度。			
(2) 能与小组成员和教师就学习中的问题进行交流和沟通。			
(3) 能与他人共享学习资源，具有较好的合作能力和团队协作精神。			
二、知识总结			
(1) 什么是继电器安全侧故障？			
(2) 什么是 AX 系列安全型继电器的机械特性和牵引特性？			