

城市轨道交通信号基础设施

林瑜筠 魏艳 赵炜 主编
郭进 主审

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
XINHAO JICHU SHEBEI

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

城市轨道交通信号基础设备

林瑜筠 魏艳 赵炜 主编

郭进 主审

中国铁道出版社

2012年·北京

本书全面介绍城市轨道交通信号各种基础设备的基本组成、基本原理和应用,分为信号继电器、信号机、转辙机、轨道电路、计轴器、应答器、信号电源、信号电缆、防雷和接地装置,以及 SDH 简介。

本书可作为从事城市轨道交通的工程技术人员和技术工人的学习资料,也可作为城市轨道交通信号专业的教材,以及城市轨道交通技术培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通信号基础设备/林瑜筠, 魏艳, 赵炜主编. —北京: 中国铁道出版社, 2012. 1

ISBN 978-7-113-14034-2

I. ①城… II. ①林… ②魏… ③赵… III. ①城市铁路—铁路信号—信号设备
IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 274554 号

书 名: 城市轨道交通信号基础设备
作 者: 林瑜筠 魏 艳 赵 炜 主编

责任编辑: 魏京燕 编辑部电话: 010-63589185 转 3098 电子信箱: lvjihan@tqbooks.net
编辑助理: 吕继函
封面设计: 薛小卉
责任校对: 胡明锋
责任印制: 李 佳

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: 中国铁道出版社印刷厂

版 次: 2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm × 960 mm 1/16 印张: 21 插页: 1 字数: 440 千

书 号: ISBN 978-7-113-14034-2

定 价: 39.50 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社读者服务部联系调换。

电 话: 市电 (010) 51873170, 路电 (021) 73170 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 63549504, 路电 (021) 73187

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,对改变城市交通拥挤、乘车困难、行车速度下降、空气污染是行之有效的。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。除北京、天津、上海、广州、深圳、南京、大连、长春、武汉、重庆、沈阳、成都、佛山等13个城市已建成规模和档次不同的地铁与轻轨并对其进行扩展和延伸外,青岛、西安、杭州、哈尔滨、苏州、无锡、宁波、福州、南昌、长沙、昆明、郑州、贵阳、合肥、南宁等城市已在建设或筹建中。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和关键的,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密切相关,采用ATC已成为城市轨道交通的共同选择。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产生巨大的经济效益和社会效益。

城市轨道交通的各项信号基础设备包括:信号继电器、信号机、转辙机、轨道电路、计轴器、应答器、信号电源屏、信号电缆、防雷和接地装置以及SDH,它们是构成城市轨道交通联锁系统和ATC系统的基础。所以,熟悉各项信号基础设备的基本组成、基本原理和应用,对于掌握联锁技术和ATC技术是必须的。为了便于城市轨道交通信号专业的师生学习,我们编写了本教材。

本教材完全结合城市轨道交通信号系统的实际,尽可能涵盖全国各地城市轨道交通所采用的信号基础设备,并且顾及早期和近期的不同情况,各校在组织教学时应本着因地制宜、因时制宜的原则选择教学内容。本教材不介绍铁路信号基础设备的内容,需要了解的请阅读相关书籍。本课程是《城市轨道交通概论》的后继课,凡是《城市轨道交通概论》中介绍过的内容,一律不再重复。

本书由南京铁道职业技术学院林瑜筠、西南交通大学魏艳、北京地铁公司赵炜主编。西南交通大学陈林秀、李华,南京铁道职业技术学院洪冠副主编。西南交通大学郭进主审。林瑜筠、赵炜策划并对全书进行通稿。陈林秀编写第一章、第九章;李华编写第二章、第八章;魏艳编写第三章、第四章;西南交通大学江磊编写第五章;黄菊编写第六章;洪冠编写第七章;上海地铁公司林一鸣编写第十章。

在本书编写过程中,得到许多单位和同仁的大力支持和热情帮助,于此表示衷心的感谢。

由于我国城市轨道交通信号设备制式纷杂,资料难以搜集齐全。再加上编者水平所限、时间仓促,教材中不免有错误、疏漏和不妥之处,恳望读者批评指正,以不断提高本教材水平,为我国城市轨道交通事业的发展尽绵薄之力。

编 者

2011年11月

目 录

第一章 信号继电器	1
第一节 信号继电器概述	1
第二节 安全型继电器	4
第三节 时间继电器	30
第四节 灯丝转换继电器	34
第五节 交流二元继电器	36
第六节 动态继电器	39
第七节 继电器的应用	42
第二章 信号机	52
第一节 色灯信号机	52
第二节 LED 信号机	63
第三节 轨旁信号机	66
第三章 转 辙 机	72
第一节 概 述	72
第二节 ZD6 系列电动转辙机	74
第三节 外锁闭装置	90
第四节 S700K 型电动转辙机	93
第五节 ZD(J)9 系列电动转辙机	103
第六节 ZYJ7 型电动液压转辙机	107
第四章 轨道电路	122
第一节 轨道电路概述	122
第二节 交流工频轨道电路	128
第三节 音频轨道电路	146

第四节 轨道电路的基本工作状态和基本参数	191
第五章 计轴器	196
第一节 计轴器的结构和工作原理	196
第二节 计轴器的应用	201
第六章 应答器	204
第一节 应答器的结构和工作原理	204
第二节 应答器的应用	208
第七章 信号电源	212
第一节 信号电源屏	212
第二节 UPS	258
第三节 蓄电池	267
第八章 信号电缆	274
第一节 信号电缆	274
第二节 电缆连接设备	287
第九章 防雷和接地装置	290
第一节 信号设备防雷	290
第二节 信号设备接地装置	305
第十章 SDH 简介	309
第一节 光纤和光缆	309
第二节 SDH 传输技术	313
参考文献	330

第一章

信号继电器

继电器是自动控制系统中常用的电器,它用于接通和断开电路,用以发布控制命令和反映设备状态,从而构成自动控制和远程控制电路。各个领域的自动控制系统无一不采用继电器。城市轨道交通信号技术中广泛采用继电器,称之为信号继电器(在信号系统中,可简称继电器),无论其作为继电器式信号系统的核心部件,还是作为电子式或计算机式信号系统的接口部件,都发挥着重要的作用。继电器动作的可靠性直接影响到信号系统的可靠性和安全性。

第一节 信号继电器概述

一、继电器的基本原理

继电器是一种电励开关,其类型很多,性能各不相同,结构形式各种各样,但都由电磁系统和接点系统两大主要部分组成。电磁系统主要由线圈、固定的铁芯和轭铁,以及可动的衔铁构成;接点系统主要由动接点和静接点构成。在线圈中通入一定数值的电流后,由电磁作用或感应方法产生电磁吸引力,吸引衔铁,衔铁带动接点系统,改变其状态,以反映输入电流的状况。

最简单的电磁继电器如图 1-1(a)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。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。吸引力大小取决于所通电流的大小。当电流增大到一定值,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。由衔铁带动的动接点(随衔铁一起动作的接点)也随之动作,与动合接点(前接点,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)。

吸引力随电流的减小而减小,当吸引力减小到不足以克服衔铁重力时衔铁靠自重落下(称为释放),衔铁带动动接点与前接点断开,与动断接点(后接点,以下称后接点)接通。此状态称为继电器失磁落下(以下简称落下)。

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。

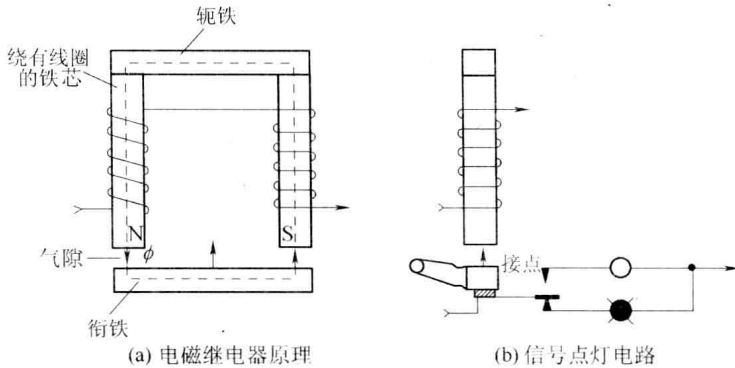


图 1-1 电磁继电器的基本原理

例如可构成图 1-1(b)中的信号点灯电路,前接点接通点亮绿灯,后接点接通点亮红灯。

二、继电器的继电特性

继电器的特性是当输入量达到一定值时,输出量发生突变,如图 1-2 所示。继电器线圈回路为输入回路,继电器接点所在回路为输出电路。当线圈中电流 I_x 从 0 增加到某一定值 I_{x2} 时,继电器衔铁被吸引,前接点闭合,接点回路中的电流 I_y 从 0 突然增大到 I_{y2} 。此后,若 I_x 继续增大,由于接点回路中阻值不变, I_y 保持不变。当线圈中电流 I_x 减小到 I_{x1} 时,继电器衔铁释放,输出电流 I_y 突然从 I_{y2} 减小到 0。此后, I_x 再减小, I_y 保持为 0 不变。

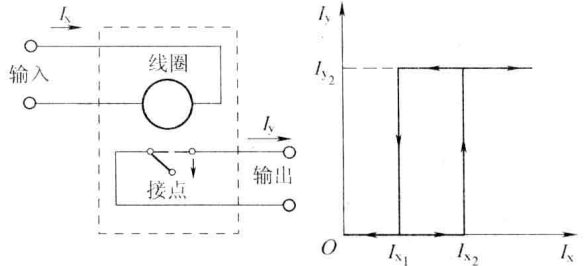


图 1-2 继电特性

三、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的对象,能控制数个对象和数个回路,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控制之中,也广泛应用于城市轨道交通信号技术的各个方面。

随着电子技术的迅速发展,电子器件尤其是微型计算机以其速度快、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。但是,继电器与电子器件相比,仍具有一定的优势,如开关性

能好(闭合时阻抗小、断开时阻抗大),有故障—安全(发生故障时导向安全)性能,能控制多个回路,抗雷击性能强,无噪声,不受周围温度影响等。因此,它仍然具有广阔的应用空间,将长期存在。

以前,信号继电器在以继电技术构成的系统,如继电集中联锁中,起着核心作用。而信号继电器在以电子元件和计算机构成的系统,如计算机联锁等系统中,作为其接口部件,具有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的作用。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,不仅现在,而且未来,信号继电器在城市轨道交通信号技术领域中始终起着重要的作用。

四、城市轨道交通对继电器的要求

信号继电器作为城市轨道交通信号系统中的主要(或重要)器件,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,城市轨道交通信号对继电器提出了极其严格的要求:

- (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,均能保持很大的电气绝缘强度。

五、继电器分类

继电器类型繁多,可按不同方式分类如下:

1. 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,带动接点动作的。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,使翼板转动而动作的。

2. 按动作电流分类,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。它按所通电流的极性,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,有电磁继电器,也有感应继电器。

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。

3. 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,它的线圈励磁电路单独构成。

4. 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 $0.1 \sim 0.3$ s。大部分信号继电器属于此类,通常不要加“正常动作”四个字,简称为继电器。

缓动继电器衔铁动作时间超过 0.3 s,分为缓吸、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。

5. 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断功率较小的接点能力,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,通常不要加“普通接点”四个字,简称为继电器。

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

6. 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

安全型继电器(N型)是无需借助于其他继电器,亦无需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,其特点是:

(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(例如接熔断器、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。

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,其特点是:

(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。

第二节 安全型继电器

AX系列安全型继电器,是由我国自行设计和制造的。经几十年的运用考验,证明其安全可靠、性能稳定,能满足信号电路对继电器提出的各种要求。它是我国铁路信号继电器的主要定型产品,也广泛应用于城市轨道交通之中。

一、安全型继电器概述

安全型继电器是直流 24 V 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,其他各型继电器由无极继电器派生。因此,绝大部分零件都能通用。

1. 插入式和非插入式

安全型继电器分为插入式和非插入式。插入式多为单独使用,非插入式常使用于有防尘外壳的组匣中。两者的区别仅在于,插入式继电器带有透明性很好的外罩(由聚甲基丙烯酸甲酯或聚碳酸酯制成),用以密封防尘,同时为了与插座配合使用,插入式继电器安装在酚醛塑料制成的胶木底座上。插入式无极继电器如图 1-3 所示。

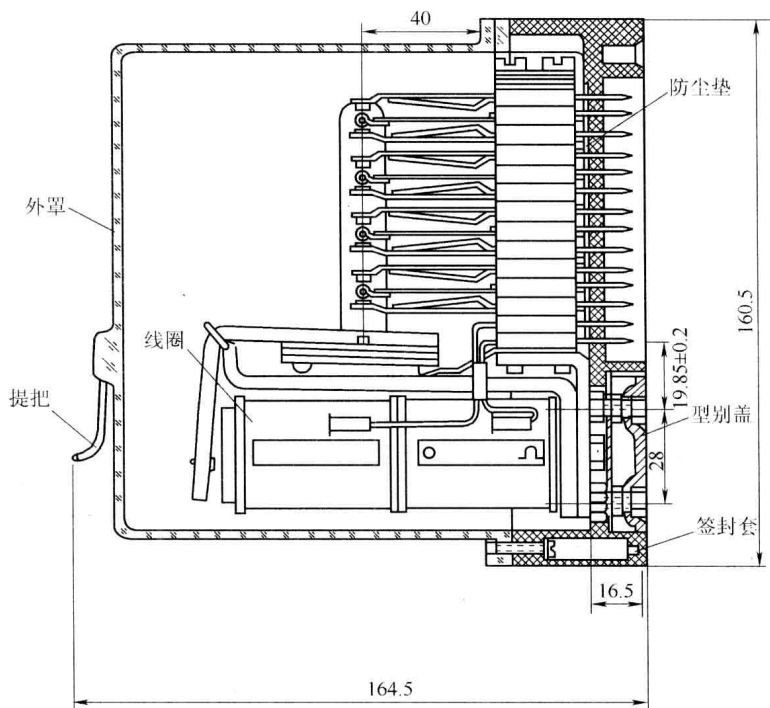


图 1-3 插入式无极继电器(单位:mm)

插入式继电器的外形尺寸为 $163\text{ mm} \times 48.5\text{ mm} \times 160\text{ mm}$,重量为 $1.2 \sim 1.8\text{ kg}$;非插入式继电器的外形尺寸为 $(131 \sim 149)\text{ mm} \times 35\text{ mm} \times (105 \sim 140)\text{ mm}$ (视不同品种略有不同),重量为 $1.0 \sim 1.6\text{ kg}$ 。

在实际使用中,为便于维修,多采用插入式继电器。

2. 安全型继电器的型号表示法

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。继电器型号的含义见表 1-1。

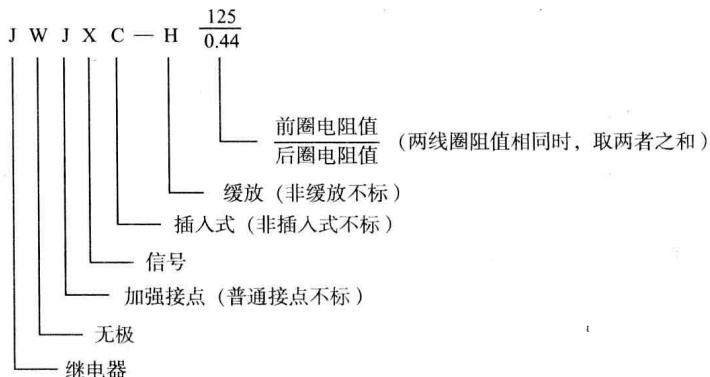


表 1-1 继电器代号含义表

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	T		通用
D		单门、动态	W	无极	
H	缓放	缓放	X	信号	信号、小型
J	继电器、加强接点		Y	有极	
P	偏极		Z	整流	整流

3. 安全型继电器的品种及用途

安全型继电器具有无极、无极加强接点、无极缓放、无极加强接点缓放、整流式、有极、有极加强、偏极 4 种 8 类 20 个品种及 3 个派生品种,城市轨道交通用的各种继电器见表 1-2。它们的特性和线圈电阻值各不相同,在信号电路中有不同的作用。

4. 继电器插座

安全型继电器组成插入式,需加装继电器插座板,其结构与与继电器的联结方式如图 1-4 所示。利用继电器下部螺栓露出部分将继电器插座板插入,用螺母紧固,然后用螺母紧固型别盖。

插座插孔旁所注接点编号系无极继电器的接点编号,其他各型继电器的接点系统的位置及使用编号与之不同,而实际使用的插座仅此一种,所以必须按图 1-5 所示符号对照使用。

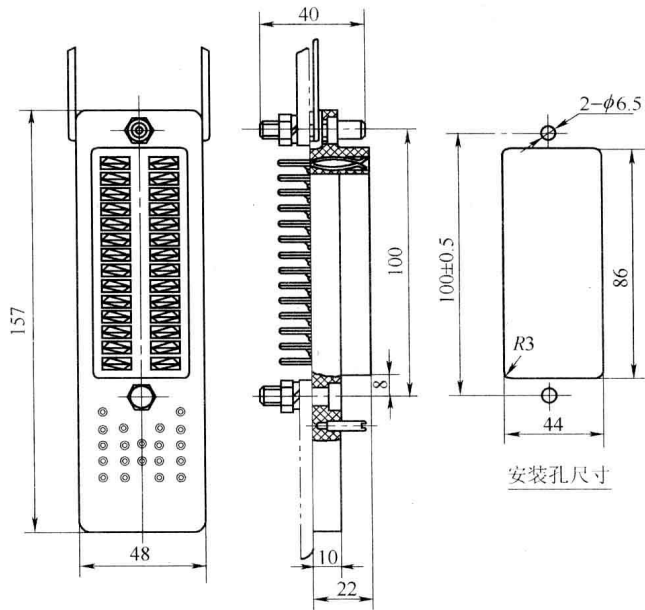


图 1-4 安全型继电器插座(单位:mm)

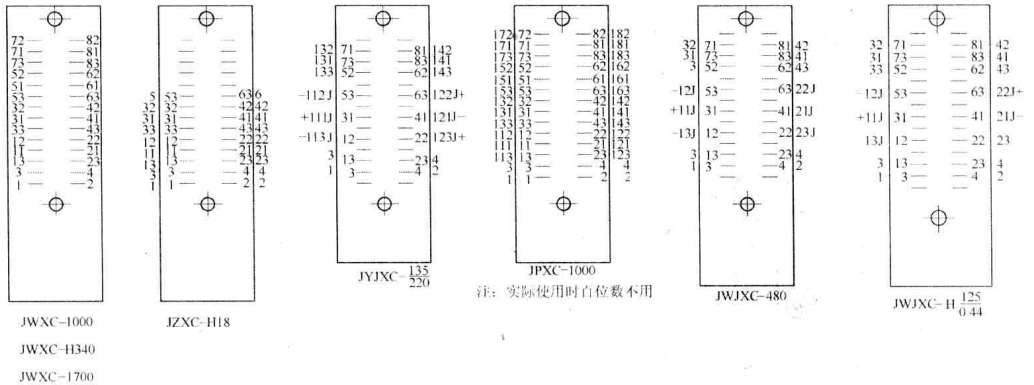


图 1-5 插座接点编号对照

安全型继电器有多种类型,为防止不同类型的继电器错误插接,在插座下部鉴别孔内铆以鉴别销。鉴别销号码详见表 1-2。

表 1-2 安全型继电器的基本情况

品种 序号	规格 序号	继电器名称	型 号	接点 组数	鉴别销 号码	线圈 连接	电源片连接	
							连接	使用
1	1	无极继电器	JWXC-1000	8QH	11, 52	串联	2, 3	1, 4
	2		JJWC-1700		11, 51			
	3	无极加强接点继电器	JWJXC-480	2QH, 2QHJ	15, 51	串联	2, 3	1, 4
	4	无极缓放继电器	JWXC-H340	8QH	12, 52	串联	2, 3	1, 4
	5	无极加强接点缓放继电器	JWJXC-H $\frac{125}{0.44}$	2QH, 4QJ, 2H	15, 55			
	6		JWJXC-H $\frac{125}{80}$		31, 52			
2	7	整流式继电器	JZXC-H18	4QH	13, 53	串联	1, 4	5, 6
	8		JZXC-H18F			单独	—	5, 6
	9		JZXC-H18F1			单独	—	1, 2
3	10	有极加强接点继电器	JYJXC $\frac{135}{220}$	2DF, 2DFJ	15, 54	单独	—	$\frac{1, 2}{3, 4}$
4	11	偏极继电器	JPXC-1000	8QH	14, 51	串联	2, 3	1, 4

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。
例如, 8QH 表示 8 组普通前后接点组, 2DFJ 表示 2 组加强定位反位接点组。

各种继电器型别盖上的鉴别孔不同, 根据规定的鉴别孔逐个钻成, 以与鉴别销相吻合。鉴别孔位置及型别盖外形如图 1-6 所示。

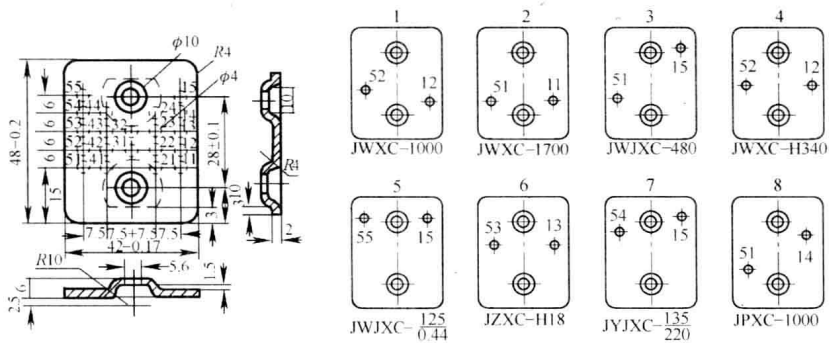


图 1-6 型别盖外形及鉴别孔位置

5. 安全型继电器的特点

在城市轨道交通信号系统中, 凡是涉及到行车安全的继电器都必须采用安全型继电器。所谓安全型继电器是指它的结构必须符合故障—安全原则(发生安全侧故障

的可能性远远大于发生危险侧故障的可能性；处于禁止运行状态的故障有利于行车安全，称为安全侧故障；处于允许运行状态的故障可能危及行车安全，称为危险侧故障。它是一种不对称器件，在故障情况下使前接点闭合的概率远小于使后接点闭合的概率。这样，就可以用前接点代表危险侧信息，用后接点代表安全侧信息。

为了达到故障—安全要求，安全型继电器在结构上有以下特点：

- (1) 前接点采用熔点高，不会因熔化而使前接点粘连的导电性能良好的材料。
- (2) 增加衔铁重量，采用“重力恒定”原理在线圈断电时强制将前接点断开。
- (3) 采用剩磁极小的铁磁材料构成磁路系统，并在衔铁与极靴之间设有一定厚度的非磁性止片，当衔铁吸起时仍有一定的气隙以防剩磁吸力将衔铁吸住。
- (4) 衔铁不致因机械故障而卡在吸起状态。

6. 安全型继电器的寿命

继电器的寿命指的是接点的寿命，包括电寿命和机械寿命。继电器的电寿命，规定为普通接点 2×10^6 次，加强接点 2×10^5 次，有极继电器的加强定位、反位接点接通 1×10^5 次，断开 1×10^3 次。机械寿命 10×10^6 次。

二、安全型继电器的结构和动作原理

1. 无极继电器

无极继电器有 9 个品种，常用的是 JWXC-1700、JWXC-1000 及缓放的 JWXC-H340 型等。

(1) 直流无极继电器的结构

JWXC 型直流无极继电器的结构如图 1-3 所示。无极继电器由电磁系统和接点系统两大部分组成。电磁系统包括线圈、铁芯、轭铁和衔铁，如图 1-7 所示，具有结构紧凑、加工方便等特点。

① 线圈

线圈水平安装在铁芯上，分为前圈和后圈，之所以采用双线圈，主要是为了增强控制电路的适应性和灵活性，可根据电路需要单线圈控制、双线圈串联控制或双线圈并联控制。

线圈绕在线圈架上，线圈架由酚醛树脂压制而成。缓放型无极继电器为了增加缓放时间，采用铜质阻尼线圈架。线圈用高强度漆包线密排绕制，抽头焊有引线片，线圈及其与电源片的连接如图 1-8 所示。

② 铁芯

铁芯由电工纯铁制成，其为软磁材料，具有较小的剩磁。外层镀锌防护。铁芯如

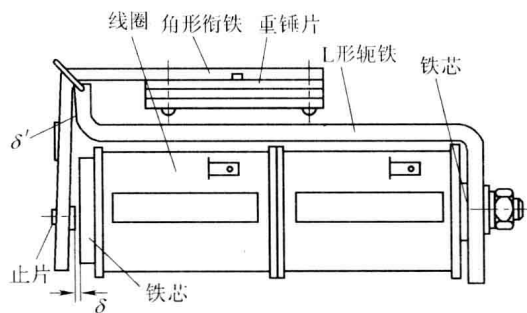


图 1-7 无极继电器的电磁系统

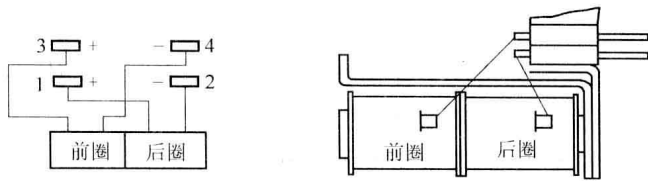


图 1-8 线圈及其与电源片的连接

图 1-9 所示。它的尺寸,根据继电器的规格不同而有区别。缓放型继电器尺寸大些,以加大缓放时间或减小工作值。

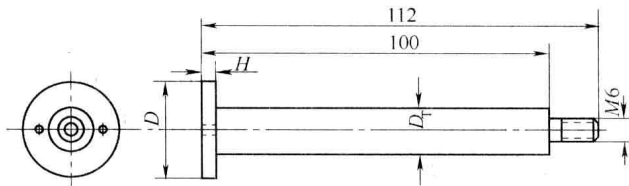


图 1-9 铁芯(单位:mm)

极靴在铁芯头部,用冷锻法加粗。在极靴正面钻有两个圆孔,是为了组装和检修时紧固和拆装铁芯用的。

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

衔铁为角形,靠蝶形钢丝卡固定在轭铁的刀刃上,动作灵活。衔铁由电工纯铁冲压成型,衔铁上铆有重锤片,以保证衔铁靠重力返回。重锤片由薄钢板制成,其片数由接点组的多少决定,使衔铁的重量基本上满足后接点压力的需要。一般 8 组后接点用三片,6 组用两片,4 组用一片,2 组不用。

衔铁上有止片,止片由黄铜制成,安装在衔铁与铁芯闭合处。止片有 6 种厚度,因继电器规格不同而异,可取下按规格更换。止片用以增大继电器在吸起状态的磁阻,减小剩磁影响,保证继电器可靠落下。

在电磁系统中,除衔铁和铁芯间工作气隙 δ 外,在轭铁的刀口处尚有第二工作气隙 δ' ,以减小磁路的磁势降,从而提高继电器的灵敏度。

⑤ 接点系统

接点系统如图 1-10 所示。处于电磁系统上方,通过接点架、螺钉紧固在轭铁上,两者成为一个整体。用螺钉将下止片、电源片单元、银接点单元、动接点单元以及压片按顺序组装在接点架上。在紧固螺钉前,应将拉杆、绝缘轴、动接点轴与动接点组装好。