

巍巍交大 百年书香
www.jiaodapress.com.cn
bookinfo@sjtu.edu.cn



策划编辑 刘建
责任编辑 胡思佳
封面设计 黄燕美

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG XINHAO YU TONGXIN XITONG

城市轨道交通 信号与通信系统

职业教育城市轨道交通系列创新教材

城市轨道交通 信号与通信系统

主编 王青林 赵明国

职业教育城市轨道交通系列创新教材

城市轨道交通信号与通信系统

主编 王青林 赵明国

上海交通大学出版社

免费提供

精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com



扫描二维码
关注上海交通大学出版社
官方微信

ISBN 978-7-313-13207-9



9 787313 132079

定价: 35.00元



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

职业教育城市轨道交通系列创新教材

城市轨道交通 信号与通信系统

主 编 王青林 赵明国
副主编 韩海玲 慕 威 邓 捷
主 审 杨旭丽



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书介绍了城市轨道交通信号与通信系统的基础知识。全书分 8 个模块，内容包括信号继电器、信号机、道岔转辙设备、轨道电路、连锁、闭塞及闭塞制式、城市轨道交通 CBTC 系统、城市轨道交通通信系统。

本书可作为职业院校城市轨道交通类专业的教材，也可以作为城市轨道交通企业的职业培训教材，还可供从事城市轨道交通控制工作的技术人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通信号与通信系统/王青林，赵明国主
编. —上海：上海交通大学出版社，2015 (2024 重印)
ISBN 978-7-313-13207-9

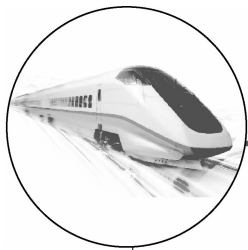
I. ①城… II. ①王… ②赵… III. ①城市铁路—交
通信号—信号系统—高等职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 135553 号

城市轨道交通信号与通信系统
CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG XINHAO YU TONGXIN XITONG

主 编：王青林 赵明国	
出版发行：上海交通大学出版社	地 址：上海市番禺路 951 号
邮政编码：200030	电 话：021-64071208
印 制：三河市骏杰印刷有限公司	经 销：全国新华书店
开 本：787 mm×1 092 mm 1/16	印 张：10.25
字 数：222 千字	
版 次：2015 年 6 月第 1 版	印 次：2024 年 7 月第 9 次印刷
书 号：ISBN 978-7-313-13207-9	
定 价：35.00 元	

版权所有 侵权必究
告读者：如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话：0316-3662258



出版说明

近年来，我国经济持续快速发展，城市规模不断扩大，城市人口不断增加，导致城市交通拥堵问题日益严重，地面交通承载能力日显不足。在此形势下，大力发展轨道交通已经成为解决城市交通问题的重要手段。

截至 2023 年年底，中国内地共有 59 个城市开通城市轨道交通运营线路，运营线路总长度 11 224.54 km。

我国正在经历着有史以来规模最大的城市轨道交通建设，城市轨道交通的高速发展带来了社会对城市轨道交通专业人才的巨大需求，同时，这样的需求也为职业教育城市轨道交通专业的发展带来了良好的契机。

为了适应和促进我国职业教育城市轨道交通专业教学的发展，规范城市轨道交通系列教材体系的建设，结合职业教育“校企合作，工学结合”的教学改革特点，我们特组织一批具有丰富教学经验的一线教师和企业人员编写了这套城市轨道交通系列规划教材。

本系列教材具有如下特色：

第一，严格遵循国家和行业现行标准与规范，同时结合国内各大城市轨道交通建设运营的实际情况组织编写。

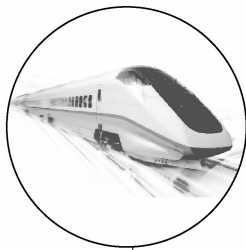
第二，注重职业教育特点，采用项目式教学模式，侧重实际工作岗位操作技能的培养。

第三，注重理论与实践的有机结合，根据需求和实际情况有针对性地设置实训环节，以增强学生的实际操作能力。

为了支持“立体化”教学，我们特别为本系列教材精心策划了精品教学资料包，为广大读者提供丰富的教学资源，以满足网络化及多媒体等现代教学需求，有效提升教学质量。

希望各院校在使用本系列教材的过程中提出宝贵的意见和建议，我们将认真听取，不断完善本系列教材。

编审委员会



前言

经济的不断发展、城市人口的不断增加和城市规模的不断扩大，给城市公共交通带来了很大的压力，从而促进了城市公共交通的迅速发展。当前，以城市轨道交通为主，高速公路、等级公路为辅的立体交通网络日趋完善，已经形成了一个综合的交通体系，这对缓解城市日趋严峻的交通拥堵问题起到了积极的作用。

城市轨道交通信号与通信系统是城市轨道交通的重要基础设施之一，是确保列车安全运行和提高行车效率的保障。列车自动控制系统的技术含量高，具有智能化、数字化、模块化等特点。列车自动控制系统包括列车自动运行、列车自动防护、列车自动监控等子系统，通过通信网络实现地面控制与车上控制的结合、本地控制与中央控制的结合。此外，城市轨道交通信号设备还包括继电器、信号机、轨道电路、转辙机等基础设备。城市轨道交通通信系统为传输服务，为乘客提供信息，保证车站与中控中心的视听网络正常运行，并对各个子系统内的故障进行自检和报警，确保整个通信系统能够可靠运行。

本书详细介绍了城市轨道交通信号与通信系统的有关知识，具有以下特色：

- (1) 语言精练，内容简要，强调理论与实践相结合。
- (2) 每个模块通过“相关案例”引入模块内容，以提高学生的学习兴趣。
- (3) 每个模块都设置了“实训任务”，旨在帮助学生巩固所学内容，培养学生的岗位技能。

本书内容及学时安排（推荐）如下表所示：

序 号	内 容	学 时
0	绪论	2
1	信号继电器	4
2	信号机	4
3	道岔转辙设备	6
4	轨道电路	8



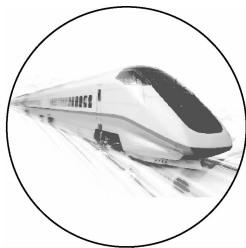
(续表)

序 号	内 容	学 时
5	联锁	8
6	闭塞及闭塞制式	4
7	城市轨道交通 CBTC 系统	8
8	城市轨道交通通信系统	8
总计		52

本书由辽宁省交通高等专科学校王青林和赵明国任主编，辽宁省交通高等专科学校韩海玲和慕威、西南交通大学希望学院邓捷任副主编。全书由杨旭丽主审。

由于编者水平有限，书中存在的错误和不当之处恳请各位读者批评指正。

编 者



目 录

绪论	1
0.1 城市轨道交通信号系统概述	1
0.1.1 城市轨道交通信号设备	1
0.1.2 列车自动控制系统	3
0.2 城市轨道交通通信系统概述	3
模块 1 信号继电器	5
1.1 信号继电器的基础知识	5
1.1.1 直流无极继电器的结构和工作原理	6
1.1.2 信号继电器的基本功能	8
1.1.3 信号继电器的分类	9
1.1.4 信号继电器的表示方法	10
1.2 常用信号继电器	13
1.2.1 常用信号继电器的工作特点	14
1.2.2 信号继电器的特性	16
1.2.3 信号继电器的定位状态	18
实训任务	18
思考与练习	19
模块 2 信号机	20
2.1 铁路信号概述	20
2.1.1 铁路信号的分类及设置	21
2.1.2 铁路信号机的命名	23
2.1.3 铁路信号机的设置	25
2.2 城市轨道交通信号机	30
2.2.1 城市轨道交通信号机的设置原则	30
2.2.2 正线信号机及表示器的设置及作用	30
2.2.3 车辆段信号机的设置及作用	31
2.2.4 城市轨道交通信号机的命名	31



2.2.5 城市轨道交通信号的显示	32
实训任务	33
思考与练习	34
模块 3 道岔转辙设备	35
3.1 道岔转辙设备概述	35
3.1.1 道岔的基础知识	36
3.1.2 转辙机	38
3.1.3 外部转辙装置	39
3.2 ZD6 系列电动转辙机	39
3.2.1 ZD6 系列电动转辙机概述	40
3.2.2 ZD6 系列电动转辙机的结构	41
3.2.3 ZD6 系列电动转辙机的动作过程	53
3.2.4 ZD6 系列电动转辙机的安装	54
3.3 钩式外锁闭装置	56
3.3.1 道岔的锁闭方式	56
3.3.2 分动尖轨用钩式外锁闭装置	57
实训任务	59
思考与练习	60
模块 4 轨道电路	62
4.1 轨道电路概述	63
4.1.1 轨道电路的组成及工作原理	63
4.1.2 轨道电路的作用	64
4.1.3 轨道电路的分类	64
4.1.4 轨道电路的基本工作状态	65
4.1.5 轨道电路的划分和命名	66
4.1.6 轨道电路的极性交叉	67
4.2 工频交流连续式轨道电路	68
4.2.1 工频交流连续式轨道电路的组成及工作原理	69
4.2.2 工频交流连续式轨道电路的主要部件	70
4.2.3 道岔区段的轨道电路	71
4.2.4 钢轨绝缘的设置	72
4.3 50 Hz 微电子相敏轨道电路	73
4.3.1 50 Hz 微电子相敏轨道电路的技术条件	74
4.3.2 50 Hz 微电子相敏轨道电路的工作原理	74
4.3.3 50 Hz 微电子相敏轨道电路的室内设备	75
4.4 计轴	78
4.4.1 计轴概述	78

4.4.2	计轴的工作原理	79
4.4.3	计轴的组成	79
4.4.4	计轴的命名	80
4.4.5	计轴的复位	80
实训任务		81
思考与练习		82
模块 5 联锁		83
5.1 联锁概述		84
5.1.1	联锁道岔的有关概念	84
5.1.2	进路的有关概念	87
5.2 进路按钮的配置及操作方法		88
5.2.1	进路按钮的配置	88
5.2.2	进路的操作方法	90
5.3 联锁关系		90
5.3.1	进路与道岔之间的联锁	91
5.3.2	进路与进路之间的联锁	92
5.3.3	进路与信号机之间的联锁	93
5.3.4	进路与轨道区段之间的联锁	94
5.4 TYJL-Ⅱ型计算机联锁操作		95
5.4.1	屏幕显示	95
5.4.2	按钮设置	96
5.4.3	进路的办理与操作	97
实训任务		99
思考与练习		101
模块 6 闭塞及闭塞制式		102
6.1 铁路闭塞概述		103
6.1.1	闭塞的有关概念	103
6.1.2	铁路闭塞制式的发展	103
6.2 城市轨道交通闭塞概述		105
6.2.1	城市轨道交通系统的闭塞制式	105
6.2.2	基于通信的移动闭塞 ATC 系统	107
实训任务		108
思考与练习		109
模块 7 城市轨道交通 CBTC 系统		110
7.1 城市轨道交通 CBTC 系统概述		111
7.1.1	CBTC 系统的基本架构和组成	111



7.1.2 列车驾驶模式	113
7.2 ATP 子系统	113
7.2.1 轨旁子系统的组成	114
7.2.2 车载子系统的组成	114
7.2.3 ATP 子系统的主要功能	115
7.3 ATO 子系统	118
7.3.1 ATO 子系统的组成	118
7.3.2 ATO 子系统的主要功能	118
7.4 ATS 子系统	119
7.4.1 ATS 子系统的组成	120
7.4.2 ATS 子系统的主要功能	121
7.4.3 ATS 子系统的外部接口	124
实训任务	124
思考与练习	126
模块 8 城市轨道交通通信系统	127
8.1 传输子系统	128
8.1.1 传输子系统的组网模式	128
8.1.2 传输子系统的功能	128
8.2 公务电话与专用有线调度子系统	128
8.2.1 公务电话子系统	128
8.2.2 专用有线调度子系统	129
8.3 无线列车调度子系统	130
8.3.1 无线列车调度子系统的组成及功能	130
8.3.2 专网调度与集群调度	130
8.3.3 无线列车调度子系统的应用	130
8.4 闭路电视监控子系统	132
8.4.1 闭路电视监控子系统的组成	132
8.4.2 闭路电视监控子系统的功能	133
8.5 广播子系统	133
8.5.1 广播子系统的组成	134
8.5.2 广播子系统的功能	134
8.6 时钟子系统	135
8.6.1 时钟子系统的组成	135
8.6.2 时钟子系统的功能	136
8.6.3 时钟子系统的组网	136
8.7 乘客信息子系统	137
8.7.1 乘客信息子系统的组成	137
8.7.2 乘客信息子系统的功能	139

8.8 不间断电源子系统	140
8.8.1 不间断电源子系统的构成及功能	140
8.8.2 不间断电源子系统的工作原理	141
实训任务	142
思考与练习	143
附录	144
附录 I 常用城市轨道信号系统英文缩写对照表	144
附录 II 城市轨道交通信号与通信系统测试题	145
参考文献	151



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。因为继电电路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。

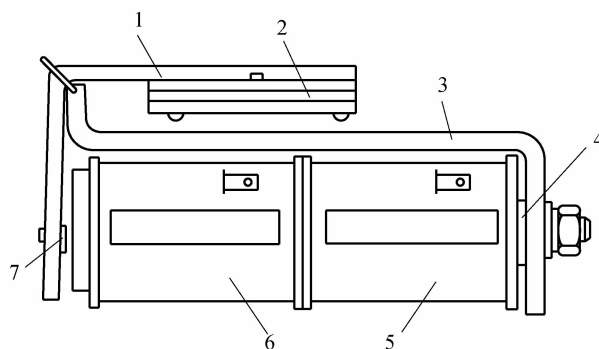
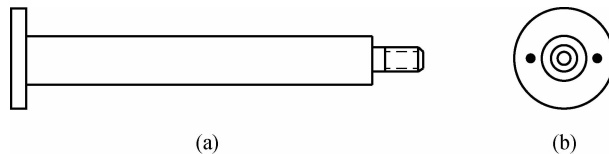


图 1-1 直流无极继电器电磁系统的组成

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。



(a)

(b)

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。

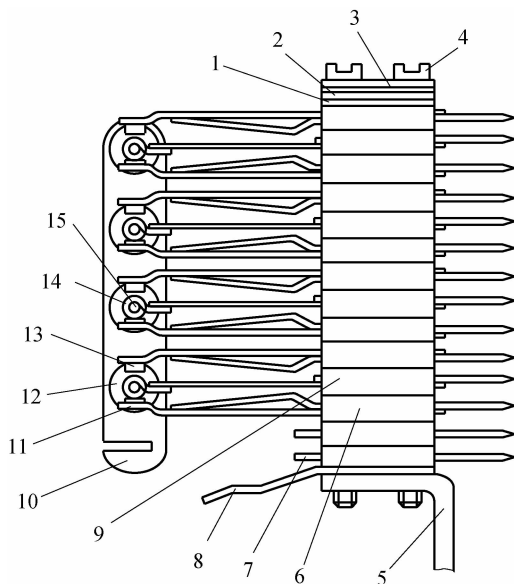


图 1-3 直流无极继电器接点系统的组成

- 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辅助



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，用螺钉和軛铁固定，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' 进入軛铁，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。

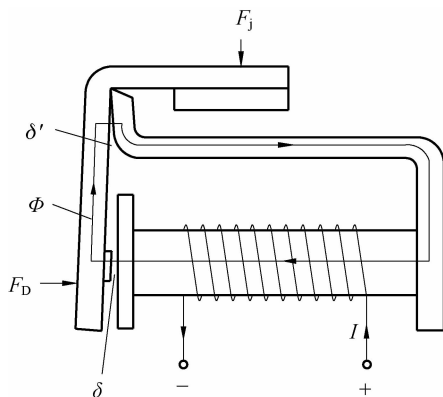


图 1-4 直流无极继电器的工作原理

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 $0.1\sim 0.3\text{ s}$, 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 $1\,700\ \Omega$, 即该继电器前圈、后圈的电阻均为 $850\ \Omega$ 。

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	11, 54		
	6		JWXC-370/480	单独	2QH, 2Q	22, 52	3, 4/1, 2	
	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



(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		2QH, 2QJ 2H	15, 43		
	19		JWJXC-H125/80			31, 52		
	20		JWJXC-H80/0.06			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	1, 4	2, 3
	35		JYXC-270		4DF	15, 53		
	36	有极加强接点 继电器	JYJXC-3000		2F, 2DFJ	13, 51		
	37		JYJXC-J3000					
	38		JYJXC-135/220	单独	2DF, 2DFJ	15, 54		
	39		JYJXC-X135/220			12, 23		
	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。

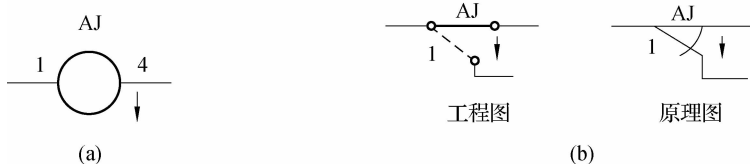


图 1-5 JWXC-1700 继电器的线圈符号和接点符号

(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 and 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。

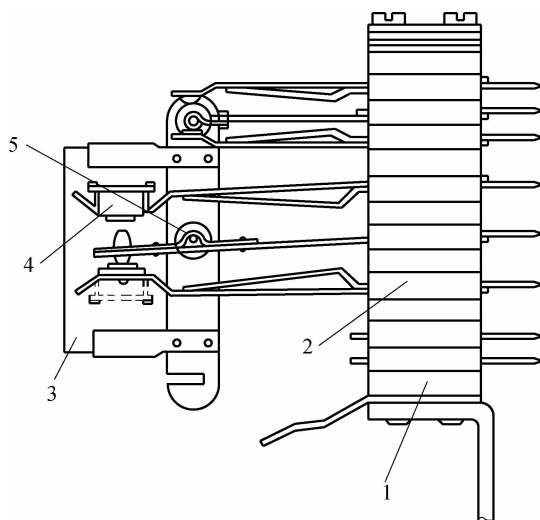


图 1-6 无极加强接点继电器的接点系统

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。

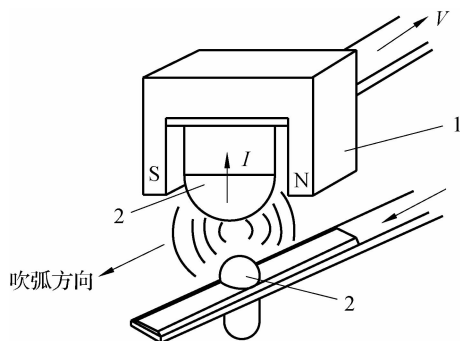


图 1-7 磁吹弧的原理

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“ $\uparrow$ ”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“ $\downarrow$ ”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	5	熟悉的程度			
	制订学习计划					
任务组成	信号继电器的基本功能	5	熟悉的程度			
	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。