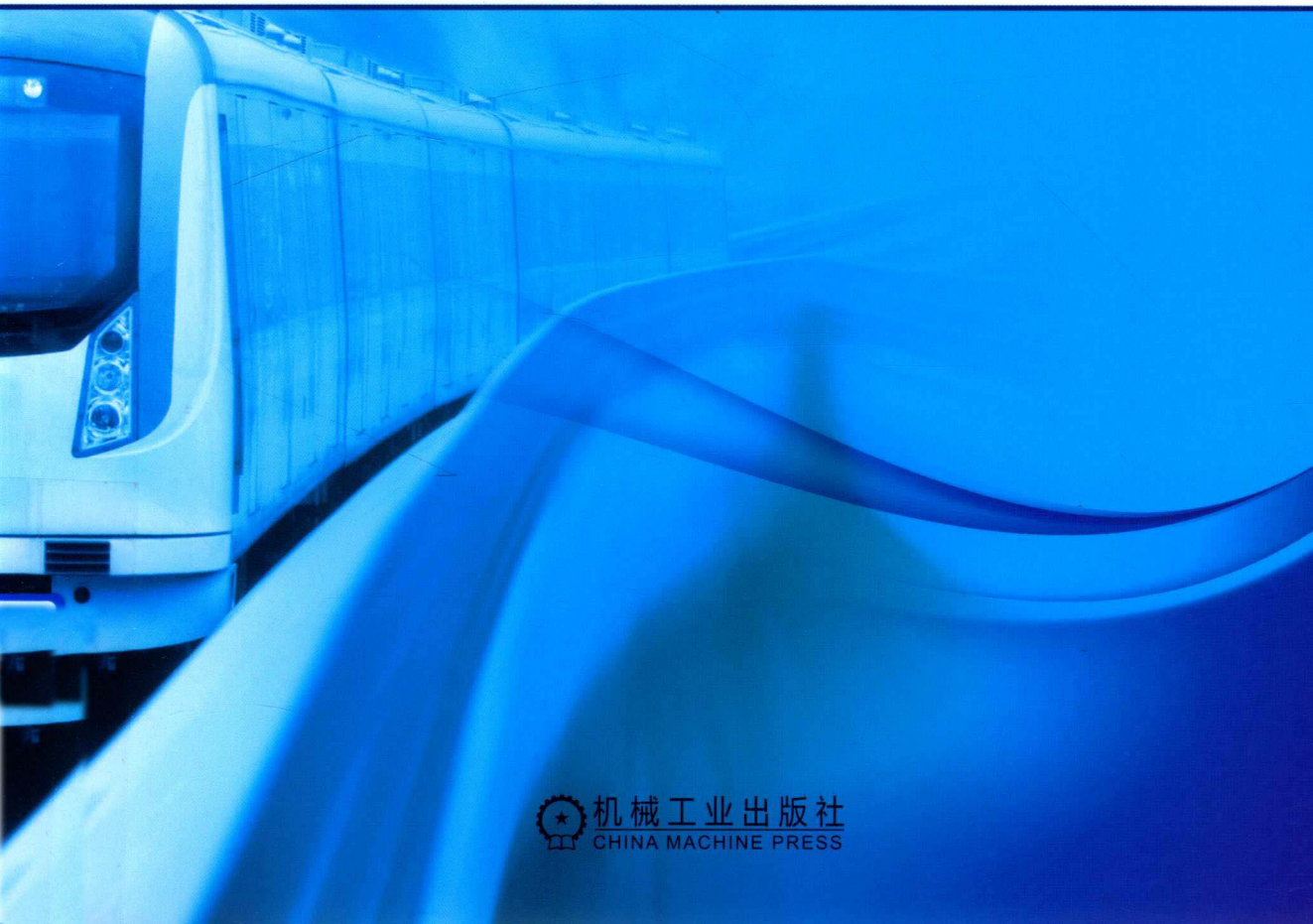


普通高等教育城市轨道交通规划教材

城市轨道交通

信号基础与设计

高宗余 主编



普通高等教育城市轨道交通规划教材

城市轨道交通信号基础与设计

主编 高宗余

参编 孙迪 张争珍



机械工业出版社

本书共 12 章, 第 1~6 章分别介绍城市轨道交通信号的基础设备, 第 7~11 章介绍轨道交通列车控制系统, 第 12 章介绍 CBTC 这一目前应用最广的城市轨道交通信号系统。

本书可作为城市轨道交通高等院校的专业教材, 还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, 以及城市轨道交通技术培训用书。

城市轨道交通信号基础与设计

余宗余 主编
机械工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通信号基础与设计/高宗余主编. —北京: 机械工业出版社, 2019. 1

普通高等教育城市轨道交通规划教材

ISBN 978-7-111-61430-2

I. ①城… II. ①高… III. ①城市铁路-铁路信号-信号系统-高等学校-教材②城市铁路-铁路信号-信号设计-高等学校-教材 IV. ①TU239. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 267288 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 曹新宇 责任编辑: 曹新宇 陈文龙

责任校对: 李 杉 佟瑞鑫 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 李 昂

河北鹏盛贤印刷有限公司印刷

2019 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·9.75 印张·237 千字

0001—1900 册

标准书号: ISBN 978-7-111-61430-2

定价: 29.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

前言

城市轨道交通信号系统是指列车运行、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。它实际上已成为了城市轨道交通调度指挥和运营管理的中枢神经。

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。城市轨道交通信号的装备水平和技术水准是城市轨道交通先进程度的重要标志。

城市轨道交通的列车运行速度相对较低、站间距离短，但行车密度大，可靠性要求高。因此，各城市轨道交通公司大多选择 ATC（列车运行自动控制）及 CBTC（基于通信的列车自动控制）系统构成信息交换网络闭环系统。该系统是以信号设备为基础，集行车指挥、运行调整以及无线通信等功能为一体，是网络化、综合化、数字化、智能化的列车运行自动控制系統。

城市轨道交通信号系统的技术含量高，需要大量从事信号维护及管理的专业人员。为使即将从事城市轨道交通信号应用工作的学生和技术人员掌握城市轨道交通信号系统的基本原理，提高他们的技术水准，满足城市轨道交通发展需要，我们编写了本书。本书也可作为城市轨道交通企业新员工的培训教材，帮助他们掌握基本知识，为提升应急应变能力奠定基础。针对本专业特点，本书密切结合城市轨道交通的实际情况，介绍各种信号设备，尽量不进行公式推导，少做定量分析，而着重进行概念和基本原理的讲解。

全书共 12 章：

第 1 章是绪论，较全面地介绍了城市轨道交通信号系统的概况，使读者能建立对城市轨道交通信号系统的整体认识。

第 2~6 章是城市轨道交通信号基础部分，介绍了继电器、轨道电路、计轴设备及应答器、信号机和道岔转辙机设备。

第 7 章是联锁系统，介绍了车辆段联锁、6502 电气集中联锁、计算机联锁及正线联锁，并对其联锁设备的结构、原理及功能做了较详细的介绍。

第 8~11 章对 ATC 及 ATC 包含的 ATP、ATO 及 ATS 做了详细的介绍，对其原理及功能分别进行了论述。

第 12 章对现在城市轨道交通大量应用的 CBTC 系统进行了系统的介绍，对其原理、特点及功能进行了详细的介绍。

本书最后安排了针对不同的城市轨道交通信号设备的设计实训，引导学生及技术人员对城市轨道交通信号有一个直观的认识与理解。

本书第 1~9 章由高宗余编写，第 10、11 章由孙迪编写，第 12 章及设计实训由张争珍



编写，高宗余负责统稿。王利荣、于丽杰、廖文江、赵丽鲜等为本书出版提供了大量帮助，在此表示衷心感谢！此外，本书的出版获得了北京联合大学的教材出版资助，在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，书中难免有错漏之处，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第 1 章 绪论 1

- 1.1 城市轨道交通信号基础概述 1
- 1.2 城市轨道交通信号系统 1
- 1.3 城市轨道交通信号系统的发展状况及趋势 3

第 2 章 继电器 4

- 2.1 继电器概述 4
- 2.2 继电器的基本原理 4
- 2.3 安全型继电器 6
- 2.4 继电器的应用 11
- 2.5 继电器的基本电路 14

第 3 章 轨道电路 15

- 3.1 轨道电路概述 15
- 3.2 轨道电路的构成 15
- 3.3 轨道电路的基本原理 16
- 3.4 工频交流轨道电路 18
- 3.5 音频轨道电路 19
- 3.6 道岔区段轨道电路 21
- 3.7 轨道电路的划分和命名 22

第 4 章 计轴设备及应答器 24

- 4.1 计轴设备概述 24
- 4.2 计轴器的作用 24
- 4.3 计轴器的构成 24
- 4.4 计轴系统的基本原理 25
- 4.5 应答器 26

第 5 章 信号机 29

- 5.1 信号机概述 29
- 5.2 信号机的分类 29
- 5.3 透镜式色灯信号机 32
- 5.4 LED 式色灯信号机 33
- 5.5 地面信号机的设置 34

5.6 信号显示 35

第 6 章 道岔转辙机 38

- 6.1 道岔转辙机概述 38
- 6.2 道岔 38
- 6.3 转辙机 39
- 6.4 ZD6 系列电动转辙机 41
- 6.5 S700K 型电动转辙机 45
- 6.6 ZD(J)9 型电动转辙机 46

第 7 章 联锁系统 49

- 7.1 联锁及联锁设备概述 49
- 7.2 车辆段联锁 49
- 7.3 6502 电气集中联锁 53
- 7.4 计算机联锁 61
- 7.5 正线联锁设备 66

第 8 章 列车自动控制 (ATC) 系统 78

- 8.1 ATC 系统概述 78
- 8.2 ATC 系统的组成和功能 78
- 8.3 ATC 系统的水平等级 79
- 8.4 不同闭塞制式的 ATC 系统 79
- 8.5 不同结构的 ATC 系统 83
- 8.6 ATC 系统的控制模式 94
- 8.7 驾驶模式及模式转换 95
- 8.8 试车线 99

第 9 章 列车自动防护 (ATP) 子系统 100

- 9.1 ATP 系统概述 100
- 9.2 ATP 系统的基本概念 100
- 9.3 ATP 系统的主要功能 102
- 9.4 ATP 系统的车载设备 104
- 9.5 ATP 系统的地面设备 107

第 10 章 列车自动驾驶 (ATO) 子系统 108

10.1 ATO 系统概述	108	设计实训	142
10.2 ATO 系统的基本概念	108	任务 1 继电电路应用设计	142
10.3 ATO 系统的组成	108	任务 2 轨道电路设计	142
10.4 ATO 系统的主要功能	109	任务 3 轨道电路的划分	143
10.5 ATO 系统的基本要求	111	任务 4 信号机设计	143
10.6 ATO 系统的基本工作原理	112	任务 5 信号机的基本结构及控制电路	144
10.7 ATO 系统与 ATP 系统的关系	114	任务 6 轨道电路对信号机的控制	144
第 11 章 列车自动监控 (ATS)		任务 7 道岔转辙机设计	144
子系统	116	任务 8 计算机联锁系统操作	145
11.1 ATS 系统概述	116	任务 9 联锁表编制	145
11.2 ATS 系统的基本概念	116	任务 10 进路解锁	146
11.3 ATS 系统的基本要求	118	任务 11 进路故障处理	146
11.4 ATS 系统的主要功能	119	任务 12 列车自动控制 (ATC) 系统	146
11.5 ATS 系统的基本原理	123	任务 13 列车自动防护 (ATP) 系统及	
11.6 ATS 系统的运行	130	车载设备	147
11.7 ATS 故障模式	134	任务 14 列车自动驾驶 (ATO) 系统及	
第 12 章 基于通信的列车自动控制		车载设备	147
(CBTC) 系统	136	任务 15 列车自动驾驶 (ATO) 系统实现	
12.1 CBTC 系统概念	136	车站精确停车	147
12.2 CBTC 系统的特性	136	任务 16 列车自动监控 (ATS) 系统在控制	
12.3 CBTC 系统的结构图	137	中心的设备	148
12.4 CBTC 系统的组成	137	任务 17 列车自动监控 (ATS) 系统在车站的	
12.5 CBTC 系统的工作原理	138	设备	148
12.6 国内外 CBTC 系统的发展	139	任务 18 CBTC 系统认知任务	149
12.7 CBTC 系统的关键技术	140	参考文献	150

第1章

绪 论

1.1 城市轨道交通信号基础概述

城市轨道交通具有运量大、速度快、安全、准点、环保、节约能源和用地等特点。世界各国普遍认识到，解决城市交通问题的根本出路在于优先发展以轨道交通为骨干的城市公共交通系统。

我国城市轨道交通建设始于1908年，第一条有轨电车在上海建成。1969年10月1日，北京地铁1号线建成通车，作为我国第一条现代化城市轨道交通系统，它的建成通车结束了我国没有地铁的历史。

我国城市轨道交通制式主要有地铁、轻轨和市郊铁路等形式，在城市客运交通中起骨干作用。

1.2 城市轨道交通信号系统

1. 我国城市轨道交通建设

目前，我国有50余个城市已建成及正在筹备建设城市轨道交通，包括北京、天津、上海、南京、武汉、重庆、大连、长春、台北、高雄、西安、香港、广州、深圳、成都、佛山等，其中大连、长春和重庆拥有轻轨和有轨电车。到2020年我国城市及城际轨道交通将达到6000km，将超过欧盟及美国。

由于城市轨道交通系统建设成本高，所以其往往采用高速度、高密度方式运营，这样就必须依靠先进的通信信号系统来进行控制和管理。

2. 城市轨道交通信号系统的作用

城市轨道交通信号系统是城市轨道交通最重要的设备之一，具备如下作用：

- 1) 保证列车运行的安全。
- 2) 具有统一指挥功能。
- 3) 提高列车速度、运输效率和服务质量。
- 4) 降低工作人员的劳动强度。
- 5) 降低运营成本。

3. 城市轨道交通信号系统的组成

图1-1所示为城市轨道交通信号系统的组成。

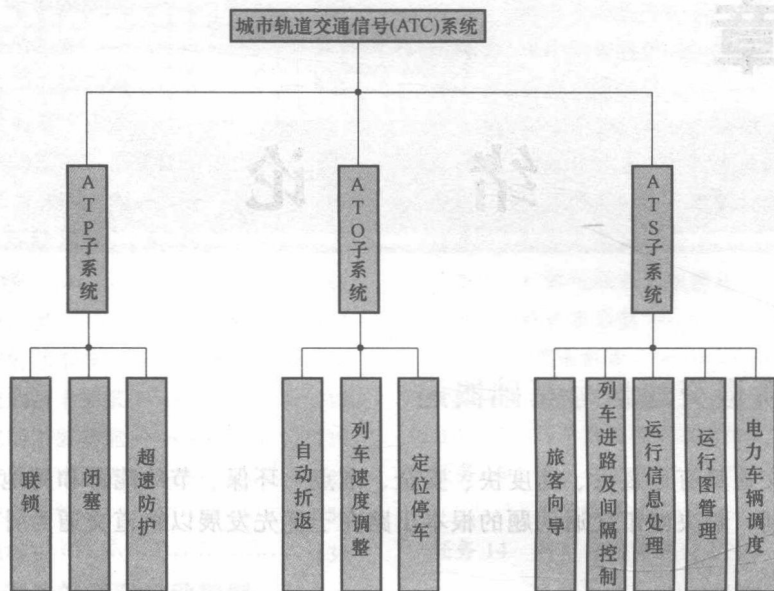


图 1-1 城市轨道交通信号系统的组成

(1) 列车自动防护 (Automatic Train Protection, ATP) 系统的功能

- 1) 列车的速度监督和超速防护。
- 2) 保证列车在安全的速度下行驶，给出各种信号的提醒。
- 3) 自动启动紧急制动。
- 4) 安全性停车点防护。
- 5) 列车车门控制。
- 6) 联锁系统。

轨道交通的计算机联锁是指利用计算机对车站作业人员的操作命令及现场表示的信息进行逻辑计算，从而对信号机及道岔等进行集中控制并使其达到相互制约的车站联锁设备。

(2) 列车自动运行 (Automatic Train Operation, ATO) 系统的功能

- 1) 完成站间自动运行。
- 2) 列车速度调节。
- 3) 进站定点停车。
- 4) 车门和屏蔽门的控制。
- 5) 提高列车的正点率和乘客的舒适度。

(3) 列车自动监控 (Automatic Train Supervision, ATS) 系统的功能

- 1) 系统的运营核心。
- 2) 列车状态的监督和控制。
- 3) 进路的控制。
- 4) 运行图的管理。
- 5) 运行调整。



1.3 城市轨道交通信号系统的发展状况及趋势

1. 我国信号系统的发展

第一阶段，自主研发设备用于北京地铁的建设。我国自己研制的具有完全自主知识产权的信号系统首先应用于北京地铁的一期工程，当时的主要设备是自动闭塞、调度集中、列车自动驾驶和集电集中，在20世纪70年代，ATP和ATO等系统的研发，实现了列车行车指挥和运行的自动化，但系统的可靠性达不到运营的要求。

第二阶段，对早期设备进行改造和ATP研制。20世纪80年代，通过对车载微机调度集中系统、车载信号系统的改造及自主研发ATP车载系统等，提高了列车运行的安全性。

第三阶段，引入外国先进的信号系统设备。引入的设备造价昂贵，耗资巨大；设备的更新维护受制于人，返修渠道不畅，备件不能保证，制式混杂，给路网的扩张带来麻烦。故从1999年起，我国开始推行国产化策略。

2. 国外信号系统的发展状况

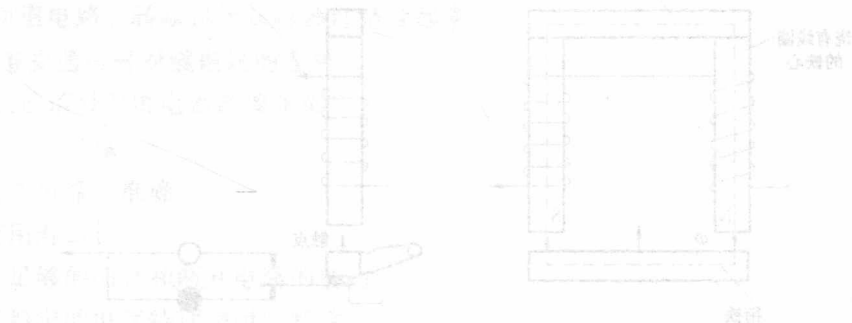
20世纪80年代，国外许多先进国家的轨道建设开始广泛采用先进的数字化信号系统，国外比较著名的信号系统设备制造商如下：

- 1) 德国 SIEMENS (西门子) 公司。
- 2) 美国 US&S (西屋) 公司。
- 3) 日本 HITACHI (日立) 公司。

3. 信号系统的发展趋势

由于通信与信号系统设备的品种多、设备量大、接口关系复杂，在安全性及可靠性等方面尚有需完善的空间，其发展趋势主要体现在以下4个方面：

- 1) 基于通信的ATC系统。
- 2) 全程无人的ATO系统。
- 3) 集成的综合轨道交通控制系统。
- 4) 更加重要的维修管理。



第2章

继电器

2.1 继电器概述

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，以构成自动控制和远程控制电路。

地铁信号系统中广泛采用的继电器被称为信号继电器（简称继电器），通常作为自动控制系统的接口部件。

继电器的可靠性直接影响到地铁信号系统的可靠性和安全性。

2.2 继电器的基本原理

1. 继电器的定义

继电器是一种当控制参数变化时，能引起被控制参数突然变化的电器部件。

2. 继电器的基本结构

继电器由电磁系统和触点系统两大部分组成，电磁系统由线圈、固定的铁心、轭铁以及可动的衔铁构成；触点系统由动触点、静触点构成。其基本结构如图 2-1 所示。

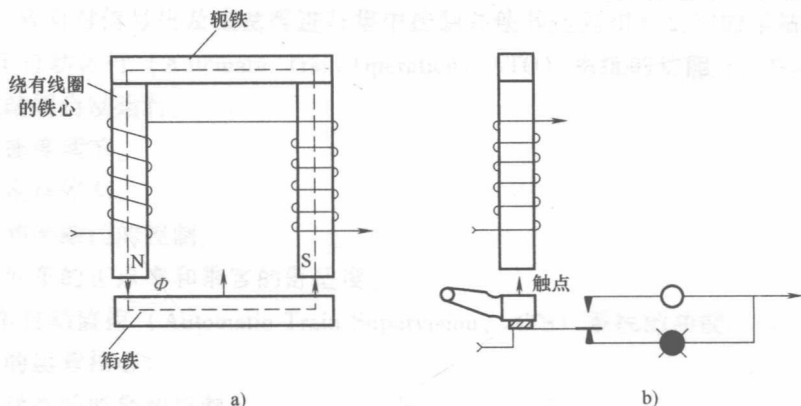


图 2-1 继电器的基本结构
a) 电磁系统 b) 触点系统

3. 继电器的工作原理

继电器的工作原理如下：

- 1) 当线圈中通入一定的电流后，根据电磁原理，线圈中产生磁性，衔铁被吸引。
- 2) 当线圈中没有足够的电流时，衔铁由于重力作用被释放。
- 3) 随着衔铁的动作，动触点与静触点接通或断开，从而实现对其他设备的控制。

4. 继电器的继电特性

继电器的继电特性是指当输入量达到一定值时，输出量发生突变，如图 2-2 所示。继电器线圈回路为输入回路，继电器触点所在回路为输出回路。当线圈中电流 I_x 增加到某一定值时，继电器衔铁被吸引，触点闭合；此后，若线圈中电流 I_x 继续增大，由于触点回路中阻值不变， I_y 保持不变。当线圈中电流 I_x 减小到一定值时，继电器衔铁释放，输出电流 I_y 突然减小到 0；此后，线圈中电流再减小， I_y 保持为 0 不变。

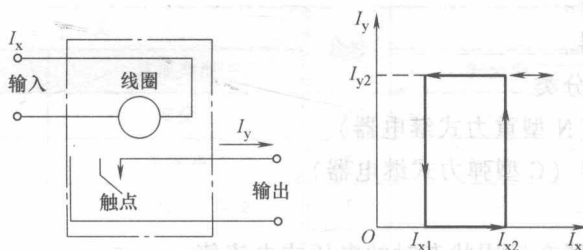


图 2-2 继电器的继电特性

5. 继电器的作用

继电器能够以极小的电信号控制执行电路中相当大的对象，能够控制数个对象和数个回路，也能控制远距离的对象。其有着良好的开关性能：闭合阻抗小、断开阻抗大、有故障导向安全性能、能控制多回路、抗雷击性能强、无噪声、温度影响小等。其在以继电技术构成的系统中，被大量使用；在以电子元件和微机构成的系统中，作为接口部件，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。

6. 轨道交通信号对继电器的要求

轨道交通信号对继电器的要求如下：

- 1) 安全、可靠。
- 2) 动作可靠、准确。
- 3) 使用寿命长。
- 4) 有足够的闭合和断开电路的能力。
- 5) 有稳定的电气特性和时间特性。
- 6) 保持良好的电气绝缘强度。

7. 信号继电器的分类

继电器种类繁多，信号继电器种类也不少，可按不同方式进行分类。

(1) 按动作原理分类

1) 电磁继电器。

2) 感应继电器。

(2) 按动作电流分类

1) 直流继电器。

2) 交流继电器。

(3) 按输入物理量分类

1) 电流继电器。

2) 电压继电器。

(4) 按动作时间分类

1) 正常继电器。

2) 缓动继电器。

(5) 按触点结构分类

1) 普通触点继电器。

2) 加强触点继电器。

(6) 按工作可靠度分类

1) 安全型继电器 (N 型重力式继电器)。

2) 非安全型继电器 (C 型弹力式继电器)。

8. 继电器的参数

(1) 额定值 继电器在运用状态时的电压或电流值。

(2) 吸起值 使继电器动作 (动触点与前触点接触) 所需要的最小电流或电压值。

(3) 工作值 使继电器动作, 前触点全部闭合, 并满足规定的触点压力所需的最小电流或电压值。

(4) 释放值 继电器从规定值降低到前触点断开时的电压或电流值。

(5) 转极值 有极继电器的动触点由定位转换到反位或由反位转换到定位所需要的电压或电流值。

(6) 过负载值 继电器允许接入的最大电压或电流值 (一般为工作值的 4 倍), 接入过负载值后, 线圈不受损伤, 电气特性亦不变化。

(7) 吸起时间 从继电器线圈接通规定的电压或电流时起至全部前触点闭合的时间。

(8) 释放时间 从切断供以规定电压或电流的电源时起至全部动触点与后触点闭合的时间。

(9) 安全系数 额定值与工作值之比称为安全系数。

(10) 返还系数 释放值与工作值之比称为返还系数。

2.3 安全型继电器

1. 安全型继电器概述

(1) 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, 字母表示继电器的种类, 数字表示线圈的电阻值 (单位为 Ω), 其表示法如图 2-3 所示, 型号的文字符号含义见表 2-1。



图 2-3 安全型继电器表示法

表 2-1 继电器型号的文字符号含义

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	—
H	缓放	缓放	Y	有极	信号、小型
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	—	—	—	—

(2) 安全型继电器的特点 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。

1) 插入式和非插入式的区别是外观上是否有防尘罩，前者单独使用，后者装于匣内使用。

2) 安全型继电器的品种包括无极、无极加强触点、无极缓放、无极加强触点缓放、整流式、有极、有极加强、偏极、单闭磁等 5 种 9 类 20 品种及 3 个派生品种。

(3) 安全型继电器的结构和动作原理

1) 前触点代表危险侧信息。

2) 后触点代表安全侧信息。接点符合：故障导向安全原则；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，处于禁止运行的状态的故障有利于行车的安全称为安全侧，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。在故障情况下，前触点闭合的概率远远小于后触点闭合的概率。

(4) 安全型继电器的寿命

电寿命： $2 \times 10^{(5-6)}$ ；机械寿命： 10×10^6 。

2. 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 JWXC-2000、JWXC-1700、JWXC-1000、JWXC-7、JWXC-2.3 及缓放的 JWXC-H600、JWXC-H340 等品种。

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 2-4 所示。无极继电器由电磁系统和触点系统两大部分组成。电磁系统包括线圈、铁心、轭铁和衔铁。

2) 无极继电器的动作原理。无极继电器的电磁系统为无分支磁路，如图 2-5 所示。在线圈上加上直流电压后，线圈中的电流 I 使铁心磁化，在铁心内产生工作磁通 Φ ，它由铁心极靴处经过主工作气隙 δ 进入衔铁，又经过第二工作气隙 δ' 进入轭铁，然后回到铁心，形成一闭合回路。在工作气隙 δ 处，由于磁通 Φ 的作用，铁心与衔铁间产生电磁吸引力 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）时，衔铁即与铁心吸合。此时衔铁通过拉杆带动动触点运动，使后触点断开，前触点闭合。

当线圈中的电流减小时，铁心中的磁通按一定规律随之减小，吸引力也随着减小。当电流小到一定值时，它所产生的吸引力小于机械负载的阻力时，衔铁离开铁心，被释放。此时拉杆带动动触点运动，使前触点断开，后触点闭合。

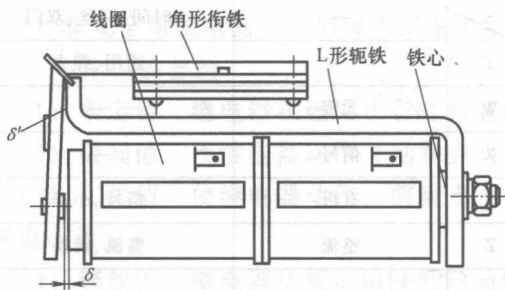


图 2-4 无极继电器的结构

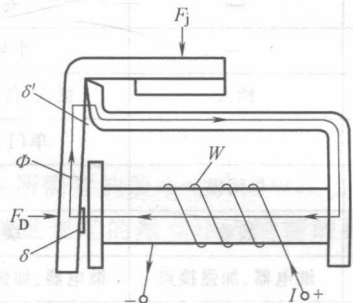


图 2-5 无极继电器磁路

(2) 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、触点系统及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 2-6 所示，将交流电源整流后输入继电器线圈。安全型继电器有多种类型可满足城市轨道交通信号电路的不同需求，经过现场多年的运用考验证明其安全可靠、性能稳定，是目前我国城市轨道交通信号的重要基础设备之一。

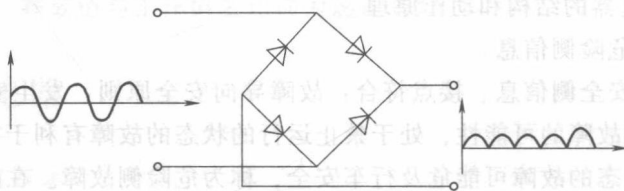


图 2-6 桥式整流电路

整流式继电器的线圈、整流器与电源片连接如图 2-7 所示。

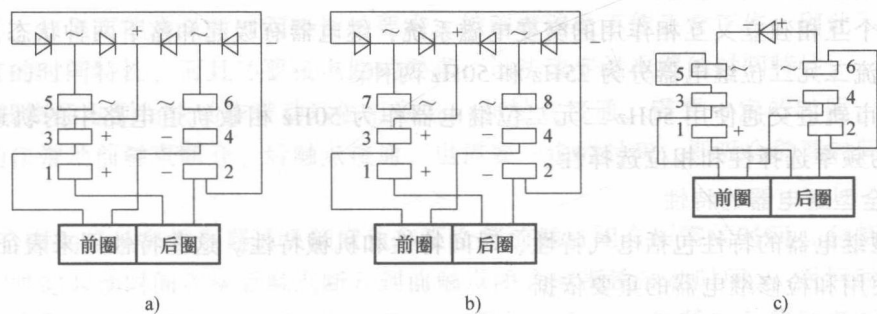


图 2-7 整流式继电器的线圈、整流器与电源片连接

a) JZXC-H156 及 JZXC-H18 b) JZXC-480 c) JZXC-0.14

整流式继电器触点系统的结构与无极继电器相同，零部件全部通用，只是触点的编号有区别。

整流式继电器的动作原理与无极继电器相同，但由于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，这些脉动电流存在交变成分，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。

整流式继电器有 4 种规格：JZXC-480、JZXC-0.14、JZXC-H156、JZXC-H18 及派生的 JZXC-H18F。

JZXC-480 型继电器的磁路具有加大的尺寸，这是为了增大返还系数（加大止片厚度）而不使工作值增加很多。它具有不规则的 4QH 与 2Q 触点组。在触点组上，安装有二极管 2CP25 组成的桥式全波整流电路。

JZXC-0.14 型继电器的电磁系统与 JZXC-480 相同。两线圈并联连接，有 4QH 触点组，触点组上方安装由 2CZ-1 型二极管组成的半波整流电路。

JZXC-H156 与 JZXC-H18 型继电器为具有缓放特性的整流式继电器，其采用铜线圈架，触点系统为 4QH 触点组。在触点组上方，安装由二极管 2CP25 组成的桥式全波整流电路。JZXC-H18F 是 JZXC-H18 的派生型号，具有防雷性能，以保护整流二极管免遭击穿。

(3) 有极继电器

1) 有极继电器根据线圈中电流极性不同而具有定位和反位两种稳定状态，这两种稳定状态在线圈中电流消失后，仍能继续保持，故又称极性保持继电器。

2) 电磁系统中增加了永久磁钢。在线圈中通以规定极性的电流时，继电器吸起，断电后仍保持在吸起位置；通以反方向电流时，继电器落下，断电后保持在落下位置。

(4) 偏极继电器

1) 为满足信号电路中鉴别电流极性的需要设计的。

2) 衔铁的吸起与线圈中电流的极性有关，只有通过规定方向的电流时，衔铁才吸起，而电流方向相反时，衔铁不动作。

3) 与有极继电器不同，只有一种稳态。

4) 铁心的极靴是方形的，在方极靴下方用两个螺钉固定永久磁钢，使衔铁处于极靴和永久磁钢之间，受永磁力的作用偏于落下位置。

(5) 交流二元二位继电器

- 1) 两个互相独立又互相作用的交变电磁系统，继电器有吸起和落下两种状态。
- 2) 交流二元二位继电器分为 25Hz 和 50Hz 两种。
- 3) 城市轨道交通使用 50Hz 二元二位继电器作为 50Hz 相敏轨道电路中的轨道继电器，具有可靠的频率选择性和相位选择性。

3. 安全型继电器的特性

安全型继电器的特性包括电气特性、时间特性和机械特性。这些特性用来表征继电器的性能，是使用和检修继电器的重要依据。

(1) 电气特性

电气特性是安全型继电器的基本性能，也是设计和实现信号逻辑电路的依据。电气特性包括额定值、充磁值、释放值、工作值、反向工作值、转极值、反向不工作值。

1) 额定值。其是满足继电器安全系数所必须接入的电压或电流值。

AX 系列继电器的额定电压为直流 24V，当作为轨道继电器、灯丝继电器、道岔启动继电器时除外。

2) 充磁值。为了测试继电器的释放值或转极值，预先使继电器电磁系统磁化，向其线圈通以 4 倍的工作值或转极值。这样可使继电器磁路饱和，在此条件下测试释放值或转极值。

3) 释放值。向继电器通以规定的充磁值，然后逐渐降低电压或电流，至全部前触点断开时的最大电压或电流值。

4) 工作值。向继电器线圈通电，直到衔铁止片与铁心接触、全部前触点闭合，并满足规定接点压力时所需要最小电压或电流值。此值是继电器的电磁系统及触点系统刚好能工作的状态，一般规定工作值不大于额定值的 70%。

5) 反向工作值。向继电器线圈反向通电，直到衔铁止片与铁心接触、全部前触点闭合，并满足接点压力时所需要最小电压或电流值。造成反向工作值大于工作值的原因是磁路剩磁影响，反向工作值一般不大于工作值的 120%。

6) 转极值。使有极继电器衔铁转极的最小电压或电流值，又分为正向转极值和反向转极值。

① 正向转极值是使有极继电器的衔铁转极，全部定位触点闭合，并满足规定触点压力时的正向最小电压或电流值。

② 反向转极值是使有极继电器的衔铁转极，全部反位触点闭合，并满足规定触点压力时的反向最小电压或电流值。

7) 反向不工作值。向偏极继电器线圈反向通电，继电器不动作的最大电压值。

释放值与工作值之比称为返回系数。返回系数对于信号继电器有着特别重要的意义，返回系数越高，标志着继电器的落下越灵敏。规定普通继电器的返回系数不小于 30%，缓放型继电器不小于 20%，轨道继电器不小于 50%。

(2) 时间特性

1) 电磁继电器的电磁系统是具有铁心的电感，在接通或断开电源时，由于电磁感应作用，在铁心中产生涡流，在线路中产生感应电流。这些电流产生的磁通阻碍铁心中原来的磁通的变化，所以电磁继电器或多或少地都具有一些缓动的时间特性。