



普通高等教育规划教材

可编程序控制器 应用技术

李建兴 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

可编程序控制器应用技术

主 编 李建兴

副主编 李新兵 戎自强

参 编 孙东辉 刘美俊 陈 炜

主 审 邱公伟



机械工业出版社

本书以国内广泛使用的三菱公司 FX 系列、西门子公司 S7 系列以及欧姆龙公司 C 系列 PLC 为背景,介绍了 PLC 的工作原理、特点、硬件结构、编程元件与指令系统,并从工程应用出发详细介绍了梯形图程序的常用设计方法,PLC 系统设计与调试方法,PLC 在实际应用中应注意的问题。本书不仅介绍了 PLC 在开关量、模拟量控制系统中的应用,同时还突出了 PLC 网络通信、现场总线等新技术。为了便于学习,本书增加了电器控制的基础知识,加强了实践训练部分的内容,且各章配有适量的习题。

本书可作为高等学校本科自动化、电气工程、电子信息、机电一体化等相关专业的教材,也可供工程技术人员自学或作为培训教材使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器应用技术/李建兴主编. —北京:机械工业出版社, 2004.7

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-14611-5

I. 可... II. 李... ~~PLC~~ 可编程序控制器—高等学校—教材
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据 ~~2004~~ 第 052579 号

机械工业出版社 (北京市百万庄 ~~22~~ 号 邮政编码 ~~100037~~)

策划编辑:王保家 苏颖杰

责任编辑:卢若薇 版式设计:冉晓华 责任校对:贾卫东

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/₁₆ · 21 印张 · 518 千字

定价:30.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育应用型人才培养规划教材

编 审 委 员 会

主 任：刘国荣 湖南工程学院
副主任：左健民 南京工程学院
陈力华 上海工程技术大学
鲍 泓 北京联合大学
王文斌 机械工业出版社

委 员：(按姓氏笔画排序)

刘向东 华北航天工业学院
任淑淳 上海应用技术学院
何一鸣 常州工学院
陈文哲 福建工程学院
陈 峻 扬州大学
苏 群 黑龙江工程学院
娄炳林 湖南工程学院
梁景凯 哈尔滨工业大学(威海)
童幸生 江汉大学

自动化专业分委员会

主任：刘国荣 湖南工程学院
副主任：汤天浩 上海海运学院
梁景凯 哈尔滨工业大学（威海）

委员：（按姓氏笔画排序）

刘启中 上海工程技术大学
刘国繁 湖南工程学院
陈虹 扬州大学
宋丽蓉 南京工程学院
钱同惠 江汉大学
黄家善 福建工程学院

序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来,科学技术突飞猛进,国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化发展和我国加入 WTO,世界制造业将逐步向我国转移。有人认为,我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此,工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止,我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大的贡献。但据 IMD1998 年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第 36 位,与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下,国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校,并于 2001 年、2002 年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”,对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的,以适应经济、社会发展对工程教育的新要求,满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言:“科学家研究已有的世界,工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律,所以科学强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学(包括自然科学、技术科学和社会科学)理论和技术手段去改造客观世界的实践活动,所以它强调综合,强调方案优缺点的比较并做出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案,采用不同的培养模式,采用具有不同特点的教材。然而,我国目前的工程教育没有注意到这一点,而是:①过分侧重工程科学(分析)方面,轻视了工程实际训练方面,重理论,轻实践,没有足够的工程实践训练,工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象,导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一,课程结构不合理,知识面过窄,导致知识结构单一,所学知识中有一些内容已陈旧,交叉学科、信息学科的内容知之甚少,人文社会科学知识薄弱,学生创新能力不强。③教材单一,注重工程的科学分析,轻视工程实践能力的培养;注重理论知识的传授,轻视学生个性特别是创新精神的培养;注重教材的系统性和完整性,造成课程方面的相互重复、脱节等现象;缺乏工程应用背景,存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验,自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我国工程教育适应经济、社会的发展,培养更多优秀的工程技术人员,我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材,目的在于改革传统的高等工程教育教材,建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材,满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是:

1. 保证基础,确保后劲

科技的发展,要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此,从内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后具有较强的发展后劲。

2. 突出特色, 强化应用

围绕培养目标, 以工程应用为背景, 通过理论与工程实际相结合, 构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下9字方针: 知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为: “精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上, 挑选出最基本的内容、方法及典型应用; “新”指将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容, 以适应科学技术发展的需要。妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容, 并将这些按新的教学系统重新组织; “广”指在保持本学科基本体系下, 处理好与相邻以及交叉学科的关系; “用”指注重理论与实际融会贯通, 特别是注入工程意识, 包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

3. 抓住重点, 合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课(专业基础课、专业课)教材的建设, 并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设, 力争做好与之配套的电子教材的建设。

4. 精选编者, 确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验, 又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务, 以确保教材质量。

我们相信, 本套系列教材的出版, 对我国工程应用型人才培养质量的提高, 必将产生积极作用, 会为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光, 高瞻远瞩, 及时提出并组织编写这套系列教材, 他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作, 并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件, 在此深表衷心感谢!

编委会主任 刘国荣教授
湖南工程学院院长

前 言

可编程序控制器 (PLC), 是以微处理器为核心的通用自动控制装置。它具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于扩展、通用性强等一系列优点, 不仅可以取代继电器控制系统, 还可以进行复杂的生产过程控制和应用于工厂自动化网络, 被誉为现代工业生产自动化的三大支柱之一。

本书编写时力求由浅入深、通俗易懂、理论联系实际和注重应用。以在国内使用较广泛的日本三菱公司 FX 系列、欧姆龙公司 CPM1A 系列和西门子公司 S7-200 系列 PLC 为背景, 详细介绍了其指令系统及应用, PLC 程序设计的方法与技巧以及 PLC 控制系统设计中应注意的问题。为了适应新的发展需要, 本书还介绍了 PLC 在模拟量过程控制系统中的应用, 同时还突出了 PLC 网络通信、现场总线等新技术。为了便于学习, 本书增加了电气控制的基础知识, 加强了实践训练部分的内容, 且各章配有适量的习题。

本书可作为高等学校自动化、电气工程、电子信息、机电一体化等相关专业的教材, 也可供工程技术人员自学或作为培训教材使用。

本书由福建工程学院李建兴主编。参加编写的有扬州大学李新兵 (第一章、第四章)、上海工程技术大学戎自强 (第三章)、华北航天工业学院孙东辉 (第五章)、湖南工程学院刘美俊 (第八章)、福建工程学院陈炜 (附录)、福建工程学院李建兴 (第二章、第六章、第七章等), 全书由李建兴统稿。

本书由福州大学邱公伟教授主审。邱公伟教授对全书进行了认真的审阅, 并提出了许多宝贵的意见, 在此致以衷心的感谢。感谢上海大学陈伯时教授和上海海运学院汤天浩教授以及各校参加审稿的老师对本书编写的大力支持。

由于编者水平有限, 书中难免有错误和不妥之处, 恳请读者批评指正。

编者

2004 年 2 月

目 录

序

前言

第一章 电气控制基础 1

第一节 常用电器元件及符号 1

第二节 电器控制的基本线路 22

第三节 典型电器控制系统 30

习 题 35

第二章 可编程序控制器基础知识 36

第一节 概述 36

第二节 PLC 控制系统与电器控制系统的比较 40

第三节 PLC 的基本组成 43

第四节 PLC 的工作原理 49

第五节 PLC 的性能指标与发展趋势 51

第六节 国内外 PLC 产品简介 53

习 题 55

第三章 FX 系列可编程序控制器及指令系统 56

第一节 FX 系列 PLC 硬件配置及性能指标 56

第二节 FX 系列 PLC 的编程元件 65

第三节 FX 系列 PLC 的基本逻辑指令 74

第四节 FX 系列 PLC 的功能指令 79

习 题 103

第四章 其他常用 PLC 及指令系统 106

第一节 CPM1A 系列 PLC 概述 106

第二节 CPM1A 系列 PLC 指令系统 113

第三节 S7-200 系列 PLC 概述 122

第四节 S7-200 系列 PLC 指令系统 131

习 题 145

第五章 可编程序控制器的程序设计

方法 146

第一节 梯形图的编程规则 146

第二节 典型单元的梯形图程序 148

第三节 PLC 程序的经验设计法 154

第四节 PLC 程序的顺序控制设计法 156

第五节 PLC 程序的逻辑设计法 172

第六节 PLC 程序的移植设计法 176

第七节 PLC 程序及调试说明 179

习 题 181

第六章 可编程序控制器控制系统的设计 182

第一节 PLC 控制系统设计的基本原则与内容 182

第二节 PLC 的选择 184

第三节 PLC 与输入输出设备的连接 189

第四节 减少 I/O 点数的措施 192

第五节 PLC 在开关量控制系统中的应用 195

第六节 PLC 在模拟量闭环控制中的应用 200

第七节 提高 PLC 控制系统可靠性的措施 210

第八节 PLC 控制系统的维护和故障诊断 214

习 题 216

第七章 可编程序控制器通信与网络技术 218

第一节 PLC 通信基础 218

第二节 PC 与 PLC 通信的实现 226

第三节 PLC 网络 235

第四节 现场总线技术 242

第五节 PLC 网络应用实例 256

习 题 258

第八章 可编程序控制器应用实践 259

第一节 PLC 编程器与编程软件的使用 259

第二节 PLC 实验 277

第三节 PLC 综合实践 283

第四节 PLC 控制系统的施工设计 287

附录 291

附录 A FX 系列 PLC 功能指令一览表 291

附录 B FX 系列 PLC 错误代码一览表 295

附录 C 欧姆龙 CX-Programmer 编程软件的使用 299

附录 D 西门子 STEP7-Micro/Win32 编程软件介绍 312

参考文献 326

第一章 电气控制基础

本章主要通过介绍电气控制领域中常用低压电器的工作原理、用途、型号、规格及符号等知识,了解电器控制线路的基本环节,并通过对典型电器控制系统的分析,学会正确选择和合理使用常用电器元件,学会分析和设计电气控制线路的基本方法,为后继章节的学习打下基础。

第一节 常用电器元件及符号

一、电器的基本知识

(一) 电器的分类

电器是接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备用的电工器具。由控制电器组成的自动控制系统,称为继电器—接触器控制系统,简称电器控制系统。

电器的用途广泛,功能多样,种类繁多,结构各异。下面是几种常用的电器分类。

1. 按工作电压等级分类

(1) 高压电器 用于交流电压 1200V、直流电压 1500V 及以上电路中的电器。例如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器 用于交流 50Hz (或 60Hz), 额定电压为 1200V 以下; 直流额定电压 1500V 及以下的电路中的电器。例如接触器、继电器等。

2. 按动作原理分类

(1) 手动电器 用手或依靠机械力进行操作的电器, 如手动开关、控制按钮、行程开关等主令电器。

(2) 自动电器 借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器, 如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

3. 按用途分类

(1) 控制电器 用于各种控制电路和控制系统的电器, 例如接触器、继电器、电动机起动器等。

(2) 主令电器 用于自动控制系统中发送动作指令的电器, 例如按钮、行程开关、万能转换开关等。

(3) 保护电器 用于保护电路及用电设备的电器, 如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

(4) 执行电器 指用于完成某种动作或传动功能的电器, 如电磁铁、电磁离合器等。

(5) 配电电器 用于电能的输送和分配的电器, 例如高压断路器、隔离开关、刀开关、低压断路器等。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器 依据电磁感应原理来工作的电器,如接触器、各种类型的电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器 依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

(二) 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。低压电器的作用有:

(1) 控制作用 如控制电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

(2) 保护作用 能根据设备的特点,对设备、环境、以及人身实行自动保护,如电机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。

(3) 测量作用 利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网或其他非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

(4) 调节作用 低压电器可对一些电量和非电量进行调整,以满足用户的要求,如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

(5) 指示作用 利用低压电器的控制、保护等功能,检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护指示等。

(6) 转换作用 在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如励磁装置手动与自动的转换,供电的市电与自备电的切换等。

当然,低压电器的作用远不止这些,随着科学技术的发展,新功能、新设备会不断出现。常用低压电器的主要种类及用途如表 1-1 所示。

表 1-1 常用低压电器的主要种类及用途

序 号	类 别	主 要 品 种	用 途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过负荷保护、短路、欠电压、漏电压保护,也可用于不频繁接通和断开的电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离,有时也能分断负荷
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷,切断带负荷电路
		直流接触器	

(续)

序 号	类 别	主 要 品 种	用 途
6	起动器	磁力起动器	主要用于电动机的起动
		Y/△起动器	
		自耦减压起动器	
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制电路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中, 将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护, 也用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

对低压配电电器的要求是灭弧能力强、分断能力好、热稳定性能好等。对低压控制电器, 则要求其动作可靠、操作频率高、寿命长并具有一定的负载能力。

二、接触器

接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的电器。它可以频繁地接通或分断交直流电路, 并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机, 也可用于电热设备、电焊机、电容器组等其他负载。它还具有低电压释放保护功能。接触器具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点, 是电力拖动中使用最广泛的电器元件。

按照所控制电路的种类, 接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。

(一) 交流接触器

1. 交流接触器的结构与工作原理

图 1-1 所示为交流接触器的外形与结构示意图。交流接触器由以下四部分组成:

(1) 电磁机构 电磁机构由线圈、动铁心(衔铁)和静铁心组成, 其作用是将电磁能转换成机械能, 产生电磁吸力带动触点动作。

(2) 触点系统 包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路, 通常为三对常开触点。辅助触点用于控制电路, 起电气联锁作用, 故又称联锁触点, 一般有常开、常闭各两对。

(3) 灭弧装置 容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置, 对于小容量的接触器, 常采用双断口触点灭弧、电动力灭弧、相间弧板隔弧及陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器, 采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧。

(4) 其他部件 包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。

电磁式接触器的工作原理如下: 线圈通电后, 在铁心中产生磁通及电磁吸力。此电磁吸力克服弹簧反力使得衔铁吸合, 带动触点机构动作, 常闭触点打开, 常开触点闭合。线圈失电或线圈两端电压显著降低时, 电磁吸力小于弹簧反力, 使得衔铁释放, 触点机构复位。

2. 交流接触器的分类

交流接触器的种类很多, 其分类方法也不尽相同。按照一般的分类方法, 大致有以下几种。

(1) 按主触点数分 可分为单极、双极、三极、四极和五极接触器。单极接触器主要用于单相负荷, 如照明负荷、焊机等, 在电动机能耗制动中也可采用; 双极接触器用于绕线转子异步电动机的转子回路中, 起动时用于短接起动绕组; 三极接触器用于三相负荷, 例如在电动机的控制及其他场合, 使用最为广泛; 四极接触器主要用于三相四线制的照明线路, 也可用来控制双回路电动机负载; 五极交流接触器用来组成自耦补偿起动器或控制双笼型电动机, 以变换绕组接法。

(2) 按灭弧介质分 可分为空气式接触器、真空式接触器等。依靠空气绝缘的接触器用于一般负载, 而采用真空绝缘的接触器常用在煤矿、石油、化工企业及电压在 660V 和 1140V 等一些特殊的场合。

(3) 按有无触点分 可分为有触点接触器和无触点接触器。常见的接触器多为有触点接触器, 而无触点接触器属于电力电子技术应用的产物, 一般采用晶闸管作为回路的通断元件。由于晶闸管导通时所需的触发电压很小, 而且回路通断时无火花产生, 因而可用于操作频率高的设备和易燃、易爆、无噪声的场合。

3. 交流接触器的基本参数

(1) 额定电压 指主触点额定工作电压, 应大于等于负载的额定电压。一只接触器常规定几个额定电压, 同时列出相应的额定电流或控制功率。通常, 最大工作电压即为额定电压。常用的额定电压值为 220V、380V、660V 等。

(2) 额定电流 指接触器触点在额定工作条件下的电流值。常用额定电流等级为 5A、10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A 等。

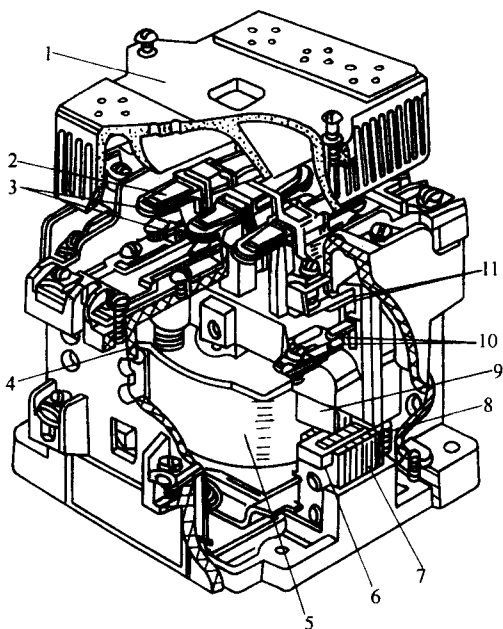


图 1-1 CJ10-20 型交流接触器

1—灭弧罩 2—触点压力弹簧片 3—主触点
4—反作用弹簧 5—线圈 6—短路环 7—
静铁心 8—弹簧 9—动铁心 10—辅助常
开触点 11—辅助常闭触点

(3) 通断能力 可分为最大接通电流和最大分断电流。最大接通电流是指触点闭合时不会造成触点熔焊时的最大电流值；最大分断电流是指触点断开时能可靠灭弧的最大电流。一般通断能力是额定电流的 5~10 倍。当然，这一数值与开断电路的电压等级有关，电压越高，通断能力越小。

(4) 动作值 可分为吸合电压和释放电压。吸合电压是指接触器吸合前，缓慢增加吸合线圈两端的电压，接触器可以吸合时的最小电压。释放电压是指接触器吸合后，缓慢降低吸合线圈的电压，接触器释放时的最大电压。一般吸合电压不低于线圈额定电压的 85%，释放电压不高于线圈额定电压的 70%。

(5) 吸引线圈额定电压 指接触器正常工作时，吸引线圈上所加的电压值。一般该电压数值以及线圈的匝数、线径等数据均标于线包上，而不是标于接触器外壳铭牌上，使用时应加以注意。

(6) 操作频率 接触器在吸合瞬间，吸引线圈需消耗比额定电流大 5~7 倍的电流，如果操作频率过高，则会使线圈严重发热，直接影响接触器的正常使用。为此，规定了接触器的允许操作频率，一般为每小时允许操作次数的最大值。

(7) 寿命 包括电寿命和机械寿命。目前接触器的机械寿命已达 1×10^5 万次以上，电气寿命约是机械寿命的 5%~20%。

(二) 直流接触器

直流接触器的结构和工作原理基本上与交流接触器相同。在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等部分组成。由于直流电弧比交流电弧难以熄灭，直流接触器常采用磁吹式灭弧装置灭弧。

(三) 接触器的符号与型号说明

1. 接触器的符号

接触器的图形符号如图 1-2 所示，文字符号为 KM。

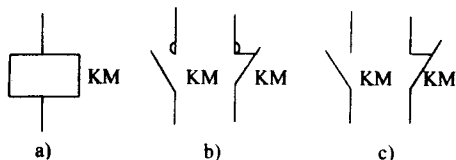
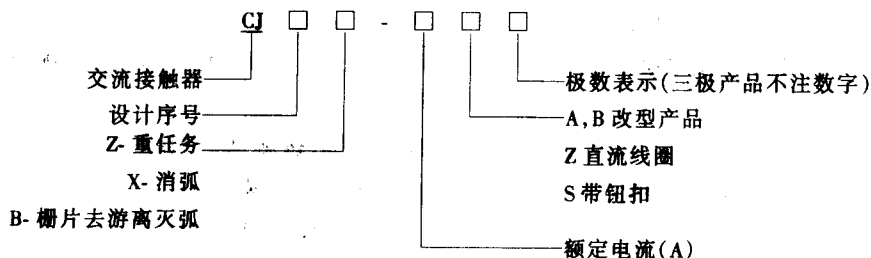
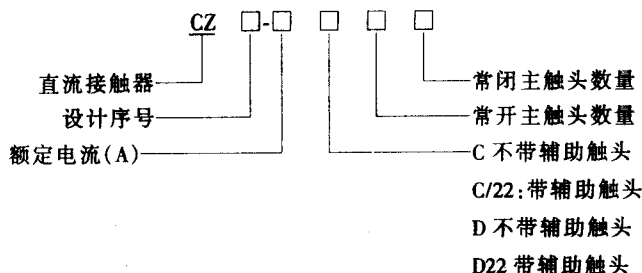


图 1-2 接触器的图形符号

a) 线圈 b) 主触点 c) 辅助触点

2. 接触器的型号说明





例如: CJ10Z-40/3 为交流接触器, 设计序号 10, 重任务型, 额定电流 40A, 主触点为 3 极。CJ12T-250/3 为改型后的交流接触器, 设计序号 12, 额定电流 250A, 3 个主触点。

我国生产的交流接触器常用的有 CJ10, CJ12, CJX1, CJ20 等系列及其派生系列产品, CJ0 系列及其改型产品已逐步被 CJ20、CJX 系列产品取代。上述系列产品一般具有三对常开主触点, 常开、常闭辅助触点各两对。直流接触器常用的有 CZ0 系列, 分单极和双极两大类, 常开、常闭辅助触点各不超过两对。

除以上常用系列外, 我国近年来还引进了一些生产线, 生产了一些满足 IEC 标准的交流接触器, 下面作以简单介绍。

CJ12B-S 系列锁扣接触器用于交流 50Hz, 电压 380V 及以下、电流 600A 及以下的配电电路中, 供远距离接通和分断电路用, 并适宜于不频繁地起动和停止交流电动机。具有正常工作时吸引线圈不通电、无噪声等特点。其锁扣机构位于电磁系统的下方。锁扣机构靠吸引线圈通电, 吸引线圈断电后靠锁扣机构保持在锁住位置。由于线圈不通电, 不仅无电力损耗, 而且消除了磁噪声。

引进的西门子公司的 3TB 系列、ABB 公司的 B 系列交流接触器等具有 20 世纪 80 年代初水平。它们主要供远距离接通和分断电路, 并适用于频繁地起动及控制交流电动机。3TB 系列产品具有结构紧凑、机械寿命和电气寿命长、安装方便、可靠性高等特点。额定电压为 220~660V, 额定电流为 9~630A。

(四) 接触器的选用

交流接触器的选用, 应根据负荷的类型和工作参数合理选用。具体分为以下步骤。

1. 选择接触器的类型

交流接触器按负荷种类一般分为一类、二类、三类和四类, 分别记为 AC_1 、 AC_2 、 AC_3 和 AC_4 。一类交流接触器对应的控制对象是无感或微感负荷, 如白炽灯、电阻炉等; 二类交流接触器用于绕线转子感应电动机的起动和停止; 三类交流接触器的典型用途是笼型感应电动机的运转和运行中分断; 四类交流接触器用于笼型感应电动机的起动、反接制动、反转和点动。

2. 选择接触器的额定参数

根据被控对象和工作参数, 如电压、电流、功率、频率及工作制等确定接触器的额定参数。

1) 接触器的线圈电压, 一般应低一些为好, 这样对接触器的绝缘要求可以降低, 使用时也较安全。但为了方便和减少设备, 常按实际电网电压选取。

2) 电动机的操作频率不高, 如压缩机、水泵、风机、空调、冲床等, 接触器额定电流大于负荷额定电流即可。接触器类型可选用 CJ10、CJ20 等。

3) 对重任务型电动机, 如机床主电动机、升降设备、绞盘、破碎机等, 其平均操作频率超过 100 次/min, 运行于起动、点动、正反向制动、反接制动等状态, 可选用 CJ10Z、CJ12 型的接触器。为了保证电寿命, 可使接触器降容使用。选用时, 接触器额定电流大于电动机额定电流。

4) 对特重任务电动机, 如印刷机、镗床等, 操作频率很高, 可达 600~12000 次/h, 经常运行于起动、反接制动、反向等状态, 接触器大致可按电寿命及起动电流选用, 接触器型号选 CJ10Z、CJ12 等。

5) 交流回路中的电容器投入电网或从电网中切除时, 接触器选择应考虑电容器的合闸冲击电流。一般地, 接触器的额定电流可按电容器的额定电流的 1.5 倍选取, 型号选 CJ10、CJ20 等。

6) 用接触器对变压器进行控制时, 应考虑浪涌电流的大小。例如交流电弧焊机、电阻焊机等, 一般可按变压器额定电流的 2 倍选取接触器, 型号选 CJ10、CJ20 等。

7) 对于电热设备, 如电阻炉、电热器等, 负荷的冷态电阻较小, 因此起动电流相应要大一些。选用接触器时可不用考虑(起动电流), 直接按负荷额定电流选取。型号可选用 CJ10、CJ20 等。

8) 由于气体放电灯起动电流大、起动时间长, 对于照明设备的控制, 可按额定电流 1.1~1.4 倍选取交流接触器, 型号可选 CJ10、CJ20 等。

9) 接触器额定电流是指接触器在长期工作下的最大允许电流, 持续时间 $\leq 8\text{h}$, 且安装于敞开的控制板上, 如果冷却条件较差, 选用接触器时, 接触器的额定电流按负荷额定电流的 110%~120% 选取。对于长时间工作的电动机, 由于接触器触点的氧化膜没有机会得到清除, 使接触电阻增大, 导致触点发热超过允许温升, 实际选用时, 可将接触器的额定电流减小 30% 使用。

三、继电器

继电器是根据某种输入信号的变化, 接通或断开控制电路, 实现自动控制和保护电力装置的自动电器。

继电器的种类很多, 按输入信号的性质分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器、压力继电器等。

按工作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等。

按输出形式可分为有触点和无触点两类。

按用途可分为控制用和保护用继电器等。

(一) 电磁式继电器

1. 电磁式继电器的结构与工作原理

电磁式继电器是应用得最早、最多的一种型式。其结构及工作原理与接触器大体相同。由电磁系统、触点系统和释放弹簧等组成, 电磁式继电器原理如图 1-3 所示。由于继电器用于控制电路, 流过触点的电流比较小(一般 5A 以下), 故不需要灭弧装置。

常用的电磁式继电器有电压继电器、中间继电器和电流继电器。电磁式继电器的图形、文字符号如图 1-4 所示。

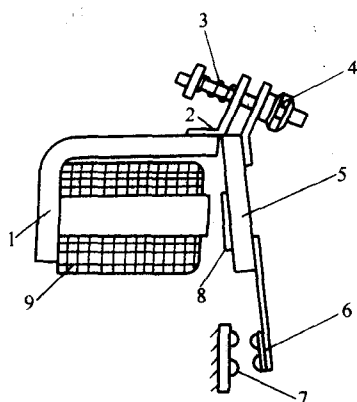


图 1-3 电磁式继电器原理图

- 1—铁心 2—旋转棱角 3—释放弹簧
4—调节螺母 5—衔铁 6—触点
7—静触点 8—非磁性垫片 9—线圈

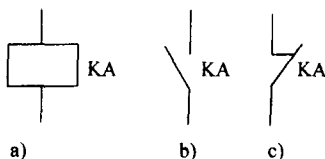


图 1-4 电磁式继电器图形、文字符号

- a) 线圈 b) 常开触点 c) 常闭触点

2. 电磁式继电器的特性

继电器的主要特性是输入-输出特性，又称继电器特性，继电器特性曲线如图 1-5 所示。当继电器输入量 x 由零增至 x_2 以前，继电器输出量 y 为零。当输入量 x 增加到 x_2 时，继电器吸合，输出量为 y_1 ；若 x 继续增大， y 保持不变。当 x 减小到 x_1 时，继电器释放，输出量由 y_1 变为零，若 x 继续减小， y 值均为零。

图 1-5 中， x_2 称为继电器吸合值，欲使继电器吸合，输入量必须等于或大于 x_2 ； x_1 称为继电器释放值，欲使继电器释放，输入量必须等于或小于 x_1 。

$K_f = x_1 / x_2$ 称为继电器的返回系数，它是继电器重要参数之一。 K_f 值是可以调节的。

例如一般继电器要求低的返回系数， K_f 值应在 0.1~0.4 之间，这样当继电器吸合后，输入量波动较大时不致引起误动作；欠电压继电器则要求高的返回系数， K_f 值在 0.6 以上。设某继电器 $K_f = 0.66$ ，吸合电压为额定电压的 90%，则电压低于额定电压的 50% 时，继电器释放，起到欠电压保护作用。

另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是指从线圈接受电信号到衔铁完全吸合所需的时间；释放时间是指从线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。一般继电器的吸合时间与释放时间为 0.05~0.15s，快速继电器为 0.005~0.05s，它的大小影响继电器的操作频率。

3. 电压继电器

3. 电压继电器

电压继电器用于电力拖动系统的电压保护和控制。其线圈并联接入主电路，感测主电路的线路电压；触点接于控制电路，为执行元件。

电压继电器可分为过电压继电器、欠电压继电器、零电压继电器和中间继电器。

过电压继电器 (KOV) 用于线路的过电压保护，其吸合整定值为被保护线路额定电压的

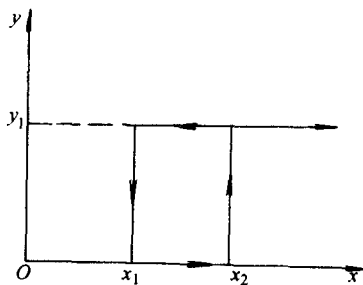


图 1-5 继电器特性曲线