

TM762/2=2

2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
普通高等教育机电类规划教材

电气控制及 PLC

第 2 版

主 编 周 军
副主编 海 心
参 编 王文红 史中权 李 奎
主 审 朱伟兴 赵东标

机 械 工 业 出 版 社

第2版序

20 世纪末、21 世纪初，在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下，在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白热化的挑战下，我国高等教育迅猛发展，胜利跨入了高等教育大众化阶段，使高等教育理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化，正在逐步形成以科学发展观和终身教育思想为指导的新的高等教育体系和人才培养工作体系。在这个过程中，一大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起，超常发展，1999 年已见端倪。当时我们敏锐地感到，这批应用型本科院校的崛起，必须有相应的应用型本科教材来满足她的教学需求，否则就有可能使她回到老本科院校所走过的学术型办学路子。2000 年下半年，我们就和机械工业出版社、扬州大学工学院、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通工学院、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、江南大学等 12 所高校在南京工程学院开会，讨论策划编写出版机电类应用型本科系列教材问题，规划出版 38 种，并进行了分工，提出了明确的规范要求，得到江苏省各方面的支持和配合。2001 年 5 月开始出书，到 2004 年 7 月已出齐 38 种，还增加了 3 种急需的教材，总册数已达 45 万册。每种至少有 2 次以上印刷，最多的印刷了 5 次、发行量达 2.5 万册。据调查，用户反映良好，并反映这个系列教材基本上体现了我在序言中提出的四个特点，符合地方应用型工科本科院校的教学实际，较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很高兴，但更是对我们的鞭策和鼓励，实际上这一轮机电类教材存在的问题还不少，需要改进的地方还很多。我们应当为过去取得的进步和成绩而高兴，同样，我们更应当为今后这些进步和成绩的进一步发展而正视自己，我们并不需要刻意去忧患，但确实存在值得忧患的现实而不去忧患，就很难有更美好的明天。今后怎么办？这是大家最关注的问题，也是我们亟待研讨和解决的问题。我们应该以对国家对人民对社会对受教育者高度负责的精神重新审视这一问题，以寻求更好的解决方案。我们认为，必须在总结前一阶段经验教训的新起点上，坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导，坚持高标准、严要求，坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针，坚持高标准、严要求，把下一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强，为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校做出新的更大贡献。

一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种新的办学类型,它除应恪守大学教育的一般办学基准外,还应有自己的个性和特色,就是要在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理、服务一线需要的高级技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校,也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养,重点仍要思考如何与社会需求的对接。既要从学生的角度考虑,以人为本,以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节,实现人的全面发展;又要从经济建设的实际需求考虑,多类型、多样化地培养人才,但最根本的一条还是坚持面向工程实际,面向岗位实务,按照“本科学历+岗位技术”的双重标准,有针对性地进行人才培养。根据这样的要求,“强化理论基础,提升实践能力,突出创新精神,优化综合素质”应当是工作在一线的本科应用人才的基本特征,也是本科应用型人才的总体质量要求。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型的人才培养必须依靠应用型的课程和内容,用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型的人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上,科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识等四类知识在纵向上应向应用前沿拓展,在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上,要强化学生运用专业理论解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力,还要注重思维能力和创造能力的培养,使学生思路清晰、条理分明,有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作,创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中。如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题应成为我们应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法,还必须服从和服务于大学生全面素质的培养。要通过形成新的知识体系和能力延伸以促进学生思想道德素质、文化素质、专业素质和身体心理素质的全面提高。因此,要在素质教育的思想指导下,对原有的教学计划和课程设置进行新的调整和组合,使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才,就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念,选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系,必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性,那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题,增设具有国际意义的课程,加快与国外同类院校的课程接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念 and 培养模式、做法来优

化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中，必须始终坚持以人的全面发展为本，紧紧围绕培养目标和基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学使得师生获得自由的范围和程度，往往是这所大学成功和水平的标志。同样，我们修订和编写教材，提供教学用书，最终是为了把知识转化为能力和智慧，使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此，在修订、编写教材过程中，必须始终把师生的需要和追求放在首位，努力提供教的方便和学的便捷，努力为教师和学生留下充分展示自己教和学的风格和特色的发展空间，使他们游刃有余，得心应手，还能激发他们的科学精神和创造热情，为教和学的持续发展服务。教师是课堂教学的组织者、合作者、引导者、参与者，而不应是教学的权威。教学过程是教师引导学生，和学生共同学习、共同发展的双向互促过程。因此，修订、编写教材对于主编和参加编写的教师来说，也是一个重新学习和思想水平、学术水平不断提高的过程，决不能丢失自我，决不能将“枷锁”移嫁别人，这里“关键在自己战胜自己”，关键在自己的理念、学识、经验和水平。

二、坚持质量第一，努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著，它既是学术专著，又是教学经验之理性总结，必须经得起实践和时间的考验。学术专著的错误充其量只会贻笑大方，而教材之错误则会遗害一代青年学子。有人说：“时间是真理之母”。时间是对我们所编写教材的最严厉的考官。目前，我们的教材才使用了几年，还很难说就是好教材，因为前一阶段主要是解决有无问题，用户还没有来得及去总结和反思，所以有的问题可能还没有来得及暴露。我们必须清醒地看到这一点。今后，更要坚持高标准、严要求，用航天人员“一丝不苟”、“一秒不差”的精神严格要求自己，确保教材质量和特色。为此，必须采取以下措施：第一，高等教育的核心资源是一支优秀的教师队伍，必须重新明确主编和参加编写教师的标准和要求，实行主编招标和负责制，把好质量第一关；第二，教材要从一般工科本科应用型院校实际出发，强调实际、实用、实践，加强技能培养，突出工程实践，内容适度简练，跟踪科技前沿，合理反映时代要求，这就要求我们必须严格把好教材编写或修订计划的评审关，择优而用；第三，加强教材编写或修订的规范管理，确保参编、主编、主审以及交付出版社等各个环节的质量和要求，实行环节负责制和责任追究制；第四，确保出版质量；第五，建立教材评价制度，奖优罚劣。对经过实践使用，用户反映好的教材要进行修订再版，切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须和多媒体课件配套，并逐步建立在线学习网站。

三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则，努力扩大教材使用范围，不断提高社会效益

下一轮教材编写和修订工作，必须加快吸收有条件有积极性的外省市同类院校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加，以集中更多的力量，建设好应用型本科教材。同时，要相应调整编审委员会的人员组成，特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教师和相关企业专家。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的省市有关高校建立教材使用质量跟踪调查，并建立网站，以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见，不断修改、充实和完善我们的教材编写和出版工作，实实在在地为教师和学生提供精品服务，实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务。同时也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到机械工业出版社、江苏省教育厅和各主编、主审和参加编写高校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。今后，我们应一如既往地更加紧密地合作，共同为工科应用型本科院校教材建设作出新的贡献，为培养高质量的应用型本科人才作出新的贡献，为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育作出新的努力。

普通高等教育机械工程及自动化专业

机电类规划教材编审委员会

主任 教授 邱坤荣

2005 年 10 月

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。适合作为普通高等工科院校机械设计制造及其自动化专业以及相近专业学生的专业教材。本书强调宽基础、重应用的特色,按照应用型人才培养目标,突出实践能力的培养,力争为学生今后的持续创造性学习打好基础。本书内容由三大部分组成:第一部分为继电器—接触器控制系统,包括常用低压电器、控制电路基本环节和典型系统的分析及基本设计方法;第二部分为可编程序控制器(PLC)的原理、系统及编程,与初版相比,这部分增加了 PLC 介绍以及 PLC 控制系统开发应用的内容;第三部分为直流及交流调速系统简介。本书在内容上注意循序渐进,由浅入深,便于读者掌握基本控制原理和控制方法。本书注重概念的阐述,重视实用性,力求与实际相结合。本书前两部分属传统的“电气控制”和“PLC”,编写时注重了两者之间的联系。与同类教材相比,增加了第三部分,其内容主要是简单介绍有关直流、交流调速系统的基本知识,以便为后继课程打下基础,但由于学时的限制,内容只能尽量压缩,不足之处请读者指正。

本书配有电子教案,欢迎选用本书作教材的老师索取,索取邮箱: E-mail: edmondyan@hotmail.com

本书由江苏大学朱伟兴教授、南京航空航天大学赵东标教授主审,由河海大学周军教授主编,南京工程学院海心教授为副主编。第一、二章由王文红编写,第四章由李奎编写,第三、五、六、七、八章由海心编写,第九、十章由史中权编写,第十一、十二章由周军编写。主审朱伟兴教授对本书提出了许多宝贵意见。此外,张超、郝达飞等为本书的编写提供了帮助,编者在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中肯定有不少遗漏和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主 任：邱坤荣

副主任：黄鹤汀 左健民

高文龙 章 跃

王晓天 周建方

沈世德

秘 书：周骥平

委 员：(排名不分先后)

周骥平 徐文宽

唐国兴 邓海平

戴国洪 李纪明

蒋同洋 鲁屏宇

葛士恩 赵连生

芮延年 王 萍

乔 斌 李建启

葛友华



周 军 1961年生，教授，江苏省宜兴市人。1982年毕业于江苏大学工业电气自动化专业，1997年机电工程专业研究生毕业，获硕士学位。研究方向为机电设备的微机测控技术、图象处理与机器视觉。近年来主要进行“半自主足球机器人系统”的研究，所研制的MiroSot足球机器人在国内外比赛中取得了优异成绩，近两年获九项全国冠军，在世界杯机器人足球赛中取得了两项第三名。发表论文二十多篇，出版教材两本。

目 录

第2版序

前言

第一章 常用低压电器	1
第一节 概述	1
第二节 常用控制类电器	2
第三节 常用保护类电器	23
第二章 继电器—接触器控制电路基本环节	30
第一节 电路图的基本概念及绘制	30
第二节 三相笼型异步电动机的直接起动与正反转控制电路	35
第三节 三相笼型异步电动机减压起动控制电路	40
第四节 三相笼型异步电动机的制动控制电路	45
第五节 三相笼型异步电动机有级变速控制电路	48
第六节 电液组合控制电路	51
第七节 其他功能控制电路	55
第三章 典型机械设备电气控制系统分析	62
第一节 卧式车床的电气控制电路	63
第二节 组合机床的电气控制电路	68
第四章 继电器—接触器控制系统设计	75
第一节 电气设计的主要内容	75
第二节 电动机的选择	78
第三节 电气控制线路的设计	81
第五章 可编程序控制器 (PLC) 基本原理	84
第一节 概述	84
第二节 可编程序控制器硬件构成及工作原理	88
第六章 可编程序控制器应用程序	94
第一节 编程概述	94

X

第二节	可编程序控制器的指令系统	98
第三节	功能图、步进梯形图及步进指令	106
第四节	功能指令的应用	111
第七章	可编程序控制器 (PLC) 计算机软件编程	115
第一节	软件介绍	115
第二节	软件应用	119
第八章	可编程序控制器 (PLC) 5-Step 编程方法	123
第一节	5-Step 语句编程	123
第二节	5-Step 编程举例 (风机运行监控)	127
第九章	FX_{IN} 系列 PLC 及其编程软件	130
第一节	FX _{IN} 系列 PLC 介绍	130
第二节	FX _{IN} 系列 PLC 联机软件 FXGP/WIN-C 操作说明	136
第十章	PLC 控制系统的开发应用	145
第一节	PLC 控制系统设计的一般方法	145
第二节	PLC 控制系统开发应用举例	149
第十一章	直流调速系统	157
第一节	直流电动机的调速方法	157
第二节	性能指标	159
第三节	单闭环调速系统	161
第四节	无静差调速系统	162
第十二章	交流调速系统	166
第一节	全控型功率电子器件	166
第二节	交流调速原理	167
第三节	异步电动机调速方法	168
思考题与习题		173
参考文献		175

第一章 常用低压电器

第一节 概 述

一、低压电器的分类

低压电器通常是指在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 的电路中起通、断、保护、控制或调节作用的电器设备。

低压电器种类繁多，结构各异，用途广泛，功能多样。其分类方法很多，下面介绍低压电器常用的分类方法。

1. 按其在电路中的作用分类

(1) 控制类电器 包括接触器、开关电器、控制继电器、主令电器等。其在电路中主要起控制、转换作用。

(2) 保护类电器 包括熔断器、热继电器、过电流继电器、欠电压继电器、过电压继电器等。其在电路中主要起保护作用。

2. 按其控制的对象分类

(1) 低压配电电器 它包括刀开关、熔断器和断路器等。主要用于低压配电系统中，要求在系统发生故障的情况下动作准确、工作可靠，有足够的热稳定性和动稳定性。

(2) 低压控制电器 它包括接触器、控制继电器、起动器、主令电器等。主要用于电气传动系统中，要求使用寿命长、工作可靠、维修方便。

3. 按其动作方式分类

(1) 自动切换电器 电器在完成接通、分断或使电动机起动、反向以及停止等动作时，依靠其本身的参数变化或外来信号而自动进行动作。如：接触器、继电器、熔断器等。

(2) 非自动切换电器 通过人力做功（用手或通过杠杆）直接扳动或旋转操作手柄来完成切换的电器。如：刀开关、转换开关、按钮等。

按电器的执行机能可分为有触点电器和无触点电器。

二、低压电器的发展概况

低压电器的产生和发展是与电的发明和广泛应用分不开的，从按钮、刀开关、熔断器等最简单的低压电器开始，到多种规格的低压断路器、接触器以及由它们组成的成套电气控制设备，都是随着生产的需要而发展的。

建国以来，我国随着国民经济的恢复和大规模经济建设的进行，国民经济

各部门对低压电器的种类、品种、质量提出了越来越高的要求。低压电器的品种也从少到多，产品质量从低到高逐渐发展。但产品与电工行业的国际标准 IEC (International Electro Technical Commission) 仍有一定的差距。

改革开放后，我国低压电器制造工业有了飞速的发展。一方面，国产产品如 CJ20 系列接触器、RJ20 系列热继电器、DZ20 系列塑料外壳式断路器等都是国内 20 世纪 80 年代更新换代产品，符合国家新标准（参考 IEC 标准制订），有的甚至符合 IEC 标准；另一方面，积极从德国 BBC 公司、AEG 公司及西门子公司、美国西屋公司、日本寺崎公司等引进了接触器、热继电器、起动器、断路器等先进的产品制造技术，并基本实现国产化，使我国低压电器的产品质量有较大的提高。

当前，我国低压电器的发展是不断提高其技术参数性能指标，并在其经济性能上下功夫。其间，使用新材料、新工艺、新技术对产品质量的提高、性能的改善有着十分重要的作用。同时我国大力开发新产品，特别是多功能化产品及机电一体化产品，如电子化的新型控制电器（接近开关、光电开关、固态继电器与接触器、电子式电机保护器等）正不断研制、开发出来。总之，低压电器正向高性能、高可靠性、多功能、小型化、使用方便等方向发展。

本章主要介绍机械设备电气控制中经常用到的低压电器，着重介绍部分技术先进、符合 IEC 标准的电器产品，了解其结构、工作原理、用途、型号、图形符号及文字符号，为阅读和理解电气控制电路以及正确选择、使用这些器件打下基础。

第二节 常用控制类电器

控制类电器在电气控制系统中主要起控制、调节作用，大多控制类电器广泛用于电气传动系统中，有的（如开关电器）也被用于低压配电系统中。

控制类电器主要包括：开关电器、接触器、控制继电器、主令电器。

一、低压开关电器

低压开关电器主要用于低压配电系统及电气控制系统中，对电路和电器设备进行不频繁地通断、转换电源或负载控制，有的还可用作小容量笼型异步电动机的直接起动控制。开关电器应用十分广泛，品种很多，主要有刀开关、组合开关、低压断路器。

1. 刀开关

“刀开关”是具有刀形触片的各类开关电器的总称。它们属结构比较简单、操作方便的手动电器。根据不同的工作原理、使用条件和结构形式，刀开关及其与熔断器组成的产品可分为板用刀开关、开启式负荷开关、熔断器组合电器等。

(1) 板用刀开关 板用刀开关是手动电器中结构最简单的一种。图 1-1 是刀开关的结构图，由手柄、触刀、静插座、铰链支座和绝缘支座等组成。合上手柄时，使触刀绕铰链支座转动，将触刀插入静插座内，电路接通；拉下手柄时，触刀脱离静插座时将电路断开。

板用刀开关按极数分为单极、双极、三极，其中三极刀开关用量最大；按切换功能（位置数）可分为单投和双投；按操作方式又可分为中央手柄式、带杠杆机构式、旋转操作式等。

刀开关的图形符号如图 1-2 所示。文字符号为 QS。

目前，国内大批量选用的板用刀开关有 HD11、HD12、HD13、HD14 等系列刀开关及 HS11、HS12、HS13 等系列刀形转换开关。其中 HD12、HD13、HD14 系列刀开关和 HS12、HS13 系列刀形转换开关能切断额定电流值以下的负载电流，用于接通或分断电路。而 HD11 系列刀开关和 HS11 系列刀形转换开关不能分断电流，只能作隔离电流用的隔离开关。

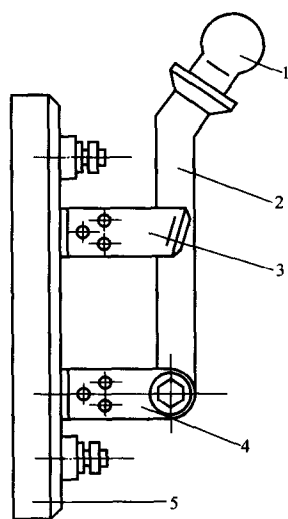


图 1-1 刀开关结构

1—手柄 2—触刀 3—静插座
4—铰链支座 5—绝缘支座

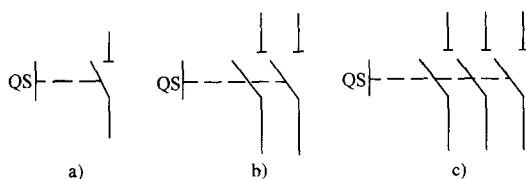


图 1-2 刀开关图形符号

a) 单极 b) 双极 c) 三极

刀开关的型号含义：

□ □ — □ / □ □

辅助功能代号：0—不带灭弧罩，8—板前接线（限中央手柄式），

1—带灭弧罩，9—板后接线（限中央手柄式）

极数：1—单极，2—双极，3—三极

额定电流

操作方式：11—中央手柄式，12—侧方正面杠杆操作机构式，13—中央正面杠杆操作机构式，14—侧面操作手柄式

类组代号：HD—单投刀开关，HS—双投刀开关（刀形转换开关）

HD11 ~ HD14 系列刀开关和 HS11 ~ HS13 系列刀形转换开关的技术数据可查阅相关手册。

刀开关的主要技术参数有：

- 1) 额定电压。指在规定条件下，刀开关长期工作中能承受的最大电压。
- 2) 额定电流。指在规定条件下，刀开关在合闸位置允许长期通过的最大工作电流。
- 3) 通断能力。指在规定条件下，刀开关在额定电压时能接通和分断的最大电流。
- 4) 电寿命。指在规定条件下，刀开关不经维修或更换零件的额定负载操作循环次数。

在选用刀开关时，刀开关的额定电压应大于或等于电路的额定电压，额定电流应稍大于或等于电路中的工作电流，刀开关的极数、位置数和操作方式可根据实际需要选定。当用刀开关直接通断小型负载时，应注意选择相应的通断能力。

(2) 开启式负荷开关 开启式负荷开关（习称胶盖瓷底刀开关）由刀开关和熔断器串联组合而成。常用来分断工作负荷电流，用作电气照明电路的控制开关及分支电路的配电开关，三极开启式负荷开关有时也可用于 5.5 kW 以下的三相笼型异步电动机不频繁地直接起动和停止控制。

目前，国内常用的开启式负荷开关有 HK2、HK4 系列等。开启式负荷开关具有使用方便、价格低廉等优点。但在控制电动机时，易出现一相熔丝提前熔断，电动机缺相运行而被烧坏的现象；且该开关无灭弧装置，分断大电路时，产生电弧很大，易出现人身安全事故。现已逐渐被塑料外壳式低压断路器来取代。

(3) 熔断器组合电器 熔断器组合电器是由刀开关、隔离器与熔断器组合而成的各类电器总称。一般能进行有载通断，并有一定的短路保护功能。熔断器组合电器结构紧凑、操作方便、安全可靠，因而被广泛采用并逐渐替代某些老产品。

熔断器组合电器有刀开关熔断器组、熔断式刀开关、隔离器熔断器组、熔断式隔离器 4 种。

下面介绍刀开关熔断器组和熔断式刀开关。

1) 刀开关熔断器组。刀开关熔断器组是由刀开关和熔断器串联组合而成。将一个三极刀开关与 3 个熔断器串联组装在一个铁壳内就构成铁壳开关，又称封闭式负荷开关。如图 1-3 所示，其结构特点是：它装有一个速断弹簧，拉闸时动刀片能很快与刀座分离，电弧被迅速拉长而熄灭；另外，为保证安全，其操作机构有机械联锁装置，当铁壳盖打开时，刀开关被卡住不能合闸，在开关合

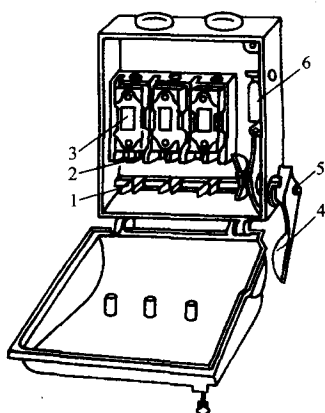


图 1-3 封闭式负荷开关结构图

1—闸刀 2—夹座 3—熔断器
4—手柄 5—转轴 6—速断弹簧

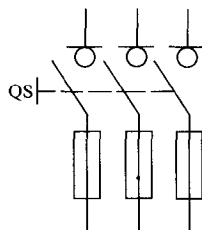


图 1-4 封闭式负荷开关的图形符号

闸时，铁壳盖不能打开。

封闭式负荷开关的图形符号如图 1-4 所示。文字符号为 QS。

目前，国内常用的封闭式负荷开关有 HH3、HH4、HH10D、HH11 等系列，可用于配电电路中作电源开关，手控不频繁地接通或断开带负荷电路，三极封闭式负荷开关还可作为小型异步电动机的非频繁全电压起动的控制开关。

2) 熔断式刀开关。刀开关的动触点由熔断器组成时即为熔断式刀开关，也称刀熔开关。其兼有熔断器和刀开关的功能，在正常情况下，熔断式刀开关可以接通和分断额定电流及额定电流以下的电流，如果电路中出现严重过载及短路故障，熔断器中的熔体就被熔断，及时切断故障电路。因此，熔断式刀开关可当作配电电路和电动机控制电路中电源开关的短路保护之用。

目前，国内常用的熔断式刀开关有 HR3、HR5、HR11 等系列。HR3 系列熔断式刀开关由刀开关和 RT0 型熔断器组合而成；HR5 系列熔断式刀开关为更新设计产品，配用 NT 型熔断器或类似水平产品；HR11 系列熔断式刀开关为 20

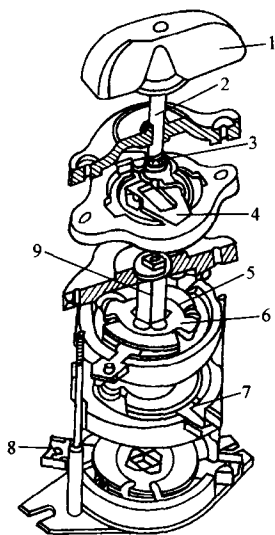


图 1-5 HZ10 型组合开关结构图

1—手柄 2—转轴 3—弹簧 4—凸轮
5—绝缘底板 6—动触片 7—静触片
8—接线柱 9—绝缘方轴

世纪 80 年代攻关达标产品，配用 RT15 型熔断器。

2. 组合开关

组合开关因其可实现多组触点组合故有组合开关之称，实际是一种转换开关。如图 1-5 所示，组合开关有多对静触片和动触片，分别装在有绝缘材料隔开的胶木盒内，其静触片固定在绝缘垫板上，动触片套装在有手柄的绝缘转动轴上，转动手柄就可改变触片的通断位置，以达到接通或断开电路的目的。

由于开关转轴上装有扭簧储能机构，使开关能快速闭合或分断，以利于灭弧，且其分合速度与旋转速度无关。

组合开关的图形符号如图 1-6 所示。文字符号为 QS。

组合开关具有结构紧凑、体积小、操作方便等优点，在机床电气控制中主要用作电源开关，不带负载接通或断开电源，供转换之用；也可以按电动机控制要求组合，直接控制电动机的起动、停止、Y- Δ 变换等，组合开关不适于频繁操作的场所使用。

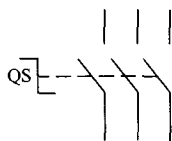


图 1-6 组合开关的图形符号

目前，国内常用的组合开关有 HZ10、HZ15 等系列。引进产品有德国西门子公司的 3LB 和 3ST 系列等。

3. 低压断路器

低压断路器过去常被称为自动开关或空气开关等，为了符合 IEC 国际标准，现统一使用低压断路器这个名称，可简称断路器。

当电路正常工作时，断路器可以接通或分断正常负载电流；当电路发生严重的过载或短路时，断路器能够自动地分断故障电路，有效地保护串接在其后面的电气设备。因而，低压断路器是一种具有保护环节的开关电器，广泛应用于低压配电电路、电气控制电路中。

按结构形式分，断路器有万能式和塑料外壳式两种。万能式（曾称框架式）断路器一般有个钢制框架，所有部件均安装在这个框架内（导电部分加绝缘）。万能式断路器容量较大，用作配电电路的保护开关。塑料外壳式断路器的主要特征是有一个塑料外壳，所有部件均安装在这个外壳中。塑料外壳式断路器容量较小，除可用作配电支路的保护开关外，还可用作电动机、照明电路及电热电路的控制开关。塑料外壳式断路器操作方式多为手动，主要有板式和按钮式两种。

下面介绍塑料外壳式断路器。

该断路器主要由 3 个部分组成：

1) 触点和灭弧系统。

2) 各种可供选择的脱扣器，包括过电流脱扣器，失电压、欠电压脱扣器，热脱扣器和分励脱扣器。

3) 操作机构和自由脱扣机构 (自由脱扣是指当电路出现故障时, 不论操作手柄在何位置, 触点均能迅速自动分断)。

图 1-7 是低压断路器的工作原理图。图中选用了过电流和欠电压两种脱扣器。当电路正常工作时, 断路器的主触点靠操作机构手动 (或电动) 合闸或断闸, 即接通或分断正常工作电流。当断路器合闸后, 主触点合上, 此时, 过电流脱扣器的衔铁是释放的, 失电压脱扣器的衔铁是吸合的, 它们都使自由脱扣机构的主触点锁在闭合位置上。若电路发生短路或过电流故障时, 过电流脱扣器的衔铁被吸合, 使自由脱扣机构自动脱扣, 断路器自动跳闸, 主触点分离, 及时有效地切除高达数十倍额定电流的故障电流; 若电网电压过低或为零时, 失电压脱扣器的衔铁被迫释放, 同样使自由脱扣机构动作, 断路器分断电路。这样, 当电路过电流或欠电压时, 断路器都能自动切断电源, 保证了电路及电路中设备的安全。

低压断路器的图形符号如图 1-8 所示。文字符号为 QF。

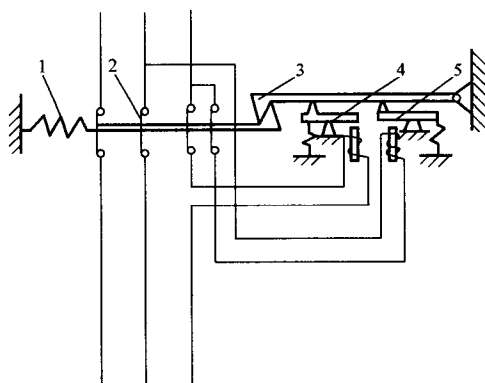


图 1-7 低压断路器的工作原理图

1—释放弹簧 2—主触点 3—钩子
4—过电流脱扣器 5—失电压脱扣器

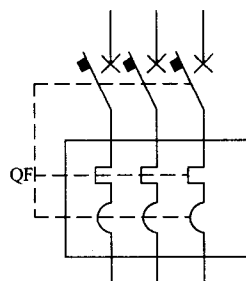


图 1-8 低压断路器的图形符号

低压断路器具有多种保护功能, 通断能力较大, 运行安全可靠, 故障动作时三相联动, 动作后不需更换元件可继续使用, 且有体积小、重量轻、价格低等优点, 因而在电路中得到了广泛应用, 在工厂中常用断路器来替代刀开关熔断器组。

目前, 国内常用的塑料外壳式断路器有 DZ5、DZ10、DZ15、DZ20、DZ10X 等系列, 其中 DZ20 系列断路器是 20 世纪 80 年代开发的换代产品。引进生产的塑料外壳式断路器有: 日本寺崎公司的 TO、TG 和 TH-5 系列、美国西屋公司的 H 系列、德国西门子公司的 3VE 系列、德国 ABB 公司的 M611 (DZ106) 系列和