



21st CENTURY
实用规划教材

21世纪全国高职高专
电子信息系列实用规划教材

电气控制 与 PLC

(西门子系列)

主 编 李 伟



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专电子信息系列实用规划教材

电气控制与 PLC(西门子系列)

主 编 李 伟
副主编 方宝义 施利春
参 编 孙雷明



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书将电气控制技术与可编程控制器(PLC)技术相互贯通,并对传统的内容进行了提炼,对新型控制技术加强了介绍,突出实践性的内容。本书内容包括理论篇、实践篇两大部分。理论篇内容有常用低压电器,电气基本控制线路,常用机床电气控制线路,可编程控制器的概述与结构原理,S7-200系列PLC的基本指令,S7-200系列PLC的功能指令,PLC控制线路的设计及应用实例。实践篇内容有低压电器的选用、拆卸、装配和调试,电气基本控制线路的安装与调试,典型机床控制线路故障检修,PLC控制线路的设计、安装与调试。

本书可作为高等职业教育学校的机电一体化、机械工程与自动化、电气自动化技术、自动化等专业的教材,也可作为相关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC(西门子系列)/李伟主编. —北京:北京大学出版社, 2009.7

(21世纪全国高职高专电子信息系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-12383-6

I. 电… II. 李… III. ①电气设备—自动控制—高等学校: 技术学校—教材②可编程序控制器—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第083349号

书 名: 电气控制与PLC(西门子系列)

著作责任者: 李 伟 主编

责任编辑: 赖 青

标准书号: ISBN 978-7-301-12383-6/TM·0007

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者:

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 15.5印张 366千字

2009年7月第1版 2009年7月第1次印刷

定 价: 26.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

《21世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 傅水根

副主任 (按拼音顺序排名)

陈铁牛 李 辉 刘 涛 祁翠琴

钱东东 盛 健 王世震 吴宗保

张吉国 郑晓峰

委 员 (按拼音顺序排名)

蔡兴旺 曹建东 柴增田 程 艳

丁学恭 傅维亚 高 原 何 伟

胡 勇 李国兴 李源生 梁南丁

刘靖岩 刘瑞己 刘 铁 卢菊洪

马立克 南秀蓉 欧阳全会 钱泉森

邱士安 宋德明 王世辉 王用伦

王欲进 吴百中 吴水萍 武昭辉

肖 珑 徐 萍 喻宗泉 袁 广

张 勤 张西振 张 莹 周 征

丛书总序

高等职业技术教育是我国高等教育的重要组成部分。从 20 世纪 90 年代末开始, 伴随我国高等教育的快速发展, 高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内, 我国高等职业技术教育的规模, 无论是在校生数量还是院校的数量, 都已接近高等教育总规模的半壁江山。因此, 高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路、调整经济结构和转变增长方式提供高素质技能型人才的重任。随着我国经济建设步伐的加快, 特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变, 现代制造业急需高素质高技能的专业人才。

为了使高职高专机电类专业毕业生满足市场需求, 具备企业所需的知识能力和专业素质, 高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要, 努力建立培养企业生产第一线所需的高等职业技术应用型人才的教学体系和教材资源环境, 不断更新教学内容, 改进教学方法, 积极探索机电类专业创新人才的培养模式, 大力推进精品专业、精品课程和教材建设。因此, 组织编写符合高等职业教育特色的机电类专业规划教材是高等职业技术教育发展的需要。

教材建设是高等学校建设的一项基本内容, 高质量的教材是培养合格人才的基本保证。大力发展高等职业教育, 培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高素质技能型人才, 要求我们必须重视高等职业教育教材改革与建设, 编写和出版具有高等职业教育自身特色的教材。近年来, 高职教材建设取得了一定成绩, 出版的教材种类有所增加, 但与高职发展需求相比, 还存在较大的差距。其中部分教材还没有真正过渡到以培养技术应用能力为主的体系中来, 高职特色反映也不够, 极少数教材内容过于浅显, 这些都对高职人才培养十分不利。因此, 做好高职教材改革与建设工作刻不容缓。

北京大学出版社抓住这一时机, 组织全国长期从事高职高专教学工作并具有丰富实践经验的骨干教师, 编写了高职高专机电系列实用规划教材, 对传统的课程体系进行了有效的整合, 注意了课程体系结构的调整, 反映系列教材各门课程之间的渗透与衔接, 内容合理分配; 努力拓宽知识面, 在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索, 加强理论联系实际, 突出技能培养和理论知识的应用能力培养, 精简了理论内容, 既满足机械类专业对理论、技能及其基础素质的要求, 同时提供选择和创新的空間, 以满足学有余力的学生进修或探究学习的需求; 对专业技术内容进行了及时的更新, 反映了技术的最新发展, 同时结合行业的特色, 缩短了学生专业技术技能与生产一线要求的距离, 具有鲜明的高等职业技术人才培养特色。

最后, 我们感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动, 也感谢北京大学出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因, 本系列教材还存在一些不足和错漏。我们相信, 在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下, 不断改进和完善这套教材, 使之成为我国高等职业技术教育的教学改革、课程体系建设和教材建设中的优秀教材。

《21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

2007 年 7 月

前 言

本书是根据目前高等职业教育的特点，并充分考虑到电气控制技术在机电产品中的实际运用和发展情况而编写的。

在生产过程、科学研究和其他产业领域中，电气控制技术的应用都是十分广泛的。在机械设备的控制中，电气控制亦比其他的控制方法使用得更为普遍。随着科学技术的发展，特别是大规模集成电路的问世和微处理器技术的应用，出现了可编程控制器(PLC)。它不仅可取代传统的继电器接触器控制系统，还可以进行复杂的过程控制和构成分布式自动化系统，使电气控制技术发展到了一个崭新的阶段。目前，可编程控制器在我国的应用相当广泛，尤其是小型 PLC，它采用类似继电器逻辑的过程操作语言，使用十分方便，备受电气工程技术人员欢迎。因此，了解和学习这些重要的技术对机电类专业的高职高专学生来说是必不可少的。

在编写本书的过程中，根据高职高专教材应以培养综合型、实用型人才为目标这一原则，在注重基础理论编写的同时，突出实践性教学环节，努力做到内容全面、语言简洁、通俗易懂、重点突出、实例丰富、图文并茂、实用性强，尽可能体现高职教育的特点。

本书从内容上分为理论篇和实践篇两大部分。理论篇的主要内容包括常用低压电器、电气基本控制线路、常用机床电气控制线路的原理分析和故障排除方法、西门子 S7-200 系列 PLC 的工作原理、西门子 S7-200 系列 PLC 逻辑元件、西门子 S7-200 系列 PLC 指令系统及西门子 S7-200 系列 PLC 的应用实例；实践篇主要内容包括低压电器拆装与调整，电气基本控制线路的安装与调试，典型机床控制线路故障检修，PLC 控制线路的设计、安装与调试。

本书适合作为高职高专机电一体化、工业自动化、电气专业及其他相关专业的教学用书，也可作为与电大、职大相同或相近专业的教学用书。本书对与机电相关专业的本科生和工程技术人员来说也是一本较好的参考书和自学教材。

本书由河南职业技术学院李伟主编，李伟编写了前言、绪论、第 1 章~第 3 章的内容；烟台职业学院方宝义和河南职业技术学院施利春任副主编，方宝义编写了第 4 章和第 5 章，施利春编写了第 6 章和第 7 章；实践篇(第 8~11 章)由河南职业技术学院孙雷明编写。对在编写本书部分章节过程中参考的有关资料、参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，难免书中有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2009 年 1 月

目 录

第 1 篇 理论篇

绪论.....	1	4.2 PLC 的组成和基本工作原理.....	98
第 1 章 常用低压电器.....	3	4.3 PLC 的性能、特点及分类.....	103
1.1 开关电器.....	3	4.4 PLC 的应用领域.....	107
1.2 熔断器.....	13	4.5 S7-200 系列 PLC 的外部结构.....	108
1.3 接触器.....	18	4.6 S7-200 系列 PLC 的性能.....	111
1.4 继电器.....	22	4.7 S7-200 系列 PLC 的内存结构 及其寻址方法.....	113
1.5 主令器.....	36	4.8 S7-200 系列 PLC 指令系统的 类型.....	118
习题.....	43	习题.....	119
第 2 章 电气基本控制线路.....	45	第 5 章 S7-200 系列 PLC 的 基本指令.....	120
2.1 电气控制线路的图形、文字符号 及绘制原则.....	45	5.1 布尔指令及应用.....	120
2.2 三相笼型异步电动机的全压 启动控制线路.....	48	5.2 定时器/计数器指令及应用.....	128
2.3 三相笼型异步电动机降压 启动控制线路.....	55	5.3 程序控制指令及应用.....	134
2.4 三相笼型异步电动机制动 控制线路.....	60	习题.....	140
习题.....	64	第 6 章 S7-200 系列 PLC 的 功能指令.....	142
第 3 章 常用机床电气控制线路.....	66	6.1 数据处理.....	142
3.1 电气控制线路分析基础.....	66	6.2 算数、逻辑运算指令.....	151
3.2 机床电气控制设备的维护 及检修方法.....	69	6.3 中断指令.....	158
3.3 车床电气控制线路.....	77	6.4 高速处理指令.....	161
3.4 磨床电气控制线路.....	81	习题.....	165
3.5 Z35 型摇臂钻床电气控制线路.....	86	第 7 章 PLC 控制线路的设计 及应用实例.....	167
3.6 X62W 型万能铣床电气控制线路.....	91	7.1 编程方法与规则.....	167
习题.....	95	7.2 PLC 控制系统的应用设计.....	170
第 4 章 可编程控制器的概述 与结构原理.....	96	7.3 应用举例.....	186
4.1 PLC 的产生和发展.....	96	习题.....	194

第 2 篇 实践篇

<p>第 8 章 低压电器的选用、拆卸、装配和调试.....198</p> <p>8.1 低压开关.....198</p> <p>8.2 熔断器.....200</p> <p>8.3 接触器.....202</p> <p>8.4 热继电器调整.....204</p> <p>8.5 时间继电器.....206</p> <p>第 9 章 电气基本控制线路的安装与调试.....210</p> <p>9.1 接触器联锁正反转控制线路的安装与调试.....210</p> <p>9.2 顺序运行控制线路的安装与调试.....213</p> <p>9.3 星形-三角形降压起动控制线路.....216</p> <p>9.4 多速电动机起动控制线路.....219</p>	<p>第 10 章 典型机床控制线路故障检修.....222</p> <p>10.1 CA6140 车床的电气控制线路的检修.....222</p> <p>10.2 X62W 型万能铣床控制线路的检修.....224</p> <p>第 11 章 PLC 控制线路的设计、安装与调试.....228</p> <p>11.1 PLC 改造三相异步电动机自动控制 Y-Δ降压起动控制线路.....228</p> <p>11.2 PLC 改造三相异步电动机自动控制 Y-Δ能耗制动控制线路.....231</p> <p>11.3 用 PLC 控制电镀生产线.....234</p> <p>11.4 用 PLC 控制小车运动装置.....237</p> <p>参考文献.....240</p>
---	--

绪 论

1. 电气控制技术与 PLC 的发展

随着科学技术的不断发展及生产工艺的要求不断提高,电气控制技术也在进行不断的变革。电气控制技术的发展过程包括从最早的手动控制发展到自动控制,从简单的控制设备发展到复杂的控制系统,从有触点的硬接线继电器控制系统发展到以计算机为中心的软件控制系统。另外,随着新的电器元件的不断出现和计算机技术的发展,电气控制技术也随之持续发展。现代电气控制技术正是综合应用了计算机、自动控制、电子技术、精密测量等许多先进的科学技术成果而迅速发展起来的。

在生产机械电力拖动的初期,常以一台电动机拖动多台设备,或者使一台设备的多个运动部件由一台电动机拖动,这种拖动称为集中拖动。集中拖动的传动机构比较复杂,不能满足生产机械自动控制的需要。随后出现了单机拖动,至 20 世纪 30 年代发展成为分散拖动,即各运动部件分别由不同的电动机拖动。这不仅简化了机械传动机构,提高了传动效率,也为生产机械各部分能够选择最合理的运行速度和自动控制创造了良好条件。现今,电气自动化系统无论是在自动化功能还是生产安全性方面都已相当完善。

继电接触式控制产生于 20 世纪 20~30 年代,继电接触式控制系统主要由继电器、接触器、按钮、行程开关等组成,其控制方式是断续的,所以又称为断续控制系统。由于这种系统具有结构简单、价格低廉、维护容易、抗干扰能力强等优点,所以至今仍是机床和其他许多机械设备广泛采用的基本电气控制形式,也是学习更先进电气控制系统的基础。但这种控制系统采用固定接线方式,所以又有灵活性差、工作频率低、触点易损坏、可靠性差等缺点,无法满足生产工艺不断改变和控制程序不断改变的需要。

从 20 世纪 30 年代开始,为了提高生产效率,自动化生产线随之产生。但如果产品机型需要更新换代,生产线承担的加工对象也要随之改变,这就需要改变控制程序,使生产线的机械设备按新的工艺过程运行,而继电接触器控制系统是采用固定接线的,很难适应这个要求。为了解决这个问题,20 世纪 60 年代初期出现的利用电子技术研制出的矩阵式顺序控制器和晶体管逻辑控制系统代替了继电接触器控制系统,对复杂的自动控制系统则采用电子计算机控制。由于这些控制装置本身存在某些不足,所以均未能获得广泛应用。1968 年美国最大的汽车制造商——通用汽车(GM)公司为适应汽车型号的不断更新,提出把计算机的完备功能以及灵活性、通用性好等优点和继电接触器控制系统的简单易懂、操作方便、价格低廉等优点结合起来,做成一种能适应工业环境的通用控制装置,并把编程方法和程序输入方式加以简化,使得不熟悉计算机的人员也能很快掌握它的使用技术。根据这一设想,美国数字设备公司(DEC)于 1969 年率先研制出第一台可编程控制器(PLC),在通用汽车公司的自动装配线上试用获得成功。

从此以后,许多国家的著名厂商竞相研制,各自形成系列,而且品种更新很快、功能不断增强,从最初的逻辑控制为主发展到能进行模拟量控制,具有数据运算、数据处理和通信联网等多种功能。PLC 另一个突出优点是可靠性很高,平均无故障运行时间可达 10 万 h 以上,可以大大减小设备维修费用和停产造成的经济损失。当前,PLC 已经成为电气

自动控制系统中应用最为广泛的核心装置，在工业自动化控制领域占有十分重要的地位。

自动控制技术发展的另一重要分支——数控技术在 20 世纪 50 年代研制成功，并随着计算机技术的发展而不断走向完善。它是一种具有广泛通用性的高效率、高精度且能适应小批量复杂零件加工的自动化机床，综合应用了计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等多方面的最新技术成果。最近 20 多年来，机电一体化、机电光仪一体化等交叉学科的发展，使得数控技术进入了一个崭新的阶段。

2. 本课程的性质与任务

本课程的主要内容是以电动机或其他执行电器为控制对象，介绍继电器接触器控制系统和 PLC 控制系统的工作原理、典型电气控制线路以及电气控制系统的设计方法。当前，PLC 控制系统的应用十分普遍，已经成为实现工业自动化的主要手段，是教学的重点所在。但是，一方面，根据我国当前情况，继电器接触器控制系统仍然是机械设备最常用的电气控制方式，而且低压电器正在向小型化、长寿命发展，出现了功能多样的电子式电器，使继电器接触器控制系统性能不断提高，因此它在今后的电气控制技术中仍然占有相当重要的地位；另一方面，PLC 是计算机技术与继电器接触器控制技术相结合的产物，而且 PLC 的输入、输出仍然与低压电器密切相关，因此掌握继电器接触器控制技术也是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。

本课程的任务包括以下几个方面：

(1) 熟悉常用低压控制电器的结构原理、用途和型号，达到能合理选择和使用主要控制电器的能力。

(2) 熟练掌握常用继电器接触器控制线路的基本环节，具有独立阅读和分析电气控制线路工作原理的能力。

(3) 熟悉典型生产设备的电气控制电路的工作原理和分析方法，具有从事电气设备的安装、调试、维修和管理等知识。

(4) 掌握 PLC 的基本原理、指令系统及编程方法。

(5) 能正确使用和选用 PLC，具有一般程序设计能力和调试修改能力，对传统继电器控制系统进行技术改造能力，并具有初步技术开发能力。

本课程除理论教学外，还有实践性教学环节，使学生在学习中能理论和实践相结合，除了掌握电气技术人员所必需的理论知识外，同时还能具有较强的实践能力。

第 1 篇 理论篇

第 1 章 常用低压电器

教学提示：本章主要讲述开关电器、熔断器、接触器、继电器、主令器等低压电器的基本结构、工作原理、主要技术参数、用途、电气图形和文字符号、常见故障分析和使用与维护。

学习要求：

- (1) 掌握常用低压电器的用途、工作原理和主要技术参数的选用。
- (2) 了解常用低压电器的基本结构、电气图形文字符号、常见故障分析和使用与维护。
- (3) 随着电器技术的不断发展，同时为提高系统的可靠性，应尽量选用新型的电气元件。

电器就是接通、断开电路或调节、控制和保护电路与设备的电工器具和装置。

电器的用途广泛、功能多样、构造各异、种类繁多。

(1) 按工作电压等级分类：低压电器是指工作于交流 50 Hz 或 60 Hz、额定电压 1200V 以下或直流额定电压 1500V 以下的电路中的电器；高压电器是指工作于交流额定电压 1200V 以上或直流额定电压 1500V 以上的电路中的电器。

(2) 按动作原理分类：手动电器是指需要人工直接操作才能完成指令任务的电器；自动电器是指不需要人工操作，而是按照电的或非电的信号自动完成指令任务的电器。

(3) 按用途分类：控制电器是指用于各种控制电路和控制系统的电器；主令电器是指用于自动控制系统中发送控制指令的电器；保护电器是指用于保护电路及用电设备的电器；配电电器是指用于电能输送和分配的电器；执行电器是指用于完成某种动作或传动功能的电器。

(4) 按工作原理分类：电磁式电器是依据电磁感应原理工作的电器；非电量控制电器是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器等。

1.1 开关电器

开关电器常用来频繁地接通或分断控制线路，或者直接控制小容量电动机的电器，这类电器也可以用来隔离电源或自动切断电源，从而起到保护电路的作用。这类电器包括刀

开关、转换开关、自动空气断路器等。

1.1.1 刀开关

刀开关俗称闸刀开关，其可分为不带熔断器式和带熔断器式两大类。它们都可用于隔离电源和在无负载情况下的电路转换，其中后者还具有短路保护功能。其中最常用的有以下两种。

1. 开启式负荷开关

(1) 开启式负荷开关的结构。开启式负荷开关又称为瓷底胶盖闸刀开关，常用的有 HK1、HK2 系列。它由刀开关和熔断器组合而成。瓷底板上装有进线座、静触点、熔丝、出线座、带瓷质手柄的闸刀，其结构如图 1.1 所示。

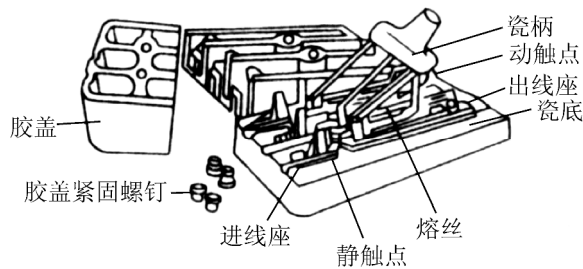


图 1.1 开启式负荷开关的结构

(2) 技术数据。HK 系列开启式负荷开关的技术数据见表 1-1。

表 1-1 HK 系列开启式负荷开关的技术数据

型号	额定电流/A	极数	额定电压/V	可控制电动机容量/kW	熔丝规格	
					熔丝线径/mm	熔丝材料
HK1	15	2	220	1.5	1.45~1.59	铅熔丝
	30			3.0	2.30~2.52	
	60	3	380	4.5	3.36~4.00	
	15			2.2	1.45~1.59	
	30			4.0	2.3~2.52	
HK2	10	2	250	1.1	0.25	纯铜丝
	15			1.5	0.41	
	30			3.0	0.56	
	10			2.2	0.45	
	15			4.0	0.71	
	30			5.5	1.12	

2. 封闭式负荷开关

(1) 封闭式负荷开关结构。封闭式负荷开关又称铁壳开关，图 1.2 所示为常用的 HH 系列封闭式负荷开关的结构与外形图。

它由刀开关、熔断器、灭弧装置、操作手柄、操作机构和外壳构成。其中 3 把闸刀固定在一根绝缘方轴上，由操作手柄操纵；操作机构设有机械连锁，即当盖子打开时，手柄不能合闸；手柄合闸时，盖子不能打开，这样保证了操作安全。在手柄转轴与底座间还装有速动弹簧，它使刀开关接通与断开的速度与手柄的动作速度无关，从而抑制了电弧过大。

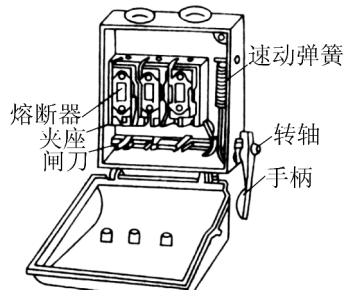


图 1.2 HH 系列封闭式负荷开关的结构与外形

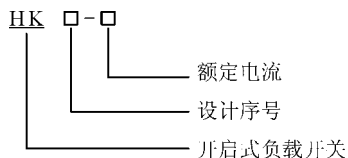
(2) 技术数据。HH 系列半开启式负荷开关的技术数据见表 1-2。

表 1-2 HH 系列半开启式负荷开关的技术数据

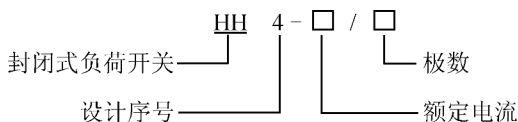
型号	额定电压/V	额定电流/A	极数	熔体规格		
				额定电流/A	熔体线径/mm	材料
HH3	250/440	15	2/3	6	0.26	纯铜丝
				10	0.35	
				15	0.46	
		30		20	0.65	
				25	0.71	
				30	0.81	
		60		40	1.02	
				50	1.22	
100	80	1.62				
	100	1.81				
		200		熔管	熔管	
HH4	380	15	2/3	6	1.08	铅熔丝
				10	1.25	
		30		20	0.61	纯铜丝
				25	0.71	
				30	0.80	
	60	40		0.92		
		50		1.07		
	440	100		3	60、80、100	熔管额定电流与开关额定电流同
100、150、200						
200、250、300						
300、350、400						

3. 开关型号含义、电气图形和文字符号

(1) 开启式开关型号含义:



(2) 封闭式负荷开关型号含义:



(3) 开启式和封闭式负荷开关的电气图形和文字符号如图 1.3 所示。

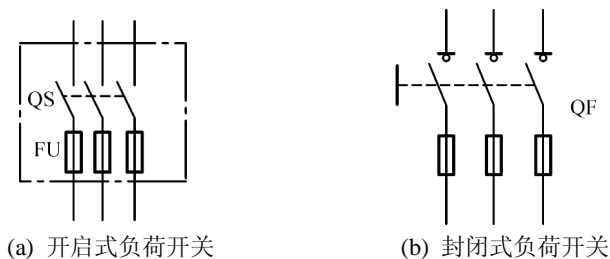


图 1.3 电气图形和文字符号

4. 类型及参数的选择

(1) 用于照明或电热电路: 负荷开关的额定电流等于或大于被控制电路中各负载额定电流之和。

(2) 用于电动机电路: 根据经验, 开启式负荷开关的额定电流一般是电动机额定电流的 3 倍; 半封闭式负荷开关的额定电流一般是电动机额定电流的 1.5 倍。

(3) 熔丝的选择方法如下。

- ① 对于变压器、电热器和照明电路, 熔丝的额定电流宜等于或稍大于实际负荷电流。
- ② 对于配电线路, 熔丝的额定电流宜等于或略微小于线路的安全电流。
- ③ 对于电动机, 熔丝的额定电流一般为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

5. 使用及维护

(1) 负荷开关不准横装或倒装, 而必须垂直地安装在控制屏或开关板上, 同样更不允许将开关放在地上使用。

(2) 负荷开关安装接线时, 应注意电源进线和出线不能接反, 即开启式负荷开关的电源进线应接在上端进线座, 负载应接在下端出线座, 以方便更换熔丝; 60A 以上的半开启式负荷开关的电源进线应接在上端进线座, 60A 以下的应接在下端进线座。

(3) 半开启式负荷开关的外壳应可靠地接地, 以防止意外的漏电使操作者发生触电事故。

(4) 更换熔丝必须在闸刀断开的情况下进行, 且应换上与原用熔丝规格相同的新熔丝。

(5) 应经常检查开关的触点, 清理灰尘和油污等物。操作机构的摩擦处应定期加润滑油, 以使其动作灵活, 延长使用寿命。

(6) 在修理负荷开关时, 要注意保持手柄与门的连锁, 不可轻易进行拆除。

6. 负荷开关的常见故障分析

(1) 合闸后一相或两相断电，其故障原因一般有以下几种。

- ① 夹座弹性消失或开口过大，使夹座与动触点不能接触。
- ② 熔丝熔断或连接不良。
- ③ 夹座、动触头氧化或有尘污。
- ④ 电源进线或出线头氧化后接触不良。

(2) 夹座或动触点过热或烧坏，其故障原因一般有以下几种。

- ① 开关容量太小。
- ② 分、合闸时动作太慢而造成电弧过大，烧坏触点。
- ③ 夹座表面烧毛。
- ④ 动触点与夹座压力不足。
- ⑤ 负载过大。

(3) 半开启式负荷开关的操作手柄带电，其故障原因一般有以下几种。

- ① 外壳接地线接触不良。
- ② 电源进出线绝缘损坏碰壳。

1.1.2 转换开关

转换开关又称为组合开关，是一种变形的刀开关，其在结构上是用动触片代替了闸刀，用左右旋转代替了刀开关的上下分合动作，有单极、双极和多极之分。常用的型号有 HZ 等系列。

1. 转换开关的结构

转换开关共有 3 副静触片，每一副静触片的一边固定在绝缘垫板上，另一边伸出盒外并附有接线柱以供电源和用电设备接线使用。3 个动触片装在另外的绝缘垫板上，垫板套在附有手柄的绝缘柱上。手柄每次能沿任一个方向旋转 90° ，并带动 3 个动触片分别与之对应的 3 副静触片保持接通或断开。在开关转轴上也装有扭簧储能装置，使开关的分合速度也与手柄的动作速度无关，这样有效地抑制了电弧过大。图 1.4 所示的是 HZ10-10/3 型转换开关的外形与结构图。

2. 技术数据

HZ10 系列组合开关的技术数据见表 1-3。

表 1-3 HZ10 系列组合开关的技术数据

型 号	额定电压 /V	额定电流 /A	极数	极限操作电流(3 极)/A		可控制电动机最大容量和额定电流(3 极)		额定电压及额定电流下的通断次数			
				接通	分断	容量/kW	额定电流/A	交流功率因数 λ	直流时间常数/s		
HZ10-10	直流 220	6	单极	94	62	3	7	20000	10000	20000	10000
		10									
HZ10-25	25	155		108	5.5	12					
HZ10-60	交流 60										
HZ10-100	380	100					10000	5000	10000	5000	

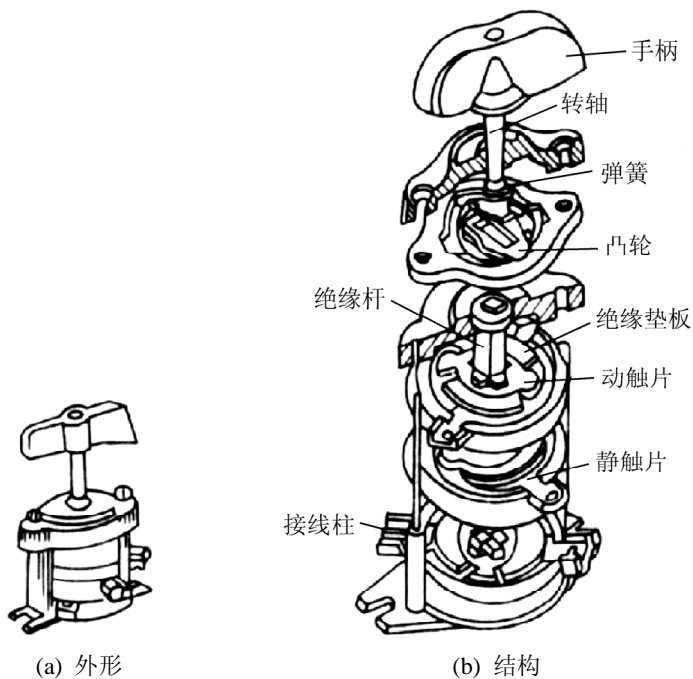
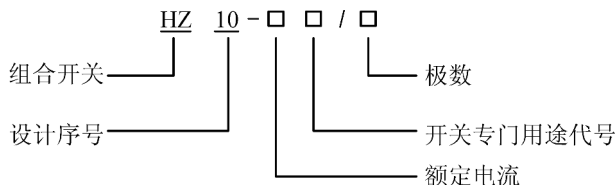


图 1.4 HZ10-10/3 型转换开关

3. 转换开关型号含义、电气图形和文字符号

(1) 转换开关型号含义:



(2) 转换开关的电气图形和文字符号如图 1.5 所示。

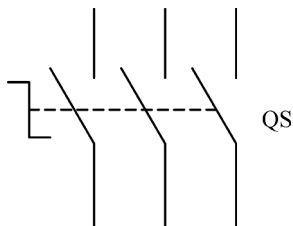


图 1.5 转换开关的电气图形和文字符号

4. 类型及参数的选择

(1) 用于照明或电热电路：组合开关的额定电流应等于或大于被控制电路中各负载电流的总和。

(2) 用于电动机电路：组合开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

5. 使用及维护

(1) 由于转换开关的通断能力较低，故不能用来分断故障电流。当用于控制电动机作可逆运转时，必须在电动机完全停止转动后，才允许反向接通。

(2) 当操作频率过高或负载功率因数较低时，转换开关要降低容量使用，否则会影响开关的寿命。

6. 转换开关的常见故障分析

(1) 手柄转动 90° 角而内部触点未动, 其故障原因一般有以下几种。

- ① 手柄上的三角形或半圆形口磨成了圆形。
- ② 操作机构损坏。
- ③ 绝缘杆由方形磨成了圆形。
- ④ 轴与绝缘杆装配不紧。

(2) 手柄转动而 3 副静触点和动触点不能同时接通或断开, 其故障原因一般有以下几种。

- ① 开关型号不对。
- ② 修理后触点位置装配不正确。
- ③ 触点失去弹性或有尘污。

(3) 开关接线柱间短路, 其故障原因一般是由于长期不清扫, 铁屑或油污附在接线柱间形成导电层, 将胶木烧焦, 绝缘被破坏而形成短路。

1.1.3 自动空气断路器

自动空气断路器过去称为自动开关(或称低压断路器)。按其结构和性能可分为框架式、塑料外壳式和漏电保护 3 类。它是一种既能作开关用, 又具有电路自动保护功能的低压电器, 所以可用于电动机或其他用电设备作不频繁通断操作的线路转换。当电路发生过载、短路、欠电压等非正常状况时, 能自动切断与它串联的电路, 从而有效地保护故障电路中的用电设备。由于低压断路器具有操作安全、动作电流可调整、分断能力较强等优点, 因而在各种电气控制系统中得到了广泛的应用。

1. 转换开关的结构和工作原理

自动空气断路器主要有 **DZ** 和 **DW** 两大系列, 它们的基本构造和工作原理基本相同, 主要由触点系统、灭弧装置、操作机构、保护装置(各种脱扣器)及外壳等几部分组成。图 1.6 为常用的塑壳式 **DZ5-20** 型自动空气开关的外形与结构图。其结构为立体布置, 操作机构居中, 红色分闸按钮和绿色合闸按钮伸出壳外; 主触点系统在后部, 其辅助触点有一对动合和一对动断共两对触点。

图 1.7 中 2 是自动空气断路器的 3 对主触点, 与被保护的三相主电路相串联。当手动闭合电路后, 其主触点由锁链 3 钩住搭钩 4, 克服弹簧 1 的拉力, 保持闭合状态。搭钩 4 可绕轴 5 转动。当被保护的主电路正常工作时, 电磁脱扣器 6 中线圈所产生的电磁吸合力不足以将衔铁 8 吸合, 而当被保护的主电路发生短路或产生较大电流时, 电磁脱扣器 6 中线圈所产生电磁吸合力随之增大, 直至将衔铁 8 吸合, 并推动杠杆 7, 把搭钩 4 顶离。在弹簧 1 的作用下, 主触点断开, 切断主电路, 起到保护作用。又当电路电压严重下降或消失时, 欠电压脱扣器 11 中的吸力减少或失去吸力, 衔铁 10 被弹簧 9 拉开, 推动杠杆 7, 将搭钩 4 顶开, 从而断开了主触点。如果电路发生过载时, 过载电流会流过发热元件 13, 使双金属片 12 向上弯曲, 将杠杆 7 推动, 断开主触点, 起到保护作用。