

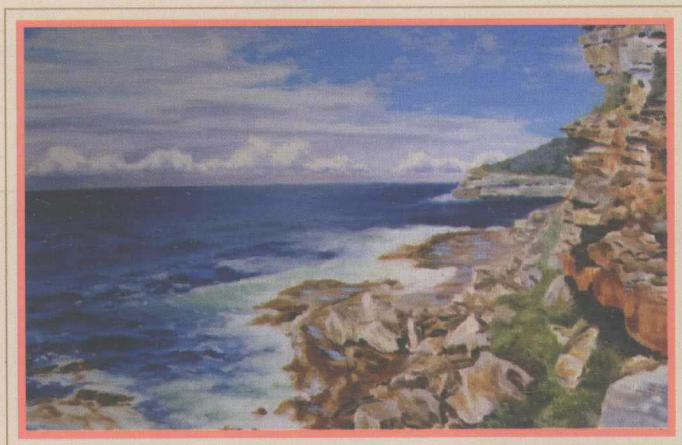
职业教育机电类技能人才培养规划教材
ZHIYE JIAOYU JIDIANLEI JINENG RENCAI PEIYANG GUIHUA JIAOCAI

 机电一体化专业系列

电气控制与PLC

□ 于书兴 主 编
□ 杨月祥 副主编

- ▶ 理论与实践紧密结合
- ▶ 突出应用能力的培养
- ▶ 图文并茂、直观易懂



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS


高级

● 机电一体化专业系列

电气控制与PLC

□ 于书兴 主 编
□ 杨月祥 副主编



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

电气控制与PLC / 于书兴主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2009. 10

职业教育机电类技能人才培养规划教材. 机电一体化专业系列

ISBN 978-7-115-20503-2

I. ①电… II. ①于… III. ①电气控制—职业教育—教材②可程序控制器—职业教育—教材 IV.

①TM571. 2②TM571. 6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第160097号

内 容 提 要

本书以国家职业技能鉴定规范为依据, 突出技能培养, 并参考机电一体化产品技术文件编写而成。在内容组织上, 按模块分割教学单元, 以实训课题为主线, 采用“理论实训一体化”编写模式, 将理论知识融合于操作课题中。全书共8个模块, 主要内容包括: 常用低压电器、电气控制系统的基本控制电路、典型机械设备电气控制系统分析、PLC 及其应用入门、西门子 S7-200 PLC 的基本指令及程序设计、欧姆龙 C 系列 PLC、三菱 FX 系列 PLC、PLC 应用系统设计。

本书可作为技工学校、技师学院和职业院校机电类专业“电气控制与 PLC”课程的教材, 也可供相关从业人员参考。

职业教育机电类技能人才培养规划教材

机电一体化专业系列

电气控制与 PLC

-
- ◆ 主 编 于书兴
副 主 编 杨月祥
责任编辑 张孟玮
执行编辑 曾 斌
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12.5
字数: 316 千字 2009 年 10 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2009 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-20503-2

定价: 20.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

职业教育机电类技能人才培养规划教材

专家指导委员会

陈德兴 陈玉堂 李春明 李献坤 邵佳明 俞勋良

编写委员会

主任委员

黄 志 刘钧杰 毛祥永 秦 伟 孙义宝

委 员

蔡 崧	曹 琪	陈海舟	陈长浩	陈建国	陈移新	成百辆	成振洋	崔元刚	邓万国
丁向阳	董国成	董伟平	董扬德	范继宁	封贵牙	冯高头	冯光明	高恒星	高永伟
葛小平	宫宪惠	顾颂虞	管林东	胡 林	黄汉军	贾利敏	姜爱国	金伟群	孔凡宝
李乃夫	李 煜	梁志彪	刘水平	柳 杨	陆 龙	吕 燕	罗 军	骆富昌	穆士华
钱 锋	秦红文	单连生	沈式曙	施梅仙	孙海锋	孙义宝	汤国泰	汤伟文	唐监怀
汪 华	王德斌	王立刚	王树东	王以勤	吴琰琨	解晨宁	许志刚	杨寿智	叶光胜
于书兴	于万成	袁 岗	张 骛	张璐青	张明续	张启友	张祥宏	张 燊	赵 真
仲小敏	周成统	周恩兵	周晓宏	祝国磊					

审稿委员会

鲍 勇	蔡文泉	曹淑联	曹 勇	陈海波	陈洁训	陈林生	陈伟明	陈煜明	程显吉
崔 刚	但汉玲	邓德红	丁 辉	窦晓宇	冯广慧	付化举	龚林荣	何世勇	洪 杰
黄 波	黄建明	蒋咏民	康建青	李春光	李天亮	李铁光	梁海利	梁红卫	梁锦青
廖 建	廖圣洁	林志冲	刘建军	刘 立	刘 霞	柳胜雄	卢艾祥	吕爱华	罗谷清
罗 恺	罗茗华	罗晓霞	孟庆东	聂辉文	彭向阳	乔 宾	孙名楷	谭剑超	腾克勇
万小林	王大山	王 峰	王来运	王灵珠	王 茜	王为建	王为民	王学清	王屹立
王 勇	王玉明	王定勇	伍金浩	肖友才	谢 科	徐丽春	许建华	许启高	鄢光辉
严大华	严 军	杨小林	姚小强	姚雅君	叶桂容	袁成华	翟 勇	詹贵印	张 彬
张东勇	张旭征	张志明	钟建明	周朝辉	周凤顺	周青山	邹 江		

本书编委

于书兴 杨月祥 郑 新 魏效志 李公臣 王国泉



随着我国制造业的快速发展，高素质技术工人的数量与层次结构远远不能满足劳动力市场的需求，技术工人的培养培训工作已经成为国家大力发展职业教育的重要任务。为此，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于进一步加强高技能人才工作的意见》（中办发[2006]15号）的通知。目前，各类职业院校主动适应经济社会发展要求，主动开展教学研讨，探索更加适合当前技能人才需求的教育培养模式，对中高级技能人才的培养和培训工作起到了积极推动的作用。

职业教育要根据行业的发展和人才的需求，来设定人才的培养目标。当前各行业对技能人才的要求越来越高，而激烈的社会竞争和复杂多变的就业环境也使得职业教育学生只有扎实地掌握一技之长才能实现就业。但是，加强技能培养并不意味着弱化或放弃基础知识的学习；只有牢固地掌握相关理论知识，才能自如地运用各种技能，甚至进行技术创新。所以，如何解决理论与实践相结合的问题，走出一条理实一体化的教学新路，是摆在职业教育工作者面前的一个重要课题。

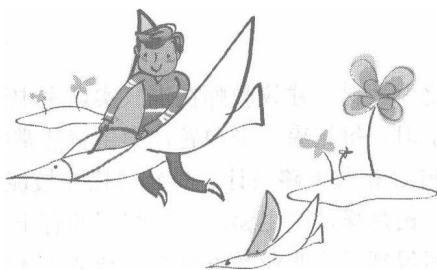
我们本着为职业教育教学改革尽一份社会责任之目的，依据职业教育专家的研究成果，依靠技工学校教师和企业一线工作人员，共同参与“职业教育机电类技能人才教学方案研究与开发”课题研究工作。在对职业教育机电类专业教学进行规划的基础上，我们的课题研究以职业活动为导向、以职业能力为核心，根据理论知识够用、强化技能训练的原则，将理论和实践有机结合，开发出机电类技能人才培养专业教学方案，并制订出每门课程的教学大纲，然后组织教学一线骨干教师进行教材的编写。

本套教材针对不同课程的教学要求采用“理实相结合”或“理实一体化”两种形式组织教学内容，首批55本教材涵盖2个层次（中级工、高级工），3个专业（数控技术应用、模具设计与制造、机电一体化）。教材内容统筹规划，合理安排知识点与技能训练点，教学内涵生动活泼，尽可能使教材体系和编写结构满足职业教育机电类技能人才培养教学的要求。

我们衷心希望本套教材的出版能够对目前职业院校的教学工作有所帮助，并希望得到职业教育专家和广大师生的批评与指正，以期通过逐步调整、完善和补充，使之更符合机电类技能人才培养的实际。

“职业教育机电类技能人才教学方案研究与开发”课题专家指导委员会

2009年2月



随着机电一体化产品及其制造技术的发展,以计算机、单片机、PLC、变频器为代表的微电子技术、信息技术和控制技术不断应用到传统的机电产品中,机电一体化技术已经发展到一个更高层次,内涵更丰富、技术更先进、应用更广泛。目前,职业院校的电气控制与 PLC 教学存在的主要问题是未突出现代电气控制技术特色,理论与实践脱节,表现在教学过程中以传统电气控制为主、PLC 控制为辅,重理论讲授、轻实践操作。本教材的编写尝试打破传统的教材编写模式,采用“理论实训一体化”框架组织课程技能培训体系,紧密结合本专业技术发展水平和企业应用实际,突出技能培养。

本书依据国家职业技能鉴定规范,并参考了机电一体化产品技术文件而编写,主要内容包括传统电气控制和 PLC 控制两部分,主要侧重于 PLC 控制。全书以实训课题为主线,以技能培养为目标,将必须的理论知识穿插于操作实践中,突出控制电路的设计、安装、编程、调试等应用技能。通过对本书的学习将使具备电气控制和 PLC 控制电路的设计制作技能,同时具备控制电路故障检查、诊断维修和传统控制电路改造的能力。

本书既强调基础,又力求体现新知识、新技术、新工艺,教学内容与国家职业技能鉴定规范相结合。在编写体例上采用“理论实训一体化”形式,简约的知识描述,丰富的课题实例,详细的操作步骤,配合实物图片、电路原理图、梯形图等形象内容,使本书图文并茂,直观易懂,便于教师教学组织和学生操作训练。同时,设置“拓展训练”栏目,合理选配训练课题,扩展学生的知识与操作技能水平。

本书的教学时数为 110 学时,各模块的参考教学课时见下面的课时分配表。

模块	课程内容	课时分配	
		讲授	实践训练
模块一	常用低压电器	4	8
模块二	电气控制系统的基本控制电路	4	12
模块三	典型机械设备电气控制系统分析	4	12
模块四	PLC 及其应用入门	4	4
模块五	西门子 S7-200 系列 PLC	4	14
模块六	欧姆龙 C 系列 PLC	2	8
模块七	三菱 FX 系列 PLC	2	8
模块八	PLC 应用系统设计	4	16
课时总计		28	82

作为“理论实训一体化”教材，建议教师在电气实训室中讲授本书，采取边讲边练的教学方法，让学生在实操中学习。每结束一个课题，学生就能掌握一方面的操作技能，学完本书，即可系统掌握电气控制和 PLC 相关电路设计、安装等操作技能。

本书由于书兴任主编，杨月祥任副主编。参加编写的有于书兴、杨月祥、郑新、魏效志、李公臣、王国泉。本书的编写得到了“职业教育机电类技能人才教学方案研究与开发”课题专家组成员的热情指导和帮助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编者
2009年8月



目录

CONTENTS

模块一 常用低压电器.....1

课题一 初步认识低压电器.....	2
课题二 选用与拆装接触器.....	8
课题三 了解常用继电器的 用途.....	11
课题四 选用开关电器.....	18
课题五 选用熔断器.....	20
课题六 选用主令电器.....	24
模块总结.....	31
综合练习.....	31

模块二 电气控制系统的基本控制 电路.....33

课题一 认识电气控制电路的图形、 文字符号.....	34
课题二 安装三相异步电动机的点动控制 电路.....	38
课题三 安装三相异步电动机的 接触器自锁正转控制 电路.....	41
课题四 安装三相异步电动机的正、 反转控制电路.....	43
课题五 安装三相异步电动机的顺序 控制电路.....	45
课题六 安装三相异步电动机的自动 往返控制电路.....	46
课题七 安装三相异步电动机的降压 启动控制电路.....	48
课题八 了解三相异步电动机速度 控制电路.....	51
模块总结.....	56
综合练习.....	56

模块三 典型机械设备电气控制系统 分析..... 58

课题一 检修车床电气控制电路.....	59
课题二 检修铣床电气控制电路.....	63
课题三 检修磨床电气控制电路.....	69
模块总结.....	73
综合练习.....	74

模块四 PLC 及其应用入门.....75

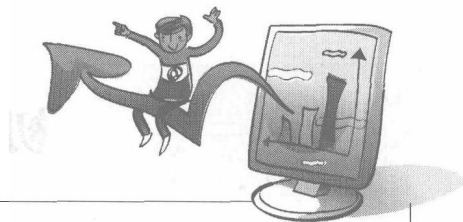
课题一 认识 PLC.....	76
课题二 认识 PLC 的硬件结构和工作 原理.....	80
课题三 用 PLC 实现三相异步电动机 单向全压启、停控制.....	83
课题四 PLC 控制电动机正、反转梯形 图程序设计.....	86
模块总结.....	88
综合练习.....	89

模块五 西门子 S7-200 系统 PLC.....90

课题一 西门子 S7-200 扩展模块连接 方式和编址.....	91
课题二 S7-200 编程软件 STEP 7-Micro/WIN 的使用.....	94
课题三 使用 S7-200 位操作指令实现 自动往复运动控制.....	98
课题四 使用定时器指令实现三相 异步电动机延时正、反转 控制.....	106
课题五 用计数器实现长定时控制.....	112
课题六 利用移位寄存器指令实现	

机械手动动作模拟	118	课题二 设计十字路口交通信号灯	145
模块总结	122	课题三 用步进指令控制电动机	
综合练习	122	正、反转	156
模块六 欧姆龙 C 系列 PLC	124	模块总结	161
课题一 认识欧姆龙 C 系列 PLC	125	综合练习	161
课题二 CPM1A 系列 PLC 的指令		模块八 PLC 应用系统设计	164
系统应用	132	课题一 自动送料系统设计	165
模块总结	139	课题二 设计剪板机的 PLC 控制	
综合练习	139	系统	173
模块七 三菱 FX 系列 PLC	141	模块总结	189
课题一 认识三菱 FX 系列 PLC	142	综合练习	190

常用低压电器



学习目标

- ◎ 掌握各种常用低压电器的工作原理，图形、文字符号及适用场合
- ◎ 了解各种常用低压电器的组成和结构特点
- ◎ 了解各种常用低压电器的一般技术指标
- ◎ 学会各种常用低压电器的选择和使用

低压电器是指额定电压在交流 1 200V、直流 1 500V 以下的电路内起通断保护、控制或调节作用的电器。它是电气控制系统中的基本组成元件，其性能直接影响控制系统性能的优劣。作为电气工程技术人员，应该熟悉低压电器的结构、工作原理、选择和使用方法。以可编程控制器（PLC）为核心的电气控制系统中同样也需要大量的低压电器才能组成一个完整的控制系统，因此熟悉低压电器的基本知识是学习电气控制与 PLC 的基础。

课题一

初步认识低压电器

本课题主要介绍低压电器的分类、电磁式低压电器的基本结构和工作原理，并介绍常用的低压电器。

一、基础知识

(一) 低压电器的分类

低压电器种类繁多，功能各异，不同用途低压电器的工作原理也各不相同，因此分类方法也很多。

1. 按用途分类

(1) 低压配电电器。包括刀开关、转换开关、熔断器和自动开关。主要用于控制与保护低压配电系统，当系统中出现短路电流时，其热效应不会损坏电器。

(2) 低压控制电器。包括接触器、继电器、各种主令电器等。主要用于设备电气控制系统。

2. 按动作方式分类

(1) 自动切换电器。它依靠电器本身参数变化或外来信号（如电流、电压、温度、压力、速度、热量等）自动完成接通、分断或使电机启动、反向、停止等动作，如接触器、继电器等。

(2) 手控电器。它依靠外力（人力）直接操作来进行切换等动作，如按钮、刀开关等。

3. 按触点类型分类

(1) 有触点电器：利用触点的接通和分断来切换电路，如接触器、刀开关、按钮等。

(2) 无触点电器：无可分离的触点。主要利用电子元件的开关效应，即导通和截止来实现电路的通、断控制，如光电开关、霍尔开关、电子式时间继电器、固态继电器等。

4. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器：根据电磁感应原理动作的电器，如接触器、继电器、电磁铁等。

(2) 非电量控制电器：依靠外力或非电量信号（如速度、压力、温度、位置等）的变化而动作的电器，如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

5. 按低压电器型号分类

为了便于了解文字符号和各种低压电器的特点，采用我国《国产低压电器产品型号编制办法》（JB 2930-81.10）的分类方法，将低压电器分为 13 个大类。每个大类用 1 位汉语拼音字母作为该产品型号的首字母，第 2 位汉语拼音字母表示该类电器的不同形式。

(1) 刀开关 H，例如 HS 为双投式刀开关（刀型转换开关），HR 为熔断器式刀开关。

(2) 熔断器 R，例如 RC 为瓷插式熔断器，RM 为密封式熔断器。

(3) 断路器 D，例如 DW 为万能式断路器，DZ 为塑壳式断路器。

(4) 控制器 K，例如 KT 为凸轮控制器，KG 为鼓型控制器。

(5) 接触器 C，例如 CJ 为交流接触器，CZ 为直流接触器。

(6) 启动器 Q，例如 QJ 为自耦变压器降压启动器，QX 为星形—三角形启动器。

(7) 控制继电器 J，例如 JR 为热继电器，JS 为时间继电器。

(8) 主令电器 L，例如 LA 为按钮，LX 为行程开关。

- (9) 电阻器 Z, 例如 ZG 为管形电阻器, ZT 为铸铁电阻器。
 (10) 变阻器 B, 例如 BP 为频敏变阻器, BT 为启动调速变阻器。
 (11) 调压器 T, 例如 TD 为单相调压器, TS 为三相调压器。
 (12) 电磁铁 M, 例如 MY 为液压电磁铁, MZ 为制动电磁铁。
 (13) 其他 A, 例如 AD 为信号灯, AL 为电铃。

(二) 电磁式低压电器的电磁机构和执行机构

电磁式低压电器在电气控制系统中最为普遍, 电磁式低压电器的基本结构主要由电磁机构和执行机构组成, 执行机构包括触点系统和灭弧系统两部分。

1. 电磁机构

电磁机构的作用是将电磁能转换为机械能并带动触点动作, 通常采用电磁铁的形式, 由吸引线圈、铁芯 (又称静铁芯或磁轭) 和衔铁 (也称动铁芯) 3 部分组成。铁芯分为拍合式和直动式, 图 1.1 (a) 所示为拍合式, 图 1.1 (b) 所示为直动式。铁芯形状有 E 形和 U 形两种, 图 1.1 (a) 所示为 U 形, 图 1.1 (b) 所示为 E 形。

工作原理: 当线圈 1 通入电流后, 磁通 Φ 通过铁芯 4, 衔铁 3 和工作气隙形成闭合回路, 衔铁受到电磁力的吸引, 克服弹簧 2 的弹力被吸引向铁芯。

交流电器铁芯的端部需开槽嵌入铜短路环 (又称分磁环), 如图 1.1 (c) 所示, 目的是使环内感应电流产生的磁通和环外磁通不同时过零, 保证电磁吸力总是大于弹簧的反作用力从而消除交流电器铁芯的振动。

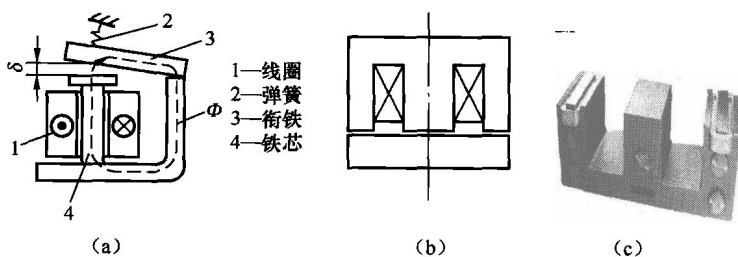


图 1.1 低压电器的电磁机构

2. 触点系统

其作用是通过触点的开、合来控制电路的通、断, 因此要求触点有良好的接触性能, 一般采用铜材料制作, 电流容量较小的电器如接触器、继电器等的触点常采用银质材料, 因为银的氧化膜电阻率与纯银接近, 可避免触头因表面氧化膜电阻率增加而造成接触不良。

触点分为指形触点和桥式触点两种。指形触点如图 1.2 所示, 因在接通和分断时产生滚动摩擦, 可以去掉氧化膜, 所以指形触点一般用紫铜制造, 特别适合于触点分合次数多、电流大的场合。桥式触点又分点接触式和面接触式, 如图 1.3 所示。点接触式适合电流不大的场合, 面接触式适合电流较大的场合。

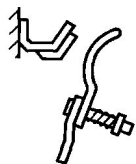


图 1.2 指形触点

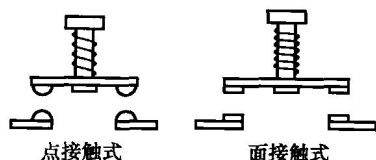


图 1.3 桥式触点

3. 灭弧系统

电弧的产生: 各种有触点电器都是通过触点的开、合来控制电路通、断的。触点接通电路时,

由于存在接触电阻，会引起触点升温；触点分断电路时，由于热电子发射和强电场的作用使气体游离，从而在分断瞬间产生电弧。

电弧的危害：开关电器在分断电路时产生的电弧，一方面使电路继续保持导通状态，延迟了电路的开、断；另一方面会烧损触点，缩短电器的使用寿命。因此，必须在结构上采取适当的灭弧措施。

低压电器常用的灭弧装置有：拉长电弧装置、电动力灭弧装置、栅片灭弧装置、窄缝灭弧装置和气体吹弧装置。灭弧装置的性能是否良好，一般可以根据灭弧时间和声音来判断。性能良好的灭弧装置，其灭弧时间从电弧开始点燃到完全熄灭一般不超过 0.01~0.02s，并可听到清脆有力的灭弧声，如果灭弧时发出软弱无力的“噗噗”声，则表明灭弧装置的性能已严重损坏，不能及时迅速地熄灭电弧。

对应上述灭弧装置，相应的灭弧方法如下所述。

(1) 拉长电弧：依靠触点的分开，机械地拉长电弧，如图 1.4 (a) 所示。

(2) 磁吹灭弧（电动力灭弧）：利用导电回路或特制线圈的电流在弧区产生磁场，使电弧受力迅速移动并拉长电弧，如图 1.4 (a) 和图 1.4 (b) 所示， v_2 是电弧运动方向。

(3) 栅片灭弧：当触点分开时，产生的电弧在磁场的作用下被推入一组金属栅片中而被分割成数段，彼此绝缘的金属栅片的每一片都相当于一个电极，因而就有许多个阴、阳极压降。对于交流电弧，近阴极处在电弧过零时就会出现一个 150~250V 的介质强度，使电弧无法继续维持而熄灭。由于栅片灭弧法的效果在交流时要比直流时好得多，所以交流电器常常采用栅片灭弧，如图 1.4 (c) 所示。

(4) 窄缝灭弧（冷却电弧）：依靠磁场作用，将电弧驱入用耐弧材料制成的狭缝中，以加快电弧的冷却和熄灭，如图 1.4 (d) 所示。

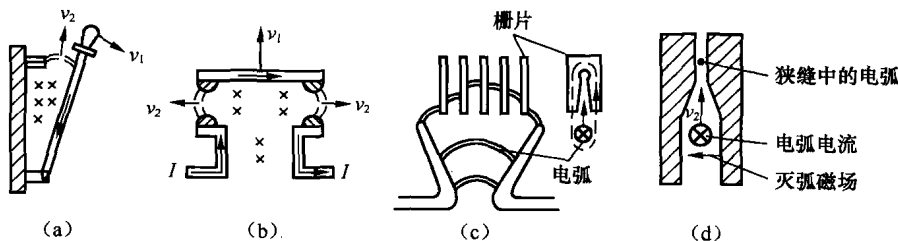


图 1.4 常用灭弧方法

(5) 气体吹弧：在封闭的灭弧室中，利用电弧自身能量分解固体材料产生气体，提高灭弧室中的压力或利用产生的气体进行吹弧。



提示 实际的灭弧系统往往同时采用以上方法的几种，如图 1.4 (a) 中就同时有拉长电弧和磁吹灭弧两种灭弧方法。

二、课题实施

以 CJT1-20 型交流接触器为例认识常用电磁式低压电器的电磁机构和执行机构，了解其工作原理。

(一) 认识交流接触器的整体结构

交流接触器的外观如图 1.5 所示，从外观上可以看到交流接触器的型号、参数，以及所有主触

头、辅助触头和吸引线圈的接线端。

(二) 认识交流接触器的电磁机构

1. 吸引线圈

吸引线圈的中心有一个矩形槽，使用时静铁芯的中部插在矩形槽里。在现在能看到的端面上有一个圆形的台阶面，是用来固定复位弹簧的，如图 1.6 所示。

2. 铁芯（又称静铁芯或磁轭）

静铁芯是由多层硅钢片组成的，端面上嵌有两个分磁环，如图 1.7 所示。

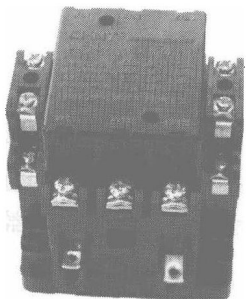


图 1.5 交流接触器外观图

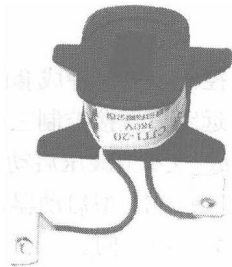


图 1.6 交流接触器的吸引线圈

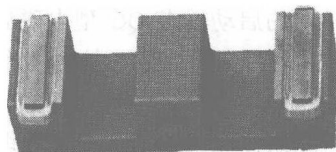


图 1.7 交流接触器的静铁芯

3. 衔铁（也称动铁芯）

图 1.8 所示为拆去底座、吸引线圈、静铁芯后的交流接触器。中央有 3 个发亮端面的结构就是动铁芯，动铁芯与常开触点相连，带动触点动作。其上的弹簧即为复位弹簧，复位弹簧的大端嵌在吸引线圈的圆形台阶中。吸引线圈失电时，复位弹簧将动铁芯推回原来位置，带动触点断开。

(三) 认识交流接触器的执行机构

1. 触点

交流接触器的触点如图 1.9 所示，很明显，该交流接触器的主触点为三组桥式面接触式触点，且主触点为常开触点，有两对辅助触点。

2. 灭弧罩

图 1.10 所示为交流接触器的灭弧罩。该灭弧罩由耐弧塑料弧罩和铁栅片组成。

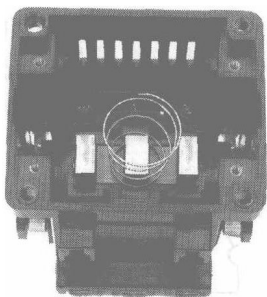


图 1.8 交流接触器的衔铁（动铁芯）

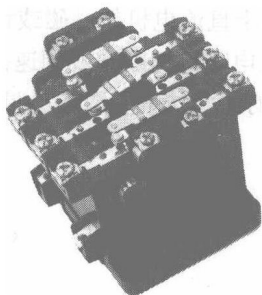


图 1.9 交流接触器的触点

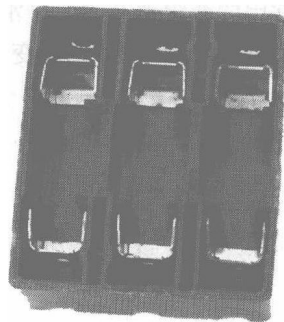


图 1.10 交流接触器的灭弧罩

三、课题小结

在本课题中，应熟悉低压电器的分类方法，重点掌握低压电器的结构和工作原理，对低压电

器形成初步的认识。

四、知识拓展

通过实物、电路图等认识其他常用低压电器。

1. 凸轮控制器

凸轮控制器是一种大型手动控制电器。广泛应用于控制中、小型起重机的平移机构电动机和小型起重机的提升机构电动机，它可变换主电路和控制电路的接法及转子回路的电阻值，以达到直接控制电动机的启动、制动、调速和换向的目的。

2. 启动器

启动器用于三相异步电动机的启动和停止控制，是一种成套的低压控制装置。

常用的启动器有 QC 型电磁启动器，用于远距离直接控制三相笼型异步电动机的启动、停止及正、反转控制，主要由接触器和热继电器组成；QJ 型减压启动器，采用自耦变压器降压，用于控制三相笼型异步电动机的不频繁减压启动控制；QX 型启动器，为星形—三角形降压启动器。各种启动器控制电路根据型号和电动机的容量大小而不同。

3. 电阻

电阻是电气产品中不可缺少的电气元件，可分为两大类，一类为电阻元件，用于弱电电子产品，另一类为工业用电阻器件（简称电阻器），用于低压强电交直流电气电路的电流调节以及电动机的启动、制动、调速等。

常用的电阻器有 ZB 型板形和 ZG 型管形电阻器，用于低压电路中的电流调节。ZX 型电阻器主要用于交直流电动机的启动、制动、调速等。

电阻器的主要技术参数有额定电压、发热功率、电阻值、允许电流、发热时间常数、电阻误差及外形尺寸等。电阻器的图形符号如图 1.11 所示。

4. 变阻器

变阻器的作用和电阻器的作用类似。其不同点在于变阻器的电阻值是连续可调的，而电阻器的每段电阻值固定，在控制电路中可采用串、并联或选择不同段电阻的方法来调节电阻值，电阻值是断续可调的。

常用的变阻器有 BC 型滑线变阻器，用于电路的电流和电压调节、电子设备及仪表等电路的控制或调节等。BL 型励磁变阻器，用于直流电机的励磁或调速；BQ 型启动变阻器，用于直流电动机的启动；BT 型变阻器，用于直流电动机的励磁或调速；BP 型频敏变阻器，用于三相交流绕线式异步电动机的启动控制。变阻器的主要技术参数和电阻器类似。变阻器的图形符号如图 1.11 所示。

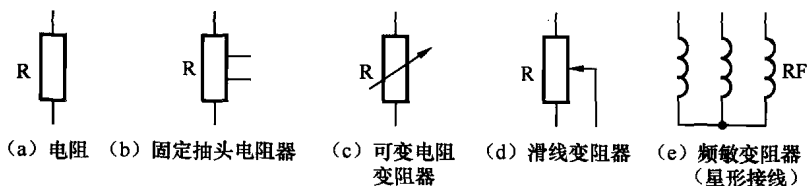


图 1.11 电阻器和变阻器图形符号

5. 电压调整器

电压调整器的种类较少，TD4 型炭阻式电压调整器用于在中、小容量的交流或直流发电机中

自动调节电压。

6. 电磁铁

常用的电磁铁有 MQ 型牵引电磁铁、MW 型起重电磁铁、MZ 型制动电磁铁等。

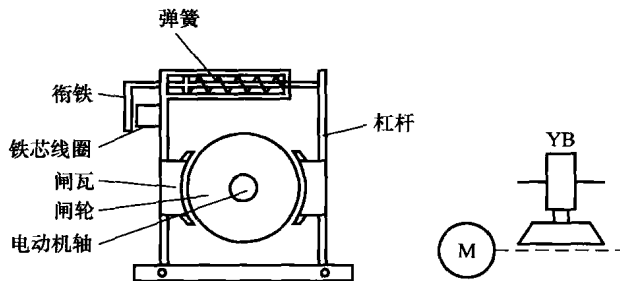
MQ 型牵引电磁铁用于在低压交流电路中对机械设备及各种自动化系统操作机构进行远距离控制。

MW 型起重电磁铁用于安装在起重机械上吸引钢铁等磁性物质。

MZD 型单相制动电磁铁和 MZS 型三相制动电磁铁一般用于组成电磁制动器，由制动电磁铁组成的 TJ2 型交流电磁制动器的示意图如图 1.12 所示，通常电磁制动器和电动机轴安装在一起，其电磁制动线圈和电动机线圈并联，二者同时得电或电磁制动线圈先得电之后电动机紧随其后得电。电磁制动器线圈得电吸引衔铁使弹簧受压，闸瓦将固定在电动机轴上的闸轮松开，电动机旋转，当电动机和电磁制动器同时失电时，在压缩弹簧的作用下闸瓦将闸轮抱紧，使电动机制动。

电磁铁的图形符号和电磁制动器一样，文字符号为 YA。

电磁制动器的图形符号如图 1.12 所示，文字符号为 YB。



(a) 电磁制动器示意图

(b) 电磁制动器图形符号

图 1.12 电磁制动器的示意图及图形符号

7. 信号灯

信号灯又称为指示灯，主要用于各种电气设备及电路中作电源指示、显示设备的工作状态以及操作警示等。

信号灯发光体主要有白炽灯、氖灯、发光二极管等。

信号灯的图形符号如图 1.13 所示。

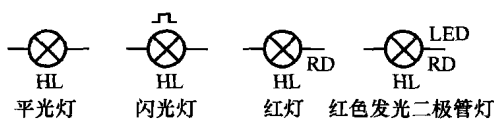


图 1.13 信号灯的图形符号

8. 报警器

常用的报警器有电铃和电喇叭等，一般电铃用于正常的操作信号（如设备启动前的警示）和设备的异常现象（如变压器的过载、漏油）。电喇叭用于设备的故障信号（如电路短路跳闸）。报警器的图形符号如图 1.14 所示。

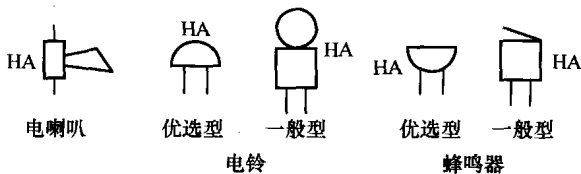


图 1.14 报警器的图形符号

课题二

选用与拆装接触器

接触器主要用于控制电动机、电热设备、电焊机、电容器组等，能频繁地接通或断开交、直流主电路，实现远距离自动控制。它具有低电压释放保护功能，在电力拖动自动控制电路中被广泛应用。本课题主要介绍接触器的结构、工作原理、主要技术参数、应用场合及选用步骤。

接触器有交流接触器和直流接触器两大类型，下面主要介绍交流接触器。

一、基础知识

1. 交流接触器的结构

交流接触器的结构及图形符号如图 1.15 所示。

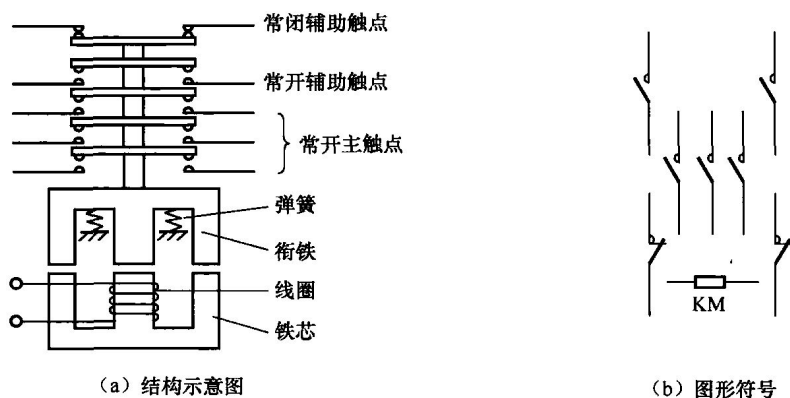


图 1.15 交流接触器的结构和图形符号

(1) 电磁机构。电磁机构由线圈、动铁芯（衔铁）和静铁芯组成。

(2) 触点系统。交流接触器的触点系统包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路，通常有 3 对或 4 对常开触点；辅助触点用于控制电路，起电气联锁或控制作用，通常有两对常开两对常闭触点。

(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，常采用双断口桥形触点以利于灭弧；对于大容量的接触器，常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。

(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。

2. 交流接触器的工作原理

交流接触器是利用电磁吸力与弹簧弹力配合动作，使触点闭合或分断，以控制电路的闭合或分断。交流接触器有两种工作状态：失电状态（释放状态）和得电状态（动作状态）。当吸引线圈得电后，衔铁被吸合，各个常开触点闭合，常闭触点断开，接触器处于得电状态。当吸引线圈失电后，衔铁释放，在弹簧的作用下，衔铁和所有触点都恢复常态，接触器处于失电状态。为防止铁芯振动，需加短路环。

3. 交流接触器主要技术参数

交流接触器的主要技术参数有额定电压、额定电流、吸引线圈的额定电压、机械寿命和电气寿命、额定操作频率和动作值等。