



全国高等职业教育规划教材

工厂电气控制设备及 技能训练

第2版

主编 田淑珍

电子教案下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高等职业教育自动化类基础课程精品教材推荐书

书 名	作 者	ISBN
 单片机原理与控制技术 第2版	张志良	ISBN 978-7-111-33314-3
 单片机原理及应用 第2版	张 伟	ISBN 978-7-111-08296-5
 单片机实用教程	徐江海	ISBN 978-7-111-20485-5
 可编程控制器基础与应用	吴 丽	ISBN 978-7-111-27914-3
 西门子S7-200 PLC应用教程	翟红程	ISBN 978-7-111-21948-4
 S7-200 PLC原理及应用	田淑珍	ISBN 978-7-111-26676-1
 S7-200 PLC基础教程 第2版	廖常初	ISBN 978-7-111-17947-4
 S7-200 PLC基础及应用	赵全利	ISBN 978-7-111-29736-9
 西门子S7-300 PLC基础与应用	吴 丽	ISBN 978-7-111-33160-5
 PLC应用技术	黄有全	ISBN 978-7-111-34390-5
 PLC基础及应用 第2版 (FX系列)	廖常初	ISBN 978-7-111-12295-1
 三菱FX2N系列PLC应用技术	刘建华	ISBN 978-7-111-30053-3
 PLC控制系统设计与运行维护 (FX系列)	史宜巧	ISBN 978-7-111-30806-5
 PLC技术与应用项目教程 (FX系列)	史宜巧	ISBN 978-7-111-25605-2
 可编程控制器案例教程 (FX系列)	杨 莹	ISBN 978-7-111-22573-7
 电气控制与可编程序控制器应用技术	刘祖其	ISBN 978-7-111-28590-8
 电气控制与PLC应用技术 (FX系列) 省级精品课程配套教材	吴 丽	ISBN 978-7-111-23265-0
 电机与电气控制项目教程 (FX系列) 国家级精品课程配套教材	徐建俊	ISBN 978-7-111-24515-5
 工厂电气控制设备及技能训练 第2版	田淑珍	ISBN 978-7-111-34437-7
 工厂供电技术 & 技能训练	田淑珍	ISBN 978-7-111-26543-6
 电机拖动与控制	张 勇	ISBN 978-7-111-08295-8
 电机与电气控制技术	田淑珍	ISBN 978-7-111-29289-0
 电机与电气控制	任志锦	ISBN 978-7-111-08317-7
 变频技术原理与应用 第2版 2008年度普通高等教育精品教材	吕 汀	ISBN 978-7-111-11364-5
 变频器及其控制技术	肖朋生	ISBN 978-7-111-23089-2
 传感器技术及其应用	陈黎敏	ISBN 978-7-111-26724-9
 传感器与检测技术 省级精品课程配套教材	董春利	ISBN 978-7-111-23503-3
 传感器技术与应用 第2版	金发庆	ISBN 978-7-111-08473-0
 计算机控制技术与实训	李江全	ISBN 978-7-111-31743-2
 计算机控制技术	李江全	ISBN 978-7-111-21847-0
 现场总线技术及其应用	郭 琼	ISBN 978-7-111-33108-7
 代供电技术项目教程	张季萌	ISBN 978-7-111-36019-3
 自动检测技术	刘丽红	ISBN 978-7-111-33524-5

图例说明:  网上提供电子课件下载  普通高等教育“十一五”国家级规划教材  附赠光盘

地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工微博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

上架指导 电气控制

ISBN 978-7-111-34437-7

封面设计: 

ISBN 978-7-111-34437-7



9 787111 344377 >

定价: 38.00元

全国高等职业教育规划教材

工厂电气控制设备 及技能训练

第 2 版

主编 田淑珍

参编 孙建东 王延忠 胡书辉



机械工业出版社

本书精选了工厂电气控制中的典型内容,包括常用低压电器、三相异步电动机电气控制线路、常用机床电气控制线路及常见故障的排查、起重机的电气控制、三相异步电动机的运行与维护 and 数控机床的伺服控制系统等,并添加了固态继电器、软起动、变频器、数控机床的伺服控制和电动机的检修试验等内容。本书各章均配有相关实训。

本书根据维修电工中级工的达标要求,强化了技能训练,突出职业教育的特点,将理论教学、实训、考工取证有机地结合起来,理论教学以实用、够用为主,书中加入比较多的线路制作、设备运行维护、故障检修等内容,有机地结合了电机及拖动的相关内容。

本书可以作为高职高专院校工厂自动化专业、机电一体化专业的理论教学和实训教学用书,也可作为相关专业技术人员的培训用书和自学用书。

为配合教学,本书配有电子课件,读者可以登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 免费注册后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话 (010) 88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

工厂电气控制设备及技能训练/田淑珍主编. —2版.
—北京:机械工业出版社,2012.5
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-34437-7

I. ①工… II. ①田… III. ①工厂-电气控制装置-
高等职业教育-教学参考资料 IV. ①TM571.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第086262号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:吴鸣飞 版式设计:霍永明

责任校对:任秀丽 责任印制:杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2012年8月第2版·第1次印刷

184mm×260mm·18印张·443千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34437-7

定价:38.00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

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

高职教育要以就业为导向，因此在教学中应根据专业的要求将理论与实践、知识和能力有机地结合起来，实践教学必须围绕学生考取专业技术等级证书的技术训练而贯穿教学的全过程。因此在专业教学中合理地调整了实践教学在整个教学计划中的比重。在整个教学计划中理论教学与实践教学应穿插进行，随时随地地将理论与实践结合起来讲授，使学生在做中学，在学中做，边学边做，教、学、做合一，并且按考证的要求对学生进行强化训练，在规定的时间内按规定的标准完成规定的任务。本书就是这样一本着重技术应用，“讲、练、考结合”的教材。

本书主要内容有：常用低压电器，三相异步电动机电气控制线路，常用机床电气控制线路及常见故障的排除，起重机的电气控制，三相异步电动机的运行与维护 and 数控机床的伺服控制系统。本书根据维修电工中级工的达标要求，强化了技能训练，突出了职业教育的特点。

本书在第1版的基础上，按照与时俱进的原则进行了全面的修订。例如：对部分低压电器设备的型号进行了更新并加入了设备的实物图片；增加了电磁阀等执行电器的详细的介绍，使没有液压基础的读者也能轻松掌握机床的液压控制回路；在简要介绍变频器工作原理的基础上，增加了变频器在电气控制中的具体应用及相关实训；在伺服控制系统中增加了步进电动机及其驱动装置的使用实训等。

本书由田淑珍主编，并编写第1~3章、4.5、4.6、5.3、5.6、5.7、6.2.5节，孙建东编写第4章，王延忠编写第5章，胡书辉编写第6章，附录由编者共同编写。全书由田淑珍整理定稿。

由于编者水平有限，书中难免存在一些缺点、疏漏及不足之处，请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 常用低压电器	1
1.1 概述	1
1.2 接触器	2
1.2.1 接触器的用途及分类	2
1.2.2 接触器的工作原理及结构	2
1.2.3 接触器的主要技术参数及型号	6
1.2.4 接触器的选择	10
1.2.5 接触器的运行维护	11
1.3 继电器	11
1.3.1 电磁式继电器	11
1.3.2 时间继电器	14
1.3.3 热继电器	18
1.3.4 速度继电器	23
1.3.5 温度继电器	23
1.3.6 液位继电器	24
1.3.7 固态继电器	25
1.4 常用的开关电器	30
1.4.1 刀开关	30
1.4.2 组合开关	30
1.4.3 开启式负荷开关	31
1.4.4 封闭式负荷开关	32
1.4.5 倒顺开关	32
1.4.6 低压断路器与智能型断路器	33
1.5 熔断器	35
1.5.1 熔断器的结构及分类	35
1.5.2 熔断器的安秒特性	37
1.5.3 熔断器的技术参数	37
1.5.4 熔断器的选择	38
1.5.5 熔断器的运行与维修	39
1.6 主令电器	39
1.6.1 控制按钮	39
1.6.2 万能转换开关	40
1.6.3 行程开关	40

1.6.4	接近开关	42
1.6.5	光电开关	43
1.7	执行电器	45
1.7.1	电磁铁	45
1.7.2	电磁换向阀	46
1.8	常用低压电器故障的排除	47
1.8.1	触点的故障维修及调整	47
1.8.2	电磁系统的故障维修	47
1.8.3	常用低压电器故障的检修	48
1.9	技能训练	50
1.9.1	组合开关的拆装与维修	50
1.9.2	接触器的拆装与维修	51
1.9.3	认识中间继电器和时间继电器	53
1.9.4	认识热继电器、按钮	54
1.10	习题	54
第2章	三相异步电动机电气控制线路	56
2.1	制作电动机控制线路的步骤	56
2.1.1	电气原理图、电器元件布置图和接线图	56
2.1.2	制作电动机控制线路的步骤	58
2.1.3	检查线路和试车	60
2.2	三相异步电动机直接起动控制线路及检查试车	62
2.2.1	点动控制线路及检查试车	62
2.2.2	全压起动连续运转控制线路及检查试车	64
2.2.3	既能点动控制又能连续运转的控制线路	67
2.2.4	多点控制线路及检查试车	70
2.2.5	顺序控制线路及检查试车	71
2.2.6	正反转控制线路及检查试车	74
2.2.7	限位控制和自动往复循环控制线路及检查试车	78
2.3	三相笼型异步电动机减压起动控制线路及检查试车	81
2.3.1	Y- Δ 减压起动控制线路及检查试车	82
2.3.2	自耦变压器减压起动	84
2.3.3	软起动器及其使用	85
2.4	三相笼型异步电动机的制动控制线路及检查试车	90
2.4.1	三相笼型异步电动机的制动	90
2.4.2	反接制动控制线路	93
2.4.3	能耗制动控制线路	96
2.5	三相笼型异步电动机速度控制	101
2.5.1	三相笼型异步电动机的调速	101
2.5.2	变极调速控制线路	105

2.5.3 变频器的的工作原理及使用	106
2.6 基本控制线路的安装技能训练	117
2.6.1 电气控制线路板安装	117
2.6.2 点动控制线路的安装接线	119
2.6.3 单向起动控制线路的安装接线	121
2.6.4 正反转控制线路的安装接线	123
2.6.5 Y- Δ 减压起动的安装接线	125
2.6.6 电动机带限位保护的自动往复循环控制线路的安装接线	127
2.6.7 双速电动机控制线路的安装接线	129
2.6.8 变频器的模拟信号操作控制实训	131
2.7 习题	132
第3章 常用机床电气控制线路及常见故障的排除	135
3.1 普通车床电气控制	135
3.1.1 车床的主要结构及运动形式	135
3.1.2 电气线路分析	136
3.1.3 电气线路安装步骤	138
3.1.4 常见电气故障的排除	139
3.1.5 检修技能训练	140
3.2 磨床的电气控制	143
3.2.1 磨床的主要结构及运动形式	143
3.2.2 磨床电气线路分析	144
3.2.3 磨床电气线路安装步骤	147
3.2.4 常见电气故障的排除	149
3.2.5 检修技能训练	150
3.3 摇臂钻床的电气控制	152
3.3.1 摇臂钻床的主要结构和运动形式	152
3.3.2 Z3040 摇臂钻床电气线路分析	152
3.3.3 Z35 摇臂钻床电气线路分析	156
3.3.4 摇臂钻床电气线路安装步骤	159
3.3.5 常见故障的排除	162
3.3.6 检修技能训练	163
3.4 铣床的电气控制	164
3.4.1 万能铣床的主要结构与运动形式	164
3.4.2 X62W 万能铣床电气线路分析	165
3.4.3 万能铣床电气线路常见故障的排除	170
3.4.4 检修技能训练	172
3.5 镗床的电气控制	173
3.5.1 镗床主要结构与运动形式	173
3.5.2 镗床电气线路分析	173

3.5.3	T68 镗床的电气故障与检修	179
3.5.4	检修技能训练	179
3.6	组合机床的电气控制	180
3.6.1	概述	180
3.6.2	机械动力滑台控制线路	181
3.6.3	液压动力滑台控制线路	183
3.7	习题	187
第4章	起重机的电气控制	189
4.1	桥式起重机概述	189
4.1.1	桥式起重机的主要结构和运动形式	189
4.1.2	桥式起重机的主要技术参数	190
4.1.3	桥式起重机对电力拖动的要求	191
4.2	凸轮控制器及其控制线路	193
4.2.1	凸轮控制器的结构	193
4.2.2	凸轮控制器的型号与主要技术参数	193
4.2.3	凸轮控制器控制的线路	194
4.3	主令控制器的控制线路	197
4.3.1	提升重物的控制	199
4.3.2	下降重物的控制	199
4.4	运行机构的电气控制	200
4.4.1	PQY 型主令控制线路分类	200
4.4.2	PQY2 型主令控制线路	200
4.5	桥式起重机电气设备的维护与修理	202
4.5.1	起重机的供电特点	202
4.5.2	线路的构成	202
4.5.3	保护线路	204
4.5.4	交流桥式起重机电气设备的维护和修理	204
4.6	桥式起重机的通电试车及故障检测技能训练	208
4.6.1	桥式起重机的通电试车	208
4.6.2	桥式起重机大车起动冲击大速度调节不正常的故障检修	209
4.6.3	桥式起重机常见故障的检查	210
4.7	习题	210
第5章	三相异步电动机的运行与维护	212
5.1	三相异步电动机的基本知识	212
5.1.1	三相异步电动机的分类及基本结构	212
5.1.2	三相异步电动机的型号与主要技术参数	215
5.1.3	交流绕组的基本知识	216
5.1.4	三相异步电动机的安装	223
5.1.5	电动机绕组的检测技能训练	226

5.2 异步电动机的选用原则	229
5.3 电动机运行前的检查和试车	231
5.3.1 起动前的检查	231
5.3.2 电动机的空载试车	232
5.3.3 测量电动机的绝缘电阻、空载电流、转速及运行温度技能训练	234
5.4 电动机运行中的监视与维护	236
5.5 电动机运行中的常见故障和处理	238
5.5.1 电动机发生故障的原因	238
5.5.2 电动机常见故障及排除方法	239
5.6 技能训练	244
5.7 习题	247
第6章 数控机床的伺服控制系统	249
6.1 数控机床的伺服系统概述	249
6.1.1 伺服系统的组成	249
6.1.2 对伺服系统的基本要求	249
6.1.3 伺服系统的分类	250
6.2 步进电动机及其驱动装置	251
6.2.1 步进电动机工作原理	251
6.2.2 步进电动机的主要性能指标	253
6.2.3 步进电动机功率驱动	254
6.2.4 开环控制步进式伺服系统的工作原理	256
6.2.5 步进电动机及其驱动装置的认知及使用实训	257
6.3 交流伺服系统	260
6.3.1 数控机床用交流电动机	260
6.3.2 交流电动机的速度控制	260
6.4 习题	264
附录	265
附录 A 常用电气符号与限定符号	265
附录 A.1 常用电气符号国家标准 (GB/T 4728—2005 ~ 2008)	265
附录 A.2 电气简图图形符号 (GB/T 4728.7—2008) 中常用的限定符号	267
附录 B 中级维修电工考试大纲	270
附录 B.1 中级维修电工等级标准	270
附录 B.2 中级维修电工鉴定要求	272
附录 C 中级维修电工技能试卷、评分标准及现场记录	275
试题一 安装接线	275
试题二 排除故障	276
试题三 工具、设备的使用与维护	277
试题四 安全文明生产	277
参考文献	278

第1章 常用低压电器

本章要点

- 常用低压电器的定义及分类
- 接触器、继电器、常用的开关电器、熔断器、主令电器、执行电器的用途、基本结构、基本工作原理、主要技术参数、选用原则及使用注意事项
- 常用低压电器的故障现象、原因及排除
- 中间继电器和时间继电器的认识、组合开关和交流接触器拆装的技能训练

1.1 概述

1. 低压电器的定义

凡是对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电工器械均可称为电器。用于交流 50Hz 额定电压 1200V 以下，直流额定电压 1500V 以下的电路内起通断、保护、控制或调节作用的电器称为低压电器。

2. 低压电器的分类

低压电器的品种规格繁多，构造各异，可按用途、动作方式和执行机构进行分类。

(1) 按用途分类

低压电器按其用途可分为配电电器和控制电器。

1) 配电电器：用于配电系统，进行电能的输送和分配，如熔断器、刀开关、转换开关、低压断路器等。

2) 控制电器：主要用于自动控制系统和用电设备中，如接触器、继电器、主令电器、电阻器、电磁铁等。

(2) 按动作方式分类

低压电器按其动作方式可分为自动操作电器和手动操作电器。

1) 自动操作电器：依靠外部信号的作用或本身参数的变化自动完成接通或断开的操作，如接触器、继电器等。

2) 手动操作电器：用手直接进行操作的电器，如按钮、转换开关等。

(3) 按执行机构分类

低压电器按其执行机构可分为有触点电器和无触点电器。

1) 有触点电器：利用触点的接通和分断来通断电路，如接触器、低压断路器等。

2) 无触点电器：利用电子电路发出检测信号，执行指令，达到控制电路的目的，如接近开关、光电开关、电子式时间继电器等。

近年来，我国低压电器产品发展很快，通过自行设计新产品和从国外著名厂家引进技术，产品品种和质量都有了明显的提高，符合新国家标准、部颁标准和达到国际电工委员会

(IEC) 标准的产品不断增加。

当前, 低压电器继续沿着体积小、重量轻、安全可靠、使用方便的方向发展, 主要途径是利用微电子技术提高传统电器的性能; 在产品品种方面, 大力发展电子化的新型控制电器, 如接近开关、光电开关、电子式时间继电器、固态继电器与接触器、漏电继电器、电子式电机保护器和半导体起动器等, 以适应控制系统迅速电子化的需要。

本章主要介绍在机械设备电气控制系统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, 为阅读和理解电气控制线路, 以及正确使用及选择这些器件打好基础。

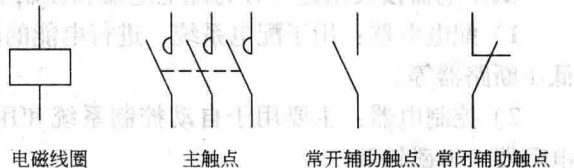
1.2 接触器

1.2.1 接触器的用途及分类

接触器是一种通用性很强的电磁式电器, 它可以频繁地接通和分断交、直流主电路, 并可实现远距离控制, 主要用来控制电动机, 也可控制电容器、电阻炉和照明器具等电力负载。

接触器按主触点通过电流的种类, 可分为交流接触器和直流接触器。交流接触器常用于远距离接通和分断电压至 660V、电流至 600A 的交流电路, 以及频繁起动和控制交流电动机。直流接触器常用于远距离接通和分断直流电压至 440V、直流电流至 1600A 的直流电路, 并用于直流电动机的控制。

按其主触点的极数(主触点的对数)还可分为单极、双极、三极、四极和五极等多种。交流接触器的主触点通常是 3 极, 直流接触器为 2 极。接触器的主触点一般置于灭弧罩内, 有一种真空接触器则是将主触点置于密闭的真空泡中, 它具有分断能力高、寿命长、操作频率高、体积小及重量轻等优点。近年来还出现了由晶闸管组成的无触点的接触器。



接触器的文字符号是 KM, 图形符号如图 1-1 所示。

图 1-1 接触器的图形符号

1.2.2 接触器的工作原理及结构

1. 交流接触器

交流接触器主要由电磁机构、触点系统、弹簧和灭弧装置等组成, 其工作原理是: 当线圈中有工作电流通过时, 在铁心中产生磁通, 由此产生对衔铁的电磁力。电磁吸力克服弹簧力, 使得衔铁与铁心闭合, 同时通过传动机构由衔铁带动相应的触点动作。当线圈断电或电压显著降低时, 电磁吸力消失或降低, 衔铁在弹簧力的作用下返回, 并带动触点恢复到原来的状态。

(1) 电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量, 带动触点动作, 完成通断电路的控制。

制作用。电磁机构由铁心（静铁心）、衔铁（动铁心）和线圈等部分组成。根据衔铁的运动方式不同，可以分为转动式和直动式，如图 1-2 所示。交流接触器的铁心一般都是 E 形直动式电磁机构，如 CJ0、CJ10 系列，也有的采用衔铁绕轴转动的拍合式，如 CJ12、CJ12B 系列接触器。为了减少剩磁，保证断电后衔铁可靠地释放，E 形铁心中柱较短，铁心闭合后上下中柱间形成 0.1 ~ 0.2mm 的气隙。

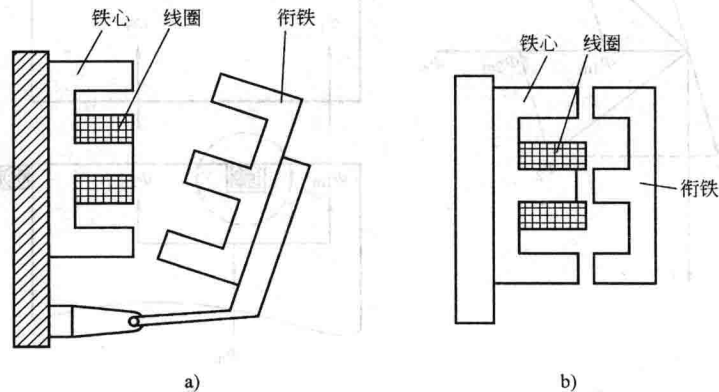


图 1-2 交流接触器电磁系统结构图
a) 衔铁转动式 b) 衔铁直动式

交流接触器的线圈中通过交流电，产生交变的磁通，并在铁心中产生磁滞损耗和涡流损耗，使铁心发热。为了减少交变的磁场在铁心中产生的磁滞损耗和涡流损耗，交流接触器的铁心一般用硅钢片叠压而成；将线圈由绝缘的铜线绕成有骨架的短而粗的形状，将线圈与铁心隔开，也便于散热。

交流接触器的线圈中通过交流电，产生交变的磁通，其产生的电磁吸力在最大值和零之间脉动。因此当电磁吸力大于弹簧反力时衔铁被吸合，当电磁吸力小于弹簧的反力时衔铁开始释放，这样便产生振动和噪声。为了消除振动和噪声，在交流接触器的铁心端面上装入一个铜制的短路环，如图 1-3 所示。

在铁心端面装入短路环后，交变的磁通 Φ_m 经过铁心端面时被分成两部分 Φ_{1m} 和 Φ_{2m} ，且 Φ_{1m} 和 Φ_{2m} 同相位，如图 1-4 所示。 Φ_{2m} 经过短路环在其中产生感应电动势 E ， E 滞后于 Φ_{2m} 90° ， E 在短路环中产生感应电流 I ， I 在短路环附近产生磁通 Φ ， Φ 和 I 同相位，使得穿过短路环的磁通变为 $\Phi_2 = \Phi_{2m} + \Phi$ ，而未经过短路环的磁通变为 $\Phi_1 = \Phi_{1m} - \Phi$ 。由相量图可见， Φ_2 和 Φ_1 之间不再同相位，这样就使得 Φ_2 和 Φ_1 分别产生的电磁力 F_2 和 F_1 不会同时为 0，所以总吸力 F 不再为 0。如果短路环设计合理，总吸力 F 将比较平坦，衔铁就不会产生振动和噪声了。

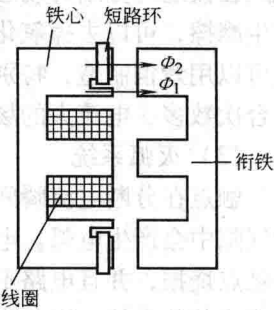


图 1-3 短路环的结构

(2) 触点系统

交流接触器的触点由主触点和辅助触点构成。主触点用于通断电流较大的主电路，由接触面积较大的常开触点组成，一般有 3 对。辅助触点用于通断电流较小的控制电路，由常开触点和常闭触点组成。所谓常开触点（又叫动合触点）是指电器设备在未通电或未受外力

作用时的常态下，触点处于断开状态；常闭触点（又叫动断触点）是指电器设备在未通电或未受外力作用时的常态下，触点处于闭合状态。

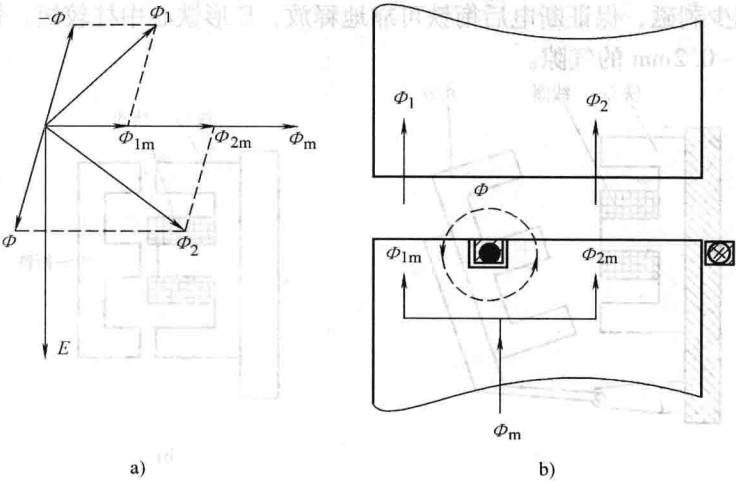


图 1-4 短路环的作用原理

a) 铁心端面磁通相量图 b) 铁心端面磁通分布

触点的结构有桥式和指式两类。交流接触器一般采用双断点桥式触点，如图 1-5 所示。触点一般采用导电性能良好的紫铜材料制成，因铜的表面容易氧化生成一层不易导电的氧化铜，所以在触点表面嵌有银片，氧化后的银片仍有良好的导电性能。

指形触点如图 1-6 所示。因指形触点在接通与分断时动触点沿静触点产生摩擦，可以去掉氧化膜，故其触点可以用紫铜制造，特别适合于触点分合次数多、电流大的场合。

(3) 灭弧系统

触点在分断电流瞬间，在触点间的气隙中会产生电弧。电弧的高温能将触点烧损，并且电路不易断开，可能造成其他事故，因此应采用适当措施迅速熄灭电弧。

熄灭电弧的主要措施有：①迅速增加电弧长度（拉长电弧），使得单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不够而使电弧熄灭；②使电弧与流体介

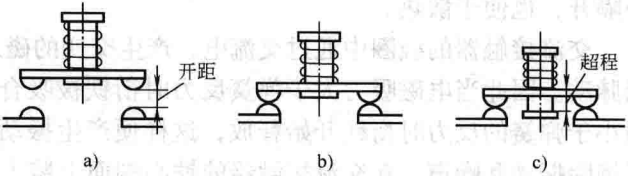


图 1-5 双断点桥式触点

a) 完全分开位置 b) 刚接触位置 c) 完全闭合位置

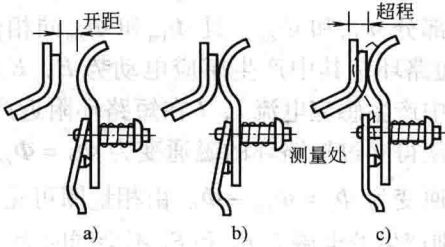


图 1-6 指形触点

a) 完全分开位置 b) 刚接触位置 c) 完全闭合位置

质或固体介质相接触，加强冷却和去游离作用，使电弧加快熄灭。电弧有直流电弧和交流电弧两类，交流电弧有自然过零点，故其电弧较易熄灭。

低压控制电器常用的灭弧方法有以下几种。

1) 拉长灭弧。通过机械装置或电动力的作用将电弧迅速拉长并在电弧电流过零时熄灭，如图 1-7 所示。这种方法多用于开关电器中。

2) 磁吹灭弧。在一个与触点串联的磁吹线圈产生的磁场作用下，电弧受电磁力的作用而拉长，被吹入由固体介质构成的灭弧罩内，与固体介质相接触，电弧被冷却而熄灭，如图 1-8 所示。直流电器中常采用磁吹灭弧。

3) 窄缝（纵缝）灭弧法。在电弧形成的磁场电动力的作用下，可使电弧拉长并进入灭弧罩的窄（纵）缝中，几条纵缝可将电弧分割成数段且与固体介质相接触，电弧便迅速熄灭，如图 1-9 所示。这种结构多用于交流接触器上。

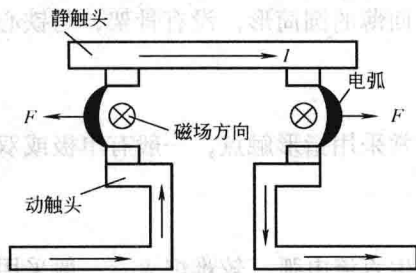


图 1-7 电动力拉长灭弧

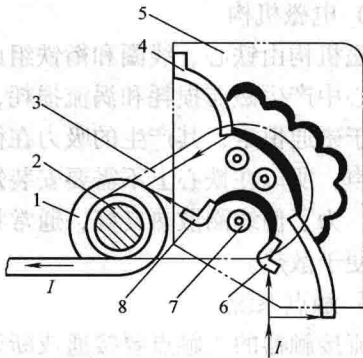


图 1-8 磁吹灭弧

- 1—磁吹线圈 2—铁心 3—导磁夹板
- 4—引弧角 5—灭弧罩 6—动触点
- 7—磁场方向 8—静触点

4) 栅片灭弧法。如图 1-10 所示，当触点分开时，产生的电弧在电动力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。对交流电弧来说，近阴极处，在电弧过零时就会熄灭。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流时强得多，所以交流电器常常采用栅片灭弧。

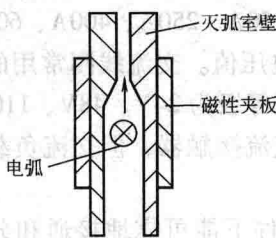


图 1-9 窄缝（纵缝）灭弧法

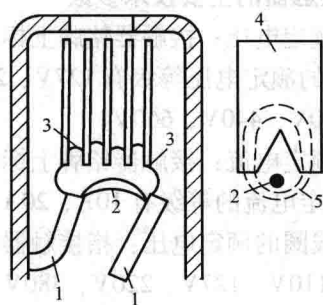


图 1-10 栅片灭弧法

- 1—主触点 2—电弧 3—电弧
- 进入灭弧栅片 4—灭弧栅片
- 5—电弧产生的磁场

对于小容量的接触器常采用双断点桥式触点和电动力进行灭弧，在主触点上装有陶土灭弧罩。对于容量较大（20A 以上）的交流接触器一般采用灭弧栅灭弧。

(4) 其他部件

其他部件包括底座、反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构和接线柱。反作用弹簧的作用是当吸引线圈断电时，迅速使主触点、常开触点分断；缓冲弹簧的作用是缓冲

衔铁吸合时对铁心和外壳的冲击力；触点压力弹簧的作用是增加动静触点之间的压力，增大接触面积，降低接触电阻，避免触点由于接触不良而过热。

2. 直流接触器

直流接触器主要用于控制直流电压至 440V、直流电流至 630A 的直流电力线路，常用于频繁操作和控制直流电动机。直流接触器的结构和工作原理与交流接触器基本相同，在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等组成，但也有不同之处。

(1) 电磁机构

电磁机构由铁心、线圈和衔铁组成。线圈中通过的是直流电，产生的是恒定的磁通，不会在铁心中产生磁滞损耗和涡流损耗，所以铁心不发热，铁心可以用整块铸钢或铸铁制成。并且由于磁通恒定，其产生的吸力在衔铁和铁心闭合后是恒定不变的，因此在运行时没有振动和噪声，所以在铁心上不需要安装短路环。在直流接触器运行时，电磁机构中只有线圈产生热量，为了使线圈散热良好，通常将线圈绕制成长而薄的圆筒形，没有骨架，与铁心直接接触，便于散热。

(2) 触点系统

直流接触器的主触点要接通或断开较大的电流，常采用指形触点，一般有单极或双极两种。辅助触点开断电流较小，常做成双断点桥式触点。

(3) 灭弧装置

直流接触器的主触点在分断大的直流电时，会产生直流电弧，较难熄灭，一般采用灭弧能力较强的磁吹式灭弧。

1.2.3 接触器的主要技术参数及型号

1. 接触器的主要技术参数

1) 额定电压：接触器铭牌上标注的额定电压是指主触点正常工作的额定电压。交流接触器常用的额定电压等级有 127V、220V、380V、660V；直流接触器常用的额定电压等级有 110V、220V、440V、660V。

2) 额定电流：接触器铭牌上标注的额定电流是指主触点的额定电流。交、直流接触器常用的额定电流的等级有 10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A。

3) 线圈的额定电压：指接触器吸引线圈的正常工作电压值。交流线圈常用的电压等级为 36V、110V、127V、220V、380V；直流线圈常用的电压等级为 24V、48V、110V、220V、440V。选用时交流负载选用交流接触器，直流负载选用直流接触器，但交流负载频繁动作时可采用直流线圈的交流接触器。

4) 主触点的接通和分断能力：指主触点在规定的条件下能可靠地接通和分断的电流值。在此电流值下，接通时主触点不发生熔焊，分断时不应产生长时间的燃弧。

接触器的使用类别不同，对主触点的接通和分断能力的要求也不同。常见接触器的使用类别、典型用途及主触点要求达到的接通和分断能力如表 1-1 所示。

5) 额定操作频率：指接触器在每小时内的最高操作次数。交、直流接触器的额定操作频率为 1200 次/h 或 600 次/h。

6) 机械寿命：指接触器所能承受的无载操作的次数。

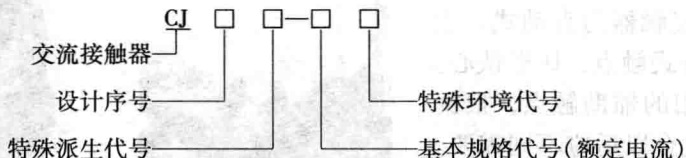
7) 电寿命：指在规定的正常工作条件下，接触器带负载操作的次数。

表 1-1 常见接触器的使用类别、典型用途及主触点要求达到的接通和分断能力

电流种类	使用类别	主触点接通和分断能力	典型用途
交流 (AC)	AC1	允许接通和分断额定电流	无感或微感负载、电阻炉
	AC2	允许接通和分断 4 倍额定电流	绕线转子电动机的起动和制动
	AC3	允许接通 6 倍额定电流和分断额定电流	笼型感应电动机的起动和分断
	AC4	允许接通和分断 6 倍额定电流	笼型感应电动机的起动、反转、反接制动
直流 (DC)	DC1	允许接通和分断额定电流	无感或微感负载、电阻炉
	DC3	允许接通和分断 4 倍额定电流	并励电动机的起动、反转、反接制动
	DC5	允许接通和分断 4 倍额定电流	串励电动机的起动、反转、反接制动

2. 交流接触器的主要型号

国产交流接触器的型号含义为：



交流接触器的品种和规格很多，常用的有 CJ10、CJ20、B、3TB、LC1-D、CJ40 等系列交流接触器。CJ10 系列用于控制一般的电动机，CJ20 是我国生产的更新换代产品，B 系列交流接触器是引进德国 BBC 公司的产品，3TB 是从德国西门子公司引进技术生产的产品，LC1-D 系列交流接触器是引进法国 TE 公司制造技术而生产的产品。

(1) CJ10 系列交流接触器

CJ10 系列交流接触器如图 1-11 所示。其适用于交流 50Hz，电压至 380V，电流至 150A 的电力线路，作远距离接通与分断线路之用，适于频繁起动与控制交流电动机，并与适当的热继电器或电子式保护装置组合成电动机起动器，以保护可能发生的过载电路。其吸引线圈的额定电压交流为 36V、127V、220V、380V；直流为 110V、220V。吸引线圈在额定电压的 85% ~ 105% 时可以正常工作，在线圈电流切断后，常开触点应完全开启，而不停留在中间位置。接触器主触点的接通能力与分断能力：在 105% 的额定电压下，功率因数为 0.35 时能承受接通与分断 10 倍额定电流 20 次，每次间隔 5s，通电时间 0.2s。接触器的操作频率为 600 次/h，电寿命可达 60 万次，机械寿命为 300 万次。CJ10 型系列交流接触器为直动式，主触点采用双断点桥式触点，20A 以上的接触器均装有灭弧装置。电磁系统为双 E 型铁心磁轭两边铁柱端面嵌有短路环，衔铁中柱较短，闭合后留有空气间隙，以削弱剩磁的作用。其主要技术参数如表 1-2 所示。

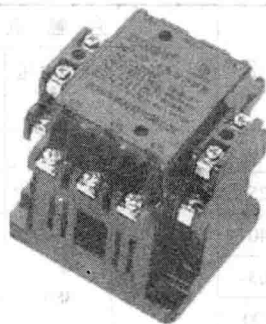


图 1-11 CJ10 系列交流接触器