

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

Louyu
Zhinenghua
Gongcheng Jishu
ZhuanYe Shiyong

建筑电气控制技术与PLC

(楼宇智能化工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

主 编 温 雯

副主编 吕丽荣

主 审 黄 河



中国建筑工业出版社

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

建筑电气控制技术与 PLC

(楼宇智能化工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

主 编 温 雯

副主编 吕丽荣

主 审 黄 河

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑电气控制技术与 PLC/温雯主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 5

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材 (楼宇智能化工程技术专业适用)

ISBN 978-7-112-15483-8

I. ①建… II. ①温… III. ①PLC 技术-应用-房屋建筑设备-电气控制-高等职业教育-教材 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 114218 号

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

建筑电气控制技术与 PLC

(楼宇智能化工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

主 编 温 雯

副主编 吕丽荣

主 审 黄 河

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22¼ 字数: 556 千字

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月第一次印刷

定价: 42.00 元 (附网络下载)

ISBN 978-7-112-15483-8

(24077)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《建筑电气控制技术与 PLC》是楼宇智能化工程技术专业系列教材之一。为了适应 21 世纪对楼宇智能化工程技术应用型人才培养的需要,全书从建筑电气控制与 PLC 的实际应用出发,结合职业教育的特点,突出学生实际应用 PLC 能力的培养和训练。

本书按电气控制与 PLC 的学习递进层次分为上、下两篇。上篇分 4 个情境,分别介绍了常用的低压电器、电气控制技术,典型电气控制电路、常用建筑电气设备控制电路分析。下篇分 10 个情境,分别介绍了西门子小型可编程控制器 PLC 概述、PLC 的技术性能指标及编程软器件、PLC 的基本指令及应用、PLC 步进顺控指令及应用、PLC 功能指令及应用、PLC 外围接口电路技术、S7-200 PLC 以太网通信、STEP7-Micro/WIN4.0 编程软件、高层建筑恒压供水系统、PLC 工程应用等。

本书可作为全国高职高专楼宇智能化工程技术、电气控制应用技术类专业教学、培训用书,“CEAC 电气智能技术应用工程师”认证培训教材,也可供相关工程技术人员参考。

课件网络下载方法:请进入 <http://www.cabp.com.cn> 网页,输入本书书名查询,点击“配套资源”进行下载。

* * *

责任编辑:张 健 朱首明 齐庆梅

责任设计:李志立

责任校对:张 颖 党 蕾

本教材编审委员会名单

主 任：刘春泽

副主任：高文安 谢社初

委 员：（按姓氏笔画排序）

刘志坚 刘昌明 孙 毅 孙景芝 沈瑞珠

张小明 张彦礼 林梦圆 袁建新 黄 河

韩永学 温 雯 裴 涛 颜凌云

序 言

高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类分指导委员会，在住房城乡建设部、教育部和土建类专业教学指导委员会的领导下，围绕建筑设备类各专业教学文件的制定、专业教材的编审、实践教学的指导、校企合作等方面，做了大量的研究工作，并取得了多项成果，对全国各高职院校建筑设备类专业的建设，起到了很好的推动作用。

“楼宇智能化工程技术”专业在教育部普通高职高专专业目录中，分属土建大类下建筑设备类的二级目录。随着我国改革开放步伐的加快，国民经济迅猛发展，工业化水平快速提高，信息化技术及产业规模接近发达国家水平，建筑规模及智能化需求与日俱增。在这样的背景之下，各高职院校开设的“楼宇智能化工程技术”专业，成为近些年发展速度最快的专业之一。截止到2012年底，开设该专业的院校已达202所。

建筑设备类分指导委员会共负责专业目录内7个专业的教学研究和专业建设工作，在新一轮的教学改革中，“楼宇智能化工程技术”专业是我们首批启动重点研究的两个专业之一。按照教育部的要求，我们用两年多的时间，在充分调研的基础上，经过多次的研讨、论证、修改，《楼宇智能化工程技术专业教学基本要求》的教学文件，已于2012年12月由中国建筑工业出版社正式出版发行。这份教学文件，在教育部统一要求的专业教学基本要求内容之外，增加了“校内实训及校内实训基地建设导则”，这对规范专业建设，保证教学质量，将起到很好的推动作用。

“楼宇智能化工程技术”专业发展速度快，专业布点广，教材建设也出现多样性。有的教材在编写过程中，由于没有以教学文件为依据，教学内容、教学时数、实践教学等都与教学基本要求相差较大，教材之间也出现内容重复或相互不衔接的现象。为解决这一问题，我们在研究专业教学基本要求的同时，就启动了本轮专业教材的编写工作。按照《楼宇智能化工程技术专业教学基本要求》，组织本专业富有教学和实践经验的教师，共编写了8本专业教材，近期将由中国建筑工业出版社陆续出版发行。本次出版发行的8本教材，基本覆盖本专业所有的专业课程，以教学基本要求为主线，与“校内实训及校内实训基地建设导则”相衔接，突出了“工程技术”的特点，强调本专业教材的系统性和整体性。本套教材除了可以保证开设本专业学校的教学用书，也可以作为从事现场工程技术人员参考资料和自学者的参考书。

本套教材在编写的过程中，除了建筑设备类分指导委员会和编审人员的努力之外，还得到各相关学校、合作企业和中国建筑工业出版社的大力支持，在此我们一并表示感谢！

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会
建筑设备类分指导委员会

前 言

随着 PLC 技术的不断发展,它与计算机技术、自动控制技术和通信技术逐渐融为一体。PLC 已从原先小规模单机开关量控制,发展到包括过程控制、运动控制、智能控制、机器人控制等几乎所有控制领域,结合网络通信能组成工业自动化的 PLC 综合控制系统,成为现代工业控制三大支柱之一。因此,电气控制与 PLC 技术成为了一门实用性很强的专业技术。但是,根据我国当前的情况,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之一,而且低压电器正在向小型化、智能化发展,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一定的地位。另外,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 I/O 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。于是,本书融合传统的电气控制技术与 PLC 技术于一体,讲授的主要内容仍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、典型机械的电气控制线路及 PLC 控制系统的设计方法。

本着“工学结合、项目引导、教学做一体化”的原则,本书以情境模块为单元,以应用为主线,通过设计不同的工程项目和实例,引导读者由理论到实践,将理论知识融入每一个实践操作中。本书包括 14 个学习情境和 43 个任务,充分体现了“教、学、做”一体化的教学改革模式。全书分为上、下篇,即电气控制篇和可编程控制器篇,每个任务从工程实际出发,将传统教材中的系统性知识融汇在每一个学习情境中,并遵循职业教育的教学规律,将知识和能力培养由易到难、由浅入深地进行,将知识掌握和技能训练有效地结合在一起,通俗易懂,便于学生课后复习和自学。

本书由内蒙古建筑职业技术学院温雯(下篇 12 单元、下篇 9 单元 9.2)、吕丽荣(下篇 5、6、7、8 单元)、高歌(下篇 13 单元)、李秀成(下篇 11 单元、14 单元 14.2),河南建筑职业技术学院祝学昌(上篇 4 单元,下篇 9 (9.1)、10 单元、14 单元 14.1)、湖南城市建设职业技术学院李文(上篇 1、2、3 单元)编写、全书由温雯统稿。

由于作者水平有限,不妥之处在所难免,希望广大读者批评指正。

目 录

上篇 电气控制部分

学习情境 1 常用的低压电器	3
任务 1.1 电器的基本知识	3
任务 1.2 开关电器	8
任务 1.3 熔断器	17
任务 1.4 主令电器	24
任务 1.5 接触器	31
任务 1.6 继电器	38
单元小结	57
能力训练	57
思考题与习题	60
学习情境 2 电气控制技术	62
任务 2.1 建筑电气图的基本知识	62
任务 2.2 电气原理图的绘制原则、阅读及分析方法	67
任务 2.3 电气控制电路的保护环节	70
单元小结	74
能力训练	74
思考题与习题	75
学习情境 3 典型电气控制电路	76
任务 3.1 电动机的基本控制电路	76
任务 3.2 三相交流异步电动机降压启动控制电路	83
任务 3.3 笼型交流异步电动机控制电路	94
单元小结	111
能力训练	112
思考题与习题	132
学习情境 4 常用建筑电气设备控制电路分析	134
任务 4.1 生活给水泵的电气控制	134
任务 4.2 排水泵的电气控制	137
任务 4.3 消防泵的电气控制	140
任务 4.4 排烟风机的电气控制	143
单元小结	146
能力训练	146

思考题与习题	148
--------	-----

下篇 可编程控制器部分

学习情境 5 PLC 概述	153
任务 5.1 PLC 的发展简史及定义	153
任务 5.2 PLC 的特点、分类及应用	154
任务 5.3 PLC 的基本组成及工作原理	157
单元小结	165
能力训练	165
思考题与习题	165
学习情境 6 PLC 的技术性能指标及编程软件	166
任务 6.1 S7-200 系列小型 PLC 概述	166
任务 6.2 PLC 的主要技术性能指标	168
任务 6.3 PLC 的编程软件及寻址方式	169
单元小结	176
能力训练	177
思考题与习题	177
学习情境 7 PLC 的基本指令及应用	178
任务 7.1 PLC 基本指令	178
任务 7.2 PLC 指令的编程与应用	194
单元小结	199
能力训练	200
思考题与习题	200
学习情境 8 顺控指令及应用	202
任务 8.1 功能图、步进顺控指令及其应用	202
任务 8.2 多分支功能图	205
任务 8.3 功能图及顺序控制指令的应用举例	207
单元小结	216
能力训练	216
思考题与习题	218
学习情境 9 PLC 功能指令及应用	219
9.1 功能指令概述	219
9.2 功能指令及应用	220
单元小结	240
能力训练	241
思考题与习题	243
学习情境 10 PLC 外围接口电路	244
任务 10.1 PLC 接口电路概述	244
任务 10.2 PLC 输入接口电路	245

任务 10.3 PLC 输出接口电路	247
任务 10.4 PLC 外围接口接线图	249
单元小结	258
能力训练	259
思考题与习题	261
学习情境 11 S7-200 PLC 以太网通信	262
任务 11.1 建立 S7-200 PLC 之间通信网络	262
任务 11.2 S7-200 PLC 间网络通信以太网网络配置	263
任务 11.3 编制 S7-200 PLC 以太网网络数据通信程序	271
单元小结	272
能力训练	272
思考题与习题	274
学习情境 12 STEP7-Micro/WIN4.0 编程软件	275
任务 12.1 认识 STEP7-Micro/WIN4.0 软件	275
任务 12.2 创建一个项目程序	277
单元小结	281
能力训练	281
思考题与习题	284
学习情境 13 高层建筑恒压供水系统	286
任务 13.1 高层建筑供水控制系统组成及控制方案	286
任务 13.2 高层建筑供水控制系统电气控制电路设计	291
任务 13.3 高层建筑供水控制系统控制程序设计	296
单元小结	308
能力训练	308
思考题与习题	309
学习情境 14 PLC 工程应用	310
任务 14.1 基于 PLC 的电气控制系统设计实例	310
任务 14.2 S7-200 PLC 与组态软件的工程应用	323
单元小结	333
能力训练	333
思考题与习题	336
附录	337
参考文献	346

上篇 电气控制部分

学习情境 1 常用的低压电器

学习导航

学习任务	任务 1.1 电器的基本知识 任务 1.2 开关电器 任务 1.3 熔断器 任务 1.4 主令电器 任务 1.5 接触器 任务 1.6 继电器
能力目标	1. 了解低压电器的定义、作用及分类。 2. 熟悉交、直流电器开关触点的灭弧装置的结构与灭弧方法。 3. 掌握常用低压电器的结构、原理、图形符号的画法和文字符号的标识。 4. 熟悉常用低压电器的选择和使用方法。
教学方法与 教学手段	1. 采用现场教学法,结合实物与多媒体及教学软件讲述常用低压电器的作用、规格、结构、原理、符号,使学生不但在理性上认识这些电器,而且熟悉这些电器的使用、选择和维修方法。 2. 应用网络教学平台,让学生多了解新工艺、新材料、新技术。 3. 结合一些简单的电路控制来讲述常用低压电器,并让学生自己将这些电器用在电路中,以提高学生的学习兴趣。
考核方法与 考核内容	主要围绕学习态度、课堂讨论的积极性、回答问题的质量、吸收信息的能力、作业完成情况、实践时的专业技能、职业素质、实验实训报告及能力目标达成程度等。

任务 1.1 电器的基本知识

1.1.1 低压电器的定义、作用及分类

1. 低压电器的定义

凡是能根据外界施加的信号和要求,自动或手动地断开或接通电路,断续或连续地改变电路参数,以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节目的的电气设备统称为电器。电器可分为高压电器和低压电器两大类,我国现行标准是将工作在交流 1200V (50Hz) 以下、直流 1500V 以下的电气设备称为低压电器。

2. 低压电器的作用

(1) 控制作用:如电梯轿厢的上下移动,快、慢速自动切换与自动平层等。

(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,如电动机的过热保护、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，对设备或其他非电参数进行测量，如电流、电压、功率、频率、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、工作状态指示等。

(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，市电的供电与自备电源的切换等。

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。

3. 低压电器的分类

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 1200V 及以上、直流 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 1200V (50Hz 或者 60Hz) 以下、直流 1500V 以下电路中的电器。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。例如刀开关、按钮、行程开关等。

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。例如接触器、继电器等。

(3) 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。如交直流接触器、各种电磁式继电器等。

2) 非电量控制电器：电器的工作是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器。如刀开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

(4) 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、启动器等。

2) 主令电器：用于自动控制系统中发送控制指令的电器。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) 配电电器：用于电能输送和分配的电器。如低压断路器、刀开关等。

5) 执行电器：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。

6) 指示电器：用于工作状态指示或者其他指示用途的电器。如指示灯、文字指示灯箱、显示屏等。

1.1.2 电磁式电器的工作原理及结构特点

电磁式电器是低压电器中最典型、应用最广泛的一种电器。控制系统中的接触器和继

电器是两种最常用的电磁式电器。虽然电磁式电器的类型很多，但它的工作原理和构造基本相同，主要由三部分组成：电磁机构、触头系统和灭弧装置。

1. 电磁机构

电磁机构主要由线圈、静铁芯和衔铁（动铁芯）三部分组成。其主要作用是利用电磁感应原理将电磁能转换成机械能。当电磁线圈通电或断电时，使衔铁和静铁芯吸合或释放，从而带动动触点与静触点闭合或分断，实现接通或断开电路的目的。按通过线圈的电流种类分有交流电磁机构和直流电磁机构；按电磁机构的形状分有 E 形和 U 形两种；按衔铁的运动形式分有拍合式和直动式两大类。图 1-1 (a) 为衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯，广泛应用于直流电器中；图 1-1 (b) 为衔铁沿轴转动的拍合式铁芯，多应用于触头容量大的交流电器中；图 1-1 (c) 为衔铁直线运动的双 E 形直动式铁芯，多用于交流接触器、继电器中。

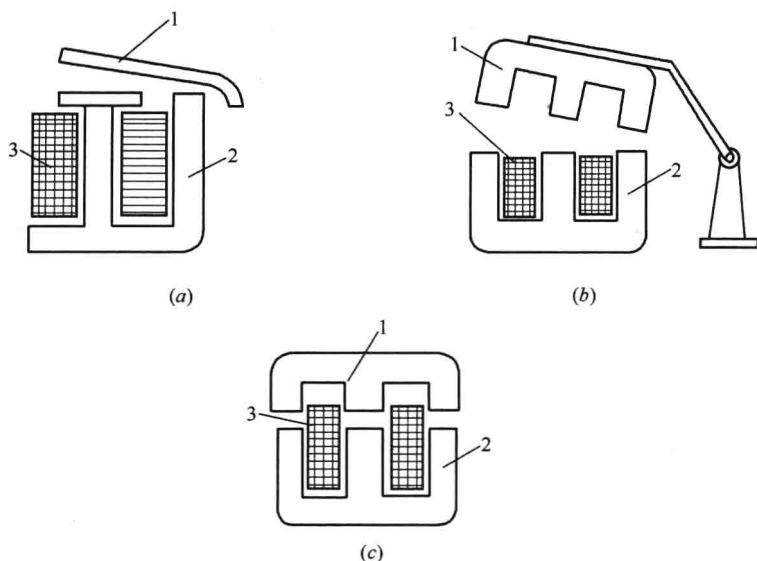


图 1-1 常用的电磁机构

(a) 衔铁沿棱角转动；(b) 衔铁沿轴转动；(c) 衔铁直线运动

1—衔铁；2—铁芯；3—线圈

交流电磁机构和直流电磁机构的铁芯（衔铁）有所不同。直流电磁机构的铁芯为整体结构，以增加磁导率和增强散热；交流电磁机构的铁芯采用硅钢片叠制而成，目的是减少在铁芯中产生的涡流，使铁芯发热。此外交流电磁机构的铁芯有短路环，如图 1-2 所示，以防止电流过零时电磁吸力不足使衔铁振动。

线圈的作用是将电能转化磁场能。按通入电流种类不同可分为直流型线圈和交流型线圈。直流线圈一般做成无骨架、高而薄的瘦高型，使线圈与铁芯直接接触，易于散热。交流线圈由于铁芯的磁滞和涡流损耗会引起热，所以线圈设有骨架，使铁芯与线圈隔离，并将线圈做成短而厚的矮胖型。按线圈的接线形式分为电压线圈和电流线圈。在使用时电压线圈与电源并联，电流线圈与被测电路串联。电流线圈主要用于电流检测类电磁式电器中。为减少对电路电压分配的影响，串联线圈采用粗导线制造，匝数

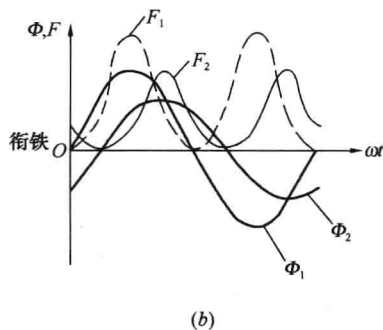
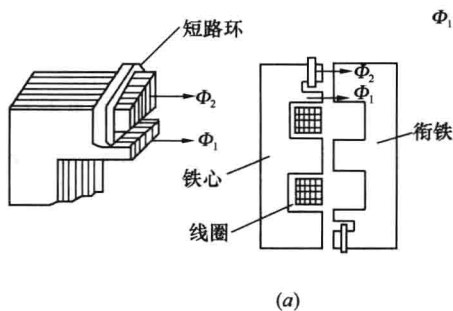


图 1-2 加短路环后的磁通和电磁吸力图
(a) 磁通示意图；(b) 电磁吸力图

少，线圈的阻抗较小。并联线圈为减少对电路的分流作用，需要较大的阻抗，一般线圈的导线细，匝数多。

2. 触头系统

触头是有触点电器的执行部分，通过触头的动作控制电路的通、断。触头通常由动、静触点组合而成。

(1) 触点的接触形式：触点的接触形式有点接触（如球面对球面、球面对平面等）、面接触（如平面对平面）和线接触（如圆柱对平面、圆柱对圆柱）三种。三种接触形式中，点接触形式的触点只用于小电流的电器中，如接触器的辅助触点和继电器的触点；面接触形式的触点允许通过较大的电流，一般在接触表面镶有合金，以减少触点接触电阻和提高耐磨性，多用于较大容量接触器的主触点；线接触形式的触点接触区域是一条直线，其触点在通断过程中有滚动动作，这种滚动接触多用于中等容量的触点，如接触器的主触点。

(2) 触头的结构形式：在常用的继电器和接触器中，触头的结构形式主要有单断点指形触头和双断点桥式触头两种。如图 1-3 所示。

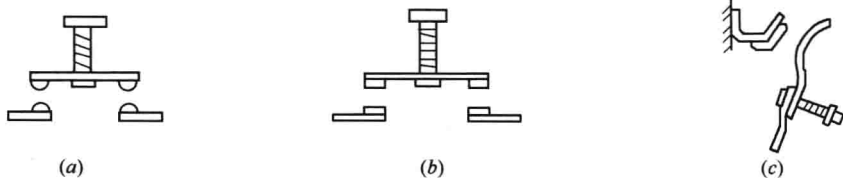


图 1-3 触头的结构形式
(a) 点接触桥式触头；(b) 面接触桥式触头；(c) 线接触指形触头

(3) 触头按控制的电路分为主触头和辅助触头：主触头用于接通或断开主电路，允许通过较大的电流。辅助触头用于接通或断开控制电路，只允许通过较小的电流。

(4) 触头按原始状态分为常开触头和常闭触头：当线圈不带电时，动、静触头是分开的称为常开触头；当线圈不带电时，动、静触头是闭合的称为常闭触头。

3. 灭弧装置

当触头分断电流时，由于电场的存在，触头间会产生电弧。电弧实际上是触头间气体

在强电场作用下产生的放电现象。电弧的存在既烧蚀触头的金属表面，降低电器使用寿命，又延长了切断电路的时间，还容易形成飞弧造成电源短路事故，所以必须迅速将电弧熄灭。常用的灭弧方法有下面几种：

(1) 双断口电动力灭弧：双断口结构的电动力灭弧装置如图 1-4 (a) 所示。这种灭弧方法是整个电弧分割成两段，同时利用触点回路本身的电动力 F 把电弧向两侧拉长，使电弧热量在拉长的过程中散发、冷却而熄灭。

(2) 纵缝灭弧：纵缝灭弧装置如图 1-4 (b) 所示。由耐弧陶土、石棉水泥等材料制成的灭弧罩内每相有一个或多个纵缝，缝的下部较宽以便放置触点；缝的上部较窄，以便压缩电弧，使电弧与灭弧室壁有很好的接触。当触点分断时，电弧被外磁场或电动力吹入缝内，其热量传递给灭弧室壁，电弧被迅速冷却熄灭。

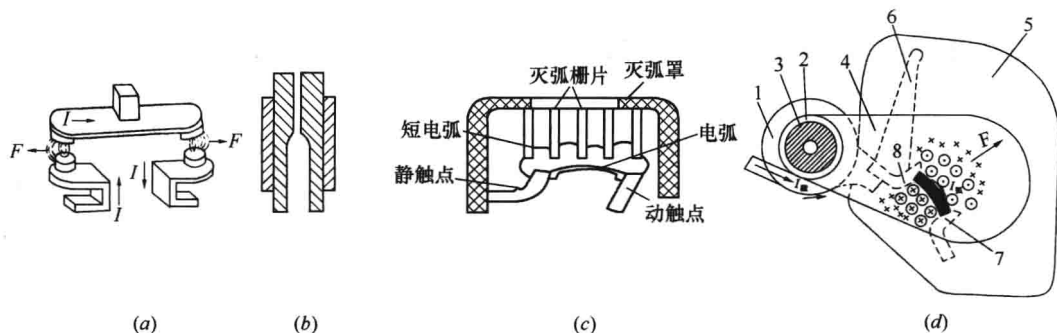


图 1-4 灭弧装置

(a) 双断口电动力灭弧；(b) 纵缝灭弧；(c) 栅片灭弧 (d) 磁吹式灭弧

(3) 栅片灭弧：栅片灭弧装置的结构及工作原理如图 1-4 (c) 所示。金属栅片由镀铜或镀锌铁片制成，形状一般为人字形，栅片插在灭弧罩内，各片之间相互绝缘。当动触点与静触点分断时，在触点间产生电弧，电弧电流在其周围产生磁场。由于金属栅片的磁阻远小于空气的磁阻，因此电弧上部的磁通容易通过金属栅片而形成闭合磁路，这就造成了电弧周围空气中的磁场上疏下密。这一磁场对电弧产生向上的作用力，将电弧拉到栅片间隙中，栅片将电弧分割成若干个串联的短电弧。每个栅片成为短电弧的电极，将总电压降分成几段，栅片间的电弧电压都低于燃弧电压，同时栅片将电弧的热量吸收散发，使电弧迅速冷却，促使电弧尽快熄灭。

(4) 磁吹式灭弧：灭弧装置的结构如图 1-4 (d) 所示。磁吹式灭弧装置由磁吹线圈、灭弧罩、灭弧角等组成。磁吹线圈由扁铜条 1 弯成，里层装有铁心 3，中间隔有绝缘套筒 2，铁心两端装有两片铁夹板 4，夹在灭弧罩的两边，接触器的触点就处在灭弧罩内、铁夹板之间。磁吹线圈与主触点串联，流过触点的电流就是流过磁吹线圈的电流 I ，其方向如图中箭头所示。当动触点 7 与静触点 8 分断产生电弧时，电弧电流 I 在电弧周围形成一个磁场，其方向可用右手螺旋定则确定。从图可见，在电弧上方是引出纸面，在电弧下方是进入纸面；在电弧周围还有一个由磁吹线圈产生的磁场，其磁通从一块夹板穿过夹板间的空隙，进入另一块夹板，形成闭合磁路，磁场方向用右手螺旋定则确定，如图所示是进入纸面的，用 X 表示。因此，在电弧上方，磁吹线圈电流与电弧电流所产生的两个磁通