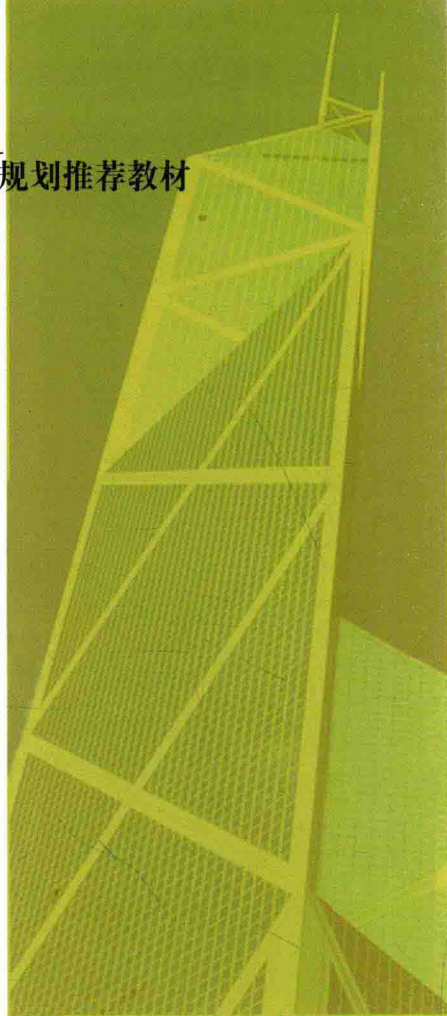




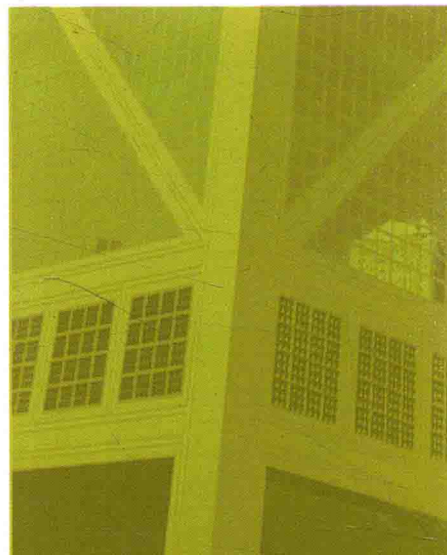
普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高校建筑电气与智能化专业指导委员会规划推荐教材  
“十二五”江苏省高等学校重点教材



# 建筑电气控制技术

胡国文 何波 编著  
顾春雷 冯增喜  
黄民德 主审



中国建筑工业出版社



普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材  
高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会规划推荐教材  
“十二五”江苏省高等学校重点教材（编号：2014-2-038）

# 建筑电气控制技术

胡国文 何 波 编 著  
顾春雷 冯增喜  
黄民德 主 审

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑电气控制技术/胡国文等编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 6

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材. 高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会规划推荐教材. “十二五”江苏省高等学校重点教材(编号: 2014-2-038)

ISBN 978-7-112-18254-1

I. ①建… II. ①胡… III. ①房屋建筑设备-电气控制-高等学校-教材 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 141450 号

全书共分为 10 章。主要内容有: 绪论、建筑电气常用低压电器和图形及文字符号、建筑电气常用继电器接触控制线路与典型控制系统分析、可编程序控制器(PLC)的组成及工作原理、三菱 FX 系列小型 PLC 及编程方法、三菱 FX 系列 PLC 的步进顺序控制和数据处理功能、OMRON 系列小型 PLC 及编程方法、西门子 S7-200 系列 PLC 及编程方法、西门子 S7-200 系列 PLC 的数据处理功能和步进顺序控制、PLC 及 DDC 控制器在建筑电气控制系统中的应用、建筑电气设备的电气控制系统设计。

本书主要作为普通高等学校建筑电气与智能化专业、电气工程及其自动化专业的建筑电气方向、自动化专业的楼宇自动化方向等建筑电气工程类相关本科专业的专业核心课程教材, 同时也可作为高职院校的建筑电气、楼宇自动化、电气工程及其自动化等专业的参考教材, 并可作为从事该方面工作的专业技术人员的培训教材和参考书。

任课教师索要课件请与责任编辑联系: 524633479@qq. com.

责任编辑: 张健 王跃 齐庆梅

责任设计: 李志立

责任校对: 张颖 赵颖

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材  
高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会规划推荐教材  
“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号: 2014-2-038)

### 建筑电气控制技术

胡国文 何波 顾春雷 冯增喜 编著  
黄民德 主审

\*  
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  
北京科地亚盟排版公司制版  
北京建筑工业出版社印刷

\*  
开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17½ 字数: 435 千字

2015 年 6 月第一版 2015 年 6 月第一次印刷

定价: 34.00 元

ISBN 978-7-112-18254-1  
(27412)

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)

## 教材编审委员会名单

主任：方潜生

副主任：寿大云 任庆昌

委员：（按姓氏笔画排序）

于军琪	于海鹰	王立光	王 娜	王晓丽	付保川
朱学莉	李界家	杨 宁	杨晓晴	肖 辉	汪小龙
张九根	张桂青	陈志新	范同顺	周玉国	郑晓芳
项新建	胡国文	段春丽	段培永	徐晓宁	徐殿国
黄民德	韩 宁	谢秀颖	雍 静		

## 序

自 20 世纪 80 年代中期智能建筑概念与技术发端以来，智能建筑蓬勃发展而成为长久热点，其内涵不断创新丰富，外延不断扩展渗透，具有划时代、跨学科等特性，因之引起世界范围教育界与工业界高度瞩目与重点研究。进入 21 世纪，随着我国经济社会快速发展，现代化、信息化、城镇化迅速普及，智能建筑产业不但完成了“量”的积累，更是实现了“质”的飞跃，成为现代建筑业的“龙头”，赋予了节能、绿色、可持续发展的属性，延伸到建筑结构、建筑材料、建筑能源以及建筑全生命周期的运营服务等方面，更是促进了“绿色建筑”、“智慧城市”中建筑电气与智能化技术日新月异的发展。

坚持“节能降耗、生态环保”的可持续发展之路，是国家推进生态文明建设的重要举措，建筑电气与智能化专业承载着智能建筑人才培养重任，肩负现代建筑业的未来，且直接关乎建筑“节能环保”目标的实现，其重要性愈来愈突出！2012 年 9 月，建筑电气与智能化专业正式列入国家教育部《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》（代码：081004），这是一件具有“里程碑”意义的事情，既是十几年来专业建设的成果，又预示着专业发展的新阶段。

全国高等学校建筑电气与智能化学科专业指导委员会历来重视教材在人才培养中的基础性作用，下大力气紧抓教材建设，已取得了可喜成绩。为促进建筑电气与智能化专业的建设和发展，根据住建部《关于申报普通高等教育土建学科专业“十二五”部级规划教材的通知》（建人专函〔2010〕53 号）要求，指导委员会依据专业规范，组织有关专家集思广益，确定编写建筑电气与智能化专业 12 本“十二五”规划教材，以适应和满足建筑电气与智能化专业教学和人才培养需要。望各位编者认真组织、出精品，不断夯实专业教材体系，为培养专业基础扎实、实践能力强、具有创新精神的高素质人才而不断努力。同时真诚希望使用本规划教材的广大读者多提宝贵意见，以便不断完善与优化教材内容。

全国高等学校建筑电气与智能化学科专业指导委员会

主任委员 方潜生

## 前 言

本书是作者在多年从事建筑电气与智能化专业的建筑电气控制技术方面教学和科研工作的基础上,根据住房和城乡建设部和全国高等学校建筑电气与智能化学科专业指导委员会的教材规划要求,以及江苏省“十二五”省级重点建设教材要求,为适应建筑电气与智能化等专业的需要,面对建筑电气与智能化领域的教学和工程实际需要而编写的普通高等院校规划适用教材。在编写过程中,我们本着培养面向 21 世纪高层次本科应用型人才的要求,在注意本书的系统性、理论性、适用性的基础上,充分注意设计和应用能力的提高及创新能力的培养。尽可能正确处理好基础理论与应用之间的关系,使基础理论紧紧为应用服务;注意加强工程设计应用能力的提高;注意最新知识和最新技术的介绍。其目的是让学习者通过本书的系统学习,能将建筑电气控制技术的基本知识有效应用于现代建筑电气工程中,能获得建筑电气控制技术的基本应用能力和基本设计能力。

全书共分为 10 章。主要内容有:绪论、建筑电气常用低压电器和图形及文字符号、建筑电气常用继电器控制线路与典型控制系统分析、可编程控制器(PLC)的组成及工作原理、三菱 FX 系列小型 PLC 及编程方法、三菱 FX 系列 PLC 的步进顺序控制和数据控制功能、OMRON 系列小型 PLC 及编程方法、西门子 S7-200 系列 PLC 及编程方法、西门子 S7-200 系列 PLC 的数据处理功能和步进顺序控制、PLC 及 DDC 控制器在建筑电气控制系统中的应用、建筑电气设备的电气控制系统设计。其中 PLC 介绍了 3 个系列。3 个系列的 PLC 和 DDC 控制技术内容,各个学校可根据具体情况进行选讲。全书总学时(含实验学时)建议可控制在 40 学时至 70 学时之间。

本书第 1、第 2 章由盐城工学院顾春雷副教授编写;第 7 和第 8 章由西安建筑科技大学何波副教授和冯增喜博士共同编写;第 9 章的 9.2、9.3、9.4 节由西安建筑科技大学冯增喜博士编写;前言、目录和附录、绪论、第 2.4 节、第 3、4、5、6 章、第 9 章的 9.1 节和第 10 章由住房和城乡建设部全国高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会委员、盐城工学院胡国文教授编写;全书由胡国文和何波任主编,由顾春雷和冯增喜任副主编;全书由胡国文负责统稿。

本书在编写过程中得到了住房和城乡建设部全国高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会和中国建筑工业出版社的鼎力支持和指导;得到了江苏省“十二五”省级重点建设教材基金的重点支持,并获批江苏省“十二五”省级重点立项建设教材;本书在编写过程中同时还得到了盐城工学院重点建设教材基金的支持,得到了西安建筑科技大学的大力支持。住房和城乡建设部全国高校建筑电气与智能化学科专业指导委员会委员、天津城建大学黄民德教授,天津城建大学郭福雁副教授,北京建筑大学魏东教授审读了全部书稿,他们提出了许多宝贵的修改意见。北京海湾威尔电子有限公司杜志峰对本教材编写提供了很多帮助。同时本书在编写过程中参考和引用了许多参考文献及网站资料。作者在此对上述各方面的支持一并表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中的缺点和错误在所难免,恳切希望使用本书的广大读者提出批评和指正。

# 目 录

绪论 .....	1
0.1 建筑电气控制技术的发展概况 .....	1
0.2 本课程的性质和任务 .....	4
第 1 章 建筑电气常用低压电器和图形及文字符号 .....	5
1.1 建筑电气常用低压电器的分类和电器的基本知识 .....	5
1.2 建筑电气常用低压开关电器的结构原理和选择方法 .....	8
1.3 建筑电气常用低压熔断器的结构原理和选择方法 .....	15
1.4 建筑电气常用主令电器 .....	19
1.5 建筑电气常用接触器 .....	22
1.6 建筑电气常用控制继电器 .....	24
1.7 建筑电气其他常用低压电器 .....	32
1.8 建筑电气元件的图形符号和文字符号 .....	34
思考题与习题 .....	36
第 2 章 建筑电气常用继电器接触控制线路与典型控制系统分析 .....	37
2.1 建筑电气常用继电器接触控制的基本线路 .....	37
2.2 建筑电气设备继电器接触控制常用线路 .....	42
2.3 建筑电气继电器接触控制线路分析方法 .....	55
2.4 建筑电气设备典型继电器接触控制系统分析 .....	57
思考题与习题 .....	64
第 3 章 可编程序控制器 (PLC) 的组成及工作原理 .....	66
3.1 可编程序控制器 (PLC) 概述 .....	66
3.2 可编程序控制器 (PLC) 的基本硬件组成 .....	68
3.3 可编程序控制器 (PLC) 的工作原理和常用编程语言 .....	72
思考题与习题 .....	76
第 4 章 三菱 FX 系列小型 PLC 及编程方法 .....	78
4.1 三菱 FX 系列小型 PLC 的性能特点和硬件简介 .....	78
4.2 三菱 FX 系列 PLC 中的编程元件 .....	81
4.3 三菱 FX 系列 PLC 的基本指令及编程方法 .....	90
4.4 基本指令的应用和编程实例 .....	107
思考题与习题 .....	109
第 5 章 三菱 FX 系列 PLC 的步进顺序控制和数据控制功能 .....	113



5.1	三菱 FX 系列 PLC 的步进顺序控制 .....	113
5.2	步进顺序控制的应用和编程实例 .....	117
5.3	三菱 FX 系列 PLC 的功能指令和数据控制功能 .....	119
5.4	三菱 FX 系列 PLC 的基本功能指令 .....	122
	思考题与习题 .....	131
<b>第 6 章</b>	<b>OMRON 系列小型 PLC 及编程方法 .....</b>	<b>134</b>
6.1	OMRON 系列小型 PLC 概述 .....	134
6.2	OMRON 的 C 系列小型 PLC .....	135
6.3	CPM1A 系列小型 PLC .....	145
	思考题与习题 .....	154
<b>第 7 章</b>	<b>西门子 S7-200 系列 PLC 及编程方法 .....</b>	<b>157</b>
7.1	S7-200 系列 PLC 的硬件组成 .....	157
7.2	S7-200 系列 PLC 的内部元件及其编址方式 .....	163
7.3	S7-200 系列 PLC 的基本逻辑指令 .....	167
7.4	S7-200 系列 PLC 的定时器指令与计数器指令 .....	174
	思考题与习题 .....	178
<b>第 8 章</b>	<b>西门子 S7-200 系列 PLC 的数据处理功能和步进顺序控制 .....</b>	<b>179</b>
8.1	S7-200 系列 PLC 的比较指令及应用举例 .....	179
8.2	S7-200 系列 PLC 的数据处理指令及应用举例 .....	180
8.3	S7-200 系列 PLC 的数据运算类指令及应用举例 .....	185
8.4	S7-200 系列 PLC 的逻辑运算与移位指令及应用举例 .....	191
8.5	S7-200 系列 PLC 的步进控制指令及步进顺序控制应用举例 .....	197
	思考题与习题 .....	204
<b>第 9 章</b>	<b>PLC 及 DDC 控制器在建筑电气控制系统中的应用 .....</b>	<b>205</b>
9.1	三菱 FX 系列 PLC 在建筑电气控制系统中的应用 .....	205
9.2	西门子 S7-200 系列 PLC 在建筑电气控制系统中的应用 .....	207
9.3	DDC 控制器技术简介 .....	215
9.4	DDC 控制器在建筑空调系统中的应用 .....	223
	思考题与习题 .....	237
<b>第 10 章</b>	<b>建筑电气设备的电气控制系统设计 .....</b>	<b>239</b>
10.1	建筑电气设备的电气控制系统设计概述 .....	239
10.2	建筑电气设备的继电接触控制系统原理图设计 .....	242
10.3	建筑电气设备的 PLC 可编程控制系统原理图设计 .....	255
	思考题与习题 .....	267
<b>附录</b>	<b>常用建筑电气元件图形符号和文字符号 .....</b>	<b>270</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>272</b>



# 绪 论

## 0.1 建筑电气控制技术的发展概况

建筑电气控制技术是在电气控制技术基础上发展起来的，并且是随着电气控制技术的不断发展而发展的。电气控制技术是对各类以电动机为动力的机电装置与系统为控制对象，以实现生产过程自动化为目标的控制技术。电气控制系统是其中的重要部分，在各行各业中的许多部门得到了广泛应用，是实现工业自动化的重要手段。电气控制技术是随着科技进步而不断发展和创新的。从开始的手动控制发展到自动控制，从单机控制到多机控制和生产（流水）线控制，从简单控制到复杂控制，从继电器接触器控制到 PLC 控制。

### 0.1.1 电力拖动系统的发展概况

20 世纪初随着电动机的出现，使得机械设备的动力和拖动系统得到了根本的改变。人们用电动机来代替蒸汽机拖动机械设备，这种拖动方式称为“电力拖动”。最初人们用一台电动机来拖动一组机械设备，称为单机成组电力拖动系统，如图 0-1 所示。由于一台电动机拖动，使得机械传动上十分复杂，也难以达到工艺要求。随着社会经济发展需要和技术的不断进步，对各种机械设备的功能不断提出了加工精度、速度和控制精度的新要求，从而出现了由多台电动机分别拖动各运动机构的拖动方式，如图 0-2 所示，进而使得控制技术得到了不断发展。

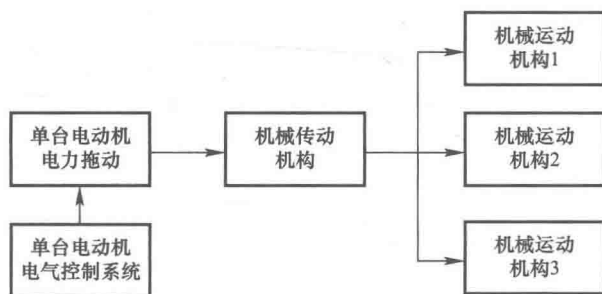


图 0-1 单机成组电力拖动的电气控制系统

随着技术的不断发展和进步，电力拖动系统也得到了不断发展。单机成组电力拖动向多电动机电力拖动的发展过程中，随着机械系统调速要求的不断提出，电力拖动系统也由固定速度的拖动不断向高精度的调速电力拖动系统方向发展，从而交流调速拖动和直流调速拖动得到了交替发展。但是直流电动机比交流电动机结构复杂，制造和维护都不方便，随着电力电子技术的不断发展和进步，促进了交流调速的迅速发展。近年来，电动机交流调速已经占有了重要的地位。

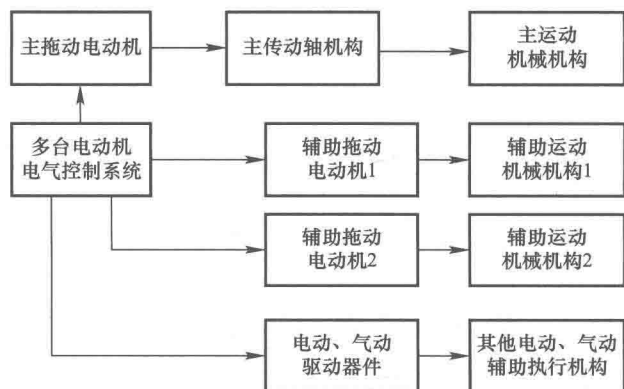


图 0-2 多电动机电力拖动的电气控制系统

### 0.1.2 电气控制系统和控制技术发展概况

在电力拖动系统的发展过程中，电气控制系统随着电气控制技术的进步也得到了不断发展。电气控制系统由最初的继电器接触器控制发展到今天的 PLC 可编程序控制器控制和系统计算机控制；由过去的硬件和硬接线控制发展到今天的软接线和软件程序控制；由过去的手动控制进入到自动控制阶段。

最初的电气控制系统采用的是继电器、接触器、按钮、行程开关等组成的继电器接触器控制系统。这种控制系统具有使用的单一性，即根据不同的控制要求设计不同的控制线路，一旦控制要求改变，势必重新设计、重新配线。但是，这种控制系统结构简单、维修方便、抗干扰能力强，所以至今在许多机械设备控制系统中仍广泛使用。

20 世纪 60 年代，出现了一种能够根据生产工艺要求，通过改变控制程序便能达到控制目的的顺序控制器，它是通过组合逻辑元件的插接或编程来实现继电器接触器控制线路的装置。它仍然是靠硬件手段完成自动控制任务的，体积大，功能也受到一定的限制，并没有得到普及应用。

20 世纪 60 年代后，在工业生产中迫切需要一种使用方便灵活、运行安全可靠、功能完善的新一代自动控制装置。电子技术和计算机技术的发展为此提供了有力的硬件支持，因此产生了可编程序控制器。可编程序控制器（简称 PLC 或 PC），是在顺序控制器基础上发展起来的以微处理器为核心的通用自动控制装置。

1968 年，美国通用汽车公司为增强其产品在市场上的竞争力，不断更新汽车型号，率先提出采用可编程的逻辑控制器取代硬件接线的控制电路的设想，并对外招标。1969 年，第一台可编程序逻辑控制器问世。

随着电子技术和计算机技术的迅猛发展，集成电路体积越来越小，功能越来越强。20 世纪 70 年代初，微处理机问世。70 年代后期，微处理机被运用到 PLC 中，使 PLC 的体积大大缩小，功能大大加强。

1969 年美国通用汽车公司将第一台 PLC 投入到生产线中使用，取得了满意的效果，引起了世界各国的关注。继日本、德国之后，我国于 1974 年开始研制可编程序控制器。目前全世界有数百家生产 PLC 的厂家，种类达 300 多种。PLC 无论在应用范围还是控制功能上，其发展都是始料未及的，远远超出了当时的设想和要求。目前，PLC 正朝着智能化、网络化和信息化方向发展。

随着半导体器件技术、大规模集成电路技术、计算机控制技术、检测技术等的发展,推动了电气控制技术的不断发展。在控制方式上,电力拖动的控制方式由手动控制进入到了自动控制阶段,从开关量的断续控制方式发展到了由开关量和模拟量混合的连续控制方式;在控制功能上,从单一控制功能发展到了多功能控制,从由简单的控制系统发展到了多功能的复杂控制系统;在控制手段和控制器件上,从由有触点的硬接线分裂元件控制发展到了以 PLC 和系统计算机等软硬件集成的存储器控制系统。电气控制系统的发展可简要概括为如图 0-3 所示的过程。

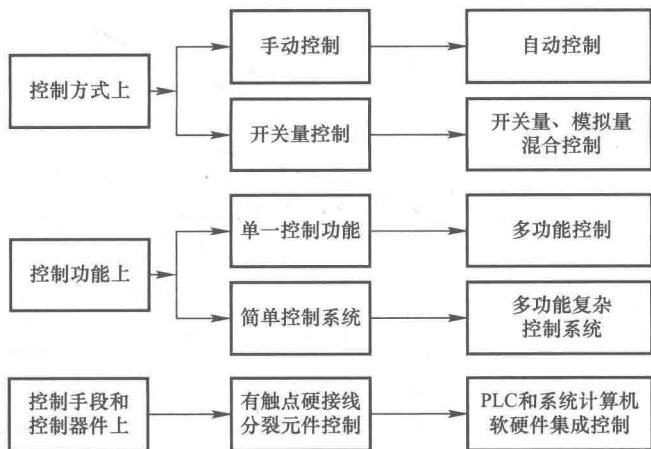


图 0-3 电气控制技术的发展概况

### 0.1.3 建筑电气控制系统和控制技术发展概况

建筑电气控制系统和控制技术是随着电气控制技术的不断发展而发展的。建筑电气控制系统也是由最初的继电器控制发展到今天的 PLC 可编程序控制器控制和系统计算机控制;由过去的硬件和硬接线控制发展到今天的软接线和软件程序控制;由过去的手动控制进入到自动控制和智能控制阶段。

建筑电气控制系统和控制技术的发展同时也是随着建筑电气设备的控制要求和控制精度不断提高,而进一步提出了建筑电气控制系统和控制技术的高要求。建筑电气控制系统和控制技术同样也经历了:从手动控制到自动控制、从开关量的断续控制到开关量和模拟量混合的连续控制、从单一控制功能发展到多功能控制、从由简单的建筑电气控制系统发展到多功能和复杂的建筑电气控制系统、从由有触点的硬接线分裂元件控制发展到以 PLC 和系统计算机等软硬件集成的存储器控制系统的过程。

建筑电气控制系统的控制对象和控制技术要求与一般的工业控制对象和控制技术是有一定的区别与不同的,具有一些特殊的控制要求。建筑电气控制系统的主要控制对象如图 0-4 所示,其

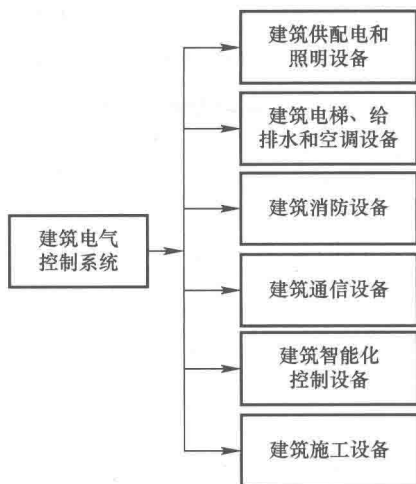


图 0-4 建筑电气控制系统的主要控制对象

主要控制对象主要有：建筑的供配电设备、建筑的照明设备、建筑的电梯设备、建筑的给排水设备、建筑的空调设备、建筑的消防设备、建筑的通信设备、建筑的施工设备、建筑的智能化控制设备等。这些建筑电气设备的控制都具有自己的特殊性要求。

建筑电气控制系统主要是针对建筑电气设备的自动化系统的控制要求进行控制，主要是针对建筑的强电设备的运行过程的控制。主要的控制参数有：开关状态、用电量、速度、压力、温湿度、工作时间等。大多数是开关量和模拟量的控制。因此，为了不断提高工作的可靠性，需要使用高可靠性的控制系统和控制技术。从而，建筑电气控制系统也由简单功能的控制系统发展到了多功能和复杂的控制系统，从由有触点的硬接线分裂元件控制发展到了以 PLC 控制、DDC 控制和系统计算机等软硬件集成的存储器控制系统。

### 0.2 本课程的性质和任务

本课程性质：本课程是一门实用性很强的专业核心课，是建筑电气与智能化专业、电气工程及其自动化专业建筑电气专业方向、自动化专业楼宇智能化专业方向的专业核心课。主要内容围绕建筑电气设备的电力拖动系统及其他执行电器为控制对象，介绍各种常用低压电器控制元件、建筑电气继电器接触器控制系统、PLC 控制系统的工作原理、建筑电气典型设备的电气控制系统分析以及建筑电气控制系统的设计方法等。通过本课程的学习，使学习者不但可以掌握传统的建筑电气继电器接触器控制系统有关知识，同时还可以掌握现代 PLC 控制技术；不但可以掌握建筑电气控制技术方面的理论知识，同时将着力提高学习者的实际应用和动手能力及设计能力。

本课程的基本任务是：

- (1) 熟悉常用的建筑电气控制电器元件的结构原理、用途及型号，达到正确使用和选用的目的；
- (2) 熟练掌握建筑电气继电器接触器控制系统的基本环节，具备阅读和分析建筑电气继电器接触器控制系统的能力，能设计建筑电气继电器接触器控制系统的控制电路；
- (3) 熟悉常用 PLC 的基本工作原理及应用发展概况；
- (4) 了解 DDC 控制技术的基本工作原理及在建筑电气控制系统中的应用；
- (5) 熟练掌握常用 PLC 的基本指令系统和典型电路的编程，掌握常用 PLC 的程序设计方法，能够根据建筑电气设备的过程控制要求进行系统设计，编制应用程序。

# 第1章 建筑电气常用低压电器和图形及文字符号

低压电器被广泛地应用于工业电气控制和建筑电气控制系统中，它是实现继电——接触器控制的主要电器元件。低压电器是指工作在交流 1500V、直流 1200V 及以下的电路中，以实现对电路中信号的检测、执行部件的控制、电路的保护、信号的变换等作用的电器。低压电器种类繁多，一般分为低压配电电器、低压控制电器、低压主令电器、低压保护电器及低压执行电器等。本章以建筑电气设备中常用的低压电器为主线，主要介绍各种常用的低压电器的结构、工作原理、主要技术参数、选择方法等。以产品图片方式介绍建筑电气设备中常用的低压电器的结构及工作原理。同时介绍建筑电气设备中常用的低压电器的图形及文字符号。

## 1.1 建筑电气常用低压电器的分类和电器的基本知识

### 1.1.1 常用低压电器的定义和分类

#### 1. 常用低压电器的定义

凡是自动或手动接通和断开电路，以及能实现对电路或非电对象切换、控制、保护、检测、变换和调节目的的电气元件统称为电器。

低压电器是指额定电压等级在交流 1200V、直流 1500V 以下的电器，是接通和断开电路或调节、控制和保护电路及电气设备用的电工器具。

#### 2. 建筑电气常用低压电器的分类

低压电器的用途广泛，功能多样，种类繁多，结构各异。建筑电气设备控制系统中的常用低压电器，一般分为低压配电电器、低压控制电器、低压主令电器、低压保护电器及低压执行电器等。具体分类可按如下方法进行分类。

##### (1) 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建筑电器，如手动开关、控制按钮、行程开关等主令电器。

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建筑电器，如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

##### (2) 按用途分类

1) 控制电器 用于各种建筑电气设备的控制电路和控制系统中的电器，例如接触器、继电器、电动机启动器等。

2) 主令电器 用于建筑电气设备的自动控制系统中发送动作指令的电器，例如按钮、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) 执行电器 用于完成建筑电气设备的某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

5) 配电电器 用于建筑电气系统中的供、配电,进行电能输送和分配的电器,例如高压断路器、隔离开关、刀开关、自动空气开关等。

### (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,如接触器、各种类型的电磁式继电器等。

2) 非电量控制电器 依靠外力或某种非物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

### (4) 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,主要是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,如接近开关、霍尔开关、电子式时间继电器、固态继电器等。

有些元件既是低压控制电器又是低压主令电器(如按钮等),既是低压配电电器又是低压保护电器(如熔断器等),所以分类并没有十分明显的界线。

## 1.1.2 常用低压电器的基本知识

### 1. 电磁式电器的工作原理与结构特点

电磁式电器由两个主要部分组成:感测部分——电磁机构,执行部分——触头系统。

#### (1) 电磁机构

电磁机构是电磁式电器的感测部分,它的主要作用是将电磁能量转换为机械能量,带动触头动作,从而完成接通或分断电路。如图 1-1 所示,电磁机构由吸引线圈、铁芯、衔铁等几部分组成。

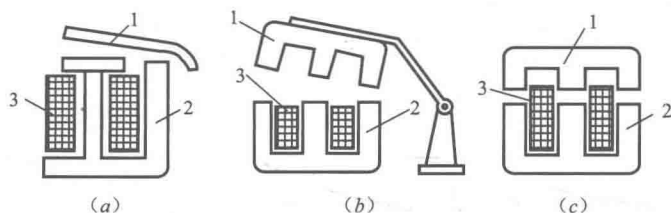


图 1-1 常用的磁路结构

1—衔铁; 2—铁芯; 3—吸引线圈

#### (2) 吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换成磁场能量。按通入电流种类不同,可分为直流和交流线圈。

对于直流电磁铁,因其铁芯不发热,只有线圈发热,所以直流电磁铁的吸引线圈做成高而薄的瘦长型,且不设线圈骨架,使线圈与铁芯直接接触,易于散热。

对于交流电磁铁,由于其铁芯存在磁滞和涡流损耗,这样线圈和铁芯都发热,所以交流电磁铁的吸引线圈设有骨架,使铁芯与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖型,这样做有利于铁芯和线圈的散热。

电磁铁的吸力可按下式求得:

$$F_{at} = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S \quad (1-1)$$

式中  $F_{at}$ ——电磁吸力, N;  
 $B$ ——气隙中磁感应强度, T;  
 $S$ ——磁极截面积,  $m^2$ 。

交流电磁铁的电磁吸力是随时间变化而变化的, 具体可按下面表示:

$$B = B_m \sin \omega t \quad (1-2)$$

$$F_{atm} = F_0 - F_0 \cos 2\omega t \quad (1-3)$$

电磁铁的电磁吸力特性, 是指电磁吸力  $F_{at}$  随衔铁与铁芯间气隙  $\delta$  变化的关系曲线。不同的电磁机构, 有不同的吸力特性。

## 2. 电磁式电器的触头系统和电弧

### (1) 电磁式电器的触头系统

触头是电器的执行部分, 起接通和分断电路的作用。因此要求触头导电、导热性能良好, 通常用铜制成。

触头的主要结构型式可分为: 桥式触头、指形触头。具体如图 1-2 所示。

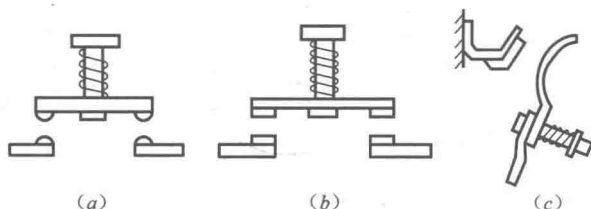


图 1-2 触头的结构型式

(a) 点接触式桥型触头; (b) 面接触式桥型触头; (c) 指形触头

### (2) 电弧的产生

在大气中断开电路时, 如果被断开电路的电流超过某一数值, 断开后加在触头间隙两端电压超过某一数值 (在 12~20V 之间) 时, 则触头间隙中就会产生电弧。

### (3) 常用的灭弧方法

常用的灭弧方法主要有: 磁吹灭弧、窄缝灭弧、栅片灭弧方法, 具体如图 1-3~图 1-5 所示。

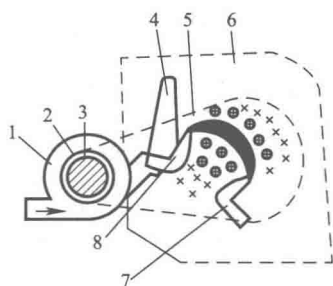


图 1-3 磁吹灭弧示意图

1—磁吹线圈; 2—绝缘套; 3—铁芯; 4—引弧角;  
 5—导磁夹板; 6—灭弧罩; 7—动触头; 8—静触头

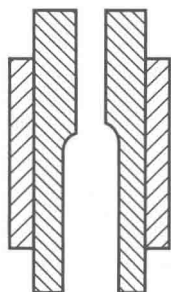


图 1-4 窄缝灭弧装置

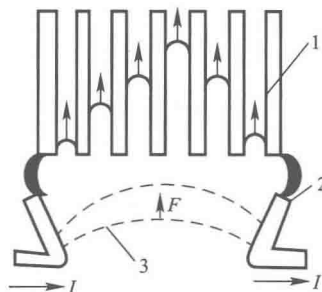


图 1-5 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片; 2—触头; 3—电弧



## 1.2 建筑电气常用低压开关电器的结构原理和选择方法

### 1.2.1 低压刀开关的结构原理和选择方法

低压刀开关又称低压闸刀开关或低压隔离开关，是通用电气元件，是建筑电气设备控制系统中最常用的电气元件。它是手控电器中最简单而使用又较广泛的一种低压电器。如图 1-6 所示是最简单的低压刀开关（手柄操作式单级开关）示意图。低压刀开关在电路中的作用是隔离低压电源，以确保电路和设备维修的安全分断负载，如不频繁地接通和分断容量不大的低压电路或直接启动小容量电动机。低压刀开关带有动触头——闸刀（触刀），并通过它与座上的静触头——刀夹座（静插座上的触头）相契合（或分离），以接通（或分断）电路。其中以熔断体作为动触头的称为熔断器式刀开关，简称刀熔断开关。



图 1-6 刀开关的典型结构

建筑电气设备控制系统中常用的刀开关有 HD 型单投刀开关、HS 型双投刀开关（刀形转换开关）、HR 型熔断器式刀开关、HZ 型组合开关、HK 型闸刀开关、HY 型倒顺开关和 HH 型铁壳开关等。

#### 1. HD 型单投刀开关

HD 型单投刀开关按极数分为 1 极、2 极、3 极几种，其示意图及图形符号如图 1-7 所示。其中图 1-7 (a) 为直接手动操作，(b) 为手柄操作，(c) ~ (h) 为刀开关的图形符号和文字符号。其中图 1-7 (c) 为一般图形符号，(d) 为手动符号，(e) 为三极单投刀开关符号；当刀开关用作隔离开关时，其图形符号上加有一横杠，如图 1-7 (f)、图 1-7 (g)、图 1-7 (h) 所示。

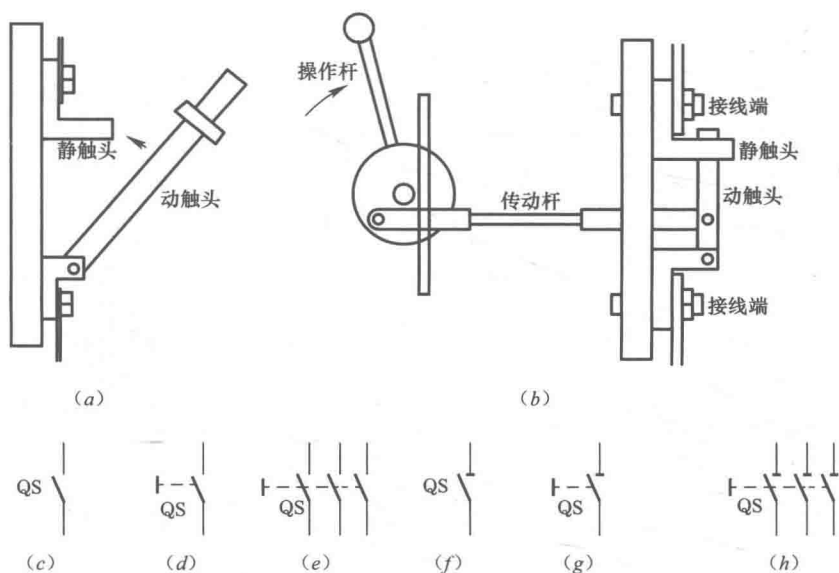
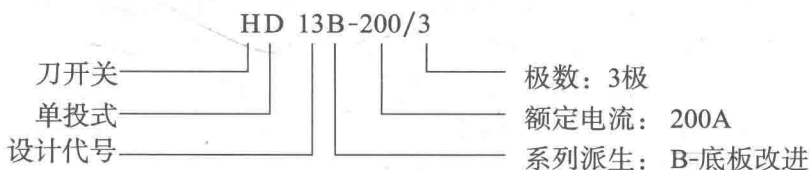


图 1-7 HD 型单投刀开关示意图及图形符号

(a) 直接手动操作；(b) 手柄操作；(c) 一般图形符号；(d) 手动符号；(e) 三极单投刀开关符号；(f) 一般隔离开关符号；(g) 手动隔离开关符号；(h) 三极单投刀隔离开关符号

单投刀开关的型号含义如下：



设计代号：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—侧面手柄式。

### 2. HS 型双投刀开关

HS 型双投刀开关也称转换开关，其作用和单投刀开关类似，常用于双电源的切换或双供电线路的切换等，其示意图及图形符号如图 1-8 所示。由于双投刀开关具有机械互锁的结构特点，因此可以防止双电源的并联运行和两条供电线路同时供电。

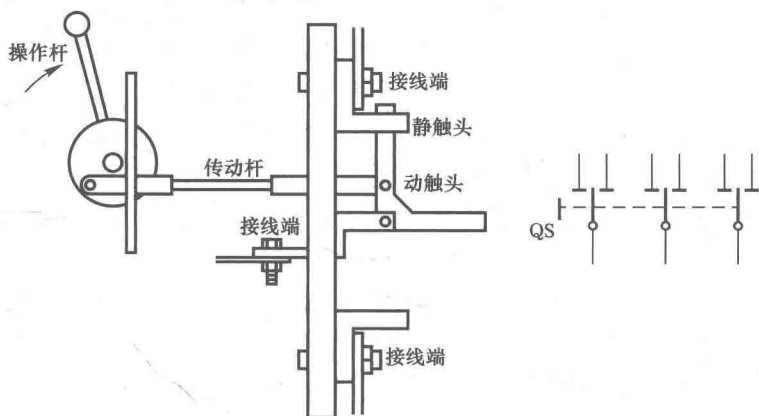


图 1-8 HS 型双投刀开关示意图及图形符号

### 3. HR 型熔断器式刀开关

HR 型熔断器式刀开关也称刀熔开关，它实际上是将刀开关和熔断器组合成一体的电器。刀熔开关操作方便，并简化了供电线路，在供配电线路上应用很广泛，其工作示意图及图形符号如图 1-9 所示。刀熔开关可以切断故障电流，但不能切断正常的工作电流，所以一般应在无正常工作电流的情况下进行操作。

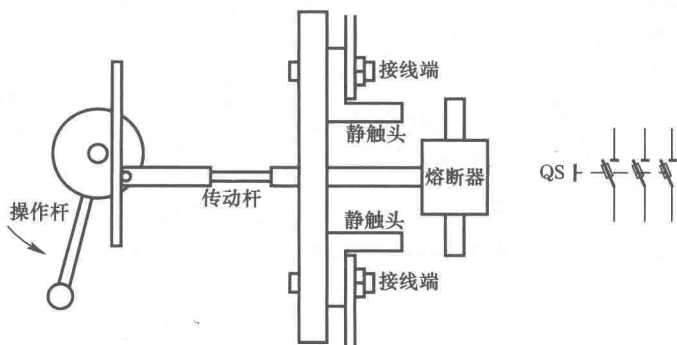


图 1-9 HR 型熔断器式刀开关示意图及图形符号