

电气控制线路安装与调试



白春涛 主编
贾玉峰 副主编



刀架电动机快移点动；主轴电动机单向旋转、反接制动；冷却泵电动机与主轴电动机顺序控制；车床电控线路的装调与检修；进给电动机的正反转、多地控制及自动往返；Y- Δ 降压启动；铣床电控线路的装调与检修

配备免费PPT及WORD教案、习题及答案、动画资源、教学录像等，均包含在相关精品课程网站中，扫描左侧二维码即可在线浏览。



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育精品工程规划教材

电气控制线路安装与调试

主 编 白春涛

副主编 贾玉峰

参 编 解宇鹏 王金荣 赵平平

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

《电气控制线路安装与调试》是机电类及其相关专业的基础课,本书主要研究继电接触电气控制系统的启动、运行、制动等基本电气控制线路的理论基础和技能要求,同时本书涉及的车床、铣床等生产机械设备的电气线路分析本身也是应用广泛、实践性强的专业知识。掌握了本书知识,可以从事机床及其他用电设备的电气控制系统的运行、维护、技术改造、安装调试等工作,从事电气控制系统及设备的销售和服务工作、小型企业供配电设计工作。本书教学的重点是:使学生掌握“使电气设备用上电、安全用电、经济合理用电”的电气控制理论知识,会安装基本的电气控制线路,能够进行常用电气控制线路的分析、安装、调试与维修,为学习电气控制技术打下坚固的理论基础。本书教学内容围绕工作任务单展开,任务考核标准与国家维修电工职业技能鉴定全面接轨,可作为高职高专院校电气自动化、机电一体化及机电设备维修、应用电子等电类专业的教学用书。其教学内容也可作为电工上岗证、高级维修电工考证的培训教材及相关专业工程技术人员的岗位培训教材和参考用书。

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。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制线路安装与调试 / 白春涛主编. —北京: 电子工业出版社, 2017.8

ISBN 978-7-121-31890-0

I. ①电… II. ①白… III. ①电气控制—控制电路—安装—高等学校—教材②电气控制—控制电路—调试方法—高等学校—教材 IV. ①TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 130997 号

策划编辑: 郭乃明

责任编辑: 胡辛征

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 15 字数: 384 千字

版 次: 2017 年 8 月第 1 版

印 次: 2017 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1 500 册 定价: 36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254561, 34825072@qq.com。

前 言

本书采用以职业能力培养为中心、以工作任务为驱动、以项目教学为载体的方式进行编写，将教学知识点融合在每一个具体的电气控制电路的安装与调试过程中，通过本书内容的学习使学生逐步建立电气控制系统最基本的应用知识，学会常用元器件的选用、电气图纸的识读与绘制、电气控制系统的规划、安装和故障检修等项目开发的基本知识和内容，使其能够在以后的工作和生活中，灵活运用相关知识解决继电接触控制系统的实际问题并能安全用电，为行业企业培养具有良好职业道德、掌握继电接触器控制技术专业核心项目能力，能胜任继电接触电气系统施工、调试、维护运行的技术应用型和高技能型人才。在具体教学任务的设计上，会充分考虑学生的认知特点，遵循从简单到复杂，从单一到综合的教学规律。在编写过程中，融理论教学、实际操作等教学环节为一体，并通过实际操作技能的训练，加强学生实际工作能力的培养。努力实现教学过程的实践性、开放性和职业性，促进学生学习能力、创造能力、沟通能力、社会适应性等综合能力全面提高。本书整体编写框架如下。

《电气控制线路安装与调试》情景教学设计

知识范畴

电机与继电接触器控制系统

情境设计

以典型控制电路为载体，以完成任务为学习目标

教学过程

咨询、计划、决策、实施、检查、评估、循环升级学生能力

课程学习情境框架

学习情境1 CA6140车床电气控制电路的安装、调试与检修

学习情境 1.1 刀架电动机的快速移动点动控制线路

学习情境 1.2 主轴电动机单方向旋转控制线路

学习情境 1.3 冷却泵电动机与主轴电动机顺序控制线路

学习情境 1.4 CA6140车床电气控制电路的安装、调试与检修

学习情境2 X62W型万能铣床电气控制电路的安装、调试与检修

学习情境 2.1 进给电动机的正反转控制线路时

学习情境 2.2 进给电动机的多地及自动往返控制线路

学习情境 2.3 电动机的Y- Δ 降压启动控线路

学习情境 2.4 主轴电动机反接制动控制线路

学习情境 2.5 X62W型万能铣床电气控制电路的安装、调试与检修

简单

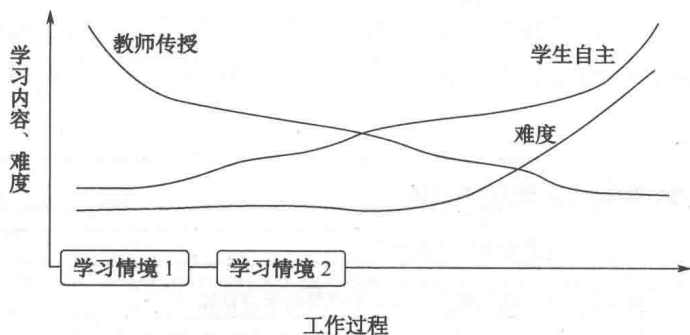
复杂

● 通过综合性学习任务设计学习情境

精心设计教学内容，使内容能完全适应现代高职学生的需要。将内容有机地与技能认证的需要相结合。以实际的控制线路设计作为工作任务，将元器件、控制电路设计、电路制作与故障排除相结合，使工作任务能够尽可能多地载有学习目标要求的理论知识，并可以按照任务工作流程分解成若干个单元工作任务，按照从简单到复杂的认识规律进行排序，最后把单元工作任务组合形成综合性学习任务，当整体工作任务完成以后，学生的知识和能力也随着工作成果的形成而形成。本书选取“CA6140 车床电气控制电路的安装、调试与检修”和“X62W 型万能铣床电气控制电路的安装、调试与检修”两个典型电气控制线路作为学习情境的载体进行教学设计。

● 学习情境的实施以学生为学习的主体

教学方法上，采用教师指导下的“自主学习+仿真教学+工学结合实训”相融合的一体化教学方法。随着教学过程进行，任务由简到难，教师在教学过程中的主导作用越来越弱，学生越来越成为学习过程的主体。学习情境的实施体现了学生学习的自主性。



每个学习情境的具体工作过程不同，但完成工作的 5 个步骤是相同的，即通过实施“资讯、计划、决策、实施、考核”的循环工作过程让学生的职业能力逐步得到提升。

本书由烟台职业学院白春涛老师主编并负责本书的修改、审定工作。特邀烟台龙源电力有限公司的高级工程师贾玉峰参与本书的编写、审定工作。解宇鹏、王金荣、赵平平老师参与了本书的编写工作。在此对以上教师表示衷心的感谢！

本书在编写过程中，参考了大量的资料请参见参考文献，如有遗漏，恳请谅解。同时，向这些资料的作者表示衷心的感谢！

最后，衷心感谢烟台职业学院电子工程系的各位领导、同事在本书编写过程中的大力支持与帮助！

由于编写时间仓促，经验不足，错误、缺点在所难免，恳请批评指正。

作者

2017 年 1 月 20 日

目 录

绪论	1
工作任务单 (NO.1)	1
知识链接 1 电气控制柜	3
知识链接 2 电气控制系统的主要用电设备及使用	7
学习情境 1 CA6140 车床电气控制电路的安装、调试与检修	12
工作任务单 (NO.2)	12
学习情境 1.1 刀架电动机的快速移动点动控制	13
工作任务单 (NO.2-1)	13
知识链接 1 三相异步电动机的启动	16
知识链接 2 开关电器的基本知识	17
知识链接 3 刀开关	19
知识链接 4 低压断路器	25
知识链接 5 接触器	36
知识链接 6 主令电器——按钮	45
知识链接 7 端子排	49
知识链接 8 短路保护	50
知识链接 9 熔断器	52
知识链接 10 电气识图基本知识 (一)	59
知识链接 11 点动控制	67
技能实训	71
学习情境 1.2 主轴电动机单方向旋转控制	76
工作任务单 (NO.2-2)	76
知识链接 1 热继电器	79
知识链接 2 电气识图基本知识 (二)	88
知识链接 3 单方向旋转控制电路设计	93
知识链接 4 单方向连续与点动混合控制线路	97
技能实训	99
学习情境 1.3 冷却泵电动机与主轴电动机的顺序控制	103
工作任务单 (NO.2-3)	103
知识链接 1 顺序控制基本知识	106
知识链接 2 电动机控制线路的调试方法	114
知识链接 3 电动机控制线路的故障检修	116
技能实训	120
学习情境 1.4 CA6140 车床电气控制电路的安装、调试与检修	122

工作任务单 (NO.2-4)	123
知识链接 1 中间继电器	125
知识链接 2 行程开关	128
知识链接 3 CA6140 车床电气控制线路	131
技能实训	142
学习情境 2 X62W 型万能铣床电气控制电路的安装、调试与检修	146
工作任务单 (NO.3)	146
学习情境 2.1 进给电动机的正反转控制	147
工作任务单 (NO.3-1)	147
知识链接 1 电动机如何实现正反转	150
知识链接 2 电气控制线路的设计	158
技能实训	161
学习情境 2.2 进给电动机的多地及自动往返控制	164
工作任务单 (NO.3-2)	164
知识链接 1 多地控制	166
知识链接 2 三相异步电动机的自动往返控制	167
技能实训	173
学习情境 2.3 电动机 Y- Δ 降压启动控制	175
工作任务单 (NO.3-3)	176
知识链接 1 时间继电器	178
知识链接 2 降压启动	185
技能实训	192
学习情境 2.4 主轴电动机反接制动控制	194
工作任务单 (NO.3-4)	194
知识链接 1 制动控制电路	196
知识链接 2 机械制动	197
知识链接 3 速度继电器	198
知识链接 4 反接制动	199
知识链接 5 正反转降压启动反接制动控制线路	204
知识链接 6 能耗制动	206
技能实训	208
学习情境 2.5 X62W 型万能铣床电气控制电路的安装、调试与检修	211
工作任务单 (NO.3-5)	211
知识链接 1 X62W 型万能铣床的基本组成	214
知识链接 2 X62W 万能铣床的电气控制线路	216
知识链接 3 X62W 型万能铣床的安装与调试	223
知识链接 4 X62W 型万能铣床的常见电气故障分析	229
技能实训	231
参考文献	234

绪 论

学习目标

主要任务：通过实际继电器接触控制系统的感性认识，了解继电器接触控制系统及其应用。

1. 能够认识继电器接触控制系统。
2. 能够识读电动机铭牌。

工作任务单 (NO.1)

一、工作任务

某机械厂需建造一电气控制柜，如图 0-1 所示。

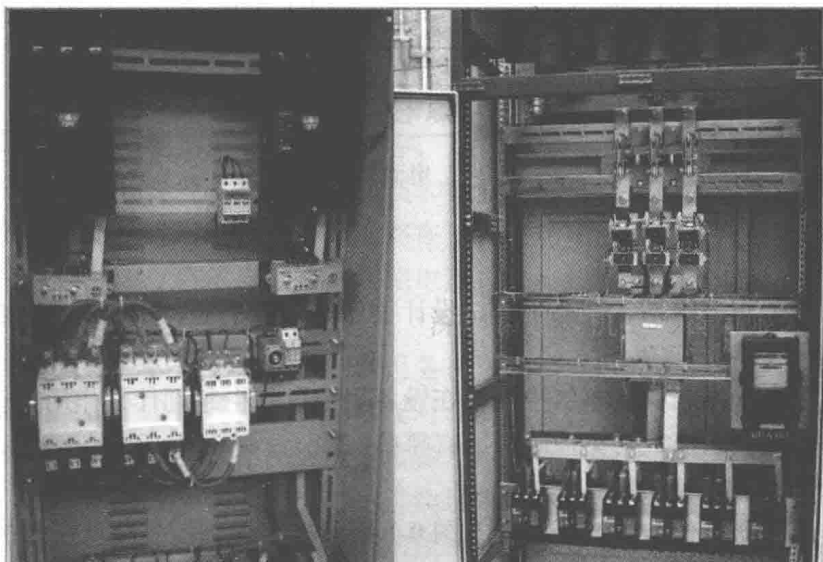


图 0-1 电气控制柜

控制柜的具体要求如下。

- (1) 380V/50kW 电机 M1：Y- Δ 控制，要求有热过载保护且过载保护时报警和监测其中一相电流。
- (2) 380V/4kW 电机 M2：直接启动，正反转控制，要求有热过载保护且过载保护时报警和监测其中一相电流。

(3) 各相电流：装有三相四线用电电路约 10kW，要求用接触器作为负荷开关控制和监测。

(4) 装有两路 380V/10kW 发热棒控制，要求用接触器作为负荷开关控制。

对电气控制柜，完成以下任务。

(1) 了解电气控制柜的作用；了解继电器接触控制系统的实际应用，并填写表 0-1。

表 0-1 电气控制柜中主要元器件

序号	元件名称	元件作用	备注

(2) 该电气控制柜的控制对象中有一台三相异步电动机 M2，其铭牌如图 0-2 所示。识读电动机铭牌参数。

○ 三相异步电动机 ○			
型号: Y112M-4		编号	
4.0 kW	8.8 A		
380 V	1440 r/min	LW	82dB
接法 △	防护等级 IP44	50Hz	45kg
标准编号	工作制 SI	B级绝缘	2000年8月
○ 中原电机厂 ○			

图 0-2 电动机铭牌

二、引导文

需要学生查阅相关网站、产品手册、设计手册、电工手册、电工图集等参考资料完成引导文提出的问题。

- (1) 什么是电气控制柜？电气控制柜在设备用电过程中起到什么作用？
- (2) 什么是控制系统？常见控制系统有哪些？
- (3) 什么是继电器接触控制系统？
- (4) 什么是电器？什么是低压电器？图 0-1 所示电气控制柜有哪些主要的低压电器？
- (5) 电气控制柜、控制屏、控制箱、控制盘各有什么异同？
- (6) 图 0-1 所示电气控制柜的主要控制对象是什么？
- (7) 在生产实践中，如何构成一个用电系统？电气控制柜在整个用电系统中起到什么作用？
- (8) 如何识读电动机的铭牌？铭牌参数在控制用电过程中有什么作用？
- (9) 什么是主回路，控制回路，辅助回路？
- (10) 如何理解在用电过程中，使用电设备“用上电”“安全用电”“经济合理用电”？

- (11) 主回路完成什么功能? 特点是什么?
(12) 控制回路完成什么功能? 特点是什么?

知识链接 1 电气控制柜

一、用电系统

人们在生产生活中, 会使用大量的用电设备, 如电灯、机床上的三相异步电动机等, 用电设备要做到“用上电、安全用电、经济合理用电”。“用上电”是指能够按照电气设备技术参数要求, 让电气设备通电运行。“安全用电”是指在用电过程中, 一旦出现异常的用电状态, 如短路、过载等故障状态, 用电系统的保护装置应可靠动作, 保证不出现操作人员的触电伤亡事故和设备损毁等经济损失。“经济合理用电”是指在构成用电系统的过程中, 人们用到的导线、开关等设备的选型, 既要满足用电过程的电压、电流要求, 又要考虑用电系统整体的成本, 即用电系统用电过程中要在最大限度地满足设备功能要求的基础上, 达到结构简单、运行可靠、造价经济及操作安全等要求。

从用电系统的结构来讲, 任何一个用电设备的用电过程都是由电路来完成的, 电路的基本组成包括电源、负载、连接导线、控制和保护器件。

用电系统的电源需要考虑电源的种类和电压等级。电源种类即用电设备是直流电还是交流电, 若是交流电, 电源频率是多少, 一般情况下, 使用交流工频(50Hz)交流电源。电源还要考虑电压等级, 若用电设备额定电压与供电电源电压等级相同, 则用电设备可以直接通过连接导线或者插头与电源相连接; 否则, 用电设备需要通过合适的变压器与电源相连接。

用电设备用电时需要考虑用电设备的特性: 是照明用电还是动力用电, 是单相设备还是三相设备, 额定电压和额定功率各是多少等。

电路连接用到的导线需要考虑导线的材质和截面。材质上低压配电一般选择绝缘铜导线, 导线截面的选择是通过理论估算用电回路在工作时的电流, 以此为依据, 通过导线的安全载流量选择导线截面, 再依据电路的线路电压损失、机械强度要求的最小截面进行导线截面的校核, 以最终确定导线的截面。

用电系统中电气控制和保护回路是用电设备在正常用电过程中对用电过程进行控制, 在使用中发生诸如短路、过载等异常用电情况时, 能够通过相应的保护装置动作, 切断电源, 使用电设备能够安全用电。在保证用电设备“用上电、安全用电”的同时, 希望在构建用电系统时, 能够做到经济合理用电。为了实现用电设备能够“用上电、安全用电、经济合理”用电, 可以根据实际情况采取不同的控制系统, 完成相应的控制和保护功能。但是, 在实际用电过程中, 由于不同的用电设备的特性和用电需求不同, 决定了生产和生活中存在不同的控制回路, 这些控制回路中用到的元器件不同, 元器件之间的连接关系不同, 控制过程、保护过程都会有所不同, 但控制系统最核心的控制思想是在用电过程中, 通过小电流回路控制大电流回路, 通常由各种开关元件来完成其控制功能。保护元件用以完成用电过程中短路、过载、失欠压等故障保护功能。

二、继电器控制系统

应用电动机拖动生产机械，称为电力拖动。在电力拖动过程中，要对电动机的用电过程进行控制和保护。在此过程中，会用到各种电器，常用的低压电器是指用在交流 50 Hz、额定电压 1200 V 以下及直流额定电压 1500 V 以下的电路中，能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通、断开电路，以实现电路或电气设备的切换、控制、保护、检测和调节的工业电器。低压电器作为基本控制电器，广泛应用于输、配电系统和自动控制系统，在工农业生产、交通运输和国防工业中起着重要的作用。利用低压电器实现对电动机和生产设备的控制和保护，这样的电气控制系统称为继电器控制系统，如图 0-3、图 0-4 所示。

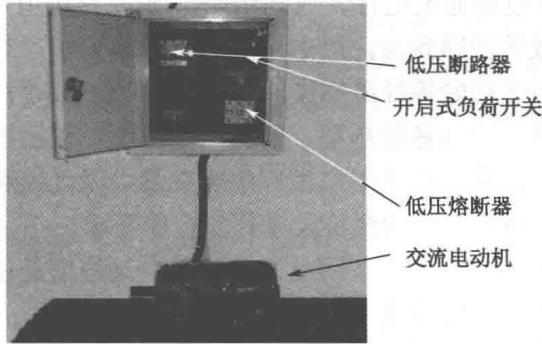


图 0-3 一个简单的继电器接触控制系统

图 0-3 所示的是一个最基本、最简单的电动机手动控制系统，用电设备是一台三相异步电动机，用电过程中，用到的控制和保护元件如下。

- (1) 1 个低压断路器：整个用电系统的电源控制和短路保护元件。
- (2) 2 个刀开关：分别用作各用电设备的控制开关。
- (3) 1 组低压熔断器：用作用电系统的短路保护。

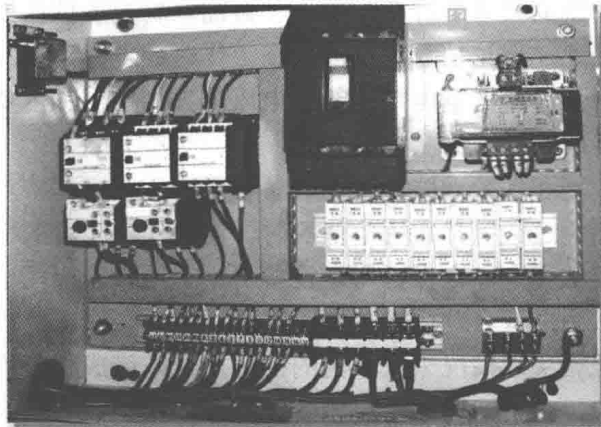


图 0-4 车床的继电器接触控制系统

图 0-4 所示的控制电路中，控制和保护系统中的元件如下。

- (1) 1 个低压断路器：整个用电系统的电源控制和短路保护元件。
- (2) 3 个接触器：分别用作各用电设备的控制开关。
- (3) 两个热继电器：分别用作各用电设备的过载保护。

- (4) 1 组低压熔断器：分别用作各用电设备的短路保护。
- (5) 1 个变压器：给控制回路和照明、信号回路提供所需电压。
- (6) 若干接线端子排：固定、连接导线，可以根据信号数量配置。

通过以上两个实例可以看出，在实际用电过程中，用电设备特性不同、数量不同、控制过程需求不同，因此整个继电接触控制系统用到的元件，元件之间的接线也会不同，构成整体用电系统也是千差万别的。

按照各回路功能的不同，将继电接触电气控制的回路分为主回路和辅助回路。

1. 主电路

(1) 定义：从电源到用电设备的电路称为主电路。

(2) 主电路特点：主电路中流过的电流是电动机的工作电流，正常工作情况下最大电流是电动机的额定电流。

2. 辅助回路

辅助回路又包括控制电路和照明、信号电路。

(1) 控制电路。控制主电路接通、断开的电路称为控制电路。控制电路特点：控制回路中流过的电流比较小，一般在 5A 以下。用电中通过操作控制回路的小电流回路控制主电路的用电过程。

(2) 照明、信号电路。用作工作过程中照明、信号指示。照明、信号电路特点：照明电压一般为 36V，信号指示电压一般为 6.3V，通常采用控制变压器供电。

三、电气控制柜

电气控制柜是按电气原理图接线要求将开关设备、测量仪表、保护电器和辅助设备等组装在封闭或半封闭金属柜中，其布置应满足电气系统正常运行的要求，便于检修，不危及人身及周围设备的安全。正常运行时可手动或自动开关接通或切断电路。故障或不正常运行时保护电器切断电路或报警。测量仪表可显示运行中的各种参数，还可对某些电气参数进行调整，对偏离正常工作状态进行提示或发出信号。常用于各发电、配电、变电、用电过程中。

按照电气控制柜的功能来讲，可以完成的功能包括计量、监控、控制和保护。计量主要通过电度表对电能进行计量；监控主要针对生产过程中的主要参数进行监视，如电压、电流等；控制主要指对电能的分配及使用的控制；保护主要是针对用电过程中的各种故障进行保护。根据用电设备的不同用电特性，控制系统有不同的构成方式，按照在控制过程中核心控制元器件的不同，电气控制柜分为传统的继电器控制柜和 PLC（可编程序控制器）综合控制柜。

(1) 继电器控制柜采用硬件接线实现其控制和保护功能，利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合形成控制逻辑，来实现电气控制。适用于电气控制需求简单的用电设备。具有构造简单，价格低廉，但接线复杂，系统维护、维修及改造困难的特点。

(2) PLC 综合控制柜是以微处理器为核心的工业控制器，具有编程方便、抗干扰能力

强，安装维护方便等特点。可以根据实际控制规模大小进行组合，既可以实现单柜自动控制，也可以实现多柜通过工业以太网或工业现场总线网络组成集散（DSC）控制系统。广泛应用于对电气自动化控制要求较高的各个行业。

目前，用电系统中比较简单的控制用继电器接触系统来控制，复杂的控制一般采用 PLC 系统控制。

电气控制柜根据不同的需要，采用不同的控制结构与控制方式。根据被控制设备的特性、多少，控制要求等选择不同的电气元件组合成一个整体系统，分别以柜、屏、盘、箱等具体形式出现在用电系统中。电气控制柜常见的形式包括以下几种。

(1) 电气控制柜。控制和保护过程中用到的所有接线端子和配电元器件都安装在封闭的柜子中，柜子有可开启的门，配电柜尺寸较大，四面封闭，安全性能好，散热较差，一般用于低压配电系统，如图 0-5 所示。

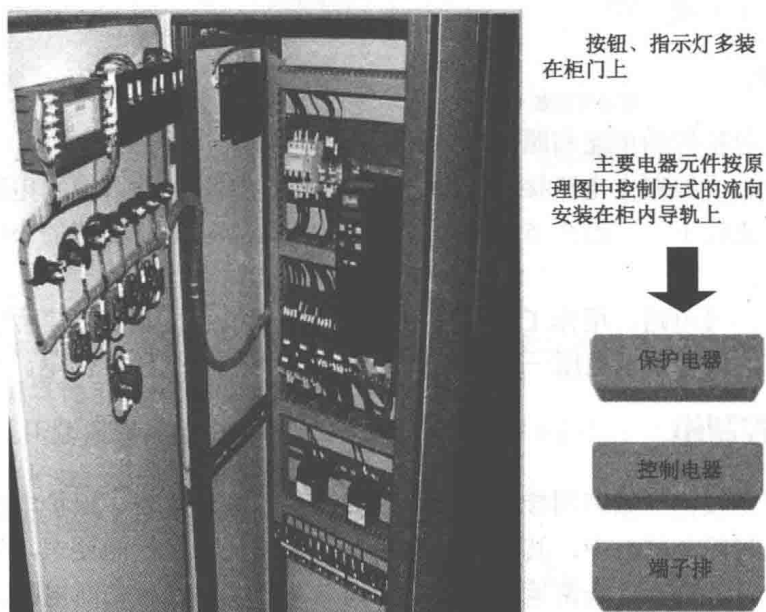


图 0-5 继电器接触电气控制柜

(2) 电气控制盘。无外壳体、开放式的配电设备，一般为一平面板，上面安装元件，固定在墙上、支架上或设备上，一般用于低压配电系统，如图 0-6 所示。

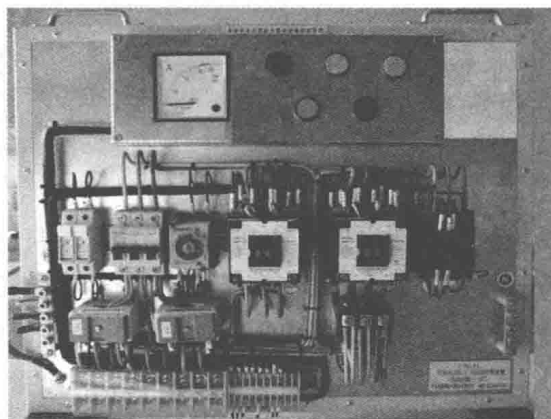


图 0-6 继电器接触电气控制盘

(3) 电气控制屏。尺寸小于配电柜，正面安装设备，背面敞开，这样不利于防尘和防小动物，同时也容易发生误碰现象，一般用于低压及直流配电系统。

(4) 电气控制箱。一般体积比较小，结构简单，四面封闭，用途单一，易于维护，常采用挂装的形式，如常见的开关箱、照明箱、插座箱等。

四、电气控制柜的功能

电气控制柜是实现电气自动控制的主要部分，根据被控制设备的多少和功率大小及不同的控制需求，电气控制柜实现功能是不一样的。

(1) 按照系统用电控制的需求，完成控制的功能。例如，某高楼供水系统共有 3 台水泵，需按照不同的用水需求，分别启动各台水泵。系统启动后，第一台水泵运行，当用水量较大时，第一台水泵的运行满足不了实际需要时，需要第二台水泵投入运行，如果仍然不能满足时，需要第三台水泵投入运行，当实际用水量减少时，则需要按照各台水泵投入的先后顺序，依次退出运行。在用电过程中，按照用电设备的需求，需要控制系统实现自动控制，若没有电气控制柜就无法实现系统的自动控制。

(2) 满足安全操作要求。用电过程中，如果用电设备是工作在高电压和大电流下，则对操作人员的安全操作要求及线路中的元器件、仪表等设备的绝缘要求比较高。若采用电气控制柜，用小电流的控制回路去控制大电流的用电设备回路，即可以降低操作人员发生触电危险的概率，又可以降低对仪器仪表等设备绝缘的要求。同时接触器的快速动作，三相电源的通断一致性好，符合电机的电气特性要求。

(3) 控制柜具有完善的保护功能。可以在水泵电机出现缺相、短路、接地、欠压、过流、过压、过热、过载等故障时均能准确报警并自动切断电路。这些保护功能都由电气控制柜来完成。

(4) 控制柜具有监视功能。能及时反映或显示设备和线路正常与非正常工作状态信息的回路，如不同颜色的信号灯，不同声响的音响设备等。

(5) 控制柜具有测量功能。灯光和音响信号只能定性地表明设备的工作状态(有电或断电)，如果想定量地知道电气设备的工作情况，还需要有各种仪表测量设备，测量线路的各种参数，如电压、电流、频率和功率的大小等。

知识链接 2 电气控制系统的主要用电设备及使用

现代社会中，电能是使用最为广泛的一种能源，在电能的生产输送和使用方面，电机发挥着重要作用。电机主要包括发电机、变压器和电动机。发电机把机械能转化为电能，发出的电压为 10.5~20kV，为了减少远距离输电中的能量损失，应采用高压输电。变压器将电压变到 110kV、220kV、330kV、500kV 或更高，当电能输送到用电区后，由于用电设备需要的电压等级不同，再由变压器变换到所需的等级，如 380V、220V 等。这里主要讨论生产过程中主要的动力用电设备——三相异步电动机。

一、三相异步电动机

三相异步电动机将三相电能转化成机械能，用来驱动各种用途的生产机械，如各种机床、水泵、风机等都要用它来驱动，是工农业生产中使用量最多、使用面最广的动力驱动机械，其中鼠笼式异步电动机具有结构简单、使用维修方便、价格低廉等特点，它的用量最大。鼠笼式异步电动机的总装机容量约占机械总动力的一半以上，其用电量约占电力总容量的70%以上。因此，正确使用和维护电动机，在生产上具有重要意义。

三相异步电动机的输入信号为三相电能，即三相用电设备，当电动机的三相定子绕组通入三相对称交流电后，将产生一个旋转磁场，该旋转磁场切割转子绕组，从而在转子绕组中产生感应电流，载流的转子导体在定子旋转磁场作用下将产生电磁力，从而在电机转轴上形成电磁转矩，驱动电动机旋转，并且电机旋转方向与旋转磁场方向相同。按转子结构的不同，三相异步电动机可分为笼式和绕线式两种：笼式异步电动机结构简单、运行可靠、重量轻、价格便宜，得到了广泛的应用，其主要缺点是调速困难；绕线式三相异步电动机的转子和定子一样，也设置了三相绕组并通过滑环、电刷与外部变阻器连接。调节变阻器电阻可以改善电动机的启动性能和调节电动机的转速。因此，从用电角度来讲，电动机包括启动控制、制动控制、调速控制等。

绕组是电动机的组成部分，老化、受潮、受热、受侵蚀、异物侵入、外力的冲击都会造成对绕组的伤害，电机过载、欠电压、过电压，缺相运行也能引起绕组故障。电动机一般应配有故障保护装置，如热保护装置、失电压保护、过载保护等。

二、三相异步电动机铭牌的识读

三相异步电动机的铭牌一般形式如图 0-7 所示。现将铭牌的含义简单描述如下。

(1) 型号：Y112M-4 中“Y”表示 Y 系列鼠笼式异步电动机（YR 表示绕线式异步电动机），“112”表示电动机的中心高为 112mm，“M”表示中机座（L 表示长机座，S 表示短机座），“4”表示 4 极电动机。有些电动机型号在机座代号后面还有一位数字，代表铁芯号，如 Y132S2-2 型号中 S 后面的“2”表示 2 号铁芯长（1 为 1 号铁芯长）。

(2) 额定功率：电动机在额定状态下运行时轴上所能输出的机械功率。

(3) 额定速度：在额定状态下运行时的转速称为额定速度。

(4) 额定电压：为保证电动机发挥正常的电气性能及绝缘安全所需要给电动机提供的电压。一般指电动机在额定运行状态下，电动机定子绕组上应加的线电压值。Y 系列电动机的额定电压为 380V。凡功率小于 3kW 的电动机，其定子绕组均为星形连接，4kW 以上均为三角形连接。

(5) 额定电流：电动机加以额定电压，在其轴上输出额定功率时，定子从电源取用的线电流值称为额定电流。

(6) 防护等级：IP+两位数字构成，两位数字含义如表 0-2 所示。

表 0-2 防护等级两位数字含义

第一位		第二位	
等级	含义	等级	含义
0	无防护	0	无防护
1	防直径>50mm 的固体	1	防滴, 垂直滴水无影响
2	防直径>12mm 的固体	2	与水平偏垂直 15° 滴水无影响
3	防直径>2.5mm 的固体	3	对偏垂直 60° 的喷溅水无影响
4	防直径>1mm 的固体	4	防任何方向的溅水
5	防尘	5	防任何方向的低压喷射水
6	尘密	6	对高压喷射水的防护
		7	防浸入水 15cm 到 1m 之间的防护
		8	对承压时长期水浸入的防护

(7) 工作制: 指电动机的运行方式。一般分为“连续”(代号为 S1)、“短时”(代号为 S2)、“断续”(代号为 S3)。

(8) 绝缘等级: 反映电动机绝缘材料的耐热特性, 电动机绝缘选择不同的绝缘, 耐热特性也不一样。各种绝缘材料的绝缘等级及极限工作温度如表 0-3 所示。

表 0-3 各种绝缘材料的绝缘等级及极限工作温度

级别	绝缘材料	极限工作温度 (°C)
Y	木材、棉花、纤维等	90
A	漆包线、沥青漆等	105
E	玻璃布、油性树脂漆等	120
B	玻璃纤维、石棉等	130
F	聚酯和醇酸类材料	155
H	有机硅云母、硅有机漆等	180
C	石英、石棉、电瓷材料等	180 以上

(9) LW 值: 指电动机的总噪声等级。LW 值越小表示运行的噪声越低。噪声单位为 dB。

(10) 额定频率: 电动机在额定运行状态下, 定子绕组所接电源的频率, 称为额定频率。我国规定的额定频率为 50Hz。

(11) 接法: 表示电动机在额定电压下, 定子绕组的连接方式(星形连接和三角形连接)。当电压不变时, 如将星形连接接为三角形连接, 线圈的电压为原线圈的 $\sqrt{3}$ 倍, 这样电动机线圈会因电流过大而发热。如果把三角形连接的电动机接为星形连接, 电动机线圈的电压为原线圈的 $1/\sqrt{3}$, 电动机的输出功率就会降低。电动机会出现转速过低或堵转现象。所以电动机使用时, 应按铭牌要求正确连接。

三、三相异步电动机的启动

电动机接通电源后, 从转速为零瞬间开始直到转速稳定为止的过程, 称为启动过程, 简称启动。启动过程中, 一般中小型鼠笼式电机启动电流为额定电流的 5~7 倍, 电动机的

启动转矩为额定转矩的 1.0~2.2 倍，启动电流大，启动转矩小。频繁启动时将造成热量积累，使电动机过热，同时，大电流使电网电压降低，影响邻近负载的工作。

1. 直接启动

直接启动就是利用刀开关、接触器或电磁启动器等低压元器件将电动机直接接到额定电压的电源上。这种方法启动简单经济，但启动电流大，当电源容量足够大时，启动时不会造成对电网电压的显著波动，可以采用直接启动。

当电源采用公用低压网络供电时，可采用如下公式确定三相异步电动机能否直接启动。

$$\frac{I_{st}}{I_N} \leq \frac{3}{4} + \frac{\text{电源总容量}}{4 \times \text{电动机功率}}$$

式中 I_{st} ——电动机的启动电流 (A)；

I_N ——电动机的额定电流 (A)。

一般情况下，在变压器供电容量较大，电动机容量较小时，电动机可以直接启动，经验上 7.5kW 以下的小容量电动机可以直接启动。

2. 降压启动

(1) 笼式异步电动机的降压启动。

利用某些设备（如自耦变压器）或变换电动机定子绕组的连接法，使电动机的端电压低于额定值，通过降低电压来减小启动电流，这种启动电动机的方法称为降压启动。降压启动一般适用于直接启动时电流超过了允许值，且启动转矩又不需要很大的异步电动机。降压启动的方法有定子回路串电阻降压启动、Y-Δ降压启动、自耦变压器降压启动、延边三角形降压启动，常用的方法是 Y-Δ降压启动。启动过程控制可以通过继电器接触控制系统完成。

(2) 三相绕线式异步电动机的启动控制。

在绕线式异步电动机的转子绕组回路中串接附加电阻，既能限制启动电流，又能增加启动转矩，使电动机有良好的启动特性。常用于要求启动转矩较大的生产机械上，如卷扬机、锻压机和起重机等生产机械上，如图 0-7 所示。

启动时，先将启动变阻器（附加电阻）转到接入的电阻最大处，对定子绕组施加电源电压，在转速逐渐增加的同时，逐渐减小启动电阻，最后将转子电路短路。

由于启动电阻器是按短时工作设计的，启动电阻器仅供启动使用，不可将电阻器长期接入转子电路。

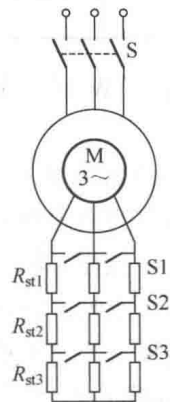


图 0-7 转子回路串电阻启动

四、三相异步电动机的反转

三相异步电动机的转子旋转方向与旋转磁场的旋转方向一致，而旋转磁场的旋转方向完全取决于三相电源的相序。要想改变电动机的旋转方向，只需将三相电源的相序改变即可。即任意将三相中的两相对调接于电动机的定子绕组，则其旋转磁场旋转方向会反向，也就是转子改变旋转方向，如图 0-8 所示。