

全国高级技工学校

电气自动化设备安装与维修专业教材



# 电气基本控制线路 安装与维修

DIANQI JIBEN KONGZHI XIANLU  
ANZHUANG YU WEIXIU



配套课件 网络下载



中国劳动社会保障出版社

全国高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业教材

# 电气基本控制线路 安装与维修

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

## 内容简介

本书为全国高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业教材。主要内容包括：三相电动机基本控制线路的安装与检修，直流电动机基本控制线路的安装与检修，电气控制线路的绘制与设计。

本书由李敬梅、乔一主编，殷明、沈东辉、关开芹、卞锦珍、姜修兰、肖云、王勇、李子超、李世健、杨敬东参加编写；冯志坚审稿。

## 图书在版编目(CIP)数据

电气基本控制线路安装与维修/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2012

全国高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 9540 - 9

I. ①电… II. ①人… III. ①电气控制-控制电路-技工学校-教材 IV. ①TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 136934 号

## 中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

\*

北京宏伟双华印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.25 印张 514 千字

2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

定价：42.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话：010 - 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010 - 80497374

# 前言

为了更好地适应高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业的教学要求，全面提升教学质量，人力资源和社会保障部教材办公室组织有关学校的一线教师 and 行业、企业专家，在充分调研企业生产和学校教学情况的基础上，吸收和借鉴各地高级技工学校教学改革的成功经验，在原有同类教材的基础上，重新组织编写了高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业教材。

本次教材编写工作的目标主要体现在以下几个方面：

第一，完善教材体系，定位科学合理。

针对初中生源和高中生源培养高级工的教学要求，调整和完善了教材体系，使之更符合学校教学需求。同时，根据电气自动化设备安装与维修专业高级工从事相关岗位的实际需要，合理确定学生应具备的能力和知识结构，对教材内容的深度、难度做了适当调整，加强了实践性教学内容，以满足技能型人才培养的要求。

第二，反映技术发展，涵盖职业标准。

根据相关工种及专业领域的最新发展，更新教材内容，在教材中充实新知识、新技术、新材料、新工艺等方面的内容，体现教材的先进性。教材编写以国家职业标准为依据，涵盖《国家职业技能标准·维修电工》中维修电工中、高级的知识和技能要求，并在与教材配套的习题册中增加了相关职业技能鉴定考题。

第三，融入先进理念，引导教学改革。

专业课教材根据一体化教学模式需要编写，将工艺知识与实践操作有机融为一体，构建“做中学”“学中做”的学习过程；通用专业知识教材根据所授知识的特点，注意设计各类课堂实验和实践活动，将抽象的理论知识形象化、生动化，引导教师不断创新教学方法，实现教学改革。

第四，精心设计形式，激发学习兴趣。

在教材内容的呈现形式上，较多地利用图片、实物照片和表格等形式将知识点生动地展示出来，力求让学生更直观地理解和掌握所学内容。针对不同的知识点，设计了许多贴近实际的互动栏目，在激发学生学习兴趣和自主学习积极性的同时，使教材“易教易学，易懂易用”。

第五，开发辅助产品，提供教学服务。

根据大多数学校的教学实际，部分教材还配有习题册和教学参考书，以便于教师教学和

学生练习使用。此外,教材基本都配有方便教师上课使用的电子教案,并可通过中国劳动社会保障出版社网站(<http://www.class.com.cn>)免费下载,其中部分教案在教学参考书中还以光盘形式附赠。

本次教材编写工作得到了河北、黑龙江、江苏、山东、河南、广东、广西等省、自治区人力资源和社会保障厅及有关学校的大力支持,在此我们表示诚挚的谢意。

## 人力资源和社会保障部教材办公室

2012年7月

# 目 录

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 绪论                               | 1   |
| 模块一 三相电动机基本控制线路的安装与检修            | 6   |
| 课题一 三相笼型异步电动机正转控制线路的安装与检修        | 7   |
| 任务1 认识低压开关和低压熔断器                 | 7   |
| 任务2 手动正转控制线路的安装与检修               | 26  |
| 任务3 认识按钮和接触器                     | 41  |
| 任务4 点动正转控制线路的安装                  | 60  |
| 任务5 接触器自锁正转控制线路的安装与检修            | 69  |
| 任务6 连续与点动混合正转控制线路的安装与检修          | 88  |
| 课题二 三相笼型异步电动机正反转控制线路的安装与检修       | 96  |
| 任务1 倒顺开关正反转控制线路的安装与检修            | 96  |
| 任务2 接触器联锁正反转控制线路的安装与检修           | 102 |
| 任务3 按钮和接触器双重联锁正反转控制线路的安装与检修      | 112 |
| 课题三 三相笼型异步电动机位置控制与自动往返控制线路的安装与检修 | 117 |
| 任务1 位置控制线路的安装与检修                 | 117 |
| 任务2 自动往返控制线路的安装与检修               | 129 |
| 课题四 三相笼型异步电动机顺序控制与多地控制线路的安装与检修   | 137 |
| 任务1 顺序控制线路的安装与检修                 | 137 |
| 任务2 多地控制线路的安装与检修                 | 146 |
| 课题五 三相笼型异步电动机降压启动控制线路的安装与检修      | 149 |
| 任务1 自耦变压器降压启动控制线路的安装与检修          | 149 |
| 任务2 Y— $\Delta$ 降压启动控制线路的安装与检修   | 171 |
| 任务3 软启动器面板操作与外围主电路排故             | 180 |
| 课题六 三相笼型异步电动机制动控制线路的安装与检修        | 196 |
| 任务1 电磁抱闸制动器制动控制线路的安装与检修          | 196 |
| 任务2 单向启动反接制动控制线路的安装与检修           | 203 |
| 任务3 单向启动能耗制动自动控制线路的安装与检修         | 213 |
| 课题七 多速异步电动机控制线路的安装与检修            | 222 |
| 任务1 双速异步电动机控制线路的安装与检修            | 222 |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 任务2 三速异步电动机控制线路的安装与检修 .....          | 228        |
| 课题八 三相绕线转子异步电动机基本控制线路的安装与检修 .....    | 236        |
| 任务1 转子绕组串接电阻启动控制线路的安装与检修 .....       | 236        |
| 任务2 转子绕组串接频敏变阻器启动控制线路的安装与检修 .....    | 247        |
| 任务3 绕线转子异步电动机凸轮控制器控制线路的安装与检修 .....   | 257        |
| 课题九 三相同步电动机基本控制线路的安装 .....           | 266        |
| <b>* 模块二 直流电动机基本控制线路的安装与检修 .....</b> | <b>272</b> |
| 课题一 并励直流电动机基本控制线路的安装与检修 .....        | 273        |
| 任务1 并励直流电动机启动控制线路的安装与检修 .....        | 273        |
| 任务2 并励直流电动机正反转控制线路的安装与检修 .....       | 280        |
| 任务3 并励直流电动机制动控制线路的安装与检修 .....        | 284        |
| 课题二 串励直流电动机基本控制线路的安装与检修 .....        | 295        |
| 任务1 串励直流电动机启动、调速控制线路的安装与检修 .....     | 295        |
| 任务2 串励直流电动机正反转控制线路的安装与检修 .....       | 301        |
| 任务3 串励直流电动机制动控制线路的安装与检修 .....        | 306        |
| <b>模块三 电气控制线路的绘制与设计 .....</b>        | <b>317</b> |
| 课题一 电气控制线路的绘制 .....                  | 317        |
| 课题二 电气控制线路的设计 .....                  | 332        |
| 标记星号 (*) 的模块可作为选学内容。                 |            |

# 绪论

## 一、电力拖动

图 0—1 所示为机械加工车间常用的孔加工机床——钻床。它的工作流程如下：

合上电源开关→按下启动按钮→电源接入电动机使其转动→通过传动带带动钻头旋转钻削工件。

可见，此钻床的工作机构是通过电动机来拖动的，这种拖动方式称为电力拖动，即

电力拖动是指用电动机拖动生产机械的工作机构使之运转的一种拖动方式。

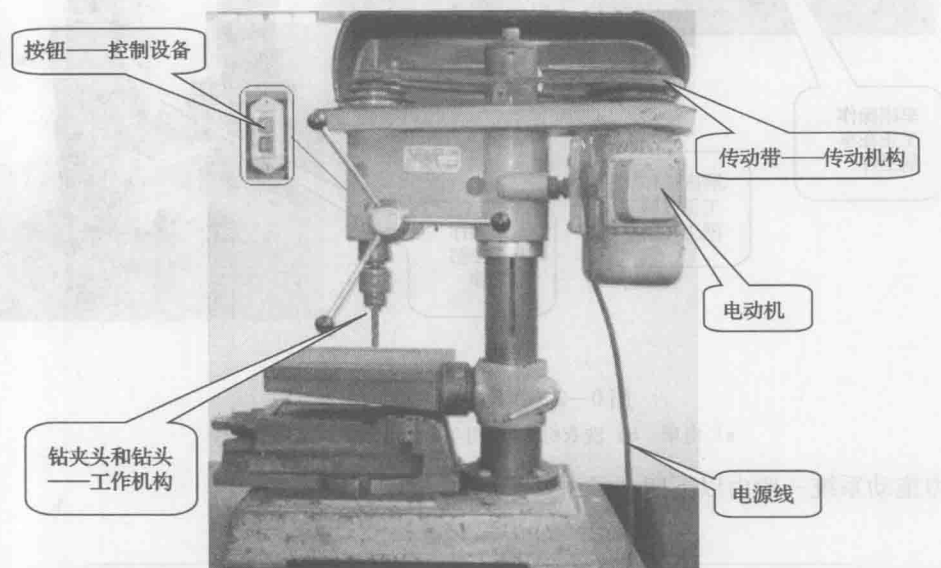
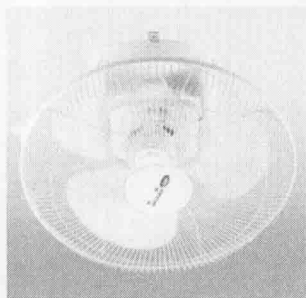


图 0—1 生产机械——钻床

由于电力在生产、传输、分配、使用和控制等方面的优越性，使得电力拖动具有方便经济、效率高、调节性能好、易于实现生产过程自动化等优点，所以电力拖动在生产实际中获得了广泛的应用。目前，在日常生活中使用的电扇、洗衣机等家用电器，在生产中大量使用的各式各样的生产机械，如车床、钻床、铣床、造纸机、轧钢机等，都采用电力拖动，如图 0—2 所示。



a)



b)



车床操作  
工正在车  
削工件



磨床操作  
工正在磨  
削工件



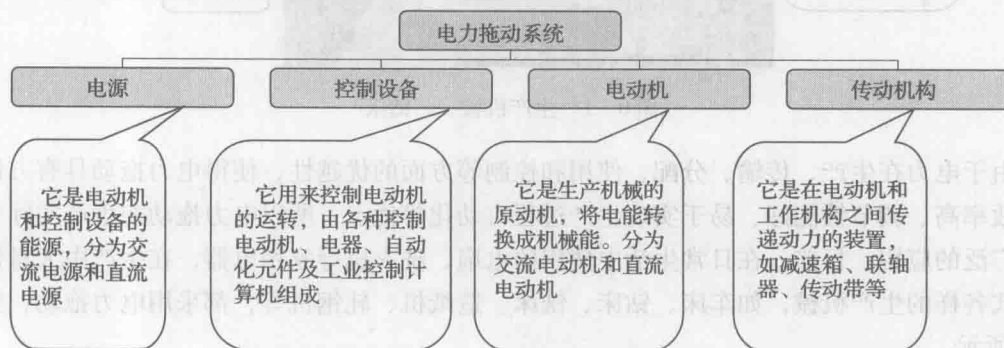
钻床操作  
工正在钻  
削工件

c)

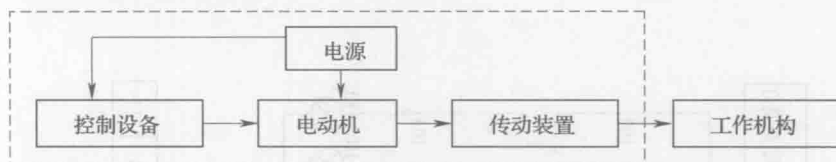
图 0—2 家用电器和生产机械

a) 电扇 b) 洗衣机 c) 用车床、磨床和钻床切削工件

电力拖动系统一般由以下四个子系统组成：



它们之间的关系可简单表示为:



## 二、学习目标

《电气基本控制线路安装与检修》是高级技工学校电气自动化设备安装与维修专业高级工的一门集专业理论知识和技能训练于一体的专业课程。它主要研究电力拖动基本控制线路的构成、工作原理以及安装、调试与检修,是继续学习《常用机床电气线路检修》课程和其他相关专业课程以及将来从事机床维修工作的基础。学习完本书后,应该具有以下三方面能力(见图0—3、图0—4和图0—5)。

能正确选用、安装、检测和使用生产机械中常用的低压电器,如低压熔断器、低压开关、主令电器、接触器、继电器等

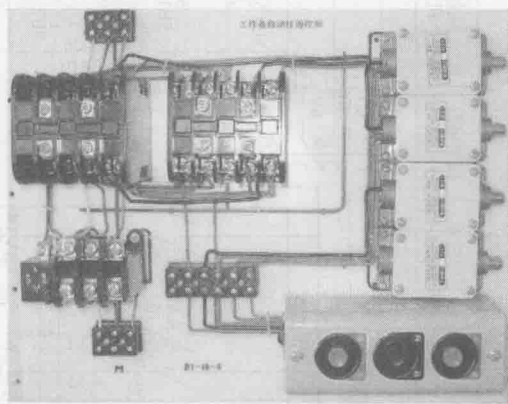


图0—3 工作台自动往返控制配电盘

熟知电动机各种基本电气控制线路的构成和工作原理,能根据它们的电气图(如电路图、接线图、布置图等)安装、调试和检修电气控制线路

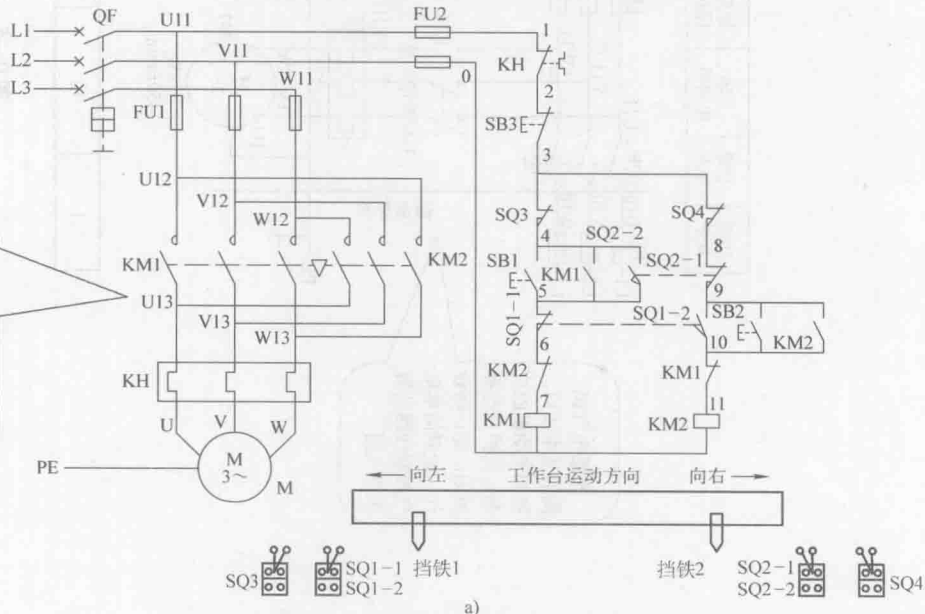


图0—4 工作台自动往返控制线路电路图

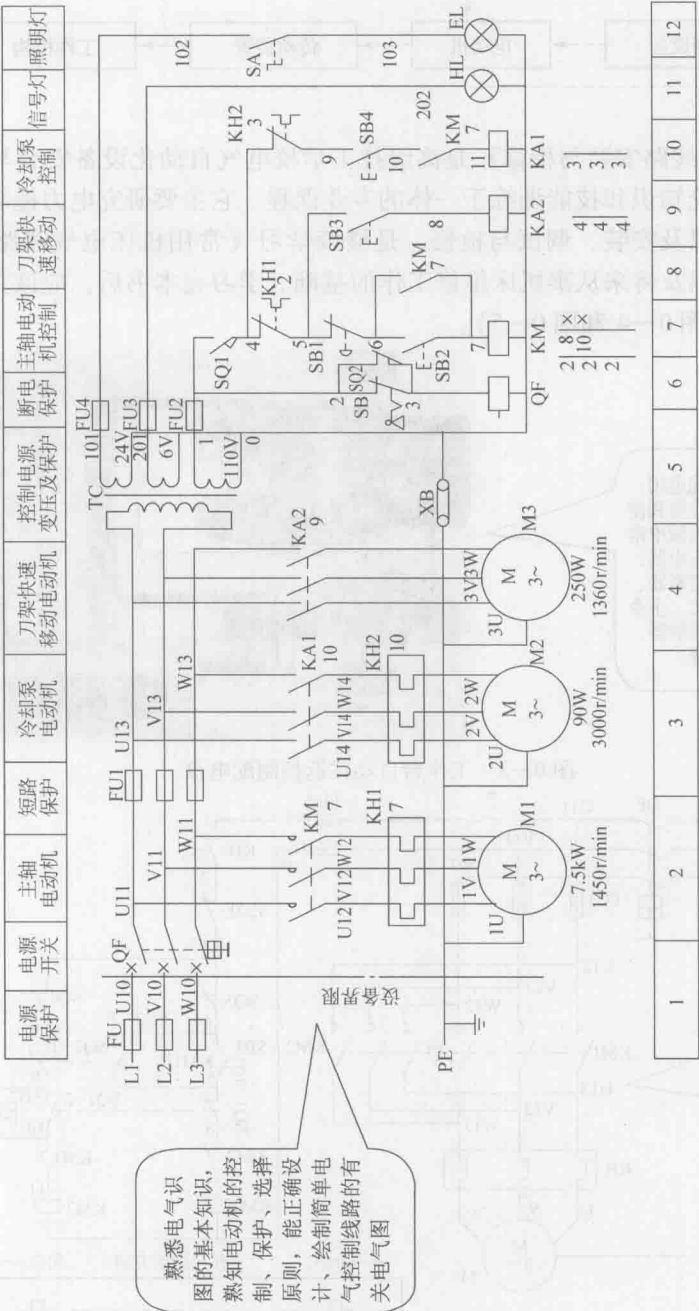
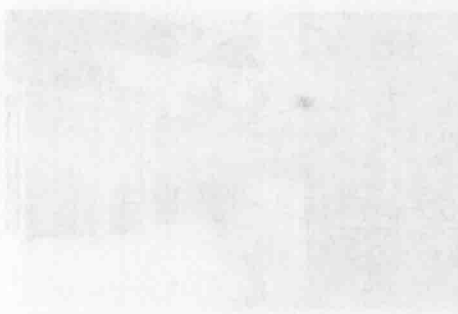


图 0—5 CA6140 型车床电气控制线路电路图

### 三、注意事项

本课程是一门实践性非常强的专业课。在学习过程中应注意以下几点:

1. 以操作技能为主线,处理好理论学习与技能训练的关系。
2. 注重利用电拖实验室、实训场所的实物、模型、挂图等直观教具和设备,增加感性认识,增强学习的直观性和学生的学习兴趣。
3. 学习要联系生产实际,在教师的指导下,勤学苦练基本功,总结规律,不断积累工作经验,逐步提高安装、调试和检修电气控制线路的能力,达到国家和企业目前对中高级维修电工岗位的要求。
4. 技能训练时,要爱护工具和设备,节约原材料,严格执行电工安全操作规程,做到安全、文明生产。



(a)



(b)



(c)

图 1-1 三相异步电动机外形图 (1-1) 图

图 1-2 三相异步电动机外形图 (1-2) 图

图 1-3 三相异步电动机外形图 (1-3) 图

## 模块一

# 三相电动机基本控制线路的安装与检修

现代电网普遍采用三相交流电,而三相异步电动机又具有结构简单、工作可靠、价格低廉、维护方便、效率较高、体积小、质量轻等一系列优点,因此得到了广泛应用。如图 1—1 所示的几种生产机械就是由三相异步电动机来拖动的。

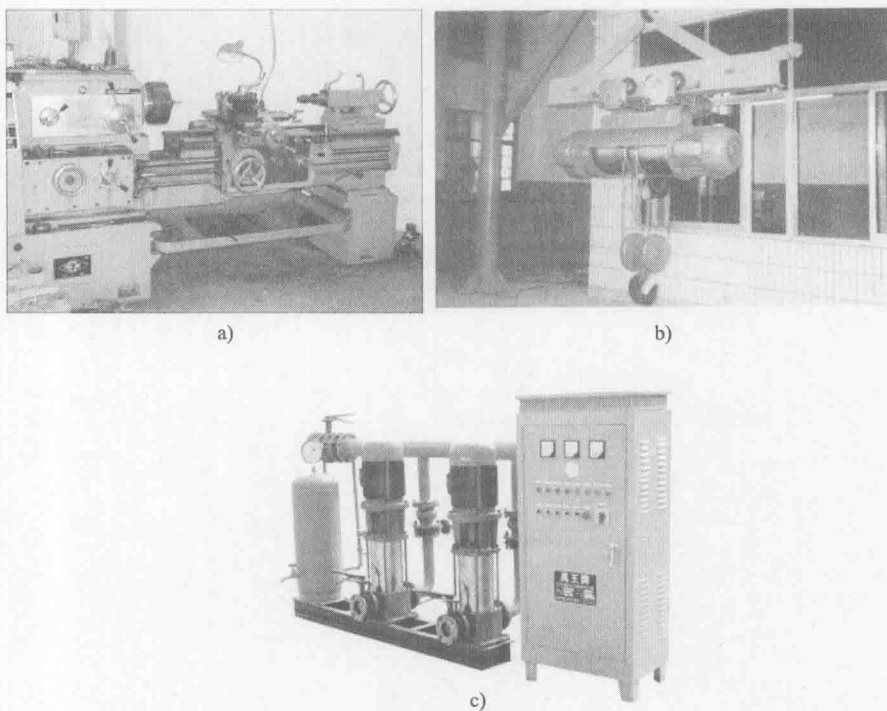


图 1—1 三相异步电动机的应用

a) 普通车床 b) 电动葫芦 c) 水泵

由于各种生产机械的工作性质和加工工艺不同,使得它们对电动机的控制要求不同。要使电动机按照生产机械的要求正常、安全地运转,必须配备一定的电器,组成一定的控制线路,才能达到目的。如图 1—2 所示就是某机床配电箱的电气控制线路的相关电器及仪表。在生产实践中,各种生产机械需用的电器类型和数量各不相同,构成的控制线路也不同,一

台生产机械的控制线路可以比较简单,也可能相当复杂,但任何复杂的控制线路都是由一些基本控制线路有机地组合而构成的。

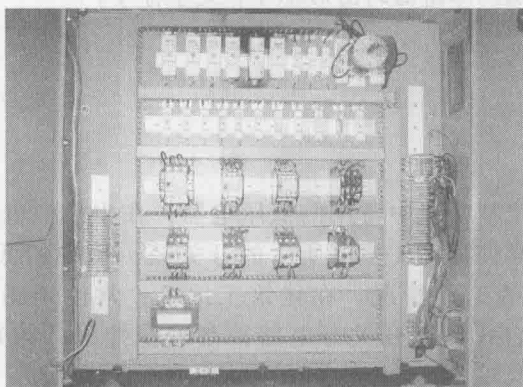


图 1—2 某机床配电箱电气控制线路的相关电器及仪表

## 课题一 三相笼型异步电动机正转控制线路的安装与检修

### 任务 1 认识低压开关和低压熔断器

#### 任务目标

1. 了解低压电器的基本概念。
2. 熟悉低压断路器、负荷开关、组合开关和低压熔断器的功能、基本结构、工作原理及型号含义,熟记它们的图形符号和文字符号。
3. 正确识别、检测、选用低压断路器、负荷开关、组合开关和低压熔断器。

#### 考工要求

##### 技能要求

1. 能根据工作任务正确选用工具、量具。
2. 能根据测量目的和要求选用电工仪表。
3. 能使用万用表、兆欧表、钳形电流表对电压、电阻、电流等进行测量。
4. 能识别刀开关、熔断器、断路器的规格型号,了解其用途。

## 相关知识

1. 常用低压开关和低压熔断器的结构、工作原理及其应用。
2. 常用低压开关和低压熔断器的图形符号和文字符号。

## 工作任务

低压开关是电动机控制线路中常用的低压电器，在生活中也经常能够见到。如在居民楼或办公楼里，人们常使用图 1—3a 所示的开关箱，箱中的低压断路器控制着电灯、空调、电风扇等电器的工作情况。在建筑工地上，常使用图 1—3b 所示的开关箱，箱中的低压断路器和开启式负荷开关等电器控制着搅拌机、抹光机等建筑机械的工作情况。

本任务的主要内容就是了解低压电器的基本知识，并完成常用低压开关和低压熔断器的识别与检测。

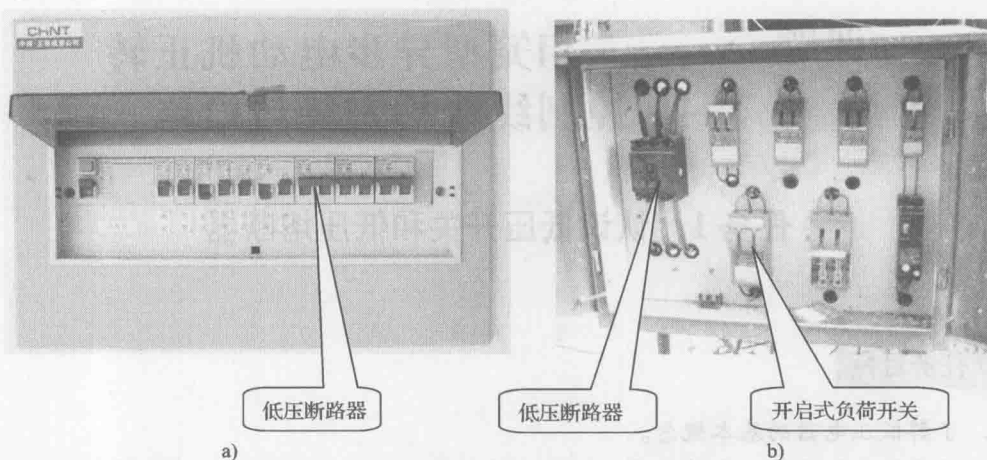


图 1—3 实际中常用的低压开关

a) 居民或办公楼中的开关箱 b) 建筑工地上的开关箱

## 相关知识

## 一、低压电器的分类方法和常用术语

不同的家用电器和不同的生产机械，其工作性质和加工工艺不同，使得它们对电动机的控制要求不同。要使电动机按照生产机械的要求正常安全地运转，必须配备一定的电器，组成一定的控制线路，才能达到目的。图 1—4 所示是 CK6140H 型数控车床及配电盘，不同的生产机械其配电盘不同，所用电器的数量、型号、规格也不相同。

所谓电器就是一种能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通或断开电路，实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节的元件或设备。

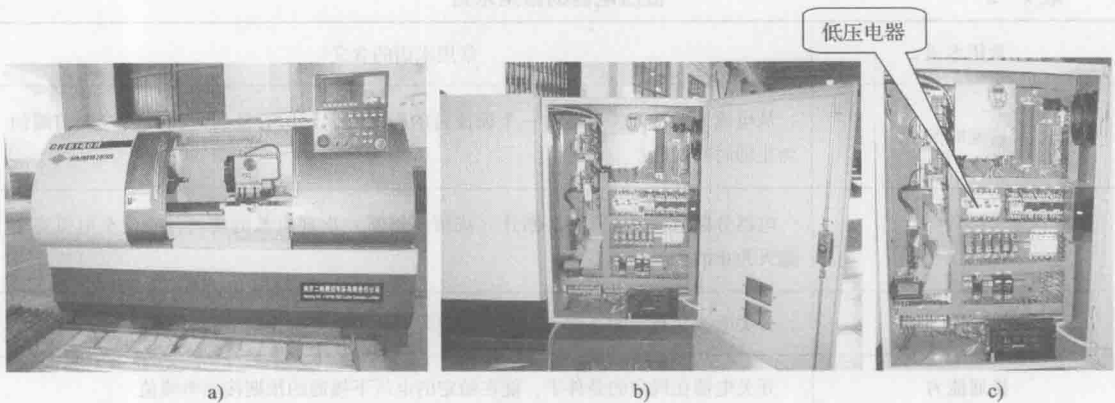


图 1—4 CK6140H 型数控车床及配电盘

a) CK6140H 型数控车床 b)、c) CK6140H 型数控车床配电盘

根据工作电压的高低，电器可分为高压电器和低压电器。工作在交流额定电压 1 200 V 及以下、直流额定电压 1 500 V 及以下的电器称为低压电器。低压电器作为基本器件，广泛应用于输配电系统和电力拖动系统中，在实际生产中起着非常重要的作用。

低压电器的种类繁多，分类方法也很多，常见的分类方法见表 1—1，低压电器的常用术语见表 1—2。

二、低压开关

图 1—3 中使用的低压断路器、负荷开关等都是常用的低压开关。低压开关一般为非自动切换电器，主要作为隔离、转换、接通和分断电路用。在电力拖动中，低压开关多数用做

表 1—1 低压电器常见的分类方法

| 分类                | 类别      | 说明及用途                                            |
|-------------------|---------|--------------------------------------------------|
| 按低压电器的用途和所控制的对象分类 | 低压配电电器  | 包括低压开关、低压熔断器等，主要用于低压配电系统及动力设备中                   |
|                   | 低压控制电器  | 包括接触器、继电器、电磁铁等，主要用于电力拖动与自动控制系统中                  |
| 按低压电器的动作方式分类      | 自动切换电器  | 依靠电器本身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作的电器，如接触器、继电器等    |
|                   | 非自动切换电器 | 主要依靠外力（如手控）直接操作来进行切换的电器，如按钮、低压开关等                |
| 按低压电器的执行机构分类      | 有触点电器   | 具有可分离的动触点和静触点，主要利用触点的接触和分离实现电路的接通和断开控制，如接触器、继电器等 |
|                   | 无触点电器   | 没有可分离的触点，主要利用半导体器件的开关效应来实现电路的通断控制，如接近开关、固态继电器等   |

表 1—2

低压电器的常用术语

| 常用术语   | 常用术语的含义                                      |
|--------|----------------------------------------------|
| 通断时间   | 从电流开始在开关电器的一个极流过的瞬间起,到所有极的电弧最终熄灭的瞬间为止的时间间隔   |
| 燃弧时间   | 电器分断过程中,从触头断开(或熔体熔断)出现电弧的瞬间开始,至电弧完全熄灭为止的时间间隔 |
| 分断能力   | 开关电器在规定的条件下,能在给定的电压下分断的预期分断电流值               |
| 接通能力   | 开关电器在规定的条件下,能在给定的电压下接通的预期接通电流值               |
| 通断能力   | 开关电器在规定的条件下,能在给定的电压下接通和分断的预期电流值              |
| 短路接通能力 | 在规定的条件下,包括开关电器的出线端短路在内的接通能力                  |
| 短路分断能力 | 在规定的条件下,包括开关电器的出线端短路在内的分断能力                  |
| 操作频率   | 开关电器在每小时内可能实现的最高操作循环次数                       |
| 通电持续率  | 电器的有载时间和工作周期之比,常以百分数表示                       |
| 电寿命    | 在规定的正常工作条件下,机械开关电器不需要修理或更换零件的负载操作循环次数        |

机床电路的电源开关和局部照明电路的控制开关,有时也可用来直接控制小容量电动机的启动、停止和正、反转。

下面介绍常用的低压开关——低压断路器、负荷开关和组合开关。

### 1. 低压断路器

几款低压断路器的外形图如图 1—5 所示。

(1) 功能及分类 低压断路器又叫自动空气开关或自动空气断路器,简称断路器。它集控制和多种保护功能于一体,在线路工作正常时,它作为电源开关不频繁地接通和分断电路;当电路中发生短路、过载和失压等故障时,它就能自动跳闸切断故障电路,保护线路和电气设备。

低压断路器具有操作安全、安装使用方便、工作可靠、动作值可调、分断能力较强、兼作多种保护、动作后不需要更换元件等优点,因此得到了广泛应用。

低压断路器的分类见表 1—3。

通常是按结构形式划分。在电力拖动系统中常用的是 DZ 系列塑壳式低压断路器,如 DZ5、DZ15 系列,其中 DZ5 系列为小电流系列,额定电流为 10 ~ 50 A,适用于交流频率 50 Hz、额定电压 380 V、额定电流至 50 A 的电路中。下面以 DZ5-20 型低压断路器为例介绍低压断路器的结构和工作原理。