



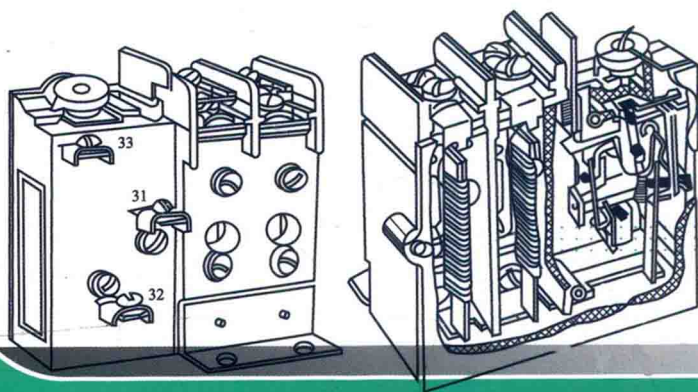
机电专业“十二五”规划教材



SHEBEI KONGZHI JISHU

设备控制技术

主编 金红基 郑火胜



航空工业出版社

机电专业“十二五”规划教材

设备控制技术

主编 金红基 郑火胜

航空工业出版社

北 京

内 容 简 介

全书分上、中、下三篇。上篇包括电气控制基础、常用低压电器、控制电路的基本环节和典型机床电气控制四个项目；中篇包括可编程控制器的产生、应用和发展，可编程控制器的组成及工作原理，可编程控制器的基本编程元件，可编程控制器的编程和指令系统四个项目；下篇包括液压传动基础、液压基本元件、液压基本回路、典型液压系统分析及设计四个项目。

本书可供高职、高专学校机械大类各专业使用，同时也可作为有关工程技术人员参考资料使用。

图书在版编目 (C I P) 数据

设备控制技术 / 金红基, 郑火胜主编. -- 北京 :
航空工业出版社, 2016. 2
ISBN 978-7-5165-0980-7

I. ①设… II. ①金… ②郑… III. ①机械设备—控
制系统—高等职业教育—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 029285 号

设备控制技术 Shebei Kongzhi Jishu

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010-84936597 010-84936343

三河市祥达印刷包装有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2016 年 2 月第 1 版

2016 年 2 月第 1 次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 20

字数: 499 千字

印数: 1—3000

定价: 42.00 元

设备控制技术是以电力拖动系统或生产过程为控制对象,以实现生产过程自动化为目的的控制技术,作为现代工业的基础,现已广泛应用于工业、农业、国防、科学技术各领域和人们的日常生活中,并随着科学技术的发展得到迅猛的发展。

随着工业化程度的不断深入,对从事工业生产与维护的技术人员提出了相应的要求,从而推动了高职教育教学的全面改革。根据我国高职教育教学的目标及要求,我们吸收了近年来走在高职改革前列的各大院校的教学改革的方法和成果,结合机械大类各专业的教学要求,同时考虑到对学生的创新知识和能力的培养等的基础上,综合原来《机床电器控制》、《可编程控制》与《液压传动》三门课程的教学内容,组织编写了《设备控制技术》教材。与其他教材相比,其特点有以下几个方面。

1. 理论与实践相结合。在内容上以设备控制技术为主线,从应用的角度综述了电气控制技术、PLC 技术、液压传动技术,以培养和提高学生的应用能力为目标,注重理论与实际相结合,进行详尽而实用的阐述。

2. 体例新颖,内容连贯。采用项目式教学方法编排内容,共分 12 个项目,每个项目又分解成若干个教学任务,每个教学任务都有任务实施。坚持“学中做,做中学”的教学原则,让学生认真完成每个任务,使其在动手操作的过程中学习并掌握相关专业知识或操作技能。

3. 体例丰富,环环相扣。每个项目开头设有项目导读、知识目标和技能目标,便于学生学习主要知识;每个任务结束设有任务实施和任务学习效果测试,每个项目结束设有项目学习效果综合测试,包含填空、选择、判断、简答及分析计算等题,以查漏补缺,巩固所学知识。

4. 贴近生产和生活。本书所涉及的内容尽量地采用图文并茂,并竭力做到贴近生产和生活。一方面提高了学生学习的趣味性,同时也突显了本课程的特色。

本书由甘肃畜牧工程职业技术学院金红基和武汉城市职业学院郑火胜担任主编,甘肃畜牧工程职业技术学院靳瑞生、许东生和广西大禹节水有限公司总经理张战祥、河南科技学院郑丽媛、唐山学院宋凤娟担任副主编,新乡职业技术学院张凯娟参与编写,甘肃畜牧工程职业技术学院张承国和王海涛担任主审。具体编写分工如下:金红基编写项目二、项目三、项目四和附录,郑火胜编写项目一、项目八,靳瑞生编写项目五、项目六、项目七,许东生编写项目十,张战祥编写项目十一,郑丽媛编写项目十二,宋凤娟编写项目九。

在本书的编写过程中，我们参考了大量的相关教材和资料，在此向这些资料的作者表示衷心的感谢。由于编者经历和水平有限，书中难免存在疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

另外，本书配有丰富的教学资源包，读者可登录北京金企鹅联合出版中心网站（www.bjjqe.com）下载。

编 者

2016年1月

上篇 电气控制部分

项目一 电气控制基础

“给我一个按钮，我就能控制整个世界”，这句话巧妙地体现了电气控制技术的重要性。现在，让我们从电气控制技术基础开始，探索其中的奥秘吧！

任务一 了解低压电器的基本知识	4	四、电气安装接线图	12
一、低压电器的分类	4	任务实施	12
二、低压电器的基本结构	4	任务学习效果测试	13
任务实施	8	任务三 了解电气控制线路分析的	
任务学习效果测试	8	基本知识	13
任务二 了解电气控制系统图的基本		一、电气控制线路分析的内容	13
知识	8	二、电气原理图阅读分析的方法与步骤	14
一、电气控制系统图的图形、文字符号	8	任务实施	15
二、电气原理图的画法规则	9	任务学习效果测试	15
三、电气元件布置图	11	项目学习效果综合测试	15

项目二 常用低压电器

在电气控制系统中，远距离控制需要接触器实现，信号转换需要继电器执行，电路保护要需要熔断器完成……你了解接触器、继电器、熔断器等这些如此重要的低压电器吗？现在让我们一起来揭开它们神秘的面纱！

任务一 认识接触器	18	任务实施	21
一、接触器的分类	18	任务学习效果测试	22
二、接触器的结构与原理	19	任务二 认识继电器	22
三、常用接触器介绍	20	一、电磁式继电器	22
四、接触器的选用原则	21	二、时间继电器	24

任务实施	27	二、控制开关	34
任务学习效果测试	27	任务实施	37
任务三 认识刀开关及断路器	27	任务学习效果测试	38
一、刀开关	27	任务五 认识保护电器及其他电器	38
二、低压断路器	30	一、保护电器	38
三、漏电断路器	32	二、其他电器	41
任务实施	32	任务实施	43
任务学习效果测试	33	任务学习效果测试	43
任务四 认识主令电器	33	项目学习效果综合测试	43
一、控制按钮	33		

项目三 控制电路的基本环节

控制电路在整个形式繁琐、功能复杂的电气控制系统中发挥着极其重要的作用，如三相异步电动机的启动、制动、正反转都是通过控制电路来实现的。本项目便通过分析几个基本控制电路，带你走进电气控制的世界！

任务一 掌握三相异步电动机全压		任务学习效果测试	58
启动控制电路	48	任务三 掌握三相异步电动机制动	
一、单向旋转控制电路	48	控制电路	58
二、顺序控制电路	50	一、能耗制动控制电路	59
三、可逆转控制电路	51	二、反接制动控制电路	59
任务实施	53	任务实施	60
任务学习效果测试	54	任务学习效果测试	60
任务二 掌握三相异步电动机降压		任务四 掌握其他典型控制电路	61
启动控制电路	54	一、联锁控制	61
一、定子绕组串电阻（电抗）启动控制		二、电动机控制的保护环节	61
电路	54	任务实施	63
二、自耦变压器降压启动控制电路	56	任务学习效果测试	63
三、Y- Δ 降压启动控制电路	57	项目学习效果综合测试	63
任务实施	58		

项目四 典型机床电气控制

学需以致用，学习电气控制的相关知识，是为了能够分析典型电气控制系统的原理，从而可以设计出基本的电气控制线路。现在，让我们一起来学习吧！

任务一 分析 CA6140 卧式车床电气控制系统.....	68	三、X6132 卧式铣床电气控制线路分析.....	74
一、CA6140 卧式车床的主要结构及运动情况.....	68	任务实施.....	78
二、CA6140 卧式车床的电力拖动与电气控制要求.....	68	任务学习效果测试.....	78
三、CA6140 卧式车床的电气控制线路分析.....	69	任务三 分析 Z3040 型摇臂钻床电气控制系统.....	79
四、CA6140 卧式车床的电气控制特点及故障分析.....	71	一、Z3040 型摇臂钻床的机床结构及控制特点.....	79
任务实施.....	72	二、Z3040 型摇臂钻床的电路工作原理.....	81
任务学习效果测试.....	72	任务实施.....	83
任务二 分析 X6132 卧式铣床电气控制系统.....	72	任务学习效果测试.....	83
一、X6132 卧式铣床的主要结构及运动情况.....	72	任务四 设计电气控制线路原理图.....	83
二、X6132 卧式铣床的电气控制要求.....	73	一、电气原理图设计的基本步骤.....	83
		二、电气原理图的设计方法.....	84
		三、原理图设计中应注意的问题.....	85
		任务实施.....	86
		任务学习效果测试.....	86
		项目学习效果综合测试.....	87

中篇 可编程控制器部分

项目五 可编程控制器的产生、应用和发展

“顺序启”、“逆序停”、“限位运行”等一系列电气命令得以实现，整个电气系统得以精准、有条理地持续运行，都是依赖可编程控制器的控制。现在，让我们一起来看一下，成为现代工业控制支柱之一的可编程控制器，是如何应运而生，又是如何发展壮大的。

任务一 了解可编程控制器的产生和特点.....	94	任务学习效果测试.....	98
一、可编程控制器的产生.....	94	任务二 了解可编程控制器的应用范围及发展方向.....	98
二、可编程控制器的定义.....	94	一、可编程控制器的应用范围.....	98
三、可编程控制器的特点.....	95	二、可编程控制器的发展方向.....	99
四、可编程控制器的分类.....	96	任务实施.....	101
任务实施.....	98	任务学习效果测试.....	101

任务三 比较可编程控制器系统与其他工业控制系统的区别 101

一、可编程控制器系统与继电器控制系统的区别 101

二、可编程控制器系统与微型计算机系统的区别 103

任务实施 104

任务学习效果测试 104

项目学习效果综合测试 104

项目六 可编程控制器的组成及工作原理

可编程控制器之所以能充分发挥它的作用，是源于它自身各模块之间的协调合作。就像是中枢神经系统支配着我们身体各部位的动作一样，可编程控制器的中央处理器也支配着其存储器、各类接口等模块的运行。本项目首先介绍可编程控制器的各个组成部分，在此基础上再介绍其整体的工作原理。以先局部、后整体的方式将可编程控制器清晰而完整的呈现在我们面前！

任务一 掌握可编程控制器系统的组成 108

一、中央处理单元（CPU） 108

二、存储器 109

三、输入/输出接口 109

四、输入/输出扩展接口 114

五、外设输入/输出接口 114

六、电源 114

任务实施 114

任务学习效果测试 115

任务二 掌握可编程控制器的工作过程与编程语言 115

一、可编程控制器的工作过程 115

二、掌握可编程控制器的编程语言 117

任务实施 118

任务学习效果测试 118

项目学习效果综合测试 119

项目七 可编程控制器的基本编程元件

“巧妇难为无米之炊”，再好的软件程序也要借助一定的硬件基础才能使其自身作用得以有效发挥。具体来说，计数、定时、算术运算、逻辑运算等功能的实现，除了要借助正确而完整的程序，还要有相应的编程元件作为硬件保障。为给可编程控制器的有效运行奠定良好的硬件基础，本项目将详细介绍可编程控制器的型号系列、各类编程元件等，让我们一起来了解吧！

任务一 了解 FX2N 系列可编程控制器的型号和硬件配置 122

一、FX2N 系列可编程控制器的型号说明 122

二、FX2N 系列可编程控制器的硬件配置 122

任务实施 124

任务学习效果测试 124

任务二 认识 FX2N 系列可编程控制器

的编程元件..... 124

一、输入继电器 (X) 125

二、输出继电器 (Y) 125

三、辅助继电器 (M) 126

四、状态器 (S) 127

五、定时器 (T) 127

六、计数器 (C) 128

七、数据寄存器 (D) 129

八、变址寄存器 (V/Z) 130

九、指针 (P, I) 130

十、常数 (K, H) 131

任务实施..... 131

任务学习效果测试..... 132

项目学习效果综合测试..... 132

项目八 可编程控制器的编程和指令系统

每一首美妙的乐曲都是由一个个音符组成, 每一个完整的程序也都是由一条条指令构建的。我们想要成为程序的读写达人, 必须先从认识每一条指令开始。现在, 让我们向着成为程序读写达人的第一步迈进!

任务一 掌握 FX2N 系列的基本逻辑

指令编程方法..... 136

一、输入/输出指令 LD, LDI, OUT 136

二、触点串联指令 AND, ANI 136

三、触点并联指令 OR, ORI 137

四、串联电路块的并联连接指令 ORB 137

五、并联电路块的串联连接指令 ANB 138

六、多重输出指令 MPS, MPD, MPP 139

七、主控及主控复位指令 MC, MCR 140

八、置位与复位指令 SET, RST 141

九、脉冲输出指令 PLS, PLF 142

十、空操作指令 NOP 143

十一、程序结束指令 END 143

十二、梯形图编程注意事项 143

十三、应用实例 145

任务实施..... 147

任务学习效果测试 147

任务二 掌握 FX2N 系列的步进指令

编程方法..... 147

一、状态转移图 147

二、步进指令 STL/RET 149

三、多分支状态转移图的处理 149

四、应用实例 151

任务实施..... 152

任务学习效果测试..... 153

任务三 掌握可编程控制器控制系统

的设计方法..... 153

一、可编程控制器控制系统设计的主要

内容与方法 153

二、可编程控制器控制系统应用实例 155

任务实施..... 157

任务学习效果测试..... 157

项目学习效果综合测试..... 157

下篇 液压控制部分

项目九 液压传动基础

相信您一定见到过大卡车等庞然大物被一个小小的千斤顶轻而易举地托起,您是否会对千斤顶这个“能量小巨人”产生浓厚的兴趣呢?让我来偷偷告诉你:这个“小巨人”的能量属于压力能。本项目将通过介绍液压传动、液压油与液压流体力学以及流体力学等基础知识,为您逐步揭开“小巨人”的神秘面纱。

任务一 熟悉液压传动·····	164	任务实施·····	173
一、液压传动的工作原理及组成·····	164	任务学习效果测试·····	173
二、液压传动系统的职能符号·····	166	任务三 了解流体力学基础·····	173
三、液压传动的优缺点、应用与发展·····	167	一、液体静力学基础·····	173
任务实施·····	168	二、液体动力学基础·····	176
任务学习效果测试·····	168	三、液体流经小孔的流量·····	180
任务二 了解液压油与液压流体力学		四、液压冲击和空穴现象·····	181
基础·····	169	任务实施·····	182
一、液体的物理性质·····	169	任务学习效果测试·····	182
二、对液压油的要求、选用和使用·····	171	项目学习效果综合测试·····	182

项目十 液压基本元件

液压传动,简单说来就是将机械能转变为压力能并再次转变为机械能以驱动负载的过程,但能量的转变往往离不开液压泵、液压缸以及液压马达等液压元件之间的协作。本项目将分别对液压基本元件逐一进行介绍,为我们更好的了解液压传动原理奠定好的理论基础。现在,让我们开启对液压基本元件的探索之旅吧!

任务一 认识液压泵与液压马达·····	186	三、伸缩式液压缸·····	199
一、液压泵与液压马达概述·····	186	四、增压缸·····	200
二、液压泵·····	189	五、摆动式液压缸·····	200
三、液压马达·····	195	任务实施·····	201
任务实施·····	196	任务学习效果测试·····	202
任务学习效果测试·····	196	任务三 认识液压控制阀·····	202
任务二 认识液压缸·····	196	一、液压控制阀概述·····	202
一、活塞式液压缸·····	197	二、方向控制阀·····	203
二、柱塞式液压缸·····	199	三、压力控制阀·····	211

四、流量控制阀	217	三、油箱	226
五、其他控制阀简介	218	四、密封件	227
任务实施	221	五、油管和管接头	230
任务学习效果测试	221	六、压力表及压力表开关	233
任务四 认识液压辅助元件	221	任务实施	235
一、蓄能器	221	任务学习效果测试	235
二、过滤器	222	项目学习效果综合测试	235

项目十一 液压基本回路

不同的液压元件构成不同的液压回路，不同的液压回路又可以构成不同的液压系统。在熟悉液压基本元件的基础之上，让我们借助本项目来进一步学习液压基本回路，为后续了解不同功能的液压系统做进一步的准备吧！

任务一 了解速度控制回路	242	三、卸荷回路	256
一、调速回路	242	四、保压回路	258
二、快速运动回路	246	五、平衡回路	259
三、速度换接回路	248	任务实施	260
任务实施	250	任务学习效果测试	260
任务学习效果测试	251	任务四 了解多缸动作控制回路	260
任务二 了解方向控制回路	251	一、顺序动作回路	261
一、换向回路	251	二、同步回路	262
二、锁紧回路	252	三、互不干扰回路	263
任务实施	254	四、互锁回路	263
任务学习效果测试	254	任务实施	264
任务三 了解压力控制回路	254	任务学习效果测试	264
一、调压回路	254	项目学习效果综合测试	265
二、减压回路	256		

项目十二 典型液压传动系统分析及设计

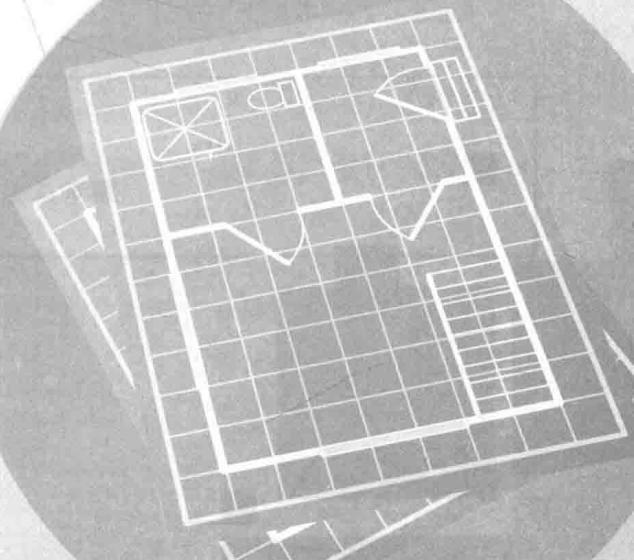
知识源于生活又要回归于生活，我们学习液压传动系统是为了在生活中能对其有更充分地利用。这就需要我们能举一反三，借助对典型液压传动系统的分析以及设计来快速掌握设计原则以及设计方法，从而进一步方便我们的生活！

任务一 分析组合机床动力滑台液压系统	272	一、液压系统的设计依据和工况分析	284
一、YT4543 型动力滑台液压系统	272	二、液压系统主要参数的确定	286
二、YT4543 型动力滑台液压系统的特点	275	三、液压系统原理图的拟定和方案论证	288
任务实施	275	四、选择液压元件	289
任务学习效果测试	276	五、液压系统性能验算	290
任务二 分析汽车起重机液压系统	276	六、绘制正式工作图、编制技术文件	291
一、汽车起重机液压系统	276	任务实施	292
二、汽车起重机液压系统的特点	279	任务学习效果测试	293
任务实施	279	项目学习效果综合测试	293
任务学习效果测试	279	综合题	293
任务三 分析加工中心液压系统	279	附录	297
一、加工中心液压系统的工作原理	279	附录 A 电气图常用图形符号与文字符号	297
二、加工中心液压的系统特点	283	附录 B 常用液压元件图形符号 (GB/T786.1—2009)	300
任务实施	283	参考文献	305
任务学习效果测试	283		
任务四 设计液压传动系统	284		

上 篇

电气控制部分

电气控制技术是以各类电动机为动力的传动装置与系统为对象,以实现生产过程自动化的控制技术,在机械生产中得到了广泛的应用,是设备控制技术的重要内容。电气控制系统是其中的主干部分。任何一个电气控制系统都是由控制电路组成的,而控制电路是由常用低压电器构建的。因此,本篇的学习思路是电气控制基础→常用低压电器→控制电路的基本环节→典型机床电气控制。



项目一 电气控制基础



项目导读

电气控制技术是以各类电动机为动力的传动装置与系统为对象,以实现生产过程自动化的控制技术,是设备控制技术的重要内容。本项目通过三个工作任务,介绍了低压电器、电气控制系统图、电气控制线路分析的基本知识。



知识目标

- 了解低压电器的分类方法
- 掌握低压电器的基本结构
- 了解电气系统图中的图形符号和文字符号式,熟悉电气原理图的画法规则
- 了解电气元件布置图和电气安装接线图
- 了解电气控制线路分析的内容



技能目标

- 能够掌握电气原理图分析的方法与步骤

任务一 了解低压电器的基本知识

电器按其工作电压等级可分成高压电器和低压电器。低压电器通常是指用于交流 1 200 V 以下、直流 1 500 V 以下电路，起通断、控制、保护与调节等作用的电器。

一、低压电器的分类

低压电器的功能多、用途广、品种规格繁多，为了系统地掌握，必须加以分类。

1. 按电器的动作性质分

- ① 手动电器 人工操作发出动作指令的电器，如刀开关、按钮等。
- ② 自动电器 不需人工直接操作，按照电的或非电的信号自动完成接通、分断电路任务的电器，如接触器、继电器、电磁阀等。

2. 按电器的用途分

- ① 控制电器 用于各种控制电路和控制系统的电器，如接触器、继电器、电动机启动器等。
- ② 配电电器 用于电能的输送和分配的电器，如刀开关、低压断路器等。
- ③ 主令电器 用于自动控制系统中发送动作指令的电器，如按钮、转换开关等。
- ④ 保护电器 用于保护电路及用电设备的电器，如熔断器、热继电器等。
- ⑤ 执行电器 用于完成某种动作或传送功能的电器，如电磁铁、电磁离合器等。

3. 按电器的工作原理分

- 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。

二、低压电器的基本结构

下面以电磁继电器为例，介绍低压电器的基本结构。

电磁式电器类型很多，从结构上看大都由感测部分和执行部分组成。其中感测部分接受外界输入的信号并作出相应的指令，执行部分输出相应的指令，达到控制的目的。对于有触点的电磁式电器，感测部分大都是电磁机构，执行部分是触点系统。另外，有的电磁继电器还装有灭弧系统来熄灭电弧。