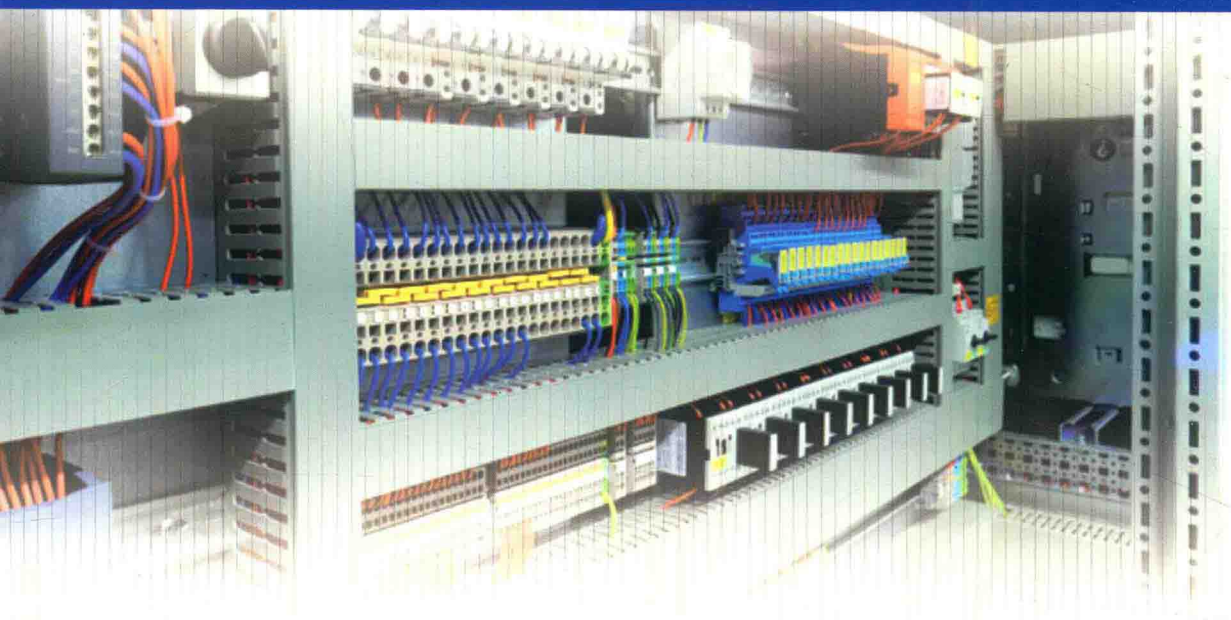


电气工程技术 实训教程

Electrical Engineering Technology
Training Course



主 编 李继芳

副主编 胡天林 许英杰



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

电气工程技术实训教程

主 编 李继芳
副主编 胡天林 许英杰



厦门大学出版社 国家一级出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

电气工程技术实训教程 / 李继芳主编. — 厦门 : 厦门大学出版社, 2016.6
ISBN 978-7-5615-6072-3

I. ①电… II. ①李… III. ①电气工程-教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 122350 号

出 版 人 蒋东明

责任编辑 陈进才

装帧设计 李嘉彬

责任印制 许克华

出版发行 厦门大学出版社

社 址 厦门市软件园二期望海路 39 号

邮政编码 361008

总 编 办 0592-2182177 0592-2181406(传真)

营销中心 0592-2184458 0592-2181365

网 址 <http://www.xmupress.com>

邮 箱 xmupress@126.com

印 刷 厦门市金凯龙印刷有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 14

字数 342 千字

版次 2016 年 6 月第 1 版

印次 2016 年 6 月第 1 次印刷

定价 35.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



厦门大学出版社
微信二维码



厦门大学出版社
微博二维码

前 言

本教材是在厦门大学机电工程训练中心于 2009 年为全校理工类专业学生开设的“电气工程技术实训”讲义的基础上,为适应本科教学,经多年试用、修订而成。

电气工程技术实训课程包括三个模块内容,第一个模块是电气基本技能训练模块,第二个模块是可编程控制器应用实践训练模块,第三个模块是创意机器人设计与实践训练模块。在实训教学内容的选定上,既考虑了最基础的电气基本技能的训练内容,以传统的继电-接触器电气控制系统作为基础电气安装接线训练内容,也结合了现代工业自动化的三大支柱技术(可编程控制器、数控技术、工业机器人),选取了可编程控制器、机器人技术两个先进的工业自动化的内容。

可编程控制器(PLC)是近 40 年发展起来的现代工业控制技术,它把计算机的编程灵活、功能齐全、应用面广等优点和继电器系统的控制简单、使用方便、抗干扰能力强、价格便宜等优点结合起来,并且其本身具有体积小、功耗低、性能稳定等特点,因而日益取代由大量中间继电器、时间继电器、计数继电器等组成的传统继电-接触控制系统,在工业生产过程控制中得到了广泛应用。另外,它不仅充分利用微机处理器的优点来满足各种工业领域的实时控制要求,同时也照顾到现场电气操作维护人员的技能和习惯,摒弃了微机常用的计算机编程语言的表达形式,独具风格地形成一套以继电器梯形图为基础的形象编程语言,程序编制清晰直观、方便易学,调试和查错都很容易。可编程控制器 PLC 在现代工业自动化控制中是最值得重视的先进控制技术,PLC 应用的深度和广度已经成为一个国家工业先进的重要标志之一。

机器人为工程技术领域的集大成之作,机器人学集中了动力源技术、驱动技术、传感器技术、机器视觉技术、人工智能技术、通信技术、路径规划技术等一系列工业工程中的前沿工程技术。由于机器人广泛的应用前景以及前沿工程技术的综合应用,所以无论是工业厂商、科研机构都大力研究和发 展机器人技术;同时高等院校紧跟科学技术发展的趋势,也开始开设机器人相关的教学以及实训课程,此举可极大加强学生对各种技术的理解、综合运用以及融会贯通。机器人技术的研究和教学无论是从机器人本身的应用前景来看,还是作为一个工程技术的综合应用来看都是一个非常有价值的平台。

我国的工程教育,多年来由于受科学主导工程的思想影响,过于强调理论

学习,不重视工程实践和综合能力的培养,需要进行教育观念改变和教学模式创新。本教材以工程项目或者实训任务导入,学生围绕项目进行理论学习,按照项目的工程要求,完成项目内容,培养学生理论指导实践,在实践中解决问题的能力以及团结协作、沟通交流的能力。

全书共分9章,第1~3章是电气基本技能模块的章节内容,第4~6章是可编程控制器模块的章节内容,第7~9章是创意机器人设计与实践模块的章节内容。第1章介绍电气安装接线基本知识,第2章讲述电气控制线路识图绘制与安装调试,第3章主要是电气控制安装接线训练实训任务,第4章介绍PLC的基础知识,第5章讲述S7-300 PLC指令,第6章主要为PLC应用实训任务,第7章介绍创意机器人的基础知识,第8章讲述创意机器人的开发环境,第9章主要是创意机器人的实训任务与课程要求。

本书由李继芳任主编,胡天林与许英杰任副主编。第1章由陈新、李继芳共同编写,第2章、第3章、第4章由李继芳编写,第5章由许英杰编写,第6章由许英杰、鲍平共同编写,第7章由谢路生、朱建共共同编写,第8章、第9章由胡天林编写。第1章、第2章、第3章由李继芳统稿,第4章、第5章、第6章由许英杰统稿,第7章、第8章、第9章由胡天林统稿,全书由李继芳统稿。本书在编写过程中,林育兹老师提出了宝贵的修改意见。南京理工大学的姜建芳教授对第一、第二模块的内容提出了意见和建议。陈新老师对本书第一模块的内容作了先期的素材整理和准备工作,沈绿楠和黄文娟对第1~3章的插图和文字做了补充和校订,在此一并表示感谢。

由于笔者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大同仁和读者提出宝贵意见。

编 者

2016年5月

目 录

电气实训学生守则.....	1
电气实训学生成绩考核办法.....	3
电气实训安全管理规定.....	5

第 1 篇 继电-接触器控制电气安装接线训练

第 1 章 电气安装接线基础知识.....	8
1.1 电工通用工具的使用方法	8
1.2 导线的选择和连接.....	11
1.3 常用低压电器介绍.....	13
第 2 章 电气控制电路识读绘制与安装调试	28
2.1 电气控制电路图的识读与绘制.....	28
2.2 电气控制布置图的绘制.....	30
2.3 电气控制接线图的识读与绘制.....	32
2.4 继电-接触器控制电路安装与调试步骤	34
第 3 章 电气控制线路安装接线实训任务	37
3.1 实训任务 1 电动机连续与点动混合正转控制电路	37
3.2 实训任务 2 接触器联锁的电动机正反转控制电路	38
3.3 实训任务 3 双速电动机的高低速切换控制电路	39
3.4 实训任务 4 三相异步电动机启动时间控制电路	41
3.5 实训任务 5 三相异步电动机制动控制电路	42
3.6 接线训练评分细则及实训报告要求.....	44

第 2 篇 S7-300 可编程控制器应用实训

第 4 章 PLC 的基础知识	48
4.1 PLC 概述	48
4.2 S7-300 硬件系统基本结构	54
4.3 S7-300 软件开发基础知识	58
4.4 工业网络介绍.....	61

第 5 章 S7-300 PLC 指令	64
5.1 指令基础	64
5.2 位逻辑指令	68
5.3 定时器指令	75
5.4 计数器和比较指令	83
5.5 移位和循环指令	91
5.6 算术运算指令	94
5.7 模拟量应用	98
第 6 章 PLC-300 应用实训	109
6.1 实训示例 1 “一台电机启停控制”PLC 项目实施	109
6.2 实训示例 2 仿真 PLC 应用	121
6.3 实训任务 1 一盏灯的启停控制	123
6.4 实训任务 2 数码显示	124
6.5 实训任务 3 抢答器	125
6.6 实训任务 4 交通灯电路设计	125
6.7 实训任务 5 喷泉的模拟控制	126
6.8 实训任务 6 一个按钮控制两盏灯	127
6.9 实训任务 7 定时器扩展	127
6.10 实训任务 8 罐装流水线	128
6.11 实训任务 9 跑马灯控制	129
6.12 实训任务 10 天塔之光	129
6.13 实训任务 11 算数求解	130
6.14 实训任务 12 液位高度检测	131
6.15 综合实训 1 邮件分拣的模拟控制	132
6.16 综合实训 2 四层电梯的模拟控制	134
6.17 PLC 实训报告书写要求	136

第 3 篇 创意机器人设计与实践

第 7 章 创意机器人的基础知识	138
7.1 创意机器人的基础元件及基本用法	138
7.2 创意机器人的基础知识	146

第 8 章 创意机器人的开发环境	158
8.1 控制器介绍	158
8.2 编程之前的硬件测试	159
8.3 级别 1:初学者阶段	161
8.4 级别 2:子程序的编写	170
8.5 级别 3:变量的使用	173
8.6 级别 4:用户定义命令	197
第 9 章 创意机器人的实践任务	202
9.1 创意机器人的实践任务	202
9.2 创意机器人的实训要求	212

电气实训学生守则

厦门大学机电工程训练中心

电气实训是教学实践环节中的重要组成部分,是培养学生实践创新能力、理论和实际相结合以及规范操作的重要手段,为此学生必须端正思想态度,认真完成实训任务。

一、考勤

1. 实训期间严格遵守中心的作息制度,不迟到、早退和旷课,迟到或早退 30 分钟以上者按旷课一次处理。
2. 实训期间如生病,需出具医生证明,并向中心请假,所缺课程应向中心申请补修。
3. 实训期间原则上不允许请事假,如果确有需要,需报经中心批准,不允许事后补假,所缺课程应向中心申请补修。
4. 实训期间参加学校院系相关活动的学生,需要持所属学院或教务处的证明材料,事先向中心请假,所缺课程应向中心申请补修。
5. 违反考勤制度的学生,其考核成绩按照《电气实训学生成绩考核办法》处理。

二、细则

1. 请将书包及食品、饮料等个人物品,整齐摆放到指定的桌上,雨具一律放在教室外的走廊上,不要带到实训实验室,以免影响操作。
2. 认真做好实训前的准备工作,进入实训场地后必须服从指导教师的安排,未经许可不得擅自接通电源开动机器设备。
3. 上课认真听讲,注意观摩,做好课堂笔记,不允许课堂上玩手机等电子产品。操作前必须充分了解训练设备、工具的性能及其使用方法,操作设备时必须遵守安全操作规程,不得违规操作。对不清楚的问题应及时提问,做到没有疑问后才开始操作。
4. 实训期间,学生必须严格遵守《电气实训安全管理规定》。
5. 实训期间,学生必须遵守课堂纪律,不得在实验室嬉戏打闹、大声喧哗、串岗及做与实训无关的事情。
6. 实训操作应按照要求分组或者独立完成,不得相互帮忙;实训报告必须独立手写完成,不得相互抄袭。
7. 爱护实训设备、工具、量具等公共财物,对材料的使用力求节约(作为评分标准之一)。
8. 实训结束后,要做好设备、工具、材料的整理和场地的清洁工作,在教师许可后方可离去。
9. 尊重指导教师,如果有意见可按级反映。
10. 违反上述规定的同学,轻者由指导教师批评教育;情节严重者可取消其实训资格,

实训成绩不合格；造成安全事故者，除进行必要的经济赔偿外，还要酌情给予处理。

三、其他

本实训守则未尽事宜由厦门大学机电工程训练中心负责解释。

电气实训学生成绩考核办法

厦门大学机电工程训练中心

一、实训成绩构成

1. 电气实训成绩由实践考核、实训报告和日常考勤与纪律三部分构成。
2. 总成绩分数为 100 分,其中实践操作考核成绩占 60%,理论与实训报告成绩占 25%,实训考勤与纪律占 15%。
3. 各部分考核成绩均采用百分制,按照所占比例换算累加构成电气实训考核总成绩。

二、实训成绩实施细则

1. 实践考核(60 分)

各实训科目实践考核包含以下几方面内容:

(1)动手能力(5 分)

动手能力强 5 分,动手能力一般 3 分,动手能力差需重点指导 2 分。

(2)创新意识(5 分)

此项由各模块教师根据学生提出对本实训内容有创新想法创意的自行确定。

(3)实践操作(10 分)

正确操作认真练习 10 分,不按实训任务及工艺要求练习 5 分,不认真练习产生问题较多 0 分。

(4)实训任务(40 分)

按各实训科目制定的适宜本科目的实施细则评定成绩。

2. 实训报告(25 分)

由提交的实训报告给出成绩,不能按时提交者,酌情扣分;不提交者,不得分。

3. 日常考勤与纪律(15 分)(教师可根据实际情况加减分数)

(1)考勤(10 分)

全勤满分,迟到或早退一次 5 分,旷课 0 分。

(2)安全文明与纪律性(5 分)

根据学生在操作安全、实验台清洁整理、遵守纪律情况、帮助老师做些辅助性工作等方面考核,由指导教师自行确定。

4. 各模块成绩相加后除以总模块数得到的平均分为考核的总成绩。

三、有以下情况之一者视为总成绩不合格

1. 考核总成绩不满 60 分者。
2. 任一模块不满 60 分者。

3. 实训期间,请假超过实训课时 $1/3$ 者(含 $1/3$)。
4. 实训期间,迟到或早退超过实训课时 $1/3$ 者(含 $1/3$)。
5. 无故旷课一天者。

四、重修管理办法

1. 实训总成绩不满 60 分者需要重修;
2. 实训期间,某一模块成绩不满 60 分者,只需重修该模块。

五、其他

1. 本管理办法必须在每次电气实训前进行安全教育,向学生宣读,以便使其了解。
2. 本管理办法由厦门大学机电工程训练中心负责解释。

电气实训安全管理规定

厦门大学机电工程训练中心

为确保电气实训安全,根据学校有关规定,结合电气实训的特点,特制定以下安全管理规定。请仔细阅读这些规定,并在电气实训中自觉遵守,确保实训安全。

1. 进出各实训教室,禁止穿拖鞋或赤脚,应注意行走路线和留意周边物品,不要脚踩导线,不要拥挤和碰撞,避免滑倒、碰伤身体和损坏设备。

2. 实训前,应先熟悉安全用电规定,进入操作台后,先检查实训器材和设备状况,包括导线的绝缘情况,熟悉总电源开关位置及操作方法,清点设备和工具的数量,发现问题应及时报告。实训操作中,若不清楚操作内容,要主动向教师询问,不得擅自盲目操作。

3. 电气接线训练中,接线、拆线和改接线路须在断电下操作,即先接线再通电,先断电再拆线。对于强电实训,应由教师确认接线无误后才允许通电。对于多人合作实验,应注意协调配合,未经其他人同意,不得私自接通电源。

4. 电气接线训练中,在通电情况下,应严格遵循单手操作规范,严禁接触电源或带电体,杜绝双手带电操作。遇到漏电、触电和短路等危险情况,应立即断开总电源开关并报告教师处理。在电机转动时,要防止导线、发辫等物品被卷入;严禁用手碰触电机的转轴。

5. 实训操作过程中,若发现仪器和设备等的异常情况,如焦糊味、冒烟,甚至出现明火或人员触电等,应立即断电,停止操作并立即报告。

6. 实训结束时,应主动摆放好设备和仪器,整理好导线。如实填写实训登记本的内容(含故障信息),并由教师签字确认。没有签字,视为无效实训。在离开实训室之前,请带好自己的物品,并将纸屑等个人废弃物带走,扔到室外垃圾桶里。

7. 未经许可不得擅自用与实训无关的设备和器材,并严禁用电脑上网聊天、玩游戏、下载无关信息以及更改电脑设置等。

8. 实训室内禁止吸烟、吐痰、喧哗、嬉戏打闹及其他不良行为。

9. 任何人未经实验室主任书面同意,并办理借用手续之前,不得私自带走任何实验器材;否则,将按学校相关管理规定处理。

第1篇

继电—接触器控制电气安装接线训练

第1章 电气安装接线基础知识

1.1 电工通用工具的使用方法

电工通用工具是指一般专业电工经常使用的工具。对电气操作人员而言,能否熟悉和掌握电工工具的结构、性能、使用方法和规范操作,将直接影响工作效率和工作质量以及人身安全。

1. 低压验电器

(1) 低压验电器

低压验电器又称试电笔,是检验导线、电器是否带电的常用工具,检测及安全范围为50~500 V。低压验电器由笔尖、降压电阻、氖管、弹簧、笔尾金属体等部分组成,如图 1-1 所示。

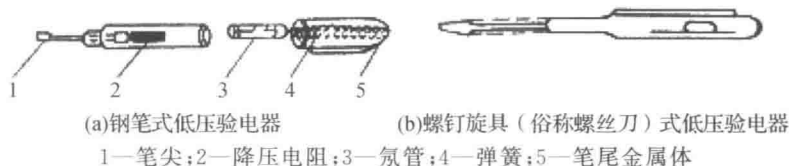


图 1-1 低压验电器

使用低压验电器时,必须按照图 1-2 所示的握法操作。注意手掌或手指必须接触笔尾的金属体(钢笔式)或测电笔顶部的金属螺钉(螺钉旋具式)。这样,只要带电体与大地之间的电位差超过 50 V 时,电笔中的氖泡就会发光。

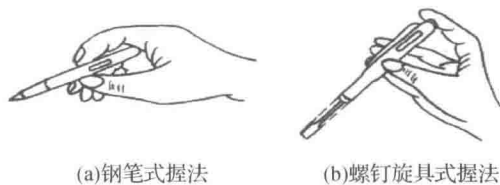


图 1-2 低压验电器的握法

低压验电器的使用方法和注意事项:

- ① 必须正确握持验电器,氖管小窗朝向自己;
- ② 使用前,应在确有电源处试测,证明验电器确实良好,方可使用;
- ③ 在明亮的光线下往往不容易看清氖泡的辉光,应注意避光;
- ④ 电笔的笔尖只能承受很小的扭矩,不能像螺丝刀那样使用,否则会受到损坏;
- ⑤ 低压验电器可以用来区分相线和零线,氖泡发亮的是相线,不亮的是零线;如果在三

相四线制电路中发生单相接地故障,用电笔测试中性线时,氖泡会发亮;

⑥测量交流电时,氖管中的两个电极同时发亮;直流电通过验电笔时,氖管中只有一个电极发亮;

⑦低压验电器可用来判断电压的高低。氖泡越暗,表明电压越低,反之电压越高。

(2) 数显测电笔

适用于直接测检 12~220 V 的交直流和间接测检交流电的零线、相线和断点。

数显测电笔的使用方法和注意事项:

- ①最后数字为所测电压值;
- ②未到高段显示值 70% 时,显示低段值;
- ③测量直流电时应手碰负极;
- ④测量小于 12 V 电压物体是否带电时,可用感应电极;
- ⑤带感应电的被测物必须接地或接零;
- ⑥断点检测的测试范围是 12~250 V(AC/DC);
- ⑦勿同时接两个电极进行测试,否则检测结果将会不准确或会削弱感应灵敏度。

2. 钢丝钳

钢丝钳又称克丝钳、老虎钳,是电工应用最频繁的工具。电工钢丝钳由钳头和钳柄两部分组成。钳头包括钳口、齿口、刀口、铡口四部分,其结构如图 1-3 所示。使用钢丝钳时应注意:

- (1)使用前,检查绝缘柄,确定状况良好,不得带电操作,以免发生触电事故;
- (2)剪切带电导线时,必须单根进行,以免造成短路事故;
- (3)使用钢丝钳时要刀口朝向内侧,便于控制剪切部位;
- (4)不能用钳头作为敲打工具。钳头的轴销应经常加机油润滑,保证其开闭灵活。

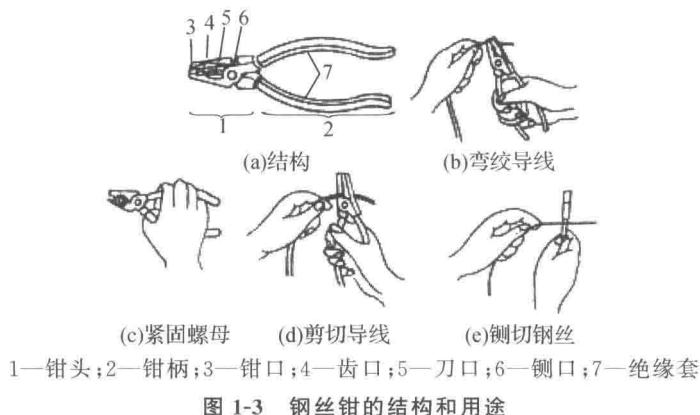


图 1-3 钢丝钳的结构和用途

3. 尖嘴钳

尖嘴钳外形图如图 1-4 所示,其头部尖细,适用于在狭小的空间操作。钳头用于夹持较小螺钉、垫圈、导线和把导线端头弯曲成所需形状;刀口用于剪断细小的导线、金属丝等。电工用尖嘴钳采用绝缘手柄,其耐压等级为 500 V。