



高等职业教育电子信息类“十一五”规划教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU DIANZI XINXI LEI SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

- 主 编 许志军 王光福
- 副主编 向守均 陈晓峰 郭炳鳌
姜洪训 李世文
- 主 审 吴建华

电气自动化控制技术 实训教程

DIANQI ZIDONGHUA KONGZHI JISHU SHIXUN JIAOCHENG



电子科技大学出版社

高等职业教育电子信息类“十一五”规划教材

电气自动化控制 技术实训教程

主 编 许志军 王光福

副主编 向守均 陈晓峰 郭炳鳌

姜洪训 李世文

主 审 吴建华

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气自动化控制技术实训教程/许志军,王光福主编.

—成都:电子科技大学出版社,2008.9(2012.7重印)

ISBN 978-7-81114-953-1

I. 电… II. ①许…②王… III. 自动化技术—教材

IV. TP2

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第122991号

内 容 简 介

本书根据教育部教高[2006]14号和教高[2006]16号文件精神要求,加强教材建设,改革教学方法和手段,融“教、学、练”为一体,强化学生能力的培养。按照任务驱动、项目导向、工学交替的教学模式组织教学内容。

本书内容涉及面广,文字浅显易懂,全书共分八章:电工基本技能实训、电机综合检测与维护实训、电机拖动控制电路安装与调试实训、交直流调速实训、可编程控制技术实训、工业组态软件实训、工业网络实训、电气自动化工程项目应用实训等内容。本书以培养综合实践能力为目的,内容安排突出基本技能和综合实践能力的训练,可操作性和实用性强。

高等职业教育电子信息类“十一五”规划教材

电气自动化控制技术实训教程

主 编 许志军 王光福

副主编 向守均 陈晓峰 郭炳鳌 姜洪训 李世文

主 审 吴建华

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 朱 丹

责任编辑: 朱 丹

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都蜀通印务有限责任公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 21 字数 511 千字

版 次: 2008年9月第一版

印 次: 2012年7月第五次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-953-1

定 价: 39.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

前 言

《电气自动化控制技术实训教程》是根据高技能人才培养目标要求,在结合多年实践教学改革经验的基础上,以培养应用型、技能型人才培养高素质人才为出发点编写而成的。本书在编写过程中,打破了以往教材的编写思路,立足于高技能应用型人才的培养目标,采取融“教、学、练”为一体的教学模式,具有如下特点:

①体现“以能力培养为核心,以实践教学为主,理实合一”的教学新思路,突出实践教学的独立地位。本书理论部分以章节编排,体现了理论知识的系统性和连贯性。实践教学部分以课题为模块,以实训项目为载体,按照技能形成的顺序编排,符合技能的学习规律,在此基础上,将基本技能实训和对应的理论安排在一个章节,做到“理实合一”,最后集中进行大型综合工程项目实训,这样既实现了理论与实践的完美结合,又遵循了递进式、模块化的教学原则。②电器继电控制与 PLC 源于同一体系,在理论和应用上一脉相承,而变频器与人-机界面则是当今电气自动化控制领域的新器件,应用广泛,而现场总线与工业以太网是当今计算机、通信和控制 3C 技术 (Computer, Communication and Control) 发展汇聚的结合点,是下一代自动化设备的标志技术,它是改造传统工业的有力工具,是信息化带动工业化的重点方向。因此,本书将上述三大部分内容编在一起,既体现了知识的系统性和完整性,又遵循了技术的发展过程。③站在技术发展的前沿,注重对学生新技术应用能力的培养,以实现学校和企业的无缝对接。通过学习这些新的器件、新技术及其应用,学生毕业后即可上岗,实现学校和企业的零距离接轨。④在选题上力求做到实用有趣,激发学生的学习积极性和求知欲。⑤实训课题实行“三级指导”(即全指导、半指导和零指导),使“教、学、练”紧密结合。每个实训课题一般安排两个实训项目,第一个项目按照实训目的、实训器材、实训要求、硬件电路、软件程序、系统安装调试、项目技术报告等内容编写,将实训的全部过程写下来,即实行全指导。第二个项目则按照实训目的、实训器材、实训要求、简单的硬件电路、系统调试步骤、实训报告等内容编写,而软件程序、实训电路、调试内容等由学生完成,即实行半指导。零指导就是在实训报告中只给一个控制要求,其余内容由学生自行编写设计。通过全指导、半指导使学生举一反三,触类旁通。通过零指导,可以培养和提高学生的设计能力、创新意识和创新能力。⑥本书在内容阐述上,力求简明扼要,层次清楚,图文并茂,通俗易懂。在知识介绍上,循序渐进,由浅入深。在实训项目上,强调实用性、可操作性和可选择性。

本教材由八章组成。第一章主要介绍电工基本知识和基本技能训练。第二章是对学生进行电机综合检测与维护实训。第三章介绍电机拖动控制电路安装与调试实训,掌握安装调试和故障分析方法。第四章讲述各种整流单元电路和交直流系统调试实训方法。第五章介绍 PLC 可编程控制技术编程实训。第六章介绍 WinCC 工业组态软件实训。第七章介绍工业以太网通信实训。第八章主要介绍电气自动化工程项目应用实训。

本书是本科、高职高专的电气自动化、电子、通信、数控、机电一体化、计算机、机械、冶金、材料等工科专业的自动化控制技术实训教材,也可作为初级电工、中级电工、高级电工技能培训与职业技能鉴定的理想教材,同时也是工程技术人员很好的参考资料。

本书由李世文（副教授）编写第一章，陈晓峰编写第二章，郭炳鳌编写第三章，姜洪训编写第四章，向守均编写第五章、第六章，许志军（院长）编写第七章、王光福（副教授）编写第八章并任主编，负责全书的组织、修改和定稿工作。

吴建华（副教授）担任本书的主审，对本书的编写原则和编写方法进行了具体指导，对书稿进行了逐字逐句、认真负责的审查，提出了许多宝贵的意见和建议，编者在此表示诚挚的谢意。

限于编者水平有限，加之编写时间仓促，错误在所难免，恳请读者提出批评和改进意见。

编 者
2008 年 7 月

目 录

第一章 电工基本技能实训	1
1.1 电工安全基本知识	1
1.2 常用电工材料、电工工具及仪表	5
1.2.1 绝缘材料	5
1.2.2 导线材料	8
1.2.3 常用电工工具	9
1.3 导线的连接和绝缘的恢复	12
1.3.1 导线的连接	12
1.3.2 绝缘恢复	14
1.4 室内照明线路	15
1.4.1 室内布线的基本知识介绍	15
1.4.2 护套线布线	15
1.4.3 室内线路的故障分析及检修方法	16
第二章 电机综合检测与维护实训	23
2.1 电机拆装	23
2.1.1 电机修理入门知识	23
2.1.2 交流电机的拆装	26
2.1.3 直流电机的拆装	28
2.2 电机综合测试	29
2.2.1 三相异步电动机定子绕组同名端的判断	29
2.2.2 异步电机定子绕组故障检测与绝缘测量	31
2.2.3 直流电机电枢绕组的检查与测量	34
2.3 电机绕组	35
2.3.1 直流电机电枢绕组	36
2.3.2 三相异步电动机绕组	42
2.4 三相异步电动机定子绕组重绕	47
2.4.1 定子绕组的拆换与简易计算	47
2.4.2 异步电动机定子绕组绕线模的制作及绕组绕制	52
2.4.3 异步电动机定子绕组重绕嵌线方法	55
2.4.4 异步电动机定子绕组重绕后的接线、引线及线头焊接	58
2.4.5 异步电动机修理后的检查和试验	61
第三章 电机拖动控制电路安装与调试实训	65
3.1 常用低压电器元件	65
3.1.1 电器的基本类型	65
3.1.2 常用低压控制电器的结构和工作原理	65

3.2	三相异步电动机控制线路安装调试及故障分析	71
3.2.1	三相异步电动机单向运行电控线路安装及故障分析与处理	71
3.2.2	正反转控制线路	73
3.2.3	Y- Δ 降压启动控制线路	75
3.2.4	三台电机的顺序控制线路	77
3.2.5	三相交流异步电机频敏变阻器降压启动电控线路	79
3.2.6	三相交流异步电机自耦变压器降压启动电控线路	80
3.2.7	自动往返电拖控制线路	82
3.2.8	两台电机顺启顺停 (M2 延边三角形降压启动) 电控线路	84
3.2.9	三台电机顺序启动逆序停止线路	85
3.2.10	能耗制动线路	88
3.3	三相异步电动机变速控制线路安装调试及故障分析	89
3.3.1	双速三相异步电动机线路安装调试	89
3.3.2	自动加速 (双速) 顺序启动逆序停止电路	92
3.3.3	三速电机自动变速控制线路	93
3.4	组合机床电气控制线路安装调试及故障分析	94
3.4.1	机床基本控制原理	94
3.4.2	普通车床控制线路	94
3.4.3	摇臂钻床控制线路	95
3.4.4	万能铣床控制线路	97
第四章	交直流调速实训	100
4.1	锯齿波触发电路的安装调试	100
4.1.1	实训目的	100
4.1.2	实训所需设备元件	100
4.1.3	实训线路及原理	100
4.1.4	实训内容及步骤	101
4.1.5	实训报告	101
4.2	晶闸管集成触发电路的设计安装	101
4.2.1	实训目的	101
4.2.2	实训所需设备元件	101
4.2.3	实训要求和任务	101
4.3	单相全控桥整流电路的安装调试	103
4.3.1	实训目的	103
4.3.2	实训所需设备元件	103
4.3.3	实训线路及原理	103
4.3.4	实训内容及步骤	104
4.3.5	实践任务和要求	105
4.4	设计安装单相半控桥整流电路	105
4.4.1	实训目的	105

4.4.2	实训所需设备元件	105
4.4.3	实训要求和任务	106
4.5	转速反馈的单闭环不可逆直流调速系统的安装调试	106
4.5.1	实训目的	106
4.5.2	实训所需设备元件	106
4.5.3	系统原理图	106
4.5.4	实训内容及步骤	109
4.5.5	关于实习调整中一些问题的分析	110
4.5.6	实训报告	110
4.6	设计安装具有电流反馈的单闭环不可逆直流调速系统	111
4.6.1	实训目的	111
4.6.2	实训所需设备元件	111
4.6.3	实训要求和任务	111
4.7	通用变频器操作方法认识实训	111
4.7.1	实训目的	111
4.7.2	实训所需设备元件	111
4.7.3	实训所需的知识	111
4.7.4	实训内容及步骤	113
4.7.5	实训报告	119
4.8	变频器面板方式控制异步电机正反转	119
4.8.1	实训目的	119
4.8.2	实训所需设备元件	119
4.8.3	实训线路及所需的知识	119
4.8.4	实验内容及步骤	123
4.8.5	实训报告	124
4.9	通用变频器外部给定控制实训	124
4.9.1	实训目的	124
4.9.2	实训所需设备元件	124
4.9.3	实训电路及所需知识	124
4.9.4	实训内容及步骤	129
4.9.5	实训报告	130
4.10	通用变频器多段速度控制	130
4.10.1	实训目的	130
4.10.2	实训所需设备元件	130
4.10.3	实训电路及所需知识	131
4.10.4	实训内容及步骤	133
4.10.5	实训报告	134
4.11	通用变频器直流制动运行	134
4.11.1	实训目的	134

201	4.11.2 实训所需的设备	134
301	4.11.3 实训电路及所需知识	134
301	4.11.4 实训内容及步骤	136
301	4.11.5 实训报告	136
	第五章 可编程控制技术实训	137
301	5.1 创建并编辑 PLC 自动化项目	137
301	5.1.1 实训目的	137
301	5.1.2 实训器材	137
301	5.1.3 实训内容及指导	137
301	5.1.4 实训训练	143
301	5.2 建立 STEP 7 与 PLC 的通信	145
301	5.2.1 实训目的	145
301	5.2.2 实训器材	145
301	5.2.3 实训内容及指导	145
301	5.2.4 实训练习	154
301	5.3 可编程控制器的下载和上载	155
301	5.3.1 实训目的	155
301	5.3.2 实训器材	155
301	5.3.3 实训内容及指导	155
301	5.3.4 实训内容及训练	158
301	5.4 定时器指令	160
301	5.4.1 实训目的	160
301	5.4.2 实训器材	160
301	5.4.3 实训内容及指导	160
301	5.4.4 实训练习	163
301	5.5 计数器和比较指令	163
301	5.5.1 实训目的	163
301	5.5.2 实训器材	163
301	5.5.3 实训内容及训练	163
301	5.5.4 用计数器线圈、MOVE 和其他比较指令编写仓库控制显示程序	165
301	5.6 三相电动机正反转控制	165
301	5.6.1 实训目的	165
301	5.6.2 控制要求	165
301	5.6.3 实训内容及指导	165
301	5.6.4 实训练习	171
301	5.7 三相异步电动机的减压启动控制	172
301	5.7.1 实训目的	172
301	5.7.2 实训器材	172
301	5.7.3 控制要求	172

805	5.7.4 实训内容及指导	172
805	5.7.5 实训练习	177
805	5.8 电动机制动控制电路	178
515	5.8.1 实训目的	178
515	5.8.2 实训器材	178
515	5.8.3 控制要求	178
515	5.8.4 实训内容及指导	178
515	5.8.5 实训练习	181
555	5.9 物料自动混合控制	181
555	5.9.1 实训目的	181
555	5.9.2 实训器材	181
555	5.9.3 控制要求	181
555	5.9.4 实训内容及指导	182
555	5.9.5 实训练习	185
165	5.10 送料车控制	186
165	5.10.1 实训目的	186
165	5.10.2 实训器材	186
165	5.10.3 实训控制要求	186
165	5.10.4 实训内容及指导	186
165	5.10.5 实训练习	189
765	5.11 自动送料装车控制	190
765	5.11.1 实训目的	190
765	5.11.2 实训器材	190
765	5.11.3 控制要求	190
765	5.11.4 实训内容及指导	191
765	5.11.5 实训练习	193
845	5.12 S7-300C 计数、脉宽调制、频率测定功能	194
845	5.12.1 实训目的	194
845	5.12.2 实训器材	194
845	5.12.3 系统的体系结构	194
845	5.12.4 实训内容及指导	194
845	5.12.5 实训练习	201
	第六章 工业组态软件实训	203
203	6.1 创建 WinCC 项目、组态一个内部变量	203
185	6.1.1 实训目的	203
205	6.1.2 实训器材	203
205	6.1.3 实训内容及指导	203
205	6.1.4 实训练习	207
205	6.2 实训课题二 组态-PLC 连接变量	208

571	6.2.1 实训目的	208
571	6.2.2 实训器材	208
851	6.2.3 实验内容及指导	208
851	6.2.4 实训练习	212
851	6.3 WinCC 图形编辑器设计	212
851	6.3.1 实验目的	212
851	6.3.2 实训器材	213
121	6.3.3 实验内容及指导	213
121	6.3.4 实训练习	222
121	6.4 变量归档和趋势显示	225
121	6.4.1 实训目的	225
121	6.4.2 实训器材	225
521	6.4.3 实训内容及指导	225
221	6.4.4 实训练习	229
221	6.5 C 动作在图形设计中的应用	231
221	6.5.1 实训目的	231
221	6.5.2 实训器材	231
221	6.5.3 实训内容及指导	231
221	6.5.4 实训练习	236
221	6.6 消息归档报警	236
001	6.6.1 实训目的	236
001	6.6.2 实训器材	237
001	6.6.3 实训内容	237
001	6.6.4 实训练习	244
	第七章 工业网络实训	246
601	7.1 MPI 网络实训	246
101	7.1.1 实训目的	246
101	7.1.2 实训器材	246
101	7.1.3 实训内容及指导	246
101	7.1.4 实训练习	254
101	7.2 现场总线 PROFIBUS-DP 网络通信	255
101	7.2.1 实训目的	255
802	7.2.2 实训器材	255
802	7.2.3 实训内容及指导	255
802	7.2.4 实训练习	261
802	7.3 工业以太网	263
802	7.3.1 实训目的	263
102	7.3.2 实训器材	263
802	7.3.3 实训内容及指导	263

7.4	实训测试题	272
7.4.1	题目名称: 物料分拣 PLC 控制	272
7.4.2	题目名称: 泵站水池 PLC 控制	273
第八章	电气自动化工程项目应用实训	275
8.1	智能化恒压控制网络监控仿真系统	275
8.1.1	工艺要求	275
8.1.2	恒压供水系统工艺图	275
8.1.3	电气控制系统说明	276
8.1.4	控制部分	277
8.1.5	智能化恒压供水工作原理	278
8.1.6	智能化恒压供水控制中的启动过程	279
8.1.7	系统程序实现	281
8.2	自动化加生产线控制系统	285
8.2.1	实训目的	285
8.2.2	实训设备	286
8.2.3	实训内容及指导	286
8.3	实训综合测试	318
8.3.1	题目名称: 物料加工系统	318
8.3.2	题目名称: PLC 在钢包车走行及钢包车顶升上的应用	319
8.3.3	题目名称: 物料传输 PLC 控制	320

第一章 电工基本技能实训

电能在生产、传输、分配、使用及控制等方面，均比其他形式能量优越，其他形式的能量（如化学能、热能、水能、原子能等）往往要先转变为电能，才便于使用。随着科学技术的发展，电能的应用日益深入到工农业生产、科学实验及人民生活等各个领域。在生产上用于动力、照明及自动控制等；在生活中如电灯、电话、电视及各类家用电器等，均离不开电能。

传统的电工包括内外线的附设与运行，电机、电器、变压器的使用与维修及电焊等。本章主要指内外线电工，内容包括电工安全知识，电工基本操作技术，照明、动力、配电线路的布线与管理等。要求掌握内外线电工的基本操作技术及内外线常见故障的分析与处理，并对安全用电及安全技术规程引起足够的重视。

1.1 电工安全基本知识

1. 电对人体的伤害

电对人体的伤害分电击和电伤两种类型。电流通过人体内部，对人体内脏及神经系统造成破坏直至死亡，称为电击；电流通过人体外部表皮造成局部伤害，称为电伤。但在事故中，电击和电伤常会同时发生，触电的伤害程度与通过人体电流的大小、通过人体的途径、持续的时间、电流的种类、交流电的频率及人体的健康状况等因素有关，其中以通过人体电流的大小对触电者的伤害程度起决定性的作用。人体对触电电流的反应如表 1-1 所示。

表 1-1 人体对触电电流的反应

触电电流 mA	人体触电时的反应	
	50~60Hz 交流电	直流电
0.6~1.5	开始有麻刺感	没有感觉
2~3	有强烈的麻刺感	没有感觉
5~7	有肌肉痉挛现象	刺痛感、灼热感
8~10	已难以摆脱电源（但终于摆脱电源），触电部位感到剧痛	灼热增加
20~25	迅速麻痹，不能摆脱电源，剧痛、呼吸困难	痉挛
50~80	呼吸器官麻痹，心脏开始颤动	肌痛感觉强烈、触电部位 肌肉痉挛、呼吸困难
90~100	呼吸器官麻痹，持续 3s 左右心脏停止跳动	呼吸器官麻痹

（1）人体的电阻：通过人体的电流决定于触电时的电压和人体的电阻。影响人体电阻值的因素很多，并随人而易。一般人的表皮角质层电阻约为 $1 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 \Omega$ ，但角质层极易破坏，皮肤潮湿多汗或受损伤均会降低人体电阻。触电时间越长，发热出汗越多，人体电

阻越小。除角质层电阻外，一个正常人的电阻约为 800Ω 。

(2) 安全电压：由于触电时对人的危害性极大，为了保证人的生命安全，使触电者能够自行脱离电源，因此各国都规定了安全操作电压。

我国规定的安全电压为 36V，而在特殊危险的场所为 12V，如检修锅炉的照明。因为在锅炉内检修时，周围全是金属体，一旦漏电，检修人员很难离开现场。

2. 触电的原因、形式及其预防

从电对人体的伤害中可以看出，必须安全用电，且以预防为主。为了最大限度地减少触电事故的发生，从实际出发分析触电原因与形式，并针对不同情况提出预防措施。

(1) 触电的原因：不同的场合，引起触电的原因也不一样。根据日常用电的情况，将触电原因归纳为以下几类：

① 线路架设不合规定：采用一线一地制的违章线路架设，当接地零线被拔出、线路发生短路或接地桩接地不良时，均会引起触电；室内导线破旧、绝缘损坏或敷设不合规格，容易造成触电或碰线短路引起火灾；无电线设备的天线、广播线、通信线与电力线距离过近或同杆架设，如遇短线或碰线时电力线电压传到这些设备上引起触电；电气修理工作台布线不合理，绝缘线被烙铁烫坏引起触电等。

② 用电设备不合要求：电烙铁、电熨斗、电风扇等家用电器绝缘损坏、漏电及其外壳无保护接地或保护接地线接触不良；开关、闸刀、插座的外壳破损或相线绝缘老化，失去保护作用；照明电路或家用电器由于接线错误致使灯具或机壳带电引起触电等。

③ 电工操作制度不严格、不健全：带电操作、冒险修理或盲目修理，且未采取切实的安全措施，均会引起触电；停电检修电路时，闸刀上未挂“警告牌”，其他人员误合闸刀造成触电；使用不合格的安全工具进行操作，如用竹竿代替高压绝缘棒，用普通胶鞋代替绝缘靴等，也容易造成触电。

④ 用电不谨慎：违反布线规程，在室内乱拉电线，在使用中不慎造成触电；换保险丝时，随意加大规格或用铜丝代替铅锡合金丝，失去保险作用，引起触电；未切断电源就去移动灯具或家用电器，如果电器漏电就会造成触电；用水冲刷电线和电器，或用湿布擦拭，引起绝缘性能降低而漏电，容易造成触电。

(2) 触电的形式：人体触及带电体有三种不同情况，分别为单线触电、两线触电和跨步电压触电。

① 单线触电：指人站在地上或其他接地体上，而人的某部位触及带电体，称为单线触电。在我国低压三相四线制中性地接地的系统中，单线触电的电压为 220V。

② 两线触电：指人体两处同时触及三相 380/220V 系统的两相带电体，加于人体的两相电压达 380V。

③ 跨步电压触电：带电体着地时，电流流过周围土壤，产生电压降，人体接近着地点时，两脚之间形成跨步电压，其大小决定于离着地点的远近及两脚正对着地点方向的跨步距离，跨步电压在一定程度上也引起触电事故。

(3) 触电的预防：触电事故往往发生在极短的时间内，造成严重的后果。要防止触电事故，应在思想上高度重视，健全组织措施和各种技术措施。

① 防止触电技术的措施：为防止偶然触及或过分接近带电体，可设置避栏，根据各种电压等级、周围环境和运行条件采取相应的绝缘措施。对裸露的带电部分，应设置避栏和警

告牌；利用连锁装置当人进入危险区时，发出警告或自动切除电源等。

为防止金属构件或设备的金属外壳（如变压器、电动机的外壳）意外带电而发生触电事故，可利用保护接零或保护接地等安全措施，但绝不允许在同一电力系统中，一部分设备采用保护接零，另一部分设备采用保护接地。

随时检查导线的绝缘状况、熔丝的正确选用及电器的绝缘电阻，如不符合要求应立即停止使用。另外，使用安全电压、设备信号装置和防雷措施等，都是可行的安全技术措施。

② 严密的组织措施 尽量不带电作业，特别是对地电压在 250V 以上的危险场所。如确因工作需要而带电作业时，人应站在绝缘橡胶板上或穿绝缘靴。附近导体或接地体都要用绝缘物遮盖，并有专人监护。

各种电器设备应建立定期的检查制度，不符合安全要求的应及时处理。

停电检修时，要悬挂“禁止合闸、有人工作”的警告牌，并应有人监视。经常加强安全教育，宣传安全用电知识。

3. 触电的急救

一旦发生触电事故，抢救者必须保持冷静，首先应使触电者脱离电源，然后进行急救。

(1) 脱离电源：使触电者迅速脱离电源是极其重要的一环，触电时间越长，对触电者的伤害就越大。要根据具体情况和条件采取不同的方法，如断开电源开关、拔去电源插头或熔断器插件等；用干燥的绝缘物拨开电源线或用干燥的衣服垫住，将触电者拉开（仅用于低压触电）。总之，用一切可行的办法使触电者迅速脱离电源。

在高空发生触电事故时，触电者有被摔下的危险，一定要采取紧急措施，使触电者不致被摔伤或摔死。

(2) 急救：触电者脱离电源后，应根据其受到电流伤害的程度，采取不同的施救方法。若停止呼吸或心脏停止跳动，决不可认为触电者已死去而不去抢救，应立即进行现场人工呼吸和人工胸外挤压，并迅速通知医院救护。抢救必须分秒必争，时间就是生命。

①人工呼吸法：人工呼吸的方法很多，其中以口对口（或对鼻）的人工呼吸最为简便有效，而且也最易学会、最易传播。具体做法如下：

(a) 首先把触电者移到空气流通的地方，最好放在平直的木板上，使其仰卧，不可用枕头。然后把头侧向一边，掰开嘴，清除口腔中的杂物、假牙等。如果舌跟下陷应将其拉开，使呼吸道畅通。同时解开衣服，松开上身的紧身衣服，使胸部可以自由扩张。

(b) 抢救者位于触电者的一边，用一只手紧捏触电者的鼻孔，并用手掌的外缘部压住其额部，扶正头部使鼻孔朝天。另一只手托在触电者的颈后，将颈部略向上抬，以便接受吹气。

(c) 抢救者应做深呼吸，然后紧贴触电者的口腔，人口吹气约 2s。同时观察其胸部有否扩张，以决定是否有效和是否合适。

(d) 吹气完毕后，立即离开触电者的口腔，并放松其鼻孔，使触电者胸部自然回复，时间 3s，以利其呼气。

按照上述步骤不断进行，每分钟约反复进行 12 次，如果触电者张口有困难，可用口对准其鼻孔吹气，效果与上面方法相近。

② 人工胸外心脏挤压法：这种方法是用人工挤压心脏代替心脏的收缩作用。凡是心脏停止跳动或不规则的颤动时，应立即用这种方法进行抢救。具体方法如下：

(a) 使触电者仰卧，姿势与人工口对口呼吸相同，但后背着地处应结实。

(b) 抢救者骑在触电者的腰部。

(c) 抢救者两手相叠，用掌跟置于触电者胸骨下部位，即中指指尖置于其颈部凹陷的边缘，“当胸一手掌”，掌跟所在位置即为正确挤压区。然后自上而下直线均衡地用力向脊柱方向挤压，使其胸部下陷 3~4cm 左右，可以压迫心脏使其达到排血的目的。

(d) 使挤压到位的手掌突然放松，但手掌不要离开胸壁，依靠胸部的弹性自动回复原状，使心脏自然扩张，大静脉中的血液就能回流到心脏里来。

按照上述步骤连续不断地进行，每分钟约 60 次。挤压时定位要准确，压力要适中，不要用力过猛，避免造成肋骨骨折、气胸、血胸等危险。但也不能用力过小，达不到挤压目的。

上述两种方法应对症使用，若触电者心跳和呼吸均已停止，则两法可同时使用。如果现场只有一个人抢救，则先行吹气 2 次，再挤压 15 次，如此反复进行。若触电者面色好转、口唇湿红、瞳孔缩小、心跳和呼吸恢复正常、四肢可以活动，这时可暂停数秒钟进行观察，有时触电者就此恢复。如果还不能维持正常的心跳和呼吸，必须在现场继续进行抢救，尽量不要搬动，如果必须搬动，抢救工作绝不能中断，直到医务人员来接替抢救为止。

4. 安全技术规程

为了保障人身、设备的安全，国家按照安全技术要求颁发了一系列的规定和规程。这些规定和规程主要包括电气装置安装规程、电气装置检修规程和安全操作规程，统称为安全技术规程。

电气装置安装规程和电气装置检修规程的内容较多，而且又有专业性和地区性的差别，这里只介绍一些基本内容，具体要求见有关部门的规定。

电气装置安装规程应包括下列基本内容：

- (a) 架空线、电缆线及室内布线的安装要求；
- (b) 照明装置的要求；
- (c) 电动机、动力设备的安装要求；
- (d) 变、配电所的安装要求；
- (e) 移动电气工具及其他移动电气设备的安装要求；
- (f) 接地和接零的安装要求；
- (g) 其他专用设备（如电炉、起重设备、电容器等）的安装要求。

电气装置检修规程包括下列基本内容：

- (a) 电气设备的检修项目及其要求；
- (b) 电气设备的检修内容及其方法；
- (c) 电气设备的检修质量标准及检查；
- (d) 电气设备的检修周期。

安全操作规程的内容随工种的不同而有差异。电力线路部分的安全操作规程主要是依据《电业安全工作规程》中有关部分制定的，包括线路的运行和维护、停电和验电及挂接地线的安全技术措施、外线作业的安全措施等。维修电工掌握《低压用户电气装置规程》，包括进户装置、量电和配电装置、照明装置、电力装置、保护接地装置等规程。

为此，对电气操作人员提出了下列基本要求：

- (a) 要树立对电气事业的安全责任心；

- (b) 发扬团结互助的精神，注意协作配合；
- (c) 掌握事故规律，及时消除隐患；
- (b) 严格遵守安全操作制度；
- (d) 努力钻研技术，不断提高操作本领。

1.2 常用电工材料、电工工具及仪表

在电气设备中，对电磁场起有效作用的材料称为电工材料。电工材料按其特点和作用可分为导电材料、绝缘材料、半导体材料和磁性材料。常用的电工材料包括常用的绝缘材料、导电材料、磁性材料，以及在电气施工和维修中经常用到的线管和润滑脂等。

1.2.1 绝缘材料

绝缘材料的作用在于隔离导体与外界的联系，以及绝缘带有不同电位的导体，使电流能按指定的方向流动。在某些场合下，还起机械支撑、保护导体及防晕、灭弧等作用。

对绝缘材料的基本要求是绝缘强度、绝缘电阻、耐热性、吸水性、黏度与酸值、介电损耗与介电常数、机械强度。绝缘材料在使用过程中，由于各种因素的作用，发生较缓慢的、不可逆的变化，使其电气性能及机械强度逐渐恶化，这种变化称为绝缘材料的老化。促使材料老化的因素很多，但主要是热和氧化，使用时温度过高会加速绝缘材料的老化过程。因此对各种绝缘材料都规定了它们的极限使用温度，以延缓绝缘材料的老化过程，保证电气设备的使用寿命。

绝缘材料按其耐热水平分为七个等级，每一耐热等级对应一定的极限温度，见表 1-2。在这个温度以下能保证绝缘材料的使用寿命而不影响其性能。

表 1-2 绝缘材料的耐热等级和极限温度

耐热等级	极限温度 / °C	耐热等级	极限温度 / °C
Y	90	F	155
A	105	H	180
E	120	C	>180
B	130		

绝缘材料按其化学性质分为无机绝缘材料、有机绝缘材料和混合绝缘材料。无机绝缘材料有云母、石棉、大理石、瓷器、玻璃、硫磺等，主要用做电机与电器的绕组绝缘、开关的底板和绝缘子等；有机绝缘材料有虫胶、树脂、橡胶、棉纱、纸、麻、蚕丝、人造丝等，大多用于制造绝缘漆、绕组导线的被覆绝缘物等；混合绝缘材料为由以上两种材料经加工后制成的各种成型绝缘材料，用做电器的底座、外壳等。

1.2.1.1 绝缘漆

① 浸渍漆：浸渍漆主要用于浸渍电机、电器的线圈和绝缘零部件，以填充其间隙和微孔，提高它们的电气和机械性能。常用的有 1030 醇酸树脂漆、1032 三聚氰胺醇酸树脂漆及环氧无溶剂漆等，它们均属于烘干漆，具有较好的耐电弧性，漆膜平滑有光泽。

② 覆盖漆：覆盖漆有清漆和瓷漆两种，主要用于涂覆经浸渍处理后的线圈和绝缘零部