

普通高等工科教育机电类规划教材

电气应用技术 基础实习教程

● 计春雷 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等工科教育机电类规划教材

电气应用技术基础实习教程

主 编 计春雷
副主编 施新华 范 辉
参 编 顾小兰 陆春雨 苗兰民
主 审 周芝峰



机械工业出版社

本书是根据工科类高等院校电气信息类专业人才培养的教学要求,并结合国家劳动及社会保障部关于电工技能鉴定的考核大纲编写的。本书内容以培养实践动手能力为主,突出工艺要领与操作技能,贯彻实践与理论相结合。本书共10章,内容包括电工基础知识、常用电工仪器仪表及测量、常用低压电器及成套设备、机床线路、低压室内配电线路、电机与变压器、电子技术及电力电子基础、可编程序控制器技术及应用、变频器及其应用和创新训练等,每章后附有实习课题和思考与练习题。

本书可作为高等理工院校电类、近电类和非电类专业本专科生电气技术实习教材,也适用于高职高专机电类、信息类专业学生电气技术实习使用,同时也可供有关专业工程技术人员和技术工人参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气应用技术基础实习教程/计春雷主编. —北京:机械工业出版社, 2007. 8

普通高等工科教育机电类规划教材

ISBN 978-7-111-21910-1

I. 电… II. 计… III. 电工技术—高等学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第109161号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于宁

责任编辑:王宗锋 版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:马精明 责任印制:李妍

唐山丰电印务有限公司印刷

2007年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm · 17.75印张·440千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-21910-1

定价:27.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

电气技术实习是工科类应用型高校电气信息类及相近各专业教学中重要的实践性环节，它能为学生学习后继专业课程打下坚实的基础。它对于培养学生掌握基本理论，运用基本知识，训练基本技能，提高实践动手能力，达到培养目标有着十分重要的意义和作用。

《电气应用技术基础实习教程》是根据工科类应用型院校电气信息类专业人才培养的教学要求，并结合国家劳动及社会保障部关于电工技能鉴定的考核大纲而编写的实习教材。本书内容以培养实践动手能力为主，突出工艺要领与操作技能，贯彻实践与理论相结合。本书在编写过程中，以教学基本要求为主导，深入浅出地进行讲解，紧密联系目前生产实际过程和新技术发展，努力使本教材易懂好学，以利于培养学生实践能力。全书共有10章，每章由基础知识与实习课题两部分组成，每章前面还附有教学基本要求与基本技能要求。每一章后面附有一定数量的各类思考与练习题，主要供学生在实习结束后巩固实习内容之用。

本书由计春雷主编，周芝峰主审。参加本书编写的人员有：施新华、范辉、顾小兰、陆春雨、苗兰民。其中第1章、第4章由顾小兰编写，第2章、第8章由陆春雨编写，第3章、第5章由苗兰民编写，第6章由施新华编写，第7章由范辉编写，第9章由计春雷编写，第10章由施新华、顾小兰、陆春雨编写，姚伟春对全书进行编辑和整理。

本书的实用性较强，既可作为高等理工院校本专科生进行电气技术实习的主导教材，也可供相关专业工程技术人员参考。

由于编者水平所限，编写时间紧迫，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 电工基础知识	1
1.1 入门指导	1
1.1.1 安全用电基本知识	1
1.1.2 安全技术规程	4
1.2 电工材料	5
1.2.1 导电材料	5
1.2.2 绝缘材料	6
1.3 电工工具	6
1.3.1 常用电工工具	6
1.3.2 防护用具	12
1.4 实习课题	13
思考与练习题	14
第 2 章 常用电工仪器仪表及测量	15
2.1 电工仪器和仪表	15
2.1.1 电工仪表的分类	15
2.1.2 电工指示仪表的特点和用途	16
2.2 测量误差及减小测量误差的方法	16
2.2.1 仪表的选择	16
2.2.2 测量误差	16
2.2.3 减小测量误差的方法	17
2.3 电流和电压的测量	17
2.3.1 直流电流和电压	17
2.3.2 交流电流和电压	18
2.4 功率和电能的测量	20
2.4.1 功率表	20
2.4.2 电能表	23
2.5 万用表	25
2.5.1 指针式万用表	25
2.5.2 数字式万用表	27
2.6 绝缘电阻和接地电阻的测量	28
2.6.1 绝缘电阻的测量	28
2.6.2 接地电阻的测量	29
2.7 电桥	30
2.7.1 单臂电桥	30

2.7.2 双臂电桥	31
2.7.3 万用电桥	32
2.8 示波器	34
2.8.1 单踪示波器	34
2.8.2 双踪示波器	36
2.8.3 数字双踪示波器	37
2.9 晶体管图示仪	39
2.10 信号发生器	41
2.10.1 函数信号发生器	41
2.10.2 低频信号发生器	42
2.11 实习课题	43
思考与练习题	44
第3章 常用低压电器及成套设备	46
3.1 概述	46
3.1.1 低压电器的定义和用途	46
3.1.2 低压电器的分类	46
3.1.3 低压电器常用电工术语 (摘自 GB/T 2900.18—1992)	47
3.1.4 电磁机构原理	48
3.1.5 电接触及灭弧工作原理	48
3.2 刀开关和隔离器	50
3.2.1 主要用途和分类	50
3.2.2 刀开关和隔离器的安装、使用和维护	50
3.3 熔断器	50
3.3.1 熔断器的用途、结构和工作原理	50
3.3.2 熔断器的主要技术参数和特性	51
3.3.3 常用的熔断器	51
3.3.4 熔断器的选择	53
3.3.5 熔断器的安装	54
3.4 断路器	54
3.4.1 断路器的用途	54
3.4.2 断路器的结构和工作原理	54
3.5 接触器	55
3.5.1 接触器的原理及用途	55
3.5.2 接触器的选择和维护	56
3.6 继电器	57
3.6.1 中间继电器	57
3.6.2 时间继电器	57
3.6.3 热继电器	59
3.6.4 速度继电器	59
3.7 主令电器	60
3.7.1 按钮	60
3.7.2 行程开关	61

3.7.3 接近开关	62
3.7.4 万能转换开关	62
3.7.5 主令控制器	63
3.8 低压成套开关设备	64
3.8.1 低压成套开关设备的分类	64
3.8.2 开关柜设计的主要内容与基本原则	64
3.8.3 低压成套开关设备的基本结构与技术要求	65
3.8.4 保护接地的形式	68
3.8.5 保护电路的连续性	69
3.8.6 低压一次电器元件的选择	69
3.8.7 低压成套开关设备的试验	70
3.9 实习课题	70
思考与练习题	71
第4章 机床线路	73
4.1 电气图的基本知识	73
4.1.1 电气原理图	73
4.1.2 电气安装接线图	74
4.2 机床控制线路的基本环节	75
4.2.1 三相异步电动机的起动控制线路	75
4.2.2 三相异步电动机的运行控制线路	78
4.2.3 三相异步电动机的制动控制线路	80
4.2.4 电动机控制的保护环节	82
4.2.5 电气原理图阅读分析的方法与步骤	83
4.3 机床控制线路的维修	84
4.3.1 机床控制线路的维护	84
4.3.2 机床控制线路的检修	84
4.3.3 典型机床控制线路的故障分析与处理	88
4.4 实习课题	111
思考与练习题	117
第5章 低压室内配电线路	119
5.1 室内配线的组成	119
5.1.1 照明线路的组成	119
5.1.2 动力线路的组成	119
5.2 配线的要求与敷设方式	119
5.2.1 室内配线的一般要求	120
5.2.2 导线的选择及连接	120
5.2.3 导线的敷设方式及选择	124
5.3 照明装置及其安装	124
5.3.1 照明装置安装的基本要求	124
5.3.2 照明电路	125
5.3.3 照明器具及其安装	127

5.3.4 照明装置的保护	130
5.4 室内电缆配线	132
5.4.1 电缆的结构特点	132
5.4.2 室内电缆穿管敷设	132
5.4.3 低压电缆头的制作安装	133
5.4.4 接地与接地装置	135
5.5 实习课题	139
思考与练习题	141
第6章 电机与变压器	143
6.1 入门指导	143
6.1.1 电机的基本类型	143
6.1.2 异步电动机的技术数据	144
6.1.3 电动机常用润滑脂	145
6.1.4 异步电动机的工作原理和结构	146
6.1.5 电动机的使用和维护	148
6.2 异步电动机的拆装	151
6.2.1 电动机的拆卸	151
6.2.2 电动机的装配	152
6.3 异步电动机定子绕组的拆换	152
6.3.1 记录原始数据	152
6.3.2 拆除旧绕组	153
6.3.3 制作绕线模	154
6.3.4 绕制线圈	154
6.3.5 嵌线	155
6.3.6 接线	159
6.3.7 检查和试验	159
6.3.8 绝缘处理	159
6.4 异步电动机修理后的检查和试验	160
6.4.1 检查和试验的项目和方法	160
6.4.2 常见故障分析与处理	160
6.5 伺服电动机	162
6.6 步进电动机	162
6.7 变压器及其维修	164
6.7.1 变压器的基本类型	164
6.7.2 油浸变压器的基本原理和结构	165
6.7.3 变压器的使用和维护	166
6.7.4 变压器修理的分类及内容	168
6.7.5 变压器常见故障分析与处理	169
6.8 小型变压器的制作	169
6.8.1 木心和线圈骨架的制作	170
6.8.2 线包的绕制	170
6.8.3 铁心的装配	172

6.8.4 初步检测与绝缘处理	174
6.9 实习课题	175
思考与练习题	176
第7章 电子技术及电力电子基础	179
7.1 入门指导	179
7.1.1 电子元器件基本知识	179
7.1.2 常用电子元器件的选用	184
7.2 常用电子元器件的测试	185
7.2.1 电阻器的测试	185
7.2.2 电容器的测试	186
7.2.3 二极管的测试	187
7.2.4 晶体管的测试	187
7.3 电子电路的锡焊工艺	188
7.4 电子电路的故障检测与处理	189
7.5 电力电子技术	191
7.5.1 电力电子技术的概述	191
7.5.2 电力电子技术的应用	192
7.5.3 双向晶闸管	193
7.6 三相可控整流电路	193
7.6.1 三相半波可控整流电路	194
7.6.2 三相桥式全控整流电路	196
7.7 实习课题	200
思考与练习题	203
第8章 可编程序控制器技术及应用	204
8.1 可编程序控制器的基础知识	204
8.1.1 概述	204
8.1.2 外部结构	206
8.1.3 主要软元件	207
8.1.4 梯形图符号	207
8.2 可编程序控制器基本指令及应用	208
8.2.1 基本指令	208
8.2.2 编程规则	211
8.2.3 常用基本控制环节的编程	211
8.2.4 “经验法”编程	212
8.2.5 基本指令编程实例	213
8.3 可编程序控制器步进指令及应用	215
8.3.1 状态编程概述	215
8.3.2 步进指令	215
8.3.3 状态转移图	216
8.3.4 编程实例	217
8.4 可编程序控制器常用功能指令及应用	218

8.4.1 功能指令的表示	218
8.4.2 传送与比较指令	219
8.4.3 运算指令	220
8.4.4 移位指令	220
8.4.5 数据处理与便利指令	221
8.4.6 编程举例	221
8.5 可编程序控制器控制系统的设计	221
8.5.1 设计原则及内容	221
8.5.2 设计步骤	222
8.5.3 设计任务书的确定	222
8.5.4 调试与测试	222
8.5.5 控制系统的类型	223
8.6 常用的编程方式	224
8.6.1 手持式编程器及使用	225
8.6.2 计算机编程软件及使用	228
8.7 可编程序控制器的人机界面	233
8.8 可编程序控制器的通信技术	234
8.8.1 PLC 与计算机通信	234
8.8.2 PLC 网络	234
8.9 实习课题	236
思考与练习题	241
第9章 交流变频调速技术	243
9.1 概述	243
9.1.1 交流调速的发展	243
9.1.2 交流调速传动和直流调速传动	243
9.2 交流电动机调速原理	244
9.2.1 交流电动机的调速方法	244
9.2.2 电压频率协调控制方式	245
9.3 PAM、PWM、SPWM 控制方式	246
9.3.1 PAM	246
9.3.2 PWM	246
9.3.3 SPWM	246
9.4 交—交与交—直—交变频方式	247
9.4.1 交—交变频方式	247
9.4.2 交—直—交变频方式	247
9.4.3 交—交变频与交—直—交变频特性比较	248
9.5 变频器的运用	248
9.5.1 操作面板介绍及操作	249
9.5.2 施耐德 ATV31 变频器的接线	251
9.5.3 多段速度控制方式	251
9.6 西门子变频器简介	254
9.6.1 西门子变频器概述	254

9.6.2 技术指标及参数设置	255
9.7 变频调速拖动系统的设计	258
9.7.1 负载的机械特性	258
9.7.2 变频器类型的选择	259
9.7.3 变频器容量的选择	260
9.7.4 电动机容量的选择	261
9.7.5 辅助设备的选择	261
9.7.6 抗干扰措施	263
思考与练习题	264
第10章 创新训练	266
10.1 设计电气控制电路	266
10.2 设计一个送料装置的电气控制电路	266
10.3 设计某机床电气控制电路	267
10.4 串联型稳压电源电路	267
10.5 抢答器电路设计(选作)	268
10.6 三相异步电动机多速运行控制	269
10.7 五层升降电梯控制系统	269
10.8 货物传送控制系统	272
参考文献	274

第1章 电工基础知识

本章教学基本要求：

- 了解我国的电压范围、频率及安全电压；
- 了解常用电工工具的使用方法和安全注意事项；
- 熟悉电工安全作业的有关规程条款，了解触电急救的方法；
- 掌握安全接地与接零保护常识。

本章要求掌握的基本技能：

- 掌握常用电工工具和电动工具的正确使用方法及安全注意事项；
- 掌握电工安全作业的有关规程条款、触电急救方法。

1.1 入门指导

1.1.1 安全用电基本知识

1. 触电类型、原因及预防

(1) 触电类型 人体触及带电体，由此所产生的电流对人体的伤害，称为触电。根据电流对人体造成的伤害程度不同可分为电击和电伤。电击是指人体接触带电体后，电流使人体的器官受到严重伤害，它是造成触电死亡的主要原因。电伤是指电对人体外部造成的局部伤害。通常触电类型可分为单相触电、两相触电和跨步电压触电等几种。

1) 单相触电是指人站在地上或其他接地体上，而人的某部位触及带电体。在低压三相四线制中性点接地的系统中，单相触电的电压为相电压 220V。由于单相电压 220V 应用很广，其单相触电的几率最大。

2) 两相触电是指人体两处同时触及三相供电系统 380V 的任意两相带电体，加于人体的电压为线电压 380V。两相触电流过人体的电流更大、更具有危险性。

3) 跨步电压触电是指带电体着地或遭雷电袭击时，电流流过周围土壤会产生电压降。当人体双脚接近着地点时在两脚之间形成跨步电压，它在一定程度上也会引起触电。特别在操作高压电气设备时更应小心慎重，避免受到电击伤害。

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

1) 线路架设不合规范，主要是违章线路架设，线路之间发生短路或接地不良，均会引起触电；其次室内导线破旧、绝缘损坏或敷设不合规范，容易造成触电、短路引起火灾等。

2) 用电设备不符合要求、绝缘损坏、漏电及其外壳无保护接地线或接地线不良失去保护作用（如家用电器、操作开关、插座等设备）。

3) 电工操作制度不严格、不健全，即电工操作者带电操作、盲目修理，且未采取切实有效的安全措施（如未挂“警示牌”等），均会引起触电。

4) 用电不谨慎,违反相关规程,在室内乱拉电线,由此在使用中不慎造成触电;随意加大熔丝的规格或用铜丝代替熔丝,失去保险作用,引起触电等。

(3) 安全用电注意事项 为了防止触电事故的发生,首先思想上要重视安全第一,安全用电。必须认真贯彻执行各项安全规章制度,严格遵守安全操作规程,并采取各种安全技术措施。此外还应注意以下几点:

1) 一切裸露的带电体应安装在一般人体触摸不到的高处(2.5m以上)或加防护罩。

2) 在任何情况下,不能违反相关安全规章制度和安全操作规程。

3) 不得随意加大熔丝规格,更不允许用铜丝或其他导电材料代替熔丝,更换熔丝时应先切断电源。

4) 对于容易引起触电的场所,应使用安全电压(50V以下)。在潮湿、有导电灰土、有腐蚀性气体的情况下,则应选用更低的安全电压标准(如12V及以下)。

5) 必须做到“装得安全,拆得彻底,修得及时,用得正确”的安全用电要求。

2. 安全电压、保护接地与保护接零

(1) 安全电压 由于触电时对人的危害性极大,为了保障人的生命安全,使触电者能够尽快脱离电源,我国规定安全电压为50V及以下。如果在一些特殊危险场所则选用电压为12V,甚至更低的6V电压(如在锅炉内检修)。这样,一旦发现漏电,检修人员能很快脱离带电现场。

(2) 保护接地 电气设备的金属外壳都是与带电部分绝缘的,如果绝缘损坏,外壳便会带电。为了防止人体触电,将电气设备的金属外壳及构架通过接地装置与大地连接起来,这种接地叫做保护接地。它适用于电源中性点不接地的低压电网。诸如电动机的外壳接地、家用电器的金属外壳接地(如电风扇、冰箱)等。通常可用埋入地下的金属接地装置作为接地极。由于接地装置的接地电阻很小,一般接地电阻最大允许值为 4Ω ,所以绝缘击穿的电气设备外壳对地电压大为降低,当人体与带电外壳接触时,大量的电流从接地体流入大地,从而起到了保护人身安全的作用。

(3) 保护接零 在中性点接地的三相四线制低压电网中,将电气设备的正常情况下不带电的金属外壳、框架等与电网的零线进行可靠的连接,这种连接称为保护接零。接零后的电气设备,若绝缘损坏而使外壳带电,则由于零线对地电阻很小,极大的短路电流使电路中的保护开关动作或使熔丝熔断,快速切断电源,从而避免触电的危险。

注意:家用电器在保护接零用的零线上,决不允许装熔断器或开关。

3. 发生触电事故的急救措施

一旦发生触电事故,抢救者必须保持冷静,抢救要点是动作迅速、救护得法。首先应使触电者尽快脱离电源,然后采用正确的方法进行急救。不能单纯等待医务人员或送医院抢救,不管是死亡还是假死,都要迅速而持久地进行抢救。统计资料表明,触电后1min开始救治者,90%具有良好效果;6min后开始抢救者,只有10%具有良好效果;而触电后12min开始救治者,很少能够救活。

(1) 脱离电源 人触电以后,可能由于痉挛或失去知觉等原因而紧抓带电体,不能自行摆脱电源,因此,隔断触电者与电源的连接是很重要的一环。如一时无从断开电源,则应尽快用干燥的木棒或其他绝缘物体将电线拔开,或用干燥的衣服垫住将触电者拉开(仅用于低压触电)。对于高压触电事故,可采用下列方法使触电者脱离电源。

1) 立即通知有关部门停电。

2) 带上绝缘手套,穿上绝缘鞋,用相应电压等级的绝缘工具拉开。

3) 抛裸金属线使线路短路接地,迫使保护装置(如漏电保护器)动作,断开电源。抛金属线前,金属线的另一端应可靠接地。

在高空发生触电事故时,触电者有被摔下的危险,所以,还必须采取紧急措施,使触电者不致有被摔下或摔死的危险。

(2) 急救 触电者脱离电源后,应根据其受到电流的伤害程度,采取不同的急救方法。一般触电以后可能会出现三种不同的假死现象,表现为心脏停止跳动但有呼吸;心脏跳动但呼吸停止;心脏跳动和呼吸全部停止。因此在解脱电源后,立即判断是否有呼吸、心跳,瞳孔是否扩大。将触电者移至通风、干燥处,使其仰卧,解开上衣和裤带,用手放在胸部,检查有无气体的流动,以此判断是否存在呼吸;再用手触摸颈部的颈动脉或腹股沟处的股动脉,因为它们都是大动脉,位置表浅易摸,如果感觉有搏动,则说明存在心脏跳动,也可用耳朵贴在触电者的心前区查听;还要检查瞳孔是否扩大,正常大脑细胞严重缺氧,处于死亡边缘,将失去控制作用,瞳孔自行扩大。即使触电者停止呼吸或心脏停止跳动,也决不可认为触电者已死亡而不去抢救,应立即进行现场人工呼吸和人工胸外心脏挤压,并迅速通知医院救护。抢救必须分秒必争,时间就是生命。

1) 对症救护。对伤势不重,神志清醒,但有心慌、四肢发麻、全身无力等不适或者曾一度昏迷,但已清醒过来的,应使触电者安静休息、严密观察,并请医生或送往医院诊治。

如果伤势较严重,虽已失去知觉,但心跳和呼吸还存在,应使触电者舒适安静地向上平卧,并保持空气流通,冬天要注意保暖,并请医生或送往医院治疗。

如果伤势严重,无知觉,无呼吸,但有心跳,应采用口对口的人工呼吸法抢救。如有呼吸,但心脏停止跳动,应采用人工胸外心脏挤压法抢救。

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

① 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,不可垫枕头。然后把头侧向一边,掰开嘴,清除口腔中的杂物、假牙等。如果舌根下陷应将其拉出使呼吸道畅通。同时解开衣领,松开上身的紧身衣服,使胸部可以自由扩张。

② 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,尽量将其颈部向上抬,以便接受吹气。

③ 抢救者作深呼吸,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,以决定吹气是否有效和是否合适。

④ 吹气完毕后,立即离开触电者的口腔,并放松其鼻孔,使触电者胸部自然恢复,时间约3s,以利其呼气。

按照上述步骤不断进行,每分钟约反复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。

3) 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。凡是心跳停止或不规则的颤动时,应立即用这种方法进行抢救。具体做法如下:

① 使触电者仰卧,姿势与口对口呼吸法相同,但后背着地处应结实。

② 抢救者骑在触电者的腰部。

③ 抢救者两手相叠，用掌根置于触电者胸骨下端部位，即中指指尖置于颈部凹陷的边缘，“当胸一手掌”，掌根所在的位置即为正确压区。然后自上而下直线均匀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水作用。

④ 按照上述步骤连续不断地进行，每分钟约60次，挤压时用力要大小适中。

上述两方法也可同时使用，如果现场只有一个人抢救则可先行吹气两次，再挤压15次，如此反复进行。经过一段时间的抢救后，若触电者面色好转、口唇潮红、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，则必须在现场继续进行抢救，尽量不要搬动，如果必须搬动，抢救工作也决不能中断，直到医务人员来接替抢救为止。

1.1.2 安全技术规程

1. 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。

2. 安全操作规程

(1) 倒闸操作的安全规程 倒闸操作是指合上或断开开关、刀开关和熔断器，以及与此有关的操作，如交直流操作回路的合上或断开；继电保护整定值的变更及自动重合闸的投入或停用；携带型临时接地线的装拆；校核相序及测定绝缘电阻等。

倒闸操作严禁带负荷拉、合刀开关，严禁带地线合闸。操作者必须使用必要的、合格的绝缘安全用具和防护安全用具（绝缘垫、绝缘夹钳和戴护目眼镜、绝缘手套等）。特别是雷电时，禁止进行倒闸操作和更换熔体。复杂的倒闸操作应一人监护、一人操作。

倒闸操作的基本程序是：切断电源（即断电）时，为了防止带负荷拉闸，应先拉脱断路器等可带负荷操作的开关，然后再拉脱闸刀类起隔离作用的开关。如拉脱三相单投刀开关时，还须用绝缘棒（令克棒）操作，先拉中间一相，后拉左右二相。

合上电源（即送电）时，为了防止带负荷合闸，应先合上闸刀等隔离类开关，然后再合上断路器类开关。如合上三相单投刀开关时，也须用绝缘棒（令克棒）操作，先合左右二相，后合中间一相。

(2) 临时用电装置的安全规程 临时用电装置是指因生产或生活急需而装设的临时用电设备和临时用电线路。由于临时用电装置的使用是临时性和短暂的，所以很多人也存在临时观点，如装置不按规程安装、线路乱拉乱拖，甚至私拉私拖，导致临时用电装置极易发生触电事故或其他用电事故。

在临时用电装置的电源端及操作处均应装熔断器和开关，电动机的操作开关的安装部位应能看见电动机的运行情况，以防事故。

(3) 移动电具的安全规程 移动电具是指无固定装置地点、无固定操作工人的生产设备或电动工具，如电焊机、电钻、电锤、手提磨光机、电风扇、电吹风和电烙铁等。

移动电具应具有切实可行的借用发放制度，有专人保管，定期检查。使用过程中如需搬动移动电具，应停止工作，并断开电源开关或拔脱电源插头。

移动电具的金属外壳，必须有明显的接地螺钉和可靠的接地线。电源线必须采用“不可重接电源插头线”，长度一般为2m左右。单相220V的电具应用三芯线，三相380V的电具应用四芯线，其中绿黄双色线为专用接地线。移动电具的引线、插头、开关应完整无损。使用前应用验电笔检查外壳有否漏电。

电焊机的金属外壳必须可靠接地。电源线的长度不应超过2m。焊钳和焊钳线应完好无损。

移动电具的绝缘电阻，根据现行低压电气装置规程，应不低于 $2M\Omega$ 。

为了确保安全，我们要严格遵守安全使用要求：使用电钻、电锤等必须戴绝缘手套，并穿绝缘靴或站在绝缘垫上，且有控制开关。严禁使用无插头的电源引出线，严禁将电源引线直接插入电源插座。

使用移动电具时如发现漏电，应立即停用检查。调换钻头时要拔脱插头或关断开关。

家用电器每年取出使用时，应作全面的检查和维护，检查合格后方能安全使用。如需搬动电脑、电扇等，必须拔脱插头或拉脱开关。

(4) 停电检修工作的安全规程 停电检修工作是指电气设备、电气线路的检修工作，是在全部停电或局部停电后进行。停电检修工作必须得到设备动力部门的同意或使用工作票。

停电检修工作，必须在验明确实无电以后才能进行。停电检修时，对有可能送电到所检修的设备及线路的开关和刀开关，应全部断开，并须做好防止误合闸措施。如在已断开的开关和刀开关的操作手柄上，挂上“禁止合闸，有人工作”的标示牌，必要时加锁。对多回路的线路，更要做好防止突然来电的措施。

停电检修工作完毕后，需清理现场，拆除临时线、标示牌、临时遮拦等，然后进行送电的倒闸操作。

1.2 电工材料

电工材料所包括的范围很广，有导电材料、磁性材料、绝缘材料、半导体材料及特种电工合金材料等。下面主要介绍电工常用的导电材料和绝缘材料以及其他材料。

1.2.1 导电材料

导电材料是指专门用于传导电流的金属材料，其主要用途是用于制造电线电缆。电线电缆是用于传输电能信息和实现电磁能转换的线材产品。它包括电磁线、裸导线、电力电缆、通信电缆和电气装备用的电线电缆五大类。

导电材料绝大部分是金属，但也有非金属材料（如石墨、炭）作为导电材料。用作导电材料的金属通常具备下列五个特点：导电性能好；有一定的机械强度；不易氧化和腐蚀；容易加工和焊接；资源丰富，价格便宜。

铜和铝是最常用的导电材料。但是在某些特殊的场合，也需要用其他的金属或合金作为导电材料。如架空线需具有较高的机械强度，常选用铝镁硅合金；熔丝需具有易熔的特点，故选用铅锡合金；电热材料需具有较大的电阻系数，常选用镍铬合金或铁铬铝合金；电光源的灯丝要求熔点高，因而需选用钨丝作为导电材料等。

常用导电材料的铜线用“T”、“TY”表示硬铜，主要用做导电零部件。“TR”表示软铜，常用做电机、电器等的线圈。铝线用“L”、“LY”表示硬铝，“LR”表示软铝。铝线主要应用于架空线路、动力线路和照明线路等。

1.2.2 绝缘材料

绝缘材料的主要作用是隔离带电的或不同电位的导体，使电流按指定的方向流动。对绝缘材料的基本要求是击穿强度、绝缘电阻、耐热性、吸水性和机械强度等。

在使用过程中，绝缘材料由于各种因素的长期作用，会发生化学变化和物理变化，使电气性能和力学性能变坏，这种变化称为老化。为了保证电工产品的使用寿命，要合理地利用绝缘材料，特别要注意影响绝缘材料老化的主要因素——极限温度。

电工绝缘材料按极限温度划分为七个耐热等级，见表 1-1。

表 1-1 绝缘材料的耐热等级和极限温度

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

电工绝缘材料可分为以下 4 大类：

1. 浸渍漆

浸渍漆主要用来浸渍电机、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。浸渍漆具有较好的耐油性及绝缘性，漆膜平滑而有光泽。

2. 浸渍纤维制品

(1) 玻璃纤维漆布（或带） 主要用作电机、电器的衬垫和线圈的绝缘，它的电气性能及耐油性、耐潮性都较好，机械强度较高，并具有一定的防霉性能。

(2) 漆管 漆管又称绝缘套管，主要用作电机、电器的引出线或联接线的绝缘及机械保护。它具有良好的电气性能和力学性能，耐油性、耐潮性较好，但弹性较差。

(3) 绑扎带 绑扎带主要用于绑扎变压器铁心和代替合金钢丝绑扎电机转子线圈端部，在电机工业中应用较广泛。

3. 薄膜

电工用薄膜要求厚度薄、柔软、电气性能及机械强度高。主要应用于电机的槽绝缘、匝间绝缘和相间绝缘以及其他电工产品线圈的绝缘。

4. 绝缘包扎带

绝缘包扎带主要用作包缠电线接头和电缆接头及低压电器设备的绝缘修理等。

1.3 电工工具

1.3.1 常用电工工具

正确使用和维护电工工具，既能提高工作效率和施工质量，又能减轻劳动强度，保证操