



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

电工技术实训教程

(第2版)

付植桐 主编
张永飞 王英大 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专教育)

电工技术实训教程

(第 2 版)

付植桐 主编

张永飞 王英大 副主编

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育），是在完成教育部立项课题“高职高专电工课程教学内容改革、建设的研究”的基础上，为更好地适应高等职业教育迅速发展的需要，培养面向生产、管理第一线的高级应用型人才，并根据2006年11月在无锡召开的“高职高专电类基础课‘十一五’国家级规划教材编写会议”的精神，多方征求意见后修订编写的。本书是高等职业院校机电类及相关专业学生必修的一门技能实训课，以强化基础，突出技能能力培养，注重实用为原则，并保证全书有一定的深度。本书上篇介绍电工技术基础知识，包括电气安全技术基础、常用电工工具和电工仪表的使用、常用电工材料和电气元件的选用、电气图制图与读图、变压器、三相异步电动机及常见故障、直流电动机与特殊电动机和继电-接触器控制电路分析及故障排除；下篇介绍电工技能实训，包括电工基本操作技能训练、电工测试与测量技能训练、电气设备检修技能训练、电气设备修复技能训练、电路安装技能训练、机床电路故障排查技能训练和电子电路安装与调试技能训练等电工技能基础实训和电工技能综合实训，并配有思考题。

本书可作为高职、高专院校机电类和电气类专业学生的实训和技能培训教材，也可供自学者和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术实训教程/付植桐主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2009.12

ISBN 978-7-04-028345-7

I. 电… II. 付… III. 电工技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 196354 号

策划编辑 孙 杰 责任编辑 牛旭东 封面设计 张志奇
版式设计 王艳红 责任校对 王效珍 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 中青印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 22.5
字 数 550 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004 年 7 月第 1 版
2009 年 12 月第 2 版
印 次 2009 年 12 月第 1 次印刷
定 价 26.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28345-00

前 言

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育），是在完成教育部立项课题“高职高专电工课程教学内容改革、建设的研究”的基础上，根据2006年11月在无锡召开的“高职高专电类基础课‘十一五’国家级规划教材编写会议”的精神，并多方征求意见后修订编写的。

本教材是为适应高等职业教育迅猛发展的需要，以培养应用型人才为目标，以强化基础，突出能力培养，注重实用为原则。教材在学生掌握基本知识的基础上，强化操作技能和综合能力的培养。通过学习和实训，使学生既有看懂电路原理图的能力，又有正确选择合适的电路元器件以实现某种功能的能力；既有安装简单电路的能力，又有查找电路故障和维修的能力。本教材是周定文、付植桐主编的，高等教育出版社出版的《电工技术（第2版）》的配套教材。

本教材上篇介绍电工技术基础知识，包括电气安全技术基础、常用电工工具和电工仪表的使用、常用电工材料和电气元件的选用、电气图制图与读图、变压器、三相异步电动机及常见故障、直流电动机与特殊电动机、继电器-接触器控制线路分析及故障排除；下篇介绍电工技能实训，包括电工基本操作技能训练、电工测试与测量技能训练、电气设备检修技能训练、电气设备修复技能训练、电路安装技能训练、机床电路故障排查技能训练和电子电路安装与调试技能训练等电工技能基础实训和电工技能综合实训，上篇各章配有思考题。

本教材的编写特点为：

1. 考虑课程的基础性和应用性，教材重点放在电工技术实训的基本知识和基本技能训练上，同时强化实训，介绍一些基本电路及其控制与故障检修。
2. 教材内容以工程实践中常用的和推广应用的技术所需的理论基础为主，通过实训来了解实际应用，实训中介绍一些实用电路。
3. 随着机电一体化技术的发展，机和电已不可分割，而机电传动自动化都是由各种控制电机来实现的，教材中加强特种电机的介绍，以满足实际机电控制的需要。
4. 教材下篇部分的编写符合国家对维修电工中级以上标准的要求，有助于读者通过学习和实践获取相应的等级证书。
5. 以高职高专教育为主线，侧重于培养学生解决实际生产问题的能力。教材编写以应用为目的，以必需、够用为度，精选内容，强调概念，突出能力培养，并保证全书有一定深度。

本教材由天津职业大学和天津现代职业技术学院教师共同编写，其中付植桐编写第1、15章，罗月红编写第2、3章，邢朝明编写第4章，廉正光编写第5、6章，张永飞编写第7、8章，王英大编写第9、10、11、12、13、14章，由付植桐负责全书的统稿工作。

全书由天津大学周定文教授主审。周教授对初稿提出了很多宝贵的意见和建议，并得到了

高等教育出版社的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间紧迫和编者水平所限，书中难免存在一些问题，衷心希望读者批评指正。

编者

2009年8月于天津

目 录

上篇 电工技术基础知识

第 1 章 电气安全技术基础	3	2.2.6 钳形电流表	32
1.1 用电安全概述	3	2.2.7 指针万用表	33
1.1.1 人身安全	3	2.2.8 数字万用表	38
1.1.2 设备安全	5	2.2.9 兆欧表	41
1.1.3 电气防火与防爆	5	2.2.10 功率计	43
1.2 触电及急救方法	6	2.2.11 瓦时计	45
1.2.1 触电种类、原因和形式	6	小结	50
1.2.2 触电急救方法	7	思考题	51
1.3 安全用电预防措施	8		
1.3.1 安全用电制度措施	8	第 3 章 常用电工材料和电气元器	
1.3.2 安全用电技术措施	8	件的选用	52
1.4 接地与接零	10	3.1 常用电工材料	52
1.4.1 工作接地	10	3.1.1 常用绝缘材料	52
1.4.2 保护接地	11	3.1.2 常用导电材料	55
1.4.3 保护接零	12	3.1.3 常用磁性材料	60
1.4.4 接地装置	13	3.2 常用电气元器件的选用	63
小结	15	3.2.1 电阻器	64
思考题	15	3.2.2 电位器	67
		3.2.3 电容器	68
		3.2.4 电感器	72
		小结	73
		思考题	73
第 2 章 常用电工工具和电工仪表			
的使用	16	第 4 章 电气图制图与读图	75
2.1 常用电工工具及其使用	16	4.1 电气图的制图	75
2.1.1 通用电工工具	16	4.1.1 绘制简图的基本要求	75
2.1.2 专用电工工具	19	4.1.2 功能表图	78
2.2 常用电工仪器仪表	23	4.1.3 电气图的作用、分类及绘制	
2.2.1 常用电工仪器仪表的一般知识	23	方法	81
2.2.2 电工测量仪表的选择、使用和		4.2 电气图读图方法	88
维护	26	4.2.1 读图要求和读图步骤	88
2.2.3 常用电工仪表的工作原理	28		
2.2.4 电流表	29		
2.2.5 电压表	31		

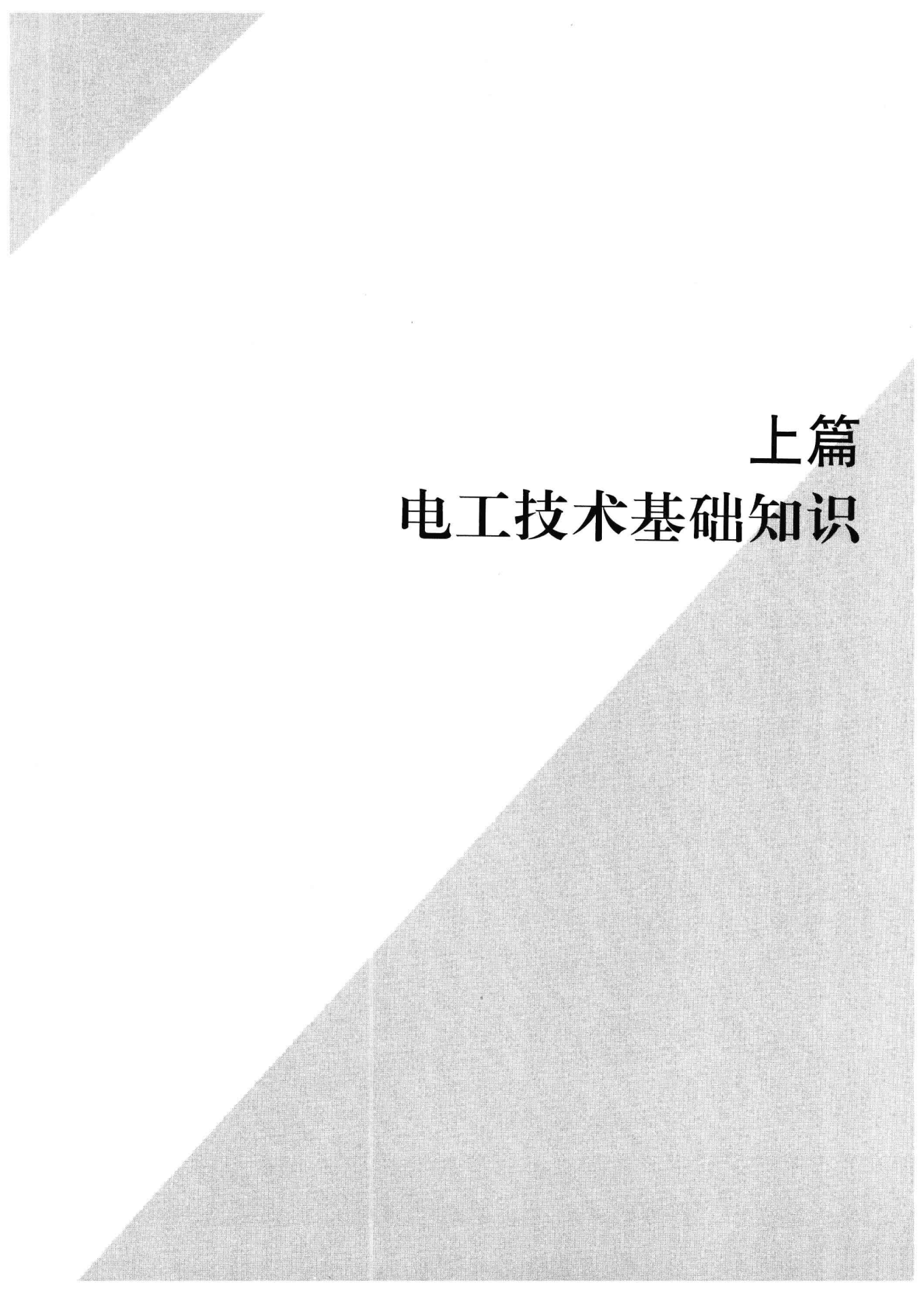
4.2.2 电力系统电气图读图基础	89
4.2.3 接线图和接线表	92
4.2.4 读图实例——电梯电气图	100
小结	105
思考题	105
第5章 变压器	106
5.1 变压器的基本知识	106
5.1.1 变压器的分类与作用	106
5.1.2 变压器的技术指标	106
5.2 特种变压器及变压器产品	107
5.2.1 电源变压器	107
5.2.2 自耦变压器	109
5.2.3 电焊变压器	110
5.2.4 脉冲变压器	110
5.2.5 仪用互感器	111
5.3 小型变压器的设计与制作	112
5.3.1 小型变压器的设计方法	112
5.3.2 变压器线圈的绕制	114
小结	116
思考题	116
第6章 三相异步电动机及常见的故障	117
6.1 三相异步电动机的结构	117
6.2 三相异步电动机的工作原理	119
6.2.1 旋转磁场	119
6.2.2 转子的转动原理	122
6.3 三相异步电动机的铭牌数据及电动机的选择	123
6.3.1 三相异步电动机的铭牌数据	123
6.3.2 三相异步电动机的选择	124
6.4 三相异步电动机运行中常见的故障及处理方法	125
6.4.1 电动机的起动故障	125
6.4.2 定子绕组故障	125
6.4.3 转子绕组故障	126
6.4.4 电动机过载发热	126
小结	127
思考题	127

第7章 直流电动机与特殊电动机	128
7.1 直流电动机	128
7.1.1 直流电动机的基本结构	128
7.1.2 直流电动机的工作原理	129
7.1.3 直流电动机的铭牌和分类	131
7.1.4 直流电动机的运行特性	132
7.1.5 直流电动机的使用	134
7.1.6 直流电动机的常见故障及处理方法	139
7.2 单相异步电动机	140
7.2.1 基本结构	140
7.2.2 常用单相异步电动机型号介绍	142
7.2.3 单相异步电动机的调速与正反转控制	143
7.3 同步电机	144
7.4 伺服电机	146
7.4.1 交流伺服电机	146
7.4.2 直流伺服电机	149
7.4.3 直流力矩电机	150
7.5 测速发电机	151
7.5.1 直流测速发电机	152
7.5.2 交流异步测速发电机	153
7.6 自整角机	154
7.6.1 基本结构	155
7.6.2 工作原理	155
7.6.3 误差概述	157
7.6.4 选用时应注意的问题及应用举例	157
7.7 步进电机	158
7.7.1 工作原理	158
7.7.2 运行特性	161
7.7.3 驱动电源	164
小结	165
思考题	165
第8章 继电器-接触器控制电路分析及故障排除	168
8.1 低压电器	168
8.1.1 低压电器产品的分类、用途和产品型号含义	168
8.1.2 低压刀开关	169

8.1.3 低压熔断器	172	8.2.5 电液控制	213
8.1.4 低压断路器	176	8.2.6 电动机的保护	216
8.1.5 主令电器	180	8.2.7 基本控制电路安装及故障排除	219
8.1.6 接触器	182	8.3 典型机械设备电气控制电路分析	224
8.1.7 继电器	186	8.3.1 电气控制电路分析与故障处理	224
8.1.8 电磁起动器	192	8.3.2 CW6140 车床控制电路分析及故障处理	227
8.1.9 凸轮控制器	195	8.3.3 Z3040 摇臂钻床控制电路分析及故障处理	229
8.1.10 电磁铁	197	8.3.4 X62W 铣床控制电路分析及故障处理	231
8.1.11 低压电器常见故障与排除	199	8.3.5 M7120 型平面磨床控制电路分析及故障处理	237
8.2 三相异步电动机基本控制电路	203	小结	240
8.2.1 三相异步电动机的正转、点动及两地控制	203	思考题	240
8.2.2 三相异步电动机正反转控制	206		
8.2.3 三相异步电动机的顺序控制及时间控制	208		
8.2.4 双速异步电动机高低速控制	211		

下篇 电工技能实训

第9章 电工基本操作技能训练	245	12.2 三相异步电动机定子绕组修复技能训练	296
9.1 导线加工技能训练	245		
9.2 电子元器件焊接与拆焊技能训练	253	第13章 电路安装技能训练	302
第10章 电工测试与测量技能训练	266	13.1 室内照明电路安装技能训练	302
10.1 常用电子元器件的测试方法技能训练	266	13.2 三相异步电动机控制电路安装与布线技能训练	313
10.2 电工测量方法技能训练	272	第14章 机床电路故障排查技能训练	323
第11章 电气设备检修技能训练	278	14.1 排查故障思路与检测方法	323
11.1 三相异步电动机检修技能训练	278	14.2 典型机床电气线路故障排查技能训练	331
11.2 直流电动机检修技能训练	284	第15章 电子电路安装与调试技能训练	341
第12章 电气设备修复技能训练	291	15.1 两级放大电路的安装与调试技能训练	341
12.1 小型变压器修复技能训练	291	15.2 电子电路装调综合技能训练	346
参考文献	351		



上篇 电工技术基础知识

第 1 章

电气安全技术基础

随着我国社会主义经济体制改革的不断深入和社会主义市场经济制度的不断向前推进，我国国民经济呈现出高速稳定的发展态势。与此同时，电的应用也越来越广泛。电，一方面造福人类，给人类的生产和生活带来很大方便；另一方面，又对人类构成威胁。在用电过程中，必须特别注意用电安全，如果稍有麻痹或疏忽，就可能造成严重的人身触电事故或者引起火灾和爆炸。

1.1 用电安全概述

用电安全包括人身安全和设备安全两方面。人身安全是指人在用电过程中避免触电事故的发生。触电主要是电流对人体造成的危害，在电气事故中最为常见。

1.1.1 人身安全

人身安全是指人在生产与生活中防止触电及其他电气危害。电流对人体伤害的严重程度与通过人体电流的大小、频率、持续时间，通过人体的路径及人体电阻的大小等多种因素有关。

1. 电流大小

通过人体的电流越大，人体的反应就越明显，感应就越强烈，引起心室颤动所需的时间就越短，对人致命的危害就越大。

对于工频交流电，按照通过人体电流的大小和人体所呈现的不同状态，大致分为下列三种：

① 感觉电流：指引起人的感觉的最小电流。实验表明，一般成年男性的平均感觉电流约为 1.1 mA，成年女性约为 0.7 mA。

② 摆脱电流：指人体触电后能自主摆脱电源的最大电流。实验表明，一般成年男性的平均摆脱电流约为 16 mA，成年女性约为 10 mA。

③ 致命电流：指在较短的时间内危及生命的最小电流。实验表明，一般当通过人体的电流达到 30 ~ 50 mA 时，中枢神经就会受到伤害，使人感觉麻痹，呼吸困难。如果通过人体的工频电流超过 100 mA 时，在极短的时间内人就会失去知觉而导致死亡。

2. 频率

一般认为 40 ~ 60 Hz 的交流电对人最危险。随着频率的增加，危险性将降低。高频电流不仅不伤害人体，还能治病。

3. 通电时间

通电时间越长，人体电阻因多方面的原因会降低，导致通过人体的电流增加，触电的危险性亦随之增加。引起触电危险的工频电流和通过电流的时间关系可用下式表示

$$I=\frac{165}{\sqrt{t}}$$

式中 *I*——引起触电危险的电流 (mA)；*t*——通电时间 (s)。

4. 电流路径

电流通过头部可使人昏迷，通过脊髓可能导致瘫痪，通过心脏会造成心跳停止及血液循环中断，通过呼吸系统会造成窒息。因此，从左手到胸部是最危险的电流路径，从手到手、从手到脚也是很危险的电流路径，从脚到脚是危险性较小的电流路径。

5. 人体电阻

人体电阻包括内部组织电阻 (称为体电阻) 和皮肤电阻两部分。皮肤电阻主要由角质层决定，角质层越厚，电阻就越大。人体电阻一般为 1 500 ~ 2 000 Ω (为保险起见，通常取为 800 ~ 1 000 Ω)。

影响人体电阻的因素很多。除皮肤厚薄外，皮肤潮湿、多汗、有损伤、带有导电性粉尘等都会降低人体电阻。

6. 电压的影响

从安全的角度看，确定人体触电的安全条件通常不采用安全电流而是用安全电压，因为影响电流变化的因素很多，而电力系统的电压是较为恒定的。电压对人体的影响及允许接近的最小安全距离如表 1.1 所示。

表 1.1 电压对人体的影响及允许接近的最小安全距离

接触时的情况		可接近的距离	
电压/V	对人体的影响	电压/kV	设备不停电时的安全距离/m
10	全身在水中时跨步电压界限为 10 V/m	10 及以下	0.7
		20 ~ 35	1.0
20	湿手的安全界限	44	1.2
30	干燥手的安全界限	60 ~ 110	1.5
50	对人的生命无危险的界限	154	2.0
100 ~ 200	危险性急剧增大	220	3.0
200 以上	对人的生命发生危险	330	4.0
300	被带电体吸引	500	5.0
1000 以上	有被弹开而脱险的可能		

1.1.2 设备安全

设备安全是指电气设备、工作设备及其他设备的安全。设备安全主要考虑下列因素：

1. 电气装置安装的要求

① 总开关、闸刀开关都不能倒装，如果倒装，就有可能自动合闸，使电路接通，这时如果有人检修电路会很不安全。

② 不能把开关、插座或接线盒等直接装在建筑物上，而应安装木盒；否则，如果建筑物受潮，就会造成漏电事故。

2. 不同场所对使用电压的要求

不同场所，对电气设备或设施的安装、维护、使用以及检修等方面都有着不同的要求。按照触电的危险程度，可将它分为以下几类：

① 无高度触电危险的建筑物，例如，住宅、公共场所、生活建筑物、实验室、仪表装配楼、纺织车间等。在这种场所中，各种易接触到的用电器、携带型电气工具的使用电压不超过 220 V。

② 有高度触电危险的建筑物，例如，金工车间、锻工车间、电炉车间、泵房、变配电所、压缩机站等。在这种场所中，各种易接触到的用电器、携带型电气工具的使用电压不超过工频 36 V。

③ 有特别触电危险的建筑物，例如，铸工车间、锅炉房、染化料车间、化工车间、电镀车间等。在这种场所中，各种易接触到的用电器、携带型电气工具的使用电压不超过工频 12 V。在矿井和浴池之类的场所，在检修设备时，常使用专用的工频 12 V 或 24 V 工作手灯。

我国的安全电压值规定是工频 36 V、24 V 和 12 V 三种。

1.1.3 电气防火与防爆

各种电气设备的绝缘物质大多属于易燃物质。运行中导体通过电流要发热，开关切断电流时会产生电弧，短路、接地或设备损坏等也可能产生电弧及电火花，这都可能将周围易燃物引燃，造成火灾或爆炸。

1. 电气设备造成火灾和爆炸的主要原因

① 电气设备选型与安装不当，如有爆炸危险的场所选用非防爆电机、电器，在存有汽油的室中安装普通照明灯，在有火灾与爆炸危险的场所使用明火，在可能发生火灾的设备或场所中用汽油擦洗设备等，都会引起火灾。

② 设备故障引发火灾，如设备的绝缘老化、磨损等造成电气设备短路；设备过负荷电流过大引发火灾，如电气设备规格选择过小，容量小于负荷的实际容量，导线截面积选得过小，负荷突然增大，乱拉电线等。

2. 电气火灾的灭火

① 当发生电气火灾时，首先要尽快切断电源，防止火情蔓延和灭火时发生触电危险。还要尽快使用通信工具报警，所有工作人员平时要学习、掌握简单的灭火常识。

② 灭火人员不可使身体及手持的灭火器碰到带电的导线或电气设备，否则有触电危险。

1.2 触电及急救方法

1.2.1 触电种类、原因和形式

人体因触及带电体而承受过高的电压，电流流过人体对人体造成伤害，严重时可引起心脏和呼吸骤停，也就是人的血液循环和呼吸功能突然停止而引起死亡的现象称为触电。人体是导体，一旦有电流通过，将会受到不同程度的伤害。由于触电的种类、方式及条件的不同，受伤的后果也不一样。

1. 触电种类

人体触电有电击和电伤两类：

① 电击是指电流通过人体时所造成的内伤，它可以使肌肉抽搐，内部组织损伤，造成发热、发麻、神经麻痹等，严重时将引起昏迷、窒息，甚至心脏停止跳动而死亡。通常说的触电就是电击，触电死亡大部分由电击造成。

② 电伤主要是指电对人体外部造成的局部损伤，包括电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用下造成的人体外伤。常见的有灼伤、烙伤和皮肤金属化等现象，严重时也可能致命。

2. 触电事故产生的原因

发生触电事故的主要原因有：

- ① 缺乏用电常识，触及带电的导线。
- ② 没有遵守操作规程，人体直接与带电体部分接触。
- ③ 由于用电设备管理不当，使绝缘损坏，发生漏电，人体碰触漏电设备外壳。
- ④ 高压线路落地，造成跨步电压引起对人体的伤害。
- ⑤ 检修中，安全组织措施和安全技术措施不完善，接线错误，造成触电事故。
- ⑥ 其他偶然因素，如人体受雷击等。

3. 触电形式

(1) 单相触电

如图 1.2.1 所示，这是常见的触电形式。人体的某一部分接触带电体的同时，另一部分又与大地或中性线相接，电流从带电体流经人体到大地（或中性线）形成回路。我国供电系统大部分是三相四线制，单相对地电压 220 V，若触及是很危险的。

(2) 两相触电

如图 1.2.2 所示，人体的不同部分同时接触两相电源时造成的触电，对于这种情况，无论电网中性点是否接地，人体所承受的线电压(380 V)将比单相触电时高，危险更大。

(3) 跨步电压触电

若架空电力线(特别是高压线)断散到地时，电流通过导线接地点流入大地散发到四周土壤中，以导线触地点为中心，构成电位分布区域，越接近中心，地面电位也越高。电位分布区域一般在 15 ~ 20 m 的半径范围内。当人畜跨进这个区域，两脚之间出现的电位差称为跨步电压。在这种电压作用下，电流从接触高电位的脚流进，从接触低电位的脚流出，从而形成触

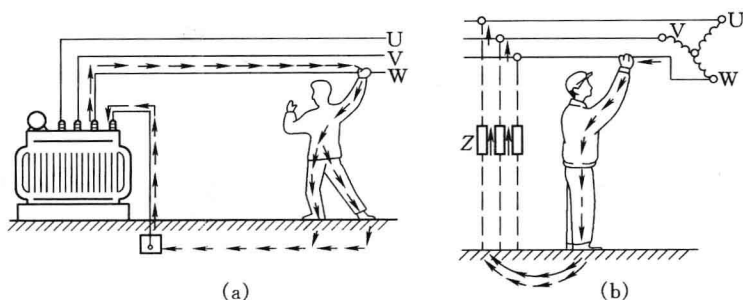


图 1.2.1 单相触电

电，如图 1.2.3 所示。此时人应该将双脚并在一起或用单脚着地跳出危险区。

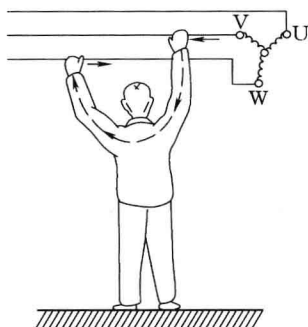


图 1.2.2 两相触电



图 1.2.3 跨步电压触电

(4) 接触电压触电

电力线接地后，除存在跨步电压外，如人体直接碰及带电导线，将会产生接触电压的直接触电，这是十分危险的。

1.2.2 触电急救方法

1. 解脱电源

人在触电后可能由于失去知觉或超过人的摆脱电流而不能自己脱离电源。此时抢救者不要惊慌，要在保护自己不被触电的情况下使触电者脱离电源，方法如图 1.2.4 所示。

2. 触电的急救方法

(1) 人工呼吸法

人的生命的维持，主要靠心脏跳动而产生血液循环和通过呼吸而形成的氧气与废气的交换。如果触电人受伤害较严重，失去知觉，停止呼吸，但心脏微有跳动时，应采用口对口的人工呼吸法。

(2) 人工胸外按压心脏法

若触电人受伤害相当严重，心脏和呼吸都已停止，人完全失去知觉时，则需同时采用口对口人工呼吸和人工胸外按压心脏两种方法。如果现场仅有一人抢救时，可交替使用这两种方法，先胸外按压心脏 4~6 次，然后口对口呼吸 2~3 次，再按压心脏，反复循环进行操作。

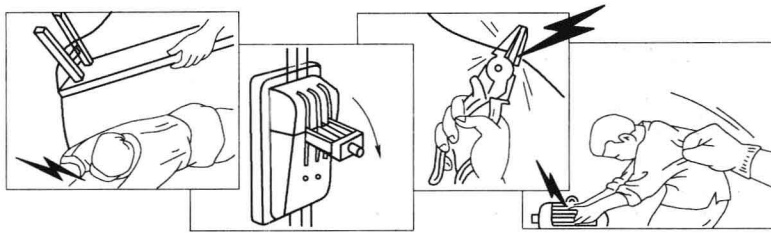


图 1.2.4 使触电者迅速脱离电源

在进行触电急救时要同时呼救，请医护人员。施行人工呼吸和心脏按压必须坚持不懈，直到触电人苏醒或医护人员前来救治为止。只有医生才有权宣布触电人真正死亡。

1.3 安全用电预防措施

1.3.1 安全用电制度措施

1. 安全教育

无数触电事故的教训告诉人们，思想上的麻痹大意往往是造成人身事故的重要因素，因此必须加强安全教育，使所有人都懂得安全的重大意义，彻底消灭人身触电事故。

2. 建立和健全电气操作制度

在进行电气设备安装与维修时，必须严格遵守各种安全操作规程和规定，不得玩忽职守。操作时，要严格遵守停电操作的规定，要切实做好防止突然送电的各项安全措施，如锁上刀闸，并挂上“有人工作，不许合闸！”的警告牌等。此外，在操作前应检查工具的绝缘手柄、绝缘靴和绝缘手套等安全用具的绝缘性能是否良好，有问题应立即更换。

3. 确保电气设备的设计和安全质量

电气设备的设计和安装质量，与系统安全运行的关系极大，必须精心设计和施工，严格执行审批手续和竣工验收制度，以确保工程质量。在电气设备的设计和安装中，一定要严格执行国家标准中的有关安全规定。

1.3.2 安全用电技术措施

1. 固定设备电气安全的基本措施

(1) 直接电击的防护措施

① 绝缘：用绝缘材料将带电体封闭起来。良好的绝缘材料是保证电气设备和线路运行的必要条件，是防止触电的主要措施。应当注意，单独采用涂漆、漆包等类似的绝缘来防止触电是不够的。

② 屏保：采用屏保装置将带电体与外界隔开。为杜绝不安全因素，常用的屏保装置有遮栏、护罩、护盖和栅栏等。

③ 间隔：即保持一定间隔以防止无意触及带电体。凡易于接近的带电体，应保持在伸出手臂时所及的范围之外。正常操作时，凡使用较长工具者，间隔应加大。

④ 漏电保护：漏电保护又称为残余电流保护或接地故障电流保护。漏电保护仅能作为附加电路而不应单独使用，其动作电流最大不宜超过 30 mA。

⑤ 安全电压：即根据具体工作场所的特点，采用相应等级的安全电压，如 36 V、24 V、12 V 等。

(2) 间接电击的防护措施

① 自动断开电源：安装自动断电装置。自动断电装置有漏电保护、过流保护、过压保护或欠压保护、短路保护等，当带电线路或设备发生故障或触电事故时，自动断电装置能在规定的时间内自动切除电源，起到保护作用。

② 加强绝缘：是指采用有双重绝缘或加强绝缘的电气设备，或者采用另有共同绝缘的组合电气设备，以防止工作绝缘损坏后在易接近部分出现危险的对地电压。

③ 等电位环境：是将所有容易同时接近的裸导体(包括设备外的裸导体)互相连接起来使其间电位相同，防止接触电压。等电位范围不应小于可能触及带电体的范围。

2. 移动式电器的安全措施

① 实行接零(地)：这是对移动式电器的主要安全措施之一。移动式电器要采用带有接中性线(零、地)的芯线的橡套软线作电源线，其专用芯线(指绿/黄双色线)用作接零(地)线。

② 采用安全电压：在特别危险的情况可采用安全电压的单相移动式设备，安全电压也应由双线圈隔离变压器供电。由于该设备不够经济，这种办法只在某些指定场合应用。

③ 采用隔离变压器：在接地电网中可装设一台隔离变压器给单相设备供电，其二次侧应与大地保持良好绝缘。此时，由于单相设备转变为在不接地电网中运行，从而可以避免触电危险。

④ 采用防护用具：即应穿绝缘鞋、戴绝缘手套，或站在绝缘板上等，使人与大地或人与单相外壳隔离。这是一项简便易行的办法，也是实际工作中确有成效的基本安全措施。

3. 合理选择导线

合理选择导线是安全用电的必要条件。导线允许流过的电流与导线的材料及导线的截面积有关，当导线中流过的电流过大时，会由于导线过热引起火灾。不同场所导线允许最小截面积如表 1.2 所示。

表 1.2 不同场所导线允许截面积

种类及使用场所			导线允许最小截面积/mm ²		
			铜芯软线	铜线	铝线
照明灯具相线	民用建筑，户内		0.4	0.5	2.5
	工业建筑，室内		0.5	0.8	2.5
	户外			1.0	2.5
移动式用电设备	生活用		0.2		
	生产用		1.0		
敷设在绝缘支持件上的绝缘线，其支持点的间距	2 m 以下	户内		1.0	2.5
		户外		1.5	2.5
	6 m 及以下			2.5	4.0
	10 m 及以下			2.5	6.0
	25 m 及以下(引下线)			4.0	10
穿管线				1.0	2.5