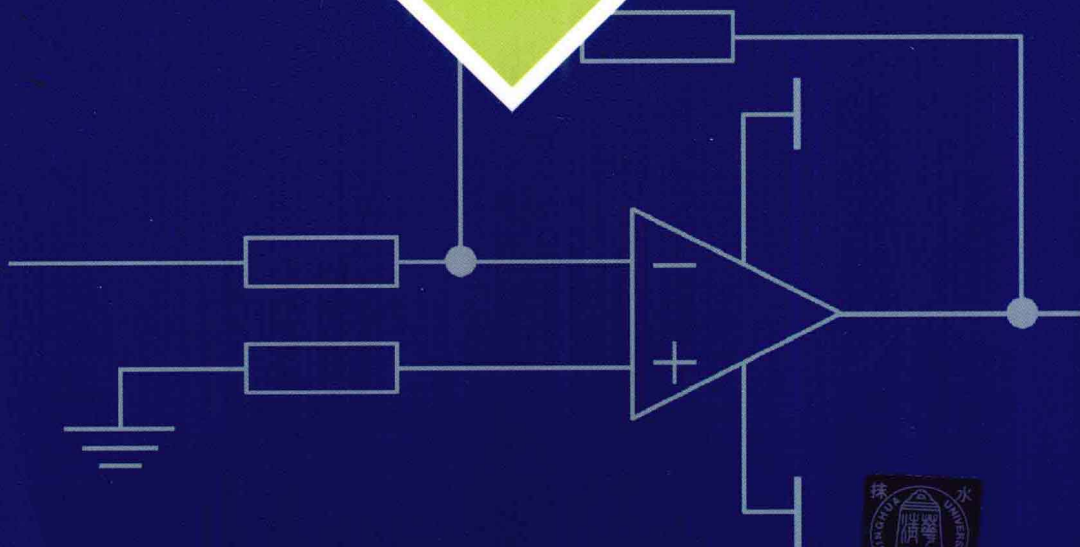


电工电子 实训教程

沈振乾 史风栋 杜启飞 编著



清华大学出版社



电工电子 实训教程

沈振乾 史风栋 杜启飞 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书分为电工实训部分和电子实训部分,主要内容包括:安全用电,电工工具及仪表,导线加工连接及电子焊接技术,室内综合布线及照明装置,常用低压电器及电机控制,电子元器件识别,三极管控制发光二极管电路设计,印刷电路板快速制作等。本书的特点着重于实用技术的传授和实践能力的培养提高,突出实践性和实用性,使读者在学习课程内容的过程中提高解决实际问题 and 处理实际问题的能力。

本书适用于普通高等学校和各类成人教育工程类专业学生,可以作为“电工实训”和“电子实训”课程教材,也可以作为电子制造企业的岗位培训教材,还可以供广大电子爱好者阅读。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实训教程/沈振乾等编著. —北京:清华大学出版社,2011.6

ISBN 978-7-302-26524-5

I. ①电… II. ①沈… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材
IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 173181 号

责任编辑:刘向威

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:12.25 字 数:303 千字

版 次:2011 年 6 月第 1 版 印 次:2011 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:24.00 元

产品编号:041197-01

前言

本书是根据普通高等学校电工电子实训课程的教学基本要求而编写的,旨在为涉电类本科学生提供基本技能训练,培养其工程意识。全书共计 13 章,分电工技术实训和电子技术实训两部分,其中电工实训内容包括:安全用电、电工工具及仪表、导线加工连接及电子焊接技术、室内综合布线及照明装置、小型变压器技术、常用低压电器及电机控制。电子技术实训内容包括:元器件识别、分离元件调幅收音机、印刷电路板制作、三极管控制发光二极管电路设计、继电器应用电路设计、H 桥驱动电路设计、集成运算放大器应用。

本书的编写遵照本科教学的规律,注重学生工程实训能力的培养。在内容选择上保留传统、基础性内容和工艺知识,同时增加了新型器件和工艺知识;在实际训练上,严格按照工程要求进行训练,要求学生掌握企业要求的基本技能和工艺要求,从工程实际的角度培养学生的工程素养、动手能力、分析问题、解决问题的能力。

本书在内容上分电工实训和电子实训两部分,各章节之间在内容上既有先后性也相对独立,这两部分既可以独立开设课程也可以选择两部分中的某些章节进行开设一门课程。考虑到本科教学时间的有限,印刷电路板制作、集成运算放大器应用等章节作为学生课外独立学习的内容,老师可以在课外进行辅导,这些内容旨在为学生早期参加各种竞赛活动中提供一些参考资料。

本书可作为普通高等学校和各类成人教育工程类专业电工实训、电子实训相关课程的教材,也可供从事电工、电子技术的有关人员参考。

本书由沈振乾负责全书的统稿工作,参加编写的还有史风栋、杜启飞、张子敬。靳松、刘影、周世付、刘厚鹏、亢仇、张锦斌、刘亚荣、宝旭铮为本书的编写提供了部分资料,温增起、邢钢老师参与了本书的审订工作。

在本教材编写过程中,参考、引用了许多专家、学者的论著和教材。李小京教授给予了很大的帮助,提出了许多宝贵意见,在此一并表示感谢。

电工、电子技术内容广泛且发展迅速,由于编者水平有限,错误和不足之处恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 5 月

目 录

第1篇 电工部分

第1章 安全用电	3
1.1 触电及其对人体的危害	3
1.1.1 触电的种类及形式	3
1.1.2 触电的危害	5
1.1.3 安全电压和安全用具	5
1.2 触电的原因与救护	6
1.2.1 触电原因	6
1.2.2 触电预防	7
1.2.3 触电救护	8
1.3 电工安全操作规程	10
1.4 电气防火、防爆、防雷	11
1.4.1 防火	11
1.4.2 防爆	12
1.4.3 防雷	12
1.5 电气安全技术知识	14
1.5.1 接地与接零	14
1.5.2 电气设备的安全要求	15
第2章 电工工具与仪表	17
2.1 常用电工工具	17
2.1.1 螺丝刀	17
2.1.2 电工刀	18
2.1.3 剥线钳	18
2.1.4 钢丝钳	18
2.1.5 尖嘴钳	19
2.1.6 斜口钳	19
2.1.7 验电笔	19
2.2 常用电工仪器仪表	20
2.2.1 电工仪器仪表概述	20
2.2.2 电工仪表的分类	20

2.2.3	指示仪表的分类	20
2.2.4	常用电工仪表的结构	21
2.3	常用电工仪表的工作原理	21
2.3.1	磁电式仪表的工作原理	21
2.3.2	电磁式仪表的工作原理	22
2.3.3	电动式仪表的工作原理	22
2.4	电流表	23
2.4.1	电流表的工作原理	23
2.4.2	电流表的选择	23
2.4.3	电流表的使用	24
2.4.4	电流表的内阻	24
2.5	电压表	24
2.5.1	电压表的工作原理	24
2.5.2	电压表的选择	24
2.5.3	电压表的使用	24
2.5.4	电压表的内阻	25
2.6	数字万用表	25
2.6.1	概述	25
2.6.2	特点	25
2.6.3	数字万用表的使用方法	26
2.7	钳形电流表	27
2.7.1	钳形电流表的工作原理	27
2.7.2	使用钳形电流表的注意事项	28
2.7.3	多功能的钳形电流表	28
2.8	兆欧表	28
2.8.1	兆欧表的外形	28
2.8.2	兆欧表的选择	29
2.8.3	兆欧表使用前的准备	29
2.8.4	兆欧表的接线	30
2.8.5	兆欧表测量绝缘电阻	30
2.8.6	使用兆欧表的注意事项	31
第3章	导线加工连接及电子焊接技术	32
3.1	导线分类和结构	32
3.1.1	电磁线和电力线	32
3.1.2	常用绝缘导线的结构和应用	32
3.1.3	各种绝缘电力线安全载流量	32
3.2	导线绝缘层的去除	35
3.2.1	电磁线绝缘层剥除方法	35

3.2.2	电力线绝缘层剥除方法	35
3.3	电力线线头的连接方法	36
3.4	网线水晶头的连接方法	39
3.4.1	网线制作使用的工具	39
3.4.2	网线制作使用的材料	40
3.4.3	接线顺序	40
3.4.4	制作过程	41
3.4.5	测试方法	42
3.5	电子焊接	43
3.5.1	电烙铁	43
3.5.2	烙铁头	46
3.5.3	电烙铁的选用	46
3.5.4	电烙铁的使用方法	46
3.5.5	电烙铁的使用注意事项	48
3.6	焊料、助焊剂、阻焊剂	48
3.6.1	焊料	48
3.6.2	助焊剂	49
3.6.3	阻焊剂	50
3.7	手工焊接工艺	51
3.7.1	对焊接的要求	51
3.7.2	手工焊接操作方法	52
3.7.3	焊接操作要领	54
3.7.4	印制电路板的手工焊接工艺	56
3.7.5	表面焊接技术	59
3.7.6	拆焊	65
3.8	焊接质量的检查	67
3.8.1	目视检查	67
3.8.2	手触检查	68
3.8.3	通电检查	68
3.8.4	焊接缺陷及其产生的原因和排除方法	68
3.9	印制电路板的自动焊接介绍	69
3.9.1	浸焊	69
3.9.2	波峰焊	70
3.9.3	再流焊接技术	71
3.9.4	高频加热焊	71
3.9.5	脉冲加热焊	72
3.9.6	其他焊接方法	72

第 4 章 室内电气布线及照明设备安装	73
4.1 导线选择	73
4.1.1 线芯材料的选择	73
4.1.2 导线截面的选择	73
4.2 室内布线	74
4.2.1 室内布线的形式	74
4.2.2 线槽布线方法	74
4.3 安全保护措施的选择	75
4.4 强弱电干扰问题的解决	76
4.5 户内配电系统	76
4.5.1 配电控制箱	76
4.5.2 照明线路及设备	77
4.5.3 空调配电	77
4.5.4 综合布线注意事项	77
4.6 照明装置安装	78
4.6.1 日光灯	78
4.6.2 节能灯	79
第 5 章 小型变压器	81
5.1 变压器的类型和结构	81
5.1.1 分类	81
5.1.2 结构(电力变压器)	81
5.2 变压器的工作原理	82
5.3 变压器的主要参数	83
5.3.1 电力变压器主要参数	83
5.3.2 电子变压器主要特性参数	84
5.4 变压器极性的判别	84
第 6 章 常用低压电器及电机控制	86
6.1 常用低压电器简介	86
6.1.1 主令电器	86
6.1.2 保护电器	88
6.1.3 控制电器	90
6.2 三相异步电动机控制	92
6.2.1 三相笼型异步电动机的结构与铭牌	92
6.2.2 电动机全压起动和降压起动	95
6.2.3 正转闸刀控制	95
6.2.4 按钮开关	96

6.2.5 点动正转控制	96
6.2.6 具有自锁的正转控制	96
6.2.7 具有过载保护的 正转控制	97
6.2.8 接触器联锁的正反转控制	97
6.2.9 电动机维护	98
6.2.10 电动机的熔丝选择	99
6.2.11 电动机的故障分析	100

第 2 篇 电 子 部 分

第 7 章 元器件识别与测量技术	103
7.1 电阻器	103
1.1.1 电阻器的图形符号	103
7.1.2 电阻器的分类	103
7.1.3 电阻器的主要技术指标	104
7.1.4 电阻器的标识方法	105
7.1.5 电阻的选用	106
7.1.6 电阻的测量	107
7.2 电位器	107
7.2.1 电位器符号	107
7.2.2 电位器的分类	107
7.2.3 电位器的主要技术指标	107
7.2.4 电位器的测量	108
7.2.5 电位器的合理选用	108
7.3 电容器	108
7.3.1 电容器的符号	108
7.3.2 电容器的分类	109
7.3.3 电容器的技术参数	109
7.3.4 电容量的标志方法	110
7.3.5 电容器的合理使用	110
7.3.6 电容器的测量	111
7.4 电感器	111
7.4.1 电感器的分类	111
7.4.2 电感器的主要参数	111
7.4.3 电感器的检测	112
7.5 半导体分立元件	112
7.5.1 半导体二极管	112
7.5.2 半导体三极管	114

第 8 章 分离元件调幅收音机	116
8.1 无线电广播发射和接收概述	116
8.1.1 无线电广播	116
8.1.2 调制的作用	116
8.1.3 信号的调制方式	116
8.1.4 无线电广播的接收	117
8.2 超外差收音机原理	117
8.2.1 超外差式收音机综述	117
8.2.2 超外差收音机电路分析	118
8.3 收音机的安装与焊接	121
8.3.1 安装前准备工作	121
8.3.2 安装焊接注意事项	122
8.3.3 易发生的错误	122
8.3.4 元件的焊接	123
8.4 超外差收音机调试及故障检修	123
8.4.1 自测检查电路	123
8.4.2 超外差式收音机调试步骤	125
第 9 章 印刷电路板快速制作	127
9.1 印刷电路板制作的一般方法	127
9.1.1 减去法	127
9.1.2 加成法	128
9.1.3 积层法	128
9.2 工业制板过程	128
9.2.1 工业制板流程简介	128
9.2.2 四层 PCB 板制作过程	129
9.3 印刷电路板快速制作方法	134
9.3.1 图形设计输出	134
9.3.2 选板	134
9.3.3 STR-FII 环保型快速制板系统功能介绍	134
9.3.4 曝光	135
9.3.5 显影、蚀刻前的准备	137
9.3.6 显影操作方法	138
9.3.7 蚀刻操作方法	138
9.4 双面板制作	139
9.4.1 防镀制程	139
9.4.2 钻孔制程	139
9.4.3 过孔前处理	140

9.5 废液处理	141
9.6 印刷电路板快速制作注意事项	142
第 10 章 三极管控制发光二极管电路设计	143
10.1 二极管及相关知识	143
10.1.1 半导体二极管及其特性	143
10.1.2 半导体二极管主要参数	143
10.1.3 常见二极管功能及应用	144
10.1.4 发光二极管的原理及工作电路设计	145
10.2 三极管基本知识	147
10.2.1 三极管三种工作状态	147
10.2.2 三极管主要参数及其选型	148
10.3 三极管控制发光二极管电路设计	149
第 11 章 继电器应用电路设计	151
11.1 继电器的工作原理和特性	151
11.1.1 电磁继电器的工作原理和特性	151
11.1.2 热敏干簧继电器的工作原理和特性	152
11.1.3 固态继电器的工作原理和特性	152
11.1.4 磁簧继电器	152
11.1.5 光继电器	153
11.2 继电器主要产品技术参数	153
11.3 继电器测试	153
11.4 继电器的电符号和触点形式	154
11.5 继电器的分类	154
11.5.1 按作用原理分类	154
11.5.2 按外形尺寸分类	155
11.5.3 按触点负载分类	155
11.5.4 按防护特征分类	156
11.5.5 按用途分类	156
11.6 继电器的选用	156
11.6.1 继电器有如下几种作用	156
11.6.2 继电器的选用方法	156
11.7 小型继电器控制电路设计	157
第 12 章 H 桥驱动电路	159
12.1 H 桥驱动电路原理	159
12.2 使能控制和方向逻辑	160
12.3 功率场效应晶体管(MOSFET)原理	161

12.4	基于 MOSFET 的 H 桥驱动电路	165
12.5	基于 MOSFET 的 H 桥驱动电机过程	166
第 13 章	集成运算放大器应用	168
13.1	集成运算放大器简介	168
13.2	理想运算放大器	170
13.2.1	运放的理想参数	170
13.2.2	理想运放的电路模型	170
13.2.3	运放的分析依据	170
13.3	基本运算放大电路	171
13.4	典型电路设计	173
13.4.1	反相比例放大电路的设计	173
13.4.2	低通滤波器的设计	175
13.5	典型例程分析	176
13.5.1	抢答器	176
13.5.2	三运放用于信号测量	177
13.5.3	电压超、欠电压声光报警器	178
参考文献		181

第1篇

电 工 部 分

- 第1章 安全用电
- 第2章 电工工具与仪表
- 第3章 导线加工连接及电子焊接技术
- 第4章 室内电气布线及照明设备安装
- 第5章 小型变压器
- 第6章 常用低压电器及电机控制

第1章

安全用电

电能是一种优越的能源,广泛应用于工业、农业、交通、国防、科研以及社会生活等各个领域。为了安全合理地使用电能,除需要熟悉电的特性,掌握电的规律外,还必须掌握安全用电的常识,才能避免用电事故的发生。

用电安全包括人身安全和设备安全两部分,人身安全是指防止人身接触带电物体受到电击或电弧灼伤而导致生命危险,设备安全是指防止用电事故所引起的设备损坏、起火或爆炸等危险。在用电过程中,必须充分认识安全用电的重要性,注意安全用电,搞好安全用电,保护人身及设备的安全。

1.1 触电及其对人体的危害

人体也是导体,当人体接触带电部位而构成电流回路时,就会有电流通过人体,对人的肌体造成不同程度的伤害,这就是所谓的触电,其伤害程度与触电的种类、方式及条件有关。

1.1.1 触电的种类及形式

1. 触电的种类

人体触电,分为电击和电伤两种。电击就是通常所说的触电,绝大部分触电死亡是电击造成的,它是电流通过人体所造成的内伤。大小不同的电流通过人体时会使人产生不同的反映,如肌肉抽搐、内部组织损伤、发热、发麻、神经麻痹,严重时会使产生昏迷、窒息、心脏停止跳动、血液循环终止,甚至死亡;电伤则是由电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用造成的人体外伤,表现为灼伤、烙伤和皮肤金属化等现象。触电是从事电气操作者必须时刻注意的危险。

2. 触电的形式

1) 单相触电

人体的一部分接触三相导线中任意一根相线,称为单相触电,如图 1-1 所示。在中性点接地系统中,如图 1-1(a)所示,加于人体的电压为 220V,流过人体的电流足以危及生命。这是常见的触电方式。其伤害程度与人体电阻、土壤电阻率、接地体电阻等相关。因为电流能够流经上肢、内脏、下肢,所以对人体是相当危险的。

2) 中性点不接地触电

在中性点不接地系统中,如图 1-1(b)所示,虽然线路对地绝缘电阻可起到限制人体电流的作用,但线路对地存在分布电容、分布电阻,作用于人体的电压为线电压 380V,仍可达到危害生命的程度。其危险程度根据电压的高低、绝缘情况及每相对地分布电容的大小而不同。

3) 两相触电

人体不同部位同时接触带电设备或线路中任意两根相线时,电流从一根相线通过人体流入另一根相线,形成回路,称为两相触电,如图 1-2 所示。无论电网中性点是否接地,人体所承受的线电压(380V)均比单相触电时要高,危险性更大。

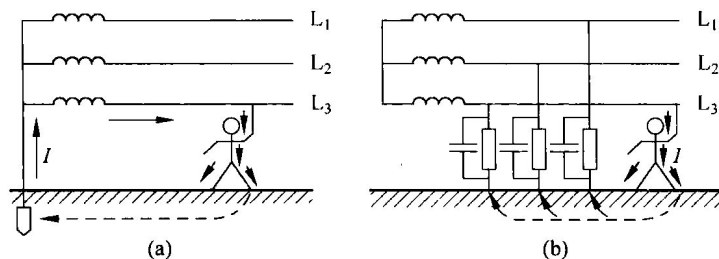


图 1-1 单相触电

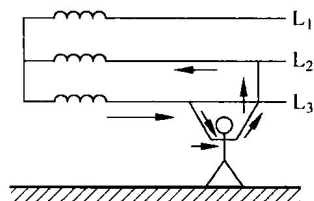


图 1-2 两相触电

4) 漏电触电

当电气设备绝缘损坏而使外壳带电,当人体接触设备外壳时也会触电。此种触电与单项触电类似。

5) 接触电压、跨步电压触电

当人体的两个部位同时接触到具有不同电位的两处时,在人体内就会有电流流过,这时加在人体两个部位之间的电位差称为接触电压。

当架空线断落于地面发生单相接地故障时,电流流入大地,向四周扩散,导致以此电线落地点为圆心,在其周围形成一个强电场。其电位分布以接地点为圆心向周围扩散,一般距接地体 20m 远处电位为零,如图 1-3 所示。当人跨进强电场区域时,在分开的两脚间有电位差(U_{B1} 、 U_{B2}),电流从一只脚流进,从另一只脚流出,所造成的触电称为跨步电压触电。

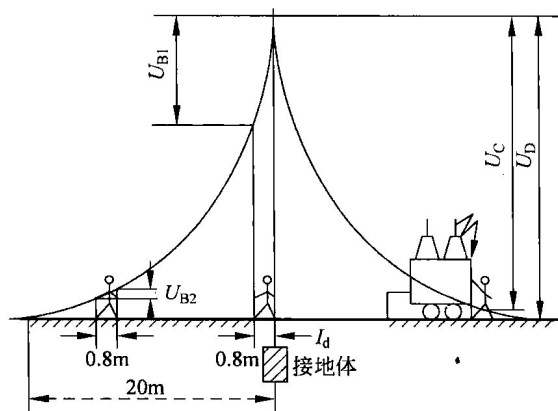


图 1-3 接触电压和跨步电压触电

接触电压和跨步电压的大小与接地电流、土壤电阻率、设备接地电阻及人体位置有关。当接地电流较大时,会因其超过允许值而发生人身触电事件。特别是在发生高压接地故障或雷击时,会产生很高的接触电压和跨步电压。

1.1.2 触电的危害

触电对人体伤害的严重程度与通过人体电流的大小、电流的类型、电流通过人体时间的长短、通过人体的部位、电流的频率及触电者的身体状况有关。

一般来说,通过人体的电流越大、时间越长,危害越大;触电时间超过人的心脏脉动周期(约为 750ms),或者触电正好开始于脉动周期的易损伤期时,危害最大;电流通过人体脑部、肺部和心脏时最为危险;频率在 40~60Hz 的交流电对人的危害性要比高频电流、直流电流及静电大;男性、成年人、身体健康者受电流伤害的程度相对要轻一些。

以工频电流为例,实验资料表明:当 1mA 左右的电流通过人体时,就会产生麻刺等不舒服的感觉;10~30mA 的电流通过人体,便会产生麻痹、剧痛、痉挛、血压升高、呼吸困难等症状,触电者已不能自主摆脱带电体,但通常不致有生命危险;对一般人而言,当电流超过 50mA 时,就会有致命危险。

当高频电流流过人体时,由于高频(大于 20kHz)电流的集肤效应(集肤效应又叫趋肤效应,当交变电流通过导体时,电流将集中在导体表面流过,这种现象叫集肤效应。是电流或电压以频率较高的电子在导体中传导时,会聚集于总导体表层,而非平均分布于整个导体的截面积中。频率越高,趋肤效用越显著),使得体内电流相对减弱,因而对人体伤害较小。直流电不容易使心脏颤动,因而人体忍受直流电的电流强度较高一些。当静电没有补充电荷时(如电容充电后),作用在人体后一般会随着时间很快衰减,不会导致严重后果。

通过人体电流的大小与触电电压和人体电阻有关。人体电阻包括体内电阻和皮肤电阻,体内电阻基本不受外界影响,其值约为 500Ω。皮肤电阻随外界条件变化,皮肤干燥者,电阻可达 100kΩ 以上。随着皮肤潮湿度加大,电阻可降到 1kΩ 以下。人体电阻越大,受电流伤害越轻。接触的电压升高时,人体电阻会大幅度下降。

1.1.3 安全电压和安全用具

1. 安全电压

人体承受的电压越低,通过人体的电流越小。当电压低于某一特定值后,就不会造成触电了。不带任何防护设备,对人体各部分组织均不造成伤害的电压值,称为安全电压。

世界各国对于安全电压的规定不尽相同。有 50V、40V、36V、25V、24V 等,其中以 50V、25V 居多。国际电工委员会(IEC)规定安全电压限定值为 50V,25V 以下电压可不考虑防止电击的安全措施。

我国规定 36V、24V、12V 三个电压等级为安全电压级别,以供不同场所使用。

安全电压之所以设置为 36V,是因为当设人体电阻为 1kΩ,通过人体所能承受的极限电流 50mA 时,所需要的电压为 50V,为了安全起见,将安全电压设置为 36V。

安全电压的规定是从总体上考虑的,对于某些特殊情况、某些人也不一定绝对安全。所以,即使在规定的安全电压下工作,也不可粗心大意。如在潮湿环境、粉尘大的环境,安全电