

创新型人才培养“十三五”规划教材

电子实习 指导教程

曹海平 顾菊平 主编

GO



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

创新型人才培养“十三五”规划教材

电子实习指导教程

主编 曹海平 顾菊平

参编 谢 星 冯晓荣 顾海琴

周伯俊 黄媛媛 于 玮

杨衡静 袁蔚芳 陈燕云

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书根据社会发展及教学改革的新形势,基于培养适应社会需求的高素质应用型人才的目的,依托高等工科院校本科电气信息类专业及机械工程专业相关课程(电子技术实践、电工电子实习)的基本要求编写而成。全书共8章,内容包括绪论、电子实习安全用电常识、常用电子元器件的识别与测试、印制电路板的设计与制作、电路焊接技术、电子产品调试工艺、常用电子测量仪器的原理及应用、典型电子产品的整机装配与调试。

本书可供电子信息类和电气自动化类专业及机械工程专业的大学生进行电子技术实训使用,也可供实践指导老师和相关专业的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子实习指导教程/曹海平,顾菊平主编. —北京:电子工业出版社,2016.8
创新型人才培养“十三五”规划教材

ISBN 978-7-121-28848-7

I. ①电… II. ①曹… ②顾… III. ①电子技术—实习—高等学校—教材 IV. ①TN01-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第108722号

策划编辑:张楠

责任编辑:谭丽莎

印刷:北京季蜂印刷有限公司

装订:北京季蜂印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开本:720×1000 1/16 印张:14.5 字数:309千字

版次:2016年8月第1版

印次:2016年8月第1次印刷

定 价:39.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254579。

前 言

实践教学是培养学生实训能力的有效途径。实践教学的改革是当今高等学校教学改革的一项重要任务,对培养学生理论联系实际具有重要的作用。电子技术实践(实习)是电子信息类和电气自动化类各专业及机械工程专业必修的实训课程,其特点是应用性广、实践性强,在培养学生的学习能力、实践能力和创新能力等方面具有不可替代的作用。

本书是根据电子技术实践(实习)课程教学的基本要求,基于工程训练中心实训平台编写的电子信息类和电气自动化类各专业及机械工程专业的电子实践教学用书。本书力求做到内容系统化、层次化,适应性广,针对性强,便于教师学生阅读和因材施教。

全书共分 8 章,内容包括绪论、电子实习安全用电常识、常用电子元器件的识别与测试、印制电路板的设计与制作、电路焊接技术、电子产品调试工艺、常用电子测量仪器的原理及应用、典型电子产品的整机装配与调试。内容设计上从认识、检测和选用电子元器件入手,再通过学习印制电路板的设计制作和电路焊接技术,逐步落实到如何设计、选择元器件、制作与调试一个单元电路及制作装配简单的电子产品。教学时可采用“教、学、认、做相结合”的方式,培养学生的分析问题和解决问题的能力,为后续课程(专业课程设计、毕业设计等)的学习提供必要的操作技能和工艺知识。

本书由南通大学曹海平、顾菊平主编,谢星、冯晓荣、顾海琴、周伯俊、黄媛媛、于玮、杨衡静、袁蔚芳、陈燕云参编。在编写的过程中,南通大学电气工程学院、电子信息学院的老师们提出了许多有益的意见和修改建议,在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中不当和错误之处在所难免,恳请同行专家和读者提出批评指正。

编者

目录

<<<<< CONTENTS

第 1 章 绪论	(1)
1.1 电子生产实习概述	(1)
1.2 电子产品设计的基本原则	(1)
1.2.1 电路设计	(1)
1.2.2 结构设计	(2)
1.3 电子产品的形成与制造工艺流程简介	(3)
1.3.1 电子产品的组成结构与形成过程	(3)
1.3.2 电子产品生产的基本工艺流程	(4)
1.3.3 电子整机产品生产过程举例	(5)
第 2 章 电子实习安全用电常识	(6)
2.1 触电对人体的危害	(6)
2.1.1 安全电压	(6)
2.1.2 触电危害	(6)
2.1.3 影响触电危害程度的因素	(7)
2.2 人体触电的形式	(8)
2.2.1 单相触电	(8)
2.2.2 两相触电	(9)
2.2.3 跨步电压触电	(9)
2.3 用电安全技术简介	(9)
2.3.1 接地和接零保护	(9)
2.3.2 漏电保护开关	(11)
2.4 电子装接操作安全	(11)
2.4.1 人身安全	(11)
2.4.2 设备安全	(13)
2.5 触电急救与电气消防	(14)
2.5.1 触电急救	(14)
2.5.2 电气消防	(14)
思考题	(14)

第3章 常用电子元器件的识别与测试	(15)
3.1 电阻器	(15)
3.1.1 电阻器的图形符号与单位	(15)
3.1.2 电阻器的分类	(16)
3.1.3 常用的电阻器	(16)
3.1.4 电阻器型号的命名方法	(17)
3.1.5 电阻器的主要参数	(18)
3.1.6 电阻器的标注方法	(19)
3.1.7 电阻器的测试	(22)
3.2 电位器	(22)
3.2.1 电位器的图形符号	(22)
3.2.2 电位器的分类	(23)
3.2.3 电位器的主要参数	(23)
3.2.4 电位器的标注方法	(25)
3.2.5 电位器的测试	(26)
3.2.6 电位器的使用	(26)
3.3 电容器	(27)
3.3.1 电容器的图形符号与单位	(27)
3.3.2 电容器的分类	(28)
3.3.3 常用的电容器	(29)
3.3.4 电容器的主要参数	(30)
3.3.5 电容器的标注方法	(31)
3.3.6 电容器的测试	(32)
3.3.7 电容器的使用	(33)
3.4 电感器	(34)
3.4.1 电感器的图形符号	(34)
3.4.2 电感器的分类	(35)
3.4.3 常用的电感器	(35)
3.4.4 电感器的主要参数	(36)
3.4.5 电感器的标注方法	(37)
3.4.6 电感器的测试	(38)
3.4.7 电感器的使用	(38)
3.5 半导体分立元件	(39)
3.5.1 半导体二极管	(39)
3.5.2 半导体三极管	(43)

3.5.3	场效应管	(49)
3.6	集成电路	(51)
3.6.1	集成电路的型号与命名	(51)
3.6.2	集成电路的分类	(53)
3.6.3	数字集成电路的特点与分类	(54)
3.6.4	模拟集成电路的特点与分类	(56)
3.6.5	集成电路的引脚排列识别	(57)
3.6.6	集成电路应用须知	(58)
3.6.7	集成电路的检测	(60)
3.7	电声器件	(60)
3.7.1	扬声器	(61)
3.7.2	传声器	(62)
3.8	实训项目	(66)
3.8.1	常用电子元器件的测试	(66)
3.8.2	可调直流稳压电源的设计	(67)
3.8.3	智力抢答电路的设计	(70)
3.8.4	报警电路的设计	(72)
	思考题	(73)
第 4 章	印制电路板的设计与制作	(75)
4.1	印制电路板的设计	(75)
4.1.1	印制电路板的基本概念	(76)
4.1.2	印制电路板的设计准备	(78)
4.1.3	印制电路板的排版布局	(82)
4.1.4	印制电路板的设计内容	(87)
4.1.5	印制电路板的抗干扰设计	(92)
4.1.6	印制电路板图的绘制	(101)
4.1.7	手工设计印制电路板实例	(105)
4.2	印制电路板的制作	(106)
4.2.1	印制电路板的形成方式	(107)
4.2.2	印制电路板的工业制作	(107)
4.2.3	印制电路板的手工制作	(110)
4.2.4	印制导线的修复	(114)
	思考题	(116)
第 5 章	电路焊接技术	(117)
5.1	锡焊的基本知识	(117)

5.1.1	锡焊	(117)
5.1.2	锡焊的机理	(118)
5.1.3	锡焊的条件	(118)
5.2	锡焊工具与焊接材料	(119)
5.2.1	电烙铁	(119)
5.2.2	焊料	(123)
5.2.3	助焊剂	(125)
5.2.4	阻焊剂	(126)
5.3	手工焊接技术	(126)
5.3.1	焊接操作的手法与步骤	(127)
5.3.2	合格焊点及质量检查	(130)
5.3.3	拆焊	(133)
5.4	实用焊接技艺	(135)
5.4.1	焊前的准备	(135)
5.4.2	元器件的安装与焊接	(137)
5.4.3	集成电路的焊接	(139)
5.5	电子工业生产中的焊接技术简介	(140)
5.5.1	浸焊	(140)
5.5.2	波峰焊	(141)
5.5.3	再流焊	(142)
5.6	实训: 焊接训练	(143)
5.6.1	实训目的	(143)
5.6.2	实训内容	(143)
5.6.3	实训器材	(144)
	思考题	(144)
第 6 章	电子产品调试工艺	(145)
6.1	调试工艺过程	(145)
6.2	测试与调整内容	(146)
6.2.1	静态测试与调整	(147)
6.2.2	动态测试与调整	(148)
6.2.3	电路调整方法	(149)
6.3	整机测试与调整	(149)
6.3.1	整机电路的测试与调整内容	(150)
6.3.2	整机调试方法	(151)
6.3.3	调试步骤	(151)

6.4	测试与检测仪器	(153)
6.4.1	检查电路接线	(153)
6.4.2	调试所用仪器	(153)
6.5	电路故障分析与排除方法	(154)
6.5.1	常见检查方法	(154)
6.5.2	故障分析与排除	(156)
6.6	实训:充电器/稳压电流两用电路的装调	(157)
6.6.1	实训目的	(157)
6.6.2	充电器/稳压电源两用电路简介	(157)
6.6.3	实训内容	(159)
6.6.4	实训器材	(162)
	思考题	(162)
第7章	常用电子测试仪器的原理及应用	(163)
7.1	万用表	(163)
7.1.1	模拟式万用表	(163)
7.1.2	数字式万用表	(165)
7.2	示波器	(168)
7.2.1	示波器的组成及工作原理	(168)
7.2.2	DF4320 型双踪示波器	(171)
7.3	信号发生器	(179)
7.3.1	信号发生器的组成及工作原理	(179)
7.3.2	YB1638 型信号发生器	(179)
7.4	直流稳压电源	(182)
7.4.1	直流稳压电源的组成及工作原理	(182)
7.4.2	DF1731S 型直流稳压电源	(183)
7.5	实训:常用电子仪器仪表的使用	(186)
7.5.1	实训目的	(186)
7.5.2	实训内容	(186)
	思考题	(188)
第8章	典型电子产品的整机装配与调试	(189)
8.1	数字式万用表的组装实训	(189)
8.1.1	DT830B 数字式万用表简介	(189)
8.1.2	DT830B 数字式万用表的各单元电路原理	(190)
8.1.3	DT830B 数字式万用表的组装	(196)
8.1.4	DT830B 数字式万用表的调试	(201)

8.2 超外差式收音机的组装实训	(202)
8.2.1 超外差式收音机简介	(203)
8.2.2 HX118-2 超外差式收音机的各单元电路原理	(204)
8.2.3 HX118-2 超外差式收音机的装配	(210)
8.2.4 HX118-2 超外差式收音机的调试	(213)
8.2.5 HX118-2 超外差式收音机的故障分析与检修	(215)
思考题	(218)
参考文献	(219)

第1章

绪论

1.1 电子生产实习概述

对于工科类高等教育来说,生产实习(生产实践)是一个重要的教学环节,它是学生巩固理论知识、增强实践能力、培养工程逻辑思维的有效途径。电子生产实习是以电子技术理论为基础开展的实践教学,主要由三部分组成,即电子、电气的基本理论,电子、电气的基本元器件,电子工艺实践的基本工具和测试仪器。

(1) 电子、电气的基本理论。生产实践是建立在理论基础知识上的。电子、电气的基本理论主要涉及电子技术、电气工程技术、计算机仿真技术及相关学科内容,如机械原理、材料、化学等基础知识。

(2) 电子、电气的基本元器件。电子元器件是电子电路中具有独立电气性能的基本单元,是构成电子产品的基础。了解现代电子元器件的发展,掌握电子元器件的种类、结构、性能、特点、应用领域、技术指标和产品质量等,有助于电子产品的设计、调试和实施。

(3) 电子工艺实践的基本工具和测试仪器。通过电子工艺实践,可了解电子产品的生产过程,学习电子电路的读图方法,掌握焊接技术、电子产品的工艺流程和调试技能等,规范操作方法,学会使用常用的电子测量仪器与测试技术,深化所学、所用的基本理论和工程技能。

1.2 电子产品设计的基本原则

电子产品的设计可分为电路设计和结构设计两方面。

1.2.1 电路设计

电路设计主要是指根据产品的性能指标和技术参数来设计电路。一般要求设计



者至少掌握电路理论、电子技术和相关的计算机辅助设计工具。对于不同的电子产品，其设计过程也有所不同，但大致上可用电路设计流程框图来描述，如图 1-2-1 所示。

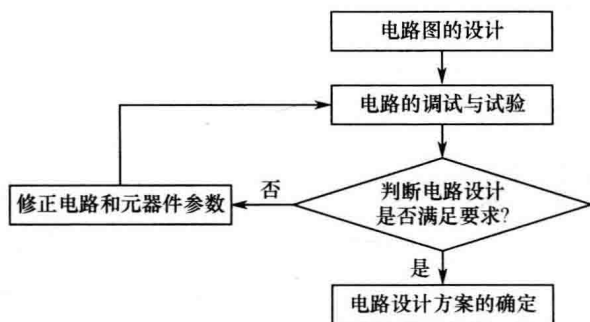


图 1-2-1 电路设计流程框图

(1) 电路图的设计。根据产品性能的要求设计电路，并进行元器件的前期计算，确定电路参数指标等。

(2) 电路的调试与试验。按设计好的电路，观测试验参数、技术指标和各种极限参数，提出修订电路的方案。

(3) 修正电路和元器件参数。根据试验数据，对电路图和元器件进行必要的修正，提出修正后的电路图和元器件的参数。

(4) 电路设计方案的确定。对电路的性能、技术指标、可靠性等进行测试与调整，确定元器件的型号和技术参数，确定产品的电路设计方案。

电路设计的整个过程是一个不断完善、修正、成熟、进步的过程，其原则是在完全满足电路性能要求的前提下，力求使所设计的电路简单、性能稳定、运行可靠、经济耐用。

1.2.2 结构设计

结构设计主要是根据电路原理图和元器件性能、尺寸等参数指标，并考虑影响整机性能正常发挥的各种因素，合理布置元器件、组件和结构在其产品内的具体空间位置的综合方案。

结构设计的优劣，对电子成品的性能、可靠性指标、维护性能、产品档次及价格的定位等都起着重要的作用。结构设计优的电子产品应该是质量稳定、简单合理、利于操作、非常人性化、人们容易接受的产品。

不同性能的产品，其结构设计是不一样的。同样功能的电子产品，由于使用环境等因素不同，其产品的结构设计也有着很大的差异。在进行结构设计时要综合考

考虑各种因素,以便能设计出合理、可靠、经济的电子产品。

结构设计应遵守的原则如下。

(1) 满足电性能技术要求,即所选电路优良可靠,合理地选择元器件,通过严格的测试,而且对于产品的性能指标要求必须量化处理。

(2) 要求产品工作可靠、稳定,平均无故障时间长,使用寿命长,抗干扰能力强,一致性好。

(3) 产品的适应环境能力强,满足使用温度、湿度、气压、振动冲击、防灾、防化学气体等要求。

(4) 工艺简单,即产品要易于装配和调试,便于观察、操作和检修,元器件易于更换,维护简单。

(5) 满足产品总体设计要求,即根据用途和使用环境,产品的体积、质量的设计应适中。

(6) 满足产品成本核算要求,即根据使用要求,合理地控制元器件和材料的生产成本。

另外,并不是所有电子产品设备都要求高精密度和高性能指标,应根据实际的环境、要求、用途等,进行合理的选择和设计。

1.3 电子产品的形成与制造工艺流程简介

1.3.1 电子产品的组成结构与形成过程

有些电子产品比较简单,有些就很复杂。一般来说,电子产品的组成结构可以用图 1-3-1 表示。

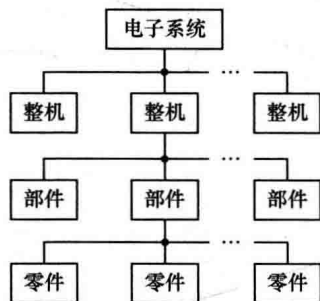


图 1-3-1 电子产品的组成结构

例如,一套闭路电视系统由前端的卫星接收机、节目摄录设备、编辑播放设备、信号混合等设备,传输部分的线路电缆、线路放大器、分配器、分支器等模



块,以及终端的接收机等组成。卫星接收机、放大器等是整机,而接收机和放大器中的电路板、变压器等是其中的部件,电路板中的元器件、变压器中的骨架等则是其中的零件。有些电子产品的构成比较简单,如一台收音机由电路板、电子元器件、外壳等组成,这个级别的电子产品不能称为系统。

电子产品的形成也和其他产品一样,必须经历新产品的研制、试制试产、测试检验和大批量生产几个阶段后才能进入市场,到达用户手中。在产品形成的各个阶段,都有工艺技术人员参与,解决和确定其中的工艺方案、生产流程和方法。

在新产品研制阶段,工艺工程师参与研发项目组,分析新产品的技术特点和工艺要求,确定新产品研制和生产所需设备、手段,提出和确定新产品生产的工艺方案;在试制试产阶段,工艺技术人员参与新产品样机的工艺性评审,对新产品的元器件选用、电路设计的合理性、结构的合理性、产品批量生产的可行性、性能功能的可靠性和生产手段的适用性提出评审意见和改进要求,并在产品定型时,确定批量生产的工艺方案;产品在批量投产前,工艺技术人员要做好各项工艺技术的准备工作,根据产品设计文件编制好生产工艺流程,设计和制作必要的检测工装,对元器件、原材料进行确认,培训操作员工。在生产过程中要注意收集各种信息,分析原因,控制和改进产品质量,提高生产效率等。

1.3.2 电子产品生产的基本工艺流程

从以上介绍可知,电子产品系统是由整机组成的,整机是由部件组成的,而部件是由零件和元器件等组成的。由整机组成系统的工作主要是连接和调试,生产制造的工作不多,这里讲的电子产品生产是指整机产品的生产。

电子产品的装配过程是先将零件、元器件组装成部件,再将部件组装成整机,其核心工作是将元器件组装成具有一定功能的电路板部件或组件(PCBA)。

电路板的组装过程可以划分为机器自动装配和人工装配两类。机器自动装配主要是指自动贴片装配(SMT)、自动插件装配(AI)和自动焊接,人工装配指手工插件、手工补焊、修理和检验测试等。电路板生产的基本工艺流程如图 1-3-2 所示。

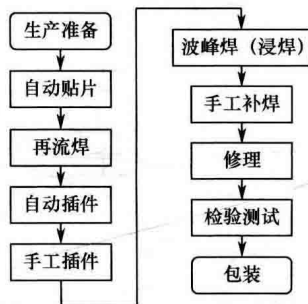


图 1-3-2 电路板生产的基本工艺流程

生产准备是指对将投入生产的原材料、元器件进行整形,如元器件剪脚、弯曲成需要的形状,把导线整理成所需的长度并装上插接端子等。这些工作必须在流水线开工之前就完成。

自动贴片是指将贴片封装的元器件用 SMT 技术贴装到印制电路板上,经过再流焊工艺焊接固定。

贴装好 SMT 元器件的电路板,送到自动插件机上,该机器把可以自动插装的元器件插到电路板上的相应位置,经机器弯角初步固定后就可转交到人工插件线上去。

人工将那些不适合机插、机贴的元器件插好,经检验后送入波峰焊机或浸焊炉中焊接,焊接后的电路板,由人工对个别不合格的部分进行补焊、修理,然后进行在线静态测试和动态测试、功能性能的检测和调试、外观检查等检测工序,完成以上工序的电路板即可进入整机装配。

1.3.3 电子整机产品生产过程举例

下面以某电磁炉生产企业为例,说明该企业的生产流程。

该企业分为两个车间,二楼为电路板生产车间,一楼为电磁炉装配车间。生产流程如下。

(1) 采购进厂的元器件经过进货检验后,进入元器件仓库管理。

(2) 制订生产计划后,按计划将元器件发给整形备料部门,对元器件、印制电路板进行整形,做好上线准备。

(3) 贴片室将整形后的印制电路板及所需的元器件领至本部门进行贴片和再流焊。

(4) 自动插件室将贴好元器件的印制电路板及所需元器件领至本部门进行机插,插好元器件的电路板送至人工插件线上。

(5) 电路板车间安装三条插件焊接线,其中一条生产线生产显示板,两条生产线生产控制电路板。经过自动贴片和自动插件的印制电路板,在人工插件线上插好剩下的元器件后,送入波峰焊机焊接,然后经补焊、修理、测试检验合格后送到装配车间装配。

(6) 总装车间的主要设备是两条装配线和一个产品老化室,经装配好的产品送入老化室进行高温、高电压、大负荷、长时间通电老化,最后经检验合格后包装进入成品仓库。

(7) 品质检验部门还将对产品进行抽检和环境试验。

第2章

电子实习安全用电常识

安全用电知识是关于如何预防用电事故及保障人身、设备安全的知识。在电子产品生产装配调试中,要用到各种工具、电子仪器等设备,同时还要接触危险的高电压,如果不掌握必要的安全用电知识,操作中缺乏足够的警惕,就可能发生人身、设备事故。为此,我们必须在熟悉触电对人体的危害和触电原因的基础上,了解一些安全用电常识,做到防患于未然。

2.1 触电对人体的危害

2.1.1 安全电压

安全电压是指在各种不同环境条件下,人体接触到带电体后各部分组织(如皮肤、心脏、呼吸器官和神经系统等)不发生任何损害的电压。安全电压是相对于电压的高低而言的,但更主要是指对人体安全危害甚微或没有威胁的电压。我国的安全电压额定值的等级分为 42V、36V、24V、12V 和 6V。通常情况下将 36V 以下的电压作为安全电压。但是,安全电压也与人体电阻有关。人体电阻一般为 $100\text{k}\Omega$,在皮肤潮湿时可降到 $1\text{k}\Omega$ 以下。因此,在潮湿的环境中,因电阻的降低,人体即便接触 36V 的电压也会有生命危险,则要使用 12V 安全电压。

2.1.2 触电危害

触电对人体的危害主要有电伤和电击两种。

1. 电伤

电伤是由于发生触电而导致的人体外表创伤,通常有以下三种。

(1) 灼伤。灼伤是由于电流的热效应对人体皮肤、皮下组织、肌肉甚至神经产生的伤害。它是最常见也是最严重的一种电伤。灼伤会引起皮肤发红、起泡、烧

焦、坏死。

(2) 电烙伤。电烙伤是指由电流的化学效应和机械效应造成人体触电部位的外部伤痕，触电部位的皮肤会变硬并形成肿块痕迹，如同烙印一般。

(3) 皮肤金属化。这种化学效应是由于带电体金属通过触电点蒸发进入人体造成的，会使局部皮肤变得粗糙坚硬并呈青黑色或褐色。

2. 电击

所谓电击，是指电流通过人体时所造成的内部伤害，它会破坏人的心脏、呼吸系统及神经系统的正常工作，甚至会危及生命。在低压系统通电电流不大且时间不长的情况下，电流会引起人的心室颤动，当通电电流时间较长时，会造成人窒息而死亡，这是电击致死的主要原因。绝大部分触电死亡事故都是由电击造成的。日常所说的触电事故基本上多指电击。

电击可分为直接电击与间接电击两种。直接电击是指人体直接触及正常运行的带电体所发生的电击；间接电击则是指电气设备发生故障后，人体触及该意外带电部分所发生的电击。直接电击多数发生在误触相线、刀闸或其他设备的带电部分等情况下；间接电击一般发生在设备绝缘损坏，相线触及设备外壳，电气设备短路，保护接零及保护接地损坏等情况下。违反操作规程也是造成触电的最大隐患。

2.1.3 影响触电危害程度的因素

影响触电危害程度的因素有以下几个。

1. 电流大小

人体是存在生物电流的，一定限度的电流不会对人造成损伤。一些电疗仪器就是利用电流刺激穴位来达到治疗目的的。但若流过人体的电流大到一定程度，就有可能危及生命。电流对人体的作用如表 2-1-1 所示。

表 2-1-1 电流对人体的作用

电流/mA	对人体的作用
<0.7	无感觉
1	有轻微感觉
1~3	有刺激感，一般电疗仪器取此电流
3~10	感觉痛苦，但可自行摆脱
10~30	引起肌肉痉挛，短时无危险，长时间有危险
30~50	强烈痉挛，时间超过 60s 即有生命危险
50~250	产生心脏纤维颤，丧失知觉，严重危害生命
>250	短时间内（1s 以上）造成心脏骤停，体内造成电灼伤