

ANQUAN GONGCHENG XILIE ANQUAN GONGCHENG XILIE ANQUAN GONGCHENG XILIE  
高等教育安全工程系列“十一五”规划教材



# 电气安全

孙熙 蒋永清 主编

钮英建 主审



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

ISBN 978-7-111-31347-2

策划：冷彬/封面设计：张静

## 高等教育安全工程系列“十一五”规划教材

- |                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| 安全系统工程 (免费电子课件)    | 徐志胜             |
| 安全人机工程学 (免费电子课件)   | 王保国 王新泉 刘淑艳 霍然  |
| 安全管理学 (免费电子课件)     | 田水承 景国勋         |
| 安全法学 (免费电子课件)      | 赵耀江             |
| 安全行为学 (免费电子课件)     | 栗继祖             |
| 传热学 (免费电子课件)       | 王保国 刘淑艳 王新泉 朱俊强 |
| 工业生产过程与管理 (免费电子课件) | 李振明             |
| ★ 电气安全 (免费电子课件)    | 孙熙 蒋永清          |
| 通风工程学 (免费电子课件)     | 王新泉             |
| 火灾爆炸预防控制工程学        | 霍然 杨振宏 柳静敏      |
| 化工安全 (免费电子课件)      | 蒋军成             |
| 道路交通安全 (免费电子课件)    | 沈斐敏             |
| 建筑安全技术与管理 (免费电子课件) | 武明霞             |
| 工业特种设备安全 (免费电子课件)  | 蒋军成 王志荣         |
| 安全监控检测原理及应用        | 周利华             |
| 噪声与振动控制技术          | 姜亢              |
| 职业卫生与防护 (免费电子课件)   | 陈沅江 吴超 吴桂香      |
| 风险管理与保险 (免费电子课件)   | 王凯全             |
| 安全工程专业英语 (免费电子课件)  | 司 鹄             |
| 大学生安全文化 (免费电子课件)   | 吴超              |

地址：北京市百万庄大街22号

电话服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037

网络服务

门户网站：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

定价：25.00元

高等教育安全工程系列“十一五”规划教材

# 电气安全

主编 孙 熙 蒋永清  
参编 李 刚 文 华 任丽军  
主审 钮英建

机械工业出版社

本书以工业供电为主线,通过电流对人体的作用、供配电系统、变配电设备、电气线路、继电保护、低压电器、电气防护技术、电气防火防爆、雷电防护、静电防护及电气安全管理等内容,较系统地阐述电气安全的基本原理和基本方法。

本书可作为高等院校安全工程专业本科教材,也可作为有关安全技术人员和安全管理人员的培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气安全/孙熙,蒋永清主编. —北京:机械工业出版社,2010.9  
高等教育安全工程系列“十一五”规划教材  
ISBN 978-7-111-31347-2

I. ①电… II. ①孙…②蒋… III ①电气设备—安全技术—高等学校—教材 IV. ①TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 199446 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:冷彬 责任编辑:冷彬

版式设计:张世琴 责任校对:闫玥红

封面设计:张静 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2011年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·14.75 印张·273千字

标准书号:ISBN 978-7-111-31347-2

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

# 安全工程专业教材编审委员会

主任委员：冯长根

副主任委员：王新泉 吴 超 蒋军成

秘 书 长：季顺利

委 员：（排名不分先后）

冯长根 王新泉 吴 超 蒋军成 季顺利 沈斐敏

钮英建 霍 然 孙 熙 金龙哲 王述洋 刘英学

王保国 张俭让 司 鹤 王凯全 董文庚 景国勋

柴建设 周长春 冷 彬

# 序

---

“安全工程”本科专业是在1958年建立的“工业安全技术”、“工业卫生技术”和1983年建立的“矿山通风与安全”本科专业基础上发展起来的。1984年,国家教委将“安全工程”专业作为试办专业列入普通高等学校本科专业目录之中。1998年7月6日,教育部发文颁布《普通高等学校本科专业目录》,“安全工程”本科专业(代号:081002)属于工学门类的“环境与安全类”(代号:0810)学科下的两个专业之一。据“安全工程专业教学指导委员会”1997年的调查结果显示,自1958~1996年底,全国各高校累计培养安全工程专业本科生8130人。近年,安全工程本科专业得到快速发展,到2005年底,在教育部备案的设有安全工程本科专业的高校已达75所,2005年全国安全工程专业本科招生人数近3900名。

按照《普通高等学校本科专业目录》(1998)的要求,原来已设有与“安全工程专业”相近但专业名称有所差异的高校,现也大都更名为“安全工程”专业。专业名称统一后的“安全工程”专业,专业覆盖面大大拓宽。同时,随着经济社会发展对安全工程专业人才要求的更新,安全工程专业的内涵也发生很大变化,相应的专业培养目标、培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化,学生毕业后的执业身份是注册安全工程师。但是,安全工程专业的教材建设与专业的发展出现尚不适应的新情况,无法满足和适应高等教育培养人才的需要。为此,组织编写、出版一套新的安全工程专业系列教材已成为众多院校的翘首之盼。

机械工业出版社是有着50多年历史的国家级优秀出版社,在高等学校安全工程学科教学指导委员会的指导和支持下,根据当前安全工程专业教育的发展现状,本着“大安全”的教育思想,进行了大量的调查研究工作,聘请了安全科学与工程领域一批学术造诣深、经验丰富的教授、专家,组织成立了“安全工程专业教材编审委员会”(以下简称“编审委”),决定组织编写“高等教育安全工程系列‘十一五’规划教材”。并先后于2004.8(衡阳)、2005.8(葫芦岛)、2005.12(北京)、2006.4(福州)组织召开了一系列安全工程专业本科教材建设研讨会,就安全工程专

业本科教育的课程体系、课程教学内容、教材建设等问题反复进行了研讨,在总结以往教学改革、教材编写经验的基础上,以推动安全工程专业教学改革和教材建设为宗旨,进行顶层设计,制订总体规划、出版进度和编写原则,计划分期分批出版近30余门课程的教材,以尽快满足全国众多院校的教学需要,以后再根据专业方向的需要逐步增补。

由安全学原理、安全系统工程、安全人机工程学、安全管理学等课程构成的学科基础平台课程,已被安全科学与工程领域学者认可并达成共识。本套系列教材编写、出版的基本思路是,在学科基础平台上,构建支撑安全工程专业的工程学原理与由关键性的主体技术组成的专业技术平台课程体系,编写、出版系列教材来支撑这个体系。

本系列教材体系设计的原则是,重基本理论,重学科发展,理论联系实际,结合学生现状,体现人才培养要求。为保证教材的编写质量,本着“主编负责,主审把关”的原则,编审委组织专家分别对各门课程教材的编写大纲进行认真仔细的评审。教材初稿完成后又组织同行专家对书稿进行研讨,编者数易其稿,经反复推敲定稿后才最终进入出版流程。

作为一套全新的安全工程专业系列教材,其“新”主要体现在以下几点:

**体系新。**本套系列教材从“大安全”的专业要求出发,从整体上考虑,构建支撑安全工程学科专业技术平台的课程体系和各门课程的内容安排,按照教学改革方向要求的学时,统一协调与整合,形成一个完整的、各门课程之间有机联系的系列教材体系。

**内容新。**本套系列教材的突出特点是内容体系上的创新。它既注重知识的系统性、完整性,又特别注意各门学科基础平台课之间的关联,更注意后续的各门专业技术课与先修的学科基础平台课的衔接,充分考虑了安全工程学科知识体系的连贯性和各门课程教材间知识点的衔接、交叉和融合问题,努力消除相互关联课程中内容重复的现象,突出安全工程学科的工程学原理与关键性的主体技术,有利于学生的知识和技能的发展,有利于教学改革。

**知识新。**本套系列教材的主编大多由长期从事安全工程专业本科教学的教授担任,他们一直处于教学和科研的第一线,学术造诣深厚,教学经验丰富。在编写教材时,他们十分重视理论联系实际,注重引入新理论、新知识、新技术、新方法、新材料、新装备、新法规等理论研究、工程技术实践成果和各校教学改革的阶段性成果,充实与更新了知识点,增加部分学科前沿方面的内容,充分体现了教材的先进性和前瞻性,以适应时代对安全工程高级专业技术



## VI 电气安全

人才的培育要求。本套教材中凡涉及安全生产的法律法规、技术标准、行业规范，全部采用最新颁布的版本。

安全是人类最重要和最基本的需求，是人民生命与健康的基本保障。一切生活、生产活动都源于生命的存在。如果人们失去了生命，生存也就无从谈起，生活也就失去了意义。全世界平均每天发生约 68.5 万起事故，造成约 2200 人死亡的事实，使我们确认，安全不是别的什么，安全就是生命。安全生产是社会文明和进步的重要标志，是经济社会发展的综合反映，是落实以人为本的科学发展观的重要实践，是构建和谐社会的有力保障，是全面建设小康社会、统筹经济社会全面发展的重要内容，是实施可持续发展战略的组成部分，是各级政府履行市场监管和社会管理职能的基本任务，是企业生存、发展的基本要求。国内外实践证明，安全生产具有全局性、社会性、长期性、复杂性、科学性和规律性的特点，随着社会的不断进步，工业化进程的加快，安全生产工作的内涵发生了重大变化，它突破了时间和空间的限制，存在于人们日常生活和生产活动的全过程中，成为一个复杂多变的社会问题在安全领域的集中反映。安全问题不仅对生命个体非常重要，而且对社会稳定 and 经济发展产生重要影响。党的十六届五中全会首次提出“安全发展”的重要战略理念。安全发展是科学发展观理论体系的重要组成部分，安全发展与构建和谐社会有着密切的内在联系，以人为本，首先就是要以人的生命为本。“安全·生命·稳定·发展”是一个良性循环。安全科技工作者在促进、保证这一良性循环中起着重要作用。安全科技人才匮乏是我国安全生产形势严峻的重要原因之一。加快培养安全科技人才也是解开安全难题的钥匙之一。


高等院校安全工程专业是培养现代安全科学技术人才的基地。我深信，本套系列教材的出版，将对我国安全工程本科教育的发展和高级安全工程专业人才的培养起到十分积极的推进作用，同时，也为安全生产领域众多实际工作者提高专业理论水平提供了学习资料。当然，由于这是第一套基于专业技术平台课程体系的教材，尽管我们的编审者、出版者夙兴夜寐，尽心竭力，但由于安全学科具有在理论上的综合性与应用上的广泛性相交叉的特性，开办安全工程专业的高等院校所依托的行业类型又涉及军工、航空、化工、石油、矿业、土木、交通、能源、环境、经济等诸多领域，安全科学与工程的应用也涉及人类生产、生活和生存的各个方面，因此，本套系列教材依然会存在这样和那样的缺点、不足，难免挂一漏万，诚恳地希望得到有关专家、学者的关心与支持，希望选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议。谨祝本系



列教材在编者、出版者、授课教师和学生的共同努力下，通过教学实践，获得进一步的完善和提高。

“婴其鸣矣，求其友声”，高等院校安全工程专业正面临着前所未有的发展机遇，在此我们祝愿各个高校的安全工程专业越办越好，办出特色，为我国安全生产战线输送更多的优秀人才。让我们共同努力，为我国安全工程教育事业的发展作出贡献。

中国科学技术协会书记处书记  
中国职业安全健康协会副理事长  
中国灾害防御协会副会长  
亚洲安全工程学会主席  
高等学校安全工程学科教学指导委员会副主任  
安全工程专业教材编审委员会主任  
北京理工大学教授、博士生导师

Handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '马', '彦', '铮'.

2006年5月

# 前 言

---

人类社会不断向前发展，人类对电的依存程度越来越高。电已不仅仅是一种能源形式，可以说，电已成为人类步入信息化、智能化时代的介质。从另一个角度上看，电几乎成为人类在用能源的终极形式，无论煤、石油、天然气等的热能，还是核能、风能、太阳能以及生物质能等，人类都试图把它转化为电能再来应用。当今社会，人类生活的一切场合，电几乎无处不在，无时不有，电甚至已经成为人类须臾不可离开的东西。

正因为电与人类的关系如此密切，电在人类生活中如此重要，一旦发生电气事故，不仅会直接危及人的生命、财产安全，甚至直接影响到人类社会生活的稳定与和谐。因而，掌握电气安全基本理论和技术，防范电气事故发生，是安全工程专业学生一项极为重要的专业技能。编者根据高等教育安全工程系列“十一五”规划教材编委会制订的出版计划，编写了本教材。期望通过此教材使学生了解电力系统安全运行及防范电气伤害事故两方面的基本理论知识，更好地从事安全技术及管理工作。

本书由东北大学孙熙编写第1章，哈尔滨理工大学蒋永清编写第3、6、7章，东北大学李刚编写第4、5、8、9章，首都经济贸易大学文华编写第10、11章，哈尔滨理工大学任丽军编写第2章。本书特请首都经济贸易大学钮英建教授主审。

本书是由安全工程系列规划教材编审委员会组织编写的，在本书的编写过程中，编审委员会积极组织专家对本书的编写大纲和书稿进行数次的审纲和审稿工作，在此，对编审委和有关专家的工作表示诚挚的谢意。

本书在编写过程中参考了国内相关教材和手册等资料，在此向相关作者致以谢意。由于认识水平和学识有限，本书的内容体系是否符合读者的需求，还请读者及专家、同行不吝指正。

编 者

# 目 录

---

## 序 前言

<b>第 1 章 电气安全概述</b> .....	1
1.1 电气事故 .....	1
1.2 电流对人体的作用 .....	2
1.3 安全电压 .....	9
<b>第 2 章 供配电系统</b> .....	12
2.1 电力系统.....	12
2.2 负荷分类及供电.....	13
2.3 变配电站.....	15
<b>第 3 章 变配电设备</b> .....	23
3.1 变配电设备选择的一般原则.....	23
3.2 变压器.....	25
3.3 高压断路器.....	32
3.4 熔断器.....	36
3.5 互感器.....	39
3.6 电力电容器.....	41
<b>第 4 章 电气线路</b> .....	45
4.1 导线选择原则.....	45
4.2 架空线.....	52
4.3 电缆.....	56
4.4 室内配线.....	59
<b>第 5 章 继电保护</b> .....	62
5.1 继电保护原理.....	62
5.2 继电保护接线方式.....	68

## X 电气安全

5.3	电网相间短路保护	70
5.4	变压器保护	73
5.5	电动机保护	76
<b>第6章</b>	<b>低压电器</b>	<b>79</b>
6.1	概述	80
6.2	低压电器设备选择	82
6.3	电动机	86
6.4	电气照明	90
6.5	其他低压电器	93
<b>第7章</b>	<b>电气防护技术</b>	<b>104</b>
7.1	工作接地	104
7.2	电网安全性分析	114
7.3	保护接地	120
7.4	保护接零	125
7.5	双重绝缘和加强绝缘	130
7.6	剩余电流动作保护	132
7.7	电气隔离	140
<b>第8章</b>	<b>电气防火防爆</b>	<b>144</b>
8.1	电气引燃的原因	144
8.2	燃爆危险环境	147
8.3	防爆电气设备和防爆电气线路	151
8.4	电气防火防爆措施	163
<b>第9章</b>	<b>防雷技术</b>	<b>166</b>
9.1	雷电及其危害	166
9.2	防雷装置	171
9.3	防雷措施	179
<b>第10章</b>	<b>静电防护</b>	<b>188</b>
10.1	静电的产生及危害	188
10.2	静电防护技术	194

<b>第 11 章 电气安全管理</b> .....	201
11.1 电气安全组织管理 .....	201
11.2 电气操作与维修 .....	203
11.3 电工安全用具 .....	211
<b>参考文献</b> .....	219

## 电气安全概述

### 1.1 电气事故

电的发现及应用,促进了人类社会飞跃的进步。时至今日,电已是人类须臾不可离开的。正因为如此,电气安全已成为人类社会安全的重要组成部分。

电力系统由于负荷、潮流的变化,电气设备质量,寿命的影响或是自然灾害,操作失误导致各种故障,致使电力系统运行局部甚至全部遭到破坏,进而给工、农业及人们的社会生活带来严重恶果。

1978年12月19日上午,法国由于气温陡降,用电负荷快速增长,达到38500MW,远远超过当时法国能启动的全部发电负荷,出现低电压运行局面,运行人员采取提高电压和减轻线路负荷的措施未能奏效,最终当比利时联络线路跳开后,造成全法国电网瓦解,法国大部分区域停电。停电负荷达29000MW,占全国用电总负荷的78%,直到晚6时才基本恢复供电。大停电使法国全国交通瘫痪,社会生活几乎停顿。

2003年8月14日,美国中西部、东北部及加拿大安大略省因暴风雨遭受了大面积停电事件。事故开始于美国东部时间16时左右,在美国部分地区,电力供应在4日后仍未恢复,而在全部电力供应恢复之前,安大略省部分地区的停电持续了一个多星期。给成千上万市民的工作和生活造成了极大不便,造成巨大损失。

2008年1月中旬,我国南方多省遭遇50年一遇雨雪灾害,数省电力设施包括多处输电塔因冰雪塌垮,进而形成大区域停电多天,并导致京广电气化铁路中断,造成严重经济损失。

由电气事故导致燃烧爆炸,造成重大财产损失甚至重大人身伤亡事件多有发生。

1967~1975年全世界计有18艘大型船只因静电放电发生爆炸,其中1969年不到1个月时间,相继发生荷兰、挪威、英国三艘20万吨级油轮在航行中

## 2 电气安全

冲洗油轮时因静电引发爆炸，其中一艘沉没。1989年我国大型储油基地黄岛油库因雷电引发油罐内原油、重油发生沸溢、爆喷，大火烧了104h才被扑灭，死亡19人（其中消防人员13人）；烧掉原油3.6万t，油库区成为一片废墟，直接经济损失3540万元。

电气事故中电气对人的伤害每年大量发生，统计资料表明：在工伤事故中，电气事故占有较大的比例。例如，触电死亡人数占全部事故死亡人数的5%左右。因此，防止电气伤害是工伤事故控制中极为重要的方面之一。

### 1.2 电流对人体的作用

#### 1.2.1 电气伤害的种类

电气伤害可分为触电伤害和电磁场伤害，触电伤害通常又分为电击和电伤两种形式。

电击是指电流通过人体内部的组织和器官，引起人体功能及组织损伤的伤害。电击会导致人痉挛、窒息，乃至危及人的生命。通常认为电流引起人的心室颤动是电击致死的主要原因。

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径，电击可分为以下几种情况：

(1) 单相触电。单相触电是指人体在地面或其他接地导体上，某一部位触及一相带电体的触电事故。

(2) 两相触电。两相触电是指人体同时触及两相带电体的触电事故。

(3) 接触电压、跨步电压及闪击。

电伤是指由电流的热效应、化学效应或机械效应对人体造成的局部伤害。

电弧烧伤是最常见也是最严重的电伤。带负荷拉闸，错误操作引起短路，过分接近高压带电体，均能产生强烈电弧而造成烧伤。开起式熔断器熔断时，炽热的金属微粒飞溅出来会造成灼伤，电弧会使眼睛产生暂时性甚至永久性失明。

电烙印也是电伤的一种。当载流导体长期接触人体时，由于电流的化学效应和机械效应的作用，接触部位皮肤变硬，形成肿块，如同烙印一样，故称为电烙印。此外，金属微粒因某种化学原因渗入皮肤，可使皮肤变得粗糙而坚硬，导致所谓“皮肤金属化”。电烙印和皮肤金属化都会对人体造成局部伤害。

电磁场伤害是指在一定强度的中、短波及微波电磁场照射下引起的对人体伤害。电磁场伤害引起人体中枢神经系统及植物神经系统功能失调，甚至心血



管系统异常。电磁场对人体的伤害主要是功能性改变，一般具有可复性特征。

## 1.2.2 电流对人体的作用

这里讲的电流对人体的作用是指电流通过人体内部对于人体有害的作用。

电流通过人体会引起这样或那样的生理变化，由开始感到电流的作用，出现轻微刺痛、牵动、痉挛、疼痛、血压升高到心律不齐、麻痹、窒息，乃至心脏颤动、心脏停跳、神经、血管破坏及严重烧伤。

电流通过人体内部对人体的伤害程度与通过人体电流的大小、电流通过人体的持续时间、电流通过人体的途径、电流的种类以及人体的状况等多种因素有关，而电流大小与作用时间则是主要因素。

### 1. 伤害程度与电流大小的关系

通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显，感觉越强烈。电流对人体作用的变化分为以下步骤：

1) 感知电流。可引起人的感觉的最小电流称为感知电流。人对电流最初的感觉是轻微麻抖和轻微刺痛。试验资料表明，对于成年男性平均感知电流的有效值为  $1.05\text{mA}$  ( $f = 50\text{Hz}$ )，女性为  $0.7\text{mA}$ 。感知电流的概率曲线如图 1-1 所示。

感知电流一般不会对人体造成伤害，但应该考虑到因惊慌或恐惧可能导致跌倒或坠落而产生伤害。

2) 摆脱电流。通过人体的电流超过感知电流后，人体就会产生痛苦的感觉。当电流增大到一定程度，触电者将因肌肉收缩、发生痉挛紧紧抓住带电体，由于神经麻痹，失去运动的自主性而不能自行摆脱电源。人触电后能自行摆脱电源的电流极限值称为摆脱电流。对于成年男性的平均摆脱电流约为  $16\text{mA}$ ；成年女性约为  $10.5\text{mA}$ 。摆脱电流的概率曲线如图 1-2 所示。

从安全角度出发，取概率为  $0.5\%$  时人的摆脱电流作为最小摆脱电流。成年男性最小摆脱电流为  $9\text{mA}$ ，女性为  $6\text{mA}$ 。

摆脱电流是人体可以忍受而不致造成不良后果的电流。当电流值大于摆脱电流时，由于呼吸中枢抑制及至麻痹，呼吸常常加快变浅，心跳加速，有时出现前期收缩，触电者常短时陷于昏迷。因此，设计电力系统时，应使人不致长时间承受大于  $9\text{mA}$  交流或  $60\text{mA}$  直流电的作用。

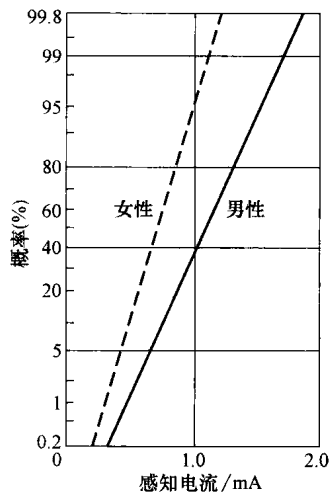


图 1-1 感知电流概率曲线

## 4 电气安全

3) 致命电流。致命电流是指电流通过人体时,使心脏的心室产生颤动而濒于死亡的电流值。

为了完成沿循环系统泵血的功能,心脏具有两个主要的泵血室,一个使血液周身流转,一个使血液流经肺部。两个心室的厚壁几乎都是由肌肉组成的。所有这些肌肉纤维都同时收缩,因而在两个心室里产生了足以使血液循环的压力。心脏的工作是同微弱的电信号联系在一起的,医学上的心电图就是这种信号的反映,当外来电流通过心脏时,原有的电信号受到干扰,心脏的正常工作受到破坏,各肌肉纤维间的协调性被改变,它们不再同时收缩,而是单独地以各自的速率收缩,变成了每分钟数百次以上的细微的颤动,即所谓心室颤动。这样,心室就产生不出压力,血液循环就停止了。

目前,关于产生心室室颤电流的标准多数认为是 500mA。

### 2. 伤害程度与时间的关系

电流对人体的伤害程度与电流对人体作用的持续时间有密切关系。人体试验表明,随着作用时间的增长,不仅摆脱电流值迅速降低,而且使人可以摆脱的电压值也迅速降低。动物实验表明,通电时间越长,引起心室颤动的电流值越小。对此,有人认为,在心脏搏动周期中,只有相应于心电图上约 0.1s 的 T 波这一特定相位是对电流最敏感的,如图 1-3 所示。通电时间越长,与该特定相位重合的可能性越大,心室颤动的可能性就越大。也有人认为,确定危害程度的物理量是能量,通电时间越长,能量累积越多,对人的伤害就越大。

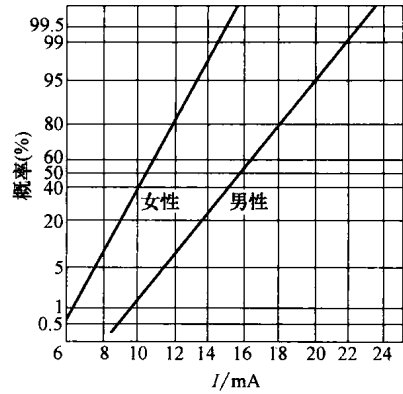


图 1-2 摆脱电流概率曲线

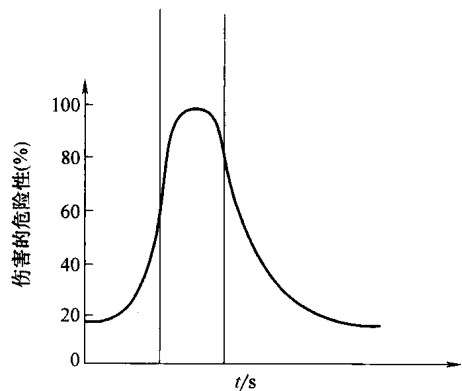
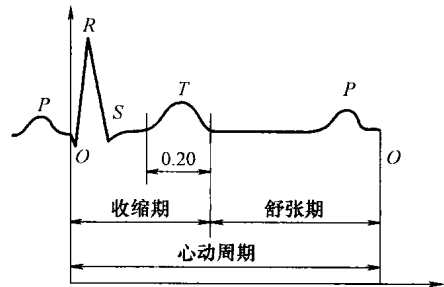


图 1-3 电流流过心脏的时间与心动周期时相 T 重合的危险性