

主 编 李世林
副主编 高永梅

电气设备安全 标准手册

 中国质检出版社
中国标准出版社

电气设备安全标准手册

主编：李世林 副主编：高永梅

中国质检出版社
中国标准出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

电气设备安全标准手册/李世林主编. —北京:
中国标准出版社, 2011
ISBN 978-7-5066-6270-3

I. ①电… II. ①李… III. ①电气设备-安全标准-
技术手册 IV. ①TM08-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 055764 号

中国质检出版社
中国标准出版社 出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100013)
北京市西城区复外三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.net.cn

电话:(010)64275360 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 28.75 字数 710 千字

2011 年 5 月第一版 2011 年 5 月第一次印刷

*

定价 60.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68510107

序 言

无论是城市还是农村,无论是大工业生产、科研还是日常生活,人们无时无刻不在接触、使用着电气科学技术发展的成果——电气设备,无时无刻不在享用着电气设备所带来的方便、快捷、轻松、愉悦。电气科学和技术的发展正在和将继续改变着人类的生活方式。然而,电气设备的普及应用也给人类生活带来了烦恼和不安。由于电气设备的不当设计、生产、安装、操作、运行、维护,会给人身造成伤害,会恶化人们的生存环境,还会影响周围财产的安全。因此电气设备的安全已经成为人类极其重视的大问题。

对电气设备安全的重视主要表现在对电气设备安全标准制修订的重视方面。国际电工委员会(IEC)从事电气设备安全标准制修订工作起步较早,我国大力开展电气安全标准化工作则始于20世纪70年代。目前我国电气设备安全标准以及相关基础标准的制修订工作基本上做到了与国际标准,特别是与IEC标准的同步进行。本书意在介绍我国已经发布并已实施的有代表性的电气设备安全标准及其相关的基础安全标准,分为两篇。

第1篇为基础篇,计14章。

尽管电气设备的种类及其功能各不相同,但人们在使用过程中面临的危险因素却大多是相同的,例如触电、电热效应、电气火灾、雷电、静电放电、电辐射、机械危险等;对其防护的措施原则上也是相通的,例如通常可以从设备的结构设计、材料选择、生产制造安装过程及使用、维护等环节加以实现。这些适用于各类电气设备安全防护原则和措施的标准就构成了电气基础安全标准。

本篇将介绍国内外已经发布实施的主要的电气基础安全标准,包括了电流通过人体的效应、接触电压限值的应用指南、电击防护——装置和设备的通用要求、热效应和过电流防护、过电压和欠电压防护、电子设备雷击试验方法、低压系统内设备的绝缘配合、接触电流和保护导体电流的测量、绝缘材料的耐电痕化和耐蚀损性能的试验和测定、电气绝缘的耐热性分级、外壳防护等级(IP代码)、电磁兼容及其限值、电工电子产品着火危险评定导则、电工电子产品环境试验应用指南、人机界面标志标识的基本和安全规则等。

第2篇为设备篇,计9章。

本篇选择了电力变压器、中小型旋转电机、电阻焊机、家用和类似用途电器、手持式电动工具、测量控制和实验室用电气设备、音频视频及类似电子设备、激光产品、核仪器及系统九类电气设备,介绍了它们的安全防护通用技术要求。有关检验方法方面仅做部分简单介绍。

目前,我国已经发布并正在实施的主要电气设备安全标准如下表所示。

我国已经发布并正在实施的主要电气设备安全标准

标准编号	标 准 名 称
GB 3836(所有部分)	爆炸性气体环境用电气设备(采用 IEC 60079)
GB 3883(所有部分)	手持式电动工具的安全(采用 IEC 60745)
GB 4706(所有部分)	家用和类似用途电器的安全(采用 IEC 60335)
GB 4793(所有部分)	测量、控制和实验室用电气设备的安全要求(采用 IEC 61010)
GB 4943—2001	信息技术设备的安全(idt IEC 60950;1999)
GB 5959(所有部分)	电热装置的安全(采用 IEC 60519)
GB 6675—2003	国家玩具安全技术规范
GB 6738—1986	电测量指示和记录仪表及其附件的安全要求(eqv IEC 60414;1973)
GB 7000(所有部分)	灯具(采用 IEC 60598)
GB 7247.1—2001	激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求和用户指南(idt IEC 60825-1;1993)
GB 7260(所有部分)	不间断电源设备(采用 IEC 62040)
GB 8898—2001	音频视频及类似电子设备的安全要求(eqv IEC 60065;1998)
GB 9159—2008	无线电发射设备安全要求(IEC 60215;1987,MOD)
GB 9706(所有部分)	医用电气设备(采用 IEC 60601)
GB 10080—2001	空调用通风机安全要求(eqv BS 848 Part 5;1986)
GB 10320—1995	激光设备和设施的电气安全(eqv IEC 820;1986)
GB 12350—2009	小功率电动机的安全要求
GB 13960(所有部分)	可移式电动工具的安全
GB 14711—2006	中小型旋转电机安全要求
GB 15578—1995	电阻焊机的安全要求
GB 18211—2000	微电机安全通用要求
GB 18451.1—2001	风力发电机组 安全要求(idt IEC 61400-1;1999)
GB 19212(所有部分)	电力变压器、电源装置和类似产品的安全(采用 IEC 61558)
GB/T 19661(所有部分)	核仪器及系统安全要求
GB 19865—2005	电玩具的安全要求(IEC 62115;2004,IDT)
GB/T 21109	过程工业领域安全仪表系统的功能安全(采用 IEC 61511)
GB 21746—2008	教学仪器设备安全要求 总则
GB/T 22727.1—2008	通信产品有害物质安全限值及测试方法 第1部分:电信终端产品
GB/T 23723.1—2009	起重机 安全使用 第1部分:总则(ISO 12480-1;1997,IDT)

纵观这些设备安全标准可以看出,它们在安全设计方面主要考虑了以下几个方面的问题:结构设计、电击防护、绝缘配合、正常和故障条件下的发热;正常和故障条件下的泄漏电流和电气强度、瞬态过电压、电气间隙和爬电距离、耐潮湿、耐热和耐燃、机械强度和稳定性、机械危险防护、内部布线、元件和材料选择、接线和端子、防锈防毒和防辐射、工作耐久性等。本篇各章针对不同设备的功能特点,从上述诸方面介绍了标准规定的具体防护要求。

本书具有标准手册性质,可方便电气设备安全设计、生产、安装、检验、操作、维护人员,以及设备安全管理、监督、认证人员使用;也可供电气产品研发人员、大专院校师生参考。

本书主编李世林,副主编高永梅。参加本书编写工作的人员有李世林、高永梅、郭汀、刘军成、曾幼云、邓塔等。本书各章由李世林研究员统稿、核定。

鉴于编者技术水平和对相关标准理解上的差异,本书缺点和错误在所难免,欢迎批评指正。

编 者

2011年1月

目 录

第1篇 基础篇

第1章 电流通过人体的效应	3
1.1 概述	3
1.2 人体的阻抗	4
1.3 15 Hz~100 Hz 正弦交流电流的人体效应	12
1.4 直流电流的人体效应	16
第2章 接触电压限值的应用指南	18
2.1 综述	18
2.2 接触电压阈值与接触面积的关系	19
2.3 预期接触电压与最大的接触面积的关系举例	20
第3章 电击防护——装置和设备的通用要求	23
3.1 综述	23
3.2 电击防护的基本规则	24
3.3 防护措施要素	24
3.4 防护措施	30
3.5 设备与装置的防护措施要素配合	32
3.6 特殊操作和维护条件	36
第4章 热效应、过电流、过电压及欠电压防护	38
4.1 热效应防护	38
4.2 过电流防护	39
4.3 大气过电压和操作过电压防护	42
4.4 欠电压防护	44
第5章 电子设备雷击试验方法	45
5.1 雷击试验程序	45
5.2 试验条件选择	45

5.3	模拟雷击电压和电流波形	48
5.4	雷击试验电路	48
第 6 章	低压系统内设备的绝缘配合	52
6.1	绝缘配合的基本原理	52
6.2	绝缘尺寸的确定和固体绝缘的设计规则	61
6.3	试验	71
6.4	电气间隙和爬电距离的测量示例	79
第 7 章	接触电流和保护导体电流的测量	82
7.1	综述	82
7.2	接触电流测量条件	85
7.3	接触电流测量程序和测量结果评定	92
7.4	保护导体电流的测量	95
第 8 章	绝缘材料的耐电痕化和耐蚀损性能的试验和测定	96
8.1	综述	96
8.2	潮湿条件下相比电痕化指数和耐电痕化指数的试验测定	96
8.3	严酷环境条件下使用的电气绝缘材料耐电痕化和电蚀损的试验评定	100
第 9 章	电气绝缘的耐热性分级	105
9.1	概述	105
9.2	电气绝缘材料的耐热性分级	105
9.3	电气绝缘结构的耐热性分级	106
第 10 章	外壳防护等级(IP 代码)	107
10.1	IP 代码的组成及含义	107
10.2	第 1 位特征数字的防护含义和试验要求	108
10.3	第 2 位特征数字的防护含义和试验要求	109
10.4	附加字母的含义、使用和试验	110
10.5	补充字母	114
10.6	旋转电机外壳防护等级(IP 代码)分级	114
第 11 章	电磁兼容及其限值	116
11.1	IEC 61000 及我国国家标准的采用情况	116
11.2	电磁兼容的基本概念	117
11.3	电磁环境现象的分类	122
11.4	电气设备的发射限值	131

第 12 章 电工电子产品着火危险评定导则	140
12.1 概述	140
12.2 着火危险评定——总则	142
12.3 着火危险评定——预选试验规程的使用导则	149
12.4 电子元件着火危险试验类型和评价	153
第 13 章 电工电子产品环境试验应用指南	156
13.1 概述	156
13.2 标准大气条件	162
13.3 气候试验顺序	163
13.4 元件气候条件组合的基本代码	164
13.5 环境试验的应用和导则	164
13.6 量值的数值意义	168
13.7 环境试验概要	169
第 14 章 人机界面标志标识的基本和安全规则	171
14.1 颜色标志代码	171
14.2 导体的颜色或数字标识	171
14.3 设备端子和特定导体终端的字母数字系统标识	173
14.4 指示器和操作器的编码规则	176
14.5 人机界面操作规则	190

第 2 篇 设备篇

第 15 章 电力变压器、电源、电抗器和类似产品的安全	201
15.1 概述	201
15.2 一般要求和试验说明	205
15.3 电击防护	206
15.4 电压和电流	207
15.5 发热	208
15.6 短路和过载保护	211
15.7 机械强度	214
15.8 防止灰尘、固体异物和潮湿有害进入的防护	215
15.9 绝缘电阻、介电强度和漏电流	217

15.10	结构	219
15.11	元器件	221
15.12	接线和端子	222
15.13	保护接地装置	226
15.14	螺钉和连接	226
15.15	爬电距离、电气间隙和贯通绝缘距离	227
15.16	耐热、耐燃、耐电痕化和防锈	234
15.17	例行试验	236
第 16 章	中小型旋转电机的安全	238
16.1	安全要求	238
16.2	标志要求	245
16.3	试验	246
16.4	几种中小型电机的安全要求	251
第 17 章	电阻焊机的安全	252
17.1	使用条件、检验	252
17.2	电气安全	253
17.3	热性能要求和机械危险防护	257
17.4	液体冷却系统、气路系统和液压系统	260
17.5	使用说明书和铭牌	261
第 18 章	家用和类似用途电器的安全	263
18.1	概述	263
18.2	分类、电源软线连接及标志和说明	268
18.3	对触及带电部件的防护和电动器具的启动	270
18.4	输入功率、电流和发热	271
18.5	工作温度下的泄漏电流和电气强度、瞬态过电压	275
18.6	耐潮湿及其电气强度试验	278
18.7	过载保护和耐久性	279
18.8	非正常工作	279
18.9	稳定性、机械危险和机械强度	282
18.10	结构	283
18.11	内部布线和元件	286
18.12	连接、端子和接地措施	287
18.13	电气间隙、爬电距离和固体绝缘	292
18.14	耐热和耐燃、防锈、辐射等危险	295
18.15	家用电器的例行试验	296

18.16	安装、使用、维修安全和使用年限	297
第 19 章	手持式电动工具的安全	299
19.1	概述	299
19.2	分类、电源软线连接、标志和说明书	301
19.3	防触电保护、起动、输入功率和电流	303
19.4	发热、泄漏电流和防潮性	304
19.5	电气强度、过载保护和耐久性	308
19.6	不正常操作	309
19.7	机械危险和强度	312
19.8	结构、布线和组件	313
19.9	电源接线、端子、联接件和接地装置	317
19.10	爬电距离、电气间隙和绝缘穿通距离	322
19.11	非金属材料特性、防锈、辐射等危险	324
19.12	工具的例行试验规则	324
19.13	工具的管理、使用、检查和维修	325
第 20 章	测量、控制和实验室用电气设备的安全	328
20.1	概述	328
20.2	标志和文件	332
20.3	防电击	335
20.4	防机械危险和耐机械冲撞击	349
20.5	热效应防护	351
20.6	防液体危险	353
20.7	辐射、声压、有毒有害气体和爆炸	355
20.8	元器件	356
20.9	利用联锁装置的保护	357
20.10	试验和测量设备	358
20.11	例行试验	358
第 21 章	音频、视频及类似电子设备的安全	359
21.1	概述	359
21.2	发热	364
21.3	触电防护	366
21.4	绝缘要求	370
21.5	机械强度	371
21.6	电气间隙和爬电距离	373
21.7	元器件	374

21.8	端子	380
21.9	接线和机械固定	383
21.10	其他要求	384
21.11	例行试验	385
第 22 章	激光产品的安全	387
22.1	概述	387
22.2	分类、标记和说明	390
22.3	检测	398
22.4	工程技术要求	400
22.5	安全防护措施	402
22.6	使用激光器的伴随危害及其控制措施	404
22.7	最大允许照射量	407
22.8	医学原理	410
第 23 章	核仪器及系统的安全	415
23.1	概述	415
23.2	电击防护	416
23.3	辐射防护仪器过载特性和核仪器易去污性	431
23.4	防其他危险	431
23.5	放射性防护要求	433
	参考文献	440

第 1 篇

基 础 篇

- 第 1 章 电流通过人体的效应
- 第 2 章 接触电压限值的应用指南
- 第 3 章 电击防护——装置和设备的通用要求
- 第 4 章 热效应、过电流、过电压及欠电压防护
- 第 5 章 电子设备雷击试验方法
- 第 6 章 低压系统内设备的绝缘配合
- 第 7 章 接触电流和保护导体电流的测量
- 第 8 章 绝缘材料的耐电痕化和耐蚀损性能的试验和测定
- 第 9 章 电气绝缘的耐热性分级
- 第 10 章 外壳防护等级 (IP 代码)
- 第 11 章 电磁兼容及其限值
- 第 12 章 电工电子产品着火危险评定导则
- 第 13 章 电工电子产品环境试验应用指南
- 第 14 章 人机界面标志标识的基本和安全规则

第 1 章 电流通过人体的效应

1.1 概述

“电击”，又称“触电”。所谓“电击”是指电流通过人或动物躯体所引起的生理和病理效应。

注：生理学效应是指诸如各种各样的肌肉、主动脉和血管的平滑肌、骨骼肌肉，心脏肌肉、神经以及所有的大脑构造等易兴奋的细胞，在遭受外电刺激后的瞬时的效应。而病理生理学效应则是指机体组织受伤导致的可逆的或不可逆的机能障碍或抑制的长期的效应。

那么电流通过人或动物躯体时到底会引起什么样的生理和病理效应呢？国际电工委员会的技术报告 IEC 60479《电流通过人和家畜的效应》通过大量的试验研究、统计、分析和计算，试图定性和定量地回答这个问题。

我国的国家标准 GB/T 13870《电流对人和家畜的效应》采用 IEC 60479，包括以下 5 部分：

第 1 部分：通用部分；

第 2 部分：特殊情况；

第 3 部分：电流通过家畜躯体的效应；

第 4 部分：雷电流通过人体和家畜躯体的效应；

第 5 部分：生理效应的接触电压阈值。

本章将介绍 GB/T 13870.1—2008《电流对人和家畜的效应 第 1 部分：通用部分》(IEC 60479-1:2005, IDT)》的主要内容。

GB/T 13870.1 主要提供了 50 Hz/60 Hz 的交流接触电压 U_T 从 25 V~200 V，在干燥、水湿润如盐水湿润条件下，被测活人对象的 50% 的人体总阻抗 Z_T 与大的、中等的和小的接触表面积之间的关系；15 Hz~100 Hz 正弦交流电流通过人体的效应(时间/电流区域)；直流电流通过人体的效应(时间/电流区域)等。

应当指出，GB/T 13870.1 所列举的数据主要是根据动物试验以及由临床观察所获得的资料。只有少数短时间电击电流的试验是在活人身上进行的；数据是偏于保守的，以致于对包括儿童在内的所有生理条件正常的人(与年龄和体重无关)都适用。

电流通过人体的路径确定之后，对人造成的危险则主要取决于流经人体的电流量值和持续时间，GB/T 13870.1 中给出了交、直流通过人体的通电时间/人体电流区域图。这一成果是研究制定电击防护措施的基础和依据。当然，在研究和制定电击防护措施时，还应当考虑其他方面：发生故障的概率；触及带电部分或故障部分的概率；已有的运行经验；技术上的可行性和经济性，等等。

然而规定的时间/电流区域，实际上并不能直接用于电击防护设计，而必须是以时间为函数的接触电压(即通过人体的电流与人体阻抗的乘积)的允许极限值作为判据。因此必须通过人体阻抗这一参数实现预期接触电压值与人体电流值之间的转换。

心室纤维性颤动可以使人致死。GB/T 13870(IEC 60479)所提供的由于电流通过人体导致心室纤维性颤动阈值方面的研究成果，使得有可能更好地评价主要物理参数的影响，特

别是电流持续流通时间的影响。这是 GB/T 13870(IEC 60479)对电击防护技术的一大贡献。

电流对人体造成伤害的机理在于它的刺激作用,例如刺激神经和肌肉、诱发心房或心室纤维性颤动。因此无论是科学研究还是运行经验都表明,直流电流对人体造成的伤害事故,都比交流要少得多。直流电流对人体造成的生理效应,在电流接通和断开时较为明显。即便如此,要达到相同的生理效应,恒定的直流量值也要比交流电流大 2~4 倍。

交流电流对人体的效应,基本上以 50 Hz 或 60 Hz 的交流电流效应的有关研究结果为依据,但所给出的数据被认为可适用于 15 Hz~100 Hz 的频率范围。

在 1.3.6 中给出了电流路径为一脚到另一脚的心脏电流系数 F ,这对于研究由跨步电压引起的电击危险是很重要的。

从直流应用的数量来看,直流发生的事故比预期的要少得多,部分原因是被抓住的直流带电体较易于摆脱,以及当电击持续时间大于心博周期时,直流电流的心室颤动阈比交流的要高得多。

1.2 人体的阻抗

人体的阻抗值取决于电流的路径、接触电压值、电流的持续时间、频率、接触表面积、皮肤的潮湿程度、施加的压力和温度等。

测定人体阻抗 Z_T 时,主要采用了以下三种接触表面积:大的接触表面积($10\,000\text{ mm}^2$)、中等接触表面积($1\,000\text{ mm}^2$)、小的接触表面积(100 mm^2)。测试所使用的电极型号、形状、对应的接触表面积等见图 1-1。

电极型号	接触面积的形状	接触面积大小 有效面积/ mm^2 数量级/ mm^2	附图 尺寸单位/ mm
A	黄铜圆柱	大的 8 200 10 000	
B	用绝缘带适当包覆的圆环形	中等的 1 250 1 000	
C	用绝缘带适当包覆的方形	小的 100 100	
D	绝缘材料圆柱上的圆形电极	10	
E	绝缘材料圆柱上的圆形电极 ^{1)、2)}	1	
1) 在这种型式内,还有四个面积为 1 mm^2 的电极,成十字形的位于距圆柱表面中心的电极 30 mm 处,以便测定在手掌内对于这些点的偏差。 2) 用这种电极测定的结果表明,几乎没有可再现性。			

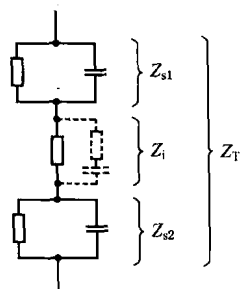
图 1-1 测试人体阻抗 Z_T 时不同的接触表面积与所使用的电极型号、形状

测定人体阻抗 Z_T 时,皮肤的潮湿程度条件包括:

- 干燥条件:活人在正常室内环境条件下休息时,皮肤接触表面积的湿度的条件;
- 水湿润条件:浸入于市政供水(平均电阻率 $=3\,500\,\Omega\cdot\text{cm}$, $\text{pH}=7\sim 9$)的水中1 min,皮肤接触表面积的条件的;
- 盐水湿润条件:浸入于3%NaCl(氯化钠)的水溶液(平均电阻率 $=30\,\Omega\cdot\text{cm}$, $\text{pH}=7\sim 9$)中1 min,接触面积皮肤的条件。

人体的阻抗(示意图见图 1-2)包括:

- 皮肤阻抗(Z_s):是指皮肤上的电极与皮下可导电组织之间的阻抗;
- 人体内阻抗(Z_i):是指与人体两个部位相接触的二电极间的阻抗(不计皮肤阻抗);
- 总阻抗:是人体内阻抗与皮肤阻抗的矢量和。



Z_i —内阻抗;
 Z_{s1} 、 Z_{s2} —皮肤阻抗;
 Z_T —总阻抗

图 1-2 人体阻抗

1.2.1 人体的内阻抗(Z_i)

人体的内阻抗大部分可认为是阻性的,其数值主要由电流路径决定,与接触表面积的关系较小,仅当接触表面积为几平方毫米时,其数值才会有所增加。

注 1:测定表明,人体内阻抗存在很少的电容分量(见图 1-2 中的虚线)。

图 1-3 示出了人体不同部位的内阻抗,图中数字表示相对于路径为一手到一脚的相关的人体部分内阻抗的百分数。

对于电流路径为手到手或手到脚时,内阻抗主要是四肢(手臂和腿)。若忽略人体躯干的阻抗,可得出如图 1-4 所示的人体内部阻抗简化示意图。为简化计算,图示中假设手臂和腿的阻抗值是相同的。设图中的 Z_{ip} 为一个肢体(手臂或腿)部分的内阻抗,则从一手到双脚的内阻抗大约是一手到一脚的 75%,从双手到双脚为 50%,而从双手到人体躯干的阻抗为手到手或一手到一脚阻抗的 25%。

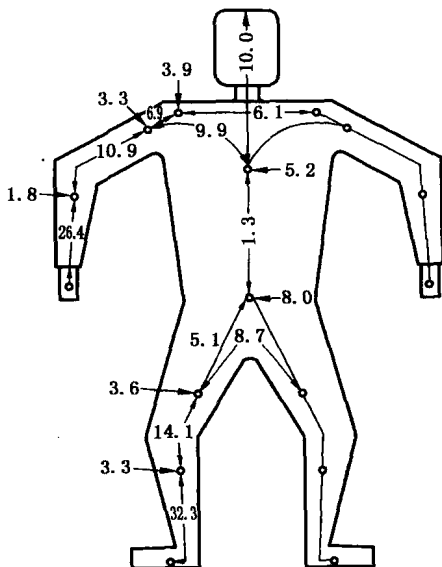


图 1-3 人体内部的部分阻抗 Z_{ip}

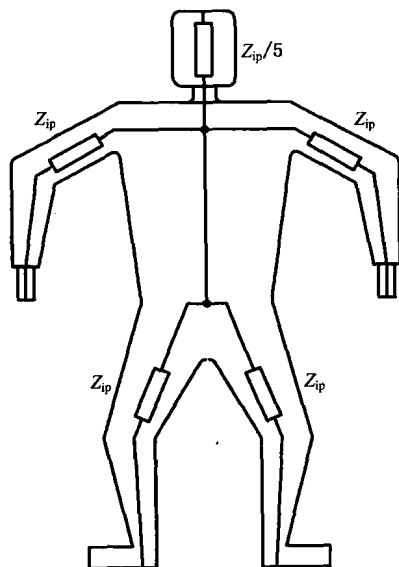


图 1-4 人体内部阻抗的简化示意图

1.2.2 皮肤阻抗(Z_s)

皮肤阻抗可视为由半绝缘层和许多小的导体(毛孔)组成的电阻和电容的网络,见图 1-2。

皮肤的阻抗值取决于电压、频率、通电时间,接触的表面积、接触的压力、皮肤的潮湿程度、皮肤的温度和种类。

对较低的接触电压,即使是同一个人,其皮肤阻抗值也会随着条件的不同而具有很大的变化,如接触的表面积和潮湿条件(干燥、潮湿、出汗)、温度、快速呼吸等。对于较高的接触电压,则皮肤阻抗显著地下降,而当皮肤完全被击穿时,则变得可以忽略了。

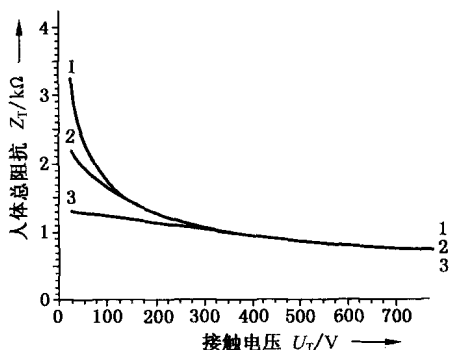
由于容性阻抗的原因,皮肤的阻抗将随频率的增大而减少。

1.2.3 人体总阻抗(Z_T)

在给定电流路径中,人体总阻抗(Z_T)是人体内阻抗与皮肤阻抗的矢量和,是由电阻性和电容性分量组成的(见图 1-2);人体的总电阻 R_T 则为人体内部电阻与皮肤电阻之和。测量所得的人体总阻抗 Z_T 与接触电压及其频率、幅值、接触面积、皮肤潮湿程度、接触时间等有关。

在较低的接触电压下,皮肤阻抗 Z_s 具有显著的变化,因而人体总阻抗 Z_T 也随之有很大的类似变化;在较高的接触电压下,随着皮肤阻抗逐渐被击穿,总阻抗 Z_T 的数值逐渐接近于内阻抗 Z_i 的值,见图 1-5 至图 1-10。

关于频率的影响,计及频率与皮肤阻抗的依从关系,人体总阻抗在直流时较高,且随着频率增加而减少。

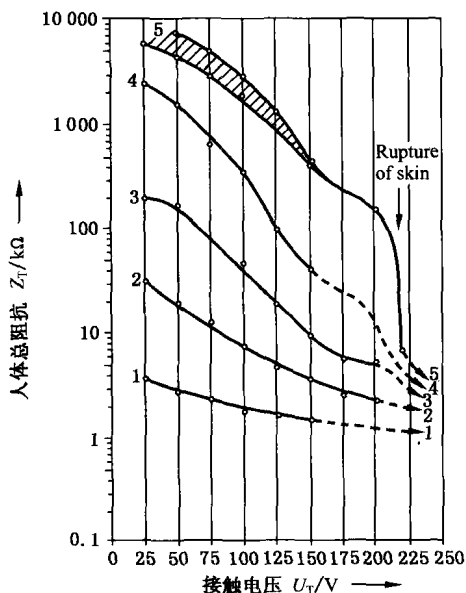


1—干燥条件(表 1-1);

2—水湿润条件(表 1-2);

3—盐水湿润条件(表 1-3)

图 1-5 干燥、水湿润和盐水湿润条件,大的接触表面积,电流路径为手到手,50 Hz/60 Hz 交流接触电压 U_T 为 25 V~700 V,50% 被测对象的人体总阻抗 Z_T (50%)



1—接触表面积 8 200 mm²;

2—接触表面积 1 250 mm²;

3—接触表面积 100 mm²;

4—接触表面积 10 mm²;

5—接触表面积 1 mm²

(在 220 V 时皮肤击穿)

图 1-6 干燥条件,50 Hz 交流接触电压时,一个活人的总阻抗 Z_T 与接触表面积之间的关系曲线