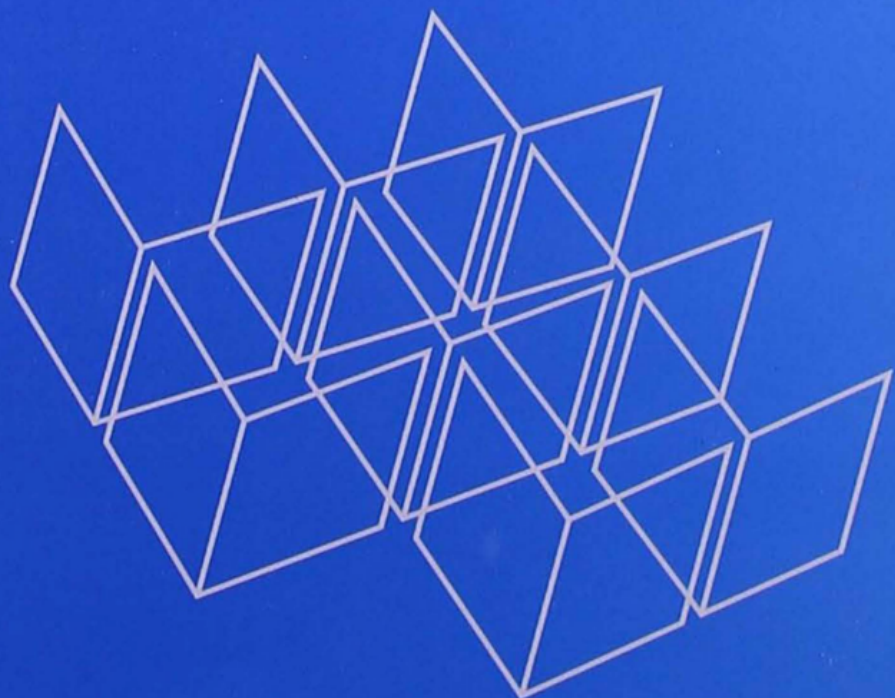


中国移动通信集团浙江有限公司代维人员认证教材

公共基础 原理

徐宁宁 罗明学◎主 编



浙江大學出版社
ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

中国移动通信集团浙江有限公司代维人员认证系列教材

公共基础原理

徐宁宁 罗明学 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

编审委员会

主任委员 郑 峰

副主任委员 张 新 周红素

编	委	罗明学	左利群	寿文泽
		李银碧	卢伟剑	徐宁宁
		姚建光	庞晓红	俞奇明
		马 丽		

前 言

随着中国移动战略转型的推进与全业务运营时代的到来,中国移动运营维护发生了巨大变化。首先,维护的工作界面发生了变化,维护工作将直接面对客户。其次,维护内容趋向综合化,要求提供多渠道的“信息化”支撑。因此,对网络维护人员的专业化技能水平与服务能力提出了更高的要求。为配合中国移动通信集团浙江有限公司开展代维人员技术等级评定(一级、二级、三级、四级)工作,提升网络代维人员的综合素质,确保网络安全、稳定、高效地运行,我们特别组织了相关专业的专家编订了“中国移动通信集团浙江有限公司代维人员认证系列教材”,该系列教材主要包括《公共基础原理》、《综合接入维护》、《基站专业维护》、《塔桅天馈专业维护》、《延伸系统专业维护》和《传输管线专业维护》等。本系列教材适用于中国移动代维公司巡检员、抢修员、专业管理员等工作人员以及中国移动代维管理、专业管理等专业管理人员。

《公共基础原理》分册的内容涵盖各专业必须掌握的公共基础知识,是中国移动浙江公司代维人员五大专业认证的必备工具书。全书共分5篇,第1篇介绍电工基础,第2篇介绍通信电源,第3篇介绍传输基础原理,第4篇介绍GSM基础理论,第5篇介绍TD-SCDMA基础理论。本书第1篇由姚建光老师编写,第2篇由罗明学老师编写,第3、4、5篇由徐宁宁老师编写。

本书由郑峰、庞晓红主持编写,张新、周红素负责统稿。感谢各代维公司技术专家对本书的编写予以的大力支持,同时向为本书提供技术服务与校对帮助的所有工作人员表示由衷的敬意和诚挚的感谢!由于移动通信技术发展日新月异,各种技术研究也在不断地丰富和完善,加之编者水平有限,成书时间仓促,因此书中难免存在错误,敬请同行及读者批评指正。

编 者

2013年1月

目 录

第 1 篇 电工基础

第 1 章 电路基础知识	3
1.1 基础知识	3
1.2 直流电路	4
1.3 交流电	5
第 2 章 电流对人体的危害与触电事故	7
2.1 电流对人体的伤害	7
2.2 电流的分类	8
2.3 影响触电伤害程度的因素	9
2.4 常见的触电方式	10
2.5 触电事故的发生规律及一般原因	11
第 3 章 安全用电、防雷、防火	13
3.1 安全用电规程	13
3.2 安全用电常识	14
3.3 接零保护	14
3.4 重复接地	15
3.5 人工接地体的埋设要求和接地线的要求	15
3.6 接地装置的选择	16
3.7 手携式和移动式电气设备的接地	18
3.8 防雷	18
3.9 电气防火防爆基本措施	19
3.10 引起火灾爆炸的原因	19
3.11 电气线路发生火灾爆炸的主要原因	20
第 4 章 电工测量	21
4.1 万用表的应用	21
4.2 钳形电流表的应用	22



4.3 兆欧表的应用·····	24
第5章 触电急救 ·····	27
5.1 脱离电源·····	27
5.2 伤员脱离电源后的处理·····	28
5.3 呼吸、心跳情况的判定 ·····	28
5.4 心肺复苏法·····	28
5.5 抢救过程中的再判定·····	30
5.6 伤员好转后的处理·····	31
5.7 杆上或高处触电的急救·····	31
5.8 高处抢救·····	32
 第2篇 通信电源	
第6章 通信配电 ·····	35
6.1 电源在通信中的地位及组成·····	35
6.2 交流供电系统·····	36
6.3 直流供电系统·····	36
第7章 开关电源 ·····	39
7.1 开关电源的组成·····	39
7.2 高频开关整流器分类·····	40
7.3 中达电通开关电源系统·····	40
第8章 蓄电池 ·····	45
8.1 阀控式铅酸蓄电池的基本结构·····	45
8.2 蓄电池的分类·····	46
8.3 阀控式铅酸蓄电池的工作原理·····	47
8.6 不间断电源(UPS)·····	48
第9章 油机 ·····	55
9.1 柴油机的组成·····	55
9.2 油机工作原理·····	55
9.3 基站发电流程与规范·····	56
第10章 防雷接地系统 ·····	59
10.1 防雷原理 ·····	59
10.2 防雷接地系统的组成 ·····	59

10.3	自建机房基站的防雷接地	63
10.4	租用机房基站的防雷接地	65
10.5	电源与其他设备的防雷接地	65

第 3 篇 传输基础原理

第 11 章	光纤通信基本原理	69
11.1	光纤通信基本概念	69
11.2	光纤通信系统的组成	71
第 12 章	光纤和光缆	74
12.1	光纤的结构和分类	74
12.2	光纤的传输性能	77
12.3	光缆的结构和种类	80
12.4	光缆的熔接	85
第 13 章	通信用光器件	87
13.1	光源	87
13.2	无源光器件	87
13.3	光放大器	89
第 14 章	光纤传输技术	92
14.1	光纤传输技术	92
14.2	WDM 技术——复用系统	101
14.3	分组传送网(PTN)	104

第 4 篇 GSM 基础理论

第 15 章	移动通信基础	113
15.1	移动通信概述	113
15.2	移动通信基本技术	116
15.3	无线通信基础理论	120
第 16 章	GSM 无线接口理论	136
16.1	GSM 工作频段	136
16.2	GSM 频率规划及复用	137
16.3	时分多址技术	139



16.4	时间提前量	144
16.5	跳频技术	145
第 17 章	GSM 网络构架	147
17.1	GSM 网络结构及设备组成	147
17.2	GSM 系统编号	149
第 18 章	GSM 信令流程	153
18.1	MS 空闲模式	153
18.2	MS 通话状态	156

第 5 篇 TD-SCDMA 基础理论

第 19 章	TD-SCDMA 概述	163
19.1	TD-SCDMA 的发展历程	163
19.2	长期演进	163
19.3	3G 频谱分配	164
19.4	与其他 3G 制式技术的比较	164
第 20 章	TD-SCDMA 关键技术	166
20.1	联合检测(joint detection)	166
20.2	智能天线(smart antenna)	166
20.3	上行同步(uplink synchronization)	168
20.4	软件无线电(soft defined radio, SDR)	169
20.5	TD-SCDMA 无线资源管理	170
第 21 章	TD-SCDMA 系统介绍	174
21.1	UMTS 网络结构	174
21.2	UTRAN 基本结构	175

第 1 篇 电工基础

第 1 章 电路基础知识

1.1 基础知识

- 电路:电流流过的路径叫做电路。最简单的电路由电源、负载和导线、开关等元件组成。电路处处连通叫做通路。只有通路,电路中才有电流通过。电路某一处断开叫做断路或者开路。电路某一部分的两端直接接通,使这部分的电压变成零,叫做短路。

- 电流:电荷的定向移动叫做电流。电流常用 I 表示。电流分直流电和交流电两种。电流的大小和方向不随时间变化的叫做直流电。电流的大小和方向随时间变化的叫做交流电。电流的单位是安培(A),也常用毫安(mA)或者微安(μA)作单位。 $1\text{A}=10^3\text{mA}=10^6\mu\text{A}$ 。

电流可以用电流表测量。测量时,把电流表串联在电路中,要选择电流表指针接近满偏转的量程,这样可以防止电流过大而损坏电流表。

- 电压:电荷之所以能够流动,是因为有电位差,电位差也就是电压。电压是形成电流的原因。在电路中,电压常用 U 表示。电压的单位是伏特(V),也常用毫伏(mV)或者微伏(μV)作单位。 $1\text{V}=10^3\text{mV}=10^6\mu\text{V}$ 。

- 电阻:电路中对电流通过有阻碍作用并且造成能量消耗的部分叫做电阻。电阻常用 R 表示。电阻的单位是欧姆(Ω),也常用千欧($\text{k}\Omega$)或者兆欧($\text{M}\Omega$)作单位。 $1\text{M}\Omega=10^3\text{k}\Omega=10^6\Omega$ 。导体的电阻由导体的材料、横截面积和长度决定。

- 电源:把其他形式的能转换成电能的装置叫做电源。发电机能把机械能转换成电能,干电池能把化学能转换成电能。发电机、干电池等叫做电源。通过变压器和整流器,把交流电变成直流电的装置叫做整流电源。能提供信号的电子设备叫做信号源。晶体三极管能把前面送来的信号加以放大,又把放大的信号传送到后面的电路中去。晶体三极管对后面的电路来说,也可以看做信号源。整流电源、信号源有时也叫做电源。

- 负载:把电能转换成其他形式的能的装置叫做负载。电动机能把电能转换成机械能,电阻能把电能转换成热能,电灯泡能把电能转换成热能和光能,扬声器能把电能转换成声能。电动机、电阻、电灯泡、扬声器等都叫做负载。晶体三极管对于前面的信号源来说,也可以看做负载。

- 电动势:是反映电源把其他形式的能转换成电能的本领的物理量。电动势使电源两端产生电压。在电路中,电动势常用 E 表示。电动势的单位和电压的单位相同,也是伏特。

- 电容:电容是衡量导体储存电荷能力的物理量。在两个相互绝缘的导体上,所加上一定的电压,它们就会储存一定的电量。其中一个导体储存着正电荷,另一个导体储存着大



小相等的负电荷。所加的电压越大,储存的电量就越多。储存的电量和所加的电压成正比,两者比值叫做电容。如果电压用 U 表示,电量用 Q 表示,电容用 C 表示,那么 $C=Q/U$ 。电容的单位是法拉(F),也常用微法(μF)或者微微法(pF)做单位。 $1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^{12}\text{pF}$ 。

- 电感:电感是衡量线圈产生电磁感应能力的物理量。电感用 L 表示,电感的单位是亨(H),也常用毫亨(mH)或微亨(μH)做单位。 $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}$ 。

- 电功:电流在一段时间内通过某一电路,电场力所做的功,称为电功。电功用 W 表示,单位是焦耳(J)。计算公式是:

$$W=Pt, W=UIt \quad (1-1)$$

- 电功率:电流在单位时间内做的功叫做电功率。电功率是用来表示消耗电能的快慢的物理量,用 P 表示,单位是瓦特,简称瓦,符号是 W。计算公式是:

$$P=W/t, P=UI \quad (1-2)$$

1.2 直流电路

1.2.1 欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

导体中的电流与它两端的电压成正比,与它的电阻成反比。

$$I=U/R \quad (1-3)$$

2. 全电路欧姆定律

在一个闭合电路中,电流的强度与电源的电动势成正比,与整个电路中内电阻和外电阻之和成反比。

$$I=E/(R+r), E=U+U_0 \quad (1-4)$$

式中: E 表示电动势, U 表示外压降, U_0 表示内压降, R 表示外电阻, r 表示内电阻。

1.2.2 串联电路

在电路中,两个或两个以上的电阻按顺序连成一串,使电流只有一条通路,这种连接方式叫电阻的串联。

串联电路的特点:

①串联电路中流过每个电阻的电流都相等且等于总电流。

$$I=I_1=I_2=I_3=\dots=I_n \quad (1-5)$$

②电路两端的总电压等于各个电阻两端的电压之和。

$$U=U_1+U_2+U_3+\dots+U_n \quad (1-6)$$

③串联电路的等效电阻(总电阻)等于各串联电阻之和。

$$R=R_1+R_2+R_3+\dots+R_n \quad (1-7)$$

④在串联电路中,各电阻上分配的电压值与各电阻的阻值成正比。

$$U_n=R_n/R \cdot U \quad (1-8)$$

式中: R_n/R 称为分压比。

1.2.3 并联电路

在电路中两个或两个以上的电阻一端连在一起,另一端也连在一起,使每一电阻两端都承受同一电压的作用,这种连接方式叫电阻的并联。

并联电路的特点:

①并联电路中各电阻两端的电压相等且等于电路两端的电压。

$$U=U_1=U_2=U_3=\dots=U_n \quad (1-9)$$

②并联电路中的总电流等于各电阻中的分电流之和。

$$I=I_1+I_2+I_3+\dots+I_n \quad (1-10)$$

③并联电路的等效电阻值(总电阻)的倒数,等于各电阻值倒数之和。

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\dots+\frac{1}{R_n} \quad (1-11)$$

④在电阻并联电路中,各支路分配的电流与该支路的电阻值成反比。

$$I_n=\frac{R}{R_n} \cdot I \quad (1-12)$$

式中: R/R_n 称为分流比。

1.3 交流电

大小和方向都随着时间周期性变化的电流(电动势、电压)叫做交流电。交流电又可分为正弦交流电和非正弦交流电两类。正弦交流电的电流(或电压、电动势)随时间按正弦规律变化,下面主要介绍正弦交流电。

1.3.1 单相正弦交流电

频率、初相位、最大值,叫做交流电的三要素。

1. 周期和频率

交流电完成一次周期性变化所需的时间,叫做交流电的周期。周期通常用 T 表示,单位是秒(s)。

交流电在一秒内完成周期性变化的次数,叫做交流电的频率。频率通常用 f 表示,单位是赫兹(Hz)。

周期和频率的关系:

$$T=1/f, f=1/T \quad (1-13)$$

我国工频交流电的周期通常为 0.02s,频率为 50Hz。

2. 最大值和有效值

交流电的最大值是电流在一个周期内所能达到的最大数值。

交流电的有效值是根据热效应来规定的。

正弦交流电的有效值和最大值之间的关系为:

$$I_m=1.414 I, I=0.707 I_m$$

如我们通常说交流电的电压为 220V,就是指有效值。



3. 初相位、相位

交流电在某一时刻的电角度叫做相位。如图 1-1 所示, $t=0$ 时的相位叫做初相位。

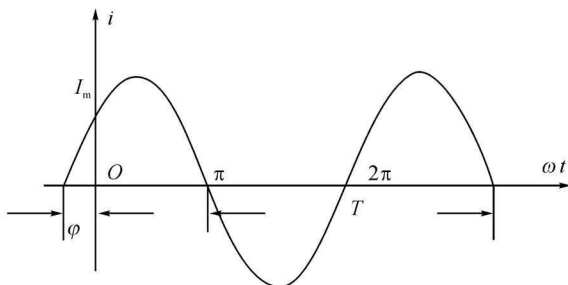


图 1-1 交流电初相位

1.3.2 三相交流电路

三相交流电,即电路中的电源同时有三个交变电动势,这三个电动势的最大值相等,频率相同,相位互差 120° ,也称为对称三相电动势。三相电源的三个绕组及三相负载,其常用的连接方式有两种:星形(Y)连接和三角形(Δ)连接。三相交流电波形图集相量图如图 1-2 所示。

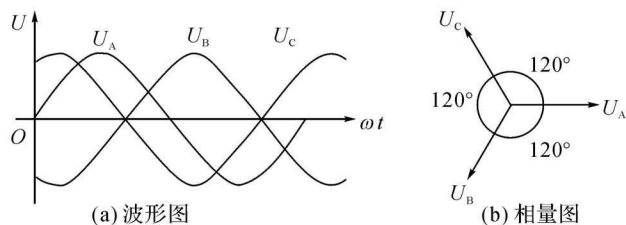


图 1-2 三相交流电波形图集相量图

1.3.3 三相功率

电能使灯泡发光、电炉发热、电动机带动机器,这些都是电能做功的表现。做功的效果也用电功率来衡量。因此,三相电路计算中除了要计算电流、电压、电阻以外,常常还要计算电流的功率。

在实际工作中,很多电气设备都标出它们的功率值,以说明它们做功能力的大小。

负载接在三相电源上,不论负载是星形连接还是三角形连接,它所消耗的总的有功功率必定等于各相有功功率之和,即

$$P = P_A + P_B + P_C \quad (1-14)$$

当负载对称时,每相的有功功率是相等的。

第 2 章 电流对人体的危害与触电事故

2.1 电流对人体的伤害

随着社会生产的发展和科学技术的进步,电与人们的关系日益密切。然而由于使用不当或违反电器安全操作规程所造成的用电事故对人们的危害也是相当严重的,除了电器火灾和爆炸危险,还有电流对人体的伤害。

2.1.1 电流对人体伤害的类型

1. 电击

电击,即电流对人体内部组织造成伤害。仅 50mA 的工频电流即可使人遭到致命电击,神经系统受到电流强烈刺激,引起呼吸中枢衰竭,严重时导致心室纤维性颤动,以致引起昏迷和死亡。

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径,电击触电可分为三种情况。

(1)单相触电

单相触电是指在地面上或其他接地导体上,人体某一部位触及一相带电体的触电事故。对于高电压,人体虽然没有触及,但因超过了安全距离,高电压对人体产生电弧光放电,因此也属于单相触电。

单相触电的危险程度与电网运行方式有关。一般情况下,接地电网的单相触电比不接地电网的危险性大。

(2)两相触电

两相触电是指人体两处同时触及两相带电体而发生的触电事故。无论电网的中性点接地与否,其危险性都比较大。

(3)跨步电压触电

当电网或电气设备发生接地故障时,流入地中的电流在土壤中形成电位,地表面也形成以接地点为圆心的径向电位差分布。人在行走时前后两脚间(一般按 0.8m 计算)电位差达到危险电压而造成的触电,称为跨步电压触电。

人走到离接地点越近,跨步电压越高,危险性越大。一般认为在距接地点 20m 以外,地电位为零。

在高压故障接地处,或有大电流流过接地装置附近,都可能出现较高的跨步电压,因此要求在检查高压设备的接地故障时,室内不得接近接地点 4m 以内,室外不得接近故障点 8m 以内。若进入上述范围,工作人员必须穿绝缘靴。



2. 电伤

电伤是电流的热效应、化学效应、光效应或机械效应对人体造成的伤害。电伤会在人体上留下明显伤痕,有电弧灼伤、电烙印和皮肤金属化三种。

①电弧灼伤是电弧光放电引起的。比如低压系统带负荷(特别是感性负荷)拉开裸露的闸刀开关,错误操作造成的线路短路、人体与高压带电部位距离过近而放电,都会造成强烈弧光放电。电弧灼伤也能使人致命。

②电烙印通常是在人体与带电体紧密接触时,由电流的化学效应和机械效应引起的伤害。

③皮肤金属化是由于电流熔化和蒸发的金属微粒渗入人体表皮所造成的伤害。

2.2 电流的分类

对于工频交流电,按照通过人体的电流大小而使人呈现不同的状态,可将电流划分为三级。

1. 感知电流

能引起人的感觉的最小电流称为感知电流。人接触这样的电流会有轻微麻感。实验表明,成年男性平均感知电流有效值约为 1.1mA ,成年女性约为 0.7mA 。

感知电流一般不会对人造成伤害,但是接触时间长,表皮被电解后电流增大时,感觉增强,反应变大,可能造成坠落等间接事故。

2. 摆脱电流

电流超过感知电流并不断增大时,触电者会因肌肉收缩,发生痉挛而紧握带电体,不能自行摆脱电源。人触电后能自行摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。一般成年男性平均摆脱电流为 16mA ,成年女性约为 10.5mA 。儿童较成年人小。

摆脱电流是人体可以忍受而一般不会造成危险的电流。若通过人体的电流超过摆脱电流且时间过长,则会致人昏迷、窒息,甚至死亡。因此,人摆脱电源能力随着触电时间的延长而降低。

3. 致命电流

在较短时间内危及生命的电流,称为致命电流。电流达到 50mA 以上,就会引起心室颤动,有生命危险; 100mA 以上的电流,则足以致死;而接触 30mA 以下的电流通常不会有生命危险。

不同电流对人体的影响见表 2-1。

表 2-1 不同电流对人体的影响

电流(mA)	通电时间	工频电流人体反应	直流电流人体反应
0~0.5	连续通电	无感觉	无感觉
0.5~5	连续通电	有麻刺感、疼痛、无痉挛	无感觉
5~10	数分钟内	痉挛、剧痛,但可摆脱电源	有针刺感、压迫感及灼热感

续表			
电流 (mA)	通电时间	工频电流人体反应	直流电流人体反应
10~30	数分钟	迅速麻痹、呼吸困难、血压升高、不能摆脱电源	压痛、刺痛、灼热强烈、有抽搐
30~50	数秒钟~数分钟	心跳不规则、昏迷、强烈痉挛、心脏开始颤动	感觉强烈、有剧痛、痉挛
50 至数百	低于心脏搏动周期	受强烈冲击,但没发生心室颤动	剧痛、强烈痉挛、呼吸困难或麻痹
	超过心脏搏动周期	昏迷、心室颤动、呼吸麻痹、心脏麻痹或停跳	

2.3 影响触电伤害程度的因素

影响触电的危险程度同很多因素有关,而这些因素是互相关联的,只要某种因素突出到相当程度,都会使触电者濒临危险。

1. 电流的大小

一般通过人体的电流越大,人的生理反应越明显、越强烈,死亡危险性也越大。通过人体的电流强度取决于触电电压和人体电阻。人体电阻主要由表皮电阻和体内电阻构成,体内电阻一般较为稳定,在 500Ω 左右,表皮电阻则与表皮湿度、粗糙程度、触电面积等有关。一般人体电阻在 $1k\sim 2k\Omega$ 之间。

2. 持续时间

通电时间越长,电击伤害越严重。因为电流通过人体时间越长,触电面要发热出汗,而且电流对人体组织有电解作用,使人体电阻降低,导致电流迅速增大;另外,人体心脏每收缩扩张一次就有 $0.1s$ 的间歇,在这 $0.1s$ 内,心脏对电流最敏感,若电流在这一瞬间通过心脏,即使电流较小,也会引起心脏颤动,造成危险。

3. 电流的途径

电流通过头部会使人立即昏迷,甚至死亡;电流通过脊髓,会导致半截肢体瘫痪;电流通过中枢神经,会引起中枢神经强烈失调,造成窒息而致死亡。因此,电流通过心脏、呼吸系统和中枢神经系统时,危险性最大。从外部来看,左手至脚的触电最危险,脚对脚的触电对心脏影响最小。

4. 电流频率

常用的 $50\sim 60Hz$ 工频交流电对人体伤害最严重。低于 $20Hz$ 时,危险性相对减小; $2000Hz$ 以上时死亡危险性降低,但容易引起皮肤灼伤。直流电危险性比交流电小得多。

5. 人体健康状况

触电伤害程度与人的身体状况有密切关系。除了人体电阻各有区别外,女性对电流的