

21世纪高等学校精品规划教材

电工基础与电气测量技术

■ 邓香生 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪高等学校精品规划教材

电工基础与电气测量技术

邓香生 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

全书将电工基础与电气测量两部分内容进行整合重构,实现了理论、实践的有机融合。主要内容有:电工安全用电知识、电路的基本概念与基本定律、直流电阻电路的分析与计算、正弦交流电路、三相交流电路、非正弦周期电流电路、线性电路的瞬态过程、磁路与铁芯线圈和电气测量实训项目。全书以案例教学为主线来展开课程内容,突出了针对性、应用性、实践性。

本书可供高等院校相关专业教学使用,亦可作为有关岗位培训教材或工程技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电工基础与电气测量技术/邓香生主编. —北京:北京理工大学出版社, 2009. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 2332 - 4

I. 电… II. 邓… III. ①电工学 - 高等学校: 技术学校 - 教材②电气测量 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TM1 TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 096070 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 293 千字

版 次 / 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 1000 册

定 价 / 27.00 元

责任校对 / 申玉琴

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前 言

“电工基础”这类专业基础课程，由于其较强的理论性和对后续课程的基础性，要想完全实施工学结合的教学改革，难度很大。经过充分的调研、论证，我们将“电工基础”和“电气测量”两门课程进行整合，将内容重构，就形成了《电工基础与电气测量技术》这本教材。

该教材突出应用性、针对性，加强实践能力的培养。内容叙述力求深入浅出，将知识点和能力点有机结合，融“教、学、做”为一体，注重培养学生的工程应用能力和解决问题的能力，特别是安全用电能力；内容编排力求简洁、形式新颖、目标明确。本教材共分为9章，其主要内容有：安全用电、电路的基本概念与基本定律、直流电阻电路的分析与计算、正弦交流电路、三相交流电路、非正弦周期电流电路、线性电路的瞬态过程、磁路与铁芯线圈和电气测量，其中电气测量这一章主要由7个测量各类电量的电气参数的实训项目组成。教材的编写按照理论联系实际、循序渐进、便于自学和教学的原则编写；教材内容力求文字叙述简练，通俗易懂，概念清晰；举例结合实际并具有典型性，案例、习题安排合理，以便于学生自学和教师教学。

编 者

目 录

第1章 电工安全用电知识	1
1.1 安全用电知识	1
1.1.1 安全电压	1
1.1.2 安全距离	1
1.1.3 绝缘安全用具	3
1.2 电工安全操作知识	4
1.3 电气火灾消防知识	4
1.3.1 电气火灾的主要原因	4
1.3.2 易燃易爆环境	5
1.3.3 电气火灾的防护措施	5
1.3.4 电气火灾的扑救	6
1.4 触电的危害性与急救	7
1.4.1 触电的种类	7
1.4.2 触电方式	8
1.4.3 影响电流对人体危害程度的主要因素	9
1.4.4 触电急救	10
1.5 电气设备安全运行知识	13
1.5.1 接地	13
1.5.2 电气设备接地的种类	14
1.5.3 电气设备安全运行措施	16
第2章 电路的基本概念与基本定律	17
2.1 电路和电路模型	17
2.1.1 电路	18
2.1.2 电路模型	18
2.2 电路的基本物理量及相互关系	19
2.2.1 电流	19
2.2.2 电压	20
2.2.3 电功率与电能	22
2.3 电阻、电容、电感元件及其特性	23

2.3.1	电阻元件及欧姆定律	24
2.3.2	电容元件	27
2.3.3	电感元件	28
2.4	电路中的独立电源	30
2.4.1	电压源	30
2.4.2	电流源	32
2.4.3	电源的等效变换	34
2.5	基尔霍夫定律	36
2.5.1	基尔霍夫电流定律	37
2.5.2	基尔霍夫电压定律	38
2.5.3	支路电流法	39
2.6	电阻、电感、电容元件的识别与应用	41
2.6.1	电阻元件的识别与应用	41
2.6.2	电容元件的识别与应用	47
2.6.3	电感元件的识别与应用	53
第3章	直流电阻电路的分析与计算	61
3.1	电路的串、并联等效变换	61
3.1.1	电阻的串联	61
3.1.2	电阻的并联	63
3.1.3	电阻星形联接与三角形联接的等效变换	68
3.2	叠加定理	72
3.3	戴维宁定理与诺顿定理	74
3.3.1	戴维宁定理	75
3.3.2	诺顿定理	78
第4章	正弦交流电路	85
4.1	交流电路中的基本物理量	85
4.1.1	交流电路概述	85
4.1.2	正弦交流电的基本特征和三要素	86
4.2	正弦量的相量表示	89
4.2.1	复数	89
4.2.2	复数的运算	91
4.2.3	相量	92
4.3	电路基本定律的相量形式	94
4.4	电阻、电感、电容电路	95

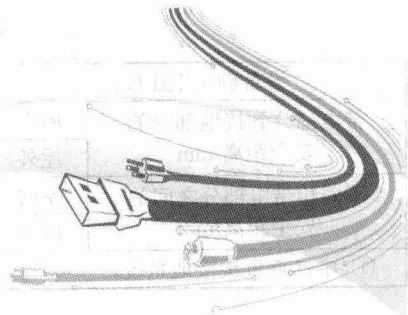


4.4.1 单一参数电路	96
4.4.2 电阻、电感、电容串联电路	103
4.4.3 电阻、电感、电容并联电路	107
4.5 谐振电路	109
4.5.1 串联谐振	110
4.5.2 并联谐振	113
4.6 正弦交流电路中的功率	117
4.6.1 正弦交流电路中的功率	117
4.6.2 功率因数的提高	119
第 5 章 三相交流电路	124
5.1 三相电源与三相负载	124
5.1.1 三相交流电的产生	124
5.1.2 三相电源与负载的联接	126
5.2 对称三相电路的计算	134
5.3 不对称三相电路的计算	137
5.4 三相电路的功率	145
第 6 章 非正弦周期电流电路	149
6.1 非正弦周期量的产生和分解	149
6.2 非正弦周期量的有效值、平均值和平均功率	152
6.2.1 非正弦周期量的有效值	152
6.2.2 非正弦周期量的平均值	152
6.2.3 非正弦周期量的平均功率	153
6.3 非正弦周期电流电路的分析	154
第 7 章 线性电路的瞬态过程	158
7.1 瞬态过程	158
7.2 RC 电路的瞬态过程	161
7.3 RL 电路的瞬态过程	166
7.4 一阶电路的三要素法	168
7.5 RC 电路的应用	171
第 8 章 磁路与铁芯线圈	180
8.1 磁路及磁路基本定律	180
8.2 铁磁性物质的磁化	183
8.3 交流铁芯线圈	186
8.4 电磁铁与变压器	188

8.4.1	电磁铁	188
8.4.2	变压器	190
第9章	电气测量	195
项目 1	用万用表测量电阻、交直流电压、直流电流	195
项目 2	用兆欧表测量三相异步电动机定子绕组的绝缘电阻	202
项目 3	用钳形电流表测量三相异步电动机的电流	205
项目 4	用直流单臂电桥测量三相异步电动机定子绕组的电阻	208
项目 5	用直流双臂电桥测量三相异步电动机定子绕组的电阻	211
项目 6	用功率表测量功率	214
项目 7	用电度表测量白炽灯电能	217

第 1 章

电工安全用电知识



安全用电包括供电系统的安全、用电设备的安全及人身安全 3 个方面，它们之间又是紧密联系的。供电系统的故障可能导致用电设备的损坏或人身伤亡事故，而用电事故也可能导致局部或大范围停电，甚至造成严重的社会灾难。

1.1 安全用电知识

在用电过程中，必须特别注意电气安全，如果稍有麻痹或疏忽，就可能造成严重的人身触电事故，或者引起火灾或爆炸，给国家和人民带来极大的损失。

1.1.1 安全电压

交流工频安全电压的上限值，在任何情况下，两导体间或任一导体与地之间都不得超过 50 V。我国的安全电压的额定值为 42 V、36 V、24 V、12 V、6 V。如手提照明灯、危险环境的携带式电动工具，应采用 36 V 安全电压，金属容器内、隧道内、矿井内等工作场合，狭窄、行动不便及周围有大面积接地导体的环境，应采用 24 V 或 12 V 安全电压，以防止因触电而造成的人身伤害。

1.1.2 安全距离

为了保证电气工作人员在电气设备运行操作、维护检修时不致误碰带电体，规定了工作人员与带电体的安全距离；为了保证电气设备在正常运行时不会出现击穿短路事故，规定了带电体与附近接地物体和不同相带电体之间的最小距离。安全距离主要有以下几方面。

(1) 设备带电部分到接地部分和设备不同相部分之间的距离，如表 1.1 所示。

表 1.1 各种不同电压等级的安全电压

设备额定电压/kV		1~3	6	10	35	60	110 ^①	220 ^①	330 ^①	500 ^①
带电部分到接地部分的安全距离/mm	屋内	75	100	125	300	550	850	1 800	2 600	3 800
	屋外	200	200	200	400	650	900	1 800	2 600	3 800
不同相带电部分之间的安全距离/mm	屋内	75	100	125	300	550	900	—	—	—
	屋外	200	200	200	400	650	1 000	2 000	2 800	4 200

① 中性点直接接地系统。

(2) 设备带电部分到各种遮栏间的安全距离, 如表 1.2 所示。

表 1.2 设备带电部分到各种遮栏间的安全距离

设备额定电压/kV		1~3	6	10	35	60	110 ^①	220 ^①	330 ^①	500 ^①
带电部分到遮栏间的安全距离/mm	屋内	825	850	875	1 050	1 300	1 600	—	—	—
	屋外	950	950	950	1 150	1 350	1 650	2 550	3 350	4 500
带电部分到网状遮栏间的安全距离/mm	屋内	175	200	225	400	650	950	—	—	—
	屋外	300	300	300	500	700	1 000	1 900	2 700	5 000
带电部分到板状遮栏间的安全距离/mm	屋内	105	130	155	330	580	880	—	—	—

① 中性点直接接地系统。

(3) 无遮栏裸导体到地面间的安全距离, 如表 1.3 所示。

表 1.3 无遮栏裸导体到地面间的安全距离

设备额定电压/kV		1~3	6	10	35	60	110 ^①	220 ^①	330 ^①	500 ^①
无遮栏裸导体到地面间的安全距离/mm	屋内	2 375	2 400	2 425	2 600	2 850	3 150	—	—	—
	屋外	2 700	2 700	2 700	2 900	3 100	3 400	4 300	5 100	7 500

① 中性点直接接地系统。

(4) 电气工作人员在设备维修时与设备带电部分间的安全距离, 如表 1.4 所示。

表 1.4 电气工作人员与带电设备间的安全距离

设备额定电压/kV	10 及以下	20~35	44	60	110	220	330
设备不停电时的安全距离/mm	700	1 000	1 200	1 500	1 500	3 000	4 000
工作人员工作时正常活动范围与带电设备的安全距离/mm	350	600	900	1 500	1 500	3 000	4 000
带电作业时人体与带电体之间的安全距离/mm	400	600	600	700	1 000	1 800	2 600



1.1.3 绝缘安全用具

绝缘安全用具是保证作业人员安全操作带电体及人体与带电体安全距离不够所采取的绝缘防护工具。绝缘安全用具按使用功能可分为以下几种。

1. 绝缘操作用具

绝缘操作用具主要用来进行带电操作、测量和其他需要直接接触电气设备的特定工作。常用的绝缘操作用具一般有绝缘操作杆、绝缘夹钳等，如图 1.1、图 1.2 所示。这些操作用具均由绝缘材料制成。正确使用绝缘操作用具，应注意以下两点。

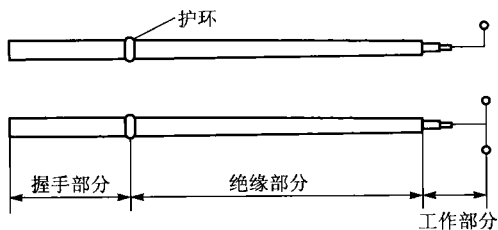


图 1.1 绝缘操作杆

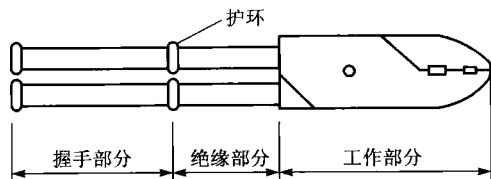


图 1.2 绝缘夹钳

- (1) 绝缘操作用具本身必须具备合格的绝缘性能和机械强度。
- (2) 只能在和其绝缘性能相适应的电气设备上使用。

2. 绝缘防护用具

绝缘防护用具则对可能发生的有关电气伤害起到防护作用。主要用于对泄漏电流、接触电压、跨步电压和其他接近电气设备存在的危险等进行防护。常用的绝缘防护用具具有绝缘手套、绝缘靴、绝缘隔板、绝缘垫、绝缘站台等，如图 1.3 所示。当绝缘防护用具的绝缘强度足以承受设备的运行电压时，才可以用来直接接触运行的电气设备，一般不直接接触及带电设备。使用绝缘防护用具时，必须做到使用合格的绝缘用具，并掌握正确的使用方法。

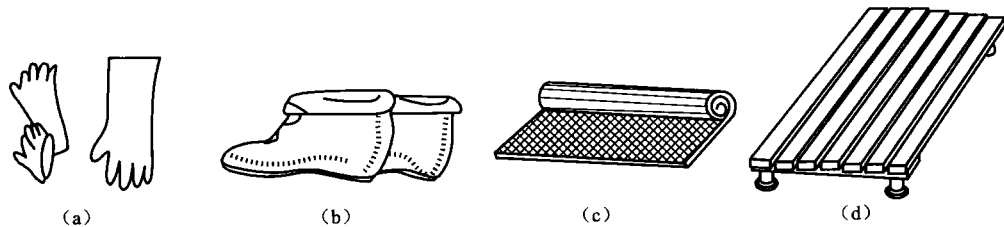


图 1.3 绝缘防护用具

(a) 绝缘手套；(b) 绝缘靴；(c) 绝缘垫；(d) 绝缘站台

1.2 电工安全操作知识

- (1) 在进行电工安装与维修操作时，必须严格遵守各种安全操作规程，不得玩忽职守。
- (2) 进行电工操作时，要严格遵守停电、送电操作规定，切实做好突然送电的各项安全措施，不准进行约时送电。
- (3) 在邻近带电部分进行电工操作时，一定要保持可靠的安全距离。
- (4) 严禁采用一线一地、两线一地、三线一地（指大地）安装用电设备和器具。
- (5) 在一个插座或灯座上不可引接功率过大的用电器具。
- (6) 不可用潮湿的手去触及开关、插座和灯座等用电装置，更不可用湿抹布去揩抹电气装置和用电器具。
- (7) 操作工具的绝缘手柄、绝缘鞋和绝缘手套的绝缘性能必须良好，并作定期检查。登高工具必须牢固可靠，也应作定期检查。
- (8) 在潮湿环境中使用移动电器时，一定要采用 36 V 安全低压电源。在金属容器内（如锅炉、蒸发器或管道等）使用移动电器时，必须采用 12 V 安全电源，并应有人在容器外监护。
- (9) 发现有人触电，应立即断开电源，采取正确的抢救措施抢救触电者。

1.3 电气火灾消防知识

1.3.1 电气火灾的主要原因

电气火灾是指由电气原因引发燃烧而造成的灾害。短路、过载、漏电等电气事故都有可能导致火灾。设备自身缺陷、施工安装不当、电气接触不良、雷击静电引起的高温、电弧和电火花是导致电气火灾的直接原因。周围存放易燃易爆物是电气火灾形成的环境条件。

电气火灾产生的直接原因如下：

(1) 设备或线路发生短路故障。电气设备由于绝缘损坏、电路年久失修、疏忽大意、操作失误及设备安装不合格等将造成短路故障，其短路电流可达正常电流的几十倍甚至上百倍，产生的热量（正比于电流的平方）是温度上升超过自身和周围可燃物的燃点引起燃烧，从而导致火灾。

(2) 过载引起电气设备过热。选用线路或设备不合理，线路的负载电流超过了导线额定的安全载流量，电气设备长期超载（超过额定负载能力），引起线路或设备过热而导致火灾。

(3) 接触不良引起过热。如接头联接不牢或不紧密、动触点压力过小等使接触电阻过大，在接触部位发生过热而引起火灾。

(4) 通风散热不良。大功率设备缺少通风散热设施或通风散热设施损坏造成过热而引发



火灾。

(5) 电器使用不当。如电炉、电熨斗、电烙铁等未按要求使用，或用后忘记断开电源，引起过热而导致火灾。

(6) 电火花和电弧。有些电气设备正常运行时就能产生电火花、电弧，如大容量开关、接触器触点的分、合操作，都会产生电弧和电火花。电火花温度可达数千度，一旦遇可燃物便可点燃，遇可燃气体便会发生爆炸。

1.3.2 易燃易爆环境

日常生活和生产的各个场所中，广泛存在着易燃易爆物质，如石油液化气、煤气、天然气、汽油、柴油、酒精、棉、麻、化纤织物、木材、塑料等，另外一些设备本身可能会产生易燃易爆物质，如设备的绝缘油在电弧作用下分解和汽化，喷出大量油雾和可燃气体；酸性电池排出氢气并形成爆炸性混合物等。一旦这些易燃易爆环境遇到电气设备和线路故障导致的火源，便会立刻着火燃烧。

1.3.3 电气火灾的防护措施

电气火灾的防护措施主要致力于消除隐患、提高用电安全，具体措施如下：

1. 正确选用保护装置，防止电气火灾发生

(1) 对正常运行条件下可能产生电热效应的设备采用隔热、散热、强迫冷却等结构，并注重耐热、防火材料的使用。

(2) 按规定要求设置包括短路、过载、漏电保护设备的自动断电保护。对电气设备和线路正确设置接地、接零保护，为防雷电安装避雷器及接地装置。

(3) 根据使用环境和条件正确设计选择电气设备。恶劣的自然环境和有导电尘埃的地方应选择有抗绝缘老化功能的产品，或增加相应的措施；对易燃易爆场所则必须使用防爆电气产品。

2. 正确安装电气设备，防止电气火灾发生

(1) 合理选择安装位置。对于爆炸危险场所，应该考虑把电气设备安装在爆炸危险场所以外或爆炸危险性较小的部位。

开关、插座、熔断器、电热器具、电焊设备和电动机等应根据需要，尽量避开易燃物或易燃建筑构件。起重机滑触线下方，不应堆放易燃品。露天变、配电装置，不应设置在易于沉积可燃性粉尘或纤维的地方等。

(2) 保持必要的防火距离。对于在正常工作时能够产生电弧或电火花的电气设备，应使用灭弧材料将其全部隔围起来，或将其与可能被引燃的物料，用耐弧材料隔开或与可能引起火灾的物料之间保持足够的距离，以便安全灭弧。

安装和使用有局部热聚焦或热集中的电气设备时，在局部热聚焦或热集中的方向与易燃物料必须保持足够的距离，以防引燃。



电气设备周围的防护屏障材料,必须能承受电气设备产生的高温(包括故障情况下)。应根据具体情况选择不可燃、阻燃材料或在可燃性材料表面喷涂防火涂料。

3. 保持电气设备的正常运行,防止电气火灾发生

(1) 正确使用电气设备,是保证电气设备正常运行的前提。因此应按设备使用说明书的规定操作电气设备,严格执行操作规程。

(2) 保持电气设备的电压、电流、温升等不超过允许值。保持各导电部分联接可靠,接地良好。

(3) 保持电气设备的绝缘良好,保持电气设备的清洁和良好通风。

1.3.4 电气火灾的扑救

发生火灾,应立即拨打 119 火警电话报警,向公安消防部门求助。扑救电气火灾时注意触电危险,为此要及时切断电源,通知电力部门派人到现场指导和监护扑救工作。

1. 正确选择使用灭火器

在扑救尚未确定断电的电气火灾时,应选择适当的灭火器和灭火装置;否则,有可能造成触电事故和更大危害,如使用普通水枪射出的直流水柱和泡沫灭火器射出的导电泡沫会破坏绝缘。常用电气灭火剂的种类、用途及使用方法如表 1.5 所示。

使用四氯化碳灭火剂灭火时,灭火人员应站在上风侧,以防中毒;灭火后空间要注意通风。使用二氧化碳灭火时,当其浓度达 85% 时,人就会感到呼吸困难,要注意防止窒息。

2. 正确使用喷雾水枪

带电灭火时使用喷雾水枪比较安全。原因是这种水枪通过水柱的泄漏电流较小。用喷雾水枪灭电气火灾时水枪喷嘴与带电体的距离可参考以下数据:

10 kV 及以下者不小于 0.7 m。

35 kV 及以下者不小于 1 m。

110 kV 及以下者不小于 3 m。

220 kV 不应小于 5 m。

带电灭火必须有人监护。

3. 灭火器的保管

灭火器在不使用时,应注意对它的保管与检查,保证随时可正常使用。其具体保养和检查如表 1.5 所示。

表 1.5 常用电气灭火剂的主要性能

种类	二氧化碳/kg	四氯化碳/kg	干粉/kg	1 211/kg	泡沫/L
规格	<2	<2	8	1	10
	2~3	2~3	50	2	65~130
	5~7	5~8		3	



续表

种类	二氧化碳/kg	四氯化碳/kg	干粉/kg	1211/kg	泡沫/L
药剂	液态 二氧化碳	液态 四氯化碳	钾盐、钠盐	二氟一氯 一溴甲烷	碳酸氢钠 硫酸铝
导电性	无	无	无	无	有
灭火范围	电气、仪器、 油类、酸类	电气设备	电气设备、石 油、油漆、天然 气	油类、电气设 备、化工、化纤 原料	油类及可燃 物体
不能扑救的 物质	钾、钠、镁、 铝等	钾、钠、镁、 乙炔、二氧化碳	旋转电机火 灾		忌水和带电 物体
效果	距着火点 3 m 距离	3 kg 喷 30 s, 7 m 内	8 kg 喷 14~ 18 s, 4.5 m 内; 50 kg 喷 50~ 55 s, 6~8 m	1 kg 喷 6~ 8 s, 2~3 m 内	10 L 喷 60 s, 8 m 内; 65 L 喷 170 s, 13.5 m 内
使用	一只手将喇叭 口对准火源; 另 一只手打开开关	扭动开关, 喷 出液体	提起圈环, 喷 出干粉	拔下铅封或 横锁, 用力压压 把即可	倒置摇动, 拧 开关喷药剂
保养和 检查	置于方便处, 注意防冻、防晒 和使用期	置于方便处	置于干燥通 风处、防潮、防 晒处	置于干燥处 勿摔碰	置于方便处
	每月测量一 次, 低于原重量 1/10 时应充气	检查压力, 注 意充气	每年检查一 次干粉是否结 块, 每半年检查 一次压力	每年检查一 次重量	每年检查一 次, 泡沫发生倍 数低于 4 倍, 应 换药剂

1.4 触电的危害性与急救

人体是导体, 一旦有电流通过时, 将会受到不同程度的伤害。由于触电的种类、方式及条件的不同, 受伤害的后果也不一样。

1.4.1 触电的种类

人体触电有电击和电伤两类。

(1) 电击是指电流通过人体时所造成的内伤。它可以使肌肉抽搐, 内部组织损伤, 造成发热发麻, 神经麻痹等。严重时将引起昏迷、窒息, 甚至心脏停止跳动而死亡。通常说的触电就是电击。触电死亡大部分由电击造成。

(2) 电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应以及电流本身作用下造成的人体外伤。常见的有灼伤、烙伤和皮肤金属化等现象。



1.4.2 触电方式

1. 单相触电

这是常见的触电方式。人体的某一部分接触带电体的同时，另一部分又与大地或中性线相接，电流从带电体流经人体到大地（或中性线）形成回路，如图 1.4 所示。

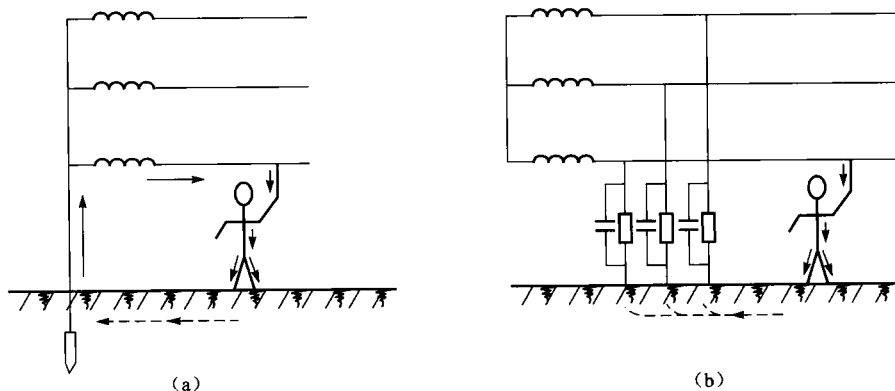


图 1.4 单相触电

(a) 中性点直接接地；(b) 中性点不直接接地

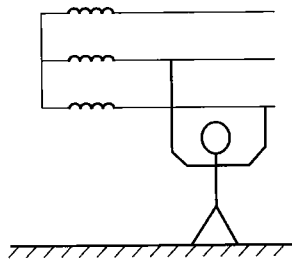


图 1.5 两相触电

2. 两相触电

人体的不同部分同时接触两相电源时造成的触电，如图 1.5 所示。对于这种情况，无论电网中性点是否接地，人体所承受的线电压将比单相触电时高，危险性更大。

3. 跨步电压触电

雷电流入地或电力线（特别是高压线）断散到地时，会在导线接地点及周围形成强电场。当人畜跨进这个区域，两脚之间出现的电位差称为跨步电压 U_{st} 。在这种电压作用下，电流从接触高电位的脚流进，从接触低电位的脚流出，从而形成触电，如图 1.6 (a) 所示。跨步电压的大小取决于人体站立点与接地点的距离，距离越小，其跨步电压越大。当距离超过 20 m（理论上为无穷远处），可认为跨步电压为零，不会发生触电危险。

4. 接触电压触电

电气设备由于绝缘损坏或其他原因造成接地故障时，如人体两个部分（手和脚）同时接触设备外壳和地面时，人体两部分会处于不同的电位，其电位差即为接触电压。由接触电压造成触电事故称为接触电压触电。在电气安全技术中接触电压是以站立在距漏电设备接地点水平距离为 0.8 m 处的人，手触及的漏电设备外壳距地 1.8 m 高时，手、脚间的电位差 U_T 作

为衡量基准,如图 1.6 (b) 所示。接触电压值的大小取决于人体站立点与接地点的距离,距离越远,则接触电压值越大;当距离超过 20 m 时,接触电压值最大,即等于漏电设备上的电压 U_{Tm} ;当人体站在接地点与漏电设备接触时,接触电压为零。

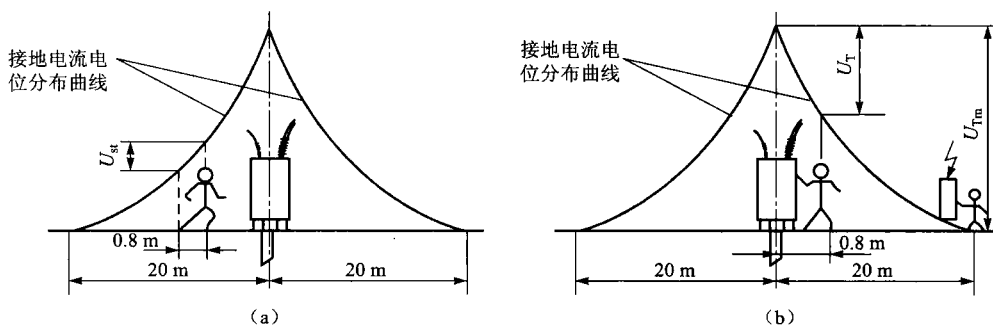


图 1.6 跨步电压触电和接触电压触电

(a) 跨步电压触电; (b) 接触电压触电

5. 感应电压触电

它是指当人触及带有感应电压的设备和线路时所造成的触电事故。一些不带电的线路由于大气变化(如雷电活动),会产生感应电荷,停电后一些可能感应电压的设备和线路如果未及时接地,这些设备和线路对地均存在感应电压。

6. 剩余电荷触电

这是指当人体触及带有剩余电荷的设备时,对人体放电造成的触电事故。带有剩余电荷的设备通常含有储能元件,如并联电容器、电力电缆、电力变压器及大容量电动机等,在退出运行和对其进行类似摇表测量等检修后,会带上剩余电荷,因此要及时对其放电。

1.4.3 影响电流对人体危害程度的主要因素

电流对人体伤害的严重程度与通过人体电流的大小、频率、持续时间、通过人体的路径及人体电阻的大小等多种因素有关。

1. 电流大小

通过人体的电流越大,人体的生理反应就越明显,感应越强烈,引起心室颤动所需的时间越短,致命的危险性越大。

对于工频交流电,按照通过人体电流的大小和人体所呈现的不同状态,电流大致分为下列 3 种。

(1) 感觉电流。指引起人体感觉的最小电流。实验表明,成年男性的平均感觉电流约为 1.1 mA,成年女性的约为 0.7 mA。感觉电流不会对人体造成伤害,但电流增大时,人体反应变得强烈,可能造成坠落等间接事故。