

★ 国家职业技能培训与鉴定教材

★ 全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

# 维修电工

## 国家职业技能培训与鉴定教程

初级、中级/国家职业资格五级、四级

李广兵 主 编

王朝红 刘 奇 副主编

王 兵 主 审



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国家职业技能培训与鉴定教材

国家职业技能培训与鉴定教材

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

# 维修电工

## 国家职业技能培训与鉴定教程

初级、中级 / 国家职业资格五级、四级

李广兵 主编  
 王朝红 刘奇 副主编  
 王玉兵 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以《国家职业标准——维修电工》为依据,按照标准、教材、题库相衔接的原则组织编写,对参加维修电工(国家职业资格五级、四级)鉴定考试的考生梳理知识、强化训练、提高应试能力有直接的帮助和指导作用。本书在保证知识连贯性的基础上,着眼于操作技能,力求浓缩精炼,体现了维修电工的职业特色,突出针对性、典型性、实用性,涵盖了相应级别考核的主要理论知识和操作技能。

本书是参加维修电工(国家职业资格五级、四级)鉴定考试的必备参考指导用书,可作为高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校相关课程的教材,也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

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

维修电工国家职业技能培训与鉴定教程:初级、中级/国家职业资格五级、四级/李广兵主编. —北京:电子工业出版社, 2012. 8

国家职业技能培训与鉴定教材 全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材  
ISBN 978-7-121-17893-1

I. ①维... II. ①李... III. ①电工—维修—职业技能—鉴定—教材 IV. ①TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第188110号

策划编辑:关雅莉 杨波

责任编辑:郝黎明 文字编辑:裴杰

印刷:涿州市京南印刷厂

装订:涿州市京南印刷厂

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:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:576千字

版次:2012年8月第1版

印次:2014年8月第4次印刷

定价:41.50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。

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

服务热线:(010)88258888。



# 国家职业技能培训与鉴定教材

## 全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

### 维修电工 教材编写委员会

主任委员：史术高 湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）

副主任委员：（排名不分先后）

王 兵	湖南工业大学
肖伸平	湖南工业大学
邓木生	湖南铁道职业技术学院
汤光华	湖南化工职业技术学院
胡良君	张家界航空职业技术学院
尹南宁	衡阳技师学院
邱丽芳	湖南工业职业技术学院
雷刚跃	湖南信息职业技术学院
陈应华	湖南铁路科技职业技术学院
邱 俊	长沙民政职业技术学院
罗水华	湖南安全技术职业学院
夏 军	长沙市雷锋学校

委 员：（排名不分先后）

李广兵	长沙航空职业技术学院
朱国军	长沙航空职业技术学院
凌 云	湖南工业大学
彭志红	株洲工贸技师学院
王亚兵	中国铁通湘潭分公司
谭 波	湖南工业大学
李燕林	湖南工业大学
黄云章	湖南工业大学
周维龙	湖南工业大学
贺可恒	株洲电视台
吴兴锦	长沙航空职业技术学院
欧阳斌	长沙航空职业技术学院
王朝红	长沙航空职业技术学院
刘 奇	湖南省职业技能鉴定中心
钟美杰	长沙航空职业技术学院
赵雅平	甘肃省岷县职业中专

秘 书 处：甘昌意、刘南、杨波、刘学清



## 出版说明

人才资源是国家发展、民族振兴最重要的战略资源，是国家经济社会发展的第一资源，是促进生产力发展和体现综合国力的第一要素。加强人力资源开发工作和人才队伍建设是加快我国现代化建设进程中事关全局的大事，始终是一个基础性的、全面性的、决定性的战略问题。坚持人才优先发展，加快建设人才强国对于全面实现小康社会目标、建设富强民主文明和谐的社会主义现代化国家具有决定性意义。党和国家历来高度重视人力资源开发工作，改革开放以来，尤其是进入新世纪新阶段，党中央和国务院做出了实施人才强国战略的重大决策，提出了一系列加强人力资源开发的政策措施，培养造就了各个领域的大批人才。但当前我国人才发展的总体水平同世界先进国家相比仍存在较大差距，与我国经济社会发展需要还有许多不适应。为此，《国家中长期人才发展规划纲要（2010~2020年）》提出：“坚持服务发展、人才优先、以用为本、创新机制、高端引领、整体开发的指导方针，培养和造就规模宏大、结构优化、布局合理、素质优良的人才队伍，确立国家人才竞争比较优势，进入世界人才强国行列，为在本世纪中叶基本实现社会主义现代化奠定人才基础。”

职业教育培训是人力资源开发的主要途径之一，加强职业教育培训，创新人才培养模式，加快人才队伍建设是人力资源开发的重要内容，是落实人才强国战略的具体体现，是实现国家中长期人才发展规划纲要目标的根本保证。

职业资格鉴定是全面贯彻落实科学发展观，大力实施人才强国战略的重要举措，有利于促进劳动力市场建设和发展，关系到广大劳动者的切身利益，对于企业发展和社会经济进步以及全面提高劳动者素质和职工队伍的创新能力具有重要作用。职业资格鉴定也是当前我国经济社会发展，特别是就业、再就业工作的迫切要求。

国家题库的建立，对于保证职业资格鉴定工作的质量起着重要作用，是加快培养一大批数量充足、结构合理、素质优秀的技术技能型、复合技能型和知识技能型的高技能人才，为各行各业造就出千万能工巧匠的重要具体措施。但目前相当一部分职业资格鉴定题库的内容已经过时，湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）组织鉴定站所、院校和企业专家开发了新的题库，并经过人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心审核，获准可以按照新的题库开展相应工种的职业资格鉴定工作。

职业教育培训教材是职业教育培训的重要资源，是体现职业教育培训特色的知识载体和

教学的基本工具，是培养和造就高技能人才的基本保证。为满足广大劳动者职业培训鉴定需要，给广大参加职业资格鉴定的人员提供帮助，我们组织参加这次国家题库开发的专家，以及长期从事职业资格鉴定工作的人员编写了这套“国家职业资格技能培训与鉴定教材”。本套丛书是与国家职业标准、国家职业资格鉴定题库相配套的。在本套丛书的编写过程中，贯彻了“围绕考点，服务考试”的原则，把编写重点放在以下几个主要方面。

第一，内容上涵盖国家职业标准对该工种的知识和技能方面的要求，确保达到相应等级技能人才的培养目标。

第二，突出考前辅导的特色，以职业资格鉴定试题作为本套丛书的编写重点，内容上紧紧围绕鉴定考核的内容，充分体现系统性和实用性。

第三，坚持“新内容”为编写的侧重点，无论是内容还是形式上都力求有所创新，使本套丛书更贴近职业资格鉴定，更好地服务于职业资格鉴定。

这是推动培训与鉴定紧密结合的大胆尝试，是促进广大劳动者深入学习、提高职业能力和综合素质、促进人才队伍建设的一项重要基础性工作，很有意义，是一件大好事。

组织开发高质量的职业培训鉴定教材，加强职业培训鉴定教材建设，为技能人才培养提供技术和智力支持，对于提高技能人才培养质量，推动职业教育培训科学发展非常重要。我们要适应新形势新任务的要求，针对职业培训鉴定工作的实际需要，统一规划，总结经验，加以完善，努力把职业培训鉴定教材建设工作做得更好，为提高劳动者素质、促进就业和经济社会发展做出积极贡献。

电子工业出版社 职业教育分社

2012年8月

## 前 言

本套教材的编写符合职业学校学生的认知和技能学习规律，形式新颖，职教特色明显；在保证知识体系完备，脉络清晰，论述精准深刻的同时，尤其注重培养读者的实际动手能力和企业岗位技能的应用能力，并结合大量的典型任务和项目来使读者更进一步灵活掌握及应用相关的技能。

为满足维修电工职业技能培训和职业技能鉴定需要，更好地服务于维修电工国家职业资格证书制度的推行工作，湖南省人力资源和社会保障厅职业技能鉴定中心、湖南省职业技术培训研究室组织行业专家、职业教育专家和职业技能培训与职业技能鉴定专家，成立了维修电工职业技能鉴定研究与题库开发课题组，对维修电工国家职业标准、职业技能培训教程、职业技能鉴定试题库和职业技能鉴定指南等进行了深入的研究，撰写了《维修电工 国家职业技能培训与鉴定教程 高级、技师、高级技师 / 国家职业资格三级、二级、一级》、《维修电工 国家职业技能鉴定指南 高级、技师、高级技师 / 国家职业资格三级、二级、一级》、《维修电工 国家职业技能培训与鉴定教程 初级、中级 / 国家职业资格五级、四级》、《维修电工 国家职业技能鉴定指南 初级、中级 / 国家职业资格五级、四级》4 种图书，并通过了湖南省人力资源和社会保障厅的审定。

### ● 本书内容

本书以《国家职业标准——维修电工》为依据，按照标准、教材、题库相衔接的原则组织编写，对参加维修电工（国家职业资格五级、四级）鉴定考试的考生梳理知识、强化训练、提高应试能力有直接的帮助和指导作用。本书在保证知识连贯性的基础上，着眼于操作技能，力求浓缩精炼，体现了维修电工的职业特色，突出针对性、典型性、实用性，涵盖了相应级别考核的主要理论知识和操作技能。

本书是参加维修电工（国家职业资格五级、四级）鉴定考试的必备参考指导用书，可作为高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校相关课程的教材，也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

在培训、教学实践中，老师可根据不同培养目标所对应的技能要求，适当选择和增补相关的培训、教学内容。



# 目 录

4.1.3 常用电压测量仪表的类型	5.3.5
4.1.4 常用电压仪表等级和适用范围	5.3
4.1.5 电压测量仪表的误差	5.3.1
4.2 常用仪表的使用	5.3.2
4.2.1 万用表的使用	5.3.3
4.2.2 钳形电流表的使用	5.3.4
4.2.3 兆欧表的使用	5.3.5
4.2.4 接地电阻表的使用	5.3.6
4.2.5 有功功率表的使用	5.3.7
4.2.6 电度表的使用	5.3.8
<b>第1章 电工安全技术</b>	<b>1</b>
1.1 触电急救	1
1.1.1 触电类型	1
1.1.2 触电的概念	2
1.1.3 触电急救	4
1.1.4 应急施救的方法	5
1.1.5 触电的预防措施	7
1.2 维修电工安全技术操作规程	7
1.3 安全组织措施与安全技术措施	8
1.3.1 安全组织措施	8
1.3.2 安全技术措施	10
1.3.3 电工安全用具	10
1.4 电气设备的安全要求	13
1.4.1 保证用电安全的基本要素	13
1.4.2 安全技术方面对电气设备的基本要求	14
1.4.3 电气设备安全工作的内容	14
1.4.4 电气设备安全运行措施	14
1.4.5 防雷措施	15
1.5 低压供电系统	16
1.5.1 三相四线制系统	16
1.5.2 供电系统的接地方式	17
<b>第2章 基础钳工技术</b>	<b>21</b>
2.1 零件图	21
2.1.1 三视图	21
2.1.2 零件图	22
2.2 常用的工具、量具	22
2.2.1 钳工常用工具	23

2.2.2	钳工常用量具	24
2.3	钳工操作技能基础	26
2.3.1	锯削	26
2.3.2	锉削	27
2.3.3	钻孔	28
2.3.4	手工加工螺纹	29
第3章	电工基础知识	31
3.1	直流电路	31
3.1.1	电路的基本概念	31
3.1.2	欧姆定律	34
3.1.3	基尔霍夫定律	35
3.1.4	电压源与电流源及其变换	36
3.1.5	戴维宁定律	38
3.1.6	复杂电路的分析与计算	39
3.2	磁与电磁	41
3.2.1	磁场的基本物理量	41
3.2.2	铁磁材料的性质与分类	43
3.2.3	磁场对电流的作用	44
3.2.4	磁路及磁路欧姆定理	45
3.2.5	电磁感应	46
3.2.6	自感与互感	47
3.3	正弦交流电路	49
3.3.1	正弦交流电的基本概念及三要素	49
3.3.2	正弦交流电的表示方法	50
3.3.3	电容器	51
3.3.4	交流铁芯线圈	52
3.3.5	交流电路的串联	54
3.3.6	交流电路的并联	55
3.3.7	功率因数及功率因数的提高	56
3.4	三相交流电路	57
3.4.1	三相交流电源	57
3.4.2	三相负载的连接	59
3.4.3	三相电路的功率	61
第4章	仪表仪器使用	63
4.1	仪表仪器概述	63
4.1.1	电工仪表的分类	63
4.1.2	对电工仪表的基本要求	63

4.1.3	常用电工测量仪表的类型	64
4.1.4	常用电工仪表等级和应用范围	64
4.1.5	电工测量仪表的选择	65
4.2	常用仪表的使用	66
4.2.1	万用表的使用	66
4.2.2	钳形电流表的使用	69
4.2.3	兆欧表的使用	70
4.2.4	接地摇表的使用	72
4.2.5	有功功率表的使用	73
4.2.6	电度表的使用	76
4.3	示波器的使用	79
4.3.1	CA8120 型双踪示波器	79
4.3.2	示波器的使用方法	80
4.3.3	DS5000 数字存储示波器的使用	82
4.4	电桥的使用	84
4.4.1	直流单臂电桥	84
4.4.2	直流双臂电桥	87
4.5	晶体管图示仪的使用	88
4.5.1	JT1 型晶体管特性图示仪简介	89
4.5.2	JT1 型晶体管图示仪的使用	91
4.5.3	XJ4832 数字存储模拟器件特性图示仪的使用	93
4.6	函数信号发生器/计数器的使用	94
4.7	数字交流毫伏表的使用	95
第 5 章	电子线路安装与排故	97
5.1	简易型稳压电源	97
5.1.1	PN 结的单向导电性	97
5.1.2	二极管的特性	98
5.1.3	二极管应用电路	99
5.1.4	电子元器件的识别与选用	101
5.1.5	简易型稳压电源的安装与调试	103
5.2	串联型稳压电源	105
5.2.1	半导体三极管基础知识	105
5.2.2	半导体三极管的应用	108
5.2.3	三极管的识别与选用	112
5.2.4	串联型稳压电源的安装与调试	114
5.3	逻辑门电路	115
5.3.1	基本逻辑电路	115



5.3.2	复合逻辑电路	118
5.3.3	逻辑代数的基本公式和常用公式	120
5.3.4	逻辑测试电路	120
5.4	低频功率放大器	121
5.4.1	功率放大器的性能指标	121
5.4.2	变压器耦合功率放大电路	121
5.4.3	无变压器耦合功率放大电路	122
5.4.4	集成功率放大器及其应用	126
5.4.5	OCL 功率放大器的安装与调试	128
5.5	晶闸管调压电路	129
5.5.1	晶闸管基础知识	129
5.5.2	可控整流电路	131
5.5.3	晶闸管的应用	133
5.5.4	晶闸管调压电路的安装与调试	141
<b>第 6 章</b>	<b>照明线路安装</b>	<b>144</b>
6.1	常用电工材料	144
6.1.1	导电材料	144
6.1.2	绝缘材料	147
6.1.3	电热材料	151
6.1.4	磁性材料	152
6.2	常用电工工具	153
6.2.1	电工通用工具	153
6.2.2	电工专用工具	157
6.3	导线的选用与连接	159
6.3.1	导线的型号	159
6.3.2	导线的选择	159
6.3.3	导线绝缘层的剥削	161
6.3.4	导线的连接	163
6.3.5	导线绝缘层的恢复	165
6.4	线路的敷设方法	165
6.4.1	PVC 线管配线的方法	166
6.4.2	护套线线路安装	169
6.4.3	塑料槽板配线	170
6.4.4	线路质量检验	172
6.4.5	线路维修	172
6.5	常用光源的种类	174
6.5.1	常用电光源的分类	174

6.5.2	白炽灯照明线路的安装	176
6.5.3	碘钨灯照明线路的安装	177
6.5.4	荧光灯的工作原理	178
6.5.5	高压汞灯	179
<b>第7章</b>	<b>变压器</b>	<b>180</b>
7.1	变压器基础知识	180
7.1.1	理想变压器的变比	180
7.1.2	理想变压器的阻抗变换	181
7.2	电力变压器	181
7.2.1	电力变压器的构造	181
7.2.2	电力变压器的工作原理	183
7.2.3	电力变压器的修理	185
7.2.4	小型变压器的故障排除	189
<b>第8章</b>	<b>电动机</b>	<b>190</b>
8.1	三相异步电动机	190
8.1.1	交流电动机的构造	190
8.1.2	交流电动机的工作原理	193
8.1.3	交流电动机的拆装、检修与维护	195
8.1.4	交流电动机的调速方法	203
8.2	直流电动机	205
8.2.1	直流电动机的构造	205
8.2.2	直流电动机的工作原理	207
8.2.3	直流电动机的电枢绕组	208
8.2.4	直流电动机的拆装、检修与维护	211
8.3	交磁电机扩大机	217
8.3.1	交磁电机扩大机的结构	217
8.3.2	交磁电机扩大机的原理	218
8.3.3	交磁电机扩大机的拆装、检修与维护	219
8.4	特种电机	220
8.4.1	测速发电机	220
8.4.2	伺服电动机	221
8.4.3	无换向器电动机	222
<b>第9章</b>	<b>机床电气线路安装与排故</b>	<b>223</b>
9.1	常用低压电器	223
9.1.1	低压电器的基本知识	223
9.1.2	开关	226

9.1.3	低压断路器	229
9.1.4	漏电保护器	231
9.1.5	熔断器	232
9.1.6	主令电器	235
9.1.7	接触器	237
9.1.8	继电器	241
9.1.9	热继电器	246
9.1.10	速度继电器	247
9.1.11	压力继电器	248
9.1.12	主令控制器	249
9.1.13	凸轮控制器	249
9.2	电工识图	250
9.2.1	电气图分类	251
9.2.2	文字符号与图形符号	251
9.2.3	电气原理图的绘制及识读方法	254
9.3	常用电动机控制电路	257
9.3.1	电动机单向点动控制电路	257
9.3.2	电动机长车控制电路	257
9.3.3	电动机正反转控制电路	259
9.3.4	电动机降压启动控制电路	261
9.3.5	电动机制动控制电路	264
9.3.6	双速异步电动机调速控制电路	266
9.3.7	三相绕线式异步电动机启动控制电路	267
9.3.8	直流电动机控制电路	270
9.3.9	配电板安装工艺要求	272
9.3.10	电动机长车带点动控制电路的设计、安装与调试	273
9.3.11	星-三角启动直流感耗制动控制电路的安装与调试	276
9.4	常用机床电气线路的测绘	278
9.4.1	绘制机床电气原理图的规则	278
9.4.2	测绘的方法	278
9.5	电气线路故障检查方法	279
9.5.1	直观法	279
9.5.2	逻辑分析法	280
9.5.3	电压测量法	280
9.5.4	电阻测量法	281
9.5.5	元件置换法	282
9.5.6	逐步开路法	282
9.5.7	强迫闭合法	282



9.5.8	短接法	282
9.6	CA6140 车床电气控制系统	283
9.6.1	CA6140 车床的概述	283
9.6.2	CA6140 车床的电气控制原理	284
9.6.3	CA6140 车床电气线路的安装	285
9.6.4	CA6140 车床电气线路的调试	287
9.6.5	CA6140 车床常见电气故障分析	287
9.7	Z535 钻床电气控制系统	289
9.7.1	Z535 钻床的概述	289
9.7.2	Z535 钻床的电气控制原理	289
9.7.3	Z535 钻床常见电气故障分析	290
9.8	M7120 磨床电气控制系统	291
9.8.1	M7120 磨床的概述	291
9.8.2	M7120 磨床的电气控制原理	292
9.8.3	M7120 磨床常见电气故障分析	294
9.9	M1432A 万能外圆磨床电气控制系统	295
9.9.1	M1432A 万能外圆磨床的概述	295
9.9.2	M1432A 磨床的电气控制原理	296
9.9.3	M1432A 磨床常见电气故障分析	298
9.10	M7475B 磨床电气控制系统	298
9.10.1	M7475B 磨床的概述	298
9.10.2	M7475B 磨床的电气控制原理	299
9.10.3	M7475B 磨床常见电气故障分析	304
9.11	5t 桥式起重机电气控制系统	305
9.11.1	5t 桥式起重机的概述	305
9.11.2	5t 桥式起重机的电气控制原理	306
9.12	20/5t 起重机电气控制系统	309
9.12.1	20/5t 起重机的概述	309
9.12.2	20/5t 起重机的电气控制原理	309
9.12.3	20/5t 起重机电气线路的安装	312
9.12.4	20/5t 起重机常见电气故障分析	315
9.13	Z37 及 Z3040 摇臂钻床电气控制系统	315
9.13.1	Z37 摇臂钻床的概述	315
9.13.2	Z37 摇臂钻床的电气控制原理	316
9.13.3	Z3040 摇臂钻床的电气控制原理	318
9.13.4	Z37 摇臂钻床常见电气故障分析	320
9.14	T68 镗床电气控制系统	321
9.14.1	T68 镗床的概述	321

9.14.2	T68 镗床的电气控制原理	321
9.14.3	T68 型卧式镗床常见电气故障分析	324
9.15	MGB1420 磨床电气控制系统	325
9.15.1	MGB1420 磨床的概述	325
9.15.2	MGB1420 磨床的电气控制原理	326
9.15.3	MGB1420 磨床常见电气故障分析	329
9.15.4	MGB1420 磨床晶闸管直流调速系统	329
9.16	X6132 铣床电气控制系统	332
9.16.1	X6132 铣床的概述	332
9.16.2	X6132 铣床的电气控制原理	333
9.16.3	X6132 铣床电气线路的安装	336
9.16.4	X6132 铣床常见电气故障分析	339
9.17	KCJ1 型小容量晶闸管调速器	340
参考文献		342

# 第1章 电工安全技术

## 教学目标:

- 了解有关人体触电的知识及预防触电的常用措施,能够安全使用各类电气用具,会进行对触电人员的急救处理;
- 掌握电工安全技术的操作规程及相关知识;
- 理解并掌握低压供电系统的几种方式。

## 1.1 触电急救

### 1.1.1 触电类型

通常把电流对人体造成的伤害称为触电。把人体触电造成伤害的事故称为触电事故。

按照人体触及带电体的方式和电流通过人体的途径,触电一般可分为单相触电、两相触电和跨步电压触电。

单相触电是指人体在地面或其他接地导体上,人体某一部分触及一相带电体的触电事故。大部分触电事故都是单相触电事故。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。

两相触电是指人体两处同时触及同一变压器供电系统的两相带电体的触电事故,其危险性比较大。

人体误与相线接触,一般是因为相线的绝缘被破坏,其裸露处直接接触了人体,或接触了其他导体,间接接触了人体。潮湿的空气、不纯的水也是导体,当湿手接触开关或在浴室使用电器,也容易引起触电。如果电器的金属外壳未按要求接地,其内部相线外皮破坏接触了外壳,可使电器的金属外壳带电。还有一种情况,就是当零线断开以后,与电器连接的原零线部分通过电器与相线连通成了带电体。

有时人体误以为与大地是绝缘的,却实际与地连通。其原因如下:人体站在绝缘物体上,却用手扶墙或其他接地导体或被站在地上的人员扶持;人体站在木桌、木椅上,而木桌、木椅却因潮湿等原因转化为导体。



当带电体接地处有较强电流进入大地时，电流通过接地体向大地作半球形流散，并在接地点周围地面产生一个相当大的电场。人体如双脚分开站立，则施加于两足的电位不同而致两足间存在电位差，称为跨步电压。人体触及跨步电压而造成的触电，称为跨步电压触电。

### 1.1.2 触电的概念

触电类型按照电流对人体伤害的本质分类为电击和电伤。大部分触电死亡事故都是电击造成的。

#### 1. 电击

电击是电流对人体内部组织的伤害，是最危险的一种伤害，绝大多数（大约 85%以上）的触电死亡事故都是由电击造成的。

电击的主要特征是伤害人体内部。低压触电在人体的外表没有显著的痕迹，但是高压触电会产生极大的热效应，导致皮肤烧伤，严重者会被烧黑。电击的致命电流较小。

按照电气设备的状态，电击可分为直接接触电击和间接接触电击。前者是人体触及正常状态下带电的带电体时发生的电击；后者是人体触及正常状态下不带电而故障状态下意外带电的带电体时发生的电击。因此，前者又称正常状态下的电击，后者又称故障状态下的电击。

#### 2. 电伤

电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等效应对人造成的伤害。触电伤亡事故中，纯电伤性质的及带有电伤性质的约占 75%（电烧伤约占 40%）。尽管大约 85%以上的触电死亡事故是电击造成的，但其中大约 70%含有电伤成分。

##### (1) 电烧伤

电烧伤是电流的热效应造成的伤害，分为电流灼伤和电弧烧伤。

电流灼伤是人体与带电体接触，电流通过人体由电能转换成热能造成的伤害。电流灼伤一般发生在低压设备或低压线路上。

电弧烧伤是由弧光放电造成的伤害，分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤。前者是带电体与人体之间发生电弧，有电流流过人体的烧伤；后者是电弧发生在人体附近对人体的烧伤，包含熔化了了的炽热金属溅出造成的烫伤。

直接电弧烧伤是与电击同时发生的。电弧温度极高，可造成大面积、大深度的烧伤，甚至烧焦、烧掉四肢及其他部位。大电流通过人体，也可能烘干、烧焦机体组织。高压电弧的烧伤较低压电弧严重，直流电弧的烧伤较工频交流电弧严重。

发生直接电弧烧伤时，电流进、出口烧伤最为严重，体内也会受到烧伤。与电击不同的是，电弧烧伤都会在人体表面留下明显痕迹。

##### (2) 皮肤金属化

皮肤金属化是在电弧高温的作用下，金属熔化、汽化，金属微粒渗入皮肤，使皮肤粗糙而张紧的伤害。皮肤金属化多与电弧烧伤同时发生。