

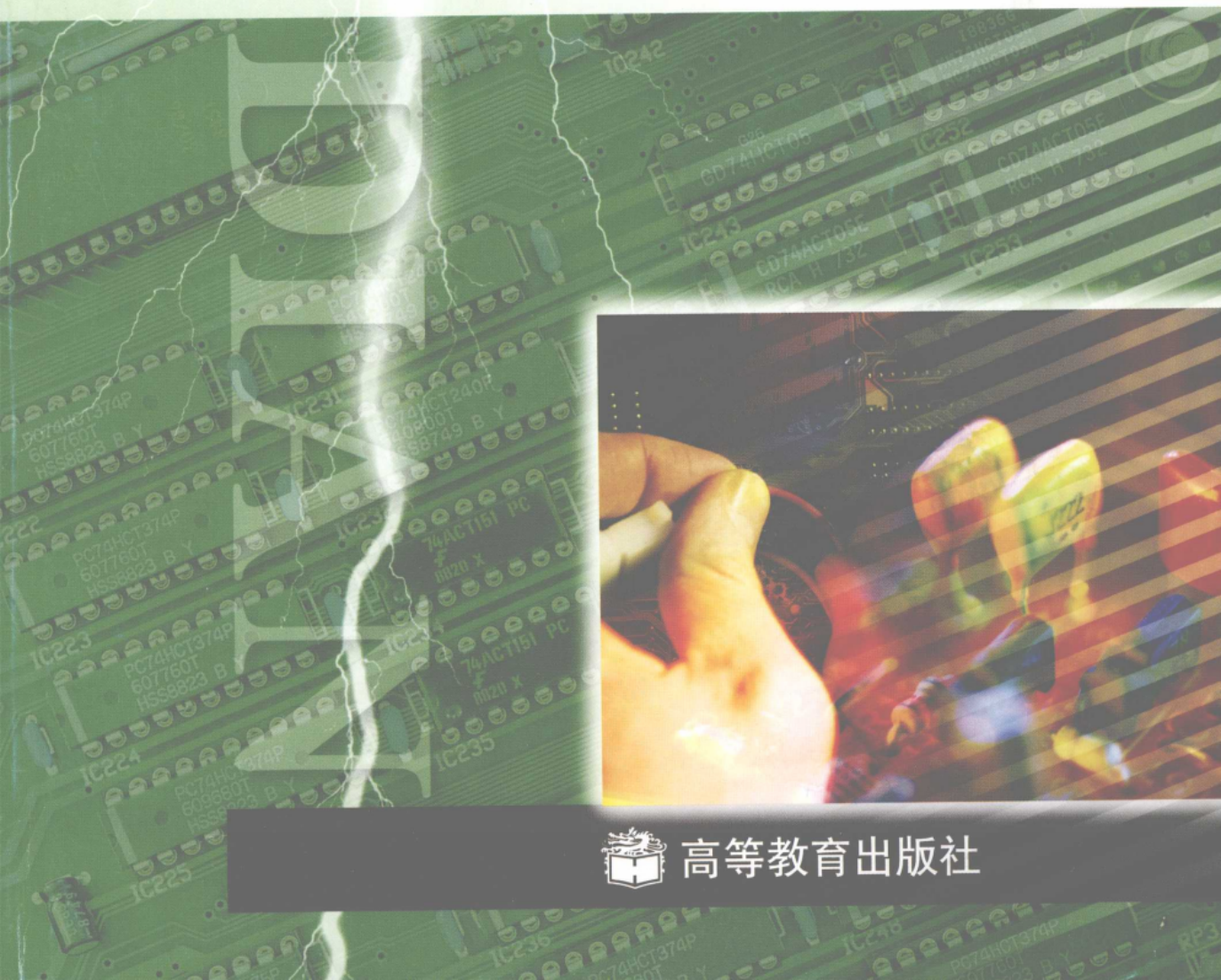
中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电工技能与实训

——项目式教学

基础版

主编 陈雅萍



高等教育出版社

高等教育出版社

中等职业教育工程技术基础、电子电器、电子信息类专业

国家规划教材及配套教学用书目录

专业基础课程

电工技术 (附学习卡)
 电工技术
 电工技术实验与实训
 电工技术练习册
 电工技术教学参考书
 电子技术 (附学习卡)
 电子技术
 电子技术实验与实训
 电子技术练习册
 电子技术教学参考书 (配套光盘)
 电工与电子技术 (附学习卡)
 电工与电子技术 (附学习卡)
 电工与电子技术实验与实训 (配套光盘)
 电工与电子技术练习册 (配套光盘)
 电工与电子技术教学参考书 (配套光盘)
 电工基础 (附学习卡)
 电工基础 (附学习卡)
 电工基础学习辅导与练习
 电工基础 (简明版) (附学习卡 / 防伪标)
 电工基础 (附学习卡)
 电工基础学习辅导与练习 (配套光盘)
 电工基础教学参考书 (配套光盘)
 电工基础实验 (配套光盘)
 电工基础实验 (配套光盘)
 电子技术基础 (附学习卡)
 电子技术基础学习指导与同步训练 (配套光盘)
 电子技术基础 (附学习卡)
 电子技术基础学习辅导与练习
 电子技术基础教学参考书
 电子技术基础 (附学习卡)
 电子技术基础实验指导
 电子线路 (附学习卡)
 电子线路 (附学习卡)
 电子线路学习辅导与练习 (配套光盘)
 电子线路教学参考书 (配套光盘)
 电子线路实验与实训 (配套光盘)

曾祥富
 赵承获
 赵承获
 赵承获
 赵承获
 石小法
 张友汉
 张友汉
 张友汉
 张友汉
 文春帆
 程 周
 程 周
 程 周
 程 周
 薛 涛
 刘志平
 刘志平
 周绍敏
 周绍敏
 周绍敏
 周绍敏
 程 周
 王慧玲
 陈振源
 陈振源
 张龙兴
 张龙兴
 张友汉
 彭利标
 孙义芳
 陈振源
 陈其纯
 陈其纯
 周 晖
 林理明

电子电器应用与维修专业

电子电器应用与维修概论
 电子电器产品市场与经营
 电工技能与实训 (配套光盘)
 电子技能与实训 (配套光盘)
 电子技能与实训 (基础版) (配套光盘)
 电工技能与实训 (基础版) (配套光盘)
 电热电动器具原理与维修 (附学习卡 / 防伪标)
 电热电动器具维修实训 (配套光盘)
 电冰箱、空调器原理与维修 (附学习卡 / 防伪标)
 电冰箱与空调器维修实训 (配套光盘)
 电机与控制 (附学习卡 / 防伪标)
 电动机维修实训
 音响设备原理与维修 (附学习卡 / 防伪标)
 音响设备维修实训 (配套光盘)
 电视机原理与维修 (附学习卡 / 防伪标)
 电视机维修实训 (配套光盘)
 办公通信设备原理与维修
 机械常识与钳工技能

程 周
 张百章
 曾祥富
 石小法
 陈雅萍
 陈雅萍
 荣俊昌
 荣俊昌
 林金泉
 杨立平
 李乃夫
 李乃夫
 徐治乐
 王军伟
 章 夔
 聂广林
 唐瑞海
 戚长政

电子技术应用专业

电子测量仪器
 电子整机原理——音响设备
 电子整机原理——数字视听设备
 电子整机原理——彩色电视机
 电子整机维修实习——音响设备
 电子整机维修实习——数字视听设备
 电子整机维修实习——彩色电视机
 电子整机装配实习
 电子技术技能训练
 电工技能训练

李明生
 杨海祥
 史新人
 李伟辉
 耿德普
 钟光明
 曾日波
 陈其纯
 杨元挺
 张中洲

电子与信息技术专业

单片机原理与应用
 单片机应用综合实习指导 (配套光盘)
 移动通信设备
 电子设计自动化技术
 电子产品检验
 电子产品结构工艺
 电子信息专业英语

梁洁婷
 梁洁婷
 伍湘彬
 李新平
 刘豫东
 钟名湖
 邓 红

通信技术专业

数字通信技术
 通信网基础
 通信网络基础
 程控交换原理与设备
 电话机原理与维修
 有线电视技术
 通信用户终端设备(电话机)维修实训
 手机原理与维修
 通信营业服务基础

林理明
 聂辉海
 李昭慧
 罗建国
 陈振源
 陈振源
 邹开跃
 陈振源
 贾昕莉

赠送:

20 小时网上学习 免费下载多种资源

增值学习卡

网址: swehpc.com.cn

网上学习 / 资源下载 / 权威专家在线答疑

防伪标机盗电话: 106695881280

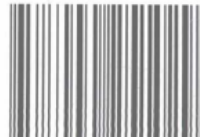
免费查询 / 甄别盗版 / 赢取大奖

使用说明详见书内“郑重声明”页

明码 1104 8284 8963 4931

密码

ISBN 978-7-04-0-025102-9



9 787040 251029 >

定价 30.40 元

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电工技能与实训

(基础版)

——项目式教学

主编 陈雅萍

高等教育出版社

内容提要

本书是电工技术的启蒙教材,共分五单元二十三个项目,包括安全用电基本常识、室内照明线路的安装与排故、电动机的拆装、维护和运行、基本电气控制线路、常见动力设备电气故障的分析与检修等内容。每个项目又以多个小任务的形式展开,主要包括阅读分析电气原理图、识别选用电气元器件、元件定位与线路安装、通电检验与排故测试等小任务。书中内容通俗易懂,图文并茂,起点低,可操作性强,并有很强的实用性,特别适合初学者,可作为电工技能与实训的基础教程。

本书附学习卡/防伪标,根据书末“郑重声明”下方的使用说明进行操作,可查询图书真伪并赢取大奖,也可登录 <http://sve.hep.com.cn>,上网学习,下载资源。

本书适合作为中等职业学校以及技工类学校电工类相关专业的基础教材,也特别适合作为从事电工生产和维修工作人员的培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技能与实训:基础版:项目式教学/陈雅萍主编.
北京:高等教育出版社,2009.1

ISBN 978-7-04-025102-9

I. 电… II. 陈… III. 电工技术-专业学校-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 187599 号

策划编辑	李宇峰	责任编辑	李宇峰	封面设计	李卫青	责任绘图	尹莉
版式设计	王艳红	责任校对	杨凤玲	责任印制	宋克学		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.5
字 数 440 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009 年 1 月第 1 版
印 次 2009 年 1 月第 1 次印刷
定 价 30.40 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25102-00

前言

本书是根据中等职业教育的培养目标,以就业为导向,以培养技能型人才为出发点,以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准,以国家颁发的维修电工职业技能鉴定规范为依据,以实用、够用为原则,经过实践、总结后编写而成。

书中内容通俗易懂,图文并茂,起点低,可操作性强,并有很强的实用性,特别适合初学者,可作为电工技能与实训的基础教程。

本书编排的最大特点是采用“项目式教学”,即以“项目”为核心重构实践和理论知识,以项目任务(或案例)为切入点,让学生“做中学,学中做”,充分体现理论与实践一体化教学的职教理念。

本书在编写过程中还力求突出以下特点:

1. 实用性和操作性强。每一个项目的选择不单单考虑到知识结构,还充分考虑项目实用性、可行性和可操作性。如室内照明线路的安装与排故这一单元内容,既考虑到项目内容的实用性,为便于实践,又采用了在木板上进行模拟安装的方式。

2. 采用大量实物图。为降低学生理解难度,方便阅读,激发兴趣,本书采用了大量直观形象的实物图。

3. 项目的组织体现较强的层次性。本书共分五个单元,二十三个项目,单元之间、项目之间既相对独立又有一定的梯度,编排的顺序从基础到一般,从简单到复杂,从基本电路到综合电路,层次分明。

4. 突出常用电工仪表和工具的使用。万用表、兆欧表和钳形电流表及电工常用工具的使用贯穿始终,每个项目中都有技能的操作与训练,让学生在完成一个个训练任务的同时,熟练掌握基本电工仪表和常用工具的正确使用方法。

本书由浙江省余姚市职成教中心学校教师陈雅萍编写。本书经中国职教学会教学工作委员会电工电子教学研究会审定,北京信息职业技术学院曹德跃老师审阅了全书,提出了许多宝贵的意见,在此谨表示衷心感谢。

由于编写时间仓促、编者水平有限,书中难免存在不足或缺陷之处,恳请读者批评指正。

另附教学建议学时表,任课教师可根据具体的情况作适当调整。

单 元	课 程 内 容	学 时 数	
第一单元 安全用电基本 常识	项目一 跨步电压触电案例分析	2	8
	项目二 碰壳故障触电案例分析	2	
	项目三 高压触电事故案例分析	2	
	项目四 触电急救方法	2	

续表

单 元	课 程 内 容	学 时 数	
第二单元 室内照明线路 的安装与排故	项目五 万用表及常用电工工具的操作	4	18
	项目六 一控一照明线路的安装与排故	3	
	项目七 二控一综合照明线路的安装与排故	3	
	项目八 荧光灯综合照明线路的安装与排故	4	
	项目九 电能表及照明配电装置的安装	4	
第三单元 电动机的拆装、 维护和运行	项目十 三相笼型异步电动机的认识	3	12
	项目十一 三相笼型异步电动机的运行	3	
	项目十二 三相笼型异步电动机的拆装	3	
	项目十三 三相笼型异步电动机的检修	3	
第四单元 基本电气控制 线路	项目十四 三相异步电动机点动控制线路的安装与调试	6	26
	项目十五 三相异步电动机自锁控制线路的安装与调试	4	
	项目十六 三相异步电动机正反转控制线路的安装与调试	4	
	项目十七 三相异步电动机位置控制线路的安装与调试	4	
	项目十八 两台电动机顺序起动逆序停止控制线路的安装与调试	4	
	项目十九 三相异步电动机星形-三角形降压起动控制线路的安装与调试	4	
第五单元 常见动力设备 电气故障的分析 与检修	项目二十 故障分析与检修的一般步骤和方法	2	14
	项目二十一 CA6140 车床电气线路常见故障的分析与检修	4	
	项目二十二 Z37 摇臂钻床电气线路常见故障的分析与检修	4	
	项目二十三 M7120 平面磨床电气线路常见故障的分析与检修	4	
总学时数		78	

本书采用出版物短信防伪系统,用封底下方的防伪码,按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作可查询图书真伪并赢取大奖。

本书同时配套学习卡资源,按照本书最后一页“郑重声明”下方的学习卡使用说明,登录 <http://sve.hep.com.cn>,上网学习,下载资源。

编 者

2008 年 7 月

目 录

第一单元 安全用电基本常识 1

本单元教学目标 1

项目一 跨步电压触电案例分析 2

任务一 阅读事故经过 2

任务二 分析事故原因 2

任务三 反思事故教训 4

知识链接一 触电种类 4

知识链接二 触电方式 5

知识链接三 决定触电伤害程度的因素 7

知识链接四 安全电压 8

知识拓展 电工安全操作规程 8

事故案例分析 9

复习与思考题 10

项目二 碰壳故障触电案例分析 11

任务一 阅读事故经过 11

任务二 分析事故原因 11

任务三 反思事故教训 12

知识链接一 保护接地 12

知识链接二 保护接零 13

知识链接三 工作接地和重复接地 15

知识拓展 接地装置 16

事故案例分析 19

复习与思考题 20

项目三 高压触电事故案例分析 21

任务一 阅读事故经过 21

任务二 分析事故原因 21

任务三 反思事故教训 21

知识链接一 屏护 21

知识链接二 安全间距 22

知识链接三 安全标志 25

知识拓展 绝缘防护 27

事故案例分析 28

复习与思考题 29

项目四 触电急救方法 30

任务一 简单诊断 30

任务二 模拟“胸外心脏挤压法” 31

任务三 模拟“口对口人工呼吸法” 32

知识链接一 脱离电源 32

知识链接二 现场诊断 34

知识链接三 现场救护 35

知识拓展 外伤救护 35

急救技能训练 36

复习与思考题 36

阅读知识 雷电及其防护 37

第二单元 室内照明线路的安装与排故 39

本单元教学目标 39

项目五 万用表及常用电工工具的操作 40

任务一 认识数字万用表面板 40

任务二 万用表基本测量操作 42

任务三 验电器的操作 47

任务四 其他常用工具的操作 49

知识链接一 手电钻 51

知识链接二 喷灯 52

知识链接三 梯子 53

技能训练 54

项目实训评价 55

复习与思考题 55

项目六 一控一照明线路的安装与排故 57

任务一 阅读分析电气原理图 57

任务二 识别选用电器元器件 58

任务三 元件定位与线路安装 61

任务四 通电检验与排故测试 65

项目实训评价 66

知识链接一 低压熔断器 67

知识链接二 常用电光源 70

知识链接三 导线头绝缘层的剥削 71

知识拓展 常用电工材料 72

技能训练 75

技能训练评价	75
复习与思考题	76
项目七 二控一综合照明线路的安装与	
故障	77
任务一 阅读分析电气原理图	77
任务二 识别选用电器元器件	78
任务三 元件定位与线路安装	80
任务四 通电检验与排故测试	82
项目实训评价	84
知识链接一 照明灯具安装的基本	
原则	85
知识链接二 导线的连接与绝缘	
恢复	86
技能训练	92
技能训练评价	92
复习与思考题	93
项目八 荧光灯综合照明线路的安装与	
故障	94
任务一 阅读分析电气原理图	94
任务二 识别选用电器元器件	94
任务三 元件定位与线路安装	97
任务四 通电检验与排故测试	99
项目实训评价	101
知识链接一 电子镇流器	102
知识链接二 室内电气线路故障	
寻迹图	103
知识链接三 基本照明控制线路的	
接线方法	104
复习与思考题	108
项目九 电能表及照明配电装置	
的安装	109
任务一 阅读分析电气原理图	109
任务二 识别选用电器元器件	110
任务三 元件定位与线路安装	117
任务四 通电检验与排故测试	119
项目实训评价	120
知识链接一 配电板的安装及配线	
要求	120
知识链接二 电力线及其选用	121
知识链接三 家庭配电线路及器材	
选用的估算	124
复习与思考题	127

第三单元 电动机的拆装、维护和

运行

本单元教学目标

项目十 三相笼型异步电动机的认识 ...

任务一 了解电动机的结构

任务二 阅读电动机的铭牌

任务三 熟悉电动机的接线端子 ...

任务四 测量电动机绝缘电阻(兆欧表)

技能训练

项目实训评价

知识链接一 三相异步电动机的工作

原理

知识链接二 三相异步电动机的

选择

知识链接三 三相异步电动机的

安装

复习与思考题

项目十一 三相笼型异步电动机的

运行

任务一 阅读电气原理图

任务二 电器元件的识别与检测 ...

任务三 手动正转控制线路装接 ...

任务四 自检并通电试运行(钳形电流表)

项目实训评价

知识链接一 三相异步电动机运行

前的准备

知识链接二 电动机运行中的

巡视

复习与思考题

项目十二 三相笼型异步电动机的

拆装

任务一 拆卸前的准备

任务二 电动机的拆卸

任务三 电动机的装配

任务四 检测与接线

技能训练

项目实训评价

知识链接一 电动机的定期维修 ...

知识链接二 电动机的检测

复习与思考题	161
项目十三 三相笼型异步电动机的	
检修	162
任务一 电动机一般故障的处理	162
任务二 电动机绕组短路、断路的 处理	164
任务三 电动机绕组首尾端接错的 处理	168
任务四 电动机轴承损坏的处理	170
技能训练	170
项目实训评价	170
知识链接一 单相电容式电动机的 结构与工作原理	171
知识链接二 单相电动机的故障检 查与排除	173
复习与思考题	175
第四单元 基本电气控制线路	177
本单元教学目标	177
项目十四 三相异步电动机点动控制	
线路的安装与调试	178
任务一 识读电气原理图	178
任务二 选用线路元器件	180
任务三 绘制布置图和接线图	186
任务四 装接电器元件和线路	187
任务五 自检并通电试运行	188
项目实训评价	190
知识链接一 绘制、识读电气控制 线路图的原则	191
知识链接二 电动机基本控制线 路的安装步骤	193
复习与思考题	193
项目十五 三相异步电动机自锁控制	
线路的安装与调试	194
任务一 识读电气原理图	194
任务二 选用线路元器件	196
任务三 绘制布置图和接线图	198
任务四 装接电器元件和线路	200
任务五 自检并通电试运行	201
项目实训评价	201
知识链接一 欠压与失压保护	202
知识链接二 常用热继电器的主要	

技术参数	203
复习与思考题	205
项目十六 三相异步电动机正反转控制	
线路的安装与调试	206
任务一 识读电气原理图	206
任务二 选用线路元器件	208
任务三 绘制布置图和接线图	209
任务四 装接电器元件和线路	210
任务五 自检并通电试运行	212
项目实训评价	212
知识链接一 按钮联锁正反转控制 线路	213
知识链接二 按钮、接触器双重联锁 正反转控制线路	215
复习与思考题	215
项目十七 三相异步电动机位置控制	
线路的安装与调试	216
任务一 识读电气原理图	216
任务二 选用线路元器件	218
任务三 绘制布置图和接线图	220
任务四 装接电器元件和线路	221
任务五 自检并通电试运行	222
项目实训评价	223
知识链接一 行程开关	224
知识链接二 工作台自动往返控制 线路	226
复习与思考题	227
项目十八 两台电动机顺序启动逆序停止	
控制线路的安装与调试	228
任务一 识读电气原理图	228
任务二 选用线路元器件	230
任务三 绘制布置图和接线图	231
任务四 装接电器元件和线路	232
任务五 自检并通电试运行	233
项目实训评价	234
知识链接一 几种常见的顺序控制 线路	235
知识链接二 多地控制线路	237
复习与思考题	238
项目十九 三相异步电动机星形-三角	
形降压启动控制线路的安装与	
调试	239

任务一 识读电气原理图	240
任务二 选用线路元器件	241
任务三 绘制布置图和接线图	244
任务四 装接电器元件和线路	244
任务五 自检并通电试运行	245
项目实训评价	246
知识链接一 时间继电器	247
知识链接二 定子绕组串接电阻降 压起动控制线路	250
复习与思考题	254

第五单元 常见动力设备电气故障

障的分析与检修

本单元教学目标

项目二十 故障分析与检修的一般步骤和 方法

任务一 明确检修步骤和方法	256
任务二 电阻测量法检修	257
任务三 电压测量法检修	258
任务四 逐步短接法检修	259
技能训练评价	260
复习与思考题	261

项目二十一 CA6140 车床电气线路常见 故障的分析与检修

任务一 认识车床主要结构	262
任务二 阅读车床电气原理图	263

任务三 车床电路常见故障分析与 检修	266
技能训练	268
技能训练评价	268
复习与思考题	269

项目二十二 Z37 摇臂钻床电气线路常见 故障的分析与检修

任务一 认识钻床主要结构	270
任务二 阅读钻床电气原理图	271
任务三 钻床电路常见故障分析与 检修	274
技能训练	276
技能训练评价	276
复习与思考题	276

项目二十三 M7120 平面磨床电气线路 常见故障的分析与检修

任务一 认识磨床主要结构	277
任务二 阅读磨床电气原理图	278
任务三 磨床电路常见故障分析与 检修	281
技能训练	282
技能训练评价	282
复习与思考题	283

参考文献

第一单元

安全用电基本常识

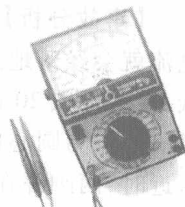
本单元教学目标

技能目标:

- 会对典型触电案例进行事故原因的分析。
- 会操作胸外心脏挤压法和口对口人工呼吸法。

知识目标:

- 知道触电的种类、方式、决定触电伤害程度的因素及安全电压等级。
- 能解释跨步电压与跨步电压触电、碰壳故障与碰壳故障触电及高压触电与防护。
- 会描述保护接地和保护接零的使用场合及作用,能解释工作接地和重复接地,区分零线、中性线和接地线。
- 了解常用的屏护装置及技术要求。
- 能列举脱离低压电源和高压电源的方法及现场急救的方法与注意事项。



项目一

跨步电压触电案例分析

目标 学习本项目后,学生应能:

- 描述跨步电压及跨步电压触电。
- 叙述触电的种类与方式。
- 列出决定触电伤害程度的因素。
- 知道我国规定的安全电压等级。
- 明确电工安全操作规程。

电在造福人类的同时,对人及物也构成很大的潜在危险。如果对安全用电认识不足,对电气设备的安装、维修、使用不当,或由于错误操作等原因,均可能造成触电事故、线路设备事故或遭受雷击、静电危害、电磁场危害及引发电气火灾和爆炸事故。因此,应该认真学习电气安全知识,减少和避免电气事故的发生。

本项目以跨步电压触电案例分析为切入点,学习常见触电的种类与方式、电流对人体的伤害程度及安全电压常识等相关知识。

任务一 阅读事故经过

请仔细阅读以下案例,说一说事故经过,想一想为什么会发生这一现象?

【事故经过】 某市郊电杆上的电线被风刮断,掉在水田中,一小学生把一群鸭子赶进水田,当鸭子游到落地的断线附近时,一只只死去,小学生便下田去拾死鸭子,未跨几步便被电击倒。爷爷赶到田边急忙跳入水田中拉孙子,也被击倒。小学生的父亲闻讯赶到,见鸭死人工亡,又下田抢救也被电击倒,一家三代均死在水田中。

任务二 分析事故原因

这是一起连续触电的案例,后果极其严重。

【事故分析】 电杆上的电线是低压线(380/220 V 系统),其中带电的一相断落在地上时,电流就会经落地点流入地中,并向周围扩散。导线的落地点电位很高,距离落地点越远,电位越低,在落地点 20 m 以外,地面的电位近似等于零。但在落地点及周围形成了强电场,其电位分布以落地点为圆心向周围扩散、逐步降低,而在不同位置形成电位差(电压),当人、畜走近落地点附近时,两脚踩在不同的电位上,两脚之间就会有电位差(电压),此电压称为跨步电压。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,造成跨步电压触电。

跨步电压触电可用图 1-1-1 图示加以说明,图中坐标原点表示带电体接地点或载流导线

落地点,横坐标表示位置,纵坐标负方向表示电位分布。其中, U_{K1} 为人两脚间的跨步电压, U_{K2} 为马两脚之间的跨步电压。

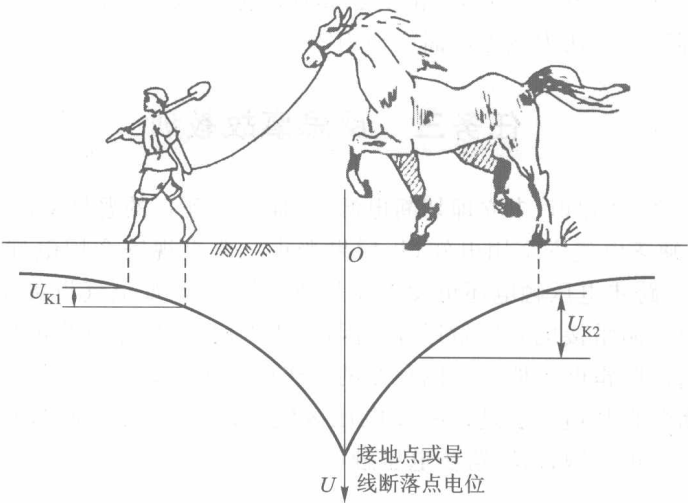


图 1-1-1 跨步电压触电

另外,电气设备发生碰壳故障时,电流便经接地体向地中流散,在离接地点(电流入地点)20 m 以内的地面,也会存在跨步电压。如图 1-1-2(a)所示。

由于接近电流入地点的土层具有最小的流散截面,呈现出较大的流散电阻值,于是接地电流将在流散途径的单位长度上产生较大的电压降,而远离电流入地点土层处电流流散的半球形截面随该处与电流入地点的距离增大而增大,相应的流散电阻也随之逐渐减小,致使接地电流在流散电阻上的压降也随之逐渐降低。于是,在电流入地点周围的土壤中和地表面各点便具有不同的电位分布,如图 1-1-2(b)所示。

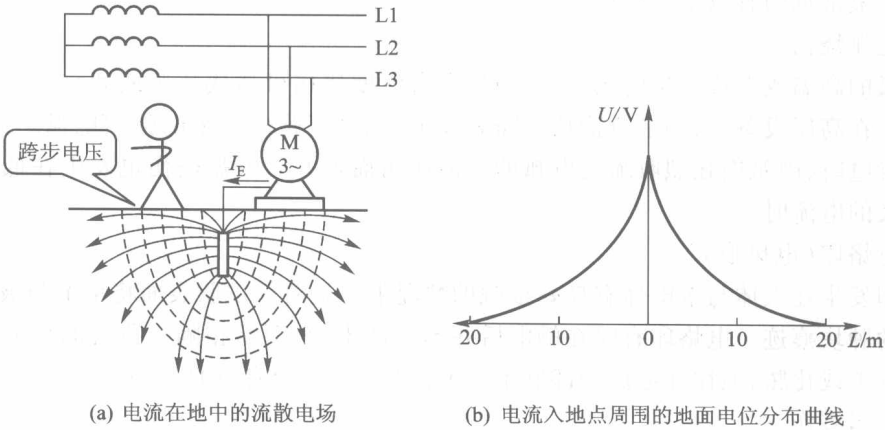


图 1-1-2 电气设备碰壳故障时的跨步电压

电位分布曲线表明,在电流入地点处电位最高,随着离此点的距离增大,地面电位呈先急后缓的趋势下降,在离电流入地点 10 m 处,电位已降至电流入地点电位的 8%。在离电流入地点 20 m 以外的地面,流散半球的截面已经相当大,相应的流散电阻可忽略不计,或者说地中电流不再在此处产生电压降,可以认为该处地面电位为零。

任务三 反思事故教训

这些人缺乏电气安全知识,未立即切断电源,造成多人死亡的恶性事故。

【事故教训】 缺乏电气安全用电知识,后果严重。要重视安全用电知识教育,避免类似触电恶性事故的重演。跨步电压触电还可发生在其他一些场合,如电气设备发生碰壳故障时、架空导线接地故障点附近、防雷接地装置附近等。因此,雷雨时,不要走近高电压电杆、铁塔和避雷针的接地导线的周围,以防雷电入地时周围存在的跨步电压触电;切勿走近断落在地面上的高压电线,万一高压电线断落在身边或已进入跨步电压区域时,要立即用单脚或双脚并拢迅速跳到 10 m 以外的地区,千万不可奔跑,以防跨步电压触电。

➤ 知识链接一 触电种类

所谓触电是指电流流过人体时对人体产生的生理和病理伤害。这种伤害是多方面的,可分为电击和电伤两种类型。

1. 电击

电击是指电流通过人体时所造成的内伤。它可造成发热、发麻、神经麻痹等,使肌肉抽搐、内部组织损伤,严重时引起昏迷、窒息,甚至心脏停止跳动、血液循环终止而死亡。电击是触电事故中最危险的一种。通常说的触电,多是指电击。绝大部分触电死亡事故都是电击造成的。

2. 电伤

电伤是指由于电流的热效应、化学效应、机械效应对人体外部造成的局部伤害,常常与电击同时发生。最常见的有以下三种情况。

(1) 电弧烧伤

由电弧的高温或电流产生的热量所引起,皮肉深度烧伤可造成残废或死亡。严重的电弧烧伤大多发生在高压设备上,如带负荷拉合隔离开关、线路短路而产生的强烈电弧。据统计,多数人在高压触电时,因肌肉强烈收缩与电弧的气浪作用而弹开。电弧烧伤也发生在低压设备短路或断开较大的电流时。

(2) 电烙印(电斑痕)

电烙印发生在人体与带电体有良好接触的情况下。此时在皮肤表面将留下与被接触带电体形状相似的肿块痕迹。电烙印有时在触电后并不立即出现,而是相隔一段时间后才出现。电烙印一般不发炎或化脓,但往往造成局部麻木和失去知觉。电烙印在低压触电时常见。

(3) 金属溅伤

由于电弧的温度极高(中心温度可达 6 000 ~ 10 000 ℃),可使周围的金属熔化、蒸发并飞溅到皮肤表层,令皮肤表面变得粗糙坚硬,其色泽与金属种类有关,如灰黄色(铅)、绿色(紫铜)、蓝绿色(黄铜)等。金属溅伤后的皮肤经过一段时间后会自行脱落,一般不会留下不良后果。

应该指出,人身触电事故往往伴随着高空坠落或摔跌等机械性创伤。这类创伤不属于电流对人体的直接伤害,而属于触电引起的二次事故,亦应列入电气事故的范畴。

➤ 知识链接二 触电方式

人体触电的方式多种多样,主要可分为直接接触触电和间接接触触电。此外,还有高压电场、高频电磁场、静电感应、雷击等对人体造成的伤害。

1. 直接接触触电

人体直接触及或过分靠近电气设备及线路的带电导体而发生的触电现象称为直接接触触电。单相触电、两相触电、电弧烧伤都属于直接接触触电。

(1) 单相触电

当人体的某一部位碰到相线或绝缘性能不好的电气设备外壳时,电流由相线经人体流入大地导致的触电现象称为单相触电,如图 1-1-3 所示。

(2) 两相触电

当人体的不同部位分别接触到同一电源的两根不同电位的相线,电流由一根相线经人体流到另一根相线导致的触电现象称为两相触电,亦称为双相触电,如图 1-1-4 所示。

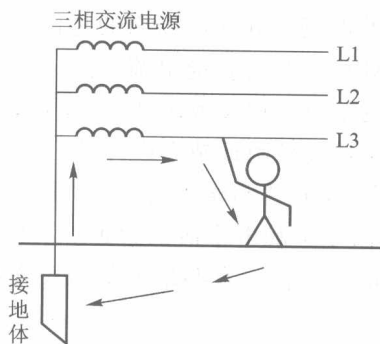


图 1-1-3 单相触电

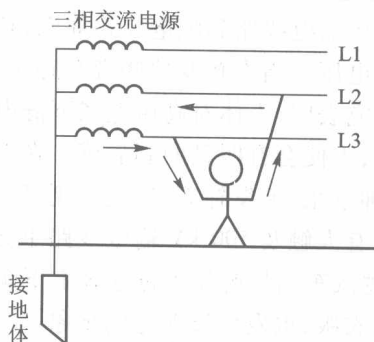


图 1-1-4 两相触电

两相触电时,作用于人体上的电压为线电压,电流将从一相导线经人体流入另一相导线,这是很危险的。设线电压为 380 V,人体电阻按 $1\,700\ \Omega$ 考虑,则流过人体内部的电流将达 224 mA,足以致人死亡。所以两相触电要比单相触电严重得多。

(3) 电弧伤害

电弧是气体间隙被强电场击穿时的一种现象。人体过分接近高压带电体会引起电弧放电,带负荷拉、合刀闸会造成弧光短路。电弧不仅使人受电击,而且使人受电伤,对人体的危害往往是致命的。

总之,直接接触触电时,通过人体的电流较大,危险性也较大,往往导致死亡事故。所以要想方设法防止直接接触触电。

2. 间接接触触电

电气设备在正常运行时,其金属外壳或结构是不带电的。但当电气设备绝缘损坏而发生接

地短路故障时(俗称“碰壳”或“漏电”),其金属外壳结构便带有电压,此时人体触及就会发生触电,这称为间接接触触电。跨步电压触电、接触电压触电都属于间接接触触电。

(1) 跨步电压触电

当带电体接地有电流流入地下时,电流在接地点周围土壤中产生电压降。人在接地点周围,两脚之间出现的电位差即为跨步电压。由此造成的触电称为跨步电压触电。

在低电压 380 V 的供电网中如一根电线掉在水中或潮湿的地面,在此水中或潮湿的地面上就会产生跨步电压。

在高压故障接地处同样会产生更加危险的跨步电压,所以在检查高压设备接地故障时,室内不得接近故障点 4 m 以内,室外(土地干燥的情况下)不得接近故障点 8 m 以内。

(2) 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。由接触电压造成的触电事故称为接触电压触电。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。

3. 高压电场对人体的伤害

在超高压输电线路和配电装置周围,存在着强大的电场。处在电场内的物体会因静电感应作用而带有电压。当人触及这些带有感应电压的物体时,就会有感应电流通过人体入地而可能受伤害。研究表明,人体对高压电场下静电感应电流的反应更加灵敏,0.1~0.2 mA 的感应电流通过人体时,人便会有明显的刺痛感。在超高压线路下或设备附近站立或行走的人,往往会感到不舒服,精神紧张,毛发耸立,皮肤有刺痛的感觉,甚至还会在头与帽子间、脚与鞋之间产生火花。例如国外曾有人触及 500 kV 输电线路下方的铁栅栏而发生触电事故的报道。我国某地在 330 kV 线路跨越汽车站处曾发生过乘客上下车时感到麻电的事例。有些地方的居民在高压线路附近用铁丝晾衣服,也发生过触电的现象。

避免高压静电场对人体伤害的措施是降低人体高度范围内的电场强度。如提高线路或电气设备安装高度;尽量不要在电气设备上方设置软导线,以利于人员在设备上检修;把控制箱、端子箱、放油阀等装设在低处或布置在场强较低处,以便于运行和检修人员的接近;在电场强度大于 10 kV/m 且有人员经常活动的地方增设屏蔽线或屏蔽环;在设备周围装设接地围栏,围栏应比人的平均高度高,以便将高电场区域限制在人体高度以上;尽量减少同相母线交叉跨越等。

4. 高频电磁场的危害

频率超过 0.1 MHz 的电磁场称为高频电磁场,人体吸收高频电磁场辐射的能量后,器官组织及其功能将受到损伤。主要表现为神经系统功能失调,其次是出现较明显的心血管症状。电磁场对人体的伤害是逐渐积累的,脱离接触后,症状会逐渐消失,但在高强度电磁场作用下长期工作,一些症状可能持续成痼疾,甚至遗传给后代。

5. 静电对人体的伤害

金属物体受到静电感应及绝缘体间的摩擦起电是产生静电的主要原因。例如输油管道中油与金属管壁摩擦、皮带与皮带轮间的摩擦会产生静电;运行过的电缆或电容器绝缘物中会积聚静电。静电的特点是电压高,有时可高达数万伏,但能量不大。发生静电电击时,触电电流往往瞬

间即逝,一般不至于有生命危险。但受静电瞬间电击会使触电者从高处坠落或摔倒,造成二次伤害。静电的主要危害是其放电火花或电弧引燃或引爆周围物质,引起火灾和爆炸事故。

6. 雷电的危害

雷击是一种自然灾害。其特点是电压高、电流大,但作用时间短。雷击除了能毁坏建筑设施及引起人畜伤亡外,在易产生火灾和爆炸的场所,还可能引起火灾和爆炸事故。

➤ 知识链接三 决定触电伤害程度的因素

通过对触电事故的分析和实验资料表明,触电对人体伤害程度与以下几个因素有关。

1. 通过人体的电流大小

触电时,通过人体电流的大小是决定人体伤害程度的主要因素之一。通过人体的电流越大,人体的生理反应越强烈,对人体的伤害就越大。按照人体对电流的生理反应强弱和电流对人体的伤害程度,可将电流分为感知电流、摆脱电流和致命电流三种。

(1) 感知电流

感知电流是指引起人体感觉但无有害生理反应的最小电流值。当通过人体的交流电流达到 $0.6 \sim 1.5 \text{ mA}$ 时,触电者便感到微麻和刺痛,这一电流值称为人对电流有感觉的临界值,即感知电流。感知电流的大小因人而异,成年男性的平均感知电流约为 1.1 mA ,成年女性约为 0.7 mA 。

(2) 摆脱电流

人触电后能自主摆脱电源的最大电流,称为摆脱电流。成年男性平均摆脱电流约为 16 mA ,成年女性约为 10 mA 。

(3) 致命电流

指在较短时间内引起触电者心室颤动而危及生命的最小电流值。正常情况下心脏有节奏地收缩与扩张。当电流通过心脏时,原有正常节律受到破坏,可能引起每分钟数百次的“颤动”,此时便易引起心力衰竭、血液循环终止、大脑缺氧而导致死亡。

致命电流值与通电时间长短有关,一般认为是 50 mA ,通电时间 1 s 以上。

2. 电流通过人体的持续时间

在其他条件都相同的情况下,电流通过人体的持续时间越长,对人体伤害的程度越高。这是因为:

(1) 通电时间越长,电流在心脏间歇期内通过心脏的可能性越大,因而引起心室颤动的可能性也越大。

(2) 通电时间越长,对人体组织的破坏越严重,电流的热效应和化学效应将会使人体出汗和组织炭化,从而使人体电阻逐渐降低,流过人体的电流逐渐增大。

(3) 通电时间越长,引起心室颤动所需的电流也越小。

3. 电流通过人体的途径

电流通过人体的任一部位,都可能致人死亡。电流通过心脏、中枢神经(脑部和脊髓)、呼吸系统是最危险的。因此,从左手到前胸是最危险的电流路径,这时心脏、肺部、脊髓等重要器官都处于电路内,很容易引起心室颤动和中枢神经失调而死亡;从右手到脚的途径危险性小些,但会因痉挛而摔伤;从右手到左手的危险性又小些;危险性最小的电流途径是从一只脚到另一只脚,