



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

电工技术及应用

孙爱东 李 翔 主编



配套课件



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

电工技术及应用

全国电力职业教育教材编审委员会 组 编

孙爱东 李 翔 主 编

王树春 智贵连 宗海焕 副主编

任贵英 贾 慧 鲁其银 编 写

解建宝 主 审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十二五”职业教育国家规划教材,是在充分结合现代职业教育的教学改革成果和职业教育生源特点、认知规律的基础上编写的。主要内容包括认知安全健康和环境,使用电工工具和仪表,拆装、测量和计算无分支电路,分析计算复杂直流电路,分析计算简单正弦交流电路,分析计算复杂正弦交流电路,分析计算三相低压用电系统,观测并分析电路中的谐波信号,观测、计算充放电电路和认知变压器 10 个项目。所选内容既体现了电工技术作为专业基础课程的特点,又考虑到“职业教育立交桥”的教学需求,也提高了教材的可读性和信息容量,同时采用项目化、一体化的编写体例,有助于实现教学过程项目导向、任务驱动、理论与实践一体化的教学模式。为了方便教学,本书配有免费的电子课件,凡是选用本书作为教材的单位,均可向出版社索取。

本书可以作为高职高专、成人大专、技师学院等电类及近电类专业的教学用书,也可以作为各类在职职工的岗位培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工技术及应用/孙爱东,李翔主编. —北京:中国电力出版社, 2014.9

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978 - 7 - 5123 - 6329 - 8

I. ①电… II. ①孙…②李… III. ①电工技术—职业教育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 187543 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 [http: //www. cepp. sgcc. com. cn](http://www.cepp.sgcc.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 9 月第一版 2014 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.75 印张 510 千字

定价 42.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

❖ 前 言

“电工技术及应用”课程是高职高专院校电气类专业的一门主干专业基础课程。本课程理论和实践相互渗透、互为依存,以电路理论及分析方法为主线,电工实践应用为目标,主要研究各种电路的基本原理、工作性能和实践应用。本书根据“电工技术及应用”课程理论性强、知识点多、各部分之间联系紧密的特点,通过一体化教学及讲授、自学、练习等手段,使学生具备高素质技能型专门人才所必备的电路基本理论知识和电工基本技能,不仅可使学生初步胜任维修电工岗位,而且为其学习后续的专业知识和职业技能,培养工程意识、创新能力、职业道德等打下基础。

本书具有以下特点:

(一) 项目化结构。本书由认知安全健康和环境,使用电工工具和仪表拆装、测量和计算无分支电路,分析计算复杂直流电路,分析计算简单正弦交流电路,分析计算复杂正弦交流电路,分析计算三相低压用电系统,观测并分析电路中的谐波信号,观测计算充放电电路和认知变压器 10 个项目组成。各个项目教学目标明确,具有很强的针对性。

(二) 一体化模式。本书提供了一整套一体化教学任务书,该任务书使教学过程实现了项目导向、任务驱动、理论与实践一体化的教学模式,通过科学设计学习性工作任务,将日常生活生产常识与电路理论相联系,将教学资料的基础性与电工技术的应用性相结合,注重基础知识的掌握,充分体现了职业教育的目标,满足了培养人才的规格要求。

(三) 理论与实践紧密联系。在教学内容上按照“够用、会用、好用”原则,优化整合和序化教学内容,紧密结合工程应用实际、充分利用现有的教学设施设备,引入现代电工理论与新技术内容,侧重学生的实际操作能力培养和基本理论与概念的建立,淡化理论推导与计算技巧。

(四) 实用性和先进性并重。本书编写紧扣高职教育教学改革的思路,一体化教学任务书设计理念新颖,任务书的应用可以很好地调动学生的学习积极性,并极大地提高学生的动手能力,具有很强的实用性。同时,教材中应用先进的电路仿真软件,一方面可以克服实践环节硬件设施短缺造成的困难;另一方面可以节省教学时间,用较短时间完成一些原来耗时较长的实训实验项目。

本书项目一由山西电力职业技术学院孙爱东、任贵英编写,项目二由中国国电集团公司太原第一热电厂王树春编写,项目三、四由山西电力职业技术学院孙爱东编写,项目五、七由郑州电力高等专科学校李翔编写,项目六由郑州电力高等专科学校宗海焕编写,项目八、九由西安电力高等专科学校智贵连编写,项目十由山西电力职业技术学院贾慧编写。另外浙江天煌科技实业有限公司的鲁其银也参与了部分资料收集与整理工作。孙爱东负责全书的统稿,并完成了全书所有仿真电路的内容和全部一体化学习任务书的整理和修改。本书由西安

电力高等专科学校解建宝教授担任主审，他对本书的编写提出了许多宝贵意见，在此深表感谢。

限于时间紧迫，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 7 月

目 录

前言	
项目一 认知安全健康和环境	1
任务一 学习职业健康与安全知识	1
任务二 学习电力安全工作规程	7
任务三 认识触电	10
任务四 实施触电急救	16
习题一	24
项目二 使用电工工具仪器仪表	26
任务一 学习使用常用工具	26
任务二 学习使用电工仪表	35
习题二	46
项目三 拆装、测量和计算无分支电路	48
任务一 拆装手电筒电路	49
任务二 测量和安装白炽灯电路	54
任务三 认识灯泡和电阻元件	62
任务四 认识干电池和理想电源	72
任务五 剖析无分支电路的规律	77
习题三	84
项目四 分析计算复杂直流电路	87
任务一 剖析复杂电路的规律	88
任务二 学习网络变换法	93
任务三 学习网络方程法	114
任务四 学习网络定理法	130
习题四	154
项目五 分析计算简单正弦交流电路	158
任务一 认识交流发电机	158
任务二 识别电容器和电感线圈	167
任务三 分析电阻、电感和电容在正弦交流电路中的规律	178
任务四 安装调试和计算荧光灯电路	184
习题五	193
项目六 分析计算复杂正弦交流电路	196
任务一 学习相量分析法	196

任务二	测量并计算正弦交流电路的功率·····	204
任务三	分析并实现荧光灯电路功率因数的提高·····	211
任务四	分析收音机调谐回路·····	215
习题六	·····	223
项目七	分析计算三相低压用电系统·····	226
任务一	认识三相交流发电机和三相电路·····	226
任务二	分析计算三相电动机电路·····	236
任务三	分析计算三相照明电路·····	242
任务四	计算和测量三相电路的功率·····	248
习题七	·····	254
项目八	观测并分析电路中的谐波信号·····	256
任务一	认识和表示谐波信号·····	256
任务二	分析谐波信号·····	263
习题八	·····	268
项目九	观测、计算充放电电路·····	270
任务一	认识过渡过程及换路定律·····	270
任务二	观测和分析电容器的充放电·····	275
任务三	观测和分析励磁回路的充放电·····	285
任务四	计算一阶电路·····	291
习题九	·····	298
项目十	认知变压器·····	302
任务一	认识互感应现象和变压器·····	302
任务二	判断互感绕组的同名端·····	309
任务三	分析计算磁耦合电路·····	314
任务四	分析计算变压器的磁路·····	319
习题十	·····	324
参考文献	·····	325

项目一

认知安全健康和环境



【项目描述】

学习职业安全与健康知识，学习电力安全工作规程，认识触电，学会实施触电急救。



【知识目标】

- (1) 理解我国的安全生产方针；
- (2) 了解职业活动中危害的内容；
- (3) 掌握职业病危害因素；
- (4) 了解常见职业病及其预防措施；
- (5) 理解电流对人体伤害的影响因素；
- (6) 掌握感知电流、摆脱电流、致命电流和安全电压的概念；
- (7) 掌握防止触电的安全措施；
- (8) 掌握触电急救的原则和程序。



【能力目标】

- (1) 能背诵触电急救的口号；
- (2) 能正确实施触电急救。



【教学环境】

多媒体教室和触电急救实训室，具有计算机和投影仪、有可供触电急救使用的橡胶人。

任务一 学习职业健康与安全知识



【任务描述】

学习职业安全与健康相关知识。



【相关知识】

从事任何职业活动，都有潜在的风险，尤其是电力行业这种高风险行业。从事电力生产和相关工作的人员必须认识和掌握本行业的职业风险，尤其要掌握电的规律。电作为一种物质存在，具有无色、无味、看不见、摸不着的特性，人们几乎无法用肉眼观察出电气设备或导线是否带电。但是一旦人接触到带电体，电流就有可能流经人体，从而对人体造成触电伤害。

什么是安全？无危则安，无损则全。具体来说安全应该满足三个条件，就是多年来一直发生事故、不可接受的风险得到有效控制、基本达到法律法规要求。

我国的安全生产方针是：安全第一、预防为主、综合治理。所谓安全第一，是指在生产过程中把安全放在第一重要的位置上，切实保护劳动者的生命安全和身体健康。预防为主，就是把安全生产工作的关口前移，超前防范，建立预教、预测、预报、预警、预防的递进式、立体化事故隐患预防体系，改善安全状况，预防安全事故。综合治理，是指适应我国安全生产形势的要求，自觉遵循安全生产规律，正视安全生产工作的长期性、艰巨性和复杂性，抓住安全生产工作中的主要矛盾和关键环节，综合运用经济、法律、行政等手段，人管、法治、技防多管齐下，并充分发挥社会、职工、舆论的监督作用，有效解决安全生产领域的问题。

人的不安全行为是指违反安全规则和安全操作规程,使事故有可能或有机会发生的行为。人的不安全行为可以归纳为 13 类,见表 1-1。

表 1-1 人的不安全行为分类表

分类号	内 容
01	操作错误、忽视安全警告
02	造成安全装置失效
03	使用不安全设备
04	手代替工具操作
05	物体（指成品、半成品、材料、工具、切屑和生产用品等）存放不当
06	冒然进入危险场所
07	攀、坐不安全位置（如平台护栏、汽车拦板、吊车吊钩等）
08	在起吊物下作业、停留
09	机器运转时进行加油、修理、检查、调整、焊接、清扫等工作
10	生产时分散注意力
11	在必须使用个人防护用具的作业或场所中，忽视其使用
12	穿戴不安全装束
13	对易燃、易爆等危险品处理错误

图 1-1 所示为某些生产现场中人的不安全行为。

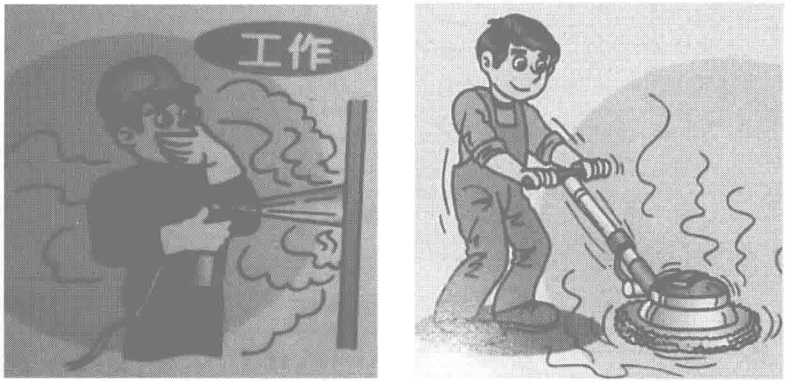


图 1-1 人的不安全行为

物的不安全状态是指一切不符合安全规范、标准且可能导致事故的状态，可以归纳为 4 类，见表 1-2。

表 1-2 物的不安全状态分类表

分类号	内 容
01	防护、保险、信号等装置缺乏或有缺陷
02	设备、设施、工具、附件有缺陷
03	个人防护用品用具——防护鞋、手套、护目镜及面罩、呼吸器官护具、听力护具、安全带、安全帽、安全鞋等缺少或有缺陷
04	生产（施工）场地环境不良

图 1-2 所示为某些生产现场中物的不安全状态。

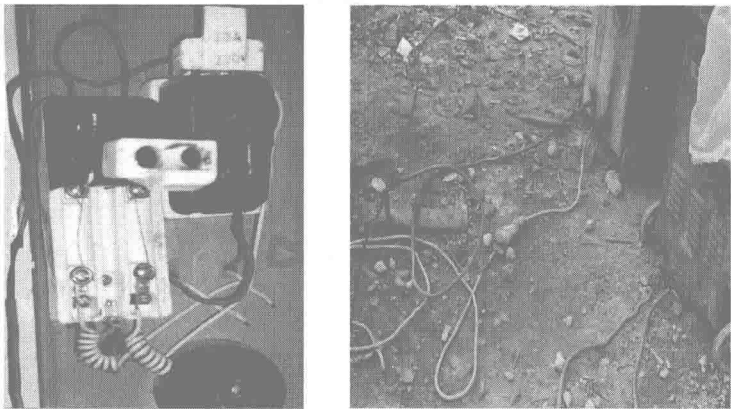


图 1-2 物的不安全状态

作业环境缺陷主要表现为作业场所的缺陷和环境因素的缺陷，见表 1-3。

表 1-3 作业环境缺陷分类表

类型	内 容
作业场所的缺陷	没有确保通路，工作场所间隔不足，机械、装置、用具配置缺陷，物体放置位置不当，物体堆积方式不当，对意外的摆动防范不够，信号、标志缺陷
环境因素的缺陷	采光不良或有害光照，通风不良或缺氧，温度过高或过低，压力过高或过低，湿度不当，给排水不良，外部噪声

管理缺陷的表现，见表 1-4。

表 1-4 管理缺陷的表现

类 型	内 容
对物（含作业环境）性能控制的缺陷	设计、监测等不符合处置方式的缺陷
对人失误控制的缺陷	教育、培训、指示、雇用选择、行为监测方面的缺陷
工艺过程、作业程序的缺陷	工艺、技术错误或不当，无作业程序或作业程序有错误
用人单位的缺陷	人事安排不合理、负荷超限、无必要的监督和联络、禁忌作业等
对来自相关方（供应商、承包商等）的风险管理的缺陷	合同签订、采购等活动中忽略了安全健康方面的要求
违反工效学原理的缺陷	使用的机器不适合人的生理或心理特点

电力行业属于高风险行业，工作环境中有电力、转动机械、高温、高压、高空作业、化学有毒物质、锅炉压力容器、易燃易爆物品等危险源的大量存在，容易发生火灾、爆炸、触电、高处坠落、机械伤害、物体打击、泄漏、灼伤、电网故障、设备损害等危害事故。

俗话说：安全两天敌，违章和麻痹。造成事故发生的主要原因通常都是违章操作，而造成事故发生的常见心态有：侥幸心理、惰性心理、骄傲自大、争强好胜、情绪波动、思想反常、技术不熟、遇险惊慌、盲目自信、思想麻痹、盲目从众、逆反心理。只要克服侥幸心理、遵照操作规程执行，安全事故是完全可以避免的。

二、职业病和职业健康

职业病是指劳动者在职业活动中，因接触有毒有害物质、放射性物质、不良气候条件、生物因素、不合理的劳动组织以及其他毒害而引起的疾病。可能导致职业病的各种危害称为职业病危害。职业病危害因素包括：职业活动中存在的各种有害物理性、化学性、生物性、人体功效性、心理性等职业有害因素，见表 1-5。

表 1-5 职业病危害因素分类表

分类	内 容
物理性	噪声和振动、光线、温度、气压、非电离辐射、电离辐射
化学性	气体、液体、粉尘、烟雾
生物性	接触微生物
人体功效性	不良的人体功效
心理性	压力过大

图 1-3 所示为某些生产现场中不良的人体功效。

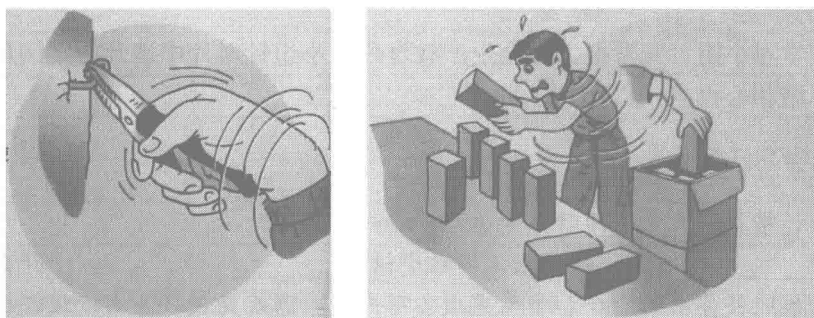


图 1-3 不良的人体功效

根据 2013 年新的《职业病防治法》，职业病共包括 10 类、130 项。这十类职业病包括尘肺、职业性放射性疾病、职业中毒、物理因素所致职业病、生物因素所致职业病、职业性皮肤病、职业性眼病、职业性耳鼻喉口腔疾病、职业性肿瘤和其他职业病。

职业健康关系到劳动者的基本人权和根本利益，工伤事故和职业病对人民群众生命与健康的威胁长期得不到解决，累积到一定程度和突发震动性事件时，可能成为影响社会安全、稳定的因素，因此，预防职业病具有非常重要的意义。预防职业病要做到以下几点：第一，坚持预防为主、防治结合的方针，实行分类、综合管理；第二，正确使用合格的职业病防护用品；第三，设置公告栏，公布职业病防治的规章制度、操作规程以及职业病危害的种类、后果、预防以及应急救援措施等内容；第四，有毒有害物质浓度较大的工作场所应设置报警装置，配置现场急救用品、冲洗设备、应急撤离通道和泄险区；第五，定期对职业病防护设备、应急救援设施和防护用品进行检查、维护检测，确保其处于正常状态，不得擅自拆除或停止使用；第六，采用新工艺、新材料、新技术逐步替代职业病危害严重的技术、工艺、材料；第七，定期检查身体，进行员工技能培训和教育宣传。

个人防护是避免职业危害的最后一道防线。当工程或行政控制措施不可行时，或未能将风险降至可接受水平，或在装设及维修工程设备时，便需要使用个人防护用具。个人防护用具必须选择适当，合乎标准及适用于当时的工作环境及针对的危害。劳动者应能正确地使用及保养用具，做到“我不伤害自己、我不伤害别人、我不被环境伤害”，如图 1-4 所示。

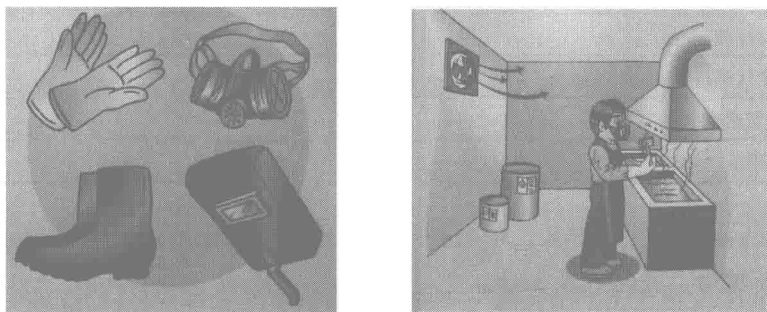


图 1-4 个人防护



【任务实施】

建立电工学习小组，观看电力安全生产教育片，小组针对片中涉及的案例加以讨论，最后写出学习总结和心得。



【一体化学习任务书】

任务名称：学习职业安全与健康知识

姓名_____ 所属电工活动小组_____ 得分_____

说明：请按照任务书的指令和步骤完成各项内容，课后交回任务书以便评价。

■ 破冰游戏。

全班同学分成5人或7人一组的学习活动小组，要求选出小组负责人，确立小组名称、LOGO，组员相互介绍，并完成表1-6。

表 1-6 电工活动小组情况表

小组名称		LOGO	
组长姓名			
成员姓名	兴趣爱好、特长	对本课程的要求和预期目标	

■ 观看电力安全生产教育片，小组针对片中涉及的案例加以讨论，找出不安全因素，并完成表1-7。

表 1-7 “安全第一，生命无价” 案例讨论之一

分类	不安全因素描述
人的不安全行为	
物的不安全状态	
作业环境的不安全因素	
管理缺陷	

■ 观看电力安全生产教育片，小组针对片中涉及的案例加以讨论，找出潜在的职业病危险，说明判断理由，并完成表1-8。

表 1-8 “安全第一，生命无价”案例讨论之二

职业病危险	判 断 理 由

■ 学习后的心得体会。
通过本任务的学习，我知道了_____

■ 对任务完成的过程进行自评，并写出今后的打算。

自评标准	参与完成所有活动，自评为优秀；缺一个，为良好；缺两个，为中等；其余为加油
自评结果	
今后打算	

任务二 学习电力安全工作规程

【任务描述】

了解电力安全工作规程，并写出总结。

【相关知识】

电力行业虽然属于高风险行业，但电力安全生产是有客观规律可以遵循的。为保障电力生产工作人员的生命安全、保证电力系统的安全运行，必须把符合电力生产客观规律的有关安全措施、工作程序和操作程序，以规程的形式规定下来，以便共同遵照执行，这个规定就是《电力安全工作规程》，简称《安规》。

《安规》作为电力生产最基本的规程之一，是电力工作人员生产实践经验的高度总结。看似不起眼的一本小册子，它的每一条每一款都凝结着前辈们的智慧、鲜血和教训。作为即将从事电业工作的人员，应该明白，发生事故主要是没有把“安全第一”的思想放在心中。大量的事实证明，每一起事故的背后几乎都存在着严重的违章操作问题，80%以上的人身事故都是由于没有认真执行《安规》所致。人的主观因素是引发事故的重要原因，不能有百分之一的疏漏、千分之一的侥幸、万分之一的偶然，要时刻引以为戒。

几十年的实践表明，《安规》是电力生产过程中贯彻安全生产方针、防止人身伤亡事故、防止停电事故的有力武器，它是保障工作正常完成的基本条件，是呵护生命的守护神，是落实“保人身、保电网、保设备”的安全生产原则的有力武器，认真学习并严格执行《安规》能有效防止事故的发生，所以从事电力生产和运行的人员，应充分理解和严格执行《安规》。

《中华人民共和国国家标准电力安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）GB 26860—2011》目录如下。

前言

- 1 范围
- 2 规范性引用文件
- 3 术语和定义
- 4 作业要求
- 5 安全组织措施
- 6 安全技术措施
- 7 电气设备运行
- 8 线路作业时发电厂和变电站的安全措施
- 9 带电作业
- 10 发电机和高压电动机的检修、维护
- 11 在六氟化硫（SF₆）电气设备上的工作
- 12 在低压配电装置和低压导线上的工作
- 13 二次系统上的工作
- 14 电气实验
- 15 电力电缆工作
- 16 其他安全工作

附录 A（资料性附录）电气第一种工作票格式

附录 B（资料性附录）电气第二种工作票格式

附录 C（资料性附录）电气带电作业工作票格式

附录 D（资料性附录）紧急抢修单格式

附录 E（规范性附录）绝缘安全工器具试验项目、周期和要求

附录 F（规范性附录）标示牌式样

附录 G（资料性附录）操作票格式



【任务实施】



观看电力安全生产教育片，小组针对片中涉及的案例加以讨论；之后听老师宣讲《安规》，按小组选学《安规》，最后写出学习总结和心得。



【一体化学习任务书】



任务名称：学习《电力安全工作规程》

姓名_____ 所属电工活动小组_____ 得分_____

说明：请按照任务书的指令和步骤完成各项内容，课后交回任务书以便评价。

■ 观看电力安全生产教育片，小组针对片中涉及的案例加以讨论，找出案例中的违章操作，并完成表 1-9。

表 1-9 “安全第一，生命无价” 案例讨论之三

案例描述	
违章操作分析	
如果我是当事人，我会……	

■ 听老师宣讲《安规》，之后按小组进行《安规》的学习，并完成表 1-10。

必学内容：目录，3.6，3.7，3.8，4.1，4.3，5.1，6.1，6.5。

表 1-10 安全规程学习问答

问 题	答 案
《安规》有什么作用？	
作业人员对《安规》考试有什么要求？	
根据目录，写出《安规》中的三个内容？	
电气工作人员必须具备什么条件？	
电气设备高压和低压是怎样划分的？	
何为运行中的电气设备？	
在电气设备上工作应有哪些保证安全的制度措施？	
电气设备上工作的安全组织措施包括哪些内容？	
什么是工作票？工作票上包含什么内容？	
保证安全的技术措施有哪些？	
“禁止合闸，线路有人工作！”的标示牌应悬挂在什么场合的哪个位置上？ 	

■ 写出记住的 5 条规程，并完成表 1-11。

表 1-11 安全规程学习检查

序号	内 容
1	
2	
3	
4	
5	

■ 学习后的心得体会。

通过本任务的学习,我知道了_____。

■ 对任务完成的过程进行自评,并写出今后的打算。

自评标准	参与完成所有活动,自评为优秀;缺一个,为良好;缺两个,为中等;其余为加油
自评结果	
今后打算	

任务三 认识触电



【任务描述】

学习有关触电方面的知识,并通过问答测试。



【相关知识】

触电事故是电力生产和日常生活中最常见的恶性事件之一,它造成的伤害后果非常严重。为防止触电事故的发生,需要掌握有关触电的知识,并将防止触电的各项安全措施落实到实际工作和生活中去。

一、触电的概念

人体触及带电体并形成电流通路,或带电体与人体之间由于距离近、电压高产生空气击穿放电,或电弧烧伤人体表面对人体造成伤害,都称为触电。

大量研究表明,电对人体的伤害主要来自电流。多数触电是由于人体触及带电体并在人体中形成电流通路造成的,触电事故具有多发性、季节性、行业性等特点。

(1) 触电事故具有多发性。据统计,我国每年因触电而死亡的人数,约占全国各类事故总死亡人数的10%,仅次于交通事故。

(2) 触电事故具有季节性。从统计资料来看,6~9月触电事故多。这是因为夏、秋季多雨潮湿,降低了设备的绝缘性能;人体多汗导致皮肤电阻下降,若工作服、绝缘鞋和绝缘手套穿戴不齐,触电几率就大大增加。

(3) 触电事故具有行业特征。据国外资料统计,电业部门触电事故的死亡率为30%~40%,重伤率高达60%~70%,因此世界各国劳工部门都把电力生产工作列为高危工种。比较起来,触电事故多发生在非专职电工人员身上,而且农村多于城市,低压多于高压。这种情况显然与安全用电知识的普及程度、组织管理水平及安全措施完善与否有关。

(4) 触电事故的发生还具有很大的偶然性和突发性,令人猝不及防。

二、电流对人体的伤害

1. 电流对人体的伤害类型

电流对人体的伤害类型分为电伤和电击两类。

电伤是指电流的热效应、化学效应、机械效应及电流本身作用造成的人体伤害。电伤会