

江苏省特种作业人员安全技术培训考核系列教材

江苏省安全生产宣传教育中心组织编写



DIYA DIANGONG ZUOYE

Jiangsusheng Tezhong Zuoye Renyuan
Anquan Jishu Peixun Kaohe Xilie Jiaocai

低压电工作业

主 编 / 徐鸿泽

主 审 / 刘为民



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

江苏省特种作业人员安全技术培训考核系列教材

低压电工作业

主编：徐鸿泽

主审：刘为民

东南大学出版社

·南京·

图书在版编目(CIP)数据

低压电工作业 / 徐鸿泽主编. —南京:东南大学出版社,2011.12

ISBN 978-7-5641-3125-8

I. ①低… II. ①徐… III. ①低电压—电工技术—基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 247422 号

书 名	低压电工作业
主 编	徐鸿泽
出 版 人	江建中
责任编辑	张 慧
出版发行	东南大学出版社 (江苏省南京市四牌楼 2 号东南大学校内 邮政编码 210096)
网 址	http://www.seupress.com
印 刷	南京京新印刷厂
开 本	787mm×1096mm 1/16
印 张	17
字 数	413 千字
版次印次	2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷
印 数	1~5000
书 号	ISBN 978-7-5641-3125-8
定 价	28.00 元

(* 东大版图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系,电话 025-83792328。)

江苏省安全生产培训系列教材

编委会成员名单

一、编写委员会

主任：王向明

副主任：于宗立 赵利复 陆贯一 刘振田 喻鸿斌 徐林

陈忠伟 梁杰 赵启凤 戚新中

委员：(按姓氏笔画排列)

丁羽如 马群 王从金 丛跃滋 冯志明 乔勇

华仁杰 苏斌 吴孝洪 谷红彬 张昕 张继闯

沈晨东 武奇 单昕光 赵权 赵和平 赵宝华

赵昶东 倪建明 曹永荣 曹斌 褚福银 魏持红

编委会办公室主任：刘振田

副主任：吴孝洪 褚福银 汪波 赵和平

二、编写工作领导小组

组长：刘振田

副组长：吴孝洪 褚福银 汪波 赵和平

组员：程继平 昝夏青 李建军

三、编写业务技术组

组长：昝夏青

技术组负责人：朱兆华

业务组负责人：李建军 翟瑞媛

序

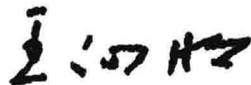
安全生产是企业和社会的永恒主题。近几年来,我们在江苏省委、省政府的领导下,按照科学发展观的要求,大力加强安全生产监督管理,促进了全省安全生产的发展,连续实现了生产事故和死亡人数的“双下降”,为实现“平安江苏”和“两个率先”作出了贡献。

搞好安全生产必须重视安全培训工作。大量实践说明,安全培训工作是安全生产的基础和前提,是一项战略性工作。2010年,《国务院关于加强企业安全生产工作的通知》(国发〔2010〕23号)和《省政府关于进一步加强企业安全生产工作的意见》(苏政发〔2010〕136号)中,再次强调了安全培训工作的重要性和必要性。因此,只有进一步认识和加强安全生产培训工作,才能更好地保证安全生产的可持续发展。

搞好安全生产培训,其中一项重要的工作是安全培训教材建设。为此,省局组织了全省具有丰富经验的专家、教授和工作人员编写了这套教材。本套教材是根据国家安监总局《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》(国家安监总局30号令)的要求,以国家培训大纲、考核标准为依据,特别是结合江苏的实际,介绍了生产单位特种作业人员需要掌握的安全知识、规章及技能。教材坚持安全理论与生产实践相结合,突出新的安全理念和“四新知识”,并为学员留有自主学习、自主探究的空间,以期达到教学相长的目的。

本书的编写时间紧、任务重、要求高,参加编写和参与组织工作的同志们为此付出了辛勤劳动,在此向他(她)们表示衷心的感谢。同时,在编写和出版的过程中,各市、县安监部门和有关同志给予了大力支持,在此一并表示感谢。

江苏省安全生产监督管理局局长
江苏煤矿安全监察局局长



2011年5月

前 言

特种作业人员的安全培训工作是各级安全监督管理部门和企业安全生产管理的一项重要内容。做好这项工作,对于保障特种作业人员及其他人员的生命安全,防止重特大事故,提高企业安全生产水平及经济效益都具有十分重要的作用。

经济社会快速发展、科学技术的不断进步和安全法制建设进程的加快,对新形势下的安全生产和安全培训工作提出了更新的标准、更高的要求。为了适应新形势,进一步落实党的“安全第一,预防为主,综合治理”的基本方针,江苏省安全生产宣传教育中心根据国家安全生产监督管理总局《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》的要求,组织编写了《低压电工作业》教材。

本书共分十四章,重点介绍了:电工基础知识,常用电工仪表,触电的危害与救护,防止电气事故发生的具体措施,保证安全的措施,接地、防雷和特殊防护,常用低压电器,变压器及互感器,低压电力线路,低压补偿电容器,三相交流异步电动机,电气照明,以及其他电气设备等内容。希望介绍的低压电工基本安全技术知识,能对低压电工作业人员提高安全作业水平有所帮助。

由于时间仓促,不足之处在所难免,恳请各位专家及读者批评指正。

2011年11月

目 录

第一章 概 述	1
第一节 概述	1
第二节 电工作业的危险性	3
第三节 电气安全管理工作的基本要求	4
第二章 电工基础知识	7
第一节 直流电路	7
第二节 电磁和电磁感应	19
第三节 单相交流电路	27
第四节 三相交流电路	30
第五节 电子技术应用	32
第三章 常用电工仪表	39
第一节 电工仪表的基本知识	39
第二节 电流表与电压表	41
第三节 万用表	45
第四节 兆欧表	54
第五节 接地电阻测定仪	56
第六节 电能表	57
第四章 触电的危害与救护	59
第一节 电流对人体的危害	59
第二节 触电事故种类和方式	60
第三节 触电事故的原因和规律	64
第四节 触电救护知识和方法	67
第五章 防止电气事故发生的具体措施	71
第一节 绝缘	71
第二节 屏护、间距	72
第三节 漏电保护	79
第四节 安全电压	84

第六章 保证安全的措施	86
第一节 安全用具及安全标志	86
第二节 保证安全的组织措施	95
第三节 保证安全的技术措施	99
第四节 一般电气工作安全措施	103
第七章 接地、防雷和特殊防护	106
第一节 接地概述	106
第二节 雷电危害及防雷装置	115
第三节 电气防火和防爆	119
第四节 防静电	123
第五节 电磁场防护	127
第八章 常用低压电器	130
第一节 常用低压电器概述	130
第二节 低压配电电器	132
第三节 保护电器类及控制类继电器	145
第九章 变压器及互感器	151
第一节 变压器的用途及基本结构	151
第二节 电力变压器运行中的维护与检查	158
第三节 电力变压器故障及事故处理	160
第四节 互感器	164
第十章 低压电力线路	168
第一节 低压架空配电线路	168
第二节 低压电力电缆线路	175
第三节 室内布线	182
第四节 导线截面选择	186
第十一章 低压补偿电容器	188
第一节 并联电容器的结构	188
第二节 并联电容器在电力系统中的作用	188
第三节 并联电容器的铭牌与容量选择	190
第四节 并联电容器的运行与维护	192
第十二章 三相交流异步电动机	195
第一节 三相交流电动机的基本结构	195
第二节 三相交流异步电动机的工作原理	197

第三节	电磁转矩及机械特性	199
第四节	三相交流异步电动机的使用	201
第十三章	电气照明	216
第一节	照明电源及供电系统	216
第二节	照明光源及照明灯具	217
第三节	电气照明装置的安装	221
第四节	照明电路故障的检修	225
第十四章	其他电气设备	227
第一节	日用电器	227
第二节	手持式电动工具	231
第三节	电焊设备	235
附录	238
参考文献	259

第一章 概 述

第一节 概 述

一、我国的安全生产基本方针

“安全第一、预防为主、综合治理”是我国安全生产的基本方针。这一方针反映了党和政府对安全生产规律的新认识,对于指导我们的安全生产工作有着十分重要的意义。电工作业人员要认真学习、深刻领会安全生产方针的含义,并在本职工作中自觉遵守和执行,牢固树立安全生产意识。

“安全第一”是要求我们在工作中始终把安全放在第一位。当安全与生产、安全与效益、安全与进度相冲突时,必须首先保证安全,即生产必须安全,不安全不能生产。

“预防为主”要求我们在工作中时刻注意预防安全事故的发生。在生产各环节,要严格遵守安全生产管理制度和安全技术操作规程,认真履行岗位安全职责,防微杜渐,防患于未然,发现事故隐患要立即处理,自己不能处理的要及时上报,要积极主动地预防事故的发生。

“综合治理”就是综合运用经济、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,实现安全生产的齐抓共管。“综合治理”是我们党在总结了近年来安全监管实践经验的基础上作出的重大决策,体现了安全生产方针的新发展。

“安全第一、预防为主、综合治理”,三者是目标、原则和手段、措施的有机统一的辩证关系。不坚持安全第一,预防为主很难落实;坚持安全第一,才能自觉地或科学地预防事故发生,达到安全生产的预期目的;只有坚持预防为主,才能减少事故、消灭隐患,才能做到安全生产。

二、安全用电的重要意义

随着国民经济的迅速发展及人民生活水平的不断提高。电力已成为工农业生产、科研、城市建设、市政交通和人民生活不可缺少的二次能源。随着用电设备和耗电量的不断增加,用电安全的问题也愈来愈成为不可忽视的重要问题。电力的生产和电气设备的使用有其特殊性。在生产和使用过程中如果不注意安全,会造成人身伤亡事故或电气设备损坏事故,甚至可能将事故范围扩大。涉及电力系统,造成系统停电或大面积停电,使国家财产受到巨大的损失,影响正常的生产和生活。所以,为保证人身、电气设备、电力系统的安全,在用电的同时,必须把电气安全工作放在首位。

各用电单位及个人应贯彻“安全第一,预防为主,综合治理”的方针。加强安全用电教育和安全技术培训,掌握人身触电事故的规律性及防护技术,采取各种切实有效的措施以防止事故发生。

安全用电,就是要使一切电力设施处于良好的运行状态,避免电力系统发生事故。安全用电就是要按照规程操作;按照运行管理规程进行定期的巡视检查及维修;按照安全工作规

程做好安全防护工作;消除可能导致事故的隐患。

安全用电,是要我们采取一切必要的措施避免发生人身触电事故。这就要求我们在电气设备施工中按照有关的电气工程安装标准进行,它可保证电气设备运行中可能出现的危及人身安全的情况,在施工阶段就做好预防工作。对于带电作业,执行有关带电作业的安全工作规程,对停电作业,要遵守有关停电检修的安全规程,采取必要的安全技术措施和组织措施。要遵守有关劳动保护方面的法规、法令,正确地使用和保管安全用具。此外,还要普及电气知识,尤其是对那些直接使用电气设备的人员更要加强用电安全知识的教育,使其在一旦出现非常事故(如触电)时,有足够的应变能力。这也是电工作业人员不可推卸的责任。

三、从事电工作业应具备的基本条件

(一) 电工作业人员条件

国家安全生产监督管理总局 2010 年 5 月 24 日第 30 号令《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》中有下面的内容。

第四条 特种作业人员应当符合下列条件:

- (1) 年满 18 周岁,且不超过国家法定退休年龄。
- (2) 经社区或者县级以上医疗机构体检健康合格,并无妨碍从事相应特种作业的器质性心脏病、癫痫病、美尼尔氏症、眩晕症、癔症、震颤麻痹症、精神病、痴呆症以及其他疾病和生理缺陷。

(3) 具有初中及以上文化程度。

(4) 具备必要的安全技术知识与技能。

(5) 相应特种作业规定的其他条件。

第五条 特种作业人员必须经专门的安全技术培训并考核合格,取得《中华人民共和国特种作业操作证》后,方可上岗作业。

(二) 电工职业道德

人在社会中生活与工作,必须遵循一定的准则,这准则是人所公认的,又是人人应自觉遵守的,这就是社会的道德标准。如果人与人之间、工种与工种之间、行业与行业之间都符合这一道德标准,则生产与工作就能协调地有秩序地进行。道德是人的行为准则,是不容破坏的,为防止个别人的行为破坏这一准则,所以又产生了法令、法律作为对不遵守道德标准的人的惩罚,以维护社会的健康。

下面是电工职业道德规范的具体内容。

- (1) 文明礼貌:文明礼貌要求仪表端庄、语言规范、举止得体、待人热情。
- (2) 爱岗敬业:爱岗敬业要求树立职业思想、强化职业责任、提高职业技能。
- (3) 诚实守信:诚实守信就是指真实无欺,遵守承诺和契约的品德行为。
- (4) 办事公道:办事公道是在爱岗敬业、诚实守信的基础上提出的更高层次的职业道德要求,要做到坚持真理、公私分明、公正公平、光明磊落。
- (5) 勤劳节俭:勤劳节俭是中华民族固有的美德,艰苦奋斗是中国人民的优良传统。节俭与勤劳互为表里,既勤又俭就能不断地创造和积累财富。
- (6) 遵纪守法:要了解与自己所从事的职业相关岗位的规范、纪律和法律、法规,要严格要求自己,养成遵纪守法的良好习惯,要敢同违法违纪的现象和不正之风作斗争。
- (7) 团结互助:要求平等尊重、顾全大局、互相学习、加强协作。

(8) 开拓创新:开拓创新要有创新的意思,要运用现代科学的思维方式,要有坚定的信心和意志。

(三) 电工岗位安全职责

为保证正常的生产和工作,保证电工作业的安全,尤其是人身安全,所有在岗电工都应该做到以下几点:

(1) 严格遵守有关的规章制度,遵守劳动纪律。

(2) 努力学习电工的专业技术和安全操作技术,提高预防事故和职业危害的能力。

(3) 正确使用及保管好安全防护用具及劳动保护用品。

(4) 善于采纳有利于安全作业的意见,对违章指挥作业的行为及时予以指出,必要时应向有关领导部门报告。

(5) 认真执行本单位、本部门为所在岗位制定的岗位职责。

(四) 变配电站值班长和值班员的岗位职责

(1) 值班长的职责。负责本值的安全、运行、维护工作。领导本值接受、执行调度命令,正确、迅速地进行倒闸操作和事故处理;发现和及时处理缺陷;受理和审查工作票,并参加验收工作;组织好设备维修工作;审查本值记录;完成本值培训工作。

(2) 值班员的职责。在值班长领导下,做好本值的安全、运行、维护工作。按时巡视设备并做好记录;进行倒闸操作;按时做好各种记录;管理好各种用品和工具;做好交接班工作;值班长不在时,代理值班长执行必要的业务工作。

(五) 关于实习人员参加电气工作的规定

(1) 凡新参加电气工作的人员,在参加工作前,必须经过培训。培训内容包括:电气基本理论知识,电气工作安全知识,有关安全工作规程及相关的操作方法。

(2) 凡新参加电气工作的人员,经过培训、考核合格后,在有经验的工作人员带领和指导下,进行工作实习。实习期间指导人员应固定。实习期至少三个月。

(3) 实习人员在有电气工作经验人员的带领下,可以参加一些简单的技术工作和操作任务,但不能担任主要操作任务和监护人。实习人员进行的工作必须经过检查验收。

(4) 在现场工作时,实习人员必须认真遵守安全操作规程,听从指导人员的指挥,否则现场负责人有权停止其工作。

(5) 实习人员在实习期满,经过考试合格后,允许其正式参加电气工作,并可在停电范围内独立工作,但其工作质量应经专人检查。

第二节 电工作业的危险性

电工作业的固有特性,造成了它的高危险性,其特征如下:

(1) 直观识别难。电是看不见、听不见、嗅不出、摸不得的。电本身不具有人们直观识别的特征,是否带电不易被人们察觉。

(2) 电能传递途径多样性。常用交流电可以通过导线传送,也可以在不相接触的导体之间,通过互感传送;还可以通过导体间和导体与地之间的电容传送。如果没有一定的电工理论知识,这是难以辨别的。在已停电的设备上,虽然两端都有明显的断开点,常因周围有带电设备而感应电压,造成麻电,引发高空坠落事故。在停电设备上工作时也发生过检修人员移

动接地线,短时设备未接地,造成触电事故,诸如此类事故均系通过互感或电容传递电能所致。

(3) 电气设备都有电容。虽然电气设备已停电,但在电容上还会有剩余电荷,往往因未放电或未放完电就拆接头,造成触电事故。

(4) 短路时,会在短路处产生电弧,而电弧会发出巨大的光热能量,在工作场所,人虽未触电,但电弧会对人的皮肤产生严重烧伤。

(5) 运载电能的网络和设备是处于变化之中的。电工要警惕,要有足够的认识并认真辨别。变化大致有如下四种:

① 电网运行方式常有变化。为了保证不中断供电,电网结构常常互为备用,其运行方式多变化,如停电作业范围边缘的隔离开关外侧在有的运行方式下无电,在有的运行方式下有电,曾因此而出现触电伤亡事故多起。电工在工作前和工作中应了解运行方式有可能发生哪些变化。

② 运行中的设备绝缘会发生老化损坏,有可能使原来不带电的金属外壳意外带电,移动式设备和手持式电动工具绝缘更易受到损坏,造成危险。

③ 运行中的设备,接头和导线原来存在隐患,在轻负载时不易发现,当过载或短路发生时,会出事故,不出事故也会加重隐患,造成危险。

④ 运行中的电气设备保护配置不完善(如漏电保护器等)或校验失误,该动不动,不该动乱动,造成事故。

(6) 有的电工作业会出现多工种(如:一次、二次、试验和电缆等工种)同时在一个单元或一台设备上作业,相互间配合不好或通信信息传递不好,会造成事故。

(7) 常遇的停电、检修、送电环节多,涉及人员多,联络环节多,任何一环错误就有可能造成重大事故。

(8) 有的电工作业会出现立体交叉作业,除可能出现电的伤害外,还有可能出现机械性伤害。

(9) 电工作业场所有变压器油、汽油,使作业处于火灾爆炸危险环境之中,不可忽视。

(10) 恶劣的天气会带来更大的危险。雷雨天会造成反击、感应等电击事故,冻雨天易造成倒杆断线,抢修时困难且危险性大。

第三节 电气安全管理工作的基本要求

一、建立健全规章制度

合理和必要的规章制度是从人们的长期安全生产实践中总结出来的,是保障安全生产的有效措施。如安全生产责任制,其主要作用是明确各企业领导、各部门和各岗位的安全责任,对安全生产的有序进行起到基本保证的作用。而与安全生产有直接关系的规章制度还有安全操作规程、安全作业规程、电气安装规程、运行管理和维护检修制度等。

根据不同电工工种,应建立各种安全操作规程和运行维护制度。如变配电所值班电工安全倒闸操作规程、运行规程、内外线维护检修电工安全操作规程、电气设备维修安全操作规程、电气试验安全操作规程、蓄电池安全操作规程(制度)、非专职电工人员手持电动工具安全操作规程、电焊安全操作规程、电炉安全操作规程、行车司机安全操作规程制度等。

在安装或变动电气一、二次设备和线路时,必须严格遵循有关安全操作规程和交接验收

规程的要求,保证这些设备安全正常地投入运行。

根据设备状况的特点,应建立相应的运行管理制度和维护检修制度,及时消除设备缺陷和隐患,保证设备和人身安全。

对于某些电气设备(如 SF₆ 设备),应建立专人管理的责任制。开关设备、临时线路、临时设备等容易发生人身事故的设备,应有专人负责管理。

对高压设备的检修工作,必须建立必要的安全工作制度,如工作票制度、工作监护制度等。

二、建立安全监督机构和企业的三级安全网

企业应根据安全生产监督管理局的有关规定建立本单位的安全监督部门,不设专门安全监督机构的,必须设专职安全员,车间、班组至少应设兼职安全员,组成企业三级安全网。对电气设备的运行、检修应认真履行监督职责,对人身安全的危险源和危险点进行评估、监督等,安全管理部门、动力(或电气)部门等必须互相配合,认真做好电气安全管理工作。专职电气安全员应具备必需的电工知识和电气安全知识,根据本单位人身和设备安全的实际状况制订安全措施计划,并监督计划的实施,不断提高电气安全水平。

三、组织安全检查

安全检查是发现隐患和督促解决隐患的有效手段,可分为日常性巡视检查、一般性的定期检查和互查、专项定点检查、安全大检查等几种。日常性巡视检查是专业电工和值班电工的日常工作,几乎是每天都在进行;一般性的定期自检、互检是本单位电气部门和安技部门的正常业务,一般每月一次;专项检查是不定期的,有的是本单位安排的,有的是上级管理部门组织的;安全大检查是由本单位或上级管理部门组织的,由各企业有关部门管理者参加的,较全面、较深入的群众性安全检查,最好每季进行一次(结合夏季、冬季及雨季等检查)。电气安全检查的内容包括:电气设备的绝缘有无问题;绝缘电阻是否合格、设备裸露带电部分是否有防护;保护接零或保护接地是否可靠、正确;安全保护装置和设施是否符合要求;特殊场所使用的手提灯和照明是否是安全电压;移动电气设备和手持式电动工具是否符合安全要求;电气安全用具和消防器材是否安全试验合格、是否在有效使用周期内等。安全大检查还应包括查员工安全意识,查“三违”(违章指挥、违章操作、违反劳动纪律)情况和查安全制度的贯彻执行,以及安全分析会等安全活动是否正常开展等内容。

四、加强安全教育和技能培训

对独立电工要有经常性的安全教育和安全技能培训,使他们懂得安全法规,提高他们遵章守纪的自觉性和责任心,不断提高他们的安全知识和技能以及掌握安全用电的基本方法,使每个电工都能懂得电气设备的安装、调试、使用、维护、检修的标准和安全要求,都能熟知和掌握电工安全作业操作规程和其他安全生产制度,学会预防、分析和处理电气事故的方法,掌握触电事故抢救和扑灭电气火灾的方法。独立电工要接受省或直辖市安全生产监督管理部门组织的考核复审,企业应对电工进行继续教育和知识更新培训。

对使用电气设备的其他生产人员,通过企业的安全教育和培训,使他们知道安全法规,认识安全用电的重要性,掌握安全用电的基本方法,懂得有关安全用电知识和安全作业规程。

要通过企业的安全教育和培训,使一般员工懂得电气安全和安全用电,以及了解安全生产法的一般知识。新进厂人员要接受厂、车间、班组三级安全教育,使他们懂得安全生产的

重要性和安全用电的常识。安全宣传教育的形式可采用多种方式,比如典型事故录像、广播、图片、标语、开办培训班等,使企业有良好的安全生产氛围。

五、组织事故分析和经验交流

一旦发生事故后,要深入调查清楚事故现场状况,召开事故分析会,分析事故发生的原因,找出预防事故的对策。对待事故严肃地按照“四不放过”原则(即:事故责任人没有得到处理不放过;找不出事故原因不放过;事故责任人和群众受不到教育不放过;没有制定出防范措施不放过),认真调查分析事故,吸取事故教训。

六、建立安全技术资料

安全技术资料是做好安全工作的重要依据,应该经常收集和保存,尤其应注意收集与本企业有关的各种安全法规标准和规范。

要建立电气系统图、低压系统布线图、全厂架空线路和电缆线路布置图、直流系统安装图以及设备操作的二次回路图,设备的说明及其资料。

设备的检修和试验记录、变配电所运行日志和设备缺陷记录以及设备事故和人身事故记录、事故报告等也应存档保存。

第二章 电工基础知识

本章主要介绍的是电工专业的基本概念、定律以及简单电路的连接、分析和计算方法。通过本章的学习应加深对专业基础知识和安全知识的了解,再通过实际操作,逐步掌握分析和解决电工实际问题的能力,不断提高电工专业的技术水平。

第一节 直流电路

一、电路的组成

(1) 电路就是用导线把电源、用电器、开关等元件连接起来组成的电流路径。

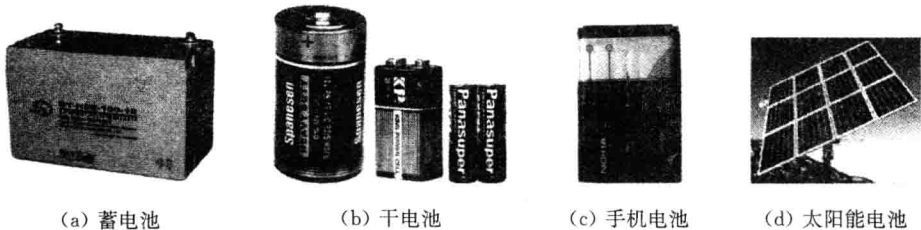


图 2-1 常用的直流电源

① 电源

把其他形式的能量转变成电能的装置叫做电源。常见的直流电源有蓄电池、干电池和直流发电机等(见图 2-1)。

② 用电器

把电能转变成其他形式能量的装置叫做用电器,也常被叫做电源的负载。

③ 导线

连接电源与用电器的金属叫做导线,它把电源产生的电能输送到用电器。

④ 开关

开关起到把用电器与电源接通或断开的作用。

由此可见,电路的作用是实现电能的传输和转换。

(2) 电路图

在设计、安装或修理各种设备和用电器等的实际电路时,常要使用表示连接情况的图。这种用规定的图形符号表示连接情况的图,叫做电路图。

图 2-3 就是图 2-2 的电路原理图。

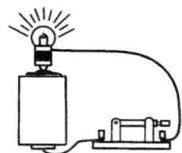


图 2-2 简单电路

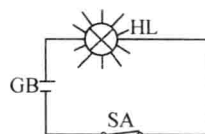


图 2-3 电路原理图

二、电路的几个基本物理量

(一) 电量

(1) 电荷：自然界中存在两种电荷，一种是与用丝绸摩擦过的玻璃棒带的电荷相同，叫正电荷，另一种是与用毛皮摩擦过的橡胶棒带的电荷相同，叫做负电荷。

(2) 电量：是指物体所带电荷的多少。用符号 Q 表示。电量的单位为库仑。1 库 = 6.25×10^{18} 个电子电荷。当电荷积聚不动时，这种电荷称为静电。当电荷处在运动状态时，称为动电。

(二) 电场

(1) 电场是电荷周围存在着的一种物质，电荷之间是通过电场发生相互作用的。

(2) 电场强度放入电场中某点的电荷所受静电力 F 跟它的电荷量的比值，叫做该点的电场强度，通常用 E 表示，也就是

$$E = \frac{F}{q} \tag{2-1-1}$$

如果力的单位用牛(N)，电荷量的单位用库(C)，电场强度的单位就是牛每库，符号是 N/C。

电场强度是描述电场性质的物理量，与放入电场中的电荷无关，它的大小是由电场本身来决定的。

电场强度是矢量，不仅有大小，还有方向。即电场中某点的电场强度的方向跟正电荷在该点所受的电场力的方向相同。按照这个规定，负电荷在电场中某点所受的电场力的方向跟该点的场强的方向相反。

(三) 电流

电荷有规则的定向运动就形成了电流。在金属导体中，电流是自由电子在电场力的作用下规则移动形成的，在某些液体(如图 2-4)或气体中，电流则是正、负离子在电场力作用下，按相反方向运动而形成的。

(1) 电流的大小：它是衡量电流强弱的物理量，定义为在单位时间内通过导体横截面的电量，其表达式为

$$I = \frac{Q}{t} \tag{2-1-2}$$

为区别直流电流和变化的电流，直流电流用字母“ I ”表示，变化的电流用“ i ”表示。在国际单位制中，电流的基本单位是安培，简称“安”，用字母“ A ”表示。

电流的基本单位与实用单位的换算，可按我国法定计量单位中的词头进行，如：

1 A(安) = 10^3 mA(毫安) = 10^6 μ A(微安) = 10^9 nA(纳安) = 10^{12} pA(皮安) = 10^{-3} kA(千安) = 10^{-6} MA(兆安)

(2) 电流的方向：习惯上规定以正电荷的移动方向作为电流的方向，而实际上导体中的电流是由带负电的电子在导体中移动而形成的。所以，我们所规定的电流方向与电子实际移动的方向恰恰相反。但这样规定并不影响对电流的分析和测量以及对电磁现象的解释。

(3) 电流的种类：导体中的电流不仅具有大小的变化，而且具有方向的变化；大小和方

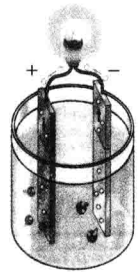


图 2-4 电流形成示意图