

《电世界》丛书

电工作业安全技术

上海市电机工程学会 编
《电世界》编辑委员会

上海科学技术出版社

电工作业安全技术

上海市电机工程学会
《电世界》编辑委员会 编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书是根据《上海地区低压用户电气装置规程》、有关电气安全规程、上海市劳动局有关部门编写的电工安全技术等资料,结合电气工程技术人员的心得体会,以一问一答的形式撰写成的。本书稿的内容已在《电世界》杂志上刊登过,深受广大城乡电工欢迎。

本书共分六章,内容包括:电工安全作业基本概念、低压供配电装置、低压用电设备、仪表与测试、电气保护及复习,书末附有电工常用数据及有关的电业安全工作规程。

本书内容丰富,实用性强,可供广大城乡电工日常操作和通过本地区技术培训考核时参考。

电工作业安全技术

上海市电机工程学会《电世界》编辑委员会 编

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 江苏泗阳印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.25 字数 137,000

1992 年 8 月第 1 版 1992 年 8 月第 1 次印刷

ISBN7-5323-2731-0/TM·63

印数 1—9,000 定价: 2.10 元

(沪)新登字 108 号

前 言

广大工矿企业从事电工作业的人员，普遍关心电工安全的培训及考核。为此，特请上海市劳动局电工第六考核站同志，根据《上海地区低压用户电气装置规程》、有关电气安全规程、上海市劳动局有关部门编写的教材等资料及工作体会，以问答形式撰写成《电工作业安全技术》培训资料，已在《电世界》杂志上连续刊出。现汇编成《电世界》丛书《电工作业安全技术》，可供广大电工日常操作和准备通过本地区技术培训考核时参考。

本书由冯维泰同志负责编辑，朱仲卿同志担任责任编辑。在本书汇编中我们采用了戚国彬、俞永愉、姜金连、顾爱文、谢柏金、贾生、顾一栋、张永梅、钱世莲、俞毅靖等同志在《电世界》杂志上已发表的内容，对以上同志谨表感谢，承上海市劳动局电工第六考核站的积极支持，亦表感谢！

上海市电机工程学会

《电世界》编辑委员会

1991年7月

目 录

第一章 电工安全作业基本概念	1
1-1 电工安全作业的重要意义及要求.....	1
1-2 电工基础知识.....	8
1-3 电气安全工作制度.....	18
第二章 低压供配电装置	28
2-1 低压用户的进户装置.....	28
2-2 量电和总配电装置.....	36
2-3 线路装置.....	46
第三章 低压用电设备	66
3-1 照明装置.....	66
3-2 低压电力设备装置.....	75
第四章 仪表与测试	86
4-1 常用电工测量仪表及其安全使用.....	86
4-2 低压电气装置的检查 and 试验.....	97
第五章 电气保护	107
5-1 保护接地与保护接零.....	107
5-2 电气火灾消防.....	120
5-3 触电与触电的现场急救.....	135
第六章 复习	147
6-1 复习自测题.....	147
6-2 复习自测题答案.....	157
附录1 常用数据表	168
附录2 电业安全工作规程(电力线路部分摘要)	176

第一章 电工安全作业基本概念

1-1 电工安全作业的重要意义及要求

1-1-1

【问】 电能有哪些优点?在使用中又有哪些危险性?为什么电工作业要特别强调安全?

【答】 地球上有多多种能源,如:石油、天然气、煤炭、水力、核能、太阳能、风力和地热等等。它们被称为一次能源。能源的生产与使用地点常有很远的距离,如上海、苏州、无锡等地,是我国重要的轻、重工业基地,需要大量的生产和生活能源,而这些城市的附近缺乏能源。蕴藏着丰富水力资源的长江中上游、黄河中上游远离这些工业城市。同样,我国盛产原煤的山西、安徽、河南等省,将煤炭运输到需要的地方要花费很大的人力、物力,给交通运输业带来沉重的压力。而且在沿途每个转运环节要造成不少损耗。石油和天然气的输送也要花费大量的投资。风力、潮汐、地热等能源更与地理位置有关,不能随便传输到远处。

电能(常称电力),它是由一次能源转换而来的,是既方便又无污染的二次能源。

电能具有独特的优点,无论距离远近都能较方便、高效地通过电缆或架空线进行传输,且传输速度极快,每秒约30万公里;电能可通过电动机、电炉、电灯、电焊等方式,及时转换

为其他形式的能，大大有利于改善劳动条件，提高劳动生产率。由于电能具有上述优点，因而得到极其广泛的应用。

但是，电能又有“看不见、听不到、闻不着、摸不得”的特点。用电或从事电气工作，如不注意安全操作，往往会造成非常严重的后果，轻则使人受伤或设备遭受损坏；重则造成人身触电死亡，发生火灾、爆炸，引起大面积停电，甚至引起城市瘫痪，严重影响生产、生活和社会秩序。

根据上海市劳动局的最新统计资料，1989年上半年上海地区触电死亡的人数已有11人，比历年同期有所上升。事故分类大致如下：

(1) 潜水泵外壳未正确接地或相线、接地线错接使外壳带电，造成触电事故2起；(2) 移动电具外壳未正确接地或接地线松开，由故障引起外壳带电，造成触电事故4起；(3) 搬移电气设备时未切断电源，外壳带电引起触电1起；(4) 开关外罩损坏，带电部分外露，引起触电事故1起；(5) 起重机损坏，吊钩带电，地面工挂钩时引起触电事故1起；(6) 起重机起吊钢筋，一端触及35 kV架空线，引起触电事故1起；(7) 登杆检修架空线路，电工身体离35kV避雷器引线距离过近，引起高压放电，触电者从高空坠下1起。

上述触电事故的原因归纳起来主要有：(1) 移动电具如电钻、潜水泵等安装不善，接线错误，或管理不善，使外壳带电而引起触电；(2) 固定装置的电气设备损坏或盖罩破损，外壳带电或带电导体外露而引起触电，也与设备的安装、维修不善有关；(3) 工作时操作方法不安全，又不执行监护等。

总之，发生触电事故的原因，主要是设备损坏、安装不良或工作方法不安全等。这里需指出，《电世界》的“事故分析”、“安全用电”等专栏中经常报道事故实例和安全要求，可供读

者借鉴和参考。

由于电工作业本身有危险性，以及电气工作不善也会产生事故危险，因此电气工作划为特种作业。对从事这种特种作业的从业人员，即电工作业人员，必须有特殊的训练和严格的要求，需要特别强调安全。

1-1-2

【问】 电工作业人员必须具备哪些条件？

【答】 电工作业人员必须具备下列条件：(1)年满十八周岁，经医师体检，应无妨碍电工作业的病症和生理缺陷。如两眼视力各不低于0.7(包括纠正视力)，不能有精神失常、色盲、癫痫、高血压、心脏病、眩晕及突发性昏厥等病(体检约两年一次)。(2)具备必要的电气知识，且按其职务和工作熟悉《电气安全工作规程》的有关部分，并经考试合格。一般要求电工作业人员至少有初中毕业及以上的文化程度。(3)学会紧急救护法，首先学会触电解救法和人工呼吸法。

1-1-3

【问】 要求电工作业人员具备哪些职业道德？

【答】 电气安全直接关系到国家和人民群众生命财产的安全，关系到生产、生活等方面的社会正常秩序。电气安全能否得到保证，与电工作业人员的职业道德和技术业务水平有密切的关系。所以，在培养新电工时一定要挑选思想好、职业道德好、身体健康、肯钻研技术业务和工作责任心强的人员。对已取得合格证的电工，也要经常进行安全教育，不断提高技术业务水平，严格组织纪律，注意施工质量，加强电气设备的技术管理，及时消除事故隐患，把安全用电工作的要求落实到每一个电工作业人员。为此，要求每一个电工必须做到以下几点：

(1) 树立安全用电的高度责任感 每个电工作业人员要以高度的责任感和对同志对企业极端负责的精神,做好电气安全工作,反对麻痹大意、冒险操作,坚持做到“装得安全,拆得彻底,修得及时,用得正确”,自觉保证工作质量。

(2) 坚持执行制度的严肃性 电气安全制度是电工作业人员经过长期实践,从许多血和生命的代价中总结出来的,必须严格遵守,坚决执行。对于工作中出现的违章操作要坚决制止,使电气安全制度落实在行动上。

(3) 主动掌握技术业务 电工作业人员应具备必要的电气知识和有关的专门技术。要求每一个电工应该做到“四懂”、“三好四会”。“四懂”即懂原理、懂设备、懂性能、懂生产工艺流程;“三好四会”即管好、用好、修好,会保养、会操作、会维修、会排除故障。

(4) 按期做好检修工作,及时消除设备隐患 对于各种电气设备和整个电气装置,要勤检查、勤保养、勤维修,主动找问题,及时消除设备隐患和事故苗子。对潮湿、高温、有导电性灰尘和地面、腐蚀性气体和金属材料较多的用电危险场所,更应作重点检查保养。

(5) 掌握事故的规律 对事故要“三不放过”,即:事故原因未查清不放过;事故责任者和群众未受到教育不放过;防止对策未落实不放过。要注意上级和劳安部门的事故通报,结合本单位历年的频发事故,掌握其规律性,做到对症下药,防患于未然。一般触电事故容易发生在:①潮湿、高温、有腐蚀性气体的危险场所;②高温潮湿的梅雨季节;③容易损坏的移动电具等。移动或手持电具的安全保护措施,如接地接零更需经常检查,若发现绝缘下降、设备损坏、保护措施有不正常情况时,则应立即停用,修好再用;④人体易接触的带电部

位,必须用可靠的绝缘或屏护保护好。

(6) 发扬团结协作的互助精神 电气工作往往要组织一些电工按严格分工同时协调进行。上下左右之间必须紧密配合,在服从命令、听从指挥、接受监护的同时,还应互相关心、互相照顾,发扬互助协作的精神,防止事故的发生。

1-1-4

【问】 低压电工安全技术学习考核的依据是什么?

【答】 1985年8月,我国国家标准局批准颁发了《国家标准 GB5306-83,特种作业人员安全技术考核管理规则》,以后又出版了《电工作业人员安全技术考核标准(报批稿)》,规定了安全技术考核包括电工理论基础及专业技术知识方面的要求。有关电工安全技术的考核,主要有下列要求:

(1) 了解电气事故的种类、危险性和电气安全的特点、重要性。

(2) 了解电伤害的类型、构成原因和电流对人体的作用、触电事故发生的规律。

(3) 了解我国安全电压等级,掌握安全电压使用场合和使用条件。

(4) 了解触电事故的处理方法,掌握现场触电急救步骤和方法。

(5) 了解不同电压的绝缘、屏护、间距等安全距离和不同电压绝缘的测试方法、绝缘指标,掌握绝缘损坏处理技术和措施,防止直接电击造成的伤害。

(6) 了解保护接地与保护接零的作用原理和装接要求、应用范围,同时掌握安装测试方法。

(7) 了解电气安全用具的种类、性能及用途,掌握其使用保管方法和试验范围、试验标准。

(8) 了解电气设备的过载、短路、欠压、失压、断相等保护的原理。掌握本岗位中电气设备保护方式的选择和保护装置的安装、调试技术。

(9) 掌握低压配电装置的控制电器、保护电器、二次回路的安全运行技术。

(10) 掌握照明装置、家用电器、移动式电器、手持式电动工具及临时供电线路的安装、运行、检修、维护的安全技术要求。

(11) 掌握与电工作业有关的登高、机械、起重、搬运、挖掘、焊接等作业的安全技术。

(12) 掌握本岗位中电气设备性能、主要技术参数及安装、运行、检修、维护、测试等项工作的技术标准和安全技术要求。

(13) 了解带电作业的理论知识，掌握相应的带电作业操作技术和安全要求。

(14) 了解静电的危害和产生的原因，掌握静电防护措施。

(15) 维护、使用漏电保护器，掌握漏电保护的原理、特性及使用范围、校试方法。

(16) 掌握本岗位的环境特点，了解潮湿、易燃、易爆、导电、粉尘、腐蚀性气体及蒸汽、金属容器、地沟、隧道、井下等环境条件对电气设备和安全作业的影响，掌握相应环境条件下的安全措施。

(17) 掌握电工作业中保证安全的下列组织措施和技术要求：①停电；②验电；③装挂接地线；④悬挂标示牌、装设遮栏和开关加锁等；⑤工作票制度；⑥工作许可制度；⑦工作监护制度；⑧工作间断制度；⑨工作转移制度；⑩工作

终结和恢复送电制度。

1-1-5

【问】 上海地区电工作业安全技术考核及发放操作证工作是怎样进行的？

【答】 电工作业以电气设备电压等级划分为高压、低压、安全电压三种。高、低压以 1000V 为分界线，即 1000V 以上为高压，1000V 以下为低压。安全电压为 36、24、12V。

对于 1000V 以上的发电、送电、变电、配电、运行等电业系统的电工作业人员，由电业部门负责培训、考核、发证工作。用户中从事高压作业的电工也由电业部门负责培训、考核、发证工作。

对于工厂、企业、事业单位在 1000V 以下的电气设备安装、检修、试验以及维修、运行作业人员，由上海市劳动局指定电工考核站负责培训、考核、发证工作。

值得指出的是，凡仅持有低压电工操作证的电工，不得独立在电压为 1000V 以上设备进行作业，持有 1000V 以上操作证人员，如要到低压设备上作业，也须要进行低压培训考核，取证后方可独立操作。

在参加安全技术培训前，电工应首先通过电工基础理论及专业技术知识的学习，并须经过二年实践，在实践期间，由所在单位安全部门发给学习操作证，跟班劳动。实习期满方可申请参加电工安全操作证的正式培训。培训时间为 80 学时，经理论考核和实际操作，两项都达到合格要求后，由考核站将成绩汇总，报送上海市劳动局审核，发给正式电工安全操作证。经考试，如果两项都不合格者，不得参加补考。其中有一项不合格者，可在二个月内进行补考。补考不合格者或原两项都不合格者，必须进一步提高电气理论知识和参加实践

锻炼,在进一步提高后,可重新申请参加培训考核。

凡已取得安全操作证者,每二年须进行复训一次,每次复训时间一般为 24~30 学时,由考核站在操作证上签注复审合格章。不合格者需补考,仍不合格者或逾期未经复审者,原证无效,不得继续独立作业。如果连续脱离本作业半年以上,也应参加复审。

1-2 电工基础知识

1-2-1

【问】 什么是电流、电压?什么是导体、绝缘体、半导体?什么是电阻?导体的电阻由哪几个因素确定?

【答】 金属(如铜、铝、银和钢等)材料中原子的外层电子受原子核的吸引力较弱,在材料两端加上电压时,电子便脱离原子核的吸引,在金属中运动而形成电流。电流本质上是电子流,电子是从低电位流向高电位的,但在历史上,科学家已假定外电路中的电流方向从高电位流向低电位,与电子流的方向正好相反。电流的符号用 I 表示,单位为安[培],单位符号为 A。导体的两端必须外加电压才会在导体中产生电流,因此电压是一个推动电流流动的力量,它的符号为 U ,单位为伏[特],单位符号为 V。

凡容易通过电流的物体称为导体。除金属外,非金属材料中的碳及盐、酸或碱的水溶液等也具有较好的导电性能,也是导体。有些材料,如橡胶、胶木、陶瓷、玻璃、云母、塑料和环氧树脂等,其原子中的电子受原子核的吸引力很强,不易流动,其导电性能极差,或几乎不导电,故称它们为绝缘体。另外一些材料(如氧化铜、锗、硅等)的导电性能介于导体与绝缘

体之间,且随外界条件(如加热、加杂质、加电压)的改变使其导电性能有显著的变化,这类物体称为半导体。

导体能传导电流,同时对电流的通过又有阻力,这种阻碍作用称为导体的电阻。导体的电阻大小与所用材料的特性有关,并与导体的长度成正比,与导体的截面积成反比,它们间的关系用数学式表示为

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中 R ——导体的电阻, Ω ;

ρ ——导体的电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;

L ——导体的长度, m ;

S ——导体的截面积, mm^2 。

例 已知在 20°C 时,铜的 ρ 值为 $0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, 铝的 ρ 值为 $0.029\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, 钢的 ρ 值为 $0.1\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, 求在 20°C 时这三种不同材料制成的长为 250m 、截面积为 25mm^2 的导体的电阻?

解 $R_{\text{Cu}} = \rho_{\text{Cu}} \frac{L}{S} = 0.0175 \times \frac{250}{25} = 0.175\Omega$

$$R_{\text{Al}} = \rho_{\text{Al}} \frac{L}{S} = 0.029 \times \frac{250}{25} = 0.29\Omega$$

$$R_{\text{Fe}} = \rho_{\text{Fe}} \frac{L}{S} = 0.1 \times \frac{250}{25} = 1\Omega$$

绝缘体的电阻率要高出很多倍,如玻璃的电阻率 ρ 可达 $10^{14}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 以上。

1-2-2

【问】电阻串并联后,其等值电阻如何计算?

【答】图1-1所示电路中既有电阻的串联,又有电阻的并联。计算AD两端之间等值电阻的步骤如下:

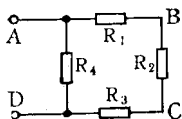


图 1-1

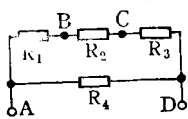


图 1-2

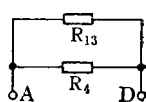


图 1-3

(1) 分析整个电路的组成，必要时可先把电路整理成显而易见易懂的串并联关系，如将图 1-1 改画成图 1-2。

(2) 根据串联电路的电阻计算公式，计算出

$$R_{13} = R_1 + R_2 + R_3$$

见图 1-3。

(3) 再根据并联电路的计算公式，

$$\frac{1}{R_{AD}} = \frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_4}$$

得

$$R_{AD} = \frac{R_{13}R_4}{R_{13} + R_4}$$

若

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1\Omega$$

则

$$R_{13} = R_1 + R_2 + R_3 = 3\Omega$$

$$R_{AD} = \frac{R_{13}R_4}{R_{13} + R_4} = \frac{3 \times 1}{3 + 1} = 0.75\Omega$$

1-2-3

【问】 何谓欧姆定律？列出其各种表达形式。

【答】 欧姆定律是表示电路上电流 I 、电压 U 、电阻 R 三者之间关系的一个重要定律，即流过电阻的电流与电阻两端所加的电压成正比，与电阻值成反比，其公式为

$$I(\text{A}) = \frac{U(\text{V})}{R(\Omega)}$$

从图 1-4 的电路中可知,流过的电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{440} = 0.5\text{A}$$

欧姆定律还可改写成另外两种形式:

$$U = IR \quad \text{或} \quad R = \frac{U}{I}$$



图 1-4

1-2-4

【问】 试说明直流电路中电功(电能)和电功率之间的关系。

【答】 在直流电路中,电流流过负载所做的功与电路中加在负载两端的电压及流过负载的电流成正比,并与通电的时间成正比。电功的符号为 W ,单位为焦[耳],单位符号为 J ,可用下式表示:

$$W = UIt$$

也可改写成另外两种形式

$$W = I^2Rt \quad \text{或} \quad W = \frac{U^2}{R}t$$

式中 W ——电功, J ;

U ——负载两端的电压, V ;

I ——流过负载的电流, A ;

t ——通电的时间, s 。

工程上常用千瓦小时($\text{kW}\cdot\text{h}$)作为计算电功的实用单位,过去常说的1度电 = $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

$$1\text{kW}\cdot\text{h} = 1000\text{W} \times 1\text{h} = 1000 \times 3600 = 36 \times 10^5\text{J}$$

电流在单位时间内所做的功称电功率,它的符号为 P ,单位为瓦[特],单位符号 W ,可用下式表示:

$$P = \frac{W}{t}$$

也可改写成另外三种形式:

$$P = UI \text{ 或 } P = I^2R \text{ 或 } P = \frac{U^2}{R}$$

1-2-5

【问】 什么是直流电?什么是交流电?

【答】 人们在生活中都接触干电池,它是一个典型的直流电源,阳极输出电压为正,阴极输出电压为负,电流从阳极到阴极一个方向流动。这种大小和方向始终保持不变的电流称为直流电。

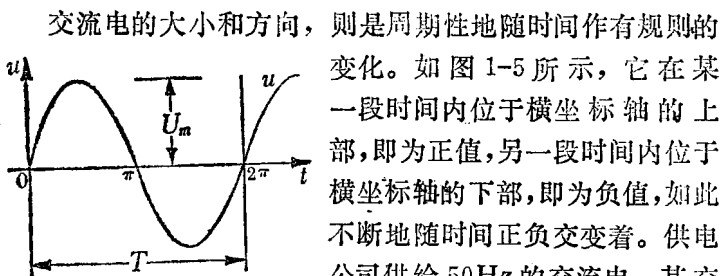


图 1-5

交流电的大小和方向,则是周期性地随时间作有规则的变化。如图 1-5 所示,它在某一段时间内位于横坐标轴的上部,即为正值,另一段时间内位于横坐标轴的下部,即为负值,如此不断地随时间正负交替着。供电公司供给 50Hz 的交流电,其交变规律按照正弦曲线进行,如用示波器观察 220V 电网的电压,看到的波形与图 1-5 所示的曲线相似。此正弦交流电压的变化规律可用数学式来表示,即

$$u = U_m \sin 2\pi ft$$

式中 u ——电压的瞬时值, V;

U_m ——电压的最大值, V;

f ——频率, Hz。

频率 f 表示每秒内波形周而复始变化的次数。我国使用的频率为 50Hz。图 1-5 中曲线每变化一次称为一个周期,以 T 表示,它与频率互成倒数的关系,即 $T = 1/f$, $f = 1/T$ 。因此,