



普通高等工科教育机电类规划教材

电工实习教程

郑州工业高等专科学校 王炳勋 主 编
南京机械高等专科学校 殷埏生 副主编

机械工业出版社

本书是根据国家教委对工程专科电工实习的基本要求编写的。主要包括电工安全知识、电工基本操作、内外线路的安装、三相异步电动机的拆装与检修、常用低压电器、异步电动机基本控制电路及电气柜的安装与调试。为便于教学，每章后都列有实习课题和思考题及习题。

本书可作为高等工程专科学校电气工程类电工实习教材，也可作为电气技术人员的参考书和培训教材；中等专科学校电工实习也可以选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工实习教程/王炳勋主编. —北京: 机械工业出版社, 1999. 9
普通高等工科教育机电类规划教材
ISBN 7-111-07111-5

I. 电… II. 王… III. 电工技术-实习-高等学校-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 14790 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 韩雪清 版式设计: 霍永明 责任校对: 吴美英

封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm¹/16 · 14.25 印张 · 345 千字

00001 - 10000 册

定价: 18.50 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677 - 2527

前 言

本书是根据全国高等专科学校电气工程类专业指导委员会的决定,按照国家教委制定的《高等工程专科电工实习基本要求(试行)》编写的。

电工实习是普通高等专科学校教育中的重要实践教学环节。它对学生掌握基本理论,运用基本知识,训练基本技能,增强实践能力,达到高等专科学校教育培养目标的要求有着十分重要的意义和作用。

本书以国家教委对高等工程专科电工实习基本要求为依据,以满足电工实习教学的需要为出发点,所编内容以够用为度,并强化基本训练,适应高等工程专科电工实习的特点和需要。全书共分七章,主要内容为:电工安全知识;电工基本操作(主要讲述电工工具及仪表的使用、导线的连接和绝缘的恢复);内外线路的敷设;三相异步电动机的拆装与检修;常用低压电器;异步电动机的基本控制线路及电气柜的安装与调试。为方便教学,每章后都列有实习课题和思考题与习题。

本书是按照实习周数4~6周编写的,不同的学校和专业选用时,可根据具体情况删节部分内容。本书可作为高等专科学校电气自动化、电气技术、电机与电器、机电一体化、数控技术应用、计算机应用等专业的电工实习教材,也可供从事电气工程技术人員参考。

本书由郑州工业高等专科学校王炳勋任主编,南京机械高等专科学校殷埏生任副主编。第一章、第七章由殷埏生编写,第二章由湘潭机电高等专科学校李传蜀编写,第四章由哈尔滨理工大学工业技术学院刘云普编写,第五章由郑州工业高等专科学校郭广灵编写,第三、六章及附录由王炳勋编写。

昆明冶金高等专科学校魏启超副教授担任本书主审,认真负责地审阅了全部书稿和插图,并提出了宝贵的修改意见。承德石油高等专科学校张宝树老师参加了本书编写大纲的制定。

在本书编写过程中参阅了多种同类教材和专著,在此向编著者致谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者指正。

编 者

1999年3月

目 录

前言

第一章 电工安全知识	1	第四章 三相异步电动机的拆装 与检修	91
第一节 有关触电的基本知识	1	第一节 概述	91
第二节 触电急救知识	6	第二节 三相异步电动机的拆装	93
第三节 接地装置	8	第三节 三相异步电动机的定子绕组	98
第四节 电气消防知识	13	第四节 三相异步电动机定子绕组的 拆换工艺	106
实习课题	15	第五节 三相异步电动机的检修	111
一、口对口人工呼吸法	15	第六节 小型变压器的绕制	116
二、胸外心脏挤压法	15	实习课题	123
思考题与习题	15	一、小型异步电动机的拆装	123
第二章 电工基本操作	17	二、三相异步电动机常见故障的检测	123
第一节 常用电工工具及使用	17	三、三相异步电动机定子绕组重绕	123
第二节 常用电工仪表的选择与使用	21	四、小型单相变压器的绕制	123
第三节 导线的连接和绝缘的恢复	36	思考题与习题	123
实习课题	47	第五章 常用低压电器	125
一、电工工具的使用及导线的连接	47	第一节 概述	125
二、常用仪表的正确使用	47	第二节 常用低压电器介绍	128
思考题与习题	47	实习课题	151
第三章 内外线路的敷设与安装	48	一、低压电器型号的意义及识别	151
第一节 电力系统概述	48	二、低压电器的选择及安装	151
第二节 内外线的基本知识	49	思考题与习题	151
第三节 室内配线	55	第六章 异步电动机的基本控制电路 及读图方法	152
第四节 室内线路的敷设与安装	65	第一节 概述	152
第五节 动力线路的敷设与安装	78	第二节 基本电气图的绘制原则	162
第六节 电缆的使用和电缆接头 的制作	83	第三节 电气图的读图方法	165
实习课题	88	第四节 三相异步电动机的基本控制 线路	167
一、照明线路的敷设与安装	88	实习课题	174
二、量电装置的安装	88	一、根据电气原理图绘制电气接线图	174
三、动力线路的敷设与安装	89	二、基本控制线路的接线练习	174
四、电缆头的制作	89		
五、架空线路练习	89		
思考题与习题	90		

思考题与习题.....	175	实习课题 机床电气控制线路的安装与 调试.....	206
第七章 电气控制柜的安装与调试	176	思考题与习题.....	207
第一节 电气控制柜安装与调试的基 本知识.....	176	附录 常用低压电器的型号 和规格.....	208
第二节 机床电气控制柜的安装与 调试.....	185	参考文献	221

第一章 电工安全知识

电是现代化生产和生活中不可缺少的重要能源。若用电不慎,就可能造成电源中断、设备损坏、人身伤亡,将给生产和生活造成很大的影响,因此安全用电具有特殊重要的意义。

第一节 有关触电的基本知识

一、触电的类型

触电是指人体触及带电体后,电流对人体造成的伤害。它有两种类型,即电击和电伤。

(一) 电击

电击是指电流通过人体内部,破坏人体内部组织,影响呼吸系统、心脏及神经系统的正常功能,甚至危及生命。电击致伤的部位主要在人体内部,它可以使肌肉抽搐,内部组织损伤,造成发热发麻、神经麻痹等,严重时将引起昏迷、窒息,甚至心脏停止跳动而死亡。数十毫安的工频电流可使人遭到致命电击。人们通常所说的触电就是指电击,大部分触电死亡事故都是由电击造成的。

(二) 电伤

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。电伤会在人体皮肤表面留下明显的伤痕,常见的有灼伤、烙印和皮肤金属化等现象。

在触电事故中,电击和电伤常会同时发生。

二、电流对人体的伤害作用

电流对人体的伤害是电气事故中最主要的事故之一。它的伤害是多方面的,其热效应会造成电灼伤,化学效应可造成电烙印和皮肤金属化,它产生的电磁场对人辐射会导致头晕、乏力和神经衰弱等。电流对人体的伤害程度与通过人体电流的大小、种类、频率、持续时间、通过人体的路径及人体电阻的大小等因素有关。

(一) 电流大小对人体的影响

通过人体的电流越大,人体的生理反应越明显,感觉越强烈,从而引起心室颤动所需的时间越短,致命的危险性就越大。对工频交流电,按照通过人体的电流大小和人体呈现的不同状态,可将其划分为下列三种。

(1) 感知电流 它是指引起人体感知的最小电流。实验表明,成年男性平均感知电流有效值约为 1.1mA ,成年女性约为 0.7mA 。感知电流一般不会对人体造成伤害,但是电流增大时,感知增强,反应变大,可能造成坠落等间接事故。

(2) 摆脱电流 人触电后能自行摆脱电源的最大电流称为摆脱电流。一般男性的平均摆脱电流约为 16mA ,成年女性为 10mA ,儿童的摆脱电流较成年人小。摆脱电流是人体可以忍受而一般不会造成危险的电流。若通过人体电流超过摆脱电流且时间过长会造成昏迷、窒息,甚至死亡。因此摆脱电源的能力随时间的延长而降低。

(3) 致命电流 是指在较短时间内危及生命的最小电流。当电流达到 50mA 以上就会引

起心室颤动，有生命危险；100mA 以上，则足以致人于死亡；而 30mA 以下的电流通常不会有生命危险。

不同的电流对人体的影响，如表 1-1 所示。

表 1-1 电流对人体的影响

电流/mA	交 流 电 (50Hz)		直 流 电
	通电时间	人 体 反 应	人 体 反 应
0~0.5	连 续	无感觉	无感觉
0.5~5	连 续	有麻刺、疼痛感，无痉挛	无感觉
5~10	数分钟内	痉挛、剧痛，但可摆脱电源	有针刺、压迫及灼热感
10~30	数分钟内	迅速麻痹，呼吸困难，不能自由	压痛、刺痛，灼热强烈、有抽搐
30~50	数秒至数分钟	心跳不规则，昏迷，强烈痉挛	感觉强烈，有剧痛痉挛
50~100	超过 3s	心室颤动，呼吸麻痹，心脏麻痹而停跳	剧痛，强烈痉挛呼吸困难或麻痹

电流对人体的伤害与电流通过人体时间的长短有关。通电时间越长，因人体发热出汗和电流对人体组织的电解作用，人体电阻逐渐降低，导致通过人体电流增大，触电的危险性亦随之增加。

从避免心室颤动的观点出发，美国 IECT 根据研究结果，提出了安全电压和允许通电时间的关系，如表 1-2 所示。

表 1-2 安全电压与通电时间的关系

预期接触电压/V	< 50	50	75	90	110	150	220	280
最大允许通电时间/s	∞	5	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.03

(三) 电源频率对人体的影响

常用的 50~60Hz 的工频交流电对人体的伤害程度最为严重。当电源的频率偏离工频越远，对人体的伤害程度越轻。在直流和高频情况下，人体可以承受更大的电流，但高压高频电流对人体依然是十分危险的。

(四) 人体电阻的影响

人体电阻因人而异，基本上按表皮角质层电阻大小而定。影响人体电阻值的因素很多，皮肤状况（如皮肤厚薄、是否多汗、有无损伤、有无带电灰尘等）和触电时与带电体的接触情况（如皮肤与带电体的接触面积、压力大小等）均会影响到人体电阻值的大小。一般情况下，人体电阻为 1000~2000 Ω 。

(五) 电压大小的影响

当人体电阻一定时，作用于人体的电压越高，通过人体的电流越大。实际上通过人体的电流与作用于人体的电压并不成正比，这是因为随着作用于人体电压的升高，人体电阻急剧下降，致使电流迅速增加而对人体的伤害更为严重。

(六) 电流路径的影响

电流通过头部会使人昏迷而死亡；通过脊髓会导致截瘫及严重损伤；通过中枢神经或有关部位，会引起中枢神经系统强烈失调而导致残废；通过心脏会造成心跳停止而死亡；通过呼吸系统会造成窒息。实践证明，从左手至脚是最危险的电流路径，从右手到脚、从手到手也是很危险的路径，从脚到脚是危险较小的路径。

三、常见的触电形式

(一) 单相触电

当人站在地面上或其它接地体上, 人体的某一部分触及一相带电体时, 电流通过人体流入大地 (或中性线), 称为单相触电, 如图 1-1 所示。另外, 当人体距离高压带电体小于规定的安全距离, 将发生高压带电体对人体放电, 造成触电事故, 也称单相触电。单相触电的危险程度与电网运行的方式有关, 在中性点直接接地系统中, 当人触及一相带电体时, 该相电流经人体流入大地再回到中性点, 如图 1-1a 所示, 由于人体电阻远大于中性点接地电阻, 电压几乎全部加在人体上; 而在中性点不直接接地系统中, 正常情况下电气设备对地绝缘电阻很大, 当人体触及一相带电体时, 通过人体的电流较小, 如图 1-1b 所示。所以在一般情况下, 中性点直接接地电网的单相触电比中性点不直接接地的电网的危险性大。

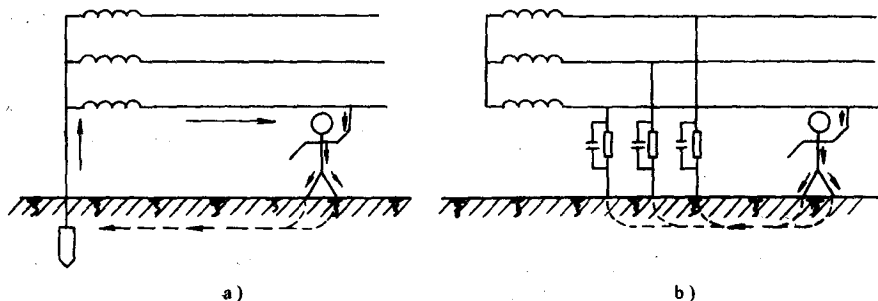


图 1-1 单相触电

a) 中性点直接接地 b) 中性点不直接接地

(二) 两相触电

两相触电是指人体两处同时触及同一电源的两相带电体, 以及在高压系统中, 人体距离高压带电体小于规定的安全距离, 造成电弧放电时, 电流从一相导体流入另一相导体的触电方式, 如图 1-2 所示。两相触电加在人体上的电压为线电压, 所以不论电网的中性点接地与否, 其触电的危险性最大。

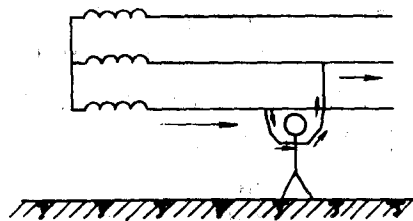


图 1-2 两相触电

(三) 跨步电压触电

当带电体接地时有电流向大地流散, 在以接地点为圆心, 半径为 20m 的圆面积内形成分布电位, 人站在接地点周围, 两脚之间 (以 0.8m 计算) 的电位差称为跨步电压 U_k , 如图 1-3 所示。由此引起的触电事故称为跨步电压触电。由图 1-3 可知, 跨步电压的大小取决于人体站立点与接地点的距离, 距离越小, 其跨步电压越大。当距离超过 20m, 可认为跨步电压为零, 不会发生触电的危险。

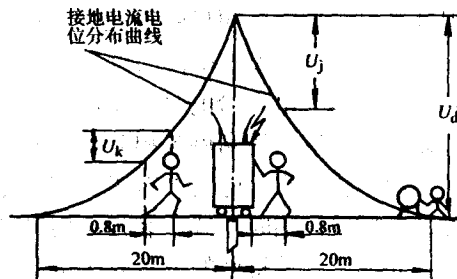


图 1-3 跨步电压和接触电压

(四) 接触电压触电

运行中的电气设备由于绝缘损坏或其它原因造成接地短路故障时, 接地电流通过接地点向大地流散, 会在以接地故障点为中心, 20m 为半径的范围

内形成分布电位，当人触及漏电设备外壳时，电流通过人体和大地形成回路，造成触电事故，这称为接触电压触电。这时加在人体两点的电位差即接触电压 U_j （按水平距离 0.8m，垂直距离 1.8m 考虑）如图 1-3 所示。由图可知，接触电压值的大小取决于人体站立点的位置，若距离接地点越远，则接触电压值越大；当超过 20m 时，接触电压值为最大，等于漏设备的对地电压 U_d ；当人体站在接地点与漏电设备接触时，接触电压为零。

（五）感应电压触电

当人触及带有感应电压的设备和线路时所造成的触电事故称为感应电压触电。如一些不带电的线路由于大气变化（如雷电活动），会产生感应电荷，此外，停电后一些可能感应电压的设备和线路未接临时地线，这些设备和线路对地均存在感应电压。

（六）剩余电荷触电

剩余电荷触电是指当人触及带有剩余电荷的设备时，带有电荷的设备对人体放电造成的触电事故。设备带有剩余电荷，通常是由于检修人员在检修中摇表测量停电后的并联电容器、电力电缆、电力变压器及大容量电动机等设备时，检修前后没有对其充分放电所造成的。此外，并联电容器因其电路发生故障而不能及时放电，退出运行后又未人工放电，也导致电容器的极板上带有大量的剩余电荷。

四、安全用电的措施

电既能造福于人类，也可能因用电不慎而危害人民的生命和国家的财产。所以用电过程中，必须特别注意电气安全。要防止触电事故，应在思想上高度重视，健全规章制度和完善各种技术措施。

（一）组织措施

1) 在电气设备的设计、制造、安装、运行、使用和维护以及专用保护装置的配置等环节中，要严格遵守国家规定的标准和法规。

2) 加强安全教育，普及安全用电知识。对从事电气工作的人员，应加强教育、培训和考核，以增强安全意识和防护技能，杜绝违章操作。

3) 建立健全安全规章制度，如安全操作规程、电气安装规程、运行管理规程、维护检修制度等，并在实际工作中严格执行。

（二）技术措施

1. 停电工作中的安全措施

在线路上作业或检修设备时，应在停电后进行，并采取下列安全技术措施。

（1）切断电源 切断电源必须按照停电操作顺序进行，来自各方面的电源都要断开，并保证各电源有一个明显断点。对多回路的线路，要防止从低电压侧反送电。

（2）验电 停电检修的设备或线路，必须验明电气设备或线路无电后，才能确认无电，否则应视为有电。验电时，应选用电压等级相符、经试验合格且在试验有效期内的验电器对检修设备的进出线两侧各相分别验电。确认无电后方可工作。

（3）装设临时地线 对于可能送电到检修的设备或线路，以及可能产生感应电压的地方，都要装设临时地线。装设临时地线时，应先接好接地端，在验明电气设备或线路无电后，立即接到被检修的设备或线路上，拆除时与之相反。其操作人员应戴绝缘手套，穿绝缘鞋，人体不能触及临时接地线，并有人监护。临时接地线应使用导线截面积不小于 2.5mm^2 的多股软裸铜绞线。严禁使用不符合规定的导线作接地和短路之用。

(4) 悬挂警告牌 停电工作时, 对一经合闸即能送电到检修设备或线路开关和隔离开关的操作手柄, 要在其上面悬挂“禁止合闸, 线路有人工作”的警告牌, 必要时派专人监护或加锁固定。

2. 带电工作中的安全措施

在一些特殊情况下必须带电工作时, 应严格按照带电工作的安全规定进行。

1) 在低压电气设备或线路上进行带电工作时, 应使用合格的、有绝缘手柄的工具, 穿绝缘鞋, 戴绝缘手套, 并站在干燥的绝缘物体上, 同时派专人监护。

2) 对工作中可能碰触到的其它带电体及接地物体, 应使用绝缘物隔开, 防止相间短路和接地短路。

3) 检修带电线路时, 应分清相线和地线。断开导线时, 应先断开相线, 后断开地线。搭接导线时, 应先接地线, 后接相线; 接相线时, 应将两个线头搭实后再行缠接, 切不可使人体或手指同时接触两根线。

4) 高、低压线同杆架设时, 检修人员离高压线的距离要符合安全距离, 如表 1-3 所示。

此外对电气设备还应采取下列一些安全措施。

1) 电气设备的金属外壳要采取保护接地或接零。

2) 安装自动断电装置。对电气设备除了传统的接地、接零保护以外, 还可装设具有自动断电的保护装置, 这是一种新型用电安全措施。自动断电装置有漏电保护、过流保护、过压或欠压保护、短路保护等功能。当带电线路、设备发生故障或触电事故时, 自动断电装置能在规定时间内自动切除电源, 起到保护人身和设备安全的作用。

表 1-3 安全距离

电压等级/kV	安全距离/m
15 以下	0.70
20 ~ 35	1.00
44	1.20
60 ~ 100	1.50

3) 尽可能采用安全电压。为了保障操作人员的生命安全, 各国都规定了安全操作电压。所谓安全操作电压是指人体较长时间接触带电体而不发生触电危险的电压, 其数值与人体可承受的安全电流及人体电阻有关。国际电工委员会 (IEC) 规定安全电压限定值为 50V。我国安全电压规定: 对 50 ~ 500Hz 的交流电压安全额定值 (有效值) 为 42V、36V、24V、12V、6V 五个等级, 供不同场合选用, 还规定安全电压在任何情况下均不得超过 50V 有效值。当电器设备采用大于 24V 的安全电压时, 必须有防止人体直接接触及带电体的保护措施。

根据这一规定, 凡手提式照明灯、机床工作台局部照明、高度不超过 2.5m 的照明灯, 要采用 36V 安全电压; 在潮湿、易导电的地沟或金属容器内工作时, 行灯采用 12V 电压; 某些继电器保护回路、指示灯回路和控制回路也采用安全电压。

安全电压的电源必须采用双绕组的隔离变压器, 严禁用自耦变压器提供低压。使用隔离变压器时一、二次侧绕组必须加装短路保护装置, 并有明显标志。

4) 保证电气设备具有良好的绝缘性能。用绝缘材料把带电体封闭起来, 对一些携带式电气设备和电动工具 (如电钻等) 还须采用工作绝缘和保护绝缘的双重绝缘措施, 以提高绝缘性能。电气设备具有良好的绝缘性能是保证电气设备和线路正常运行的必要条件, 也是防止触电的主要措施。

5) 采用电气安全用具。电气安全用具分为基本安全用具和辅助安全用具, 其作用是把人与大地或设备外壳隔离开来。基本安全用具是操作人员操作带电设备时必需的用具, 其绝

缘必须足以承受电气设备的工作电压。辅助安全用具的绝缘不足以完全承受电气设备的工作电压，但操作人员使用它，可使人身安全有进一步的保障，例如绝缘手套、绝缘靴、绝缘垫、绝缘站台、验电器、临时接地线及警告牌等。

6) 设立屏护装置。为了防止人体直接接触带电体，常采用一些屏护装置（如遮栏、护罩、护套和栅栏等）将带电体与外界隔开。屏护装置须有足够的机械强度和良好的耐热、耐火性能。若使用金属材料制作屏护装置，应妥善接地或接零。

7) 保证人或物与带电体的安全距离。为防止人或车辆等移动设备触及或过分接近带电体，在带电体与地面之间、带电体与带电体之间、带电体与其它设备之间应保持一定的安全距离。距离多少取决于电压的高低、设备类型安装方式等因素。

8) 定期检查用电设备。为保证用电设备的正常运行和操作人员的安全，必须对用电设备定期检查，进行耐压试验。对有故障的电气线路、电气设备要及时检修，确保安全运行。以上安全措施，对防止触电事故和电气设备安全运行是非常重要的。

第二节 触电急救知识

一、触电急救

一旦发生触电事故时，应立即组织人员急救。急救时必须做到沉着果断、动作迅速、方法正确。首先要尽快地使触电者脱离电源，然后根据触电者的具体情况，采取相应的急救措施。

（一）脱离电源

1. 脱离电源的方法

根据出事现场情况，采用正确的脱离电源方法，是保证急救工作顺利进行的前提。

- 1) 拉闸断电或通知有关部门立即停电。
- 2) 出事地附近有电源开关或插头时，应立即断开开关或拔掉电源插头，以切断电源。
- 3) 若电源开关远离出事地时，可用绝缘钳或干燥木柄斧子切断电源。
- 4) 当电线搭落在触电者身上或被压在身下时，可用干燥的衣服、手套、绳索、木棒等绝缘物作救护工具，拉开触电者或挑开电线，使触电者脱离电源；或用干木板、干胶木板等绝缘物插入触电者身下，隔断电源。

5) 抛掷裸金属导线，使线路短路接地，迫使保护装置动作，断开电源。

2. 脱离电源时的注意事项

在帮助触电者脱离电源时，不仅要保证触电者安全脱离电源，而且还要保证现场其他人员的生命安全。为此，应注意以下几点。

- 1) 救护者不得直接用手或其它金属及潮湿的物件作为救护工具，最好采用单手操作，以防止自身触电。
- 2) 防止触电者摔伤。触电者脱离电源后，肌肉不再受到电流刺激，会立即放松而摔倒，造成外伤，特别是在高空更是危险，故在切断电源时，须同时有相应的保护措施。
- 3) 如事故发生在夜间，应迅速准备临时照明用具。

（二）现场急救

触电者脱离电源后，应及时对其进行诊断，然后根据其受伤害的程度，采取相应的急救

措施。

1. 简单诊断

把脱离电源的触电者迅速移至通风干燥的地方，使其仰卧，并解开其上衣和腰带，然后对触电者进行诊断。

(1) 观察呼吸情况 看其是否有胸部起伏的呼吸运动或将面部贴近触电者口鼻处感觉有无气流呼出，以判断是否有呼吸。

(2) 检查心跳情况 摸一摸颈部的颈动脉或腹股沟处的股动脉有无搏动，将耳朵贴在触电者左侧胸壁乳头内侧二横指处，听一听是否有心跳的声音，从而判断心跳是否停止。

(3) 检查瞳孔 当处于假死状态时，大脑细胞严重缺氧，处于死亡边缘，瞳孔自行放大，对外界光线强弱无反应。可用手电照射瞳孔，看其是否回缩，以判断触电者的瞳孔是否放大。

2. 现场急救的方法

根据上述简单诊断结果，迅速采取相应的急救措施，同时向附近医院告急救。

1) 触电者神志清醒，但有些心慌，四肢发麻，全身无力；或触电者在触电过程中一度昏迷，但已清醒过来。此时，应使触电者保持安静，解除恐慌，不要走动并请医生前来诊治或送往医院。

2) 触电者已失去知觉，但心脏跳动和呼吸还存在，应让触电者在空气流动的地方，舒适、安静地平卧，解开衣领便于呼吸；如天气寒冷，应注意保温，必要时闻氨水，摩擦全身使之发热，并迅速请医生到现场治疗或送往医院。

3) 触电者有心跳而呼吸停止时，应采用“口对口人工呼吸法”进行抢救。

4) 触电者有呼吸而心脏停止跳动时，应采用“胸外心脏挤压法”进行抢救。

5) 触电者呼吸和心跳均停止时，应同时采用“口对口人工呼吸法”和“胸外心脏挤压法”进行抢救。

应当注意，急救要尽快进行，即使在送往医院的途中也不能终止急救。抢救人员还需有耐心，有些触电者需要进行数小时，甚至数十小时的抢救，方能苏醒。此外不能给触电者打强心针、泼冷水或压木板等。

二、急救技术

(一) 口对口人工呼吸法

口对口人工呼吸法是触电急救行之有效的科学方法，具体的步骤及方法如下：

1) 使触电者仰卧，迅速解开其衣领和腰带。

2) 将触电者头偏向一侧，张开其嘴，清除口腔中的假牙、血块、食物、粘液等异物，使其呼吸道畅通。

3) 救护者站在触电者的一边，使触电者头部后仰，一只手捏紧触电者的鼻子，一只手托在触电者颈后，将颈部上抬，然后深吸一口气，用嘴紧贴触电者嘴，大口吹气，接着放松触电者的鼻子，让气体从触电者肺部排出。按照上述方法，连续不断地进行，每5s吹气一次，直到触电者苏醒为止，如图1-4所示。

对儿童施行此法，不必捏鼻。如开口有困难，可以紧闭其嘴唇，对准鼻孔吹气（即口对鼻人工呼吸法），效果相似。

(二) 胸外心脏挤压法

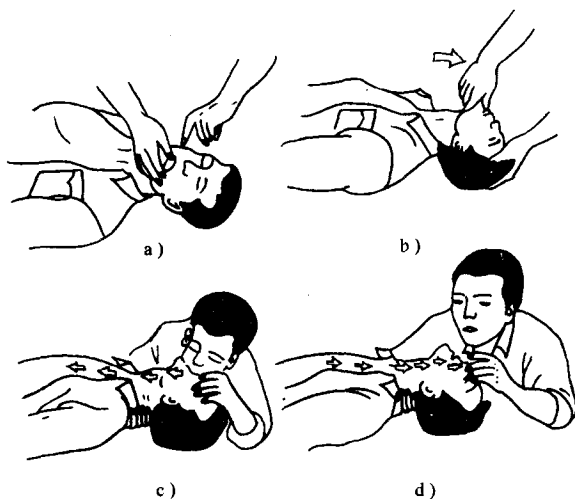


图 1-4 口对口人工呼吸法

a) 清理口腔阻塞 b) 让头后仰 c) 贴嘴吹气 d) 放开嘴鼻换气

1) 将触电者放直仰卧在比较坚实的地方(如木板、硬地等),颈部枕垫软物使其头部稍后仰,松开衣领和腰带,抢救者跪跨在触电者腰部两侧,如图 1-5a 所示。

2) 抢救者将右手掌放在触电者胸骨下 $1/2$ 处,中指指尖对准其颈部凹陷的下端,左手掌复压在右手背上,如图 1-5b 所示。

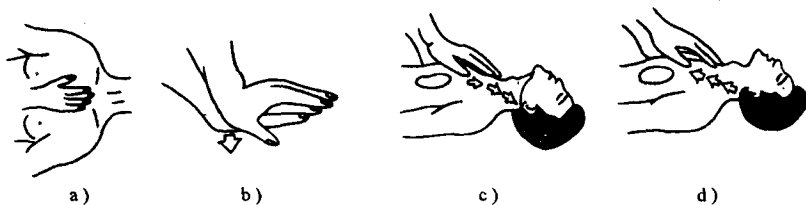


图 1-5 胸外心脏挤压法

a) 手掌位置 b) 左手掌压在右手背上 c) 掌根用力下压 d) 突然松开

3) 抢救者凭借自身重量向下用力挤压 $3 \sim 4\text{cm}$,突然松开,如图 1-5c、d 所示。挤压和放松的动作要有节奏,每秒钟进行一次,不可中断,直至触电者苏醒为止。采用此种方法,挤压定位要准确,用力要适当,用力过猛,会给触电者造成内伤;用力过小,使挤压无效。对儿童进行挤压抢救时更要慎重,每分钟宜挤压 100 次左右。

第三节 接地装置

接地,是利用大地为正常运行、发生故障及遭受雷击等情况下的电气设备等提供对地电流构成回路的需要,从而保证电气设备和人身的安全。因此,所有电气设备或装置的某一点(接地点)与大地之间有着可靠而符合技术要求的电气连接。

一、基本概念

(一) 接地装置、接地体、接地线

接地装置由接地体和接地线组成,如图 1-6 所示。接地体是埋入地中并和大地直接接触的导体组,它又分为自然接地体和人工接地体。自然接地体是利用与大地有可靠连接的金属管道和建筑物的金属结构作为接地体。人工接地体是利用钢材制成不同形状打入地下而形成的接地体。电气设备接地部分与接地体相连的金属导体称为接地线。

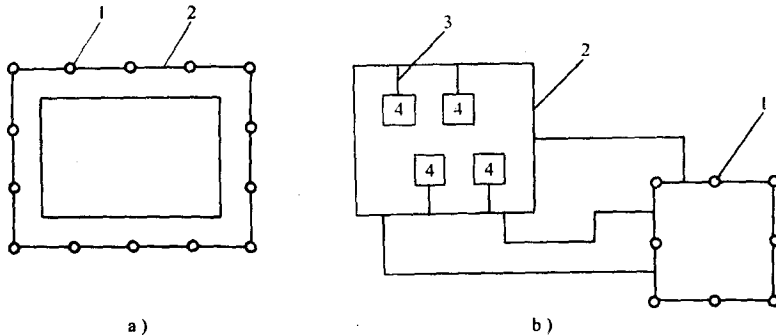


图 1-6 接地装置示意图

a) 回路式 b) 外引式

1—接地体 2—接地干线 3—接地支线 4—电气设备

(二) 接地短路与接地短路电流

运行中的电气设备或线路因绝缘损坏或老化使其带电部分通过电气设备的金属外壳或架构与大地直接短路时,称为接地短路。发生接地短路时,由接地故障点经接地装置而流入大地的电流,称为接地短路电流(接地电流) I_d 。

(三) 接地装置的散流现象

当运行中的电气设备发生接地短路故障时,接地电流 I_d 通过接地体以半球面形状向大地流散,形成流散电场。由于球面积与半径的平方成正比,所以半球形的面积随着远离接地体而迅速增大。因此与半球面积对应的土壤电阻随着远离接地体而迅速减小,至离接地体 20m 处半球面积已相当大,土壤电阻已小到可以忽略不计。就是说,距接地体 20m 以外,电流不再产生电压降,或者说该处的电位已降到为零。通常将这电位等于零的地方,称为电气上的“地”。

运行中的电气设备发生接地短路故障时,电气设备的金属外壳、接地体、接地线与零电位之间的电位差,称为电气设备接地时的对地电压。接地的散流现象及地面各类电位的分布如图 1-7 所示。

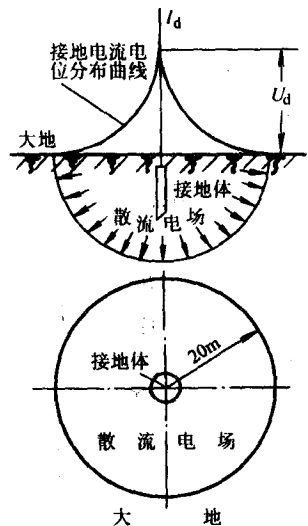


图 1-7 地中电流和对地电压

(四) 散流电阻、接地电阻、工频接地电阻、冲击接地电阻

接地线电阻和接地体的对地电阻的总和称为接地装置的接地电阻。

接地体的对地电压与接地电流之比值称为散流电阻。

电气设备接地部分的对地电压与接地电流之比,即为接地电阻。由于接地线和接地体本身电阻很小,可忽略不计,故一般认为接地电阻就是散流电阻。

工频电流流过接地装置时呈现的电阻称为工频接地电阻。

当有冲击电流（如雷击的电流值很大，为几十至几百 kA，时间很短，为 $3 \sim 6 \mu s$ ）通过接地体流入地中，土壤即被电离，此时求得的接地电阻为冲击接地电阻。任一接地体的冲击接地电阻都比工频接地电阻小。

（五）中性点与中性线

在星形联结的三相电路中，其中三个绕组连在一起的点称为三相电路的中性点。由中性点引出的线称为中性线，如图 1-8 所示。

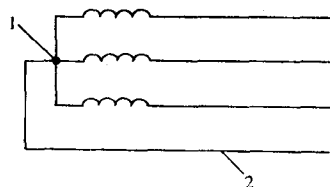


图 1-8 中性点与中性线
1—中性点 2—中性线

（六）零点与零线

当三相电路中中性点接地时，该中性点称为零点。此时，由零点引出的线称为零线，如图 1-9 所示。

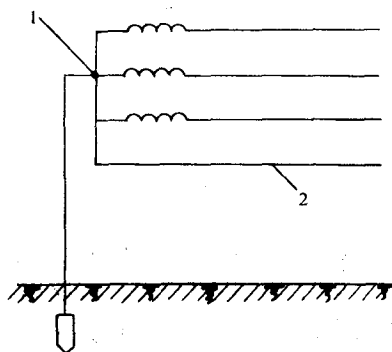


图 1-9 零点与零线
1—零点 2—零线

二、电气设备接地的种类

（一）工作接地

为了保证电气设备的正常工作，将电路中的某一点通过接地装置与大地可靠地连接起来就称为工作接地。如变压器低压侧的中性点、电压互感器和电流互感器的二次侧某一点接地等，其作用是为了降低人体的接触电压。

（二）保护接地

保护接地就是电气设备在正常情况下不带电的金属外壳以及与它连接的金属部分与接地装置作良好的金属连接。

1. 保护接地原理

在中性点不直接接地的低压系统中带电部分意外碰壳时，接地电流 I_d 通过人体和电网与大地之间的电容形成回路，此时流过故障点的接地电流主要是电容电流。当电网对地绝缘正常时，此电流不大；如果电网分布很广，或者电网绝缘性能显著下降，这个电流可能上升到危险程度，造成触电事故，如图 1-10a 所示。图中 R_r 为人体电阻， R_b 为保护接地电阻。

为解决上述可能出现的危险，可采用图 1-10b 所示的保护接地措施。这时通过人体的电流仅是全部接地电流 I_d 的一部分 I_r 。由于 R_b 与 R_r 是并联关系，在 R_r 一定的情况下，接地

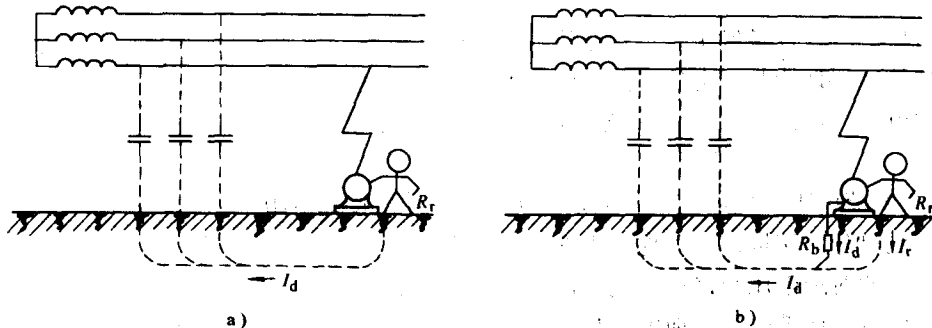


图 1-10 保护接地原理
a) 不接地的危险 b) 接地后的情形

电流 I_d 主要取决于保护接地电阻 R_b 的大小。只要适当控制 R_b 的大小（应在 4Ω 以下）即可以把接地电流 I_b 限制在安全范围以内，保证操作人员的人身安全。

2. 保护接地的应用范围

保护接地适用于中性点不直接接地的电网，在这种情况下与带电体绝缘的金属部分，一旦绝缘损坏漏电或感应电压就会造成人员触电的事故，除有特殊规定外均应保护接地。应采取保护接地的设备有如下一些：

- 1) 电机、变压器、照明灯具、携带式及移动式用电器具的金属外壳和底座。
- 2) 电器设备的传动机构。
- 3) 室内外配电装置的金属构架及靠近带电体部分的金属围栏和金属门以及配电屏、箱、柜和控制屏、箱、柜的金属框架。
- 4) 互感器的二次线圈。
- 5) 交、直流电力电缆的接线盒、终端盒的金属外壳和电缆的金属外皮。
- 6) 装有避雷线的电力线路的杆和塔。

(三) 保护接零

所谓保护接零就是在中性点直接接地系统中，把电气设备正常情况下不带电的金属外壳以及与它相连接的金属部分与电网中的零线作紧密连接，可有效地起到保护人身和设备安全的作用。

1. 保护接零原理

在中性点直接接地系统中，当某相绝缘损坏碰壳短路时，通过设备外壳形成该相对零线的单相短路，短路电流 I_d 能使线路上的保护装置（如熔断器、低压断路器等）迅速动作，从而把故障部分的电源断开，消除触电危险，如图 1-11 所示。

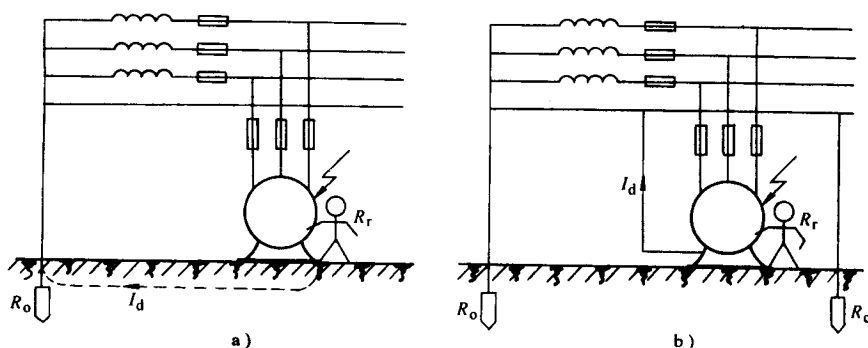


图 1-11 保护接零原理

a) 未接零情形 b) 接零后情形

2. 重复接地

三相四线制的零线一处或多处经接地装置与大地再次连接，称为重复接地。

(1) 重复接地的作用 重复接地的接地电阻不应大于 10Ω ，用于 1kV 以下的接零系统中，它是保护接零系统中不可缺少的安全技术措施。

1) 降低漏电设备的对地电压。对采用保护接零的电气设备，当其带电部分碰壳时，短路电流经过相线和零线形成回路。此时电气设备的对地电压等于中性点对地电压和单相短路电流在零线中产生电压降的相量和。显然，零线阻抗的大小直接影响到设备对地电压，而这

个电压往往比安全电压高出很多。为了改善这一情况,可采用重复接地,以降低设备碰壳时的对地电压。

2) 减轻零干线断线后的危险。当零线断线时,在断线后边的设备如有一台电气设备发生碰壳接地故障,就会导致断点之后所有电气设备的外壳对地电压都为相电压,这是非常危险的,如图 1-12 所示。

若装设了重复接地,这时零线断线处后面各设备的对地电压 $U_c = I_d R_c$, 其中 R_c 为重复接地电阻,而零线断线处前面各设备的对地电压 $U_o = I_d R_o$ 。若 $R_o = R_c$ 则零线断线处前后各设备的对地电压相等,且为相电压的一半,即 $U_c = U_o = U_x$, U_x 为相电压,如图 1-13 所示,这样可均匀各设备外壳的对地电压,减轻危险程度。当 $R_o \neq R_c$ 时,总有部分电气设备的对地电压将超过 $U_x/2$,这将是危险的。因此,零线的断线是应当尽量避免的,必须精心施工,注意维护。

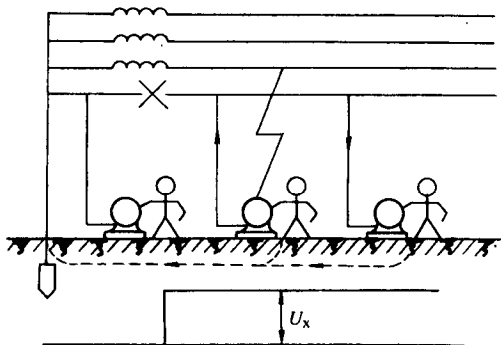


图 1-12 无重复接地零线断线的危险

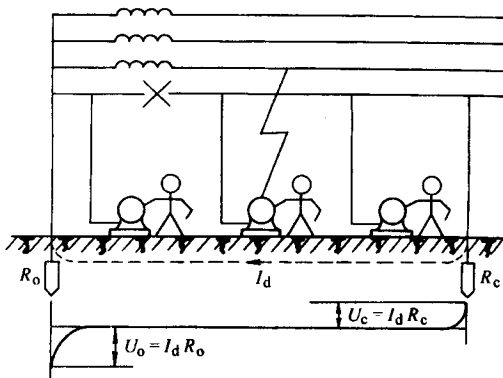


图 1-13 有重复接地零线断线的情况

3) 缩短碰壳短路故障的持续时间。因为重复接地、工作接地和零线是并联支路,所以发生短路故障时增加短路电流,加速保护装置的动作,从而缩短事故持续时间。

4) 改善低压架空线路的防雷性能。在架空线路零线上重复接地,对雷电有分流作用,有利于限制雷电过电压。

(2) 重复接地的地点 重复接地有集中重复接地和环形重复接地两种,前者用于架空线路,后者用于车间。在装设重复接地装置时,应选择合适的地点。为此规程规定在采用保护接零系统中,零线应在下列各处进行重复接地:

1) 电源的首端、终端,架空线路的干线和分支线路的终端及沿线路的每 1km 处应进行重复接地。

2) 架空线路和电缆线路引入到车间或大型建筑物内的配电柜应进行重复接地。

3) 采用金属管配线时,将零线与金属管连接在一起做重复接地;采用塑料管配线时,在管外敷设的不小于 10mm^2 的钢线与零线连接在一起做重复接地。

3. 保护接零的应用范围

在变压器中性点直接接地的供电系统中,在电压 380/220V 的三相四线制电网中,因绝缘损坏而可能呈现危险对地电压的电气设备金属外壳均采用保护接零。应注意,在中性点直接接地的系统中采用保护接地不能防止人体遭受触电的危险。

4. 采取保护接零时的注意事项