



煤矿技工学校实习试用教材

煤矿电气设备检修

全国煤矿技工学校教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

煤矿技工学校实习试用教材

煤矿电气设备检修

全国煤矿技工学校教材编审委员会 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书根据全国煤矿技工教材编审委员会1992年5月颁发的《煤矿电气设备检修工种生产实习教学大纲》编写而成。

全书共九篇,主要内容有电气检修工基本操作,矿用电气设备(如电动机、变压器、控制开关、电动机控制设备等)的安装、维护、检修、调试方法。此外,本书还对矿井供电设备和矿井电气控制设备的运行、维护及故障处理作了介绍。

本书图文并茂、通俗易懂且工艺性强,既可作煤矿技工学校实习教材,也可供具有初中以上文化程度的电工自学,同时也是一本较好的现场电工技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿电气设备维修/李天寿等编写. —北京:煤炭工业出版社,1997.4

煤矿技工学校生产实习试用教材

ISBN 7-5020-1413-6

I. 煤… II. 李… III. 煤矿-电气设备-维修-技工学校-教材 IV. TD82

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第00315号

煤矿技工学校实习试用教材

煤矿电气设备检修

全国煤矿技工学校教材编审委员会 编

责任编辑:向云霞

煤炭工业出版社 出版

(北京朝阳区曙光里8号 100016)

北京密云春雷印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787×1092mm $1/16$ 印张 27 $1/2$ 插页 2

字数 659 千字 印数 1—3,215

1997年10月第1版 1997年10月第1次印刷

书号 4182 定价 36.40 元

前 言

为了适应煤矿技工学校教学改革的需要,加速技工人才的培养,促进煤炭工业现代化生产建设的发展和技术进步,全国煤矿技工教材编审委员会第一次全体会议确定,以“七五”教材建设为基础,继续坚持“补齐、配套、完善、提高”,突出基础理论、基础知识教学和基本技能训练的原则,研究制定了“八五”煤矿技工教材规划。根据规划的要求,我们组织部分专家编写了煤炭主要专业的实习教材,力争早日完成技工学校实习教材编审任务,满足煤矿技工学校教学的需要。这些教材将陆续出版发行。

《煤矿电气设备检修》是煤矿技工学校实习教材中的一种,是根据全国煤矿技工学校统一教学计划和生产实习教学大纲编写的,并经全国煤矿技工教材编审委员会组织审定认可,是全国煤矿技工学校和工人的在职培训必备的统一教材。

该教材由郑州煤炭技工学校李天寿任主编(并参编第一、八、九篇),参加编写的人员有程建业(第二篇)、黄翠柏(第三篇)、高晓东(第四、五篇)、李丰艺(第六、七篇),郑州煤炭技工学校,大屯煤电公司、西山矿务局技工学校、阜新矿务局技工学校、淄博矿务局技工学校的有关教师参加了审定工作。另外,教材的编审得到了郑州煤炭设计院、郑州煤炭工业集团公司等有关领导的大力支持和帮助,煤炭部科教司的有关同志具体组织并参加了审定和修改工作。

全国煤矿技工教材编审委员会

1997.4.8

目 录

第一篇 入门知识.....	1
课题一 维修电工基本知识	1
课题二 触电预防与触电急救	4
课题三 防雷常识及防雷设施	7
第二篇 钳工基本操作	13
课题一 钳工常用量具	13
课题二 平面划线	17
课题三 金属锯削	21
课题四 金属凿削	26
课题五 金属锉削	31
课题六 钻孔	37
课题七 攻丝与套丝	42
课题八 矫正与弯曲	45
课题九 复合作业	52
第三篇 电工基本操作	54
课题一 常用电工工具的使用	54
课题二 电工材料及用途	62
课题三 导线连接及绝缘恢复	73
课题四 焊接基本操作	83
课题五 常用电工仪表的使用	89
课题六 室内配线	98
课题七 普通照明线路	110
课题八 进户装置及配电箱的安装	123
课题九 外线工艺	133
课题十 电缆施工	156
课题十一 矿井照明	166
课题十二 矿井信号	172
课题十三 接地装置及接地电阻的测量	178
第四篇 电动机的修理	188
课题一 三相异步电动机的拆卸与装配	188
课题二 三相异步电动机的安装与接线	198
课题三 三相异步电动机的检修及故障排除	202
课题四 重绕三相异步电动机定子绕组	213
课题五 三相异步电动机修复后的试验	220
课题六 直流电动机的维护及常见故障的处理	226
课题七 直流电动机修复后的试验	235
第五篇 矿用变压器的修理	240

课题一 矿用变压器的吊检与组装	240
课题二 矿用变压器的安装、接线与运行	246
课题三 矿用变压器的常见故障及处理	252
课题四 矿用变压器的试验及测定	260
第六篇 电子线路实习	265
课题一 用万用表测试常用电子元件	265
课题二 12V5A 稳压电源整流电路的安装	274
课题三 超外差式晶体管收音机的安装	277
课题四 单相可控整流装置的安装	286
第七篇 矿用高、低压开关及配电设备的安装与维修	292
课题一 低压隔爆开关的安装及检修	292
课题二 防爆设备防爆面的一般性修补和磷化处理	297
课题三 QC83—80 型磁力起动器的维修	304
课题四 QC83—225 型磁力起动器的维修	307
课题五 QC83—80N 型磁力起动器的维修	309
课题六 QCZ83—225g2B 型真空磁力起动器的维修	311
课题七 矿用隔爆 DW81 型自动馈电开关和 JY82 型检漏继电器的维修	317
课题八 DZKB—1140/660 矿用隔爆型馈电开关的维修	322
课题九 DQZBH—300/1140 型真空磁力起动器的维修	334
课题十 ZZ8L—2.5 (Ⅱ) 型矿用隔爆煤电钻综合保护装置的维修	342
课题十一 SF ₆ (六氟化硫) 断路器的安装	348
课题十二 SN10—10 型少油断路器的维修	358
课题十三 PB ₂ —6 型高压隔爆配电箱的维修	364
第八篇 电动机控制线路的安装	371
课题一 低压控制电器的安装与维修	371
课题二 点动控制线路的安装接线	383
课题三 具有自锁功能及过载保护的 control 线路的安装	385
课题四 按钮、接触器双重联锁正反转控制线路的安装接线	387
课题五 星形 (Y) — 三角形 (Δ) 降压起动控制线路的安装接线	390
课题六 并励直流电动机正反转控制线路的安装接线	392
第九篇 矿井供电设备运行、维护和故障处理	395
课题一 井下供电系统及设备布置	395
课题二 变配电所的倒闸操作	408
课题三 井下供电系统常见故障及其排除方法	421

第一篇 入门知识

通过本篇参观与实习,使学生对电能的产生、输送以及分配概况有个感性认识,明确维修电工的工作范围,并在思想上树立起文明生产的良好意识。

课题一 维修电工基本知识

一、实习目的

- (1) 了解维修电工的职责范围。
- (2) 了解实习工厂的规章制度和电业安全作业规程。
- (3) 掌握电气消防知识。
- (4) 熟悉本校输、变、配电概况。

二、实习内容

1. 维修电工的任务

维修电工的工作范围很广,包括室内外照明线路、动力线路的安装和维修、室外架空线路的安装,室内外电缆中间接头和终端接头的制作,变配电设备的安装,避雷器和接地装置的安装,变配电所的停送电与重合闸,电网停电事故的判断和处理,电动机、变压器及各种控制开关的安装、检修和故障排除,工业电子化自动控制的安装、调试、维护及故障判断与处理等。

要做好上述这些工作,维修电工首先应具备正确使用电工常用工具、量具、仪器、仪表的能力,掌握好电气测量技术。作为煤矿的维修电工,还应熟悉一些本行业有关的规程、规范及标准,如《煤矿安全规程》、《煤矿机电设备完好标准》、《煤矿机电设备检修质量标准》等。

2. 文明生产和电工基本安全知识

1) 文明生产

文明生产是厂、矿管理的一项重要内容。野蛮的工作行为将影响电工工具和钳工工具的使用寿命,影响操作技能的正常发挥,严重的甚至还影响到设备和人身的安全,所以,从开始学习基本操作技能时,就应该养成文明生产的良好习惯。

文明生产的具体内容有:

(1) 电工工作台应放置在便于工作和光线适宜的地方,钻床和砂轮机一般应安装在场地的边沿。

(2) 电工工具和钳工工具应正确的使用和保管,小组公用的工具如梯子、冲击钻、电动机拆卸工具等应放入专用的箱或柜中,或放入指定的地点。个人保管的工具用毕应擦干净后分置于各自的工具箱内,不能随意放置,以防损坏或遗失。

(3) 导线和各种电器应放在规定的位置,要排列整齐、放置平稳,并便于取放。

(4) 下班前,应清扫实习场地,废电线和电器应堆放到指定的地点。

2) 电工基本安全知识

电工参加生产实习前必须接受安全教育，待掌握了电工基本的安全知识后，方可参加电工的生产实习。

电工应掌握的具体安全操作技术将分别在以后的生产实习中，结合具体工艺操作加以介绍，这里仅就电工应具有的最基本的安全知识综述如下。

(1) 实习时必须穿工作服和绝缘鞋，女同学还应戴工作帽，头发或辫子应塞入帽内。井下作业要戴安全帽和佩带矿灯。

(2) 在进行内外线安装或维修操作时，必须严格遵守各种安全操作规程和规范。

(3) 工具的绝缘手柄、绝缘鞋和绝缘手套等的绝缘性能必须良好，并应作定期检查。登高工具必须牢固可靠，也应作定期检查。未经登高训练的同学，不准进行登高操作。

(4) 验电器（试电笔）在使用前须在确有电源的试验台上测试，证明确实良好后，方可使用。

(5) 倒闸操作必须严格按规程进行，如分断电源时，应先断开负荷开关，然后再断开隔离开关；合闸送电时，应先合上隔离开关，然后再合上负荷开关。

(6) 发现有人触电时，不得惊慌失措，更不允许临危逃离现场，要立即用电话或派人请医生组织抢救。在等待医生到来之前或送往医院途中，要采取相适应的急救措施进行救护（人工呼吸法或胸外心脏挤压法）。

(7) 煤矿井下和选煤楼等可能由电火花引起瓦斯、煤尘爆炸的工作场所使用的隔爆机电设备，必须符合完好标准的规定。

(8) 所有电气设备的金属外壳，都必须有可靠的保护接地。

(9) 凡有可能被雷击的电气设备，都要安装防雷装置。

(10) 电气设备、电缆及电气装置发生火警时，要尽快先切断电源，以防止火情蔓延和灭火时造成触电。

(11) 灭火时要用黄砂、二氯化碳或 1211 灭火机等不导电灭火器材，不可用水或泡沫灭火器进行灭火。否则会触电或损坏设备。

三、现场参观（由生产实习指导教师带领）

(1) 参观一个火力（或水力）发电厂。

(2) 参观本校（或矿、厂）变（配）电所。

(3) 参观室外架空线路。

(4) 参观本校（或矿、厂）电工生产场地。

附 电能的生产、输送和分配概况

电能在生产、输送、分配、使用及控制方面，都较其他形式能量优越，所以在工农业生产，科学实验及人民生活等各个领域得到广泛应用。

由各种电压的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的发电、输电、变电、配电和用电的整体，叫作电力系统。电力系统的示意图如附图 1 所示。图中发电厂的发电机所产生电能的电压经过升压变压器升压后，由输电线路远距离输送至用电点，经区域变电所的降压变压器降压供给各用户。

（一）发电

发电即电力的生产，生产电力的工厂称为发电厂；发电按所用的能源不同，可分为火

力发电、水力发电和原子能发电等。

1. 火力发电

火力发电通常是以煤或石油为燃料，使锅炉产生蒸汽，以高压高温蒸汽驱动汽轮机，由汽轮机来带动发电机而发电的。规模较小的电厂，也采用燃汽轮机或内燃机来带动发电机而发电。

2. 水力发电

水力发电是以自然水力资源作为动力来发电的。往往通过水库或筑坝截流的方法提高水位，利用水流的位能驱动水轮机，由水轮机来带动发电机而发电。

3. 原子能发电

原子能发电厂也称核电厂。原子能发电是由核燃料在反应堆中的裂变反应所产生的热能来生产高压高温蒸汽，驱动汽轮机来带动发电机而发电。

目前世界上由电厂提供的电力，绝大多数是交流电。电力的质量指标除电压外，尚有关于频率的质量要求。我国规定电力系统的交流电频率为 50Hz，称为工频。

(二) 升压

由于考虑发电机的绝缘结构和运行安全等因素，发电机的输出电压不能很高，一般都在 22kV 以下，要把这样低电压的电，输送到数百公里外去将损耗很多的电能。因此，必须经过升压变压器将电压升高到 35~500kV。目前我国常用的输电电压等级有：35kV、110kV、220kV、330kV 和 500kV 等多种。

(三) 输电

输电是指电力的输送。若输电的距离越长，输电电压就升得越高。一般情况下，输电距离在 50km 以下的，采用 35kV 电压；在 100km 上下的，采用 110kV 电压；超过 200km 的采用 220kV 或更高的电压。

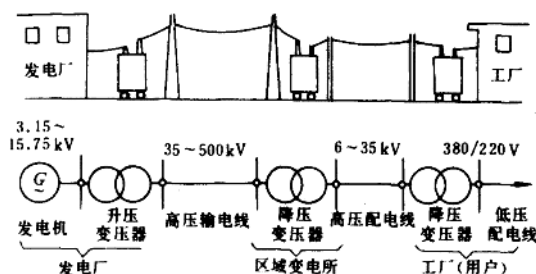
输电线路一般都采用架空线路，有的地方采用电缆线路。架空线路按不同的电压等级采用不同杆塔。35kV 线路，通常采用混凝土杆，每个支持点上用 2~4 个悬式瓷瓶串联来支持导线；110kV 线路，有用铁塔架设的，也有用混凝土杆单杆或双杆（俗称龙门杆）架设的，每个支持点上用 7~9 个悬式瓷瓶串联来支持导线；220kV 以上线路大多采用铁塔架设，每个支持点上用 13 个以上悬式瓷瓶串联来支持导线。因此，根据杆塔构造和导线支持点串接瓷瓶的多少就可以判别架空输电线路的电压等级。

(四) 变电

变电即变换电网的电压等级。变电分为输电电压的变换和配电电压的变换，前者称为变电站（所），后者称为变配电站（所）。如果只具备配电功能而无变电设备的，则称为配电站（所）。

(五) 配电

配电即电力的分配。常用的配电电压有 10kV 或 6kV 高压和 380/220V 低压两种。用电量大的用户，也需用 35kV 高压，或 110kV 超高压直接供电。



附图 1 电力系统示意图

根据用户用电的性质不同，负荷分为三级：

1. 一级负荷

中断供电将造成人身伤亡，或将损坏主要设备且长期难以修复，或对国民经济带来巨大损失，如大型医院、炼钢厂、石油提炼厂及矿井等。

2. 二级负荷

中断供电将会造成大量产品报废，或致使复杂的生产过程出现长期混乱，或致使生产上造成重大损失，以及中断供电将造成重要公共场所秩序的混乱，如化纤厂、抗菌素制造厂、水泥厂大窑和大型体育馆、剧场等。

3. 三级负荷

除一、二级负荷以外的其他用户，均属三级负荷。

对一、二级负荷，要求供电系统当线路发生故障停电时，仍保证其连续供电。

对三级负荷所提供的电力，允许供电系统当线路发生故障时暂时停电。

综上所述，鉴于煤矿的特殊性，供电电压分有等级，见附表1，基本规律是 $U_{\text{线}} = \sqrt{3} U_{\text{相}}$ ，三相对称负载为星形(Y)连接时，如：

$$1140 \approx \sqrt{3} \times 660 \text{ (V)}$$

$$660 \approx \sqrt{3} \times 380 \text{ (V)}$$

$$380 \approx \sqrt{3} \times 220 \text{ (V)}$$

$$220 \approx \sqrt{3} \times 127 \text{ (V)}$$

附表1 煤矿供电电压等级

	电压等级(V)	用 途	备 注
交 流 电	36	地面机修车间各种机床照明井下电气设备控制回路局部照明	
	127	井下照明、信号、煤电钻	
	220	地面照明、信号、低压动力、家用电器	
	380	井下动力及地面动力	小煤矿井下用
	660	井下动力	
	1140	井下采区大型采煤机组	
	3kV、6kV、10kV	一般输配电	
	35kV、60kV	高压输电	
	110kV、220kV、154kV、 330kV、500kV	超高压输电	
直 流 电	110、220、440	一般动力	
	250、550	架线电机车	
	40、80、110、220	蓄电池电机车	
	2.5、4、6	矿灯	

课题二 触电预防与触电急救

一、实习目的

(1) 了解防止触电的安全措施。

(2) 掌握触电急救方法。

二、实习内容

(一) 防止触电的安全措施

1. 停电作业中防止触电的安全措施

在电气设备上作业，一般情况下，均应停电后进行。

1) 断开电源

在检修设备时，应把电源都断开，对于多回路的线路，特别要防止从低压侧向被检修设备反送电。

2) 验电

工作前，必须用电压等级合适的验电器，对检修设备的进出线两侧各相分别验电，确认无电后，方可开始工作。

3) 装设接地线

对于可能送电到检修设备的各电源侧及可能产生感应电压的地方都要装设接地线。

装设接地线时，必须先接接地端，后接导体端，且接触必须良好。拆接地线时的程序与此相反。装拆接地线均应使用绝缘杆或戴绝缘手套，人体不得碰触接地线，并有人监护。接地线的截面积不得小于 2.5mm^2 。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

在断开的开关和闸刀操作手柄上悬挂“禁止合闸，有人工作”的警告牌，必要时加锁固定。

2. 带电作业中的防触电措施

如因特殊情况必须在电气设备或线路上带电工作时，应按照带电工作的安全规定进行。

(1) 在低压电气设备和线路上从事带电工作时，应设专人监护，使用合格的有绝缘手柄的工具，穿绝缘鞋，并站在干燥的绝缘物上。

(2) 将可能碰触的其他带电体及接地物体应用绝缘物隔开，防止相间短路及接地短路。

(3) 带电检修线路时，应先分清相线（火线）与地线。断开导线时，应先断开火线，后断开地线。搭接导线时，应先接地线，后接火线。接火线时，应先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导线。

(4) 高、低压线同杆架设时，检修人员离高压线的距离应符合表 1—1 所示的距离。

表 1—1 安全距离

电压等级 (kV)	安全距离 (m)	电压等级 (kV)	安全距离 (m)
15 以下	0.70	44	1.20
20~35	1.00	60~110	1.50

3. 移动电具的安全使用

(1) 电钻、行灯等移动电具的绝缘电阻不应小于 $2\text{M}\Omega$ ，引线和插头都应完整无损。引线必须采用三芯（单相电具）、四芯（三相电具）坚韧橡皮线或塑料护套软线，截面至少为 0.5mm^2 ；引线不得有接头，不宜过长，一般不超过 5m。

(2) 使用电钻前应检查电源引线、插座是否完好无损，外壳是否漏电。使用电钻时，除 36V 以下安全电压的电钻外都须戴绝缘手套进行操作。

(3) 为了消除行灯的触电事故, 行灯电压应为 36V, 但在金属容器内部或井下作业等危险场所工作时, 必须采用 12V 安全电压。

(二) 触电急救方法

1. 使触电者迅速脱离电源

(1) 出事地附近有电源开关或插头时, 应立即断开开关或将插头拔掉, 以切断电源。

(2) 如电源开关距出事地距离太远时, 可用干燥的木棒、竹杆等绝缘物将电线移开, 也可用带绝缘柄的钢丝钳等切断电源, 使触电者迅速脱离电源。

(3) 触电发生在夜间或黑暗场所, 应准备手电筒、蜡烛等临时照明用具。

2. 脱离电源时应注意的事项

(1) 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, 特别在高空更是危险, 故需同时有相应的安全措施。

(2) 脱离电源时, 还要注意不要误伤他人而将事态扩大。

3. 简单诊断

(1) 将脱离电源的触电者迅速移至较通风干燥的地方, 使其仰卧, 将上衣与裤带放松。

(2) 观察一下有否呼吸存在; 摸一摸颈动脉有没有搏动, 以作为有否心跳的依据。

(3) 看一看触电者瞳孔是否放大, 当处于假死状态时, 大脑细胞严重缺氧, 处于死亡边缘, 瞳孔也就自行放大, 如图 1—1 所示。

4. 根据诊断结果, 采取相应的急救措施

(1) 对“有心跳而呼吸停止”的触电者, 应采用“口对口人工呼吸法”进行抢救。

(2) 对“有呼吸而心脏停跳”的触电者, 应采用“胸外心脏挤压法”进行抢救。

(3) 对“呼吸和心跳都已停止”的触电者, 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。

一旦出现上述现象, 如不及时进行抢救, 则会因人体大脑细胞严重缺氧将造成死亡事故, 所以一方面应向医院告急救, 另一方面必须对触电者立即进行现场抢救。抢救者还要有耐心。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。同时注意千万不可对触电者泼冷水或注射肾上腺素等强心针。

5. 急救技术

1) 口对口人工呼吸法

(1) 将触电者仰卧, 解开衣领和裤带。

(2) 然后将触电者头偏向一侧, 张开其嘴, 用手指清除口腔中的假牙、血块等异物, 使呼吸道畅通。

(3) 抢救者在病人一边, 一手捏紧触电者的鼻子, 另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, 接着放松捏鼻子的手, 让气体从触电者肺部排出, 如此反复进行, 以每 5 秒钟吹气 1 次, 坚持连续进行, 不可间断, 直到触电者苏醒为止。口对口人工呼吸法步骤如图 1—2 所示。

2) 胸外心脏挤压法

(1) 使触电者仰卧在硬板上或地上, 颈部枕垫软物使头部稍后仰, 松开衣服和裤带, 抢



图 1—1 瞳孔的变化

救者跪跨在触电者腰部。

(2) 抢救者将右手掌根部按于触电者胸骨下 $1/2$ 处, 中指指尖对准其颈部凹陷的下缘, 当胸一手掌。左手掌复压在右手背上。

(3) 向触电者胸下挤压 $3\sim 4\text{cm}$ 后, 突然放松, 挤压与放松的动作要有节奏, 每秒钟进行1次, 必须坚持连续进行, 不可中断, 直到触电者苏醒为止。胸外心脏挤压法步骤如图1-3所示。

三、操作实习

1. 实习内容

“胸外心脏挤压法”练习, 参见

图1-3。

2. 实习方法

在拼起来的课桌上或运动垫上, 每两个同学为一组, 相互进行“胸外心脏挤压法”练习。



图1-2 口对口人工呼吸法

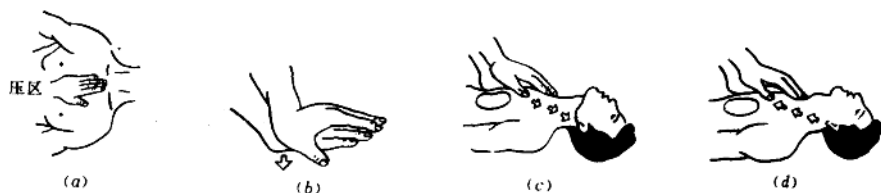


图1-3 胸外心脏挤压法

(a) 抢救者手掌位置; (b) 左手掌压着右手背; (c) 掌根用力下压; (d) 突然放松

思考题

1. 如何减少和避免触电事故?
2. 发现有人触电时怎么办?
3. 叙述口对口人工呼吸法和胸外心脏挤压法的要领。

课题三 防雷常识及防雷设施

一、实习目的

- (1) 了解雷电的形成及雷电造成的危害。
- (2) 掌握防雷设施的计算和安装。
- (3) 掌握一般防雷常识。

二、实习内容

(一) 雷电的形成

闪电和雷鸣是大气中的放电现象。雷雨季节，大地气温升高，靠近地面的空气受热膨胀，随着密度变小，重量减轻而上升，同时将地面附近的水蒸气带上高空，在高空遇冷凝结成水粒向下降落，与上升的气流发生碰撞摩擦，形成带有电荷的细小水粒。这些下降的水粒与上升的水粒分别带有异种电荷。这两种水粒的逐渐聚积，就形成了带正电荷的云层和带负电荷的云层。随着云层越积越厚，云层的电荷也越来越多，当两个云层间的电场强度达到一定值时，其间的空气绝缘被击穿，发生云层间的放电，这种放电电流高达几万安到几十万安，电压从几万伏到几十万伏，温度也在万度以上，同时发出强烈的闪光和炸响，这就是所谓空中雷。

若带电云层离大地较近，由于静电感应，使离云层较近的大地上带上异种电荷。当地面有突出物时，便发生云层与大地之间的放电，这就是所谓落地雷。

雷电的种类除上述按放电位置分为空中雷和落地雷外，按雷电闪光的形状分为线状雷（呈树枝状）、带形雷、链形雷和球形雷。若按雷击的不同成因还可以分为直击雷和感应雷。

（二）雷电的危害及活动规律

在上述的几种雷电中，对人类危害最大的是落地雷。凡是在它放电通路上的建筑物、线路和电器设施、人畜等均会遭到破坏和死亡。这是落地雷中直击雷的危害。建筑物和线路除受直击雷破坏外，它的金属部分，由于静电感应和电磁感应等原因，使它们感应带电，电位迅速升高，导致金属导体之间发生火花放电，引起爆炸、火灾或使人畜触电死亡，这就是感应雷的危害。雷电的电磁作用所感应的高电压，还可能通过架空输电线路引入室内，击穿电气设备的绝缘（包括接在电源线上的各种家用电器），造成人和设备的伤亡和损坏。

为了预防雷电的破坏，人们在长期的生产实践和科学实验中，逐步认识了雷电活动的一些规律，总结出如下几个容易受雷击的地方：

- （1）独立高耸的建筑物，如宝塔、水塔、天线、旗杆、尖形屋顶等；
- （2）空旷地区的孤立物体，如输电线路杆塔，高大树木，平坝上的高房、山顶上行走的人畜等；
- （3）烟囱冒出的热气（烟中含有大量导电质点、游离态分子）和排出带电尘埃的厂房、废气管道及地下水出口；
- （4）屋顶为金属结构的建筑物，特别潮湿的建筑物以及露天放置的金属物。
- （5）金属矿床、河岸、山坡与稻田接壤的地区，土壤电阻率较小的地区，良导电土质与不良导电土质的交界区等。

上述这些易受雷击的地方，在雷雨时要特别注意。

常用的防雷装置有避雷针、避雷线、避雷网、避雷带和避雷器等。其中针、线、网、带作为接闪器，与引下线和接地装置一起构成完整的通用防雷装置；避雷器则与接地装置一起构成特定用途的防雷装置。

装设避雷针是防止直击雷的有效办法。在高大的、凸出的、孤立的建筑物或室外电力设施的凸出部位装设单支或多支避雷针，如图 1—4 所示，利用尖端放电原理，将雷云感应电荷积聚在避雷针的顶部，与接近的雷云不断放电，雷电流经接地线、接地体引入大地，因此可以避免雷击的损害。避雷针普遍用于建筑物、构筑物及露天的电力设施。避雷针应装设在保护对象的最凸出部位，根据保护范围的需要装设单支、双支或多支。

（三）防雷设施

1. 避雷针

避雷针由接闪器、杆身、接地引线和接地极 4 部分组成,如图 1—5 所示。接闪器的针尖由直径为 25mm 的镀锌圆钢或直径为 40mm、厚度不小于 3mm 的镀锌圆管制成,尖端必须打扁磨尖,以增强尖端放电能力。

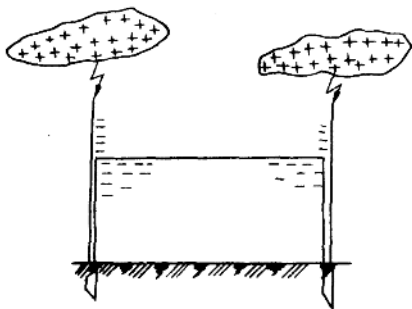


图 1—4 避雷针示意图

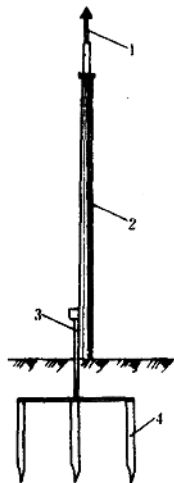


图 1—5 避雷针的构造

1—接闪器; 2—杆身; 3—接地引线; 4—接地极

接地引线明装时用 $\phi 8\text{mm}$ 圆钢,暗装时则用 $\phi 12\text{mm}$ 镀锌圆钢。它的接地极必须单独埋设,不得和其它设备的接地极共用。接地电阻要在 10Ω 以下,接地极应埋在距建筑物 3m 以外很少有人通过的地方。它的接闪器、接地引线和接地极必须用电弧焊焊接牢固,并在焊点上涂以沥青防护漆。

避雷针的工作原理是:当临近建筑物的云层带电时,由于静电感应,使建筑物及其附近的地面带上异种电荷,而这些电荷将通过避雷针进行尖端放电,将地电荷与云层电荷中和,从而避免了雷击的发生。假若遇到直击雷,避雷针也可以将雷电引入大地疏散,使线路、电器设备及建筑物免遭雷击。

避雷针的保护范围:单支避雷针的保护范围如图 1—6 所示。从空间到地面,是一个折线圆锥形,它在地面的保护半径 $r = 1.5h$ (h 为避雷针顶离地面的高度)。

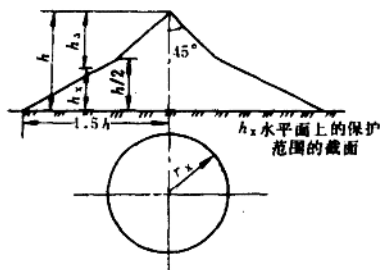


图 1—6 单支避雷针的保护范围

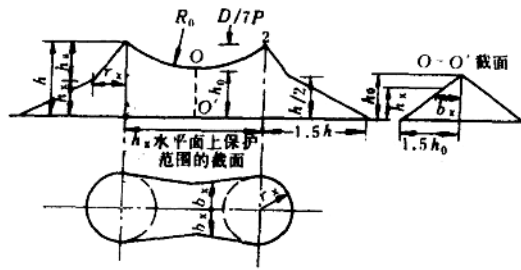


图 1—7 高度为 h 的两等高避雷针 1 及 2 的保护范围

折线圆锥形的剖面是从针顶两旁向下作 45° 斜线, 构成圆锥形的上部; 从距离针脚两边 $1.5h$ 处向上再做斜线与前一斜线在高 $h/2$ 处相交, 交点以下构成圆锥形的下半部。设建筑物(或线路、设备等)的高度 h_x 位于 $X-X$ 平面上, 则在该平面上的保护半径可由下式确定:

$$\text{当 } h_x \geq \frac{h}{2} \text{ 时, 则 } r_x = (h - h_x) P$$

$$\text{当 } h_x < \frac{h}{2} \text{ 时, 则 } r_x = (1.5h - 2h_x) P$$

式中的 P 是避雷针的高度影响系数。当 $h \leq 30\text{m}$ 时, $P=1$; 当 $120\text{m} > h > 30\text{m}$ 时, $P = \frac{5.5}{\sqrt{h}}$ 。

为了扩大避雷针的保护范围, 有不少的建筑物, 人们在两个位置上安装两支等高避雷针, 它的保护范围如图 1—7 所示。

两针外侧的保护范围与单支避雷针相同。

两针之间的保护范围按连接两针顶点 1、2 及中点 O 的圆弧确定, O 的半径为 R , O 点为两针中间假想避雷针的顶点, 它的高度 h_0 为

$$h_0 = h - \frac{D}{7P}$$

式中 P ——高度影响系数;

D ——两避雷针的距离, m。

在两针间的建筑物高 h_x 所在的平面内, 保护范围的最小宽度 $2b_x$ 为

$$2b_x = 3(h_0 - h_x)$$

一般说, 两支避雷针间的距离与针高之比 D/h 不宜大于 5。

2. 天线避雷器

为了改善接收条件, 使电视机收到较佳的声像效果, 需要安装室外天线, 而且往往安装在较高的位置, 这将不可避免地起着引雷作用, 如果不采取防雷措施, 很可能引雷入室。所以, 凡是架设在较高位置上的天线(在避雷针保护范围以外的), 都要求安装避雷装置。这里向读者推荐一种天线避雷器。

天线避雷器可以手工自制, 外形如图 1—8a 所示。将 4 块铜片一端剪成锯齿尖, 分成两组装置在绝缘板上, 使每组的两块铜片锯齿尖互相对准, 间隙不要大于 $\frac{1}{2}\text{mm}$, 但也不能互相接触。两铜片上端与从天线引下的馈线相接, 下端并联接地。接头处必须用焊锡焊牢。接地引线应用 $\phi 3\text{mm}$ 左右的铜导线或多股绞合线, 下端焊一金属管或金属块作接地极, 埋入地下 1m 深左右。这样如果天线上感应有雷电, 可以在铜片的锯齿尖上发生对地的尖端放



图 1—8 天线简易避雷器

电，使雷电得以中和。

如果要进一步提高避雷的可靠程度，还可以在馈线下端接一双刀双掷闸刀开关，如图1-8b所示。开关上端用馈线接在电视机输入端，中间两桩头分别接两根天线馈线，下端两桩头并联后用粗铜线牢固接地。需要收看节目时，把闸刀合在上端，接通天线与电视机。预报有雷雨或不收看电视时，将闸刀拉下接地，使天线与大地牢固地接在一起，天线上有雷电时，可以避雷。

3. 阀型避雷器

变配电设备必须加装避雷器做防雷保护。避雷器的种类有保护间隙、管型避雷器和阀型避雷器，其基本原理相类似。使用时并联在被保护的设备或设施上，通过引下线与接地体相接。正常时，避雷器处于断路状态，出现雷电过电压时发生击穿放电，将过电压引入大地，过电压终止后，迅速恢复阻断状态。保护间隙的性能较差，管型避雷器保护性能稍好，主要用于变电所的进线段或线路的绝缘弱点。工业变配电设备普遍采用阀型避雷器。

阀型避雷器的结构如图1-9所示。主要由火花间隙和阀性电阻组成，通常装设在线路进户点。其火花间隙由铜片冲制而成，用云母片隔开，如图1-10所示。正常情况下，火花间隙对地有足够的绝缘强度，可以阻止工频电流的通过。当系统出现危险的过电压时，火花间隙迅速击穿，雷电流经阀性电阻引入地。此时阀性电阻对雷电流呈现很小的电阻。过电压消失，雷电流过后，尾随而来的是工频电流，但此时阀性电阻又变为高电阻，将工频电流限制到很小，使火花间隙迅速恢复对地绝缘，系统恢复正常运行。通过火花间隙和阀性电阻的配合，阀型避雷器就象一个阀门一样，对雷电流是打开的，对工频电流则是关闭的，因此称为阀型避雷器。根据被保护设备的参数选择安装合适的阀型避雷器，便可在雷电冲击波侵入室内之前瞬间，迅速将雷电流引入地，使被保护设备免遭雷击。

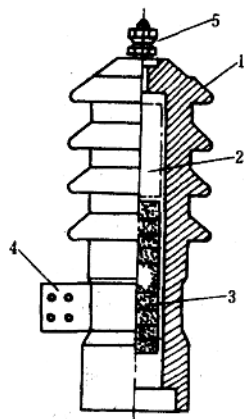


图1-9 阀型避雷器的基本结构

1—瓷套管；2—间隙；
3—云母垫片；4—阀电阻片；
5—上接线端

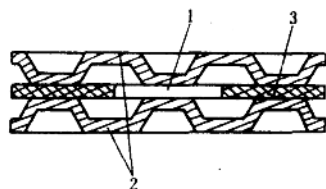


图1-10 阀型避雷器的火花间隙

1—间隙；2—电极；3—云母

具有足够的截面、机械强度和可靠的联接。

为防止雷电反击，在避雷针上或避雷针下的构架上严禁架设各种线路和无线电天线。必须在避雷针的支持物或构架上安装照明灯等电气设备时，其电源线必须采用直接埋入地下的带金属外皮的电缆或穿入金属管中的导线；电缆外皮或金属管埋入地中的长度在10m以下时，不得与35kV及以下配电装置的接地网及低压配电装置相联接。对有爆炸危险的建筑