



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

电气安装 与调试技术

盛国林 主编 胡平 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



教育部
职业教育与成人教育司
职业教育教材

电气安装 与调试技术

主编 王 强 副主编 王 强 王 强

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

电气安装 与调试技术

主 编 盛国林
副主编 胡 平
编 写 蔡 雯 王晓敏 林庭双
主 审 王益民 李道霖



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

本书主要讲述电气安装与调试的基本方法,并注重对学生实际动手能力的培养。全书共分为十一章,内容包括:电力系统及电气安装基本知识,电力变压器、高低压开关设备,仪用互感器,母线、绝缘子和电缆,架空线路,高低压配电装置,电机,防雷设备和电气接地装置,电气识绘图基本知识,电气安全技术等。

本书为高职高专电力技术类专业及相近专业的教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气安装与调试技术/盛国林主编. —北京:中国电力出版社, 2005

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 7-5083-3413-2

I. 电... II. 盛... III. ①电气设备-设备安装-高等学校:技术学校-教材②电气设备-调试-高等学校:技术学校-教材 IV. TM05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 062566 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 7 月第一版 2005 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.75 印张 459 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材，是根据教育部审定的电力技术类专业主干课程的教学大纲编写而成的，并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审，同意列为全国电力高等职业教育规划教材，作为高等职业教育电力技术类专业教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标；符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求；具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性；符合职业教育的特点和规律，具有明显的职业教育特色；符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书，也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

本书结合我国电力系统的实际情况，紧密联系生产实际，着重阐述电气安装与调试的基本方法，在内容上加大了对现代电力系统中许多新设备的介绍力度。本书克服了传统教材泛泛而论的不足，各种设备的安装与调试技术针对性强，更加注重对学生实际动手能力的培养。每章的思考与练习题都结合章节特点，提出了相应的重难点内容，便于学生对每章重难点内容的把握。整个教材突出新知识、新技术、新工艺、新方法的引进与运用。

本书由三峡大学职业技术学院盛国林同志主编（第一、七、十、十一章），长沙电力职业技术学院胡平同志副主编（第二、五章），葛洲坝集团公司王益民同志和三峡大学职业技术学院李道霖同志主审，参加编写的还有：三峡大学职业技术学院蔡雯（第三、四、六章）、王晓敏（第八、九章）、林庭双（部分图、表的处理及协调工作）。

在编写过程中得到了三峡大学电气工程系广大同行的大力支持与帮助，特别是系主任李道霖同志对本书提出了很多宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平有限，书中难免有不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 电力系统及电气安装基本知识	1
第一节 电力系统及电气设备概论	1
第二节 电气安装基本操作工艺	3
思考与练习	13
第二章 电力变压器	14
第一节 变压器的类型和作用	14
第二节 变压器的安装	17
第三节 变压器的交接试验	22
第四节 变压器的试运行	24
第五节 室外配电变压器的安装与试验	25
思考与练习	30
第三章 高低压开关设备	31
第一节 高压开关概述	31
第二节 高压断路器	32
第三节 高压隔离开关	45
第四节 SF ₆ 全封闭组合电器	52
第五节 高压负荷开关	53
第六节 高压熔断器	56
第七节 三种高压开关设备的比较	60
第八节 低压开关电器	61
思考与练习	73
第四章 仪用互感器	74
第一节 概述	74
第二节 仪用互感器的构造和工作原理	74
第三节 仪用互感器的型号和技术数据	76
第四节 仪用互感器的极性	81
第五节 仪用互感器的接线	82
第六节 仪用互感器的安装	85
第七节 仪用互感器的运行与维护	89
思考与练习	90
第五章 母线、绝缘子和电缆	91
第一节 母线的安装和调试	91

第二节 绝缘子的安装和调试	99
第三节 电力电缆的安装和调试	101
思考与练习	111
第六章 架空线路	112
第一节 概述	112
第二节 架空线路的一般要求	113
第三节 施工测量	122
第四节 基础工程	126
第五节 杆塔组立	128
第六节 导线架设	131
第七节 架空线路的测试及试运行	137
第八节 架空线路的运行和维护	137
第九节 架空线路常见故障及其处理和反事故措施	139
思考与练习	141
第七章 高低压配电装置	142
第一节 配电装置的分类和基本要求	142
第二节 屋内配电装置	145
第三节 屋外配电装置	149
第四节 小型配电装置及室外变压器台	155
第五节 成套配电装置	158
第六节 成套配电柜和动力配电箱的安装	163
思考与练习	167
第八章 电机	168
第一节 电机的类型	168
第二节 异步电机的基本结构	169
第三节 同步电机的基本结构	182
第四节 异步电机的安装与检修	186
第五节 同步电机的安装与调试	199
思考与练习	227
第九章 防雷设备和电气接地装置	228
第一节 雷电的危害及测量	228
第二节 防雷设备	229
第三节 防雷设备和电气接地装置的技术要求	246
第四节 防雷设备和电气接地装置的安装	253
第五节 防雷设备和电气接地装置的试验	263
思考与练习	270
第十章 电气识绘图基本知识	271
第一节 电路及电路图	271
第二节 电气主接线图	274

第三节 二次回路原理图	277
第四节 二次回路安装图	279
思考与练习	282
第十一章 电气安全技术	284
第一节 电流对人体的作用	284
第二节 触电的形式及触电后的紧急救护	285
第三节 电气安全操作基本措施	287
思考与练习	288
附录	289
参考文献	293

电力系统及电气安装基本知识

电力系统是由发电、输配电、用电等多个环节共同组成的，其内部包括发电机、变压器、输配电线路、开关电器以及各种保护和测量装置等电气设备（元件），本章主要介绍电力系统及电气安装的基本知识。

第一节 电力系统及电气设备概论

近代大规模的工农业生产、交通运输和人民生活等，都需要大量的电能。电能是由发电厂生产的。随着生产的发展和用电量的增加，发电厂的数目也在不断地增加，各发电厂独立运行的状态已经不能满足生产的需求了，这样一来，便出现了将发电厂、输配电线路和变电所等互相连接成一个“电”的整体供电给用户，这个整体即是电力系统。电力系统包括了从发电、输配电直至用电的全过程。

一、电力系统的组成

电力系统是由发电厂中的电气部分、各类变电所、输配电线路及各种类型的用电设备等组成的，其中的输配电线路与各类变电所组成的统一体又称为电力网。

1. 发电厂

发电厂的作用是生产电能，即将其他形式的一次能源经发电设备转换为电能。根据所利用的一次能源的不同可分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂以及利用其他能源（如地热、风力、太阳能、石油、天然气、潮汐能等）的发电厂。目前，在我国大型电力系统中占主要地位的主要是火力发电厂，其次是水力和原子能发电厂。

2. 电力网

电能的输送和分配是由输配电系统完成的，输配电系统又称电力网，它包括电能传输过程中途经的所有变电所和各种不同电压等级的电力线路。

3. 电力用户

电力用户也称为用电负荷，根据用户的性质不同，可将其分为工业用户、农业用户、公共事业用户和人民生活用户等；根据用户对供电可靠性的不同要求，目前我国将用电负荷分为三级。

（1）一级负荷。对这一级负荷中断供电会造成人身伤亡事故或造成工业生产中关键设备难以修复的损坏，以致生产秩序长期无法恢复正常，造成国民经济的重大损失，或使市政生活的重要部门发生混乱等。

（2）二级负荷。对这一级负荷中断供电将引起大量减产、造成较大的经济损失，或使城市大量居民的正常生活受到影响等。

（3）三级负荷。对这一级负荷的短时供电中断不会造成重大的损失。

对于不同等级的用电负荷，应根据其具体情况采取适当的技术措施来满足它们对供电可靠性的要求。一级负荷要求供电系统必须有备用电源，当工作电源出现故障时，由保护装置自动切除故障电源，同时由自动装置将备用电源自动投入，以保证对重要负荷连续供电。对

于二级负荷，应由双回路供电，当用双回线路供电有困难时，则采用专用架空线供电。对于三级负荷，通常只是采用单回路供电。

二、电力系统的作用

形成统一电力系统具有很多优点，主要有如下几点。

1. 降低最高负荷、减少装机容量

不同地区最高负荷出现的时间是不同的，故系统的综合最大负荷一般小于各发电厂独立供电时最大负荷的总和。因此，形成电力系统后可以减少发电机的总装机容量，节约了设备和投资。

2. 减少备用容量

在电力系统的设计运行中，考虑到发电机在检修或发生故障时仍能给用户供电，往往留有一定数量的发电机组作为备用。在形成电力系统以后，各发电厂可以错开检修机组的时间，当机组发生故障时，也可以相互支援，可以减少总的备用容量。

3. 便于安装大容量机组

装设大容量发电机，可以节约投资、加快建设速度、降低成本和提高劳动生产率。一般认为：100 万 kW 以上的电力系统，单机容量可为系统容量的 10%，而较小容量的电力系统，当负荷增长较快时，单机容量为系统容量的 20%。在电力系统形成和扩大以后，便于采用大机组。

4. 提高供电的可靠性和电能质量

当电力系统容量较大时，个别机组的故障对系统的影响较小，而且不同发电厂之间在电厂或线路事故时还可以互相支援，因此供电的可靠性和电能质量提高了。

5. 提高运行的经济性

在发电厂独立运行情况下，机组数量较少，又必须留有足够的备用容量，故各台机组的出力较低，常常不能使发电机运行在最优出力状态。在电力系统中可以通过各发电厂之间合理分配负荷，增加各台发电机的出力，降低整个系统的电能成本。此外，形成电力系统还可以合理利用动力资源，充分发挥水力发电厂的作用。另外，随着系统容量的增加，使得采用单台大容量机组成为可能，这可降低单位千瓦造价和运行损耗。这些因素表明，系统运行的经济性提高了。

三、发电厂、变电所电气一次设备

电气一次设备是指发电厂和变电所中直接用来发电、输配电及用电的主系统上所用的设备，电气一次设备可分为以下六种类型：

(1) 生产和转换电能的设备。如发电机将机械能转化为电能；电动机将电能转化为机械能；变压器将电压升高或降低，以满足输配电的需要。这些都是发电厂中最主要的电气设备。

(2) 接通或断开电路的开关电器。例如断路器、隔离开关、熔断器、接触器等，它们用于电力系统正常或事故状态时，将电路闭合或断开。

(3) 限制故障电流和防御过电压的电器。例如限制短路电流的电抗器和防御过电压的避雷器等。

(4) 接地装置。如各种工作接地、各种保护接地等。

(5) 载流导体。如裸导体、电缆等，它们按设计的要求，将有关电气设备连接起来。

(6) 交流电气一、二次之间的转换设备。如电压和电流互感器,通过它们将一次侧的电压、电流转变给二次系统。

在整个电力系统中,各种电气设备必须按相应的技术要求连接起来,连接示意如图1-1所示。

四、发电厂、变电所电气二次设备

电气二次设备是指对电气一次设备的工作进行检测、控制、调节和保护等所需的电气设备,如测量仪表、继电器、控制操作开关、按钮、自动控制设备、信号设备、控制电缆以及供给这些设备电源的交直流电源装置等。

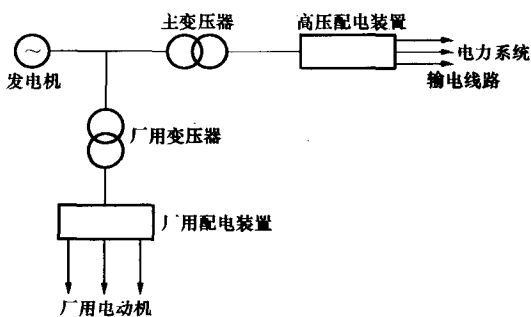


图 1-1 电气设备连接示意图

第二节 电气安装基本操作工艺

一、电工基本操作工艺

(一) 常用工具

工具是电气安装工人的武器,完善的工具是提高施工进度,保证安装质量的重要条件,因此,对于工具必须十分重视和爱护。由于工具品种繁多,这里只能对常用的电工工具和一些非电工专用的常用工具作一个简要的介绍。

1. 常用电工工具

常用电工工具是指电气工作人员随身携带的工具,包括电工钢丝钳、螺丝刀、活动扳手、电工刀、验电笔、尖嘴钳等。其中钢丝钳、尖嘴钳、螺丝刀、活动扳手等均以其本身的长度为规格。钢丝钳总计有 150mm、175mm、200mm 三种规格,螺丝刀有 50~300mm 等 8 种规格,活动扳手有 100mm、125mm、150mm、175mm、200mm、250mm 和 300mm 等多种规格。常见的验电笔有钢笔式和螺丝刀式。按刀片长短不同电工刀分为大号、小号两种。

使用电工工具应注意以下事项:

(1) 使用钢丝钳之前应注意检查其绝缘是否可靠,以防带电作业时发生触电。在剪断电线时,千万不可同时剪断两根带电导线,以免造成短路。平时一定要注意对钢丝钳进行保养,以保证其使用灵活,不要代替榔头使用,免遭损坏。

(2) 螺丝刀的选用要和螺丝钉相配合,使用时应垂直用力。电工用螺丝刀宜在金属杆上套上绝缘管,以防在带电作业时发生触电或短路事故。要避免将螺丝刀当凿子使用,不能用榔头敲击螺丝刀柄头。

(3) 使用电工刀时,刀口应向外出,用完后应将刀片折叠放回刀柄。

(4) 在使用活动扳手时,应调节扳手开口的大小,使其正好夹住螺母,以免打滑损伤螺母或手指。

(5) 使用验电笔前必须验证其好坏,使用时要使氖管小窗背光朝向自己。若测试时氖管不发光,为防止判断错误,应用验电笔多接触几下。

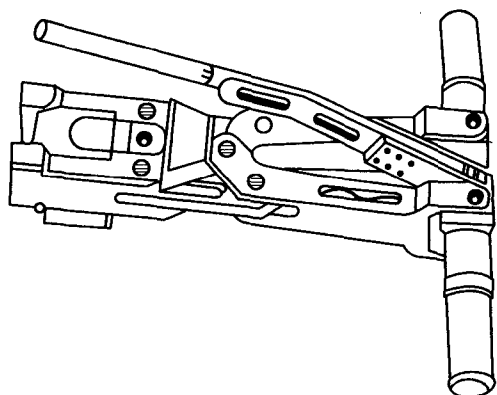


图 1-2 机械压接钳

色的压接弹。

(3) 电钻与冲击电钻。电钻是手提式，其体积小、重量轻、携带方便，适用于因场地、工作形状、加工部位等限制不能用钻床进行钻孔的金属、木材和塑料上钻孔，在施工中得到广泛应用。

冲击电钻是一种特殊的电钻，具有可调节的冲击机构，使钻头能产生单一旋转或旋转带冲击运动。当它装上镶有硬质合金钢的麻花钻头时便可用于在混凝土、岩石、砖瓦等脆性材料上钻孔。冲击电钻的结构如图 1-4 所示。

(4) 射钉枪。射钉枪是利用弹药爆发产生的冲击力将钉子射入钢板或混凝土等构件内的工具。射钉枪配用的弹药有红(强)、蓝(中)、绿(弱)三种颜色，都由厂家配套供应。其结构如图 1-5 所示。

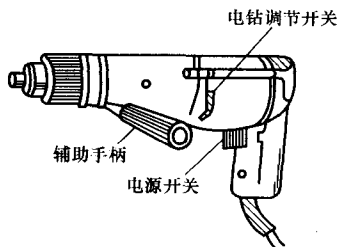


图 1-4 冲击电钻

(二) 导线的连接

1. 导线绝缘的剥削

剥削导线的绝缘时，应使刀口向外，以 45° 角倾斜切入绝缘层，不可垂直切入，以免损坏导线芯。绝缘层的剥削步骤如图 1-6 所示。

2. 其他常用工具

(1) 机械压接钳。机械压接钳是利用机械力臂传递压力进行铜、铝导线冷压连接的工具。现常用的有 QYQ-12 型和 QXS-12 型两种，最大压力 118N，可用于 $16 \sim 240\text{mm}^2$ 铝导线或 $25 \sim 300\text{mm}^2$ 铜导线的压接，外形如图 1-2 所示。

(2) 压接枪。压接枪是利用火药爆炸产生的压力对导体进行高效率冷压连接的新工具，适用于 $16 \sim 240\text{mm}^2$ 导线的连接。压接枪的结构如图 1-3 所示。

压接枪配备有黄、红、黑三种颜色的压接弹，对不同规格和型号的导线可以选用不同颜色的压接弹。

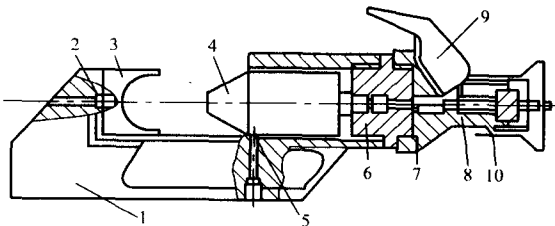


图 1-3 压接枪

1—枪体；2—定位销；3—阴模；4—阳模；5—定位珠；
6—枪膛；7—压接弹；8—撞针；9—扳机；10—弹簧

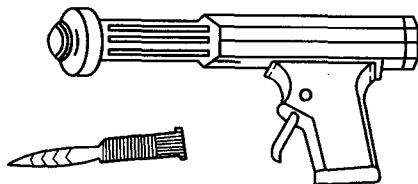


图 1-5 射钉枪

2. 导线的连接

导线连接应满足：连接紧密，使接头处电阻最小，连接处的机械强度与非连接处相同，连接处的绝缘强度与非连接处相同。由于导线的结构和连接要求不同，所以连接方法也不一样。

(1) 绞接法。绞接法一般应用于直径 3.2mm 以下单股铜线的连接。其方法如下：用纱线把导线端部约 100mm 左右打光，将两根导线线头搭在一起，先在中间部分相互绞 2~3 圈，然后将两线头在另一根线上各缠绕 5~6 圈后收尾，其余部分剪去，如图 1-7 所示。

(2) 绑扎法。绑扎法适用于直径 3.2mm 及以上单股铜线的连接。连接时，首先用纱布擦净连接线两端的附着物，然后将两线并在一起，并接长度是接头长度加上 60~80mm。之后在两线之间凹进去的地方加一根同样材料的辅助线，辅助线的长度大约是接头长度的一倍。最后用一根与被连接导线同样材料的导线进行绑扎缠绕，缠绕到规定长度后把主线的多余部分弯起来，再把主线和辅助线一起缠绕 5~6 圈收尾，如图 1-8 所示。

(3) 插接法。插接法适用于架空用铝绞线、钢芯铝绞线等的连接，如图 1-9 所示。连接步骤：先将导线芯分开、拉直，顺次解成 30°伞状，用纱布将表面擦净，剪去中心股，再把两个伞形线头一根隔一根交叉插在一起，然后在一端取两股自中部起缠绕 5~6 圈，之后，另取两股按相同方法缠绕 5~6 圈，并将原先两股线头压住，如此下去，直至导线解开点为止，剪去余下线头后收尾。另一端以同样方法制作。

(4) 压接法。压接法通常用于室内外负荷较大的铝绞线、钢芯铝绞线等的连接。接线时，先选好合适的压接管 [图 1-10 (a)]，清除线头和压接管内壁上的氧化物和污物，然后将两根线头相对插入，使两线头各自伸出压接管外 25~30mm [图 1-10 (b)]，最后用压接钳进行压接 [图 1-10 (c)]。压接好的导线接头如图 1-10 (d) 所示。

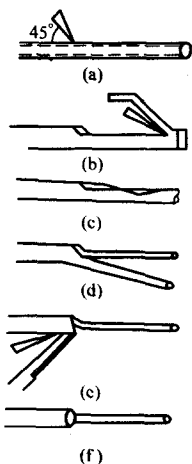


图 1-6 绝缘层的剥削步骤

(a) 以 45°角将电工刀倾斜切入绝缘层；(b) 用力将刀片向线头推削；(c) 剥去上部塑料层；(d) 把余下塑料层向下翻；(e) 切去下部塑料层；(f) 把线头的塑料层切割整齐

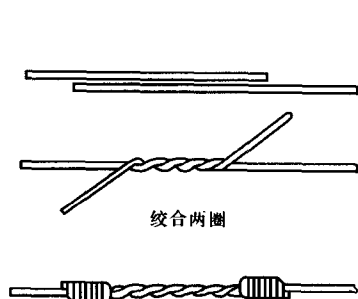


图 1-7 绞接法

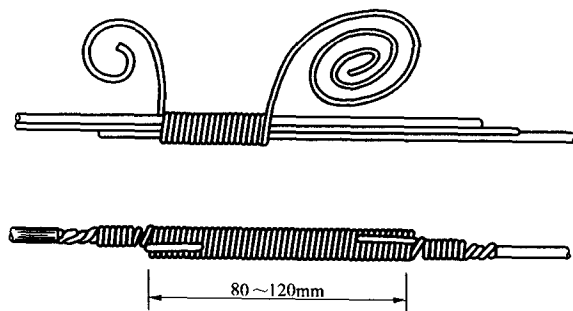


图 1-8 绑扎法

(三) 导线与接线柱的连接

导线接到接线柱上或螺钉下时，需要做到两点：①接触面紧密，接触电阻小；②连接牢固，不易松动脱落。

导线与接线柱的连接方法有两种，当导线截面比较小（单股导线 10mm² 以下，多股

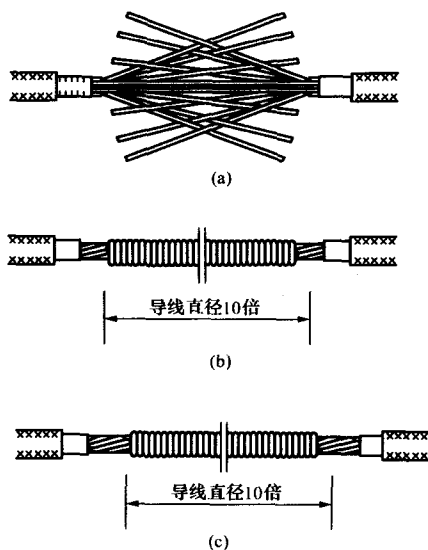


图 1-9 导线的插接

(a) 步骤一; (b) 步骤二; (c) 步骤三

接线鼻子适用于铝线和变压器及大电流开关接线柱的连接, 铝线与铜铝接线鼻子的连接也是采用压接。

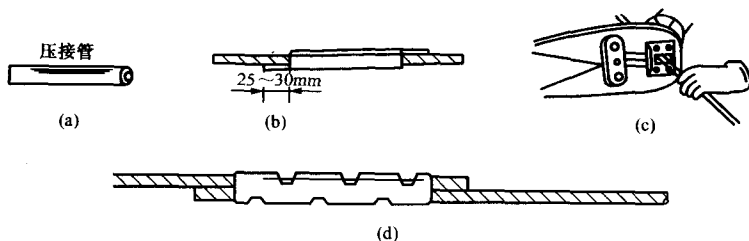


图 1-10 压接方法及压接管

(a) 压接管; (b) 穿进压接管; (c) 压接; (d) 压接后的铝芯线

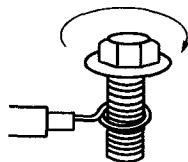


图 1-11 导线和接线柱直接连接

二、设备固定构件的埋设

每一台电气设备都需要安装固定, 电气设备一般通过螺栓或焊接方式固定在底盘或支架上, 而底盘或支架则需要直接固定于基础、墙、柱、梁或构件上, 由于情况较为复杂, 常常需要以不同的方法来解决, 下面对于设备固定构件的各种埋设方法作简要叙述。

(一) 预埋铁件法

在混凝土结构或砖结构上, 预先埋设带有弯钩或圆钢脚的铁板, 甚至整根角钢等, 统称为预埋铁件。有了预埋铁件, 将来便可直接在这些铁件上焊制固定支架, 不仅施工方便, 而且连接强度高。

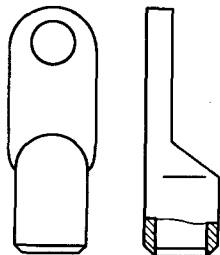


图 1-12 接线鼻子

导线 4mm^2 以下, 软线 2.5mm^2 以下) 时, 可以直接接到接线柱上。此时, 先按顺时针方向将导线端部弯制成一个圆圈, 圆圈应比接线柱直径稍大一点, 然后将弯制好的圆圈套在接线柱上, 加上垫圈, 再将螺丝拧紧。如果是多股导线或软线, 应首先将线头拧紧、搪上焊锡, 使之成为一个整体, 然后再弯成圆圈和接线柱连接。导线和接线柱直接连接如图 1-11 所示。

导线截面较大时, 由于弯制圆圈比较困难, 同时由于接触面小, 使接触电阻增大而容易发热, 常借助于接线端子 (接线鼻子) 与接线柱进行连接。

接线鼻子有铜接线鼻子、铝接线鼻子及铜铝接线鼻子, 分别适用于铜芯导线和铝芯导线与接线柱的连接, 其规格有 $4 \sim 400\text{mm}^2$ 共 15 种, 如图 1-12 所示。

铜接线鼻子与铜芯导线的连接通常用焊锡焊接, 铝接线鼻子与铝芯导线的连接通常采用压接, 铜铝

(二) 留孔埋设法

安装于混凝土基础上的设备,常常在设计图上画出预留孔的位置,土建浇灌时留出孔洞,安装时地脚螺栓悬挂于设备底座上,然后以混凝土灌浆,最后再二次灌浆。此法广泛应用于油断路器、电动机、避雷器等较大设备的安装。

为了增加抗拉力,固定构件的地脚埋入部分应分别做成弯钩、圆圈、焊圆钢、开尾、焊钢筋钩等式样。

(三) 打孔埋设法

当要安装设备,但又没有预留孔洞或预埋铁件时,则可采用打孔埋设法。这种方法就是在砖结构上或混凝土上人工凿出洞来,然后再埋设地脚。

(四) 露筋法

在钢筋混凝土结构上要固定设备,还可以采用露筋法。露筋法就是将表层混凝土凿去,露出里面的钢筋,然后将支架用电焊焊接于钢筋上。焊接时应用水平尺把支架调整水平。露筋法通常应用于事先没有预埋铁件的场合。

(五) 膨胀螺钉法

膨胀螺钉法是一种较先进的施工方法。先用冲击电钻在混凝土、砖墙等基础上钻出与膨胀螺钉直径相同的洞眼,轻轻打入膨胀螺钉,再套上螺帽,用扳手拧紧,螺钉就逐渐伸出,此时便将螺钉紧固在混凝土(砖墙)

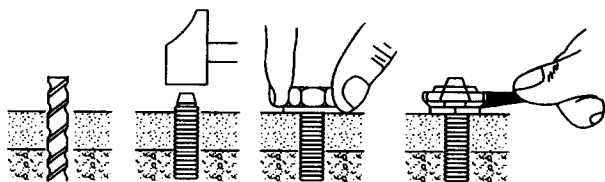


图 1-13 膨胀螺钉的安装步骤

上,这时便可在螺钉上安装固定支架、卡子或直接安装设备,施工过程如图 1-13 所示。

三、设备安装找正法

电气设备安装的总体要求,除了应满足各项电性能要求和固定牢靠之外,另一点就是要求设备安装应整齐、美观,即安装后的设备应保持一定的水平度和垂直度,要达到这一点,就要借助于水平尺、水平仪等工具。

(一) 水平尺、水平仪找正法

铁水平尺的外形如图 1-14 所示。使用前要检查水平尺自身的准确度,使用时,将水平尺搁置于设备或设备的支架、底盘上,如若水平,气泡便处于刻度线中间。气泡偏向一头,说明设备安装不平,这时应进行调整。



图 1-14 铁水平尺

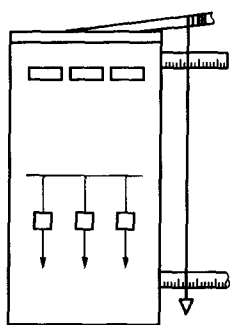
水平尺亦可用于检测设备的垂直度,此时应将水平尺的垂直边竖直紧贴在设备的垂直面上进行测量。

水平尺适宜于检测长度不大或刚性的设备。对于多台设备或分散排列的支架之间的水平或垂直就不便应用,这时可以采用水平仪进行检测。

水平仪可以在较大长度范围内检测水平,如用来检测分相安装的高压电器、室外配电装置、成列设备等的总体水平。

(二) 垂线找正法

利用水平尺检测垂直度是在设备尺寸不大且刚性物体时才适用,如果物体较高、较大,或者是多个单一物体的垂直场合(如垂直母线墙架),利用吊线锤的方法检测就比较方便。



线锤是由铜或铁制成的圆锥体，当用线把它吊起来，并等其稳定下来后，检查吊线与设备间的距离便可判别设备是否垂直。

现以立盘为例，如图 1-15 所示，以一木棒置于盘顶，木棒一端系上线锤，并使线锤沿盘边（或盘面）吊下（不能相碰），待稳定后用钢板尺测量吊线与盘边（或盘面）的上、下距离。当上下距离不等时，表示盘体倾斜，此时需要进行相应的调整，之后再行测量，并反复调整，至四面垂直度均合乎规定要求为止。

（三）U 形软管水准尺找正法

前面说过，当设备尺寸较大及高压设备分相安装时，用普通水平尺难于检测水平；用水平仪测量长列配电屏底盘之类的设备也不方便。这时，如果应用 U 形软管水准尺就能很方便地进行长距离的水平检测。U 形软管水准尺是在一定长度的胶乳管或软塑料管的两头装上玻璃管，再注入带有颜色的水，利用管内的水自动保持水平的特性，再借助钢尺量出两端距离，即可判断底盘的水平度，如图 1-16 所示。这种水准尺可以很方便地应用于长底盘埋设、蓄电池母线支架安装、高低压母线桥架安装等场合的水平测量，对于有隔墙的两侧设备安装又需要同一水平时，更显示出它的优越性。

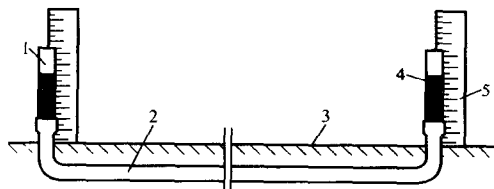


图 1-16 U 形软管水准尺使用示意图

1—玻璃管；2—橡胶管；3—测量面；
4—液面；5—钢板尺

四、钳工基本操作

钳工作量在电气线路和电气设备的安装和维修作业中占有一定比例，因此电气人员也要学会一般钳工的基本操作技能。下面介绍电气人员必须掌握的几种钳工基本操作。

（一）锯割

锯割就是利用锯条（锯盘）对金属材料和非金属材料进行切割的一种加工方法。电工常用的锯割工具有型材切割机和手锯。下面简要介绍手锯的构造和使用方法。

1. 手锯的构造

手锯由锯弓和锯条组成。锯弓用于安装锯条，它分为可调式和固定式两种。

2. 锯条的正确选用

根据锯齿齿距的大小，锯条可分为细齿（1.1mm）锯条、中齿（1.4mm）锯条和粗齿（1.8mm）锯条，实际生产中可以根据所加工材料的软硬、厚薄情况合理选用。锯割软材（如紫铜、青铜、铅、铸铁、低碳钢和中碳钢等）或较厚的材料时，应选用粗齿锯条；锯割

硬材或较薄的材料（如工具钢、合金钢、管子、薄钢板、角铁等）时，应选用细齿锯条。

3. 割据姿势

（1）手锯的握法。右手满握锯柄，控制锯割的推力和压力，左手轻扶锯弓前端，配合右手扶正手锯，不要施加过大的压力，如图 1-17 所示。

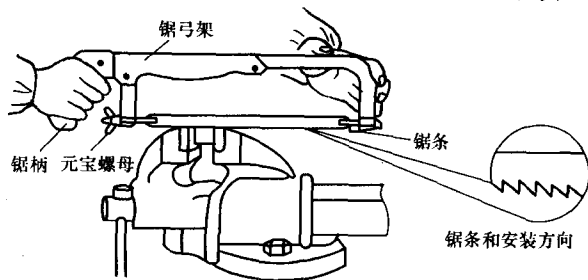


图 1-17 手锯的握法

(2) 站立姿势。两脚按如图 1-18 所示位置站稳, 左脚跨前半步, 膝部要稍弯曲, 右脚在后, 右腿伸直, 两脚均不要过分用力, 身体自然稍向前倾。

(3) 运动和速度。锯割时两臂一般为小幅度的上下摆动, 即手锯推进时, 身体稍向前倾, 双手压向手锯的同时, 左手上翘、右手下压, 回程时右手上抬, 左手自然跟回。对锯缝底面要求平直的锯割, 应直线运动。锯割时的频率一般为每分钟 40 次左右, 锯割硬材时慢些, 锯割软材时快些, 同时, 锯割行程应保持均匀, 回程的速度应相对快些。

(二) 锉削

锉削是用锉刀对工件表面进行切削加工, 使工件的尺寸、形状、相对位置和表面粗糙度等都符合要求的加工方法。

1. 锉刀

锉刀的构造如图 1-19 (a) 所示。常用的普通锉刀按截面形状不同分为平锉、方锉、三角锉、半圆锉和圆锉等, 如图 1-19 (b) 所示。锉刀的齿纹有单齿和双齿两种, 锉削软金属时使用单齿纹锉刀, 其他场合多用双齿纹锉刀。双齿纹锉刀又分粗齿、中齿和细齿三种, 粗齿锉刀一般用于锉削软金属材料以及加工余量大或精度、光洁度要求不高的工件, 细齿锉刀则用于锉削硬金属材料以及加工余量小或精度、光洁度要求较高的工件。

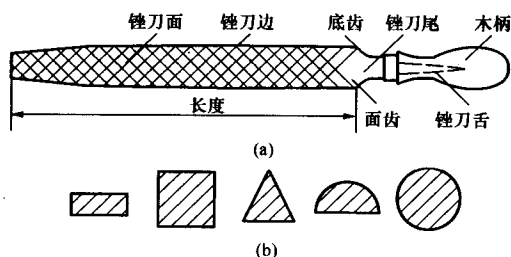


图 1-19 锉刀

(a) 结构; (b) 普通锉刀截面形状

2. 锉削操作

(1) 锉刀的握法。锉刀大小、形状和使用要求不同, 它的握法也不一样, 其一般握法如图 1-20 和图 1-21 所示。

(2) 锉削时的站立姿势。锉削时双脚站立的姿势与锯割时站立的姿势相同。

(3) 工件夹持。工件应夹持在虎钳的钳口中心, 伸出部分应尽量低, 以免锉削时产生振动。既要夹持牢固, 又不使工件变形, 夹持加工过或精度较高的工件时, 应在钳口与工件之间垫上铜皮或其他软金属保护衬垫。

(4) 锉削方法。要使锉刀的锉削保持直线运动, 在推进过程中, 为了防止锉刀上下摆动, 必须使锉刀在工件任意位置时前后两端所受的力矩保持平衡。锉削频率一般为每分钟 40 次左右, 推进稍慢, 回程稍快, 动作要自然协调。

(三) 钻孔

利用钻头在工件某个部位加工

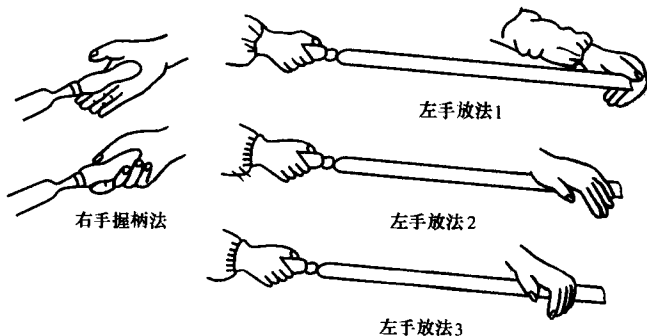


图 1-20 较大型锉刀的握法