

设备电气控制与维修

目 录

绪论	(1)
第 1 章 设备电气控制的基本知识	(3)
1.1 电工基本知识	(3)
1.1.1 常用电工工具简介	(3)
1.1.2 电工基本操作	(5)
1.1.3 常用电工仪表	(9)
1.1.4 电气图的识读	(12)
1.2 低压电器	(16)
1.2.1 低压电器概述	(16)
1.2.2 开关类电器及主令电器	(19)
1.2.3 接触器	(28)
1.2.4 继电器	(31)
1.2.5 熔断器	(37)
1.2.6 常用启动器	(38)
1.3 电器元件故障诊断与维修	(38)
1.3.1 电磁式电器共性故障诊断与维修	(38)
1.3.2 常用电器故障诊断与维修	(39)
习题 1	(46)
实验 1.1 电器元件认识及继电器返回系数的测定	(47)
技能训练 1.1 常用电工工具的识别和使用	(49)
技能训练 1.2 常用导线的连接	(49)
技能训练 1.3 常用电工仪表的使用	(50)
技能训练 1.4 电阻的测量	(52)
技能训练 1.5 摇表、钳形电流表的使用	(53)
第 2 章 三相异步电动机及其电力拖动	(55)
2.1 三相异步电动机简介	(55)
2.1.1 三相异步电动机的结构	(55)
2.1.2 三相异步电动机的基本工作原理	(56)
2.2 三相异步电动机的机械特性	(58)
2.2.1 机械特性方程	(58)
2.2.2 固有机械特性	(59)
2.2.3 人为机械特性	(60)
2.3 生产机械的负载特性	(61)

2.3.1	恒转矩负载	(61)
2.3.2	恒功率负载	(61)
2.3.3	通风机型负载	(61)
2.4	三相异步电动机的启动	(62)
2.4.1	直接启动	(63)
2.4.2	鼠笼型异步电动机的降压启动	(63)
2.4.3	绕线式异步电动机的启动	(66)
2.5	三相异步电动机的调速	(68)
2.5.1	变极调速	(68)
2.5.2	变频调速	(68)
2.5.3	改变定子电压调速	(68)
2.5.4	转子串电阻调速	(69)
2.5.5	串级调速	(70)
2.6	三相异步电动机的反转与制动	(71)
2.6.1	三相异步电动机的反转	(71)
2.6.2	三相异步电动机的制动	(71)
2.6.3	回馈制动	(74)
2.6.4	三相异步电动机运行状态小结	(76)
2.7	三相异步电动机故障分析及维护	(76)
2.7.1	启动前的准备	(76)
2.7.2	启动时的注意事项	(77)
2.7.3	运行中的监视	(77)
2.7.4	电动机的定期维修	(77)
2.7.5	常见故障及排除方法	(78)
	习题 2	(80)
第 3 章 电气控制线路的基本环节		(82)
3.1	电气图的分析	(82)
3.1.1	电气图读图的基本方法	(82)
3.1.2	读图举例	(83)
3.2	三相笼型异步电动机的全压启动控制	(84)
3.2.1	三相笼型异步电动机的直接启动	(84)
3.3	三相笼型异步电动机的降压启动控制	(88)
3.3.1	定子回路串电阻降压启动控制电路	(88)
3.3.2	星形-三角形降压启动控制电路	(89)
3.3.3	自耦变压器降压启动控制电路	(90)
3.3.4	延边三角形降压启动控制电路	(91)
3.4	绕线式异步电动机的启动控制	(92)
3.4.1	转子绕组串电阻启动控制电路	(92)
3.4.2	转子绕组串频敏变阻器启动控制电路	(93)

3.5	三相异步电动机的制动控制	(95)
3.5.1	反接制动控制电路	(95)
3.5.2	能耗制动控制电路	(97)
3.6	三相异步电动机的转速控制	(99)
3.7	其他典型环节的控制	(100)
3.7.1	顺序控制电路	(100)
3.7.2	多地控制电路	(104)
3.8	电动机的保护控制	(105)
3.8.1	短路保护	(105)
3.8.2	过载保护	(105)
3.8.3	过电流保护	(105)
3.8.4	欠压保护	(105)
3.8.5	零压保护(失压保护)	(106)
3.8.6	弱磁保护	(106)
3.9	电控线路故障诊断与维修	(107)
3.9.1	电气设备的维护和保养	(107)
3.9.2	电控线路的故障检修	(107)
	习题 3	(113)
	实验 3.1 自耦变压器降压启动控制	(114)
	实验 3.2 三相异步电动机的反接制动控制	(115)
	技能训练 3.1 用按钮和接触器控制的电动机单向运行电路的安装	(116)
	技能训练 3.2 电动机可逆运行控制电路的安装	(117)
	技能训练 3.3 笼型异步电动机 Y- Δ 启动电路的安装	(119)
第 4 章	常用机床的电气控制	(121)
4.1	车床的电气控制	(121)
4.1.1	普通车床的主要结构及运动形式	(121)
4.1.2	C620-1 型普通车床的电气控制	(122)
4.1.3	C650-2 型普通车床的电气控制	(124)
4.2	磨床的电气控制	(126)
4.2.1	平面磨床主要结构及运动形式	(126)
4.2.2	M7130 平面磨床的电气控制	(127)
4.3	摇臂钻床的电气控制	(129)
4.3.1	摇臂钻床的主要结构及运动形式	(130)
4.3.2	Z35 摇臂钻床的电气控制	(131)
4.3.3	Z3040 摇臂钻床的电气控制	(134)
4.4	铣床的电气控制	(137)
4.4.1	卧式万能铣床的主要结构及运动形式	(137)
4.4.2	铣床的电气控制	(138)
4.5	组合机床简介	(143)

4.5.1	组合机床的组成结构	(143)
4.5.2	组合机床的工作特点	(144)
4.5.3	组合机床控制电路的基本控制环节	(144)
习题 4		(148)
技能训练 4.1	铣床的电气控制和故障检修	(148)
*第 5 章	桥式起重机的电气控制	(150)
5.1	桥式起重机概述	(150)
5.1.1	桥式起重机的结构及运动形式	(150)
5.1.2	桥式起重机的主要技术参数	(151)
5.1.3	桥式起重机对电力拖动的要求	(151)
5.1.4	桥式起重机的供电特点	(152)
5.2	桥式起重机的电器设备及控制保护装置	(153)
5.2.1	凸轮控制器及其控制线路	(153)
5.2.2	主令控制器及其控制线路	(155)
5.2.3	制动器与制动电磁铁	(156)
5.2.4	电气保护装置	(157)
5.3	桥式起重机控制电路分析	(158)
5.3.1	主接触器的控制	(158)
5.3.2	凸轮控制器的控制	(159)
5.3.3	主令控制器的控制	(159)
5.3.4	电气线路常见故障分析	(161)
习题 5		(163)
技能训练 5.1	凸轮控制器控制系统调试	(164)
第 6 章	可编程序控制器	(166)
6.1	PC 的组成及工作原理	(166)
6.1.1	PC 的组成	(166)
6.1.2	PC 的工作过程	(167)
6.2	PC 的分类及特点	(168)
6.2.1	PC 的分类	(168)
6.2.2	PC 的特点	(169)
6.3	三菱 F1 系列 PC 简介	(170)
6.3.1	硬件组成及性能	(170)
*6.3.2	指令系统及编程	(173)
*6.4	PC 的程序设计	(178)
6.4.1	梯形图的设计规则	(178)
6.4.2	梯形图设计举例	(179)
6.5	可编程序控制器的应用	(183)
6.5.1	PC 应用系统的设计	(183)

6.5.2 PC 控制系统的安装	(184)
6.5.3 PC 应用中的其他问题	(184)
习题 6	(187)
实验 6.1 可编程序控制器的认识实验	(188)
技能训练 6.1 可编程序控制器的应用	(189)
附录 1 电气识图有关符号和代号	(191)
附录 2 专业名词中英文对照	(199)
主要参考文献	(202)

绪 论

《设备电气控制与维修》主要学习设备电气控制的基本知识、机械设备的电力装备、基本电路和控制系统及可编程序控制器等内容。本课程以掌握基本知识和基本技能为主，以各种工业现场典型电路和故障为例，加强实验实习，加强技能训练，逐步提高学生分析问题、解决问题的能力。

1. 设备电气控制的方法

19世纪末，电动机逐渐代替了蒸汽机，在生产机械的拖动系统中便出现了电力拖动。随着生产实践的需要和发展，电力拖动的控制方式也发生了很大变化，由手动控制逐步向自动控制方向发展。

(1) 手动控制。手动控制是利用刀开关、控制器等手动控制电器，由人力操纵实现电动机的启动、停止和正反转。手动控制主要用于一些容量小、操作单一的场合。

(2) 自动控制。

① 继电-接触器控制：操作者通过主令电器接通继电器接触器电路，进而控制电动机，实现电动机的启动、制动、反向、调速与停车的控制。

它是在手动控制的基础上发展起来的，其主要特点是结构简单、工作稳定、价格低廉、维护方便、抗干扰强，在工矿企业中应用相当广泛。它不仅方便地实现生产过程自动化，而且还可以实现集中控制和远距离控制，是机床和其他机械设备最基本的电气控制形式之一。但由于该控制方式是固定接线方式，即一台控制装置只能适用于某一种固定程序，一旦程序有所变动，就得重新配线，灵活性差；另外采用有触点的开关动作，工作频率低，触点易损坏，可靠性差；该种电器控制输入和输出信号只有通和断两种状态，因而这种控制又称断续控制，它不能反映连续信号的变化。

② 反馈控制系统：由连续控制元件组成，不仅能反映信号的通或断，还能反映信号的数值大小和变化情况。因它主要由连续控制元件组成，所以又称为连续控制系统。用做连续控制的元件，以前普遍采用电机放大器和磁放大器，现在随着半导体器件和晶闸管元件的发展，越来越多地采用由晶闸管元件作为控制元件的晶闸管控制系统。

③ 可编程序逻辑控制器 (Programmable Logic Controller)：简称 PLC，也称 PC，是专为工厂现场应用环境设计的一种新型工业控制装置。它以微处理器 (CPU) 为基础，照顾到现场电气操作人员的技能和习惯，采用形象编程语言——继电器梯形图语言和模块化的软件结构，不仅能满足各种工业领域的实时控制要求，而且使现场操作人员易学易用，且该控制装置适应性强、可靠性高、抗干扰能力强。

④ 数字控制技术：是综合应用了电子技术、计算机技术、自动控制及自动检测等方面的新成就而发展起来的一门新技术。数字控制装置主要是通过计算机，由固定的逻辑线路来实现专门的控制运算功能。其运用较多的是数控机床，及在此基础上出现的数控加工中心，柔性制造系统 (FMS) 等。

2. 设备的电气维修

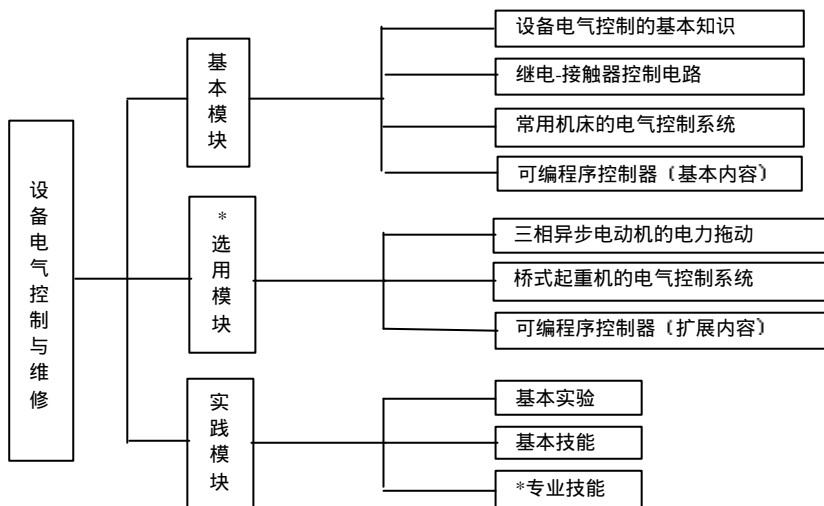
由于设备本身的质量及使用条件等多方面的差异，设备常会出现各种各样的电气故障，由于故障的现象、原因、危害程度不同，处理方法也不尽相同，但它们也存在一定的共性。在设备管理运行中，要遵照“防重于治”的原则做好如下几点：

- (1) 加强管理，做好日常维护工作，降低故障的发生率；
- (2) 掌握设备异常状态的判断及故障原因的鉴别；
- (3) 掌握设备维修的基本技能，及时排除故障；
- (4) 故障修复后，需先对设备进行调试，确定无误后再投入运行。

3. 本课程的性质和任务

《设备电气控制与维修》是中等职业学校机电设备安装与维修专业的一门专业课程。本课程“以应用为目的”、“以必须够用为度”，加强新技术、新工艺、新方法、新知识的介绍，特别是书中图例均采用了2000年7月1日实施的最新国家标准。内容上注意实践与理论、强电与弱电、使用与维修相结合，加强实践教学和现场教学环节，突出技能的培养，全面提高学生素质，增强适应职业变化的能力。

本课程主要内容如下：



- 注意：(1) 图中基本模块为三年制和四年制均需掌握的内容；
(2) *为四年制选修内容；
(3) 本课程除实验外，希望能安排实践专用周进行技能训练。

第 1 章 设备电气控制的基本知识

[学习目标]

▪ 知识目标 了解常用电工工具、仪表及低压电器的选择和使用，掌握电动机综合保护方法和电气故障检修方法。

▪ 能力目标 能正确使用电工工具和常用仪表；能借助手册、设备铭牌等资料查阅低压电器及产品的有关数据、功能和使用方法；能进行常见故障的维修；能看懂电气控制原理图和接线图。

[重点和难点]

▪ 重点 电工工具和仪表的应用，低压电器的选择和维修，电动机综合保护方法和维护。

▪ 难点 接触器、继电器常见故障的维修，电动机综合保护电路的维护。

1.1 电工基本知识

1.1.1 常用电工工具简介

电工工具品种繁多，会正确选择和使用电工工具，既能提高工作效率和施工质量，又能减轻劳动强度、保证操作安全和延长工具的使用寿命。常用电工工具包括通用工具、线路安装工具和设备装修工具，本节主要介绍跟设备电气控制有关的常用电工工具。

1. 低压测电笔

低压测电笔简称电笔，又称验电器，是用来测试导线、开关、插座等电器及电气装置是否带电的工具。常用测电笔有钢笔式和螺丝刀式两种，其测电范围为 60V~500V。

低压测电笔的使用方法：以手指握住笔身，以食指触及尾部的金属体（或钢笔式的笔套）；然后用笔前端的金属体去接触测试点。使用时要注意：在光线很亮的地方测试时，需用手遮挡光线，以便看清氖泡是否发光；握测电笔的手，千万不可触及测电笔的金属体；螺丝刀式测电笔应套上塑料套管，仅露出头部以便测量，防止发生触电或短路事故。

2. 螺钉旋具

螺钉旋具俗称螺丝刀，又称起子、改锥等，是一种紧固或拆卸螺钉的工具。它有一字和十字两种刀头，分别用于旋紧或起松一字或十字螺丝。其规格品种较多，电工多采用绝缘性能较好的塑料柄螺丝刀。现在还有一种组合式的螺丝刀，其握柄和刀体是可拆卸的。

螺丝刀使用时要注意安全，以免造成触电事故。其使用方法如图 1-1 所示。

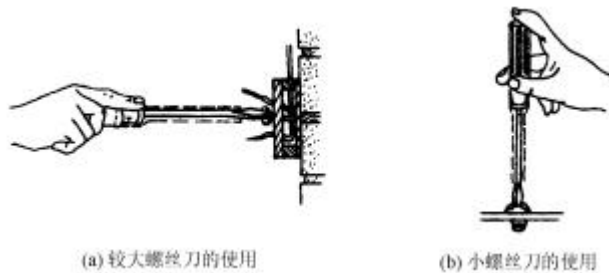


图 1-1 螺丝刀的使用

3. 钢丝钳

钢丝钳俗称老虎钳，是一种钳夹和剪切电工器材的常用工具，它由钳头、钳柄组成，钳头又由钳口、齿口、刀口和铡口组成。钳口用来弯绞或夹导线；齿口用来旋紧或起松螺母，也可用来绞紧或放松导线接头；刀口用来剪切导线或拔起铁钉；铡口用来铡切钢丝、铁丝等较硬的金属材料。它有 150,175,200 mm（长度）等规格，电工常用钳柄带橡胶绝缘套管的，绝缘柄工作电压为 500 V。

钢丝钳使用时要注意不得用刀口同时剪切相线和零线，或同时剪切两根相线，以免发生短路故障；钳头不可代替手锤作敲打工具使用。

4. 尖嘴钳

尖嘴钳与钢丝钳相仿，由于尖嘴钳的钳头部分细长，因此能在较狭小的地方工作，如灯座、开关内的线头、螺钉的固定等。尖嘴钳只能剪切、切断较细的导线及金属材料。

5. 活扳手

活扳手又叫活络扳手，是用来旋紧或起松六角、四角螺母、螺栓的专用工具。它由头部和柄部组成，头部由活络扳唇、扳口、蜗轮和轴销等构成，旋动蜗轮可调节扳口的大小。其规格以长度×最大开口宽度（mm）表示。

在使用活扳手扳动大螺母时，需要力矩较大，手应握在近柄尾处；扳动较小螺母时易打滑，故手应握在接近头部的地方，随时调节蜗轮，收紧活络扳唇防止打滑。

6. 电工刀

电工刀主要用来剖削或切割电工器材，如剖削电线电缆绝缘层、切割木台缺口、削制木桩及软金属等。电工刀有大号、小号两种，刀片长度分别为 112 mm 和 88 mm。

电工刀使用方法：使用时刀口应朝外进行操作。在剖削导线时，应将刀面与导线成较小锐角，以免割伤导线；用毕应即时把刀身折入刀柄。电工刀因无绝缘保护，不能在带电导线或器材上剖削，以防触电。

除了上述通用工具外，还有一些常用的辅助工具。

7. 钢锯

钢锯主要用来锯割金属材料，也可用来锯割电缆、塑料及铠装电缆的外包皮等，由锯架

和锯条组成。一般手锯钢锯条的长度为 300mm，厚度为 0.64mm，阔度为 12,13mm 两种，齿距有 0.8,1,1.1,1.4,1.8mm 等几种。

8. 钢凿

小钢凿专门用来打砖墙上的木砧孔，钢凿的宽度一般为 12mm 左右。长钢凿是用来打墙孔的工具，长度在 300mm~500mm。

9. 电钻

现在常用的是冲击钻，它既可使用普通麻花钻头在金属材料上钻孔，也可使用冲击钻头在砖墙、混凝土等处钻孔，供膨胀螺栓使用，是电工必配的辅助工具。

10. 电烙铁

电烙铁是锡焊的专用工具，主要用来焊接铜导线、铜接头或轴连接件的镀锡等。电烙铁的功率有 15,20,30,45,75,100,300W 等，功率越大，烙铁头也越大，能焊接物体也越大，所以在使用时应根据焊接物体的大小来选择合适的电烙铁。电工常用的电烙铁功率为 30W~75W。

1.1.2 电工基本操作

在电气安装和线路维修中，经常需要对导线进行各种各样的处理，如导线连接、导线穿墙等等。本书重点介绍导线连接的有关操作技术。

1. 导线绝缘层的处理

导线在连接前，要对导线的绝缘层进行处理，即进行绝缘层的剖削，把导线端头的绝缘层削掉，并将裸露的导体表面清洗干净。绝缘层剖削的长度一般在 50mm~150mm 之间，剖削时应尽量不损伤芯线。

(1) 塑料硬线绝缘层的剖削。芯线截面为 4mm^2 及以下的塑料硬线，一般用钢丝钳来剖削绝缘层，方法步骤如下：

- ① 左手捏住电线，根据线头所需长短用钢丝钳口切割绝缘层，但不可切入芯线；
- ② 用右手握住钢丝钳头部用力向外勒去塑料绝缘层；
- ③ 剖削出的芯线应保持完整无损。

芯线截面大于 4mm^2 的塑料硬线，用电工刀来剖削，方法如下：

- ① 根据所需长度用电工刀以 45° 角的倾斜切入塑料绝缘层；
- ② 接着刀面与芯线保持 25° 角左右，用力向线端推削，不可切入芯线，削去上面一层塑料绝缘；

- ③ 将下面塑料绝缘层向后扳翻，最后用电工刀齐根切去。

(2) 塑料软线绝缘层剖削。塑料软线绝缘层只能用剥线钳或钢丝钳剖削，不可用电工刀剖削，其剖削方法同上。

(3) 塑料护套线绝缘层的剖削。塑料护套线绝缘层必须用电工刀来剖削，方法如下：

- ① 按所需长度用电工刀刀尖对准芯线缝隙间划开护套层；
- ② 向后扳翻护套层，用刀齐根切去；

③ 在距离护套层 5mm~10mm 处，用电工刀以 45° 角倾斜切入绝缘层，其他剖削方法如同塑料硬线。

(4) 橡皮线绝缘层的剖削。

① 先把橡皮线的编织保护层用电工刀尖划开，与剖削护套线的护套层方法类似；

② 然后用与剖削塑料线绝缘层相同的方法剖去橡皮层；

③ 最后松散棉纱层到根部，用电工刀切去；

(5) 花线绝缘层的剖削。

① 在所需长度处用电工刀在棉纱织物保护层四周割切一圈后拉去；

② 在距棉纱织物保护层 10mm 处，用钢丝钳口切割橡胶绝缘层，注意不能损伤芯线。然后右手握住钳头，左手用力抽拉花线，钳口勒出橡胶绝缘层；

③ 最后露出了棉纱层，把棉纱层松散开来，用电工刀割断，如图 1-2 所示。

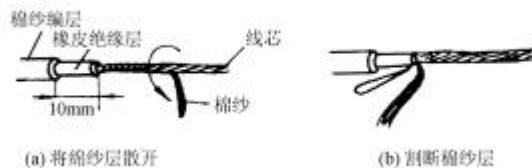


图 1-2 花线绝缘层的剖削

(6) 铅包线绝缘层的剖削。

① 先用电工刀把铅包层割一刀；

② 然后用双手来回扳动切口处，待铅层沿切口折断，就可把铅包层拉出来；

③ 绝缘层的剖削，按塑料线绝缘层的剖削方法进行。

2. 导线的连接

当导线不够长或要分接支路时，就要将导线与导线进行连接。

(1) 铜导线的连接。常用铜导线的线芯有单股、7 股和 19 股几种，连接方法随芯线的股数不同而异。

1) 单股铜心导线的连接。单股铜导线的连接有绞接和缠绕两种方法。绞接方法适合导线截面较小的场合使用，缠绕方法适合于截面较大导线的连接。

直接绞接。操作时先将导线互绕 3 圈，然后将两线端分别在另一导线上紧密绕 5 圈，使线端分别贴在导线上，割去多余的部分。分支连接，又称 T 字分支连接。操作时，使支线与干线十字相交，先用手将支线在干线上粗略绕 2 圈~3 圈，再用钳子紧密绕 5 圈，多余部分割去。

缠绕连接分直接连接和分支连接。直接连接时，先将两线端用钳子略加弯曲，使之并合，然后用直径约为 1.5mm 的裸铜线紧密地缠绕在两根导线的并合处。分支连接时，先将分支导线线端略加弯曲，使之与干线并合，其后与直接连接操作相同。并合处缠绕长度可视连接导线直径而定，通常直径在 5mm 以下取 60mm，在 5mm 以上取 90mm。

2) 多股铜心导线的连接（以 7 股铜导线为例）。

① 7 股铜导线的直接连接：

a. 首先剖去导线的绝缘层，用砂纸将芯线表面擦净，把接近绝缘层 1/3 段的芯线绞紧，把余下的 2/3 段芯线分散成伞状，逐根拉直。再把两个伞状芯线线头隔根对叉，如图 1-3 (a)

所示；

b. 将一端的 7 股线按 2,2,3 根分成三组，然后把张开的各线端合拢，紧贴于所连接的导线。接着扳起一组二根芯线，按顺时针方向缠绕于对叉连接处 2 圈~4 圈，余下的线向右扳直，如图 1-3 (b) 所示；

c. 把下边第二组的 2 根芯线扳直，也按顺时针方向紧压着 2 根扳直的芯线向右缠绕 2 圈~4 圈，也将余下的线向右扳直理顺；

d. 再把第三组的 3 根芯线扳直，也按顺时针方向紧压着前 4 根扳直的芯线向右缠绕 3 圈~5 圈后，切去每组多余的芯线，钳平线端即可，如图 1-3 (c) 所示。

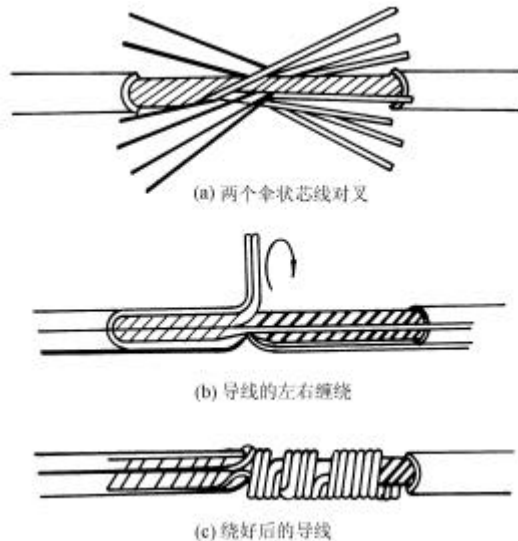


图 1-3 7 股铜导线的直接连接

② 7 股铜导线的 T 字分支连接：

a. 把分支芯线散开钳直，接着把近绝缘层 $1/8$ 的芯线绞紧，把支路线头 $7/8$ 的芯线分成两组，一组 4 根，另一组 3 根，并排齐，然后用旋凿把干线的芯线撬分为两组，再把支路中 4 根芯线的一组插入干线两组芯线中间，而把 3 根芯线的一组放在干线芯线的前面；

b. 把支路 3 根芯线一组的在干线右侧按顺时针方向紧紧缠绕 3 圈~4 圈，钳平线端；

c. 再把支路 4 根芯线的一组按逆时针方向缠绕 4 圈~5 圈后，钳平线端。

19 股铜心导线的连接方法与 7 股铜心线的基本相同。芯线太多可剪去中间的几根。注意：采用直接连接后，在连接处尚须进行锡焊，以增加其机械强度和改善导线性能。

(2) 铝心导线的连接。由于铝极易氧化，且铝氧化膜的电阻率很高，所以铝心导线不宜采用铜心导线的方法进行连接，铝心导线常采用螺钉压接法和压接管压接法连接。

① 螺钉压接法连接：这种方法使用瓷接头（又称接线桥）上接线桩的螺钉来实现铝导线的连接。该方法适用于负荷较小的单股铝导线的连接，优点是简单易行。其操作步骤如下：

a. 把削去绝缘层的铝心线头用钢丝刷刷去表面的铝氧化膜，并涂上中性凡士林，如图 1-4 (a) 所示；

b. 直接连接时，先把每根铝心导线在接近线端处卷上 2 圈~3 圈，以备线头断裂后再次连接用，然后把四个线头两两相对地插入两只瓷接头的四个接线桩上，旋紧螺钉，如图 1-4 (b)

所示；

c. 若作分支连接时，要把支路导线的两个芯线头分别插入两个瓷接头的两个接线桩上，然后旋紧螺钉，如图 1-4 (c) 所示；

d. 最后在瓷接头上加罩铁皮盒盖或木罩盒盖。



图 1-4 单股铝导线的螺钉压接法

如果连接处在插座或熔断器附近，则不必用瓷接头，可用插座或熔断器上的接线桩进行过渡连接。

② 压线管压接法连接：这是利用铝压接管（又称铝套管），使用压接钳实现铝导线的连接。该方法适用于较大负荷多根铝心导线的连接，如图 1-5 所示。

a. 根据铝线规格选择适当的铝压接管，剥去导线两端的绝缘约 55mm 左右；

b. 用电工刀或钢丝刷清除铝心导线表面和压接管内壁的铝氧化层，涂上一层中性凡士林；

c. 把两根铝心导线线端相对穿入压接管，并使线端穿出压接管 25mm~30mm；

d. 最后进行压接。压接时，第一道坑应压在铝心线端一侧，不可压反，压接坑的距离和数量应符合技术要求。

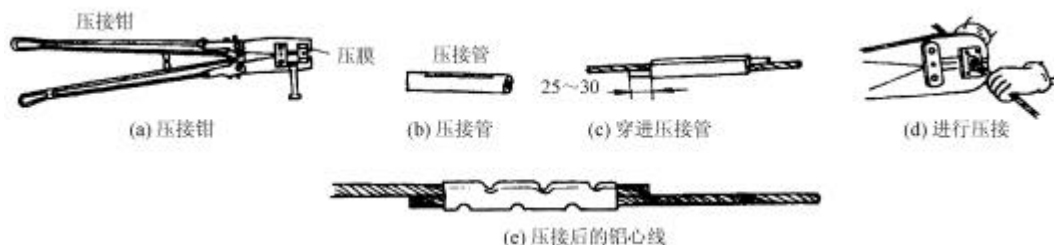


图 1-5 压接法所用工具及方法

(3) 线头与接线桩的连接。在各种用电器或电气装置上，均有接线桩供连接导线使用。常用接线桩有针孔式和螺钉平压式两种。

在针孔式接线桩上接线时，如果单股芯线与接线桩头插线孔大小适宜，只要把芯线插入针孔，旋紧螺钉即可；如果单股芯线较细，则要把芯线折成双根，再插入针孔；如果是多根细丝的软线芯线，必须先绞紧，然后再插入针孔。切不可让细丝露在外面，以免发生短路事故。

在螺钉平压式接线桩头上接线时，如果是较小截面单股芯线，则必须把线头变成羊眼圈，羊眼圈弯曲的方向应与螺钉拧紧的方向一致，如图 1-6 所示。较大截面单股芯线与螺钉平压式接线桩头连接时，线头须装上接线耳，由接线耳与接线桩连接。

3. 导线绝缘层的恢复

当导线的绝缘层遭到破坏或导线连接后，都必须恢复导线的绝缘，并且要求恢复后的绝缘强度不应低于原有绝缘层。恢复绝缘的材料通常用黄蜡带、涤纶薄膜带和黑胶带等，黄蜡带和黑胶带一般选用20mm宽较适中，包缠也方便。

(1) 绝缘带的包缠方法。将黄蜡带从导线左边完整的绝缘层上开始包缠，包缠两根带宽后方可进入无绝缘的芯线部分，如图1-7(a)所示。包缠时，黄蜡带与导线保持约 55° 的倾斜角，每圈压叠带宽的 $1/2$ ，如图1-7(b)所示。包缠一层黄蜡带后，将黑胶布接在黄蜡带的尾端，如图1-7(c)所示。接着按另一斜叠方向包缠一层黑胶布，也要每圈压叠带宽的 $1/2$ ，如图1-7(d)所示。

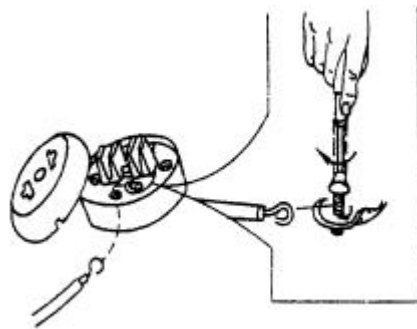


图 1-6 线头与螺钉平压式接线桩的连接

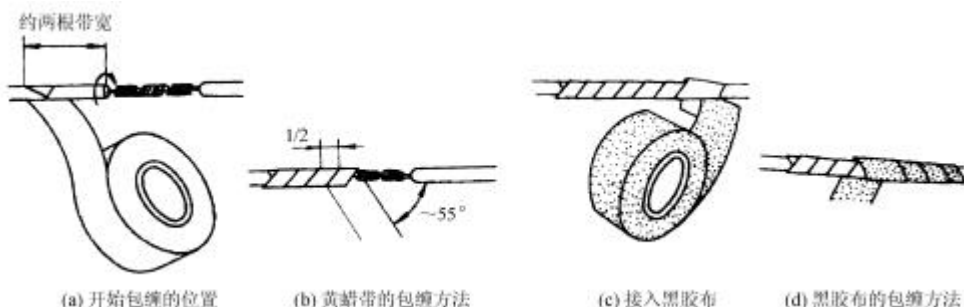


图 1-7 绝缘带的包缠

(2) 注意事项。

- ① 用在 380V 线路上的导线恢复绝缘时，必须先包缠 1 层~2 层黄蜡带，然后再包缠一层黑胶带。
- ② 用在 220V 线路上的导线恢复绝缘时，先包一层黄蜡带，再包缠一层黑胶带。
- ③ 绝缘带包缠时，不能过疏，更不允许露出芯线，以免造成触电和短路事故。
- ④ 绝缘带不可放在温度很高的地方，也不可浸染油类。

1.1.3 常用电工仪表

电工仪表在日常工作中是必不可少的。按电表的结构型式和工作原理，可分为磁电式、电磁式、电动式、热电式、感应式、电子式等；按其测量对象的不同，又可分为电流表、电压表、电阻表（欧姆表）、功率表、功率因数表、频率表、电能表等。电表都有一定的准确度等级，它的大小与电表的测量误差有关，电表等级的数字越小，电表的准确度越高。表 1-1 列出了电压表、电流表的基本误差与准确度等级的关系。

一般来说，0.05 级~0.2 级用做标准表，来校验其他电表；0.3 级~1.5 级用做实验室实验用电表；0.2 级~0.5 级用做一般工程电表。

下面介绍几种常用电工仪表。

表 1-1 电压表、电流表的准确度等级及对应的基本误差

准确度等级	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3	5
基本误差%	±0.01	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5	±3	±5

1. 万用表

万用表是一种多用途的测试仪表，它的基本内容有交流电压、直流电压、直流电流、电阻等。现在的一些中、高档万用表在此基础上又增加一些测试内容，主要有交流电流、电感、电容、晶体管主要参数（主要是放大倍数）等。

万用表的使用方法：首先在使用前应先检查万用表表头上的指针是否指在零位上，如不在，可用螺丝刀调整表面上的零位调整器，将表头指针调至零位；然后将量程选择开关转动到相应的位置上再进行测量。

下面介绍几种常用参数的测量方法及注意事项：

(1) 交流电压的测量。先将量程选择开关转动到交流电压最大挡上，如不合适，再逐渐减小至合适挡上；若已知被测电压值范围，可将量程开关直接转动到相应的挡上。然后将红、黑表笔分别接触被测电压的两极，观察表针的读数。注意测电压值时表笔应并接在被测电路上，如图 1-8 (a) 所示。

(2) 直流电压的测量。测试方法与交流电压测量类似，但量程选择开关应转到直流电压挡。测量时必须将红表笔接触正极，黑表笔接触负极。如测前不知道正、负极，可用表笔快速接触被测量的两极，若发现指针反转，则需将表笔对换后再进行测量。一般电压表的使用方法与此相同。

(3) 交流电流、直流电流的测量。测试方法同交流电压、直流电压的测量，但测量电流时应将万用表串接于电路中，如图 1-8 (b) 所示。一般电流表的使用方法与此相同。

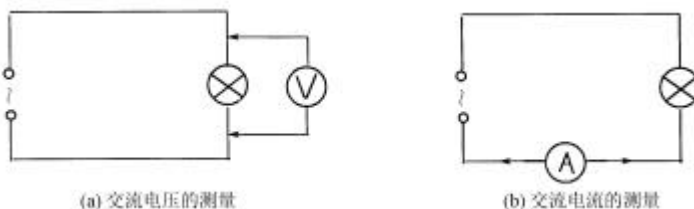


图 1-8 交流电压、交流电流的测量

(4) 电阻的测量。测量前，应先将两支表笔头碰在一起，看指针是否在零欧姆位置，如不在，可调节“Ω”调零旋钮，使指针指零；然后估计被测电阻值的大小，决定量程的选择，若无法估测电阻值，应先转到最大电阻挡，再逐渐调小至合适测量挡，以免因量程太小而打坏表头指针。确定量程后，将两表笔分别搭到被测电阻的两端，此时指针所指的读数再乘上量程开关的倍数即为被测电阻值。测量电阻时严禁带电操作。

当需要检查线路的通、断时，也可用测量电阻的方法来判别。先将量程开关转至较小电阻挡（ $\times 1\Omega$ 挡），若所测电阻读数为零或接近零，说明线路是通的；若读数为无穷大，则线路不通；若读数在两者之间，说明线路的接头或连接点接触不良或松动等。

(5) 注意事项。在使用万用表时，还需注意在测量电压时千万不能转到电流、电阻挡，否则会损坏万用表；读数时要注意看好所选的是哪一条标度尺，该标尺读数是否均匀；万用

表使用后，应把量程开关转到空挡，没有空挡的可转到交流电压最高挡，以免万用表在下次使用时因误操作而损坏。

2. 钳形表（钳形电流表）

用万用表测交流电流时，需将电表串接在线路中，因此必须断开电路。钳形表是在不断开电路的情况下就能测量交流电流的专用仪表，它由一只电流互感器和一只安培表组合而成，测量范围大、使用方便，但准确度较低。其外形和使用方法如图 1-9 所示。

使用时应注意：选择合适的量程，如无法估计，可从最大量程逐步调至合适量程；测电流时，应把被测导线放在钳口的中心位置，钳口闭合应紧密，以保证测量的准确；使用完毕，应将量程开关放在空挡或交流电流最大量程挡，以免下次使用时由于疏忽未改变量程而损坏仪表。

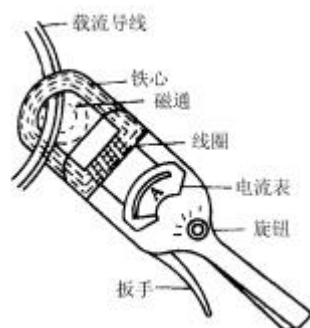


图 1-9 钳形电流表

3. 兆欧表

兆欧表因其测量需摇动手柄，所以又称摇表，主要用来测量电机、电器、电缆、线路等的绝缘电阻。它有三个接线端：L 代表“线路”接线端，E 代表“接地”接线端，G 代表“保护环”接线端。

兆欧表测量前应进行一次开路 and 短路试验。未接被测电阻前，摇动手柄到额定转速，指针应在“∞”位置；然后将 L 端和 E 端短接，缓慢摇动手柄，指针应在“0”位置。否则说明表有故障，需检修后才能使用。

兆欧表使用时，先将被测电阻两端分别与 L 和 E 端相连，常用的几种测量接线方法如图 1-10 所示。图 (a) 测量的是电路绝缘电阻，E 端可靠接地，L 端接被测线路；图 (b) 测量的是电机的绝缘电阻，E 端接机壳，L 端接电机绕组；图 (c) 测量的是电缆绝缘电阻，L 端接导电线芯，E 端接电缆外壳，G 端与电缆壳与芯之间的绝缘层相接，保护环直接与发电机的负极相连，可消除因表面漏电而引起的测量误差。

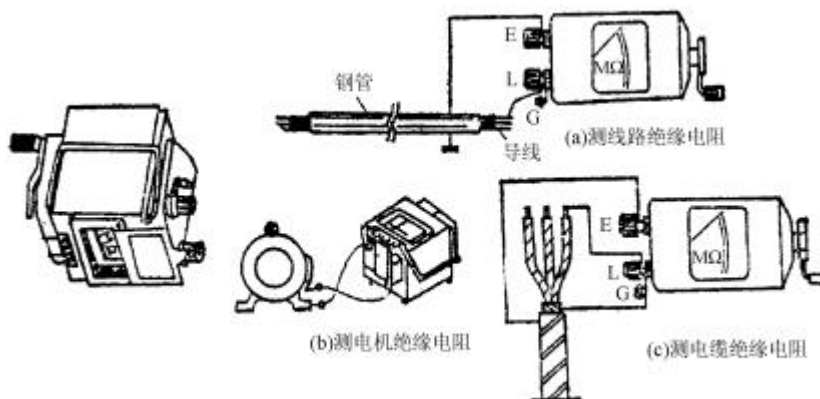


图 1-10 兆欧表的接线方法