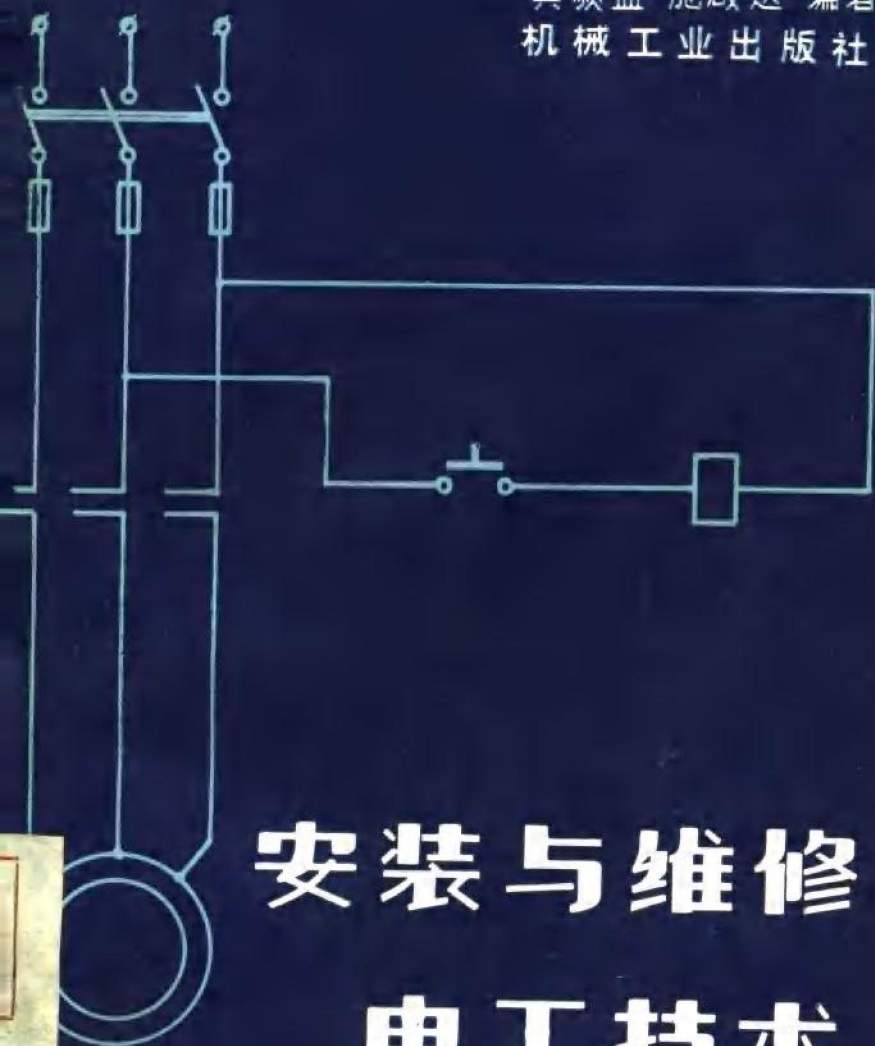


龚顺益 施啟达 编著
机械工业出版社



安装与维修 电工技术

前 言

为了适应广大工人技术学习的需要，我们根据原第一机械工业部1978年颁发的《工人技术等级标准》(电工)“应知”“应会”的要求和水电部颁发的《安装工人技术等级标准》(电工)“应知”“应会”的要求，编写了这本供安装和维修电工学习的通用读物《安装与维修电工技术》。本书较全面系统地介绍了工厂电气设备结构及原理基本知识，阐述了有关电器的使用、安装、维护与检修的具体实践技术知识。内容包括：电工操作工艺基础；工厂供电线路的施工与维修；电机原理安装与维修；电力拖动控制线路及维修；工厂变电所主要电气设备及其安装等五章。

本书适合于二级到五级电工自学。为了便于自学，叙述力求深入浅出，通俗易懂，结合实际，并附有练习题，以培养学员分析问题和解决问题的能力。通过本书的学习，能掌握二级到五级电工应知的基本理论知识和应会的基本技能，达到技术考核标准。

本书第一章第三、四两节、第二章第七节和第五章由施启达同志编写，其余部分由龚顺益同志编写。

由于编者的业务知识有限，书中错误和不足之处难免，恳切希望广大读者批评指正。

编者

一九八三年一月

目 录

第一章 电工操作工艺基础.....	1
§ 1-1 常用电工工具的使用与维护	1
§ 1-2 基本操作工艺	4
§ 1-3 电气施工识图	17
§ 1-4 照明线路安装	29
§ 1-5 电工安全技术	45
第二章 工厂供电线路的施工与维修.....	52
§ 2-1 工厂电力系统供电方式	52
§ 2-2 供电线路上的电压损失	55
§ 2-3 工厂供电线路及其选择	57
§ 2-4 供电变压器容量的选择	72
§ 2-5 架空输电线路的架设	74
§ 2-6 电力电缆线路的施工	91
§ 2-7 电缆头的制作与安装	99
§ 2-8 车间配电线路的安装	111
§ 2-9 供电线路的运行与维护	138
§ 2-10 工厂节约用电	142
第三章 电机原理、安装与维修	152
§ 3-1 变压器的工作原理与构造	152
§ 3-2 三相变压器	158
§ 3-3 电力变压器的抽芯检查与安装	164
§ 3-4 几种特殊用途的变压器	174
§ 3-5 异步电动机	181
§ 3-6 电动机的安装与接线	200

IV

§ 3-7 电动机常见故障与维修	205
§ 3-8 同步电机	213
§ 3-9 直流电机	225
§ 3-10 直流弧焊机	243
第四章 电力拖动控制线路与维修	254
§ 4-1 常用低压电路控制设备	254
§ 4-2 电器元件的维修	270
§ 4-3 异步电动机的拖动控制线路	274
§ 4-4 机床电气控制线路举例	311
§ 4-5 高压电动机的控制电路	321
§ 4-6 直流电动机的自动控制概述	325
§ 4-7 直流电动机控制线路举例	331
§ 4-8 机床电气线路的维护与检修	335
§ 4-9 可控硅励磁	336
第五章 工厂变电所主要电气设备及其安装与调整	342
§ 5-1 工厂供电概述	342
§ 5-2 工厂变电所的类型与主接线	343
§ 5-3 工厂变电所的主要电气设备	348
§ 5-4 工厂变电所的继电保护装置	363
§ 5-5 继电保护装置的运行和维修	376
§ 5-6 工厂变电所的过电压保护	378
§ 5-7 电气设备的安装与调整	383
§ 5-8 电气设备的接地与防雷	401
附录	418

第一章 电工操作工艺基础

§ 1-1 常用电工工具的使用与维护

工具是电气安装与维修工人的武器，正确使用工具是提高工作效率，保证施工质量的重要条件，因此，对工具必须十分重视正确使用和正常维护。由于工具种类繁多，这里仅对常用的电工工具作简单的介绍，但对于一般的通用工具如钳子、螺丝刀等便不作介绍了。

常用电工工具除了携带的工具如试电笔、钢丝钳、电工刀、螺丝刀、钢卷尺、尖嘴钳、剥线钳及活动扳手（7"~8"）等外，还有电工公用工具如喷灯、紧线器、安全带、脚扣、人梯、压接钳、弯管器、割管器、手电钻、拉钩、钢锯、手锤、台钻、砂轮、各种规格的扳手、锉刀、电烙铁、长卷尺、转速表和小型起重吊链、叉杆等。

电工工具的设置要看电工的工作性质和范围，并非所有工具都要备全，有时还可能超出上述范围。下面介绍几种常用电工工具（安全工具见本章第五节）。

一、试电笔

试电笔是电工常用的一种辅助安全用具。用于检查 500 伏以下导体或各种用电设备外壳是否带电。试电笔外型象钢笔，前端有金属探头，后端有金属挂勾，使用时手接触金属挂勾。将探头触及检查部位，若是带电，试电笔中的氖气管，就会发出红光。

只要我们善于使用，试电笔可以进行许多电气检查工

作。如区别相线和零线：相线发亮，零线一般不发亮；区别交流电和直流电：在直流电通过试电笔时，氖灯里的两个极只有一个发亮；区别直流电正极和负极：把试电笔连接在直流电的正负极之间，发亮的一端为负极，不发亮的一端为正极；区别电压高低：电压越高，发光越亮；检查相线接地：接地一相的亮度较弱；接触中性点，若发亮，说明各相负荷不平衡，或有匝间短路现象；检查接线头，若接触不良，或有干扰，则氖灯出现闪烁现象；等等。

二、手电钻

电钻是装配电工的常用工具。手电钻的基本结构由电动机、减速机构、夹头、开关和手柄等组成。6毫米电钻一般采用手枪式；10毫米电钻采用环式后手柄结构；13~23毫米电钻采用双侧手柄及后托架。

用电钻钻孔时，必须亲自察看电线和插销是否完好，接地线连接是否正确。初次使用时，不要手握电钻去插电源，应先将其放在绝缘物上，再插上电源，用试电笔检查外壳是否带电，然后再使用。

三、弯管器和切管器

弯管器和切管器是钢管配线中常用的工具。弯管器的种类有手弯管器，液压弯管器和电动弯管器。手弯管器体积小、轻便，适于工地现场使用，它是靠人力弯曲管子，只适用于弯直径50毫米以下的管子。为使管子不被弯扁，在弯曲时，弯管器须逐点移动，使管子弯成所需的弯曲半径。

液压弯管器所弯曲的电线管，能到直径100毫米以上，最适于弯曲半径相同的成批管弯。对较粗的管子弯曲时，可采用电动弯管机或灌砂火弯法（煨弯）。

电线管一般是用钢锯切断。也可用切管器切断。

四、压接钳

压接钳是连接导线的一种工具。导线与导线的连接采用压接法。压接可靠、施工方便、灵活。根据连接管大小的不同,选用不同规格的压接钳。各种压接钳使用范围,见表1-1。

表1-1 各种压接钳使用范围

名 称	型 号	使 用 范 围
单股导线压接钳		可压接2.5~10毫米 ² 单股铝线
手动油压钳	SLY-240型 YYQ-12A型	可压接16~240毫米 ² 的铜铝绞线
机械压接钳	QYQ-12型 QXS-12型	可压接16~240毫米 ² 铝绞线, 25~300毫米 ² 铜绞线

使用压接钳时, 应根据导线截面选择适当规格的压模, 不能混用。

五、喷灯

喷灯是作为导线局部或电缆封端加热的工具。使用前要检查所用的油, 禁止在使用煤油或酒精的喷灯内注入汽油使用; 检查油量是否合适, 油量不应超过油筒容量的 3/4; 检查油筒是否漏油, 喷油嘴有无堵塞, 丝扣是否漏气; 检查加油的螺塞是否拧紧。

禁止使用打气筒上没有保险套的喷灯。

使用时、点火前不要打气, 先在点火碗内注入汽油, 油量不可太满, 点火将喷嘴加热, 其目的是加热汽化管, 使汽油变成蒸汽。点火后, 待碗内汽油快烧尽时, 将节油阀拧开, 少量汽油就会喷出燃烧, 稍待一会即可打气使用, 但打气不可过分。

§ 1-2 基本操作工艺

导线的连接与封端

在电气安装与线路维护工作中，常常因为导线太短和线路分支，需要把一根导线与另一根导线连接起来，再把终端出线与用电设备的端子连接，这些连接处通常称为接头。但应尽量避免出现不必要的接头，因为常常由于接头的质量不好而发生故障。因此，导线的连接是一道非常重要的工序，必须重视连接质量。

导线的连接方法很多，有绞接，焊接，压接和用螺栓连接等。各种连接方法适用于不同导线（铜线，铝线）及不同的工作地点。导线连接的基本要求是：导线接头处的电阻，不得大于导线本身的电阻值；接头处的机械强度，不得低于原导线强度的80%；在接头处不得使绝缘降低；保证接头处在运行后不受腐蚀。

（一）线头的剖削

导线连接前，必须把导线端头的绝缘层剥削掉，并将裸露的导体表面清理干净，剖切绝缘层的方法要正确，对橡皮绝缘线，应采用分段剖削，如图1-1所示。对塑料绝缘线，适用单层削法。剖切绝缘时，不应损伤线芯，剖去绝缘的长度一段在50~150毫米，截面小的剖短些，截面大的剖长些。

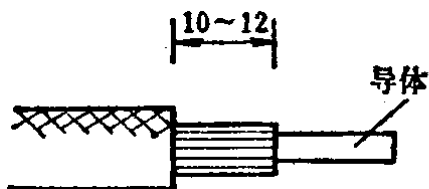


图1-1 橡皮绝缘线分段剖法

（二）铝导线的接法

由于铝在空气中极易氧化，因此铝导线的连接工艺比铜导线复杂，稍不注意就会影响接头质量。铝导线的连接方法很

多，有压接，电焊，钎焊，气焊。在铝线连接方法上禁止采用绞接和绑接。

1. 管压接

(1) 对内线工程用的 10毫米^2 以上的单股小截面铝导线，多用铝套管进行局部压接，如图1-2所示。压接前，先把导线两端的绝缘层各剥去 $50\sim 55$ 毫米，用电工刀把导线表面的氧化膜及油垢刮掉，再涂上凡士林锌粉膏，把线芯从两端插入事先选好的铝套管内，有圆形和椭圆形两种套管，然后用压钳进行压接。压接尺寸见表1-2。

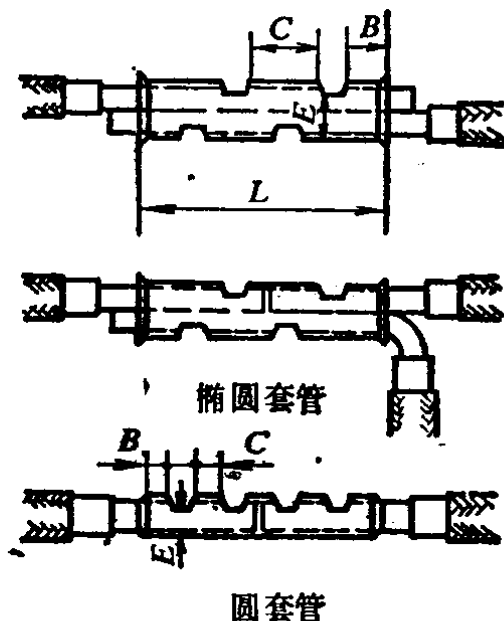


图1-2 单线压接

压接时，要按规定压接，使压钳要压到必要的极限尺寸，并使所有压坑的中心线处于同一条直线上。

单股铝导线需要分支或需要并头连接时，也可以用管压接头方式连接。

(2) 多股铝绞线的压接。截面在 $16\sim 240\text{毫米}^2$ 的铝导线可采用手提式油压钳进行局部压接，如图1-3所示。压接前，先把两根导线端部的绝缘层剥去，每端剥去长度为连接管长度的一半加5毫米，然后，散开线芯，用钢丝刷除去每根导线表面的氧化膜，并涂上凡士林锌粉膏，再把线芯绞合成原形。然后把线芯从两端插入已清除氧化膜和油垢的连接管内，插入长度各占连接管的一半，并相应地划好压坑的标记。根据连接导线截面的大小，选好压模，装到钳口内进

表1-2 铝套管压接规格表

套 管 型 式	导线截面 (毫米 ²)	铝芯外径 (毫米)	管压接尺寸 (毫米)		压后尺寸 E (毫米)	铝套管长 L (毫米)
			B	C		
圆 形	2.5	1.76	2	2	1.4	31
	4	2.24	2	2	2.1	31
	6	2.73	2	1.5	3.3	31
	10	3.55	2	1.5	4.1	31
椭圆形	2.5	1.76	2	8.8	3.0	31
	4	2.24	2	8.4	4.5	31
	6	2.73	2	8.4	4.8	31
	10	3.55	2	8	5.5	31

行压接。压坑尺寸及深度见图 1-3 所注工艺尺寸见表 1-3。
压接顺序见图 1-3，压完后，用细齿锉刀锉去压坑边沿

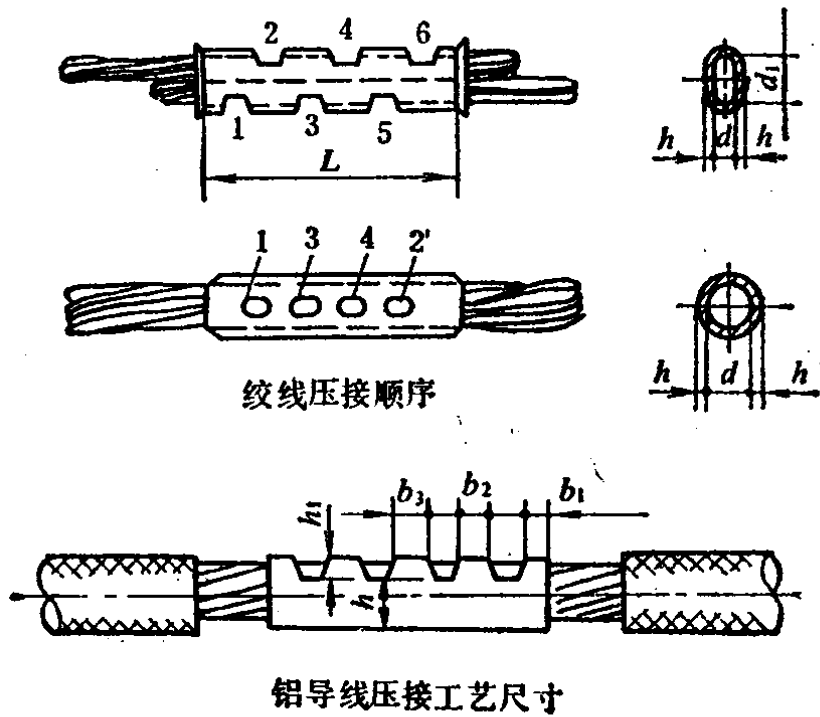


图1-3 铝导线压接

表1-3 铝导线压接的压坑间距及深度尺寸 (毫米)

连接管规格 (圆形)	压坑间距			压坑深度	剩余厚度	铝接管长
	b_1	b_2	b_3	h_1	h	L
GL-16	3	3	4	5.4	4.6	66
GL-25	3	3	4	5.9	6.1	68
GL-35	3	5	4	7.0	7.0	72
GL-50	3	5	6	8.3	7.7	78
GL-70	3	5	6	9.2	8.8	82
GL-95	3	5	6	11.4	9.4	86
GL-120	4	5	7	12.5	10.5	92
GL-150	4	5	7	12.8	12.2	95
GL-185	5	5	7	13.7	13.2	100
GL-240	5	6	7	16.1	14.9	110

的棱角,并用砂布打光,再用浸汽油的抹布擦净。最后恢复绝缘。

有关外线工程导线的连接见第二章。

2. 焊接 焊接法可以采用电阻焊,气焊,药包焊或钎焊等方法。

对于单股导线的并接(如接线盒),可用电阻焊,即用低电压炭极焊。焊接时,先把连接的铝导线的线头剥去20~30毫米,把线芯头并绞剪齐,在端头涂上少量的焊药,即可进行焊接,使线头熔化为球状,见图1-4。焊药配方为氯化钾粉50%,氯化钠粉30%,冰晶石粉20%。

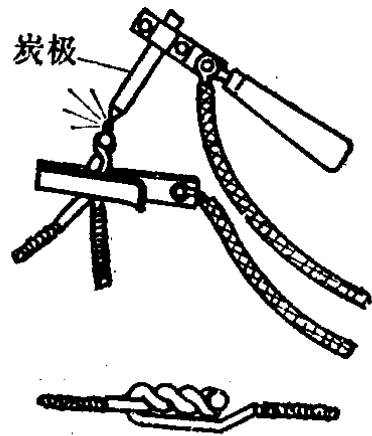


图1-4 单股导线电阻焊

气焊法是多股铝导线在接线盒内并头连接时采用的，如图 1-5 所示。一般由气焊工直接操作。而由电工配合完成。焊接时，加热焊点，到熔化时，这时就加入铝焊粉（焊药），借助焊粉的填充和搅动，使端面的金属芯线熔合并接起来。接头焊好后，要立即清除残渣和焊粉，可趁热用棉纱沾水把线头擦干净。因为施焊后残留的焊粉会对铝本身产生腐蚀作用。

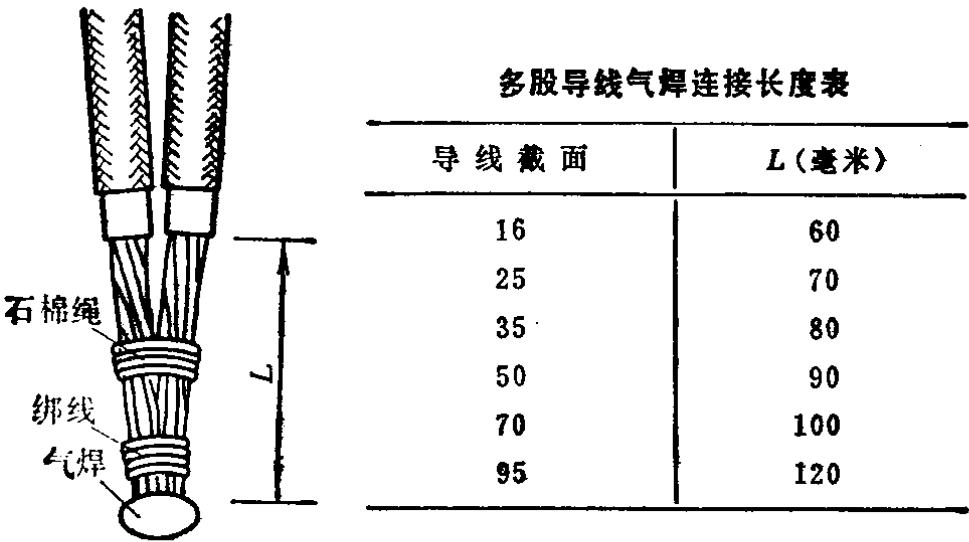


图1-5 多股导线气焊接头

（三）铜导线的连接

铜导线的连接工艺比铝导线连接要简单一些，可采用绞接，焊接或压接等方法。铜导线的焊接通常采用锡焊，气焊，单股铜线也可采用电阻焊。铜导线的压接与铝导线的压接工艺基本相同，不同点仅是铜连接管内壁必须镀锡，以加大导线接触面积。此外铜线的连接还可采用绞接和绑接。

1. 绞接法：小截面（6 毫米²）单芯直线连接和分支连接，常采用绞接法连接，见图 1-6。

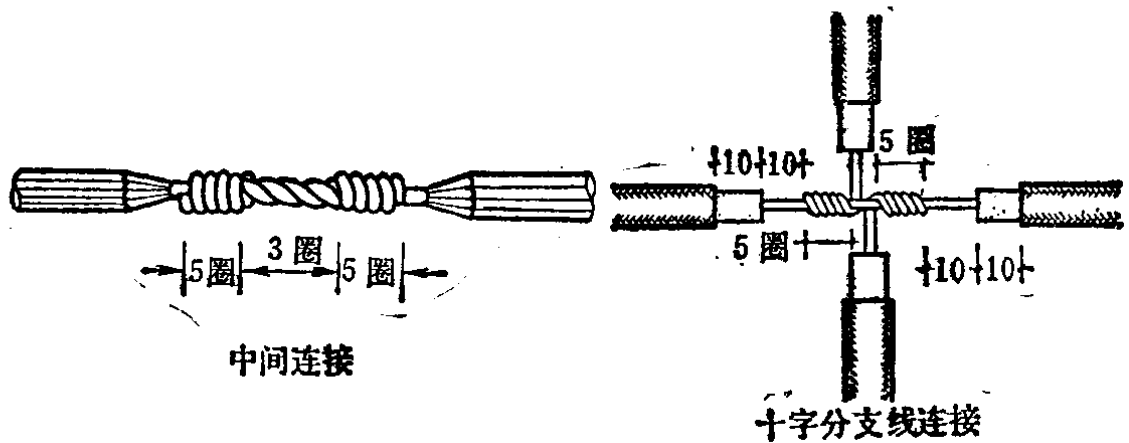


图1-6 单芯导线绞接连接

2. 缠绕绑接：对于较大截面（10毫米²以上）的单芯直接连接和分支连接，是用连接线缠绕绑接，填一根 1.5 毫米² 铜线作辅助线，然后再用 1.5 毫米² 的裸铜线从中部开始向左右两端展开缠绕，作法见图 1-7。

对多芯铜线直线接法和分支接法也可采用缠绕绑线连接。先把导线两端剥去线皮，然后把多芯线打开，把中心线

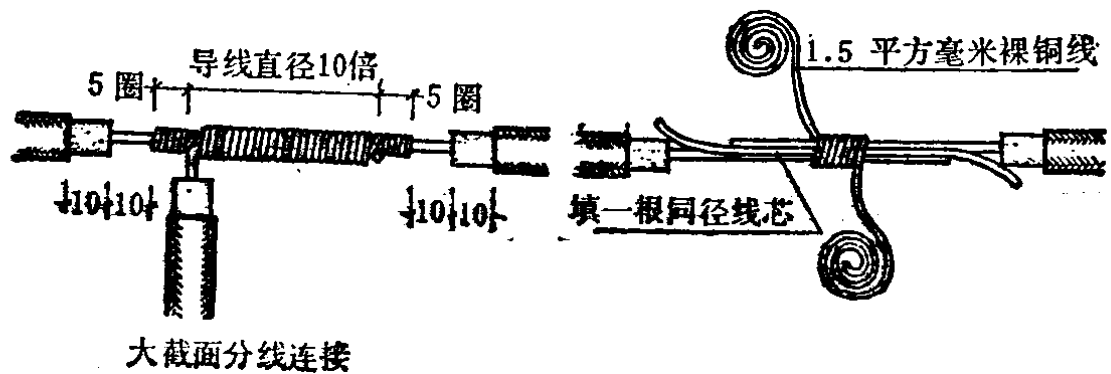


图1-7 单芯导线缠绕绑接法

切短，再把两头多芯线顺序交叉插进去成为一体，加辅助线一根，用 1.5 毫米²的铜线从中央开始用钢丝钳绑缠，接法与单芯直线缠绕法相同，作法见图 1-8。

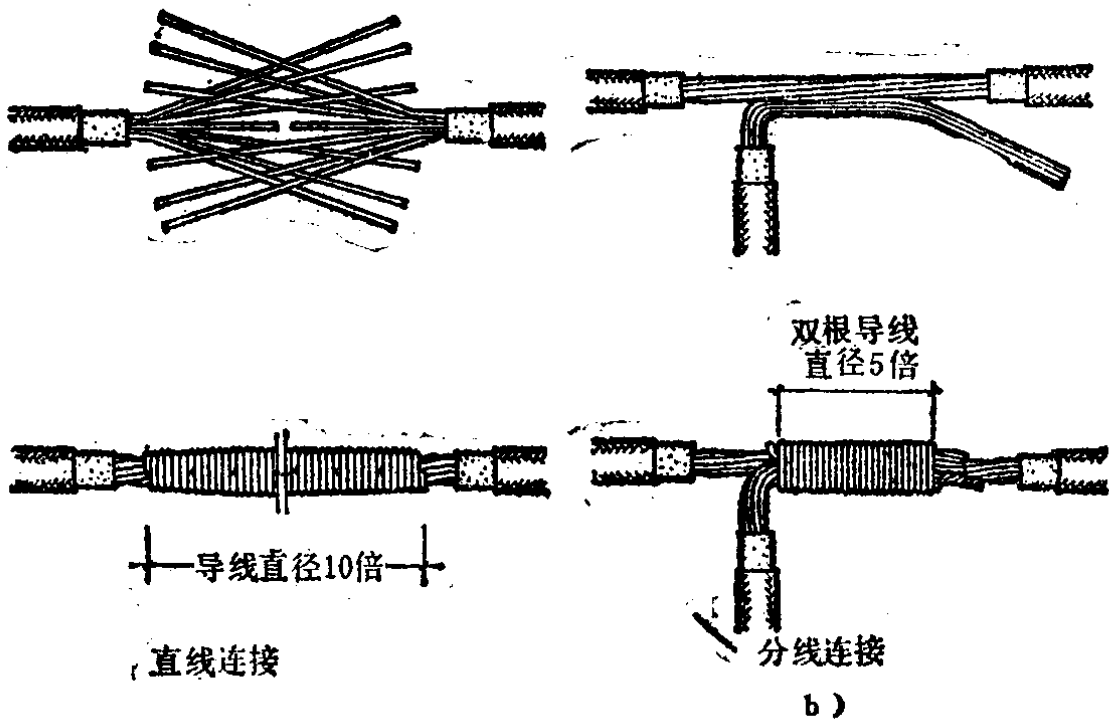


图1-8 多芯导线缠绑接法

3. 单卷或复卷连接：首先把多芯线拧开，把中心线切断，把两头线芯插成一体，利用导线本身单卷连接，作法见图 1-9。任取两股同时缠绕成圈后，另换两股缠绕，余线头压在里头或剪掉，再绕至 5 圈后，另换两股缠绕，依此类推，缠到边线为止，选双股拧三转，余线头剪掉，用钳子拍打平即可。另一端作法相同。



图1-9 多芯导线单卷直线连接

多芯铜芯导线分支连接同样可以采用单卷或复卷连接，

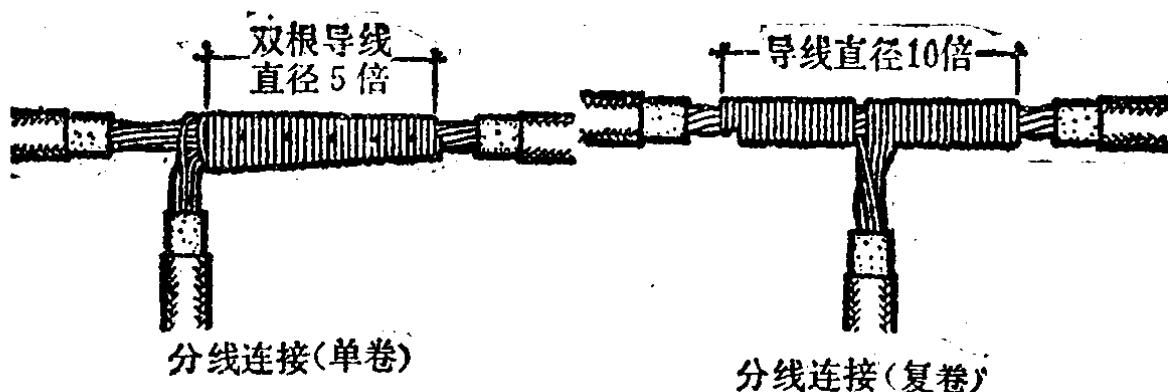


图1-10 多芯导线分支单卷和复卷连接

见图 1-10。

(四) 导线接头的包扎

导线连接以后，有时需要恢复绝缘，恢复后的绝缘强度不应低于原有绝缘层。

导线接头绝缘层的恢复，采用绝缘带包缠法。常用的绝缘带有橡胶带，黄蜡布，带粘性的黑胶带，塑料带以及粘性的塑料带或聚酯带等，电压较高的可选用涤纶薄膜或玻璃纤维带等。缠绕时绝缘带与导线保持约 55° 的倾斜角，每周包缠压叠带宽的一半，先在绝缘层上包扎一定长度（约两根带宽），再将裸露部分包紧缠绕，一般情况需要缠两层绝缘带，必要时再用纱带包封一层，要求平整美观。包缠完毕的末端用纱线绑扎牢固，或用绝缘带自身套结扎紧，或用带粘性的黑胶带包封。在室外，一般用自粘性塑料带包缠，以增加防水防潮性能。

(五) 封端连接

封端连接是导线终端出线与用电设备的端子相连接。对于导线截面大于 10毫米^2 的多股铜线或铝线，由于线粗、载流大，必须先在导线端头作好接线端子（俗称线鼻子、接线耳），

再与设备相连。

铝导线用端子封端时，一般用压接法，压接工艺与管压接相同。此外采用气焊方式进行端子封端，也是可行的，但明敷导线不得采用。铝导线封端连接，严禁拧接，因为拧接接触不良，接触电阻大；又因铝易受震动腐蚀，增加接触电阻，致使接线端子过热，发生故障。铝接线端子压槽的相对位置见图 1-11、图 1-12和表 1-4。

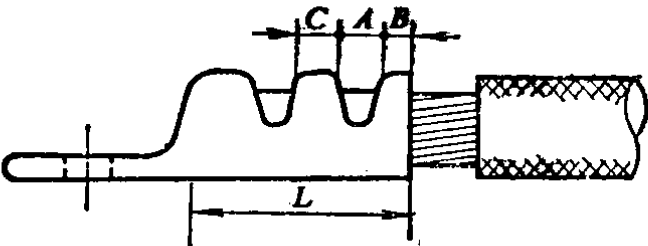


图1-11 铝接线端子压接工艺尺寸图

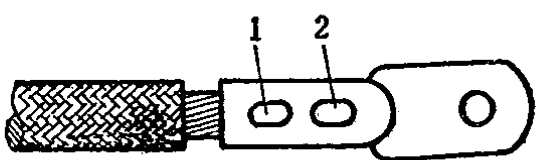


图1-12 接线端子压接程序图

子压槽的相对位置见图 1-11、图 1-12和表 1-4。

铜导线用接线端子时，有锡焊和压接两种方式。锡焊时，

表1-4 铝接线端子槽尺寸表（毫米）

导线截面 (毫米 ²)	A	B	C	L	压入深度
16	13	2	2	32	5
25	13	2	2	32	5.9
35	13	2	2	32	7.0
50	14	3	3	37	7.8
70	15	4	3	40	9.0
95	17	4	3	45	10.0
120	17	5	5	48	10.8
150	18.4	5	5	50	11.5
185	18.4	6	6	53	12.5
240	20.8	6	6	60	14.0

一般用喷灯火焰加热焊接。

若是铝导线出线端与设备铜端子直接连接，则会发生电化腐蚀，因此，需采用预制的铜铝过渡接线端子，使接线端上铜与铜、铝与铝连接，压接方法同上所述。

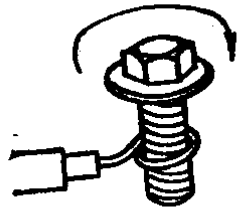


图1-13 单股线与电器设备连接

对于 10毫米^2 以下的单股铜、铝导线，可直接与电器设备连接，但要注意线头弯圆的方向应与螺母拧入方向一致，一般均为顺时针方向，如图1-13所示。

二、钳工知识

安装与维修电工，在进行安装和维修电器设备时，除了要精通电工技术外，还要掌握安装和维修钳工的操作技能，才能全面地完成工作任务。

电工常用的钳工基本操作有划线，凿削，矫正，弯曲，锉削，锯割，钻孔，攻丝套扣等。请参阅有关书籍，掌握常用钳工工具的使用方法、操作技术及安全注意事项。

三、设备固定件的埋设

电气设备需要固定，一般用螺栓或焊接固定在基础、墙、柱、梁或构架上，根据不同情况，采用不同的方法，常有的方法有：

1. 预埋铁件 在混凝土结构或砖结构上，预先埋设带有弯钩圆钢脚的铁板或开尾叉的角钢，统称之为预埋铁件。预埋铁件的制作和埋设通常由土建部门根据设计图施工，电工配合进行。

2. 留孔埋设 安装于混凝土基础上的设备，要在设计图上画出预留孔位置，浇灌基础时留出孔洞，安装时地脚螺栓悬挂于设备底座上，用细石混凝土灌浆，最后再二次灌浆