

高职高专技能实训教材

(第二版)

电工技能实训

DIANGONG JINENG SHIXUN

■ 储克森 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为适应高职教育的发展并加强学生动手能力的培养,本书将电工技能实训项目进行了优选和整合,主要内容有锡焊技能训练,万用表的装配与调试,室内照明线路的安装、运行及维修,三相异步电动机的维修,接地电阻的测量及电工简易检测装置的制作等。

每个实训项目分为基本知识和技能训练任务,内容与行业职业技能考证相结合,附录中编有维修电工技能鉴定基本内容及考核模拟试卷。本书突出专业领域的新知识、新技术、新工艺、新器件,图文并茂,通俗易懂,便于教学。实训器材易购、易做。

本书可供电类和近电类专业学生实训时用,也可作为电工技能培训教材和电气技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技能实训/储克森主编. —2版. —北京:中国电力出版社, 2012.5

ISBN 978 - 7 - 5123 - 3083 - 2

I. ①电… II. ①储… III. ①电工技术 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第107900号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006年7月第一版

2012年8月第二版 2012年8月北京第五次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 12.5印张 302千字

印数10001—13000册 定价28.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

为适应我国职业教育的蓬勃发展,以及职业教育必须强化学生实践能力和职业技能的培训,推进“双证制”实施的需要。我们在总结多年教学实践的基础上编写了这本《电工技能实训》,以满足电类及近电类各专业教学的需求。

本书作为电工技能实训指导,每项实训分为基本知识和技能训练任务两部分,全书在实训项目的选取和编制上充分考虑电工技能的要求和知识体系,具有很强的通用性、针对性和实用性,并结合了行业职业技能考证的要求。在编写时突出工艺要领与操作技能,注意新技术、新知识、新工艺和新标准的传授。

全书共有六个实训项目:锡焊技能训练,万用表的装配与调试,室内照明线路的安装、运行及维修,三相异步电动机的维修,接地电阻的测量,电工简易检测装置的制作等,其中项目五、六作为选做项目,各校可根据教学要求选用。实训过程中,应严格执行有关规程规定,注意培养学生的安全意识、职业和质量意识。

本书可作为电类、机电一体化、控制类及其他相近专业的电工实训教材,并可作为电工、维修电工职业技能鉴定培训教材,也可作为电气工程技术人员的参考书。

本书由安徽机电职业技术学院储克森、周元一、武昌俊、朱文武,安徽扬子职业技术学院孙晗共同编写,其中储克森编写项目三、五,周元一编写项目二与附录,武昌俊编写项目四,朱文武编写项目六,孙晗编写项目一。储克森负责全书的统稿工作;姜孝定承担主审工作,他认真审阅了书稿,提出了许多宝贵意见,在此深表谢意。

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

前言

项目一 锡焊技能训练	1
基本知识	1
第一节 电烙铁的构造、拆装与维修	1
第二节 焊接技术与焊料的选用	5
第三节 手工焊接的操作	7
技能训练任务	10
电烙铁的拆装与锡焊技术训练	10
项目二 万用表的装配与调试	11
基本知识	11
第一节 万用表的基本结构及技术指标	11
第二节 测量电路的工作原理及计算	18
第三节 万用表的装配	31
第四节 万用表的调试及常见故障分析	36
第五节 数字万用表简介	42
技能训练任务	48
万用表的装配与调试	48
项目三 室内照明线路的安装、运行及维修	50
基本知识	50
第一节 常用电工工具及仪表简介	50
第二节 常用电工材料介绍	58

第三节 电力内线施工操作规程及安全知识	60
第四节 室内低压配线的技术要求 and 电气照明施工图及文字符号表示方法	65
第五节 照明灯具及选用	77
第六节 室内低压线路的敷设	79
第七节 低压电器、照明设备及安装	93
第八节 电气照明线路常见故障分析	100
技能训练任务	102
一、常用电工工具、仪表使用训练	102
二、室内照明线路、常用低压电器、灯具的安装	103
项目四 三相异步电动机的维修	105
基本知识	105
第一节 电动机简介	105
第二节 三相异步电动机的结构及定子绕组	107
第三节 三相异步电动机的拆装与维护	121
第四节 三相异步电动机定子绕组的大修	128
技能训练任务	151
一、三相异步电动机的拆装	151
二、三相异步电动机的绕组大修	151

三、电动机绕组大修后的检 查和测试	152	技能训练任务	165
项目五 接地电阻的测量	154	电工简易检测装置的制作	165
基本知识	154	附录	167
第一节 接地电阻测量的概念	154	附录 A 电工仪表的基本常识	167
第二节 接地电阻测量仪的 使用	154	附录 B 维修电工职业技能鉴 定基本内容及考核模 拟试卷（初级）	169
技能训练任务	157	附录 C 维修电工职业技能鉴 定基本内容及考核模 拟试卷（中级）	176
用接地电阻测量仪测量接地 电阻	157	附录 D 维修电工职业技能鉴 定基本内容及考核模 拟试卷（高级）	183
项目六 电工简易检测装置的 制作	158	附录 E 电工作业人员安全技术 考核基本内容	190
基本知识	158	参考文献	193
第一节 非电量检测装置的设 计与制作	158		
第二节 三相交流电源相序检 测器的设计与制作	164		

锡焊技能训练

基本知识

在电气和电子装配与维修过程中，少不了焊接工作。常用的焊接方式有电烙铁焊和手工电弧焊。本课题所讲的是电烙铁焊（简称锡焊）。虽说焊接技术本身并不复杂，但它的重要性却不可忽视。如果我们在装配和维修工作中不按工艺要求，不认真焊接，往往会造成元器件虚焊、假焊或使印制电路板铜箔起泡脱落等人为故障，甚至损坏元器件。因此，作为一个从事电气技术的工作人员，必须认真学习焊接的有关基础知识，掌握焊接的技术要领，并能熟练地进行焊接操作，这样才能保证焊接质量，提高工作效率。

第一节 电烙铁的构造、拆装与维修

一、电烙铁的种类及构造

常用的电烙铁有内热式和外热式两大类，随着焊接技术的发展，后来又研制出了恒温电烙铁和吸锡电烙铁。无论哪种电烙铁，它们的工作原理基本上是相似的，都是在接通电源后，电流使电阻丝发热，并通过传热筒加热烙铁头，达到焊接温度后即可进行工作。对电烙铁要求热量充足，温度稳定，耗电少，效率高，安全耐用，漏电流小，对元器件不应有磁场影响。

1. 内热式电烙铁

内热式电烙铁常见的规格有 20W、30W、35W 和 50W 等几种，其外形和组成如图 1-1 所示。

(1) 烙铁头。烙铁头是由紫铜制作的，是电烙铁用于焊接的工作部分。根据不同装配物体的焊接需要，烙铁头可以制成各种不同的形状，可用锉刀改变烙铁头刃口的形状，以满足不同焊接物面的要求。

(2) 发热元件。发热元件也叫烙铁心，它是用电阻丝绕在细瓷管上的，其作用是通过电流并将电能转换成热能，使烙铁头受热温度升高。

(3) 连接杆。连接杆为一端带有螺纹的铁质圆筒，内部固定烙铁心，外部固定烙铁头，既起支架作用，又起传热筒的作用。

(4) 胶木手柄。胶木手柄由胶木压制而成，使用时，手持胶木手柄，既不烫手，又安全。

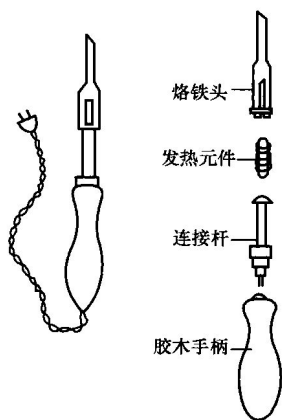


图 1-1 内热式电烙铁外形和组成

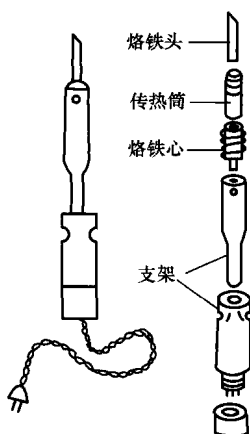


图 1-2 外热式电烙铁
外形和组成

内热式电烙铁的发热器装置于烙铁头空腔内部，故称为内热式电烙铁。由于发热器是在烙铁头内部，热量能完全传到烙铁头上。所以这种电烙铁的特点是热得快，加热效率高（可达 85% ~ 90% 以上），加热到熔化焊锡的温度只需 3min 左右。而且具有体积小，重量轻，耗电少，使用灵巧等优点，最适用于晶体管等小型电子器件和印制电路板的焊接。

内热式电烙铁烙铁头温度高时容易“烧死”，而且怕摔，烙铁心易断，使用过程中应该特别小心。

2. 外热式电烙铁

外热式电烙铁通常按功率分为 25W、45W、75W、100W、150W、200W 和 300W 等多种规格。其外形和组成如图 1-2 所示，各部分的作用与内热式电烙铁基本相同。其传热筒为一个铁质圆筒，内部固定烙铁头，外部缠绕电阻丝，它的作用是将发热器的热量传递到烙铁头，支架（木柄和铁壳）为整个电烙铁的支架和壳体，起操作手柄的作用。

3. 恒温电烙铁

恒温电烙铁借助于电烙铁内部的磁控开关自动控制通电时间而达到恒温的目的。其外形和内部结构如图 1-3 所示。这种磁控开关是利用软金属被加热到一定温度而失去磁性作为切断电源的控制方式。

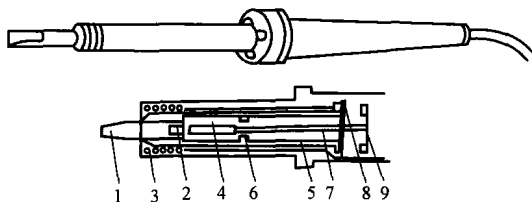


图 1-3 恒温电烙铁外形和内部结构

1—烙铁头；2—软磁金属块；3—加热器；4—永久磁铁；
5—非金属圆筒；6—支架；7—小轴；8—触点；9—接触簧片

在电烙铁头 1 附近装有软磁金属块 2，加热器 3 在烙铁头外围，软磁金属块平时总是与磁控开关接触，非金属薄壁圆筒 5 的底部有一小块永久磁铁 4，用小轴 7 将永久磁铁 4、接触簧片 9 连接在一起构成磁控开关。

电烙铁通电时，软磁金属块 2 具有磁性，吸引永久磁铁 4、小轴 7 带动接触簧片 9 与触点 8 闭合，使发热器通电升温，当烙铁头温度上升到一定值，软磁金属块失磁，永久磁铁 4 在支架 6 的吸引下脱离软磁金属块，小轴 7 带动接触簧片 9 离开触点 8，发热器断电，电烙铁温度下降。在温度降到一定值时，软磁金属块 2 恢复磁性，永久磁铁 4 又被吸回，接触簧片 9 又与触点 8 闭合，发热器电路又被接通。如此断续通电，可以把电烙铁的温度始终控制在一定范围。

恒温电烙铁的优点是，比普通电烙铁省电一半，焊料不易氧化，烙铁头不易过热氧化，

更重要的是能防止元器件因温度过高而损坏。

4. 吸锡电烙铁

吸锡电烙铁的外形如图 1-4 所示,它主要用于电工和电子装修中拆换元器件。操作时先用吸锡电烙铁头部加热焊点,待焊锡熔化后,按动吸锡装置,即可把锡液从焊点上吸走,便于拆下零件。利用这种电烙铁,拆焊效率高,不会损伤元器件,特别是拆除焊点多的元器件,如集成块、波段开关等,尤为方便。

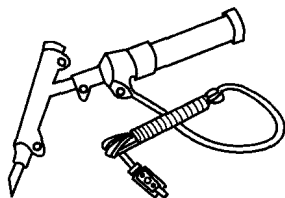


图 1-4 吸锡电烙铁

二、电烙铁的拆装与维修

1. 电烙铁的拆装

电烙铁在使用过程中,会出现这样或那样的故障。为了排除故障,往往需要将电烙铁拆卸分解,因此,掌握电烙铁的正确拆装方法和步骤十分必要。下面以内热式电烙铁为例说明它的拆装步骤。拆卸时,首先拧松手柄上顶紧导线的制动螺钉,旋下手柄,然后从接线桩上取下电源线和烙铁心引线,取出烙铁心,最后拔下烙铁头。安装顺序与拆卸刚好相反,只是在旋紧手柄时,勿使电源线随手柄扭动,以免将电源线接头部位绞坏,造成短路。

2. 电烙铁的维修

电烙铁的电路故障一般有短路和开路两种。如果是短路,一接电源就会烧断熔丝,短路点通常在手柄内的接头处和插头中的接线处。这时如果用万用表电阻挡检查电源插头两插脚之间的电阻,阻值将趋于零。如果接上电源几分钟后,电烙铁还不发热,一定是电路不通。如果电源供电正常,通常是电烙铁的发热器、电源线及有关接头部位有开路现象。这时旋开手柄,用万用表 $R \times 100\Omega$ 挡测烙铁心两接线桩间的电阻值,如果阻值在 $2k\Omega$ 左右,一定是电源线接线松动或接头脱焊,应更换电源线或重新连接。如果两接线桩间的电阻无穷大,当烙铁心引线与接线桩接触良好,一定是烙铁心电阻丝断路,应更换烙铁心。

要注意对电烙铁进行经常性维修,除了用万用表欧姆挡测量插头两端是不是有短路或断路的现象之外,还要用 $R \times 1k\Omega$ 或 $R \times 10k\Omega$ 挡测量插头和外壳之间的电阻。如果指针指示无穷大,或电阻大于 $2 \sim 3M\Omega$,就可以使用,若电阻值小,说明有漏电现象,应查明漏电原因,加以排除之后才能使用。

发现木柄松动要及时拧紧,否则容易使电源线破损,造成短路。发现烙铁头松动,要及时拧紧,否则烙铁头脱落可能造成事故。电烙铁使用一段时间后,要将烙铁头取下,去掉与连接杆接触部分的氧化层或锈污,再将烙铁头重新装上,避免以后取不下烙铁头。电烙铁使用时间过久,当出现腐蚀、凹坑、失去原有形状时,会影响正常焊接,应用锉刀对其整形、加工成符合要求的形状,再镀上锡。

3. 使用电烙铁的注意事项

使用电烙铁一定要注意安全,避免发生触电事故。使用前,应检查两股电源线与保护接地线的接头不能接错,这种接线错误很容易使操作人员触电。电源线及电源插头要完好无损,对于塑料皮导线,应仔细检查烫伤处,如果有损伤或出现导线裸露现象,应用绝缘胶布包扎好,以防止触电和发生短路。

对于初次使用和长期放置未用的电烙铁,使用前最好将电烙铁内的潮气烘干,以防止电

烙铁出现漏电现象。

新电烙铁的烙铁头刃口表面有一层氧化铜，使用前需要先给烙铁头镀上一层锡。镀锡的方法是：将电烙铁通电加热，用锉刀或砂纸将刃口表面氧化层打磨掉，在打磨干净的地方，涂上一层焊剂（例如松香），当松香冒烟、烙铁头开始熔化焊锡时，把烙铁头放在有少量松香和焊锡的砂纸上研磨，各个面都要研磨到，使烙铁头的刃口镀上一层锡。镀上焊锡，不但能够保护烙铁头不被氧化，而且使烙铁头传热快，在使用过程中，还要经常沾一些松香，以便及时清除烙铁头上的氧化锡，使镀上的焊锡能长期保留在烙铁头上。

使用过程中不宜使烙铁头长时间空热，以免烙铁头被“烧死”和电热丝加速氧化而烧断。焊接时使用的焊剂一般应使用松香或中性焊剂，不宜选用酸性焊剂，以免腐蚀电子元器件及烙铁头与发热器。烙铁头要保持清洁，使用中可常在石棉毡上擦几下，以除氧化层和污物。当松香等积垢过多时，应趁热用破布等用力将其擦去，并重新镀锡。若烙铁头出现不能上锡的现象（即“烧死”），要用刮刀刮去焊锡，再用锉刀清除表面黑灰色的氧化层，将烙铁头刃口磨亮，涂上焊剂，镀上焊锡。

电烙铁工作时，最好放在特制的烙铁架上，既使用方便，又避免烫坏其他物品。烙铁架可以自制，在拿放电烙铁时，应当轻拿轻放，不能任意敲击，以免损坏内部加热器件。

三、电烙铁的选用

电烙铁的选用应从下列四个方面来考虑。

1. 烙铁头的形状要适应被焊物面的要求和焊点及元器件的密度

烙铁头有直轴式和弯轴式两种。功率大的电烙铁，烙铁头的体积也大。常用外热式电烙铁的头部大多制成镊子式样，而且根据被焊物面的要求，镊式烙铁头头部角度有 $10^\circ \sim 25^\circ$ 、 45° 等，镊口的宽度也各不相同，如图 1-5 (a)、(b) 所示。对焊接密度较大的产品，可用图 1-5 (c)、(d) 所示烙铁头。内热式电烙铁常用圆斜面烙铁头，适合于焊接印制线路板和一般焊点，如图 1-5 (e) 所示。在印制线路板的焊接中，采用图 1-5 (f) 所示的凹口烙铁头更为方便。

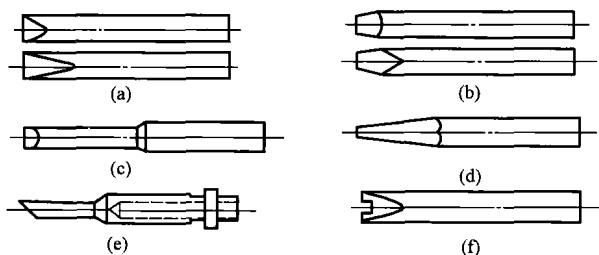


图 1-5 各种烙铁头外形

(a) 宽镊式；(b) 窄镊式；(c) 加长镊式；(d) 锥式；(e) 圆斜面式；(f) 凹口式

2. 烙铁头顶端温度应能适应焊锡的熔点

通常这个温度应比焊锡熔点高 $30 \sim 80^\circ\text{C}$ ，而且不应包括烙铁头接触焊点时下降的温度。

3. 电烙铁的热容量应能满足被焊件的要求

热容量太小，温度下降快，使焊锡熔化不充分，焊点强度低，表面发暗而无光泽，焊锡

颗粒粗糙,甚至成虚焊。热容量过大,会导致元器件和焊锡温度过高,不仅会损坏元器件和导线绝缘层,还可能使印制线路板铜箔起泡,焊锡流动性太大而难于控制。

4. 烙铁头的温度恢复时间能满足被焊件的热量要求

所谓温度恢复时间,是指烙铁头接触焊点温度降低后,重新恢复到原有最高温度所需要的时间。要使这个恢复时间恰当,必须选择功率、热容量、烙铁头形状、长短等适合的电烙铁。

由于被焊件的热量要求不同,对电烙铁功率的选择应注意以下几个方面。

(1) 焊接较精密的元器件和小型元器件,宜选用 20W 内热式电烙铁或 25 ~ 45W 外热式电烙铁。

(2) 对连续焊接、热敏元件焊接,应选用功率偏大的电烙铁。

(3) 对大型焊点及金属底板的接地焊片,宜选用 100W 及以上的外热式电烙铁。

第二节 焊接技术与焊料的选择

一、焊接原理

利用加热或其他方法,使焊料与被焊金属(也称母材)原子之间互相吸引(互相扩散),依靠原子间的内聚力使两种金属永久地牢固结合,这种方法称为焊接。焊接一般分为熔焊、钎焊及接触焊三大类。在电子设备装修中,主要采用的是钎焊。所谓钎焊,就是加热把作为焊料的金属熔化成液态,再把另外的被焊固态金属连接在一起,并在焊点发生化学变化的方法。在钎焊中起连接作用的金属材料称为钎料,即焊料。作为焊料的金属的熔点必须低于被焊金属材料的熔点,按照使用焊料的熔点的不同,钎焊分为硬焊和软焊。

采用锡铅焊料进行焊接称为锡铅焊,它是软焊的一种。锡铅焊点的形成,是将加热熔化为液态的锡铅焊料,借助于焊剂的作用,熔于被焊接金属材料的缝隙。如果熔化的焊锡和被焊接金属的结合面上,不存在其他任何杂质,那么焊锡中的锡和铅的任何一种原子便会进入被焊接金属材料的晶格,在焊接面间形成金属合金,并使其连接在一起,得到牢固可靠的焊接点。

被焊接的金属材料与焊锡之所以能生成合金,必须具备一定的条件,归纳成以下几点。

(1) 被焊接的金属材料应具有良好的可焊性,所谓可焊性是指被焊接的金属材料与焊锡在适当的温度和助焊剂的作用下,焊锡原子容易与被焊接的金属原子相结合,以便生成良好的焊点。

(2) 被焊金属材料表面和焊锡应保持清洁接触,应清除被焊金属表面的氧化膜,因为氧化膜会阻碍焊锡金属原子与被焊金属间的结合,在焊接处难以生成真正的合金,容易形成虚焊与假焊。

(3) 应选用助焊性能最佳的助焊剂,助焊剂的性能一定要适合被焊金属材料的性能,使它在熔化时能溶解被焊金属表面的氧化膜和污垢,并增强熔化后焊锡的流动性,保证焊点获得良好的焊接。

(4) 焊锡的成分及性能应在被焊金属材料表面产生浸润现象,使焊锡与被焊金属原子

之间因内聚力的作用而融为一体。

(5) 焊接时要具有足够的温度使焊锡熔化，在向被焊金属缝隙渗透和向表层扩散，同时使被焊接金属材料的温度上升到焊接温度，以便与熔化焊锡生成金属合金。

(6) 焊接的时间要掌握适当，时间过长，易损坏焊接部位和元器件；时间过短，则达不到焊接要求，不能保证焊接质量。

此外，对于锡焊本身，包括被焊接金属材料与焊锡之间应有足够的温度，在助焊剂作用下的化学和物理过程，就能在焊接处生成合金，形成焊接点。锡焊接头应具有良好的导电性，一定的机械强度，以及对焊锡加热后可方便地拆焊等优点。但是要得到良好的导电性能，足够的机械强度，清洁美观的高质量焊点，除保证上述几个条件，在实际焊接中，还要掌握好焊接工具的正确使用和一系列工艺要求，才能达到目的。

二、焊料的选用

电烙铁钎焊的焊料是锡铅焊料，由于其中的锡铅及其他金属所占比例不同而分为多种牌号，常用锡铅焊料的特性及主要用途见表 1-1。

表 1-1 所列锡铅焊料的性能和用途是不同的，在焊接中应根据被焊件的不同要求去选用，选用时应考虑如下因素：焊料必须适应被焊接金属的性能，即所选焊料应能与被焊金属在一定温度和助焊剂的作用下生成合金。也就是说，焊料和被焊金属材料之间应有很强的亲和性。

表 1-1 常用锡铅焊料的特性及主要用途

名称牌号	主要成分 ^① (%)			熔点 /℃	杂质	电阻率 /($\times 10^{-3} \Omega \cdot m$)	抗拉 强度	主要用途
	锡	锑	铅					
10 锡铅焊料 HISnPb10	89 ~ 91	< 20.15	余量	220	铜、铋、 砷		4.3	钎焊食品器皿及医药卫生物品
39 锡铅焊料 HISnPb39	59 ~ 61	< 20.8	余量	183	铁、硫、 锌、铅	0.145	4.7	钎焊电子元器件等
58-2 锡铅焊料 HISnPb58-2	39 ~ 41	1.5 ~ 2	余量	235		0.170	3.8	钎焊电子元器件、导线、钢皮镀锌件等
68-2 锡铅焊料 HISnPb68-2	29 ~ 31	1.5 ~ 2.2	余量	256		0.182	3.3	钎焊电金属护套
90-6 锡铅焊料 HISnPb90-6	3 ~ 4	5 ~ 6	余量	256			5.9	钎焊黄铜和铜

① 主要成分是指材料的质量分数。

焊料的熔点必须与被焊金属的热性能相适应，焊料熔点过高或过低都不能保证焊接的质量。焊料熔点太高，使被焊元器件、印制电路板焊盘或接点无法承受；焊料熔点过低，助焊剂不能充分活化起助焊作用，被焊件的温升也达不到要求。

由焊料形成的焊点应能保证良好的导电性能和机械强度。

在具体施焊过程中，遵照上述原则，对焊料可做如下选择：

(1) 焊接电子元器件、导线、镀锌钢皮等，可选用 58-2 锡铅焊料；

(2) 手工焊接一般焊点、印制电路板上的焊盘及耐热性能差的元件和易熔金属制品，应选用 39 锡铅焊料；

(3) 浸焊与波峰焊接印制电路板，一般用锡铅比为 61/39 的共晶焊锡。

三、焊剂的选用

金属在空气中，特别是在加热的情况下，表面会生成一层薄氧化膜，阻碍焊锡的浸润，影响焊接点合金的形成。采用焊剂（又称助焊剂）能改善焊接的性能，因为焊剂有破坏金属氧化层使氧化物漂浮在焊锡表面的作用，有利于焊锡的浸润和焊缝合金的生成；它又能覆盖在焊料表面，防止焊料或金属继续氧化；它还能增强焊料和被焊金属表面的活性，进一步增加浸润能力。

但若对焊剂选择不当，会直接影响焊接的质量。选用焊剂时，除了考虑被焊金属的性能及氧化、污染情况外，还应从焊剂对焊接物面的影响，如焊剂的腐蚀性、导电性及对元器件损坏的可能性等方面全面考虑。例如：

对于铂、金、锡及表面镀锡的其他金属，其可焊性较强，宜用松香酒精溶液作为焊剂。

由于铅、黄铜、铍青铜及镀镍层的金属焊接性能较差，应选用中性焊剂。

对于板金属，可选用无机系列焊剂，如氧化锌和氯化铵的混合物。这类焊剂有很强的活性，对金属的腐蚀性很强，其挥发的气体对电路元器件和电烙铁有破坏作用，施焊后必须清洗干净。在电子线路的焊接中，除特殊情况外，不能使用这类焊剂。

对于焊接半密封器件，必须选用焊后残留物无腐蚀性的焊剂，以防止腐蚀性焊剂渗入被焊件内部而产生不良影响。

几种常用焊剂配方见表 1-2。

表 1-2 几种焊剂配方

名 称	配 方
松香酒精焊剂	松香 15 ~ 20g，无水酒精 70g，溴化水杨酸 10 ~ 15g
中性焊剂	凡士林（医用）100g，三乙醇胺 10g，无水酒精 40g，水杨酸 10g
无机焊剂	氧化锌 40g，氯化铵 5g，盐酸 5g，水 50g

第三节 手工焊接的操作

一、焊接前的准备工作

做好被焊金属材料焊接处表面的焊前清洁和搪锡工作。例如，在对元器件引线表面处理时，一般是用砂纸擦去引线上的氧化层，也可以用小刀轻轻刮去引线上的氧化层、油污或绝缘漆，直到露出紫铜表面，使其上面不留一点脏物为止。清理完的元器件引线上应立即涂上少量的焊剂，然后用热的电烙铁在引线上镀上一层很薄的锡层（也可以在锡锅内进行），避免其表面重新氧化，提高元器件的可焊性，元件搪锡是防止虚焊、假焊等隐患的重要工艺步骤，切不可马虎。

对于有些镀金、镀银的合金引出线，不能把镀层刮掉，可用粗橡皮擦去表面的脏物。对

于扁平集成电路的引线，焊前一般不做清洁处理，但要求元器件在使用前妥善保管，不要弄脏引线。

二、焊接时的姿势和烙铁的握法

电烙铁的握法一般有两种，第一种是常见的“握笔式”，如图 1-6（a）所示。这种握法使用的电烙铁头一般是直型的，适合小型电子设备和印制电路板的焊接。第二种握法是“拳握式”，如图 1-6（b）所示。这种握法使用的电烙铁功率大，烙铁头一般为弯形。它适合于大型电子设备的焊接和电气的安装维修等。

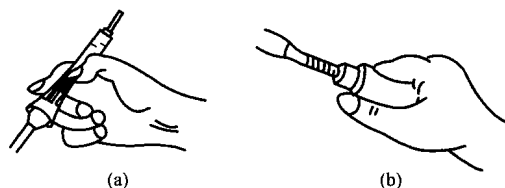


图 1-6 电烙铁的握法

（a）握笔式；（b）拳握式

因为焊接物通常是直立在工作台上的，所以一般应坐着焊接。焊接时要把桌椅的高度调整适当，挺胸端坐，操作者的鼻尖与烙铁头的距离应为 20cm 以上。

三、手工焊接的操作

1. 两种焊接对象的装置方法

（1）一般结构。对于一般结构，焊接前焊点的连接方式有网绕、钩接、插接和搭接四种形式，如图 1-7 所示。采用这四种连接方式的焊接依次称为网焊、钩焊、插焊和搭接。

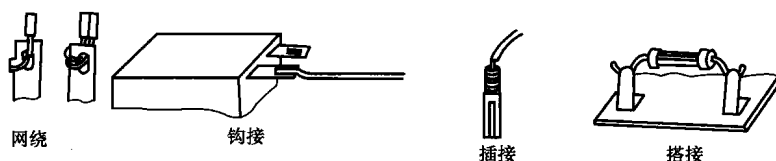


图 1-7 一般结构焊接前的连接方式

（2）印制电路板。在印制电路板上装置的元件一般有阻容元件、晶体二极管、晶体三极管、集成电路等。图 1-8 为阻容元件装置。图 1-9 为小功率晶体管装置。图 1-10 为集成电路装置。

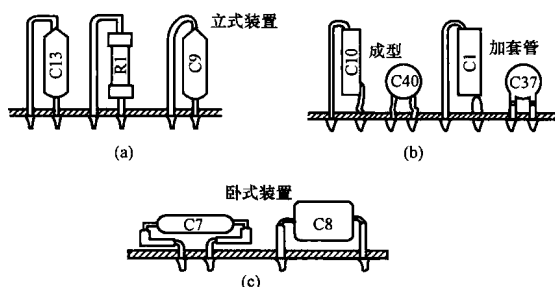


图 1-8 阻容元件装置

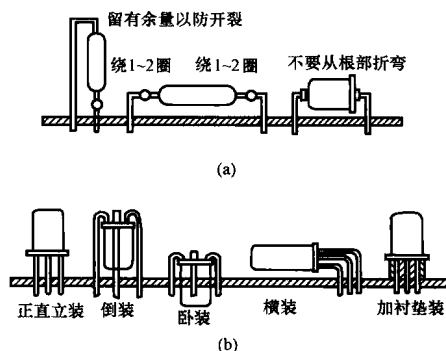


图 1-9 小功率晶体管装置

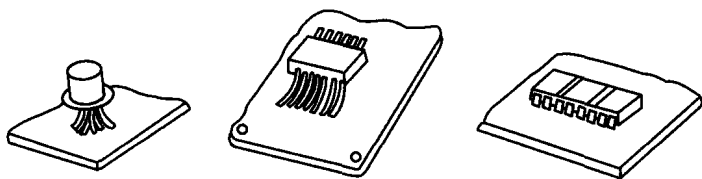


图 1-10 集成电路装置

2. 手工焊接的操作

(1) 带锡焊接法。带锡焊接法是初学者最常使用的方法，在焊接前，将准备好的元器件插入印制电路板规定的位置，经检查无误后，在引线和印制电路板铜箔的连接处再涂上少量的焊剂，待电烙铁加热后，用烙铁头的刃口沾带上适量的焊锡，沾带的焊锡的多少，要根据焊点的大小而定。焊接时要注意烙铁头的刃口与焊接印制电路板的角度，如图 1-11 所示。

如果烙铁头的刃口与印制电路板的角度 θ 小，则焊点大；如果 θ 角度大，则焊点小。焊接时要将烙铁头的刃口确实接触印制电路板上的铜箔焊点与元件引线。

(2) 点锡焊接法。把准备好的元器件插入印制电路板的焊接位置。调整好元器件的高度，逐个点涂上焊剂，右手握着电烙铁（采用握笔式），将烙铁头的刃口放在元器件的引线焊接位置，固定好烙铁头刃口与印制电路板的角度。左手捏着焊锡丝，用它的一端去接触焊点位置上的烙铁刃口与元器件引线的接触点，根据焊点的大小来控制焊锡的多少。这种点锡焊接方法必须是左、右手配合，如图 1-12 所示，才能保证焊接的质量。

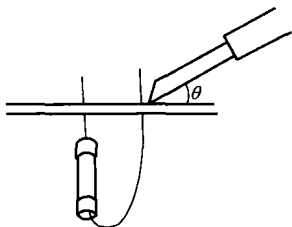


图 1-11 烙铁头刃口与印制电路板的角度

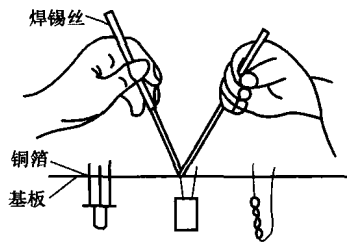


图 1-12 点锡焊接方法

3. 烙铁温度和焊接时间要适当

不同的焊接对象，需要烙铁头的工作温度是不同的。焊接温度实际上要比焊料熔点高，但也不是越高越好。烙铁头温度过高，焊锡则易滴滴，使焊接点上存不住锡，还会使被焊金属表面与焊料加速氧化，焊剂焦化，焊点不足以形成合金，润湿不良。烙铁头温度过低，焊锡流动性差，易凝固，会出现焊锡拉接现象，焊点内存在杂质残留物，甚至会出现假焊、虚焊现象，严重影响焊接质量。通常情况下，焊接导线接头时的工作温度以 $360 \sim 480^{\circ}\text{C}$ 为宜。焊接印制电路板导线上的元件时，一般以 $430 \sim 450^{\circ}\text{C}$ 为宜。因为过量的热量会降低铜箔的粘接力，甚至会使铜箔脱落。焊接细线条印制电路板或极细导线时，烙铁头工作温度应在 $290 \sim 370^{\circ}\text{C}$ 为宜；而在焊接热敏元器件时，其温度至少需要 480°C ，这样才能保证烙铁头接触器件的时间尽可能短。

焊接时判断烙铁头的温度是否合适，可采用一种简单可行的方法，这就是当烙铁头碰到

松香时，应有刺的声音，说明温度合适；如果没有声音，仅能使松香勉强熔化，说明温度过低；如果烙铁头一碰到松香，冒烟过多，说明温度太高。

不同功率的电烙铁，工作温度差别较大，通常情况下，电源电压在 220V 左右时，20W 电烙铁的工作温度约为 290 ~ 400℃；40W 电烙铁的工作温度为 400 ~ 510℃。焊接时一定要选择好合适的电烙铁。

焊接时，在 2 ~ 5s 内使焊点达到要求的温度，而且在焊好时，热量不至于大量散失，这样才能保证焊点的质量和元器件的安全。初学者往往担心自己焊接得不牢固，焊接时间过长，这样做会使焊接的元器件因过热而损坏。但也有的初学者怕把元件烫坏，在焊接时烙铁头就像蜻蜓点水一样，轻轻点几下就离开焊接位置。虽然焊点上也留有焊锡，但这样的焊接是不牢固的，容易造成假焊或虚焊。

4. 掌握好焊点形成的火候

焊接是靠热量而不是靠用力使焊锡熔化的，所以焊接时不要将烙铁头在焊点上来回用力磨动，应将烙铁头的搪锡面紧贴焊点，焊锡全部熔化并因表面张力紧缩而使表面光滑后，轻轻转动烙铁头带去多余焊锡，从斜上方 45° 的方向迅速脱开，留下一个光亮、圆滑的焊点。烙铁头脱开后，焊锡不会立即凝固，要注意不能移动焊件，焊件应夹牢，要扶稳不晃。如果焊锡在凝固过程中，焊件晃动了，焊锡会凝成粒状，或附着不牢固，形成虚焊。也不能向焊锡吹气散热，应使其慢慢冷却凝固。烙铁头脱开后，如果使焊点带上锡峰，这是焊接时间过长，焊剂气化引起的，这时应重新焊接。



技能训练任务

电烙铁的拆装与锡焊技术训练

训练目的

- (1) 通过拆装电烙铁，了解电烙铁的结构，学会排除电烙铁的常见故障。
- (2) 了解焊料、焊剂的选用。
- (3) 通过对电磁线的焊接及电阻、电容、二极管元件在印制电路板上的焊接，使同学能较熟练地掌握手工焊接操作技术。

工具、设备和器件

内热式电烙铁 30W（或外热式电烙铁 45W）、镊子、小刮刀、焊锡、松香或中性焊剂、被焊材料（电阻、电容、二极管）等。

训练步骤与要求

- (1) 电烙铁拆装训练，拆卸一支内热式（或外热式）电烙铁，拆卸时将各元件按图 1-1 所示位置放好，研究完基本结构后，组装还原。用万用表欧姆挡测量插头两端间的电阻值，再用 $R \times 1k\Omega$ 挡测量插头和外壳之间的电阻值，判断电烙铁有无故障。
- (2) 焊接准备工作，按课文第三节内容要求做好焊接前的各项准备工作。
- (3) 用电磁线 9 根（长度约为 10cm）焊接成三棱柱体。
- (4) 在印制电路板上焊接电阻、电容、二极管元件（分别装置成立式和卧式）。

万用表的装配与调试



基本知识

万用表是万用电表的简称,顾名思义它是一种有很多用途的电气测量仪表。万用表以测量电流、电压和电阻三大参量为主,所以也称为三用表、繁用表或复用表等。

普通万用表可以用来测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻和音频电平等电量,较高级的万用表还可以测量交流电流、电感量、电容量、功率及晶体管的共发射极直流电流放大倍数 h_{FE} 等电气参数。如 MF47 型万用表,可以测量直流电流、直流电压、交流电压、直流电阻,另外,还有音频电平、电容量、电感量和晶体管直流电流放大倍数的附加测量功能。

由于万用表具有用途广泛、操作简单、携带方便、价格低廉等诸多优点,所以它是从事电气和电子设备的安装、调试和维修的工作人员所必备的电工仪表之一。

万用表有模拟式(指针式)和数字式之分,本课题介绍常用的模拟式万用表,下面简称万用表。

第一节 万用表的基本结构及技术指标

万用表是由表头、转换开关、测量电路三个基本部分以及表盘、表壳和表笔等组成。各种型号万用表的外形不尽相同,图 2-1 为 MF47 型万用表面板图。

在万用表的面板上有带有标度尺和各种符号的表盘,转换开关的旋钮,机械调零螺栓,电气调零旋钮,测量晶体管的插座以及供连接表笔的插孔或接线柱等。

一、万用表的表盘

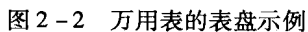
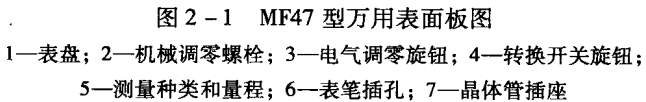
在万用表的表盘上,通常印有标度尺、数字和各种符号,如图 2-2 所示。

1. 弧形标度尺

在万用表上都有一条 Ω 标度尺,它位于刻度盘的最上方;一条直流用的 50 格等分的标度尺;一条 50V 以上交流用的标度尺;一条 10V 交流专用标度尺及一条 dB 标度尺。有的万用表上还有 A、 μF 、mH 及 h_{FE} 等标度尺。

2. 常用符号及其意义

为了方便使用,万用表的使用条件和技术特性往往用一些特定符号标注在万用表的表盘上,使用时可根据表盘上的标记符号,了解万用表的特性,以确定是否符合测量需要。万用表表盘上的常用符号及其意义见表 2-1。



符 号	类 别	意 义
$A - V - \Omega$ $\sim$ —或 DC ~或 AC	用途	万用表（三用表） 交直流两用 直流 交流（单相）