

电子电路基础实践

第三讲 焊接机理和焊接方法



课程引入



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



- 焊接基本知识
- 手工焊接工具及材料
- 手工焊接的基本方法
- 电子焊接工艺
- 焊接大“狮”赛介绍

▶▶▶ 焊接基本知识



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

- 焊接机理概述
- 润湿作用
- 表面张力
- 毛细管现象
- 扩散
- 焊接界面结合层

▶▶▶ 焊接基本知识—焊接机理概述

焊接：利用加热或加压，在两种金属的接触面，通过焊接材料的原子或分子的相互扩散作用，使两种金属间形成一种永久的牢固结合。

利用焊接的方法而形成的接点叫**焊点**。焊接通常分为**熔焊**、**压焊**及**钎焊**三大类，在电子装配中主要使用的是钎焊。

按焊料熔点的高低不同又将钎焊分为“硬钎焊”和“软钎焊”，通常以 450°C 为界，低于 450°C 的称为“软钎焊”。电子产品安装属于软钎焊的一种。

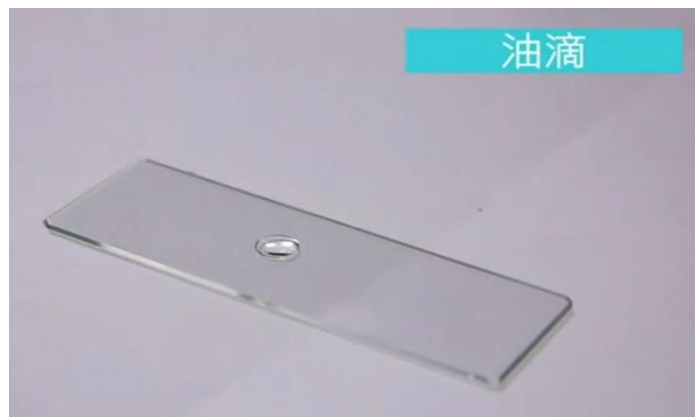
焊接基本知识—焊接机理概述

焊接机理：从物理学的角度来看，任何焊接都是一个“扩散”的过程，是一个在高温下两个或两个以上物体表面分子相互渗透的过程。锡焊，就是让熔化的焊料渗透到两个被焊物体（比如元器件引脚与印刷电路板焊盘）的金属表面分子中，然后冷凝而使之结合。

焊接机理组成：

润湿作用
表面张力
扩散
焊接界面结合层

▶▶▶ 焊接基本知识—润湿作用

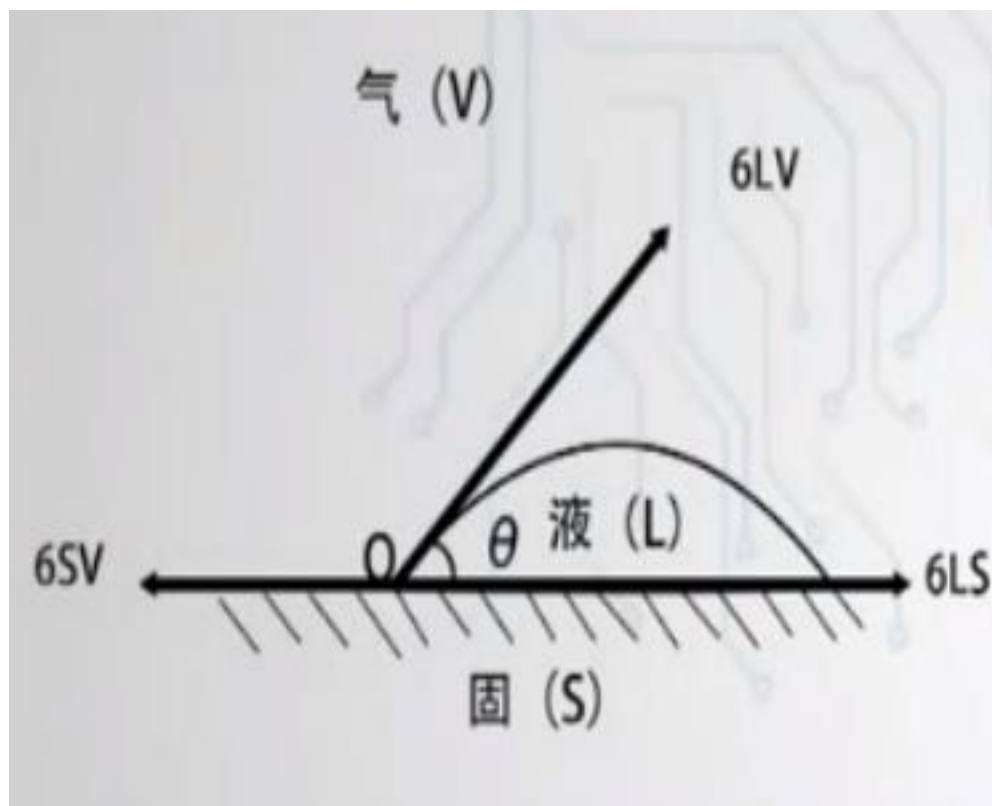


加热后呈熔融状态的焊料，沿着工件金属的凹凸表面，靠毛细管的作用扩展。如果焊料和工件金属表面足够清洁，焊料原子与工件金属原子就可以接近到能够相互结合的距离，即接近原子引力相互作用的距离，上述过程称为**焊料的润湿**。

焊接基本知识—润湿作用



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



润湿角，即焊料和母材之间的界面与钎料表面切线之间的夹角。润湿角是定量分析润湿现象的一个物理量。润湿角越小，润湿力越大。

焊接基本知识—润湿作用



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



$0^\circ < \theta < 90^\circ$ 表示润湿效果良好； $\theta = 90^\circ$ 是润湿好坏的界限，表示润湿效果不太好； $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 表示润湿效果差。通常电子产品焊接中焊点的最佳润湿角为 $15^\circ \sim 45^\circ$ 。

润湿作用必备条件：

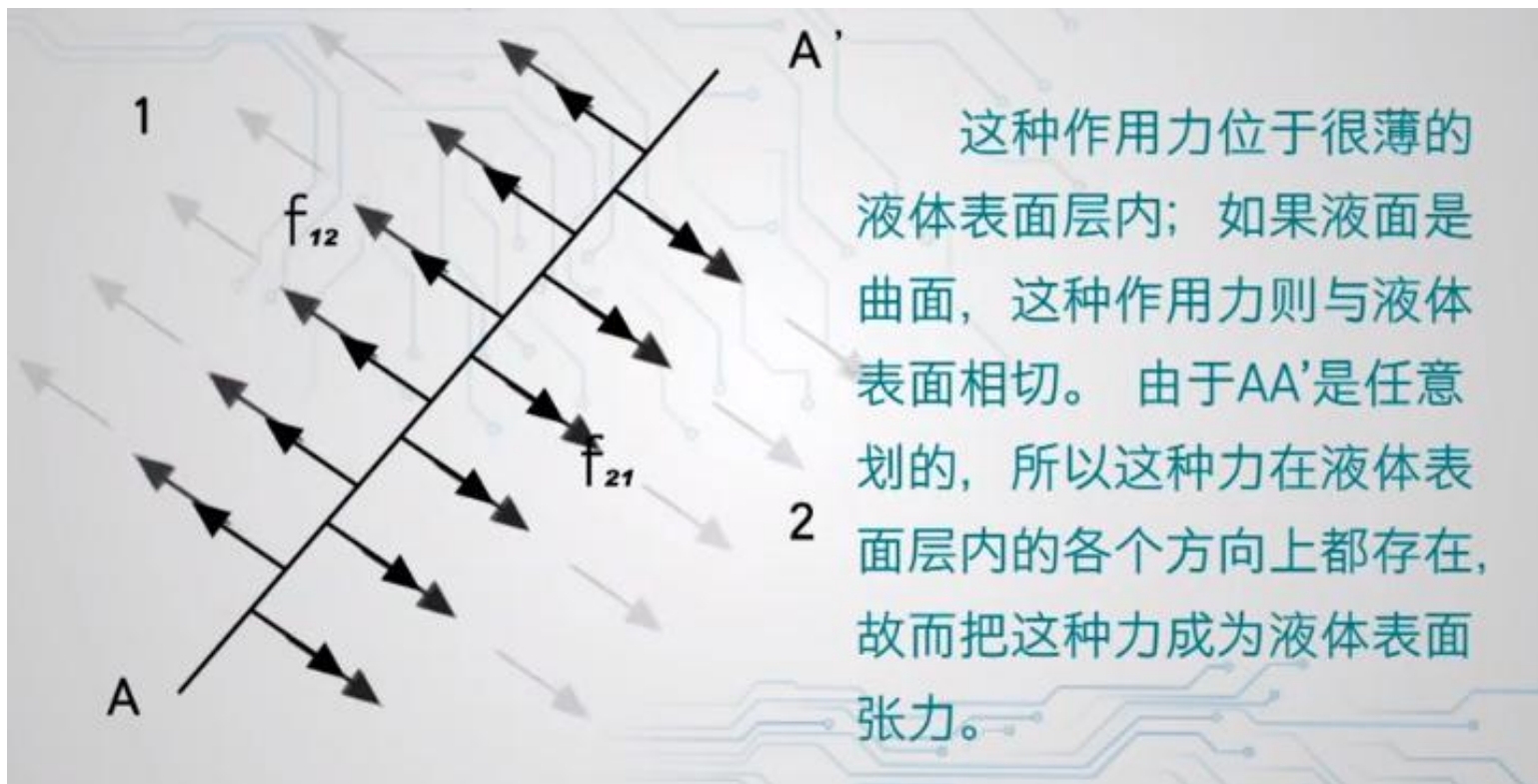
- 液态焊料与母材之间应能互相溶解，即两种原子之间有良好的亲和力。
- 焊料和母材表面必须“清洁”，没有污染。

焊接基本知识—表面张力



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

液体表面张力：凡作用于液体表面，使液体表面积缩小的力，称为液体表面张力。



这种作用力位于很薄的液体表面层内；如果液面是曲面，这种作用力则与液体表面相切。由于AA'是任意划的，所以这种力在液体表面层内的各个方向上都存在，故而把这种力成为液体表面张力。

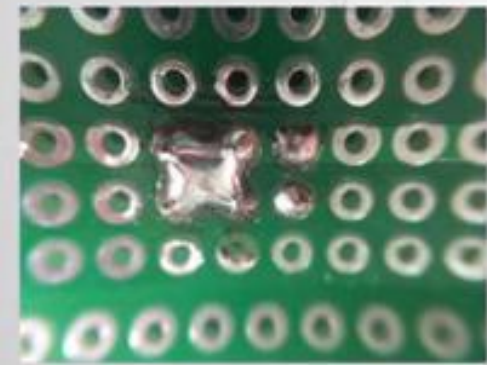
如果在页面上假想的划一直线AA'，把液体表面分成1,2两部分，则1,2两部分之间存在着一对与AA'垂直、大小相等、方向相反的相互吸引力。

表面张力的方向和液面相切，并和两部分的分界线垂直。如果液面是平面，表面张力就在这个平面上；如果液面是曲面，表面张力就在这个曲面的切面上。

焊接基本知识—表面张力



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



熔化的焊料在母材金属表面也有表面张力现象，表面张力与润湿力的方向相反，是一个不利于焊接的重要因素。在自动化焊接生产线上，表面张力如果不平衡，焊接后会出现元器件位置偏移、桥接等焊接缺陷。为了改善焊接性能，必须降低表面张力和粘度。

降低焊料表面张力的方法：

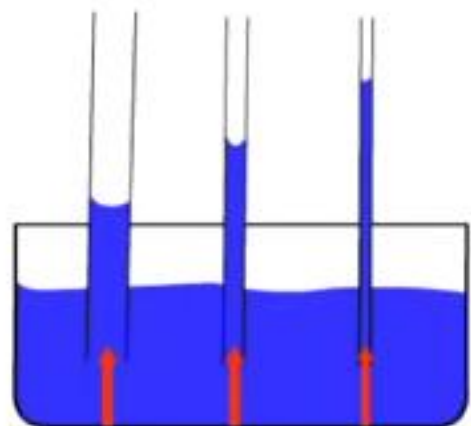
提高焊接温度

改善焊料的合金成分

改善焊接环境

增加活性剂

焊接基本知识—毛细管现象



毛细管现象（虹吸现象）

将吸管插入水中时，水会进入吸管，使得吸管中的液位要高于水平面。

吸管的内径必须要小，由于内径小，液体分子爬在吸管内壁上会产生一个向上的拉力而提起一定重量的液体。如果吸管内径太大，液体太重，就不能将吸管内的液体提起来。

焊接基本知识—毛细管现象



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

毛细管现象在焊接中的作用：**提高焊接强度**

- 在软钎焊过程中，要获得优质的钎焊接头，需要液态钎料能够充分流入到两个焊件的缝隙中。
- 例如**通孔元件在波峰焊、手工焊时**，当间隙适当时，毛细作用能够促进元件孔的“透锡”。
- 又例如**再流焊时**，毛细作用能够促进元件焊端底面与PCB焊盘表面之间液态焊料的流动。

►►► 焊接基本知识—扩散



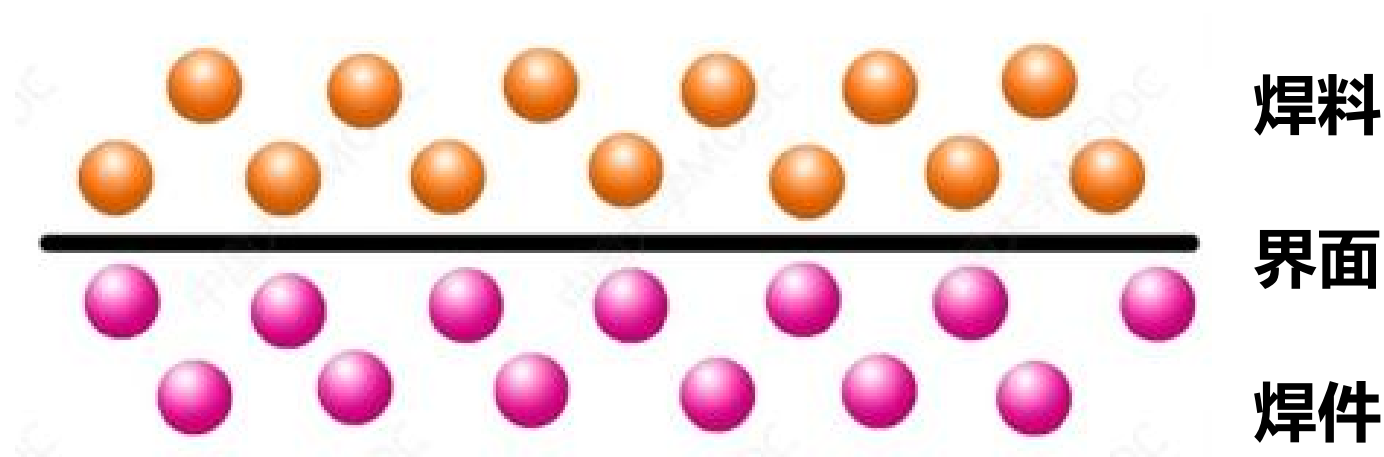
北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

金属的扩散条件：

- 距离要足够小
- 达到一定温度

焊接中扩散程度的影响因素：

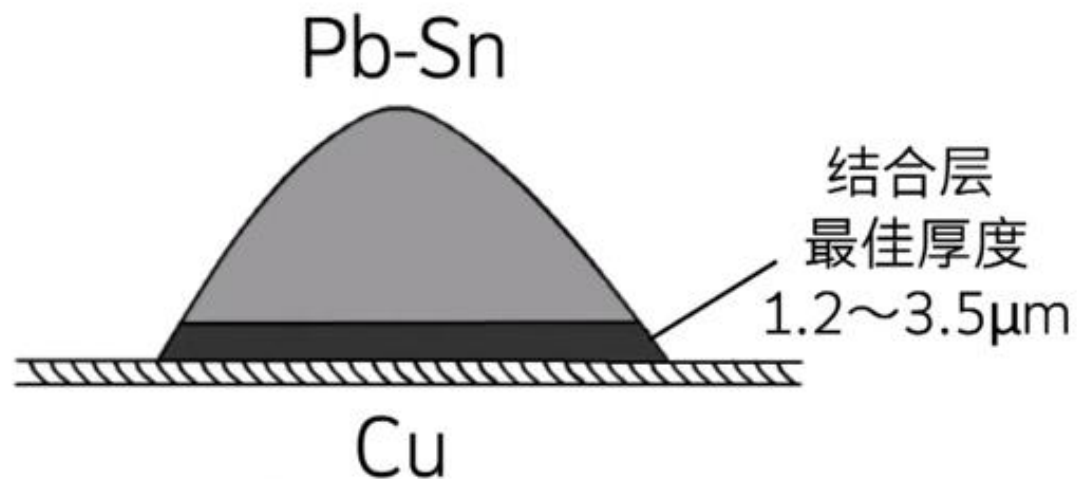
- 焊料的成分
- 母材金属的种类
- 加热温度等



焊接基本知识—焊接界面结合层



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



当厚度小于 $0.5\mu\text{m}$ 时结合层太薄，几乎没有抗拉强度；当厚度大于 $4\mu\text{m}$ 时，结合层厚度太厚，结合处几乎没有弹性，抗拉强度也很小。

影响结合层合金质量的因素：

焊料的合金成分和氧化程度

助焊剂的质量

母材的氧化程度

焊接温度和时间



▶▶▶ 目录



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

- 焊接基本知识
- 手工焊接工具及材料
- 手工焊接的基本方法
- 电子焊接工艺
- 焊接大“狮”赛介绍

手工焊接工具及材料



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



电烙铁



镊子



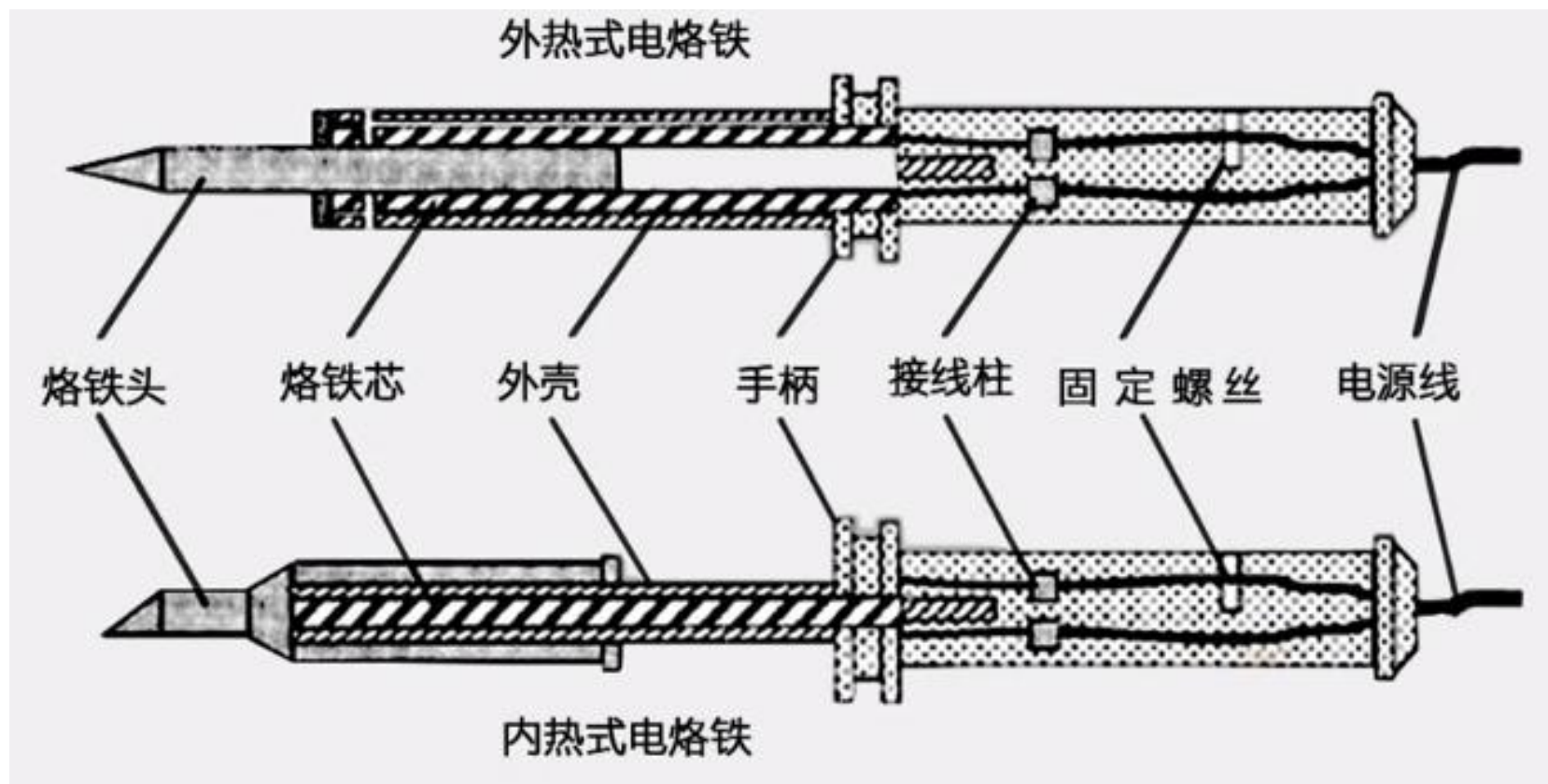
偏口钳



吸锡带

手工焊接工具及材料—电烙铁

- **电烙铁原理**：依靠烙铁头的热传导，来加热母材和融化焊料。
- **电烙铁主要构造**



手工焊接工具及材料—电烙铁



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

➤ 常见电烙铁的优缺点

几种常见电烙铁优缺点一览表

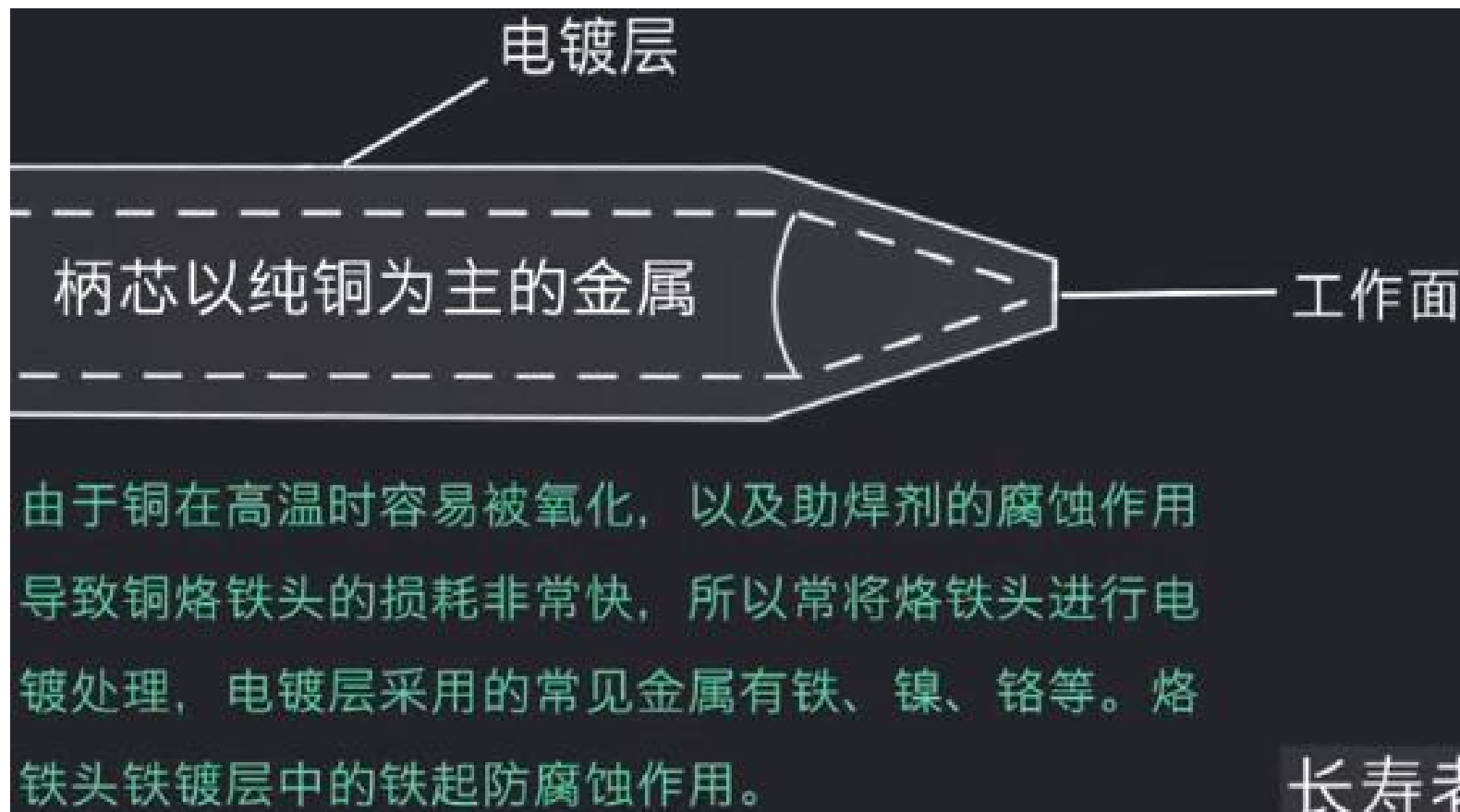
电烙铁种类	优点	缺点
内热式电烙铁	结构简单、体积小、热量散失少、发热效率高、轻便灵活、价格便宜	加热元器件细小易碎
外热式电烙铁	结实耐用	与内热式电烙铁相比热量散失多、效率低、价格相对较高、体积大、重量大
感应式电烙铁	发热快(通电几十秒即可使用)、耗电少、使用方便	重量大、价格高、温度不易控制
PTC式电烙铁	升温迅速、耗电少、可靠性高、能在野外作业、寿命长	价格高
吸锡电烙铁	使用方便、灵活、适用范围宽,既可焊接又可拆焊	每次只能对一个焊点进行拆焊

手工焊接工具及材料—电烙铁



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

烙铁头防护



长寿命烙铁头电烙铁



手工焊接工具及材料—电烙铁



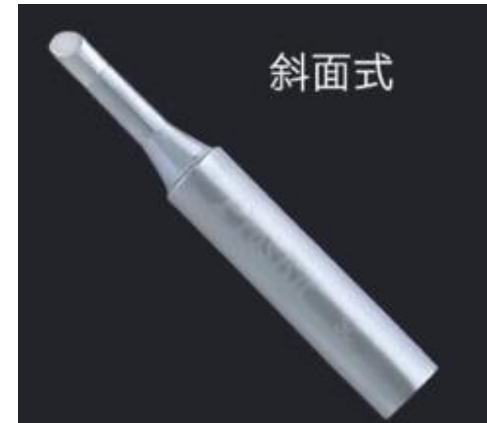
北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

烙铁头选择



针对不同的焊点，烙铁头的形状和尺寸选择也不相同。烙铁头的形状要试用被焊物件面要求和产品装配的密度。

通常在焊接导线、接线柱、单面板和双面板上不太密集的焊点，以及焊接SMT元器件中的电容、电阻等引线间距大的元器件，使用斜面式烙铁头；



焊接印制电路板等高密度的焊点和小而怕热的元器件，及一些DIP封装的元器件，采用圆锥式和尖锥式烙铁头；电器维修中多采用凿式和尖凿式烙铁头。



当焊接对象变化大时，可选用适合大多数情况的斜面式复合式烙铁头。



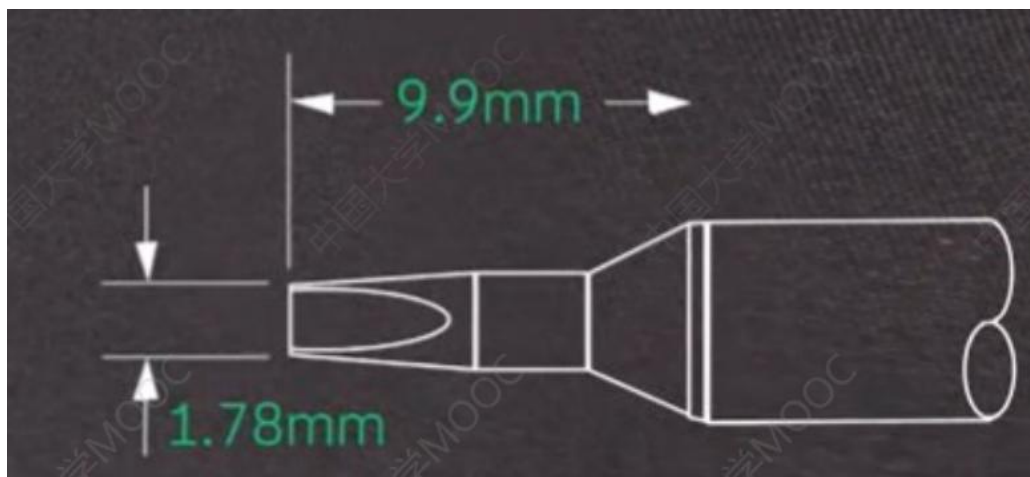
手工焊接工具及材料—电烙铁



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

烙铁头的热容量

- 1) 烙铁头的直径决定了烙铁头的热容量
- 2) 一般烙铁头的直径为焊盘尺寸的1.5倍
- 3) 烙铁头尖端的面积应小于焊盘的面积，一般为2/3倍于焊盘尺寸
- 4) 烙铁头尖端的温度一般要比焊料的熔点高30摄氏度到80摄氏度



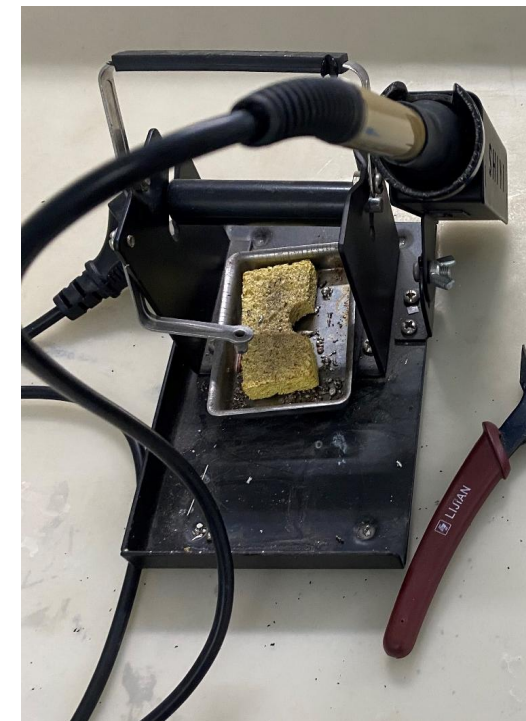
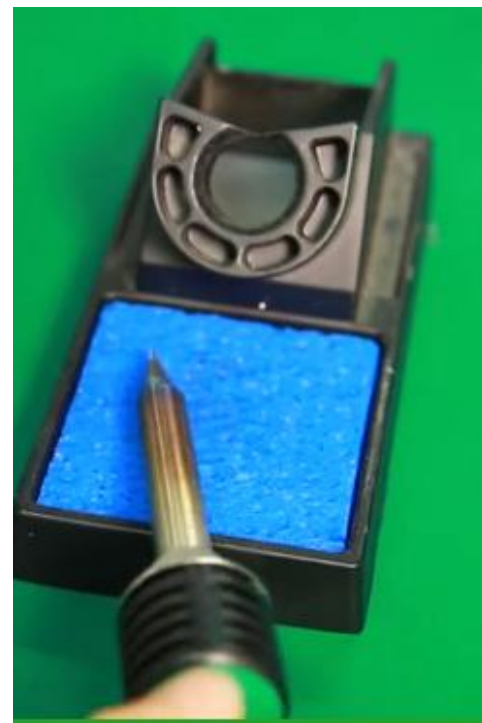
手工焊接工具及材料—电烙铁



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

烙铁头清洁

250°C 湿润的清洁海绵清洁；
不使用时，涂一层焊锡，减慢氧化速度。
不可以用锉刀、砂纸等处理烙铁头，以免对烙铁头造成永久损伤。



手工焊接工具及材料—电烙铁



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



请一定要注意电烙铁的使用安全



手工焊接工具及材料—其他辅助工具



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

螺丝刀、刻刀、镊子、剥线钳、吸锡器、偏口钳等。



手工焊接工具及材料—焊料



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

铅与锡熔形成合金（即铅锡焊料）后，具有一系列铅和锡不具备的优点：

熔点低。各种不同成分的铅锡合金熔点均低于铅和锡的熔点，利于焊接。

表面张力小，增大了液态流动性，有利于焊接时形成可靠焊点。



手工焊接工具及材料—焊料



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

焊锡膏：灰色膏体，是由焊锡粉、助焊剂以及其它的表面活性剂、触变剂等加以混合，形成的膏状混合物。主要用于SMT行业PCB表面电阻、电容、IC等电子元器件的焊接。



助焊剂：主要是去除金属表面的氧化层，方便焊接。在手动焊接中多采用松香。印制电路板在制作过程中一般表层涂有化学助焊剂。

松香水：松香酒精溶液涂在铜箔上，其中的酒精很快地蒸发掉，松香在铜箔表面形成一层薄膜，可使铜箔面始终保持光亮如新，防止氧化。

松香水的功能：防氧化和助焊。



- 焊接基本知识
- 手工焊接工具及材料
- 手工焊接的基本方法
- 电子焊接工艺
- 焊接大“狮”赛介绍

手工焊接的基本方法

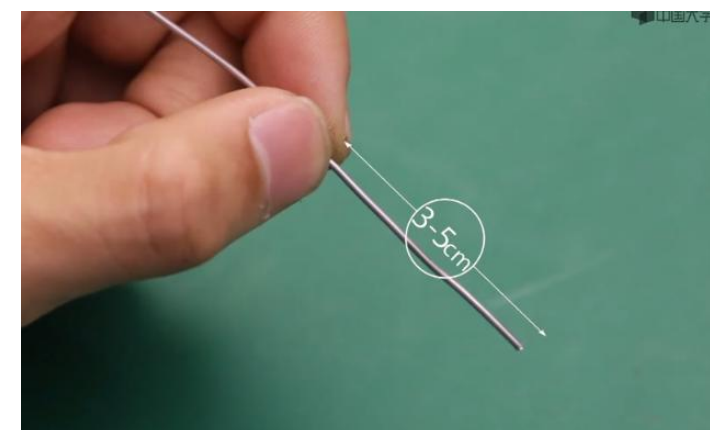


北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

电烙铁的握法



焊锡丝的拿法



手工焊接的基本方法—五步焊接法

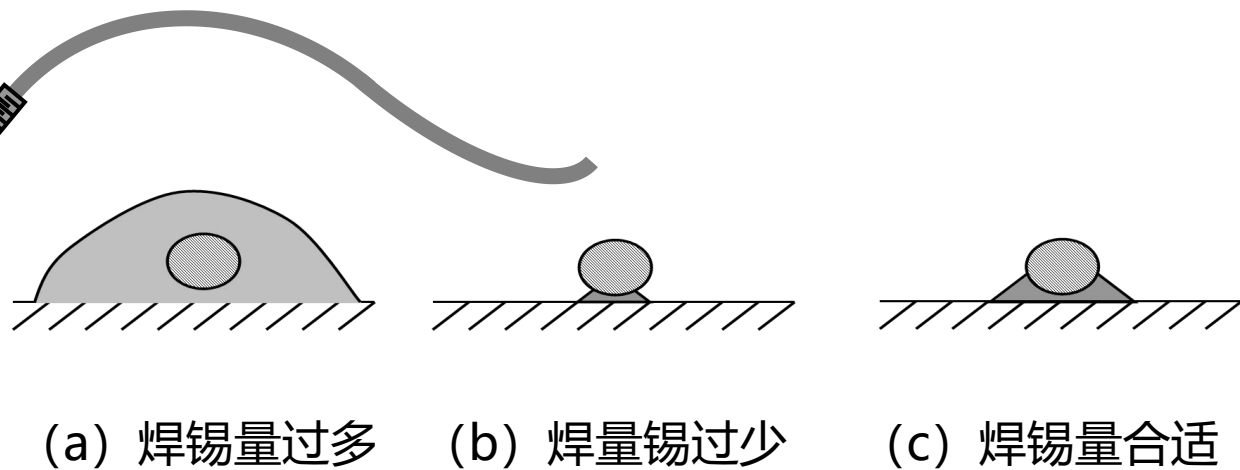


北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

- ① 准备施焊 ② 加热焊件 ③ 熔化焊锡 ④ 撤离焊锡丝 ⑤ 撤离电烙铁

➤ 焊接时间尽量控制在3秒内为宜

➤ 焊接完成后及时检查焊点质量



注意事项：不能先用烙铁头融化焊锡丝，然后将焊锡搬运到焊点上；焊锡在凝固之前，一经触动会产生冷焊点，也叫虚焊点；烙铁头不可对烙铁头及焊盘施力。

手工焊接的基本方法—五步焊接法



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

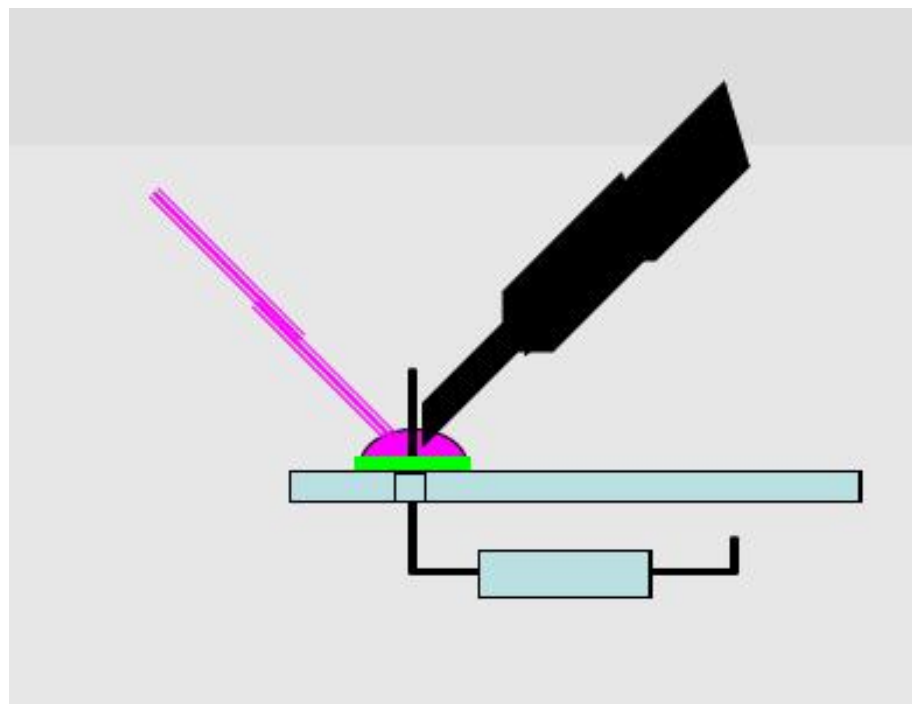


手工焊接的基本方法—焊接要素



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

- 1) 工件金属材料应具有良好的可焊性
- 2) 工件金属表面应洁净
- 3) 正确选用助焊剂
- 4) 正确选用焊料
- 5) 控制焊接温度和时间

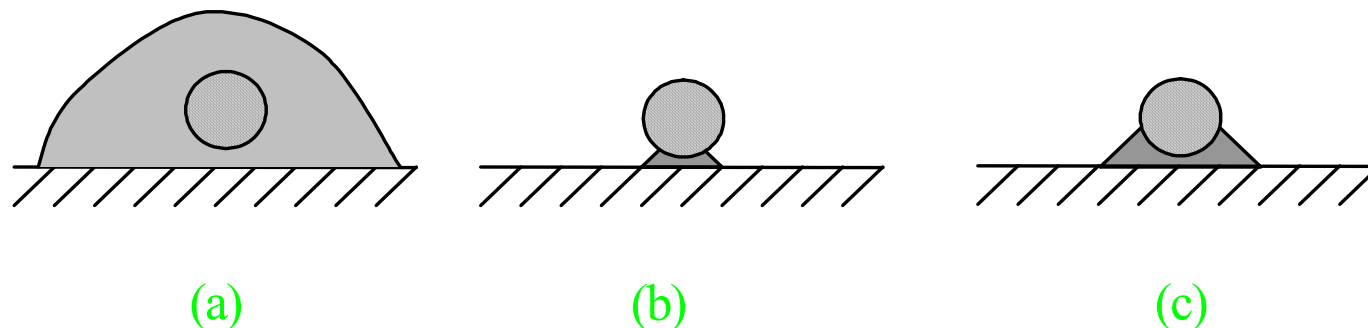


手工焊接的基本方法—焊点质量要求



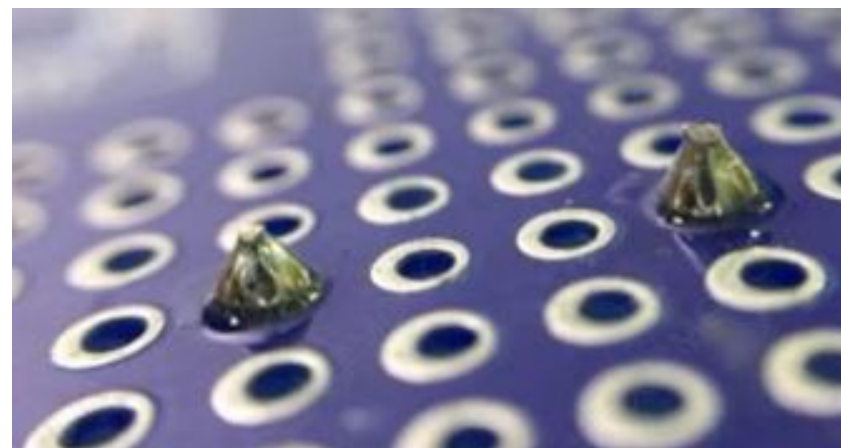
北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

- 1) 电气性能良好
- 2) 具有一定的机械强度
- 3) 焊点上的焊料要适当



(a)焊锡过多，浪费；(b)焊锡过少，焊点强度差；(c)合适的焊锡量

- 4) 焊点表面应光亮且均匀
- 5) 焊点不应有毛刺、空隙
- 6) 焊点表面必须清洁



手工焊接的基本方法——直插元器件焊接



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

- 1) 电烙铁的选用。由于铜箔和绝缘基板之间的结合强度、铜箔的厚度等原因，烙铁头的温度最好控制在 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ 之间，因此最好选用20W内热式电烙铁。
- 2) 烙铁头的形状。烙铁头的形状应以不损伤印刷电路板为原则。
- 3) 电烙铁的握法。焊接时，烙铁头不能对印刷电路板施加太大的压力，以防止焊盘受压翘起。可采用握笔法拿电烙铁。
- 4) 焊料和助焊剂的选用。对难焊的焊接点，可添加助焊剂。
- 5) 焊接的步骤可按前述手工焊接的步骤进行。一般焊盘面积不大，可采用三步操作法：a.加热被焊件，b.填充焊料，c.移开焊锡丝、移开电烙铁。为防焊接温度过高，焊接时间一般以 $2\sim 3\text{s}$ 为宜。

手工焊接的基本方法—直插元器件焊接



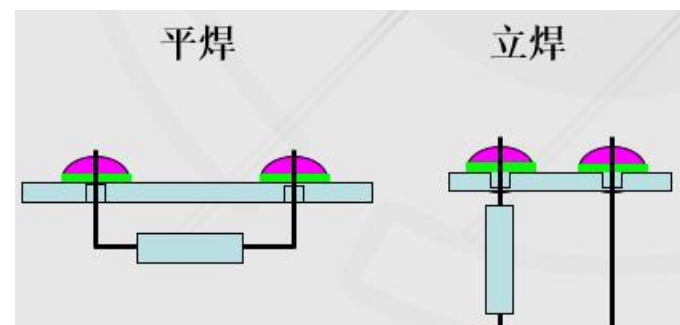
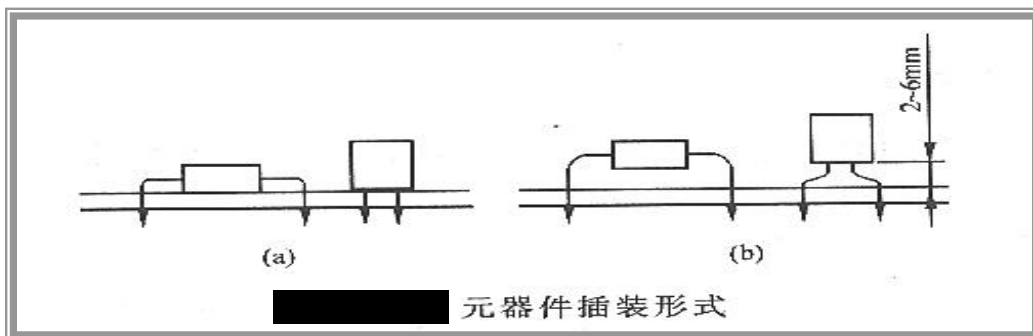
北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

6) 元器件安装的技术要求

元器件安装应遵循**先小后大、先低后高、先里后外、先易后难、先一般后特殊**的基本原则。

对于电容器、三极管等立式插装元件，应保留适当长的引线。一般要求离电路板面2mm。

元器件引线穿过焊盘后应保留2~3mm的长度，以便引线打弯固定。



手工焊接的基本方法——贴片元器件焊接



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

1) 焊接工具

- 恒温电烙铁
- 小镊子
- 吸锡带
- 松香
- 放大镜
- 防静电手环等



手工焊接的基本方法—贴片元器件焊接



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

2) 二端、三端贴片元器件的焊接方法

- 清洁：清除并固定印制电路板。
- 上锡：用电烙铁融化少量焊锡，将一个焊点上锡。
- 固定：用镊子将贴片元器件一端放到焊点上，烙铁加热后，撤离电烙铁直到焊锡凝固后移动镊子。
- 焊接：用电烙铁和焊锡焊接其他引脚。
- 清理：焊接中焊锡量要合适，焊锡较多用吸锡带吸走多余焊锡，也可用烙铁尖带走多余焊锡；焊锡较少添加焊锡，直到形成合格焊点。



二端贴片元器件



三端贴片元器件

手工焊接的基本方法—贴片元器件焊接



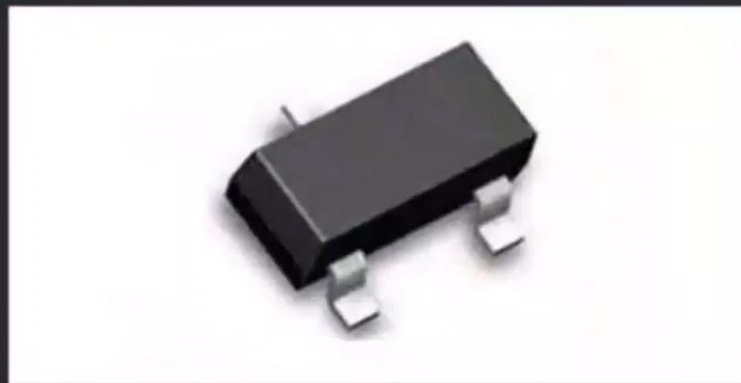
北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

2) 二端、三端贴片元器件的焊接方法

二端、三端贴片元器件的焊接方法



二端贴片元器件



三端贴片元器件

手工焊接的基本方法—贴片元器件焊接



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

3) 贴片IC的焊接方法

- 佩戴防静电手环：防止人体静电造成精密元器件被瞬间高压损坏。注意手环腕带必须与皮肤接触。
- 上锡：选择芯片封装一侧最边缘位置上的焊盘上锡。
- 固定：用镊子将贴片IC对准位置固定，烙铁加热后，撤离电烙铁直到焊锡凝固后移动镊子。
- 检查管脚对其情况：检查贴片IC的各个管脚是否与焊盘对齐，焊接与已焊好管脚对角位置的管脚。
- 焊接其他管脚：借助放大镜焊接其他管脚，并用吸锡带处理误连接管脚。再次用放大镜检查管脚焊接情况，确保焊点合格，无粘连短路现象。



贴片IC


注意：焊接过程中焊锡和助焊剂可能会弄脏焊盘，可用酒精轻轻擦拭清洗。

手工焊接的基本方法——贴片元器件焊接



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

3) 贴片IC的焊接方法



贴片IC的焊接方法

手工焊接的基本方法—拆焊技术



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

1) 拆焊原则

- (1) 不损坏拆除的元器件、导线、原焊接部位的结构件。
- (2) 拆焊是不可损坏印刷电路板的焊盘与印制导线。
- (3) 对已判断为损坏的元器件，可先行将引线剪断，再行拆除。这样可减少其他损伤的可能性。
- (4) 在拆焊过程中，应尽量避免拆动其他元器件，如确实需要，要做好复原工作。

2) 拆焊工具

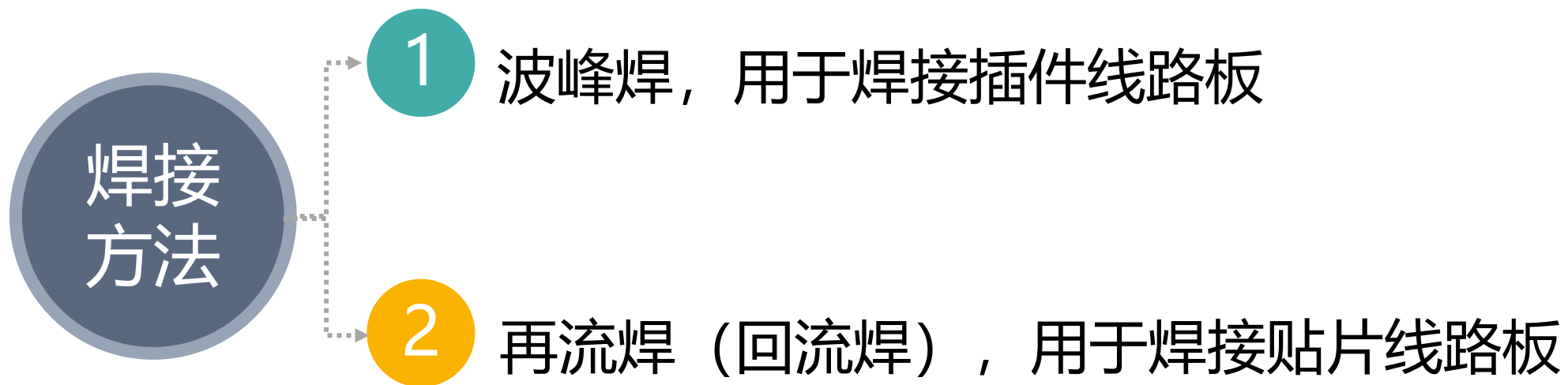
电烙铁、镊子、吸锡器、热风枪

3) 拆焊的操作要点

- (1) 严格控制加热的温度和时间
- (2) 拆焊时不要用力过猛
- (3) 吸去拆焊点上的焊料



- 焊接基本知识
- 手工焊接工具及材料
- 手工焊接的基本方法
- 电子焊接工艺
- 焊接大“狮”赛介绍



浸焊是将插装好元器件的PCB板在熔化的锡炉内浸锡，一次完成众多焊点焊接的方法。

波峰焊是指将熔化的软钎焊料（铅锡合金），经电动泵或电磁泵喷流成设计要求的焊料波，亦可通过向焊料池注入氮气来形成，使预先装有元器件的印制板通过焊料波，实现元器件焊端或引脚与印制板焊盘间机械与电气连接的软钎焊。

▶▶▶ 电子焊接工艺—波峰焊



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



▶▶▶ 电子焊接工艺—再流焊

再流焊（回流焊） 是预先在印制电路板焊接部位(焊盘)施放适量和适当形式的焊料，然后贴放表面组装元器件，经固化(在采用焊膏时)后，再利用外部热源使焊料再次流动达到焊接目的的一种成组或逐点焊接工艺。

SMT (Surface Mount Technology) ——表面组装技术



The screenshot displays the CU-MOOC interface for the 'Electronics Technology Practice' course. The breadcrumb trail indicates the current location: '课程 > 六、电子工艺基础实验 > 6.3 SMT工艺制作流程'. The main content area features a video player showing a reflow soldering machine. The left sidebar contains navigation links: '公告' (Announcement), '评分标准' (Scoring Standard), '课件' (Courseware), and '测验与作业' (Quizzes and Assignments). The top navigation bar includes links for '课程' (Courses), '学校' (Schools), '慕课堂' (MooK), '下载APP' (Download App), a search bar, '我的学校云' (My School Cloud), and '个人' (Personal).

目录

- 1、SMT表面组装工艺
- 2、焊锡膏印刷
- 3、贴片机
- 4、再流焊
- 5、自动光学检测 (AOI)

▶▶▶ 目录



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

- 焊接基本知识
- 手工焊接工具及材料
- 手工焊接的基本方法
- 电子焊接工艺
- 焊接大“狮”赛介绍

焊接大“狮”赛介绍



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

焊接大“狮”赛是由高等工程师学院电子实习基地主办，由卓创科技社团负责组织活动。旨在通过开展焊接培训，帮助同学们掌握焊接技能，提高动手实践能力。

第一轮为直插套件的焊接，首先由硬件部为同学们进行各种元器件、焊接工具、焊接方法、安全注意事项的讲解，之后同学们进行直插套件焊接及调试；

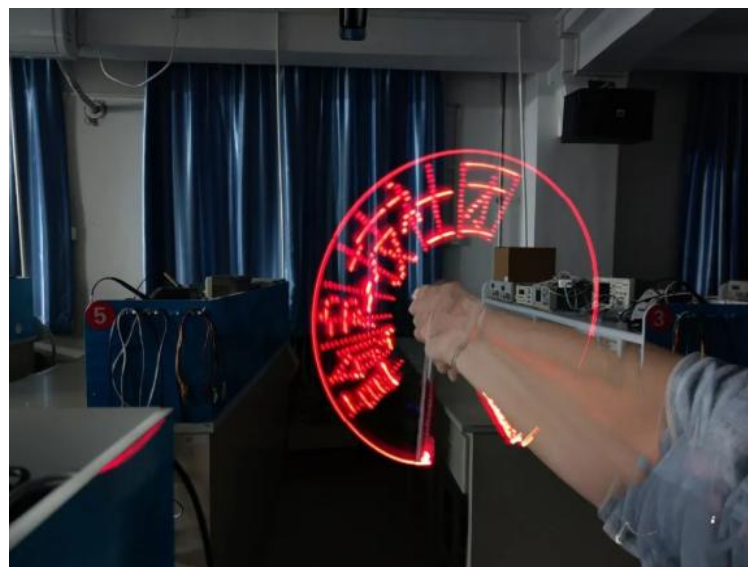
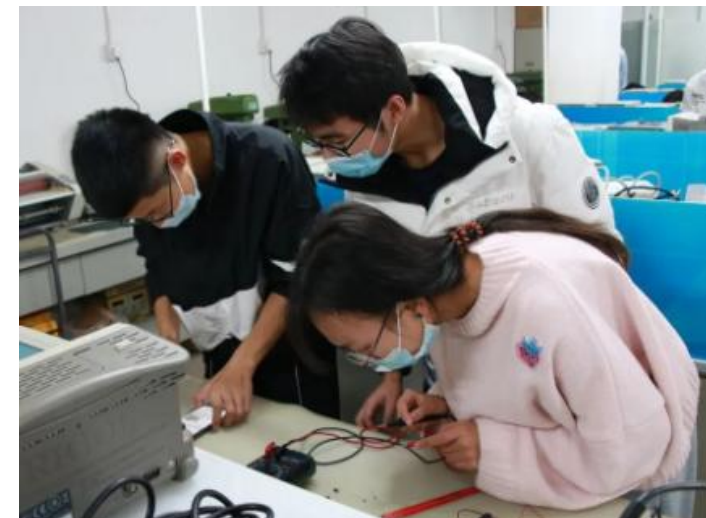
第二轮为贴片套件的焊接，首先由硬件部回顾上一场出现的一些问题，再进行贴片元器件焊接方法的讲解，之后同学们进行贴片套件的焊接及调试。



焊接大“狮”赛介绍



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



▶▶▶ 焊接大“狮”赛介绍



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing



作业：完成焊接



北京科技大学
University of Science and Technology Beijing

- 1、准备焊接工具，做好烙铁头清洁
- 2、使用旧板进行拆焊练习，熟悉五步焊接法
- 3、对照元器件清单，认真核对并检查元器件
- 4、安装元器件，正式焊接语音小夜灯
- 5、检查焊点质量，出现虚焊漏焊之处要及时补焊

注意事项：

- ◆ 推荐按照由低到高、先直插后贴片的焊接顺序
- ◆ 安装时元器件尽量插到底
- ◆ 有极性元件的管脚一定要焊接正确

