

电子元器件引线的搪锡

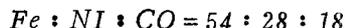
许昌继电器研究所 周 涛

一、 元器件引线为什么要搪锡

由于晶体管继电器无触点，是依靠晶体管元件来完成其开关和控制作用的，每个晶体管元器件之间的连接是依靠各个焊点来完成的，包括电气连接和机械连接。所以焊点的质量对于晶体管继电器来说，是至关紧要的。在每一台继电器或装置中的千百个焊点中，只要其中有一个焊点出现问题、存在虚焊或假焊，那么就会导致这台继电器或装置的拒动或误动，造成严重的后果。那么焊点中产生虚焊的原因是什么呢？焊点中产生虚焊的因素很多，包括焊接的温度、时间、熔剂的活性、元器件引线和印制电路板的可焊性、及焊接工艺等许多因素。其中可焊性是比较重要的因素之一。

由于元器件生产厂的现行生产工艺和元器件的整个贮存、包装、运转（包括进厂后的老化筛选）周期等各方面的因素，造成元器件引线的表面上产生一层厚薄不均的氧化膜腐蚀物，甚至还有油污和涂料。这层氧化腐蚀物和油污及涂料的存在，严重地影响了引线的可焊性，如果只靠焊接时采用一般的熔剂是不能完全去除干净的。焊接时它会起到阻止焊料的漫流、隔离焊料和引线表面金属原子间的接触、熔解和原子间结合的焊接过程，使其不可能很好地焊接牢固，而易造成元件和印制电路板的虚焊，从而影响继电器的质量。

特别是晶体管硅管元件，元件生产厂为了保证其结构性能，它的引出线需要与底座的玻璃绝缘蕊柱密封良好，其引出线所采用的金属材料需要与玻璃有相近似的膨胀系数，故大多数生产厂硅管元件的引线采用杜美丝、可伐丝，也有少量的采用镍丝。最常见的镀金三级管的引线材料大多是可伐丝的，组成成份为铁镍钴合金：



其出厂工艺为：可伐丝→电镀镍→化学镀金

元件引线的化学镀金层极薄而且又多针孔，当大气中湿度加大时，就会产生大气腐蚀。对于可伐丝来说，由于金的电位很高，金的电镀层是属于阴极防护。产生可伐丝的阳极腐蚀即化学源电池，比可伐丝没有金镀层的情况下的腐蚀更为严重。

图一是硅管元件引线剖面的示意图，当处于潮湿环境时，空气中的水分在镀金层的针孔处凝聚，成为电解液，形成化学源电池，电位高的金镀层为阴极、电位低的可伐丝为阳极，产生了可伐丝作为阳极的金属遭受腐蚀。从这可知这种阳极腐蚀是在金镀层内

的可伐丝上进行的，平时看到的有些硅管元件引线上有些腐蚀的斑点状就是可伐丝顺着金镀层针孔处往外腐蚀的产物。这种腐蚀还有一个特点，由于腐蚀是在金镀层的里面进行的，焊接时，焊料只是在金镀层的外表面，腐蚀物在内部继续作用，使引线可伐丝金属继续受到腐蚀，至腐蚀到可伐丝与镀金层完全脱离，因而产生焊点的脱焊（又称脱袜子）。

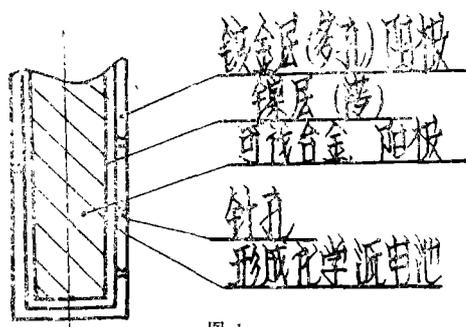


图 1

为了减少和消灭脱焊和虚焊，保证晶体管继电器的质量，我们应该针对产生虚焊的因素方面采取强有力的措施，特别是对于可焊性方面，更应采取措施。

元器件引线予焊前的搪锡处理就是提高可焊性的有效措施之一。元件引线的搪锡是在一定的温度、一定的时间内、在已经机械刮除引线氧化层的基础上（包括去除去金层）靠熔剂或超声波的作用去除引线上的残留氧化层及杂污，使熔触的锡铅焊料与元器件引线形成原子间的结合，或采用电镀的方法使锡铅合金牢固地涂附在元件引线的表面。这一薄层的被搪上的锡铅合金层对焊接质量非常有利，因为它和焊料是属于同一成份，所以具有极好的亲和性很高的可焊性。

二、搪锡的方法

元器件引线的搪锡的方法从原理上来区别可分为两个方面，即热熔融搪锡和化学电镀锡铅合金两个方面。热熔融搪锡方面又可根据具体不同的条件及不同的方法来分为锡锅搪锡、超声波搪锡和化学去除氧化层搪锡等几种。

1. 锡锅搪锡：锡锅搪锡的方法是一种最简便但较落后的方法。元器件引线首先经过刮削工序，通过机械的方法，采用刀片、刮削工具或RC自动刮腿机等均匀刮掉元器件引线的氧化层，直至露出金属光泽表面。对硅管引线则要彻底刮去镀金层。刮削时元件引线根部处应保留3毫米一段位置不进行刮削。刮削工序完毕后进入搪锡工序。搪锡是在电炉上的锡锅中进行，焊料采用39*锡铅焊料（锡61%、铅39%），锡锅温度为 $260^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，熔剂采用中性熔剂，如水杨酸——松香熔剂，搪锡部位距元件引线根部应 ≥ 3 毫米，搪锡时间为2~3秒。

锡锅搪锡的质量跟引线氧化层刮削的质量有很大的联系，如果引线表面的氧化层去除不尽的话，将会产生虚搪和虚焊。此外还跟搪锡的时间长短有关，时间长元器件会产生热劣化，时间短，引线由于热量不够，也会产生虚搪和虚焊现象。

2. 超声波搪锡，超声波搪锡是在锡锅搪锡的基础上增加了超声波的作用，利用超声波在锡铅焊料熔液中的空化和冲击作用，产生无数的微气泡，加速焊料与元件引出线金属之间的互相渗透过程，剥离氧化物和污染层，而达到搪锡的目的。

超声波搪锡的实质是将超声波发生器产生的高频电流经换能器转换为相应频率的机

械振动，其频率通常为20~40千赫，并通过传振杆传递到变幅杆，由于传振杆和变幅杆的长度分别都相当于半个波长，所以变幅杆端面向熔融的锡铅焊料熔液幅射超声波，这超声波在焊料熔液中形成相应周期的压缩和稀疏，产生微冲击波和很多微气泡，在焊料熔液中局部形成空腔，且空腔随后迅速闭合，即产生所谓的“空化”现象。当空腔闭合时产生很大的局部压力，可达到几千个大气压的数量级，使元件引线表面的金属氧化层和表面污染物受到破坏和剥离。超声波搪锡就是利用这种空化现象所产生的冲击波的剥离力来破坏元件引线表面的氧化层和污染物，从而使引线搪锡时和锡铅焊料熔液达到原子间的结合。

换能器通常由磁伸缩镍片或锆钛酸钙晶片压电陶瓷做成。图二所示的就是磁伸缩镍片换能器超声波转换产生的示意图，镍片换能器、当通过高频电流时，产生磁致伸缩，发生形变（伸长或缩短），转换为相应频率的机械振动，再通过传振杆传递给变幅杆，使变幅杆端面向熔融的锡铅焊料熔液幅射超声波。

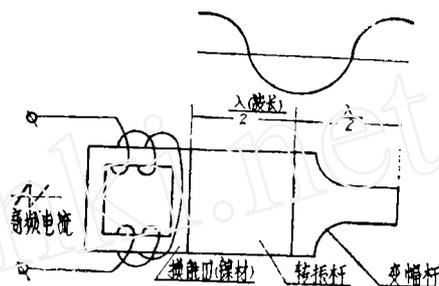


图 2

由于换能器和传振杆、变幅杆是紧密相连的，而变幅杆又是沉浸在熔融的焊料熔液之中的，所以变幅杆会把焊料熔液的高温传导给换能器的。对于磁伸缩镍片换能器来说，当高频电流流过换能器线圈产生磁致伸缩过程中，线圈本身会发热，如果再加上变幅杆传导的焊料熔液的热量，势必造成换能器线圈绕组的导线绝缘层烧毁。所以磁伸缩镍片换能器在使用过程中应采取水冷却措施，锆钛酸钙晶片压电陶瓷换能器由于没有线圈绕组，在使用过程中就不需要采取水冷却措施。

由于锡铅焊料熔液的分子比重较大，超声波在其中的损耗衰减较多，其有效传播距离仅10mm左右。其靠近变幅杆端面的超声波作用力强，远离变幅杆端面的地方超声作用力弱，甚至只相当于普通锡锅的作用。所以采用超声波搪锡时，元件引线应在紧贴变幅杆端面的地方进行，这样才能保证其最强的超声空化效果。搪锡时应紧贴变幅杆端面插下去，又沿其端面拉上来。

超声波搪锡不同于锡锅搪锡的另一个方面由于超声波具有方向性。搪锡时，搪锡面迎波好、背波差，也就是说紧贴变幅杆端面的面效果好，背离变幅杆端面的面效果差。迎波面上去除氧化层作用强，搪锡的效果好，其焊料和引线表面金属原子间结合合金的结晶粒较细。背波面上超声波弱，去除氧化层作用力也差，搪锡效果差，常搪不上锡铅焊料。图三是引线单面超声波搪锡的照片。从图三的照片中我们可以看见引线单面超声波搪锡的搪锡面呈月牙形，在迎波方向接近二分之一的圆周面上真正搪好锡，而在背波方向的二分之一的圆周面上搪锡效果不好，甚至几乎没有搪上。

所以超声波搪锡时应注意引线的双面搪锡，对于轴向元件，如二极管、电阻、电容等元件搪锡时，可将其引线插入锡锅后应紧贴变幅杆端面旋转360°（如图四所示），

然后才离开焊料面，搪锡时间为 2 ~ 4 秒。

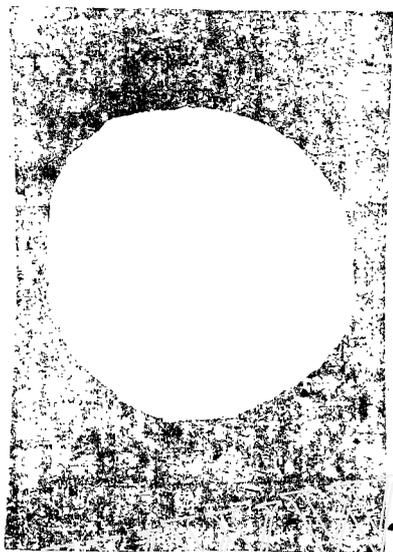


图 3

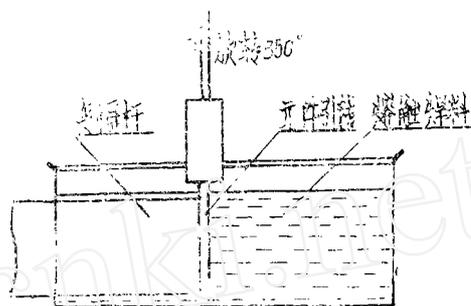


图 4

立式元件、如三级管、双基极二极管、立式电容等元件搪锡时，可将其引线并成一直线方向，沿变幅杆端面分别进行双面两次插入搪锡，每面每次搪锡时间为 2 秒左右。

超声波搪锡利用了超声波的空化作用，但空化作用又使变幅杆端面也受到了超声空化腐蚀，使变幅杆的端面变成凹凸不平的粗糙表面，而大大削弱了超声波强度，降低了超声波搪锡的效果。这时，应将变幅杆端面锉修平整，才能继续使用，否则会严重地影响超声波搪锡的效果。变幅杆端面应定时进行修整，一般每工作一周修整一次为宜。变幅杆端面经多次修整后，其长短尺寸会减少，当尺寸较原来尺寸短 6 ~ 7 毫米以上时，应予以更换新的变幅杆，否则和换能器机械谐振系统频率相差太远，造成超声工作，振荡效果差。

采用超声波搪锡，虽然可以提高焊接质量和效率，但还存在一些向题。对于引线表面严重氧化时搪锡效果不佳。甚至可能会导致脱焊现象的早发。由于超声波的空化作用，使镀金层与可伐丝层的分离的速度加快了，要想彻底解决这个向题，就只有在搪锡前采取机械刮削的办法，将引线表面的严重氧化层和硅管引线的表面镀金层彻底刮除掉。

超声波搪锡还应考虑超声波搪锡设备的功率和元件引线粗细的向题，对于 TC—250 型超声波搪锡机，由于其功率有限，搪锡的元件引线直径应控制在 $\phi 1 \text{ mm}$ 以内。

3· 化学清除氧化层搪锡：化学清除氧化层搪锡是利用弱有机酸或强活性熔剂做缓蚀液对元件引线的氧化层的腐蚀作用来去除氧化层，然后再进行搪锡。

化学清除氧化层的方法甚多，可根据元器件引线氧化程度来进行选择。

(1) 柠檬酸水溶液：适用于元件引线氧化层不太严重的情况。采用 1 : 1 的柠檬酸：水的溶液，将元件引线插入筛网状的夹具中，使其引线部分浸泡在柠檬酸溶液中，注意

元件管帽应离开溶液 3 mm 左右, 如图五所示。浸泡 20 分钟后取出用流动水清洗干净, 然后蘸中性熔剂进行搪锡。

(2) 石酒酸——盐酸溶液: 适用于元件引线氧化层较严重的情况。采用水: 酒石酸: 盐酸 = 2 : 1 : 0.5 的溶液浸泡元件引线 20 分钟后用流动水清洗干净, 然后蘸中性熔剂进行搪锡。

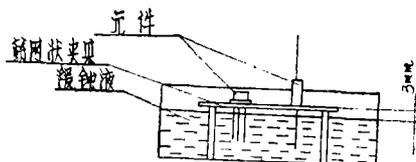


图 5

(3) 氯化锌溶剂: 适用于元件引线氧化层较严重, 搪锡效率高, 效果较好, 但如果清洗不净、将存在严重的隐患腐蚀。

其配方为: 氯化锌: 盐酸: 水 = 42 : 10 : 48。将元件引线在氯化锌溶剂中浸泡 20 分钟后, 用流动水清洗干净, 然后蘸中性熔剂进行搪锡。

(4) 202 熔剂, 202 熔剂是以溴化肼为主体的一种水溶性活性熔剂, 其助焊性能优异, 能有效地降低焊料及被焊物表面的张力, 焊接时可分解出溴化氢去除被焊表面氧化层而具有高的助焊性能。

其配方为: 溴化肼: 水: 甘油 = 10 : 85 : 5。将元件引线在 202 熔剂中浸泡 20 分钟后, 然后进行搪锡, 搪锡后用流水清洗干净并烘干其水分。

化学清除氧化层搪锡能够提高搪锡的质量和效率, 但仍存在一些问题:

(1) 由于化学清除氧化层的缓蚀液对金属有腐蚀作用, 如果操作不当, 有可能会锈蚀元件管帽的金属。

(2) 需要有彻底的清洗手段, 如果清洗不彻底, 残存的缓蚀液将会锈蚀元件引线, 导致断腿和元件失效。

4. 电镀锡:

电镀锡是采取化学的方法, 在中性、碱性或微酸性的电镀液中进行元件引线的电镀锡铅合金, 其电镀锡的方法随着电镀液的配方不同而不同, 方法较多, 下面介绍较典型的两种。

(1) 碱性电镀锡

配方为:

锡酸钠	50~90g/l
醋酸钠	7~15g/l
氢氧化钠	8~15g/l

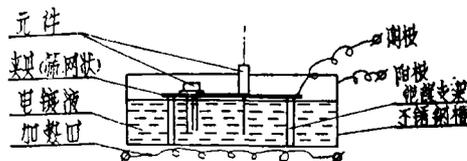


图 6

碱性电镀锡的方法采用扞镀式如图六所示, 不锈钢槽为阳极, 铜网为阴极。元器件扞在铜网上, 使其引线浸入电镀液中, 保持根部端露出液面 3 毫米, 电镀液的工作温度为 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$, 电镀锡的起始工作电流 $I_{\text{始}}$ 为 $10\sim 15\text{A}/30\text{秒}$ (数量为 200 只三级管), 电镀锡的正常工作电流 $I_{\text{工作}}$ 为 $7\sim 8\text{A}/6\sim 8\text{分钟}$ 。取出后应立即用清水冲尽电镀液、避免电镀液的腐蚀。电镀锡的厚度较薄, 一般在 2μ 左右, 为了较长时期存放, 应在 48 小时内蘸中性熔剂进行搪锡。

由于碱性电镀锡的电镀液需加湿到 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$, 所以不太适合于锗管元件。

(2) 微酸性电镀锡

配方为：

氯化亚锡	45g/l
氟化钠	20g/l
氨基乙酸	15g/l
聚乙二醇 ($M > 4000$)	6g/l
硫脲	1g/l

电镀液的 $P H$ 值为 4.5~5.5，电镀液的工作温度为室温。阳极面积：阴极面积为 1 : 1，工作电流密度为 0.1~0.3 安/分米²，工作电压为 0.5~1.5 伏。电镀锡的时间为 0.5 小时。取出后应立即用清水冲尽电镀液，并在 24 小时内沾中性熔剂进行搪锡。

微酸性电镀锡适合于电阻元件的全浸式及电容和硅、锗管元件的扦插式电镀锡。

电镀锡对多数元件的引线能进行良好地镀锡及搪锡，能提高生产率，并能提高焊接强度和减少虚焊，比其它几种处理方法的焊接强度一致性要好。但对氧化严重的元件引线有镀不上可能，特别是对氧化层严重发红，发黑的元件引线是根本镀不上的。

电镀锡对工艺和设备及操作者的技术水平都有严格要求，否则易造成镀锡质量不好或元件管帽漆层脱落及元件受锈蚀的可能。

三、搪锡的质量要求和检验

1. 搪锡的质量要求

(1) 引线搪锡后应可焊性良好。

(2) 元器件引线搪锡后表面应光滑和均匀，以便于安装时引线插入的顺利。

(3) 为了保证搪锡后的有效存放期，搪锡层厚度不应小于 10 μ 。

(4) 元器件引线搪锡后应及时焊装，其存放期不应超过六个月，如果超过者应进行第二次搪锡补救措施。

2. 搪锡的质量检验：

引线的可焊性检验可将元件的引线粘松香酒精熔剂后浸入温度为 260°C 的锡铅焊料熔液中，经 2~4 秒后取出观察润湿情况，沾锡面积不应小于 90%。

引线的搪锡厚度可用千分尺检测或金相检查。

四、意见和施措

从前述的四种搪锡方法来看，各有其长又各有其短，没有一种方法能完全消灭脱焊和虚焊的。

锡锅搪锡的质量不稳定，与引线表面氧化层刮削干净的程度有着绝对的关系。

超声波搪锡虽能提高焊接质量和效率，但引线表面氧化严重时搪锡效果不佳。

化学清除氧化层搪锡如果清洗不彻底会产生元件的锈蚀。

电镀锡虽对多数元件的引线镀锡、搪锡效果好、效率高、但对引线表面氧化严重的根本镀不上，并仍要注意严格的清洗。

对于硅管元件，由于引线可伐丝的腐蚀是在金镀层的内部进行的，镀金层如不刮除，搪锡后，腐蚀仍在继续进行，使可伐丝与镀金层之间的腐蚀增大，导致可伐丝与镀金层的最后分离，从而产生焊点的脱焊。并且搪锡时金镀层还会与焊料产生金锡合金，而金锡合金对锡焊的过程及焊点的形成是非常有害的。

刮除氧化层然后进行搪锡虽是最原始的，但也是目前解决氧化层严重的元件使之保证搪锡质量比较有效的方法，虽然存在效率较低或因刮削受力的影响产生刮痕甚至断腿等问题。在电阻、电容、二极管等轴向元件的刮腿问题上，采用 RC 轴向刮腿机自动刮除氧化层，可解决效率低及刮削质量问题。

鉴于上述问题，结合我厂目前的状况，为了提高和保证晶体管元件的搪锡质量应采取下列措施，如图七的方框图所示。

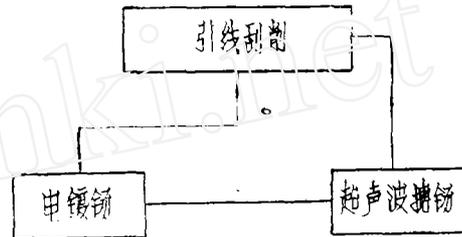


图 7

(1) 对于氧化层严重发黑、发红的元件引线及硅管可伐丝引线的镀金层必须彻底刮除，轴向的元件采用 RC 轴向刮腿机进行刮削，立式元件采用手工刮削。然后送超声波搪锡。

(2) 采取微酸性电镀锡法进行元件引线的电镀锡，清洗干净后在 48 小时内送超声波搪锡。对于镀锡不上的应将其引线表面的氧化层刮除干净然后进行超声波搪锡。

(3) 进行超声波搪锡时应注意做到双面搪锡，搪锡应紧贴变幅杆端面进行，并应定专人负责搪锡，变幅杆的端面应定时及时修平，以保证超声波搪锡的效果。

(4) 加强元件的进厂检验及厂内管理工作，元件进厂应进行引线的可焊性检验，不合格退货。元器件搪锡后的存放期不能超过半年，超过者应进行第二次搪锡处理。并应加强元器件的库存保管工作，防止氧化腐蚀。