

# 无铅化导入教程

2005.10.15

# WEEE 和 RoHS 追踪

2005.10.15

## 1. 指令产生的背景

### 1.1. 全球几大环境问题

现代工业的迅速发展造成了今日严重的环境问题,并且这些环境问题已困扰地球居民多年,它们包括:

- a. 温室效应,全球气候变化无常
- b. 臭氧层被消耗、破坏
- c. 能源危机
- d. 水资源污染
- e. 海洋污染
- f. 生态环境恶化,物种灭绝
- g. 城市环境污染
- h. 酸雨
- i. 土地沙漠化

### 1.2 电子产品环境有害物质范围

电子产品经常包含有各种危险的金属,例如水银和铅,也包含有毒的化学品。抛进垃圾填埋场之后,这些物质便泄漏出来,最终污染地下水。

重金属 Heavy Metals  
 溴化阻燃剂 Flame Retardants (PBB/PBDE)  
 多氯联苯/多氯萘/多氯三联苯/氯化石蜡 PCBs/PCNs/PCTs/CPs  
 聚氯乙烯 PVC and PVC blends  
 增塑剂/邻苯二甲酸盐 Phthalates  
 有机锡 Organotins  
 多氯酚 PCP/TeCP/TCP/OPP/Phenol  
 镍释放 Nickel Release  
 甲醛 Formaldehyde  
 溶剂/臭氧层破坏物 Solvent/ODCs  
 石棉 Asbestos  
 偶氮染料 AZO dyes  
 分散染料 Disperse dyes

### 1.3 有害物质的含量测试计划及监控方法

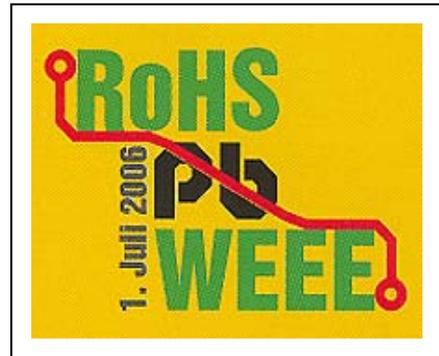
第一组	完全禁用,立即实施	Cd、Pb、Hg、Cr <sup>6+</sup> 、PBB、PBDE	对每批原料和产品进行严格监控并掌握相应的测试报告
第二组	限制使用,根据情况制定实施时间	PCBs、PCTs、PCNs、石棉、灭蚊灵、HCFC/CFC、甲醛、PVC、有机锡、偶氮染料、五氯苯酚	对每种型号/款的原料和产品进行相关的监控,有相关的测试报告
第三组	参考项目根据实际情况实施	Sb、As、Be、Co、Se、Tl、氰化物、苯系物、丙烯晴等	对使用的原料情况有所了解,并适当实施检查和监控

### 1.4 指令的产生

1994 年奥斯陆部长论坛对于产品的延续化生产及消费作出了明确的定义：产品的生产、使用及服务应该满足人类的基本需求，提高人类的生活品质。然而在产品的整个生命周期，应该减少对自然资源的使用，减少毒性物质和废弃物的排放和污染物的产生，以免危害到未来子孙的需要。

1998 年 4 月，该两条环保法案被首出，2002 年 4 月该两项指令的草案正式提交到欧盟议会中讨论。经过欧盟及产业界数年的讨论和论证，咨询了 30 多个相关组织及协会，这两项指令终于在 2003 年 2 月 13 日得以正式公布。

欧盟的这两个法规，酝酿了近 10 年，其目的是挡住像洪水一般涌进欧洲大陆的垃圾填埋场的电子废弃物，加强环境保护，确保可持续发展。另外，这两个指令的实施，提高了产品准入门槛，也设立了产品进入欧盟的技术壁垒。



\* **RoHS 指令 (2002/95/EC)** 欧洲议会和欧盟理事会关于在电子电子设备中限制使用某些有害物质的指令案 ( Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment )

\* **WEEE 指令 (2002/96/EC)** 欧洲议会和欧盟理事会关于电子电气设备废弃物的指令案 ( Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Waste Electrical and Electronic Equipment )

尽管绝大多数电力电子产品都在两个指令的名单内，但是 WEEE 和 RoHS 指令也列出了一个豁免名单，对一些元素在部分产品中的应用规定了例外，这主要是目前还找不到合适的环保型替代材料，因此其实施进程只能推后。

### 1.5 指令的制定原则和法律基础

WEEE 和 RoHS 指令是以欧盟的环保方针遵循的四项原则为基础制定的，这四条原则是：

- a. 预防原则
- b. 预防胜于补救
- c. 对环境的破坏要优先从源头进行解决
- d. 对环境造成破坏的污染者需要支付费用

RoHS 指令的法律基础是欧共同体条约第 95 条，该指令的目的在于在欧盟成员内部间避免贸易壁垒和恶性的竞争。因此，RoHS 指令设置了绝对统一的标准，任何一个成员国都不能超过该标准限定的范围。

WEEE 指令是欧共同体条约第 175 条，该指令只是限制了最低的标准，这意味着各成员国在 WEEE 指令转换成本国法律法规会根据本国的国情而有所不同，部分国家可能会超出目前 WEEE 指令限制的范围。

### 1.6 谁来负责

WEEE 和 RoHS 指令都遵循着欧盟环保方针的“污染者付费”原则，在该两项指令中，产品的制造商被认为是污染者，而有义务负责污染废弃物的处理，指令的条款 3 对制造商的定义为：

- a. 用自己的品牌制造和销售产品者
- b. 用自己的品牌销售他人产品者

c.将产品进口到欧盟各成员国的进口者

1.7 制造商的责任

对于废弃电子电气产品，单独或集体建立最有效的处理、回收及再循环系统  
对于废弃电子电气产品应当负起回收、再生、或处理的责任，建造技术体系  
应支付自己生产出的 WEEE 的回收、处理、再循环和合乎要求的处理的费用

1.8 谁来证明和最终检查

作为独立的第三方认证机构,根据指令要求进行测试并出示测试报告,并提供合格证书。  
买家作为产品的最终检查者，会检查产品是否符合指令的相关要求。

1.9 WEEE 和 RoHS 指令的实施时间表

- 2004 年 8 月 13 日，各成员国将指令转换为本国法律的期限；
- 2005 年 2 月 13 日，EU 委员会依据科学论据重新审议指令条款，就是否扩大清单中的物质提出异议；
- 2005 年 8 月 13 日，生产者所拥有的系统能就地免费回收最终用户的电子电气废弃物；
- 2006 年 6 月 30 日，RoHS 指令的六种有害物质将被禁用；
- 2006 年 12 月 31 日，各成员国应保证达到回收目标
- 2008 年 2 月 13 日，欧盟委员会就指令的实施情况做正式报告，并且会对指令作必要的修改；
- 2008 年 12 月 31 日，对实施效果重新评估，建立新的收集、再利用/循环利用、和回收的目标。

1.10 全球对 RoHS 指令的有何反应

世界各国尤其是发达国家，对 RoHS 指令的出台反响强烈，高度关注，有的称其为绿色环保指令，有的称其为技术壁垒指令，还有的称其为牵动全球制造业神经的指令。其间，美国、日本、韩国、泰国等也相继出台了类似指令。

中国是全球制造业大国，也是产品出口大国，出口总量的 70%以上涉及到 RoHS 指令，因此中国政府亦十分重视相关问题，并于 2004 年出台了《电子信息产品污染防治管理办法》，内容与欧盟版 RoHS 内容大体相同，其不同之处在于所限制的设备种类要少一些，并准备与其同步实施。同时，通过电视、报刊、研讨会等多种形式向广大企业宣传推广，提醒广大生产商务必高度重视，积极应对。

1.11 世界环保趋势

巴塞尔公约 (Basel Convention)	有效管制有害物质的国际运输途径
蒙特利尔议定书 (Montreal)	管制破坏臭氧层的物质
气候变化纲要公约 (FCCC)	管制温室效应的物质排放量
华盛顿公约 (CITES)	保护稀有野生动植物防止其因国际贸易而遭滥捕
生物多样性公约 (Convention on Biological Diversity)	确保各国采取有效行动遏止对物种、生物自然生长环境及生态体系的破坏要求事项

1.12 欧盟有关环境物质法规

欧洲是全球环境污染积极防治的先导者，取得了相当有效的成绩，尤其是近十年以来，它的许多环保技术（包括管理技术）都是目前世界上十分先进的。欧盟先后颁布的有关环境

物质的法规如下：

- 欧盟镉指令 ( 91/338/EEC )
- 包装材料规范 ( 94/62/EC )
- End of Life Vehicles ( 2000/53/EC )
- Amendment on End-of-Life Vehicles ( 2002/525/EC )
- 76 / 769 / EEC ( Dangerous Substances List )
- 85/467/EEC ( 6th ) ( PCBs / PCTs )
- 89/677/EEC ( 8th ) ( As / Pb )
- 91/157/EEC ( Batteries and Accumulators )
- 93/11/EEC ( N-Nitrosamines )
- 96/55/EC ( Chlorinated solvents )
- 1999/51/EC ( Tin , PCP , Cadmium )
- 83/478/EEC , 91/659/EEC , 85/610/EEC , 1999/77/EEC ( Asbestos )

附 1：欧盟小知识

欧洲联盟 ( 简称欧盟 European Union / EU ) 是由欧洲共同体发展而来的，是一个集政治实体和经济实体于一身、在世界上具有重要影响的区域一体化组织。1991 年 12 月，欧洲共同体马斯特里赫特首脑会议通过《欧洲联盟条约》。( 简称《马约》) 1993 年 11 月 1 日，《马约》正式生效，欧盟诞生；它现有 25 个成员国、4.56 亿人口，总部设在比利时首都布鲁塞尔。

附 2：欧盟 25 个成员国

第一批加入：法国、德国、意大利、荷兰、比利时、卢森堡

第二批加入：英国、丹麦、爱尔兰、希腊、西班牙、葡萄牙

第三批加入：奥地利、瑞典、芬兰

第四批加入：塞浦路斯、匈牙利、捷克、爱沙尼亚、拉托维亚、立陶宛、马耳他、波兰、斯洛伐克、斯洛文尼亚

## 2、讨论 RoHS 指令

### 2.1 指令的范围

欧盟委员会于 2003 年 1 月 27 日通过的《关于在电子电气设备中限制使用某些有害物质的指令》( 即 RoHS 指令 ) 4 ( 1 ) 款规定：“自 2006 年 7 月 1 日起，市场上销售的新电子电器设备不含有铅、汞、镉、六价铬，聚溴联苯和聚溴二苯醚。”



铅、镉、汞属于重金属，一旦被人体吸收就难以有效的排出，逐渐沉积后会对人体各个系统造成严重的危害；六价铬易溶于水，氧化性强，毒性大，容易引发人体细胞突变，是一种强致癌物质；聚溴联苯和聚溴二苯醚一种化学物质，一般是添加到塑胶材料中作阻燃剂，降低电子电器产品在使用时的可燃性，防止火焰扩散并延缓火势蔓延的速度，让现场受灾人员有时间判别周围情况及逃生。在电器产品、家具及建筑材料中加入阻燃剂，确实发挥了它的功能，从火灾事故中解救了许多宝贵得生命。血液中高浓度的溴化阻燃剂 PBB 或 PBDE 将对人体的肝脏、甲状腺素的分泌、繁殖系统等造成恶劣影响。

RoHS 指令涵盖了 WEEE 指令中附件 中的电子电气产品 (除去第八项医疗设备和第九项显示和控制仪器), 此外, 对于大型固定的工业设备也在豁免之列。但是, 对于 WEEE 指令豁免的电灯泡和家用发光设备却在 RoHS 指令的范围内。

RoHS 指令限制的六种有害物质:

- 铅 (Lead) -允许在某些情况下豁免
- 汞 (Mercury) -允许在某些类型的灯泡中使用
- 镉 (Cadmium) -对于镉电镀豁免

六价铬 (Hexavalent chromium) -铬只是在以六价形式存在才会被禁止使用, 而对于铬的金属和三价铬是不受限制的。在指令中, 对于在吸收式电冰箱中作为碳钢冷却系统防腐剂的六价铬是受到豁免的。

聚溴联苯 (PBB) -聚溴联苯通常在塑料中的阻燃剂中使用, 但现时, 大多数厂家已经不再生产聚溴联苯, 仅是在一些可循环的塑料中还存在这种物质, 可使用含氮阻燃剂等无机阻燃剂替代。

多溴二苯醚 (PBDE) -PBDE 包含了一系列的阻燃剂:

- 四溴二苯醚 (Tetra-BDE) -此类物质现阶段已经很少量生产, 仅是在一些可循环的塑料中使用。
- 五溴二苯醚 (Penta-BDE) -在电子电气设备中使用得并不广泛, 主要是在某些家具的泡沫塑料中使用。
- 八溴二苯醚 (Octa-BDE) -在电子电气设备中使用的数量相对较少。
- 十溴二苯醚 (Deca-BDE) -虽然与过去相比, 使用的数量和程度已经不如从前, 但现阶段, 仍在电子电气设备中广泛使用。欧盟委员会发表声明, 将对此类物质进行全面的风险评估, 以检查此类物质的危害程度。虽然最后的结论仍然没有出台, 但是一项初步的分析发现, 十溴二苯醚对环境对人体并不会造成危害。欧洲的溴科学和环境论坛组织 (The Bromine Science and Environmental Forum) 对十溴二苯醚进行了 8 年的跟踪测试评价。最后的人体健康测试报告表明: 十溴二苯醚对人体健康没有很明显的危害。在欧盟 2005 年 10 月 15 日出版的官方公报中, 委员会决议 2005/717/EC 正式对十溴二苯醚豁免。

ROHS 对于所有成员国的要求是一致的, 2006 年 7 月 1 日的最终期限不会改变, 但是, 执行和处罚方式可以不同。欧盟委员会要求欧盟成员国必须在 2004 年 8 月 13 日前制定本国法律, 目前 12 个国家已通过立法将 ROHS 指令写进本国法律, 其中英国 2005 年秋季开始执行。

## 2.2 对于最大浓度限定值 (MCV) 的要求

2005 年 8 月 18 日, 欧委会又通过了一项题为《为确立电子电器设备中某些有害物质的最大限量而修改欧盟议会和委员会 2002/95/EC 指令》的委员会决议(2005/618/EC), 确立了电子电器设备中上述六种有害物质所容许的最大限量, 在均质物质中最大浓度限定值:

禁用物质	最大浓度限定值(净重比例)
Lead 铅 (Pb)	0.1% , 1000ppm
Mercury 汞 (Hg)	0.1% , 1000ppm
Chromium 六价铬 (Cr <sup>6+</sup> )	0.1% , 1000ppm
Cadmium 镉 (Cd)	0.01% , 100ppm
Polybrominated 聚溴联苯 (PBB)	0.1% , 1000ppm
Polybrominated diphenyl ethers 聚溴二苯醚 (PBDE)	0.1% , 1000ppm

该指令的附件列出了免除该要求的产品清单, 根据欧委会收到的企业界的请求, 该豁免

清单正在修改。

RoHS 指令中的“均质物质”就是用机械方法拆分到不能再拆分的最小单元 ( a unit that cannot be mechanically disjoined into single materials ) )。范例则为电镀锡涂层、塑胶、焊料，德国和斯洛文尼亚对于最大浓度限定值规定投了反对票，同时有 8 个国家放弃了投票。

### 2.3 RoHS 指令适用范围

附件 A 中所列八大类电子电器产品以及在附件 B 所包含的所有细项以及家用灯泡、照明设备。

直流电小于 1500V、交流电小于 1000V 的电子电器产品及其所有零部件和耗材。

- 大型家用电器，如冰箱
- 小型家用电器，如吸尘器
- 咨询及电讯产品，如手提电话
- 消费性设备，如电视机
- 照明设备，如日光灯
- 电动工具，如冲击钻
- 玩具、娱乐运动器材，如电子游戏机
- 自动售货机，如投币饮料机

对于 2006 年 7 月 1 日前投放市场之电子电器产品的零部件、维修部件或再利用部分不适用。

原欧盟 15 个成员国加上 2004 年加入欧盟的 10 个国家 , 共计有 25 个国家将陆续对电子电气产品实施限制。

保护成员国安全利益相关的设备、武器、军需品和战争物质、钨丝灯泡及大型固定式工业器具不适用。

### 2.4 RoHS 指令规定的六种禁用物质的存在形式

禁用物质	使用于	评价
铅	焊料	电子电气设备中的最主要的用途之一，但焊料中的铅含量超过 85%在指令的豁免之列
	玻璃( 例如阴极射线管、灯泡等 )	铅存在于阴极射线管和荧光灯管中时在指令的豁免之列
	某些陶瓷构件中 ( 例如压电装置，或者某些类型的非传导材料 )	元器件以陶瓷形式存在时可能会拥有铅物质，但这种元器件不允许在 solderable termination coating 中使用
	自由的加工过的钢、铝和铜	RoHS 指令说明了在这些合金中特殊的最大限定值
	电池	铅酸电池，但在欧盟的电池指令 ( 91/339/EEC ) 和汽车中是被允许使用的
	塑料 ( 例如稳定剂或者颜料 )	?
	油漆	干燥剂或者颜料
镉	塑料 ( 例如稳定剂或者颜料 )	在欧盟的镉指令 ( 91/338/EEC ) 中已经被禁止

	焊料	?
	厚的薄膜电路或者在某些陶瓷材料中	现已逐步淘汰
	电接触	在继电器和开关中广泛使用
	电池	镍镉电池，但在电池指令中被允许使用
	半导体（例如镉的硫化物在光敏感元件和太阳能电池中的使用）	如果某些太阳能能源装置是以含镉的太阳能电池为基础，那它将在 RoHS 指令的禁止之列
汞	电池	已经在欧盟的电池指令（91/339EEC）中被禁用
	电接触	继电器、微型开关、倾斜传感器等
	荧光灯泡	?
六价铬	钝化涂层	在许多金属中的薄的表面涂层。在暴露的金属中使用，可提高油漆的在金属表面的附着力
	抗腐蚀油漆和涂层	涂料和涂层材料的构件
	Hard chrome plating	用于涂层,但镀铬层是铬金属,不含有六价铬
	导电塑料蚀刻剂、	用于镀材料前蚀刻塑料,但不存在于最终产品中
聚溴联苯	用于塑料中的阻燃剂	现阶段，有许多种含溴化的阻燃剂
多溴二苯醚	用于塑料中的阻燃剂	现阶段，有许多种含溴化的阻燃剂

## 2.5 RoHS 指令的豁免条款

根据指令要求，欧委会在修改附件前应当征求相关利益方意见。继 2005 年 1 至 2 月第二次征求意见以来，欧委会再次对更新后的豁免清单开始征求意见，征求意见期为 2005 年 9 月 2 日至 10 月 28 日。本次征求意见的清单共 23 项，比起前次的 22 项有了较大变动，产品范畴总的来说有所加大，某些方面更加细化。

## 2.6 制造商在 RoHS 指令下必须做的工作

### 2.6.1 进行 RoHS 的符合性测试

无 RoHS 认证而侥幸进入欧洲市场的电子产品，一经查出，将遭遇高额罚款等严重惩罚。目前制造商是采用第三方认证的方式来证明自己的产品是符合 RoHS 指令要求的，RoHS 认证与我们熟悉的 CE、FCC、等认证大同小异，只要把产品送往具备相应资质的第三方公证实验室，即可进行铅、镉、汞、六价铬、多溴联苯(PBB)、多溴二苯醚(PBDE)等六种有害物质的检测分析，若符合 RoHS 指令的要求，就可获得 RoHS 检测报告和合格证书，若不符合，就得另找符合要求的替代产品。

制造商在 RoHS 指令下的首要工作是成立应对小组，建立 ROHS 认证的物料数据库，培养上游产品供应商，逐步形成符合欧盟指令的绿色供应链。一般程序如下：

#### a. 对产品中的物料和元器件进行评估，要求供应商提供材料的符合性测试报告

要节省 RoHS 认证测试费用，最重要的是选择已获得 RoHS 认证的零部件与原材料，我们可以要求供应商提供材料的符合性检测报告。这样，检测机构就只是对相关物料的报告进行核对即可，而对于无符合性检测报告的物料才进行实际的测试。这样，整机做 RoHS 认证自然就省时省钱，方便快捷了。

RoHS 测试报告是针对样品检验而长期有效的，所以获得测试报告并不代表所生产的产品就完全符合 RoHS 指令的要求，所以有些认证公司要求出具一定期限内的上游物料报告，这主要是为了保证测试报告的准确性和有效性。

#### b. 识别产品中的均质材料，确定可能存在禁用物质的部分。

由于检测机构对每一种禁用元素的测试都要单独收费,所以对认证产品进行科学合理的拆分归类,可节省一定的检测费用。电子产品通常可分为金属材质、塑料材质和其它材质,金属材质只需要做重金属检测(铅、汞、镉、六价铬),塑料材质需要做规定的六项(铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯、多溴二苯醚),其它材质只需做重金属测试。

### c.确定产品的测试机构

一般情况下,多数认证机构不会随意接受其它认证公司的报告。这一方面是为了贯彻测试标准及方法的统一性,以确保报告质量为目的;另一方面也是各认证机构之间的一种市场行为。所以,选择一个权威的认证机构是顺利获得检测报告的重要途径。

### d.设计无铅化组装工艺

在 RoHS 应对小组主持下,完成无铅化元器件选择、辅料选择、工艺设计等工作,确保最终生产的产品就完全符合 RoHS 指令的要求。采用先进的生产工艺流程,以回流焊接替代传统的焊接,以无铅焊料替代传统焊料。

## 2.7.2 编辑产品符合性的文件

制作产品符合性的文件档案,为将来遇到的审查提供产品符合性的报告,这些可能涉及的文件或证据包括:

a.涉及 ROHS 内容的公司环境保护政策

b.织结构上要有一个独立的应对小组来推动公司 ROHS 的实施

c.管理人员参加的 ROHS 相关培训记录

d.流程和系统文件:有专门涉及 ROHS 相关内容,包括供应商评估、产品有害物质追溯性、质量保证承诺等

e.正在进行相关的努力的证据:无铅化生产、环保设计、环保包装、环保物流.....

## 2.8 企业应对方略

### 2.8.1 一般应对

进行有害物质的含量测试

对有害物质的流向进行监控

完善内部管理系统

建立良好的供应商管理机制

### 2.8.2 知名公司的应对方案

SONY GP 计划及 SS - 00259

PHILIPS : AR 17-5051-126

HITACHI 绿色采购计划

NOKIA : Requirement for RoHS

RICOH : 绿色采购标准

Microsoft : 供应链计划及 H00594

Panasonic : 化学物质管理指引

## 3. RoHS 测试技术

### 3.1 重金属测试仪器

a. 原子吸收分光光度计 AAS。可满足一般的分析需要,速度较慢。

b. 电感耦合等离子发射光谱仪 ICP-OES。ICP 是用于元素分析的原子发射光谱分析仪 (Optical Emission Spectrometry)。其基本原理是将已消解成液态的样品雾化后吸入由氩气 (Argon) 产生的高温等离子体能源里激发产生光, 然后测出其发光线种类及强度来分析元素的定性、定量方法。

c. 原子发射光谱法 (OES) 从其产生和应用至今已有 160 余年的历史, 但等离子体光源则是 20 世纪 60 年代发展起来的一类新型发射光谱分析光源。其主要类型有 DCP、MIP、ICP 等; 其中尤以 ICP (Inductively Coupled Plasma Torch) 因其突出的优点而在发射光谱分析中得到广泛应用。

20 世纪 60 年代后期, 经不断完善和改进, ICP-OES 分析仪的检测限大大降低, 分析速度不断加快, 使得该仪器分析方法得到了广泛重视。上世纪 70 年代 ICP-OES 进入实际应用阶段, 各种 ICP-OES 商品仪器相继上市, 主要品牌有 Varian Vista、Thermo 等。

- d. X 射线荧光分析仪 XRF
- e. 紫外-可见分光光度计 UV-Vis
- f. 离子色谱分析仪 IC

### 3.2 有机物测试仪器

#### a. 气相色谱仪 GC

b. 气相色谱-质谱联用仪 GC-MS。目前只有为数不多的厂家能生产 GC-MS 仪, 目前市面上较先进的型号有 Thermo Finnigan 的 Trace DSQ、Agilent 5973Inert 等。GC-MS 法是通过气相色谱仪将各种有机物进行分离, 再通过质谱进行定性、定量的高精分析方法。色谱法也称色层法或层析法, 是一种物理化学分离分析方法。经过多年的飞速发展, 已成为多组分混合物最重要的分析方法。它利用混合物中各组分在两相间分配系数的差异, 当两相相对移动时, 各组分在其间进行多次分配, 从而使各组分得到分离。

质谱分析的基本原理是使试样中各组分在离子源中发生电离, 生成不同荷质比的带正电荷的离子, 经加速电场的作用, 形成离子束进入质量分析器。在质量分析器中, 再利用电场和磁场使发生相反的速度色散, 将它们分别聚焦而得到质谱图, 从而确定其质量。

- c. 高效液相色谱仪 HPLC
- d. 高效液相色谱-质谱联用仪 HPLC-MS

## 4、讨论 WEEE 指令

### 4.1 概论

指令规定了电子电气设备在使用寿命结束的阶段必须进行收集、再使用、循环再用和能源回收。此举防止了报废的电子电气设备遭受填埋, 最大程度减少了废弃电子电气设备对环境的影响, 提高电子电气设备从制造到废弃整个过程的环保功效。

零件达到可回收的判断标准是, 依据零部件使用的材质的可回收率, 回收率是按重量计算的。

### 4.2 WEEE 指令回收率、再利用率及再循环率的目标

产品组	回收率 (%)	再利用、再循环率 (%)
大型家电	80	75
小型家电	70	50

IT 及通讯设备	75	65
用户设备	75	65
照明设备	70	50
电动工具	70	50
玩具、休闲运动设备	70	50
医疗设备	2008 年 12 月 31 日确定目标值	2008 年 12 月 31 日确定目标值
监控设备	70	50
自动售货机	80	75

#### 4.3 WEEE 回收与再利用法规

欧盟的电子电气设备废弃物指令 WEEE 要求所有向欧盟国家销售电子电气设备的厂商：

- a. 为它们的产品贴上标签、告诉消费者产品需要被回收再利用
- b. 在产品的使用寿命结束前，从消费者手中回收产品
- c. 承担回收再利用的相关费用。WEEE 指令从 2005 年 8 月 13 日开始生效，厂商必须在 2006 年 11 月前达到再利用的指令要求。

两项指令所指的电子电气设备是在 WEEE 附件 1A 所列范围之内、依赖电流或者电磁场运作的设备，以及发电、输送、测量电流或者电磁场的设备，并且使用不超过 1000 伏特的交流电或不超过 1500 伏特的直流电。WEEE 附件 1A 列举了 10 类电气电子产品。从列举的内容可以看出，上述两指令适用于几乎所有电流通过的电气电子产品。

报废实际上是针对 WEEE 指令中附件 中所有类别的产品，即使该产品并没有达到使用寿命结束的阶段，只要被消费者丢弃都视为废弃物。

#### 4.4 WEEE 指令的豁免范围

- a. Equipment intended specifically to protect the UK national interest and used solely for a military purpose, e.g. arms, munitions and war material 用于保护国家安全和有军事用途的设备，例如武器、军需品和战争材料；
- b. Household luminaires 家用泛光灯
- c. Filament light bulbs 细丝灯泡
- d. Large-scale stationary industrial tools 大型固定工业器械
- e. Implanted medical equipment and infected medical equipment at end-of-life 处于报废阶段、被植入的和被感染的医疗产品
- f. Equipment incorporated into other equipment not covered by the directive 属于其他类型产品的组成部分也不在指令范围之内

WEEE 指令要求生产商负责收集、处理以及回收废旧电子电气设备并承担相关费用，而处理电子电气设备的机构应获得主管机关的许可。和基于“单一市场条款”而制定的 ROHS 指令不同的是，由于该指令制定了最低的标准，这意味着在欧盟各成员国在将 WEEE 指令转换成本国法律过程中会因国情不同而出现差异，部分国家可能会超出目前 WEEE 指令限制的范围。

#### 4.5 制造商要求做的工作

- a. 在指定的环保机构进行注册
- b. 准备好投放到出口国的电子电气设备的数量以及类型的数据
- c. 确保自己的产品已经贴有正确的标签标志，以及产品能够按指定的要求，进行再使用

和循环利用

- d.按照自己的产品在出口国的市场份额支付费用；
- e.确保能提供产品在报废阶段能够得到再使用和其他处理方式的信息。

4.6 根据指令要求为使用者和处理和再循环机构提供以下信息：

- \* 产品所用的元件和原料
- \* 有毒物质的存在位置及制备方式
- \* 信息可以由手册、或电子媒体形式（如 CD- ROM 或网上)提供
- \* 该指令生效 30 个月以后投放市场的产品应标识以上内容
- \* 关于该标志的格式将会另外的标准进行规范
- \* 消费者应如何处理这些需要重复使用、再生及回收的事项
- \* WEEE 中有害物质对环境和人身健康的潜在影响
- \* 带有轮垃圾桶标志的含义
- \* 成员国有权要求在使用说明中或销售点显示部分或全部细节
- \* 该指令生效起 30 月以后投放市场的产品应贴带有轮垃圾箱标志
- \* 所有的家用 WEEE 必须加贴
- \* 如果产品的大小和功能不适于加贴上述标志时，可印在包装、说明书、保证卡。



4.7 在 WEEE 指令下，制造商需要做的有以下几点：

- a. 重新评估产品，确定产品是否在 WEEE 指令涵盖的范围内
- b. 制定“资金”计划
  - \* 如果是进行单独收集，制定合理的“资金”计划和完善的符合性的方案
  - \* 如果是参加集体回收项目，首先是对 WEEE 运输到指定回收点进行管理，找到得到许可的运输公司，并与之签定协议，找到合适的废物处理和再循环机构，并与之签定协议，制定合理的“资金”计划
- c. 报告
  - \* 向环保机构提供符合性的证明
  - \* 向负责的环保机构提供每年投放到市场的产品数量
  - \* 保存记录
  - \* 每季度向监督机构报告产品的循环和回收状况
- d. 针对拆解产品和回收的费用重新审视产品的设计，研发部门负责研究有利于符合 WEEE 指令的产品设计的改变
- e. 文件管理
  - \* 每年向处理 / 再循环机构提供新产品的信息
  - \* 制作小册子或者说明书，向消费者提供产品的返回、收集、再使用、再循环和回收以及对环境造成的危害的信息，在产品上加贴合理的标签
  - \* 确保加贴的标签正确
- f. 注册 制造商或经销商在出口国指定的机构注册

5、绿色设计

又称环境化设计或生态设计，其中心思想就是在产品设计阶段，就纳入保护环境和污染防治的措施，将产品在其生命周期中对环境冲击及影响减到最少。针对 RoHS 和 WEEE 指令的要求，绿色设计的基本原则是：

- a. 使用较少的元器件

适当的产品设计首先应尽可能使用较少的材料和制造较少的废物,以尽可能地减少对资源的消耗。同时简单的设计将有助于减少材料装配的费用,以及增加产品的可靠性。

b. 产品易拆解

产品在设计阶段,对结构上的设计就要融入易拆解的观念,以节省废弃时拆解的时效,有利于回收与再利用。

c. 产品的可回收性

在产品设计初期就考虑到该产品的回收可能性、回收价值、回收及处理的方便性等。

d. 综合评估

设计阶段还要评价产品设计的其他改变,以满足其他法规的需要。

# 电子产品的无铅化组装技术

2005.10.15

## 一、环保与铅

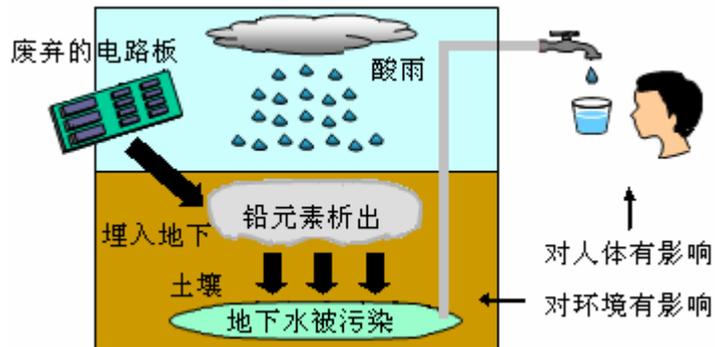
### 1. 铅的毒性

铅是一种可以在人体内累积的有毒金属元素，人体吸收过量会导致铅中毒，少量吸收也会影响人的认识能力，甚至损伤人的神经系统。铅已经被国际癌症研究协会（IARC）列为 2B 级的危险物质，即可能有致癌性。铅的具体危害如下：

- a. 对肾脏具有损伤
- b. 胎儿或发育期儿童，受铅中毒将严重损害其智力发育及神经系统
- c. 儿童血液中的铅含量过高，将会阻碍血红蛋白的合成，导致贫血
- d. 血液中的铅含量过高将导致低智商
- e. 对人体的血液系统、中枢神经系统、肾、再生系统和免疫系统具有毒副作用
- f. 对人体的中枢神经系统造成严重危害

### 2. 铅的危害途径

随着信息时代的到来，电子产品层出不穷，这些电子产品在造福人类的同时，也日益污染人类的身体健康和生态环境，这是因为传统的电子产品中都含有各种有害物质，难于解决的问题在于产品废弃时如何处理其中的有害物。



电子产品中的铅高度分散

在元件芯片、引脚镀层、PCB 保护层、元件焊点等上面，这给回收造成很大困难。目前在处理废弃电子产品时，在拆分到印制板级别时，通常做法是作为工业垃圾埋入地下，但随着酸雨的浸蚀，埋入地下的工业垃圾在弱酸环境下，其中的铅会析出并溶入地下水，最终造成饮用水污染。

### 3. 铅在电子产品中的应用

使用铅及其化合物的主要工业产品如右表所列，全世界每年的铅消耗量已经由 1970 年的 450 万吨增加到 2000 年的 700 万吨，其中 80% 以上用于蓄电池行业，电子产品中使用的铅约占总消耗量的 0.5%。

全球每年废弃的电子产品数目庞大，以日本为例，1995 年的官方数据表明，每年废弃的家用电器超过 2000 万台，以每台含铅约 10 克计算，当年废弃的铅就高达 200 万吨。

产品	使用量比例 (%)
蓄电池	80.81
涂料、颜料、陶瓷、化工产品	4.78
弹药	4.69
铅板	1.79
电线电缆覆盖层	1.40
金属铸造	1.13
黄铜、青铜	0.72
管道、阀门	0.72
电子产品用焊料	0.49
其他用途焊料	0.70
其他	2.77

若在制造电子产品时，不使用含铅的有害物质，那么在废弃时就不会对环境造成污染和危害，因此，无铅化电子组装开始得到广泛重视。

#### 4. 无铅法规

为了更好的维护人类赖以生存的生活环境，避免人类的身体健康遭受危害，实现社会经济的可持续发展，许多国家纷纷制定适合自己的环保政策，对其生产和进口的电子产品进行环保限制，特别是限制使用以铅为首的有害物质。

欧盟于 2003 年在第 L37 期《官方公报》上公布了欧洲议会和欧盟部长理事会 2003 年 1 月 27 日共同批准的《报废电子电气设备指令》（简称 WEEE 指令）和《关于在电子电气设备中禁止使用某些有害物质指令》（简称 RoHS 指令），以降低电子设备所含有害物质对环境的影响。



其中 RoHS 指令 (Restrictions on the use of Hazardous Substances)也被称为“无铅指令”，该指令要求在 2006 年 7 月 1 日之后在欧盟市场上销售的新电子电器产品一律不得超标含有以铅为首的 6 种有害物质。

中国于 2004 年出台了《电子信息产品污染防治管理办法》，内容与欧盟版 RoHS 内容大体相同，其不同之处在于所限制的设备种类要少一些，并准备与其同步实施。

#### 5. WEEE 和 RoHS 对生产商的要求

针对 ROHS 指令要求，重新审视产品设计，寻找元器件的替代品及供应商，更新产品文件，并为将来遇到的审查提供产品符合性的报告。

引入绿色设计概念，编制符合指令要求的制造工艺，确认设备、工具的需求，寻找辅助材料的替代品。

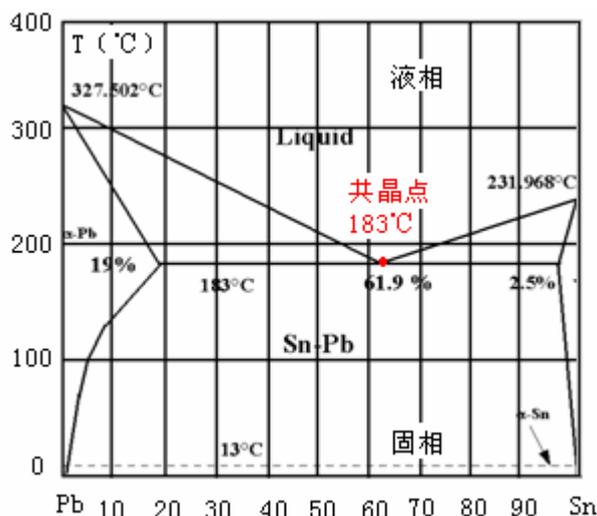
## 二、无铅化焊料

### 1. 无铅焊料

#### 1.1 传统锡铅 Sn-Pb 焊料的特点

传统焊料一般都为锡和铅组成的合金，纯锡的熔点是 232℃，纯铅的熔点是 327℃，不同比例的锡和铅混合，将形成不同熔化温度的焊料，当由锡 63% 和铅 37% 组成时，形成的合金被称为共晶合金，这种焊料的熔点是 183℃，目前广泛应用于电子行业。铅在锡铅焊料中的作用有以下几点：

- a. 形成共晶合金，降低熔点
- b. 有效降低合金的表面张力，促进浸润和铺展
- c. 有效抑制锡的相变，防止锡瘟的产生



#### 1.2 无铅焊料的定义

我们所说的无铅焊料，并不是指焊料中百分之百无铅，因为世界上不存在 100% 纯度的金属。所以，无铅焊料实际是指焊料中铅含量的上限问题，ISO9453、JISZ3282、RoHS 指令均要求铅的含量控制在 0.1Wt% 以下。当然，无铅焊料毕竟是用于 RoHS 制程的，其中的铅、汞、镉、六价铬等元素的含量也必须是符合指令要求。

## 2. 可能的无铅焊料

### 2.1 无铅焊料的基体金属

传统的锡铅 Sn-Pb 焊料之所以能实现良好的连接，是因为焊料中的锡 Sn 能与铜 Cu、镍 Ni、银 Ag 等母材形成金属间化合物，进而实现可靠的连接。再加上其成本很低，货源充足，并具备理想的导电、导热性和浸润特性，所以在各种候选的无铅焊料中，仍以锡为基体金属，加入其它金属形成二元合金或多元合金构成。

### 2.2 无铅焊料的添加金属

通常与锡配合使用的其它金属包括银(Ag)、铟(In)、锌(Zn)、锑(Sb)、铜(Cu)以及铋(Bi)。之所以选择这些材料是因为它们与锡组成合金时一般会降低熔点，得到理想的机械、电气和热性能。

近几年来业界推出了一系列合金配方，对这些无铅替代方案进行评估后，备选方案有十几个，按一些技术规范的要求，可以将选择缩到一个较小的范围内。

金属	年产量(千吨)	单价比	毒性排序	说明
铋 Bi	3.31	0.857	8	可能，但全球产量有限
铟 In	0.24	87.2	7	价格是银的 3 倍
锌 Zn	7640	0.108	6	较强的氧化性和腐蚀性，易造成焊点开裂

铜 Cu	12600	0.328	5	可能
银 Ag	15.9	28.18	4	可能，但价格较高
锑 Sb	138	0.317	2	毒性较大
铅 Pb	3040	0.105	1	毒性最大

a. 铟。铟可能是降低锡合金熔点的最有效成分，同时它还具有非常好的物理和浸润性质，但是铟非常稀有，因此大规模应用成本太高，所以含铟合金将被排除掉。

b. 锌。锌的价格与铅一样便宜，全球产量巨大，同时它在降低锡合金的熔点方面也具有非常高的效率，Sn-9Zn 合金的熔点为 198，非常接近于传统的锡铅合金的熔点。就锌而言，其主要缺点是具有较强的氧化性和腐蚀性，它会与氧气迅速发生反应，形成稳定的氧化物，在波峰焊过程中，这种反应的结果是产生大量锡渣，而更严重的是所形成的稳定氧化物将导致浸润性变得非常差。另外，由于锌元素的标准电动势较低，与其他金属元素间有较大的电位差，作为阳极的锌将快速向作为阴极的焊盘金属移动，结果造成焊点机械强度下降甚至开裂。

c. 铋。铋在降低锡合金固相温度方面作用比较明显，但对液相温度却没有这样的效果，因此可能会造成较大的固液共存温度范围，而凝固温度范围太大将导致焊脚提升。铋具有非常好的浸润性质和较好的物理性质，但铋的主要问题是锡-铋合金遇到铅以后其形成的合金熔点会比较低，而在元件引脚或印刷电路板的焊盘上都会有铅存在，锡-铅-铋的熔点只有 96，很容易造成焊点断裂。另外铋的供货能力可能会因铅产量受到限制而下降，因为现在铋主要还是从铅的副产品中提炼出来，如果限制使用铅，则铋的产量将会大大减少。尽管我们也能通过直接开采获取铋，但这样成本会比较高。基于这些原因，铋合金也被排除在外。

### 3. 实用的无铅焊料

#### 3.1 产业化对无铅焊锡的要求

从产业化角度出发，对实用的无铅焊料提出了如下要求：

a. 所使用的金属必须有充足的储藏量。

金属名称	价格比	全球储量(KT)	全球年产量(KT)	可用年数	主要出产地
锡	1.0	7700	210	36	中国、印度尼西亚、秘鲁
铅	0.1	64000	3040	21	澳大利亚、中国、加拿大
铝	0.20	21800000	113500	190	澳大利亚、牙买加、几内亚
锑	0.3	2100	138	15	中国、俄罗斯、玻利维亚
铋	0.9	110	3.3	33	秘鲁、中国、玻利维亚、
铜	0.6	340000	12600	27	智利、美国、印度尼西亚
金	1655	42	1.8	23	南非、俄罗斯、美国
铟	90	2.6	0.24	10	中国、法国、加拿大
银	30	280	15.9	18	墨西哥、美国、秘鲁
锌	0.1	190000	7640	25	加拿大澳大利亚、中国

b. 相对价格低。在选择焊料这种用量极大的物料时，用户对其成本是相当敏感的，我们希望无铅焊锡的低成本越低越好，但现有的无铅焊料都比 Sn-37Pb 高出至少一半以上，能控制在锡铅合金的 1.5~2 倍，是目前比较理想的价位。而在制作焊锡膏时，由于技术成本在总体制造成本中所占比例相对较高，所以对焊料的价格还不那么敏感。

c. 良好物理性能。能够形成可靠焊点，没有氧化物掺杂，焊接孔隙极小。耐高低温冲

击特性、热疲劳性能优异。机械强度、拉伸度都必须能够提供可靠性，而且不会在通孔器件上出现突起的角焊缝(特别是对固液共存温度范围较大的合金)。

d. 良好的导电及导热性。要求无铅焊锡具有与 Sn-37Pb 锡铅合金焊料相接近的电导率，以避免电信号在焊点上的损耗，这是电子连接的基本要求。

e. 兼容性好。新的无铅焊料在使用过程中，与 PCB 的铜基、PCB 的表面处理层以及元器件管脚镀层及其它金属镀层间，有良好的钎合性能。另外还要尽可能的兼容各类助焊剂，既能够适应活性松香树脂型助焊剂（RA），又能够适用温和型、弱活性松香焊剂（RMA）或不含松香树脂的免清洗助焊剂。

f. 低熔点。一般希望尽量接近传统的锡铅焊料的熔点，这样可以基本沿用原来的设备及工艺，对元器件的要求也变得较为宽松。考虑到波峰焊接机的技术特点，我们要求液相温度应低于炉温 260；另外考虑到电烙铁的可操作性，手工焊接用焊锡丝的液相温度应低于 345 的烙铁头工作温度，焊锡膏的液相温度应低于回流焊温度 250。

合金 (Wt%)	熔点 (°C)	说明
Sn-Au80	280	熔点太高
Sn-Sb5	235	熔点太高
Sn-Bi58	138	熔点太低
Sn-In52	120	熔点太低
Sn-Cu0.7	227	熔点适合
Sn-Ag3.5	221	熔点适合
Sn-Zn9	198	熔点适合
Sn-Ag-Cu	217-221	熔点适合

g. 低毒性。合金及其成分必须相对无危害，没有潜在环境问题，毒性等级较低。所以此项要求将镉、铊和汞排除在考虑范围之外；有些人也要求不能采用有毒物质所提炼的副产品，因而又将铋排除在外，因为铋主要来源于铅提炼的副产品。

h. 无铅焊锡必须易于回收。

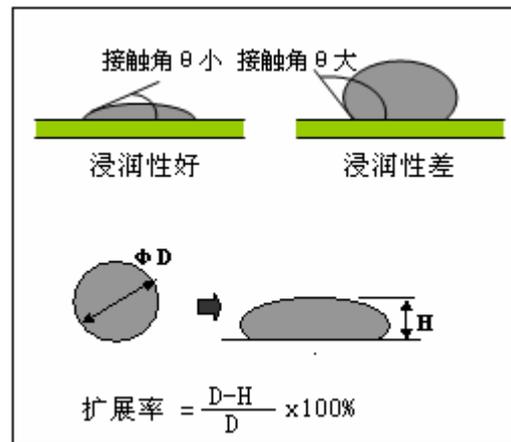
i. 较小固液共存温度范围。非共晶合金会在介于液相温度和固相温度之间的某一温度范围内凝固，大多数冶金专家建议将此温度范围控制在 10 以内，以便形成良好的焊点，减少缺陷。如果合金凝固温度范围较宽，则有可能会发生焊点开裂，使产品过早失效。

j. 具有良好的可焊性。在现有设备和免清洗型助焊剂条件下该合金应具备充分的浸润度，能够与常规免清洗焊剂一起使用。由于对波峰进行惰性处理的成本不太高，因此可以接受波峰焊加惰性环境的使用条件要求；但就 SMT 回流焊而言，合金最好要具备在空气下进行回流焊的能力，因为对回流焊炉进行惰性处理成本较高。

k. 高度稳定性。生产可重复性/熔点一致性 电子装配工艺是一种大批量制造工艺，要求其重复性和一致性都保持较高的水平，无铅焊料必须适合大批量重复制造，者其熔点在批量生产时不会有较大变化。我们知道焊锡的成分越复杂，其发生变化的可能性就越大。3 种以上成分构成的合金往往会发生分离或成分变化，使得熔点不能保持稳定。

l. 焊点外观。焊点的外观应与锡铅焊料接近，虽然这并非技术性要求，但却是接受和实施替代方案的实际需要。

m. 浸润性。具良好的浸润性，以形成良好的焊点。一般情况下，再流焊时焊料在液相线以上停留的时间为 30~90 秒，波峰焊时被焊接组件管脚及线路板基板面与锡液波峰接触的时间为 4 秒左右，使用无铅焊料以后，要保证在以上时间范围内焊料能表现出良好的润湿性能，以保证优质的焊接效果。



### 3.2 实用的无铅焊料

围绕无铅焊料的研究工作,目前已经有几百种无铅焊料的成分配比推出。在欧洲、美国、日本的多数公司都认为最好的替代合金将是那些焊接温度高于现有锡铅合金的材料,目前行业内的共同评价是:具备产业化实用价值的无铅锡料主要有 Sn-Cu、Sn-Ag、Sn-Ag-Cu 三种合金。

对于浸焊、波峰焊的应用,目前行业内均普遍选用 Sn-Cu 系二元无铅焊料,其中以 Sn-0.7Cu 应用最广,主要因素如下:

a. 由于替代铅元素的各元素的熔点差别很大,因此,选用二元合金可以更容易的形成均匀的显微组织。

b. Sn-Cu 系二元无铅焊料是具备共晶成分的焊料合金,其综合焊接效果最佳。

c. Sn-Cu 焊料没有专利问题的限制,并且其实用性已被广泛证实。

d. 在候选的无铅焊料中,Sn-Cu 焊料的成本最低。

对于回流焊接,一般选用 Sn-Ag 或 Sn-Ag-Cu 系无铅焊料,因为受电子元件耐热性能的限制,回流焊的峰值温度一般不能超过 250 ,而无铅焊料的高熔点,就造成无铅回流焊的工艺窗口很窄,选用 Sn-Ag 或 Sn-Ag-Cu 系的无铅焊料,其熔点比 Sn-Cu 焊料低 6 左右,这有利于扩大工艺窗口,提高焊接质量。

### 3.3 无铅焊料的专利

对于二元无铅焊料合金,不存在专利问题,因为相关的二元合金的相图、金属学组织与成分分析等问题均被深入研究,其成果已广为人知,要想申请到专利也不太可能。

对于三元或多元无铅焊料,美国、日本、韩国、欧盟等的相关专利多达几百项,其中具有影响力的一个是美国专利 US Patent5527628,另一个是日本专利特升平 5-50289。在中国为数不多的无铅焊料专利中,有超过一半是由国外公司在中国申请的。

美国 NEMI 推荐 Sn-3.9Ag-0.6Cu 焊料,欧洲 Soldertec 推荐 Sn-3.8Ag-0.7Cu 焊料。

## 4 如何评估无铅焊料供应商

a. 第三方证明。首要步骤是要求供应商提供 SGS、ITS 等第三方机构的检测报告及合格证书,就目前的技术状态而言,按照 RoHS 指令的要求对 6 种有害物质进行检测时,各供应商提供的无铅焊料中除铅含量一般在 30ppm 以下,其余元素均含量很低,小于 2ppm 的仪器察觉限度。

b. 自我检测能力。第三方机构的检测报告及合格证书只对样品负责,由于检测周期及检测费用等原因,供应商不可能每天、每一批次的产品都去送检。所以,第三方的检测报告并不具有代表性。合格的供应商必须具备完善的自我检测能力,以保证实际生产的产品与送检样品具有同等品质。

c. 技术服务能力。无铅制程的平稳过渡,在很大程度上依赖于供应商的技术支持。一个好的供应商必须有一定的技术能力,对无铅制程有清楚的了解,能协助我们处理所遇到的各种材料、设备、工艺等方面的问题。

## 三、无铅化电子组装技术

### 1. 电子组装基本概念

#### 1.1 什么是电子组装

电子组装，一般指将各种电子元器件的引线端与印刷电路板上的焊盘连接起来的组装，所使用的连接材料叫焊料，所形成的连接头叫焊点。焊点有两个作用：

- a. 电气连接，保证电信号的顺利传输
- b. 机械连接，保证电子元器件能够固定在印刷电路板上

#### 1.2 无铅化电子组装的含义

传统的电子组装一般采用锡铅（Sn-Pb）焊料，而无铅化电子组装则要求采用无铅焊料（Pb-Free Solder）来完成焊接。

在电子组装中，由焊料引起的铅污染占有极其重要的地位。但是要求焊料无铅化只是无铅化电子组装技术的一个方面，对于各种电子元器件及连接器，生产商一般会采用热风整平工艺在其引脚表面涂敷一层焊料，以防止其氧化及提高可焊性，同样的，在传统上生产商也是选项用的 Sn-Pb 焊料，所以对电子零件也要提出无铅要求。另外，PCB 上的丝印油墨、某些金属零件也会引起一定的铅污染。所以，只有对产品中全部的物料提出无铅要求，才能确保真正意义的无铅化电子组装。

#### 1.3 无铅化电子组装动态

无铅化电子组装最早由美国提出，在 1991 年，美国参议院相继提出多个以减少铅使用量为目的的议案，但由于遭到工业界的强烈反对而夭折，但这也激发了世界范围内关于无铅化电子组装的研究热潮。

1998 年 10 月，日本松下公司推出世界上第一款量产的无铅化电子产品-MD 播放器。由于良好的市场反馈，使日本企业更加热衷于无铅化电子组装技术的研究和推广，技术上的不断突破使日本公司在无铅技术的产业化方面走在了世界前列。

### 3. 无铅化焊接基本特点

#### 3.1. 焊接要达到的目的

- 形成可靠的焊点
- 产品废品率低
- 生产效率高

#### 3.2 无铅化焊接的特点

与传统的采用锡铅焊料的焊接技术相比，无铅化焊接技术有了很多变化，主要表现在以下几个方面：

- a. 焊接温度，对于 Sn-Cu、Sn-Ag、Sn-Ag-Cu 系无铅焊料，其熔点基本在 220 以上，这比传统的 Sn63-Pb37 焊料的熔点高出 40 左右，这就要求采用更高的焊接温度，对设备、工具、电子元器件和 PCB 的耐热性能将提出更高要求。
- b. 无铅焊料的浸润性都比传统 Sn63-Pb37 差，这将要求更精确的焊接工艺。
- c. 为配合无铅焊料的使用，需要选用新型助焊剂，以增加浸润性。

### 3.3 无铅化焊接作业的温度设定

焊接作业最适合的温度可以这样设定：采用波峰焊接时，作业温度应为焊料的熔点加上 50 ；采用电烙铁焊接时，由于焊接件的大小，电烙铁的功率和类型不同，焊锡丝的种类和线径的不同，手工焊接的温度应为焊料的熔点加上 150 左右。

焊锡	熔点 ( )	波峰焊接温度 ( ) (焊锡熔点 + 50 )	烙铁头温度 ( ) (焊锡熔点 + 150 )
Sn63 - 37Pb	183	233	333
Sn-0.75Cu	227	277	377
Sn-3.5Ag	221	271	371
Sn-3.5Ag-0.75Cu	218	268	368
Sn-3.0Ag-0.7Cu	218	268	368
Sn-3.0Ag-0.5Cu	218	268	368

### 4. 无铅化制程的要求

从有铅产品转到无铅产品是个复杂的过程，影响到所有的电子器件供应商，并带来许多供应链、无铅制程和可靠性方面的挑战，它要求用基于无铅的材料替代过去使用的富含铅的焊料和装配过程中用到的有铅材料。

这个要求推动了产业对于新的焊料系统的选择，新的焊料系统不仅要求提供与锡铅共晶焊锡 ( SnPb63 ) 相似的物理、机械、温度和电气性能，而且要可靠。

## 四、无铅化波峰焊接工艺

### 1. 助焊剂的选择

#### 1.1 什么是助焊剂

由于金属表面同空气接触后都会生成一层氧化膜，温度越高，氧化程度越厉害。这层氧化膜会阻止液态锡对金属的浸润作用，助焊剂就是用于清除氧化膜的一种专用材料。常用助焊剂有：固体松香、焊膏、松香酒精助焊剂、有机酸助焊剂等。

#### 1.2 助焊剂的作用过程

助焊剂经过预热区后温度上升，其中的溶剂受热蒸发，余下焊剂覆盖在 PCB 底面，并释放出活化剂成分，与焊盘及元器件引脚表面的离子状态的氧化物反应，去除氧化膜。当 PCB 组件经过波峰时，助焊剂覆盖在高温焊料表面，熔融焊料的表面张力变小，浸润性加强，获得很好的焊接效果。同时，残余的焊剂成分被高温分解。

#### 1.3 归纳起来，助焊剂的作用如下：

- a. 除去焊接表面的氧化物
- b. 防止焊接时焊料和焊接表面再氧化
- c. 降低焊料的表面张力
- d. 有助于热量传递到焊接区

#### 1.4 助焊剂残渣产生的影响

- a. 残留一定的腐蚀性
- b. 降低 PCB 表面的绝缘电阻
- c. 非导电性的固态物侵入元件接触部位会引起接触不良
- d. 树脂残留过多，粘连灰尘及杂物，影响产品的可靠性

### 2. 助焊剂分类

焊剂主要由两种成分组成：焊剂粉末及溶剂，焊剂包括松香（树脂、合成树脂）、溶剂（卤化物或无卤化物溶剂）、活化剂及某些添加剂。

助焊剂分类是基于其活性成分，而助焊剂活性是其除去表面污物有效性的指标，通常活性越高腐蚀性越强。对于残余物多、腐蚀性强的助焊剂，为确保电气性能合格，必须进行清洗。

焊剂类型	腐蚀性	活性	清洗
无机酸助焊剂	高腐蚀性	最强	必须清洗
有机酸助焊剂（OA）	腐蚀性	强	必须清洗
天然松香助焊剂（R）	中等腐蚀性	中	溶剂清洗
免洗或低残留物助焊剂（RA）	非腐蚀性	弱	可以不清洗
水溶基助焊剂（AC）	非腐蚀性	弱	不用清洗

高腐蚀性的无机酸助焊剂很少在电子工业中使用，而中等腐蚀性的助焊剂通常只使用在商业电子中。中等腐蚀性的天然松香助焊剂（R）和人造松香助焊剂（RA）具有与有机酸助焊剂（OA）可比的活性，可用溶剂清洗，而 OA 助焊剂是用水洗的。

回流焊接中,除了天然松香,也可使用 OA 和免洗焊膏,RA 助焊剂很少在锡膏中使用。对波峰焊接,RMA、RA、OA 和免洗助焊剂都可使用。不管使用何种助焊剂,都必须保证活性水平的清洁度之间的良好平衡。

QQ-S-571E 规定的焊剂分类		美国的合成树脂焊剂分类	
代号	焊剂类型	代号	焊剂类型
S	固体适度(无焊剂)	SR	非活性合成树脂,松香类
	松香焊剂	SMAR	中度活性合成树脂,松香类
RMA	弱活性松香焊剂	SAR	活性合成树脂,松香类
	活性松香或树脂焊剂	SSAR	极活性合成树脂,松香类
AC	不含松香或树脂的焊剂		

下面,我们按助焊剂在波峰焊接中的应用先后,介绍几种不同的类型:

### 2.1 天然松香助焊剂(R)

天然松香助焊剂由天然松香溶于乙醇等溶剂制成,其活性中等,焊接效果好。但是残留物较多,表现为 PCB 发黄、发粘,所以必须清洗。

由于 CFC (氟氯烃) 具有清洗能力强、干燥快、相容性好、使用安全等优点,长期以来被当作是一种理想的清洗剂,在电子组装的清洗工序中广泛使用。遗憾的是,CFC 等清洗剂中的 ODS 是一种臭氧耗竭物质,大量使用会严重破坏生态平衡。

80 年代末期,随着绿色制造呼声的兴起,各国先后研制出溶剂清洗、半水清洗、水清洗、免清洗等替代技术,但是,任何一种替代技术均不能完全取代 ODS 的所有性能,针对不同产品、不同工艺,考虑到材料、设备、技术兼容等问题,我们要选择使用不同的替代技术。从长远来看,免清洗技术是终的发展方向,最终达到完全不使用 ODS 的目的。

### 2.2 免清洗焊剂的特点

目前使用的免清洗助焊剂的溶剂均为醇类溶剂,如乙醇、异丙醇(IPA)等,都是挥发性有机物(VOC),对生态环境有一定的影响。

a. 低固态松香焊剂。一般仍以松香作为焊剂粉末,固体含量大约在 1.5~3%的范围。这种焊剂的残渣少或无残渣,若无特殊要求,焊后可以不清洗。

b. 机酸型免洗助焊剂。其配方较复杂。焊接后 PCB 表面几乎无残留物,一般不需要清洗,若有特殊要求,可以用水清洗。

c. 非松香型助焊剂。超低固含量,可焊性好、焊点均匀饱满、无明显残留物理学、绝缘电阻高、对印制板不腐蚀不需清洗即可达到美国军用标准 MIL-P-28809 对离子净度的要。

要注意的是,低残留物和免洗型的人造松香助焊剂的活性是很低的。

免清洗焊剂的特点:

a. 比重低。免清洗焊剂的固体含量要比传统焊剂的比例少得多,所以比重都很低,一般在 0.800 至 0.815 之间,这与稀释剂的比重(0.805)几乎一样。当固体含量低于 5%时,比重控制的灵敏度就会出现明显变化,难于监控焊剂的固体含量。此时用传统的液体比重计来检测就显得精确度不够。当活化剂的含量少于 1%时,即使出现细微的变化,也会影响焊接效果。准确的控制方法,是以滴定法来找出焊剂的酸度值,凭此设定焊剂的活化水平,以决定是否继续使用、添加稀释剂或废弃。

b. 吸水效果要比一般焊剂明显。

c. 发泡难。

d. 由于取消了清洗工艺,制造成本大大降低。

e. 大部分免清洗焊剂都不含卤化物(halide),其活化能力较传统的焊剂低。

### 2.3 非挥发性化合物 (VOC) 焊剂

大多数免清洗焊剂中的 VOC (挥发性有机化合物) 含量极高,有些焊剂中的乙醇含量高达 99%。当人接触超过一定浓度的 VOC 时,在短时间内会感到头痛、恶心、呕吐、四肢乏力。长时间接触会导致抽搐、昏迷,导致记忆力减退。VOC 伤害人的肝脏、肾脏、大脑和神经系统甚至会导致人体血液出问题,患上白血病等其他严重的疾病。欧美对排放 VOC 限制得很严格,一些公司现已研制出新一代的焊剂---非挥发性化合物 (VOC) 焊剂,达到了少排放或不排放 VOC 的目的。非挥发性化合物助焊剂以水代替乙醇配制溶剂 (所以又叫水溶基助焊剂),几乎不含 VOC,对环境无污染,而且不燃,在受热环境下进行喷涂是非常安全的。

水溶基助焊剂对波峰焊剂的预热工艺提出了新的要求 如果在 PCB 组件接触波峰之前,水份没有完全蒸发,焊剂就会飞溅,形成焊球,且可能在通孔的焊点上形成孔洞。实验证明,采用强制热风对流加热来预热 PCB 组件,使其在不过热的情况下将水份蒸发掉,可有效地解决这一问题。

### 2.4 无铅助焊剂

波峰焊的一道关键工序是印制板的清洗,目前,因内大多数生产厂家采用松香型助焊剂或水溶性助焊剂,焊好的印制板必须进行清洗,如果采用免清洗助焊剂不仅可以节省设备、能源和人力,降低产品成本,而且对保护臭氧层最为有利,

在清除焊剂残渣方面,预热的角色也很重要。输送带的角度在 5°-7°之间,可以减轻焊桥现象。输送带的速度在 1.2-1.8m/min 较为理想,其活化剂可在高温下完全分解,之后亦不会留下腐蚀性残渣。分解温度为 250 ,焊锡锅的温度应被设定在 250 至 255 之间,不过,为防止过热导致润湿不足,焊锡温度永不能超过 258 。此外,要确保波峰表面平滑,防止焊剂向外流溢。

#### 2.4.1 无铅助焊剂的要求

- a. 具有一定的化学活性
- b. 具有良好的热稳定性
- c. 具有良好的润湿性
- d. 对焊料的扩展具有促进作用
- e. 留存于基板的焊剂残渣,对基板无腐蚀性
- f. 具有良好的清洗性
- g. 氯的含有量在 0.2%(W/W)以下

### 2.5 无铅化波峰焊接对助焊剂的要求

助焊剂在焊接质量的控制上举足轻重,在手工焊接时一般使用固体松香作助焊剂,在波峰焊接中,传统上使用松香酒精等助焊剂,目前波峰焊接所采用的多为免清洗助焊剂。通常情况下,用于锡铅合金的焊剂用于无铅焊料是有效的,但在无铅制程中,还是对助焊剂提出了一些要求:

- a. 设备通用性  
能适应现有的泡沫或喷雾等涂敷方式,达到均匀涂敷的目的。
- b. 对 PCB 的适应性  
能够在多种无铅终饰、裸铜有机可焊性保护涂层 (OSP)、金镍、锡、浸银、锡铜材料

上使用。

### c. 低残渣能力

焊剂绝不能与熔融焊料过度反应而生成大量残渣,焊剂在无铅波峰焊采用的较高的焊接温度下不能褪色或烧焦,焊剂在较高的焊料温度下不应分解。

### d. 低活化温度

水溶性焊剂具有较好的热稳定性,无挥发性有机物免清洗焊剂比酒精基免清洗焊剂具有更好的热承受能力,其在高于 200°C 的情况下才会分解并退化,在达到 250°C 时分解和退化将会加速。

在焊接的热量作用下,免清洗焊剂具有自毁性,表现为无残留痕迹。但其用于无铅合金的效果则并不尽如人意,这是由于增高的回流温度造成的,即无铅回流温度为 240°C,而锡铅回流温度则为 210°C。

### e. 高活性

在保证极少残余物的同时,还要求焊剂具有足够的活性。由于无铅合金具有较高的表面张力,要求无铅助焊剂采用能够承受较高的预热温度的活化剂套件,使焊剂应在与熔融焊料的接触时间中持续保持良好的活性,确保焊料的良好剥离。新的活化剂配系,可以减少冷凝垂柱和桥接,同时还添加的具有更好的热稳定性的助熔和凝胶制剂,可以适应更高的锡炉温度。

在回流焊接中,新型树脂和凝胶制剂可使焊锡膏的抗热塌陷能力提高。这种特性使焊锡膏发生芯片间成球、焊锡球和桥接的可能性大为降低。

### f. 高可靠性

助焊剂的残留物应呈良性,如果是免清洗助焊剂,则残留物必须是良性的,而且如果助焊剂是可水洗型焊剂,还应易于用热水清除。如果焊锡膏是可水洗型,可以易于清除。

### g. 性能稳定

在常温下贮存稳定,在使用中不会因时间、温度等因素发生太大变化。

## 3. 焊料的选择

### 3.1 什么是焊料

焊料是一种易熔金属,熔点低于被焊金属,在熔化时能在被焊金属表面形成合金,而将被焊金属连接到一起。按成分可将焊料分为:有锡铅焊料、银焊料、铜焊料等。由于在电子产品装配中主要使用锡含量为主的焊料,所以我们通常将之称为焊锡。为便于使用,焊锡一般都做成条状,所以又称为锡条。

### 3.2 锡条的要求

波峰焊接对锡条的要求包括:

- 能在最高 260 °C 锡炉温度下进行连续焊接
- 焊接缺陷(漏焊、桥接等)少
- 成本尽可能低
- 不会产生过多焊渣



## 4. 波峰焊设备

### 4.1 什么是波峰焊

波峰焊接是借助电动泵或电磁泵等方式，使熔化的焊料从一个垂直向上的出口不断涌出，形成设计要求的有一定高度的焊料波峰，预先装有电子元器件的 PCB 通过焊料波峰，熔锡以一定速度和压力按一定角度冲击到 PCB 上，使元件引脚和焊盘充分浸润并完成焊接，完成上述工作的设备就称作波峰焊接机。波峰焊用于印制板组装已有 20 多年的历史，现在已是一种非常成熟的电子工艺，目前主要用于通孔插装组件和采用混合组装方式的表面组件的焊接。

## 5. 波峰焊接工序

### 5.1 夹具安装

一般的 PCB 焊接是不用安装夹具的，但对于一些较大或特殊要求的 PCB，安装一个起固定作用的夹具，可以限制 PCB 受热变形的程度，防止冒锡现象的发生，从而确保良好的焊接效果。

### 5.2 助焊剂涂覆

#### 5.2.1 助焊剂涂覆方式

助焊剂涂覆主要有丝网印刷、发泡和喷雾三种方式：

a. 丝网印刷是最老的一种涂覆方式，设备简单，成本最低。这种方式是采用鼓形的不锈钢或塑料丝网，让其在助焊剂槽中旋转，用转鼓上的热风刀将丝网上活化的焊剂吹到 PCB 上，焊剂沉积量由鼓的旋转速度来控制。这种简易的系统具有较高的一致性和可重复性，缺点是由于没有密封造成助焊剂中的乙醇溶剂快速挥发。



b. 发泡涂覆工艺主要使用松香基焊剂，将压缩空气通过发泡管引到容器底部，让助焊剂变为泡沫向上涌出涂覆在印制板上，其优点是设备简单，节省投资，缺点是涂覆不均匀，不能控制焊剂量，焊剂消耗量大，需要定期更换焊剂，并且印制板上有残余物污迹。此外，由于大量暴露在空气中，助焊剂中的乙醇溶剂挥发较快，使助焊剂固体含量上升，这就需要经常监视助焊剂的比重变化来控制固体含量。

免清洗焊剂和无残渣焊剂的固体含量都低于 5% 和 2%，而固体含量低的焊剂发泡不充分，所以，不适合发泡应用。

c. 喷雾式涂覆工艺的原理是利用高压空气将助焊剂雾化后从喷嘴快速喷出，均匀地涂敷在 PCB 上，通过调节压力或喷嘴的移动速度就可以获得良好的沉积效果。喷雾涂覆工艺的设备价格昂贵，控制系统较为复杂，且喷嘴的往复运动容易造成机械疲劳，但由于具有涂覆均匀、用量少、不需比重监控、不需定期排放旧焊剂、涂覆量可精确控制、无焊剂残余污迹等优点，已被广大企业认可。

在无铅制程中，目前一般采用免清洗助焊剂，因为免清洗助焊剂中固体含量极少，发泡困难，所以必须采用喷雾式助焊系统涂覆，保证在 PCB 上得到一层均匀细密的涂层，这样才可以避免波峰的擦洗作用和助焊剂的挥发，造成助焊效果不足，而导致焊料桥接和拉尖。

为获得更好的涂覆效果，出现了一种带超声波功能的喷雾系统，这种方式是用泵将密封容器中的焊剂抽出，送到超声波振子，将频率大于 20KHz 的超声波振荡电能通过压电陶瓷换能器转换成机械能，焊剂被超声波击打后颗粒变小，呈雾状，再由高压空气喷涂到 PCB 板上。通过改变超声雾化器的激励、高压空气的压力、助焊剂供应量可控制焊剂的沉积量。由于超声波强大的雾化功能，喷嘴孔的直径就可以做得大一些，这可以降低喷嘴孔堵塞的几率。

超声波喷雾设备与普通喷雾设备都是密封的单路系统，所以不需要监控焊剂的固体含量。由于助焊剂消耗减少了，而且涂层密度提高到  $50\sim 3000\mu\text{g}/\text{inch}^2$ ，可重复性为  $\pm 10\%$ ，使得这种技术得到很快的推广应用。

### 5.2.2 助焊剂的选择

a. 无铅焊料的浸润性比有铅焊料低，所以要采用活性更高的助焊剂。PCB 表面处理为 ENIG 和化学 Ag 的条件下，助焊剂可以直接选用有铅条件下的助焊剂；对于 OSP 的表面处理，由于 SAC 焊料焊锡性较弱，需要选择活性更强的助焊剂，从环保角度考虑建议采用非醇基溶剂的助焊剂。

## 5.3 预热

### 5.3.1. 预热系统的作用

a. 蒸发掉助焊剂中的溶剂成份，从而避免溶剂成份在接触高温锡液时因气化造成炸锡，最终防止焊点开裂、气孔等品质隐患。

b. 预热可使元件及 PCB 缓慢升温，避免直接进入波峰焊时带来的热冲击造成器件损伤。

c. 预热后的元件及 PCB 在经过波峰时不会拉低焊点的焊接温度，从而确保焊接在规定的时间内达到温度要求。

### 5.3.2 预热方法

波峰焊接机中常见的预热方法有三种：

a. 电热辐射加热。热源一般为电热管、石英灯等，从 PCB 底部向上辐射，利用空气对流加热。热源的温度一般在  $800^\circ\text{C}$  以上，最终达到 PCB 的温度为  $100^\circ\text{C}$  左右，热量吸收率低于  $50\%$ ，可见这种预热方式的效率很低。传统的波峰焊接机几乎都使用这种方式。

b. 黑体红外加热器加热。热源为低功率的黑体红外线发热器，其发射的是容易被 PCB 及元器件吸收的长波红外线，热量吸收率达到  $80\%$  以上，节省了大量能源。

c. 热空气对流和辐射相结合的方法加热。PCB 底部采用黑体红外加热方式，顶部采用强制热风对流的加热方式，这是目前较为理想的预热方式，已经在一些无铅波峰焊接机上使用。

### 5.3.3 预热温度

预热温度控制得好，可防止虚焊、拉尖和桥接，减小焊料波峰对基板的热冲击，有效地解决焊接过程中 PCB 板翘曲、分层、变形问题。一般推荐的预热温升速率为  $2^\circ\text{C}/\text{s}$ ，传统波峰焊的预热区长度不超过  $1.2\text{m}$ ，预热时间为  $1\sim 3\text{min}$ ，预热温度一般设为  $100\sim 120^\circ\text{C}$ 。

在无铅制程中，必须提高预热温度以减小高熔点焊锡的热冲击，考虑到 PCB 及元器件的耐温性能，预热温度一般设定为  $130\sim 180^\circ\text{C}$ ，预热时间  $1\sim 3\text{min}$ 。这样，为保证 PCB 及元器件获得足够的热储存量，无铅波峰焊需要更长的预热区，一般都会超过  $1.4\text{m}$ 。

## 2.1 预热温度的控制

预热的作用：

使助焊剂中的溶剂充分发挥，以免印制板通过焊锡时，影响印制板的润湿和焊点的形成；

印制板在焊接前达到一定温度，一般预热温度控制在 10 ~ 210 。 以免受到热冲击产生翘曲变形。

### 5.4 焊接

#### 5.4.1 波峰焊接工艺

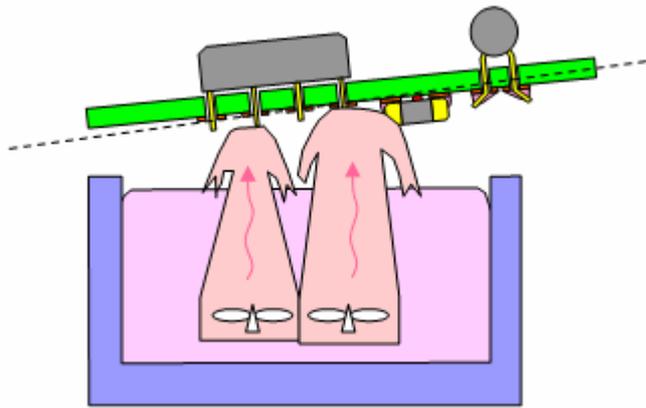
波峰焊一般可分为单波峰焊接和双波峰焊接两种工艺。

##### a. 单波峰焊接

PCB 以一定角度通过波峰，锡液沿元件引脚末端上升，填满通孔，完成焊接。由于波峰向上的作用力对一些较轻的器件会产生冲击，所以会造成一些浮动或虚焊；另外，在混合安装工艺中，对于一些 SMD 尺寸太大或太小、形状复杂、取向不一致、贴装密度较大的 PCB，由于 SMD 器件边缘的气体不易排出，而锡液表面张力形成的屏蔽效应将很难渗入每一个焊盘，此时采用单波峰焊接就会产生大量漏焊和桥连。

##### c. 双波峰焊接

顾名思义，这种波峰焊机有两个波峰，前面一个波峰较窄，顶部有 2-3 排交错排列的小波峰，在这种多头的、上下左右不断快速流动的湍流波作用下，锡液从多个方向擦洗 PCB 底面，从而提高了焊料的润湿性；同时，湍流波向上的较高的垂直压力足以使焊剂中的气体完全排出，表面张力作用也减弱，克服了焊料的“遮蔽效应”，使焊料对 SMT 元器件的焊接有较好的渗透性。在这种情况下，即使 PCB 上不设置排气孔也不必担心焊剂气体的影响，从而大大减小了漏焊、桥接和焊缝不充实等焊接缺陷，从而获得良好的焊接质量。



经过第一波峰后，浸锡后的 PCB 存在着很多短路、锡多、焊点不光洁以及焊接强度不够等缺陷，修复这些缺陷的工作就由第二波峰完成。

第二波峰为双向流动宽平波，锡面宽阔，锡液流动平坦而缓慢，有利于渗透焊缝，并使所有焊接面上焊料润湿良好，有效地去除焊点上的过量焊料，消除毛刺、桥连等缺陷，获得充实无缺陷的焊点，最终确保了组件焊接的可靠性。双波峰焊接在混装电路上广泛应用，但其对 PCB 的高温性能有一定要求。无铅焊接系统一般采用双波峰。

#### 5.4.2 工艺参数控制

a. 波峰距离。对于双波峰焊机，第一道波峰与第二道波峰之间的距离过大会造成 PCB 组件掉温现象，产生焊接不良，这一现象在双波峰焊接机上更明显，因此，无铅波峰焊的两个波峰距离相对有铅波峰焊要近一些，目前的设备制造商控制在 80~100mm 范围。

b. 波峰高度。波峰的高度对焊接质量有很大影响，一般以压锡深度为 PCB 厚度的 1/2 ~ 1/3 为准，在焊接过程中可进行适当的修正。

c. 轨道倾角。轨道倾角对焊接效果的影响较为明显，特别是在焊接高密度安装的 SMT 器件时，“遮蔽”效应特别明显。当倾角太小时，容易出现桥接；而倾角过大，虽然有利于桥接的消除，但焊点吃锡量太小，容易产生虚焊。轨道倾角一般控制在 5° ~ 8° 之间。

d. 焊接温度。焊接温度是影响焊接质量的一个重要的工艺参数。焊接温度过低时，焊料的扩展率、润湿性能变差，使焊盘或元器件焊端由于不能充分的润湿，从而产生虚焊、拉尖、桥接等缺陷；焊接温度过高时，则加速了焊盘、元器件引脚及焊料的氧化，易产生虚焊。

焊接温度一般应控制在  $250\pm 5$  。

### 5.5 冷却

无铅焊锡在冷却时比有铅焊锡更易产生裂纹及剥离现象，为增强焊点接合强度，无铅焊接需要加装冷却系统进行急冷以保证焊接质量。同时，冷却后的产品更利于炉后操作人员的作业。焊点的冷却，一般采用自然冷却、强制冷风冷却、冷水机、空调机等方式。

## 6 波峰焊的常见焊接缺陷及排除方法

### a. 针孔及气孔

针孔是在焊点上的一个小孔，内部通常是空的，气孔则是焊点上较大的孔，可看到内部，针孔及气孔都是焊锡即将凝固时，内部空气向外排出时造成的。一般是 PCB 内部有潮气或元件引脚及焊盘被污染所致，可对应采用  $120^{\circ}\text{C}$  下烘干 2 小时或清除污染物即可解决。

### b. 锡珠

一般是助焊剂未烘干或 PCB 表面处理不良，太过光滑所致，若无法更改阻焊膜来增加 PCB 表面粗糙度的话，提高预热温度，延长烘干时间解决。

### c. 锡球

一般是 PCB 内部有潮气或助焊剂未烘干，残留太多溶剂所致，可以在  $120^{\circ}\text{C}$  下烘干 2 小时或提高预热温度，延长烘干时间解决。

### d. 冷焊或焊点不亮

焊点外观呈破裂状，无光泽，主要原因是在焊点在冷却时受振动造成，需要检查传送带是否平稳。

### e. 漫锡

一般是 PCB 压锡太深、波峰太高或 PCB 弯曲造成，可通过降低波峰高度、安装 PCB 流锡框架解决。

### f. 桥接

桥接原因	对策
焊接温度过高	降低焊接温度
焊接时间过长	减少焊接时间
轨道倾角太小	提高轨道倾角
助焊剂活性不足	增加助焊剂活性
焊盘设计不良	减小焊盘尺寸，减小焊盘内径
元件引脚太长	剪短元件引脚
元件引脚与过锡方向不一致	修改 PCB 布局
线路或焊点太近	修改 PCB 布局

### g. 拉尖

拉尖原因	对策
助焊剂活性不足或用量不足	增加助焊剂活性或用量
PCB 预热不足	提高预热温度
元器件引脚氧化	更换元器件
锡槽温度不足、沾锡时间太短	提高锡槽温度加长焊锡时间
基板的可焊性差	更换 PCB
传送速度过快	传送速度调慢
PCB 上上锡面积过大	修改 PCB

### h. 焊点上锡太多

多锡原因	对策
锡炉传送带角度不正确	增大传送带角度，一般约 3.5 度
波峰温度太低，使焊料的黏度过大	提高锡炉温度，加长焊锡时间
预热温度太低，导致实际焊接温度降低	提高预热温度
助焊剂比重不对	降低助焊剂比重
焊料中的杂质成分过高	添加纯锡或更换焊料

焊点上锡太少

少锡原因	对策
PCB 预热和焊接温度太高，使熔融焊料的黏度过低	提高温度
插装孔的孔径过大，细引线大焊盘	修改 PCB
波峰高度不够，锡液对 PCB 的压力不足	调高波峰高度
PCB 爬坡角度偏小，不利于焊剂排气	调整 PCB 爬坡角度为 3-7°

i 焊点不全

多锡原因	对策
助焊剂喷涂量不足	加大助焊剂喷涂量
预热不好	提高预热温度、延长预热时间
传送速度过快	降低传送速度
波峰不平	稳定波峰
元件引脚或焊盘氧化	更换元件或 PCB
锡渣太多	除去锡渣
防氧化油飞溅污染	用溶剂清洗
PCB 的防焊剂污染	更换 PCB
吃锡时间不足	降低输送速度

j. 焊点灰暗

一般在焊接完成后即可发现，也有需经过较长时间（6 至 12 个月）后，焊点才会逐步变得灰暗。前一种情况通常是焊锡内有杂质所致，必须每半年定期化验焊锡内的金属成分。后一种情况还可能是助焊剂选择不当造成，如使用 RA 及有机酸助焊剂，助焊剂停留在温度较高的焊点上太久，也会造成轻微的腐蚀而呈灰暗色，在焊接后立刻清洗应可改善。使用某些无机酸助焊剂时，由于反应生成的氯化化合物也会使焊点变得灰暗。

k. 焊点表面粗糙

焊点表面呈砂粒状突出表面，但焊点的整体形状正常。必须每半年定期化验焊锡内的金属成分。还有一种情况就是锡炉内的锡面太低，锡渣被泵入波峰，焊点内含有锡渣导致表面有砂状突出，及时清理锡渣并添加锡条即可改善。

l. 焊点发黄

通常是锡炉温度过高造成，应检查温度设定是否错误或温控器是否故障。

## 7. 波峰焊残余物

### 7.1 白斑

- a. 使用松香型助焊剂时，在焊接后发现基板上有白色残留物，一般为助焊剂中的松香残留物，不影响 PCB 的表面绝缘电阻，可用洗板水清洗。
- b. PCB 清洗后出现白色残留物，一般是洗板水中的水份含量太高引起。
- c. 助焊剂与 PCB 的阻焊膜不兼容也会产生白斑，可以改用另一种助焊剂来获得改善。
- d. 助焊剂使用过久，吸收空气中太多水气后劣化。可通过更新助焊剂解决（一般要求发泡式助焊剂每周更新，喷雾式每月更新）。

### 7.2 黑斑

通常黑色残余物均发生在焊点的顶端或底部，一般是不正确的使用助焊剂或清洗造成。

- a. 使用松香型助焊剂时，焊接后未立即清洗，留下黑褐色残留物。
- b. 使用酸性助焊剂时，残留物对焊点造成黑色腐蚀，这种黑斑无法清洗。
- c. 使用有机助焊剂时，高温将有机化合物烧焦而产生黑斑，通过调整锡炉温度或换用其它种类的助焊剂即可解决。
- d. 助焊剂中的卤素含量太高或活性太强也会出现黑斑。

### 7.3 绿斑

绿斑通常是腐蚀造成，腐蚀的问题通常发生在裸铜面或含铜合金上，发现绿色物质应高度警惕，必须立刻查明原因，以防后患。

- a. 使用非松香助焊剂后未清洗或未正确清洗，就会在 PCB 或元件脚上的露铜或含铜合金上产生腐蚀，这种腐蚀物质内含有铜离子，所以呈绿色。
- b. 松香中的松香酸与氧化铜也会生成一种绿色化合物，虽无腐蚀性并且高度绝缘，但终因影响外观而需要清洗。
- c. 使用卤素含量太高或活性太强的助焊剂时，与裸铜面或含铜合金反应后会生成绿斑。

### 7.4 白色腐蚀物

这种白色腐蚀物是附在零件脚及金属上的，含铅成分较多的金属上较易生成此残余物。

在使用松香助焊剂时，因松香不溶于水，会将含氯的活性剂包着不致造成腐蚀。如果使用的洗板水不兼容，那只能将松香去除而残留较多的含氯离子。氯离子与零件脚上的铅形成氯化铅，再与二氧化碳反应生成白色的碳酸铅物质。

## 8. 无铅波峰焊的特点

用于有铅制程的波峰焊是无法用于无铅制程的，主要因为无铅锡条的熔点都普遍提升，为适应这一特点，工艺上有很多改变。

a. 无铅焊接采用的助焊剂需要更高的活化温度及焊接温度，而温度梯度过大将对 PCB 板和元器件造成热冲击，因此无铅波峰焊需要更长的预热区来提高焊接前的预热温度。

b. 因为无铅锡条的熔点比有铅锡条高 30~40℃，因此要提高锡炉的加热功率才能满足热补偿速度的需要。除部分产品以外，在采用波峰焊的条件下，元器件管脚部位的耐热温度一般低于 260℃，所以锡炉温度大多设定在



250-260 ( @锡铜 ) 和 260-270 ( @锡银铜 )。

c. 有铅锡炉一般使用不锈钢作为制造材料,但使用无铅锡条后,由于高比例的锡成分在长期高温下很容易对不锈钢产生侵蚀,所以需要将锡锅和爪片更换为更耐腐蚀的材料,如钛金属、生铁等,也有部分设备制造商采用在不锈钢表面镀釉工艺,但目前还没有资料证明其长期可靠性。

d. 无铅焊锡的浸润性较差,焊接时必须增加锡料与 PCB 的接触时间,在保证产能的条件下,就需要将焊接波峰加宽。

e. 无铅焊接时的温度比有铅焊接时的温度高,因而产生的氧化锡渣较多,可以选择加装氮气保护装置来降低生产成本。但目前氮气的使用有下降趋势,主要原因是考虑到最初的设备成本、氮气成本以及由于助焊剂挥发物被限制在设备内而引起的设备维护成本。目前最好的方法是在氮气保护的氛围下使用含磷的焊料,可将锡渣控制在最低程度,焊接缺陷最少,工艺控制最佳。

### 9. 无铅波峰焊的问题

a. 焊料氧化问题。无论何种焊料,与空气接触后都会产生一定程度的氧化。按照热力学的原理,氧化物的标准生成自由能数值越低,该金属就越容易氧化。Sn 比 Pb 更易氧化,同时无铅焊结使用更高的温度,因此无铅焊料的氧化量会大大超过有铅焊料,一般认为会产生 2.4 倍的锡渣。因此,防氧化措施及清渣工作将有所不同。现在有很多厂家推出一些锡渣回收设备,其超过 50%的回收能力,为企业节省了一定的费用。

b. 铜的溶解问题。无论是线材、电子元件或焊盘上的铜均会不断溶解到锡炉中,在使用有铅焊料时,在锡炉中会形成  $Cu_6Sn_5$  金属间化合物,其密度比 Sn-37Pb 小,故可用“比重法”捞铜工艺来解决铜含量超标问题。但在使用无铅焊料时,虽然含铜的无铅焊料会抑制外部的铜元素向其溶解的速度,但不能根本避免这种现象,困难的是所形成的  $Cu_6Sn_5$  金属间化合物其密度比 Sn-0.7Cu 比重小,所以会沉入锡炉底部无法清除。为避免传热性能的降低,需要定期进行清炉作业。

c. 锡铅焊料在高温下( 250 )不断氧化,使锡锅中锡 - 铅焊料含锡量不断下降,偏离共晶点,导致流动性差,出现连焊、虚焊、焊点强度不够等质量问题。可采用以下几个方法来解决这个问题:

添加氧化还原剂,使已氧化的 SnO 还原为 Sn,减小锡渣的产生;

不断除去浮渣;

每次焊接前添加一定量的锡;

采用含抗氧化的焊料;

采用氮气保护,让氮气把焊料与空气隔绝开来,避免氧化。

附:“比重法”捞铜工艺过程:

1. 将波峰通道从锡炉中卸下。
2. 将锡炉温度设置成 280~300 ,升温,同时去除锡面浮渣。
3. 当温度达到设置温度时,关闭加热器电源,自然降温。
4. 自然降温至 195 左右时,开始打捞铜锡合金结晶体。
5. 低于 190 时,停止打捞(需要时,重复 2、3、4 项)。

注意事项:

1. 280~300 降至 195 的时间约 1.5 小时(因锡炉容量而异)。

2. 约 220 时，可观察到锡面点、絮状的晶核产生。随温度的进一步降低，晶核不断聚集增大，逐步形成松针状的 CUSN 结晶体。
3. 195~190 的时间约 20 分钟（因锡炉容量而异），打捞期间要快速有序。
4. 打捞时漏勺要逐片捞取，切勿搅拌（结晶体受震动极易解体）。
5. 打捞时漏勺提出锡面时要轻缓，要让熔融焊料尽量返回炉内。
6. CUSN 结晶体性硬、易脆断，小心扎手！

补充说明：

1. 铜含量较 CU6SN5 低，是由于样品中的焊料无法分离的结果。
2. 锡炉铜含量达 0.25WT%时，凝固后的洁净锡面就可以观察到 CU6SN5 的结晶体（位置一般靠近结构件）。
3. 铜含量达 0.3WT%以上，每星期除一次（这时通道可不撤除，但需要把峰口撤掉，让锡面扩大，便于打捞），每次约 5~10GK。
4. 有铅焊料的铜含量已达 0.25%是 SMD 焊接的一个界线，超过就容易发生桥接等焊接缺陷。
5. 捞前要将锡渣先清除干净了再降温，然后在 190C 时打捞。

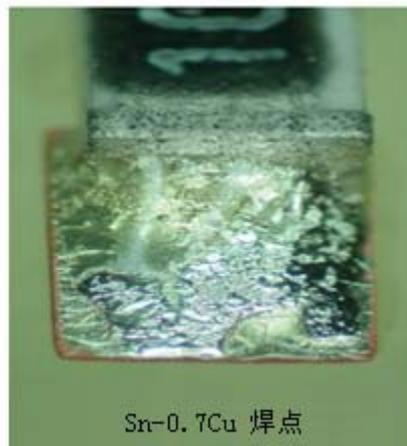
### 10. 无铅焊点缺陷

Pb-Free 焊接温度平均高出 SnPb 焊接温度约 40 ，而其焊点强度却远不如后者可靠。经常会出现空洞、漏焊、锡球、连锡、立碑等缺陷。虽然有其本身固有的缺陷，但是也是可以通过工艺的调整和改善以尽量减少或避免这些缺陷的发生。

a. 外观。相对而言，无铅表面焊点发暗、发灰，甚至有点粗糙，这些现象对于无铅工艺而言，是正常的。所有的无铅焊点都可以满足 IPC - A - 610C 对焊点外



Sn-37Pb 焊点



Sn-0.7Cu 焊点

观的要求（浸润性、焊点高度，焊点宽度、焊点最小面积等），对于目检验员，需要有一个再培训和适应的过程。

b. 验收缺陷。Cu 在无铅焊料中的溶解造成  $Cu_6Sn_5$  成分增加，针尖状  $Cu_6Sn_5$  的导致焊料流动性下降，连锡拉尖的缺陷增加。

c. 强度。无铅焊接的抗拉强度有所下降，在转运过程中，要防止因碰撞、叠放而损伤焊点。

### 11. 无铅波峰焊防氧化措施

11.1 解决的方法有以下几种：

- a. 使用防氧化焊锡
- b. 使用具有可变锡槽的波峰焊机，通过减小锡液暴露在空气中的面积来降低氧化量。
- c. 使用防氧化油，将锡液与空气隔离，最大程度减少氧化量。

11.2 惰性气氛在无铅波峰焊中的应用

在无铅焊接工艺中存在着焊球、桥接、漏焊、氧化、可焊性差、湿润性欠佳等诸多缺陷，目前，美国、日本等国都是采用惰性气氛来克服这些问题的，考虑到成本和安全性，通过评估和实验应用，人们认识到氮气是真正适用于无铅焊接工艺的惰性气体，目前已全面推广到无铅工艺中。一般认为使用氮气有如下一些优点：

a. 焊料残渣明显下降。锡渣是焊料与空气发生氧化反应的产物，在氮气环境下焊料与空气隔离，锡渣量可下降 80~95%，节约的资金要比使用氮气所花费的资金要多。

b. 提高润湿力，减少润湿时间。在氮气环境下，被助焊剂去除氧化物的金属不会产生二次氧化问题，焊料的浸润性能得到改善，带来如下好处：

可减少焊剂的用量，节省开支。

由于焊剂残余物减少，PCB 板面的绝缘电阻得到提高，使免洗焊接工艺迅速推广应用。

降低焊接缺陷，不会出现焊料毛刺，又降低了漏焊率，减少了返修工作量。

在氮气保护下形成的焊点，外观平整，光洁度有所提高，有利于品质控制。

氮气保护降低了焊点内部气孔率，提高了焊点强度。

c. 焊接温度可适当降低。由于氮气改善了焊料波峰的表面条件，使波峰温度、接触焊料的时间和预热温度可以相应减小，扩大了工艺窗口，减少了对 PCB 和元器件的热冲击。

惰性化的波峰焊机有几种不同的类型，普遍采用的方法是用氮气使整个或部分波峰焊机惰性化，波峰焊接机的结构有一定变化，需要设计防护罩和密闭预热通道，确保氮气不会快速流失。完全惰性化的焊接机效果是很明显的，但设备很昂贵、结构复杂。部分惰性化的焊接机的设备成本较低，在普通波峰焊机上，装上一个惰性气体保护装置包括焊料槽或预热器焊槽。通过扩展率测试、浸润平衡测试、拉伸强度测试可以发现，在保证焊接效果的前提下，无铅波峰各阶段所需的氮气纯度可以有适当变化。

无铅波峰阶段	氮气中的氧含量 (ppm)
助焊剂喷涂区	≤1000
预热区 1	≤500
预热区 2	≤200
预热区 3	≤150
波峰区	≤50

目前氮气的使用有下降趋势，主要原因是考虑到最初的设备成本、氮气成本以及由于助焊剂挥发物被限制在设备内而引起的设备维护成本。最近研究的焦点是开发一些新的工艺，免除惰性气体的使用。新的工艺

包括采用免清洗工艺来取代 CFC，符合环保要求的无 VOC 组装制程。新的免清洗焊剂符合无铅制程要求，可以确保焊剂化学性质在较高的焊接温度下仍能保持活性。许多企业通过大量试验表明，虽然焊接质量有所下降，但仍在可接受的范围内，所以，采用氮气辅助加工就显得并无必要了。

尽管如此，使用氮气可以降低氧化，并允许使用活性较低的助焊剂，并降低正常焊接使用的焊剂量，在一些精密加工中还是不可缺少的。

11.3 氮气供应方式

N<sub>2</sub> 的供应一般有三种方式：

- a. N<sub>2</sub> Distillation 也就是气体分馏塔。其工作原理是把空气压缩后液化，然后再利用氮

气、氧气的沸点不同，将其分馏。这种方法生产出来的 N<sub>2</sub> 的纯度可以达到 99.999%。这类设备占地面积很大，而且造价太昂贵，维护成本也高，一般是气体公司才会配备。

b. 罐装氮气。向气体公司购买罐装氮气使用，也可以在厂里面建一个气体储存罐，由气体公司定期补充。这种方法相对便宜，但可能会有一些潜在的供货不稳因素，部分大中型公司选用这种方法。

c. N<sub>2</sub> generator 氮气生产机。设备成本不算太高，操作简单，不需要另备储气罐，其特点是随着生产线的运转而运作，气体的纯度由氮气产生机里面的分子筛的孔径决定，多数公司选用这种方案。

## 12. 选择性焊接

选择性焊接是一种用于插装元件的新的焊接方法，在国外已经进入产业应用阶段。选择性焊接与波峰焊接的明显差异在于，波峰焊中 PCB 的底面是完全浸入锡液中，而在选择性焊接中，只有需要焊接的区域与锡液接触，由于 PCB 本身就是一种不良的热传导介质，因此不会融化邻近的焊点。在焊接前也必须预先涂敷助焊剂，且仅涂覆在焊盘而不是整个 PCB 上。

典型的选择性焊接的工艺流程包括：助焊剂喷涂，PCB 预热、浸焊和拖焊。

### a. 助焊剂涂布工艺

在选择性焊接中，助焊剂涂布工序起着重要的作用。焊接加热与焊接结束时，助焊剂应有足够的活性防止桥接的产生并防止 PCB 产生氧化。助焊剂喷涂由 X/Y 机械手携带 PCB 通过助焊剂喷嘴上方，助焊剂喷涂到 PCB 待焊位置上。助焊剂具有单嘴喷雾式、微孔喷射式、同步式多点、图形喷雾多种方式。回流焊工序后的微波峰选焊，最重要的是焊剂准确喷涂。微孔喷射式绝对不会弄污焊点之外的区域。微点喷涂最小焊剂点图形直径大于 2mm，所以喷涂沉积在 PCB 上的焊剂位置精度为±0.5mm，才能保证焊剂始终覆盖在被焊部位上面。

### b. 预热工艺

在选择性焊接工艺中的预热主要目的不是减少热应力，而是为了去除溶剂，预干燥助焊剂，在进入焊锡波前，使得焊剂有正确的黏度。在焊接时，预热所带的热量对焊接质量的影响不是关键因素，PCB 材料厚度、器件封装及助焊剂类型决定预热温度的设置。在选择性焊接中，对预热有不同的理论解释：有些工艺工程师认为 PCB 应在助焊剂喷涂前，进行预热；另一种观点认为不需要预热而直接进行焊接。使用者可根据具体的情况来安排选择性焊接的工艺流程。

### c. 焊接工艺

选择性焊接工艺有两种不同工艺：拖焊工艺和浸焊工艺。

选择性拖焊工艺是在单个小焊嘴焊锡波上完成的。拖焊工艺适用于在 PCB 上非常紧密的空间上进行焊接。例如：个别的焊点或引脚，单排引脚能进行拖焊工艺。PCB 以不同的速度及角度在焊嘴的焊锡波上移动达到最佳的焊接质量。为保证焊接工艺的稳定性，焊嘴的内径小于 6mm。焊锡溶液的流向被确定后，为不同的焊接需要，焊嘴按不同方向安装并优化。机械手可从不同方向，即 0° ~ 12° 间不同角度接近焊锡波，于是用户能在电子组件上焊接各种器件，对大多数器件，建议倾斜角为 10°。

与浸焊工艺相比，拖焊工艺的焊锡溶液及 PCB 板的运动，使得在进行焊接时的热转换效率就比浸焊工艺好。然而，形成焊缝连接所需要的热量由焊锡波传递，但单焊嘴的焊锡波

质量小,只有焊锡波的温度相对高,才能达到拖焊工艺的要求。例:焊锡温度为 275---300 , 拖拉速度 10mm/s---25mm/s 通常是可以接受的。在焊接区域供氮,以防止焊锡波氧化,焊锡波消除了氧化,使得拖焊工艺避免桥接缺陷的产生,这个优点增加了拖焊工艺的稳定性与可靠性。

机器具有高精度和高灵活性的特性,模块结构设计的系统可以完全按照客户特殊生产要求来定制,并且可升级满足今后生产发展的需求。机械手的运动半径可覆盖助焊剂喷嘴、预热和焊锡嘴,因而同一台设备可完成不同的焊接工艺。机器特有的同步制程可以大大缩短单板制程周期。机械手具备的能力使这种选择焊具有高精度和高质量焊接的特性。首先是机械手高度稳定的精确定位能力( $\pm 0.05\text{mm}$ ),保证了每块板生产的参数高度重复一致;其次是机械手的 5 维运动使得 PCB 能够以任何优化的角度和方位接触锡面,获得最佳焊接质量。机械手夹板装置上安装的锡波高度测针,由钛合金制成,在程序控制下可定期测量锡波高度,通过调节锡泵转速来控制锡波高度,以保证工艺稳定性。

尽管具有上述这么多优点,单嘴焊锡波拖焊工艺也存在不足:焊接时间是在焊剂喷涂、预热和焊接三个工序中时间最长的。并且由于焊点是一个一个的拖焊,随着焊点数的增加,焊接时间会大幅增加,在焊接效率上是无法与传统波峰焊工艺相比的。但情况正发生着改变,多焊嘴设计可最大限度地提高产量,例如,采用双焊接喷嘴可以使产量提高一倍,对助焊剂也同样可设计成双喷嘴。

浸入选择焊系统有多个焊锡嘴,并与 PCB 待焊点是一对一设计的,虽然灵活性不及机械手式,但产量却相当于传统波峰焊设备,设备造价相对机械手式也较低。根据 PCB 的尺寸,可以进行单板或多板并行传送,所有待焊点都将以并行方式在同一时间内完成助焊剂喷涂、预热和焊接。但由于不同 PCB 上焊点的分布不同,因而对不同的 PCB 需制作专用的焊锡嘴。焊嘴的尺寸尽可能大,保证焊接工艺的稳定性,不影响 PCB 上的周边相邻器件,这一点对设计工程师讲是重要的,也是困难的,因为工艺的稳定性可能依赖于它。

使用浸入选择焊工艺,可焊接 0.7mm~10mm 的焊点,短引脚及小尺寸焊盘的焊接工艺更稳定,桥接可能性也小,相邻焊点边缘、器件及焊嘴间的距离应大于 5mm。

## 五、无铅化手工焊接工艺

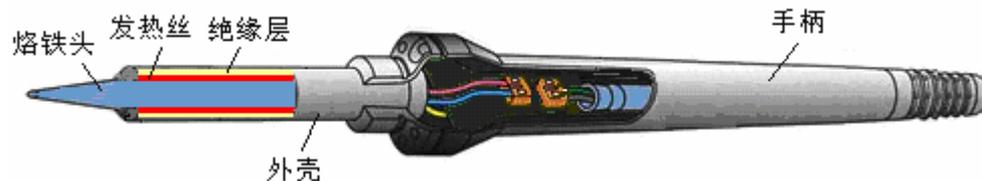
### 1. 电烙铁

#### 1.1 电烙铁的分类

电烙铁是手工焊接的主要工具，电烙铁的种类很多，从结构上分，有内热式（发热器装在烙铁头空腔内）和外热式（烙铁头装在发热器中间）两种；从加热方式分，有直热式、感应式、气体燃烧式等多种；从功率大小来分，有 20W、30W、40W、50W、60W 甚至上百瓦多种；从功能上来分，有单用式、调温式和带吸锡功能式等多种。

#### 1.2 常用电烙铁

a. 普通电烙铁。加热单元为电热丝，烙铁头与加热单元用螺丝连接，可换用不同的烙铁头，有多种功率可供选择，一般为 40W、60W、80W 等。下图是一般工厂最常用的一种单一功能外热式电烙铁：



b. 可调温电烙铁。在普通电烙铁基础上增加温变控制电路作成，通过检测烙铁头温度来调节供给发热丝的电压来实现调温。

c. 普通焊台。将市电经变压器转换为 24V 低压供给发热丝使用，这类烙铁均可进行温度调节。由于使用三芯电缆提供接地，并且使用低电压工作，消除了静电放电可能对电子元件的损害及其它一些可能的问题。

d. 氮气焊台。在普通焊台的基础上增加氮气装置构成，一般配有氮气流量装置。使用氮气可以减少焊点上出现的氧化现象，并能改善焊接时的浸润性，提高焊接质量。

e. 燃气烙铁。使用瓦斯等可燃气体加热烙铁头，一般用于野外及湿气很高的作业场合。



## 2. 焊锡丝

为便于操作及提高焊接质量,现在使用的焊锡丝都由焊锡包裹助焊剂和少量的活性剂组成,包括无铅锡线、松香芯锡线、免洗锡线、水溶性锡线、镀镍锡线、低温锡线、高温锡线、哑光锡线、灯头专用锡线等多种。根据不同的用途,有多种线径选择,常用的有 0.3mm、0.5mm、0.6mm、0.8mm、1.0mm。由于无铅焊料的浸润性较差,为增加其流动性,无铅焊锡丝中的包药一般较多。



### 2.1 对无铅焊锡丝的要求

手工焊用锡线的要求与上面焊条应用非常相似,成本考虑仍然居于优先地位,同时也要求能够提供较好的浸润和焊接能力。焊线用合金必须能够很容易地拉成丝线,而且能用 345 ~ 370 的烙铁头进行焊接, Sn-0.7Cu 合金可以满足这些要求。

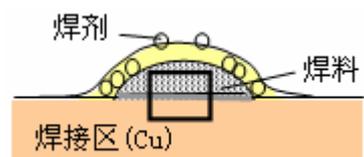
- 焊锡丝中包裹的助焊剂在较高的焊接温度下不应飞溅或过度冒发烟。
- 助焊剂必须具有足够的活性,并能承受烙铁头接触时的高温,以弥补无铅合金降低的熔湿能力。
- 助焊剂应具有对不同无铅线路板终饰和元器件镀层进行焊接的活化性。
- 如果是免清洗型焊剂,则焊剂残留物必须是良性的,而如果焊剂是可水洗型带芯焊料,则还应易于用热水清除。
- 助焊剂残留物不应因高温焊接而颜色变暗或烧焦。

### 2.2 有铅焊锡丝及无铅焊锡丝的区别

焊丝种类	组成	熔点	焊接温度	焊接速度	外观	可操作性
有铅	63Sn-37Pb	183	350	约 4 秒/个	浸润良好,焊点外观光亮、光滑	佳
无铅焊丝	Sn-0.75Cu	220	390	约 6 秒/个	浸润情况一般,焊点呈白色,表面很粗糙,不光亮,操作时有焊锡丝不融化情况出现	感觉发涩,不顺畅
无铅焊丝	Sn-3.0Ag-0.5Cu	220	390	约 6 秒/个	浸润情况一般,焊点外观不光亮,表面稍微细腻一些,呈白色鳞状	一般,流动性差

## 3. 焊接工艺过程

焊接过程就是热能量从热源向被焊物转移的过程,即从烙铁头通过焊锡、元件管脚形成热能量转移。在闲置时,发热器对烙铁头加热,烙铁头存储热能量,这个热能量的大小

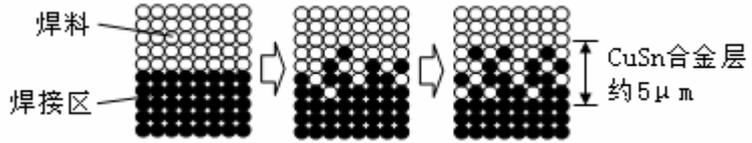


与烙铁头的金属密度和烙铁头设置的闲置温度相关。当操作工艺正确时，熔化的助焊剂将先在被焊接表面流动，预先处理表面，此后焊锡将在焊接表面上流动和浸润，进入缝隙，形成金属间的接合。一旦浸润建立和锡液充分流动形成所希望的焊接点时，锡丝和烙铁应立即从焊接点区域移开。

### 3.1. 手工焊接动作拆解

#### a. 加热的烙铁头接触焊盘和焊锡

烙铁头上存储的热能量传递给焊盘，元器件的管脚和焊锡加热到焊接温度。



#### b. 助焊剂活化区

热能量传递到焊盘，助焊剂开始活化，形成浸润并开始去除被焊物上的氧化层，确保形成良好的焊接效果。但是，如果使用的电烙铁功率太大，过多的存储热能量将瞬间烧掉助焊剂，使焊接质量严重下降。

#### c. 形成合金焊点区

热能量继续传递给被焊物直到温度达到焊锡熔点以上，焊锡开始熔化并在被焊物表面流动，填充间隙形成合金焊点。这一过程中，必须保证烙铁加热体能够补充失去的存储热能量，同时又不产生温度过冲。

#### d. 降温区

烙铁头从被焊物离开，锡液冷却形成焊点。整个焊接过程需要在 3-5 秒中完成，恰当的掌握这个时间需要反复练习以获得足够的经验。

### 3.2 推荐的手工焊接程序

推荐的手工焊接程序有两种，如果操作正确，任何一种方法都可以获得满意的焊接效果。

a. 快速地将加热的烙铁头接触带芯锡丝，然后接触焊接点区域，用熔化的焊锡帮助烙铁头完成到工件的最初的热传导，然后把锡丝移开，最后将烙铁头接触到焊盘。

b. 首先将烙铁头接触元件引脚及焊盘，然后把锡线放在烙铁头与引脚之间，形成热桥，再快速地把锡线移动到焊接点区域的反面完成焊接。

这两种程序的目的是要保证引脚和焊盘的温度足够使锡丝熔化，并形成金属间的接合。

### 3.3. 手工焊接的原则

a. 保持烙铁头处于一个良好的上锡状态。

b. 烙铁头的温度大约在焊锡的熔点之上 150 。保证烙铁头上的焊锡完成从烙铁到被焊物的快速热传导。

c. 焊盘、元器件引脚等被焊物具有良好的可焊性。

d. 3-5 秒的时间内完成焊接操作，避免过多的热量对 PCB 焊盘的损伤。

## 4. 无铅化手工焊接

### 4.1 无铅焊接对烙铁的要求

a. 良好的回温性能，提供快速的热补偿。由于无铅锡丝的熔点比 Sn-Pb 共晶焊锡高

40 左右,这需要 400 左右的温度才可以顺畅的完成焊接作业。有铅焊接使用的 30~40W 电烙铁虽然可以熔化无铅锡丝,但由于热补偿速度明显不足,严重影响作业速度,所以不能继续使用。考虑到在焊接较粗的零件脚或补焊 IC 引脚时这个问题更加明显,因此需要更换为 60W 以上的电烙铁,以更快的热补偿速度来维持烙铁头温度的稳定,满足焊接需要。

电烙铁功率	30W	40W	60W
烙铁的温度(参考值)	280 —320	320 —360	360 —400

b. 焊接时间应该少于 5 秒,最好是大约 3 秒钟。这个时间包括要求产生连接的所有必要操作。

c. 依据焊接要求,选择合适尺寸及形状的烙铁头。烙铁头越大,热容量越大,连续焊接时的温度跌落也越小,烙铁头越尖锐,传温效果越差,选择烙铁头以不影响邻近元件且与被焊点接触最多为原则。

d. 无铅焊锡中的高含量锡元素对烙铁头的腐蚀非常严重,故要谨慎选择烙铁头,目前专门应用于无铅焊的烙铁头其表面镀层与传统烙铁头是有很大区别的。

e. 不能将焊锡丝直接放到烙铁头上熔化,因为这会造成焊锡丝中的助焊剂飞溅。

f. 烙铁与焊盘之间的夹角一般在 45 度为宜。

g. 10 分钟以上不使用时,应切断电烙铁电源。

综合目前的情形,在焊接通孔元器件时,我们可以选用 60W 的普通电烙铁,其温度范围在 360 —400 ,焊接时间控制在 3 秒内,无论如何不能超过 5 秒,重复焊接次数控制在 3 次以下。



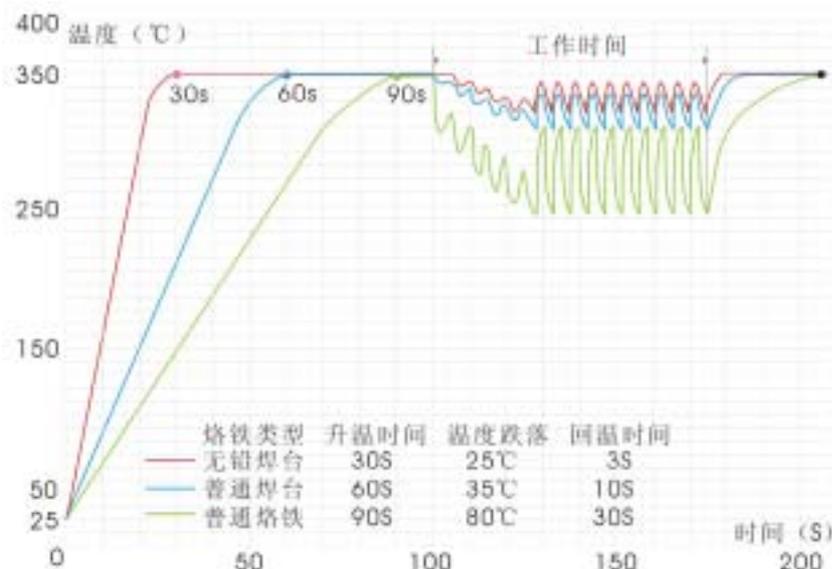
### 4.2 恒温焊台在无铅焊接中的应用

在无铅手工焊接中,考虑到对零件的耐热性,烙铁头的设定温度一般希望在 360 -340 左右,所以一般选用 60W 的电烙铁作业,但由于普通烙铁的热补偿能力较差,许多时候仍然难以满足快速焊接的需要。若继续增大电烙铁的功率,例如将功率增大到 80W,又会带来温度失控的危险。

选用恒温焊台不仅可保证合适的焊接温度,避免烙铁因过热而加速损坏,同时其良好的热补偿能力还可以满足快速作业的需要。

不要将焊台温度调得太高,虽然无铅焊锡丝的熔化温度较高,适当地提高烙铁的温度是有必要的,但应尽可能将烙铁头的温度设定低一些,以减少氧化物,延长使用寿命。同时防止元件因焊接温度过高、焊接时间较长而损坏。

更换烙铁头时要使用厂家配套型号,因为不同的烙铁头其



发热芯孔径、套管厚度等各差异，这些都会造成电烙铁的性能不能正常发挥。

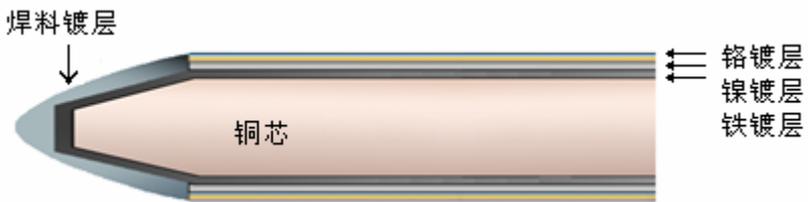
使用热回复性好的电烙铁。可以保证在较低的烙铁头温度下，获得好的焊接效果，并且提高作业的效率。

在使用焊台的时候，每一个焊点需要的时间一般只有 3 秒，已经达到并超过有铅焊接的工艺标准，因此一般不需要提供氮气保护，目前只是在一些特殊的产品上使用氮气焊台。

综合目前的情形，在焊接 SMD 元器件时，我们可以选用 80W 的电焊台，将温度设置在 300 ，这相当于加强了回温功能，更加有利于无铅元器件的焊接。

### 4.3 电烙铁的保养

a. 合理选用清洁布。传统方式是使用浸湿水的高温海绵，现在也有使用加入细金属丝的高温海绵作为清洁用具。使用时，须先将其



浸湿水后再挤干使用，因为干燥的海绵会划伤烙铁头的表面镀层，而水分过多又会使烙铁头温度下降太多，影响作业速度。采用金属丝清洁烙铁头不会降低烙铁头的温度。

b. 及时清理烙铁头上的氧化物。经常清洁烙铁头表面的氧化物，保持烙铁头表面的镀锡层，降低氧化几率。在给烙铁头上锡时应断电进行，一方面是安全因素，另一方面，断电后烙铁头的温度会下降，这有利于形成最佳的镀锡层。



c. 烙铁头氧化变黑时，要用含助焊剂的焊锡除去氧化物。如果不能彻底除去时，先用浸透助剂的清洁布把表面的氧化物除去，然后涂上新的焊锡。

d. 为确保良好的焊接质量，烙铁头的温度管理就显得非常重要，需加强烙铁头温度的点检工作。

e. 烙铁头停留在焊点上的时间为 3-5 秒钟。

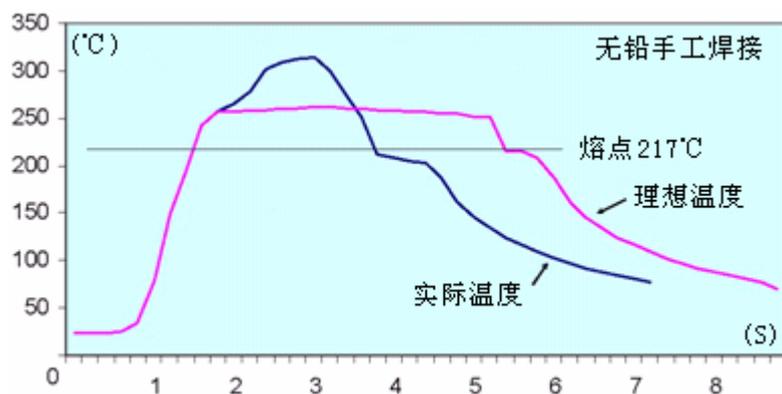
f. 焊接步骤是先将烙铁头接触焊盘及管脚，等待热量传递一段时间后，再将焊锡丝放到焊盘上，这时焊盘的温度即可将焊料熔化从而形成焊点。

g. 焊接时不要施加太大的压力，否则会造成烙铁头变形，严重的会造成发热丝断裂。

h. 选用 0.8mm 以上线径的锡丝可以较好的保护烙铁头的表面镀层。

i. 烙铁必须放置在专门支架上以避免因滚动或碰撞而损坏。

j. 无铅烙铁头的寿命较短，加厚镀铁层也不能提高烙铁头寿命，只会降低热能量的传递。无铅烙铁头的寿命一般为有铅的一半甚至更短，一旦发现烙铁头有裂纹、黑斑、缺口等问题，要及时更换，避免损伤 PCB。



## 4.4 无铅烙铁头寿命降低的原因

- a. 无铅焊料的熔点高，烙铁头在高温下加剧氧化
- b. 无铅焊料中高含量的 Sn 成分对烙铁头腐蚀加快
- c. 采用高活性的助焊剂，加快烙铁头的腐蚀

## 4.5 影响浸润性的因素

- a. 母材，焊料各自的表面张力
- b. 母材与焊料之间的界面张力
- c. 焊料与母材的合金化倾向
- d. 母材的表面状态(清洁程度，氧化状态)
- e. 焊接作业条件

## 5. 无铅化手工焊接的问题

### 5.1. 工厂的产能下降。

前面已经介绍过，由于热补偿的不足，致使原来用于有铅焊接的电烙铁不能继续沿用，对于普通电子产品，我们一般换用 60W 电烙铁来解决这个问题，但是，对于一些要求较高的产品，则必须换用恒温电焊台才能满足工艺要求。不过，由于普通电焊台的功率为 60W，在无铅焊接中还是存在回温时间太长的时间，这就造成工厂的产能下降。针对这一问题，Hakko、Metcal、Weller、OK 等公司提出了一些解决方案：

- a. 提升焊台的功率。将焊台的功率从 60W 提高到 80~ 100W，以获得较大的热储存量。
- b. 改进烙铁头结构。将烙铁头与发热体做成整体，提高导热性能。缺点是由于烙铁头与发热体整体化，使用户更换烙铁头的成本大为提高。
- c. 使用新材料制作烙铁头。将烙铁头由一般合金改为贵金属，可极大提高导热性能。



d. 提高温度监控的准确性。通过改变热电偶的安装位置，可以更加真实的获得烙铁头的工作温度，保证热能量得到快速补充。

e. 智能化电烙铁。传统温控烙铁采用外加辅助电路和温度传感器来监测其烙铁头温度，由于控制电路的设置与温度采样的误差，使其传统控温烙铁为“需校准型焊接工具”，操作者需定期采用独立的标准测量源对其烙铁的温度进行校准，由于传统烙铁的输出功率不能随焊点大小变化，在动态焊接过程中，焊接质量好坏取决于操作人员对焊接时间的控制。美国 OK 公司更推出一种 METCAL 智能烙铁，通过加热体的居里点来“自适应”调节焊接温度的，输出功率随焊点大小智能变化，其温度误差为 $\pm 1$ 。更重要的是 Metcal 智能烙铁是“非校准型”焊接工具，满足对焊接过程可重复控制的工艺要求。

### 5.2 焊点质量欠佳

手工焊接点中的问题通常是使用温度不当、压力太大、停留时间太长等原因产生的。这些问题的根本原因，一方面与选择的焊接工具有关，另外操作员的焊接技术和工作积极性也是一个很大的因素。

a. 无铅手工焊接时，要注意焊接时间的掌握，由于焊料熔化较慢，浸润扩展性变差，对形成一个焊点的焊料用量比较难控制。

b. 对可焊性差的元件，可以换用另一种带芯锡线来尝试焊接，如果仍然不能满足焊点要求，那还可以用其他的固体或液体助焊剂来辅助焊接。在使用其他助焊剂来辅助手工焊接之前，应该通过试验来确认其残留物对 PCB 的污染程度，并制定消除污染的方法。

c. 使用无铅焊锡后，焊点表面的光泽会降低，增加了漏焊、虚焊的目检难度，用原来判断有铅焊点的要求来检查无铅就不行，所以无铅焊接的目检比有铅焊接时更难掌握。

d. 对操作员进行严格的培训，使其技术熟练、工作尽责，可以收到很明显的效果。

e. 许多时候，操作人员能够做到焊接时间在 3-5S 的要求，但为了满足外观等方面的要求，可能又去多次的修补这个焊点，最终造成焊点不良。这就必须提出重复焊接的次数，一般认为在 3 次以内是可以接受的。

## 六、无铅化回流焊接工艺

SMT 就是表面组装技术 ( Surface Mounted Technology 的缩写 ), 是目前电子组装行业里最流行的一种技术和工艺。SMT 有何特点: 组装密度高、电子产品体积小、重量轻, 贴片元件的体积和重量只有传统插装元件的 1/10 左右, 一般采用 SMT 之后, 电子产品体积缩小 40%~60%, 重量减轻 60%~80%。可靠性高、抗振能力强。焊点缺陷率低。高频特性好。减少了电磁和射频干扰。易于实现自动化, 提高生产效率。降低成本达 30%~50%。节省材料、能源、设备、人力、时间等。

### 1. 什么是回流焊

#### 1. 印制板的选择

无铅印制板注意保持焊盘表面的清洁, 最好用真空包装。开封以后未使用完的印制板应及时真空包装, 防止焊盘长期暴露在空气中造成氧化, 影响可焊性。

#### 2. 钢网设计

无铅印制板焊盘的设计与有铅的设计并无太大的区别, 但无铅焊锡的焊锡扩散性差, 扩散面积差不多是共晶焊锡的 1/3, 所以锡膏钢网的开口应与焊盘一样大, 以保证焊接后焊盘不露铜。

#### 3. 锡膏的选择

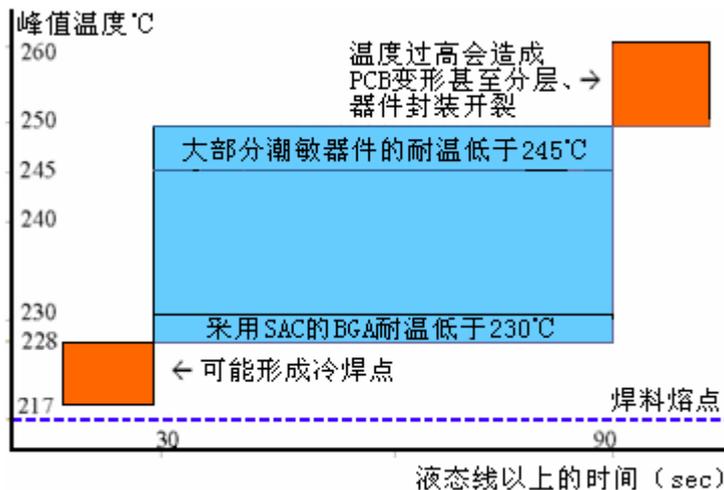
选择焊膏是回流焊接的重要工作, 目前常用的无铅焊膏配方为 Sn-Ag-Cu 三相合金, 各种配方的熔点有一定区别, 但目前都大于 200, 这比铅锡共晶焊膏的 183 熔点有较大的增加。由于器件的耐温问题, 最大峰值温度和最大加热/冷却斜率使回流焊接的工艺窗口变得非常狭窄。

无铅焊膏的选择, 要从焊膏的适用性和经济性上加以考虑, 常用的 96.5Sn-3Ag-0.5Cu 焊膏, 能满足一般产品的性能要求。

由于 Sn-Ag-Cu 合金的密度(7.5g/mm<sup>3</sup>)比 Sn-Pb 合金的密度 (8.5g/mm<sup>3</sup>) 低, 容易粘连刮刀造成印刷性变差。

无铅焊膏搅拌后流动性大, 在铜焊盘上的印刷效果比较好, 焊膏成型也较好。在镀锡焊盘上用同样的焊膏印刷, 焊膏成型相对较差, 焊膏脱膜时有不良发生, 焊膏图形不完整, 这与焊膏和焊盘表面的粘合力、丝网的清洁度、焊膏的粘度和焊盘的表面处理有关。

在合金成分相同的情况下, 可以通过助焊剂成分的调整来提高焊膏的印刷性。如填充网



孔能力、湿强度、抗冷/热坍塌，以及潮湿环境能力等，并最终提高印刷速度、改善印刷效果。

由于焊膏印刷质量在 SMT 表面贴装质量中起着举足轻重的作用，表面装贴造成的不良有 50~70%都是由焊膏印刷工序不良引起的，而无铅焊膏印刷脱膜又比较困难，质量控制显得尤其重要。

无铅焊膏应保存在 2~7 的冰箱里，使用时提前 4~8 小时拿出来在常温下解冻。做好焊膏解冻记录，严格按工艺要求进行焊膏搅拌；到设置印刷参数（印刷压力和速度，脱模速度和距离）印刷方式等等；都要求技术人员针对质量情况进行调整。对焊膏印刷质量情况逐一检查，并做好记录；发现不合格的必须隔离，并排除不良，以保证后工序的顺利进行。



### 使用无铅锡膏对清洗工艺的影响

多年以来，ZESTRON 持续跟踪向无铅工艺转换的步伐，为确保高度的工艺可靠性，进而在技术中心进行了多项深入测试，以评估典型无铅锡膏对于清洗工艺的影响。

为了更新已经完成的研究并评估最新的结果，一项研究已在 2004 年完成，它将范围扩展到超过 30 种著名厂商的不同无铅锡膏。这些测试包含了现有的无铅锡膏，主要是免洗配方。

研究的目的是以回答两个关键问题：1. 使用无铅锡膏对现有的清洗工艺带来什么样的影响？2. 向无铅锡膏工艺转换会提高清洗的重要性吗？

### 采用无铅锡膏对清洗的影响

由于在不同工艺条件下使用无铅锡膏的要求（见表 1），对于清洗工艺影响的问题正在更多地被涉及。

鉴于以往的研究，大多数替代锡膏的峰值温度要比锡铅锡膏高出 34 左右，可能造成更多的氧化和助焊剂的聚合反应，这些反应使得助焊剂残留物在焊接过程中更多地被“烘焙”，使其更难被清洗。

较高沸点的溶剂、增量的松香成分（固含量）和特别是抑制在高温下焊料氧化的更强的活化成分都会造成助焊剂残留物增多并对清洗工艺提出更高的要求。

ZESTRON 在去年对现有的无铅锡膏，主要是免洗配方进行了新一轮测试，以对锡膏的最新发展对于清洗的影响作出精准的定义。

表 1：无铅锡膏系统在清洗工艺中可能产生的影响

无铅锡膏的工艺变化	总体影响
更多量和更强的活性剂	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 组装件的被腐蚀危险增加</li> <li>▪ 泄漏的危险</li> </ul>
为降低空洞比例，在助焊剂中使用更高含量的松香成分	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 残留物数量增加</li> <li>▪ 焊点包覆物有裂纹形成</li> <li>▪ 无线射频传输损耗</li> <li>▪ 可检测性受影响</li> </ul>
提高了的回流温度使助焊剂	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 助焊剂残留物变得更难清除</li> <li>▪ 残留物更多被烘焙</li> </ul>
含银锡膏	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 银迁移倾向(晶枝临时性生长)</li> </ul>

## 清洗剂

清洗在电子工业中的应用依据需要清洗的残留物有所不同（见图 1a/1b）。通常中性 pH 值的清洗剂用于清洗网板和误印电路板上的锡膏；对于焊后助焊剂残留物则使用碱性清洗剂。这样有三种基本的清洗剂：溶剂型清洗剂、水基不含表面活性剂的 MPC 清洗剂，和水性碱基表面活化清洗剂（仍然在用于网板清洗）。

## 锡膏清洗

在转向使用无铅锡膏后，鉴于上文提到的工艺变化，清洗焊后组装件的助焊剂残留物将会产生一些问题。由于助焊剂的变化，尤其是溶剂中的新成分比如树脂和触变剂对于清洗回流前的锡膏也可能有一定的影响。

在这项研究中使用的无铅锡膏，也用来测试从网板和误印线路板上进行清洗的难易程度。

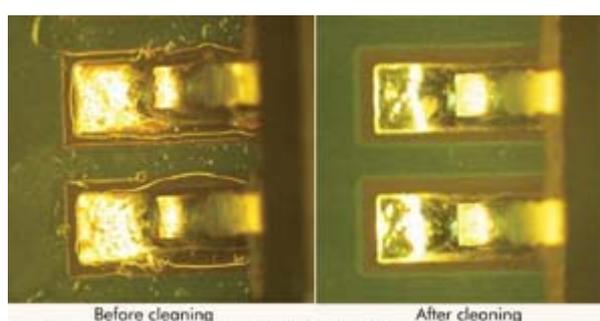


图 1：需要清洗的助焊剂残留物

## 网板清洗

在 ZESTRON 进行的一系列测试中，使用不同的无铅锡膏涂敷在网板上并且经过一个小时的干燥，然后在在一台网板清洗设备中清洗，在室温下，1.5bar 压力，分别从 2 至 6 分钟进行测试。测试中使用了标准样品。

清洗后的网板在 10 倍放大的显微镜下目检以观察锡膏残留物，并且用擦拭的方式来检查锡膏残留物。结果是在测试中采用的无铅锡膏均被各种清洗剂轻易去除，不同的是在各种清洗应用测试中使用的清洗时间不同（如表 2 所示）。

表 2：完全清洗残留物所需要的时间

残留物	清洗剂类型		
	水基 MPC	溶剂	水性碱基
网板和误印板上的锡膏	3-4 分钟	2-3 分钟	4-6 分钟
印制电路板焊后助焊剂残留物	7-10 分钟	10 分钟	10-12 分钟

### 误印电路板清洗

除了从网板上清洗锡膏外，在相似的条件也进行了误印电路板的清洗测试。需要指出的是，在清洗误印电路板时必须额外考虑一个因素，即无铅焊接工艺推行的同时，焊盘的无铅化，尤其对于大规模生产来说，转向了 OSP 裸铜的方向。OSP 相对于此前的焊盘金属，比如传统的热风整平对于清洗工艺更为敏感。因此，为保证可靠的焊接工艺需要特别的清洗参数。

为满足这些新的需求，从而向业界提供适合的清洗工艺解决方案，ZESTRON 与领先的 OSP 供应商携手进行了相容性和焊接性研究。基于一系列的深入研究，ZESTRON 已经能够为 OSP 镀层的电路板提供清洗工艺。

### 助焊剂残留物清洗

从经过焊接的元器件上清洗助焊剂残留物比清洗网板和误印板上的锡膏要求更高。在与慕尼黑技术大学进行的合作中，将无铅锡膏（主要是免洗型）涂敷在标准测试基板上，然后在其各自特定的回流温度曲线下进行焊接。

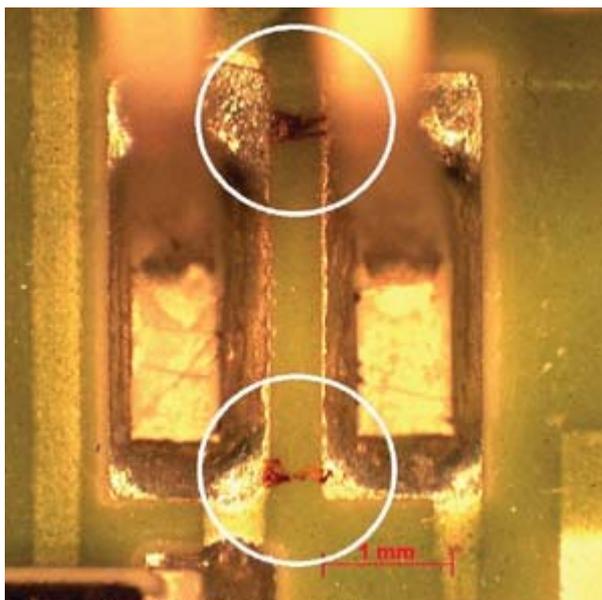


图2：电化迁移造成的树状结晶

三组不同的焊后基板分别在标准设备中采用三种清洗剂类型中的一种进行处理：清洗在 50℃ 下进行，随后的漂洗采用去离子纯水。

在清洗后，测试基板在 40 倍放大的显微镜下目检；接下来，每块基板采用离子污染检测仪测试。为了发现未被离子污染检测出的活化残留物，采用 ZESTRON 助焊剂测试液对每块测试基板进行定性分析。这项简单的测试步骤检测助焊剂中的羧基活化剂和出现的位置以及污染物的分布。

残留物目检和离子污染测试均显示三种清洗剂类型都有很好的结果。在占测试基板总数约 5% 的极少的个案中，检测到有轻微的残留物；但均在微调工艺参数，比如清洗时间、温度和清洗方式后完全去除。

### 小结

通过测试可以得出一些重要且基本的结论：

清洗网板和误印板上无铅锡膏的结果与那些有铅锡膏的清洗有可比性。经验显示在这个领域没有过渡期的问题。

在焊接板上去除助焊剂残留物同样得到非常好的结果，95% 经检测的测试基板显示残留物在上文所述的标准应用中被完全去除。在其余的基板上的部分残留物在调整原有的清洗参数设定后也被完全去除。

由于通常已有的清洗应用具备足够大的工艺窗口，应当能够将助焊剂残留物简单轻易的去除并且在不进行额外投资的情况下通过对现有清洗应用进行优化达成。

有鉴于此，在日益迫近的向无铅化转换的进程中，和其它工艺步骤不同的是，运用现代清洗剂的清洗应用不会遭遇严重的困难。

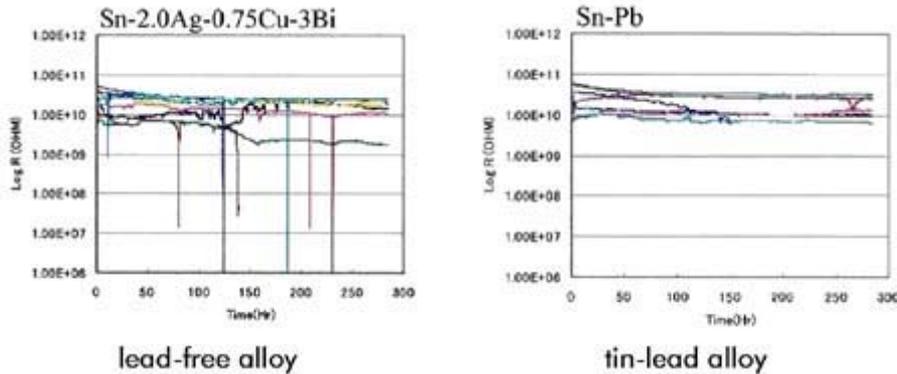


图 3: 树状结晶造成的暂时短路，特别是在含有银的焊料中

### 未来前景

转换为无铅锡膏而通常含有银的锡膏将导致清洗要求增加。早在 20 世纪 50 年代，已有文献证实焊点的电化迁移导致电子电路失效。由于较低的银含量，电化导致的树状结晶非常不稳定（见图 2），所以最终的表面电阻值要求在测试中可能达到，但在测试时可能发生暂时的失效（见图 3）。

对于银的氢氧化物和硫化物的形成导致的电化迁移，银有着高度的相关性。高回流温度所需要的大量活化剂具备高度吸湿性。如果它们未被去除或未被彻底去除，它们能够导致组装件的湿膜形成并进而引起电化迁移和树状结晶的产生。由于无铅锡膏中的高活性剂含量很难被可靠地包覆起来，免清洗技术已经触及其极限。

正如很多公司业已发现的，“仅仅免清洗”已经不能保证焊接器件的可靠性。而电路板则进一步面临更为复杂和苛刻的测试环境。因为大量吸湿性活化剂的存在，无铅锡膏没有足够的窗口来通过这些测试。而对组装件的清洗，特别是对日益增加的现有的和吸湿性的残留物的清洗，能够极大地改善其耐湿性并防止极易产生的迁移。

## 贴片胶的特性与使用方法

### 一、 贴片胶的使用方法

#### 1、 贴片胶的简单介绍

贴片胶，也称为 SMD 粘接剂，它是红色的膏体中均匀地分布着硬化剂、颜料、溶剂等的粘接剂，主要用来将元器件固定在印制板上，一般用点涂的方法来分配。贴上元器件后放入烘箱或再流焊机加热硬化。它与所谓的焊膏是不相同的，一经加热硬化后，再加热也不会溶化，也就是说，贴片胶的热硬化过程是不可逆的。

贴片胶的使用效果会因热三角化条件，被连接物的不同而有差异。使用时要根据生产工艺来选择贴片胶。

#### 2、 贴片的用途与用例

由于生产工艺的不同，贴片胶的用途与所要求具有的特性也不尽相同。归纳其目的与工艺有如表 1 所示。

贴片胶的使用目的 工艺

波峰焊中防止元器件脱落 波峰焊工艺

再流焊中防止另一面元器件脱落 双面再流焊工艺

防止元器件位移与立处 再流焊工艺、预涂敷工艺

作标记 波峰焊、再流焊、预涂敷

在使用波峰焊时,为防止印制板通过焊料槽时元器件掉落,而将元器件固定在印制板上。

双面再流焊工艺中,为防止已焊好的那一面上大型器件因焊料受热熔化而脱落,要使有贴片胶。

用于再流焊工艺和预涂敷工艺中防止贴装时的位移和立片。

此外,印制板和元器件批量改变时,用贴片胶作标记。

### 3、贴片胶应具有的特性

连接强度: SMT 贴片胶必须具备较强的连接强度,在被硬化后,既使在焊料熔化的温度也不剥离。

点涂性: 目前对印制板的分配方式多采用点涂方式,因此要求胶要具有以下性能:

适应各种贴装工艺

易于设定对每种元器件的供给量

简单适应更换元器件品种

点涂量稳定

适应高速机: 现在使用的贴片胶必须满足点涂和高速贴片机的高速化,具体讲,就是高速点涂无拉丝,再者就是高速贴装时,印制板在传送过程中,贴片胶的粘性要保证元器件不移动。

拉丝、塌落: 贴片胶一旦沾在焊盘上,元器件就无法实现与印制板的电气性连接,所以,贴片胶必须是在涂布时无拉丝、涂布后无塌落,以免污染焊盘。

低温固化性: 固化时,先用波峰焊焊好的不耐热插装元器件也要通过再流焊炉,所以要求硬化条件必须满足低温、短时间。

自调整性: 再流焊、预涂敷工艺中,贴片胶是在焊料溶化前先固化、固定元器件的,所以会妨碍元器件沉入焊料和自我调整。针对这一点厂商已开发了一种可自我调整的贴片胶。

贴片胶的主要特性如表 2 所示。

工艺 波峰焊工艺 再流焊工艺, 预涂敷工艺

不同点 低温, 短时间硬化 不妨碍自我调整功能

共同点 点涂性良好, 涂布量稳定 拉丝少 固化前粘性强, 元器件保持力好 常温、高温下的粘接力强 (260 ) 具有长期保存性, 在机器上的寿命长

### 4、贴片胶的选择

贴片胶有用紫外线及热来固化的丙烯酸型,还有仅仅是热固化的环氧型。丙烯酸型贴片胶在短时间硬化、低温固化方面具有优势。目前也开发出了低温短时间硬化的环氧型贴片胶,以取代粘接力较差的丙烯型贴片胶。

贴片胶的选择,还是要充分考虑前面提到的工艺、所使用元器件的耐热性,在机器上的寿命等因素,选择最佳产品。

所谓在机器上的寿命,是指贴片胶离开了密闭、低温的保存条件,暴露在生产线的环境下时可保存的期限。

#### 二、贴片胶的故障对策

贴片胶的典型不良可以例举以下。

空点、粘接剂过多

粘接剂分配不稳定,点涂胶过多或地少。胶过少,绝对会出现强度不够,造成波峰焊时锡锅内元器件脱落;相反贴片胶量过多,特别是对微小元件,若是沾在焊盘上,会妨碍电气连接。

原因及对策：

a. 胶中混有较大的团块，堵塞了分配器喷嘴；或是胶中有气泡，出现空点。

对策是使用去除过大颗粒、气泡的胶片胶。

b. 胶片胶粘度不稳定时就进行点涂，则涂布量不稳定。

防止方法：每次使用时，放在一个防止结露的密闭容器中静置约 1 小时后，再装上点胶头，待点涂嘴温度稳定后再开始点胶。使用中如果有调温装置更好。

c. 长时间放置点胶头不使用，要恢复贴片胶的摇溶性，一开始的几次点胶肯定会出现点胶量不足的情况，所以，每一张印制板、每个点涂嘴刚开始用时，都要先试点几次。

### 拉丝

所谓拉丝，也就是点胶时贴片胶断不开，在点胶头移动方向贴片胶呈丝状连接这种现象。拉丝较多，贴片胶覆盖在印制板焊盘上，会引发焊接不良。特别是使用尺寸较良的确良点涂嘴时更易发生这种现象。贴片胶拉丝主要受其主成份树脂拉丝性的影响和对点涂条件的设定。

解决方法：

a. 加大点胶头行程，降低移动速度，这将会降低生产节拍。

b. 越是低粘度、高摇溶性的材料，拉丝的倾向越小，所以要尽量选择此类的贴片胶。

c. 将调温器的温度稍稍设高一些，强制性地调整成低粘度、高摇溶比的贴片胶。这时必须考虑贴片胶的贮存期和点胶头的压力。

### 塌落

贴片胶的流动性过大会引起塌落。塌落有两种，一个是点涂后放置过久引起的塌落。如果贴片胶扩展到印制板的焊盘上会引发焊接不良。而且塌落的贴片胶对那些引脚相对较高的元器件来讲，它接触不到元器件主体，会造成粘接力不足，因易于塌落的贴片胶，其塌落率很难预测，所以它的点涂量的初始设定也很困难。

针对这一点，我们只好选择那些不易塌落的也就是摇溶比较高的贴片胶。对于点涂后放置过久引起的塌落，我们可以采用在点涂后的短时间内完成贴装、固化来加以避免。

### 元器件偏移

元器件偏移是高速贴片机容易发生的不良。一个是将元器件压入贴片胶时发生的  $\theta$  角度偏移；另一个是印制板高速移动时 X-Y 方向产生的偏移，贴片胶涂布面积小的元器件上容易发生这种现象，究其原因，是粘接力不中造成的。

采取的相应措施是选用摇溶比较高、粘性大的贴片胶。曾有试验证明，如果贴片速度为 0.1 秒/片，则元器件上的加速度达到  $40\text{m/S}^2$ ，所以，贴片胶的粘接力必须足以实现这一点。

### 元器件掉入波峰焊料槽

有时 QFP、SOP 等大型器件，在波峰焊时，由于自身的重量和焊料槽中焊料的应力超过贴片胶的粘接力，脱落在焊料槽中，原因就是贴片胶量太少，或是由于高温引起粘接力下降。所以，在选择贴片胶时，更要注意它在高温时的粘接力。

### 元器件的热破坏

在波峰焊工艺中，为提高生产效率，连 LED、铝电解电容等这样的耐热差的电子元器件也一起通过再流焊炉来固化。这时，如粘接剂的固化温度较高。上述元器件会因超过其耐热温度而遭到破坏。

这时，我们的做法，要么是后装低耐热元器件，要么选择代温固化的贴片胶。

## 三、贴片胶的未来发展

由于 SMT 生产高速化及印制板组装密度越来越高，所以要求贴片胶要适应各种工艺的特点，满足高速点涂机及高速贴片机的要求。另外，新的形势也要求印制板和 SMD 贴片胶必须是非易燃品。

### 1、满足高速贴片机

为提高贴装生产效率，点胶机、贴片机的动作速度在增加，从最初的 0.2 秒/周期的点涂，贴片速度已发展到 0.1 秒/周期。随之而来的是以往很难出现的不良现象重新出现，具体来说就是 高速点涂造成的拉丝 高速贴装引起的  $\theta$  角偏差 X-Y 方向的偏移。

### 拉丝

为了克服拉丝，可人为稍调高速温度控制器的设定，强制改变贴片胶的物理性质，这样既不影响生产速度，也可解决问题。

### $\theta$ 角偏差

一般  $\theta$  角偏差是发生在贴片机的吸嘴将元器件按在已点涂大印制板上的粘接剂上时产生的，这是由贴片的特性决定的，如果不改变贴装速度是很难解决该问题的。所以，最好的方法是选择适用于高速贴片机的贴片胶。

贴装头吸取的元件在 XY 方向很难移动，但旋转却较容易。为此，贴片胶的设计方应是贴装元器件这一瞬间不能有使元器件产生移动的剪切应力。]

### 2、 满足新工艺的要求

现在的工艺有许多种，较复杂的是双机再流焊工艺，还有以提高质量、减少工时为目的的预敷工艺。

如果将以前的热固化型贴片胶直接用于再流焊工艺，会产生一些不可解决的不良现象。也就是说，固化后的贴片胶会妨碍焊膏的自我调整，于是产生元器件位偏，引线部分连接不良。现在新开发的贴片胶是再流焊专用贴片胶，硬化温度约为 200℃，高于焊料的熔化温度，它在元器件沉入焊料，自我调整完成后才硬化。

每次使用时要设定点涂量，要保证充分的连接强度并且不会断开。一般 1.27mm 的片式 SOP28pin,点涂 0.1~0.2mm/点\*2 为最佳用量。

### 3、 对环境的影响

环保现在是一个热门话题，从工艺上来讲，贴片主要用在波峰焊和再流焊工艺中。从贴片胶本身来讲，它不会对环境有什么影响。

对操作者来讲，一方面贴片胶在印制板上所占的比例实在是很少，且一般都是采用全自动智能机器来点涂，加之新开发的贴片胶具有难燃性，所以对操作者和产品来讲，也是安全无害的。

### 4 . 无铅元件

针对无铅器件，我们提出如下要求：

- 元器件须经受 260℃ 的高温不失效，才能保证无铅焊接的质量。
- 无铅元件应与有铅元件分开存放，并做好标识。
- 在无铅焊接时，禁止使用有铅元件，否则不能达到无铅指标要求。
- 无铅贴片元件的电极比有铅的要暗，应特别注意识别。
- 隔离不同类型的维修站。
- 对无铅元件，要进行可焊性检验，超过规定库存期限，复检合格后才能使用。



### 5 . 贴装

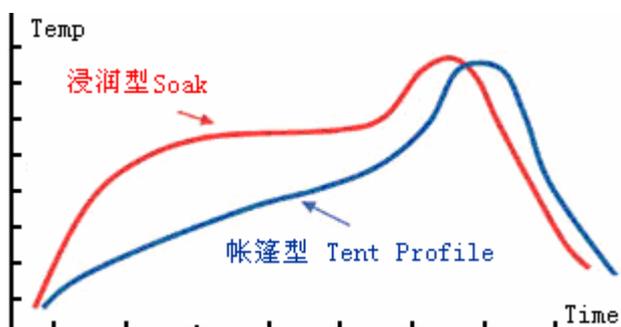
由于无铅焊膏在焊接时的流动性较差，对贴偏的元件，自对中效应比有铅的要差。这就

要求贴片机的精度较高，一般贴片误差在 $\pm 0.05\text{mm}$  以内才能保证质量。

选择印刷精度较高的自动焊膏印刷机，保证焊点覆盖率。

## 6. 回流焊设备

### 6.1 回流焊接工艺



通常，回流焊接工艺中使用浸润型和帐篷型两种回流曲线，浸润型温度曲线是在工艺过程中使组件有一段时间能承受恰低于焊料熔点的温度，以达到板子温度一致。帐篷型温度曲线是从组件板进入炉子直至到达设定顶部温度连续不断的升温。

理想的温度曲线根据组装中使用的焊膏型号不同而不同。根据焊膏的化学成分，制造商会推荐最佳的温度曲线以求达到最优的性能。

与焊条和焊线相比，焊锡膏较少考虑合金成本，因为金属成本在使用焊锡膏的制造流程总成本中所占比重较少，选择焊锡膏合金的主要要求是尽量降低回流焊温度。考察表中所列合金，可以发现液相温度最低的是 95.5Sn/4.0Ag/0.5Cu(熔点 217 ~ 218 )和 96.5Sn/3.5Ag(熔点 221 )。

与焊条和焊线相比，焊锡膏较少考虑合金成本，因为金属成本在使用焊锡膏的制造流程总成本中所占比重较少，选择焊锡膏合金的主要要求是尽量降低回流焊温度。考察表中所列合金，可以发现液相温度最低的是 95.5Sn/4.0Ag/0.5Cu(熔点 217 ~ 218 )和 96.5Sn/3.5Ag(熔点 221 )。

锡膏合金	熔点	相对成本	抗拉强度	延伸率	浸润性
63Sn-37Pb	183	1	51	27	良好
96.5Sn-3Ag-0.5Cu	217	2	35	20	次良好

这两种合金都是较为合适的选择并各具特点，相比之下 Sn-Ag-Cu 合金的液相温度更低(虽然只有 4 )，而 Sn-Ag 合金则表现出更强的一致性和可重复制造性，并已在电子业界应用多年，一直保持很好的可靠性。一些跨国公司已经用 Sn-Ag 合金作为实际替代方案，并且开始 Sn-Ag-Cu 合金作进一步的测试。

然而现在没有一种可行的方案来满足这种要求。人们普遍认为合金回流焊温度越接近 220 效果越好，许多工程师要求最高回流焊温度应低于 225 ~ 230 ，这能避免较高的回流焊温度对元器件的损害，最大限度减小对特殊元件的要求，同时还能将电路板变色和发生翘曲的程度降到最低，并避免焊盘和导线过度氧化。

### 6.2 无铅焊工艺窗口的缩小对回流焊接设备的影响

由于无铅焊膏合金的熔点较高，使其温度曲线的要求有所改变，要达到峰值温度而又不能过分加热 PCB 及各器件，这需要更长的回流区域和热量有效转移到组件上的能力。

加热控制能力要求更高了，通常需要更大的功率，更多的温区和改进的热风控制装置。一般需使用 8 个或 8 个以上温区的回流焊，低于 8 个温区的炉子，其必须降低速度来满足无铅制程所需的曲线，这最终会造成产能下降。

由于无铅焊材的沾锡性会比有铅焊料(63/37)要差，因此若要改善吃锡性的话，除了添加更多活性剂于锡膏当中之外，还要靠氮气来增加吃锡效果。

在温度曲线设置时，一定要注意工艺窗口问题。无铅焊接温度在 230~245 ，工艺窗口只有 5~10 。温度曲线的设置，特别注意焊接温度的稳定性，不能超过 PCB 和元器件的温度承受能力。

不同厂家、不同型号的无铅焊膏，对焊接温度有不同的要求，焊



膏供应商会推荐温度曲线给制造厂家参考。设置温度时尽量靠近供应商提供的曲线，才能保证所使用焊膏的焊接效果。

由于元件、基板和焊膏量的不同，不同的炉子进行焊接时，其总的耗热量是不同的。要达到相同的温度曲线，必须重新设置温度，以保证焊接的良好性。

由于无铅焊材的熔点比较高，为了使金属固化的时候能够更加紧密接合，加热后的急速冷却就变的相当重要了，一般降温速度将由以往的 2 /sec 至少提升到 4 /sec 以上，因此已经有水冷式的回流焊问世。

氮气可以提供更宽的工艺窗口，它能获得更好的焊点浸润，防止焊盘和引脚的氧化，可以获得更好的焊锡爬升和产生光亮的焊点。

使用氮气后，助焊剂挥发物在回流炉内积累，增加了维护成本，较好的设计采用气体净化装置，将炉内混合有助焊剂的气体过滤，再将干净气体送回加热区中。

回流焊接中，无铅焊料对焊盘（尤其是 OSP、化学银）的浸润性相对较差，焊料铺展面积相对较小，但完全可以满足检验标准的要求。

使用红胶工艺时，作业法没有太大改变。

无铅焊点比 Sn-Pb 焊料的焊点暗淡许多，通过适当的加大回焊后的降温斜率是改善焊点亮度的有效方法，但应该注意的是热量的冲击问题。

### 无铅产品的焊接推荐条件

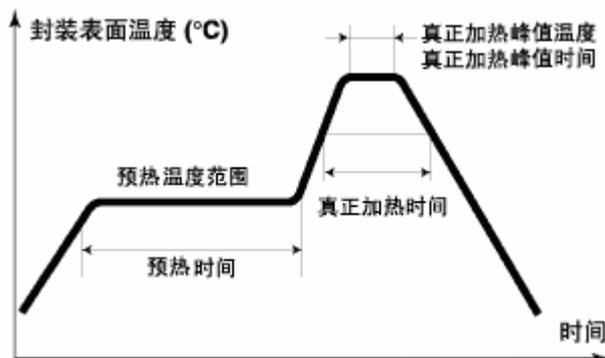
#### 表面安装型产品(SMD)

为了可忍耐 Sn-Ag-Cu 类焊剂等的高熔点无铅焊接，设定了峰值温度为 250°C(最大值)、260°C(最大值)的耐波峰焊条件。

各种条件下的温度曲线图如下所示。表面安装型产品耐热性能由封装表面温度来规定，由此来设定产品各自的「焊接推荐条件」。

符号	预热		真正加热		
	温度范围	时间	真正加热时间	峰值温度	峰值时间
IR50	160~180°C	60~120 秒	220°C 60 秒以内	250°C 以下	10 秒以内
IR60	160~180°C	60~120 秒	220°C 60 秒以内	260°C 以下	10 秒以内

注:焊接推荐条件因产品而异，详情请向本公司的经销人员咨询。



### 无铅表面安装装配---潜在的缺陷增长

--	--

桥接	焊锡膏热塌陷性能差
焊锡球	焊锡膏塌陷特性差
墓碑效应	线路板上存在的热差
不熔湿	过度预热或助焊剂活性不足
熔湿性能差	焊剂活性差或过度预热
焊锡孔隙	热特性曲线过低, 或焊剂化学属性不够
焊锡结珠	焊锡膏热塌陷性能差或过度预热
桥接	预热或焊锡接触时焊剂钝化
冷凝垂柱	焊剂活性过低或预热温度过高
焊锡球	预热不够或焊剂 - 焊料掩模不相容
孔隙填充不完全	焊剂活性过低, 固态物含量过低, 或是预热温度过高或与熔融焊料接触时间过短

红外加热再流焊机的结构为隧道式炉膛, 设有 2~3 个预热区, 一个焊接区, 在炉膛出口外面还有一个冷风冷却区。PCB 用链条或网带传送通过炉膛, 传送速度根据工艺需要可以无级调速。为适应双面 PCB 的焊接, 采用了上下同时加热。

红外辐射加热采用板式陶瓷红外辐射元件。波长为 2.5~5 $\mu\text{m}$  炉膛内的温度曲线可以设定, 焊接的实际温度曲线也可以进行测量, 设定曲线和实际测量的温度曲线都可以在显示屏上显示出来。如实测量焊接曲线与理想焊接温度曲线不一致, 可以调整设定曲线, 使最后实际焊接曲线与理想的焊接曲线相接近。

一般, 再流焊机的传输系统中都有手摇机构, 一旦发生问题, 可用手摇传送链将产品送出炉膛, 便可以在突然停电或出现故障时能立即把炉中的产品取出。此外, 为了防止氧化, 保证焊接质量, 有部分再流焊机附加了氮气保护。

在较高档的电路组装再流焊接中, 已经采用免洗焊膏和全封闭红外加热 N<sub>2</sub> 气氛对流的再流焊接设备。美国不仅继续使用汽车焊接设备, 而且还在进行深入研究。汽相再流焊由于生产成本昂贵和环保等原因使其应用受到限制, 为此本文对此类设备不作详细论述。近几年来, 主要从事强制对流加热的再流焊接技术和设备的研究, 以满足 PCMICA、BGA 和细间距 QFP 的焊接要求。

随着精细间距组装技术的出现, 充氮气氛再流焊接工艺和设备也随之问世。这种技术改善了再流焊接的质量和成品率, 成为这一领域的发展方向。

充 N<sub>2</sub> 气氛再流焊炉的优点:

- 减少氧化。
- 焊料湿润焊点、元件的效果更佳。
- 非湿润缺陷 (虚焊、漏焊、焊点不完整等) 减少了。
- 减少了焊球的形成。
- 不存在桥接, 提高了焊接质量。

实验证明, 氮气中的氧含量残余物越低的焊膏, 焊接能力就越低, 也就是说, 焊接缺陷率就越高。为此, 只有提高炉内氮气纯度, 才能发挥免清洗焊膏的作用。显而易见, 实现免清洗焊接是以高纯度 N<sub>2</sub> 气氛为代价的。

结论:

在替代 ODS 清洗技术中, 由于焊剂、焊膏的改型, 使得焊接工艺及焊接设备随之变化。尤其还要适应越来越高的组装密度及质量的要求, 使得免清洗工艺的实现难度很大。在免清洗助焊剂的研制过程中, 主要是围绕减少焊料氧化、减少残余物及提高湿润性等问题而展开的。为克服上述问题, 主要对策是在焊接设备中充惰性气氛。尽管各厂家生产的焊接设备各异, 但总的来说都是在波峰焊的波形上、工艺上打开突破口。目前还有激光焊技术应用于免

清洗技术中，由此可见，免清洗技术已深入人心，成为发展的主要潮流。

### 氮气在回流焊中的应用

在回流环境中，氮气提供了几个用途。氮气的使用可在通过多次回流焊时可保护板子的表面，防止焊盘和引脚的氧化，可以获得更好的引脚焊锡爬升和产生光亮的焊点。

这些结果在无铅工艺中更加明显。对氧化过程而言，更高的无铅焊接温度扮演了一个催化剂的角色。氮气将会帮助抵抗氧化。虽然无铅工艺没有要求，但是氮气可以提供更宽的工艺窗口。它也能减少表面的氧化和获得更好的焊点润湿。

当考虑一个加热系统时，带有空气和惰性气体选择配置的回流系统是一个好的选择。在加热区内平衡的气流就意味着在炉内部乱流的减少和低的氮气消耗量。时间应该被用在热量传递的设计上，以及制造商考虑气流平衡性的概念上。将闭环送风控制和变速送风机的组合并入回流系统的设计中，增强了系统的性能和减少了氮气的消耗。

然而，氮气的使用可能有一个下降趋势，其中原因包括了最初的设备成本，氮气成本，以及由于助焊剂挥发物被限制在设备内而引起的额外设备维护成本。当评估回流系统和氮气的使用时，一个高效率的系统设计应该被考虑进来。

### 挥发物处理

另一个需要考虑的因素是助焊剂挥发物的处理。回流炉应该能做到在外部的腔室里将负载有助焊剂的气体净化，并且将干净气体送回加热区中。举一个例子，最近发展的系统包括了一个两段过滤/分离系统和一体化的自清洁功能，从而减少了维护的需求。第一段过滤利用了网孔型的滤网，它包含在一个箱体内部。在进入箱体过程中，助焊剂蒸气经历了一个膨胀过程，增加了压力并且产生了小液滴，如果液滴足够大，那么就会从气流中落下来。

剩下的蒸汽通过滤网，滤网会将大的、重的颗粒从蒸汽中分离出来。这些颗粒主要由被卷入的金属、树脂和松香构成，并且它们保持粘附在滤网的外面。这一部分帮助消除了高粘度并且很难清除的残留物向下进入到系统里这一状况的发生。

滤网的清洁是通过一个附加的马达定期旋转滤网而完成的。施加在颗粒上的离心力克服了将它们粘在滤网上的附着力，并且被向着箱体的墙壁甩出去。由于它没有和主动冷却系统合并在一起，所以在箱体内气体通过时，系统保持了一定的温度，这使得粘在箱体壁上的较重的液体可以向下滴到位于箱体底部的排出罐里。

第二段过滤由包含在一个箱体里的充满了不锈钢球的填充物构成。主要由酒精和溶剂构成的，小的、轻质量的颗粒，包含在蒸汽中通过了第一层的过滤，将再次经受膨胀，从而增大了液滴的尺寸。然后，蒸汽通过填充层，和钢球产生多次的碰撞。

由于包含在蒸汽中的液体会在钢球的表面蔓延开来，且这些球被确定是可浸润的。因此，在颗粒和球的最初碰撞中，产生了不同种类的晶核，并且球被一层液体薄膜所覆盖。一旦球完全被薄膜所覆盖，包含在蒸汽中的颗粒就会和这层液体薄膜碰撞。由于这些是相似的物质，不同种类的晶核产生，同时液体也增大了，形成液滴，流进助焊剂收集罐中，等待清理。

设备可以相同，温度设定不同。当然一些古董炉可能只能用来固化红胶了。设备是可以的，但是红胶固化所需要的温度和回流焊相比，温度差异比较大，而且在制作炉温曲线时所要考虑的东西是不太一样的，现在很多的公司采用了低温固化的红胶来进行生产了。

这要根据红胶的特性来说的，我们一般设定的比如温区是十个:75.80.100.120.155.155.155.155.155

红胶的固化和锡膏回流焊接两者都是通过回流焊的温度设定来达到效果。专用红胶的固化炉我们公司都是用回流焊炉来固化红胶的!只是在炉温上有所区别!回流焊时所用的回流温度

比较高 MAX 一般在 230 度左右.固化红胶温度较低 MAX 一般在 155~160 度  
转无铅时回流炉是否还要做彻底清洗,听说炉内的残留松香及什么的烟气会污染炉内的板,不需要对炉子进行特别的清洗,我们公司有请专业人士对这个问题进行过评估,不用每次都去清洗,定期进行就好了

### 点胶—波峰焊中常见缺陷与解决方法

1、拉丝/拖尾 现象:拉丝/拖尾,点胶中常见缺陷 产生原因:胶嘴内径太小,点胶压力太高,胶嘴离 PCB 的间距太大,粘胶剂过期或品质不好,贴片胶黏度太高,从冰箱中取出后未能恢复到室温,点胶量太多等。 解决办法:改换内径较大的胶嘴,降低点胶压力,调节“止动”高度,换胶,选择适合黏度的胶种,从冰箱中取出后应恢复到室温(约 4h),调整点胶量。

2、胶嘴堵塞 现象:胶嘴出量偏少活没有胶点出来。 产生原因:针孔内未完全清洗干净,贴片胶中混入杂质,有堵孔现象,不相容的胶水相混合。 解决办法:换清洁的针头,换质量较好的贴片胶,贴片胶牌号不应搞错。

3、孔打 现象:只有点胶动作,无出现胶量。 产生原因:混入气泡,胶嘴堵塞。 解决方法:注射筒中的胶应进行脱气泡处理(特别是自己装的胶),按胶嘴堵塞方法处理。

4、元器件偏移 现象:固化元器件移位,严重时元器件引脚不在焊盘上。 产生原因:贴片胶出胶量不均匀(例如片式元件两点胶水一个多一个少),贴片时,元件移位,贴片胶黏力下降,点胶后 PCB 放置时间太长,胶水半固化。 解决办法:检查胶嘴是否有堵塞,排除出胶不均匀现象,调整贴片机工作状态,换胶水,点胶后 PCB 放置时间不应过长(小于 4 h)。

5、固化后,元器件黏结强度不够,波峰焊后会掉片 现象:固化后,元器件黏结强度不够,低于规范值,有时用手触摸会出现掉片。 产生原因:固化后工艺参数不到位,特别是温度不够,元件尺寸过大,吸热量大,光固化灯老化,胶水不够,元件/pcb 有污染。 解决办法:调整固化曲线,特别是提高固化温度,通常热固化胶的峰值固化温度很关键,达到峰值温度易引起掉片,对光固化胶来说,应观察光固化灯是否老化,灯管是否有发黑现象,胶水的数量,元件/pcb 是否有污染。

6、固化后元件引脚上浮/移位 现象:固化后元件引脚浮起来或移位,波峰焊后锡料会进入焊盘,严重时会出现短路和开路。 产生原因:贴片胶不均匀,贴片胶量过多,贴片时元件偏移。 解决办法:调整点胶工艺参数,控制点胶量,调整贴片工艺参数。

### 点胶技术的基本原则

#### 一、点胶过程中可改变的参数

当我们在涂布贴片胶时,关于胶本身和所使用的点胶机,均有许多可改变的参数,操作人员必须完全了解这些参数,以及它们对于过程结果所可能产生的影响。

这些参数分别是:

贴片胶的参数 点胶机的参数

粘度 针头与电路板的距离

温度的稳定性 针头的内径

流变性 胶点的直径

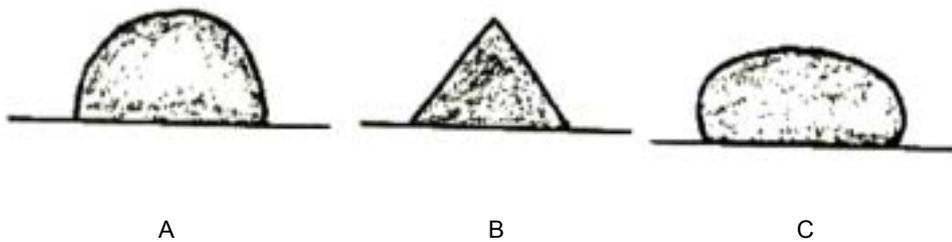
胶内是否有气泡 等待/延滞时间

沾附性(湿强度) z 轴的回复高度

胶质均匀性 时间和压力

#### 二、正确的胶点轮廓

点胶时应该获得的正确的胶点轮廓如图 1 所示



### 三、贴片胶的参数说明

#### 1、流变性

贴片胶的流变性就是在高剪切速率下粘度很快降低，但当剪切作用停止，粘度就迅速上升。好的流变性可以保证贴片胶顺利从针头流出，并在基板上形成合格的胶点。

#### 2、湿强度

贴片胶的湿强度就是固化前胶水所具有的强度，可以将元件固定，从而抵抗电路板移动或震动，避免元件移位。

元件移位强度=元件质量×加速力

抗移位强度=胶水的湿强度×接触面积

### 四、点胶机的参数说明

点胶针头与电路板的距离 ND / 针头内径 NID

这是进行点胶时，最重要的一项参数。如图 2 所示，如果针头和基板之间的距离 ND 不正确的话，操作人员将永远无法得到正确的点胶结果。在其他参数不变的情况下，ND 越大，胶点直径 GD 就越小，胶点高度 H 就越高，ND 越小，胶点直径 GD 就越大，胶点高度 H 就越低。

针头和基板之间的距离 ND 是根据针头的内径 NID 计算而得，针头内径越小，针头和基板之间的距离就变得越重要，例如：

针头内径=0.6mm

针头距离=针头内径÷2=0.6mm÷2 = 0.3mm

针头内径 = 0.5mm

针头距离=针头内径÷3=0.5mm÷3 = 0.17mm

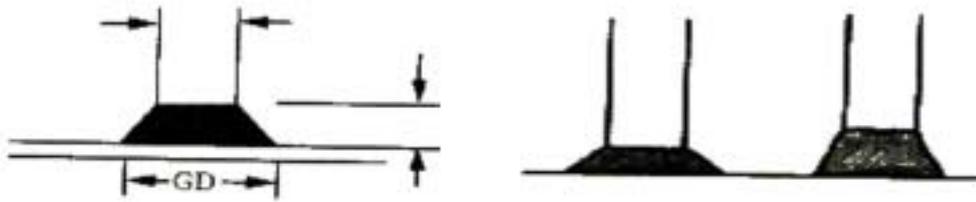
针头内径=0.4mm

针头距离 = 针头内径÷4 = 0.4mm÷4 = 0.1mm

#### 2、胶点的直径 GD

胶点的直径 GD 是针头内径 NID 和针头与基板的距离 ND 决定的。当针头内径 NID 相同时，如果改变针头和基板之间的距离 ND，虽然点的胶量完全相同，也可能得到不同的胶点直径 GD 和胶点形状，如图 3 所示。

但通过改变胶针的高度 ND 而改变胶点直径 GD 也有一定的范围限制，胶点直径 GD 是不可能小于甚至等于所使用的针头内径 NID。这是由于胶和针头之间表面张力(f1)与胶和基板之间的表面张力(F1)二者的相对作用力所致，如图 4 所示。



若要得到好的点胶效果，相当重要的是  $F1$  必须大于  $f1$ ，即  $F1 > f1$ 。

决定  $F1$  和  $f1$  大小的主要参数是胶点直径  $GD$  和针头内径  $NID$ ，所以通常要求  $GD > 2 \times NID$ 。但是胶点直径  $GD$  最大不能超过针头中心与挡柱之间的距离，否则胶会污染挡柱，如图 5 所示。

### 3、等待 / 延滞时间

我们必须记得所使用的胶本身的粘度依据其种类和温度而有所不同。无论我们所使用的是哪一种点胶系统，从我们选出点胶信号到胶实际从针头流出，一定有一个反应时间。这个反应时间依据注射筒的大小、使用的活塞种类、针头内径  $NID$ 、针头长度以及胶的粘度而改变。



因此，非常重要的是要能够控制点胶系统，设定正确的等待延滞时间，使其等待胶完全流出针头而正确地附着于基板上，如图 6 所示。



### 5、时间 / 压力

当我们开始点胶时，注射筒通常是装满了胶而所有的参数均是依据此一条件而调整。然而，当注射筒之中的胶逐渐用完时，系统的反应时间和特性将会改变。这表示当注射筒装满材料时，以一定时间和压力点出的胶点大小与胶即将用完时以相同时间和压力点出的胶点大小将不会相同。

有一种简便的方式减少由于这个问题所产生失误，即一开始的时候就使用半满的注射筒。如此将可以显著地降低整个生产过程中的差异性。

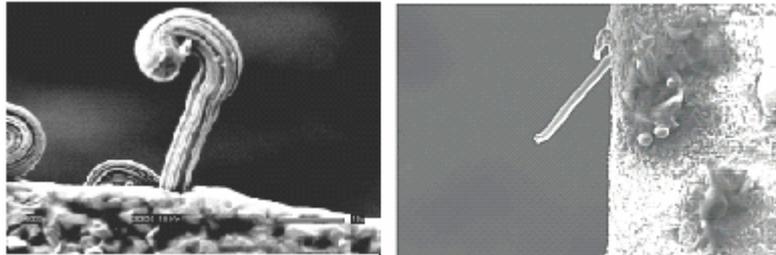
## 无铅电子产品的长期可靠性

### 1.可靠性

经过多年的研究和试验，研究人员把影响无铅产品长期可靠性的因素归结到以下 5 个方面。

#### 1.1 锡须

元器件和接头的 Sn 镀层表面在某些情况下会长出长达数百微米的锡须，如果这些导电的锡须长得太长的话，可能连到其他线路上，并导致电气短路等严重问题。Sn 晶须的生长属于一种自发的表面突起现象，其形成机理尚没有研究清楚，但普遍的观点认为：内部压应力是 Sn 晶须生长的主要动力之一。



在有铅焊接中，通过在器件引脚上使用 Sn-10Pb 镀层已经有效地消除了锡须问题，但在无铅制程因为无法使用 Sn-10Pb，所以这个问题又冒了出来。

有些公司用镀纯锡的器件生产了大量的无铅产品，已经发现使用过程中的锡须问题，并且在不到 2 年的时间内就会出现故障。虽然还不清楚实际的故障率，但证据显示锡须故障并未使总体的产品返修率增加。由于在细引脚器件上镀锡是最近三四年才有的事情，锡须对长期可靠性的影响还有待观察。

对于可能会造成人身伤害的产品，元器件和连接器就要首先考虑是不是具有下面这些特点：

- a. 引脚间距小于 1mm(有些公司采用的间距小于 0.3mm)
- b. 可采用金属外壳(例如通孔晶振或振荡器)
- c. 受积压的连接点(例如接头弯曲的电路)
- d. 有焊缝(例如电解电容)

一旦确定了关键器件，你应该要求器件生产商提供基于 iNEMI 建议或 JEDEC 标准 JESD22A121 的认证测试。业界对故障的定义几乎还是空白，所以你也许需要提出自己的标准。标准既可以是绝对数值，例如最大的晶须长度不能超过 25、50 或 75 $\mu\text{m}$ ，也可以是相对数值，如线间最小间距的 1/3 或 1/2。

利用电迁移等手段实现恒温加速晶须生长，可以对 PCB 组件进行早期评估。

#### 1.2 Kirkendall 空洞

在两种不相近的材料之间,由于扩散速率的不同所产生的空洞就称为 Kirkendall 空洞,这种空洞产生机制在 Sn-Pb 和无铅焊料中均存在。在最近的实验中,Sn-Pb 焊料中会产生很严重的空洞。但在过去 30 年的表面安装技术使用过程中,还没有因为 Kirkendall 空洞导致产品故障的报告。

在无铅焊料中,Kirkendall 空洞是由一些未知因素造成的,似乎会使问题更加严重,尤其是在长期的高温条件下。

### 1.3 机械震动

即使你没有碰到过 Kirkendall 空洞,对因机械震动或跌落造成的产品性能下降还是有所准备。有研究表明,在被施加震动、跌落或电路板被弯曲时,SAC(Sn-Ag-Cu)焊料合金的失效负载还不到 Sn-Pb 合金的一半。这种性能损失似乎是几个因素的共同作用,包括脆弱的金属间化合,因更高的回流焊接温度而导致的电路板降级,由于 SAC 比 Sn-Pb 更硬而传递了更大的应力。

这到底是一个长期可靠性问题,还是从一开始就是一个质量问题呢?便携式电子产品制造商的无铅化已经实施了数年,还没有因为跌落导致返修率增加的报告。有些公司把注意力集中到如何更好地控制制造环境,特别是减小最大的允许张力,从 1000 微肋变减少到 750 或 500 微肋变。

### 1.4 热循环

在某些特定的情况下,SnPb 材料的热性能比无铅的要好,应该考虑下面的一些情况。

- a. 对焊点疲劳高度敏感的元件(如大型片上电阻、陶瓷封装的 BGA、无引脚陶瓷基片、未填充的芯片级封装)。
- b. 最大的节点温度超过 80 , 驻留时间超过 4 小时(驻留时间随温度上升而下降)。
- c. 每天至少进行一次热循环,预期使用寿命至少为 10 年(使用寿命随循环频率的增加而减小)。

如果你处在上面提到的这些情况下,就需要进行基于现有的无铅焊料节点可靠性模型的加速寿命实验来确定风险。公开的模型更可靠一些,Amkor 和德国的 Fraunhofer Institute 为此做出了很多工作。

### 1.5 CAF 的形成

导电阳极丝(CAF)是由铜丝沿着玻璃纤维或树脂接口迁移形成的,会在相邻的导体间产生内部的电气短路,这对高密度电路板的设计来说是一个严重的问题,更高的回流焊温度会导致该问题更易发生。有些大型 PCB 板生产商在使用无铅回流焊时,就无法满足用户的 CAF 要求。

有些材料和加工工艺即使经过多次回流焊,也可以使电路板避免 CAF 问题。不管怎样,所有这些办法都会增加成本,因为会用到专利的或私有的技术。这样一来,除非客户特别要求,许多 PC 板生产商就不会采用可防 CAF 的材料。

Interface Science(Goleta, CA)通过引入硅烷开发了一种很有前途的减缓技术,可使密度和玻璃纤维的硅烷外壳一致性达到最大。更好的一致性可以使玻璃纤维和树脂结合得更加紧密,减少了 CAF 发生的可能性。

## 七、无铅制程

### 1 质量跟踪和标准制定

一个新工艺的实施，质量跟踪尤为重要，它能反映新工艺中的所有信息，如：人（参与此项工艺活动人员的能力）、机（机器的保证能力）、料（基板、焊膏、元件）、法（加工方法科学、正确性）、环境（是否符合工艺要求）。找出解决问题的方法，以备下次改进。

对于无铅工艺，在试行过程中要不断优化，并由相关部门针对具体实施情况进行标准化，使无铅化制程不断完善并得到贯彻执行。

无铅焊接作为新工艺，在实施过程中会遇到许多问题，须做好详细的工艺实施记录和质量记录，这是今后解决问题的依据。

在 SMT 的生产工艺中，对质量起着关键作用的是焊膏印刷工序，对此工序的质量状态和焊膏参数，要严格进行控制，以保证后工序的正常进行。

在接受正规的初始培训后，对于有一定锡铅手工焊接经验的人员来说，通过一定时间的练习，完全可以掌握无铅焊接工艺。但是，工艺部门除了提供给操作员良好的初始培训和定期的更新外，若能就手工焊接的艺术与构造、影响焊接点形成的因素、焊点质量评定标准等方面给予一定介绍，将对操作员的技术进步起到很大的促进作用。

由于无铅化制程还在不断完善，新工艺、新材料、新设备出现可能会改变现有制程。



NEW PNO:SP32SP0023X00389A050005	
PNO:PSP0A00A41G5	
Mark:7550-1#	
Date Code :E7070E1	Cust. P/N :
PKG :3 SOT89	Prog Ver :120(CATS)
Location : AS/RS	QA: PB FREE
Lot No:B4602L43-1	
Q'ty : 196ea	Date :2004/12/23
0X(2000) + 196 = 196 1	
Part.Load	[ - - 1

制造工艺的无铅是主要技术挑战之一，业界对这方面已有许多研究成果，但要注意，电子组

件也不能含有法令要求的镉、汞、六价铬、PBB 和 PBDE。如图 1 所示，所涉及到的问题包括：技术挑战如工艺更改、可靠性；到供应链挑战，如元器件符合跟踪、同一器件的符合和非符合版本的物料管理、避免大量废弃/非符合元器件的库存而造成影响。

### 技术挑战

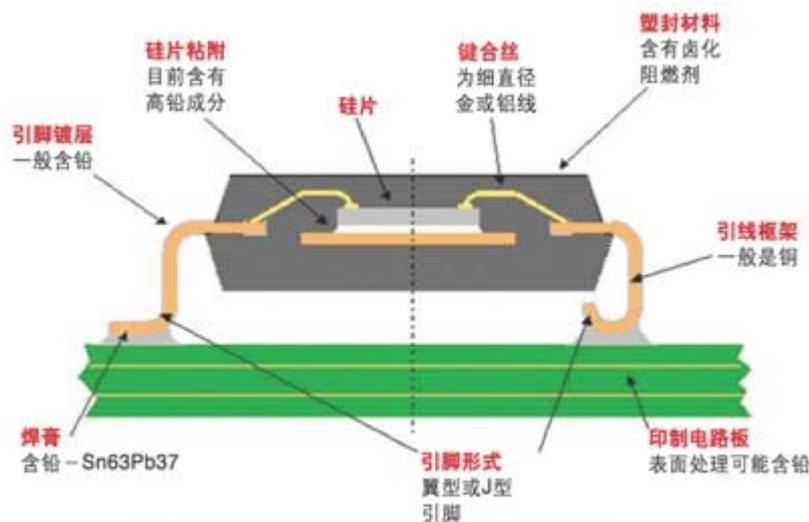


图2 RoHS实施所造成部分工艺的潜在影响

一个典型的组件如果切换满足 RoHS，可能会影响到的相应材料体系

设备：然而，只进行培训是不够的，每个工序都要对各自设备进行评估，以确保它能满足无铅认证的最低标准要求，如果不符合则需要对设备进行升级或更换。

一般地，所需的最大投资是波峰焊设备，在波峰焊设备上对无铅和有铅锡槽进行来回更换既困难又费钱，大多数情况下会使用两个不同的锡槽，每个槽中都还有价值几千美元的焊料，锡槽更换也非常耗时。最好是有专用的无铅波峰焊设备。

许多情况下这种投资都被延迟，因为导入的第一块无铅组件一般会尽量简单，也许不需要进行波峰焊，但是随着 RoHS 指令实施日期的日益临近，这种投资是必须的。

试运行：一旦现场生产线的设备和工艺完全升级完成，在量产制造开始之前就需要启动认证试运行了，以证明设备的工艺能力。图 6 大致列出了认证活动的任务分配和工作计划。图 7 是认证过程中用到的一种认证试验板。试验板进行检验及切片分析，每条生产线收集到的数据与另一条生产线进行对比分析，并对照合格/缺陷标准进行认证。

一旦生产线通过无铅生产认证，就可以开始进行无铅产品切换，必须确定和采购 RoHS 符合元器件、工艺辅料和 PCB，同时进行库存、在制物料隔离；然后进行产品特征认证，以保证所有产品特征工艺如预期一样运行。一旦完成此项活动，就可以启动量产制造了。

### 生产现场管理：

对于整个无铅组装实施的平稳推行，遇到的最大问题就是生产现场管理。在原型机加工时会在专门的设备上，整个控制会非常小心，然而一旦进入量产加工，需要更加关注无铅组件、元器件和辅料的管理。一个基本要求是无铅生产工具不能被锡铅焊膏污染，同时辅料体系绝对不允许混淆，必须对生产线实施严格管理，包括在试制前专门划分一个锡铅材料用专区，这是一个绝对必须的要求。一旦可以实施，需要安排专门生产线和专门区域，以减少污染和混淆的风险，如图 8 所示。

### 元器件管理：

对元器件进行隔离也是一个重要的问题，尤其是无铅元器件厂家型号没有进行变化的情况下，这时现场操作员根本无法判断元器件是否是 RoHS 符合元器件。从客户那来的库存元器件更会增加这种混乱，因为这些元器件通常会有一个新的“客户”器件型号。所以关键的是开发并实施一套系统，让操作员可以较容易地判断现场元器件的符合情况，以避免在符合单板上使用非符合的元器件，同时预防在锡铅单板上使用非向后兼容符合元器件。

### 返修工艺：

在上量阶段的另一个挑战，就是产品从锡铅工艺切换到无铅工艺的返修工作，在切换期间，工厂内有可能存在产品的锡铅和无铅版本共存的情况，因此，关键是每块单板进行返修时，可容易地识别其组装工艺。操作员必须清楚地判断每块单板原始组装工艺的重要性，然后使用相应的返修工艺。

## 结论

RoHS 符合制造切换是一个复杂的，但又是可管理的过程。重要的是要了解潜在的技术问题，同时在批量制造前进行相关工艺试验，以评估现有设备能力并识别基线工艺。必须做出并实施解决各种供应链和物流问题的计划，以确保在工厂系统内可以很好地管理符合元器件，同时生产符合认证所需要的数据可以随时获取。对于每条准备启动 RoHS 符合制造的生产线，必须开发并实施培训、文档化、制造认证等工作。如果这些工作每项都得到很好地管理，实施的冲击和困难将会大大降低。

相关推广工作及导入计划内容有以下几点可供参考：

#### 1、对相关无铅焊料的各种资料进行书面论证：

- 、无铅焊料之起源：

- 、无铅焊料之推动力：

- 、无铅焊料之市场导向：

( 至 可参考本文第一点相关论述 )

- 、无铅焊料之性能：

- 、无铅焊料成份之选用：

- 、无铅焊料品质之评估：

- 、无铅焊料成本之评估：

- 、与无铅焊料相匹配之助焊剂性能：

( 至 可参考本文第五、六点相关论述；以上 至 也要求焊料供货商协助提供相关支持； )

#### 2、协调、选择无铅焊料供货商对具体无铅焊料产品进行评估；

( 可要求无铅焊料生产厂商提供其产品配比或所含金属元素成分、焊料性能、适用的温度区域、对焊接设备的要求等方面相关资料 )

#### 3、协调各电子元器件生产商对电子元器件在无铅化进程中的适用性，及其性能论证；

( 此点应包括元器件管脚镀层之无铅成份及元器件所能承受热冲击能力进行评估 )

- 4、对线路板生产商进行线路板无铅化评估；  
(此点包括线路板自身的无铅化评估，及线路板所能承受之热冲击能力评估)
  - 5、对企业现有设备进行评估；  
(可参照本文第六点相关论述，或请求设备供货商予以支持)
  - 6、对引入无铅焊料后生产工艺之调整，以及生产工艺调整后对企业产品质量、生产效率等各方面所带来的影响进行评估；  
(相关参数之调整可参照本文第五点及第六点相关论述)
  - 7、对无铅化导入计划中所涉及到各部门，要求他们作出相应工作计划书；
  - 8、在确定以上程序基本完成，并有理论、技术支持后，可在工程或技术部门内部做无铅焊料的应用实验；
  - 9、对实验结果进行总结，对不足或存在明显缺陷部分进行改进，或协调相关供货商寻求技术支持；
  - 10、将无铅焊料安排到生产线进行试用、或对部分产品进行无铅化实验；
  - 11、在所有评估、实验完成以后，进行最终的无铅化导入程序进行总结；并编制无铅焊料使用工艺及各相关工位工作指导书。
- 无铅手工焊接成本

### 开发无铅焊接工艺五个步骤

采用无铅焊接材料，对焊接工艺会产生严重的影响。要开发一条合格的无铅焊接生产线，需要进行仔细地计划，以严格的工艺监视确保产品的质量，使工艺处于受控状态。这些控制与许多的改变有关，如材料、设备、兼容问题、污染问题、统计工艺控制(SPC)程序等。因此，

1 选择适当的材料和方法 因为对于无铅焊接工艺来说，无铅焊料、焊膏、助焊剂等材料的选择是最关键也是最困难的。在选择这些材料时还要考虑到焊接元件的类型、线路板的类型，以及它们的表面涂敷状况。选择的这些材料应该是在自己的研究中证明了的，或是权威机构或文献推荐的，或是已有使用的经验。对于焊接方法，要根据元件类型、表面安装元件、通孔插装元件、线路板的情况、板上元件的多少及分布情况等实际情况进行选择，对于表面安装元件的焊接，需采用回流焊的方法；对于通孔插装元件，可根据情况选择波峰焊、浸焊或喷焊法来进行焊接。

这时就要根据焊接工艺要求选择设备及相关的工艺控制和工艺检查仪器，或进行升级。焊接设备及相关仪器的选择跟焊接材料的选择一样，也是相当关键的。

2 确定工艺路线和工艺条件 对所选的焊接材料进行充分的工艺试验，以了解其特性及对工艺的影响。确定工艺条件。

3 开发健全焊接工艺 这一步是第二步的继续。它是对第二步在工艺试验中收集到的试验数据进行分析，进而改进材料、设备或改变工艺，以便获得在实验室条件下的健全工艺。在这一步还要弄清无铅合金焊接工艺可能产生的污染，知道如何预防、测定各种焊接特性的工序能力(CPK)值，以及与原有的锡铅工艺进行比较。通过这些研究，就可开发出焊接工艺的检查 and 测试程序，同时也可找出一些工艺失控的处理方法。在这一步，还需要对焊接样品进行可靠性试验，以鉴定产品的质量是否达到要求。如果达不到要求，需找出原因并进行解决，直到达到要求为止。一旦焊接产品的可靠性达到要求，无铅焊接工艺的开发就获得成功，这个工艺就为规模生产做好了准备就绪后的操作一切准备就绪，现在就可以从样品生产转变到工业化生产。在这时，仍需要对工艺进行监视以维持工艺处于受控状态。

5 控制和改进工艺 无铅焊接工艺是一个动态变化的舞台。工厂必须警惕可能出现的各种问题以避免出现工艺失控，同时也还需要不断地改进工艺，以使产品的质量和合格晶率不断得

到提高。对于任何无铅焊接工艺来说，改进焊接材料，以及更新设备都可改进产品的焊接性能。

### 八、绿色设计

绿色设计的目标

- a. 防止废弃物产生。减少资源消耗，减少废弃物的数量和毒性，延长产品寿命。
- b. 改良物料管理，促进能源再利用。

#### 覆铜板板材等级

##### 1. FR-4 A1 级覆铜板

此级主要应用于军工、通讯、电脑、数字电路、工业仪器仪表、汽车电路等电子产品。该系列产品之质量完全达到世界一流水平，为本公司档次最高，性能最佳的产品。

##### 2.FR-4 A2 级覆铜板

此级主要用于普通电脑、仪器仪表、高级家电产品及一般的电子产品。此系列覆铜板应用广泛，各项性能指标都能满足一般工业用电子产品的需要。有很好的价格性能比。能使客户有效地提高价格竞争力。

##### 3.FR-4 A3 级覆铜板

此级覆铜板是本公司专门为家电行业、电脑周边产品及普通电子产品（如玩具，计算器，游戏机等）开发生产的FR-4产品。其特点在于性能满足要求的前提下，价格极具竞争优势。

##### 4.FR-4 AB 级覆铜板

此级别板材属本公司独有的低档产品。但各项性能指标仍可满足普通的家电、电脑及一般的电子产品的需要，其价格最具竞争性，性能价格比也相当出色。

##### 5.FR-4 B 级覆铜板

此等级的板材属本公司的次级品板材，质量稳定性较差，不适用于面积较大的线路板产品，一般适用尺寸 100mmX200mm 的产品。它的价格最为低廉，但客户应注意选择使用。

对于一般的电子产品采用FR4环氧玻璃纤维基板，对于使用环境温度较高或挠性电路板采用聚酰亚胺玻璃纤维基板，对于高频电路则需要采用聚四氟乙烯玻璃纤维基板；对于散热要求高的电子产品应采用金属基板。

选择 PCB 材料时应考虑的因素：

- (1)应当选择玻璃化转变温度(Tg)较高的基材，Tg 应高于电路工作温度。
- (2)要求热膨胀系数(CTE)低。由于 X、Y 和厚度方向的热膨胀系数不一致，容易造成 PCB 变形，严重时会造成金属化孔断裂和损坏元件。
- (3)要求耐热性高。一般要求 PCB 能有 250 / 50S 的耐热性。
- (4)要求平整度好。SMT 的 PCB 翘曲度要求<0.0075mm / mm。
- (5)电气性能方面，高频电路时要求选择介电常数高、介质损耗小的材料。绝缘电阻，耐电压强度，抗电弧性能都要满足产品要求。

## 1. PCB 的终饰

所有的 PCB 上都有铜层，如果铜层未受保护将会氧化和损坏。PCB 终饰指 PCB 焊盘上覆盖的保护层，主要作用是防止焊盘氧化，保证其良好的可焊性。在传统的 Sn-Pb 焊接工艺中，热风整平（HASL）一直是最主要的线路板终饰，无铅工艺的最常见的线路板终饰包括有机物可焊性保护层(OSP)、化学镀 Ni/浸 Au(ENIG)、浸 Ag、浸 Sn 等几种，物理特性对比如下：

终饰类型	成本	可回流次数	与焊剂兼容性	保存期	厚度(mm)
HASL	中	4	好	12个月	1~2.5
OSP	低	≥4	一般	12个月	0.005~0.02 Au / 0.2~0.5 Ag
浸 Ag	中	5	好	12个月	0.05~0.20
浸 Sn	中	5	好	12个月	0.8~1.2
ENIG	高	4	好	6个月	0.05~0.2Au / 3~5Ag

### 1.1 HASL

HASL 是 PCB 处理工艺中的传统的有铅表面处理工艺，方法是将电路板浸到锡液中，用“风刀”吹掉多余的焊料，所谓的风刀就是在板子表面吹的热风。HASL 工艺有如下优点：

- a. 是成本最低的 PCB 表面处理工艺
- b. 在整个制造过程中保持可焊接性，而且通过多次回流焊、清洗和存储后表面层还可以焊接，对测试无负面的影响
- c. 焊料能自动覆盖测试焊盘和过孔

HASL 的应用效果一直不错，但是也有其自身不足：

- a. 通常使用含铅工艺，与环保要求不符
- b. HASL 工艺的表面平整性很差，这会导致在组装工艺中的同面性问题
- c. 对于精细引脚间距(<0.64mm)的情况，可能导致焊料的桥接和厚度问题

但是随着环保要求的提出，以及越来越高的板子复杂性和更精细的间距已经使 HASL 工艺暴露出很多的局限性，新出现的一些替代工艺，使 HASL 这种工艺存在的日子屈指可数。

### 1.2 . OSP

OSP 是利用唑类有机物在 PCB 的铜面上反应生成一层薄薄的、均匀的聚合物保护层，保证 PCB 在存储和组装操作中保护电路不被氧化。OSP 工艺已经存在很久了，是无铅 PCB 的终饰中最廉价的，在成本上与 HASL 具有可比性，但是直到最近随着寻求无铅技术和精细间距解决方案才获得普及，是目前得到广泛应用的一种工艺，其优点如下：

- a. 焊盘表面平整，利于锡膏印刷，有利于减少在 HASL 下常见的桥连缺陷。
- b. 在波峰焊和回流焊中表现出良好的可焊性。
- c. 工艺简单，成本低，多数供应商已有此工艺能力。
- d. 有利于焊料与焊盘之间形成锡铜金属间化合物，保证形成良好的焊点。
- e. 存储时间可长达 1 年。

OSP 工艺也有一些固有的缺点，主要表现如下：

- a. 易受污染，不能用于触摸 OSP 保护层，因为汗液中的盐份会破坏 OSP 保护层，导致可焊性下降。
- b. 增加包装成本，PCB 之间要使用隔离纸以防止相互摩擦造成 OSP 表面的损伤。
- c. 增加测试困难，限制 ICT 测试和减少了测试的可重复性。为保证测试可靠，一般须改用多点顶针，并且顶针的更换频率会加快。
- d. 不能用于高频组件，多数高频组件都会焊接金属屏蔽，但 OSP 保护层上焊接的金属屏蔽可能无法获行良好效果。
- e. 增加锡膏印刷难度，要求锡膏要一次印刷成功，否则任何形式的清洗都会严重破坏 OSP 表面。例如使用醇类有机溶剂清洗可溶解掉 75% 的 OSP，使用水清洗也会溶解 15% 的 OSP。

f. OSP 表面不能用于引线键合。

OSP 对组装工艺的要求有大的改变，如果直接探测铜面焊盘，过尖的 ICT 探针可能损坏 PCB，所以任何测试性指印都强烈建议不直接对裸露的铜面焊盘进行探测。

OSP 有发展的趋势，目前业界用的也比较多。但它的时效性阻碍了发展速度，通常认为 SMT 到波峰焊的间隔时间需要控制在 12 小时内，不过也有资料显示在室内环境下，可以存放超过 24 小时。

使用 OSP 的板材在经过高温的加热之后，保护膜会受到破坏，而导致焊锡性降低。若 PCB 采用混合组装，当经过一次红胶固化后，再采用波峰焊接的效果可能会下降，具体的情况，需要试验后才能确定。

### 1.3 ENIG (化学镀 Ni / 浸 Au)

ENIG 早已有应用，是成本最高的工艺，但它具有平整的表面和出色的可焊接性，焊盘具有良好的抗腐蚀性，在日本和欧盟占主导地位，是 JEITA 建议使用的工艺，适合用于板上芯片 (COB) 设计的焊线粘接焊盘。其有如下优点：

- a. 其表面平整度好，利于小尺寸焊盘的锡膏印刷
- b. 可焊性好，接触电阻小
- c. 可以用于引线键合工艺，从而取代成本高昂的电镀 Ni/Au
- d. 高温下不易氧化
- e. 储存寿命长、可以承受多次的回流焊

主要的缺点是：

- a. 无电镀镍层很脆弱，已经发现在机械压力下破裂的情况。这在工业上称为“黑块”或者“泥裂”，这导致了 ENIG 的一些负面报道，被 DELL、HP 等公司禁止使用。
- b. 成本高，大约为 HASL 的 5 倍。
- c. 制造工艺使用了氰化物和其他一些有害的化学物质。

### 1.4. 化 Ag

化 Ag 是在铜层上形成 0.4 到 0.8 微米的金属层镀层，化 Ag 是 PCB 表面处理的一种最

新方法，具有非常好发展前景，主要用在亚洲地区，在北美和欧洲正在获得推广。在焊接过程中，银层融化到焊接点中，在铜层上留下一层锡/铅/银合金，这种合金为 BGA 封装提供了非常可靠的焊接点。

虽然银具有很强的迁移性，因而导致漏电的情形发生，但是化银工艺并非以往的镀银。银比铜有更高的标准电动势，因此化银实际上是进行一种电化学置换反应，经过化 Ag 处理的 PCB 一般建议在 22% 和 50% 相对湿度的环境中保存。

化 Ag 工艺成本较低，工艺过程稳定，表面平整、具有良好的可焊性，是 HASL 沉浸的自然替代，其可焊性的寿命也比 OSP 板久，成为越来越重要的线路板终饰。

化 Ag 层提供测试探针能咬入的“肉”，但它很薄，容易被测试针损坏，空气中的硫或氯化物可能导致其发黄，影响可焊性。所以，化 Ag 并没有 HASL 或者 OSP 那样应用广泛，但是初始的研究表明作为一种制造工艺它是 HASL 一种自然的替代。

### 1.5 浸 Sn

浸 Sn 是一种较新的表面处理工艺，与浸 Ag 工艺具有很多相似的特性。Sn 相对于 Cu 而言是不活泼金属，所以在浸 Sn 工艺中要借助于一些催化剂和其它添加剂。浸 Sn 工艺在欧盟国家较常用，但其工艺中使用到的硫脲 (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>S) 是一种致癌物质，使其在美国使用受到限制。再加上浸 Sn 表面易生长出晶须，从而影响产品可靠性，抗迁移化学制剂在控制这种问题上能获得一定的效果，总体来讲浸 Sn 工艺目前应用前景不被看好。

PCB 表面处理的工艺没有十全十美的，每种方法都有其需要考虑的问题。尽管 OSP 并不是 HASL 的自然替代，但是它已经成为 PCB 制造商研究的首选替代方案，这种选择很可能是源于认识到单位成本的节省。但是，我们应该注意到 OSP 层的 PCB 其工艺的性能比其它的无铅表面处理差，当没有改变工艺以允许在测试焊盘和过孔上用焊膏时，这将导致测试的可靠性问题，因为维护夹具中断时时间和损坏板子的废料的成本，可能会抵消 PCB 上初始节省的成本。

### 镀金板

这是目前现有的所有板材中最稳定，也最适合使用于无铅制程的板材，尤其在一些高单价或者需要高可靠度的电子产品都建议使用此板材作为基材，只是其成本也是所有板材中最高的。

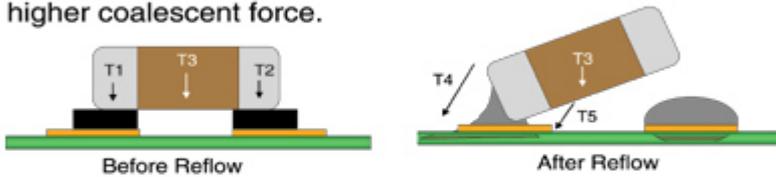
## 2. PCB 的温度要求

在 PCB 板选择时，对基板的耐高温程度有一定的要求，FR4 的 T<sub>g</sub> 点为 130~145℃，它可以耐受 260~280℃，可以满足无铅焊接的要求。

要求基板焊盘的镀层要与所选用的焊膏有相近的熔化温度，有良好的浸润力和浸润效率，这一参数直接影响着焊接互连的完整性。避免使用裸铜焊垫 PCB，以免在高温环境下氧化严重不利于焊接。

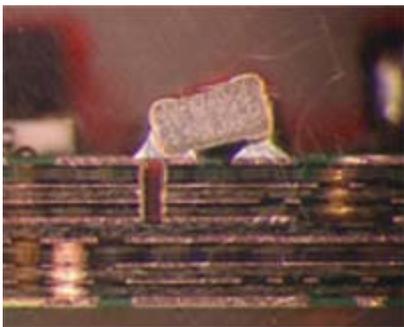
### 20X40 Tombstone Failures

Leadfree Solder paste is more prone to tombstone failures d higher coalescent force.



T1 & T2 : Tack Force  
 T3 : Weight  
 T4 : Surface Tension (outside)  
 T5 : Surface Tension (underneath)

图9 无源元件组装时“立碑”机理示意图



0402 Stencil Aperture Openings

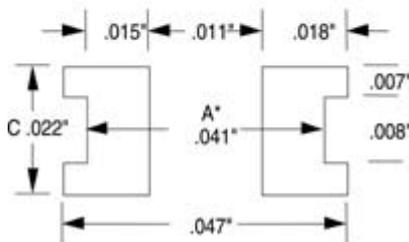


图11 用于减少无源器件“立碑”现象的钢网开口设计改变

## 2. PCB 上的标志



建伍公司印在 PCB 基板上的无铅标志。



JEITA(电子信息技术产业协会)

## 无铅焊锡电烙铁介绍

无铅焊锡电烙铁，功率在 70—80W 左右，有可调温度系统、优良的适应性及耐用性。如果你要购买新的无铅焊锡电烙铁，可考虑使用以下型号：

\*HAKKO (白光) 942

\*WELLER WSD80 及兼容产品。

### 3. 提高波峰焊接质量的方法

#### 3.1 对印制板质量及元件的控制

a. 焊盘设计。在设计插件元件焊盘时，焊盘大小尺寸设计应合适。焊盘太大，焊料铺展面积较大，形成的焊点不饱满，而较小的焊盘铜箔表面张力太小，形成的焊点为不浸润焊点。孔径与元件引线的配合间隙太大，容易虚焊，当孔径比引线宽 0.05 ~ 0.2mm，焊盘直径为孔径的 2 ~ 2.5 倍时，是焊接比较理想的条件。在设计贴片元件焊盘时，应考虑以下几点：

为了尽量去除“阴影效应”，SMD 的焊端或引脚应正对着锡流的方向，以利于与锡流的接触，减少虚焊和漏焊，波峰焊时推荐采用的元件布置方向图如图 4 所示；

波峰焊不适合于细间距 QFP、PLCC、BGA 和小间距 SOP 器件焊接，也就是说在要波峰焊接的这一面尽量不要布置这类元件；

较小的元件不应排在较大的元件后，以免较大元件妨碍锡流与较小元件的焊盘接触，造成漏焊。

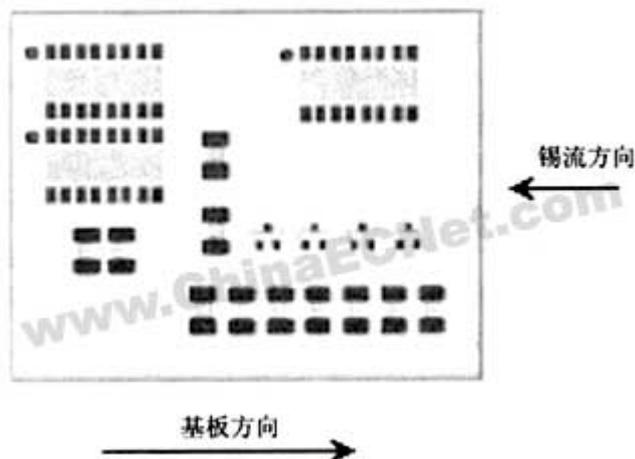


图 4 波峰焊推荐采用元件方向图

b. PCB 平整度控制。波峰焊对印制板的平整度要求很高，一般要求翘曲度要小于 0.5mm，如果大于 0.5mm 要做平整处理。尤其是某些印制板厚度只有 1.5mm 左右，其翘曲度要求就更高，否则无法保证焊接质量。

c. 妥善保存印制板及元件，尽量缩短储存周期。在焊接中，无尘埃、油脂、氧化物的铜箔及元件引线有利于形成合格的焊点，因此印制板及元件应保存在干燥、清洁的环境下，并且尽量缩短储存周期。对于放置时间较长的印制板，其表面一般要做清洁处理，这样可提高可焊性，减少虚焊和桥接，对表面有一定程度氧化的元件引脚，应先除去其表面氧化层。

## 提高波峰质量的方法及效果

插件元件与表面贴装元件同时组装于电路基板的混装工艺仍是当前电子产品中采用最普遍的一种组装

形式，SMT混装波峰焊技术对工艺参数的要求是相当苛刻。焊接工艺参数选择不当，不但影响焊接质量，而且还会出现桥接、虚焊等焊接缺陷，严重影响焊接质量。下面将就一些提高波峰焊质量的方法和措施做些讨论。

### 一、焊接前对印制板质量及元件的控制

#### 1、焊盘设计

设计插件元件焊盘时，焊盘大小尺寸设计应合适。焊盘太大，焊料铺展面积较大，形成的焊点不饱满，而较小的焊盘铜箔表面张力太小，形成的焊点为不浸润焊点。孔径与元件线的配合间隙太大，容易虚焊，当孔径比引线宽0.05~0.2mm,焊盘直径的2~2.5倍时，是焊接比较理想的条件。

在设计贴片元件焊盘时，应考虑以下几点：

·为了尽量去除“阴影效应”，SMD的焊端或引脚应正着锡流的方向，以利于与锡流的接触，减少虚焊和漏焊。波峰焊时推荐采用的元件布置方向如图1所示。

·波峰焊接不适于细间距QFP、PLCC、BGA和小间距SOP器件焊接，也就是说在要波峰焊接的这一面尽量不要布置这类元件。

·较小的元件不应排在较大元件后，以免较大元件妨碍锡流与较小元件的焊盘接触，造成漏焊。

#### 2、PCB平整度控制

波峰焊接对印制板的平整度要求很高，一般要求翘曲度要小于0.5mm要做平整处理。尤其是某些印制板厚度只有1.5mm左右，其翘曲度要求就更高，否则无法保证焊接质量。

#### 3、妥善保存印制板及元件，尽量缩短储存周期

在焊接中，无尘埃、油脂、氧化物的铜箔及元件引线有利于形成合格的焊点，因此印制板及元件应保存在干燥、清洁的环境下，并且尽量缩短储存周期。对于放置时间较长的印制板，其表面一般要做清洁处理，这样可提高可焊性，减少虚焊和桥接，对表面有一定程度氧化的元件引脚，应先除去其表面氧化层。

### 二、生产工艺材料的质量控制

在波峰焊接中，使用的生产工艺材料有：助焊剂和焊料。分别讨论如下：

#### 1、助焊剂质量控制

助焊剂在焊接质量的控制上举足轻重，其作用是：

- (1) 除去焊接表面的氧化物；
- (2) 防止焊接时焊料和焊接表面再氧化；
- (3) 降低焊料的表面张力；
- (4) 有助于热量传递到焊接区。

目前，波峰焊接所采用的多为免清洗助焊剂。选择助焊剂时有以下要求：

- (1) 熔点比焊料低；
- (2) 浸润扩散速度比熔化焊料快；
- (3) 粘度和比重比焊料小；
- (4) 在常温下贮存稳定。

### 2、焊料的质量控制

焊料在高温下(2500C)不断氧化,使锡锅中锡-铅焊料含锡量不断下降,偏离共晶点,导致流动性差,出现连焊、虚焊、焊点强度不够等质量问题。可采用以下几个方法来解决这个问题:

添加氧化还原剂,使已氧化的SnO还原为Sn,减小锡渣的产生。

不断除去浮渣。

每次焊接前添加一定量的锡。

采用含抗氧化磷的焊料。

采用氮气保护,让氮气把焊料与空气隔绝开来,取代普通气体,这样就避免了浮渣的产生。这种方法要求对设备改型,并提供氮气。

目前最好的方法是在氮气保护的氛围下使用含磷的焊料,可将浮渣率控制在最低程度,焊接缺陷最少、工艺控制最佳。

### 三、焊接过程中的工艺参数控制

#### 1、预热温度的控制

预热的作用:

使助焊剂中的溶剂充分发挥,以免印制板通过焊锡时,影响印制板的润湿和焊点的形成;

使印制板在焊接前达到一定温度,以免受到热冲击产生翘曲变形。根据我们的经验,一般预热温度控制在180-2100C,预热时间1-3分钟。

#### 2、焊接轨道倾角

倾角对焊接效果影响较为明显,特别是在焊接高密度SMT器件时更是如此。当倾角太小时,较易出现桥接,特别是焊接中,SMT器件的“遮蔽区”更易出现桥接;而倾角过大,虽然有利于桥接的消除,但焊点吃锡量太小,容易产生虚焊。轨道角应控制在50-70之间。

#### 3、波峰高度

波峰的高度会因焊接工作时间的推移而有一些变化,应在焊接过程中进行适当的修正,以保证理想高度进行焊接波峰高度,以压锡深度为PCB厚度1/2-1/3为准。

#### 4、焊接温度

焊接温度是影响焊接质量的一个重要的工艺参数,焊接温度过低,焊料的扩展率、润湿性变差,使焊盘或元器件焊端由于不能充分的润湿,从而产生虚焊、拉尖、桥接等缺陷;焊接温度过高时,则加速了焊盘、元器件引脚及焊料的氧化,易产生虚焊。焊接温度应控制在250+50C。

## 四、常见焊接缺陷及排除

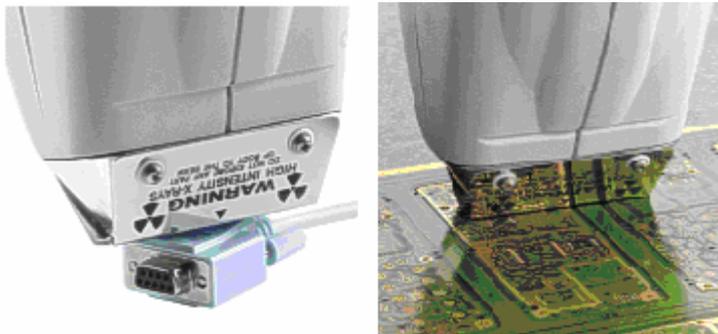
影响焊接质量的因素是很多的，下表列出的是一些常见缺陷及排除方法，以供参考。

缺陷	产生原因	解决方法
焊点不全	助焊剂喷涂量不足	加大助焊剂喷涂量
	预热不好	提高好预热温度、延长预热时间
	传送速度过快	降低传送速度
	波峰不平	稳定波峰
	元件氧化	除去元件氧化层或更换元件
	焊盘氧化	更换PCB
	焊锡有较多浮渣	除去浮渣
桥接	焊接温度过高	降低焊接温度
	焊接时间过长	减少焊接时间
	轨道倾角太小	提高轨道倾角
焊锡冲上印制板	印制板压锡深度太深	降低压锡深度
	波峰高度太高	降低波峰高度
	印制板翘曲	整平或采用框架固定

### 结束语

波峰焊接是一项很精细工作，影响焊接质量的因素很多，还需我们更深一步地研究和讨论，以期提高波峰焊的焊接质量。

## 电子元器件的耐热问题



手持式 X 荧光(XRF)合金分析仪

铅 Pb (Lead)

汞 Hg (Mercury)

镉 Cd (Cadmium)

六价铬 Cr<sup>+6</sup> (Hexavalent chromium)

聚溴联苯 (PBB)

多溴二苯醚 (PBDE)

锡 Sn (Tin)

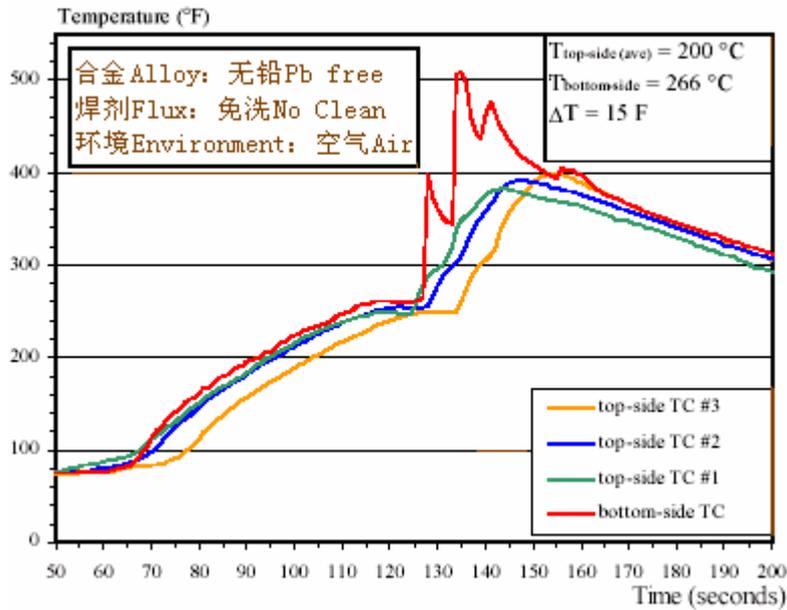
铜 Cu (Copper)

铁 Fe (Iron)

银 Ag (Silver)

氩 Ar (Argon)

氮 (Nitrogen)



### 绿色浪潮下的工业设计

绿色产品开发，是从绿色产品的设计开始的，绿色设计是以节约资源和保护环境为宗派宗旨的设计理念和办法，它强调保护自然生态，充分利用资源，以人为本，善待环境，绿色设计不应是一个倡议和提议，它应成为现实文明和未来发展的方向。

绿色设计不仅需要设计师的理性，更需要新兴科学和技术的融入，同时具有广泛的社会性和持久性，绿色设计的推广不应仅限于设计师本身，更应广泛深入公众和消费者，从设计、实施、完善为结构的良性循环将对文明社会的可持续发展有深远的意义。

树立绿色设计的观念就是要让工业设计师认识到绿色设计产品是现代企业参与市场竞争的新式武器，因为个体的消费动机虽然来自于他们的心理需求，但那需求的产生和发展却不能不受到社会消费时尚的强烈影响。

**关键词：**

**生态环境 绿色产品 绿色设计 可持续发展**

**引言：**

进入廿世纪以来，随着全球经济的高速发展，人类在消耗自然资源、生产制造大量产品的同时，又在不断地加剧生态环境的恶化，地球日渐变暖、大气严重污染、陆地逐渐减少、水土大量流失、耕地瞬间沙化。我们人类正以自己的聪明才智，加速毁坏自身的家园，大自然在不断为人类提供丰富资源的同时，也带来了连年不断的灾难！以上这些人类共同面临的窘境，已引起世界上许多国家的高度重视，一股以保护环境、保护有限资源、保护人类身健康为目标的绿色浪潮，正在全球兴起。在这绿色浪潮的带动下，相应的绿色产品的开发与设计方法也成为工业设计师们所关注的焦点。

**注重绿色设计 保护生态环境**

绿色产品开发，是从对绿色产品的设计开始的，绿色设计是以节约资源和保护环境为宗旨的设计理念和办法，它强调保护自然生态，充分利用资源，以人为本，善待环境，使绿色设计不应仅是一个倡议和提议，它应成为现实文明和未来发展的方向。面对当前全球的环境污染、生态破坏、资源浪费和温室效应，资源殆尽，每个地球人都感到生存的危机。

因此，工业设计师作为推进人类文明发展的设计家，肩负着重要的使命。而绿色设计的实质就是使产品来自自然，又回归自然，并在本质上更接近自然。绿色产品的设计，首先要考虑产品原料和能源的无公害和低消耗。现代科技的发展在为人们带来诸多方便的同时，也带来了更多的隐患。如制造一台个人电脑需要用 700 多种化学原料，而这些原料大约有一半含有对人体有害的毒素，例如，用于制造电脑机壳的塑料都含有一层防火的有害制剂。

一台电脑显示器中含有约 2.5 磅的有毒元素铅，如果将淘汰的电脑垃圾掩埋在土壤中，这些玻璃中的铅就会渗透出来，对土壤造成严重的污染，而现在采用的方法是将它们进行焚化处理，但在焚化过程中，这些原料将会释放大量的有害气体和重金属，对空气造成污染，最终形成酸雨。鉴于这种现象，目前许多电脑公司都将注意力集中到产品从使用---废弃---回收处理的各个环节，对环境无害或危害极小、或最大限度地节约能源，将产品生命周期的各个环节的能耗降至最低。最近，IBM 公司宣布，该公司新的流水线中，制造中央处理器的塑料将可以百分之百的回收。瑞典的富豪汽车公司，最近也推出一项有关环境政策：该公司生产的所有汽车，从设计到变成废铁回收，都要考虑它对环境的影响，不仅最大限度地关注环境安全，而且关注产品从结构到设计、从生产，使用到最后处理的生命周期，以及购买零部件时，都要选择利于环保和可回收的材料。

提起消灭害虫，人们马上就想到施放农药，喷杀虫剂，可是当喷出大量的化学药剂时，不光杀死了害虫，还污染了环境，并使蔬菜瓜果中残留大量农药，给人们的生活带来了危害。而荷兰的一家蔬菜公司采用益虫吃害虫的构想：在蔬菜温室大棚内放置一台探测仪，测出该温室内的害虫数量，然后到专门生产益虫的工厂购买数倍于害虫的益虫投入大棚内，害虫 寡不敌众，终被益虫一扫而光。这种绝妙的构想真可谓一举数得，既减少了污染（不用化学药剂），又保证了蔬菜瓜果的天然、洁净，而且还发展了一个相关产业----益虫生产。

### 树立绿色设计观念 重新审视现代设计

以往工业设计最终目标，是针对产品的基本属性：即在完成了该产品应达到的技术、功能、工艺以及市场的目标后，传统的设计目标就算大功告成了。而绿色设计则包含产品从创意构思到制造、使用以及废弃后回收、再生处理的各个过程，也就是包括产品的整个生命周期。在考虑产品环境属性的同时，预先考虑防止产品及工艺对环境的负面影响，并以此作为绿色设计的目标。

树立绿色设计的观念就是要让工业设计师认识到绿色设计产品是现代企业参与市场竞争的新式武器，因为个体的消费动机虽然来自于他们的心理需求，但那需求的产生和发展却不能不受到社会消费时尚的强烈影响。

在德国，政府立法规定电视制造企业必须回收自己的电视机方能生产，为此，施奈特电子公司不久前研制出了一种绿色电视机，其零部件回收率高达 90% 以上。目前德国 30% 的商品已成为绿色产品。这得利于该国 1977 年实施的蓝天使计划：对在生产和使用过程中都符合环保要求，且对生态环境和人体健康无损害的商品，授予绿色产品标志。无此标志的商品，在进口时要受到数量和价格上的限制，虽带有明显的贸易歧视，却受到本国生产者和消费者的认同。而后，西方其他国家甚至包括日本也相继建立了绿色标志认证制度，以保证消费者能识别产品的环保属性，从而也激励企业去生产无公害、低污染的绿色产品。

在日本，许多储存了几十年甚至上百年的旧木酒桶，以往都被人丢弃或当柴烧，一家具公司偶然发现并加以利用，使这废弃的木酒桶成了家具的上好木材。具体作法是：先将木酒桶拆开，将弯曲的木板条进行热压处理，然后再将压直了的木板条拼成板材，进行抛光，上漆等工艺处理，成了桌、茶几、长椅等家具的面板。利用旧木酒桶做的家具，不仅降低成本 35% 以上，而且因木酒桶长时间被酒精渗透、浸泡，制造出来的家具竟然从未发生蛀虫现象，这真是歪打正着！

进入新世纪，工业设计师今天所担负的使命，比过去任何一个时期都艰辛，他们必须面对许多新问题：要关注产品设计—生产—消费的方法和过程；要有效的利用有限资源和使用可回收材料制成的产品，以减少一次性产品的使用量；还应从材料的选择、结构功能、制造过程、包装方式、储运方式、产品使用和废品处理等诸方面，全方位考虑资源利用和环境影响及解决方法。在设计过程中应把降低能耗、易于拆卸、使材料和部件能够循环使用，把产品的性能、质量、成本与环境指数列入同等的设计指标，使更多无污染的绿色产品进入市场。

工业设计从以往单调的机械化造型转向具有语意化、人性化的造型设计，并力求使造型简洁，设法减少空间、减少材料的浪费和消耗，使产品能耐久和持续使用，绿色设计不仅需要设计师的理性，更需要新兴科学和技术的融入，同时具有广泛的社会性，绿色设计的推广不应仅限于设计师本身，更应广泛深入公众和消费者。绿色设计是现代设计师应有的良知和责任。在设计中表达现代与传统的统一，设计与生产的调和，生产与消费的默契，生活与生态的和谐。工业设计师应经常提醒自己：你的设计会不会减少人类带给环境的压力？能否保护自然资源？能否抛弃不切实际的设计？是否是民众真正需要的产品设计？是否能用少量能源而发挥更大的功能，以保护不再生之能源？……

### 顺应绿色潮流 迈向绿色世界

近一个时期以来，回归自然的热浪从西方席卷到东方，且波及到人们的衣食住行各个生活领域：在饮食方面，现代人热衷于不含农药、化肥的天然绿色食品，连野菜都成了都市人的美味佳肴；使用的食具，也追求粗犷，简朴的木器、陶器，这些大方、又有浓厚人情味的制品成了都市人的新宠；在服饰上，回归自然的风尚更是经久不衰，轻松、自由、舒适替代了往日的华贵、繁琐；在室内装饰方面，都市人追求简洁、安宁的装饰风格，并用绿色的植物点缀，使家庭生机盎然，豪华、阔气不再是现代人所追求的家庭气氛，人们期望回到能与自然交融的理想家居中。在建筑方面，对回归自然的呼声更为强烈，现代建筑艺术大多体现人对自然的崇敬。但是，一些所谓的现代建筑，漠视自然，滥用材料，不仅给城市带来视觉污染，而且破坏生态平衡。在西班牙马德里的一座大型建筑物上，外墙用玻璃幕墙装饰，大片玻璃幕墙将蓝天溶入其中，一群在空中自由飞翔的小鸟误将玻璃幕墙作天空，纷纷撞墙折颈而死，大厦底下堆积片死去的鸟儿。

在西方一些国家，已经出现许多新的绿色消费群，而且每年以 20% 的数量递增。他们在购商品时，拒绝购买受到保护动植物制成的产品。他们不光考虑商品的使用价值，而且还要考虑商品的环保、回收等一系列的问题，如：纯棉的服装穿着虽然十分舒适，但由于种植棉花需要使用大量的杀虫剂、化肥，所以纯棉的制品也许是破坏环境的非绿色产品。

我国虽然于 1993 年开始实行绿色标准制度，并制订了严格的绿色标志产品标准，但在某些方面还不尽人意：我国最大的工业和消费城市上海，每天都有 50 万不能回收的快餐盒流放市场，这些白色垃圾掩埋地下 200 年都不会腐烂，但常年累月与废水、废气等一起充斥我们的空间，严重威胁着我们的生命和生态环境。目前，在许多城市的快餐盒已改成可溶解的材料，一些大型商场、超市尽量不使用不易分解的塑料袋，而改用布袋或纸袋。合格的绿色产品是国际市场的通行证，在先进的发达国家，全民生态意识、绿色消费群体比以往任何时候都更加认识到蕴含在产品里生态方面的价值因素，并且从心里乐意接受它们，这就对绿

色产品的工业设计提出了更高的要求，即只有无公害、耗能少的产品方能问世，方能走向市场，否则，就会被市场无情地淘汰，没有发展的潜力。

目前在世界许多国家实施的绿色标志认证，不仅可以保护本国的生态环境，而且也可以促进本国企业在国际市场的竞争力，正如著名管理学家乔治·温特在其所著《企业与环境》一书所述：总经理可以不去理会环境的时代已经过去，将来的公司必须善于处理生态环境才能赚钱。这说明，在目前的市场竞争中，谁拥有绿色产品，谁就拥有发展前景。我们工业设计师如果对这些动充耳不闻，视而不见，或不认真去研究对策，进行预备工作，我们的工业设计将陷于被动的境地。

设计师要为人类的利益而设计，这个利益是指长远的、全面的、而不是片面的、短暂的。或者是顾及到这一面却又忽视另一面，或是当代人受益将来人遭难。目前市场上大量销售的一次性商品，从设计角度来看是可取的，因为它为人的生活带来了方便，同时也给企业带来利益。但是从绿色设计来看，从人类长远的利益考虑，从人类未来的生存环境考虑，一次性的消费品又是有害的。

多年来人们对清新的空气、纯净的水源、无污染的环境都习以为常。但是，人们眼前的这些生态环境都已发生了急剧的变化，虽然造成被污染的河流、有害的空气的因素很多，但我们工业设计师对这环境加速恶化有着不可推脱的责任。

我们人类经历了从惧怕自然、征服自然、贴近自然与等三个阶段，近年来的工业与设计的变革，人类生活已经发生了重大变化，人类的生存条件与环境在许多方面有了重大的改善，但同时人与自然的关系也遭到极大的破坏。人类除了要面临能源危机、生态失衡、环境污染等诸多问题外，甚至还面临人类自身的生存问题。最近频繁出现在国际间的一个新名词——可持续发展，说明人类能否长久在地球上生存已成为全球面临的严峻问题。在设计理论界已有人提出适度设计，健康设计的原则，试图给设计行为重新定位，以防工业设计对生态环境的破坏，防止社会过于物质化，防止传统文化的葬送和人性人情的失落，防止人类异化，让人类过健康的生活。正如国际工业设计协会联合会主席彼得先生所言：设计作为人类发展的一个重要因素，除可能成为人类自我毁灭的绝路，也可能成人类到达一个更加美好的世界的捷径。

### 参考文献：

1. 方李莉：《新工艺文化论》 清华大学出版社
2. 陈友新、陈永：《产品结构艺术》 武汉大学出版社