

中华人民共和国国家标准

GB/T 38342—2019

宇航电子产品 印制板组装件组装要求

Aerospace electronic product—Assembling requirements of
printed circuit board assembly

2019-12-31 发布

2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 人员要求	1
5 工具、设备要求	1
6 材料要求	6
7 环境、静电防护和多余物控制要求	11
8 组装要求	12
9 修复和改装	28
10 质量控制	29
11 焊接工艺验证	29



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)提出并归口。

本标准起草单位:北京航天光华电子技术有限公司。

本标准主要起草人:周德祥、李春辉、暴杰、王轶、王冲。

宇航电子产品 印制板组装件组装要求

1 范围

本标准规定了宇航电子产品印制板组装件组装过程中有关人员、设备、工具、材料、环境及装联的通用工艺技术要求。

本标准适用于宇航电子产品印制板组装件的组装生产,其他电子产品的印制板组装件可参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的,凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2036 印制电路设计、制造及装联术语及定义

GB/T 3131 锡铅钎料

GB/T 9491 锡焊用液态焊剂(松香基)

GB/T 32304 航天电子产品静电防护要求

3 术语和定义

GB/T 2036 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

应力释放 stress relief

将焊点或元器件的应力减小的方法或手段。一般将元器件引线、实芯线或多股线打弯或者形成环状等,从而释放焊点或端接点之间由于移动、热膨胀等造成的应力。

4 人员要求

4.1 从事宇航电子产品印制板组装件组装相关(设计转化、加工制造、检查检验)的人员应经过专业技术培训。

4.2 从事宇航电子产品印制板组装件组装相关的人员应熟知相关知识及技能,取得相关资质证明,具有相应的技能和技术水平。

4.3 从事宇航电子产品印制板组装件组装的操作人员和检验人员身体条件应满足加工岗位要求,包括但不限于对视力及辨色能力的要求,一般要求视力(含矫正视力)不低于 5.0,且不应色弱或色盲。

5 工具、设备要求

5.1 通用要求

5.1.1 宇航电子产品印制板组装件组装所使用的工具和设备应具有合格证明文件,性能安全可靠,满足使用要求。

5.1.2 各种具有计量特性的工具和设备应按规定进行定期检定/校准,并在检定/校准有效期内使用。

5.1.3 各类工具和设备的使用应能够保证人身安全,且不应对产品造成热应力或机械应力损伤。

5.1.4 各类设备应接地良好,且接地应尽量独立与接地系统连接,避免串联连接。

5.2 工具要求

5.2.1 夹持工具

夹持工具不应损伤被夹持件本体及引线。一般选用不锈钢或防静电镊子、无齿平头钳等,保证不会造成元器件绝缘体和引线的划伤、刻痕。

5.2.2 成形工具

5.2.2.1 元器件引线成形工具应无锐边并具有光滑的表面,推荐表面镀层为镀硬铬。成形时不会造成元器件绝缘体和引线的划伤、刻痕。

5.2.2.2 弯曲工具能够保证有一定的弯曲半径,不应在元器件本体或密封处造成应力。推荐使用具有光滑圆嘴的长嘴钳、成形钳等。

5.2.3 剪切工具

5.2.3.1 剪切工具应剪切锋利,剪切过程不能出现扭曲,应能够形成清洁、光滑的切面。剪切工具选用及操作应正确,如图 1 所示。剪切工具推荐使用留屑钳。

5.2.3.2 剪切操作应一次完成,不应存在扭绞动作。

5.2.3.3 剪切工具应定期检查刃口是否锋利,是否出现损伤、错位等缺陷,出现缺陷应及时更换。

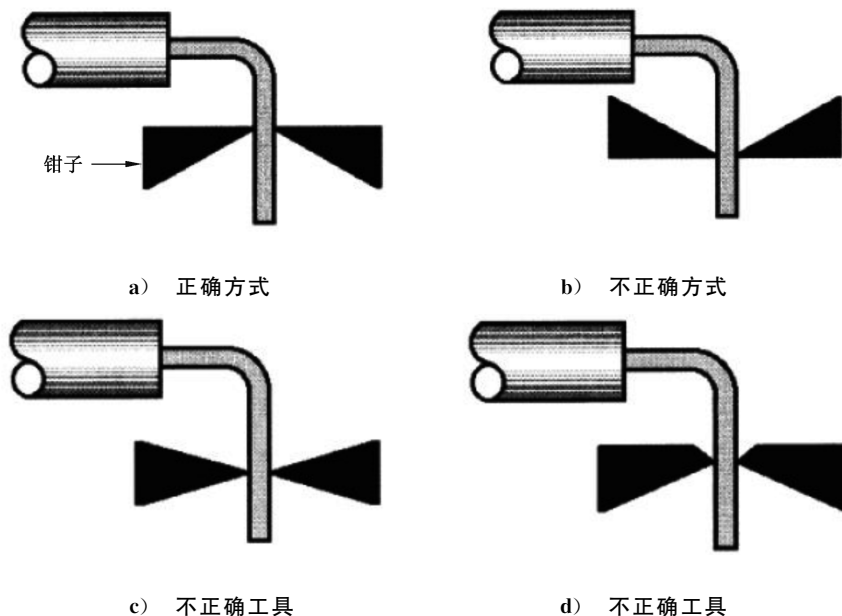


图 1 剪切示意图

5.2.4 焊接工具

5.2.4.1 焊接工具宜选用温控型电烙铁或智能电烙铁,电烙铁头温度范围为 $200\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 450\text{ }^{\circ}\text{C}$,控温精度为 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.4.2 电烙铁的外壳及烙铁头应接地良好,当从工件接点对地测量时,加热状态下接地电阻不大于

20 Ω ,或不加热状态下接地电阻不大于 2 Ω 。

5.2.4.3 电源地与烙铁头的电位差不大于 2 mV(有效值)。

5.2.4.4 当使用智能烙铁时,应明确烙铁头系列,使智能烙铁的温度符合要求。

5.2.4.5 烙铁头的尺寸应与焊盘(或焊端)的尺寸相适宜,焊接时不应造成邻近区域的电子元器件、导线及焊接点受到损伤或桥连。

5.2.4.6 烙铁头使用后可用湿海棉清除表面氧化物,不使用时可在烙铁头重新涂上焊锡保护烙铁头不被氧化,以确保烙铁头的传热能力。

5.2.5 搪锡工具

5.2.5.1 搪锡用温控锡锅应可靠接地,温度可调控,控温精度为 ± 5 $^{\circ}\text{C}$,并定期检定。

5.2.5.2 温控锡锅的大小应与元器件搪锡部位相匹配,保证搪锡元器件的共面引脚同时浸入锡浴相同深度。

5.2.5.3 温控锡锅宜集中管理,有助于防火和防烫伤。

5.2.5.4 温控锡锅每天使用前宜测试并记录锡锅的实测温度。

5.2.6 绝缘层剥离工具

5.2.6.1 热剥工具

5.2.6.1.1 宇航产品导线绝缘层热剥离应选用热控型剥线工具。

5.2.6.1.2 热剥离工具的温度不应造成绝缘层烧焦、起泡或过度熔化。

5.2.6.1.3 热剥离工具应温度可调,工艺文件应明确规定所采取的温度或挡位要求。

5.2.6.1.4 在有静电敏感器件存在的生产过程中,应选用具备防静电功能的热剥离工具。

5.2.6.1.5 在使用热剥离工具时,其刀口应与被剥离导线的外绝缘层线径相匹配。

5.2.6.2 机械剥线工具

5.2.6.2.1 机械冷剥线工具应为不可调钳口的精密剥线钳,且钳口与导线规格选择应匹配具有唯一性。

5.2.6.2.2 机械冷剥推荐采取对不使用尺寸的模具开口掩盖的方法,防止钳口与导线错位。

5.2.6.2.3 机械冷剥线钳要定期检查,一般每半年检查一次。剥线钳在每批产品加工前均要求检查。

5.2.6.2.4 机械冷剥线过程中不能出现扭绞,不能使导线出现刻痕、割伤、划伤、扭动等缺陷。

5.2.7 清洗工具

5.2.7.1 清洗工具应选用中等硬度的天然或人造毛刷,用毛刷清洗时应不划伤或损坏被清洗物的表面。

5.2.7.2 清洗印制板组装件宜选用防静电毛刷,毛刷不应被清洗剂损伤。

5.2.7.3 清洗工具应经常进行清洗,使其保持洁净。

5.2.8 其他工具

5.2.8.1 焊锡吸除工具应能够具备将熔融焊料吸出的功能,但不能对印制板焊盘产生应力。

5.2.8.2 用于进行机械装配及紧固用的扳手、旋具、套筒、力矩扳手、力矩改锥等工具应保证在使用过程中不引入机械应力及多余物。

5.3 设备

5.3.1 成形设备

成形设备应符合下述要求：

- a) 成形设备和工具应定期校准或检测,成形模具应无锐边、表面光滑；
- b) 引线成形时能够保证弯曲处形成合适的的弯曲半径；
- c) 引线成形时不应在元器件本体或密封处造成应力损伤,引线表面应无明显压痕；
- d) 对于损耗件应记录使用次数,并规定损耗件的更换周期。

5.3.2 焊膏涂覆设备

焊膏涂覆设备包括模板印刷、喷涂或滴涂设备等,应满足以下要求：

- a) 模板印刷设备应具有与产品要求相适应的定位和重复精度,以保证焊膏准确地涂覆在印制电路板的焊盘上,特别是对细间距器件(中心间距小于 0.63 mm)要求印刷机定位精度在 0.05 mm；
- b) 自动喷涂设备应可编程控制喷涂,具有良好的控制精度,均匀控制喷涂的厚度和总量；
- c) 手工滴涂设备应能进行单点滴涂,能够均匀控制焊膏滴涂的量,通常使用在片式元件及中心间距在 1.27 mm 以上器件及待调、返修元件时使用。

5.3.3 贴装设备

贴装设备应满足以下要求：

- a) 应能够提供吸嘴类型及数量、相机类型、可贴装元器件范围(如表贴元件的尺寸在 0603 以上,表贴器件封装形式为 QFP 封装、BGA 封装等)等信息；
- b) 应能够保证所贴装的元器件准确定位在印制电路板焊盘上,定位精度应能保证产品加工要求,贴装系统不能损坏元器件和印制电路板；
- c) 贴装压力应符合产品要求,应能够根据不同高度元器件进行自由调节。

5.3.4 焊接设备

5.3.4.1 波峰焊接设备

波峰焊接设备应符合下述要求：

- a) 预热温度可控,便于去除挥发性溶剂,避免温度急剧上升损坏印制板组装件；
- b) 波峰焊接机应具有双波峰,且保证均匀加热,在焊接操作期间,预热温度、锡槽温度的温控精度应为 $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,速度变化应不大于 $\pm 5\%$ ；
- c) 选择性波峰焊接机焊锡喷嘴直径大小与焊点相匹配,焊点面焊盘边缘间距应保持在 3 mm 以上,焊接操作期间,焊接温度偏差 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 焊料槽应有效接地,锡料池中的焊渣(如氧化物等)应定期清除；
- e) 波峰焊接设备应自带助焊剂预涂装置；
- f) 设备传送装置不应使印制板组装件在预热、焊接、冷却阶段受到振动或冲击应力；
- g) 应对锡槽中焊料的杂质含量进行定期检测或清理并记录,一般为累积焊接时间超过 480 h。要求焊料中铜和金的总含量不超过 0.3%。

5.3.4.2 再流焊接设备

再流焊接设备应符合下述要求：

- a) 应能够在焊接前将印制板组装件预热到焊膏生产商推荐的温度；
- b) 再流焊接区可以将印制板组装件加热到预先设定的 215 °C ~ 250 °C 之间的温度（采取测量基板表面）；
- c) 在焊接过程中可以使再流设定温度稳定在 ±5 °C 的温差范围内；
- d) 焊接时不应使焊接的组件产生过度的移动或振动，致使元器件偏移或出现扰动焊点而导致焊接不合格。

5.3.5 清洗设备

清洗设备应满足以下要求：

- a) 清洗设备应良好接地，不能因设备漏电对元器件或印制电路板组装件造成损伤；
- b) 清洗设备在使用过程中不得对印制电路板或印制电路板组装件造成振动、冲击等机械损伤；
- c) 设备中的清洗剂选用应进行工艺试验确定，避免对印制板组装件的腐蚀，并根据使用情况进行更换；
- d) 采用水清洗时，应对非密封器件采取保护措施，且清洗后进行烘干处理；
- e) 超声波清洗不应用于内部有电气接点的元器件或装有该类电子元器件的 PCB 组装件的清洗。

5.3.6 敷形涂覆设备

涂覆设备应满足以下要求：

- a) 涂覆设备应良好接地，不能因设备漏电对元器件或印制电路板组装件造成损伤；
- b) 涂覆设备在使用过程中不得对印制电路板或印制电路板组装件造成振动、冲击等机械损伤；
- c) 涂覆设备需要定期进行清理和维护。

5.3.7 检测设备

5.3.7.1 光学检查设备

光学检查设备应满足下述要求：

- a) 放大倍数 2 倍 ~ 60 倍；
- b) 有光源并具备无影照明功能；
- c) 镜头具备在一定范围内可旋转，不应损伤元器件；
- d) X 射线检查设备几何放大倍数不低于 2 000；焦点尺寸应不大于 2 μm。

5.3.7.2 其他检查设备

所有检查设备不应损伤元器件本体、引线以及印制电路板表面。

5.3.8 其他设备

5.3.8.1 热风烘箱

热风烘箱应满足以下要求：

- a) 设备应有良好的接地，不能因设备漏电对元器件或印制电路板组装件造成损伤；
- b) 电烘箱应定期进行检定，控温精度应与产品要求相适应；

- c) 电子装联过程选用的烘箱应为防爆烘箱,且具有超温报警功能。

5.3.8.2 真空干燥箱

真空干燥箱主要用于灌封过程中材料排泡处理,应满足以下要求:

- a) 设备应有良好的接地,不能因设备漏电对元器件或印制电路板组装件造成损伤;
- b) 真空干燥箱应定期进行检定,真空度应与产品要求相适应。

5.3.8.3 返修设备

一般为红外或热风返修系统,温度和时间可控。应满足以下要求:

- a) 设备应有良好的接地,不能因设备漏电对元器件或印制电路板组装件造成损伤;
- b) 设备在使用过程中不得对印制电路板或印制电路板组装件造成振动、冲击等机械损伤;
- c) 返修设备控温精度应与产品要求相适应。

6 材料要求

6.1 通用要求

6.1.1 组装所使用的材料型号、规格及各项技术指标均应符合技术文件的规定。

6.1.2 组装所使用的材料应具有合格证明文件,需要复测的材料,符合相应的手续,复验合格后方可使用,并重新开具合格证明文件,注明有效期限。

6.1.3 材料的贮存要求应得到满足。

6.2 元器件

6.2.1 电子元器件应满足电装要求,方能使用。

6.2.2 被选用的电子元器件焊端(引线)具有良好的可焊性,无损伤、无锈蚀等现象。

6.2.3 元器件应能承受 10 个再流焊周期,每个周期为温度 215 °C,时间 60 s。并能承受 260 °C 的熔融焊锡中浸没 10 s。

6.2.4 元器件应能承受 40 °C 的清洗溶液至少浸泡 4 min。

6.2.5 通孔插装元器件的外形尺寸应与安装空间相匹配。

6.2.6 表面贴装元器件的焊端(引线)歪斜度误差不大于 0.08 mm,引线的共面度误差不大于 0.1 mm。

6.2.7 电子元器件的贮存要求应得到满足。

6.2.8 敏感电子元器件(如湿敏、热敏、静电)应在技术文件中注明。

6.2.9 电子元器件焊端(引线)镀层为特殊材料(如含铍、钨)时应能有效识别。

6.3 印制电路板

6.3.1 印制电路板应满足相关要求并为合格产品,有合格证明文件。

6.3.2 印制电路板应在使用前复验确认合格,检查厂家提供的孔电阻、可焊性、通断检测报告是否齐全。

6.3.3 印制电路板面应平整,印制电路板翘曲度应不大于 0.75%,安装表贴陶瓷封装元器件时的印制电路板翘曲度应不大于 0.5%。

6.3.4 印制电路板的焊盘应无字符、阻焊膜和其他污物沾污。

6.3.5 印制电路板应以包装形式保存在温度为 10 °C~35 °C,相对湿度不大于 75%的洁净容器或箱

内,周围环境不应有酸性、碱性或其他对印制电路板有影响的气体和介质存在。

6.3.6 自出厂日期起,在包装储存环境合格条件下,表层导电图形表面不同涂镀层的印制电路板焊接前的储存期可按表 1 规定,超过规定的应进行复验,至少应做可焊性和热应力检验。

表 1 印制电路板焊接前的储存期

序号	导体表面(焊盘)涂镀层种类	储存期
1	电镀锡铅合金非热熔	8 个月
2	焊料热风整平、电镀锡铅合金热熔	12 个月
3	电镀金(厚度不小于 0.13 mm)	12 个月
4	化学镀金/镍	6 个月
5	铜上涂覆有机可焊性保护剂(OSP、Cu)	6 个月

6.4 紧固件

6.4.1 紧固件应为合格产品,有合格证明文件。

6.4.2 选用的紧固件及其组成的连接件应能够保证在宇航产品的全寿命周期内安全有效地工作。

6.4.3 应根据螺纹紧固件的不同结构形式、机械性能或材料、螺纹类型及精度、工作温度及其他工作环境等,确定所选用的品种。

6.4.4 应根据宇航电子产品印制板组装件使用环境选择紧固件的表面防护,具体要求:

- a) 需要长时间贮存的宇航电子产品印制板组装件,一般应选用经过表面处理的紧固件,不宜选用仅表面氧化的钢制紧固件;
- b) 选用有表面镀层的合金钢紧固件时,应注意氢脆、镉脆、锌脆问题;
- c) 选用紧固件镀层时应考虑电位差因素,防止产生电化学腐蚀。

6.4.5 弹上产品紧固件在满足使用要求的前提下,应尽可能选用强度高、重量轻、质量可靠的紧固件;地面产品可以选用较为经济的紧固件。

6.4.6 重要承力结构连接部位应选用强度等级在 1 100 MPa(含)以上的高强度紧固件(如合金钢、钛合金和镍基合金等材料制成的紧固件),以提高紧固件的承载能力。

6.4.7 有刚度要求的部位,一般应选用弹性模量高的材料制成的紧固件。

6.4.8 为保证在使用环境中不出现缺陷,紧固件应进行必要的表面处理防护。

6.4.9 各类紧固件的选用要求:

- a) 螺栓、螺钉和螺柱的选用要求:
 - 1) 与全金属自锁螺母配用时,一般应选用螺纹精度为 5 h 6 h,强度等级为 1 100 MPa 以上的螺栓;
 - 2) 在螺栓连接结构中,宜采用抗剪结构,其中螺栓的螺纹部分不应承受剪切载荷,螺栓应选用光杆公差为 f7、f9 的抗剪螺栓;
 - 3) 强度高的螺栓,应选用板拧性能高的双六角头、花键头、大六角头等螺栓;
 - 4) 带锁键螺柱具有安装方便、连接可靠的优点,宜在软材料基体的连接中使用。
- b) 螺母的选用要求:
 - 1) 对于需要防松但不经常拆卸的螺纹连接部位,应选用有效力矩型自锁螺母;
 - 2) 抗拉结构中的螺纹连接应选用厚螺母;抗剪结构中的螺纹连接宜选用薄螺母。
- c) 铆钉的选用要求:

- 1) 宇航型号的一般铆接结构宜选用普通实心铆钉；
- 2) 电子产品结构宜选用空心铆钉和半空心铆钉。
- d) 弹簧垫圈、弹性垫圈和挡圈的选用要求：
 - 1) 应优先选用不锈钢弹簧垫圈和弹性挡圈，以避免弹簧钢产品电镀后发生氢脆断裂；
 - 2) 一般机械产品的承力结构和非承力结构连接宜选用弹簧垫圈，特别是装拆频繁的连接部位；
 - 3) 与弹簧垫圈配用的平垫圈应选用同规格、中等以上厚度并具有足够硬度，螺母应为普通六角螺母。
- e) 平垫圈的选用要求：
 - 1) 平垫圈的材料一般应与被连接件的材料相同，但为避免平垫圈表面被压陷，宜选用比被连接件材料硬度更高的材料；
 - 2) 有导电要求时，平垫圈应选择铜或铜合金材料；
 - 3) 平垫圈的外径应根据螺杆的直径选取，一般为 1.7 倍~2.5 倍螺栓的公称直径；当螺栓杆径较小或被连接件材料较软时，外径应选取较大值；
 - 4) 在螺栓或螺钉头下放置平垫圈时，应选用带内孔倒角的平垫圈，以避免头下圆角与垫圈产生干涉。

6.4.10 选用非标准紧固件应按国家标准规定的技术要求进行设计和制造，并经试验合格后方准使用。

6.5 焊料

6.5.1 除另有规定外，组装焊接应采用 GB/T 3131 中规定的 S-Sn63PbAA、S-Sn63PbAgAA 焊料，其他场合的焊接及引线、导线端头的搪锡可采用 S-Sn60PbAA 焊料，焊料牌号及主要化学成分见表 2。

表 2 焊料牌号及主要化学成分

成分		牌号		
		S-Sn63PbAA	S-Sn60PbAA	S-Sn63PbAgAA
主要成分/%	Sn	62.5~63.5	59.5~60.5	62.5~63.5
	Pb	余	余	余
	Sb	—	—	—
	其他元素	—	—	Ag:1.5~2.5
杂质成分/% 不大于	Sb	0.05	0.05	0.05
	Cu	0.03	0.03	0.03
	Bi	0.03	0.03	0.03
	As	0.15	0.15	0.15
	Fe	0.02	0.02	0.02
	Zn	0.001	0.001	0.001
	Al	0.001	0.001	0.001
	Cd	0.001	0.001	0.001
	S	0.010	0.010	0.010
除 Sb、Bi、Cu 以外的杂质总合		0.010	0.010	0.010

6.5.2 焊料表面应光滑、清洁,不应有裂纹、夹杂和油污等缺陷。

6.5.3 宇航电子产品印制板组装件用焊料主要包括焊锡丝(内部含有符合要求的纯松香基焊剂或中等活性松香基焊剂)、焊锡条(不含助焊剂)、焊膏(金属含量一般占焊膏总重量的 88%~91%,焊剂为纯松香基焊剂或中等活性松香基焊剂)。

6.5.4 所有设备焊料槽中的焊料合金成分应定期分析、替换或补充,并检查焊料中杂质。铜、金、镉、锌和铝的杂质总量不超过 0.4%。

6.5.5 温控锡锅在使用过程中定期对焊料成分进行理化分析,锡锅中焊料杂质最大允许量(按质量分数)应符合表 3,根据使用频次、锡锅容量大小而定,一般三个月进行一次,也可根据实际使用情况及时更换焊料。当采取温控锡锅搪锡除金操作时,用于第一次除金的锡锅中焊料的金含量不应超过 1%。

表 3 锡锅中焊料杂质最大允许量(按质量分数)

序号	杂质名称	最大含量%	备注
1	铜(Cu)	0.25	铜、金总和不大于 0.3%
2	金(Au)	0.20	
3	镉(Cd)	0.005	—
4	锌(Zn)	0.005	—
5	铝(Al)	0.006	—
6	锑(Sb)	0.5	—
7	铁(Fe)	0.02	—
8	砷(As)	0.03	—
9	铋(Bi)	0.25	—
10	银(Ag)	0.10	—
11	镍(Ni)	0.01	—

6.6 焊剂

6.6.1 宇航电子产品印制板组装件使用的助焊剂应采用 GB/T 9491 中规定的松香基焊剂,焊剂类型为 R 型:纯松香基焊剂(由特级固体松香溶于无氯溶剂制成);RMA 型:中等活性松香基焊剂(由特级固体松香溶于无氯溶剂制成,其中含有改善焊剂活性的中度活性剂);RA 型:活性松香基焊剂(由特级固体松香溶于无氯溶剂制成,其中含有改善焊剂活性的活性剂)。

6.6.2 导线的搪锡、焊接不应使用 RA 型焊剂。

6.6.3 助焊剂性能应满足下述要求:

- 物理稳定性,焊剂应保持透明,无沉淀或分层现象;
- 使用过程中不应散发具有有毒、有害或有强刺激气味和较浓的烟雾;
- 不挥发物含量应不大于 15%;
- R 型和 RMA 型焊剂的水萃取液平均电阻率应不小于 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$,RA 型焊剂的水萃取液平均电阻率应不小于 $5 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$;
- R 型焊剂的卤素含量应小于 0.05%,RMA 型应为 0.05%~0.15%,RA 型应大于 0.15%。

6.7 清洗剂

6.7.1 清洗剂应具有安全性、稳定性、环保性,不应对人体、设备造成危害,不能造成被清洗件损伤。

6.7.2 清洗剂应能够清除油脂、灰尘、助焊剂和助焊剂残留物，且应不导电、无腐蚀。宇航电子产品印制板组装件使用的清洗剂一般为无水乙醇、异丙醇、去离子水、航空汽油以及其混合物。

6.7.3 清洗设备专用的清洗剂应进行工艺试验验证，且应满足下述要求：

- a) 清洗剂不应溶解或降低元器件、印制板及其他材料的质量；
- b) 清洗剂不应清除元器件本体识别标记；
- c) 清洗剂应为环保无污染材料；
- d) 清洗剂的工作温度应至少比其沸点低 17 °C；
- e) 循环使用的清洗剂应定期进行检测和补充或更换。

6.8 敷形涂覆材料

6.8.1 材料应有良好的电性能(体电阻、介电常数、损耗角等)和物理机械性能(附着力、耐热性等)。

6.8.2 材料应不引起 PCB 镀层、元器件表面变色和溶蚀，具有良好的操作性。常见的涂敷材料见表 4。宇航电子产品印制板组装件主要选用双组分聚氨酯类树脂。

6.8.3 涂覆材料应无色透明，固化后表面应光滑连续，无气泡、针孔、龟裂、起皱、脱皮等缺陷。

表 4 常见的涂敷材料

喷涂材料种类	性能
AR 型(丙烯酸树脂)	具有良好的导电性,工艺性好,固化时间短,耐磨,适用于室内应用的电子产品的喷涂
ER 型(环氧树脂)	有良好的电性能和附着力,工艺性好,与大部分化学物品不发生反应,但是由于聚合时产生较大应力,不适合玻璃外壳和细引线元器件的喷涂
SR 型(有机硅树脂)	电性能优良,介电损耗小,防潮性能好,适用于高频电路及高温下工作的电子产品的喷涂
UR 型(聚氨基甲酸树脂)	耐热和耐潮(盐雾)性能良好,介电损耗小,不适合高频电路,有微量毒性,工艺要求高
XY 型(聚对二甲苯树脂)	涂膜均匀,无针孔,环保型保护膜,适用于高频电子产品,但是材料成本较高,使用受到一定限制

6.9 灌封和粘固、紧固材料

6.9.1 材料的绝缘电阻、抗电强度等电气性能应满足产品的技术条件要求。

6.9.2 材料的物理性能应稳定并应满足下述要求：

- a) 应有良好的附着力和适合灌封和粘固的流动性；
- b) 固化内应力小,温度变化对产品不应造成损伤；
- c) 固化后与被灌封或粘固、紧固部位具有较匹配的热膨胀系数；
- d) 灌封和粘固、紧固后,在产品力学环境下不应产生开裂、分离和脱落。

6.9.3 材料的化学性能稳定并应满足下述要求：

- a) 与被灌封或粘固、紧固部位相容性好,对产品无腐蚀；
- b) 不释放有害气体；
- c) 在规定的工作条件下,不应分解导致开裂或脱落。

6.9.4 材料的操作工艺简单,具有较好的可维修性。

6.9.5 材料使用安全,与人体短间接触不会造成伤害事故。

6.9.6 宇航电子产品印制板组装件常用的灌封和粘固、紧固材料见表 5。环氧胶应为两个或两个以上组分的热固性树脂,可通过添加填料增加材料的黏度。

表 5 常用的灌封和粘固、紧固材料

材料名称	性能与适用范围
室温硫化硅橡胶	固化速度较慢,温度适应性好,用于电连接器和 PCA 的灌封
单组分硅酮胶	用于电子产品灌封或粘固
有机硅凝胶	用于电子产品灌封
单组分室温硫化硅橡胶	流动性较差,用于元器件的粘固
双组分环氧胶	粘固强度高,不利于返修
厌氧胶	用于可(不可)拆卸螺纹紧固

7 环境、静电防护和多余物控制要求

7.1 环境

- 7.1.1 电子装联厂房建设应符合相关规定,建设地点宜避开振动源,避免影响高精度设备正常运转。
- 7.1.2 电子装联工作场地与生活区应区分。
- 7.1.3 组装工作场地应整洁有序,洁净度按安装要求和产品精密程度不同有所区别,精密产品安装场地的洁净度不低于 100 000 级。
- 7.1.4 组装工作场地应能提供与相临房间正压差的过滤系统供应房间空气,焊接区域不应正对通风装置。在不同洁净工作场地间设置风淋净化设施、除尘装置。工作场地的洁净度应进行有效监测和控制。
- 7.1.5 组装工作场地内温度应保持 $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度应保持在 $55\% \pm 15\%$ 。工作场地应为封闭场地,装有温湿度控制设备,包括暖气设备、空调系统及加湿器等;当相对湿度低于 40%时,应开启加湿器进行调节。
- 7.1.6 组装工作场地内噪声应控制在不大于 65 dB 的范围内。
- 7.1.7 组装工作场地内有害和挥发气体应得到有效控制。厂房内各工位应配备烟雾净化装置,有挥发性气体排出的设备(如焊接设备、清洗设备等)需设置排风窗口(可细化各个设备)。
- 7.1.8 组装工作场地内有良好的照明条件,工作台台面的光照度不低于 1 000 lx,台面至少应有 90%无阴影区域,且无强烈反射。工作台上方应设有无影灯或台面设置台灯,以增强光照,桌面应为漫反射的防静电桌面。应对光照度进行有效监测和控制。

7.2 静电防护

- 7.2.1 组装场地应进行防静电控制,建立防静电工作区。防静电工作区应配置必要的防静电用品,包括但不限于静电防护包装、防静电服装鞋帽、防静电腕带、防静电工具、防静电材料等,以及防静电设备和设施等。
- 7.2.2 防静电工作区接地要求及静电防护设施的技术指标应满足 GB/T 32304 中要求。
- 7.2.3 进入防静电工作区应穿戴符合要求的防静电工作服、防静电工作鞋、防静电腕带、防静电手套(或防静电指套),操作者佩戴的防静电腕带应采取实时接地监控控制。
- 7.2.4 静电敏感元器件应在防静电工作区内组装。

7.2.5 EPA 内使用的绝缘物品表面电场强度大于 80 kV/m(2 000 V/2.5 cm)时,应使其与静电敏感产品相隔 30 cm 以上;当绝缘物品表面电场强度可能大于 5 kV/m(125 V/2.5 cm)时,应使其与静电敏感产品相隔 2.5 cm 以上。若无法满足应使用离子风机进行静电中和。

7.2.6 EPA 产品包装应使用静电耗散材料或全封闭的防静电屏蔽容器。

7.3 多余物防控

7.3.1 工艺设计过程应对多余物进行预防和控制,制定合理的工艺布局、工艺方案和生产工艺流程。工艺文件编制过程中采取的预防和控制多余物具体要求如下:

- a) 依据设计文件编制产品配套表和材料表,明确其品种、规格和数量等;
- b) 对宇航电子产品印制板组装件生产场地的环境条件做出规定,确定合理的工艺方法和预防多余物的工具、仪器、设备和工艺装备等;
- c) 尽量避免在工艺装备以及辅助材料使用过程中带入多余物;
- d) 对易产生多余物的生产工序要规定详细的操作方法和控制多余物的措施;
- e) 对产品多余物检验要求和必要的检验点做出规定;
- f) 对宇航电子产品印制板组装件修复或改装过程的每道工序制定多余物预防和控制措施;
- g) 对装配后无法再进行检查的部位,制定多余物预防和控制措施。

7.3.2 生产过程中应对多余物进行预防和控制:

- a) 生产现场的多余物预防和控制具体要求如下:
 - 1) 生产区域应实行定置管理,保持其清洁整齐。
 - 2) 生产区域内应设置多余物容器,由专人管理,并及时清理。
 - 3) 宇航电子产品印制板组装件制造场地一般不准许进行钻、锉、削等机械加工。如需进行时,应与生产场地进行区域隔离,并制定详细的多余物预防和控制措施。
- b) 生产过程中应按工序进行多余物预防和控制。

7.3.3 宇航电子产品印制板组装件调试过程中应对多余物预防和控制,待调印制板组装件需妥善存放保管,保持清洁。搭焊时应防止焊料飞溅,并及时检查、清理。调试中报废和选配余下的元器件、零件等应及时回收,并按规定处理。

7.3.4 试验过程中进行多余物预防和控制,具体要求如下:

- a) 试验现场和工作区应实行定置管理,保持整洁,严禁存放与试验无关物品,试验人员应按规定着装,无关人员不得入内;
- b) 试验场地及设备应完好,并清除多余物;
- c) 试验后应进行多余物检查,并做好记录。

7.3.5 宇航电子产品印制板组装件包装、运输和贮存过程应进行多余物预防和控制,具体要求如下:

- a) 包装前应对待装产品、包装袋、包装箱进行检查,彻底清除多余物。
- b) 印制电路板组装件应独立放入防静电包装袋中,防止相互碰撞与摩擦,产生多余物。
- c) 包装后应按设计和工艺文件要求,核对实物与装箱清单的一致性,防止产生多余物。
- d) 贮存环境条件应符合技术条件的要求,严禁接触有机溶剂和有害气体。应有多余物控制措施。
- e) 严格履行产品交接手续,按要求做好交接记录,并记录检查多余物的情况。

8 组装要求

8.1 装联前准备

8.1.1 装联前应按配套明细表认真检查和核对各种零、部、整件及元器件、导线、紧固件等,并按有关文

件规定做好检查记录。

8.1.2 装联前按工艺文件要求准备好使用的工具、设备,并检查其完好性。

8.2 元器件预处理

8.2.1 电子元器件(表面安装元件除外)应满足引线(焊端)的可焊性,一般采用搪锡处理。在规定的时间内搪锡质量未达到要求时,可待其自然冷却后再进行一次搪锡操作,但最多不得超过三次。搪锡后的元器件应及时装焊,一般不超过 7 h,暂不装联的元器件应放入密封容器内或采取其他防氧化措施保护,一般应在 7 d 内完成装联。

8.2.2 电子元器件在搪锡前,应进行引线校直(玻璃绝缘子密封的继电器及大功率管的引线除外),一般选用无齿平头钳进行操作,不应使用尖头钳或医用镊子校直引线。引线校直后不应有压痕,表面应无损伤。

8.2.3 元器件引线(焊端)存在氧化现象时,应清除引线表面粘污或氧化层,但不应将引线(焊端)上镀层去除,也不应损伤引线(焊端),一般使用绘图橡皮轻擦引线,必要时也可用 W14~W28 号金相砂纸单方向轻擦引线表面,直到去除氧化层,距引线根部 2 mm~5 mm 位置一般不宜进行氧化层去除操作。表面安装元器件焊端应进行检查,确保无发黑、变色、镀层脱落等现象,球栅或柱栅阵列器件的焊球或焊柱焊接前应进行氧化层清除操作。

8.2.4 去除氧化层的元器件应在 2 h 内搪锡完毕。

8.2.5 搪锡一般采用温控烙铁搪锡或温控锡锅搪锡,应符合下述要求:

- 电子元器件搪锡应根据引线的直径粗细、散热情况、结构形式进行温度调整,以不损坏元器件和保证搪锡质量为准;
- 多端引出线的器件搪锡时应一端搪完并待器件充分冷却后再搪另一端;
- 热敏元器件搪锡时,应严格控制温度和时间并在元器件引线根部采取散热措施;
- 有玻璃绝缘子的器件(如继电器),搪锡时应在根部采取防护措施,防止玻璃绝缘子损伤。

8.2.6 搪锡过程应保证元器件引线根部不受损伤。

8.2.7 根据元器件结构形式、安装特点及印制电路板安装要求,元器件引线根部应留有一定的不搪锡长度,保证焊接位置有焊料覆盖。

8.2.8 扁平封装集成电路应先成形后搪锡处理,搪锡后应进行共面性检查,保证引线焊端共面性小于 0.1 mm。扁平封装器件引线搪锡位置应控制在第二个回弯处以下[如图 2a)所示];“J”形引脚搪锡高度不应超过本体下沿[如图 2b)所示]。

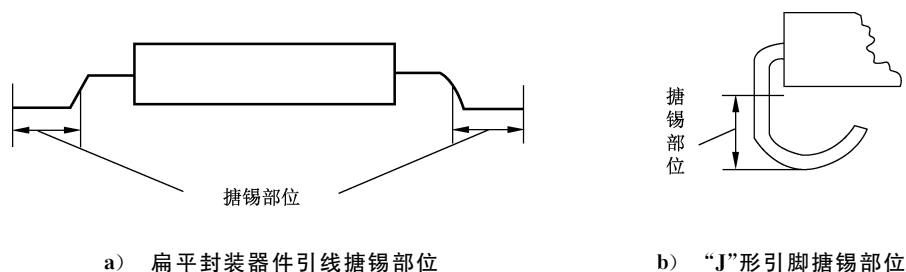


图 2 搪锡示意图

8.2.9 镀金引线(焊端)元器件的引线(焊端)均应进行除金处理,不准许在镀金引线或焊端上直接焊接。元器件引线除金要求为:

- 若元器件引线(焊端)表面镀金层厚度小于 2.5 μm ,可以采取一次搪锡的方式除金,若大于 2.5 μm ,则需要采取两次搪锡的方式除金;

- b) 镀金引线(焊端)采用锡锅搪锡时,第一次搪锡应使用专门的除金锡锅搪锡,需要二次搪锡时,第二次在普通锡锅中搪锡;
- c) 侧面有焊端的无引线镀金表面贴装器件除金应达到侧面焊端三分之二处。

8.2.10 为保证元器件引线与印制电路板安装孔距相匹配,需要对元器件引线进行成形操作。但通孔元器件引线线径大于 1.3 mm 时一般不弯曲成形,线径小于 1.3 mm 的硬引线也不弯曲成形,确需成形时应经评审批准进行。成形时通孔元器件本体或熔接点到弯曲起点的最小距离至少应为引线直径的二倍,但不得小于 0.75 mm,弯曲示意图如图 3 所示。弯曲半径应符合表 6 的规定。

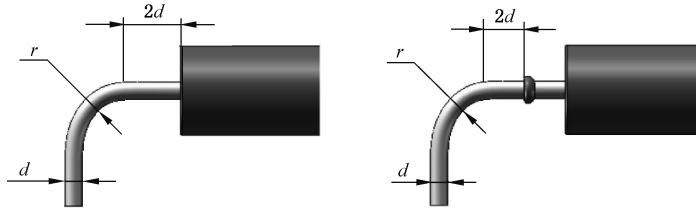


图 3 弯曲示意图

表 6 引线弯曲半径

引线直径(d) mm	最小半径(r) mm
≤ 0.6	1 倍
0.6~1.2	1.5 倍
> 1.2	2 倍

8.2.11 元器件引线成形时应有应力释放措施,即在两个制约点之间的引线具有自由伸缩的余地,防止由于机械定位或温度变化对元器件和焊点产生有害应力。

8.2.12 引线弯曲成形一般选用专用工具或专用工装,以减小应力对元器件的影响。成形过程中不应使元器件本体破裂,密封损坏或开裂,也不应使引线产生刻痕或损伤;成形过程不应造成引线断裂、内部连接断开;成形后引线直径的任何减小或变形均不应超过原来引线直径的 9%。成形应符合下述要求:

- a) 通孔插装元器件引线成形后尺寸应与印制电路板安装孔距相匹配,表面安装元器件引线成形后应保证元器件引线的共面性小于 0.1 mm。
- b) 水平安装轴向元器件引线成形后,元器件两端引线应近似对称,元器件引线的延伸尽量与元器件本体的中轴线平行。弯曲后引线尽量保持垂直,不垂直度不大于 10° 。
- c) 径向安装元器件引线间距小于孔距或侧向卧装需要成形时,引线从元器件终端封接处到弯曲点之间至少留有两倍引线直径的平直部分,但不应小于 0.75 mm,如图 4 所示。

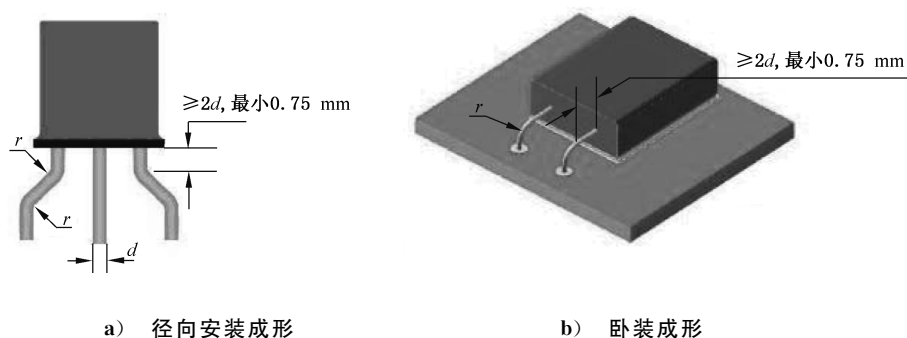


图4 径向安装元器件成形示意图

- d) 倒装器件引线成形时,引线弯曲半径不应小于两倍引线直径。采用埋头安装时,基面上的引线高度最小为两倍引线直径+0.75 mm,最大为 6.4 mm。
- e) 扁平封装表面安装器件的成形应使用专用设备进行,成形后器件底面与印制板的距离 H 应为 0.5 mm~1 mm;器件引线与印制电路板之间形成的夹角 θ 为 $45^\circ\sim 90^\circ$;器件肩部 A 最小为 2 倍引线直径(引线厚度)但不得小于 0.5 mm;消除应力的弯曲半径 r 应不小于引线直径(引线厚度),如图 5 所示。成形后的扁平封装表面安装器件应与相对应的印制电路板焊盘相匹配;引线剪切后脚趾端面离焊盘边缘的距离 B 不小于 0.25 mm;引线的脚跟离焊盘内边缘的距离 L 不小于 0.5 mm;在引线宽度小于 0.5 mm 时,扁平引线的搭接长度 D 应不小于 1.5 倍引线宽度,如图 6 所示。

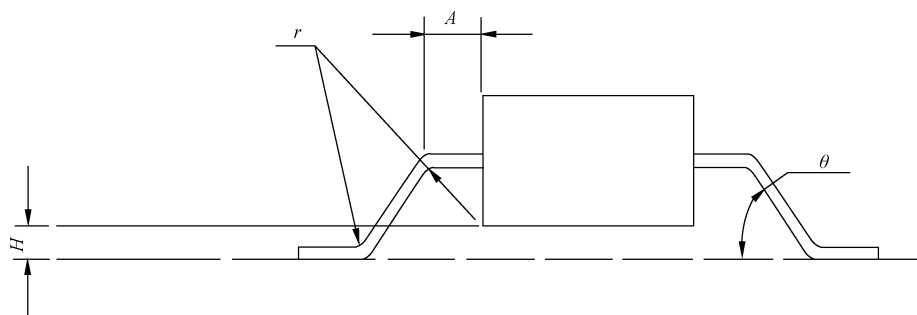


图5 扁平封装表面安装器件成形示意图

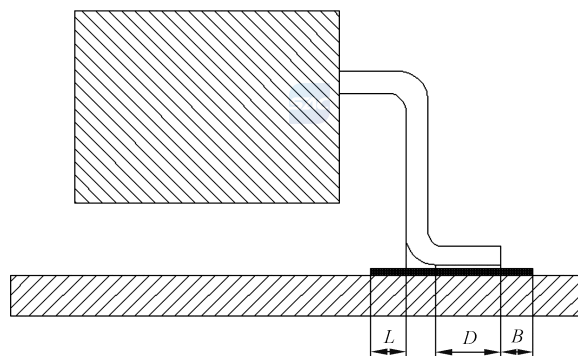


图6 扁平封装表面安装器件成形后引脚与焊盘的匹配示意图

8.2.13 元器件引线成形后应对引线进行剪切,剪切引线过程中,应无扭转和轴向直拉动作,避免引线根部受力。引线剪切后,切口平齐、光滑,引线应无扭曲、无损伤。

8.2.14 印制电路板在使用前进行清洗,并在焊接前 8 h 内进行除湿处理。

8.2.15 印制板电路板除湿按基材类型选择,可采用烘箱烘干处理。一般情况下单、双面印制电路板预烘温度为 80 °C~85 °C,多层印制电路板预烘温度为 110 °C~120 °C,时间均为 2 h~4 h。

8.3 导线预处理

8.3.1 导线的型号、规格应符合设计文件要求,导线的外观质量应符合产品规范的要求。

8.3.2 导线应采用热控型剥线工具进行脱头,限制使用机械冷剥线工具,若确需使用,应采用不可调钳口的精密剥线钳,且钳口与导线规格选择的唯一性。

8.3.3 热剥剥线器刀口与所剥导线的线径相匹配,热剥器的温度应可调。

8.3.4 脱去绝缘层的芯线应在 2 h 内进行搪锡处理。

8.4 元器件安装

8.4.1 元器件安装应能使组装件满足振动、机械冲击、潮湿以及其他环境条件的要求,还应使其工作温度不至于过高导致降低使用寿命或达到设计极限。

8.4.2 元器件在印制电路板上安装应根据产品结构,合理安排元器件安装顺序。安装原则一般为先低后高,先轻后重,先一般后特殊,先非静电敏感器件,后静电敏感器件,先表面安装元器件,后通孔插装元器件。

8.4.3 通孔插装元器件安装不应伸出印制电路板、接线板或底板的边缘。元器件的任何部分距印制电路板、接线板或底板的边缘的最小距离不得小于 1.6 mm。

8.4.4 金属壳体通孔插装元器件安装时应与相邻印制导线和导体元器件绝缘。

8.4.5 一般情况下不准许两个元器件直接进行叠装操作。

8.4.6 通孔插装元器件的安装孔径与元器件引线直径之间应有保证焊料流动润湿的间隙,一般为 0.2 mm~0.4 mm。

8.4.7 轴向安装元器件采用水平安装,元器件应与安装表面平行,并应满足下述要求:

- a) 元器件安装表面如无印制导线,且功率不大于 1 W 时,可采用贴板安装;
- b) 元器件若安装在裸露电路上,元器件本体与印制导线之间应至少留有 0.25 mm 间隙,但最大距离一般不应超过 1.0 mm;
- c) 当水平安装 2 W 以上电阻或安装玻璃封装二极管时,要求本体抬高 0.5 mm~1.0 mm 安装,水平安装 2 W 以上电阻示意图如图 7 所示。

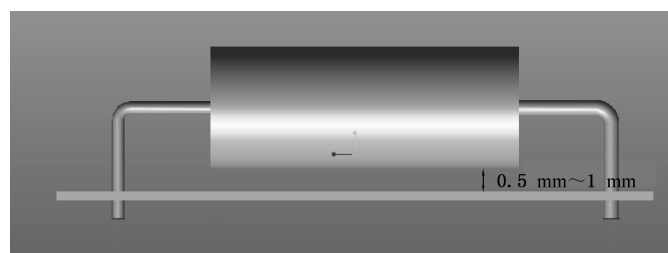


图 7 水平安装 2 W 以上电阻示意图

8.4.8 径向安装元器件安装时应不妨碍焊料流动到被焊接的金属化孔在焊接终止面的焊盘,不准许直接贴板安装,防止出现气密现象,如图 8a)所示,安装时应留有一定的高度,如图 8b)所示。对于带玻璃绝缘子类的器件(如继电器、电源模块等)应采取螺钉安装且螺钉处垫支撑套管,或采取本体下方垫带导

气槽垫片的方式安装。

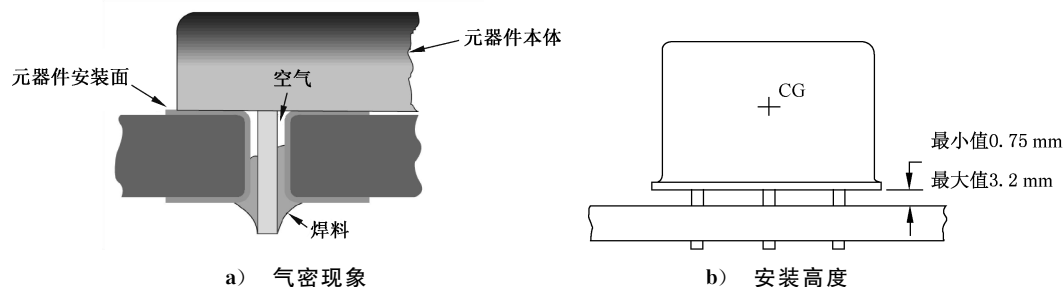


图 8 径向安装器件安装示意图

8.4.9 双引线非轴向安装元器件(包括密封石英晶体、电容器、阻尼二极管、模制外壳电阻器、微型阻流器等)安装应垂直于印制电路板板面,允许本体有一定误差,但不垂直度、平行度应符合图 9 所示。

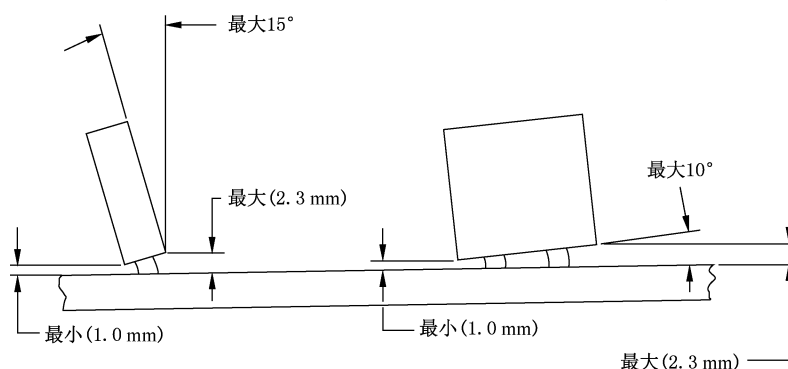


图 9 双引线非轴向安装元器件安装示意图

8.4.10 通孔元器件安装后,引脚伸出长度应为 $1.5 \text{ mm} \pm 0.8 \text{ mm}$,如图 10 所示。

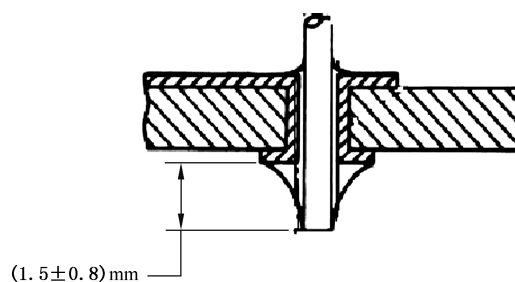


图 10 引脚伸出长度示意图

8.4.11 DIP 封装器件安装不允许向一边倾斜,所有引脚紧靠焊盘。连接器安装应与印制板贴合无缝。其中金属壳体贴合安装时,与印制电路板上印制导线相碰应增加绝缘措施。

8.4.12 表面安装元器件安装前的焊膏涂覆,可以使用印刷机或手工涂敷设备进行,焊膏涂覆应满足以下要求:

- 0402 以下封装表面贴装元件和 0.5 mm 以下间距的表面贴装器件不建议采用手工涂敷方式;
- 检查每块印制电路板的焊膏涂覆后无严重塌落,边缘整齐,焊膏在焊盘上的涂覆面积应不小于焊盘面积的 85%;
- 焊膏的厚度由印刷模板宽厚比控制,应根据引线间距控制模板厚度,一般情况下引线间距与模板厚度如表 7。

表 7 引线间距与模板厚度

引线间距(L) mm	模板厚度 mm
$0.3 \leq L \leq 0.5$	0.09~0.15
$0.635 \leq L \leq 1.27$	0.15~0.20
$L > 1.27$	0.20~0.25



8.4.13 表面安装元器件贴装应符合如下要求：

- a) 元器件安装可采用手工安装或自动安装,安装时应保证焊端至少 85%覆盖焊盘;
- b) 引线间距大于 0.635 mm 的器件,引线埋入焊膏的深度应不小于引线厚度 50%;引线间距不大于 0.635 mm 的器件,埋入深度应为引线厚度 25%~50%;
- c) 对于引线间距大于 0.635 mm 的器件,一般要求焊膏被挤出量(长度)不大于 0.2 mm;引线间距小于 0.635 mm 的器件,焊膏挤出量(长度)应不大于 0.1 mm。挤出的焊膏不应与相邻的焊盘或焊膏产生桥连。

8.4.14 典型表面安装元器件的安装应符合下述要求：

- a) 只底部可焊端片式元器件,端面横向最大偏移(A)应不大于 0.1 倍器件宽度(W);焊盘宽度(F)应大于 W;元器件纵向偏移(B)为 0,如图 11 所示。

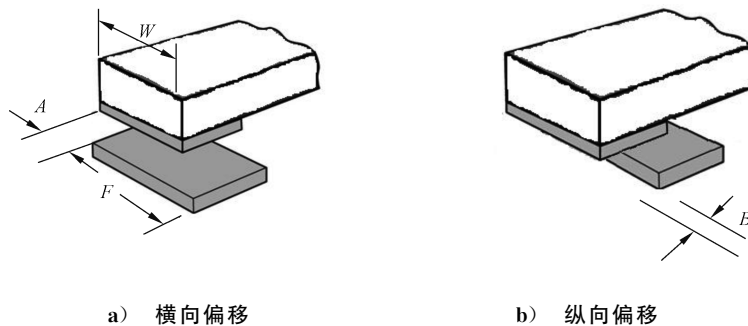


图 11 只底部可焊端示意图

- b) 矩形片式元件(含电容、二极管、磁芯等)安装时,元件焊端横向偏移量(A)最大为 15%引线宽度(W);焊盘宽度(F)应大于 W;元件焊端纵向偏移量(B)为 0,即不准许偏移,如图 12 所示。

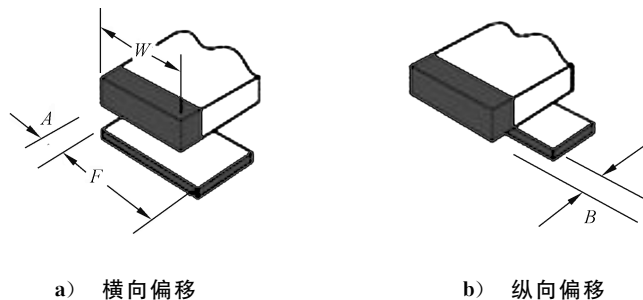


图 12 矩形片式元件示意图

- c) 圆柱形元件焊端横向偏移量(A)最大为 25%焊端直径(Z),元件焊端纵向偏移量(B)为 0,即不准许偏移,如图 13 所示。

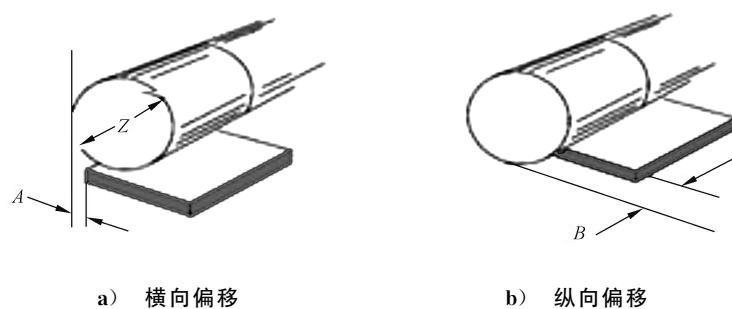


图 13 圆柱形元件示意图

- d) 扁平、带状、L型和翼形引线器件,引线横向偏移量(A)最大为15%引线宽度(W);引线纵向偏移量(B)为0,即不准许偏移;引线搭接在焊盘上的长度(L)应不小于 $1.5W$ 。如图14所示。

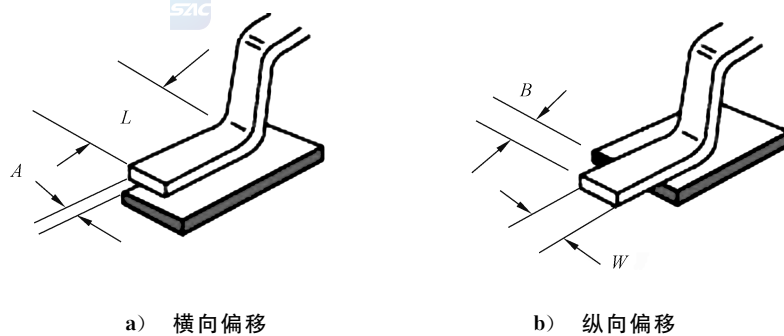


图 14 扁平、带状、L型和翼形引线示意图

- e) J型引线器件,引线横向移出量(A)最大为15%的引线宽度(W);引线纵向偏移量(B)为0,即不准许偏移。如图15所示。

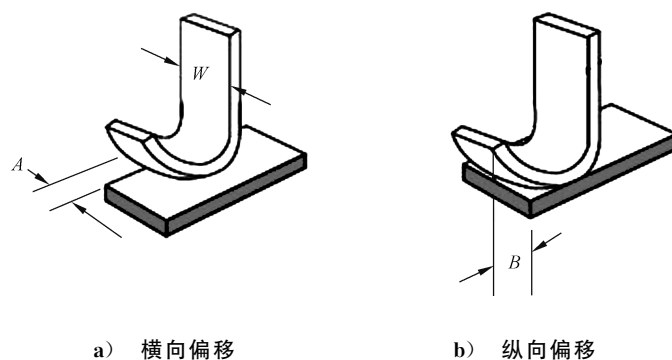


图 15 J型引线示意图

- f) 城堡型焊端器件,焊端横向偏移量(A)最大为15%引线宽度(W);焊端纵向偏移量(B)为0(即不准许偏移)。如图16所示。

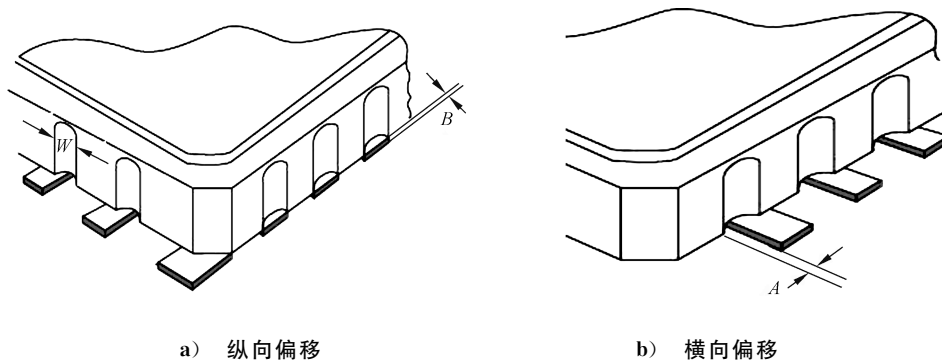


图 16 城堡型焊端示意图

8.4.15 元器件混合安装一般应先表面安装后通孔安装,先分立元器件后集成电路。元器件安装应先低后高,先轻后重,先非静电敏感器件后静电敏感器件。

8.4.16 混合安装印制板组装件中,表面安装元器件可以安装在印制电路板的任意一面或双面,选择双面安装表面安装元器件时,应在一面安装元件及体积重量均较小的元器件(如矩形、圆柱形片式元件和 SOT、较小的 SOP 等),另一面安装体积、重量较大的器件(如 BGA、QFP、LCC 等)。在焊接时,先焊接小体积、小重量器件的一面。确需在两面均安装较大器件时,应使用黏接剂固定表面安装器件,黏接剂覆盖面积不能超过元器件本体底面积的 25%,且黏接剂不应流到焊盘上。

8.5 焊接

8.5.1 焊接过程应能够使熔融焊料自由流动到导体、焊盘周围,覆盖所有区域。

8.5.2 通孔焊接时,焊料只能从印制电路板的焊接面通过金属化孔流向元件面,焊料应 100%润湿金属化孔,并覆盖焊接面的整个焊盘。

8.5.3 宇航电子产品印制板组装件焊接有手工焊接、波峰焊接(选择性波峰焊接)、再流焊接等工艺方法。无论采取何方法,焊接温度和时间应能够满足焊料与被焊接部位形成良好的合金层,且不应损伤元器件引线及焊盘:

- a) 采取手工焊接时,对于通孔安装元器件的焊接,烙铁头温度宜为 280 °C,一般不应超过 330 °C;对于特殊场合,允许烙铁头温度为 360 °C(如引线或端子较粗、焊盘与印制电路板大面积铜箔相连等散热快的情况)。表面安装元件焊接,烙铁头温度一般为 260 °C~280 °C;表面安装器件焊接,烙铁头温度一般为 280 °C~320 °C。通孔安装元器件的焊接时间一般为 2 s~3 s,表面安装元器件的焊接时间一般为 1 s~2 s。
- b) 波峰焊接温度应控制在 250 °C±5 °C,焊接时间为 3 s~3.5 s。
- c) 再流焊接应根据印制电路板实际情况以及元器件、焊膏要求设置焊接温度曲线。再流焊接峰值温度一般为 210 °C~230 °C,最高应不超过 235 °C。

8.5.4 通孔插装元器件焊接应采用先剪切后焊接的方法。如采用先焊接后剪切,焊点应重熔。

8.5.5 印制电路板用于层间连接的导通孔(中继孔)除特殊要求外,一般可以不要求充填焊料,当需要充填焊料时,应符合图 17 的要求。

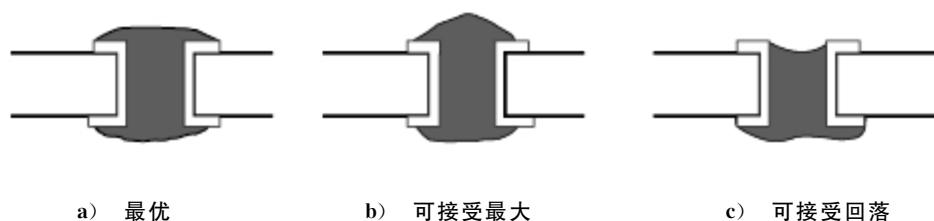


图 17 填充要求

8.5.6 表面安装元器件采用手工焊接时,焊接头(烙铁头)不应直接加热元器件焊端或引脚的脚跟以上部位,不应接触元器件本体,尤其是陶瓷基体和树脂封装的元器件,以免元器件本体受热冲击产生裂纹或损伤。在焊接过程中,元器件引线和焊盘之间不应出现相对移动,在焊料固化过程中引线不应受回弹力而在焊接处产生残余应力。

8.5.7 表面安装元器件采用波峰焊接时,元器件应采用贴装胶粘接,并使用双波峰焊接机焊接。引线间距小于 0.635 mm 的表面安装器件一般不宜采用波峰焊接。

8.5.8 表面安装元器件采取再流焊接时应在焊接前进行温度曲线设定,温度曲线一般为四个温区阶段,分别是预热区、保温区、再流区和冷却区。温度曲线的设定可选用下述原则来进行:

- 根据选用的焊膏初步设定温度曲线参数;
- 通过温度采集确定焊接温度,且选择热容量最大的元器件作为主要采集点,并在印制板中心及四角分别进行采集;
- 采集用的热电偶应选用直接接触的方式与被采集部位连接;
- 当含有 BGA 或 CGA 封装器件时,应选择焊球直径最大的 BGA(CGA)封装器件或者本体为陶瓷封装的 BGA(CGA)器件,并将采集点设置在底部中心区域的焊球;
- 若含有其他陶瓷封装器件,也应在陶瓷封装器件引线位置底部中心区域设置采集点。

8.5.9 需要电晕抑制的高电压电气接点焊接时,焊点应呈完整的图形,轮廓连续而光滑。

8.5.10 高电压电气接点焊点表面无尖锐的边缘、拉尖和夹杂物,连接点应呈现球形焊点。

8.5.11 焊接导线的焊点应润湿所有焊接表面,形成良好的轮廓。导线在焊杯内焊接时,焊杯内导线应放置到底,并与侧壁接触。

8.5.12 每个焊针(杯)上禁止焊接三根以上的导线,导线与接线端子焊接后应按要求加套管或采取其他绝缘保护措施;每个焊盘孔上只允许焊接一根导线。

8.5.13 航天产品的焊点应 100% 进行检验,检验方法的原则性要求如下:

- 在有足够光照度的情况下,采用目测并借助放大镜检验焊点外观,检查放大倍数见表 8;
- 对有疑问或有争议的焊点,可使用仲裁倍数来检验,焊盘尺寸与放大倍数见表 8;
- 被遮盖的焊点,必要时可用 X 射线检测设备对其进行检验;
- 除用于仲裁目的,不要求对 8.5.16 中有关尺寸的检查项目进行实测。

表 8 焊盘尺寸与放大倍数对照表

焊盘直径或连接盘宽度 L mm	检查放大倍数	仲裁放大倍数
$L < 0.25$	20	40
$0.25 \leq L \leq 0.5$	7.5~10	20
$0.5 < L \leq 1.0$	3~7.5	10
$L > 1.0$	1.5~3	4

8.5.14 通孔插装元器件焊接后焊点质量应符合下述要求：

- a) 焊点不应暴露金属基材、不应有拉尖、锡珠和锡渣、焊剂残渣及其他异物。与相邻导体之间不应出现桥连现象。
- b) 焊点应充分覆盖所有连接部位，但应略显引线轮廓，如图 18 所示。

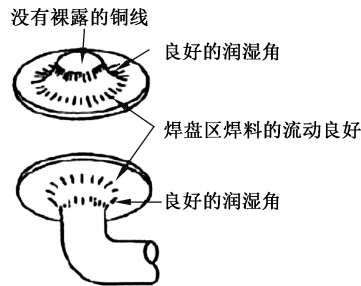


图 18 通孔焊点示意图

- c) 焊料应润湿焊接部位的表面，并围绕焊点四周形成焊缝，润湿角一般应小于 30° 。焊料不应出现焊料不足或过量现象，如图 19 所示。焊料应 100% 润湿金属化孔，并覆盖焊接终止面的整个焊盘。

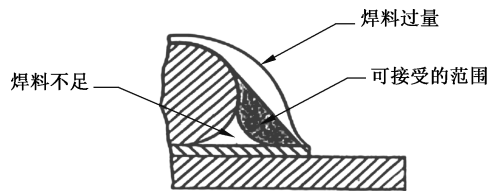


图 19 焊料饱满度示意图

8.5.15 表面安装元器件焊接后焊点质量应符合下述要求：

- a) 焊点不应暴露金属基材、不应有拉尖、锡珠和锡渣、焊剂残渣及其他异物。与相邻导体之间不应出现桥连现象。
- b) 焊接未采用 S-Sn60PbAA 或 S-Sn63PbAA 焊料时，允许焊点外观表面发暗、不光亮。
- c) 表面贴装元器件焊点应形成良好的焊缝和良好的流动焊盘区，如图 20 所示。

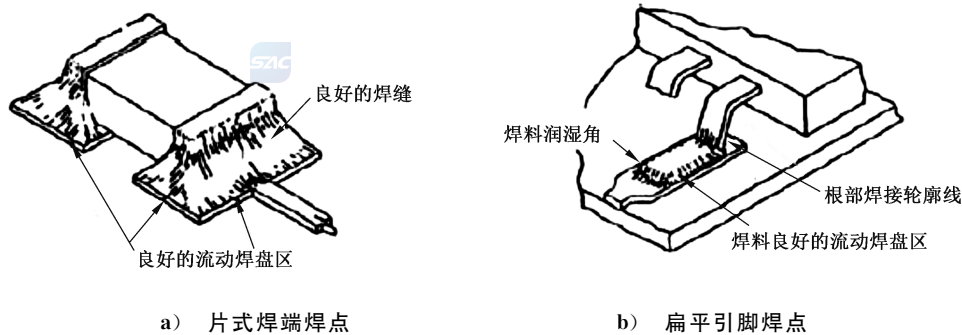


图 20 表面安装元器件焊点示意图

8.5.16 典型表面安装元器件焊点尺寸应符合下述要求：

- a) 只有底部有焊端的片式元器件焊点，焊料填充高度(G)应为 $0.1\text{ mm} \sim 0.4\text{ mm}$ ；焊料的最小接触长度(D)应不小于 0.75 倍器件焊盘宽度(W)；焊料的最大填充量不准许突出焊盘，焊料隆起不应接触器件壳体；元器件端面垂直安装方面最大偏移(A)应不大于 0.1 倍器件 W 。如图 21 所示。

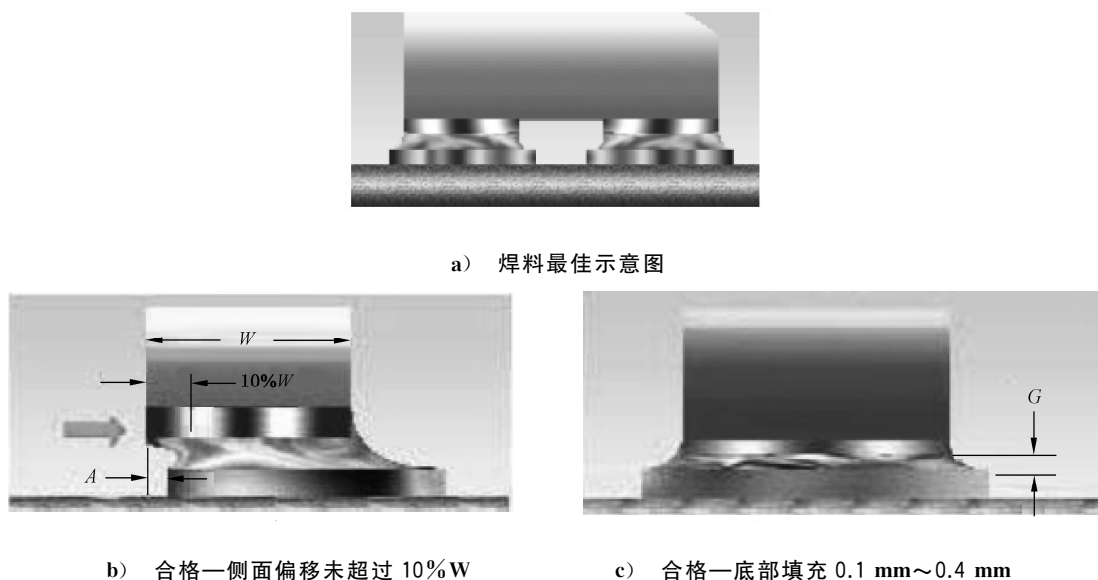


图 21 只有底部有焊端的片式元器件焊点

- b) 片式阻容(含二极管、磁芯)元件底部的焊端与印制电路板焊盘侧面最小搭接长度(C),不应小于 0.5 倍的焊端直径(Z);底部的焊端与焊盘径向最小搭接长度(D),不应小于 0.5 倍的焊端长度(T);焊端垂直安装方向的最大偏移量(A),不应大于 0.25 倍的 Z ;元件焊端平行安装方向不允许有偏移量;焊料填充高度(G)可见,但一般不超过 0.75 mm;焊端侧面焊锡爬升最小高度(F),应为 G 加上 0.3 倍的 Z ,但最小不得低于 $G+0.5$ mm;焊端侧面焊锡爬升最大高度(E)不应超过 $G+Z$ 。如图 22 所示。

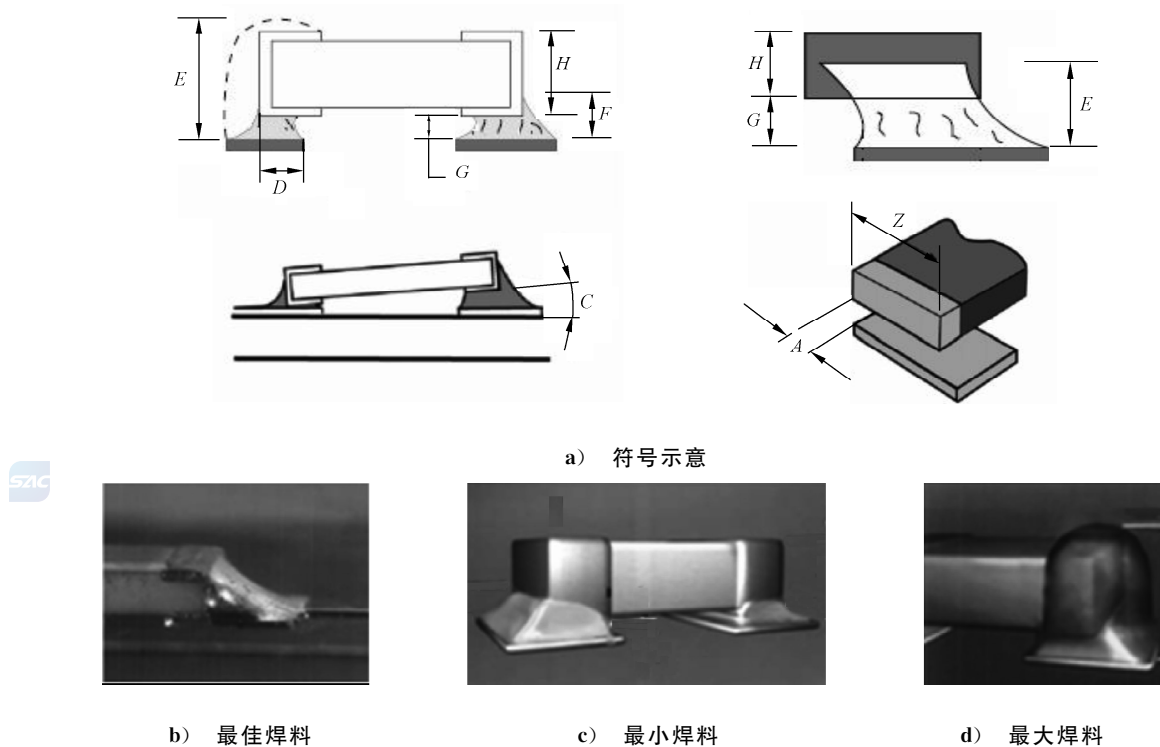


图 22 片式阻容元件焊点

- c) 圆柱头元器件底部的焊端与印制电路板焊盘侧面最小搭接长度(C),不应小于 0.5 倍的焊端直径(Z);元件底部的焊端与印制电路板焊盘径向最小搭接长度(D),不应小于 0.5 倍的焊端长度(T);元件焊端垂直安装方向的最大偏移量(A),不应大于 0.25 倍的 Z ;元件焊端平行安装方向不准许有偏移量。焊料填充高度(G)可见,但一般不超过 0.75 mm 焊端侧面焊锡爬升最小高度(F),应为 G 加上 0.3 倍的 Z ,但最小不得低于 $G+0.5$ mm;焊端侧面焊锡爬升最大高度(E)不应超过 $G+Z$ 。如图 23 所示。

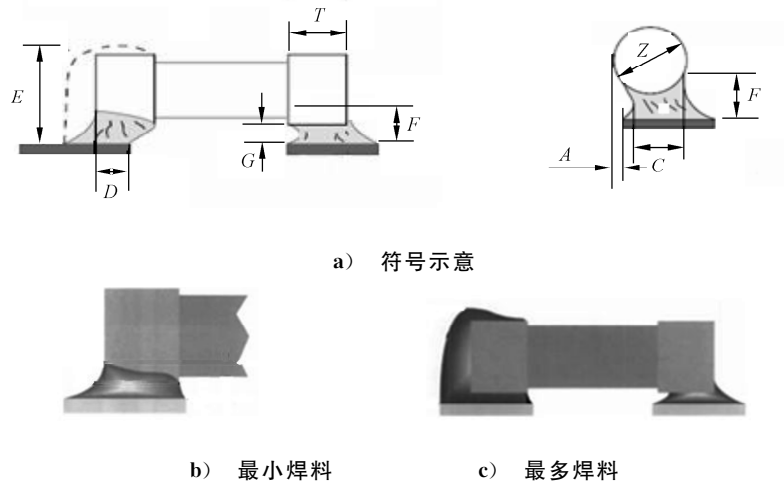


图 23 圆柱头元器件焊点

- d) 城堡型器件焊端应全部覆盖在焊盘上,不准许有偏移;底部焊点可见部分延伸至焊盘的长度(E),应不大于印制板外露焊盘长度(P),侧面焊料爬升高度(M),应不小于 0.25 倍侧面焊端高度(H);器件底部焊料填充厚度(G),应控制在 0.1 mm~0.4 mm。如图 24 所示。

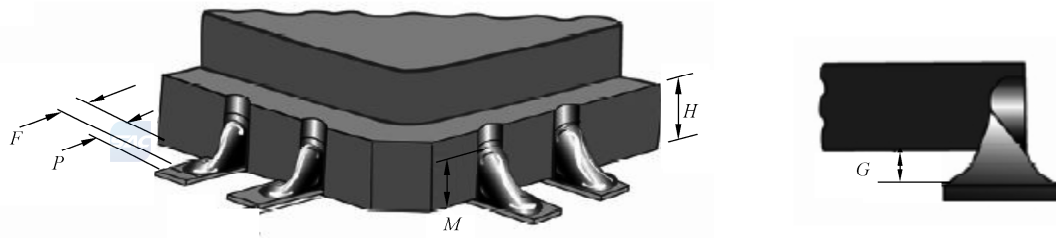


图 24 城堡型器件焊点

- e) L 和翼形引脚垂直安装方向的最大偏移量(A),应不大于 0.1 倍引线宽度(W);引线根部(脚趾)距外侧焊盘边缘的距离(B),应不小于 0.25 mm;引线根部(脚跟)距内侧焊盘边缘的距离(L),应不小于 0.5 mm;引脚搭接在焊盘上的长度(D),应不小于 1.5 倍 W ;印制电路板与元器件底部之间的焊料填充高度(G)明显润湿可见;引脚前端及侧面焊料最小爬升高度,应为焊料填充高度(G)加上 0.5 倍引线厚度(T),但最小不得小于 0.5 mm;引脚根部(脚跟)焊料最小爬升高度(F),应为 $G+T$;焊料最大爬升高度(E),不应到引线弯曲处;焊接好的器件壳体不应该有裂纹、划痕、碎裂、断裂或其他损伤。如图 25 所示。

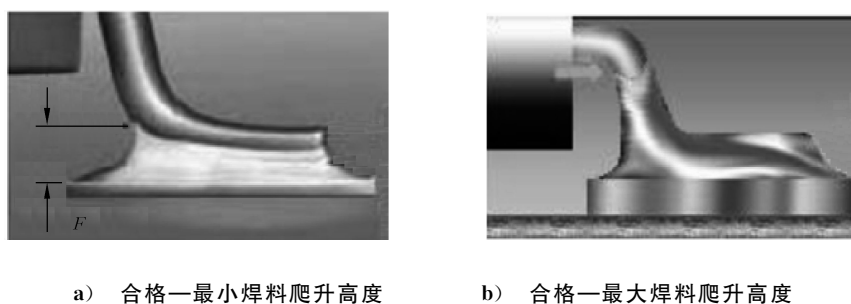
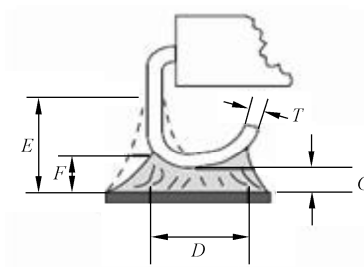
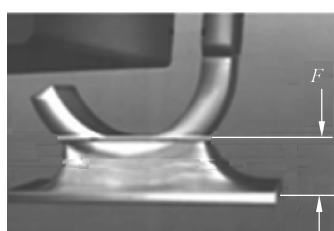


图 25 L 和翼形引线焊点

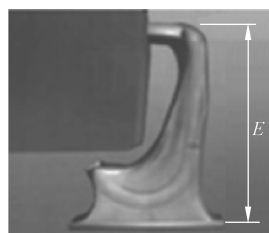
- f) J 型引脚引线应全部覆盖在焊盘上, 不准许侧面有偏移($A=0$); 引线底部焊料填充高度(G), 应明显润湿但不大于 0.75 mm ; 焊料不能与器件底部接触, 焊料的最大爬升高度(E), 不应到引线弯曲处; 引线根部焊料最小爬升高度(F), 应为引线厚度(T)加上 G ; 引线搭接在焊盘上的长度(D), 应不小于 1.5 倍引线宽度(W)。如图 26 所示。



a) 符号示意



b) 合格—最小焊料



c) 合格—最大焊料

图 26 J 型引线焊点

- g) 球栅阵列器件(BGA 封装)和柱栅阵列器件(CGA 封装)的焊点, 外观上无明显位置偏移和翘起现象, 焊球/焊柱之间应满足最小电气间隙。球栅阵列/柱栅阵列器件焊点如图 27 所示。焊点在 X 射线下的图像呈圆形, 图像边界光滑, 轮廓清晰, 焊点大小均匀; 无回流焊接不彻底现象; 焊点空洞面积小于 25% ; 焊点中心位置的偏移量不大于器件间距的 15% ; 柱栅阵列器件焊柱的倾斜度小于 5° 。

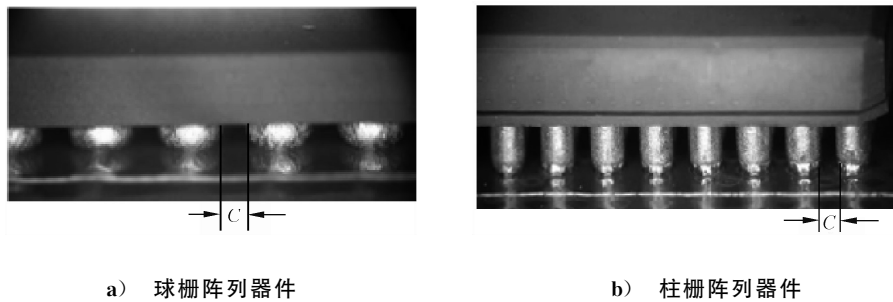


图 27 球栅阵列/柱栅阵列器件焊点

8.6 螺纹装配

8.6.1 螺纹连接分为可拆卸和不可拆卸两类,满足下述要求:

- a) 可拆卸螺纹连接应保证连接可靠,装拆方便,使用的各种金属紧固件均要求进行表面处理。装配过程中不准许出现滑扣、起毛刺等现象。螺纹连接应有防松措施。
- b) 不可拆卸螺纹连接应采用粘接强度较高的胶液涂在螺纹连接部位,使其紧固后达到牢固可靠的目的。
- c) 螺纹连接紧固后,螺纹尾端外露长度一般不得小于 1.5 螺距,连接有效长度一般不得小于 3 螺距。

8.6.2 紧固件有紧固力矩要求时,应使用专用工具按设计文件和工艺文件要求进行紧固。

8.7 清洗

8.7.1 宇航电子产品中的印制电路板组装件均应进行 100% 的清洗,去除焊剂残渣及各种污染物。

8.7.2 清洗剂应保证对清洗对象无腐蚀,无污染。一般使用无水乙醇、异丙醇、航空洗涤汽油和去离子水等。

8.7.3 根据不同的清洗对象采用手工擦洗和设备清洗,设备清洗有溶剂法清洗、半水清洗、水清洗和超声波清洗。其中:

- a) 手工清洗不适用大型表面安装器件,尤其是底部焊端的面阵列封装器件以及引脚间距在 0.5 mm 且引脚较多的 QFP 封装器件。
- b) 溶剂法清洗特别适合对水敏感、元器件密封性差的印制电路板的清洗,但应选择符合环保要求的清洗液。
- c) 半水清洗和水清洗适用性较强,但含有非密封元器件的印制板组装件不适用,需要预先采取措施保护,且需要进行烘干操作。
- d) 超声波清洗可用于印制电路板和电连接器的清洗。不准许使用超声波清洗印制板组装件。

8.7.4 通过清洁度试验,实现对清洗过程和清洗质量有效性的监控。清洁度试验每半年至少进行一次。当进行改变焊剂材料、工艺参数及其他影响清洁度因素的操作时,也应进行清洁度试验。清洁度试验过程中,若发现一块组件清洁度不符合要求,则整批组件的清洁度应重新评估。

8.7.5 清洁度要求如下:

- a) 对清洗后的组件进行表面离子污染物浓度检测,离子污染物浓度应小于 $1.56 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 等效 NaCl 离子残余;
- b) 对清洗后的组件进行表面助焊剂残留物检测,残留物的浓度应不大于 $40 \mu\text{g}$;
- c) 对清洗后的组件进行表面绝缘电阻检测,电阻值应不小于 $100 \text{ M}\Omega$ 。

8.8 防护与加固

8.8.1 敷形涂覆

8.8.1.1 为了满足宇航电子产品印制板组装件使用环境和贮存寿命的要求,均应对其实实施防护涂敷处理。

8.8.1.2 宇航电子产品印制板组装件应在装配检验合格、功能测试调试合格,且涂敷部位清洗干净、干燥后才能进行防护涂敷。

8.8.1.3 宇航电子产品印制板组装件的敷形涂覆主要有手工操作、选择性涂敷设备自动涂敷和真空沉降设备真空沉积,具体要求如下:

- a) 手工喷涂应先对不喷涂部位进行保护,喷涂过程中开启排风设备,均匀喷涂后,待漆膜不黏手时翻转喷涂另一面;手工刷涂用刷子蘸取涂料后均匀涂敷在被加工表面。
- b) 选择性自动喷涂设备应先编程,并对程序进行确认;先进行首件喷涂操作并经检验合格后再进行批量喷涂操作。
- c) 真空沉降设备是针对聚对二甲苯材料真空沉积的装备,根据需涂敷产品数量控制原料用量;将不需喷涂位置进行屏蔽保护。

8.8.1.4 元器件装配后预涂困难时应在其装配前进行防护涂敷预处理。

8.8.1.5 敷形涂敷属于特殊过程,应对全过程进行控制,工艺过程包括不涂敷部位保护、预烘、涂敷材料配置、涂敷、固化等,均应按涂敷材料的要求进行控制。

8.8.1.6 敷形涂敷应控制涂层厚度,聚氨酯清漆一般控制在 $40\ \mu\text{m}\sim 60\ \mu\text{m}$ 。

8.8.1.7 敷形涂层固化后应对涂层质量进行检查确认,通常采取目测法检查涂层质量和多余物。涂敷质量应定期进行鉴定,主要进行涂层附着力测试及三防性能测试。

8.8.2 粘固

8.8.2.1 印制板组装件上需要提高抗振性能的元器件和线束应进行粘固处理,并应满足下述要求:

- a) 产品在粘固之前电气性能应经调试(测试)合格,表面应清洗干净;
- b) 产品粘固的部位应根据粘固材料增加保证附着力的措施,如选用 GD414 硅橡胶粘固时先涂敷 DBSF-6101 保护剂。

8.8.2.2 粘固材料的选择按 6.9.6 规定执行。

8.8.2.3 使用环氧树脂胶粘固不准许粘固元器件引线及焊盘。

8.8.2.4 粘固后应按胶料特性进行固化,固化过程不准许移动产品;固化不完全时,不应进行力学试验。

8.8.3 灌封

8.8.3.1 需要提高抗振性能、特殊三防要求、气密要求及电气性能要求的印制板组装件可采用局部或整体灌封,并应满足下述要求:

- a) 产品在灌封之前电气性能应经调试(测试)合格,表面应清洗干净;
- b) 产品灌封的部位应根据灌封材料增加保证附着力的措施,如选用 QD231 硅橡胶灌封时先涂敷 DBSF-6101 保护剂。

8.8.3.2 灌封材料的选择按 6.9.6 规定执行。

8.8.3.3 灌封前应进行围挡,灌封厚度一般应超过需灌封最高元器件的重心,当灌封高度超过 10 mm 以上应采取分层灌注的方式进行灌注。

8.8.3.4 灌封后应采取真空排泡处理。

8.8.3.5 对发热或带有散热器的元器件应进行保护,使其散热面裸露。

8.8.3.6 灌封后应水平放置进行固化,固化条件应按材料供应商的要求执行,固化过程不准许移动产品;固化不完全时,不应进行力学试验。

9 修复和改装

9.1 一般原则

9.1.1 适用要求

当印制板组装件在组装或测试过程中受损,得到设计部门认可的情况下;或设计部门改变现用技术状态时,允许进行修复或改装操作。

9.1.2 修复

9.1.2.1 印制电路板组装件在组装或测试过程中受损,有必要恢复其功能时应允许进行修复。修复包括更换元器件及相关的连接部分,以及固定隆起的焊盘和印制导线等。

9.1.2.2 印制电路板组装件的修复不降低产品的质量,应不妨碍印制板组装件符合所有相关的技术要求。

9.1.2.3 在任何一块印制板组装件修复(包括焊接和黏结)的总数应限于六处。

注:一处修复是指一个元器件或一个连接器的修复,并包括在其一根引线或多根引线上的操作。

9.1.2.4 当印制板组装件上安装超过 120 个片式元件时,修复总数不应超过片式元件总数的 5%。任意 25 cm² 面积内,涉及焊接操作的修复不应超过三处,涉及黏结的修复不应超过四处。

9.1.3 改装

9.1.3.1 印制板组装件的改装是指连接特性的改变,这种特性的改变通过切断印制导线、增加元器件以及切断或增加导线(引线)连接来实现。

9.1.3.2 一个元器件或一个连接器多个接点的改变应认为是一处改装;添加一个元器件应认为是一处改装。

9.1.3.3 任何一块印制板组装件上任意 25 cm² 面积内,改装总数不应超过三处。

9.2 其他限定条件

9.2.1 由于工作不正常或机械损坏,或由于元器件临近印制导线的损坏,应拆除并更换元器件,拆下的元器件一般不应再使用,应用相同的新元器件替换。

9.2.2 拆除元器件只应在安装密度足以保证其他相邻元器件完整性的情况下方可进行。

9.2.3 对于通孔插装元器件和表面安装器件,每一个印制电路板的焊盘应以解焊操作不超过一次为限制条件(即只允许更换一次元器件)。

9.2.4 对于表面安装元件,同一个位置最多只允许更换三次。

9.2.5 涉及重要修复和改装应进行相应的风险分析,工艺方案应经过评审方可应用。

9.2.6 所有修复和改装均应进行多媒体记录,记录操作前后的状态。

9.3 敷形涂层的清除

9.3.1 在拆除元器件前应将敷形涂层清除,不准许直接使用电烙铁清除涂层,高温将会造成涂层碳化,也可能使印制电路板分层。

9.3.2 用来切割修复焊盘周围涂层的工具不应太锋利,使用热割装置应避免端头熔融临近的焊点。

9.3.3 采用溶剂清除漆层时溶剂使用时间不应超过 15 min,避免相邻的电子元器件涂层破坏。

9.4 焊点的清除

元器件更换过程中焊料清除应避免连接部位受到热冲击或机械损伤,避免焊盘出现起翘现象。

9.5 印制导线焊盘修复

9.5.1 受损印制导线受损长度低于导体宽度五倍时允许进行修复。

9.5.2 隆起的印制导线长度不超过两焊盘间印制导线长度的一半或 2 cm(取最小值)时允许进行修复。

9.5.3 已经分离、松动、隆起或其他不再与基材黏合的焊盘允许修复;由于撕裂、切割或其机械方式,已经受损超出规定合格极限的所有焊盘允许修复。

9.5.4 印制电路间距不应因修复而低于最小合格标准。

9.6 导线对导线焊接

9.6.1 导线(引线)因断裂或改装需要加长时可以采取导线对导线的焊接。

9.6.2 导线在每一个弯曲处应附加固定。

9.7 增加元器件

9.7.1 印制板组装件增加元器件不应改变印制电路板结构尺寸,安装位置应符合印制板组装件布局要求。

9.7.2 增加的元器件如需要加长引线应在两端加长相等的长度,若加长导线应对导线进行粘固固定,第一个粘固点应距离焊点不大于 15 mm。

10 质量控制

10.1 所有质量记录应留存。

10.2 各工具、设备应进行相应的校准,失效或有缺陷的工具设备应标识并从工作区移出,不应再用于生产。

10.3 生产过程中的各阶段均应设置检验点。

10.4 当出现重复质量不合格、加工技术更新、加工参数改变、加工技能提高时,应对从事宇航电子产品印制板组装件制造的相关人员进行再培训工作。

11 焊接工艺验证

11.1 一般要求

11.1.1 当采用新材料、新工艺、新设备、新器件时,需要进行焊接工艺验证。

11.1.2 需要进行验证时应按用户要求执行,若用户无要求,应符合本焊接工艺验证要求。

11.1.3 验证试验用印制电路板的基材、层数、厚度等均应能够代表实际产品;验证试验件上应装焊每种至少三只元器件,造价较高的元器件可用非功能工艺元器件代替,但其焊端(引线)材料及镀层应与正式元器件一致。

11.2 验证试验

11.2.1 流程

验证试验包括振动试验、温度循环试验、金相试验、面阵列器件染色试验、片式元件焊点剪切强度试

验、扁平封装四面引出线器件焊点拉伸强度试验。其中振动试验可在温度循环试验前、或任意温度循环后进行,详见图 28。

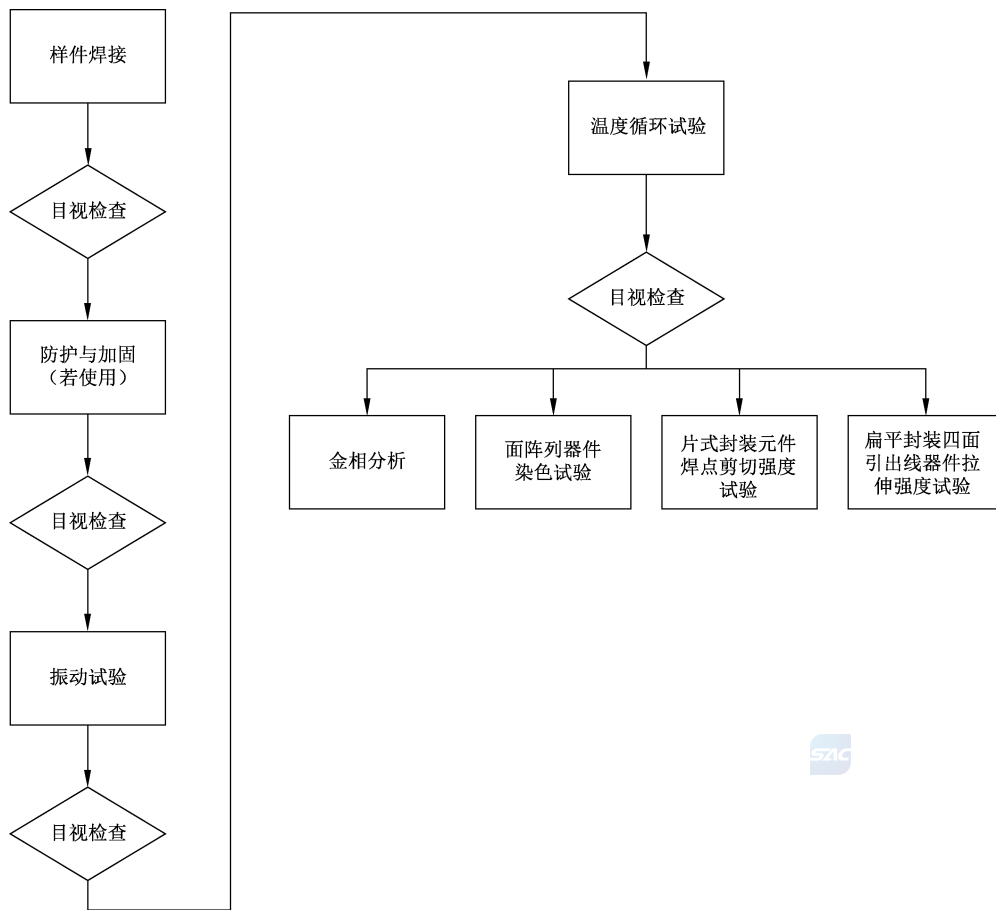


图 28 验证试验流程

11.2.2 样件焊接

样件的制作符合 8.1~8.5 要求。

11.2.3 目视检查

安装符合要求,焊点外观符合 8.5 要求。

11.2.4 防护与加固(若使用)

防护与加固应符合 8.8 要求。

11.2.5 振动试验

振动试验采取试验件直接在振动台上刚性连接的方式,振动量级为试验件上印制板组装件上实际响应频谱。振动试验应在三个方向上分别进行试验,正弦振动试验条件符合表 9,正弦振动最小量级符合表 10,随机振动最小量级符合表 11。

表 9 正弦振动试验条件

振动幅值	0.5 g(0 至峰值)
频率范围	10 Hz~2 000 Hz
扫描速度	2 oct/min
方向	X、Y 和 Z 轴

表 10 正弦振动最小量级

宇航器 产品	频率范围 Hz	25~100		100~200			持续时间： 25 Hz~200 Hz 全过程
	功率谱密度 (0 至峰值)	20 g		15 g			
	扫描速率 oct/min	1					
运载 产品	频率范围 Hz	10~16	16~60	60~70	70~200	200~2 000	持续时间： 10 Hz~2 000 Hz 全过程
	功率谱密度 (0 至峰值)	10 mm	10 g	22.5 g	22.5 g	10 g	
	扫描速率 oct/min	1/3	1/3	1/3	2	2	

表 11 随机振动最小量级

除运载 火箭外	垂直于印 制电路板 组零件	频率范围 Hz	20~100	100~500	500~2 000	28.5 g 均方根	持续时间： 每方向 5 min
		功率谱 密度	+ 6 dB/oct	1.0 g ² /Hz	- 6 dB/oct		
	平行于印 制电路板 组零件	频率范围 Hz	20~100	100~800	800~2 000	27.1 g 均方根	
		功率谱 密度	+ 6 dB/oct	0.5 g ² /Hz	- 3 dB/oct		
运载火箭产品	频率范围 Hz	20~60	60~1 000	1 000~2 000	20 g 均方根		
	功率谱 密度	+ 3 dB/oct	0.27 g ² /Hz	- 6 dB/oct			

11.2.6 温度循环试验

温度循环试验的要求如下：

- 试验件应在有空气循环或惰性气体净化的烘箱中进行温度循环；
- 温度循环开始前，试验件应烘烤去除内部湿气，烘烤温度应在 60 °C~80 °C 范围内；

- c) 温度循环试验条件:温度 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+100\text{ }^{\circ}\text{C}$,升降温速率不超过 $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,高低温极限温度至少保持 15 min ,每个循环 1 h ,不少于 500 个循环;
- d) 监测用热电偶应与印制电路板表面接触。

11.2.7 金相分析

印制板组装件焊点的金相分析按下述要求进行:

- a) 在振动试验和温度循环试验后,每种试验件(工艺)至少进行一次金相分析;
- b) 金相分析应选择目视最差焊点,阵列器件一般选择最外一排;
- c) 焊点的表面和内部裂纹不应贯穿超过整个焊料填充区域的 25% 。

11.2.8 面阵列器件染色试验

面阵列器件可采取染色试验分析焊点完整性,具体要求为:

- a) 在试验件振动试验、温度循环试验后进行;
- b) 采用低黏度染色剂,确保染色剂能够渗入每个焊点裂纹;
- c) 待染色剂充分干燥,对元器件施加外力拉开焊点,焊点裂开处有染色时,代表该处存在裂纹;
- d) 着色渗透试验中,面阵列器件移除后,着色渗透不应覆盖超过 25% 的裂开的焊点区域。

11.2.9 片式封装元件焊点剪切强度试验

片式封装元件可采取剪切试验分析焊点机械强度,具体要求为:

- a) 在试验件振动试验、温度循环试验前后进行剪切强度试验;
- b) 剪切卡具对准元件中心轴线且保证卡具与元件垂直;
- c) 剪切速度一般在 $5\text{ mm}/\text{min}\sim 30\text{ mm}/\text{min}$;
- d) 对剪切卡具施加外力至元件脱落,测得剪切力;
- e) 对比试验结果确定机械强度不应有明显下降。

11.2.10 扁平封装四面引出线器件拉伸强度试验

扁平封装四面引出线器件可采取拉伸试验分析焊点机械强度,具体要求为:

- a) 在试验件振动试验、温度循环试验前后进行拉伸强度试验;
- b) 拉伸时保证卡具与器件引线成 45° 斜角;
- c) 拉伸速度小于 $10\text{ mm}/\text{min}$;
- d) 对卡具施加外力至器件引线从焊点脱落,测得拉伸力;
- e) 对比试验结果确定机械强度不应有明显下降。