

现代电子制造系列丛书

现代电子装联 环境及物料管理

邱华盛 潘华强 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书较为系统地介绍了电子装联环境和物料管理规范两大部分。电子装联环境管理部分介绍了现代电子装联物理环境、静电防护、7S、绿色环保法规的相关要求，并通过案例说明了环境管理失控所带来的产品质量缺陷及其影响。物料管理规范部分介绍了整个电子装联所涵盖的元器件、印制板及相关辅料在入库、储存、配送、应用等环节的操作技术管理要求。

本书既可作为中兴通讯电子制造职业学院的教材用书，也可作为广大从事电子制造工程技术人员的参考读物。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

现代电子装联环境及物料管理 / 邱华盛，潘华强编著. —北京：电子工业出版社，2016.1

（现代电子制造系列丛书）

ISBN 978-7-121-27704-7

I. ①现… II. ①邱… ②潘… III. ①电子装联—环境管理②电子装联—物资管理 IV. ①TN305.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 285585 号

策划编辑：宋 梅

责任编辑：桑 昀

印 刷：

装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：11 字数：282 千字

版 次：2016 年 1 月第 1 版

印 次：2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

总 序

当前，各种技术的日新月异以及这个时代的各种应用和需求迅速地推动着现代电子制造技术的革命。各门学科，比如，物理学、化学、电子学、行为科学、生物学等的深度融合，提供了现代电子制造技术广阔的发展空间，特别是移动互联网技术的不断升级换代、工业4.0技术推动着现代电子技术的高速发展。同时，现代电子制造技术将会在机遇和挑战中不断变革。比如，人们对环保、生态的需求，随着中国人口老龄化不断加剧，操作工人的短缺和生产的自动化，以及企业对生产效率提高的驱动，将会给现代电子制造技术带来深刻变革。不同的时代特征、运行环境和实现条件，使现代电子制造的发展也必须建立在一个崭新的起点上。这就意味着，在这样一个深刻的、深远的转折时期，电子制造业生态和电子生产制造体系的变革，为增强制造业竞争力提供了难得的机遇。

对于中国这个全球电子产品的生产大国，电子制造技术无疑是非常重要的。而中兴通讯作为中国最大的通信设备上市公司，30年来，其产品经历了从跟随、领先到超越的发展历程，市场经历了从国内起步扩展到国外的发展历程，目前已成为全球领先的通信产品和服务供应商，可以说是中国电子通信产品高速发展的缩影。在中兴通讯成功的因素中，技术创新是制胜法宝，而电子制造技术也是中兴通讯的核心竞争力。

无论是“中国智造”，还是“中国创造”，归根到底都依赖懂技术、肯实干的人才。中兴通讯要不断夯实自身生产制造雄厚的技术优势和特长，以更好地推动和支撑中兴通讯产品创新和技术创新。为此，2013年中兴通讯组建了电子制造职业学院，帮助工程师进修学习新知识和新技术，不断提升工程师的技术能力。为提升学习和培训效果，我们下功夫编写供工程师进修学习的精品教材。为此，公司组织了以樊融融教授为首的教材编写小组，这个小组集中了中兴通讯既有丰富理论又有实践经验的资深的专家队伍，这批专家也可以说是业界级的工程师，这无疑保证了这套教材的水准。

“现代电子制造系列丛书”共分三个系列，分别用于高级班、中级班、初级班，高级班教材有4本，中级班教材有6本，初级班教材有2本。本套丛书基本上覆盖了现代电子制造所有方面的理论、知识、实际问题及其答案，体现了教材的系统性、全面性、实用性，不仅在理论和实际操作上有一定的深度，更在新技术、新应用和新趋势方面有许多突破。

本套丛书的内容也可以说是中兴通讯的核心技术，现在与电子工业出版社联合将此丛书公开出版发行，向社会和业界传播电子制造新技术，使现在和未来从事电子制造技术研究的工程师受益，将造福于中国电子制造整个行业，对推动中国制造提升能力有深远的影响，这无疑体现了“中兴通讯，中国兴旺”的公司愿景和一贯的社会责任。

中兴通讯股份有限公司董事长

前 言

随着现代社会需求的多样化，人类物质生活变得多姿多彩，电子产品的个性化、集成化、便携化、低成本成为新的发展趋势，也必然导致轻、薄、短、小、特等电子封装技术及其组装工艺成为行业新的需求，而这些技术的实现，也对其应用的工作环境与管理提出了更高的技术要求。

现代电子制造企业通过计划、实施、控制与协调等手段，对生产环境的控制，物料的采购、运输、验收、入库、仓储、配送、插件和贴装、焊接、测试、包装、出货、信息等环节进行系统整合，实现以最低的成本为用户提供优质产品和多功能、一体化综合服务。

产品的制造工艺过程由工序、工步及若干个质量控制节点所构成。为获得最高的良品率，按照预定的工艺技术要求 and 工艺窗口设计，对每个节点参数进行全面的科学控制，使产品的整个生产链都处于工艺受控状态，总称为工艺过程控制。生产过程的每个环节都要严格按照其对应的工艺技术规范进行管理，确保过程受控。而对电子装联环境与物料管理进行管控就是最为基础和重要的手段。

显然，工作环境与物料管理的失控，在很大程度上可以映射到工艺过程控制上的失控，其后果将危及产品组装质量的劣化和不可控。它不仅带来制程缺陷率的上升，而且还将导致产品生产质量的全面下降甚至降低产品可靠性，造成人身财产安全和经济损失。例如，在第一艘阿波罗载人宇宙飞船中，由于太空船内长达 50km 电线的某处产生的火花造成起火，导致爆炸，使三名宇航员丧生；在火药制造过程中，由于静电放电（ESD），造成爆炸伤亡的事故也时有发生；某公司提供不符合欧盟限制物质管控规定的生产材料而导致巨额经济赔偿；等等。

作为企业办学的一种尝试，中兴通讯股份有限公司利用自身强大的电子装联技术资源，出人才、出资金、出设备、出实验场地，组织一批电子装联工艺技术骨干专家，将电子装联领域涉及的各项工艺技术以及工程师们宝贵的实践经验总结成为“现代电子制造系列丛书”，既可作为中兴通讯电子制造职业学院的教材用书，也可作为广大从事电子制造工程技术人员的参考读物。

本书是中兴通讯股份有限公司与电子工业出版社合作出版的“现代电子制造系列丛书”中的一册，内容分为电子装联环境和物料管理规范两大部分。电子装联环境管理部分介绍了现代电子装联物理环境、静电防护、7S、绿色环保法规的相关要求，并通过案例说明环境管理失控所带来的产品质量缺陷及其影响。物料管理规范部分介绍了整个电子装联所涵盖的元器件、印制板及相关辅料在入库、储存、配送、应用等环节的操作技术管理要求。

本书在编写过程中，得到了中兴通讯股份有限公司执行副总裁邱未召先生、制造中心主任董海先生及副主任丁国兴先生、中兴通讯电子制造职业学院院长樊融融研究员、制造中心汪芸部长的关怀与帮助，工艺研究部总工程师刘哲、工艺专家贾忠中为本书提供了许多技术指导，王丽明女士对本书进行了校稿工作，在此一并表示感谢。

本书在编写过程中，参考了许多国内外公开发表的文献资料和编者在一些技术讲座中所收集的资料，并在书中直接引用了相关图片、数据等内容，在此向原作者表示敬意和感谢。

限于编者水平有限，本书无论是在体系结构还是具体内容上都难免存在错误和不足，恳请各位读者和专家批评指正。

对本书的意见请反馈至qiu.huasheng@zte.com.cn。

编著者

2015年12月

于中兴通讯股份有限公司

目 录

第 1 章 现代电子装联的绿色环保要求	1
1.1 概述	2
1.2 环保法规要求	4
1.2.1 欧盟法规	4
1.2.2 中国法规	5
1.2.3 日本、美国、韩国等国家法规	6
1.3 环保标识要求	6
1.4 绿色环保要求的实施方法	8
思考题 1	8
第 2 章 电子安装物理环境要求	9
2.1 概述	10
2.1.1 电子安装物理环境	10
2.1.2 物理环境条件	10
2.2 场地的文明卫生	12
2.2.1 场地文明卫生要求	12
2.2.2 7S 的定义和要求	13
思考题 2	14
第 3 章 现代电子装联工作场地的静电防护要求	15
3.1 概述	16
3.1.1 静电的定义	16
3.1.2 静电的产生及危害	17
3.1.3 静电敏感元器件的分级与分类	20
3.1.4 静电敏感元器件的选型与产品防静电设计	22
3.2 静电防护原理和测量	23
3.2.1 静电防护	23
3.2.2 静电测量仪器	25
3.2.3 静电测量方法	26
3.2.4 工作场地的防静电技术指标要求	40
3.3 生产物流中的防静电管控	40
思考题 3	47
第 4 章 现代电子装联工作场地的 7S 要求	49
4.1 概述	50

4.1.1	7S 的起源	50
4.1.2	7S 的发展	50
4.1.3	7S 的作用	50
4.2	7S 的基础概念及推行	50
4.2.1	整理	50
4.2.2	整顿	51
4.2.3	清扫	52
4.2.4	清洁	52
4.2.5	素养	53
4.2.6	安全	53
4.2.7	节约	54
4.3	如何推行 7S	55
4.3.1	整理如何推行	55
4.3.2	整顿如何推行	56
4.3.3	清扫如何推行	57
4.3.4	清洁如何推行	59
4.3.5	素养如何推行	60
4.3.6	安全如何推行	61
4.3.7	节约如何推行	61
4.4	7S 生产现场的基本要求	62
	思考题 4	63
第 5 章	现代电子装联环境失控导致的不良案例	65
5.1	概述	66
5.2	存储环境失控导致的失效案例	66
5.3	工作环境失控导致的失效案例	68
5.4	ESD 失效导致的案例	71
5.5	7S 管理失控导致的失效案例	72
	思考题 5	74
第 6 章	通用元器件的验收、储存及配送工艺规范	75
6.1	概述	76
6.1.1	规范要求	76
6.1.2	名词定义	76
6.2	通用元器件引线或端子镀层的耐久性要求	76
6.3	通用元器件的验收、储存及配送管理	77
6.3.1	入库验收	77
6.3.2	储存	78
6.3.3	配送	78

思考题 6	78
第 7 章 敏感元器件的入库验收、储存、配送及组装过程工艺规范	79
7.1 概述	80
7.2 潮湿敏感元器件	80
7.2.1 潮湿敏感元器件的要求	80
7.2.2 引用标准	80
7.2.3 术语和定义	80
7.2.4 MSD 的分类及 SMT 包装的分级	84
7.2.5 潮湿敏感性标识	86
7.2.6 MSD 的入库、储存、配送、组装工艺过程管理	87
7.2.7 焊接	95
7.2.8 流程责任	96
7.3 静电敏感元器件	97
7.3.1 静电敏感元器件的要求	97
7.3.2 引用标准	97
7.3.3 SSD 敏感度分级和分类	98
7.3.4 SSD 的入库储存和配送、操作过程管理	99
7.4 温度敏感元器件	103
7.4.1 温度敏感元器件的要求	103
7.4.2 引用标准	103
7.4.3 术语和定义	103
7.4.4 温度敏感元器件损坏模式	103
7.4.5 常见的温敏元器件	104
7.4.6 温度敏感元器件的入库、储存、配送、装焊工艺过程的特殊要求	104
7.4.7 流程责任	107
7.4.8 入库验收	108
7.4.9 储存、发料	108
7.4.10 配送	108
7.4.11 装焊	108
思考题 7	108
第 8 章 PCB 入库、储存、配送通用工艺规范	109
8.1 概述	110
8.1.1 PCB 分级	110
8.1.2 相关行业标准	110
8.1.3 相关名称解释	110
8.2 PCB 入库验收技术要求	111
8.2.1 包装外观检查	111

8.2.2	可焊性试验	111
8.2.3	PCB 外观质量特性的查验	118
8.3	PCB 存储技术要求	119
8.4	PCB 配送技术要求	119
	思考题 8	120
第 9 章	元器件引线、焊端、接线头、接线柱及导线可焊性测试方法与验收标准	121
9.1	概述	122
9.1.1	可焊性	122
9.1.2	引用标准	122
9.1.3	术语及定义	122
9.2	可焊性测试的试验设备与材料	122
9.2.1	试验设备	122
9.2.2	试验材料	123
9.3	试验方法与步骤	124
9.3.1	试验要求	124
9.3.2	试验方法	125
9.3.3	试验步骤	126
9.4	可焊性测试的仲裁	133
9.4.1	焊槽浸润法的仲裁	133
9.4.2	润湿称量法的仲裁	133
9.4.3	仲裁手段的实施范围	134
9.5	异常情况的处理	134
	思考题 9	136
第 10 章	电子装联辅料入库验收、储存、配送工艺规范	137
10.1	概述	138
10.2	焊料、助焊剂	138
10.2.1	焊料、助焊剂等装联辅料的要求	138
10.2.2	引用标准	138
10.2.3	名词定义	138
10.2.4	入库验收、储存、配送技术要求	138
10.3	焊膏	142
10.3.1	焊膏的要求	142
10.3.2	引用标准	142
10.3.3	名词定义	142
10.3.4	焊膏的采购、验收、储存、配送及使用中的管理	142
10.4	SMT 贴片胶	146
10.4.1	SMT 贴片胶	146

10.4.2	引用标准	146
10.4.3	名词定义	146
10.4.4	贴片胶的作用与性能	146
10.4.5	入库验收、储存、配送管理	147
10.5	UNDERFILL 胶、清洗剂、导热胶	149
10.5.1	规范说明	149
10.5.2	名词定义	149
10.5.3	入库、储存及配送工艺要求	149
	思考题 10	153
第 11 章	生产过程物料配送工艺要求	155
11.1	概述	156
11.1.1	生产过程物料配送	156
11.1.2	名词定义	156
11.2	上线物料配送要求	156
11.2.1	PCB 的配送要求	156
11.2.2	潮湿敏感元器件的配送要求	157
11.2.3	静电敏感元器件的配送要求	157
11.2.4	温度敏感元器件的配送要求	158
11.2.5	通用元器件和结构件的配送要求	158
11.2.6	易燃易爆品的配送要求	158
11.3	配送通道	158
	思考题 11	158
	参考资料	159
	参考文献	161
	跋	163

第1章 现代电子装联的 绿色环保要求



本章要点

- 📁 概述
- 📁 环保法规要求
- 📁 环保标识要求
- 📁 绿色环保要求的实施方法



1.1 概 述

随着人们对环保的重视，保护地球环境，推行可持续发展已经成了各国的共识。欧洲、北美、澳大利亚、日本等发达国家的电信客户都有环保采购要求，符合环保要求已经成为市场准入条件。

有害物质的使用对地球和人类造成了各种危害，地球已经不堪重负。首先了解一下常见的有害物质及其危害。



图 1.1 镉中毒

1. 第一类有害物质——镉

在所有的金属元素中，镉是对人体健康威胁最大的有害元素之一。镉对人体组织和器官的危害是多方面的，主要是对肾脏、肝脏的危害，镉会导致一种奇怪的疼痛病。

1955 年，在日本神通川沿岸的一些地区由于水被重金属镉污染，出现了一种怪病，人的骨骼软化，身体萎缩，骨骼出现严重的畸形，严重时，一些轻微的活动或咳嗽都可以造成骨折。最后，病人饭不能吃、水不能喝，卧床不起，呼气困难，病态十分凄惨，最终在极度疼痛中死去。图 1.1 为镉中毒示例。

2. 第二类有害物质——铅

铅是一种对神经系统造成伤害的重金属元素。重度铅中毒会导致儿童成为低能儿甚至死亡。2009 年 8 月 15 日，陕西省凤翔县遭遇“儿童铅中毒事件”，最后确认 731 名受检儿童中，615 名血铅超标，其中 166 名中、重度铅中毒儿住院接受免费的排铅治疗，如图 1.2 所示。

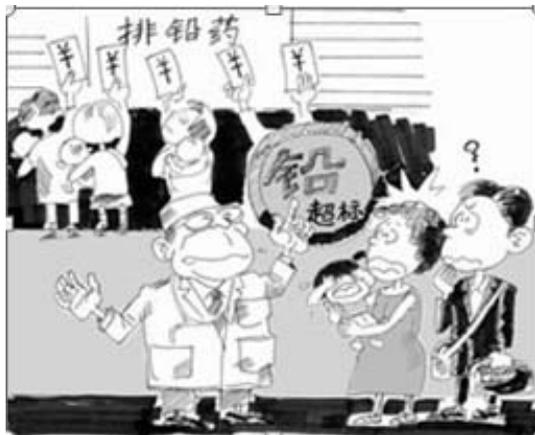


图 1.2 铅中毒



3. 第三类有害物质——汞

汞污染会造成水俣病，实际为有机汞中毒。汞中毒会导致记忆力减退、注意力不集中、全身乏力等，患者手足协调失常，甚至步行困难、运动障碍、弱智、听力及言语障碍、视野缩小；重者会出现神经错乱、思觉失调、痉挛，最后死亡。发病起三个月内约有半数重症者死亡，怀孕妇女也会将这种汞中毒带给腹中胎儿，损害胎儿智力，造成弱智，如图 1.3 所示。



图 1.3 汞中毒

4. 第四类有害物质——六价铬

六价铬为吞入性毒物/吸入性极毒物。皮肤接触可能导致敏感；更可能造成遗传性基因缺陷；吸入可能致癌，致癌部位主要是肺。对环境有持久危害性。如图 1.4 所示为六价铬致肺部病变示例。

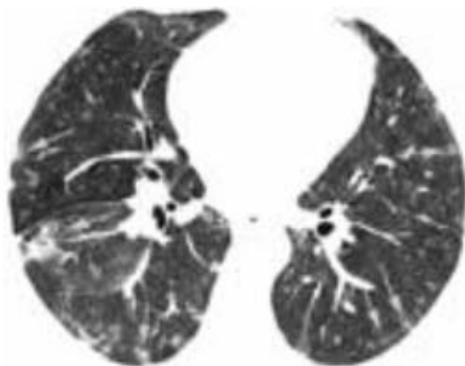


图 1.4 六价铬致肺部病变

5. 第五、六类有害物质——聚溴联苯（PBB）、聚溴二苯醚（PBDE）

PBB 和 PBDE 的沉积可产生神经毒性，导致肝、神经、甲状腺、荷尔蒙紊乱和使胎儿畸形等危害。



1.2 环保法规要求

1.2.1 欧盟法规

1. WEEE 及 RoHS 指令

2003 年 2 月 13 日, 欧盟发布了《关于报废电子电气设备指令 (Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE)》(2002/96/EC)、《关于在电子电气设备中限制使用某些有害物质指令 (Restriction of Hazardous Substances, RoHS)》(2002/95/EC) 两项指令, RoHS 指令要求 2006 年 7 月 1 日起在欧洲市场销售的电子产品必须为无铅的电子产品。WEEE 指令规定 2005 年 8 月 13 日开始实行回收法规。

1) WEEE 指令规定纳入报废回收管理的产品

WEEE 指令规定纳入报废回收管理的产品有以下 10 大类 145 种。

- 1 类: 大型家用器具 (冰箱、微波炉、空调装置等 18 种产品)。
- 2 类: 小型家用器具 (吸尘器、缝纫机、钟表等 30 种产品)。
- 3 类: IT 和远程通信设备 (集中数据处理设备、个人计算机、电话机、通信设备、用户终端系统等 21 种产品)。
- 4 类: 用户设备 (电视机、录音机、音乐设备等 8 种产品)。
- 5 类: 照明设备 (荧光灯, 高、低压钠灯, 家用电灯泡, 照明控制设备等 9 种产品)。
- 6 类: 电气和电工工具 (钻孔机、焊接机具、割草机具等 26 种产品)。
- 7 类: 玩具、休闲和运动设备 (图像游戏、带电子或电气组件的运动设备等 6 种产品)。
- 8 类: 医用设备 (放射治疗设备、透视仪等 14 种产品)。
- 9 类: 监视和控制设备 (自动调温器、烟雾探测器等 8 种产品)。
- 10 类: 自动分配机 (热饮料自动售货机、自动取款机等 5 种产品)。

2) RoHS 指令规定限制使用的六种有害物质

RoHS 指令规定限制使用的六种有害物质是铅、汞、镉、六价铬、聚溴二苯醚 (PBDE)、聚溴联苯 (PBB)。

限制使用这些有害物质的电子电气产品范围也十分广泛, 包括上述 1~7 类和 10 类产品以及家用电灯泡等。

在 RoHS 指令中未包含的六大禁用物质限值已由欧盟技术发展委员会 (TAC) 给出, 其中镉的建议最大限值为 $0.01\% = 100 \times 10^{-6}$ (依照欧盟镉指令 91/338/EEC); 其他禁用物质 (铅、汞、六价铬、聚溴二苯醚 (PBDE)、聚溴联苯 (PBB)) 最大限值则为 0.1% , 等于 1000×10^{-6} , 这些限值适用于所有电子电气设备零件 (除非是豁免项目)。RoHS 对有害物质的最大浓度要



求参见表 1.1。

表 1.1 RoHS 对有害物质的最大浓度要求

有害物质	Pb	Cd	Cr ⁶⁺	Hg	PBB (聚溴联苯)	PBDE (聚溴二苯醚)
RoHS 要求	<0.1% (1000×10 ⁻⁶)	<0.01% (100×10 ⁻⁶)	<0.1% (1000×10 ⁻⁶)	<0.1% (1000×10 ⁻⁶)	<0.1% (1000×10 ⁻⁶)	<0.1% (1000×10 ⁻⁶)

2. EUP 指令及 REACH 法规

1) EUP 指令

EUP 指令 (Energy-Using Product) 耗能产品指令, 全称是“关于制定能耗产品环保设计要求框架的指令”。由欧洲议会和欧盟理事会于 2005 年 7 月 6 日正式发布, 于 2005 年 8 月 11 日正式生效, 欧洲共同体各成员国在 2007 年 8 月 11 日前完成符合本指令所需的国内立法及行政规定后正式实施。其要求范围内产品 CE 认证合格标识并出具合格证明, 方可投放市场或投入使用。欧盟 EUP 指令的核心在于为产品的环境化设计建立框架, 而环境化设计的目的在于使产品在其生命周期内的成本和环境影响最小化, 提高资源利用率, 以尽可能少的材料和公用事业来提供尽可能多的产品和服务, 同时减少污染和浪费。

2) REACH 法规

REACH 法规是指关于化学品注册、评估、授权、许可和限制的欧盟理事会法规, 2008 年 6 月 1 日生效。2011 年 3 月, REACH 已经公布了 46 种高度关注物质 (SVHC); 这 46 种 SVHC 含量超过 0.1%, 则需要向客户和消费者提供物品的安全使用信息。到目前为止, SVHC 种类已经有 53 种, 后续会陆续增加。

1.2.2 中国法规

为应对欧盟这两项指令, 原信息产业部于 2006 年 2 月发布了由国家发展与改革委员会、环境保护部等七部委联合会签的《电子信息产品污染控制管理办法》(以下简称《管理办法》), 并于 2006 年 2 月 28 日正式颁布, 2007 年 3 月 1 日施行。该《管理办法》共分为四章二十七条, 从电子信息产品生产时产品及包装物的设计、材料和工艺的选择、技术的采用, 标注产品中有毒有害物质的名称、含量和可否回收利用、电子信息产品环保使用期限, 以及电子信息产品生产者、销售者和进口者应负的责任等方面做出了具体规定。《管理办法》确定了对电子信息产品中含有的铅、汞、镉、六价铬、聚溴联苯 (PBB) 和聚溴二苯醚 (PBDE) 等六种有毒有害物质的控制采用目录管理的方式, 循序渐进地推进禁止或限制其使用。

《管理办法》涉及的产品包括: 电子通信、广播电视、计算机、家用电子等 10 类产品。《管理办法》是中国第一部针对电子信息产品的“环保法令”。政府通过规范市场准入, 不符合环保规定的电子产品将无法上市。



对于已经实施的 RoHS 指令，我国曾正式发布了首批针对欧盟 RoHS 指令的 6 项检测方法标准，目前相关标准已经增加到 15 项，成为国际上首批发布的有关应对欧盟 RoHS 指令的标准。新标准已于 2006 年 1 月 18 日起实施。

1.2.3 日本、美国、韩国等国家法规

日本 1998 年通过了“家用电子产品回收法”，规定必须回收家用电子设备里所用的铅。实施这一法律的结果是许多日本电子公司纷纷宣布自愿减少或消除在焊接中使用铅的计划。

美国、加拿大、澳大利亚、韩国等国家也相继发布了相关的有害物质控制等环保指令。

1.3 环保标识要求

环保标识有很多种，每个标识都有很多表示方法，下面列举的仅是常用的、代表性的环保标识。

1. 绿色产品

电子信息产品中不含或含有限量以下有毒有害物质或元素（未包含 RoHS 豁免物质）。如图 1.5 所示为绿色产品标识。

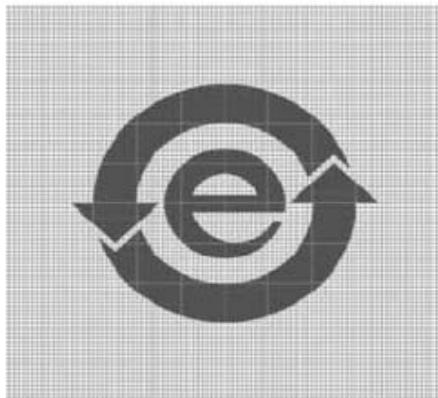


图 1.5 绿色产品标识

2. 有害电子产品

若产品中含有有毒有害物质或元素，应选择该图进行标识，10 为环保使用期限，仅作参考，并应在产品说明书中提供所含有毒有害物质的名称及含量。如图 1.6 所示为有害电子产品标识。



图 1.6 有害电子产品标识

3. 无铅产品

产品符合 RoHS 指令且产品制程采用无铅焊焊接工艺的产品，业界一般采用如图 1.7 所示作为无铅产品标识，也称为 Pb Free 或 RoHS 6 of 6，主要为电子消费类产品使用。



图 1.7 无铅产品标识

4. RoHS 产品

产品符合 RoHS 指令，包含了 RoHS 指令豁免的服务器、通信基础设备等产品中使用焊料里的铅，产品可以采用有铅焊焊接，业界一般采用如图 1.8 所示作为 RoHS 产品标识，一般也称为 RoHS 5 of 6，主要为服务器、通信产品等使用。

5. REACH 产品

符合 REACH 规定的 SVHC 含量在规定范围内的产品，一般采用如图 1.9 所示作为 REACH 产品标识。



图 1.8 RoHS 产品标识



图 1.9 REACH 产品标识

1.4 绿色环保要求的实施方法

- (1) 紧跟欧盟、中国以及相关国家和地区的法律法规要求，研读每一项技术要求，并转化为与企业产品相对应的执行文件。
- (2) 完成产品绿色环保可靠性认证。
- (3) 为绿色环保重新设计产品或改进设计。
- (4) 绿色环保材料需求与替代物分析、验证。
- (5) 将绿色环保信息传递给供应商并要求执行。
- (6) 供应商的绿色环保承诺书、认证资格保证。
- (7) 建立绿色供应链管理体系，包括自我声明机制的建立。
- (8) 采用检测手段，定期自检和对供应商进行绿色环保相关的检测认证。

思考题 1

- (1) 绿色环保规定的有害物质有哪些？
- (2) 绿色环保规定的有害物质对人类有什么危害？
- (3) 欧盟以及我国的环保法规是什么时候开始颁布的？
- (4) RoHS 对有害物质的最大浓度要求是什么？
- (5) 绿色环保实施的步骤有哪些？

第 2 章 电子安装物理环境要求



本章要点



概述



场地的文明卫生



2.1 概 述

2.1.1 电子安装物理环境

1. 定义

电子安装物理环境是指装联物料（元器件、PCB、生产辅料等）在电子安装过程中对加工、存储场地的环境要求。电子安装的物理环境在电子产品的生产过程中起到至关重要的作用，直接影响电子装联产品的品质。特别是对于应用大量细间距器件的高密度产品的组装过程，安装环境的影响更加显著。

电子安装的物理环境包括自然气候环境和室内工作场地环境两方面。

自然气候环境：主要的影响因素是大气温度、湿度、气压、空气中的污染物和灰尘等。

室内工作场地环境：主要是指室内温度、湿度、亮度、空气洁净度、噪声等。

维护环境要求的目的是在工作场地内创造一种清洁、明亮、安静、安全、有序的工作条件。

2. 引用标准

- 美国联邦标准：FED-STD-209E。
- 美国军用标准：MIL-S-45743 电子和电子设备高可靠手工锡焊。
- 美国波音公司标准：电子工艺标准手册。

3. 名词定义

(1) 脏污：是指影响正常状态的那些由外界介入的不需要的物质，通常是些不良的成分。

(2) 脏污控制：是将对产品合格率和可靠性有不利影响的所有人员、操作、设备、设施、物料、环境等联系考虑的全系统控制。

2.1.2 物理环境条件

物理环境条件推荐如下。

1) 温度：23℃±5℃

电子装联场地的温度是基于人体感觉最舒适的温度设置的，通常人体感觉最舒适的温度符合黄金分割原理，即为人体正常体温的 0.618 倍（ $37 \times 0.618 \approx 23^\circ\text{C}$ ），综合考虑节能等因素，将场地温度设置为 23℃±5℃。这个温度范围内，操作者通常不会出汗。人手的汗中含有多种无机盐和有机酸成分，因此汗液很容易与金属的镀层发生腐蚀反应，会降低镀层的可焊性。



2) 湿度: (50%±20%) RH

电子装联场地的环境湿度设置, 兼顾了人体的感受、霉菌和细菌的繁殖条件与元器件对湿度的敏感性。能同时满足上述要求的环境湿度范围为(50%±20%) RH。特别是元器件对湿度较敏感, 环境湿度越低, 可以防止焊接中因吸潮导致的爆米花现象; 但同时湿度低的环境中容易发生静电损坏, 湿度高的环境有利于减少静电影响。这种完全相反的要求, 在工业生产中只能采取折中的方法处理。

3) 洁净度

在工业大气中, 除了含有悬浮的粉尘外, 还含有少量的 CO₂、CO、H₂S、SO₂ 等气体, 其中最具腐蚀性的气体是 SO₂, 它主要来源于煤炭、石油的燃烧。

目前, 对空气洁净度的定义主要是指粉尘物的含量, 按工作区域的不同具有不同的要求, 参见表 2.1。

表 2.1 洁净度的等级要求

工作区	洁净等级	
	ISO	美国联邦标准 FED-STD-209E
SMT、装焊、返修等工作区、元器件储存区	8 级 (100K)	100 000 级
精密元件、小型电路组零件、精密元器件储存区	7 级 (10K)	10 000 级
混合电路和 IC 电路的非关键的外部加工	7 级 (10K)	10 000 级
关键的内部装配	5 级 (100)	100 级

注: FED-STD-209E 100 000 级的定义: 悬浮在每立方英尺空气内, 颗粒大于或等于 0.5μm 微粒个数不超过 100 000 个。
ISO 的分级参见表 2.2。

ISO 对洁净度的划分参见表 2.2。

表 2.2 ISO 洁净度级别

等级分类		最大含量 (对于等量或多量的微粒)											
		0.1μm		0.2μm		0.3μm		0.5μm		1.0μm		5.0μm	
国标	美联标	m ²	ft ²	m ²	ft ²	m ²	ft ²	m ²	ft ²	m ²	ft ²	m ²	ft ²
等级 1	\	10	\	2	\	\	\	\	\	\	\	\	\
等级 2	\	100	\	24	\	10	\	4	\	\	\	\	\
等级 3	1	1 000	35	237	7.5	102	3	35	1	8	\	\	\
等级 4	10	10 000	350	2 370	75	1 020	30	352	10	83	\	\	\
等级 5	100	100 000	\	23 700	750	10 200	300	3 520	100	832	\	29	\
等级 6	1 000	1 000 000	\	237 000	\	102 000	\	35 200	1 000	8 320	\	293	7
等级 7	10 000	\	\	\	\	\	\	352 000	10 000	83 200	\	2 930	70
等级 8	100 000	\	\	\	\	\	\	3 520 000	100 000	832 000	\	29 300	700
等级 9	\	\	\	\	\	\	\	35 200 000	\	8 320 000	\	293 000	\

4) 气压

应减少外部大气压变化对车间场地内部的影响, 最好的办法是采取封闭式的厂房, 厂房



内部的气压比外部大气压略高；或工作区域与外界应以两道房门隔开，这两道门之间，至少应有直线距离为 25 m、空气静止不流通的空间。

5) 照明

工作面的光强度至少应有 1077lx（勒克斯），光线柔和不刺眼。

6) 噪声

电子装联工作场地的噪声水平控制在不大于 60 分贝的范围内。

7) 电磁环境

电子装联工作场地应避免有大功率辐射源的电磁场、强静电、强磁场或放射源。

8) 防静电环境

有关防静电环境的详细内容参见第 3 章。

2.2 场地的文明卫生

2.2.1 场地文明卫生要求

(1) 操作和储存场地应避免设置在大功率辐射源电磁场、强静电、强磁场或放射场附近。

(2) 在进入工作场地的醒目位置应张贴或悬挂有 ESD 损害及静电防护警告标识，如图 2.1 和图 2.2 所示。



图 2.1 ESD 敏感



图 2.2 ESD 防护

(3) 操作人员进入工作场地工作时，应穿戴防静电服、鞋和帽，头发不得外露在工作帽外。离开工作区时应脱去防静电服、鞋和帽。

(4) 接触元器件时应穿戴经测试合格的防静电手环和有电气过载/静电释放（EOS/ESD）防护功能的手套或指套。

(5) 工作台、工具等的接地线，应确保接地良好。

(6) 工作人员所用的图纸、资料等应装入透明的防静电塑料袋内，不得使用普通的塑料袋。

(7) 保持工作台干净整洁，工作区域或工作台上禁放与操作无关的物品，如餐具、食品、



饮料、茶杯、茶叶盒、提包、毛织品、塑料制品、鸡毛掸、报刊、橡胶手套、药瓶、圆锥形纸卷等物品。

- (8) 物流通道和人流通道应分道，并有识别标识。
- (9) 待加工物料存放区和已加工物料存放区要分开设置，并有识别标识。
- (10) 应有完善的脏污控制措施。
- (11) 人员必须经过培训上岗。
- (12) 对外来参观人员应简明介绍有关规定并严格遵守。
- (13) 在静电防护区内操作时，不得随意推拉窗帘（除非挂置防静电专用窗帘）。

2.2.2 7S的定义和要求

1. 7S 定义

7S 是对生产现场进行有效管理的行为，即为整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全和节约，因为这七项的英文都以“S”开头，故简称为“7S”。

2. 7S 要求

- (1) 所有设备、工作区域、工作台面不得有尘土、油脂、油和其他脏污物。
- (2) 工作区内不允许进行会引起粉尘的工作（如打砂纸、磨削等）。
- (3) 不许扫灰和掸灰，清扫时应当使用湿拖把或吸尘法。
- (4) 所有进入该区域的材料和元器件的洁净度，应与该区内所要求控制的洁净度水平相当。
- (5) 不允许把易产生脏污的物品带入区内，如报纸、碎片、起毛的布干拖把和扫帚等。
- (6) 区域内禁止使用铅笔。
- (7) 工作服和防静电手套、帽、鞋应保持洁净。
- (8) 元器件应放在防静电容器中，不允许直接放在工作台面上。
- (9) 损坏的元器件应单独区分放置，并做好标识，以免误用，更不允许与其他物料混装。
- (10) 禁止堆叠电子组件，以免导致机械性损伤。
- (11) 操作中，不得随意触摸元器件的可焊端，不许靠近正在操作的人员。
- (12) 接触 PCB 和元器件时应戴经测试合格的防静电手环和具有电气过载防护功能的手套或指套，如图 2.3 所示。
- (13) 持握 PCB 及其组件时只能接触 PCB 的边缘，如图 2.4 所示。

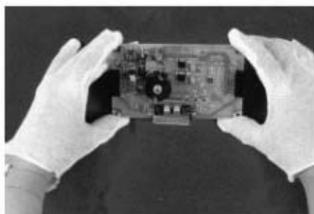


图 2.3 戴防静电手环和手套

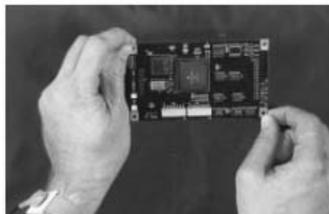


图 2.4 接触 PCB 边缘



- (14) 工作人员所用的文件资料等应装入透明的防静电塑料袋内，不得使用普通的塑料袋。
 - (15) 检焊人员必须经过培训并严格遵守 ESD 规章制度。
- 有关 7S 的详细内容参见第 4 章。

思考题 2

- (1) 电子安装物理环境的具体要求是什么？
- (2) 为什么要对电子安装物理环境进行要求？
- (3) ISO 是如何划分洁净度等级的？
- (4) 作为系统设备通信产品 SMT 生产车间，您认为它的洁净度等级应该是多少？
- (5) 请谈谈环境湿度对生产的影响。

第3章 现代电子装联工作场地的静电防护要求



本章要点

📁 概述

📁 静电防护原理和测量

📁 生产物流中的防静电管控



3.1 概 述

3.1.1 静电的定义

1. 静电释放 (ESD)

ESD 是 Electrical Static Discharge 的英文缩写, 为静电放电的意思。一种由静电电源产生的电能进入电子组件后迅速放电的现象。当电能与静电敏感器件 SSD 接触或接近时会对元器件造成损伤, 如图 3.1 和图 3.2 所示。

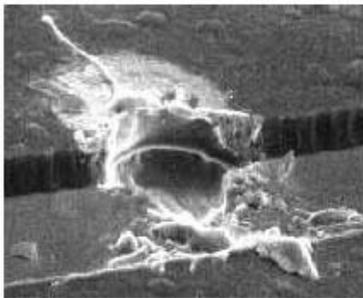


图 3.1 静电损伤 (1)

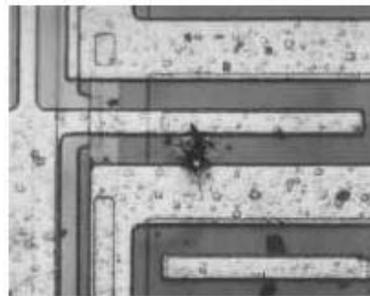


图 3.2 静电损伤 (2)

2. 电气过载 (EOS)

EOS 是 Electrical Over Stress 的英文缩写, 是指所有的过度电性应力。某些外界出现的过度电能导致元器件损害。这些损害来源很多, 如生产设备或所使用的工具: 如电烙铁、测试仪器或操作电子设备时产生的 ESD 或尖峰电脉冲等。

3. 静电失效

静电敏感器件 (SSD) 会因不正确的操作或处理而失效或发生器件性能的改变称静电失效。这种失效可分为即时和延时两种。即时失效可以重新测试、修理或报废; 而延时失效的结果却严重得多, 即使产品已经通过了所有的检验和测试, 仍有可能在送到用户后失效。

4. 静电敏感器件 (SSD)

在日常操作、储存、传递和测试过程中, 容易因静电放电而引起损伤的元器件的统称为静电敏感器件。元器件对 ESD 的敏感程度取决于其材料和构成。元器件越小、运算速度越快, 就越为敏感。

5. 静电敏感度 (ESDS)

静电敏感度是指器件对静电放电的承受能力, 通常用静电放电敏感度来表示。静电敏感



度反映了器件所能承受的、尚不致遭受破坏的最大静电放电电压。

6. 静电防护区（EPA）

静电防护区是指配备有各种防静电设备和器材、能限制静电电位、具有确定边界和专门标记的适于从事静电防护操作的场所。

7. 防静电工作台

防静电工作台是指能防止在操作过程产生尖峰脉冲和静电释放造成对 SSD 损害的工作台面。

8. 静电屏蔽材料

静电屏蔽材料是一种可以防止 ESD 穿透包装而进入 SSD 引起损害的材料。

9. 抗静电材料

抗静电材料（Antistatic）是能限制静电荷发生和耗散静电荷的材料。它通常用作 SSD 的中转包装或暂存使用，但它不能阻挡 ESD 的穿透。

10. 静电耗散材料

静电耗散材料（Static Dissipative）具有足够的传导性，能使电荷通过其表面消散的材料。用于减缓带电器件模型（CDM）下快速放电的材料。按照静电协会（ESDA）和电子工业联合会（EIA）的定义，其表面电阻在 $10^5 \sim 10^{12} \Omega/\text{sq}$ 之间。

3.1.2 静电的产生及危害

1. 静电的产生

静电的产生是由于两种不同起电序列的物体通过摩擦、碰撞、剥离等方式在接触又分离后，在一种物体上积累正电荷、另一物体上积累等量负电荷而形成的，是导致电子或离子的转移、正负电荷在局部范围内失去平衡的结果。

静电存留于物体表面，是正负电荷在局部范围内失去平衡的结果，是通过电子或离子的转换而形成的。静电现象是电荷在产生和消失过程中产生的电现象的总称，如摩擦起电、人体起电等现象。

当两种材料一起摩擦，一种丢失电子，而另一种则收集电子。前者正充电，而后者则负充电。静电是一个物体上的非移动的充电。如果有机会，该物体将放掉充电，又回到中性（如在门把上的火花这种情况）。这种充电释放就是静电释放，ESD。绝缘体趋向于保持静电充电集中在一个不动的区域，因此电压可能很高。导体趋向于均衡充电，并把它传导给接触到的接地物体上。



2. 静电的危害

静电的产生在许多领域会带来重大危害和损失，通常静电可能造成以下几方面的危害。

1) 静电引致爆炸

例如，在火药制造过程中由于静电放电，造成爆炸伤亡的事故时有发生。

2) 吸附灰尘和绒毛

静电荷产生的电场会对空气中的灰尘有吸附作用，灰尘会降低单板或器件的绝缘阻抗，影响电性能。

3) 设备死机

静电放电，电场发生变化，产生变化的电磁波即电磁脉冲。当脉冲干扰耦合到计算机和低电平数字电路时，致使电路出现误动作甚至设备死机。例如，某 PCB 的包装材料不合格，焊膏印刷前静电压较高；板子进入印刷机后，因静电放电对印刷机图像处理电路造成影响，导致设备死机。

4) 人员触电

不同电位的人体与物品或设备接触时，会产生静电放电，进而导致触电。

5) 功能严重损坏，潜在或内部损坏

静电放电 (ESD) 产生电流对器件有影响，如果电流足够大，导致一次性芯片介质击穿、烧毁等永久性失效，成为严重损坏 (硬击穿)，如图 3.3 所示。



图 3.3 硬击穿

同样电流较大造成器件的性能劣化或参数指标下降而成为隐患或成为潜在或内部损坏 (软击穿)，如图 3.4 所示。

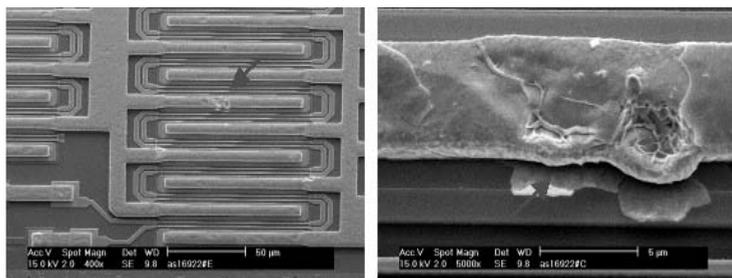


图 3.4 软击穿

在电子工业中，随着集成度越来越高，集成电路的内绝缘层越来越薄，互连导线宽度与间距越来越小，例如 CMOS 器件绝缘层的典型厚度约为 $0.1\mu\text{m}$ ，其相应耐击穿电压为 $80\sim 100\text{V}$ ；VMOS 器件的绝缘层更薄，击穿电压为 30V 。而在电子产品制造中以及运输、存储等过程中所产生的静电电压远远超过 MOS 器件的击穿电压，往往会使器件产生硬击穿或软击穿（器件局部损伤）现象，使其失效或严重影响产品的可靠性。例如，在带负极的塑料板的表面和接地的金属电极接近，发生的静电放电现象，如图 3.5 所示。

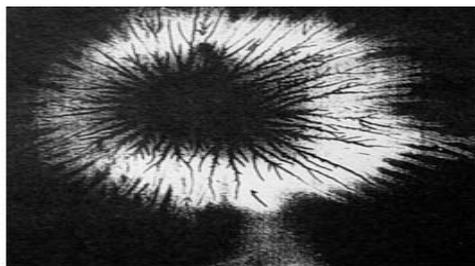


图 3.5 带负极的塑料板表面和接地金属电极间发生的静电放电现象

从地毯上走过、抓住门的把手会出现火花，这个现象就是人们所熟知的静电放电(ESD)。但远远低于人类所能感觉到的静电，极有可能毁坏敏感的电子元器件。微型的 ESD 闪电渗透到电子器件脆弱的结构内，对器件将是毁灭性的，如图 3.6 所示。

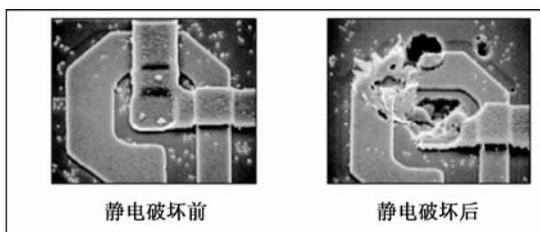


图 3.6 静电损坏导致金属熔化案例

有些集成电路 (IC) 含有多达数百万个单独的元器件，单个元件的尺寸只有 $0.18\mu\text{m}$ 。只需要 10V 的 ESD 就可毁坏 IC 内部的某些极小零件和迹线，人类必须对这个潜在问题有高度的警觉。

3. 电子产品制造中的静电源

电子制造中涉及的工作台、椅子、地板、操作人员、包装材料、组装工具都可能是静电



产生的根源，上面这些环节潜在的静电产生因素汇总参见表 3.1。

表 3.1 潜在的静电产生因素

环 节	潜在静电产生因素
工作台	漆、蜡面、塑胶和乙烯树脂等
椅子	玻璃纤维、塑胶、表面处理木料等
地板	表面处理木料、蜡面、乙烯树脂等
操作人员	衣物、头发、鞋子、手套等
包装材料	塑胶袋、气泡包装、海绵、盒子等
组装工具	塑胶工具、喷射式清洁剂、吸锡工具、电烙铁、刷子、热风枪、吸尘器、CRT

人体的活动、人与衣服、鞋、袜等物体之间的摩擦、接触和分离等产生的静电是电子产品制造中主要静电源之一。人体静电是导致器件产生硬（软）击穿的主要原因。人体活动产生的静电电压约 0.5~2kV。另外，空气中湿度对静电电压影响很大，若在干燥环境中还要上升 1 个数量级，参见表 3.2。

表 3.2 典型的静电电压生成强度及与相对湿度关系

静 电 源	静电电压 (V)	
	环境相对湿度 (65%~90%) RH	降低相对湿度 (10%~20%) RH
在乙烯地板上行走	250	12 000
在合成地毯上行走	1500	35 000
坐在泡沫塑料椅垫上	1500	18 000
坐在普通椅子上	100	6000
拿起塑料袋	600	7000
用塑料薄膜包装印制电路板	5000	11 000
从印制板上撕下胶带	1500	12 000
用橡皮擦印制电路板	1000	12 000

3.1.3 静电敏感元器件的分级与分类

1. SSD 敏感度分级

微电子线路、半导体器件、厚膜和薄膜电阻、混合器件、印刷电路板及压电晶体等，就是一些静电放电敏感零件的例子。通过将一个器件置于模拟的静电放电过程中，可确定一个器件的静电敏感度。静电敏感度等级，用于比较不同材料制造商提供的同类产品。描述电子元件静电敏感度特性的三个不同的模型是：人体放电模型（HBM）、机器模型（MM）和带电器件模型（CDM）。目前最常用的静电敏感度等级划分模型是 HBM 模型，参考 IEC 61340-3-1 标准和 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2012 标准。

若某器件静电敏感度等级为 HBM Class 1B，表示其耐受的最大的 HBM 静电电压不超过 500V，静电电压大于等于 500V 将可能导致器件失效。

材料静电敏感等级划分至少应包括 HBM 模型的静电敏感度等级划分。如有需要，还应包括 MM、CDM 等其他模型的静电敏感度等级，参见表 3.3。



表 3.3 HBM SSD 敏感度分级

敏感度等级	HBM 耐压值 (V)
0A	<125
0B	[125, 250)
1A	[250, 500)
1B	[500, 1000)
1C	[1000, 2000)
2	[2000, 4000)
3A	[4000, 8000)
3B	≥8000)

2. SSD 的分类

按照静电敏感度的级别, 可以将 SSD 分成若干类别, 以便在实际使用时针对不同类别的元器件, 实施相应的静电防护措施, 从而最大限度地减小元器件的 ESD 损害。不同的 SSD 对 ESD 的敏感度是不同的。这些差别是由于元器件设计的不同和构成这些元器件的成分不同而造成的, 表 3.4 列出了 SSD 的分类。

表 3.4 按元器件类型列出的 SSDs 元器件清单

级 别	静电敏感电压范围 (V)	元器件类型
1 级	0~1999	微波器件 (肖特基势垒二极管、点接触二极管和其他工作频率 >1GHz 的检波二极管); 离散型 MOS 场效应晶体管; 声表面波 (SAW) 器件; 结型场效应晶体管 (JEETs); 电荷耦合器件 (CCDs); 精密稳压二极管 (加载电压稳定度 <0.5%); 运算放大器 (OPAMPs); 薄膜电阻器; 集成电路 (IC); 使用 1 级元器件的混合电路; 超高速集成电路 (VHSIC); 环境温度时, I_0 小的晶闸管 (SCRs)
2 级	2000~3999	由试验数据确定为 2 级的元器件和微电路; 离散型 MOS 场效应晶体管; 结型场效应晶体管 (JEETs); 集成电路 (IC); 超高速集成电路 (VHSIC); 精密电阻网络 (Rz); 使用 2 级元器件的混合电路; 低功率双极型晶体管: $P_{tot} \leq 100\text{mW}$, $I_0 < 100\text{mA}$



续表

级 别	静电敏感电压范围 (V)	元器件类型
3 级	4000~15999	由试验数据确定为 3 级的元器件和微电路； 离散型 MOS 场效应晶体管； 运算放大器 (OPAMPs)； 集成电路 (IC)； 超高速集成电路 (VHSIC)； 所有不包括在 1 级或 2 级中的其他微电路； $P_{tot} < 1W$ 或 I_0 小的小信号二极管； 普通要求的硅整流器； I_0 大的的晶闸管 (SCRs)； $350mW > P_{tot} > 100mW$ 且 $400\text{ mA} > I_0 > 100mA$ 的低功率双极型晶体管； 光电器件 (发光二极管、光敏器件、光耦合器)； 片状电阻器； 使用 3 级元器件的混合电路； 压电晶体

3.1.4 静电敏感元器件的选型与产品防静电设计

1. 静电敏感器件的选型

研发及材料器件选型，器件静电敏感度等级应控制在 HBM Class 1B (500~1000V) 及以上。

不推荐选用静电敏感度 HBM Class 1A (250~500V) 的静电敏感器件。

限制选用静电敏感度 HBM Class 0 (0~250V) 的特静电敏感器件。若经过评估，不得不选用使用 HBM Class 0 (0~250V) 特静电敏感器件，如微波器件、光器件，应由选型部门 (研发及材料) 升级至产品线或经营部决策，并固化到材料选型、物料代码发放评审流程中；并且研发与材料部门应牵头研发设计、材料分析、工艺、质量等专业人员制定特殊防静电应对措施及管控方案，提高防静电管理要求。包括但不限于以下措施：建立专区或专线生产、提高环境相对湿度控制标准至 40% 以上、站立作业佩戴防静电手腕带、配置离子化静电消除设备 (悬挂式多头离子风机) 等，并由各生产部门 ESD 接口人员组织拟订相应的特殊作业指导文件。

除了 HBM 模型，研发设计、材料选型人员还应关注 CDM 模型、MM 模型等其他静电放电模式带来的风险并制定对策。

2. 产品防静电设计

产品应实现防静电设计，以保证制造过程质量和产品可靠性，研发应提供相应的测试评估报告。

(1) 参考 GJB 1649 电子产品防静电放电控制大纲，单板组件、整机设备的抗静电能力



(未做特殊说明, 均指 HBM 模型)。

- (2) 单板组件抗静电能力 $>2000\text{V}$ 。
- (3) 整机设备抗静电能力 $>4000\text{V}$ 。
- (4) 参考 YD/T 1182 3.5Gb/s DWDM 用特定波长光发射模块技术条件。
- (5) 光模块抗静电能力 $>500\text{V}$ 。

3.2 静电防护原理和测量

3.2.1 静电防护

1. 静电控制的难点

(1) 人体能感觉到静电存在的水平为 $2000\sim 4000\text{V}$, 但只需小于 100V 的静电放电便能损坏静电敏感器件。

(2) 大部分的静电破坏是潜在的, 并不能够被马上识别出来。

(3) 静电破坏现象有较差的重复性, 并且不容易模拟复现。

(4) 找出静电破坏的证据和根源一般相当不容易, 而且成本可能很高; ESD 破坏常被误判为 EOS 损坏。

2. 防护原理

电子产品制造中, 不产生静电是不可能的。产生静电不是危害所在, 其危害所在是静电积聚以及由此产生的静电放电。静电防护的核心是“静电消除”。

1) 静电防护技术依据

- (1) 制止或减少静电的产生。
- (2) 在设计中植入保护系统。
- (3) 消除产生的静电。
- (4) 控制静电释放的途径和速度。

2) 静电防护原理

- (1) 对可能产生静电的地方要防止静电积聚, 采取措施控制其在安全范围内。
- (2) 对已经存在的静电积聚迅速消除掉, 即时释放。

3. 静电防护基本原则

- (1) 所有导体(包含人员)接地, 并处于等电位。
- (2) 控制非导体电荷。
- (3) 使用静电保护包装转运和储存 ESDS 物件。



4. 常用的防护方法

- (1) Anti-Static 无静电控制。
- (2) 接地放电。
- (3) 控制隔离/屏蔽控制。
- (4) 电容阻隔控制。
- (5) 等电位控制。
- (6) 电离中和控制。

5. 控制 ESD 的四种方式

1) 接地

(1) 接地的方式。

- ① 将环境中全部导体接地。
- ② 静电带。
- ③ 导电地板/工作鞋。

(2) 接地分类为软接地与硬接地。

① 软接地：地线串接阻值较高的电阻器后再与大地相连。软接地的目的在于将对地电流限制在人身安全范围之下（5mA），一般用于可能会与元器件接触的接地。

② 硬接地：将地线直接接地或通过一低电阻接地。硬接地用于静电屏蔽或仪器设备、金属体的接地。

(3) 接地保护。

① 控制原理：提供放电途径，使带电物件通过放电和受保护物件达到相同点位。

② 控制条件：接地的物件必须有足够的导电性（ $<10^{12}\Omega/\text{sq}$ ），所有物件都必须连接到同一点（至少在同一静电防护区（EPA）中必须如此）。

③ 注意事项：放电速度必须得到控制，不能太快或太慢（ $10^5\Omega < R < 10^9\Omega$ 为佳），必须照顾到人体安全性。

(4) 接地控制。

- ① 所有导体必须接到同一“接点”。
- ② 所有工作人员必须接地，不间断的接地。
- ③ 在处理或接触 ESDS 器件之前，必须先做好所有接地装置。

2) 预防（隔离/屏蔽保护）

(1) 方式。

- ① 不要允许电荷聚集。
- ② 恒久接地。
- ③ 采用低充电材料。
- ④ 消除不必要绝缘材料。



(2) 具体做法。

- ① 使所有静电源远离 EPA 或 ESDS 器件工作区 ($>1\text{m}$)。
- ② 使用具有屏蔽功能的包装或盒子来运送 ESDS 器件。
- ③ 具备屏蔽功能的材料必须是：表面电阻率小于 $10^4\Omega/\text{sq}$ 或导电率小于 $100\Omega \cdot \text{cm}$ 。
- ④ 隔离/屏蔽保护控制技术不能单独使用，必须配合接地和离子中和方法。

3) 电荷中和

电荷中和适用于绝缘体或无接地物件的场合。利用静电消除设备，中和绝缘体或物件上产生的静电，其主要部件为离子发生器。离子发生器使用高电压产生一个平衡的混合带电离子，并且用风扇帮助离子漂移到物体上或区域里产生中和反应。离子化可以在短时间内中和在绝缘体上的静电荷，因此可以减少它们引起的潜在伤害。

4) 等势连接

在电气连接系统所有单元中消除电势差。

- (1) 控制原理：当 $\Delta V=0$ 时，没有电流！
- (2) 使用条件：必须使用导电性好的连接物。
- (3) 注意事项：静电仍可能存在于元器件上，小心元器件带电产生破坏作用。

3.2.2 静电测量仪器

在电子装联场地应配备下列静电监测仪器，以便更有效地监控静电防护水平。

1. 静电场测试仪

静电场测试仪用于测量台面、地面等表面电阻值。平面结构场合和非平面场合要选择不同规格的测量仪。

2. 腕带测试仪

腕带测试仪用于测量腕带是否有效。

3. 人体静电测试仪

人体静电测试仪用于测量人体携带的静电量、人体双脚之间的阻抗、测量人体之间的静电差、腕带、接地插头、工作服等是否防护有效。还可以作为入门放电，把人体静电隔在车间之外。

4. 兆欧表

兆欧表用于测量所有导电型、抗静电型及静电泄放型表面的阻抗或电阻。

如图 3.7 所示为各种静电测量仪器。



图 3.7 静电测量仪器

3.2.3 静电测量方法

1. 环境条件

1) 环境条件要求

环境条件应符合下列要求。

- (1) 环境温度： $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 相对湿度 (RH)： $50\%\pm 20\%$ 。

2) 防静电产品技术认证要求

防静电产品技术认证应符合下列要求。

- (1) 温度： $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 相对湿度 (RH)： $30\%\sim 35\%$ 。
- (3) 预处理： $48\sim 72\text{ h}$ 。
- (4) 对于产品有明确测试标准的，应先优先考虑其相应测试条件。

2. 测试仪器

(1) 测试仪器包括非接触式和接触式静电电压表、接地电阻测量仪、兆欧表及标准电极、静电电量表、万用表、腕带测试仪、人体综合电阻测试仪、离子平衡度分析仪、摩擦起电机、法拉第筒、静电屏蔽测试仪、直流电压（流）表、直流电压源等。

(2) 所使用的仪器精度不低于 5%，均应检定、计量合格和在有效期内，量程大于实际测试范围 20%，允许使用符合测试要求的类似仪表。



3. 测试技术指标

静电测试项目及其技术指标参见表 3.5。

表 3.5 静电测试项目及其技术指标

测试项目	接地电阻 (Ω)	表面电阻 (Ω)	体积电阻 (Ω)	系统电阻 (Ω)	衰减期 (s)	摩擦电压 (V)
防静电地极	接地母线与大地之间: <4					
防静电地板、地面		$1 \times 10^4 \leq R_s < 1 \times 10^{10}$		$1 \times 10^4 \leq R < 1 \times 10^9$		<100
台垫、地垫		$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^9$ (正面) $1 \times 10^3 \leq R_s < 1 \times 10^5$ (反面)	$1 \times 10^5 \leq R_v < 1 \times 10^9$	$1 \times 10^5 \leq R < 1 \times 10^9$		<100
腕带穿戴情况下				$7.5 \times 10^5 \leq R \leq 1 \times 10^7$		
腕带内表面对电缆扣电阻				$\leq 1 \times 10^5$		
腕带连接电缆两端电阻				$7.5 \times 10^5 \leq R < 1 \times 10^7$		
人体综合电阻				$1 \times 10^5 \leq R < 3.5 \times 10^7$		
工鞋			$1 \times 10^5 \leq R_v < 3.5 \times 10^7$	$1 \times 10^5 \leq R < 3.5 \times 10^7$		
工衣		$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^{10}$				<100
手套、指套、帽		$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^9$				<100
工作椅		$1 \times 10^4 \leq R_s < 1 \times 10^9$	$1 \times 10^4 \leq R_v < 1 \times 10^9$	$1 \times 10^4 \leq R < 1 \times 10^9$		<100
防静电周转箱、周转容器		$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^9$	$1 \times 10^5 \leq R_v < 1 \times 10^9$	$1 \times 10^5 \leq R < 1 \times 10^9$	≤ 2	<100
防静电周转车		$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^9$ (导轨槽)	$1 \times 10^5 \leq R_v < 1 \times 10^9$	$1 \times 10^5 \leq R < 1 \times 10^9$		<100
防静电 EPE 托盘		$1 \times 10^4 \leq R_s < 1 \times 10^{11}$	$1 \times 10^4 \leq R_v < 1 \times 10^{11}$		≤ 2	<100
防静电袋		$1 \times 10^4 \leq R_s < 1 \times 10^{11}$	$1 \times 10^4 \leq R_v < 1 \times 10^{11}$		≤ 2	<100 (屏蔽袋: 屏蔽残余电压 $<30V$)
防静电剂 (液、蜡、胶)		$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^9$				<100



续表

测试项目	接地电阻 (Ω)	表面电阻 (Ω)	体积电阻 (Ω)	系统电阻 (Ω)	衰减期 (s)	摩擦电压 (V)
防静电传送带		$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^9$	$1 \times 10^5 \leq R_v < 1 \times 10^9$	$1 \times 10^5 \leq R < 1 \times 10^9$		<100
仪器设备、装备、工具	接地点与公共接地点间电阻<1；外壳金属表面对地电阻<10					
防静电公共地线	与公共接地点间电阻<1					
防静电烙铁头	与公共接地点间电阻<20					
防静电工具 (防静电毛刷、镊子等)		$1 \times 10^5 \leq R_s < 1 \times 10^9$	$1 \times 10^5 \leq R_v < 1 \times 10^9$			<100
导电材料		< 1×10^4	< 1×10^4			<100
耗散材料		$1 \times 10^4 \leq R_s < 1 \times 10^{11}$	$1 \times 10^4 \leq R_v < 1 \times 10^{11}$			<100
绝缘材料		$\geq 1 \times 10^{11}$	$\geq 1 \times 10^{11}$			
离子风机					T1 000→100: <2s (高速) <3s (低速) 离子平衡度: $\leq \pm 30V$	

4. 电阻测试

1) 表面电阻测试

(1) 采用手持式简易表面电阻测试仪测试。

简易表面电阻测试仪适用于测试平面材料，通过测试结果可以分辨被测材料为导体类、静电耗散类和绝缘类。

由于静电耗散材料的表面电阻为 $1 \times 10^4 \Omega \leq R_s < 1 \times 10^{11} \Omega$ ，测试仪面板指示的 $10^{11} \Omega$ 挡（面板的黑色圆圈处）修正为绝缘材料，不是静电耗散材料。

简易表面电阻测试仪配有一根专用接地线，把接地线的香蕉插头插入仪器表面的接地孔，另一端的鳄鱼夹夹在接地母线上，把表面电阻测试仪平压在防静电台垫上，可以测试台垫的接地电阻。

测试方法如图 3.8 所示。

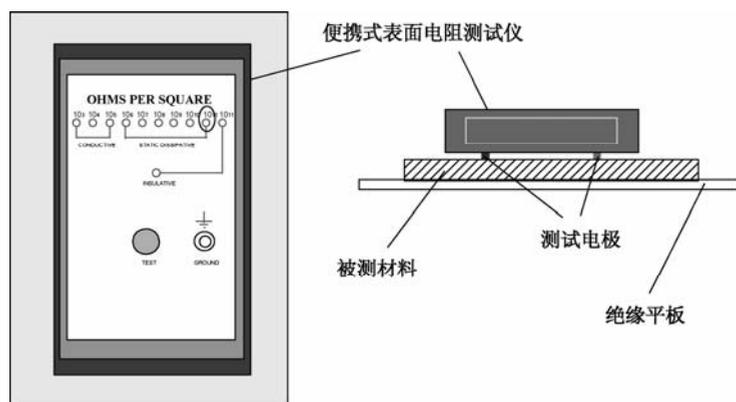


图 3.8 简易式表面电阻测试

(2) 采用兆欧表及标准电极测试表面电阻。

所用电极结构尺寸：柱电极直径为 $63\text{mm}\pm 3\text{mm}$ ；电极材料为不锈钢或铜；电极接触端材料为导电橡胶，硬度为 60 ± 10 （邵氏 A 级），厚度为 $6\text{mm}\pm 1\text{mm}$ ，其体积电阻小于 500Ω ；电极单重 $3.25\sim 3.5\text{kg}$ 。

测试电压选择：初始施加的测试电压为 10V ，如果被测件阻值 $R_x \leq 1 \times 10^5 \Omega$ ，则测量值为结果；如果 $R_x > 1 \times 10^5 \Omega$ ，则把电压改为 100V 。当施加电压为 100V 时，如果 $1 \times 10^5 \Omega < R_x \leq 1 \times 10^{12} \Omega$ ，则测量值为结果；如果 $R_x \leq 1 \times 10^5 \Omega$ ，则测量值可看作为结果。

测试时，把被测材料放置在绝缘平面上（表面电阻要求 $\geq 1 \times 10^{12} \Omega$ ），测试电极平稳地放在材料表面，拨动测试按钮可以直接读取数值。当测试防静电产品（材料）时，电极之间距离 $300\text{mm}\pm 30\text{mm}$ 。当地面测试时，电极之间距离为 $900\text{mm}\sim 1000\text{mm}$ 。

测试时要保持被测试表面和探头与被测体的接触面清洁、测试电极和被测表面接触良好。

对产品（材料）的检测，每个样品不同测试点测试 3 次的平均值为结果。测试方法如图 3.9 所示。

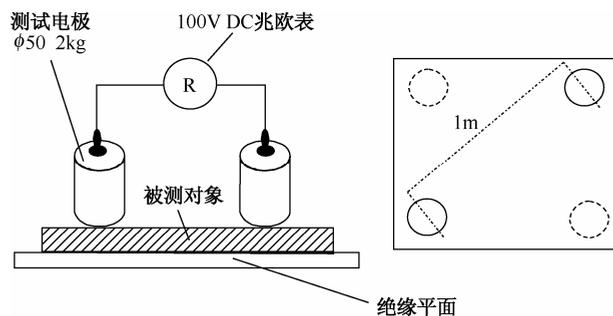


图 3.9 兆欧表及标准电极测试表面电阻

(3) 采用三电极法测试表面电阻。

将样件破坏取 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ （长、宽尺寸允许 $\pm 10\%$ 公差）的三个样块，将样块放置在标准三电极箱中。把电极组件放在样品距边缘至少 10mm 的距离处。将三电极箱的测试按钮打至“RS”挡，打开电源开关，调零，选择 100V 测试电压，测试 $5\sim 10\text{s}$ 后读取测试仪上的测试数据。



对产品（材料）的检测，每个样品不同测试点测试 3 次的平均值为结果。测试方法如图 3.10 所示。

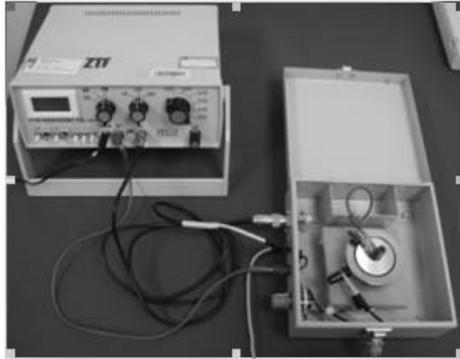


图 3.10 三电极法测试表面电阻

2) 体积电阻和系统电阻测试

(1) 采用兆欧表及标准电极测试或万用表测试。

体积电阻和系统电阻测试使用兆欧表，低阻值的系统电阻测试还可以采用万用表直接测量。

测试体积电阻和系统电阻需要辅助的金属平板（导电性能良好，表面无氧化涂覆）。

系统电阻是由多种材质构造的物体的系统阻抗，系统电阻与体积电阻的测试原理相同。

测试时要保持被测试表面、测试电极与被测体的接触面清洁，保证测试电极和被测表面接触良好。

对产品（材料）的检测，每个样品不同测试点测试 3 次的平均值为结果。

体积电阻和系统电阻测试方法如图 3.11 所示。

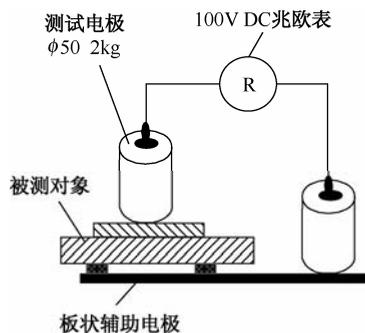


图 3.11 采用兆欧表及标准电极测试体电阻和系统电阻

采用万用表测试系统电阻，如图 3.12 所示。

(2) 采用三电极法测试体积电阻。

将样件破坏取 100mm×100mm（长、宽尺寸允许±10%公差）的三个样块，放置在标准三电极箱中。将三电极箱的测试按钮打至“RV”挡，打开电源开关，调零，选择 100V 测试电压，测试 5~10s 后读取测试仪上的测试数据。

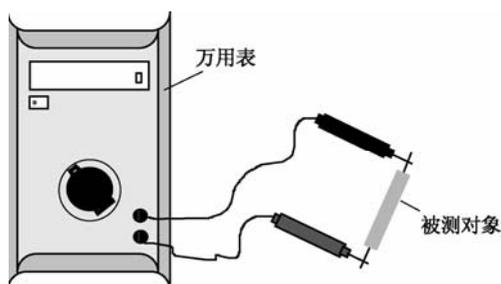


图 3.12 万用表测试系统电阻

对产品（材料）的检测，每个样品不同测试点测试 3 次的平均值为结果。测试方法如图 3.13 所示。

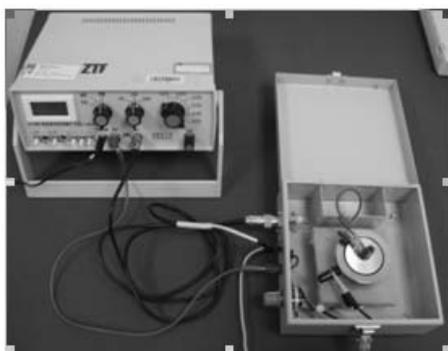


图 3.13 三电极法测试体积电阻

3) 防静电地极接地电阻测试

使用接地电阻测量仪测试防静电地极的接地电阻，如图 3.14 所示，测试步骤如下所述。

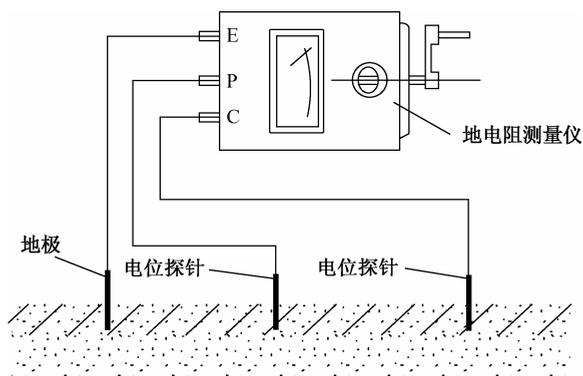


图 3.14 防静电地极接地电阻测试

- (1) 将被测地极用导线接于仪器端子 E。
- (2) 在相同直线方向 20 m、40 m 潮湿土地处，分别插入电位探测针及电流探测针，各接于仪器端子 P、C。
- (3) 设置“倍率盘”倍数。



(4) 自缓至快摇动仪器手柄，达到约 120r/min，调整“测量标度盘”，指针指于零位时，读数乘以倍率标度，即为接地电阻值。

(5) 按测试步骤(3)和(4)反复测试3~5次，取平均值。

(6) 若有其他适用仪器，可按相应仪器规定的方法进行测试。

4) 防静电地面接地电阻测试

(1) 测试仪器：兆欧表和探头。

(2) 测试方法：如图 3.15 所示，按照系统电阻测试方法测试防静电地面，兆欧表一个重锤放置在防静电台面上，另一段取下重锤将测试端子连接到防静电公共接地点上或电气保护地上。

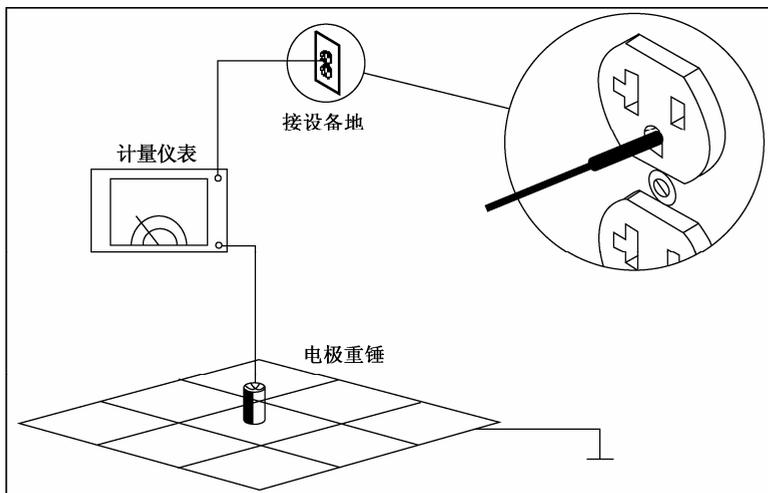


图 3.15 地面系统电阻测试

5) 设备、仪器、工具的接地电阻测试

(1) 测试仪器：兆欧表和万用表，1 条长导线（20~30m）。

(2) 测试方法：分硬接地测试和软接地测试。

(3) 硬接地测试：用兆欧表或万用表的欧姆挡测试仪器、设备、工具上的金属接地点到接地母线（公共接地点）之间的电阻。

(4) 软接地测试：用兆欧表的 $M\Omega$ 挡、测试极一端连接测试点，另一端连接接地母线（公共接地点），采用系统电阻测试方法进行测试。

6) 防静电公共地线接地电阻测试

(1) 测试仪器：兆欧表和万用表，1 条长导线（20~30m）。

(2) 测试方法：分硬接地测试和软接地测试。

(3) 硬接地测试：用兆欧表或万用表的欧姆挡测试防静电公共地线到接地母线（楼层防静电公共接地点）之间的电阻。

(4) 软接地测试：用兆欧表的 $M\Omega$ 、测试极一端连接测试点，另一端连接接地母线（公



共接地点), 采用系统电阻测试方法进行测试。

7) 佩戴防静电腕带测试

- (1) 将腕带戴于手腕处, 不能松动, 手腕感觉四周握紧。
- (2) 将腕带的接地夹子或插销与腕带测试仪的接口连接, 如图 3.16 所示。



图 3.16 佩戴防静电腕带测试

(3) 测试步骤: 用两个手指轻压测试面板中间位置上的金属极板, 直至指示灯亮, 时间为 1~2s。当手按静电测试仪金属极板, 这时显示灯亮起, 也听到一声鸣响; 观察测试结果, 测试面板上部并排布有三个指示灯, 自左至右依次为“LOW”、“GOOD”、“HIGH”。如果绿色“GOOD”灯亮起, 表示静电腕带良好; 如果红色“LOW”灯亮起, 表示静电腕带不良, 不能使用; 如果红色“HIGH”灯亮起, 表示静电腕带不能使用。

8) 人体综合电阻测试

测试面板上若有开关, 应把开关拨向左边“FOOT PLATE”侧, 右边的腕带插孔“WRIST CORD”内不得插放任何物体。测试人员保持正常工作状态着装, 即穿防静电工作服, 以及防静电鞋, 如图 3.17 所示, 测试步骤如下所述。



图 3.17 人体综合电阻测试



(1) 测试者将一只脚踏在测试仪的金属底板上,另一只脚抬起悬空,使人体重心落在正踏着测试仪底板的一只脚上,严禁双脚同时踩踏于金属底板上。

(2) 用手指轻压测试面板中间位置上的金属极板,直至指示灯亮,时间为 1~2 s。

(3) 观察测试结果。测试面板上部并排布有三个指示灯,自左至右依次为“FAIL LO”、“PASS”、“FAIL HI”。仅当绿色的“PASS”灯亮时,才表明包括防静电鞋在内的人体接地系统正常;否则,另外两个红色的“FAIL LO”或“FAIL HI”灯亮时(同时伴随有告警声),均表明接地系统存在故障。

(4) 换用另一只脚重复上述测试操作。

5. 静电电压、摩擦电压、静电电压衰减时间测试

1) 静电电压测试

(1) 使用非接触式静电电压表测量。

(2) 测试静电电压时测试探头与被测件的距离保持在 1in 左右。

(3) 观察仪表显示数值,反复测试 3 次取平均值。

2) 摩擦电压测试

(1) 测试摩擦电压时手持干燥布料(选用纯棉或防静电面料),以频数约 120 次/分,手掌适当施加压力,单向摩擦被测件某一部位 20 次,使用非接触式静电电压表,测试探头与被测件的距离保持在 1in 左右。

(2) 观察仪表显示数值,反复测试 3 次取平均值。

3) 静电电压衰减时间测试

被测物体充电或摩擦后具有较高的静电电场强度,采用静电场测试仪立即测试其静电电压并记录开始时间,保持测试状态不变,观察静电电压逐步降低到要求数值时的时间段即为静电衰减时间。

4) 测试方法

(1) 将待测样品放置在充电极板上,并接触良好。

(2) 在充电极板上充电,使电压达到 $\pm 1000\text{V}$ 后。

(3) 在断开仪器充电高压电源的同时,将待测样品可靠接地,记录极板电压衰减到 $\pm 100\text{V}$ 时的时间。

(4) 在测试时,接地极不得与充电极反相连接。

6. 屏蔽残余电压测试

屏蔽袋的屏蔽残余电压采用屏蔽残余电压测试仪测试,如图 3.18 所示。

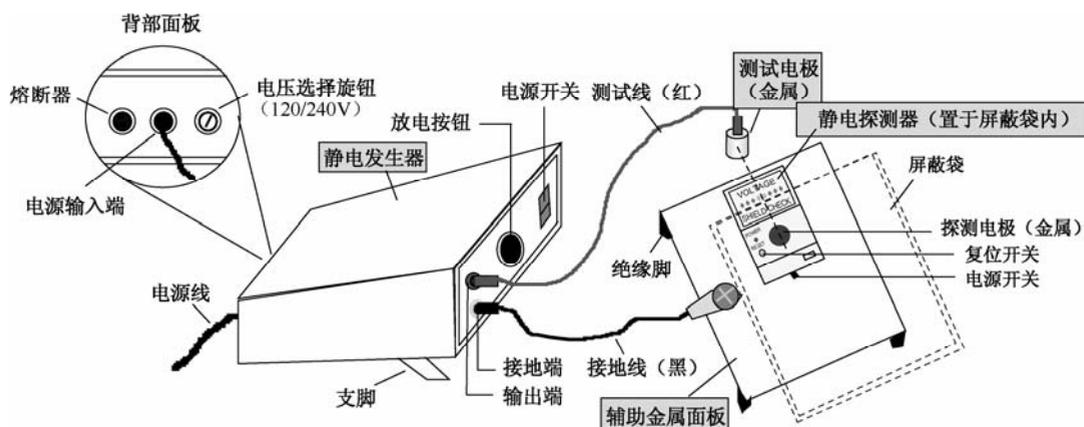


图 3.18 屏蔽残余电压测试

1) 测试方法

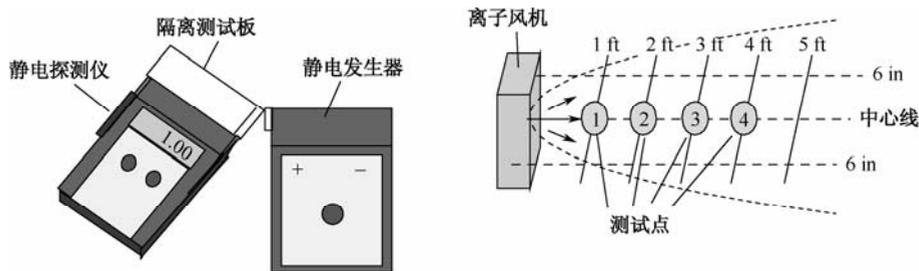
- (1) 检查静电发生器背部面板，确保电压选择按钮指向“240”位置。
- (2) 开启静电探测器电源开关，然后将其置于待检屏蔽袋内。
- (3) 将圆柱状测试电极压于屏蔽袋外侧，确保底面与静电探测器的探测电极正对。
- (4) 开启静电发生器开关，然后按其前部面板上的放电按钮，产生 1000V 静电。
- (5) 观察静电探测器上的电压指示灯，读取对应的电压值，有 10V、20V、30V、40V、50V、100V、200V、300V 等八个区段。若没有指示灯亮，表明探测到的袋内静电压低于 10V；100V 灯亮表示静电压为 100~200V；50V 及以下灯亮证明合格，其余超标。

2) 说明

- (1) 每次测试前需按下静电发生器复位开关使之复位（电压指示灯熄灭），重开电源自然复位。
- (2) 测试过程中，请勿触及屏蔽袋、辅助金属板或柱状测试电极。
- (3) 若静电探测器有多个电压指示灯亮，须重新复位。

7. 离子风机离子平衡度及衰减时间测试

离子风机的离子平衡度测试采用简易离子风机离子平衡度测试仪，如图 3.19 所示。



测试过程中隔离金属板不能碰触任何物体

图 3.19 离子风机离子平衡度测试



首先用静电发生器产生 1kV 静电并传导到静电探测仪的隔离金属测试板上，然后将带隔离测试板的静电探测仪移至图示的测试点①处和③处，检验离子风机的消电时间（从 1kV 下降至 100V）；移至有效范围（长度——距离离子风机 1~4 ft；宽度——距离中心线±6 in）内的任意测试点，检验离子平衡度（即消电所能达到的最低值）；记录离子风机的消电时间（从 1kV 下降至 100V）和离子平衡度。

8. 各类防静电产品（材料）的测试

如果已有产品专业标准对测试方法进行了明确规定，则应首先采用。

1) 防静电台垫的防静电性能测试

随机选定测试点，每个工作台垫的每个测试项目不得少于 3 个测试点，每个测试点测试 3 次取平均值。

测试方法：如图 3.20 所示，按照系统电阻测试方法测试台垫，兆欧表一个重锤放置在防静电台面上，另一段取下重锤将测试端子连接到防静电公共接地点上或电气保护地上。

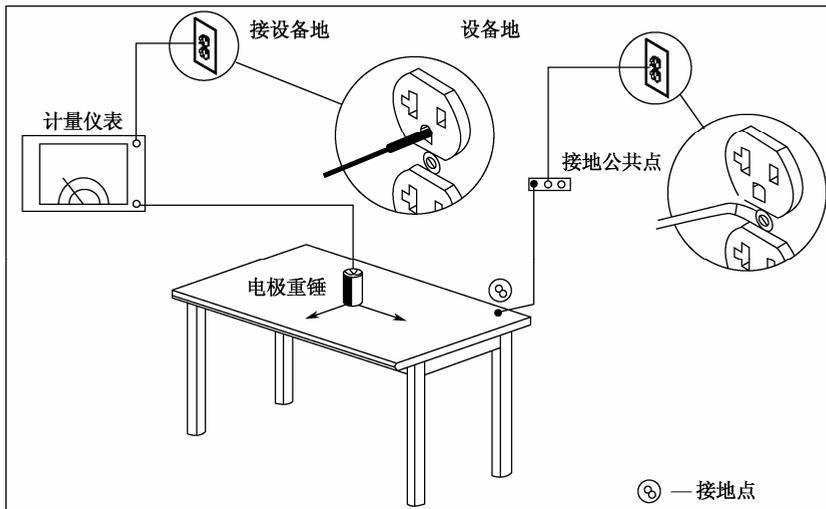


图 3.20 工作台面防静电测试

2) 防静电工作椅的防静电性能测试

工作椅主要测试表面电阻、系统电阻和摩擦电压，如图 3.21 所示。

随机选定测试点，每把工作椅每个测试项目不得少于 3 点，每个测试点测试 3 次取平均值。

测试方法：如图 3.21 所示，按照系统电阻测试方法测试防静电工作椅，兆欧表一个重锤放置在防静电工作椅椅面上，另一段取下重锤将测试端子连接到防静电公共接地点上或电气保护地上。

3) 工衣、工帽、手套的测试方法

工衣、工帽、手套主要测试表面电阻和摩擦电压。

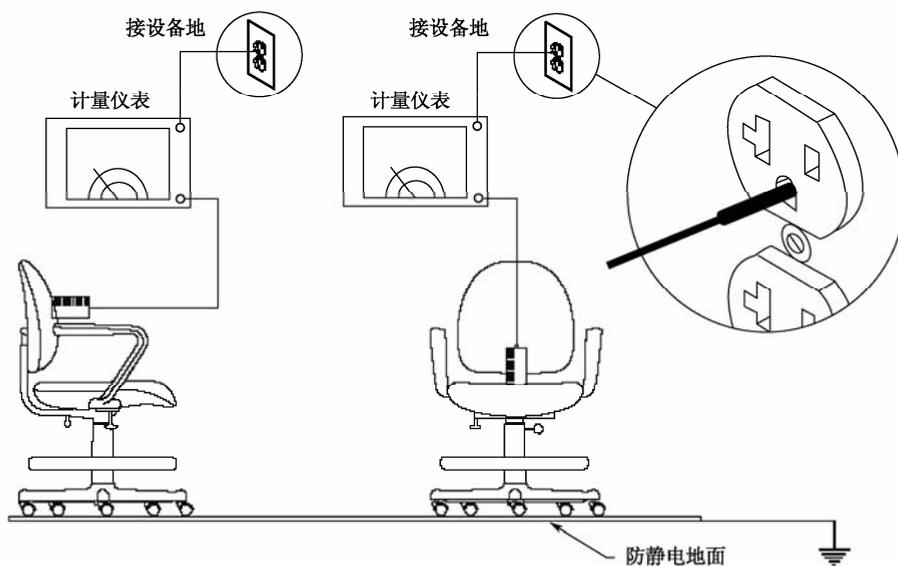


图 3.21 工作椅防静电测试

随机选定测试点, 每个样品每个测试项目不得少于 3 点, 每个测试点测试 3 次取平均值。工衣、工帽、手套的表面电阻测试方法相同, 在绝缘平面上进行测试。工衣需要测试袖对袖、片对片、同一片上两点之间的表面电阻。工衣表面电阻测试如图 3.22 所示。

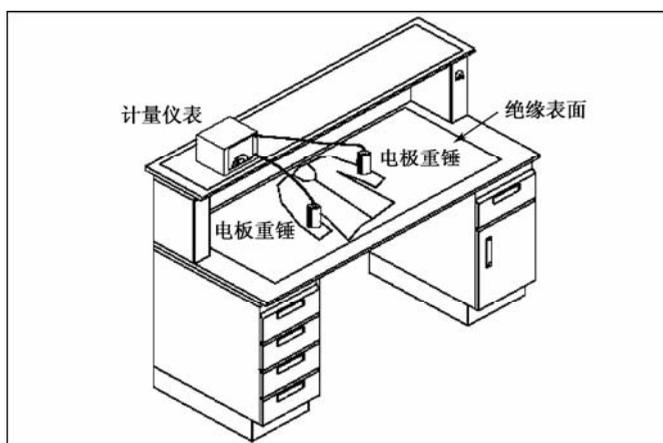


图 3.22 工衣表面电阻测试

4) 工鞋的测试方法

工鞋主要测试体积电阻和人体穿着时的系统电阻。

用兆欧表测试鞋底体积电阻(内电极由总质量为 4kg, 直径为 5mm 的钢球组成), 如图 3.23 所示。

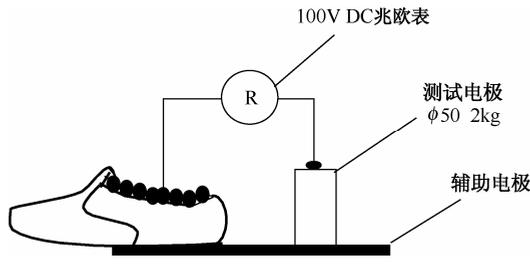


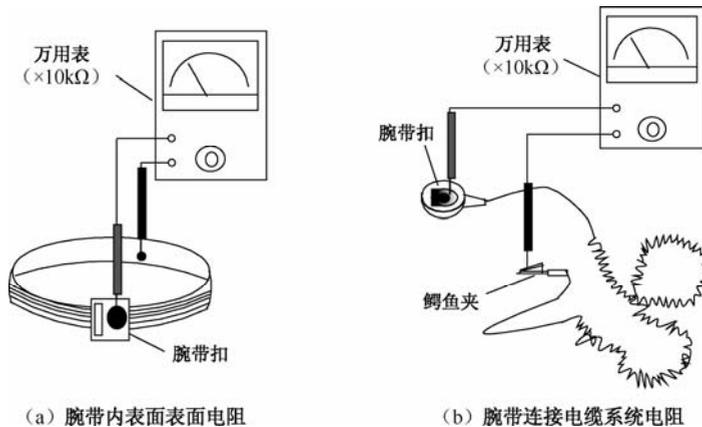
图 3.23 工鞋体积电阻测试

由于工鞋底面过窄或不平，电极质量有限，压力不足，电极和工鞋底面不能良好接触导致测试误差较大。因此可以按照人体穿着工鞋的实际情况测试人体和工鞋的系统电阻。

5) 腕带的测试方法

腕带内表面的表面电阻、腕带的电缆连接系统电阻、人体佩戴腕带的系统接地电阻需要进行分别测试，测试方法如下所述。

- ① 如图 3.24 (a) 所示，用万用表测试腕带内表面对电缆扣的表面电阻。
- ② 如图 3.24 (b) 所示，用万用表测试腕带连接电缆系统电阻。
- ③ 人体佩戴腕带时的系统接地电阻测试参照 3.2.3 节所述佩戴防静电腕带测试。



(a) 腕带内表面表面电阻

(b) 腕带连接电缆系统电阻

图 3.24 腕带系统电阻测试

6) 防静电包装材料的防静电性能测试

防静电包装材料主要包括防静电袋、防静电屏蔽袋、防静电吸塑盒、防静电 PE 薄膜袋、防静电 EPE 等。

防静电包装材料的防静电性能检测项目主要有表面电阻、体积电阻、摩擦电压、屏蔽泄漏电压（针对防静电屏蔽袋）、静电电压衰减期。防静电包装材料由不同材料组合而成时，应检测其整体防静电性能。

非永久性的防静电包装材料应在其本体或来料外包装上标注厂家和有效期限。防静电 EPE 周转托盘应在其本体上标注厂家和有效期限，要求在相对湿度大于 30% 的情况下，有效期至少为 6 个月，可随厂家工艺水平的提升而延长。



说明：在手持式简易表面电阻测试仪测试、采用兆欧表测试表面电阻测试不过或测试结果存在异议时，应采用三电极法测试表面电阻。防静电 EPE 来料检测主要检测其表面电阻指标。底部带硬纸板的防静电 EPE 在检测其防静电性能时，硬纸板不必剥离，检测其防静电 EPE 面的表面电阻指标。

7) 周转箱、托盘、器件盒的测试

周转箱、托盘、器件盒主要测试表面电阻、体积电阻和摩擦电压。随机选定测试点，每个样品每个测试项目不得少于 3 点，取平均值。如图 3.25 所示，用兆欧表测试器具的表面电阻和体积电阻。

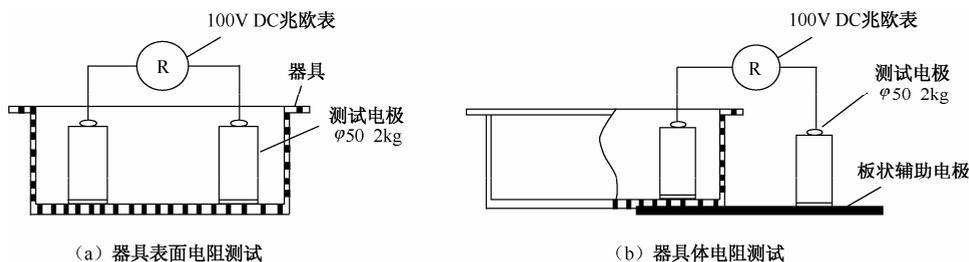


图 3.25 器具防静电性能测试

8) 周转车的测试

周转车主要测试其对地系统电阻。随机选定测试点，不得少于 3 点，每测试点测试 3 次取平均值。多层周转车，则每层都应测试。

测试方法：按照系统电阻测试方法测试台垫，兆欧表一个重锤放置在周转车台面上（为可靠放置在导轨条上，可使用辅助电极，即一块金属板），另一段取下重锤将测试端子连接到防静电公共接地点上或电气保护地上。

如图 3.26 所示，用兆欧表测试物流车台面对地的系统电阻。

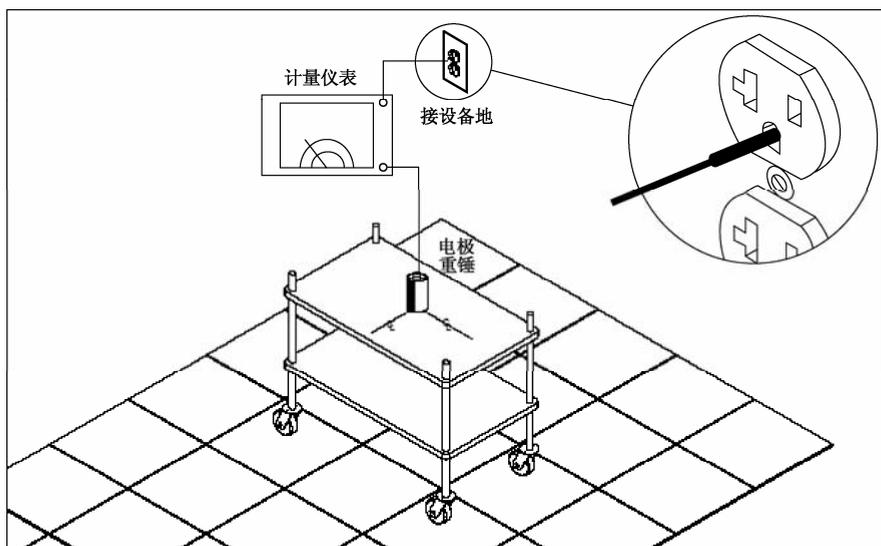


图 3.26 周转车的系统电阻测试



9) 防静电小工具的防静电性能测试

防静电小工具主要有毛刷、镊子、吸笔、吸锡器、IC 起拔器、防静电黏胶纸等，测试项目主要有表面电阻和摩擦电压。

3.2.4 工作场地的防静电技术指标要求

现代电子装联工作场地的防静电技术指标如下所述。

- (1) 防静电电极接地电阻 $< 10\Omega$ 。
- (2) 地面或地垫：表面电阻值为 $(1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^{10}) \Omega$ ；摩擦电压 $< 100V$ 。
- (3) 墙壁：电阻值 $(5 \times 10^4 \sim 1 \times 10^9) \Omega$ 。
- (4) 工作台面或垫：表面电阻值为 $(10^6 \sim 10^9) \Omega$ ；摩擦电压 $< 100V$ ；对地系统电阻为 $(10^6 \sim 10^8) \Omega$ 。
- (5) 工作椅面对脚轮电阻为 $(1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^8) \Omega$ 。
- (6) 工作服、帽、手套摩擦电压 $< 300V$ ；鞋底摩擦电压 $< 100V$ 。
- (7) 腕带连接电缆电阻为 $1M\Omega$ ；佩戴腕带时系统电阻为 $(1 \sim 10^6) \Omega$ 。脚跟带（鞋束）系统电阻为 $(0.5 \times 10^5 \sim 1 \times 10^8) \Omega$ 。
- (8) 物流车台面对车轮系统电阻为 $(10^6 \sim 10^9) \Omega$ 。
- (9) 料盒、周转箱、PCB 架等物流传递器具的表面电阻值为 $(1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^8) \Omega$ ；摩擦电压 $< 100V$ 。
- (10) 包装袋、盒摩擦电压 $< 100V$ 。
- (11) 人体综合电阻为 $(1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^8) \Omega$ 。
- (12) 在进入工作场地的醒目位置应张贴或悬挂有 ESD 损害的防护警告标识。

3.3 生产物流中的防静电管控

1. 生产物流现场静电防护图例

生产物流现场静电防护图例如图 3.27~图 3.28 所示。



图 3.27 生产物流现场静电防护图例 (1)



显示器静电防护

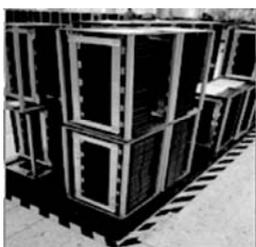


治具静电防护



离子风机静电防护

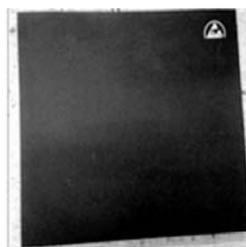
图 3.27 生产物流现场静电防护图例（1）（续）



静电防护指定区域



静电防护周转车



静电防护台垫



静电防护手腕带



静电防护测试匝机



静电防护组装线

图 3.28 生产物流现场静电防护图例（2）

2. 生产物流静电防护责任和实施

1) 防静电用品选型流程

(1) 防静电用品需求评审与供应商寻源流程按流程文件执行。防静电用品样品认定与选型按《材料认定——总则》流程文件执行。

(2) 新产品选型和替代选型时应由防静电工程师进行样品认定，提交产品规格书和样品认定报告，进行评审并发放物料代码。对经过静电防护委员会、技术组评估确定需要进行第三方测试的防静电产品，由静电防护委员会、技术组进行制定测试方案并指定第三方权威测试机构进行测试。

2) 防静电用品来料检验

来料检验负责包括但不限于以下防静电产品实施来料检验，如防静电工衣、防静电工作椅、防静电泡棉、防静电屏蔽袋、防静电标识卡袋、防静电工鞋、周转容器、周转车、防静电箱等。如果不具备检测条件应送第三方检测机构进行检测。测试夹具、工装夹具设计部门及来料检验部应负责对测试夹具、工具夹具防静电性能检验和验收。



测试方法和技术指标要求参见 3.2.3 节。

来料检验和验收过程发现的防静电产品质量问题处理，走不合格品处理流程。

3) 防静电用品质量监督

各使用部门在使用过程和现场审核中发现的防静电用品质量问题，应立即停止使用，按不合格品处理流程处理。部门 ESD 接口人员组织对不合格品停用、更换，并组织相关责任部门整改。

4) 接地及连接系统

接地及连接系统应被应用，以保证静电放电敏感器件、单板及组件、工作人员和所有其他导体（包括移动设备）处在同样的电位。

5) 仪器、设备、工具接地

要求每一台仪器与电动工具都有良好的接地，接地电阻 $<1\Omega$ （设备接地点与公共接地点间的电阻 $<1\Omega$ ，使用设备金属外壳量测接地电阻时允许 $<10\Omega$ ）。烙铁头接地电阻 $<20\Omega$ 。

6) 防静电设施接地

防静电工作台、工椅等应接地良好。防静电工作台的系统电阻要求： $(1\times 10^5\sim 1\times 10^9)\Omega$ 。防静电工作台、流水线公共接地线接地电阻 $<1\Omega$ ，作为验收标准。日常检测允许 $<4\Omega$ 。防静电工椅的系统电阻要求： $(1\times 10^5\sim 1\times 10^9)\Omega$ 。

7) 防静电地线

电气保护地和独立铺设的防静电地均可作为防静电地，接地电阻 $<1\Omega$ 。两者同时作为防静电地时，两路地线间电阻值应小于 25Ω 。

8) 防静电公共接地点

厂房应设立防静电地线，各楼层应设立防静电公共接地点，各楼层公共接地点至大地的接地电阻值 $<4\Omega$ 。各楼层防静电公共接地点，应由楼层使用面积最大的部门负责检测，每年每个楼层抽测 3 个点。行政部基建管理人员应协助实施，提供测试仪器（摇表）并进行现场指导测试。

9) 地面接地

地面铺设防静电地板，防静电系统电阻值为 $(1\times 10^4\sim 1\times 10^9)\Omega$ 。防静电地板应定期维护保养，每年至少打 1 次防静电地板蜡。

10) 接地连接规范

(1) 防静电地线应采用铜条或黄绿色多股铜线。防静电地线与防静电地极之间阻值小于 4Ω 。



(2) 防静电地线间的连接应采用螺钉拧紧方式或焊接或对接地点绕紧后采用电工胶带绑紧的固定连接方式。现场除了防静电手腕带、移动设备工具，其他固定连接的工、设备、接地线间连接禁止采用鳄鱼夹接地。

(3) 各工、设备防静电接地点接入防静电地线采用并联方式，优先采用防静电公共接地排进行并联汇接，禁止采用串联方式。

(4) SMT 设备、单板装联设备、模块/整机组装及调测设备，以及配置有防静电接地点的设备工具，如电烙铁，应采用独立防静电接地线接地。即在设备工具金属接地部件引出独立的接地线固定连接到防静电地线上，以保障接地可靠。

防静电接地连接示意如图 3.29 所示。

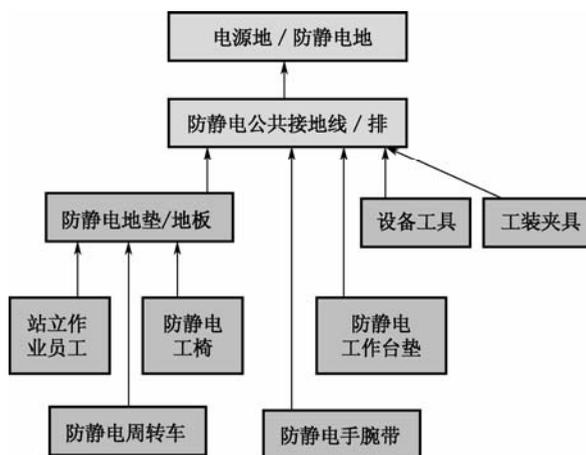


图 3.29 防静电接地连接示意

11) 人员防护

进入防静电区域，必须整齐穿着防静电工衣、防静电工鞋（穿棉质袜子）或鞋套，戴防静电工帽。防静电区域入口应配置人体综合测试仪，进入防静电区域的员工必须进行测量、记录，通过后方可进入。使用防静电手环的员工应测试防静电手环并记录。测试异常应及时反馈并更换。工鞋测试电阻范围为 $(7.5 \times 10^5 \sim 3.5 \times 10^7) \Omega$ ；手环测试电阻范围为 $(7.5 \times 10^5 \sim 1 \times 10^7) \Omega$ 。工衣、工帽表面电阻为 $(1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^{10}) \Omega$ 。

坐着操作静电敏感器件、单板和组件的员工在操作时要求双脚着地，不得出现双脚放在架子上或其他不着地的现象，必须佩戴防静电手环，佩戴时必须贴紧皮肤，不得松脱；整齐穿着工衣、工鞋、工帽的员工双脚站在防静电地面上操作时可以不戴手环操作。

外来人员，包括客户、合作厂商、研发、技术支持人员等，穿着鞋套在 EPA 区域内操作单板及器件时应佩戴防静电手环；工程现场操作人员必须佩戴手环操作。

接触静电敏感器件、单板与组件时应佩戴防静电手套或指套，各工序具体操作应按工艺作业指导书规定实施。

12) EPA 区域

EPA 区域是参照 ANSI/ESD S20.20、IEC 61340-5-1 防静电国际标准体系建立的防静电工



作区域，按静电防护等级 HBM 模型 $<100V$ 设计，即静电敏感度（HBM 模型） $\geq 100V$ 的产品在 EPA 区域能得到有效防护。

EPA 区域分为一级防静电工作区域及二级防静电工作区域。

(1) 一级防静电工作区域：IQC 静电敏感器件测试区域、IC 库、无线高端生产区、有线光模块无尘车间、写片室及经过评估认定的防静电等级要求较高的工作区域。

(2) 二级防静电工作区域：除了一级防静电工作区域外的防静电工作区域，包括静电敏感物料库房，单板装焊、测试、组装区域，半成品库、周转库，整机/模块组装、测试、包装区域（产品已得到防静电封闭包装的区域除外）等。

说明：一级防静电工作区域，在环境温湿度控制、人员防护、离子化覆盖、静电防护材料和用品性能、防静电监控设施应用等方面比二级防静电工作区域要求更为严格。包括采用加湿设备、人员 ESD 门禁系统、悬挂式多头离子风机、永久防静电泡棉、接地监控报警器等。

EPA 区域内可以操作裸露器件和单板，器件及单板应放置在防静电容器中或防静电工作台上。EPA 区域内禁止放置白色气泡袋、缠绕膜等高静电源的绝缘材料。

EPA 区域内不可清除的静电产生物品（如装配中容易产生静电的塑胶件、器件、显示器等）必须采取防静电措施，如使用离子风机、涂防静电液、使用屏蔽袋或屏蔽网屏蔽处理、保证静电敏感器件、单板及组件远离不可消除的静电源 30cm 以上。距离静电敏感器件、单板及组件 30cm 以内的范围，摩擦电电压应 $<100V$ 。

13) 离子风扇配置原则

有使用绝缘材料的地方，如 PCB 拆包装上线位，其他器件的绝缘包装工位；处理最高敏感度低于和接近 100V 的器件的地方；过炉后，维修工位；其他静电场大于 100V，距离裸露单板/器件小于 30cm 的工序。应用范围：单板制造工艺流程上易引入静电风险的工序，包括 SMT、组装、测试、维修等。

14) 防静电液喷涂方法

把防静电液均匀喷涂在非防静电材料表面，并使用防静电毛刷或棉布涂覆均匀，过 30min 重复以上动作一遍。喷涂后实施检测验证，用静电电压测量表检测，棉布或纸张在涂层表面单向摩擦 20 次，要求表面摩擦电压 $<100V$ 。有效期内禁止使用湿布清洁。喷涂后每月进行检测。

使用单位必须保证使用性能良好的静电防护设施、产品。一旦发现性能达不到，立即停止使用并更换。

15) 温度、湿度

各生产车间和库房须安放温湿度计，为真实地表征车间的环境温湿度，温湿度计的安装点应具有代表性，不应正对冷气排放口及其他热源和冷源。

(1) 一级防静电工作区域环境温度为 $18\sim 28^{\circ}C$ ，相对湿度为 40%RH~70%RH。

(2) 二级防静电工作区域环境温度为 $18\sim 28^{\circ}C$ ，相对湿度为 30%RH~70%RH。

如有特殊要求，请参见相应工艺文件，如高温房、涂覆室。



16) 包装、运输、仓储

静电敏感器件、单板及组件周转过程应使用防静电材料制作的工具，如防静电泡棉、防静电箱、防静电吸塑盒、防静电周转车、防静电屏蔽袋等。禁止将静电敏感器件、单板及组件直接放置的非防静电的器具，如普通 EPE 托盘、普通吸塑盒、普通塑料袋、普通塑料箱、普通中空板箱、不防静电周转车等。

防静电周转车应配置两条接地链条。两条地链保持大于 300mm 的间距，且不与周转车轮子或其他部件发生干涉，链条拖地长度不小于 30mm。

17) 防静电周转工具

(1) 防静电周转车的系统电阻要求为 $(1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^9) \Omega$ 。

(2) 周转箱、周转容器的表面电阻要求为 $(1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^9) \Omega$ 。

(3) 防静电泡棉表面电阻为 $(1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^{11}) \Omega$ 。

单板 SMT 加工、组装、测试生产区域，禁止使用纸箱配送物料，禁止使用木栈板配送单板及静电敏感物料。整机生产现场及库房使用纸箱以及木栈板配送物料时应与裸露单板、器件保持 30cm 以上距离，对于单板及静电敏感物料应使用防静电封闭包装再装载到纸箱及木栈板中。防静电周转器具应有明显的静电防护警示标识、供应商标识。

存在使用期限的防静电周转器具和包装材料应注明生产日期，超过有效期限后应停止使用。现场周转用的防静电 EPE 泡棉应标注生产日期及厂家标识，单板 (PCBA) 生产现场有效期限不超过 9 个月，周转库房因库存造成超期允收合格，整机生产现场有效期限不超过 12 个月。使用部门报申购计划时应考虑因有效期限问题而引发的新需求量，并对新需求及时提交申购计划。使用部门负责组织对已过期的防静电 EPE 泡棉按流程文件规定进行回收处理。

在非 EPA 区域运输静电敏感器件、单板及组件，如跨厂运输，应先采用防静电封闭包装。

18) 标识

EPA 区域入口处应有明显 EPA 警示标识，如图 3.30 所示。EPA 区域应用黄色斑马线作为标识线将防静电工作区划定，并在黄色斑马线上贴附 EPA 区域警示地标。EPA 警示地标要求每隔 3~5m 张贴一个，拐角处各贴一张。EPA 区域的 ESD 公共接地点贴上公共接地点警示标识。使用的防静电周转、储存工具和设备等，若供应商未直接喷涂或印刷防静电标识的，各使用部门应在这些工具设备上粘贴相应的静电防护警示标识，如图 4.30 所示：静电敏感单板上应使用产品静电敏感警示标识，防静电物流器具、工具上应使用静电防护警示标识，防静电公共接地点应使用防静电公共接地点警示标识。实际操作以确定物料代码的实物为准。标识设计参考 ANSI/EOS/ESD S8.1: Symbols-ESD Awareness。

19) 培训

企业所有入职的新员工必须进行防静电基础防护知识培训，对工作中与防静电有关的人员必须进行防静电知识、防静电操作的教育及训练，持证上岗。



图 3.30 EPA 警示标识

静电防护知识培训至少包括静电的产生、静电放电原因及其危害、ESDS 器件和产品的的基本特性、工作场所的基本静电防护要求、静电安全工作台组成及维护等。

防静电培训必须列入操作人员上岗培训教育及考核内容之一。所有可能接触到 ESDS 器件和产品的人员必须至少每年重新训练（培训或考试）一次，且把静电防护知识列为人员工作鉴定之一，并将培训、考试记录归档保存。

培训效果由新员工入职上岗考试及员工技能认证考试进行评估。

20) 生产物流防静电检查项目及相关要求

生产物流防静电检查项目及相关要求参见表 3.6。

表 3.6 防静电检查项目表

序号	检查项目	指标	测量周期	测量部门	测量仪器
1	人体综合电阻测试	$[1 \times 10^5, 3.5 \times 10^7] \Omega$	天	个人	综合测试仪
2	防静电手环、测试	$[7.5 \times 10^5, 1 \times 10^7] \Omega$	天	个人	手环测试仪
3	EPA 区域环境温湿度监测	一级 EPA 区域： 温度—— $18^\circ\text{C} \sim 28^\circ\text{C}$ ； 相对湿度—— $(40\% \sim 70\%) \text{RH}$ 二级 EPA 区域： 温度—— $18^\circ\text{C} \sim 28^\circ\text{C}$ ； 相对湿度—— $(30\% \sim 70\%) \text{RH}$	4 次/天	使用部门	温湿度计
4	设备、仪器、工具接地测量	接地点对地电阻 $< 1\Omega$ ； 外壳金属表面对地电阻 $< 10\Omega$	季度 (第 1 个月)	使用部门	高阻万用表
5	电烙铁接地电阻测量	烙铁头对地电阻 $< 20\Omega$	天	使用部门	高阻万用表
6	工作台、流水线防静电公共地线测量	$< 1\Omega$ ，允收 $< 4\Omega$	月 (第 1 周)	使用部门	高阻万用表
7	离子风扇、风枪测量	1000V 降至 100V 时， 平衡时间 $< 3\text{s}$ ；平衡电压 $< 30\text{V}$	季度 (第 1 个月)	使用部门	离子风扇测量仪
8	工作台、流水线系统电阻测量	$[1 \times 10^5, 1 \times 10^9] \Omega$	季度 (第 1 个月)	使用部门	兆欧表
9	周转车系统电阻测量	$[1 \times 10^5, 1 \times 10^9] \Omega$	季度 (第 1 个月)	使用部门	兆欧表



续表

序号	检查项目	指标	测量周期	测量部门	测量仪器
10	防静电工椅系统电阻测量	$[1 \times 10^5, 1 \times 10^9] \Omega$	季度 (第2个月)	使用部门	兆欧表
11	周转箱、周转容器表面电阻测量	$[1 \times 10^4, 1 \times 10^9] \Omega$	季度 (第2个月)	使用部门	兆欧表
12	防静电泡棉表面电阻测量	$[1 \times 10^4, 1 \times 10^{11}] \Omega$	月 (第2周)	使用部门	兆欧表
13	防静电工衣表面电阻测量	$[1 \times 10^5, 1 \times 10^{10}] \Omega$	季度 (第2个月)	使用部门	兆欧表
14	环境静电电压监测	$< 100V$ (距单板 30cm 以内)	月 (第2周)	使用部门	静电电压测量仪
15	防静电地面系统电阻测量	$[1 \times 10^4, 1 \times 10^9] \Omega$	季度 (第2个月)	使用部门	兆欧表
16	厂房防静电接地电阻测量	$< 4\Omega$	年 (第2季度)	使用部门	接地电阻仪
17	防静电工衣静电电压测试	$< 100V$	月 (第1周)	使用部门	静电电压测量仪
18	接地线连接		天	个人	目测
19	防静电着装		天	个人	目测
20	防静电标识		月	使用部门	目测
21	培训	培训或考试记录	月	使用部门	目测

注：各项测量方法参见本章。

- 第1~9项全检；
- 第10~17项抽检，第10~14项抽检数不小于1；
- 第15项的测量数为生产区域30个点/楼层或实验室10个点/间；第16项的测量数3个点/楼层，第17项每月测试20%的工衣数量。

思考题3

- (1) 静电是如何产生的？静电的危害有哪些？
- (2) 电子制造生产环境中，潜在的静电产生因素有哪些？
- (3) 静电控制的难点在哪里？
- (4) 静电防护的原理是什么？
- (5) 静电防护的基本原则有哪些？
- (6) 静电防护的具体方法有哪些？
- (7) 作为系统设备通信产品 SMT 车间，您认为其静电防护水平应该达到多少伏特？

第4章 现代电子装联工作场地的7S要求



本章要点

- 📁 概述
- 📁 7S 的基础概念及推行
- 📁 如何推行 7S
- 📁 7S 生产现场的基本要求



4.1 概 述

传统的 5S 含义即为整理 (SEIRI)、整顿 (SEITON)、清扫 (SEISO)、清洁 (SEIKETSU)、素养 (SHITSUKE)，因为日语的罗马拼音均以“S”开头、英语也是以“S”开头，故称为“5S”。

现代 7S 在 5S 基础上再加上安全 (SAFETY) 和节约 (SAVING) 就构成了 7S 的全部内容。

4.1.1 7S的起源

5S 起源于日本，是指在生产现场中对人员、机器、材料、方法（再加上“环境”称为现场管理 5 要素）等生产要素进行有效的管理，这是日本企业独特的一种管理办法。

4.1.2 7S的发展

日本企业将“5S 运动”作为管理的基础，产品品质得以迅速地提升，奠定了经济大国的地位。5S 对于塑造企业形象、降低成本、准时交货、安全生产、高度的标准化、创造令人心旷神怡的工作场所、现场改善等方面发挥了巨大作用，逐渐被各国的管理界所认识。目前广泛应用于各类性质、各种规模的企业。

因企业进一步发展的需要，在原来 5S 的基础上又增加了“安全”及“节约”这两个要素，形成了“7S”。

4.1.3 7S的作用

7S 的主要作用：产品质量的保证、生产节约的能手、工作高效的前提、安全操作的保障、口碑形象的代言。

推行 7S 有八大效能：亏损为零、不良为零、浪费为零、故障为零、产品切换时间为零、事故为零、投诉为零、缺勤为零。

4.2 7S的基础概念及推行

4.2.1 整理

1. 含义

整理是指区分必需品与非必需品，非必需品清除掉或进行合理处理。



(1) 所谓必需品,是指经常必须使用的物品,如果没有它,就必须购入替代品,否则就会影响工作。

(2) 非必需品可分为以下两种:

① 一步使用周期较长的物品,即一个月、三个月、甚至半年才使用一次的物品,如样品、图纸、零配件等。

② 对目前的生产或工作无任何作用的、需要报废的物品。

2. 目的

腾出空间,使空间能得以充分利用;防止变质和积压资金;防止误用无关的物品;创造清爽的工作环境

根据物品使用频率,确定其处理办法,参见表 4.1。

表 4.1 整理的要求

常用程度	使用频率	处理方法
高	每小时、每天	随身携带或放在工作台附近
	每周	现场附近存放
中	每月	现场附近集中放置
	2~6个月	仓库存储(或在离生产现场较远的地方集中放置)
低	6~12个月	仓库存储或封存(或在离生产现场较远的地方集中放置)
	1年及以上	有用物品进行仓库存储或封存; 无用或不能用物品定期清理或报废

3. 推行要领

(1) 制订必需品与非必需品的判别基准及处理办法。

(2) 马上要用的、暂时不用的、长期不用的物品要区分对待。

(3) 即便是必需品也要适量;将必需品的数量降到最低的程度。

(4) 对没有作用的物品,无论有多昂贵,都应坚决地处理掉,放置越久,残值越低。

4.2.2 整顿

1. 含义

整顿是指将整理好的物品定位放置、并做好标识(是提高效率的基础)。

2. 目的

- 节约寻找物品的时间;
- 工作场所一目了然;
- 创造整齐的工作环境。

工作场所最大的时间浪费在于“准备时间”,也就是工作中的“选择”、“寻找”所花费



的时间。“寻找”所花费的时间越少越好。产生寻找的原因不外乎以下 4 种：

- 无整理——不需要的东西太多了，这是产生寻找的首要原因。
- 无定位——没有规定放置的地方。
- 无标识——没有进行标识。
- 无归位——没有放回所规定的位置。

因此，整顿的三定原则：

- 定位（置）——放在哪里合适；
- 定名（称）——物品名称；
- 定（数）量——规定合适的数量。

另一种说法是定点、定容、定量。

3. 推行要领

- (1) 彻底进行整理。
- (2) 确定放置场所。
- (3) 规定放置方法。
- (4) 进行标识。

4.2.3 清扫

1. 含义

清扫是指清除职场内的脏污，并防止污染的发生。

2. 目的

- 清除“脏污”；
- 创造清洁的环境；
- 保证品质。

清扫不是扫除，而是检查，检查出每一点存在的问题；只打扫灰尘那是扫除。

3. 推进要领

- (1) 人人参与，责任到人。
- (2) 将清扫与点检、保养工作充分结合。
- (3) 杜绝污染源，建立清扫基准。

4.2.4 清洁

1. 目的

清洁是指维持上述 3S（整理、整顿、清扫）成果，使其规范化，标准化。



2. 含义

通过制度化来维持成果。

“整理”、“整顿”、“清扫”是动作，“清洁”是结果，即在工作现场进行整理、整顿、清扫过后呈现的状态是“清洁”。

所谓清洁的状态，它包含有三个要素：第一是“干净”；第二是“高效”；第三是“安全”。这就是我们称之为缺一不可的“清洁的状态”。

4.2.5 素养

1. 含义

素养是指人人依规定行事，养成好习惯。

2. 目的

- (1) 提升素质。
- (2) 养成工作规范认真的习惯。
- (3) 塑造团队精神。

3. 素养的表现

- (1) 时间观念强，遵守出勤和会议时间规定。
- (2) 衣着得体、规范，正确佩戴工卡。
- (3) 待人接物诚恳、有礼貌。
- (4) 遵守社会公德。
- (5) 富有责任感，关心他人。

4.2.6 安全

1. 含义

安全是指消除隐患，排除险情，预防事故发生。

2. 目的

创造高效率、无意外事故发生的工作场所。

3. 发生事故的四大原因

- (1) 人的不安全行为。
- (2) 物的不安全状态。



- (3) 工作环境的不良。
- (4) 劳动组织管理的缺陷。

4. 安全生产对作业人员的基本要求

- (1) 严格遵守安全操作规程。
- (2) 对不符合安全规定的因素及时举报。

5. 安全标识种类

安全标识种类分为红色、黄色、蓝色、绿色四种，具体含义参见表 4.2 和图 4.1。

表 4.2 安全标识种类

颜 色	含 义
红色	表示禁止、停止、危险以及消防设备的意思。凡是禁止、停止、消防和有危险的器件或环境均应涂以红色的标记作为警示的信号
黄色	表示提醒人们注意，凡是警告人们注意的器件、设备及环境都应以黄色表示
蓝色	表示指令，要求人们必须遵守的规定
绿色	表示给人们提供允许、安全的信息

类 型	图 示 说 明
警告性标识	
禁止性标识	
指令性标识	
提示性标识	

图 4.1 安全标识图例

4.2.7 节约

1. 含义

节约就是对时间、空间、能源等方面合理利用，以发挥它们的最大效能。



2. 目的

减少浪费，创造高效率、物尽其用的工作场所。

3. 推进要领

实施时应坚持以下三个观念。

- (1) 能用的东西尽可能利用。
- (2) 以自己就是主人的心态对待企业的资源。
- (3) 切勿随意丢弃，丢弃前要思考其剩余的使用价值。

4.3 如何推行 7S

4.3.1 整理如何推行

具体推行整理的步骤如下所述。

1. 现场检查

全面检查，包括看得见和看不见的地方。

2. 区分必需品和非必需品

要区分“需要”与“想要”的区别；将工作场所的物品进行全面盘点后，对所有的物品进行过滤，判别哪些是必需品（需要的），哪些是非必需品（不需要的）；然后根据过滤制定出需要与不需要的基准表。

“需要”和“不需要”的判别基准如下（以某生产线为例）。

1) 必需品（需要）

- (1) 正在生产或即将生产的原材料。
- (2) 正在生产的半成品、已生产出的成品。
- (3) 运转正常的设备、能正常利用的各种工具、模具。
- (4) 无损坏的工作台、椅、货架、工具箱/柜。
- (5) 能正常使用的周转车、周转箱……

2) 非必需品（不需要）

- (1) 无条码的、多余的物料。
- (2) 报废物料。
- (3) 不能正常运转或使用的、已淘汰的设备、工具、模具。
- (4) 地面上的废纸、垃圾、油污、水污。



- (5) 墙面上过期、破损的展板。
- (6) 已损坏的工作台、椅……

3. 清理非必需品并进行处理

清理非必需品并进行具体处理的方法参见表 4.3。

表 4.3 非必需品分类及处理方法

使用价值	分类及处理方法	
有使用价值	普通废弃物	分类后出售
	涉及商业机密或专利品	销损或损坏后再处理
	影响作业安全，污染环境	集中分类回收后处理
无使用价值	折价卖掉	
	转作他用，如做展示教育、供新员工练习等	

4. 每天循环整理

每天循环整理，将必需品按平行、直线、直角的原则放置；尽可能避免产生非必需品；及时维修可修复的非必需品，如图 4.2 所示。

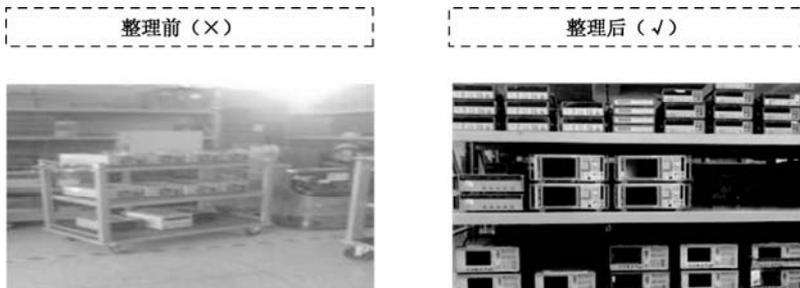


图 4.2 整理前与整理后

4.3.2 整顿如何推行

具体推行整顿的步骤如下所述。

1. 进一步落实整理工作

- (1) 彻底整理，只留下必需品；在工作岗位只摆放最低限度的必需品。
- (2) 判断是个人所需品还是小组共需品（私人物品不带入生产区域或隐蔽放置）。

2. 确定放置场所

- (1) 制作现场模型，进行规划和布局，选择方便拿取的放置方式。
- (2) 将经常使用的物品放在工作场所最近的位置。
- (3) 特殊物品、危险品设置专门场所进行保管（如酒精、清洗剂、天纳水等）。



(4) 无法按规定位置放置的物品、临时放置的物品，应挂“暂放”标识牌，注明原因、放置时间、责任人、预计放至何时等。

3. 规定摆放方法

- (1) 物品放置的地点科学、合理、便于拿取和先进先出。
- (2) 按机能或种类区分和放置物品。
- (3) 根据实际情况选择适合的摆放方法，尽量立体放置利用空间。
- (4) 平行、直线、直角在规定区域放置；限制堆放高度（不超过 1.5m）。
- (5) 做好防潮、防尘、防锈措施，容易损坏的物品应分隔或加防护垫保管。

4. 划线定位与标识

- (1) 划线定位：用不同颜色的定位胶带划分区域。
- (2) 标识。
 - ① 一对一标识。
 - ② 统一格式样式标识。
 - ③ 必要时注明责任人。

常见标识有：区域标识（如××部门、××线）、类别标识（如合格品、不合格品）、数量标识（如限高 1.5m、最多存储 7 桶）、状态标识（如待检验、待转交）。如图 4.3 和 4.4 所示为整顿前和整顿后的情形。

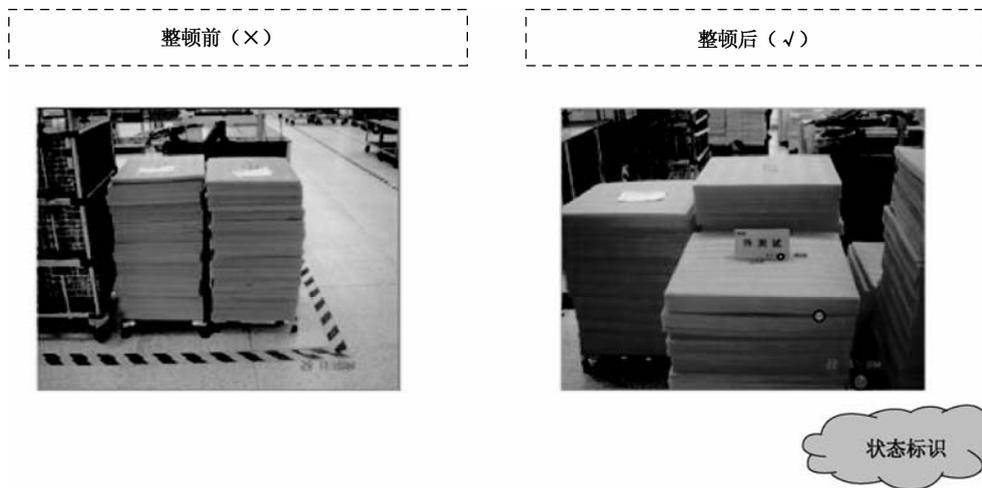


图 4.3 堆叠现场整顿前和整顿后

4.3.3 清扫如何推行

1. 对员工进行清扫安全教育

对可能导致事故发生的不安全因素，如触电、烫伤、灼伤和落物等，进行警示，最好组织统一培训。

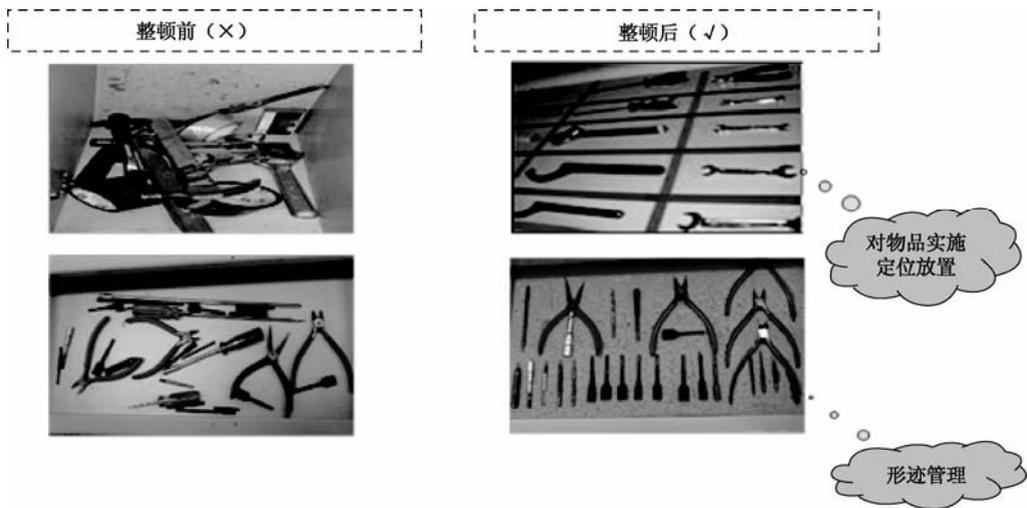


图 4.4 使用工具整顿前和整顿后

指导并组织学习相关的指导书，明确清扫工具、清扫位置，了解工作的方法及具体顺序、步骤等。

2. 制定清扫标准

明确清扫对象、方法、重点、周期、工具和责任人等内容。

3. 清除垃圾尘土

将地板、墙壁、天花板等部位堆积的灰尘、污垢彻底清扫干净。

4. 清扫机器设备

清扫时，将设备清扫与检查、保养、润滑相结合，针对漏油、松动、裂纹和变形等问题，采取相应的措施，使机械设备干净、无灰尘，保持有效状态。

5. 整修

对清扫中发现的问题，例如机器设备需要维修或保养、需要添置安全防护装置，及时整修或更换。

6. 查明污垢发生源

查找污垢的发生源，制作污垢发生源明细单，按计划逐步改善，从源头消除污垢。

7. 实施区域责任制

划分清扫责任区域，责任到人，并进行例行清扫和扫除。

如图 4.5 所示为清扫前后的作业现场。

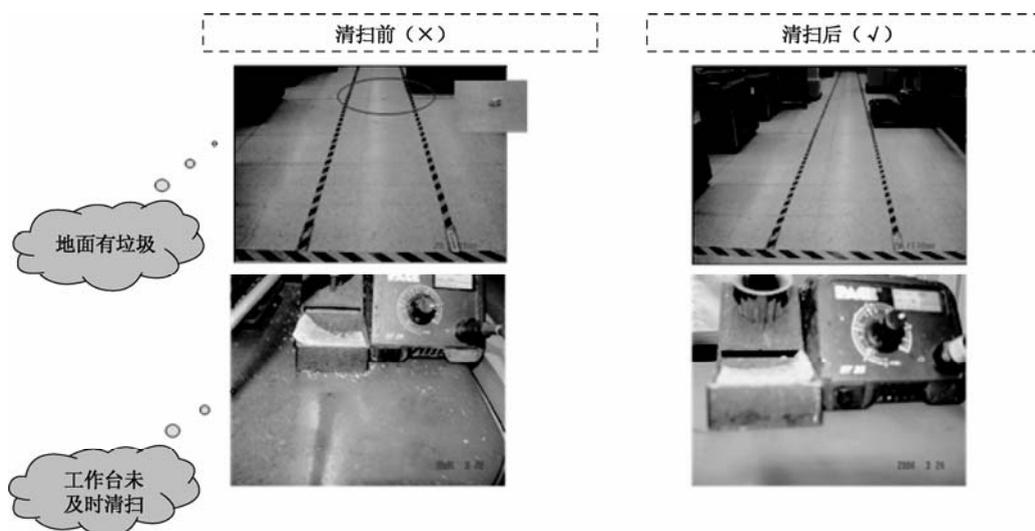


图 4.5 清扫前后的作业现场

4.3.4 清洁如何推行

1. 培训与教育

对全体员工展开长期 7S 基本思想、理念的教育，避免因理解不同得到不同的结果，使 7S 活动推行方法无法贯彻实施。

2. 区分必需品和非必需品

到达现场，整理物品，调查、记录使用周期，区分必需品和非必需品。

3. 清除非必需品

清除岗位上的所有非必需品，及时发现问题，及时解决。

4. 规定必需品摆放场所

将各种物品，特别是必需品，根据实际和作业规定，摆放于固定位置，方便拿取，避免妨碍交通和生产操作。

5. 规定必需品摆放方法

确认摆放高度、宽度和数量，并形成文件，以便管理和改进。

6. 进行标识

标识规定的位置、高度、宽度和数量，方便员工识别，减少记忆劳动。



7. 说明放置和识别方法

将规定的放置和识别方法告知生产作业人员，针对疑难问题进行详细解释。

8. 划分责任区，确定责任人

在地面上划出分割线，明确责任区和责任人，以便管理。

如图 4.6 所示为清洁后的作业现场。

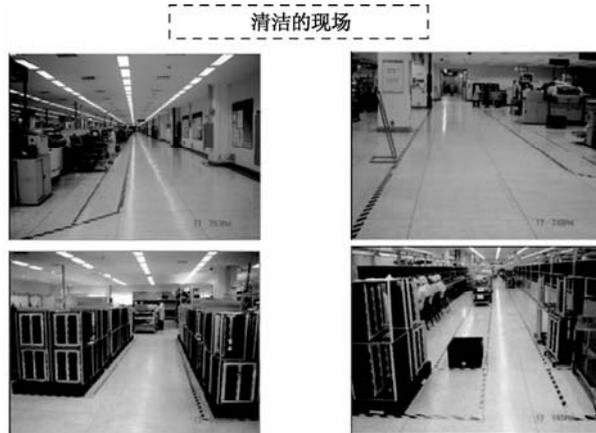


图 4.6 清洁后的作业现场

4.3.5 素养如何推行

1. 制定行为规范

总结提炼大多数员工认同的行为规范，制定相关规则与规定，要求全体员工遵守、执行，创造良好、有序的工作环境。

2. 制定仪容与识别标准

制定服装、仪容仪表、工作牌（工作卡）标准，改善员工精神面貌，分辨员工职级，提高管理水平与效率。

3. 制定礼仪守则

制定洽谈、电话等礼仪守则、规范和约束员工的日常行为，使其养成良好的工作、生活习惯，协调员工间的关系，塑造良好的企业形象。

4. 教育培训

通过教育培训，使新员工接受 7S 管理观念和规则，使老员工和管理人员以身作则，起榜样作用，提高整体素质水平。



5. 开展推动活动

通过早会、礼貌运动、学习培训等活动，不断提高员工的7S活动参与及推动热情，提升员工整体精神风貌。

4.3.6 安全如何推行

1. 制定现场安全作业标准

制定现场安全作业标准包括搬运标准、物品堆放限高、通道上无物品、消防设施和报警装置禁止阻塞等。

2. 规定员工着装要求

要求员工衣扣完好，正确穿戴防砸鞋、安全手套、防毒面具、口罩等。

3. 做好火灾预防工作

做好火灾预防工作包括组织消防演习、开展消防意识教育和宣传、消防设施有效性保证等。

4. 制定应急措施

常备急救用品并标明放置位置和管理人，标明紧急情况的联系方式等。

5. 加强日常作业管理

加强日常作业管理包括材料放置方式及高度等、机械设备保养维护等、作业人员作业操作及防护措施等、环境是否清洁，安全标识是否完善等。

4.3.7 节约如何推行

1. 建立明确的节约制度

建立制度，倡导节约，提升员工的意识，自上而下从细节上杜绝浪费。

2. 合理利用资源

对工作的时间、空间、能源进行合理规划和利用，创造高效的工作环境。

3. 开发物品的剩余价值，物尽其用

对物品丢弃前要再次评估其剩余价值，能使用的东西尽量再次开发使用。



4.4 7S生产现场的基本要求

7S 生产现场的基本要求参见表 4.4。

表 4.4 7S 生产现场的基本要求

类别	基本要求内容
通用标准	现场所有物品、设备、工具、物料、周转器具等都应保持清洁、无明显灰尘及脏污（用白色抹布擦拭无明显痕迹）
	库房所有放置的暂放、待报废的物品、设备、工具、物料等应有明确的标识（异常目视看板），包括物料/品名称、部门、责任人、联系方式、物料/品状态、放置日期等
	生产区域内划定各作业区域，并有明确标识（必须使用统一模板的标识），标识及地板胶带使用正确（规范）
	现场存放的物品与标识应一致（划定的物品区域内无其他物品、垃圾、杂物放置）
	各类电源线、网线等整顺并捆扎，电源线及网线不被其他物体压住
	所有办公区域、隔墙区域、线体均应有公司统一的标识牌，且标识牌悬挂不倾斜，并且标识与实际区域相符；各区域要有区域责任人等信息标示
	现场有外来人员不遵守现场管理规定现象，陪同人员为第一责任人，区域负责人为第二责任人
	入公司不满 6 个月的生产一线员工应有新员工区分标识（采用袖标进行标识）
	各类物品均需按要求定点放置并且要有明确的标识（二定原则：定名、定位），不同状态的物品要区分放置并标识
通道、地面	消防通道和物流通道应畅通无物
	现场物品均应放在地板胶带规划的区域，不超出地板胶带，不压地板胶带和标识
	地面上无垃圾、脏污，标识及地板胶带应无严重破损
墙/柱、门窗	厂房墙壁、立柱上应该无乱贴、乱画或无过期、破损的标语、展板、板报等
	墙、柱、门、窗（台）应该保持干净，没有脏污（灰尘、蛛网等）
	空调开放期间窗不打开，窗台上无物品放置
办公桌/椅	办公桌、椅应按规定位置摆放整齐，所有区域的人离座时椅子应该归位放置
	不使用严重破损的办公椅，破损的办公椅不放置在现场
	办公桌上无不需要的物品，需要的物品摆放整齐
货物、包装箱	纸箱、木箱无明显破损或变形，纸箱不直接放在地上
	装有物料的纸箱不直接放置在地上，应放在栈板及其他周转器具上，纸箱及其他物品放在栈板上时，不允许超出栈板边缘
	装有物品/料的纸箱/木箱堆放按外箱上标记方向、层数放置，若无层数标识的，堆高不能超过 1.5m
	同种货物但不同状态要区分放置，所有货物均有状态标识及货物信息标识，且标识与实物相符
设备及工具	设备及工具有损坏或松动，应及时维修（已报修的要有标示或邮件说明）
	设备及工具需按规定位置整齐摆放
	设备及工具上无不需要的杂物，工具不与货物混放在一起
	立式空调、抽湿机风向须朝上
	设备及工具要有定期点检及维护记录
	特种设备（三支点叉车、柴油叉车）安全操作规程张贴在设备上或就近场所
各类叉车上应有责任人等相关信息标示（统一标示模板）	



续表

类别	基本要求内容
着装及素养	工衣、鞋、帽无脏污、无破损、无乱写乱画现象，工衣衣袖有松紧，工衣不敞穿（从第一颗扣子扣起，扣到最后一颗）、工鞋不拖穿、工帽不歪戴、女员工长发纳入工帽、衣袖不拉高；男员工不留长发（要求：前不遮眼、侧不遮耳、后不遮衣领），不戴耳环。男员工不能穿各类短裤； 在装卸平台上的叉车驾驶人员可以不用穿戴工衣、工帽，但需穿安全鞋，一旦进入仓库内作业，就必须按要求进行着装
	私人物品（衣服、雨伞、包、食物等）禁止带入生产区域
	不允许在上班时间看小说、用计算机或手机浏览与工作无关的网站或玩游戏等
	不允许在生产现场吵闹、戏耍、追赶、打瞌睡（睡觉）
作业要求	作业应遵守工艺文件、操作规范、操作规程等文件
	现场操作人员均持证上岗，特种设备（三支点叉车、柴油叉车）操作人员需有质监局颁发的上岗资格证《特种设备作业人员证》，且资格证在有效期内
	搬运木箱要戴手套作业
安全	空栈板只能平放，且需叠放整齐，正在使用的叉板无损坏
	现场垃圾箱要有定位，外观干净，且垃圾不能高出容器
	线槽上无物品、垃圾等，墙壁、立柱、线槽上的电源插座/网口/开关等应完好无损
	灯管无闪烁、发红、损坏，灯管电源线无外露现象
	配电箱、开关箱前方用红色地板胶带隔离（1m），消防栓、灭火器、报警装置完好，前方畅通，不能被阻挡、遮盖，处于立即可使用的状态

思考题 4

- (1) 7S 的含义是什么？
- (2) 7S 的作用有哪些？
- (3) 整理与整顿的区别在哪里？
- (4) 安全标识有几种？各代表什么含义？
- (5) 7S 的安全如何推行？

第5章 现代电子装联环境失控 导致的不良案例



本章要点

- 📁 概述
- 📁 存储环境失控导致的失效案例
- 📁 工作环境失控导致的失效案例
- 📁 ESD 失效导致的案例
- 📁 7S 管理失控导致的失效案例



5.1 概 述

一个产品的制造工艺过程包括工序、工步及若干个质量控制节点。为获得最高的良品率，按照预定的工艺技术要求 and 工艺窗口设计，对每个工序、工步及影响制造质量的节点参数进行全面的科学控制，使产品的整个生产链都处于工艺受控状态，总称为工艺过程控制。显然，一旦某个环节管理失控，在很大程度上可以映射到工艺过程控制的失控，其后果将危及产品组装质量的劣化和不可控。它不仅带来焊接缺陷率的上升，而且还会是导致产品生产质量的全面下降，甚至严重影响到产品可靠性。

本章将以存储环境管理失控、工作环境管理失控、防静电管理失控、7S 管理失控所造成的不良案例来说明电子装联环境管理的重要性。

5.2 存储环境失控导致的失效案例

1. 芯片受潮产生“爆米花”效应

例如，某批次芯片受潮，缺陷率为 1%。SEM（电镜分析）及 CSAM（超声波分析）（红色部分为分层部位）分析结果如图 5.1 和图 5.2 所示，器件发生裂纹及分层。

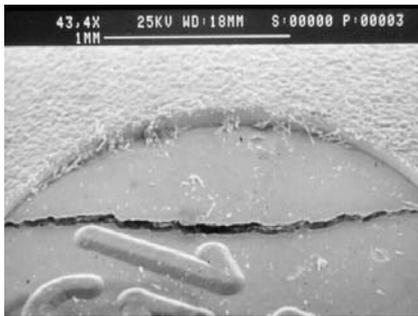


图 5.1 电镜分析

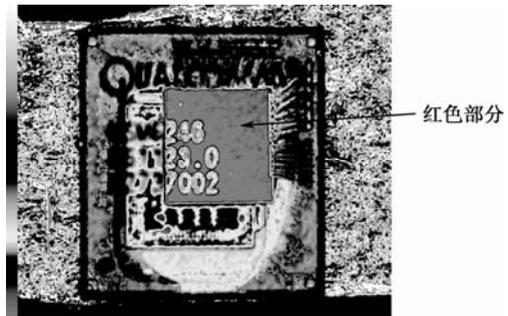


图 5.2 超声波分析

2. PCB 受潮导致爆板

某产品主板在雨季生产，在再流焊焊接过程中发生爆板概率高。例如，某批次 PCB 生产过程中发生爆板，不良率为 5%。经过分析、查证，原因为 PCB 供应商在加工过程中，压合工序发生材料吸潮而导致，如图 5.3 和图 5.4 所示。

3. PCB 存储环境失控导致可焊性问题

(1) 某喷锡工艺的 PCB 因存储环境失控，镀层表面氧化，导致焊点焊接中出现大面积



的反润湿现象，如图 5.5 所示。

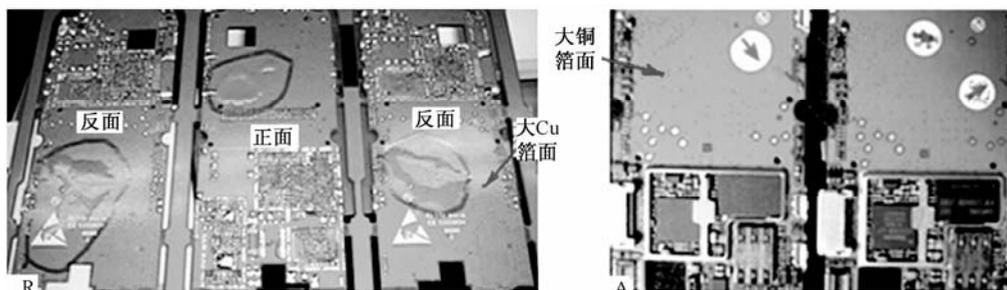


图 5.3 PCBA 爆板

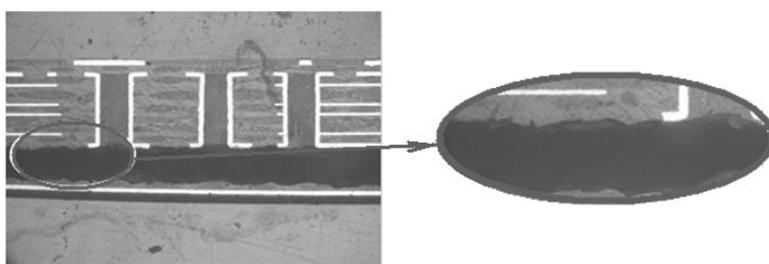


图 5.4 PCB 内部分层

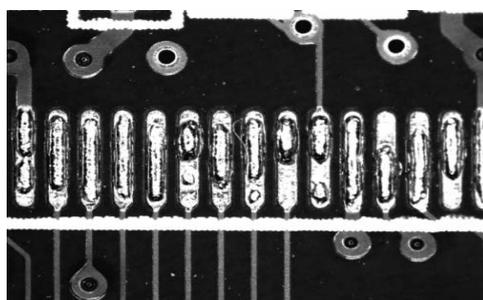


图 5.5 焊盘氧化润湿不良

(2) 大多数非电镀的化学镀层和 OSP 浸渍涂层的保存期都相当有限，当暴露于较高的湿度和温度条件下时，分解进一步加剧而使可焊性恶化。如图 5.6 所示为 OSP 表面处理的 PCB 焊盘氧化的图示。

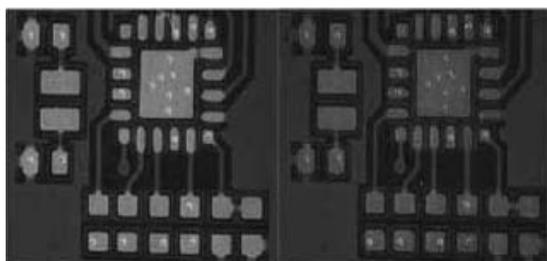


图 5.6 OSP 板焊盘氧化造成可焊性不良



5.3 工作环境失控导致的失效案例

1. 粉尘的影响导致的失效案例

(1) 某项目产品组装过程中发现表贴 MIC 无回音和回音弱，经查为 MIC 孔中有异物。对异物的成分进行鉴定，主要为 C、O、Si、Na、Al、Be 等元素，基本确定是空气中的粉尘导致的，如图 5.7 所示。

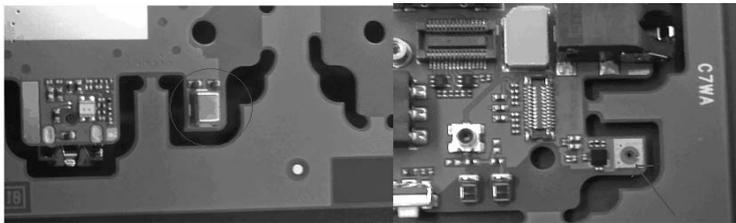


图 5.7 MIC 孔内有异物

(2) 在雾霾和扬尘天气，焊点易发生微裂纹，在失效的界面上进行能谱分析时，易出现 Al 和 Si 等来历不明的元素（灰尘和雾霾污染了焊膏和 PCB 表面）。如图 5.8 所示为空气洁净度不良造成 PCB 表面有较多的灰尘和异物，影响印刷效果和焊接质量。

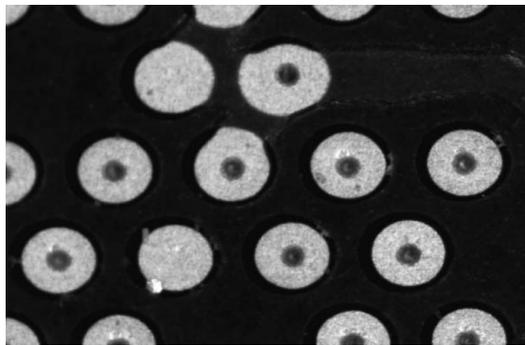


图 5.8 PCB 表面有异物

2. 工作环境污染导致焊接失效

(1) 元器件长时间置放在潮湿空气中或有酸、碱等有害气体的环境中，引线表面镀层金属被侵蚀，使引线表面出现白点、发黄、发黑，可焊性丧失。如图 5.9 所示为某单板过炉后一钽电容引脚焊点有空洞，切片分析空洞集中在器件引脚与焊料之间，显然是引脚可焊性不良造成的。

(2) 在东南亚服役的某产品 PCBA，在服役中出现爬行腐蚀导致失效。观察 PCBA 板外观，发现黑色物质都集中在绿油塞孔过孔上，测试点上没有发现黑色物质。PCBA 板上的贴片电容、电阻端子，IC 引脚也都有不同程度的发黑现象，如图 5.10 所示。



图 5.9 钽电容引脚氧化导致焊接空洞

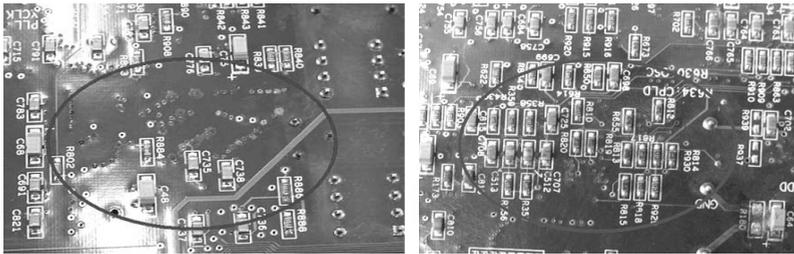


图 5.10 PCBA 上的发黑现象

如图 5.11 所示为过孔上黑色物质不同部位 SEM/EDX 分析的代表照片。

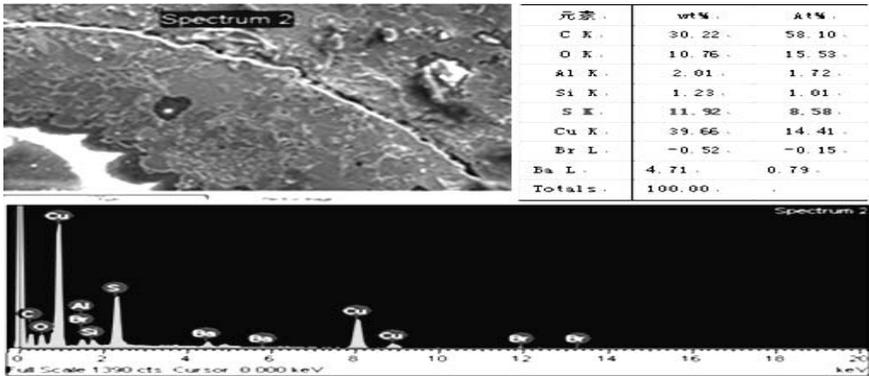


图 5.11 焊盘延伸处的 SEM/EDS 图

沿 PTH 孔表面有黑色物质覆盖的区域的横截面上的切片，如图 5.12 所示。

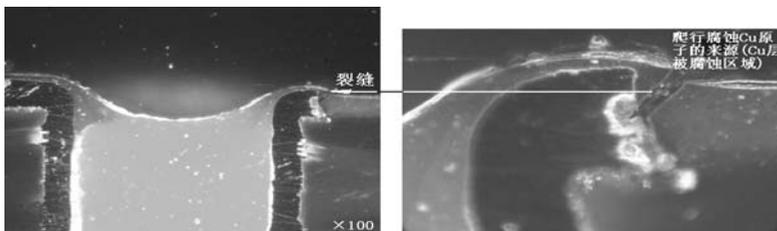


图 5.12 绿油层裂缝爬行腐蚀 Cu 原子的来源

在东南亚国际气候环境中存在 S 元素，加上温暖潮湿的环境，PCBA 上的 Cu 在 S 元素的作用下，发生了爬行腐蚀。



3. 制程污染导致可焊性不良

某芯片的基体金属表面被油脂污染，这些物质使金属镀层与基体金属结合力下降而造成可焊性不良，如图 5.13 所示。

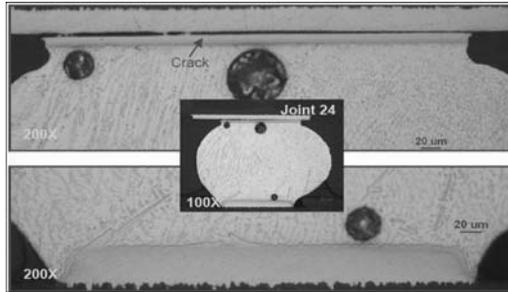


图 5.13 污染导致的可焊性不良

4. 有害物质超标产生的案例

(1) 某玩具公司因出口产品中的油漆铅含量超标，产品从美国被召回，如图 5.14 所示。企业所有产品也被国家质监总局暂停出口。据估计，96.7 万件玩具从召回到赔偿，需要负担 3000 多万美元费用。



图 5.14 铅超标的玩具产品

(2) 某电池厂制程管理混乱，导致百名员工镉中毒，向电池厂索要赔偿。镉对人体的危害较严重，早期为肾损伤，晚期为骨骼损伤，且长时间难以消除，会引起强烈的骨痛甚至骨骼严重畸形，并可以致癌。如图 5.15 所示为有害物质镉，如图 5.16 所示为维权的受害工人。

镉



图 5.15 有害物质镉



图 5.16 维权的受害工人

5.4 ESD失效导致的案例

(1) 某产品单板测试失败, 经失效分析为 S_2 射频器件 ESD 失效, 如图 5.17 和图 5.18 所示。

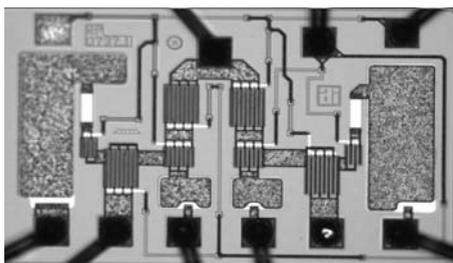


图 5.17 ESD 失效单板

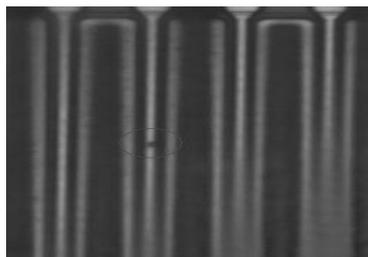


图 5.18 ESD 击伤放大图

(2) 某产品生产了 800 块, 在测试时发现 7 块功放管失效, 不良品率为 0.88%。经分析为功放管栅极被静电击穿导致, 如图 5.19 所示。

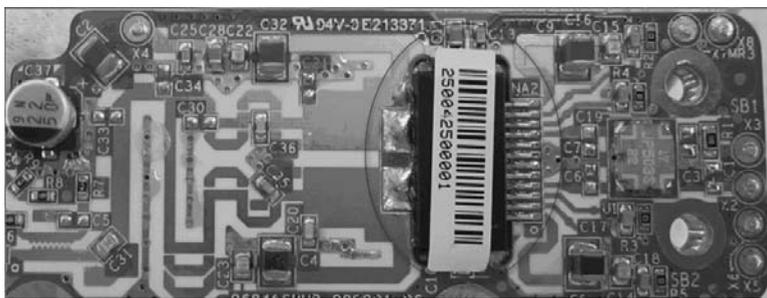


图 5.19 功放管 ESD 失效

(3) 某产品单板功能测试失败, 经失效分析为 D11、D39 静电敏感芯片 ESD 失效, 如图 5.20 所示。

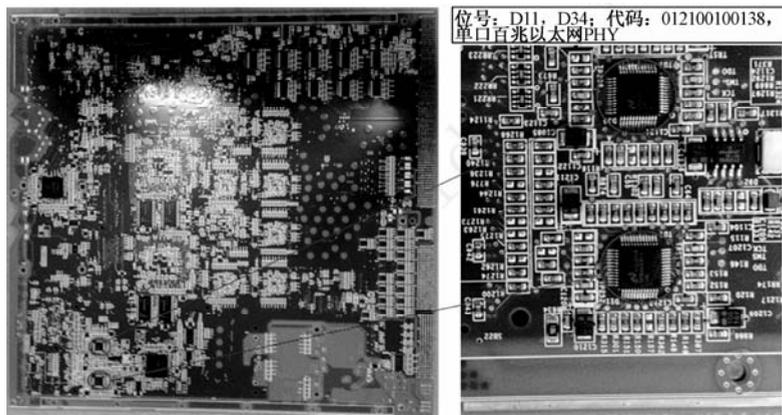


图 5.20 ESD 失效芯片

5.5 7S管理失控导致的失效案例

1. 员工违规操作导致金手指脏污失灵

某产品按键焊盘出现脏污失灵，反查原因为操作员未按规定带指套操作导致，脏污现象如图 5.21 所示。

在作业过程中如果用裸手或裸指直接接触 PCB 及元器件引线，会导致焊点焊接缺陷增多（人体汗渍的油脂和酸性物质会对基体金属造成严重污染，降低可焊性）或者按键脏污。



图 5.21 手机按键脏污

2. 物流操作不当引发焊接腐蚀

元器件引脚镀层在物流入库验收或配送中管理失控，导致擦伤和裂缝，暴露了被保护的金属引发腐蚀，导致焊点不可焊。如图 5.22 所示为某项目生产中发现一定比例的表贴 MIC 脱落问题，经分析发现器件引脚镀层有裂纹、脱落及部分缺失现象。

3. 存储超期导致可焊性不良

物流仓储管理失控，对超出储存期的元器件未及时从正常元器件中分离开来，造成电装



中混入了部分超期元器件而导致焊点虚焊的现象发生，如图 5.23 所示。

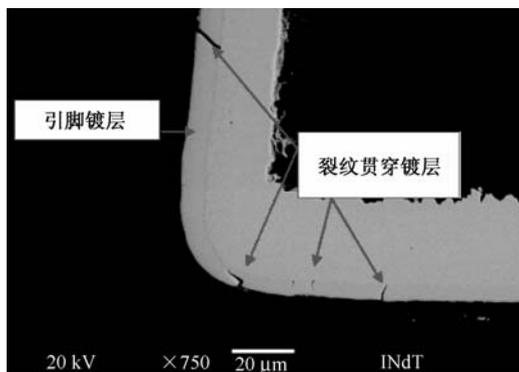


图 5.22 操作不当导致焊点不可焊

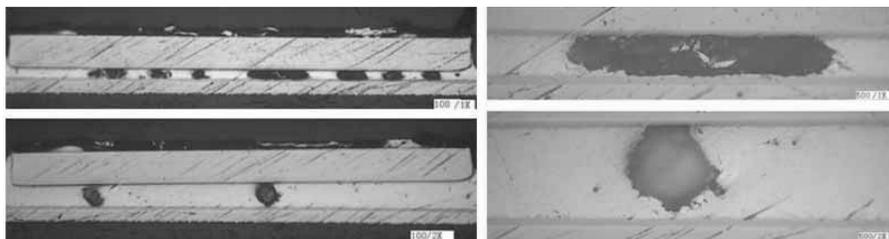


图 5.23 元器件引脚不可焊

4. 波峰焊喷嘴未清理导致漏焊

由于未执行设备的维修规范，致使波峰焊接中出现漏焊现象。而设备的过程能力系数 CPK 不稳定，还会导致焊接缺陷率上升，焊接质量不稳定。如图 5.24 所示为未按照要求进行波峰喷嘴的清理，造成器件引脚漏焊缺陷。



图 5.24 插件引脚漏焊



思考题 5

- (1) 什么是芯片的“爆米花效应”？
- (2) 请简述 PCB 的 OSP 表面处理的特点。
- (3) 爬行腐蚀产生的条件有哪些？
- (4) 你认为 PCBA 发生器件掉落的原因有哪些？
- (5) SMT 贴片机吸嘴脏污会导致哪些焊接质量缺陷？

第6章 通用元器件的验收、储存 及配送工艺规范



本章要点

- 📁 概述
- 📁 通用元器件引线或端子镀层的耐久性要求
- 📁 通用元器件的验收、储存及配送管理



6.1 概 述

6.1.1 规范要求

由于通用元器件无特殊要求,可按照常规方式进行管理。它主要涉及元器件的来料验收、储存及配送等工艺过程,主要目的是保障元器件在整个生产过程中来料完好,避免物料的损伤,以保障其可生产性和功能性完好。

6.1.2 名词定义

通用元器件:广义讲就是除静电敏感、潮湿敏感、温度敏感等元器件以外的无特殊要求的其他元器件的总称,如一般用途的电阻、电容和电感等。

6.2 通用元器件引线或端子镀层的耐久性要求

通用元器件引线或端子镀层的耐久性,通常区分为下述三类。

1. 类型 1

最小镀层耐久性。适用于从测试时间算起,短时间内(如不超过 6 个月)要焊接且焊接前可能经历最小热暴露的元器件表面。

2. 类型 2

标准镀层耐久性(非锡或非锡铅镀层)。适用于非锡或非锡铅镀层的焊接面,测试后经过一段延长再焊接,在焊接前能经受起适度暴露在受热环境中。

3. 类型 3

标准镀层耐久性(默认为锡或锡铅镀层)。适用于锡或锡铅镀层的焊接面,其测试后经过一段延长存储时间(如超过 6 个月)再焊接,或者焊接前能经受住多次暴露在受热环境中的考验。

对各类元器件引脚或焊端表面镀层耐久性的加速试验要求参见表 6.1。

表 6.1 元器件引线和可焊端蒸汽老化试验要求条件

类 型 1	类 型 2	类 型 3
无蒸汽老化要求	1h±5min 蒸汽老化	8h ±15min 蒸汽老化



在采购合同中应当向制造商指明要求的镀层耐久性。如果没有指明，则对于锡和锡铅镀层，默认镀层耐久性为类型3。

6.3 通用元器件的验收、储存及配送管理

6.3.1 入库验收

1. 检查包装

通用元器件入库时应根据每类元器件的包装要求，检查包装的完好性以及包装上是否有供货单位名称、物料编码、物料名称、规格型号、生产批次和生产日期，且生产日期不能超过元器件规定的库存期要求。

所有外包装不应有严重的变形及压伤痕迹，否则拒收，外包装有轻微划伤但内包装未受损的可以接收。

2. 外观验收

- (1) 目测抽检元器件的外观应洁净，表面印字完整、清晰、无划痕和损伤。
- (2) 引脚及可焊端面涂层应连续，有金属光泽，无变色及锈迹。
- (3) 元器件表面、焊端或引脚表面无可见划痕、开裂和机械损伤。
- (4) 元器件的规格型号应与公司的物料代码手册要求一致。
- (5) 有极性元器件（二极管、IC等）的摆放方向应完全一致。
- (6) 卷带包装的卷带方向应当一致并满足客户要求。

3. 尺寸测量

- (1) 元器件各尺寸的测量值应当与产品规格书一致，公差在规格书规定的范围以内。
- (2) 发现尺寸有超差的情况，应当再次验证，若判定超差，应当拒收。
- (3) 若产品没有提供公差范围，按照企业的有关规定判定。

4. 清点

管理人员在清点数量时，应采用目测方法在元器件的原包装内清点数量，不得用手触摸元器件的引线、可焊端、连接片、导线等，以免造成对元器件可焊性的影响。

5. 可焊性测试

元器件在入库前，抽样并按照3类蒸汽老化后，按相关可焊性标准进行可焊性测试，测试合格方可入库。



6.3.2 储存

1. 库房管理

各类通用元器件的存放区应有明显的标识。

2. 存放要求

(1) 所有元器件必须保持原有的包装和标识，每个最小包装的盒（或袋）上应贴有相应条码。

(2) 货柜、货架上的元器件必须装在专用管、袋或盒中，不得裸放。

(3) 元器件的发放应遵循“先进先出”的原则，即先入库的要先发放使用。

(4) 元器件库房保管员每月要定期检查库存情况，对超出储存期的元器件应及时从元器件库中分离，并重新复验。

(5) 对超出储存期经复验合格的元器件，需重新包装并贴上“合格超期代用”的标签及复检合格证，放入原料位号继续使用。对超期使用的物品，以后每半年复检一次。

(6) 对超期且复检不合格的元器件，可试验验证其可用性，并与供应商联系，试验验证合格后重新包装并贴上“合格超期代用”的标签及复检合格证，放入原料位号继续使用。验证不合格，不能使用，检验人员无法判定元器件是否可用时，将元器件退到不合格品区暂存，等候处理。

6.3.3 配送

1. 配送

通用元器件配送，包括收、发、领料等内容。配送中工作人员应严守下列规定：

(1) 配送过程必须在洁净区进行。

(2) 操作人员在清点元器件数量时不可用裸露的手触摸元器件的可焊端。

2. 退料

因某种特殊原因已领用的元器件需要退库时，需对退库元器件进行复检。对合格品签发入库合格证和同意入库的意见后，元器件库保管员才能接收入库。

思考题 6

- (1) 通用元器件引线或端子镀层的耐久性通常分为哪几类？
- (2) 通用元器件的储存要求有哪些？
- (3) 按照规定要求对通用元器件进行验收、存储、配送的意义有哪些？

第7章 敏感元器件的入库验收、 储存、配送及组装过程 工艺规范



本章要点

- 📁 概述
- 📁 潮湿敏感元器件
- 📁 静电敏感元器件
- 📁 温度敏感元器件



7.1 概 述

传统的敏感元器件是指它的特性会随着某种（某些）外部条件的变化而变化的元器件。敏感元器件分为两类：一类特性变化是非线性的，如压敏电阻，当电压小于敏感值时，电阻值很大，当电压大于敏感值时，电阻值很小，一般用在电源的保护电路中；另一类特性变化是接近线性的，用来测量相应的物理量，通常制造成产品，指标规范，参数稳定，称为传感器，如对温度敏感的温度传感器，对压力敏感的压力传感器等。而在本章所述的电子装联应用场景中，敏感元器件主要是指对潮湿、静电、温度等环境条件比较敏感或要求比较高的元器件。当超过敏感元器件所能忍受的敏感环境条件时，就有可能导致元器件出现性能下降甚至失效。下面重点介绍潮湿敏感元器件、静电敏感元器件、温度敏感元器件在入库验收、储存、配送及其组装过程中的一些工艺要求。

7.2 潮湿敏感元器件

7.2.1 潮湿敏感元器件的要求

潮湿敏感元器件（以下简称 MSD）由于对环境湿度有较为严格的要求，为保障其在整个生产过程中，来料完好，避免物料因受潮在进行焊接时出现损伤。来料验收、储存、配送、组装等过程中需严格管理。

当采用以下工艺方法同样适用于“敏感元器件的入库验收、储存、配送及组装过程工艺规范”：热风、红外线（以下简称 IR）、热风/IR、汽相（VPR）等再流焊焊接工艺的大面积组装。同样也适用于局部加热场合，如在热风返修设备中对个别 MSD 进行拆焊、返修等。不适用于浸入式大面积焊接工艺（如背面波峰焊）。

7.2.2 引用标准

- (1) J-STD-020 非密封固态表面贴装器件湿度/再流焊敏感度分级；
- (2) J-STD-033 潮湿/再流焊敏感表面元器件的处理、包装、运送及使用规范；
- (3) IPC-9503 非 IC 元器件潮湿敏感度分类。

7.2.3 术语和定义

1. 潮湿敏感元器件

凡是在储存、运输和安装等过程中，非密封塑封元器件会因吸收空气中的潮气而诱发损伤，这样的元器件统称为潮湿敏感元器件（Moisture-Sensitive Device, MSD）。



2. “爆米花”现象

当 MSD 暴露在再流焊焊接升高温度的环境时，因渗入 MSD 内部的潮气蒸发产生足够的压力，使封装塑料从芯片或引脚框上分层、线捆接和芯片损伤及内部裂纹，在极端情况下，裂纹延伸到 MSD 表面，甚至造成 MSD 鼓胀和爆裂，这就是人们所说的“爆米花”现象。

3. MSD 的敏感度

MSD 受潮湿气体影响的敏感程度称为敏感度，其分级如下所述。

1 级——小于或等于 30°C/85% RH，无限车间寿命；

2 级——小于或等于 30°C/60% RH，一年车间寿命；

2a 级——小于或等于 30°C/60% RH，四周车间寿命；

3 级——小于或等于 30°C/60% RH，168h 车间寿命；

4 级——小于或等于 30°C/60% RH，72h 车间寿命；

5 级——小于或等于 30°C/60% RH，48h 车间寿命；

5a 级——小于或等于 30°C/60% RH，24h 车间寿命；

6 级——小于或等于 30°C/60% RH，使用前强制烘烤。烘烤后，必须在标签注明的时间内完成再流焊焊接。

4. 湿气传输率 (WVTR)

湿气传输率 (WVTR) 是指塑料薄膜或金属化塑料薄膜材料对湿气的渗透能力，是衡量防潮袋性能优劣的一项重要指标。

5. 防潮袋 (MBB)

防潮袋 (MBB) 是一种用于包装 MSD 以防止水气渗入的袋子，如图 7.1 所示。



图 7.1 防潮袋

MBB 的柔韧性、静电防护、机械强度和渗透性等要求，应满足 MIL-B-81705 类型 I 中的要求。按照 ASTM F 1249-90 规定和 ASTM F392-93 条件“E”进行柔性测试，在 40°C、24h 内水气传输率应 $\leq 0.02\text{mg}/645\text{cm}$ 。



6. 车间寿命

当车间环境温度/湿度 $\leq 30^{\circ}\text{C}/60\%\text{RH}$ 时，MSD 从包装防潮袋中取出到再流焊焊接前，在车间允许暴露的最大时间。

7. 库存寿命

根据湿度显示卡（以下简称 HIC）读数，存储在仓库中的 MSD，在未开封的 MBB 内层中保持预定干燥度的最小时间。

8. 制造暴露时间（MET）

MSD 按制造商要求烘烤完成后到包装袋封口前的最大时间。它还包括配送时对已开封的 MSD 小批分散传递过程中允许的最大暴露时间。

9. 干燥剂

干燥剂是一种置于 MSD 防潮包装袋中的以维持相对低湿度的吸潮物质，如图 7.2 所示。



图 7.2 干燥剂

干燥剂材料应符合 MIL-D-3464 类型 II 的标准要求。它应封装在可透气的小袋里。每袋干燥剂的用量，应视防潮袋的表面积和 WVTR 而定， 25°C 时能保持 MBB 内部的相对湿度小于 10%RH。

10. 干燥箱

存放 MSD 的专用箱，在该箱内温度应维持在 $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、湿度应小于 10%RH。箱内可使用氮气或干燥气体，如图 7.3 所示。



图 7.3 干燥箱



11. 干燥包装

干燥包装是一种由干燥剂袋、湿度指示卡（HIC）、MSD 和防潮袋等共同构成的一种包装形式，如图 7.4 所示。

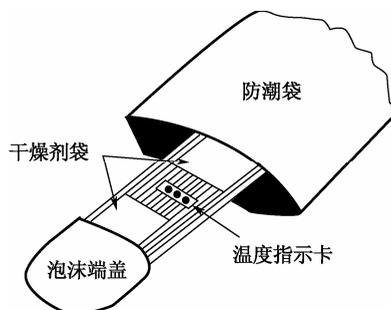


图 7.4 干燥包装示意图

原存放在真空袋中的元器件，当开袋后，应重新干燥和封口。如果累计暴露时间不超过 1 小时，原来的干燥剂可再使用。否则应重新置换活性干燥剂。

12. 湿度显示卡（HIC）

湿度显示卡（HIC）是一种印有对潮湿敏感的化学物质的卡片，HIC 上至少应该有 3 种颜色的点，分别对应湿度敏感度值为 5%RH、10%RH、15%RH，如图 7.5 所示。

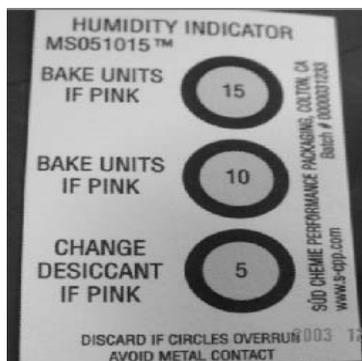


图 7.5 3 点湿度显示卡

湿度显示卡也有 6 种颜色点的，它们分别对应的敏感度值为 10%RH、20%RH、30%RH、40%RH、50%RH、60%RH，如图 7.6 所示。



图 7.6 6 点湿度显示卡

当它的颜色由蓝色转变为粉红色时，即表示相对湿度超标了。该卡片与干燥剂一起装入



MSD 包装袋中，以标识该 MSD 的潮湿等级。HIC 应符合 MIL-8835 标准。

7.2.4 MSD的分类及SMT包装的分级

1. MSD 的分类和分级

当封装材料为酚醛树脂、联苯、多功能环氧树脂、硅树脂等化合物封装的 MSD，其分类随封装结构形式、封装体的厚度和环境温度的不同而不同，参见表 7.1。

表 7.1 酚醛树脂、联苯或多功能环氧树脂封装器件在 20℃、25℃ 和 30℃时的分类和分级

元器件体类型 和厚度	M. S. 等级	最大相对湿度百分比和车间寿命 (d)									
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%		
体厚度 ≥ 3.1mm PQFP > 84 引脚, PLCC(正方形) MQFP 或 PBGA	等级 2a	∞	60	41	33	28	10	7	6	←30℃	
		∞	78	53	42	36	14	10	8	←25℃	
		∞	103	69	57	47	19	13	10	←20℃	
	等级 3	10	9	8	7	7	5	4	4		
		13	11	10	9	9	7	6	5	...	
		17	14	13	12	12	10	8	7		
	等级 4	4	4	4	3	3	3	2	2		
		5	5	5	5	4	3	3	3	...	
		7	7	7	7	6	5	4	4		
	等级 5	3	3	2	2	2	2	1	1		
		5	4	4	3	3	2	2	2	...	
		7	6	5	5	4	3	3	3		
	等级 5a	1	1	1	1	1	1	1	1		
		2	2	2	2	2	1	1	1	...	
		4	3	3	3	2	2	2	2		
	2.1mm ≤ 体厚 度 < 3.1mm PLCC (矩形) 18~32 引脚 SOIC (宽体) ≥20 引脚, PQFP ≤80 引脚	等级 2a	∞	∞	86	39	28	4	3	2	←30℃
			∞	∞	148	51	37	6	4	3	←25℃
			∞	∞	∞	69	49	8	5	4	←20℃
等级 3		19	12	9	8	7	3	2	2		
		25	15	12	10	9	5	3	3	...	
		32	19	15	13	12	7	5	4		
等级 4		5	4	4	3	3	2	2	1		
		7	5	5	4	4	3	2	2	...	
		9	7	6	6	5	4	3	3		
等级 5		3	3	2	2	2	1	1	1		
		4	3	3	3	3	2	1	1	...	
		5	5	4	4	4	3	3	2		
等级 5a		1	1	1	1	1	1	0.5	0.5		
		2	2	2	2	2	1	1	1	...	
		2	2	2	2	2	2	2	1		



续表

元器件体类型 和厚度	M. S. 等级	最大相对湿度百分比和车间寿命 (天)								
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	
体厚度 < 2.1mm TSOP, SOIC < 18 引脚 TQFP 或 TBGA	等级 2a	∞	∞	∞	∞	28	1	1	1	←30℃
		∞	∞	∞	∞	∞	2	1	1	←25℃
		∞	∞	∞	∞	∞	2	2	1	←20℃
	等级 3	∞	∞	∞	11	7	1	1	1	
		∞	∞	∞	14	10	2	1	1	...
		∞	∞	∞	20	13	2	2	1	
	等级 4	∞	9	5	4	3	1	1	1	
		∞	12	7	5	4	2	1	1	...
		∞	17	9	7	6	2	2	1	
	等级 5	13	5	3	2	2	1	1	1	
		18	6	4	3	3	2	1	1	...
		26	8	6	5	4	2	2	1	
等级 5a	3	2	1	1	1	1	1	0.5		
	5	3	2	2	2	1	1	1	...	
	6	4	3	2	2	2	2	1		

2. SMT 包装的分级

多数 IC 制造商的包装都按照其对潮湿诱发损害的敏感性程度进行分级。表 7.2 列举了 SMT 产品包装的典型分级。

表 7.2 SMT 产品的潮湿敏感性分级

类型	一级	二级	三级
PLCC	PN(20/28)		FN(44/68)
SOIC	D(9/14/16)		FN(44/68)
	DW(16/20/24/28)		
SSOP	DBQ(16/20/24)		
	DB(14/16/20/24)		
	DB(28/30/38)		
TSSOP	DL(28/48/56)	PW(20/24)	DGG(48/56)
	DCT(8)		
	PW(8/14/16)		
	DGG(64)		

注:

- ① 对 SMT 产品的潮湿敏感性分级, 到目前还没有元件包装使用第五、六级。
- ② 表 7.2 中, () 内为引脚数。

大多数表面贴装产品使用 EIA/JEDEC A112-A 和 EIA/JEDEC A113-B 规定的程序来测试对潮湿的敏感性。任何指示为二级或以上的包装都要求通过烘焙或在真空中进行除湿, 接着进行干燥包装。运输中运输容器应按照产品的潮湿敏感性分级贴上标签。



7.2.5 潮湿敏感性标识

1. 潮湿敏感鉴定 (MSID) 标识

潮湿敏感鉴定标识, 如图 7.7 所示。



图 7.7 潮湿敏感鉴定标识

2. 潮湿敏感警告标识

潮湿敏感警告标识, 如图 7.8 所示。

	<p>警告</p> <p>袋中装有</p> <p>潮湿敏感元器件</p>	<p>等级</p> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> <p>若空缺, 见近旁的条形码标签</p>
<p>1. 封口袋内的车间寿命计算: 12个月, 在<40°C和<90%相对湿度 (RH) 条件下</p> <p>2. 封装体峰值温度 _____ °C</p> <p style="padding-left: 40px;">若空缺, 见近旁的条形码标签</p> <p>3. 打开封口袋后, 需进行再流焊接或其他高温工序的元器件必须满足:</p> <p style="padding-left: 20px;">a) 在=30°C/60%RH车间环境下 _____ 小时内必须贴装</p> <p style="padding-left: 40px;">若空缺, 见近旁的条形码标签</p> <p style="padding-left: 20px;">b) 在<10%RH环境中存储</p> <p>4. 以下情况元器件要求贴装前烘烤:</p> <p style="padding-left: 20px;">a) 湿度指示卡在23±5°C读数时显示>10%RH</p> <p style="padding-left: 20px;">b) 未满足3a或3b</p> <p>5. 元器件如果需要烘烤, 可在125±5°C烘烤48小时</p> <p style="padding-left: 40px;">注意若元器件容器不耐高温, 须减短烘烤时间</p> <p style="padding-left: 40px;">烘烤工序参考IPC/JEDEC J-STD-033</p> <p style="padding-left: 20px;">防潮袋封口日期: _____</p> <p style="padding-left: 40px;">若空缺, 见近旁的条形码标签</p> <p>注: 等级和体温度依据IPC/JEDEC J-STD-020确定。</p> <p>注意: 潮湿敏感等级和元器件体温度由IPC/JEDEC J-STD-020定义</p> <p style="padding-left: 20px;">若空缺见近旁条形码标签</p>		

图 7.8 潮湿敏感警告标识

“潮湿敏感鉴定 (MSID) 标识”应贴在装有 MBB 的最外层运输箱上, 通常在条形码标签的附近, 如图 7.9 所示。

“潮湿敏感警告标签”应贴在 MBB 的外表上, 以指示内包装有 MSD, 如图 7.10 所示。

潮湿敏感警告标签通常应用于抽真空的防潮袋外面, 该标签应包括详细的元器件独特的信息: 如潮湿敏感级别、包装体的峰值温度、场地寿命、开袋之后的暴露时间、何时要求烘焙、烘焙程序以及袋的抽真空日期等。



图 7.9 潮湿敏感鉴定标识的贴装



图 7.10 潮湿敏感警告标识的贴装

7.2.6 MSD的入库、储存、配送、组装工艺过程管理

1. 入库验收

1) 真空袋检查

(1) 检查警告标签或条形码上的封袋日期，如图 7.11 所示。



图 7.11 检查封袋日期

(2) 检查包装袋的完整性（有无洞、凿孔、撕破、针孔或任何会暴露内部的开口）。

(3) 潮湿敏感元器件的外包装上应有潮湿敏感指示标识及潮湿敏感警示标签。

(4) 如果发现开口，应参照湿度指示卡（HIC）显示的状态，决定是否拒收（通知供货商采取恢复措施）。

(5) 不同等级的 MSD 包装要求参见表 7.3。

表 7.3 MSD 包装要求

等级	袋装前干燥	MBB	干燥剂	MSID 标签	警告标签
1	可选	可选	可选	不要求	在 220℃ 和 235℃ 分级时要求
2	可选	要求	要求	要求	要求
2a~5a	要求	要求	要求	要求	要求
6	可选	可选	可选	要求	要求



(6) 检查 MSD 包装袋上警告标签或条形码上的封口日期，若封口日期已超过一年，应当判定为不合格并按不合格品处理或与供应商联系采取补救措施，如图 7.12 所示。

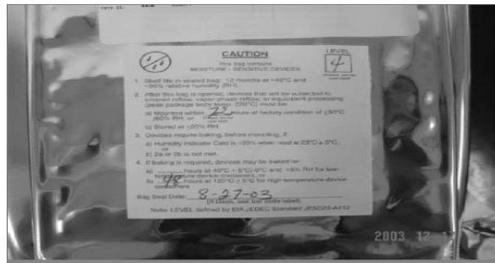


图 7.12 检查封口日期

2) MSD 检查

(1) 一般情况下尽可能不破坏原有的密封包装，当需要进行 MSD 拆包装检查时，应将完好的抽真空袋在接近封口处的顶部割开（方便再封口）。

① 若 HIC 上 10%RH 指示圆点已经变色，通知供货商采取恢复措施，检查完成后可再与活性干燥剂一起重新装入抽真空袋中并封口；

② 若 HIC 上 5%RH 指示圆点已经变色而 10%无明显变色，应立即更换有活性的干燥剂。

(2) MSD 检查时间尽量不超过 1 小时；待检超过 2 小时的元器件应放入干燥柜或干燥箱内待检。

(3) MSD 检验暴露时间应计入暴露时间标签，不同等级的 MSD 采用不同颜色的记录标签，如图 7.13 所示。



图 7.13 不同等级 MSD 暴露时间标签



3) MSD 清点

仓储人员进行 MSD 数量清点时,应尽量不破坏 MBB。若非进行逐个清点不可时,割开 MBB 后应在最短的时间内清点完,然后再与活性干燥剂一起重新装入 MBB 中并封口。此操作允许暴露的最大时间应小于制造暴露时间 (MET)。

2. 储存

1) 库房管理

(1) MSD 存放区应有明显标识。

(2) 密封干燥包装的 MSD 元器件在条件允许的情况下,在干燥柜内存放,等级为 6 级的元件必须密封后在干燥柜内存放。

(3) 拆包之后的 MSD 元器件应该使用真空包装袋密封包装,并放入干燥剂。依照常用的三种真空包装袋尺寸和干燥剂的类型,500mm×450mm 的真空袋需要放入 6 袋干燥剂,700mm×200mm 的真空袋需要放入 2 袋干燥剂,500mm×250mm 的真空袋需要放入 2 袋干燥剂。

(4) 若为非密封干燥包装的 MSD 散料,必须在干燥柜内存放。

(5) 干燥柜内湿度控制在 10%RH 以下。

(6) 同种 MSD 散料应单独存放,不可和其他物料混装。

(7) MSD 应分级分类存放,存放柜应有分级标识,如图 7.14~图 7.20 所示。

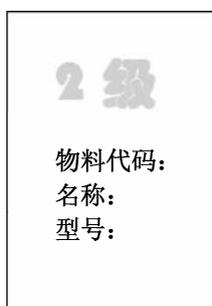


图 7.14 2 级

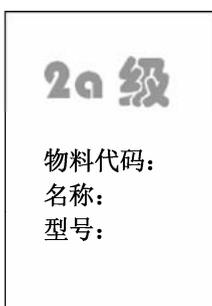


图 7.15 2a 级

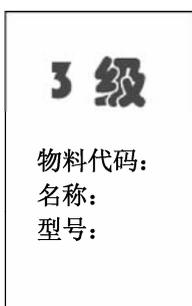


图 7.16 3 级

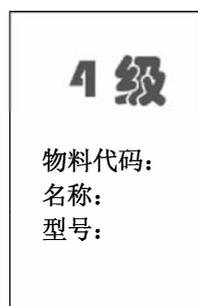


图 7.17 4 级

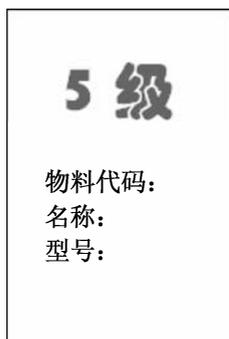


图 7.18 5 级

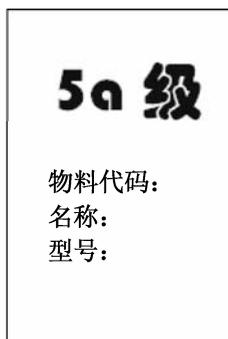


图 7.19 5a 级

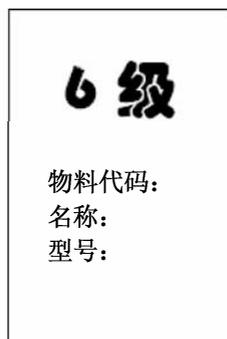


图 7.20 6 级



2) 库存寿命

干燥包装的 MSD 库存寿命：在存储条件为温度 $<40^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $<90\%RH$ 的非冷凝空气环境中，从包装封口日算起最少为 12 个月。

3) 安全存储

安全存储是指元器件保存在一个湿度可以控制的环境中储存，这样车间寿命可维持在零记录。以下列出了 2~5a 级元器件可接受的安全存储分类。

(1) 干燥包装。

在干燥包装完好的 MBB 中的元器件，预期的存储寿命：由警告或条形码上标示的封袋日期算起为 12 个月。

(2) 空气干燥橱。

散装 MSD 应放置在空气干燥橱中，橱内的温度和湿度条件应维持在 $25^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 和 $<10\%RH$ 。

4) 定期监视储存状况

湿度指示卡 (HIC) 会提示干燥包装内湿度的变化情况。当出现误处理 (如缺少干燥剂或干燥剂量不足)、误操作 (如 MMB 撕裂或割裂) 或是存储不当时，HIC 会及时做出反应。相应的判断及处理方法以原包装说明及内部指示卡上的要求为准。

现以敏感读数 $5\%RH$ 、 $10\%RH$ 、 $15\%RH$ 的 HIC 指示卡为例，具体判断如下所述。

(1) 如果 $10\%RH$ 点为蓝色，如图 7.21 所示，表示合适。若干燥袋要再次封口，应更换活性干燥剂。

(2) 如果 $5\%RH$ 点为粉红色而且 $10\%RH$ 点不为蓝色，如图 7.22 所示，则表示 MSD 暴露已超过了潮湿敏感等级 (例如库存寿命过期等)，必须按照原包装警告标签上的说明进行干燥处理。若警告标签上无具体烘烤操作说明或警告标签丢失时，则必须按表 7.4 规定进行干燥处理。

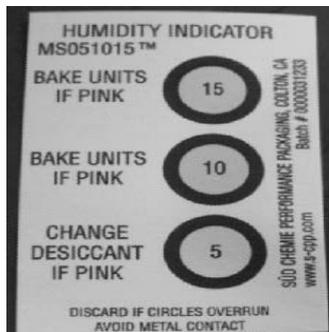


图 7.21 10%为蓝色

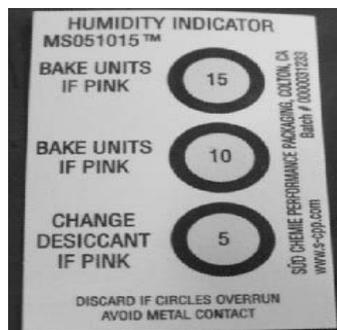


图 7.22 10%为粉红色

芯片烘烤箱分为低温烘烤箱和高温烘烤箱两类，正常工作时的烘烤温度为 40°C 和 125°C ，分别如图 7.23 和图 7.24 所示。



表 7.4 不同封装不同 MS 等级的 MSD 的烘烤时间要求
(车间寿命从烘烤后 0 时刻起重新开始计时)

器件封装厚度 (mm)	等 级	烘烤温度: 125℃ (h)		烘烤温度: 40℃; ≤5%RH (d)	
		超过车间寿命>72	超过车间寿命 ≤72	超过车间寿命 >72h	超过车间寿命 ≤72h
≤1.4	2	5	3	8	5
	2a	7	5	9	7
	3	9	7	13	9
	4	11	7	15	9
	5	12	7	17	10
	5a	16	10	22	10
≤2.0	2	18	15	25	20
	2a	21	16	29	23
	3	27	17	37	28
	4	34	20	47	35
	5	40	25	57	35
	5a	48	40	79	56
≤4.0	2	48	48	79	67
	2a	48	48	79	67
	3	48	48	79	67
	4	48	48	79	67
	5	48	48	79	67
	5a	48	48	79	67
BGA 封装>17mm×17mm 或任何堆叠芯片封装	2~6	96			



图 7.23 低温烘烤箱



图 7.24 高温烘烤箱

烘烤干燥后应立即装入 MBB 中并封口, 在 MBB 上应贴包含有物料代码、封口时间、烘烤时间、烘烤温度、烘烤次数等信息的记录标签, 标签格式参见表 7.5。填写“潮湿敏感器件 (MSD) 烘烤取放记录表”。



表 7.5 烘烤记录标签

代 码		型 号	
潮湿敏感等级		烘烤温度	
烘烤时间		封口时间	
数量		第_____烘烤	
入库时间		生产批次	
备注:			

HIC 从 MMB 中取出后应立即读数。在 $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下可获得最精确的读数。后续的应用情况与存储时间无关。

3. 配料、发料管理

1) 配料

要建立合理的 MSD 生产配送补给系统，确保所有 MSD 都将在规定的时间限制内组装完毕。合适的材料补给可以有效地减小储藏、备料、生产期间的暴露时间。

如果一批元器件中部分已使用，剩下的元器件在打开包装 1 小时内必须重新封口或是放入 $<10\%RH$ 的干燥箱中。若暴露时间超过 1 h，应按表 7.6 规定进行处理。

表 7.6 干燥包装要求

等 级	袋装前干燥	MBB	干 燥 剂	MSID 标签	警 告 标 签
1	可选	可选	可选	不要求	在 220°C 和 235°C 分级时要求
2	可选	要求	要求	要求	要求
2a~5a	要求	要求	要求	要求	要求
6	可选	可选	可选	要求	要求

注：*MSID 为潮湿敏感度鉴定标签。

2) 发料 - 备料刚好数量

(1) 遵循最短暴露时间的原则，应尽可能采用少量发放 MSD 的方法，准备的数量刚好够 8 h 的装配量。

(2) 应当确保发料时 MSD 为真空干燥包装，不允许直接发放 MSD 散料（没有真空包装条件时也可以使用移动干燥箱进行发料，简易的干燥箱可由防静电密封箱+干燥剂的方式组成）。

(3) 若有分包或其他拆包操作，MSD 暴露时间记入暴露时间标签。

(4) 超量发料，势必造成部分 MSD 在规定的时间内未装配完，这必然造成 MSD 必须手工从塑料托盘中移进移出。这种操作将增加 MSD 的机械损伤或 ESD 损坏的危险性，对产品质量和成本等产生极坏的影响。



4. MSD 组装过程管理

1) 对 MSD 进行工艺跟踪

MSD 要适当地分类、标记和封装在干燥的袋子中待用，一旦袋子打开，每个元器件都必须在一个规定的时间内装配和焊接完。要求对每一卷或每一盘 MSD 的累积暴露时间，都应进行工艺跟踪，直到所有 MSD 都在车间寿命期内完成了全部组装过程。

2) 手工记录时间

为了跟踪暴露时间，要求生产操作员手工记录进入和移出干燥室或干燥袋的日期与时间（可能多次），如图 7.25 所示。其目的就是为了准确地计算干燥储存所需的时间。



图 7.25 手工记录标签

3) 根据车间环境情况适时调整 MSD 的车间寿命

MSD 自 MBB 中取出后，如果车间温度/湿度不满足 $30^{\circ}\text{C}/60\%RH$ 条件要求时，可以按表 7.1 列出的湿度范围和温度条件要求，适时增减车间寿命作为补偿。

4) 干燥处理

(1) 任何 MSD 在车间寿命限定时间之前还有未组装完的，就应通过充分的干燥程序将 MSD 重新恢复到干燥储存状态。MSD 原包装警告标签上给出了用户在自己场所重新烘烤器件的条件。当原包装警告标签上无具体烘烤操作说明或警告标签丢失时，则可按表 7.3 给出的条件，用户在自己场所重新烘烤器件。

(2) 工艺过程中对已干燥过的 MSD，在不超过 $30^{\circ}\text{C}/60\%RH$ 的车间环境中，若暴露时间大于 8h，则应适当地进行室温干燥，最小干燥时间为暴露时间的 5 倍。干燥完毕后重新设置车间寿命的计时。

(3) 如果车间寿命或温度/湿度条件超出，在再流焊焊接或重新进行安全存储前，MSD 必须按照表 7.3 要求进行干燥处理。

(4) 对焊接可靠性的影响：



① 氧化风险。

烘烤 MSD 时可能会引起引脚表面氧化或过量的金属间化合物的生成，从而在板级组装过程中造成焊接可靠性问题。因此，MSD 烘烤温度和时间将受到可靠性要求的制约。除非供应商额外指明，否则元器件烘烤应在一个烘烤周期内一次完成。如果需要超过一个烘烤周期，应咨询供应商。不要将元器件存储在烘焙温度下的炉子中。

② 载体除湿风险。

MSD 载体材料在除湿过程，应确保不超出干燥烘烤的安全范围，以避免可靠性可能受到影响。

5. 退料管理

1) 退料

退料时，已经装载在贴装机器上的 MSD 必须取下来，连同托盘和盘带一道返回库房，供以后继续使用。MSD 所有的标识数据及对应的出库时间跟踪记录，应完整地原来的标签上转移过来并随 MSD 一道保存。退回重新储存的 MSD 散料，必须把暴露的时间也计算到干燥储存的时间里去，并根据出库时间跟踪记录优先出库。

2) 每一件东西都进行烘焙

另一种较简单的管理方法是：有系统地烘焙所有生产后剩下的装有 MSD 的托盘和卷盘。对此，IPC/JEDEC 标准规定如下。

(1) 高温载体。

对包装在高温载体（如高温托盘）中的 MSD，可在载体中进行 125℃ 烘烤，烘烤时间为 48h。

(2) 低温载体。

对包装在低温载体（如料盒、托盘、带卷）中的 MSD，当烘烤温度高于 40℃ 时，不能在载体内直接烘烤。如果要求在较高的温度中烘烤，元器件应从低温载体中取出，转入对高温安全的载体中烘烤，烘烤完毕后再重新装入低温载体。而对在卷盘和低温托盘上的 MSD 必须以 40℃ 烘焙 68 天。

注意：手工操作会增加机械和 ESD 损伤的危险。

(3) 纸及塑料容器制品。

纸及塑料容器制品，如纸板箱、气泡膜包装、塑料包裹等，烘烤前应把载体外面的这类物品去掉。塑料管上缠绕的橡皮带及塑料托盘上的捆绑带在高温（125℃）烘烤前也必须取下。

(4) 烘烤时间。

烘烤时间从所有 MSD 均达到指定温度时开始起算。

(5) ESD 保护。

当元器件在低湿度（干燥）环境下烘烤后，用真空吸针手工处理时，应进行适当的 ESD 防护处理。



3) 重新干燥包装

分类为 2a~5a 级别的 MSD 在封入 MBB 前, 应按表 7.6 要求重新进行干燥包装。介于干燥与封口之间的时间必须不超过 MET 下限时间。如果供应商提供的实际 MET 大于默认值 24h, 则应采用实际时间。

注意: 如果托盘、料管或带卷等材料没有烘烤就放入袋中, 包含在这些材料中的附加湿气也要被吸收。

7.2.7 焊接

1. 再流焊焊接

1) 温度

在再流焊焊接过程中 MSD 元器件本体温度不得超过标注在警告标签上的设定值, 否则将直接影响元器件焊接的可靠性。

2) 温度曲线参数

在再流焊焊接过程中, 虽然元器件体温度在再流焊焊接中是最关键的参数之一, 但其他参数, 如高温中总的暴露时间和加热速率, 一样影响 MSD 焊接的可靠性, 因此, 均须妥善处理。

有 MSD 的单板, 温度升高速率在工艺允许的范围内应采用较小值, 较小的温度升高速率对 MSD 产生的影响较小。

在再流焊焊接过程中, MSD 元器件体最高温度不得超过标注在警告标签上的温度值或供应商提供的最高温度。特殊情况下, 峰值温度高于最高警示温度时, 应与供应商确认是否对产品产生危害(若警示标签上峰值温度缺失或无法辨认, 见近旁的条形码标签或与供应商确认)。

3) 多次再流焊焊接

如果进行了一个以上的多次再流焊焊接过程, 必须小心确保在最后一道再流焊焊接前的所有 MSD(无论是贴装的还是不贴装的)都不能超过它们的车间寿命。

每个 MSD 最多只能经受住三次再流焊焊接工序。如果因为某种原因需要超过三次的, 应向供应商咨询。

4) 再流焊焊接温度标识

对于有铅 MSD 的焊接工艺, 若需使用 235℃ 的高温再流焊焊接等级为 1 级的 MSD 时, 在“警告”标识上须注明再流焊焊接温度, 警告标签应贴在 MBB 上或最外层运输箱上。在 220℃ 温度下再流焊焊接的 MSD 不需要任何与潮湿相关的标签。

注意: ① 元器件体温度可能与引脚或焊球间温度差别很大, 特别是在 IR 和 IR/热风再流



焊焊接过程中，所以必须分开测量。

② 一些热风焊接工艺可能要求 MSD 元器件体加热温度高过 220℃，如果超过了规定温度，则潮湿预警或时间-温度限制要求可能会超出本规范规定范围，此时应咨询供应商。

5) 第 6 级 MSD

划分为第 6 级的 MSD 必须在上线生产前烘烤干燥，然后在标签指定的限制时间内完成再流焊焊接。若没能在限定时间内完成烘烤，未使用的 MSD 需再次烘烤，总计烘烤次数不得超过 3 次。

2. 返修

1) 返修过程中 MSD 的管理

在打开 MBB 后，MBB 中所有元器件均应在标注的车间寿命前，完成包括返修在内的所有高温再流焊焊接过程。

若余下不能焊完的 MSD 应再次封入 MBB 中或存入干燥橱中。如果车间寿命或车间环境超过标准时，可参照 7.2.6 节内容进行处理。

2) 板级返修（以有铅焊接工艺为例）

(1) 若要将器件从 PCB 上取下，推荐使用局部加热方法，所有表面贴装器件的最大体温度不要超出 200℃，以确保与 MSD 相关的元器件的损伤降到最低。

(2) 如果元器件温度超过 200℃，可要求 PCBA 在返修前烘烤。

(3) 元器件温度应在元器件体的顶部中心测量。

(4) 如果取下的器件再次使用，建议在进行再贴装前将其烘烤干燥；替换的元器件应在规定的车间寿命内替换完毕。

(5) 推荐采用局部加热再流焊进行返修替换，这样整块 PCBA 就不必再次经历再流焊焊接温度的影响。

注意：当邻近元器件上的温度高于 183℃时，可能会引起某些焊点局部回流，而导致潜在的焊点可靠性问题。

7.2.8 流程责任

从配送发料开始，MSD 在各操作流程中必须按“潮湿敏感器件（MSD）在线暴露时间表”要求，手工填写，以跟踪其暴露时间。

1. 入库验收

(1) MSD 入库验收根据规范相关条件进行。

(2) 验收完毕后，根据验收结果，进行不同的处理：

① 接收——应签署接收通知单，通知仓储人员接收入库；

② 拒收——应签署拒收通知单，通知相关人员退货。



2. 储存与发料

(1) 储存保管安排专人（必须经过 MSD 培训并取得上岗证）按“敏感元器件的入库验收、储存、配送及组装过程工艺规范”相关条件规定进行。

(2) 仓储保管人员严格按计划数量发料，并在发料单上签注发出的准确时间（特别注明从 MBB 中取出的时间）。

3. 配送

(1) 配送由专职人员负责，并按生产计划单的数量以最短的时间及时配送到相关工序。

(2) 配送过程应有详细的时刻记录（即接收时刻和配送到工序上的时刻）。

4. 组装

(1) 组装工序（贴片、返修）操作人员应以最短的暴露时间完成贴片和返修工作，禁止让 MSD 在工序上无效暴露。当出现不可预料的意外情况时，应核算车间寿命，寿命超过时应按“敏感元器件的入库验收、储存、配送及组装过程工艺规范”相应条款先进行烘烤处理后，再继续后工序。

(2) 操作工应准确填写操作完成的时刻，并及时转移到再流焊焊接工序。

5. 再流焊焊接

(1) 再流焊焊接操作时，操作者首先应根据“潮湿敏感器件（MSD）在线暴露时间表”核算 MSD 已经在生产线上暴露的累积时间，判断是否超出规定的车间寿命期，并做出相应的处理。

(2) 若未超出车间寿命时，操作者应在最短的暴露时间内焊接完。

(3) 按上述“潮湿敏感器件（MSD）在线暴露时间表”准确填写流入该工序和完成操作的时间后，交 QC 确认后归档。

7.3 静电敏感元器件

7.3.1 静电敏感元器件的要求

静电敏感器件（Electrostatic Sensitive Devices, SSD），由于对操作环境中的静电控制有较为严格的要求，保障其在整个生产过程中来料完好，避免物料因不正当操作而导致静电损坏。来料验收、储存、配送、预加工、装焊过程中需采用静电防护措施，对静电敏感元器件进行特殊管理。

7.3.2 引用标准

(1) MIL-HDBK-263A 电气和电子元件、组件与设备静电放电防护控制手册。



- (2) IEC/TS 61340-5-1 电子元器件的静电防护 通用要求。
- (3) IEC/TS 61340-5-2 电子元器件的静电防护 用户指南。

7.3.3 SSD 敏感度分级和分类

1. SSD 敏感度分级

静电敏感元器件必须采用防静电包装，并带有静电敏感警示标签，标明静电敏感等级。描述电子元器件静电敏感度特性的三个不同的模型是：人体放电模型（HBM）、机器模型（MM）和带电器件模型（CDM）。

目前最常用的静电敏感度等级划分模型是 HBM 模型，参考 IEC 61340-3-1 标准和 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2012 标准，参见表 7.7。

表 7.7 静电敏感等级分级

等级 (Class)	耐静电电压 (HBM 电压范围) (V)
0A	<125
0B	[125, 250)
1A	[250, 500)
1B	[500, 1000)
1C	[1000, 2000)
2	[2000, 4000)
3A	[4000, 8000)
3B	≥8000

若某器件静电敏感度等级为 HBM 1B 级，表示其耐受的最大的 HBM 静电压不超过 500V，静电压大于等于 500V 将可能导致器件静电失效。

材料静电敏感等级划分，至少应包括 HBM 模型的静电敏感度等级划分。如有需要，还应包括 MM、CDM 等其他模型的静电敏感度等级。

2. SSD 的要求

1) 材料选型的静电等级要求

不同厂家因对静电控制要求不同，对材料选型的静电等级要求也有差异：一般来说研发及材料选型中，器件静电敏感度等级应控制在 HBM 1B 级（500~1000V）及以上；不推荐选用静电敏感度 HBM 1A 级（250~500V）的静电敏感器件；限制选用静电敏感度 HBM 0 级（0~250V）的特静电敏感器件。

2) 产品的设计要求

产品设计应实现防静电设计，以保证制造过程质量和产品可靠性。

参考 GJB 1649 电子产品防静电放电控制大纲，产品的设计应能为最敏感的 ESD 元器件提供 ESD 保护，例如某公司的组件、设备的抗静电能力设计要求如下（无特殊说明均指 HBM



模型):

- ① 单板组件抗静电能力 $>2000\text{V}$;
- ② 整机设备抗静电能力 $>4000\text{V}$ 。

7.3.4 SSD 的入库储存和配送、操作过程管理

1. 入库验收

1) 外观检查

入库验收过程中防静电的基本要求如下所述。

(1) 识别防静电标签、标识。

通常 SSD 生产厂或进口的静电敏感物资,在其包装上均贴有印成橘黄色的专用标签,如图 7.26 所示。未贴专用静电警告标签和标识的,原则上应拒收,如图 7.27 所示。



图 7.26 静电敏感标识



图 7.27 无静电敏感标识

(2) 检查包装。

SSD 入库时应用防静电盒(金属盒、金属隔离器皿、透明防静电硬塑料管、防静电塑料盒等)包装,或将 SSD 引出脚插在防静电塑料海绵上,或用银裸铜线把引脚绕起来,使其处于等电位,如图 7.28 所示。否则应拒收,如图 7.29 所示。检查过程中 SSD 的包装不能随意改变。



图 7.28 防静电海绵



图 7.29 无防静电包装

2) 清点

管理人员在清点数量时,应用目测方法在 SSD 的原包装内清点数量(可以打开防护容器的盖子),但不得用手触摸 SSD。如必须取出 SSD 清点时,应将整块防护包装取出,禁止



将 SSD 和防护包装分开后清点，更不得打开 SSD 的小包装。

3) 搬运

SSD 在搬运过程中，不得掉落地下，不得任意脱离包装。

4) 测试和老化

(1) 在某些需要加固的高可靠性电子装备的生产中，对 SSD 进行测试、老化和筛选中，必须在 ESD 防护区内进行。

(2) 测试 SSD 时，人体应先放电，手持 SSD 元器件的两端，如图 7.30 所示。严禁人手触及引脚端（特别是悬空的输入端），如图 7.31 所示。



图 7.30 正确的操作方式



图 7.31 错误的操作方式

(3) 在操作前，需要仔细测试工具和设备，保证它们不产生破坏性能量，包括尖峰脉冲。通常小于 0.5V 的电压和脉冲是可以接受的。如果要使用大量的高敏感度 SSD，则测试仪器等不能产生大于 0.3V 的脉冲。

(4) 测试时应从包装盒中取一块，测一块，放一块，禁止堆在桌面上。

(5) 测试时，不能带电插拔 SSD。

(6) 测试时严格遵守加电顺序，即按低电压→高电压→信号电压顺序进行，去电顺序与上述顺序相反。若信号源和 SSD 不共用一组电源时，应先开 SSD 电源，然后开信号电源。

5) 储存

(1) 储存区物理条件要求。

① SSD 的存储区应是防静电工作区 (EPA)，即能限制静电电压水平达到在该区域内接受操作的最敏感的 SSD 的损坏电压阈值以下。

② 放有散料的区域内，相对湿度 (45%~75%)RH。

(2) 存放要求。

① 在 ESD 防护罩或包装内运送 SSD 进出储存区，无防护包装的 SSD 应拒收。

② SSD 储放过程中应保持原包装，若需更换包装时，要使用具有防静电性能的专用容器，不得随意使用普通塑料袋和塑料盒等容器，不得随意倒入抽屉、柜子里。

③ SSD 的品种规格不得混杂在一起。经老化筛选测试的和未经老化筛选测试的 SSD 要严格分开存放。

④ 在 SSD 储放库，应在存放 SSD 容器的可视位置上，贴上防静电专用标签。

⑤ 确保从储存区发出的所有包有 SSD 的整套物料，均带有 ESD 敏感符号和警示标识。



- ⑥ 所有整套文件上均应标明“ESD”产品字样。
- ⑦ SSD 库房工作人员应经过防静电培训，并取得相应的合格证书。

2. 配送

SSD 配送过程，包括收、发、领、退料等内容。配送中工作人员应严守下列规定。

- (1) 配送过程必须在 ESD 防护区进行。
- (2) 操作人员应用目测方法在 SSD 的原包装内清点数字（可以打开防护容器的盖子），不得用手触摸 SSD，如必须取出 SSD 清点时，应将整块防护包装取出，禁止将 SSD 和防护包装分开后清点。
- (3) 所有操作必须在静电防护工作台上进行，禁止将 SSD 放置在没有静电防护措施的工作台面上作业。
- (4) 尽可能按原包装配料。当缺数、补数需分散包装时，应采用防静电包装容器。
- (5) SSD 的领、发、收料的全过程，均应在防静电包装容器的交换中进行。
- (6) 配、发、领料人员应根据设计（或工艺）文件，按防静电要求进行作业，在开具领料单时，也应在该类 SSD 型号的醒目位置处加盖警告符号。
- (7) 凡掉落在地上的静电敏感 SSD 元器件不得再使用。
- (8) 料箱传送应在防静电车上进行，料车运料前必须确认接地良好，禁止在地板上直接拖动料箱。
- (9) 配、发、领料人员应熟悉 SSD 型号、品种和 ESD 常识。

3. SSD 预处理过程中的静电防护

(1) SSD 的预处理，必须在具有“静电泄漏”的工艺设施环境中进行，加工设备、仪器、工作台面应接地良好，操作人员应正确佩戴腕带（手腕带应直接套在手腕皮肤上，如图 7.32 所示。不得套在衣袖布上，如图 7.33 所示）。



图 7.32 正确腕带佩戴



图 7.33 错误佩戴腕带

- (2) SSD 引脚成型操作时，成型设备的外壳应可靠地接入地线上。
- (3) SSD 搪锡操作时，必须在锡锅可靠接地下进行，应尽量避免使用超声波搪锡机搪锡。
- (4) 对 EPROM 进行擦、写及信息保护操作时，应将擦/写器可靠接地，正确拾取，如图 7.34 所示；不得在无接地保护下操作，如图 7.35 所示。



图 7.34 接地保护



图 7.35 无接地保护

4. SSD 在 PCB 上插装、焊接过程中的静电防护要求

- (1) SSD 在 PCB 上插装、焊接均应在 EPA 区内进行。
- (2) 所用工艺装备均应直接接入地线，并采用有效的离子风机，以净化环境。
- (3) 传送带和自动机的托架应是导电性的，并可靠接地。

(4) 往 PCB 上插装 SSD 时，应尽可能使用 PCB 边缘连接器（即短路插头），将 PCB 的接线端短路在一起。

(5) 操作人员在插装 SSD 时，应持其外壳，避免直接接触及引脚，在工作台上作业时，应注意防止 SSD 与台面发生相对运动。

(6) 插装过程中，SSD 应存放在导电或静电盒内，如图 7.36 所示，尽量避免放在防静电桌面上。

(7) 手握 PCB 组件时，应持其边端，如图 7.37 和图 7.38 所示。



图 7.36 存储在防静电盒中

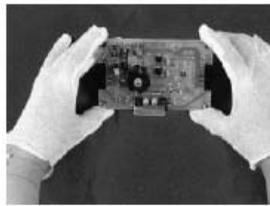


图 7.37 手持板边 (1)

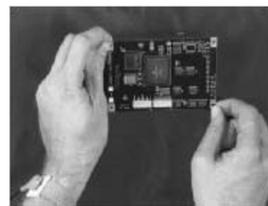


图 7.38 手持板边 (2)

(8) 在插、装、焊工序传递过程中，应使含 SSD 的 PCB 完全处在防静电的容器（如防静电箱、防静电袋、防静电车等）中进行，如图 7.39 所示为使用防静电盒存储，如图 7.40 所示为违规使用不防静电存储盒存储静电敏感物件，这些容器均应符合法拉第笼的要求。



图 7.39 防静电存储盒



图 7.40 不防静电存储盒



7.4 温度敏感元器件

7.4.1 温度敏感元器件的要求

温度敏感器件，由于对生产环境中的加工温度有较为敏感，尤其是对高温下的焊接温度要求较高，常规焊接温度易造成元器件的损伤。因此，需要对各类温度敏感元器件验收、储存、配送、装焊工艺等过程中严格管理。

7.4.2 引用标准

- (1) IPC-7711 电子组装件返修。
- (2) IPC/J-STD-001 电气电子组件焊接技术要求。
- (3) IPC-A-610 电子组装件可接受标准。

7.4.3 术语和定义

温度敏感元器件广义上讲凡是性能随温度的剧变而劣化，甚至损坏的元器件统称为温度敏感元器件，以下均简称温敏元器件。本章所指的温敏元器件是泛指在再流焊焊接、波峰焊焊接和手工焊接过程中，易因过热而导致损坏或性能劣化的所有元器件。

7.4.4 温度敏感元器件损坏模式

温度敏感元器件损坏模式，常见的如下所述。

1. 热击穿

例如，半导体器件中的 PN 结，由于温度的升高，载流子数量剧增，动量加大，势垒层变薄，而造成 PN 结击穿。

2. 磁性能劣化

例如，一些磁性元器件（如磁传感器、磁性开关等）因温度剧变而导致磁性能劣化。

3. 机械失效

例如，面阵列封装器件 BGA、CSP 等。在再流焊焊接过程中因预热时间过长，或再流温度过高而导致焊球与芯片焊盘间脆性的合金层过厚而造成失效。



4. 封装热损坏

例如塑封元器件，在再流焊焊接温度气氛下最易发生“爆米花”现象等。

5. 元器件体龟裂

例如，以陶瓷为基体的元器件，在温度发生剧变或热冲击时，因陶瓷龟裂而导致元器件失效。

7.4.5 常见的温敏元器件

1. 电池类

电子产品中所用的各类分立电池或贴片电池等，如图 7.41 所示。

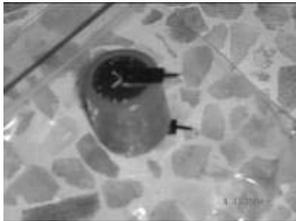


图 7.41 电池

2. 温度开关和保险丝类

例如，双金属片温度开关、PN 结温度传感器及熔断器，如图 7.42 所示。



图 7.42 温度开关

3. 半导体微波器件类

例如微波晶体、微波检波器等。

4. 元器件类

例如热敏电阻、霍尔元器件、瓷片电容、光电子器件等。

5. 塑封元器件类

例如各种多 I/O 塑封器件，如 QFP、PBGA 等。

7.4.6 温度敏感元器件的入库、储存、配送、装焊工艺过程的特殊要求

在物流配送过程中，温敏元器件除按照通用元器件规定的基本要求外，还应遵循以下特



殊要求。

1. 入库验收

1) 真空袋/外包装检查

检查警告标签上相关的温度要求标识,如图 7.43 所示,由于温度敏感器件无统一标识,如部分来料没有标识,应及时向厂家索取。



图 7.43 温度敏感标签

2) 外观验收

- (1) 目测抽检元器件的外观应洁净,表面印字完整、清晰,无划痕和损伤。
- (2) 引脚及可焊端面涂层应连续、有金属光泽、无变色及锈迹。
- (3) 元器件的规格型号应与公司的物料代码手册要求一致。

2. 储存

1) 库房管理

对一些专用的温敏元器件,如热敏电阻、光电子器件等的存放应有专用存放地点,并有明显的标识。

2) 安全存储

安全存储是指元器件保存在一个温度/湿度可以控制的环境中储存。温敏器件应存储在 $23^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$, (50%±20%) RH 的阴凉环境内。具体要求如下:

(1) 所有元器件必须保持原有的包装和标识,每一个最小包装的盒(或袋)上应贴有相应条码。

(2) 货柜、货架上的元器件必须装在专用管、袋或盒中,不得裸放。

(3) 元器件的发放应遵循“先进先出”的原则,即先入库的要先发放使用。

(4) 元器件库房保管员每月要定期检查库存情况,对超出储存期的元器件应及时从元器件库中分离开,并重新复验。

(5) 对超出储存期复验合格的元器件,贴上“合格超期使用”的标签及复检合格证书,一并放入原储存位继续使用。对超期使用的物品,以后每半年复检一次。



(6) 对超期复检不合格的元器件，原则上不再使用。

(7) 对特殊温敏元器件如电池等，存储或使用时的不要将金属物体与电池混放在一起，以防意外的短路。

3. 配料、发料管理

温敏元器件配送管理，包括收、发、领料等内容。配送中工作人员应严守下列规定：

(1) 配送过程必须在洁净区进行。

(2) 操作人员在清点元器件数量时，不许用裸露的手触摸元器件的可焊端。

(3) 工艺文件中应标明该类器件的特殊组装方法。

(4) 根据工艺文件要求，该类器件应有易于识别的特殊标签（温度敏感标签），以示区别于其他类器件，标识注明“对焊接温度敏感”字样，如图 7.44 所示。

(5) 为提醒生产线操作人员，该类器件每一个发料包装袋都应含有温度敏感标签。

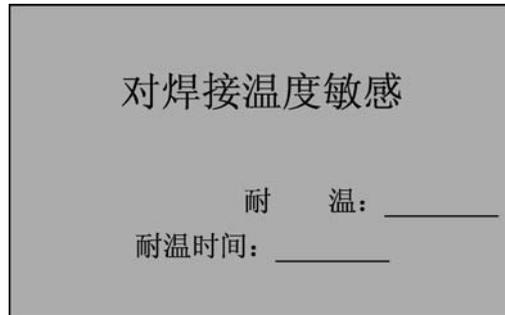


图 7.44 温度敏感标签

4. 温度敏感元器件焊接过程管理

1) 装焊

- 温敏元器件进行再流焊焊接或波峰焊焊接时，要选择好温度曲线，特别是再流焊焊接时 PCB 顶面和底面之间的 ΔT ——温度差要求最小化，以避免过热造成热损坏。
- 专用温敏元器件要避免采用再流焊焊接，当采用波峰焊或手工焊接时要注意采取热分流措施，且焊接时间要尽量短。

(1) 手工烙铁焊接。

① 温度。

在烙铁焊接过程中温敏元器件体的温度不得超过标注在“温度敏感标签”上的要求值。

② 焊接时间。

由于温敏元器件一般对焊接时间有特定要求，焊接时必须严格按作业指导书(工艺文件)和“温度敏感标签”上注明的时间要求操作。如果二者不一致，一定不要擅自操作，首先应提请工艺人员确认无误后，才能焊接。

③ 焊接方法。

- 大多数温度敏感器件对焊接方式均有不同的要求，对专用温敏器手工焊接时，最



好采用热分流夹（如图 7.45 所示）进行限热。

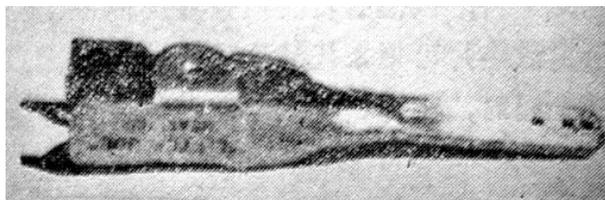


图 7.45 热分流夹

- 要尽量避免烙铁触碰到器件体。
 - 如不慎操作超出作业指导书的要求，如温度过高、焊接时间过长、烙铁触碰到器件体等，应及时在单板焊接处做上标记，并在相关表格上注明，才能进入下一道工序。
- (2) 波峰焊焊接。
- ① 常见工艺参数设置。
 - 焊接温度：245℃有铅、255℃无铅。
 - 焊接时间：2s。
 - ② 有条件时，对专用温敏元器件采取热分流措施，如图 7.46 所示。



图 7.46 热分流工具

2) 返修

若要将器件从 PCB 上取下，推荐使用局部恒温加热方法，所有表面贴装器件的最大体温度不要超出温度敏感器件所能承受的耐温温度，以确保将与温敏器件相关元器件的损伤降到最低。

5. 退料管理

退料时，连同包装袋一起返回库房，并保留温度敏感器件的标识（标签），供以后继续使用。需要注意的是，由于器件对温度敏感，故不得对器件进行任何形式的烘焙。

7.4.7 流程责任

从配送发料开始，温度敏感器件在各操作流程中必须按其要求的温度执行，手工填写或电子数据中务必注明其为温度敏感器件，以免发送物料经过回流焊接或波峰焊接导致元器件



损伤或失效。

7.4.8 入库验收

- (1) 温度敏感器件入库验收需根据本规范相关条件进行。
- (2) 验收完毕后，根据验收结果，进行不同的处理。
 - ① 接收：应签署接收通知单，通知仓储人员接收入库。
 - ② 拒收：应签署拒收通知单，通知相关人员退货。

7.4.9 储存、发料

- (1) 储存保管需安排专人按“敏感元器件的入库验收、储存、配送及组装过程工艺规范”相关条件规定进行。
- (2) 仓储保管人员严格按计划数量发料，并在发料单上签注发出的准确时间（特别注明从 MBB 中取出的时间）。

7.4.10 配送

- (1) 配送由专职人员负责，并按生产计划单的数量以最短的时间及时配送到相关工序。
- (2) 配送过程应有详细的时刻记录（即接收时刻和配送到工序上的时刻）。

7.4.11 装焊

- (1) 操作工应严格按焊接工序指导书进行焊接操作。
- (2) QC 务必在操作工焊接时对现场进行跟踪。

思考题 7

- (1) 为什么要对敏感元器件的入库验收、储存、配送及组装过程进行工艺规范？
- (2) 什么是潮湿敏感元器件？
- (3) 什么是温度敏感元器件？
- (4) 什么是静电敏感元器件？
- (5) 潮湿敏感指示卡中的 6 种颜色点分别对应的潮湿敏感值为多少？
- (6) 简要说明 MSD 的入库、储存、配送、组装工艺过程中的关键点。
- (7) 潮湿敏感元器件的烘烤对可靠性有哪些影响？
- (8) 静电敏感分为哪几个等级？
- (9) 简要说明 SSD 的入库储存和配送、操作过程中的关键点。
- (10) 在焊接过程中应如何管理温度敏感元器件？

第 8 章 PCB 入库、储存、配送 通用工艺规范



本章要点

- 📁 概述
- 📁 PCB 入库验收技术要求
- 📁 PCB 存储技术要求
- 📁 PCB 配送技术要求



8.1 概 述

8.1.1 PCB 分级

按照 PCB 功能的可靠性和性能要求，PCB 产品通常可分为下列三个等级。

1. 1 级

一般的电子产品，包括消费类产品、某些计算机及计算机外围产品以及一般性的军品，用于这些产品类型的 PCB 对外观缺陷要求不高，其主要质量要求是 PCB 或 PCBA 的功能。

2. 2 级

专用的电子产品，包括通信设备、高级公务设备、仪器及军事装备等。这些设备要求高性能及长寿命，同时希望能不间断地工作，但不是关键性的，因而某些外观缺陷是允许的。

3. 3 级

高可靠性电子产品包括商用及军用设备。这些设备要求连续工作能力，对其要求的性能是关键性的，这些设备不允许发生停机，同时当需要时，例如对生命维持系统来说，这些设备在工作时必须发挥其功能作用。本级的 PCB 和 PCBA 最本质的要求是满足高的质量保证水平要求和良好的服务。

8.1.2 相关行业标准

- (1) IPC-A-600F 印制板的可接受性。
- (2) IPC J-STD-003 印制板可焊性试验。

8.1.3 相关名称解释

1. 晕圈

一种机械性原因引起基材表面上或表面下的碎裂或分层现象，它通常显示出浅色区域而环绕在孔的周围或其他机加工的部位。

2. 分层

基材任意层之间或基材与金属覆盖层之间所出现的分离现象。



3. 可焊性

适当加上助焊剂并加热，使钎料在金属表面上自由流动而实现可靠钎接的能力。

4. 不润湿

在基体金属表面不能产生连续的钎料薄膜，不能和基体金属发生任何冶金反应，在宏观上可以明显地看到裸露的基体金属表面。

5. 反润湿

焊料首先润湿基体金属表面，后因润湿不好而回缩，从而在基体金属表面上留下一层很薄的钎料，同时又断断续续地有些分离的、有很大接触角的钎料球。

6. 半润湿

熔化的焊料浸润表面后再收缩，留下焊料薄层覆盖部分区域，焊料形状不规则。

8.2 PCB 入库验收技术要求

8.2.1 包装外观检查

- (1) PCB 应用塑料袋（聚乙烯、聚丙烯）或防静电袋抽真空包装。
- (2) 有特殊要求的 PCB，板与板之间应衬一张对 PCB 无害或无腐蚀性的洁净纸。
- (3) 由于瓦楞纸板含硫，在潮湿情况下非常有害，故外包装箱应尽量避免使用此类材料。

8.2.2 可焊性试验

1. 取样

每一批 PCB 入库前均应抽取一定的样品数进行可焊性测试，参见表 8.1。

表 8.1 试验取样

样品数量	抽取数
≤50	1
在 50~100 之间	2
≥100	3

试样允许供应商以同批中电路上有缺陷，但工艺过程与同批 PCB 相同的产品代替，而且必须单独包装并标识清楚。



2. 试验方法

采用 ANSI/J-STD-003 “印制板可焊性测试”中的试验方法。

3. 试验设备与条件

波峰焊焊接机（关闭氮气、波峰高度为 6~7 mm、倾角 6°）。

4. 试验用材料

1) 焊料

(1) 有铅焊料（应当符合 QQ-S-571）。

- ① 成分：Sn63/Pb37。
- ② 纯度：应符合表 8.2。

表 8.2 焊料纯度

杂质金属	铜	金	镉	锌	铝	铋	铁	砷	铌	银	镍
最高熔限	0.300	0.200	0.005	0.005	0.006	0.500	0.020	0.030	0.250	0.100	0.010

注：铜、金、镉、锌、铝的总量不超过 0.4%

(2) 无铅焊料。

- ① 成分：Sn/3.0Ag/0.5Cu。
- ② 纯度：应符合 J-STD-020C 相关要求。

2) 助焊剂

(1) 成分（质量比）。

- ① 水白松香溶液为 25%。
 - ② 异丙醇（99%）余量。
- (2) 密度：0.834±0.005（25℃）。

注：此为 J-STD-003L 规定。最新的 J-STD-003A 规定，增加活性物质，改为活性助焊剂。

3) 清洗用溶剂

清洗用溶剂为酒精（工业纯）。

5. 试验程序

(1) 涂覆助焊剂。

- ① 涂覆方式：喷射超声雾化。
 - ② 涂覆量：常规。
- (2) 预热温度：105℃±5℃。



(3) 焊料温度： $245^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 焊接时间：3s。

(5) 清洗。

在焊料凝固后，应除去助焊剂残留物，以便于检测。清洗方式可以是手工或清洗机。

6. 评定工具

10 倍放大镜，仲裁时采用 20 倍放大镜。

7. 可接受标准

1) 表面外观状态

(1) 可接收。

焊料应充分润湿被检测表面面积的 95% 以上，如图 8.1 所示。其余 5% 的面积允许有小的针孔，反润湿和粗糙点如图 8.2 所示。这些缺陷不能集中在一个区域；在试样最后离开钎料波峰的部分，出现的焊料堆集和拖尾现象是可以接受的。



图 8.1 润湿



图 8.2 少量的反润湿

(2) 拒收。

大面积出现反润湿和不润湿现象，如图 8.3 和图 8.4 所示。



图 8.3 完全反润湿



图 8.4 不润湿



2) 镀通孔

(1) 可接受。

所有镀通孔中焊料应爬升布满孔壁，无不润湿和露铜现象，如图 8.5 所示。

孔径 $<1.5\text{mm}$ 允许有些堵孔现象，如图 8.6 和图 8.7 所示。

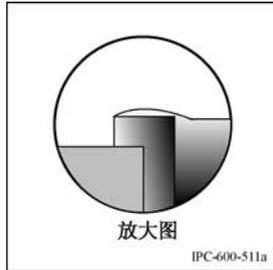


图 8.5 焊料填充完整

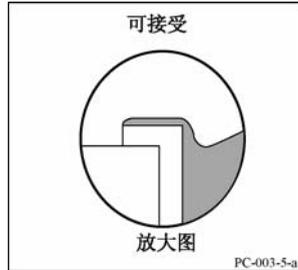


图 8.6 焊料基本填充 (1)



图 8.7 焊料基本填充 (2)

(2) 拒收。

焊料未爬升布满整个孔壁，存在露出基底金属的现象，如图 8.8 和图 8.9 所示。

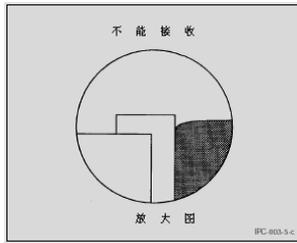


图 8.8 露出基底金属

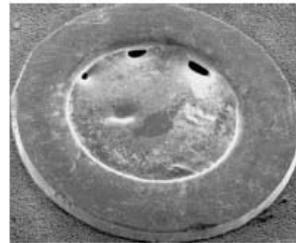


图 8.9 焊料未完全润湿

3) 焊接区

(1) 可接受。

① 焊料连接表面没有不润湿现象，如图 8.10 和图 8.11 所示。

② 焊料连接表面没有半润湿或半润湿表面 $<5\%$ ，如图 8.12 所示。

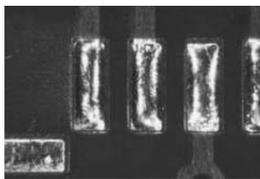


图 8.10 焊盘润湿充分

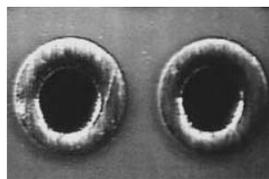


图 8.11 焊环润湿充分

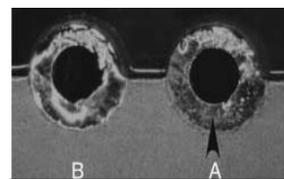


图 8.12 焊料基本润湿

(2) 拒收。

① 焊料连接表面不润湿，如图 8.13 所示。

② 焊料连接表面半润湿的表面超过 5%，如图 8.14 所示。



图 8.13 不润湿



图 8.14 半润湿

4) 炸锡珠

(1) 可接受。

过孔无向上表面发生炸锡珠现象，如图 8.15 所示。

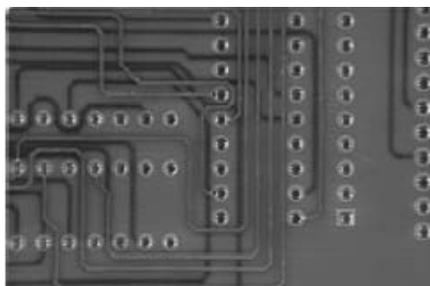


图 8.15 可接受

(2) 拒收。

波峰焊接时通过过孔向上表面发生炸锡珠现象，如图 8.16 所示。



图 8.16 锡珠

5) 其他疵病

可焊性试验后，当出现下述缺陷时，应视情况按下述要求予以处理。

(1) 焊盘翘起。

① 可接受。

焊盘没有翘起，如图 8.17 所示。

② 拒收。

焊盘起翘（不管铜焊盘是否出现附着的树脂，均不允许焊盘末端外缘的基底面从层压板表面翘起，如图 8.18 和图 8.19 所示。

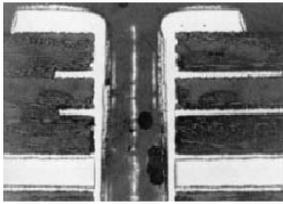


图 8.17 无翘起

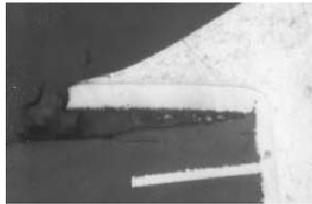


图 8.18 焊盘翘起 (1)

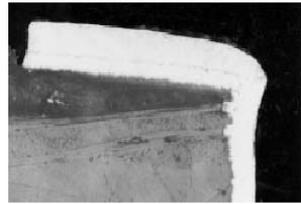


图 8.19 焊盘翘起 (2)

(2) 平整度 (弓曲及扭曲)。

① 可接受。

平整度分为弓曲与扭曲, 如图 8.20 和图 8.21 所示。

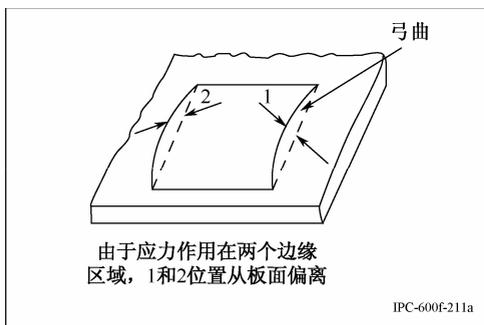


图 8.20 弓曲

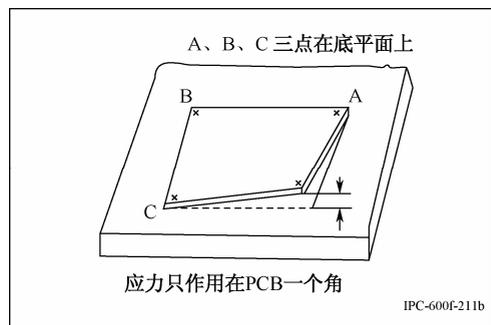


图 8.21 扭曲

不管弓曲或扭曲, 符合表 8.3 要求均可接受。

表 8.3 翘曲度 (平整度)

单 板			背板最大翘曲度
板 类 型	最大翘曲度		
单板	板厚 < 1.6mm	0.70%	1% 且最大变形量 ≤ 4mm
	板厚 ≥ 1.6mm	0.5% 且最大弓曲变形量 ≤ 1.5mm	
混压板	0.70%		
铝基板	单面铝基	0.2%	
	双面及多层铝基	0.4%	

② 拒收。

- THT-PCB 不论弓曲还是扭曲均应 > 1.5%。
- SMT-PCB 不论弓曲还是扭曲均应 > 0.5%。

(3) 晕圈、白圈。

① 可接受。

- 无晕圈或板边分层, 如图 8.22 所示。
- 晕圈的渗透或边缘分层造成该孔边到最近导线间距的减小没有超过规定的 50%, 无规定时, 则不得大于 2.5mm, 如图 8.23 所示。

② 拒收。

晕圈的渗透或边缘分层造成该孔边到最近导线间距的减小超过规定的 50%, 无规定时,



则大于 2.5mm，如图 8.24 所示。

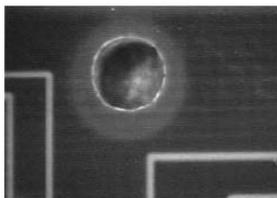


图 8.22 无晕圈

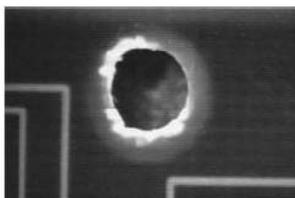


图 8.23 间距<50%



图 8.24 间距超过 50%

(4) 起泡/分层。

① 可接受。

- 阻焊剂和 PCB 基材及导电图形表面之间无起泡、气泡或分层的迹象，如图 8.25 所示。
- PCB 每面超过 0.25mm 的缺陷可允许有 2 个，如图 8.26 所示。
- 电气间距的减小不得超过 25%。

② 拒收。

- 导线之间被桥接，如图 8.27 所示。
- PCB 每面超过 0.25mm 的缺陷超过 2 个。
- 电气间距的减小超过 25%。

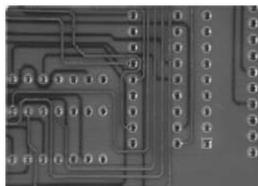


图 8.25 无异常



图 8.26 1 个 0.25mm 缺陷

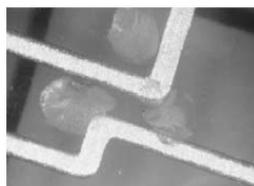


图 8.27 导线桥接

(5) 阻焊层剥落或起皮。

① 可接受。

阻焊层表面光滑均匀并牢固地黏结在 PCB 表面上，如图 8.28 所示。

② 拒收。

部分阻焊层从 PCB 基材或导电图形表面剥落，如图 8.29 和图 8.30 所示。

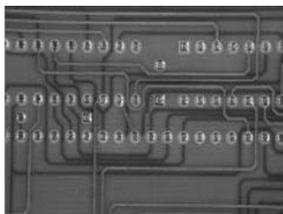


图 8.28 无异常

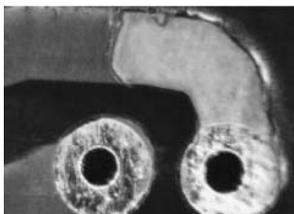


图 8.29 阻焊层从焊盘剥落

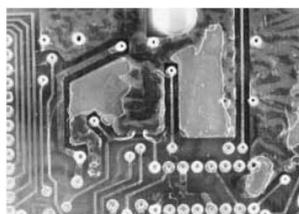


图 8.30 阻焊层从基材剥落

(6) 阻焊层波纹/皱褶/皱纹。

① 可接受。

在 PCB 基材表面或导电图形上面的阻焊涂覆层均未出现皱褶、波纹、皱纹或其他缺陷，如图 8.31 所示。



在阻焊剂中的波纹或皱褶造成减少使阻焊剂涂覆层厚度不低于最小厚度所要求，如图 8.32 所示。

② 拒收。

位于导电图形区域的皱褶造成桥连，或使导线间距减少低于导线间距规定的要求，如图 8.33 所示。

波纹或皱纹造成阻焊剂层厚度减小低于阻焊剂最小厚度的要求。

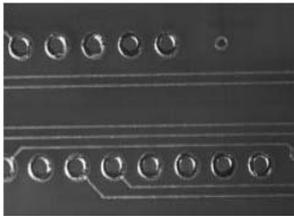


图 8.31 无异常

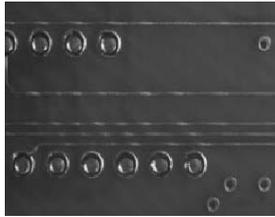


图 8.32 涂覆层大于最小厚度

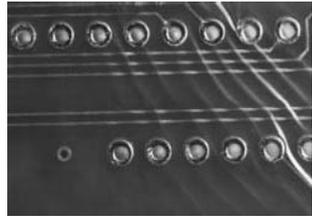


图 8.33 低于导线规定间距

8.2.3 PCB 外观质量特性的查验

1. 外观质量特性

从 PCB 板面上能目视到的外观质量特性如下所述。

- (1) 表面缺陷：如毛刺、缺口、划痕、划沟、划伤纤维、漏织物和空洞等。
- (2) 次表面缺陷：如外来夹杂物、白斑、龟裂、分层及层压空洞等。
- (3) 导体线路的缺陷：如附着力丧失、缺口、针孔、划痕、表面镀层或涂敷层的缺陷等引起导线宽度和厚度的减少。
- (4) 孔的特性：如孔径大小、对位不准、外来材料及镀层或涂敷层缺陷等。
- (5) 标记异常：包括位置、大小、可读性及精确度等。
- (6) 表面阻焊涂敷层的缺陷：如对位不准，气泡、冒泡、分层、附着力、外伤及厚度等。
- (7) 尺寸特性：包括 PCB 尺寸大小及厚度，孔径及图形精确度、导线宽度及间距、重合度及孔环等。

2. 外观质量特性查验方法

(1) 在与供应商协商并取得共识的情况下，入库的 PCB 面外观质量特性的查验，可以放到配送料后（此时已拆除包装）预加工之前进行。

(2) 目视查验时应采用 1.75 倍（屈光率为 3）放大镜下进行（仲裁时为 10 倍放大镜）。如果缺陷不易显现，可采用带标线或刻度的 40 倍放大镜下进行。对于镀通孔部位须用 100 倍放大镜下检查铜箔与孔壁镀层的完整性，仲裁时用 200 倍放大镜下进行。

3. 验收标准

按 IPC-A-600F “印制板的可接受性条件” 3 级进行。



4. 不合格品的处理

验收不合格的 PCB 一律进行退货处理。

8.3 PCB 存储技术要求

1. 储存条件

所有 PCB 均应在无腐蚀性气体的环境下密封储存。

2. 库存期

在规定的储存条件下，保存期限一般要求为：自出厂日期起，纸质 PCB 为三个月；玻璃布质 PCB 为六个月。采用 OSP（有机可焊性保护膜）可焊性涂层时，应按可焊性涂层所要求的耐久性类型确定。

3. PCB 可焊性涂层耐久性分类

（1）类型 1：最低水平的涂覆层耐久性。它是指制造完工后 30 天内要焊接完的 PCB，它应尽可能最小的暴露在受热的环境中。

（2）类型 2：一般水平的涂覆层耐久性。它是指制造完工后可经受 6 个月的储存，它能经得起适度的暴露和受热或软钎接环境。

（3）类型 3：最高水平的涂覆层耐久性。它是指制造完工后可经受 6 个月以上的储存，它能经得起苛刻的受热或焊接加工步骤等考验。

4. 超期处理

对超过库存期限的，应重新进行性能试验，合格或经适当处理后合格的仍可继续使用。

5. 出入库原则

PCB 的配、发料应遵循“先进先出”的原则，并有严格的出入库手续。

8.4 PCB 配送技术要求

（1）对打开包装配送后剩余的 PCB，应及时重新装袋密封储存。

（2）对拆除包装进入生产线的 PCB，应争取在 24 小时内完成全部焊接工序。若组装场地空气质量良好（无有害腐蚀性成分），且具备恒温 and 干燥（湿度 < 45%RH）条件时，车间暴露时间可以放宽到 48h。



(3) 打开包装后在空气中暴露的时间超过允许的车间暴露时间时, 需对 PCB 进行工艺性烘烤, 烘烤条件如下所述。

- ① 烘烤温度为 $120^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- ② 烘烤时间为 4h (OSP 镀层不建议烘烤)。

思考题 8

- (1) 按照 PCB 功能的可靠性和性能要求, PCB 产品通常分为哪三个等级?
- (2) PCB 入库前均应抽取一定的样品数进行可焊性测试, 具体如何抽样?
- (3) PCB 可焊性涂层耐久性分类的具体内容是什么?

第9章 元器件引线、焊端、接线头、 接线柱及导线可焊性 测试方法与验收标准



本章要点

- 📁 概述
- 📁 可焊性测试的试验设备与材料
- 📁 试验方法与步骤
- 📁 可焊性测试的仲裁
- 📁 异常情况的处理



9.1 概 述

9.1.1 可焊性

元器件要实现与 PCB 电路的连接，需要通过焊料连接元器件与 PCB 的金属表面。而可焊性是表征金属被熔融焊料浸润的能力。只有被焊金属表面具备良好的可焊性，才能形成良好的焊点。因此，可焊性评测也是评价元器件焊接能力的重要内容。

9.1.2 引用标准

引用标准为 IPC/J-STD-002 元器件引线、焊端、接线端和导线的可焊性测试。

9.1.3 术语及定义

- (1) 可焊性：熔融钎料与金属表面润湿并形成可靠焊接界面的能力。
- (2) 润湿：焊料在金属基材上形成相对均匀、光滑、连续的附着膜。

9.2 可焊性测试的试验设备与材料

9.2.1 试验设备

1. 可焊性测试仪（1）

焊料槽浸焊可焊性测试仪，可用于较大型元器件的手工浸焊法，如图 9.1 所示。



图 9.1 焊料槽浸焊可焊性测试仪

2. 可焊性测试仪（2）

MENISCO ST50 可焊性测试仪可用于焊槽浸焊和润湿称量法测试，如图 9.2 所示。

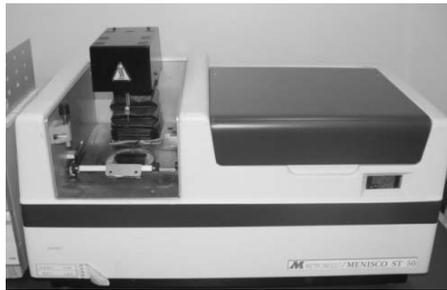
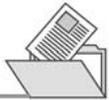


图 9.2 MENISCO ST50 可焊性测试仪

9.2.2 试验材料

1. 钎料（举例）

1) 成分

- (1) 有铅：63Sn37Pb。
- (2) 无铅：96.5Sn3.0Ag0.5Cu。

2) 纯度

钎料杂质要控制在规定的范围内，每隔 30 个工作日要对槽中钎料进行一次化学或光谱分析，不符合要求时要及时进行更换。若分析结果表明杂质含量没有超过规定的容限，可以延长分析周期。钎料允许的杂质容限参见表 9.1。

表 9.1 允许的钎料杂质容限（%）

杂质金属	铜	金	镉	锌	铝	铋	铁	砷	铊	银	镍
最高容限	0.300	0.200	0.005	0.005	0.006	0.500	0.020	0.030	0.250	0.100	0.010

注：其中铜含量不适合无铅测试要求。

所用化学物品应当是符合商业（或更高级别）标准，为了避免污染超出范围，应当定期补充新钎料。

2. 助焊剂

1) 助焊剂的成分

有铅可焊性测试所用的助焊剂为标准的活性松香助焊剂#1：按质量算，在 $74.85\% \pm 0.5\%$ 的异丙醇中，含有 $25\% \pm 0.5\%$ 的松香和 $0.15\% \pm 0.01\%$ 的二乙胺盐酸盐。

无铅可焊性测试所用的助焊剂为标准的活性松香助焊剂#2：按质量算，在 $74.61\% \pm 0.5\%$ 的异丙醇中，含有 $25\% \pm 0.5\%$ 的松香和 $0.39\% \pm 0.01\%$ 的二乙胺盐酸盐。

主要成分和指标参见表 9.2。



表 9.2 助焊剂主要成分和指标

组 分	成分的重量百分比	
	助焊剂#1	助焊剂#2
松香	25%±0.5%	25%±0.5%
二乙胺盐酸盐 (CAS 660-68-4)	0.15%±0.01%	0.39%±0.01%
异丙醇 (IPA) (CAS67-63-0)	其余	其余
氯当量	0.2	0.5

2) 助焊剂的保存

助焊剂不用时应密闭储存,在非密闭状态下暴露超过 8h 应废弃,密度应当维持在 0.838~0.858 (25℃) 之间,使用一星期后应废弃。

3) 助焊剂的应用

元器件引脚和可焊端涂覆助焊剂应当统一,要全部覆盖测试表面,助焊剂应当在室温下使用。

3. 溶剂

1) 作用和要求

用于从焊端上去除助焊剂的清洗剂,应同时能够去除助焊剂残留物,清洗后表面应无腐蚀及机械损伤。所有引脚在进行外观观察前均应使用此溶剂进行清洗,以去除助焊剂残留。

2) 类型

(1) A 类。

- ① 异丙醇——纯度 99.5%。
- ② 醋酸——酸度最大为 0.002%。
- ③ 非挥发成分每 100ml 最多 2mg。

(2) B 类。

- ① 乙醇: 纯度 96.2%。
- ② 游离酸最大为 4mg/L。

9.3 试验方法与步骤

9.3.1 试验要求

1. 样本抽取

样本应当从元器件中随机抽样,样本大小应根据供货协议或与供应商共同协商后确定。



2. 样品老化处理

(1) 如来料后需要存储一段时间后使用,则需要对来料进行蒸汽老化试验,比如锡镀层引脚需要存储超过6个月,则需要进行8h蒸汽老化试验后再进行可焊性测试。

(2) 如果马上使用,则无须进行老化试验,直接进行可焊性测试。

9.3.2 试验方法

1. 焊槽浸焊法

1) 技术要求

焊槽浸焊法技术要求,如表9.3所示。

表 9.3 焊槽浸焊法技术要求

参数项目	有 铅	无 铅
焊槽中钎料温度	245±5℃	255±5℃
浸渍深度	0.0~9.9±0.1mm	0.0~9.9±0.1mm
浸入/拉出速度	1~25mm/s±2mm/s、且连续可调	1~25mm/s±2mm/s、且连续可调
焊槽深度	≥40mm	≥40mm
焊槽容积	≥300ml	≥300ml

2) 试验框图

焊槽浸焊法可焊性试验设备的框图,如图9.3所示。

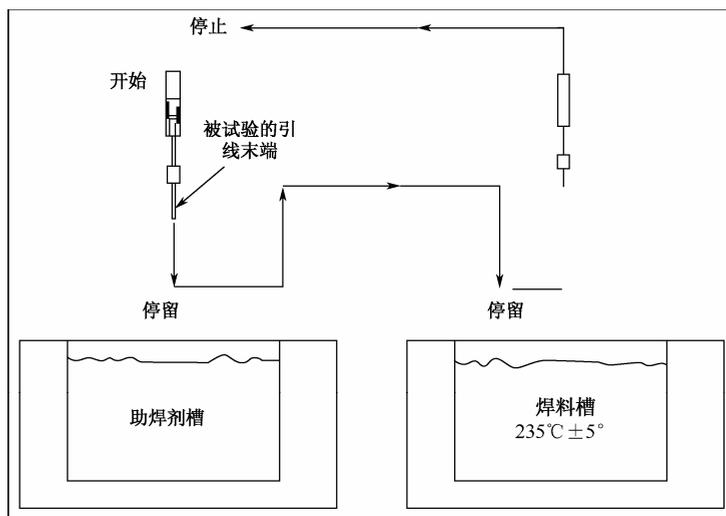


图 9.3 焊槽浸焊法试验装置示意图



2. 润湿称量法

1) 技术要求

- (1) 润湿力测量范围： $-9.80\sim+9.80\text{mN}$ ，误差为 $\pm 0.02\text{mN}$ 。
- (2) 润湿开始时间测量范围： $0\sim 9.9\text{s}$ ，误差为 $\pm 0.1\text{s}$ 。
- (3) 试验样品浸渍深度调节范围： $0\sim 5\text{mm}$ ，误差为 $\pm 0.2\text{mm}$ 。
- (4) 试验样品浸渍持续时间： $0\sim 10\text{s}$ ，误差为 $\pm 0.1\text{s}$ 。
- (5) 试验样品浸渍速度： $1\sim 25\text{mm/s}$ ，可调。

2) 试验框图

润湿称量法可焊性试验设备的框图，如图 9.4 所示。

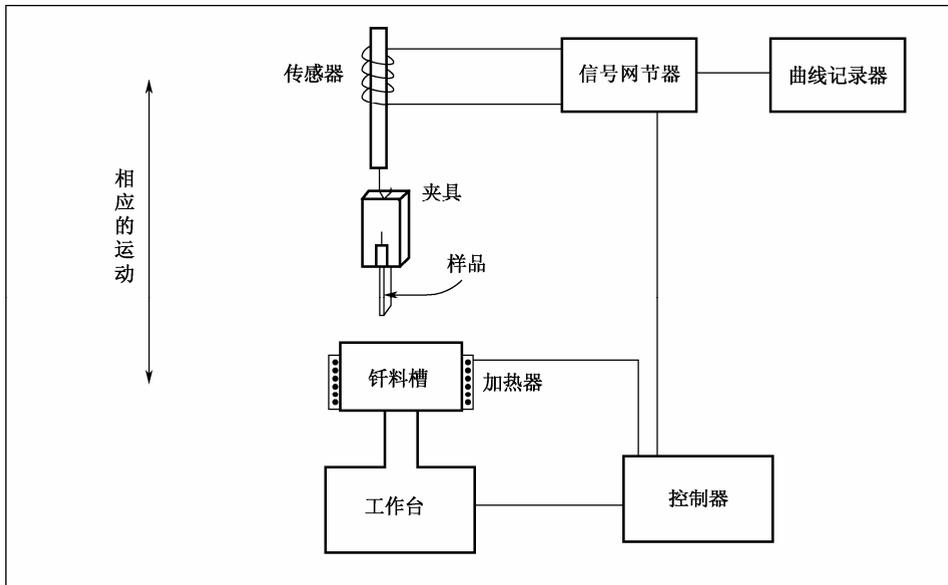


图 9.4 润湿称量法试验装置示意图

9.3.3 试验步骤

1. 焊槽浸焊法

1) 试验概述

焊槽的深度不应小于 40mm，其容积不应小于 300ml，所用钎料和助焊剂应符合 9.2.2 节规定要求。在试验之前，槽中钎料的温度应为有铅—— $245\text{℃}\pm 5\text{℃}$ ；无铅—— $255\text{℃}\pm 5\text{℃}$ ，试验样品的浸入和提出速度为 25mm/s。

通孔元器件应保持与焊料垂直，有引脚/无引脚的表贴元件的可焊端应以与助焊剂液面成 $20^\circ\sim 45^\circ$ 角浸入。禁止摇动、振动和移动浸焊装置。



2) 试验步骤

(1) 试验 A——焊槽/浸焊观察测试（引线、导线等）。

① 升温。

将焊槽中的钎料加热并保持在：有铅—— $245^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ；无铅—— $255^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

② 浸助焊剂。

将试验样品装夹在夹具中后，再将待试验的全部表面浸渍到室温条件的助焊剂中，通孔安装的轴向、径向或多引脚引线，应垂直浸入助焊剂槽中。表面贴装的有引脚或无引脚的元器件可焊端，应以与助焊剂液面成 $20^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 角浸入，浸入深度要超过待检测关键表面。滞留时间为 5s，过量助焊剂残留可用吸水纸吸去，然后取出滴干 5~20s。

③ 浸钎料。

- 在每次浸渍之前，应除去钎料表面的氧化物和浮渣。
- 涂覆助焊剂后，再将通孔元件引线浸入焊料中，如图 9.5 所示。

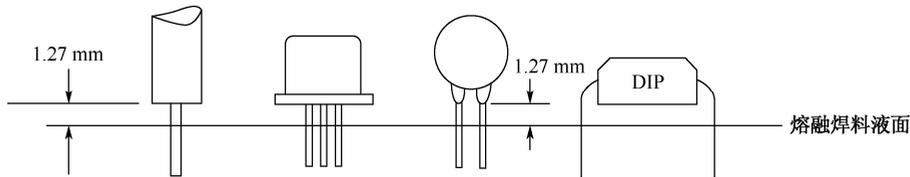


图 9.5 通孔元件浸焊深度

具体要求如下所述。

- 引线安装部分的表面均应浸入焊料中，直至距本体约 1.27mm 为止。
- 浸入和脱离速度为 (25.0 ± 6.0) mm/s。
- 驻留时间为 (5.0 ± 0.5) s。
- 当样品提出钎料液面至浸入试验前的高度时，允许对样品表面的钎料通过空气冷却固化。
- 表面贴装的有引脚或无引脚的元器件表面可焊端，如图 9.6 所示，可分别与钎料液面成 $20^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 角或 90° 角浸入。
- 浸焊前应当去除助焊剂污物，小心不要去去除助焊剂涂覆层。

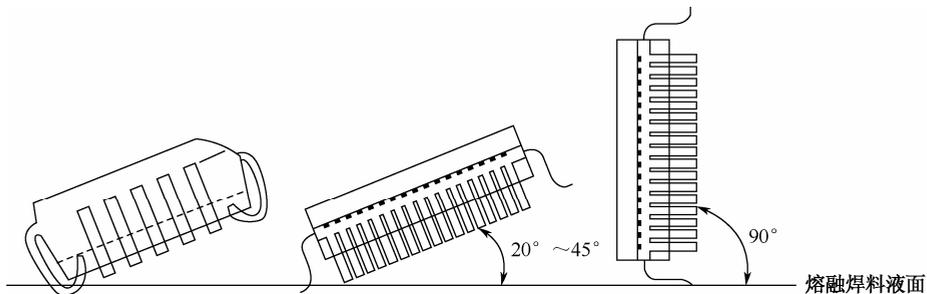


图 9.6 表面安装有引线元件浸焊角度

④ 评定。

- 放大倍数：样品应当在在无影灯光下借助 10 倍放大镜进行外观检查；对于细间距有引线元器件（间距 $\leq 0.5\text{mm}$ ），采用放大倍数为 30 倍。



- 仲裁放大倍数：仲裁放大倍数应当为 30 倍。对于细间距有引线元器件（间距 $\leq 0.5\text{mm}$ ），仲裁放大倍数应当为 70 倍。仲裁条件应当只用于验收在检验放大倍数（10 倍）下被拒收的产品。
- 合格判断：所有端子应展示连续的焊料涂层，任何单个端子连续的焊料涂层面积至少要达到 95% 以上为合格。允许有少量分散的诸如针孔等不润湿或弱润湿之类的缺陷，且这类缺陷不应集中在一起。

⑤ 元器件的关键观察表面。

所检元器件引脚在没有特殊说明情况下，应按图 9.7~图 9.20 所示关键表面进行外观观察（包括试验 A 与试验 B）。

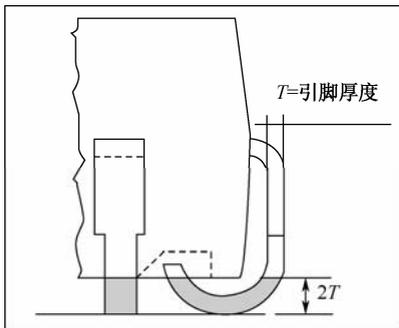


图 9.7 J 形引脚元件 (1)

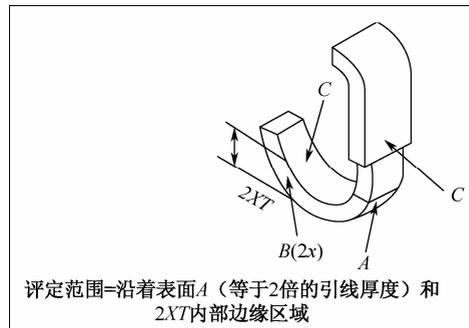


图 9.8 J 形引脚元件 (2)

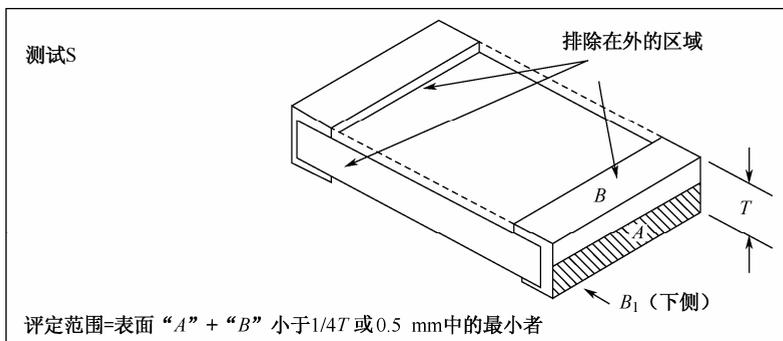


图 9.9 无源元件 (1)

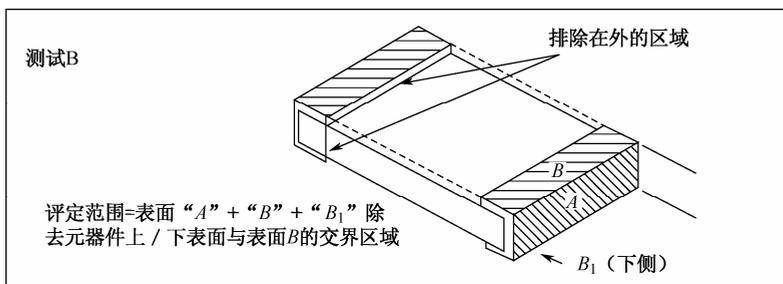


图 9.10 无源元件 (2)

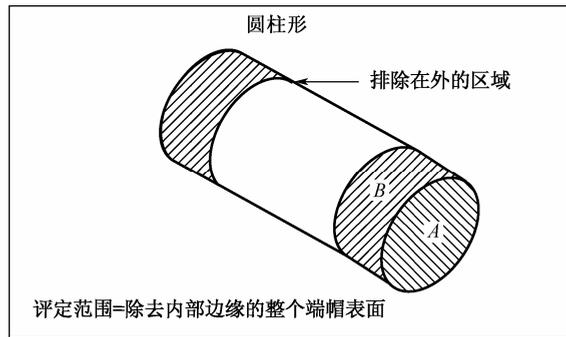


图 9.11 无源元件 (3)

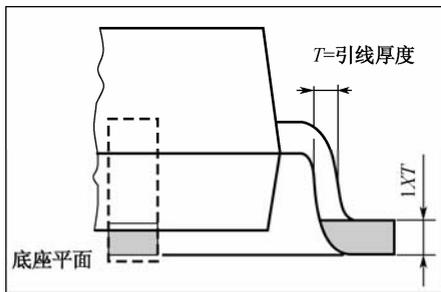


图 9.12 翼形引脚元件 (1)

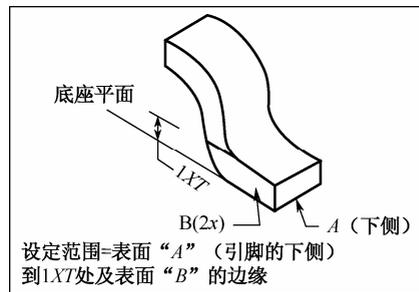


图 9.13 翼形引脚元件 (2)

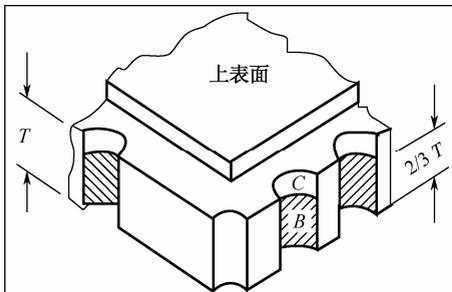


图 9.14 LCC 无引脚芯片 (1)

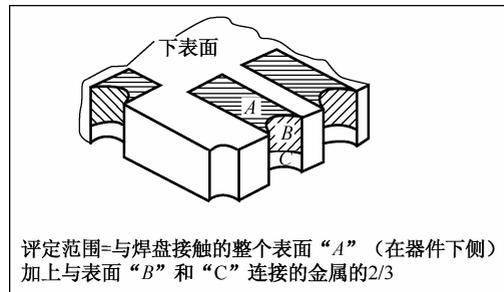


图 9.15 LCC 无引脚芯片 (2)

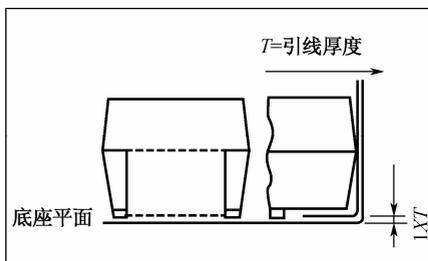


图 9.16 L 形无引脚元件 (1)

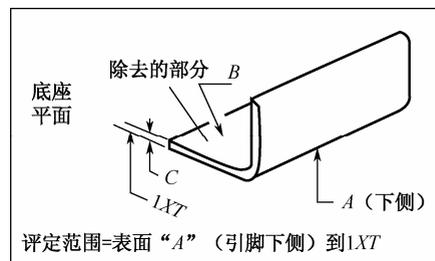


图 9.17 L 形无引脚元件 (2)

(2) 试验 B——焊槽/浸焊观察测试 (无引线元器件)。

① 升温：同试验方法 A。

② 浸助焊剂：同试验方法 A。

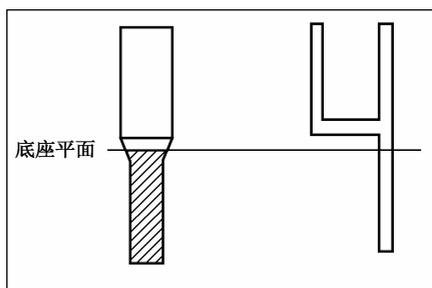


图 9.18 平直引脚 (1)

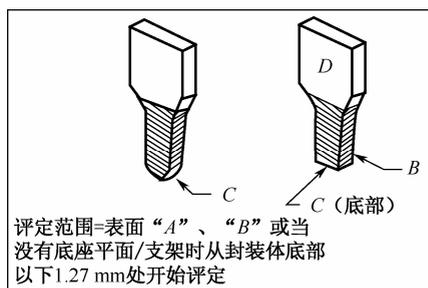
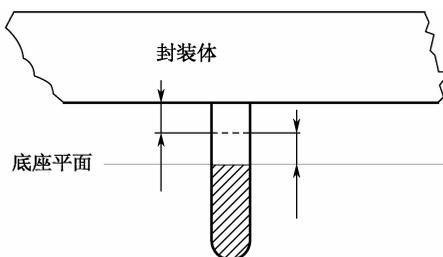


图 9.19 平直引脚 (2)



评定范围=底座平面上加0.75 mm的整个引脚表面或封装体底部以下1.27 mm两者中的最小者

图 9.20 圆引脚

③ 浸钎料:

- 在每次浸渍之前, 应除去熔融钎料表面的氧化物和浮渣;
- 样品浸入焊料深度至少 0.1mm, 如图 9.21 所示。浸入和脱离速度为 (25 ± 6.0) mm/s, 驻留时间为 (5.0 ± 0.5) s, 大元件的驻留时间可稍微延长。

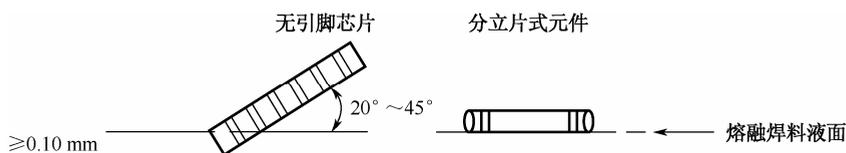


图 9.21 无引脚片式元器件浸入深度

- 当样品提出钎料液面至浸入试验前的高度时, 允许对样品表面的钎料通过空气冷却固化。
- 表面贴装无引线元器件表面, 应当与钎料液面成 $20^\circ \sim 45^\circ$ 角浸入焊料中; 而分立片式元器件和裸焊盘封装的浸入角度为 90° 。
- 浸焊前应当去除助焊剂污物, 小心不要去去除助焊剂涂覆层。

④ 评定。

- 放大倍数: 样品应当在在无影灯光下借助 10 倍放大镜进行外观检查; 对于细间距有引线元器件 (间距 ≤ 0.5 mm), 采用放大倍数为 30 倍。
- 仲裁放大倍数: 仲裁放大倍数应当为 30 倍。对于细间距有引线元器件 (间距 ≤ 0.5 mm), 仲裁放大倍数应当为 70 倍。仲裁条件应当只用于验收在检验放大倍数 (10 倍) 下被拒收的产品。



- 合格判断：所有端子应展示连续的焊料涂层，任何单个端子连续的焊料涂层面积至少要达到 95% 以上为合格。允许有少量分散的诸如针孔等不润湿或弱润湿之类的缺陷，且这类缺陷不应集中在一起。
- (3) 试验 C——绕线焊接试验（端子、可焊端、连接片等）。
- ① 概述。
- 此试验用于直径大于 1.016mm 的多股导线和直径大于 1.14mm 的实心导线缠绕的端子、接线片和接线柱的可焊性试验。
 - 绕线铜线应按 QQ-W-343 制造的柔软或退火导线，绕线的最小直径为 0.6mm，并按以下方法绕线：先将截断了的长度不小 50.0mm 的直导线浸入不密封的离子水或蒸馏水中清洗 2min，再用 10% 的氢氟酸清洗，室温下放入水中晃动 5min，最后用异丙醇、乙醇两种溶剂清洗，清洗完在空气中干燥后备用。应当用标准导线缠绕所有样式待测部分 1.5 匝。
- ② 试验步骤。
- 升温：同试验方法 A。
 - 浸助焊剂：同试验方法 A。
- ③ 浸钎料。
- 在每次浸渍之前，应除去熔融钎料表面的氧化物和浮渣。
 - 按浸助焊剂的方法将样品的试验表面浸入焊料中，直至规定的深度，浸入和脱离速度均为 (25.0 ± 6.0) mm/s，驻留时间为 (7.0 ± 0.5) s。
- ④ 评定。
- 放大倍数：样品应当在在无影灯光下借助 10 倍放大镜进行外观检查。
 - 仲裁放大倍数：仲裁放大倍数应当为 30 倍。仲裁条件应当只用于验收在检验放大倍数（10 倍）下被拒收的产品。
 - 合格判断：缠绕导线与端子之间的填充总长度至少有 95% 应当与端子表面相切，且无缺陷，如针孔；参差不齐或不连贯的切线表明是缺陷，如图 9.22~图 9.25 所示。

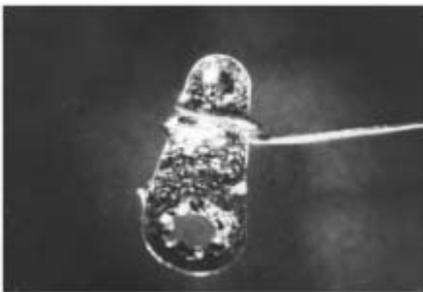


图 9.22 可接受的焊端 1

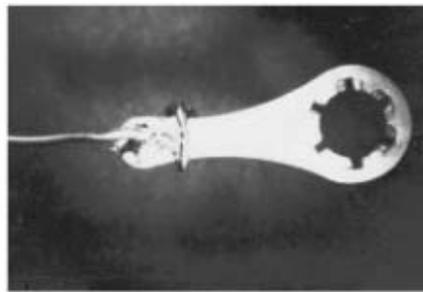


图 9.23 拒收的焊端 1

2. 润湿称量法

1) 试验原理

将元件的引出端从灵敏的称杆上悬吊下来，并使其浸入规定温度的熔融钎料中，直至要



求的深度。此时，熔融钎料作用于试验表面的张力和对样品的浮力的合力，由传感器测得并转换成电信号。该信号由一高速的特性曲线记录仪将其作为时间的函数连续记录下来形成润湿曲线。

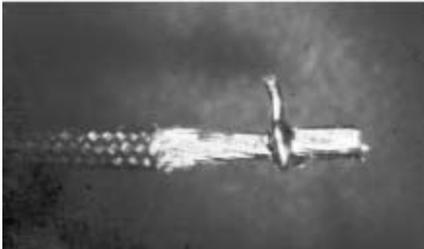


图 9.24 可接受的焊端 2

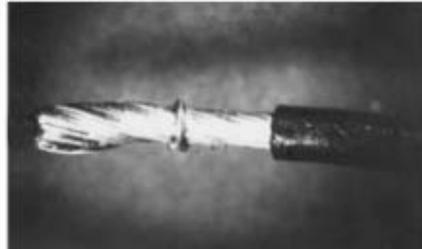


图 9.25 拒收的焊端 2

2) 试验步骤

(1) 升温。

将焊槽中的钎料加热并保持在：

- 有铅—— (245 ± 5) °C；
- 无铅—— (255 ± 5) °C。

(2) 浸助焊剂。

- 将被试引出端安装在夹具上，把要求试验的全部表面浸渍到室温条件下的助焊剂中；
- 随后立即把试验样品竖立在清洁滤纸上 1~5s，以去除多余的助焊剂。

(3) 浸渍前的准备。

- 将被试引出端垂直地悬吊在焊槽上方，使其下部边缘离钎料液面 (20 ± 5) mm，停留 (30 ± 15) s，以利试验开始之前，使助焊剂中的绝大部分溶剂挥发掉；
- 在此干燥期间应调节悬吊着的引出端至要求的零位，并将记录笔也调到零位；
- 试验开始之前，用合适的材料做成的刮板刮去钎料表面的氧化物和浮渣。

(4) 浸钎料。

- 润湿称量法测试条件，参见表 9.4。

表 9.4 润湿称量法测试条件

参 数	元器件类型	
	表面贴装元器件	通孔插装元器件
浸入深度 (mm)	0.1	1~1.5
浸入和拉出速度 (mm/s)	5	25
停留时间 (s)	5	

- 润湿力-时间曲线，如图 9.26 所示。

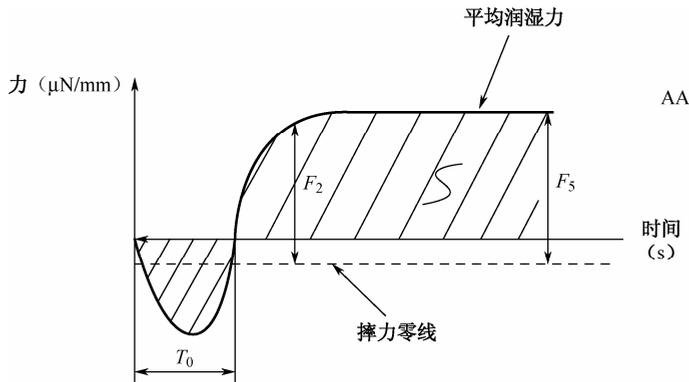


图 9.26 具有代表性的润湿力-时间曲线

图中：

- T_0 — 零交时间 (s) ；
- F_2 — 2s 时的润湿力 ($\mu\text{N}/\text{mm}$) ；
- F_5 — 5s 时的润湿力 ($\mu\text{N}/\text{mm}$) 。

(5) 试验结果评定。

- 润湿称量曲线基本技术要求参见表 9.5，且上锡面积应当比浸入面积大，不符合则不合格。

表 9.5 润湿称量曲线基本技术要求

参 数	说 明	技 术 要 求
T_0	零交时间	$\leq 2\text{s}$
F_2	从测试开始到 2s 时的润湿力	为正值
F_5	从测试开始到 5s 时的润湿力	不小于 F_2 值的 90%

- 如符合基本要求，则另需使用试验 A/B——焊槽/浸焊观察测试进行判定。以试验 A/B——焊槽/浸焊观察测试为准。

9.4 可焊性测试的仲裁

9.4.1 焊槽浸润法的仲裁

仲裁时，普通材料采用放大倍数为 30 倍；对于细节距有引线元器件（节距 $\leq 0.5\text{mm}$ ），仲裁放大倍率为 70 倍。

9.4.2 润湿称量法的仲裁

润湿称量法可作为焊槽浸润法的辅助手段，共同评测材料的可焊性。



9.4.3 仲裁手段的实施范围

当对正常的可焊性检验结果产生争执时，采用仲裁手段进行仲裁。仲裁可单独采用焊槽浸润法仲裁，或结合润湿称量法共同执行。

9.5 异常情况的处理

(1) 在可靠性试验中，当可焊端浸入部分由于润湿不良出现诸如表面粗糙、浮渣或不规则等异常情况时，可增加取样数，再次试验。再次试验如果这些异常情况可以消除，则表明为可接受的表面缺陷。如果异常情况仍然存在，则应将其归类为拒收的可焊性缺陷。

(2) 当对结论出现争议时，首先采用润湿法的仲裁方式，也可考虑采用润湿称量法进行仲裁，或两者相辅进行仲裁。采用仲裁试验时，只要一个批次中有一个元器件可焊性不合格就判定整批不合格。(临界润湿状况判定可根据《可焊性测试标准评估》附录判定)

可焊性测试标准评估如图 9.27~图 9.29 所示。

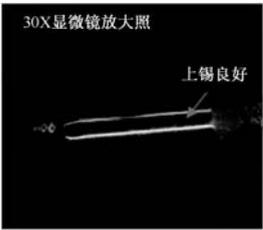
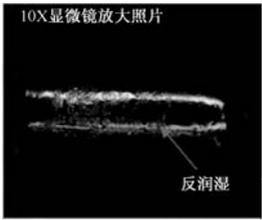
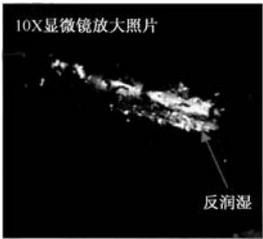
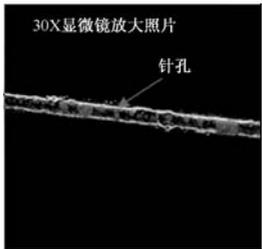
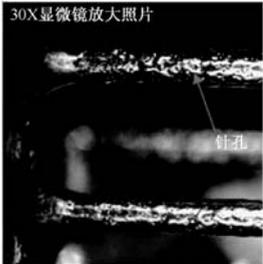
情 况	图 片	情 况	图 片
良好润湿	 <p>30X显微镜放大照 上锡良好</p>	反润湿 2	 <p>10X显微镜放大照片 反润湿</p>
反润湿 1	 <p>10X显微镜放大照片 反润湿</p>	针孔与不润湿	 <p>30X显微镜放大照片 针孔</p>
针孔	 <p>30X显微镜放大照片 针孔</p>		

图 9.27 可焊性缺陷类型及图示 (典型润湿情况)

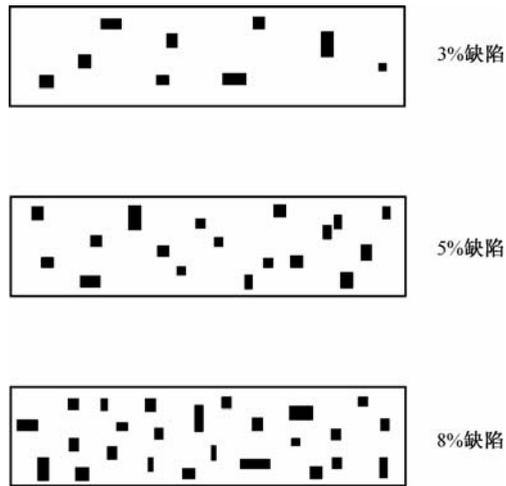


图 9.29 可焊性覆盖率指南

思考题 9

- (1) “元器件引线、焊端、接线端和导线的可焊性测试”引用的标准是哪个？
- (2) 元器件可焊性试验方法有哪些？
- (3) 元器件可焊性试验步骤有哪些？

第 10 章 电子装联辅料入库验收、 储存、配送工艺规范



本章要点

- 📁 概述
- 📁 焊料、助焊剂
- 📁 焊膏
- 📁 SMT 贴片胶
- 📁 UNDERFILL 胶、清洗剂、导热胶



10.1 概 述

电子装联辅料是指在装联生产过程中,因工艺需要所采用的辅助性材料;在生产过程中,起着焊接、黏接、清洗、覆盖、涂覆、散热、填充等作用的不可再生的消耗性材料。电子装联辅料包括:焊料膏、焊锡球、焊料条、焊料丝、助焊剂、助焊膏、清洗剂、无尘布、三防涂料、各类胶纸、贴片胶、散热胶、灌封胶、底部填充胶、各类黏接胶等。

本章对在入库验收、储存、配送方面有需要特别注意的电子装联辅料进行逐个阐述,比如焊料(包括但不限于焊膏等)、助焊剂、胶类(包括但不限于贴片胶、UNDERFILL胶、清洗剂等)。

10.2 焊料、助焊剂

10.2.1 焊料、助焊剂等装联辅料的要求

焊料和焊剂为关键性装联辅料,用于PCBA产品的器件与PCB的机械和物料连接,对产品质有重大影响。为确保焊料、助焊剂的品质,需要制定入库验收、储存、配送工艺规范。

10.2.2 引用标准

- (1) IPC/J-STD-004 助焊剂技术要求。
- (2) IPC/J-STD-006 电子级固态焊料技术要求。
- (3) IPC-TM-650 测试方法手册。

10.2.3 名词定义

软钎料:在钎接过程中用来填充钎缝的熔点低于 315°C 的合金(以下均简称焊料)。

助焊剂:一种在受热后对所施加的表面起清洁和保护作用的材料。一般分为醇基和水基助焊剂。

10.2.4 入库验收、储存、配送技术要求

1. 焊料

1) 入库验收

(1) 外观查验。

① 焊料入库前对来料的型号、供应商、品牌、规格尺寸、批次、使用期限进行核对。



② 来料外观应该是洁净发亮，有金属光泽；因锈蚀原因造成的发黑或发暗应拒收。

(2) 查验焊料成分（需要时才进行）。

当新认证供应商或对来料的化学成分有疑问时，应及时取样送法定检验机构，按 IPC-J-STD-006 电子级固态焊料技术要求，进行合金成分分析。对 Sn60/Pb40 或 Sn63/Pb37 焊料的纯度应符合表 10.1 规定要求，若为其他成分焊料，则依照相对应的规定要求处理，未达标的拒收。

表 10.1 锡铅焊料允许的杂质容限（Sn60~Sn63）

杂 质	最大杂质容限（%）
Cu	0.300
Au	0.200
Cd	0.005
Zn	0.005
Al	0.006
Sb	0.500
Fe	0.020
As	0.030
Bi	0.250
Ag ³	0.100
Ni	0.010

注：铜、金、镉、锌、铝的总量不超过 0.4%。

2) 储存

- (1) 含铅焊料应在无氯（Cl）气氛中储存。
- (2) 其他焊料按照说明书要求的存储条件存储。
- (3) 若来料包装上有储存期限要求，则按要求的期限保存。
- (4) 有铅物料和无铅物料要按照要求区分放置。

3) 配送

- (1) 按产品生产的日需用量，每日配送一次，不能在生产现场过量堆积。
- (2) 含铅焊料配送过程中，应戴手套操作，事后应及时洗手。
- (3) 使用过程中发生的焊料渣，含有大量的有毒重金属铅，会污染环境，因此，不得随意丢弃，应集中处理。

2. 助焊剂

1) 筛选认证试验

(1) 标准和要求。

助焊剂必须符合 J-STD-004 的要求。每次筛选新助焊剂时均应按下述程序进行评估和确认。



(2) 测试样品。

测试样品应该能代表在生产过程中用到的基材、组装材料和组装过程。用于 SIR 测试的样品上的电路应该类似于 IPC-B-36 电路，且不能被阻焊层覆盖。

(3) 样本数量。

针对每一种材料/流程组合至少需要 10 个样品。该数量是假设会有 10% 的缺陷（90% 的合格品）而得出。在 IPC-TR-467 标准中有关于如何确定样品数量的全面的解释。

(4) 清洁度测试。

IPC/J-STD-001D 现规定以下的数字代表了各类清洁度测试的内容：

0——不需要进行清洁度测试；

1——松香（树脂）残留物测试；

2——离子残留物测试；

3——表面绝缘电阻测试；

4——其他表面有机杂质测试；

5——其他测试。

(5) 助焊剂残留物。

按 IPC-TM-650/2.3.27 测试方法进行且残留物的含量（以 NaCl 计）不应超过以下要求：

I 级产品 $< 200\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ；

II 级产品 $< 100\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ；

III 级产品 $< 40\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。

(6) 离子残留物（仪器测量）。

按 IPC-TM-650/2.3.26 或 2.3.26.1 测试方法。离子残留物的含量应少于 $1.56\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 氯化钠（NaCl）当量。如果采用其他方法检测时，其灵敏度不应低于上述方法。

(7) 离子残留物（人工测量）。

按 IPC-TM-650/2.3.25 溶剂萃取测试方法。离子残留物的含量应少于 $1.56\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 氯化钠（NaCl）当量。如果采用其他方法检测时，其灵敏度不应低于上述方法。

(8) 表面绝缘电阻（SIR）。

推荐以下的测试方法可得知残留物的特性，以达到流程控制的目的。

- 萃取溶剂的电阻率（ROSE）：按 IPC-TM-650 方法的 2.3.26 或 2.3.26.1 进行的 ROSE 测试，可以测出经过整个生产流程后的组件板的离子污染度。
- 离子色谱分析（IC）：按 IPC-TM-650 方法 2.3.38 进行的离子色谱分析测试，可以测试出离子的种类。该方法在进行初始流程认证或产品的失效分析时特别有用。

(9) SIR 测试后目视检查。

所有被元件遮住的地方都必须把元器件去除，去除时最好采用剪脚的方法，而不能使用化学品或使用加热的方法。所有的地方需要用 10~30 倍的放大镜检查是否有腐蚀和树枝形的情况，检查树枝形情况时必须使用背光光源。

不允许有腐蚀的情况出现，树枝形不能大于两个导体间距离的 20%。

2) 入库验收

(1) 外观：应是淡黄色透明液体，不得有悬浮物，否则拒收。



(2) 理化指标检测。

- 定期检测：对固定供货商的产品，每季度需将正在使用的助焊剂抽取样品，按上述筛选确认试验的项目要求，送国家法定机构进行检验。
- 仲裁：当出现较大质量问题判断有争异时，可随时按上述筛选确认试验的项目要求，送国家法定机构进行检验和仲裁。
- 检测不达标的，则该批次应全部退货，并向供货方发出警告，限期改进，改进不力者取消供货资格。

(3) 收货与清点进料检验合格后方可收货，收货时及以后每周的定期清点均必须完整填写“助焊剂库存登记表”。

3) 储存

(1) 储存环境。

- 由于醇基助焊剂的易燃、易爆性，故要求保存在具有由国家颁发合格证的通风良好的危险品化工原料专用存储区内，并按要求配置消防器材，存储数量按照法规要求。
- 水基助焊剂存放在一般的化工原料专用存储内。

(2) 存放：应按不同型号、不同批次分开放置，不得堆放。

(3) 有效期。

- 为保证产品质量，在对物料进货登记时，必须依照小包装标签上注明的有效期限进行登记。
- 如出现有超期的助焊剂，必须立即退货。

4) 配送

(1) 按每 4h 的消耗量，每隔 4h 向生产线配送一次，严禁在生产现场有成桶的助焊剂放置。

(2) 对于醇基助焊剂，每次配送的数量还需要符合法规的要求。

5) 安全事项

助焊剂是一种稍具毒性、易燃、易爆和腐蚀性的化工材料，在使用时应特别注意安全要求：

- 严格按照工艺文件和助焊剂供应商相关规定操作；
- 领用必须由专人负责；
- 配送过程可能要接触助焊剂时必须戴橡胶手套；
- 完成操作后必须用洗手液洗手；
- 过期助焊剂经确认后应报废，任何人不得任意处理。



10.3 焊 膏

10.3.1 焊膏的要求

焊膏为锡粉和助焊剂的混合物，呈膏状。因焊膏在常温下长时间放置（如一天时间）时，焊膏内的锡粉会与助焊剂发生缓慢的化学反应，焊膏内的添加剂也会发生性能劣化，影响焊膏使用效果。故制定“焊膏入库验收、储存、配送工艺规范”，对焊膏从验收到使用的各环节进行管控。

10.3.2 引用标准

J-STD-005 焊膏技术要求。

10.3.3 名词定义

焊膏是一种均质混合物的膏状体，它由一定比例的焊料合金金属粉、糊状助焊剂和一些添加剂混合而成，具有一定黏性和良好触变性。在常温下，焊膏可将电子元器件粘贴在既定位置上，当被加热到一定温度时随着溶剂和部分添加剂的挥发、合金粉的熔化，而使被焊元器件端子和焊盘连在一起，形成永久的连接焊点。

10.3.4 焊膏的采购、验收、储存、配送及使用中的管理

1. 对焊膏管理的描述

焊膏的储存和处理在表面贴装生产中对于减少缺陷和过程变量已经越来越重要，但是焊膏随后的储存与处理可能对其性能具有最大的影响。焊膏是一种容易变质的产品，监测和控制其储存寿命是非常重要的。

焊膏分配链由许多元素组成，从焊膏制造商到印刷操作整个过程中，这些元素对控制焊膏所暴露的时间与温度都起作用。因此，控制这个链是一个重要的任务。把对焊膏分配链的每一个元素的控制转换成对每个焊膏存储容器的实际控制，这样的模式可能是一个较优的过程控制方案。在焊膏容器上使用 TTI 标贴（时间控制标签）可以有效管控焊膏的储存与过程处理。

2. 采购频次

必须依据生产需求，适时适量购入焊膏，一般库存量以一周至两周为宜。

3. 入库验收

(1) 焊膏入库前对来料进行验收，验收内容应包括供应商标识、品牌、型号、批次、有



效期限、送货时的外包装状态、数量等，数据不全者拒收。

(2) 验收后贴上相关入库标识，注明入库时间，然后立即放入冷藏柜中储存并填写“焊膏库存登记表”。有条件的公司也可以采用扫描条码对系统进行监控。入库标识如图 10.1 所示。

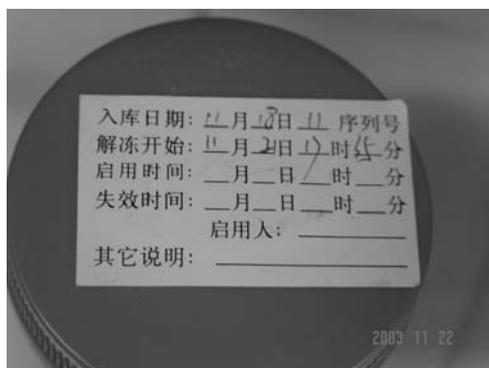


图 10.1 入库与解冻标识

4. 储存

1) 焊膏的储存

(1) 由于焊膏非常容易受温度、湿度、搅拌时间、搅拌方法等许多因素影响，因此必须严格控制焊膏的保存及使用环境参数。

很多公司专门针对焊膏的控制、储存和处理，列出了一个抽样调查表，参见表 10.2。列出的所有这些问题对焊膏的质量都是非常关键的，必须严格控制。

表 10.2 抽样调查表

序 号	调 查 内 容
1	焊膏储存在冰箱中是否遵守“先进先出”的原则？
2	在作业指导卡中是否规定了焊膏的使用方法？
3	在焊膏容器上有没有规定焊膏冷藏失效的日期？
4	焊膏从冷藏箱中取出的日期和时间在容器上有规定吗？
5	焊膏可使用的日期与时间在容器上有规定吗？
6	焊膏在室温下的失效日期和时间在容器上有规定吗？

(2) 在使用前焊膏必须存储在冷藏柜（或与此要求相当的环境）中，要求存储温度为 0~10℃，建议冷藏柜温度设置为 2~8℃的预警范围。

(3) 冷藏柜的温度每天至少需定期检查一次并做好记录，以保证其在出现异常时能及时被发现而不至于影响到焊膏的品质。

2) 过程中的温度控制

焊膏的温度从其制造时开始到应用于 PCB 装配的全过程，都应该得到监测与控制，以



保持焊膏持续的黏性、再流特性和整体性能。如表 10.3 所示列举了国外一些焊膏制造商，在其产品技术数据表中推荐的焊膏储存温度和每个温度条件下保持性能的最长时间。

表 10.3 焊膏储存和处理推荐方法的常见数据表

条 件	时 间	环 境
装运	4 天	<10℃
仓储寿命（冷藏）	（3~6）个月（标签上注明）	0~5℃（冰箱）
仓储寿命（室内密封并装）	5 天	温度：15~25℃； 湿度：（30~60）%RH
焊膏稳定时间（从冰箱中取出后）	8 小时	室内 温度：15~25℃； 湿度：（30~60）%RH、
模板印刷时寿命	4 小时	机器环境 温度：15~25℃； 湿度：（30~60）%RH

有时，来自同一制造批号的不同容器中的焊膏使用时的表现会不同，这可能是运输期间焊膏已超过温度所致；甚至当焊膏已经储存到用户工厂的冷藏柜里了，也可能在某一时间段（如周末）停电；或者焊膏使用前在生产线上滞留的时间太长。因此，对焊膏的控制应该关注于控制分配链的每一个阶段，而不是焊膏本身，例如：

- 隔热运输容器；
- 24 小时温度监测/断电的电池备用；
- 工厂温度控制；
- 标记焊膏罐打开的日期与时间；
- 印刷温度控制。

在不规范的储存和使用条件下，可以肯定：焊膏的储存与使用会存在问题，从而导致焊膏印刷甚至焊接缺陷。

5. 配送

1) 发料

(1) 焊膏从冷藏柜中拿出解冻使用时，应先贴上焊膏标签，记录其中的项目。

(2) “先进先出”原则，即先入库的要先发放使用。

从冷藏柜中取出焊膏时要求遵循“先进先出”原则，即先入库的要先发放使用。

2) 失效日期问题

焊膏从制造商发货出来是以储存寿命来标明失效日期的，失效日期通常是从制造之日起的三个月或六个月。和任何其他容易变质产品一样，实际的储存寿命取决于焊膏储存的时间与温度。



6. 焊膏的使用

1) 先进先出

焊膏使用时必须遵循先进先出的原则，即先入库的要先发放使用。

2) 回温（解冻）

因焊膏是储存在低温冷藏柜中，如果低温下使用，会因温度升高而吸取空气中的潮气，造成再流焊时出现炸锡而形成锡珠。所以必须在密封状态下由低温回温至常温或使用温度。一般焊膏要求的最低回温时间为 4h。

3) 记录和搅拌

回温时必须记录开始回温时间与可以使用时间，然后手工搅拌 2~5min。

4) 添加

印刷中添加焊膏时应遵循少量多次的原则，每次从冰箱中取出解冻和加到印刷钢网上的焊膏不能过多，一般以焊膏滚动时滚柱高度为 10~20mm 为宜，以免焊膏长时间暴露在室温环境中影响到最终的焊接效果。

5) 规范使用

根据焊膏解冻时间、在室温（密封）状态下的停留时间、开瓶后可使用时间、在钢网上可停留时间以及从印刷到 PCB 上至开始过再流炉的时间等，来规范焊膏在生产线上的使用。

6) 黏度测量

在印刷使用前，每一批次需由质检人员进行黏度测量，测量值在该种焊膏标称值 $\pm 10\%$ 之内为合格，检测合格后，该批次焊膏才能上线使用。如出现黏度超标，全批次退给供应商。

7) 回温后的使用寿命

因在常温状态下，助焊剂中的活化剂已处于活化温度，如长时间处在活化温度下，活化剂会因消耗而使活化能力降低，最后失去活性。为保证有足够的活性，回温后（未开封）必须在 72h 内使用完，否则作报废处理。

8) 工序滞留时间

印刷好的 PCB 必须在 2h 内贴装元件并进行再流焊焊接。

9) 回收

因生产计划变化或其他原因，导致开封后焊膏 8h 内没有用完，可以回收。回收时需要将焊膏瓶盖紧，记录已开封的时间，放入冷藏柜中储存，使用时重新回温，累计开封时间



8h 内使用完，否则报废处理。为保证制程质量，钢网上的焊膏建议不再进行回收使用。

10.4 SMT贴片胶

10.4.1 SMT 贴片胶

一般为红胶，是单一组分常温储藏受热后迅速固化的环氧树脂胶黏剂。为了确保 SMT 贴片胶在使用时的性能稳定，特制定“SMT 贴片胶入库验收、储存、配送工艺规范”。

10.4.2 引用标准

ANSI/IPC-SM-817 绝缘性表面组装胶黏剂通用要求。

10.4.3 名词定义

固化：通过化学反应使贴片胶的物理特性改变。固化可以通过热的对流或传导、通过红外或紫外光辐射和在标准的温度和压力下的催化作用来完成。

10.4.4 贴片胶的作用与性能

1. 贴片胶的作用

贴片胶在电子组装中的主要用途是：在波峰焊焊接过程中把元器件保持在 PCB 的预定位置上，确保在焊接过程中元器件不会掉落。贴片胶在组装中适用的元器件范围，可以从 0402 的电阻器和电容器，到更大的 IC 器件。

2. 贴片胶使用性能要求

良好的贴片胶剂的特征包括：固化强度、一致性、高的胶点轮廓、抗溶剂性和环保安全性等。

1) 固化强度

贴片胶的固化强度一定要能足够承受波峰焊焊接以前的传递和加工工序（如贴片）所可能形成的冲击力，并能保持在波峰焊焊接过程中元器件的附着力。

2) 一致性

滴出或刮出的胶点粗细、高低均能保持一致或接近。



3) 高的胶点轮廓

滴胶或刮胶形成的胶点应有一定的高度要求,以使元器件的底部有一个合理的表面区域来附着。

4) 抗溶剂性

能承受波峰焊焊接过程中助焊剂中的各种活性物质及其溶剂的作用,而不影响其黏着力和固化强度。

5) 环保安全性

胶片胶在储存和使用过程中,不会破坏环境。

10.4.5 入库验收、储存、配送管理

1. 采购要求

必须依据生产需求,适时适量购入胶水,一般库存量以一个月为宜。

2. 入库验收

(1) 每批来料必须进行验收确认,验收的内容应包括标牌清晰,品种、型号、生产日期和黏度指标明确;胶体黏度均匀、细腻、无异物、无粗粒,颜色明亮,易于辨别。

(2) 外包装箱的材质(不能使用硅、硫磺复合物、聚硫物或包含这些物质的材料制成)和完整性。验收合格方可接受入库,否则拒收。

3. 储存

1) 标识

在入库标识上填写好入库时间,如图 10.2 所示。然后将入库标识粘贴在储存瓶(罐)上,再将其置入冷藏箱中储存。

入库日期: ___年___月___日___序列号 解冻开始: ___年___月___日___时___分 启用时间: ___年___月___日___时___分 失效时间: ___年___月___日___时___分 启用人: _____ 其他说明: _____

图 10.2 时间控制标识



2) 储存

(1) 胶水必须存储在冷藏柜(或与此要求相当的环境)中,冷藏柜的温度设置一般为 0~10℃。

(2) 冰箱的温度每天至少需定期检查一次并做好记录,以保证其在出现异常时能及时被发现而不至于影响到胶水的品质。

(3) 储存期: 6 个月。

4. 配送

1) 发料

(1) 发料要遵循“先进先出”原则。

(2) 寿命终止期近的优先原则: 即对库存中寿命快近终止期的先发料。

(3) 从冷藏柜中取出后,在瓶体的入库标识上填写开始解冻的时间,填妥“贴片胶水使用记录表”。通常从冷藏柜拿出放在室温下解冻至少 4h 后方可投入使用。

2) 配送上线

遵循少量多次配送的原则,每次配送上线的配送量,以满足生产线 2h 的用量为宜,不可过多,以免贴片胶在生产线上过量堆积而导致性能劣化。

5. 使用

1) 复查保质期

操作者使用前应检查保质期是否过期,并在标识上填妥启用时间。

2) 分装

(1) 若胶水为 300ml 的大包装,在分装时需将 300ml 胶管先回温,回温时间控制在 4~12h。

(2) 然后用分装头让胶从机器点胶针管的小头进入,由下往上分装。分装量为 2/3~3/4 针管左右。建议一次分完一支 300ml 包装。

(3) 分装完后需将针筒小头朝外在转速为 1500~2000r/m 的条件下,离心脱泡 10~20min。

(4) 大管胶水灌装进注射胶管时不能灌装太满,应在 2/3 容积内。

3) 回温(解冻)

取出胶水后,胶水应在室温和密闭状态下回温 4h 以上方可使用。

4) 车间寿命

(1) 施过胶的 PCB 应在 2h 内完成贴片和固化工序,以保证胶点的固化效果。



(2) 解冻启用后在室温下的失效期为 48h。

5) 退库

(1) 回温后的贴片胶若未使用完，可退回仓库重新放回冷藏柜保存。

(2) 放回冷藏柜中的胶水要重新加贴入库标识，入库时间填写仍为原 300ml 胶水的入库时间，原入库标识继续保留。

(3) 再次使用时，需重新回温。

(4) 回温/冷藏重复次数不应超过两次。

(5) 不允许回收模板上的胶水。

6. 报废

胶水超过使用有效期或受污染导致明显的质量问题时，经专业人员确认后，予以报废。

10.5 UNDERFILL 胶、清洗剂、导热胶

10.5.1 规范说明

本节阐述对 UNDERFILL 胶水、清洗剂、导热胶等电子装联中常用辅料的储存与使用要求，可作为对此类物料管理的依据。

10.5.2 名词定义

1. 解冻

将物料由低温储存状态恢复到常温或使用温度状态的过程称解冻或回温。

2. 导热胶

导热胶是一种同时具备导热能力和黏接强度的化学混合物。

10.5.3 入库、储存及配送工艺要求

1. UNDERFILL 胶水

1) 入库验收

UNDERFILL 胶水入库前应对来料进行验收，检查项目有：厂商标识、品牌、型号、生产批号、使用期限、外包装箱是否完好、数量是否正确。符合要求则接受入库，否则拒收退货。



2) 储存

(1) 对入库物料应认真填写入库日期、解冻时刻、启用时间、失效时间等标识, 参见图 10.2。

(2) 标识应粘贴在包装瓶或罐的外表上。

(3) 填写“UNDERFILL 胶水储存记录表”, 并按进货时间顺序分开存放。

(4) 胶水必须储存在冷藏柜里, 冷藏柜温度应保持在 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$, 储存期为 6 个月; 使用前应检查保质期。

(5) 冷藏柜的温度每天至少需定期检查一次并做好记录, 以保证其在出现异常时能及时被发现而不至于影响到胶水的品质。

(6) 定期清库, 及时将超过保存期的材料进行报废处理。

3) 配送

(1) 发料。

① 应严格执行“先进先出”的原则。

② 胶水从冷藏柜拿出使用时, 应先在胶水瓶上贴上标签, 分别标注解冻和失效时间。

(2) 失效日期问题。

胶水从制造商发货出来是以储存寿命来标明失效日期的, 和任何其他容易变质产品一样, 实际的储存寿命取决于其储存的时间与温度。

4) 使用

(1) 解冻。

① UNDERFILL 胶水使用前, 从冷藏柜取出在室温下解冻至少 4h 后方可投入使用。

② 启用人必须在胶水管控标签 (已由入库人员填写入库信息并贴在瓶盖上) 上填写启用时间。

(2) 使用。

胶水解冻后, 应尽快使用, 在室温条件下存放的时间应小于 2 天, 超过 2 天仍未使用作报废处理。

(3) 退库。

由于生产计划的变更, 导致已出库的但处于密封状态的胶水, 尚未超过允许的室温存放期者, 可以退回库房重新储存。库房保管人员应在“UNDERFILL 胶水使用记录表”和标签上填上重新入库日期和失效期, 并与原库存的分开存放。

2. 清洗剂

1) 入库验收

入库前应对来料进行验收, 检查的项目有: 厂商标示 (厂商名称、品牌、型号、生产批号和使用期限等) 清楚完整; 数量正确; 外包装箱完好、清洁密闭、无破损泄漏等。符合要求则接受入库, 否则拒收退货。



2) 储存

(1) 储存环境条件。

① 温度为 10~35℃。

② 湿度范围 < 80%RH。

③ 应置于阴凉处储存，严禁阳光直射或高热，避免接触水和盐酸。

(2) 一般来说，水基清洗剂之外的清洗剂系易燃品，要配专人管理，储存场地应通风良好，无火源，并配备消防设备。

(3) 储存期为 12 个月，使用前应检查保质期。

3) 配送

(1) 发料时严格执行“先进先出”的原则。

(2) 有效期在前的先使用。

4) 使用

(1) 加强定额用量管理，用多少领多少，不可在生产现场超额储存。

(2) 使用场地应通风良好，避免吸入蒸气。

(3) 使用时要戴橡胶手套和相关的防护工具（如防护眼镜等），用后洗手。

(4) 取用后，随时封紧桶盖。

(5) 如有泄漏，应用吸管或干布吸起并用清水冲洗。

(6) 废液处理可使用清水稀释或交由相关废液处理公司。

3. 导热胶

1) 入库验收

入库前应对来料进行验收，验收项目有：供应商、品牌、型号、批次、有效期限，符合要求则接受入库，否则拒收退货。

2) 储存

(1) 收料。

对验收合格入库的物料，必须完整填写“使用标签”，参见图 10.2。标签应粘贴在瓶盖上。

(2) 储存环境。

① 温度为 0~10℃。

② 场地：冷藏罐或满足相应温度要求的室内。如果因特殊原因（运输等）短期内不能储存温度要求时，则必须使用铺满干冰的保温箱储存。

(3) 清库。

每周定期清点，并填写“导热胶库存登记表”，参见表 10.4。



表 10.4 导热胶库存登记表

填表人：

填表日期：

序号	日期	供应商	品牌	型号	批次	有效期	数量	备注
1								
2								
3								

(4) 有效期限（举例）。

① **Loctite 384**：低温存放环境有效期一般为 9 个月，该时间段的计算应以供货厂商小包装标签上注明的有效期为准。如有超过使用期限的，必须立即封存，及时通知相关人员进行处理，禁止超期使用。

② **Loctite 7387**：有效期一般是 2 年，应以供货厂商小包装标签上注明的有效期为准。如出现超期的，必须立即封存，并及时通知相关人员进行处理，禁止超期使用。

3) 使用

(1) 发料。

① 遵守“先进先出”原则。

② 导热胶从冷藏柜取后，应按标签要求填写解冻时间并将其粘贴在储存罐上。

(2) 回温。

因导热胶是储存在冷藏柜中的，如果低温下使用，会出现流动性能差等现象，所以必须在密封状态下由低温回温至常温或使用温度，最低回温时间为 4h。

(3) 记录。

回温后必须记录启用时间。

(4) 车间寿命。

① 常温下导热胶会有氧化产生，如长时间处在常温下，导热胶氧化增多，导致树脂的黏接力下降。

② 为保证有足够的黏接力活性，回温后的导热胶必须在 1 个月内使用完，否则进行报废处理。

4) 废料处理

(1) 导热胶是一种含有化学成分的材料，其中有些成分具有毒性，所以在报废时要特别



注意，严格按照要求报废或回收。

(2) 不得将使用过后的储存瓶罐等任意丢弃。

思考题 10

- (1) 常见的电子安装辅助材料有哪些？
- (2) 助焊剂的筛选认证有哪些关注点？
- (3) 为什么使用前要对焊膏进行回温解冻？

第11章 生产过程物料配送工艺要求



本章要点

- 📁 概述
- 📁 上线物料配送要求
- 📁 配送通道



11.1 概 述

11.1.1 生产过程物料配送

生产过程中，物料配送作为各产品生产加工中的重要环节，上线物料的配送过程管理需按照要求严格执行。

11.1.2 名词定义

上线物料是指生产线正常运转中必需的物料（包括 PCB、元器件、相关的结构件及各种辅料等）。

正确地掌握上线物料的配送，可以确保生产线正常而有序的运转、减少生产现场物料的过量堆集、减少 PCB 和潮湿敏感器件因暴露时间过长吸潮而劣化的可能、减少静电敏感器件和温度敏感元器件在生产现场过量暴露而损坏的可能，科学配送是优化工艺过程控制和质量控制的重要手段。

11.2 上线物料配送要求

11.2.1 PCB 的配送要求

1. 场地

配送前拆开 PCB 真空密封包装后，上线前的所有加工和临时储存应在专用场地内进行，场地条件应严格控制为

- (1) 温度为 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ；
- (2) 湿度为 $(50\pm 20)\% \text{RH}$ ；
- (3) 洁净度为 100K。

2. 配送

1) 含 OSP 涂层

(1) 要求物料拆封真空包装→再流焊焊接完毕累计滞留时间不超过 4h，对于封闭场地，允许时间不超过 8h。

(2) 应遵循“小数量、多次数”的配送原则，既确保生产线正常运行，又不过量堆积，



允许生产线现场有 1h 的储备量。

- (3) 允许在上线前 1h 在专用场地打开原真空密封包装袋进行辅助性加工(如贴条码等)。
- (4) 物料传递过程应以料箱方式进行,若采取叠置传送时则每叠层数不能超过 20。
- (5) 打开密封包装后在临时存放时,每叠层数不能超过 20。

2) 其他涂层

- (1) 要求物料拆开密封包装→配送上线→焊接完毕(再流焊、波峰焊和手工焊)累计在线滞留时间不超过 24h,对于封闭场地,允许时间不超过 48h。
- (2) 物料传递过程最好以料箱方式进行,若采取叠置传送时则每叠层数不能超过 20。
- (3) 生产线工序性临时储备以 2h 的生产节拍的需要量为宜,不可超量堆集。
- (4) 拆开密封包装和辅助加工后未上线前,临时性储存均应在专用场地内进行。
- (5) 打开密封包装后在配送部临时存放时,每叠层数不能超过 20。

11.2.2 潮湿敏感元器件的配送要求

1. 潮湿敏感元器件的管理

对潮湿敏感元器件管理的基本要求,应按潮湿敏感元器件的相关规定进行。

2. 上线配送

潮湿敏感元器件的配送应以料盘为单位,量大需多盘料时,应按生产效率大小估算,一次从干燥箱中取出对应的盘数(够生产线 2h 的机装量为宜)。对用量小的可以一盘用到底,用不完的,需退回库房,依据“潮湿敏感元器件的入库验收、储存、配送及组装过程工艺规范”处理后重新放入干燥柜中储存。

允许在生产现场有超过 2h 备用量以上的过量堆放。

11.2.3 静电敏感元器件的配送要求

1. 静电敏感元器件的管理

静电敏感元器件管理的基本要求,应按静电敏感元器件的相关规定进行。

2. 上线配送

- (1) 静电敏感元器件应在上线前两小时以内,才拆开包装备料。
- (2) 对静电敏感元器件的配送,应按生产效率大小估算,生产数量较小时,可以一次配送完。若生产很多很大时,则一次配送以满足 2h 的备用量即可,并以 2h 为单元,实行多次限量的原则,以避免现场大量堆积,造成意外损伤。
- (3) 不允许在生产现场有超过 2h 备用量以上的过量堆放。



11.2.4 温度敏感元器件的配送要求

1. 温度敏感元器件的管理

对温度敏感元器件管理的基本要求，应按温度敏感元器件的相关规定进行。

2. 上线配送

可参照静电敏感元器件的配送模式执行。

11.2.5 通用元器件和结构件的配送要求

对此类元器件和结构件的配送频次的确定，应以满足生产线正常运行，且又不在现场出现过量堆积为原则。

11.2.6 易燃易爆品的配送要求

1. 易燃品的配送管理

助焊剂、清洗剂等属易燃易爆品的物料，在生产现场一律不允许存放，为确保生产线能正常运转，允许在生产车间内无人和设备的偏僻处存放一桶（20 升）的备用量。旁边应配有消防器材。

2. 易爆品的配送管理

易爆品的配送应严格按国家有关规定执行。

11.3 配送通道

通道管理：

- (1) 在组装车间人流和物流应严格分道，并有明显标识，不得混道。
- (2) 配送一律通过物流通道输送。

思考题 11

- (1) OSP 涂层的 PCB 的配送要求是什么？
- (2) 易燃易爆物料的配送要求有哪些？

参 考 资 料

- [1] 美国联邦标准 FED-STD-209E 洁净室等级标准.
- [2] 美国军标 MIL-S-45743 电子和电子设备高可靠手工锡焊.
- [3] 美国波音公司 电子工艺标准手册.
- [4] MIL-HDBK-263A 电气和电子元件、组件与设备静电放电防护控制手册.
- [5] IEC/TS 61340-5-1 电子元器件的静电防护—用户要求.
- [6] IEC/TS 61340-5-2 电子元器件的静电防护—用户指南.
- [7] ANSI/ESD-S-20-20 电子电气部件、组件和设备的维护及器材的防护.
- [8] WEEE. 关于报废电子电气设备指令. (2002/96/EC) 指令.
- [9] RoHS. 关于在电子电气设备中限制使用某些有害物质指令. (2002/95/EC) 指令.
- [10] EUP 关于制定能耗产品环保设计要求框架的指令.
- [11] REACH 法规.
- [12] 工业和信息化部. 电子信息产品污染控制管理办法.
- [13] IPC/J-STD-020 非密封固态表面贴装器件湿度/再流焊敏感度分级.
- [14] IPC/J-STD-033 潮湿/再流焊敏感表面元器件的处理、包装、运送及使用规范.
- [15] IPC-9503 非 IC 元器件潮湿敏感度分类.
- [16] IPC-7711 电子组装件返修.
- [17] IPC/J-STD-001 电气电子组件焊接技术要求.
- [18] IPC-A-610 电子组装件可接受标准.
- [19] IPC-A-600F 印制板的可接受性.
- [20] IPC J-STD-003 印制板可焊性试验.
- [21] IPC/J-STD-002 元器件引线、焊端、接线端和导线的可焊性测试.
- [22] IPC/J-STD-004 助焊剂技术要求.
- [23] IPC/J-STD-006 电子级固态焊料技术要求.
- [24] IPC-TM-650 测试方法手册.
- [25] IPC/J-STD-005 焊膏技术要求.
- [26] ANSI/IPC-SM-817 绝缘性表面组装胶黏剂通用要求.

参 考 文 献

- [1] 樊融融. 现代电子装联工程应用 1100 问. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [2] 樊融融. 现代电子装联工艺缺陷及典型故障 100 例. 北京: 电子工业出版社, 2012.
- [3] 搜狗百科. 7S 管理.<http://baike.sogou.com/v395666.htm>.
- [4] 新闻周刊. 镉超标事件. <http://finance.sina.com.cn>, 2004 年 08 月 09 日.
- [5] 南方都市报. 因玩具油漆铅超标导致产品召回. 2007 年 08 月 13 日.

跋

产品设计、产品制造、产品营销是一个公司谋发展、创效益中的三驾马车，三者缺一不可。产品制造是连接产品设计和产品营销间的桥梁。产品设计人员精心设计出来的产品蓝图，只有经过制造人员的精工细作，才能将设计蓝图变成制作精良、性价比高、市场竞争力强的商品，并通过产品营销源源不断地供应市场。产品性能先进，质量优良既是设计人员精心设计出来的，也是靠制造人员精雕细刻制造出来的。设计与制造是相辅相成的。俗语说“红花还需绿叶衬”，好的设计理念必须有精良的制造技术才能形成有竞争力的商品。制造水平低下、粗制滥造，再好的设计也绝不可能被市场接受，“优者胜、劣者亡”，这就是市场对商品的淘汰法则。在选购小型机电产品方面，人们都愿意选购日本和德国生产的产品，就是因为他们的产品制作精良。

产品制造技术的核心是产品的工艺技术，多年来我国一直流行着“先进的设计，落后的工艺”的说法。这确实映射了我国工业产品（特别是电子产品）生产中所存在的问题。这也正是横在我国由电子制造大国奔向电子制造强国征途上必须要攻克的堡垒，否则实现世界电子制造强国就是一句空话。美国是世界上第二个发射卫星的国家，就是这种提高国家威望的大事，也曾因为一点小事（焊接）而受到挫折。据说，卫星的发射成功，最终还是多亏了德国的“焊接之神”阿尔宾·威德曼先生的帮助。从此，诞生了美国国家航空航天局（NASA）焊接学校。

广义的工艺技术即产品的制造技术，它包括从产品设计的可制造性（DMF）、可检测性（DMT）、可维修性（DFS）约束、原材料进厂的工艺性要求、加工制造诸单元（人、料、机、法、测、环，即5M1E）的优化和控制、对应用环境的防护（即三防）措施等全部加工制造和管理技术的总和。

工艺技术工作是一门为提高企业的劳动生产效率、提高产品制造质量、节能降耗、降低成本、增加利润的综合性的产品制造技术。它是以“时间”、“空间”、“效率”、“能源”等为基础，对加工制造方法和顺序、生产手段、工作环境、组织机构、人力资源和结构、质量控制等不断优化为研究对象的科学。我们对工艺技术研究就是为了寻求经济、高效的加工方法去制造某种产品。因此，工艺技术也是研究优质、高产、低消耗、高利润地生产产品的制造原理和加工方法的一门科学。

工艺技术在科技领域里处于科技成果和生产成品之间，是一个独立的发展阶段。它是将科技成果转化为商品，设计样品转化为批量生产的产品供应市场的关键和桥梁。采用先进的工艺技术，可直接为企业增加经济效益，提高市场竞争力。

工艺技术是产品制造过程中最活跃的因素，是产品制造质量的技术基础，加强工艺技术的不断进步是提高产品质量的前提。整个产品生产制造过程是以工艺技术为核心的系统工程，各个工序的工艺质量的总和即构成了整个产品的制造质量。

在科学技术高度发展的今天，工艺技术研究越来越被各企业所重视，越来越显示出它的重要性。任何一种新产品的的设计或一项新的应用性发明创造都伴随着新的工艺试验研究过程。



国外始终把工艺技术研究 and 试验放在突出的位置上，据有关统计资料反映，美国在工业范围内各研究阶段投入的资金和人力比例是：如果基础理论研究为 1，则应用研究为 5，产品开发研究为 20，生产技术研究为 300。也就是说工艺技术研究投入是产品开发研究的 15 倍。重视不重视工艺研究和试验，直接影响到产品质量的提高和经济效益的增长。我们有些企业采用同一种原料，应用同一种工艺装备，采用大致相同的工艺，然而生产出的产品质量却不同，经济效益也不一样。这里就有一个生产诀窍问题。而生产技术上的诀窍就是加工技术方法，也就是工艺技术中的一种最佳的方案，最佳的工艺参数。这些“关键”和“诀窍”很多是“一点就明，一捅就破”的。然而要获得它，就必须经过工艺技术研究和试验才能得到。

中兴通讯是世界级大型通信设备供应商，拥有世界一流、配套完整的生产工艺装备体系，加上公司品种繁多的产品类型，这些都是发展现代电子工艺技术得天独厚的条件。长期以来，在公司创始人侯为贵董事长的重视下，在公司总裁史立荣先生的关怀下，在执行副总裁邱未召先生的直接领导下，公司的工艺技术与时俱进，不断地发展着。公司的最高领导层始终本着“科技是第一生产力，人才是第一资源”的原则，谋划公司工艺技术的发展 and 工艺人才的成长。按照“以师带徒，理论与实践结合，干中学，学中干”等模式，一些科技人员已成长为公司工艺技术工作的核心（如研究部的刘哲、制造中心的邱华盛），也有年轻的科技人员已成长为解决产品生产问题的能手（如制造中心工艺部的孙磊和史建卫）。

“欲穷千里目，更上一层楼”，在以侯董事长为首的公司最高层的部署下，公司成立了中兴通讯电子制造职业学院。按照初级、中级和高级的人才培养层次的需要，公司与电子工业出版社合作，共同出版了“现代电子制造系列丛书”，既可作为学院的教材，也可奉献给电子制造业界的同行参考。

中兴通讯“现代电子制造系列丛书”编写组