



# IPC-6012E CN

2020 年 3 月

## 刚性印制板的鉴定及性能规范

取代 IPC-6012D

2015 年 9 月

由 IPC 开发的国际标准

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分

Association Connecting Electronics Industries





## 标准化原则

1995年5月, IPC技术行动执行委员会(TAEC)采用了该“标准化的原则”作为IPC致力标准化的指引原则。

### 标准应该

- 表达可制造性设计(DFM)与为环境设计(DFE)的关系
- 最小化上市时间
- 使用简单的(简化的)语言
- 只涉及技术规范
- 聚焦于最终产品的性能
- 提供有关应用和问题的反馈系统以利将来改进

### 标准不应该

- 抑制创新
- 增加上市时间
- 拒人于门外
- 增加周期时间
- 告诉你如何作某件事
- 包含任何禁不住推敲的数据

### 特别说明

IPC标准和出版物,通过消除制造商与客户之间的误解,推动产品的可交换性和产品的改进,协助买家进行选择并以最短的延迟时间获得满足其特殊需要的适当的产品,以实现为公众利益服务的宗旨。这些标准和出版物的存在,即不应当有任何考虑排斥IPC会员或非会员制造或销售不符合这些标准和出版物要求的产品,也不应当排斥那些IPC会员以外无论是国内还是国际的公众自愿采用。

IPC提供的标准和出版物是推荐性的,不考虑其采用是否涉及有关文献、材料或工艺的专利。IPC既不会对任何专利所有者承担任何义务,也不会对任何采用这些推荐性标准和出版物的团体承担任何义务。使用者对于一切专利侵权的指控承担全部辩护的责任。

### IPC关于规范修订变更的立场声明

使用和执行IPC的出版物完全出于自愿并且成为用户与供应商关系的一部分,这是IPC技术行动执行委员会的立场。当某个IPC出版物升级以及修订版面世时,TAEC的意见是,除非由合同要求,这种新的修订版作为现行版的一部分来使用的关系不是自动产生的。TAEC推荐使用最新版本。  
1998年10月6日起执行

### 为什么要付费购买本文件?

您购买本标准是在为今后的新标准开发和行业标准升级作贡献。标准让制造商、用户、供应商更好地相互理解。标准会帮助制造商建立满足行业规范的工艺,获得更高的效率,向用户提供更低成本。

IPC每年投入数十万美元支持IPC的志愿者在标准和出版物上的开发。草案稿需要多遍审查,委员会的专家们要花费数百小时进行评审和开发。IPC员工要出席和参加委员会的活动,打印排版,以及完成所有必要的手续以达到ANSI(美国国家标准学会)认证要求。

IPC的会费一直保持在低位以使尽可能多的公司加入。因此,有必要用标准和出版物的收入补偿会费收入。IPC会员可以得到50%的折扣价格。如果贵公司需要购买IPC标准和出版物,为什么不加入会员得到这个实惠,并同时享有IPC会员的其他好处呢?有关IPC会员的其他信息,请浏览[www.ipc.org](http://www.ipc.org),或致电001-847-597-2809。

感谢您一直以来的支持。



IPC-6012E CN

## 刚性印制板的鉴定及性能规范

If a conflict occurs between the English and translated versions of this document, the English version will take precedence.

本文件的英文版本与翻译版本如存在冲突，以英文版本为优先。

本标准由 IPC 刚性印制板委员会（D-30）刚性印制板性能规范任务组（D-33a）开发

### 取代：

IPC-6012D - 2015 年 9 月  
IPC-6012C - 2010 年 4 月  
IPC-6012B 附修订本 1 - 2007 年 7 月  
IPC-6012B - 2004 年 8 月  
IPC-6012A 附修订本 1 - 2000 年 7 月  
IPC-6012A - 1999 年 10 月  
IPC-6012 - 1996 年 7 月  
IPC-RB-276 - 1992 年 3 月

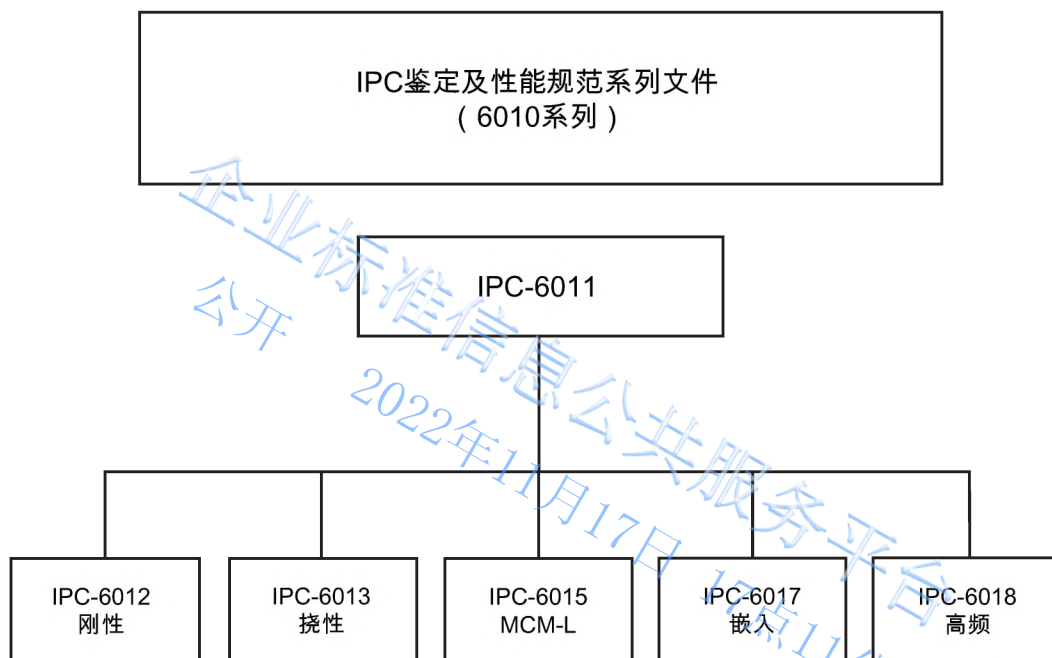
鼓励本标准的使用者参加未来修订版的开发。

### 联系方式：

IPC  
3000 Lakeside Drive  
Suite 105N  
Bannockburn, Illinois  
60015-1249  
Tel 847 615.7100  
Fax 847 615.7105

IPC 中国  
电话：400-621-8610  
邮箱：CSMChina@ipc.org  
网址：www.ipc.org.cn

青岛 上海 深圳 北京 苏州 成都



## 前言

本规范旨在提供有关刚性印制板性能规范的详细信息。它取代了 IPC-6012D，是之前版本的修订版。包含在其中的信息还对 IPC-6011 规定的通用要求做了补充。当两个文件共同使用时，应该能够帮助制造商和客户采用有关可接受性的统一术语。

IPC 标准的制定策略是针对电子封装某一领域提供清晰无疑的文件。因此，系列文件是用来为某一特定的电子封装主题提供全面完整的信息。系列文件的代码用四位数字表示，末位数字为“0”（如 IPC-6010）。

通用信息包含在系列文件的第一个文件中。一个或多个性能文件对通用规范进行补充。每个文件具体针对主题的某一方面或所选用的技术。

如在生产印制板前没有收集到有关它的所有信息，可能会导致有关可接受性的冲突。

随着技术的发展，性能规范会不断更新，或者新的技术会增加到系列文件中。IPC 诚邀业界同仁共享技术成果，共同促进行业的发展，鼓励使用标准后面所附的“标准改善填写表”提交标准的修订意见。





## 鸣谢

任何包含复杂技术的标准都要有大量的资料来源，感谢他们为此做出的无私奉献。我们不可能罗列所有参与和支持本标准开发的个人和单位，下面仅仅列出 IPC 刚性印制板委员会（D-30）刚性印制板性能技术规范任务组（D-33a）的主要成员。我们在此一并对上述各有关组织和个人表示衷心的感谢。

### 刚性印制板委员会

主席

Cliff Maddox  
Boeing Company

### 刚性印制板性能技术规范任务组

联合主席

Mark Buechner  
BAE Systems  
  
Randy Reed  
R. Reed Consultancy LLC

### IPC 董事会技术联络员

Bob Neves  
Microtek (Changzhou) Laboratories

### 刚性印制板性能技术规范任务组

Elizabeth A. Allison, NTS -  
Baltimore

David Anderson, Raytheon Company

Norman Armendariz, Raytheon  
Company

Lance A. Auer, Conductor Analysis  
Technologies, Inc.

Jimmy Baccam, Lockheed Martin  
Missiles & Fire Control

Chris R. Ballou, TTM Technologies  
Inc.

Tiberiu Baranyi, Flextronics Romania  
SRL

John A. Bauer, Collins Aerospace

James Frederick Blanche, NASA  
Marshall Space Flight Center

William Bowerman, MacDermid  
Enthone Electronics Solutions

Scott A. Bowles, Lockheed Martin  
Corporation

Steven A. Bowles, DuPont SVTC

Alex Chandy, Advanced Circuits -  
Chandler Division

Denise Charest, Amphenol Printed  
Circuits, Inc.

Patrice Chetanneau, Sagem

Thomas Joe Clark, Lockheed Martin  
Missiles & Fire Control

Carl Colangelo, Dow Electronic  
Materials

Michael A. Collier, Teledyne Leeman  
Labs

Robert W. Cooke NASA, Marshall  
Space Flight Center

Jiong (Crystal) Dai, Shennan Circuits  
Co. Ltd.

Cesar De Luna, NTS - Anaheim

Radu C. Dinica, TTM Technologies

Don Dupriest, Lockheed Martin  
Missiles & Fire Control

Julie Ellis, TTM Technologies

Judi Emerson, Flex-N-Gate

Gary F. Erickson, Sanmina  
Corporation

Richard K. Etchells, Electronic  
Technology Resource Partners

Stephan Dennis Evans, L3Harris  
Communications

Robert Farfan, TTM Technologies

Gary M. Ferrari, FTG Circuits

Chris Fitzgerald, Nasa Goddard  
Space Flight Center

Eric Foote, GE Aviation

William Fox, Lockheed Martin  
Missile & Fire Control

Bryan Gahan, Electrotek Corp.

Mahendra S. Gandhi, Northrop  
Grumman Aerospace Systems

Gonzalo J Garcia Leypon, Cirexx  
International, Inc.

Pierre-Emmanuel Goutorbe, Airbus  
Defence & Space

Ty Gragg, Unicircuit Inc.

William H. Graver, NTS - Baltimore

Chad Gustafson, TTM Technologies

Vicka Hammill, Honeywell Inc. Air  
Transport Systems

Hardeep S. Heer, FTG Circuits

Philip M. Henault, Raytheon

Allen Holl, TTM Technologies

Joe Hughes, Hughes Circuits, Inc.

Frank Huijsmans, PIEK International  
Education Centre (I.E.C.) BV

Joseph E. Kane, BAE Systems

Don Kaufman, Cirexx International,  
Inc.

Allen Keeney, Johns Hopkins  
University

Warren S. Kenzie, MacDermid Alpha  
Automotive

Suriyakan Vongtragool, Kleitz  
Schlumberger Well Services

Kelly Kovalovsky, BAE Systems

Ernest J. Kreiner, L3Harris

Nick S. Koop, TE Connectivity

Kevin Kusiak, Lockheed Martin  
Corporation

Meredith LaBeau, Calumet  
Electronics Corp.

Jeremy Lakoskey, Honeywell  
International

Leo P. Lambert, EPTAC Corporation

Christina Landon, NSW Crane

Minsu Lee, Korea Printed Circuit  
Association

David Lee, BMK Professional  
Electronics Gmb

Peggy LeGrand, TTM Technologies

Jeff Lewis, Holaday Circuits Inc.



Peter B. Lindhardt TTM Technologies - Logan Division	Jamie Noland, Blackfox Training Institute	Steven D. Roy, Roy Design and Manufacturing Service
Kennifer Ly, BAE Systems	Gerard A. O'Brien, Solderability Testing & Solutions, Inc.	Karl A. Sauter, Oracle America, Inc.
Clifford R. Maddox, Boeing Company	William A. Orloff, Raytheon Company	Joseph C. Schmidt, Raytheon Missile Systems
Chris Mahanna, Robisan Laboratory Inc.	Gianluca Parodi, IIS Progress SRL	Mark William Scrimmes, Raytheon Company
Jefferson Mao, Schweizer Electronic (Jiangsu) Co.,Ltd.	Gerry Partida, Summit Interconnect - Anaheim	Gilbert Shelby, Raytheon Systems Company
John B. Marke, UL LLC	Helena Pasquito, EPTAC Corporation	Russell S. Shepherd, NTS - Anaheim
Rene R. Martinez, Northrop Grumman Aerospace Systems	Yogen M. Patel, Candor Industries Inc.	Hans L. Shin, Pacific Testing Laboratories, Inc.
Daniel McCormick, NSWC Crane	Trevor Patterson, Hughes Circuits, Inc.	Patrick Smith, Cirexx International, Inc.
Tim McKliget, Holaday Circuits Inc.	Stephen Pierce, SGP Ventures, Inc.	David Sommervold, Henkel US Operations Corp.
Matthew T. McQueen, NSWC Crane	John A. Potenza, Lockheed Martin Mission Systems & Training	Bhanu Sood, NASA Goddard Space Flight Center
Melissa Meagher, Raytheon Missile Systems	Alan Preston, TTM Technologies	Brian Stevens, Collins Aerospace
Peter B. Menuet, L3Harris Technologies, Inc.	Owen Reid, Lockheed Martin Missiles & Fire Control	Marshall Hamilton Stolstrom, TTM Technologies, Inc.
Michael P. Miller, NSWC Crane	Yaoru Ren, Shengyi Electronics Co. Ltd.	Bradley E. Toone, L3Harris Communications
Timothy Minko, BAE Systems	Curtis R. Ricotta, Lockheed Martin Space Systems Company	Crystal E. Vanderpan, UL LLC
James J. Monarchio, TTM Technologies	Jose A. Rios, Raytheon	Jennet Volden, Collins Aerospace
Steven Murray, Northrop Grumman Corporation	Nef Rios, Summit Interconnect - Anaheim	Debbie Wade, Advanced Rework Technology-A.R.T
Thi V. Nguyen, Lockheed Martin Missile & Fire Control	Thomas Romont, IFTEC	
Yangchun Zhang, SHIN TECH ENGINEERING, LTD.	Zhaochen Xun, Guangzhou C-Sem Electronics Technology Co.,Ltd.	

感谢广合科技(广州)有限公司的雷红慧女士在本版标准汉化翻译工作中给予的大力支持。

感谢生益电子股份有限公司的任尧儒先生在本版标准汉化审核工作中给予的大力支持。



## 目录

<b>1 范围</b>	1	3.2.3 其他介质材料	9
1.1 范围	1	3.2.4 金属箔	9
1.2 目的	1	3.2.5 金属层 / 芯	9
1.2.1 支持文件	1	3.2.6 基底金属电镀层及导电涂覆层	9
1.3 性能等级和类型	1	3.2.7 表面沉积层和涂覆层 - 金属和非金属	10
1.3.1 等级	1	3.2.8 聚合物涂覆层 (阻焊膜)	13
1.3.2 印制板类型	1	3.2.9 热熔液及助焊剂	13
1.3.3 采购选择	1	3.2.10 标记油墨	13
1.3.4 材料、电镀工艺和表面涂覆	3	3.2.11 塞孔绝缘材料	13
1.4 术语及定义	4	3.2.12 外层散热层	14
1.4.1 背钻	4	3.2.13 导通孔保护	14
1.4.2 残端 (镀覆孔)	5	3.2.14 埋入式无源材料	14
1.4.3 高密度互连 (HDI)	5	3.3 目视检查	14
1.4.4 微导通孔	5	3.3.1 边缘	14
1.4.5 设计数据	5	3.3.2 层压板缺陷	14
1.5 对“应当”的说明	5	3.3.3 孔内镀层和涂覆层空洞	15
1.6 单位表示	5	3.3.4 连接盘起翘	15
1.7 设计数据保护	5	3.3.5 标记	15
1.8 版本更新	5	3.3.6 可焊性	16
<b>2 适用文件</b>	6	3.3.7 镀层附着力	16
2.1 IPC	6	3.3.8 印制板边接触片的金镀层与焊料涂层的接合处	17
2.2 联合工业标准	8	3.3.9 背钻孔	17
2.3 联邦标准	8	3.3.10 工艺质量	17
2.4 其他出版物	8	3.4 印制板尺寸要求	17
2.4.1 美国材料及测试协会	8	3.4.1 孔径、孔图形精度和图形要素精度	17
2.4.2 美国安全检测实验室	8	3.4.2 环宽和破坏 (外层)	17
2.4.3 国家电气生产商协会	8	3.4.3 弓曲和扭曲	19
2.4.4 美国质量协会	8	3.5 导体精度	19
2.4.5 AMS	8	3.5.1 导体宽度和厚度	20
2.4.6 美国机械工程师协会	8	3.5.2 导体间距	20
<b>3 要求</b>	9	3.5.3 导体缺陷	20
3.1 总则	9	3.5.4 导电表面	20
3.2 材料	9	3.6 结构完整性	22
3.2.1 层压板和粘接材料	9	3.6.1 热应力测试	23
3.2.2 外部粘接材料	9	3.6.2 显微剖切后的附连板或印制板要求	24
	9	3.7 阻焊膜要求	39



7.1	阻焊膜覆盖	39	4.3	质量一致性测试	45
7.2	阻焊膜固化及附着力	39	4.3.1	附连板的选择	45
5.7.3	阻焊膜厚度	40			
3.8	电气要求	40	<b>5 备注</b>		50
3.8.1	介质耐压	40	5.1	订单数据	50
3.8.2	电路连通性与绝缘性	40	5.2	取代规范	50
3.8.3	电路 / 镀覆孔与金属基板之间的短路	40			
3.8.4	湿热及绝缘电阻 (MIR)	40	<b>附录 A</b>		51
3.9	清洁度	41			
3.9.1	施加阻焊膜之前的清洁度	41			
3.9.2	施加阻焊膜、焊料或其他表面涂覆层后的清洁度	41	<b>图</b>		
3.9.3	氧化处理后层压前内层的清洁度	41	图 1-1	背钻孔的示例 (未按比例)	4
3.10	特殊要求	41	图 1-2	浅背钻示例	4
3.10.1	排气	41	图 1-3	微导通孔定义	5
3.10.2	耐毒性	41	图 3-1	环宽测量 (外层)	19
3.10.3	振动	41	图 3-2	90 和 180 破坏	19
3.10.4	机械冲击	41	图 3-3	外导体宽度减少量	19
3.10.5	阻抗测试	41	图 3-4	微导通孔中间目标连接盘案例	19
3.10.6	热膨胀系数 (CTE)	42	图 3-5	矩形表面贴装连接盘	20
3.10.7	热冲击	42	图 3-6	圆形表面贴装连接盘	21
3.10.8	表面绝缘电阻 (接收态)	42	图 3-7	印制板板边连接器连接盘	21
3.10.9	金属芯 (水平显微剖切)	42	图 3-8	金属化孔显微剖切 (研磨 / 抛光)	23
3.10.10	模拟返工	42		公差	23
3.10.11	非支撑元器件孔连接盘的粘接强度	42	图 3-9	目标连接盘与电镀分离的例子	23
3.10.12	破坏性物理分析	42	图 3-10	铜裂纹的定义	26
3.10.13	剥离强度要求 (仅限于覆箔层压结构)	42	图 3-11	外层铜箔分离	26
3.10.14	设计数据保护	42	图 3-12	镀层折叠 / 夹杂物 - 最小铜厚测量点	26
3.10.15	微导通孔结构基于性能的测试 - 热应力时的结构完整性	43	图 3-13	典型显微剖切评定样品	27
3.11	维修	43	图 3-14	凹蚀的量测	27
3.11.1	电路维修	43	图 3-15	介质去除量的测量	28
3.12	返工	43	图 3-16	负凹蚀的测量	28
			图 3-17	环宽的测量 (内层)	29
			图 3-18	旋转显微剖切探测破坏	29
			图 3-19	旋转显微剖切的对比	29
			图 3-20	微导通孔目标连接盘处破坏导致介质间距减少不符合示例	30
<b>4 质量保证条款</b>		43	图 3-21	填充的镀覆孔表面铜包覆测量 (箔层上方)	30
4.1	总则	43	图 3-22	填充孔表面铜包覆测量 (层压板上)	31
4.1.1	鉴定	43	图 3-23	非填充孔表面铜包覆测量	31
4.1.2	附连测试板样板	43	图 3-24	包覆铜 (可接受)	31
4.2	验收测试	44			
4.2.1	C=0 零验收数抽样方案	44			
4.2.2	仲裁测试	44			



图 3-25 过度处理, 如研磨 / 整平 / 蚀刻去除了包覆铜 (不可接受)	32	表 1-1 技术增加项	2
图 3-26 铜盖覆厚度	33	表 1-2 默认要求	3
图 3-27 填充导通孔的铜盖覆高度 (凸块)	33	表 3-1 金属层 / 芯	9
图 3-28 铜盖覆凹陷 (凹坑)	33	表 3-2 锡铅焊料槽污染物的最大限值	10
图 3-29 铜盖覆镀层空洞	33	表 3-3 表面涂覆和涂覆层的要求	12
图 3-30 铜盖覆镀层之间不符合的导电孔填充	33	表 3-4 大于 2 层的埋孔、镀覆孔和盲孔的表面及孔铜镀层的最低要求	13
图 3-31 铜盖覆镀层间之间可接受的导电孔填充	33	表 3-5 微导通孔 (盲孔和埋孔) 的表面及孔铜镀层的最低要求	13
图 3-32 盖覆电镀、填铜导通孔可接受空洞的示例	34	表 3-6 埋入芯板 (2 层) 表面及孔铜镀层的最低要求	13
图 3-33 无盖覆电镀填铜微导通孔可接受的空洞示例	34	表 3-7 孔内镀层和涂覆层空洞	15
图 3-34 盖覆电镀填铜微导通孔不符合的空洞示例	34	表 3-8 印制板边接触片间隙	17
图 3-35 填铜微导通孔不符合的空洞示例	34	表 3-9 最小环宽	18
图 3-36 微导通孔接触尺寸	35	表 3-10 热应力后的镀覆孔完整性	25
图 3-37 微导通孔目标连接盘接触尺寸 (不包括分离部分)	35	表 3-11 填充孔盖覆电镀要求	32
图 3-38 微导通孔目标连接盘的非故意刺穿 (激光钻孔)	35	表 3-12 微导通孔接触尺寸 (激光钻孔)	35
图 3-39 微导通孔目标连接盘上有意刺穿 (机械钻孔 2)	35	表 3-13 微导通孔接触尺寸 (机械钻孔)	35
图 3-40 突沿	37	表 3-14 加工后内层铜箔厚度	36
图 3-41 金属芯到镀覆孔的间距	37	表 3-15 电镀后外层导体厚度	37
图 3-42 最小介质间距的测量	38	表 3-16 阻焊膜附着力	40
图 3-43 未规定盖覆电镀时, 盲孔和通孔内的材料填充	38	表 3-17 介质耐压	40
图 3-44 孔壁界面上填充材料的空洞	38	表 3-18 绝缘电阻	40
		表 4-1 鉴定附连测试板	44
		表 4-2 按批次数量确定 C=0 抽样方案	45
		表 4-3 接收测试及频次	46
		表 4-4 质量一致性测试	50



企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分

此页留作空白

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分



# 刚性印制板的鉴定及性能规范

## 1 范围

**1.1 范围** 本规范建立并规定了刚性印制板生产的鉴定及性能要求。

**1.2 目的** 本规范的目的是为按以下结构和 / 或技术制成的刚性印制板提供鉴定及性能要求。除非另有规定, 这些要求适用于已完成的产品:

- 带或不带镀覆孔 (PTH) 的单、双面印制板。
- 带镀覆孔 (PTH) 且带或不带埋 / 盲孔 / 微导通孔的多层印制板。
- 带有离散电容层和 / 或埋容或埋阻元器件的埋入式有源或无源电路印制板。
- 带或不带外置金属散热框架 (有源或无源) 的金属芯印制板。

**1.2.1 支持文件** IPC-A-600 包括了图片、示意图和照片, 可帮助理解从外部和内部观察到的可接受 / 不符合条件。该文件可以与本规范结合使用, 以更全面地理解其建议和要求。

## 1.3 性能等级和类型

**1.3.1 等级** 本规范根据客户和 / 或最终用途的要求, 建立了刚性印制板性能等级的验收准则。根据 IPC-6011 中的定义, 印制板可分为三个通用的性能等级。

**1.3.1.1 要求偏离** 偏离这些通用等级的要求应当由用户和供应商协商确定 (AABUS)。

**1.3.1.2 航天产品特殊要求** 航天产品性能等级的特殊要求在 IPC-6012ES 航天要求附件中列出, 当采购文件中规定此航天要求附件时适用。

**1.3.2 印制板类型** 不带镀覆孔的印制板 (1 型) 和带镀覆孔的印制板 (2-6 型) 的分类如下, 并可包含表 1-1 中所规定的技术:

1 型 单面印制板

2 型 双面印制板

3 型 不带盲孔或埋孔的多层印制板

4 型 带盲孔及 / 或埋孔的多层印制板 (可以包含微导通孔)

5 型 不带盲孔或埋孔的多层金属芯印制板

6 型 带盲孔及 / 或埋孔的多层金属芯印制板 (可以包含微导通孔)

**1.3.3 采购选择** 性能等级应当在采购文件中规定。

采购文件应当提供生产印制板的充足信息, 供应商应当确保用户获得预期的产品。采购文件中应该包含的信息要符合 IPC-2611 和 IPC-2614 的要求。

采购文件应当规定为满足 3.6.1 节要求所采用的热应力测试方法。测试方法应当在 3.6.1.1 节、3.6.1.2 节和 3.6.1.3 节中选取。如未作规定 (见 5.1 节), 则应当符合表 1-2 的默认要求。



选取适当的热应力方法时，用户应该考虑以下内容：

• 波峰焊、选择性焊接、手工焊组装工艺（见 3.6.1.1 节）

• 传统（锡铅共晶）再流焊工艺（见 3.6.1.2 节）

• 无铅再流焊工艺（见 3.6.1.3 节）

印制板制造商在印制板上增加 IPC-2221 附录 A 的一致性附连板应当由供需双方协商确定。

**1.3.3.1 选择（默认）** 采购文件应当规定本规范内可选择的要求。其中包括所有 AABUS（由供需双方协商确定）的要求。如果在采购文件、订单数据（见 5.1 节）、客户图纸和 / 或供应商控制方案（SCP）中没有按照 1.3.3.2 节做出要求选择，则应当采用表 1-2 的默认要求。

**1.3.3.2 分类系统（可选择）** 下述的产品选择性标识系统用来识别产品的制造类型。

**质量规范：**通用的质量规范。

**规范：**基本的性能规范。

**类型：**印制板类型符合 1.3.2 节。

**电镀工艺：**电镀工艺符合 1.3.4.2 节。

**表面涂覆：**表面涂覆代码符合 1.3.4.3 节。

**选择性涂覆：**选择性最终涂覆符合 1.3.4.3 节，当不要求选择性涂覆时，填入“-”。

**产品分级：**产品分级符合 1.3.1 节或性能规范单。

**技术增加项：**所采用的其他技术代码符合表 1-1 的规定，可根据要求增加多种代码。

**表 1-1 技术增加项**

技术代码	技术
HDI	积层法高密度互连要素
VP	导通孔保护
WBP	金属线键合盘
MB	金属基
AMC	有源金属芯
NAMC	无源金属芯
HF	外置散热框架
EP	埋入式无源元器件符合 IPC-6017
VIP-C	盘内导通孔，导电物塞孔
VIP-N	盘内导通孔，非导电物塞孔

**例：**IPC-6011/6012/3/1/S/-/3/HDI/EP

### 1.3.4 材料、电镀工艺和表面涂覆

**1.3.4.1 基板材料** 通过采购文件中所列规范规定的数字和 / 或字母、等级、类型来标识基板材料。

**表 1-2 默认要求**

项目	默认选择
性能等级	2 级
材料	按照 3.2.1 节的环氧玻璃布层压板
最终涂覆	按照表 3-3 的涂覆 X
最小起始铜箔	除 1 型应当从 1oz. 起始外, 所有内层和外层均应当从 1/2oz. 起始。 对于电镀的高密度互连层, 各层 (内层或外层) 均为 1/4oz.
铜箔类型	按照 3.2.4 节的电解铜箔
孔径公差 镀覆孔, 元器件孔 镀覆孔, 仅导通孔 非镀覆	(±) 100μm[3,937μin] (+) 80μm[3,150μin], (-) 负偏差无要求, (可全部或部分塞孔) (±) 80μm[3,150μin]
导体宽度公差	按照 3.5.1 节的 2 级要求
导体间距公差	按照 3.5.2 节的 2 级要求
介质层间隔	按照 3.6.2.18 节的要求, 最小 90μm[3,543μin]
导体侧向间距 (金属芯)	按照 3.6.2.17 节的要求, 最小 100μm[3,937μin]
标记油墨	按照 3.3.5 节的要求, 色泽反差明显, 非导电
阻焊膜	如未按 1.3.4.3 节作规定, 则不加阻焊层
规定加阻焊膜	如未按 3.7 节规定等级, 则为 IPC-SM-840 中的等级 T
焊料涂覆层	按照 3.2.7.3.1 节要求的 Sn63/Pb37
可焊性测试	按照 3.3.6 节, 锡铅为 J-STD-003 的 2 类, 无铅为 A 类
热应力测试	IPC-TM-650 测试方法 2.6.8, 条件 A 按测试方法 3.6.1.1
绝缘电阻测试电压	按照 IPC-9252
鉴定检验未作规定时	见 IPC-6011

**1.3.4.2 电镀工艺** 用于实现孔导电性的镀铜工艺用下列一位数字表示:

1. 只采用酸性镀铜
2. 只采用焦磷酸盐镀铜
3. 酸性和 / 或焦磷酸盐镀铜
4. 加成法 / 化学镀铜
5. 使用酸性和 / 或焦磷酸盐镀铜工艺的电镀镍底层

**1.3.4.3 表面涂覆和涂覆层** 按组装工艺和最终用途, 表面涂覆 / 涂覆层可以是下列规定的涂覆 / 涂覆层中的一种或几种的组合。如有要求, 应当在采购文件中规定厚度。如无规定, 则厚度应当符合表 3-3 中的要求, 部分涂覆层厚度可能在表 3-3 中未作规定 (如锡铅电镀或焊料涂层)。表面涂覆的标识符如下:

S	焊料涂覆层	(表 3-3)
T	电镀锡铅 (热熔)	(表 3-3)
X	S 型或 T 型	(表 3-3)
TLU	电镀锡铅 (非热熔)	(表 3-3)
b1	无铅焊料涂覆层	(表 3-3)
G	印制板板边连接器电镀金	(表 3-3)
GS	焊接区镀金	(表 3-3)
GWB-1	金属线键合区电镀金 (超声波压焊)	(表 3-3)





WB-2	金属线键合区电镀金（热压焊）	（表 3-3）
	印制板板边连接器镀镍	（表 3-3）
NB	镍层作为铜 - 锡扩散隔离层	（表 3-3）
OSP	有机可焊性保护层	（表 3-3）
HT OSP	高温 OSP	（表 3-3）
ENIG	化学镍 / 浸金	（表 3-3）
ENEPIG	化学镍 / 化学钯 / 浸金	（表 3-3）
DIG	直接浸金	（表 3-3）
NBEG	镍隔离层 / 化学金	AABUS
IAG	浸银	（表 3-3）
ISn	浸锡	（表 3-3）
C	裸铜	（表 3-3）
SMOBC	裸铜覆阻焊膜	（3.2.8 节）
SM	非熔融金属覆阻焊膜	（3.2.8 节）
SM-LPI	非熔融金属覆液态感光阻焊膜	（3.2.8 节）
SM-DF	非熔融金属覆干膜阻焊膜	（3.2.8 节）
SM-TM	非熔融金属覆热固阻焊膜	（3.2.8 节）
Y	其他	（3.2.7.11 节）

**1.4 术语及定义** 本文中所有术语的定义均应当与 IPC-T-50 一致并如下文。

**1.4.1 背钻** 一种通过从任一板面钻孔到预定深度以去除镀覆孔的一部分来减少任何镀覆孔总长度的方法，用于信号完整性或电路绝缘（见图 1-1）。

图 1-2 提供了一个“浅背钻”示例，钻穿外层铜并钻入孔壁大约 0.05-0.127mm[0.002-0.005 in] 以防止电镀导通孔与放置在背钻孔面正上方或下方的元器件 / 底座短路。

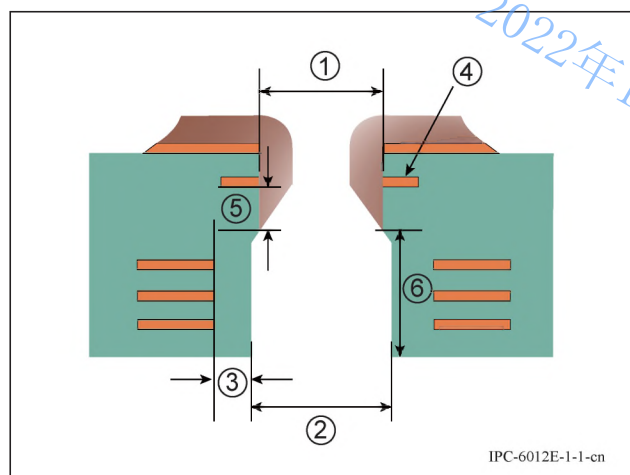


图 1-1 背钻孔的示例（未按比例）

注 1. 一钻孔直径。

注 2. 背钻孔直径。

注 3. 最近的导电图形与背钻孔之间的距离。

注 4. 目标层（例如，一定不能贯穿层）。

注 5. 残端长度（不包括目标层铜的厚度）。

注 6. 背钻深度

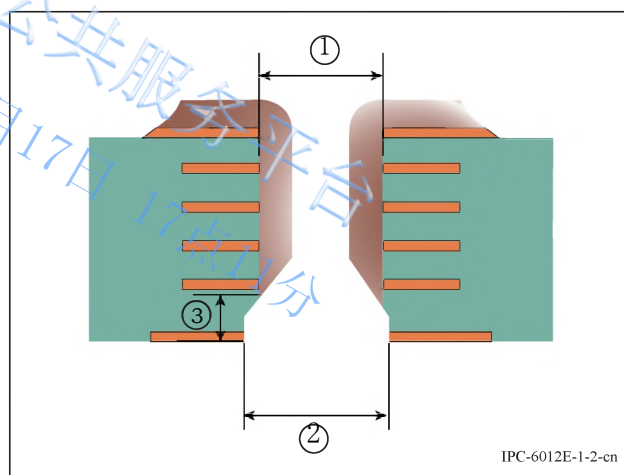


图 1-2 浅背钻示例

注 1. 一钻孔直径。

注 2. 背钻孔直径。

注 3. 背钻深度。

**1.4.2 残端（镀覆孔）** 从目标层到背钻末端的孔壁电镀的最大剩余长度。

**1.4.3 高密度互连（HDI）** 印制板单面或两面每平方厘米平均有 20 个电气连接设计（每平方英寸有 130 个电气连接）。这些设计通常有导通孔（ $\leq 0.15\text{mm}$  [0.006in]）、导体宽度和间距  $\leq 100\mu\text{m}$  [0.004in]、SMT 焊盘导通孔、和 / 或微导通孔用于在薄介质厚度上（见 1.4.4 节）。

**1.4.4 微导通孔** 按照图 1-3 测量时，最大厚径比为 1:1，终止在或穿过目标连接盘的，从其捕获连接盘箔到目标连接盘的距离（X）不超过  $0.25\text{mm}$  [0.00984in] 的盲孔结构（电镀态的）。

**1.4.5 设计数据** 提供给印制板制造商的数据，可能包括有关于最终产品性能、产品最终使用环境、产品结构、材料、元器件和工艺的机械信息、电气设计信息和要求。

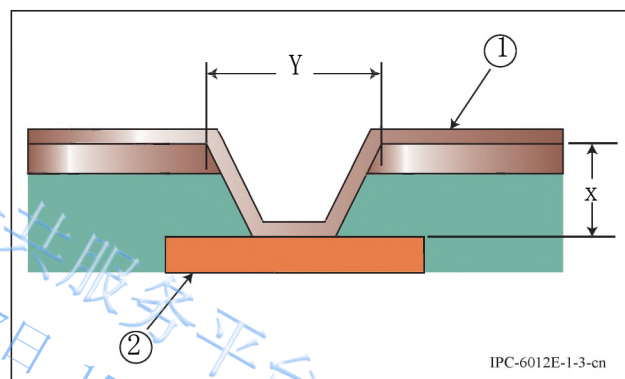


图 1-3 微导通孔定义

注 1. 捕获连接盘。

注 2. 目标连接盘。

注 3.  $X/Y$  = 微导通孔镀层宽厚径比， $X \leq 0.25\text{mm}$  [0.00984in] 以及厚径比  $\leq 1:1$ 。

**1.5 对“应当”的说明** “应当”是动词的祈使态，用在本文件的任何地方都表示强制性的要求。如有足够数据判定是例外情况，则可以考虑与“应当”要求的偏离。为了帮读者清晰辨认，“应当”用加黑字体表示。

“应该”和“可”用来表述非强制性的要求。“将”用于表述目的性的声明。

为了更清楚地图示所讨论的瑕疵特性，所用的照片和 / 或示意图，往往有些夸张。文字说明与示例之间并非总是对应的；很难找到与验收准则总是相一致的很多案例。当本标准中的照片或示意图与文字说明不一致时，以文字描述为优先，并应当遵循文字说明的规定。

**1.6 单位表示** 本规范中的所有尺寸、公差单位均以公制（Metric）表示，在括号中注明其相应的英制（Inch）尺寸。建议本规范的使用者使用公制单位。所有大于等于  $1.0\text{mm}$  [0.0394in] 的尺寸将以毫米和英寸表示。所有小于  $1.0\text{mm}$  [0.0394in] 的尺寸将以微米和微英寸表示。

**1.7 设计数据保护** 设计数据是组织或业务实体拥有的财产。印制板制造商或其代理人知道或保管设计数据时，应当按照采购文件规定加以保护。

尽管采购文件未指明，印制板制造商也应当制定保护设计数据的内部政策和程序。

3.10.14 节定义了可选协议。

**1.8 版本更新** 本规范通过灰色阴影标示出了最新版本修订变化的相关章节。对于图或表的修订，只用灰色阴影标示图的名称或表头。

## 适用文件

订单时，下列文件的有效版本构成了本规范在此限定范围内的组成部分。如本规范和所列适用文件发生冲突，应当以本规范为准。

### 2.1 IPC<sup>1</sup>

**IPC-WP-023** IPC Technology Solutions White Paper on Performance-Based Printed Board OEM Acceptance: Via Chain Continuity Reflow Test: The Hidden Reliability Threat

**IPC-A-47** Composite Test Pattern Ten Layer Phototool

**IPC-T-50** 电子电路互连与封装术语及定义

**IPC-CF-152** Composite Metallic Material Specification for Printed Wiring Boards

**IPC-A-600** 印制板的可接受性

**IPC-TM-650** 测试方法手册<sup>2</sup>

2.1.1 显微剖切，手动和半自动或全自动的方法

2.3.15 铜箔或镀层的纯度

2.3.25 表面离子污染物的探测与测量

2.4.1 附着力，胶带测试

2.4.15 表面涂覆，金属箔

2.4.18.1 内部镀层的抗拉强度和延伸率测试

2.4.21 非支撑元器件孔的连接盘粘接强度

2.4.22 弓曲和扭曲

2.4.28.1 阻焊膜附着力，胶带测试法

2.4.36 返工模拟，有引线元器件的镀覆孔

2.4.41.2 热膨胀系数，应变计法

2.5.5.7 印制板导线的特性阻抗及延时，时域反射计法（TDR）

2.5.7 介质耐压，PWB

2.6.1 耐霉性，印制线路材料

2.6.3 耐湿性及绝缘电阻，刚性板

2.6.3.7 表面绝缘电阻

2.6.4 排气，印制板

2.6.5 物理冲击，多层印制线路

2.6.7.2 热冲击、连通性和显微剖切，印制板

2.6.8 热应力，镀覆孔

2.6.9 振动，刚性印制线路

2.6.25 耐导电电极丝（CAF）测试（电化学迁移测试）

2.6.27 热应力，强制再流组装模拟

**IPC-QL-653** Certification of Facilities that Inspect/Test Printed Boards, Components and Materials

**IPC-CC-830** 印制线路组件用电气绝缘化合物的鉴定及性能

**IPC-SM-840** 久性阻焊剂和挠性覆盖材料的鉴定和性能规范

1. [www.ipc.org](http://www.ipc.org)

2. 可通过订购和从 IPC 网站（[www.ipc.org/html/testmethods.htm](http://www.ipc.org/html/testmethods.htm)）下载得到现行版和修订版 IPC 测试方法手册 IPC-TM-650。



- IPC-1601** 印制板操作和储存指南
- IPC-1791** Trusted Electronic Designer, Manufacturer and Assembler Requirements
- IPC-2221** 印制板设计通用标准
- IPC-2251** Design Guide for the Packaging of High Speed Electronic Circuits
- IPC-2611** Generic Requirements for Electronic Product Documentation
- IPC-2614** Sectional Requirements for Board Fabrication Documentation
- IPC-4101** 刚性及多层印制板用基材规范
- IPC-4103** Specification for Base Materials for High Speed/High Frequency Applications
- IPC-4202** 挠性印制电路用挠性基底介质
- IPC-4203** Adhesive Coated Dielectric Films for Use as Cover Sheets for Flexible Printed Circuitry and Flexible Adhesive Bonding Films
- IPC-4552** 印制电路板化学镀镍 / 浸金 (ENIG) 镀覆性能规范
- IPC-4553** 印制板浸银规范
- IPC-4554** 印制板浸锡规范
- IPC-4556** 印制板化学镍 / 钯 / 浸金 (ENEPIG) 规范
- IPC-4562** 印制板用金属箔
- IPC-4563** Resin Coated Copper Foil for Printed Boards Guideline
- IPC-4761** Design Guide for Protection of Printed Board Via Structures
- IPC-4781** Qualification and Performance Specification of Permanent, Semi-Permanent and Temporary Legend and/or Marking Inks
- IPC-4811** Specification for Embedded Passive Device Resistor Materials for Rigid and Multilayer Printed Boards
- IPC-4821** Specification for Embedded Passive Device Capacitor Materials for Rigid and Multilayer Printed Boards
- IPC-6011** 印制板通用性能规范
- IPC-6012ES** Space and Military Avionics Applications Addendum to IPC-6012 Qualification and Performance Specification for Rigid Printed Boards
- IPC-6017** 含埋入无源器件印制板的鉴定及性能规范
- IPC-7711/21** 电子组件的返工、修改和维修
- IPC-9151** Printed Board Process, Capability, Quality and Relative Reliability (PCQR2) Benchmark Test Standard and Database
- IPC-9252** 未组装印制板电气测试要求
- IPC-9691** IPC-TM-650 测试方法 2.6.25, 耐导电阳极丝 (CAF) 测试 (电化学迁移测试) 用户指南



## 2 联合工业标准<sup>3</sup>

**STD-001** 焊接的电气及电子组件要求

**J-STD-003** 印制板可焊性测试

**J-STD-006** 电子焊接领域电子级焊料合金及含助焊剂与不含助焊剂的固体焊料的要求

**J-STD-609** 元器件、印制电路板和印制电路板组件的有铅、无铅及其他属性的标记和标签

**JP002** Current Tin Whiskers Theory and Mitigation Practices Guideline

## 2.3 联邦标准<sup>4</sup>

**QQ-S-635** Military Standard Steel Plate, Carbon

## 2.4 其他出版物

### 2.4.1 美国材料及测试协会<sup>5</sup>

**ASTM B-152** Standard Specification for Copper Sheet, Strip, Plate, and Rolled Bar

**ASTM B-488** Standard Specification for Electrodeposited Coatings of Gold for Engineering Uses

**ASTM B-579** Standard Specification for Electrodeposited Coating of Tin-Lead Alloy (Solder Plate)

### 2.4.2 美国安全检测实验室<sup>6</sup>

**UL 94** Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances

### 2.4.3 国家电气生产商协会<sup>7</sup>

**NEMA LI-1** Industrial Laminated Thermosetting Product Standard

### 2.4.4 美国质量协会<sup>8</sup>

**H1331** Zero Acceptance Number Sampling Plans

**Z1.4** Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes

### 2.4.5 AMS<sup>9</sup>

**SAE-AMS-QQ-A-250** General Specification for Aluminum and Aluminum Alloy, Plate and Sheet

**SAE-AMS-2451** Plating, Brush General Requirements

### 2.4.6 美国机械工程师协会<sup>10</sup>

**ASME B46.1** Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)

---

3. [www.ipc.org](http://www.ipc.org)

4. [www.sae.org](http://www.sae.org)

5. [www.astm.org](http://www.astm.org)

6. [www.ul.com](http://www.ul.com)

7. [www.nema.org](http://www.nema.org)

8. [www.asq.org](http://www.asq.org)

9. [www.sae.org](http://www.sae.org)

10. [www.asme.org](http://www.asme.org)



### 3 要求

**3.1 总则** 按本规范提供的印制板应当符合或超过 IPC-6011 和采购文件规定的具体性能等级的要求。附连测试板的说明和用途在 IPC-2221 及其相关的附录中规定。

### 3.2 材料

**3.2.1 层压板和粘接材料** 覆金属层压板、未覆金属层压板及粘接材料（预浸材料）应当按照 IPC-4101、IPC-4202、IPC-4203 或 NEMA LI-1 的要求选择。聚四氟乙烯（PTFE）材料型号应当按照 IPC-4103 的要求选择。埋入器件材料应当按照 IPC-4811 或 IPC-4821 的要求选择。采购文件应该规定适用的介质、导电、电阻及绝缘特性。规格单编号、覆金属箔类型及覆金属箔厚度（例如重量）应当符合采购文件的规定。当有具体要求时，如对层压板及粘接材料有 UL94 给出的可燃性要求，则在材料采购文件中必须对这些要求作出明确规定。

**3.2.2 外部粘接材料** 用于粘接外部散热器、加固构件，或用作印制板中绝缘层材料的情况应当按照 IPC-4101、IPC-4203 或采购文件要求进行选择。

**3.2.3 其他介质材料** 感光成像介质应该在采购文件中作出规定。可在采购文件中规定采用其他介质材料。

**3.2.4 金属箔** 铜箔应当符合 IPC-4562 的要求。如果铜箔对印制板的功能有关键影响，铜箔类型、铜箔等级、铜箔厚度、粘接增强处理及铜箔轮廓应该在布设总图中规定。覆树脂铜箔应当符合 IPC-4563 的要求。

**3.2.4.1 电阻性金属箔** 电阻性金属箔应当符合布设总图的规定。

**3.2.5 金属层 / 芯** 内层或外层金属层和 / 或金属芯基材应当符合布设总图的规定，如表 3-1 所示。

表 3-1 金属层 / 芯

材料	规范	合金
铝	SAE-AMS-QQ-A-250	符合规定
钢	QQ-S-635	符合规定
铜	ASTM-B-152 或 IPC-4562	符合规定
铜 - 殷钢 - 铜	IPC-CF-152	符合规定
铜 - 钼 - 铜	IPC-CF-152	符合规定
其他	符合规定	符合规定

**3.2.6 基底金属电镀层及导电涂覆层** 镀层 / 表面涂覆层的厚度应当符合表 3-3 的要求。用于表面、PTH、导通孔、盲导通孔、埋导通孔和微导通孔的铜镀层厚度应当符合表 3-4、表 3-5 及表 3-6 的要求。较大的包覆电镀厚度仅适用于按照所列生效日期之前的旧有设计。特殊用途的镀层厚度应当符合表 3-3 的规定。选自 1.3.4.3 节所列的表面涂覆层或其组合的镀层厚度应当符合表 3-3 的要求。锡铅熔融镀层或焊料涂覆层只要求外观上覆盖和满足 J-STD-003 的可焊性测试。镀层和金属化涂覆层的覆盖要求不适用于导体垂直边缘。导体表面非焊接的区域允许露铜，但要满足 3.5.4.7 节的要求。

对旧有设计包括生效日期在 2018 年 1 月 1 日之后进行的修订，应当保持较大的包覆电镀厚度，除非用户特别注释。

**注：**IPC-6012D 的修正案 1 变更了铜包覆电镀测量的验收标准。基于生效日在 2018 年 1 月 1 日之前和之后的设计，针对 3 级铜包覆电镀建立了两个标准。这排除了将采用新包覆铜接受的要求施加给旧有设计而做的相关任何附加鉴定活动。



**2.6.1 化学沉积铜及导电涂覆层** 化学沉积层及导电涂覆层质量应当满足后续的电镀过程，可以是化学沉积金属、真空沉积金属，或导电涂覆层（金属的或非金属的）。

**3.2.6.2 电镀铜** 电镀铜镀层应当满足以下要求。测试频率应当符合表 4-4 要求。

- a) 当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.3.15 测试时，铜纯度应当不低于 99.50%。
- b) 当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.4.18.1 测试时，测试样品的厚度为 50-100 $\mu\text{m}$ [1,969-3,937 $\mu\text{in}$ ]，其抗拉强度应当不小于 248MPa[36,000PSI]，且延伸率不应当小于 12%。

**3.2.6.3 全加成法化学沉铜** 用作基体金属的加成法 / 化学镀铜层应当满足本规范的要求。偏离的要求应当由供需双方协商确定。

**3.2.7 表面沉积层和涂覆层 - 金属和非金属**

**3.2.7.1 电镀锡** 电镀锡的标准和要求应当由供需双方协商确定。对于可缓解或抑制锡须形成的方法指南，建议用户参考 JEDEC/IPC JP002。

**3.2.7.2 电镀锡铅** 锡铅镀层应当符合 ASTM B-579 对镀层组分（50%-70% 锡）的要求。除非选择非热熔，通常要求热熔，此时采用表 3-3（代码 TLU）的厚度规定。

**3.2.7.3 热风整平（HASL）/ 焊料涂覆层** 焊料涂覆层和涂层中使用的焊料应当符合 J-STD-006 的要求，并应当在布设总图中规定。HASL 是一种焊料涂覆工艺，将印制板浸入焊料中，然后使用热风对焊料表面进行整平。

HASL 焊料缸各成分的限值要求如表 3-2 转载于 IPC-J-STD-001，具体的分析频次则应当由统计过程控制（SPC）数据或月度分析来确定。对每个过程 / 系统，包含所有分析结果和焊浴使用（如：使用的总时间，更换焊锡量，或产量面积）情况的记录应当保持至少一年。合金中每种元素的比例应当由具有足够的分辨率的标准的分析方法来确定。合金中的公差和杂质含量应当符合表 3-2 的限值要求。如果污染超过限值，分析、替换或补充分析之间的时间间隔应当缩短。

焊料中锡的含量应当维持在所用合金标称含量的  $\pm 1.5\%$  以内。锡含量测试频率应当与铜 / 金污染物含量的测试频率一致。焊料槽中的剩余成分应当为铅和 / 或上表列出的其他金属。铜、金、镉、锌和铝污染物的总含量不应当超过 0.4%。不适用于无铅合金。

**表 3-2 锡铅焊料槽污染物的最大限值**

污染物	最大污染物重量百分比限值
铜	0.3
金	0.2
镉	0.005
锌	0.005
铝	0.006
铈	0.500
铁	0.020
砷	0.030
铋	0.250
银	0.100
镍	0.010
铅	N/A



**3.2.7.3.1 共晶锡铅焊料涂覆层** 用于传统、含铅涂覆层的焊料应当符合 3.2.7.3 节的要求。锡铅焊料应当符合表 3-2 中规定的污染物水平。

**3.2.7.3.2 无铅焊料涂覆层** 用于无铅焊料涂覆层的焊料应当符合 3.2.7.3 节的要求。无铅焊料合金 / 最大污染重量百分比限值应当由供需双方协商确定。

**3.2.7.3.3** 偏离的要求应当由供需双方协商确定。

**3.2.7.4 电镀镍** 镍镀层的厚度应当符合表 3-3（代码 N）的要求。当用作金或其他金属的基底涂覆层或隔离层时，厚度应当符合表 3-3（代码 NB）的要求。

**3.2.7.5 电镀金** 金镀层应当符合 ASTM-B-488 的要求。纯度和硬度应当在采购文件中规定。厚度应当符合表 3-3（代码 G、GS、GWB-1 和 GWB-2）的要求。

**仅供参考：**行业调查显示，在正常焊接工艺参数下会形成金 - 锡金属间化合物合金相。预防焊点中金产生危害性的脆化是可能的，需提供足够的焊料量以溶解金，使焊点中金的总重量百分比低于 3-4% 的范围。

**3.2.7.6 化学镍金（ENIG）** 化学镍金沉积层应当符合 IPC-4552 的要求。沉积层厚度应当符合 IPC-4552 和表 3-3（代码 ENIG）的要求。测量方法应当使用 XRF 光谱测定法并符合 IPC-4552 附录 3 的要求。对于 1 级、2 级和 3 级产品，样品厚度测量频率应当符合表 4-3 沉积层 / 涂覆层厚度的要求。

应当在在制板的两面（如果适用）进行厚度测量。

**3.2.7.7 化学镍钯金（ENEPIG）** 化学镍钯金沉积层应当符合 IPC-4556 的要求。沉积厚度应当符合 IPC-4556 和表 3-3（代码 ENEPIG）的要求。测量方法应当使用 XRF 光谱测定法，并符合 IPC-4556 附录 4 和 9 的要求。对于 1 级、2 级和 3 级产品，样品厚度测量频次应当符合表 4-3 沉积层 / 涂覆层厚度的要求。

应当在在制板的两面（如果适用）进行厚度测量。

**3.2.7.8 浸银** 浸银层应当符合 IPC-4553 的要求。用于测量厚度的焊盘尺寸应当符合 IPC-4553 的要求。测量方法应当使用 XRF 光谱测定法，并符合 IPC-4553 附录 5 的要求。对于 1 级、2 级和 3 级产品，样品厚度测量频次应当符合表 4-3 沉积层 / 涂覆层厚度的要求。

**3.2.7.9 浸锡** 浸锡层应当符合 IPC-4554 的要求。沉积厚度范围应当符合 IPC-4554 的要求。测量方法应当使用 XRF 光谱测定法，并符合 IPC-4554 附录 4 的要求。对于 1 级、2 级和 3 级产品，样品厚度测量频次应当符合表 4-3 沉积层 / 涂覆层厚度的要求。

**3.2.7.10 有机可焊性保护膜（OSP）** OSP 是防氧化及可焊性保护层，在铜表面涂敷 OSP 层可在储存和组装过程中保持其表面的可焊性。涂覆层的储存、组装前的预烘烤和后续焊接工艺对可焊性都有影响。标准（代码 OSP）和高温（代码 HT OSP）OSP 的涂覆层要求见表 3-3。

**3.2.7.11 其他金属和涂覆层** 按照 1.3.4.3 节使用其他镀涂层材料作为表面涂覆层的要求，如裸铜、钯和铑，应当由供需双方协商确定。



表 3-3 表面涂覆和涂覆层的要求

代码	最终涂覆层	厚度	适用的规范	标记代码 <sup>1</sup>
S	裸铜上的焊料涂覆层	覆盖并可焊 <sup>2</sup>	J-STD-003 J-STD-006	b0
b1	裸铜上的无铅焊料涂覆层	覆盖并可焊 <sup>2</sup>	J-STD-003 J-STD-006	b1
T	电镀锡铅（热熔）- 最小	覆盖并可焊 <sup>2</sup>	J-STD-003	b0
X	S 或 T	b0		
TLU	电镀锡铅（非热熔）- 最小	8.0μm[315μin]	J-STD-003	b0
G	金用于印制板板边连接器及非焊接区 - 最小	1 级和 2 级 0.8μm[31.5μin]	ASTM-B-488	b4
		3 级 1.25μm[49.21μin]		
GS	金用于焊接区域 - 最大 <sup>3</sup>	0.45μm[17.72μin]	ASTM-B-488 J-STD-003	b4
GWB-1	用于金属线键合区域电镀金层（超声键合）- 最小	0.05μm[1.97μin]	ASTM-B-488	b4
	用于金属线键合区域的金层下的电镀镍底层（超声键合）- 最小	3.0μm[118μin]	无	b4
GWB-2	用于金属线键合区域电镀金层（热超声键合）- 最小	1 级和 2 级 0.3μm[11.8μin]	ASTM-B-488	b4
		3 级 0.8μm[31.5μin]		
	用于金属线键合区域的金层下的电镀镍底层（热超声键合）- 最小	3.0μm[118μin]	无	b4
N	镍用于印制板板边连接器 - 最小	1 级 2.0μm[78.7μin]	无	N/A
		2 级和 3 级 2.5μm[98.4μin]		
NB	镍作为阻挡层 <sup>4</sup> - 最小	1.3μm[51.2μin]	无	N/A
OSP	有机可焊性保护膜	可焊 <sup>6</sup>	J-STD-003	b6
HT OSP	高温 OSP	可焊 <sup>6</sup>	J-STD-003	b6
ENIG <sup>5</sup>	化学镍层	IPC-4552	J-STD-003	b4
	浸金层	J-STD-003		b4
ENEPIG <sup>5</sup>	化学镍层	IPC-4556 J-STD-003	J-STD-003	b4
	化学钯层			N/A
	浸金层			b4
DIG	直接浸金（可焊表面）	可焊 <sup>6</sup>	J-STD-003	b4
IAG <sup>5</sup>	浸银层	IPC-4553 J-STD-003	J-STD-003	b2
ISn <sup>5</sup>	浸锡层	IPC-4554 J-STD-003		b3
C	裸铜	AABUS	AABUS	N/A

注 1. 这些标记和标签代码代表了 IPC/JEDEC-J-STD-609 中建立的表面涂覆类型。

注 2. 热风整平（HAL、HASL）工艺被认为有一定控制难度。焊盘尺寸和几何图形使此类工艺增加了额外的难度。这些因素使实际的最小厚度在此规范的范围之外，又见 3.3.6 节。

注 3. 见 3.2.7.5 节注解。

注 4. 镍镀层用于锡铅或焊料涂层之下，在高温操作环境中作为阻挡层用于防止铜锡化合物的形成。

注 5. 对于工艺控制和鉴定，表面测量按照适用的 IPC-455X 标准进行涂覆层厚度评估，测量的标称焊盘尺寸为 1.5 mm x 1.5 mm [0.060 in x 0.060 in] 或等效面积。

注 6. 见 3.3.6 节。



表 3-4 大于 2 层的埋孔、镀覆孔和盲孔的表面及孔铜镀层的最低要求<sup>1</sup>

	1 级	2 级	3 级
铜 - 平均 <sup>2,4</sup>	20μm[787μin]	20μm[787μin]	25μm[984μin]
最小厚度 <sup>4</sup>	18μm[709μin]	18μm[709μin]	20μm[787μin]
包覆 <sup>3</sup>	AABUS	5μm[197μin]	12μm[472μin] <sup>5</sup>
包覆 <sup>3</sup>	AABUS	5μm[197μin]	5μm[197μin] <sup>6</sup>

注 1. 不适用于微导通孔（见 1.4.4 节）。

注 2. 镀铜层（1.3.4.2 节）厚度应当是连续的，且从孔壁延伸或包覆到外层表面。孔壁铜镀层的厚度要求参见 IPC-A-600。

注 3. 镀覆孔和导通孔的包覆铜镀层应当符合 3.6.2.11.1 节的要求。改变包覆镀层应当由供需双方协商确定。

注 4. 见 3.6.2.11 节。

注 5. 设计（图纸）在 2017 年 12 月 31 日或之前首次发布。

注 6. 设计（图纸）在 2018 年 1 月 1 日或之后首次发布。

表 3-5 微导通孔（盲孔和埋孔）的表面及孔铜镀层的最低要求<sup>1</sup>

	1 级	2 级	3 级
铜 - 平均 <sup>2,4</sup>	12μm[472μin]	12μm[472μin]	12μm[472μin]
最小厚度 <sup>4</sup>	10μm[394μin]	10μm[394μin]	10μm[394μin]
包覆 <sup>3</sup>	AABUS	5μm[197μin]	6μm[236μin] <sup>5</sup>
包覆 <sup>3</sup>	AABUS	5μm[197μin]	5μm[197μin] <sup>6</sup>

注 1. 微导通孔的定义见 1.4.4 节。

注 2. 铜镀层（1.3.4.2 节）厚度应当是连续的，且从孔壁延伸或包覆到外层表面。孔壁铜镀层的厚度要求参见 IPC-A-600。

注 3. 微导通孔的包覆铜镀层应当符合 3.6.2.11.1 节或 3.6.2.11.3 节的要求。改变包覆镀层应当由供需双方协商确定。

注 4. 见 3.6.2.11 节。

注 5. 设计（图纸）在 2017 年 12 月 31 日或之前首次发布。

注 6. 设计（图纸）在 2018 年 1 月 1 日或之后首次发布。

表 3-6 埋入芯板（2 层）表面及孔铜镀层的最低要求<sup>1</sup>

	1 级	2 级	3 级
铜 - 平均 <sup>2,4</sup>	13μm[512μin]	15μm[592μin]	15μm[592μin]
最小厚度 <sup>4</sup>	11μm[433μin]	13μm[512μin]	13μm[512μin]
包覆 <sup>3</sup>	AABUS	5μm[197μin]	7μm[276μin] <sup>5</sup>
包覆 <sup>3</sup>	AABUS	5μm[197μin]	5μm[197μin] <sup>6</sup>

注 1. 埋芯板里的通孔。

注 2. 铜镀层（1.3.4.2 节）厚度应当是连续的，且从孔壁延伸或包覆到外层表面。孔壁铜镀层的厚度要求参见 IPC-A-600。

注 3. 埋芯板导电孔的包覆铜镀层应当符合 3.6.2.11.1 或 3.6.2.11.3 的要求。改变包覆铜层应当由供需双方协商确定。

注 4. 见 3.6.2.11 节。

注 5. 设计（图纸）在 2017 年 12 月 31 日或之前首次发布。

注 6. 设计（图纸）在 2018 年 1 月 1 日或之后首次发布。

**3.2.8 聚合物涂覆层（阻焊膜）** 当按照 1.3.4.3 节规定，永久性阻焊膜涂覆层作为表面涂覆层时，其应当是符合 3.7 节要求的聚合物涂覆层。

**3.2.9 热熔液及助焊剂** 用于焊料涂覆的热熔液和助焊剂成分应当能够清洁和热熔锡铅镀层及裸铜表面，以形成平滑附着的涂覆层。热熔液应当起到热量传递与分布介质的作用，以防止损伤印制板的裸基板。

**注：**由于组装焊接中不同的材料会发生相互作用，应该确认热熔液与最终用户清洁度要求的兼容性。

**3.2.10 标记油墨** 标记油墨应当为永久性且应当符合 IPC-4781 或采购文件的要求。标记油墨应当施加到印制板上，或印制板的标签上。如使用导电标记油墨，标记油墨应当作为印制板上的导电元件来对待。

**3.2.11 塞孔绝缘材料** 用于金属芯印制板孔堵塞的电气绝缘材料应当由供需双方协商确定。





**2.12 外层散热层** 构成散热层结构的材料和厚度应当符合表 3-1 的要求和 / 或采购文件的要求。连接材料应当符合 3.2.2 节的要求。偏离的要求应当由供需双方协商确定。

**3.2.13 导通孔保护** 用于保护导通孔的材料应当被指定。导通孔保护类型在 IPC-4761 中有描述。

**3.2.14 埋入式无源材料** 埋入式无源材料指在印制板内部增加电容、电阻和 / 或电感功能的、且可以被用于生产印制板常规芯材的材料和方法。其中包括层压材料、电阻性金属箔、电镀电阻、导电膏、防护材料等。埋入式无源材料应当符合 IPC-4811 或 IPC-4821 的要求。

**3.3 目视检查** 成品印制板应当按照以下程序进行检验。印制板应当具有一致的质量，且应当符合 3.3.1 节到 3.3.10 节的要求。

对有关性能的目视检查应当在 3 个屈光度（放大约 1.75 倍）下进行。

微导通孔要素外观检查中对于适用的尺寸或者工艺特性应当在最小 30 倍放大镜下执行。

如果可疑的不符合在 3 个屈光度下不能确认，则应该在逐渐增大的放大倍数（最大至 40 倍）下进行核实，以确认符合性。对于尺寸的要求，例如间距或导体宽度的测量，可能要求其他放大倍数及可以精确测量指定尺寸的带有十字线或刻度的仪器。合同或规范可要求其他放大倍数。

**3.3.1 边缘** 当板边区域已按照 IPC-2222 设计时，沿着印制板边、槽口和非镀覆孔边缘出现的缺口、微裂纹，渗透深度不超过印制板边与导电图形之间规定的最小距离是可接受的。如果没有指定边缘间距要求，则任何缺口或微裂纹不应当超过边缘与最近导体距离的 50% 或 2.5mm[0.0984in]，取两者中的较小者。

当板边区域已按照 IPC-2222 设计时，任何边缘分层或起泡与最近导电图形之间的距离不应当小于最小侧向导体间距，如未规定时则不小于 100 $\mu$ m[3,937 $\mu$ in]。

当板边区域已按照 IPC-2222 设计时，晕圈渗透与最近导电图形之间的距离不应当小于最小侧向导体间距，如未规定时则不小于 100 $\mu$ m[3,937 $\mu$ in]。

当板边区域没有按照 IPC-2222 设计时，缺口、微裂纹、分层及晕圈应当由供需双方协商确定。

边缘应当切割整洁，没有金属毛刺。对于非金属毛刺，只要不疏松和 / 或不影响安装和功能，是可接受的。切割或铣切有分离槽口的在制板时，应当满足印制板组装后的分板要求。

**3.3.2 层压板缺陷** 层压板缺陷包括所有可以从表面可见的印制板内部和外部特征。

**3.3.2.1 白斑** 对于 1 级、2 级和 3 级产品，白斑都是可接受的。层压板基板中白斑面积大于相邻导体间距的 50% 时，对于 3 级产品是一种制程警示，说明材料、设备操作、工艺或制程出现变异，但不是不符合。虽然应该将制程警示作为过程控制系统的一部分进行监控，但不要求对个别制程警示进行处置，且受影响产品应该照常使用。

**注：**白斑是在 IPC-TM-650 测试方法 2.6.8 热应力测试下不会扩展的一种内部现象，同时也无明确结论显示它是导电阳极丝（CAF）生长的诱因。分层是一种在热应力测试下可能扩展的内部现象，同时也可能是 CAF 生长的诱因。关于耐 CAF 测试，IPC-9691 用户指南和 IPC-TM-650 测试方法 2.6.25 均提供了确定层压板 CAF 生长性能的其他信息。希望将白斑状况加入其要求的用户可考虑使用不允许白斑出现的 IPC-6012ES 的要求。

**3.3.2.2 微裂纹** 如果微裂纹不会使导体间距减少至低于最小值，且没有因为模拟组装过程的热应力测试而扩大，则对于所有级别产品均是可接受的。对于 2 级和 3 级产品，微裂纹的跨距不应当超过相邻导体距离的 50%。更多信息参见 IPC-A-600。

**3.3.2.3 分层 / 起泡** 如分层和起泡影响的区域未超过印制板每面面积的 1%、且其未使导电图形的间距减小至低于最小导体间距，则对于所有级别产品均是可接受的。经过模拟组装过程的热应力测试之后，分层和起泡**应当**没有扩大。对于 2 级和 3 级产品，起泡和分层的跨距**不应当**大于相邻导电图形间距的 25%。更多信息参见 IPC-A-600。

**3.3.2.4 外来夹杂物** 印制板内半透明的外来夹杂物**应当**是可接受的。如果印制板内的其他夹杂物没有使相邻导体之间的距离减小至低于 3.5.2 节规定的最小间距，**应当**是可接受的。

**3.3.2.5 露织物** 对于 3 级产品，印制板**应当**无暴露的织物。对于 1 级和 2 级产品，露织物是可接受的，只要瑕疵没有使导体之间的间距（不包括露织物区域）减少至低于最小要求，更多信息参见 IPC-A-600。

**3.3.2.6 断裂的纤维** 如断裂的纤维未桥连导体，且未使侧向导体间距减少至低于最小要求，对于所有级别产品，均是可接受的。

**3.3.2.7 划痕、压痕及加工痕迹** 如划痕、压痕及加工痕迹未桥连导体，或断裂的纤维大于以上几节的允许值，但未使介质间距减少至低于规定的最小要求，则是可接受的。

**3.3.2.8 表面空洞** 如表面空洞最长尺寸不超过 0.8mm[0.031in]，没有桥连导体、也没有超过印制板每面面积的 5%，则是可接受的。

**3.3.2.9 粘接增强处理区域的颜色变异** 粘接增强处理区域出现的斑点状或颜色变异是可接受的。随机缺乏处理的区域**不应当**超过受影响层中导体总表面面积的 10%。

**3.3.2.10 粉红圈** 没有证据表明粉红圈影响功能性。其出现可看作是制程警示或设计变异，但不是拒收的理由。对于粉红圈，应该将关注的焦点放在层压板的粘接质量上。

**3.3.3 孔内镀层和涂覆层空洞** 根据 3.3 节要求进行目视检验（非显微切片）镀层和涂覆层空洞**不应当**超过表 3-7 允许的范围。

表 3-7 孔内镀层和涂覆层空洞

材料	1 级	2 级	3 级
铜 <sup>1</sup>	在不超过孔总数 10% 的孔内，每个孔不超过 3 个空洞	在不超过孔总数 5% 的孔内，每个孔不超过 1 个空洞	无
最终涂覆层 <sup>2</sup>	在不超过孔总数 15% 的孔内，每个孔不超过 5 个空洞	在不超过孔总数 5% 的孔内，每个孔不超过 3 个空洞	在不超过孔总数 5% 的孔内，每个孔不超过 1 个空洞

注 1. 对于 2 级产品，铜镀层空洞**不应当**超过孔长的 5%。对于 1 级产品，铜镀层空洞**不应当**超过孔长的 10%。环形空洞**不应当**超过周长的 90°。

注 2. 对于 2 级和 3 级产品，最终涂覆层空洞**不应当**超过孔长的 5%。对于 1 级产品，最终涂覆层空洞**不应当**超过孔长的 10%。对于 1 级、2 级和 3 级产品，环形空洞**不应当**超过周长的 90°。

**3.3.4 连接盘起翘** 当按照 3.3 节进行目视检查时，在交付的印制板（未经热应力测试）上**应当**无翘起的连接盘。

**3.3.5 标记** 每一块印制板、每一个鉴定印制板和每一套质量符合性测试电路（相对于单个附连测试板而言）均**应当**作标记，以保证印制板与质量一致性测试电路之间和制造历史之间的可追溯性，并识别供应商（商标等）。标记的制作**应当**采用与生产导电图形相同的工艺，或使用永久性防霉的油墨或涂料（见 3.2.10 节），激光标记装置或用振动笔在用于标记的金属区域或永久性的附属标签上作出标记。导电的标记，或是蚀刻铜或是导电油墨（见 3.2.10 节）**应当**视为电路的电气元件，且**不应当**降低电气间距的要求。所有标记均**应当**与材料及部件相兼容，对于所有测试均可辨认，且在任何



况下均不影响印制板的性能。标记**不应当**覆盖待焊接的连接盘区域。除上述标记外，还允许使用  
形码标记。使用日期代码时，其格式**应当**由供应商决定，以建立对生产操作完成日期的可追溯性。  
对于无铅最终产品，标记**应当**满足 J-STD-609 的要求。

**3.3.5.1 蚀刻标记** 对于 1 级、2 级和 3 级产品，蚀刻标记需要符合以下要求：

- 只要文字清晰可辨，无论任何原因引起的标记不良都是可接受的（例如：焊料桥接，过腐蚀等）。
- 标记不违反最小电气间隙的要求。
- 在字符或标记清晰的前提下，字符的轻微的不规则是可接受的。

**3.3.5.2 油墨标记** 对 1 级、2 级和 3 级产品，标记**不应当**覆盖或者超过需要焊接的区域：

- 字符清晰可辨。
- 只要字符清晰可辨，油墨可以堆积在字符线条以外。
- 只要要求的方位仍清楚明确，元器件方位符号的轮廓可以部分脱落。
- 元器件孔连接盘的标记油墨不得渗入部件安装孔内或造成环宽低于最小环宽。
- 除非采购文件要求孔被焊料完全填充，不焊接元器件引线的镀覆孔内允许有标记油墨。
- 标记油墨没有侵占到板边印制接触片或测试点表面。
- 对于节距大于等于 1.25mm[0.04921in] 的表面贴装连接盘，标记油墨只能侵占连接盘的一侧，且不超过 0.05mm[0.0020in]。
- 对于节距小于 1.25 mm[0.04921in] 的表面贴装连接盘，标记油墨只能侵占连接盘的一侧，且不超过 0.025mm[0.00098in]。
- 标记被涂污或模糊，但仍可辨认。
- 出现重影，但仍可辨认。

**3.3.5.3 油墨标记附着力** 油墨标记附着力**应当按照** IPC-TM-650 测试方法 2.4.1 进行测试。**应当**没有任何标记油墨被去除的迹象。

**3.3.6 可焊性** 只有在后期组装操作中要求焊接的印制板要求做可焊性测试。不要求焊接的印制板不要求做可焊性测试，例如使用压接元器件时，这类要求**应当在**布设总图中规定。只用于表面贴装的印制板不要求对镀覆孔进行可焊性测试。当采购文件有要求时，涂覆层耐久性的加速老化**应当**符合 J-STD-003 的要求。耐久性的类型**应当在**布设总图中规定。但是，如未规定，有铅则**应当**采用 2 类，无铅的则**应当**采用 A 类。如有要求，待测试的附连板或印制板**应当**进行预处理，并使用 J-STD-003 进行表面和镀覆孔可焊性的评定。

除非另有规定，通孔默认测试**应当**是 S 附连板浮焊；表面贴装默认测试**应当**是 M 或 W 附连板的边缘浸焊。

锡铅焊料**应当**符合本规范表 3-2 规定的污染水平。

当要求可焊性测试时，应该考虑印制板的厚度和铜的厚度。如果两者均增加时，则充分润湿金属孔壁及连接盘顶部的时间也将随之增加。

**注：**根据 J-STD-003，除非由供需双方协商确定，边缘浸锡测试**应当**要求使用机械或机电设备（例如，一套镊子不构成机械设备）。

**3.3.7 镀层附着力** 镀层附着力**应当按照** IPC-TM-650 测试方法 2.4.1 进行测试。**不应当**有任何保护性镀层或导体图形箔部分脱落迹象，其表现为镀层或图形箔的颗粒粘附在胶带上。如有镀层突沿（镀屑）断裂并附着在胶带上，只表示有镀层突沿或镀屑存在，而不是镀层附着力失效。



**3.3.8 印制板边接触片的金镀层与焊料涂层的接合处** 焊料涂层和金镀层之间的露铜 / 镀层重叠应当符合表 3-8 的要求。露铜 / 镀层或金重叠可能会呈现变色或灰黑色，是可接受的（见 3.5.4.4 节）。

表 3-8 印制板边接触片间隙

	最大露铜间隙	最大镀金重叠
1 级	2.5mm[0.0984in]	2.5mm[0.0984in]
2 级	1.25mm[0.0492in]	1.25mm[0.0492in]
3 级	0.8mm[0.031in]	0.8mm[0.031in]

**3.3.9 背钻孔** 应当没有电镀镀屑、疏松的钻屑（导电或不导电）、和孔壁或背钻孔外表面有外层连接盘的残留。背钻孔不包含 3.3.1 节的边缘间距要求。成品孔径公差应当满足 3.4.1 节的要求。

**3.3.10 工艺质量** 印制板的加工工艺应当使质量均匀一致，且没有可见的灰尘、外来物、油脂、手指印、锡铅或焊料转移到介质表面、及助焊剂残留物和其他会影响寿命、组装能力和使用性的污染物。当使用金属或非金属半导体涂层时，所见的非电镀孔内的发暗外观不是外来物，不影响寿命或功能。印制板**不应当**存在超过本规范允许的不符合项。**不应当**有任何超过允许限度的镀层与导电图形的分离、或导体与基材的分离。印制板表面**不应当**有疏松的镀层镀屑。

**3.4 印制板尺寸要求** 除非供需双方另有协定，否则印制板尺寸要求的检验应当符合此节的规定。印制板应当满足采购文件中规定的尺寸要求。所有尺寸特征如，但不仅限于，板外形、厚度、切口、插槽、槽口、孔、刻痕、与连接器关键区域接触的印制板边接触片，都应当符合采购文件的规定。但是，采购文件未规定尺寸公差时，则应当采用相应的设计系列规范中的特征公差。在采购文件中规定的印制板的基准或双向公差的尺寸定位应当采用表 4-3 中规定的 C=0 等级进行检验。

允许使用自动光学检验 (AOI) 或坐标测量机 (CMM) 等自动检测技术。

供应商如能提供文件化的方法并证明其生产能力能达到规定的要求，则允许减少检查各要素的精度。供应商可以根据包含过程数据采集和记录方法的抽样计划来提供精度证明。

当供应商没有尺寸精度的过程证明体系时，则应当采用表 4-3 中的 C=0 等级来检查每一批产品。

**3.4.1 孔径、孔图形精度和图形要素精度** 孔径公差、孔图形精度和要素定位精度应当符合采购文件的规定。

对所有适用于设计的孔径，成品孔径公差应当以抽样为依据来验证。每种孔径的测量数目应当由制造商来决定，以在总数中充分抽取足量的孔数。

只有在布设总图上规定尺寸且从表面可见的孔应当检查其孔图形的精度是否满足 3.4 节的印制板尺寸要求。除非布设总图有要求，其他孔的孔图形精度不需要检查，因为其是由数据库提供的孔位置，且由表面或内层连接盘的环宽要求进行控制。如果布设总图要求，孔图形精度可以通过鉴定报告证明或按 3.4 节的 C=0 抽样来证明。

图形要素精度应当符合采购文件的规定。图形要素精度可以通过鉴定报告证明或符合 3.4 节要求的 C=0 抽样来证明。但是，在任何一种要素都没有在采购文件中规定的情况下，则应当采用在 IPC-2220 设计系列中 B 水平的要素公差。

镀覆孔中的结瘤或粗糙镀层**不应当**使孔径减少至低于采购文件中规定的最小限值。

**3.4.2 环宽和破坏（外层）** 外层最小环宽应当符合表 3-9 的要求。外层环宽是从内表面（孔内）测量至印制板表面环宽的外边缘，如图 3-1 所示。这种测量适用于可从表面直观地辨别内部孔壁的所有孔结构。当破坏发生且满足表 3-9 中的要求，镀覆孔应当与 3.6.2.1 节、3.6.2.2 节和图 3-12 中附连板的质量要求相一致。当破坏发生在导体 / 连接盘的交叉线处时，如符合图 3-3 的要求，则应当是可



受的。有破坏的印制板**应当**满足 3.8.2 节的电气要求（见图 3-2 和图 3-3）。对于 1 级和 2 级产品，非客户禁止，使用填角法或“泪滴焊盘”在导体连接处增加额外的连接盘面积**应当**是可接受的，并**应当**符合 IPC-2221 中关于带孔连接盘的通用要求。对于 3 级产品，使用填角法或“泪滴焊盘”**应当**由供需双方协商确定（AABUS）。

对于 1 级和 2 级产品，当客户禁止使用填角法或“泪滴焊盘”或没有使用这种工艺时，在连接盘 / 导体连接处最小环宽**应当**为 25μm[984μin]。

表 3-9 最小环宽<sup>1,2</sup>

特征	1 级	2 级	3 级
外层镀覆孔	通过目视检查评定时，连接盘上的破坏不大于 180°。 连接盘 / 导体连接处的减少量 <b>应当</b> 低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值。 如果连接盘未进行填角或锁眼，连接盘 / 导体连接处最小环宽 <b>应当</b> 为 25μm [984 μin]。	通过目视检查评定时，连接盘上的破坏不大于 90°。 连接盘 / 导体连接处的减少量 <b>应当</b> 低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值。 导体连接处不得小于 50μm[1,969μin] 或小于最小导体宽度，取两者中的较小者。 如果连接盘未进行填角或锁眼，连接盘 / 导体连接处最小环宽 <b>应当</b> 为 25μm [984 μin]。	最小环宽 <b>应当</b> 为 50μm [1,969μin]。 在孤立区域，由于诸如麻点、压痕、缺口、针孔或斜孔等缺陷，外层最小环宽可再减少最小环宽的 20%。
微导通孔捕获连接盘	通过目视检查评定时，连接盘上的孔破坏不大于 180°。 连接盘 / 导体连接处的减少量 <b>应当</b> 低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值。	通过目视检查评定时，连接盘上的破坏不大于 90°。 连接盘 / 导体连接处的减少量 <b>应当</b> 低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值。 导体连接处不得小于 50μm[1,969μin] 或小于最小线宽，取两者中的较小者。	<b>应当</b> 没有任何破坏迹象
内层镀覆孔	只要连接盘 / 导体连接处的减少量低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值，允许出现孔破坏。如果连接盘未进行填角或锁眼，最小环宽 <b>应当</b> 为 25μm [984 μin]。	只要连接盘 / 导体连接处的减少量低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值，允许出现 90° 范围内的孔破坏。如果连接盘未进行填角或锁眼，最小环宽 <b>应当</b> 为 25 μm [984 μin]。	内层最小环宽 <sup>3</sup> <b>应当</b> 为 25μm [984μin]。
微导通孔目标连接盘 <sup>4</sup>	符合 3.6.2.9.2 节中 180° 的孔破坏是可接受的	符合 3.6.2.9.2 节中 180° 的孔破坏是可接受的	<b>应当</b> 没有任何破坏迹象。
外层非支撑孔	通过目视检查评定时，连接盘上的孔破坏不大于 90°。 连接盘 / 导体相接处的减少量 <b>应当</b> 低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值。	通过目视检查评定时，连接盘上的孔破坏不大于 90°。 连接盘 / 导体连接处的减少量 <b>应当</b> 低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值。	最小环宽 <b>应当</b> 为 150μm [5,906μin]。 在孤立区域，由于诸如麻点、压痕、缺口、针孔或斜孔等缺陷，外层最小环宽可再减少最小环宽的 20%。

注 1. 图 3-2 和图 3-3 给出了连接盘破坏和连接盘上导体宽度减少的实例。

注 2. 导体的最小侧向间距**应当**符合 3.5.2 节。

注 3. 对于功能或非功能连接盘内层环宽的要求，见 3.6.2.9 节。

注 4. 中间微导通孔目标连接盘例子见图 3-4。



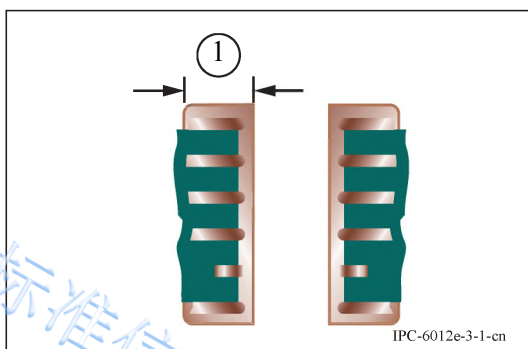


图 3-1 环宽测量 (外层)

注 1. 外层环宽的测量

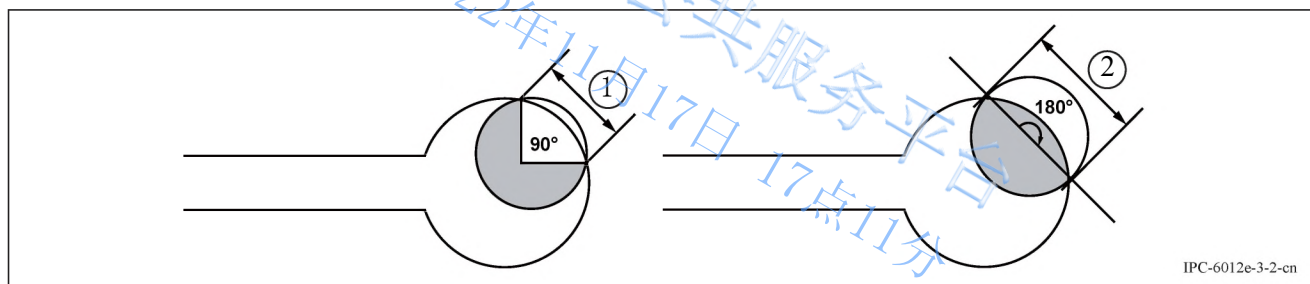


图 3-2 90° 和 180° 破坏

注 1. 1.414 镀覆孔半径

注 2. 镀覆孔直径

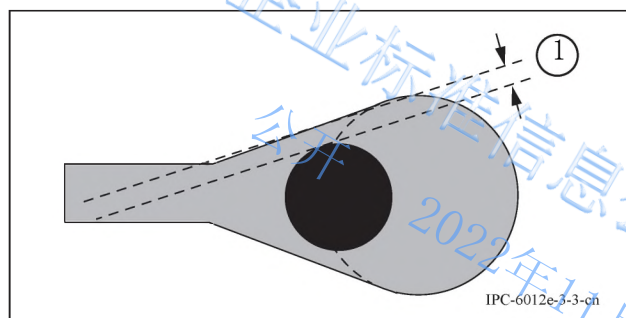


图 3-3 外导体宽度减少量

注 1. 连接盘 / 导体连接处满足表 3-9 最小环宽的要求。

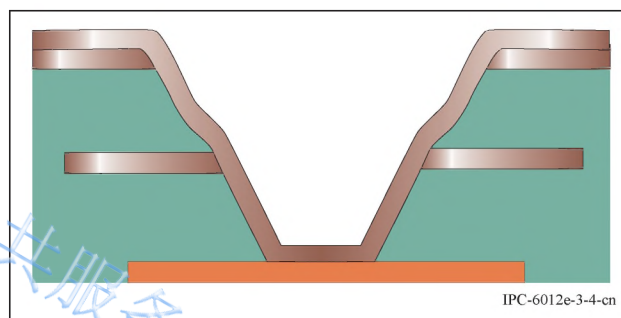


图 3-4 微导通孔中间目标连接盘案例

注 1. 如图 3-4 在微导通孔中间目标连接盘的检验应当由供需双方协商确定。

**3.4.3 弓曲和扭曲** 除非采购文件中另有规定, 当按照 IPC-2221 设计时, 对于用于表面贴装元器件的印制板, 最大弓曲扭曲应当为 0.75%; 对于所有其他印制板, 最大弓曲扭曲应当为 1.5%。应当以交付的形式对成品印制板进行评定。为了组装而拼板的产品, 其弓曲和扭曲要求应当由供需双方协商确定。

应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.4.22, 坐标测量机 (CMM) 或等效方法对弓曲、扭曲或其组合进行物理测量并计算百分比。

由于结构不平衡导致的弓曲和扭曲的接受界限应当由供需双方协商确定。

**3.5 导体精度** 印制板上所有的导电区域, 包括导体、连接盘和导电层均应当满足以下各节的目视检查和尺寸要求。导体图形应当符合采购文件的规定。尺寸特性的核实应当按照 3.3 节进行。允许采用 AOI 和 CMM 检验方法, 但利用 AOI 对导体尺寸的评估应当由供需双方协商确定。

对内层导体在多层板层压前, 内层加工期间进行检验。



**5.1 导体宽度和厚度** 当布设总图未作规定时，最小导体宽度**应当**为采购文件提供的导体图形的 100%。当布设总图未作规定时，则最小导体厚度**应当**符合 3.6.2.14 节和 3.6.2.15 节的要求。

**5.5.2 导体间距** 导体间距**应当**在布设总图规定的公差范围内。如未规定最小间距，因加工造成加工文件中给出的导体标称间距减少，对于 3 级产品，允许减少量**应当**为 20%，对于 1 级和 2 级产品，允许减少量**应当**为 30%（前述最小成品间距要求仍适用）。导体与印制板边缘之间的最小间距**应当**符合布设总图的规定。

**3.5.3 导体缺陷** 导电图形**应当**没有裂纹、裂口或撕裂。导体的几何形状指其宽度 厚度 长度。任何 3.5.3.1 节和 3.5.3.2 节规定的缺陷的组合使导体等效横截面积（宽度 厚度）减少，对于 2 级和 3 级产品，**不应当**大于最小值（最小宽度 最小厚度）的 20%，对于 1 级产品，则**不应当**大于最小值的 30%。导体上缺陷区域长度的总和，对于 1 级产品，**不应当**大于导体长度的 10% 或 25.0mm [0.984in]，对于 2 级和 3 级产品，**不应当**大于导体长度的 10% 或 13.0mm [0.512in]，取两者中的较小者。

**3.5.3.1 导体宽度的减少** 由于对位不准或暴露基材的孤立缺陷（如边缘粗糙、缺口、针孔和划痕）造成最小导体宽度（规定或推算值）减少，对于 2 级和 3 级产品，允许减少量**不应当**大于最小导体宽度的 20%，对于 1 级产品，允许减少量**不应当**大于最小导体宽度的 30%。

**注：**因为导体宽度允许减少量是以客户原始图纸设计为依据，所以生产商在加工前（CAM）设计时，要了解自身蚀刻能力并在客户原始图纸设计上增加生产补偿。

**3.5.3.2 导体厚度的减少** 由于孤立缺陷（如边缘粗糙、缺口、针孔、凹陷和划痕）使得最小导体厚度减少，对于 2 级和 3 级产品，允许减少量**不应当**大于最小导体厚度的 20%，对于 1 级产品，允许减少量**不应当**大于最小导体厚度的 30%。

### 3.5.4 导电表面

**3.5.4.1 接地层或电源层上的缺口和针孔** 对于 2 级和 3 级产品，接地层或电源层上的缺口和针孔，如其最长尺寸不大于 1.0mm [0.0394in]，且每面 625cm<sup>2</sup> [96.88in<sup>2</sup>] 的面积内不多于 4 处缺陷，是可接受的。对于 1 级产品，其最长尺寸**应当**为 1.5mm [0.0591in]，且每面 625cm<sup>2</sup> [96.88in<sup>2</sup>] 的面积内不多于 6 处缺陷。

**3.5.4.2 可焊表面贴装连接盘** 沿着连接盘边缘或连接盘内部的缺陷**不应当**超出 3.5.4.2.1 节和 3.5.4.2.2 节的要求。

**3.5.4.2.1 矩形表面贴装连接盘** 沿连接盘外部边缘的缺陷包括但不限于缺口、压痕、结瘤、针孔等，对于 2 级和 3 级印制板，**不应当**超过连接盘长度或宽度的 20%，对于 1 级，**不应当**超过 30%，且缺陷**不应当**侵占表面贴装连接盘的完好区域，完好区域的定义为连接盘中央宽度的 80% 乘以长度的 80% 的范围，如图 3-5 所示。对于 2 级和 3 级产品，连接盘内的缺陷**不应当**超过连接盘长度或宽度的 10%，对于 1 级产品，连接盘内的缺陷**不应当**超过连接盘长度或宽度的 20%，且连接盘内的缺陷**应当**位于表面贴装连接盘完好区域以外。对于 1 级、2 级和 3 级产品，完好区域

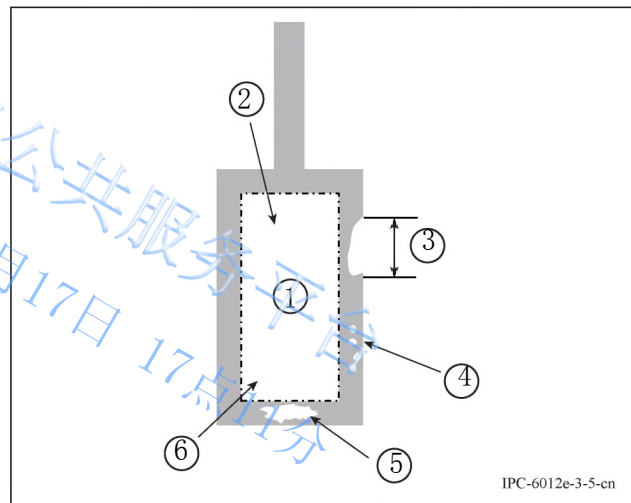


图 3-5 矩形表面贴装连接盘

**注 1.** 完好区域。

**注 2.** 完好区域内的电气测试探针“压痕”只要满足最终涂覆的要求，是可接受的。

**注 3.** 对于 2 级和 3 级产品，≤ 20% 长度及宽度的缺陷不能侵占完好区域。

**注 4.** 在完好区域以外的针孔是可接受的。

**注 5.** 对于 2 级和 3 级产品，≤ 10% 长度及宽度的缺陷在完好区域外。

**注 6.** 完好区域为 SMT 焊盘（连接盘）长度和宽度的 80% 以内的中心区。

内的电测试探针“压痕”是制造工艺的必然结果，只要满足表面涂覆的要求，是可接受的。

完好区域内任何孤立的表面异常（如缺口、压痕、结瘤、退润湿或针孔）的组合都是可以接受的，只要满足最终涂覆要求，即不超出在 3.5.4.8 和 3.5.4.9 节中凹陷/突起的规定，且不超过焊盘面积的 5%。

**3.5.4.2.2 圆形表面贴装连接盘（BGA 焊盘）** 对于 1 级、2 级和 3 级产品，沿连接盘外部边缘的不符合包括但不限于缺口、压痕、结瘤和针孔等，向连接盘中心的径向辐射**不应当**超过连接盘直径的 10%，且对于 2 级和 3 级印制板，**不应当**超过连接盘周长的 20%，对于 1 级印制板，**不应当**超过连接盘周长的 30%，如图 3-6 所示。以连接盘直径的中点为中心，连接盘直径 80% 的完好区域内**不应当**有缺陷。对于 1 级、2 级和 3 级产品，完好区域内的电气测试探针“压痕”是制造工艺的必然结果，只要满足表面涂覆的要求，是可接受的。

完好区域内任何孤立的表面异常（如缺口、压痕、结瘤、退润湿或针孔）的组合都是可以接受的，只要满足最终涂覆要求，即不超出在 3.5.4.8 节和 3.5.4.9 节中凹陷/突起的规定，且不超过焊盘面积的 5% 以上。

对于盘内导通孔，凹坑与突起物**应当**按照 3.5.4.8 节和 3.5.4.9 节进行评价。

**3.5.4.3 金属线键合盘（WBP）** 金属线键合盘**应当**有符合 1.3.4.3 节规定的电镀金或化学镍/浸金（ENIG）导体表面涂覆，用于超声波压焊（GWB-1）和热压焊（GWB-2），或有符合采购文件规定的导体最终涂覆。表面涂覆层的厚度**应当**符合表 3-3 中适用涂覆层的要求。金属线键合盘的完好区域**应当**为以金属线键合盘为中心，焊盘长度的 80% 及焊盘宽度的 80% 范围内的区域，如图 3-5 所示。金属线键合盘完好区域的最大表面粗糙度**应当**按照适用的测试方法测量，或由供需双方协商确定，且**应当**为  $0.8\mu\text{m}[32\mu\text{in}]$ RMS（均方根值）。如采用 IPC-TM-650 测试方法 2.4.15，为获得完好区域内的均方根值，推荐将该方法中定义的粗糙度取样宽度调节到金属线键合盘最大长度的约 80%。完好区域内**应当**没有违反  $0.8\mu\text{m}[32\mu\text{in}]$  RMS 粗糙度要求的麻点、结瘤、划痕、可见的电测试探针压痕或其他缺陷。关于表面粗糙度的更多信息，参见 ASME B46.1.3.6.2。

**3.5.4.4 印制板板边连接器连接盘** 除下述情况外，镀金或镀其他贵金属的板边连接盘的插拔区或关键接触区，**不应当**有露底层镍或露铜的切口或划痕、凸起于表面的溅出焊料或锡铅镀层、结

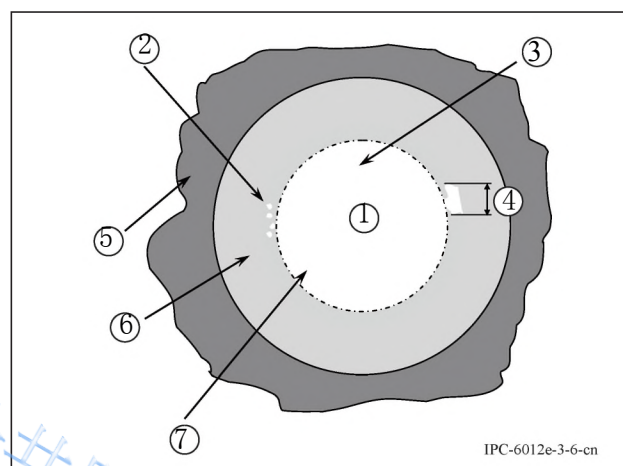


图 3-6 圆形表面贴装连接盘

- 注 1. 完好区域（直径的 80%）。  
 注 2. 在完好区域以外的针孔是可接受的。  
 注 3. 完好区域内的电气测试探针“压痕”只要满足最终涂敷的要求，是可接受的。  
 注 4. 对于 2 级、3 级印制板， $\leq 10\%$  连接盘直径且  $\leq 20\%$  周长的缺陷不能侵入完好区域。  
 注 5. 阻焊膜。  
 注 6. 掩膜开窗。  
 注 7. 焊料球焊盘（连接盘）。

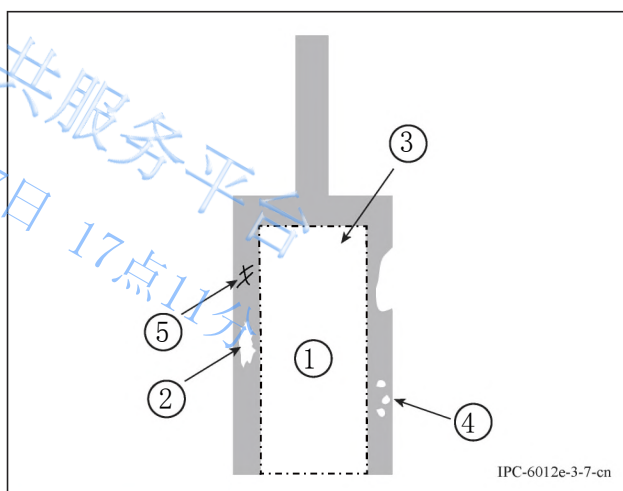


图 3-7 印制板板边连接器连接盘

- 注 1. 完好区域。  
 注 2. 焊料飞溅，在完好区域外暴露镍或铜是可接受的。  
 注 3. 完好区域内的电气测试探针“压痕”只要满足最终涂覆的要求，是可接受的。  
 注 4. 完好区域外的麻点、压痕或凹陷只要满足 3.5.4.4 节，是可接受的。  
 注 5. 完好区域外的切口和划痕是可接受的。





或表面的金属凸点。若麻点、压痕或凹陷的最长尺寸未超过  $150\mu\text{m}[5,906\mu\text{in}]$ ，每个连接盘上的瑕不超过 3 个，且有这些瑕疵的连接盘不多于连接盘总数的 30%，是可接受的。上述瑕疵的限制不用于宽度的 80% 和长度的 90% 的中间完好区域，如图 3-7 所示。

**3.5.4.5 退润湿** 对于锡、锡铅再流或焊料涂覆的表面，导体上、焊料连接区域和接地层或电源层上的退润湿允许范围如下：

- a) 导体和接地层 / 电源层 - 所有级别产品均允许。
- b) 单独的焊接连接区域 - 1 级 -15%；2 级 -5%；3 级 -5%。

**3.5.4.6 不润湿** 对于锡、锡铅再流或焊料涂覆的表面，任何要求焊接连接的导体表面不允许出现不润湿。

**3.5.4.7 表面涂覆覆盖性** 表面涂覆应当满足 J-STD-003 可焊性要求。

**3.5.4.7.1 暴露金属基材（不要求焊接的区域）** 不要求焊接的区域暴露金属基材，对于 3 级产品，允许为导体表面的 1%，对于 1 级和 2 级产品，允许为导体表面的 5%。覆盖不适用于垂直导体和层边缘。返工时只要按照 SAE AMS-2451 进行金属刷镀，不要求焊接的区域暴露金属基材允许达到 5%。

**3.5.4.7.2 阻焊膜下的锡铅（不要求焊接的区域）** 阻焊膜重叠或侵占在不要求焊接区域的锡铅或焊料上，如未超过  $150\mu\text{m}[5,906\mu\text{in}]$ ，是可接受的。

**3.5.4.8 塞孔的盖覆电镀** 当采购文件中规定对塞孔盖覆电镀时，除非被阻焊膜盖住，否则盖覆电镀层不允许有暴露树脂填充料的空洞。盖覆电镀孔上可见的凹陷（凹坑）和突起（凸块）是可接受的，只要符合 IPC-2221 附录 B 附连板的结构完整性并符合 3.6.2.11.2 节和表 3-11 的要求。

**3.5.4.9 铜填充微导通孔** 铜填充微导通孔上可见的凹陷（凹坑）和突起（凸块）是可接受的。

**3.5.4.10 非功能性连接盘** 除非设计文件或采购文件允许，否则制造者不应当移除非功能性连接盘。

**3.6 结构完整性** 印制板应当满足 3.6.2 节规定的结构完整性要求，评价热应力（见 3.6.1 节）后的附连测试板。制造的在制板的镀覆孔结构完整性评估要求检查热应力后的一个 A 附连板和一个 B 附连板，或一个 A/B 附连板。此外，每种类型的导通孔结构，包括微导通孔、盲孔和埋孔的 B 或 A/B 附连板应当经过热应力测试。每种设计类型的孔，至少应当需要一个热应力附连板（A 或 B 或 A/B）进行评估。

虽然附连板 A 和 B 或 A/B 指定用于此项测试，使用印制板完成产品验收测试应当由供需双方协商确定。对于 IPC-2221 没有定义附连板的高密度互连（HDI）结构，允许使用印制板完成产品验收测试。印制板上所选的区域应当包含金属化孔和铜的要素，从而能够对本规范中的所有要求进行评定。从印制板上所选的显微剖切应当从印制板对角选取，应当在 X 和 Y 轴上进行检验，且每个切片应当至少要含有 3 个孔。

印制板及质量一致性测试电路中含有镀覆孔的所有其他附连测试板均应当能够满足本节要求。结构完整性应当通过显微剖切技术对 2 型至 6 型印制板的附连测试板或印制板进行评定。对于 2 型印制板不适用的特征（如内层分离、内层夹杂物和内层铜箔裂缝的要求）不做评定。只能通过使用显微剖切技术才能进行测量的尺寸也在本节中作出了规定。对于评估结构完整性的附连板完整的设计，参考 IPC-2221。

所有性能和要求的评定应当在经过热应力处理的附连测试板上或在印制板上进行，且应当满足所有要求。附连板应当在印制板经过所有涂覆、表面涂覆和热处理工艺后进行测试。

**注意：**随着微导通孔结构在印制板设计中变得越来越普遍，已经有许多印制板在符合了本规范中所有规定的批符合性要求但在制造后出现微导通孔失效的例子。通常，这些失效发生在组装再流焊加工过程中，但在室温下通常检测不到（潜在的）。在组装过程中，这些失效显现得越晚代价就越大。如果在最终产品投入使用之前一直未被检测到，它们将面临更大的成本风险，更重要的是可能会造成安全风险。基于此，建议对所有含有微导通孔的 3 级印制板进行符合 3.10.15 节的基本性能验收测试。

试。还建议制造商评审以评估微导通孔结构在设计中通过基本性能验收测试的能力。有关其他信息，请参阅 IPC-WP-023。

**3.6.1 热应力测试** 附连测试板或印制板应当经过热应力测试。按照 1.3.3 节给出的适用标准，应当要求采用以下测试方法中的一种或多种。

**3.6.1.1 热应力测试，测试方法 2.6.8** 附连测试板或印制板应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.8 中的测试条件 A 进行热应力测试。

**3.6.1.1.1 热应力测试，测试方法 2.6.8（微导通孔）** 对于使用微导通孔的印制板，在浮焊时微导通孔接触焊料。如果附连测试板或印制板双面都有微导通孔待评估，双面都应当单独浮焊并在热应力后评估，可在相同的附连板上或在单独的附连板上评估。

**3.6.1.2 热应力测试，测试方法 2.6.27（230°C）** 附连测试板或印制板应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.27 中的 230°C 再流焊曲线进行热应力测试。

**3.6.1.3 热应力测试，测试方法 2.6.27（260°C）** 附连测试板或印制板应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.27 中的 260°C 再流焊曲线进行热应力测试。

**3.6.1.4 热应力测试的偏离要求** 对这些要求的偏离应当由供需双方协商确定。

**3.6.1.5 显微剖切要求** 热应力测试后，应当对附连测试板或印制板进行显微剖切。应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.1.1 在附连测试板或印制板上进行显微剖切。切片的研磨和抛光精度应当使每个镀覆孔的观察区域为钻孔直径的 10% 以内（见图 3-8）。对所有适用的镀覆孔、导通孔和微导通孔，包括盲孔和埋孔，即所有在成品印制板上能找到的类似结构的评定，应当按照 3.6.2 节和表 4-3 在垂直剖面上进行检验。

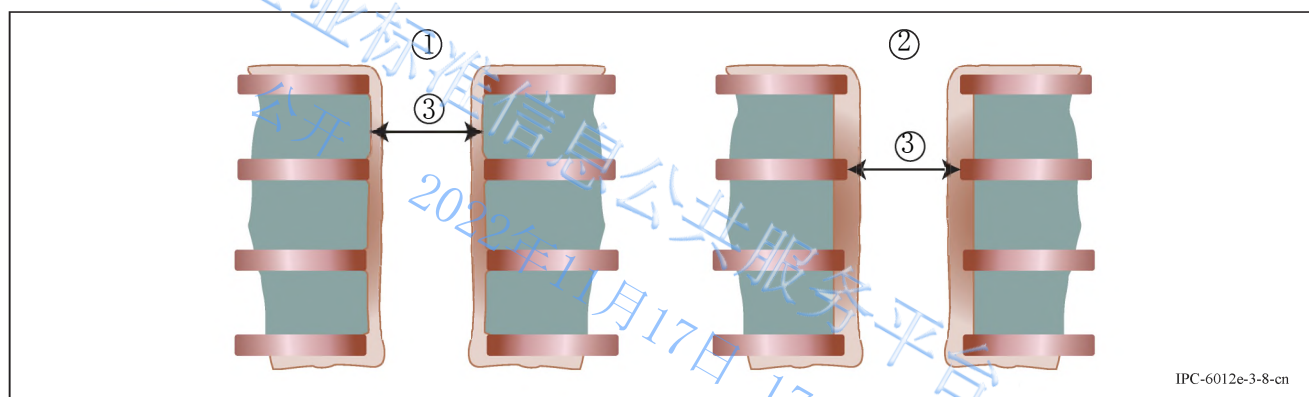


图 3-8 金属化孔显微剖切（研磨 / 抛光）公差

注 1. 负凹蚀加工测量实例

注 2. 凹蚀 / 去钻污加工测量实例

注 3. 孔中间测量位置

注 4. 最小可见区域长度 = 钻孔直径  $\times$  0.9

注 5. 最大可见区域长度 = 钻孔直径

附连测试板或印制板的显微剖切评定应当在“抛光”状态下（微蚀之前）完成。不允许的内层分离（见表 3-10）和镀层与目标盘的分层不应当呈现（见图 3-9）。

附连测试板或印制板显微剖切的微蚀按照 IPC TM-650 测试方法 2.1.1。

应当在  $100X \pm 5\%$  的放大倍数下对镀覆孔，包括埋孔和盲导通孔，进行铜箔和镀层的完整性检验。

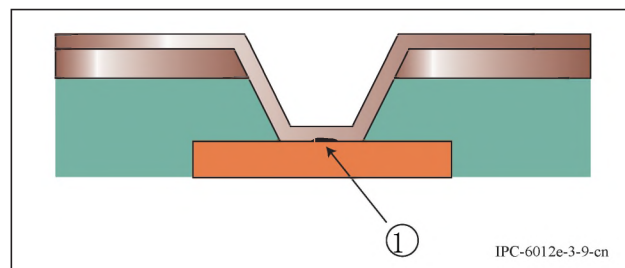


图 3-9 目标连接盘与电镀分离的例子

注 1. 目标连接盘的电镀分离。





仲裁检验**应当**在  $200X \pm 5\%$  的放大倍数下完成。**应当**单独检验孔的每一边。对层压板厚度、铜箔厚度、铜层厚度、叠合方向、层压和镀层空洞等的检验**应当**在上述规定的放大倍数下完成。对于小于  $3/8\text{oz.}$  的铜箔，可能要求使用 200 倍的放大倍数进行检验，400-500 倍的放大倍数进行仲裁检验，用以确定是否符合最小厚度要求。低于  $1.0\mu\text{m}[39.4\mu\text{in}]$  的镀层厚度**不应当**采用显微技术进行测量。

**应当**在  $200X \pm 5\%$  的放大倍数下对微导通孔进行镀层完整性和互连完整性的检验。仲裁检验**应当**在 400-500 倍的放大倍数下完成。**应当**单独检验孔的每一面。切片的研磨和抛光精度**应当**使每个微导通孔的观察区域为钻孔直径的 10% 以内（见图 3-8），评估 3 个微导通孔。对于铜填充微导通孔，研磨和抛光的精度**应当**足够来评估接触尺寸。

**注：**用来补充显微剖切评定的其他技术**应当**由供需双方协商确定。

**3.6.2 显微剖切后的附连板或印制板要求** 通过显微剖切进行检验时，附连测试板或印制板**应当**满足表 3-10 和 3.6.2.1 节到 3.6.2.21 节的要求。

**3.6.2.1 镀层完整性** 镀覆孔的镀层完整性**应当**满足表 3-10 详列的要求。对于 2 级和 3 级产品，**不应当**有镀层分离（除表 3-10 注明情况以外）、无镀铜裂纹，且内层互连处**不应当**在镀覆孔孔壁与内层之间有分离或污染。

在镀层和铜箔界面（不包括结合部分）或镀层之间出现孤立和随机的微小异常（未以其他方式描述或禁止的夹杂物），并在热应力后未扩散，这是制程变异的警示但**不应当**是拒收的理由（微小异常的示例见 IPC-A-600）。

当以铜制成的金属芯或散热层用作电气电路时，**应当**满足以上要求；但当使用其他不同的材料制成金属芯或散热层时，可以在金属与孔壁镀层之间出现斑点或麻点。进行显微剖切评定时，这些有污染或外来物的面积**不应当**超过每一互连面的 50%，且**不应当**出现在金属芯上覆铜箔层与孔壁铜镀层的交界面。

**3.6.2.2 铜镀层空洞** 任何铜镀层厚度小于表 3-4 至表 3-6 中所规定的最小厚度时，**应当**认为是空洞。所有级别的最终产品都**应当**符合表 3-10 建立的镀层空洞要求。对于 2 级和 3 级产品，还**应当**满足下列要求：

- a) 每个附连测试板或印制板上**不应当**有多于 1 个的镀层空洞，不论其长度或尺寸。
- b) **不应当**有长度超过印制板总厚度 5% 的镀层空洞。
- c) 内层导电层与镀覆孔或微导通孔的孔壁交界面**不应当**有镀层空洞。
- d) 不允许有大于 90 的环状镀层空洞。

基材和铜镀层（例如在孔壁铜镀层后）之间的导体最终镀层或涂覆层材料视为 1 个空洞。验收在制板时，任何镀覆孔发生此类情况时均**应当**计为 1 个空洞。

如在评定满足上述条件的显微剖切时发现 1 个空洞，从同一在制板中并按 4.2.2 节重新取样，以确定该镀层空洞是否是随机发生的。如果重新取样的附连测试板或印制板中没有镀层空洞，则认为附连测试板或印制板所代表的印制板是可接受的；但是，如果在重新取样的显微剖切中发现了 1 个镀层空洞，则**应当**认为受影响的在制板是不符合要求的。



表 3-10 热应力后的镀覆孔完整性

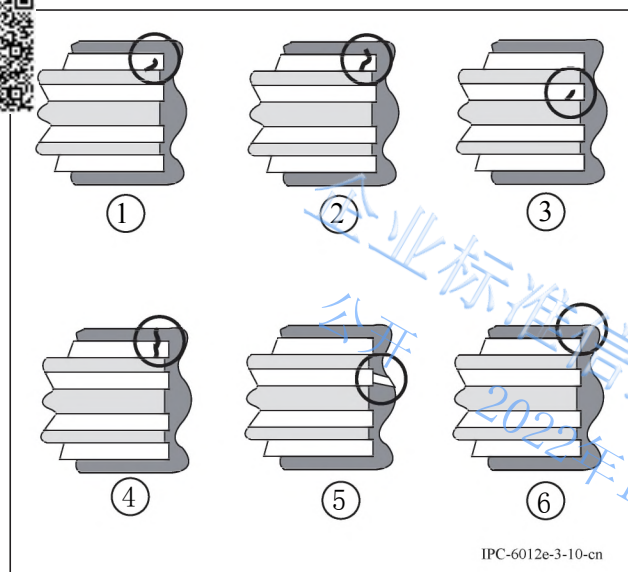
属性	1 级	2 级	3 级
铜镀层空洞 <sup>2</sup>	每个孔允许 3 个空洞。同一层面上不允许有多个空洞。空洞长度 <b>不应当</b> 大于印制板厚度的 5%。不允许有大于 90° 的环状镀层空洞。	如满足 3.6.2.2 节的其他显微剖切要求，则每个样品允许有 1 个空洞。	
镀层折叠 / 夹杂物	<b>应当</b> 满足表 3-4 至表 3-6 的最小铜厚要求。对于正凹蚀，应该顺着介质材料的形貌进行测量。当负凹蚀造成铜镀层的折叠时，按图 3-12 所示，从内层面开始测量所得的铜厚 <b>应当</b> 满足最小要求。负凹蚀的限度 <b>应当</b> 符合图 3-16 的要求。		
毛刺和结瘤 <sup>2</sup>	如满足最小孔径要求，允许出现毛刺和结瘤。		
玻璃纤维突出 <sup>2</sup>	允许。见 3.6.2.11 节		
介质去除 (见图 3-15)	125μm[4,921μin] 芯吸允许量加上最大凹蚀或钻污去除量	100μm[3,937μin] 芯吸允许量加上最大凹蚀或钻污去除量	80μm[3,150μin] 芯吸允许量加上最大凹蚀或钻污去除量
内层夹杂物 (内层连接盘和 <b>镀覆孔</b> 界面处的夹杂物)	对于每个连接盘，只允许在孔壁一侧有效连接盘 20% 的范围内出现夹杂物。	不允许。	
内层铜箔裂纹 <sup>1</sup>	如果裂缝没有穿透金属箔，仅允许孔壁一侧出现 C 型裂纹。	不允许。	
外层铜箔裂纹 <sup>1,3</sup> (A 型、B 型和 D 型裂纹)	不允许 D 型裂纹。 允许 A 型和 B 型裂纹。	不允许 D 型和 B 型裂纹。允许 A 型裂纹。	
孔壁 / 拐角裂纹 <sup>1</sup> (E 型和 F 型)	不允许。		
内层分离 (内层连接盘和 <b>镀覆孔</b> 界面处的分离)	对于每个连接盘只允许在孔壁一侧有效连接盘 20% 的范围内出现内层分离。	不允许。	
沿着外层连接盘垂直边缘的分离	拐角处允许（见图 3-11），最大长度 130μm[5,118μin]。	如未延伸至外层铜箔垂直边缘以外，则允许（见图 3-11）。	
镀层分离	不允许。		
孔壁介质 / 孔壁镀层分离	如满足尺寸和镀层要求，是可接受的。		
热应力或模拟返工后的连接盘起翘 <sup>4</sup>	如成品印制板满足 3.3.4 节的目检要求，则允许。		

注 1. 铜箔裂纹定义: 见图 3-10。

注 2. 应当满足表 3-4 至表 3-6 中的最小铜厚要求。

注 3. B 型和 D 型裂纹的判定无需考虑电镀层数量 (可包括或不包括盖覆电镀)。

注 4. 热应力后盲微导通孔无连接盘起翘 (见 3.6.2.10 节)。

图 3-10 铜裂纹的定义<sup>7</sup>

- 注 1. A 型裂纹：外层铜箔裂纹。  
 注 2. B 型裂纹：未完全穿透镀层的裂纹。  
 注 3. C 型裂纹：内层铜箔裂纹。  
 注 4. D 型裂纹：完全穿透铜箔和镀层的裂纹。  
 注 5. E 型裂纹：仅出现在孔壁镀层中的裂纹。  
 注 6. F 型裂纹：仅出现在拐角镀层中的裂纹。  
 注 7. 图示中的铜镀层可能包括多个电镀层或覆盖电镀。

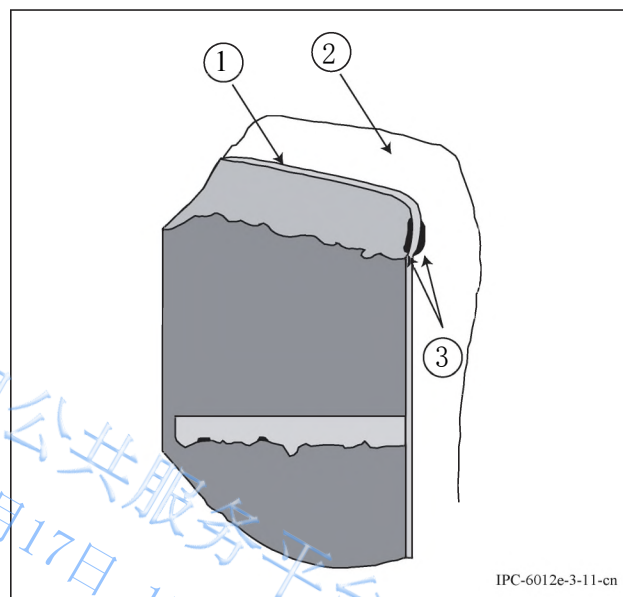


图 3-11 外层铜箔分离

- 注 1. 导电涂覆层。  
 注 2. 电解铜层。  
 注 3. 沿外层铜箔垂直边缘可接受的分离区域。

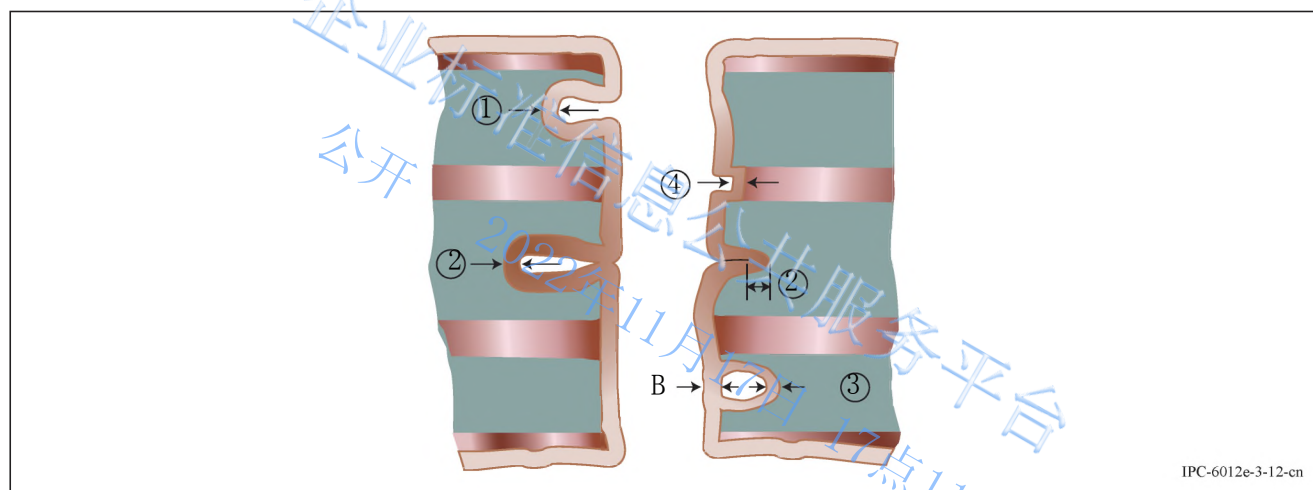


图 3-12 镀层折叠 / 夹杂物 - 最小铜厚测量点

- 注 1. 最小铜镀层厚度测量点。如所示位置最小铜镀层厚度满足表 3-4、表 3-5 或表 3-6 的要求，则未封闭的镀层折叠是可接受的。  
 注 2. 有可见分界线的封闭镀层折叠（包夹）。测量和接受性参照注 1。  
 注 3. 无可见分界线的封闭镀层折叠（包夹）。A+B 的厚度测量应符合表 3-4、表 3-5 或表 3-6 的最小铜镀层厚度要求。  
 注 4. 负凹蚀的最小铜镀层厚度测量点。

**3.6.2.3 层压空洞** 对于 2 级和 3 级产品，受热区（图 3-13）外不应当有超过  $80\mu\text{m}$  [ $3,150\mu\text{in}$ ] 的基材空洞。对于 1 级产品，受热区（图 3-13）外允许的空洞不应当超过  $150\mu\text{m}$  [ $5,906\mu\text{in}$ ]。延伸到受热区的界限空洞，对于 2 级和 3 级产品，不应当超过  $80\mu\text{m}$  [ $3,150\mu\text{in}$ ]，对于 1 级产品，不应当超过  $150\mu\text{m}$  [ $5,906\mu\text{in}$ ]。在同一层面上两个相邻镀覆孔之间的多个空洞的累加长度不应当超过上述限值。在两个非公共电气的导电图形之间的空洞，不论水平方向还是垂直方向，均不应当减小最小介质间距。



**3.6.2.4 层压裂纹** 在受热区（见图 3-13）两个相邻非公共电气导电图形之间的基材裂纹，无论水平方向还是垂直方向，都**不应当**减少最小介质间距。延伸到受热区的界限裂纹，对于 2 级和 3 级产品，**不应当**超过  $80\mu\text{m}$  [ $3,150\mu\text{in}$ ]，对于 1 级产品，**不应当**超过  $150\mu\text{m}$  [ $5,906\mu\text{in}$ ]。在同一层面上两个相邻镀覆孔之间的多个裂纹的累加长度**不应当**超过上述限值。

**3.6.2.5 分层或起泡** 对于 2 级和 3 级产品，**应当**没有分层或起泡。对于 1 级产品，如存在分层或起泡，则按 3.3.2.3 节的要求评估整个印制板。

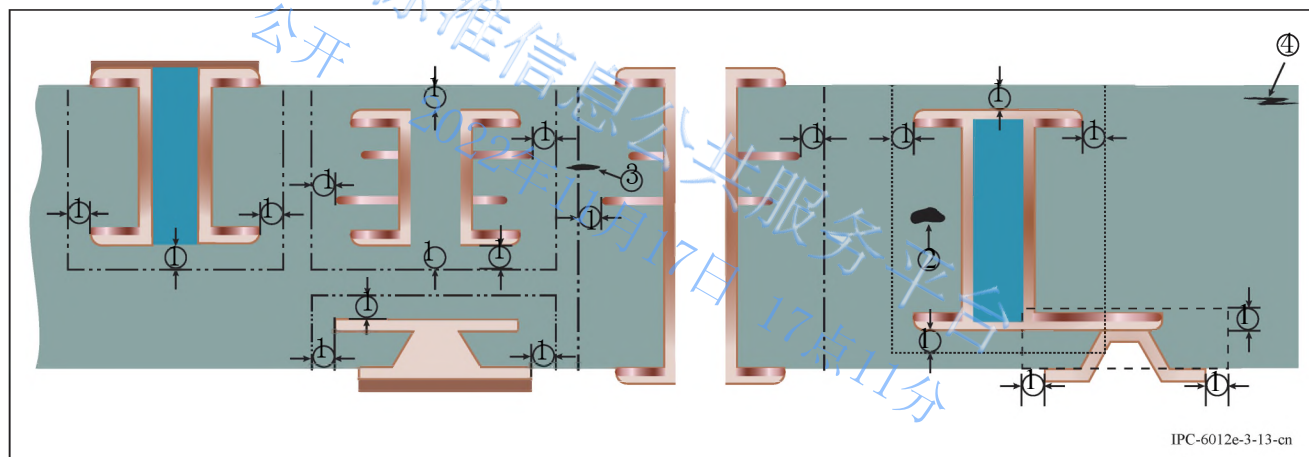


图 3-13 典型显微剖切评定样品<sup>4</sup>

注 1. 受热区是指微孔或镀覆孔周围（包括内层或外层连接盘） $0.08\text{mm}$  [ $0.0031\text{ in}$ ] 的区域。对于由于偏置（错列）结构而增大连接盘尺寸的，受热区由偏置（错列）结构决定。

注 2. 经过热应力或模拟返工后，受热区内的层压空洞和层压裂纹不做评价。

注 3. 不论受热区内或受热区外均进行分层 / 起泡的评定。

注 4. 经过热应力或模拟返工后，在样品边缘（显微剖切样品末端）由取样造成的层压空洞和层压裂纹不做评价。

**3.6.2.6 凹蚀** 当布设总图中有规定时，在电镀前**应当**对印制板进行凹蚀，从钻孔孔壁侧面去除树脂和 / 或玻璃纤维。凹蚀**应当**在  $5\mu\text{m}$  [ $197\mu\text{in}$ ] 至  $80\mu\text{m}$  [ $3,150\mu\text{in}$ ] 之间，最佳蚀刻深度为  $13\mu\text{m}$  [ $512\mu\text{in}$ ]，如图 3-14 所示。允许每个连接盘的一侧出现蚀刻阴影。当没有规定凹蚀，且印制板制造商选择使用凹蚀时，则制造商**应当**通过对附连测试板或印制板的鉴定来证明其具备实施凹蚀的资格。

凹蚀加上芯吸允许量（由孔成形和 / 或孔清洗产生的芯吸、随机撕裂或钻凿）产生的介质去除量的总和，**不应当**超过表 3-10 限定的最大允许凹蚀量或者钻污去除量与最大允许芯吸量之和，见图 3-15 所示。

**3.6.2.7 去钻污** 去钻污是去除孔成形时产生的树脂碎屑。去钻污**应当**充分满足表 3-10 中镀层分离的可接受性要求。去钻污**不应当**超出  $25\mu\text{m}$  [ $984\mu\text{in}$ ]。去钻污、钻凿、随机撕裂和孔成形去除的介质

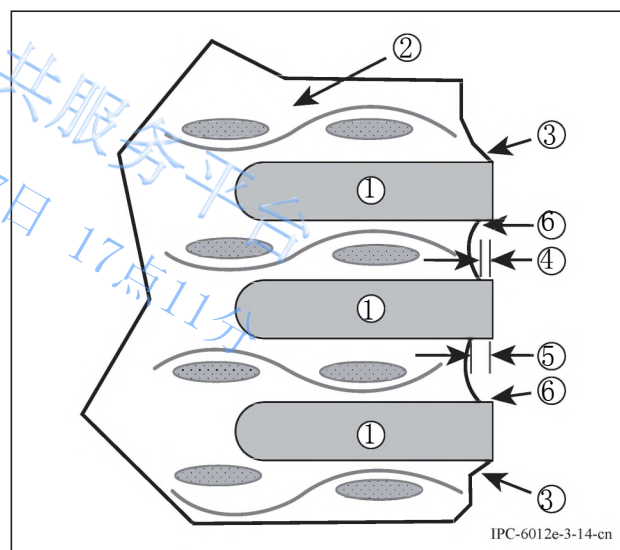


图 3-14 凹蚀的量测

注 1. 内层导体。

注 2. 介质（树脂和 / 或玻璃纤维）。

注 3. 允许每个连接盘的一面存在阴影。

注 4. 正凹蚀测量（最小值）。

注 5. 正凹蚀测量（最大值）。

注 6. 凹蚀**应当**至少在每个内层导体的顶部或底部有效。



总和, 测量**不应当**超出表 3-10 的限值, 如图 3-15 所示。1 型或 2 型印制板不要求去钻污。最大介质去除量的测量如图 3-15 所示。

**3.6.2.8 负凹蚀** 当按照图 3-16 所示测量时, 负凹蚀**不应当**超过图 3-16 中的尺寸。当采购文件中规定正凹蚀时, **不应当**允许负凹蚀。

**3.6.2.9 环宽和破坏 (内层)** 如果供需双方协商的其他方法不能确定内层环宽时, **应当**通过显微剖切测量内层环宽, 以验证与表 3-9 的符合性。内层环宽的测量从铜孔壁镀层 / 内层连接盘界面到内层连接盘的最外端, 如图 3-17 所示。

对于 1 级和 2 级产品, 如果通过诸如填角法或者锁眼法等对孔盘进行改进, 允许破坏。对 1 级和 2 级产品, 如果没有采取填角法或者锁眼法进行改进, 最小环宽**应当**为  $25\mu\text{m}$  [ $984\mu\text{in}$ ]。对于 3 级产品, 填角法或泪滴盘的使用**应当**由供需双方协商确定。除非客户禁止, 否则对于 1 级和 2 级产品, 使用填角法或泪滴连接盘在导体相接处形成外加的连接盘区域**应当**是可接受的, 且**应当**符合按照 IPC-2221 详列的带孔连接盘总要求。

逐次层压结构埋入的外层焊盘可看作是外层, 且在下次层压前评定其是否满足 3.4.2 节所规定的环宽和破坏要求, 最终层压后显微剖切中的外层焊盘**应当**满足 3.4.2 节所规定的环宽和破坏要求。按照 3.6.2 节进行显微剖切分析。

**注:** 应该考虑如何定位或旋转显微剖切。在垂直方向可能会随机出现对位不准, 因此垂直切割也不能保证显微剖切图能观察到破坏。图 3-18 和图 3-19 给出了由于不同的旋转角度而获得的不同显微剖切, 在一个显微剖切内可能看到也可能看不到破坏。

当环宽要求小于 3 级时 (如, 相切或破坏), 表 3-14、表 3-15 和 3.6.2.11 节要求的最小覆箔、导体高度和包覆电镀要求不适用于这些不要求环宽的地方。

对于 2 级印制板, 如果在垂直剖面中探测到内层环宽的破坏, 但是不能确定破坏程度, 则可以通过显微剖切以外的非破坏性技术来评定内层的重

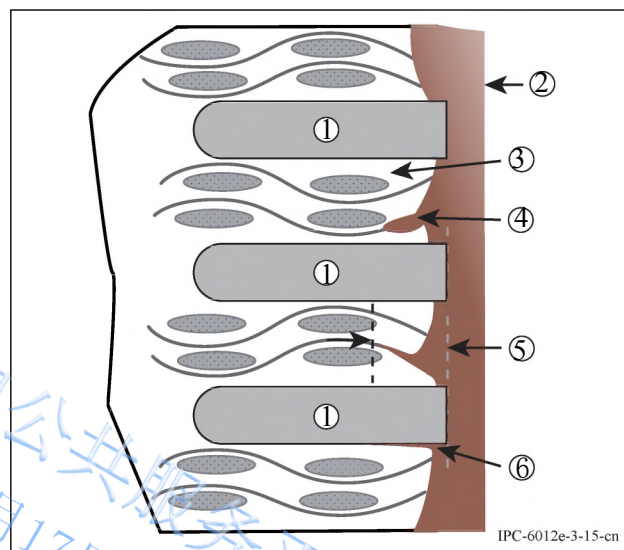


图 3-15 介质去除量的测量

- 注 1. 内层导体。  
注 2. 镀铜层。  
注 3. 介质 (树脂和 / 或玻璃纤维)。  
注 4. 钻凿或随机 “撕裂” 的例子。  
注 5. 介质去除量: 从金属箔的钻孔边缘开始测量, 其芯吸允许值加上凹蚀量或去钻污允许值 (最大值) 之和。  
注 6. 伴随渗铜的沿内层金属箔的介质去除量, 从金属箔的钻孔边缘开始测量, 其芯吸允许值加上凹蚀量或去钻污允许值 (最大值) 之和。

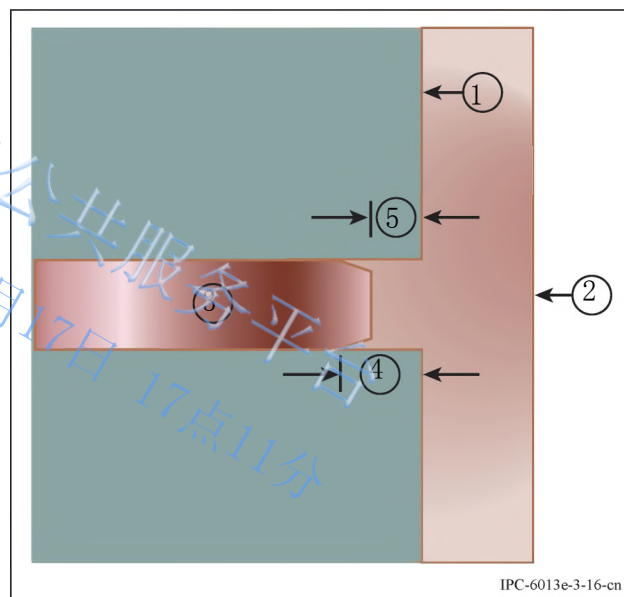


图 3-16 负凹蚀的测量

- 注 1. 钻孔孔壁。  
注 2. 镀铜层。  
注 3. 内层连接盘。  
注 4. 距离 Z **不应当**超过:  
1 级 -  $37.5\mu\text{m}$  [ $1,476\mu\text{in}$ ]  
2 级 -  $37.5\mu\text{m}$  [ $1,476\mu\text{in}$ ]  
3 级 -  $19.5\mu\text{m}$  [ $768\mu\text{in}$ ]  
注 5. 距离 X **不应当**超过:  
1 级 -  $25\mu\text{m}$  [ $984\mu\text{in}$ ]  
2 级 -  $25\mu\text{m}$  [ $984\mu\text{in}$ ]  
3 级 -  $13\mu\text{m}$  [ $512\mu\text{in}$ ]



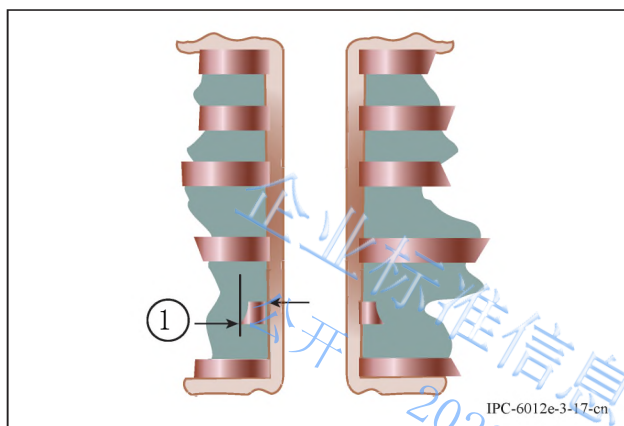


图 3-17 环宽的测量（内层）

注 1. 内层环宽的测量。

合度，如特殊图形、探针和 / 或软件，其配置能提供内层剩余环宽和图形偏斜的信息。这些技术包括但不限于以下：

- a) 可选 F 或 R 附连板。
- b) 定制设计的电气附连测试板。
- c) X 射线照相技术。
- d) 水平显微剖切。
- e) 通过各层的 CAD/CAM 数据分析图形偏斜。

**注：**显微剖切或统计抽样应当用来验证被认可技术与为使用的具体技术建立的校准标准的相互关系。

**3.6.2.9.1 破坏（内层）状况** 如果在垂直显微剖切上检测到偏位破坏点，则需关注：

- a) 在导体与连接盘相接处的最小导体宽度可能会减小，及
- b) 电气间距不足。

**应当**确定对位不准的范围和方向。

然后，**应当**检测相应的印制板或附连测试板来确定其符合性。此测试可以按 3.6.2.9 节所列的技术完成。

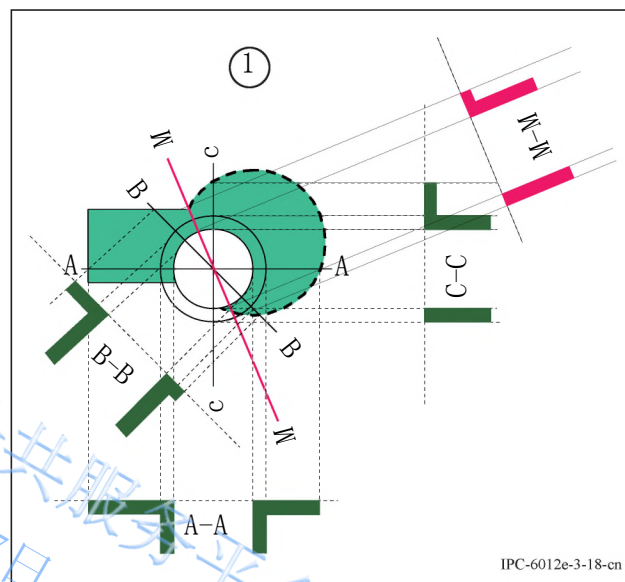


图 3-18 旋转显微剖切探测破坏

注 1. 只有在 M-M 剖面垂直剖切才能显示出最小导体宽度。

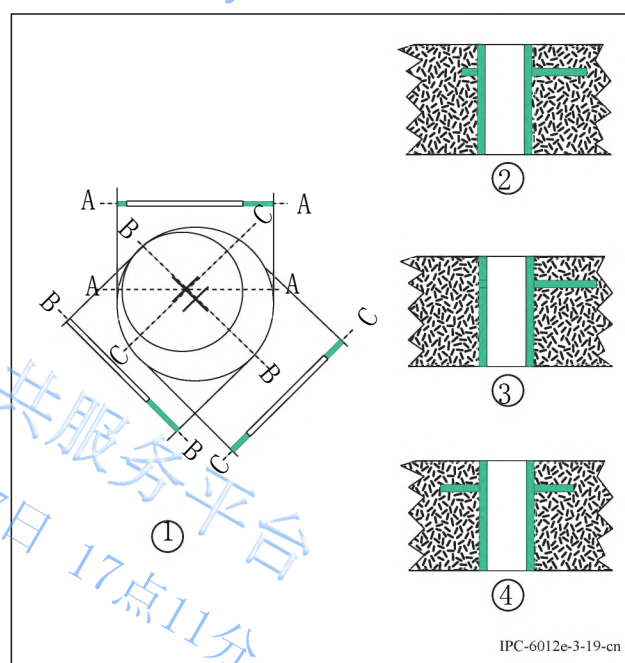


图 3-19 旋转显微剖切的对比

注 1. 只有在 B-B 剖面垂直显微剖切才能显示出环宽的实际减少量。

注 2. 如沿着 A-A 剖面剖切，显微剖切就像此图。

注 3. 如沿着 B-B 剖面剖切，显微剖切就像此图。

注 4. 如沿着 C-C 剖面剖切，显微剖切就像此图。



**6.2.9.2 微导通孔到目标连接盘** 1 级或 2 级产品的破坏应当满足微导通孔的连接尺寸，详见 3.6.2.12 节描述。如果发生破坏，应当不减少 3.5.2 节规定的最小间隙，不减少 3.6.2.18 节规定的最小介质层间隙，见图 3-20，且 / 或微导通孔的镀层厚度应当符合 3.6.2.1 节的要求。电镀铜填孔的微导通孔，目标连接盘下面的电镀部分不需要符合 3.6.2.1 节的电镀厚度要求。

**3.6.2.10 连接盘起翘** 除盲微导通孔外，热应力后的显微剖切中允许连接盘起翘。

**3.6.2.11 镀层 / 涂覆层厚度** 根据显微剖切检查或采用适当的电子测量设备，镀层 / 涂覆层厚度应当满足表 3-3 到表 3-6 中的要求。偏离这些要求应当由供需双方协商确定。镀覆孔的测量应当记录孔每侧 3 个测量值的平均厚度，且至少在孔高度大约 40 - 60% 的范围内测量一次。孤立的厚或薄区域不应当用于计算均值。由于玻璃纤维突出造成的孤立区域铜箔厚度减薄应当满足表 3-4 到表 3-6 的最小厚度要求，测量从突出的末端到孔壁的镀层厚度。

如果在孤立区域内探测到铜厚小于表 3-4 到表 3-6 中的最小要求，则应该认为是一个空洞，并应该按照表 4-2 在同批次中重新抽样以确定该缺陷是否是随机的。如果附加的附连测试板或印制板没有铜厚度减小的孤立区域，则认为此批产品是可接受的。但是，如果在显微剖切中发现铜厚度减少，则应当认为该产品是不符合的。

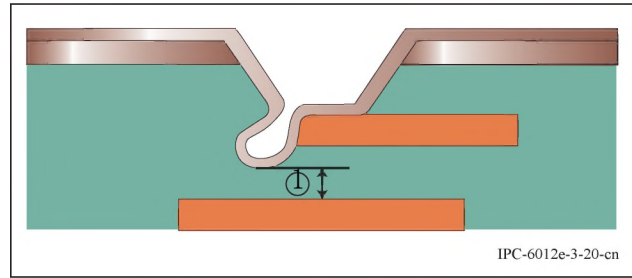


图 3-20 微导通孔目标连接盘处破坏导致介质间距减少不符合示例

注 1. 破坏导致介质间距减少至 3.6.2.18 节允许的最小值以下。

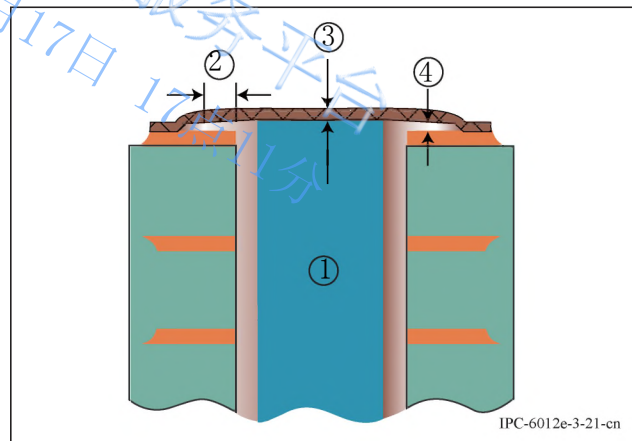


图 3-21 填充的镀覆孔表面铜包覆测量（箔层上方）

注 1. 填充。

注 2. 最小包覆距离  $25\mu\text{m}$  [ $984\mu\text{in}$ ]。

注 3. 如有要求，填塞孔上面的盖覆电镀不考虑包覆铜厚度的测量。

注 4. 最小铜包覆厚度。

**3.6.2.11.1 铜包覆电镀** 当要求外层环宽时，表 3-4 到表 3-6 规定的最小铜包覆镀层应当从镀覆孔连续到任何电镀结构的外表面，且延伸至少  $25\mu\text{m}[984\mu\text{in}]$ （见图 3-21 和图 3-23）。铜包覆电镀从电镀结构到外部介质表面至少延伸  $25\mu\text{m}[984\mu\text{in}]$  应当是可接受的，如指定且符合盖覆电镀并与相邻覆箔边缘无分离（见图 3-22）。由于加工处理（研磨、蚀刻、整平等）减少了表面铜包覆镀层，造成包覆镀层不足是不允许的（见图 3-24 可接受示例和图 3-25 不可接受示例），除铜填充导通孔（通孔，盲埋孔和微导通孔）外（见 3.6.2.11.3 节）。

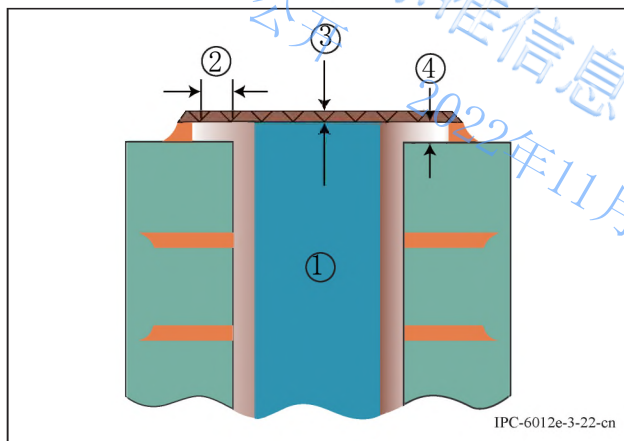


图 3-22 填充孔表面铜包覆测量（层压板上）

注 1. 填充。

注 2. 最小包覆距离  $25\mu\text{m}[984\mu\text{in}]$ 。

注 3. 填塞孔上面的盖覆电镀不考虑包覆铜厚度的测量。

注 4. 最小铜包覆厚度。

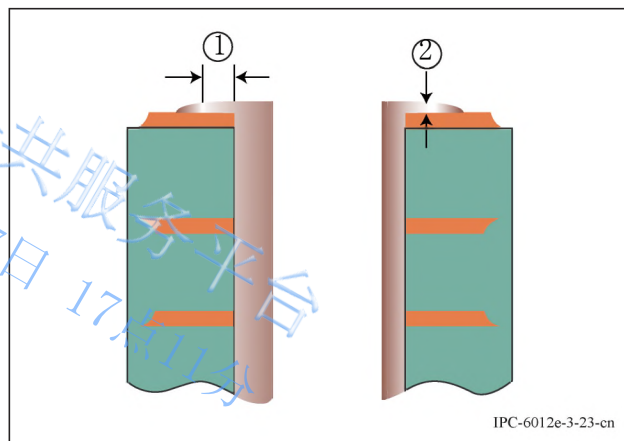


图 3-23 非填充孔表面铜包覆测量

注 1. 最小包覆距离  $25\mu\text{m}[984\mu\text{in}]$ 。

注 2. 最小铜包覆厚度。

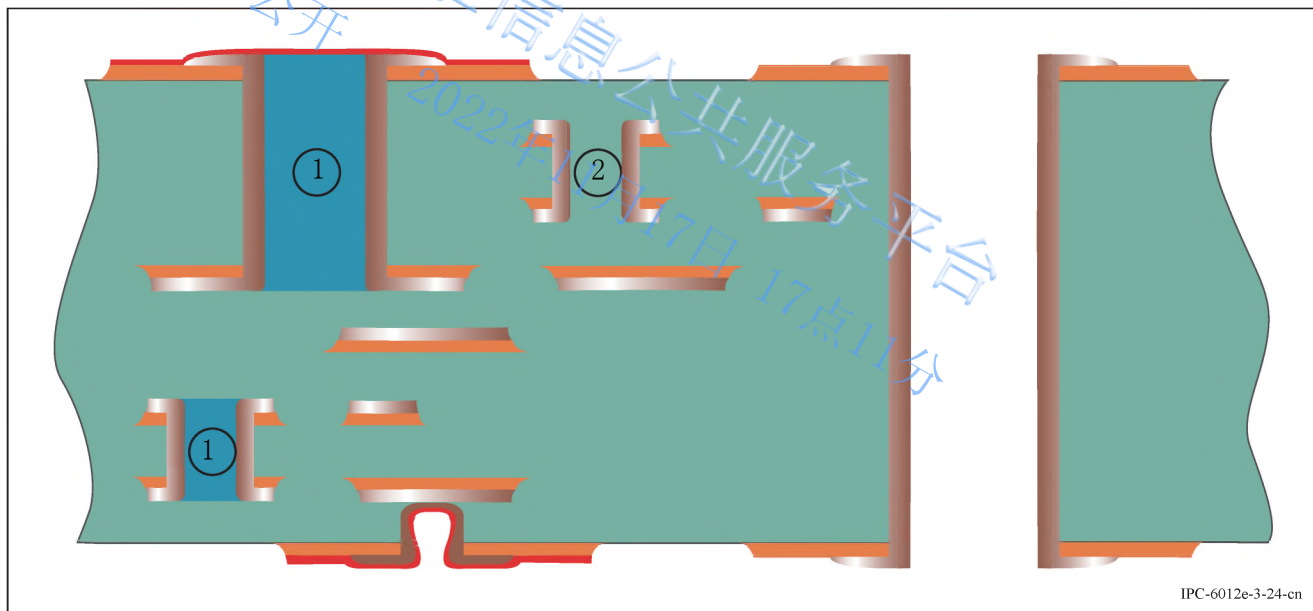


图 3-24 包覆铜（可接受）

注 1. 材料填充。

注 2. 树脂填充。

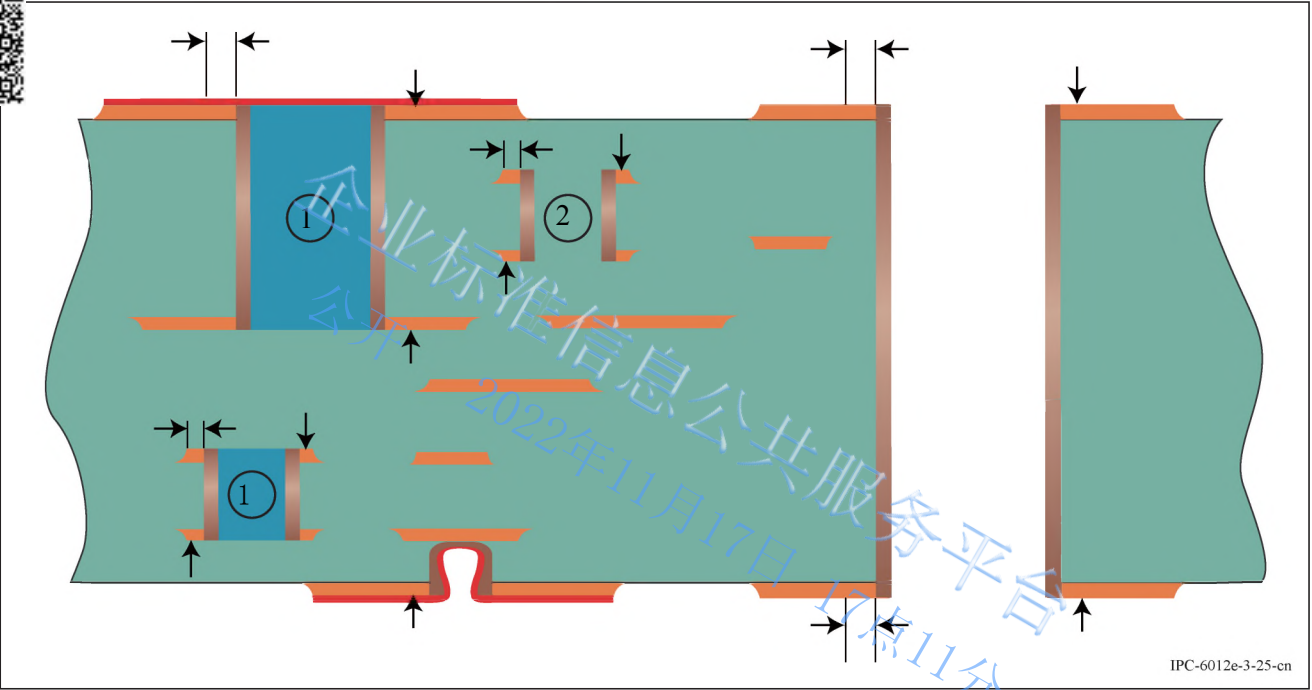


图 3-25 过度处理，如研磨 / 整平 / 蚀刻去除了包覆铜（不可接受）

- 注 1. 材料填充。
- 注 2. 树脂填充。
- 注 3. 箭头标示了要求有包覆铜但实际已经去除。
- 注 4. 尺寸标线标示了要求有包覆铜但实际已经去除。

**3.6.2.11.2 塞孔的盖覆电镀** 当采购文件中规定填充孔（如树脂、导电或非导电材料）铜盖覆电镀时，表 3-11 和下列要求应当适用于外层表面或埋导通孔上的叠层微导通孔。铜盖覆电镀厚度应当按图 3-26 进行测量。应当按图 3-27 和图 3-28 所示测量盖覆突起（凸块）和凹陷（凹坑）。树脂填充镀覆孔上的空洞（如图 3-29 所示）是不允许的，除非空洞被印制板（见 3.5.4.8 节）和附连板上面的阻焊膜覆盖。

表 3-11 填充孔盖覆电镀要求

	1 级	2 级	3 级
铜盖覆 - 最小厚度	AABUS	5μm[197μin]	12μm[472μin]
填充的导通孔凹陷（凹坑） - 最大 <sup>1</sup>	AABUS	127μm[5,000μin]	76μm[2,992μin]
填充的导通孔突起（凸块） - 最大 <sup>1</sup>	AABUS	50μm[1,970μin]	50μm[1,970μin]

注 1. 不适用于镀铜填充结构。



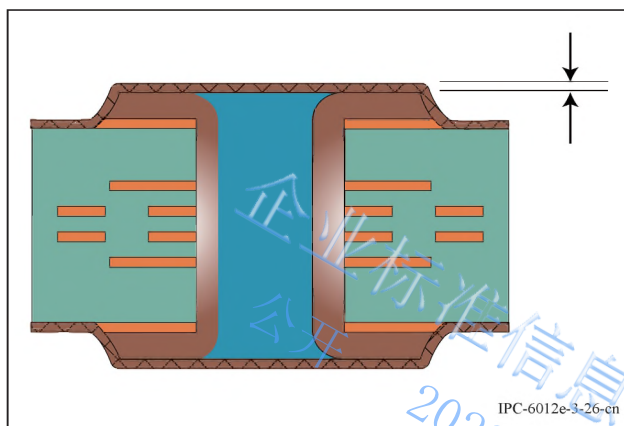


图 3-26 铜盖覆厚度

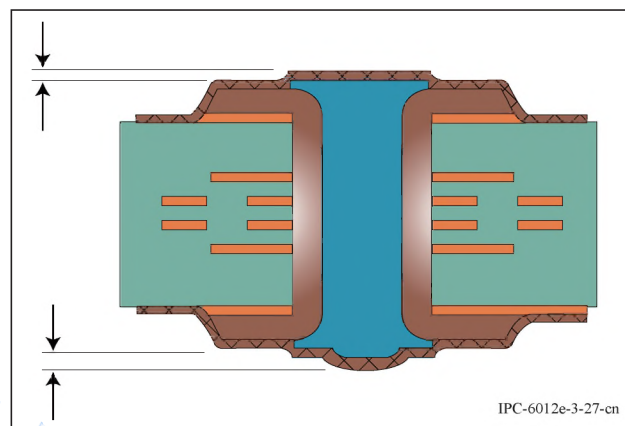


图 3-27 填充导通孔的铜盖覆高度 (凸块)

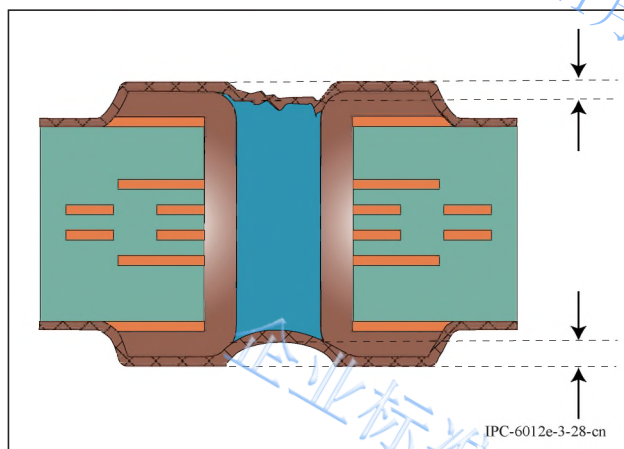


图 3-28 铜盖覆凹陷 (凹坑)

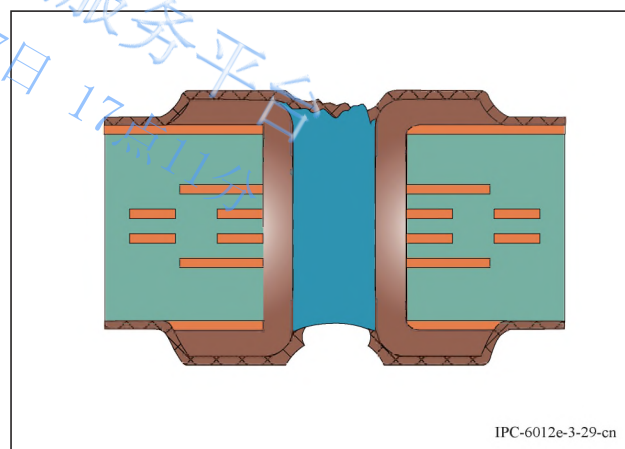


图 3-29 铜盖覆镀层空洞

盖覆电镀层与底层镀层的分离不应当被接受。

盖覆镀铜层与填充材料之间的分离是可接受的。如图 3-30 和图 3-31 所示, 由于凹陷和底层镀层, 盖覆电镀之间导通孔填充材料的残留是可接受的, 只要其不超出钻孔孔壁的垂直延伸范围以外。

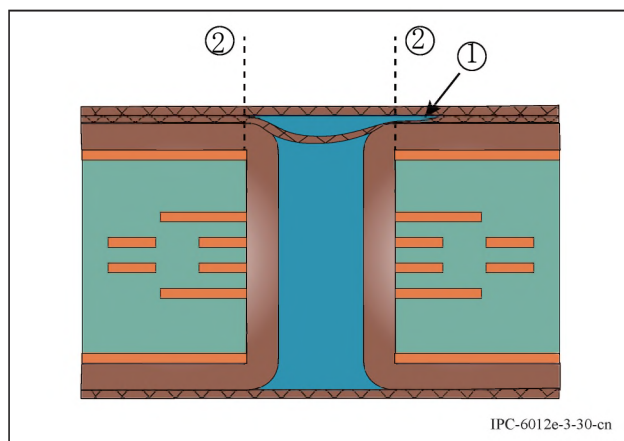


图 3-30 铜盖覆镀层之间不符合的导电孔填孔

注 1. 铜盖覆电镀和底层电镀之间的导通孔填充材料 (不符合)。

注 2. 钻孔孔壁的垂直延伸。

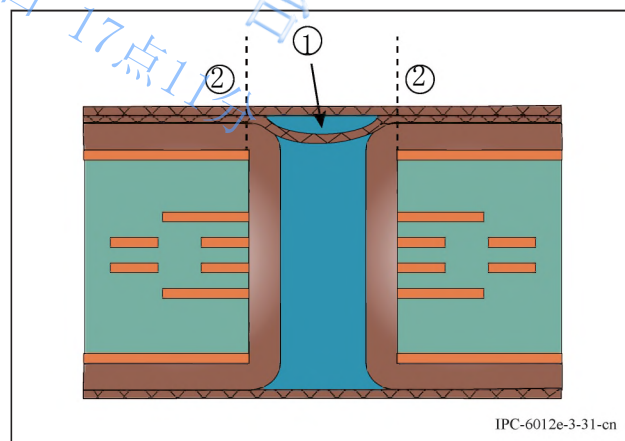


图 3-31 铜盖覆镀层之间可接受的导电孔填孔

注 1. 铜盖覆电镀层之间的导通孔填充材料。

注 2. 钻孔孔壁的垂直延伸。





**6.2.11.3 电镀铜填塞导通孔（通孔、盲孔、埋孔及微导通孔）** 当采购文件指定铜填充导通孔时，**通孔应当完全被铜填充**。空洞被完全密封且总面积不超过填塞导通孔横断面面积的 25%，**应当是可接受的**，如图 3-32 及图 3-33 所示。在图 1-3 所示的 X 和 Y 尺寸线内，邻近空洞的最小镀层厚度**应当满足表 3-4 至表 3-6 中的最小铜厚度要求**，且**不应当包括盖覆电镀**。未按照这些限定要求完全密封的空洞是不可接受的，如图 3-34 及图 3-35 所示。

填铜微盲孔的突起（凸块）或凹陷（凹坑）的要求**应当由供需双方协商确定**。这里对填铜微盲孔的突起或凹陷不作要求。在钻孔垂直延伸范围内，填铜的微导通孔和盖覆外镀层之间的导通孔填充材料**应当是可接受的**。

当外镀层达到最小铜厚  $5\mu\text{m}$  [ $0.0002\text{in}$ ] 时，对填铜导通孔不作铜包覆要求。外镀层与底层镀层和填铜之间的分离**应当不可接受**。

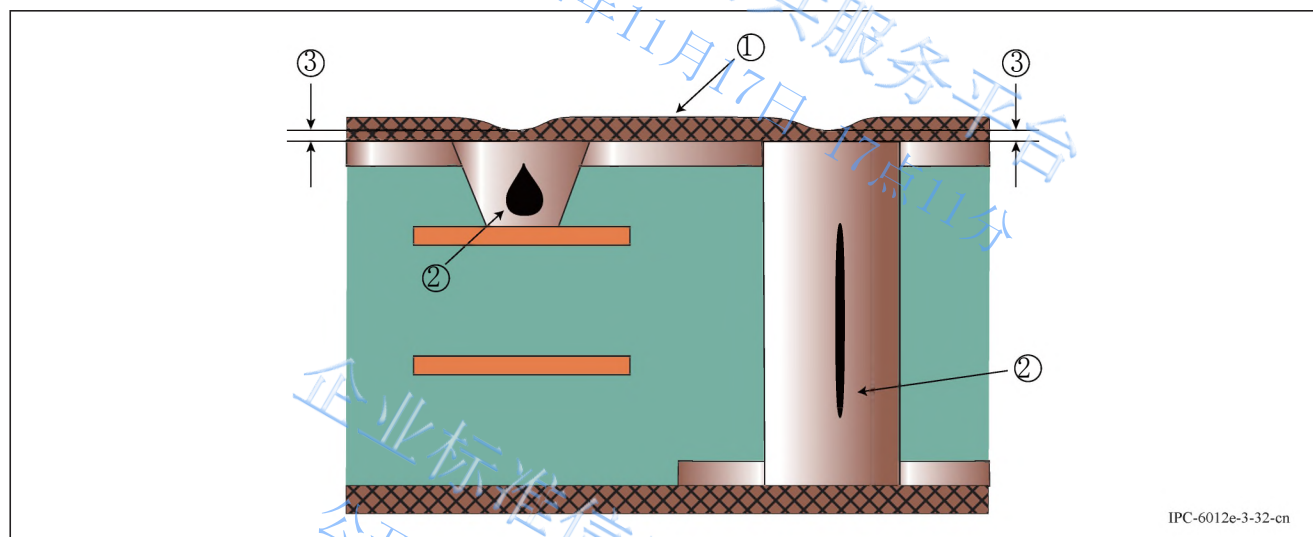


图 3-32 盖覆电镀、填铜导通孔可接受空洞的示例

注 1. 铜盖覆电镀，如果指定。

注 2. 空洞 / 凹坑。

注 3. 最小外镀层铜

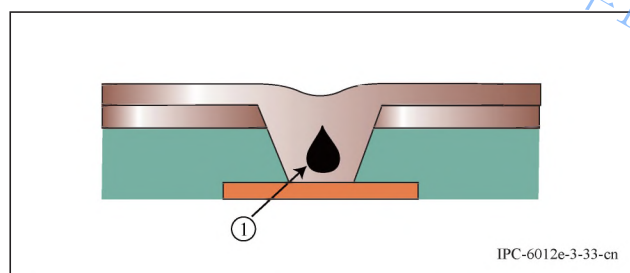


图 3-33 无盖覆电镀填铜微导通孔可接受的空洞示例

注 1. 空洞 / 凹坑

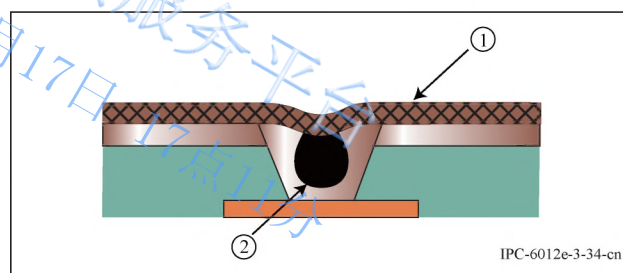


图 3-34 盖覆电镀填铜微导通孔不符合的空洞示例

注 1. 铜盖覆电镀，如果指定。

注 2. 空洞 / 凹坑。

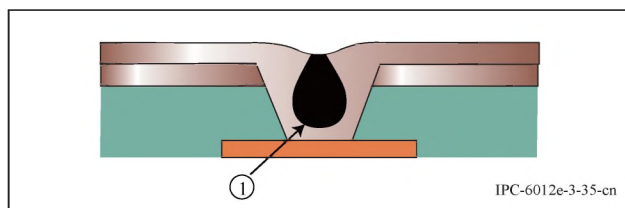


图 3-35 填铜微导通孔不符合的空洞示例

注 1. 空洞 / 凹坑。

**3.6.2.12 微导通孔目标连接盘接触尺寸** 对于激光钻孔的微导通孔，目标连接盘接触尺寸应当至少是捕获连接盘上微导通孔尺寸的 50%，如图 3-36 和表 3-12 的规定。这个接触尺寸仅指目标连接盘的表面；目标连接盘渗透产生的垂直平面的任何测量部分不认为是该尺寸的一部分。图 3-36 注 1 规定的长度在表 3-14 中不作要求。

测量目标连接盘接触尺寸线之间的距离（见图 3-36，注 1）及微导通孔孔径间距（见图 3-36，注 2）。当测量目标连接盘的接触尺寸时，目标连接盘上任何外来夹杂物的宽度或任何分离的长度应当从表 3-12 及图 3-37 所示测量尺寸中减去。针对机械钻微导通孔的微导通孔接触尺寸要求应当符合表 3-13 的要求。微导通孔目标连接盘接触替代的测量方法应当由供需双方协商确定。

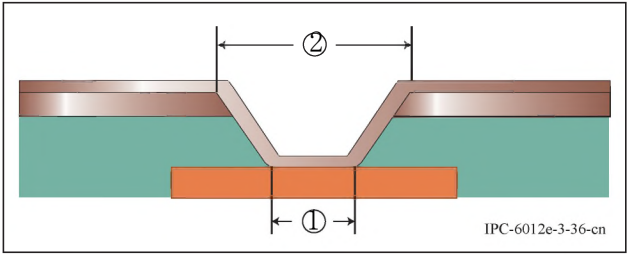


图 3-36 微导通孔接触尺寸

- 注 1. 目标连接盘接触尺寸（该尺寸中，对垂直平面的接触面积不作要求）  
注 2. 捕获连接盘上的微导通孔直径

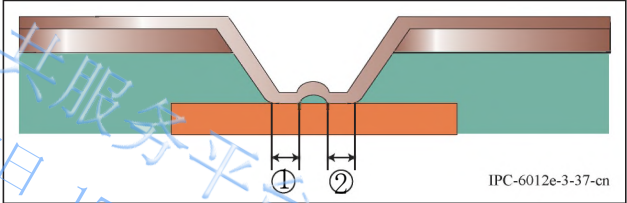


图 3-37 微导通孔目标连接盘接触尺寸（不包括分离部分）

- 注 1. ① + ② 的和为微导通孔目标连接盘接触尺寸。

表 3-12 微导通孔接触尺寸（激光钻孔）

特性	1 级	2 级	3 级
最小目标连接盘接触尺寸	合计 50%		连续 50%
在最小微导通孔目标连接盘接触尺寸内允许的夹杂物	1 个，不超过捕获连接盘中微导通孔直径的 10%		50% 接触尺寸中无夹杂物

表 3-13 微导通孔接触尺寸（机械钻孔）

特性	1 级	2 级	3 级
最小目标连接盘接触尺寸	刺穿目标连接盘至整个钻头直径		
内层分离（分离的界面在内部连接盘和导通孔镀层间）	只允许电镀导通孔与目标连接盘的一侧有不超过每层厚度的 20%	不允许	

**3.6.2.13 微导通孔目标连接盘刺穿** 当目标连接盘发生如图 3-38（非故意刺穿）及图 3-39（有意刺穿）所示的微导通孔刺穿，目标连接盘下的介质厚度不应当减小到 3.6.2.18 节中所规定的介质间距。刺穿面积应当满足 3.6.2 节的要求。针对激光钻微导通孔，刺穿面积不应当评价为在微导通孔目标连接盘接触尺寸的减小。

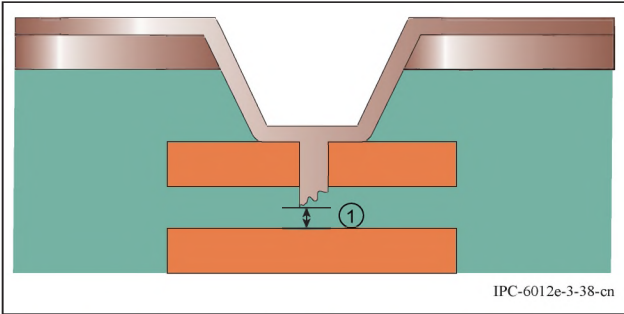


图 3-38 微导通孔目标连接盘的非故意刺穿（激光钻孔）

- 注 1. 应当保持最小介质间距。

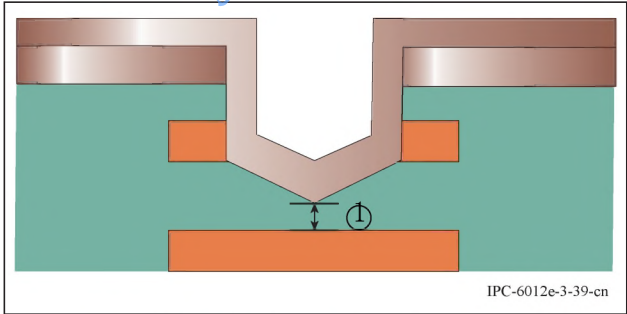


图 3-39 微导通孔目标连接盘上有故意刺穿（机械钻孔）

- 注 1. 应当保持最小介质间距。  
注 2. 机械钻孔的底部形状取决于所使用的工具类型。



**6.2.14 内层铜箔最小厚度** 如果成品印制板的内层导体厚度通过铜箔厚度来规定，则对于所有级产品，加工后的最小内层铜箔**应当**符合表 3-14 的规定。该要求是基于 IPC-4562 中的最小铜箔厚度经之以连续两次的磨刷后得到的。每次磨刷预计会去除一定量的铜，该量表示为工艺变化允许的减少。当采购文件规定了最小铜箔厚度时，则导体**应当**满足或超过最小厚度的要求。

**表 3-14 加工后内层铜箔厚度<sup>1</sup>**

重量 (μm) [oz./ft <sup>2</sup> ]	铜最小绝对值 (μm) [μin] (比 IPC-4562 中的标称值减少 10%)，仅供参考 <sup>2</sup>	加工中允许减少的最大值 <sup>3</sup> (μm) [μin]，仅供参考	加工后的铜箔最小厚度 (μm) [μin]
5.10 [1/8 oz.]	4.60 [181]	1.50 [59]	3.1 [122]
8.50 [1/4 oz.]	7.70 [303]	1.50 [59]	6.2 [244]
12.00 [3/8 oz.]	10.80 [425]	1.50 [59]	9.3 [366]
17.10 [1/2 oz.]	15.40 [606]	4.00 [157]	11.4 [449]
34.30 [1 oz.]	30.90 [1,217]	6.00 [236]	24.9 [980]
68.60 [2 oz.]	61.70 [2,429]	6.00 [236]	55.7 [2,193]
102.90 [3 oz.]	92.60 [3,646]	6.00 [236]	86.6 [3,409]
137.20 [4 oz.]	123.50 [4,862]	6.00 [236]	117.5 [4,626]
大于 137.20 [4 oz.]	比 IPC-4562 中的标称值减少 10%	6.00 [236]	比 IPC-4562 中的铜箔厚度减少 10% 得出的值少 6μm [236μin]

注 1. 此表格同样适用于非电镀的外层。

注 2. 对于重量低于 1/2oz. 的铜箔，加工减少厚度值不允许进行返工。对于重量为 1/2oz. 及其以上的铜箔，加工减少厚度值允许进行一次返工。

注 3. 对未列在表 3-14 的铜箔重量，最终铜箔厚度**应当**按下面代数式计算：单位采用 μm, [(34.3 重量) 0.9]；单位采用 μin, [(1.35 重量) 0.9] (1000)。

**3.6.2.15 最小表面导体厚度** 成品印制板最小表面导体厚度（铜箔加上铜镀层）**应当**符合表 3-15 的要求。当采购文件规定了外层导体的最小铜厚度时，附连测试板或印制板**应当**满足或超过最小厚度的要求。当以重量而不是厚度来指定总的完成导体时，电镀后的最小导体厚度**应当**为该特定铜重量在表 3-14 中加工后的最小箔层厚度。表 3-15 中给出的加工后表面导体最小厚度值由以下公式确定：

最小表面导体厚度 = a + b - c

其中：

a = 铜箔最小厚度绝对值（比 IPC-4562 中的标称值减少 10%）。

b = 平均铜镀层厚度（例如：对于 1 级和 2 级产品，为 20μm[787μin]；对于 3 级产品，为 25μm[984μin]）。

c = 加工允许减少的最大值。

表 3-15 电镀后外层导体厚度

重量 <sup>1,4</sup>	铜厚最小绝对值 (与 IPC - 4562 的标称值相比减少 小于 10%) ( $\mu\text{m}$ ) [ $\mu\text{in}$ ] <sup>5</sup>	对于 1 级和 2 级产 品, 加上平均镀层 <sup>2</sup> (20 $\mu\text{m}$ )[787 $\mu\text{in}$ ] 仅供参考	对于 3 级产品, 加 上平均镀层 (25 $\mu\text{m}$ ) [984 $\mu\text{in}$ ] 仅供参考	加工允许减 少的最大值 <sup>3</sup> ( $\mu\text{m}$ )[ $\mu\text{in}$ ] 仅供参考	加工后最小表面导体铜厚度 ( $\mu\text{m}$ )[ $\mu\text{in}$ ]	
					1 级和 2 级	3 级
1/8 oz.	4.60[181]	24.60[967]	29.60[1,165]	1.50[59]	23.1[909]	28.1[1,106]
1/4 oz.	7.70[303]	27.70[1,091]	32.70[1,287]	1.50[59]	26.2[1,031]	31.2[1,228]
3/8 oz.	10.80[425]	30.80[1,213]	35.80[1,409]	1.50[59]	29.3[1,154]	34.3[1,350]
1/2 oz.	15.40[606]	35.40[1,394]	40.40[1,591]	2.00[79]	33.4[1,315]	38.4[1,512]
1 oz.	30.90[1,217]	50.90[2,004]	55.90[2,201]	3.00[118]	47.9[1,886]	52.9[2,083]
2 oz.	61.70[2,429]	81.70[3,217]	86.70[3,413]	3.00[118]	78.7[3,098]	83.7[3,295]
3 oz.	92.60[3,646]	112.60[4,433]	117.60[4,630]	4.00[157]	108.6[4,276]	113.6[4,472]
4 oz.	123.50[4,862]	143.50[5,650]	148.50[5,846]	4.00[157]	139.5[5,492]	144.5[5,689]

注 1. 起始铜箔重量依据采购文件中的设计要求。

注 2. 对于重量低于 1/2oz. 的铜箔, 加工减少厚度值不允许进行返工处理; 对于重量为 1/2oz. 及其以上的铜箔, 加工减少厚度值允许进行一次返工。

注 3. 参考: 平均铜电镀厚度

1 级 = 20 $\mu\text{m}$ [787 $\mu\text{in}$ ], 2 级 = 20 $\mu\text{m}$ [787 $\mu\text{in}$ ], 3 级 = 25 $\mu\text{m}$ [984 $\mu\text{in}$ ]

注 4. 对于重量大于 4oz. 的铜箔, 采用 3.6.2.15 节中的公式。

注 5. 对未列在表 3-14 的铜箔重量, 最终铜箔厚度应当按下面的公式计算: 单位采用  $\mu\text{m}$ , [(34.3 重量) 0.9]; 单位采用  $\mu\text{in}$ , [(1.35 重量) 0.9] 1000。

**3.6.2.16 突沿** 当表面涂覆金属用作抗蚀剂时, 突沿会导致表面涂覆金属不被底层的铜支撑, 并会产生如图 3-40 中的注 6 所示的镀屑。当横向测量时, 导体的突沿**不应当**超过覆箔和镀铜的总厚度。

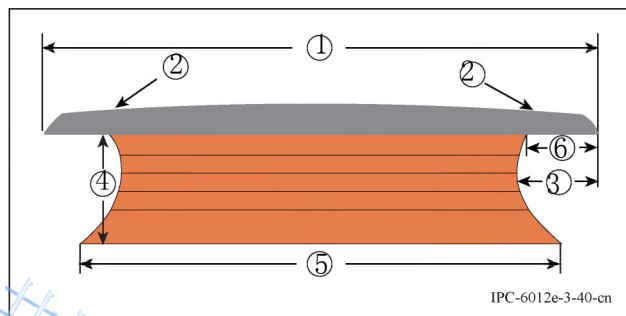


图 3-40 突沿

注 1. 导体宽度同生产底板。

注 2. 表面涂覆 (抗蚀剂)。

注 3. 侧蚀。

注 4. 覆箔加镀铜。

注 5. 按 3.5.1 规定的导体宽度。

注 6. 突沿。

**3.6.2.17 金属芯** 相邻导电表面、非功能连接盘和 / 或镀覆孔之间的最小侧向间距**应当**为 100 $\mu\text{m}$  [3,937 $\mu\text{in}$ ] (见图 3-41)。

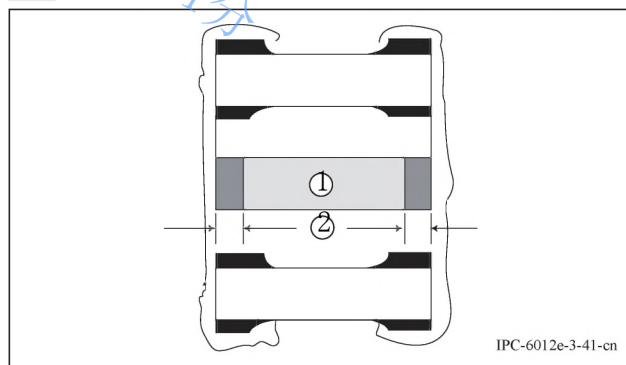


图 3-41 金属芯到镀覆孔的间距

注 1. 金属芯。

注 2. 与金属芯的最小间距。





**6.2.18 介质厚度** 最小介质层厚度应当在采购文件中规定。图 3-42 图示了最小介质层厚度的测量方法实例。

**注：**最小介质层厚度和 / 或增强层的数量未作规定时，最小介质间距应当为  $90\mu\text{m}$  [ $3,543\mu\text{in}$ ]，且增强层的数量应当由供应商选择。应该采用低粗糙度的铜箔及小于  $90\mu\text{m}$  [ $3,543\mu\text{in}$ ] 的介质。当图纸中的标称介质厚度小于  $90\mu\text{m}$  [ $3,543\mu\text{in}$ ] 时，则最小介质间距是  $25\mu\text{m}$  [ $984\mu\text{in}$ ]，且增强层的数量可由供应商选择。芯层标称值  $25\mu\text{m}$  [ $984\mu\text{in}$ ] 或更小的介质间距不包括上述要求。具有传输线阻抗设计的产品要在采购文件中规定特殊要求和测量方法。

**3.6.2.19 通孔、盲孔、埋孔及微导通孔结构的材料填充** 当指定时，在通孔、盲孔、埋孔及微导通孔结构的材料填充(除镀铜外)需遵循以下要求：

- 对于 2 级和 3 级产品，材料应当至少填充孔的 60%。对于 1 级产品，孔内可以完全不填充材料。
- 当规定盖覆电镀时，应当满足 3.6.2.11.2 节和表 3-11 的要求。
- 对于 2 级和 3 级产品未规定盖覆电镀时，盲孔和导通孔内填充材料应当从外表面密封内部空洞，表面平整度在  $\pm 0.076\text{mm}$  [ $0.003\text{in}$ ] 以内，如图 3-43 和图 3-44 所示。
- 当背钻孔填充时，背钻面的填充材料应当从外表面密封内部空洞。

**3.6.2.20 背钻孔 (显微剖切评估)** 采购文件中所有具有 z 轴尺寸要求的背钻结构都应当评估深度和重合度。镀覆孔的背钻需满足以下要求：

- 背钻应当符合采购文件的规定。超过允许残端长度的疏松或连接的金属应当不可接受。
- 背钻与一钻孔的重合不良应当是可接受的，只要超出残端长度的疏松或连接的金属满足上述的要求。
- 在允许的残端长度范围内孤立或连接的金属 (如毛刺) 应当考虑可接受，只要孔被填充且最小孔填充满足 3.6.2.19 节的要求。
- 如果背钻结构被填充和电镀覆盖，背钻部分的表面镀覆，包括任何凹坑，不应当违反到剩余残端或相邻导体的最小介质间距。

采购文件中没有 z 轴尺寸要求 (如贯穿 / 不贯穿层) 的背钻结构应当通过显微剖切或其他方法如设计特定的电气附连测试板来评估。

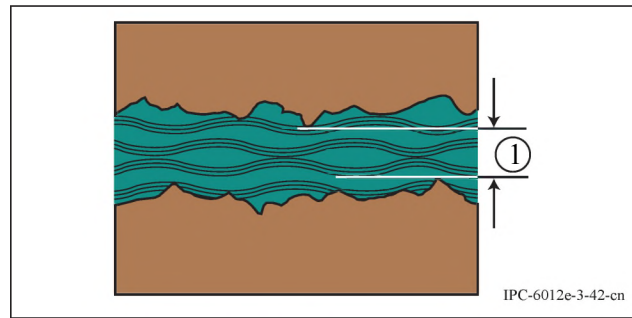


图 3-42 最小介质间距的测量

注 1. 最小介质间距。

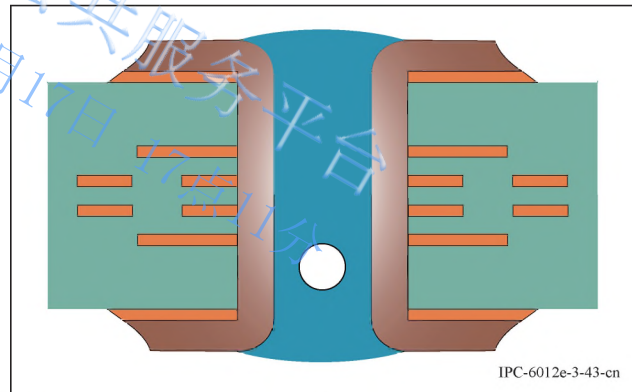


图 3-43 未规定盖覆电镀时，盲孔和通孔内的材料填充

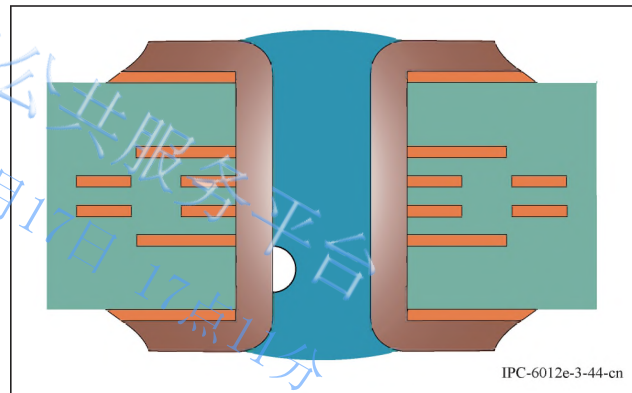


图 3-44 孔壁界面上填充材料的空洞

**3.6.2.21 钉头** 没有证据表明钉头影响功能。钉头的存在可以认为是制程警示或设计的变异，但不能作为拒收的理由。

**3.7 阻焊膜要求** 当印制板上要求涂覆阻焊膜时，阻焊膜应当满足 IPC-SM-840 的鉴定/一致性要求。对于 1 级和 2 级产品，如果未规定阻焊膜性能等级，则应当采用 IPC-SM-840 中的等级 T。对于 3 级产品，应当采用 IPC-SM-840 中的等级 H。

**3.7.1 阻焊膜覆盖** 由于制造变异造成的跳印、空洞和对位不准等，阻焊膜的覆盖受到以下限制：

- a) 要求阻焊膜覆盖的区域 ( 包含阻焊坝或辐条 )，**不应当**暴露金属导体。如果要求使用阻焊膜修补覆盖这些区域，则应当采用与原始使用的阻焊剂相兼容且具有相同耐焊接性和耐清洗性的材料。
- b) 在含有平行导体的区域，阻焊膜的变异**不应当**暴露相邻的导体，除非由采购文件 / 布设总图 ( 例如，用于测试点或表面贴装器件 ) 指定。
- c) **不应当**暴露元器件下的导体，或**应当**采取其他措施使导体电气绝缘。如果元器件的图形不明显，则**应当**在采购文件中标明元器件所覆盖的区域。
- d) 阻焊层不需要与连接盘表面齐平。阻焊定义的图形对位不准**不应当**暴露于与之相邻绝缘的连接盘和导体。
- e) 如果不违反该级别产品的外层环宽要求，需进行焊接连接的镀覆孔连接盘上允许有阻焊膜；阻焊膜**不应当**侵入到此镀覆孔的孔壁上。其他表面如印制板边连接器接触片和表面贴装连接盘**应当**没有阻焊膜，除非有其他规定。不需要焊接元器件引线的镀覆孔与导通孔内允许有阻焊膜，除非采购文件要求这些孔完全被焊料填充。阻焊剂可以掩盖或堵塞导通孔，为了达到上述目的可以要求焊盘上阻焊最大高度为  $50\mu\text{m}[0.002\text{in}]$ 。用于组装测试的测试点必须没有阻焊膜，除非规定对其进行覆盖。
- f) 当连接盘上没有镀覆孔时，如连接盘为表面贴装连接盘或球栅阵列连接盘，偏位**不应当**造成阻焊膜侵入到连接盘上，或阻焊定义连接盘的减少**不应当**超出以下条件：
  - 1) 在矩形表面贴装连接盘上：
    - 当节距大于或等于  $1.25\text{mm}[0.04921\text{in}]$  时，上连接盘区域大于  $50\mu\text{m}[1,969\mu\text{in}]$ ；
    - 当节距介于  $0.65\text{mm}[0.0256\text{in}]$  和  $1.25\text{mm}[0.04921\text{in}]$  之间时，上连接盘区域大于  $25\mu\text{m}[984\mu\text{in}]$ ；
    - 当节距小于  $0.65\text{mm}[0.0256\text{in}]$  时，阻焊膜侵占连接盘宽度**应当**由供需双方协商确定。侵占可以发生在表面贴装连接盘的相邻边上，但是不能发生在其相对边上。
  - 2) 在圆的表面贴装连接盘 ( 比如球栅阵列焊盘 ) 上，如果是阻焊定义的连接盘，则偏位允许连接盘上的阻焊膜有 90° 的破坏。
  - 3) 在圆的表面贴装连接盘 ( 比如球栅阵列焊盘 ) 上，如果是铜定义的连接盘，除导体连接处外，不允许阻焊膜侵占连接盘。
- g) 非导体区域阻焊膜上允许有麻点、空洞和气泡，只要其附着于边缘，且没有超过 3.7.2 节所允许的起翘或起泡现象。
- h) 间距紧密的表面贴装连接盘之间阻焊膜的覆盖**应当**符合采购文件的规定。
- i) 当设计要求阻焊膜覆盖印制板边缘时，加工后沿着印制板边缘的阻焊膜碎裂或起翘的延伸**不应当**超过  $1.25\text{mm}[0.04921\text{in}]$  或超过与板边最近导体距离的 50%，取两者中的较小值。

**3.7.2 阻焊膜固化及附着力** 外观检验后，固化后的阻焊膜涂覆层**不应当**呈现超出以下程度的粘性、分层或起泡：

- a) 对于 1 级产品，没有桥连导体。
- b) 对于 2 级和 3 级产品，每面有两个，最大长度不超过  $250\mu\text{m}[9,843\mu\text{in}]$ ，且没有使导体间电气间距的减小超过 25%。



果要求使用阻焊膜返工和修补覆盖这些区域,则**应当**采用与原有的阻焊膜相兼容且具有相同耐焊性和耐清洗性的材料。

当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.4.28.1 进行测试时,固化后的阻焊膜从 G 附连板上或印制板上起翘的最大百分比**应当**符合表 3-16。

表 3-16 阻焊膜附着力

表面	允许脱落的最大百分比		
	1 级	2 级	3 级
裸铜	10	5	0
金或镍	25	10	5
基板	10	5	0
熔融金属 (锡铅镀层、热熔锡铅及光亮酸性锡)	50	25	10

**3.7.3 阻焊膜厚度** 阻焊膜厚度测量的任何要求**应当**由供需双方协商确定。如果要求测量厚度,可以使用仪器测量法,或对 E 附连测试板上的平行导体通过显微剖切进行评定,或破坏性物理分析 (DPA) (见 3.10.12 节,不要求热应力)。有关阻焊膜厚度测量选择的附加指南,请参阅 IPC-6012 汽车应用附件。

**3.8 电气要求** 当按表 4-3 和表 4-4 的规定进行测试时,印制板**应当**满足以下列的电气要求。

**3.8.1 介质耐压** 适用的附连测试板或印制板**应当**满足表 3-17 的要求,导体之间或导体与连接盘之间没有火花或击穿。**应当**按照 IPC-TM-650 测试方法 2.5.7 进行介质耐压测试。介质耐压**应当**施加在每个导体图形的所有公共部分及每个导体图形的相邻公共部分。电压**应当**施加在每层的导体图形之间和每个相邻层的电气绝缘的图形之间。对于埋入式无源器件电容材料,相邻平面层的介质耐压**应当**满足 IPC-6017。

表 3-17 介质耐压

	1 级	2 级和 3 级
大于等于 $80\mu\text{m}$ [3,150 $\mu\text{in}$ ] 间距的电压	无要求	(500 +15 -0)V(dc)
小于 $80\mu\text{m}$ [3,150 $\mu\text{in}$ ] 间距的电压	无要求	(250 +15 -0)V(dc)
时间	无要求	(30+3-0) 秒

**3.8.2 电路连通性与绝缘性** 成品印制板**应当**按照 IPC-9252 测试。过程中不要求进行盲埋结构的电路连通性与绝缘性测试检查。

**3.8.3 电路 / 镀覆孔与金属基板之间的短路** 印制板**应当**按照 3.8.1 节测试,但 (500 +15 -0) V (dc) 的极化电压**应当**施加于导体之间和 / 或连接盘与金属基板 (散热或芯板) 之间,施加的方法**应当**使每个导体 / 连接盘都受到测试 (如采用金属刷或铝箔)。印制板的电路 / 镀覆孔与金属基板之间**应当**能承受 (500 +15 -0)V(dc) 的电压。**应当**没有火花或介质击穿。

**3.8.4 湿热及绝缘电阻 (MIR)** 附连测试板**应当**按照以下列出的程序进行测试。附连测试板**不应当**呈现超过 3.3.2 节允许的次表面瑕疵。绝缘电阻 (在 (500 +15 -0) V (dc) 下) **应当**满足表 3-18 所给出的最低要求。对于所有级别产品,没有元器件的齐平印制板的最低要求**应当**为 50M $\Omega$ 。

表 3-18 绝缘电阻

	1 级	2 级	3 级
接收态 <sup>1</sup>	保持电气功能	500M $\Omega$	500M $\Omega$
暴露湿热后	保持电气功能	100M $\Omega$	500M $\Omega$

注 1. 此测量在附连测试板上涂覆敷形涂覆材料后进行,测试方法按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.3 规定执行。

印制板的湿热及绝缘电阻测试**应当**按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.3 进行。在放入试验箱前**应当**在外层导体上涂覆符合 IPC-CC-830 的敷形涂层。**应当**在从试验箱中取出后 2 个小时内在室温下进行最终



测量。在试验箱内暴露期间，所有各层均加有  $100 \pm 10\text{V}(\text{dc})$  的极化电压。敷形涂覆层的白斑离附近测试板或印制板边缘**不应当**超过  $3.0\text{mm}[0.12\text{in}]$ 。

**3.8.4.1 MIR 后的介质耐压** 应当在湿热及绝缘电阻测试后，按 3.8.1 节进行介质耐电压测试。

**3.9 清洁度** 应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.3.25 测试印制板。其他等效方法可代替规定的方法，但是**应当**证明替代方法具有相同或更佳的灵敏度，且使用的溶剂**应当**具有与上述规定溶剂一样的溶解助焊剂残留物或其他污染物的能力。当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.3.25 进行测试时，不要求用校准的比重计来测定溶液中酒精的百分比。

**3.9.1 施加阻焊膜之前的清洁度** 印制板要求施加永久性阻焊涂覆层时，在涂覆阻焊层之前的印制板上的离子及其他污染物**应当**在允许的限值以内。当按照 3.9 节测试未涂覆的印制板时，污染水平**不应当**大于  $1.56\mu\text{g}/\text{cm}^2$  氯化钠当量。

**3.9.2 施加阻焊膜、焊料或其他表面涂覆层后的清洁度** 有规定时，**应当**按照 3.9 节测试印制板，并满足采购文件的要求。

**3.9.3 氧化处理后层压前内层的清洁度** 按照 3.9 节测试印制板及对此测试的验收准则**应当**由供需双方协商确定。

**3.10 特殊要求** 以下 3.10.1 节至 3.10.15 节中的部分或全部特殊要求，在采购文件中有指定时，**应当**适用。采购文件和 / 或订单数据（见 5.1 节）**应当**规定采用哪些特殊要求。

**3.10.1 排气** 排气量导致的总质量损耗（TML）**应当**小于 1%，且可收集的挥发凝结物（CVCM）小于 0.1%。当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.4 测试时，质量损耗**应当**在有代表性的基材制成的附近测试板或印制板上测试确定。

**3.10.2 耐毒性** 当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.1 进行测试时，批次中的成品印制板或有代表性的印制板面部分**不应当**支持霉菌的生长。

**3.10.3 振动** 附近测试板或印制板在经过下述振动测试程序后，**应当**通过 3.8.2 节的电路测试，且**不应当**出现超出 3.4.3 节中允许的弓曲和扭曲。**应当**按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.9 测试印制板，将印制板的平面垂直于振动的轴向安装，进行循环扫描振动测试及定时共振测试。

**循环测试** - 循环测试**应当**为在 16 分钟完成的从 20 到 2000Hz 的扫描。在 20 到 2000Hz 的频率范围之间的输入加速度**应当**保持在 15Gs。

**定时共振** - 附近测试板或印制板**应当**经受 30 分钟的定时共振，输入为 25Gs 或在试样的几何中心测得的最大输出为 100Gs。附近测试板或印制板的四个边均**应当**固定以防止其移动。

**3.10.4 机械冲击** 待测印制板在经受以下机械冲击测试后，**应当**通过 3.8.2 节的电路测试。

**应当**按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.5 进行机械冲击测试。印制板**应当**经受三次持续时间为 6.5ms 的 100Gs 脉冲的冲击，分别在三个主面上进行。附近测试板或印制板的四个边均**应当**固定以防止其移动。

**3.10.5 阻抗测试** 阻抗要求**应当**由供需双方协商确定。符合 IPC-TM-650 测试方法 2.5.5.7 的 TDR（时域反射计）技术可用于进行附近测试板或印制板指定电路的阻抗测试。对于大的阻抗公差，可以按照 IPC-2251 使用特殊的附近测试板的显微剖切进行尺寸测量，以确定阻抗值。





**10.6 热膨胀系数 (CTE)** 当印制板带有金属芯或增强结构而其平面方向上有热膨胀限定要求时, CTE 应当在采购文件规定的温度范围内, 且应当在规定 CTE 值的  $\pm 2\text{ppm}/^\circ\text{C}$  以内。应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.4.41.2 的应变计法进行测试。厚度小于  $1.5\text{mm}[0.060\text{in}]$  板子的测试和采用其他确定 CTE 的方法应当由供需双方协商确定。

**3.10.7 热冲击** 印制板或附连测试板应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.7.2 测试和评估。不要求显微剖切, 除非另有规定。如果规定显微剖切, 印制板或附连测试板应当满足表 3-10 和图 3-10 的要求。

**3.10.8 表面绝缘电阻 (接收态)** 应当按以下所列方法测试附连测试板。绝缘电阻应当不小于表 3-18 给出的值。

附连测试板或印制板应当在  $50 \pm 5^\circ\text{C}[122 \pm 9^\circ\text{F}]$  的不施加湿条件下处理 24 小时。经过冷却后, 应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.3.7 规定的室温下完成绝缘电阻测试。

**3.10.9 金属芯 (水平显微剖切)** 对于金属芯和镀覆孔之间有间隔的金属芯印制板, 应当要求做水平显微剖切, 以观察金属芯 / 孔间填充绝缘情况。在显微剖切前, 附连测试板或印制板应当按照 3.6.1 节经受热应力测试。填充孔的绝缘材料中的芯吸、径向裂缝、侧向间隙或空洞不应当使相邻导电面之间的电气间距减少至低于  $100\mu\text{m}[3,937\mu\text{in}]$ 。从镀覆孔边缘伸入孔填充物的芯吸和 / 或径向裂缝不应当超过  $75\mu\text{m}[2,953\mu\text{in}]$ 。

### 3.10.10 模拟返工

**3.10.10.1 通孔元器件** 附连测试板或印制板应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.4.36 进行测试, 然后进行显微剖切, 并按照 3.6 节检查。允许连接盘起翘。

**3.10.10.2 表面贴装元器件** 附连测试板或印制板应当 100% 经过测试。

**3.10.11 非支撑元器件孔连接盘的粘接强度** 应当按照 IPC-TM-650 测试方法 2.4.21 测试非支撑元器件孔连接盘。其连接盘应当能经受  $2\text{kg}$  或  $35\text{kg}/\text{cm}^2$ , 取两者中的较小者。

非支撑孔的连接盘面积计算不包括孔占据的面积。

**3.10.12 破坏性物理分析** 当有规定时, 批次验收应当要求对每批次有代表性的一块印制板进行破坏性物理分析 (DPA)。DPA 印制板应当从印制板的同一检查批次中选择, 该批次应当已经通过表 4-3 中的热应力后的结构完整性验收测试。每块 DPA 印制板应当按照 3.6 节经过热应力、显微剖切和检查。DPA 显微剖切应当包含成品印制板上每种金属化孔类型 (如: 通孔、填充孔、埋孔、盲孔、微导通孔等), 每种类型至少应当选取三个孔。DPA 失效后, 对批次的处置应当由供需双方协商确定。

**3.10.13 剥离强度要求 (仅限于覆箔层压结构)** 依据 IPC-TM-650 测试方法 2.4.8 条件 A 测试时, 表面导体应当满足其剥离强度平均值大于或等于适用的基材规格规定值。除非另有规定, 剥离强度试验应当在基材规格中选取厚度大于  $0.50\text{mm}[0.0197\text{in}]$  的基材在“热应力试验后”的状态执行。对于未标明金属箔类型的材料, 应当应用基材厚度大于  $0.50\text{mm}[0.0197\text{in}]$  经热应力试验后的标准轮廓铜箔剥离强度值的 60%(作判定)。此要求仅适用于有表面导体或表面连接连接盘的箔层结构印制板。测试样品应当尚未表面涂覆。

**3.10.14 设计数据保护** 为了在设计过程中澄清和标准化的信任要求, IPC 和美国国防部 (DoD) 合作开发了正式协议。当规定时, 印制板制造商应当能够证明并提供符合 IPC-1791 的客观证据。



**3.10.15 微导通孔结构基于性能的测试 - 热应力时的结构完整性** 当规定时, 符合性测试应当包括 IPC-TM-650 测试方法 2.6.27。当印制板包含微导通孔时, 应当在每块在制板中针对每类微导通孔结构至少测试一个 IPC-2221 附录 A 中的 D 附连测试板。当一个结构包括微导通孔和埋孔时, D 附连板应该包括整个结构。结果是基于电阻变化, IPC-TM-650 测试方法 2.6.27 不做显微剖切的要求。

当指定时, 其他基于性能的测试方法可以用来代替 IPC-TM-650 测试方法 2.6.27。然而, 最初的 D-32 热应力测试方法分委员会没有也从来没有收到相关的数据以验证检测微导通孔失效的替代方法。

**3.11 维修** 裸板维修的许可和要求应当由供需双方协商确定。除非采购文件中另有规定, 应当按照 IPC-7711/7721 进行维修。

**3.11.1 电路维修** 1 级、2 级和 3 级印制板上电路维修应当由供需双方协商确定。原则上, 每面上  $0.09 \text{ m}^2$  或更小的面积上的电路维修不应该超过两处。阻抗控制线路的维修不当违反阻抗要求。电路维修不当违反最小电气间距的要求。

**3.12 返工** 对于所有级别产品, 允许返工。对于所有级别产品, 在不影响印制板功能完整性的情况下, 所有产品基材表面瑕疵的修补或电镀材料残留物或多余铜的去除均是允许的。

## 4 质量保证条款

**4.1 总则** 质量保证条款总则在 IPC-6011 及每个分规范中作出了规定。本规范规定了刚性印制板的要求, 包括了鉴定测试、验收测试及质量一致性测试的频次。

**4.1.1 鉴定** 鉴定应当由供需双方协商确定 (见 IPC-6011)。鉴定应该由能力分析评估 (见 IPC-9151), 及计划用于生产印制板的相同设备和工艺生产的试生产样品、生产样品或附连测试板组成。鉴定应该包括表 4-3 和表 4-4 中引用的适用测试。由供需双方协商确定, 鉴定可以包括供应商已将类似产品提供给其他用户的文件或规范组成。

**4.1.2 附连测试板样板** 附连测试板样板可用于鉴定或进行中的生产过程控制。布设总图、数据库或生产底版可从 IPC 获取。对于 1.3.2 节限定的每种类型的布设总图和底版如下:

- 1 型 采用 IPC-A-47 底版的表层
- 2 型 采用 IPC-A-47 底版的表层
- 3 型 采用 IPC-A-47 底版内的 IPC-100103 的布设总图

**注:** IPC-100001 为通用的钻孔和外形布设总图。IPC-100103 和 IPC-100002 均为 IPC-A-47 生产底版套装的一部分, 为 Gerber 格式。

表 4-1 规定了用于鉴定和工艺能力评估样板上的附连测试板。每一个附连板后的数字标号, 例如 M5, 如 IPC-A-47 所述, 与样板上的各种类型的附连板相对应。



表 4-1 鉴定附连测试板

测试	1 型	2 型、3 型、5 型	4 型、6 型	印制板 <sup>3</sup>
目视检查 <sup>1</sup>	所有	所有	所有	X
可焊性 <sup>1</sup>	M2, M5	-	-	-
表面 <sup>1</sup>	-	S1, S6	S1, S6	-
孔 <sup>1</sup>	-	-	-	-
尺寸 <sup>1</sup>	所有	所有	所有	X
物理性能				
镀层附着力 <sup>1</sup>	N1, N4, N5	N1, N4, N5	N1, N4, N5	-
粘接强度	A2, A3, A6	-	-	-
结构完整性				
热应力前的镀覆孔	-	A1, A4, A5	设计要求	-
附加尺寸	-	A1, A4, A5	设计要求	-
热应力后的镀覆孔				
热应力	-	A1, A4, A5	设计要求	-
水平剖切 (金属芯)	-	B4, B5	A1, B4, B5	-
模拟返工	-	B3, B6	设计要求	-
电气要求				
介质耐压 (DWV)	E1, E4, E5	E1, E4, E5	E4, E5	-
连通性	D1, D4, D5	D1, D4, D5	设计要求	-
绝缘电阻	E2, E3, E6	E2, E3, E6	E3, E6	-
环境				
热冲击	D2, D3, D6	D2, D3, D6	设计要求	-
清洁度 <sup>1</sup>	-	-	-	X
湿热 / 绝缘电阻	E1, E4, E5	E1, E4, E5	E1, E4, E5	-
特殊要求 <sup>2</sup>				
排气	-	-	-	X
有机污染	-	-	-	X
耐霉性	-	-	-	X
振动	-	-	-	X
机械冲击	-	-	-	X
阻抗	-	H1, H2, H3	-	-
热膨胀系数	-	-	-	X

注 1. 与技术无关。

注 2. 额外增加附连测试板的要求应当由供需双方协商确定。

注 3. “印制板”列中的“×”表示在整块印制板而不是在单个附连测试板上进行试验。这列中的“×”不能与 IPC-2221 和 IPC-A-47 中的 X 附连测试板混淆，X 附连测试板用于耐弯折测试。

**4.2 验收测试** 当表 4-3 中指明为“抽样”时，使用表 4-2 中规定的 C=0 零验收数抽样方案。验收测试应当采用附连测试板和 / 或印制板，按表 4-3 中的规定，对本规范和 IPC-6011 的要求进行检验。附连测试板如 IPC-2221 附录 B 所描述，指出了每种附连板的目的及在生产拼板中的频率。

**4.2.1 C=0 零验收数抽样方案** 表 4-2 中提供的 C=0 验收数抽样方案来源于在 ASQ Z1.4 中已确定的原则。该 C=0 验收数抽样方案提供了批次允许缺陷百分数 (L.T.P.D) 大于或等于 0.10 的“使用方风险”的水平。在每个抽样数栏顶部的该指数值确定了可接受的质量水平 AQL。一个批次所有的样板 (见表 4-2) 都应当满足要求后，才是可接受的。拒收批次的处理都应当充分记录。使用抽样方案的更多信息，可参考 ASQ H1331。

**4.2.2 仲裁测试** 从相同在制板中准备另外两套显微剖切，以便评估因单独或实质上是偶然或者在显微剖切制作中造成的不符合。只有两套仲裁显微剖切必须均无缺陷，才能验收。

**4.3 质量一致性测试** 质量一致性测试应当由表 4-4 中规定的检验组成，且在满足 IPC-QL-653 所有要求的实验室内完成。3 级测试可以扩展到 2 级的可靠性测试和评估。检验失效不能自动判断整批失效或整批板的检查不合格；然而，应当对所有失效的质量一致性检验附连测试板进行失效分析。纠正措施和客户通知应当基于失效检验批的失效分析结果。对这些要求的偏离要求应当由供需双方协商确定。

**4.3.1 附连板的选择** 应当从每一种材料类型（主要树脂系统和主要增强材料）的印制板中选取两套附连测试板，其须能够代表检验周期内生产的已经通过验收测试的最复杂的印制板。

表 4-2 按批次数量确定 C=0 抽样方案<sup>1</sup>

批次数量 <sup>2</sup>	AQL 值					
	0.10	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5
1-8	**	**	**	5	3	3
9-15	**	13	8	5	3	3
16-25	**	13	8	5	3	3
26-50	**	13	8	5	7	5
51-90	**	13	13	11	8	5
91-150	125	19	19	11	9	6
151-280	125	29	19	13	10	7
281-500	125	29	21	16	11	9
501-1,200	125	34	27	19	15	11
1,201-3,200	125	42	35	23	18	13
3,201-10,000	192	50	38	29	22	15
10,001-35,000	294	60	46	35	29	15

注 1. 本表中 “\*\*” 的实例表示对整个批次的检验。

注 2. 表 4-3 中的 “备注” 栏表示该栏中的值是代表单个印制板、在制板或整个生产批次。





表 4-3 接收测试及频次

检验	要求及方法 章节	样板		检验频次			
		印制板	印制板的附连测试板	1 级 <sup>1</sup>	2 级 <sup>1</sup>	3 级 <sup>1</sup>	备注
材料	3.2.1 节至 3.2.14 节			生产商证明			可证实的符合性 证明或 SPC 程序
目视检查							
印制板边缘	3.3.1 节	X		抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	抽样 (2.5)	按照印制板
层压板瑕疵	3.3.2 节	X		抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	抽样 (2.5)	按照印制板
孔内镀层和 涂覆层空洞	3.3.3 节	X		抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	抽样 (1.0)	按照印制板
连接盘起翘	3.3.4 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照印制板
标记和可追 溯性	3.3.5 节	X	附连板和印制板	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照印制板
工艺质量	3.3.10 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照印制板
可焊性							
表面	3.3.6 节		M 或 W <sup>13</sup>	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	抽样 (2.5)	按照在制板
镀覆孔 <sup>7</sup>	3.3.6 节		S	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	抽样 (2.5)	按照在制板
尺寸							
印制板尺寸	3.4 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照印制板
孔尺寸	3.4.1 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照印制板
孔图形精度	3.4.1 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	允许供应商证明
图形要素精 度	3.4.1 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	允许供应商证明
环宽 (外层)	3.4.2 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照在制板
弓曲和扭曲	3.4.3 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照印制板
阻焊膜覆盖	3.7 节至 3.7.1 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照印制板
镀层 / 涂覆层 厚度 (电子法) <sup>2</sup>	3.6.2.11 节	X	按照镀层 / 涂覆 层规范选择附连 板	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	按照在制板
导体宽度							
内层	3.5.1 节	X		抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	抽样 (2.5)	按照内层在制板 层
外层	3.5.1 节	X		抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	抽样 (2.5)	按照印制板
导体间距							
内层	3.5.2 节	X		抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	抽样 (2.5)	按照在制板层 (每 套内层至少 5 个 评估点)
外层	3.5.2 节	X		抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	抽样 (2.5)	每块印制板

表 4-3 接收测试及频次

检验	要求及方法 章节	样板		检验频次			
		印制板	印制板的附连测试板	1 级 <sup>1</sup>	2 级 <sup>1</sup>	3 级 <sup>1</sup>	备注
导体表面（仅表面）							
印制板边缘接触片，镀金层与焊料涂层连接处	3.3.8 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	按照印制板
缺口、压痕和针孔	3.5.4.1 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	按照印制板
退润湿 / 不润湿 / 表面涂覆覆盖	3.5.4.5 节 3.5.4.6 节 3.5.4.7 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	按照印制板
印制板边连接器	3.5.4.4 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	按照印制板
表面贴装	3.5.4.2 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (2.5)	按照在制板 至少 10 个评估点
物理性能							
镀层附着力	3.3.7 节	X	C 或 N	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照在制板 (1 个附连板)
油墨标识附着力	3.3.5.3 节	X		抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照在制板
阻焊膜固化和附着力	3.7.2 节	X	G	抽样 (6.5)	抽样 (4.0)	抽样 (4.0)	按照在制板 (1 个附连板)
3 型 -6 型印制板热应力后结构完整性（显微剖切） <sup>3</sup>							
镀层完整性	3.6.2.1 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	按照在制板
层压完整性	3.6.2.3 节 3.6.2.4 节 3.6.2.5 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	按照在制板
凹蚀 / 负凹蚀	3.6 节 3.6.2.6 节 3.6.2.8 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	按照在制板
环宽和破环（内层）	3.6 节 3.6.2.9 节		A 和 2B 或 2 A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	按照在制板 <sup>4,5</sup>
连接盘起翘	3.6.2.10 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	按照在制板
孔镀层厚度	3.6.2.11 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	按照在制板
铜包覆电镀	3.6.2.11.1 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	按照在制板
铜盖覆电镀	3.6.2.11.2 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)	抽样 (1.5)	抽样 (0.1)	按照在制板



表 4-3 接收测试及频次(续)

检验	要求及方法 章节	样板		检验频次						
		印制板	印制板的附连测试板	1 级 <sup>1</sup>		2 级 <sup>1</sup>		3 级 <sup>1</sup>		备注
填铜的微导通孔	3.6.2.11.3 节		B	抽样 (2.5)		抽样 (1.5)		抽样 (0.1)		按照在制板
微导通孔目标连接盘接触	3.6.2.12 节		B	抽样 (2.5)		抽样 (1.5)		抽样 (0.1)		按照在制板
微导通孔目标连接盘渗透	3.6.2.13 节		B	抽样 (2.5)		抽样 (1.5)		抽样 (0.1)		按照在制板
表面导体厚度	3.6 节 3.6.2.15 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)		抽样 (1.5)		抽样 (0.1)		按照在制板
铜箔厚度 (内层)	3.6 节 3.6.2.14 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)		抽样 (1.5)		抽样 (0.1)		按照在制板
金属芯间距	3.6.2.17 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)		抽样 (1.5)		抽样 (0.1)		按照在制板
介质厚度	3.6 节 3.6.2.18 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)		抽样 (1.5)		抽样 (0.1)		按照在制板
盲孔和埋孔的材料填充	3.6.2.19 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (6.5)		抽样 (4.0)		抽样 (2.5)		按照在制板
背钻 <sup>10</sup>	3.6.2.20 节		2 块定制 附连板 <sup>11,12</sup>	抽样 (2.5)		抽样 (1.5)		抽样 (0.1)		按照在制板
钉头	3.6.2.21 节		A 和 B 或 A/B	抽样 (2.5)		抽样 (1.5)		抽样 (0.1)		按照在制板
2 型印制板热应力后结构完整性 (显微剖切) <sup>8</sup>										
镀层完整性	3.6.2.1 节		B 或 A/B	抽样 (6.5)		抽样 (4.0)		抽样 (2.5)		按照在制板
层压完整性	3.6.2.3 节 3.6.2.4 节 3.6.2.5 节		B 或 A/B	抽样 (6.5)		抽样 (4.0)		抽样 (2.5)		按照在制板
连接盘起翘	3.6.2.10 节		B 或 A/B	抽样 (6.5)		抽样 (4.0)		抽样 (2.5)		按照在制板
孔镀层厚度	3.6 节 3.6.2.11 节		B 或 A/B	抽样 (6.5)		抽样 (4.0)		抽样 (2.5)		按照在制板
表面镀层和导体厚度	3.6 节 3.6.2.11 节 3.6.2.15 节		B 或 A/B	抽样 (6.5)		抽样 (4.0)		抽样 (2.5)		按照在制板
电气性能										
电气连通性和绝缘电阻	3.8.2 节	X		1-2 型 <sup>6</sup>	3-6 型 抽样 (2.5)	1-2 型 <sup>6</sup> 100%	1-2 型 <sup>6</sup> 100%	3-6 型 100%	按照印制板	
清洁度										
清洁度	3.9 节	X		NA		NA		抽样 (4.0)		按照批次
涂覆阻焊膜前的清洁度	3.9.1 节	X		抽样 (6.5)		抽样 (4.0)		抽样 (4.0)		按照批次



表 4-3 接收测试及频次(续)

检验	要求及方法 章节	样板		检验频次			
		印制板	印制板的附连测试板	1 级 <sup>1</sup>	2 级 <sup>1</sup>	3 级 <sup>1</sup>	备注
特殊要求（当规定时）							
金属芯（水平显微剖切）	3.10.9 节						
阻焊膜厚度	3.7.3 节						
介质耐压	3.8.1 节						
电路 / 镀覆孔与金属基板的短路	3.8.3 节						
涂覆表面涂覆层后的清洁度	3.9.2 节						
氧化处理后层压前内层的清洁度	3.9.3 节						
排气	3.10.1 节						
耐霉性	3.10.2 节						
振动	3.10.3 节						
机械冲击	3.10.4 节						
阻抗测试	3.10.5 节			按合同或布设总图的规定（检验频次应当由供需双方协商确定）			
热膨胀系数	3.10.6 节						
热冲击	3.10.7 节						
表面绝缘电阻（接收态）	3.10.8 节						
破坏性物理分析	3.10.12 节						
剥离强度要求（仅限于覆箔层压结构）	3.10.13 节						
设计数据保护	3.10.14 节						
微导通孔结构基本测试性能	3.10.15 节						
维修	3.11 节						
电路维修	3.11.1 节						





表 4-3 接收测试及频次(续)

检验	要求及方法 章节	样板		检验频次			
		印制板	印制板的附连测试板	1 级 <sup>1</sup>	2 级 <sup>1</sup>	3 级 <sup>1</sup>	备注

注 1. 括号内的数字为 C=0 级。

注 2. 按表 3-3 选择合适的镀层 / 涂覆层附连板或印制板区域。

注 3. 所有导通孔结构应当由热应力评估进行评定。特殊结构（如盲孔、埋孔、未填的通孔、填充的通孔等）和电镀步骤决定了导通孔的结构。

注 4. 对于 2 级产品，破坏度可以通过水平显微剖切以外的方式进行评定。

注 5. A 和 2B 或 2 个 A/B 附连测试板应当取自印制板的对角，并取不同的轴向（一个是在 X 轴上，另一个在 Y 轴上）。每个 B 或 A/B 镀覆孔的附连测试板位置应当接近在制板板角（其他附连测试板不应当将 B 或 A/B 镀覆孔附连测试板从在制板板角移走）。结构完整性样本可用作一对重合度附连板中的一个来使用。

注 6. 对于 1、2 型印制板，目检或 AOI 检验可用于代替电气测试。

注 7. 无镀覆孔的 2 型双面印制板不要求测试孔的可焊性。S 附连板是可焊性检验的主要附连板。A 附连板考虑用于新设计。A 附连板用于保持可焊性测试应当由供需双方协商确定。

注 8. 无镀覆孔的 2 型双面印制板不要求做 PTH 的显微剖切评估。

注 9. 印制板的平均剥离强度按每一面各自独立计算。

注 10. 样本不需要热应力。

注 11. 定制的附连板上应当设计相关的初始钻孔尺寸、背钻尺寸和环宽。

注 12. 除非采购文件另有指定，2020 年 1 月 1 日后发布的设计要求在定制的背钻附连板上针对每种背钻深度应当有一个孔，并在制作的在制板的对角和不同的轴向（一个在 X 轴上，另一个在 Y 轴上）进行评估。

注 13. M 附连板是 IPC-2221B 附录 B 里旧设计的附连板。W 附连板是 IPC-2221B 附录 A 里当前的附连测试板设计。

表 4-4 质量一致性测试<sup>1</sup>

检验	要求及方法 章节	附连测试板		测试频次		
		1 型	2-6 型	1 级	2 级	3 级
电镀铜的性能	3.2.6.2 节	拉伸测试 试样 <sup>4</sup>	拉伸测试 试样 <sup>4</sup>	N/A	每季度	每月
模拟返工（当规定时）	3.10.10 节	N/A	A <sup>2</sup> 或 A/B <sup>2</sup>	N/A	N/A	每月
粘接强度	3.10.11 节	A <sup>3</sup> 或 A/B <sup>3</sup>	N/A	N/A	每季度	每月
剥离强度要求	3.10.13 节	P	P	N/A	N/A	每月
介质耐压	3.8.1 节	E	E	N/A	每季度	每月
湿热及绝缘电阻	3.8.4 节	E	E	N/A	每季度	每月

注 1. N/A = 不适用。

注 2. 附连测试板 A 或 A/B 包含最大的元器件 PTH 和连接盘，该孔与 2.5mm[0.0984in] 的网格相配。

注 3. 表示 A 或 A/B 附连测试板含有一个非支撑环宽。

注 4. 参照 ASTM E-345

## 5 备注

### 5.1 订单数据 采购文件应该规定以下内容：

- 现行适用的布设总图的名称、编号、版本、修订号及日期。
- 用户要求的针对本规范的例外、变更、附加或其他条件，以及由供需双方协商确定的要求。
- 部件识别及标记说明。
- 包装、操作和交付的信息（指南见 IPC-1601）。
- 要求的特殊测试及频次。

### 5.2 取代规范 本规范取代 IPC-6012D 的性能和要求部分。



## 附录 A

附录 A 按字母顺序简要列出了 IPC-6012E 中的性能要求。在本附录中，特殊条件、较长的要求及指导性信息可能作了简化或部分删除。完整的规范要求见附录的引用章节。

特性检验	要求			要求章节
	1 级	2 级	3 级	
蚀刻后环宽（外层镀覆孔）	通过目视检查评定时，连接盘上的破坏不大于 180。 如果连接盘未使用填角或“锁眼法”，连接盘 / 导体连接处最小环宽应当为 25μm[984μin]。	通过目视检查评定时，连接盘上的破坏不大于 90。	最小环宽应当为 50μm[1,969μin]。	3.4.2 节和表 3-9
蚀刻后环宽（外层非支撑孔）	通过目视检查评定时，连接盘上的破坏不大于 90。		最小环宽应当为 150μm[5,906μin]。	3.4.2 节和表 3-9
蚀刻后环宽（内层镀覆孔）	只要连接盘 / 导体连接处的减少量低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值，允许出现破坏。 允许破坏，如果修改焊盘形状例如填角或“锁眼法”。如果连接盘未使用填角或“锁眼法”，最小环宽应当为 25μm[984μin]。	只要连接盘 / 导体连接处的减少量低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值，允许出现 90 范围内的破坏。	内层最小环宽应当为 25μm[984μin]。	3.6.2.9 节和表 3-9
蚀刻后环宽（微导通孔捕获连接盘）	通过目视检查评定时，连接盘上的破坏不大于 180。 连接盘 / 导体连接处的减少量应当低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值。	通过目视检查评定时，连接盘上的破坏不大于 90。 连接盘 / 导体连接处的减少量应当低于 3.5.3.1 节允许的宽度减少限值。 导体连接处不得小于 50μm[1,969μin] 或小于最小线宽，取两者中的较小者。	应当没有任何破坏迹象。	3.4.2 节和表 3-9
蚀刻后环宽（微导通孔目标连接盘）	符合 3.6.2.9.2 节中 180 的破坏是可接受的。		应当没有任何破坏迹象。	3.6.2.9.2 节和表 3-9
背钻孔（目视）	应当没有电镀镀屑、疏松的钻屑（导电或不导电）、和孔壁或背钻孔外表面有外层连接盘的残留。背钻孔不包含 3.3.1 节的边缘间距要求。成品孔径公差应当满足 3.4.1 节的要求。			3.3.9 节
背钻孔（显微剖切）	镀覆孔的背钻需满足以下要求： <ul style="list-style-type: none"> <li>背钻应当符合采购文件的规定。超过允许残端长度的疏松或连接的金属应当不可接受。</li> <li>背钻与一钻孔的重合不良应当是可接受的，只要超出残端长度的疏松或连接的金属满足上述的要求。</li> <li>在允许的残端长度范围内孤立或连接的金属（如毛刺）应当考虑可接受，只要孔被填充且最小孔填充满足 3.6.2.19 节的要求。</li> <li>如果背钻结构被填充和电镀覆盖，背钻部分的表面镀覆，包括任何凹坑，不应当违反到剩余残端或相邻导体的最小介质间距。</li> </ul>			3.6.2.20 节
弓曲和扭曲	对于表面贴装印制板最大为 0.75%，对于所有其他印制板最大为 1.5%。应当以交付的形式对成品印制板进行评定。			3.4.3 节
毛刺和结瘤	如满足最小孔径要求，允许出现毛刺和结瘤。			表 3-10
塞孔的盖覆电镀（目视）	当采购文件中规定对塞孔盖覆电镀时，盖覆电镀层不允许有暴露树脂填充料的空洞。盖覆电镀孔上可见的凹陷（凹坑）和突起（凸块）是可接受的，只要符合 IPC-2221 附加板的结构完整性并符合 3.6.2.11.2 节和表 3-11 的要求。			3.5.4.8 节



特性检验	要求			要求章节
	1 级	2 级	3 级	
塞孔的盖覆电镀 (显微剖切)	当采购文件中规定填充孔（如树脂、导电或非导电材料）铜盖覆电镀时，表 3-11 和下列要求 <b>应当</b> 适用于外层表面或埋导通孔上的叠层微导通孔。 树脂填充镀覆孔上的空洞（如图 3-29 所示）是不允许的，除非空洞被印制板（见 3.5.4.8 节）和附连板上面的阻焊膜覆盖。 盖覆镀铜层与填充材料之间的分离是可接受的。盖覆镀铜层与底层镀层之间的分离 <b>应当</b> 是不可接受的。 盖覆镀铜层与填充材料之间的分离是可接受的。如图 3-30 和图 3-31 所示，由于凹陷和底层镀层，盖覆电镀之间导通孔填充材料的残留是可接受的，只要其不超出钻孔孔壁的垂直延伸范围以外			3.6.2.11.2 节
电路维修	裸板的维修许可及要求 <b>应当</b> 由供需双方协商确定。每 0.09 m <sup>2</sup> [0.969ft <sup>2</sup> ] 的面积上，维修不能多于 2 处；不能违反阻抗或最小电气间距要求。			3.11.1 节
电路 / 镀覆孔与金属基板之间的短路	印制板的电路 / 镀覆孔与金属基板之间 <b>应当</b> 能承受 (500 +15 -0)V(dc) 的电压。 <b>应当</b> 没有火花或介质击穿。			3.8.3 节
清洁度	<b>应当按照</b> IPC-TM-650 测试方法 2.3.25 测试印制板。其他等效方法可代替规定的方法；但是 <b>应当</b> 证明替代方法具有相同或更佳的灵敏度，且使用的溶剂 <b>应当</b> 具有与上述规定溶剂一样的溶解助焊剂残留物或其他污染物的能力。 <b>当按照</b> IPC-TM-650 测试方法 2.3.25 进行测试时，不要求用校准的比重计来测定溶液中酒精的百分比。			3.9.1 节
热膨胀系数	当印制板带有金属芯或增强结构而其平面方向上有热膨胀限定要求时，CTE <b>应当</b> 在采购文件规定的温度范围内，且 <b>应当</b> 在规定 CTE 值的 ±2ppm/°C 以内。 <b>应当按照</b> IPC- TM-650 测试方法 2.4.41.2 的应变计法进行测试。厚度小于 1.5mm[0.060in] 板子的测试和采用其他确定 CTE 的方法 <b>应当</b> 由供需双方协商确定。			3.10.6 节
粘接增强处理区域的颜色变异	呈现斑点状外观或颜色变异是可接受的； 随机缺乏处理的区域 <b>不应当</b> >10%。			3.3.2.9 节
导体精度	满足目视检查和尺寸要求，图形和厚度符合采购文件的规定。			3.5 节
导体缺陷	在 10% 的长度或 25mm [0.984in] 长度上，取两者中的较小者，不大于规定最小值的 30%。	在 10% 的长度或 13mm[0.512in] 长度上，取两者中的较小者，不大于规定最小值的 20%。		3.5.3 节
	无裂纹、裂口或撕裂			
导体间距	最小间距 <b>应当</b> 符合布设总图的规定。如未规定，由于加工处理，最小导体间距可以允许减少 30%。	最小间距 <b>应当</b> 符合布设总图的规定。如未规定，由于加工处理，最小导体间距可以允许减少 20%。		3.5.2 节
导体表面				3.5.4 节
导体厚度	如未规定，则最小导体厚度 <b>应当</b> 符合 3.6.2.14 节和 3.6.2.15 节的要求。			3.5.1 节
导体厚度的减少	导体厚度的减少不大于最小值的 30%。	导体厚度的减少不大于最小值的 20%。		3.5.3.2 节
导体宽度	如未规定，则最小导体宽度 <b>应当</b> 为加工后导体图形的 80%。			3.5.1 节
导体宽度的减少	导体宽度的减少不大于最小值的 30%。	导体宽度的减少不大于最小值的 20%。		3.5.3.1 节



特性检验	要求			要求章节
	1 级	2 级	3 级	
铜填充导通孔（通孔，盲孔，埋孔及微导通孔）	导通孔完全被铜填充，除非空洞被完全密封，且总面积不超过填充导通孔可视面积的 25%， <b>应当</b> 是可接受的，如图 3-32 及图 3-33 所示。 在图 1-3 所示的 X 和 Y 尺寸线内，邻近空洞的最小镀层厚度 <b>应当</b> 满足表 3-4 至表 3-6 中的最小铜厚度要求，且 <b>不应当</b> 包括盖覆电镀。 填铜微盲孔的突起（凸块）或凹陷（凹坑）的要求 <b>应当</b> 由供需双方协商确定。这里对填铜微盲孔的突起或凹陷不作要求。在钻孔垂直延伸范围内，填铜的微导通孔和盖覆外镀层之间的导通孔填充材料 <b>应当</b> 是可接受的。 当外镀层达到最小铜厚 5μm[0.0002in] 时，对填铜导通孔不作铜包覆要求。外镀层与底层镀层和填铜之间的分离 <b>应当</b> 不可接受。			3.6.2.11.3 节
铜箔纯度延伸率和抗拉强度	纯度 <b>应当</b> 不小于 99.5%，抗拉强度 <b>应当</b> 不小于 248MPa[36,000PSI]，延伸率 <b>应当</b> 不小于 12%。			3.2.6.2 节
铜包覆电镀	当要求外层环宽时，表 3-4 到表 3-6 规定的最小铜包覆镀层 <b>应当</b> 从镀覆孔连续到任何电镀结构的外表面，且延伸至少 25μm[984μin]（见图 3-21 和图 3-23）。铜包覆电镀从电镀结构到外部介质表面至少延伸 25μm[984μin] <b>应当</b> 是可接受的，如指定且符合盖覆电镀并与相邻覆箔边缘无分离（见图 3-22）。由于加工处理（研磨、蚀刻、整平等）减少了表面铜包覆镀层，造成包覆镀层不足是不允许的（见图 3-24 可接受示例和图 3-25 不可接受示例），除铜填充导通孔（通孔，盲埋孔和微导通孔）外（见 3.6.2.11.3 节）。			3.6.2.11.1 节
裂纹，孔壁 / 拐角裂纹	1 级、2 级、3 级均不允许。			表 3-10
裂纹，外层铜箔裂纹	1 级 - 不允许 D 型裂纹。允许 A 型和 B 型裂纹。 2 级和 3 级 - 不允许 D 型和 B 型裂纹。允许 A 型裂纹。			表 3-10
裂纹，内层铜箔裂纹	如果裂纹没有穿透金属箔，仅允许孔壁一侧出现 C 型裂纹。	不允许		表 3-10
裂纹，层压裂纹	对于 1 级产品，延伸到受热区的界限裂纹 <b>不应当</b> 大于 150μm[5,906μin]	对于 2 级和 3 级产品，延伸到受热区的界限裂纹 <b>不应当</b> 大于 80μm[3,150μin]。		3.6.2.4 节
	在受热区（见图 3-13）两个相邻非公共导电图形之间的基材裂纹，无论水平方向还是垂直方向，都 <b>不应当</b> 减少最小介质间距。 同一层面上相邻两个镀覆孔之间的多个裂纹的累加长度 <b>不应当</b> 超过上述限制。			
微裂纹	未使导体间距减少至低于最小值，且没有因为模拟组装过程的热测试而扩大，则对于所有级别产品均是可接受的。对于 2 级和 3 级产品，微裂纹的跨距 <b>不应当</b> 超过相邻导体距离的 50%。			3.3.2.2 节
分层 / 起泡（目视检查）	如分层和起泡影响的区域未超过印制板每面面积的 1%、且其未使导电图形的间距减小至低于最小导体间距，则对于所有级别产品均是可接受的。经过模拟组装过程的热测试之后，分层和起泡 <b>应当</b> 没有扩大。对于 2 级和 3 级产品，起泡和分层的跨距 <b>不应当</b> 大于相邻导电图形间距的 25%。			3.3.2.3 节
分层或起泡（显微剖切）	如果出现，则按 3.3.2.3 节的要求评估整个印制板。	没有分层或起泡。		3.6.2.5 节
退润湿	焊接连接区域：15%。	焊接连接区域：5%。		3.5.4.5 节
	允许导体和电源层上出现退润湿。			





特性检验	要求			要求章节
	1 级	2 级	3 级	
介质厚度	最小介质层厚度 <b>应当</b> 在采购文件中规定。最小介质层厚度和 / 或增强层的数量未作规定时, 最小介质间距 <b>应当</b> 为 90μm[3,543μin], 且增强层的数量 <b>应当</b> 由供应商选择。 芯层标称值 25μm[984μin] 或更小的介质间距不包括上述要求。			3.6.2.18 节
介质去除	125μm[4,921μin] 芯吸允许量加上最大凹蚀或钻污去除量	100μm[3,937μin] 芯吸允许量加上最大凹蚀或钻污去除量	80μm[3,150μin] 芯吸允许量加上最大凹蚀或钻污去除量	表 3-10 和图 3-15
介质耐压	无要求。	间距大于等于 80μm[3,150μin] 时, 500Vdc, 时间 30s(+3, -0); 间距小于 80μm[3,150μin] 时, 250Vdc, 时间 30s(+3, -0)		3.8.1 节和表 3-17
断裂的纤维	如断裂的纤维未桥连导体, 且未使侧向导体间距减少至低于最小要求, 对于所有级别产品, 均是可接受的。			3.3.2.6 节
尺寸要求	AABUS.			3.4 节
印制板边接触片的金镀层与焊料涂层的接合处	最大露铜间隙: 2.5mm [0.0984in]	最大露铜间隙: 1.25mm [0.04921in]	最大露铜间隙: 0.8mm [0.031in]	3.3.8 节
印制板边接触片的金镀层与焊料涂层的接合处	最大镀金重叠: 2.5mm [0.0984in]	最大镀金重叠: 1.25mm [0.04291in]	最大镀金重叠: 0.8mm [0.031in]	3.3.8 节
板边连接器连接盘	没有露底层镍或露铜的切口或划痕; 若麻点、针孔、压痕或凹陷的最长尺寸未超过 150μm[5,906μin], 每个连接盘上的瑕疵不超过 3 个, 且有这些瑕疵的连接盘不多于连接盘总数的 30%, 是可接受的。			3.5.4.4 节
边缘 (目视检查)	当板边区域已按照 IPC-2222 设计时, 沿着印制板边、槽口和非镀覆孔边缘出现的缺口、微裂纹, 渗透深度不超过印制板边与导电图形之间规定的最小距离是可接受的。如果没有指定边缘间距要求, 则任何缺口或微裂纹 <b>不应当</b> 超过边缘与最近导体距离的 50% 或 2.5mm[0.0984in], 取两者中的较小者。 当板边区域已按照 IPC-2222 设计时, 晕圈渗透与最近导电图形之间的距离 <b>不应当</b> 小于最小侧向导体间距, 如未规定时则不小于 100μm[3,937μin]。 当板边区域没有按照 IPC-2222 设计时, 缺口、微裂纹、分层及晕圈 <b>应当</b> 由供需双方协商确定。			3.3.1 节
电气要求				3.8 节
电路连通性与绝缘性	成品印制板 <b>应当</b> 按照 IPC-9252 测试。过程中不要求进行盲埋结构的电路连通性与绝缘性测试检查。			3.8.2 节
凹蚀 (当规定时)	在 5μm[197μin] 至 80μm[3,150 μin] 之间, 最佳蚀刻深度为 13μm [512μin]。允许每个连接盘的一侧出现蚀刻阴影。通过凹蚀加上芯吸 (由孔成形和 / 或孔清洗产生的芯吸、随机撕裂或钻凿) 去除介质质量的总和, <b>不应当</b> 超过表 3-10 限定的最大允许凹蚀量或者去钻污量与最大允许芯吸量之和。最大介质去除量的测量如图 3-15 所示。			3.6.2.6 节
表面涂覆和涂覆层厚度	见表 3-3。			3.6.2.11 节和表 3-3
表面涂覆覆盖性 (不要求焊接的区域)	不要求焊接的区域暴露金属基材, 对于 3 级产品, 允许为导体表面的 1%, 对于 1 级和 2 级产品, 允许为导体表面的 5%。覆盖不适用于垂直导体和层边缘。返工时只要按照 SAE AMS-2451 进行金属刷镀, 不要求焊接的区域暴露金属基材允许达到 5%。			3.5.4.7.1 节
外来夹杂物	印制板内半透明的、或其他颗粒是可接受的, 只要其没有使相邻导体的间距减小至低于 3.5.2 节规定的最小间距。			3.3.2.4 节

特性检验	要求			要求章节
	1 级	2 级	3 级	
耐霉性	按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.1 进行测试时, 没有霉菌生长。			3.10.2 节
晕圈	当板边区域已按照 IPC-2222 设计时, 晕圈渗透与最近导电图形的距离 <b>不应当</b> 小于相邻导体的最小间距, 如未规定时, 则不小于 100 $\mu\text{m}$ [3,937 $\mu\text{in}$ ]。 当板边区域没有按照 IPC-2222 设计时, 晕圈 <b>应当</b> 由供需双方协商确定。			3.3.1 节
孔径及孔图形精度	由供需双方协商确定。如未规定, 则 <b>应当</b> 采用适用的设计系列要求。			3.4.1 节
热风整平	焊料涂覆层和涂层中使用的焊料 <b>应当</b> 符合 J-STD-006 的要求, 并 <b>应当</b> 在布设总图中规定。HASL 是一种焊料涂覆工艺, 将印制板浸入焊料中, 然后使用热风对焊料表面进行整平。 HASL 焊料缸各成分的限值要求如表 3-2 转载于 IPC-J-STD-001, 具体的分析频次则 <b>应当</b> 由统计过程控制 (SPC) 数据或月度分析来确定。对每个过程 / 系统, 包含所有分析结果和焊浴使用 (如: 使用的总时间, 更换焊锡量, 或产量面积) 情况的记录 <b>应当</b> 保持至少一年。合金中每种元素的比例 <b>应当</b> 由具有足够的分辨率的标准的分析方法来确定。合金中的公差和杂质含量 <b>应当</b> 符合表 3-2 的限值要求。如果污染超过限值, 分析、替换或补充分析之间的时间间隔 <b>应当</b> 缩短。			3.2.7.3 节
阻抗测试	阻抗要求 <b>应当</b> 由供需双方协商确定。符合 IPC-TM-650 测试方法 2.5.5.7 的 TDR (时域反射计) 技术可用于进行附连测试板或印制板指定电路的阻抗测试。			3.10.5 节
内层夹杂物 (内层连接盘和镀覆孔镀层交界面处的夹杂物)	对于每个连接盘, 只允许在孔壁一侧有效连接盘 20% 的范围内出现夹杂物。	不允许。		表 3-10
绝缘电阻 (接收态)	接收态: 保持电气功能	接收态: 500M $\Omega$ 。		3.10.8 节和表 3-17
	暴露湿热后: 保持电气功能	暴露于湿热后: 100M $\Omega$	暴露于湿热后: 500M $\Omega$	3.8.4 节和表 3-18
层压完整性	见空洞, 层压板。			3.6.2.3 节
连接盘起翘 (显微剖切)	热应力后的显微剖切中允许出现微盲孔连接盘起翘。			3.6.2.10 节
连接盘起翘 (目视检查)	在交付 (未经热应力测试) 的印制板上无翘起的连接盘。			3.3.4 节
标记 (目视检查)	标记的制作必须与材料兼容, 且不能违反电气间距要求。对于无铅最终产品, 标记 <b>应当</b> 满足 J-STD-609 的要求。蚀刻标记的要求见 3.3.5.1 节。油墨标记的要求在 3.3.5.2 节中有规定。油墨标记附着力 <b>应当按照</b> IPC-TM-650 方法 2.4.1 进行测试。 <b>应当</b> 没有任何标记油墨被去除的迹象。			3.3.5 节
材料				3.2 节
通孔, 盲孔, 埋孔和微导通孔的材料填塞	在通孔、盲孔、埋孔及微导通孔结构的材料填充 (除镀铜外) 需遵循以下要求: <ul style="list-style-type: none"> <li>对于 2 级和 3 级产品, 材料<b>应当</b>至少填充孔的 60%。对于 1 级产品, 孔内可以完全不填充材料。</li> <li>当规定盖覆电镀时, <b>应当</b>满足 3.6.2.11.2 节和表 3-11 的要求。</li> <li>对于 2 级和 3 级产品未规定盖覆电镀时, 盲孔和导通孔内填充材料<b>应当</b>从外表面密封内部空洞, 表面平整度在 <math>\pm 0.076\text{mm}</math>[0.003in] 以内, 如图 3-43 和图 3-44 所示。</li> <li>当背钻孔填充时, 背钻面的填充材料<b>应当</b>从外表面密封内部空洞。</li> <li>如果未指定盖覆电镀, 则不允许从任何外部表面延伸出空洞。</li> </ul>			3.6.2.19 节



特性检验	要求			要求章节
	1 级	2 级	3 级	
白斑	对于 1 级、2 级和 3 级产品，白斑都是可接受的。层压板基板中白斑面积大于相邻导体间距的 50% 时，对于 3 级产品是一种制程警示，说明材料、设备操作、工艺或制程出现变异，但不是缺陷。			3.3.2.1 节
机械冲击	机械冲击后印制板 <b>应当</b> 通过 3.8.2 节的测试要求。			3.10.4 节
金属芯，水平显微剖切	填充孔的绝缘材料中的芯吸、径向裂缝、侧向间隙或空洞 <b>不应当</b> 使相邻导电面之间的电气间距减少至低于 100μm[3,937μin]。从镀覆孔边缘伸入孔填充物的芯吸和 / 或径向裂缝 <b>不应当</b> 超过 75μm[2,953μin]。			3.10.9 节
金属芯，内层间距	相邻导电表面、非功能连接盘和 / 或镀覆孔之间的最小侧向间距 <b>应当</b> 为 100μm[3,937μin]。			3.6.2.17 节
微导通孔到目标连接盘	1 级或 2 级产品的破坏 <b>应当</b> 满足微导通孔的连接尺寸，详见 3.6.2.12 节描述。如果发生破坏， <b>应当</b> 不减少 3.5.2 节规定的最小间隙，不减少 3.6.2.18 节规定的最小介层层间隙，见图 3-20，且 / 或微导通孔的镀层厚度 <b>应当</b> 符合 3.6.2.1 节的要求。			3.6.2.9.2 节
微导通孔目标连接盘接触尺寸	对于激光钻孔的微导通孔，目标连接盘接触尺寸 <b>应当</b> 大于捕获连接盘上微导通孔尺寸的 50%，如图 3-36 和表 3-12 的规定。 目标连接盘接触最小尺寸为微导通孔直径尺寸的 50%。当测量目标连接盘的接触尺寸时，目标连接盘上任何外来夹杂物的宽度或任何分离的长度 <b>应当</b> 从表 3-12 及图 3-37 所示测量尺寸中减去。针对机械钻微导通孔的微导通孔接触尺寸要求见表 3-13。			3.6.2.12 节
微导通孔目标连接盘渗透	当目标连接盘发生如图 3-38（非故意刺穿）及图 3-39（有意刺穿）所示的微导通孔刺穿，目标连接盘下的介质厚度 <b>不应当</b> 减小到 3.6.2.18 节中所规定的介质间距。刺穿面积 <b>应当</b> 满足 3.6.2 节的要求。针对激光钻微导通孔，刺穿面积 <b>不应当</b> 评价为在微导通孔目标连接盘接触尺寸的减小。			3.6.2.13 节
内层铜箔最小厚度	见表 3-14。			3.6.2.14 节
最小表面导体厚度	见表 3-15。当以重量而不是厚度来指定总的完成导体时，电镀后的最小导体厚度 <b>应当</b> 为该特定铜重量在表 3-14 中加工后的最小箔层厚度。			3.6.2.15 节
湿热及绝缘电阻	白斑、起泡或分层不超过 3.3.2 节的允许值； 绝缘电阻满足表 3-18 的要求； 湿热及绝缘电阻测试按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.3 进行。			3.8.4 节
钉头	可接受			3.6.2.21 节
负凹蚀	如果采购文件中未规定凹蚀，则距离 X 不超过 25μm[984μin]。		如果采购文件中未规定凹蚀，则距离 X 不超过 13μm [512μin]。	3.6.2.8 节和图 3-16
	如果采购文件中未规定凹蚀，则距离 Z 不超过 37.5μm[1,476μin]。		如果采购文件中未规定凹蚀，则距离 Z 不超过 19.5μm [768μin]。	
	当负凹蚀造成铜镀层的折叠时，按图 3-12 所示，从内层面开始测量所得的铜厚 <b>应当</b> 满足最小要求。			
接地层或电源层上的缺口和针孔	在 625cm <sup>2</sup> 的面积上，每一面不超过 6 个，且最大尺寸为 1.5mm[0.0591in]。	在 625cm <sup>2</sup> 的面积上，每一面不超过 4 个，且最大尺寸为 1.0mm[0.0394in] 。		3.5.4.1 节
非功能性连接盘	除非设计文件或采购文件允许，否则制造者 <b>不应当</b> 移除非功能性连接盘。			3.5.4.10 节
不润湿	对于锡、锡铅再流或焊料涂覆的表面，任何要求焊接连接的导体表面不允许出现不润湿。			3.5.4.6 节



特性检验	要求			要求章节
	1 级	2 级	3 级	
排气	按照采购文件测试，重量损失不超过 0.1%。			3.10.1 节
突沿	当表面涂覆金属用作抗蚀剂时，突沿会导致表面涂覆金属不被底层的铜支撑，并会产生如图 3-40 中的注 6 所示的镀屑。当横向测量时，导体的突沿 <b>不应当</b> 超过覆箔和镀铜的总厚度。			3.6.2.16 节
剥离强度（仅限于铜箔结构）	依据 IPC-TM-650 测试方法 2.4.8 条件 A 测试时，表面导体 <b>应当</b> 满足其剥离强度平均值大于或等于适用的基材规格规定值。 除非另有规定，剥离强度试验 <b>应当</b> 在基材规格中选取厚度大于 0.50mm[0.0197in] 的基材在“热应力试验后”的状态执行。 对于未标明金属箔类型的材料， <b>应当</b> 应用基材厚度大于 0.50mm[0.0197in] 经热应力试验后的铜箔剥离强度标准值的 60%（作判定）。此要求仅适用于有表面导体或表面连接连接盘的箔层结构印制板。 测试样品 <b>应当</b> 尚未经表面涂覆。			3.10.13 节
粉红圈	可接收。			3.3.2.10 节
镀层附着力	保护性镀层或导体图形箔 <b>应当</b> 不被去除。按照 IPC-TM-650 测试方法 2.4.1 进行测试。			3.3.7 节
镀层折叠，夹杂物	<b>应当</b> 满足表 3-4 至表 3-6 的最小铜厚要求。对于正凹蚀，应该顺着介质材料的形貌进行测量。当负凹蚀造成铜镀层的折叠时，按图 3-12 所示，从内层面开始测量所得的铜厚 <b>应当</b> 满足最小要求。负凹蚀的限度 <b>不应当</b> 被超出。			表 3-10
镀覆孔的镀层完整性	表 3-10 规定的属性。在镀层和铜箔界面（不包括结合部分）之间的微小异常，并在热应力后未扩散，这是制程变异的警示但 <b>不应当</b> 是拒收的理由。			3.6.2.1 节
大于 2 层的铜镀层、通孔、盲孔、埋孔	最低平均 20μm[787μin]。 最小厚度 18μm[709μin]		最低平均 25μm[984μin]。最小厚度 20μm [787μin]	3.6.2.11 节和表 3-4
铜镀层、盲孔、埋孔、微导通孔	平均 12μm[472μin]。最小 10μm[394μin]			3.6.2.11 节和表 3-5
铜镀层 (2 层)、埋孔芯材	平均 13μm[512μin] 最小 11μm[433μin]	平均 15μm[592μin] 最小 13μm[512μin]		3.6.2.11 节和表 3-6
孔内镀层和涂覆层空洞（目视检查）	铜镀层：在不超过孔总数 10% 的孔内，每个孔不超过 3 个空洞	铜镀层：在不超过孔总数 5% 的孔内，每个孔不超过 1 个空洞	铜镀层：不允许	3.3.3 节和表 3-7
	最终材料涂覆层：在不超过孔总数 15% 的孔内，每个孔不超过 5 个空洞	最终材料涂覆层：在不超过孔总数 5% 的孔内，每个孔不超过 3 个空洞	最终材料涂覆层：在不超过孔总数 5% 的孔内，每个孔不超过 1 个空洞	
铜镀层空洞	满足表 3-10 的要求。	<ul style="list-style-type: none"><li>无论长度或尺寸，每个样品不多于 1 个空洞。</li><li>不可以出现超过印制板总厚度 5% 的镀层空洞。</li><li>镀层空洞不得出现在内层导电层与<b>镀覆孔</b>或微孔的孔壁交界面。</li><li>环状镀层空洞不大于 90°。</li></ul>		3.6.2.2 节
维修	由供需双方协商确定。维修 <b>应当</b> 按照 IPC-7711/21 进行。			3.11 节
返工	不能影响印制板的功能完整性。			3.12 节
划痕、压痕及加工痕迹	不得桥连导体，且露纤维不得大于 3.3.2.4 节和 3.3.2.5 节允许的值，且不得使介质间距减少至低于最小值。			3.3.2.7 节





特性检验	要求			要求章节
	1 级	2 级	3 级	
沿着外层连接盘垂直边缘的分离	拐角处允许（见图 3-11），最大长度 130μm [5,118μin]。	如未延伸至外层铜箔垂直边缘以外，则允许。		表 3-10
内层分离（内层连接盘和镀覆孔镀层界面处的分离）	对于每个连接盘只允许在孔壁一侧有效连接盘 20% 的范围内出现内层分离。	不允许。		表 3-10
镀层分离	不允许			表 3-10
去钻污	去钻污应当充分满足表 3-10 中内层分离的可接受性要求。去钻污 <b>不应当</b> 超出 25μm[984μin]。去钻污、钻凿、随机撕裂和孔成形去除的介质质量总和，测量 <b>不应当</b> 超出表 3-10 的限值，如图 3-15 所示。1 型或 2 型印制板不要求去钻污。最大介质去除量的测量如图 3-15 所示。			3.6.2.7 节
阻焊膜				3.7 节
阻焊膜覆盖	阻焊膜区域中的起泡没有暴露导体或桥连导体。对于暴露的介质、侵占焊盘、介质区域的起泡、麻点和空洞及印制边缘碎屑，见 3.7.1 节。			3.7.1 节
阻焊膜固化及附着力	胶带测试后最大脱落量符合表 3-16 的要求。粘性、分层或起泡不超出以下程度： • 对于 1 级产品，没有桥连导体。 • 对于 2 级和 3 级产品，每面有两个，最大长度不超过 250μm[9,843μin]，且没有使导体间电气间距的减小超过 25%。			3.7.2 节
可焊性（目视检查）	当采购文件有要求时，涂覆层耐久性的加速老化 <b>应当</b> 符合 J-STD-003 的要求。耐久性的类型 <b>应当</b> 在布设总图中规定。但是，如未规定，有铅则 <b>应当</b> 采用 2 类，无铅的则 <b>应当</b> 采用 A 类。如有要求，待测试的附连板或印制板成品板 <b>应当</b> 进行预处理，并使用 J-STD-003 进行表面和镀覆孔可焊性的评定。 <b>除非另有规定，通孔默认测试应当是 S 附连板浮焊；表面贴装默认测试应当是 M 或 W 附连板的边缘浸焊。</b> 锡铅焊料 <b>应当</b> 符合表 3-2 规定的污染水平。 注：根据 J-STD-003，除非由供需双方协商确定，边缘浸锡测试 <b>应当</b> 要求使用机械或机电设备（例如，一套镊子不构成机械设备）。			3.3.6 节
特殊要求（当规定时）	由供需双方协商确定			3.10 节
结构完整性	<b>应当</b> 满足 3.6.2 节规定的用于热应力评价的附连测试板结构完整性要求。			3.6 节
可焊表面贴装连接盘（矩形）	沿着连接盘边缘的缺陷不大于 30%；连接盘内的缺陷不大于 20%。	沿着连接盘边缘的缺陷不大于 20%；连接盘内的缺陷不大于 10%。		3.5.4.2.1 节
	缺陷始终保持在完好区域以外（即以连接盘中心为基点，80% 的连接盘宽度乘以 80% 的连接盘长度）。 对于 1 级、2 级和 3 级产品，完好区域内的电测试探针“压痕”是制造工艺的必然结果，只要满足表面涂覆的要求，是可接受的。 完好区域内任何孤立的表面异常（如缺口、压痕、结瘤、退润湿或针孔）的组合都是可以接受的，只要满足最终涂覆要求，即不超出在 3.5.4.8 和 3.5.4.9 节中凹陷 / 突起的规定，且不超过焊盘面积的 5%。			
可焊表面贴装连接盘（圆形）	沿连接盘边缘的缺陷向连接盘中心的延伸没有超过连接盘直径的 10%，且没有超过连接盘周长的 30%。	沿连接盘边缘的缺陷向连接盘中心的延伸没有超过连接盘直径的 10%，且没有超过连接盘周长的 20%。		3.5.4.2.2 节

特性检验	要求			要求章节
	1 级	2 级	3 级	
可焊表面贴装连接盘（圆形）	缺陷始终保持在完好区域以外（即以连接盘中心为基点，80% 的连接盘宽度乘以 80% 的连接盘长度）。对于 1 级、2 级和 3 级产品，允许在完好区域内出现一个电测试探针压痕。 对于 1 级、2 级和 3 级产品，完好区域内的电气测试探针“压痕”是制造工艺的必然结果，只要满足表面涂覆的要求，是可接受的。 完好区域内任何孤立的表面异常（如缺口、压痕、结瘤、退润湿或针孔）的组合都是可以接受的，只要满足最终涂覆要求，即不超过在 3.5.4.8 和 3.5.4.9 节中凹陷 / 突起的规定，且不超过焊盘面积的 5% 以上。			3.5.4.2.2 节
热冲击	当规定时，按照 IPC-TM-650 测试方法 2.6.7.2 进行测试 / 评定，温度范围为 -65 至 125°C [-85 至 257°F]。电阻增加 10% 或更大应当考虑拒收，且在循环后应当满足表 3-10 的要求。			3.10.7 节
热应力测试	附连测试板或印制板应当经过热应力。根据 1.3.3 节列出的适用准则，应当要求采用以下测试方法中的一种或多种： 3.6.1.1 热应力测试，测试方法 2.6.8。 3.6.1.1.1 热应力测试，测试方法 2.6.8（微导通孔）。 3.6.1.2 热应力测试，测试方法 2.6.27（230°C）。 3.6.1.3 热应力测试，测试方法 2.6.27（260°C）。			3.6.1 节
振动	振动循环后，印制板应当通过 3.8.2 节的测试要求。			3.10.3 节
目视检查	应当检验加工后的产品，产品的质量应当一致，且符合 3.3.1 节至 3.3.10 节的要求。 对有关性能的目视检查应当在 3 个屈光度（放大约 1.75 倍）下进行。 微导通孔要素外观检查中对于适用的尺寸或者工艺特性应当在最小 30 倍放大镜下执行。 如果可疑的不符合在 3 个屈光度下不能确认，则应该在逐渐增大的放大倍数（最大至 40 倍）下进行核实，以确认符合性。			3.3 节
层压空洞	对于 1 级产品，受热区（见图 3-13）外允许的空洞不应超过 150μm [5,906μin]。延伸到受热区的界限空洞不应大于 150μm [5,906μin]。 对于 2 级和 3 级产品，受热区（见图 3-13）外不应有超过 80μm [3,150μin] 的基材空洞。延伸到受热区的界限空洞不应大于 80μm [3,150μin]。 在两个非公共电气的导电图形之间的空洞，不论水平方向还是垂直方向，均不应减小最小介质间距。			3.6.2.3 节
表面空洞	如表面空洞最长尺寸不超过 0.8mm [0.031in]，没有桥连导体、也没有超过印制板每面面积的 5%，则是可接受的。			3.3.2.8 节
露织物	露织物未使剩余的导体间距（不包括露织物区域）减少至低于最小要求。		无露织物。	3.3.2.5 节
金属线键合盘	对 GWB-1、GWB-2 或 ENIG 最终导体涂覆符合 1.3.4.3 节的规定。对于适用涂覆层，表面涂覆层符合表 3-3 的要求。关键区域按照 IPC-TM-650 测试方法 2.4.15 所测得最大表面粗糙度应当为 0.8μm [32μin] RMS。关键区域内的麻点、结瘤、划痕和电测试探针压痕不得违反 RMS（均方根值）要求。			3.5.4.3 节
工艺质量	应当没有缺陷，且质量一致 - 没有目视可见的灰尘、外来物、油污、手指印。			3.3.10 节



企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分

此页留作空白

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分



此表是为了及时收录行业中广泛使用的术语和定义，以修订本标准。

欢迎个人或单位参与发表意见。

请填写此表并反馈给：

IPC

3000 Lakeside Drive, Suite 105N

Bannockburn, IL 60015-1249

传真: 847 615.7105

申请人信息：

姓名: \_\_\_\_\_

公司名称: \_\_\_\_\_

所在城市: \_\_\_\_\_

所属国家: \_\_\_\_\_

电话号码: \_\_\_\_\_

日期: \_\_\_\_\_

☐ 新的术语及定义的申报。

☐ 对原有术语及定义的补充。

☐ 对原有术语及定义的修改。

术语	定义

如空间不足,请写在背面或附页上。

插图: ☐ 不适用 ☐ 要求 ☐ 待提供

☐ 包括: 电子文件名称: \_\_\_\_\_

适用此术语及定义的文件: \_\_\_\_\_

与此术语及定义相关的委员会: \_\_\_\_\_

由IPC 内部填写	
<b>IPC Office</b>	<b>Committee 2-30</b>
Date Received: _____	Date of Initial Review: _____
Comments Collated: _____	Comment Resolution: _____
Returned for Action: _____	Committee Action: _____
Revision Inclusion: _____	<input type="checkbox"/> Accepted <input type="checkbox"/> Rejected <input type="checkbox"/> Accept Modify
<b>IEC Classification</b>	
Classification Code • Serial Number _____	
Terms and Definition Committee Final Approval Authorization:	
Committee 2-30 has approved the above term for release in the next revision.	
Name: _____	Committee: IPC 2-30 Date: _____





企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分

此页留作空白

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分



## 标准改善填写表

此表的目的在于让这标准的  
有关工业使用者向IPC技术  
委员会提供建议.

欢迎个人或集体对IPC提交  
建议.我们将会收集所有的  
建议并上交给相应的委员会.

## IPC-6012E CN

如果您能提供改善建议, 请填好下表并  
递至:

IPC  
3000 Lakeside Drive, Suite 105N  
Bannockburn, IL 60015-1249  
传真: 847 615.7105  
电子邮件: answers@ipc.org

### 1. 我想对以下提出更改建议:

\_\_\_要求, 章节数

\_\_\_那种测试方法\_\_\_\_\_, 章节数 \_\_\_\_\_

以上章节数被证明为:

\_\_\_不清楚

\_\_\_不适用

有误差的

\_\_\_其他

### 2. 具体的更改建议:

### 3. 对于标准的其他改进建议:

提交人:

姓名

电话

公司

电子邮件

地址

城市/国家/洲

日期



企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分

此页留作空白

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分



# IPC大中华区 会员裨益

拓展技术、行业、市场管理资源的国际性平台，帮您塑造在电子制造行业中的影响力！

- 免费CIS培训名额\*
- 掌握动态
- 建立人脉
- 影响行业
- 培训员工
- 降低成本
- 强化优势
- 拓展业务

\* 此服务只适用于大中华区按期续会的会员客户及新会员客户。

如果您希望了解更多有关IPC会员信息或申请加入IPC会员，请登陆网站 [www.ipc.org/membership](http://www.ipc.org/membership) 或通过邮箱 [membershipasia@ipc.org](mailto:membershipasia@ipc.org) 联系IPC销售团队。





企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分

企业标准信息公共服务平台  
公开  
2022年11月17日 17点11分

*Association Connecting Electronics Industries*



105N

CSM

青岛