

# 团 体 标 准

T/TMAC ×××—2026

## 高密度互连（HDI）PCB 设计规则与布线规范

### High-density interconnect (HDI) PCB design rules and routing specifications

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：[www.ctm.org.cn](http://www.ctm.org.cn) 电子信箱：[136162004@qq.com](mailto:136162004@qq.com)

# 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 设计要求 .....	2
4.1 总体要求 .....	2
4.2 材料选择 .....	2
4.3 结构设计 .....	2
4.4 设计目标 .....	2
5 布线要求 .....	2
5.1 电源完整性与接地 .....	2
5.2 尺寸与结构要求 .....	2
5.3 电气性能要求 .....	3
5.4 安全性要求 .....	3
6 试验方法 .....	3
6.1 通用要求 .....	3
6.2 尺寸与结构试验 .....	3
6.3 电气性能试验 .....	4
6.4 安全性试验 .....	4

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：胜宏科技(惠州)股份有限公司、深圳华秋电子有限公司、北京中研博采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司、北京彬诚科技有限公司等单位。

本文件主要起草人：陈涛、陈遂佰、王辉、李晓锋、乐志斌、夏卫彬、杨笛等。

# 高密度互连（HDI）PCB 设计规则与布线规范

## 1 范围

本文件规定了高密度互连（HDI）PCB（以下简称“HDI PCB”）的设计要求、布线规则与结构技术要求、试验方法。

本文件适用于任意层互连、错孔、叠孔等结构的高密度互连印制板的设计、制造和验收。其他类型的PCB可参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2036 印制电路术语

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 4588.3 印制板的设计和使用

GB/T 4677 印制板测试方法

GB/T 5169.16 电工电子产品着火危险试验 第16部分：试验火焰50W水平与垂直火焰试验方法

GB/T 43799 高密度互连印制板分规范

SJ 21193 印制板离子迁移测试方法及要求

SJ 21194 印制板互连应力测试（IST）方法

## 3 术语和定义

GB/T 2036界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**高密度互连（HDI）PCB** high-density interconnect(HDI)PCB

采用微盲孔、埋孔及精细线路技术实现高布线密度的印制电路板。

### 3.2

**微盲孔** micro blind via

连接 PCB 表层与至少一个内层，且孔直径通常不大于 0.15mm 的导通孔。

### 3.3

**任意层互连** any-layer hdi

所有导电层之间均通过微盲孔实现互连的 HDI 结构，无传统通孔。

### 3.4

**盘中孔** via-in-pad

导通孔完全位于焊盘平面内的设计。

## 4 设计要求

### 4.1 总体要求

HDI PCB 设计应遵循信号完整性、电源完整性、电磁兼容性、热管理和可制造性 (DFM) 的原则。设计文件应完整, 包括但不限于: 叠层图、钻孔极图、布线图、Gerber 文件、IPC-356 网表、阻抗计算报告等。

### 4.2 材料选择

应根据产品的工作频率、耐热性、可靠性要求选择合适的基材与铜箔。常用材料应符合表 1 规定。

表1 HDI PCB常用材料要求

材料类型	标准型号	介电常数 (1GHz, 23°C)	损耗因子 (1GHz, 23°C)	玻璃化转变温度 T <sub>g</sub> (°C)
FR-4 标准	IPC-4101/21	4.2~4.5	0.018~0.025	135~140
中TgFR-4	IPC-4101/24	4.2~4.5	0.018~0.025	150~160
高TgFR-4	IPC-4101/41	4.2~4.5	0.018~0.025	≥170
低损耗材料	Rogers4350B, Panasonic M	3.48~3.66	0.003~0.007	>280
超薄酚醛胶合板 (BT)	BT-200	3.4±0.05	0.006	200
复合异构烃 (CEP-3)	CEP-3A	3.1±0.08	0.005	180
聚酰亚胺 (PI)	PI-300	3.2±0.05	0.004	≥300
氧化锆 (ZrO <sub>2</sub> )	ZrO <sub>2</sub> -HT	10±0.5	0.001	>350

### 4.3 结构设计

HDI PCB 应明确顺序层压次数、介质层厚度、铜箔厚度、微孔类型, 并符合 GB/T 43799 要求。设计时应明确标注。

### 4.4 设计目标

HDI PCB 设计应满足以下目标:

- 布线密度: 符合 5.2 的要求, 适配不同集成度产品的小型化布局需求;
- 电气性能: 符合 5.3 的要求, 支撑高速稳定传输;
- 可靠性: 符合 5.4 的要求, 适配复杂工况;
- 可制造性: 几何参数匹配量产工艺, 减少特殊工艺使用, 设计文件符合 GB/T 4588.3;
- 电磁兼容性: 通过平面规划、差分线等长布线 (偏差≤5mm)、去耦电容布置, 降低 EMI 并提升 EMS, 确保产品通过 EMC 认证。

## 5 布线要求

### 5.1 电源完整性与接地

应合理规划电源或地平面, 减少平面分割。关键 IC 电源引脚附近应布置去耦电容, 其容值选择与布局应符合 GB/T 4588.3 的相关要求。

### 5.2 尺寸与结构要求

HDI PCB 尺寸与结构要求应符合表 2 的规定。

表2 尺寸与结构要求

参数类别	技术指标	级别一 (常规HDI)	级别二 (较高密度)	级别三 (任意层/极高密度)
线宽/线距	内部的最小导线宽度 (mm)	0.075~0.10	0.050~0.075 (不含)	0.025~0.050 (不含)
	内部的最小导线间距 (mm)	0.075~0.10	0.050~0.075 (不含)	0.025~0.050 (不含)
	外部的最小导线宽度 (mm)	0.050~0.10	0.038~0.050 (不含)	0.020~0.038 (不含)

	外部的最小导线间距 (mm)	0.050~0.10	0.038~0.050 (不含)	0.020~0.038 (不含)
过孔	机械钻孔最小孔径 (mm)	≥0.15	0.10~0.15 (不含)	-
	激光钻孔最小孔径 (mm)	≥0.10	0.075~0.10 (不含)	0.050~0.075 (不含)
	微孔焊盘环宽 (最小) (mm)	≥0.050	0.038~0.050 (不含)	0.025~0.038 (不含)
	盘中孔设计 (Via-in-Pad)	允许	推荐	必须
层间对位	层间对位精度 (mm)	±0.05	±0.025	±0.015
阻抗控制	单端阻抗公差	±10%	±7%	±5%
	差分阻抗公差	±10%	±7%	±5%
介质层	芯板介质最小厚度 (mm)	≥0.07	0.05~0.07 (不含)	0.04~0.05 (不含)
	粘结片最小厚度 (mm)	≥0.05	0.04~0.05 (不含)	0.03~0.04 (不含)
焊盘尺寸	最小焊盘直径 (mm)	≥0.25	0.20~0.25 (不含)	0.15~0.20 (不含)

### 5.3 电气性能要求

HDI PCB 的电气性能要求应符合表 3 的规定。

表3 电气性能要求

项目	条件	要求
导体电阻 (Ω/m)	20 °C	≤0.20
绝缘电阻 (MΩ)	100 V DC	≥500
耐压	500 V AC, 60 s	无击穿、无飞弧
差分阻抗 (Ω)	1 GHz	90±5
插入损耗 (dB/inch)	5 GHz	≤0.5
互连电阻漂移 (%)	IST 1000循环后	≤10%

### 5.4 安全性要求

HDI PCB 安全要求应符合表 4 的规定。

表4 安全要求

项目	条件	要求
热冲击 (%)	-55°C~125 °C, 极1000循环	互连电阻变化≤10%
导电阳极 (CAF) (MΩ)	85°C, 85% RH, 100 V DC, 96 h	绝缘电阻≥10
阻燃性	—	达到UL 94 V-0等级要求
温度循环	- 55 °C ↔ 125 °C, 1000 次	微盲孔导通电阻变化≤10%; 层间剥离强度≥1 N/mm; 热点温差≤10 °C
温湿老化	85 °C/85%RH, 96 h	绝缘电阻≥10 <sup>5</sup> MΩ
振动冲击	10 g RMS, 10 - 2000 Hz, 3 轴各 30 min	无裂纹、无层间分离
电迁移	85 °C/85%RH, 100 V, 96 h	迁移路径≤2 mm, 绝缘电阻保持≥10 <sup>4</sup> MΩ

## 6 试验方法

### 6.1 通用要求

所有试验应在产品检验合格后进行。试验环境应符合 GB/T 4677 规定的大气环境条件。

### 6.2 尺寸与结构试验

尺寸与结构试验应符合表 5 规定。

表5 尺寸与结构试验

技术指标	试验方法	依据标准
最小线宽/线距	使用高精度光学测量仪或台式显微镜在成品板上随机抽取30点测量	GB/T 4677
过孔孔径尺寸与焊盘环宽	采用金相切片分析, 对微孔进行垂直剖切, 测量孔径和焊盘环宽	GB/T 4677
层间对位精度	使用X射线检查机测量各层靶标之间的偏移量	GB/T 4677
阻抗控制 (单端/差分)	使用时域反射计 (TDR) 在阻抗测试条上进行测量	GB/T 4677
介质层厚度	对成品板进行金相切片, 在显微镜下测量各介质层厚度	GB/T 4677

盘中孔填平质量	切片后显微镜观察填平电镀面，测量凹陷深度	GB/T 4677
焊盘尺寸测量	使用光学测量仪（分辨率 $\leq 1\ \mu\text{m}$ ），在成品板上随机抽取30个焊盘，测量焊盘直径及环宽，记录最大值、最小值及平均值	本文件

### 6.3 电气性能试验

电气性能试验应符合表6的规定。

表6 电气性能试验

技术指标	试验方法	依据标准
导体电阻	从成品板上截取规定长度的导线，使用精密微欧计测量其电阻值	GB/T 4677
绝缘电阻	在不相邻的导线或网络之间施加100 V DC电压，稳定后测量其绝缘电阻	GB/T 4677
耐电压	在指定测试点间施加500 V AC电压，持续60秒	GB/T 4677
差分阻抗	使用时域反射计（TDR）在阻抗测试条上进行测量，信号上升时间 $\leq 100\ \text{ps}$	GB/T 4677
插入损耗	使用矢量网络分析仪（VNA）测量特定长度传输线在5 GHz频点的S21参数。	GB/T 4677
互连电阻漂移	采用互连应力极测试（IST），执行1000次温度循环后，测量Daisy Chain回路电阻变化。	SJ 21194

### 6.4 安全性试验

安全试验应符合表7的规定。

表7 安全试验

技术指标	试验方法	依据标准
热冲击	将样品置于热冲击试验箱中，在 $-55^\circ\text{C}$ 和 $+125^\circ\text{C}$ 两槽间循环转换，完成1000次循环。试验后进行电性能测试和外观检查。	GB/T 4677
导电阳极丝(CAF)	将样品置于恒温恒湿箱（ $85^\circ\text{C}$ , 85%RH）中，在间距最小的导体间施加100 V DC偏压，持续96h。试验期间及结束后监测绝缘电阻。	SJ 21193
阻燃性	从成品板上截取试样，采用垂直燃烧法进行试验。	GB/T 5169.16
温度循环	按GB/T 4677执行温度循环，监测微孔电阻、层间剥离强度（ $90^\circ$ 剥离法）	GB/T 4677
温湿老化	温恒湿箱（ $85^\circ\text{C}$ /85%RH）放置1000h，测试绝缘电阻（100V DC）	GB/T 2423.3
振动冲击	按GB/T 2423.10执行正弦振动（20G峰值），监测菊花链电阻	GB/T 2423.10
电迁移	施加5V DC偏压于相邻导线（间距0.1mm）， $85^\circ\text{C}$ /85%RH环境500h，监测绝缘电阻	SJ 21193