

《PCB 用高频高速低损耗基板材料技术规范》

（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本文件由中国技术市场协会提出并归口，经中国技术市场协会标准化工作委员会批准，正式列入 2025 年团体标准制修订计划，标准名称为《PCB 用高频高速低损耗基板材料技术规范》。

（二）项目背景

随着 5G 通信、人工智能、自动驾驶等新兴技术的快速发展，印制电路板（PCB）向高频化、高速化、低损耗化方向加速演进，其核心材料高频高速低损耗基板材料的性能，直接决定了终端产品的信号传输效率、稳定性与可靠性。该类基板材料广泛应用于基站天线、光模块、车载雷达等关键领域，市场需求持续攀升。

当前，行业内高频高速低损耗基板材料的技术指标、测试方法、质量控制等缺乏统一标准，不同企业采用的分类体系、性能评价指标及试验流程差异较大，导致产品兼容性差、性能数据可比性低，给下游企业选型、质量管控带来极大困扰。同时，部分企业存在指标标注不规范、测试方法不科学等问题，不仅增加了产业链协同成本，也制约了我国高频高速 PCB 产业的整体竞争力提升。

随着应用场景对信号传输速率（5Gbps 及以上）和工作频率（1GHz 及以上）的要求不断提高，基板材料的相对介电常数稳定性、介质损耗因子控制等技术要求愈发严苛，现有分散的技术

规范已无法满足产业高质量发展需求。亟须制定统一的技术标准，规范产品分类、技术指标、测试方法及质量保障体系，为产业发展提供技术支撑，推动行业标准化、规模化发展。

（三）目的意义

1. 目的

（1）建立统一技术体系

明确 PCB 用高频高速低损耗基板材料的分类规则、核心技术指标及测试方法，统一行业评价尺度，确保不同企业产品性能的可比性，引导企业优化产品设计与生产工艺，提升产品核心竞争力。

（2）规范市场秩序

通过标准化的技术要求与检验规则，遏制不合格产品流入市场，保障下游应用企业的合法权益，降低因材料性能不达标引发的终端产品故障风险，促进市场良性竞争。

（3）支撑产业升级

以标准为导向，推动企业在改性树脂、增强材料等关键领域的技术创新，突破低损耗、高稳定性等核心技术瓶颈，加速高性能基板材料的国产化替代进程，满足高端电子制造业的材料需求。

2. 意义

（1）推动行业技术进步

统一的技术规范将促进企业间的技术交流与合作，避免重复研发和资源浪费。通过明确关键技术指标与测试方法，引导企业聚焦核心性能优化，加速技术迭代升级，带动整个 PCB 产业链向高频化、高速化、低损耗化转型。

（2）提升产业经济效益

标准化生产可降低企业的研发、生产及质控成本，提高产品合格率与生产效率。同时，统一的技术标准可降低上下游企业的对接成本，缩短产品研发与上市周期，增强我国在全球高频高速基板材料市场的竞争力，创造显著的经济价值。

（3）保障下游产业安全

高频高速低损耗基板材料作为 5G 通信、自动驾驶等战略性新兴产业的核心基础材料，其性能稳定性直接关系到终端产品的可靠性与安全性。本标准的实施将为下游产业提供高质量、可信赖的材料保障，助力我国战略性新兴产业的健康发展。

（四）起草单位及起草人名单

本文件起草单位：胜宏科技(惠州)股份有限公司、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：黄海清、吴海辉、乐志斌、夏卫彬、杨笛等。

（五）主要起草过程

1. 文本调研

2025 年 5 月启动了文本的调研工作，并于 2025 年 6 月完成了相关资料的收集和分析工作。

2. 标准立项

2025 年 9 月向中国技术市场协会标准化委员会提出申请，于 2025 年 12 月获得中国技术市场协会标准化工作委员会批准立项。

3. 形成标准草案

2025 年 12 月，起草组对资料收集情况进行汇总处理，确定

了标准框架和主要内容。2025年12月19日，《PCB用高频高速低损耗基板材料技术规范》形成标准初稿。

4. 形成征求意见稿

2025年12月19日至2025年12月26日，起草组根据反馈的意见和建议，对草案内容进行了修改和调整，形成标准征求意见稿。

二、确定标准主要内容的论据

（一）编制原则

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》以及《中国技术市场协会团体标准工作程序》的规定起草。

（二）标准主要内容及适用范围

本文件规定了 PCB 用高频高速低损耗基板材料的材料分类、工作要求、技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输和贮存等内容。

本文件适用于工作频率在 1GHz 及以上、数据传输速率在 5Gbps 及以上的印制电路板所使用的覆铜箔层压板（包括半固化片），其他高频电路用基板材料可参照使用。

（三）确定标准主要内容的论据

1. 保障产品性能一致性

高频高速低损耗基板材料的性能受树脂体系、增强材料、生产工艺及测试条件等多种因素影响。本标准通过明确不同体系材料（改性环氧、改性聚苯醚等）的核心技术指标（相对介电常数、介质损耗因子等）及统一测试条件（如 10GHz 频率、23℃ 环境温

度），可有效减少因测试环境、方法差异导致的性能数据偏差，保障不同企业产品性能的可比性与一致性。

2. 规范生产与测试流程

标准中明确了生产过程的环境要求、设备要求、运行管理要求及环保与安全要求，如关键工艺参数偏差不大于 3%、批次记录保存期限不小于 10 年等，可规范企业生产行为，提升产品质量稳定性。同时，详细规定了各项技术指标的试验方法、仪器设备要求及试样制备标准，为企业提供科学、统一的测试依据，避免因操作不规范导致的测试结果失真。

3. 适应产业发展需求

当前，PCB 行业正朝着高频化、高速化、低损耗化方向发展，新型树脂体系与增强材料不断涌现。本标准在分类时涵盖了改性环氧、改性聚苯醚、液晶聚合物、聚四氟乙烯及其他混合体系，兼顾了现有主流技术与未来发展趋势。同时，技术指标的设定充分参考了行业先进水平，既满足当前市场对产品性能的要求，又为技术创新预留了空间，可长期指导行业发展。

三、主要试验[或验证]情况分析、技术经济论证、预期经济效果

（一）主要试验[或验证]情况分析

为确保《PCB 用高频高速低损耗基板材料技术规范》的科学性、严谨性与实践可操作性，起草组联合国内重点覆铜板生产企业、电子电路检测机构及下游通信设备厂商，选取改性环氧（FR-4）、改性聚苯醚（PPE）、液晶聚合物（LCP）、聚四氟乙烯（PTFE）四大主流体系的 20 款代表性基板材料样品，严格依

据 GB/T 4677、GB/T 19466.2 等国家标准及本规范拟定的试验方法开展全维度验证测试，累计完成试验项目 420 项，获取有效数据 1800 余组，全面验证了技术指标的合理性与可行性，具体情况如下：

1. 电性能指标验证

相对介电常数：在 10GHz、23℃ 条件下，16 款样品符合对应体系指标要求，其中 PTFE 体系最优样品实测值为 2.11 ± 0.01 ，偏差仅 0.48%；4 款未达标样品集中在改性环氧（FR-4）体系，实测值波动范围 4.32~4.51，超出标准上限（4.20）5.2%~7.4%，主要因树脂配方中填料分散不均匀导致，验证了该指标对材料配方稳定性的区分度。

介质损耗因子：10GHz、23℃ 测试环境下，17 款样品满足损耗要求，LCP 体系样品平均损耗因子为 0.0028，PTFE 体系最优样品低至 0.0013；3 款未达标样品中，2 款改性环氧（FR-4）样品损耗因子达 0.0092~0.0105，1 款改性 PPE 样品为 0.0063，均因树脂固化不完全或杂质含量超标（>0.3%）导致，证明该指标可有效筛选低损耗优质材料。

特性阻抗：采用 50Ω 带状线夹具测试，达标样品阻抗值波动范围 $47.8 \Omega \sim 52.1 \Omega$ ，符合 ±5% 的偏差要求，且重复性测试变异系数 ≤0.8%；未达标样品阻抗偏差达 8%~12%，主要与基板厚度均匀性差（偏差 >0.03mm）相关，验证了几何尺寸控制对电性能的关键影响。

2. 热性能指标验证

玻璃化转变温度（T_g）：通过 DSC 法（10℃/min 升温速率）

测试，18款样品达标，PTFE体系样品平均T_g为268℃，LCP体系最优样品达292℃；2款未达标样品为改性环氧（FR-4）体系，T_g分别为142℃、145℃，因固化工艺参数偏差（温度低于设定值5%~8%）导致，证明该指标对生产工艺稳定性的约束作用。

热分层时间：288℃恒温条件下，达标样品平均分层时间为38.5min，最长达45min；3款未达标样品分层时间为22~27min，其中2款因吸湿率超标（0.12%~0.15%），1款因树脂与增强材料界面结合强度不足（剥离强度<1.0N/mm），验证了热性能与力学性能、吸湿性能的关联性。

热导率：10GHz、23℃条件下，PTFE体系样品平均热导率为0.85W/（m·K），LCP与改性PPE体系平均为0.73W/（m·K），改性环氧（FR-4）体系平均为0.54W/（m·K），均满足对应指标要求；未达标样品（2款）热导率为0.42W/（m·K）~0.45W/（m·K），因增强材料导热系数低（<0.3W/（m·K））导致，明确了材料选型对热性能的影响。

3. 力学与环境适应性指标验证

铜箔剥离强度：90°剥离测试（50mm/min速率）中，19款样品剥离强度≥1.2N/mm，最优值达1.58N/mm；1款未达标样品为改性PPE体系，剥离强度仅0.95N/mm，因铜箔表面处理粗糙度不足（Ra<0.3μm）导致，验证了该指标对界面结合质量的衡量作用。

尺寸稳定性：150℃恒温2h测试后，达标样品尺寸变化率均≤0.04%，重复性测试偏差≤0.005%；2款未达标样品尺寸变化率为0.06%~0.07%，因基板成型过程中内应力未完全释放导致，

证明了工艺优化对尺寸精度的重要性。

吸湿率：85℃/85%RH 环境下恒温 24h 后，所有达标样品吸湿率均 $\leq 0.09\%$ ，未达标样品（3 款）吸湿率为 0.11%~0.13%，主要因树脂交联密度低（ $< 1.2 \times 10^3 \text{mol/m}^3$ ）导致，验证了该指标对材料耐环境稳定性的筛选效果。

（二）技术经济论证

本规范的实施将从产业链协同、企业成本效益、社会资源配置三个维度构建技术经济价值体系，具体分析如下：

1. 产业链层面

上游材料端：规范对树脂、增强材料、铜箔等核心原材料的性能要求，将引导供应商聚焦高性能材料研发。数据显示，符合规范的低损耗环氧树脂成本较普通环氧树脂高 12%~15%，但规范实施后规模化采购可使成本降低 8%~10%；高导热玻璃纤维布因需求增长，量产成本预计下降 10%~12%，推动高端原材料在行业内的普及应用。

中游制造端：标准化的工艺参数（树脂含量、压合温度等偏差 $\leq 3\%$ ）与测试方法将促使企业优化生产流程，核心工序合格率可从当前 88%提升至 95%以上，单批次生产周期缩短 15%~20%；同时，统一的检验规则可减少企业重复检测成本，预计单款产品检测费用降低 30%~35%，产线改造投资可在 1.5~2 年内通过效率提升收回。

下游应用端：通信设备领域中，符合规范的基板材料可使高频高速 PCB 信号传输损耗降低 25%~30%，设备运行稳定性提升 20%，故障率下降 18%；汽车电子领域中，材料耐温性与可靠性

的提升可使车载雷达使用寿命从 5 年延长至 8 年以上，降低终端产品维护成本。

2. 企业层面

成本与效益平衡：企业为满足规范要求需新增原材料采购成本约 8%~10%、工艺改造费用约 30 万元/生产线~60 万元/生产线，但产品合格率提升可使单位生产成本下降 12%~15%，且产品溢价能力可达 20%~25%。以年产 500 万平方米基板材料的中型企业为例，规范实施后预计年增收可达 1800 万元~2200 万元，投资回收期约 1.8 年。

技术升级驱动：规范对介电性能、热性能的严苛要求，将推动企业加大核心技术研发投入，行业整体研发投入占比预计从当前 5.2%提升至 7.5%~8%，催生一批关于低损耗树脂合成、界面改性的核心专利，增强企业技术壁垒与市场竞争力。

3. 社会经济层面

资源利用效率提升：标准化的产品规格与模块化设计可实现基板材料的通用互换，预计行业零部件复用率提升至 55%以上，减少废旧基板材料浪费，每年可降低行业原材料消耗约 800 吨，减少 VOC 排放约 40 吨（按 VOC 排放 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ 标准核算）。

产业协同效应：规范的实施将推动上下游企业形成协同发展格局，带动材料研发、设备制造、检测认证等相关产业发展，预计 3 年内可新增就业岗位 5000 个~6000 个；同时，高频高速基板材料的国产化替代可减少对进口产品的依赖，每年节省外汇支出约 3 亿美元。

（三）预期经济效果

制定和实施《PCB用高频高速低损耗基板材料技术规范》后，将为电子信息产业和社会带来长期且显著的经济效益，具体体现在以下方面：

1. 产业提质增效效益显著

以5G基站建设为例，单座5G基站需使用高频高速PCB约20平方米，采用符合规范的基板材料可使基站信号覆盖半径提升10%~15%，通信速率提升20%以上；按2028年国内新增5G基站80万个测算，可新增通信服务产值约300亿元。在消费电子领域，规范推动的低损耗、高可靠基板材料可使高端智能手机、笔记本电脑的信号传输延迟降低25%~30%，带动终端产品溢价15%~20%，预计2028年相关市场规模增长180亿元以上。

2. 出口竞争力大幅增强

国际市场对高频高速基板材料的性能与环保要求日趋严苛，本规范对标国际先进水平，在介电性能、VOC排放等指标上实现与国际接轨。数据显示，2024年我国高频高速基板材料出口额为4.2亿美元，因性能不达标导致的退货率达9.5%；预计规范实施后，退货率可降至3.5%以内，年减少贸易损失约2300万美元，同时出口份额可提升12%~15%，年新增出口额超5亿美元。

3. 行业集中度与创新能力提升

当前行业存在部分中小企业产品性能参差不齐、技术研发能力薄弱的问题，规范实施后，预计45%以上的低效产能将因无法满足指标要求退出市场，行业前五大企业集中度有望从当前35%提升至55%以上，资源向技术领先企业集聚。同时，行业整体研发投入强度的提升将推动低损耗材料核心技术突破，预计5年内

实现国产高端基板材料在 6G 通信、人工智能服务器等领域的国产化替代率从当前 30%提升至 60%以上，打破国外技术垄断。

四、采用国际标准和国内外先进标准的程度

本文件不涉及国际国外标准的采标情况。

五、重大分歧意见处理经过及依据

本文件在制定过程中未出现重大分歧意见。

六、与现行相关法律、法规及相关标准的协调性

与现行相关法律、法规及相关标准相协调。

七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

八、其他应予说明的事项

无。

《PCB 用高频高速低损耗基板材料技术规范》

团体标准工作组

2026 年 1 月 5 日