

《5G/6G 通信设备用导热凝胶介电性能与电磁屏蔽效能测试方法》（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，经中国技术市场协会标准化工作委员会批准，正式列入 2026 年团体标准制修订计划，标准名称为《5G/6G 通信设备用导热凝胶介电性能与电磁屏蔽效能测试方法》。

（二）项目背景

随着 5G 规模化商用与 6G 技术研发迭代推进，通信基站、射频单元、光模块、AI 服务器、毫米波终端设备功率密度持续提升，导热凝胶作为兼具热管理、绝缘、电磁干扰抑制功能的关键界面材料，得到大规模应用。5G/6G 毫米波频段对材料高频介电特性、电磁屏蔽性能提出严苛要求，导热凝胶不再仅考核导热指标，介电常数、介质损耗、宽频屏蔽效能、高低温环境下性能稳定性直接决定射频信号传输质量、设备绝缘安全与整机电磁兼容水平。

现阶段行业缺少专门针对 5G/6G 高频通信场景下导热凝胶介电-屏蔽一体化性能的成套测试方法标准。现有 GB/T 1409、GB/T 30142 等国标分别针对通用绝缘材料、平面屏蔽材料，未适配凝胶类柔性触变材料的样品制备、厚度-压力耦合、高低温循环后高频介电漂移、界面缝隙对屏蔽效能影响等特殊工况。不同材料厂商、通信设备整机企业、第三方检测机构在样品成型、夹具选型、测试频段选取、数据处理、重复性判定方面做法不一：

部分机构沿用低频绝缘材料方法测试毫米波介电参数，部分屏蔽测试未考虑凝胶受压形变、界面缝隙带来的性能衰减，造成同一批次样品不同实验室测试结果偏差大，产品横向比对困难；研发对标、来料检验、招投标采信、产品质量判定缺少统一技术依据，市场出现参数虚标、测试条件不透明、供需双方测试结果争议频发等问题，制约 5G/6G 通信产业链高质量发展。

为填补该细分领域标准空白，统一导热凝胶高频介电性能、电磁屏蔽效能的全流程测试体系，规范样品制备、仪器配置、试验操作、数据处理、质量控制要求，特制定本团体标准，为材料研发、生产质控、整机选型、第三方检测提供统一技术支撑。

（三）目的意义

1. 目的

（1）统一高频场景测试体系与评价规则

整合导热凝胶材料企业、通信设备厂商、检测机构工程实践经验，明确术语定义、测试环境条件、仪器设备技术指标、样品制备与保存、全套测试操作流程、计算公式、重复性与再现性评估、异常数据处置规则，统一判定口径，降低实验室间测试偏差，实现产品介电、屏蔽性能测试数据可对比、可溯源。

（2）适配 5G/6G 毫米波通信特有工况

针对导热凝胶触变柔性、受压厚度变化、高低温循环后介电漂移、装配界面缝隙影响屏蔽效果等独有特点，定制适配测试方案，弥补通用绝缘材料、硬质屏蔽材料标准不适用于凝胶态材料的短板，真实还原设备实际服役工况下的材料性能表现。

（3）兼顾绝缘安全与电磁干扰抑制双重管控

建立覆盖介电常数、介质损耗、体积/表面电阻率、介电强度、高频介电稳定性、宽频电磁屏蔽效能、屏蔽分量分解、环境条件下性能稳定性的全维度测试框架，同时考核电气绝缘可靠性与射频电磁兼容能力，规避通信设备信号劣化、绝缘击穿、电磁干扰故障风险。

（4）规范产业链市场竞争秩序

确立统一的测试方法与质量控制门槛，减少非标测试、指标虚标、测试条件隐瞒等行业乱象，厘清材料供应商与整机应用方质量责任，维护公平市场环境，推动导热凝胶产业规范化发展。

2. 意义

（1）打通产学研用技术协同壁垒

统一 5G、6G 高频导热凝胶介电、屏蔽性能的术语、测试手段、评价维度，方便上下游技术交流，聚焦低介电低损耗导热凝胶配方、填料复配、屏蔽- 导热协同设计等关键技术攻关，减少低水平重复研发，加速国产高性能导热凝胶技术成果转化落地。

（2）提升行业检测效率与质量管控能力

标准化测试流程简化企业出厂检验、第三方机构委托检测流程，缩短样品验证周期；统一仪器校准核查、环境监控、重复性指标、数据审核要求，提升测试结果准确性、权威性。

（3）降低全产业链综合成本

对于材料生产企业：标准化样品制备、测试流程，优化配方研发调试流程，降低研发试错、出厂质检成本，提升批次一致性管控能力；

对于下游通信、服务器设备企业：统一测试标准简化供应商

选型验证，减少多机构重复检测投入，降低设备后期运维、故障排查成本。

（4）强化我国通信热管理材料领域标准化话语权

补齐 5G/6G 高频通信导热凝胶细分领域标准短板，完善热-电-磁一体化测试标准体系，支撑国产导热凝胶在基站、服务器、毫米波终端大规模替代进口材料，助力国内材料企业参与国际市场竞争。

（四）起草单位及起草人名单

本文件起草单位：杭州之江有机硅化工有限公司、北京中研博采技术服务有限公司。

本文件主要起草人：宋琦、乐志斌、夏卫彬。

（五）主要起草过程

1. 文本调研

2026 年 2 月启动了文本的调研工作，并于 2026 年 3 月完成了相关资料的收集和分析工作。

2. 标准立项

2026 年 6 月向中国技术市场协会标准化委员会提出申请，于 2026 年 6 月 12 日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

2026 年 6 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。2026 年 7 月 6 日，《5G/6G 通信设备用导热凝胶介电性能与电磁屏蔽效能测试方法》形成标准初稿。

4. 形成征求意见稿

2026 年 7 月 16 日至 2026 年 8 月 24 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 5G/6G 通信设备用导热凝胶介电性能与电磁屏蔽效能测试方法的测试内容、测试条件、仪器设备、样品、测试方法、测试数据处理、质量保证和控制以及测试报告等内容。

本文件适用于 5G/6G 通信基站、射频单元、光模块、服务器及终端设备用导热凝胶的介电性能与电磁屏蔽效能测试，其他高频通信电子设备用导热凝胶可参照执行。

（三）确定标准主要内容的论据

1. 适配 5G/6G 高频通信技术需求

5G/6G 通信设备工作频段覆盖 Sub-6 GHz（FR1）和毫米波频段（FR2，最高达 52 GHz），对导热凝胶的介电性能与屏蔽效能提出了宽频测试需求。本标准针对性设定以下关键技术参数：

介电测试频率范围：覆盖 1 kHz～52 GHz，既包括 GB/T 1409 传统工频/音频/高频范围，又扩展至毫米波频段，适配 5G/6G 主流频段测试需求。

屏蔽测试频率范围：覆盖 300 kHz～52 GHz，兼顾低频电磁

干扰抑制能力与毫米波频段屏蔽效能评估。

高频介电稳定性测试：引入高低温循环（-40℃~125℃）后介电常数变化率指标，考核导热凝胶在极端环境应力下的高频信号传输特性保持能力，回应 6G 设备极端环境适应性要求。

2. 依托现行国标体系，保障规范性

全面引用 GB/T 1409（介电常数/损耗因数测试）、GB/T 31838.2（体积电阻率）、GB/T 31838.3（表面电阻率）、GB/T 7752（介电强度）、GB/T 30142（平面型屏蔽材料屏蔽效能）、GB/T 25471（电磁屏蔽涂料屏蔽效能）、GB/T 12190（屏蔽室屏蔽效能）、GB/T 2423.22（温度变化试验）等国家现行标准，测试原理、仪器要求、环境条件均与国标接轨，确保标准合规性与可操作性。

3. 建立全维度工况测试体系

导热凝胶在实际应用中承受温度变化、压力负载、界面贴合等多重应力，单一标准工况测试无法全面评估产品可靠性。本标准针对性设置以下综合工况测试项目：

压力/温度稳定性测试：考核不同压力（0.1 MPa~0.5 MPa）和不同温度条件下屏蔽效能的变化量，反映产品在实际装配与应用环境中的性能保持能力。

界面缝隙影响测试：模拟贴合界面存在缝隙时屏蔽效能衰减，评估材料对实际装配公差的容忍度，为工程应用提供技术依据。

高频介电稳定性测试：通过高低温循环后介电常数变化率，表征材料在温变环境下的介电参数漂移特性。

4. 兼顾产业现状与前瞻性

标准中测试方法、仪器精度要求、样品制备规范基于行业主流技术水平和检测设备能力设定,同时预留了频率范围扩展空间,以适应未来 6G 向更高频段(如太赫兹)发展后导热凝胶测试需求的变化。技术要求所设定的介电常数、介质损耗因数(≤ 0.02)、屏蔽效能(≥ 20 dB/ ≥ 15 dB)等指标参照行业主流产品实测水平给出,为资料性推荐而非强制性要求。

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

起草工作组联合第三方检测机构、导热凝胶头部生产企业、通信基站与服务器整机单位,选取多批次不同配方(有机硅基体、聚氨酯基体)、不同导热填料体系、不同厚度的 5G/6G 用导热凝胶样品,按照本标准草案开展全项目验证试验,累计完成测试项目 260 余项,获取有效试验数据 1100 余组,验证样品覆盖基站射频单元、光模块、服务器模块典型应用牌号。

1. 介电性能项目验证

介电常数与介质损耗因数: 10GHz 频点多次重复测试,合格样品介电常数相对标准偏差 RSD 介于 1.2%~2.7%,小于标准设定重复性限值 3%;介质损耗因数 $RSD \leq 4.2\%$,证明平行板电极法、样品制备、状态调节条件合理可行。

体积电阻率、介电强度: 多批次样品测试结果与企业出厂检测结果趋势一致;三电极测试体系可以有效消除表面漏电干扰。

高频介电稳定性: 按照 $-40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 高低温循环试验后复测介电常数;合格商用样品介电常数变化率大多 $\leq \pm 4\%$,验证本标

准中变化率计算公式、循环后复测流程可有效考核环境应力下高频介电漂移。

表面电阻率测试，不同厚度凝胶样品测试结果区分明显，三电极方法适配凝胶类软质样品。

2. 电磁屏蔽效能项目验证

屏蔽效能 SE：同轴传输反射法对 0.5mm~2.0mm 厚度凝胶样品开展 Sub-6GHz、24GHz~52GHz 毫米波频段测试；同一样品 6 次重复测试屏蔽效能 RSD 介于 2.3%~4.6%，满足标准 $\leq 5\%$ 重复性指标；对比不同厚度样品，厚度增加屏蔽效能呈现可辨识变化趋势，方法灵敏度满足需求。

反射损耗、吸收损耗分量分离：基于 S11、S21 散射参数计算，结果可以清晰区分反射、吸收对总屏蔽效能的贡献，适合配方研发阶段分析材料屏蔽机理。

压力、温度稳定性验证：0.1MPa~0.5MPa 压力区间、-40℃~85℃温度区间测试屏蔽效能变化 ΔSE ；试验证实压力、温度会带来凝胶形变，显著改变屏蔽效能，证明标准增加该工况测试的必要性。

界面缝隙影响验证：设置可控缝隙开展比对，无缝样品与带缝隙样品 SE 差值可稳定测出，能够量化评估装配缺陷带来屏蔽衰减，对整机工程应用具备实际指导价值。

3. 样品制备与保存条件验证

对比存在气泡、熟化时间不足、超过保存期样品，测试出现介电、屏蔽数据离散、异常；验证了标准中搅拌脱泡、固化熟化、7 天保存期限、测试前 24h 状态调节条款必要性。

4. 整套测试系统兼容性验证

本标准规定仪器参数为市面主流宽频介电分析仪、矢量网络分析仪、同轴屏蔽夹具、高低温环境箱，国内绝大多数第三方检测机构、大中型材料企业实验室无需大规模新增定制设备，标准落地可操作性强。

（二）技术经济论证

1. 产业链层面

上游导热凝胶材料企业：统一测试方法，减少企业内部多套非标测试流程，研发配方迭代的比对效率提升 25%以上；出厂质检周期缩短 20%；统一的测试判定条件，批次质量异常更容易识别，产品不良率可得到有效控制；减少与下游整机企业之间因测试方法不一致带来的技术争议、复测成本。

中游通信设备、服务器整机厂商：统一标准后供应商来料检验可以采用统一测试规则，供应商选型验证综合成本降低约 22%；可以复现模拟实际压力、温度、装配缝隙工况，提前识别材料在整机工况下的介电漂移、屏蔽失效风险，降低设备现场故障概率，减少运维停机损失。

下游通信运营行业：材料介电-屏蔽性能可控，降低基站射频单元、毫米波终端因为导热凝胶材料问题带来的射频干扰、信号劣化风险，提升 5G/6G 网络设备长期运行可靠性。

2. 企业层面

中小导热凝胶企业：可依据本标准建立规范化的实验室测试流程，快速对齐行业通行测试方法，提升产品检测报告公信力，降低参与通信设备供应链的准入门槛。

头部新材料企业：依托统一标准，把高性能低介电-导热-屏蔽一体化凝胶产品的性能优势量化展现，提升国产材料与进口产品对标能力，助力高端市场拓展。

检测机构：本标准提供完整成套测试规范，可形成标准化检测服务包，减少不同检测人员操作差异，提升检测报告一致性。

3. 社会经济层面

本标准引导行业从单一考核导热系数，向热、介电、电磁屏蔽多维度综合评价转变，引导行业研发低介电低损耗导热凝胶新产品；减少市场“只宣传导热，隐瞒高频介电损耗、屏蔽缺陷”的无序竞争，优化产业生态；支撑 5G6G 通信设备产业链供应链自主可控。

（三）预期经济效果

1. 促进行业降本增效

标准实施后，预计导热凝胶生产企业因测试方法不统一、供需测试结果争议带来的复测、沟通损耗降低 12%~18%；下游通信设备企业的供应商验证、来料检验综合成本下降 20%~25%。

2. 推动技术迭代，提升产业集中度

统一的测试评价体系，为低介电-高导热-兼顾屏蔽功能凝胶新材料研发提供统一标尺，引导企业加大高频复合功能材料研发投入。预计标准实施三年内，推动行业在 5G6G 用导热凝胶领域研发投入强度得到提升，推动市场份额向具备高频性能研发能力的技术型企业集中。

3. 规范市场秩序，增强国际竞争能力

建立适配国内 5G6G 产业实际的测试方法体系，补齐细分领

域标准短板；标准内容兼顾毫米波前沿需求，为国内企业对外技术交流、出口业务提供测试依据；减少劣币驱逐良币现象，营造良性产业生态。

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。

《5G6G 通信设备用导热凝胶介电性能与电磁屏蔽
效能测试方法》

团体标准工作组

2026 年 9 月 4 日