

《导热吸波材料通用技术要求》编制说明

(征求意见稿)

一、工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等。

1.1 任务来源

根据《国家标准委关于下达 2025 年第六批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发[2025]34 号）的要求，由中国电子科技集团公司第三十三研究所和上海市计量测试技术研究院有限公司负责牵头，起草推荐性国家标准《导热吸波材料通用技术要求》（计划号：20251920-T-604）、外文版计划号：W20255743）。

1.2 制定背景

随着 5G、6G 通信技术的日益成熟和新能源汽车的快速推广应用，相关配套的多功能芯片、模块、电池、微系统集成度大幅提高，以 5G 芯片、模块、集成器件、微系统等核心电子器件为代表的微波功率器件面临着日益严重的电磁兼容与热管理问题，已成为制约电子设备工作稳定性的技术瓶颈。对相关的电子专用材料生产企业提出了产品轻量化、超薄化、兼具导热/吸波功能的苛刻要求，如导热系数需达到 $6 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上，吸波频段需覆盖 $100 \text{ MHz}\sim 60 \text{ GHz}$ ，甚至更高频段。

导热吸波材料可直接应用于散热器件和金属外壳之间，能有效将热能导出，同时具有电磁波吸收能力，可为元器件、微系统等电子终端产品热管理和电磁兼容设计提供良好的解决方案。同时，为更好地满足特殊应用需求，导热吸波材料的产品形态也丰富多样，如回弹性优异的贴片类、衬垫类导热吸波材料以及半固体胶状的硅脂类、凝胶类导热吸波材料等在解决微系统电磁兼容与热管理问题方面具有各自独特的施工优势。

导热吸波材料的研究重点在于选择合适的导热和吸波填料，同时优化两种功能填料的化学配方复配、阻抗匹配设计、表面处理工艺和复合成型工艺等，以保证高分子聚合物在高填充量下还能保持卓越的力学性能、抗老化性能以及凝胶类产品在满足功能/性能要求的同时兼顾高挤出速率、易于点胶等施工的经济性和便利性将是未来导热吸波材料类产品的研究发展趋势。

本标准主要对导热吸波材料通用技术要求进行规范，帮助相关行业准确掌握

该类产品功能性能指标要求，促进产品技术发展，提高产品质量，以更好地支撑电磁兼容/热管理一体化解决方案落地实施。

同时，将进一步引导导热吸波材料行业相关企业如研制单位、应用单位、检测单位等采用统一的产品通用技术要求和测试评估方法，促进导热吸波材料行业规范化发展，推进国内外同类产品的对比选型及国产化替代应用。

1.3 主要工作过程

1.3.1 计划和准备阶段

接到标准制定任务通知后，全国电磁屏蔽材料标准化技术委员会（SAC/TC 323）于 2025 年 7 月 14 日发出关于组建推荐性国家标准《导热吸波材料通用技术要求》起草工作组的通知（SAC/TC 323 综合函[2025]04 号），广泛征求有意向参与标准制定工作的单位。

在 SAC/TC 323 标委会秘书处的组织协调下，《导热吸波材料通用技术要求》国家标准起草工作组（以下简称：工作组）于 2025 年 8 月正式成立。

工作组由中国电子科技集团公司第三十三研究所、上海市计量测试技术研究院有限公司、美信新材料股份有限公司、苏州铂韬新材料科技有限公司、闽都创新实验室、深圳市飞荣达科技股份有限公司、成都佳驰电子科技股份有限公司、上海市计量协会、深圳市鸿富诚新材料股份有限公司、通标标准技术服务（上海）有限公司、江苏省质量和标准化研究院、河南大学、工业和信息化部电子第五研究所、湖南飞鸿达新材料有限公司、桂林电子科技大学、天津泽希新材料有限公司、西北工业大学、成都大学、北京跟踪与通信技术研究所、江苏中迪新材料技术有限公司、3M 中国有限公司、中电科思仪科技股份有限公司、北方工程设计研究院有限公司、哈尔滨工业大学、北京成卫工程技术研究有限公司、上海泰峰检测认证有限公司、杭州电子科技大学、中国科学院金属研究所、四川大学、燕山大学、无锡敬仁电子材料科技有限公司、东华大学、青岛理工大学、太原理工大学、天津大学、北京科技大学、南京冠旭新材料科技有限公司等 37 家高等院校、科研院所、新型研发机构和生产企业、应用单位联合成立标准制定工作组。（以上排名为工作组参会建议名单顺序，非最终的标准起草人顺序）。

1.3.2 起草阶段

1.3.2.1 工作组第一次会议

工作组启动后，开展了标准起草的前期调研、试验研制、检测评估等工作，进行了一系列的测试验证工作，为标准的起草打下了坚实的数据基础。经多次讨论、修订，形成了《导热吸波材料通用技术要求》标准草案。

2025年8月13日-15日，工作组组织召开《导热吸波材料通用技术要求》国家标准起草工作组第一次会议。中国电子科技集团公司第三十三研究所作为主要起草单位在会上汇报了标准草案、编制说明、任务分工及经费预算等。工作组对《导热吸波材料通用技术要求》标准框架设计及主体内容等方面逐一开展了广泛充分的分析讨论，形成会议纪要。



图1 工作组组织召开《导热吸波材料通用技术要求》国家标准起草工作组第一次会议

会议明确：本标准报批日期为2027年1月1日前，并针对标准的基本内容，提出了具体、明确的修改意见和建议。

工作组讨论后，确定具体工作计划如表1所示。

表1 《导热吸波材料通用技术要求》国家标准制定工作计划

工作阶段	时间节点
工作组组建	2025年8月
工作组第一次会议	2025年8月

工作阶段	时间节点
工作组第二次会议	2026年3月
完成征求意见稿	2026年4月
征求意见阶段	2026年5月-7月
完成送审稿	2026年8月
标准审查会议	2026年8月-9月
完成报批稿	2026年10月

工作组讨论后，确定经费预算如表2所示。

表2 《导热吸波材料通用技术要求》国家标准制定经费预算

预算科目	预算金额（万元）	备注
资料费	1.5	
材料费	4	
试验验证费	15	
设备费	0	
差旅费	4	
会议费	2	
印刷费	0.5	
劳务费	3	
合计	30	

备注：各参与单位初步预算约1万元。根据各参研单位的具体工作量、实际贡献等进行经费决算、共同承担。

工作组讨论后，确定任务分工如表3所示。

表3 《导热吸波材料通用技术要求》国家标准制定任务分工

序号	工作任务	责任单位	参与单位
1	负责方案制定、资料汇总、标准条款编写等	中国电子科技集团公司第三十三研究所	美信、江苏质量院、中迪、桂电、四川大学、青岛理工、北跟所、河南大学、上海泰峰等。
2	负责过程指导、监督	上海市计量测试技术研究院有限公司	SAC/TC323 秘书处
3	负责导热吸波材料样品制作	中国电子科技集团公司第三十三研究所	铂韬、太原理工、鸿富诚、3M、桂林电子科技大学、成都佳驰、天津泽希等。

序号	工作任务	责任单位	参与单位
4	负责导热吸波材料必要的性能测试验证	中国电子科技集团公司第三十三研究所	电磁性能（含介电常数）： 飞荣达、西工大、成都佳驰、闽都、哈工大、河南大学、燕山大学、青岛理工等。 导热性能： 5所、天津泽希、鸿富诚、SGS、美信（稳态法）等。 绝缘性能（含介电强度）： 美信、5所、SGS、鸿富诚等。 机械性能： 美信、铂韬、中迪、5所等。 环境试验： SGS、闽都、飞荣达、北京科技大学等。 环保测试： 美信、SGS、铂韬等。 附录B验证： 河南大学、燕山大学等
5	负责技术参数确认、应用验证等工作	中国电子科技集团公司第三十三研究所	飞荣达、杭电、铂韬、太原理工、3M、成都佳驰、上海泰峰等
6	负责英文稿编写	中国电子科技集团公司第三十三研究所	美信、上海计量院、金属所、天津大学、杭电、北方设计院、江苏质量院、青岛理工、北京科技大学、上海泰峰等
7	负责产品调研、资料收集、参与标准内容讨论审核等工作	中国电子科技集团公司第三十三研究所	全体

第一次工作组会议后，共收集参会专家意见建议 38 条，其中采纳 26 条、解释 8 条、不采纳 4 条。具体意见建议如表 4 所示。表 4 中专家意见不采纳的主要原因是本标准属于通用技术要求，对具体的产品形态、技术要求及老化过程不做具体要求，建议由供需双方通过产品详细规范等方式协商约定，其次是规范引用标准适应性的建议。

表4 《导热吸波材料通用技术要求》工作组第一次会议意见建议反馈表

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果														
1	5.3.1 电磁波衰减系数	<p>待验证，通常 26.5 GHz 后磁导率下降比较快，衰减系数需要复测后确认。</p> <p>b.3.1 电磁波衰减系数 导热吸波材料的电磁波衰减系数应符合表1的规定。</p> <p>表1 导热吸波材料的电磁波衰减系数性能要求</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>频率范围</th> <th>电磁波衰减系数 (dB/cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2 GHz~4GHz</td> <td>≥5 (@2GHz)</td> </tr> <tr> <td>4 GHz~8GHz</td> <td>≥10 (@8GHz)</td> </tr> <tr> <td>8 GHz~12GHz</td> <td>≥20 (@10GHz)</td> </tr> <tr> <td>12 GHz~18GHz</td> <td>≥40 (@15GHz)</td> </tr> <tr> <td>18 GHz~26.5GHz</td> <td>≥60 (@20GHz)</td> </tr> <tr> <td>26.5 GHz~40 GHz</td> <td>≥80 (@40GHz)</td> </tr> </tbody> </table>	频率范围	电磁波衰减系数 (dB/cm)	2 GHz~4GHz	≥5 (@2GHz)	4 GHz~8GHz	≥10 (@8GHz)	8 GHz~12GHz	≥20 (@10GHz)	12 GHz~18GHz	≥40 (@15GHz)	18 GHz~26.5GHz	≥60 (@20GHz)	26.5 GHz~40 GHz	≥80 (@40GHz)	苏州铂韬新材料科技有限公司	许兆选	采纳。在 26.5 GHz~40 GHz 频段范围内电磁波衰减系数性能要求具体指标确认，待多次试验验证后确认。
频率范围	电磁波衰减系数 (dB/cm)																		
2 GHz~4GHz	≥5 (@2GHz)																		
4 GHz~8GHz	≥10 (@8GHz)																		
8 GHz~12GHz	≥20 (@10GHz)																		
12 GHz~18GHz	≥40 (@15GHz)																		
18 GHz~26.5GHz	≥60 (@20GHz)																		
26.5 GHz~40 GHz	≥80 (@40GHz)																		
2	1	<p>本文件适用于贴片类、衬垫类导热吸波材料以及硅脂类、凝胶类导热吸波材料的研制、生产、检验和交付。其他形态的导热吸波材料产品可参考本标准。</p> <p>修改为： 本文件适用于在 2 GHz~40 GHz 频率范围内贴片类、衬垫类导热吸波材料以及硅脂类、凝胶类导热吸波材料的研制、生产、检验和交付。其他形态的导热吸波材料产品可参考本标准。</p>	北京戍卫工程技术研究有限公司	高成	采纳。已修改完善。														

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
3	3.1	该定义的格式不符合作为定义的要求，可改为“用于发热源与散热器之间起到高效导热/散热的作用，同时兼具吸收电磁波的能力起到消除电磁干扰的作用，可满足电子器件/模块/组件/设备/装备对电磁兼容与热管理的双重需求的一类新型电磁防护材料”	美信新材料股份有限公司	陈维斌	采纳。已修改完善。
4	6	将第 6 章拆分为 2 个章节，分别为第 6 章 检测方法和第 7 章 检验规则	美信新材料股份有限公司	陈维斌	采纳。已修改完善。
5	标准附录 A 中， A.3.2	矢量网络分析仪功率下调至 1 mW，以满足更多仪表适配	成都佳驰电子科技股份有限公司	李维佳	采纳。已修改完善。
6	前言	标准是否涉及到知识产权，在前言建议说明	北方工程设计研究院有限公司	赵占良	采纳。已补充完善。
7	3.1 导热吸波材料	定义是否更简洁和准确，如导热吸波材料是一类具有导热和电磁防护功能的新型复合材料，主要用于.....	北方工程设计研究院有限公司	赵占良	采纳。已修改完善。
8	3.3 反射衰减、3.4 传输衰减 3.5 功率损耗 3.7 热导率	在规范后续条文中没有使用该术语，建议去除	北方工程设计研究院有限公司	赵占良	采纳。已修改完善。行业内存在反射衰减、传输衰减、功率损耗等电磁参数以及 3.7 热导率等热参数术语混用问题。在编制说明中补充说明了各相关术语的定义。

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
9	5.2 外观要求	可单面、双面贴附离型膜的外观要求？	北方工程设计研究院有限公司	赵占良	解释。从行业内已有产品形态看，部分产品单面或双面贴附有离型膜，并随产品一同销售。本标准规定“可单面、双面贴附离型膜。”是表明允许产品单面、双面贴附离型膜，而不是必须贴附离型膜。
10	5.3.6 拉伸强度 5.3.7 硬度	规定了导热吸波材料的性能，贴片类、衬垫类导热吸波材料可以测量，但硅脂类、凝胶类导热吸波材料等产品怎样测量，是否适用此指标，建议说明	北方工程设计研究院有限公司	赵占良	采纳。在型式检验项目表中明确规定。
11	6.3.3 抽样方式	其他参数指标测试用样本为固定样本，标样随每批次产品制备，建议规定样本数量	北方工程设计研究院有限公司	赵占良	解释。其他参数指标引用的来源标准中已经规定了测试用样本数量。本标准中不再详细规定样本数量。
12	7.3 运输	a)“搬运、堆放应按运输箱运输标志进行，避免碰击与敲击，堆放平稳整齐。”建议改为“运输搬运过程应避免撞击，堆放应按运输箱标志码放平稳整齐。”	北方工程设计研究院有限公司	赵占良	采纳。已修改完善。
13	7.4 贮存	“贴片类、衬垫类导热吸波材料贮存期 3 年” “硅脂类、凝胶类导热吸波材料贮存期至少 6 个月以上”此处是不是表述材料的有效期，而不是贮存期，建议改为“有效期”	北方工程设计研究院有限公司	赵占良	采纳。已修改完善。

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
14	标准 5.2 外观要求	建议补充规定贴片类、衬垫类导热吸波材料以及硅脂类、凝胶类导热吸波材料的外观要求	工业和信息化部 电子第五研究所	刘沛江	采纳。已补充完善。
15	标准 5.3.9 有毒有害物质限量	是否需要增补邻苯二甲酸酯类限量要求（如 DBP/BBP/DEHP≤0.1%），符合欧盟《电子电气设备中限制使用某些有害物质指令》RoHS 3.0 扩展要求，电子材料出口需满足国际环保法规升级趋势，有利于高端电子产品出口。	工业和信息化部 电子第五研究所	刘沛江	采纳。已补充完善。

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
16	标准 5.4.1 环境温度	工作温度要覆盖贮存温度？	工业和信息化部 电子第五研究所	刘沛江	<p>解释。本标准中，工作温度是指导热吸波材料产品实际使用时所处的周边环境温度，确定依据是与用户单位的元器件、组件、模块等工作温度保持一致。</p> <p>贮存温度是指导热吸波材料产品在库房贮存时的周边环境温度，确定依据是与国内生产单位所在地自然温度保持一致（库房未设置特殊温控措施）。</p> <p>故而本标准做如下规定： 如无特殊要求，导热吸波材料应能在以下环境温度正常工作和贮存：</p> <p style="padding-left: 40px;">a) 工作温度：-45 °C~150 °C； b) 贮存温度：-55 °C~70 °C。</p>
17	标准 5.4 环 境适应性 要求	大部分电子产品或材料都有高温储存试验，是否有必要加上高温存储测试。	工业和信息化部 电子第五研究所	刘沛江	<p>解释。本标准按照工作温度（实际工作环境温度）、贮存温度（库房存储环境温度）等维度来评估导热吸波材料环境适应性，不再重复考评其高温存储性能。</p>

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
18	/	测试前缺少预处理环节	工业和信息化部 电子第五研究所	刘沛江	<p>采纳。本标准引用相关国家标准规定的方法进行性能测试时，对应的来源标准均对样品的制备和调节程序有明确规定，本标准中不再另行规定。</p> <p>本标准附录A规定的电磁波衰减系数测试前，需要对样品的制备和调节程序有规定，已补充完善。</p>
19	/	导热吸波材料的定义更接近导热屏蔽材料，“用于发热源与散热器之间起到高效导热/散热的作用”？建议针对电磁兼容目标进一步阐述。	河南大学	龚春红	<p>采纳。已根据专家意见，将导热吸波材料定义调整为“用于发热源与散热器之间起到高效导热/散热的作用，同时兼具吸收电磁波的能力起到消除电磁干扰的作用，可满足电子器件/模块/组件/设备/装备对电磁兼容与热管理的双重需求的一类新型电磁防护材料。”</p> <p>该定义体现了导热、吸波兼容的功能要求及其典型应用场景。</p>

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
20	/	电磁波衰减系数 dB/cm，此单位适用于电磁屏蔽材料（草稿中 3.4 的传输衰减），是否适用于吸波材料存疑（未考虑阻抗匹配）。吸波性能（草稿中 3.3 的反射衰减），随工作频率、厚度变化有较大波动，不建议简单的除以厚度。	河南大学	龚春红	解释。行业内对电磁波的反射、吸收及透射特性的表征参数，存在较为紊乱的理解歧义。在本标准中，电磁波衰减系数的定义是指电磁波在单位厚度介质内传输过程中强度衰减的程度。其测试、计算依据材料的本征参数（复介电常数、复磁导率等）来衡量，具体测试、计算过程见附录 A。 电磁波衰减系数是评价吸波材料的本征特性，体现出其本身对电磁波的吸收衰减的能力。与外界（自由空间）与材料表面的阻抗匹配无关。
21	5.3.3	建议去掉电磁屏蔽效能指标。	河南大学	龚春红	解释。部分用户单位是利用导热吸波材料同时起到电磁波屏蔽隔离作用的，需要用到屏蔽效能指标。因此，该指标保留，并在型式检验项目中规定。
22	附录 A	GB/T 11450.2-1989 对矩形波导有内圆角最大直径要求，示意图中没有体现。	河南大学	龚春红	解释。GB/T 11450.2-1989 中表 3 对不同的普通矩形波导，在尺寸方面有明确要求，本标准直接引用。

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
23	4.2	添加绝缘电阻的相关测试，与当前电子设备发展所涉及到的电磁兼容问题相呼应。	河南大学	龚春红	解释。5.3.5 规定了导热吸波材料的体积电阻率，作为材料绝缘性能的本征特性参数来评价其电气绝缘能力。
24	4.2	导热吸波材料是否应该按照不同的应用场景来分等级，等级中吸波和导热分别应当在那个区间范围。	河南大学	龚春红	解释。因导热吸波材料的潜在应用场景包括电子器件/模块/组件/设备/装备等多领域、多层次应用场景，难以穷举。故而本标准从导热新材料的产品形态，导热系数、电磁波衰减系数、体积电阻率等技术要求的高低进行了相应的等级划分。
25	/	吸波导热复合材料的老化问题应当在标准中提及，以及老化后的保留率。	河南大学	龚春红	不采纳。因导热吸波材料所用的基体包括橡胶、树脂胶粘剂硅脂、凝胶等，不同材料组份的老化机理及老化过程不同，难以规定统一。因此在本标准中不做详细性约束。涉及具体产品的老化过程及要求，各产品供应商可在产品详细规范中约束。
26	4.3	表 3 和表 4 等级顺序调整为按照性能高低分等级 I、II、III。	河南大学	龚春红	采纳。已修改完善。

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
27	4.4.1	环境温度，工作温度：-45℃~150℃；建议结合不同材料种类区分工作温度要求。	河南大学	龚春红	不采纳。本标准对产品通用技术要求，对具体材料、产品不做详细约束。涉及具体产品的工作温度要求，各产品供应商可在产品详细规范中约束。
28	附录 A	补充不同温度范围样品电磁参数的测试	河南大学	龚春红	采纳。已修改完善。
29	附录 B	补充不同温度范围样品反射率的测试	河南大学	龚春红	采纳。已修改完善。
30	3.3	建议保留反射系数指标术语，建议补充反射系数指标要求及测试方法（参考理论方法另附）	闽都创新实验室	杨辉	不采纳。本标准参照行业通用要求，统一用“反射率”表征导热吸波材料的吸波性能，具体测试方法见附录 A。
31	附录 A	同轴法可参考 GJB 5239-2004 第 6 章 波导法可参考 GB/T 35679-2017	闽都创新实验室	杨辉	采纳。已修改完善。
32	3.2 节	电磁波衰减系数的定义表达比较拗口，建议调整为如下内容：电磁波衰减系数是描述电磁波在介质传输过程中强度衰减变化的速率，单位为分贝/厘米（dB/cm）。	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	采纳。简化描述为：“电磁波衰减系数是指电磁波在单位厚度介质内传输过程中强度衰减的程度，单位为分贝/厘米（dB/cm）。”

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
33	3.6 节	虽然引用了相关标准,但导热系数的定义表达较局限,未考虑水平导热,建议调整为如下内容:单位时间内在单位温度梯度下沿热流方向通过材料单位面积传递的热量,用于表征材料导热能力。参考标准 GB/T 8722-2019 3.1 节	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	不采纳。本标准提及的导热吸波材料 4 类产品以橡胶、树脂、硅脂、凝胶为基体,主要用于电子元器件领域,在导热方面更关注法向(Z 向)方向导热能力。 GB/T 8722-2019《炭素材料导热系数测定方法》适用于炭素材料导热系数的测定,不适用本标准提及的产品。
34	3.7 节	整体标准中无该术语的应用且有些标准中把热导率和导热系数混用,因此需明确该术语体现的必要性。	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	采纳。在行业内普遍存在热导率和导热系数两个术语混用问题。在编制说明中补充说明两个术语的定义。
35	3.9 节	来源标准中前序术语规定了体积电阻的定义,因此在体积电阻率的术语定义比较简单,建议调整为:在给定的时间及电压下,直流电场强度与绝缘介质内部电流密度之比。来源标准 GB/T 31838.2-2019 3.2 节	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	不采纳。本标准引用的 GB/T 40719-2021《硫化橡胶或热塑性橡胶 体积和/或表面电阻率的测定》是专门针对橡胶类材料制定的体积电阻率测试标准。比 GB/T 31838.2-2019《固体绝缘材料 介电和电阻特性 第 2 部分电阻特性(DC 方法) 体积电阻和体积电阻率》更适用于本标准涉及的导热吸波材料产品。

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
36	5.2 节	外观要求中未规定导热吸波凝胶的外观特性，建议同导热吸波硅脂。	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	采纳。已修改完善。
37	5.3.7 节	硬度指标规定中未考虑导热硅脂的产品情况，建议区分界定。	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	采纳。在编制说明 2.3.5 中补充说明硬度测试方法确定依据。参照中国标准体系中对硬度标尺的分类，拟按照 GB/T 39693.4-2025 的规定，并参照 ASTM D2240-15(2021)，使用邵氏 OO 型硬度计进行硬度试验验证。 另外将导热吸波硅脂、导热吸波凝胶的硬度指标（表 17）列为订购方和承制方协商检验项目。
38	5.3.8 节	阻燃性指标规定中未考虑导热硅脂的产品情况，建议区分界定。	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	采纳。将导热吸波硅脂、导热吸波凝胶的阻燃指标列为订购方和承制方协商检验项目

1.3.2.2 工作组第二次会议

2025年11月25日-27日，在深圳市组织召开《导热吸波材料通用技术要求》国家标准起草工作组第二次会议。中国电子科技集团公司第三十三研究所作为主要起草单位在会上汇报了标准草案、编制说明。工作组对《导热吸波材料通用技术要求》中涉及的主要指标项、测试方法、指标范围确定依据等方面逐一开展了广泛充分的分析讨论，形成会议纪要。

会议明确各参与单位应尽快完成标准主要指标验证样品的指标及摸底测试，为具体指标范围确定提供充分的依据。针对标准的基本内容，提出了具体、明确的修改意见和建议。



图2 工作组组织召开《导热吸波材料通用技术要求》国家标准起草工作组第一次会议工作组讨论后，确定具体工作计划如表5所示。各单位经费预算、工作任务分工保持不变。

表5 《导热吸波材料通用技术要求》国家标准制定工作计划

工作阶段	时间节点
工作组组建	2025年8月
工作组第一次会议	2025年8月
工作组第二次会议	2025年11月
完成征求意见稿	2026年4月
征求意见阶段	2026年5月-7月

工作阶段	时间节点
完成送审稿	2026年8月
标准审查会议	2026年8月-9月
完成报批稿	2026年10月

第二次工作组会议后，共收集参会专家主要意见建议 16 条，其中采纳 16 条。第二次工作组会议收集的主要意见建议如表 6 所示。

表 6 《导热吸波材料通用技术要求》工作组第二次会议意见建议反馈表

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
1	2	规范性引用文件中，若引用该文件的具体章节需标注年代版本	美信材料股份有限公司	陈维斌	采纳，按意见更新
2	3	GJB 标准不能引用。	天津工业大学	齐鲁	采纳，按意见更新
3	3.7	ASTM D5470 标准可以引用。该标准的国内对应标准为 GB/T 29313，需在编制说明中明确两个标准在国内各检测机构的使用情况。建议以 GB/T 29313 为导热系数测试标准，并对比分析 GB/T 29313 和 ASTM D5470 之间的区别，在测试方法中补充完善导热系数测试条件与测试方法，比如测试热极温度 60℃、样品温度 55℃，冷热板的规定要细化。	美信材料股份有限公司	陈维斌	采纳，按意见更新。
4	3.3	核实复相对磁导率的英文翻译，magnetic 是否需要	中国科学院金属研究所	马嵩	采纳，按意见更新。
4	3.7	“导热系数”建议描述为“表观导热系数”，与 GB/T 29313 保持一致，并补充完善导热系数测试方法	3M 中国有限公司	魏崑	采纳，按意见更新
5	3.8	因为导热吸波凝胶/硅脂固化后材料失效，热阻是否作为关键性能，若保留，需细化完善热阻测试方法	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	采纳，按意见更新
6	3.9	“击穿电压强度”改为“击穿介电强度”	苏州铂韬新材料科技有限公司	彭宁博	采纳，按意见更新
7	4.3.1	性能要求中的部分指标应明确上下限	通标标准技术服务（上海）有限公司	王晓明	采纳，按意见更新

8	4.3.3	建议硬度指标采用邵氏 C 型硬度计测试	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	采纳, 按意见更新
9	4.3.7 4.3.8 4.3.9	电磁波衰减系数、反射率、电磁屏蔽效能三项电磁参数指标应明确覆盖的工作频率下限	中国科学院金属研究所	马嵩	采纳, 按意见更新
10	4.3.14	拉伸强度、撕裂强度应增加一个等级, 以覆盖<0.5MPa 范围的产品	江苏中迪新材料技术有限公司	刘正龙	采纳, 按意见更新
11	5.19	有毒有害物质限量测试方法标准已更新, 建议同步调整采用 GB/T39560 系列标准。	上海市计量测试技术研究院有限公司	陈超婵	采纳, 按意见更新
12	5.11	有争议点尽快确认。导热系数、硬度等测试方法, 下一步尽快验证。	天津工业大学	齐鲁	采纳, 按意见更新
13	6.4	周期检验条目删除, 出厂检验条目简化	美信材料股份有限公司	陈维斌	采纳, 按意见更新
14	表 2	未明确不同产品类型的厚度范围 (如贴片类通常 0.1-5 mm, 硅脂类无厚度要求), 密度等级 (表 3) 中 "I/II/III" 的数值逻辑不清晰 (当前仅列出 ≤ 2.5 、 ≤ 3.0 、 $\leq 3.5 \text{ g/cm}^3$)。密度等级补充明确的分级符号 (如 I 级对应 ≤ 2.5 , II 级对应 2.5-3.0 等)。	哈尔滨工业大学	黄小萧	采纳, 按意见更新
15	4.4.1	工作温度 "-45 °C~150 °C" 未考虑硅脂/凝胶类产品的低温流动性问题, 可能导致测试结果失真。	哈尔滨工业大学	黄小萧	采纳, 按意见更新
16	3.8	热阻抗"定义为"单位面积上的热阻", 但单位标注为" °C·cm ² /W", 与行业通用单位"K·m ² /W"不一致。	哈尔滨工业大学	黄小萧	采纳, 按意见更新

1.3.2.3 工作组第三次会议

2026年3月20日，工作组织采用腾讯会议（会议号：749-769-686）方式组织召开《导热吸波材料通用技术要求》国家标准起草工作组第三次会议。中国电子科技集团公司第三十三研究所作为主要起草单位在会上汇报了标准草案、编制说明。工作组对《导热吸波材料通用技术要求》中涉及的主要技术指标的测试方法、试验验证情况以及指标范围确定依据等方面逐一开展了广泛深入的分析讨论，形成会议纪要。

第三次工作组会议共收集参会专家的主要意见建议12条，其中采纳12条。主要意见建议如表7所示。通过组织召开三次工作组会议，工作组内部就标准内容及编制说明基本达成一致，具备了发布《导热吸波材料通用技术要求》征求意见稿的条件。

表 7 《导热吸波材料通用技术要求》工作组第二次会议意见建议反馈表

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
1	附录 A/A.1 概述	“Pi——反射功率”书写错误，应该为“Pr—反射功率”	苏州铂韬新材料科技有限公司	彭宁博	采纳，按意见更新
2	4.3.5、4.3.6	“复相对介电常数”修改为“复相对介电常数的模”、“复相对磁导率”修改为“复相对磁导率的模”	北京戍卫工程技术研究有限公司	高成	采纳，根据 GB/T35679-2017，统一修改为“复相对介电常数的实部”、“复相对磁导率的实部”
3	5.11、5.12	改为“按 GB/T 29313 的规定进行，其中高温等温面和低温等温面分别设置为 85°C和 35°C，接触压力为 68.95kPa。如有特殊要求，可根据相关方的确定的参数进行。”	美信新材料股份有限公司	陈维斌	采纳，详细规定了导热系数、热阻的测试参数设置
4	A.8	建议给出公式 A.6 的引用文献信息	成都佳驰电子科技股份有限公司	李维佳	采纳，列出了公式的详细推导过程。
5	3.8	“实验调减”应该改为“实验条件”	河南大学	龚春红	采纳，按意见更新
6	标准 4.2	表 1 对于导热吸波硅脂和导热吸波凝胶外观要求“粒度均匀”感觉描述不太准确，粒度均匀性一般描述粉体材料，这两款均为膏体材料，怎么评价粒度是否均匀？能否描述为“颜色均一，无肉眼可见的团聚颗粒”？	天津泽希新材料有限公司	李明辉	采纳，按意见更新
7	标准 4.3.4	“粘度”是否修改为“黏度”？	天津泽希新材料有限公司	李明辉	采纳。本标准引用 GB/T 2794-2022 进行硅脂类、凝胶类导热吸波材料的黏度测试

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
8	第 1 章	第一段建议改为“本文件界定了导热吸波材料的术语和定义，规定了技术要求、检验规则及标志、包装、运输和贮存，描述了相应的检验方法。”；第二段删除“指导”。	江苏省质量和标准化研究院	俞晓磊	采纳，按意见更新。
9	4.3.8	标题及表名中为反射率，表中为反射率峰值，不一致	江苏省质量和标准化研究院	俞晓磊	采纳，按意见更新，统一采用“反射率”指标
10	4.3.5/4.3.6	复相对介电常数、复磁导率均为复数，复数一般包含实部-虚部或实部-损耗角正切。虚部或损耗角正切是否需要规定指标？若不需要，建议编制说明中说明原因	闽都创新实验室	杨辉	采纳，为了满足匹配设计需要，本标准明确 4.3.5 和 4.3.6 对“复介电常数的实部、复磁导率的实部”的推荐性指标约束。由于导热吸波材料体系不同，其“复介电常数的虚部、复磁导率的虚部”无固定范围，且差异性较大。考虑与其他性能的协调性，本标准不作统一要求，由具体的产品详细规范或供需双方协商确定。

序号	标准章节/ 编制说明	意见内容	专家工作单位	专家姓名	意见处理结果
11	附录 A	A.4.2 中 $\lambda y \epsilon \mu$ 指代什么？ A.6.1 中 C 指代什么？ 式 A.5 中 Δ 变量没有说明，另 Γ 变量是否和 A.6.1 中一致？ $\text{Re}(\Lambda)$ 指代什么？ A.7 中各变量说明？	闽都创新实验室	杨辉	采纳，明确了 A.4.2 中 $\lambda y \epsilon \mu$ 是电磁介质中波导波长。A.6.2 中引用的电磁参数计算公式来源于电子行业标准 SJ20512-1995。鉴于 GB/T 35679-2017 已详细规定了波导法测试计算材料电磁参数的方法，本标准直接引用。
12	4.3.7 电磁波衰减	建议明确测试厚度与条件，不同的材料厚度测试差异性较大，不同厚度的材料无法横向比较	北方工程设计研究院有限公司	赵占良	采纳，按意见更新。根据 GB/T 35679-2017 要求，电磁参数测试用样品与波导尺寸相关。1GHz~40GHz 频率范围波导和波导同轴转换器的尺寸按照 GB/T 11449.2、GB/T 11450.2。样品长度、宽度和高度与频率相关。

1.3.3 征求意见阶段

暂无。

1.3.4 审查阶段

暂无。

1.3.5 报批阶段

暂无。

1.4 标准归口单位、起草单位和主要起草人

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由中国电磁屏蔽材料标准化技术委员会（SAC/TC323）归口。

本文件起草单位：中国电子科技集团公司第三十三研究所、上海市计量测试技术研究院有限公司、美信新材料股份有限公司、苏州铂韬新材料科技有限公司、闽都创新实验室、深圳市飞荣达科技股份有限公司、成都佳驰电子科技股份有限公司、上海市计量协会、深圳市鸿富诚新材料股份有限公司、通标标准技术服务（上海）有限公司、江苏省质量和标准化研究院、河南大学、工业和信息化部电子第五研究所、湖南飞鸿达新材料有限公司、桂林电子科技大学、天津泽希新材料有限公司、西北工业大学、成都大学、北京跟踪与通信技术研究所、江苏中迪新材料技术有限公司、3M 中国有限公司、中电科思仪科技股份有限公司、北方工程设计研究院有限公司、哈尔滨工业大学、北京戍卫工程技术研究有限公司、上海泰峰检测认证有限公司、杭州电子科技大学、中国科学院金属研究所、四川大学、燕山大学、无锡敬仁电子材料科技有限公司、东华大学、青岛理工大学、太原理工大学、天津大学、北京科技大学、南京冠旭新材料科技有限公司等 37 家高等院校、科研院所、新型研发机构和生产企业、应用单位（以上排名为工作组参会建议名单顺序，非最终的标准起草人顺序）。

本文件主要起草人：王东红、贾 琨、陈维斌、朱建刚、刘忠庆、李维佳、杨 辉、王晓明、施伟伟、陈超婵、陆福敏、俞晓磊、曹 勇、冯 建、龚春红、刘沛江、王政华、成丽春、李明辉、魏汉军、赵占良、赵 锐、高 成、孔 杰、刘正龙、马 嵩、刘 莹、吴 凡、陆振刚、魏 嵬、张雪峰、韩 甫、黄小萧、王延青、温福昇、张 辉、李 莹、张卫珂、杨 涛、国 栋、李 皓、马 珂、米玉洁，总计 43 人（以上排名为工作组参会建议名单顺序，非最终的标准起草

人顺序)。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

2.1 标准编制原则

本标准制定时，遵循以下原则：

a)与相关法律、法规等协调一致。

b)标准起草工作组根据国内外相关机构、科研生产和使用部门的经验，系统梳理国内外相关导热材料、吸波材料标准适用范围、测量方法，结合导热吸波材料性能特点，在大胆分析、小心求证、实践验证的基础上，编制了统一的、具有实际使用价值和易于考核验证的通用技术要求。

c)编制过程主要参考了各参研单位内部的检测项目类别和技术指标，并结合国内多家主要用户对导热吸波材料功能性能的应用需求。

d)对标准结构、格式和表达方式等按 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则第 1 部分：标准结构和编写规则》等基础标准作为标准化指导文件，使标准规范化。

2.2 标准范围和主要内容

2.2.1 标准范围

本文件规定了导热吸波材料的术语和定义、分类、技术要求、检验规则和方法以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于贴片类、衬垫类导热吸波材料以及硅脂类、凝胶类导热吸波材料的研制、生产、检验和交付。导热吸波材料的其他形态产品可参考本标准执行。

2.2.2 标准主要内容

a) 研究标准适用的产品范围，指导导热吸波材料的研制、生产、验收和使用；

b) 梳理标准引用文件，确定本标准与已有标准的关联性和差异性；

c) 研究导热吸波材料的性能要求，包括外观质量、产品等级、物理性能、导热性能、吸波性能、电绝缘性能、阻燃性能、环境适应性等，使其可支撑电子器件、电子装备电磁兼容/热管理一体化解决方案的实施；

d) 研究导热吸波材料的检验方法，使其各项性能的测试方法合理规范，以保证产品的质量。

2.3 确定标准主要内容的依据

2.3.1 导热吸波材料类型确定依据

导热吸波材料作为一种新型电磁防护材料，主要用于发热源与散热器之间，在发挥高效导热/散热作用的同时兼具电磁波吸收特性，以有效消除电磁干扰，可满足电子器件/设备对材料吸波和导热双功能的需求。

以橡胶、树脂胶粘剂、凝胶、硅脂为基底制备的贴片类、衬垫类导热吸波材料以及硅脂类、凝胶类导热吸波材料等产品不仅易于成型，且具有轻量化、多功能一体化优势，成为电子元器件领域电磁兼容/热管理一体化解决方案的首选材料之一。

本文件根据当前导热吸波材料系列产品研制生产单位可提供的具体产品形态、功能特点以及用户单位的使用习惯及行业普遍使用的产品型号命名方法等，确定本标准涵盖导热吸波材料代表性产品类型包括：贴片类、衬垫类导热吸波材料以及硅脂类、凝胶类导热吸波材料等，其他形态的导热吸波材料产品可参考本标准执行。

2.3.2 吸波性能参数及测试方法确定依据

2.3.2.1 吸波性能参数确定依据

依据GB/T 32596-2016《电磁屏蔽 吸波片通用规范》、GB/T 35679-2017《固体材料微波频段使用波导装置的电磁参数测量方法》以及ASTM D5568-22a

《Standard Test Method for Measuring Relative Complex Permittivity and Relative Magnetic Permeability of Solid Materials at Microwave Frequencies Using Waveguide》（微波频率下固体材料相对复介电常数和磁导率测量标准试验方法）等国内外相关标准的规定，描述吸波材料吸波性能参数主要包括：复相对介电常数 ϵ 、复相对磁导率、反射衰减 R_a 、传输衰减 T_a 、功率损耗 P_L 、电磁波衰减系数 α 、反射率 R 等。

a) 复相对介电常数

复数介电常数 ϵ 为：

$$\hat{\epsilon} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r = \epsilon_0(\epsilon' - j\epsilon'')$$

式中： ϵ_r ——复数相对介电常数；

ϵ_0 ——真空介电常数，其值为 8.854×10^{-12} F/m；

本标准所述的复数介电常数实际上均指相对介电常数,并以相对介电常数的实部 ϵ' 和介电损耗角正切 $\tan\delta_\epsilon = \epsilon''/\epsilon'$,来表征。

b) 复相对磁导率

JB/T 13536-2018 《电磁屏蔽吸波材料磁导率测试方法》，适用频率范围 1 MHz~1 GHz。

c) 反射衰减 R_a

电磁波照射到材料表面后,反射功率和入射功率之比, R_a 可由式(1)计算:

$$R_a=10\lg\left(\frac{P_r}{P_i}\right)\dots\dots\dots\text{公式(1)}$$

式中:

- R_a ——反射衰减,单位为分贝(dB);
- P_r ——反射功率,单位为瓦(W);
- P_i ——入射功率,单位为瓦(W)。

d) 传输衰减 T_a

电磁波照射到材料表面后,透射功率和入射功率之比, T_a 可由公式(2)计算:

$$T_a=10\lg\left(\frac{P_t}{P_i}\right)\dots\dots\dots\text{公式(2)}$$

式中:

- T_a ——传输衰减,单位为分贝(dB);
- P_t ——透射功率,单位为瓦(W)。

e) 功率损耗 P_L

电磁波照射到材料表面后,材料吸收功率和入射功率的比值, P_L 可由公式(3)计算:

$$P_L=\frac{P_i-P_r-P_t}{P_i}\dots\dots\dots\text{公式(3)}$$

式中:

- P_L ——功率损耗。

f) 电磁波衰减系数 α

电磁波衰减系数是指电磁波在单位厚度介质内传输过程中强度衰减的程度,单位为分贝/厘米(dB/cm)。

媒质中平面波的复矢量电场 E 和磁场 H 满足矢量亥姆霍兹方程，即

$$\nabla^2 E - \gamma^2 E = 0 \cdots \cdots \cdots \text{公式(4)}$$

$$\nabla^2 H - \gamma^2 H = 0 \cdots \cdots \cdots \text{公式(5)}$$

在无源区域内，假设沿 Z 轴传播的电磁波的复矢量 E 只有 x 方向的分量，且 E_x 与 x 、 y 无关，则公式(4)、公式(5)可以简化为以下的二阶线性常微分方程(公式6)：

$$\frac{d^2 E_x}{dz^2} - \gamma^2 E_x = 0 \cdots \cdots \cdots \text{公式(6)}$$

此方程的解写为 $E_0 e^{-\gamma z}$ ，其中 E_0 为正实数。于是

$$E = \alpha_x E_0 e^{-\gamma z} \cdots \cdots \cdots \text{公式(7)}$$

其中，电磁波在材料中的传播常数 γ 如公式(8)所示：

$$\gamma = \alpha + j\beta = j \frac{2\pi f}{c} \sqrt{\mu_r \cdot \epsilon_r} \cdots \cdots \cdots \text{公式(8)}$$

式中： α ——电磁波衰减系数，它描述了波在传播途径上幅度的变化；

β ——相位系数，它描述了波在传播过程中相位的变化；

c ——真空中光速， 2.998×10^{11} mm/s；

f ——测试频率，Hz；

μ_r ——材料的复相对磁导率；

ϵ_r ——材料的复相对介电常数。

将公式(8)代入公式(7)，得

$$E = \alpha_x E_0 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} \cdots \cdots \cdots \text{公式(9)}$$

当电磁波在媒质中传播一段距离 l 后，场强幅值由 $|E_1|$ 衰减到 $|E_2|$ ，则 $|E_2| = |E_1| e^{-\alpha l}$ ，其场强衰减量 A_l 可表示为：

$$A_l = 20 \lg \left| \frac{E_2}{E_1} \right| = 20 \lg e^{-\alpha l} = -20 \alpha l \lg e \cdots \cdots \cdots \text{公式(10)}$$

取单位长度 l 为 0.01m，则有电磁波衰减系数 A 的表达式：

$$A = |-0.2 \alpha \lg e| \cdots \cdots \cdots \text{公式(11)}$$

其中 α 的公式如下：

$$\alpha = \frac{\sqrt{2\pi} f}{c} \sqrt{(\mu'' \epsilon'' - \mu' \epsilon') + \sqrt{(\mu'' \epsilon'' - \mu' \epsilon')^2 + (\mu' \epsilon'' + \mu'' \epsilon')^2}} \cdots \cdots \cdots \text{公式(12)}$$

式中： f ——电磁波频率；

c —空气中的光速;

ε' 、 ε'' —被测材料介电常数的实部和虚部;

μ' 、 μ'' —被测材料磁导率的实部和虚部。

按照公式(11)计算被测试样(不少于3件)的电磁波衰减系数平均值 \bar{A} :

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}{n} \dots\dots\dots (A. 13)$$

g) 反射率 reflectivity

在给定波长和极化的条件下,电磁波从同一方向,分别以同一功率密度入射到导热吸波材料和同尺寸良导体平面上,两者镜面方向反射功率的比值, R 可由公式(14)计算。

$$R = 10 \lg \left(\frac{P_1}{P_0} \right) \dots\dots\dots \text{公式 (14)}$$

式中:

R ——反射率,单位为分贝(dB);

P_1 ——导热吸波材料的反射功率,单位为瓦(W);

P_0 ——同尺寸良导体的反射功率,单位为瓦(W)。

反射衰减、吸收衰减及功率损耗等参数表征均与样品的测试状态、吸波材料样品厚度有关,导致反射衰减、吸收衰减和功率损耗的测试结果缺乏可比性。而电磁波衰减系数是材料本征特性参数,与样品的测试状态、厚度无关,能客观反映导热吸波材料对电磁波的衰减能力,并易于与国外同类产品采用 ASTM 标准的测试结果对比。故而本标准对导热吸波材料的吸波性能描述拟采用电磁波衰减系数为评价指标。

同时,由于国内研制单位长期采用反射率指标表征吸波材料吸波性能。考虑技术指标使用的延续性,本标准将反射率指标也纳入考核指标范围内。

在实际使用过程中,除非客户有特殊要求,建议优先选用电磁波衰减系数来表征导热吸波材料对电磁波的衰减能力。

2.3.2.2 吸波性能参数测试方法确定依据

(1) 复介电常数、复磁导率

测试材料复介电常数和复磁导率的方法主要有波导法、带状线法(传输线法)、微扰法、谐振法等。其中:

波导法：美国ASTM D5568-22a《Standard Test Method for Measuring Relative Complex Permittivity and Relative Magnetic Permeability of Solid Materials at Microwave Frequencies Using Waveguide》（微波频率下固体材料相对复介电常数和磁导率测量标准试验方法），测试频率范围：100 MHz~40 GHz。国内GB/T 5597-1999《固体电介质微波复介电常数的测试方法》，测试频率范围：2 GHz~18 GHz，测试介电常数范围： $\epsilon' = 2 \sim 20$ ；测试损耗角正切范围： $\tan\delta_\epsilon = 1 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-3}$ 。GB/T 35679-2017《固体材料微波频段使用波导装置的电磁参数测量方法》，测试频率范围：100 MHz~40 GHz，虽然未规定被测样品损耗最大值，实际上该方法适合测量较低至中等量值样品的复介电常数和复磁导率。GB/T 31838.8-2024《固体绝缘材料 介电和电阻特性 第8部分：测定介电特性（AC方法）相对介电常数和介质损耗因数（频率1 MHz~300 MHz）》，测试频率范围：1 MHz~300 MHz，测试介电常数范围： $\epsilon' = 2 \sim 25$ ；测试损耗角正切范围： $\tan\delta_\epsilon = 5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$ 。

其他测试方法还有：带状线法（传输线法）：GB/T 12636-1990《微波介质基片复介电常数带状线测试方法》，测试频率范围：1 GHz~20 GHz，测试介电常数范围： $\epsilon' = 2 \sim 25$ ；测试损耗角正切范围： $\tan\delta_\epsilon = 5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$ 。微扰法：GB/T 7265.1-1987《固体电介质微波复介电常数的测试方法微扰法》，测试频率范围：2 GHz~18 GHz，测试介电常数范围： $\epsilon' = 2 \sim 10$ ；测试损耗角正切范围： $\tan\delta_\epsilon = 1 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-3}$ 。谐振法：GB/T 7365.2-87《固体电介质微波复介电常数的测试方法“开式腔”法》。

此外，电子行业标准SJ 20512-1995《微波大损耗固体材料复介电常数和复磁导率测试方法》规定了采用传输/反射原理的微波大损耗固体材料复介电常数和复磁导率的测试方法，该方法使用的测试频率范围：2 GHz~40 GHz，测试介电常数范围： $\epsilon' = 2 \sim 100$ ；测试磁导率范围： $\mu' = 0.6 \sim 10$ ；测试介电损耗范围： $\tan\delta_\epsilon < 1.2$ ，磁损耗范围： $\tan\delta_\mu < 1.5$ ，总损耗范围： $\tan\delta_{\epsilon\mu} > 0.1$ 。其他电子行业标准还包括：SJ/T 10142-1991《电介质材料微波复介电常数测试方法同轴线终端开路法》、SJ/T 10143-1991《固体电介质微波复介电常数的测试方法“重入腔”法》、机械行业标准JB/T 13536-2018《电磁屏蔽吸波材料磁导率测试方法》（适用频率范围1 MHz~1 GHz）以及SJ/T 10214-1991《微波铁氧体材料退磁态磁导率的测量方法》等。

综合对比以上标准适用范围,并结合导热吸波材料产品实际情况及行业有关复介电常数、复磁导率测试方法的沿用情况。本标准拟参照 GB/T 35679-2017《固体材料微波频段使用波导装置的电磁参数测量方法》,采用波导法来评估导热吸波材料的复介电常数、复磁导率。

(2) 电磁波衰减系数

依据本标准附录 A 测试。

(3) 反射率

依据本标准附录 B 测试。

2.3.3 导热性能参数及测试方法确定依据

2.3.3.1 导热性能参数确定依据

按照 GB/T 4132-2023《绝热 术语》、GB/T 29313-2012《电气绝缘材料热传导性能试验方法》、ASTM D5470-17(2024)《Standard Test Method for Thermal Transmission Properties of Thermally Conductive Electrical Insulation Materials》(导热电气绝缘材料热传导性能的试验方法)等相关标准规定,国内外有关材料导热性能的参数主要包括:导热系数、热导率、热扩散系数、热阻系数、热阻率、热阻、界面热阻、接触热阻等。

a) 导热系数

稳态时,在法向单位温度梯度下,通过单位面积的热流,单位为瓦每米开[W/(m·K)]。

b) 热导率

在单位温差驱使下,通过物体单位面积的热流,单位为瓦每平方米开[W/(m²·K)]。

c) 表观导热系数、等效导热系数、有效导热系数

表观导热系数与导热系数属同一概念,它们的计算公式、单位均相同,主要区别在于热量传输的方式上。一般情况下,由于在实际测得的通过试样的热流中,可能会或多或少包含一些诸如辐射、质量迁移等非热传导形式的热传递,故用热流计算得到的导热系数,实际上通常只是“表观”导热系数或“等效”导热系数,并非严格热物理学意义上的导热系数。

表观导热系数试验结果往往与试样厚度、试样预处理等试验条件有关,由表

观导热系数推演得到的表观热导率和热阻只对相同条件下的系统有效。如无特别说明，本标准在测试以及计算过程所涉及的导热系数均指表观导热系数。

d) 热阻系数、热阻率

导热系数的倒数，单位为米开每瓦 $[(m \cdot K)/W]$ 。

e) 热阻

热导率的倒数，单位为平方米开每瓦 $[(m^2 \cdot K)/W]$ 。

f) 界面热阻、接触热阻

试验时，使试样与等温面板之间的接触面上产生单位热流密度所需的温差，单位为平方米开每瓦 $[(m^2 \cdot K)/W]$ 。

接触热阻的大小取决于试样表面的特性和施加在试样上的压力。

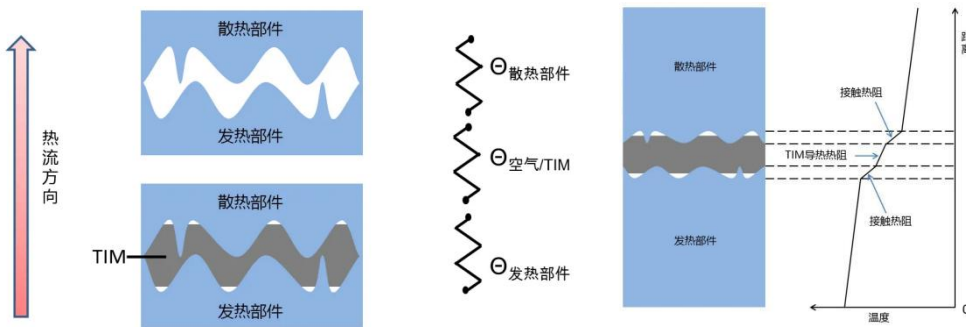


图 3 材料界面热阻原理示意图

界面热阻与样品状态有关，在热量由发热部位传递至散热部位的过程中，需要经过多个固-固界面。当两个部件之间进行接触传热时，由于固体表面从微观上粗糙不平，部件之间实际上是通过离散的接触点进行接触传热的。有研究表明，这之间的实际接触面积不到部件对应表面积的 3%，因而产生非常高的界面热阻。当界面填充有热界面材料（TIM）时，增加了实际的接触面积，界面热阻的数值也随之减少。界面热阻包括接触热阻和导热热阻两部分。各类热阻间的关联关系如图 3 所示。

测试原理是傅里叶公式：

$$R_{imp}=(T_1-T_2)/Q, \dots \dots \dots \text{公式 (15)}$$

其中： R_{imp} ——材料的界面热阻；

T_2 ——上接触部件的界面温度；

T_1 ——下接触部件的界面温度；

Q ——通过接触界面的热流量。

常用的测试设备可以直接或间接测得上下界面的温度和流经的热通量，进而得到材料的表观界面热阻。而由界面热阻引申而来，可以进一步得到接触热阻和导热系数：

$$R_{imp} = \frac{1}{\lambda S} \times L + R_{con} \dots\dots\dots \text{公式 (16)}$$

其中： R_{imp} ——材料的界面热阻；

λ ——材料的导热系数；

S ——部件间宏观上的接触面积；

L ——界面材料的厚度；

R_{con} ——材料的接触热阻。

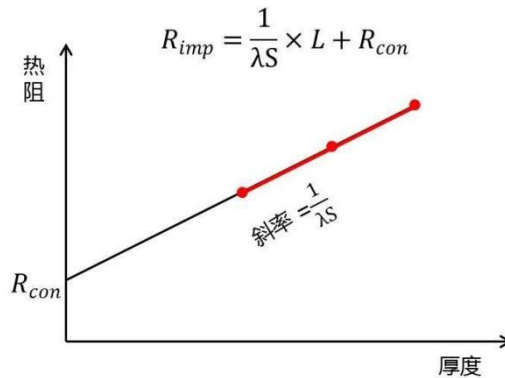


图 4 材料导热吸收线性回归示例

在具体的测试过程中，可以通过三点法测试不同厚度下的界面热阻，进而通过线性回归的方法得到 $L=0$ 时的热阻，这个热阻即为接触热阻 R_{con} ，而线性回归的斜率即为 $1/\lambda S$ ，由此便得到了材料导热系数的具体数值，线性回归示例见图 4 所示。本文件结合导热吸波材料产品实际情况及行业有关导热性能标准沿用情况，拟以导热系数、热阻表征导热吸波材料的导热能力。

2.3.3.2 导热性能参数测试方法确定依据

国内外有关材料导热性能（热导率、导热系数）测试方法主要包括：

a) 闪光法

闪光法的基本原理是由激光源在瞬间发射一束光脉冲，均匀照射在样品下表面，使其表层吸收光能后温度瞬时升高，并作为热端将能量以一维热传导方式向冷端（上表面）传播。使用红外检测器连续测量样品上表面中心部位的相应温升过程，得到温度（检测器信号）升高对时间的关系曲线；通过计量半升温时间 t_{50} （定义为在接受光脉冲照射后样品上表面温度（检测器信号）升高到最大值的一

半所需的时间，或称 $t_{1/2}$ ），可计算得到样品在温度 T 下的热扩散系数 α 。该测试方法可测试 $RT \sim 1100^\circ\text{C}$ 的热扩散系数，可测试热扩散系数范围： $0.01 \sim 1000 \text{ mm}^2/\text{s}$ ，样品要求为固体片状， $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 的小方块或者直径 25.4 mm 圆片；适用于固体的，可定型材料，不适用于液体，膏状物等。

美国 ASTM E1461-13(2022)《Standard Test Method for Thermal Diffusivity by the Flash Method》(闪光法测定热扩散率的标准试验方法)、国内 GB/T 22588-2008《闪光法测试热扩散系数或导热系数》、GB/T 39862-2021《高热导率陶瓷导热系数的检测》、GB/T 42919.4-2023《塑料 导热系数和热扩散系数的测定 第4部分 激光闪光法》等依据该方法制定。

b) 防护热板法

防护热板法的基本原理为在材料热端进行加热，热量通过测试材料传导至冷端，测量冷热两端的温差，计算出材料的热导率和热阻。该方法可测试 $0.05 \sim 30 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 热导率的样品，测试的温度范围为 $80 \sim 180^\circ\text{C}$ ；模拟实际使用中的加热加压状态测试；可用于固体、膏状、片状材料的测定，推荐样品厚度范围 $0.05 \sim 5.00 \text{ mm}$ ， $25.4 \text{ mm} \times 25.4 \text{ mm}$ 。

国际标准 ISO 22007-2:2022《Plastics — Determination of thermal conductivity and thermal diffusivity — Part 2: Transient plane heat source (hot disc) method》(塑料.导热率和热扩散率的测定.第2部分：瞬态平面热源(热盘)法)。

美国 ASTM D 5470-17(2024)《Standard Test Method for Thermal Transmission Properties of Thermally Conductive Electrical Insulation Materials》(导热绝缘材料热传导性能的标准测试方法)。

国内 GB/T 3139-2005《纤维增强塑料导热系数试验方法》、GB/T 3399-1982《塑料导热系数试验方法 护热平板法》、GB/T 20671.10-2006《非金属垫片材料分类体系及试验方法 第10部分 垫片材料导热系数测定方法》、GB/T 29313-2012《电气绝缘材料热传导性能试验方法》、GB/T 32064-2015《建筑用材料导热系数和热扩散系数瞬态平面热源测试法》等采用该方法测试。

c) 热线法

热线法的基本原理是利用热阻性材料做成一个平面的探头，同时作为热源和温度传感器。探头由可导电的双螺旋结构绕线组成。测试时，探头被放置于两片中间。通过施加足以引起探头温升小于 1°C 至几 $^\circ\text{C}$ 的电流，同时记录电阻(温度)

增加与时间的关系，由数学模型可以直接得到导热系数。该测试方法可测试 0.005~1800W/m·K 的样品；只需平整的样品表面，无须特别的样品制备；可用于固体、粉末、涂层、薄膜、液体等材料的测定

美国 ASTM D7984-21 《Standard Test Method for Measurement of Thermal Effusivity of Fabrics Using a Modified Transient Plane Source (MTPS) Instrument》

（用改进的瞬态平面源（MTPS）仪器测量织物热辐射率的标准试验方法）。

国内 GB/T 10297-2015《耐火材料 导热系数、比热容和热扩散系数试验方法（热线法）》、GB/T 11205-2009《橡胶 热导率的测定 热线法》（代替 GB/T 11205-1989《橡胶热导率的测定 瞬态热丝法》）。

其他还有基于温度调制技术的比较法，如 GB/T 42919.6-2023《塑料 导热系数和热扩散系数的测定 第 6 部分：基于温度调制技术的比较法》等。

综合对比以上标准适用范围，结合导热吸波材料产品实际情况、行业内相关检测单位在导热性能测试方法（如 ASTM D 5470、GB/T 29313）认证使用情况以及 2 项标准涉及的具体测试方法的对比分析。本文件拟参照 GB/T 29313-2012《电气绝缘材料热传导性能试验方法》，采用防护热板法来评估导热吸波材料的导热性能。

2.3.4 电磁屏蔽效能测试方法确定依据

目前，有关材料电磁屏蔽效能测试的国家标准主要包括：

GB/T 30142-2013《平面型电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法》，测试频率覆盖范围均为 10 kHz~40 GHz。

GB/T 12190-2021《电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法》，测试频率覆盖范围为：9 kHz~18 GHz。虽然该标准在适用范围中指出，根据需要，频率向两端可扩展到 50 Hz 和 100 GHz，但该标准文本中的表 2 所列的扩展的典型测量频率范围为 50 Hz~110 Hz、0.9 kHz~1.1 kHz、35 GHz~45 GHz、90 GHz~100 GHz。其他如 GJB 6190-2008《电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法》、GJB 8820-2015《电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法》与 GB/T 30142-2013《平面型电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法》相同，测试频率覆盖范围均为 10 kHz~40 GHz。美国 ASTM D4935-18《Standard Test Method for Measuring the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Planar Materials》（测量平面材料电磁屏蔽效能的标准试验方法）测试频率覆盖范围为 30 MHz~1.5 GHz。

此外，GB/T 34938-2017《平面型电磁屏蔽材料通用技术要求》虽然规定适用的产品范围为0 Hz~300 GHz 频率范围的平面型电磁屏蔽材料，但该标准在涉及屏蔽效能的测试方法方面，仍引用GB/T 30142-2013《平面型电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法》。

据此，本标准在电磁屏蔽效能测试方法方面引用GB/T 30142-2013《平面型电磁屏蔽材料屏蔽效能测量方法》。

2.3.5 硬度测试方法确定依据

硬度是物质受压变形程度或抗刺穿能力的一种物理度量方式。硬度可分为相对硬度和绝对硬度。绝对硬度一般在科学界使用，生产实践中很少用到。生产实践中通常使用的硬度体系为相对的硬度，常用有以下几种标示方法：肖氏（也叫邵氏，英文 Shore）、洛氏、布氏三种。橡胶类材料一般使用邵氏硬度。邵氏硬度是指用邵氏硬度计测出的值的读数，它的单位是“度”，其描述方法分为 A、C、D 三种，分别代表不同的硬度范围，如表 8 所示。

表 8 邵氏 A、C、D 硬度范围对比表

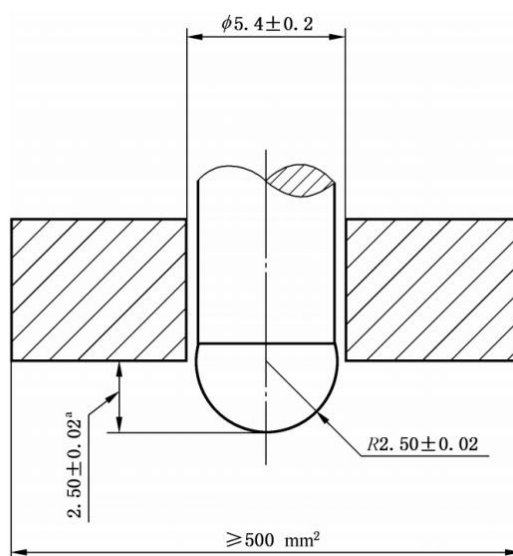
邵氏硬度 D	邵氏硬度 C	邵氏硬度 A	聚合物种类
90			硬塑
86			
83			中等硬度塑胶
80			
77			
74			
70			
65	95		软塑
60	93	98	
55	89	96	
50	80	94	
42	70	90	
38	65	86	橡胶
35	57	85	
30	50	80	
25	43	75	
20	36	70	
15	27	60	

邵氏硬度 D	邵氏硬度 C	邵氏硬度 A	聚合物种类
12	21	50	
10	18	40	
8	15	30	
6.5	11	20	
4	8	10	

在硬度测试标准方面，行业内常用的 ASTM D 2240-15 (2021) 《Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness》（橡胶性能的标准试验方法：硬度计硬度）规定了可使用 A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S 和 R 等多型硬度计测试评估橡胶类产品的邵氏硬度。国内有部分企业采用 ASTM D 2240-15(2021)规定的 OO 型硬度计测试评估导热吸波材料产品邵氏硬度 OO。

但是，在我国国家标准体系中涉及橡胶类产品硬度测试的标准有 2 项，分别是：GB/T 39693.4-2025《硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定 第 4 部分：用邵氏硬度计法（邵尔硬度）测定压入硬度》中规定了 A 标尺，D 标尺，AO 标尺，AM 标尺，并采用对应的邵氏硬度计测试评估橡胶类产品的邵氏硬度；GB/T 2411-2008《塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）》中规定了 A 型和 D 型硬度计测试评估橡胶类产品的邵氏硬度。

综合对比，结合行业内导热吸波材料产品硬度测试方法的沿用情况，为易于与国外同类产品的测试结果对比。本标准按照 GB/T 39693.4-2025 的规定，使用邵氏 AO 硬度计（如图 5 所示）进行贴片类、衬垫类导热吸波材料硬度试验验证。



^a 压针伸出量对应硬度计读数为 0。

图 5 GB/T 39693.4-2025 中邵尔 AO 型硬度计压针

硅脂类、凝胶类导热吸波材料属于半固体胶状类物质。作为出厂产品的通用技术要求,本标准在型式检验中规定不考核硅脂类、凝胶类导热吸波材料的硬度,而重点考核其黏度,以黏度为特征指标考核其流动性及对点胶工艺的适配性。

若相关方关注硅脂类、凝胶类导热吸波材料固化后的硬度值,可按照 GB/T 39693.4-2025 使用邵氏 AO 硬度计进行测试。

2.3.6 环境温度测试方法确定依据

本标准引用的 GB/T 2423.1-2008《电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温》适用于确定产品在低温环境下使用、运输或贮存的能力;GB/T 2423.2-2008《电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温》适用于确定产品在高温环境下使用、运输或贮存的能力。

在采用以上两项标准方法来测试评估导热吸波材料产品的贮存温度方面,工作组无分歧意见。但是,由于导热吸波材料产品不涉及自身通电,在采用以上两项标准方法来测试评估导热吸波材料产品的工作温度方面,涉及如何确认导热吸波材料工作状态,以及工作状态如何标准化等方面的争议。

经咨询导热吸波材料生产单位、用户单位意见。本标准建议:在需要测试评估导热吸波材料产品工作温度时,随用户单位的元器件、组件、模块、设备/装备等一体开展工作温度试验。按标准规定的试验方法试验后,不因导热吸波材料产品质量问题而影响用户单位的元器件、组件、模块、设备/装备的工作温度试验结果,判定导热吸波材料产品工作温度合格,否则为不合格。

2.3.7 贮存期确定依据

贮存期确定的原则主要包括:

a)依据导热吸波材料产品特性、稳定性研究数据以及相关法规要求来确定贮存期限;

b)对于生产单位有明确规定有效期的导热吸波材料产品,按照其标明的有效期执行;

c)对于生产单位没有明确规定有效期的导热吸波材料产品,应通过稳定性考察试验来确定其贮存期限。稳定性考核试验应包括但不限于:影响因素试验、加速试验和长期试验等。根据试验结果评定导热吸波材料在不同条件下的质量变化情况,从而确定合理的贮存期限。

2.3.8 环境要求和测量仪器设备要求的确定依据

本标准规定的环境、安全防护要求参考了国内外导热材料、吸波材料已有标准的相关内容，并在此基础上结合导热吸波材料测试试验情况，依据生产实际进行了修改补充。

本标准规定的测量仪器设备要求是编制组在国内多年导热材料、吸波材料及导热吸波材料研制经验基础上，综合考量国内外现有测量仪器技术标准和测试方法等实际情况研究制定的。

2.4 英文版本制定依据

本标准涉及的“贴片类、衬垫类导热吸波材料产品”，在我国进出口贸易中一般纳入海关编码为“40169390”的“硫化橡胶制非机器及仪器垫片、垫圈等密封垫”大类中管理。

中国海关署统计数据表明，海关编码为“40169390”的“硫化橡胶制非机器及仪器垫片、垫圈等密封垫”2023年进口总量为12315.54吨、进口总额为31.7亿元。2023年进口总量排名前三的国家和地区有：德国、捷克和波兰，进口总量分别为3351.09吨、1941.62吨和1161.67吨，占比分别为27.21%、15.77%和9.43%；2023年进口总额排名前三的国家和地区有：德国、美国和日本。进口总额分别为6.33亿元、4.86亿元和4.51亿元，占比分别为19.97%、15.33%和14.23%。2024年进口总量为11052.8吨、进口总额为31.32亿元。2024年进口总量排名前三的国家和地区有：德国、捷克和波兰，进口总量分别为3078.02吨、1409.6吨和1122.28吨，占比分别为27.85%、12.75%和10.15%。2024年进口总额排名前三的国家和地区有：美国、德国和日本。进口总额分别为5.69亿元、5.29亿元和3.83亿元，占比分别为18.17%、16.89%和12.23%。表明该领域高端产品/技术仍以从日本、美国等进口为主，高端产品/技术存在贸易禁运风险。

中国海关署统计数据表明，海关编码为“40169390”的“硫化橡胶制非机器及仪器垫片、垫圈等密封垫”2023年出口总量为60927.9吨、出口总额为46.55亿元。2023年出口总量排名前三的国家和地区有：美国、日本和越南，出口总量分别为10289.17吨、5112.2吨和4442.12吨，占比分别为16.89%、8.39%和7.29%。2023年出口总额排名前三的国家和地区有：美国、日本和墨西哥，出口总额分别为8.25亿元、3.57亿元和3.07亿元，占比分别为17.72%、7.67%和6.6%。2024

年出口总量为 73408.01 吨、出口总额为 50.27 亿元。2024 年出口总量排名前三的国家和地区有：美国、越南和日本，出口总量分别为 12641.18 吨、5293.49 吨和 4797.52 吨，占比分别为 17.22%、7.21%和 6.54%。2024 年出口总额排名前三的国家和地区有：美国、墨西哥和日本，出口总额分别为 8.66 亿元、3.57 亿元和 3.36 亿元，占比分别为 17.23%、7.1%和 6.68%。显示出我国在该领域国际市场较为分散，具有强劲的国际市场竞争力。

本标准涉及的“硅脂类、凝胶类导热吸波材料产品”，在我国进出口贸易中一般纳入海关编码为“35061000”的“零售包装每件净重≤1kg 的胶”大类中管理。

中国海关署统计数据表明，海关编码为“35061000”的“零售包装每件净重≤1kg 的胶”2023 年进口总量约为 4993.33 吨、进口总额约为 40.06 亿元。2023 年进口总量排名前三的国家和地区有：日本、韩国和德国，进口总量分别为 1279.99 吨、1262.37 吨和 648.29 吨，占比分别为 25.63%、25.28%和 12.98%；2023 年进口总额排名前三的国家和地区有：日本、德国和美国。进口总额分别为 21.07 亿元、7.39 亿元和 3.91 亿元，占比分别为 52.6%、18.48%和 9.76%。2024 年进口总量约为 5367.17 吨、进口总额约为 44.28 亿元。2024 年进口总量排名前三的国家和地区有：日本、韩国和德国，进口总量分别为 1377.12 吨、1289.63 吨和 715.42 吨，占比分别为 25.66%、24.03%和 13.33%；2024 年进口总额排名前三的国家和地区有：日本、德国和美国。进口总额分别为 22.89 亿元、8.59 亿元和 4.26 亿元，占比分别为 51.69%、19.4%和 9.62%。

中国海关署统计数据表明，海关编码为“35061000”的“零售包装每件净重≤1kg 的胶”2023 年出口总量约为 202848.91 吨、出口总额约为 58.25 亿元。2023 年出口总量排名前三的国家和地区有：巴西、越南和俄罗斯，出口总量分别为 13209.65 吨、13049.57 吨和 12443.33 吨，占比分别为 6.51%、6.43%和 6.13%；2023 年出口总额排名前三的国家和地区有：越南、中国香港和俄罗斯。出口总额分别为 6.57 亿元、4.12 亿元和 3.14 亿元，占比分别为 11.28%、7.07%和 5.39%。2024 年出口总量约为 245551.53 吨、出口总额约为 62.25 亿元。2024 年出口总量排名前三的国家和地区有：越南、美国和巴西，出口总量分别为 17400.49 吨、17390.82 吨和 15002 吨，占比分别为 7.09%、7.08%和 6.11%；2024 年出口总额排名前三的国家和地区有：越南、美国和巴西。出口总额分别为 8.76 亿元、4.03 亿元和 3.2 亿元，占比分别为 14.07%、6.47%和 5.14%。显示出我国在该领域的

国际市场主要分布在东南亚、美国和俄罗斯，同时在墨西哥等南美洲国家市场增长迅速。

综合分析海关署统计数据发现，在导热吸波材料领域我国紧跟全球消费电子产业制造向越南、印度、泰国等东南亚国家进一步转移的发展趋势，在东南亚地区及南美洲、非洲等新兴国际市场开拓有力，贸易顺差明显、技术优势突出。

同步制定《导热吸波材料通用技术要求》国家标准英文版本，有利于降低对外贸易与外商投资制度性交易成本、优化进口结构、促进出口向稳向好、促进国际产能和装备合作、优化营商环境、构建双多边友好关系。

该标准英文版本预期应用于俄罗斯、越南、泰国、印度尼西亚及南美洲、非洲等新兴国际市场区域。

2.5 解决的主要问题

标准起草工作组根据国内外相关机构、科研生产和应用单位的经验，系统梳理了国内外相关文献，在此基础上主要解决问题如下：

a) 导热吸波材料产品指标体系不统一问题，以推进导热吸波材料国内外同类产品的对比选型及国产化替代应用。

b) 导热吸波材料测试标准不统一问题，以提供工程应用评价的客观性和准确性。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

3.1 试验验证的分析、综合报告

3.1.1 导热吸波材料产品性能指标收集

工作组收集整理了美国 Laird 公司、深圳飞荣达、深圳鸿富诚等导热吸波材料研制生产单位发布的产品信息手册，整理出导热吸波材料典型型号产品的性能指标如表 9~表 11 所示。

表 9 美国 Laird 公司典型导热吸波材料产品性能指标

项目	技术指标			测试方法
	型号 1	型号 2	型号 3	
颜色	深灰色	深灰色	深灰色	--
厚度	1.0-5.1	1.0-5.1	0.5-4mm	ASTM D 374
密度(g/cm ³)	4.6	3.5	2.96	ASTM D 792
硬度(Shore 00)	60	59.5	31-58	ASTM D 2240
导热系数(W/(m·K))	2.0	4.0	11.5	ASTM D 5470
DC 击穿电压(kV)(@2.5mm)	——	——	1.85	ASTM D 149
AC 击穿电压(kV)(@2.5mm)	——	——	1.34	ASTM D 149
体积电阻率(Ω.cm)	1.6×10 ¹⁴	8×10 ¹³	6×10 ¹⁶	ASTM D 257
压缩比(%)(@50psi)	——	——	39%	ASTM D 575
反射损耗 dB/cm (@20GHz)	62	34.2	39	--
使用温度 (°C)	-40~175	-40~175	-40~125	IEC 60068-2-1
UL 阻燃性能	UL94 V-0	UL94 V-0	UL94 V-0	UL
总质量挥发 (TML)	0.34%	0.31%	0.29%	ASTM E595-07
挥发物质冷凝量 (CVCM)	0.04%	0.04%	0.14%	ASTM E595-07

表 10 深圳飞荣达典型导热吸波材料产品性能指标

检测项	技术指标			测试方法
	型号 1	型号 2	型号 3	
颜色	深灰色	深灰色	深灰色	--
厚度	0.5~3.0	0.5~3.0	0.5~3.0	ASTM D 374
密度(g/cm ³)	2.5±0.2	3.2±0.2	3.4±0.2	ASTM D 792
硬度(Shore C)	40~60(±5)	40~60(±5)	40~60(±5)	ASTM D 2240
导热系数(W/(m·K))	1.0±0.2	1.5±0.2	2.0±0.2	ASTM D 5470
热阻(°Cin ² /W)(@20psi&1mm)	≤2.0	≤1.5	≤1.0	ASTM D 5470
击穿电压(kV)(@1mm)	<0.1	<0.1	<0.1	ASTM D 149
体积电阻率(Ω.cm)	≥10 ¹⁰	≥10 ¹⁰	≥10 ¹⁰	ASTM D 257

检测项	技术指标			测试方法
	型号 1	型号 2	型号 3	
压缩比(%)(@50psi)	≥15	≥15	≥15	ASTM D 575
拉伸强度 (MPa)	≥0.5	≥0.5	≥0.3	ASTM D 412
延伸率(%)	≥100	≥100	≥100	ASTM D 412
撕裂强度(N/mm)	≥1.5	≥1.0	≥0.6	ASTM D 624
磁导率(@1MHz)	15±5	15±5	15±5	SJ 20512
吸收频段 (GHz)	10-15	10-15	10-15	GJB 2038A-2011
反射损耗 dB/cm (@15GHz)	94.88	69	51.8	--
介电常数(@1MHz)	≥2	≥2	≥2	ASTM D 150
介质损耗(@1MHz)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	
使用温度 (°C)	-40~160	-40~160	-40~160	IEC 60068-2-14

由表 9~表 11 可知，国内导热吸波材料产品在产品种类、性能水平及产业化规模等方面还与国外同类产品相比有较大的差距，各供应商的产品指标体系不统一、测试标准不统一已成为影响应用单位产品选型、工程应用评价客观性的关键制约点。另外，导热吸波材料涉及的部分参数如电磁波衰减系数、热导率的测试方法主要以美国 ASTM 标准为主，也在一定程度上影响了导热吸波材料国内外同类产品的对比选型及国产化替代应用。

表 11 深圳鸿富诚典型导热吸波材料产品性能指标

项目	技术指标			测试方法
	型号 1	型号 2	型号 3	
颜色	灰黑色	灰黑色	灰黑色	目测
厚度 (mm)	0.5~3.0	0.5~3.0	0.5~3.0	ASTM D 374
硬度(Shore C)	30~55(±5)	25~50(±5)	30~55(±5)	ASTM D 2240
密度(g/cm ³)	3.2±0.5	3.9±0.5	3.8±0.5	ASTM D 792
拉伸强度 (MPa)	≥0.1	≥0.1	≥0.1	ASTM D 412
延伸率(%)	150	150	150	ASTM D 412
撕裂强度(N/mm)	≥0.6	≥0.6	≥0.6	ASTM D 624

项目	技术指标			测试方法
	型号 1	型号 2	型号 3	
出油率%	<1	<1	<1	—
使用频段(GHz)	>20	1-16	>20	GJB 2038A-2011
阻燃等级	V-0	V-0	V-0	UL-94
使用温度 (°C)	-40~160	-40~200	-40~160	IEC 60068-2-14
导热系数(W/(m·K))	2.0±0.2	2.5±0.2	3.0±0.2	ASTM D 5470
热阻(°Cin ² /W) (@20psi/2mm)	≤1.5	≤1.35	≤1.3	ASTM D 5470
击穿电压 (kV/mm)	≥2	≥2	≥2	ASTM D 149
体积电阻率(Ω.cm)	≥10 ¹²	≥10 ¹²	≥10 ¹²	ASTM D 257
介电常数(@1MHz)	≥5	≥8	≥2	ASTM D 150
介质损耗(@1MHz)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	

3.1.2 导热吸波材料产品性能试验验证

在参考研制单位产品手册、调研用户需求基础上，工作组对收集到 8 种导热吸波材料导热性能、吸波性能等性能进行试验验证，具体试验安排如表 12 所示。

表 12 导热吸波材料试验验证计划

序号	试件用途	测试标准/方法	尺寸	数量	备注
1	电磁波衰减系数	本工作组起草的标准附录 A	外径为 7±0.005 mm，内径为 3.04±0.003 mm；厚度 2 mm	3×6	同轴传输线法
2	导热系数	GB/T 29313-2012	长×宽：25.4 mm×25.4 mm；厚度分别约为：1.0 mm、2.0 mm 和 3.0 mm	3 块（厚度分别约为：1.0 mm、2.0 mm 和 3.0 mm）×5	参照 ASTM D5470-17（2024） 与导热系数测试用标准共样
3	体积电阻率	GB/T 40719-2021			
4	电磁屏蔽效能	GB/T 30142-2013	300 mm×300 mm×2.0 mm	1	屏蔽室法
5	拉伸强度	GB/T 528-2009	GB/T 528-2009 中图 2 所示哑铃形样品；表 1 所示的 1 型标准样品尺寸。	3	若取自成品的试样，狭窄部分的最大厚度为 3mm。
6	密度	GB/T 533-2008	50.0 mm±0.5 mm×50.0 mm±0.5 mm×2.0 mm±0.25 mm	3	方法 A
7	硬度	GB/T 39693.4-2025			采用邵氏 AO 硬度计测试（三个试样叠加厚度≥6mm）
8	阻燃性能	GB/T 10707-2008	130 mm±5 mm×13.0 mm±0.5 mm×3.0 mm±0.25 mm	5	垂直燃烧法
9	有毒有害物质限量，主要包括：汞（Hg）、铅（Pb）、镉（Cd）、六价铬 Cr（VI）、多溴联苯（PBB）、多溴二苯醚（PBDE）。	GB/T 26125-2011	20 mm×5 mm×2 mm	2	1) 分段取样；2) 先采用 X 射线荧光光谱法（XRF）筛选，其中铬为总铬含量，溴为总溴含量；3) 再采用电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）测定各类有毒有害物质的含量。

序号	试件用途	测试标准/方法	尺寸	数量	备注
10	有毒有害物质限量，主要包括：邻苯二甲酸二（2-乙基己基）酯（DEHP）、邻苯二甲酸丁苄酯（BBP）、邻苯二甲酸二丁酯（DBP）、邻苯二甲酸二异丁酯（DIBP）。	GB/T 29608-2013			采用气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）测定各类有毒有害物质的含量。
11	高温状态下材料的电磁波衰减系数、电磁参数	本工作组起草的标准附录 B	外径为 7±0.005 mm，内径为 3.04±0.003 mm；厚度 2 mm	3	与电磁波衰减系数初始性能测试样品共样。测试高温状态下材料电磁参数及电磁波衰减系数
12	储存温度、温度冲击、湿热、盐雾（串行试验）	GB/T 2423.1-2008、 GB/T 2423.2-2008、 GB/T 2423.22-2012、 GB/T 2423.17-2024、 GB/T 2423.3-2016	与电磁波衰减系数、导热系数共样串行测试。	(3+3) ×5	共 5 组。与电磁波衰减系数、导热系数/体积电阻率初始性能测试样品共样。每个环境试验结束后取出 1 组样品，分别测试电磁波衰减系数、导热系数/体积电阻率。

结果分析如下：

3.1.2.1 电磁波衰减系数试验验证

工作组共收集到电磁波衰减系数测试样品 10 组。参照本标准附录 A 开展电磁波衰减系数的试验验证，测试结果如表 13 所示。图 7 所示为 1#~10#样品的电磁波衰减系数试验验证结果的拟合曲线。

表 13 导热吸波材料电磁衰减系数测试试验验证结果

测试频点	样品编号									
	1#样品	2#样品	3#样品	4#样品	5#样品	6#样品	7#样品	8#样品	9#样品	10#样品
2 GHz	5.39	9.71	4.14	9.21	12.66	3.06	11.37	6.99	0.32	7.26
4 GHz	10.83	14.64	9.44	18.22	24.64	6.58	12.14	15.16	4.28	13.86
8 GHz	21.93	21.72	16.63	39.45	43.18	12.16	22.06	38.35	5.27	33.18
12 GHz	38.29	18.56	23.29	65.44	54.20	18.30	27.71	35.49	10.21	62.26
18 GHz	56.59	19.00	29.7	97.92	76.42	28.61	39.85	36.33	11.66	94.33

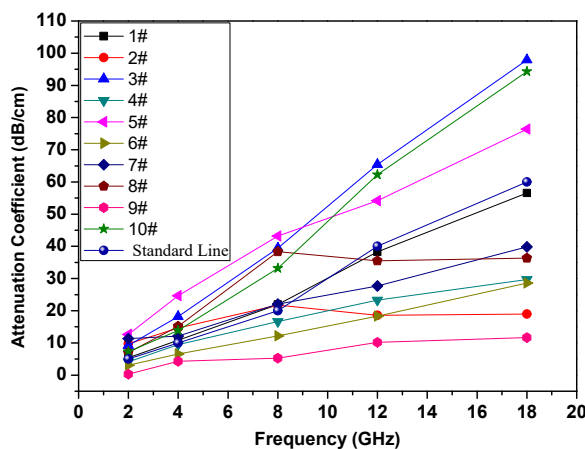


图 7 导热吸波材料电磁衰减系数测试试验验证结果（环境试验前）

由图 7 可知，工作组征集的 1#~10#样品的电磁衰减系数随频率增加，基本呈现线性增长趋势，在频点 18 GHz 处电磁波衰减系数最高达到 97.92 dB/cm，最低为 11.66 dB/cm，本标准规定在频点 18 GHz 处电磁波衰减系数的限值 ≥ 60 dB/cm（18 GHz），符合行业技术发展水平。在其他频点处也呈现出该技术特征。

表 14 所示为 1#~8#样品经环境试验后的电磁波衰减系数试验验证结果测试结果，拟合曲线如图 8 所示。由图 8 可知，工作组征集的 1#~8#样品经环境试验后电磁衰减系数基本保持稳定，在频点 18 GHz 处电磁波衰减系数最高达到

92.53 dB/cm（4#样品），2#样品的电磁波衰减系数最低为 14.60 dB/cm（环境试验前，2#样品的电磁波衰减系数为 19.00 dB/cm），本标准规定在频点 18 GHz 处电磁波衰减系数的限值 ≥ 60 dB/cm（18 GHz），符合行业技术发展水平现状。

表 14 导热吸波材料电磁衰减系数测试试验验证结果

测试频点	电磁波衰减系数 (dB/cm)							
	1# 样品	2# 样品	3# 样品	4# 样品	5# 样品	6# 样品	7# 样品	8# 样品
2 GHz	5.79	1.51	4.66	8.43	11.70	2.90	6.42	3.82
4 GHz	12.63	4.92	11.32	17.16	23.40	6.00	11.94	9.02
8 GHz	26.15	10.20	21.39	38.56	40.81	11.04	21.47	10.75
12 GHz	46.05	8.85	26.67	62.18	51.78	16.54	26.60	18.59
18 GHz	76.06	14.60	38.87	92.53	73.23	28.42	39.67	30.54

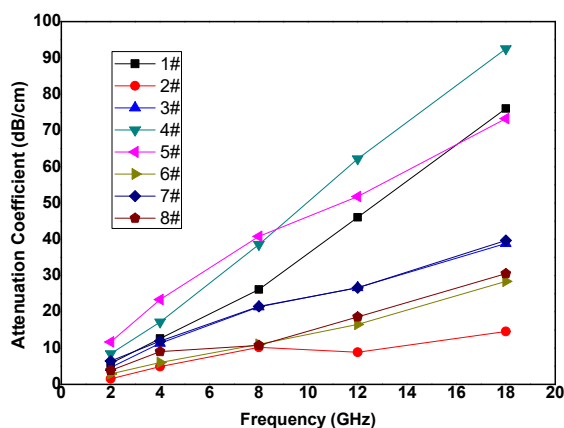


图 8 导热吸波材料电磁衰减系数测试试验验证结果（环境试验后）

3.1.2.2 导热系数试验验证

工作组共收集到导热系数测试样品 9 组。按照 GB/T 29313-2012《电气绝缘材料热传导性能试验方法》，并参照 ASTM D5470-17(2024)《Standard Test Method for Thermal Transmission Properties of Thermally Conductive Electrical Insulation Materials》（导热电气绝缘材料热传导性能的试验方法）开展导热系数的试验验证过程如图 9 所示。测试用样品如图 10 所示。



图 9 导热吸波材料导热系数试验验证

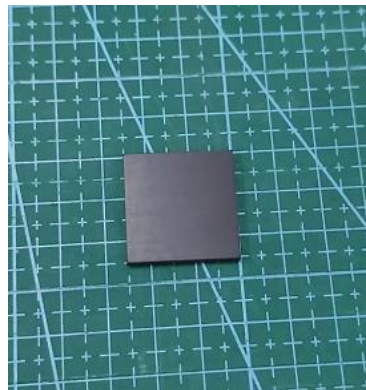


图 10 导热吸波材料导热系数测试样品照片 (25.4mm×25.4mm)

表 15 所示为 9 组导热吸波材料导热系数测试结果，由表 15 可知，工作组征集的 9 组样品的导热系数最高为 4.492 W/(m·K)，最低为 1.695 W/(m·K)，测试结果介于本标准规定导热等级 II 和 III 级之间，导热吸波材料样品经环境试验后导热系数基本保持稳定，符合当前我国行业技术发展水平现状。

据文献报道国内导热吸波材料实验室样品热导率已达到 8 W/(m·K) 以上；2021 年美国 Laird 公司发布的 CoolZorb Ultra 产品导热系数达到 11.5 W/(m·K)。因此，考虑本行业技术发展趋势对本标准适用范围的牵引，本标准亦规定 II 级 (8 W/(m·K) ≤ 导热系数 ≤ 10 W/(m·K)) 和 I 级 (导热系数 ≥ 10 W/(m·K)) 要求。

表 15 导热吸波材料导热系数测试结果

样品编号	导热系数 (W/m·K)	
	初始状态	环境试验后
1#样品	2.611	2.549
2#样品	1.695	1.778
3#样品	3.278	3.623
4#样品	2.885	2.164
5#样品	1.725	1.985
6#样品	4.282	4.267
7#样品	1.864	1.532
8#样品	4.492	3.156
9#样品	3.22	——

注：环境试验为串行试验，试验程序和试验条件如下：

- ① 低温储存：按照 GB/T 2423.1-2008 中试验 Ab 程序规定开展，试验温度-55℃，试验持续时间 16 h；
 - ② 高温储存：按照 GB/T 2423.2-2008 中试验 Bb 程序规定开展，试验温度 125℃，试验持续时间 72h；
 - ③ 温度冲击：按照 GB/T 2423.22-2012 中试验 Na 程序规定开展，试验条件：低温-55℃、暴露持续时间 t_2 为 1 h 至高温 125℃、暴露持续时间 t_2 为 1 h 的温度变化，转换时间 $t_2 \leq 10$ s，试验循环数为 5；
 - ④ 湿热：按照 GB/T 2423.3-2016 规定开展，试验条件：相对湿度为(93±3)% (温度 40℃±2℃) 的湿热环境，试验持续时间为 96 h。
 - ⑤ 盐雾：按照 GB/T 2423.17-2024 规定开展，试验条件：温度：35℃±2℃，氯化钠溶液浓度：50 g/L±5 g/L，pH 值：6.5~7.2 的盐雾环境，试验持续时间 96 h (4 d)；
- 环境试验后，导热吸波材料表面无开裂、起泡、掉粉。

3.1.2.3 体积电阻率试验验证

工作组共收集到体积电阻率样品 6 组。按照 GB/T 40719-2021《硫化橡胶或热塑性橡胶和/或表面电阻率的测定》开展体积电阻率的试验验证，测试结果如表 16 所示。由表 16 可知，本次征集到的导热吸波材料样品的体积电阻率平均值

最高为 $2.94 \times 10^{13} \Omega \cdot m$ ，最低为 $4.46 \times 10^6 \Omega \cdot m$ 。测试结果介于本标准规定导热等级 II 和 IV 级之间，符合当前我国行业技术发展水平现状。2021 年美国 Laird 公司发布的 CoolZorb Ultra 产品体积电阻率为 $6 \times 10^{14} \Omega \cdot m$ 。考虑行业技术发展趋势对本标准适用范围牵引，本标准亦规定 I 级（体积电阻率 $\geq 10^{15} \Omega \cdot m$ ）的要求。

表 16 导热吸波材料体积电阻率测试结果

样品编号	测试结果 R_v (Ω)	样品平均厚度 h (cm)	内电极圆柱面 积 A (cm^2)	体积电阻率 ρ_v ($\Omega \cdot m$)	体积电阻率平 均值 ($\Omega \cdot m$)
1#样品	11.7×10^9	0.0997	19.64	2.30×10^{10}	2.17×10^{10}
	13.2×10^9	0.101	19.64	2.56×10^{10}	
	8.5×10^9	0.1	19.64	1.66×10^{10}	
2#样品	139.5×10^{11}	0.098	19.64	2.79×10^{13}	2.94×10^{13}
	106.3×10^{11}	0.0952	19.64	2.19×10^{13}	
	191.4×10^{11}	0.0974	19.64	3.85×10^{13}	
3#样品	79.2×10^8	0.1029	19.64	1.51×10^{10}	1.56×10^{10}
	80.6×10^8	0.1015	19.64	1.55×10^{10}	
	82.8×10^8	0.1001	19.64	1.62×10^{10}	
4#样品	12.3×10^5	0.1005	19.64	2.40×10^6	4.46×10^6
	18.4×10^5	0.1019	19.64	3.54×10^6	
	38.5×10^5	0.1017	19.64	7.45×10^6	
5#样品	32.7×10^8	0.099	19.64	6.48×10^9	5.57×10^9
	29.7×10^8	0.1008	19.64	5.78×10^9	
	22.4×10^8	0.0987	19.64	4.45×10^9	
6#样品	44.6×10^9	0.1071	19.64	8.17×10^{10}	7.68×10^{10}
	39.7×10^9	0.1085	19.64	7.18×10^{10}	

3.1.2.4 电磁屏蔽效能试验验证

工作组共收集到电磁屏蔽效能测试样品 6 组。按照 GB/T 30142-2013 中 4.3 屏蔽室法的规定进行电磁屏蔽效能测试验证，测试结果如表 17 所示。拟合曲线如图 11 所示。由表 17、图 11 可知，本次征集到的导热吸波材料样品在 1GHz~40GHz 频段范围内电磁屏蔽效能测试结果介于本标准规定的等级 I 和 III 级之间，符合当前我国行业技术发展水平现状。另外，考虑行业技术发展趋势、用户需求对本标准适用范围的牵引，本标准亦规定了电磁屏蔽效能等级 IV 级的要求。

表 17 导热吸波材料电磁屏蔽效能测试结果

测试频点	电磁屏蔽效能 (dB)					
	1#样品	2#样品	3#样品	4#样品	5# 样品	10#样品
1GHz	2.7	4.6	3.6	1.6	4.5	2
2GHz	3.3	0.9	2.4	5.8	2.7	3.5
6GHz	4.3	1.2	1.9	5	1.4	1.9
10GHz	13.9	5.5	5.6	14.1	4.1	9.2
18GHz	20.4	4.6	9.7	22	1.1	16.1
24GHz	18.3	9.1	11.2	27.5	13.5	37.8
40GHz	20.2	10.6	13.5	23.6	20.6	30.3

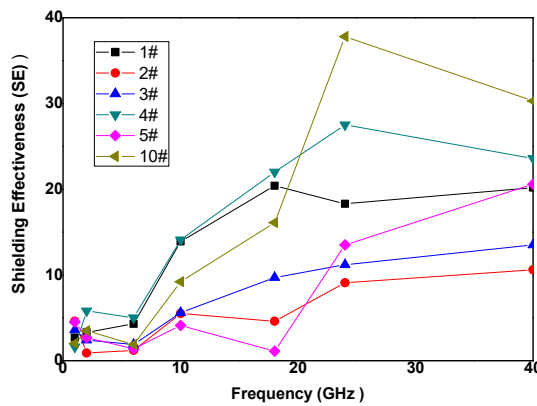


图 11 导热吸波材料电磁屏蔽效能测试试验验证结果

3.1.2.5 击穿电压强度试验验证

工作组共收集到击穿电压强度样品 6 组。按照 GB/T 1695-2005 中第 8.1.2 条逐级升压的规定进行击穿电压强度的试验验证过程如图 12 所示，测试结果如表 18 所示。由表 18 可知，导热吸波材料击穿电压强度平均值最高为 5.7kV/mm，最低<0.5kV/mm，测试结果介于本标准规定的击穿电压强度等级 II 和 V 级之间，符合当前我国行业技术发展水平现状。另外考虑行业技术发展趋势、用户需求对本标准适用范围牵引，本标准亦规定了 I 级（击穿电压强度 $\geq 7\text{kV/mm}$ ）的要求。

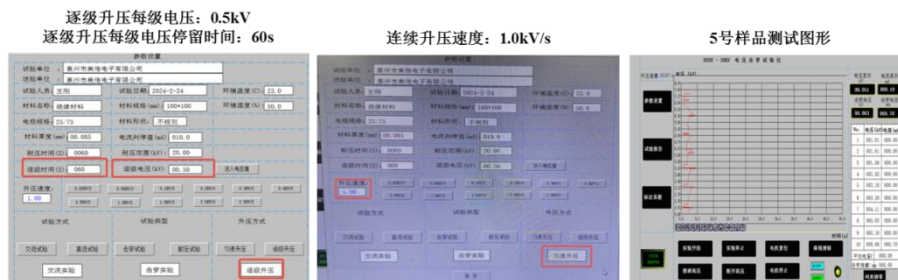


图 12 导热吸波材料击穿电压强度试验验证

表 18 导热吸波材料体积电阻率测试结果

测试项目	1#样品				2#样品				3#样品				4#样品				5#样品				6#样品			
	aver.	#1	#2	#3	aver.	#1	#2	#3	aver.	#1	#2	#3	aver.	#1	#2	#3	aver.	#1	#2	#3	aver.	#1	#2	#3
击穿电压 (kV) (连续升压)	0.71	0.71	/	/	4.31	4.31	/	/	0.60	0.60	/	/	0.71	0.71	/	/	6.81	6.81	/	/	0.60	0.60	/	/
击穿电压 U(kV) (逐级电压)	0.62	0.60	0.60	0.65	3.18	3.60	2.18	3.75	<0.5kV 3pcs 均未升到一级 (0.5kV) 就发生击穿				0.53	0.50	0.50	0.60	5.62	5.64	7.10	4.11	/	0.65	<0.5	<0.5
厚度 d(mm)	0.92	0.91	0.91	0.95	0.95	0.93	0.97	0.95	1.05	1.05	1.06	1.05	0.99	0.98	1.0	0.99	0.99	0.99	1.0	0.99	1.06	1.08	1.05	1.06
介电强度 E (kV/mm)	0.7	0.7	0.7	0.7	3.4	3.9	2.2	3.9	<0.5kV/mm 3pcs 均未升到一级 (0.5kV) 就发生击穿				0.5	0.5	0.5	0.6	5.7	5.7	7.1	4.2	/	0.6	<0.5	<0.5

3.1.2.6 撕裂强度试验验证

工作组共收集到撕裂强度样品 5 组。按照 GB/T 529-2008 规定的方法 A（裤形试样）进行撕裂强度的试验验证。测试结果分别为：1#样品 9.1 N/mm、2#样品 0.8 N/mm、3#样品 0.9 N/mm、4#样品 8.9 N/mm、5#样品 0.97 N/mm。测试结果介于本标准规定导热等级 II 和 V 级之间，符合当前我国行业技术发展水平现状。

另外，考虑本行业的技术发展趋势对本标准适用范围的牵引，本标准亦规定了 I 级（撕裂强度 ≥ 10 N/mm）的要求。

3.1.2.7 拉伸强度、扯断伸长率试验验证

工作组共收集到拉伸强度、扯断伸长率样品 6 组。按照 GB/T 528-2009 规定的方法进行拉伸强度、扯断伸长率的试验验证。测试结果如表 19 所示。由表 19 可知，拉伸强度测试结果最高为 1.017 MPa（5#样品）、最低为 0.131 MPa（9#样品），介于本标准规定的拉伸强度等级 III 级和 V 级之间，符合当前我国行业技术发展水平现状。另外，考虑本行业的技术发展趋势对本标准适用范围的牵引，本标准亦规定了 I 级（拉伸强度 ≥ 3 MPa）的技术要求。

导热吸波材料扯断伸长率测试结果最高为 351.8%（9#样品）、最低为 13.6%（6#样品），测试结果介于本标准规定导热等级 I 和 V 级之间，符合当前我国行业技术发展水平现状。另外，考虑本行业的技术发展趋势对本标准适用范围的牵引，以及扯断伸长率测试结果的离散性，与拉伸强度等级划分保持一致，均规定 I ~ V 级的技术要求。

表 19 导热吸波材料拉伸强度、扯断伸长率测试结果

测试项	1#样品	3#样品	4#样品	5#样品	6#样品	9#样品
拉伸强度 MPa	0.214	0.157	0.197	1.017	0.731	0.131
扯断伸长率%	103.0	47.9	33.7	138.0	13.6	351.8

3.1.2.8 硬度试验验证

工作组共收集到导热吸波材料硬度测试样品 6 组。按照 GB/T 39693.4-2025《硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定 第 4 部分：用邵氏硬度计法（邵尔硬度）测定压入硬度》的规定，使用邵氏 AO 硬度计进行贴片类、衬垫类导热吸波材料的硬度试验验证。测试结果表明，工作组收集到的导热吸波材料样品硬度最大值为 88（10#样品）、最小值为 28（3#样品），测试结果介于本标准规定的硬度等级 III 和 V 级之间，符合当前我国行业技术发展水平现状。

考虑本行业的技术发展趋势对本标准适用范围的牵引,以及硬度等级划分与拉伸强度、扯断伸长率等力学强度等级划分的一致性,本标准以 I ~ V 级五个等级来划分不同导热吸波材料产品硬度指标的差异性。

3.1.2.9 密度试验验证

工作组共收集到导热吸波材料密度测试样品 8 组。按 GB/T 533-2008 中方法 A 的规定进行密度的试验验证。测试结果表明所收集到的导热吸波材料的密度最大值为 4.62 g/cm³(1#样品)、最小值为 3.14 g/cm³(2#样品),测试结果在本标准规定的密度等级中处于 IV 级和 V 级,符合当前我国行业技术发展水平现状。

另外,考虑本行业关于材料轻量化的技术发展趋势及用户需求对本标准适用范围的牵引,本标准亦规定了 I 级 ($\leq 2.0 \text{ g/cm}^3$) 和 II 级 ($2.0 \text{ g/cm}^3 < \rho \leq 2.5 \text{ g/cm}^3$) 的技术要求。

3.1.2.10 阻燃性能试验验证

工作组共收集到导热吸波材料阻燃测试样品 6 组。按照 GB/T 10707-2008 规定的方法 B 垂直燃烧法进行阻燃性能测试。测试结果表明,6 组导热吸波材料样品均达到 FV-0,阻燃等级达到本标准规定的 I 级要求。

另外,考虑不同用户需求的差异性,本标准亦根据实际应用场景需求,本标准也规定了 II 级 (FV-1)、III 级 (FV-2) 阻燃等级的技术要求。

3.1.2.11 有毒有害物质限量试验验证

工作组共收集到导热吸波材料有毒有害物质限量测试样品 7 组。按照 GB/T 26125-2011 标准系列中的相关规定,分别对导热吸波材料样品中的铅 (Pb)、汞 (Hg)、镉 (Cd)、六价铬 Cr (VI) 以及多溴联苯 (PBB)、多溴二苯醚 (PBDE) 含量检测;按照 GB/T 29608-2013 标准系列中的相关规定,采用气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS) 分别对导热吸波材料样品中的邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP)、邻苯二甲酸丁苄酯 (BBP)、邻苯二甲酸二丁酯 (DBP) 和邻苯二甲酸二异丁酯 (DIBP) 含量检测。

测试结果表明 7 组导热吸波材料样品均未检出以上有毒有害物质,满足 GB/T 26572-2011 的相关要求。

3.2 预期的经济效益、社会效益和生态效益

电子元器件的高速运行,导致电磁兼容、热管理问题日趋严重,导热吸波材

料的推广应用可为实现电磁兼容/热管理一体化解决方案提供新材料支撑。

本标准实施后，将进一步引导导热吸波材料行业相关企业如研制单位、应用单位、检测单位等采用统一的产品通用技术要求和测试评估方法，促进导热吸波材料行业规范化发展，推进国内外同类产品的对比选型及国产化替代应用。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况；

暂无。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因。

暂无。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

符合现行的法律、法规，无相关的强制性标准。

七、重大分歧意见处理经过和依据

暂无。

八、涉及专利的有关说明

本标准的内容通过查阅资料与专利，未发现涉及侵权问题。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

暂无。

十、其他应当说明的事项。

按国标委发〔2025〕18号文件进行公平竞争审查。