

《雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压强度测试方法》

标准编制组

2025 年 9 月

一、任务来源

2025 年 4 月，思维瑞科技（深圳）有限公司、深圳麦克韦尔科技有限公司向广东省食品药品评审认证技术协会提出了制定广东省食品药品评审认证技术协会团体标准《雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压强度测试方法》的项目申请，协会组织评审专家小组，于 2025 年 5 月 28 日召开团体标准立项评审会议，评审小组成员对该项目进行论证并获得通过，

并同时开始该标准的研究制定工作，在组织上拟定了相关的措施，确定了本部标准的修订思路。

2025 年 5 月，广东省食品药品评审认证技术协会下达了该项目的制定计划任务，详见《关于《雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压强度测试方法》团体标准通过立项的公告》。

标准起草单位为思维瑞科技（深圳）有限公司、深圳麦克韦尔科技有限公司、华测检测认证集团股份有限公司、广州质量监督检测研究院，由广东省食品药品评审认证技术协会归口。

二、标准制定的原则和依据

1. 编制原则

本标准的编制以科学发展观为指导，以实现经济、社会的可持续发展为目标，以电子雾化相关法律、法规、规章、政策和规划为根据，积极借鉴国内外先进标准，遵循“科学性、先进性、可行性、规范性”的原则，同时考虑相关应用问题及企业测试的可行性，通过制定和实施本标准，促进经济效益和社会效益的统一。

◆ 科学性：

团体标准制定前，工作组首先搜集了国内外电子雾化相关先进标准和研究资料，调查了电子烟的行业概况、雾化器具中多孔陶瓷的法规要求和检测方法等，同时开展典型样品的方法开发，结合了研究资料 and 实际数据，保证了团体标准的科学性。

◆ 先进性

团体标准制定过程中工作组查阅了国际国内对于雾化器具中多孔陶瓷的检测方法的相关法律法规、标准资料和科研论文，并在制定过程中多次与行业内专家进行了咨

询和讨论，确保了检测方法的先进性。

◆ 可行性

标准的制定应与经济、技术发展水平相适应。本标准在参考国内外相关标准及研究报道的基础上，充分考虑了我国检测技术现状，并多次与检测机构代表就检测技术进行讨论，保证了标准的可行性。

◆ 规范性

本标准依据 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》和 GB/T 20001.4-2015《标准编写规则第4部分：试验方法标准》的要求进行编制，保证了标准的规范性。

2. 技术依据

本标准依据 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原则》和 GB/T 20001.4-2015《标准编写规则第4部分：试验方法标准》的要求进行编制；参考了 GB/T 4740-2024《陶瓷材料强度试验方法》、GB/T 32361-2015《分离膜孔径测试方法——泡点和平均流量法》、GB/T 3810.3-2016《陶瓷砖试验方法 第3部分：吸水率、显气孔率、表观相对密度和容重的测定》等标准，研究制定了《雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压强度测试方法》推荐性团体标准。

三、标准的编制过程

为使制定的技术规范具有先进性和科学性，标准起草工作组（以下简称：工作组）进行了大量的工作，主要工作过程包括：

1. 项目启动与方案制定（2025年4月）

2025年4月，接受了标准编制任务后，牵头单位思维瑞科技（深圳）有限公司及时与参与标准编制单位进行了沟通和联系，成立标准工作小组，明确各参与单位及人员职责分工。

开展技术的前期调研工作，查询国内外相关标准及研究报道，并进行了资料的收集工作。

2. 资料分析总结形成团体标准工作方案（2025年5月）

2025年5月，思维瑞科技（深圳）有限公司标准化工作小组对收集到的资料进行分析汇总，并结合最新文献资料以及相关研究报道，确定了对雾化器具中多孔陶瓷的

检测方法的相关实验验证和测定方法讨论稿，并将讨论稿发给各个合作单位进行讨论，与此同时，选取相关检验机构进行了初步的论证试验，对一些试验的关键步骤进行了论证，并达成初步统一想法，确定标准制定工作方案，包括工作目标、方法学验证计划、时间进度安排等。

3. 实验研究与方法学验证（2025 年 6-8 月）

2025 年 6-8 月，在确定实验室间验证实验方案，委托企业定制验证样品，实验室内进行样品均匀性验证，并组织协同实验室开展方法验证工作，收集并整理验证方法数据。

各参与单位按照方法学验证工作计划，开展实验研究，完成重复性、再现性、准确性等方法学验证实验。

实验室间比对，各参与实验室按照统一的标准测定方法，对指定的多孔陶瓷样品进行测定，并对结果进行报告和统计分析。

每个月定期组织线上或线下技术交流会议，分享实验进展，讨论解决实验过程中遇到的问题。

4. 标准起草与内部审核（2025 年 9 月）

依据实验数据和方法学验证结果，起草《雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压强度测试方法》团体标准文本及编制说明。

各参与单位对标准草案进行内部审核，提出修改意见和建议。

标准起草工作组根据内部审核意见，对标准草案进行修改完善，形成标准征求意见稿。

5. 征求意见与修改完善（2025 年 10 月）

将标准征求意见稿发送至行业内相关企业、科研机构、检测实验室等单位，广泛征求意见。

收集、整理反馈意见，组织专家进行讨论分析，对合理意见予以采纳，对标准征求意见稿进行修改，形成标准送审稿。

6. 标准审定与发布实施（2025 年 11 月）

组织召开标准审定会议，邀请行业专家对标准送审稿进行审查，根据专家意见进一步修改完善。

通过审定的标准，按照团体标准发布程序进行发布，并组织开展标准宣贯培训活动，推动标准的实施应用。

四、编制背景

1. 标准方法建立的必要性

电子雾化产品的核心部件之一是多孔陶瓷发热体，其性能直接影响雾化效率、口感一致性、安全性和产品寿命。当前，国内外缺乏专门针对雾化器具用多孔陶瓷发热体关键指标的测试方法标准。各生产企业和检测机构采用的测试方法不一，导致测试结果缺乏可比性，给产品质量控制、行业监管和消费者权益保护带来了困难。因此，亟需制定一套科学、统一、可操作的测试方法标准，以规范市场、推动技术创新、保障产品质量安全，促进雾化行业健康有序发展。

➤ 建立科学、统一的性能评价体系

明确多孔陶瓷的关键性能指标（如孔隙率、孔径分布、机械强度等），解决行业无标准可依的问题。

规范测试方法，确保测试结果的可比性和可重复性。

➤ 提升产品质量与安全性

通过标准化测试，减少因材料或工艺缺陷导致的安全风险，如重金属析出、干烧等。

优化发热体设计，提高雾化均匀性，改善用户体验。

➤ 促进技术创新与产业升级

为研发新型雾化发热体材料供性能评估依据，推动行业技术进步。引导企业从低端价格竞争转向高附加值产品开发，提升行业整体竞争力。

2. 国内外研究现状

《电子烟》（GB 41700-2022）对气溶胶释放量、重金属等提出要求，但未细化至陶瓷发热体性能测试方法。

中科院、华南理工大学等开展陶瓷雾化机理研究，但多聚焦材料制备，缺乏系统性测试方法研究。

头部企业（如思摩尔国际控股有限公司）建立内部测试体系（如多孔陶瓷的物性及表征：孔隙、孔径分布、寿命、强度等），但未公开共享。

ISO 20768:2018（电子烟通用测试方法）涵盖部分雾化性能测试，但未针对陶瓷发热体特性（如多孔结构）制定专项标准。

ISO/TC 126（烟草制品技术委员会）正在讨论电子烟相关标准，但进展缓慢。

欧盟 TPD：要求电子烟产品提交毒理学数据，但对陶瓷发热体的材料安全性测试（如高温析出物）无具体方法规定。

美国 PMTA：FDA 要求企业提供发热体耐久性、气溶胶释放稳定性数据，但测试方法由企业自行定义，导致评审结果差异大。

现有研究与标准的主要不足体现在：**标准空白**——国内外均缺乏针对多孔陶瓷发热体的专用测试规范，企业各自为政；**方法不统一**——关键指标（如孔隙率、孔径分布性等）的测试方法差异大，影响数据可比性；**安全风险**——劣质陶瓷可能导致重金属析出或高温裂解有害物，需标准化管控；**国际竞争**——欧美日企业加速陶瓷技术研发，中国需通过标准制定巩固产业优势。

当前，电子雾化多孔陶瓷发热体的表征与测试在国内外均处于“有需求、无标准”状态，中国作为全球最大生产国，亟需牵头制定规范，填补空白，引导行业高质量发展，同时增强国际竞争力。

因此，制定一套适用于电子雾化器具用多孔陶瓷表征的测定标准方法，对于统一检测流程、提高结果准确性和可比性、支持产品质量监管与风险评估，具有重要的现实意义和迫切性。

五、标准的整体结构

本标准内容主要 9 个部分：范围、规范性引用文件、术语和定义、方法原理、试剂和材料、仪器设备、试验环境要求、测试步骤，结果表述。

六、标准的主要内容及解析

1. 范围

对标准的目的和适用范围作了描述，明确了本标准适用于雾化器具中使用的多孔陶瓷材料的孔隙率、孔径分布和抗压强度的测试。

2. 方法原理

对方法测定引用的原理依据进行了说明。

3. 试剂和材料

明确了方法所使用试剂名称及级别等。

4. 仪器设备

明确了方法中仪器设备的要求及等级等。

5. 测试步骤

5.1 孔隙率

1) 样品要求及前处理:

- a. 检查样品外观质量，样品应不存在局部脱落或破碎的风险。
 - b. 带引线样品，沿根部剪去引线。
 - c. 样品必需干燥、干净、无油污，测试前，放置烘箱中（120±5）℃干燥 10min。
 - d. 干燥后的样品，放置在干燥器中，自然冷却至室温，备用。
- 2) 称取干燥样品空重 M_1 ：等待天平小数点后第四位稳定 5s 后读数，按编号依次称量所有干燥样品空重。
- 3) 样品放置于去离子水中，抽真空至真空度≥90 kPa，保持 20min。
- 4) 称取饱和样品水重 M_2 ：将样品轻放于天平的水中称量盘中央，等待天平稳定 5s 后读数，按编号依次称量所有饱和样品水重。
- 5) 称取饱和样品空重 M_3 ：将样品放置于饱和水的海绵上后，不做停留，立刻轻快翻动样品，擦拭掉样品表面多余水分，持续时间约 2-4s，推荐四周翻动 4-6 面，而后立刻将样品夹起称量，等待天平稳定 5s 后读数，按编号依次称量所有饱和样品空重。
- 6) 按如下公式计算每个样品的孔隙率：

$$\text{孔隙率} = \frac{(M_3 - M_1)}{(M_3 - M_2)} * 100\%$$

7) 称重保留小数点后四位，孔隙率保留小数点后二位。

5.2 孔径分布

1) 样品要求及前处理:

- a. 样品形状为规整的长方体或带凹槽形。其它异形件，通过砂纸粗磨获得平整陶瓷片，水超声清洗 5min。
- b. 样品外观无破损、缺口、裂纹。若两端存在缺陷或不平行，需要磨平整水超声清洗

5min。

c. 样品必需可被浸润介质充分浸润。

2) 将样品浸没在去离子水中，置于真空环境中，真空压力 $\geq 68\text{kpa}$ ，保压 5min。

3) 根据样品形状，选择合适的密封硅胶，将完全浸润后的样品与上下密封硅胶放置在固定器具中，旋紧，注意密封，不得漏气。也不可旋得过紧使硅胶变形影响测试面积。建议在旋紧过程中开始有阻力时，再旋下 1/4-1/5 圈。

4) 设置测试参数：取点步长分别设置 20（到达 1L/min 之前）和 5（到达 20L/min 之前），测试气体最大压力设置 150kpa，最大流量 20L/min 后，开始测试。

5) 当第一串气泡产生时的压力作为泡点压力，仪器持续加大气体压力，同时监控并记录气体流量与对应气体压力数据，并绘制气体流量-压力图，称为“湿曲线”。

6) 达到设置最大测试压力或最大气体流量后，此时浸润介质水已被完全吹出样品孔道，仪器逐渐减少气体压力，同时监控并记录气体流量与对应气体压力数据，并绘制气体流量-压力图，称为“干曲线”。

7) 为保证测试准确性，干曲线需与湿曲线重合至少 3 个测试点。

8) 结果保留小数点后二位。

5.3 抗压强度

1) 样品要求及前处理：

a. 样品需要为干燥的规整方柱形或圆柱形，其它异形件不进行此项测试。

b. 检查样品两端是否平整及相互平行，若存在缺陷或两端不平行，需要磨平行。

2) 测量样品尺寸：

使用光学显微镜（允差 $\pm 10\mu\text{m}$ ），测量样品尺寸，编号并记录。对于圆柱形等不规则样品，测量被测方向两端的截面积，对于方柱形样品，测量样品的厚度和宽度，结果保留小数点后两位（ mm^2 ）。

3) 测量抗压强度：

选择设备（材料试验机，载荷精度 $\pm 1\%$ ）合适量程的传感器，安装并标定传感器。安装抗压强度测试治具。将样品垂直立在测试治具中央，降低横梁使得测试治具接近样品。选择抗压强度测试模块，设置测试速率 0.2mm/min。根据样品实际形状，选择试样几何形状，输入对应的试样尺寸。设置断点：当陶瓷出现破碎时停止测试。归零位移载荷，开始测试。

4) 至少测试 5 个平行样品，数据保留小数点后两位，结果取平均值（MPa）。

七、验证单位试验结果

参与本次团标制定的单位及单位代码如下表所示。

单位代码	单位名称
1	思维瑞科技（深圳）有限公司
2	深圳麦克韦尔科技有限公司
3	华测检测认证集团股份有限公司
4	广州质量监督检测研究院
5	南京高谦功能材料科技有限公司
6	江门思摩尔新材料科技有限公司

7.1 孔隙率

7.1.1 再现性

不同测试人员在不同时间内，对同一批次多孔陶瓷样品，按照方法要求进行测试。

样 品	单位代码							
	1		2		3		4	
	孔隙率（%）		孔隙率（%）		孔隙率（%）		孔隙率（%）	
	测试员 A	测试员 B	测试员 C	测试员 D	测试员 E	测试员 F	测试员 G	测试员 H
方 形 样 品	53.91	54.45	54.45	54.25	52.99	51.37	58.51	58.27
	57.66	57.03	56.27	56.03	52.13	52.86	55.18	55.01
	54.02	54.86	53.67	53.86	52.46	53.53	55.57	55.77
	53.1	53.67	55.58	55.67	54.96	53.17	57.26	56.75
	57.13	57.02	54.86	55.02	54.53	53.45	56.29	56.09

平均值	55.16	55.41	54.97	54.97	53.41	52.88	56.56	56.38
RSD	3.76%	2.78%	1.82%	1.67%	2.36%	1.67%	2.38	2.18%

小结：偏差 $\leq 10\%$ ，再现性满足方法及产品规格需求。

样品	单位代码							
	1		2		3		4	
	孔隙率（%）		孔隙率（%）		孔隙率（%）		孔隙率（%）	
	测试员 A	测试员 B	测试员 C	测试员 D	测试员 E	测试员 F	测试员 G	测试员 H
圆形样品	62.68	62.65	63.68	63.65	60.97	61.09	62.31	63.11
	62.88	63.01	62.05	62.01	61.35	60.06	61.92	63.35
	62.1	62.22	62.01	62.22	59.92	59.94	61.87	62.71
	60.99	61.05	62.89	63.05	61.26	61.22	61.68	62.70
	61.66	61.44	60.05	60.37	59.62	59.66	60.08	61.16
平均值	62.06	62.07	62.14	62.26	60.62	60.39	61.57	62.61
RSD	1.24%	1.32%	2.17%	2.00%	1.32%	1.18%	1.40%	1.36%

小结：偏差 $\leq 10\%$ ，再现性满足方法及产品规格需求。

7.1.2 重复性

同一测试人员对同一个多孔陶瓷样品进行五次测量。

样品	单位代码	样品	单位代码
----	------	----	------

	1	2	3	4		1	2	3	4
	孔隙率（%）					孔隙率（%）			
方形样品	54.45	54.05	52.53	52.72	圆形样品	62.23	61.89	61.18	63.12
	54.01	54.09	54.84	54.51		62.20	61.56	61.04	63.66
	54.32	54.68	51.75	53.91		62.10	62.02	61.94	63.28
	54.89	54.89	53.19	54.52		62.01	62.01	59.83	63.69
	55.01	54.53	53.39	53.40		62.89	61.86	59.84	63.19
平均值	54.54	54.45	53.18	53.81	平均值	62.29	61.87	60.77	63.39
RSD	0.76%	0.68%	2.16%	1.43%	RSD	0.56%	0.30%	1.51%	0.42%

小结：偏差 $\leq 10\%$ ，重复性满足方法及产品规格需求。

7.1.3 可靠性验证

选取具有代表性的四批次雾化芯陶瓷样品为实验研究对象，派发给其他三家实验室，按照方法要求平行测试 5 组数据，计算不同家实验室的 RSD。

样品	单位代码				样品	单位代码			
	1	2	3	4		1	2	3	4
	孔隙率（%）					孔隙率（%）			
陶瓷 A	59.34	59.88	59.04	57.52	陶瓷 B	50.19	49.87	51.10	51.46
	61.14	59.63	56.67	56.04		49.69	50.16	50.72	52.00
	59.48	60.58	59.80	56.99		51.40	49.96	48.62	49.91
	59.44	60.15	59.05	59.90		49.72	51.85	47.94	49.81
	59.13	59.67	58.38	58.30		50.84	50.28	49.62	50.94
平均值	59.13	59.98	58.59	57.52	平均值	50.37	50.42	49.60	50.82
RSD	1.36%	0.66%	2.02%	2.52%	RSD	1.47%	1.61%	2.71%	1.88%

样品	单位代码				样品	单位代码			
	1	2	3	4		1	2	3	4
	孔隙率（%）					孔隙率（%）			
陶瓷 C	58.46	57.96	58.86	55.89	陶瓷 D	58.67	56.01	54.26	63.12
	59.87	59.68	61.91	56.37		57.84	57.89	55.16	63.66
	59.83	59.43	57.89	56.96		55.83	58.62	55.59	63.28
	57.84	58.24	57.55	56.70		56.39	58.23	57.84	63.69
	58.48	58.67	56.82	56.13		58.27	55.87	55.74	63.19
平均值	58.90	58.80	58.61	56.41	平均值	58.67	57.23	55.72	63.39
RSD	1.54%	1.26%	3.39%	0.76%	RSD	2.14%	2.25%	2.37%	0.42%

通过验证，孔隙率测试不同实验室不同时间不同设备不同人员的情况下，测定 4 批次不同雾化芯，通过验证各参与实验室方法验证，测试结果 RSD 均 < 10 %，符合要求。

7.2. 孔径分布

7.2.1 再现性

不同测试人员在不同时间内，对同一批次多孔陶瓷样品，按照方法要求进行测试。

样品	单位代码							
	1		2		5		6	
	孔径分布 (μm)		孔径分布 (μm)		孔径分布 (μm)		孔径分布 (μm)	
	测试员 A	测试员 B	测试员 C	测试员 D	测试员 E	测试员 F	测试员 G	测试员 H
方	29.71	29.08	28.97	29.28	28.64	29.08	28.87	29.15

形 样 品	28.18	29.45	27.59	27.45	26.57	26.45	28.54	28.12
	29.76	30.25	26.84	27.25	27.89	28.25	29.68	28.25
	26.25	30.68	29.58	30.08	29.51	29.68	27.24	29.68
	29.24	29.60	28.56	29.60	29.65	29.85	30.12	29.85
平 均 值	28.63	29.81	28.31	28.73	28.45	28.66	28.89	29.01
RSD	5.15%	2.16%	3.86%	4.51%	4.46%	4.84%	3.86%	2.75%

小结：偏差 $\leq 10\%$ ，再现性满足方法及产品规格需求。

样 品	单位代码							
	1		2		5		6	
	孔径分布 (μm)		孔径分布 (μm)		孔径分布 (μm)		孔径分布 (μm)	
	测试员 A	测试员 B	测试员 C	测试员 D	测试员 E	测试员 F	测试员 G	测试员 H
圆 形 样 品	28.59	28.52	28.54	28.52	29.54	29.52	30.25	30.52
	32.12	31.33	27.41	27.33	28.46	28.33	29.54	28.98
	30.61	30.05	29.56	30.05	27.45	28.05	31.26	31.05
	29.41	29.06	30.12	29.96	30.56	31.06	28.56	28.12
	26.87	28.25	29.89	30.25	31.45	31.25	31.24	31.68
平 均 值	29.52	29.44	29.10	29.22	29.49	29.64	30.17	30.07
RSD	6.74%	4.28%	3.86%	4.31%	5.41%	5.02%	3.82%	4.92%

小结：偏差 $\leq 10\%$ ，再现性满足方法及产品规格需求。

7.2.2 重复性

同一测试人员对同一多孔陶瓷样品进行五次测量。

样品	单位代码				样品	单位代码			
	1	2	5	6		1	2	5	6
	孔径分布（μm）					孔径分布（μm）			
方形样品	29.15	28.65	30.12	28.67	圆形样品	28.59	30.54	30.25	29.53
	29.32	28.54	29.86	28.64		29.12	30.26	30.14	29.86
	29.76	28.76	29.54	28.44		30.61	29.86	29.54	29.87
	29.87	28.43	29.87	28.92		29.45	29.54	29.65	29.34
	29.24	28.41	29.86	28.71		29.87	30.12	29.61	30.12
	29.56	28.72	29.54	28.41		29.64	30.56	29.63	30.20
	29.14	28.32	29.43	29.32		28.97	29.86	30.12	29.12
平均值	29.43	28.53	29.75	28.73	平均值	29.46	30.10	29.71	29.72
RSD	1.01%	0.58%	0.83%	1.08%	RSD	2.25%	1.26%	0.78%	1.35%

小结：偏差≤10%，重复性满足方法及产品规格需求。

7.2.3 准确性

用标准块校验方法的测试准确性。

样品	单位代码			
	1	2	5	6
	孔径分布 (μm)			
孔径测试标准块	1.98	1.97	2.02	2.08
	2.02	2.06	2.04	2.05
	2.01	2.02	2.02	2.06
	1.98	1.99	1.99	1.98
	2.02	2.01	2.01	2.02

平均值	2.00	2.01	2.02	2.04
-----	------	------	------	------

小结：测试结果在标准块的范围（ $2.01\mu\text{m}\pm 10\%$ ），准确性满足方法要求。

7.2.4 可靠性验证

选取具有代表性的四批次雾化芯陶瓷样品为实验研究对象，派发给其他三家实验室，按照方法要求平行测试 5 组数据，计算不同家实验室的 RSD。

样品	单位代码				样品	单位代码			
	1	2	5	6		1	2	5	6
	孔径分布（μm）					孔径分布（μm）			
陶瓷 A	27.07	26.89	27.56	26.58	陶瓷 B	20.94	21.23	21.36	20.98
	27.07	27.85	27.45	27.89		20.96	20.56	22.87	20.85
	28.13	27.63	26.87	28.65		20.93	20.98	20.98	21.56
	26.83	27.01	26.89	27.86		21.92	21.02	21.35	21.43
	28.75	28.41	28.23	28.01		22.14	20.72	22.16	22.24
平均值	27.57	27.56	27.40	27.8	平均值	21.38	20.90	21.74	21.41
RSD	3.01%	2.26%	2.05%	2.71%	RSD	2.81%	1.26%	3.51%	2.57%

样品	单位代码				样品	单位代码			
	1	2	5	6		1	2	5	6
	孔径分布（μm）					孔径分布（μm）			
陶瓷 C	27.60	28.23	29.56	27.89	陶瓷 D	27.42	29.56	28.45	28.56
	28.32	28.56	29.12	27.95		28.84	27.82	29.56	27.41
	28.39	29.41	27.85	28.45		33.67	26.95	32.68	29.56
	27.86	27.88	28.12	29.56		30.94	28.25	29.94	31.21

	29.31	29.41	28.35	28.23		29.66	30.26	31.54	30.24
平均值	28.30	28.70	28.60	28.42	平均值	30.11	28.57	30.43	29.4
RSD	2.31%	2.41%	2.50%	2.38%	RSD	7.86%	4.67%	5.50%	5.01%

通过验证，孔径分布测试不同实验室不同时间不同设备不同人员的情况下，测定 4 批次不同雾化芯，通过验证各参与实验室方法验证，测试结果 RSD 均 $\leq 10\%$ ，符合要求。

7.3 抗压强度

7.3.1 再现性

同一批次样品，不同测试人员在不同时间内用相同设备及方法进行测试，比较其结果。

样 品	单位代码							
	1		2		3		4	
	抗压强度 MPa		抗压强度 MPa		抗压强度 MPa		抗压强度 MPa	
	测试员	测试员	测试员	测试员	测试员	测试员	测试员	测试员
	A	B	C	D	E	F	G	H
方 形 样 品	20.12	23.43	20.56	24.23	18.94	19.70	18.06	17.91
	23.54	19.06	19.88	22.56	19.86	21.10	17.77	20.08
	22.12	19.97	22.98	19.86	17.52	21.90	18.42	20.51
	20.02	20.24	20.63	21.51	21.32	22.00	18.46	19.63
	19.86	19.57	23.02	20.58	20.35	17.51	21.83	20.21
平 均 值	21.13	20.45	21.41	21.75	19.60	20.44	18.91	19.67
RSD	7.72%	8.42%	6.86%	7.90%	7.37%	9.19%	8.77%	5.25%

小结：RSD $\leq 10\%$ ，再现性满足方法及产品规格要求。

样 品	单位代码							
	1		2		3		4	
	抗压强度 MPa		抗压强度 MPa		抗压强度 MPa		抗压强度 MPa	
	测试员 A	测试员 B	测试员 C	测试员 D	测试员 E	测试员 F	测试员 G	测试员 H
圆 形 样 品	16.24	17.40	15.62	16.58	14.92	16.85	13.18	13.47
	15.01	15.14	15.20	17.45	12.58	13.86	14.95	15.16
	15.20	17.36	14.58	15.26	13.67	15.32	14.40	14.00
	14.36	15.56	17.21	14.87	14.92	15.71	13.36	14.00
	14.25	16.25	14.23	14.23	15.01	14.31	14.15	14.90
平 均 值	15.01	16.34	15.37	15.68	14.22	15.21	14.01	14.31
RSD	5.32%	6.29%	7.56%	8.36%	7.54%	7.77%	5.25%	4.90%

小结：RSD≤10%，再现性满足方法及产品规格要求。

7.3.2 重复性

同一测试人员对同一批次样品进行五次测量。

样品	单位代码				样品	单位代码			
	1	2	3	4		1	2	3	4
	抗压强度 MPa					抗压强度 MPa			
方形样品	23.55	18.69	20.05	18.20	圆形样品	15.91	14.80	15.00	12.80
	20.98	19.68	17.91	18.79		14.29	14.47	13.52	14.55

	19.65	21.81	20.31	20.74		14.07	16.59	14.36	15.33
	20.45	21.94	18.24	18.39		14.88	17.38	15.28	13.25
	20.38	22.60	21.52	20.33		13.17	14.75	14.65	13.30
平均值	21.00	20.94	19.61	19.29	平均值	14.46	15.60	14.56	13.85
RSD	7.15%	7.98%	7.69%	6.04%	RSD	7.02%	8.35%	4.66%	7.61%

小结：RSD≤10%，重复性满足方法及产品规格要求。

7.3.4 可靠性验证

选取具有代表性的四批次雾化芯陶瓷样品为实验研究对象，派发给其他三家实验室，按照方法要求平行测试 5 组数据，计算不同家实验室的 RSD。

样品	单位代码				样品	单位代码			
	1	2	3	4		1	2	3	4
	抗压强度 MPa					抗压强度 MPa			
陶瓷 A	32.89	35.62	33.22	37.49	陶瓷 A	15.92	13.98	18.25	17.25
	32.50	34.26	36.90	36.93		15.78	13.41	16.55	18.14
	34.32	37.24	33.35	35.47		17.97	15.05	18.51	16.82
	39.25	32.12	35.12	38.04		14.97	16.23	16.32	17.86
	34.64	33.56	37.70	37.62		16.14	13.78	14.58	17.09
平均值	34.72	34.56	35.26	37.11	平均值	16.16	14.49	16.84	17.43
RSD	7.75%	5.67%	5.76%	2.69%	RSD	6.84%	7.92%	9.50%	3.15%

样品	单位代码				样品	单位代码			
	1	2	3	4		1	2	3	4
	抗压强度 MPa					抗压强度 MPa			

陶瓷 C	25.44	23.56	22.54	20.37	陶瓷 D	17.69	17.86	16.52	17.11
	23.55	24.89	21.46	23.57		17.37	16.98	18.20	17.14
	24.11	27.85	22.82	20.94		14.57	15.23	19.20	16.87
	24.74	22.52	24.53	23.39		17.5	17.45	17.65	17.32
	27.94	23.14	25.72	23.84		16.99	16.87	16.53	16.95
平均值	25.16	24.39	23.41	22.42	平均值	16.82	16.88	17.62	17.08
RSD	6.79%	8.69%	7.24%	7.29%	RSD	7.64%	5.94%	6.49%	1.03%

通过验证，孔径分布测试不同实验室不同时间不同设备不同人员的情况下，测定 4 批次不同雾化芯，通过验证各参与实验室方法验证，测试结果 RSD 均<10 %，符合要求。

7.4 结论

通过方法验证与验证单位数据分析，结果表明：思维瑞科技（深圳）有限公司负责制定的《雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压强度测试方法》，适用于雾化器具中多孔陶瓷性能的测定，本方法操作简单、快速，精密性、重复性、准确度符合相关标准及产品要求，适合推荐作为行业团体标准分析方法。

八、标准水平分析

本标准在方法科学性、可操作性和适用性方面均处于国内先进水平，能够满足雾化器具中多孔陶瓷性能检测的精密度与准确度要求，具有较强的推广和应用价值。

九、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准不涉及与任何国家法律、法规、规章及强制性标准冲突问题，标准的制定符合国家相关法律、法规、规章的要求。

十、专利及涉及的知识产权

本标准不涉及任何专利或知识产权

十一、重大分歧意见的处理经过和依据

无

十二、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

建议该标准作为行业团体标准发布实施。

十三、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益

本团体标准的实施，可为生产企业提供统一、可重复的检测方法，降低方法验证和合规成本；为第三方检测机构提供标准化服务，提升检测效率和结果公信力；为监管部门提供一致性依据，便于市场监管。预计推广后可减少企业重复投入、降低检测纠纷，同时推动检测服务市场扩大，带来可观的产业化应用价值和经济效益。

《雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压强度测试方法》标准编制组

2025 年 9 月