

ICS 81.080
CCS Q40

团体标准

能源用纳米介孔复合绝热材料技术要求

Technical requirements for nano mesoporous composite thermal insulation
material

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

目录

前 言	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类和标记	1
5 技术要求	2
6 试验方法	4
7 检验规则	5
8 标志、包装、运输和贮存	6
9 碳足迹描述	6
10 测试报告	9
附 录 A	10

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《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。

本文件由江苏省能源行业协会提出。

本文件由江苏省能源行业协会归口。

本文件起草单位:常州优纳新材料科技有限公司、苏晋朔州煤矸石发电有限公司、江苏省国信集团有限公司、江苏省国信研究院有限公司、江苏射阳港发电有限公司、江苏新海发电有限公司、新疆师范大学。

本文件主要起草人:栾玉成、姜旭舟、李晓坚、刘洲、郭剑锋、汪东升、张野虎、赵红刚。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至江苏省能源行业协会(南京市建邺区庐山路246号金融城3号楼9层)。

能源用纳米介孔复合绝热材料技术要求

1 范围

本文件规定了纳米介孔复合绝热材料的分类和标记,要求,试验方法,检验规则,包装、贮存、运输等。

本文件适用于纳米介孔复合绝热材料的生产制造,试验方法,检验规则,包装、贮存、运输。

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 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级
GB/T 10294 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定防护热板法
GB/T 10299 绝热材料憎水性试验方法
GB/T 11835 绝热用岩棉、矿渣棉及其制品
GB/T 17393 覆盖奥氏体不锈钢用绝热材料规范
GB/T 17430 绝热材料最高使用温度的评估方法
GB/T 17911 耐火材料 陶瓷纤维及制品试验方法
GB/T 34336 纳米孔气凝胶复合绝热制品
YB/T 4130 耐火材料 导热系数试验方法
T/CASME 1753-2024 纳米介孔复合绝热材料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 介孔 Mesoporous

孔宽介于 2nm 和 50nm 之间的孔。
[来源:GB/T 21650.2-2008,定义 3.12]

3.2

纳米介孔复合绝热材料 Mesoporous materials based thermal insulation blanket

以连续相的无机纤维(如玻璃纤维、陶瓷纤维、玄武岩纤维等)或纤维织物作为增强材料与介孔材料复合而形成的纳米级介孔绝热制品。

4 分类和标记

4.1 分类

产品按导热系数分为 I、II、III、IV、V、VI、VII 型。

4.2 标记

产品标记由：产品名称、产品技术特征和本标准号三部分组成。

产品技术特征包括：

- 1) 导热系数类型：I、II、III、IV、V、VI、VII 型；
- 2) 标称体积密度，单位为 Kg/m^3 ；
- 3) 标称尺寸：长度 $\times$ 宽度 $\times$ 厚度，单位为 mm；
- 4) 标称燃烧性能等级，依据 GB 8624-2012 的规定；
- 5) 其他标记，放在燃烧等级后，如憎水型等。

示例 1：

标称体积密度为 180 Kg/m^3 、长度、宽度和厚度分别为 20000mm、1000mm、10mm，燃烧等级为 A (A1) 的 I 型憎水型介孔复合绝热毡标记为：

介孔复合绝热毡 I 180-20000 $\times$ 1000 $\times$ 10 A (A1) 憎水型 T/CSTM 00XXX-202X

5 技术要求

5.1 外观

表面应平整，边缘整齐，没有妨碍使用的伤痕、污迹、破损。

5.2 理化指标

产品的理化指标应符合表 1、2 的规定。

表 1 理化指标

项目		指标			
		I 型	II 型	III型	IV型
导热系数 W/（m•K）	平均温度 150 ℃	≤0.029	≤0.025	≤0.026	≤0.026
	平均温度 300 ℃	≤0.049	≤0.039	≤0.038	≤0.035
	平均温度 500 ℃	≤0.069	≤0.058	≤0.056	≤0.070
	平均温度 800 ℃	—	—	≤0.092	—
产品规格（长×宽×厚mm）		20000×1500×10 （其他规格需定制）	15000×1200（600）×10（其他规格需定制）		20000×1000×10 （其他规格需定制）
加热永久线变化（650℃，24h）		≥-2.0 %	≥-0.5 %	≥-5.0 %	≥-0.5 %
振动质量损失率		≤1.0 %	≤0.5 %		
燃烧性能等级		应符合 GB 8624 中 A1 级			
憎水率		≥98 %	≥99 %	≥98 %	≥98 %
体积密度偏差		±20 %	±8.5 %		
压缩回弹率（100 kPa 5 min）		≥90 %	≥92 %	≥90 %	≥90 %
拉伸强度，kPa	横向	≥200	≥40	≥40	≥210
	纵向	≥200	≥40	≥40	≥210
最高使用温度（650 ℃）	试样内部最高温度，℃	不应超过热面温度 90 ℃			
	厚度变化率	±5.0 %			
	外观变化	除颜色外无显著变化，试样无熔融、烧结、降解等现象			
可溶出性离子含量，%	ω（Cl ⁻ ）+ ω（F ⁻ ）	≤0.001 0			
		≤10 ^{（-1.192+0.6551gx）}			
		≤0.060			

项目		指标			
		I 型	II 型	III型	IV型
	$\omega\left(\text{SiO}_3^{2-}\right)+\omega\left(\text{Na}^{+}\right)$	0.005 0			
		$>0.005\ 0\sim<0.90$			
		≥ 0.90			
注1：表中 x 表示按 JC/T 618 所测定的 SiO_3^{2-} 含量与 Na^{+} 含量的总和，即 $\omega\left(\text{SiO}_3^{2-}\right)+\omega\left(\text{Na}^{+}\right)$ 的测定值。					
注2：计算结果取两位有效数字。					

表 2 理化指标

项目		指标		
		V型	VI型	VII型
导热系数 W/（m•K）	平均温度 -130 ℃	—	≤0.015	—
	平均温度 -165 ℃	—	≤0.012	—
	平均温度 150 ℃	≤0.036	—	≤0.036
	平均温度 300 ℃	≤0.058	—	≤0.058
	平均温度 500 ℃	≤0.086	—	≤0.079
产品规格（长×宽×厚mm）		20000×1000×10（其他规格需定制）		
加热收缩率%（液氮中浸泡24h）		/	0	/
加热永久线变化（650℃，24h）		≥-2.0 %	≥-0.5%	≥-2.0 %
振动质量损失率		≤1.0 %	≤1.0 %	≤1.0 %
燃烧性能等级		应符合 GB 8624 中 A1 级		
憎水率		≥98 %	≥98 %	≥98 %
体积密度偏差		±20 %	±8.5 %	±20 %
压缩回弹率（100 kPa 5 min）		≥90 %	≥90 %	≥90 %
形变25%时的压力（kPa）		≤120	/	/
拉伸强度，kPa	横向	≥200	≥210	≥200
	纵向	≥200	≥210	≥200
最高使用温度（650 ℃）	试样内部最高温度，℃	不应超过热面温度 90 ℃		
	厚度变化率	±5.0 %		
	外观变化	除颜色外无显著变化，试样无熔融、烧结、降解等现象		
可溶出性离子含量，%	ω（Cl ⁻ ）+ ω（F ⁻ ）	≤0.001 0		
		≤10 ^(-1.192+0.6551gx)		
		≤0.060		
	ω（SiO ₃ ²⁻ ）+ ω（Na ⁺ ）	0.005 0		
		＞0.005 0～＜0.90		
		≥0.90		
注3：表中 x 表示按 JC/T 618 所测定的 SiO ₃ ²⁻ 含量与 Na ⁺ 含量的总和，即 ω（SiO ₃ ²⁻ ）+ ω（Na ⁺ ）的测定值。				
注4：计算结果取两位有效数字。				

5.3 腐蚀性

5.3.1 覆盖奥氏体不锈钢

用于覆盖奥氏体不锈钢时，应符合 GB/T 17393 的规定。

5.3.2 覆盖铝、铜、钢

用于覆盖铝、铜、钢材时，按 GB/T 11835—2016 中附录 F 的规定，采用 90 % 置信度的秩和检验法，对照样的秩和应不小于 21。

6 试验方法

6.1 试验条件

在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ， $(50 \pm 10)\%$ 相对湿度的环境下放置不少于 24 h。

6.2 外观

距试样 1 m 处在光照明亮的条件下进行观察并记录缺陷。

6.3 理化指标

6.3.1 导热系数

I、II、III、V、VII型按 YB/T 4130-2018的规定进行。IV、VI型按 GB/T 10294的规定进行。

6.3.2 加热永久线变化

按 GB/T 17911 的规定进行，保温时间为 (24 ± 0.5) h。

6.3.3 振动质量损失率

按 GB/T 34336 的规定进行。

6.3.4 燃烧性能等级

按 GB/T 5464、GB/T 14402 的规定进行。

6.3.5 憎水率

按 GB/T 10299 的规定进行。

6.3.6 体积密度偏差

按 GB/T 34336 的规定进行，偏差按式 (1) 计算：

$$\rho = \frac{m}{\bar{l} \cdot \bar{b} \cdot \bar{h}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ρ ——体积密度，单位为千克每立方米 (kg/m^3)；

m ——质量，单位为千克 (kg)；

$\bar{l}$ ——平均长度，单位为米 (m)；

$\bar{b}$ ——平均宽度，单位为米 (m)；

$\bar{h}$ ——平均厚度，单位为米 (m)。

6.3.7 压缩回弹率

按 GB/T 34336 的规定进行。

6.3.8 抗拉强度

按 GB/T 17911 的规定进行。

6.3.9 最高使用温度

按 GB/T 17430 的规定进行。

6.3.10 可溶出性离子含量

按 GB/T 17393 的规定进行。

6.4 腐蚀性

用于覆盖奥氏体不锈钢时，按 GB/T 17393 的规定进行；用于覆盖铝、铜、钢材时，按 GB/T 11835—2016 中附录 D 的规定进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 组批与抽样

7.2.1 组批

以同一原料、配方、同一生产工艺稳定连续生产的同一种产品为一检验批，不应超过 3 200 m²。（与施总监进行讨论敲定）

7.2.2 抽样

以每卷作为一个样本单位，每个样本单位中全部制品视为完全相同的材料，从每个样本的单位中抽取一卷作为样品，抽样方案见表 2。

表 3 抽样数量及判定组

批量 (N)	样本大小 (n)	合格判定数 (Ac)	不合格判定数 (Re)
≤90	5	1	2
91~150	8	2	3
151~280	13	3	4
281~500	20	5	6

7.3 出厂检验

7.3.1 产品出厂前应逐批检验合格，方能出厂。

7.3.2 出厂检验项目为外观、导热系数、振动质量损失率、体积密度偏差。

7.3.3 判定规则

样本中发现不合格数小于等于表 2 规定的接收数 (Ac)，则判定该批产品合格；若样本中发现的不合格数大于等于表 2 规定的拒收数 (Re)，可用备用样品或在原批次中加一倍抽样，进行复检，复检结果合格的，该批次判为合格，复检结果仍不合格的，该批次判为不合格。

7.4 型式检验

7.4.1 有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 生产工艺或原材料有较大改变；
- b) 正常生产每年进行一次；
- c) 停产一个月以上，恢复生产；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异；
- e) 国家市场监督管理总局提出型式检验。

7.4.2 型式检验项目包括第五章中的全部项目。

7.4.3 型式检验应从出厂检验合格产品中随机抽取，抽取数量应满足检测要求。

7.4.4 判定规则

当型式检验结果全部符合本文件规定时，判定为合格。若出现一项不符合时，在同一检验批中加倍抽取样品，对不合格项进行复检，复检后，若全部符合本文件要求时，判型式检验合格，否则为不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 在标志上应说明：

- a) 产品标记、商标；
- b) 生产企业名称、详细地址；
- c) 产品的净重或数量；
- d) 执行标准编号；
- e) 生产日期或批号。

8.1.2 包装箱上的包装储运图示标志按 GB/T 191 的规定选择使用。

8.2 包装

应用纸板端盖保护两端后装入PE袋，开口端用扎带封口，并做好防潮和防尘措施。

8.3 运输

8.3.1 应用干燥防雨的工具运输、运输时应轻拿轻放，避免遭受重压。

8.3.2 产品的吊运，应用袋或箱装运，不应单用绳索捆运、不应损坏产品。

8.3.3 运至现场的产品、部件的标识应完整，外形完好，并应放置在枕木或隔板上，露天施工时，应备防雨布或阻燃布。

8.4 贮存

8.4.1 应存放在干燥、平整、清洁和通风良好的地方，并做好防外界气候影响的措施。

8.4.2 在运输和贮存过程中，应做好防潮、防风措施，并防止卤素（氯化物和氟化物）的污染。

8.4.3 在贮存过程中，应保证包装的完整性，防止产品的污染和损坏。

9 碳足迹描述

9.1 产品生命周期阶段划分

纳米介孔复合绝热材料的碳足迹量化应涵盖以下生命周期阶段：

- a) 原材料获取阶段：包括介孔材料前驱体、模板剂、无机纤维增强材料及其他辅料的获取与生产；
- b) 运输阶段：原材料从供应商到生产企业的运输过程；
- c) 生产制造阶段：包括介孔材料的合成、模板剂去除、复合成型、干燥及后处理等工艺过程；
- d) 出厂阶段：产品包装及出厂前处理。

本文件不包括产品使用阶段和生命末期阶段的碳足迹量化，但宜在碳足迹报告中予以定性说明。

9.2 碳足迹主要排放源识别

根据纳米介孔复合绝热材料的制备工艺特点，碳足迹的主要排放源包括：

- a) 能源消耗：介孔材料合成过程中能源消耗消耗。
- b) 化学试剂：合成过程中使用的化学品的生产及其排放；
- c) 硅源材料：正硅酸乙酯（TEOS）等硅前驱体的生产过程。在大规模生产条件下，溶剂、TEOS和结构导向剂成为主要的环境影响决定因素；
- d) 无机纤维：增强用无机纤维的生产过程。

9.3 碳足迹参考水平

根据国内外生命周期评价研究结果，纳米介孔二氧化硅材料的净温室气体排放（NGHGE）参考值如下：小规模（克级）生产条件下约为 54 ± 30 kg CO₂e/kg材料；大规模（千克级）生产条件下约为 31 ± 18 kg CO₂e/kg材料。生产企业宜参照上述数据评估自身产品的碳足迹水平，并持续改进生产工艺以降低碳排放。

9.4 碳足迹量化要求

9.4.1 基本原则

碳足迹量化应遵循以下原则：

- a) 相关性：数据和方法的选取应与产品碳足迹评价的目的和范围相适应；
- b) 完整性：应涵盖系统边界内所有显著的温室气体排放源；
- c) 一致性：应采用统一的方法论和数据质量要求，确保结果的可靠性和可比性；
- d) 准确性：应尽量采用初级数据，确保数据的准确性和可追溯性；
- e) 透明性：应完整记录数据来源、计算方法和假设条件。

9.5 系统边界

9.5.1 产品碳足迹的系统边界应为“摇篮到大门”，即从原材料获取到产品出厂。系统边界内应包括原材料获取、原材料运输、产品生产制造和出厂阶段的所有温室气体排放过程。

9.5.2 以下过程可排除在系统边界之外：

- a) 固定资产（厂房、设备等）的生产和建设；
- b) 产品使用阶段和生命末期阶段；
- c) 占比小于产品碳足迹总量1%的排放源，但其理由应在碳足迹报告中予以说明。

9.6 数据要求

9.6.1 数据优先级：应优先使用初级数据。初级数据应来源于企业实际生产记录、能耗计量数据、物料采购记录等。无法获取初级数据时，可使用次级数据，次级数据应具有地域代表性和技术代表性。

9.6.2 数据质量要求：

- a) 初级数据应具有可追溯性，应有原始记录支撑；
- b) 次级数据应来源于权威数据库（如CLCD、ecoinvent、Ecoinvent等）、国家标准数据或经第三方核证的碳足迹数据；
- c) 数据的时间代表性宜为近3年以内；

d) 当同一原材料存在多个供应商时，宜收集全部供应商的对应数据，分别核算碳足迹数据并按供货比例计算加权平均值。

9.6.3 数据收集范围应包括但不限于：

各原材料的消耗量（质量或体积）；能源消耗量（电力、天然气、蒸汽等）；运输距离及运输方式；废弃物的处理方式和排放量；温室气体排放因子及其来源。

9.7 碳足迹计算方法

9.7.1 产品碳足迹应按下式计算：

$$CFP = \sum_{i=1}^n (AD_i \times EF_i)$$

CFP——产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每功能单位（kg CO₂e/kg）；

AD_i——第i项活动数据（如原材料消耗量、能源消耗量、运输距离等）；

EF_i——第i项活动对应的温室气体排放因子（以CO₂e计）。

9.7.2 温室气体排放因子的选取应优先采用国家发布的官方排放因子。电力排放因子应采用产品生产年度国家主管部门发布的最新区域电网平均排放因子。

9.7.3 温室气体种类应至少包括CO₂、CH₄、N₂O，GWP值应采用IPCC最新评估报告中的100年全球增温潜势值（GWP₁₀₀）。

9.8 碳足迹要求

9.8.1 生产企业宜建立产品碳足迹管理制度，定期开展碳足迹核算，并将其纳入企业温室气体排放管理体系。绝热材料生产企业温室气体排放量的核算步骤、核算边界和排放源应按GB/T 32151.36—2024的规定执行。

9.8.2 企业宜在产品碳足迹报告中披露以下信息：

- a) 功能单位和系统边界；
- b) 各生命周期阶段的碳排放量及占比；
- c) 主要排放源的识别和分析；
- d) 数据来源和数据质量评估；
- e) 已采取的减排措施及效果；
- f) 与行业参考水平的对比分析。

9.8.3 生产企业宜通过以下措施降低产品碳足迹：

- a) 优化合成工艺，减少有机溶剂使用量，提高原材料利用率；
- b) 采用可再生能源（如光伏发电、绿色电力），替代化石能源消耗。研究表明，采用可再生能源和蒸馏/精馏回收工艺可显著降低环境影响；
- c) 优化煅烧/萃取工艺，降低热处理能耗；
- d) 推行绿色供应链管理，优先选择低碳原材料供应商。

9.9 碳足迹检测方法

9.9.1 核算方法

碳足迹的量化应采用生命周期评价方法，按照GB/T 24040和GB/T 24044规定的框架进行，包括以下四个阶段：

- a) 目的和范围的确定：明确功能单位、系统边界、数据质量要求和评价目的；
- b) 生命周期清单分析（LCI）：收集系统边界内各单元过程的输入输出数据，建立生命周期清单；
- c) 生命周期影响评价（LCIA）：将清单数据转换为温室气体排放量，以CO₂e表示；
- d) 生命周期结果解释：对碳足迹结果进行分析和解释，识别主要排放热点，提出改进建议。

9.9.2 数据核查方法

9.9.2.1 碳足迹数据核查应包括以下内容：

- a) 核算边界的完整性和合理性；
- b) 数据来源的可靠性和可追溯性；
- c) 计算方法的一致性和准确性；
- d) 排放因子的适用性和时效性；
- e) 取舍准则的合理性。

9.9.2.2 核查宜采用以下方式：

- a) 文件评审：审查企业提供的碳足迹报告、数据记录、排放因子来源等文件；
- b) 现场核查：对企业生产现场进行实地核查，验证数据收集过程；
- c) 抽样验证：对关键数据（如能源消耗量、主要原材料消耗量等）进行抽样复核。

9.10 鉴定性评审

9.10.1 碳足迹报告宜按照GB/T 24067—2024中第8章的要求进行鉴定性评审。

9.10.2 鉴定性评审应由具有产品碳足迹评价专业知识、且独立于碳足迹研究过程的专家或机构实施。

9.10.3 鉴定性评审内容宜包括：核算方法是否遵循本文件和相关标准的要求；数据是否适当且合理；结果解释是否恰当；报告是否完整和透明。

9.11 验证与声明

9.11.1 企业委托第三方机构进行碳足迹核查的，核查机构应具备产品碳足迹核查相关资质和认可，核查依据为GB/T 24067—2024及相关产品碳足迹量化标准。

9.11.2 经核查的碳足迹结果可用于产品碳足迹声明、碳标签标识等用途，碳标签标识应符合国家有关产品碳足迹标识认证的规定。

9.12 碳足迹报告

9.12.1 企业应编制产品碳足迹报告，报告内容宜包括：

- a) 企业基本信息及产品描述；
- b) 产品碳足迹量化的目的和范围；
- c) 功能单位和系统边界说明；
- d) 生命周期清单分析结果；
- e) 各生命周期阶段的碳足迹贡献分析；
- f) 数据来源、数据质量和假设条件说明；
- g) 碳足迹结果解释及主要排放热点识别；
- h) 减排措施建议及实施计划。

9.12.2 碳足迹报告的编制格式可参照GB/T 24067—2024附录G的规定。

10 测试报告

试验报告宜包括下列内容：

- a) 识别样品、实验室和实验日期所需的全部资料；
- b) 引用标准；
- c) 结果及其表示；
- d) 测定中发现的异常现象；
- e) 对结果可能已产生影响的本文件中未作规定的各种操作或任选的操作。

附录 A

(资料性附录)

测试报告式样

1 送检单位信息

单位名称: XXX 联系人: XXX

联系地址: XXX

2 测试依据标准: T/CSTM 00XXX-2022 《介孔复合绝热制品》

3 测试样品

样品名称: 介孔复合绝热制品 型号规格: II 型TS-CM750

生产厂商: XXX 样品编号: 20220524003

检测类别: 型式检验 送样日期: 2022 年 05 月 24 日

样品状态: 完整可检 样品尺寸: 1.5m*10m

4 样品检测结果 (参见样品检测结果记录表 A.1 中)

表 A.1 样品检测结果记录表

检验项目		标准要求	测定值	单项判定
外观		表面应平整, 边缘整齐, 没有妨碍使用的伤痕、污迹、破损	表面平整, 边缘整齐, 没有有妨碍使用的伤痕、污迹、破损	合格
导热系数 W/(m·K)	平均 300℃	≤0.042	0.042	合格
	平均 500℃	≤0.072	0.070	合格
加热永久线变化 % (650℃, 24h)		≥-0.5	-0.3	合格
振动质量损失率 %		≤0.5	0.4	合格
燃烧性能等级		A1 级	A1 级	合格
憎水率 %		≥99	99.2	合格
体积密度偏差 %		标称密度 180Kg/m ³	4.4 (实测密度 188Kg/m ³)	合格
压缩回弹率 % (100KPa 5min)		≥92	93	合格
抗拉强度 kPa	横向	≥210	250	合格
	纵向	≥210	235	合格

最高使用温度 (650℃)	试样内部最高温度 °C	不用超过热面温度 90℃	592 未超过热面温度	合格
	厚度变化率 %	-5.0~5.0	0.0	
	外观变化	除颜色外无显著变化，试样无熔融、烧结、降解等现象	颜色无变化、未见熔融、烧结、降解等现象	
可溶出性离子含量 %	$\omega(\text{Cl}^-)$	$\omega(\text{SiO}_3^{2-}) + \omega(\text{Na}^+) = 0.0106\%$ 时， $\omega(\text{Cl}^-) + \omega(\text{F}^-) \leq 0.0032\%$	未检出 (检出限 0.0001)	合格
	$\omega(\text{F}^-)$		未检出 (检出限 0.0001)	
	$\omega(\text{SiO}_3^{2-})$		0.0099	
	$\omega(\text{Na}^+)$		0.0007	

测试人：

复核人：

测试日期：