ICS 91.100.10
CCS Q12

CBMF

中 国 建 筑 材 料 联 合 会 标 准

T/CBMF ××××—202×

用于水泥和混凝土的石墨烯

（ 征求意见稿）

2024.1.10

202×-××-××发布　　202×-××-××实施

中国建筑材料联合会　发布

CBMF ××××-××××

用于水泥和混凝土的石墨烯

1 范围

本文件规定了用于水泥和混凝土的石墨烯的分类与标记、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存。

本标准适用于添加在水泥和混凝土中的石墨烯。

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 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 176 水泥化学分析方法

GB/T 2419 水泥胶砂流动度测定方法

GB 8076 混凝土外加剂

GB/T 12573 水泥取样方法

GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）

GSB14-1510 强度检验用水泥标准样品

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

对比水泥 reference cement

符合 GSB14-1510 规定,或符合 GB175 规定且满足本标准中相关要求的 42.5 强度等级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

3.2

实验样品 testing sample

对比水泥和被检验石墨烯按质量比 10000:3 混合而成。

3 .3

对比胶砂 reference mortar

对比水泥与规定级配的标准砂按质量比 1:3 混合。

3 .4

试验胶砂 testing mortar

试验样品与规定级配的标准砂按质量比 1:3 混合。

3.5

强度提升指数 strength activity index

试验胶砂与对比胶砂在规定龄期的抗压强度之比。

4 分类与标记

4.1 分类

按石墨烯层数的多少，可将其分类为单层石墨烯（代号 G）、双层石墨烯（代号 Bg）、少层石墨烯（代号 Fg）以及多层石墨烯（代号 Mg）。

按石墨烯的产品形态，可将其分类为粉体石墨烯（代号 Pg）、浆料石墨烯（代号 Wg）。

石墨烯等级分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级。

4.2 标记

石墨烯产品按分类、等级、标准号的顺序进行标记。

示例：Ⅰ级双层粉体石墨烯的标记为：Bg·Pg·I·Q13

5 技术要求

石墨烯材料的理化性能应符合表 1 的规定。

表 1 混凝土用石墨烯的技术指标

项目		等级		
		Ⅰ 级	Ⅱ 级	Ⅲ 级
石墨烯层数		≤2	≤5	≤10
层间距（nm）		≤0.385	≤0.485	≤0.585
电导率（S/m）		≥1000	≥500	≥100
强度提升指数（%）	抗压	≥120	≥115	≥110
	抗折	≥125	≥120	≥110

6 试验方法

6.1 石墨烯层数

6.1.1 试验原理

在石墨烯拉曼图谱中，通过 2D 峰（2700 cm^{-1} 附近）与 G 峰（1580 cm^{-1} 附近）的峰强比及 2D 峰主峰及肩峰的峰面积及峰高特点判定石墨烯薄膜的层数。

6.1.2 实验方法

石墨烯层数的测定按附录 A 进行。

6.2 层间距

层间距的测定按附录 B 进行。

6.3 电导率

电导率的测定按附录 C 进行。

6.4 强度提升指数

强度提升指数的测定按附录 D 进行。

7 检验规则

7.1 取样规则

日产 100kg 及以下的，50kg 为一个取样单位；日产大于 100kg 且不大于 2000kg 的，250kg 为一个取样单位；日产大于 2000kg 的，500kg 为一个取样单位。数量不足者也以一个取样单位计。

7.2 取样和留样

7.2.1 取样

取样应随机取样，要有代表性。可以连续取样，也可以在 20 个以上不同部位取等量样品。每样总质量至少 4g，试样混匀后，按四分法缩减取比试验用量多 1 倍的试样。

7.2.2 留样

生产厂每一编号的混合材料试样应分为两等份，一份供产品出厂检验用，另一份密封保存 6 个月，以备复验或仲裁时用。

7.3 检验

7.3.1 出厂检验

出厂检验项目应包括石墨烯层数、层间距、电导率和强度提升指数。

7.3.2 型式检验

型式检验应包括第 5 章中规定的所有试验项目。有下列情况之一者，应进行型式检验：

——新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；

——正式生产后，如材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；

——正常生产，一年至少进行一次检验；

——产品长期停产，恢复生产时；

——出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

7.4 判定规则

7.4.1 出厂检验项目应全部符合表 1 要求，如有一项不符合，则判定为不合格品。

7.4.2 型式检验产品项目为第 5 章全部规定，若其中有一项不符合规定指标，则判为不合格品。

7.4.3 复验

在产品贮存期内，用户对产品质量提出异议时，可进行复验。复验可以用同一编号封存样进行。如果用户要求现场取样，应事先在供货合同中规定。生产厂应在接到用户通知 7 日内会同用户共同取样，送质量监督检验机构检验；生产厂在规定时间内不去现场，用户可会同质检机构取样检验，结果同等有效。

7.5 检验报告

生产厂应在发货后 10 日内提供有效期内的型式检验报告和本批次的出厂检验报告（除 28 天强度提升指数外），28 天强度提升指数值应在发货后 32 天内补报。

8 包装、标志、运输及贮存

8.1 包装

混合材料可以袋装或散装。袋装每袋净质量不得少于标志质量的 99%，随机抽取 20 袋，其总质量不得少于标志质量的 20 倍。散装由供需双方商量确定，但有关散装质量的要求必须符合上述原则规定。

8.2 标志

应提供产品说明书、合格证、型式检测报告和出厂检验报告，生产日期及出厂编号应于产品合格证上予以注明。袋装产品应在包装袋明显位置注明以下内容：执行的标准号、产品名称、等级、净质量、生产厂名。

8.3 运输

运输过程中应防止淋湿及包装破损，不得混入其它产品。

8.4 贮存

在正常的运输、贮存条件下，混合材料的储存期从产品生产之日起计算为 180d。

混合材料应分类、分等级贮存在专用仓库或储仓中，不得露天堆放，以易于识别、便于检查和提货为原则。

储存时间超过储存期的产品，应予复检，检验合格后才能出库使用。

附　录　A
(规范性)
石墨烯层数试验方法

A.1　范围

本附录规定了拉曼光谱仪测定石墨烯薄膜层数的测试方法。

A.2　原理

A.2.1 利用拉曼谱图中的 2D 峰（2600 cm^{-1} 附近）与 G 峰（1580 cm^{-1} 附近）的峰强比及 2D 峰主峰及肩峰的峰面积及峰高特点判定石墨烯薄膜的层数。

A.3　仪器

A.3.1 采用激光显微共焦拉曼光谱仪，采用激发波长为 632.8 nm/532 nm/514.5 nm 激光器，激光器偏振比不低于 100:1，激光的线宽不大于标称分辨率的 1/20，功率的波动不高于 5%。

A.4　样品

A.4.1 试样与试样台之间紧密贴合，保证在测试过程中不发生移动。

A.4.2 将试样在放在洁净的真空干燥箱(40 ℃，真空度≤300 Pa)，30 min 以去除表面残余的溶剂等杂质。

A.5　实验步骤

A.5.1 试样固定于显微镜试样台上，按仪器操作步骤，调节入射到试样的激光功率密度在 1.5 mW/μm^2 以下，拉曼谱图扫描范围（1000 cm^{-1}~3300 cm^{-1}）、激光扫描次数、积分时间，以 632.8 nm 为激发波长，进行测试得拉曼光谱图，保证谱图的信噪比大于 100:1。

A.5.2 使用计算机软件确定基线位置，对试样拉曼光谱中的 G 峰和 2D 峰进行拟合，记录 G 峰、2D 峰的中心波长、峰面积、峰高。

A.5.3 以五点取样法，试样点间距不小于 10 μm，更换五个不同测试区域，重复 A.5.1~ A.5.2，记录其测定结果。

A.5.4 对于均匀性差的石墨烯试样，应在五点取样法的基础上，以不小于 10 μm 的间距，选择至少 20 个不同的试样点进行测量，统计石墨烯试样的层数并计算层数的极差。

A.6　计算

计算试样的 2D 峰与 G 峰的峰面积、峰高比值，结合 2D 峰主峰及肩峰的特点，判定试样层数，结果取所有试样区域层数的平均值。

表 A.1 试样层数的判定

	2D 峰的主峰与肩峰的特点	层数

峰面积比为 $A_{2D}/A_G \geqslant 1$ 且峰高满足下列关系 $I_{2D}/I_G \geqslant 0.5$		
	无肩峰	1
	在 2600 cm^{-1} 附近出现唯一一个肩峰	2
	在 2600 cm^{-1} 附近出现两~三个肩峰，最强的肩峰在 2D 峰的左侧，其强度在 2D 峰的 120%~150%范围内	3
	在 2600 cm^{-1} 附近出现四个肩峰，分别在 2D 峰的两侧，其中左侧最强的肩峰其强度在 2D 峰的强度 100%~200%	4
	在 2600 cm^{-1} 附近出现至少两个肩峰，最强肩峰在 2D 峰的左侧，其强度≤ 2D 峰强度的 80%~100%	5
$I_{2D}/I_G < 0.5$	不适用于本标准	

附　录　B
(规范性)
石墨烯层间距试验方法

B.1　范围

本附录规定了 X 射线衍射仪（XRD）测定石墨烯层间距的测试方法。

B.2　原理

B.2.1 基于布拉格方程，通过分析 X 射线在石墨烯层间的衍射角度，可以计算出石墨烯的层间距。

B.3　仪器

B.3.1 X 射线衍射仪，铜钯波长为 0.154184 nm，X 光管电压：40 kV，X 光管电流：25 mA。

B.4　实验步骤

B.4.1 石墨烯粉末直接装入玻璃样品池，刮平，轻轻压实。

B.4.2 设置 XRD 测试参数并测试得到数据。角度范围：5-60°，步长：0.02°，扫描速度：3°/min。

B.4　计算

测量试样 XRD 曲线中衍射峰的 2θ 值，通过布拉格方程（式 C.1）计算石墨烯的层间距：

$$2d\sin\theta = n\lambda \qquad (B.1)$$

式中：

d——石墨烯的层间距，单位为纳米（nm）；

θ——X 射线在石墨烯层间的衍射角度，单位为度（°）；

λ——X 射线波长，单位为纳米（nm）；

n——衍射级数。

附　录　C
(规范性)
石墨烯电导率试验方法

C.1　范围

本附录规定了采用四探针法测定固态石墨烯材料的电导率的测试方法。

C.2　原理

C.2.1 四探针法的基本原理是通过四个电极（即四个探针）同时接触到被测试材料的表面，其中两个电极作为输入端，在它们之间施加一个恒定的电流；另外两个电极作为输出端，测量输入电流通过材料时的电压差。根据欧姆定律，电导率与电阻之间有一定的关系，电导率越高，电阻越低。所以通过测量输入电流的电压差，可以计算出材料的电阻。进而通过该电阻值，就可以推算出材料的电导率。

C.3　仪器

C.3.1 四探针测试仪，输入电流为 0.1 A。

C.4　实验步骤

C.4.1 将待测试石墨烯材料利用压片机压成直径为 10 mm，厚度为 1.5 mm 的薄片。

D.4.2 将四个探针按照 1、2、3、4 的顺序依次直线放置在待测薄片上，每两个探针之间的间距为 2 mm。输入电流后，记录 2、3 探针间的电压值和 1、4 探针流过的电流值。每个薄片换不同区域测试 3 次，测试结果取平均值。

C.5　计算

根据仪器测试结果，输出并记录电压值测试数据。根据四探针计算公式（C.1）得到样品的电导率：

$$\rho = \frac{V}{I} \times F(D/S) \times F(W/S) \times W \times Fsp \qquad (C.1)$$

式中：

V——2、3 探针间的电压值；

I——1、4 探针流过的电流值；

D——样品直径；

S——探针间距；

W——薄片的厚度；

Fsp——探针间距修正系数；

F(W/S)——样品厚度修正因子；

F(D/S)——样品直径修正因子。

附 录 D
(规范性)
石墨烯增强混凝土材料 7d、28d 强度提升指数试验方法

D.1 范围

本附录规定了石墨烯增强混凝土材料 7d、28d 强度提升指数的测试方法。

D.2 原理

D.2.1 测试受检胶砂和基准胶砂的抗压强度和抗折强度，采用两种胶砂 7 天、28 天龄期的抗压强度之比和抗折强度之比共同评价混合材料的强度提升指数。

D.3 仪器

D.3.1 采用 GB/T 17671 中所规定的试验用仪器 ；

D.3.2 采用 GB/T 2419 中所规定的试验用仪器；

D.3.3 天平：分度值不大于 0.0001g。

D.4 材料

D.4.1 水泥：采用 GB 8076-2008 附录 D 中规定的基准水泥；

D.4.2 砂：符合 GB/T 17671 规定的中国 ISO 标准砂；

D.4.3 水：采用自来水或蒸馏水；

D.4.4 混合材料：受检的混合材料；

D.4.5 化学外加剂：符合 GB 8076 规定的标准型聚羧酸标高性能减水剂。

D.5 试验条件及方法

D.5.1 试验条件

实验室应符合 GB/T 17671 中的规定。试验用各种材料和用具应预先放在实验室内，使其达到实验室相同的温度。

D.5.2 试验方法

D.5.2.1 胶砂配比

7d、28d 强度提升指数胶砂配比按照表 D.1 执行

表 D.1 强度提升指数试验用胶砂配比 单位：克

材料	基准胶砂	受检胶砂
基准水泥	450±2	450±2
石墨烯材料	--	0.135±0.005

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

https://d.book118.com/225321024034012010