《污泥陶粒》征求意见稿材料之二

**《污泥陶粒》**

**Sludge Ceramsite**

**验证试验报告**

**《污泥陶粒》标准编制组**

**2019年8月**

**1 前言**

《污泥陶粒》行业标准起草小组委托建筑材料工业技术监督研究中心下属的（国家）建筑材料工业干混砂浆产品质量监督检验测试中心、天津城建大学承担了《污泥陶粒》行业标准的验证试验工作。

根据《污泥陶粒》行业标准编制组第一次工作会议研究结果，对污泥陶粒的验证试验内容包括：颗粒级配、密度等级、筒压强度、吸水率、软化系数、含泥量、泥块含量、煮沸质量损失、烧失量、硫化物和硫酸盐含量、有机物含量、氯化物、放射性、可浸出重金属含量14项指标。

共收集用于验证试验的国内污泥陶粒样品12组，分别来源于下述生产单位：中国十七冶集团有限公司、佛山市景程环境管理有限公司、济宁泽众环保科技有限公司、天津城建大学、浙江大东吴集团建设新材料有限公司、镇江雅盛节能环保材料有限公司、中信元钧环保(江苏)有限责任公司、福建易拓建筑机械设备有限公司、盐城申兴实业有限公司、浙江方远新材料股份有限公司、重庆卓威循环科技有限公司、江西胜蓝环保有限公司。

**2 试验方法**

**2.1试验环境**

试验室环境温度（23±2）℃，相对湿度（50±10）%，试样在试验室放置1d后进行试验。

**2.2 颗粒级配**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行。

**2.3 密度等级**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行。

**2.4筒压强度**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行

**2.5吸水率**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行

**2.6软化系数**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行

**2.7含泥量**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行

**2.8泥块含量**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行

**2.9煮沸质量损失**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行

**2.10烧失量**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行

**2.11硫化物和硫酸盐含量**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行

**2.12有机物含量**

按GB/T 17431.2-2010的规定进行

**2.13氯化物**

按GB/T 14684-2001中6.11规定进行

**2.14放射性**

按GB 6566规定进行

**2.15可浸出重金属含量**

按GB/T 30810-2014的规定进行。

**3试验结果**

**3.1颗粒级配**

生产单位在进行污泥陶粒生产时，一般将烧制后的陶粒筛分成不同粒径的成品，单独存放，再根据需求，将不同粒径陶粒搭配成规定的颗粒级配。一般情况，将不同粒径陶粒按一定比例搭配，均可满足本规范中的要求。

**3.2粗集料粒型系数**

表1污泥陶粒粒型系数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 粒型系数 | 2.0 | 1.6 | 1.4 | 1.4 | 1.7 | 1.9 |
| 序号 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 粒型系数 | 1.9 | 1.8 | 1.3 | 1.5 | 2.2 | 1.2 |

粒型系数是评定集料粒型合理程度的一个指标。参考GB/T 17431.1-2010《轻集料及其试验方法 第1部分 轻集料》中对人造轻集料部分的有关规定，一般情况下认为粒型较好的集料平均粒型系数≤2.0，通过本次试验验证，12组样品中只有一组数值超过2.0，多数样品指标符合要求，因此本规范将污泥陶粒粒型系数定为2.0。

**3.3 密度等级、筒压强度**

本次验证试验，共选取了200 kg/m3、300kg/m3 、400kg/m3 、500kg/m3的4个密度等级的普通污泥陶粒共计12组；选取了900 kg/m3、1000 kg/m3的2个密度等级的高强污泥陶粒共计6组，相关测试结果如下表1所示。

表2 普通污泥陶粒堆积密度、筒压强度结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 堆积密度（kg/m3） | 171 | 182 | 183 | 232 | 281 | 300 |
| 筒压强度 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| 序号 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 堆积密度（kg/m3） | 326 | 363 | 378 | 421 | 455 | 476 |
| 筒压强度 | 1.0 | 1.1 | 0.9 | 1.5 | 1.1 | 1.8 |

表3高强污泥陶粒堆积密度、筒压强度结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 堆积密度（kg/m3） | 835 | 869 | 877 | 919 | 936 | 988 |
| 筒压强度 | 6.6 | 6.4 | 7.7 | 6.7 | 7.2 | 8.3 |

由上表1、2数据可知，本批次普通污泥陶粒堆积密度的范围为171 kg/m3~476kg/ m3，高强污泥陶粒堆积密度的范围为835 kg/m3~988kg/ m3。不同密度等级对应的最小筒压强度要求不同，从测试结果来看，12组普通污泥陶粒中，300密度等级有一组不合格，400密度等级有一组不合格，500密度等级有一组不合格，按本标准所划定的指标，75%的产品筒压强度满足要求；6组高强污泥陶粒中，有2组筒压强度不合格，合格率约为67%。基于目前验证结果可知，本规范中的限定指标合理。

**3.4吸水率和软化系数**

对18组样品进行了吸水率及软化系数测试，检测结果如下表所示。

表4污泥陶粒粗骨料吸水率、软化系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 密度等级 | 1h吸水率/% | 软化系数 |
| 200 | 23.0 | 81.3 |
| 23.4 | 89.2 |
| 26.1 | 90.4 |
| 300 | 22.2 | 83.8 |
| 20.7 | 77.1 |
| 21.4 | 80.4 |
| 400 | 16.5 |  |
| 20.7 | 78.1 |
| 19.6 | 94.3 |
| 500 | 11.3 | 90.3 |
| 14.2 | 94.5 |
| 23.0 | 97.0 |
| 900 | 6.6 | 79.8 |
| 10.3 | 91.6 |
| 5.4 | 96.7 |
| 1000 | 4.3 | 98.2 |
| 5.1 | 93.4 |
| 6.0 | 90.8 |

吸水率及软化系数是衡量污泥陶粒性能的两个重要指标，高吸水率陶粒对混凝土的有效水胶比影响较大，为使混凝土达到相同工作状态，需加入更多的水，高水胶比造成混凝土强度偏低，同时高吸水率陶粒，也会吸附一定量的减水剂，引起混凝土的质量波动，软化系数低的污泥陶粒，遇水后强度损失大，易对混凝土的强度造成不利影响。由表3可知，密度等级越高，污泥陶粒的吸水率越低，这是由于高密度的污泥陶粒越致密，浸水后对水的吸附越少，因此规范中针对不同密度等级的陶粒吸水率作了限定，并保证80%样品指标满足规范要求，将软化系数定位0.8，保证80%样品复合要求。

**3.5 含泥量、泥块含量**

如下表4为污泥陶粒含泥量及泥块含量。

表5泥陶粒含泥量及泥块含量

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 含泥量（%） | 0 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0 |
| 泥块含量（%） | 0 | 0.1 | 0 | 0.1 | 0 | 0 |
| 序号 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 含泥量（%） | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 0 | 0.3 |
| 泥块含量（%） | 0.1 | 0.3 | 0 | 0.1 | 0 | 0.1 |

泥的颗粒极细，其附着在骨料表面，影响胶材与陶粒的粘结，泥块作为混凝土中的有害物质，会在混凝土中形成薄弱区，对混凝土的质量影响很大，由上表4可知，所检样品含泥量、泥块含量均较小，本规范中参数指标及实验方法主要参考了GB/T 17431.1-2010，其中对含泥量及泥块含量（非结构用混凝土）规定分别别为3.0%、1.0%，结合样品验证情况及严格控制产品质量角度考虑，将含泥量及泥块含量均定为1.0%。

**3.6煮沸质量损失**

该指标用于检验污泥陶粒的安定性，陶粒中可能含有生石灰等及其他易分解的物质，影响产品的安定性。如下表5为汇总的测试结果。

表6 污泥陶粒煮沸质量损失

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 煮沸质量损失（%） | 3.7 | 1.0 | 2.6 | 6.3 | 4.1 | 5.1 |
| 序号 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 煮沸质量损失（%） | 1.9 | 0.9 | 5.2 | 4.0 | 0.8 | 3.6 |

如上表5的数据可知，约75%的样品沸煮质量损失率≤5.0%，结合现有相关产品标准，本标准设定污泥陶粒沸煮质量损失率≤5.0%，保证75%样品符合要求。

**3.7 烧失量**

试样在高温中灼烧，去除碳和水分，同时将存在的易氧化的元素氧化，烧失量越高，其对混凝土的影响越大。如下表7为汇总的测试结果。

表7 污泥陶粒烧失量

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 煮沸质量损失（%） | 0.82 | 1.34 | 10.22 | 16.76 | 3.44 | 1.88 |
| 序号 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 煮沸质量损失（%） | 20.22 | 2.50 | 0.54 | 1.12 | 4.80 | 7.26 |

如上表可知，不同厂家生产的污泥陶粒烧失量数据波动性较大，最小的为0.54%，数值较大的可达20.22%，结合GB/T 17431.1-2010对烧失量的规定及严格控制产品质量角度考虑，将烧失量定为≤5.0%，67%产品可满足要求。

**3.8硫化物和硫酸盐含量**

表8 污泥陶粒硫化物和硫酸盐含量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 硫化物和硫酸盐含量（%） | 0.49 | 0.77 | 1.21 | 1.33 | 0.89 |
| 序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 硫化物和硫酸盐含量（%） | 0.56 | 0.90 | 0.38 | 0.44 | 0.57 |

GB/T 17431.1-2010《轻集料及其试验方法 第1部分 轻集料》中对普通轻集料硫化物和硫酸盐含量限定为≤1.0%，煤矸石类≤1.5%，如上表可知，本次测试的10组样品，只有两组超出1.0%，80%产品可满足该要求，因此本标准限定硫化物和硫酸盐含量≤1.0%。

**3.9 有机物含量**

表9 污泥陶粒有机物含量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 有机物含量 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 |
| 序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 有机物含量 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 | 浅于标准色 |

与集料相关的各标准规范中提到的有机物含量限定及测试方法基本都一致，因此本规范中继续沿用GB/T 17431.1-2010《轻集料及其试验方法 第1部分 轻集料》中的相关规定。污泥陶粒制备中，一般会经过上千度的高温煅烧处理，一般情况下，其有机物含量较低，由上表可知，测试的10组样品测试结果均达标。

**3.10氯化物**

表10污泥陶粒氯化物

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 氯化物含量（%） | 0.011 | 0.008 | 0.013 | 0.009 | 0.006 |
| 序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 有机物含量（%） | 0.015 | 0.008 | 0.021 | 0.013 | 0.004 |

氯离子的主要危害是对钢筋产生电化学反应，引起钢筋锈蚀，GB/T 17431.1-2010中规定轻集料的氯离子含量≤0.02%，GB14684-2011中要求二类砂氯离子含量也是≤0.02%，一般认为满足这个指标的集料可正常使用，因此本规范将氯离子含量限定为≤0.02%，由上表测试结果可知，10组样品中，有一组出现了不合格，多数产品满足要求。

**3.11 放射性**

表11 污泥陶粒放射性

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 放射性 | IRa=0.32，Iγ=0.31 | IRa=0.24，Iγ=0.46 | IRa=0.19，Iγ=0.27 | IRa=0.75，Iγ=0.83 | IRa=0.41，Iγ=0.29 |
| 序号 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 放射性 | IRa=0.22，Iγ=0.18 | IRa=0.34，Iγ=0.27 | IRa=0.59，Iγ=0.46 | IRa=0.16，Iγ=0.26 | IRa=0.15，Iγ=0.19 |

放射性的检测方法及判定指标参考GB 6566-2010 《建筑材料放射性核素限量》。如上表数据可知，10个样品放射性检测结果均满足IRa≤1.0、Iγ≤1.0的要求，为鼓励污泥在陶粒中的应用，本规范中不划定更为严格的放射性指标，以满足国标中要求最严格的对建筑主体材料类的放射性限定指标，IRa≤1.0、Iγ≤1.0。

**3.12可浸出重金属含量**

表12 污泥陶粒可浸出

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品序号 | 砷（As）mg/L | 铅（Pb）mg/L | 镉（Cd）mg/L | 铬（Cr）mg/L | 铜（Cu）mg/L | 镍（Ni）mg/L | 锌（Zn）mg/L | 锰（Mn）mg/L |
| 1 | 0.035 | 0.080 | 0.035 | 0.02 | 0.645 | 0.07 | 0.8 | 0.1 |
| 2 | 0.030 | 0.095 | 0.005 | 0.07 | 0.180 | 0.09 | 0.6 | 0.2 |
| 3 | 0.070 | 0.185 | 0.009 | 0.01 | 0.450 | 0.03 | / | 0.6 |
| 4 | 0.020 | 0.090 | 0.006 | 0.10 | 0.765 | 0.07 | 0.2 | 0.7 |
| 5 | 0.025 | 0.030 | 0.011 | 0.13 | 0.230 | 0.08 | 0.4 | 0.3 |
| 6 | 0.070 | 0.165 | 0.007 | 0.08 | 0.275 | 0.12 | 0.2 | 0.6 |
| 7 | 0.115 | 0.020 | 0.014 | 0.06 | 0.330 | 0.11 | 0.6 | 0.4 |
| 8 | 0.010 | 0.080 | 0.031 | 0.05 | 0.345 | 0.09 | 0.2 | 0.3 |
| 9 | 0.065 | 0.105 | 0.014 | 0.11 | 1.050 | 0.05 | 0.4 | 0.3 |
| 10 | 0.080 | 0.075 | 0.019 | 0.07 | 0.405 | 0.07 | 0.1 | 0.5 |

污泥陶粒中至少含有30%以上的污泥，其主要来源于城镇污水处理厂污泥、工业污泥、清淤污泥、建筑废弃土等，其成分中往往含有一定量的重金属，为防止污泥陶粒中的重金属产生二次污染，参考 GB/T 30810-2014，对污泥陶粒中8种重金属浸出值进行了限定，由上表数据可知，4组样品检测结果超出限定，多数污泥陶粒的重金属浸出值满足规范要求。

**4小结**

基于样品的试验检测数据及现行相关标准规范，从严格把关产品质量、促进污泥在陶粒中应用角度考虑，制定了本文本。对涉及到安全性等重要指标进行了严格限定，对一般性参数主要以满足现行相关标准规范的指标进行限定。