****T/CECSxxx-2021

中国工程建设标准化协会标准

**焚烧炉渣再生骨料应用技术规程**

Technical specification for application of Incineration slag recycled aggregate

（**征求意见稿**）

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

焚烧炉渣再生骨料应用技术规程

Technical specification for application of Incineration slag recycled aggregate

**T/CECS xxx－2021**

主编单位：上海市建筑科学研究院有限公司

上海秦望环保材料有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2021年XX月XX日

中国计划出版社

2021年 北京

前 言

由上海市建筑科学研究院主编协会标准《焚烧炉渣再生骨料应用技术规程》，归口分支机构：建筑与市政工程产品应用分会。

根据中国工程建设标准化协会“关于印发《2018年第二批协会标准制订、修订计划》的通知”建标协字〔2018〕030号文的要求，规程编制组经过深入调查研究，认真总结科研成果和实践经验，参考有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为7章和2个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、焚烧炉渣再生骨料的技术要求、进场检验、运输和储存、焚烧炉渣再生骨料砌块、焚烧炉渣再生骨料砖、焚烧炉渣再生骨料墙板、焚烧炉渣再生骨料道路材料等。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会建筑与市政工程产品应用分会专业委员会归口管理，由上海市建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：上海市闵行区申富路568号，邮政编码：201100），以供修订时参考。

**主 编 单 位：**上海市建筑科学研究院有限公司

上海秦望环保材料有限公司

**参 编 单 位：**上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

江苏秦郡环保科技有限公司

东莞众淼环保科技有限公司

广东联恒再生资源有限公司

广东忠能科技有限公司

上海复洁环保科技股份有限公司

深耀环境科技（山东）有限公司

上海新宇墙体材料有限公司

上海良浦住宅工业有限公司

上海海砌建材有限公司

**主要起草人：**

**主要审查人：**

**目次**

[1 总 则 1](#_Toc71191924)

[2 术语 2](#_Toc71191925)

[3 基本规定 3](#_Toc71191926)

[4 焚烧炉渣再生骨（集）料性能要求 4](#_Toc71191927)

[4.1 再生骨料砌块（砖）用焚烧炉渣骨料性能 4](#_Toc71191928)

[4.2 轻质隔墙条板用焚烧炉渣骨料性能 5](#_Toc71191929)

[4.3 道路材料用焚烧炉渣集料性能 6](#_Toc71191930)

[5 砌块（砖） 7](#_Toc71191931)

[5.1 一般规定 7](#_Toc71191932)

[5.2 性能要求 8](#_Toc71191933)

[5.3 加工制备 7](#_Toc71191934)

[5.4 施工 9](#_Toc71191935)

[5.5 质量检验 9](#_Toc71191936)

[6 轻质隔墙条板 10](#_Toc71191937)

[6.1 一般规定 10](#_Toc71191938)

[6.2 性能要求 12](#_Toc71191939)

[6.3 加工制备 10](#_Toc71191940)

[6.4 施工 12](#_Toc71191941)

[6.5 质量检验 12](#_Toc71191942)

[7 道路材料 14](#_Toc71191943)

[7.1 一般规定 14](#_Toc71191944)

[7.2 性能要求 17](#_Toc71191945)

[7.3 加工制备 14](#_Toc71191946)

[7.4 施工 17](#_Toc71191947)

[7.5 质量检验 17](#_Toc71191948)

[本规程用词说明 19](#_Toc71191949)

[引用标准名录 20](#_Toc71191950)

[附条文说明 22](#_Toc71191951)

**Contents**

[1 General provisions 1](#_Toc71191924)

[2 Terms 2](#_Toc71191925)

[3 Basic requirements 3](#_Toc71191926)

[4 Performance requirements of recycled aggregate from incinerator slag 4](#_Toc71191927)

[4.1 Performance requirements of incinerator slag aggregate for incinerator slag recycled aggregate block (brick) 4](#_Toc71191928)

[4.2 Performance requirements of incinerator slag aggregate for lightweight partition board 5](#_Toc71191929)

[4.3 Performance requirements of incinerator slag aggregate for road materials 6](#_Toc71191930)

[5 block (brick) 7](#_Toc71191931)

[5.1 General requirement 7](#_Toc71191932)

[5.2 Performance requirement 8](#_Toc71191933)

[5.3 Processing and preparation 7](#_Toc71191934)

[5.4 Construction 9](#_Toc71191935)

[5.5 Quality testing 9](#_Toc71191936)

[6 Lightweight partition board 10](#_Toc71191937)

[6.1 General requiremen 10](#_Toc71191938)

[6.2 Performance requirement 12](#_Toc71191939)

[6.3 Processing and preparation 10](#_Toc71191940)

[6.4 Construction 12](#_Toc71191941)

[6.5 Quality testing 12](#_Toc71191942)

[7 Road materials 14](#_Toc71191943)

[7.1 General requiremen 14](#_Toc71191944)

[7.2 Performance requirement 17](#_Toc71191945)

[7.3 Processing and preparation 14](#_Toc71191946)

[7.4 Construction 17](#_Toc71191947)

[7.5 Quality testing 17](#_Toc71191948)

[Explanation of words used in this regulation 19](#_Toc71191949)

[List of cited standards 20](#_Toc71191950)

[Description of attached provisions 22](#_Toc71191951)

# **1 总 则**

**1.0.1** 为了规范焚烧炉渣在砌块（砖）、轻质隔墙条板、道路材料中的应用，做到安全适用、节能环保、确保质量，制定本规范。

**1.0.2**  本标准适用于使用焚烧炉渣再生骨料替代部分天然骨料制成的焚烧炉渣再生骨料砌块、焚烧炉渣再生骨料砖、焚烧炉渣再生骨料墙板、焚烧炉渣再生骨料道路材料。

**1.0.3**  焚烧炉渣再生骨料替代部分天然骨料制成的焚烧炉渣再生骨料砌块、焚烧炉渣再生骨料砖、焚烧炉渣再生骨料墙板、焚烧炉渣再生骨料道路材料除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# **2 术语**

**2.0.1** 焚烧炉渣再生骨料 recycled aggregate of incinerator slag

由生活垃圾焚烧炉渣，经破碎、水洗和筛分等预处理工艺加工而成的颗粒。

**2.0.2** 焚烧炉渣再生骨料混凝土砌块（砖） recycled aggregate block（brick）

以水泥、掺合料、砂、石、焚烧炉渣再生骨料等为主要原材料，再生骨料取代率不低于20%，经配料、加水搅拌、成型、养护等工艺制成的混凝土砌块（砖），包括再生骨料普通混凝土小型砌块、再生骨料非承重混凝土空心砖、再生骨料承重混凝土多孔砖和再生骨料混凝土实心砖。

**2.0.3** 焚烧炉渣再生骨料墙板 Recycled aggregate wallboard of incinerator bottom slag

掺入焚烧炉渣再生骨料，经搅拌、成型、养护等工艺过程制成的墙板。

**2.0.8** 石灰粉煤灰稳定炉渣碎石 lime and fly ash stabilized BAA and crushed stones

掺配有一定比例焚烧炉渣再生骨料的石灰粉煤灰稳定材料，在压实和养生后，当其抗压强度符合规定要求时，可用于道路结构基层或底基层，简称二灰稳定炉渣碎石。

**2.0.9** 水泥稳定炉渣碎石 cement stabilized BAA and crushed stones

掺配有一定比例焚烧炉渣再生骨料的水泥稳定材料，在压实和养生后，当其抗压强度符合规定要求时，可用于道路结构基层或底基层，简称水稳炉渣碎石。

**2.0.10** 水泥粉煤灰稳定炉渣碎石 cement and fly ash stabilized BAA and crushed stones

掺配有一定比例焚烧炉渣再生骨料的水泥粉煤灰稳定材料，经压实和养生后，当其抗压强度符合规定要求时，可用于道路结构基层或底基层。

# **3 基本规定**

**3.0.1**利用焚烧炉渣生产的再生骨料应符合我国环保和安全相关标准规范的要求，不应对人体、生物、环境产生有害影响。

**3.0.2** 焚烧炉渣再生骨料用于轻质隔墙条板取代率不宜高于30%。

**3.0.3** 再生骨料和利用再生骨料制成的混凝土砌块（砖）、轻质隔墙条板的放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定。

# **4再生骨（集）料性能**

**4.1 砌块（砖）用焚烧炉渣骨料性能**

**4.1.1 颗粒级配**

焚烧炉渣再生骨料的颗粒级配应符合表4.1.1的规定。

**表4.1.1 颗粒级配**

|  |  |
| --- | --- |
| 方孔筛/mm | 累计筛余/% |
| 4.75~9.50 | 10~30 |
| 2.36~4.75 | 20~40 |
| 0.15~2.36 | 40~65 |
| ＜0.15 | ＜15 |

**4.1.2 微粉（粉末）和泥块含量**

焚烧炉渣再生骨料的微粉（粉末）和泥块含量应符合表4.1.2的规定。

**表4.1.2 微粉（粉末）和泥块含量**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 微粉（粉末）含 量/% | MB 值≤1.40 | ≤10.0 |
| MB 值＞1.40 | ≤5.0 |
| 泥块含量/% | ≤1.5 |

**4.1.3 饱和面干吸水率**

焚烧炉渣再生骨料的饱和面干吸水率应符合表4.1.3的规定。

**表4.1.3 饱和面干吸水率**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 饱和面干吸水率/% | ＜8 |

**4.1.4 有害物质含量**

焚烧炉渣再生骨料中有害物质含量应符合表4.1.4的规定。

**表4.1.4 有害物质含量**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 含铁量/% | ＜2 |
| 轻物质含量（按质量计）/% | ＜1.0 |
| 有机物含量（比色法） | 合格 |
| 硫化物及硫酸盐含量（按 SO3质量计）/% | ＜2.0 |

**4.1.5 坚固性**

**1** 采用硫酸钠溶液法进行试验。再生骨料经 5 次循环后，质量损失应符合表 4.1.5-1的规定。

**表4.1.5-1 质量损失指标**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 质量损失/% | ＜10 |

**2** 焚烧炉渣再生骨料压碎指标应符合表 4.1.5-2 的规定。

**表4.1.5-2 压碎指标**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 质量损失/% | ＜35 |

**4.1.6** 表观密度、松散堆积密度和空隙率

焚烧炉渣再生骨料的表观密度、松散堆积密度和空隙率应符合表4.1.6的规定。

**表4.1.6 表观密度、松散堆积密度和空隙率**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 表观密度/（kg/m3） | ≥2100 |
| 松散堆积密度/（kg/m3） | ≥1100 |
| 空隙率/% | ≤53 |

**4.1.7 碱集料反应**

经碱集料反应试验后，由焚烧炉渣再生骨料制备的试件应无裂缝、酥裂或胶体外溢等现象，膨胀率应小于 0.10%。

**4.1.8 含水率**

焚烧炉渣再生骨料含水率应小于或等于10%（以质量计）。

**4.1.9 筒压强度**

焚烧炉渣再生骨料筒压强度应大于或等于2. 0 MPa。

**4.1.10** 对用以加工焚烧炉渣再生骨料的生活垃圾焚烧炉渣中有害物质的控制应符合下列要求：

**1**  放射性检测应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定；

**2** 重金属毒性检测应符合《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB 5085.3的规定；

**3** 热灼减率检测应符合《生活垃圾焚烧污染物控制标准》GB 18485的规定。

**4.2 轻质隔墙条板用焚烧炉渣骨料性能**

**4.2.1 颗粒级配**

焚烧炉渣再生骨料的颗粒级配应符合表4.2.1的规定。

**表4.2.1 颗粒级配**

|  |  |
| --- | --- |
| 方孔筛/mm | 累计筛余/% |
| 4.75~9.50 | 0 |
| 2.36~4.75 | 5~15 |
| 1.18~2.36 | 20~30 |
| 0.6~1.18 | 30~40 |
| 0.15~0.6 | 30~40 |
| ＜0.15 | ＜5 |

**4.2.2 微粉（粉末）和泥块含量**

焚烧炉渣再生骨料的微粉（粉末）和泥块含量应符合表4.2.2的规定。

**表4.2.2 微粉（粉末）和泥块含量**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 微粉（粉末）含 量/% | MB 值≤1.40 | ≤10.0 |
| MB 值＞1.40 | ≤5.0 |
| 泥块含量/% | ≤1.0 |

**4.2.3 玻璃粒径**

焚烧炉渣再生骨料的玻璃粒径应符合表4.2.3的规定。

**表4.2.3 焚烧炉渣再生骨料的玻璃粒径**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料所含玻璃 |
| 粒径/mm | ＜3 |

**4.2.4 有害物质含量**

焚烧炉渣再生骨料中有害物质含量应符合表4.2.4的规定。

**表4.2.4 有害物质含量**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 金属含量/% | ＜5.0 |
| 氧化铝含量/% | ＜8.0 |
| 玻璃含量/% | ＜5.0 |
| 轻物质含量（按质量计）/% | ＜1.0 |
| 有机物含量（比色法） | 合格 |
| 硫化物及硫酸盐含量（按 SO3质量计）/% | ＜2.0 |

**4.2.5 压碎指标**

焚烧炉渣再生骨料的压碎指标应符合表 4.2.5 的规定。

**表4.2.5 压碎指标**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 质量损失/% | ＜30 |

**4.2.6** 表观密度、松散堆积密度和空隙率

焚烧炉渣再生骨料的表观密度、松散堆积密度和空隙率应符合表4.2.6的规定。

**表4.2.6 表观密度、松散堆积密度和空隙率**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 焚烧炉渣再生骨料 |
| 表观密度/（kg/m3） | ≥2100 |
| 松散堆积密度/（kg/m3） | ≥1100 |
| 空隙率/% | ≤53 |

**4.2.7 碱集料反应**

经碱集料反应试验后，由焚烧炉渣再生骨料制备的试件应无裂缝、酥裂或胶体外溢等现象，膨胀率应小于 0.10%。

**4.2.8 含水率**

焚烧炉渣再生骨料含水率应小于或等于10%（以质量计）。

**4.2.9** 对用以加工焚烧炉渣再生骨料的生活垃圾焚烧炉渣中有害物质的控制应符合下列规定：

**1**  放射性检测应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定；

**2** 重金属毒性检测应符合《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB 5085.3的规定；

**3** 热灼减率检测应符合《生活垃圾焚烧污染物控制标准》GB 18485的规定。

**4.3** **道路材料用焚烧炉渣集料性能**

**4.3.1** 焚烧炉渣再生集料应符合以下规定：

**1** 焚烧炉渣再生集料应分档存放；

**2** 焚烧炉渣再生集料中的含杂量应符合《生活垃圾焚烧炉渣集料》GB/T 25032中的规定；

**3** 焚烧炉渣再生集料技术指标应符合表4.3.1的规定；

表4.3.1 焚烧炉渣再生集料的技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 技术指标 | 指标单位 | 技术要求注 | 检测方法 |
| 路基回填 | 垫层 | 底基层 | 基层 |
| 1 | 焚烧炉渣再生集料 | 含水量 | % | ≤10 | ≤10 | ≤10 | ≤10 | JTG E42（T 0332） |
| 2 | 表观密度 | g/cm3  | ≥30 | ≥2.300 | ≥2.300 | ≥2.300 | JTG E42（T 0305/T 0328） |
| 3 | 压碎值 | % | — | ≤40 | ≤35 | ≤30 | JTG E42（T 0316/T 0350） |

注：1）括号中数字适用于地下水位下使用的焚烧炉渣再生集料；

2）表中“——”表示不作要求。

# **5****砌块（砖）**

**5.1 一般规定**

**5.1.1**  焚烧炉渣再生骨料及焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的放射性应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566中建筑主体材料的有关规定。

**5.1.2**  焚烧炉渣再生骨料的选择应满足所制备焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的性能要求。

**5.1.3** 焚烧炉渣再生骨料的应用应符合国家有关安全和环保的规定。

**5.2 性能要求**

**5.2.1** 焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）尺寸允许偏差和外观质量应符合表5.3.1的规定。

表5.2.1 再生骨料砌块尺寸允许偏差和外观质量

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| 尺寸允许偏差（mm） | 长度 | ±2 |
| 宽度 | ±2 |
| 高度 | ±2 |
| 最小外壁厚（mm） | 用于承重墙体 | ≥30 |
| 用于非承重墙体 | ≥16 |
| 肋厚（mm） | 用于承重墙体 | ≥25 |
| 用于非承重墙体 | ≥15 |
| 缺棱掉角 | 个数（个） | ≤2 |
| 三个方向投影的最小值（mm） | ≤20 |
| 裂缝延伸投影的累计尺寸（mm） | ≤20 |
| 弯曲（mm） | ≤2 |

**5.2.2** 焚烧炉渣再生骨料普通混凝土小型砌块强度等级为MU5.0、MU7.5和MU10.0。

**5.2.3** 焚烧炉渣再生骨料非承重混凝土空心砖强度等级为MU5、MU7.5和MU10。

**5.2.4** 焚烧炉渣再生骨料承重混凝土多孔砖强度等级为MU15、MU20。

**5.2.5** 焚烧炉渣再生骨料混凝土实心砖强度等级为MU15、MU20。

**5.2.6** 焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的抗压强度应符合表5.3.6的规定。

表5.2.6 焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）抗压强度

|  |  |
| --- | --- |
| 强度等级 | 抗压强度（MPa） |
| 平均值 | 单块最小值 |
| MU5 | ≥5.0 | ≥4.0 |
| MU7.5 | ≥7.5 | ≥6.0 |
| MU10 | ≥10.0 | ≥8.0 |
| MU15 | ≥15.0 | ≥12.0 |
| MU20 | ≥20.0 | ≥16.0 |

**5.2.7** 焚烧炉渣再生骨料制备普通混凝土砌块（砖）时，应进行蒸压安定性试验，试验合格后方可使用。

**5.2.8** 焚烧炉渣再生骨料普通混凝土小型砌块质量应符合《普通混凝土小型砌块》GB/T 8239的规定。

**5.2.9** 焚烧炉渣再生骨料非承重混凝土空心砖质量应符合《非承重混凝土空心砖》GB/T 24492的规定。

**5.2.10** 焚烧炉渣再生骨料承重混凝土多孔砖质量应符合《承重混凝土多孔砖》GB 25779的规定。

**5.2.11** 焚烧炉渣再生骨料混凝土实心砖质量应符合《混凝土实心砖》GB/T 21144的规定。

**5.2.12**  焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）干燥收缩率不应大于0.060%；相对含水率应符合表5.2.12-1的规定；抗冻性应符合表5.2.12-2的规定；碳化系数（*K*c）和软化系数（*K*f）均不应小于0.80。

相对含水率可按下式计算：

$W=100×\frac{ω\_{1}}{ω\_{2}}$ （5.2.12）

表5.2.12-1 焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）相对含水率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 使用地区的湿度条件 | 潮湿 | 中等 | 干燥 |
| 相对含水率（%） | ≤40 | ≤35 | ≤30 |

注:潮湿是指年平均相对湿度大于75%的地区；中等是指年平均相对湿度为50%~75%的地区；干燥是指年平均相对湿度小于50%的地区。

表5.2.12-2 焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）抗冻性

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 使用条件 | 抗冻指标 | 质量损失率（%） | 强度损失率（%） |
| 夏热冬暖地区 | D15 | ≤5 | ≤25 |
| 夏热冬冷地区 | D25 |
| 寒冷地区 | D35 |
| 严寒地区 | D50 |

**5.2 加工制备**

**5.3.1** 制作焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）所用的混凝土材料的强度等级可根据式5.3.1进行计算。

 （5.3.1）

式中：$f\_{cu.i}$——焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）28d抗压强度；

$f\_{cu.k}$——制作焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）所用的混凝土材料的设计强度；

*a，b*——回归系数，按本规程5.3.2条的规定取值；

$K$——焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的空心率。

**5.3.2** 回归系数（*a，b*）宜根据所使用的原材料，通过试验建立的焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）28d抗压强度和混凝土材料强度关系式来确定。当不具备上述试验统计资料时，可按表5.3.2选用。

表5.3.2 回归系数（*a，b*）取值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 系数 | *a* | *b* |
| 取值 | 0.958 | 1.129 |

**5.3.3**  掺用焚烧炉渣再生骨料的混凝土材料的配合比计算应按照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的有关规定执行。

**5.3.4**  在计算配合比的基础上应进行试拌。保持计算水胶比不变，通过调整配合比其他参数使混凝土材料的性能满足和易性、强度和耐久性等要求，提出试拌配合比。

**5.3.5** 应在试拌配合比的基础上按照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55规定的方法，制作焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）进行配合比试配调整。

**5.3.6** 焚烧炉渣再生骨料中0.15mm以下颗粒含量大于10%且不大于20%时，焚烧炉渣再生骨料取代率不宜大于30%。焚烧炉渣再生骨料中0.15mm以下颗粒含量不大于10%时，焚烧炉渣再生骨料取代率不宜大于40%。焚烧炉渣再生骨料取代率大于40%时，应通过试验对其结果作出可行性评定。

**5.3.7**  原材料应按种类分别储存，焚烧炉渣再生骨料应选择厂房、库棚储存。

**5.3.8** 每班次应对焚烧炉渣再生骨料进行含水率测定，计算调整搅拌用水量。

**5.3.9**  原材料应采用自动计量，骨料计量的最大允许偏差宜控制在±2%，水泥计量的最大允许偏差宜控制在±1%。

**5.3.10**  混凝土应采用强制搅拌，搅拌时间不宜少于180s。

**5.3.11**  宜根据焚烧炉渣再生骨料及焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）性能调整压缩比。

**5.3.12**  焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）制备除满足上述要求外，还应符合本市混凝土砌块（砖）的相关规定。

**5.3.13** 焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）可采用室内低温养护和自然养护。

**5.3.14** 焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）脱模后宜采用室内低温养护，养护时间宜为10h～12h，养护温度宜控制在50℃～55℃，相对湿度不宜低于90%。养护龄期应不少于28d。

**5.3.15** 焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）采用自然养护时，应根据气候条件进行浇水保湿。常温条件下，每天宜浇水4～6次。温度高于30℃条件下，宜增加1～2次浇水。浇水时应对成品表面进行覆盖；气温低于5℃时，不宜进行浇水，应对成品采取覆盖保温措施。

**5.4 施工**

**5.4.1**焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的施工及质量验收按照《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》JGJ/T 14、《混凝土砖建筑技术规范》CECS 257:2009、《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203等标准的规定执行。

**5.5 质量检验**

**5.5.1**  焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）进场时，应按规定批次检查型式检验报告、出厂检验报告及质保书等质量证明文件。

**5.5.2**  焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）进场时，应对尺寸允许偏差、外观质量和抗压强度进行检验。

**5.5.3**  同一配合比、同一工艺制作的同一强度等级的焚烧炉渣再生骨料砌块（砖），每10000块应作为一个检验批，不足10000块的应按一批计。

**5.5.4** 进场检验时，每批应随机抽取32块焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）。受检的32块砌块中，尺寸允许偏差和外观质量的不合格数不超过4块时，应判定该批砌块尺寸允许偏差和外观质量合格，否则，应判定该批砌块尺寸允许偏差和外观质量为不合格。从尺寸允许偏差和外观质量合格的样品中随机抽取5块进行抗压强度检验，当抗压强度符合本规程第5.3.2条~第5.3.6条的规定时，应判定该批产品合格，否则，应判定该批产品不合格。

**5.5.5**  焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的施工及质量验收按照《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》JGJ/T 14、《混凝土砖建筑技术规范》CECS 257：2009、《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203等标准的规定执行。

# **6** **轻质隔墙条板**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 焚烧炉渣再生骨料墙板的原材料应符合国家现行有关标准的规定，并应优先采用节能、利废、环保的原材料，不应使用国家及本市明令淘汰的材料。

**6.1.2**  用于焚烧炉渣再生骨料墙板的板间接缝的密封、嵌缝、粘结及防裂增强材料的性能应与墙板材料性能具有相容性。

**6.1.3**  焚烧炉渣再生骨料墙板安装时采用的配套材料应符合国家现行有关标准的规定。

**6.1.4**  焚烧炉渣再生骨料墙板尺寸应结合建筑、结构、装饰、制作工艺、运输、施工安装以及维护等确定，尺寸宜与装配式建筑模数相协调，并应符合现行国家标准《建筑模数协调标准》GB/T 50002的有关规定。

**6.1.5**  焚烧炉渣再生骨料墙板应考虑与相关设备及管线相匹配，并宜由墙板生产企业提供深化设计。

**6.1.6**  焚烧炉渣再生骨料墙板的设计使用年限应与主体结构一致。

**6.2 性能要求**

**6.2.1** 焚烧炉渣再生骨料墙板的规格尺寸应符合下列规定：

  **1** 长度L应符合设计要求或由供需双方协商确定，长度不小于宽度的2.5倍；

  **2**  宽度B主规格宜为300mm、450mm、600mm；

   **3**  厚度T主规格宜为100mm、120mm、150mm。

**6.2.2**  进场时焚烧炉渣再生骨料墙板的外观质量及测试方法应符合表的规定。

**表 6.2.2 焚烧炉渣再生骨料墙板的外观质量及测试方法检验**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 指标 | 测试方法 |
| 板的横向、纵向、厚度方向贯通裂缝 | 无 | GB/T 23451 |
| 长度为50mm~100mm，宽度为0.5mm~1.0mm的板面裂缝 | ≤2处/板 |
| 长径为5mm~30mm的蜂窝气孔 | ≤3处/板 |
| 宽度×长度为10mm×25mm~20mm×30mm的缺棱掉角 | ≤2处/板 |
| 壁厚（mm） | ≥7 |
| 墙板企口不得缺损，企口对接应吻合 | —— |

注：第2、3、4项中低于下限值的缺陷忽略不计，高于上限值的缺陷为不合格。

**6.2.3**  焚烧炉渣再生骨料墙板的尺寸允许偏差及测试方法应符合表 6.2.3的规定。

**表 6.2.3 焚烧炉渣再生骨料墙板的尺寸允许偏差（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 | 测试方法 |
| 长度 | ±5 | GB/T 23451 |
| 宽度 | ±2 |
| 厚度 | ±1.0 |
| 板面平整度 | ≤2.0 |
| 对角线差 | ≤6 |
| 侧向弯曲 | ≤L/1000 |

**6.2.4** 焚烧炉渣再生骨料墙板的物理力学性能及测试方法应符合表 的规定。

**表 6.2.4 焚烧炉渣再生骨料墙板物理力学性能指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 指标 | 测试方法 |
| 板厚90mm | 板厚120mm |
| 1 | 抗冲击性能 | 经5次抗冲击试验后表面无裂纹 | GB/T 23451 |
| 2 | 抗弯承载（板自重倍数） | ≥1.5 |
| 3 | 抗压强度（MPa） | ≥3.5 |
| 4 | 软化系数 | ≥0.80 |
| 5 | 面密度（kg/m3） | ≤90 | ≤120 |
| 6 | 含水率（%） | ≤12 |
| 7 | 干燥收缩值（mm/m） | ≤0.6 |
| 8 | 吊挂力 | 荷载1000N静置24h，板面无宽度超过0.5 mm的裂缝 |
| 9 | 抗冻性1 | 不应出现可见的裂纹且表面无变化 |
| 10 | 空气声计权隔声量（dB） | ≥35 | ≥40 | GB/T19889.3 |
| 11 | 耐火极限（h） | ≥1 | GB/T 9978. 1 |
| 12 | 燃烧性能 | A1或A2级 | GB 8624 |

注：1 夏热冬冷地区不检此项。

**6.2.5** 焚烧炉渣再生骨料制备轻质隔墙条板时，应进行蒸压安定性试验，试验合格后方可使用。

**6.2.6** 放射性核素限量及测试方法应符合表 的规定。

**表 6.2.5 放射性核素限量**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 指标 | 测试方法 |
| IRa（内照射指数） | ≤1.0 | GB 6566 |
| Iγ（外照射指数） | ≤1.0 |

**6.3 加工制备**

**6.3.1**  轻质隔墙条板应采用机械化生产工艺制成。

**6.3.2** 胶凝材料中水泥应符合《通用硅酸盐水泥规范》GB 175、《硫铝酸盐水泥》GB 20472的规定。

**6.3.3** 骨料应符合《建筑用卵石、碎石》GB/T 14685、《建设用砂》GB/T 14684、《轻集料及其试验方法》GB/T 17431.1的相关要求，再生骨料应符合《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177的相关规定。

**6.3.4**  生产拌和用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

**6.3.5**  增强材料应符合《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701、《一般用途低碳钢丝》YB/T 5294等的规定。

**6.3.6**  外掺料应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046、《用于水泥和混凝土中的钢渣粉》GB/T 20491、《石灰石粉在混凝土中应用技术规程》JGJ/T 318等的规定。

**6.3.7**  混凝土外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076的规定。

**6.4 施工**

**6.4.1**焚烧炉渣再生骨料轻质隔墙条板的施工及质量验收按照《建筑轻质条板隔墙技术规程》JGJ/T 157等标准的规定执行。

**6.5 质量检验**

**6.5.1** 焚烧炉渣再生骨料墙板进场时，应对其产品合格证、出厂检验报告和性能检测报告进行检验，检查数量按进场的批次和产品抽样检验方案确定。

**6.5.2** 焚烧炉渣再生骨料墙板进场时，应根据设计要求按进行面密度、抗压强度的复验，检验方法应符合相应指标的测试方法规定，并应符合下列规定：

 **1** 同一进场、同种规格的焚烧炉渣再生骨料墙板，3000m2（含不足3000m2）应作为一个检验批。每批应至少检验1次；

    **2** 应采用检查进场复验报告的方法复验。

**6.5.3** 焚烧炉渣再生骨料墙板墙体工程的质量验收应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300和《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210的有关规定。

**6.5.4**  焚烧炉渣再生骨料墙板墙体验收应符合现行行业标准《建筑轻质条板隔墙技术规程》JGJ/T 157的有关规定。验收时应提供下列资料：

 **1**  设计及工程技术资料；

   **2**  产品合格证；

   **3** 性能检测报告；

  **4**  进场复验报告。

# **7 道路材料**

**7.1 一般规定**

**7.1.1**  原材料运至生产施工现场之前，材料供应商应提供材料的质量检测报告和商检报告。

**7.1.2**  原材料运至现场后应取样进行质量检测，经评定合格后方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。

**7.1.3** 原材料应按品种、规格分类存放，严禁混杂堆放。堆放场地应采取硬化措施，设置隔水和隔离措施，防止淋雨。

**7.1.4** 焚烧炉渣再生集料填筑路基与路基改善层应符合现行道路路基设计及施工规范的规定。

**7.1.5**  焚烧炉渣再生集料填筑路基应采用重型击实标准。

**7.1.6**  焚烧炉渣再生集料不得用于距离饮用水源不足50m地下水位以下路基填筑工程。

**7.1.7**  石灰粉煤灰稳定炉渣碎石、水泥稳定炉渣碎石、水泥粉煤灰稳定炉渣碎石（以下统一简称混合料）的配合比设计内容和设计方法应符合《公路路面基层施工技术细则》JTG/T F20的有关规定。

**7.1.8** 混合料中宜选用粒径0mm~5mm或0mm~10mm的焚烧炉渣再生集料，具体掺量应通过试验确定。

**7.1.9** 确定混合料的最大干密度、最佳含水量指标时，宜采用重型击实方法，也可以采用振动压实方法。

**7.1.10**  混合料的各项试验应按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》JTG E51的要求执行。

**7.2 性能要求**

**7.2.1**  焚烧炉渣再生集料填筑路基应符合以下规定：

**1**  焚烧炉渣再生集料填筑路基应分层铺筑与压实，每一层压实厚度不应大于250m。

**2**  焚烧炉渣再生集料填筑路基压实度应符合以下规定：

1）公路工程焚烧炉渣再生集料路基填筑压实度质量要求应符合表7.2.1-1的规定。

表7.2.1-1 公路工程焚烧炉渣再生集料路基填筑压实度质要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 填挖类型 | 路面底面以下深度（m） | 压实度（%） |
| 高速公路和一级公路 | 二级公路 | 三、四级公路 |
| 路堤 | 上路床 | 0-0.3 | ≥96 | ≥95 | ≥95 |
| 下路床 | 03-0.8 | ≥96 | ≥95 | ≥95 |
| 上路堤 | 0.8-1.5 | ≥94 | ≥94 | ≥94 |
| 下路堤 | 1.5以下 | ≥93 | ≥92 | ≥92 |
| 零填及挖方路基 | 0-0.3 | ≥96 | ≥95 |
| 0.3-0.8 | ≥96 | ≥95 |

2）城市道路焚烧炉渣再生集料路基填筑压实度质量要求应符合表7.2.1-2的规定。

表7.2.1-2 城市道路焚烧炉渣再生集料路基填筑压实度质要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 填挖类型 | 路面底面以下深度（m） | 压实度（%） |
| 快速路 | 主干路及承受重交通荷载的次干路 | 次干路及承受中交通荷载的支路 | 支路 |
| 路堤 | 上路床 | 0-0.3 | ≥96 | ≥95 | ≥94 | ≥92 |
| 下路床 | 0.3-0.8 | ≥96 | ≥95 | ≥94 | ≥92 |
| 上路堤 | 0.8-1.5 | ≥94 | ≥93 | ≥92 | ≥91 |
| 下路堤 | 1.5以下 | ≥93 | ≥92 | ≥91 | ≥90 |
| 零填及挖方路基 | 0-0.3 | ≥96 | ≥95 | ≥94 | ≥92 |
| 0.3-0.8 | ≥94 | ≥95 | — | — |

**3** 当焚烧炉渣再生集料用于沟槽回填时，管顶0.5m以上压实度应按本规程7.2.1中第2条执行。

**7.2.2**  焚烧炉渣再生集料路基改善层填筑应符合以下规定：

**1**  路基改善层填筑用料应采用不少于两个规格的焚烧炉渣再生集料进行组配，组配后矿料级配组成应符合表7.2.2-1的规定。

表7.2.2-1 焚烧炉渣再生集料路基改善层矿料级配组成

|  |  |
| --- | --- |
| 级配 | 通过下列筛孔（mm）质量百分率（％） |
| 31.5 | 19 | 4.75 | 0.6 | 0.075 |
| 上限 | 100 | 100 | 50 | 25 | 5 |
| 下限 | 100 | 90 | 30 | g | 0 |

**2** 各级道路的排水路基改善层应与边缘排水系统相连接，路基改善层宽度应铺筑到路基边缘或与边沟下的渗沟相连接。

**3**  路基改善层厚度一般宜大于或等于150mm。

**4** 路基改善层压实度应符合以下规定：

1）公路工程焚焚烧炉渣再生集料路基改善层填筑压实度质量要求应符合表7.2.2-2的规定。

表7.2.2-2 公路工程焚烧炉渣再生集料路基改善层填筑压实度质要求

|  |  |
| --- | --- |
| 试验项目 | 公路等级 |
| 高速公路和一级公路 | 二级公路 | 三、四级公路 |
| 压实度（%） | ≥97 | ≥96 | ≥96 |

2）城市道路焚烧炉渣再生集料路基改善层填筑压实度质量要求应符合表7.2.2-3的规定。

表7.2.2-3 城市道路焚烧炉渣再生集料路基改善层填筑压实度质量要求

|  |  |
| --- | --- |
| 试验项目 | 城市道路等级 |
| 快速路 | 主干路及承受重交通荷载的次干路 | 次干路及承受中交通荷载的支路 | 支路 |
| 压实度（%） | ≥97 | ≥96 | ≥95 | ≥93 |

**7.2.3** 石灰粉煤灰稳定炉渣碎石应符合以下规定：

**1**  按照石灰粉煤灰稳定炉渣碎石中集料的最大粒径，分为细粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石（碎石粒径<37.5mm）与粗粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石（碎石粒径范围31.5mm~53mm）。

**2**  石灰粉煤灰稳定炉渣碎石混合料的7d浸水无侧限抗压强度应满足设计要求，无设计要求时应符合下列规定：

1）细粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石材料7d浸水无侧限抗压强度代表值应符合表7.2.3-1的规定。

表7.2.3-1 细粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石混合料强度（MPa）代表值要求

|  |  |
| --- | --- |
| 结构层位 | 交通荷载等级 |
| 特重、重 | 中交通 | 轻交通 |
| 基层 | ≥1.0 | ≥0.8 | ≥0.6 |
| 底基层 | ≥0.8 | ≥0.6 | ≥0.5 |

2）粗粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石的强度以石灰、粉煤灰、焚烧炉渣再生集料拌制混合料在（65±2）℃条件下保温24h 快速法测定结果为准，应满足表7.2.3-2的规定。

表7.2.3-2 粗粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石混合料强度（MPa）代表值要求

|  |  |
| --- | --- |
| 结构层位 | 交通荷载等级 |
| 特重、重 | 中交通 | 轻交通 |
| 基层 | ≥1.8 | ≥1.5 | ≥1.2 |
| 底基层 | ≥1.4 | ≥1.2 | ≥1.0 |

**3**  石灰粉煤灰稳定炉渣碎石混合料的合成级配应满足设计要求。当无具体要求时，应符合下列规定：

1）细粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石混合料的矿料级配范围可按表7.2.3-3选用。

2）粗粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石混合料中各档原材料之间的用量比例宜参照表7.2.3-4选用。

表7.2.3-3 细粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石混合料的矿料级配范围

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 层位 | 级配类型 | 通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%） |
| 37.5 | 31.5 | 19 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 0.6 | 0.075 |
| 基层 | 悬浮密实型 | — | 100 | 88-98 | 55-75 | 30-50 | 16-36 | 4-18 | 0-5 |
| 骨架密实型 | — | 100 | 48-68 | 24-34 | 11-21 | 6~16 | 0-6 | 0-3 |
| 底基层 | 悬浮密实型 | 100 | 94-100 | 79-92 | 51-72 | 30-50 | 16-36 | 4-18 | 0-5 |

表7.2.3-4 粗粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石混合料的配合比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 原材料 | 消石灰 | 粉煤灰 | 焚烧炉渣再生集料 | 碎石 |
| 质量百分比（%） | 6-8 | 15-20 | 7-19 | 60-65 |

**7.2.4**  水泥稳定炉渣碎石应符合以下规定：

**1** 水泥稳定炉渣碎石中的水泥剂量应以水泥质量占全部干燥集料（焚烧炉渣再生集料和碎石集料）质量总和的百分率表示。

**2**  水泥稳定炉渣碎石混合料的7d浸水无侧限抗压强度应满足设计要求，无设计要求时应符合表7.2.4-1的规定。

表7.2.4-1 水泥稳定炉渣碎石7d龄期无侧限抗压强度（MPa）代表值要求

|  |  |
| --- | --- |
| 结构层位 | 交通荷载等级 |
| 特重交通、重 | 中等交通 | 轻交通 |
| 基层 | 3.5-4.5 | 3.0-4.0 | 2.5-3.5 |
| 底基层 | ≥2.5 | ≥2.0 | ≥1.5 |

**3**  水泥稳定炉渣碎石混合料的合成级配应满足设计要求，当无具体要求时，可按照表7.2.4-2选用。高速公路、一级公路、城市快速路、主干路的基层或上基层宜选用骨架密实型混合料，次干路级次干路以下的城市道路与二级及二级以下公路的基层和各级公路的底基层可采用悬浮密实型混合料。

表7.2.4-2 水泥稳定炉渣碎石混合料矿料级配范围

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 层位 | 级配类型 | 通过下列筛孔（mm）的质量百分率（%） |
| 37.5 | 31.5 | 19 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 0.6 | 0.075 |
| 基层 | 悬浮密实型 | — | 100 | 90-100 | 60-80 | 29-49 | 15-32 | 6-20  | 0-5 |
| 骨架密实型 | — | 100 | 68-86 | 38-58 | 22-32 | 16-28 | 8-15 | 0-3 |
| 底基层 | 悬浮密实型 | 100 | 93-100 | 75-90 | 50-70 | 29-50 | 15-35 | 6-20 | 0-5 |
| 骨架密实型 | 100 | 90-100 | 67-90 | 45-68 | 29-50 | 18-38 | 8-22 | 0-7 |

**4** 水泥稳定炉渣碎石混合料中的水泥剂量宜为3.0%~5.0%。当强度达不到要求或强度要求较高时，宜采用控制原材料技术指标和优化级配设计等措施，不宜单纯通过增加水泥剂量来提高强度。

**7.2.5** 水泥粉煤灰稳定炉渣碎石应符合以下规定：

**1**  水泥粉煤灰稳定炉渣碎石混合料应按照质量配合比计算，以水泥：粉煤灰：集料（焚烧炉渣再生集料和碎石集料）的质量比表示。

**2** 水泥粉煤灰稳定炉渣碎石混合料的7d龄期无侧限抗压强度应满足设计要求，无设计要求时应符合表7.2.5-1的规定。

表7.2.5-1 水泥粉煤灰稳定炉碎石7d齡期无侧限抗压强度（MPa）代表值要求

|  |  |
| --- | --- |
| 结构层位 | 交通荷载等级 |
| 特重、重 | 中交通 | 轻交通 |
| 基层 | 2.5-3.5 | 1.5-2.5 | 1.2-1.5 |
| 底基层 | ≥1.4 | ≥1.0 | ≥0.6 |

**3**  水泥：粉煤灰的质量比宜为1：2~1：5，水泥剂量宜控制在5.5%以内，级配范围如表7.2.5-2所示，当强度达不到要求时，宜采用控制原材料技术指标和优化级配设计等措施。

表7.2.5-2 水泥粉煤灰稳定炉渣碎石的配合比

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 原材料 | 水泥粉煤灰 | 焚烧炉渣再生集料 | 碎石 |
| 质量百分比（%） | 13-17 | 30-40 | 43-57 |

**7.3 加工制备**

**7.3.1** 各类无机结合料稳定炉渣碎石应采用稳定土类拌和机进行拌制，拌和设备中应增加炉渣集料进料料仓。拌和机的生产能力应与施工现场摊铺机的生产能力相匹配。

**7.3.2** 在拌制各类稳定炉渣碎石之前，应检查原材料的质量，并测定其含水量，确定各原材料分斗（或盘）称量及混合料加水量。

**7.3.3**  采用强制式拌和机时，石灰粉煤灰稳定炉渣碎石的净拌和时间不得少于30s。

**7.3.4**  各类无机结合料稳定炉渣碎石应拌和均匀，并无明显粗细料分离的现象。

**7.4 施工**

**7.4.1** 炉渣集料用于路基填筑工程时，施工及质量验收应按照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、《公路路基施工技术规范》JTG F10及《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1中的规定进行。

**7.4.2** 炉渣集料用于路基改善层填筑工程时，施工及质量验收应按照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1中的规定进行。

**7.4.3** 石灰粉煤灰稳定炉渣碎石、水泥稳定炉渣碎石、水泥粉煤灰稳定炉渣碎石基层或底基层的施工及质量验收应按照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、《公路工程质量检验评定标准》JTGF80/1中的规定进行。

**7.5 质量检验**

**7.5.1**  焚烧炉渣再生集料道路材料进场时，应对其产品合格证、出厂检验报告和性能检测报告进行检验，检查数量按进场的批次和产品抽样检验方案确定。

**7.5.2** 焚烧炉渣再生集料道路材料进场时，应根据设计要求按进行抗压强度复验，检验方法应符合相应指标的测试方法规定，并应符合下列规定：

**1** 同一进场、同种规格的焚烧炉渣再生集料道路材料，3000m2（含不足3000m2）应作为一个检验批。每批应至少检验1次；

 **2**应采用检查进场复验报告的方法复验。

**7.5.3**  焚烧炉渣再生集料用于路基填筑工程时，施工及质量验收应按照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、《公路路基施工技术规范》JTG F10及《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1中的规定进行。

**7.5.4**  焚烧炉渣再生集料用于路基改善层填筑工程时，施工及质量验收应按照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1、《公路工程质量检验评定标准》TG F80/1中的规定进行。

**7.5.5**  石灰粉煤灰稳定炉渣碎石、水泥稳定炉渣碎石、水泥粉煤灰稳定炉渣碎石基层或底基层的施工及质量验收应按照《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1及《公路工程质量检验评定标准》JTG F80/1中的规定进行。

# 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”， 反面词采用“不应”或“不得”。

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……要求或者规定”。

# 引用标准名录

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596

《建设用砂》GB/T 14684

《混凝土砌块（砖）用再生骨料技术要求》DB31/T 1093

《建筑材料放射性核素限量》GB 6566

《生活垃圾焚烧炉渣集料》GB/T 25032

《承重混凝土多孔砖》GB 25779

《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203

《普通混凝土小型砌块》GB/T 8239

《混凝土实心砖》GB/T 21144

《非承重混凝土空心砖》GB/T 24492

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55

《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》JGJ/T 14

《混凝土砖建筑技术规范》CECS 257:2009

《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1

《公路工程集料试验规程》TG E42

《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》TG E51

《公路路基施工技术规范》JTG F10

《公路工程施工质量验收规范》JTG F80/1

中国工程建设标准化协会标准

焚烧炉渣再生骨料应用技术规程

T/CECS xxx－2021

条文说明

# **1 总 则**

**1.0.1**本条规定了本规程的编制目的。现有标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》（GB/T 25176-2010）、《再生骨料应用技术规程》（JGJ/T240-2011）等虽有一定的指导意义，但针对性不强，很难直接指导生活垃圾焚烧炉底渣在新型墙材等建筑材料中的应用。导致其资源化利用进程缓慢。在结合基础实验数据和工程应用经验的基础上，通过编制本标准，制定科学、合理的技术指标要求，突破焚烧炉渣再生骨料（集料）在普通混凝土砌块（砖）、轻质隔墙条板类新型墙材以及道路材料中应用的技术标准空白，规范全国焚烧炉渣再生骨料（集料）应有的技术要求，保证工程材料质量，保证工程安全；同时通过制定本标准，也为焚烧发电炉底渣开辟一条新的资源化利用技术途径，进而减轻城市运行压力，保护生态环境，推进社会可持续发展。

**1.0.2**本条规定了本规程的适用范围和不适用范围，尤其强调了采用焚烧炉渣再生骨料替代部分天然骨料制成的焚烧炉渣再生骨料砌块、焚烧炉渣再生骨料砖、焚烧炉渣再生骨料墙板、焚烧炉渣再生骨料道路材料等。

**1.0.3**除本规程外，焚烧炉渣再生骨料替代部分天然骨料制成的焚烧炉渣再生骨料砌块、焚烧炉渣再生骨料砖、焚烧炉渣再生骨料墙板、焚烧炉渣再生骨料道路材料还应符合国家现行有关标准的规定。如：《混凝土和砂浆用再生细骨料》（GB/T 25176-2010）、《生活垃圾焚烧炉渣集料》（GBT 25032-2010）、《再生骨料应用技术规程》（JGJ/T240-2011）等。

# **2 术 语**

**2.0.1** 焚烧炉渣是生活垃圾焚烧后从炉床直接排放的残渣。焚烧炉渣再生骨料即指生活垃圾焚烧炉渣经破碎、除铁、分选、水洗等预处理工艺制备的颗粒。

焚烧炉渣再生骨料的主要生产工艺流程包括：①一级破碎，将大块炉渣破碎至炉渣碎块；②除铁，除去大块金属等杂质；③二级破碎，对炉渣进行二次破碎；④分选，在破碎炉渣中注入适量水，经分选设备除去金属等杂质；⑤水洗，破碎炉渣流入沉渣池，进行渣-水分离，沉渣池中的炉渣沥干后使用，其物理性质、化学组成与燃煤电厂炉底渣类似。

**2.0.2** 焚烧炉渣再生骨料混凝土砌块（砖）是以水泥、掺合料、砂、石、焚烧炉渣再生骨料等为主要原材料，焚烧炉渣再生骨料取代率不低于20%，经配料、加水搅拌、成型、养护等工艺制成的混凝土砌块（砖），包括焚烧炉渣再生骨料普通混凝土小型砌块、焚烧炉渣再生骨料非承重混凝土空心砖、焚烧炉渣再生骨料承重混凝土多孔砖和焚烧炉渣再生骨料混凝土实心砖。

**2.0.3** 焚烧炉渣再生骨料墙板是制作墙板原材料中掺入焚烧炉渣再生骨料，经搅拌、成型、养护等工艺过程制成的墙板，焚烧炉渣再生骨料取代率不高于30%。

# **3 一般规定**

**3.0.1**鼓励技术创新角度出发，允许企业使用其他材料进行技术改进，但前提是所用材料应符合《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《固体废物鉴别标准 通则》GB 34330等安全、环保相关的法律法规、标准、规范的规定，不可对人体、环境产生有害影响。同时也要求在使用其他材料时，应进行充分的验证试验，证明所用材料可满足轻质隔墙条板、混凝土砌块（砖）、道路材料的性能要求，保证产品和工程质量。

**3.0.2** 由于发电底渣的成分较为复杂，包含有熔渣（60%～62%）、陶瓷（10%～12%）、砖石（7%～9%）、金属制品（4%～6%）和玻璃（2%～5%）等组成成分，还含有少量的塑料、纸张、木头等有机物，这些成分对板材的性能均具有一定程度的影响。由于组分的复杂性，具有不同的物理化学性能，导致板材经长时间服役后，其内部结构受外部环境的影响易产生破坏。焚烧炉底渣掺量在20%和30%时，混凝土用水量提高相对较少，仅提高约2%；随着焚烧炉底渣掺量提高至40%时，用水量增加8%；掺量50%时，混凝土用水量大幅增加约18%。混凝土用水量对混凝土强度、密实性、耐久性等指标均有重要影响，因此需控制焚烧炉底渣的掺量不宜过高。因此，应合理的控制发电底渣的成分和掺量（不宜大于30%），经水洗后的发电底渣有利于改善墙板的耐久性。

**3.0.3** 焚烧炉渣再生骨料和利用再生骨料制成的混凝土砌块（砖）、轻质隔墙条板的放射性主要用于建筑墙体，应执行《建筑材料放射性核素限量》GB 6566中的放射性核素限量规定。

# **4 焚烧炉渣再生骨（集）料性能**

**4.1 再生骨料砌块（砖）用焚烧炉渣骨料性能**

**4.1.1~4.1.6**粒径大于4.75mm且不大于9.5mm的颗粒为再生粗骨料，粒径不大于4.75mm的颗粒为再生细骨料。本规程适用的焚烧炉渣再生骨料在实际使用时，往往不再对颗粒以4.75mm粒径为界线进行粗、细骨料的筛分，而是将粗、细骨料混合在一起一并使用，并取得较好的应用效果。这种做法的可行主要与混凝土砌块（砖）的材料要求和生产工艺特点有关。混凝土砌块（砖）是将原材料加水搅拌形成干硬性混凝土材料，再进行振动、加压制成。其材料要求和生产工艺特点为：（1）材料为干硬性混凝土，用水量少，流动性要求低，对骨料级配的要求不如流动性较好的塑性混凝土严苛；（2）生产时振动成型激振力大。成型机振动频率一般在45Hz～100Hz，每块砌块（砖）承担的激振功率为2kW～6kW，同时还施加一定的压力，混凝土振动密实效果显著。

**4.2 轻质隔墙条板用焚烧炉渣骨料性能**

**4.2.1~4.2.2**不同粒径炉底渣对其碱-骨料反应具有一定程度的影响，具体见图4-1。其中起主要作用的是粒径范围为4.75mm~2.36mm的炉底渣，其次是粒径范围2.36mm~1.18mm的炉底渣，当炉底渣粒径小于1.18mm时，其对炉底渣碱-骨料反应影响不大，其自由膨胀率-龄期曲线与使用标准砂制备的试块相近。此外，实验结果表明当炉底渣粒径小于4.75mm时，炉底渣碱-骨料反应程度随着炉底渣粒径的减小而逐渐减小。对炉底渣碱-骨料反应活性主要存在于粒径范围为1.18mm~4.75mm的颗粒，且颗粒粒径越大，碱-骨料反应活性越大。



**图4-1不同炉底渣粒径对试块膨胀率-龄期曲线影响**

水洗前后原状炉底渣试块的自由膨胀率-龄期曲线见图4-2，使用湿法排渣工艺得到的炉底渣碱-骨料反应程度较大，使用清水清洗之后的炉底渣碱-骨料反应程度较小，未水洗的试块14d和28d自由膨胀率分别为0.353%和0.609%，而水洗之后的14d和28d自由膨胀率分别为0.120%和0.225%，比对照组分别降低了66%和63%。

造成上述现象的原因可能是水洗过程中水流带走炉底渣中铝粉质颗粒，或使浆料的碱度降低。此外，水洗过程中可能会使炉底渣的化学成分和晶体成分发生一些变化，也可能是造成上述现象的原因。



图4-2 水洗对原状炉底渣试块自由膨胀率的影响

**4.2.3~4.2.4**焚烧炉底渣中SiO2、Na2O、K2O含量较高，应用于混凝土可能产生碱骨料反应，产生体积稳定性问题。因此选择一批焚烧炉底渣，采用快速碱-硅酸反应试验方法，将焚烧炉底渣筛分成4.75~2.36、2.36~1.18、1.18~0.60、0.60~0.30、0.30~0.15五档，按照标准规定的比例取各档砂，成型制作25×25×280mm的试件，并在1mol/L的NaOH溶液、（80±2）℃的条件下养护，测试试件的膨胀率，试验如表4-1所示。

由膨胀率试验结果分析，焚烧炉底渣试件在1mol/L的NaOH溶液、（80±2）℃的条件下各龄期膨胀率均较小，14d膨胀率仅0.006%，远低于标准《建设用砂》（GBT14684-2011）膨胀率小于0.10%的要求。

观察试件表面，发现试件经压蒸后出现爆裂现象（图4-3），呈点状分布，且在爆裂位置可看到明显的玻璃颗粒，观察发现玻璃颗粒尺寸在3mm以上，颗粒周围有环状白色凝胶体，是典型的碱骨料反应现象。从试件的爆裂现象分析，焚烧炉底渣中的玻璃颗粒存在碱骨料反应风险，但从试件的膨胀率判断，焚烧炉底渣没有碱骨料反应问题，说明分散在焚烧炉底渣中的玻璃小颗粒并未对试件的安全性产生影响，因此焚烧炉底渣的碱活性问题集中在玻璃大颗粒，需严格控制焚烧炉底渣中的玻璃含量以及玻璃颗粒的尺寸。

**表4-1 焚烧炉底渣碱活性试验**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水泥/g | 焚烧炉底渣/g | 水胶比 | 3d膨胀率/% | 7d膨胀率/% | 10d膨胀率/% | 14d膨胀率/% |
| 440 | 990 | 0.47 | 0.001 | 0.003 | 0.005 | 0.006 |

 



**图4-3 压蒸后试件表面的爆裂现象**

**4.3 道路材料用焚烧炉渣集料性能**

**4.3.1**在本规程中，炉渣集料主要用于路基填筑和基层混合料中， 应根据炉渣集料用途分别确定不同的技术指标和性能要求，从而为合理应用炉渣集料提供参考。在确定炉渣集料技术要求时，考虑如下：

**1** 作为道路工程用材料，炉渣集料应具备一定的物理力学性能，但又必须考虑炉渣集料自身的特性。其他技术指标，如含水率作为实测指标，进行混合料配合比设计时采用。

# **5 砌块（砖）**

**5.1 一般规定**

**5.1.1**  再生骨料普通混凝土小型砌块、再生骨料非承重混凝土空心砖、再生骨料承重混凝土多孔砖、再生骨料混凝土实心砖主要用于建筑墙体，应执行《建筑材料放射性核素限量》GB 6566中的放射性核素限量规定。

**5.2 性能要求**

**5.2.1** 尺寸允许偏差和外观质量指标要求参考了现行行业标准《粉煤灰混凝土小型空心砌块》JC/T 862的规定。

**5.2.2～5.2.5** 基于工程安全考虑，根据利用焚烧炉渣再生骨料制作焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的实际情况，对再生骨料普通混凝土小型砌块、再生骨料非承重混凝土空心砖、再生骨料承重混凝土多孔砖、再生骨料混凝土实心砖的强度等级进行限定。

**5.2.6** 强度等级规定参考了现行行业标准《粉煤灰混凝土小型空心砌块》JC/T 862的规定。

**5.2.7~5.2.10** 明确再生骨料普通混凝土小型砌块、再生骨料非承重混凝土空心砖、再生骨料承重混凝土多孔砖、再生骨料混凝土实心砖的质量要求。

**5.3 加工制备**

**5.3.1**~**5.3.2** 原材料、试件形状和尺寸均会影响焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的抗压强度，但在焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）和制作其所用混凝土材料的抗压强度之间存在一定的关系，可用于初步确定制作焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）所用的混凝土材料的强度等级。

**5.3.3** 在根据本规程第5.3.1和5.3.2条，确定了制作焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）所用的混凝土材料的强度等级后，可按照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55中对干硬性混凝土的相关规定，进行配合比设计。

根据《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定，在依据混凝土材料的维勃稠度确定用水量时，需注意以下情况。由于企业成型设备存在差异，对于激振力大、成型压力高、成品密实度高的生产设备，往往要求混凝土材料偏干，因此在确定维勃稠度时宜选择较大的指标，此时对应较小的用水量。

**5.3.4** 试拌主要用于调整混凝土拌合物的和易性。在试拌过程中，宜在计算配合比的基础上，保持水胶比不变，尽量采用较少的胶凝材料用量，以节约胶凝材料为原则，通过调整骨料配比，使混凝土材料的和易性、强度和耐久性满足要求，进而确定试拌配合比。

**5.3.5** 试配调整应采用三个不同的配合比，其中一个为试拌配合比，另外两个配合比的水胶比较试拌配合比分别增加和减少0.05，用水量与试拌配合比相同。试配调整是通过调整胶凝材料用量，制作焚烧炉渣再生骨料砌块（砖），测试其性能指标，进而得到满足性能要求、胶凝材料用量经济合理的配合比。

**5.3.6** 再生骨料取代率对焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的抗压强度有明显影响。随着再生骨料取代率增大，焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的抗压强度整体表现出下降趋势：再生骨料取代率在0～30%之间时，焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的抗压强度虽有所下降，但仍能满足要求。焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）抗压强度的影响程度与其0.15mm以下颗粒含量也有较大关系。当0.15mm以下颗粒含量小于10%时，在焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）抗压强度满足要求的前提下，不同批次再生骨料的取代率可达到40%～50%。当再生骨料取代率为50%～100%时，焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的抗压强度下降明显。对于0.15mm以下颗粒含量大于10%且不大于20%的再生骨料，再生骨料取代率超过30%时，由于细颗粒含量增加，使得混凝土材料用水量大幅增大，焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的抗压强度难以满足要求。

因此，为保证焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）质量，明确了不同性质再生骨料的合理取代率。同时从资源节约角度考虑，鼓励企业在使用再生骨料时按照本规程4.1的方法进行配合比试配试验，并验证焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）性能能否满足相关产品标准的要求，进一步提高再生骨料利用水平。

**5.3.7** 原材料进厂后应保证质量稳定，分类储存，避免混堆，并要求采用相应的防雨水、防扬尘措施。

**5.3.8** 根据应用实际，再生骨料进厂后的含水率存在较大的波动，而用水量对焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的制备及性能有较大影响。因此，制备时需考虑再生骨料自身含有的水分，通过每个班次进行含水率测定，进而对整体用水量进行调整，以确保混凝土拌合物的和易性，便于生产。

**5.3.9** 精确、自动化计量有利于保证生产效率和产品质量，参照《预拌混凝土》GB/T 14902、《预拌砂浆》GB/T 25181的有关规定，要求骨料自动计量的最大允许偏差宜控制在±2%，水泥自动计量的最大允许偏差宜控制在±1%。

**5.3.10** 通过一定时间的强制机械搅拌，有利于使原材料各组分均匀分布，从而保证产品质量。再生骨料由于微孔数量增加，相比天然骨料吸水性提高，因此，掺有再生骨料的混凝土材料在搅拌时，如果搅拌时间过短，一方面和易性有逐步衰退的趋势，另一方面也难实现搅拌均匀，不利于生产。根据应用实践，搅拌时间不低于180s有利于保证混凝土材料的和易性与均匀性。

**5.3.11** 压缩比是控制焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）尺寸的关键指标。再生骨料对混凝土材料的可压缩性产生影响，因此，需通过调整压缩比进而控制焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的产品尺寸。

**5.3.12** 为规范新型墙体材料应用，本市管理部门发布了系列政策文件，如标识管理等，焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）制备时还应满足相关规定。

**5.3.13** 养护是焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）制作的基本工序之一，对产品质量影响较大。养护的目的是为了保证混凝土材料凝结硬化得以正常进行，使产品获得所需要的力学性能和耐久性能。养护是焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）制作过程中时间最长的环节。本市混凝土砌块（砖）的养护方式主要有两种：室内低温养护和自然养护。其中自然养护又分为带棚自然养护和露天自然养护。

**5.3.14** 焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）养护环节有三个要素：养护湿度、养护温度和养护时间。

为保证水泥水化正常进行，养护时需保持混凝土材料含有足够的水分。因此，养护过程中需保持环境相对湿度在90%以上。通常水泥水化反应在常温下进行较为缓慢，在高温下较为迅速，焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）强度的增长也因养护温度的差异而不同。当水泥品种相同、养护龄期相同、湿度充分保证时，养护温度越高，所获得的焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的强度也越高。但需要注意的是，在焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）养护初期，温度不宜过高。一方面是因为水泥的水化不宜过快，以便水泥浆中的水分能有充分的扩散时间，使混凝土材料内水泥石分布均匀，对养护终止时的后期强度发展有利；另一个原因是过高的养护温度会加快混凝土材料中水分的蒸发和迁移，可能导致焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）出现开裂。

室内低温养护是较为科学、合理的养护方式，它有利于消除焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）在制作环节产生的各种通病，如抗压强度偏低、产品开裂、缺棱、掉角等，提高产品质量。

**5.3.15** 成型后的焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）进行自然养护时，在大气中水分会不断蒸发，如果失水过多，水泥水化就不能继续进行，强度停止发展。同样如果自然养护时温度过低，也会影响水泥水化进程。因此，需采用人工浇水或自动化措施控制温度、湿度养护介质，促进水泥强度的发展，保证产品质量。

**5.4 质量检验**

**5.4.1**  再生骨料砌块各项性能指标达到要求方能出厂。产品出厂时，应提供产品质量合格证，合格证一般应标明生产厂信息、产品名称、批量及编号、产品实测技术性能和生产日期等。

    为了保证再生骨料砌块的生产质量，生产厂需要重视养护和运输储存等环节。在正常生产工艺条件下，再生骨料砌块收缩值最终可达0.60mm/m，经28d养护后收缩值可完成60％。因此，延长养护时间，能保证砌体强度并减少因砌块收缩过多而引起的墙体裂缝。一般地，养护时间不少于28d；当采用人工自然养护时，在养护的前7d应适量喷水养护，人工自然养护总时间不少于28d。

    再生骨料砌块在堆放、储存和运输时，应采取防雨措施。焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）应按规格和强度等级分批堆放，不应混杂。堆放、储存时保持通风流畅，底部宜用木制托盘或塑料托盘支垫，不宜直接贴地堆放。堆放场地必须平整，堆放高度一般不宜超过1.6m。

**5.4.2**  焚烧炉渣再生骨料砌块（砖）的进场检验项目一般应包括尺寸允许偏差、外观质量和抗压强度；如果用户方根据工程需要提出更多进场检验项目要求，则供需双方可以协商附加选择本规程第5.3节中的其他检验项目。

# **6 轻质隔墙条板**

**6.1 一般规定**

**6.1.1**  要求生产条板使用的原材料应符合国家节约土地、节能、节材、环保的产业政策，原材料不仅应性能稳定，对人体无害，而且对环境不造成污染、可实现资源综合利用。生产企业、设计单位不得采用国家限制和禁止使用的材料和制品。

**6.1.2** 条板接缝部位使用的密封、嵌缝、粘结材料及条板的防裂盖缝材料，以及墙面抹灰材料必须与条板材料相适应，以减少和避免出现墙面开裂、空鼓、脱落等质量问题。

**6.1.3**  条板隔墙施工配套材料的选用是保证隔墙质量的重要因素。鉴于各地在配套材料的选用和做法上不尽相同，本条规定所用配套材料必须符合国家现行相关标准要求，并满足设计要求。

**1**填充用的水泥砂浆或细石混凝土、条板接缝的密封、嵌缝、粘结材料及条板的防裂盖缝材料的技术要求均应符合现行国家标准的规定。

**2** 现场配制的用于条板与条板嵌缝、条板与主体结构的粘结,以及条板隔墙吊挂件、预埋件开洞后填实补强的粘结材料、专用砂浆等，应满足工程设计要求并符合相关国家现行标准的规定。

**6.2 性能要求**

**6.2.1~6.2.5**目前存在多个轻质条板的行业标准，同一检测项目，定的技术指标不同，检测方法不同。为便于设计、施工单位了解和选用产品，本规程规定轻质条板的各项性能指标应符合《建筑用轻质隔墙条板》GB/T 23451-2009的规定。

**6.3 加工制备**

**6.3.1~6.3.7** 为保证条板的质量满足工程设计要求，选用原材料的技术性能必须符合现行相关国家标准、行业标准的规定。

# **7 道路材料**

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 原材料的优劣是工程质量好坏的决定因素之一。建筑材料种类很多，同一种类的产品各生产企业又有众多的商品牌号，其性能也各有差异，由于新产品、新材料不断出现，很多品种目前尚无国家标准，本条规定了原材料运至生产施工现场之前，材料供应者必须提供质量检验报告和商检报告。

**7.1.2** 原材料进场时应对品种、规格、外观等进行验收，应有产品合格证书及相关性能的检验报告，并应对必要的性能指标现场取样进行质量检测，经评定合格后方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。

**7.1.4**  焚烧炉渣再生集料进行路基填筑或作为稳定材料填筑路基的设计与施工要求与一般填筑土没有明显差异，主要按《公路路基设计规范》JTG D30、《公路路基施工技术规范》JTG F10或《城市道路工程设计规范》CJJ 37、《城市道路路基设计规程》CJJ 194、《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1的技术要求执行。

**7.1.6** 本条规定了炉渣填筑路基工程的应用位置限制。考虑到炉渣可能浸出重金属、可溶盐及有机物等污染物，从饮用水、植物、动物及人类的环境安全性出发，国外均限定了炉渣工程与地下水位及饮用水源地的距离，如法国规定炉渣工程应距离水源地30m，德国规定应在最高地下水位以上1m，丹麦规定应距离水源地20m、高于平均最高地下水位，荷兰则规定炉渣工程位于最高地下水位以上0.5m。由此可见，不同国家的限定值不同。本规程综合考虑认为，应用炉渣的工程应保证距离饮用水源不低于50m。

炉渣填筑路基距地下水位的距离应视地下水的用途确定。浅层地下水一般不作为直接饮用水使用，炉渣工程与最高地下水位的距离可不作具体要求。而对局部采用地下水作饮用水或灌溉水的地区，为避免炉渣工程污染地下水，在距离水源50m范围内的地下水位以下，不应实施炉渣填筑工程。

对炉渣用于填筑地下水位以下的路基时，本规程参照国内外研究成果，从对地下水的保护、对土壤的保护和对动植物的保护分别推荐了炉渣填筑工程的环保措施，尤其对炉渣材料的化学指标进行了较严格的规定。

对地下水的保护。在保证距离最高地下水位的前提下，应以隔离炉渣路基与地下水的措施为主。

对土壤的保护，应以减少雨水或地下水对炉渣路堤侵蚀的措施为主。雨水主要是通过路表面、路肩及边坡渗入路堤的，因此炉渣路堤的道路表面宜铺筑沥青面层，以隔绝雨水的渗入接触；炉渣路堤边坡宜采取防护措施以防止或减少雨水渗入路堤和隔绝炉渣浸出物随水排出。应重视炉渣路堤的排水设计，禁止路堤排水直接排入自然环境，应收集、经处理满足环境要求后排放。因炉渣作为路堤填筑材料在我国属于新型的废旧材料应用，建议加强对炉渣路堤环境影响的检测和相关研究，以明确炉渣路堤的环境影响程度。本规程建议在炉渣路堤工程施工后的10年内，以不低于1次/年的频率对路堤两侧的土壤进行毒性检测，若土壤毒性超标，应采取减小毒性的处理措施。

对动植物的保护。应以隔绝炉渣路堤浸出物进入人类食物链为主，以禁止被污染的动植物通过被食用进入人类体内。在炉渣路基两侧一定距离内不宜种植蔬菜、粮食等植物；禁止炉渣路基排出的污水或受此影响的水用于动物的饮用及植物的灌溉，切断可能引起人类健康问题的食物链。

**7.1.7**  根据碎石粒径的大小，将石灰粉煤灰稳定炉渣碎石分为细粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石、粗粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石，两者均适用于道路基层或底基层。

**7.1.8** 编制组采用粒径范围0mm~9.5mm、9.5mm~19.5mm及19.5mm~31.5mm的焚烧炉渣再生集料替代天然碎石集料（替代量分别为28%、35%及17%）。不同龄期时图 1。



图 1 无侧限抗压强度试验结果

分析图7.1.8-1，从7d的强度来看，随着替代炉渣粒径的增大，水泥稳定炉渣碎石的强度显著降低；从28d的强度来看，当炉渣掺量较高时，后期强度呈降低趋势。采用小粒径炉渣（0mm~10mm）的水稳材料不仅强度较高，并可在较高的掺量获得较高的强度。

**7.1.9** 当集料的最大公称粒径大于37.5mm（方孔筛）时,采用公式计算法确定混合料的最大干密度和最佳含水量,计算公式如下：





其中：*ρ*0——粉煤灰石灰集料混合料最大干密度（kg/m3）；

*ω*0——粉煤灰石灰集料混合料最佳含水量（%）；

*G*——集料毛体积密度（kg/m3）；

*ρ*——混合料中粉煤灰石灰的最大干密度（kg/m3）；

*m*——粉煤灰在混合料中占总干重的百分数（%）；

*n*——石灰在混合料中占总干重的百分数（%）；

*p*——集料在混合料中占总干重的百分数（%）；

*ρ*——折减系数,一般用0.98；

*W*1——粉煤灰石灰混合料最佳含水质量,按照标准击实试验测定（kg）；

*W*2——料面干饱和含水质量（kg）；

*W*c——粉煤灰石灰集料混合料总干质量（kg）。

**7.2 性能要求**

**7.2.1**  编制组进行了0mm~10mm粒径炉渣用于路基填筑的室内试验研究。炉渣用于路基填筑有其特殊的性质。表现为：

1）相比一般填筑土，炉渣的最佳含水量较大，而最大干密度较小。表 1给出了炉渣的击实试验结果。由表 1可见，炉渣的最佳含水量大于16%，高于一般填筑土；最大干密度在1.600g/cm3~1.632g/cm3之间，小于一般填筑土（1.700g/cm3~2.000g/cm3）。而熟化时间对焚烧炉渣再生集料的击实特性产生影响，主要表现为最大干密度随熟化时间而降低，这一变化主要发生在熟化的前28d。

表 1 焚烧炉渣再生集料击实试验结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 炉渣熟化时间 | 最佳含水量/% | 最大干密度/（g/cm3） |
| 7d | 16.3 | 1.632 |
| 28d | 16.5 | 1.602 |
| 60d | 16.0 | 1.604 |
| 120d | 16.1 | 1.605 |

2）炉渣强度与炉渣熟化时间有关。图 2是炉渣的室内无侧限抗压强度试验结果。随着炉渣熟化时间的延长，炉渣的无侧限抗压强度明显降低，这是因为炉渣内活性物质在空气中逐渐稳定，具有粘结性的水化产物减少，颗粒间的粘结性降低，炉渣试件抵抗外部荷载的能力降低。熟化时间0d~60d 时，试件强度显著降低；熟化时间至60d~120d时，试件强度虽仍有降低，但降低幅度明显减缓。对于不同熟化期的炉渣，随着养生时间的延长，试件无侧限抗压强度增大，这是因为炉渣内的水化产物是随着与水作用时间的延长逐渐增多的。因此，炉渣用作路基填筑材料时，熟化时间越短、养生时间越长，强度越高。



图 2 焚烧炉渣再生集料无侧限抗压强度试验结果

综上，焚烧炉渣再生集料的物理形态使得炉渣作为填筑材料时表现出较高的最佳含水量、较低的最大干密度；炉渣内的活性物质对于填筑材料的强度影响较大，随着炉渣熟化过程中活性物质的减少，无侧限抗压强度降低，因此炉渣用于路堤回填、尤其是作为稳定剂用于路堤回填时，应减少焚烧炉渣再生集料的熟化时间。这些在炉渣作填筑材料时均应考虑。

采用焚烧炉渣再生集料进行路基填筑时，其强度性能完全能够满足《公路路基设计规范》JTG D30和《公路路基施工技术规范》JTG F10中的要求，因此本规程仅对炉渣填筑路基的压实度进行要求，且压实度要求直接引用此规范。

**7.2.3** 在本条中的表7.2.3-1和7.2.3-2中，参照我国现行规范《公路沥青路面设计规范》JTG D50确定了对细粒径石灰粉煤灰稳定炉渣碎石的技术要求。考虑到行车荷载对道路结构的作用，基层材料强度根据交通荷载等级确定。本规程所涉及沥青路面交通荷载等级按照《公路沥青路面设计规范》JTG D50、《城镇道路路面设计规范》CJJ 169确定；水泥混凝土路面交通荷载等级按照《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40、《城镇道路路面设计规范》CJJ 169确定。

在本条中的表7.2.3-3中，级配范围为焚烧炉渣再生集料与碎石集料的合成级配，依据《公路沥青路面设计规范》JTG D50以及上海多个工程项目实践经验给出。

**7.2.4** 本条中表7.2.4-1是参照我国现行规范《公路沥青路面设计规范》JTG D50中对水泥稳定碎石的技术要求确定的。

在本条中，表7.2.4-2中的级配范围为焚烧炉渣再生集料与石料的合成级配，依据《公路沥青路面设计规范》JTG D50以及上海地区多年实践经验给出。

根据相关报道，相比水稳碎石，水泥稳定炉渣碎石的最大干缩应变高10.7%~21.4%，但干缩系数降低9.2%~11.5%。无论如何，当水泥剂量增加时，将提高水泥稳定炉渣碎石混合料的最大干缩应变和干缩系数，见图 3。因此，本规程规定了水泥剂量的上限。当水泥稳定炉渣碎石混合料的强度不能满足设计要求时，应采用调整混合料级配、炉渣粒径或掺量等方法。



图 3 水泥稳定炉渣碎石和水稳碎石的干缩特性与水泥含量的关系

**7.2.5** 表 2参照我国现行规范《公路沥青路面设计规范》JTG D50确定了对水泥粉煤灰稳定炉渣碎石的技术要求，并作出了相应调整。

表 2 水泥粉煤灰稳定材料7d龄期无侧限抗压强度要求（JTG D50）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 层位 | 特重、重、中交通 | 轻交通 |
| 基层 | 1.5MPa~3.5MPa | 1.2MPa~1.5MPa |
| 底基层 | ≥1MPa | ≥0.6MPa |

编制组采用粒径范围0mm~5mm焚烧炉渣再生集料替代天然碎石集料研究了水泥粉煤灰稳定炉渣碎石的性能。采用的试验方案见表 3，击实试验结果见表 3。抗压强度试验结果见图 4。由图 4可见，随着水泥剂量的增加无侧限抗压强度均有所增加，0mm~5mm焚烧炉渣再生集料7d无侧限抗压强度均大于4MPa。工程实践表明，水泥剂量的增加易产生干缩温缩裂缝，并最终影响路面使用寿命，因此限定水泥剂量在5.5%以内。

表 3 水泥粉煤灰稳定炉渣碎石的试验方案

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 方案编号 | 水泥 | 粉煤灰 | 炉渣（0~5mm） | 碎石 | 最佳含水量（%） | 最大干密度（g/cm3） |
| 5mm~15mm | 15mm~31.5mm |
| 方案1 | 3 | 6 | 33 | 33 | 25 | 6.1 | 2.12 |
| 方案2 | 5 | 6 | 31 | 33 | 25 | 8.2 | 2.14 |
| 方案3 | 7 | 6 | 29 | 33 | 25 | 10.8 | 2.08 |
| 方案4 | 9 | 6 | 27 | 33 | 25 | 12.9 | 2.05 |
| 方案5 | 11 | 6 | 25 | 33 | 25 | 15.3 | 2.01 |



图 4 水泥粉煤灰稳定炉渣碎石的抗压强度

编制组采用表 4配合比在上海浦东苗圃路铺筑了360m水泥粉煤灰稳定炉渣碎石的试验路。

表 4 水泥粉煤灰稳定炉渣碎石试验路配合比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 　 | 水泥 | 粉煤灰 | 炉渣 | 碎石 |
| 5~15mm | 15~31.5mm |
| 比例（%） | 5 | 6 | 31 | 33 | 25 |

五个月后，对试验路路面结构进行钻芯取样，测得水泥粉煤灰稳定炉渣碎石芯样的回弹模量在1342MPa~1789MPa，抗压强度在5.8MPa~21.7MPa。这表明，水泥粉煤灰稳定炉渣碎石具有足够的刚度和强度。