**中国工程建设标准化协会标准**

**铁道工程建筑固废再生砂粉混凝土及**

**制品应用技术规程**

Technical specification for application of recycled sand and powder concrete and its products from railway engineering construction solid wastes

**（征求意见稿）**

**T/CECS XXX:202X**

**主编单位：****中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所**

**批准单位：中国工程建设标准化协会**

**施行日期：202X年X月X日**

**中国XX出版社**

**202X 北京**

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2021〕11号）的要求，深入调查研究，认真总结工程实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为6章和4个附录，主要技术内容包括总则、术语、基本规定、原材料、再生砂粉混凝土、再生砂粉混凝土制品。

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工业固废资源化与生态修复专业委员会归口管理，由中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议请寄送中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所（地址：北京市海淀区大柳树路2号，邮编：100081）。

主编单位：中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所

参编单位：合肥工业大学

广东省建筑科学研究院集团有限公司

华南理工大学

武汉理工大学

合肥水泥研究设计院有限公司

江苏苏博特新材料股份有限公司

中铁工程设计咨询集团有限公司

北京都市绿源环保科技有限公司

中国铁路北京局集团有限公司京南工程项目管理部

中铁十二局集团有限公司

中铁六局集团有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 次

[1 总则 1](#_Toc148977402)

[2 术语 2](#_Toc148977403)

[3 基本规定 3](#_Toc148977404)

[4 原材料 4](#_Toc148977405)

[4.1 废弃混凝土 4](#_Toc148977406)

[4.2 再生砂 4](#_Toc148977407)

[4.3 再生微粉 5](#_Toc148977408)

[4.4 其他原材料 5](#_Toc148977409)

[5 再生砂粉混凝土 7](#_Toc148977410)

[5.1 一般规定 7](#_Toc148977411)

[5.2 技术要求 7](#_Toc148977412)

[5.3 配合比 8](#_Toc148977413)

[5.4 制备和施工 9](#_Toc148977414)

[5.5 质量验收 11](#_Toc148977415)

[6 再生砂粉混凝土制品 13](#_Toc148977416)

[6.1 一般规定 13](#_Toc148977417)

[6.2 生产工艺 13](#_Toc148977418)

[6.3 电缆槽 15](#_Toc148977419)

[6.4 沟（槽）盖板 15](#_Toc148977420)

[6.5 防护栅栏 16](#_Toc148977421)

[6.6 遮板 16](#_Toc148977422)

[附录A 再生砂残余浆体含量检测方法 17](#_Toc148977423)

[附录B 再生砂圆形度和长径比试验方法 19](#_Toc148977427)

[附录C 再生砂需水量比和强度比试验方法 21](#_Toc148977431)

[附录D 再生砂24h经时吸水量试验方法 24](#_Toc148977435)

[本规程用词说明 25](#_Toc148977439)

[引用标准名录 26](#_Toc148977440)

[条文说明 27](#_Toc148977441)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc108097482)

[2 Terms 2](#_Toc108097483)

[3 Basic requirements 3](#_Toc108097484)

[4 Raw material 4](#_Toc108097485)

[4.1 Waste concrete 4](#_Toc108097486)

[4.2 Recycled sand 4](#_Toc108097487)

[4.3 Recycled powder 5](#_Toc108097488)

[4.4 Other raw materials 5](#_Toc108097489)

[5 Recycled sand and powder concrete 7](#_Toc108097490)

[5.1 General requirements 7](#_Toc108097491)

[5.2 Technical requirement 7](#_Toc108097492)

[5.3 Mix ratio 8](#_Toc108097493)

[5.4 Preparation and construction 9](#_Toc108097494)

[5.5 Quality acceptance 11](#_Toc108097495)

[6 Recycled sand and powder concrete products 13](#_Toc108097496)

[6.1 General requirements 13](#_Toc108097497)

[6.2 Production process 13](#_Toc108097498)

[6.3 Cable tray 15](#_Toc108097499)

[6.4 Trench (Groove) cover plate 15](#_Toc108097500)

[6.5 Protective fence 16](#_Toc108097501)

[6.6 Shutter 16](#_Toc108097502)

Appendix A Testing Method for Residual Slurry Content of Recycled Sand [17](#_Toc108097503)

Appendix B Test Method for Roundness and Aspect Ratio of Recycled Sand [19](#_Toc108097511)

Appendix C Test Method for Water Demand Ratio and Strength Ratio of Recycled Sand [21](#_Toc108097511)

Appendix D Test Method for Water Absorption of Reclaimed Sand During Time [24](#_Toc108097515)

Explanation of Wording in this Specification [25](#_Toc108097515)

List of quoted standards [26](#_Toc108097515)

Explanation of provisions [27](#_Toc108097515)

# 1 总则

1. 为推动铁路工程建筑固废的再生应用，做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量，制定本规程。
2. 本规程适用于铁路工程设计强度等级不大于C40的结构混凝土以及小型预制构件制品的制备、施工和质量验收。
3. 铁路工程建筑固废再生砂粉混凝土及制品的应用，除应符合本规程外，尚应符合国家、行业现行有关标准的规定。

# 2 术语

1. 废弃混凝土 waste concrete

在铁路工程新建、改造、运维、拆除或其他状况下产生的废弃混凝土块。

1. 再生砂粉 recycled sand and powder

以废弃混凝土为原料，经机械破碎、筛分、整形制成的4.75mm以下的颗粒，包括再生砂和再生微粉。

1. 再生砂 recycled sand

以废弃混凝土为原料，经机械破碎、筛分、整形制成的，粒径小于4.75 mm且粒形、级配及微粉含量满足要求的颗粒。

1. 再生微粉 recycled powder

以废弃混凝土为原料，经专门机组生产或再生砂制备过程中伴随产生的，粒径小于75 μm、且满足本规程要求的粉体。

1. 需水量比 water demand ratio

再生砂与特定要求的基准砂在规定水泥胶砂流动度偏差下的需水量之比。

1. 强度比 compressive strength ratio

再生砂与特定要求的基准砂在规定水泥胶砂流动度偏差下的抗压强度之比。

1. 再生砂粉混凝土 recycled sand and powder concrete

掺用再生砂粉配制的混凝土。

1. 再生砂粉混凝土制品 recycled sand and powder concrete products

采用再生砂粉混凝土由工厂预制的产品。

1. 圆形度 circularity

与颗粒投影面积相等的圆的周长与颗粒投影的周长之比。

1. 长径比 ratio of length to diameter

颗粒投影最小外接矩形的长与最小外接矩形的宽之比。

# 3 基本规定

1. 被严重污染或腐蚀的废弃混凝土不得用于生产再生砂粉。
2. 用于生产再生砂粉的废弃混凝土必须经过检验，检验合格后方可使用。
3. 再生砂粉、再生砂粉混凝土及其制品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. 再生砂粉使用前必须进行检测，各项指标满足要求后，方可使用。
5. 再生砂粉的生产和应用除满足国家现行相关技术标准的规定外，还应符合国家有关环保和安全的规定。
6. 再生砂粉混凝土结构设计应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010规定进行。
7. 再生砂粉混凝土的设计应考虑其结构所处环境类别、作用等级、设计使用年限，规模使用前应验证再生砂粉混凝土的耐久性能。

# 4 原材料

# 4.1 废弃混凝土

1. 制备再生砂粉的废弃混凝土应经过分拣、去除有害杂物等预处理。
2. 制备再生砂粉的废弃混凝土性能应符合表4.1.2的规定。

**表4.1.2 废弃混凝土性能**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 技术要求 | 检验方法 |
| 1 | 回弹强度 | ≥20MPa | JGJ/T 23 |
| 2 | 硫化物及硫酸盐含量（以SO3质量计） | ≤0.5% | GB/T 25176 |
| 3 | 氯化物含量（以Cl-质量计） | ≤0.02% | GB/T 25176 |

# 4.2 再生砂

1. 再生砂残余浆体含量、颗粒形貌（圆形度、长径比）、需水量比、强度比、碱活性应符合表4.2.1的规定。

**表4.2.1 再生砂性能**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验项目 | 技术要求 | 检验方法 |
| Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 |
| 1 | 残余浆体含量（按质量计） | ≤15% | ≤25% | ＞25% | 附录A |
| 2 | 颗粒形貌 | 圆形度 | ≥0.80 | 附录B |
| 长径比 | ≤1.60 |
| 3 | 再生胶砂需水量比 | ≤140% | ≤160% | ≤170% | 附录C |
| 4 | 再生胶砂强度比 | ≥85% | ≥75% | ≥65% |
| 5 | 碱活性 | 快速砂浆棒膨胀率（εt）a | ＜0.3% | TB/T 3275 |
| a当εt＜0.20%时，混凝土的总碱含量应符合TB/T 3275的规定；当0.20%≤εt＜0.30%时，混凝土的总碱含量除应TB/T 3275的规定外，还应采取抑制碱—骨料反应的技术措施，并经试验证明抑制有效。 |

1. 再生砂其他性能应符合现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的规定。

# 4.3 再生微粉

1. 再生微粉的性能应符合表4.3.1的规定。

**表4.3.1 再生微粉的性能**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 技术要求 | 检验方法 |
| Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 |
| 1 | 细度（45μm方孔筛筛余） | ≤15% | ≤30% | ≤45% | GB/T 1345 |
| 2 | 需水量比 | — | ≤105% | ≤115% | JG.T 573 |
| 3 | 活性指数 | ≥80% | ≥70% | ≥60% | GB/T 35164 |
| 4 | MB值 | ≤1.4g/kg | GB/T 35164 |
| 5 | 安定性（沸煮法） | 合格 | GB/T 1346 |
| 6 | 含水量 | ≤1.0% | GB/T 1345 |
| 7 | 氯化物含量（以Cl-质量计） | ≤0.06% | GB/T 176 |
| 8 | 硫化物及硫酸盐含量（以SO3质量计） | ≤3.0% | GB/T 176 |
| 9 | 碱含量a |  | GB/T 176 |
| a碱含量值用于计算混凝土中总碱含量。 |

# 4.4 其他原材料

1. 水泥宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，并应符合现行行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275的有关规定。
2. 粉煤灰、矿渣粉、硅灰等矿物掺合料应符合现行行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275的有关规定。
3. 其他骨料应符合现行国家标准《建设用卵石、碎石》GB/T 14685、现行行业标准《铁路混凝土》TB/T 3275的有关规定。
4. 外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的有关规定。膨胀剂应符合现行国家标准《混凝土膨胀剂》GB 23439的有关规定。外加剂与再生微粉、水泥和其他矿物掺合料的适应性应经试验验证。
5. 混凝土拌合用水和施工用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的有关规定。

# 5 再生砂粉混凝土

# 5.1 一般规定

1. 再生砂粉混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值应按标准方法制作并养护的边长为150mm的立方体试件，在28d龄期或设计规定龄期以标准试验方法测得的具有95%保证率的抗压强度值。
2. 再生砂粉混凝土的强度等级应划分为：C10，C15，C20，C25，C30，C35，C40。
3. Ⅰ 级再生砂和再生微粉可用于C40及以下强度等级的混凝土及其制品，Ⅱ 级再生砂和再生微粉可用于C25及以下强度等级的混凝土及其制品，Ⅲ 级再生砂和再生微粉可用于C15及以下强度等级的混凝土及其制品。
4. 再生砂粉不得用于预应力混凝土及地坪等耐磨性要求高的混凝土及其制品。

# 5.2 技术要求

1. 再生砂粉混凝土拌合物性能应满足以下要求：

1 再生砂粉混凝土拌合物应具有良好的黏聚性、保水性和流动性，不应离析或泌水。

2 混凝土坍落度和扩展度应满足工程设计和施工要求。

3 泵送再生砂粉混凝土坍落度1h损失不宜大于50mm。

4 再生砂粉混凝土拌合物试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080的有关规定。

1. 再生砂粉混凝土硬化体性能应满足以下要求：

1 再生砂粉混凝土力学性能应满足设计要求。

2 再生砂粉混凝土有长期性能和耐久性能要求时，其性能设计应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476的相关规定。

3 再生砂粉混凝土力学性能试验方法应符合现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081的相关规定，再生砂粉混凝土长期性能和耐久性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的相关规定。

# 5.3 配合比

1. 再生砂粉混凝土的配合比的设计应经济合理，且应满足混凝土和易性、强度和耐久性的要求。
2. 配合比设计时配制强度宜取28d龄期强度。根据设计要求可选用56d和90d龄期强度。
3. 再生砂粉混凝土的配合比设计应通过计算和试配确定。再生砂粉混凝土的试配强度应按式（1）计算：

$f\_{cu,0}\geq f\_{cu,k}+1.645σ$ （1）

式中：

$f\_{cu,0}$——混凝土配制强度，单位为兆帕（MPa）；

$f\_{cu,k}$——混凝土立方体抗压强度标准值，这里取混凝土的设计强度等级值，单位为兆帕（MPa）；

σ——混凝土强度标准差，单位为兆帕（MPa）。

1. 再生砂粉混凝土抗压强度标准差应根据同品种、同强度等级再生混凝土统计资料计算确定。计算时，强度试件组数不应少于25组。当无统计资料时，抗压强度标准差可参考表5.3.4取值。

表5.3.4 抗压强度标准差（MPa）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | RC15 | RC20~RC30 | RC35~RC40 |
| σ | 4.0 | 5.0 | 6.0 |

1. 再生砂粉混凝土配合比设计应符合下列规定：

1 再生砂取代混凝土天然砂或机制砂配制混凝土时，宜根据配制混凝土强度等级确定再生砂取代天然砂或机制砂的比例，C25及以上强度等级混凝土中再生砂取代率不宜超过50%，C15~C25强度等级混凝土中再生砂取代率不宜超过70%，C10混凝土中再生砂取代率可达100%。

2 再生微粉用作混凝土掺合料时，宜根据配制混凝土水泥类型、净水胶比确定其掺量，并应符合表5.3.5的规定。

**表5.3.5 再生微粉掺量**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 净水胶比≤0.40 | 净水胶比＞0.40 |
| 硅酸盐水泥 | ≤30% | ≤25% |
| 普通硅酸盐水泥 | ≤20% | ≤15% |

3 再生砂粉混凝土宜采用绝对体积法进行配合比计算。在不使用引气型外加剂时，含气量可取1%。

4 再生砂粉混凝土用水量宜按照净用水量和附加用水量确定。

5 胶凝材料用量、砂率、净用水量的确定应符合现行《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定。

6 附加用水量宜取再生砂24h吸水量的75%~90%，再生砂24h吸水量应按附录D测定。

# 5.4 制备和施工

1. 再生砂粉混凝土各原材料的计量应满足以下要求：

1 原材料计量应采用电子计量设备。混凝土生产每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。

2 再生砂粉混凝土各组分材料应按质量计量，计量允许偏差应不超过表5.4.1规定的范围。

**表5.4.1 再生砂粉混凝土原材料计量允许偏差**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 原材料品种 | 水泥 | 掺合料 | 再生砂粉 | 其他骨料 | 水 | 外加剂 |
| 每盘计量允许误差 | ±2% | ±2% | ±3% | ±3% | ±1% | ±1% |
| 每车（罐）计量允许误差a | ±1% | ±1% | ±2% | ±2% | ±1% | ±1% |
| a每车（罐）计量允许偏差是指每一车（罐）混凝土中每种原材料的总用量相当于按施工配合比计算的总用量的偏差允许值。 |

1. 再生砂粉混凝土的生产应满足以下要求：

1 再生砂粉混凝土应采用强制式搅拌机，且应符合现行国家标准《混凝土搅拌机》GB/T 9142的规定。

2 宜先加入骨料、矿物掺合料和1/2总用水量预先搅拌，之后加入水泥、外加剂和剩余拌合水进行搅拌，直至搅拌均匀。

3 再生砂粉混凝土搅拌时间为全部材料装入搅拌机开始至搅拌结束所用的时间，搅拌时间应根据配合比和搅拌设备情况通过试验确定，但最短搅拌时间不宜少于120 s。

1. 再生砂粉混凝土的运输应满足以下要求：

1 在运输过程中，应采取减少再生砂粉混凝土坍落度损失和防止拌合物分层离析的措施。

2 当采用搅拌罐车运输再生砂粉混凝土拌合物时，卸料前宜采用快挡旋转搅拌罐不少于20s。

3 采用泵送施工时，再生砂粉混凝土拌合物入泵时的坍落度值不宜小于160mm。

4 拌合物从搅拌机卸料起到浇筑完成时间不宜超过90min。

1. 再生砂粉混凝土的浇筑应满足以下要求：

1 炎热气候条件下混凝土的入模温度不宜超过30℃。当室外日平均气温连续3d低于5℃或最低气温低于0℃时，应按冬期施工办理，混凝土的入模温度不应低于5℃。

2 再生砂粉混凝土拌合物浇筑倾落的自由高度不应超过2m。当倾落高度大于2m时，应加设串筒、斜槽、溜管等辅助装置。

1. 再生砂粉混凝土的振捣应满足以下要求：

1 混凝土浇筑过程中，应随时对混凝土进行振捣并使其均匀密实。振捣宜采用插入式振捣器垂直点振，或采用捅入式振捣器和附着式振捣器联合振捣。混凝土胡落度较小时（如采用斗送法浇筑的混凝土），应加密振点分布。

2 采用插入式振捣器振捣混凝土时，插入式振捣器的移动间距不宜大于振捣器作用半径的1.5倍且插入下层混凝土内的深度宜为5cm-10cm，与侧模应保持5cm~10cm的距离。当振动完毕需变换振捣器在混凝土中的水平位置时，应边振动边竖向缓慢提出振捣器，不得将振捣器放在混凝土内平拖，不得用振捣器驱赶混凝土。

3 附着式振捣器的设置间距和振动能量应通过试验确定，并应与模板紧密连接。

4 混凝土振捣过程中应避免重复振捣防止过振。应加强检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况防止在振捣混凝土过程中产生漏浆。

5 混凝土振捣完成后，应及时修整、抹平混凝土裸露面，待定浆后再抹第二遍并压光或拉毛。抹面时严禁洒水，并应防止过度操作影响表层混凝土的质量。寒冷地区和干旱地区的混凝土，应特别加强施工抹面工序的质量控制。

1. 再生砂粉混凝土的养护应满足以下要求：

1 自然养护时，应在混凝土浇筑完毕后1h内对混凝土进行保温保湿养护。暴露面混凝土初凝前，应卷起覆盖物，用抹子搓压表面至少两遍，使之平整后再次覆盖，此时应注意覆盖物不要直接接触混凝土表面，直至混凝土终凝为止。

2 蒸汽养护时，混凝土静停环境温度不应低于5℃，浇筑结束4h~6h且混凝土终凝后方可升温；混凝土周围蒸汽的升、降温速度不宜大于10℃/h。恒温养护时间应根据构件脱模强度要求、混凝土配合比情况以及环境条件等通过试验确定。

3 再生砂粉混凝土养护龄期应较普通混凝土适当延长。

# 5.5 质量验收

1. 首次使用的再生砂粉混凝土配合比应进行开盘鉴定，其工作性应满足设计配合比的要求。开始生产是应至少留置一组标准养护试件，作为验证配合比的依据。
2. 再生砂粉混凝土拌合物性能的检验应按照以下规定进行：

1 在生产、施工过程中，应在搅拌地点和浇筑地点分别对混凝土拌合物进行抽样检验。

2 每100m3混凝土应至少检测一次混凝土坍落度；

3 同一工程、同一配合比、采用同一批次水泥、外加剂和再生砂粉的混凝土的凝结时间应至少检验1次；

4 同一工程、同一配合比的混凝土的氯离子含量应至少检测1次。

1. 再生砂粉混凝土硬化体性能的检验应按照以下规定进行：

1 再生砂粉混凝土强度的检验评定应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的规定执行。

2 有耐久性要求时，再生砂粉混凝土耐久性的检验评定应按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的规定执行。

# 6 再生砂粉混凝土制品

# 6.1 一般规定

1. 铁路工程建筑固废再生砂粉混凝土制品包括沟（槽）身、沟（槽）盖板、桥上栏杆、桥梁遮板、防护栅栏、预制挡砟块等。
2. 再生砂粉混凝土制品生产厂应具备相应的生产工艺设备和设施、必要的试验检测条件和能力，建立完善的制品生产质量、环境和职业健康安全管理体系和制度，并宜建立质量可追溯的信息化管理体系。
3. 电缆槽及盖板预制场应充分利用铁路沿线设置的制梁场、拌和站、库房以及原材料、半成品及成品存放场所，采用现场集中工厂化预制。
4. 再生砂粉混凝土制品生产前应编制生产方案，生产方案宜包括但不限于：工程概况、编制依据、生产组织或准确、模具制作或改制方案、生产进度计划、模具配制计划、资源计划、生产工艺及流程、生产过程质量管理或控制，以及成品码放、储存、运输和保护专项技术方案等；必要时应进行制品构件脱模、吊运、码放、翻转及运输等相关内容的承载力验算。
5. 再生砂粉混凝土制品生产前，应依据设计要求和混凝土工作性要求进行混凝土配合比设计。必要时在再生砂粉混凝土制品生产前，应进行制品试制。
6. 再生砂粉混凝土制品模板应具有足够的强度、刚度和稳定性，为保证构件各部位形状、尺寸及预埋件的准确定位及外观光滑美观，应采用钢模或塑钢模。

# 6.2 生产工艺

1. 铁路工程建筑固废再生砂粉混凝土制品生产宜按图6.2.1所示工艺流程进行。



图6.2.1 制品生产工艺流程图

1. 混凝土配合比应经试配确定。正常生产每月应校验1次混凝土配合比。
2. 再生砂粉混凝土各组分材料应按质量计量，计量允许偏差应不超过表6.2.3规定的范围。

**表6.2.3 再生砂粉混凝土原材料计量允许偏差**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 原材料品种 | 水泥 | 矿物掺合料 | 再生砂粉 | 其他骨料 | 水 | 外加剂 |
| 每盘计量允许误差 | ±2% | ±2% | ±3% | ±3% | ±1% | ±1% |

1. 再生砂粉混凝土制品宜振动成型，振动成型方式宜按表6.2.4的规定选取。

**表6.2.4 再生砂粉混凝土制品成型工艺**

|  |  |
| --- | --- |
| 制品名称 | 振动成型方式 |
| 电缆槽、盖板 | 振动台振动成型 |
| 防护栅栏、栏杆 | 平板式振捣器振动成型 |
| 遮板 | 振捣棒振动成型 |

1. 再生砂粉混凝土制品的脱模强度应满足设计要求；设计无要求时，应根据制品脱模受力情况确定，且不得低于混凝土设计强度的70%。
2. 再生砂粉混凝土制品宜采用自动喷淋系统进行养护，养护时间不宜少于14 d。

# 6.3 电缆槽

1. 电缆槽泄水孔应预制成孔，其他预留孔可现场集中机械钻孔。
2. 电缆槽的强度应满足设计要求。
3. 电缆槽外观应平整 、颜色均匀，无错台、漏浆、蜂窝、麻面、露筋、裂缝、缺棱掉角等缺陷。
4. 电缆槽结构尺寸允许偏差应符合表6.3.4的规定。

**表 6.3.4 电缆槽尺寸允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） |
| 1 | 长度、宽度、高度 | ±5 |
| 2 | 槽壁及底板厚度 | ±5 |
| 3 | 对角线之差 | 10 |
| 4 | 表面平整度 | 2mm/50cm |

1. 电缆槽预埋件和预留孔的留置允许偏差应符合表6.3.5的规定。

**表 6.3.5 电缆槽预埋件和预留孔的留置允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） |
| 1 | 预埋件中心位置 | ±3 |
| 2 | 预留孔中心位置 | ±5 |
| 3 | 预留孔尺寸 | ＋50 |

# 6.4 沟（槽）盖板

1. 电缆槽的强度应满足设计要求。
2. 盖板不得有蜂窝、孔洞、露筋、缺棱掉角、裂纹等缺陷。
3. 盖板结构尺寸允许偏差应符合表6.4.3的规定。

**表 6.4.3 再盖板结构尺寸允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） |
| 1 | 长度、宽度 | －50 |
| 2 | 厚度 | ＋5 |
| 3 | 对角线之差 | ±5 |
| 4 | 表面平整度 | 2mm/50cm |

# 6.5 防护栅栏

1. 防护栅栏的强度应满足设计要求。
2. 防护栅栏应表面平整、颜色均匀、无裂缝。
3. 下槛在栏片安装完成后挠度最大值不应大于6 mm。
4. 防护栅栏外形尺寸偏差应符合下列规定：

1 立柱尺寸精度要求：截面边长极限偏差±2.5mm，高度极限偏差±5.0mm，立柱中预留孔位置极限偏差±2.0mm，牛腿支撑及凸榫的位置及尺寸极限偏差±2.0mm。

2 上槛、下槛、栏片、柱帽的各部位尺寸极限偏差±2.0mm。

3 钢筋混凝土保护层厚度极限偏差±2.0mm。

# 6.6 遮板

1. 遮板的强度应满足设计要求。
2. 防护栅栏应表面平整、颜色均匀、无裂缝。
3. 遮板结构尺寸允许偏差应符合表6.6.3的规定。

**表 6.6.3 遮板结构尺寸允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） |
| 1 | 平面尺寸 | －5＋2 |
| 2 | 厚度 | ＋5 |
| 3 | 厚度差 | 5 |
| 4 | 预埋件中心位置 | 5 |
| 5 | 表面平整度 | 2mm/100cm |

**附录A 再生砂残余浆体含量检测方法**

A.1 仪器设备及材料

试验设备及材料如下：

a）试验用仪器应符合GB/T 176的规定；

b）试验用甲醇应采用GB 338的规定；

c）试验用水杨酸应符合GB/T 14679-93的规定；

d）球磨机和抽滤装置（真空泵及配套橡胶管、布氏漏斗及配套胶塞、快速定量滤纸、500mL抽滤瓶）。

A.2 试验步骤

试验步骤如下：

a）按GB/T 14684规定取样不少于0.4kg，将试样缩分至约100g，放在干燥箱中于（105±5）℃下烘干至恒重，待冷却至室温后，粉磨至几乎全部通过0.2mm筛，再将筛下物按四分法缩分至20g~25g。

b）称取0.5g试样，精确至0.0001g，加入水杨酸-甲醇溶液中，用玻璃棒持续搅拌1h，使反应完全。

c）称量滤纸质量，精确至0.0001g。

d）使用抽滤装置进行过滤，用甲醇洗涤5次~7次，直至漏斗滴下澄清液体。

e）取出滤纸及固体不溶物一并置于干燥箱中，于30℃下烘干至恒量，待冷却至室温后，称取质量，精确至0.0001g。

A.3 结果计算与处理

再生砂残余浆体含量按式（A.1）计算，计算结果应精确至0.1%。

$RMC=\frac{m\_{1}-m\_{2}+m\_{3}}{m\_{1}}×100$ （A.1）

式中：

RMC——残余浆体含量，%；

m1——粉末试样质量，单位为克（g）；

m2——过滤后滤纸及不溶物质量，单位为克（g）；

m3——滤纸质量，单位为克（g）。

以三次试验结果的算术平均值作为测定值，精确至0.1%。

**附录B 再生砂圆形度和长径比试验方法**

B.1 试验设备

试验设备如下：

a）再生砂颗粒形貌分析仪，性能满足下列要求：

1）测量范围：10 μm~10000 μm；

2）准确性误差：<3%；

3）重复性误差：<3%；

4）分析方法：数字图像处理；

5）分析参数：圆形度、长径比；

6）分析颗粒数量：>1000000个/分钟；

7）成像CCD：芯片尺寸>1/2英寸，帧率>20帧/秒；

8）成像镜头：远心镜头，放大倍数：0.3~1倍；

9）成像光源：平面白光源；

10）下料方式：电磁振动，速度可调；

11）分散方式：超声波，功率>50 W。

b）数字图像处理软件：可进行照片预处理，并将数码图像转变成二维化图形，以获取颗粒投影面积S、投影周长p及投影最小外接矩形的长b和宽a，如图B.1所示。

 

图B.1 颗粒数字图像的二维化处理结果示意图

B.2 试验步骤

试验步骤如下：

a）按6.2.1规定取样，并将试样缩分至约200 g，放在干燥箱中于（105±5）℃下烘干至恒量，待冷却至室温后，分为大致相等的两份备用。

b）将再生砂颗粒形貌分析仪平稳置于水平工作台上，连接仪器的测试主机、显示器、超声分散器等装置，打开测试软件。

c）用小勺将样品逐渐加入再生砂颗粒形貌分析仪进样料斗中，直至样品全部经过测试后，停止测试。

B.3 结果计算与处理

圆形度按式（B.1）计算：

|  |  |
| --- | --- |
| $$C=\frac{2\sqrt{πS}}{p}$$ | …… …………（B.1） |

式中：

*C*——圆形度；

*S*——颗粒的投影面积，单位为平方毫米（mm2）；

*P*——颗粒投影周长，单位为毫米（mm）。

长径比按式（B.2）计算：

|  |  |
| --- | --- |
| $$L\_{w}=\frac{b}{a}$$ | ………………（B.2） |

式中：

*LW*——长径比；

a——颗粒投影最小外接矩形的宽，单位为毫米（mm）；

*b*——颗粒投影最小外接矩形的长，单位为毫米（mm）。

圆形度和长径比取两次试验结果的算术平均值，精确至0.01。

**附录C 再生砂需水量比和强度比试验方法**

C.1 仪器设备及材料

试验设备及材料如下：

a）天平：最大量程不小于2000 g，最小分度值不大于1 g；

b）搅拌机：符合GB/T 17671规定的行星式水泥胶砂搅拌机；

c）流动度跳桌：符合GB/T 2419的规定；

d）流动度试模：由截锥圆模和模套组成，金属材质，内表面加工光滑，圆模尺寸为高度60 mm±0.5 mm，上口内径70 mm±0.5 mm，下口内径100 mm±0.5 mm，下口外径120 mm，模壁厚大于5 mm；

e）捣棒：金属材质，直径为20 mm±0.5 mm，长度约200 mm；

f）卡尺：量程≥300 mm，分度值≤0.5 mm；

g）砂浆试模：符合GB/T 17671规定的40mm×40mm×160mm棱柱体试模。

h）振实台：符合GB/T 17671规定的振实台。

i）强度试验机：符合GB/T 17671规定的抗折强度试验机和抗压强度试验机。

j）养护箱：符合GB/T 17671规定的养护箱。

k）基准水泥：符合GB 8076规定的基准水泥；

l）水：满足混凝土拌和用水要求；

m）基准砂：

1）SiO2含量应不低于95%；

2）压碎指标值应不大于15%；

3）含水率应不大于0.2%；

4）MB值应不大于1.0 g/kg；

5）细度模数为3.0±0.2，颗粒级配应满足表C.1的规定。

表C.1 基准砂的颗粒级配

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 方孔筛筛孔尺寸 | 4.75mm | 2.36mm | 1.18mm | 0.6mm | 0.3mm | 0.15mm | 0.075mm | 筛底 |
| 分计筛余 | 0 | 15%±3% | 18%±3% | 25%±3% | 21%±3% | 12%±3% | 4%±3% | 5%±1% |

C.2 试验步骤

试验步骤如下：

a）按GB/T 25176的规定取样，并将试样缩分至约3000 g，放在干燥箱中于（105±5）℃下烘干至恒量，待冷却至室温后，分为大致相等的两份备用；

b）称取基准砂1350 g和基准水泥540 g，加入适量的水制成基准胶砂，按照GB/T 2419规定的方法测试基准胶砂的流动度。调整用水量，使其流动度为150mm±5mm，此时实测流动度为（L0），所对应的用水量即为基准胶砂需水量（W0）；

c）称取再生细骨料1350 g和基准水泥540 g，加入适量的水制成再生胶砂，按照GB/T 2419规定的方法测试再生胶砂的流动度。调整用水量，使其流动度为（L0）±5mm，此时所对应的用水量即为再生胶砂需水量（WR）。

e）按GB/T 17671的规定，分别在基准胶砂需水量和再生胶砂需水量条件下，成型基准胶砂和再生胶砂试件。

f）按GB/T 17671的规定，分别测定再生胶砂和基准胶砂标准养护28d时的抗压强度。

C.3 结果计算与处理

再生胶砂需水量比试验结果按式（C.1）计算：

|  |  |
| --- | --- |
| $$β\_{w}=\frac{W\_{R}}{W\_{0}}×100$$ | …………………………………（C.1） |

式中：

$β\_{w}$——再生胶砂需水量比，%；

$W\_{R}$——再生胶砂需水量，单位为克（g）；

$W\_{0}$——基准胶砂需水量，单位为克（g）。

$β\_{w}$以同批三组试验的算术平均值计，精确至1%。若三组试验的最大值或最小值中有一个与中间值之差超过中间值的15%，则把最大值与最小值一并舍去，取中间值；若两个测值与中间值之差均超过15%，则该批试验结果无效，应重新试验。

再生胶砂强度比试验结果按式（C.2）计算：

|  |  |
| --- | --- |
| $$β\_{f}=\frac{f\_{R}}{f\_{0}}×100$$ | ………………………………（C.2） |

式中：

$β\_{f}$——再生胶砂抗压强度比，%；

$f\_{R}$——基准胶砂28d抗压强度，单位为兆帕（MPa）；

$f\_{0}$——再生胶砂28d抗压强度，单位为兆帕（MPa）；

$f\_{R}$和$f\_{0}$以一组三个棱柱体试件上得到的六个抗压强度测定值的算术平均值计，精确至0.01MPa。当六个测定值中有一个超出六个平均值的±10%时，剔除这个结果，再以剩下五个的平均值为结果。当五个测定值中再有超过它们平均值的±10%时，则此组结果作废。当六个测定值中同时有两个或两个以上超出平均值的±10%时，则此组结果作废。

**附录D 再生砂24h经时吸水量试验方法**

D.1 仪器设备及材料

试验设备及材料如下：

a）李氏瓶：符合GB/T 208的规定。

b）消泡剂：液体消泡剂。

D.2 试验步骤

试验步骤如下：

a）自然状态下缩分再生砂粉至约500g，置于60℃±5℃干燥箱中烘干至恒重；

b）筛除4.75mm以上颗粒，准确称取100.0g筛下颗粒备用；

c）将称取好的样品装入盛有半瓶质量分数0.2%消泡剂溶液的容量瓶，用手旋转摇动容量瓶，排出气泡，然后用滴管加溶液至液面与瓶颈0ml刻度线平齐；

d）浸泡24h后准时读取液面刻度。

D.3 结果计算与处理

再生砂粉24h经时吸水量试验结果按式（D.1）计算：

|  |  |
| --- | --- |
| $$W=\frac{L}{1000}$$ | …………………………（D.1） |

式中：

*W*——每千克再生砂粉经时吸水量，单位为千克（kg）；

*L*——经时24h液面读数，ml；

再生砂24h经时吸水量取两次试验结果的算术平均值，精确至1%。

**本规程用词说明**

**1**  为了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，在条件许可时首先这样做的：

 正面词采用“宜”，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，可采用“可”。

**2** 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

**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

《混凝土膨胀剂》GB 2343

《建筑材料放射性核素限量》GB 6566

《混凝土外加剂》GB 8076

《混凝土搅拌机》GB/T 9142

《建设用砂》GB/T 14684

《建设用卵石、碎石》GB/T 14685

《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046

《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176

《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690

《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》GB/T 35164

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080

《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081

《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082

《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119

《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476

《混凝土防冻剂》JC 475

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55

《混凝土用水标准》JGJ 63

《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193

《混凝土用复合掺合料》JG/T 486

中国工程建设协会标准

铁道工程建筑固废再生砂粉混凝土及制品应用技术规程

CECS XXX:202X

条文说明

目 次

[1 总则 29](#_Toc148977402)

[2 术语 30](#_Toc148977403)

[3 基本规定 3](#_Toc148977404)2

[4 原材料 33](#_Toc148977405)

[4.1 废弃混凝土 33](#_Toc148977406)

[4.2 再生砂 33](#_Toc148977407)

[4.3 再生微粉 33](#_Toc148977408)

[4.4 其他原材料 33](#_Toc148977409)

[5 再生砂粉混凝土 34](#_Toc148977410)

[5.1 一般规定 34](#_Toc148977411)

[5.3 配合比 34](#_Toc148977413)

[5.4 制备和施工 34](#_Toc148977414)

[6 再生砂粉混凝土制品 35](#_Toc148977416)

1 总则

1.0.1 混凝土是铁路工程建设过程中使用量最大的建筑材料，铁路工程建设和运营维护期间会产生大量废弃混凝土，如桩基桩头、喷射混凝土以及废弃轨枕等。与其他行业废弃混凝土相比，铁路工程废弃混凝土具有强度等级高、清洁度好、品质可控、来源可溯等优点，具有较好的回收再利用前景。实现废弃混凝土再生资源化利用，不仅可以解决因建筑固废露天堆放或填埋造成的侵占土地、污染环境、破坏土壤结构的问题，还可以缓解当前建筑材料资源短缺的现实状况，是发展绿色交通建筑技术的需要，也是切实贯彻我国“十四五”规划纲要，推动建筑材料行业绿色低碳转型发展，推进建筑材料行业碳减排、碳达峰的具体实践。但是，铁路工程废弃混凝土亦具有分布散、范围广、服役环境复杂等特殊性，为保证再生砂粉应用的效果和质量，推动和规范再生砂粉在铁路工程中的应用，制定本规程。

1.0.2 明确了本规程的适用范围，本规程适用于铁路工程设计强度等级不大于C40的结构混凝土以及小型预制构件的制备、施工和质量验收。

1.0.3 本条明确了本规程与其他相关技术标准的关系。鉴于废弃混凝土性能的复杂性及其应用主体的特殊性，本规程规定了再生砂粉在铁路工程中应用的基本规定，需要设计、施工人员根据工程实际情况确定。所有规程的规定决不能代替技术人员的专业分析判定能力和免除其应承担的法律责任。

2 术语

2.0.5 ~ 2.0.6 为综合判定再生砂级配、粒形、吸水率、强度等性能指标，确定其工程适用性，本规程提出采用需水量比和强度比两个参数予以评价。

2.0.9 ~ 2.0.10 目前受料源和生产水平的影响，再生砂粉颗粒形貌差别很大，有些再生砂粉颗粒棱角尖锐、多呈细长状，影响其在砂浆和混凝土中的高效利用。本规程引入圆形度和长径比两个参数来表征再生砂粉的颗粒形貌。参照《粒度分析结果的表述 第6部分：颗粒形状和形态的定性及定量表述》GB/T 15445.6-2014中圆度和长宽比的计算方法，提出了本规程圆形度计算方法如说明图2.0.9所示和长径比计算方法如说明图2.0.10所示：

p

S

圆形度

$$C=\frac{2\sqrt{πS}}{p}$$

其中，C为圆形度，S为投影颗粒的面积，p为投影颗粒的周长。

说明图2.0.9 圆形度计算示意图

S

a

b

长径比

$$LW=\frac{b}{a}$$

其中，S为投影颗粒的面积，LW为长径比，a为投影颗粒最小外接矩形的宽，b为投影颗粒最小外接矩形的长。

说明图2.0.10 长径比计算示意图

3 基本规定

3.0.1 原则上，有害物质含量不足以影响再生砂粉混凝土及其制品使用性能的废弃混凝土均能用来生产再生砂粉，但下列情况下的废弃混凝土不宜用于生产再生砂粉：

1 废弃混凝土来自于沿海港口工程、核电站、医院放射间等特殊服役环境使用的混凝土。

2 废弃混凝土受重金属污染。

3 废弃混凝土受有机物污染。

4 废弃混凝土存在碱-骨料反应。

5 废弃混凝土受硫酸盐腐蚀严重。

6 废弃混凝土受氯盐腐蚀严重。

7 废弃混凝土质地酥松。

8 废弃混凝土中含有大量不易分离的木屑、污泥、沥青等杂质。

3.0.2 为保障再生砂粉质量，减少不合格产品的出现，生产前，应对用于制备再生砂粉的废弃混凝土进行必要的检验。

3.0.5 再生砂粉的生产和应用除应满足国家现行相关技术标准的规定外，还应符合国家有关环保和安全的规定。

# 4 原材料

# 4.1 废弃混凝土

4.1.2 为控制再生砂粉产品质量，减少和避免不合格品的出现，规定了用于生产再生砂粉废弃混凝土的回弹强度、硫化物及硫酸盐含量、氯化物含量。

# 4.2 再生砂

4.2.1 ~ 4.2.2 为控制再生砂粉混凝土及其制品质量，规定了再生砂的技术要求。

由于再生砂加工工艺不同，导致颗粒形貌差别很大，本规程引入圆形度和长径比两个参数表征再生砂颗粒形貌特征，在一定程度上反应再生砂生产加工水平及其工程适用性。

# 4.3 再生砂粉

4.3.1 ~ 4.3.2 为控制再生砂粉混凝土及其制品质量，规定了再生砂粉的技术要求。

# 4.4 其他原材料

4.3.1 ~ 4.3.5 为控制再生砂粉混凝土及其制品质量，规定了再生砂粉外的其他原材料的技术要求。

# 5 再生砂粉混凝土

# 5.1 一般规定

5.1.4 再生砂粉往往会增大混凝土的收缩和徐变，由此可能增大预应力损失，因此再生砂粉不宜用于预应力混凝土。

# 5.3 配合比

5.3.5 在配合比设计计算过程中，由于再生砂粉中组成材料的不确定性，难以根据“每立方水泥混凝土拌和物的假定质量”进行设计，采用“绝对体积法”进行配合比设计时，可以准确测定再生砂粉的表观密度，进而确定其用量，因此，再生砂粉混凝土配合比设计时宜优先采用绝对体积法。再生砂粉混凝土的用水量分为净用水量和附加用水量两部分，所谓净用水量是指不考虑再生砂粉吸水率在内的混凝土用水量，相应的水胶比则为净水胶比。附加用水量是指再生砂粉吸水至饱和状态所需要的水量。

# 5.4 制备和施工

5.4.1 对各原材料计量偏差进行规定，主要目的是保障再生砂粉混凝土拌和物的质量稳定。

5.4.2 采用强制式搅拌机拌制的混凝土质量比较均匀，搅拌机的功率大、效率高，混凝土拌和物的质量也相对稳定。

# 6 再生砂粉混凝土制品

1. 速铁路路基边坡防护、电缆沟槽及桥面系与桥梁附属工程均采用水泥混凝土预制成型的素混凝土或钢筋混凝土小型构件，如六棱块、电缆槽、遮板、栏杆、防护栅栏等，再生砂粉可用于上述构件的制备。