

ICS 91.100.30

CCS Q14

# 团 体 标 准

T/CHI XX—2026

## 工业固废涵洞用再生骨料混凝土应用 技术规范

Technical specification for preparation of industrial solid waste-based fully  
recycled aggregate concrete for culverts

提交反馈意见时，请将您知道的专利连同支持性文件一并附上。

2026-X-X 发布

2026-X-X 实施

中国高技术产业发展促进会 发布



## 目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原材料要求	2
4.1 工业固废基胶凝材料	2
4.2 再生骨料	3
4.3 外加剂	3
4.4 拌合用水	3
4.5 其他原材料	3
5 材料设计	4
5.1 设计要求	4
5.2 设计步骤	4
5.3 调整规则	4
6 生产设备及工艺	4
6.1 生产设备要求	4
6.2 生产工艺	5
6.3 运输	5
7 质量控制与检验	5
7.1 原材料检验	5
7.2 生产过程控制	5
7.3 出厂检验	6
8 检验规则	6
8.1 检验分类	6
8.2 出厂检验	6
8.3 型式检验	6
8.4 检验方法	6
9 安全与环保	6
9.1 安全要求	6
9.2 环保要求	7
10 标志、包装、运输与贮存	7
10.1 标志	7
10.2 包装	7
10.3 运输	7
10.4 贮存	7
附录 A (规范性) 工业固废基胶凝材料活性指数测试方法	8
附录 B (规范性) 再生骨料预处理工艺及质量要求	9

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1 — 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。

本文件由临沂大学提出。

本文件由中国高技术产业发展促进会归口。

本文件起草单位：临沂大学、青岛理工大学、北京建筑大学、西安建筑科技大学、桂林理工大学。

本文件主要起草人：

征求意见稿

# 工业固废涵洞用再生骨料混凝土应用技术规范

## 1 范围

本文件规定了涵洞用工业固废基全再生骨料混凝土的术语和定义、原材料要求、配合比设计、生产设备与工艺、质量控制与检验、安全与环保要求、标志、包装、运输与贮存等内容。

本文件适用于以粒化高炉矿渣、粉煤灰、硅灰等工业固废为主要原料制备的胶凝材料，以建筑垃圾再生骨料全部替代天然骨料的涵洞用全再生骨料混凝土的生产、质量控制及应用过程。

本文件不适用于有特殊抗腐蚀、抗辐射等要求的涵洞工程。

## 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/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间与安定性检验方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO法）
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB/T 25176 混凝土和砂浆用再生细骨料
- GB/T 25177 混凝土用再生粗骨料
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准
- JGJ 63 混凝土用水标准
- JGJ/T 328 预拌混凝土绿色生产及管理技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**工业固废基胶凝材料** industrial solid waste-based cementitious material

指利用工业生产过程中产生的粒化高炉矿渣、粉煤灰、硅灰等工业固体废弃物为原材料，添加碱组分激发其潜在活性，具有水硬性的胶凝材料。

### 3.2

**全再生骨料 fully recycled aggregate**

指由建筑废弃混凝土、砖瓦、砂浆等经破碎、筛分、除杂、清洗、整形等工艺预处理制成，全部取代天然骨料的再生粗骨料和再生细骨料。

### 3.3

**工业固废基全再生骨料混凝土 industrial solid waste-based fully recycled aggregate concrete**

指以工业固废基胶凝材料为胶结料，以全再生骨料为骨料，掺加必要的外加剂和水，按一定比例拌制而成的混凝土。

### 3.4

**再生骨料预处理 pretreatment of recycled aggregate**

指对再生骨料进行除杂、整形、分级、含水率调节等工艺处理，以满足混凝土生产要求的过程。

### 3.5

**固废掺量 solid waste content**

指混凝土中工业固废基胶凝材料与再生骨料总质量占混凝土总质量的比例。

### 3.6

**附加用水量 additional water dosage**

指根据再生骨料 1h 吸水率，用于补偿骨料吸水、保障混凝土拌合物工作性的额外拌合用水量。

### 3.7

**净水胶比 net water to binder ratio**

满足水化、设计强度和耐久性需求的基础用水量（净用水量）与胶凝材料总质量的比值。

### 3.8

**再生骨料坚固性 recycled aggregate durability**

再生骨料抵抗环境破损作用的能力，以硫酸钠溶液循环试验质量损失率表征。

## 4 原材料要求

### 4.1 工业固废基胶凝材料

#### 4.1.1 工业固废基胶凝材料的组成应符合下列规定：

- a) 粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定；
- b) 粉煤灰应符合 GB/T 1596 的规定；

- c) 硅灰应符合 GB/T 27690 的规定；
  - d) 碱组分应符合 GB/T 4209、GB/T 209 或 GB/T 210 的规定。
  - c) 其他工业固废组分应经过试验验证，确保无害且活性满足要求。
- 4.1.2 关键性能指标应满足表 1 要求，试验方法按 GB/T 1346、GB/T 17671 执行。

表 1 原材料性能指标

性能指标	要求
比表面积 ( $\text{m}^2/\text{kg}$ )	400~500
7d 活性指数 (%)	$\geq 70$
28d 活性指数 (%)	$\geq 90$
初凝时间 (h)	$\geq 4$
终凝时间 (h)	$\leq 12$
安定性 (沸煮法)	合格
氯离子含量 (%)	$\leq 0.06$
碱含量 (以 $\text{Na}_2\text{O}$ 计, %)	$\geq 3.0$ (激发活性需求)

## 4.2 再生骨料

4.2.1 再生粗骨料 (粒径 4.75mm~31.5mm) 应符合 GB/T 25177 的规定，且压碎指标不应大于 20%，1h 吸水率不应大于 3.0%，硫酸钠坚固性 5 次循环质量损失率不应大于 12%，针片状颗粒含量不应大于 15%。

4.2.2 再生细骨料 (粒径 0.15mm~4.75mm) 应符合 GB/T 25176 的规定，且含泥量不应大于 3.0%，泥块含量不应大于 1.0%，微粉含量 (粒径 $\leq 0.075\text{mm}$ ) 不应大于 10%，细度模数宜为 2.3~3.0。

4.2.3 再生骨料放射性核素限量应符合 GB 6566 的规定，重金属浸出浓度应满足 GB 18599 的要求，不得含有腐蚀性、浸出毒性等危险特性成分。

4.2.4 再生骨料进场后应按来源、粒径分级分区堆放，设置防雨棚，避免含水率剧烈波动，不同批次、不同性能的骨料不应混仓使用。

## 4.3 外加剂

4.3.1 应符合 GB 8076 的规定，宜选用聚羧酸系高性能减水剂，严禁使用氯盐类外加剂，氯离子含量 (质量分数) 不应大于 0.02%。

4.3.2 外加剂与工业固废基胶凝材料、再生骨料的适应性应通过试验验证，减水率不应小于 20%，且不得影响混凝土凝结时间和强度发展。

4.3.3 外加剂应密封贮存，按类型分区存放，保质期内使用，过期产品应经复检合格后方可使用。

## 4.4 拌合用水

应符合 JGJ 63 的规定，pH 值宜为 7~9，氯离子含量不应大于 200mg/L，不得含有影响混凝土性能的油污、有机物、有害杂质。

## 4.5 其他原材料

4.5.1 外加剂应符合 GB 8076 的规定，宜选用聚羧酸系高性能减水剂，并应进行与工业固废基胶凝材料的适应性试验。

4.5.2 可根据需要掺入纤维、膨胀剂等功能组分，其性能应符合相应标准规定。

## 5 材料设计

### 5.1 设计要求

5.1.1 配合比设计应满足混凝土设计强度、耐久性、工作性和体积稳定性的要求。

5.1.2 工业固废基胶凝材料用量宜为不低于  $380\text{kg}/\text{m}^3$ ，且不宜超过  $500\text{kg}/\text{m}^3$ ，具体应根据活性指数和强度等级调整。

5.1.3 再生骨料宜全部取代天然骨料，粗细骨料比例宜根据级配和粒形优化确定。

5.1.4 水胶比建议控制在  $0.35\sim 0.45$ ，可根据原材料特性适当调整。

5.1.5 外加剂掺量应通过试验确定，并考虑再生骨料吸水率的影响。

### 5.2 设计步骤

5.2.1 确定工程要求：明确工程要求：确定混凝土设计强度等级、耐久性指标（抗渗、抗冻等）、工作性指标（坍落度宜为  $120\sim 180\text{mm}$ ，扩展度宜为  $450\sim 550\text{mm}$ ）及施工环境条件。

5.2.2 基础参数选取：根据再生骨料性能（吸水率、压碎指标、级配）和工业固废基胶凝材料活性指数，选取净水胶比、砂率、胶凝材料用量范围。

5.2.3 用水量计算：

a) 净用水量=净水胶比×胶凝材料用量；

b) 附加用水量=再生骨料总用量×再生骨料 1h 吸水率×0.8（经验系数）；

c) 总用水量=净用水量+附加用水量。

5.2.4 配合比试配：制作 3 组不同胶凝材料用量（或砂率）的试件，分别测试混凝土拌合物的坍落度、扩展度、凝结时间，以及 7d、28d 抗压强度和耐久性指标，确定最优配合比。

5.2.5 配合比调整：根据试配结果，调整各组分用量，确保混凝土各项性能满足设计要求，形成最终施工配合比。

### 5.3 调整规则

5.3.1 再生骨料吸水率变化  $\pm 0.5\%$  时，同步调整附加用水量，保持总用水量与胶凝材料的比例不变。

5.3.2 环境温度  $\geq 30^\circ\text{C}$  时，减少附加用水量  $5\%\sim 10\%$ ，或增加外加剂掺量  $0.1\%\sim 0.3\%$ ；环境温度  $\leq 5^\circ\text{C}$  时，应采取保温措施，适当提高出机温度，不得随意调整水胶比。

5.3.3 当工业固废基胶凝材料活性指数波动  $\pm 5\%$  时，应调整胶凝材料用量或外加剂掺量，确保混凝土强度满足要求。

## 6 生产设备及工艺

### 6.1 生产设备要求

6.1.1 骨料加工设备：应配备建筑垃圾破碎设备、分级筛分设备、除杂设备（金属分离器、风选除杂装置）和整形设备，确保再生骨料颗粒级配连续、杂质含量符合要求，整形后再生骨料针片状颗粒含量不应大于  $15\%$ 。

- 6.1.2 搅拌设备：采用强制式搅拌机，搅拌容量应与生产规模匹配；搅拌叶片磨损量不应大于5%，搅拌均匀性误差不应大于5%；搅拌时间应能满足拌合物均匀性要求，且可根据再生骨料特性调整。
- 6.1.3 计量设备：胶凝材料、外加剂计量精度应为 $\pm 1\%$ ，骨料、水计量精度应为 $\pm 2\%$ ；配备自动补偿功能，每季度检定1次，检定合格后方可使用。
- 6.1.4 检测设备：应配备坍落度筒、扩展度尺、凝结时间测定仪、压力试验机、洛杉矶磨耗机、含水率检测仪等，设备精度符合GB/T 50080、GB/T 50081的要求，并定期校准。
- 6.1.5 环保设备：破碎、筛分环节应配备密闭式除尘设备（如脉冲袋式除尘器）；生产废水处理设备（沉淀池、过滤装置）；噪声控制设备（隔音罩、减振垫），满足环保排放要求。

## 6.2 生产工艺

### 6.2.1 原材料预处理：

- 再生骨料进场：应分区堆放，雨天覆盖防雨，晴天定期翻晒，控制含水率波动 $\leq 1\%$ ；
- 再生骨料预处理：按规定执行，包括破碎→分级筛分→除杂→整形→含水率调节，预处理后再生骨料含水率波动不应大于1%，方可进入生产环节；
- 工业固废基胶凝材料：应防潮贮存，保质期 $\geq 3$ 个月，碱组分密封保质期 $\geq 6$ 个月；
- 外加剂：使用前应核查型号、掺量，与胶凝材料、骨料的适应性应重新验证（每批次进场后）。

### 6.2.2 配料与搅拌：

- 配料顺序：再生骨料→工业固废基胶凝材料→外加剂→水（含附加用水量），干拌30s后加水搅拌，总搅拌时间 $\geq 90s$ ；
- 附加用水量按再生骨料1h吸水率计算：附加用水量 = 再生骨料用量 $\times$ 1h吸水率 $\times 0.8$ （经验系数）。

### 6.2.3 搅拌时间应比普通混凝土延长20s~30s，总搅拌时间不宜少于120s。

### 6.2.4 搅拌过程中应观察拌合物状态，及时调整用水量或外加剂掺量。

### 6.2.5 出料与调整

- 混凝土拌合物出机温度控制在 $5^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，坍落度波动 $\leq \pm 20\text{mm}$ ；
- 若出现离析、泌水，可在不改变水胶比的前提下调整外加剂掺量，或延长搅拌时间 $\leq 30s$ 。

## 6.3 运输

### 6.3.1 采用专用混凝土搅拌运输车运输，装料前应排净罐内积水，运输过程中保持搅拌筒低速转动（转速 $2\sim 6\text{r}/\text{min}$ ），防止离析。

### 6.3.2 运输过程中应保持搅拌筒低速转动，防止离析。

### 6.3.3 从搅拌完成到浇筑完毕的时间不宜超过90min。

## 7 质量控制与检验

### 7.1 原材料检验

#### 7.1.1 工业固废基胶凝材料：每批进场检验比表面积、凝结时间、安定性、28d抗压强度，每200t为1批，不足200t按1批计。

#### 7.1.2 再生骨料：每批检验颗粒级配、压碎指标、吸水率、含泥量，粗骨料每500t为1批，细骨料每300t为1批。

#### 7.1.3 外加剂：每批检验减水率、抗压强度比、氯离子含量，每50t为1批，不足50t按1批计。

#### 7.1.4 建立原材料质量台账，不合格原材料严禁入库使用。

### 7.2 生产过程控制

- 7.2.1 每班至少检测 2 次骨料含水率，并根据结果调整施工配合比。
- 7.2.2 搅拌过程中应每盘检查拌合物坍落度或扩展度，偏差不宜超过 $\pm 20\text{mm}$ 。
- 7.2.3 每工作班应至少成型 1 组混凝土试件，用于测定脱模强度和 28d 强度。

### 7.3 出厂检验

- 7.3.1 出厂检验项目应包括：拌合物坍落度、扩展度、表观密度；混凝土 28d 抗压强度、抗渗等级。
- 7.3.2 每  $100\text{m}^3$  混凝土应作为一个检验批，不足  $100\text{m}^3$  按一批计。
- 7.3.3 检验结果应符合设计要求，并出具出厂合格证。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

分为出厂检验和型式检验。

### 8.2 出厂检验

- 8.2.1 检验项目：坍落度、凝结时间、28d 抗压强度。
- 8.2.2 组批规则：同一配合比、连续生产的混凝土为 1 批，每批 $\leq 100\text{m}^3$ ，不足  $100\text{m}^3$  按 1 批计。
- 8.2.3 抽样与判定

### 8.3 型式检验

- 8.3.1 检验项目：本文件规定的原材料性能、拌合物性能、硬化混凝土强度、耐久性、氯离子含量、碱含量等全部项目。
- 8.3.2 组批规则：每半年进行 1 次，或原材料、生产工艺发生重大变化时立即进行。
- 8.3.3 抽样与判定：从连续生产的 3 批产品中各抽 1 组试样，全部项目合格则判定型式检验合格；不合格项整改后重新检验，直至合格。

### 8.4 检验方法

- 8.4.1 坍落度按 GB/T 50080 执行，凝结时间按 GB/T 50080 执行。
- 8.4.2 抗压强度按 GB/T 50107、GB/T 50081 执行，抗渗性能按 GB/T 50082 执行。
- 8.4.3 再生骨料压碎指标、坚固性按 GB/T 25177、GB/T 25176 执行，氯离子含量按 GB/T 50476、GB 50164 执行。

## 9 安全与环保

### 9.1 安全要求

- 9.1.1 操作人员应经专业培训，持证上岗，熟悉设备操作规程和安全注意事项；作业时应佩戴个人防护用品（安全帽、防护手套、护目镜等）。
- 9.1.2 工业固废基胶凝材料的碱组分具有腐蚀性，应单独存放，设置“腐蚀性物品”警示标识；操作时应避免直接接触皮肤和眼睛，配备应急冲洗设施（清水、中和剂）。
- 9.1.3 搅拌设备、破碎设备、筛分设备应设置安全防护装置（防护罩、防护栏），定期检修维护，严

禁违章操作；设备运行时严禁人员靠近危险区域。

9.1.4 生产区域应设置安全警示标识（限速、禁入、防火等），配备消防器材，定期开展安全演练。

## 9.2 环保要求

9.2.1 粉尘控制：破碎、筛分、粉料输送环节应密闭作业，配备除尘设备，粉尘排放浓度不应超过  $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，符合大气污染物排放标准。

9.2.2 废水控制：生产废水经沉淀、过滤处理后循环使用，不得直接排放；处理后废水悬浮物浓度不应超过  $50\text{mg}/\text{L}$ ，pH 值控制在 6~9。

9.2.3 噪声控制：设备运行噪声不应超过  $85\text{dB}(\text{A})$ ，采取隔音、减振措施（如安装隔音罩、减振垫），；夜间（22:00~次日 6:00）作业时，噪声不应超过  $55\text{dB}(\text{A})$ ，避免影响周边环境，按照 GB 12348 要求执行。

9.2.4 固废处置：生产过程中产生的废渣、废料（如骨料筛分杂质、废弃混凝土）应分类收集；可回收利用的（如金属、木材）应资源化回收，不可回收的应按 GB 18599 的规定处置，不得随意堆放或填埋。

9.2.5 符合 JGJ/T 328 的绿色生产要求，减少能源消耗和环境影响。

## 10 标志、包装、运输与贮存

### 10.1 标志

10.1.1 产品合格证应注明：产品名称、强度等级、配合比编号、生产批次、生产日期、生产厂家、检验结果、执行标准。

10.1.2 运输车辆应标识：产品名称、强度等级、生产厂家、运输日期、警示标识（“防离析”、“防雨淋”）。

10.1.3 碱矿渣胶凝材料的碱组分包装应标注“腐蚀性物品”标志。

### 10.2 包装

10.2.1 工业固废基胶凝材料：采用防潮编织袋包装，每袋净含量  $50\text{kg}$ ，允许偏差  $\pm 1\%$ ；碱组分采用密封铁桶或塑料桶包装。

10.2.2 再生骨料采用散装或袋装，袋装每袋净含量  $50\text{kg}$ ，20 袋总质量  $\geq 1000\text{kg}$ 。

10.2.3 外加剂采用密封包装，标识清晰，防止泄漏。

### 10.3 运输

10.3.1 混凝土采用专用搅拌运输车运输，运输过程中保持搅拌状态，转速  $2\sim 6\text{r}/\text{min}$ ，严禁中途加水。

10.3.2 运输时间：常温下  $\leq 2\text{h}$ ，高温（ $\geq 30^\circ\text{C}$ ）下  $\leq 1.5\text{h}$ ，超时未浇筑的混凝土经复检合格后方可使用。

10.3.3 运输路线避开颠簸路段，防止拌合物离析。

### 10.4 贮存

10.4.1 工业固废基胶凝材料存放在干燥通风库房，离地  $\geq 20\text{cm}$ ，离墙  $\geq 30\text{cm}$ ，堆放高度  $\leq 2\text{m}$ ，防止受潮结块。

10.4.2 再生骨料分区堆放，设置防雨棚，避免含水率剧烈变化。

10.4.3 外加剂按类型分区存放，保质期内使用，过期产品经复检合格后方可使用。

## 附录 A

### (规范性)

#### 工业固废基胶凝材料活性指数测试方法

##### A.1 范围

本附录规定了工业固废基胶凝材料活性指数（7d、28d）的测试方法，适用于本文件规定的工业固废基胶凝材料。

##### A.2 仪器设备

- A.2.1 水泥胶砂搅拌机：符合 GB/T 17671 的规定。
- A.2.2 水泥胶砂振动台：符合 GB/T 17671 的规定。
- A.2.3 压力试验机：精度不低于±1%，量程能覆盖试件破坏荷载。
- A.2.4 试模：40mm×40mm×160mm 三联模，符合 GB/T 17671 的规定。
- A.2.5 养护箱：温度（20±1）℃，相对湿度≥90%，符合 GB/T 17671 的规定。

##### A.3 试验步骤

- A.3.1 基准胶砂制备：采用 GB/T 17671 规定的基准水泥，按水胶比 0.50 制备基准胶砂，成型 40mm×40mm×160mm 试件，每组 3 块。
- A.3.2 试验胶砂制备：以工业固废基胶凝材料替代 50%（质量分数）的基准水泥，按相同水胶比 0.50 制备试验胶砂，成型试件，每组 3 块。
- A.3.3 养护：试件成型后，在温度（20±1）℃、相对湿度≥90%的养护箱中养护 24h，脱模后继续养护至 7d、28d。
- A.3.4 强度测试：按 GB/T 17671 的规定测试基准胶砂和试验胶砂的 7d、28d 抗折强度和抗压强度。

##### A.4 结果计算

活性指数（%）=（试验胶砂强度/基准胶砂强度）×100  
计算结果精确至 1%，取 3 块试件的算术平均值作为测定值。

## 附录 B

(规范性)

## 再生骨料预处理工艺及质量要求

## B.1 预处理工艺流程

建筑垃圾原料→初级破碎→磁选除铁→二级破碎→分级筛分→风选除杂（去除木材、塑料）→整形处理→含水率调节→成品骨料。

## B.2 关键工艺质量要求

B.2.1 破碎：初级破碎采用颚式破碎机，二级破碎采用反击式破碎机，确保骨料颗粒级配连续，无过大颗粒（粒径 $\leq 31.5\text{mm}$ ）。

B.2.2 除杂：磁选除铁效率不应低于 95%；风选除杂应去除 90%以上的木材、塑料等轻质杂质。

B.2.3 整形：采用立轴式整形机，整形后再生粗骨料针片状颗粒含量不应大于 15%，粒形接近立方体。

B.2.4 含水率调节：通过自然晾晒或喷雾加湿调节，再生粗骨料含水率控制在 1%~3%，再生细骨料含水率控制在 2%~5%。