

山东省工程建设标准



DB37/T 5305-2024

—

回收水泥浆在混凝土中应用技术规程

Technical Specification for Application of
Recycled Cement Paste in Concrete

2024 年 11 月 6 日 发布

2025 年 2 月 1 日 实施

山东省住房和城乡建设厅

联合发布

山东省市场监督管理局

山东省工程建设标准

回收水泥浆在混凝土中应用技术规程

DB37/T 5305-2024

住房和城乡建设部备案号：J**—**

主编单位：山东城市建设职业学院

中建八局第一建设有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

施行日期：2025 年 2 月 1 日

中国建设科技出版社

2024 北 京

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局
公 告

2024 年 第 18 号

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局
关于批准发布山东省工程建设标准
《回收水泥浆在混凝土中应用技术规程》的
公告

由山东城市建设职业学院和中建八局第一建设有限公司主编的《回收水泥浆在混凝土中应用技术规程》，业经审定通过，批准为山东省工程建设标准，编号为 DB37/T 5305-2024，现予以发布，自 2025 年 2 月 1 日起施行。

山东省回收水泥浆及掺加回收水泥浆混凝土的制备、施工、质量检验采用本标准时，还应遵守国家和山东省有关法律法规和强制性标准规范规定。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东城市建设职业学院负责具体技术内容的解释。

山东省住房和城乡建设厅 山东省市场监督管理局
2024 年 11 月 6 日

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发 2022 年第二批山东省工程建设标准制修订计划的通知》（鲁建标字〔2022〕14 号）的要求，编制组经调查研究，认真总结工程应用实践经验，参考国内有关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容：总则、术语和符号、基本规定、技术要求、制备、施工、质量检验、附录。

本规程的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及附录 A 与一种绿色建筑施工中废水泥浆含固量的快速检测方法相关的专利的使用，专利号：ZL2023 10872035.3。本规程的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。该专利权人已向本文件的发布机构承诺，他同意在公平、合理、无歧视的基础上，免费许可任何组织或者个人在实施本文件时实施专利。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东城市建设职业学院负责具体技术内容的解释。各相关单位在实施过程中，注意积累资料和数据、总结经验，如发现需要修改和补充之处，请及时将问题和建议反馈给山东城市建设职业学院（地址：济南市旅游路东首 4657 号，邮政编码：250103，联系电话：13964195893，E-mail: 1306855329@qq.com），以便修订时参考。

主 编 单 位：山东城市建设职业学院

中建八局第一建设有限公司

参 编 单 位：青岛康太源建设集团有限公司

山东建筑大学

济南建工集团建材科技有限公司

山东省路桥集团有限公司基础设施建设分公司

济南申承建材科技有限公司

山东鲁桥建材有限公司

山东国材益新建筑科技有限公司

山东沃适德节能科技有限公司

主要起草人员：牛彦磊 逢鲁峰 李霖霖 刘 巍 马志超 孙 浩 许荣水 汪国贵
李孝伟 龙厚涛 卓 超 郑晓芳 李海波 周国栋 吕记斌 李 朝
张汝超 王冰洋 张延杰 徐 超 刘万刚 尚小朋 吴 林 张广进
高 原 季英瑞 窦嘉纲 焦 平 鲁 明 武振星 刘志渊 马仕军
任 斌 付继凯 朱绍鹏 宋桂花 周 超 高 新 谷 淑 张海峰
于 普 尚 聪 曹润武 缪鹏飞 孙建智 陆 洋 张中才 华纯溢

肖晓红 孙逢新 王 涛 刘学岭 李 超 崔建忠 翟保亮 赵 硕
段晓乐 封 真 高海燕 马红云 高训彬 冯振超 张瑞全 赵 琦
刘培源 杨志琛 刘保旺 张 宇 李 亮 于林玉 辛 芳

主要审查人员：张维汇 袁惠星 张秀芝 鲁统卫 吴 刚 王龙志 张海霞 崔忠英
颜世涛

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 基本规定	4
4 技术要求	5
4.1 回收水泥浆技术要求.....	5
4.2 掺加回收水泥浆的混凝土性能要求.....	6
5 制备	7
5.1 回收水泥浆的制备.....	7
5.2 掺加回收水泥浆混凝土的制备.....	9
6 施工.....	10
7 质量检验	11
7.1 回收水泥浆质量检验.....	11
7.2 掺加回收水泥浆混凝土质量检验.....	12
附录 A	13
附录 B	15
附录 C	16
本规程用词说明	17
引用标准名录	18
附：条文说明	19

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	1
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic Requirements	4
4	Technical Requirements	5
4.1	Technical Requirements for Recycled Cement Paste	5
4.2	Performance Requirements for Concrete with Recycled Cement Paste.....	6
5	Preparation	7
5.1	Preparation of Recycled Cement Paste	7
5.2	Preparation of Concrete with Recycled Cement Paste	9
6	Construction	10
7	Quality Inspection	11
7.1	Quality Inspection of Recycled Cement Paste	11
7.2	Quality Inspection of Concrete with Recycled Cement paste	12
Appendix A Test Method for Solid Content of Recycled Cement Paste.....		13
Appendix B Test Method for Setting Time of Cement Paste with Recycled Cement Paste		15
Appendix C Test Method for Flowability Ratio and Compressive Strength Ratio of Cement Mortar with Recycled Cement Paste.....		16
Explanation of Wording in This Standard		17
List of Quoted Standards		18
Addition: Explanation of Provisions.....		19

1 总 则

1.0.1 为规范回收水泥浆在混凝土中的应用，保证工程质量，做到绿色环保、技术先进、安全适用、经济合理，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于回收水泥浆及掺加回收水泥浆混凝土的制备、施工、质量检验。

1.0.3 回收水泥浆及掺加回收水泥浆的混凝土除应符合本规程外，尚应符合国家和山东省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 废弃新拌混凝土 wastes of fresh ready-mixed concrete

在混凝土生产、施工过程中产生，废弃且未凝固的水泥混凝土拌合物。

2.1.2 废弃新拌水泥砂浆 wastes of fresh cement mortar

在混凝土生产、施工过程中产生，废弃且未凝固的水泥砂浆拌合物。

2.1.3 回收水泥浆 recycled cement paste

废弃新拌混凝土或废弃新拌水泥砂浆经专用设备设施进行骨料分离、稀释、分散及均化处理后，技术指标满足相关要求的浑浊浆体。

2.1.4 固体含量 solid content

回收水泥浆样品在 100℃~105℃ 温度下经烘干至恒重后留下的固体质量占回收水泥浆样品总量的质量百分数。

2.1.5 回收水泥浆掺量 dosage of recycled cement paste

回收水泥浆质量占混凝土中胶凝材料总量的百分数。

2.1.6 回收水泥浆折固掺量 solid dosage of recycled cement paste

所参加的回收水泥浆的固体质量占混凝土中胶凝材料总量的百分数。

2.2 符 号

m_{b0} —— 每立方米混凝土的胶凝材料用量；

m_{c1} —— 水泥净浆凝结时间试验水泥用量；

m_j —— 每立方米混凝土的回收水泥浆用量；

m_{j1} —— 水泥净浆凝结时间试验回收水泥浆用量；

m_{j2} —— 受检砂浆配合比回收水泥浆用量；

m_{jw} —— 每立方米混凝土的回收水泥浆含水量；

m_w —— 回收水泥浆样品含水量；

m_{w0} —— 水分散失量 m_w 对时间 t_i 的二次导数 ($\Delta^2 m_w / \Delta^2 t_i$) 为零所对应时间点的水分散失量；

m_{w2} —— 受检砂浆配合比用水量；

$m_{固}$ —— 烘干至恒重得到浆体样品的烘干固体粉末的质量；

T_j —— 掺加回收水泥浆试样的水泥净浆凝结时间；

T_{c0} —— 未掺加回收水泥浆试样的水泥净浆凝结时间；

ΔT_j —— 水泥净浆凝结时间差；

β_g —— 回收水泥浆折固掺量；

β_j —— 回收水泥浆掺量；

$\gamma_{\text{固}}$ —— 回收水泥浆样品烘干后固体粉末的吸水率；

$\lambda_{\text{气}}$ —— 回收水泥浆样品的含气量；

$\rho_{\text{固}}$ —— 回收水泥浆样品烘干后固体粉末的密度；

$\rho_{\text{浆}}$ —— 回收水泥浆样品的密度；

$\omega_{\text{固}}$ —— 回收水泥浆固体含量。

3 基本规定

3.0.1 掺加回收水泥浆的预拌混凝土应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的有关规定。

3.0.2 掺加回收水泥浆的混凝土生产应符合现行行业标准《预拌混凝土绿色生产及管理技术规程》JGJ/T 328 的有关规定。

3.0.3 回收水泥浆不宜用于高强混凝土、预应力混凝土和暴露于腐蚀环境的混凝土；回收水泥浆不得用于使用碱活性或潜在碱活性骨料的混凝土。

4 技术要求

4.1 回收水泥浆技术要求

4.1.1 回收水泥浆匀质性指标应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 回收水泥浆匀质性指标要求

技术指标	技术要求
密度, g/mL	$D \pm 0.03$
固体含量, %	≤ 20
Cl ⁻ , mg/L	≤ 1000
SO ₄ ²⁻ , mg/L	≤ 2000
碱含量, mg/L	≤ 1500
pH 值	≥ 6.0

注: D 为密度的制备控制值, 为配合比设计提供技术参数和质量控制基准。

4.1.2 水泥净浆凝结时间差应符合表4.1.2的规定。

表4.1.2 水泥净浆凝结时间差

技术指标	技术要求		试验方法
凝结时间差, min	初凝	-30~+30	本规程附录 B
	终凝	-30~+30	

4.1.3 水泥胶砂流动度比应符合表4.1.3的规定。

表4.1.3 水泥胶砂流动度比

技术指标	技术要求	试验方法
流动度比, %	≥ 95	本规程附录 C

4.1.4 水泥胶砂抗压强度比应符合表4.1.4的规定。

表4.1.4 水泥胶砂抗压强度比

技术指标	技术要求		试验方法
抗压强度比，%	3d	≥ 90	本规程附录 C
	28d	≥ 90	

4.2 掺加回收水泥浆的混凝土性能要求

4.2.1 掺加回收水泥浆的混凝土拌合物性能应满足施工要求，当掺加回收水泥浆的混凝土拌合物用于泵送施工时，60min 坍落度经时损失不宜大于 30mm。

4.2.2 掺加回收水泥浆的混凝土力学性能应满足设计和施工的要求。

4.2.3 掺加回收水泥浆混凝土长期性能和耐久性能应满足设计要求。

4.2.4 掺加回收水泥浆的混凝土的水溶性氯离子含量和碱含量应满足现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 和设计要求。

5 制 备

5.1 回收水泥浆的制备

5.1.1 生产、施工产生的未凝固的混凝土拌合物废料或润滑泵管的水泥砂浆废料，应通过收集、运输至回收水泥浆制备系统设备设施地点进行回收处理。

5.1.2 回收水泥浆制备应符合相关环保规定和要求，回收水泥浆制备方案应包含环保、清洗、分离、稀释、均化、输送、计量及配料等方面内容。

5.1.3 回收水泥浆制备应符合下列规定：

1 宜包含清洗分离、搅拌均化、稀释处理等措施。

2 废弃新拌混凝土拌合物或废弃新拌水泥砂浆可通过专用设备设施清洗分离出水泥浆、细骨料和粗骨料；水泥浆经检测符合本规程表 4.1.1 规定的，可用于配制混凝土，回收水泥浆的检测应符合本规程第 7.1 节的规定。

3 经清洗分离得到的回收水泥浆，固体含量经检测符合本规程表 4.1.1 的规定后，可用于混凝土生产，不符合表 4.1.1 规定的，应采用拌合用水进行稀释处理至符合规定。

4 回收水泥浆用于混凝土生产前应进行均化处理，所制备的回收水泥浆应保持均匀性，不应产生沉淀、分层；均化后，从储罐内 3 个不同方位均匀取样得到的回收水泥浆固体含量或密度的极差与平均值的比值不应大于 10%。

5.1.4 回收水泥浆制备系统应满足废料处理能力，宜选用技术先进、低噪声、低能耗、自动控制的设备设施。

5.1.5 回收水泥浆制备系统应设置明显的安全警示标志，储池、储罐、配电及搅拌装置等作业平台应设置防护栏等防护设施，并应符合现行国家标准《固定式钢梯及平台安全要求 第 3 部分：工业防护栏杆及钢平台》GB 4053.3 的相关规定。

5.1.6 回收水泥浆制备系统的储池、储罐、储仓及排水沟应有防渗、防污、防溢流措施，应符合相关环保规定，不应产生二次污染。

5.2 掺加回收水泥浆混凝土的制备

5.2.1 掺加回收水泥浆混凝土的配合比应符合下列规定：

1 确保掺加回收水泥浆的混凝土拌合物性能、力学性能、长期性能及耐久性能等技术指标能够满足设计、施工技术要求。

2 掺加回收水泥浆混凝土的配合比设计及试配应按照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的相关规定执行。

3 回收水泥浆的折固掺量应符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 回收水泥浆折固掺量限值要求

施工方式	人工自卸		机械泵送	
坍落度 (mm)	≤150		>150	
强度等级	≤C20	C25~C50	≤C20	C25~C50
折固掺量 (%)	≤3.5	≤2.5	≤3.0	≤2.0

注：对于>C50 混凝土，不宜参加回收水泥浆，如需参加，回收水泥浆折固掺量应经过试验验证确定，并满足设计、施工技术要求。

回收水泥浆的折固掺量应按公式 (5.2.1-1) 进行计算：

$$\beta_g = \beta_j \cdot \omega_{gj} \quad (5.2.1-1)$$

式中： β_g ——回收水泥浆折固掺量 (%)，精确至 0.1%；

β_j ——回收水泥浆掺量 (%)，精确至 0.1%；

ω_{gj} ——回收水泥浆固体含量 (%)，精确至 0.1%。

4 回收水泥浆采用外掺法，回收水泥浆用量应按公式 (5.2.1-2) 进行计算：

$$m_j = m_{b0} \cdot \beta_j \quad (5.2.1-2)$$

式中： m_j ——每立方米混凝土的回收水泥浆用量 (kg/m^3)，精确至 $1\text{kg}/\text{m}^3$ ；

m_{b0} ——每立方米混凝土的胶凝材料用量 (kg/m^3)，精确至 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

5 配合比计算时，根据回收水泥浆中的固体含量计算回收水泥浆的含水量，回收水泥浆含水量计入混凝土拌合用水。回收水泥浆的含水量应按照公式 (5.2.1-3) 进行计算：

$$m_{jw} = m_j \cdot (1 - \omega_{gj}) \quad (5.2.1-3)$$

式中： m_{jw} ——每立方米混凝土的回收水泥浆含水量 (kg/m^3)，精确至 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

6 配合比试配时，应进行混凝土拌合物坍落度 60min 经时变化量和凝结时间检测，满足施工要求。

7 参加回收水泥浆混凝土的设计配合比报告，应注明回收水泥浆的密度、固体含量、掺量及折固掺量。

5.2.2 参加回收水泥浆混凝土的生产和运输应符合下列规定：

1 参加回收水泥浆混凝土的生产和运输应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。

2 参加回收水泥浆的混凝土应在生产、施工前进行适应性试配试验，应以调整后的配合比作为施工配合比，首次生产时应进行开盘鉴定。

3 生产前，应对回收水泥浆进行检验，应符合本规程第 7.1 节的规定；生产过程中，应对回收水泥浆进行监视检测，应符合本规程第 7.1 节的规定。

4 原材料计量应采用电子计量设备。其精度应满足现行国家标准《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171 的有关规定；计量设备应定期校验，计量设备应具有法定计量部门签发的有效检定证书并定期校验；混凝土生产单位每月应对计量设备自检一次；每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。

5 混凝土原材料计量允许偏差应符合表 5.2.2 的规定，原材料计量偏差应每班检查 1 次。

表 5.2.2 各种原材料计量的允许偏差

原材料种类	胶凝材料	粗、细骨料	拌合用水	外加剂	回收水泥浆
每盘计量允许偏差(按质量计,%)	±2	±3	±1	±1	±1
累计计量允许偏差(按质量计,%)	±1	±2	±1	±1	±1

6 混凝土搅拌机应符合现行国家标准《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机》GB/T 9142 的规定。混凝土搅拌宜采用强制式搅拌机。

7 回收水泥浆的输送管道应采用独立设备，投料方式应满足混凝土搅拌技术及混凝土拌合物质量的要求。搅拌应保证预拌混凝土拌合物质量均匀，同一盘混凝土搅拌匀质性应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定。

8 应当适当延长搅拌时间，混凝土搅拌时间应每班检查 2 次。

9 当卸料前需在混凝土拌合物中掺入外加剂时，应在外加剂掺入后采用快挡旋转搅拌罐进行搅拌；外加剂掺量和搅拌时间应有经试验确定的预案。

6 施 工

6.0.1 掺加回收水泥浆混凝土的泵送施工应符合相关规定和环保要求。

6.0.2 掺加回收水泥浆混凝土的浇筑质量控制、养护及成品保护应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《混凝土质量控制标准》GB 50164 等标准的规定。

6.0.3 冬期施工时，掺加回收水泥浆混凝土的施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的相关规定。

7 质量检验

7.1 回收水泥浆质量检验

7.1.1 参加回收水泥浆混凝土的生产企业应编制回收水泥浆检测控制方案，应进行监控检测、定期检验。

7.1.2 回收水泥浆试验方法应符合下列规定：

1 固体含量的检验按照本规程附录 A 的规定进行。

2 密度的检验按照现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077 的有关规定进行，比重瓶法为基准法，快速检测可采用密度计法。

3 氯化物 (Cl^-) 含量的检验按照现行国家标准《水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法》GB/T 11896 的有关规定进行。

4 硫酸盐 (SO_4^{2-}) 含量的检验按照现行国家标准《水质 硫酸盐的测定 重量法》GB/T 11899 的有关规定进行。

5 碱含量的检验按照现行国家标准《水泥化学分析方法》GB/T 176 中关于氧化钾、氧化钠确定的火焰光度计的要求进行。

6 水泥净浆凝结时间差应按照本规程附录 B 的规定进行。

7 水泥胶砂流动度比试验和水泥胶砂抗压强度比试验应按照本规程附录 C 的规定进行。

8 pH 值检验按照现行国家标准《水质 pH 值的测定 玻璃电极法》GB/T 6920 的有关规定进行。

9 检测取样时，被测回收水泥浆试样应保持搅拌均匀状态。

7.1.3 回收水泥浆检验规则应符合下列规定：

1 首次使用回收水泥浆前应进行首次检验，检测项目应包括本规程第 4.1 节规定的所有性能指标；定期检验，正常连续生产且原材料不变时，每季度检测不少于 1 次，当回收水泥浆制备系统运行间断超过 7d 未使用，再次启动时应取样检测。检验项目为密度、固体含量、pH 值、水泥净浆凝结时间差、水泥胶砂流动度比、水泥胶砂抗压强度比，应符合本规程表 4.1.1 的规定；制备的回收水泥浆应符合本规程表 4.1.1 的规定要求。

2 回收水泥浆使用过程应进行监控检测，监控检测项目为密度、固体含量、pH 值，并应符合本规程表 4.1.1 的规定；当回收水泥浆制备系统连续运行时，每个工作日，监控检测不应少于 2 次，每次的时间间隔不宜超过 6h；当回收水泥浆制备系统运行间断超过 24h，再次启动时应取样检验。

7.1.4 回收水泥浆取样应符合下列规定：

1 取样时，应采用专用取样容器，容积不应小于 6L；取样容器应洁净、干燥、无污染、无残留物质，取样容器不应与回收水泥浆发生化学反应。

2 取样前，取样容器应用待采样品冲洗 3 次，取样完毕后密封；应在回收水泥浆储罐内抽取样品，取样前回收水泥浆储罐应保持搅拌均匀；取样时应关闭搅拌装置至搅拌叶停止，取样宜在 3min 内完成；取样宜在回收水泥浆储罐内距液面不低于 100mm 处采集，并混合均匀。

3 取样量不应少于 5L，每次取样数量为 2 个。

4 回收水泥浆样品应采用不与回收水泥浆发生化学反应的容器封存；容器封存应附标签，封存时间不应少于 2 个月。

7.2 掺加回收水泥浆混凝土质量检验

7.2.1 掺加回收水泥浆混凝土的拌合物性能应满足施工要求，拌合物性能试验应按照现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的有关规定进行。

7.2.2 掺加回收水泥浆混凝土的力学性能应满足设计要求，强度评定应按照现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定进行，掺加回收水泥浆混凝土的力学性能试验应按照现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的有关规定进行。

7.2.3 掺加回收水泥浆混凝土的长期性能和耐久性能应满足设计要求，耐久性能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 的有关规定进行。掺加回收水泥浆混凝土的长期性能和耐久性能试验应按照现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的有关规定进行。

附录 A 回收水泥浆固体含量试验方法

A.0.1 本方法适用于回收水泥浆固体含量的检测。

A.0.2 烘干法应符合下列规定：

1 抽取样本量时，被测回收水泥浆试样应保持搅拌均匀状态。

2 根据现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077 的有关规定，测定回收水泥浆的固体含量；固体含量取 2 次试验结果的平均值，单位为%，精确至 0.1%，当 2 次试验结果之差大于 0.2% 时，应重新试验。回收水泥浆试量不宜少于 50g。

A.0.3 密度法应符合下列规定：

1 密度法使用仪器包括以下几种：

1) 波美比重计；

2) 精密密度计；

3) 低温恒温水浴；

4) 500mL 量筒或量杯。

2 密度法试验按下列步骤进行：

1) 按照本规程第 7.1.4 条的规定抽取回收水泥浆样品，并搅拌均匀。

2) 抽取回收水泥浆样品放入烘干箱 100℃~105℃ 温度下烘干至恒重，得到回收水泥浆样品烘干后固体粉末，应按照国家现行标准《水泥密度测定方法》GB/T 208 规定的方法，回收水泥浆固体粉末试验样量为 30g~40g，称量精确至 0.01g，测定回收水泥浆样品烘干后固体粉末的密度 $\rho_{\text{固}}$ ，精确至 0.001g/mL。

3) 抽取回收水泥浆样品进行搅拌均匀，静置至回收水泥浆稳定且不分层时，应按照国家现行标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077 规定的方法，测定回收水泥浆样品的密度 $\rho_{\text{浆}}$ ，精确至 0.001g/mL；测定时应去除回收水泥浆样品液面上的泡沫。

4) 应按照国家现行标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 规定的方法，测定回收水泥浆样品的含气量 $\lambda_{\text{气}}$ ，精确至 0.1%。

5) 称取回收水泥浆样品量 m_0 约 500g，精确至 0.1g，放置在金属盘上，放入烘干箱 80℃ 温度下烘干，按照时间步长（可 5min），定期取出称重，计算到该时间 t_i 的水分散失量 m_{wi} ，继续烘干至恒重，得到浆体样品的烘干固体粉末的质量 $m_{\text{固}}$ ， m_0 与 $m_{\text{固}}$ 的差值为回收水泥浆样品含水量 m_w ；用二次微分商法计算水分散失量 m_i 对时间的二次导数 $(\Delta^2 m_w / \Delta^2 t_i)$ ，水分散失量 m_{wi} 对时间 t_i 的二次导数 $(\Delta^2 m_w / \Delta^2 t_i)$ 为零所对应的该时间点水分散失量 m_{w0} ，即为表面水分散失的临界点；找出二次导数 $(\Delta^2 m_w / \Delta^2 t_i)$ 发生正

负变化时两个相邻的时间点，采用内插法计算得出这两个相邻的时间点之间二次导数（ $\Delta^2 m_w / \Delta^2 t_i$ ）为零所对应时间点的水分散失量 m_{w0} ；回收水泥浆样品烘干后固体粉末的吸水率 $\gamma_{固}$ 按照公式（A.0.3-1）计算，精确至0.1%。

$$\gamma_{固} = \frac{(m_w - m_{w0})}{m_{固}} \times 100\% \quad (\text{A.0.3-1})$$

式中： $\gamma_{固}$ ——回收水泥浆样品烘干后固体粉末的吸水率（%），精确至0.01%；

m_w ——回收水泥浆样品含水量（g），精确至0.1g；

m_{w0} ——水分散失量 m_{wi} 对时间 t_i 的二次导数（ $\Delta^2 m_w / \Delta^2 t_i$ ）为零所对应时间点的水分散失量（g），精确至0.1g；

$m_{固}$ ——烘干至恒重得到浆体样品的烘干固体粉末的质量（g），精确至0.1g。

3 回收水泥浆样品的固体含量 $\omega_{固}$ 按公式(A.0.3-2)计算，精确至0.1%。

$$\omega_{固} = \frac{(1 - \lambda_{气} - \rho_{浆}) \rho_{固}}{(1 - \rho_{固} - \gamma_{固} \rho_{固}) \rho_{浆}} \times 100\% \quad (\text{A.0.3-2})$$

式中： $\gamma_{固}$ ——回收水泥浆样品烘干后固体粉末的吸水率（%），精确至0.01%；

$\rho_{固}$ ——回收水泥浆样品烘干后固体粉末的密度（g/mL），精确至0.001g/mL；

$\rho_{浆}$ ——回收水泥浆样品的密度（g/mL），精确至0.001g/mL；

$\lambda_{气}$ ——回收水泥浆样品的含气量（%），精确至0.1%。

附录 B 回收水泥浆水泥净浆凝结时间试验方法

B.0.1 本方法适用于回收水泥浆的水泥净浆凝结时间的检测。

B.0.2 回收水泥浆水泥净浆凝结时间试验按下列步骤进行：

- 1 抽取样本量时，被测回收水泥浆试样应保持搅拌均匀状态。
- 2 水泥净浆凝结时间试验回收水泥浆用量 m_{j1} 按公式 (B.0.2-1) 计算。

$$m_{j1} = 500 \times \beta_j \quad (\text{B.0.2-1})$$

式中： m_{j1} ——水泥净浆凝结时间试验回收水泥浆用量 (g)，精确至 0.1g；

β_j ——回收水泥浆掺量 (%)，按公式 (B.0.2-2) 计算，精确至 0.1%。

$$\beta_j = \beta_g / \omega_{\text{固}} \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中： β_g ——回收水泥浆试样的折固掺量 (%)，精确至 0.1%，未指定折固掺量时，折固掺量按照 3.5% 进行试验；

$\omega_{\text{固}}$ ——回收水泥浆试样的固体含量 (烘干法，%)，精确至 0.1%。

3 水泥净浆凝结时间试验宜采用 42.5 级硅酸盐水泥，也可采用普通硅酸盐水泥，当存在争议时，采用现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 规定的对比水泥。

4 水泥净浆凝结时间试验参照现行国家标准《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346 规定的方法，回收水泥浆试样掺量保持不变，通过调整用水量确定标准稠度用水量。

- 5 水泥净浆凝结时间差按公式 (B.0.2-3) 计算。

$$\Delta T_j = T_j - T_{e0} \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中： ΔT_j ——水泥净浆凝结时间差 (min)，精确至 1min；

T_j ——掺加回收水泥浆试样的水泥净浆凝结时间 (min)，精确至 1min；

T_{e0} ——未掺加回收水泥浆试样的水泥净浆凝结时间 (min)，精确至 1min。

附录 C 回收水泥浆水泥胶砂流动度比、抗压强度比试验方法

C.0.1 本方法适用于回收水泥浆的水泥胶砂流动度比、抗压强度比的检测。

C.0.2 回收水泥浆流动度比、抗压强度比试验按下列步骤进行：

1 抽取样本量时，被测回收水泥浆试样应保持搅拌均匀状态。

2 水泥胶砂流动度比、抗压强度比试验宜采用 42.5 级硅酸盐水泥，也可采用普通硅酸盐水泥，当存在争议时，采用现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 规定的对比水泥。

3 受检水泥砂浆配合比回收水泥浆用量 m_{j2} 按公式（C.0.2-1）计算。

$$m_{j2} = 450 \times \beta_j \quad (\text{C.0.2-1})$$

式中： m_{j2} ——受检砂浆配合比回收水泥浆用量（g），精确至 0.1g；

β_j ——回收水泥浆掺量（%），按公式（C.0.2-2）计算，精确至 0.1%。

$$\beta_j = \beta_g / \omega_{\text{固}} \quad (\text{C.0.2-2})$$

式中： β_g ——回收水泥浆试样的折固掺量，单位为%，精确至 0.1%，未指定折固掺量时，折固掺量按照 3.5% 进行试验；

$\omega_{\text{固}}$ ——回收水泥浆试样的固体含量（烘干法，%），精确至 0.1%。

4 受检砂浆配合比用水量 m_{w2} 按公式（C.0.2-3）计算。

$$m_{w2} = 225 - m_{j2} \times (1 - \omega_{\text{固}}) \quad (\text{C.0.2-3})$$

式中： m_{w2} ——受检砂浆配合比用水量（g），精确至 0.1g。

5 试验配合比，应符合表 C.0.2 的规定。

表 C.0.2 水泥砂浆试验配合比

	水泥	回收水泥浆	砂	水
品种规格	P·O 42.5 级或基准水泥		中国 ISO 标准砂	饮用
对比砂浆，g	450	—	1350	225
受检砂浆，g	450	m_{j2}	1350	m_{w2}

6 水泥胶砂流动度试验按照现行国家标准《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419 进行，回收水泥浆的水泥胶砂流动度比为受检砂浆流动度与对比砂浆流动度的比值，单位为%，精确至 1%。

7 水泥胶砂抗压强度试验按照现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 进行，回收水泥浆的水泥胶砂抗压强度比为受检砂浆抗压强度与对比砂浆抗压强度的比值，单位为%，精确至 1%。

本规程用词说明

1 为方便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，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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，采用“可”。

2 本规程条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《混凝土结构通用规范》GB 55008
2. 《混凝土质量控制标准》GB 50164
3. 《混凝土结构工程施工规范》GB 50666
4. 《水泥化学分析方法》GB/T 176
5. 《水泥密度测定方法》GB/T 208
6. 《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346
7. 《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419
8. 《固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台》GB 4053.3
9. 《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077
10. 《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌机》GB/T 9142
11. 《建筑施工机械与设备 混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171
12. 《水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法》GB/T 11896
13. 《水质 硫酸盐的测定 重量法》GB/T 11899
14. 《预拌混凝土》GB/T 14902
15. 《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671
16. 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
17. 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
18. 《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081
19. 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
20. 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
21. 《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10
22. 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
23. 《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104
24. 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
25. 《预拌混凝土绿色生产及管理技术规程》JGJ/T 328

山东省工程建设标准

回收水泥浆在混凝土中应用技术规程

DB37/T 5305-2024

条文说明

目 次

1 总则	22
2 术语和符号	23
2.1 术语	22
3 基本规定	24
4 技术要求	25
4.1 回收水泥浆技术要求	24
5 制备	25
5.1 回收水泥浆的制备	27
5.2 掺加回收水泥浆混凝土的制备	
6 施工	31
7 质量检验	32
7.1 回收水泥浆质量检验	32
附录 A 回收水泥浆固体含量试验方法	33

1 总 则

1.0.1 针对废弃新拌混凝土、废弃新拌水泥砂浆的回收利用，需要对废弃新拌混凝土、废弃新拌水泥砂浆进行处理，处理为回收水泥浆。为规范回收水泥浆在混凝土的应用，有必要对回收处理技术、生产施工进行经验总结和规范，保证工程质量。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 已凝固的混凝土拌合物无法通过专业设备设施进行洗筛分离回收。

2.1.2 已凝固的水泥砂浆无法通过专业设备设施进行洗筛分离回收。

2.1.3 配制混凝土的回收水泥浆应来源于由生产、施工产生的废弃新拌混凝土拌合物或润滑泵管的废弃新拌水泥砂浆，本规程规定的回收水泥浆不涵盖预拌混凝土企业及施工现场生活及运输清洗产生的废水、废浆等其他来源的建筑垃圾、废弃污染物。其他来源的建筑垃圾、废弃污染物，例如硬化的废混凝土块、废砖块、泥块、废油、废塑料等，一方面，无法进行洗筛分离回收，另一方面，成分复杂，对混凝土性能影响较大，因此，不在本规程适用范围内。生活及运输清洗产生的废水、废浆，成分比较复杂也不稳定，往往会对混凝土质量产生不良影响。废弃新拌混凝土或废弃新拌水泥砂浆经过砂石分离机分离出骨料，排出废浆，废浆为含细骨料、粉料、外加剂等物质的混合浆体，统称为水泥废浆。当固体含量过高时，特别是大于 20%时，在回收使用时，回收水泥浆容易产生沉淀，堵塞输送管道。密度、固体含量、氯离子含量、碱含量等技术指标对混凝土性能产生较大的影响，因此，经处理后，各项技术指标满足相关要求的水泥废浆，可称之为回收水泥浆，可用于预拌混凝土的生产。

2.1.6 回收水泥浆折固掺量也可表示为回收水泥浆掺量与其固体含量的乘积；回收水泥浆的固体量为回收水泥浆样品在 100℃~105℃温度下经烘干至恒重后留下的质量。

3 基本规定

3.0.3 预拌混凝土生产单位应配置专用清洗分离回收设备设施，对生产、施工产生的混凝土拌合物废料或润滑泵管的水泥砂浆拌合物废料进行回收再利用，应避免产生二次污染，实现绿色生产，节能减排。所配置的专用清洗分离回收设备设施，不得与生活及生产设备、运输车辆清洗产生的废水、废浆混合处理。

4 技术要求

4.1 回收水泥浆技术要求

4.1.1 回收水泥浆的密度与固体含量存在一定的相关性。混凝土配合比设计时，回收水泥浆按照设计选定的掺量，密度和固体含量作为重要的设计参数，并将其作为制备控制值用于指导回收水泥浆在混凝土的生产控制，因此，本规程规定混凝土生产使用的回收水泥浆的掺量、密度和固体含量应在配合比设计选定的制备控制值 $\pm 5\%$ 范围内波动，避免混凝土性能出现较大的波动。氯化物(Cl^-)含量、硫酸盐(SO_4^{2-})含量、碱含量参照《混凝土用水标准》JGJ 63-2006中第3.1.1条有关钢筋混凝土的规定。参照《混凝土用水标准》JGJ 63-2006中第3.1.1条的有关规定，回收水泥浆不宜有漂浮明显的油脂和异味。

5 制 备

5.1 回收水泥浆的制备

5.1.3 回收水泥浆的制备流程，可参照图 1。回收水泥浆制备中，对回收水泥浆的密度和固体含量进行监测。经检测，当回收水泥浆的密度和固体含量超出配合比设计选定的制备控制值的 5% 范围时，应稀释至控制范围内。采用均化方式，按储罐内 3 个不同方位均匀取样得到的回收水泥浆固体含量或密度的最大值与最小值的极差大于平均值的 10% 时，表明均化效果较差。回收水泥浆制备设备检查合格后，在有生产任务时，先空载启动回收设备，对浆水进行充分搅拌，并保持搅拌状态，然后开动泥浆泵进行泥浆循环工作；当暂无生产任务且回收水泥浆制备系统的储池、储罐仍保有水泥浆时，应保持其均匀性，可采用间歇搅拌，间歇时间不应大于 15min，每次搅拌时间不应小于 30min。

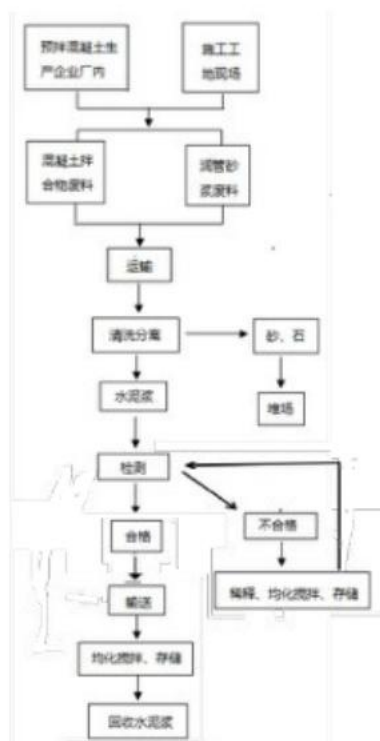


图 1 回收水泥浆的制备流程

5.1.4 回收水泥浆制备设备设施工艺，可参照图 2。回收水泥浆制备设备设施宜具备清洗分离、搅拌均化、输送、计量功能，应制定相应的设备设施安全操作制度。储池、储罐、储仓、管道等回收水泥浆制备不应与回收水泥浆发生化学腐蚀反应；水泥浆储池、回收水泥浆储罐应设置搅拌均化装置；回收水泥浆制备系统宜配置回收水泥浆中间储罐及回流管路。回收水泥浆使用时，采用中间储罐并设置输送装置和回流管，保持循环，一方面可避免停置时堵塞管道，另一方面可提高输送、称量效率，缩短称量时间。设置稀释装置，将回收水泥浆的固体含量和密度控制在规定范围内。宜采用二级回收水泥浆储罐，满足稀释和存储量的需求。

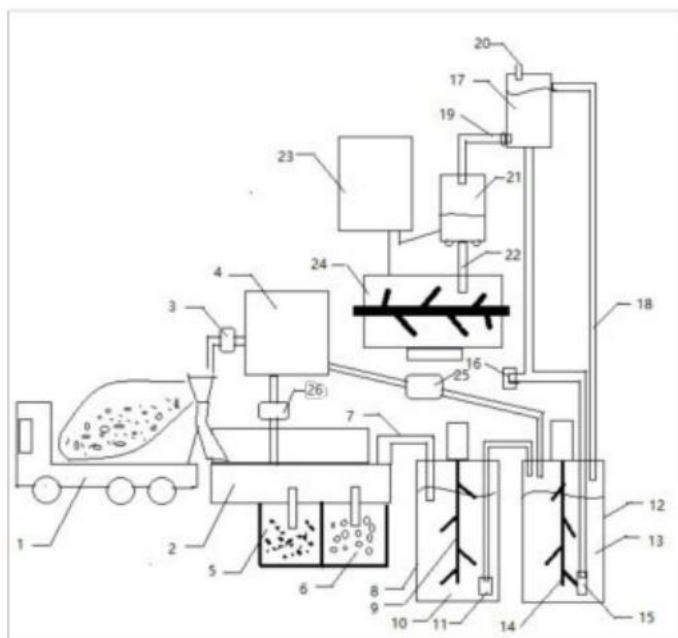


图 2 回收水泥浆制备系统设备设施工艺

1—混凝土搅拌运输车；2—砂石清洗分离机；3—冲水管；4—清水池；5—砂子接料储仓；6—石子接料储仓；7—排浆管；8—水泥浆储池；9—水泥浆储池搅拌装置；10—水泥浆；11—水泥浆输送装置；12—回收水泥浆储罐；13—回收水泥浆；14—回收水泥浆储罐搅拌装置；15—回收水泥浆输送装置；16—疏通阀；17—中间储罐；18—回流管；19—排放装置；20—排气孔；21—计量秤；22—排放装置；23—搅拌配料控制系统；24—混凝土搅拌机；25—稀释装置；

26—清水池抽水装置

5.2 掺加回收水泥浆混凝土的制备

5.2.1 了解回收水泥浆的来源情况，回收水泥浆来源处的水泥和外加剂品种类别宜与用于生产的混凝土一致，如差异较大，应进行试验验证；回收水泥浆掺量为回收水泥浆用量占混凝土中胶凝材料总量的质量百分数，回收水泥浆的折固掺量为回收水泥浆掺量与其固体含量的乘积，例如：回收水泥浆的固体含量为 10%，掺量为 10%，折固掺量为 1%。配合比计算时，根据回收水泥浆中的固体含量计算回收水泥浆的含水量，从而计算得出回收水泥浆的含水量，回收水泥浆含水量计入混凝土拌合用水量，拌合水量为净用水量及回收水泥浆、外加剂等所有材料含水量的总和。回收水泥浆样品的固体含量为 15.2%，回收水泥浆掺量按不同掺量、不同混凝土强度等级进行对比试验，见表 1 和表 2。

表 1 掺加回收水泥浆混凝土配合比

序号	配合比材料用量 (kg/m ³)									
	材料	水泥	矿粉	粉煤灰	机制砂	河沙	碎石	碎石	水	回收水泥浆
		P·O42.5	S95	Ⅱ级	粗砂	中砂	5~10 (mm)	10~20 (mm)	饮用	折固量 用量
1-1	C20	170	115	45	915	0	150	765	180	0 0
1-2	C20	170	115	45	915	0	150	765	180-28	5 33
1-3	C20	170	115	45	915	0	150	765	180-56	10 66
2-1	C30	220	125	55	861	0	150	783	170-	0 0
2-2	C30	220	125	55	861	0	150	783	170-28	5 33
2-3	C30	220	125	55	861	0	150	783	170-56	10 66
3-1	C50	410	60	50	525	225	150	800	160	0 0
3-2	C50	410	60	50	525	225	150	800	160-28	5 33
3-3	C50	410	60	50	525	225	150	800	160-56	10 66

表 2 掺加回收水泥浆混凝土对比试验

序号	规格等级	胶材量 (kg/m ³)	外加剂 掺量 (%)	回收水泥浆		流动性 (mm)		标养抗压强度 (MPa)		抗压强度比 (MPa)	
				折固掺 量 (%)	掺量 (%)	坍落度	1h 坍落度	7d	28d	7d	28d
1-1	C20	330	1.2	0	0	220	200	29.6	42.2		
1-2	C20	330	1.2	1.52	10.0	155	100				
	C20	330	1.4	1.52	10.0	225	190	28.7	41.4	97%	98%
1-3	C20	330	1.2	3.03	20.0	130	85				
	C20	330	1.6	3.03	20.0	215	195	32.9	44.4	111%	105%
2-1	C30	400	1.4	0	0	225	205	38.4	51.8		
2-2	C30	400	1.4	1.25	8.3	160	105				
	C30	400	1.6	1.25	8.3	220	205	40.7	54.2	106%	105%
2-3	C30	400	1.4	2.50	16.5	135	85				
	C30	400	1.8	2.50	16.5	215	195	39.3	56.2	102%	108%
3-1	C50	500	2.5	0	0	230	220	53.7	65.0		
3-2	C50	520	2.5	0.96	6.3	180	150				
	C50	520	2.7	0.96	6.3	225	205	56.5	70.4	105%	108%
3-3	C50	520	2.5	1.92	12.7	140	80				
	C50	520	2.8	1.92	12.7	220	200	60.2	65.1	112%	100%

由表 1 和表 2 可知：回收水泥浆对混凝土拌合物流动性影响较大，随着回收水泥浆掺量的增加，混凝土拌合物坍落度降低较大，经时坍落度损失呈大幅增加，因此，相应需要通过增大外加剂（聚羧酸减水剂）掺量，用于提高混凝土拌合物的流动性和经时坍落度保留值，坍落度损失也相应减少。随着回收水泥浆掺量的增加，对于低强度等级 C20 混凝土，当折固掺量为 1.52% 时，标养 7d 抗压强度为空白试验的 97%，标养 28d 抗压强度为空白试验的 98%，强度略有降低；当折固掺量增大到 3.03% 时，标养

7d 抗压强度为空白试验的 111%，标养 28d 抗压强度为空白试验的 105%，强度有所增加。因此，本规程结合实际生产施工实践经验规定，对于强度等级小于或等于 C20 的混凝土，当采用人工自卸施工方式的低流动性混凝土时，回收水泥浆折固掺量不应大于 3.5%；当采用机械泵送施工方式的大流动性混凝土时，考虑到回收水泥浆对坍落度和坍落度经时损失的影响，折固掺量不应大于 2.5%。对于 C30 混凝土，当折固掺量为 1.25%时，标养 7d 抗压强度为空白试验的 106%，标养 28d 抗压强度为空白试验的 105%；当折固掺量增大到 2.5%时，标养 7d 抗压强度为空白试验的 102%，标养 28d 抗压强度为空白试验的 108%，强度均有所提高。对于 C50 混凝土，当折固掺量为 0.96%时，标养 7d 抗压强度为空白试验的 105%，标养 28d 抗压强度为空白试验的 108%；当折固掺量增大到 1.92%时，标养 7d 抗压强度为空白试验的 112%，标养 28d 抗压强度为空白试验的 100%，强度不降低。因此，本规程结合实际生产施工实践经验规定，对于强度等级大于 C20 的混凝土，当采用人工自卸施工方式的低流动性混凝土，回收水泥浆折固掺量不应大于 3.0%；当采用机械泵送施工方式的大流动性混凝土，考虑到回收水泥浆对坍落度和坍落度经时损失的影响，折固掺量不应大于 2.0%。

5.2.2 生产过程中，对回收水泥浆进行监视检测是重要的控制手段，及时发现不符合第 4.1.1 条规定要求，需进行稀释或配合比调整处理。经试验研究发现，实际生产回收水泥浆折固掺量在设计配合比所选定折固掺量的 95%~105%范围内变化时，对混凝土性能影响较小。为了保证混凝土质量，提高生产施工控制水平，如经监测发现回收水泥浆固体含量增大超出规定范围，可对回收水泥浆进行相应稀释处理，方可使用。设置回收水泥浆环流系统，将中间储罐内与回收水泥浆储罐形成环流，可提高回收水泥浆的均匀性，缩短输送时间，避免静置期回收水泥浆对管道的堵塞。对于掺加回收水泥浆的混凝土，应增加搅拌时间，确保混合搅拌均匀。生产前，控制系统应将回收水泥浆输送至中间储罐内，与回收水泥浆储罐形成环流，开启中间储罐泄水阀，回收水泥浆进入计量秤称量，称量完毕后，开启计量秤泄水阀，进入搅拌机与其他材料混合搅拌。

6 施 工

6.0.1 混凝土生产施工过程中产生的混凝土拌合物废料或润滑泵管的水泥砂浆废料，是重要回收水泥浆来源，应通过收集、运输至回收水泥浆制备系统设备设施地点进行回收处理。预拌混凝土，宜优先选用配置有大型回收水泥浆制备系统的预拌混凝土生产单位，协同对施工产生的混凝土拌合物废料或润滑泵管的水泥砂浆废料等建筑垃圾进行回收处理利用。

7 质 量 检 验

7.1 回收水泥浆质量检验

7.1.1 回收水泥浆的检验控制分为监控检测、批量检验 2 个层次，监控检测是为回收水泥浆生产使用提供实时的技术依据。

7.1.3 当回收水泥浆制备系统停止运行时，水泥浆会发生分层沉降，间断超过 24h，再次启动时需取样检验，用于指导生产控制。混凝土的原材料和配合比发生较大变化时，可增加回收水泥浆检验频次，检测应选择在掺加回收水泥浆的混凝土连续生产阶段，并根据情况进行相应的调整和处置；宜设置可自动采集、检测回收水泥浆密度、固体含量的实时监控系统和智能化处理装置。

7.1.4 专用取样容器可设置配重、吊绳及密闭式开关装置，专用取样容器可实现在密闭状态下插入待取浆体中，到达要求的深度位置后，打开开关，抽取该深度位置的浆体样品。取样宜在回收水泥浆储罐内距液面不低于 100mm 处、中心部位、距输送管口约 200mm 处分别采集，并混合均匀。容器封存应附标签，应至少注明样品名称、编号、取样时间、取样人。

附录 A 回收水泥浆固体含量试验方法

按照附录 A 规定的方法,抽取不同时段、批次的回收水泥浆样品,分别进行烘干法测定回收水泥浆样品的固体含量 $\omega_{\text{固}}$ (烘干法)、回收水泥浆样品烘干后固体粉末的密度 $\rho_{\text{固}}$ 、回收水泥浆样品的密度 $\rho_{\text{浆}}$ 、回收水泥浆样品的含气量 $\lambda_{\text{气}}$ 、回收水泥浆样品烘干后固体粉末的吸水率 $\gamma_{\text{固}}$,按公式计算得到回收水泥浆样品的固体含量 $\omega_{\text{固}}$ (计算值)。当有争议时,以烘干法为准。

回收水泥浆样品烘干后固体粉末的吸水率 $\gamma_{\text{固}}$ 试验见表 3。

时间 T_i (min)	0	215	220	225	230	235	290	295
托盘+水泥浆	767.6	489.7	486.5	483.2	480.6	478.5	468.5	468.5
水泥浆样品质量 (g)	500.3	222.4	219.20	215.9	213.3	211.2	201.2	201.2
水分散失量 m_{w0} (g)		277.9	281.1	284.4	287	289.1	299.1	299.1
m_{w0}/T_i		0.700	0.640	0.660	0.520	0.420		
$\Delta^2 m_{w0}/\Delta^2 T_i$		0.0000	-0.0120	0.0040	-0.0280	-0.0200		

回收水泥浆样品在烘干状态下水分散失随时间的变化见图 3。

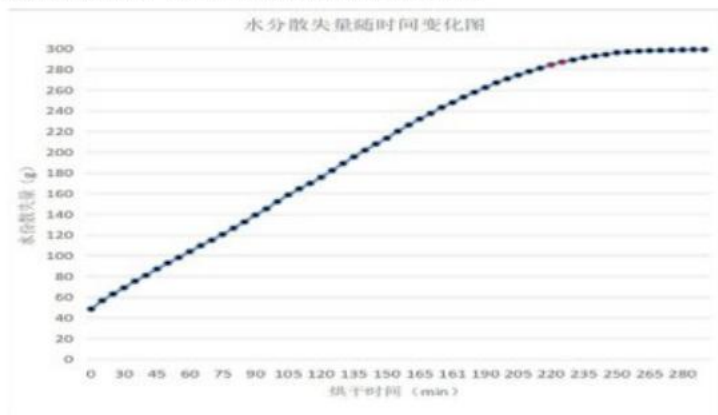


图 3 水分散失随时间的变化

计算:

$$m_{w0} = 281.1 + 5 \times 0.004 / (0.004 + 0.0280) = 281.7 \text{ (g)}$$

$$m_w = 299.1 \text{ (g)}$$

$$m_{\text{固}} = 201.2 \text{ (g)}$$

$$\gamma_{\text{回}} = (299.1 - 281.7) \times 100\% / 201.2 = 8.6\%$$

回收水泥浆样品试验见表 4。

表 4 回收水泥浆样品测试列表

编号	$\omega_{\text{回}}(\%)$ (烘干法)	$\rho_{\text{回}}$ (g/mL)	$\rho_{\text{回}}$ (g/mL)	$\lambda_{\text{回}}(\%)$	$\gamma_{\text{回}}(\%)$	$\omega_{\text{回}}(\%)$ (密度计推算 法)	误差 (%)	误差的 绝对值 (%)
1	36.08	1.232	2.12	3.9	8.7	35.75	-0.92	0.92
2	29.32	1.189	2.12	2.8	8.7	29.66	1.16	1.16
3	28.85	1.184	2.12	2.5	8.7	28.69	-0.56	0.56
4	27.58	1.178	2.12	2.3	8.7	27.73	0.55	0.55
5	24.85	1.157	2.12	2.0	8.7	24.86	0.05	0.05
6	22.29	1.137	2.12	2.0	8.7	22.44	0.68	0.68
7	19.30	1.111	2.12	2.0	8.7	19.16	-0.71	0.71
8	18.54	1.108	2.12	2.0	8.7	18.78	1.27	1.27
9	15.05	1.081	2.12	2.0	8.7	15.18	0.90	0.90
10	13.86	1.076	2.12	1.5	8.7	13.74	-0.83	0.83
11	11.45	1.065	2.12	1.0	8.7	11.45	-0.04	0.04
12	9.32	1.056	2.12	0.5	8.7	9.39	0.73	0.73
13	6.30	1.035	2.12	0.5	8.7	6.28	-0.30	0.30
14	4.53	1.024	2.12	0.5	8.7	4.60	1.60	1.60

由表 4 可知：按照密度计推算法（快速法）试验得到的回收水泥浆样品的固体含量与烘干法得到的固体含量的误差均在 $\pm 2\%$ 范围内，有较好的准确性。

将以密度为横坐标（x）、回收水泥浆样品烘干法得到的固体含量为纵坐标（y），绘制散点图，并进行线性回归，得到图 4，线性公式为 $y=1.4794x-1.4611$ ，并得到表 5。

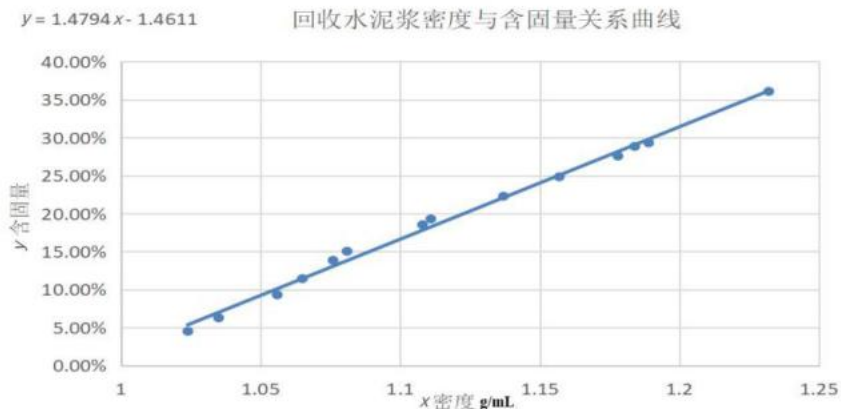


图 4

当无统计试验数据时，回收水泥浆的固体含量 $\omega_{\text{固}}$ 可参照表 5。

表 5 回收水泥浆的密度与固体含量对照表

密度 (g/mL)	固体含量 (%)	密度 (g/mL)	固体含量 (%)	密度 (g/mL)	固体含量 (%)	密度 (g/mL)	固体含量 (%)
1.002	2.1	1.052	9.5	1.102	16.9	1.152	24.3
1.004	2.4	1.054	9.8	1.104	17.2	1.154	24.6
1.006	2.7	1.056	10.1	1.106	17.5	1.156	24.9
1.008	3.0	1.058	10.4	1.108	17.8	1.158	25.2
1.010	3.3	1.060	10.7	1.110	18.1	1.160	25.5
1.012	3.6	1.062	11.0	1.112	18.4	1.162	25.8
1.014	3.9	1.064	11.3	1.114	18.7	1.164	26.1
1.016	4.2	1.066	11.6	1.116	19.0	1.166	26.4
1.018	4.5	1.068	11.9	1.118	19.3	1.168	26.7
1.020	4.8	1.070	12.2	1.120	19.6	1.170	27.0
1.022	5.1	1.072	12.5	1.122	19.9	1.172	27.3
1.024	5.4	1.074	12.8	1.124	20.2	1.174	27.6
1.026	5.7	1.076	13.1	1.126	20.5	1.176	27.9
1.028	6.0	1.078	13.4	1.128	20.8	1.178	28.2
1.030	6.3	1.080	13.7	1.130	21.1	1.180	28.5
1.032	6.6	1.082	14.0	1.132	21.4	1.182	28.8
1.034	6.9	1.084	14.3	1.134	21.7	1.184	29.1
1.036	7.2	1.086	14.6	1.136	21.9	1.186	29.3
1.038	7.5	1.088	14.8	1.138	22.2	1.188	29.6
1.040	7.7	1.090	15.1	1.140	22.5	1.190	29.9
1.042	8.0	1.092	15.4	1.142	22.8	1.192	30.2
1.044	8.3	1.094	15.7	1.144	23.1	1.194	30.5
1.046	8.6	1.096	16.0	1.146	23.4	1.196	30.8
1.048	8.9	1.098	16.3	1.148	23.7	1.198	31.1
1.050	9.2	1.100	16.6	1.150	24.0	1.200	31.4