****

**CECS XXX：2022**

中国工程建设标准化协会标准

**再生混凝土配合比设计标准**

**Standard for mix proportion design of**

**recycled concrete**

**（征求意见稿）**

XXX出版社

**中国工程建设标准化协会标准**

**再生混凝土配合比设计标准**

**Standard for mix proportion design of**

**recycled concrete**

**CECS XXX：2022**

主编单位：青岛农业大学

山东省建筑科学研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2022年XX月XX日

XXX出版社

2022 北京

**中国工程建设标准化协会公告**

**第XXX号**

**关于发布《再生混凝土配合比设计标准》的公告**

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，由青岛农业大学、山东省建筑科学研究院有限公司等单位编制的《再生混凝土配合比设计标准》，经本协会混凝土结构专业委员会组织审查，现批准发布，编号为CECS XXX：2022，自2022年XX月XX日起施行。

 中国工程建设标准化协会

 二〇二二年XX月XX日

**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，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要内容包括：总则，术语和符号，基本规定，再生骨料的技术要求、进场检验、运输和储存，再生混凝土配制强度的确定，再生细骨料混凝土配合比计算，再生粗骨料混凝土配合比计算，双掺再生混凝土配合比计算，再生混凝土配合比的试配、调整与确定，有特殊要求的再生混凝土。

本标准由中国建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理，由青岛农业大学（地址：山东省青岛市城阳区长城路700号，邮政编码：266109）负责解释。在使用过程中如有建议或发现需要修改和补充之处，请将意见和相关资料寄至解释单位。

**主编单位：**青岛农业大学

山东省建筑科学研究院有限公司

**参编单位：**中国建筑科学研究院有限公司

 青岛理工大学

 青岛市政集团砼业工程有限公司

 山东鲁桥建材有限公司

 青岛北苑环保建材有限公司

 济南四建（集团）有限责任公司混凝土搅拌中心

青岛青建新型材料集团有限公司

山东交通学院

临沂蓝泰环保科技有限公司

江西省建材产品质量监督检验站

中建八局第二建设有限公司

上海瑞泰同舟建材有限公司

中建西部建设股份有限公司

青岛新砼源建筑材料科技有限公司

青岛中联混凝土工程有限公司

山东中岩建材科技有限公司

**主要起草人：**李秋义 崔洪涛 郭远新 戈 兵 高 嵩

娄德利 唐兴滨 孙 浩 王树福 肖建庄

密 林 刘桂宾 蔡贵生 岳公冰 苏敦磊

潘玉珀 朱亚光 陈际洲 房海波 张 冬

陈 强 原京禹 张海霞 于 琦 刘万刚

秦 原 王 亮 赵 婷 李青灿 赵国亮

曹 剑 曹志雄 杨向宁 杨佳龙 单立福

**主要审查人：**

目次

[1 总则 1](#_Toc21701)

[2 术语和符号 2](#_Toc4859)

[2.1 术语 2](#_Toc25614)

[2.2 符号 4](#_Toc28238)

[3 基本规定 8](#_Toc22329)

[4 再生骨料的技术要求、进场检验、运输和储存 13](#_Toc2416)

[4.1 技术要求 13](#_Toc25614)

[4.2 进场检验 13](#_Toc28238)

[4.3 运输和储存 14](#_Toc25614)

[5 再生混凝土配制强度的确定 15](#_Toc10160)

[6 再生细骨料混凝土配合比计算 17](#_Toc31450)

[6.1 用水量和外加剂用量 17](#_Toc26186)

[6.2 胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量 19](#_Toc26917)

[6.3 砂率 22](#_Toc30016)

[6.4 粗、细骨料用量 23](#_Toc9813)

[7 再生粗骨料混凝土配合比计算 25](#_Toc31450)

[7.1 用水量和外加剂用量 25](#_Toc26186)

[7.2 胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量 26](#_Toc26917)

[7.3 砂率 28](#_Toc30016)

[7.4 粗、细骨料用量 29](#_Toc9813)

[8 双掺再生混凝土配合比计算 31](#_Toc31450)

[9 再生混凝土配合比的试配、调整与确定 34](#_Toc6033)

[9.1 试配 34](#_Toc21547)

[9.2 配合比的调整与确定 36](#_Toc12827)

[10 有特殊要求的再生混凝土 43](#_Toc570)

[10.1 抗渗再生混凝土 43](#_Toc6440)

[10.2 抗冻再生混凝土 44](#_Toc6011)

[10.3 大体积再生混凝土 46](#_Toc22674)

[本标准用词说明 48](#_Toc939)

[引用标准名录 49](#_Toc28860)

附：条文说明..............................................................................51

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc30078)

[2 Terms and Sympols 2](#_Toc7540)

[2.1 Terms 2](#_Toc14491)

[2.2 Sympols 4](#_Toc12368)

[3 Basic Requirements 8](#_Toc14175)

4 Technical Requirements, Incoming Inspection, Transportation and

Storage of RecycledAggregates 13

[4.1 Technical Requirements 13](#_Toc14491)

[4.2 Incoming Inspection 13](#_Toc12368)

[4.3 Transportation and Storage 14](#_Toc6546)

[5 Determination of Compounding Strength of Recycled Concrete 1](#_Toc11458)5

[6 Mix Proportion Calculation of Recycled Fine Aggregate Concrete 1](#_Toc11458)7

[6.1 Water and Chemical Admixture Content 1](#_Toc2116)7

[6.2 Binder, Mineral Admixture and Cement Content 1](#_Toc19294)9

[6.3 Ratio of Sand to Aggregate 22](#_Toc10335)

[6.4 Coarse Aggregate and Fine Aggregate Content 23](#_Toc26844)

[7 Mix Proportion Calculation of Recycled Coarse Aggregate Concrete 25](#_Toc11458)

[7.1 Water and Chemical Admixture Content 2](#_Toc2116)5

[7.2 Binder, Mineral Admixture and Cement Content 2](#_Toc19294)6

[7.3 Ratio of Sand to Aggregate 28](#_Toc10335)

[7.4 Coarse Aggregate and Fine Aggregate Content 29](#_Toc26844)

[8 Mix Proportion Calculation of Double Mixed Recycled Concrete 31](#_Toc11458)

[9 Trial Mix, Adjustment and Determination of Mix Proportion 3](#_Toc404)4

[9.1 Trial Mix 3](#_Toc18128)4

[9.2 Adjustment and Determination of Mix Proportion 3](#_Toc12066)6

[10 Special Recycled Concrete 43](#_Toc404)

[10.1 Impermeable Recycled Concrete](#_Toc18128) 43

[10.2 Frost-Resistant Recycled Concrete](#_Toc12066) 44

[10.3 Mass Recycled Concrete 4](#_Toc15825)6

[Explanation of Wording in This Standard 4](#_Toc15054)8

List of Quoted Standards......................................................... 49

Addition: Explanation of Provisions........................................................51

# 1 总则

**1.0.1** 为贯彻执行国家有关节约资源、保护环境的技术经济政策，规范再生混凝土配合比设计方法，保证再生骨料在工程中的合理应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于建筑与市政工程及一般构筑物所用的再生混凝土配合比设计。

**1.0.3** 再生混凝土配合比设计除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

**2.1.1** 再生细骨料recycled fine aggregate

由建（构）筑废物中的混凝土、砂浆、石或砖瓦等加工而成，用于配制混凝土的粒径不大于4.75mm的颗粒。

**2.1.2** 再生粗骨料recycled coarse aggregate

由建（构）筑废物中的混凝土、砂浆、石或砖瓦等加工而成，用于配制混凝土的粒径大于4.75mm的颗粒。

**2.1.3** 再生细骨料混凝土recycled fine aggregate concrete

仅利用再生细骨料部分或全部取代天然细骨料配制而成的混凝土。

**2.1.4** 再生粗骨料混凝土recycled coarse aggregate concrete

仅利用再生粗骨料部分或全部取代天然粗骨料配制而成的混凝土。

**2.1.5** 双掺再生混凝土double mixed recycled concrete

同时利用再生细骨料和再生粗骨料部分或全部取代天然骨料配制而成的混凝土。

**2.1.6** 再生混凝土recycled concrete

再生细骨料混凝土、再生粗骨料混凝土和双掺再生混凝土的总称。

**2.1.7** 再生细骨料取代率replacement ratio of recycled fine aggregate

再生混凝土中再生细骨料用量占细骨料总用量的质量百分比。

**2.1.8** 再生粗骨料取代率replacement ratio of recycled coarse aggregate

再生混凝土中再生粗骨料用量占粗骨料总用量的质量百分比。

**2.1.9** 矿物掺合料掺量percentage of mineral admixture

再生混凝土中矿物掺合料用量占胶凝材料用量的质量百分比。

**2.1.10** 配合比mix proportion

再生混凝土中各组成材料数量之间的比例关系。

**2.1.11** 计算配合比calculated mix proportion

按选用的原材料性能及对再生混凝土的技术要求，在进行初步配合比计算后得到的再生混凝土配合比。

**2.1.12** 调整配合比adjusted mix proportion

基于再生混凝土的计算配合比，经实验室试拌，依次调整再生混凝土的工作性、表观密度和强度，得到的满足设计和生产要求的再生混凝土配合比。

**2.1.13** 干基配合比mix proportion in dry state

选用干燥状态下的骨料，按其他原材料性能及对再生混凝土的技术要求，在进行初步配合比计算后得到的再生混凝土配合比。

**2.1.14** 生产配合比mix proportion for production

根据生产现场存放和使用的粗、细骨料实际含水情况，将干基配合比修正后的再生混凝土配合比。

**2.1.15** 综合含泥量synthetically content of dust

再生骨料和天然骨料按实际使用比例混合后公称粒径小于80μm颗粒的含量。

**2.1.16** 综合泥块含量synthetically content of clay lump

再生骨料和天然骨料按实际使用比例混合后骨料泥块含量的加权平均值。

## 2.2 符号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *f*b | —— | 胶凝材料28d胶砂抗压强度实测值（MPa）； |
| *f*ce | —— | 水泥28d胶砂抗压强度（MPa）； |
| *f*ce,g | —— | 水泥强度等级值（MPa）； |
| *f*R | —— | 再生混凝土配制强度（MPa）； |
| *f*Rg | —— | 再生粗骨料混凝土配制强度（MPa）； |
| *f*Rs | —— | 再生细骨料混凝土配制强度（MPa）； |
| *f*Rgs | —— | 双掺再生混凝土配制强度（MPa）； |
| *f*cu,k | —— | 再生混凝土立方体抗压强度标准值（MPa）； |
| *m*a | —— | 调整配合比中每立方米再生混凝土的外加剂用量（kg/m3）； |
| *m*a0 | —— | 再生混凝土计算配合比中外加剂用量（kg/m3）； |
| *m*b | —— | 调整配合比中每立方米再生混凝土的胶凝材料用量（kg/m3）； |
| *m*b0 | —— | 再生细/粗骨料混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）； |
| *m*b0R | —— | 双掺再生混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）； |
| *m*c | —— | 调整配合比中每立方米再生混凝土的水泥用量（kg/m3）； |
| *m*c0 | —— | 再生混凝土计算配合比中水泥用量（kg/m3）； |
| *m*cp | —— | 每立方米再生混凝土拌合物的假定质量（kg/m3）； |
| *m*f | —— | 调整配合比中每立方米再生混凝土的矿物掺合料用量（kg/m3）； |
| *m*f0 | —— | 再生混凝土计算配合比中矿物掺合料用量（kg/m3）； |
| *m*G | —— | 调整配合比中每立方米再生混凝土的粗骨料总用量（kg/m3）； |
| *m'*G | —— | 干基配合比中每立方米再生混凝土的粗骨料总用量（kg/m3）； |
| *m*G0 | —— | 再生混凝土计算配合比中粗骨料总用量（kg/m3）； |
| *m*g | —— | 调整配合比中每立方米再生混凝土的再生粗骨料用量（kg/m3）； |
| *m'*g | —— | 干基配合比中每立方米再生混凝土的再生粗骨料用量（kg/m3）； |
| *m*g0 | —— | 再生混凝土计算配合比中再生粗骨料用量（kg/m3）； |
| *m'*g0 | —— | 再生混凝土计算配合比中天然粗骨料用量（kg/m3）； |
| *m*S | —— | 调整配合比中每立方米再生混凝土的细骨料总用量（kg/m3）； |
| *m'*S | —— | 干基配合比中每立方米再生混凝土的细骨料总用量（kg/m3）； |
| *m*S0 | —— | 再生混凝土计算配合比中细骨料总用量（kg/m3）； |
| *m*s | —— | 调整配合比中每立方米再生混凝土的再生细骨料用量（kg/m3）； |
| *m'*s | —— | 干基配合比中每立方米再生混凝土的再生细骨料用量（kg/m3）； |
| *m*s0 | —— | 再生混凝土计算配合比中再生细骨料用量（kg/m3）； |
| *m'*s0 | —— | 再生混凝土计算配合比中天然细骨料用量（kg/m3）； |
| *m*w0 | —— | 普通混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）； |
| *m'*w0 | —— | 未掺外加剂时推定的满足实际坍落度要求的普通混凝土用水量（kg/m3）； |
| *m*wR | —— | 调整配合比中每立方米再生混凝土的用水量（kg/m3）； |
| *m*wg0 | —— | 再生粗骨料混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）； |
| *m*wg | —— | 调整配合比中每立方米再生粗骨料混凝土的用水量（kg/m3）； |
| *m'*wg | —— | 干基配合比中每立方米再生粗骨料混凝土的用水量（kg/m3）； |
| *m*ws0 | —— | 再生细骨料混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）； |
| *m*ws | —— | 调整配合比中每立方米再生细骨料混凝土的用水量（kg/m3）； |
| *m'*ws | —— | 干基配合比中每立方米再生细骨料混凝土的用水量（kg/m3）； |
| *m*wgs0 | —— | 双掺再生混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）； |
| *m*wgs | —— | 调整配合比中每立方米双掺再生混凝土的用水量（kg/m3）； |
| *m'*wgs | —— | 干基配合比中每立方米双掺再生混凝土的用水量（kg/m3）； |
| (*W/B*)Rg | —— | 再生粗骨料混凝土计算配合比中的水胶比； |
| (*W/B*)Rs | —— | 再生细骨料混凝土计算配合比中的水胶比； |
| (*W/B*)Rgs | —— | 双掺再生混凝土计算配合比中的水胶比； |
| *α*a、*α*b | —— | 回归系数； |
| *β* | —— | 外加剂的减水率（%）； |
| *β*a | —— | 外加剂的掺量（%）； |
| *β*f | —— | 矿物掺合料掺量（%）； |
| *β*s | —— | 砂率（%）； |
| *β*w | —— | 再生细骨料的再生胶砂需水量比； |
| *γ*c | —— | 水泥强度等级值的富余系数； |
| *γ*f | —— | 粉煤灰影响系数； |
| *γ*s | —— | 粒化高炉矿渣影响系数； |
| *δ* | —— | 再生混凝土配合比校正系数； |
| *ω*a | —— | 再生粗骨料的吸水率（%）； |
| *ω*cg | —— | 再生粗骨料的含水率（%）； |
| *ω*cs | —— | 再生细骨料的含水率（%）； |
| *λ*g | —— | 再生粗骨料取代率（%）； |
| *λ*s | —— | 再生细骨料取代率（%）； |
| *ρ*c,c | —— | 调整配合比中再生混凝土拌合物表观密度计算值（kg/m3）； |
| *ρ*c,t | —— | 调整配合比中再生混凝土拌合物表观密度实测值（kg/m3）； |
| *σ* | —— | 再生混凝土强度标准差（MPa）。 |

# 3 基本规定

**3.0.1** 再生混凝土用原材料应符合下列规定：

**1** 被污染或腐蚀的建筑垃圾不得用于制备再生骨料，再生骨料及其制品的放射性应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定，再生骨料的应用应符合国家有关安全和环保的规定。

**2** 天然细骨料和天然粗骨料应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的规定。

**3** 水泥宜采用通用硅酸盐水泥，并应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定；当采用其他品种水泥或不同品种水泥混合使用时，其性能应符合国家现行有关标准的规定。

**4** 拌合用水和养护用水应符合《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

**5** 矿物掺合料应符合《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、《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 3048等标准的规定。

**6** 外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119等标准的规定。

**3.0.2** 再生混凝土配合比设计应满足再生混凝土配制强度及其他力学性能、拌合物性能、长期性能和耐久性能的设计要求，并应符合下列规定：

**1** Ⅰ类再生细骨料可用于配制C40及以下强度等级的混凝土；Ⅱ类再生细骨料宜用于配制C25及以下强度等级的混凝土；Ⅲ类再生细骨料不宜用于配制结构混凝土。

**2** Ⅰ类再生粗骨料可用于配制各种强度等级的混凝土；Ⅱ类再生粗骨料宜用于配制C40及以下强度等级的混凝土；Ⅲ类再生粗骨料宜用于配制C25及以下强度等级的混凝土，且不宜用于配制有抗冻性要求的混凝土。

**3** 再生混凝土拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能的试验方法应分别符合《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和《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的规定。

**4** 再生混凝土耐久性设计应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476的相关规定。当再生混凝土用于设计使用年限为50年的混凝土结构时，其耐久性应符合《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240的相关规定。

**5** 对于有抗冻、抗渗和大体积等特殊要求的再生混凝土，除了满足本标准的相关规定以外，还应在工程使用前进行试验验证。

**3.0.3** 再生混凝土的最小胶凝材料用量应符合表3.0.3的规定，配制C15及其以下强度等级的再生混凝土时可不受表3.0.3的限制。

**表3.0.3 再生混凝土的最小胶凝材料用量（kg/m3）**

|  |  |
| --- | --- |
| 最大水胶比 | 最小胶凝材料用量 |
| 素混凝土 | 钢筋混凝土 |
| 0.60 | 260 | 290 |
| 0.55 | 290 | 310 |
| 0.50 | 330 |
| ≤0.45 | 340 |

**3.0.4** 再生混凝土中矿物掺合料掺量应通过试验确定。当再生骨料应用于配制钢筋混凝土时，其矿物掺合料最大掺量宜符合表3.0.4的规定。

**表3.0.4 再生骨料配制钢筋混凝土时矿物掺合料最大掺量（%）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 矿物掺合料种类 | 水胶比 | 矿物掺合料最大掺量 |
| 硅酸盐水泥 | 普通硅酸盐水泥 |
| 粉煤灰 | ≤0.40 | ≤40 | ≤30 |
| ＞0.40 | ≤35 | ≤25 |
| 粒化高炉矿渣粉 | ≤0.40 | ≤60 | ≤50 |
| ＞0.40 | ≤50 | ≤40 |
| 钢渣粉 | － | ≤25 | ≤15 |
| 磷渣粉 | － | ≤25 | ≤15 |
| 硅灰 | － | ≤5 | ≤5 |
| 复合掺合料 | ≤0.40 | ≤60 | ≤50 |
| ＞0.40 | ≤50 | ≤40 |

注：1 采用其他通用硅酸盐水泥时，宜将水泥混合材掺量超过《通用硅酸盐水泥》GB 175限量的混合材量计入矿物掺合料；

2 复合掺合料中各组分的掺量不宜超过单掺时的最大掺量；

3 在混合使用两种或两种以上矿物掺合料时，矿物掺合料总掺量应符合表中复合掺合料的规定。

**3.0.5** 再生混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量应符合表3.0.5的要求。再生混凝土拌合物中水溶性氯离子含量应按照《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322中的测定方法进行测定。

**表3.0.5 再生混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量（%）**

|  |  |
| --- | --- |
| 环境条件 | 水溶性氯离子最大含量 |
| 钢筋混凝土 | 素混凝土 |
| 干燥环境 | 0.30 | 1.00 |
| 潮湿但不含氯离子的环境 | 0.20 |
| 潮湿而含有氯离子的环境、盐渍土环境 | 0.10 |
| 除冰盐等侵蚀性物质的腐蚀环境 | 0.06 |

注：水溶性氯离子含量为水泥用量的质量百分比。

**3.0.6** 长期处于潮湿或水位变动的寒冷和严寒环境以及盐冻环境的再生混凝土应掺用引气剂。引气剂掺量应根据再生混凝土含气量要求经试验确定；掺用引气剂的再生混凝土最小含气量应符合表3.0.6的规定，最大不宜超过7.0%。

**表3.0.6 掺用引气剂的再生混凝土最小含气量（%）**

|  |  |
| --- | --- |
| 粗骨料最大公称粒径（mm） | 最小含气量 |
| 潮湿或水位变动的寒冷和严寒环境 | 盐冻环境 |
| 40.0 | 4.5 | 5.0 |
| 25.0 | 5.0 | 5.5 |
| 20.0 | 5.5 | 6.0 |

注：含气量为气体占再生混凝土体积的百分比。

**3.0.7** 对于有预防再生混凝土碱骨料反应设计要求的工程，再生混凝土中最大碱含量不应大于3.0 kg/m3，并宜掺用适量粉煤灰等矿物掺合料；对于矿物掺合料碱含量，粉煤灰碱含量可取实测值的1/6，粒化高炉矿渣粉碱含量可取实测值的1/2。

# 4 再生骨料的技术要求、进场检验、运输和储存

## 4.1 技术要求

**4.1.1** 配制混凝土用的再生细骨料应符合《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的规定。

**4.1.2** 配制混凝土用的再生粗骨料应符合《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177的规定。

## 4.2 进场检验

**4.2.1** 再生骨料进场时，应按规定批次检查型式检验报告、出厂检验报告及合格证等质量证明文件。

**4.2.2** 再生骨料进场检验应符合下列规定：

**1** 配制混凝土的再生细骨料，应对其微粉含量、泥块含量、再生胶砂需水量比和表观密度进行检验；

**2** 配制混凝土的再生粗骨料，应对其微粉含量、泥块含量、吸水率、压碎指标和表观密度进行检验；

**3** 同一厂家、同一类别、同一规格的再生骨料，每400m3或600t应作为一个检验批，不足400m3或600t的应按一批计；

**4** 再生骨料进场检验结果应符合本标准4.1的规定。当有一项指标达不到要求时，可从同一批产品中加倍取样，对不符合要求的项目进行复检。复检结果合格的，可判定该批产品为合格产品；复检结果不合格的，应判定该产品为不合格产品。

## 4.3 运输和储存

**4.3.1** 再生骨料运输时，应采取防止混入杂物和粉尘飞扬的措施。

**4.3.2** 再生骨料应按类别、规格分开堆放储存，且应采取防止混入杂物、人为碾压和污染的措施。

# 5 再生混凝土配制强度的确定

**5.0.1** 再生混凝土的配制强度应按下式计算：

$f\_{R}\geq f\_{cu,k}+1.645σ$ （5.0.1）

式中：*f*R ——再生混凝土配制强度（MPa），其中再生细骨料混凝土、再生粗骨料混凝土和双掺再生混凝土的配制强度依次用*f*Rs、*f*Rg和*f*Rgs表示；

*f*cu,k ——再生混凝土立方体抗压强度标准值，取再生混凝土的设计强度等级值（MPa）；

*σ* ——再生混凝土强度标准差（MPa）。

**5.0.2** 再生混凝土强度标准差的确定：

**1** 对于再生细骨料混凝土，其σ的确定可按下列规定进行：

**1）**当Ⅰ类再生细骨料取代率≤30%时，σ可符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55-2011的规定，按表5.0.2-1取值。

**表5.0.2-1 再生混凝土强度标准差σ（MPa）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | ≤C20 | C25～C45 | C50～C55 |
| σ | 4.0 | 5.0 | 6.0 |

**2）**当Ⅰ类再生细骨料取代率＞30%或掺用Ⅱ类、Ⅲ类再生细骨料时，σ可符合《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240-2011的规定，按表5.0.2-2取值。

**表5.0.2-2 再生混凝土强度标准差推荐值σ（MPa）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 强度等级 | ≤C20 | C25～C30 | C35～C40 |
| σ | 4.0 | 5.0 | 6.0 |

**2** 对于再生粗骨料混凝土，其σ的确定可按下列规定进行：

**1）**当仅掺Ⅰ类再生粗骨料或Ⅱ类、Ⅲ类再生粗骨料取代率≤30%时，σ可符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55-2011的规定，按表5.0.2-1取值。

**2）**当Ⅱ类、Ⅲ类再生粗骨料取代率＞30%时，σ可符合《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240-2011的规定，按表5.0.2-2取值。

**3** 对于双掺再生混凝土，其*σ*的确定可按下列规定进行：

**1）**当同时掺用Ⅰ类再生粗骨料和Ⅰ类再生细骨料且再生细骨料的取代率＜30%时，*σ*可符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55-2011的规定，按表5.0.2-1取值。

**2）**当为再生粗骨料和再生细骨料的其他组合使用情况时，σ可符合《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240-2011的规定，按表5.0.2-2取值。

# 6 再生细骨料混凝土配合比计算

## 6.1 用水量和外加剂用量

**6.1.1** 再生细骨料混凝土配合比设计应采用工程实际使用的原材料，并应满足国家现行标准的有关要求，所采用的再生细骨料应在试配前做预湿处理，控制其含水率应符合表6.1.1的规定，天然细骨料含水率应小于0.5%。

**表6.1.1 再生细骨料配制混凝土时含水率控制范围（%）**

|  |  |
| --- | --- |
| 再生细骨料类别 | 规格 |
| 细 | 中 | 粗 |
| Ⅰ类 | (2.5～2.6)*β*w | (2.2～2.3)*β*w | (2.0～2.1)*β*w |
| Ⅱ类 | (3.7～3.8)*β*w | (3.3～3.4)*β*w | (2.9～3.0)*β*w |
| Ⅲ类 | (4.9～5.0)*β*w | (4.7～4.8)*β*w | (4.5～4.6)*β*w |

注：1 表中*β*w 为再生细骨料的再生胶砂需水量比，无量纲；

2 对再生细骨料进行预湿处理时的加水量包含自然状态下再生细骨料的含水量。

此时，再生细骨料混凝土的用水量应按下式确定：

$m\_{ws0}=m\_{w0}$ （6.1.1）

式中：*m*ws0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*m*w0 ——普通混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）。

**6.1.2** 普通混凝土的用水量（*m*w0）应符合下列规定：

**1** 干硬性或塑性混凝土水胶比在0.40～0.80范围时，可按本标准表6.1.2-1和表6.1.2-2选取；

**表6.1.2-1 干硬性普通混凝土的用水量（kg/m3）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 拌合物稠度 | 卵石最大公称粒径（mm） | 碎石最大粒径（mm） |
| 项目 | 指标 | 10.0 | 20.0 | 40.0 | 16.0 | 20.0 | 40.0 |
| 维勃稠度（s） | 16～20 | 175 | 160 | 145 | 180 | 170 | 155 |
| 11～15 | 180 | 165 | 150 | 185 | 175 | 160 |
| 5～10 | 185 | 170 | 155 | 190 | 180 | 165 |

**表6.1.2-2 塑性普通混凝土的用水量（kg/m3）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 拌合物稠度 | 卵石最大粒径（mm） | 碎石最大粒径（mm） |
| 项目 | 指标 | 10.0 | 20.0 | 31.5 | 40.0 | 16.0 | 20.0 | 31.5 | 40.0 |
| 坍落度（mm） | 10～30 | 190 | 170 | 160 | 150 | 200 | 185 | 175 | 165 |
| 35～50 | 200 | 180 | 170 | 160 | 210 | 195 | 185 | 175 |
| 55～70 | 210 | 190 | 180 | 170 | 220 | 205 | 195 | 185 |
| 75～90 | 215 | 195 | 185 | 175 | 230 | 215 | 205 | 195 |

注：1 本表用水量系采用中砂时的取值。采用细砂时，每立方米混凝土用水量可增加5～10kg；采用粗砂时，可减少5～10kg。

2 掺用矿物掺合料和外加剂时，用水量应相应调整。

**2** 混凝土水胶比小于0.40时，可通过试验确定；

**3** 掺外加剂时，流动性或大流动性混凝土用水量可按式（6.1.2）计算，泵送施工的再生细骨料混凝土宜使用缓释型减水剂。

$m\_{w0}=m\_{w0}^{'}\left(1-β\right)$ （6.1.2）

式中：*m'*w0 ——未掺外加剂时推定的满足实际坍落度要求的普通混凝土用水量（kg/m3），以本标准表6.1.2-2中90mm坍落度的用水量为基础，按每增大20mm坍落度相应增加5kg/m3用水量来计算，当坍落度增大到180mm以上时，随坍落度相应增加的用水量可减少；

*β* ——外加剂的减水率（%），应经混凝土试验确定。

**6.1.3** 再生细骨料混凝土中外加剂用量应按下式计算：

$m\_{a0}=m\_{b0}β\_{a}$ （6.1.3）

式中：*m*a0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中外加剂用量（kg/m3）；

*m*b0——再生细骨料混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3），计算应符合本标准6.2.1的规定；

*β*a ——外加剂掺量（%），应经混凝土试验确定。

## 6.2 胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量

**6.2.1** 再生细骨料混凝土的胶凝材料用量（*m*bo）应按下式计算：

$f\_{Rs}=α\_{a}f\_{b}\left(\frac{m\_{b0}}{m\_{w0}}-α\_{b}\right)\left[1-\left(1.829β\_{w}-2.218\right)λ\_{s}\right]$ （6.2.1）

式中：*m*b0——再生细骨料混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）；

*m*w0 ——普通混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*α*a、*α*b ——回归系数，按本标准6.2.2的规定取值；

*f*b ——胶凝材料28d胶砂抗压强度（MPa），可按照《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671实测；也可按本标准6.2.3确定选取；

*f*Rs——再生细骨料混凝土的配制强度（MPa）；

*β*w ——再生细骨料的再生胶砂需水量比；

*λ*s ——再生细骨料取代率，以小数计。

**6.2.2** *α*a、*α*b应按下列规定确定：

**1** 根据工程所使用的原材料，通过试验建立的水胶比与普通混凝土强度关系式来确定；

**2** 当不具备上述试验统计资料时，可按本标准表6.2.2选用。

**表6.2.2 回归系数（*α*a、*α*b）取值表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 粗骨料品种系数 | 碎石 | 卵石 |
| *α*a | 0.53 | 0.49 |
| *α*b | 0.20 | 0.13 |

**6.2.3** *f*b应按下列规定确定：

**1** 按照矿物掺合料的掺量，通过《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671实测确定；

**2** 当无实测值时，可按下式计算：

$f\_{b}=γ\_{f}γ\_{s}f\_{ce}$ （6.2.3）

式中：*γ*f、*γ*s ——粉煤灰影响系数和粒化高炉矿渣粉影响系数，可按本标准表6.2.3选用；

*f*ce ——水泥28d胶砂抗压强度（MPa），可实测，也可按本标准6.2.4确定。

**表6.2.3 粉煤灰影响系数（*γ*f）和粒化高炉矿渣粉影响系数（*γ*s）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 掺量（%）种类 | 粉煤灰影响系数*γ*f | 粒化高炉矿渣粉影响系数*γ*s |
| 0 | 1.00 | 1.00 |
| 10 | 0.85～0.95 | 1.00 |
| 20 | 0.75～0.85 | 0.95～1.00 |
| 30 | 0.65～0.75 | 0.90～1.00 |
| 40 | 0.55～0.65 | 0.80～0.90 |
| 50 | - | 0.70～0.85 |

注：1 采用Ⅰ级、Ⅱ级粉煤灰宜取上限值；

2 采用S75级粒化高炉矿渣粉宜取下限值，采用S95级粒化高炉矿渣粉宜取上限值，采用S105级粒化高炉矿渣粉可取上限值加0.05；

3 当超出表中的掺量时，粉煤灰和粒化高炉矿渣粉影响系数应经试验确定。

**6.2.4** 当水泥28d胶砂抗压强度（*f*ce）无实测值时，可按下式计算：

$f\_{ce}=γ\_{c}f\_{ce,g}$ （6.2.4）

式中：*γ*c ——水泥强度等级值的富余系数，可按实际统计资料确定；当缺乏实际统计资料时，也可按本标准表6.2.4选用；

*f*ce,g ——水泥强度等级值（MPa）。

**表6.2.4 水泥强度等级值的富余系数（*γ*c）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 水泥强度等级值 | 32.5 | 42.5 | 52.5 |
| 富余系数 | 1.12 | 1.16 | 1.10 |

**6.2.5** 再生细骨料混凝土的矿物掺合料用量（*m*f0）应按下式计算：

$m\_{f0}=m\_{b0}β\_{f}$ （6.2.5）

式中：*m*f0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中矿物掺合料用量（kg/m3）；

*m*b0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）；

*β*f ——矿物掺合料掺量（%），可按本标准3.0.4的规定确定。

**6.2.6** 再生细骨料混凝土的水泥用量（*m*c0）应按下式计算：

$m\_{c0}=m\_{b0}-m\_{f0}$ （6.2.6）

式中：*m*c0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中水泥用量（kg/m3）。

## 6.3 砂率

**6.3.1** 再生细骨料混凝土的砂率（*β*s）可参照普通混凝土砂率，根据骨料的技术指标、再生细骨料混凝土拌合物性能和施工要求，参考既有历史资料确定。

**6.3.2** 当缺乏砂率的历史资料时，再生细骨料混凝土砂率的确定应符合下列规定：

**1** 坍落度小于10mm的再生细骨料混凝土，其砂率应经试验确定；

**2** 坍落度为10～60mm的再生细骨料混凝土，其砂率可根据粗骨料类别、最大公称粒径及水胶比按本标准表6.3.2选取；

**3** 坍落度大于60mm的再生细骨料混凝土，其砂率可经试验确定，也可在本标准表6.3.2的基础上，按坍落度每增大20mm、砂率增大1%的幅度予以调整。

**表6.3.2 再生细骨料混凝土的砂率（%）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 水胶比 | 卵石最大公称粒径（mm） | 碎石最大粒径（mm） |
| 10.0 | 20.0 | 40.0 | 16.0 | 20.0 | 40.0 |
| 0.40 | 26～32 | 25～31 | 24～30 | 30～35 | 29～34 | 27～32 |
| 0.50 | 30～35 | 29～34 | 28～33 | 33～38 | 32～37 | 30～35 |
| 0.60 | 33～38 | 32～37 | 31～36 | 36～41 | 35～40 | 33～38 |
| 0.70 | 36～41 | 35～40 | 34～39 | 39～44 | 38～43 | 36～41 |

注：1 本表数值系中砂的选用砂率，对细砂或粗砂，可相应地减少或增大砂率；

2 只用一个单粒级粗骨料配制混凝土时，砂率应适当增大。

## 6.4 粗、细骨料用量

**6.4.1** 再生细骨料混凝土的配合比计算可采用质量法，粗、细骨料用量应按式（6.4.1-1）计算；砂率应按式（6.4.1-2）计算。

$m\_{f0}+m\_{c0}+m\_{G0}+m\_{S0}+m\_{ws0}=m\_{cp}$ （6.4.1-1）

$β\_{s}=\frac{m\_{S0}}{m\_{G0}+m\_{S0}}×100\%$ （6.4.1-2）

式中：*m*G0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中粗骨料总用量（kg/m3）；

*m*S0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中细骨料总用量（kg/m3）；

*m*ws0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*β*s ——砂率（%）；

*m*cp ——再生细骨料混凝土拌合物的假定质量（kg/m3），可取2300kg/m3～2400kg/m3。

**6.4.2** 再生细骨料的用量应按下式计算：

$m\_{s0}=m\_{S0}λ\_{s}$ （6.4.2）

式中：*m*s0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中再生细骨料用量（kg/m3）；

*m*S0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中细骨料总用量（kg/m3）；

*λ*s——再生细骨料取代率，以小数计。

**6.4.3** 天然细骨料的用量应按下式计算：

$m\_{s0}^{'}=m\_{S0}-m\_{s0}$ （6.4.3）

式中：*m'*s0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中天然细骨料用量（kg/m3）。

#

# 7 再生粗骨料混凝土配合比计算

## 7.1 用水量和外加剂用量

**7.1.1** 再生粗骨料混凝土配合比设计应采用工程实际使用的原材料，并应满足国家现行标准的有关要求。所采用的再生粗骨料应控制其含水率与吸水率之差在±0.5%范围内的准饱和面干状态，天然粗骨料含水率应小于0.2%。此时，再生粗骨料混凝土的用水量应按下式确定：

$m\_{wg0}=m\_{w0}$ （7.1.1）

式中：*m*wg0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*m*w0 ——普通混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）。

**7.1.2** 普通混凝土的用水量（*m*w0）应符合下列规定：

**1** 干硬性或塑性混凝土水胶比在0.40～0.80范围时，可按表6.1.2-1和表6.1.2-2选取；

**2** 混凝土水胶比小于0.40时，可通过试验确定；

**3** 掺外加剂时，流动性或大流动性混凝土用水量可按下式计算：

$m\_{w0}=m\_{w0}^{'}\left(1-β\right)$ （7.1.2）

式中：*m'*w0 ——未掺外加剂时推定的满足实际坍落度要求的普通混凝土用水量（kg/m3），以本标准表6.1.2-2中90mm坍落度的用水量为基础，按每增大20mm坍落度相应增加5kg/m3用水量来计算，当坍落度增大到180mm以上时，随坍落度相应增加的用水量可减少；

*β* ——外加剂的减水率（%），应经混凝土试验确定。

**7.1.3** 再生粗骨料混凝土中外加剂用量应按下式计算：

$m\_{a0}=m\_{b0}β\_{a}$ （7.1.3）

式中：*m*a0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中外加剂用量（kg/m3）；

*m*b0——再生粗骨料混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3），计算应符合本标准7.2.1的规定；

*β*a ——外加剂掺量（%），应经混凝土试验确定。

## 7.2 胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量

**7.2.1** 再生粗骨料混凝土的胶凝材料用量（*m*bo）应按下式计算：

$f\_{Rg}=α\_{a}f\_{b}\left(\frac{m\_{b0}}{m\_{w0}}-α\_{b}\right)\left[1-\left(7.607ω\_{a}-0.074\right)λ\_{g}\right]$ （7.2.1）

式中：*m*b0——再生粗骨料混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）；

*m*w0 ——普通混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*α*a、*α*b ——回归系数，按本标准7.2.2的规定取值；

*f*b ——胶凝材料28d胶砂抗压强度（MPa），可按照《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671实测；也可按本标准7.2.3确定选取；

*f*Rg ——再生粗骨料混凝土的配制强度（MPa）；

*ω*a ——再生粗骨料的吸水率，以小数计；

*λ*g ——再生粗骨料取代率，以小数计。

**7.2.2** *α*a、*α*b应按下列规定确定：

**1** 根据工程所使用的原材料，通过试验建立的水胶比与普通混凝土强度关系式来确定；

**2** 当不具备上述试验统计资料时，可按表6.2.2选用。

**7.2.3** *f*b应按下列规定确定：

**1** 按照矿物掺合料的掺量，通过《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）》GB/T 17671实测确定；

**2** 当无实测值时，可按下式计算：

$f\_{b}=γ\_{f}γ\_{s}f\_{ce}$ （7.2.3）

式中：*γ*f、*γ*s ——粉煤灰影响系数和粒化高炉矿渣粉影响系数，可按表6.2.3选用；

*f*ce ——水泥28d胶砂抗压强度（MPa），可实测，也可按本标准7.2.4确定。

**7.2.4** 当水泥28d胶砂抗压强度（*f*ce）无实测值时，可按下式计算：

$f\_{ce}=γ\_{c}f\_{ce,g}$ （7.2.4）

式中：*γ*c ——水泥强度等级值的富余系数，可按实际统计资料确定；当缺乏实际统计资料时，也可按表6.2.4选用；

*f*ce,g ——水泥强度等级值（MPa）。

**7.2.5** 再生粗骨料混凝土的矿物掺合料用量（*m*f0）应按下式计算：

$m\_{f0}=m\_{b0}β\_{f}$ （7.2.5）

式中：*m*f0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中矿物掺合料用量（kg/m3）；

*m*b0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）；

*β*f ——矿物掺合料掺量（%），可按本标准3.0.4的规定确定。

**7.2.6**再生粗骨料混凝土的水泥用量（*m*c0）应按下式计算：

$m\_{c0}=m\_{b0}-m\_{f0}$ （7.2.6）

式中：*m*c0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中水泥用量（kg/m3）。

## 7.3 砂率

**7.3.1** 再生粗骨料混凝土的砂率（*β*s）可参照普通混凝土砂率，根据骨料的技术指标、再生粗骨料混凝土拌合物性能和施工要求，参考既有历史资料确定。

**7.3.2** 当缺乏砂率的历史资料时，再生粗骨料混凝土砂率的确定应符合下列规定：

**1** 坍落度小于10mm的再生粗骨料混凝土，其砂率应经试验确定；

**2** 坍落度为10～60mm的再生粗骨料混凝土，其砂率可根据粗骨料类别、最大公称粒径及水胶比按表6.3.2选取；

**3** 坍落度大于60mm的再生粗骨料混凝土，其砂率可经试验确定，也可在表6.3.2的基础上，按坍落度每增大20mm、砂率增大1%的幅度予以调整。

## 7.4 粗、细骨料用量

**7.4.1** 再生粗骨料混凝土的配合比计算可采用质量法，粗、细骨料用量应按式（7.4.1-1）计算；砂率应按式（7.4.1-2）计算。

$m\_{f0}+m\_{c0}+m\_{G0}+m\_{S0}+m\_{wg0}=m\_{cp}$ （7.4.1-1）

$β\_{s}=\frac{m\_{S0}}{m\_{G0}+m\_{S0}}×100\%$ （7.4.1-2）

式中：*m*G0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中粗骨料总用量（kg/m3）；

*m*S0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中细骨料总用量（kg/m3）；

*m*wg0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*β*s ——砂率（%）；

*m*cp ——再生粗骨料混凝土拌合物的假定质量（kg/m3），可取2300kg/m3～2400kg/m3。

**7.4.2** 再生粗骨料的用量应按下式计算：

$m\_{g0}=m\_{G0}λ\_{g}$ （7.4.2）

式中：*m*g0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中再生粗骨料用量（kg/m3）；

*m*G0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中粗骨料总用量（kg/m3）；

*λ*g ——再生粗骨料取代率，以小数计。

**7.4.3** 天然粗骨料的用量应按下式计算：

$m\_{g0}^{'}=m\_{G0}-m\_{g0}$ （7.4.3）

式中：*m'*g0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中天然粗骨料用量（kg/m3）。

# 8 双掺再生混凝土配合比计算

**8.0.1** 双掺再生混凝土配合比设计应采用工程实际使用的原材料，并应满足国家现行标准的有关要求。所采用的再生细骨料应在试配前做预湿处理，控制其含水率应符合本标准表6.1.1的规定，天然细骨料含水率应小于0.5%；所采用的再生粗骨料应控制其含水率与吸水率之差在±0.5%范围内的准饱和面干状态，天然粗骨料含水率应小于0.2%。

**8.0.2** 双掺再生混凝土配合比应按本标准6.1～6.4依次计算出再生细骨料混凝土配合比中的用水量（*m*ws0）、胶凝材料用量（*m*bo）、砂率（*β*s）、细骨料总用量（*m*S0）和粗骨料总用量（*m*G0）。

**8.0.3** 根据双掺再生混凝土中的再生细骨料取代率（*λ*s）和再生粗骨料取代率（*λ*g），按式（8.0.3-1）～式（8.0.3-4）计算出双掺再生混凝土配合比中的再生细骨料用量（*m*s0）、天然细骨料用量（*m'*s0）、再生粗骨料用量（*m*g0）和天然粗骨料用量（*m'*g0）。

$m\_{s0}=m\_{S0}λ\_{s}$ （8.0.3-1）

$m\_{s0}^{'}=m\_{S0}-m\_{s0}$ （8.0.3-2）

$m\_{g0}=m\_{G0}λ\_{g}$ （8.0.3-3）

$m\_{g0}^{'}=m\_{G0}-m\_{g0}$ （8.0.3-4）

式中：*m*s0 ——双掺再生混凝土计算配合比中再生细骨料用量（kg/m3）；

*m'*s0 ——双掺再生混凝土计算配合比中天然细骨料用量（kg/m3）；

*m*g0 ——双掺再生混凝土计算配合比中再生粗骨料用量（kg/m3）；

*m'*g0 ——双掺再生混凝土计算配合比中天然粗骨料用量（kg/m3）；

*m*S0 ——双掺再生混凝土计算配合比中细骨料总用量（kg/m3）；

*m*G0 ——双掺再生混凝土计算配合比中粗骨料总用量（kg/m3）；

*λ*s——再生细骨料取代率，以小数计；

*λ*g ——再生粗骨料取代率，以小数计。

**8.0.4** 双掺再生混凝土计算配合比中的用水量（*m*wgs0）可取再生细骨料混凝土计算配合比中的用水量（*m*ws0）。

**8.0.5** 双掺再生混凝土的胶凝材料用量（*m*b0R）应按下式计算：

$m\_{b0R}=\left(\frac{m\_{ws0}+m\_{g0}ω\_{a}}{m\_{ws0}}\right)m\_{b0}$ （8.0.5-1）

式中：*m*b0R ——双掺再生混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）；

*m*b0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）；

*m*ws0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*m*g0 ——双掺再生混凝土计算配合比中再生粗骨料用量（kg/m3）；

*ω*a ——再生粗骨料的吸水率，以小数计。

双掺再生混凝土的矿物掺合料用量（*m*f0）应按下式计算：

$m\_{f0}=m\_{b0R}β\_{f}$ （8.0.5-2）

式中：*m*f0 ——双掺再生混凝土计算配合比中矿物掺合料用量（kg/m3）；

*β*f ——矿物掺合料掺量（%），可按本标准3.0.4的规定确定。

双掺再生混凝土的水泥用量（*m*c0）应按下式计算：

$m\_{c0}=m\_{b0R}-m\_{f0}$ （8.0.5-3）

式中：*m*c0 ——双掺再生混凝土计算配合比中水泥用量（kg/m3）。

**8.0.6** 双掺再生混凝土中外加剂用量应按下式计算：

$m\_{a0}=m\_{b0R}β\_{a}$ （8.0.6）

式中：*m*a0 ——双掺再生混凝土计算配合比中外加剂用量（kg/m3）；

*β*a ——外加剂掺量（%），应经混凝土试验确定。

# 9 再生混凝土配合比的试配、调整与确定

## 9.1 试配

**9.1.1** 再生混凝土试配应采用强制式搅拌机进行搅拌，并应符合《混凝土试验用搅拌机》JG 244的规定，搅拌方法宜与施工采用的方法相同。

**9.1.2** 试验室成型条件应符合《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080的规定。

**9.1.3** 每盘再生混凝土试配的最小搅拌量应符合表9.1.3的规定，并不应小于搅拌机额定搅拌量的1/4且不应大于搅拌机公称容量。

**表9.1.3 再生混凝土试配的最小搅拌量（L）**

|  |  |
| --- | --- |
| 粗骨料最大公称粒径（mm） | 最小搅拌的拌合物量 |
| ≤31.5 | 20 |
| 40.0 | 25 |

**9.1.4** 在计算配合比的基础上应进行试拌。根据本标准6.1、6.2计算出的再生细骨料混凝土用水量和胶凝材料用量，按式（9.1.4-1）计算出再生细骨料混凝土配合比中的水胶比(*W*/*B*)Rs；根据本标准7.1、7.2计算出的再生粗骨料混凝土用水量和胶凝材料用量，按式（9.1.4-2）计算出再生粗骨料混凝土配合比中的水胶比(*W*/*B*)Rg；根据本标准8.0.4、8.0.5计算出的双掺再生混凝土用水量和胶凝材料用量，按式（9.1.4-3）计算出双掺再生混凝土配合比中的水胶比(*W*/*B*)Rgs。在试拌时，再生混凝土拌合物搅拌均匀后应测定坍落度，并检查其黏聚性和保水性能的好坏，如坍落度不满足要求或粘聚性、保水性不好，应保持配合比中的水胶比不变，通过调整配合比中的用水量或砂率使再生混凝土拌合物性能符合设计和施工要求，然后修正计算配合比，提出试拌配合比。

$\left({W}/{B}\right)\_{Rs}=\frac{m\_{ws0}}{m\_{b0}}$ （9.1.4-1）

$\left({W}/{B}\right)\_{Rg}=\frac{m\_{wg0}}{m\_{b0}}$ （9.1.4-2）

$\left({W}/{B}\right)\_{Rgs}=\frac{m\_{wgs0}}{m\_{b0R}}$ （9.1.4-3）

式中：(*W*/*B*)Rs ——再生细骨料混凝土计算配合比中的水胶比；

(*W*/*B*)Rg ——再生粗骨料混凝土计算配合比中的水胶比；

(*W*/*B*)Rgs ——双掺再生混凝土计算配合比中的水胶比；

*m*ws0 ——再生细骨料混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*m*wg0 ——再生粗骨料混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*m*wgs0 ——双掺再生混凝土计算配合比中用水量（kg/m3）；

*m*b0 ——再生细/粗混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）；

*m*b0R ——双掺再生混凝土计算配合比中胶凝材料用量（kg/m3）。

**9.1.5** 在试拌配合比的基础上应进行再生混凝土强度试验，并应符合下列规定：

**1** 应至少采用五个不同的配合比，其中一个应为本标准9.1.4确定的试拌配合比，另外四个配合比的水胶比宜较试拌配合比分别增加和减少0.03、0.06，用水量应与试拌配合比相同，砂率可分别增加和减少0.5%、1%；

**2** 进行再生混凝土强度试验时，拌合物性能应符合设计和施工要求；

**3** 进行再生混凝土强度试验时，每个配合比应至少制作一组试件，并应标准养护到28d或设计规定龄期时试压。

## 9.2 配合比的调整与确定

**9.2.1** 配合比调整应符合下述规定：

**1** 根据本标准9.1.5再生混凝土强度试验结果，绘制强度和胶水比的线性关系图或插值法确定略大于配制强度对应的胶水比；

**2** 在试拌配合比的基础上，再生混凝土用水量（*m*wR）和外加剂用量（*m*a）应根据确定的水胶比作调整；

**3** 胶凝材料用量（*m*b）应以再生混凝土用水量乘以确定的胶水比计算得出；

**4** 粗骨料和细骨料总用量（*m*G和*m*S）应根据用水量和胶凝材料用量进行调整。

**9.2.2** 再生混凝土拌合物表观密度和配合比校正系数的计算应符合下列规定：

**1** 配合比调整后的再生混凝土拌合物的表观密度应按下式计算：

$ρ\_{c,c}=m\_{c}+m\_{f}+m\_{G}+m\_{S}+m\_{wR}$ （9.2.2-1）

式中：*ρ*c,c ——调整配合比中再生混凝土拌合物的表观密度计算值（kg/m3）；

*m*c ——调整配合比中每立方米再生混凝土的水泥用量（kg/m3）；

*m*f ——调整配合比中每立方米再生混凝土的矿物掺合料用量（kg/m3）；

*m*G ——调整配合比中每立方米再生混凝土的粗骨料总用量（kg/m3）；

*m*S ——调整配合比中每立方米再生混凝土的细骨料总用量（kg/m3）；

*m*wR ——调整配合比中每立方米再生混凝土的用水量（kg/m3）。

**2** 再生混凝土配合比校正系数应按下式计算：

$δ=\frac{ρ\_{c,t}}{ρ\_{c,c}}$ （9.2.2-2）

式中：*δ* ——再生混凝土配合比校正系数；

*ρc,t* ——调整配合比中再生混凝土拌合物的表观密度实测值（kg/m3）；

*ρc,c* ——调整配合比中再生混凝土拌合物的表观密度计算值（kg/m3）。

**9.2.3** 当再生混凝土拌合物表观密度实测值与计算值之差的绝对值不超过计算值的2%时，按本标准9.2.1调整的配合比可维持不变；当二者之差超过2%时，应将配合比中每项材料用量均乘以校正系数（δ）。

**9.2.4** 配合比调整后，对耐久性有设计要求的再生混凝土应进行相关耐久性试验验证，同时测定拌合物水溶性氯离子含量，试验结果应符合本标准3.0.5的规定。

**9.2.5** 再生细骨料混凝土配合比设计时，当再生细骨料、天然细骨料和天然粗骨料均为干燥状态时，再生细骨料混凝土的用水量应按下式计算：

$m\_{ws}^{'}=m\_{ws}+m\_{s}\frac{ω\_{cs}}{1+ω\_{cs}}$ （9.2.5-1）

式中：*m'*ws ——干基配合比中每立方米再生细骨料混凝土的用水量（kg/m3）；

*m*ws ——调整配合比中每立方米再生细骨料混凝土的用水量（kg/m3）；

*m*s ——调整配合比中每立方米再生细骨料混凝土的再生细骨料用量（kg/m3）；

*ω*cs ——再生细骨料的含水率，以小数计。

再生细骨料混凝土干基配合比中的细骨料总用量按下式计算：

$m\_{S}^{'}=m\_{S}-m\_{s}\frac{ω\_{cs}}{1+ω\_{cs}}$ （9.2.5-2）

式中：*m'*S ——干基配合比中每立方米再生细骨料混凝土的细骨料总用量（kg/m3）；

*m*S ——调整配合比中每立方米再生细骨料混凝土的细骨料总用量（kg/m3）。

再生细骨料混凝土干基配合比中的再生细骨料用量按下式计算：

$m\_{s}^{'}=m\_{s}\frac{1}{1+ω\_{cs}}$ （9.2.5-3）

式中：*m'*s ——干基配合比中每立方米再生细骨料混凝土的再生细骨料用量（kg/m3）。

再生细骨料混凝土干基配合比中的水泥用量、矿物掺合料用量、天然细骨料用量和天然粗骨料用量与调整配合比中的用量相一致。

**9.2.6** 再生粗骨料混凝土配合比设计时，当再生粗骨料、天然粗骨料和天然细骨料均为干燥状态时，再生粗骨料混凝土的用水量应按下式计算：

$m\_{wg}^{'}=m\_{wg}+m\_{g}\frac{ω\_{cg}}{1+ω\_{cg}}$ （9.2.6-1）

式中：*m'*wg ——干基配合比中每立方米再生粗骨料混凝土的用水量（kg/m3）；

*m*wg ——调整配合比中每立方米再生粗骨料混凝土的用水量（kg/m3）；

*m*g ——调整配合比中每立方米再生粗骨料混凝土的再生粗骨料用量（kg/m3）；

*ω*cg ——再生粗骨料的含水率，以小数计。

再生粗骨料混凝土干基配合比中的粗骨料总用量按下式计算：

$m\_{G}^{'}=m\_{G}-m\_{g}\frac{ω\_{cg}}{1+ω\_{cg}}$ （9.2.6-2）

式中：*m'*G ——干基配合比中每立方米再生粗骨料混凝土的粗骨料总用量（kg/m3）；

*m*G ——调整配合比中每立方米再生粗骨料混凝土的粗骨料总用量（kg/m3）。

再生粗骨料混凝土干基配合比中的再生粗骨料用量按下式计算：

$m\_{g}^{'}=m\_{g}\frac{1}{1+ω\_{cg}}$ （9.2.6-3）

式中：*m'*g ——干基配合比中每立方米再生粗骨料混凝土的再生粗骨料用量（kg/m3）。

再生粗骨料混凝土干基配合比中的水泥用量、矿物掺合料用量、天然粗骨料用量和天然细骨料用量与调整配合比中的用量相一致。

**9.2.7** 双掺再生混凝土配合比设计时，当再生粗骨料、再生细骨料、天然粗骨料和天然细骨料均为干燥状态时，双掺再生混凝土的用水量应按下式计算：

$m\_{wgs}^{'}=m\_{wgs}+m\_{s}\frac{ω\_{cs}}{1+ω\_{cs}}+m\_{g}\frac{ω\_{cg}}{1+ω\_{cg}}$ （9.2.7-1）

式中：*m'*wgs ——干基配合比中每立方米双掺再生混凝土的用水量（kg/m3）；

*m*wgs ——调整配合比中每立方米双掺再生混凝土的用水量（kg/m3）；

*m*s ——调整配合比中每立方米双掺再生混凝土的再生细骨料用量（kg/m3）；

*m*g ——调整配合比中每立方米双掺再生混凝土的再生粗骨料用量（kg/m3）；

*ω*cs ——再生细骨料的含水率，以小数计；

*ω*cg ——再生粗骨料的含水率，以小数计。

**1** 双掺再生混凝土干基配合比中的细骨料总用量按下式计算：

$m\_{S}^{'}=m\_{S}-m\_{s}\frac{ω\_{cs}}{1+ω\_{cs}}$ （9.2.7-2）

式中：*m'*S ——干基配合比中每立方米双掺再生混凝土的细骨料总用量（kg/m3）；

*m*S ——调整配合比中每立方米双掺再生混凝土的细骨料总用量（kg/m3）。

双掺再生混凝土干基配合比中的再生细骨料用量按下式计算：

$m\_{s}^{'}=m\_{s}\frac{1}{1+ω\_{cs}}$ （9.2.7-3）

式中：*m'*s ——干基配合比中每立方米双掺再生混凝土的再生细骨料用量（kg/m3）。

**2** 双掺再生混凝土干基配合比中的粗骨料总用量按下式计算：

$m\_{G}^{'}=m\_{G}-m\_{g}\frac{ω\_{cg}}{1+ω\_{cg}}$ （9.2.7-4）

式中：*m'*G——干基配合比中每立方米双掺再生混凝土的粗骨料总用量（kg/m3）；

*m*G ——调整配合比中每立方米双掺再生混凝土的粗骨料总用量（kg/m3）。

双掺再生混凝土干基配合比中的再生粗骨料用量按下式计算：

$m\_{g}^{'}=m\_{g}\frac{1}{1+ω\_{cg}}$ （9.2.7-5）

式中：*m'*g ——干基配合比中每立方米双掺再生混凝土的再生粗骨料用量（kg/m3）。

双掺再生混凝土干基配合比中的水泥用量、矿物掺合料用量、天然细骨料用量和天然粗骨料用量与调整配合比中的用量相一致。

**9.2.8** 生产单位可根据常用材料设计出常用的再生混凝土配合比备用，现场材料的实际称量应按堆放场地中粗骨料、细骨料的实际含水情况进行修正，得到生产配合比，并在使用过程中予以验证或调整。如遇有下列情况之一时，应重新进行配合比设计：

**1** 对再生混凝土性能有特殊要求时；

**2** 再生骨料、天然骨料、水泥、外加剂或矿物掺合料等原材料品种、质量有显著变化时。

# 10 有特殊要求的再生混凝土

## 10.1 抗渗再生混凝土

**10.1.1** 抗渗再生混凝土的原材料应符合下列规定：

**1** 水泥宜采用普通硅酸盐水泥；

**2** 粗骨料应满足连续级配要求，其最大公称粒径不宜大于31.5mm，再生粗骨料和天然粗骨料的综合含泥量不得大于1.0%，综合泥块含量不得大于0.5%；

**3** 细骨料宜采用中砂，再生细骨料和天然细骨料的综合含泥量不得大于3.0%，综合泥块含量不得大于1.0%；

**4** 抗渗再生混凝土宜掺用外加剂和矿物掺合料，粉煤灰建议采用F类，等级应为Ⅰ级或Ⅱ级。

**10.1.2** 抗渗再生混凝土配合比应符合下列规定：

**1** 最大水胶比应符合表10.1.2的规定；

**2** 每立方米再生混凝土中的胶凝材料用量不宜小于320kg；

**3** 砂率宜为35%～45%。

**表10.1.2 抗渗再生混凝土最大水胶比**

|  |  |
| --- | --- |
| 设计抗渗等级 | 最大水胶比 |
| C20～C30 | C30～C40 |
| P6 | 0.55 | 0.50 |
| P8～P12 | 0.50 | 0.45 |
| ＞P12 | 0.45 | 0.40 |

**10.1.3** 配合比设计中再生混凝土抗渗技术要求应符合下列规定：

**1** 配制抗渗再生混凝土要求的抗渗水压值应比设计值提高0.2MPa；

**2** 抗渗试验结果应符合下式要求：

$P\_{t}\geq \frac{P}{10}+0.2$ （10.1.3）

式中：*P*t ——6个试件中不少于4个未出现渗水时的最大水压值（MPa）；

*P* ——设计要求的抗渗等级值。

**10.1.4** 掺用引气剂的抗渗再生混凝土应进行含气量试验，含气量宜控制在3.0%～5.0%。

## 10.2 抗冻再生混凝土

**10.2.1** 抗冻再生混凝土的原材料应符合下列规定：

**1** 水泥应采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；

**2** 粗骨料应满足连续级配要求，其综合含泥量不得大于1.0%，综合泥块含量不得大于0.5%；

**3** 细骨料的综合含泥量不得大于3.0%，综合泥块含量不得大于1.0%；

**4** 粗、细骨料均应进行坚固性试验，天然骨料应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的规定；再生粗骨料应符合《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177的规定，再生细骨料应符合《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的规定。

**5** 抗冻等级不小于F100的抗冻再生混凝土宜掺用引气剂；

**6** 在钢筋再生混凝土中不得掺用含有氯盐的防冻剂。

**10.2.2** 抗冻再生混凝土配合比应符合下列规定：

**1** 最大水胶比和最小胶凝材料用量应符合表10.2.2-1的规定；

**2** 复合矿物掺合料掺量应符合表10.2.2-2的规定；其他矿物掺合料掺量应符合本标准表3.0.4的规定；

**3** 掺用引气剂的再生混凝土最小含气量应符合本标准3.0.6的规定。

**表10.2.2-1 最大水胶比和最小胶凝材料用量**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设计抗冻等级 | 最大水胶比 | 最小胶凝材料用量（kg/m3） |
| 无引气剂时 | 掺引气剂时 |
| F50 | 0.50 | 0.55 | 300 |
| F100 | 0.45 | 0.50 | 320 |
| 不低于F150 | - | 0.45 | 350 |

**表10.2.2-2 复合矿物掺合料最大掺量（%）**

|  |  |
| --- | --- |
| 水胶比 | 最大掺量 |
| 采用硅酸盐水泥时 | 采用普通硅酸盐水泥时 |
| ≤0.40 | 60 | 50 |
| ＞0.40 | 50 | 40 |

注：1 采用其他通用硅酸盐水泥时，可将水泥混合材掺量20%以上的混合材量计入矿物掺合料；

2 复合矿物掺合料中各矿物掺合料组分的掺量不宜超过表3.0.4中单掺时的限量。

## 10.3 大体积再生混凝土

**10.3.1** 大体积再生混凝土所用的原材料应符合下列规定：

**1** 水泥宜采用中、低热硅酸盐水泥，水泥的3d和7d水化热应符合《中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥》GB/T 200规定。当采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时，应掺加矿物掺合料，胶凝材料的3d和7d水化热分别不宜大于240kJ/kg和270kJ/kg。水化热试验方法应按《水泥水化热测定方法》GB/T 12959执行。

**2** 粗骨料应满足连续级配要求，最大公称粒径不宜小于31.5mm，综合含泥量不应大于1.0%。

**3** 细骨料宜采用中砂，综合含泥量不应大于3.0%。

**4** 宜掺用矿物掺合料和缓凝型减水剂。

**10.3.2** 当采用再生混凝土60d或90d龄期强度时，宜采用标准试件进行抗压强度试验。

**10.3.3** 大体积再生混凝土配合比应符合下列规定：

**1** 当采用再生混凝土60d或90d强度验收指标时，应将其作为再生混凝土配合比的设计依据；

**2** 混凝土拌合物的坍落度不宜大于180mm；

**3** 拌合用水量不宜大于175kg/m3；

**4** 粉煤灰掺量不宜大于胶凝材料用量的50%，粒化高炉矿渣粉掺量不宜大于胶凝材料用量的40%；粉煤灰和粒化高炉矿渣粉掺量总和不宜大于胶凝材料用量的50%；

**5** 水胶比不宜大于0.45；

**6** 砂率宜为38%～45%。

**10.3.4** 在配合比试配和调整时，控制再生混凝土绝热温升不宜大于50℃。

**10.3.5** 大体积再生混凝土配合比应满足施工对混凝土凝结时间的要求。

# 本标准用词说明

**1** 为便于在执行本标准条文时区别对待，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）**表面允许稍有选择，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用词，采用“可”。

**2** 标准中指明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

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥》GB/T 200

《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596

《建筑材料放射性核素限量》GB 6566

《混凝土外加剂》GB 8076

《水泥水化热测定方法》GB/T 12959

《建设用砂》GB/T 14684

《建设用卵石、碎石》GB/T 14685

《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》GB/T 17671

《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046

《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736

《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176

《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177

《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

《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119

《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55

《混凝土用水标准》JGJ 63

《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240

《混凝土试验用搅拌机》JG 244

《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322

《混凝土和砂浆用天然沸石粉》JG/T 3048

**中国工程建设标准化协会标准**

再生混凝土配合比设计标准

**CECS XXX：2022**

# 条文说明

**制 订 说 明**

《再生混凝土配合比设计标准》CECS XXX：2022，经中国工程建设标准化协会2022年XX月XX日以第XX号公告批准发布。

本标准制订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国工程建设中再生混凝土的配制经验，同时参考了国内外先进技术法规、技术标准，通过在青岛、济南、临沂、北京和江西等地进行了大量试验，取得了再生混凝土配合比设计的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《再生混凝土配合比设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，供使用者参考。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目次

[1 总则 55](#_Toc21701)

[2 术语和符号 56](#_Toc4859)

[2.1 术语 56](#_Toc25614)

[3 基本规定 5](#_Toc22329)8

[4 再生骨料的技术要求、进场检验、运输和储存 61](#_Toc2416)

[4.2 进场检验 61](#_Toc28238)

[4.3 运输和储存 61](#_Toc25614)

[5 再生混凝土配制强度的确定 62](#_Toc10160)

[6 再生细骨料混凝土配合比计算 63](#_Toc31450)

[6.1 用水量和外加剂用量 63](#_Toc26186)

[6.2 胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量 64](#_Toc26917)

[6.3 砂率 66](#_Toc30016)

[6.4 粗、细骨料用量 66](#_Toc9813)

[7 再生粗骨料混凝土配合比计算 67](#_Toc31450)

[7.1 用水量和外加剂用量 67](#_Toc26186)

[7.2 胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量 68](#_Toc26917)

[7.3 砂率 69](#_Toc30016)

[7.4 粗、细骨料用量 70](#_Toc9813)

[8 双掺再生混凝土配合比计算 71](#_Toc6033)

[9 再生混凝土配合比的试配、调整和确定 73](#_Toc6033)

[9.1 试配 73](#_Toc21547)

[9.2 配合比的调整与确定 73](#_Toc12827)

[10 有特殊要求的再生混凝土 76](#_Toc570)

[10.1 抗渗再生混凝土 76](#_Toc6440)

[10.2 抗冻再生混凝土 76](#_Toc6011)

[10.3](#_Toc28574) [大体积再生混凝土 77](#_Toc22674)

**1 总则**

**1.0.1** 推广使用再生骨料可减轻建筑垃圾对环境的不良影响，实现建筑垃圾的资源化利用，节约天然资源，促进建筑业的节能减排和可持续发展，符合国家节约资源、保护环境的大政策。但是，由于再生骨料的性能有别于天然骨料，用其配制再生混凝土时也存在一定的特殊性。所以，为了保证再生混凝土的质量，并且推动再生混凝土在工程中的应用发展，需要制订专门的标准。

**1.0.2** 建筑垃圾的产生量日益增多，再生骨料及再生混凝土的工程应用也在大量推广与快速发展，故而再生混凝土配合比设计的适用范围也很广泛，建筑与市政工程及一般构筑物所用的再生混凝土均可以采用本标准。本标准中的再生混凝土配合比设计重点介绍了再生细骨料混凝土和再生粗骨料混凝土两部分，相对简略地介绍了同时利用再生细骨料和再生粗骨料部分或全部取代天然骨料配制而成的双掺再生混凝土，主要是考虑到同时掺加再生细骨料和再生粗骨料显著降低了混凝土的性能，并且在配制过程中很难掌控混凝土拌合物的状态。因此，如在特定条件下需同时掺加再生细骨料和再生粗骨料，应以本标准中再生细骨料混凝土配合比计算结果为过渡进行相应参数的调整，从而得到双掺再生混凝土的计算配合比。

**1.0.3** 与本标准有关的、难以详尽的技术要求，应符合国家现行有关标准的规定。

**2 术语和符号**

## 2.1 术语

**2.1.3～2.1.8** 在采用再生骨料配制再生混凝土时，与再生骨料的品质多样性（再生细骨料分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类，再生粗骨料分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类）和使用的复杂性（部分取代、全部取代、单一取代、复合取代等）密切相关。其中，比较常见的是仅利用再生粗骨料部分或全部取代天然粗骨料配制而成的再生粗骨料混凝土；也有仅利用再生细骨料部分或全部取代天然细骨料配制而成的再生细骨料混凝土；另外还有较少见的是同时利用再生细骨料和再生粗骨料部分或全部取代天然骨料配制而成的双掺再生混凝土。因此，根据工程需要和再生骨料品质不同，再生骨料取代天然骨料的比例范围很宽泛。一般情况下，再生骨料取代天然骨料的质量百分比不低于30%，甚至可以达到100%，目前国内的技术水平已经完全可以达到这样的能力。所以，鼓励行业内充分利用现有技术提高再生骨料的取代比例，将有利于促进再生混凝土的技术进步，可以逐步提高建筑垃圾的再生利用率，有助于节能减排。另一方面，如果再生骨料取代率过低，配制技术实际上就与普通混凝土无区别，不能体现再生混凝土的技术内涵。

**2.1.10～2.1.14** 相比普通混凝土，再生混凝土的原材料种类更多、影响因素更为复杂，基于再生混凝土中各组成材料数量之间的比例关系，本标准给出了再生混凝土“计算配合比”的术语及定义。然而，再生混凝土计算配合比中得到的各原材料用量是借助于一些经验公式和数据计算出来的，或是利用经验资料查到的，不一定能够符合实际情况，故而在再生混凝土计算配合比确定后需进行试拌，在此过程中依次调整其工作性、表观密度和强度等指标满足设计和生产要求，然后提出再生混凝土的“调整配合比”。另外，根据再生骨料的实际使用状态，本标准中又给出了再生混凝土的“干基配合比”和“生产配合比”的术语及定义，便于各生产单位根据现场情况对再生混凝土配合比的确定进行精准调控。

**2.1.15～2.1.16** 骨料含泥量、泥块含量是影响混凝土和易性、力学性能、抗冻性、抗渗性等性能指标的重要因素之一，而再生骨料的含泥量、泥块含量又远高于天然骨料，当用其配制再生混凝土时，必然会对再生混凝土的性能产生不利影响。因此，本标准中给出了“综合含泥量”和“综合泥块含量”的术语及定义，用于限定配制再生混凝土时所用再生骨料和天然骨料按比例混合后的含泥量和泥块含量。

**3 基本规定**

**3.0.1** 配制再生混凝土所用原材料包括再生骨料、天然骨料、水泥、水、矿物掺合料和外加剂等，与普通混凝土相比，其复杂性体现在再生骨料的掺加。

**1** 原则上，有害杂质含量不足以影响再生混凝土使用性能的建筑垃圾均能用来生产再生骨料，但下列情况下的建筑垃圾不得用于生产再生骨料：

①建筑垃圾来自于有特殊使用场合的混凝土（如核电站、医院放射室等）；

②建筑垃圾中硫化物含量高于600mg/L；

③建筑垃圾已受重金属或有机物污染；

④建筑垃圾已受硫酸盐或氯盐等腐蚀介质严重侵蚀；

⑤原混凝土已发生严重的碱骨料反应。

《建筑垃圾处理技术规范》CJJ 134-2010中对“建筑垃圾”定义为：建筑垃圾指人们在从事建设、拆迁、装修、修缮等建筑业的生产活动中产生的渣土、砖石、泥浆及其他废弃物的统称。按生产源分类，建筑垃圾可分为工程渣土、装修垃圾、拆迁垃圾、工程泥浆等；按组成成分分类，建筑垃圾中主要包括渣土、泥浆、碎石块、废砂浆、砖瓦碎块、混凝土块、沥青块、废塑料、废金属、废竹木等。

本标准所说的建筑垃圾是指建筑物或构筑物拆除过程中产生的建筑垃圾，以及预拌混凝土或混凝土预制构件等生产企业在生产过程中产生的、混凝土现场浇筑施工过程中产生的废弃硬化混凝土等，不包含对废弃的、尚处于拌合物状态的混凝土进行回收利用，因为这种情况的回收利用一般只是对拌合物进行冲洗等工序，分离出清洗干净的骨料进行重新利用，这与本标准所说的再生骨料不是一个概念。

**3.0.2** 再生混凝土配合比设计时应满足配制强度的要求，与普通混凝土有所不同的是配制过程中所使用的再生骨料品质要差于天然骨料，这就导致品质较低的再生骨料不适宜配制高强度等级的再生混凝土，而Ⅰ类再生粗骨料品质已经基本达到常用天然粗骨料的品质，所以其应用时不受强度等级的限制。因此，本标准根据再生骨料的类别分别限定了配制再生混凝土的强度等级。在此基础上，再生混凝土配合比设计还应满足施工性能、其他力学性能、长期性能和耐久性能的要求。

**3.0.3** 表3.0.3中最小胶凝材料用量是满足再生混凝土施工性能和掺加矿物掺合料后满足再生混凝土耐久性能的胶凝材料用量下限。

**3.0.4** 规定矿物掺合料最大掺量主要是为了保证再生混凝土耐久性能。矿物掺合料在再生混凝土中的实际掺量是通过试验确定的，在本标准配合比调整和确定步骤中规定了耐久性试验验证，以确保满足工程设计提出的再生混凝土耐久性要求。当采用超过表3.0.4给出的矿物掺合料最大掺量时，全盘否定不妥，通过对再生混凝土性能进行全面试验验证，证明结构再生混凝土安全性和耐久性可以满足设计要求后，还是能够采用的。

**3.0.5** 本标准按环境条件影响氯离子引起钢锈的程度简明地分为四类，并规定了各类环境条件下的再生混凝土中氯离子最大含量。本标准采用测定再生混凝土拌合物中氯离子的方法，与测试硬化后再生混凝土中氯离子的方法相比，时间大大缩短，有利于配合比设计和控制。表3.0.5中的氯离子含量是相对再生混凝土中水泥用量的百分比，与控制氯离子相对再生混凝土中胶凝材料用量的百分比相比，偏于安全。

**3.0.6** 掺加适量引气剂有利于再生混凝土的耐久性，尤其对于有较高抗冻要求的再生混凝土，掺加引气剂可以明显提高再生混凝土的抗冻性能。引气剂掺量要适当，引气量太少作用不够，引气量太多再生混凝土强度损失较大。

**3.0.7** 将再生混凝土中碱含量控制在3.0kg/m3以内，并掺加适量粉煤灰和粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料，对预防再生混凝土碱骨料反应具有重要意义。再生混凝土中碱含量是测定的再生混凝土各原材料碱含量计算之和，而实测的粉煤灰和粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料碱含量并不是参与碱骨料反应的有效碱含量，对于矿物掺合料中有效碱含量，粉煤灰碱含量取实测值的1/6，粒化高炉矿渣粉碱含量取实测值的1/2。

**4 再生骨料的技术要求、进场检验、运输和储存**

4.2 进场检验

**4.2.1** 由于再生骨料的来源较复杂，为了保证来货的性能质量和进行质量追溯，再生骨料进场手续检验应更加严格，应验收质量证明文件，包括型式检验报告、出厂检验报告及合格证等；质量证明文件中还要体现生产信息、合格证编号、再生骨料类别、批号及出厂日期、再生骨料数量等内容。

用于混凝土的再生骨料型式检验、出厂检验按照《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176和《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177来执行。

**4.2.2** 再生骨料的进场检验是按照用户最关心且便于检验指标的原则来确定所选项目的。

4.3 运输和储存

**4.3.2** 为了避免使用时出现误用等差错，用户在储存原材料时，应在堆场或料库等储存地点设置明显的标志或专门标识，例如“混凝土用再生细骨料”、“混凝土用再生粗骨料”等。

**5 再生混凝土配制强度的确定**

**5.0.1** 再生混凝土配制强度对生产施工的再生混凝土强度具有充分的保证率，经实践证明这一要求与普通混凝土相一致。

**5.0.2** 再生混凝土强度标准差的确定应根据所采用的再生骨料种类、类别、使用方式和再生骨料取代率加以区分，并且参照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55-2011、《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240-240分别给出了表5.0.2-1和表5.0.2-2的强度标准差取值，这些取值的确定是基于再生混凝土的使用安全性和再生骨料最大资源化利用来考虑的。

**6 再生细骨料混凝土配合比计算**

6.1 用水量和外加剂用量

**6.1.1** 与普通混凝土相比，再生细骨料混凝土拌合物的用水量增大主要在于再生细骨料掺加所引起的需水量增大，所以采用再生细骨料配制再生细骨料混凝土时，再生细骨料的性能对再生细骨料混凝土拌合物的用水量影响较大，且易导致混凝土坍落度损失加快。因此，在综合考虑再生细骨料掺加所带来的复杂性后，使用再生细骨料配制再生混凝土时应提前进行预湿处理，且通过实测所用再生细骨料的再生胶砂需水量比判定骨料类别标准，同时根据再生细骨料的规格按照表6.1.1中规定的取值范围控制其含水率，其中表6.1.1中所限制的再生细骨料含水率已通过大量试验数据证明具有代表性。此时，再生细骨料混凝土拌合物的用水量即等于普通混凝土的用水量，以此为基准的再生细骨料混凝土配合比设计具有可操作性且应用情况良好。

**6.1.2** 表6.1.2-1和表6.1.2-2是未掺加外加剂的干硬性或塑性普通混凝土的用水量，经多年应用证明基本符合实际。干硬性或塑性普通混凝土也可以掺加外加剂，掺加外加剂后的用水量可在表6.1.2-1和表6.1.2-2的基础通过试验进行调整。本节中的外加剂特指具有减水功能的外加剂，并且在实际工作中，有经验的专业技术人员通常将满足再生细骨料混凝土性能和节约成本作为目标，结合经验并经试验来确定流动性或大流动性再生细骨料混凝土的外加剂用量和用水量，而考虑到再生细骨料混凝土的坍落度经时损失值大，泵送施工时可以使用缓释型减水剂来改善这一问题。

**6.1.3** 本条对再生细骨料混凝土的配合比设计具有一定的指导性作用，尤其对缺乏经验和试验资料者更为重要。

6.2 胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量

**6.2.1** 对于同一强度等级的再生细骨料混凝土，胶凝材料用量与再生细骨料的品质和取代率直接相关，即再生细骨料的品质和取代率是影响再生细骨料混凝土强度的重要因素。故而，可以将再生细骨料混凝土视为一种复合材料，其中普通混凝土为基相，再生细骨料为负增强相，引入再生细骨料强度影响因子*α*s来反映再生细骨料的掺加对再生细骨料混凝土力学性能的影响。根据复合材料理论，青岛农业大学的李秋义教授团队提出再生细骨料混凝土的强度计算形式，如式（1）所示。

$f\_{Rs}=f\_{0}\left(1-α\_{s}λ\_{s}\right)=α\_{a}f\_{b}\left(\frac{B}{W}-α\_{b}\right)\left(1-α\_{s}λ\_{s}\right)$ (1)

式中：*f*Rs ——再生细骨料混凝土的配制强度（MPa）；

ƒ0——普通混凝土的强度（MPa）；

*α*s——再生细骨料强度影响因子，无量纲；

*λ*s ——再生细骨料取代率，以小数计；

*α*a、*α*b ——回归系数，无量纲；

*f*b ——胶凝材料28d胶砂抗压强度（MPa）；

*B*——胶凝材料用量（kg/m3）；

*W*——普通混凝土的用水量（kg/m3）。

基于实验室大量的再生细骨料混凝土力学性能试验数据，在式（1）中，当再生细骨料的取代率*λ*s为0时即为普通混凝土，根据其强度和胶水比的线性关系可以计算出回归系数*α*a、*α*b；当再生细骨料的取代率*λ*s一定时，再生细骨料混凝土的强度*f*Rs和普通混凝土的强度ƒ0均已知，可以计算出不同试验配合比下的再生细骨料强度影响因子*α*s，考虑到再生细骨料的品质波动性导致试验数据离散性大，对计算出的同品质再生细骨料影响因子*α*s进行算术平均处理，得到的计算结果随再生细骨料品质的提升而逐渐减小。在此以再生细骨料的再生胶砂需水量比、表观密度和再生胶砂强度比等主要性能指标来表示其影响因子*α*s，最终选取相关性最大的再生胶砂需水量比*β*w来表示再生细骨料的影响因子*α*s，代入式（1）中即得到再生细骨料混凝土的强度计算公式，如式（2）所示。

$f\_{Rs}= α\_{a}f\_{b} (\frac{B}{W}-α\_{b})[1-(1.829β\_{w}-2.218) λ\_{s}]$ (2)

式中：*β*w ——再生细骨料的再生胶砂需水量比。

因此，公式（6.2.1）中胶凝材料用量的计算同时考虑了再生细骨料的再生胶砂需水量比*β*w和取代率*λ*s。另外，公式（6.2.1）的计算结果仅仅为初算的胶凝材料用量，还需经过试拌选取一个满足拌合物性能要求的、较节约的胶凝材料用量。

**6.2.2～6.2.4** 为了使再生细骨料混凝土胶凝材料用量计算公式更符合实际情况以及普遍掺加粉煤灰和粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料的技术发展情况，再生细骨料混凝土的回归系数（*α*a、*α*b）、粉煤灰影响系数（*γ*f）、粒化高炉矿渣粉影响系数（*γ*s）以及水泥强度等级值的富余系数（*γ*c）取值均参照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55中的规定。

**6.2.5～6.2.6** 计算矿物掺合料用量所采用的矿物掺合料掺量是在选用不同掺量经过比较后确定的。计算得出的胶凝材料、矿物掺合料和水泥的用量还要在试配过程中调整验证。

6.3 砂率

**6.3.1～6.3.2** 本节对砂率的取值具有指导性，经实际应用，证明基本符合实际。在实际工作中，也可以根据经验和历史资料初选砂率。砂率对再生细骨料混凝土拌合物性能影响较大，可调整范围略宽，也关系到材料成本，因此，按本节选取的砂率仅是初步的，需要在试配过程中调整后确定合理的砂率。

6.4 粗、细骨料用量

**6.4.1～6.4.3** 在实际工程应用时，再生细骨料混凝土的配合比设计可采用质量法，这主要是考虑再生细骨料混凝土中所使用的骨料种类要多于普通混凝土，其中细骨料包括天然细骨料和再生细骨料，采用质量法计量可以快速进行配合比设计。这里需要注意的是，在计算再生细骨料混凝土的砂率时，以预湿处理后且含水率符合本标准表6.1.1规定的再生细骨料用量代入公式（6.4.1-2）进行计算，天然细骨料和天然粗骨料应符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定。

**7 再生粗骨料混凝土配合比计算**

7.1 用水量和外加剂用量

**7.1.1** 与普通混凝土相比，再生粗骨料混凝土拌合物的用水量增大主要在于再生粗骨料掺加所引起的大量吸水，所以采用再生粗骨料配制再生粗骨料混凝土时，再生粗骨料的性能对再生粗骨料混凝土拌合物的用水量影响较大，且易导致混凝土产生较大的坍落度损失。因此，为了尽量去除再生粗骨料掺加所带来的复杂性，应控制再生粗骨料的含水率与吸水率之差在±0.5%范围内，即选用准饱和面干状态下的再生粗骨料配制再生粗骨料混凝土，此时再生粗骨料混凝土拌合物的用水量即等于普通混凝土的用水量，以此为基准的再生粗骨料混凝土配合比设计具有可操作性且应用情况良好。

**7.1.2** 未掺加外加剂的干硬性或塑性普通混凝土的用水量参照表6.1.2-1和表6.1.2-2，经多年应用证明基本符合实际。干硬性或塑性普通混凝土也可以掺加外加剂，掺加外加剂后的用水量可在表6.1.2-1和表6.1.2-2的基础上通过试验进行调整。本节中的外加剂特指具有减水功能的外加剂，并且在实际工作中，有经验的专业技术人员通常将满足再生粗骨料混凝土性能和节约成本作为目标，结合经验并经试验来确定流动性或大流动性再生粗骨料混凝土的外加剂用量和用水量。

**7.1.3** 本条对于再生粗骨料混凝土的配合比设计具有一定的指导性作用，尤其对于缺乏经验和试验资料者更为重要。

7.2 胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量

**7.2.1** 对于同一强度等级的再生粗骨料混凝土，胶凝材料用量与再生粗骨料的品质和取代率直接相关，即再生粗骨料的品质和取代率是影响再生粗骨料混凝土强度的重要因素。故而，可以将再生粗骨料混凝土视为一种复合材料，其中普通混凝土为基相，再生粗骨料为负增强相，引入再生粗骨料强度影响因子*α*g来反映再生粗骨料的掺加对再生粗骨料混凝土力学性能的影响。根据复合材料理论，青岛农业大学的李秋义教授团队提出再生粗骨料混凝土的强度计算公式，如式（3）所示。

$f\_{Rg}=f\_{0}\left(1-α\_{g}λ\_{g}\right)=α\_{a}f\_{b}\left(\frac{B}{W}-α\_{b}\right)\left(1-α\_{g}λ\_{g}\right)$ (3)

式中：*f*Rg ——再生粗骨料混凝土的配制强度（MPa）；

ƒ0——普通混凝土的强度（MPa）；

*α*g——再生粗骨料强度影响因子，无量纲；

*λ*g ——再生粗骨料取代率，以小数计；

*α*a、*α*b ——回归系数，无量纲；

*f*b ——胶凝材料28d胶砂抗压强度（MPa）；

*B*——胶凝材料用量（kg/m3）；

*W*——普通混凝土的用水量（kg/m3）。

基于实验室大量的再生粗骨料混凝土力学性能试验数据，在式（3）中，当再生粗骨料的取代率*λ*g为0时即为普通混凝土，根据其强度和胶水比的线性关系可以计算出回归系数*α*a、*α*b；当再生粗骨料的取代率*λ*g一定时，再生粗骨料混凝土的强度*f*Rg和普通混凝土的强度ƒ0均已知，可以计算出不同试验配合比下的再生粗骨料强度影响因子*α*g，考虑到再生粗骨料的品质波动性导致试验数据离散性大，对计算出的同品质再生粗骨料影响因子*α*g进行算术平均处理，得到的计算结果随再生粗骨料品质的提升而逐渐减小。在此以再生粗骨料的吸水率、表观密度和压碎指标等主要性能指标来表示其影响因子*α*g，最终选取相关性最大的吸水率*ω*a来表示再生粗骨料的影响因子*α*g，代入式（3）中即得到再生粗骨料混凝土的强度计算公式，如式（4）所示。

$f\_{Rg}=α\_{a}f\_{b}\left(\frac{B}{W}-α\_{b}\right)\left[1-\left(7.607ω\_{a}-0.074\right)λ\_{g}\right]$ (4)

式中：*ω*a ——再生粗骨料的吸水率，以小数计。

因此，公式（7.2.1）中胶凝材料用量的计算同时考虑了再生粗骨料的吸水率*ω*a和取代率*λ*g。另外，公式（7.2.1）的计算结果仅仅为初算的胶凝材料用量，还需经过试拌选取一个满足拌合物性能要求的、较节约的胶凝材料用量。

**7.2.2～7.2.4** 为了使再生粗骨料混凝土胶凝材料用量计算公式更符合实际情况以及普遍掺加粉煤灰和粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料的技术发展情况，参照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55给出了表6.2.2的回归系数（*α*a、*α*b）、表6.2.3的粉煤灰影响系数（*γ*f）和粒化高炉矿渣粉影响系数（*γ*s）以及表6.2.4的水泥强度等级值的富余系数（*γ*c）。

**7.2.5、7.2.6** 计算矿物掺合料用量所采用的矿物掺合料掺量是选用不同掺量经过比较后确定的。计算得出的胶凝材料、矿物掺合料和水泥的用量还要在试配过程中调整验证。

7.3 砂率

**7.3.1、7.3.2** 本节对砂率的取值具有指导性，经实际应用，证明基本符合实际。在实际工作中，也可以根据经验和历史资料初选砂率。砂率对再生粗骨料混凝土拌合物性能影响较大，可调整范围略宽，也关系到材料成本，因此，按本节选取的砂率仅是初步的，需要在试配过程中调整后确定合理的砂率。

7.4 粗、细骨料用量

**7.4.1～7.4.3** 在实际工程应用时，再生粗骨料混凝土的配合比设计可采用质量法，这主要是考虑再生粗骨料混凝土中所使用的骨料种类要多于普通混凝土，其中粗骨料包括天然粗骨料和再生粗骨料，采用质量法计量可以快速进行配合比设计。这里需要注意的是，在计算再生粗骨料混凝土的砂率时，以准饱和面干状态下的再生粗骨料用量代入公式（7.4.1-2）进行计算，天然粗骨料和天然细骨料应符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55的规定。

**8 双掺再生混凝土配合比计算**

**8.0.2** 考虑到目前我国再生骨料的生产水平，再生骨料的品质差、性能波动大，并且同时使用再生细骨料和再生粗骨料配制双掺再生混凝土时，交互影响因素过多，对配制技术要求较高。所以，在目前实践经验较少、没有经过试验验证的情况下，如果需要同时使用，其过渡配合比设计应符合本标准中再生细骨料混凝土配合比计算的规定。

**8.0.3** 双掺再生混凝土配合比中再生细骨料取代率和再生粗骨料取代率应通过试验确定，并受水泥品种和混凝土强度等级等因素影响。当缺乏试验数据或技术资料时，再生细骨料取代率和再生粗骨料取代率的确定应符合《再生骨料应用技术规程》JGJ/T 240的相关规定。实践经验表明，Ⅰ类再生粗骨料品质较好，可以按照常用天然粗骨料来使用，其取代率可不受限制；Ⅱ、Ⅲ类再生粗骨料的取代率一般不宜大于50%，这样较容易控制混凝土的和易性及保证强度；对于再生细骨料，其取代率也不宜大于50%，这是因为再生细骨料中含有较多的微粉，会对混凝土性能尤其是耐久性造成不利影响。

**8.0.5** 对于同一强度等级的双掺再生混凝土，胶凝材料用量与再生骨料的品质和取代率直接相关。而与天然骨料相比，再生骨料的高吸水性是影响混凝土拌合物工作性的重要因素。根据青岛农业大学李秋义教授团队的研究结果表明，双掺再生混凝土的强度与其胶水比之间具有较高的线性关系，该结论与普通混凝土相一致，因此也可使用Bolomey公式计算双掺再生混凝土的强度。考虑到再生骨料的使用状态（自然环境、绝干状态等）不同对双掺再生混凝土性能影响很大，团队成员利用不同品质和取代率的再生骨料制备了多系列双掺再生混凝土，通过试验研究得出当再生骨料处于绝干状态（对应双掺再生混凝土的胶水比定义为“绝对胶水比”）时，其强度与绝对胶水比之间呈现出最高的线性相关度，此时再生骨料的品质和取代率对双掺再生混凝土的强度影响最小，并且基于Bolomey公式计算的双掺再生混凝土强度误差可控制在±10%以内。

因此，相比本标准中再生细骨料混凝土和再生粗骨料混凝土的配合比精确计算，公式（8.0.5-1）中双掺再生混凝土胶凝材料用量的计算是基于再生细骨料混凝土计算的胶凝材料用量，又考虑了再生粗骨料的掺加对其性能的影响，此计算方式为双掺再生混凝土配合比的简易计算方法。另外，公式（8.0.5-1）的计算结果仅仅为初算的胶凝材料用量，还需经过试拌选取一个满足拌合物性能要求的、较节约的胶凝材料用量。

矿物掺合料具有一定的细度和活性，在混凝土中表现出填充效应、火山灰效应和形态效应等，可用于改善混凝土拌合物和硬化混凝土的各项性能，同时掺加矿物掺合料减少了水泥用量，也在一定程度上降低了混凝土的配制成本，但双掺再生混凝土配合比中矿物掺合料的品种及掺量应通过试验确定。

**8.0.6** 配制双掺再生混凝土离不开外加剂，尤其建议选择使用氨基磺酸盐、聚羧酸盐等减水率较高的高性能减水剂，这对于保证双掺再生混凝土性能具有明显优势，但双掺再生混凝土配合比中外加剂的品种及掺量应通过试验确定。

**9 再生混凝土配合比的试配、调整与确定**

9.1 试配

**9.1.5** 调整好再生混凝土拌合物的工作性并形成试拌配合比后，即开始再生混凝土强度试验。无论是计算配合比还是试拌配合比，都不能保证再生混凝土配制强度是否满足要求，再生混凝土强度试验的目的是通过五个不同水胶比的配合比的比较，取得能够满足配制强度要求的、胶凝材料用量经济合理的配合比。在这里需要注意的是，选取五个不同水胶比进行再生混凝土的强度试验，主要考虑到影响再生混凝土强度的因素较多，且其试验数据离散性要大于普通混凝土，故在此增加了再生混凝土强度试验的配合比数量。

由于再生混凝土强度试验是在混凝土拌合物调整适宜后进行的，所以强度试验采用五个不同水胶比的配合比的混凝土拌合物性能应维持不变，即维持用水量不变，增加和减少胶凝材料用量，并相应减少和增加砂率，外加剂掺量也做减少和增加的微调。

在没有特殊规定的情况下，再生混凝土强度试件在28d龄期进行抗压试验；当设计规定采用60d或90d等其他龄期强度时，再生混凝土强度试件在相应的龄期进行抗压试验。

9.2 配合比的调整与确定

**9.2.1** 通过绘制强度和胶水比关系图，或采用插值法，选用略大于配制强度的强度对应的胶水比做进一步配合比调整偏于安全。也可以直接采用前述至少三个水胶比再生混凝土强度试验中一个满足配制强度的胶水比做进一步配合比调整，虽然相对比较简明，但有时可能强度富余较多，经济代价略大。

**9.2.2～9.2.3** 再生混凝土配合比是指每立方米再生混凝土中各种材料的用量。在配合比计算、再生混凝土试配和配合比调整过程中，每立方米再生混凝土的各种材料混成的混凝土可能不足或超过1m3，即通常所说的亏方或盈方，通过配合比校正，可使依据配合比计算的再生混凝土生产方量更为准确。

**9.2.4** 在确定设计配合比前，应对设计规定的再生混凝土耐久性能进行试验验证，并对再生混凝土氯离子含量进行试验验证。例如设计规定的抗水渗透、抗氯离子渗透、抗冻、抗碳化和抗硫酸盐侵蚀等耐久性能要求，以保证再生混凝土质量满足设计规定的性能要求。

**9.2.5～9.2.7** 本标准所提出的再生细骨料混凝土设计配合比以预湿处理的再生细骨料、干燥状态的天然骨料为基准；再生粗骨料混凝土设计配合比以准饱和面干状态的再生粗骨料、干燥状态的天然骨料为基准；双掺再生混凝土设计配合比以预湿处理的再生细骨料、准饱和面干状态的再生粗骨料、干燥状态的天然骨料为基准。

基于再生混凝土调整配合比所提出的再生细骨料混凝土、再生粗骨料混凝土和双掺再生混凝土干基配合比对于再生混凝土的生产具有指导意义，也便于不同生产单位之间参考使用。

**9.2.8** 生产过程中，启用备用的再生混凝土配合比时，即便是条件类同，进行配合比验证试验是不可省略的。生产配合比应考虑到现场存放和使用的粗、细骨料的实际含水情况，并进行修正。

原材料质量显著变化是指诸如再生骨料品质、水泥胶砂强度、外加剂减水率和矿物掺合料细度等发生明显变化。

**10 有特殊要求的再生混凝土**

10.1 抗渗再生混凝土

**10.1.1** 原材料的选用和质量控制对抗渗再生混凝土非常重要。大量抗渗再生混凝土用于地下工程，为了提高抗渗性能和适合地下环境特点，掺加外加剂和矿物掺合料十分有利，也是普遍的做法。在以胶凝材料最小用量作为控制指标的情况下，采用普通硅酸盐水泥有利于再生混凝土耐久性能和进行质量控制。骨料粒径太大和含泥（包括泥块）较多都对再生混凝土抗渗性能不利。

**10.1.2** 采用较小的水胶比可提高再生混凝土的密实性，从而使其有较好和抗渗性，因此，控制最大水胶比是抗渗再生混凝土配合比设计的重要法则。另外，胶凝材料和细骨料用量太少也对再生混凝土抗渗性能不利。

**10.1.3** 抗渗再生混凝土的配制抗渗等级比设计值要求高，有利于确保实际工程再生混凝土抗渗性能满足设计要求。

**10.1.4** 在再生混凝土中掺用引气剂适量引气，有利于提高再生混凝土抗渗性能。

10.2 抗渗再生混凝土

**10.2.1** 采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥配制抗冻再生混凝土是一个基本做法，目前寒冷或严寒地区一般都这样做。骨料含泥（包括泥块）较多和骨料坚固性差都对再生混凝土抗冻性能不利。一些再生混凝土防冻剂中掺用氯盐，如果采用会引起再生混凝土中钢筋锈蚀，导致严重的结构混凝土耐久性问题。

**10.2.2** 再生混凝土水胶比大则密实性差，对抗冻性能不利，因此要控制再生混凝土最大水胶比。在通常水胶比情况下，再生混凝土中掺入过量矿物掺合料也对再生混凝土抗冻性能不利。再生混凝土中掺用引气剂是提高再生混凝土抗冻性能的有效方法之一。

10.3 大体积再生混凝土

**10.3.1** 采用低水化热的胶凝材料，有利于限制大体积再生混凝土由温度应力引起的裂缝。粗骨料粒径太小则限制再生混凝土变形作用较小。掺用缓凝型减水剂有利于缓解温升，起到温控作用。

**10.3.2** 由于采用低水化热的胶凝材料有利于限制大体积再生混凝土由温度应力引起的裂缝，所以大体积再生混凝土中胶凝材料中往往掺用大量粉煤灰等矿物掺合料，使再生混凝土强度发展较慢，设计采用再生混凝土60d或90d龄期强度也是合理的。当标准养护时间和标准试件未能两全时，维持标准试件比较合理。

**10.3.3** 水胶比大，用水量多对限制裂缝不利。再生混凝土中粗骨料较多有利于限制胶凝材料硬化体的变形作用。因为水泥水化热相对较高，所以大体积再生混凝土中往往掺用大量粉煤灰或粒化高炉矿渣粉，减少胶凝材料中的水泥用量，以达到降低水化热的目的。

**10.3.4** 可在配合比试配和调整时通过再生混凝土绝热温升测试设备测定再生混凝土的绝热温升，或通过计算求出再生混凝土的绝热温升，从而在配合比设计过程中控制再生混凝土绝热温升。

**10.3.5** 延迟再生混凝土的凝结时间对大体积再生混凝土施工操作和温度控制有利，大体积再生混凝土配合比设计应重视再生混凝土的凝结时间。