

**T/CECS XXX—202X**

**中国工程建设标准化协会标准**

混凝土配合比智能化设计标准

Intelligent design standards for concrete mix proportions

（征求意见稿）

**中国xx出版社**

中国工程建设标准化协会标准

**混凝土配合比智能化设计标准**

Intelligent design standards for concrete mix proportions

**T/CECS XXX—202X**

主编单位：北京灵感科技有限公司

中国矿业大学（北京）

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

《混凝土配合比智能化设计标准》（以下简称标准）是根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2024年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2024〕15号）的要求进行编制。编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分8章和4个附录，主要技术内容包括：总则，术语和符号，基本规定，混凝土用原材料，混凝土配制强度的确定，混凝土配合比计算，混凝土配合比的试配、调整与确定，混凝土配合比智能化设计等。

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

本规程由中国工程建设标准化协会建筑材料分会归口管理，由北京灵感科技有限公司负责具体技术内容的解释。实施过程中如有意见或建议，请反馈至北京灵感科技有限公司（地址：北京市海淀区四季青镇巨山路西山国际城2号楼一单元105， 邮政编码：100143）。

主编单位：北京灵感科技有限公司

中国矿业大学（北京）

参编单位：中国铁道工程建设协会试验检测专业委员会

中国建筑科学研究院有限公司

甘肃省交通科学研究院集团有限公司

上海交通大学

北京航空航天大学

天津大学

哈尔滨工业大学

民航建设(天津)科技有限公司

武汉科技大学

临沂大学

山东建筑大学

中建研科技股份有限公司

甘肃铁鹰建筑质量检测有限公司

北京城建集团有限责任公司

云南中建西部建设有限公司

广州市长兴混凝土有限公司

长沙益友建筑科技有限公司

郑州拓路网络科技有限公司

衡水积土科技有限公司

青岛国基船舶与海洋工程有限公司

中铁十一局集团有限责任公司

中国建筑第八工程局有限公司

北京成达睿信企业管理顾问有限公司

**目 次**

[1 总 则 (1](#_Toc172828703))

[2 术语和符号 (2](#_Toc172828704))

[2.1　术 语 (2](#_Toc172828705))

[2.2　符 号 (3](#_Toc172828706))

[3 基本规定 (7](#_Toc172828707))

[4 混凝土用原材料 (9](#_Toc172828708))

[4.1　水泥 (9](#_Toc172828709))

[4.2　粒化高炉矿渣粉 (11](#_Toc172828710))

[4.3　粉煤灰 (11](#_Toc172828711))

[4.4　硅灰 (12](#_Toc172828712))

[4.5　其他材料 (12](#_Toc172828713))

[5 混凝土配制强度的确定 (14](#_Toc172828714))

[6 配合比调整与确定 (16](#_Toc172828715))

[6.1　胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量 (16](#_Toc172828716))

[6.2 胶凝材料用水量和浆体体积 (18](#_Toc172828717))

[6.3　 细骨料用量与用水量 (19](#_Toc172828718))

[6.4 粗骨料用量与用水量 (19](#_Toc172828719))

[6.5 预湿骨料用水量和外加剂用量 (20](#_Toc172828720))

[6.6 混凝土计算配合比 (20](#_Toc172828721))

[7 混凝土配合比的试配、调整与确定 (22](#_Toc172828722))

[7.1 试配 (22](#_Toc172828723))

[7.2 配合比调整与确定 (22](#_Toc172828724))

[8 混凝土配合比智能化设计 (24](#_Toc172828725))

[附录A 细骨料的紧密堆积密度、含石率试验方法 (26](#_Toc172828726))

[附录B 再生细骨料压力吸水率的试验方法 (28](#_Toc172828727))

[附录C 粗骨料的堆积密度、空隙率、吸水率试验方法 (30](#_Toc172828728))

[附录D 智能化混凝土配合比设计关键参数 (32](#_Toc172828729))

[用词说明 (33](#_Toc172828730))

[引用标准名录 (34](#_Toc172828731))

附：[条文说明 (35](#_Toc172828732))

**Contents**

[1 General provisions (1](#_Toc172828703))

[2 Terms and symbols (2](#_Toc172828704))

[2.1　 Terms (2](#_Toc172828705))

[2.2　 Symbols (3](#_Toc172828706))

[3 Basic Requirements (7](#_Toc172828707))

[4 Raw materials for concrete (9](#_Toc172828708))

[4.1　 Cement (9](#_Toc172828709))

[4.2　 Granulated blast furnace slag powder (11](#_Toc172828710))

[4.3　 Fly ash (11](#_Toc172828711))

[4.4　 Silica fume (12](#_Toc172828712))

[4.5　 Other raw materials (12](#_Toc172828713))

[5 Determination of compounding strength (14](#_Toc172828714))

[6 Calculation of mix proportion (16](#_Toc172828715))

[6.1　Binder,mineral admixture and cement content (16](#_Toc172828716))

[6.2 Water consumption and slurry volume of cementitious materials (18](#_Toc172828717))

[6.3　The dosage and water consumption of fine aggregates (19](#_Toc172828718))

[6.4 The dosage and water consumption of coarse aggregate (19](#_Toc172828719))

[6.5 Water consumption of pre wetted aggregates and dosage of admixtures (20](#_Toc172828720))

[6.6 Calculated mix ratio of concrete (20](#_Toc172828721))

[7 Trial mixing, adjustment, and determination of mix proportions (22](#_Toc172828722))

[7.1 Trial mix (22](#_Toc172828723))

[7.2 Adjustment,and determination of mix proportions (22](#_Toc172828724))

[8 Intelligent concrete mix design (24](#_Toc172828725))

[Appendix A Test method for pressure stacking density and stone content of fine aggregates (26](#_Toc172828726))

[Appendix B Test method for pressure water absorption of recycled fine aggregate (28](#_Toc172828727))

[Appendix C Key parameters for intelligent concrete mix design (30](#_Toc172828728))

 [Appendix D Key parameters for intelligent concrete mix design (32](#_Toc172828729))

[Explanation of wording (33](#_Toc172828730))

[List of quoted standards (34](#_Toc172828731))

Addition：Explanation of provisions  [(35](#_Toc172828732))

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范数字量化混凝土配合比设计技术，保证混凝土工程质量，做到安全适用、技术先进、经济合理，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于水泥混凝土配合比设计。

**1.0.3** 数字量化混凝土配合比设计技术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** 数字量化混凝土配合比设计方法 digital quantification of concrete mix design

根据混凝土中水泥、掺合料、砂、石、外加剂和水等组成材料对强度的影响规律，建立混凝土强度和各组成材料之间的定量关系，进行混凝土配合比设计的方法，简称“数字量化法”。

**2.1.2** 混凝土配合比智能化设计与试配装置 intelligent testing machine for concrete mix proportion design

以数字量化混凝土配合比设计方法为依据，可进行混凝土配合比智能化设计、骨料称量、运输、骨料预湿搅拌，胶材、水和外加剂称量、运输、二次搅拌，卸料，并记录、显示、保存检测结果的智能试验仪器设备。

**2.1.3** 混凝土配合比智能化设计 intelligent design of concrete mix proportion

采用混凝土配合比智能化设计与试配装置进行混凝土配合比的设计、试配、调整和校正。

**2.1.4** 预湿骨料 pre wet aggregate process

预先加入规定量的水使细骨料和粗骨料表面达到润湿状态后，再与其它原材料共同搅拌，制备混凝土的方法。

**2.1.5** 基准水泥用量 cement benchmark dosage

在混凝土配合比计算时取水泥为唯一胶凝材料时，配制强度为的混凝土对应的水泥用量。

**2.1.6** 标准稠度水泥浆体 standard consistency cement slurry

水泥净浆中拌合水量为该水泥标准稠度用水量所形成的水泥浆体。

**2.1.7** 含石率 mass percentage of stones in sand

细骨料中粒径超过4.75mm 的颗粒含量百分比。

**2.1.8** 细骨料紧密堆积密度 The compact packing density of fine aggregates

细骨料按规定方法压实后单位体积的质量。

**2.1.9**  细骨料压力吸水率 pressure water absorption rate of recycled fine aggregate

 按照规定方法称取一定量的细骨料，用水浸泡至用手可以捏出水分的状态，然后按规定方法加压挤出多余的水分后细骨料吸水的质量占所称取细骨料质量的百分比。

**2.1.10** 泌水系数 coefficient of bleeding

混凝土在配制过程中，胶凝材料的用水量基准为标准稠度用水量，混凝土拌合物随着胶凝材料用量的增加，由于浆体量增加，达到相同坍落度所使用的水量小于标准稠度用水量，按照基准用水量配制混凝土拌合物达到相同坍落度时静置一段时间表现为泌水，为了准确计算泌水量，定义泌水系数为泌出的水量与基准用水量的比值。

**2.1.11** 活性系数 activity coefficient

同等质量的掺合料产生的抗压强度与对比试验所用水泥的抗压强度，二者的比值。

**2.1.12** 填充系数 filling coefficient

掺合料的比表面积与表观密度的乘积除以对比试验水泥的比表面积与表观密度的乘积所得的商的二次方根。

## 2.2　符 号

**2.2.1** 材料性能

*A*K——粒化高炉矿渣粉28d的活性指数；

*A*si——硅灰28d的活性指数；

*H*G——细骨料含石率（%）；

*H*W——细骨料含水率（%）；

*H*28——粉煤灰28d的活性指数；

*P*G——粗骨料空隙率（%）；

*R*C——水泥的质量强度比；

*R*28——水泥标准胶砂试件28d的抗压强度；

*S*C——水泥的比表面积；

*S*F——粉煤灰的比表面积；

*S*K——粒化高炉矿渣粉的比表面积；

*S*Si——硅灰的比表面积；

*X*W——粗骨料吸水率；

*Y*W——细骨料压力吸水率；

*f*cu,0——混凝土配制强度；

*f*cu,k——混凝土立方体抗压强度标准值，取混凝土的设计强度等级值；

*f*cu,i——第i组的试件抗压强度；

*m*fcu——n组试件的抗压强度平均值；

*β*F——粉煤灰需水量比；

*β*K——粒化高炉矿渣粉流动度比；

*β*Si——硅灰需水量比；

*ρ*C——水泥的密度；

*ρ*c,c——混凝土拌合物表观密度计算值；

*ρ*c,t——混凝土拌合物表观密度实测值；

*ρ*F——指粉煤灰的表观密度；

*ρ*G1——粗骨料表观密度；

*ρ*G2——粗骨料堆积密度；

*ρ*K——粒化高炉矿渣粉的表观密度；

*ρ*S——细骨料紧密堆积密度；

*ρ*Si——硅灰的表观密度；

*ρ*W0——水的密度；

*ρS*0——标准砂的密度；

*ρ*0——标准稠度水泥浆的表观密度；

*σ*0——标准胶砂中水泥水化形成的纯浆体的抗压强度。

**2.2.2** 几何参数：

*V*C——标准胶砂中水泥的体积比；

*V*J——每方混凝土胶凝材料浆体体积；

*W*B——每方混凝土胶凝材料标准稠度用水量；

*W*b——胶凝材料标准稠度试验用水量；

*W*0——水泥标准稠度用水量；

*W*1——每方混凝土胶凝材料拌合用水量；

*W*2min——每方混凝土细骨料用水量最小值；

*W*2max——每方混凝土细骨料用水量最大值；

*W*2r——每方混凝土再生细骨料用水量；

*W*3——每方混凝土粗骨料用水量；

*W*2+3——每方混凝土预湿骨料用水量；

*W*2r+3——每方再生细骨料混凝土预湿骨料用水量；

*W*2min+3——每方混凝土预湿骨料最小用水量；

*W*2max+3——每方混凝土预湿骨料最大用水量；

*c*A——外加剂掺量；

*m*A——每方混凝土外加剂用量；

*m*B——每方混凝土胶凝材料质量总和；

*m*C——每方混凝土水泥的用量；

*m*CC——标准胶砂中水泥的用量；

*m*C0——每方混凝土基准水泥的用量；

*m*C0F——粉煤灰取代水泥用量；

*m*C0K——粒化高炉矿渣粉取代水泥用量；

mC0Si——硅灰取代水泥用量；

*m*F——每方混凝土粉煤灰的用量；

*m*G——每方混凝土粗骨料用量；

*m*K——每方混凝土粒化高炉矿渣粉的用量；

*m*S——每方混凝土细骨料用量；

*m*Si——每方混凝土硅灰的用量；

*m*S0——标准胶砂中砂的用量；

*m*W0——标准胶砂中水的用量；

*m*1——筒体与底座的质量；

*m*2——筒体、底座和砂子的质量；

*m*3——粒径大于4.75mm的粗颗粒的质量；

*m*4——筒体、导向筒、冲压模和底座的质量；

*m*5——筒体、导向筒、冲压模、底座和湿再生细骨料的质量；

*m*6——容积升的质量；

*m*7——容积升和粗骨料的质量；

*m*8——粗骨料、水和容积升的质量；

*m*9——漏桶的质量；

*m*10——漏桶、粗骨料、粗骨料吸附水的质量；

*n*——试件组数；

*χ*C——水泥用量占基准水泥用量的百分比；

*χ*F——粉煤灰用量占基准水泥用量的百分比；

*χ*K——粒化高炉矿渣粉用量占基准水泥用量的百分比；

*χ*Si——硅灰用量占基准水泥用量的百分比；

*σ*——混凝土强度标准差。

**2.2.3** 计算系数：

MW——泌水系数；

αF——粉煤灰的活性系数；

αK——粒化高炉矿渣粉的活性系数；

αSi——硅灰的活性系数；

α1——水泥的活性系数；

δ——混凝土配合比校正系数；

μF——粉煤灰的填充系数；

μK——粒化高炉矿渣粉的填充系数；

μSi——硅灰的填充系数；

μ1——水泥填充系数。

# 3 基本规定

**3.0.1** 混凝土配合比设计应满足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。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、《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。

**3.0.2** 混凝土的最小胶凝材料用量应符合表3.0.2的规定，配制C15及其以下强度等级的混凝土时可不受表3.0.2的限制。

**表3.0.2 混凝土的最小胶凝材料用量（kg/m3）**

|  |
| --- |
| 最小胶凝材料用量 |
| 素混凝土 | 钢筋混凝土 | 预应力混凝土 |
| 250 | 280 | 300 |

**3.0.3**  矿物掺合料在混凝土中的掺量应通过试验确定且宜符合下列规定：

**1** 钢筋混凝土中矿物掺合料最大掺量除宜符合表3.0.3-1的规定外，还应符合下列规定：

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

**2**）复合掺合料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。

**表3.0.3-1 钢筋混凝土中矿物掺合料最大掺量**

|  |  |
| --- | --- |
| 矿物掺合料种类 | 最大掺量（%） |
| 硅酸盐水泥 | 普通硅酸盐水泥 |
| 粉煤灰 | ≤45 | ≤35 |
| 粒化高炉矿渣粉 | ≤65 | ≤55 |
| 钢渣粉 | ≤30 | ≤20 |
| 磷渣粉 | ≤30 | ≤20 |
| 硅灰 | ≤10 | ≤10 |
| 复合掺合料 | ≤60 | ≤50 |
| 镍铁渣粉 | ≤40 | ≤30 |
| 沸石粉 | ≤55 | ≤45 |
| 石灰石粉 | ≤40 | ≤30 |

**2** 预应力钢筋混凝土中矿物掺合料最大掺量除宜符合表3.0.3-2的规定外，还应符合下列规定：

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

**2**）复合掺合料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。

**表3.0.3-2 预应力钢筋混凝土中矿物掺合料最大掺量**

|  |  |
| --- | --- |
| 矿物掺合料种类 | 最大掺量（%） |
| 硅酸盐水泥 | 普通硅酸盐水泥 |
| 粉煤灰 | ≤35 | ≤30 |
| 粒化高炉矿渣粉 | ≤55 | ≤45 |
| 钢渣粉 | ≤20 | ≤10 |
| 磷渣粉 | ≤20 | ≤10 |
| 硅灰 | ≤10 | ≤10 |
| 复合掺合料 | ≤50 | ≤40 |
| 镍铁渣粉 | ≤25 | ≤20 |
| 沸石粉 | ≤45 | ≤35 |
| 石灰石粉 | ≤25 | ≤20 |

**3** 对基础大体积混凝土，粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和复合掺合料的最大掺量可增加5％。采用掺量大于30%的C类粉煤灰的混凝土应以实际使用的水泥和粉煤灰掺量进行安定性检验。

**3.0.4** 混凝土拌合物中水溶性氯离子最大含量应符合表3.0.4的要求。混凝土拌合物中水溶性氯离子含量应按现行行业标准《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3.0.4 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（%，水泥用量的质量百分比） |
| 钢筋混凝土 | 预应力混凝土 | 素混凝土 |
| 干燥环境 | 0.30 | 0.06 | 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 |

**3.0.5** 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混凝土应掺用引气剂。引气剂掺量应根据混凝土含气量要求经试验确定；掺用引气剂的混凝土最小含气量应符合表3.0.5的规定，最大不宜超过7.0%。

**表3.0.5 掺用引气剂的混凝土最小含气量（%）**

|  |  |
| --- | --- |
| 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：含气量为气体占混凝土体积的百分比。

**3.0.6** 对于有预防混凝土碱骨料反应设计要求的工程，混凝土中最大碱含量不应大于3.0kg/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 混凝土用原材料

## 4.1　水泥

**4.1.1** 水泥宜采用通用硅酸盐水泥，并应符合现行国家标准《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。

**4.1.2** 水泥的质量强度比应按下列规定确定：

**1** 水泥在标准砂浆中的体积比应按下列公式计算：

 （4.1.2-1)

式中：*V*C——标准胶砂中水泥的体积比（%）；

*m*CC——标准胶砂中水泥的用量（kg）；

*ρ*C——水泥的密度（kg/m3）；

*m*S0——标准胶砂中砂的用量（kg）；

*m*W0——标准胶砂中水的用量（kg）；

*ρ*S0——标准砂的密度（kg/m3）；

*ρ*W0——水的密度（kg/m3）。

**2** 标准稠度水泥浆体的强度应按下列公式计算：

  （4.1.2-2）

式中：*σ*0——标准胶砂中水泥水化形成的纯浆体的强度（MPa）；

*R*28——标准胶砂试件28d的抗压强度（MPa）。

**3** 标准稠度水泥浆表观密度应按下列公式计算：

 （4.1.2-3）

式中：*ρ*0——标准稠度水泥浆的表观密度（kg/m3）；

*W*0——水泥标准稠度用水量（kg）。

**4** 水泥的质量强度比应按下列公式计算：

 （4.1.2-4）

式中：*R*C——水泥的质量强度比[kg/(m3·MPa)]。

## 4.2　粒化高炉矿渣粉

**4.2.1** 粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046的规定。

**4.2.2** 粒化高炉矿渣粉活性系数应按下列公式计算：

 （4.2.2）

式中：*α*K——指粒化高炉矿渣粉的活性系数；

*A*K——指粒化高炉矿渣粉的活性指数（%）。

**4.2.3** 粒化高炉矿渣粉填充系数应按下列公式计算：

 （4.2.3）

式中：*μ*K——指粒化高炉矿渣粉的填充系数；

*ρ*K——指粒化高炉矿渣粉的表观密度（kg/m3）；

*S*C——水泥的比表面积（m2/kg）；

*S*K——指粒化高炉矿渣粉的比表面积（m2/kg）。

## 4.3　粉煤灰

**4.3.1** 粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596的规定。

**4.3.2** 粉煤灰活性系数应按下列公式计算：

 （4.3.2）

式中：*α*F——指粉煤灰的活性系数；

*H*28——指粉煤灰28d的活性指数（%）。

**4.3.3** 粉煤灰填充系数应按下列公式计算：

 （4.3.3）

式中：*μ*F——指粉煤灰的填充系数；

*ρ*F——指粉煤灰的表观密度（kg/m3）；

*S*F——指粉煤灰的比表面积（m2/kg）。

## 4.4　硅灰

**4.4.1** 硅灰应符合现行国家标准《用于砂浆和混凝土中的硅灰》GB/T 27690的规定。

**4.4.2** 硅灰活性系数应按下列公式计算：

 （4.4.2）

式中：*α*Si——指硅灰的活性系数；

*A*Si——指硅灰28d活性指数（%）。

**4.4.3** 硅灰填充系数应按下列公式计算：

 （4.4.3）

式中：μSi——指硅灰的填充系数；

*ρ*Si——指硅灰的表观密度（kg/m3）；

*S*Si——指硅灰的比表面积（m2/kg）。

## 4.5　其他材料

**4.5.1** 细骨料应符合现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684和现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的相关规定，再生细骨料应符合现行国家标准《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的相关规定。细骨料和再生细骨料的紧密堆积密度、含石率试验方法应符合本标准附录A的规定，再生细骨料的压力吸水率试验方法应符合本标准附录B的规定。

**4.5.2** 粗骨料应符合现行国家标准《建筑用卵石、碎石》GB/T 14685和现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52的相关规定，再生粗骨料应符合现行国家标准《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177的相关规定。粗骨料和再生粗骨料的堆积密度、空隙率、吸水率的试验方法应符合本标准附录C的规定。

**4.5.3** 拌合用水和养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63的规定。

**4.5.4**  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等标准的规定。

# 5 混凝土配制强度的确定

**5.0.1** 混凝土的配制强度应按下列公式确定：

**1** 当混凝土的设计强度等级小于C60时，配制强度应按下列公式计算：

 （5.0.1-1）

式中：*f*cu,0——混凝土配制强度（MPa）；

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

*σ*——混凝土强度标准差（MPa）。

**2** 当设计强度等级不小于C60，配制强度应按下列公式计算：

 （5.0.1-2）

**5.0.2** 混凝土强度标准差的确定：

**1** 当具有近1个月～3个月的同一品种、同一强度等级混凝土的强度资料，且试件组数不小于30时，其混凝土强度标准差*σ*应按下列公式计算：

 （5.0.2）

式中：*f*cu,i ——第i组的试件强度（MPa）；

*m*fcu ——n组试件的强度平均值（MPa）；

*n*——试件组数，n值应大于或者等于30。

对于强度等级不大于C30的混凝土，当混凝土强度标准差计算值不小于3.0MPa时，应按式（5.0.2）计算结果取值；当混凝土强度标准差计算值小于3.0MPa时，应取3.0MPa。

对于强度等级大于C30且小于C60的混凝土，当混凝土强度标准差计算值不小于4.0 MPa时，应按式（5.0.2）计算结果取值；当混凝土强度标准差计算值小于4.0 MPa时，应取4.0 MPa。

**2**  当没有近期的同一品种、同一强度等级混凝土强度资料时，其强度标准差σ可按表5.0.2取值。

**表5.0.2-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 |

# 6 配合比调整与确定

## 6.1　胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量

**6.1.1** 每方混凝土基准水泥用量应按下列方法确定：

 （6.1.1）

式中：*m*C0——每方混凝土基准水泥的用量（kg）；

*R*C——水泥的质量强度比[kg/(m3·MPa)]；

*f*cu,0——混凝土配制强度（MPa）。

**6.1.2** 胶凝材料的分配应按下列规定确定：

**1** 每方混凝土基准水泥用量mC0不大于300kg应按下列公式计算：

 （6.1.2-1）

式中：*α*F——粉煤灰的活性系数；

*α*1——水泥的活性系数,取值为1；

*m*C——每方混凝土水泥的用量（kg）；

*m*F——每方混凝土粉煤灰的用量（kg）。

 （6.1.2-2）

式中：*m*B——每方混凝土胶凝材料质量总和（kg），如果砂子级配合理(为Ⅰ类砂)，*m*B推荐取值为300kg；如果砂子较粗、级配不好或者断级配，*m*B推荐取值范围为350kg∼380kg。

**2** 每方混凝土基准水泥用量*m*C0在300kg∼600 kg应按下列规定确定：

 （6.1.2-3）

式中：*α*K——粒化高炉矿渣粉的活性系数；

*m*K——每方混凝土粒化高炉矿渣粉的用量（kg）。

 （6.1.2-4）

式中：*μ*K——粒化高炉矿渣粉的填充系数；

*μ*F——粉煤灰的填充系数。

 （6.1.2-5）

也可以先确定水泥、粒化高炉矿渣粉和粉煤灰代替基准水泥的比例χC、χK、χF，用下列公式计算：

 （6.1.2-6）

式中：χC——水泥用量占基准水泥用量的百分比（%）。

 （6.1.2-7）

式中：*χ*F——粉煤灰的百分比（%）；

*m*C0F——粉煤灰取代水泥用量（kg）。

 （6.1.2-8）

式中：*χ*K——粒化高炉矿渣粉的百分比（%）；

*m*C0K——粒化高炉矿渣粉取代水泥用量（kg）。

**3** 每方混凝土基准水泥用量*m*C0大于600 kg应按下列公式计算：

 （6.1.2-9）

式中：*α*Si——硅灰的活性系数；

*m*Si——每方混凝土硅灰的用量（kg）。

 （6.1.2-10）

式中：*μ*1——水泥填充系数；

*μ*Si——硅灰的填充系数。

 （6.1.2-11）

也可以先确定水泥、粒化高炉矿渣粉和硅灰代替基准水泥的比例*χ*C，*χ*K，*χ*Si。用下列公式计算：

 （6.1.2-12）

  （6.1.2-13）

 （6.1.2-14）

式中：*χ*Si——硅灰用量占基准水泥用量的百分比（%）；

*m*C0Si——硅灰取代水泥用量（kg）。

## 6.2 胶凝材料用水量和浆体体积

**6.2.1** 胶凝材料标准稠度用水量应按下列规定确定：

**1** 试验法

 （6.2.1-1）

式中：*W*b——胶凝材料标准稠度试验用水量（g）；

*W*B——每方混凝土胶凝材料标准稠度用水量（kg）。

**2** 计算法

 （6.2.1-2）

式中：*W*0——水泥标准稠度用水量（kg）；

*β*K——粒化高炉矿渣粉流动度比（%）；

*β*F——粉煤灰需水量比（%）；

*β*Si——硅灰需水量比（%）。

**6.2.2** 胶凝材料泌水系数应按下列公式计算：

 （6.2.2）

式中：*M*w——泌水系数。

**6.2.3** 每方混凝土胶凝材料拌合用水量应按下列公式计算：

 （6.2.3）

式中：*W*1——每方混凝土胶凝材料拌合用水量（kg）。

**6.2.4** 每方混凝土胶凝材料浆体体积应按下列公式计算：

 （6.2.4）

式中：*V*J——每方混凝土胶凝材料浆体体积（m3）；

*ρ*C——水泥的密度（kg/m3）；

*ρ*W0——水的密度（kg/m3）；

*ρ*K——粒化高炉矿渣粉的表观密度（kg/m3）；

*ρ*F——指粉煤灰的表观密度（kg/m3）；

*ρ*Si——硅灰的表观密度（kg/m3）。

## 6.3　 细骨料用量与用水量

**6.3.1** 每方混凝土细骨料用量应按下列公式计算：

 （6.3.1-1）

式中：*m*S——每方混凝土细骨料用量（kg）；

*H*G——细骨料含石率（%）；

*P*G——粗骨料空隙率（%）；

*ρ*S——细骨料紧密堆积密度（kg/m3）。

**6.3.2** 每方混凝土细骨料用水量*W*2应按下列规定确定：

**1** 机制砂宜按下列公式计算：

 （6.3.2-1）

式中：*W*2min——每方混凝土细骨料用水量最小值（kg）；

*H*W——细骨料含水率（%）。

 （6.3.2-2）

式中：*W*2max——每方混凝土细骨料用水量最大值（kg）。

**2** 天然砂宜按下列公式计算：

 （6.3.2-3）

 （6.3.2-4）

**3** 每方混凝土再生细骨料宜按下列公式计算：

 （6.3.2-5）

式中：*W*2r——每方混凝土再生细骨料用水量（kg）；

*Y*W——细骨料压力吸水率（%）。

## 6.4 粗骨料用量与用水量

**6.4.1** 每方混凝土粗骨料用量应按下列公式计算：

  （6.4.1）

式中：*m*G——每方混凝土粗骨料用量（kg）；

*ρ*G1——粗骨料表观密度（kg/m3）。

**6.4.2** 每方混凝土粗骨料用水量应按下列公式计算：

 （6.4.2）

式中：*W*3——每方混凝土粗骨料用水量（kg）；

*X*W——粗骨料吸水率（%）。

## 6.5 预湿骨料用水量和外加剂用量

**6.5.1** 每方混凝土预湿骨料的用水量宜按下列公式计算：

 （6.5.1-1）

 （6.5.1-2）

式中：*W*2min+3——每方混凝土预湿骨料最小用水量（kg）；

*W*2max+3——每方混凝土预湿骨料最大用水量（kg）。

**6.5.2** 每方再生细骨料混凝土预湿骨料的用水量宜按下列公式计算：

 （6.5.2）

式中：*W*2r+3——每方再生细骨料混凝土预湿骨料用水量（kg）。

**6.5.3** 每方混凝土外加剂用量应按下列公式计算：

 （6.5.3）

式中：*m*A——每方混凝土外加剂用量（kg）；

*c*A——外加剂掺量（%）；

## 6.6 混凝土计算配合比

**6.6.1** 使用机制砂和天然砂配制的混凝土计算配合比见下表6.6.1。

**表6.6.1使用机制砂和天然砂的混凝土配合比(kg/m3)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水泥 | 粒化高炉矿渣粉 | 粉煤灰 | 硅灰 | 外加剂 | 细骨料 | 粗骨料 | 拌合水 | 预湿骨料用水 |
| 最大用水量 | 最小用水量 |
| *m*C | *m*K | *m*F | *m*Si | *m*A | *m*S | *m*G | *W*1 | *W*2max+3 | *W*2min+3 |

**6.6.2** 使用再生细骨料配制的混凝土计算配合比见下表6.6.2。

**表6.6.2使用再生细骨料的混凝土配合比(kg/m3)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水泥 | 粒化高炉矿渣粉 | 粉煤灰 | 硅灰 | 外加剂 | 再生细骨料 | 粗骨料 | 拌合水 | 预湿骨料用水 |
| *m*C | *m*K | *m*F | *m*Si | *m*A | *m*S | *m*G | *W*1 | *W*2r+3 |

# **7 混凝土**配合比的试配、调整与确定

## 7.1 试配

**7.1.1** 混凝土试配应采用强制式搅拌机进行搅拌，并应符合现行行业标准《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。

**7.1.2** 试验室成型条件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的规定。

**7.1.3** 每盘混凝土试配的最小搅拌量应符合表7.1.3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7.1.3 混凝土试配的最小搅拌量**

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

**7.1.4** 在计算配合比的基础上应进行试拌。通过调整预湿骨料用水量和外加剂掺量使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。

**7.1.5** 在试拌配合比的基础上应进行混凝土强度试验并应符合下列规定：

**1** 应采用本标准第7.1.4条确定的试拌配合比进行试验，可重复试拌两次。两次试件抗压强度试验结果的偏差不应小于平均值的5%。否则无效，应重新测试；

**2** 进行混凝土强度试验时，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。

## 7.2 配合比调整与确定

**7.2.1** 据本标准第7.1.5条混凝土强度试验结果，确定配制强度对应的混凝土配合比为生产配合比。

**7.2.2** 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** 混凝土拌合物的表观密度应按下式计算：

 （7.2.2-1）

式中：*ρ*c,c ——混凝土拌合物的表观密度计算值（kg/m3）；

*m*C——每立方米混凝土的水泥用量（kg）；

*m*K——每立方米混凝土的粒化高炉矿渣粉用量（kg）；

*m*F——每立方米混凝土的粉煤灰用量（kg）

*m*Si——每立方米混凝土的硅灰用量（kg）

*m*G——每立方米混凝土的粗骨料总用量（kg）；

*m*S——每立方米混凝土的细骨料总用量（kg）；

*W*2+3——每方混凝土预湿骨料用水量（kg）。

**2** 混凝土配合比校正系数应按下式计算：

 （7.2.2-2）

式中：*δ* ——混凝土配合比校正系数；

*ρc,t* ——混凝土拌合物的表观密度实测值（kg/m3）。

**7.2.3** 当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，按本标准第7.2.1条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）。

**7.2.4** 配合比确定后，对耐久性有要求的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第3.0.4条的规定。

**7.2.5** 生产单位可根据常用材料设计出常用的混凝土配合比备用，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。

# **8 混凝土配合比智能化设计**

**8.0.1** 混凝土用原材料关键技术参数试验方法应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175、《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046、《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《用于砂浆和混凝土中的硅灰》GB/T 27690和《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52等标准的规定，混凝土用原材料关键技术参数见本标准附录D。

**8.0.2** 试验仪器设备应符合下列规定：

1. 混凝土配合比智能化设计与试配装置（图8.0.2）应符合下列规定：



**图8.0.2 混凝土配合比智能设计与试配装置示意图**

1-搅拌主机；2-观察装置；3-计量装置；4-储存仓；

5-触摸屏控制系统；6-防尘装置；7-运输装置；8-电控系统

**1**)混凝土配合比智能化设计与试配装置能够通过全自动装置实现混凝土配合比设计、骨料称量、运输、骨料预湿搅拌，胶凝材料、水和外加剂称量、运输、二次搅拌，卸料整个过程一体化、自动化操作、结果自动存储等功能；

**2**)搅拌主机应包括传动装置、搅拌装置、搅拌筒、卸料装置、筒盖装置等组成，应满足行业现行标准《混凝土试验用搅拌机》JG/T 244的规定；

**3**)储存仓宜包括胶凝材料储存仓、砂子储存仓、石子储存仓、水储存仓和

外加剂储存仓等组成；

**4**)计量装置宜由骨料计量、胶凝材料计量、水计量 、外加剂计量组成，计量装置应具有有效期的计量检定证书。

**2** 应定期对仪器设备自动对位进行检查和校准。

**8.0.3** 混凝土配合比智能化设计与试配装置试验应按下列步骤进行：

**1** 混凝土配合比设计智能化设计、骨料称量、运输、骨料预湿搅拌，胶凝材料、水和外加剂称量、运输、二次搅拌，卸料整个过程一体化、自动化操作，应按照下列步骤进行：

**1**)在储存仓中装入混凝土的原材料；

**2**)在控制面板上录入混凝土原材料关键技术参数；

**3**)配合比计算：输入试配强度等级与试配量；

**4**)试配：如采用机制砂或天然砂配制混凝土，宜采用本标准第6.6.1条预湿骨料最小用水量确定的配合比进行试拌；如采用再生细骨料配制混凝土，宜采用本标准第6.6.2条确定的配合比进行试拌。

**2**  结果处理应符合下列规定：

**1**)混凝土拌合物的工作性能满足设计要求时，依据现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080的规定检测混凝土拌合物的表观密度实测值并输入到仪器设备上，自动校正后保存到数据库；

**2**)混凝土拌合物的工作性能不满足设计要求时，通过控制面板上的按钮手动调整水或外加剂用量，使混凝土的工作性能满足设计要求，依据现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080的规定检测混凝土拌合物的表观密度实测值并输入到仪器设备上，自动校正后保存到数据库。

**8.0.4** 试拌配合比的基础上进行混凝土强度试验，应符合本标准第7.1.5条的规定并根据本标准第7.2.1条的规定确定混凝土配合比。

**8.0.5** 混凝土配合比的调整应满足符合本标准第7.2.4条和第7.2.5条的规定。

# **附录A 细骨料的紧密堆积密度、含石率试验方法**

**A.0.1** 本方法适用于天然砂和机制砂的紧密堆积密度和含石率的测定。

**A.0.2** 试验设备应符合下列规定：

1. 砂子压实仪宜满足图A.0.2的要求外，还宜符合下列规定：

**1**)导向筒内部直径应为115mm，高度应为100mm，管壁厚应为10mm；

**2**)筒体内部直径应为115mm，高度应为100mm，管壁厚应为10mm；

**3**)底座内部直径应为137mm，壁厚应为10mm；

**4**)冲压模内部直径应为113mm，高度应为70mm。



  **图A.0.2 砂子压实仪示意图**

1-底座；2-筒体；3-导向筒；4-冲压模

**2** 电子天平：称量1000g，感量0.01g。

**3** 台秤：称量30kg，感量1g。

**4** 压力试验机：

**1**）加压荷载宜大于压力机全量程的10%且宜小于压力机全量程的90%；

**2**）展示值相对误差应为±1%；

**3**）应符合现行国家标准《液压式压力试验机 》GB/T 3772及《试验机通用技术要求》GB/T 2611的规定。

**5** 直尺、捣棒和毛刷等：

**6** 公称直径为4.75mm的方孔筛子一只。

**A.0.3** 试验应按下列步骤进行：

**1** 称取筒体与底座的质量m1；

**2** 将砂子压实仪的筒体、导向筒和底座组装在一起，按照规定装满砂子，用压力机以不大于3kN/s的速度加压至72kN、108kN或200kN，静置15s后从压力机取下砂子压实仪，放到地面，然后取下导向筒和冲压模，用直尺刮平筒体顶部砂子，称量筒体、底座和砂子的质量m2；

**3** 用4.75mm的筛子将粒径大于4.75mm的粗颗粒筛出并称得质量m3。

**A.0.4** 试验结果计算及其确定应符合下列规定：

**1** 细骨料紧密堆积密度和含石率应按下列公式计算:

 （A.0.4-1）

 （A.0.4-2）

式中：*ρ*S——细骨料紧密堆积密度（kg/m3），精确到10kg/m3；

*H*G——含石率（%），精确到0.1%；

*m*1——筒体与底座的质量（g），精确到1g；

*m*2——筒体、底座和砂子的质量（g），精确到1g；

*m*3——粒径大于4.75mm的粗颗粒的质量（g），精确到1g；

**2** 重复上述试验步骤和计算方法，当两次试验结果的偏差小于平均值的5%时，应取两次测定值的平均值作为砂子紧密堆积密度和含石率的测定值。否则无效，应重新测试。

# **附录B**再生细骨料压力吸水率的试验方法

**B.0.1** 本方法适用于再生细骨料的压力吸水率。

**B.0.2** 试验设备应符合下列规定：

**1** 砂子压实仪：由筒体、导向筒、冲压模和底座组成（图A.0.2）；

**2** 电子天平：称量30kg，感量1g；

1. 压力试验机应符合下列规定：

**1**)加压荷载宜大于压力机全量程的10%且宜小于压力机全量程的90%；

**2**)展示值相对误差应为±1%；

**3**)应符合现行国家标准《液压式压力试验机 》GB/T 3772及《试验机通用技术要求》GB/T 2611的规定；

**4** 直尺、浅盘、毛巾、水杯和毛刷等。

**B.0.3** 试验应按下列步骤进行：

**1** 用浅盘称取1.5倍再生细骨料m2-m1的质量；

**2** 将浅盘中称取的再生细骨料加水水浸泡，浸泡至用手可以捏出水分的状态。

**3** 称取筒体、导向筒、冲压模和底座的质量m4；

**4** 筒体、导向筒和底座组装，按规定加入浅盘中用水浸泡的再生细骨料，用压力机以不大于3kN/s的速度加压至72kN、108kN或200kN，静置15s后从压力机取下砂子压实仪，放到平整的地面，称取筒体、导向筒、冲压模、底座和湿再生细骨料的质量m5。

**B.0.4** 试验结果计算及其确定应符合下列规定：

**1** 压力吸水率应按下式计算:

% （B.0.4）

式中：*Y*W——压力吸水率（%），精确到0.1%；

*m*1——筒体与底座的质量（g），精确到1g；

*m*2——筒体、底座和再生细骨料的质量（g），精确到1g；

*m*4——筒体、导向筒、冲压模和底座的质量（g），精确到1g；

*m*5——筒体、导向筒、冲压模、底座和湿再生细骨料的质量（g），精确到1g。

**2** 重复上述试验步骤和计算方法，当两次试验结果的偏差小于平均值的5%时，应取两次测定值的平均值作为再生细骨料的压力吸水率测定值。否则无效，应重新测试。

# **附录C** 粗骨料的堆积密度、空隙率、吸水率试验方法

**C.0.1** 本方法适用于粗骨料和再生粗骨料的堆积密度、空隙率、吸水率。

**C.0.2** 试验设备应符合下列规定：

**1** 容积升：钢制10L容积升；

**2** 电子天平：称量30kg，感量1g。

**3** 捣棒、水杯和漏桶等。

**C.0.3** 试验应按下列步骤进行：

**1** 称取容积升的质量m6；

**2** 将粗骨料按规定装满容积升，称量容积升和粗骨料的质量m7；

**3** 向装满粗骨料的容积升中加入水，加水至与容积升顶部齐平，称量粗骨料、水和容积升的质量m8；

**4** 称量漏桶的质量m9；

**5** 将容积升中的粗骨料和水倒入漏桶中，漏桶底部无水流出后，称量漏桶、粗骨料、粗骨料吸附水的质量m10。

**C.0.4** 试验结果计算及其确定应符合下列规定：

**1** 堆积密度应按下式计算:

 （C.0.4-1）

式中：*ρ*G2——堆积密度（kg/m3）；

*m*6——容积升的质量（g），精确到1g；

*m*7——容积升和粗骨料的质量（g），精确到1g。

**2** 空隙率应按下式计算:

 （C.0.4-2）

式中：*P*G——空隙率，%；

*m*8——粗骨料、水和容积升的质量（g），精确到1g。

**3** 吸水率应按下式计算:

 （C.0.4-3）

式中：*X*W——粗骨料吸水率（%）；

*m*9——漏桶的质量（g），精确到1g；

*m*10——漏桶、粗骨料、粗骨料吸附水的质量（g），精确到1g。

**4** 表观密度应按下式计算:

  （C.0.4-4）

式中：*ρ*G1——表观密度（kg/m3）。

**5** 重复上述试验步骤和计算方法，当两次试验结果的偏差小于平均值的5%时，应取两次测定值的平均值作为再生细骨料的压力吸水率测定值。否则无效，应重新测试。

# **附录D** 智能化混凝土配合比设计关键参数

**表D 混凝土智能化设计关键技术参数**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 水泥 | 粒化高炉矿渣粉 | 粉煤灰 | 硅灰 | 细骨料 | 再生细骨料 | 粗骨料 |
| 强度 | *R*28 | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ |
| 密度 | *ρ*C | *ρ*K | *ρ*F | *ρ*Si | ------ | ------ | ------ |
| 比表面积 | *S*C | *S*K | *S*F | *S*Si | ------ | ------ | ------ |
| 需水量 | *W*0 | *β*K | *β*F | *β*Si | ------ | ------ | ------ |
| 活性系数 | ------ | *α*K | *α*F | *α*Si | ------ | ------ | ------ |
| 填充系数 | ------ | *μ*K | *μ*F | *μ*Si | ------ | ------ | ------ |
| 紧密堆积密度 | ------ | ------ | ------ | ------ | *ρ*S | ------ | ------ |
| 含石率 | ------ | ------ | ------ | ------ | *H*G | ------ | ------ |
| 含水率 | ------ | ------ | ------ | ------ | *H*W | ------ | ------ |
| 压力吸水率 | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | *Y*W | ------ |
| 表观密度 | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | *ρ*G1 |
| 空隙率 | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | *P*G |
| 吸水率 | ----- | ------ | ------ | ------ | ------ | ------ | *X*W |

# 用词说明

 为便于在执行本规程条款时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，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”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《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

《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

《混凝土外加剂》GB 8076

《建设用砂》GB/T 14684

《建设用卵石、碎石》GB/T 14685

《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046

《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176

《混凝土用再生粗骨料》GB/T 25177

《用于砂浆和混凝土中的硅灰》GB/T 27690

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52

《混凝土用水标准》JGJ 63

《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322

**中国工程建设标准化协会标准**

**混凝土配合比智能化设计标准**

**T/CECS XXX—202X**

条文说明

**制定说明**

本标准制订过程中，编制组对普通配合比设计、混凝土全计算配合比设计等方法进行了广泛的调查研究，总结了我国工程建设中混凝土配合比设计的经验，同时参考了国内外先进技术法规、技术标准，通过在北京、河北、新疆、内蒙、西藏和广东等地进行了大量试验，取得了数字量化混凝土配合比设计的关键技术参数。

本标准本着标准的适用性、先进性、统一性和协调性编制原则，针对我国混凝土配合比设计在工程应用中的问题，给出了科学合理的混凝土配合比设计方法。数字量化混凝土配合比设计方法是以多组分混凝土理论为依据，建立了原材料关键技术参数和混凝土性能指标之间一一对应的关系。通过科学计算实现混凝土配合比设计,也可以通过智能化设备进行智能设计智能试配,缩短了设计和试验周期，提高了工作效率，降低了工程成本。该标准的编制和实施将有助于数字量化混凝土配合比设计方法的推广，有助于推动混凝土行业的进步，实现降本增效，对促进我国混凝土行业绿色循环可持续发展具有重要意义。

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，《数字量化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，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

**目 次**

[**1 总 则** （38](#_Toc880)）

[**2 术 语** （39](#_Toc32229)）

[**3 基本规定** （40](#_Toc4937)）

[**4 混凝土用原材料** （41](#_Toc10339)）

[4.1　水泥 （41](#_Toc10997)）

[4.2　粒化高炉矿渣粉 （42](#_Toc10997)）

[4.3　粉煤灰 （42](#_Toc10997)）

[4.4　硅灰 （43](#_Toc22666)）

[**5 混凝土配制强度的确定** （44](#_Toc32542)）

[**6 混凝土配合比计算** （45](#_Toc20444)）

[6.1　胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量 （45](#_Toc22755)）

[6.2　胶凝材料用量和浆体体积 （46](#_Toc12796)）

[6.3 细骨料用量与用水量 （47](#_Toc22614)）

[6.4 粗骨料用量与用水量 （48](#_Toc26053)）

[6.5 预湿骨料用水量和外加剂用量 （48](#_Toc15283)）

**[7 混凝土配合比试配、确定与调整](#_Toc38)** [（50](#_Toc38)）

[7.1 试配 （50](#_Toc23879)）

[**附录A 细骨料的紧密堆积密度、含石率试验方法** （51](#_Toc38)）

# 1 总 则

**1.0.1** 随着科学技术的进步，数字化和智能化技术已经广泛应用于各行各业，机器人已经走进了社会生活的各个领域。最近二十年来，混凝土技术的发展突飞猛进，采用数字化设计和智能化试配已经具备了基础条件，特别是《现代多组分混凝土理论》的创立以及《数字量化混凝土实用技术》的逐渐普及，为混凝土配合比设计的数字化、智能化以及生产过程的自动控制提供了强大的理论支持。在技术层面，多组分混凝土理论的应用使我们在配合比设计过程中能够通过水泥、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、硅灰、石粉、砂子、石子和外加剂等的性能参数准确计算配制出工作性符合施工要求、强度满足承载要求、耐久性满足使用寿命要求的优质混凝土，使配合比设计不再依赖工作经验，原材料的选择不再局限于地域的限制，实现水泥、粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、硅灰、石粉、砂子、石子和外加剂等的科学合理利用，可以充分利用自然资源、保护生态环境、降低企业生产成本。在管理层面，使企业管理可以实现流程化、标准化、规范化、精确化以及信息化，将混凝土生产环节由传统的实践验证性转化为准确的数字量化管理，提高混凝土生产环节的定量、定点和靶向性，达到控制混凝土生产的各个环节，提高管理环节的目标性，实现生产过程的有序进行，保证混凝土生产企业生产出质量稳定的混凝土产品。

**1.0.2** 数字量化混凝土配合比设计标准的适用范围非常广泛，除一些专业工程以及特殊构筑物的混凝土外，其它混凝土工程都可以采用。

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

# 2 术 语

**2.1.1** 数字量化混凝土配合比设计方法是以多组分混凝土理论为基础，确立了水泥强度与混凝土强度的对应关系；以标准稠度用水量对应的水胶比作为混凝土基准水胶比；以掺合料活性和填充等效替换合理使用矿物掺合料；在胶凝材料标准稠度用水量条件下确定混凝土外加剂掺量；以水泥检验时标准砂的用水量比例确定混凝土用砂的用水量比例；以石子表面润湿状态作为混凝土用石子用水量设计的依据；砂子用量以石子的空隙率、砂子的紧密堆积密度和砂子含石率确定；石子的用量以石子的表观密度和空隙率、砂子的含石率和胶凝材料体积确定的观点来进行混凝土配合比设计的数字量化计算。实现在配合比设计过程中对混凝土技术指标的科学合理控制。

# 3 基本规定

**3.0.1**  混凝土配合比设计不仅要满足配制强度要求，还要满足施工性能、其他力学性能、长期性能和耐久性能的要求。

**3.0.2** 表3.0.2中最小胶凝材料用量是满足混凝土施工性能和掺加矿物掺合料后满足混凝土耐久性能的胶凝材料用量下限。

**3.0.3**  规定矿物掺合料最大掺量主要是为了保证混凝土耐久性能。矿物掺合料在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混凝土耐久性要求。当采用超过表3.0.3给出的矿物掺合料最大掺量时，应通过对混凝土性能进行全面试验验证，证明结构混凝土安全性和耐久性可以满足设计要求后就可以能够采用。

**3.0.4**  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混凝土中氯离子最大含量。本标准采用测定混凝土拌合物中氯离子的方法，与测试硬化后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3.0.4中的氯离子含量是相对混凝土中水泥用量的百分比，与控制氯离子相对混凝土中胶凝材料用量的百分比相比，偏于安全。

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

**3.0.6** 将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，对预防混凝土碱骨料反应具有重要意义。混凝土中碱含量

是测定的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 混凝土用原材料

## 4.1　水泥

**4.1.2** 本条规定明确了水泥的质量强度比计算方法，要按下列规定进行：

**1** 在水泥标准胶砂试件中，水泥所占的体积比可以用水泥的体积除以标准水泥胶砂试件的体积求得。由于现场试验无法直接测出标准稠度水泥浆体的强度，因此在多组分混凝土理论中引入了过渡变量水泥在标准胶砂中体积比，结合水泥标准胶砂试件抗压强度值计算标准稠度水泥浆体的抗压强度。在水泥的检验过程中，使用的原材料有水泥、标准砂和拌合水三种。

**2** 标准稠度水泥浆体的抗压强度可以用水泥标准胶砂试件抗压强度除以水泥在标准胶砂试件中的体积比值计算求得。根据水泥标准胶砂试件的几何组成可知，根据作用水泥检测时的拌合水分为两部分，一部分使水泥和拌合水形成标准稠度的水泥浆体，由于标准砂的加入，使浆体形成均匀连续的蜂窝状结构；另一部分水用于润湿标准砂，润湿后的砂子均匀填充于这些蜂窝之中。由于水泥标准胶砂试件检测的时候水泥由粉末材料加水后发生了化学反应，形成的水化产物具备了承受压力的功能，表现为强度。砂子在成型前后以及在指定龄期做抗压试验时仅仅起到填充的作用，没有发生化学变化；如果没有水泥浆的包裹，就会在压力作用下崩溃，不会产生强度。所以标准检测得到的水泥标准胶砂试件的抗压强度实际上是水泥、标准砂和水的混合物形成的试件的平均抗压强度。

**3** 由于我国采用国际标准单位制，混凝土的配制以1m3为准。因此在计算过程中需要将标准稠度的水泥浆体折算为1m3，在计算过程中水泥浆体的体积收缩可以忽略不计。则1m3凝固硬化的标准稠度水泥浆体的质量用1m3的干水泥质量和将这些水泥拌制为标准稠度时的水的质量之和除以对应的水泥和水的体积之和求得。

**4** 标准稠度水泥浆对抗压强度的贡献可以用标准稠度水泥浆的表观密度数值除以标准稠度水泥浆体的抗压强度值计算求得，其单位为kg/(m3·MPa)，定义为质量强度比。在多组分混凝土理论之中，将水泥对强度的贡献通过质量强度比表达了出来，其物理意义是贡献1MPa强度所需水泥浆体的质量，由于采用的是国际标准单位制，标准稠度的硬化水泥浆体积选1m3，对应的抗压强度值选水泥标准稠度浆体的抗压强度值，1m3水泥浆体对应的质量数值正好和1m3乘以ρ0的数值相等。

## 4.2　粒化高炉矿渣粉

**4.2.1**  粒化高炉矿渣粉是混凝土生产过程中用量较大的一种矿物掺合料，正常情况下只考虑它的反应活性，在配制高强高性能混凝土的时候，由于采用超细粒化高炉矿渣粉，这种条件下需要考虑填充效应。在配合比设计过程中，为了降低水泥的水化热，大量使用粒化高炉矿渣粉。

**4.2.2** 粒化高炉矿渣粉的活性系数指同样质量的粒化高炉矿渣粉产生的强度与对比试验水泥强度的比值。试验胶材提供强度*R*2，450g水泥提供强度*R*0，其中225g水泥提供的强度为0.5*R*0；那么，试验胶砂提供的强度包括225g水泥提供的强度（即0.5*R*0）与225g粒化高炉矿渣粉提供的强度*R*2-0.5*R*0。

**4.2.3** 粒化高炉矿渣粉的填充系数指粒化高炉矿渣粉的比表面积与表观密度的乘积除以对比试验水泥的比表面积与表观密度的乘积所得的商的二次方根。计算求得的填充系数，其物理意义为1kg的粒化高炉矿渣粉填充效应产生的强度相当于uKkg的水泥填充效应产生的强度。当配制C60以下强度等级的混凝土时，我们只考虑粒化高炉矿渣粉的活性系数*α*K，当配制C60以上强度等级的混凝土时，同时考虑粒化高炉矿渣粉的活性系数*α*K和填充效应*μ*K，取两者中效果好的一个作为配合比计算的依据。

## 4.3　粉煤灰

**4.3.1**  粉煤灰是混凝土生产过程中用量仅次于水泥的一种矿物掺合料，由于颗粒较粗，一般情况下只考虑它的反应活性，不考虑填充效应。在配合比设计过程中，当使用高强度的水泥时，由于配制低等级混凝土使用的水泥量较少，因此主要利用粉煤灰活性低的特点，用粉煤灰等抗压强度代替水泥，增加胶凝材料用量，解决浆体包裹砂石的问题，达到改善混凝土工作性的目的。

**4.3.2**  粉煤灰的活性系数指同样质量的粉煤灰产生的强度与对比试验水泥强度的比值。根据对比胶砂可知，试验胶材提供强度*R*1，450g水泥提供强度*R*0，其中315g水泥提供的强度为0.7*R*0，135g水泥提供的强度为0.3*R*0；那么，试验胶砂提供的强度包括315g水泥提供的强度0.7*R*0与135g粉煤灰提供的强度*R*1-0.7*R*0。

**4.3.3**  粉煤灰的填充系数指粉煤灰的比表面积与表观密度的乘积除以对比试验水泥的比表面积与表观密度的乘积所得的商的二次方根。其物理意义为1kg的粉煤灰填充效应产生的强度相当于μFkg的水泥填充效应产生的强度。由于粉煤灰比较粗，一般没有在配合比设计的过程中考虑填充效应，只有在高强高性能混凝土矿物掺合料使用磨细粉煤灰时考虑粉煤灰的填充系数μF。

## 4.4　硅灰

**4.4.1**  硅灰是高强高性能混凝土生产过程中必须添加的一种矿物掺合料，由于比表面积大，在水泥颗粒之间填充效应明显，所以在配制高强高性能混凝土的时候大量应用，在多组分混凝土理论之中，由于反应活性比填充效果弱一些，因此在配合比设计中主要考虑它的填充效应。

**4.4.2**  硅灰的活性系数指同样质量的硅灰产生的强度与对比试验水泥强度的比值。试验胶材提供强度*R*4，450g水泥提供强度*R*0，其中405g水泥提供的强度为0.9*R*0；那么，试验胶砂提供的强度包括405g水泥提供的强度（即0.9*R*0）与45g硅灰提供的强度*R*4-0.9*R*0。

**4.4.3**  硅灰的填充系数指硅灰的比表面积与表观密度的乘积除以对比试验水泥的比表面积与表观密度的乘积的所得的商的二次方根。当配制C60以上强度等级的混凝土时，我们考虑选择硅灰，是利用它的填充效应。

# 5 混凝土配制强度的确定

**5.0.1~5.0.2** 混凝土配制强度对生产施工的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。

# 6 混凝土配合比计算

## 6.1　胶凝材料、矿物掺合料和水泥用量

**6.1.2** 本条明确了胶凝材料的分配方法，要按下列规定进行：

**1** 在混凝土配合比设计计算过程中mC0小于300kg时，用于现场搅拌生产普通混凝土的水泥用量mC直接取基准水泥用量mC0计算值，当用于富浆泵送混凝土时，为了增加浆体对骨料的包裹性，改善混凝土拌合物的工作性，减少坍落度损失，我们利用活性较低的粉煤灰、炉渣粉等抗压强度代替部分水泥，使胶凝材料用量增加，不考虑粉煤灰和炉渣粉的填充效应，解决了我国现行规范规定预拌或者自密实等富浆的混凝土中的胶凝材料用量不少于300kg的问题，此时如果砂子级配合理则胶凝材料总量确定为300kg；如果砂子较粗、级配不好或者断级配，胶凝材料的总量就要增加到350kg～380kg，以便补充这些细颗粒的不足。

**2** 当基准水泥用量mC0介于300kg～600kg之间时，现场搅拌生产普通混凝土的水泥用量mC直接取计算值mC0，在配制泵送混凝土时，为了降低水泥的水化热，掺加一定的矿物掺合料，可以有效地预防混凝土塑性裂缝的产生，本计算方法确定将水泥的用量mC控制在mC0的70%以下。当生产预拌或者自密实等富浆的混凝土时，应优先选用粒化高炉矿渣粉和粉煤灰等抗压强度代替部分水泥。根据现场实际情况，可以先确定水泥的用量，然后求其余的两种，考虑反应活性和填充效应，实现技术效果的最佳. 但是在实际生产过程中，为了考虑成本和操作方便，只考虑反应活性，使用第一个公式。先确定水泥、粒化高炉矿渣粉和粉煤灰占基准水泥mC0用量的比例χc、χK和χF，然后计算出水泥、粉煤灰和粒化高炉矿渣粉对应的基准水泥用量，和，再用对应的水泥用量除以掺合料的活性系数*α*1、*α*F和*α*K，即可求得准确的水泥、粉煤灰和粒化高炉矿渣粉用量。

**3 当**基准水泥用量mC0大于600kg时，用于现场搅拌生产普通混凝土或干硬性混凝土的水泥用量mC直接取计算值mC0，生产高性能混凝土时，为了改善混凝土的工作性，降低水泥的水化热，预防混凝土塑性裂缝的产生，提高混凝土的耐久性，选用粒化高炉矿渣粉和硅灰等抗压强度代替水泥。本计算方法确定将水泥的用量控制在450 kg，与水泥标准检测用量对应。用粒化高炉矿渣粉代替水泥主要考虑活性系数，硅灰代替水泥，主要考虑填充效应，目的是降低胶凝材料用量，使胶凝材料总量控制在600kg以下。但是在实际生产过程中，为了考虑成本和操作方便，只使用第一个公式。先确定水泥、粒化高炉矿渣粉和硅灰占基准水泥用量的比例χC、χK和χSi，然后计算出水泥、粒化高炉矿渣粉和硅灰对应的基准水泥用量,和，水泥的用量一次确定，粒化高炉矿渣粉的用量可以用粒化高炉矿渣粉取代的水泥用量除以粒化高炉矿渣粉的活性指数αK计算求得，硅灰的用量可以用硅灰取代的水泥用量除以硅灰的填充指数μSi计算求得。

## 6.2 胶凝材料用水量和浆体体积

**6.2.1**  本条明确了胶凝材料标准稠度用水量，要按下列规定进行：

**1** 准确称量水泥、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和硅灰，混合成复合胶凝材料，依据现行国家标准《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》GB/T 1346的方法测出胶凝材料的标准稠度用水量Wb，胶凝材料试验用量为500g，对应的有效水胶比(*W*b/500) 。求得每方胶凝材料标准稠度所需水量WB，胶凝材料总质量乘以有效水胶比。

**2** 确定水泥、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和硅灰的准确用量后，按照胶凝材料的需水量比通过加权求和。

**6.2.2** 在选用外加剂的时候，检测外加剂掺量的用水量为*W*B,在配制混凝土的时候，流动性混凝土随着胶凝材料用量的增加，由于浆体量的增加，达到同样坍落度所使用的水量会降低，混凝土静置时表现为泌水，这里定义泌水系数MW。

**6.2.3** 工程项目的施工方式不同，对混凝土工作性的要求也不同。根据施工时坍落度的大小，可以分为零坍落度的混凝土、30mm～80mm的干硬性混凝土、80mm～120mm的塑性混凝土、120mm～160mm的流动性混凝土、160mm～220mm的大流动性混凝土和220mm～260mm的自密实混凝土。而胶凝材料中的水分分为化学反应用水和粘结用水，无论坍落度如何改变，胶凝材料化学反应用水是不变的，均为标准稠度用水量的三分之二，即：（*W*1/*W*B=2/3）。因此不同的坍落度变化的是粘结用水量。当配制零坍落度混凝土时，完全化学反应了的水化产物通过挤压成型或者碾压成型，水化产物的粘结依靠的的是外部压力，无需粘结用水，因此胶凝材料的拌合用水量为胶凝材料化学反应用水，这类混凝土主要包括机场跑道、大坝和道路混凝土。

当配制坍落度在30mm～80mm的干硬性混凝土、80mm～120mm的塑性混凝土、120mm～160mm的流动性混凝土、160mm～220mm的大流动性混凝土和220mm～260mm的自密实混凝土时，考虑到胶凝材料的用量以及混凝土的泌水。

## 6.3　细骨料用量与用水量

**6.3.1** 测出配合比设计所用砂子的紧密堆积密度和石子的空隙率，每立方米混凝土中砂子的准确用量为砂子的紧密堆积密度乘以石子的空隙率。要实现砂浆对石子的包裹，当混凝土配制使用的砂子和石子的技术参数确定后，这种设计方法设计的配合比每一方混凝土中砂子的用量是固定的，与混凝土的强度等级没有关系。

**6.3.2** 本条规定明确了细骨料用水量计算方法：

**1** 根据水泥标准胶砂检测方法，水泥检测用的水一部分用于水泥，使之达到标准稠度，另一部分用于润湿标准砂，使砂子表面润湿，这样做出来的水泥胶砂强度为水泥标准强度。在混凝土配合比设计过程中，胶凝材料实际上是一种复合水泥，在标准稠度条件下，只要干砂润湿使用的水与标准砂润湿使用的水对应，水泥的强度和混凝土的强度就是对应的。我们可以通过标准砂的润湿用水量求得混凝土用干砂子用水量的合理取值范围，由于预拌混凝土生产企业使用的水泥主要有普通水泥、矿渣水泥和复合水泥，因此我们以这三种水泥为对比基准进行润湿砂子合理用水量取值范围的计算，见表1。

**表1 砂子用水量计算依据**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水泥品种 | 需水量 | 水泥用水 | 水/水泥 | 标准砂用水 | 润湿水/标准砂（%） |
| 普通水泥 | 27 | 121.5 | 0.27 | 103.5 | 7.7 |
| 矿渣水泥 | 30 | 135 | 0.30 | 90 | 6.7 |
| 复合水泥 | 33 | 148.5 | 0.33 | 76.5 | 5.7 |

注：检测时使用450g水泥，1350g标准砂，225g水

根据水泥检验数据的计算推导可知，采用机制砂的时候，润湿砂子不影响混凝土强度的合理用水量范围在5.7%～7.7%之间，以下限5.7%作为混凝土中干砂子用水量最小值计算的基准，砂子合理的最小润湿水量等于5.7%乘以干砂子用量，以上限7.7%作为混凝土中干砂子用水量最大值计算的基准，砂子合理的最大润湿水量等于7.7%乘以干砂子用量；

**2** 采用天然砂的时候，当砂子含水率在6%～8%之间时，砂子不产生溶胀现象，这样的含水率不影响混凝土强度，因此使用天然砂配制混凝土时砂子的合理用水量范围在6%～8%之间，以下限6%作为混凝土中干砂子用水量最小值计算的基准，砂子合理的最小润湿水量等于6%乘以干砂子用量，以上限8%作为混凝土中干砂子用水量最大值计算的基准，砂子合理的最大润湿水量等于8%乘以干砂子用量；

**3** 再生骨料在工程中已经大量使用，但再生细骨料不符合标准砂的技术指标，因此采用压力吸水率*Y*W来确定再生细骨料的用水量，具体计算方法为用再生细骨料的用量*m*S乘以再生细骨料的压力吸水率*Y*W。

## 6.4 粗骨料用量与用水量

**6.4.1** 计算过程不考虑含气量和砂子的孔隙率。用石子的堆积密度值扣除胶凝材料的体积以及胶凝材料水化用水的体积对应的石子量，即可求得每立方混凝土石子的准确用量。为了保证强度同时实现砂浆对石子的包裹，当混凝土配制使用的砂子和石子的技术参数确定后，每一方混凝土中石子的用量随着混凝土强度等级的提高，胶凝材料体积的增加，石子的用量是减少的。即使用了同一批的砂石料，从C10～C120的各强度等级混凝土，单方混凝土使用的石子用量越来越少。

## 6.5 预湿骨料用水量和外加剂用量

**6.5.3** 外加剂的调整以胶凝材料标准稠度用水量对应的水胶比为基准。由于外加剂减水率每增加1%，胶凝材料的净浆流动扩展度增加10mm，混凝土坍落度也增加10mm，要控制混凝土拌合物坍落度值，则控制掺外加剂在复合胶凝材料的推荐掺量下净浆流动扩展度。

外加剂品种的选用：配制零坍落度和30mm～80mm的低坍落度干硬性混凝土时，无需添加减水剂；配制坍落度80mm～120mm的塑性混凝土，只需添加减水率6%～8%的普通减水剂；配制坍落度120mm～160mm的流动性混凝土和160mm～220mm的大流动性混凝土时，只需添加减水率10%～18%的泵送剂；配制坍落度220mm～260mm的自密实混凝土时，需添加减水率18%～25%的泵送剂。

泵送混凝土，出机坍落度控制在220mm以上时，使用萘系减水剂建议净浆流动扩展度为220mm～230mm，当使用脂肪族减水剂建议净浆流动扩展度为230mm～240mm，当使用聚羧酸减水剂建议净浆流动扩展度为240mm～250mm。外加剂用这种掺量(cA%)配制的混凝土，可以保证拌合物不离析不泌水。这种复合胶凝材料需水量与外加剂检验的科学方法，解决了外加剂与胶凝材料适应性之间的矛盾，通过以上方法对外加剂进行调整，将水泥、掺合料、外加剂、水分与混凝土的工作性之间紧密结合起来。

# **7 混凝土配合比试配、确定与调整**

## 7.1 试配

**7.1.4** 本条明确了在计算配合比的基础上应进行试拌，试拌要按下列规定进行：

**1** 称量原材料，砂石骨料（一个盘子）；胶凝材料（一个盘子）；预湿骨料水（一个杯子）；胶凝材料拌合水（一个杯子）；外加剂称两份；

**2** 试配前应该先润湿搅拌机，保证搅拌机不粘混凝土。试配按照先加砂石骨料和预湿骨料水分进行搅拌（15~20)s，预湿骨料后用手抓一把，一捏成团，一拍散开，扔掉骨料，手掌潮湿为准。然后搅拌并加入胶凝材料和一半的胶凝材料拌合水，这时加入外加剂同时逐渐加入剩余的水分，至混凝土在搅拌机内流平为准。正常情况下一份外加剂就可以实现自流平的目标，有时候由于砂子中含有与外加剂发生化学反应的成分，消耗掉一部分外加剂，这时就拿备用的一份外加剂逐步加入搅拌机，至混凝土实现自流平时停止滴加。称量剩余外加剂的量，计算出外加剂的实际掺量；

**3** 目测评定，当搅拌结束后，如果搅拌机内的混凝土实现了自流平，混凝土表面有亮光，石子不沉底，浆体不分离，证明混凝土试配成功，就可以卸料。如果混凝土没有流平或者流动性不好，就需要进行调整；

**4** 状态调整，对流动性欠佳的混凝土，用肉眼观察，如果石子上面粘附的砂浆颗粒像芝麻饼上粘附的芝麻一样，是混凝土缺水，应该往混凝土中加入砂子质量2%的水分调整，一次不行就进行第二次调整，直至达到预期状态。如果石子上面粘附的砂浆颗粒像糖葫芦中粘附细颗粒一样，是混凝土缺少外加剂，应该往混凝土中加入胶凝材料用量0.2%的外加剂调整，一次不行就进行第二次调整，直至达到预期状态。

对于混凝土拌合物工作性调整，外加剂宜控制在不大于推荐掺量的2倍，预湿骨料用水量控制在~之间。

**7.1.5** 调整好混凝土拌合物并形成试拌配合比后，即开始混凝土强度试验。试拌配合比是通过配合比计算、调整形成的混凝土的最佳配合比，重复试验是为了确保实验的准确性、可靠性。

# **附录A 细骨料的紧密堆积密度、含石率试验方法**

**A.0.3** 本条规定了具体试验的步骤。试验压力机加压的重力需要根据所用混凝土的部位来确定，住宅和厂房用砂试验压力机加压至72kN；市政桥梁用砂试验压力机加压至108kN；高速公路和高速铁路用砂试验压力机加压至200KN。再生细骨料压力吸水率试验加压选择与此相同。