T/CECS xxx-202X

中国工程建设标准化协会标准

水工混凝土掺合料应用技术规程

Technical specification for application of hydraulic concrete admixture

（**征求意见稿**）

**中国XX出版社**

中国工程建设标准化协会标准

**水工混凝土掺合料应用技术规程**

Technical specification for application of hydraulic concrete admixture

**T/CECS xxx－202X**

主编单位：上海宝钢新型建材科技有限公司

中国建筑标准设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX月XX日

**中国计划出版社**

202X年　北　　京

前　　言

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，规程编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分6章，主要内容包括：总则，术语，材料及性能，设计，施工，验收。

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与市政工程产品应用分会归口管理，由中国建筑标准设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中，如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送上海宝钢新型建材科技有限公司（地址：上海市宝山区漠河路301号，邮政编码：201999），以供修订时参考。

主编单位**：**上海宝钢新型建材科技有限公司

中国建筑标准设计研究院有限公司

参编单位**：**中交上海三航科学研究院有限公司

宝武环科（湛江）资源循环利用有限公司

宝武环科南京资源利用有限公司

宝武环科马鞍山资源利用有限公司

宝武环科武汉金属资源有限责任公司

宝武环科重庆资源循环利用有限公司

宝武环科鄂州资源有限责任公司

广东华欣环保科技有限公司

宝武环科山西资源循环利用有限公司

新疆互力佳源环保科技有限公司

主要起草人：

主要审查人**：**

**目　　次**

[1　总　　则 （1）](#_Toc30020852)

[2　术 语 （2）](#_Toc30020853)

[3　基本规定 （4）](#_Toc30020859)

[4　材料及性能 （5）](#_Toc30020859)

[4.1　原材料 （5）](#_Toc30020860)

[4.2　水工掺合料 （5）](#_Toc30020860)

[4.3　水工掺合料交货、验收与储存 （6）](#_Toc30020861)

[5　水工掺合料混凝土配合比设计 （8）](#_Toc30020859)

[5.1　原材料要求 （8）](#_Toc30020860)

[5.2　配合比设计原则 （8）](#_Toc30020861)

[5.3　配合比设计 （9）](#_Toc30020861)

[5.4　水工掺合料混凝土性能 （10）](#_Toc30020861)

[6　水工掺合料混凝土施工 （12）](#_Toc30020864)

[6.1　一般规定 （12）](#_Toc30020860)

[6.2　水工掺合料混凝土的拌制与运输 （12）](#_Toc30020861)

[6.3　水工掺合料混凝土的浇筑与成型 （13）](#_Toc30020861)

[6.4　水工掺合料混凝土的养护 （14）](#_Toc30020861)

[6.5　水工混凝土的冬期施工 （15）](#_Toc30020861)

[7　质量检验 （16）](#_Toc30020870)

[7.1　原材料质量检验 （16）](#_Toc30020860)

[7.2　混凝土拌合物性能检验 （16）](#_Toc30020861)

[7.3　硬化混凝土性能检验 （16）](#_Toc30020861)

[附录A 水工掺合料流动度比检验方法 （18）](#_Toc30020870)

[附录B 水工掺合料活性指数检验方法 （20）](#_Toc30020870)

[附录C 水工掺合料颗粒级配测定方法 （22）](#_Toc30020870)

[附录D 产品合格证 （23）](#_Toc30020870)

[用词说明 （24）](#_Toc30020875)

[引用标准名录 （25）](#_Toc30020876)

[附：条文说明 （27）](#_Toc30020877)

**Contents**

[1　General provisions （1）](#_Toc30020852)

[2　Terms （2）](#_Toc30020853)

[3　Basic requirements （3）](#_Toc30020859)

[4　Materials and properties （5）](#_Toc30020859)

[4.1　Raw materials （5）](#_Toc30020860)

[4.2　Hydraulic admixtures （5）](#_Toc30020861)

[4.3　Delivery, acceptance and storage of hydraulic admixtures （6）](#_Toc30020861)

[5　Hydraulic admixture concrete mix design （8）](#_Toc30020864)

[5.1　Raw material requirements （8）](#_Toc30020871)

[5.2　Mix design principles （8）](#_Toc30020872)

[5.3　Mix ratio design （9）](#_Toc30020872)

[5.4　Performance of hydraulic admixture concrete （10）](#_Toc30020872)

[6　Hydraulic admixture concrete construction （12）](#_Toc30020870)

[6.1　General provisions （12）](#_Toc30020871)

[6.2　Mixing and transportation of hydraulic admixture concrete（12）](#_Toc30020872)

[6.3　Pouring and forming of hydraulic admixture concrete （13）](#_Toc30020872)

[6.4　Curing of hydraulic admixture concrete （14）](#_Toc30020872)

[6.5　Winter construction of hydraulic concrete （15）](#_Toc30020872)

[7　Quality inspection （11）](#_Toc30020870)

[7.1　Raw material quality inspection （16）](#_Toc30020871)

[7.2　Performance test of concrete mix （16）](#_Toc30020872)

[7.3　Performance test of hardened concrete （16）](#_Toc30020872)

[Appendix A Test method for flow ratio of hydraulic admixtures （18）](#_Toc30020870)

[Appendix B Test method for activity index of hydraulic admixtures (20）](#_Toc30020870)

[Appendix C Method for determination of particle composition of](#_Toc30020870)

 [hydraulic admixtures （22）](#_Toc30020870)

[Appendix D Product certificate （23）](#_Toc30020870)

[Explanation of wording （24）](#_Toc30020875)

[List of quoted standards （25）](#_Toc30020876)

[Addition：Explanation of provisions （27）](#_Toc30020877)

**1　总　　则**

**1.0.1**为规范水工混凝土掺合料在水工混凝土工程中应用，做到技术先进、安全适用、经济合理、资源循环利用和节能环保，确保工程质量，制定本规程。

**1.0.2**　本规程适用于水工混凝土掺合料在水工混凝土等工程中的应用。

**1.0.3**水工混凝土掺合料应用除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会标准的有关规定。

# **2 术 语**

**2.0.1**  水工混凝土 hydraulic concrete

经常性或周期性地受水作用的建（构）筑物或建（构）筑物的一部分所用的并能保证建（构）筑物在上述条件下长期正常使用的混凝土。

**2.0.2**  水工混凝土掺合料 hydraulic concrete admixture

由粉煤灰、磨细矿渣粉与少量矿物激发剂等按一定比例混合搅拌均匀而制成的干粉状料；适用于水工混凝土工程中作掺合料。简称水工掺合料。

水工掺合料按用途、矿物组成分成两类：海水工程掺合料和淡水工程混掺合料；其中海水工程掺合料按其性能又分为I型海工掺合料和II型海工掺合料。

**2.0.3**  粒化高炉矿渣粉 granulated blast furnace slag powder

使用符合现行国家标准《用于水泥中的粒化高炉矿渣》GB/T 203规定的粒化高炉矿渣，可掺加少量石膏，将其干燥、粉磨后达到一定细度的粉体。简称矿渣粉。

**2.0.4**  粉煤灰 fiy ash

从燃煤电厂煤粉炉烟道气体中收集的粉末。

**2.0.5**  矿物激发剂 mineral activator

通过激活矿物物质中的无机原子、离子间物理和化学反应，促进水泥基胶凝材料水化反应和提高混凝土强度的结晶化学添加物。

**2.0.6**  水工掺合料混凝土 hydraulic admixture concrete

以水工掺合料为主要掺合料的水工混凝土。

**2.0.7**  流动度比 mobility ratio

水工掺合料按规定比例等量取代水泥后的受检胶砂流动度与基准水泥胶砂流动度之比，用百分数表示。

**2.0.8**  基准胶砂 standard mortar

水工掺合料品质试验中，仅用符合符合现行国家标准[《通用硅酸盐水泥》](http://mp.weixin.qq.com/s?src=11&timestamp=1717681527&ver=5306&signature=8M2V1UNBBgUZYRM9usOJaVQ3PwJ1BWyypqY5urN9LX2pVf4orOImxcNrtdDehgRgBKliEl8LizJSAHo4Clfgqtn2K332t1vxnT1siLrBqSLz4PNbm5OBZbKQ2kTyWwfM&new=1" \t "https://www.sogou.com/_blank)GB 175规定的强度等级为42.5级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥作为胶凝材料配制的作为比对的胶砂。

**2.0.9**  受检胶砂 tested mortar

水工掺合料品质试验中，以水工掺合料等量替代基准胶砂中水泥用量50%，所配制的检验用胶砂。

**2.0.10**  活性指数 activity index

水工掺合料按规定比例等量取代水泥后的受检胶砂与基准水泥胶砂在等用水量条件下，标准养护至规定龄期的抗压强度比，用百分数表示。

**2.0.11**  超量系数 excess coefficient

水工掺合料掺入量与其所取代水泥量的比值，代号K。

**2.0.12** 水胶比 water-cementitious material ratio

混凝土中用水量与胶凝材料的质量比值。

# **3 基本规定**

**3.0.1**  海水工程预应力混凝土宜选用I型海工掺合料；选用II型海工掺合料时应经试验论证。

**3.0.2** 水工混凝土宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥配制；采用其他品种的硅酸盐水泥时，应根据水泥中混合材料的品种和掺量，并通过试验确定水工掺合料的合理掺量。

**3.0.3** 水工掺合料与其他掺合料同时掺用时，其合理掺量应通过试验确定。

**3.0.4** 水工掺合料可与各类外加剂同时使用时，水工掺合料与外加剂的适应性应通过试验确定。

# **4 材料及性能**

**4.1 原材料**

**4.1.1** 矿渣粉应选用S95及S95以上级别，其性能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。

**4.1.2** 粉煤灰应选用II级及II级以上等级，其性能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。

**4.2 水工掺合料**

**4.2.1** 水工掺合料的性能应符合表4.2.1的规定

表4.2.1 水工掺合料技术要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 性能指标 | 试验方法 |
| 海水工程掺合料 | 淡水工程掺合料 |
| Ⅰ型 | Ⅱ型 |
| 密度（g/cm3） | ≥2.5 | ≥2.6 | ≥2.6 | 现行国家标准《水泥密度测定方法》GB/T 208 |
| 比表面积（m2/kg） | ≥600 | ≥450 | ≥400 | 现行国家标准《水泥比表面积测定方法（勃氏法）》GB/T 8074 |
| 氯离子（%） | ≤0.02 | 现行行业标准《水泥原材料中氯离子的测定方法》JC/T 420 |
| 含水率（%） | ≤1.0 | 现行国家标准《水泥化学分析方法》GB/T 176 |
| 三氧化硫（%） | ≤4.0 |
| 烧失量（%） | ≤2.0 | ≤3.0 |
| 流动度比（%） | ≥100 | ≥105 | ≥100 | 本规程附录A |
| 活性指数 | 1d（%） | ≥40 | ≥35 | — | 本规程附录B |
| 3d（%） | — | — | ≥45 |
| 7d（%） | ≥80 | ≥75 | --- |
| 28d（%） | ≥105 | ≥95 | ≥95 |
| ≤6μm颗粒含量（%） | — | — | ≥25 | 本规程附录C |

**4.2.2** 水工掺合料的放射性核素限量应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566的规定。

**4.3 水工掺合料交货、验收与储存**

**4.3.1** 水工掺合料出厂前按同规格进行编号和取样，每一编号为一个取样单位。水工掺合料出厂编号以600t为一编号；当连续3d产量不足600t时，以3d产量为一编号。

**4.3.2** 水工掺合料生产单位应按批向应用单位提供产品合格证，产品合格证样式参照附录D。水工掺合料散装卡片或袋装标志应包括下述内容：

1 产品名称、种类和型号；

2 生产单位名称与地址；

3 生产日期；

4 收发货地点；

5 运输、贮存标记。

**4.3.3** 对于同一编号的水工掺合料，用户应复验活性指数和流动度比二项指标。若其中任何一项不符合要求，则应由有资质的第三方检验机构进行全性能检验。检验合格后，方可使用。

**4.3.4** 水工掺合料交货时的质量验收可抽取实物试样以其检验结果为依据，也可以生产单位同编号水工掺合料的检验报告为依据。采取何种方法验收由买卖双方商定，并在合同或协议中注明。当无书面合同或协议，或未在合同、协议中注明验收方法的，卖方应在发货票上注明“以本单位同编号水工掺合料的检验报告为验收依据”字样。以抽取实物试样的检验结果为验收依据时，买卖双方应在发货前或交货地共同取样和签封。

**4.3.5** 水工掺合料取样方法应按现行国家标准《水泥取样方法》GB12573进行，取样应有代表性，可连续取样，也可在10个以上不同部位取等量样品，每份不少于1.0kg。总量不少于10kg。试样应混合均匀，按四分法缩取出比试验需要量约大一倍的试样，缩分为二等份。一份由卖方保存40d，一份由买方按本规程规定的项目和方法进行检验。在40d以内，买方检验认为产品质量不符合本规程要求、而卖方又有异议时，则双方应将卖方保存的试样送省级或省级以上国家认可的建材产品质量监督检验机构进行仲裁检验。

**4.3.6** 水工掺合料在运输和贮存时不得受潮和混入杂物。储存期超过三个月应重新检验活性指数和流动度比二项指标。

# **5 水工掺合料混凝土配合比设计**

**5.1 原材料要求**

**5.1.1** 水泥应选用42.5或42.5以上强度等级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其性能应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175的规定。

**5.1.2** 水工掺合料的性能指标应符合本规程表4.2.1的规定。

**5.1.3** 砂应选用符合现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684规定的中砂，细度模数宜为2.3~2.6，砂的含泥量不应大于1.5%。

**5.1.4** 碎石应符合现行国家标准《建筑用卵石、碎石》GB/T 14685的规定，岩石抗压强度应大于混凝土设计强度的1.5倍，碎石压碎指标值小于6%，针片状含量小于5%，含泥量不应大于1%。

**5.1.5**  混凝土外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119的有关规定。

**5.1.6** 拌合用水应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》JTS 202的规定。

**5.2 配合比设计原则**

**5.2.1** 水工掺合料混凝土配合比设计应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定。配合比应根据混凝土建（构）筑物结构设计强度、耐久性、施工工艺和环境温度等条件进行试配，在确保其施工要求和结构混凝土设计强度的基础上，针对结构所在外部水工环境的各种因素作用，提高混凝土的耐久性能，使结构的耐久性符合设计使用年限的要求。经确认合格后方可投入应用。

**5.2.2** 水工掺合料混凝土中，胶凝材料用量不宜大于500kg/m³。

**5.2.3** 水工掺合料混凝土中的超量系数K应通过试验确定，其适宜范围在1.00~1.15。

**5.2.4**  水工掺合料混凝土的水胶比宜控制在0.24~0.38范围内。

**5.2.5**  掺合料的总用量不宜超过胶凝材料总量的70%。

**5.2.6** 水工掺合料混凝土的配合比设计可按体积法或重量法计算。

 **5.3 配合比设计**

**5.3.1** 水工掺合料混凝土的设计强度等级、强度保证率等指标应与基准混凝土相同，其取值应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》GB 50204和现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ/T 55的有关规定。

**5.3.2** 水工掺合料掺量应按式（5.3.2）计算：

 （5.3.2）

其中：*b*——水工掺合料在混凝土中的掺量（%）

 *B*——水工掺合料在混凝土中的用量（kg/m³）

 *C*——水泥在水工掺合料混凝土中的用量（kg/m³）

*D*——其他掺合料在水工掺合料混凝土中的用量（kg/m³）

**5.3.3** 水工掺合料混凝土配合比设计应按体积法计算、重量法计量。水工掺合料在混凝土中的掺加方法宜采用部分取代水泥法。

**5.3.4** 水工掺合料部分取代水泥，其超量系数K通过试验确定。超量系数K的取值由混凝土强度的富裕值、混凝土浇筑体积和水工掺合料的品质等确定。

**5.3.5** 根据工程所处的环境条件、结构特点，混凝土中水工掺合料占胶凝材料总量的最大百分率宜符合表5.3.5的规定。

表5.3.5 水工掺合料的最大掺量（%）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 混凝土类型 | 水工掺合料品种 | 水胶比 | 最大掺量（%） |
| 硅酸盐水泥 | 普通硅酸盐水泥 |
| 预应力钢筋混凝土 | 海水工程掺合料 | ≤0.40 | 35 | 30 |
| ＞0.40 | 30 | 25 |
| 淡水工程掺合料 | ≤0.40 | 40 | 35 |
| ＞0.40 | 35 | 30 |
| 钢筋混凝土 | 海水工程掺合料 | ≤0.40 | 45 | 40 |
| ＞0.40 | 40 | 35 |
| 淡水工程掺合料 | ≤0.40 | 50 | 45 |
| ＞0.40 | 45 | 40 |
| 素混凝土 | 海水工程掺合料淡水工程掺合料 | — | 70 | 65 |

**5.4 水工掺合料混凝土性能**

**5.4.1** 掺加水工掺合料的混凝土拌合物的坍落度和扩展度允许偏差应符合表5.4.1的规定。 掺加水工掺合料的混凝土拌合物性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB /T 50080的规定。

表5.4.1 水工掺合料混凝土拌合物坍落度和扩展度的允许偏差

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 设计值（mm） | 允许偏差（mm） |
| 坍落度 | ≤90 | ±10 |
| ≥100 | ±20 |
| 扩展度 | ≥350 | ±20 |

**5.4.2** 掺加水工掺合料的泵送混凝土的拌合物坍落度不宜大于200mm ，坍落度经时损失不宜大于30mm/h，并应满足施工要求。配制自密实混凝土时，扩展度不宜小于600mm，并应满足施工要求。

**5.4.3** 拌合物凝结时间应满足施工要求。

**5.4.4** 当有抗冻要求时，掺加水工掺合料的混凝土宜掺用引气剂，且含气量实测值不宜大于7%。

**5.4.5** 掺加水工掺合料的混凝土拌合物中，水溶性氯离子最大含量应符 合表5.4.5的规定。

表5.4.5 水工掺合料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(占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 |
| 干燥环境不含氯离子的环境 | 0.2 | 0.06 | 1.0 |
| 干燥环境含有氯离子的环境 | 0.1 |
| 潮湿但不含氯离子的环境 | 0.1 |
| 潮湿且含有氯离子的环境 | 0.06 |

**5.4.6** 掺加水工掺合料的混凝土强度等级应满足设计要求。混凝土力学性能试验方法应符合现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081的规定。

**5.4.7** 掺加水工掺合料的混凝土的抗氯离子渗透、抗硫酸盐侵蚀、抗冻、碳化深度的等级划分，应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的规定；水工掺合料混凝土抗氯离子渗透性能的电通量不应大于1000C。

**5.4.8** 掺加水工掺合料的混凝土当有预防碱骨料反应要求时，应符合现行国家标准《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733的规定。

**5.4.9** 掺加水工掺合料的混凝土长期性能与耐久性能的试验方法，应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082的规定。

# **6 水工掺合料混凝土施工**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 水工掺合料混凝土的施工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和现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》JTS 202、《水运工程混凝土质量控制标准》JTS 202-2、《水工混凝土施工规范》SL 677的有关规定。

**6.1.2** 采用预拌方式生产的水工掺合料混凝土应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902的规定。

**6.1.3** 水工混凝土的施工缝不宜设在浪溅区、水位变动区以及混凝土发生较大拉应力的部位。

**6.1.4** 水工混凝土拌和物运送到浇筑地点时，应不离析、不分层，并应

保证施工要求的稠度。

**6.1.5** 浇筑水工混凝土前应检查下列内容：

1 检查模板、钢筋、预埋件和预留孔的尺寸、规格、数量和位置，其偏差应符合《混凝土结构工程施工及验收规范》GB 50204和现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》JTS 202、《水工混凝土施工规范》SL 677的有关规定，并应检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况等；

2 检查混凝土保护层垫块的位置和数量，构件侧面或底面的垫块不应少于4个/㎡，绑扎垫块和钢筋的铁丝头不得伸入保护层内；

3 检查混凝土保护层厚度尺寸允许偏差，浪溅区应为$$，其它部位应为$$。

**6.2 水工掺合料混凝土的拌制与运输**

**6.2.1**  制备水工掺合料混凝土时，宜采用强制式搅拌机；搅拌时间应比普通混凝土延长10s~30s。

**6.2.2**  水工掺合料混凝土的搅拌顺序与普通混凝土相同，水工掺合料应与水泥同时加入；水工掺合料的计量应按质量计，每盘计量允许偏差应为±2 %，累计计量胶凝材料总称量误差不得超过±1%。

**6.2.3**  水工掺合料混凝土运送到浇筑点时，应不分层、不离析，并应保证施工要求的工作性和均匀性。

**6.3 水工掺合料混凝土的浇筑与成型**

**6.3.1** 水工掺合料混凝土运送到现场时，实测坍落度与要求坍落度之间的

允许偏差应符合表5.4.1的规定。

**6.3.2** 水工掺合料混凝土浇筑应分层连续进行，其运输、浇筑及间歇的全

部时间不应超过水工掺合料混凝土的初凝时间。

**6.3.3** 当水工掺合料混凝土自由倾落的高度大于3.0m时，宜采用串筒、溜槽或振动溜槽等辅助设备。

**6.3.4** 水工掺合料混凝土浇筑后应立即进行振捣，并应避免漏振或过振；振捣后混凝土表面不应出现明显的浮浆层。

**6.3.5** 水工掺合料混凝土振捣应选用每分钟频率不少于4500脉冲的高频振捣器振捣；振捣时间宜按拌合物稠度和振捣部位等不同情况，控制在10s〜30s内，当混凝土拌合物表面出现泛浆、基本无气泡逸出，可视为已捣实；水工掺合料混凝土初凝后，不应受到二次振动。

**6.3.6** 分层烧筑的水工掺合料混凝土应采用插入式振捣器分层振捣，进行后一层混凝土振捣时，振捣器必须插入前一层混凝土约50mm深度中；插入式振捣器应采用快插慢拔法，移动间距不得超过有效振动半径的1.0倍。

**6.3.7** 当浇筑厚度不大于200mm且表面积较大的平面结构或构件时，宜采用平板振动器振动成型，平板振动器移动间距应覆盖已振实部分混凝土边缘。

**6.3.8** 对板类构件，应至少对水工掺合料混凝土进行两次搓压，必要时还

可增加搓压次数；最后一次搓压应在泌浆结束、初凝前完成。

**6.3.9** 混凝土的浇筑应连续进行，在浇筑及静置过程中，应采取措施防止产生裂缝；对混凝土的沉降及塑性干缩产生的表面裂缝，应及时予以处理。

**6.3.10** 水工混凝土在浇筑过程中，应控制其均匀性和密实性，不应出现露筋、空洞、冷缝、夹渣、松顶等现象，特别对构件棱角处，应采取有效措施，使接缝严密，防止在混凝土振捣过程中出现漏浆。

**6.3.11** 水工掺合料混凝土在高温或多风环境中浇筑时，应减少暴露的工作面，浇筑完成后应立即覆盖。

**6.4 水工掺合料混凝土的养护**

**6.4.1** 水工掺合料混凝土浇筑后，应及时覆盖混凝土表面；在高温季节、

大风、日照较强等环境中以及采用水胶比小于0.40的混凝土施工时，浇筑后应立即覆盖混凝土表面，并进行保湿养护；初凝后，应对混凝土表面进行持续的加湿、保湿和保温养护。

**6.4.2** 对已浇筑成型的水工掺合料混凝土，可单独或组合使用下列养护方法：

1 延长拆模时间；

2 在水工掺合料混凝土表面覆盖防水分蒸发薄膜；

3 使用湿麻袋或吸水性毛毡等保水、保温覆盖物，持续保湿、保温；

4 在水工掺合料混凝土表面喷雾、喷水或蓄水；

5 大体积水工掺合料混凝土采用蓄水养护时，蓄水厚度不宜小于150mm；

6 经使用验证的其他养护方法。

**6.4.3** 水工掺合料混凝土湿养护时间不宜少于7d；当有补偿收缩、抗渗或缓凝要求的水工掺合料混凝土保湿养护时间不宜少于14d；当气温较低或在干燥环境下应适当延长养护时间；大体积水工掺合料混凝土浇筑表面应采取保温保湿措施，养护期间混凝土内外温差应小于25℃。

**6.4.4** 水工掺合料混凝土蒸养时的养护要求应根据构件型式、环境条件等确定，热预养温度不宜高于45℃；静停预养时间不应少于1h；常温预养时，其预养时间应适当延长；蒸养时的升温速度宜为 15℃/h~20℃/h；恒温温度宜为50℃~90℃；降温速度宜为15℃/h~30℃/h。

**6.5 水工混凝土的冬期施工**

**6.5.1** 当室外日平均气温连续5d低于5℃时，应采取冬期施工措施；当室外日平均气温连续5d高于5℃时，可以解除冬期施工措施。

**6.5.2**  冬期施工水工混凝土的出机温度不宜低于10℃，入模温度不应低于5℃。混凝土在运输与浇筑过程中应采取保温措施。

**6.5.3** 其他有关规定应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104的有关规定。

**7 质量检验**

**7.1 原材料质量检验**

**7.1.1** 水工掺合料混凝土原材料进场时，应按规定划分的检验批验收型式

检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件，外加剂产品尚应具有使用说明书。

**7.1.2** 水工掺合料混凝土原材料进场时应对材料的外观、规格、等级、生

产日期等进行检查，并按检验批随机抽取样品进行检验；原材料检验应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

**7.1.3** 水工掺合料进场检验应符合本规程4.3.3的规定。

**7.2 混凝土拌合物性能检验**

**7.2.1** 在生产和施工过程中，应在搅拌地点和浇筑地点分别对水工掺合料混凝土拌合物进行抽样检验。

**7.2.2** 水工掺合料混凝土拌合物的检验频率应符合下列规定：

1 混凝土坍落度检验取样频率应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107中规定的强度检验频率执行；

 2 同一工程、同一配合比的水工掺合料混凝土的凝结时间检验不应少于1次；

3 同一工程、同一配合比的水工掺合料混凝土的氯离子含量检验不应少于1次。

**7.2.3** 掺引气型外加剂的水工掺合料混凝土，每4h应至少测定1次含气量，其测定值允许偏差宜为±1.0%。

**7.3 硬化混凝土性能检验**

**7.3.1** 水工掺合料混凝土强度检验评定应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107和现行行业标准《水运工程混凝土质量控制标准》JTS 202-2的有关规定，其他力学性能检验应符合设计要求和国家现行有关标准的规定。

**7.3.2** 水工掺合料混凝土耐久性能检验评定，应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193、《水运工程混凝土质量控制标准》JTS 202-2的有关规定。

**7.3.3** 水工掺合料混凝土长期性能检验规则，应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193的有关规定。

**7.3.4** 水工掺合料混凝土工程施工验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204的有关规定。

**附录A 水工掺合料流动度比检验方法**

**A.1 范围**

本附录规定了水工掺合料流动度比的检验方法。

**A.2 方法原理**

A.2.1 分别测定受检胶砂和基准胶砂的流动度，两者之比评价水工掺合料的流动度比。

**A.3 样品**

A.3.1 对比水泥

符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175规定的强度等级为42.5的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，且7天抗压强度为35MPa~45MPa，28天抗压强度为50MPa~60MPa，比表面积300㎡/kg～400㎡/kg，SO3含量2.3%~2.8%，碱含量（Na2O+0.658K2O）0.5%~0.9%。

A.3.2 砂

标准砂应符合现行国家标准《水泥强度试验用标准砂》GB 178的规定。

A.3.3 水工掺合料

水工掺合料取样应符合现行国家标准《水泥取样方法》GB 12573的规定。

**A.4 试验方法及计算**

A.4.1 胶砂配比

基准胶砂和受检胶砂配比应符合表A.1的规定。

表A.1 胶砂配比（g）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 胶砂种类 | 对比水泥 | 水工掺合料 | 中国ISO标准砂 | 水 |
| 基准胶砂 | 450 | --- | 1350 | 225 |
| 受检胶砂 | 225 | 225 | 1350 | 225 |

A.4.2 胶砂搅拌程序

胶砂拌制应符合现行国家标准[《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）](https://www.sogou.com/link?url=hedJjaC291Pl05MTlF1Zk2XH0kc1pIdiO-c0LGj57-CmdNtuziKAA7OrruKGOK_XdnfNbSxgwSshOp6L0Z9Bwk_UY8fYT2KOZ6pHzQTGCRo." \t "https://www.sogou.com/_blank)》GB/T 17671的规定。

A.4.3 胶砂流动度比试验及计算

应按表A.1胶砂配比和现行国家标准《[水泥胶砂流动度测定方法](https://www.sogou.com/link?url=hedJjaC291N-O9fwjGdB_oLPu8jOQFpBiFFZY90A94WMRqM-flokQIu_AjUQjM1H" \t "https://www.sogou.com/_blank)》GB/T 2419进行，分别测定基准胶砂和受检胶砂的流动度，流动度比按式（A.4.3）计算，计算结果保留至整数。

 （A.4.3）

式中：*F*——胶砂流动度比，单位为百分比（%）；

*L*m——为基准胶砂流动度，单位为毫米（mm）；

*L*——为受检胶砂流动度，单位为毫米（mm）。

1. **附录B 水工掺合料活性指数检验方法**

**B.1 范围**

本附录规定了水工掺合料活性指数的检验方法。

**B.2 方法原理**

B.2.1 分别测定受检胶砂和基准胶砂的抗压强度，两者同龄期抗压强度之比即为活性指数。

**B.3 样品**

B.3.1 对比水泥

符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175规定的强度等级为42.5的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，且7天抗压强度为35MPa~45MPa，28天抗压强度为50MPa~60MPa，比表面积300㎡/kg～400㎡/kg，SO3含量2.3%~2.8%，碱含量（Na2O+0.658K2O）0.5%~0.9%。

B.3.2 砂

标准砂应符合现行国家标准《水泥强度试验用标准砂》GB 178的规定。

B.3.3 水工掺合料

水工掺合料取样应符合现行国家标准《水泥取样方法》GB 12573的规定。

**B.4 试验方法及计算**

B.4.1 胶砂配比

基准胶砂和受检胶砂配比应符合表B.1的规定。

表B.1 胶砂配比（g）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 胶砂种类 | 对比水泥 | 水工掺合料 | 中国ISO标准砂 | 水 |
| 基准胶砂 | 450 | --- | 1350 | 225 |
| 受检胶砂 | 225 | 225 | 1350 | 225 |

B.4.2 胶砂拌制、成型、养护及强度测试应符合现行国家标准[《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）](https://www.sogou.com/link?url=hedJjaC291Pl05MTlF1Zk2XH0kc1pIdiO-c0LGj57-CmdNtuziKAA7OrruKGOK_XdnfNbSxgwSshOp6L0Z9Bwk_UY8fYT2KOZ6pHzQTGCRo." \t "https://www.sogou.com/_blank)》GB/T 17671的规定。

B.4.3 胶砂活性指数试验及计算

 应按表B.1胶砂配比，分别测定基准胶砂和受检胶砂的抗压强度，各龄期活性指数按式（B.4.3）计算，计算结果保留至整数。

 （B.4.3）

式中：*B*t——活性指数，单位为百分比（%）；

*R*m——为各龄期基准胶砂的抗压强度（MPa）；

*R*——为各龄期受检胶砂的抗压强度（MPa）。

**附录C 水工掺合料颗粒级配测定方法**

**C.1 范围**

本附录规定了水工掺合料粉体颗粒级配测定方法。

**C.2 方法原理**

当一束平行激光与颗粒接触时，会产生衍射现象，衍射光线的角度和强弱随试样颗粒大小而不同，故可以不同的衍射光圈代表一定大小的颗粒。激光粒度分析仪利用检测器来收集信息，计算出颗粒群的粒度分布情况。

**C.3 制样**

 称取水工掺合料样品约0.5g，加入无水乙醇35ml左右，搅拌后放入超声波清洗槽中进行分散。

**C.4 粒度测定**

 利用LS230激光粒度分析仪进行试验样品粒度分布的测定。

**C.5 粒径的计算**

 LS230激光粒度分析仪按反对数计算各颗粒粒径，并以正态曲线表示不同粒径颗粒的分布及累计情况。粒径按式（C.5）计算，结果取三位小数。

 （C.5）

式中：*d*lc——为颗粒粒径（μm）；

loglower edge——为颗粒粒径最小值；

logupper edge——为颗粒粒径最大值。

**附录D 产品合格证**

 **水工掺合料 水工掺合料出厂试验报告**

**28天活性指数补报单**   **NO.**

 **NO. 用户单位： 填报日期：**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用户单位 |  |  | 试验编号 | 水工掺合料型号 | 水工掺合料数量 | 水工掺合料发货日期 |
|  |  |  |  |  |
| 填报日期 |  |  | 物理指标 | 化学指标 |
| 试验编号 |  |  | 项目 | 指标 | 实测 | 项目 | 指标 | 实测 |
| 掺合料数量 |  |  | 比表面积（m2/kg） |  |  | 含水率（%） |  |  |
| 掺合料型号 |  |  | 流动度比% |  |  | 烧失量（%） |  |  |
| 发货日期 |  |  | 密度（kg/m³） |  |  | SO3（%） |  |  |
| 28d活性指数（%） | 指标 | 实测 |  | 活性指数（%） | 1d指标 | 1d实测 | 3d指标 | 3d实测 | 7d指标 | 7d实测 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 备注 |  |  | 备注 |  |

签发人： 化验室主任： 签发人： 化验室主任：

# **用词说明**

为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1　表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2　表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3　表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

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。

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107

《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119

《混凝土质量控制标准》GB 50164

《混凝土结构工程施工及验收规范》GB 50204

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB /T 50080

《普通混凝土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

《混凝土质量控制标准》GB 50164

《混凝土结构工程施工规范》GB 50666

《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733

《通用硅酸盐水泥》GB 175

《水泥化学分析方法》GB/T 176

《水泥强度试验用标准砂》GB 178

《用于水泥中的粒化高炉矿渣》GB/T 203

《水泥密度测定方法》GB/T 208

《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596

《[水泥胶砂流动度测定方法](https://www.sogou.com/link?url=hedJjaC291N-O9fwjGdB_oLPu8jOQFpBiFFZY90A94WMRqM-flokQIu_AjUQjM1H" \t "https://www.sogou.com/_blank)》GB/T 2419

《建筑材料放射性核素限量》GB 6566

《水泥比表面积测定方法（勃氏法）》GB/T 8074

《混凝土外加剂》GB 8076

《水泥取样方法》GB 12573

《建设用砂》GB/T 14684

《建设用卵石、碎石》GB/T 14685

《预拌混凝土》GB/T 14902

[《水泥胶砂强度检验方法（ISO法）](https://www.sogou.com/link?url=hedJjaC291Pl05MTlF1Zk2XH0kc1pIdiO-c0LGj57-CmdNtuziKAA7OrruKGOK_XdnfNbSxgwSshOp6L0Z9Bwk_UY8fYT2KOZ6pHzQTGCRo." \t "https://www.sogou.com/_blank)》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

《水泥原材料中氯离子的测定方法》JC/T 420

《普通混凝土配合比设计规程》JGJ/T 55

《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193

《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104

《水运工程混凝土施工规范》JTS 202

《水运工程混凝土质量控制标准》JTS 202-2

《水工混凝土施工规范》SL 677

**中国工程建设标准化协会标准**

**水工混凝土掺合料应用技术规程**

T/CECS　xxx－202X

# **条文说明**

# **制定说明**

本规程制定过程中，编制组进行了深入的调查研究，总结了我国水工掺合料在水工混凝土工程中应用的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过对水工掺合料混凝土拌合物性能、力学性能和耐久性能的试验研究，取得了水工混凝土工程用水工掺合料的重要技术参数。

水工掺合料针对粉煤灰、矿渣微粉等掺合料的性能特点，采用复配、激发等技术手段，通过工业固废之间宏观空隙的物理填充、粉料胶结和微观孔隙的水化产物致密，以获得良好的工作性能、力学性能和耐久性能。水工掺合料可替代水泥，已在国内的水工混凝土工程中较为广泛应用，取得良好效果。由于水工掺合料能改善新拌混凝土的流动性和硬化混凝土的耐久性，同时再生利用工业固废，对提高水工混凝土性能、低碳减排具有重要意义。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《水工掺合料应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，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 （30）](#_Toc30020852)

[2　术 语 （31）](#_Toc30020853)

[3　基本规定 （32）](#_Toc30020859)

[4　材料及性能 （33）](#_Toc30020859)

[4.2　水工掺合料 （33）](#_Toc30020860)

[4.3　水工掺合料交货、验收与储存 （34）](#_Toc30020861)

[5　水工掺合料混凝土配合比设计 （35）](#_Toc30020859)

[5.1　原材料要求 （35）](#_Toc30020860)

[5.2　配合比设计原则 （36）](#_Toc30020861)

[5.4　水工掺合料混凝土性能 （37）](#_Toc30020861)

[6　水工掺合料混凝土施工 （40）](#_Toc30020864)

[6.2　水工掺合料混凝土的拌制与运输 （40）](#_Toc30020861)

[6.3　水工掺合料混凝土的浇筑与成型 （40）](#_Toc30020861)

[6.4　水工掺合料混凝土的养护 （40）](#_Toc30020861)

[7　质量检验 （42）](#_Toc30020870)

[7.2　混凝土拌合物性能检验 （42）](#_Toc30020861)

[7.3　硬化混凝土性能检验 （42）](#_Toc30020861)

**1　总　　则**

**1.0.1** 编制本规程的目的在于规范水工掺合料在水工混凝土工程中的应用技术，引导其技术发展，达到改善水工混凝土的性能、提高水工混凝土工程质量、延长水工混凝土建（构）筑物结构的使用寿命，并有利于工程建设的可持续发展。目前，上海等诸多地区采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等复合应用已很普遍，为了科学、合理地在水工混凝土中应用水工掺合料，参照国家现行有关标准，并进行大量的调研、验证试验以及水工混凝土工程应用实践，制定的本规程。

**1.0.2** 水工掺合料适宜于配制高性能的水工混凝土；水工掺合料也可用于一般建设工程的钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土和素混凝上。故本规程适用于水工混凝土、普通混凝土及其制品。

**1.0.3** 本规程仅对掺用水工混凝土掺合料的水工混凝土的生产和应用技术条件作出规定，对本规程未涉及的技术内容，均按照有关国家现行标准执行。

**2 术 语**

**2.0.1**  本规程的术语除“水工混凝土”、“水工混凝土掺合料”、“水工掺合料混凝土”为行业通用术语外，其余均参照我国现行的标准而制定。

用于水运、水电、水利等工程的水工混凝土，其密度约为2400kg/m³。

**3　基本规定**

**3.0.1**  根据淡水、海洋咸水以及江海结合部的水文性质的不同及相应的用途不同，将水工掺合料分成海水工程用和淡水工程用水工掺合料两大类。同时根据混凝土所处海洋环境的不同、对混凝土耐久性要求的不同，又将海水工程用水工掺合料分为I型和Ⅱ型两种。

海洋环境是最为恶劣的腐蚀环境之一，而钢筋腐蚀是影响混凝土耐久性的根本原因。基于各种矿物掺合料的交互叠加效应，通过各种矿物掺合料的合理匹配，以特殊工艺形成的海水工程用混凝土掺合料可以提高混凝土材料的致密度，形成低渗透、高密实、低缺陷的混凝土结构，从根本上改善混凝土建（构）筑物在海洋环境中的防腐能力，以满足工程结构混凝土长期使用寿命的设计要求。I型海工掺合料适用于预应力混凝土、C60至C80强度等级海水环境用混凝土配制，Ⅱ型海工掺合料适用于C60以下等级海水环境用混凝土配制。

**[4　材料及性能](#_Toc30020859)**

**[4.2　水工掺合料](#_Toc30020860)**

**4.2.1** 水工掺合料的活性在物理意义上讲主要是由其比表面积决定，比表面积也是不同规格水工掺合料的主要生产控制指标，本规程根据水工掺合料的分类和实际生产应用情况，规定了三种不同分类和规格的水工掺合料的比表面积控制范围。

活性指数和流动度比是水工掺合料重要的品质指标。活性指数反映了水工掺合料对硬化混凝土力学性能的影响；流动度比则反映了水工掺合料对新拌混凝土和易性和工作性的影响。表1为I型、Ⅱ型海工掺合料的活性指数测定结果

表1 海工掺合料的活性指数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 掺合料 | 抗压强度（MPa） | 活性指数（%） |
| 1d | 3d | 7d | 28d | 1d | 3d | 7d | 28d |
| 基准水泥 | 11.3 | 24.1 | 34.6 | 49.5 | - | - | - | - |
| I型-1 | 5.1 | 17.8 | 32.5 | 58.1 | 45 | 74 | 94 | 117 |
| I型-2 | 5.1 | 18.2 | 32.4 | 57.5 | 45 | 76 | 94 | 116 |
| I型-3 | 4.9 | 17.8 | 32.1 | 55.8 | 43 | 74 | 93 | 113 |
| I型-4 | 5.2 | 18.5 | 32.5 | 58.5 | 46 | 77 | 94 | 118 |
| I型-5 | 5.1 | 17.9 | 32.2 | 57.3 | 45 | 74 | 93 | 116 |
| I型-6 | 5.2 | 18.2 | 32.4 | 57.9 | 46 | 76 | 94 | 117 |
| 标准偏差S | 0.110 | 0.280 | 0.164 | 0.943 | 1.095 | 1.329 | 0.516 | 1.722 |
| 基准水泥 | 11.5 | 24.3 | 35.1 | 48.0 | - | - | - | - |
| II型-1 | 4.8 | 17.5 | 28.5 | 53.9 | 42 | 72 | 82 | 112 |
| II型-2 | 4.7 | 17.2 | 28.5 | 52.4 | 41 | 71 | 81 | 109 |
| II型-3 | 4.7 | 17.0 | 27.6 | 52.4 | 41 | 70 | 79 | 109 |
| II型-4 | 4.8 | 17.4 | 28.5 | 53.6 | 42 | 72 | 81 | 112 |
| II型-5 | 4.6 | 17.2 | 27.3 | 51.9 | 40 | 71 | 78 | 108 |
| II型-6 | 4.7 | 17.2 | 27.5 | 52.3 | 41 | 71 | 78 | 109 |
| 标准偏差S | 0.075 | 0.176 | 0.574 | 0.802 | 0.753 | 0.753 | 1.722 | 1.722 |

从表1可知，I、Ⅱ型海工掺合料各龄期活性指数波动范围较小，其标准偏差均在允许范围内。

氯离子过高会导致混凝土中钢筋锈蚀，特别是水工混凝土所处的淡水或海洋环境本身对钢筋就有锈蚀作用，所以在本规程中严格控制水工掺合料中氯离子的含量。

**[4.3　水工掺合料交货、验收与储存](#_Toc30020861)**

**4.3.1** 水工掺合料的编号是根据水工掺合料的实际生产情况并参考我国水泥标准而制定的。

**4.3.2** 水工掺合料的产品合格证是根据生产企业的实际生产情况制定的。

**4.3.3** 活性指数和流动度比是表明水工掺合料对混凝土性能影响度的重要指标。故本规程规定用户应复验这二项指标。若其中任何一项不符合要求，则由有资质的第三方检验机构进行全性能检验。

**4.3.6** 试验表明，水工掺合料的活性指数随储存时间推移而降低，本规程规定存储期超过三个月应重新检验活性指数和动度比两项指标。

**[5　水工掺合料混凝土配合比设计](#_Toc30020859)**

**[5.1　原材料要求](#_Toc30020860)**

**5.1.1** 水工掺合料的活性发挥依赖于水泥水化后提供的碱性环境，因此本规程规定水泥应选用42.5或42.5以上强度等级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其水泥中的混合材掺量较低。

**5.1.3**  细骨料是混凝土的重要组成部分，细骨料的各项指标会影响其与水工掺合料的结合以及水工混凝土拌合物的流动性、硬化混凝土的力学性能和耐久性能。细骨料中含有云母、轻物质、有机物等颗粒，使混凝土的需水量增加，混凝土的流动性降低；可溶性硫酸盐、硫化物、离子、盐类会对混凝土本体造成破坏，硫酸盐遇水结晶膨胀，硫化物在有水和氧气的情况下氧化为硫酸盐，氯离子会加速钢筋腐蚀。具有碱活性的骨料颗粒可能会导致混凝土发生碱骨料反应，会使混凝土本体结构造成破环，严重影响混凝土的服役寿命及结构安全。

**5.1.4**  粗骨料在混凝土中占据的体积最大，在混凝土中基本不发生变化，最大程度上保证了混凝土的体积稳定性。混凝土的流动度是靠颗粒从小到大逐级推动的，所以骨料应该是有不同粒径的颗粒组成，小颗粒的骨料填充了大颗粒骨料之间的空隙，使骨料之间的孔隙率减少，增加了混凝土的体积稳定性。粗骨料在生产过程中，碎石破碎产生的石粉或母岩央层中含有的泥土等细颗粒可使混凝土制备中需水量增加，这些细颗粒含量过高会导致混凝土变粘稠，工作性降低，针状、片状等不规则颗粒吸附减水剂的能力较大，可能对混凝土的工作性能影响较大。氯离子会加速钢筋腐蚀，粗骨料中氯离子超标并不常见，但应注意富含盐类矿物的地区生产的粗骨料；硫酸盐在混凝土中有可能造成结晶膨胀破坏，也可能生成大量的钙钒石而膨胀导致混凝土结构破坏。具有碱活性的骨料颗粒可能会导致混凝土发生碱骨料反应，会使混凝土本体结构造成破环，严重影响混凝土的服役寿命及结构安全。

**5.1.5** 混凝土外加剂已成为高流动性、高体积稳定性、高耐久性混凝土配置中不可缺少的重要组分。外加剂是在搅拌混凝土过程中掺入，能改善混凝土的化学性能流动性，可以减少水的用量，提高混凝土的强度、耐久性等。

**5.1.6** 水工掺合料混凝土拌和用水不得影响水泥正常凝结、硬化以及促使钢筋锈蚀，并应符合表2的规定。

表2 拌和用水质量指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 钢筋混凝土、预应力混凝土 | 素混凝土 |
|
| pH值 | ＞5.0 | ＞4.5 |
| 不溶物（m/L） | ＜2000 | ＜5000 |
| 可溶物（mg/L） | ＜2000 | ＜5000 |
| 氯化物（以Cl- 计，mg/L） | ＜200 | ＜2000 |
| 硫酸盐（以SO42- 计，mg/L） | ＜600 | ＜2200 |

**[5.2　配合比设计原则](#_Toc30020861)**

**5.2.1** 水工掺合料混凝土的配合比设计受原材料的影响较大，目前尚无成熟的统一计算方法。所以水工掺合料混凝土的配合比主要根据设计要求、施工工艺和环境温度条件等，通过试配确定。在确保其施工要求和结构混凝土设计强度的基础上，针对结构所在外部环境中各种因素作用，提高混凝土的耐久性能，使结构在耐久性和耐腐蚀性方面符合设计使用要求年限。经确认合格后才能投人生产应用。

**5.2.2** 在一定范围内，混凝土强度与胶凝材料用量呈正相关，但是胶凝材料用量过高将会导致收缩过大，耐久性劣化等问题。因此水工混凝土中，胶凝材料用量应小于500kg/m³。

**5.2.3**  水工掺合料的超量系数K是表征其替代水泥能力的参数，由于水工掺合料与不同种类、强度等级的水泥配合时，其超量系数有一定的差异，因此用户有条件时，应尽量通过试验来确定水工掺合料的超量系数 K。

**5.2.4** 水胶比是指混凝土拌合物中用水量与胶凝材料总量的质量比，是混凝土达到设计强度的关键参数，将水工混凝土的水胶比控制在 0.24~0.38范围内，并保持一定的流动度，就要求外加剂达到相应的减水率。水工掺合料中的胶凝材料主要为水泥和粉煤灰、磨细矿渣粉、助磨剂、矿物激发剂等矿物掺合料。

**5.2.5** 水工混凝土是一种致密程度较高的混凝土材料，因而配制时需保证一定量的活性矿物掺合料的用量。但是掺合料掺量过高时，易引起早期强度过低、自收缩增大、开裂概率增大等副作用，因而也应控制最大掺量。普通硅酸盐水泥中已掺人一定量的混合材，因此掺合料的总掺量应适当降低，应当控制在胶凝材料总量的70%以下。

**[5.4　水工掺合料混凝土性能](#_Toc30020861)**

**5.4.1~5.4.7**  新拌水工混凝土的流动度随时间、温度的变化而变化，而且不同外加剂、水泥的影响规律也有所差异。因此，应控制混凝土的出机口温度及运输、浇筑过程中的温度回升。混凝土允许浇筑温度应符合设计规定，混凝土浇筑温度不宜大于28℃。当环境温度较高或搅拌至浇筑的间隔时间较长时，应试验测定混凝土的坍落度经时损失，指定相应的工艺措施和技术措施。

海工掺合料混凝土的常用配合比及性能见表3、表4和表5。

表3 海工掺合料混凝土（C45）配合比

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 掺合料 | 混凝土 | 每m³混凝土材料用量（kg/m³） |
| 水 | 水泥 | 掺合料 | 砂 | 石 | 外加剂 |
| I型海工 | 预制 | 140（0.30） | 188（40%） | 282（60%） | 659 | 1121 | 1.0%胶凝材料 |
| II型海工 | 预制 | 135（0.29） | 188（40%） | 282（60%） | 663 | 1129 | 1.0%胶凝材料 |
| I型海工 | 现浇 | 150（0.32） | 188（40%） | 282（60%） | 659 | 1121 | 1.0%胶凝材料 |
| II型海工 | 现浇 | 146（0.31） | 188（40%） | 282（60%） | 660 | 1124 | 1.0%胶凝材料 |
| II级粉煤灰 | C45普通 | 170 | 410 | 60 | 669 | 1091 | 1.0%胶凝材料 |

表4 海工掺合料混凝土（C45）性能测试数据

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 掺合料 | 混凝土 | 坍落度（mm） | 抗压强度（MPa） | 抗氯离子渗透 |
| 7d | 28d | NEL法（×10-12㎡/s） | 电量法（C） |
| I型海工 | 预制 | 70 | 39.1 | 58.9 | 1.0 | 635 |
| II型海工 | 预制 | 80 | 33.3 | 54.6 | 1.3 | 690 |
| I型海工 | 现浇 | 150 | 33.5 | 57.9 | 1.2 | 710 |
| II型海工 | 现浇 | 160 | 31.0 | 55.7 | 1.5 | 770 |
| 粉煤灰 | 普通 | 160 | 33.9 | 56.4 | 5.2 | 1650 |

从表3和表4的数据可得出掺用海工掺合料的混凝土的抗氯离子渗透性能优于普通混凝土，在海洋环境中可满足要求。

表5 淡水工程掺合料混凝土耐久性能测试数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 掺合料 | 抗渗性能 | 抗氯离子渗透 | 抗蚀系数（硫酸盐） | 膨胀率（碱骨料）（%） | Cl-渗透系数（×10-12㎡/s） |
| 渗透压力（MPa） | 渗水高度（mm） | 裂纹出现时间 | 当量长度（mm） |
| 普通混凝土 | 3.0 | 22.0 | 3h20min | 224.6 | 0.76 | 0.17 | 5.35 |
| 矿渣粉混凝土 | 3.0 | 8.5 | 4h11min | 175.0 | 1.23 | 0.06 | 1.68 |
| 淡水工程掺合料混凝土 | 3.0 | 6.3 | 4h55min | 154.4 | 1.34 | 0.02 | 1.22 |

掺用淡水工程掺合料的混凝土配制高性能混凝土，主要用于江、河、湖等淡水工程的混凝土建（构）筑物。由表5的数据可知，混凝土中掺加淡水工程混凝土掺合料，可改善混凝土拌合物的和易性和保水性，混凝土的可泵性得到改善，利于现场施工；同时可降低混凝土配制过程中的用水量，形成低渗透、高密实、低缺陷的混凝土结构，从根本上提高混凝土抗冲刷性能、抗裂性能和耐久性能。

**[6　水工掺合料混凝土施工](#_Toc30020864)**

**[6.2　水工掺合料混凝土的拌制与运输](#_Toc30020860)**

**6.2.1** 水工混凝土的搅拌顺序与普通混凝土相同，并无特殊要求。但为了确保搅拌均匀，应适当延长10s~30s搅拌时间。

**6.2.2** 水工掺合料混凝土的计量同普通混凝土一样，要求采用重量法，累计计量胶凝材料总称量误差不得超过士1%，以保证混凝土配合比的精度。

**6.2.3** 使用混凝土搅拌运输车，在运输过程中搅拌筒保持低速搅拌，防止混凝土出现分层、离析或早凝的现象，保证到工地卸料时混凝土拌合物均匀。

**[6.3　水工掺合料混凝土的浇筑与成型](#_Toc30020861)**

**6.3.4** 新拌水工掺合料混凝土的屈服应力较小，容易振捣。施工中应避免过振或漏振，也要避免过振导致分层。由于水工掺合料有一定的缓凝作用，混凝土终饰抹面作业要把握恰当的时机。

**6.3.11**  炎热季节生产混凝土时，温度过高，会加快水分蒸发，造成混凝土工作性能不良，增加混凝土凝结硬化的速率，缩短凝结时间，加大坍落度经时损失，还容易引起混凝土开裂等不良状况。

**[6.4　水工掺合料混凝土的养护](#_Toc30020861)**

**6.4.2、6.4.3** 养护是水工混凝土强度发展的必要条件，必须予以足够的重视。一般情况养护期不少于7d，低温施工时，养护期不宜少于21d。大体积水工混凝土施工时应加强混凝土表面保温保湿措施，控制混凝土内外温差，避免温差裂缝。低温施工时，由于水工混凝土早期强度相对较低，而后期强度增长较大，在低温条件下更为敏感，故建议加强早期强度监测。

**6.4.4**  由工程经验，宜根据构件要求和环境条件选择养护制度，低温蒸养有利于混凝土长期性能的发展，因此在满足构件性能要求的基础上蒸养恒温温度不宜过高。为防止降温过快导致的温度裂缝，一般应在合理范围内尽量减少降温温度。

**[7　质量检验](#_Toc30020870)**

**[7.2　混凝土拌合物性能检验](#_Toc30020861)**

**7.2.1** 抽样检验水工掺合料混凝土的坍落度与和易性，检查项目及频率应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

**7.2.2** 水工掺合料与外加剂的相容性是影响混凝土凝结时间的主要因素之一，同一工程、不同批次、不同配比的水工掺合料及外加剂会使混凝土的凝结时间发生变化，影响混凝土的工作性、强度和耐久性。

**[7.3　硬化混凝土性能检验](#_Toc30020861)**

**7.3.1~7.3.4** 水工混凝土的强度检验、质量、施工及验收评定方法与普通混凝土一致，按国家现行有关标准执行。