

UDC

中华人民共和国行业标准



P

JGJ 206 - 2010
备案号 J 1038 - 2010

海砂混凝土应用技术规范

Technical code for application of sea sand concrete

2010 - 05 - 18 发布

2010 - 12 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

海砂混凝土应用技术规范

Technical code for application of sea sand concrete

JGJ 206 - 2010

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 0 年 1 2 月 1 日

中国建筑工业出版社

2010 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 578 号

关于发布行业标准 《海砂混凝土应用技术规范》的公告

现批准《海砂混凝土应用技术规范》为行业标准，编号为 JGJ 206-2010，自 2010 年 12 月 1 日起实施。其中，第 3.0.1 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
2010 年 5 月 18 日

中华人民共和国行业标准 海砂混凝土应用技术规范

Technical code for application of sea sand concrete

JGJ 206 - 2010

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：1% 字数：47 千字

2010 年 7 月第一版 2010 年 7 月第一次印刷

定价：10.00 元

统一书号：15112·17870

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2008〕102号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范的主要技术内容有：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 原材料；5. 海砂混凝土性能；6. 配合比设计；7. 施工；8. 质量检验和验收。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国建筑科学研究院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国建筑科学研究院建筑材料研究所《海砂混凝土应用技术规范》标准编制组（地址：北京市北三环东路30号，邮政编码：100013）。

本规范主编单位：中国建筑科学研究院

浙江中联建设集团有限公司

本规范参编单位：舟山弘业预拌混凝土有限公司

青岛理工大学

宁波华基混凝土有限公司

深圳大学

上海市建筑科学研究院（集团）有限公司

厦门市建筑科学研究院集团股份有限公司

中交上海三航科学研究院有限公司

中国建筑第二工程局有限公司

中交天津港湾工程研究院有限公司

北京耐久伟业科技有限公司

建研建材有限公司

本规范主要起草人员：冷发光 丁 威 周永祥 周岳年
赵铁军 刘江平 邢 锋 施钟毅
纪宪坤 苏 卿 刘 伟 王 彤
王 晶 田冠飞 李景芳 何更新
桂苗苗 王成启 曹巍巍 张 俐
李俊毅 张小冬 陈 思

本规范主要审查人员：姜福田 洪乃丰 石云兴 闻德荣
朋改非 封孝信 张仁瑜 蔡亚宁
杜 雷

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 原材料	4
4.1 海砂	4
4.2 其他原材料	5
5 海砂混凝土性能	7
5.1 拌合物技术要求	7
5.2 力学性能	7
5.3 长期性能与耐久性能	8
6 配合比设计	9
6.1 一般规定	9
6.2 配制强度的确定	10
6.3 配合比计算	11
6.4 配合比试配、调整与确定	11
7 施工	13
7.1 一般规定	13
7.2 海砂混凝土的制备、运输、浇筑和养护	13
8 质量检验和验收	15
8.1 混凝土原材料质量检验	15
8.2 混凝土拌合物性能检验	15
8.3 硬化混凝土性能检验	16
8.4 混凝土工程验收	16
本规范用词说明	18
引用标准名录	19
附：条文说明	21

Contents

1 General Provisions	1
2 Terms	2
3 Basic Requirements	3
4 Raw Materials	4
4.1 Sea Sand	4
4.2 Other Raw Materials	5
5 Sea Sand Concrete Performance	7
5.1 Technical Requirements of Mixtures	7
5.2 Mechanical Performance	7
5.3 Long-term Performance and Durability	8
6 Mix Design	9
6.1 General Requirements	9
6.2 Calculation of Compounding Strength	10
6.3 Calculation of Mix Proportion	11
6.4 Trial Mix, Adjustment and Determination of Mix Proportion	11
7 Construction	13
7.1 General Requirements	13
7.2 Preparation, Transporting, Casting and Curing of Sea Sand Concrete	13
8 Quality Inspection and Acceptance	15
8.1 Quality Inspection of Concrete Raw Materials	15
8.2 Property Inspection of Concrete Mixture	15
8.3 Property Inspection of Hardened Concrete	16
8.4 Acceptance of Concrete Engineering	16

Explanation of Wording in This Code 18

List of Quoted Standards 19

Addition: Explanation of Provisions 21

1 总 则

- 1.0.1 为规范海砂混凝土的应用，保证工程质量，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于建设工程中海砂混凝土的配合比设计、施工、质量检验和验收。
- 1.0.3 海砂混凝土的应用除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 海砂 sea sand

出产于海洋和入海口附近的砂，包括滩砂、海底砂和入海口附近的砂。

2.0.2 滩砂 beach sand

出产于海滩的砂。

2.0.3 海底砂 undersea sand

出产于浅海或深海海底的砂。

2.0.4 海砂混凝土 sea sand concrete

细骨料全部或部分采用海砂的混凝土。

2.0.5 净化处理 washing treatment

采用专用设备对海砂进行淡水淘洗并使之符合本规范要求的生产过程。

3 基 本 规 定

3.0.1 用于配制混凝土的海砂应作净化处理。

3.0.2 海砂不得用于预应力混凝土。

3.0.3 配制海砂混凝土宜采用海底砂。

3.0.4 海砂宜与人工砂或天然砂混合使用。

4 原 材 料

4.1 海 砂

4.1.1 海砂的颗粒级配应符合表 4.1.1 的要求，且宜选用Ⅱ区砂。

表 4.1.1 海砂的颗粒级配

累计筛余 (%) / 级配区 / 方孔筛筛孔边长	Ⅰ 区	Ⅱ 区	Ⅲ 区
4.75mm	10~0	10~0	10~0
2.36mm	35~5	25~0	15~0
1.18mm	65~35	50~10	25~0
600μm	85~71	70~41	40~16
300μm	95~80	92~70	85~55
150μm	100~90	100~90	100~90

注：除 4.75mm 和 600μm 筛外，其他筛的累计筛余可略有超出，超出总量不应大于 5%。

4.1.2 海砂的质量应符合表 4.1.2 的要求。海砂质量检验的试验方法应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。

表 4.1.2 海砂的质量要求

项 目	指 标
水溶性氯离子含量 (%)，按质量计)	≤0.03
含泥量 (%)，按质量计)	≤1.0
泥块含量 (%)，按质量计)	≤0.5
坚固性指标 (%)	≤8

续表 4.1.2

项 目	指 标
云母含量 (%)，按质量计)	≤1.0
轻物质含量 (%)，按质量计)	≤1.0
硫化物及硫酸盐含量 (%)，折算为 SO ₃ ，按质量计)	≤1.0
有机物含量	符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定

4.1.3 海砂应进行碱活性检验，检验方法应符合现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684 的规定。当采用有潜在碱活性的海砂时，应采取有效的预防碱-骨料反应的技术措施。

4.1.4 海砂中贝壳的最大尺寸不应超过 4.75mm。贝壳含量应符合表 4.1.4 的要求。对于有抗冻、抗渗或其他特殊要求的强度等级不大于 C25 的混凝土用砂，贝壳含量不应大于 8%。贝壳含量的试验方法应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。

表 4.1.4 海砂中贝壳含量

混凝土强度等级	≥C60	C40~C55	C35~C30	C25~C15
贝壳含量 (%)，按质量计)	≤3	≤5	≤8	≤10

4.1.5 海砂的放射性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。

4.2 其他原材料

4.2.1 海砂混凝土宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。水泥应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定，且氯离子含量不得大于 0.025%。

4.2.2 海砂混凝土宜采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等矿物掺合料，且粉煤灰等级不宜低于Ⅱ级，粒化高炉矿渣粉等级不

宜低于 S95 级。粉煤灰和粒化高炉矿渣粉应分别符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 和《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的规定。

4.2.3 海砂混凝土用粗骨料和除海砂之外的细骨料应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。

4.2.4 海砂混凝土用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定，且拌合用水的氯离子含量不得超过 250mg/L。

4.2.5 海砂混凝土用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 的规定。海砂混凝土宜采用聚羧酸系减水剂，且聚羧酸系减水剂的质量应符合现行行业标准《聚羧酸系高性能减水剂》JG/T 223 的规定。

4.2.6 海砂混凝土用于钢筋混凝土工程时，可掺加钢筋阻锈剂。阻锈剂的应用应符合现行行业标准《钢筋阻锈剂应用技术规程》JGJ/T 192 的规定。

5 海砂混凝土性能

5.1 拌合物技术要求

5.1.1 海砂混凝土拌合物应具有良好的粘聚性、保水性和流动性，不得离析或泌水。

5.1.2 海砂混凝土坍落度应满足工程设计和施工要求；泵送海砂混凝土坍落度经时损失不宜大于 30mm/h。海砂混凝土坍落度的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。

5.1.3 海砂混凝土拌合物的水溶性氯离子最大含量应符合表 5.1.3 的要求。海砂混凝土拌合物的水溶性氯离子含量宜按照现行行业标准《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270 中混凝土拌合物中氯离子含量的快速测定方法进行测定。

表 5.1.3 海砂混凝土拌合物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	素混凝土
干燥环境	0.3	0.3
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	
腐蚀环境	0.06	

5.2 力学性能

5.2.1 海砂混凝土的强度标准值、强度设计值、弹性模量、轴心抗压强度与轴心抗拉疲劳强度设计值、疲劳变形模量等应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。海砂混凝土力学性能应按照现行国家标准《普通混凝土力学性能试验

方法标准》GB/T 50081 的规定进行试验测定，并应满足设计要求。

5.2.2 海砂混凝土抗压强度应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 进行评定，并应满足设计要求。

5.3 长期性能与耐久性能

5.3.1 海砂混凝土的干缩率和徐变系数应满足设计要求。

5.3.2 海砂混凝土耐久性应满足表 5.3.2 的要求。

表 5.3.2 海砂混凝土耐久性要求

项 目		技术要求
碳化深度 (mm)		≤25
抗硫酸盐等级 (有抗硫酸盐侵蚀性能要求时)		≥KS60
抗渗等级		≥P8
抗氯离子渗透	28d 电通量 (C)	≤3000
	84d RCM 氯离子迁移系数 ($10^{-12}\text{m}^2/\text{s}$)	≤4.0
抗冻等级 (有抗冻性能要求时)		≥F100
碱-骨料反应 (%，52 周膨胀率)		≤0.04

5.3.3 海砂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 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.1 海砂混凝土配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定，并应满足设计和施工要求。

6.1.2 海砂混凝土的最大水胶比应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的规定。

6.1.3 除 C15 及其以下强度等级的混凝土外，海砂混凝土的胶凝材料最小用量应符合表 6.1.3 的要求。海砂混凝土的胶凝材料最大用量不宜超过 550kg/m³。

表 6.1.3 海砂混凝土的胶凝材料最小用量 (kg/m³)

最大水胶比	素混凝土	钢筋混凝土
0.60	250	280
0.55	280	300
0.50	320	
0.45	350	

注：1 胶凝材料用量是指水泥用量和矿物掺合料用量之和；
2 最大水胶比数值介于表中相邻两个水胶比之间时，其对应的胶凝材料最小用量可采用线性插值的方法计算得到。

6.1.4 矿物掺合料和外加剂的品种和掺量应经混凝土试配确定，并应满足海砂混凝土强度和耐久性设计要求以及施工要求。

6.1.5 海砂混凝土的氯离子含量应符合本规范表 5.1.3 的规定。

6.1.6 海砂混凝土不宜用于除冰盐环境。当用于长期处于潮湿的严寒环境、严寒和寒冷地区冬季水位变动环境等时应掺用引气剂，混凝土的含气量宜为 4.5%~6.0%，且不应超过 7.0%。

6.1.7 当采用人工砂与海砂混合配制海砂混凝土时，海砂与人

工砂的质量比宜为 2/3~3/2。

6.1.8 对于重要工程结构，混凝土中碱含量（以 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ 计）不宜大于 $3.0\text{kg}/\text{m}^3$ ；对于与预防碱-骨料反应措施有关的混凝土总碱含量计算，粉煤灰碱含量计算可取粉煤灰碱含量测试值的 1/6，矿渣粉碱含量计算可取矿渣粉碱含量测试值的 1/2。

6.2 配制强度的确定

6.2.1 海砂混凝土的配制强度应符合下列规定：

1 当设计强度等级小于或等于 C60 时，配制强度应符合下式规定：

$$f_{\text{cu},0} \geq f_{\text{cu},k} + 1.645\sigma \tag{6.2.1-1}$$

式中： $f_{\text{cu},0}$ ——海砂混凝土的配制强度（MPa）；

$f_{\text{cu},k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值，此处为设计的海砂混凝土强度等级值（MPa）；

σ ——海砂混凝土的强度标准差（MPa）。

2 当设计强度等级大于 C60 时，配制强度应符合下式规定：

$$f_{\text{cu},0} \geq 1.15f_{\text{cu},k} \tag{6.2.1-2}$$

6.2.2 海砂混凝土强度标准差应按下列规定确定：

1 当具有近 1 个月~3 个月的同一品种海砂混凝土的强度资料时，其强度标准差 σ 应按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{\text{cu},i}^2 - n m_{\text{fcu}}^2}{n-1}} \tag{6.2.2}$$

式中： $f_{\text{cu},i}$ ——第 i 组的试件强度平均值（MPa）；

m_{fcu} —— n 组试件的强度平均值（MPa）；

n ——试件组数， n 应大于等于 30。

2 对于强度等级小于等于 C30 的海砂混凝土，当 σ 计算值大于等于 3.0MPa 时，应按计算结果取值；当 σ 计算值小于 3.0MPa 时， σ 应取 3.0MPa 。对于强度等级大于 C30 且小于等于

C60 的海砂混凝土，当 σ 计算值大于等于 4.0MPa 时，应按照计算结果取值；当 σ 计算值小于 4.0MPa 时， σ 应取 4.0MPa 。

3 当没有近期的同品种海砂混凝土强度资料时，其强度标准差 σ 可按表 6.2.2 取值。

表 6.2.2 标准差 σ 值（MPa）

混凝土强度标准差值	≤C20	C25~C45	C50~C60
σ	4.0	5.0	6.0

6.3 配合比计算

6.3.1 海砂混凝土配合比计算应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

6.3.2 海砂混凝土配合比计算宜采用质量法。

6.3.3 海砂混凝土配合比计算中骨料应以干燥状态下的质量为基准。

6.3.4 海砂混凝土每立方米拌合物的假定质量宜按下列规定取值：

1 混凝土强度等级不大于 C35 时，假定质量宜为 $2300\text{kg} \sim 2400\text{kg}$ 。

2 混凝土强度等级大于 C35 时，假定质量宜为 $2350\text{kg} \sim 2450\text{kg}$ 。

3 混凝土强度等级较高时，宜取上限值；混凝土强度等级较低时，宜取下限值。

6.4 配合比试配、调整与确定

6.4.1 海砂混凝土试配、调整与确定应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定。

6.4.2 在海砂混凝土试配过程中，应根据贝壳和轻物质等的影响，对配合比进行调整。

6.4.3 在确定设计配合比和施工配合比前，应测定混凝土拌合

物的表观密度，并按下式计算配合比校正系数（ δ ）：

$$\delta = \frac{\rho_{c,t}}{\rho_{c,c}} \quad (6.4.3)$$

式中： $\rho_{c,t}$ ——混凝土拌合物表观密度实测值（ kg/m^3 ）；
 $\rho_{c,c}$ ——混凝土表观密度计算值，即每立方米混凝土所用原材料质量之和（ kg/m^3 ）。

- 6.4.4 当混凝土表观密度实测值与计算值之差的绝对值超过计算值的 2% 时，应将配合比中每项材料用量均乘以校正系数（ δ ），作为确定的设计配合比。
- 6.4.5 配合比设计时，应按照本规范第 5.1.3 条规定的方法测试拌合物的水溶性氯离子含量。当海砂批次发生变化时，应重新测试拌合物的水溶性氯离子含量。
- 6.4.6 配合比设计时，应在满足混凝土拌合物性能要求和混凝土设计强度等级的基础上，对设计要求的或本规范第 5.3.2 条规定的混凝土耐久性项目进行检验和评定。检验不合格的配合比，不得确定为设计配合比。

7 施 工

7.1 一 般 规 定

- 7.1.1 海砂混凝土的施工应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。
- 7.1.2 在施工过程中，应按本规范第 8 章的要求对海砂及其他原材料、混凝土质量进行检验。

7.2 海砂混凝土的制备、运输、浇筑和养护

- 7.2.1 海砂混凝土宜采用预拌混凝土。当需要现场制备混凝土时，宜采用具有自动计量装置的现场集中搅拌方式。
- 7.2.2 原材料计量宜采用电子计量仪器，计量仪器在使用前应进行检查。每盘原材料计量的允许偏差应符合表 7.2.2 的要求。

表 7.2.2 每盘原材料计量的允许偏差

原材料种类	允许偏差（按质量计）
胶凝材料（水泥、掺合料等）	$\pm 2\%$
化学外加剂（高效减水剂或其他化学添加剂）	$\pm 1\%$
粗、细骨料	$\pm 3\%$
拌合用水	$\pm 1\%$

- 7.2.3 海砂混凝土的拌制宜采用双卧轴强制式搅拌机，搅拌时间可控制在 60s~90s。当采用细度模数小于 2.3 的海砂和（或）粉剂外加剂配制混凝土时，搅拌时间宜取上限值。
- 7.2.4 制备混凝土前，应测定粗、细骨料的含水率，并应根据含水率的变化调整混凝土配合比。每工作班应至少抽测 2 次，雨

雪天应增加抽测次数。骨料堆场宜搭设遮雨棚。

7.2.5 在每个工作班开始前，宜在堆场用铲车将海砂翻拌均匀。

7.2.6 海砂混凝土的运输、浇筑、养护应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的有关规定。

8 质量检验和验收

8.1 混凝土原材料质量检验

8.1.1 混凝土原材料进场时，应按规定批次验收型式检验报告、出厂检验报告或合格证等质量证明文件，外加剂产品还应具有使用说明书。

8.1.2 原材料进场后，应进行进场检验，且在混凝土生产过程中，宜对混凝土原材料进行随机抽检。

8.1.3 原材料进场检验和生产中抽检的项目应符合下列规定：

1 海砂的检验项目应包括氯离子含量、颗粒级配、细度模数、贝壳含量、含泥量和泥块含量。

2 其他原材料的检验项目应按国家现行有关标准执行。

8.1.4 原材料的检验规则应符合下列规定：

1 海砂应按每 400m^3 或 600t 为一个检验批。同一产地的海砂，放射性可只检验一次；当有可靠的放射性检验数据时，可不再检验。

2 散装水泥应按每 500t 为一个检验批，袋装水泥应按每 200t 为一个检验批；矿物掺合料应按每 200t 为一个检验批；砂、石应按每 400m^3 或 600t 为一个检验批；外加剂应按每 50t 为一个检验批。

3 不同批次或非连续供应的混凝土原材料，在不足一个检验批量情况下，应按同品种和同等级材料每批次检验一次。

8.1.5 海砂及其他原材料的质量应符合本规范第 4 章的规定。

8.2 混凝土拌合物性能检验

8.2.1 制备系统的计量仪器、设备应经检定合格后方可使用，且混凝土生产单位每月应自检一次。原材料计量偏差应每班检

查 1 次；混凝土搅拌时间应每班检查 2 次，原材料计量偏差和搅拌时间应分别符合本规范第 7.2.2 条和第 7.2.3 条的规定。

8.2.2 在生产和施工过程中，应对海砂混凝土拌合物进行抽样检验，坍落度、粘聚性和保水性应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检验；水溶性氯离子含量应在浇筑地点取样检验。

8.2.3 对于海砂混凝土拌合物的坍落度、粘聚性和保水性项目，每工作班应至少检验 2 次；同一工程、同一配合比的海砂混凝土，水溶性氯离子含量应至少检验 1 次。

8.2.4 海砂混凝土拌合物性能应符合本规范第 5.1 节的规定。

8.2.5 当海砂混凝土拌合物性能出现异常时，应查找原因，并根据实际情况，对配合比进行调整。

8.3 硬化混凝土性能检验

8.3.1 对海砂混凝土的力学性能、长期性能和耐久性能检验时，应对设计规定的项目进行检验，设计未规定的项目可不检验。

8.3.2 海砂混凝土性能检验应符合下列规定：

1 强度检验应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定，其他力学性能检验应符合工程要求和国家现行有关标准的规定。

2 耐久性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 的规定。

3 长期性能检验可按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 中耐久性检验的有关规定执行。

8.3.3 海砂混凝土力学性能应符合本规范第 5.2 节的规定，长期性能和耐久性能应符合本规范第 5.3 节的规定。

8.4 混凝土工程验收

8.4.1 海砂混凝土工程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 的规定。

8.4.2 海砂混凝土工程验收时，应符合本规范对海砂混凝土长期性能和耐久性能的规定。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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”。

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

引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 2 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
- 3 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
- 4 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
- 5 《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107
- 6 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
- 7 《混凝土质量控制标准》GB 50164
- 8 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 9 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 10 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 11 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 12 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 13 《混凝土外加剂》GB 8076
- 14 《建筑用砂》GB/T 14684
- 15 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 16 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
- 17 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
- 18 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 19 《钢筋阻锈剂应用技术规程》JGJ/T 192
- 20 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193
- 21 《聚羧酸系高性能减水剂》JG/T 223
- 22 《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270

制 订 说 明

《海砂混凝土应用技术规范》(JGJ 206 - 2010), 经住房和城乡建设部 2010 年 5 月 18 日以第 578 号公告批准、发布。

本规范制定过程中, 编制组进行了广泛而深入的调查研究, 总结了我国工程建设中海砂混凝土应用的实践经验, 同时参考了国外先进技术法规、技术标准, 通过试验取得了海砂混凝土应用的重要技术参数。

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, 《海砂混凝土应用技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明, 对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。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	24
2 术语	25
3 基本规定	26
4 原材料	28
4.1 海砂	28
4.2 其他原材料	33
5 海砂混凝土性能	34
5.1 拌合物技术要求	34
5.2 力学性能	34
5.3 长期性能与耐久性能	35
6 配合比设计	38
6.1 一般规定	38
6.2 配制强度的确定	40
6.3 配合比计算	40
6.4 配合比试配、调整与确定	40
7 施工	42
7.1 一般规定	42
7.2 海砂混凝土的制备、运输、浇筑和养护	42
8 质量检验和验收	43
8.1 混凝土原材料质量检验	43
8.2 混凝土拌合物性能检验	43
8.3 硬化混凝土性能检验	43
8.4 混凝土工程验收	44

1 总 则

1.0.1 海砂混凝土在日本、英国、我国台湾地区等已有数十年的应用历史，20 世纪 90 年代以来，我国海砂混凝土的应用有了较大发展。海砂混凝土的应用，国内外均走过弯路，在混凝土结构耐久性方面付出过沉重的代价。本规范本着从严控制的原则，以确保海砂混凝土的工程质量为目的。本规范主要根据我国现有的标准规范、科研成果和实践经验，并参考国外先进标准制定而成。

1.0.2 本规范的适用范围包括建筑工程和其他建设行业中使用的海砂混凝土。

1.0.3 对于海砂混凝土的有关技术内容，本规范规定的以本规范为准，未作规定的应按照其他标准执行。

2 术 语

2.0.1 建设工程中应用的海砂大致可分为滩砂、海底砂和入海口附近的砂，其中以海底砂为主。入海口是河流与海洋的汇合处，淡水和海水的界线不易分明，且随着季节发生变化，为保险起见，故规定入海口附近的砂属于海砂。

2.0.3 目前海砂主要来源于浅海地区的海底砂，一般属于陆源砂。

2.0.4 掺有海砂的混凝土，无论掺加比例多少，都视为海砂混凝土。

2.0.5 海砂的净化处理需要使用专用设备，采用淡水淘洗。净化过程包括去除氯离子等有害离子、泥、泥块，以及粗大的砾石和贝壳等杂质。

3 基本规定

3.0.1 海砂因含有较高的氯离子、贝壳等物质，直接用于配制混凝土会严重影响结构的耐久性，造成严重的工程质量问题甚至酿成事故。海砂的净化处理需要采用专用设备进行淡水淘洗，并去除泥、泥块、粗大的砾石和贝壳等杂质。采用简易的人工清洗，含盐量和杂质不易去除干净，且均匀性差，质量难以控制。海砂用于配制混凝土，应特别考虑影响建设工程的安全性和耐久性的因素，确保工程质量，确保海砂应用的安全性。鉴于我国目前质量管理的现实状况，本规范规定，用于配制混凝土的海砂应作净化处理（净化处理的解释见本规范术语部分第 2.0.5 条），并将此条作为强制性条文。

3.0.2 国内外有关标准规范中，对预应力混凝土结构的氯离子总量限制最为严格。《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关条文说明阐述：重要结构的混凝土不得使用海砂配制。而预应力混凝土一般属于重要结构。国内工程中，预应力混凝土也很少采用海砂。因此，本着确保结构安全的原则，本规范规定预应力混凝土结构不得使用海砂混凝土。

3.0.3、3.0.4 海砂主要包括滩砂、海底砂和入海口附近的砂。开采滩砂和入海口附近的砂会破坏海岸线及其周边的生态环境，甚至会造成滨海地质环境的改变。此外，滩砂通常比海底砂要细，多属于细砂范畴，采用滩砂配制的混凝土，性能相比海底砂较差。

海砂经过净化之后能够满足一般建设工程用砂的要求，但海砂的大量开采会破坏采砂区的生态环境。以日本为例，20 世纪八九十年代，日本的海砂用量占整个建筑用砂的比例高达 30% 左右。经过近 20 多年的海砂开采，日本周边海洋的生态环境出

现了严重的破坏；加之，海砂虽经淡化处理，仍然比其他砂更具有潜在的危害性。自 2000 年起，日本开始逐渐禁止采掘海砂。濑户内海于 2003 年禁止开采海砂，其余海域亦从严审查。2007 年，日本海砂占建筑用砂的比例已经下降到 12%。在使用方式上，海砂通常与人工砂（机制砂）混合使用。在应用中，由于天然砂石的表面形貌较为圆滑，骨料堆积紧密，空隙率低，配制混凝土的工作性较好。然而天然砂产量日趋减少，人工砂是未来建筑用砂的必然趋势。人工砂与海砂混合使用，既可降低混凝土的氯离子含量，又可以节约天然砂资源。当有其他天然砂资源时，也允许海砂与其他天然砂（如河砂）混合使用。

4 原材料

4.1 海 砂

4.1.1 本条与《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 和《建筑用砂》GB/T 14684 的要求一致。

4.1.2 本条对混凝土用海砂的若干重要性能指标进行了规定，其要求或高于《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定，或取该标准中最严格的限值，以达到从严控制的目的。

1 水溶性氯离子含量

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 中对砂的氯离子含量作为强制性条文规定：钢筋混凝土用砂，氯离子含量不得大于 0.06%（以干砂质量百分率计）；预应力钢筋混凝土用砂，氯离子含量不得大于 0.02%。

日本标准《拌拌混凝土》JIS A5308：2003 对砂的氯离子含量的要求是：氯盐（按 NaCl 计算）含量不超过 0.04%（相当于 0.024% 的 Cl^- 含量），同时又规定：如砂的氯盐含量超过 0.04%，则应获得用户许可，但不得超过 0.1%（相当于 0.06% 的 Cl^- 含量）；如果用于先张预应力混凝土的砂，氯盐含量不应超过 0.02%（相当于 0.012% 的 Cl^- 含量），即使得到用户许可，也不应超过 0.03%（相当于 0.018% 的 Cl^- 含量）。

我国台湾地区的标准《混凝土粒料》CNS 1240 沿用了日本最严格的规定：预应力钢筋混凝土用砂，水溶性氯离子含量不得大于 0.012%；所有其他混凝土用砂，水溶性氯离子含量不得大于 0.024%。

本标准借鉴日本和我国台湾地区的标准，并同时考虑到我国大陆地区的实际情况，将钢筋混凝土用海砂的氯离子含量限值规

定为 0.03%，低于《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 规定的 0.06%。

本规范规定的海砂氯离子含量低于 JGJ 52 的另外一个原因是：目前采用《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 测定氯离子含量的制样方法，与工程中使用海砂的实际中的做法不相符，且会低估海砂中氯离子的含量。该标准的制样方法为：取经缩分后的样品，在温度 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重，经冷却至室温备用，简称为干砂制样。另一种与实际情况相符合的制样方法是采用湿砂进行制样：先测定砂的含水率 ω_{wc} ，然后根据试验所用的干砂质量 500g，计算得到湿砂的实际用量 $500/(1-\omega_{wc})\text{g}$ ，简称湿砂制样。干砂制样和湿砂制样后的其他试验操作完全相同。

采用 A、B 两个砂样分别用不同水砂比例（质量）淘洗、过滤，获得不同的淡化砂，分别采用两种制样方法测试氯离子含量。试验发现，同样的砂样，湿砂制样测定的氯离子含量比干砂制样的要高 20%~30% 以上（图 1）。而且，无论是海砂原砂还是淡化砂，无论是试验室取样还是海砂净化生产线现场取样，这一规律都明显存在。其主要原因是干砂制样过程会造成氯离子的损失。

在实际生产中使用海砂时，一般不存在烘干的过程，因此，湿砂制样更能准确反映实际情况，且结果偏于安全。试验结果发现，两种制样方法的测试结果存在近似的平行关系，可以视为系统误差进行处理，因此，在不改变《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 干砂制样的试样方法的前提下，可以通过降低氯离子含量的限值来弥补制样方法带来的对砂样氯离子含量的低估。因此，本标准仍采用《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的制样方法，但提高了指标要求。

2 含泥量与泥块含量

《建筑用砂》GB/T 14684 - 2001 对天然砂的含泥量和泥块含量的规定如表 1。

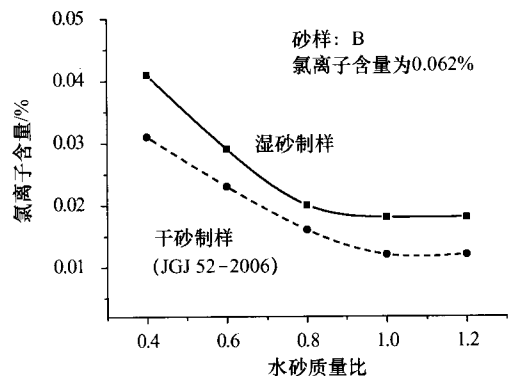
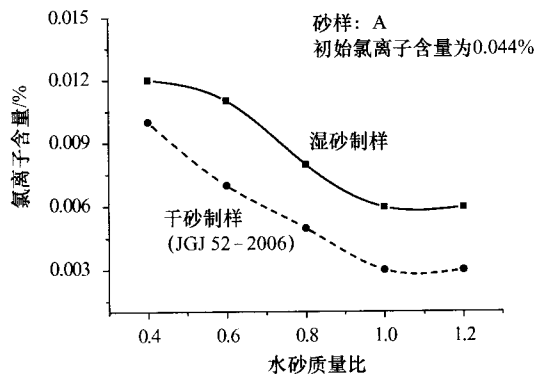


图1 不同制样方法对测定氯离子含量的影响

表1 含泥量和泥块含量

项 目	指 标		
	I类	II类	III类
含泥量(%,按质量计)	<1.0	<3.0	<5.0
泥块含量(%,按质量计)	0	<1.0	<2.0

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52对天然砂中含泥量和泥块含量的规定分别如表2和表3所示。且规定：对于有抗冻、抗渗或其他特殊要求的小于或等于C25混凝土用砂，其含泥量不应大于3.0%。对于有抗冻、抗渗或其他特殊要

求的小于或等于C25混凝土用砂，其泥块含量不应大于1.0%。

表2 天然砂中含泥量

混凝土强度等级	≥C60	C55~C30	≤C25
含泥量(%,按质量计)	≤2.0	≤3.0	≤5.0

表3 天然砂中泥块含量

混凝土强度等级	≥C60	C55~C30	≤C25
泥块含量(%,按质量计)	≤0.5	≤1.0	≤2.0

试验发现，经过净化处理的海砂，易于做到含泥量小于1.0%，泥块含量小于0.5%。此两项指标规定为现有砂、石标准的最严格限值，对于海砂混凝土的质量控制具有重要意义。

3 坚固性

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52根据混凝土所处的环境及其性能要求，将砂的坚固性指标分为两个等级：≤8%和≤10%。本规范考虑到海砂多用于滨海环境，且海砂来源复杂，颗粒表面质地可能较河砂差，所以将坚固性指标规定为较为严格的≤8%。

4 云母、轻物质、硫化物及硫酸盐和有机物含量

《建筑用砂》GB/T 14684-2001对天然砂的云母、轻物质、硫化物及硫酸盐和有机物含量的规定如下表。

表4 有害物质含量

项 目	指 标		
	I类	II类	III类
云母(%,按质量计)	<1.0	<2.0	<2.0
轻物质(%,按质量计)	1.0	1.0	1.0
有机物(比色法)	合格	合格	合格
硫化物及硫酸盐(%,按SO ₃ 质量计)	<0.5	<0.5	<0.5

《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 对天然砂中云母、轻物质、硫化物及硫酸盐和有机物含量的规定如表 5 所示。

表 5 砂中的有害物质含量

项 目	质量指标
云母（%，按质量计）	≤2.0
轻物质（%，按质量计）	≤1.0
硫化物及硫酸盐（%，按 SO ₃ 质量计）	≤1.0
有机物（用比色法试验）	颜色不应深于标准色。当颜色深于标准色时，应按水泥胶砂强度试验方法进行强度对比试验，抗压强度比不应低于 0.95

考虑到海砂混凝土的使用环境和海砂性能，云母、轻物质、硫化物及硫酸盐和有机物含量基本按照现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684 的最高标准进行要求。此外，海砂中硫酸盐含量较低，参照建工的行业标准，硫化物及硫酸盐含量相应取值为 ≤1.0%。

4.1.3 海砂通常比河砂具有更大的碱活性风险，应用前需要进行检验。对于有潜在碱活性的海砂，应采取控制混凝土的总碱含量、掺加可预防破坏性碱-骨料反应的矿物掺合料、使用低碱水泥等措施。这些措施经确认有效后，方能使用。

4.1.4 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 对海砂中的贝壳含量进行了规定，但未对贝壳尺寸进行规定，大贝壳会明显影响混凝土的性能，故对贝壳尺寸进行了规定。《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52-2006 对贝壳含量的规定见表 6。

表 6 海砂中贝壳含量

混凝土强度等级	≥C40	C35~C30	C25~C15
贝壳含量（%，按质量计）	≤3	≤5	≤8

目前宁波、舟山地区经过净化的海砂，其贝壳含量的常见范围是 5%~8%。故 JGJ 52-2006 的规定将在很大程度上限制海

砂的合理使用。试验研究发现，采用贝壳含量在 7%~8% 的海砂可以配制 C60 混凝土，且试验室的耐久性指标良好。从目前取得的贝壳含量对普通混凝土抗压强度和自然碳化深度影响的 10 年数据来看，贝壳含量从 2.4% 增加到 22.0%，抗压强度和自然碳化深度无明显变化。2003 年发布的《宁波市建筑工程使用海砂管理规定》（试行）对贝壳含量有如下规定：混凝土强度等级大于 C60，净化海砂的贝壳含量小于 4.0%；强度等级为 C30~C60，净化海砂的贝壳含量小于（4.0%~8.0%）；强度等级小于 C30，净化海砂的贝壳含量小于（8.0%~10.0%）。根据上述情况，本着审慎的原则，本规范对海砂的贝壳含量进行了新的规定。

4.1.5 海砂的来源和形成过程十分复杂，可能具有放射性危害。用于建筑特别是人居环境中的海砂，需要确保其放射性满足《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的要求。

4.2 其他原材料

4.2.1 硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥有利于降低早期混凝土的孔隙率，并有利于维持混凝土较高的碱性环境，对抗碳化和保护钢筋较为有利。为了控制海砂混凝土中的氯离子含量，对水泥的氯离子含量进行了限制。

4.2.2 采用品质较好的矿物掺合料有利于提高混凝土的密实性，对海砂混凝土的耐久性具有明显的意义。

4.2.4 海砂混凝土拌合用水的氯离子含量比非海砂混凝土更严格。我国台湾地区的混凝土拌合用水氯离子含量的最大限值为 250mg/L。

4.2.5 聚羧酸系减水剂对海砂的敏感性小，配制的海砂混凝土拌合物性能稳定。另外，相比萘系减水剂，聚羧酸系减水剂在混凝土耐久性方面（如抗开裂性能、收缩性能等）具有明显的技术优势。

4.2.6 为了预防海砂引起混凝土结构中的钢筋锈蚀，对于重要工程或重要结构部位，可掺加符合有关标准要求的钢筋阻锈剂。

关混凝土力学性能的规定同样适用于海砂混凝土。

5.3 长期性能与耐久性能

5.3.2 本条规定了无设计要求时,结构用海砂混凝土需要满足的耐久性能基本要求,这也是一般混凝土工程耐久性的主要控制指标。

1 碳化深度

试验证明,碳化深度小于 25mm 的混凝土,其抗碳化性能较好,可以满足大气环境下 50 年的耐久性要求。海砂混凝土系统的试验研究表明:采用普通硅酸盐水泥配制的海砂混凝土,碳化 28d 的碳化深度均小于 25mm;但采用复合硅酸盐水泥,碳化深度要大于 25mm,最大值接近 30mm。规定海砂混凝土的碳化深度不大于 25mm,可保证保护层对钢筋的保护作用。

2 抗硫酸盐等级与抗渗等级

系统的试验研究表明:采用普通硅酸盐水泥并掺加部分矿物掺合料配制的低强度等级的海砂混凝土,其抗硫酸盐等级不低于 KS60,抗渗等级不低于 P8。随着混凝土强度等级的提高,抗硫酸盐侵蚀性能和抗水渗透性能会有明显改善。提出海砂混凝土的抗硫酸盐等级不低于 KS60,抗渗等级不低于 P8,以保证海砂混凝土的耐久性能。

3 抗氯离子渗透性能(电通量法)

《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》对氯盐环境进行了分类,并根据不同的设计使用年限和环境作用等级,规定了混凝土的电通量(56d)等级(见表 7)。另外,该标准还规定氯盐环境和化学侵蚀环境下混凝土的电通量一般不超过 1500C,有的则需要小于 800C 或 1000C。需要说明的是,表 7 的电通量数据是 56d 龄期的测试结果。美国 ASTM C 1202-05 对氯离子电通量的规定如表 8 所示。系统的试验研究表明:掺加部分矿物掺合料,耐久性能较好的低强度等级海砂混凝土 28d 氯离子电通量普遍低于 2500C。海砂的含盐量越高,混凝土的氯离子电通量值越大。

5 海砂混凝土性能

5.1 拌合物技术要求

5.1.2 海砂的盐分含量对混凝土的坍落度损失有影响,坍落度经时损失变异性较大,这是海砂混凝土相比于其他混凝土的一个特点。因此,加强对混凝土坍落度经时损失的控制是海砂混凝土质量控制的重要手段。工程经验表明,混凝土坍落度经时损失不大于 30mm/h,能够满足一般混凝土工程的施工要求。

5.1.3 《混凝土结构设计规范》GB 50010、《预拌混凝土》GB 14902 和《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 均对不同环境中混凝土的氯离子最大含量进行了规定。参照以上标准规范的规定,本规范将环境类别简单清楚地分为四类。本着从严控制的原则,对处于存在氯离子的潮湿环境的钢筋混凝土,水溶性氯离子最大含量一律规定为不超过水泥用量的 0.06%,对于其余环境的钢筋混凝土或素混凝土结构,本规范的限值也明显比其他标准规范严格。

现行行业标准《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270 中提供了混凝土拌合物中氯离子含量的快速测定方法,海砂混凝土拌合物水溶性氯离子含量可以采用该方法进行测定,也可以根据试验条件采取化学滴定法等方法,以及其他精度更高的快速测定方法。我国台湾地区的标准《新拌混凝土中水溶性氯离子含量试验法》CNS 13465 可以作为参考,但要将其测试结果(kg/m^3)换算为水泥用量的质量百分比。

5.2 力学性能

5.2.1、5.2.2 明确了现行国家标准《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 等规范有

根据试验结果并结合已有标准，规定海砂混凝土 28d 氯离子电通量不大于 3000C。

表 7 混凝土的电通量

设计使用年限级别		— (100 年)	二(60 年)、三(30 年)
电通量 (56d), C	<C30	<2000	<2500
	C30~C45	<1500	<2000
	≥C50	<1000	<1500

表 8 基于电通量的抗氯离子渗透性

电通量 (C)	>4000	2000~4000	1000~2000	100~1000	<100
氯离子渗透性评价	高	中等	低	很低	可忽略

4 抗氯离子渗透性能 (RCM 法)

海砂混凝土大多用于滨海环境或沿海地区建筑，控制混凝土氯离子迁移系数，有利于提高海砂混凝土在滨海环境中的耐久性。掺入较多的矿物掺合料，以 84d 龄期的测试值进行规定较为合理。《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 对 RCM 法氯离子迁移系数的等级划分如表 9 所示。系统的试验研究表明：耐久性较好的低强度等级的海砂混凝土，84d 氯离子迁移系数普遍低于 $4.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$ ，故以此值作为下限值。

表 9 混凝土抗氯离子渗透性能的等级划分 (RCM 法)

等级	RCM- I	RCM- II	RCM- III	RCM- IV	RCM- V
氯离子迁移系数 (RCM 法) ($\times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$)	≥4.5	≥3.5 <4.5	≥2.5 <3.5	≥1.5 <2.5	<1.5

5 抗冻性能

《水运工程混凝土质量控制标准》JTJ 269 - 96 对水位变动区有抗冻要求的混凝土进行了规定 (见表 10)。《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62 - 2004 对水位变动区混凝土抗冻等级的要求与表 10 一致。系统试验研究表明：耐久性

良好的低强度等级的海砂混凝土的抗冻等级可高于 F100。因此，对于有抗冻要求的海砂混凝土，抗冻等级最低要求不低于 F100。

表 10 水位变动区混凝土抗冻等级选定标准

建筑所在地区	海水环境		淡水环境	
	钢筋混凝土及 预应力混凝土	素混凝土	钢筋混凝土及 预应力混凝土	素混凝土
严重受冻地区 (最冷月平均 气温低于 -8℃)	F350	F300	F250	F200
受冻地区 (最冷月平均气温 在 -4℃ ~ -8℃ 之间)	F300	F250	F200	F150
微冻地区 (最冷月平均气温 在 0℃ ~ -4℃ 之间)	F250	F200	F150	F100

6 碱-骨料反应

按照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 中规定的混凝土碱-骨料反应试验方法进行试验，52 周混凝土试件的膨胀率不大于 0.04% 即可认为混凝土不存在潜在的碱-骨料反应危害，因此规定海砂混凝土的 52 周混凝土试件膨胀率不大于 0.04%。

6 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.2 与现行国家标准相协调。

6.1.3 《混凝土结构设计规范》GB 50010 关于混凝土中水泥最小用量的规定如表 11 所示,《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 附录 B 中关于混凝土中胶凝材料最小用量如表 12 所示。考虑到海砂混凝土的特性及其使用环境,将胶凝材料最小用量略加提高,以保证海砂混凝土结构的耐久性。另外,海砂混凝土与非海砂混凝土在胶凝材料最大用量方面无本质差异。

表 11 结构混凝土耐久性的基本要求

环境类别	最大水灰比	水泥最小用量 (kg/m³)	最低混凝土强度等级	氯离子最大含量 (%)	最大碱含量 (kg/m³)
—	0.65	225	C20	1.0	不限制
二	a	0.60	250	C25	0.3
	b	0.55	275	C30	0.2
三	0.50	300	C30	0.1	3.0

- 注: 1 氯离子含量系指占水泥用量的百分率;
- 2 预应力构件混凝土中的氯离子最大含量为 0.06%, 水泥最小用量为 300kg/m³; 最低混凝土强度等级应按表中规定提高两个等级;
- 3 素混凝土构件的水泥最小用量不应小于表中数值减 25kg/m³;
- 4 当混凝土中加入活性掺合料或能够提高耐久性的外加剂时, 可适当降低水泥最小用量;
- 5 当有可靠工程经验时, 处于一类和二类环境中的最低混凝土强度等级可降低一个等级;
- 6 当使用非碱活性骨料时, 对混凝土中的碱含量可不作限制。

表 12 单位体积混凝土的胶凝材料用量

最低强度等级	最大水胶比	最小用量 (kg/m³)	最大用量 (kg/m³)
C25	0.60	260	400
C30	0.55	280	
C35	0.50	300	
C40	0.45	320	450
C45	0.40	340	
C50	0.36	360	480
≥C55	0.36	380	500

- 注: 1 表中数据适用于最大骨料粒径为 20mm 的情况, 骨料粒径较大时宜适当降低胶凝材料用量, 骨料粒径较小时可适当增加;
- 2 引气混凝土的胶凝材料用量与非引气混凝土要求相同;
- 3 对于强度等级达到 C60 的泵送混凝土, 胶凝材料最大用量可增大至 530kg/m³。

6.1.4 矿物掺合料的掺量太大会影响混凝土的强度和耐久性, 掺量太小则不经济, 也会影响混凝土性能, 需要通过试配确定。外加剂掺量也需要通过试配确定, 以满足施工和混凝土性能的要求。

6.1.5 为了更好地控制海砂混凝土的氯离子含量, 配合比设计的必要步骤之一就是计算混凝土的氯离子含量, 检查该值是否超过本规范的限值。如果计算值超出限值, 此时一般需要部分更换原材料, 选用氯离子含量更低的产品。根据各种原材料的氯离子含量的检测值 (当没有水溶性氯离子含量的检测值时, 可以采用偏于安全的酸溶值替代), 可以计算出混凝土的氯离子含量。要求计算值不超过本规范表 5.1.3 的限值, 是为了严格控制, 并确保实际混凝土生产中控制到位。

6.1.6 参照《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 中对抗冻混凝土和抗渗混凝土配合比设计参数的规定, 结合目前对冻融环境、氯离子侵蚀环境等条件下混凝土抗冻性能的研究结果和工程经验, 规定了海砂混凝土设计配合比时的含气量的要求。验证试验表明: 在所规定的含气量范围内, 海砂混凝土具有良好的抗冻

性能。

6.1.7 为了节约海砂资源，同时推广人工砂的应用，本规范第3.0.4条推荐人工砂与海砂混合使用。实践经验表明，海砂与人工砂的质量比在 $2/3 \sim 3/2$ 之间，混凝土的各种性能良好，尤其可以有效降低海砂应用的技术风险。

6.1.8 对于重要的工程结构，需要对碱-骨料反应层层设防。粉煤灰和矿渣粉的碱含量计算可按碱含量中对碱-骨料反应有潜在贡献的有效碱计算。

6.2 配制强度的确定

6.2.1 配制强度的计算分两种情况，对于强度等级不大于C60的混凝土，仍按现行配合比设计规程执行；对于强度等级大于C60的高强混凝土，经大量工程实践，采用式(6.2.1-2)为宜。

6.2.2 本规范规定的强度标准差 σ 与有关标准协调，也是大量工程实践的总结。

6.3 配合比计算

6.3.2 质量法即通常所谓的重量法。对于海砂混凝土，采用质量法计算配合比较为合理，且易于操作。若采用绝对体积法计算配合比，则有关材料的计算参数（如材料密度等）需经专门试验加以确定，条件和时间往往难以保证；如果直接采用经验值计算，则误差较大。

6.3.4 海砂中因存在的贝壳等物质，堆积密度略小于河砂。因此，海砂混凝土拌合物的表观密度也受到影响。为了减小配合比设计的误差，根据试验研究，将不同强度等级的海砂混凝土拌合物分成两个表观密度范围。

6.4 配合比试配、调整与确定

6.4.1 海砂混凝土的配合比试配、调整与确定，在操作上与普通混凝土无异。

6.4.2 海砂混凝土中的贝壳和轻物质等使得海砂的吸水率略高于河砂，这是影响拌合物性能的重要因素，也是海砂混凝土区别于非海砂混凝土的特点之一。

6.4.3 由于海砂混凝土的特点，调方工作一般是不可少的。

6.4.4 规定了何种情况下应对配合比计算方量进行调整。

6.4.5 在海砂混凝土的配合比设计过程中，需要检测拌合物的水溶性氯离子含量，符合本规范的规定才能用于工程中。

6.4.6 本条强调在配合比试配过程中应包括混凝土耐久性能验证试验的工作内容，这对海砂混凝土尤为重要。

7 施 工

7.1 一 般 规 定

7.1.1 海砂混凝土施工的总体要求与普通混凝土无异，执行相应的标准规范即可。

7.1.2 本条规定了海砂混凝土施工中的质量控制要求。

7.2 海砂混凝土的制备、运输、浇筑和养护

7.2.1 预拌混凝土是现代混凝土生产的最佳方式，有利于混凝土质量控制和环境保护。海砂混凝土优先选择预拌方式生产。

7.2.3 现代混凝土的掺合料和外加剂较为复杂，为保证混凝土的均匀性，宜采用双卧轴强制式搅拌机进行拌合。由于混凝土原材料性能与生产条件差异较大，生产时可根据实际情况调整到适宜的拌合时间，保证拌合均匀即可。当采用较细的海砂和（或）粉剂外加剂配制混凝土时，需要适当延长搅拌时间。

7.2.4、7.2.5 海砂的含水率变化对混凝土性能影响极大，通过加强测试，及时发现变化情况，适时调整配合比。海砂的含水率较高，且与含盐量密切相关，含水率的不均匀会影响海砂混凝土的质量。因此，采取保证含水率均匀的措施是必要的。

7.2.6 海砂混凝土的运输、浇筑、养护与普通混凝土无异，按照相应规范和标准执行即可。

8 质量检验和验收

8.1 混凝土原材料质量检验

8.1.2 本条规定了海砂混凝土原材料的进场要求。

8.1.3 本条规定了海砂等原材料的检验项目。

8.1.4 本条规定了海砂等原材料的检验规则。

8.2 混凝土拌合物性能检验

8.2.1 计量仪器和系统的正常是混凝土质量控制的基本前提。因计量仪器故障出现的工程事故并不少见，因此，本条规定了计量仪器的检查频率，以确保计量的精准性。

8.2.2 海砂混凝土拌合物质量控制是关键环节之一。本条规定了拌合物检验项目及其检验地点。

8.2.3 本条规定了海砂混凝土拌合物有关性能检验的频率。

8.2.4 本条为评定的规定。

8.2.5 海砂混凝土拌合物性能出现异常，可能是使用海砂的原因，也可能是其他方面的原因，需要及时分析，然后做出针对性处理。

8.3 硬化混凝土性能检验

8.3.1 本规范的第 5.2 和 5.3 节分别对海砂混凝土的力学性能、长期性能和耐久性能进行了较为全面的规定，但这些项目并非都需要检验。具体的检验项目需要根据设计要求而定。

8.3.2 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ /T 193 未对混凝土长期性能的检验作出规定，但其中的耐久性检验规则可以适用于长期性能的检验。

8.4 混凝土工程验收

8.4.1 海砂混凝土工程验收的一般要求与非海砂混凝土工程无异。

8.4.2 本条强调需将海砂混凝土的长期性能和耐久性能作为验收的主要内容之一。