

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ××-200×

海砂混凝土应用技术规范

Technical specification for sea sand concrete

(送审稿)

200×-××-××发布

200×-××-××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 specification for sea sand concrete

(送审稿)

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：200×年×月×日

中国建筑工业出版社

200× 北京

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;附录A 海砂混凝土拌合物氯离子含量快速测定方法。

本规范由住房和城乡建设部负责管理,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》标准管理组(地址:北京市北三环东路30号,邮政编码:100013;电子邮件:cabrconcrete@vip.163.com)。

本标准主编单位: 中国建筑科学研究院、浙江中联建设集团有限公司

本标准参编单位: 舟山弘业预拌混凝土公司

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

本标准主要起草人: 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:

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	6
5.1	拌合物技术要求	6
5.2	力学性能	6
5.3	长期性能与耐久性能	6
6	配合比设计	8
6.1	基本要求	8
6.2	配合比设计步骤	9
6.3	配制强度的确定	9
6.4	配合比计算	10
6.5	配合比试配、调整与确定	10
7	施工	12
7.1	一般规定	12
7.2	海砂混凝土的制备、运输、浇筑和养护	12
8	质量检验和验收	13
8.1	混凝土原材料质量检验	13
8.2	混凝土拌合物性能检验	13
8.3	硬化混凝土性能检验	14
8.4	混凝土工程验收	14
附录 A	海砂混凝土拌合物氯离子含量快速测定方法	15

本标准用词说明.....	17
引用标准名录.....	18
条文说明.....	19

CONTENT

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	6
5.1	Technical requirements of mixtures	6
5.2	Mechanical performance	6
5.3	Long-term performance and durability	6
6	Mix design	8
6.1	Basic requirements	8
6.2	Procedure of mix design	9
6.3	Determination of compounding strength	9
6.4	Calculation of mix proportion	10
6.5	Trial mix and adjustment and determination of mix proportion	10
7	Construction	12
7.1	General requirements	12
7.2	Preparation, transporting, casting and curing of sea sand concrete	12
8	Quality inspection and acceptance	13
8.1	Quality inspection of concrete raw materials	13
8.2	Property inspection of concrete mixture	13
8.3	Property inspection of hardened concrete	14
8.4	Acceptance of concrete engineering	14
	Appendix A Rapid test method for chloride ion content in fresh sea concrete	15
	Explanation of wording in this specification	17
	Normative standard list	18
	Explanation of provisions	19

1 总则

- 1.0.1 为规范海砂混凝土在建设工程中的应用，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的海砂混凝土的设计、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的规定外，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的砂，包括滩砂、海底砂和入海口附近的砂。本规范特指经过净化处理、符合本规范技术要求的海砂。

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

掺有海砂作为细骨料的混凝土。

2.0.5 净化处理 cleaning treatment

本规范特指采用专用设备对海砂进行淡水淘洗并使之符合标准要求的生产过程。

3 基本规定

3.0.1 海砂必须经过净化处理，满足本规范要求后，方可用于配制混凝土。（强制性条文）

3.0.2 海砂混凝土不得用于预应力混凝土结构。

3.0.3 配制海砂混凝土时，宜采用海底砂，并宜与人工砂混合使用。

4 原材料

4.1 海砂

4.1.1 配制混凝土的海砂的颗粒级配应满足表 4.1.1 的要求,宜选用 II 区砂,泵送混凝土宜选用中砂。砂的实际颗粒级配与表 4.1.1 中所列数字相比,除 4.75mm 和 600 μ m 筛档外,可以略有超出,但超出总量应不大于 5%。

表 4.1.1 海砂的颗粒级配

累计筛余 (%) 方孔筛筛孔边长	级配区		
	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
600 μ m	85~71	70~41	40~16
300 μ m	95~80	92~70	85~55
150 μ m	100~90	100~90	100~90

4.1.2 海砂的质量要求应符合表 4.1.2 的规定。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
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
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 (% , 按SO ₃ 质量计)	≤ 1.0
有机物含量	符合JGJ52的要求

4.1.3 应按照现行国家标准《建筑用砂》GB/T 14684 的规定对海砂进行碱活性检验。当采用有潜在碱活性的海砂时,应采取预防碱-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 的规定。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。

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，粒化高炉矿渣粉级别不宜低于 S95 级。粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等质量应分别符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 和《矿物掺合料应用技术规范》GB/T XXX 的有关规定。

4.2.3 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 的有关规定。

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 500mg/L。

4.2.5 海砂混凝土宜采用聚羧酸系减水剂，其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。外加剂应符合《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。

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，并应符合现行行业标准《钢筋阻锈剂应用技术规程》JGJ ×× 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 海砂混凝土拌合物氯离子含量不得大于本规范表 6.1.5 的规定。海砂混凝土拌合物的氯离子含量宜按照本规范附录 A 的方法进行测量，也可采用其他精度更高的测试方法进行测量。

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、轴心抗拉疲劳强度设计值、疲劳变形模量等设计取值应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

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》GBJ 107 进行评定，并应满足设计要求。

5.2.3 海砂混凝土轴心抗压强度和弹性模量等其他力学性能应按照《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。

5.3 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 结构用海砂混凝土的耐久性能应满足表 5.3.2 的基本要求，并应满足设计要求。

表 5.3.2 海砂混凝土耐久性能基本要求

耐久性项目		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 ($10^{-12}m^2/s$)	≤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《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 基本要求

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，满足设计和施工要求的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能，并以提高混凝土密实性和控制氯离子含量为原则。

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 海砂混凝土的最小胶凝材料用量应符合表 6.1.3 的规定。海砂混凝土的最大胶凝材料用量不宜超过 550kg/m^3 。配制 C15 及其以下强度等级的混凝土，可不受表 6.1.3 的限制。

表 6.1.3 海砂混凝土的最小胶凝材料用量

最大水胶比	最小胶凝材料用量 (kg/m^3)	
	素混凝土	钢筋混凝土
0.60	250	280
0.55	280	300
0.50	320	
0.45	350	

注：胶凝材料用量系指水泥用量和矿物掺合料用量之和。

6.1.4 矿物掺合料掺量和外加剂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 在配合比设计中，应根据各原材料氯离子含量计算海砂混凝土的氯离子含量，并应符合表 6.1.5 的规定；还应按照本规范第 5.1.3 条规定的方法测试拌合物的氯离子含量予以确认。当海砂批次发生变化时，相同配合比也应重新测试拌合物的氯离子含量。

表 6.1.5 海砂混凝土中最大氯离子含量

环境条件	最大氯离子含量(%，胶凝材料用量的质量百分比)	
	钢筋混凝土	素混凝土
干燥或有防潮措施的环境	0.3	0.3
潮湿但不含氯离子的环境	0.1	
潮湿而含有氯离子的环境	0.06	
腐蚀环境	0.06	

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等环境时应掺用引气剂，混凝土含气量宜为 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，混凝土中最大碱含量（以 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ 计）不宜大于 3.0 kg/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值的 1/6，矿渣粉碱含量计算可取矿渣粉碱含量测值的 1/2。

6.1.9 海砂混凝土在生产过程中应跟踪测试海砂含水率，并适时调整配合比。

6.2 配合比设计步骤

6.2.1 海砂混凝土配合比设计应按照下列步骤进行：

- 1 计算混凝土的配制强度；
- 2 计算混凝土配合比；
- 3 按照计算配合比，经过试拌提出满足混凝土工作性要求的试拌配合比；
- 4 在试拌配合比的基础上，经试配与调整提出满足强度要求和耐久性要求的设计配合比；
- 5 对设计配合比进行生产适应性调整，确定施工配合比。

6.3 配制强度的确定

6.3.1 海砂混凝土的配制强度应按下列规定进行计算：

- 1 当设计强度等级小于或等于 C60 时，配制强度应按下式计算：

$$f_{\text{cu},0} > f_{\text{cu},k} + 1.645\sigma \quad (6.3.1-1)$$

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，这里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，配制强度应按下式计算：

$$f_{\text{cu},0} \geq 1.15f_{\text{cu},k} \quad (6.3.1-2)$$

6.3.2 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 应采用下列公式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{fcu}^2}{n-1}} \quad (6.3.2)$$

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, 应按照计算结果取值; 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。

2 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 6.3.2 取值。

表 6.3.2 标准差 σ 值 (MPa)

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

6.4 配合比计算

6.4.1 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。

6.4.2 海砂混凝土配合比计算宜采用重量法。

6.4.3 海砂混凝土配合比计算中骨料应以干燥状态质量为基准。

6.4.4 对于计算中每立方米混凝土拌合物的假定重量取值, 混凝土强度等级不大于 C35 时, 可在 2300kg~2400kg 范围内取值; 混凝土强度等级大于 C35 时, 可在 2350kg~2450kg 范围内取值; 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。

6.5 配合比试配、调整与确定

6.5.1 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。

6.5.2 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。

6.5.3 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 :

$$\delta = \frac{\rho_{c,t}}{\rho_{c,c}} \quad (6.5.3)$$

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 。

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和施工配合比。

6.5.4 海砂混凝土配合比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, 对设计和本规范第 5.3.2 条提出的混凝土耐久性项目进行检验和评定, 合格的配合比方可确定为设计配合比和施工配合比。

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《混凝土结构工程施工规范》GB XXX 和《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 海砂混凝土的生产方式宜采用预拌混凝土。当需要在现场搅拌混凝土时，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检查以确保工作正常。每盘原材料计量的允许偏差应符合表 7.2.2 的规定；当采用聚羧酸系高性能减水剂，其计量允许偏差宜为 $\pm 0.5\%$ 。

表 7.2.2 各种原材料计量的允许偏差

原材料种类	每盘计量允许偏差（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	$\pm 2\%$

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，雨天应随时抽测。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《混凝土结构工程施工规范》GB XXX 和《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，外加剂产品还应提供使用说明书。

8.1.2 原材料进场后，应进行进场检验；在混凝土生产过程中，还应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以下规定：

- 1 海砂应包括氯离子含量、颗粒级配、细度模数、贝壳含量、含泥量和泥块含量。
- 2 其他原材料应按各种原材料在混凝土中应用的有关标准执行。

8.1.4 原材料的检验规则应符合以下规定：

1 海砂应按每 400m³ 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（袋装水泥每 200t）为一个检验批；粉煤灰或粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料应按每 200t 为一个检验批；砂、石骨料应按每 400m³ 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，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 制备系统各种计量仪器设备应经标定合格后方可使用，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，检验结果应符合本规范第 7.2.2 条的规定。

8.2.2 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，并应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检验；氯离子含量应在浇筑地点取样检验。

8.2.3 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；对于同一工程、同一配合比的海砂混凝土，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 海砂混凝土拌合物性能出现异常，应及时找出问题的原因，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 海砂混凝土的力学性能、长期性能和耐久性能的检验应符合本规范第 5.2 和 5.3 节的规定，并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》GBJ 107 的规定，其他力学性能检验应符合工程要求和有关标准的规定；

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 XXX 的规定；

3 长期性能检验规则可按现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ XXX 的规定执行。

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《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，如有不合格的项目，应组织专家进行专项评审并提出处理意见。

附录 A 海砂混凝土拌合物氯离子含量快速测定方法

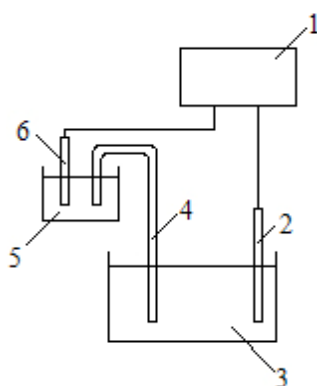
A.0.1 本方法适用于快速检验海砂混凝土拌合物的氯离子含量。

A.0.2 仪器设备应符合以下规定：

1 氯离子选择电极的测量范围应为 $5 \times 10^{-5} \sim 10^{-2} \text{mol/L}$ ，pH 值范围应为 2~12，响应时间应 $\leq 2 \text{min}$ ，温度范围应为 $(5 \sim 35) \text{ }^\circ\text{C}$ ；

2 参比电极应采用饱和甘汞电极，盐桥应充 0.1mol/L 的 KNO_3 或 NaNO_3 溶液；

3 电位测量仪器所用的酸度计、恒电位仪、伏特计或电位差计的分辨值应为 mv ，输入阻抗不应小于 $7 \text{M}\Omega$ 。



1-电位测量仪；2-氯离子选择电极；3-被测液；4-盐桥；5- KNO_3 或 NaNO_3 溶液；6-甘汞电极

图 A.0.2 测量示意图

A.0.3 电位—氯离子浓度关系曲线的建立应按以下试验步骤进行：

1 把氯离子选择电极放入由蒸馏水(或去离子水)配制的 0.001mol/L NaCl 溶液中活化 2h；

2 用蒸馏水(或去离子水)配制 $5.5 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ 和 $5.5 \times 10^{-4} \text{mol/L}$ 两种 NaCl 标准溶液各 250mL；

3 将氯离子选择电极和甘汞电极（通过盐桥），插入 $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 的两种 NaCl 标准溶液中，经 2min 后用电位测量仪测两电极之间电位值(见图 A.0.3)。将两值标点在 E-IgC 半对数坐标上，其连接线即为电位-氯离子浓度关系曲线。

A.0.4 海砂混凝土拌合物的氯离子含量测定应按以下步骤进行：

1 把氯离子选择电极放入以蒸馏水（或去离子水）配制的 0.001mol/L NaCl 溶液中活 1h；

2 从混凝土拌合物中取出 600g 左右砂浆放入烧杯中，量测温度，插入氯离子选择电极和甘汞电极（通过盐桥），测定其电位，并按温度每增加 $1 \text{ }^\circ\text{C}$ ，电位向负移动 1mV

的比率对电位值进行温度校正；

3 从 E-lgC 曲线推算得相应混凝土拌合物液相的氯离子浓度。

A.0.5 混凝土氯离子含量应按下列式计算：

$$P_c = C_{Cl^-} \times \frac{\beta}{1000} \times 35.5 \times 100\% \quad (\text{A.0.5})$$

式中 P_c ——混凝土拌合物的氯离子含量，以胶凝材料的质量百分比计(%)；

C_{Cl^-} ——相应混凝土拌合物液相的氯离子浓度(mol/L)；

β ——混凝土的水胶比。

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：
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. 《混凝土强度检验评定标准》GBJ 107
2. 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
3. 《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077
4. 《混凝土结构设计规范》GB 50010
5. 《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119
6. 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
7. 《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081
8. 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082
9. 《混凝土质量控制标准》GB 50164
10. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
11. 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
12. 《矿物掺合料应用技术规范》GB/T XXX
13. 《混凝土结构工程施工规范》GB XXX
14. 《通用硅酸盐水泥》GB 175
15. 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
16. 《混凝土外加剂》GB 8076
17. 《建筑用砂》GB/T 14684
18. 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
19. 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52
20. 《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55
21. 《建筑砂浆基本性能试验方法标准》JGJ/T 70
22. 《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ XXX
23. 《混凝土用水标准》JGJ 63
24. 《聚羧酸系高性能减水剂》JG/T 223
25. 《钢筋阻锈剂应用技术规程》JGJ XXX

中华人民共和国行业标准

海砂混凝土应用技术规范
Technical Specification for Sea Sand Concrete

JGJ/T XXX—20XX

条文说明

制订说明

《海砂混凝土应用技术规范》(JGJ/T XXX—XXXX), 经住房和城乡建设部 20XX 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	22
2	术语	23
3	基本规定	24
4	原材料	25
4.1	海砂	25
4.2	其他原材料	28
5	海砂混凝土性能	29
5.1	拌合物技术要求	29
5.2	力学性能	29
5.3	长期性能与耐久性能	29
6	配合比设计	32
6.1	基本要求	32
6.2	配合比设计步骤	34
6.3	配制强度的确定	34
6.4	配合比计算	35
6.5	配合比试配、调整与确定	35
7	施工	36
7.1	一般规定	36
7.2	海砂混凝土的制备、运输、浇筑和养护	36
8	质量检验和验收	37
8.1	混凝土原材料质量检验	37
8.2	混凝土拌合物性能检验	37
8.3	硬化混凝土性能检验	37
8.4	混凝土工程验收	37
附录 A	海砂混凝土拌合物氯离子含量快速测定方法	38

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，我国海砂的应用在 20 世纪 90 年代以来有了较大规模的发展。海砂混凝土的应用，国内外均走过弯路，在混凝土耐久性方面付出过沉重的代价。本规范的目的是：从严控制、确保工程质量。

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 本规范的适用范围可包含建工和其他建设行业中使用的海砂混凝土。

2 术语

2.0.1 建设工程中应用的海砂大致可分为滩砂和海底砂，其中以海底砂为主。海砂未经净化处理，会造成钢筋锈蚀等混凝土结构的耐久性问题，故本规范针对的海砂是指经过净化处理、符合本规范技术要求的海砂。

2.0.2 出于环境保护的考虑，提倡限制使用滩砂。

2.0.3 目前海砂主要来源于浅海地区，一般属于陆源砂。

2.0.4 但凡掺有海砂的混凝土，无论掺加比例多少，都视为海砂混凝土。本规范所涉及的海砂混凝土，所用海砂均特指经过净化处理的砂。

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。

3 基本规定

3.0.1 从海洋环境中获得的海砂，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耐久性，导致严重的工程质量问题甚至酿成事故。海砂的净化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。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。海砂在建设工程中的应用，应本着对历史负责、对人民负责的十分审慎的态度，并鉴于我国目前的质量管理的现实状况，确保海砂应用的安全性和科学性。因此，本规范规定海砂必须经过净化处理才能用于配制混凝土。

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 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，本着结构安全的原则，本规范规定预应力结构不得使用海砂混凝土。

3.0.3 海砂主要包括海滩砂和海底砂。开采滩砂会破坏海岸线及其周边的生态环境，甚至会影响到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，用滩砂的混凝土的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 80~90 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，通常与人工砂混合使用。在应用中，天然砂石的使用效果通常比人工砂（机制砂）好，因为天然砂石的表面形貌较为圆滑，骨料堆积紧密，空隙低，混凝土的工作性较好。然而天然砂产量日趋减少，机制砂是未来建筑用砂的必然趋势。人工砂与海砂混合使用，既可改善混凝土性能，又可以节约天然砂资源。

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》 JGJ52 和《建筑用砂》 GB/T148684 要求一致。

4.1.2 本条对海砂几个重要的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 或取该标准中最严格的限值。

(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《预拌混凝土》 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 A 2029 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 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±5）℃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 $500/(1-\omega_{wc})$ 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。

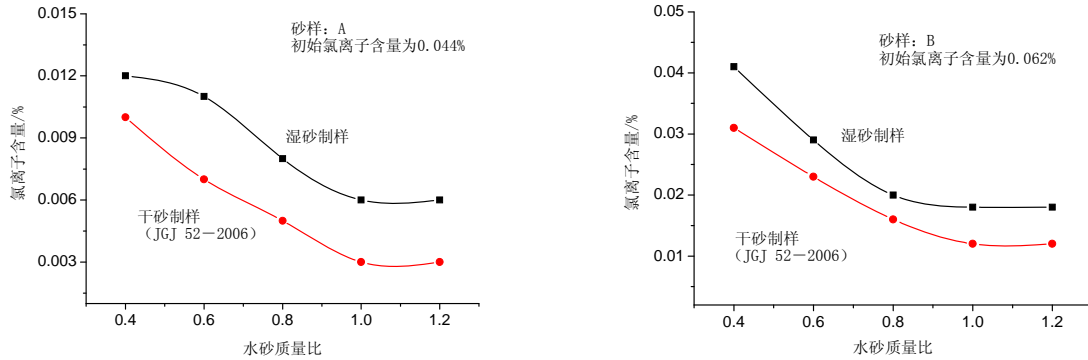


图1 不同制样方法对测定氯离子含量的影响

而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情况下，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 148684-2001 对天然砂的含泥量和泥块含量的规定如表 1。

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。

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

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%。

表3 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

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%。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，对于海砂而生产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： $\leq 8\%$ 和 $\leq 10\%$ 。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 $\leq 8\%$ 。

(4) 云母、轻物质、硫化物及硫酸盐和有机物含量

《建筑用砂》GB/T148684-2001 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。当颜色深于标准色是，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标准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 $\leq 1.0\%$ 。

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，故对尺寸进行规定。

《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。并且规定：对于有抗冻、抗渗或其他特殊要求的强度等级不大于 C25 混凝土用砂，贝壳含量不应大于 5%。

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。

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

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保持混凝土中的碱性环境，对抗碳化和保护钢筋较为有利。

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规定严格。

4.2.5 聚羧酸系减水剂对海砂的敏感性小，海砂混凝土拌合物的性能稳定。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，可掺加钢筋阻锈剂，其技术性能满足相应的标准规定。

5 海砂混凝土性能

5.1 拌合物技术要求

5.1.2 海砂中盐分含量对海砂混凝土的坍落度损失影响较大，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 本规范附录 A 提供了混凝土拌合物的水溶性氯离子含量的快速测定方法。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) 换算为胶凝材料的质量百分比。

5.2 力学性能

5.2.1~5.2.3 明确现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《混凝土强度检验评定标准》GBJ 107 等规范有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 本条规定的耐久性能项目为一般混凝土工程的主要控制指标。

(1) 碳化深度

试验证明，碳化深度小于 25mm 的混凝土，其碳化性能较好，可以满足大气环境下 50 年的耐久性要求。通过对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，其抗硫酸盐等级不小于 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小于 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 1500 C，有的则需要小于 800C 或 1000 C。需要说明的是，表 8 的电通量数据是在 56d 的测试结果。美国 ASTM C 1202-05 对氯离子电通量的规定如表 7 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。海砂盐含量越高，混凝土的氯离子电通量值越大。根据试验结果，同时结合

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		一(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。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》(报批稿)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。

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，建议海砂混凝土的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 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 基本要求

6.1.1 本规范要求的海砂混凝土，配合比设计不仅应符合一般技术要求，还应根据海砂混凝土的使用环境和特点，考虑提高混凝土的密实性和有效控制氯离子含量。

6.1.2 与现行标准相协调。

6.1.3 《混凝土结构设计规范》GB 50010 第 3.4 节中关于混凝土中最小水泥用量如表 11 所示，《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 附录 B 中关于混凝土中最小胶凝材料用量如表 12 所示。考虑到海砂混凝土的特性及其使用环境，将最小胶凝材料用量略加提高，以保证海砂混凝土结构的耐久性。

表11 结构混凝土耐久性的基本要求

环境类别	最大水灰比	最小水泥用量 (kg/m ³)	最低混凝土强度等级	最大氯离子含量(%)	最大碱含量 (kg/m ³)	
一	0.65	225	C20	1.0	不限制	
二	a	0.60	250	C25	0.3	3.0
	b	0.55	275	C30	0.2	3.0
三	0.50	300	C30	0.1	3.0	

说明：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最大氯离子含量为 0.06%，最小水泥用量为 300kg/m³；最低混凝土强度等级应按表中规定提高两个等级；
 3、素混凝土构件的最小水泥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，可适当降低最小水泥用量；
 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/m ³)	最大用量 (kg/m ³)
C25	0.60	260	400
C30	0.55	280	
C35	0.50	300	
C40	0.45	320	450
C45	0.40	340	480
C50	0.36	360	
≥C55	0.36	380	

说明：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。

另外，海砂混凝土与非海砂混凝土在最大胶凝材料用量方面差异较小。

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，以满足施工要求。

6.1.5 《混凝土结构设计规范》GB 50010 中关于环境分类和混凝土中最大氯离子含量的规定如表 13 和表 11 所示；《预拌混凝土》GB 14902 中对环境分类和最大氯离子含量的规定如表 14 所示；《混凝土结构耐久性设计规范》GB 50476 中对环境等级分类如表 15 所示，对氯离子含量的规定如表 16 所示；《混凝土质量控制标准》GB50164 中对环境类别和氯离子含量限制值如下：混凝土拌合物中的氯化物总含量以氯离子质量计应符合下列规定：

- 一、对素混凝土不得超过水泥质量的 2%；
- 二、对处于干燥环境或有防潮措施的钢筋混凝土不得超过水泥质量的 1%；
- 三、对处在潮湿而不含有氯离子环境中的钢筋混凝土不得超过水泥质量的 0.3%；
- 四、对在潮湿并含有氯离子环境中的钢筋混凝土不得超过水泥质量的 0.1%；
- 五、预应力混凝土及处于易腐蚀环境中的钢筋混凝土不得超过水泥质量的 0.06%。

表13 混凝土结构的环境类别

环境类别		条件
一		室内正常环境
二	a	室内潮湿环境；非严寒和非寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
	b	严寒和寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境
三		使用除冰盐的环境；严寒和寒冷地区冬季水位变动的环境；滨海室外环境
四		海水环境
五		受人为或自然的侵蚀性物质影响的环境

说明：严寒和寒冷地区的划分应复合国家现行标准《民用建筑热工设计规程》JGJ 24 规定。

表14 氯离子总量的最高限值

混凝土类型及其所处环境类别	最大氯离子含量 (%)
素混凝土	2.0
室内正常环境下的钢筋混凝土	1.0
室内潮湿环境；非严寒和非寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境下的钢筋混凝土	0.3
严寒和寒冷地区的露天环境、与无侵蚀性的水或土壤直接接触的环境下的钢筋混凝土	0.2
使用除冰盐的环境；严寒和寒冷地区冬季水位变动的环境；滨海室外环境下的钢筋混凝土	0.1
预应力混凝土构件及设计使用年限为 100 年的室内正常环境下的钢筋混凝土	0.06

说明：氯离子含量系指其占所用胶凝材料（含替代水泥量的矿物掺合料）质量的百分率

表15 环境类别

环境类别	名称	腐蚀机理
I	一般环境	保护层混凝土碳化引起钢筋锈蚀
II	冻融环境	反复冻融导致混凝土损伤

III	海洋氯化物环境	氯盐引起钢筋锈蚀
IV	除冰盐等其他氯化物环境	氯盐引起钢筋锈蚀
V	化学腐蚀环境	硫酸盐等化学物质对混凝土的腐蚀

表16 混凝土中氯离子的最大含量（水溶值）

环境作用等级	构件类型	
	钢筋混凝土	预应力混凝土
I-A	0.3%	0.06%
I-B	0.2%	
I-C	0.15%	
III-C、III-D、III-E、III-F	0.1%	
IV-C、IV-D、IV-E	0.1%	
V-C、V-D、V-E	0.15%	

说明：对重要桥梁等基础设施，各种环境下氯离子含量均不应超过 0.08%。

参照以上标准规范的规定，本规范将环境类别简单清楚的分为四类。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，氯离子含量限制值一律规定为不超过胶凝材料总量的 0.06%，对于其余环境的钢筋混凝土或素混凝土结构，标准的规定值也明显的比其他标准规范严格。

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 条建议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 2/3~3/2 之间，混凝土的各种性能良好，尤其可以大大减少海砂的不良作用。

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。

6.1.9 海砂含水率普遍较高，不均匀性比较明显，对配合比用水量的调整影响很大，而且海砂的含盐量与含水率有密切关系。因此，为了保证海砂混凝土的质量稳定，需要监测混凝土生产应用过程中海砂的含水率变化。

6.2 配合比设计步骤

6.2.1 本条规定了海砂混凝土配合比设计应遵照的基本步骤。

6.3 配制强度的确定

6.3.1 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，将传统的计算公式中的等于号改为大于号，表明从试验室到现场过程中可能产生的不利情况；对于强度等级大于 C60 的高强混凝土，经大量工程实践，采用 6.3.1-2 式为宜。

6.3.2 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。

6.4 配合比计算

6.4.2 对于海砂混凝土，采用重量法计算配合比相对比较合理，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；直接采用经验值计算，则误差较大。

6.4.4 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。

6.5 配合比试配、调整与确定

6.5.1 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。

6.5.2 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。

6.5.3 由于海砂混凝土的特点，调方工作一般是不可少的。

6.5.4 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。海砂混凝土宜优先选择预拌方式生产。

7.2.2 混凝土拌合物性能对聚羧酸系高性能减水剂的掺量变化比较敏感，主要由于其减水率高。当采用减水率较高的产品时，提高计量精度，有利于控制海砂混凝土的拌合物性能。

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。在拌合时间控制上，一般控制在 60s~90s。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。海砂较细和（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 含水率变化对混凝土的性能影响极大，通过加强测试，及时发现变化情况，适时调整。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验频率，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 XXX 未对混凝土长期性能的检验做出规定，但其中的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。

附录 A 海砂混凝土拌合物氯离子含量快速测定方法

本方法根据现行行业标准《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，做了必要的文字性修订而成，属于等同采用。