

编者按:在我国东部沿海地区,随着工程建设规模的扩大,河砂资源日渐匮乏。因此,科学、规范、合理地使用当地的海砂资源生产混凝土,对当地的经济的发展具有重大的现实意义。然而,如果缺乏技术和相关规范的指导,误用、偷用海砂必将给建筑的耐久性和安全性埋下巨大隐患。为规范海砂混凝土的应用,保证工程质量,中国建筑科学研究院会同有关单位依托“十一五”课题的研究成果,编制了行业工程标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206-2010。该标准于 2010 年 12 月 1 日起实施。本文就该标准的编制背景、意义、原则、特点以及对一些重要技术指标的要求等,进行了详细解读,以供读者参考。

《海砂混凝土应用技术规范》的技术特点

冷发光^{1,2} 丁威¹ 周永祥^{1,2} 周岳年³ 纪宪坤¹ 王晶¹

(1.中国建筑科学研究院建筑材料研究所,北京 100013 2.全国混凝土标准化技术委员会,北京 100013;
3.舟山弘业预拌混凝土有限公司,浙江 舟山 316012)

【摘要】介绍了《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206-2010 制定的背景和工作基础,解析了“从严控制”的原则及其在标准条文中的具体体现,并对其若干特点,如突出海砂混凝土的耐久性、适当放宽海砂的贝壳含量、遵循普通混凝土的结构设计原则以及在质量检验与验收中强调耐久性等进行了阐述。

【关键词】海砂 海砂屋 混凝土 规范 耐久性

【中图分类号】TU504

【文献标识码】B

【文章编号】1671-3702(2011)01-0012-05

Technical Characteristics of “Technical Code for Application of Sea Sand Concrete”

LENG Fa-guang^{1,2} DING Wei¹ ZHOU Yong-xiang^{1,2} ZHOU Yue-nian³ JI Xian-kun¹ WANG Jing¹
(1.China Academy of Building Research, Beijing 100013, China; 2.National Technical Committee on Concrete of Standardization Administration of China, Beijing 100013, China; 3.Zhoushan Hongye Premixed Concrete Co., Ltd., Zhoushan 316012, China)

Abstract: The background and base work of “Technical Code for Application of Sea Sand Concrete” was introduced. The principle of “control strictly” was analyzed and embodied in the articles of the code. For some characteristics was expatiated, such as give prominence to the durability of sea sand concrete, broaden the content of shell adequately, follow the principle of structure design of common concrete, and emphasize the lifetime during quality test and accept.

Keywords: sea sand; sea sand house; concrete; code; durability

1 海砂使用中存在的问题及控制的必要性

目前,我国年生产水泥混凝土约 25 亿 m³,加上砂浆及其他用途,每年需要 30 亿 t 以上的建筑用砂。建筑用砂的来源,早期一般以河(江)砂为主。但是,如此大规模用砂持续多年后,许多地方已经出现河(江)砂

资源匮乏的情况,同时,为防止河(江)砂的过度开采对自然景观和生态环境带来严重破坏,各地已逐渐采取措施加以限制。在我国东部沿海地区,人口稠密、经济发达,工程建设量大,当河(江)砂资源出现供给不足时,又没有其他砂源替代(如内陆地区可以使用山砂或机制砂等替代),远距离运输河(江)砂又会大大提高工程造价。与国外许多国家的做法一样,在陆砂资源短缺的情况下,人们开始将注意力转向了当地砂源——海砂。因此,沿海地区开采利用海砂是经济发展的客观需

基金项目:“十一五”科技支撑计划课题“高强高性能混凝土应用技术研究”(2008BAE61B05)

作者简介:冷发光,男,博士,研究员,全国混凝土标准化技术委员会(SAC/TC 458)秘书长,目前担任中国建筑科学研究院建筑材料研究所总工程师,建研建材有限公司副总经理兼总工程师。

要和历史发展的必然。

英国、丹麦、挪威、瑞典、比利时、加拿大、澳大利亚、新西兰、日本、韩国、土耳其和印度等国家以及我国的台湾地区，在海砂应用于工程建设方面已有多年的历史和应用经验。尤其是河砂、陆砂资源短缺的日本，早在 20 世纪 40 年代就已经开始利用海砂配制混凝土了，特别是 20 世纪 80 年代到 90 年代，日本海砂的利用量所占建筑用砂的比例高达 30%。

我国东、南两向与海洋相连，拥有长达 18000km 的海岸线，海砂资源丰富，各类砂体面积达 34.2 万 km²，浅海海砂储量约 1.6 万亿 t。20 世纪 30~40 年代，我国局部地区曾将海砂用于临时建筑，70 年代末，个别沿海城市开始出现使用海砂的建筑结构，但规模较小。对海砂的开采利用，在近 10 多年得到了迅速发展。国内较早大规模使用海砂的是宁波、舟山和深圳等地区。目前，宁波、舟山地区的建筑用砂 90% 以上为海砂。

海砂含泥量低、粒形优良、细度均匀，适合配制混凝土。然而，海砂含有较高的氯盐、贝壳和轻物质等有害物质。未经净化处理的海砂容易造成混凝土中的钢筋过早锈蚀，给建筑工程埋下严重的质量隐患。国内外因滥用或误用海砂出现了一批“海砂屋”，造成了重大的经济损失和恶劣的社会影响。据调查，我国一些沿海地区如宁波、深圳、舟山、台州等地区，从 20 世纪 90 年代以来，出现了程度不同的“海砂屋”建筑，教训极为惨痛。

为了系统地研究海砂及海砂混凝土的特性，从根本上解决海砂在建设工程中应用存在的问题，中国建筑科学研究院主持了“十一五”国家科技支撑计划课题“海砂在建设工程中应用的关键技术及产品开发”的研究。研究工作以我国黄海、东海和南海三大海域的海砂为对象，系统地开展了海砂的有害离子含量与释出规律、坚固性、碱活性、贝壳含量和放射性等技术指标的研究，揭示了海砂作为建筑用砂的特性，研究了海砂的净化处理技术和工艺；研究了海砂混凝土的拌合物性能、力学性能以及耐久性能，并与河砂混凝土进行了对比，还分别在我国典型的北方地区（青岛）和南方地区（舟山）的海洋环境条件下，建立了滨海自然暴露试验场，将海砂混凝土及其对比试件暴露在试验场的大气区、水位变动区和浪溅区，研究了混凝土材料经过长期

自然暴露后的力学性能、耐久性能的变化，掌握了海砂混凝土性能的基本规律。课题组还开展了海砂混凝土的生产与质量控制研究，掌握了高性能海砂混凝土的配制方法和质量控制技术。在上述研究工作的基础上，中国建筑科学研究院会同有关单位编制了行业工程标准《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206—2010（以下简称《规范》）。该规范集中反映了我国海砂及海砂混凝土最新的系统研究成果，并首次从行业标准的层面上对海砂混凝土的应用做出了规定。

2 《规范》的基本原则与特点

1) “从严控制”原则

根据对海砂及海砂混凝土特性的研究成果，结合国内外使用海砂的经验和教训，并考虑到我国建筑市场和监管工作的现状，本着对历史负责的态度，编制组在《规范》编制之初，就确立了“从严控制”的基本原则，对海砂及海砂混凝土的定义（范围）与重要技术指标提出了较高的控制要求。

首先，《规范》将“海砂”定义为：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。将“入海口附近的砂”纳入海砂的范畴，解决了长期以来对江河入海口附近的所谓“咸水砂”是否属于海砂问题的争论。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，本着从严控制的原则，故将入海口附近的砂纳入海砂范畴。

其次，《规范》将“海砂混凝土”定义为：细骨料全部或部分采用海砂的混凝土。这样一来，凡是掺有海砂的混凝土，无论掺加比例多少，都视为海砂混凝土，这也体现了“从严控制”的原则。

第三，《规范》规定：“用于配制混凝土的海砂应做净化处理”，并将此项规定作为强制性条文。“净化处理”作为本规范的特有术语，被定义为：采用专用设备对海砂进行淡水淘洗并使之符合《规范》要求的生产过程。因此，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。这主要是考虑到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，应特别考虑其影响建设工程安全性和耐久性的因素，以确保工程质量。鉴于我国目前

质量管理的现状,《规范》对此进行了严格规定。制定该强制性条文的目的,一是为了杜绝将海砂原砂直接用于生产混凝土;二是为了杜绝采用自然淡化、简单的人工淘洗等无法保证净化质量的方式敷衍了事的行为。

第四,《规范》规定:“海砂不得用于预应力混凝土”。虽然国外的有关标准未明确规定海砂不得用于预应力混凝土,但对预应力混凝土的氯离子总量有极为严格的限制。《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关条文规定,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,在国内工程中,预应力混凝土也很少采用海砂。因此,《规范》规定,预应力结构不得使用海砂混凝土。

第五,提高对海砂中氯离子含量的要求,规定海砂的离子含量不得大于 0.03%。同时对其他原材料(水泥、拌和用水等)的氯离子含量也提出了较高要求,以达到“从严控制”的目的。

在《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52(以下简称《标准》)中,将砂的氯离子含量要求作为强制性条文规定,如:钢筋混凝土用砂的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的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)。对于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《混凝土骨料》CNS 1240,沿用了日本最严格的规定,即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%。

《规范》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《标准》规定的 0.06%。

《规范》规定海砂氯离子含量低于《标准》要求的另外一个原因是,目前采用《标准》测定氯离子含量的制样方法,与工程中使用海砂的实际做法不相符,且会低估海砂中氯离子的含量。《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,这里简称为干砂制样;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;先按照《标准》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,分别用不同的水砂比例(质量)淘洗、过滤,获得不同的淡化砂,再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%(见图 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。

在实际工程中使用海砂时,一般不存在烘干的过程,因此,湿砂制样能更准确地反映实际情况,且结果偏于安全。试验结果表明,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《标准》干砂制样试验方法的前提下,可以通过降低氯离子含量的限值,来弥补制样方法造成的

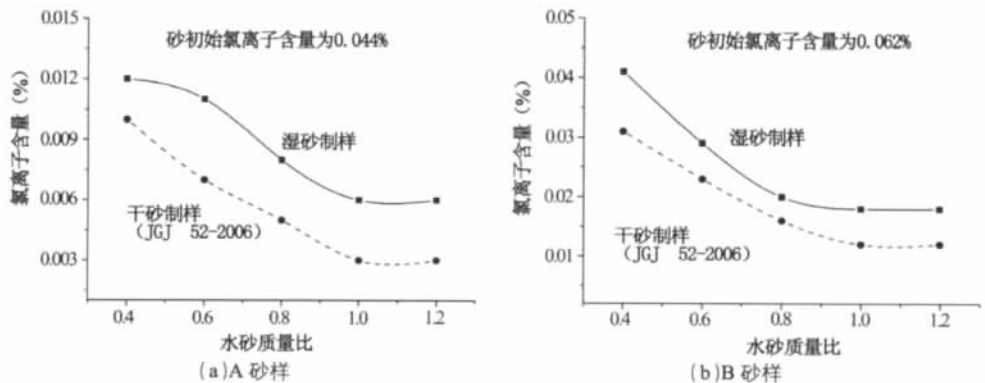


图 1 不同制样方法对测定氯离子含量的影响

表 1 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
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《标准》的规定

对氯离子含量的低估。基于此,《规范》仍采用《标准》的制样方法,但提高了指标要求。

第六,从严控制海砂中的坚固性、含泥量、泥块含量和云母含量等技术指标,这些指标都是取《建筑用砂》GB/T148684和《标准》中偏于安全甚至最严格的限值(见表1)。同时《规范》还对海砂的碱活性和放射性作出了规定。

第七,《规范》规定,在配合比设计和生产过程中,应检测海砂混凝土拌合物的水溶性氯离子含量。这在以往的混凝土标准规范中是没有的。

2)强调海砂混凝土的耐久性

海砂混凝土用于建设工程,最大的问题就是耐久性。除了从严控制海砂及海砂混凝土的氯离子含量外,

表 2 海砂混凝土耐久性能要求

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
	84dRCM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	

《规范》还突出强调了海砂混凝土的耐久性,并对海砂混凝土的碳化深度、抗硫酸盐等级、抗氯离子渗透性能、抗渗等级和抗冻等级等技术指标,提出了相应的基本要求(见表2),要求在质量检验和验收中包含耐久性的项目。

3)对海砂的贝壳含量适当放宽

在对海砂提出的各项技术指标中,贝壳含量是唯一一项被适当放宽的指标。《规范》规定,在一般情况下,

表 3 《规范》对海砂中贝壳含量的要求

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

表 4 《标准》对海砂中贝壳含量的要求

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

表 5 贝壳含量对海砂混凝土抗压强度与自然碳化深度的影响

贝壳含量(砂的百分比,%)	抗压强度(MPa)						碳化深度(mm)					
	28d 标养	1 年	2 年	3 年	4 年	10 年	28d 标养	1 年	2 年	3 年	4 年	10 年
2.4	20.5	31.4	39.1	36.9	37.8		0.5	2.5	6.0	9.0	11.0	
5	21.0	35.4	38.4	40.7	39.4		0	2.0	7.0	9.0	11.0	
8	21.5	33.1	35.7	35.6	36.7		0	2.5	4.5	9.0	10.0	
11	22.5	33.1	37.6	37.5	33.5		0	3.0	4.0	7.0	10.0	
14	21.0	29.6	34.9	37.6	39.4		0.5	3.5	7.0	8.0	10.0	
18	20.1	34.2	38.1	41.0	37.5		0.5	3.0	4.0	7.5	10.0	
22	19.7	33.6	34.2	36.6	37.4		1.0	4.0	4.0	8.5	10.0	
2.4	49.0	67.3	64.7	64.9	71.3	66.9	0.5	1.5	1.0	1.5	1.5	2.0
5	46.7	62.6	62.4	63.4	70.2	69.6	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
8	47.3	65.9	64.7	68.1	59.3	63.7	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
11	45.8	62.3	60.2	66.9	64.3	67.0	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.5
14	47.5	62.6	57.1	62.7	67.4	63.8	0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0
18	51.6	63.5	62.7	59.1	65.6	70.7	0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
22	50.9	60.6	72.5	56.4	58.5	66.8	0.5	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0

注:①限于篇幅,本表数据仅为研究数据的一部分;②试件成型于1999年9~11月,试验地点为浙江省舟山市;③试件经过28d标养后,置于室外大气环境中自然暴露。

海砂的贝壳含量应满足表3的要求《标准》对贝壳含量的规定要求见表4。由此可以看到二者间的差别。

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%。

如按照《标准》的规

定,其使用将受到不同程度的限制。试验研究发现,采用贝壳含量在7%~8%的海砂完全可以配制出C60甚至更高强度等级的混凝土,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(见表5),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时,净化海砂的贝壳含量小于4.0%;强度等级为C30~C60时,净化海砂的贝壳含量小于4.0%~8.0%;强度等级小于C30时,净化海砂的贝壳含量小于8.0%~10.0%。

综合考虑以上情况《规范》对海砂的贝壳含量进行了新的规定,对海砂的贝壳含量给予了适当放宽。

4)海砂混凝土的力学性能及结构设计

通过对海砂混凝土的主要力学性能如抗压强度、轴压强度、弹性模量、抗折强度、劈拉强度、受压应力应变曲线和钢筋握裹力的系统研究,并与河砂混凝土进行了对比,发现在同等条件下,海砂混凝土的力学性能与河砂混凝土基本相当(限于篇幅,仅给出弹性模量与钢筋握裹强度的对比情况,见图2)故可以按照普通混凝土进行结构设计。因此《规范》规定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。

5)海砂混凝土的配合比设计

海砂混凝土与河砂混凝土的配合比设计基本相

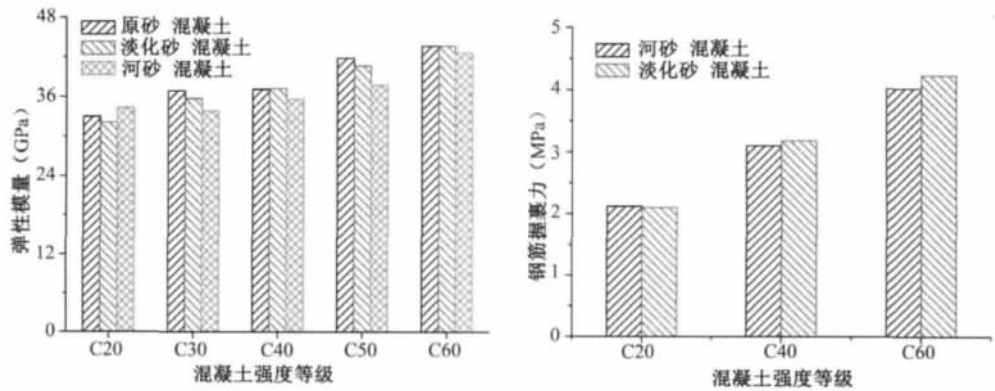


图2 海砂混凝土与河砂混凝土的弹性模量与钢筋握裹力对比

同,但需要注意以下几点:

①注意控制海砂混凝土总的氯离子含量,在某些情况下,需要选择氯离子含量较低的原材料(如外加剂和矿物掺合料)才能符合总的氯离子含量的要求。

②应注意贝壳、轻物质对海砂混凝土拌合物性能的影响,必要时需要进行调整。

③配合比设计要满足耐久性能的要求。

6)海砂混凝土的施工、质量检验与验收

一般情况下,海砂混凝土施工的总体要求与普通混凝土无异,但应注意海砂混凝土拌合物性能的变异性相对较大,应加强质量控制。一般情况下,海砂混凝土工程的质量检验与验收与普通混凝土工程无异,但应注意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。

3 结 语

《规范》是我国第一部专门针对海砂混凝土应用的技术规范,明确规定了海砂的技术要求及海砂混凝土的应用原则和方法。科学、合理地利用海砂资源,既可以解决沿海地区对建筑用砂的需求,降低建设成本,又能提高混凝土工程的耐久性,延长建筑的使用寿命,节省大量的资源、能源和社会资源,有利于环境保护和实施可持续发展战略,符合我国科学发展观和建设节约型社会的战略要求。

然而,据调查,我国还有一些地方目前仍然存在偷用、误用或不合理利用海砂的情况。为此,需要加强宣传和贯彻相关标准规范的执行力度,让广大工程技术人员认识到使用未经净化处理海砂的极大危害性,促使其科学、合理地利用海砂,满足工程建设的需要。