

建设用砂氯离子含量控制指标研究

赵常胜 袁 媛

浙江数智交院科技股份有限公司 浙江 杭州 310009

【摘 要】：为合理确定建设用河砂氯离子含量控制标准，本文选取了不同产地的河砂和海砂进行氯离子含量试验，研究了混合砂和淡化海砂氯离子含量变化规律。得出了河砂氯离子含量按照不超过 0.002%进行控制的结论，填补了当前规范标准中这一检测参数的空白，对提升建设工程质量具有重要意义。

【关键词】：河砂；海砂；氯离子含量；试验研究

DOI:10.12417/2811-0528.25.20.083

1 概述

混凝土结构中氯离子浓度过高会引起钢筋锈蚀，混凝土开裂，影响结构耐久性能，降低了结构承载力，危及结构安全。因此各行业出台了各种标准和规范，规定了氯离子含量的控制值，但是各标准差距较大（见表1）。公路、铁路工程管控要求最严，为“不得采用海砂”，但是对海砂氯离子含量未做限制。国标及水运、建筑和市政工程领域，均可使用净化海砂，但使用范围有限制。当前公路项目施工招标文件中通常规定严禁使用海砂、山砂、及风化严重的多孔砂，施工图设计文件中规定混凝土的各项技术指标必须满足《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650-2020 的要求，细集料不宜采用海砂，Ⅱ类砂氯离子含量 $\leq 0.02\%$ 。

由于环保要求不断提高，河砂数量少价格高。由于所有标准规范中未给出河砂氯离子含量标准，按照目前的控制指标，在河砂中掺入一定数量的海砂仍然能够满足规范要求，这就给工程安全带来很大隐患，也给项目业主造成很大的经济损失和潜在安全风险。因此研究建设用河砂氯离子含量合理的控制标准至关重要。

表 1 不同标准对砂氯离子含量要求

行业	规范文件	主要规定
国标	《建设用砂》 (GB/T 14684-2011)	1.天然砂包括河砂、湖砂、山砂、淡化海砂； 2.Ⅱ类砂氯化物含量 $\leq 0.02\%$ 。
	《混凝土质量控制标准》 (GB 50164-2015)	1.混凝土用海砂必须经过净化处理，且不得用于预应力钢筋混凝土； 2.氯离子含量 $\leq 0.03\%$ 。

公路工程	《公路桥涵施工技术规范》 (JTG/T 3650-2020)	1.细集料不得采用海砂； 2.Ⅱ类砂氯离子含量 $\leq 0.02\%$ 。
铁路工程	《铁路混凝土工程施工质量验收标准》 (TB10424-2018)	1.不应使用海砂； 2.氯化物含量 $\leq 0.02\%$ 。
水运工程	《水运工程混凝土质量控制标准》 (JTS 202-2-2011)	细集料不宜采用海砂。采用海砂时， 钢筋混凝土：氯离子含量以胶凝材料质量百分率计不宜超过 0.07%；预应力混凝土：氯离子含量以胶凝材料质量百分率计不宜超 0.03%。
建筑及市政工程	《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 (JGJ52-2006)	1.可分为河砂、海砂、山砂； 2.钢筋砼用砂：氯离子含量 $\leq 0.06\%$ ；预应力砼用砂：氯离子含量 $\leq 0.02\%$ 。
	《海砂混凝土应用技术规范》 (JGJ 206-2010)	1.混凝土用海砂必须经过净化处理，且不得用于预应力钢筋混凝土；2.氯离子含量 $\leq 0.03\%$ 。
	《建筑及市政工程用净化海砂》 (JG/T 494-2016)	1.Ⅰ类净化海砂：氯离子含量 $\leq 0.06\%$ ； 2.Ⅱ类净化海砂：氯离子含量 $\leq 0.02\%$ 。

2 河砂与海砂特征研究

选取 12 组不同产地河砂、2 组不同产地海砂，通过试验研究细度模数，河砂、海砂氯离子含量，河砂、混合砂不同浸泡时间下氯离子含量变化趋势。

河砂的主要成分是石英，云母等矿物，所含杂质较少，12 种河砂均呈现亮黄色，内含小卵石和细砂，小卵石棱角较圆润，用手抓时没黏手感。海砂的主要成分同样为石英，其成分成熟度较河砂高，往往还含有贝壳和岩屑，所含杂质较多。2 种海砂呈暗褐色，细小颗粒含量较多，整体较河砂细，肉眼观测内含贝壳残片，用手抓时有黏手感。

2.1 细度模数

海砂细度模数较小，粒径单一。海砂的细度模数为1.35~2.17间，均为细砂；河砂细度模数为2.57~2.78间，均为中砂。海砂颗粒粒径主要集中在0.6mm、0.3mm、0.15mm筛孔，三个筛孔的累计筛余均大于90%，河砂三个筛孔的累计筛余均小于75.0%。

2.2 河砂与海砂氯离子含量

砂氯离子含量试验主要有人工滴定法、电位滴定法和离子选择电极测定法3种方法，3种检测方法试验时间基本相同，需要6小时以上。电位滴定法可有效消除人为影响，精度高，本次试验采用该方法。

河砂氯离子含量较小，与海砂相比有明显差异。2组海砂氯离子含量均在0.02%以上，见表2；12组河砂的氯离子含量均在0.002%以下，具体见表3。

表2 海砂氯离子含量

样品信息	海砂	
编号	1	2
氯离子含量（%）	0.04362	0.10725

表3 河砂氯离子含量

编号	1	2	3	4	5	6
氯离子含量（%）	0.00006	0.00008	0.00015	0.0006	0.0008	0.0006
编号	7	8	9	10	11	12
氯离子含量（%）	0.0016	0.0004	0.0002	0.0006	0.0013	0.0010

某跨海大桥项目对260批次的河砂进行了砂氯离子含量检测，最小值0.0001%，最大值为0.002%，平均值0.0008%。根据这些实验数据，可见海砂氯离子含量远远超过河砂，河砂氯离子含量标准可控制在不超过0.002%。

2.3 河砂与混合砂不同浸泡时间氯离子含量

根据3组河砂、2组海砂的细度模数结果，若混合砂满足公路工程中常用的“中砂”要求，海砂掺量可达到30%，故本次不同浸泡时间氯离子含量检测使用的河砂与海砂掺配比例为河砂：海砂=70%：30%，按标准方法浸泡2小时后，氯离子含量见表4。

表4 河砂与混合砂氯离子含量

河砂	未掺海砂	掺加30%海砂1	掺加30%海砂2
----	------	----------	----------

河砂1	0.00006	0.01145	0.03353
河砂2	0.00008	0.01238	0.02981
河砂3	0.00015	0.01195	0.03501

河砂与混合砂氯离子相比有差异，但差异性没河砂与海砂明显。海砂掺量越少，这种差异性更不明显。为探究浸泡时间对氯离子释放的影响，将浸泡时间由标准的2h延长至1天、2天、5天、7天、9天、12天、15天、17天，分别测试氯离子含量共计108次试验。随着浸泡时间增加，氯离子含量有缓慢增加趋势，但用来区分河砂和混合砂效果不明显。河砂、海砂长时间堆积在河湖、海洋深处，外侧附着大量无机、有机物层，随着浸泡时间增加，包裹的物质慢慢被分解、破坏，砂中氯离子被析出，氯离子都有增加的趋势。河砂中掺加氯离子含量较高的海砂，随着浸泡时间增加，氯离子含量有缓慢增加的趋势，但没有明显的突变点。

3 淡化海砂和混合砂氯离子含量研究

通过一系列物理和化学措施，使得海砂中的氯离子含量降低，称为海砂的淡化工艺。常用的处理技术有淡水冲洗法、混合法、机械法、自然堆置法、掺加阻锈剂和生物法等。淡水冲洗法是目前国内大量使用的海砂淡化处理方法。混合法是将海砂与河砂按适当的比例混合在一起，降低氯化物的含量，得到氯离子含量符合规范要求的混合砂。为探究淡化海砂氯离子含量情况，在实验室内进行以下试验：淡水冲洗后海砂氯离子变化情况，不同掺配比例混合砂氯离子变化情况。

3.1 淡水冲洗砂氯离子含量

采用自来水冲洗模拟海砂淡化过程，将500g海砂放入盛有500g自来水的容器中(即水砂比为1：1)，晃动30S后倒出，即为冲洗一遍。冲洗不同遍数，测试海砂的氯离子含量，具体见下表5：

表5 冲洗不同遍数后海砂氯离子含量

海砂信息	海砂1			海砂2		
冲洗遍数	0	1	2	0	1	2
氯离子含量（%）	0.04362	0.0139	0.00625	0.10725	0.02527	0.01295

海砂经过淡水冲洗后，氯离子含量有效降低。经过自来水冲洗1遍，海砂1、海砂2氯离子含量分别降低68%、76%；自来水冲洗2遍，氯离子含量分别降低86%、88%。海砂1冲洗1遍，氯离子含量≤0.02%，海砂2冲洗2遍也能满足≤0.02%。

3.2 混合砂氯离子含量

在2种河砂中分别掺入不同比例的海砂，并进行氯离子含量试验。具体见表6：

表6 不同掺量海砂氯离子含量

河砂信息	河砂 1		河砂 2	
海砂信息	海砂 1	海砂 2	海砂 1	海砂 2
海砂掺量 (%)	氯离子含量 (%)			
0	0.00008	0.00008	0.00016	0.00016
10	0.01069	0.00296	0.01084	0.00433
20	0.01991	0.00752	0.02344	0.00696
30	0.02981	0.01238	0.03501	0.01195
40	0.03469	0.01455	0.03542	0.01613
50	0.05209	0.02105	0.04452	0.02391

河砂中掺入少量海砂后，氯离子仍满足 $\leq 0.02\%$ 。随着掺入海砂比例的增加，氯离子含量增加。对于河砂1、河砂2，分别掺入40%的海砂2后，氯离子含量仍满足 $\leq 0.02\%$ 。通过淡水冲洗法、混合法的海砂淡化工艺，氯离子含量有可能 $\leq 0.02\%$ ，若按此标准可能会导致河砂中混入海砂。

4 结论

本文通过规范指标比较、特征试验分析、外部数据调研等，提出以下建议：

(1) 河砂掺入一定量海砂氯离子含量仍然满足现有规范要求，当工程中使用的细集料为河砂时，为防止海砂的混入，建议河砂氯离子含量控制指标为不超过0.002%。

(2) 长时间浸泡对氯离子含量测试结果影响很小，可以忽略。因此按照国标《建设用砂》要求浸泡2小时、烘干4小时，进行试验即可满足工程要求。

(3) 海砂经过淡水冲洗后，氯离子含量有效降低。采用经济合理的生产工艺并保障其氯离子含量稳定性是关键，其它性能指标如颗粒集配、细度模数、含泥量、贝壳含量、泥块含量等应严格按照相关规范进行检验。

参考文献：

- [1] 洪乃丰.海砂对钢筋混凝土的腐蚀与对策.混凝土,2002,(8):12-14.
- [2] 张玉兰.基于高速公路工程的海砂中氯离子检测试验.中国公路,2022,(21):102-103.
- [3] 郑轩.海砂氯离子含量淡化处理试验与分析.广东公路交通,2022,(2):49-53.
- [4] GB/T 14684-2011,建设用砂[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [5] JTG/T 3650-2020,公路桥涵施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2020.