

提高海洋工程混凝土结构耐久性的思考（一）岩土工程师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/544/2021_2022__E6_8F_90_E9_AB_98_E6_B5_B7_E6_c63_544461.htm

一、前言 中国目前处于基础设施全面建设时期，为了建设全国乃至世界的物流中心和开发海洋自然资源，海洋工程的发展十分迅速。根据参考资料显示，临海城市深水港的建设已为世人瞩目，对沿海城市经济持续高速发展将起到十分重要的拉动作用。作为深水港重要组成之一的跨海大桥，无论是从跨度、连接功能，还是交通纽带而言，建设环境（海洋环境）是建筑物新的挑战。由于跨海大桥是连接港区和大陆的集装箱物流输送动脉，对沿海城市深水港的正常运转起到不可或缺的支撑保障作用，为保证跨海大桥混凝土结构的耐久性，在国内有些超大型工程甚至采用了100年设计基准期，工程采取以高性能混凝土技术为核心的综合耐久性技术方案。然而我国目前大型海洋工程超长寿命服役的相关技术规范，高性能混凝土的设计、生产、施工技术在工程中的应用方面尚为空白，因此结合工程的具体需要，研究跨海大桥混凝土结构耐久性策略和高性能混凝土的应用技术极为迫切和重要。

二、国外情况、国内情况 国外情况 20世纪30年代建造的美国俄勒冈州Alsea海湾上的多拱大桥，施工质量很好，但因混凝土的水灰比太大，较短时间内大量氯离子侵入混凝土，导致钢筋严重锈蚀，引起结构损坏。用传统的方法局部修补破坏处，不久就发现修补处的附近钢筋又加剧腐蚀，不得不拆除、更换。1962~1964年，Gjorv对挪威大约700座混凝土结构作了耐久性调查，当时已使用20~50年的钻2/3，在浪溅区，混凝土立柱显示破损

的断面损失率大于30%的占14%，断面损失率为10%~30%的占24%，板和梁钢筋腐蚀引起严重破损的占20%。在阿拉伯海湾和红海上建造的大量海工混凝土结构，由于气温高，在含盐、干热、多风的白昼，混凝土表面温度高达50℃，而晚上凉得结露，昼夜温差很大，构成了特别严重侵蚀环境，加上混凝土等级和混凝土保护层厚度不够，施工质量差等原因，往往在使用的第一年后钢筋就遭到严重腐蚀。澳大利亚的Sharp对62座海岸混凝土结构进行调查，发现海岩混凝土结构的耐久性问题都是与浪溅区的钢筋异常严重的腐蚀有关。印度孟买某河上的第一座桥是后张预应力混凝土桥，上于预应力筋过早地发生严重腐蚀，不得不重修第二座桥。第二座桥预应力筋在安装前就为大气中的盐分所污染，灌注的水泥浆又用了咸水，因而不到10年所有的钢筋、预应力筋及其套管都遭到了严重腐蚀破坏。国内情况 根据相关调查，处于浪溅区的海港码头，钢筋腐蚀引起的混凝土结构破坏是相当普遍和严重的。1986年以前我国已建港口混凝土结构因氯离子渗入混凝土内引发钢筋锈蚀，致使混凝土构件开裂破坏情况十分严重。其原因除了施工质量存在一定问题外，另一主要因素是当时对氯离子侵入引发钢筋锈蚀的严重性认识不足。当时执行的港口工程技术规范JTJ200-82和JTJ221-82，没有针对防止氯离子渗入引发的钢筋锈蚀制定有效的防护措施，关键技术指标如保护层厚度偏小，混凝土水灰比最大允许值严重偏大等。

三、海洋环境

海洋是氯离子的主要来源，海水中通常含有3%的盐，其中主要是氯离子。以Cl计，海水中的含量约为19000mg/L。海风、海雾中也含有氯离子，海砂中更含有不等量的氯离子。我国的海岸线很长，大规模的基本建设

多集中在沿海地区，尤其是海洋工程如码头、护坡和防护堤等由于氯离子引起的钢筋锈蚀破坏是十分突出的。同时，沿海地区已经出现河砂匮乏的情况，不经技术处理就使用海砂的现象亦日趋严重，这也为氯离子引起钢筋锈蚀破坏创造了条件。国外的工程经验教训表明，海水、海风和海雾中的氯离子和不合理的使用海砂，是影响混凝土结构耐久性的主要原因之一。混凝土中钢筋锈蚀可由两种因素诱发，一是海水中Cl⁻侵蚀，二是大气中的CO₂使混凝土中性化。国内外大量工程调查和科学研究结果表明，海洋环境下导致混凝土结构中钢筋锈蚀破坏的主要因素是Cl⁻进入混凝土中，并在钢筋表面集聚，促使钢筋产生电化学腐蚀。在跨海大桥周边沿海码头调查中亦证实，海洋环境中混凝土的碳化速度远远低于Cl⁻渗透速度，中等质量的混凝土自然碳化速度平均为3mm/10年。因此，影响跨海大桥结构混凝土耐久性的首要因素是混凝土的Cl⁻渗透速度。

四、混凝土大桥结构布置和耐久性设计背景

- 1、大桥混凝土结构布置 跨海大桥跨海段通航孔部分预应力连续梁、桥塔、墩柱和承台均采用现浇混凝土；非通航孔部分以预制混凝土构件为主，其中50~70m的预应力混凝土箱梁是重量超过1000吨的巨型构件；陆上段梁、柱和承台亦采用现浇混凝土。混凝土的设计强度根据不同部位在C30~C60之间。
- 2、跨海大桥附近海域气象环境 我国跨海大桥多地处北亚热带南缘、东北季风盛行区，受季风影响冬冷夏热，四季分明，降水充沛，气候变化复杂，多年平均气温为偏低，海区全年盐度一般在10.00~32.00‰之间变化，属强混合型海区，海洋环境特征明显。
- 3、跨海大桥面临的耐久性问题 在海洋环境下结构混凝土的腐蚀荷载主要由气候和环境介质侵

蚀引起。主要表现形式有钢筋锈蚀、冻融循环、盐类侵蚀、溶蚀、碱-集料反应和冲击磨损等。我国跨海大桥多位于典型的亚热带地区，严重的冻融破坏和浮冰的冲击磨损可不予考虑；镁盐、硫酸盐等盐类侵蚀和碱骨料反应破坏则可以通过控制混凝土组分来避免；这样钢筋锈蚀破坏就成为最主要的腐蚀荷载。

五、氯离子对钢筋的锈蚀

氯离子侵入混凝土的途径：

Cl⁻进入混凝土中通常有两种途径：其一是“混入”，如掺用含氯离子外加剂、使用海砂、施工用水含氯离子、在含盐环境中拌制浇注混凝土等；其二是“渗入”，环境中的氯离子通过混凝土的宏观、微观缺陷渗入到混凝土中，并到达钢筋表面。“混入”现象大都是施工管理的问题；而“渗入”现象则是综合技术的问题，与混凝土材料多孔性、密实性、工程质量，钢筋表面混凝土层厚度等多种因素有关。

氯离子对钢筋锈蚀机理：

- 1、破坏钝化膜 水泥水化的高碱性使混凝土内钢筋表面产生一层致密的钝化膜。钝化膜只有在高碱性环境中才是稳定的，当 $\text{pH} < 11.5$ 时，就开始不稳定，当 $\text{pH} < 9.88$ 时该钝化膜生成困难或已经生存的钝化膜逐渐破坏。Cl⁻是极强的去钝化剂，Cl⁻进入混凝土到达钢筋表面吸附于局部钝化膜处时，可使该处的 pH 值迅速降低，可使钢筋表面 pH 值降低到4以下，从而破坏钢筋表面的钝化膜。
- 2、形成腐蚀电池 如果在大面积的钢筋表面上具有高浓度氯化物，则氯化物所引起的腐蚀可能是均匀腐蚀，但是在不均质的混凝土中，常见的是局部腐蚀。腐蚀电池作用的结果是，在钢筋表面产生蚀坑，由于大阴极对应于小阴极，蚀坑发展十分迅速。
- 3、去极化作用 Cl⁻不仅促成了钢筋表面的腐蚀电池，而且加速了电池的作用。通常把使阳极过程受阻称作阳极极化作用，

而把加速阳极极化作用称作去极化作用，Cl⁻正是发挥了阳极去极化作用。4、导电作用 混凝土中Cl⁻的存在强化了离子道路，降低了阴阳极之间的欧姆电阻，提高了腐蚀电池的效率，从而加速了电化学腐蚀过程。百考试题推荐：百考试题岩土工程师站点：更多考试信息 > > > 100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com