

内外协同提升海工混凝土结构耐久性的关键技术与工程应用

项 目 名 称	内外协同提升海工混凝土结构耐久性的关键技术与工程应用
主 要 完 成 人	刘荣桂、姜慧、陆春华、殷惠光、陈妤、李雁、延永东、王圣程、崔钊玮、顾斌、谢甫哲
推 荐 单 位（专 家）	江苏大学
项 目 简 介	在我国沿海及海洋工程等实施过程中，混凝土结构是海洋工程基础建设的主导结构。然而，海工混凝土结构在海洋环境作用下的耐久性问题较为突出。若发生没有预兆的突然倒塌等事故，后果非常严重。对此，本项目以提升海工混凝土耐久性为切入点，以材料（粉煤灰、矿渣粉）改性为手段，形成了具有独立知识产权的海工混凝土结构耐久性提升关键技术，主要涉及建筑材料和土木建筑结构等科学技术领域。 （1）提出了预应力筋不同腐蚀率、不同非预应力纵筋配筋率等因素下坑蚀预应力筋的海工混凝土梁承载力计算方法，设计了海工混凝土结构在双指标侵蚀环境作用下耐久性实验室快速试验方法。 （2）建立预应力混凝土结构在外因（单指标、双指标）与内因共同作用下的耐久性时变可靠度分析数学模型，建立更符合实际环境的结构耐久性分析方法和评估指标体系，探索海工混凝土结构耐久性设计中的相应广义荷载模拟或类似概念当量的等效方法。 （3）提出了“内掺粉煤灰与矿渣粉”、“外涂抹防腐材料”协同提升海工混凝土耐久性的方案，分析了粉煤灰与矿渣粉添加对混凝土氯离子渗透性能的影响，揭示了侵蚀条件下混凝土梁承载力演化规律。 （4）形成了便于工程实用的海工混凝土结构耐久寿命评估与预测方法，充实和完善相应的规范体系。 相关研究应用成果已发表科技论文 30 多篇，SCI、EI 收录 16 篇，受理、授权国家专利 10 余项，被同行引用 100 余次。在连云港等近海建筑结构工程中得到成功应用，近二年应用企业新增销售额 6000 余万，新增利润约 2200 万。相关研究成果达到国际先进水平，为我国高性能海工混凝土的制备积累了丰富经验，为保证并延长海工混凝土结构服役寿命具有重要意义。
主 要 完 成 单 位 及 创 新 推 广（进 步 奖 必 须 填 写）	江苏大学：提出了预应力筋不同腐蚀率、不同非预应力纵筋配筋率等因素下坑蚀预应力筋的海工混凝土梁承载力计算方法。建立海工混凝土结构在外因（单指标、双指标）与内因共同作用下的耐久性时变可靠度分析数学模型，建立更符合实际环境的结构耐久性分析方法和评估指标体系。探索海工混凝土结构耐久性设计中的相应广义荷载模拟或类似概念当量的等效方法。形成了便于工程实用的预应力混凝土结构耐久寿命评估与预测方法，充实和完善相应的规范体系，并在桥梁等工程进行推广。 徐州工程学院：制备出大型海洋环境模拟实验室，设计了一种有效的模拟海洋环境的加速试验方案。提出了“内掺粉煤灰与矿渣粉”、“外涂抹防腐材料”协同提升海工混凝土耐久性的方案，分析了掺粉煤灰与矿渣粉对混凝土氯离子渗透性能的影响，揭示了侵蚀条件下混凝土梁承载力演化规律，并在港口等工程进行推广。
推 广 应 用 情 况（发 明 奖 和 进 步 奖 必 须 填 写）	港口工程：研究成果广泛应用于连云港港口 25 万吨矿石码头工程、氧化铝散化肥泊位工程、58 泊位工程等海工结构。设计中采用了考虑大气环境及可能发生的大气化学侵蚀对结构的影响及其相关对策措施，对混凝土保护层厚度，水灰比以及胶凝材料设计提出了相关要求，结构尺寸得以优化，节省了工程造价，减少了日后维修的费用。获得了连云港港务集团等施工单位的一致好评。 桥梁工程：项目组提出的提高耐久性的措施方法，在高邮黄源大桥、射阳金海岛大桥等工程中获得了良好的应用。应用过程中主要解决了桥梁重要构件出现的锚头渗水、局部露筋锈蚀以及混凝土剥落等问题，减少后期维护加固费用，获得了施工单位的一致好评。

曾获科技奖励情况(发明奖和进步奖必须填写)	无。
代表性论文专著目录 (自然奖必须填写)	1. Ronggui Liu, Zhaohui Xu. A coupled mechanical and electrical model concerning piezoresistive effect of CFRP materials. Composites Part B: Engineering[J].2016,96. (SCI) . 2. 延永东,刘荣桂,陆春华,傅巧瑛. 养护湿度对混凝土内氯离子传输的影响[J]. 哈尔滨工业大学学报.2016,12. (EI) 3. Chunhua Lu, Siqi Yuan, Pu Cheng, Ronggui Liu. Mechanical properties of corroded steel bars in pre-cracked concrete suffering from chloride attack[J]. Construction and Building Materials.2016,123. (SCI) 4. 谢桂华,刘荣桂,陈蓓,李明君,石天罡. Synergistic effect of a new wedge-bond-type anchor for CFRP tendons[J]. Journal of Central South University.2015,6. (SCI) 5. Chunhua LU, Yuan Gao, Zhaowei Cui, Ronggui Liu. Experimental analysis of chloride penetration into concrete subjected to drying-wetting cycles[J]. Journal of Materials in Civil Engineering.2015,12. (SCI) 6. 陆春华, 刘荣桂, 崔钊玮, 高远. 开裂状态下沿海干湿区桥梁粉煤灰混凝土氯离子扩散模型[J]. 中国公路学报,2015,8. (EI) 7. 谢桂华,刘荣桂,蔡东升,陈蓓. Calculation Model and Mechanism Analysis for Rain-wind-induced Vibrations of Stay cable[J]. Journal of Central South University, 2014,3. (SCI) 8. 陆春华, 刘荣桂, 崔钊玮, 延永东. 干湿交替作用下受弯开裂钢筋混凝土梁内氯离子侵蚀特性[J]. 土木工程学报, 2014,12. (EI) 9. 谢桂华,张家生,刘荣桂. Application of matrix-based system reliability method in complex slopes[J]. Journal of Central South University, 2013,3. (SCI) 10. 陆春华, 崔钊玮, 张邵峰, 刘荣桂, 刘奇东. 粉煤灰对受弯开裂混凝土内氯离子侵蚀的影响[J]. 建筑材料学报, 2013,5. (EI) 11. 张邵峰, 陆春华, 陈好, 刘荣桂, 崔钊玮. 裂缝对混凝土内氯离子扩散及钢筋锈蚀的影响[J]. 工程力学, 2012,29(增刊 I) (EI) 12. 刘荣桂, 张益多, 陈好, 刘涛.冻融后预应力混凝土构件疲劳损伤模型[J].江苏大学学报(自然科学版), 2012,1 期(EI) 13. 谢桂华, 张家生, 刘荣桂.沉降计算经验系数的 Bootstrap 法置信区间估计[J].中南大学学报(自然科学版), 2011,9 期(EI) 14. 刘荣桂, 张弛, 李林.古木结构抗震经验评价方法的优化与评价体系的建立[J].江苏大学学报(自然科学版), 2011, 6 期(EI) 15. 周士金, 刘荣桂, 蔡东升, 陈好, 邓程远.CFRP 索大跨斜拉桥的非线性地震响应控制分析(EI).中国公路学报.2011 年 03 期.(EI) 16. 陈好, 刘荣桂, 周伟玲, 张益多, 汤灿, 刘媛.冻融与氯盐作用下考虑相关随机变量的预应力结构可靠度分析[J].工程力学,2010,9.(EI) 17. 蔡东升,刘荣桂,许飞,周士金.国内首座 CFRP 索斜拉桥荷载试验及有限元建模[J].江苏大学学报(自然科学版), 2010,2 期. (EI) 18. 陈好, 刘荣桂, 蔡东升, 汤灿, 周伟玲.冻融与氯盐侵蚀作用下预应力结构耐久性试验及数值模拟[J].建筑结构学报,2010,2 期. (EI) 19. 刘荣桂, 周士金, 许飞, 蔡东升, 吕志涛.CFRP 索斜拉试验桥动态测试与地震响应分析[J].长安大学学报(自然科学版), 2009,6 期. (EI) 20. 刘荣桂, 许飞, 蔡东升, 周士金, 陈蓓.CFRP 拉索斜拉桥静载试验分析[J].中国公路学报.2009 年 02 期.(EI) 21. 刘荣桂, 陈好, 曹大富.预应力混凝土结构的氯离子二维扩散理论[J]. 江苏大学学报(自然科学版). 2009 年 01 期.(EI) 22. 陈好, 刘荣桂, 付凯.冻融循环下海工预应力混凝土结构的耐久性[J]. 建筑材料学报.2009 年 01 期.(EI) 23. 刘荣桂, 付凯, 颜庭成, 陈好.预应力混凝土结构在冻融循环损伤条件下的疲劳寿命预测模型研究.建筑结构学报.2008 年 11 期.(EI) 24. 陆春华, 刘荣桂.应力状态下混凝土碳化深度的神经网络预测[J]. 哈尔滨工业大学学报.2008 年 10 期.(EI) 25. 刘荣桂, 李成绩, 蒋峰, 龚向.华碳纤维斜拉索的静力参数特性分析[J]. 哈尔滨工业大学学报. 2008 年 04 期.(EI) 26. 颜庭成, 刘荣桂, 万炜, 徐荣进.现浇生态混凝土的制备及抗冻耐久性分析[J]. 江苏大学学报(自然科学版). 2007 年 04 期.(EI) 27. 刘荣桂, 陆春华.大气环境下预应力结构的耐久性设计理论[J]. 江苏大学学报(自然科学版). 2006 年 06 期.(EI)

- 28.姜慧,刘奇东,徐洁,刘荣桂,杨翔.海洋环境人工气候模拟加速试验设计[J].混凝土,2013,(11):18-21+24.
- 29.姜慧,喻孟雄,刘荣桂.混凝土保护层均匀锈胀内裂分析[J].混凝土,2014,(9):11-14.
- 30.姜慧,喻孟雄,刘荣桂,殷惠光.载荷作用后粉煤灰混凝土氯离子渗透性能试验研究[J].混凝土,2015,(3):10-13+17.
- 31.姜慧,徐洁,刘奇东,杨翔.氯盐侵蚀环境下预应力混凝土梁承载力试验研究[J].混凝土,2015,(9):17-19+23.
- 32.姜慧,喻孟雄,刘荣桂,殷惠光.矿物掺合料混凝土氯离子渗透性能试验研究[J].混凝土,2016,(6):82-85.

主要知识产权证明目录(发明奖和进步奖必须填写)

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家 (地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	实用新型专利	井字型试验用混凝土构件	中国	ZL201320774511.X	2014.07.09	3678612	徐州工程学院	姜慧、 殷惠光， 等
2	实用新型专利	试验用预应力混凝土组合构件	中国	ZL201420547199.5	2015.04.01	4208584	徐州工程学院	姜慧，等
3	实用新型专利	倒凹字形试验用混凝土构件	中国	ZL201520284742.1	2015.11.04	4710469	徐州工程学院	姜慧，等
4	实用新型专利	一种用于氯盐侵蚀环境的钢筋混凝土基体防护涂层	中国	ZL201520631929.4	2015.12.16	4859870	徐州工程学院	姜慧，等
5	实用新型专利	无损检测钢筋混凝土锈胀程度的装置	中国	ZL201820100471.3	2019.01.04	8312967	徐州工程学院	王圣程、 殷惠光， 等