

2024 年度海南省科学技术奖提名公示内容

(适用于项目主要完成单位、主要完成人所在单位)

公示单位（公章）：

填表日期：2025 年 06 月 30 日

项目名称	自升式海上平台结构-海床相互作用机理 及灾变防控理论
提名奖项及等级	海南省自然科学奖二等奖
提名者	三亚市人民政府
项目简介（1200 字以内）	自升式海上平台凭借其可移动性、施工便捷性和经济性等优势，已成为海上油气勘探领域应用最为广泛的平台类型。近年来，为响应国家“碳达峰、碳中和”战略目标，我国海上风电产业发展迅猛，自升式平台也被广泛应用于海上风电桩基施工及近浅海岩土工程勘察。然而，复杂的海底地形与环境荷载，常常使平台在安装及作业过程中遭遇不可预测的沉降、溜桩、拔桩失败等基础失稳事故。此类事故不仅会造成重大经济损失，还时刻威胁着人民生命安全和海洋生态环境。因此，深入揭示复杂工况下结构-海床相互作用机理和灾变机制，是保障自升式平台安全运行的关键。 项目组在多项国家自然科学基金面上项目和青年项目的支持下，历经十余年的理论创新与实践，聚焦自升式海上平台结构-海床相互作用机理及灾变防控理论，在以下三个方面取得了创新性成果： （1）海床土体本构特性 针对海底快速插桩致使周围软黏土发生与其应变率相关的强度特性变化，基于修正剑桥模型屈服面大小与应变率的关系，建立了考虑剪切应变速率影响的软黏土本构模型；此外，针对大直径桩靴基础插桩导致周围砂土发生与其塑性剪切应变相关的强度空间变异性大的问题，发展了能够精准模拟砂土剪胀特性的

	修正摩尔-库伦本构模型；推导了软黏土地基中任意点的超静孔压解析解答，建立了基于固结度的软土地基固结沉降和强度增长理论计算模型。复杂应力变形条件下土体本构特性的研究为平台结构-海床相互作用机理和灾变防控提供了理论支撑。 (2) 结构-海床相互作用机理 开发了基于透明土材料的插桩试验技术用于桩-土作用机理揭示；搭建了复杂海底地形与环境荷载下动力插桩离心机超重力场模型试验系统；实现了以上复杂应力变形条件下土体本构模型的有限元二次开发，建立了考虑土体高应变率、大变形等影响的耦合欧拉-拉格朗日大变形有限元数值分析方法。基于试验和数值模拟结果，首次揭示了复杂海底地形和环境荷载下结构（包括桁架桩腿和大直径桩靴）-海床的相互作用机理。 (3) 平台灾变防控理论 提出了考虑结构-海床相互作用、海床土体强度、桩腿设计、桩靴直径等影响的桩靴基础上覆坑洞深度理论计算公式；建立了考虑桁架桩腿影响的桩靴基础贯入阻力、沉降和长短期承载力理论预测模型；揭示了上硬-下软等危险海底土层平台失稳机理，提出了预防平台失稳的新型套筒桩腿-桩靴基础设计方法并建立了相应的灾变防控理论。 该项目研究涉及数学、力学、岩土工程、工程地质等多学科交叉，研究成果有效拓展了岩土工程研究领域的学科范畴，为海南省海上油气资源、风能资源开发与运维控制提供了重要的理论依据和技术支撑。该项目 8 篇代表作发表在 <i>Géotechnique</i>、<i>Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering</i>、<i>Computers and Geotechnics</i>、<i>Ocean Engineering</i>、<i>岩土工程学报</i> 等学科内顶级期刊，总引用次数达 392 次。其中 3 篇发表在国际岩土顶刊 <i>Géotechnique</i> 上，2 篇发表在国内知名中英文期刊上，2 篇入选 ESI 前 10% 论文，发表于国内中文期刊论文单篇他引超 100 次。
--	---

提名书 相关内容	1. Li YP (李玉萍), Yi JT (易江涛), Lee F H, Goh S H, Liu Y, Yang Y, Zhang XY, Wu JF. Effects of the lattice leg on cavities and bearing capacity of deeply embedded spudcans in clay. <i>Géotechnique</i>, 2017, 67(1): 1-17. 2. Li YP (李玉萍), Liu Y, Lee F H, Goh S H, Zhang XY, Wu JF. Effect of sleeves and skirts on mitigating spudcan punch-through in sand overlying normally consolidated clay. <i>Géotechnique</i>, 2019, 69(4): 283-296. 3. Zhang L (张磊), Liu, Y. Numerical investigations on the seismic response of a subway tunnel embedded in spatially random clays. <i>Underground Space</i>, 2020, 5(1): 43-52. 4. Fang JC, Kong GQ (孔纲强), Meng YD, Wang LH, Yang Q. Thermomechanical behavior of energy piles and interactions within energy pile–raft foundations. <i>Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering</i>, 2020, 146(9): 209-224. 5. Yi JT (易江涛), Liu F, Zhang TB, Qiu ZZ, Zhang XY. Determination of the ultimate consolidation settlement of jack-up spudcan footings embedded in clays. <i>Ocean Engineering</i>, 2021, 236: 109509. 6. Lei GH (雷国辉), Zheng Q, Ng C W W, Chiu A C F, Xu B. An analytical solution for consolidation with vertical drains under multi-ramp loading. <i>Géotechnique</i>, 2015, 65(7): 531-547. 7. Cheng P (程颇), Liu Y, Li YP (李玉萍), Yi JT (易江涛). A large deformation finite element analysis of uplift behaviour for helical anchor in spatially variable clay. <i>Computers and Geotechnics</i>, 2022, 141: 104542. 8. 孔纲强, 刘璐, 刘汉龙, 周航. 玻璃砂透明土变形特性三轴试验研究. <i>岩土工程学报</i>, 2013, 35(6): 1140-1146.
---------------------	--

主要完成人 (排序、工作单位和贡献)	1. 李玉萍，河海大学，砂土本构模型建立和有限元二次开发、超重力离心机模型试验系统开发和试验、大变形有限元数值模拟等方面的主要完成人。 2. 张磊，武汉理工大学三亚科教创新园，大变形有限元数值模型开发、基础设计等方面的主要完成人。 3. 孔纲强，河海大学，透明土材料插桩试验技术及桩-土作用机理揭示等方面的主要完成人。 4. 易江涛，重庆大学，高应变率软黏土本构模型开发和考虑土体固结的有限元数值模型开发等方面的主要完成人。 5. 雷国辉，河海大学，软土地基固结沉降和强度增长理论计算模型主要完成人。 6. 程颇，武汉大学，大变形有限元数值模型开发等方面的主要完成人。
主要完成单位 (排序和贡献)	1. 武汉理工大学三亚科教创新园，本项目研究成果的第一完成单位，主要贡献于数值模型开发和海底基础设计。 2. 河海大学，本项目研究成果的第二完成单位，主要贡献于本构模型发展、试验技术研发和数值模拟。 3. 重庆大学，本项目研究成果的第三完成单位，主要贡献于本构模型发展和数值模拟。 4. 武汉大学，本项目研究成果的第四完成单位，主要贡献于数值模型开发。

说明：涉及国外的人和组织科学技术合作奖可不用公示，其余奖项必须公示至少7日。