

## 一、项目名称

近海风电桩基工程施工与服役基础理论及保障关键技术

## 二、推荐单位（专家）意见

我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求。

按照要求，我单位及完成人所在单位均进行了公示，确认完成人排序无异议。

“近海风电桩基工程施工与服役基础理论及保障关键技术”项目研究团队，在：（1）近海风电桩基施工与灾变机理成套分析方法；（2）复杂环境风电桩基沉桩与灌浆连接关键技术；（3）浅层加固的风电桩基防冲刷抛填技术及装备；（4）风电基础多尺度多场耦合模拟试验平台与现场试验技术等相关研究方向取得了诸多原创性研究成果，授权国家发明专利 35 项，国际发明专利 3 项，软件著作权和实用新型专利 52 项，主（参）编规范和手册 5 部，发表高水平学术论文 68 篇。研究成果有效的解决了风电桩基-土相互作用机理、施工技术装备、服役性能与灾变防控、现场与室内试验技术等方面的关键技术，为我国海上风电大规模开发提供了分析理论、施工技术与装备支撑，具有重大科学意义和应用价值。技术已在山东、江苏、广东、福建等地的近海、滩涂、近岸海上风电桩基工程中得以应用，取得了良好的经济效益。

参照山东省科学进步奖申报和推荐基本条件，推荐该项目申报山

东省科学技术进步奖二等奖。

### 三、项目简介

以本项目以开口管桩与岩土体的界面动力弱化表征为突破口，以近海桩基施工安装和服役灾变机理为核心，以实现近海风电桩基防灾减灾为目标，研究历时近 10 年，创新研发多尺度多场物理数值耦合模拟平台和现场试验技术，阐明海上风电“开口管桩-海床”体系的动力演变和海床土循环软化特性，揭示施工安装荷载下开口管桩动力沉桩灾变机制，探明长期海洋环境荷载下开口桩动力倾斜、倒塌机理，研发桩基施工装备和现场施工与服役原位测试技术，形成了适于我国近海风电桩基的成套灾变分析方法和防控技术。成功应用于我国 20 余个近海、滩涂、近岸海上风电场，促进了我国风电工程的规模开发。本项目的研究内容及创新点如下：

(1) 阐明海上风电“开口管桩-海床”相互作用机理，建立可贯入性和桩基施工终止标准，指导风电桩基的精准施工；发明风电基础负压沉桩与组合基础技术，研制“海上移动平台装备”，解决长周期波海域超长超重风电桩平稳下沉技术难题；研发海上风电基础新型灌浆方法和灌浆工作驳船，提出海上风机基础的全新调平结构与方法，实现风电基础的精准安装。

(2) 阐明了土塞动力弱化宏细观机理，揭示风电单桩长期累积变形和系统频率演化规律；明确桩-土界面动力弱化宏细观机制，揭示导管架群桩长期受荷累积变形和系统频率演化规律；量化了海床浅层土的动力弱化特性，研制基于浅层加固的防冲刷的抛填技术和海床

加固装备，提高了海上风电体系长期服役和灾害防控能力。

(3) 提出波流耦合条件下海床软弱土响应室内试验方法，发展海洋风电桩基现场施工与服役原位测试技术，大幅提高深水复杂条件试验准确度；提出风电基础多尺度多场耦合模拟试验平台设计理念，实现海床、潮汐荷载、水流荷载、波浪荷载、地震荷载耦合模拟。

本项目在风电桩基承载机理、施工技术与装备、服役性能与灾变防控、现场与室内试验技术等方面取得突破性成果，授权国家发明专利 32 项，国际发明专利 5 项，软件著作权和实用新型专利 52 项，主编、参编规范手册 5 部，发表高水平学术论文 77 篇。

#### 四、主要知识产权证明目录

国别	专利号	项目名称
日本	特许号：6798746	杭頭の動的載荷シミュレーション装置及びその方法
中国	ZL201510364143.5	一种敞口混凝土管桩桩土界面剪切模拟试验装置
中国	ZL201710362421.2	钢管桩单点吊装系统及钢管桩单点吊装方法
中国	ZL201910281363.X	海上方驳存桩条件下吊车吊桩系统及施工方法
中国	ZL201610362451.9	海上柴油锤偏位打桩纠偏施工工艺
中国	ZL201920472807.3	混凝土管桩及其沉桩系统和海域沉桩施工
中国	ZL201920177574.4	主副负压筒型海上风电基础及其组装、安装系统
中国	ZL201610210200.9	海上移动平台打桩施工工艺及装备
中国	ZL201510374380.X	海上风电基础新型灌浆方法和灌浆工作驳船装备
中国	ZL201510564342.0	海上风机基础及其施工方法
中国	ZL104452802B	一种海上风机基础的调平结构及调平方法

中国	ZL 201410172279.1	一种开口管桩锤击贯入模拟实验装置及实验方法
中国	ZL201911409296.1	桩顶模拟动载装置及方法
中国	ZL201610506478.0	一种预制地热能量管桩
中国	ZL201811201292.X	海底自动接杆方法及自动回收分离探杆方法
中国	ZL201810663373.5	一种测斜仪探头打捞装置
中国	ZL201810482519.6	一种实现多物理场耦合的环境模拟试验系统
中国	ZL201510363483.6	一种敞口混凝土管桩桩土界面剪切模拟试验方法
中国	ZL201510374717.7	海上灌浆防漏结构及海上灌浆防漏方法
中国	ZL201510374617.4	导管架、导管架基础平台及导管架建造方法

## 五、主要完成人情况

1、姓名：刘俊伟，排序：1/9，职称：副教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学。对本项目主要学术贡献：研究并阐明了海上风电“开口管桩-海床”相互作用机理，建立可贯入性和桩基施工终止，量化分析海上风电桩基长期服役与灾变防控能力，揭示风电单（群）桩动力响应和海床土循环软化特性，研发风电基础多尺度多场耦合模拟试验平台。

2、姓名：冯海暴，排序：2/9，职称：正高级工程师，工作单位：中交一航局第二工程有限公司，完成单位：中交一航局第二工程有限公司。对本项目主要学术贡献：发明风电基础负压沉桩与组合基础技术，研制“海上移动平台装备”，解决长周期波海域超长超重风电桩平稳下沉技术难题；研制基于浅层加固的防冲刷的抛填技术和海床加固

装备，提高了海上风电体系长期服役和灾害防控能力。

3、姓名：刘涛，排序：3/9，职称：教授，工作单位：中国海洋大学，完成单位：中国海洋大学。对本项目主要学术贡献：创新利用深海底超孔隙水压力测报探杆盘程保护装置，能够在不影响超孔压测量探杆正常使用的情况下实现量程保护，很好的解决基于光纤光栅压差式传感器的超孔压测量探杆布放过程中出现的超量程难题，大幅提高了深水条件下勘察作业的准确度；研发的孔压探杆装置提供土体特性可靠评估，为海上风电场勘察技术的研究提供了先进试验装备保障，其主要性能参数均优于国际同类设备，可重复性和高成效性以及能够在各种地层条件下获得连续剖面的能力。

4、姓名：杨忠年，排序：4/9，职称：讲师，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学。量化分析海上风电桩基长期服役与灾变防控能力，研发了应用于不同地层强度的 CPTU 勘察技术，弥补在国内实现水下 CPTU 勘探的空白。建立了波浪、海流条件—粘性泥沙悬沙—浮泥运动—海床土与位移的集成关系模型，分析了大型波浪水槽在波浪荷载作用下海床的动力响应模型试验，提出波浪荷载对海床孔压场、应力场和位移场影响的控制措施。

5、姓名：凌贤长，排序：5/9，职称：教授，工作单位：青岛理工大学，完成单位：青岛理工大学。对本项目主要学术贡献：提出波浪耦合条件下海床软弱土响应室内试验方法；基于温控动三轴，准确再现海洋环境温度与荷载特征频率下海床土动力弱化规律；发明了单元体试验装置，实现了定量评价单桩不同振动模式下岩/土单元的动

力弱化特性。

6、姓名：刘博，排序：6/9，职称：高级工程师，工作单位：中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，完成单位：中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司。对本项目主要学术贡献：提出对偏离允许沉桩误差较大的情况进行快速补救的技术，研制海上风机基础的全新调平结构与方法，实现风电基础的精准安装。

7、姓名：杨庆义，排序：7/9，职称：教授级高工，工作单位：山东电力工程咨询院有限公司，完成单位：山东电力工程咨询院有限公司。对本项目主要学术贡献：共同研发针对海上风电的新型 CPTU 勘察技术，并在十余项近海风机项目的勘察中应用，针对不同地层的不同土体性质建立标准化的锥尖阻力值  $Q_m$  与标准化的侧摩阻力值  $F_r$  之间的相关性。

8、姓名：马兆荣，排序：8/9，职称：教授级高工，工作单位：中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，完成单位：中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司。对本项目主要学术贡献：提出海上风机基础的全新调平结构与方法，共同研制海上风电基础新型灌浆方法和灌浆工作驳船装备，大幅提高连接段灌浆密封的可靠性，参编《海上风力发电场设计标准》。

9、姓名：元国凯，排序：9/9，职称：高级工程师，工作单位：中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，完成单位：中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司。对本项目主要学术贡献：研发海上风电基础新型灌浆方法和灌浆工作驳船，实现风电基础

的精准安装，参编《海上风力发电场设计标准》。

## 六、主要完成单位情况

1、青岛理工大学：阐明海上风电“开口管桩-海床”相互作用机理，建立可贯入性和桩基施工终止标准，指导风电桩基的精准施工；揭示风电单（群）桩动力响应和海床土循环软化特性，量化分析海上风电桩基长期服役与灾变防控能力。

2、中交一航局第二工程有限公司：发明风电基础负压沉桩与组合基础技术，研制“海上移动平台装备”，解决长周期波海域超长超重风电桩平稳下沉技术难题；研发适于浅层加固的风电桩基防冲刷抛填技术及装备，提高了海上风电体系长期服役和灾害防控能力。

3、中国海洋大学：提出波流耦合条件下海床软弱土响应室内试验方法，发展海洋风电桩基现场施工与服役原位测试技术，建立风电基础多尺度多场耦合模拟试验平台。

4、中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司：研发海上风电基础新型灌浆方法和灌浆工作驳船，提出海上风机基础的全新调平结构与方法，实现风电基础的精准安装。

5、山东电力工程咨询院有限公司：共同研发并将新型 CPTU 勘察技术在十余项风电工程中进行推广和验证，并针对不同土层条件建立了成套的分析方法。