

# 福建交通运输科技计划“揭榜挂帅”项目需求榜单详情表

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 需求名称         | 交能融合导向的防波堤耦合波浪能发电核心技术研究                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 选题方向         | <div> <input type="checkbox"/>低空经济 <input type="checkbox"/>大数据综合应用 <input type="checkbox"/>人工智能大模型应用 <input type="checkbox"/>跨海通道技术研究 <input checked="" type="checkbox"/>交能融合发展 </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 应用场景<br>(用途) | <p>传统防波堤作为“重资产”基础设施,仅具备防护功能,无法产生直接经济效益,松下港区防波堤二期工程在充分发挥传统防波功能、保障港区船舶停泊与作业安全的基础上,创新引入海洋波浪能发电技术,实现“交能融合,一提两用”。当前国内外缺乏成熟的防波-发电一体化结构型式,如何在保障主体防护功能(波高削减率<math>\geq 60\%</math>)的前提下,高效捕获波浪能(目标转换效率<math>\geq 20\%</math>),是工程设计的核心难点;适用于港区复杂波况的高效双向空气透平技术尚不成熟,其气动效率与运行稳定性不足,制约了整个系统的发电可靠性与经济性。本项目将研发并应用防波-发电一体化结构与高性能透平机组,解决上述两大技术瓶颈。通过结构创新与技术集成,在筑牢海上安全屏障的同时,实现对清洁能源的高效捕获与转化,将波浪能就地转化为清洁电力。所发电能可直接用于后方港区照明、监控、装卸设备等基础设施供电,预计每年可替代外购电量约900万千瓦时,提升港区能源自给率,降低用能成本,增强运营韧性。同时,大幅提升港区绿色电力占比,助力其达到乃至超越绿色港口评价标准,形成可复制、可推广的“交通-能源”融合样板工程。</p> |

|                     |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>“揭榜挂帅”项目需求内容</p> | <p>需求概述</p> | <p>一、防波-发电一体化结构型式研究的需求</p> <p>目前,国内外对防波-发电一体化结构的研究尚处于探索研究阶段,可供工程直接借鉴的成熟结构形式匮乏,更缺乏权威的设计规范与技术指南作为支撑;波浪能捕获效率低(<math>&lt;20\%</math>),在复杂波况下能量转化不稳定,缺乏适用于浅水、不规则波的高效波能捕获结构。为确保未来实体工程的结构可靠性、安全性与功能效率,必须通过系统的室内大比例物理模型试验,突破一体化结构“结构选型-水动力响应-能量转换”耦合作用机理不清的核心瓶颈。</p> <p><b>一、本项目的结构形式具体研究需求</b></p> <p>(1) 结构选型与优化验证需求:需要通过大比例(建议比例尺不小于 1:10)模型试验,对比验证多种一体化结构方案(如沉箱直立式、抛石斜坡式等集成式气室结构),以结构物稳定性、波高削减率<math>\geq 60\%</math>、波浪能捕获效率<math>\geq 20\%</math>,为核心指标,确定最优结构选型。</p> <p>(2) 气室工作机理与效率提升需求:需通过试验精确研究气室水动力学性能,明确进气口/出水口的位置、尺寸与型式,并量化其与波浪要素(波高、波长、周期)及潮位变化的动态关系。同时,需测定不同气室尺寸、形状、个数及分隔方式对俘获波浪能的影响规律,以找到最高效的</p> |
|---------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>能量捕获结构参数。</p> <p>(3) 结构安全性与系统集成需求：需通过试验实测气室及整体结构在极端波浪载荷下的受力状态与动力响应，为结构强度设计提供数据支撑，确保安全。同时，需研究透平安装位置对能量转换效率和结构受力的影响，确定最优的系统集成方案，保障机组运行的长期稳定。</p> <p>通过上述系统性结构试验研究，构建“机理-设计-验证”一体化的技术体系，为后续设计指南制定、推动工程示范并最终实现规模化应用提供不可或缺的科学依据和实践基础。</p> <p><b>二、透平发电技术研究的需求</b></p> <p>(1) 高效可靠双向空气透平设计需求：与常规燃气发电场景发电机组长时间处于稳定入口条件不同，在振荡水柱式波浪能发电装置中，驱动透平的气流处于往复变化的状态，目前业内尚未形成标准设计流程，对于双向不稳定能量输入的透平气动设计方法需要开展针对性研究。在透平形式方面，国内外先后出现单向阀整流轴流空气透平、Wells 空气透平、轴流冲动式空气透平等多种透平形式，但均具有转换效率低（不足 50%）或可靠性低等缺陷。因此，结合防波堤特点选取设计兼具高效能量转化（透平效率高于 50%）与长期可靠性的透平形式成为核心挑战之一。</p> |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |      | <p>(2) 透平发电机组结构与防护需求：融合防波堤的波浪能空气透平长期承受波浪带来的高频交变载荷，整体结构的强度与抗疲劳要求严格，需结合防波堤波浪能发电特性开展轴系转子动力学、疲劳寿命预测、轴承与润滑等系统设计与计算。此外，波浪能空气透平长期处于严峻海洋环境中，面临着腐蚀、台风与海生物附着等多重挑战，严重制约其效率、可靠性及寿命，需针对机组与各部件针对性采取相应措施加以防护。</p> <p>(3) 波浪发电并网控制系统需求：并网控制系统在实时响应波况变化、优化功率输出、保障电网安全稳定方面技术尚未成熟，已成为制约整个系统可靠性与经济性的“卡脖子”难题。此外，大功率波浪能装置低功率启动为发电装置宽频俘能发电难点。单个波浪的能量不足以驱动装置启动发电，设计中需解决大型装置高惯性、高阻力的物理特性与波动性强、能流密度低的波浪能量之间的矛盾。</p> |
|  | 预期目标 | <p><b>一、防波-发电一体化结构型式研究的预期目标</b></p> <p>围绕防波-发电一体化结构工程化应用的核心瓶颈，通过系统性大比例物理模型试验与机理研究，达成以下预期目标与成果：</p> <p>(1)形成一套经过试验验证的优化结构设计</p>                                                                                                                                                                                                                                                            |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>方案：通过不低于 1:10 比例尺的模型试验，在沉箱直立式、抛石斜坡式等主流结构型式，优选出 1-2 种综合性能最优的一体化结构，确保其在极端工况下结构稳定，并实现波高削减率<math>\geq 60\%</math>、波浪能捕获效率<math>\geq 20\%</math>的核心性能指标，为本工程设计提供直接依据。</p> <p>(2)建立气室结构与环境的动态匹配关系数据库与设计方法：通过精确量化研究，明确进气口/出水口的最优几何参数（位置、尺寸、型式），并建立其与波浪要素（波高、波长、周期）及潮位变化的定量关系图谱；确定提升俘能效率的最佳气室尺寸范围、形状、分隔方式及个数配置，形成用于指导工程设计的系列化图表与准则。</p> <p>(3) 攻克结构安全与系统集成关键技术：通过实测获得结构在极端波浪载荷下的动力响应与荷载分布数据，为结构强度设计提供直接依据；明确透平安装位置对转换效率与结构受力的影响规律，提出最优系统集成方案，确保机组运行稳定性，目标使结构设计寿命不低于 50 年。</p> <p>(4)构建“机理-设计-验证”一体化技术体系并产出规范性成果：基于全部试验与研究成果，编制《防波-发电一体化结构设计指南》，提出关键设计参数、计算方法与施工要点，为后续工程示范与规模化应用提供权威、可靠的技术支撑。</p> |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p style="text-align: center;"><b>二、透平研究的预期目标</b></p> <p>围绕高效可靠防波堤波浪能发电空气透平发电机组及并网控制技术面临的核心难点，通过双向新型空气透平设计方法研究与系统仿真、方案设计，达成以下预期成果：</p> <p>（1）形成防波堤振荡水柱波浪能发电装置透平设计方法：充分对比国内外各种波浪能空气透平形式，论证确定最优透平形式。基于叶轮机械设计方法，兼顾呼吸双向气流状态，形成适配防波堤的波浪能空气透平设计方法。在给定的气室气流输入工况下，空气透平能量转换效率不低于50%。</p> <p>（2）完成空气透平机组结构与防护方案设计：结合防波堤环境与气室载荷输入条件，完成透平发电机组结构强度校核与疲劳仿真计算、转子动力学设计与仿真，确保机组无共振与结构故障。结合岸基防波堤环境特点，针对透平机组不同部位形成腐蚀、台风、海生物附着系统防护方案。</p> <p>（3）攻克并网控制系统关键技术：自主研发适应复杂海洋环境的高性能双向空气透平机组及配套并网控制系统，并网控制系统具体参数指标：（参考《GB/Z 43464-2023 海洋能转换装置电能质量要求》、《T/QME 0014-2024 波浪能装置海</p> |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>上性能测试与评价技术标准》)</p> <p>电压偏差：±7%；</p> <p>频率偏差：±0.5 Hz</p> <p>谐波畸变率：≤5% (总谐波畸变率 THD)</p> <p>电压波动与闪烁：符合国家标准</p> <p>控制系统响应时间：≤ 100 毫秒</p> <p>结合港口区域历史海况数据，研发低惯量、可变阻尼的透平发电机组一体化控制系统，启动流量不高于 70%设计流量，拓宽系统高效发电波浪范围。</p> |
| 现有工作基础 | <p>针对防波-发电一体化工程面临的结构融合设计与高效能量转换两大核心技术挑战，项目组已初步开展了系统性的前期研究工作，为关键技术攻关奠定了坚实的科学与工程基础：</p> <p>(1) 针对“防波-发电一体化结构型式”攻关的工作基础已完成工程海域（福州港松下港区）的水下地形测绘、地质勘察与高精度波浪数值模拟，较为准确地掌握了该区域的地形地貌、地质构造与波浪能资源时空分布特征。这为一体化结构的选型、基础设计及水动力学仿真提供了可靠的环境荷载输入与边界条件。根据波浪与结构物耦合作用机理，为结构—气室—水流多物理场耦合的专项研究提供基础，为确定最优结构型式（如沉箱直立式或抛石斜坡式的集成化改造）、优化气室设计参数（如进气口/出水口布局、气室容积）提供基础数据支撑，为后续大比例物</p> |                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                |         |    |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|----|-------------|
| <p>理模型试验奠定了基础。</p> <p>(2)针对“高性能透平及能量转换系统”攻关的工作基础在掌握本海域波浪资源特性（波高、波长、周期）的基础上，项目已初步开展了振荡水柱式（OWC）发电装置与本海域波况的适配性研究，并据此对双向空气透平的机型进行了初步比选与方案探索。这项工作明确了后续透平研发需适应的具体工况范围，为攻克适用于复杂实海况、目标气动效率<math>\geq 50\%</math>的高性能双向空气透平提供了关键的设计输入与技术起点，支撑后续开展透平气动外形优化、运行稳定性提升等深度研发。</p> <p>总结而言，现有工作已完成了从“环境特征认知”到“初步技术探路”的闭环，为两项关键技术的突破构建了从基础数据、理论方法到初步方案的全链条科研基础，支撑该方向标准空白领域的突破与示范工程的落地。</p> |                |         |    |             |
| 时限要求                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2027 年 12 月前完成 |         |    |             |
| 产权归属                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 知识产权归属需求单位共同所有 |         |    |             |
| 需求单位一                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 福建省港航勘察设计院有限公司 |         |    |             |
| 需求单位二                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 福州左海建设投资有限公司   |         |    |             |
| 需求单位三                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 福建省福州港口发展中心    |         |    |             |
| 项目负责人                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 姓名             | 余贤顺     | 手机 | 18965778212 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 学历             | 在职研究生   | 学位 | /           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 职务             | 党委书记、主任 | 职称 | 经济师、馆员      |
| 联系人                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 姓名             | 彭 文     | 手机 | 18650335901 |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 计划研究经费            | <p>计划研究经费投入总预算 700 万元(原则上不低于 500 万元)</p> <p>其中:需求单位提供资金 300 万元,申请资金补助 200 万元,揭榜单位自筹资金 200 万元。</p>                                                                                                                                |
| 出资承诺              | <p>本单位愿意为该“揭榜挂帅”项目提供研发资金不少于 300 万元。</p>                                                                                                                                                                                          |
| 需求单位<br>(一)<br>意见 | <p>主要负责人(签名): </p> <p>申请单位: (公章) </p> <p>日期: 年 月 日</p>     |
| 需求单位<br>(二)<br>意见 | <p>主要负责人(签名): </p> <p>申请单位: (公章) </p> <p>日期: 年 月 日</p> |
| 需求单位<br>(三)<br>意见 | <p>主要负责人(签名): </p> <p>申请单位: (公章) </p> <p>日期: 年 月 日</p> |

|                      |                                                                                                                         |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>归口管理<br/>单位意见</p> | <p>归口管理单位: (公章)</p> <p>日期: 年 月 日</p>  |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

备注：以上需求单位栏目可据实增减。