**5G天地一体化海上风电应用项目  
可行性分析报告**

**海上风电实验室**

**2021年1月**

目 录

[一、 项目实施方案 2](#_Toc4002)

[（一） 总体方案、研发内容 2](#_Toc153)

[1.1 总体方案 2](#_Toc14366)

[1.2 研发内容 3](#_Toc14083)

[（二） 拟解决的关键问题与技术路线 4](#_Toc15337)

[2.1 拟解决的关键问题 4](#_Toc4776)

[2.2 技术路线 4](#_Toc24453)

[（三） 创新点 5](#_Toc16716)

[（四） 组织方式 5](#_Toc20428)

[（五） 研究团队构成 6](#_Toc8703)

[（六） 计划进度安排 6](#_Toc9918)

[（七） 经费预算合理性评估 7](#_Toc2342)

[（八） 项目实施绩效 9](#_Toc10223)

[二、 项目风险评估 9](#_Toc29125)

[（一）风险分析及应对 9](#_Toc31012)

[1.1 技术风险 9](#_Toc28176)

[1.2 实施风险 10](#_Toc293)

[1.3 其他风险 10](#_Toc31117)

[（二）风险评估 11](#_Toc9677)

[2.1 风险评价 11](#_Toc8533)

[2.2 综合评价 11](#_Toc11224)

[（三）风险评估结论 11](#_Toc23338)

[三、 前期工作基础 11](#_Toc19982)

[（一）现有研发条件 11](#_Toc27269)

[（二）已有的研究基础和成果 12](#_Toc3756)

[（三）与项目相关的知识产权情况 13](#_Toc27333)

[（四）近三年直接获得国家、省、市、县科技部门资助的相关项目情况。 14](#_Toc7489)

# 项目实施方案

## 总体方案、研发内容

### 总体方案

5G天地一体化海上风电应用项目是融合地面5G、微波通信、卫星通信、北斗定位导航等技术构建陆海空天大带宽、高速率、低延时通信网络，搭载“海上风电集控运维管理平台”，实现海上风电场的实时监测、决策分析、远程操控、常态运维和应急响应等智慧化管理，为海上风电场的监控、巡防、运维提供了无人值守、高效率、低延时、低风险的解决方案。

总体目标：有效解决因恶劣的维护环境和高难度的维护方式等原因，造成海上风电场高故障率、高危险性、高运维成本、高经营风险的痛点。提升海上风力发电场的运维能力，降低海上风力发电场的运维成本，促进海上风电项目高质量、 低风险发展。

### **研发内容**

5G天地一体化海上风电应用项目包含通信网络部分和软件平台部分的研发，通信网络部分是构建“5G天地一体化通信网络”，软件平台部分是研发“海上风电集控运维管理平台”，网络是路，软件是车、数据是货。

**（1）5G天地一体化通信网络设计与实施**

① 海上风电控制运维中心的建设：微波链路与地面5G的接入，控制中心的网络构建，实时数据看板的搭建，控制中心与风电场站内原有系统搭建网络通路等。

② 海上风电大数据微波回传系统的建设：在每个风电桩上安装部署微波回传系统，形成由远及近的接力传输。

③ 毫米波传感及射频集成系统的建设：在每个风电桩上安装部署毫米波传感器和射频集成系统，构建区域无死角大带宽局域网络。

④ 海上风电终端通信系统的建设：在每台移动巡航设备上部署终端通信系统，实现与风电场无线局域网的无缝接入与切换。

**（2）海上风电集控运维平台设计与开发：**

① 海上风电展示管理子系统开发：控制中心看板、PC端、移动端、后台运维端等。

② 海上风电业务管理子系统开发：与海上风电场的原有管理系统（升压站系统、风机监控系统、风机能量管理系统、设备在线监测系统、箱变测控系统等）对接，实现风电场运行大数据的可视化呈现。及时掌握运行数据、实时监测环境数据；及时发现隐患并预警、实时发现故障并报警；快速启动应急响应机制等。提升海上风电场运行的全生命周期管理能力。

③ 海上风电数据管理子系统开发：高效存储与管理来自风电场的远程数据，进行数据资源的高效管理与内部共享分发。

④ 海上风电接口管理子系统开发：开发与海上风电场原有管理系统对接的各项数据接口和通信接口，实现数据实时系统内部共享。

## **拟解决的关键问题与技术路线**

### **2.1 拟解决的关键问题**

（1）利用微波站及点对点通讯设备构建大带宽、高速率、低延时通信主链路；

（2）利用扇区小基站构建大带宽无线局域网，实现风电场区域的全方位无死角覆盖；

（3）在无人机、无人船等巡航设备上安装专用终端通信系统无缝接入风电场无线局域网实现动态数据实时回传；

（4）设计建设可交互的集控运维中心，实现海上风电场的智慧化、远程化、无人值守化管理。

### **2.2 技术路线**

（1）实地考察与沟通：经过现场勘查测绘和运维团队的沟通交流，获取海上风电场的区域空间数据、环境气候数据、装备部署数据；了解目前运行维护机制、运行维护状况及各子系统功能；了解当前的难点、痛点、盲点、隐患点及风险点。组织整理各项资料和信息，作为方案设计的基础信息。

（2）技术资料整理：综合现场资料和测绘结果，结合团队自身技术知识和经验，广泛查阅国内外相关文献资料，包括研究文献、专利、技术标准、现有设备性能等。

（3）初步方案制定：划分功能模块及子系统，初步制定各模块及子系统的实施方式，包括采购、定制、自主研发等。

（4）设备选型与结构设计：确定采购的设备进入采购流程，需要定制的专用设备需与有关方面签订合同，需要自主研发的部件和装置进入结构设计阶段。

（5）自主研发部分的系统研发、样机制造与装配，微波链路部分进行局部范围的安装、调试、试运行。

（6）通过试运行改进方案，确定最终的设计方案与实施方案，按照方案进行实际设备制造装配、现场施工、安装调试、系统上线及整体试运行。

（7）改进与调试、项目整体验收：方案优化回到步骤 5 步骤 6 步骤 7 反复进行，调整技术参数直至满足验收标准。

（8）整理技术资料，结题。

## **创新点**

（1）首次在海上风电场实现传感器多数据回传。

（2）实现面向海上风电场特殊环境的传感通信系统。

（3）实现大带宽、高速率、低延时的5G网络从陆地向风电场的延伸。

## **组织方式**

（1）以课题研究形式开展，设计原理及设计方案在课题组内进行。基于应用场景的系统和架构将在课题组内自主完成。

（2）设备采购、样机研发、装备集成采取自主加合作的方式开展，样机制造和装配外包到满足资质要求的机构进行，样机的实验和调试在合作企业的实际工况下进行，有课题组派专门人员在现场针对样机情况提出改进方向。

（3）软件平台的核心子系统如数据接口子系统、通信接口子系统及系统集成自主完成，其他展示子系统、业务子系统等采取合作委外方式完成。

（4）项目施工采取课题组现场指导监督、施工合作单位施工的方式开展，施工合作单位必须具备从业资质和作业条件。安装后的调试与运行由设备合作商和课题组合作完成。

（5）项目研发需要的仪器仪表及高额的固定资产不包含在预算内，由实验室自行解决。

## **研究团队构成**

本项目负责人朱嵘华博士是浙江大学教授、海上风电实验室主任，该科研学术团队由东君伟（美国弗吉尼亚理工学院通信工程博士）及实验室成员XXX、XXX共4名成员。该团队在微波通信、无线电测试、海上风电软件平台研发等领域拥有较强的研究和开发能力。同时，科研学术团队成员所拥有的所有科研资源都可以全力支撑本项目的完成。

## **计划进度安排**

|  |  |
| --- | --- |
| **起止时间** | **主要工作内容** |
| 2021年3月-4月 | 1. 实地考察，勘查测量； 2. 熟悉风电场现有运维系统和运维机制； 3. 技术与数据资料整理。 |
| 2021年5月-6月 | 1. 总体方案设计包括5G天地一体化海上通信网络方案设计和海上风电监控运维平台方案设计。 2. 项目研发用的仪器设备采购。 |
| 2021年7月-9月 | 1. 风电桩无线覆盖硬件设备的选型和研发。 2. 风电桩和海陵岛微波高速数据传输设备的选型与研发。 3. 无人机和无人船数据传输设备的选型和研发。 4. 海陵岛微波传输与5G网络设备的选型和研发。 5. 一阶段软件平台研发及工具的选型。 |
| 2021年10月-2022年4月 | 1. 风电桩和无人机无人船数据传输系统的架设联调。 2. 风电桩和海陵岛微波高速数据传输设备的架设联调。   （3）海陵岛微波传输与5G网络融合架设联调。  （4）二阶段软件平台研发及系统集成。  （5）海上风电场集控运维中心建设。 |
| 2022年5月-6月 | 1. 软件平台上线、项目综合联调。 2. 完善通信网络与软件平台，达到预期结果。 |
| 2022年7月 | 1. 项目验收。 2. 专利申报。 |
| 2022年8月 | 1. 资料整理。 2. 项目结题。 |

## **经费预算合理性评估**

**（１）设备费，预算金额90万元**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 设备名称 | 数量 | 预算费用 |
| 微波通信回传站 | 2套 | 250000 |
| 点对点通讯设备 | 4套 | 120000 |
| 扇区覆盖小基站系统 | 12套 | 240000 |
| 毫米波雷达及数据交互平台 | 12套 | 54000 |
| 无人机无人船通信模块 | 2套 | 20000 |
| 高清摄像或照相机 | 10台 | 10000 |
| 控制中心遥控显示系统 | 1套 | 100000 |
| 高速交换机（路由器） | 2台 | 3000 |
| 高配电脑 | 5台 | 40000 |
| 云服务器租用 | 1台 | 15000 |
| 组网易耗品 | 1批 | 48000 |

**（2）项目人工费，预算金额72万元**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **人员** | **计算标准** | **预算费用** |
| 项目技术负责人 | 1人\*25000元\*18月 | 450000 |
| 项目团队成员 | 3人\*5000元\*18月 | 270000 |

**（3）软件开发及相关工具费，预算金额18万元**

|  |  |
| --- | --- |
| **费用项** | **预算费用** |
| 软件平台开发 | 100000 |
| 系统相关工具 | 80000 |

**（4）委外施工费，预算金额10万**

|  |  |
| --- | --- |
| **费用项** | **预算费用** |
| 委外施工费 | 50000 |
| 装备租赁费 | 40000 |
| 杂项费用 | 10000 |

**（4）项目期间费用，预算金额10万**

|  |  |
| --- | --- |
| **费用项** | **预算费用** |
| 会议及知识产权、资料购买 | 30000 |
| 项目人员交通差旅住宿 | 50000 |
| 其他杂费 | 20000 |

**项目预算总费用：人民币200 万元**

## **项目实施绩效**

本项目实施后，将研发出新装备“5G天地一体化海上风电通信系统装备”1 套；申请专利 2 件，其中发明专利 1 件、实用新型专利 1 件；引进人才 1 人。

本项目的成功实施，将首次研发出5G天地一体化通信网络在海上风电领域应用的可行性，奠定了未来海上风电场智慧管理的基础，实现从有人值守巡航到无人值守巡航的监控与运维。

本项目的成功实施，将加大推动阳江市的区域竞争力，在海上风电运维管理领域处于先进地位，庞大的应用市场将为海上风电实验室带来产生可观的经济效益，同时将有效拉动区域风电产业链的发展，促进招财引智和本地就业。

本项目的成功实施，将大大降低海上风电企业的运维成本，提高经营效益，有力促进国家清洁能源的快速发展。目前我国海上风电开发已经进入了规模化、商业化发展阶段。我国海上风能资源丰富，根据全国普查成果，我国5—25米水深、50米高度海上风电开发潜力约2亿千瓦;5—50米水深、70米高度海上风电开发潜力约5亿千瓦。根据各省海上风电规划，全国海上风电规划总量超过8000万千瓦，重点布局分布在江苏、浙江、福建、广东等省市，行业前景广阔。

# **项目风险评估**

## **（一）风险分析及应对**

### **1.1 技术风险**

（1）目前国内外基于5G网络的技术应用尚在探索阶段，技术和设备均有待进一步成熟完善。应对措施：广泛查阅文献，征集专家建议。获取有价值信息，为本项目开发提供技术与设备保障。

（2）由于缺乏对海上复杂多变环境的深刻了解、深入研究及实施经验，不可预计和不可抗力因素客观存在，设计的可靠性可能存在一定缺陷。应对措施：加强现场考察、勘测，积极与海上风电场运维团队沟通交流，吸取经验，搜集大量海上春夏秋冬的自然环境数据。

### **1.2 实施风险**

（1）由于海上风力、温度、湿度、咸度、海浪等特殊气候环境影响，可能会对装置设备的可靠性有影响。应对措施：高标准、严要求定制工装及安装，减少因施工问题对装置设备的外在影响，同时严格按照产品使用要求运维及保养，提高可靠性和生命周期。

（2）由于海上作业的复杂度、艰难度和危险性，可能导致施工成本增加。应对措施：严格做好施工前各项准备工作，做好应急预案，加强安全隐患防范意识、落实应对方法。

### **1.3 其他风险**

（1）由于疫情和中美贸易战等因素，导致部分材料价格波动大，使得经费预算有差异。应对措施：密切关注市场动态，掌握时机，如果经费不足，我实验室将补足资金保障项目顺利进行。

（2）由于疫情使得部分项目成员的外出受限，可能导致项目进度受影响。应对措施：掌握国家关于疫情防控的政策与措施，加强疫情防控意识和防控力度，建立高效网络沟通协作机制，合理统筹安排项目计划，尽量规避疫情影响。

（3）由于项目研发需要的部分仪器仪表尚未到位，导致项目进度有一定影响。应对措施：考虑借用或租用方式临时替代，保障项目顺利开展。

## **（二）风险评估**

### **2.1 风险评价**

按照风险等级，分为高风险、中风险、低风险和极低风险；按风险可能性分级，分为高、中、低和极低；按风险影响力分级，分为大、中和小。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **项目风险** | **可能性** | **影响力** | **评估等级** |
| 技术风险 | 极低 | 小 | 极低风险 |
| 实施风险 | 低 | 小 | 低风险 |
| 其他风险 | 低 | 小 | 极低风险 |

### **2.2 综合评价**

本项目主要涉及以上三种风险，主要风险为技术风险和实施风险，这些风险都属于低风险和极低风险，基本不会影响预期效果。

**（三）风险评估结论**

本项目风险低，可行性高，风险可以努力做到有效防范与控制，项目如成功实施，将直接提高海上风电场的管理效率，降低运维成本，提升经济效益。

# **前期工作基础**

## **（一）现有研发条件**

项目组研发人员组成：

阳江海上风电实验室朱嵘华教授、东君伟博士及团队成员合计4人。

阳江海上风电实验室设备和仪器，为本项目提供支持。

东君伟博士负责的香山微波公司已拥有5G/6G研究与测试实验室，将为本项目提供技术支持，降低研发成本和技术门槛。

## **（二）已有的研究基础和成果**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 时间 | 论文标题 | 完成方式 | 发表刊物 |
| 2014 | 应用于载波集合无线电通信系统的室外级联四工七单元设计  A Quadruplexer Outdoor Branching Unit for Carrier Aggregation Radio Communications Systems | 独立 | URSI国际无线电科学会刊  URSI General Assembly, Aug. 2014 |
| 2011 | 基于光束跟踪的二维棱镜快速仿真算法  Fast Ray Tracing Method for 2D Microwave Lens Simulation | 独立 | IEEE国际电气电子协会天线与传播会刊  IEEE Transactions on Antennas and Propagation |
| 2010 | 多焦点和非焦点二维Rotman棱镜设计和相位误差分析  Phase-error performance of multi-focal and non-focal two dimensional Rotman lens designs | 独立 | IET 微波天线及传播期刊  Journal of IET Microwaves, Antennas & Propagation |
| 2010 | 应用于汽车传感的超高频段电扫描波天线设  Extremely high-frequency beam steerable lens-fed antenna for vehicular sensor applications | 独立 | IET 微波天线及传播期刊  Journal of IET Microwaves, Antennas & Propagation |
| 2010 | 用于UWB超宽带系统的笔形波束生成器设计  Microwave Lens Pencil-Beam Former for UWB Applications | 独立 | 美国全国无线电科学会议  in URSI National Radio Science Meeting, Colorado, Jan. 2010 |
| 2009 | Rotman棱镜幅值相位及方向图  Rotman Lens Amplitude,Phase,and Pattern Evaluationsby Measurementsand Full Wave Simulations | 独立 | 应用计算电磁学会期刊  Journal of Applied Computational Electromagnetics Society |
| 2009 | 用于鸟类飞行物观测的雷达技术浅析  A Review of Radar Techniques for Ornithological Observations | 独立 | IEEE国际天线与传播会刊  Proceeding of IEEE International Symposium on Antennas and Propagation |
| 2009 | 基于电脑辅助设计的360度扫描棱镜天线设计  Method and Computer-Aided Investigation Microwave Lens for 360-Degree Scanning | 独立 | IEEE国际天线与传播会刊  Proceeding of IEEE International Symposium on Antennas and Propagation |
| 2009 | 360度扫描棱镜天线制作与实现  Implementation of Microwave Lens for 360 -Degree Scanning | 独立 | IEEE国际天线与传播会刊  Proceeding of IEEE International Symposium on Antennas and Propagation |
| 2009 | 基于临近域伸缩演变的新型随机优化算法研究  Shrinking Neighborhood Evolution – A Novel Stochastic Algorithm for Numerical Optimization | 参与 | IEEE挪威演变计算会刊  IEEE Congress on Evolutionary Computation, Trondheim, Norway |
| 2008 | 用于超高频点扫描天线的Rotman棱镜设计  EHF Rotman Lens for Electronic Scanning Antennas | 独立 | 亚太微波学会会刊  Proceeding of Asia Pacific Microwave Conference (APMC), Hong Kong |
| 2008 | 最优相位误差非聚焦平面棱镜设计  Non-Focal Minimum-Phase-Error Planar Rotman Lens | 独立 | 美国全国无线电科学会议  URSI National Radio Science Meeting |
| 2008 | 微带线Rotman棱镜快速光束追踪分析方法  A Fast Ray Tracing Method for Microstrip Rotman Lens Analysis | 独立 | URSI国际无线电科学会刊  Proceeding of International Union of Radio Science |

## **（三）与项目相关的知识产权情况**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **专利保护期** | **专利名称** | **授权国家** | **发明人** |
| 2013-2033 | 用于双极化通信系统的紧凑四路耦合器件设计  Compact Four-way Transducer for Dual Polarization Communications Systems | 美国 | 东君伟 |
| 2013-2033 | 用于超低干扰通信系统的微波天线设计  Microwave Antennas for Extremely low Interference Communications Systems | 美国 | 东君伟 |

## **（四）近三年直接获得国家、省、市、县科技部门资助的相关项目情况。**

暂无