

广东省地方标准

《海上风电水下金属构件原位激光修复作业要求》

编制说明

(征求意见稿)

标准工作组

2025年6月

目录

一、任务来源	1
二、编制背景、目的和意义	1
三、标准编制原则	3
四、标准起草过程	3
五、标准主要技术内容	4
六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系	5
七、标准的地方特色和先进性说明	5
八、重大分歧意见的处理经过和依据	6
九、贯彻标准的要求和措施建议	6
十、其他应当说明的事项	7

一、任务来源

2024年12月6日，经广东省市场监督管理局批准下达，《海上风电水下金属构件原位激光修复作业要求》列入2024年第五批广东省地方标准制修订计划项目（粤市监标准〔2024〕532号）。标准为制定项目，项目周期为18个月，主管单位为广东省能源局。

该标准由广东省腐蚀控制标准化技术委员会归口，由广东腐蚀科学与技术创新研究院牵头编制，参与单位为：南方海上风电联合开发有限公司、深圳市铭镭激光设备有限公司、南京辉锐光电科技有限公司、广东智能无人系统研究院（南沙）、东南大学。

二、编制背景、目的和意义

广东省海上风电产业具有显著的技术创新优势和产业集聚特征，适度超前布局标准，有助于广东抢占产业制高点。海上风电的装机容量、发电量排名全国前列，海上风电相关上市企业共8家，仅次于江苏省，排名全国第二，占全国总数量的18.2%。

广东省气候环境具有高温、高盐、高湿的典型强腐蚀气候特征，以标准为载体，推广成熟的海上风电全寿命周期腐蚀控制技术与原位修复技术的应用，是解决风机水下关键结构件的修复和维护问题的首选方案，也是广东省建设海上风电运维基地的关键所在。《广东省海洋经济发展“十四五”规划》提出：进一步完善海上风电产业链，提前谋划海上风电运维产业发展。

但是，水下原位修复的施工工况不同于陆地施工工况，需要扎实的

实验室模拟数据和经验、可靠的施工人员的安全防护措施、规范的水下施工工艺、适用且耐蚀的施工设备和耗材、准确的修复前判定规程和修复后质量分级规范等。目前，这些环节都是缺乏标准的，不利于运维产业的规范、健康发展和壮大。

海上风电水下金属构件原位激光修复作业要求的重要性不言而喻，它直接关系到修复作业的安全性、有效性和可持续性。水下作业环境复杂多变，存在高压、低温、能见度差等风险因素。严格的作业要求能够确保操作人员穿戴适当的防护装备，掌握正确的操作技能，从而降低事故发生的可能性，保护人员生命安全。同时，水下激光修复设备昂贵且精密，不当的操作可能导致设备损坏或失效。遵循作业要求可以确保设备在最佳状态下运行，延长设备使用寿命，减少维修成本。

规范的海上风电水下金属构件原位激光修复作业要求，能为修复质量提供保证，通过标准制定，明确激光修复技术所需的精确控制激光功率、扫描速度、送粉速率等参数，以确保修复层与母材形成良好的冶金结合。严格的作业要求能够确保这些参数在合理范围内波动，从而保证修复质量的一致性和稳定性。

再者，合理的作业要求能够优化修复流程，减少不必要的步骤和等待时间，从而提高作业效率。这对于缩短维修周期、降低停机损失具有重要意义；高效的作业流程可以降低人力、物力和财力的消耗，从而降低修复成本。这对于海上风电项目的经济效益具有积极影响。

综上所述，制定海上风电水下金属构件原位激光修复作业要求不仅

是保证作业安全、提高修复质量的关键所在，也是提高作业效率、促进技术创新与发展以及符合法规与标准的重要保障。因此，在实际操作中应严格遵循相关作业要求，确保修复作业的顺利进行和成功完成。

三、标准编制原则

(1) 严格按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求起草。

(2) 标准符合国家有关法律法规、强制性标准及相关产业政策要求。

(3) 标准具有科学性、先进性、经济性，切实可行。

四、标准起草过程

1、2024年8月，成立标准工作组，调研与收集资料，标准草案编写

由广东腐蚀科学与技术创新研究院组织，联合南方海上风电联合开发有限公司、深圳市铭镭激光设备有限公司、南京辉锐光电科技有限公司、广东智能无人系统研究院（南沙）、东南大学等多方面专业人员成立标准工作组。

标准工作组广泛收集国内外海上风电水下金属构件原位激光修复作业要求相关标准、文献资料，深入研究国内外先进技术与实践案例。同时，对广东省内多个海上风电项目进行调研，与项目建设、运营、维护等各方人员进行交流，了解实际情况与面临的问题，获取第一手资料，为标准编制奠定基础。

依据相关法律法规、国家标准和行业标准，结合调研成果，标准工作组着手编写标准草案及立项申请材料，由广东省腐蚀控制标准化技术

委员会报送主管单位广东省能源局。

2、2024年12月，立项下达

经广东省能源局和广东省市场监督管理局批准，标准项目正式获批下达，项目周期为18个月，主管单位为广东省能源局。

4、2025年1月-2025年3月，标准内外部研讨与修改

组织多次内外部研讨会议，邀请行业多位专家对标准框架和内容等进行深入讨论，并结合实际案例，对标准草案进行讨论和修改。

5、2025年3月，形成征求意见稿

标准工作组成员根据专家意见和反复论证，对草案进行修改和完善，形成《海上风电水下金属构件原位激光修复作业要求》征求意见稿。

五、标准主要技术内容

1、范围：规定了海上风电水下金属构件原位激光修复作业的技术要求、操作流程、工艺试验、施工作业、安全操作要求、安全与环保要求、培训与认证和文档管理等方面的内容。适用于海上风电水下金属构件原位激光修复作业。包括但不限于风电机组的基础结构、塔筒、导管架等。

2、标准的主要技术内容包括：

第4章 技术要求：规定了水下激光增材修复作业的设备要求、材料选择、质量要求等内容；

第5章 操作流程：规定了海上风电水下金属构件原位激光修复作业操作流程制定、施工方案的具体要求；

第6章 水下激光增材修复工艺试验：详细阐述了水下激光增材修复工艺试验的原则、要求、检验与判定、后处理、性能试验的要求和内容；

第7章 水下激光增材再制造施工作业：详细阐述了水下激光增材再制造施工作业的施工准备、预处理、过程、后处理、检查和验收的要求；

第8章 安全操作要求：详细阐述了作业前准备、作业实施和作业后整理的安全操作要求；

第9章 安全和环保要求；

第10章 培训和认证；

第11章 文档管理。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本文件与现行有关法律、行政法规及相关标准协调一致，符合国家相关法律法规和强制性国家标准的要求。

七、标准的地方特色和先进性说明

（一）地方特色

广东省作为我国海上风电产业的重要基地，具有显著的技术创新优势和产业集聚特征。本标准紧密结合广东省海上风电产业的实际情况，充分考虑了广东省高温、高盐、高湿的强腐蚀气候特征，以及海上风电装机容量和发电量在全国的领先地位。标准参编单位整合了本地在腐蚀控制、激光装备、水下机器人等领域的技术资源，推动“产学研用”一

体化，不仅能解决广东省海上风电运维产业面临的实际问题，为广东省建设海上风电运维基地提供技术支撑，还将助力广东抢占海上风电运维技术标准高地。

（二）先进性

本标准在技术层面具有显著的先进性，填补了国内外海上风电水下金属构件原位激光修复作业标准的空白。其创新性体现在：首次系统整合水下激光增材再制造技术，通过局部干区形成、高精度定位等先进工艺确保修复质量；引入实时监控和无损检测技术，大幅提升修复过程的可靠性和修复结果的稳定性；同时兼顾安全与环保要求，实现技术规范与可持续发展并重。标准还创新性地采用全生命周期管理理念，覆盖从修复前评估、工艺试验到验收和文档管理的完整流程，为行业提供了全面、科学的标准化解决方案。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本文件编制过程中无重大意见分歧。

九、贯彻标准的要求和措施建议

为有效贯彻本标准，建议采取以下措施：一是分层级组织宣贯培训，邀请专家重点解读标准内容；二是选取典型风电场开展试点示范，验证标准可行性并优化完善；三是组建专家团队提供技术支持和现场指导，建立问题反馈机制；四是利用多种媒体渠道加强宣传推广，制作解读材料提升认知度；五是推动将标准纳入政策支持范围，鼓励企业积极采用；通过多方协同推进，确保标准在海上风电运维领域得到有效实施，为水

下金属构件修复提供规范化技术支撑。

十、其他应当说明的事项

无。

《海上风电水下金属构件原位激光修复作业要求》标准工作组

2025年6月