

《风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试方法与性能评价》

编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本项目根据中国欧洲经济技术合作协会 2026 年团体标准制定计划，项目名称为《风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试方法与性能评价》的任务而进行制订。

（二）起草单位及主要起草人

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

（三）标准制定目的和意义

从产业角度分析，制定《风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试方法与性能评价》团体标准的目的和意义主要体现在以下几个方面：

1. 目的

本标准的制定旨在顺应风电装备大型化、轻量化、高可靠性的发展趋势，推动风电叶片碳纤维复合材料主梁疲劳测试的试样制备、加载方式、数据采集、失效判定与性能评价实现标准化与规范化。碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试作为叶片结构安全验证的关键环节，其测试方法合理性、加载精度、失效判据准确性及评价体系完整性直接决定叶片服役寿命与运维成本。目前，行业在试样选取、载荷谱制定、工装设计、失效判定及评价指标等方面缺乏统一规范，导致测试结果可比性差、可靠性评估存在不确定性。通过制定本标准，可明确全尺寸疲劳测试的关键技术要求、性能指标与评价方法，提升测试装备与检测过程的一致性与可比性，促进上游碳纤维材料企业与下游风电主机、叶片制造企业协同创新。同时，该标准将为产品设计验证、行业监管及型式认证提供依据，为风电叶片安全运行与产业化发展提供保障，推动我国风电复合材料结构测试技术进步与产业化发展。

2. 意义

制定《风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试方法与性能评价》团体标准具有重要意义。一方面，该标准有助于推动疲劳测试台、加载作动器及数据采集系统的规范化，提升风电叶片检测产业基础能力，促进测试方法优化与系统集成升级，推

动风电产业链向高端化、智能化、绿色化方向发展，保障风电装备产业健康成长。另一方面，标准通过明确疲劳寿命、剩余强度、刚度衰减率及失效模式判定要求，鼓励企业和科研机构开展关键技术攻关，提升自主研发能力与核心竞争力。同时，标准实施将强化疲劳测试的安全性、可靠性，减少因测试不规范或评价标准不一导致的结构误判或叶片失效风险，有效保障风电场运行可靠性与经济效益。此外，标准统一将提升国内疲劳测试技术的可比性和国际认可度，降低跨国技术合作与产品认证中的技术壁垒，增强我国在风电复合材料检测领域的国际话语权，对建设具有国际竞争力的风电装备产业体系具有积极作用。

（四）主要工作过程

1. 前期准备工作

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛搜集相关的材料。同时，标准编制小组安排相关人员，多次与相关行业人员进行调研、交流，广泛征求标准制定方面的意见和建议。

2026 年 5 月 7 日本团体标准由中国欧洲经济技术合作协会正式立项，立项名称为：《风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试方法与性能评价》。

2. 标准起草过程

2026 年 6 月，团体标准立项通知公示后，标准编制小组首先组织了标准制定工作会议，各编写人员根据工作计划分工和编写要求开展了相关工作。在标准起草期间，编制小组主编单位及参编单位组织了数次内部研讨会和专家咨询会，经过多次修改，于 2026 年 6 月完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

二、标准编制原则和依据

（一）编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，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》的规定及相关要求编制。

（二）标准主要内容与确定依据

1. 标准主要内容

1.1 范围

本文件适用于额定功率 2MW 及以上陆上、海上水平轴风力发电机组叶片用碳纤维

增强环氧树脂复合材料主梁的全尺寸交变载荷疲劳性能测试与性能评价。

1.2 规范性引用文件

GB/T 3365 碳纤维增强塑料孔隙含量和纤维体积含量试验方法

GB/T 25384 风力发电机组 风轮叶片全尺寸结构试验

GB/T 35465.3 聚合物基复合材料疲劳性能测试方法 第3部分：拉-拉疲劳

GB/T 37794 碳纤维 结节拉伸强度的测定

GB/T 45474 碳纤维增强复合材料Ⅱ型层间断裂韧性的测定 端部切口三点弯曲法

FZ/T 50046 高模量纤维 单纤维拉伸性能试验方法

1.3 术语和定义

定义了风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试方法与性能评价的相关术语。

1.4 试验条件

对风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试的试验条件进行规定。

1.5 测试方法

对风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试的测试方法进行规定。

1.6 数据处理

对数据处理进行规定。

1.7 性能评价指标

对风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳性能的性能评价指标进行规定。

1.8 评价结果

对评价结果进行规定。

2. 确定标准主要内容的依据

本标准严格遵循 GB/T 25384《风力发电机组 风轮叶片全尺寸结构试验》等相关技术规范，并参考国内外风电叶片碳纤维复合材料主梁疲劳测试的工程设计与试验运行经验。测试方法方面，基于谐振疲劳加载、液压伺服加载及多点协同加载技术在大型复合材料结构测试中的应用，参考加载精度、频率响应、载荷控制稳定性和测试效率等指标，明确了加载作动器、数据采集系统及配套工装组件的质量要求。系统设计与集成方面，吸收国内外关于载荷谱编制、测试工装设计、失效判据设定、过程监

控及可靠性等成熟经验，形成加载能力、环境适应性、测试可靠性与响应精度等参数的确定原则，确保适应不同长度与结构形式的主梁试件。性能评价方面，以疲劳寿命、剩余强度、刚度衰减率、失效模式判定为核心，依据有限元仿真分析、子部件验证测试及全尺寸实测案例，提出加载控制、数据采集、损伤检测等试验方法与评价指标。同时，结合风电装备质量认证要求，对测试系统型式检验、联调联试、试验验证和常态化运维监测作出规定，确保全流程可操作、可追溯，为风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试的工程应用与规范化推广提供科学依据。

三、主要试验情况分析、技术经济论证、预期经济效果

（一）主要试验情况分析

风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试选取不同长度、不同结构形式的典型主梁试件，开展疲劳寿命、刚度衰减、失效模式、数据采集精度及测试系统可靠性系列试验。试验结果表明，测试方法可适应不同载荷谱、不同边界条件及复杂应力分布，加载精度高、损伤检测与失效判定的准确性优异。测试系统加载控制、数据采集在长时间运行及负荷波动下运行稳定，无加载失控、数据丢失及判定错误问题。规范化参数配置可有效提升测试结果的一致性与可比性，各项试验数据均可支撑本标准测试方法、系统性能及评价指标相关技术指标，为标准编制提供扎实的试验验证依据。

（二）技术经济论证

开展风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试标准化建设，可有效降低测试系统设计、工装集成及运维成本，提升行业整体运营效率。技术层面，统一载荷谱编制、测试工装设计、失效判据及性能评价标准，可规避行业技术不统一导致的重复研发与试验浪费，提升测试稳定性和数据可比性。经济层面，标准化设计可延长测试设备使用寿命，减少加载偏差、工装不适配引发的运维成本，降低测试不准确导致的叶片可靠性误判及运维损失等经济损失。同时，标准化模块化建设可实现测试设备通用兼容，优化供应链体系，助力产业集聚发展，提升企业核心竞争力。

（三）预期经济效果

本标准实施后，可显著提升风电叶片碳纤维主梁疲劳测试系统的运行可靠性与服役周期，降低常态化运维成本，减少测试失效、数据偏差引发的验证损失，提升测试效率与叶片可靠性评估精度。标准化的测试评价体系，可有效规避因测试不规范导致的叶片结构误判与服役风险，实现安全风险与经济损失最小化。同时，标准可带动测

试设备制造、传感器及数据分析等上下游产业规模化发展，持续压降行业研发运维成本，规范行业市场秩序，推动企业技术升级，助力风电复合材料检测产业提质增效，创造良好的经济效益。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准的制定过程、技术要求的选定、试验方法的确定、检验项目设置等符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、废止现行有关标准的建议

本标准不涉及对现行标准的废止。

七、知识产权情况说明

本文件不涉及必要专利等知识产权情况。

八、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

九、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

本标准首次制定，没有特殊要求。

十、其他应予说明的事项

无。

《风电叶片碳纤维复合材料主梁全尺寸疲劳测试方法与性能评价》

团体标准编制组

2026 年 6 月