风力发电机组叶片电热除冰技术导则

编 制 说 明

**目 次**

[1 编制背景 1](#_Toc29063)

[2 编制主要原则 1](#_Toc11094)

[3 主要工作过程 2](#_Toc21642)

[4 标准结构和内容说明 2](#_Toc25146)

[5相关标准对比说明 2](#_Toc13751)

[6标准实施措施说明 3](#_Toc15428)

1 编制背景

本标准是根据电机咨[2024]331号文“中国电机工程学会关于印发‘中国电机工程学会 2024年标准计划（第一批）’的通知”下达的制定任务（项目序号27：风力发电机组叶片电热除冰技术导则）进行制定的。由西安热工研究院有限公司牵头，华能贵州清洁能源分公司、浙江工业大学、西安爱邦电磁技术有限责任公司、湖南博杨新能源科技有限公司、株洲时代新材料科技股份有限公司、龙源（北京）新能源工程有限公司、华能国际电力股份有限公司湖南清洁能源分公司、中车株洲电力机车研究所有限公司、运达能源科技集团股份有限公司、华能国际电力股份有限公司江苏清洁能源分公司、中材科技股份有限公司等单位共同起草。

风电已在我国电力结构中占据重要的位置。风机叶片作为风电机组捕捉风能的关键部件之一，其运行可靠性直接影响整个机组的安全性、可靠性与经济性。叶片覆冰是造成发电量损失的关键，也是困扰业界的一个“世界性难题”。叶片覆冰后产生的危害巨大，对于年发电量的影响少则1%-10%，严重地区达到了20%-50%。截至2020年底，全国风电总装机达到2.8亿kW，风电已在我国电力结构中占据重要的位置。风机叶片作为风电机组捕捉风能的关键部件之一，其运行可靠性直接影响整个机组的安全性、可靠性与经济性。在中国的地理环境中，风机叶片在冬、春季低温情况下多面临表面覆冰的问题，其影响包括：1）覆冰影响叶片气动性能，导致转矩下降，影响发电效率；2）覆冰导致叶片质量分布不平衡，产生不对称载荷，造成风电机组出力下降，引发机械故障甚至停机；3）叶片冰块脱落，引发安全风险。

虽然当前叶片除冰方案较多，但无论是电力开发企业、叶片生产企业还是科研机构等第三方企业均未对除冰方案的适用性、整体设计及运行效果等方面进行深入探讨，也无相关标准规范。因此进行风力机叶片电热系统适用性研究，设计适用于风电场环境的系统参数，对除冰系统安全应用及使用效果都具有重要意义。

本规范的目的是确定风力机叶片电热除冰适用性、部件设计要求及运行效果评价，规范风力机叶片电热除冰技术工程应用，为叶片电热除冰系统适用性选择、系统设计规定、安装应用要求及效果评价提供技术指导。对于风电场叶片除冰技术选择、提升风电场的运行效率、降低运营成本、保障人员安全、保护环境以及推动风电行业健康发展。

2 编制主要原则

2.1 规范性

本文件是首次制定版本。编制遵循“统一性、协调性、适用性、一致性和规范性”的原则，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》进行编制，并与相关标准协调统一。

2.2 一致性

标准文本内部各部分之间要保持一致，使用相同的用语和术语，避免同义词的使用，确保标准的一致性。

2.3 开放性

标准制定过程中要保证各相关方的有效参与，通过设立规则让各方充分讨论，解决技术内容分歧。

‌2.4 公正性和协商一致

参编单位通过协商一致的方式达成普遍同意。

2.5 协调性

标准与现行有效的文件相互协调，避免重复和不必要的差异，遵守基础标准和通用标准的规定。

3 主要工作过程

2024年7月，中国电机工程学会下达标准立项通知，工作组完成项目任务书编写。

2024年8月，西安热工研究院有限公司牵头成立了标准编写工作组，组织各参与单位召开了《风力发电机组叶片电热除冰技术导则》标准编制启动会议，成立了编写组，讨论确定了标准编制思路和工作计划。

2024年11月，工作组结合立项评审专家建议，开展广泛调查研究，基于风力发电机组叶片电热除冰技术的研判需求，

2025年1月，工作组结合在风力发电机组叶片电热除冰技术改造的实践经验，全面开展标准草案的修改完善工作，形成了标准初稿。

2025年3月，由西安热工研究院有限公司组织召开标准第二次工作组会议，与会专家对标准各个章节逐条进行详细讨论，提出了修改意见和建议。

2025年5月，工作组根据第二次工作组会议修改意见和建议对标准进行了修改，形成标准征求意见稿初稿。

2025年8月，经过编制小组和外部相关专家的反复论证和修改，我们向中国电机工程学会提交了标准征求意见稿，并向相关单位广泛征求意见。

4 标准结构和内容说明

本文件规定了风力发电机组叶片电热除冰系统的技术要求、基本组成、安装与维护要求，以及除冰效果评价方法。

本文件适用于新增和在役风力发电机组叶片电热除冰技术的设计、应用、维护及效果评价等。

文件的主要结构和内容如下：

1）范围

2）规范性引用文件

3）术语和定义

4）总体要求

5）适用性分析

6）电热除冰系统

7）安装

8）系统维护

9）除冰评价

附录A（资料性附录）电热除冰系统设计建议

5相关标准对比说明

风力发电机组叶片电热除冰技术属于风力发电机组防除冰领域的范畴。在编制过程中，参考了电力系统技术、雷电防护技术、架空输电线路覆冰勘测规程、温度传感技术等相关领域的国家标准、行业标准，主要包括《GB/T 19271 雷电电磁脉冲的防护》、《GB/T 19963.1 风电场接入电力系统技术规定》、《GB/T 25383 风力发电机组 风轮叶片》、《GB/T 21714.2 雷电防护 第2部分：风险管理》、《GB 50343-2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范》、《DL/T 5509 架空输电线路覆冰勘测规程》、《NNB/T 10211 风力发电机组叶片电加热防/除冰控制系统技术规范》、《IEC 61400-12-1 风力发电机组 功率特性测试》、《IEC 61400-24 风力发电机组 第24部分:雷电防护》等。

目前，国内外关于叶片电加热防除冰系统方面，只有NB/T10211-2019风力发电机组叶片电加热防除冰控制系统技术规范。技术改造方面的风力发电机组叶片电加热除冰技术和实现方法，无论协会还是标准委员会均未制定针对性的标准。

标准工作组在标准编制前期组织开展了大量调研与试验验证工作，围绕风力发电机组叶片电热除冰技术的覆冰适应性分析、雷击风险评估、电热组件选型、电加热系统设计、设覆冰监测、系统控制、系统安装、系统维护及效果评价等内容进行现场验证和系统评估，积累了丰富的经验，并据此完成了本标准的编制。本标准已广泛征求电力相关单位的意见，不断修改完善标准。

6标准实施措施说明

本导则的制定旨在推动风电行业除冰技术的标准化发展，完善叶片电热除冰的技术体系与操作方法，为相关企业在技术选型、系统实施、运行维护及效果评估等方面提供规范化指导。本导则发布后，将优先在电热除冰技术适应性高的区域推广应用，其内容涵盖电热系统设计、控制策略、运行维护及效果评估等核心环节。随着电热除冰技术的迭代创新与行业需求的扩展，未来将结合技术实践和应用反馈对本导则持续修订优化，逐步提升为行业或国家级技术标准，为风电装备安全高效运行提供有力支撑。