**备案号：XXXX-2024**

**中国电机工程学会标准**

**CSEE/T** XX **—XX**



**陆上风电场机组覆冰评估技术规范**

**(草案）**

**Technical code of wind turbine icing evaluation for onshore wind farm**

**20XX-XX-XX发布**

**20XX-XX-XX实施**

XXX **发** **布**

**目 次**

[前 言 1](#_Toc17709)

[1 范围 1](#_Toc15857)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc588)

[3 术语和定义 1](#_Toc32117)

[4 总则 2](#_Toc30397)

[5 基础资料 2](#_Toc16464)

[6 覆冰环境分析 2](#_Toc8774)

[7 覆冰监测 2](#_Toc25478)

[8 覆冰评估方法 2](#_Toc16590)

[9 覆冰影响等级 4](#_Toc656)

[附　录　A （规范性附录） 风电机组叶片覆冰观测记录表 5](#_Toc14956)

[附　录　B （资料性附录） 典型风力发电机组出力功率与风速关系图 6](#_Toc15777)

**前** **言**

本标准依据GB/T1.1—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》给出的规则编写。

本标准由XXX标准化技术委员会提出。

本标准由XXX标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：广西电网有限责任公司电力调度控制中心、南方电网能源发展研究院有限责任公司、中国南方电网电力调度控制中心、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国网甘肃省电力有限公司调度中心、贵州电网有限责任公司电力调度控制中心、云南电网有限责任公司电力调度控制中心、广东电网有限责任公司电力调度控制中心、国家电投集团广西电力有限公司运营服务分公司、广西自治区气象局、广西电网有限责任公司北海供电局。

本标准主要起草人：

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至XXX委员会标准化管理中心(北京市XXX，XX)。

陆上风电场机组覆冰评估技术规范

1. 范围

本标准规定了陆上风电场机组覆冰评估的总则、基础资料、覆冰环境分析、覆冰监测、覆冰评估方法以及覆冰影响等级等方面的技术要求。

本文件适用于110kV集中式陆上风电场，分散式风电场可参照执行。

1. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 35221 地面气象观测规范 总则

GB/T 35706 电网冰区分布图绘制技术导则

DL/T 5158 电力工程气象勘测技术规程

DL/T 5509 架空输电线路覆冰勘测规程

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

覆冰 icing

雨、雾或雪遇到温度等于或低于冰点的物体后，附着在物体上形成冰的现象。

3.2

覆冰环境 icing environment

能够形成覆冰的地理环境和气候环境。

3.3

覆冰过程 icing process

从物体上开始出现覆冰到覆冰完全消融的过程。

3.4

雨淞 glaze

粒径较大的过冷却水滴，碰撞到温度0℃及以下的物体表面，形成玻璃状透明或无光泽表面粗糙的冰覆盖层。冰体透明坚固，密度大，黏附力强。

3.5

雾松 soft rime

粒径较小的过冷却水滴，随气流浮动，碰撞到温度0℃及以下的物体表面瞬间冻结成小冰粒。冰粒之间有气孔，具有自色外表和粒状结构，密度小，黏附力弱。

3.6

混合淞 hard rime

不同粒径的过冷却水滴，随气流浮动，在碰撞物体瞬间，部分为雨淞，部分为雾淞。冰体呈半透明状，密度中等，有一定的黏附力。

3.7

叶片覆冰 blade icing

雨凇、雾凇、混合凇和湿雪冻结附着在风电机组叶片上形成覆冰层的现象。

3.8

受限功率 limited power

受限功率是指排除场内设备故障、缺陷或检修等自身原因影响后，风电场可发而未发出的功率。

3.9

受限容量 limited capacity

受限容量是指排除场内设备故障、缺陷或检修等自身原因影响后，风电场机组因覆冰导致停运的机组容量。

3.10

受限电量 limited Energy

受限电量是指排除场内设备故障、缺陷或检修等自身原因影响后，风电场可发而未发出的电能量。

1. 总则
   1. 为规范和指导陆上风电场覆冰评估工作，制定本规范。
   2. 开展风电场的机组覆冰评估工作，应充分收集本风电场及其周边地区的相关资料，经计算分析后，对风电场机组覆冰环境做出客观、公正、合理的评价。
2. 基础资料
   1. 风电场内有测风塔观测时，应收集风电场内已有测风塔的位置、海拔等基本情况以及风速、风向、气温、气压、湿度等观测资料。
   2. 应收集风电场区域内及外延5km范围内的1:50000及以上比例尺的地形图，并分析地形对覆冰的影响。
   3. 应收集电网部门对风电场所在区域的冰区划分及其分布图资料。
   4. 宜收集风电场周边已有的风电场、高山气象站、电视塔、微波站、道班的冰害事故记录、报告、图片和视频。
   5. 宜收集风电场周边已有的输电线路、通信线路的覆冰设计成果以及运行中的实测覆冰资料、冬春季除冰措施，冰害事故报告、记录、图片和视频等。
   6. 宜选取有代表性的风电机组，对风电机组的叶片覆冰情况进行监测，可对机舱、塔架覆冰情况进行观测，风电机组叶片观测记录表宜符合本规范附录A的规定。
   7. 每年度冰季结束后，应及时对年度全部度冰观测资料进行整理、统计计算、分析等，并编写年度覆冰观测报表或报告。
   8. 风电场覆冰及其主要气象要素观测，除应符合本规范要求外，还应符合国家现行标准《地面气象观测规范 总则》GB/T 35221、《电力工程气象勘测技术规程》DL/T 5158等的有关规定。
3. 覆冰环境分析
   1. 应开展风电场地理环境分析。包括风电场及其周边区域的地形、地貌、海拔、植被和水体的分布情况等。
   2. 应开展风电场气候环境分析，主要内容包括：
4. 风电场区域所属气候类型和特点。
5. 覆冰天气的冷暖气流的来源、移动路径、影响范围及程度、覆冰性质。
6. 影响覆冰的气象条件分析，包括典型覆冰天气过程相应的气温、湿度、降水、日照时数、风速、过程持续时间、天气现象等。
7. 覆冰监测

覆冰监测应根据海拔、地理环境、气候条件、线路覆冰程度、风电场装机等因素选择在线监测或人工检测的方法。

1. 采用在线监测方式时，在线监测装置应能监测和识别覆冰气象条件及引起发电机组的机械、电气变化等可量化和识别的参量。
2. 采用在线监测方式时，在线监测装置应根据海拔、气象条件选择可靠的通信、供电方式。
3. 无在线监测装置时，可采用人工观冰方式对覆冰情况进行记录确认，人工观测应记录覆冰气象条件、地理地形条件和叶片覆冰厚度等。
4. 覆冰评估方法
   1. 覆冰厚度

覆冰厚度计算应包括对覆冰的密度、标准冰厚和设计冰厚等进行计算。

覆冰厚度计算应符合国家现行标准《电网冰区分布图绘制技术导则》GB/T 35706、《电力工程气象勘测技术规程》DL/T 5158和《架空输电线路覆冰勘测规程》DL/T 5509的有关规定。

* 1. 覆冰时长

风电场覆冰时长应采用覆冰实测资料计算得到。计算公式如下：

式中：-区域风电场单次覆冰过程总时长；

-单个风电场单次覆冰过程小时数；

-风电场单次覆冰结束时间；

-风电场单次开始覆冰时间；

-风电场站数量；

风电场内或邻近区域有测风塔，且测风观测满1年时，可采用上式间接计算测风塔覆冰期。测风塔发生覆冰的判别标准：观测数据连续6h无变化，且该时段的气温在1℃以下。

仪器设备覆冰期计算宜根据风电场仪器设备的实际覆冰时间进行计算。

* 1. 受限功率

风电场某时刻受限功率应结合风机理论出力功率、风机实测出力计算得到。计算公式如下：

式中：-某时刻区域风电场受覆冰影响的受限功率；

-某时刻单台风电机组的理论出力功率，根据相关机型的理论功率曲线得到，详见附录B；

-某时刻单台风电机组在覆冰状态下测量得到的实际出力功率；

-某时刻单台风机覆冰状态（1：覆冰，0：未覆冰）；

-风电场站数量；

-单个风电场风机数量。

* 1. 受限容量

风电场某时刻受限容量应结合风机额定功率、风机覆冰及运行状态计算得到。计算公式如下：

式中：-某时刻区域风电场受覆冰影响的受限容量；

-某时刻单台风电机组的额定功率；

-某时刻单台风机覆冰状态（1：覆冰，0：未覆冰）；

-某时刻单台风机停机状态（1：停机，0：运行）；

-风电场站数量；

-单个风电场风机数量。

* 1. 受限电量

风电场覆冰受限发电量，应根据因覆冰影响而导致风电场应发而未发出的电量计算得到。计算公式如下：

式中：-区域风电场单次覆冰过程中受覆冰影响的总受限电量；

-某时刻单台风电机组的理论出力功率，根据相关机型的理论功率曲线得到；

-某时刻单台风电机组在覆冰状态下测量得到的实际出力功率；

-某时刻单台风机覆冰状态（1：覆冰，0：未覆冰）；

-单台风电机组单次覆冰结束时间；

-单台风电机组单次开始覆冰时间；

-风电场站数量；

-单个风电场风机数量。

风电场覆冰影响发电量损失率应根据风电场受限电量及实发电量计算得到。计算公式为：

式中： -发电量损失率；

-区域风电场单次覆冰过程中受覆冰影响的总受限电量；

-区域风电场单次覆冰过程中实测发电量。

1. 覆冰影响等级
   1. 单个风电场覆冰环境评价的主要指标应包括覆冰的厚度、覆冰的时间长度。风电场覆冰影响等级划分应符合表1的规定。

表1 风电场覆冰环境等级划分

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 覆冰  等级 | 覆冰影响程度描述 | 标准冰厚  （mm） | 单次覆冰时长  （h） | 覆冰期总时长  （h） |
| I | 轻度，对风电场发电量有轻微影响 | [0, 5) | [0, 48) | [0, 144) |
| II | 中度，对风电场发电量有一定影响 | [5, 15) | [48, 120) | [144, 360) |
| III | 重度，对风电场发电量有严重影响 | [15, 30) | [120, 240) | [360, 720) |
| IV | 特别重度，对风电场发电量有特别重大影响 | 30及以上 | 240及以上 | 720及以上 |

说明：单次覆冰时长为单个风电场内单次覆冰的过程小时数，覆冰期总时长为单个风电场评估年内发生覆冰的过程总小时数。

* 1. 当根据表1中三类指标划分的等级不一致时，其覆冰等级宜按其中较高的等级确定。

1. （规范性附录）  
   风电机组叶片覆冰观测记录表

风电场风电机组叶片覆冰观测记录宜按表A进行观测记录。

表A XXX风电场风电机组叶片覆冰观测记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 基本情况 | | | | | | | | | | | | | |
| 风机编号： 风机型号： 轮毂高度： | | | | | | | | | | | | | |
| 经 度： 纬 度： 海 拔： | | | | | | | | | | | | | |
| 观测起止时间： 观测员： | | | | | | | | | | | | | |
| 风电机组叶片覆冰观测 | | | | | | | | | | | | | |
| 覆冰过程编号 | 覆冰开始时间 | 覆冰结束时间 | 覆冰时间 | | | | | | | | | | |
| 天气状况 | 平均  气温  （℃） | 平均相对湿度（%） | 平均风速  （m/s） | 主导风向 | 测风仪器是否结冰 | 结冰最大厚度位置 | 结冰最大厚度  （mm） | 风机带冰运行时间 | 风机停机时间 | 发电量损失量（kWh） |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

注：覆冰开始时间和结束时间精确到分钟。

1. （资料性附录）  
   典型风力发电机组出力功率与风速关系图

附图B 典型风力发电机组出力功率与风速关系图