

# 湛江市气象防灾减灾协会团体标准

×× ×××××-20××

## 海上风电场防雷检测技术规程

Technical specification for lightning protection testing of  
Seaborne Wind farm

(征求意见稿)

(本稿完成日期: 2022.10)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

湛江市气象防灾减灾协会发布

# 前 言

本文件按照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》的规定起草。

本规程分为10章，主要内容包括：1.范围；2.术语和定义；3.检测分类及项目；4.检测方法；5.现场测试；6.杂散电流的排除措施；7.现场作业要求和安全技术措施；8.检测程序；9.检测数据整理。

本规程中以黑体字标注的条文为强制性条文，必须严格执行。

本文件由湛江市气象防灾减灾协会提出并归口，负责管理和对强制性条文的解释。

本规程主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

**主编单位：**

**参编单位：** ××××××××××

××××××××××

××××××××××

××××××××××

**主要起草人：**

**主要审查人：**

# 目 次

1	范围 .....	1
2	术语和定义 .....	1
3	检测分类 .....	2
4	检测方法 .....	2
4.1	防雷分类 .....	2
4.2	防雷区划分 .....	2
4.3	接闪器检测 .....	3
4.4	引下线检测 .....	3
4.5	接地装置检测 .....	4
4.6	雷电电磁脉冲屏蔽检测 .....	4
4.7	等电位检测 .....	5
4.8	电涌保护器(SPD)检测 .....	6
4.9	安全防范系统检测 .....	6
5	现场测试 .....	7
5.1	海上风电机组 .....	7
5.2	海上升压站 .....	8
5.3	陆上集控中心 .....	8
6	杂散电流的排除措施 .....	9
7	现场作业要求和安全技术措施 .....	10
7.1	检测作业要求 .....	10
7.2	安全技术措施 .....	10
8	检测程序 .....	10
9	检测数据整理 .....	11
9.1	检测结果的记录 .....	11
9.2	检测结果的判定 .....	11
9.3	防雷装置检测报告 .....	11
	引用标准名录 .....	12

# Contents

# 1 范围

本标准规定了海上风电场防雷检测的检测项目、检测要求和方法、检测周期、检测程序和检测数据整理。

本标准适用于海上风电场建（构）筑物、主要生产单元、公用辅助设施工程、生产装置、辅助设施等防雷装置的检测。

本标准不适用海上风电场高压电气系统（设施）的防雷检测。

# 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

## 2.1 防雷装置 lightning protection system ; LPS

由接闪器、引下线、接地装置、电涌保护器及其他连接导体等组成的防雷产品和设施的总称。

注：防雷装置由外部防雷装置和内部防雷装置两部分组成，也称雷电防护系统。

## 2.2 防雷装置检测 lightning protection system check and measure

按照防雷装置的设计标准确定防雷装置满足标准要求而进行的检查、测量及综合分析处理全过程。

注 1：改写 GB/T 21431-2015 ， 定义 3.32。

注 2：检查指对防雷装置的外观部分进行目测检查，对隐蔽部分利用原设计资料或质量监督资料核实的过程。

注 3：测量指对防雷装置现场检测作业时，利用各种测量测试工具所开展的活动。

## 2.3 海上风电场雷电防护检测范围 Lightning Protection System check and measure Scope of Seaborne Wind farm

海上风电场雷电防护检测范围主要包括风力发电机组、海上升压站、陆上集控中心。

## 2.4 生产设施 production facilities

指在海上风电场生产过程或直接为生产服务的机器设备，主要包括机械、动力及传导设备等。

### 3 检测分类

检测分为首次检测和定期检测。

首次检测应对其结构、布置、形状、材料规格、尺寸、连接方法和电气性能进行分阶段检测。投入使用后建筑物防雷装置的第一次检测应按设计文件要求进行检测。

定期检测周期时间为 12 个月。

### 4 检测方法

#### 4.1 防雷分类

4.1.1 应按 GB50057—2010 中第 3 章、第 4.5.1 条、第 4.5.2 条及 GB/T21431-2015 附录一的规定对建筑物进行防雷分类。

4.1.2 考虑海上机组的维修难度大、费用高等因素，海上风电场风机组、海上升压站的防雷设计，按照一类雷电防护等级设计。

#### 4.2 防雷区划分

4.2.1 防雷区的划分应按照 GB50057 第 6.2.1 条的规定将需要防雷击电磁脉冲的环境一般应划分为 LPZ0A、LPZ0B、LPZ1..LPZn+1 区，防雷区定义见 GB50057 第 6.2.1 条。在进行防雷区的划分后，应检查防雷工程设计中 LPZ 的划分是否符合标准。

4.2.2 风电机组防雷防雷区的划分为 LPZ0A、LPZ0B、LPZ1、LPZ02 四个区：

LPZ0<sub>A</sub> 区包括叶片、避雷针系统、塔架等；

LPZ0<sub>B</sub> 区包括位于机舱弯头下方塔架上端部分、塔架基座部分等；

LPZ0<sub>1</sub> 区包括机舱弯头内部、塔筒内部、塔筒外箱式变压器的金属壳体内部；

LPZ0<sub>2</sub>区包括塔筒内和含有金属层（网）机舱内的各金属箱、柜和外壳内部及变桨控制箱内部。

### 4.3 接闪器检测

**4.3.1** 检查接闪器与建筑物顶部外露的其他金属物的电气连接、与引下线电气连接，天面设施等电位连接。

**4.3.2** 检查接闪器的位置是否正确,焊接固定的焊缝是否饱满无遗漏，螺栓固定的应备帽等防松零件是否齐全，焊接部分补刷的防腐油漆是否完整，接闪器截面是否锈蚀 1/3 以上。接闪带是否平正顺直，固定点支持件是否间距均匀，固定可靠，接闪带支持件间距是否符合 GB50057 的要求。每个支持件能否承受 49N(5kgf)的垂直拉力。

**4.3.3** 首次检测时应检查接闪网的网格尺寸是否符合 GB50057 的要求。

**4.3.4** 首次检测时，应用经纬仪或测高仪和卷尺测量接闪器的高度、长度，建筑物的长、宽、高，然后根据建筑物防雷类别用滚球法计算其保护范围。

**4.3.5** 首次检测时应测量接闪器的规格尺寸，应符合 GB50057 第 5 章的要求。

**4.3.6** 检查接闪器上有无附着的其他电气线路。

**4.3.7** 首次检测时，应检查建筑物高于所选滚球半径对应高度以上时，防侧击保护措施，应符合 GB50057 的要求。

**4.3.8** 当低层或多层建筑物利用屋顶女儿墙内或防水层内、保温层内的钢筋作暗敷接闪器时，应对该建筑物周围的环境进行检查，防止可能发生的混凝土碎块坠落等事故隐患。高层建筑不应利用建筑物女儿墙内钢筋作为暗敷接闪带。

**4.3.9** 接闪带在转角处应按建筑造型弯曲其夹角应大于 90°，弯曲半径不宜小于圆钢直径 10 倍、扁钢宽度的 6 倍。接闪带通过建筑物伸缩沉降缝处，应将接闪带向侧面弯曲半径为 100mm 弧形。

### 4.4 引下线检测

**4.4.1** 首次检测应检查引下线隐蔽工程纪录。

**4.4.2** 检查明敷引下线是否平直，无急弯。卡钉是否分段固定，且能承受 49N(5kgf)的垂直拉力。引下线支持件间距是否符合水平直线部分 0.5m~1.5m，垂直直线部分 1.5m~3m，弯曲部分 0.5m~3m 的要求。检查引下线、接闪器和接地装置的焊接处是否锈蚀，油漆是否有遗漏及近地面的保护设施。

**4.4.3** 首次检测时，应用卷尺测量每相邻两根引下线之间的距离，记录引下线布置的总根数，每根引下线为一个检测点，按顺序检测并编号标识。

**4.4.4** 首次检测时应用游标卡尺测量每根引下线的规格尺寸。

**4.4.5** 检查专设引下线上有无附着的其他电气线路。测量明敷引下线与附近其他电气线路的距离，一般不应小于 1m，交叉一般不应小于 0.3m。

**4.4.6** 检查断接卡的设置是否符合 GB50057 第 5.3.6 的要求。

**4.4.7** 采用仪器检查引下线接地端与接地体的电气连接性能。

## **4.5 接地装置检测**

**4.5.1** 首次检测时应查看隐蔽工程纪录；检查接地装置的结构和安装位置；检查接地体的埋设间距、深度、安装方法；检查接地装置的材质、连接方法、防腐处理。

**4.5.2** 检查接地装置的填土有无沉陷情况。

**4.5.3** 用毫欧表检测两相邻接地装置的电气连接，首次检测时应使用毫欧表对两相邻接地装置进行测量。如测得阻值 $>1\Omega$ ，断定为电气导通，如测得阻值偏大，则判定为各自独立接地。

**4.5.4** 使用接地电阻表（仪）进行接地电阻值测量时，宜按选用仪器的要求进行操作。

## **4.6 雷电电磁脉冲屏蔽检测**

**4.6.1** 用毫欧表检查屏蔽网格、金属管、(槽)防静电地板支撑金属网格、大尺寸金属件、房间屋顶金属龙骨、屋顶金属表面、立面金属表面、金属门窗、金属格栅和电缆屏蔽层的电气连接，过渡电阻值不宜大于  $0.3\Omega$ 。用卡尺测量屏蔽材料规格尺寸是否符合 GB50057 的要求。



**4.6.2** 计算建筑物利用钢筋或专门设置的屏蔽网的屏蔽效率，电磁场屏蔽的计算方法见 GB50057 第 6.3.2 条的规定。

**4.6.3** 首次检测按图施工是否符合标准要求。

## **4.7 等电位检测**

**4.7.1** 大尺寸金属物的连接检测，应检查设备、管道、构架、均压环、钢骨架、钢窗、金属地板、栏杆等大尺寸金属物与共用接地装置的连接情况。如已实线连接，应进一步检查连接质量，连接导体的材料和尺寸。

**4.7.2** 总等电位连接带的检查和测试

检查由 LPZ0 区到 LPZ1 区的总等电位连接状况，如已实线其与防雷接地装置的两处以上连接，应进一步检查连接质量，连接导体的材料和尺寸。

检查机舱内所有金属部件与总等电位连接环（机舱外壳围绕塔架的铜电缆）连接质量。

**4.7.3** 低压配电线路埋地引入和连接的检查与测试

检查低压配电线路是否全线埋地或敷设在架空金属线槽内引入。如全线采用电缆埋地引入有困难，应检查电缆埋地长度和电缆与架空线连接处使用的避雷器、电缆金属外皮、钢管和绝缘子铁脚等接地连接质量,连接导体的材料和尺寸。

**4.7.4** 进入建筑物的外来导电物连接的检查和测试

所有进入建筑物的外来导电物均应在 LPZ0 区与 LPZ1 区界面处与总等电位连接带连接，如已实现连接应进一步检查连接质量，连接导体的材料和尺寸。

**4.7.5** 穿过各后续防雷区界面处导电物连接的检查和测试

所有穿过各后续防雷区界面处导电物均应在界面处与建筑物内的钢筋或等电位连接预留板连接，如已实现连接应进一步检查连接质量，连接导体的材料和尺寸。

**4.7.6** 信息技术设备等电位连接的检查测试

检查信息技术设备与建筑物共用接地系统的连接，应检查连接的基本形式，并进一步检查连接质量，连接导体的材料和尺寸。如采用 S 型连接，应检查信息技术设备的所有金属组件，除在接地基准点(ERP)处外，是否达到规定的绝缘要求。

4.7.7 等电位连接的过渡电阻的测试采用空载电压 4~24V，最小电流为 0.2A 的测试仪器进行检测，过渡电阻值一般不应超过 0.2  $\Omega$ 。

## 4.8 电涌保护器(SPD)检测

4.8.1 用 N-PE 环路电阻测试仪。测试从总配电箱(箱)引出的分支线路上的中性线(N)与保护线(PE)之间的阻值，确认线路为 TN-C 或 TN-C-S 或 TN-S 或 TT 或 IT 系统。

4.8.2 检查并记录各级 SPD 的安装位置，安装数量、型号、主要性能参数(如  $U_c$ 、 $I_n$ 、 $I_{max}$ 、 $I_{imp}$ 、 $U_p$  等)和安装工艺(连接导体的材质和导线截面，连接导线的色标，连接牢固程度)。

4.8.3 对 SPD 进行外观检查：SPD 的表面应平整，光洁，无划伤，无裂痕和烧灼痕或变形。SPD 的标志应完整和清晰。

4.8.4 测量多级 SPD 之间的距离和 SPD 两端引线的长度。

4.8.5 检查 SPD 是否具有状态指示器。如有，则需确认状态指示应与生产厂家说明相一致。

4.8.6 检查安装在电路上的 SPD 限压元件前端是否有脱离器。如 SPD 无内置脱离器，则检查是否有过电流保护器，检查安装的过电流保护器是否符合要求。

4.8.7 检查安装在配电系统中的 SPD 的  $U_c$  值。

4.8.8 检查 SPD 安装工艺、接地线与等电位连接带之间的过渡电阻。

## 4.9 安全防范系统检测

4.9.1 检测户外摄像机处于的雷电分区，计算是否需要采取直击雷防护措施。

4.9.2 检查摄像机的输出视频端口是否安装视频信号线路浪涌保护器，信号线路是否安装信号浪涌保护器，解码箱处供电线路是否设置电源浪涌保护器。

4.9.3 检查各线路敷设方式，是否具有屏蔽措施。

4.9.4 测量接地电阻。

## 5 现场测试

### 5.1 海上风电机组

**5.1.1** 首次检测时应查看隐蔽工程纪录，测试接地电阻值。

**5.1.2** 电流极、电压极布线方案：

1.待测风机（F）利用相邻风机（F1）或海上升压站作为电流极进行布线，再选择合适角度的相邻风机（F2）作为电压极布线，电流极与电压极引线的夹角  $\alpha \geq 30^\circ$ 。

2. 因海浪影响，布线线径宜  $\geq 10\text{mm}$ 。

3. 风机（F、F1、F2）可相互替换为待测风机。

**5.1.3** 因海上风电机组利用其基础作为自然接地装置，海上检测布线工作量大，费用高，可每4年进行1次接地电阻值测试，检测周期内第2、3年接地电阻值采用第1年的检测数值。

**5.1.4** 接闪器安装在叶片尖部和中部的，使用高倍数望远镜观察接闪器的状态。

**5.1.5** 采用叶片表面涂上一层导电材料，或叶尖部分的玻璃纤维聚酯层表面预置金属氧化物作为接闪器，或叶尖部分的玻璃纤维聚酯层中预置金属导体作为接闪器的，使用高倍数望远镜观察叶片的状态，查阅叶片的年度维保记录。

**5.1.6** 使用高倍数望远镜观察机舱罩顶上后部的接闪器状态。

**5.1.7** 检测叶片引下线连接状况，测试叶片根部引下线端过渡电阻值。

**5.1.8** 检测机舱内的部件与机舱底板的连接状况，测试过渡电阻值。

**5.1.9** 检测机舱和塔架（塔筒）之间专用引下线的连接状况，防雷碳刷的磨损情况，测试过渡电阻值。

**5.1.10** 检测塔筒内部专用引下线的连接状况，测试过渡电阻值。

**5.1.11** 检测塔筒间的跨接状态：

1. 每一节塔筒法兰之间以及第一节塔筒法兰与基础环法兰之间应分别采用 3 根截面积 $\geq 50\text{mm}^2$ 的多股铜芯线跨接，3 处跨接点呈  $120^\circ$ 均匀布设；

2. 跨接线的安装工艺、长度；

3. 测量跨接线压接端子的截面积。

**5.1.12** 测试电源避雷器、信号避雷器。

## **5.2 海上升压站**

**5.2.1** 首次检测时应查看隐蔽工程纪录。

**5.2.2** 测试接地电阻值，电流极、电压极布线方案见 5.1.2 条款。

**5.2.3** 检测上层平台的直接雷击保护范围。

**5.2.4** 测试主控室环形接地母线及各设备装置的过渡电阻值。

**5.2.5** 检查升压站内的设备、管道、构架、电缆金属外皮、大件金属物、测风仪等的等电位连接状态。

**5.2.6** 检查平行敷设的规定、构架和电缆金属外皮等长金属物的跨接状态。

**5.2.7** 检查弯头、法兰盘、阀门的跨接状态。

**5.2.8** 检查平台上裸露接地点的腐蚀程度。

**5.2.9** 测试低压电源避雷器、信号避雷器。

## **5.3 陆上集控中心**

**5.3.1** 陆上集控中心按照二类雷电防护等级设计，建筑物外部防雷的措施，宜采用装设在建筑物上的接闪网、接闪带或接闪杆，或由其混合组成的接闪器。接闪网、接闪带应按 GB-50057 规范附录 B 的规定沿屋角、屋脊、屋檐和檐角等易受雷击的部位敷设，并应在整个屋面组成不大于  $10\text{m} \times 10\text{m}$  或  $12\text{m} \times 8\text{m}$  的网格；当建筑物高度超过 45m 时，首先应沿屋顶周边敷设接闪带，接闪带应设在外墙外表面或屋檐边垂直线上或其外。接闪器之间应互相连接。

**5.3.2** 外墙内外竖直敷设的金属管道及金属物的顶端和底端应与防雷装置等电位连接。

**5.3.3** 明敷接闪导体固定支架的间距不宜大于 GB-50057 规范的规定。固定支架的高度不宜小于 150mm。

**5.3.4** 当利用混凝土内钢筋、钢柱作为自然引下线并同时采用基础接地体时，可不设断接卡，但利用钢筋作引下线时应在室内外的适当地点设若干连接板，这些连接板可供测量、接人工接地体和作等电位连接用。当仅利用钢筋作引下线并采用埋于土壤中的人工接地体时，应在每根引下线上于距地面不低于 0.3 m 处设接地体连接板。采用埋于土壤中的人工接地体时应设断接卡，其上端应与连接板或钢柱焊接。连接板处宜有明显标志。

**5.3.5** 专设引下线不应少于两根，并应沿建筑物四周和内庭院四周均匀对称布置，其间距沿周长计算第 II 类防雷建筑不宜大于 18m。当建筑物的跨度较大，无法在跨距中间设引下线，应在跨距两端设引下线并减小其他引下线的间距，宜使专设引下线的平均间距第 II 类建筑不宜大于 18m。

## 6 杂散电流的排除措施

### 6.1 杂散电流干扰源的控制

在进行接地电阻检测时，企业在条件许可的情况下，暂停有关产生杂散电流的电气设备作业，避免杂散电流产生干扰源。

### 6.2 检测位置的选择

在进行接地电阻检测时，应尽量选择在没有杂散电流干扰的区域作业，测量时，P、C 电极应避免杂散电流的区域，远离其他接地体、金属管道、电气设备接地。

### 6.3 采取屏蔽措施

进行检测时，测量仪器应采取屏蔽措施，测量的线路，应采用屏蔽线缆，避免干扰。

## 7 现场作业要求和安全技术措施

### 7.1 检测作业要求

**7.1.1** 应具备保障检测人员和设备的安全防护措施，雷雨天应停止检测，攀高危险作业必须遵守攀高作业安全守则。检测仪表、工具等不能放置在高处，防止坠落伤人。

**7.1.2** 检测人员应取得防雷检测资格、出海作业证格、高空作业资格证。

**7.1.3** 检测仪器应在检定合格有效使用期内使用。

### 7.2 安全技术措施

**7.2.1** 检测机构应制定严格的安全管理和应急制度。安全管理制度应包括办公场所安全、交通安全、设备使用安全、作业安全等内容。

**7.2.2** 现场检测应严格遵守受检单位的安全规定，接受受检单位安全管理部门的监督，并要求受检单位派员陪同。

**7.2.3** 检测时，接地电阻测试仪的接地引线和其他导线应避开高、低压供电线路。

**7.2.4** 每一项检测需要有 2 人以上共同进行，每 1 个检测点的检测数据需经复核无误后，填入原始记录表。

**7.2.5** 海上检测时，检测人员须穿戴救生衣。

**7.2.6** 在检测配电房、变电所、配电柜的防雷装置时应着绝缘鞋、绝缘手套、使用绝缘垫，以防电击。

## 8 检测程序

**8.1** 检测前应对使用仪器仪表和测量工具进行检查，保证其在计量合格证有效期内和能正常使用。

**8.2** 首次检测单位，应先通过查阅防雷工程技术资料和图纸，了解并记录受检单位的防雷装置的基本情况，在与受检单位协商制定检测方案后进行现场检测。

**8.3** 现场检测进行时可按先检测外部防雷装置，后检测内部防雷装置的顺序进行，将检测结果填入防雷装置安全检测原始记录表。

**8.4** 对受检单位出具检测报告和整改意见书。

## **9 检测数据整理**

### **9.1 检测结果的记录**

**9.1.1** 在现场将各项检测结果如实记入原始记录表,原始记录表应有检测人员、校核人员和现场负责人签名。原始记录表应作为用户档案保存两年。

**9.1.2** 首次检测时，应绘制建筑物防雷装置平面示意图，后续检测时应进行补充或修改。

### **9.2 检测结果的判定**

**9.2.1** 用数值修约比较法将经计算或整理的各项检测结果与相应的技术要求进行比较，判定各检测项目是否合格。

### **9.3 防雷装置检测报告**

**9.3.1** 检测报告由检测员按本标准内容填写，检测员和审核员签字后，经技术负责人签发，应加盖检测单位公章。

**9.3.2** 检测报告一式二份，一份送受检单位，一份由检测单位存档。存档应有文字和计算机存档两种形式。

## 引用标准名录

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，仅所注日期的版本适用于本规程。

凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

《数值修约规则与极限数值的表示和判定》	GB/T 8170
《建筑物防雷装置检测技术规范》	GB/T 21431
《建筑物防雷设计规范》	GB 50057
《防雷装置检测服务通则》	DB/44