

## 某风电场升压站及场区防腐降阻及智能检测防雷接地网方案设计

贾旭华, 朱文慧

中国安能第一工程局唐山分公司 河北唐山

**【摘要】**风电产业是可循环新能源产业, 大力发展风电产业, 对调整能源结构、推进能源生产和消费革命、促进生态文明建设具有重要意义。风电场多建于风资源较为丰富的山脊、丘陵、戈壁荒漠及沿海地带, 特殊的地理环境导致生产及辅助设备极易遭受雷击的侵害。风场所处位置的土壤电阻率都较高、腐蚀性较强, 接地网设计难度大, 施工位置狭小, 现有的接地材料运输困难, 且接地网属于隐蔽工程, 后期维护困难, 修缮成本高。解决高电阻率、腐蚀性强地质环境下接地设计施工问题迫在眉睫。某风电项目位于内蒙古自治区库布齐沙漠边缘, 建设容机为 200 MW, 地质以风积细砂为主, 电阻率较高, 每个机位平均近似值 300—600 $\Omega$ .m, 为黄土电阻率 2-4 倍, 且具有一定腐蚀性, 本设计方案通过对本项目接地布置、接地材料防腐性能及降阻性能的研究, 能够有效提高风力发电系统的防雷、接地系统的安全性、可靠性、和经济性, 为今后类似项目的施工提供技术参考和依据。

**【关键词】**防雷接地; 防腐降阻; 智能化

**【收稿日期】**2023 年 10 月 27 日 **【出刊日期】**2023 年 12 月 10 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20230029

### Design of anti-corrosion, resistance reduction, and intelligent detection lightning protection grounding network scheme for a certain wind farm booster station and site area

Xuhua Jia, Wenhui Zhu

Tangshan Branch of China Anneng First Engineering Bureau, Tangshan, Hebei

**【Abstract】** The wind power industry is a new renewable energy industry, and vigorously developing the wind power industry is of great significance to adjusting the energy structure, promoting the revolution of energy production and consumption, and promoting the construction of ecological civilization. Wind farms are mostly built in the ridges, hills, Gobi desert and coastal areas with abundant wind resources, and the special geographical environment makes the production and auxiliary equipment vulnerable to lightning strikes. The soil resistivity of the wind site is high and the corrosion is strong, the design of grounding network is difficult, the construction location is small, the existing grounding materials are difficult to transport, and the grounding network is a hidden project, which is difficult to maintain in the later stage and the repair cost is high. It is urgent to solve the problem of grounding design and construction in high resistivity and corrosive geological environment. A wind power project is located on the edge of the Kubuqi Desert in Inner Mongolia Autonomous Region, with a construction capacity of 200 MW. The geology is mainly composed of windblown fine sand, and the electrical resistivity is relatively high. The average approximate value of each location is 300-600  $\Omega$ . m, which is 2-4 times the electrical resistivity of loess and has a certain degree of corrosiveness. This design scheme can effectively improve the lightning protection and resistance reduction performance of the wind power generation system by studying the grounding layout, anti-corrosion performance of grounding materials, and resistance reduction performance of the project. The safety, reliability, and economy of the grounding system provide technical reference and basis for the construction of similar projects in the future.

**【Keywords】** Lightning protection ground; Anti-corrosion and resistance reduction; Intelligente

## 1 工作范围

(1) 针对项目所在地环境土壤特点, 采用柔性、刚性防腐降阻接地材料进行风机、箱变和升压站的接地网制作; (2) 采用限流接闪装置对升压站进行直击雷防护; (3) 配置智能接地监测系统, 对升压站和风机接地装置进行监测。

## 2 具体内容

### 2.1 采用防腐降阻接地材料制作接地网

由于项目所在地地表水系不发达, 地面以下 10.0m 范围内无地下水存在, 土壤电阻率较高; 同时土壤 PH 值 > 5.5 为微酸性土壤, 对埋设于地下的接地材料会造成腐蚀, 给接地网的建设带来了较大困难。为防止地网腐蚀, 保证接地网完整性和可靠性, 在升压站地网和风机地网使用柔性防腐接地极、垂直防腐接地极。防腐降阻接地极由金属材料包覆导电防腐复合材料, 其复合材料电阻率  $0.1 \Omega \cdot m$ , 耐腐蚀, 适用各种强腐蚀环境, 环保无污染, 使用寿命可达 50 年, 免维护。柔性防腐接地极: 用于水平接地网, 单根长度可达 100m, 焊接点少, 运输、施工方便简捷; 刚性防腐接地极: 用于垂直接地极, 单根长度 0.8m, 防腐效果长期有效, 保证接地的有效性和可靠性。

2.2 升压站为本项目的重要设施, 为防止直击雷的侵害, 保护站内电气设备, 在升压站安装限流接闪装置, 限制雷电流的幅值和陡度, 减少雷击二次危害。

限流接闪装置采用限流技术, 具有减少上行雷击次数, 限制雷电流幅值和陡度的功能, 耐受雷电能力强, 保护范围大, 具有自身恢复功能, 抗风能力强, 防水、防腐、防污闪, 安装方便, 免维护, 可对升压站、建筑物进行有效的直击雷防护, 减少雷电引起的二次伤害。

### 2.3 风电场接地安全智能监测

#### (1) 接地智能监测对象

升压站接地装置和风机箱变接地装置<sup>[1]</sup>。

#### (2) 接地安全监测项目

##### ① 升压站

接地网的接地阻抗、场区地表电位梯度分布、跨步电位差、接触电位差、地网电气完整性、雷电流监测。

##### ② 风机和箱变

接地网的接地阻抗、地网电气完整性、雷电流监测<sup>[2]</sup>。

#### (3) 系统组成

风电场接地安全智能监测系统由后台监控分析软件、采集监测箱和现场端传感器组成。

#### (4) 实施方案和要求

##### ① 接地阻抗监测

1) 接地阻抗测量装置应具有异频输出电流, 输出电流 3A, 为保证在厂区外的线路和电极附近的安全要求输出电压不大于 50V, 频率 45—55Hz<sup>[3]</sup>。

2) 通常接地阻抗测试的电流极应布置得尽量远, 在地质复杂区域电流极与被试接地装置中心的距离可达被试接地装置最大对角线长度的 4 倍-5 倍<sup>[4]</sup>。为减少厂区内布线和维护难度和长距离布线远存在的不安全因素, 接地阻抗装置应具有短线布线测量能力, 通过软件分析和线型补偿技术实现准确的测量值。

3) 接地阻抗测量装置应具有一定诊断能力, 反应外部电极的接线是否正常, 且具有地网电位干扰测试和谐波分析能力。

4) 接地阻抗测量装置应具有数据通讯功能, 上位机可控制接地阻抗测量装置的运行状态和接收测量数据。

##### ② 场区地表电位梯度分布监测

1) 测量仪表与接地阻抗测量装置共用, 根据厂区内电力设施的布置确定埋设辅助电极的数量和位置。

表 1 柔性接地极指标

序号	项目	参考指标
1	截面积	35mm <sup>2</sup>
2	长度	100m/卷
3	防腐层材料	导电高分子材料
4	防腐层电阻率	0.1 $\Omega \cdot m$

表 2 垂直接地极指标

序号	项目	参考指标
1	直径	Φ54
2	长度	0.8m/根
3	防腐层材料	导电橡胶
4	防腐层电阻率	0.1 Ω.m

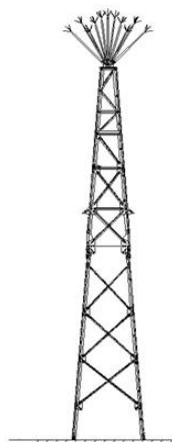


图 1 升压站

表 3 技术指标:

序号	项目	参考指标
1	针体数量	13 针
2	单针电阻	35k Ω
3	限流比 (8/20)	>50
4	是否抑制上行雷	是

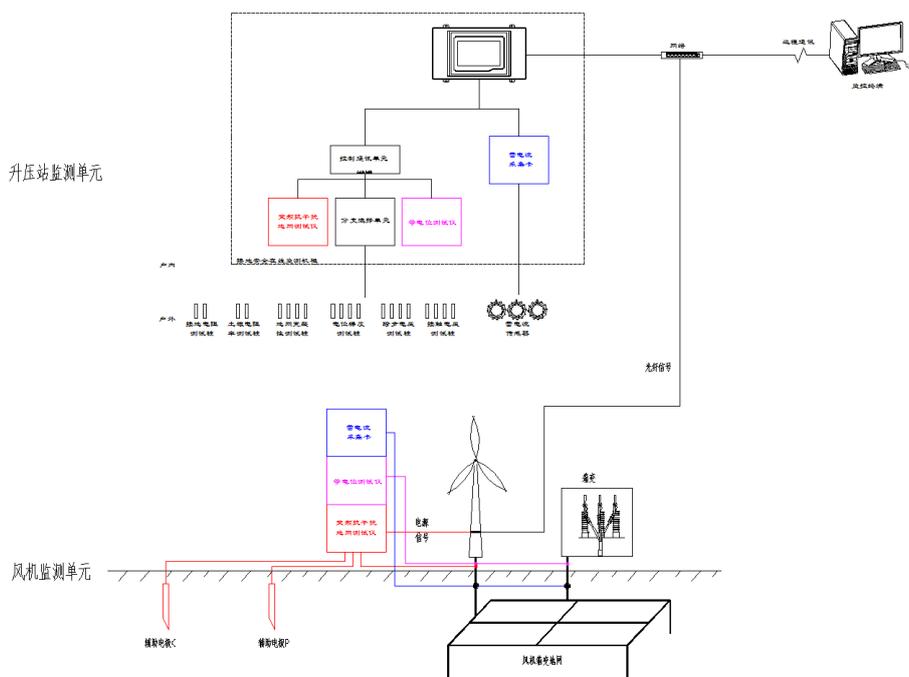


图 2 系统组成图

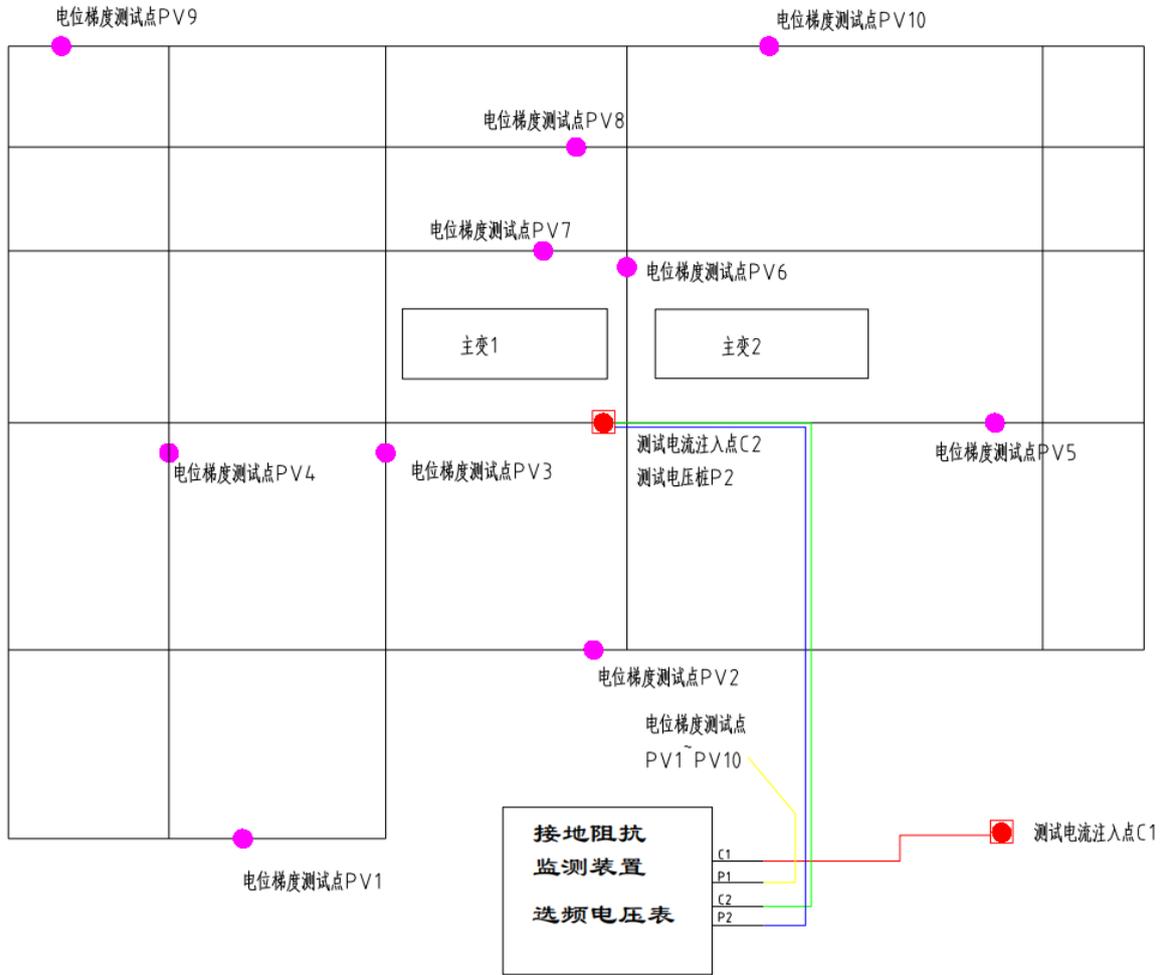


图3 地表电位梯布置示意图

2) 后台配套软件根据电位梯度测试数据, 进行自动分析和曲线划分。常规判定依据为曲线较为平坦时为状况良好的接地装置; 有剧烈起伏或突变的说明接地装置状态不良。或根据所在变电站的最大单相接地短路电流折算单位场区地表电位梯度, 状态良好时 20V/m, 不超过 60V/m, 接近或超过 80V/m 时应尽快查明原因并解决<sup>[5]</sup>。

③跨步电压差和接触电压差的监测

1) 测量仪表与接地阻抗测量装置共用, 根据厂区内电力设施的布置确定埋设辅助电极和需监测装置的数量和位置。测试点优先选择厂区边缘和运行人员常接触的设备, 如隔离开关、架构等。

2) 后台配套软件根据测量数据折算成最大入地电流下的实际电位差, 与 GB50065 中规定的计算方法计算, 当接近安全值时提前预警, 超出安全值时

报警。

④地网电气完整性监测

1) 测量设备可采用接地阻抗测量装置或专用测量仪表, 分辨率不大于 1mΩ, 准确度不低于 1.0 级。具体通讯功能, 上位机可控制测量装置的运行状态和接收测量数据。

2) 根据厂区内电力设施的布置确定数量和位置。电气完整性测试的范围如下: 各个电压等级的场区之间; 各高压和低压设备, 包括构架、分线箱、汇控箱、电源箱等之间; 主控及内部各接地干线, 场区内和附近的通讯及内部各接地干线之间; 独立避雷针及微波塔与主地网之间; 以及其它必要部分与主地网之间。

3) 根据 DL/T475-2017《接地装置特性参数测量导则》5.5 测试结果的判断和处理。状况良好的设备

测试值应在  $50\text{m}\Omega$  以下;  $50\text{m}\Omega$  - $200\text{m}\Omega$  的设备状况尚可, 宜在以后例行测试中重点关注其变化, 重要的设备宜在适当时候检查处理;

$200\text{m}\Omega$  - $1\Omega$  的设备状况不佳, 对重要的设备应尽快检查处理, 其他设备宜在适当时候检查处理;  $1\Omega$  以上的设备与主地网未连接, 应尽快检查处理; 独立避雷针的测试值应在  $500\text{m}\Omega$  以上; 测试中相对值明显高于其他设备, 而绝对值又不大的, 按状况

尚可对待。

⑤雷电流监测

1) 采用非接触式测量传感器, 适用测量直击雷接闪器、架构引下线、避雷器上等处通过的雷电流。

2) 监测装置应具有高速采集数模转换器, 可记录雷电流的时间、幅值、波形等参数。

3) 通过站内雷电流泄放位置和参数研究可为牵引变电站的雷电事故分析和改善提供数据支撑。

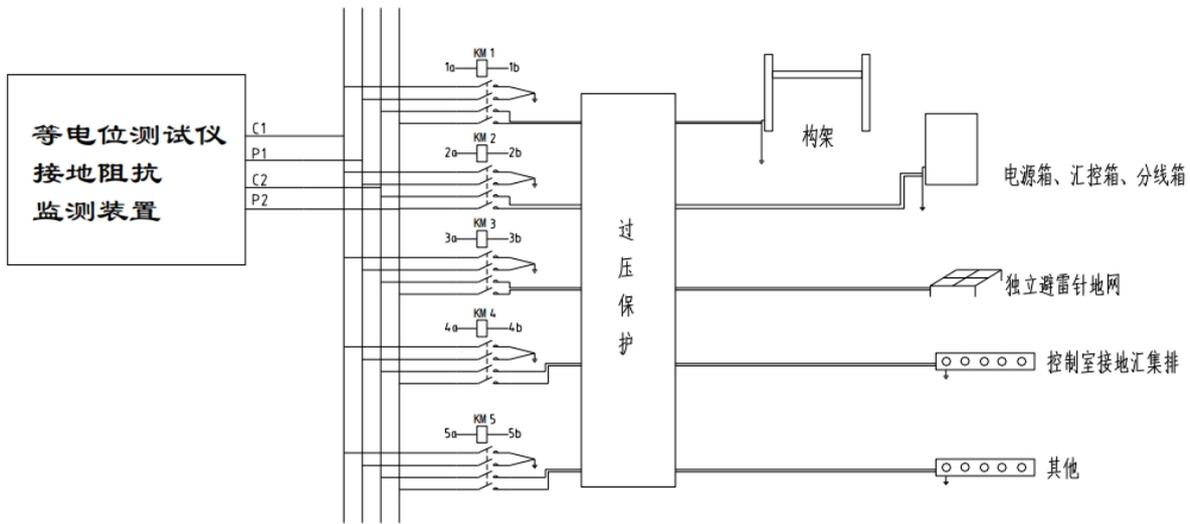


图 4 地网电气完整性测试示意图

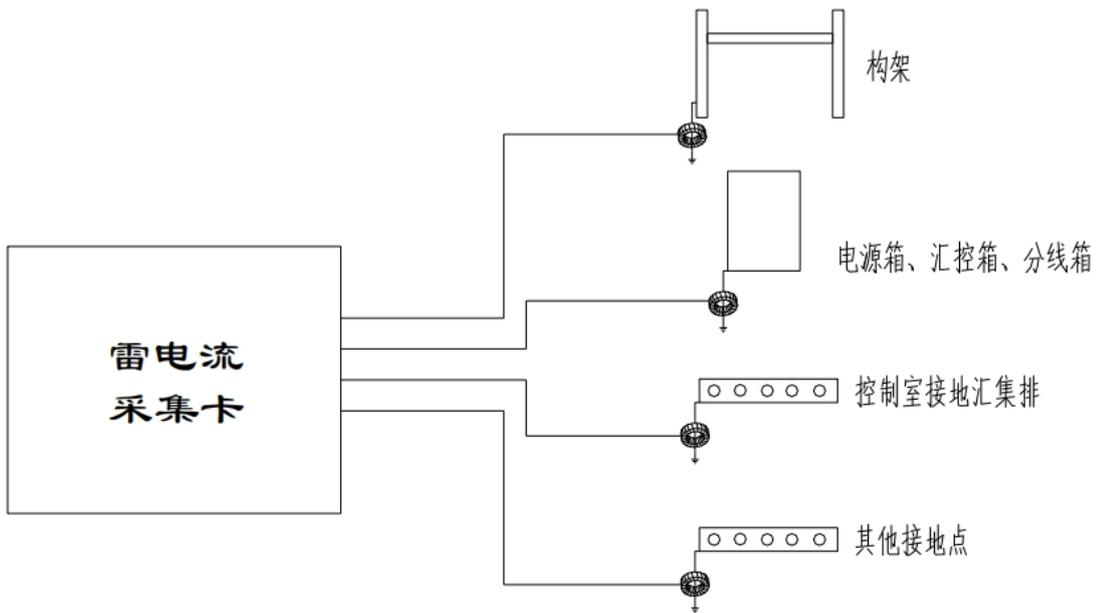


图 5 雷电流监测布置示意图

## 参考文献

- [1] 徐建民 施工现场临时用电接地技术的改进[J]. 安全与健康 (上半月版), 2002 (12) :27-29.
- [2] 巴桑次仁,格桑卓玛 论加油站的雷电防护[J]. 西藏科技, 2015 (2) :63-64,72.
- [3] 娄志亮 雷雨季节大型电子设备防雷措施[J]. 医疗装备, 2008 ,21 (11) :62-62.
- [4] 彭开军 浅谈防雷图纸审核、工程验收工作[J]. 西藏科技, 2012 (5) :56-57.
- [5] 达娃多吉,张锡成,尼玛卓玛 西藏古建筑物雷电防护技术探讨[J]. 西藏科技, 2014 (6) :61-63.

**版权声明:** ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

