

DB62

甘 肃 省 地 方 标 准

DB 62/T 2756—2017

光伏发电站防雷装置检测技术规范

Technical specification of testing for photovoltaic power station
lightning protection device

2017 – 04 – 10 发布

2017 – 05 – 10 实施

甘肃省质量技术监督局

发 布

目 次

前言.....II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 检测项目..... 3

5 技术要求和检测方法..... 4

6 检测注意事项及检测周期..... 7

7 检测数据整理及报告..... 8

附录 A（规范性附录） 接地阻抗的测试..... 9

附录 B（规范性附录） 场区地表电位梯度的测试..... 12

附录 C（规范性附录） 跨步电位差和接触电位差的测试..... 14

附录 D（规范性附录） 土壤电阻率的测试..... 15

附录 E（资料性附录） 检测报告表格样式..... 18

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由甘肃省气象局、甘肃省质量技术监督局提出。

本标准由甘肃省气象标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：武威市气象局。

本标准主要起草人：陈雷、胡津革、兰晓波、丁平、张慧媛、张鹏飞、王旭红。

光伏电站防雷装置检测技术规范

1 范围

本标准规定了光伏电站雷电防护装置的相关术语和定义、检测项目、技术要求、检测方法、检测周期以及检测技术报告。

本标准适用于已建、新建、改建、扩建的并网光伏电站和1000kWp及以上独立光伏电站的接地特性参数和雷电防护装置性能检测。其他类型的光伏电站可参照本标准。

2 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 18802.1-2002 低压电涌保护器（SPD）第1部分：低压配电系统的电涌保护器性能要求和试验方法

GB/T 18802.21-2004 低压电涌保护器（SPD）第21部分：电信和网络的电涌保护器性能要求和试验方法

GB 50057-2010 建筑物防雷设计规范

GB 50343-2012 建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB 50797-2012 光伏电站设计规范

DL/T 475-2006 接地装置特性参数测量导则

3 术语和定义

GB/T 21431-2008、GB 50057-2010、GB 50343-2012、GB 50797-2012、DL/T 475-2006 界定的术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了 GB 50057-2010、GB 50343-2012、GB 50797-2012、DL/T 475-2006 中的一些术语和定义。

3.1

光伏电站 photovoltaic (PV) power station

以光伏发电系统为主，包含各类建（构）筑物及检修、维护、生活等辅助设施在内的发电站。

[GB 50797-2012，定义 2.1.6]

3.2

光伏方阵 PV array

将若干个光伏组件在机械和电气上按一定方式组装在一起并且有固定的支撑结构而构成的直流发电单元。又称光伏阵列。

[GB 50797-2012，定义 2.1.4]

3.3

防雷装置 lightning protection system (LPS)

用于减少闪击击于建（构）筑物上或建（构）筑物附近造成的物质性损害和人身伤亡，由外部防雷

装置和内部防雷装置组成。

[GB 50057-2010, 定义 2.0.5]

3.4

外部防雷装置 external lightning protection system

由接闪器、引下线和接地装置组成。

[GB 50057-2010, 定义 2.0.6]

3.5

内部防雷装置 internal lightning protection system

由防雷等电位连接和与外部防雷装置的间隔距离组成。

[GB 50057-2010, 定义 2.0.7]

3.6

防雷等电位连接 lightning equipotential bonding (LEB)

将分开的诸金属物体直接用连接导体或经电涌保护器连接到防雷装置上以减小雷电流引发的电位差。

[GB 50057-2010, 定义 2.0.19]

3.7

接地装置 earth-termination system

接地体和接地线的总合，用于传导雷电流并将其流散入大地。

[GB 50057-2010, 定义 2.0.10]

3.8

共用接地系统 common earthing system

将防雷系统的接地装置、建筑物金属构件、低压配电保护线（PE）、等电位连接端子板或连接带、设备保护地、屏蔽体接地、防静电接地、功能性接地等连接在一起构成共用的接地系统。

[GB 50343-2012, 定义 2.0.6]

3.9

防雷区 lightning protection zone (LPZ)

划分雷击电磁环境的区，一个防雷区的区界面不一定要有实物界面，如不一定要有墙壁、地板或天花板作为区界面。

[GB 50057-2010, 定义 2.0.20]

3.10

电涌保护器 surge protective device (SPD)

用于限制瞬态过电压和分泄电涌电流的器件。它至少含有一个非线性元件。

[GB 50057-2010, 定义 2.0.29]

3.11

接地装置的特性参数 parameters of grounding connection

接地装置的电气完整性、接地阻抗、场区地表电位梯度、接触电位差、跨步电位差、转移电位等参数或指标。除了电气完整性，其他参数为工频特性参数。

[DL/T 475-2006, 定义 3.6]

3.12

接地装置的电气完整性 electric integrity of grounding connection

接地装置中应该接地的各种电气设备之间，接地装置的各部分及与各设备之间的电气连接性，即直流电阻值，也称为电气导通性。

[DL/T 475-2006, 定义 3.7]

3.13

接地阻抗 ground impedance

接地装置对远方电位零点的阻抗。数值上为接地装置与远方电位零点间的电位差，与通过接地装置流入地中的电流的比值。按冲击电流求得的接地阻抗称为冲击接地阻抗；按工频电流求得的接地阻抗称为工频接地阻抗。本标准凡未标明为冲击接地阻抗的，均指工频接地阻抗。

[DL/T 475-2006, 定义 3.8]

3.14

场区地表电位梯度 surface potential distribution

当接地短路电流或试验电流流过接地装置时，被试接地装置所在的场区地表面形成的电位梯度。

[DL/T 475-2006, 定义 3.9]

3.15

跨步电位差 step potential difference

当接地短路电流流过接地装置时，地面上水平距离为 1.0m 的两点间的电位差。

[DL/T 475-2006, 定义 3.10]

3.16

接触电位差 touch potential difference

当接地短路电流流过接地装置时，在地面上距设备水平距离为 1.0m 处与沿设备外壳、架构或墙壁离地面的垂直距离 1.8m 处两点间电位差。

[DL/T 475-2006, 定义 3.11]

4 检测项目

4.1 光伏方阵区

光伏方阵区的检测项目应包括：

- a) 太阳能电池板框架和支架之间、各单元之间的电气完整性；
- b) 接地阻抗（测试方法见附录 A）；
- c) 场区地表电位梯度(测试方法见附录 B)；
- d) 跨步电位差和接触电位差（测试方法见附录 C）；
- e) 逆变器室的防直击雷装置性能；
- f) 各汇流箱和逆变器室等电位连接和电涌保护器性能及连接情况。；
- g) 土壤电阻率（首次检测时测试，测试方法见附录 D）。

4.2 升压变电站（开关站）

升压变电站（开关站）的检测项目应包括：

- a) 主控楼、变配电室的内部防雷装置和外部防雷装置性能；
- b) 各类配电柜、开关柜的等电位连接情况；
- c) 各类配电柜、开关柜内的电涌保护器性能及连接情况；
- d) 各设备之间的电气完整性；
- e) 接地阻抗；
- f) 跨步电位差；
- g) 接触电位差；

- h) 场区地表电位梯度;
- i) 独立接闪杆的接地电阻、保护范围;
- j) 独立接闪杆接地装置地下部分与其他金属体之间的安全距离。

4.3 光伏电站建（构）筑物

光伏电站建（构）筑物（包括控制室、检修、维护、生活等辅助设施）的检测项目应包括：

- a) 内部防雷装置性能;
- b) 外部防雷装置性能;
- c) 金属网围栏接地情况。

5 技术要求和检测方法

5.1 接闪器

5.1.1 技术要求

接闪器的敷设及材料规格应符合以下要求：

- a) 接闪器的敷设应确保所保护建（构）筑物及设备处于接闪器的保护范围之内;
- b) 专设接闪器应敷设在光伏方阵的北侧，接闪器的设置高度应考虑阳光对光伏方阵造成阴影的影响;
- c) 光伏方阵金属框架或支架用作接闪器时，光伏方阵电池板的金属框架和方阵金属支架的连接情况良好;
- d) 升压变电站（开关站）的独立接闪杆采用热镀锌圆钢或钢管时，杆长 1m 以下圆钢直径不应小于 12mm，钢管直径不应小于 20mm，厚度不应小于 0.5 mm；杆长 1m~2m 时，圆钢直径不应小于 16mm，钢管直径不应小于 25mm，厚度不应小于 0.5 mm;
- e) 建筑物接闪带使用单根热镀锌圆钢时，最小截面不应小于 50mm²，直径不应小于 8mm；使用单根热镀锌扁钢时，最小截面不应小于 50mm²，厚度不应少于 2.5mm;
- f) 接闪带支持卡高度不应低于 150mm，支持卡间距不应大于 1000mm，敷设平直，焊接牢固，不得有直角弯;
- g) 建筑物明敷接闪网的材料规格和接闪带相同，网格尺寸应符合 GB 50057-2010 的规定;
- h) 架空接闪线宜采用截面不小于 50mm² 的热镀锌钢绞线或铜绞线;
- i) 建筑物用金属屋面做接闪器时，应符合 GB 50057-2010 的规定;
- j) 金属网围栏应与光伏方阵区地网做连接或单独接地，单独接地时接地电阻不应大于 10Ω;
- k) 所有接闪器做防腐处理。

5.1.2 检测方法

接闪器的安装敷设及材料规格按下列方法进行检测：

- a) 滚球法计算保护范围，确保站区所有建筑物及设备处在接闪器的保护范围之内;
- b) 检测太阳能电池板的铝合金框架（接闪器）和方阵金属支架的连接情况;
- c) 卡尺测量接闪器的材料规格;
- d) 米尺测量接闪带支持卡高度、间距及接闪网格、架空接闪线尺寸等;
- e) 拉力秤测量接闪带承受的垂直拉力;
- f) 检查建筑物接闪带、接闪网格敷设工艺，是否平直、焊接牢固，是否存在直角弯现象;
- g) 接地电阻测试仪检测金属网围栏的接地情况;

- h) 检查接闪器的防腐处理情况，是否存在锈蚀现象。

5.2 引下线

5.2.1 技术要求

光伏电池板金属支架作为引下线时的支柱间距、独立接闪杆引下线、场区建筑物引下线的材料规格及间距应符合以下要求：

- a) 应利用光伏组件的金属支撑结构和建筑物内钢筋、钢柱作为自然引下线；当无自然引下线可利用时，安装于地面的太阳能光伏系统和光伏建筑一体化的光伏系统专设引下线的平均间距不应大于 25m；
- b) 引下线的材料规格要求同接闪器；
- c) 独立接闪杆应敷设两根引下线，对称布置；
- d) 所有引下线做防腐处理。

5.2.2 检测方法

引下线的材料规格及间距按下列方法进行检测：

- a) 米尺测量引下线的间距；
- b) 卡尺测量引下线的材料规格；
- c) 检查明敷引下线的防腐处理情况，是否存在锈蚀现象。

5.3 接地装置

5.3.1 技术要求

接地装置应符合以下要求：

- a) 光伏方阵区的所有接地装置连接成共用接地系统，接地阻抗、跨步电位差、接触电位差、地表电位梯度达到设计要求；
- b) 升压变电站（开关站）的接地装置连接成共用接地系统，接地阻抗、跨步电位差、接触电位差、地表电位梯度达到设计要求；
- c) 独立接闪杆使用独立接地装置，接地电阻不应大于 10Ω ；地中距离符合 GB 50057-2010 的规定且不应小于 3m；引下线入地处 3m 范围内应设置护栏或悬挂警示牌；
- d) 建筑物的接地装置与主地网之间连接情况良好，接地电阻值不应大于设计要求；
- e) 所有接地装置做防腐处理。

5.3.2 检测方法

接地装置按下列方法进行检测：

- a) 光伏方阵区和升压变电站（开关站）的接地阻抗应使用大型地网接地测试仪检测；
- b) 光伏方阵区和升压变电站（开关站）的接触电位差以每个方阵单元和站区设备为检测对象，使用大型地网接地测试仪检测；
- c) 光伏方阵区和升压变电站（开关站）的跨步电位差以工作人员经常出入通道为检测对象，使用大型地网接地测试仪检测；
- d) 升压变电站（开关站）的场区电位梯度应使用大型地网接地测试仪检测，检测点的布置按 DL/T 475-2006 的要求确定；
- e) 光伏方阵和升压变电站（开关站）的土壤电阻率应使用接地测试仪检测；
- f) 接地电阻测试仪检测独立接闪杆、建筑物接地装置的接地电阻；

- g) 米尺测量独立接闪杆接地装置在地中与其他金属管道、线缆之间的安全距离;
- h) 检查独立接闪杆引下线入地处是否设置护栏或悬挂警示牌;
- i) 检查接地装置的防腐处理情况, 是否存在锈蚀现象。

5.4 等电位连接

5.4.1 技术要求

等电位连接应符合以下要求:

- a) 建筑物金属体、金属装置、建筑物内系统、进出建筑物的金属管线应与防雷装置做防雷等电位连接;
- b) 所有与建筑物组合在一起的大尺寸金属件都应等电位连接在一起, 并应与防雷装置相连;
- c) 电子系统的所有外露导电物应与建筑物的等电位连接网络做功能性等电位连接。向电子系统供电的配电箱的保护地线 (PE) 应就近与建筑物的等电位连接网络做等电位连接。

5.4.2 检测方法

等电位连接的检测方法如下:

- a) 大尺寸金属物的连接检测, 应检查设备、管道、构架、钢骨架、栏杆等大尺寸金属物与共用接地装置的连接情况, 如已实现连接应进一步检查连接质量, 连接导体的材料和质量;
- b) 总等电位连接带的检测, 应检查由 LPZ0 区到 LPZ1 区的总等电位连接情况, 如其已实现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;
- c) 进入建筑物的外来导电物连接的检测, 应检查所有进入建筑物的外来导电物是否在 LPZ0 区与 LPZ1 区界面处与总等电位连接带连接, 如已实现连接进一步检查连接质量、连接导体的材料和尺寸。

5.5 电涌保护器

5.5.1 技术要求

电涌保护器的使用与安装应符合以下要求:

- a) 使用的电涌保护器应是通过国家认可检测实验机构检测的产品, 并符合 GB 18802.1-2002 和 GB 18802.21-2004 标准的有关要求;
- b) 电涌保护器原则上应安装在各防雷区的交界处, 但当线路能承受预期的电涌电压时, 可安装在被保护设备处;
- c) 电涌保护器必须能承受预期通过的雷电流, 并具有通过电涌时的电压保护水平和熄灭工频续流的能力;
- d) 电涌保护器的 U_c (最大持续工作电压, 单位 V) 值应符合 GB 50343-2012 的规定要求;
- e) 电涌保护器接地线的材料规格和长度应符合 GB 50343-2012 的规定要求, 第一级开关型或限压型电涌保护器的相线铜导线最小截面积应大于 6mm^2 , 接地连接铜导线最小截面积应大于 10mm^2 ; 第二级限压型电涌保护器的相线铜导线最小截面积应大于 4mm^2 , 接地连接铜导线最小截面积应大于 6mm^2 ; 第三级限压型电涌保护器的相线铜导线最小截面积应大于 2.5mm^2 , 接地连接铜导线最小截面积应大于 4mm^2 ; 第四级限压型电涌保护器的相线铜导线最小截面积应大于 2.5mm^2 , 接地连接铜导线最小截面积应大于 4mm^2 。各级电涌保护器的接地连接导线要短直, 长度不宜超过 0.5m;
- f) 电涌保护器接地线与接地装置连接点的导通阻值不应大于 $50\text{m}\Omega$;

- g) 当线路上多处安装电涌保护器时,开关型电涌保护器与限压型电涌保护器之间的线路长度不宜小于 10m,限压型电涌保护器之间线路长度不宜小于 5m,若不满足,应装有退耦元件。

5.5.2 检测方法

电涌保护器的使用及安装按下列方法进行检测:

- 检查电涌保护器的安装位置、接入方式、数量、型号、主要性能参数 (U_c 最大持续运行电压, I_n 标称放电电流, I_{max} 最大放电电流, I_{imp} 冲击电流, U_p 电压保护水平);
- 检查电涌保护器连接导线的色标、牢固程度;
- 卡尺测量电涌保护器接地线的材料规格;
- 米尺测量电涌保护器接地线的长度以及电涌保护器之间的线路长度;
- 电气完整性测试仪检测电涌保护器接地线与接地装置的连接情况。

5.6 电气完整性

5.6.1 技术要求

光伏方阵区和升压变电站(开关站)的所有设备之间电气完整性应符合以下要求:

- 光伏方阵电池板框架和支架之间、各单元之间、升压变电站(开关站)各设备之间、各汇流箱、配电柜、开关柜、金属构架等之间的电气完整性良好;
- 建筑物的接地装置与主地网之间的电气完整性良好;
- 独立接闪杆采用独立接地网,不与主地网等电位相连,导通阻值应不小于 500mΩ。

注:状况良好的设备检测值应在 50mΩ 以下;50mΩ~200mΩ 的设备状况尚可,宜在以后例行检测中重点关注其变化,重要的设备宜在适当时候检查处理;200mΩ~1Ω 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;1Ω 以上的设备与主地网未连接,应尽快检查处理。

5.6.2 检测方法

首先选定一个很可能与主地网连接良好的设备的接地引下线为参考点,再测试周围电气设备接地部分与参考点之间的直流电阻。如果开始即有很多设备测试结果不良,宜考虑更换参考点。

5.6.3 测试范围

电气完整性的测试范围如下:

- 接地导通测试仪检测光伏方阵电池框架和支架之间、各单元之间、升压变电站(开关站)各设备之间、金属构架等之间的电气完整性;
- 接地导通测试仪检测汇流箱、配电柜、开关柜的电气完整性;
- 接地导通测试仪检测独立接闪杆与主地网之间的电气完整性;
- 接地导通测试仪检测建筑物接地装置与主地网之间的电气完整性。

6 检测注意事项及检测周期

6.1 注意事项

开展检测作业时,应注意以下事项:

- 检测设备应通过法定计量机构认证,并在检定合格有效期内使用;
- 检测机构应具有国家法定机构确认的防雷装置检测资质;
- 检测人员应具有国家法定机构颁发的防雷检测资格证;

- d) 检测应在非雨天和土壤未冻结时进行，雷雨天应立即停止检测；
- e) 必须在保证作业人员人身安全和检测设备安全的前提下进行检测；
- f) 检测时检测线应避开高、低压供电线路，电流线和电压线保持一定间距；
- g) 检测期间电流线严禁断开，电流线全程和电流极处要有专人看护；
- h) 每项检测作业必须有两人以上同时进行，检测数据须经复核无误后填入原始记录表格。

6.2 检测周期

光伏方阵和升压变电站（开关站）的检测周期应符合下列要求：

- a) 升压变电站（开关站）的接触电位差、跨步电位差、地表电位梯度每 2 年检测 1 次；
- b) 光伏方阵的接触电位差、跨步电位差每 2 年检测 1 次；
- c) 接地阻抗、电气完整性每年检测 1 次；
- d) 独立接闪杆的接地电阻每年检测 1 次。；
- e) 检测应在每年的雷雨季之前完成。

注：主控楼等建筑物的内部和外部防雷装置性能每年检测1次。

7 检测数据整理及报告

7.1 检测数据记录

检测数据应按以下要求记录、签名：

- a) 现场将各项检查结果如实记入原始记录表格，并由检测人员、校对人员和受检方现场负责人签名，原始记录表应由检测机构作为用户档案保存 3 年；
- b) 首次检测应绘制电站防雷装置平面示意图。

7.2 检测结果判断

将经计算或整理后的各项检测结果与设计要求和相应的技术标准要求进行比较，判断检测项目是否合格。

7.3 检测报告

检测报告应包括以下内容：

- a) 检测报告编号，委托检测机构和受检单位名称；
- b) 检测项目、检测方法和检测数据；
- c) 检测天气及环境状况、检测仪器设备及编号；
- d) 检测内容、检测结论；
- e) 检测日期、报告完成日期及建议下次检测时间。；
- f) 由检测人、计算人、校核人、报告编制人、审核人签字，由技术负责人签发，并加盖检测机构公章。

检测报告部分表格样式见附录E。

注：检测报告一式二份，一份送受检单位，一份由检测单位存档，存档应有纸质和电子档案两种形式。

附 录 A
(规范性附录)
接地阻抗的测试

A.1 基本要求

A.1.1 试验电源的选择

检测电流应用异频小电流，宜在 3A~20A 之间，频率宜在 40Hz~60Hz 范围，异于工频又尽量接近工频。

A.1.2 测试回路的布置

测试回路应尽量避免避开河流、湖泊；尽量远离地下金属管道和运行中的输电线路，避免与之长段并行，与之交叉时垂直跨越，注意减小电流线与电位线之间互感的影响。

A.1.3 电流极和电位极

电流极和电位极的布置应符合下列要求：

- 电流极的电阻值应尽量小，以保证整个电流回路阻抗足够小，设备输出的试验电流足够大；
- 如电流极电阻偏高，可尝试采用多个电流极并联或向其周围泼水的方式降阻；
- 电位极应紧密而不松动地插入土壤中 20cm 以上。

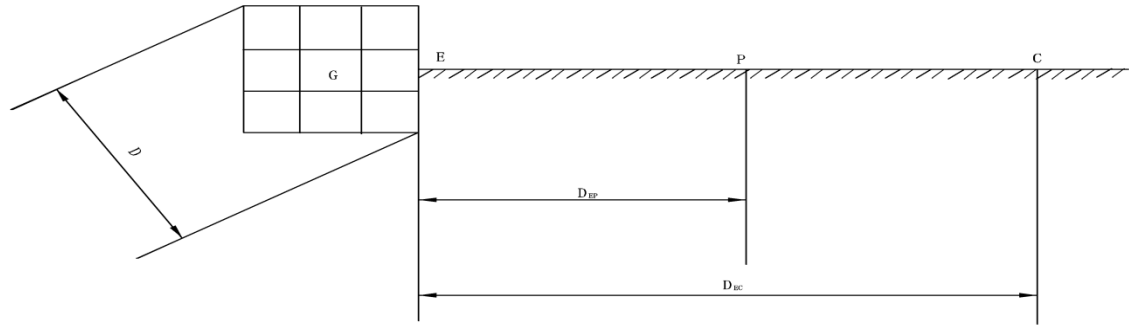
A.1.4 试验的安全

试验期间电流线严禁断开，电流线全程和电流极处要有专人看护。

A.2 测试方法

A.2.1 直线法

直线法检测接地阻抗，接线图如图A.1所示。检测电流线和电压线同方向布设，并保持足够远的间距，以减小互感耦合的影响。电流极长度 D_{EC} 通常为最大对角线长度 D 的4~5倍；电压极长度 D_{EP} 通常为 $(0.5\sim0.6) D_{EC}$ 。当远距离放线有困难时，在土壤电阻率均匀地区 D_{EC} 可取 $2D$ ，土壤电阻率不均匀地区 D_{EC} 可取 $3D$ 。检测时电压极 P 在被测接地装置 E 与电流极 C 连线方向移动3次，每次移动的距离为 D_{EC} 的5%左右，3次检测结果误差在5%以内即可。

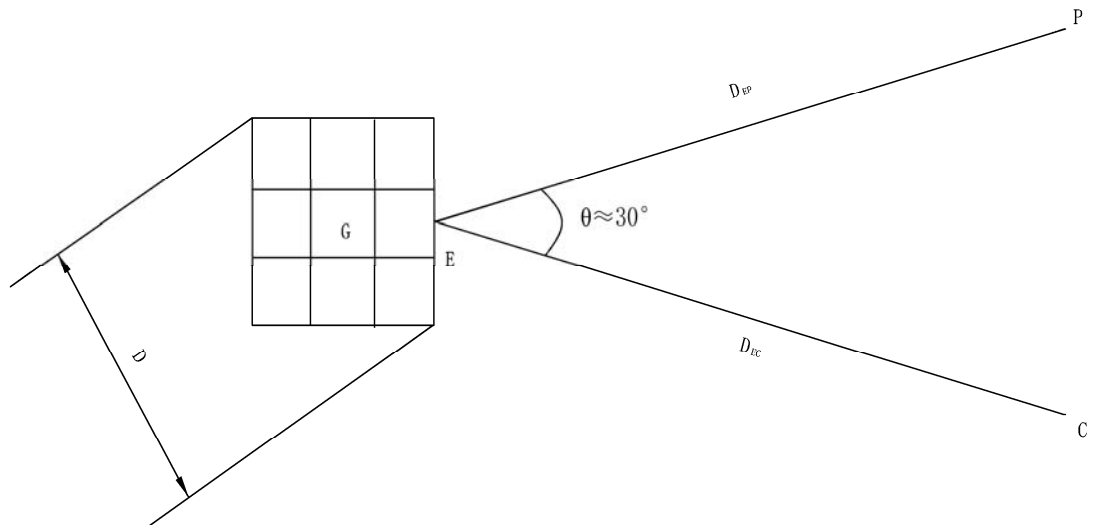


说明：
D ——地网最大对角线长度；
G ——地网；
E ——接地网边缘测试点；
P ——电位极；
C ——电流极；
 D_{EC} ——电流极到接地网边缘测试点之间的距离；
 D_{EP} ——电压极到接地网边缘测试点之间的距离。

图A.1 直线法接线示意图

A.2.2 夹角法

夹角法检测接地阻抗，接线图如图 A.2 所示。检测电流线和电压线采用等腰三角形呈 $\theta \approx 30^\circ$ 夹角布线，电流极 D_{EC} 和电压极 D_{EP} 长度相近，为最大对角线长度 D 的 4~5 倍，当远距离放线有些困难时，在土壤电阻率均匀地区 D_{EC} 和 D_{EP} 可取 $2D$ 。



说明：
D ——地网最大对角线长度；
G ——地网；
E ——接地网边缘测试点；
P ——电位极；

- C ——电流极；
D_{EC}——电流极到接地网边缘测试点之间的距离；
D_{EP}——电压极到接地网边缘测试点之间的距离；
Θ ——电压极与电流极之间的夹角。

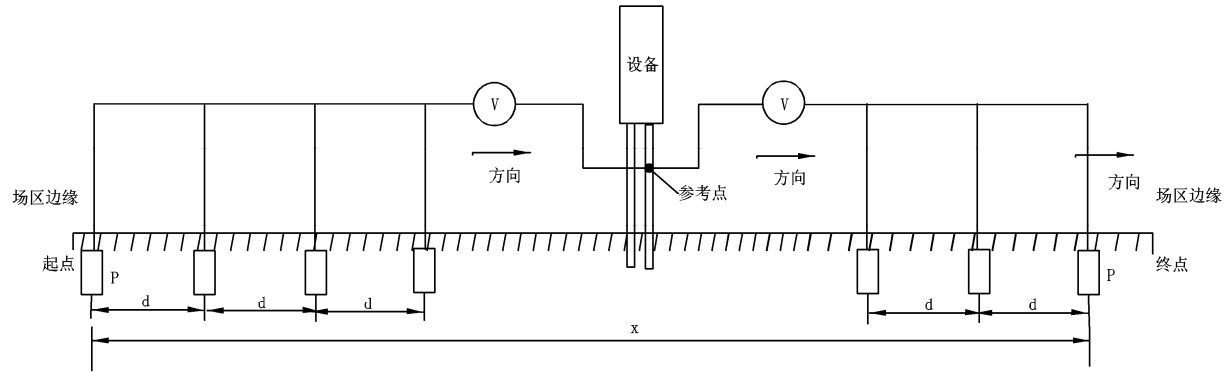
图A.2 夹角法接线示意图

附 录 B
(规范性附录)
场区地表电位梯度的测试

B.1 测试方法

场区地表电位梯度是一个重要的表征接地装置状况的参数,大型接地装置的状况评估和验收应测试接地装置所在场区的电位梯度分布曲线。

给接地装置注入异频检测电流后,按图B.1所示布置测试线。将检测场区合理划分成纵横相间的若干条曲线,间距一般不应大于30m,在曲线路径上选一点与主设备连接良好的引下线作为参考点,万用表一端接设备接地,另一端模拟人体金属铁脚,按图B.1所示,从起点每间隔1m~2m检测一次地表电位,直至终点,然后绘制出U-x曲线。



说明:
P——电位极;
d——测试间距;
x——测试起点至终点的距离。

图B.1 场区地表电位梯度测试示意图

当间距d为1m时,场区地表电位梯度曲线上相邻两点之间的电位差 U_T' 按公式(B.1)折算,得到实际系统故障时的单位场区地表电位梯度 U_T 。

$$U_T' = U_T I_m / I_s \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:
 U_T' ——场区地表电位梯度曲线上相邻两点之间的电位差;
 U_T ——单位场区地表电位梯度;
 I_m ——注入地网中的测试电流;
 I_s ——被测接地装置内系统单相接地故障电流。

电位极P可采用铁钎,如果场区是水泥路面,可采用包裹湿抹布的直径20cm的金属圆盘,并压上重物。测试线较长时应注意电磁感应的干扰。

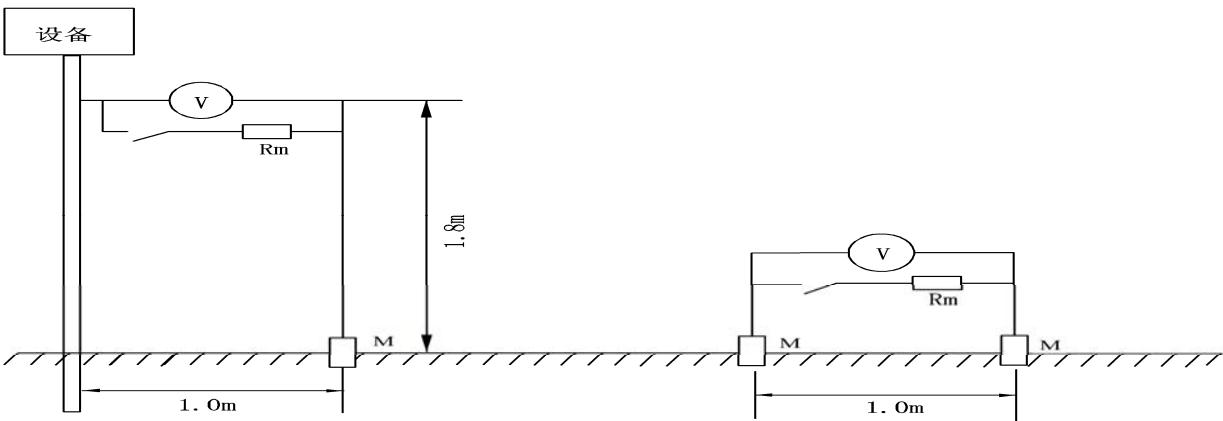
B.2 结果判断

以检测绘制的U-x曲线来判断，曲线比较平坦，没有明显起伏和突变，两端略有抬高，说明接地装置状况良好；反之，接地装置状况不良。

附录 C
(规范性附录)
跨步电位差和接触电位差的测试

C.1 跨步电位差检测方法

地网注入异频检测电流，检测设备的两端分别连接间距1m的两块模拟人体金属铁脚，检测设备显示的电压值即为被测场区地面两点之间的跨步电位差值，跨步电位差、接触电位差测试示意图如图C.1。



说明：
Rm——等效人体电阻；
M ——模拟人体金属铁脚

图C.1 跨步电位差、接触电位差测试示意图

C.2 接触电位差检测方法

地网注入异频检测电流，检测设备的一端接检测设备，距地1.8m高度处，另一端接模拟人体金属铁脚，距设备1m，检测设备显示的电压值即为被检设备的接触电位差值。

附 录 D
(规范性附录)
土壤电阻率的测试

D.1 一般要求

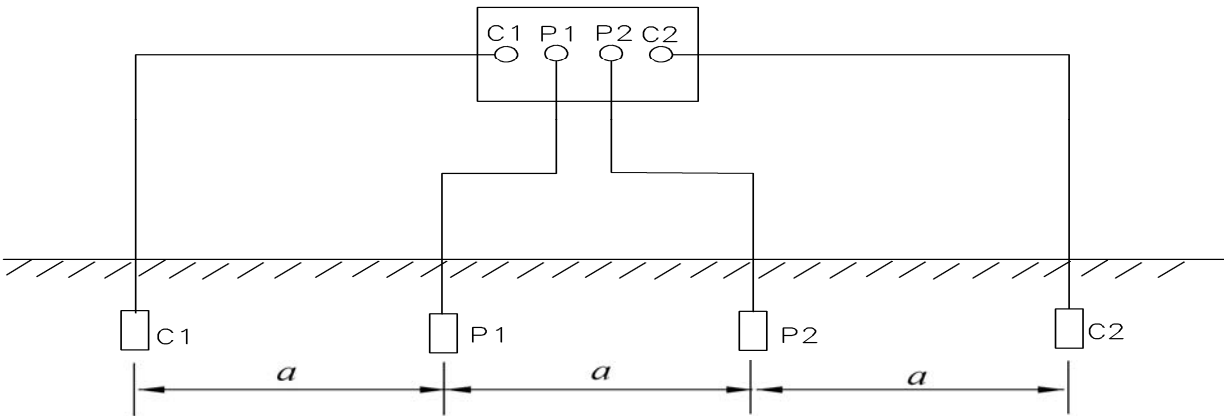
土壤电阻率测试的一般要求如下：

- a) 土壤电阻率测试应避免在雨后或雪后立即进行，一般宜在连续 3 天后或在干燥季节进行。在冻土区，测试电极须打入冰冻线以下；
- b) 尽量减小地下金属管道的影响。在靠近居民或工矿区，地下可能有水管等具有一定金属部件的管道，应把电极布置在与管道垂直的方向上，并且要求最近的测试电极（电流极）与地下管道之间的距离不小于极间距离；
- c) 为尽量减小土壤结构不均匀性的影响，测试电极不应在有明显的岩石、裂缝和边坡等不均匀土壤上布置；为了得到较可信的结果，可以把测试场地分片，进行多处测试。

D.2 测试方法

D.2.1 四极等距法或称温纳（Wenner）法

四极等距法的原理接线图如图D.1。



- 说明：
- C1——电流极1；
 - C2——电流极2；
 - P1——电位极1；
 - P2——电位极2；
 - a —— 电流极与电位极间距。

图D.1 四极等距法测试土壤电阻率的接线原理图

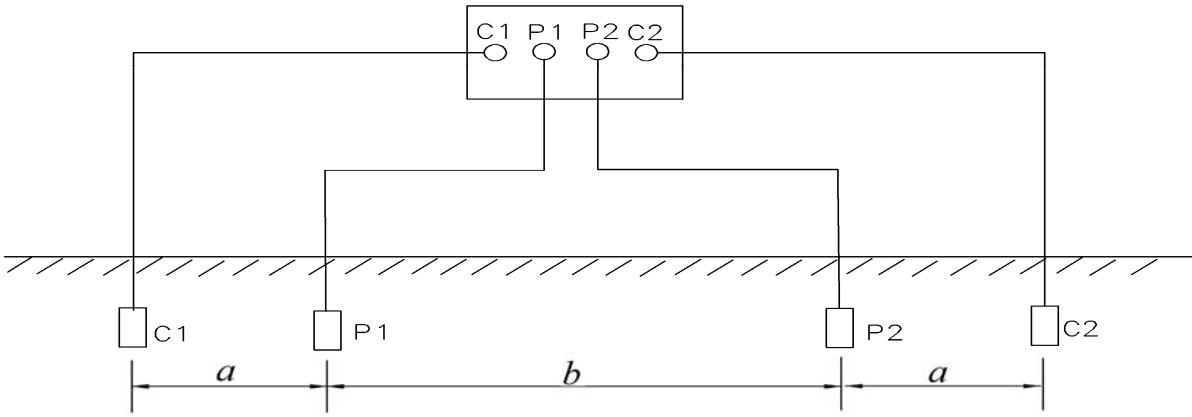
两电极之间的距离 a 应不小于电极埋设深度 h 的20倍，即 $a \geq 20h$ 。试验电流流入外侧两个电极，通过测得试验电流和内侧两个电极间的电位差，得到 R ，通过公式（D.1）得到被测试场地的土壤电阻率 ρ ：

$$\rho = 2 \pi a R \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：
 ρ ——土壤电阻率；
 a ——电流极与电位极间距；
 R ——接地阻抗。

D. 2. 2 四极非等距法或称伦贝格-巴莫（Schlumberger-Palmer）法

当电极间距相当大时，四极等距法内侧两个电极的电位差迅速下降，通常仪器测不出或测不准如此低的电位差，此时可按照图 D.2 所示布置电位极，电极极布置在相应的电流极附近，可升高所测的电位差值。



说明：
C1——电流极1；
C2——电流极2；
P1——电位极1；
P2——电位极2；
 a ——电流极与电位极间距；
 b ——电位极间距。

图D.2 四极非等距法测试土壤电阻率的接线原理图

如果电极的埋设深度 h 与其距离 a 和 b 相比较很小时，由公式（D.2）计算土壤电阻率 ρ ：

$$\rho = 2 \pi a(a+b)R/b \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：
 b ——电位极间距。

D. 3 测试要求及结果处理

土壤电阻率的测试要求及结果处理如下：
a) 测试电极应用直径不小于 1.5 cm 的圆钢或 25mm×25mm×4mm 的角钢，其长度均不小于 40 cm；

- b) 被测场地土壤中的电流场的深度，即被测土壤的深度，与极间距离 a 有密切关系。当被测场地的面积较大时，极间距离也相应增大；
- c) 为了得到较合理的土壤电阻率的数据，最好改变极间距离 a ，求得土壤电阻率 ρ 与极间距离 a 间的关系曲线 $\rho=f(a)$ ，极间距离的值可取 5m、10m、15m、20m、30m、40m……最大的极间距离 $a_{\max}$ 可取拟建接地装置最大对角线的三分之二。间的关系曲线 $\rho=f(a)$ ，极间距离的值可取 5m、10m、15m、20m、30m、40m……最大的极间距离 $a_{\max}$ 可取拟建接地装置最大对角线的三分之二。

附录 E
(资料性附录)
检测报告表格样式

表E.1 受检单位和检测单位基本信息表

受检单位基本情况	项目名称						
	委托单位						
	项目地址						
	联系部门			负责人			
	联系人			联系电话			
检测单位基本情况	单位名称			检测资质等级及资质证书号			
	单位地址						
	负责人			联系电话			
	检测人员		资格证号		签 名		
			资格证号		签 名		
			资格证号		签 名		
			资格证号		签 名		
			资格证号		签 名		
			资格证号		签 名		
			资格证号		签 名		
	报告编制人		资格证号		签 名		
	报告校对人		资格证号		签 名		
	技术审核人		资格证号		签 名		
建议下次检测时间							
签发人：		签发日期：		年	月	日	(公章)

表E.2 防雷装置检测信息表

检测日期： 天气状况： 温度： 湿度：

被检接地装置概况：
检测技术标准依据：
检测使用的主要仪器设备：
受检项目所在地的气候特征及环境条件：
电流极和电压极的布线情况：
备注：
防雷装置测试综合评定结论： (盖章) 年 月 日

表E.3 接地阻抗测试结果表

第一测试点	频率/Hz	电流/A	电压/V	接地阻抗/ Ω	阻抗平均值/ Ω	结果评价
第二测试点	频率/Hz	电流/A	电压/V	接地阻抗/ Ω	阻抗平均值/ Ω	结果评价

表E.6 电位梯度测试结果表

曲线 1			曲线 2			曲线 3			曲线 4		
测点 编号	检测值 mV	换算值 V	测点 编号	检测值 mV	换算值 V	测点 编号	检测值 mV	换算值 V	测点 编号	检测值 mV	换算值 V
场区测试曲线 1-4 分布示意图：											
场区电位梯度测试结果曲线图：											
场区电位梯度测试结果评价：											

表E.8 土壤电阻率测试结果表

位 置	第一点经纬度	第二点经纬度	第三点经纬度
	E: N:	E: N:	E: N:
间距/m	测量值/（Ω • m）	测量值/（Ω • m）	测量值/（Ω • m）
平均值/（Ω • m）			
季节校正前的土壤电阻率平均值/（Ω • m）			
季节校正后的土壤电阻率平均值/（Ω • m）			
地面状况：			

表E.9 建（构）筑物防雷装置测试结果表

检测项目			检测数据						结论
接闪器	类 型								
	材料规格/mm								
	数 量								
	有效高度/m								
	保护对象								
	敷设方式								
	敷设位置								
	网格尺寸/（m×m）								
	测试点		1	2	3	4	5	6	
	接地电阻/Ω								
引下线	敷设方式								
	材料规格/（mm、mm ² ）								
	数 量								
	最大间距/m								
	接地电阻	测试点	1	2	3	4	5	6	
		阻值/Ω							
等电位连接	测试点		1	2	3	4	5	6	
	过渡电阻Ω	屋面金属管道							
		金属广告架							
		其它金属物							
影响安全因素及整改意见：			备注：			综合结论：			

表E.10 电涌保护器测试结果表

检 测 项 目		检测数据		
电 源 SPD	防护级数			
	型 号			
	劣化显示			
	数 量			
	安装位置			
	保护对象			
	标称放电电流/kA			
	相线	长度/m		
		截面积/mm ²		
	地线	长度/m		
		截面积/mm ²		
	零线	长度/m		
		截面积/mm ²		
	接地电阻/Ω			
	结 论			
信 号 SPD	防护级数			
	型 号			
	数 量			
	安装位置			
	标称放电电流/kA			
	地线长度/m			
	地线截面积/mm ²			
	接地电阻/Ω			
	结 论			
天 馈 SPD	防护级数			
	型 号			
	数 量			
	安装位置			
	标称放电电流/kA			
	地线长度/m			
	地线截面积/mm ²			
	接地电阻/Ω			
	结 论			
影响安全因素及整改意见：		备注：		综合结论：