

T/SDPEA

团 体 标 准

T/SDPEA XXXX—XXXX

基于无人机平台的架空输电线路作业成套 装备 验电与接地线装拆装置

Complete Set of Transmission Line Operation Equipment Based on UAV Platform
Live-Wire Testing and Grounding Wire Installation/Removal Device for Overhead
Transmission Lines

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

山东省电力行业协会 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 组成 1

5 一般要求 1

6 验电装置 2

7 接地线装拆装置 3

8 连接组件 4

9 地面遥控终端 4

10 试验方法 4

11 检验规则 6

12 标志、包装、运输和贮存 7

参考文献 8

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东电力行业协会提出。

本文件由山东电力行业协会归口。

本文件起草单位：国网山东省电力公司济南供电公司、济南锐泰电气有限公司、山东送变电工程有限公司

本文件主要起草人：张庆雷、李昊、刘哲、王浩之、滕兴强、崔晨刚、彭晨、国宇、何龙、尹逊虎、张晓亮、李庆森、周硕

基于无人机平台的架空输电线路作业成套装备 验电与接地线装拆装置

1 范围

本标准规定了输电线路验电与接地线装拆装置的定义、分类、技术要求、试验方法、检验规则、包装、贮存及运输等。

本标准适用于35kV及以上电压等级输电线路的无人机验电与接地线装拆装置（以下简称装置）。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.56 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fh：宽带随机振动和导则
- GB/T 3048.4 电线电缆电性能试验方法 第4部分：导体直流电阻试验
- GB/T 4208 外壳防护等级
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- DL/T 879 便携式接地和接地短路装置
- DL/T 974 带电作业用工具库房

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人机 unmanned aerial vehicle

利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的非载人飞机。

3.2

验电装置 device for checking the electric

确定停电设备是否无电压的装置。

3.3

接地线缆 earthing cable

连接接地端线夹与线路端线夹或接地端线夹与连接束，具有透明护层的多股软导线。

4 组成

装置由验电装置、接地线装拆装置、连接组件和地面遥控终端组成。

5 一般要求

5.1 环境要求

工作环境条件应符合表1。

表 1 工作环境条件

序号	名称		单位	允许值
1	环境温度	最高温度	℃	≤+50
2		最低温度		≥-20

5.2 外观要求

5.2.1 装置外观结构

装置外观结构要求如下：

- a) 整机外观整洁，无电路外露；
- b) 整机结构坚固，所有连接件、紧固件应有防松措施；
- c) 电机、支架等可更换部件应有一一对应的明显标识，以指示是否正确安装。

5.2.2 整机表面

整机表面应光洁、均匀，不应有伤痕、毛刺等其它缺陷。

5.3 电气部件布线

内部电气线路应排列整齐、固定牢靠、走向合理，便于安装、维护，并用醒目的颜色和标志加以区分。

5.4 装置防护等级

装置防护等级应不小于IP45。

5.5 装置续航要求

接地线挂设完成后，装置应能维持标准规定的夹紧力不少于7天。

6 验电装置

6.1 功能要求

6.1.1 装置结构

应设置与导线直接接触的导体部分，且存有空间裕度，保证在无人机搭载状态下能够有效接触。

6.1.2 通信控制

应设有无线通信模块、数据模块及控制模块，实现远程控制并将数据传输至地面遥控终端的功能。

6.1.3 验电作业

验电前，应先接触有电设备或工频高压发生器等，确证验电器良好。

应设有验电传感器，可自动感应导体上是否带电，并将验电信号传输至地面遥控终端，使地面人员可读出电压数据。

应通过观测摄像机观察验电装置接触导线情况，确证验电设备与导线有效接触，观察有无放电声和火花，同时结合验电信号判断设备是否带电。

6.2 电磁兼容性

装置的电磁兼容性应符合以下要求：

- a) 静电放电抗扰度：应进行 GB/T 17626.2 规定的试验等级为 4 级的静电放电抗扰度试验，试验结果评定应达到 A 级。
- b) 射频电磁场辐射抗扰度：应进行 GB/T 17626.3 规定的试验等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，试验结果评定应达到 A 级。

- c) 工频磁场抗扰度：应进行 GB/T 17626.8 规定的 5 级工频磁场抗扰度试验，试验结果评定应达到 A 级。
- d) 脉冲磁场抗扰度：应进行 GB/T 17626.9 规定的 5 级脉冲磁场抗扰度试验，试验结果评定应达到 A 级。

6.3 机械振动

装置应采用减震材料、加强固定点等方式减小装置振动。
装置应按照10.3进行振动响应及耐久试验，试验后装置外观应无变化、结构完好，各项功能正常。

7 接地线装拆装置

7.1 功能要求

7.1.1 导向定位

应通过观测摄像机和导向机构确保装置按照预定路径或方向进行精准操作。

7.1.2 夹紧

应采用机械或电动机构，将该机构牢靠夹紧固定在导线、杆塔或其他适当位置上，并保证夹紧力符合7.5的要求。

7.1.3 通信控制

应设有无线通信模块、数据模块及控制模块，实现远程控制并将数据传输至地面遥控终端的功能。

7.1.4 装拆接地线作业

7.1.4.1 应设有抱紧机构，可固定在导线、杆塔或其他适当位置，实现导线与大地的连通。

7.1.4.2 装置作业应满足以下要求：

- a) 当杆塔抱紧机构夹紧后，连接导体抱紧机构和杆塔抱紧机构的电磁铁断电并脱出，使两机构分离，后可通过无人机携带导体抱紧机构至导线附近，完成接地线在导线端的固定。
- b) 当导体抱紧机构夹紧后，连接导体抱紧机构和杆塔抱紧机构的电磁铁断电并脱出，使两机构分离，后可通过无人机携带杆塔抱紧机构至杆塔附近，完成接地线在杆塔端的固定。

7.1.4.3 装置装拆过程中无需人员直接参与，接地端与导线端挂设顺序不做要求。

7.1.4.4 接地线缆应满足以下要求：

- a) 在正常使用和存放的温度范围内具有良好的柔韧性，便于盘卷携带；
- b) 在使用中可能遇到的最大短路电流下不发生断裂或熔断。

7.2 短路电流

装置应能承受安装位置可能出现的最大短路电流产生的电动力及发热，而不对人产生电气、机械、化学或热学方面的危害。

7.3 直流电阻

线缆导体单位长度下的直流电阻值应满足表2的要求。

表 2 线缆导体的直流电阻要求

等效铜质横截面积 mm ²	直流电阻值 ×10 ⁻³ Ω/m
16	<1.24
25	<0.79
35	<0.56
50	<0.40
70	<0.28
95	<0.21

等效铜质横截面积 mm ²	直流电阻值 ×10 ⁻³ Ω/m
120	<0.16

7.4 电磁兼容性

装置的电磁兼容性应符合以下要求：

- a) 静电放电抗扰度：应进行 GB/T 17626.2 规定的试验等级为 4 级的静电放电抗扰度试验，试验结果评定应达到 A 级。
- b) 射频电磁场辐射抗扰度：应进行 GB/T 17626.3 规定的试验等级为 3 级的射频电磁场辐射抗扰度试验，试验结果评定应达到 A 级。
- c) 工频磁场抗扰度：应进行 GB/T 17626.8 规定的 5 级工频磁场抗扰度试验，试验结果评定应达到 A 级。
- d) 脉冲磁场抗扰度：应进行 GB/T 17626.9 规定的 5 级脉冲磁场抗扰度试验，试验结果评定应达到 A 级。

7.5 夹紧力

7.5.1 抱紧机构的接触面与杆塔或导体接触时，压紧力度应均匀。

7.5.2 装置的夹紧力应满足表 3 的要求。

表 3 抱紧机构的夹紧力

装置的总质量 kg	夹紧力 N
≤5	100
>5	20M
注：M为装置的总质量（包括线夹、线缆和装置本体等部分）	

7.6 机械振动

装置应采用减震材料、加强固定点等方式减小装置振动。

装置应按照10.3进行振动响应及耐久试验，试验后装置外观应无变化、结构完好，各项功能正常。

8 连接组件

应包含挂环、导杆、倒伞型挂钩等部件，连接无人机与装置整体。

9 地面遥控终端

- 9.1 应能控制电磁铁的通断电、实时查看观测相机图像、验电电压信息。
- 9.2 自动控制失效时，应能对电机、传动组件等进行手动控制。
- 9.3 应具备运行指示和装置电量显示功能。

10 试验方法

10.1 环境适应性

装置的低温适应性试验按照GB/T 2423.1相关条款方法进行相应等级试验，各项功能正常。

装置的高温适应性试验按照GB/T 2423.2相关条款方法进行相应等级试验，各项功能正常。

装置的工频磁场适应性和射频电磁场适应性试验按照GB/T 17626.8和GB/T 17626.3相关条款方法进行相应等级试验，各项功能正常。

10.2 目视检查

对装置外观、电气部件布线等项目进行目视检查，应符合第5章的要求。

10.3 防护等级试验

装置的防护等级应按GB/T 4208的规定进行。

10.4 电磁兼容性试验

装置的电磁兼容试验应按表4要求进行：

表 4 电磁兼容性试验方法

序号	指标名称	试验方法	合格判定
1	静电放电抗扰度	GB/T 17626.2规定的试验等级为4级静电放电抗扰度试验	A级
2	射频电磁场辐射抗扰度	GB/T 17626.3规定的试验等级为3级射频电磁场辐射抗扰度试验，试验扫描频率为80MHz~2000MHz	A级
3	工频磁场抗扰度	GB/T 17626.8规定的工频磁场抗扰度试验，试验等级为5级的稳定持续磁场	A级
4	脉冲磁场抗扰度	GB/T 17626.9规定的试验等级为5级脉冲磁场抗扰度试验，试验磁场波形为6.4(1±30%)/16(1+30%)us，施加正负极性脉冲磁场各5次	A级

10.5 机械振动试验

装置的振动响应试验应按GB/T 2423.56中8.2和8.5的规定进行。

装置的振动耐久试验应按GB/T 2423.56中8.4的规定进行，持续0.5h。

10.6 短路电流试验

装置的短路电流试验应按DL/T 879中6.10的规定进行。

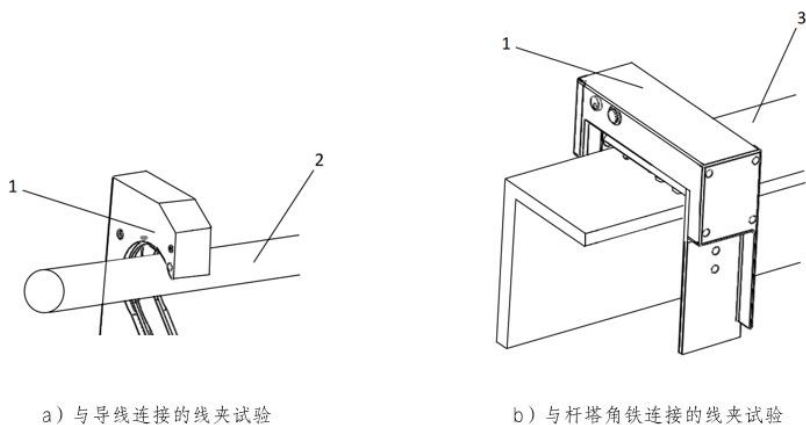
10.7 直流电阻试验

装置线缆的直流电阻试验应按GB/T 3048.4中第5章的规定进行。

10.8 夹紧力试验

装置的夹紧力试验步骤如下：

- a) 根据抱紧机构实际安装的导线或固定连接点结构形式，将抱紧机构安装在相应规格的模拟导线、杆塔角铁等位置并锁紧，对抱紧机构施加拉力，且在不超过 10s 的时间内线性增加至表 3 的规定，并维持 5min。试验应分别在 3 个相互垂直的方向上进行，典型试验布置见图 1。
- b) 若试验过程中抱紧机构没有移位或脱落，则试验通过。
- c) 本试验应单独对装置包含的每个线夹进行（包括线路端线夹和接地端线夹），与线夹连接的线缆、挂环等其他部件可在试验前拆除。被测线夹适用于不同尺寸的导线或固定连接点时，应取不同样品分别对适用范围内最大和最小尺寸进行试验。



标引序号说明：
1——线夹；
2——模拟导线；
3——模拟杆塔角铁。

图 1 线夹的夹紧力试验布置

11 检验规则

11.1 型式试验

在下列情况下，应进行型式试验：

- a) 新产品投产前的定型鉴定；
- b) 产品结构、材料或制造工艺有较大改变，影响到主要性能。

型式试验应按表5规定的试验项目进行，试验结果应满足本文件中的各项技术要求。

表 5 试验项目

序号	试验项目	参考条款		试验分类			
		技术要求	试验方法	型式试验	抽样试验	出厂试验	预防性试验
1	环境适应性	5.1	10.1	√	—	—	—
2	目视检查	5.2, 5.3, 5.5	10.2	√	—	—	—
3	防护等级	5.4	10.3	√	√	—	—
4	导向定位功能	应符合6.1.1, 7.1.1要求		√	√	√	√
5	验电装置和接地线装拆装置的通信控制功能	应符合6.1.1, 7.1.3要求		√	√	√	√
6	验电作业功能	应符合6.1.3要求		√	√	√	√
7	验电装置和接地线装拆装置的电磁兼容性试验	6.2, 7.4	10.4	√	—	—	—
8	验电装置和接地线装拆装置的机械振动试验	6.3, 7.6	10.5	√	√	—	—
9	自动夹紧功能	应符合7.1.2要求		√	√	√	√
10	装拆接地线作业功能	应符合7.1.4要求		√	√	√	√
11	短路电流试验	7.2	10.6	√	—	—	—
12	直流电阻试验	7.3	10.7	√	—	√	√
13	夹紧力试验	7.5	10.8	√	√	—	—
14	连接无人机功能	应符合第8章要求		√	√	√	√
15	远程信息观测功能	应符合9.1, 9.3要求		√	√	√	√
16	手动控制功能	应符合9.2要求		√	√	√	√

注：“√”表示试验必做项目，“—”表示试验可选项目。

11.2 抽样试验

抽样试验应在生产厂家的参与下进行。生产厂家应对用户保证，表5中的抽样试验已进行过。如果用户在说明书中提出，用户也可以参与抽样。

抽样试验应按照步骤进行，并与附录A中单个采样方式的标准检查相一致。

11.3 出厂试验

产品出厂前，应逐个进行表5所列项目的出厂试验。

11.4 预防性试验

使用中的装置应每年进行一次预防性试验。预防性试验项目见表5。

12 标志、包装、运输和贮存

12.1 标志

12.1.1 产品上应在明显位置固定产品标牌，其要求应符合 GB/T 13306 的规定，至少标记以下内容：

- a) 本装置编号；
- b) 制造商名称、地址；
- c) 产品名称；
- d) 产品规格；
- e) 使用人数要求；
- f) 生产日期。

12.1.2 标志应清晰明了，并具有耐久性。

12.2 包装

12.2.1 所有部件应用专用包装箱（袋）将产品包裹，分区放入包装箱内。

12.2.2 包装箱的材质应能确保运输安全，避免灰尘污染或受潮。

12.2.3 每一包装箱内应附有包装箱清单，其上标明产品规格、数量、制造单位名称和制造日期。每一包装箱内应附合格证（包括质量报告）一份。

12.3 运输

产品在运输过程中应防止日光直晒和雨雪浸淋，避免与腐蚀性物质接触，装卸时不应抛掷。

12.4 贮存

12.4.1 产品应储存在干燥、通风、避免阳光直晒的库房内，库房条件应符合 DL/T 974 的规定。

12.4.2 产品应避免与腐蚀性、有害物质接触。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2424.26-2008 电工电子产品环境试验 第3部分：支持文件和导则 振动试验选择
 - [2] GB 2894 安全标志及其使用导则
 - [3] GB/T 2900.51 电工术语架空线路
 - [4] GB/T 4857.23 包装 运输包装件基本试验 第23部分：随机振动试验方法
 - [5] GB 26859 电力安全工作规程 电力线路部分
 - [6] GB 50545 110kV~750kV架空输电线路设计规范
 - [7] GB 50169 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范（附条文说明）
 - [8] DL/T 475 接地装置特性参数测量导则
 - [9] DL/T 741 架空输电线路运行规程
 - [10] DL/T 887 杆塔工频接地电阻测量
 - [11] DL/T 1519 交流输电线路架空地线接地技术导则
 - [12] DL/T 2618-2023 10kV带电作业用自动接引工具
 - [13] JB/T 9680 高压架空输电线路地线用绝缘子
 - [14] IEC 61243-1:2021 带电作业用验电器-第1部分：交流1kV及以上电容型（Live working - Voltage detectors - Part 1: Capacitive type to be used for voltages exceeding 1 kV AC）
-