附件 1

ICS XX.XX
CCS XXX

中 国 电 力 建 设 企 业 协 会 标 准

XXXXX—20□□

镭视一体近电作业安全预警装置

Laser vision integrated near electric operation safety warning device

20××-××-××发布　　20××-××-××实施

中国电力建设企业协会　　发布

目　　次

目　　次 I
前　　言 II
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 产品命名方法 2
5 镭视一体装置组成及主要参数 2
6 技术要求 2
7 试验方法 5
8 检验规则 10
9 包装、运输及贮存 12
附录 A 镭视一体近电作业安全预警装置功能参数表 13
附录 B 镭视一体近电作业安全预警装置性能参数表 14
附录 C 镭视一体装置结构示意图 15

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。

为规范镭视一体近电作业安全预警装置的产品命名、技术要求、试验方法及检验规则，提高近电作业安全预警水平，确保110kV及以上输变电工程近电作业安全，制定本文件。具体内容包括产品命名方法、组成及主要参数、技术要求、试验方法、检验规则和包装、运输及存储等方面。

镭视一体近电作业安全预警装置的生产、检验和使用除应执行本文件外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

本文件由中国电力建设企业协会提出并归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力建设企业协会（地址：北京市丰台区西四环南路35号中都科技大厦3层，100071）。

镭视一体近电作业安全预警装置

1 范围

本文件规定了镭视一体近电作业安全预警装置的产品命名方法、组成及主要参数、技术要求、试验方法、检验规则和包装、运输及存储等内容。

本文件适用于110kV及以上输变电工程近电作业采用镭视一体装置进行安全预警工作。

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 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

GB/T 191 包装装卸、储存和运输的图形符号标志

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 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 7247.1 激光产品的安全 第 1 部分：设备分类和要求

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

GB/T 30147 安防监控视频实时智能分析设备技术要求

DL/T 318 输变电工程施工机具产品型号编制方法

CH/T 8023-2011 机载激光雷达数据处理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

点云数据（Point Cloud Data）

点云构成的三维空间坐标点集。

（参考 CH/T 8023-2011 3.3，有修改）

3.2

镭视一体（LiDAR-Vision Fusion）

将激光雷达点云数据与可见光视频数据进行时间对齐、空间对齐以及特征融合的技术。

3.3

镭视一体近电作业安全预警装置（Laser-Vision Integrated Safety Early Warning Device for Near-Electric Operations）

用于输变电工程近电作业场景实施施工机械、作业人员与带电体安全距离的三维测距、划定虚拟周界以及兼具上述功能于一体的镭视预警装置。

3.4

安全距离分级（Safety Distance Grading）

按输变电工程近电作业安全距离划分的预警等级。

4 产品命名方法

4.1 命名方法

镭视一体近电作业安全预警装置（以下简称“镭视一体装置”）产品依据 DL/T 318 第 4 章的规定进行命名，由类别代号、特征代号、主参数和更新代号四部分组成。镭视一体近电作业安全预警装置产品命名方法如图 4.1.1 所示：

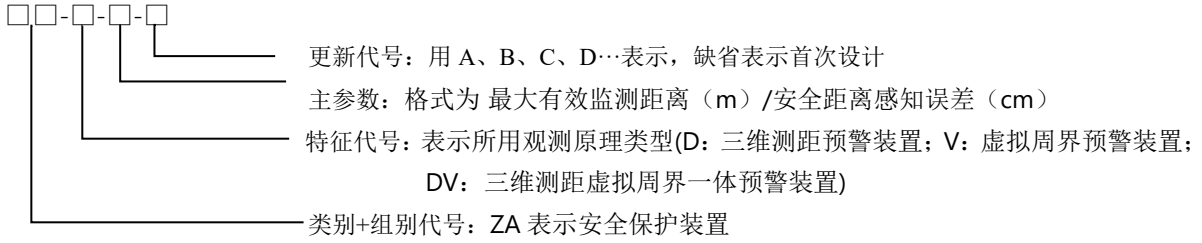


图 4.1.1 镭视一体近电作业安全预警装置产品命名方法

示例 ：**ZA-DV-100/5A** 安全保护装置-三维测距虚拟周界一体预警装置（A 版，最大有效监测距离 100m，安全距离感知误差 ≤5cm）

5 镭视一体装置组成及主要参数

5.1 装置组成

镭视一体装置包含激光雷达、可见光摄像头、云台、AI 视觉分析模块及可视化终端，镭视一体装置结构示意图具体见附录 C。

5.2 主要参数

5.2.1 功能参数

镭视一体装置功能类别主要有近电作业距离测量、视频监控、镭视融合、分级预警、踏勘测距和通信与联动等功能。镭视一体近电作业安全预警装置功能参数表具体见附录 A。

5.2.2 性能参数

镭视一体装置性能类别主要有基础性能、点云处理性能、告警性能、可见光摄像性能、融合性能和云台性能。镭视一体近电作业安全预警装置性能参数表详见附录 B。

6 技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 镭视一体装置技术要求包含基础要求、安全要求、环境适应性。

6.1.2 基础要求明确装置参数配置、电力与通信接口、供电与续航、设备自检等要求。

6.1.3 安全要求涵盖电气、激光、数据、电磁兼容等方面的要求。

6.1.4 环境适应性规定了工作温度、机械环境适应性、外壳防护等内容。

6.2 基础要求

6.2.1 装置参数配置要求

装置应具备参数配置能力，对安全距离阈值、预警等级、声光报警器提示策略等进行设置，配置参数掉电不丢失。

6.2.2 接口要求

装置宜配置电源接口、以太网接口，按需扩展配置 3G/4G/5G、WiFi 等接口，接口定义清晰，连接可靠，具备防松、防水结构设计。

6.2.3 供电与续航要求

装置的供电与续航宜满足以下要求：

a) 支持 AC 220V 或 DC 12V/24V 供电，具备过压、过流、反接、浪涌保护功能；

b) 配套内置电池时，连续工作续航时间应不低于 8h；

c) 内置电池充放电循环寿命应不低于 300 次，充放电效率不低于 90%。

6.2.4 装置自检要求

装置自检宜满足开机自动完成激光雷达、摄像头、云台、通信模块自检，自检完成后输出文字或语音提示自检结果。

6.3 安全要求

6.3.1 电气安全

电气安全宜满足以下要求：

a) 绝缘电阻：在常温条件下，装置的电源输入端与外壳之间的绝缘电阻应不小于 20 MΩ。在完成湿热试验后，绝缘电阻应不小于 2MΩ；

b) 介电强度：装置的电源输入端与外壳之间应能承受 1500V、50Hz 工频交流电压，历时 1min，试验期间应无击穿、无闪络现象；

c) 泄漏电流：装置正常工作时，对地泄漏电流不大于 0.25mA（适用于Ⅱ类设备）；

d) 保护接地：装置的保护接地端子（如有）应与外壳导电部分可靠连接，接地电阻不大于 0.1Ω。

6.3.2 激光安全

在正常使用条件和单一故障条件下，激光辐射水平均应符合 GB/T 7247.1 规定的 1 类激光产品可达发射极限（AEL）要求。

6.3.3 数据安全

装置数据安全应符合以下要求：

a) 视频数据安全:装置采集的视频数据在传输和存储过程中应采取加密保护措施,确保数据的机密性和完整性；控制信令应具备防重放、防篡改能力。

b) 权限管理与操作审计:装置应具备用户权限分级管理功能,不同权限用户的操作范围应予以区分。系统应自动生成操作日志，日志内容应完整、可追溯，且具备防篡改机制。

6.3.4 电磁兼容安全

装置应具备良好的电磁兼容性能,在规定的电磁环境中能正常工作且不对其他设备产生不可接受的电磁干扰。电磁兼容性能的抗扰度应满足以下要求：

a) 静电放电抗扰度：接触放电不低于±6kV，空气放电不低于±8kV，按 GB/T 17626.2 第 5 章试验等级 3 的规定执行；

b) 射频电磁场辐射抗扰度：在 10V/m 场强下，装置应能正常工作，按 GB/T 17626.3 第 5 章中试验等级 2 的规定执行；

c) 工频磁场抗扰度及脉冲磁场抗扰度：装置在强磁场环境下应能保持正常运行，工频磁场抗扰度按 GB/T 17626.8 第 5 章试验等级 5 执行，脉冲磁场抗扰度按 GB/T 17626.9 第 5 章试验等级 5 执行。

6.4 环境适应性

6.4.1 工作温度

工作温度宜满足以下要求：

a)装置在-20℃～+60℃环境温度范围内应能正常启动和持续稳定运行；

b)在温度范围内，核心性能指标（含测距误差、预警响应时间、图像帧率等）应在规定偏差范围内。

6.4.2 机械强度

装置机械强度应满足以下要求：

a) 在规定频率范围和振动量级下，装置结构应保持完整，内部组件无松动、无损坏或功能失效；

b) 在规定冲击量级下，装置应结构完整，无变形、无断裂或功能失效。

6.4.3 外壳防护

装置外壳应具备良好的防尘和防水能力。外壳防护要求如下：

a) 防尘：外壳应完全阻止灰尘进入，内部无可见灰尘积聚；

b）防水：承受强力喷水后，外壳内部无渗水或积水现象，通电后设备应正常工作。

7 试验方法

7.1 试验条件

7.1.1 试验设备要求

所有测试仪器应经计量检定合格且在有效期内，测量精度应高于被测参数精度一个数量级。

7.1.2 试验前准备

试验前设备应外观完好，通电自检正常，完成初始化与默认参数配置。

7.2 外观与结构试验

7.2.1 目视检查设备外观是否正常，手动检查紧固件、接口、云台等活动部件。

7.2.2 核对设备组成部件。

7.3 基础要求试验

7.3.1 装置参数配置要求试验

装置参数配置要求试验内容如下：

a）进入设备配置界面，逐项修改安全距离阈值、预警等级，断电重启后核查参数保存状态；

b）逐一插接各接口，验证连接可靠性与通信可用性。

7.3.2 供电与续航试验

供电与续航试验内容如下：

a）供电保护：分别进行电源反接、1.2 倍额定电压过压、输出短路试验，恢复正常供电后检查设备功能；

b）续航测试：装置内置电池充满电后正常连续运行，记录从满电到低电量告警的总时长；

c）充放电效率：按额定电流完成一次完整充放电，计算放电容量与充电容量的比值。

7.3.3 自检功能试验

自检功能试验应重启设备，观察自检流程与故障提示功能，判定自检功能是否正常；

7.4 功能试验

7.4.1 近电作业距离测量功能试验

近电作业距离测量功能试验应搭建模拟测试场景，设置模拟带电体、作业机械模型，分别验证镭视

一体近电作业安全预警装置的目标识别、带电体标注、距离计算以及周界入侵检测功能。

7.4.2 视频监控功能试验

视频监控功能试验内容如下：

a）通过可视化终端查看实时视频画面，测试抓拍、录像功能可用性；

b）可控制云台水平、垂直旋转，检查转动顺畅性与角度覆盖范围。

7.4.3 镭视融合功能试验

镭视融合功能试验宜包含以下内容：

a）在视场内均匀布设多个标定点，观察视频画面中点云叠加、距离标注的对应关系，核查空间位置匹配性。

b）通过采集的点云或视频画面绘制电子围栏，设定禁入区域与入侵规则，对进入周界的目标进行检测预警。

7.4.4 分级预警功能试验

分级预警功能试验宜设置三级预警阈值，模拟移动目标逐步逼近带电体，检查预警分级逻辑、声光提示效果是否正常；

7.4.5 通信与联动功能试验

通信与联动功能试验可包括以下内容：

a）数据上传功能：将设备接入可视化终端，检查终端是否可正常接收实时视频流、点云距离数据、预警事件信息及设备运行状态数据，数据字段完整、时延符合要求。

b）远程配置功能：通过可视化终端远程修改设备安全距离阈值、预警参数、视频参数等配置项，核查设备端参数是否同步生效，断电重启后配置不丢失。

c）远程升级功能：通过远程下发固件升级包，验证设备可接收升级文件、自动完成升级并重启，升级后功能正常。

d）通信自连接与补传：人为断开网络通信一段时间后恢复，检查设备是否自动重连，断网期间产生的预警事件数据可补传至平台，无数据丢失。

e）外部联动功能：将设备与外接声光报警器、作业机械闭锁装置等联动设备连接，触发红色告警，验证联动设备是否按预设逻辑正常动作。

7.5 性能试验

7.5.1 基础性能试验

基础性能试验可包含以下内容：

a）最大有效监测距离：在室外开阔场地，沿光轴方向移动标准反射靶，记录设备可稳定输出距离数值的最远距离，重复 3 次取平均值；

b）安全距离感知误差：以高精度激光测距仪（精度 ±1mm）为基准，在有效测距范围内选取不少于 5 个测试点（含安全距离阈值点），对比设备输出值与基准值，计算绝对误差，取最大值。

7.5.2 点云处理性能试验

点云处理性能试验可包含以下内容：

a）激光雷达测量角度：在雷达光轴正前方固定距离处布设标准反射靶，分别沿水平、垂直方向匀速移动靶标，记录靶标从视场中心移动至点云刚能稳定识别的边缘位置时的角度偏移量；

b）非重复性扫描覆盖率：在标准测试场景设置盲区障碍物，动态扫描 1s 以上，统计有效点云覆盖区域占总监测区域的比例；

c）点云建模时间：构建含 10 类典型带电设备的测试场景，记录从启动扫描到完成建模输出的总时长，重复 3 次取平均值)。

7.5.3 告警性能试验

告警性能试验宜包含以下内容：

a）预警响应时间:用高速摄像机同步拍摄目标越限瞬间与声光告警启动时刻,计算时间差,重复 10 次取平均值；

b）分级阈值验证：模拟目标匀速逼近带电体，记录黄色预警、红色告警触发时的实际距离，与设定阈值对比，偏差不超过±5%为合格。

7.5.4 摄像头性能试验

摄像头性能试验可包含以下内容：

a）图像分辨率：在标准照度下将测试卡置于摄像头视场中心，读取画面可清晰分辨的最大像素数；采用视频流采集工具统计连续 60s 内的有效帧数量，计算平均视频帧率；

b）最低照度：采用可调照度暗箱测试最低照度，逐步降低环境光照度，分别记录彩色、黑白模式下画面可正常辨识的最小照度值；

7.5.5 融合性能试验

融合性能试验可包含以下内容：

a）空间配准误差：在视场内均匀布设不少于 10 个标定点，分别获取点云三维坐标与对应视频像素坐标，计算配准偏差，取最大值；

b）时间同步误差：采用同步触发装置采集激光点云帧与视频帧的时间戳，计算帧间时间差，取最大值。

7.5.6 云台性能试验

云台性能试验可包含以下内容：

a）旋转范围测试：控制云台分别沿水平、垂直方向从一侧极限位置转动至另一侧极限位置，记录总转动角度，判定水平旋转范围满足 0°~360° 连续旋转、垂直旋转范围满足-20°~+90°；

b）旋转精度测试：在水平、垂直方向各选取 5 个均匀分布的测试角度点，控制云台转动至目标角度后测量实际角度值，计算指令角度与实际角度的绝对误差，旋转精度≤±0.1°为合格；

c）预置位重复定位精度测试：在云台全视场内设置 10 个均匀分布的预置位并记录基准坐标，连续循环调用各预置位 10 次，判定预置位重复定位精度≤±0.2°为合格。

7.6 安全试验

7.6.1 电气安全试验

电器安全试验宜包含以下内容：

a）绝缘电阻试验：采用 500V 绝缘电阻测试仪，测量电源输入端（L、N 并接）与外壳（接地端）之间的绝缘电阻，分别在标准环境条件和湿热试验后进行测试；

b）介电强度试验：采用工频耐压试验装置，在电源输入端与外壳之间施加 1500V、50Hz 正弦波交流电压，施加时间 1min。试验期间观察有无击穿、闪络现象；

c）泄漏电流试验：装置在额定工作电压下运行，按相关测量方法测量对地泄漏电流。

d）保护接地试验：采用接地电阻测试仪（毫欧级），测量保护接地端子与外壳导电部分之间的电阻值。

7.6.2 激光安全试验

激光安全试验主要检测装置激光发射端的辐射功率或辐射能量，不超出人眼安全限值，满足 GB/T 7247.1 中 1 类激光产品的可达发射极限（AEL）要求。

7.6.3 数据安全试验

数据安全试验宜包含以下内容：

a）视频数据加密验证：通过数据抓包及存储文件读取方式，对传输信道和存储介质中的视频数据进行加密状态验证，确认其加密措施的有效性；

b）权限与审计测试：使用不同权限级别的账户分别登录装置并进行操作，验证权限分级控制的有效性。检查操作日志的生成完整性及防篡改机制的实现情况；

7.6.4 电磁兼容试验

电磁兼容试验宜包含以下内容：

a)静电放电抗扰度试验按 GB/T 17626.2 第 6 章规定的试验程序执行；

b)射频电磁场辐射抗扰度试验按 GB/T 17626.3 第 6 章规定的试验程序执行；

c)工频磁场抗扰度试验按 GB/T 17626.8 第 6 章规定的试验程序执行；

d)脉冲磁场抗扰度试验按 GB/T 17626.9 第 6 章规定的试验程序执行。

7.7 环境适应性试验

7.7.1 高、低温试验

高、低温试验可按照 GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验第 2 部分 试验 A、GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验第 2 部分 试验 B 的相关要求执行。主要步骤如下：

a） 低温试验：被测装置在通电状态下放入环境试验箱中，温度降低至-20℃后保温，温度稳定后保持 2h，期间装置通电运行，检查摄像头、激光雷达等核心组件是否正常运行；

b） 高温试验：被测装置在通电状态下放入环境试验箱中，温度降低至+60℃后保温，温度稳定后保持 2h，期间装置通电运行，检查摄像头、激光雷达等核心组件是否正常运行；

c） 试验结束后恢复至室温，复测核心性能指标。

7.7.2 振动试验

振动试验宜在合理频率范围和振动量级下，在三个相互垂直的方向上分别施加正弦振动，每方向持续一定时间。试验中监测并记录有无异常共振或噪声，试验后外观结构与功能无异常。

7.7.3 冲击试验

冲击试验宜在合理冲击环境下，在三个相互垂直的轴向上分别施加规定次数的冲击。试验后结构完整、组件牢固，功能无异常。

7.7.4 防护等级试验

防护等级试验宜包含以下内容：

a）防尘试验：外壳防尘性能按 GB/T 4208 中第 13 章进行试验，试验持续 8h 后打开装置检查，装置内无灰尘进入，装置通电后能够正常安全的运行，满足 IP6X 要求。

b）防水试验：外壳防水性能按 GB/T 4208 中第 14 章进行试验，试验后装置内部无明显积水，对装置无有害影响，装置能正常通电并安全运行，满足 IPX6 要求。

c）试验后通电验证设备功能。

7.8 可靠性试验

可靠性试验宜采用现场工况模拟法，构建典型近电作业场景，设备连续运行 72h，记录故障次数与误告警次数，验证设备运行稳定性。

8 检验规则

8.1 检验类型

8.1.1 镭视一体装置检验分为型式试验、出厂试验和定期检验。

8.1.2 凡是用于镭视一体装置总装的部件、组件和零件，需检验合格。

8.1.3 镭视一体装置检验应逐项进行并做好记录，合格后方能出厂。

8.2 检验项目

镭视一体装置检验项目如表 8.2.1 所示。

表 8.2.1 镭视一体装置检验项目表

序号	检验项目	检验项目	检验类型	检验类型	检验类型	试验方法	检验要求
			型式试验	出厂试验	定期检验		
1	外观与结构检验	外观与结构检查	√	√	√	7.2	5.1
2	一般要求检验	装置配置与接口	√	√	—	7.3.1	6.1.1、6.1.2
3		供电与续航	√	—	√	7.3.2	6.1.3
4		自检功能	√	√	√	7.3.3	6.1.4
5	功能检验	近电作业距离测量功能	√	—	√	7.4.1	5.2.1
6		视频监控功能	√	—	√	7.4.2	5.2.1
7		镭视融合功能	√	—	—	7.4.3	5.2.1
8		分级预警功能	√	—	√	7.4.4	5.2.1

9		通信与联动功能	√	—	—	7.4.6	5.2.1
10	性能检验	基础性能	√	√	√	7.5.1	5.2.2
11		点云处理性能	√	—	—	7.5.2	5.2.2
12		告警性能	√	—	—	7.5.3	5.2.2
13		摄像头性能	√	√	√	7.5.4	5.2.2
14		融合性能	√	—	√	7.5.5	5.2.2
15		云台性能	√	√	√	7.5.6	5.2.2
16	安全检验	电气安全	√	√	√	7.6.1	6.2.1
17		激光安全	√	—	—	7.6.2	6.2.2
18		数据安全	√	—	—	7.6.3	6.2.3
19		电磁兼容性能	√	—	√	7.6.4	6.2.4
20	环境适应性检验	高低温工作试验	√	—	—	7.7.1	6.3.1
21		振动与冲击试验	√	—	—	7.7.3	6.3.2
22		防护等级试验	√	—	—	7.7.4	6.3.3
23	可靠性检验	现场工况模拟试验	√	—	√	7.8	—

8.3 型式试验

8.3.1 镭视一体装置有下列情况下之一时，应进行型式试验：

a) 新产品定型、老产品转厂生产；
b) 产品结构、材料或工艺有较大变动，可能影响产品性能和质量；
c) 停产 1 年以上，恢复生产；
d) 正式生产后，定期或累计一定的产量后，应按周期进行一次型式试验；
e) 国家质量监督机构、电力建设行业协会、业主单位、第三方检测机构提出要求时进行的型式试验。

8.3.2 型式试验样品随机抽取，数量不少于 1 件。

8.4 出厂试验

8.4.1 镭视一体装置出厂前按表 8.2.1 出厂列全检，填写检验记录。检验合格方能出厂，并附产品合格证。

8.4.2 任一项目不合格，判定该台不合格，返修后重新进行该项及受影响项目检验；复检仍不合格不得出厂。

8.4.3 出厂试验内容应按规定抽取样品，按表 8.2.1 中出厂检验的项目执行。

8.5 定期检验

8.5.1 镭视一体装置定期试验应按表 8.2.1 中要求的项目执行，检测周期不超过 1 年。

8.5.2 定期检验发现测距误差、预警响应、绝缘任一不合格，应立即停用并返厂标定。

8.6 试验机构

试验机构应由具备相应检测资质的单位执行。

8.7 记录与报告

各类检验应留存原始记录；型式试验附试验报告，出厂试验附合格证，定期检验录入设备维护台账。

9 包装、运输及贮存

9.1 标志

9.1.1 标志应清晰、不易磨损。

9.1.2 应在装置明显位置固定产品铭牌，包括下列内容：

a)制造单位名称；

b)产品型号和名称；

c)生产年月及出厂编号。

9.2 包装

9.2.1 镭视一体装置及其零部件的包装储运图形符号标志应符合 GB/T 191-2025 第 6 章的规定。

9.2.2 装置清单主要有产品编号、零部件名称与数量、质量等级、发货日期、检验人员签字等。

9.2.3 制造单位宜向用户提供下列技术文件：

a)试验报告及产品合格证；

b)使用说明书；

c)装置清单。

9.3 运输和贮存

9.3.1 运输应避免碰撞，运输、吊运不损伤表面及零部件，不与含有腐蚀性物质的货物混装。

9.3.2 镭视一体装置贮存于通风良好的干燥环境，应有防止酸、碱、盐等腐蚀措施。

9.3.3 镭视一体装置贮存过程中应定期实施机械部件润滑和装置充放电管理。

附录 A 镭视一体近电作业安全预警装置功能参数表

参数类别	参数名称	技术要求
近电作业安全管控功能	带电体标记与被管控物自动捕捉	可实时采集监测区域三维点云数据，手动标记带电体。自动捕捉作业机械、作业人员等被管控物目标，被管控物目标无需安装传感器
	虚拟周界绘制	支持基于点云或视频画面绘制圆柱体及矩形电子围栏，设定多级区域（不小于三级）与入侵规则
	近电安全预警	支持自动计算被管控物目标与带电体间的最短空间距离并进行预警；支持自动对靠近周界的目标进行预警；支持预警信息联动声光报警器
视频监控功能	视频采集	可见光摄像头应实时采集现场高清视频画面，支持实时预览
	云台控制	支持云台控制，可调节摄像头水平、垂直角度，实现监测区域全覆盖
镭视融合功能	镭视同步	支持激光点云与可见光视频的空间配准与时间同步，距离数据、预警信息宜叠加显示在视频画面对应目标位置
	三维模型展示	支持管控过程中实时查看作业现场的三维点云模型，宜在三维模型上叠加距离数据、预警信息、带电体标记信息、被管控物位置，在三维点云模型中做到视角旋转与查看
分级预警功能	三级预警	满足三级预警机制：三级距离显示、二级预警、一级告警，预警阈值可按不同电压等级自定义
	实时预警	当目标与带电体距离达到三级阈值时，装置对被管控物和带电体的距离进行实时显示；达到二级阈值时装置发出声光报警，达到一级阀值时装置发出急促的声光报警，在一、二级可各输出一路开关量联动信号
踏勘测距功能	距离测量	支持建立纯点云或 Mesh 网格三维模型，可在三维模型中任意选择两点进行之间的距离测量。可同时建立虚拟物体，测量某点到虚拟模型的距离。
通信与联动功能	数据交互	支持与监控平台数据交互，上传实时视频、距离数据、预警信息、设备运行状态
	设备升级	支持平台远程参数配置、远程固件升级
	断线重连	通信中断恢复后应自动重连，断点事件数据可补传
	设备联动	支持与现场声光报警器等外部设备联动

附录 B 镭视一体近电作业安全预警装置性能参数表

参数类别	参数名称	技术要求
基础性能	最大有效监测距离	≥100m
	安全距离感知误差	≤10cm
点云处理性能	激光雷达测量角度	激光雷达水平测量角度≥70°；搭配云台后水平跟踪视场覆盖 360°，垂直跟踪视场覆盖≥100°
	非重复性扫描覆盖率	≥98%（动态扫描模式下超过 1s）
	点云建模耗时	含扫描、配准、特征提取全过程≤120s
告警性能	预警响应时间	≤1s（从距离超限到声光告警触发）
	安全距离分级阈值	绿色显示为大于预设安全距离的 120%(超出预设安全距离不足 1m 按 1m 计算)，黄色预警为预设安全距离的 120%（或接近预设安全距离 1m）内，红色告警为预设安全距离的 100%；各阈值支持自定义调整
摄像头性能	图像分辨率	图像分辨率≥1920×1080，视频帧率≥25fps
	最低照度	彩色模式≤0.1Lux，黑白模式≤0.01Lux
融合性能	空间配准误差	有效监测范围内，点云与视频像素配准误差≤5 像素
	时间同步误差	激光点云帧与视频帧时间差≤50ms
云台性能	旋转范围	水平旋转范围 0°~360° 连续旋转，垂直旋转范围 - 20°~+90°
	旋转精度	旋转精度≤±0.1°
	预置位重复定位精度	预置位重复定位精度≤±0.2°

注：

分类参数说明 ：

三维测距/虚拟周界类（特征代号 D/V）：适用于大场景远距离监测（≥100m），需标注非重复性扫描模式支持性；

安全距离感知误差 ：在标准气象条件（温度 25℃±2℃，湿度 50%±10%）下，使用激光测距仪（精度±1mm）作为基准设备对比测试；

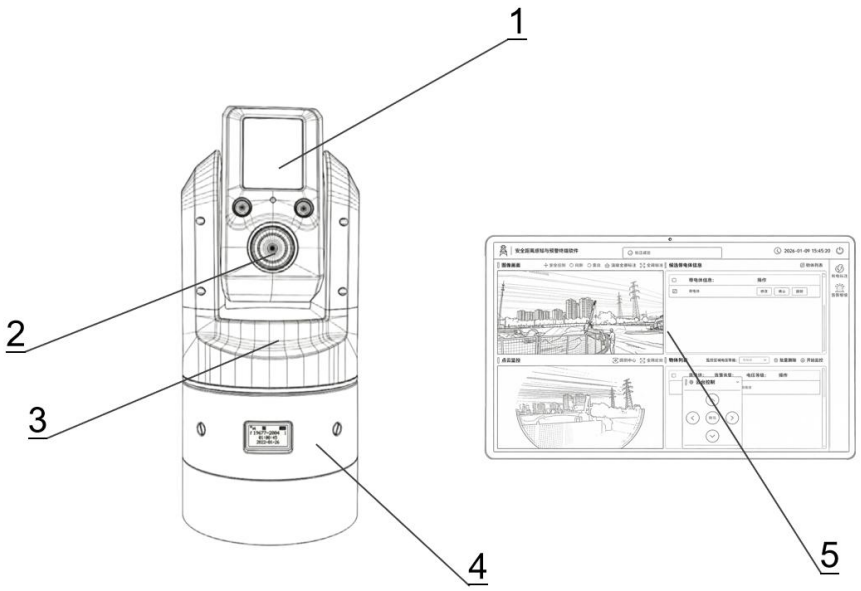
点云建模时间 ：测试场景包含母线、刀闸等 10 类典型带电设备，点云密度≥100 点/cm² 。

特殊工况要求 ：

强电磁干扰环境（如变电站 500kV 区域）下，电磁感应类装置需通过 GB/T 17626.8-2006（工频磁场抗扰度试验，等级 5）；

雨雪天气（降雨量≥4mm/h）时，激光测距类装置需维持测距误差≤8cm。

附录 C 镭视一体装置结构示意图



说明：

1——激光雷达；

2——可见光摄像头；

3——云台；

4——AI视觉分析模块；

5——可视化终端。

附件 2

中国电力建设企业协会团体标准
《镭视一体近电作业安全预警装置》
编制说明

目　录

一、工作简况.....3

二、标准编制原则、主要内容及确定依据.....5

三、与现行法律法规和标准的协调性.....8

四、标准的先进性或特色性.....9

五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据.....9

六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据.....11

七、与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况，以及是否合规引用或采用国际国外标准.....13

八、涉及专利的有关说明.....14

九、专家审查会情况.....14

十、标准名称变更理由及报批情况.....15

十一、其他应当说明的事项.....15

十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议.....15

一、工作简况

（一）任务来源

本标准根据中国电力建设企业协会《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）安排立项，由中国电力建设企业协会提出并归口，由中国电力建设企业协会标准化管理委员会负责管理。

（二）参编单位及分工

本标准由安徽送变电工程有限公司为主编单位，安徽宏源电力建设有限公司、安徽炬视科技有限公司、国网河南省电力公司电力科学研究院、安徽大学、湖北华中电力科技开发有限责任公司、西安明珠电力安装工程有限公司、河南九域腾龙信息工程有限公司、国网河北省电力有限公司超高压分公司、淮南市国家电投新能源有限公司、沈阳工程学院、国网安徽省电力有限公司超高压分公司、国网安徽省电力有限公司信息通信分公司、常州新兰陵电力辅助设备有限公司、国网安徽省电力有限公司合肥供电公司、河南送变电建设有限公司、国网湖北送变电工程有限公司、江苏福众智能科技有限公司共同编制完成。

主编单位负责标准整体策划、大纲编制、核心章节起草及统稿工作；安徽炬视科技有限公司作为装置研制单位，承担产品命名方法、装置组成及主要参数、技术要求、试验方法等章节的起草和样机试验验证；各施工、运维类参编单位结合近电作业现场监护实践，承担适用范围界定、安全距离分级阈值设置、现场可操作性校核等工作；高校及科研院所类参编单位承担技术指标论证、试验方法科学性校核等工作；信息通信类参编单位承担通信与联动、数据安全、平台接入相关条款的起草；设备制造类参编单位承担装置结构、外壳防护、包装运输及贮存条款的起草。

（三）制定背景

输变电工程建设中，起重机械、混凝土泵车、挖掘机、吊篮等施工机械以及作业人员在带电体附近作业十分普遍，近电作业安全距离管控是防止触电和机械碰线事故的关键环节。随着电网建设规模扩大和作业环境复杂化，吊装、

跨越、组塔等工序中多台机械同时在带电区域附近作业的情况增多，对安全距离的监测提出大场景、高精度、实时化的要求。

现行电力安全工作规程对作业人员、施工机械与带电体之间的最小安全距离作出了明确规定，现场主要依靠专人监护、设置隔离遮栏、配备近电感应报警器等方式落实。人工监护依赖经验，覆盖范围和反应速度有限，在大场景、多机械同时作业条件下难以及时发现距离越限趋势；近电感应报警装置只能发出报警，不能给出距离数值和越限趋势，误报、漏报情况较多，且无法记录和追溯。

激光雷达三维点云测量与可见光视觉识别融合（镭视一体）技术，能够实现带电体标记、被管控物目标免传感器自动捕捉、目标与带电体最短空间距离实时计算和分级预警，为大场景近电作业安全距离管控提供了新的技术手段。但此类装置目前缺少统一的命名方法、参数体系、技术要求、试验方法和检验规则，不同企业产品的指标口径不一，最大监测距离、测距误差、融合精度等关键指标无从比较，采购、验收和检验缺乏依据。

制定本标准，旨在统一镭视一体近电作业安全预警装置的产品命名、组成及主要参数、技术要求、试验方法、检验规则以及包装、运输和贮存要求，为生产企业设计制造、检测机构检验判定、使用单位采购验收和现场应用提供统一依据，从设备层面降低近电作业触电和机械碰线风险。据此，安徽送变电工程有限公司等单位向中国电力建设企业协会提出立项申请。

（四）编制过程

2025年6月，中国电力建设企业协会下达标准制定计划（中电建协〔2025〕131号），项目启动，成立编写组。

2025年6月至12月，编写组开展收资调研，走访变电站、输电线路施工现场，梳理典型近电作业场景和安全距离管控要求，测试装置样机关键性能，在此基础上完成标准编制大纲。

2026年3月，召开标准启动会，审查工作大纲，明确章节分工和进度安排。

2026年7月，编写组完成标准初稿，并组织编写组内部审查，重点核对技术要求与试验方法的对应关系。

2026年9月，安徽宏源电力建设有限公司、国网河南省电力公司电力科学研

究院等单位陆续加入参编，编写组扩充后对初稿进行系统性修订，补充完善产品命名方法、参数体系和环境适应性要求。

2026年10月29日至30日，中国电力建设企业协会在安徽合肥组织召开征求意见稿定稿会，与会专家和参编单位代表对标准目录、范围、规范性引用文件、术语和定义、章节结构及条款表述逐项讨论并提出修改意见。会后编写组按会议纪要调整章节结构、优化文字表述，形成征求意见稿。

2026年11月，编写组完成征求意见稿及本编制说明，报送中国电力建设企业协会，并向参编单位及电力建设相关企业公开征求意见。

2026年12月上旬（暂定），拟召开送审稿定稿会，根据征求意见情况修改完善后形成送审稿；后续按协会要求组织送审稿审查并完成报批。

（五）主要起草人

本文件主要起草人：梁纲、宋晓燕、栗晓政、饶宇飞、王广周、李海峰、朱天翔、尹国伟、刘云飞、李凯、张文涛、金德磊、黄涛涛、朱正成、杨阳、黄立志、陈晨、贾天宇、朱吕甫、朱兆亚、闫文豆、吴思伟、张龙、任远、陈伟、王成兵、徐配瑶、谭守标、彭春雨、陈闻、黄峻峰、周海宏、陈磊、马龙、刘健、孙浩、张峰、王遵、孔凡刚、李延涛、胡军星、李赟、袁俊锋、邵淮岭、杨世博、张熙杰、张峰、隋月艺、赵智龙、闫炯炯、李美显、张梦阳、刘冬冬、惠佳佳、尹晓伟、姜壹夫、彭明智、翁良杰、焦睿婷、李明、刘涛、曹弯弯、刘红、周枫、万能、路健、原玮、孙建兴、王常飞、康冰怡、陶磊、李金戈、王鹏程、赵魏、刘红、顾秦豪（按参编单位顺序排列）。

二、标准编制原则、主要内容及确定依据

（一）编制原则

合规性原则：本标准编制严格遵守《中国电力建设企业协会标准管理办法（试行）》，编写格式执行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》。

协调性原则：注重与现行法律法规和相关标准的协调性，与GB/T 7247.1《激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求》、GB/T 4208《外壳防护等级（IP代码）》、GB/T 17626系列电磁兼容标准、GB/T 30147《安防监控视频实

时智能分析设备技术要求》、DL/T 318《输变电工程施工机具产品型号编制方法》、CH/T 8023—2011《机载激光雷达数据处理技术规范》等标准衔接配套；安全距离分级要求与电力安全工作规程的相关规定保持一致，避免重复与矛盾。

系统性原则：覆盖产品命名方法、装置组成及主要参数、技术要求、试验方法、检验规则、包装运输及贮存全过程，形成从产品定型、出厂检验到使用维护的完整技术链条。

可操作性原则：技术指标均可测量、可判定，试验方法明确试验条件、仪器精度要求和判定准则，附录以参数表形式给出功能参数和性能参数，便于生产企业执行、检测机构检验和使用单位选型对照。

先进性原则：将激光点云与可见光视频的时间对齐、空间对齐和特征融合，被管控物目标免传感器自动捕捉，三维模型踏勘测距等技术要求纳入标准，体现近电作业安全监测技术的发展方向。

民主协同原则：充分发扬民主，广泛征求施工单位、运维单位、科研院所、生产企业的意见，协调各参编单位达成共识，确保标准内容全面、公正、可执行。

（二）标准主要内容

本标准共分9章和3个附录，规定了镭视一体近电作业安全预警装置的产品命名方法、组成及主要参数、技术要求、试验方法、检验规则和包装、运输及贮存等内容。核心内容包括：

第1章 范围。明确了本标准的适用对象和适用电压等级，规定本标准适用于110kV及以上输变电工程近电作业采用镭视一体装置进行安全预警的工作。

第2章 规范性引用文件。列出了GB/T 1.1—2020、GB/T 191、GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 4208、GB/T 7247.1、GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.8、GB/T 17626.9、GB/T 30147、DL/T 318、CH/T 8023—2011共13项标准，涵盖包装标志、环境试验、外壳防护、激光安全、电磁兼容、智能分析设备、型号编制和点云数据处理等方面。

第3章 术语和定义。界定了点云数据、镭视一体、镭视一体近电作业安全预警装置、安全距离分级4项术语，统一行业表述，其中点云数据参考CH/T

8023—2011给出并作了适应性修改。

第4章 产品命名方法。依据DL/T 318第4章的规定，明确产品由类别和组别代号、特征代号、主参数、更新代号四部分组成。类别和组别代号为ZA，表示安全保护装置；特征代号区分观测原理类型，D表示三维测距预警装置、V表示虚拟周界预警装置、DV表示三维测距虚拟周界一体预警装置；主参数格式为最大有效监测距离（m）/安全距离感知误差（cm）；更新代号用A、B、C等表示，缺省表示首次设计。示例ZA-DV-100/5A表示安全保护装置—三维测距虚拟周界一体预警装置（A版，最大有效监测距离100m，安全距离感知误差不大于5cm）。

第5章 镭视一体装置组成及主要参数。规定装置由激光雷达、可见光摄像头、云台、AI视觉分析模块及可视化终端组成，结构示意图见附录C；功能参数分为近电作业安全管控、视频监控、镭视融合、分级预警、踏勘测距、通信与联动6类，详见附录A；性能参数分为基础性能、点云处理性能、告警性能、可见光摄像性能、融合性能、云台性能6类，详见附录B。

第6章 技术要求。按一般规定、基础要求、安全要求、环境适应性四部分提出要求。基础要求包括装置参数配置、接口、供电与续航、装置自检；安全要求包括电气安全、激光安全、数据安全、电磁兼容；环境适应性包括工作温度、机械强度、外壳防护。

第7章 试验方法。配套第6章技术要求，规定了试验条件和试验前准备、外观与结构试验、基础要求试验、功能试验、性能试验、安全试验、环境适应性试验以及可靠性试验的方法和判定准则，可靠性试验采用现场工况模拟法连续运行72h。

第8章 检验规则。规定装置检验分为型式试验、出厂试验和定期检验，以检验项目表明确23个检验项目在各类检验中的适用性、对应试验方法条款和检验要求条款，规定了型式试验的触发条件、出厂试验的判定规则、定期检验周期不超过1年，并对试验机构资质、记录与报告提出要求。

第9章 包装、运输及贮存。规定了标志、包装、运输和贮存要求，产品铭牌应标明制造单位名称、产品型号和名称、生产年月及出厂编号，包装储运图形符号标志执行GB/T 191，并对随产品提供的技术文件和贮存期间的维护管理提出要求。

附录A为镭视一体近电作业安全预警装置功能参数表，附录B为性能参数表（含分类参数说明和特殊工况要求），附录C为镭视一体装置结构示意图。

（三）标准主要内容确定依据

本标准按技术类标准编写，主要内容按照GB/T 1.1—2020的规定起草，核心内容确定主要依据以下几方面：

法律法规：《中华人民共和国安全生产法》《中华人民共和国产品质量法》《建设工程安全生产管理条例》等对生产经营单位的安全生产条件、产品生产者的质量责任和建设工程安全管理提出了明确要求，是本标准设定安全要求、检验规则的基本依据。

国家标准：激光安全依据GB/T 7247.1，外壳防护依据GB/T 4208，高低温试验依据GB/T 2423.1、GB/T 2423.2，电磁兼容抗扰度依据GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.8、GB/T 17626.9，视频智能分析设备要求参考GB/T 30147，包装储运标志依据GB/T 191。

行业标准：产品命名方法依据DL/T 318第4章；点云数据处理要求参考CH/T 8023—2011。

现场实践和样机验证：编写组结合变电站、输电线路近电作业现场调研情况，以及装置样机在模拟场景和现场条件下的测试数据，确定了最大有效监测距离、安全距离感知误差、预警响应时间、融合精度等关键指标的量值。

行业专家和企业反馈意见：定稿会专家意见和参编单位反馈意见，集中反映在章节结构调整、术语优化、指标表述明确化等方面，编写组逐条研究后吸收，确保标准的科学性与可操作性。

三、与现行法律法规和标准的协调性

本标准严格遵循《中华人民共和国安全生产法》《中华人民共和国产品质量法》等上位法精神，与GB/T 7247.1、GB/T 4208、GB/T 17626系列、GB/T 2423系列、GB/T 30147、GB/T 191等国家标准和DL/T 318、CH/T 8023—2011等行业标准保持协调一致，是对现行电力安全工作规程中近电作业安全距离要求在监测装置层面的补充和细化。

本标准所引用的标准均为现行有效版本，引用方式为不注日期引用，凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。本标准的技术要求与上述标

准不存在重复规定和相互矛盾的情形，亦未与现行法律、行政法规和国家标准、行业标准的强制性条款相冲突。

四、标准的先进性或特色性

1.本标准是国内首个针对镭视一体近电作业安全预警装置的产品标准，填补了近电作业安全监测装置领域的技术标准空白。现行标准仅对作业安全距离作出原则性规定，未对监测装置自身的测量精度、功能性能、试验方法和检验规则提出要求。

2.标准界定了“镭视一体”技术内涵，将激光点云与可见光视频的时间对齐、空间对齐和特征融合作为装置的必备能力，并提出被管控物目标免传感器自动捕捉要求，解决了传统近电感应报警装置只报警、不测距、不定位的问题。

3.标准建立三级预警机制，将安全距离要求转化为装置可执行、可检验的分级阈值规则：达到三级阈值时实时显示距离，达到二级阈值时发出声光报警，达到一级阈值时发出急促声光报警并输出开关量联动信号，预警阈值可按电压等级自定义，兼顾了现场管控的提前量和可操作性。

4.标准将产品命名方法、功能参数、性能参数、试验方法、检验规则贯通，形成产品可比较、可检验、可验收的闭环，为装置选型、采购验收和定期检验提供了统一依据。

5.标准明确了-20℃～+60℃工作温度、IP6X防尘和IPX6防水、工频磁场与脉冲磁场抗扰度等级5等环境适应性要求，适应变电站强电磁环境和户外全天候作业条件，具有较强的工程适用性。

五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据

（一）标准调研、研讨情况

标准编写过程中，编写组进行了广泛的收资、调研和研讨。研究的几个主要问题及处理结论如下：

1.标准的编制目的和适用对象。本标准旨在统一镭视一体近电作业安全预警装置的技术要求，填补该类装置产品标准的空白，为设计制造、检验判定和

采购使用提供依据。考虑到该类装置主要面向高处作业、大型施工机械作业和变电站及线路走廊等场景，本标准适用范围确定为110kV及以上输变电工程近电作业，其他电压等级工程可参照执行。

2.产品命名方法。按定稿会意见，将原“分类与型号”章调整为“产品命名方法”，删除产品分类的描述性内容，突出命名规则。命名沿用DL/T 318体系，以ZA作为类别和组别代号，以D、V、DV区分观测原理，主参数同时反映最大有效监测距离和测距误差，便于产品选型比较和溯源管理。

3.安全距离分级。按三级设置预警等级，绿色显示为大于预设安全距离的120%，黄色预警为预设安全距离120%以内，红色告警为预设安全距离的100%；对距离较近、绝对余量不足的情形，按超出预设安全距离不足1m时以1m计算处理，避免小距离段因百分比计算造成预警提前量不足。各阈值支持按电压等级自定义调整。

4.镭视融合精度。为使距离数据和预警信息能够准确叠加到视频画面和三维点云模型的对应目标位置，规定空间配准误差不大于5像素、时间同步误差不大于50ms，并在第7章给出标定点布设和同步触发采集的试验方法。

5.环境适应性。针对变电站强电磁环境和户外全天候作业条件，明确工作温度-20℃～+60℃、IP6X防尘与IPX6防水、静电放电和射频电磁场抗扰度等级以及工频磁场、脉冲磁场抗扰度等级5等要求，并在附录B中对强电磁干扰和雨雪天气等特殊工况提出补充要求。

6.检验规则。考虑到装置属于安全防护类产品，规定型式试验、出厂试验和定期检验三类检验，定期检验周期不超过1年；对测距误差、预警响应、绝缘等关键项目不合格的，要求立即停用并返厂标定。

（二）标准征求意见情况

2026年10月29日至30日，中国电力建设企业协会在安徽合肥组织召开本标准征求意见稿定稿会，与会专家和参编单位代表对标准逐条审议，提出了修改意见。会后编写组按会议纪要完成了章节结构调整和条款修改，形成征求意见稿。

2026年11月起，本标准征求意见稿向参编单位及电力建设相关企业公开征求意见，同步征求建设、施工、监理、运维等单位的意见。截至本编制说明形

成时，征求意见工作正在进行，编写组将对反馈意见逐条汇总、研究和处理，形成征求意见汇总处理表，并在送审稿中予以落实。

（三）重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准编制过程中，未出现重大分歧意见。定稿会讨论中，参编单位对第4章、第5章、第6章的结构安排存在不同意见，经充分讨论，按照简化分类描述、突出产品命名方法和参数体系、合并功能要求与性能要求表述的原则处理，形成现行章节结构，各方意见趋于一致。

六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据

（一）基础性能与点云处理指标

最大有效监测距离不小于100m。依据110kV及以上输变电工程近电作业典型场景确定，可覆盖起重机械臂展、混凝土泵车布料杆伸展范围和安全监护所需的预警提前量。试验在室外开阔场地沿光轴方向移动标准反射靶，记录设备可稳定输出距离数值的最远距离，重复3次取平均值。

安全距离感知误差不大于10cm。以精度±1mm的激光测距仪为基准，在有效测距范围内选取不少于5个测试点（含安全距离阈值点），比较装置输出值与基准值的绝对误差并取最大值。该量值相对110kV线路米级安全距离留有充分裕度，能够满足分级预警判据的要求。

激光雷达水平测量角度不小于70°，搭配云台后水平跟踪视场覆盖360°、垂直跟踪视场覆盖不小于100°。前者保证单机具备较大的初始捕获视场，后者保证通过云台转动实现监测区域全覆盖。

非重复性扫描覆盖率不小于98%（动态扫描模式下超过1s）。用于约束扫描盲区，保证移动目标不因点云稀疏或遮挡而漏检。

点云建模耗时不超过120s，含扫描、配准、特征提取全过程。该指标依据样机在含10类典型带电设备的测试场景中的实测结果确定，保证作业准备阶段的建模效率。

（二）告警与分级预警指标

预警响应时间不大于1s，指从目标与带电体距离超限到声光告警触发的时长。试验采用高速摄像机同步拍摄目标越限瞬间与声光告警启动时刻，计算时

间差，重复10次取平均值。1s的限值可保证作业机械在正常移动速度下，报警发出后仍留有操作人员反应的处置时间。

安全距离分级阈值按预设安全距离的百分比设置，绿色显示为大于120%、黄色预警为120%以内、红色告警为100%，超出预设安全距离不足1m时按1m计算。分级阈值验证以模拟目标匀速逼近带电体、记录实际触发距离与设定阈值偏差不超过±5%为合格。

（三）视频、融合与云台指标

图像分辨率不小于1920×1080、视频帧率不小于25fps，彩色模式最低照度不大于0.1Lux、黑白模式不大于0.01Lux。上述量值依据夜间和弱光作业条件下目标辨识、抓拍取证的实际需要确定，并与当前主流可见光成像器件的能力相匹配。

空间配准误差不大于5像素、时间同步误差不大于50ms。前者通过视场内不少于10个标定点的点云坐标与视频像素坐标配准偏差确定，后者通过同步触发装置采集点云帧与视频帧时间戳的帧间时间差确定，两项指标共同保证距离数值和预警信息叠加显示的指向准确性。

云台水平旋转范围0°～360°连续旋转、垂直旋转范围-20°～+90°，旋转精度不大于±0.1°，预置位重复定位精度不大于±0.2°。上述量值保证监测位置可复现、可自动巡检，满足多工位轮流监视的需要。

（四）安全与环境适应性指标

电气安全方面，常温下电源输入端与外壳之间绝缘电阻不小于20MΩ、湿热试验后不小于2MΩ；介电强度按1500V、50Hz工频交流电压历时1min无击穿、无闪络；对地泄漏电流不大于0.25mA；保护接地端子接地电阻不大于0.1Ω。上述量值参照同类电力现场电子设备的通用要求确定。

激光安全方面，正常使用条件和单一故障条件下的激光辐射水平均应符合GB/T 7247.1规定的1类激光产品可达发射极限要求，保证作业人员近距离作业时的人眼安全。

电磁兼容方面，静电放电抗扰度接触放电不低于±6kV、空气放电不低于±8kV，按GB/T 17626.2试验等级3执行；射频电磁场辐射抗扰度在10V/m场强下正常工作，按GB/T 17626.3试验等级2执行；工频磁场和脉冲磁场抗扰度按GB/T

17626.8、GB/T 17626.9试验等级5执行。等级选取依据变电站及线路走廊的强电磁环境实测情况确定。

环境适应性方面，工作温度-20℃～+60℃，在该范围内核心性能指标应在规定偏差范围内；外壳防护应满足IP6X防尘、IPX6防水要求；机械强度应满足规定振动和冲击量级下结构完整、功能正常。供电与续航方面，内置电池连续工作续航不低于8h、充放电循环寿命不低于300次、充放电效率不低于90%，可满足一个作业班次的连续使用需要。

（五）试验验证情况

编写组依托装置样机，在模拟近电作业场景和变电站现场对主要技术指标进行了验证：测距性能、点云建模耗时、非重复性扫描覆盖率、空间配准与时间同步误差按第7章规定的方法测试，结果支持第6章相应条款的设定；高低温、外壳防护、电磁兼容抗扰度等项目按GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 4208和GB/T 17626系列规定的试验程序开展，装置在-20℃和+60℃保温2h后核心组件运行正常，防护和抗扰度试验结果满足要求。上述验证情况支持本标准技术指标的科学性和可行性，相关试验记录由主编单位存档备查。

七、与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况，以及是否合规引用或采用国际国外标准

（一）与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况

目前国内外尚无专门针对镭视一体近电作业安全预警装置的产品标准，也无同类团体标准可供对比。与相近标准相比，存在以下差异：GB/T 30147《安防监控视频实时智能分析设备技术要求》针对通用视频智能分析设备，不涉及激光点云与可见光视频融合，也不涉及近电安全距离测量；DL/T 318《输变电工程施工机具产品型号编制方法》仅规定型号编制规则，不涉及产品技术要求和试验方法；电力安全工作规程对作业安全距离作出规定，但属于作业管理要求，未对监测装置自身的测量精度、功能性能、试验方法和检验规则提出要求。

本标准在引用上述标准有关条款的基础上，针对近电作业场景提出装置级的技术要求和试验方法，内容涵盖产品命名、组成与参数、技术要求、试验方

法、检验规则和包装运输贮存，具备较强的针对性和适用性，对提升近电作业安全管控水平具有重要意义。

（二）是否合规引用或采用国际国外标准

本标准未引用或采用国际标准、国外先进标准，无采标情况。激光安全指标按GB/T 7247.1执行，该标准与IEC 60825-1《激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求》相协调，间接保持了我国标准与国际要求的一致性。

八、涉及专利的有关说明

本文件前言按照GB/T 1.1—2020的规定，保留了涉及专利的提示语，即“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这些专利的责任”。

编制过程中，编写组未识别出本标准技术内容所涉及的专利。建议在报批前由主编单位组织一次专利检索，如识别出与标准技术内容相关的专利，按中国电力建设企业协会标准管理的有关规定履行专利披露和处置程序，并在标准前言中补充相应说明。

九、专家审查会情况

2026年10月29日至30日，中国电力建设企业协会在安徽合肥组织召开《镭视一体近电作业安全预警装置》团体标准征求意见稿定稿会。与会专家和参编单位代表听取了编写组关于标准编写情况的汇报，对标准目录、范围、规范性引用文件、术语和定义、章节结构和条款表述逐项讨论，提出了修改意见。

编写组按会议纪要逐条落实：将原第4章“分类与型号”调整为“产品命名方法”，删除产品分类描述；将原第5章调整为“镭视一体装置组成及主要参数”，增设功能参数和性能参数子条目，原产品示意图调整至附录C；第6章删除功能要求和性能要求两个子章节，优化内容表述；第7章至第9章按专家意见调整文字表达方式；附录调整为功能参数表、性能参数表和结构示意图三个。会后形成本次征求意见稿。

征求意见结束后，编写组将根据反馈意见修改形成送审稿，并按协会安排召开送审稿审查会，邀请电力施工、安全监测、标准化等方面专家对送审稿、编制说明和征求意见处理情况进行审查。送审稿定稿会暂定于2026年12月上旬

召开。

十、标准名称变更理由及报批情况

本标准自2025年立项（中电建协〔2025〕131号）以来，名称均为《镭视一体近电作业安全预警装置》，编制过程中未发生标准名称变更，无需履行名称变更报批程序。

本标准拟按征求意见、送审、报批的程序报送中国电力建设企业协会。报批材料包括标准报批稿、本编制说明、征求意见汇总处理表、专家审查意见及处理情况说明等。

十一、其他应当说明的事项

本标准为首次制定，不涉及废止现行团体标准的建议；不涉及行政许可、资质管理等内容；不涉及贸易、投资及公开竞争问题。

无其他需要说明的事项。

十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议

《镭视一体近电作业安全预警装置》针对近电作业安全距离管控的实际需求，将激光点云与可见光融合感知、分级预警等技术要求转化为可检验的产品标准，为规范装置设计制造、采购验收和现场应用提供了依据。建议按以下措施组织贯彻：

组织措施建议。建议由中国电力建设企业协会组织开展标准宣贯培训，面向参编单位、电力施工企业、检测机构和装置生产企业解读标准条款；建议主编单位牵头建立标准应用答疑和技术交流机制，收集实施过程中的问题并及时反馈。

技术措施建议。建议装置生产企业按照本标准开展产品设计、制造和出厂检验，完善测距精度、融合精度、电磁兼容和防护等级等检测能力，并按第4章的命名方法规范产品型号；建议检测机构按第7章、第8章的规定开展型式试验和定期检验；建议使用单位在设备采购、进场验收和运行维护环节引用本标准，将装置纳入现场作业安全管控体系，并将预警数据接入安全管控平台，实现预警事件可追溯。

过渡期和实施日期建议。建议本标准自发布之日起实施，并设置3个月过渡期，用于生产企业完成产品型号命名备案和检测能力建设、使用单位完成在用装置的评估与升级改造。建议由中国电力建设企业协会在成员单位中推动实施，及时总结实施情况，条件成熟时推动本标准升级为电力行业标准。

附件 3

团　　体　　标　　准

T/CEPCA XXX—XXXX

装配式跳线施工工艺导则

Prefabricated Jumper Construction Technical Guidelines

（征求意见稿）

20××-××-××发布　　20××-××-××实施

中国电力建设企业协会　　发布

目　　次

目　　次 II
前　　言 III
附录 A （资料性） 装配式跳线计算 10
编　制　说　明 ..... **错误！未定义书签。**
目　　次 ..... **错误！未定义书签。**

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。

本文件提供了装配式跳线施工的基本要求、工艺流程、施工准备、跳线长度计算、跳线制作与安装、质量控制及验收内容。

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。

本文件由中国电力建设企业协会提出并归口。

本文件起草单位：XXX。

本文件主要起草人：XXX。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力建设企业协会（地址：北京市丰台区西四环南路35号中都科技大厦3层，100071）。

装配式跳线施工工艺导则

1 范围

本文件提供了装配式跳线施工的基本要求、工艺流程、施工准备、跳线长度计算、跳线制作与安装、质量控制及验收内容。

本文件适用于110kV及以上架空输电线路耐张塔装配式跳线安装。

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。

DL/T 1372 《架空输电线路跳线技术条件》

DL/T 2540 《大面积导线压接工艺导则》

DL/T 5009.2 《电力建设安全工作规程 第2部分：电力线路》

DL/T 5285 《输变电工程架空导线(800㎜² 以下)及地线液压压接工艺规程》

DL/T 5867 《110kV及以上架空输电线路施工及验收规范》

3 术语和定义

DL/T 1372界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

装配式跳线 prefabricated jumper

整体或主要组件预制作完成，现场拼装并吊装就位的跳线。

3.2

三维坐标系法 three-dimensional coordinate system method

根据设计图纸中的各部件尺寸、相对空间位置建立三维坐标系，并用于对跳线长度进行计算的方法。

3.3

相位结构单元 phase structural unit

耐张塔中，承载单相导线全部耐张挂点的一相横担及其附属连接构件，构成一个相位结构单元。

4 基本要求

4.1 装配式跳线施工应符合现行国家、行业标准、设计文件要求，遵循定长计算、地面预制、整体吊装就位的工艺原则，并符合质量、安全与绿色施工管控的要求。

4.2 装配式跳线施工前应编制作业指导书，内容应包含跳线长度计算、地面预制、组装、吊装及质量工艺。

4.3 跳线下料长度宜采用三维坐标系法计算，计算输入参数应采用确认有效的杆塔、金具、绝缘子等设计资料，计算结果应履行复核确认手续。

4.4 装配式跳线制作应采用未经牵引的导线，跳线挂设完成后的弯曲形态应与原状态保持一致。

4.5 受力工器具应按标准完成检验试验，每次使用前开展外观检查；工器具额定载荷应与施工工况相匹配，不应超载荷使用。

4.6 测量、计量器具应经检定合格且在有效期内使用，导线丈量、画印、裁切、压接各工序应控制尺寸精度。

4.7 特种作业人员应经培训考核合格、持证上岗，施工作业前应完成安全技术交底。

4.8 跳线压接作业应执行 DL/T 5285、DL/T 2540 的相关规定，压接前核对金具、导线规格，压接后开展外观及尺寸检查，压接记录应完整归档。

4.9 地面预制作业应模拟跳线挂设后的空间姿态，控制引流板朝向、扭转角度，金具、间隔棒应严格按照计算画印位置完成装配。

4.10 高处作业人员必须佩戴安全带，安全带挂在牢固的构件上，作业时携带工具袋，不应抛掷工具及材料，应避免高处交叉作业。

4.11 施工全过程应落实绿色施工要求，导线、金具包装物、金属废料等应分类集中回收处置。

5 工艺流程

装配式跳线施工工艺流程如图 1 所示：

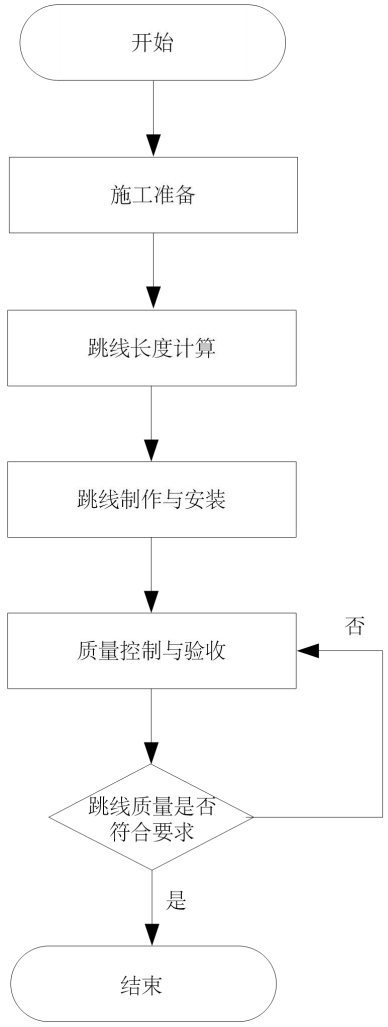


图 1 装配式跳线施工工艺流程图

6 施工准备

6.1 确认耐张塔两侧引流板位置、角度无误，具备跳线安装条件。

6.2 清理塔下作业区域，平整吊装作业场地，划定吊装危险作业区，设置警戒围栏、警示标识。

6.3 复核锚桩位置，地锚承载力满足吊装荷载要求。

6.4 跨越、邻近带电体作业，完成带电作业风险评估，落实隔离、监护等安全措施。

6.5 完成现场安全技术交底，明确吊装顺序、就位对接要点、螺栓紧固力矩、弧垂控制、质量验收标准，全员签字确认。

6.6 起重设备、安装工具、防护用具配备齐全。

6.7 明确塔上作业、地面吊装、起重指挥、安全监护岗位分工，配置专职监护人。

7 跳线长度计算

7.1 计算参数统计

依据耐张塔横担结构图、耐张金具串安装图、跳线串安装图等设计图纸，按照一个相位单元为一组数据，统计计算参数，见附录 A.1。

7.2 建立三维坐标系

以杆塔横担相位结构单元建立跳线计算通用坐标模型，规定挂点均宽中点为坐标原点 O，以耐张转角杆塔的横担中轴线为 X 轴，垂直横担中轴线方向为 Y 轴，竖直方向为 Z 轴，建立空间坐标系，如图 2 所示。

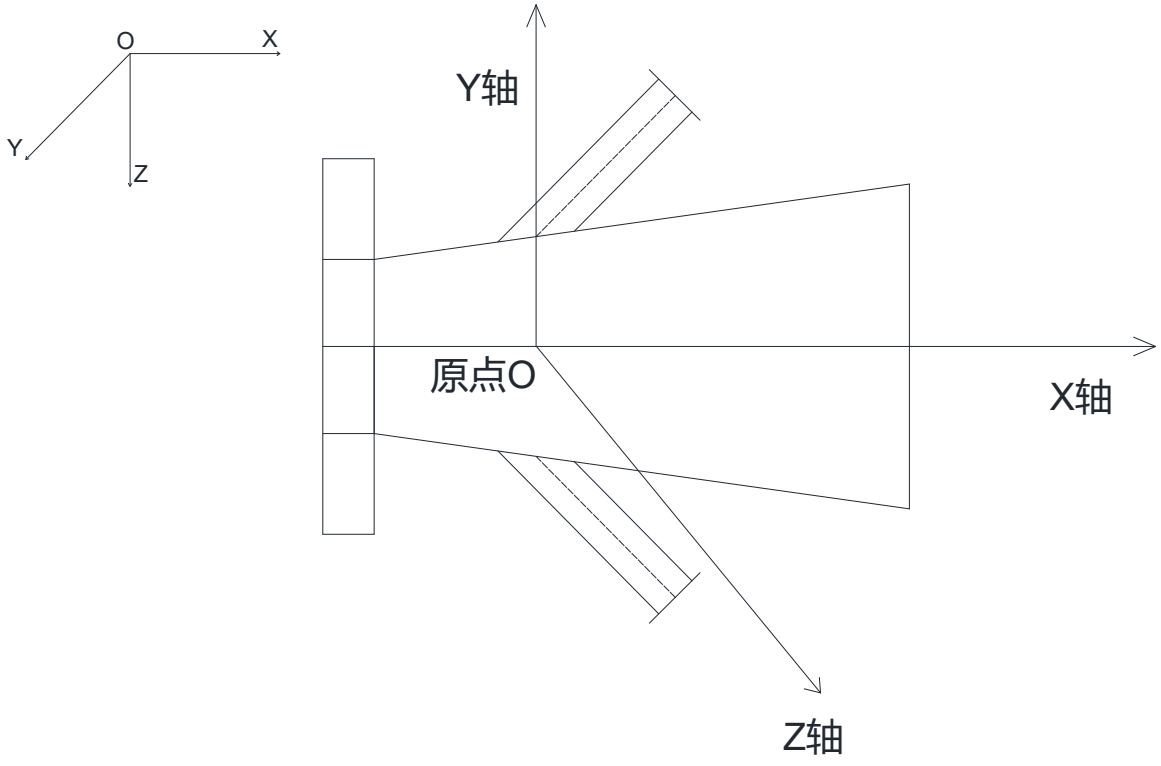


图 2 空间坐标系示意图

7.3 子导线长度计算

7.3.1 计算出各子导线的坐标后,采用斜抛物线公式计算跳线线长,按照式（7-1）、（7-2）分别计算跳线两端点的水平距离、垂直距离。

$$\ell_V = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \qquad (7\text{-}1)$$

$$H = \sqrt{((Z_2 - Z_1)^2)} \qquad (7\text{-}2)$$

式中 (X_1, Y_1, Z_1) 、(X_2, Y_2, Z_2) 为斜抛物线跳线计算模型两端点坐标，ℓ_V 为水平距离，H 为垂直距离。

7.5.2 跳线设计弧垂为 f，按式(7-3)计算跳线线长 L：

$$L=\ell_V+\frac{8\times f^2\times \ell_V^2}{3\times\left(\sqrt{\ell_V^2+H^2}\right)^3} \qquad (7\text{-}3)$$

7.5.3 跳线长度详细计算示例见附录 A.4。

7.5.4 跳线长度调整和间隔棒安装距离计算计算详见附录 A.5、A.6。

8 跳线预制与安装

8.1 跳线预制

8.1.1 导线截取前，切口两端应绑扎牢固。

8.1.2 压接引流线板前导线全程顺直平铺，将两端引流板抬高，模拟现场挂线空间姿态，核对引流板朝向、扭转角度，压接施工应符合DL/T 5285、DL/T 2540的相关规定。

8.1.3 预制完成的跳线应采取防护包装，妥善保护导线、压接管、金具及标记印记；转运过程中不应拖拽、弯折跳线，跳线应按塔号、相别分类标识。

8.1.4 宜在耐张塔横担垂直投影下方开展地面组装作业，按照预制画印点，完成跳线悬垂绝缘子串、悬垂线夹、重锤及跳线间隔棒的组装。

8.2 软跳线安装

8.2.1 地面将跳线连同悬垂绝缘子串组装为整体后一并起吊。无跳串跳线宜采用两点吊装，单跳串、双跳串跳线宜采用三点吊装，各吊点提升速度应协调一致。

8.2.2 将跳线牵引至铁塔耐张线夹引流板作业位置，清理两侧引流板接触光面，均匀涂抹导电脂，完成引流板连接与紧固。

8.2.3 跳线安装就位后检查间隔棒安装状态，可适度微调间隔棒位置。

8.2.4 安装完成后按规定逐一检查跳线弧垂、电气间隙等安装数据，并做好记录。

8.3 硬跳线安装

8.3.1 硬跳线主要包括铝管式刚性跳线和笼式刚性跳线，应严格按照设计文件和安装说明书进行安装。

8.3.2 铝管式或笼式刚性跳线地面组装，宜在跳线垂直投影下方处进行跳线组装，铝管式刚性跳线下面应进行支撑。

8.3.3 用仪器操平支撑物，使铝管式刚性跳线或笼型骨架处于水平状态。

8.3.4 将组装好的跳线通过起吊工具整体起吊至空中预定位置。跳线吊装可采用下列方式：

1）将跳线绝缘子串与铝管式刚性跳线或笼式刚性跳线组装成整体吊装；

2）先吊装跳线绝缘子串，再吊装铝管式刚性跳线或笼式刚性跳线。

9 质量控制与验收

9.1 长度控制点、间隔棒位置应清晰画印，做好永久性标记，标记不应损伤导线铝股。

9.2 每件预制跳线按塔号、相别、子导线号做唯一标识，标记粘贴牢固。

9.3 压接时应检查压接是否到位、引流板朝向及角度是否满足要求。

9.4 各吊点提升速度应协调同步，平稳起吊，跳线不应扭曲、弯折、磕碰铁塔构件。

9.5 跳线外观自然顺畅、无歪扭、折伤，导线无松股、断股、损伤，跳线不应与均压环、金具等磨碰。

9.6 金具应安装齐全、位置准确，镀锌层无脱落、锈蚀，引流板无变形、裂纹，螺栓紧固、垫片齐全，外露丝扣长度不少于 2 扣。

9.7 间隔棒应安装牢固、分布均匀，与跳线接触良好，无松动、滑移现象。

9.8 跳线弧垂、电气间隙应符合设计文件要求，安装工艺应美观。

附录 A

（资料性）

装配式跳线计算

A.1 计算参数统计

表 A-1 计算参数名称及释义表

参数名称	释义	单位	说明
相位	确定跳线位置是上相、中相或下相	/	
内外角	确定跳线是内角或外角	/	
转角方向	耐张塔转角方向左转或右转	/	
跳线比载	跳线所使用导线的每米单重	kg/m	
转角度数	耐张塔转角度数	°	
挂点均宽	耐张塔横担两侧挂点间水平距离，多挂点取平均值	m	
耐张串挂点-连板	耐张串挂点到连板的距离，多连串取平均值	m	
连板-耐张线夹引流板	连板到耐张线夹引流板的距离，多分裂导线上下层导线距离不同	m	
耐张串悬垂角	耐张绝缘子串轴线与水平面形成的夹角	°	
连板下倾角	耐张绝缘子串前端的连板与水平面形成的夹角	°	有上下导线排列方式的需统计
跳线分裂间距	跳线相邻导线之间距离	m	多分裂导线需统计
跳串数量	本相跳线跳线串数量	/	无跳线串的不统计
跳串串重	跳线串的总重量	kg	
跳串长度	跳串挂点螺栓中心至跳串线夹分裂导线的几何中心距离	m	
笼式钢管长	可分为弯管长度和直管长度分别统计	m	
双跳串间距	两个跳线串挂孔之间的水平距离	m	
跳串-挂点高差	跳串挂孔与耐张串挂孔之间垂直距离	m	
跳串距挂点	跳串挂孔到挂点均宽线的水平距离	m	
跳线弧垂	根据跳串数量可分为无跳串弧垂、大号侧弧垂、跳串间弧垂、小号侧弧垂	m	

A.2 耐张串悬垂角计算

A.2.1 耐张串是由金具和绝缘子铰接组装而成，设第 i 个部件长度为λ_i，荷载为 g_i，在水平力 T_0 作用下，呈现弦多边形，其中 A 为杆塔连接点，C 为线夹连接点；T_A 为 A 点合力；R_A 为 A 点支反力；R_C 为 C 点支反力；λ_0 为水平投影；λ_{iv} 为第 i 个部件垂直投影；λ_{i0} 为第 i 个部件水平投影；g_i 为第 i 个部件自重；G_J 为部件合重。

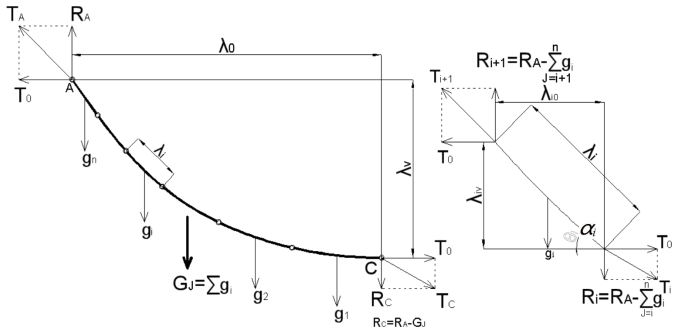


图 A-2 耐张串投影长度部件计算图

A.2.2 取第i个部件为研究对象，其端点力矩平衡方程式为

$$T_0\lambda_{iv}-\left(R_{\mathrm{A}}-\sum_{j=i}^{n}g_j\right)\lambda_{i0}-\frac{1}{2}\lambda_{i0}g_i=0 \qquad (A\text{-}1)$$

A.2.3 第i个金具水平投影

$$\lambda_{i0}=\frac{T_0\lambda_i}{\sqrt{\left(R_{\mathrm{A}}-\sum_{j=i}^{n}g_j+\frac{1}{2}g_i\right)^2+T_0^2}} \qquad (A\text{-}2)$$

A.2.4 整个耐张串的水平投影长度

$$\lambda_0=\sum_{i=1}^{n}\lambda_{i0}=\sum_{i=1}^{n}\frac{T_0\lambda_i}{\sqrt{\left(R_{\mathrm{A}}-\sum_{j=i}^{n}g_j+\frac{1}{2}g_i\right)^2+T_0^2}} \qquad (A\text{-}3)$$

A.2.5整个耐张串的垂直投影长度

$$\lambda_{\mathrm{v}}=\sum_{i=1}^{n}\lambda_{iv}=\sum_{i=1}^{n}\frac{\left(R_{\mathrm{A}}-\sum_{j=i}^{n}g_i+\frac{1}{2}g_i\right)\lambda_i}{\sqrt{\left(R_{\mathrm{A}}-\sum_{j=i}^{n}g_j+\frac{1}{2}g_i\right)^2+T_0^2}} \qquad (A\text{-}4)$$

A.2.6耐张串悬垂角

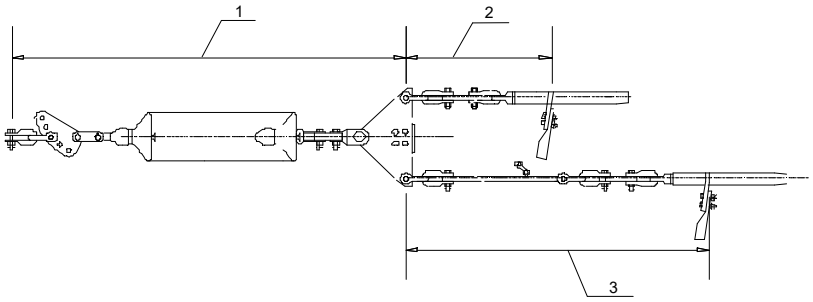
$$\alpha=\tan^{-1}\frac{\lambda_{\mathrm{v}}}{\lambda 0} \qquad (A\text{-}5)$$

式中:T_0--耐张串挂点A点的水平力，N;
R_{A}--耐张串挂点A点的竖直力，N;
T_{A}--耐张串挂点A点的合力，N;
R_{C}--线夹连接点C点的竖直力，N;
T_{C}--线夹连接点C点的合力，N;
λ_{iv}--第i个部件的垂直投影，m;
λ_{i0}--第i个部件的水平投影，m;
λ_0--整个耐张串的水平投影，m;
λ_{v}--整个耐张串的垂直投影，m;
g_i--第i个部件自重，N;
G_{J}--整个耐张串自重，N;
α--耐张串悬垂角，°；

A.3 子导线坐标计算

A.3.1 每根子导线金具串长由连板长和线束调整值(即上下线长)构成，如图 A-3 所示，各层线束调整

值不相同，对于多联耐张串，连板长取各联串的加权平均值。



1-挂点到连板间距；2-上线连板挂点到耐张线夹引流板间距；3-下线连板挂点到耐张线夹引流板间距

图 A-3 金具串长取值

A.3.2 以四分裂大号侧各子导线引流板坐标计算为例:

1)大号侧 1#子导线耐张线夹引流板Y_{21}坐标

$$Y_{21}=\frac{W}{2}+B\cos\beta_2+M_2\cos\alpha_2-\frac{H_v}{2}\sin\alpha_1\cos\gamma_2+\frac{L_h}{2}\sin\gamma_2 \tag{A-6}$$

2)大号侧 2#子导线耐张线夹引流板Y_{22}坐标

$$Y_{22}=\frac{W}{2}+B\cos\beta_2+M_1\cos\alpha_2+\frac{H_v}{2}\sin\alpha_1\cos\gamma_2+\frac{L_h}{2}\sin\gamma_2 \tag{A-7}$$

3)大号侧 3#子导线耐张线夹引流板Y_{23}坐标

$$Y_{23}=\frac{W}{2}+B\cos\beta_2+M_1\cos\alpha_2+\frac{H_v}{2}\sin\alpha_1\cos\gamma_2-\frac{L_h}{2}\sin\gamma_2 \tag{A-8}$$

4)大号侧 4#子导线耐张线夹引流板Y_{24}坐标

$$Y_{24}=\frac{W}{2}+B\cos\beta_2+M_2\cos\alpha_2-\frac{H_v}{2}\sin\alpha_1\cos\gamma_2-\frac{L_h}{2}\sin\gamma_2 \tag{A-9}$$

5)大号侧 1#子导线耐张线夹引流板X_{21}坐标

$$X_{21}=B\cos\beta_2+M_2\cos\alpha_2-\frac{H_v}{2}\sin\alpha_1\sin\gamma_2-\frac{L_h}{2}\cos\gamma_2 \tag{A-10}$$

6)大号侧 2#子导线耐张线夹引流板X_{22}坐标

$$X_{22}=B\cos\beta_2+M_1\cos\alpha_1-\frac{H_v}{2}\sin\alpha_1\sin\gamma_2-\frac{L_h}{2}\cos\gamma_2 \tag{A-11}$$

7)大号侧 3#子导线耐张线夹引流板X_{23}坐标

$$X_{23}=B\cos\beta_2+M_1\cos\alpha_2+\frac{H_v}{2}\sin\alpha_1\sin\gamma_2+\frac{L_h}{2}\cos\gamma_2 \tag{A-12}$$

8)大号侧 4#子导线耐张线夹引流板X_{24}坐标

$$X_{24}=B\cos\beta_2+M_2\cos\alpha_2-\frac{H_v}{2}\sin\alpha_1\sin\gamma_2+\frac{L_h}{2}\cos\gamma_2 \tag{A-13}$$

9)大号侧 1#子导线耐张线夹引流板Z_{21}坐标

$$Z_{21} = B\sin\beta_2 + M_2\sin\alpha_2 + \frac{H_v}{2}\cos\alpha_1 \quad \text{(A-14)}$$

10)大号侧 2#子导线耐张线夹引流板Z_{22}坐标

$$Z_{22} = B\sin\beta_2 + M_1\sin\alpha_2 - \frac{H_v}{2}\cos\alpha_1 \quad \text{(A-15)}$$

11)大号侧 3#子导线耐张线夹引流板Z_{23}坐标

$$Z_{23} = B\sin\beta_2 + M_1\sin\alpha_2 - \frac{H_v}{2}\cos\alpha_1 \quad \text{(A-16)}$$

12)大号侧 4#子导线耐张线夹引流板Z_{24}坐标

$$Z_{24} = B\sin\alpha_2 + M_2\sin\alpha_1 + \frac{H_v}{2}\cos\alpha_1 \quad \text{(A-17)}$$

式中:

W-挂点均宽，m；

B-耐张串挂点-连板长，m；

M_1-上线束连板-耐张线夹引流板长，m；

M_2-下线束连板-耐张线夹引流板长，m；

γ_2-大号线路转角度数，°；

α_2-大号侧耐张串悬垂角，°；

β_2-大号侧连板下倾角，°；

H_v-上下线层间垂直距离，m；

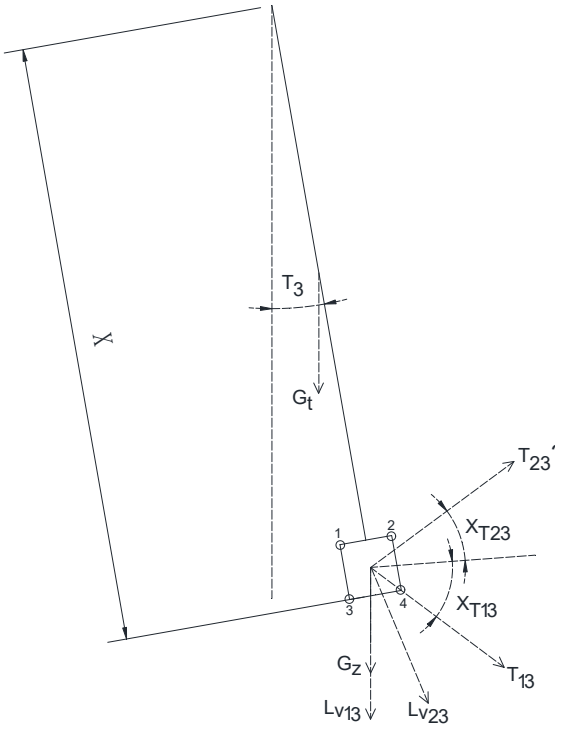
L_h-左右子导线水平距离，m；

A.3.3 用同样的方法可以计算出四分裂跳线小号侧各子导线引流板坐标，单导线、双分裂、六分裂、八分裂、十分裂大小号侧子导线坐标与四分裂导线计算相同。

A.3.4 跳线串线夹子导线坐标计算

a）单跳串倾斜角计算

1）单跳串挂点均位于横担中心线上，跳串沿着大小号侧跳线合力方向倾斜，如图 A-4 所示。



1－外上导线；2－内上导线；3－外下导线；4－内下导线；X－跳线串串长；T_3－跳串的倾斜角；G_t－跳串串重；G_z－跳串重锤重量；T_{13}－跳串小号水平力合力；T_{23}－跳串大号水平力合力；X_{T13}－小号耐张引流与跳串间的夹角；X_{T23}－大号耐张引流与跳串间的夹角；L_{v13}－小号跳线引起的垂直荷载垂直合力；L_{v23}－小号跳线引起的垂直荷载垂直合力；

图 A-4 单跳串受力分析

2）分别计算四根子导线在跳串处小号水平力合力 T_{13}，大号水平力合力 T_{23}；跳线引起的小号垂直荷载垂直合力 L_{v13}、大号处轴荷载合力 L_{v23}。根据力矩平衡计算出跳串的倾斜角为 T_3。

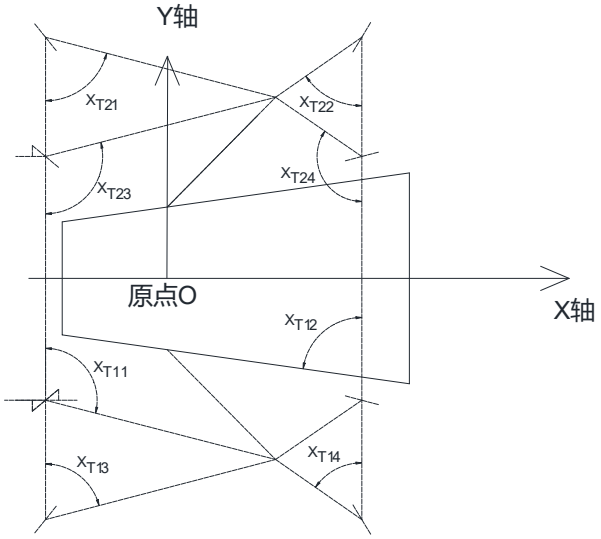
3）先假定跳串倾斜角 T_3'，根据跳串倾斜角 T_3' 计算跳串坐标，再根据跳线弧垂计算出此时跳线串的倾斜角 T_3''，$T_3'-T_3''>0.00001$，再进行迭代计算，一般迭代 7 次作业即可精确计算跳串倾斜角 T_3。

4）确定跳串倾角后，可确定跳串线夹处各分裂导线空间坐标。

b）双跳串倾斜角计算

1）双跳串挂点对称布置于横担轴线，跳串沿着受力角平分线方向倾斜。

2）根据双跳串的位置分跳线挂点在耐张挂点内侧、外侧两大类，锐角与钝角四种情况，小号夹角用 X_{T1} 表示，大号用 X_{T2} 表示，根据跳线受力分析，跳串挂板在 X_{T1}/X_{T2} 的角平分线上，如图 A-5 所示。



X_{T11}—小号外侧跳线挂点钝角；X_{T12}—小号内侧跳线挂点钝角；X_{T13}—小号外侧跳线挂点锐角；X_{T14}—小号内侧跳线挂点锐角；X_{T21}—大号外侧跳线挂点钝角；X_{T22}—大号内侧跳线挂点钝角；X_{T23}—大号外侧跳线挂点锐角；X_{T24}—大号内侧跳线挂点锐角

图 A-5 双跳串倾斜角情况

3）按照单跳串计算原则通过迭代可分别计算出大小号双跳串倾斜角。

4）确定大小号双跳串倾斜角后，可分别确定大小号跳串线夹处各分裂导线空间坐标。

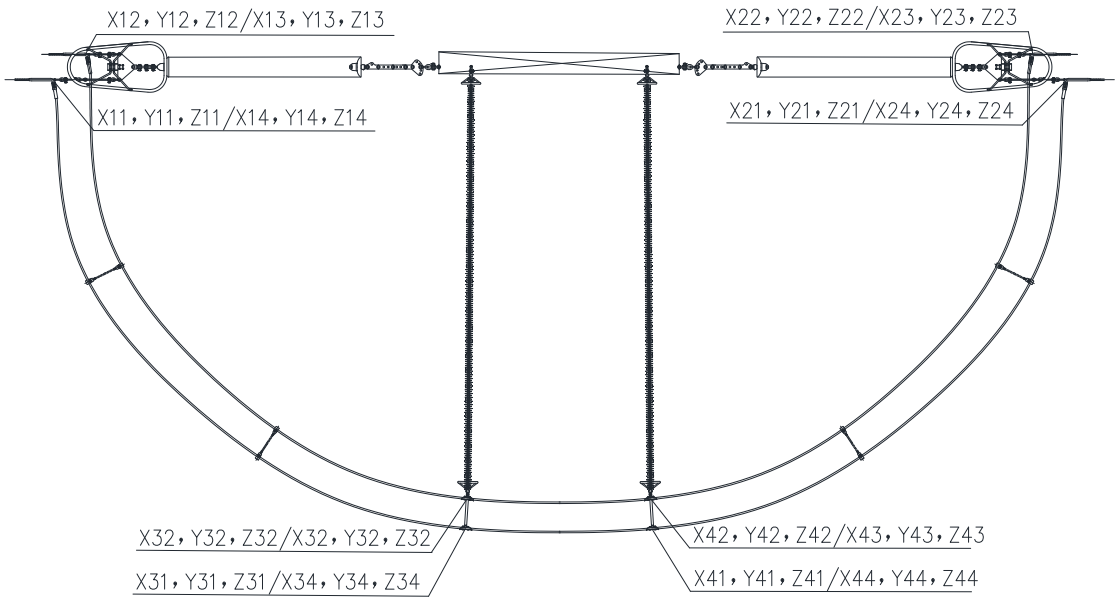
A.4 子导线长度计算

A.4.1 以四分裂双跳串为例，通过计算可确定大小号侧耐张线夹引流板子导线坐标和跳线串线夹子导线坐标，见下表 A-2。

表 A-2 四分裂双跳串坐标

序号	坐标点	坐标说明
1	X_{11}，Y_{11}，Z_{11}	小号侧 1#子导线耐张线夹引流板坐标
2	X_{12}，Y_{12}，Z_{12}	小号侧 2#子导线耐张线夹引流板坐标
3	X_{13}，Y_{13}，Z_{13}	小号侧 3#子导线耐张线夹引流板坐标
4	X_{14}，Y_{14}，Z_{14}	小号侧 4#子导线耐张线夹引流板坐标
5	X_{21}，Y_{21}，Z_{21}	大号侧 1#子导线耐张线夹引流板坐标
6	X_{22}，Y_{22}，Z_{22}	大号侧 2#子导线耐张线夹引流板坐标
7	X_{23}，Y_{23}，Z_{23}	大号侧 3#子导线耐张线夹引流板坐标
8	X_{24}，Y_{24}，Z_{24}	大号侧 4#子导线耐张线夹引流板坐标
9	X_{31}，Y_{31}，Z_{31}	小号侧跳串 1#子导线线夹坐标
10	X_{32}，Y_{32}，Z_{32}	小号侧跳串 2#子导线线夹坐标
11	X_{33}，Y_{33}，Z_{33}	小号侧跳串 3#子导线线夹坐标
12	X_{34}，Y_{34}，Z_{34}	小号侧跳串 4#子导线线夹坐标
13	X_{41}，Y_{41}，Z_{41}	大号侧跳串 1#子导线线夹坐标
14	X_{42}，Y_{42}，Z_{42}	大号侧跳串 2#子导线线夹坐标
15	X_{43}，Y_{43}，Z_{43}	大号侧跳串 3#子导线线夹坐标
16	X_{44}，Y_{44}，Z_{44}	大号侧跳串 4#子导线线夹坐标

A.4.2 四分裂双跳串跳线端点空间位置坐标，如图 A-6 所示。



A-6 四分裂双跳串跳线端点空间位置坐标

A.4.3 双跳串模型子导线水平投影距离 ℓ_V、垂直投影距离 H 分三段分别计算，以 1#子导线计算为例。

1#子导线第一段水平投影距离 $\ell_{V1}=\sqrt{(X_{11}-X_{31})^2+(Y_{11}-Y_{31})^2}$ （A-18）

1#子导线第一段垂直投影距离 $H_1=\sqrt{((Z_{11}-Z_{31})^2)}$ （A-19）

1#子导线第二段水平投影距离 $\ell_{V2}=\sqrt{(X_{31}-X_{41})^2+(Y_{31}-Y_{41})^2}$ （A-20）

1#子导线第二段垂直投影距离 $H_2=\sqrt{((Z_{31}-Z_{41})^2)}$ （A-21）

1#子导线第三段水平投影距离 $\ell_{V3}=\sqrt{(X_{41}-X_{21})^2+(Y_{41}-Y_{21})^2}$ （A-22）

1#子导线第三段垂直投影距离 $H_3=\sqrt{((Z_{41}-Z_{21})^2)}$ （A-23）

A.4.4 根据斜抛物线线长公式分别计算各段跳线长度。

1#子导线第一段跳线长度 $L_1=\ell_{V1}+\dfrac{8\times f_1^2\times\ell_{V1}^2}{3\times\left(\sqrt{\ell_{V1}^2+H_1^2}\right)^3}$ （A-24）

1#子导线第二段跳线长度 $L_2=\ell_{V2}+\dfrac{8\times f_2^2\times\ell_{V2}^2}{3\times\left(\sqrt{\ell_{V2}^2+H_2^2}\right)^3}$ （A-25）

1#子导线第三段跳线长度 $L_3=\ell_{V3}+\dfrac{8\times f_3^2\times\ell_{V3}^2}{3\times\left(\sqrt{\ell_{V3}^2+H_3^2}\right)^3}$ （A-26）

式中 f_1 为 1#子导线第一段跳线弧垂，f_2 为 1#子导线第二段跳线弧垂，f_3 为 1#子导线第三段跳线弧垂。

A.4.5 1#子导线跳线长度$L=\mathrm{L}_1+\mathrm{L}_2+\mathrm{L}_3$ （A-27）

A.4.6 按照上述方法计算可得到 2#、3#、4#子导线长度，单导线、双分裂、六分裂、八分裂、十分裂跳线长度计算方法相同。

A.5 跳线长度调整

A.5.1 四分裂跳线子导线长度调整

按照同一个弧垂数值进行多分裂跳线拟合曲线。经分析，在跳线中点弧垂处分裂间距大于设计间距。为实现跳线安装工艺美观，需对各层子导线跳线弧垂进行调整。

1）由于耐张串存在向下倾斜的角度(下倾角α)，上下线金具串长也不相等，导致上下层挂点间垂直距离增大Δh；

$$\Delta h=(l_{\mathrm{LD}}-l_{\mathrm{LU}})\sin\alpha \quad \text{（A-28）}$$

式中：l_{LD}为下线长；l_{LU}为上线长。

2）层内子导线挂点间水平距离不同，以下层跳线弧垂为基准值，设上层线弧垂点位置到下层线水平间距为 d，弧垂调整值F_{la}计算公式为：

$$F_{\mathrm{la}}=d\tan\ \varphi+\frac{\Delta h}{2} \quad \text{（A-29）}$$

式中：φ为跳线最大弧垂点处悬垂角，F_{la}为上层跳线弧垂增加；若以上层跳线弧垂为基准弧垂时，下层跳线弧垂减少亦为F_{la}。

A.5.2 六、八和十分裂子导线长调整

对于六分裂跳线计算时，以中层跳线为基准，上层跳线弧垂相应增加，下层跳线弧垂相应减少。八分裂和十分裂跳线计算时，以中轴线为设计弧垂起算点，上 2 层跳线弧垂相应增加，下 2 层跳线弧垂相应减少。同样的，也需要根据水平距离差值对同层 2 根子导线弧垂进行调整。通过子导线弧垂调整，确保计算出来的线束收敛在跳线分裂间距以内。

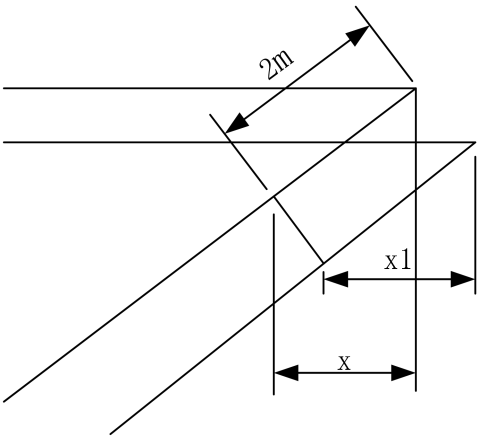
A.6 间隔棒安装距离计算

确定某根子导线的间隔棒安装距离，在空间上其他子导线的安装位置具备唯一性，以某根子导线的安装距离作为间隔棒安装基准（示图取 2m），外上线第一段及其他段距离已知，由线长积分公式反算出外上线水平距离 x，计算出外上线水平距离 x 后，再计算外下线水平距离 x1，如图 A-7 所示。

$$L=\int_0^{l'}\sqrt{1+\left(\tan\beta-\frac{\gamma(l'-2x)}{2\sigma_0\cos\beta}\right)^2}\ \mathrm{d}x \quad \text{（A-30）}$$

式中：L 为线长，式中:L为线长，σ_0为跳线水平张力，l'为跳线段水平距离，β为高差角。

跳线水平张力由跳线弧垂和弧垂调整值进行逆向求解,跳线线长可以用积分公式进行求解。



A-7 间隔棒安装位置计算图

附件 4

中国电力建设企业协会团体标准
《装配式跳线施工工艺导则》
编制说明

2026 年 9 月

目　　录

一、工作简况 3
（一）任务来源 3
（二）参编单位及分工 3
（三）制定背景 3
（四）编制过程 3
（五）主要起草人 6
二、标准编制原则、主要内容及确定依据 6
（一）编制原则 6
（二）标准主要内容 8
（三）标准主要内容确定依据 9
三、与现行法律法规和标准的协调性 9
四、标准的先进性或特色性 10
五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据 10
（一）标准调研、研讨情况 11
（二）标准征求意见情况 11
（三）重大分歧意见的处理经过和依据 13
六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据 13
八、涉及专利的有关说明 14
九、专家审查会情况 14
十、标准名称变更理由及报批情况 15
十一、其他应当说明的事项 15
十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议 15

一、工作简况

（一）任务来源

根据《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）文件安排，对计划编号为“T/CEPCA 2025061”的中国电力建设企业协会（以下简称中电建协）标准项目《装配式跳线施工工艺导则》进行编制。

（二）参编单位及分工

本规范由中国电力建设企业协会标准化管理委员会负责管理，安徽送变电工程有限公司、浙江省送变电工程有限公司、国网四川电力送变电建设有限公司、沈阳工程学院、吉林省送变电工程有限公司、三峡大学、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司、陕西送变电工程有限公司、云南送变电工程有限公司、河北省送变电工程有限公司共同编制完成。

安徽送变电工程有限公司为主编单位，负责标准整体策划、大纲编制、核心章节起草及统稿工作；其他参编单位结合各自在架空输电线路工程施工领域的实践经验，分别承担相应章节的资料收集、条款起草、验证校核等工作。

（三）制定背景

跳线安装是输电线路工程附件安装的重要组成部分，直接体现输电工程的工艺水平。目前大多数施工单位跳线安装仍然采用高空比量法或本线模拟法，需在高空反复比

量、调整，施工效率低，高空作业量大，跳线成形质量主要依赖人员经验，工艺质量离散性大。

适应架空输电线路工程建设高质量发展的需求。随着特高压、超高压输电线路大规模建设，多分裂导线耐张塔跳线安装的长度精度、弧垂控制与电气间隙要求不断提高，传统施工方法难以满足施工的要求。

完善架空输电线路施工工艺标准体系的现实需要。现行标准中，DL/T 1372《架空输电线路跳线技术条件》规定了跳线产品的技术条件，DL/T 5867《110kV及以上架空输电线路施工及验收规范》规定了施工质量验收要求，但缺少专门针对装配式跳线“计算—预制—安装—验收”全过程的施工工艺导则，亟需制定本导则统一装配式跳线施工工艺要求。

根据上述背景，为进一步推进架空输电线路工程跳线安装施工规范流程化，组织开展本施工导则的编制工作并向中国电力建设企业协会提出申请。

（四）编制过程

本文件由中电建协标委会组织，安徽送变电工程有限公司担任主编单位，浙江省送变电工程有限公司、国网四川电力送变电建设有限公司、沈阳工程学院、吉林省送变电工程有限公司、三峡大学、国网吉林建设分公司、贵州

送变电有限责任公司、陕西送变电工程有限公司、云南送变电工程有限公司、河北省送变电有限公司共10家单位参与编制。

2025年6月，中电建协标委会对团体标准《装配式跳线施工工艺导则》予以立项，项目以《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）文件向社会发布。

2026年1月，主编单位安徽送变电工程有限公司组织编写《装配式跳线施工工艺导则》标准大纲，并细化制定时间节点和各参编单位的任务分工，如表1所示。

2026年1月—4月，各参编单位按任务分工编写标准初稿。

2026年6月30，在线上视频会议召开《装配式跳线施工工艺导则》标准初稿编制会，主编单位介绍、参编单位各自负责任务完成情况进行汇报，讨论并完成标准适用范围、术语定义、基本要求、工艺流程、施工准备、跳线长度计算、跳线制作与安装、质量控制及验收内容的修改和内容汇总，形成《装配式跳线施工工艺导则》标准初稿。

2026年8月8日，在合肥以现场会议形式召开《装配式跳线施工工艺导则》标准初稿讨论会，主编单位介绍了标准初稿编制情况汇报与会专家及代表围绕标准框架、工艺流程、制作安装等内容逐条研讨，明确了初稿修改内容。

2026年9月10日，在线上视频会议召开《装配式跳线施工工艺导则》标准二稿讨论会，主编单位、参编单位对初稿修改内容进行了讨论，形成了标准二稿定稿，并制定下一步工作计划。

2026年10月29¯30日，在合肥以现场会议形式召开《装配式跳线施工工艺导则》中电建协团体标准的意见稿讨论会，主编单位介绍了意见稿讨论会意见的修改情况，主编单位、参编单位及该领域专家学者对标准意见稿进行讨论，会后完成修改工作，形成征求意见稿。

（五）主要起草人

朱冠旻、张祥、张鹏程、王超、桂和怀、李谦、李凯、丁伟、李振、孙寒非、杨策、王爽、尹晓伟、高强、田华、陈耀标、周英杰、刘晓刚、丁鹏杰、李强、阳建、何刚、韩绍丹、张伟、王龙

二、标准编制原则、主要内容及确定依据

（一）编制原则

合规性原则。符合相关规定要求。根据本文件的编制目的及要标准化的对象，本文件属规范类标准，故主要内容按照 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，并参照《标准起草规则第 5 部分：规范标准》GB/T20001.5-2017 进行确定。

问题导向原则。聚焦传统跳线安装高空比量法施工效率低、高空作业量大、成形质量依赖经验等薄弱环节，以实际工程需求为出发点，提出“计算、地面预制、整体安装就位”的装配式施工工艺原则，强化全过程质量控制。

实践导向原则。全面覆盖装配式跳线施工的关键环节，充分吸纳设计、施工、监理等多方意见，确保标准内容贴近工程实际。坚持动态优化，结合技术发展与工程应用反馈，建立标准后续完善的机制。

可操作性原则。规定明确、流程清晰、方法具体，附录中提供计算参数及释义、耐张串悬垂角计算、子导线坐标、子导线长度计算、跳线线长调整等操作性内容，便于现场应用和对照执行。

民主协同原则。充分发扬民主，广泛征求科研院所、建设单位、高等院校、施工单位、监理单位等多方意见，协调各参编单位达成共识，确保标准内容全面、公正、权威。

前瞻性原则。贯彻绿色施工要求，导线、金具包装物、金属废料分类集中回收处置，支持行业“双碳”目标实现。坚持安全底线，强化吊装作业、高空作业等高风险工序的安全管控要求。

协调性原则。注重与国家法律法规和相关标准的协调性，与《架空输电线路跳线技术条件》（DL/T 1372）、《大面积导线压接工艺导则》（DL/T 2540）、《110kV及以上架空输电线路施工及验收规范》（DL/T 5867）等相关现行标准协调配套，避免重复与矛盾，确保标准发布实施的可操作性。

（二）标准主要内容

本标准主要技术内容包括以下9章和1个附录：范围（第1章）、规范性引用文件（第2章）、术语和定义（第3章）、基本要求（第4章）、工艺流程（第5章）、施工准备（第6章）、跳线长度计算（第7章）、跳线制作与安装（第8章），质量控制及验收（第9章）以及附录。

第1章 范围：明确本文件适用的范围，说明本文件适用于110kV及以上架空输电线路耐张塔装配式跳线安装。

第2章 规范性引用文件：列出了本文件引用的行业标准等规范性文件，为本文件各章节技术内容的实施提供基础性支撑。

第3章 术语和定义：对本文件中涉及的关键术语进行定义，包括装配式跳线、三维坐标系法、相位结构单元3项专用术语，统一行业表述，确保文件术语使用统一、准确。

第4章 基本要求：明确了装配式跳线遵循“计算、地面预制、整体就位”的工艺原则，对施工前作业指导书编制、跳线下料长度计算与复核、测量计量器具检定、压接作业、地面预制作业、高空作业安全防护及绿色施工等作出基本规定

第5章 工艺流程：明确了装配式跳线施工的总体工艺流程。

第6章 施工准备。明确了确认耐张塔两侧引流板位置

与角度、起重设备与防护用具配备、岗位分工与专职监护等施工准备要求。

第7章 跳线长度计算。明确了计算参数统计、以杆塔横担相位结构单元建立三维坐标模型、采用斜抛物线公式计算各子导线线长等技术要求。

第8章 跳线制作与安装。规定了导线截取、防护包装与分类标识、地面组装等预制等要求；规定了软跳线安装和硬跳线安装的技术要求。

第9章 质量控制及验收。明确了压接质量检查、吊装同步控制、跳线外观检查、引流板连接与金具安装检查、间隔棒安装检查等验收要求。

附录：提供了计算参数及释义表、耐张串悬垂角计算、子导线坐标、子导线长度计算、跳线线长调整等内容，为跳线长度计算提供操作性指导。

（三）标准主要内容确定依据

根据本文件的编制目的及要标准化的对象，本文件属规范类标准，故主要内容按照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，并参照《标准起草规则第5部分：规范标准》GB/T20001.5-2017进行确定。

三、与现行法律法规和标准的协调性

本标准与DL/T 1372《架空输电线路跳线技术条件》、

DL/T 5009.2《电力建设安全工作规程 第2部分：电力线路》、DL/T 5285《输变电工程架空导线（800mm²以下）及地线液压压接工艺规程》、DL/T 2540《大面积导线压接工艺导则》、DL/T 5867《110kV及以上架空输电线路施工及验收规范》等现行标准相协调。本文件定位于施工工艺类团体标准，对装配式跳线施工流程与方法做出规定，不替代现行标准的强制性要求。

执行本标准时，需同时遵守国家现行法律、法规及相关标准，形成协同管控体系。

四、标准的先进性或特色性

1.研究编制完成国内首个针对110kV及以上架空输电线路耐张塔装配式跳线施工工艺的团体标准，填补了装配式跳线施工工艺标准的空白，解决了传统高空比量法施工效率低、高空作业量大、工艺质量依赖经验等问题。

2.创新采用三维坐标系法进行跳线长度计算，以杆塔横担相位结构单元建立通用坐标模型，采用斜抛物线公式精确计算各子导线线长，实现了单导线、双分裂、四分裂、六分裂、八分裂、十分裂多种分裂型式跳线长度的精确控制，摆脱了对人员经验的依赖。

3.系统固化“计算—地面预制—整体就位”全过程工艺要求，将高空作业转为地面预制作业，通过模拟跳线挂设后的空间姿态控制引流板朝向、扭转角度，降低安全风

险，提升跳线成形工艺质量与安装效率。

4.本标准的实施有助于规范装配式跳线施工工艺流程，统一长度计算、预制、吊装、质量验收各环节技术要求，为施工单位、监理单位提供统一的施工工艺指南，提升架空输电线路工程附件安装工艺水平，助力工程质量验收向标准化管理模式转变。

五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据

（一）标准调研、研讨情况

标准编写过程中，编写组进行了广泛的收资、调研和探讨。研究的几个主要问题及处理结论如下:

1.本标准的编制目的和适用对象

本标准旨在规范装配式跳线施工的基本规定、数据统计、校核、计算、现场安装等要求，统一施工工艺做法，以适应架空输电线路工程建设高质量发展需求，提高施工效率、减少高空作业、提升工艺质量。

本文件适用于110kV及以上架空输电线路耐张塔装配式跳线安装。

2.标准的编写规则

本文件的结构、编写规则、规范性技术要素等，符合GB/T 1.1《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》的要求，对装配式跳线施工全过程做出了原则性和

操作性规定。

3.充分体现架空输电线路工程行业特点

针对架空输电线路工程特点，本标准按软跳线、硬跳线分类明确安装工艺要求；在附录中重点给出计算参数统计、耐张串悬垂角计算、子导线坐标、子导线长度计算及多分裂跳线线长调整等操作性内容。

4.术语和定义设置

本标准界定了“装配式跳线”“三维坐标系法”“相位结构单元”3项专用术语，统一行业表述，保证标准概念的准确性和一致性。

5.跳线长度计算方法

本标准采用三维坐标系法计算跳线长度，以耐张转角杆塔的横担中轴线为X轴、垂直横担中轴线方向为Y轴、竖直方向为Z轴建立空间坐标系，采用斜抛物线公式计算跳线线长，计算输入参数采用确认有效的杆塔、金具、绝缘子设计资料。

（二）标准征求意见情况

本标准征求意见稿形成后，按中国电力建设企业协会团体标准管理程序向行业相关单位公开征求意见，征求意见对象覆盖电网建设与送变电施工企业、电力设计单位、高等院校。意见覆盖基本规定、施工准备、跳线长度计算、预制与安装、质量验收等相关内容。经编写组内充分讨论

研究，对意见进行了采纳、部分采纳和不采纳的区分处理，形成《征求意见汇总处理表》，并对标准文本和编制说明作相应修改，修改情况在送审时一并说明。

（三）重大分歧意见的处理经过和依据

本标准编制过程中，各参编单位及专家无实质性分歧，各方在“工艺流程、长度计算方法及质量控制要求”等核心条款上达成高度共识，一致认可本标准对提升架空输电线路工程附件安装工艺水平的重要意义。

六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据

本标准为施工工艺类导则，主要规定装配式跳线施工的流程与方法。跳线长度计算采用的斜抛物线公式为经典的架空线力学计算理论，计算方法科学、成熟；压接作业执行DL/T 5285《输变电工程架空导线（800mm²以下）及地线液压压接工艺规程》、DL/T 2540《大面积导线压接工艺导则》的相关规定；安全施工要求执行DL/T 5009.2《电力建设安全工作规程 第2部分：电力线路》。相关技术要求均依据现行国家标准、行业标准确定，具有科学性和可行性。

七、与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况。采标情况，以及是否合规引用或采用国际国外标准。

（一）与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况

目前国内缺少专门针对110kV及以上架空输电线路耐张塔装配式跳线施工工艺的统一标准规范，导致装配式跳线施工过程中，施工单位所依据的技术文件零散，长度计算、地面预制、吊装安装等关键环节做法不一，相关要求未能形成统一标准。

相较现行相关标准，本导则创新采用三维坐标系法进行跳线长度计算，系统固化“计算—地面预制—整体就位”全过程工艺要求，按软跳线、硬跳线分类明确安装工艺，并提供多分裂跳线线长调整等操作性内容，填补现有标准在装配式跳线施工工艺方面的空白。

（二）是否合规引用或采用国际国外标准

本标准未引用或采用国际、国外标准，无采标情况。

八、涉及专利的有关说明

本标准编制过程中，未识别出涉及专利的内容。本标准不涉及任何专利技术，所有施工工艺、计算方法均来自现行公开标准及行业实践经验，无专利处置相关问题。

九、专家审查会情况

中国电力建设企业协会组织召开了两次线下专家《装配式跳线施工工艺导则》初稿审查会、征求意见审查会，邀请线路运行、电力建设、标准化等方面专家，对标准送

审稿、编制说明和征求意见汇总处理情况进行审查，重点审查技术要求的科学性、技术指标的合理性和与现行标准的协调性。与会专家一致同意通过审查，要求编写组按照具体审查意见进行修改完善，完成报批工作。

十、标准名称变更理由及报批情况

本标准立项名称为《装配式跳线施工工艺导则》，编制过程中标准名称未发生变更。

十一、其他应当说明的事项

1.本标准为2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划项目（计划编号：中电建协〔2025〕131号），计划编号“T/CEPCA 2025061”。编制过程严格遵循《中国电力建设企业协会团体标准管理办法》，确保标准的科学性、公正性和实用性。

2.本标准为新增团体标准，不涉及代替或废止现行国家标准、行业标准及其他团体标准的情况，与现有标准形成互补。建议在实施过程中积累应用经验，待技术成熟后纳入行业标准体系。

十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议

《装配式跳线施工工艺导则》具有创新性和引领性，为架空输电线路工程装配式跳线施工提供了支撑性、基础

性标准。

宣贯培训：建议由中国电力建设企业协会组织全国性宣贯会，重点讲解“跳线长度三维坐标系计算方法”“装配式跳线地面预制与整体吊装工艺”“软跳线、硬跳线安装质量验收要点”等内容，并编制配套培训资料，提升行业施工技术人员的标准执行能力。

实施要求：本标准为推荐性团体标准，不设立强制性条文，鼓励行业单位自愿采用；建议各电力建设企业将本标准纳入施工组织设计与作业指导书编制依据，推动标准落地。建议设计、施工、监理单位协同执行本标准，提升架空输电线路工程附件安装工艺质量与安全可靠性。

过渡期和实施日期建议：建议自标准发布之日起实施，设置合理的过渡期，便于各相关单位完成标准学习和实施细则编制工作。建议由中电建协组织进行广泛宣贯，并在成员单位中尽快实施，及时总结实施过程中的反馈意见，将其升级为行业标准或国家标准。

附件 5

ICS XX.XX
CCS XXX

团　　体　　标　　准

T/CEPCAxxx-202x

架空输电地线除冰装置

Overhead Transmission Ground Wire De-icing Device

（征求意见稿）

20××-××-××发布　　20××-××-××实施

中国电力建设企业协会　发布

目　　次

目　　次 II
前　　言 III
引　　言 I
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 分类、组成及命名 2
5 技术要求 4
6 试验方法 5
7 检验规则 7
8 标志、包装、运输及贮存 8
附录 A 10

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。

为了解决地线除冰装置在设计制造中缺乏科学规范、安全性能试验无参考标准、工程选型与施工安全无据可依，以及当前缺乏系统性技术标准与评价体系等突出问题，旨在规范地线除冰装置的技术要求，提升装备的可靠性与安全性，为装置的优化设计、型式选择、施工方案制定及可靠性评估提供统一的技术依据，特制定本文件。

本文件由中国电力建设企业协会提出并归口。

本文件起草单位：安徽送变电工程有限公司、广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、沈阳工程学院、国网吉林建设分公司、杭州明韵科技有限公司、贵州送变电有限责任公司、山东信通电子股份有限公司、咸亨国际科技股份有限公司，杭州奇点感知技术有限公司，合肥大学。

本文件主要起草人：林世忠、孟令、朱理宏、邵展、刘华、张凯、王开库、王龙胜、方小马、童贤德、黄志建、李谦、李凯、陈翠珠、胡成城、段海庭、张振威、谢邦顺、丁伟、朱昱龙、关朋涛、王少杰、莫剑波、陈亚奎、张军、何叶飞、徐金林、马鹏飞、周赛超、杨平、李聪、张发光、常欢、刘苗苗、魏尧、朱正、周飞飞、许翔、袁方、谷先广、尹晓伟、高强、王清鹏、郑泽康、周帆、于林、黄映炎、林桂明、刘志超、李振、年福东。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力建设企业协会（地址：北京市丰台区西四环南路35号中都科技大厦3层，100071）。

引　　言

我国输电线路分布广泛，冬季雨雪冰冻灾害频发，地线覆冰严重威胁电网安全稳定运行。当前地线除冰方式主要有电流融冰法和机械除冰法两类，但直流融冰、交流融冰需专用装置且多需停电配合，人工除冰效率低、安全风险高。近年来，输电地线除冰装置作为新型自动化装备逐步投入应用，可替代人工作业，具有无需停电、远程操作、适应复杂地形等优势。然而，目前国内外尚无统一技术规范，制约了该技术的推广。本标准在总结工程实践经验基础上，规定输电地线除冰装置的组成分类、技术要求、试验方法及检验规则等内容，旨在为装备设计制造提供统一技术依据，推动地线除冰向机械化智能化发展。本标准所涵盖的除冰装置仅限于工厂定型生产的产品，不适用于现场临时制作的简易敲击工具或非标改装的作业器具，不适用于直流融冰装置及交流融冰装置，相关标准可参照现行规范执行。

架空输电地线除冰装置

1 范围

本文件规定了架空输电线路地线机械除冰装置的分类、组成及型号表示、技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输和贮存要求。

本文件适用于35 kV及以上架空输电线路（含设有架空地线的接地极线路）常规架空地线、光纤复合架空地线使用的定型机械除冰装置的设计、制造、检验和验收。

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 191 包装储运图形符号标志

GB/T 1766 色漆和清漆 涂层老化的评级方法

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 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

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 35706 电网冰区分布图绘制技术导则

GB/T 36321 特种机器人 分类、符号、标志

DL/T 832 光纤复合架空地线

DL/T 1609 架空输电线路除冰机器人作业导则

3 术语和定义

GB/T 35706确立的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地线除冰装置 ground wire de-icing device

利用机械作用清除架空输电线路地线表面覆冰的定型专用装置。

3.2

附着式除冰装置 Line-mounted mechanical de-icing device

附着于架空输电地线上、可移动或固定位置安装并采用机械式除冰方式清除覆冰的除冰装置。

3.3

非附着式除冰装置 Non-line-mounted de-icing device

不以沿地线行走或固定驻留为必要条件，由地面专用机构、无人机等载体控制或辅助实施除冰的装置。

3.4

等值覆冰厚度 equivalent radial ice thickness

将不同密度、不同形状的覆冰统一换算为密度为0.9g/cm³的均匀裹覆在导、地线表面，截面呈环状的覆冰，这里指环的厚度。

3.5

除冰执行机构 ice-removal mechanism

直接对覆冰或地线施加用于除冰的机械作用的部件或组件。

3.6

额定工况 rated conditions

制造商规定的装置适用地线类型及规格、覆冰类型与厚度、温度和作业方式等条件及其相应的作业能力参数。

3.7

额定覆冰厚度 rated ice thickness

在规定覆冰类型与额定工作条件下，制造商明确可达到除冰效果的最大等值覆冰厚度,按覆冰类型（雨凇、雾凇、混合凇）分别标注。

3.8

有效作用区段 effective operating section

在规定安装位置、控制参数与作业时间内，装置能够达到所明确除冰效果的地线区段或目标区域。

3.9

覆冰清除率 ice-removal ratio

规定作用区段内,被清除的覆冰质量或体积与除冰前该区段覆冰总质量或体积之比,以百分数表示。

3.10

光纤复合架空地线 optical fiber composite overhead ground wire; OPGW

一种含有光纤的架空地线，具有架空地线和光通信等多重功能。

4 分类、组成及命名

4.1 分类

4.1.1 按接触方式可分为下列两类:

a）附着式除冰装置（F）：指附着于架空输电地线上、可移动或固定位置安装安装并采用机械式除冰方式清除覆冰的除冰装置,包括地线除冰机器人。

b）非附着式除冰装置（NF）：不以沿地线行走或固定驻留为必要条件，由地面专用机构、无人机等载体控制或辅助实施除冰的装置，典型装置为无人机搭载敲冰器具、火药爆炸式除冰装置。

4.1.2 按机械除冰原理可分为下列五类:

a）敲击式（QJ）：通过连续或间歇冲击使覆冰开裂、破碎或脱落。

b）碾压式（NY）：通过滚压、挤压等机械作用使覆冰破碎或剥离。

c）切削式（QX）：通过切削、刮削等方式将冰层与地线分离。

d）振动式（ZD）：通过可控机械振动或脉冲激励破坏覆冰与地线的附着状态。

e）复合式（FH）：采用上述两种及以上机械作用原理的组合。

4.2 组成

4.2.1 附着式除冰装置

通常包括承载与防脱结构、行走机构、除冰执行机构、动力及控制单元、通信单元和作业附件；按装置设计可配备视频感知装置、挂载辅具与故障回收辅具。

4.2.2 非附着式除冰装置

通常包括除冰执行部件、支承或连接机构、专用操纵或控制部件、防坠落措施及与载体的机械或控制接口。无人机、吊装设备等载体自身的技术要求由其适用标准规定。

4.3 型号编码

装置型号编码由企业代号、接触方式代号、机械除冰原理代号与设计序号组成，编码规则符合GB/T36321的规定。型号编码结构见图1。

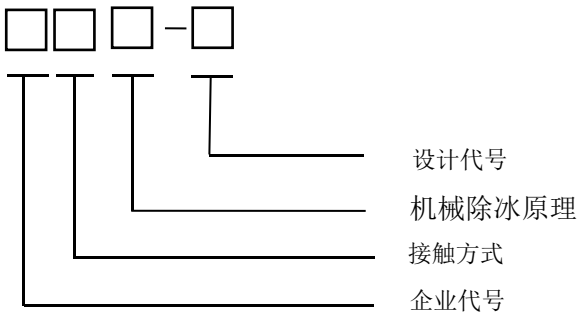


图 1 型号编码结构

5 技术要求

5.1 通用要求

5.1.1 装置结构、材料与外观应满足下列要求：

a）装置结构应与预定作业载荷及安装方式相适应，零部件不应有影响强度和正常功能的裂纹、明显变形或腐蚀；紧固连接应具有可靠的防松措施。
b）与地线接触部件采用的结构、材料，不应因夹持、冲击、刮擦或滑移造成地线断股、结构损伤。
c）机械旋转、往复运动和夹持部位应采取防护、限位和警示措施；可拆装模块应具备防错装设计或明确标识。
d）有外壳的户外电气及控制模块应按其预定使用环境确定并明确防护等级；直接暴露于雨雪环境且需正常工作的密封电控外壳，防护等级不应低于 IP54。纯机械部件不适用外壳 IP 等级要求。
e）应标明整机或独立作业模块的质量、外形尺寸、装配方式和允许吊装位置。

5.1.2 装置应满足下列适用条件:

a）制造商应标明装置适用地线类型（常规地线或 OPGW）、直径范围、线路倾角或作业空间、覆冰类型及额定覆冰厚度、跨越障碍物的能力。
b）装置的标称工作温度范围宜覆盖-30 ℃～＋40 ℃，贮存温度范围宜覆盖-30 ℃～＋50 ℃、可针对更严酷冰区标称更宽范围并通过相应试验，应明确适用湿度、风速。
c）与 OPGW 接触或向其施加机械激励的装置，应提供依据 DL/T 832 地线技术要求形成的兼容性论证或试验数据，明确夹持、冲击及振动等作用限值。

5.1.3 装置应明确下列除冰参数:

a）应至少标称除冰原理、适用覆冰类型、额定覆冰厚度、有效作用区段或单位时间作业能力，以及在对应额定工况下保证达到的覆冰清除率，覆冰清除率应不低于 90%。
b）一次作业的目标区段、作业时长或次数。
c）配备摄像头时应明确可视范围与像素。

5.1.4 装置应具备下列安全保护措施:

a）应具备异常状况保护功能，设置醒目的物理急停按键。
b）应明确通信方式、有效控制距离，通信中断后不应出现继续行走、冲击或振动的情况。
c）应结合安装位置和受力方式设置防坠落、防脱离措施，明确故障装置的安全回收方式。
d）应有与电源特性相适应的过流、短路、欠压和温度保护，应设置防机械储能误释放措施。
e）涉及感应电位、电磁环境和与带电部件的安全距离时，应根据拟使用的线路条件制定专门的防护与操作限制。
f）除冰后地线及金具不应出现由装置造成的结构损伤。

5.2 附着式除冰装置的专用要求

5.2.1 移动式除冰装置应能在标称地线规格和倾角范围内可靠附着、起步、行走、制动和停机。应标明额定除冰行走速度、最大行走速度、爬坡能力、连续作业时间、跨越障碍物类型。

5.2.2 固定式除冰装置应明确单点或多点安装条件、适用部位、允许夹紧力及作用区段，并对安装后的地线负载和局部受力进行校核。

5.2.3 运行期间不应出现导致失控或地线损伤的打滑、卡滞及倾覆情况。

5.2.4 机械振动、冲击或切削除冰试验应满足下列要求:

a）振动式装置应明确振动频率范围、振幅、工作持续时间及允许作用限值。
b）敲击式装置应明确敲击频率和冲击强度等可测参数。
c）切削式装置应设置防损伤地线、防堵转或卡阻措施。

5.2.5 装置自带电源在充满电状态下，按额定作业工况连续作业的持续时间不应少于 2 h；制造商标称的持续作业时间高于 2 h 时，按标称值考核。

5.2.6 电磁兼容性能应满足 GB/T 17626.2 规定的 4 级静电放电抗扰度要求、GB/T 17626.3 规定的 3 级射频电磁场辐射抗扰度要求，以及 GB/T 17626.8 规定的 5 级工频磁场抗扰度要求。

5.3 非附着式除冰装置的专用要求

5.3.1 应明确允许工作载荷和脱落防护要求。载体本体的飞行、吊装性能及作业资质应分别执行其适用规定。

5.3.2 应**明确**允许的敲击位置、工作距离、单次作用强度、作业次数及对应覆冰条件。作业机构应能限定作用范围，避免误碰导线、绝缘子、金具或地线本体。

5.3.3 定型工具应重点检查机械可靠性和人机操作安全。

6 试验方法

6.1 一般条件

6.1.1 试验用测量仪器、量具等应经计量检验合格并在有效期内。

6.1.2 依据 5.1.2 适用条件搭建试验环境。

6.2 结构与外观检查

6.2.1 通过目视、尺寸测量和装配检查验证装置完好情况。

6.2.2 有 IP 等级要求的电控外壳按 GB/T 4208 进行试验，涂层附着力按 GB/T 9286、涂层老化评级按 GB/T 1766 进行验证。

6.3 适用性试验

6.3.1 按照标称的地线类型、边界条件进行操作，检查夹持状态、接触区状态。至少重复安装和拆除各 3 次，不应出现松动、失控或地线损伤。

6.3.2 对于固定式装置，应在规定激励后复查夹持位移及连接件状态。

6.4 除冰效果试验

6.4.1 测段长度、额定厚度和试验次数应写入检验方案。每一标称额定工况重复试验不少于 3 次。

6.4.2 分别测量作业前覆冰质量m_0和作业后残余覆冰质量m_1，覆冰清除率η按式（1）计算：$\eta = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%$。无法直接称重时，可采用体积法或经验证的图像测量法，但作业前后应保持计量方法一致，并报告不确定度或误差控制措施。

6.4.3 记录各次试验值，按额定覆冰厚度判定。对作用区段非均匀或间断的装置，还应记录各评价位置的残冰分布。

6.4.4 除冰装置对不同类型覆冰（雨凇、雾凇、混合凇）的覆冰清除率应不低于 90%。

6.5 地线与 OPGW 保护试验

6.5.1 试验前后检查地线外观和金具连接状态，必要时采用放大检查或无损检测手段。

6.5.2 适用于 OPGW 的装置，应在相同测量条件下比较试验前后光纤传输状态，检查是否出现中断或新增异常衰减点，并记录测量波长、试样长度与仪器分辨率。

6.6 附着式除冰装置专项试验

6.6.1 移动式除冰装置行走及越障性能按照下列要求进行试验:

a）在装置标称的额定倾角、线径和作业负载下进行起步、行走、停车及制动试验，分别记录行走距离、时间和下滑情况，重复不少于 3 次。具备越障功能的装置，在明确的障碍物类型和尺寸条件下检验通过能力。

b）在额定覆冰厚度下进行连续除冰行走，计算额度除冰行走速度；测定装置在额定工况下连续工作时间，并验证保护功能动作正确性。

6.6.2 固定式除冰装置滑移、安全性能按照下列要求进行试验:

a）测量固定装置作业前后的夹持位移、紧固状态、有效除冰长度。

b）按标称最大激励工况检验异常停机、防松及安全限位。

6.6.3 机械振动、冲击或切削性能按照下列要求进行试验：

a）振动式装置应测量振动频率范围、振幅、工作持续时间及允许作用限值。

b）敲击式装置应记录敲击频率、冲击强度。

c）切削式装置应检查防损伤地线、防堵转或卡阻措施的有效性，并记录切削转速、进给量或切削深度等可测参数及工作持续时间。

6.7 非附着式除冰装置在允许载荷和作业位置条件下进行连接可靠性试验。敲击设备按标称的冲击参数连续或间歇作业，记录除冰效果。

6.8 控制、通信安全保护性能按照下列要求进行试验：

a）在有效控制距离下发出启动、停止、调节等控制指令，装置应能正确执行相关指令，各关键指令重复不少于 3 次；记录相应的有效控制距离,测定图像传输画面质量和可视范围

b）人为中断通信，确认装置能自动锁止，不应出现继续行走、冲击或振动的情况。

c）结合安装位置和受力方式检查防坠落、防脱离措施，并验证故障装置的安全回收方式。

d）装置应验证欠压、过流、短路和温度保护，确认保护动作正确、可靠。

f）除冰作业后检查地线及金具，不应出现由装置造成的结构损伤。

6.9 应分别验证正常运行、失电、异常停机等工况下的防脱离性能；有防坠部件的，按设计承载工况和安全系数进行静载验证并记录持续时间和结构状态。

6.10 装置应分别按 GB/T 17626.2 进行 4 级静电放电抗扰度试验、按 GB/T 17626.3 进行 3 级射频电磁场辐射抗扰度试验、按 GB/T 17626.8 进行 5 级工频磁场抗扰度试验（稳定持续磁场），性能符合要求。

6.11 环境适应性能按照下列要求进行试验：

a）依据 GB/T 2423.1“试验 Ab”进行，温度为-30° C，持续试验 2h。试验后，除冰装置应能正常工作。

b）按 GB/T2423.1“试验 Ab”进行降温至-30° C±3° C，温度稳定后，恒温 16h;恢复至室温后，静置 2 小时，试验后，除冰装置应能正常工作。

c）依据 GB/T 2423.2 中“试验 Bb”进行，温度为 40° C，持续试验 2h。试验后，除冰装置应能正常工作。

d）按 GB/T 2423.3-2016 中“试验 Ca”进行，温度为 40° C，湿度为 85%，持续试验 2h。试验后，除冰装置应能正常工作。

6.12 装置冲满电状态，在额定工况下起动连续作业（执行除冰、行走操作），记录自进入额定作业工况时起至因电量不足无法维持额定作业能力或保护性停机时止的连续作业时间。试验结果应不少于 2 h；制造商标称值高于 2 h 时，不应少于标称值。

7 检验规则

7.1 检验项目及适用性

表 1 规定了不同作业布设类别的最低检验项目适用原则。涉及选配功能或结构形式的项目，仅在装置具备该功能或明确相应能力时实施；不适用项目应在检验报告中注明原因。

表 1 检验项目表

序号	检验项目	附着式	非附着式	试验条款	检验类型
1	结构与外观	●	●	6.2	型式、出厂
2	适用条件	●	●	6.3	型式、出厂
3	除冰效果	●	●	6.4	型式
4	地线与 OPGW 保护试验	●	●	6.5	型式
5	行走及越障性能试验	○	—	6.6.1	型式、出厂
6	除冰装置滑移、安全试验	○	—	6.6.2	型式
7	机械振动、冲击或切削试验	○	—	6.6.3	型式、出厂
8	非附着式除冰装置专项试验	—	○	6.7	型式
9	控制、通信及安全保护试验	●	●	6.8	型式、出厂
10	机械安全与防脱试验	○	—	6.9	型式、出厂
11	电磁兼容试验	●	○	6.10	型式
12	环境适应性试验	○	○	6.11	型式

序号	检验项目	附着式	非附着式	试验条款	检验类型
13	电池续航时间	●	●	6.12	型式
注：●表示应检项目；○表示具备该功能、部件或适用条件时检验；—表示不适用。型式检验和出厂检验项目按表中规定执行。					

7.2 检验类别

7.2.1 型式试验

新装置定型、主要结构或控制方式发生可能影响安全和性能的变更、停产后恢复生产以及合同或监督管理另有要求时，应进行型式检验。型式检验应覆盖装置明确的各适用类别、典型地线规格及额定覆冰工况。

7.2.2 出厂试验

装置出厂前应进行外观与铭牌、连接件状态、基本动作、停止及适用防脱保护检查；有遥控和电控功能的，还应检查控制指令、通信及保护功能。每台（套）装置出厂检验合格后方可交付，并附检验记录和合格证明。

7.2.3 定期检验

除冰装置定期检验周期不应超过 12 个月，主要针对外观、电源、结构等部件进行检查；每次使用前应检查合格。

7.3 判定原则

7.3.1 试验项目全部满足要求，判定为合格，否则为不合格。

7.3.2 型式试验的被检试件数量不应少于 2 件，有 1 件不合格的视为该批次不合格，应加倍取样（原抽样数量的 2 倍），重新进行试验。

7.4 试验机构

型式试验应由第三方检测单位开展，出厂试验应由除冰装置生产厂家开展，定期检验应由装置使用单位组织。

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 标志

8.1.1 标志上的文字、图案应清晰，印刷/刻印层应耐磨损。

8.1.2 装置主体或独立作业单元应设置清晰、牢固、便于识别的标志，应符合 GB/T 13306 的要求，标牌包括但不限于下列内容：

a）制造商名称和装置名称；
b）型号、作业布设类别和除冰原理；
c）质量或额定载荷及装置出厂编号；
d）适用地线类型、直径范围；
e）适用覆冰类型、额定覆冰厚度及标称保证清除率；
f）有效作用区段或适用的额定作业参数（如行走速度、振动频率、敲击次数）；
g）主要使用环境限制（含有专用电源时的电气额定值）；

h）生产日期及必要的安全警示。

8.1.3 需吊装、挂载或接近旋转和往复运动部件的装置，应在相关部位设置吊装、夹持、运动危险及电气警示标识。

8.1.4 标牌应采用适应工作环境的固定方式；标签信息与说明书、出厂记录应保持一致。

8.2 包装

8.2.1 除冰装置及其零部件的包装储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2.2 包装箱应符合 GB/T 13384 的规定。

8.2.3 制造单位应向用户提供下列技术文件：

a）装置合格证、适用的型式检验报告及出厂检验记录；
b）使用说明书及适用地线、覆冰和作业环境限制说明；
c）部件、附件、专用操作机构及适用载体接口清单；
d）易损件、备件和专用工具清单；
e）机械防脱、防坠、电气保护与故障安全回收说明。

8.2.4 使用说明书应符合 GB/T 9969 的规定，并对不同类别装置分别说明安装、作业限制及安全处置要求。

8.3 运输和贮存

8.3.1 运输中应注意避免碰撞，不应因运输、吊运等损伤表面及零部件，不应与含有腐蚀性物质的货物混装。

8.3.2 除冰装置贮存时应有防止酸、碱、盐等腐蚀的措施，活动部位定期润滑。

8.3.3 有动力电池的设备应按电池制造商要求进行专用防护、贮存和定期状态检查。

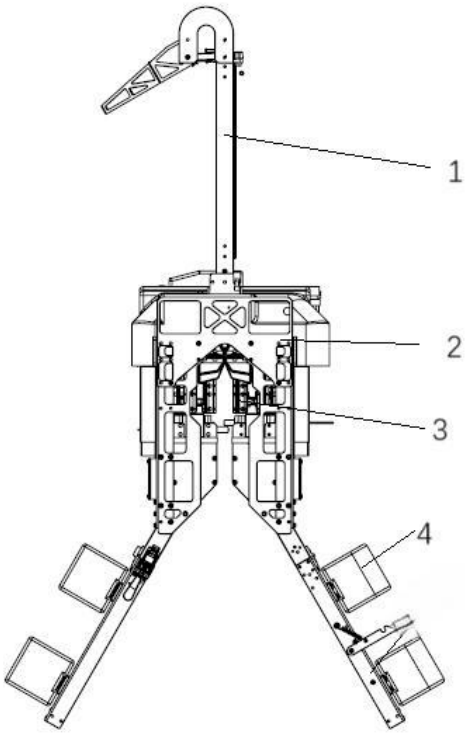
附录 A

（资料性）

除冰装置的组成(结构示例)

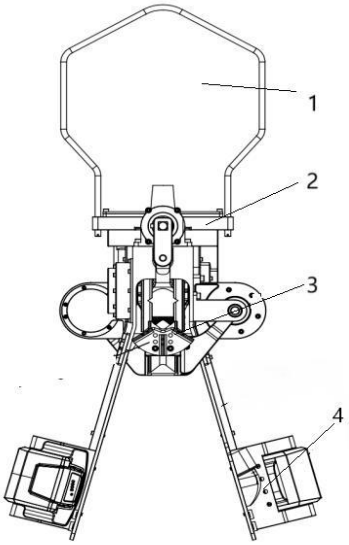
本附录图示为典型附着式除冰装置的结构示例，不对装置实际外形或内部机构提出强制要求。非附着式式装置不必具备图示行走机构。

典型碾压式、敲击式和切削式附着式除冰装置示意见图 A.1～图 A.3



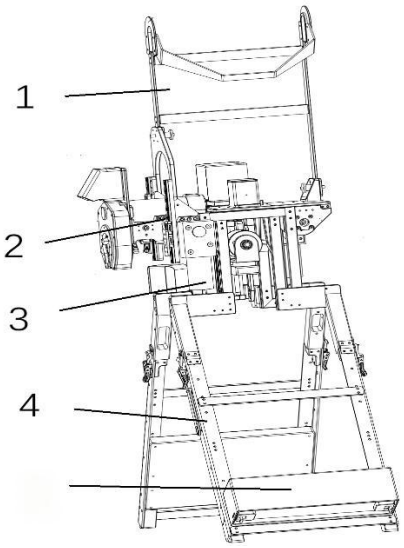
标引序号说明：
1—主体框架
2—行走机构
3—除冰机构
4—动力单元
5—通信模块（未标注）
6—电控模块（未标注）

图 A.1 碾压式除冰装置示意图



标引序号说明：
1—主体框架
2—行走机构
3—除冰机构
4—动力单元
5—通信模块（未标注）
6—电控模块（未标注）

图 A.2 振动式除冰装置示意图



标引序号说明：
1—主体框架
2—行走机构
3—除冰机构
4—动力单元
5—通信模块（未标注）
6—电控模块（未标注）

图 A.3 切削式除冰装置示意图

附件 6

中国电力建设企业协会团体标准
《架空输电地线除冰装置》编制说明

2026 年 9 月

目　　录

一、工作简况 4
（一）任务来源 4
（二）参编单位及分工 4
（三）制定背景 6
（四）编制过程 8
（五）主要起草人 10
二、标准编制原则、主要内容及确定依据 10
（一）编制原则 10
（二）标准主要内容 12
（三）标准主要内容确定依据 14
三、与现行法律法规和标准的协调性 14
四、标准的先进性或特色性 15
五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据 17
（一）标准调研、研讨情况 17
（二）标准征求意见情况 19
（三）重大分歧意见的处理经过和依据 20
六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据 21
八、涉及专利的有关说明 25
九、专家审查会情况 26
十、标准名称变更理由及报批情况 26
十一、其他应当说明的事项 27
十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议 27

一、工作简况

（一）任务来源

根据《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）文件安排，对计划编号为“T/CEPCA 2025061”的中国电力建设企业协会（以下简称中电建协）标准项目《架空输电地线除冰装置》进行编制。

（二）参编单位及分工

本规范由中国电力建设企业协会标准化管理委员会负责管理，安徽送变电工程有限公司、广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、沈阳工程学院、国网吉林建设分公司、杭州明韵科技有限公司、贵州送变电有限责任公司、山东信通电子股份有限公司、咸亨国际科技股份有限公司，杭州奇点感知技术有限公司，合肥大学共同编制完成。安徽送变电工程有限公司为主编单位，负责标准整体策划、大纲编制、核心章节起草及统稿工作；其他参编单位结合各自在输配变电、机器人、应急工器具等领域的技术积累与实践经验，分别承担相应章节的资料收集、条款起草、验证校核等工作。具体分工如下表所示。

表 1 标准编制分工表

章节	负责单位	审查单位
前言	安徽送变电工程有限公司	沈阳工程学院、广东冠能电力科技发

		展有限公司、贵州送变电有限责任公司、合肥大学
引言	安徽送变电工程有限公司	沈阳工程学院、广东冠能电力科技发展有限公司、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司、合肥大学
1.范围	安徽送变电工程有限公司	沈阳工程学院、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司、合肥大学
2.规范性引用文件	安徽送变电工程有限公司、广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、杭州明韵科技有限公司	沈阳工程学院、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司
3 术语和定义	沈阳工程学院、合肥大学	安徽送变电工程有限公司、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司
4 分类组成命名及基本参数	广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、杭州明韵科技有限公司、山东信通电子股份有限公司	沈阳工程学院、安徽送变电工程有限公司、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司
5 技术要求	广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、杭州明韵科技有限公司、山东信通电子股份有限公司	沈阳工程学院、安徽送变电工程有限公司、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司、咸亨国际科技股份有限公司、杭州奇点感知技术有限公司
6 试验方法	广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、杭州明韵科技有限公司、山东信通电子股份有限公司	沈阳工程学院、安徽送变电工程有限公司、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司、咸亨国际科技股份有限公司、杭州奇点感知技术有限公司
7 检验规则	广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、杭州明韵科技有限公司、山东信通电子股份有限公司	沈阳工程学院、安徽送变电工程有限公司、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司、咸亨国际科技股份有限公司、杭州奇点感知技术有限

		公司
8 标志、包装、运输及贮存	广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、杭州明韵科技有限公司、山东信通电子股份有限公司	沈阳工程学院、安徽送变电工程有限公司、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司、咸亨国际科技股份有限公司、杭州奇点感知技术有限公司
附录 A 不同类型除冰装置的结构图	广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、杭州明韵科技有限公司、山东信通电子股份有限公司	沈阳工程学院、安徽送变电工程有限公司、国网吉林建设分公司、贵州送变电有限责任公司、咸亨国际科技股份有限公司、杭州奇点感知技术有限公司

（三）制定背景

我国华中、西南及西北地区输电线路大量途经微地形、微气象区，冬季冻雨、暴雪等灾害性天气频发，地线因无运行电流、自身不发热，其覆冰程度通常较导线更为严重。调查统计表明，地线覆冰速率可达导线的1.5～2.0倍，且因地线直径较小、悬挂高度较高，其脱冰跳跃引发的电磁干扰、导线鞭击及金具损坏等次生灾害，已成为威胁电网安全运行的重要隐患。近年来，受极端天气常态化影响，地线覆冰舞动导致的线路跳闸、断线事故呈逐年上升趋势，部分重冰区线路在单次覆冰过程中即发生多基塔地线断裂，严重制约电网供电可靠性。

地线除冰装置作为一项新型智能化装备，正逐步成为替代传统除冰手段的有效解决方案，并在全国多个省份实现落地推广。四川凉山州±800kV锦苏线采用“大载重无人机+除冰机器人”锁扣式挂取方式，完成特高压架空地线除

冰作业，作业全程无需作业人员登塔，有效降低了高空作业安全风险；山东电力研制的第四代除冰机器人在贵州梅花山2500米高海拔地区完成试点，地线覆冰厚度超过40毫米时除冰速度仍大于20米/分钟；安徽送变电公司采用自主研发的履带碾压式地线除冰机器人，在安庆、铜陵、池州、宣城、六安5个地市投入使用，成功应用于±800千伏灵绍线、±500千伏宜华线等多条超高压、特高压输电线路；湖南、湖北、安徽、山东、四川、浙江、湖南、青海、广东、广西电网也已推广应用相关技术和装置，经历多次寒潮考验，有效保障了大电网的安全稳定运行。与传统人工敲击、电流融冰及无人机敲击等方式相比，地线除冰装置具备显著的综合优势，无需停电操作或人工高空搭接，避免了直流融冰必需的绝缘改造及感应电压抑制等复杂技术约束。机器人采用马鞍式结构，通过碾压、冲击、切削等多种方式，可有效清除雨凇、雾凇、混合淞等不同类型覆冰，为输电线路地线覆冰防治提供了安全、高效、全天候的智能化解决方案。

与此同时，地线除冰装置作为一种新技术、新装置，在设计、制造、使用等方面没有科学合理的技术规范可循，导致各单位设计的类似功能的除冰装置各项参数及性能存在差异，且在安全性能试验检测方面没有可参考标准。为架空输电地线除冰装置制定统一的标准，可供除冰装置的

设计和制造单位优化设计，为使用单位选择地线除冰装置型式、制定施工方案及安全措施提供依据，供相关管理单位评估地线除冰装置在施工中的可靠性和安全性。目前尚缺乏针对地线覆冰特点的系统性除冰装置技术标准，装备研制、性能验证及工程应用均缺少统一的技术依据与评价体系。

为系统提升架空输电地线覆冰防治的装备技术水平与标准化程度，制订本技术规程。规程拟从装置分类与型号、基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志包装及运维管理等方面建立技术规范体系，涵盖碾压、冲击、切削等多类型机械除冰装置的技术指标与性能要求，确保除冰装置在复杂覆冰工况下具备可靠的除冰能力与良好的线路适应性。同时，本技术规程可填补现行标准在地线除冰装置领域的空白，统一装备研制与工程应用的技术要求，为输电地线覆冰防治提供可量化、可操作、可推广的标准化技术支撑。

（四）编制过程

本文件由中电建协标委会组织，安徽送变电工程有限公司担任主编单位，广东冠能电力科技发展有限公司、合肥工业大学汽车与交通工程学院、沈阳工程学院、国网吉林省电力有限公司建设分公司、四川电德电力设备有限公司、杭州明韵科技有限公司、贵州送变电有限责任公司、

山东信通电子股份有限公司、咸亨国际科技股份有限公司，杭州奇点感知技术有限公司，合肥大学共11家单位参与编制。

2025年6月，中电建协标委会对团体标准《架空输电地线除冰装置》予以立项，项目以《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）文件向社会发布。

2026年1月，主编单位安徽送变电工程有限公司组织编写《架空输电地线除冰装置》标准大纲，并细化制定时间节点和各参编单位的任务分工，如表1所示。

2026年1月—4月，各参编单位按任务分工编写标准初稿。

2026年6月30，在线上视频会议召开《架空输电地线除冰装置》标准初稿编制会，主编单位介绍、参编单位各自负责任务完成情况进行汇报，讨论并完成标准适用范围、术语定义、分类与型号、基本参数、技术要求、试验方法、检验规则、标志包装内容的修改和内容汇总，形成《架空输电地线除冰装置》标准初稿。

2026年8月8日，在合肥以现场会议形式召开《架空输电地线除冰装置》标准初稿讨论会，主编单位介绍了标准初稿编制情况汇报与会专家及代表围绕标准框架、技术指标、试验要求等内容逐条研讨，明确了初稿修改内容。

2026年9月10日，在线上视频会议召开《架空输电地线除冰装置》标准二稿讨论会，主编单位、参编单位对初稿修改内容进行了讨论，形成了标准二稿定稿，并制定下一步工作计划。

2026年10月29¯30日，在合肥以现场会议形式召开《架空输电地线除冰装置》中电建协团体标准的意见稿讨论会，主编单位介绍了意见稿讨论会意见的修改情况，主编单位、参编单位及该领域专家学者对标准意见稿进行讨论，会后完成修改工作，形成征求意见稿。

（五）主要起草人

林世忠、孟令、朱理宏、邵展、刘华、张凯、王开库、王龙胜、方小马、童贤德、黄志建、李谦、李凯、陈翠珠、胡成城、段海庭、张振威、谢邦顺、丁伟、朱昱龙、关朋涛、王少杰、莫剑波、陈亚奎、张军、何叶飞、徐金林、马鹏飞、周赛超、杨平、李聪、张发光、常欢、刘苗苗、魏尧、朱正、周飞飞、许翔、袁方、谷先广、尹晓伟、高强、王清鹏、郑泽康、周帆、于林、黄映炎、林桂明、刘志超、李振、年福东。

二、标准编制原则、主要内容及确定依据

（一）编制原则

合规性原则。符合相关规定要求。根据本文件的编制目的及要标准化的对象，本文件属规范类标准，故主要内

容按照 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，并参照《标准起草规则第 5 部分：规范标准》GB/T20001.5-2017 进行确定。

问题导向原则。地线除冰装置作为一种新技术、新装置，在设计、制造、使用等方面没有科学合理的技术规范可循，导致各单位设计的类似功能的除冰装置各项参数及性能存在差异，且在安全性能试验检测方面没有可参考标准。聚焦地线除冰装置“分类命名不统一、性能指标不可考核、试验方法缺失、检验规则不清”等突出问题，为架空输电地线除冰装置制定统一的标准，可供除冰装置的设计和制造单位优化设计，为使用单位选择地线除冰装置型式、制定施工方案及安全措施提供依据，供相关管理单位评估地线除冰装置在施工中的可靠性和安全性。

实践导向原则。以工程应用和样机试验数据为基础，覆盖附着式与非附着式两类除冰装置从安装附着、行走越障、除冰执行、通信控制、安全防护到环境适应的全过程要求，避免脱离实际的过高或过低要求。

安全优先原则。把地线及 OPGW 本体安全、作业安全和故障回收作为条款设置的首要约束，明确除冰作业不得造成地线断股、结构损伤和光纤传输异常，对感应电位、电磁环境和与带电部件的安全距离提出专门防护要求。

可操作性原则。试验方法明确试验条件、试样数量、重复次数和判定准则；检验项目以表格形式统一列表，按附着式、非附着式分别标注应检、选检和不适用，便于制造企业自检、第三方检测和使用单位验收执行。

民主协同原则。充分发挥产、学、研、用各方作用，广泛听取制造企业、电网建设与运行单位、高校及检测机构意见，对关键技术指标反复协商、形成共识，保证标准的科学性和代表性。

前瞻性原则。考虑装置向轻量化、智能化、多原理复合方向发展的趋势，采用“额定工况、额定覆冰厚度、有效作用区段、覆冰清除率”等开放性指标框架，并以企业代号、设计序号预留型号扩展空间，为技术迭代留有余地。

协调性原则。与 DL/T 832、DL/T 1609、GB/T 36321、GB/T 4208、GB/T 5226.1、GB/T 17626 系列、GB/T 2423 系列等现行标准协调一致，技术要求不低于现行国家标准、行业标准的相关规定，不重复规定其他标准已明确的内容。

（二）标准主要内容

本标准主要技术内容包括以下9章：范围（第1章）、规范性引用文件（第2章）、术语和定义（第3章）、分类、组成、命名及基本参数（第4章）、技术要求（第5章）、试验

方法（第6章）、检验规则（第7章）、标志、包装、运输及贮存（第8章），以及附录。

第1章 范围：明确本文件适用的范围，说明本文件适用于地线除冰装置的设计、制造、验收和使用。

第2章 规范性引用文件：列出了本文件引用的国家标准、行业标准等规范性文件，为本文件各章节技术内容的实施提供基础性支撑。

第3章 术语和定义：对本文件中涉及的关键术语进行定义，包括架空地线除冰机器人、行走机构、除冰机构、冲击式除冰机器人、切削式除冰机器人、碾压式除冰机器人、电气校验尺寸、相对重心位置等，确保文件术语使用统一、准确。

第4章 分类、组成、命名及基本参数：分类方面，按挂拆方式分为人工挂载和无人机挂载两类，按除冰原理分为碾压式、冲击式和切削式三类；组成方面，明确无人机挂拆地线除冰机器人的组成部分；命名方面，依据JB/T 8430的规定编制产品型号，并给出命名示例；基本参数方面，规定除冰机器人的基本参数包括整机重量、外形尺寸、电气校验尺寸、适用线径、最大行走速度、最大除冰速度、除冰厚度、爬坡角度、通讯距离及续航时间等。

第5章 技术要求：涵盖一般要求、除冰装置性能要求、挂载方式要求、外观质量及电磁兼容要求五个方面。

第6章 试验方法：规定了除冰装置的试验方法，涵盖试验准备、外观检测、性能测试及电磁兼容性能四个方面。

第7章 检验规则：明确出厂检验、型式检验和定期检验三类检验的试验项目、适用条件与要求。

第8章 标志、包装、运输及贮存：规定了地线除冰装置的标志、包装、运输及贮存要求。

附录：以附录形式给出典型碾压式、敲击式和切削式附着式除冰装置示意图，供设计、制造及使用单位参考。

（三）标准主要内容确定依据

根据本文件的编制目的及要标准化的对象，本文件属规范类标准，故主要内容按照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，并参照《标准起草规则第5部分：规范标准》GB/T20001.5-2017进行确定。

三、与现行法律法规和标准的协调性

本标准在编制过程中，高度重视与现行法律法规、强制性标准及其他标准的协调与衔接。考虑到目前针对架空输电地线除冰装置技术规程缺乏专项标准，难以满足设计规范化、标准化需求，本标准积极与现有国际标准、国家标准、行业标准进行对接，确保与现有输电线路工程设计标准体系的总体框架相契合，同时符合现有架空输电线路运维要求。

本标准与DL/T 832《光纤复合架空地线》协调一致，对与OPGW接触或向其施加机械激励的装置，要求提供依据DL/T 832地线技术要求形成的兼容性论证或试验数据，明确夹持、冲击及振动等作用限值；与DL/T 1609《架空输电线路除冰机器人作业导则》形成分工衔接，本文件规范装置本身的技术要求、试验方法与检验规则，DL/T 1609规范装置上线作业的组织实施与作业安全，二者配套使用，不重复、不矛盾；与GB/T 36321协调，装置分类、符号和型号编码规则执行其规定；外壳防护等级执行GB/T 4208，机械电气安全执行GB/T 5226.1，电磁兼容与环境试验方法分别执行GB/T 17626系列和GB/T 2423系列，标志、包装、说明书分别执行GB/T 13306、GB/T 191、GB/T 13384和GB/T 9969，冰区划分与覆冰厚度表述参照GB/T 35706。

执行本标准时，需同时遵守国家现行法律、法规及相关标准，并遵守电网运行、检修和带电作业的安全管理规定，形成协同管控体系。本标准仅规定除冰装置的产品技术要求，不涉及电网调度运行方式和线路运行规程的调整，不设定强制性条文。

四、标准的先进性或特色性

1.本标准是国内首个针对架空输电地线机械除冰装置的产品标准，作为地线除冰装备技术标准的补充，解决了装置分类命名不统一、技术要求不明确、性能指标不可考

核、检验验收无依据等问题。

2.建立“接触方式+机械除冰原理”双维度分类和型号编码体系。按接触方式划分附着式与非附着式，按机械除冰原理划分敲击式、碾压式、切削式、振动式、复合式，并以企业代号、接触方式代号、原理代号和设计序号构成型号编码，改变了以往装置名称各异、型号无法识别的状况，为产品选型、招标采购和运行管理提供统一标识。

3.首次构建以“额定工况—额定覆冰厚度—有效作用区段—覆冰清除率”为核心的可量化性能评价框架。明确覆冰清除率的计算方法和测量要求，规定雨凇、雾凇、混合凇三类覆冰的清除率均不低于90%，并允许在无法直接称重时采用体积法或经验证的图像测量法，使除冰效果从定性描述转为可测量、可复现、可比较的指标。

4.突出地线与OPGW双重本体保护。针对机械除冰易造成地线断股、金具损伤和光纤衰减增大的风险，规定接触部件的结构材料不得造成断股或结构损伤，OPGW适用装置须提供兼容性论证或试验数据，并在试验方法中要求比较试验前后光纤传输状态、记录测量波长和试样长度，实现“除冰效果”与“本体安全”的同步考核。

5.统一“型式检验—出厂检验—定期检验”三级检验制度。以表1给出12项检验项目对两类装置的适用性矩阵，明确型式检验由第三方检测单位、出厂检验由生产厂家、

定期检验由使用单位组织，规定定期检验周期不超过12个月、型式试验试件不少于2件并设置加倍取样复试规则，形成覆盖产品全生命周期的质量管控链条。

6.兼顾两类装置的差异化要求。对非附着式装置不套用附着式装置的行走、越障、附着等技术要求，明确载体本体的飞行、吊装性能及作业资质执行其适用标准，仅对除冰执行部件、连接可靠性、作用范围限定和人机操作安全提出要求，避免过度要求和标准适用范围的不当扩大。

7.以资料性附录给出典型结构示例。通过碾压式、振动式、切削式附着式装置的结构示意和标引说明，为设计制造、检验检测和监督管理人员提供直观识别依据，同时明确其非强制性，保持标准的开放性。

五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据

（一）标准调研、研讨情况

标准编写过程中，编写组进行了广泛的收资、调研和探讨，重点研究了以下几个主要问题并形成处理结论:

1.本标准的编制目的和适用对象。本标准旨在建立架空输电地线机械除冰装置的产品技术标准，统一分类组成、技术要求、试验方法和检验规则，填补地线除冰装置标准的空白。适用范围确定为35 kV及以上架空输电线路（含设有架空地线的接地极线路）常规架空地线和OPGW使用的定

型机械除冰装置的设计、制造、检验和验收。经讨论明确，本标准所涵盖的装置仅限于工厂定型生产的产品，不适用于现场临时制作的简易敲击工具或非标改装的作业器具，不适用于直流融冰装置及交流融冰装置，相关要求可参照现行规范执行。

2.标准的编写规则。本标准按照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，并按GB/T 20001.10—2014《标准编写规则 第10部分：产品标准》设置产品标准的要素。标准文本按“范围—规范性引用文件—术语和定义—分类、组成及命名—技术要求—试验方法—检验规则—标志、包装、运输及贮存”的顺序编排，做到技术要求与试验方法条款一一对应，便于实施和检验。

3.分类方法与型号编码。编写组比较了按行走方式、按载体形式、按除冰原理等分类方案，认为单一维度难以覆盖现有装置形态。最终确定按接触方式分为附着式和非附着式两类，解决“是否沿地线行走或驻留”这一根本差异；再按机械除冰原理细分五类，反映除冰作用机理和可测参数差异；型号编码引入企业代号和设计序号，兼顾唯一性和可扩展性，编码规则与GB/T 36321衔接。

4.术语和定义设置。本标准界定10项术语，重点解决核心指标的可测量性。“等值覆冰厚度”明确将不同密度、

形状的覆冰统一换算为密度0.9 g/cm³的均匀环状覆冰厚度；“额定工况”“额定覆冰厚度”“有效作用区段”“覆冰清除率”共同构成装置作业能力的表述基准，使不同型式、不同原理的装置具备统一的比较和考核口径。

5.关键技术指标的确定。覆冰清除率指标结合样机试验数据和工程需求确定为不低于90%；考虑地线除冰作业单次连续作业时长和电池续航能力，规定电池满电工作时间不低于2 h；考虑装置长期户外雨雪环境运行，规定直接暴露且需正常工作的密封电控外壳防护等级不低于IP54，纯机械部件不适用该要求；考虑我国冰区气象条件，标称工作温度范围宜覆盖−30 ℃～＋40 ℃、贮存温度范围宜覆盖−30 ℃～＋50 ℃；考虑装置安装于地线、处于强电场和强磁场环境，规定静电放电4级、射频电磁场辐射3级、工频磁场5级抗扰度要求。

6.与作业类标准的边界划分。编写组明确本标准与DL/T 1609的分工：本标准规定装置作为产品的技术要求、试验方法与检验规则，DL/T 1609规定除冰机器人上线作业的作业准备、作业流程和作业安全。本标准在标志、说明书、故障回收等条款中与作业要求衔接，但不重复规定作业组织内容。

（二）标准征求意见情况

本标准征求意见稿形成后，按中国电力建设企业协会

团体标准管理程序向行业相关单位公开征求意见，征求意见对象覆盖电网建设与运行单位、送变电施工企业、装备制造企业、高等院校和检测认证机构。征求意见内容涵盖分类与型号编码、技术要求、试验方法、检验规则、标志包装运输贮存等全部章节。编写组将对反馈意见逐条登记、逐项研究，按采纳、部分采纳和不采纳分类处理，形成《征求意见汇总处理表》，并对标准文本和编制说明作相应修改，修改情况在送审时一并说明。

（三）重大分歧意见的处理经过和依据

本标准编制过程中，各参编单位及专家无实质性分歧，各方在“适用范围、分类方法、技术要求、检验规则”等核心条款上形成共识，一致认可本标准对规范地线除冰装置产品质量、保障电网安全的重要意义。对编制中讨论较多的几个问题，处理情况如下:

一是电流融冰装置是否纳入本标准。经讨论认为，直流融冰、交流融冰属不同技术路线，其装置构成、性能指标和试验方法与本标准差异较大，且已有相应技术规定，故本标准不纳入电流融冰装置，并在范围中予以明确。

二是现场临时制作器具和非标改装作业器具是否纳入。经讨论认为，此类器具无定型设计、无出厂检验和型式检验条件，难以按本标准考核，纳入后将导致条款无法执行，故明确不适用于此类器具。

三是覆冰清除率指标取值。部分意见提出取85%以降低考核难度，编写组结合样机在雨凇、雾凇、混合凇条件下的试验数据和工程除冰效果要求，认为90%既能保证除冰有效性、又在现有技术条件下可达，故确定为不低于90%，并允许采用体积法或经验证的图像测量法以适应不同试验条件。

四是OPGW适用装置的考核方式。经讨论认为，机械除冰对OPGW的主要风险在于夹持、冲击和振动引起的应力与光纤衰减变化，故要求提供依据DL/T 832的兼容性论证或试验数据，并在试验方法中规定试验前后光纤传输状态的比对要求，兼顾可操作性与安全性。

六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据

本标准的技术指标设置基于现行国家标准、行业标准、冰区覆冰观测资料和装置样机试验数据，兼顾先进性与工程可实现性，具有科学性和可行性。

1.适用范围的确定依据。35 kV及以上架空输电线路是地线覆冰灾害的主要发生区段，也是地线除冰装置的主要应用对象；标准同时覆盖常规架空地线和OPGW，并在范围中明确含设有架空地线的接地极线路，以覆盖接地极线路除冰需求。对35 kV以下线路，因绝缘配置、地线规格和作业空间差异较大，暂不纳入。

2.温度与环境指标的确定依据。我国主要冰区冬季极端最低气温多在−20 ℃～−30 ℃区间，部分高海拔、高纬度地区更低，故标称工作温度范围宜覆盖−30 ℃～＋40 ℃、贮存温度范围宜覆盖−30 ℃～＋50 ℃，并允许制造商标称更宽范围并通过相应试验验证。环境试验条件按GB/T 2423.1“试验Ab”−30 ℃持续2 h、−30 ℃±3 ℃恒温16 h后恢复室温静置2 h、按GB/T 2423.2“试验Bb”40 ℃持续2 h、按GB/T 2423.3“试验Ca”40 ℃、85%湿度持续2 h设置，其中2 h与装置单次连续作业时长基本匹配，16 h用于考核长时间低温静置后的启动能力，温度点和时长均可由现有环境试验箱实现，具备可行性。

3.除冰效果指标的确定依据。覆冰清除率按$\eta=(m_0-m_1)/m_0\times100\%$计算，以作业前后覆冰质量比为度量基准，物理意义明确、可复现。考虑覆冰分布不均和作业随机性，规定每一标称额定工况重复试验不少于3次，并按额定覆冰厚度判定；对作用区段非均匀或间断的装置，要求记录各评价位置的残冰分布。针对雨凇、雾凇、混合凇三类覆冰的密度和附着强度差异，分别要求清除率不低于90%，既反映不同冰型的除冰难度，也与工程上“除冰后不留明显残冰、不形成二次覆冰快速增长”的实际要求相适应。称重法不可行时，允许采用体积法或经验证的图像测量法，但要求前后计量方法一致并报告不确定度，保证结果可比。

4.安全保护指标的确定依据。地线除冰装置作业位置高、可达性差、故障处置困难，故要求具备异常状况保护功能和醒目的物理急停按键，通信中断后不得出现继续行走、冲击或振动，并设置防坠落、防脱离措施及故障装置安全回收方式，防止装置失控坠落或滞留地线。电气保护按电源特性设置过流、短路、欠压和温度保护，并针对机械储能部件设置防误释放措施。考虑装置邻近带电体作业，对感应电位、电磁环境和与带电部件的安全距离要求根据拟使用线路条件制定专门防护与操作限制。上述要求均属现有装置可实现的常规安全配置，具备工程可行性。

5.电气性能与电磁兼容指标的确定依据。装置安装于地线并沿线行走，处于高压输电线路的强电场、强磁场环境，且依赖无线通信遥控，故规定静电放电抗扰度4级、射频电磁场辐射抗扰度3级、工频磁场抗扰度5级，试验方法分别执行GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.8，其中工频磁场取5级与装置贴近载流导线、工频磁场强度较高的实际环境相适应。上述等级为现行标准明定的严酷度等级，试验条件成熟，第三方检测机构具备实施能力。

6.检验与判定指标的确定依据。检验项目按“共性项目＋分类专用项目”设置，共性项目为结构与外观、适用条件、除冰效果、地线与OPGW保护、控制通信及安全保护、电磁兼容，两类装置均应检验；专用项目按装置类别标注

应检、选检或不适用，避免对不具备相应功能的装置提出无效要求。型式试验试件不少于2件，考虑装置属小批量、多规格产品，2件可兼顾统计代表性和试验成本；1件不合格即判该批次不合格并加倍取样复试，与产品认证通行做法一致。定期检验周期不超过12个月，与线路年度检修周期和装置使用频次相匹配；出厂检验逐台（套）实施并附检验记录，保证交付质量可追溯。

七、与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况。采标情况，以及是否合规引用或采用国际国外标准。

1.与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况

1.与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况

现行相关标准主要包括DL/T 1609《架空输电线路除冰机器人作业导则》和DL/T 832《光纤复合架空地线》。DL/T 1609的适用范围为架空输电线路除冰机器人的作业行为，规定作业准备、作业流程、作业安全和作业管理要求，未规定装置的产品分类、性能指标、试验方法和检验规则；DL/T 832的适用范围为OPGW产品本身的技术要求和试验方法，不涉及除冰装置；GB/T 36321仅规定特种机器人的分类、符号和标志，不涉及性能要求。

目前国内外尚无统一的地线机械除冰装置技术规范，导致地线除冰装备在设计制造、招标采购和检验验收中依据零散：装置名称与型号各异，除冰能力缺乏统一表述，除冰效果无法横向比较，地线与OPGW本体安全缺少统一考核方法，产品质量参差不齐。

相较上述标准，本文件的技术内容具有以下差异和补充：一是按接触方式和机械除冰原理建立双维度分类与型号编码，解决了装置无法识别和比较的问题；二是提出额定工况、额定覆冰厚度、有效作用区段和覆冰清除率等可量化指标及对应试验方法，填补了除冰效果考核方法的空白；三是针对OPGW提出兼容性论证要求和光纤传输状态比对方法，形成地线本体保护的量化考核；四是建立型式检验、出厂检验、定期检验三级检验制度和12项检验项目适用性矩阵，明确各类检验的实施主体。

本标准未与国外样品、样机进行数据对比。编写组在调研中收集了国外地线除冰相关装备的公开技术资料，但未获取可供对比的完整测试数据，故未设置样品样机对比内容。

2.是否合规引用或采用国际国外标准

本标准未引用或采用国际、国外标准，无采标情况。

八、涉及专利的有关说明

本标准编制过程中，未识别出涉及专利的内容。本标

准不涉及任何专利技术，所有检测方法、技术指标均来自现行公开标准及行业实践经验，无专利处置相关问题。

九、专家审查会情况

中国电力建设企业协会组织召开了两次线下专家《架空输电地线除冰装置》初稿审查会、征求意见审查会，邀请线路运行、电力建设、装备制造、标准化等方面专家，对标准送审稿、编制说明和征求意见汇总处理情况进行审查，重点审查技术要求的科学性、技术指标的合理性和与现行标准的协调性。与会专家一致同意通过审查，要求编写组按照具体审查意见进行修改完善，完成报批工作。

十、标准名称变更理由及报批情况

在标准编制过程中，编写组就标准名称进行了专门讨论。讨论中提出，若采用“地线除冰机器人”作为名称，将难以覆盖无人机搭载敲冰器具、火药爆炸式除冰装置等不以沿地线行走或驻留为必要条件的装置，名称外延不足；若采用“架空输电线路除冰装置”，则可能与导线除冰装置混同，指向不够准确。

经研究，本标准名称确定为《架空输电地线除冰装置》，理由如下：一是“地线”明确指向架空地线，与DL/T 832、DL/T 1609及GB/T 35706中“地线”“架空地线”的表述相衔接；二是“除冰装置”涵盖附着式（含地线除冰机器人）和非附着式两类装置，与第4章的分类体系一致；三是名称

与标准适用范围、技术内容相对应，避免名称外延与内容不符。

十一、其他应当说明的事项

1.本标准为2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划项目（计划编号：中电建协〔2025〕131号），计划编号“T/CEPCA 2025061”。编制过程严格遵循《中国电力建设企业协会团体标准管理办法》，确保标准的科学性、公正性和实用性。

2.本标准为新增团体标准，不涉及代替或废止现行国家标准、行业标准及其他团体标准的情况，与现有标准形成互补。建议在实施过程中积累应用经验，待技术成熟后纳入行业标准体系。

十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议

《架空输电地线除冰装置》具有创新性和引领性，为架空输电线路地线机械除冰装置的设计制造、检验验收和运行管理提供了支撑性、基础性标准。为做好标准的贯彻实施，提出以下建议。

宣贯培训：建议由中国电力建设企业协会组织标准宣贯会，重点讲解“分类与型号编码规则”“额定工况与覆冰清除率评价方法”“地线与OPGW保护试验要求”“型式、出厂、定期三级检验制度”等内容，并编制配套培训资料、

试验作业指导书和检验记录式样，提升制造企业、施工企业、运行单位和检测机构的标准执行能力。

实施要求：本标准为推荐性团体标准，不设强制性条文，鼓励行业单位自愿采用。建议电网企业、送变电企业将本标准纳入地线除冰装置采购技术条件和招标技术要求，在技术规范书中明确额定覆冰厚度、保证清除率和检验要求；建议制造企业依据本标准完善企业标准，按第7章要求完成型式检验并随产品提供检验报告和合格证明；建议运行单位将装置纳入年度检验计划，落实定期检验要求。

过渡期和实施日期建议：建议自标准发布之日起实施，设置合理的过渡期，便于各相关单位完成标准学习和实施细则编制工作。建议由中电建协组织进行广泛宣贯，并在成员单位中尽快实施，及时总结实施过程中的反馈意见，将其升级为行业标准或国家标准。

附件 7

ICS XX.XX
CCS XXX

中 国 电 力 建 设 企 业 协 会 标 准

T/CEPCAXX—20□□

户内高压电器设备转运及就位施工工艺导则

Guidelines for Construction Technology of Transportation and Positioning of Electrical Equipment for Indoor Substation

（征求意见稿）

20××-××-××发布　　20××-××-××实施

中国电力建设企业协会　　发布

目　　次

1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 总体原则 1
5 施工流程 2
6 转运准备 2
7 户内高压电器设备转运 3
8 户内高压电器设备就位 3
9 质量控制措施 4
10 安全控制措施 4

前　　言

本文件依据 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》的要求，按照相关规定起草。

本文件由中国电力建设企业协会提出并解释；

本文件由中国电力建设企业协会归口；

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这些专利的责任。

本文件起草单位：安徽送变电工程有限公司、国网安徽省电力有限公司、浙江省送变电工程有限公司、吉林市佰丰科技有限公司、东北电力大学、甘肃送变电工程有限公司、国网重庆市电力公司建设分公司、河北省送变电有限公司、沈阳工程学院、贵州送变电有限责任公司、国网吉林省电力有限公司建设分公司、安徽德盛电力设备制造有限公司、三只金钩技术有限公司等。

本文件主要起草人：陆康、程攀、贾宏生、王开库、张金锋、琚忠明、曹根昊、李远、李凯、王圣昌、舒斌、王恭、丁伟、孟文志、周本立、李伯明、周帆、周宜开、王晓飞、王德时、盛有雨、张刚、佘亚江、苏豪、唐杰、李自若、尹晓伟、高强、曹邦标、连军、杨盼盼、徐玉洪、于林、徐宏奥、王茹、谢永、王亮、吴佳臻等。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力建设企业协会。

户内高压电器设备转运及就位施工工艺导则

1 范围

本文件明确了户内高压电器设备转运及就位一般规定、施工准备、设备转运、设备就位、质量控制措施、安全控制措施等内容。

本文件适用于新建、改建、扩建变电工程户内高压电器设备转运及就位施工。

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 27544　工业车辆 电气要求
GB/T 30030　自动导引车（AGV）术语
DL 5009.3　电力建设安全工作规程　第3部分：变电站
DL/T 5850　电气装置安装工程　高压电器施工及验收规范
JB/T 6127　电动平车技术条件
JGJ 276　建筑施工起重吊装工程安全技术规范

3 术语和定义

GB/T 30030中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

运输平台 Transport Platform
用于户内高压电器设备承载、短驳的平台式结构装置总称。

3.2

电动运输平台 Electric Transport Platform
具备遥控、导引或自主行驶功能的电力驱动运输平台。

3.3

液压运输平台 Hydraulic Transport Platform
具备液压升降、行走功能的运输平台。

3.4

气垫运输平台 Air-cushion Transport Platform
以气垫为支承，配置成套供气系统的运输平台。

4 总体原则

4.1 户内高压电器设备安装前，应在施工方案中明确转运及就位内容，并向施工人员交底。

4.2 户内高压电器设备就位前，应对基础及预埋件轴线、标高进行复测。

4.3 户内高压电器设备转运及就位可采用整体式或分体式运输平台，根据现场条件选择电动、液压或气垫动力型式。

4.4 户内高压电器设备转运及就位施工应采取质量控制措施，就位偏差、三维冲击数值符合施工及设备厂家技术文件要求。

4.5 户内高压电器设备转运和就位过程应采取各项安全防护措施。

5 施工流程

5.1 户内高压电器转运及就位流程见图5.1。

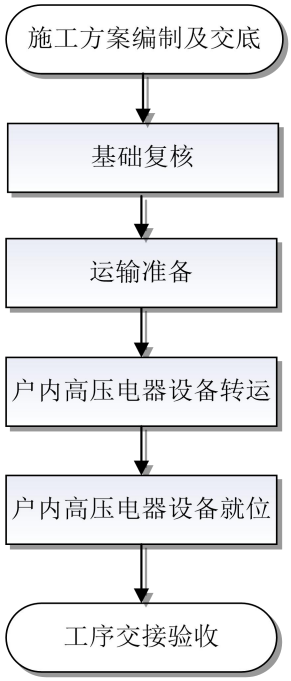


图 5.1 户内高压电器设备转运及就位流程图

6 转运准备

6.1 技术准备

6.1.1 施工前应组织技术资料会审，了解高压电器设备的外形尺寸、重量、重心、气压、冲击限值等技术参数。

6.1.2 复核转运路径作业条件，检查门洞尺寸、运输宽度、净空高度、转弯半径、地面坡度和承载力。

6.1.3 设备安装的场地应符合DL/T 5850-2021第3.1.3条规定，对达不到运输要求的地面、电缆沟道和孔洞等，应采取相应的加固或通过措施。

6.2 运输平台检查

6.2.1 整体式运输平台使用前检查符合下列要求：

1）使用前应检测合格，状态良好，符合GB/T 27544-2011第5款和出厂技术要求。检测内容包括行驶机构、转向机构、制动系统、液压系统、电气系统、遥控系统和防碰撞预警功能等。

2）运输平台离地高度宜小于600mm。

3）具有不同挡位速度调节功能。

4）配备紧急停止按钮，紧急制动距离应小于200mm。

5）电动运输平台应满足JB/T 6127-2010第4、5款要求，电池电量连续作业时间应大于4小时。

6.2.2 分体式运输平台使用前检查，除满足整体式运输平台检查要求外，还需符合下列要求：

1）具有同步联动和控制功能的，各模块通信与联动控制应正常。

2）各平台受力均衡，多点行走、升降同步，各点高差应符合要求。

6.2.3 门式吊装运输平台使用前检查符合下列要求：

1）机构联动控制正常，遥控、手动切换及限位功能应可靠。

2）起重量限制器、防倾覆及防坠落装置灵敏可靠，行走稳定。

3）起吊离地100mm悬停检查，确认结构稳定后方可作业。

6.2.4 抬升就位平台使用前检查，除满足分布式运输平台检查要求外，还需符合下列要求：

1）配备防坠落机械锁止机构，失去动力源时自动锁止。

2）多点抬吊，各点应受力均匀、升降同步，保持吊装平衡。

3）单点载荷限制不得超过JGJ 276-2012第3.0.15条要求。

6.2.5 动力方式采用液压操控的，液压管路、油缸及接头无渗漏，系统压力正常。

6.2.6 动力方式采用气垫运输的，气垫密封面无划痕、裂纹，供气应稳定。

7 户内高压电器设备转运

7.1 运输平台行走

7.1.1 根据设备平面布置，从内向外依次完成运输。

7.1.2 高压电器设备装载时应保持平稳，运输平台预设橡胶垫或软木垫，以缓冲冲击。

7.1.3 转运路径应平整，地面高差较大时应设置缓坡或搭设钢制过渡板。

7.1.4 运输平台启动前，应清空转运路径上的所有障碍物，确认无人员逗留。

7.1.5 运输平台应缓慢加速，转运时保持匀速行驶，速度应小于0.5m/s；在狭窄区域或转弯时速度应小于0.2m/s。

7.1.6 通过小于1.2倍运输宽度的狭窄通道时，应安排专人在前方引导，两侧监护。

7.2 运输平台转向

7.2.1 应控制转向速度，确认满足运输宽度最小转弯半径要求。

7.2.2 转向时运输平台和设备外侧与障碍物距离宜大于200mm。

8 户内高压电器设备就位

8.1 就位准备

8.1.1 应清理设备底部及基础面上的杂物。

8.1.2 将设备运至安装基础上方，宜采用激光指向仪或标线辅助，对齐设备中心与基础轴线。

8.1.3 设备符合就位条件后，运输平台应保持静止。

8.2 设备就位

8.2.1 根据设备重量、外形尺寸和基础形式，选择合适的顶升或吊装设备。

8.2.2 顶升设备均匀布置在设备底部的承重点下方，吊点设置于设备主框架或专用吊环处，不得顶升或吊装设备薄弱部位。

8.2.3 顶升或吊装时设备应保持水平，不得产生明显晃动。

8.2.4 多点顶升就位时，各顶升点应同步动作，各点高差应小于5mm。

8.2.5 测量设备底部与基础顶面距离，确保运输平台安全撤出。

8.2.6 设备就位应缓慢进行，保持水平。

9 质量控制措施

9.1 设备转运过程中，设备易损部位应采取保护措施，不得误碰构筑物或其他设备。

9.2 设备就位时，抬升及下降过程应轻缓，不得有明显振动。

9.3 检查设备三维冲击记录仪数值满足厂家技术文件要求。

9.4 检查气室压力满足厂家技术文件要求。

9.5 检查设备外观无损伤，法兰接口无变形，密封面无划伤。

10 安全控制措施

10.1 电动、液压、气动系统应定期检查、维护和保养，各项参数符合出厂技术要求。

10.2 运输平台运输过程中对设备姿态进行监测，设备倾斜角度不应大于5°。

10.3 运输平台应具备防倾斜、防碰撞报警功能。

10.4 设备就位时，应采取防坠落措施。

10.5 转运及就位近电作业时，与带电体安全距离应满足DL 5009.3-2013第6.2条要求。

附件 8

中国电力建设企业协会团体标准
《户内高压电器设备转运及就位施工工艺导则》
编制说明

目 录

一、工作简况 1
二、标准编制原则、主要内容及确定依据 5
三、与现行法律法规和标准的协调性 7
四、标准的先进性或特色性 8
五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据 . 9
六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据 10
七、与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况，以及是否合规引用或采用国际国外标准 11
八、涉及专利的有关说明 11
九、专家审查会情况 12
十、标准名称变更理由及报批情况 12
十一、其他应当说明的事项 12
十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议 12

一、工作简况

（一）任务来源

本标准根据中国电力建设企业协会《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）安排立项。

（二）参编单位及分工

本规范由中国电力建设企业协会标准化管理委员会负责管理，安徽送变电工程有限公司、国网安徽省电力有限公司、浙江省送变电工程有限公司、吉林市佰丰科技有限公司、东北电力大学、甘肃送变电工程有限公司、国网重庆市电力公司建设分公司、河北省送变电有限公司、沈阳工程学院、贵州送变电有限责任公司、国网吉林省电力有限公司建设分公司、安徽德盛电力设备制造有限公司、三只金钩技术有限公司共同编制完成。

安徽送变电工程有限公司为主编单位，负责标准整体策划、大纲编制、核心章节起草及统稿工作；其他参编单位结合各自在户内高压电器设备转运及就位设计、施工、装备制造等实践经验，分别承担相应章节的资料收集、条款起草、验证校核等工作。

（三）制定背景

随着城市电网建设规模的不断扩大，户内气体绝缘金属封

闭开关设备凭借占地紧凑、运行稳定、防护性能优异等优势，在变电站工程中的应用日益普及。与此同时，户内施工场景的场地约束与施工高质量发展要求之间的矛盾逐步显现，推动户内高压电器设备施工向机械化、智能化转型升级，已成为行业发展的重要方向。

当前户内高压电器设备转运与就位作业面临多重现场条件制约，普遍存在楼面承重能力有限、室内作业空间狭窄、楼板预留孔洞分布密集等问题，大型起重运输机械无法直接进场开展作业，长期以来主要采用人工作业配合简易机具的半自动化运输方式。传统作业模式存在设备移动转向难度大、空间姿态控制精度低、平稳就位风险高等突出难题，作业效率、安装精度与安全管控水平均难以适应当前工程建设的高质量发展要求。

施工装备与信息技术的融合发展，机械化、智能化施工新装备、新工艺不断涌现，为破解户内施工瓶颈、革新作业方式提供了坚实的技术支撑，但户内高压电器设备转运、就位领域尚未形成统一的成套装置技术规范与施工技术标准，不同项目的装备选型、作业流程、质量管控要求缺乏统一依据，既制约了机械化、智能化施工装备的规模化推广应用，也难以形成权威、统一的施工质量评判标准，易引发作业安全隐患与工程质

量争议。

根据上述行业发展背景与工程建设实际需求，为进一步规范户内高压电器设备转运、就位成套装置技术要求与关键施工技术，为户内高压电器设备机械化、智能化施工提供统一的技术依据，组织开展本技术规程的编制工作并向中国电力建设企业协会提出申请。

（四）编制过程

2025 年 4 月，中电建协标委会对中电建协团标《户内变电站电气设备转运及就位装备施工工艺导则》予以立项。2025 年 6 月，项目以《关于印发 2025 年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131 号）文件向社会发布。2026 年 8 月，根据中电建协首次审核意见，标准申请改名为《户内高压电器设备转运及就位施工工艺导则》

在中电建协标委会指导下，主编单位于 2025 年 6 月开始正式组建了包括所有编制单位在内的工作组并启动编制工作，编制过程主要分为以下阶段:

前期调研与草案起草（2025 年 6 月至 12 月）：编制组广泛开展收资、调研、访谈，对标准编制事宜进行反复研究，制定了标准编制大纲。

内部研讨与初稿编写（2026 年 1 月至 2026 年 8 月）：编写组内部对草案的结构、范围、术语、核心条款进行深入讨论

与修改，形成标准草案初稿。2026 年 8 月，在安徽合肥召开初稿讨论会，会议对初稿的标准名称、内容、结构展开详细讨论，提出了新的修改补充建议和完成时间。会议同时确定了下一步标准编制分工、进度计划、会议计划。会后，参编单位按照分工着重对正文、归档范围进行了修改完善。

征求意见稿编写（2026 年 9 月至 10 月）：2026 年 9 月，在安徽合肥召开征求意见稿定稿会，会议听取了编写组对标准初稿讨论会意见的修改情况汇报，参会单位对标准条款逐条审议，与会人员通过讨论，形成了征求意见稿定稿。

征求意见（征求意见稿发布后）：向行业相关单位公开征求意见，广泛征求行业内各参建单位自身角色的意见，编写组对反馈意见进行汇总、研究和处理，形成征求意见汇总处理表。

送审稿编写与审查（后续阶段）：根据征求意见情况，编写组对标准进行修改完善，形成送审稿，并组织召开送审稿审查会，邀请输变电检验检测、电力工程等方面专家对标准送审稿、编制说明、征求意见处理情况进行审查，经充分讨论和统一意见，最终形成送审稿。

（五）主要起草人

陆康、程攀、贾宏生、王开库、张金锋、琚忠明、曹根昊、李远、李凯、王圣昌、舒斌、王恭、丁伟、孟文志、周本立、李伯明、周帆、周宜开、王晓飞、王德时、盛有雨、张刚、佘亚江、苏豪、唐杰、李自若、尹晓伟、高强、曹邦标、连军、

杨盼盼、徐玉洪、于林、徐宏奥、王茹、谢永、王亮、吴佳臻等。

二、标准编制原则、主要内容及确定依据

（一）编制原则

合规性原则。符合相关规定要求。本标准编制严格遵守《中国电力建设企业协会标准管理办法（试行）》，编写格式执行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》。

协调性原则。注重与国家法律法规和相关标准的协调性，与《自动导引车（AGV）术语》（GB/T 30030）、《工业车辆 电气要求》（GB/T 27544）、《液压升降机安全要求》（GB/T 20807）等相关现行标准协调配套，避免重复与矛盾，确保标准发布实施的可操作性。

系统性原则。结合当前户内高压电器设备转运、就位成套装置和关键技术现状，提升运输就位施工技术要求，满足电力建设行业技术发展需求，具有引领行业发展的作用。

可操作性原则。规定明确、流程清晰、技术方法具体，便于现场应用和对照执行，确保导则具有可操作性和现场指导性。

前瞻性原则。充分考虑新型检测技术应用的发展趋势，对新型检测技术提出适应性要求。

民主协同原则。充分发扬民主，广泛征求科研院所、建设单位、设计单位、施工单位、运维单位等多方意见，协调各参编单位达成共识，确保标准内容全面、公正、权威。

（二）标准主要内容

本规范共分为10章，系统介绍了户内高压电器设备转运及就位一般规定、施工准备、设备转运、设备就位、质量控制措施、安全控制措施等内容。核心内容包括:

第1部分为范围，概述了本文件的目的和适用范围。

第2部分为规范性引用文件，引用了现行有效国家、行业标准。

第3部分为术语和定义。

第4部分为总体原则，规定了后续各章节概述性描述。

第5部分为施工流程，规定了户内高压电器设备转运、就位施工流程。

第6部分为转运准备，规定了施工前应技术和机具准备等。

第7部分为高压电器设备转运技术要求。

第8部分为高压电器设备就位技术要求。

第9部分为质量控制措施。

第10部分为安全控制措施。

（三）标准主要内容确定依据

本标准参照技术类标准，主要内容按照 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。核心内容确定主要依据以下几方面：

法律法规：《建设工程质量管理条例》等。

国家标准：《工业车辆 电气要求》（GB/T 27544）、《液压升降机安全要求》（GB/T 20807）等。

行业标准：《电力建设安全工作规程 第3部分：变电站》（DL 5009.3）、《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》（DL/T 5850）、《电动平车技术条件》（JB/T 6127）电力等行业相关标准。

行业专家与企业反馈意见：结合实际需求，优化内容，确保标准的科学性与可操作性。

三、与现行法律法规和标准的协调性

本标准严格遵循《中华人民共和国电力法》《中华人民共和国安全生产法》《建设工程质量管理条例》等上位法律法规的立法精神与管理要求，与《电力建设安全工作规程第3部分：变电站》（DL5009.3）、《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》（DL/T5850）等电力行业基础性施工验收与安全管理标准保持协调一致，是其通用技术要求在户内高压电器设备转运及就位专项施工领域的细化补充与实践延伸。同时，本标准与《工业车辆电气要求》（GB/T27544）、《自动导引车（AGV）术语》（GB/T30030）、《电动平车技术条件》（JB/T6127）、《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》（JGJ276）等装备技

术、施工安全类相关标准在技术条款上相互衔接、配套适用，不存在矛盾与冲突。

四、标准的先进性或特色性

1.本标准是国内首部针对户内高压电器设备转运及就位施工工艺的专项团体标准，聚焦户内受限空间作业场景，系统规范了设备转运与就位的全流程施工技术与管控要求，填补了户内高压电器设备机械化、智能化施工工艺领域的标准空白。

2.本标准在与现行电力施工验收、安全作业及装备技术类标准协调一致的基础上，紧扣户内施工楼面承重有限、作业空间狭窄、楼板孔洞密布等典型场景特点，细化明确了转运准备、路径通行、姿态控制、精准就位等关键环节的工艺参数与作业要求，为施工、监理、建设等单位开展现场作业与质量验收提供标准化依据与实操指导。

3.本标准系统归纳了整体式、分体式、门式、抬升式等多类运输平台的作业管控要求，覆盖电动、液压、气垫等多种动力型式，创新性纳入了机械化转运、同步顶升就位等智能化施工装备的技术指标与作业规范，为新型施工装备的规模化推广应用提供标准支撑，对户内高压电器设备施工工艺迭代升级具有明确引导作用。

4.本标准的实施有助于统一户内高压电器设备转运及就位的施工流程与管控尺度，规范作业行为，提升户内受限空间下高压电器设备安装的作业效率、就位精度与安全管控水平，推

动变电工程户内施工向机械化、智能化方向高质量发展。

五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据

（一）标准调研、研讨情况

标准编写过程中，编写组进行了广泛的收资、调研和探讨。研究的几个主要问题及处理结论如下:

1.本标准的编制目的和适用范围

本标准旨在规范户内高压电器设备转运及就位施工工艺与管控要求，填补户内受限空间高压电器设备机械化、智能化施工工艺领域的标准空白，适应当前变电工程建设高质量发展需求，构建工序清晰、管控规范的施工作业技术体系。

本文件适用于新建、改建、扩建变电工程户内高压电器设备的转运及就位施工，其他户内重型电气设备转运就位工程可参照执行。

2.标准的编写规则

本标准对户内高压电器设备转运及就位施工全过程作出系统性原则规定，重点梳理了作业全流程的管控逻辑与技术要点，按照施工准备、设备转运、设备就位的作业阶段划分核心章节，同步配套质量控制与安全控制专项要求，形成完整的施工工艺管控框架。

3.充分体现户内高压电器设备施工场景特点

针对户内作业空间狭窄、楼面承重受限、设备就位精度要求高等场景特点，本标准在第 6 章至第 8 章按转运准备、设备转运、设备就位的作业流程，细化明确了路径复核、装备选型、行走限速、转向管控、同步顶升、精准对位等关键工序的技术参数与操作要求；在第 9 章、第 10 章针对性提出三维冲击限值、设备倾斜角度、近电安全距离等专项管控指标，整体围绕户内受限空间重型高压电器设备施工的核心技术与过程管控要求进行系统规范。

4.术语和定义设置

本标准界定了运输平台、电动运输平台、液压运输平台、气垫运输平台等专用术语，对户内设备转运就位核心装备与关键概念作出明确定义，统一行业表述口径，保障标准核心概念的准确性与一致性。

（二）标准征求意见情况

本标准征求意见稿形成后，向行业相关单位公开征求意见。期间，本标准共征求到若干条意见，意见覆盖施工技术要求、新技术应用等相关内容。经编写组内充分讨论研究，对意见进行了采纳、部分采纳和不采纳的区分处理，并对修改情况给出了必要的解释说明。

（三）重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准编制过程中，未出现重大分歧意见。

六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依

据

本标准未涉及该项内容。

七、与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况，以及是否合规引用或采用国际国外标准。

1.与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况

目前国内外现行标准体系中，高压电器设备安装的通用技术要求主要散见于电力行业施工验收、安全作业类标准，运输作业装备的技术要求则分布于机械、建筑领域的通用产品标准，尚无专门针对户内受限空间高压电器设备转运及就位施工工艺的专项标准。

本标准充分结合户内高压电器设备施工的场景特性与工程应用需求，内容覆盖转运准备、设备转运、设备就位、质量控制、安全管控施工全流程，系统填补了户内高压电器设备专项转运就位工艺领域的标准空白，具备较强的现场指导性与工程适用性，对于规范户内高压电器设备施工作业、提升施工机械化与智能化水平具有重要支撑作用。

2.是否合规引用或采用国际国外标准

本标准未引用或采用国际、国外标准，无采标情况。

八、涉及专利的有关说明

本标准编制过程中，未识别出涉及专利的内容。

九、专家审查会情况

中国电力建设企业协会组织召开了两次线下专家《户内高压电器设备转运及就位施工工艺导则》审查会，邀请施工、设备制造方面专家从多方面进行审查。与会专家一致同意通过审查，要求编写组按照具体审查意见进行修改完善，完成报批工作。

十、标准名称变更理由及报批情况

在2026年8月8日至9日初稿讨论会中，部分参编单位对标准名称提出修改意见，建议将原立项名称《户内变电站电气设备转运及就位装备施工工艺导则》修改为《户内高压电器设备转运及就位施工工艺导则》，突出针对性。

2026年8月履行了名称变更报批程序，变更为《户内高压电器设备转运及就位施工工艺导则》。

十一、其他应当说明的事项

无。

十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议

《户内高压电器设备转运及就位施工工艺导则》具有创新性和引领性，为规范新建、改建、扩建变电工程户内高压电器设备转运及就位施工提供了有利依据。建议由中电建协组织进行广泛宣贯，并在成员单位中尽快实施，及时总结实施过程中的反馈意见，将其升级为行业标准或国家标准。

附件 9

ICS 29.130.10
CCS F 23

T/CEPCA 2025072

团体标准

气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）

安装过程中环境条件规范

Specification for environmental conditions during installation of gas insulated metal-enclosed switchgear (GIS)

××××-××-××发布　　××××-××-××实施

中国电力建设企业协会 发布

目　次

1 范围.....1
2 规范性引用文件.....1
3 术语和定义.....1
3.1 环境条件.....1
3.2 安装环境.....1
3.3 空气洁净度.....1
3.4 相对湿度.....1
3.5 防尘设施.....1
3.6 SF_6气体微水含量.....2
3.7 环境监控.....2
3.8 开罐作业.....2
3.9 高海拔.....2
3.10 极端气候.....2
3.11 强沙尘暴.....2
3.12 盐雾腐蚀环境.....2
4 安装环境分类与准备.....2
4.1 安装环境分类.....2
4.2 环境控制基本原则.....2
4.3 安装环境准备.....3
5 户内安装环境条件要求.....3
5.1 一般要求.....3
5.2 温度要求.....3
5.3 湿度要求.....3

5.4 空气洁净度要求.....3
5.5 其他要求.....4
6 户外安装环境条件要求.....4
6.1 一般要求.....4
6.1.1 气象条件要求.....4
6.2 温度要求.....4
6.3 湿度要求.....4
6.4 防尘设施要求.....4
7 特殊环境条件要求.....5
7.1 高海拔.....5
7.2 极端气候.....5
7.2.1 高温天气.....5
7.2.2 低温天气.....5
7.3 强沙尘暴.....5
7.4 盐雾腐蚀.....5
8 安装环境监控与记录.....5
8.1 监控要求.....5
8.2 监控频率.....5
8.3 记录要求.....5
8.4 记录保存.....6
8.5 温度测定.....6
8.6 湿度测定.....6
8.7 空气洁净度检测.....6
8.8 气象条件观测.....6
附录 A 空气洁净度等级表.....7
附录 B GIS 现场安装环境检查记录表.....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。

本文件由中国电力建设企业协会提出。

本文件由中国电力建设企业协会标准化管理委员会归口。

本文件起草单位：xx

本文件主要起草人：xx

引　言

气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）作为现代电力系统的核心装备，以其占地面积小、绝缘性能强、运行可靠性高、环境适应性好等优势，在城市电网、变电站新建与改造、大型输变电枢纽、升压站、储能电站、轨道交通牵引供电等工程领域得到广泛应用。GIS 设备以六氟化硫（SF_6）气体作为主绝缘和灭弧介质，将断路器、隔离开关、接地开关、互感器、避雷器、母线及连接件等全部高压元件密闭封装于接地的金属壳体内。

GIS 设备的性能高度依赖于安装全过程的对接面清洁、空气洁净度控制、温湿度管理、真空度、气体质量管控、机械对位精度及密封可靠性。其中，环境条件是影响 GIS 设备安装质量和投运后可靠性的关键因素。温度、湿度、空气洁净度、风速等环境参数的超标或剧烈波动，可能导致密封失效、内部元件污染等严重后果，进而引发局部放电超标、绝缘闪络等设备故障。

目前，GIS 安装阶段的环境条件控制主要依据设备厂家技术文件和现场经验，缺乏统一的行业标准规范。为填补这一空白，指导 GIS 安装过程中的环境条件控制，保障设备安装质量和电网安全运行，特制定本文件。

气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件规范

1 范围

本文件规定了气体绝缘金属封闭开关设备（以下简称 GIS）主要安装过程中的环境条件要求。

本标准适用于额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备在现场安装过程中的环境条件控制。额定电压 72.5 kV 以下气体绝缘金属封闭开关设备安装的环境条件控制参照执行。

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 50147 电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范

GB/T 7674 额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备

GB/T 11022 高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求

GB/T 19292.1 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第 1 部分：分类、测定和评估

GB/T 19608.3 特殊环境条件分级 第 3 部分：高原

GB/T 20480 沙尘天气等级

GB/T 25915.1 洁净室及相关受控环境 第 1 部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级

3 术语和定义

3.1 环境条件 environmental conditions

GIS 设备安装过程中所处的温度、湿度、空气洁净度、风速等环境参数。

3.2 安装环境 installation environment

GIS 设备进行安装作业的场所。

注：按场所类型分为户内安装环境、户外安装环境和特殊地区安装环境，特殊地区安装环境的要求见第 7 章。

3.3 空气洁净度 air cleanliness

按单位体积空气中大于等于规定粒径的悬浮粒子最大允许数划分的分级指标。

3.4 相对湿度 relative humidity

空气中实际水汽压与同温度下饱和水汽压的百分比。

3.5 **防尘设施** dust-proof facility

为控制 GIS 安装环境的空气含尘量而设置或搭设的设施。

注：包括风淋室、空气净化装置等；根据需要可兼具防潮功能。

3.6 **SF_6气体微水含量** moisture content in SF_6 gas

SF_6气体中水蒸气的体积分数。

3.7 **环境监控** environmental monitoring

对 GIS 安装过程中的环境参数进行持续测量、记录和分析的活动。

3.8 **开罐作业** can-opening operation

为进行内部导体连接、清洁、检查或缺陷处理，将 GIS 隔室的外壳法兰、封盖或装配孔开启，使内部元件暴露于外部环境的作业。

注：仅通过充气接口进行的抽真空、充气、补气和气体检测等不开启外壳的作业，不属于开罐作业。

3.9 **高海拔** high altitude

海拔高度超过 1000 m 的地区。

注：海拔 1000 m 为 GIS 正常使用条件的分界值（见 GB/T 11022）；高海拔环境条件的严酷等级划分见 GB/T 19608.3。

3.10 **极端气候** extreme climate

超出 GIS 安装作业允许范围的高温或低温天气状况。

注 1：本文件所称极端高温，指作业环境气温高于 40 ℃；极端低温，指作业环境气温低于-10 ℃。

注 2：40 ℃及-10 ℃为密封作业和SF_6气体充注的施工工艺限值，不代表设备的使用温度下限。

3.11 **强沙尘暴** severe sandstorm

沙尘天气频繁且对 GIS 安装环境构成显著影响。

注：沙尘天气的等级划分按 GB/T 20480 的规定，其中强沙尘暴指水平能见度大于等于 50 m 且小于 500 m 的沙尘暴。

3.12 **盐雾腐蚀环境** salt spray corrosion environment

空气中盐雾含量较高，能对金属材料、绝缘件及导电接触面产生腐蚀作用的安装环境。

注：盐雾腐蚀环境通常包括距海岸线 10 km 以内的沿海地区、盐碱地、盐场及其邻近区域；具体范围可结合当地盐雾沉降率、大气腐蚀性等级（见 GB/T 19292.1）或运行经验确定。

4 安装环境分类与准备

4.1 安装环境分类

GIS 安装环境按下列方式分类：

a) 户内安装环境：GIS 设备在专用配电装置室内进行安装；

b) 户外安装环境：GIS 设备在露天场地或临时遮蔽物内进行安装；

c) 特殊地区安装环境：包括高海拔地区、极端气候地区、强沙尘暴地区、盐雾腐蚀地区等。

4.2 环境控制基本原则

GIS 安装过程中的环境控制应遵循下列基本原则：

a) 预防为主：采取有效防护措施，防止环境因素对设备造成污染或损伤；

b) 过程管控：对安装全过程的环境条件进行监测和记录；

c) 指标达标：环境条件应满足本文件规定及厂家技术文件要求；

d) 动态调整：根据天气变化和作业进程及时调整防护措施。

4.3 安装环境准备

GIS 设备安装前，安装环境应满足下列基本条件：

a) 安装场地：GIS 室土建工程宜全部完毕，室内应清洁，通风良好，门窗孔洞应封堵完成；室外安装的 GIS 不应有扬尘及产生扬尘的环境，否则应采取防尘措施；

b) 临时设施：照明、起重机械、空调、除湿、空气净化设备等安装调试完成并投入使用；

c) 监测设备：温湿度计、尘埃粒子计数器等监测仪器配置齐全并在有效期内；

d) 安全距离：安装作业应满足与邻近带电体安全距离要求。

5 户内安装环境条件要求

5.1 一般要求

户内安装环境条件应符合表 1 的规定。

表 1 户内安装环境条件要求

环境参数	**72.5 kV～550 kV**	**550 kV 以上**
环境温度	-10 ℃～35 ℃	-10 ℃～35 ℃
温度变化率	≤5 ℃/h	≤5 ℃/h
相对湿度	＜80%	≤70%
空气洁净度	不低于 ISO 9 级	不低于 ISO 9 级

备注：冬季施工时，应采取供暖措施；夏季施工时，应采取降温措施。

5.2 温度要求

户内 GIS 安装时，环境温度应满足表 1 的规定值。

5.3 湿度要求

户内 GIS 安装时，相对湿度应满足下列要求：

a) 相对湿度不应大于本文件表 1 的规定值；

b) 雨季或高湿度地区施工时，应采取除湿措施；

c) 除湿设备应持续运行，保持安装区域干燥。

5.4 空气洁净度要求

户内 GIS 安装时，空气洁净度应满足下列要求：

a) 安装区域内空气洁净度不应低于本文件表 1 的规定值；

b) 地面应铺设防静电胶垫或其他防护材料，并保持清洁；

c) 进入安装区域的人员应穿戴无尘工作服、鞋套；

d) 开罐作业前，应进行空气洁净度检测，合格后方可作业。

5.5 其他要求

户内 GIS 安装时，还应满足下列要求：

a) 地面无积水、无积尘；

b) 安装区域与产生粉尘、烟雾的作业区域有效隔离；

c) 通风系统运行时不应产生扬尘；

d) 安装区域人员进出口应有防尘风淋间，车辆及设备进出口宜设置喷淋除尘室。

6 户外安装环境条件要求

6.1 一般要求

6.1.1 气象条件要求

户外 GIS 安装时，气象条件应满足下列要求：

a) 无雨、无雪、无雾霾；

b) 风力大于 6 级时，不应进行吊装作业及户外高处作业；

c) 沙尘天气不应进行 GIS 开罐作业。

6.1.2 户外安装环境条件应符合表 2 的规定。

表 2 户外安装环境条件要求

环境参数	**72.5 kV～550 kV**	**550 kV 以上**
环境温度	-10 ℃～40 ℃	-10 ℃～40 ℃
相对湿度	＜80%	≤70%
空气洁净度（防尘设施内）	不低于 ISO 9 级	不低于 ISO 9 级
防尘设施配置	应配置	应配置

备注：上述表内参数为防尘设施内参数

6.2 温度要求

户外 GIS 安装时，环境温度应满足下列要求：

a) 环境温度不应低于-10 ℃，不应高于 40 ℃；

b) 气温低于 5 ℃时，不应进行密封作业；确需作业时，应采取加热措施；

6.3 湿度要求

户外 GIS 安装时，相对湿度应满足下列要求：

a) 相对湿度不应大于本文件表 2 的规定值；

b) 雨雪天气不应进行 GIS 开罐作业；

c) 雨后应待环境干燥后方可恢复作业。

6.4 防尘设施要求

户外 GIS 安装应设置防尘设施，应满足下列要求：

a) 采用不易产尘的材料搭建，具备防风、防雨、防尘、防静电或感应电功能；

b) 防尘设施内应配置温湿度控制设备；

c) 防尘设施内空气洁净度应达到本文件表 2 的规定值；

d) 防尘设施内应配置照明，照明亮度不宜小于 300 Lx。

7 特殊环境条件要求

7.1 高海拔

海拔高度超过 1000 m 时，GIS 安装环境条件除应符合本文件第 5 章、第 6 章的规定外，还应满足下列要求：

a) 密封材料应满足高海拔低气压环境的使用要求；

b) 密封作业宜避开昼夜温差剧烈时段；

7.2 极端气候

7.2.1 高温天气

气温高于 35 ℃时，禁止 SF_6充注作业。

7.2.2 低温天气

气温低于-10 ℃时，应采取加热措施。

7.3 强沙尘暴

GIS 安装环境还应满足下列要求：

a) 防尘设施应具备更好的密封性能；

b) 安装区域周围应设置防风围挡；

c) 沙尘天气应停止开罐作业，已开封的设备接口应及时封堵；

d) 沙尘天气过后，应对设备表面进行清洁后方可继续作业。

7.4 盐雾腐蚀

沿海或盐碱地等盐雾腐蚀环境，GIS 安装环境还应满足下列要求：

a) 母线等金属部件在安装前应采取临时防腐蚀措施；

b) 安装作业人员应避免直接接触金属导体表面；

c) 安装完成后应及时进行接地处理。

8 安装环境监控与记录

8.1 监控要求

GIS 安装过程中应进行环境条件监控，监控要求如下：

a) 温湿度：安装区域应配置温湿度监测设备，持续监测并记录，室内安装时宜与温度变化率进行比对；

b) 空气洁净度：开罐作业前应进行洁净度检测，合格后方可作业；

c) 气象条件：户外作业应关注天气预报，遇恶劣天气提前采取防护措施或停止作业。

8.2 监控频率

环境监控频率应满足至少每 2h 检测一次，关键工序前后应增加检测频率。

8.3 记录要求

GIS 安装过程中的环境条件应予以记录，记录要求如下：

a) 对接、点检、SF_6气体充注等关键工序应记录环境条件；

b) 环境条件记录应包括：监测时间、温度、湿度、空气洁净度、天气状况、监测人员等信息；

c) 环境条件超标或异常时，应记录超标情况、采取措施及处理结果；

d) 安装环境条件应在作业期间按规定频次如实记录，记录应经旁站监理人员、设备厂家代表、现场施工作业负责人共同签字确认。

8.4 记录保存

环境条件记录应作为安装技术资料保存，保存期限不应低于设备投运后二年。

8.5 温度测定

温度测定应按下列方法进行：

a) 采用经校验合格的温度计或温湿度记录仪；

b) 测点布置：安装区域内应至少设置 1 个测点，测点距离地面 1.5 m，距遮挡物不应小于 0.5 m；

c) 测定时机：作业前、作业过程中按本文件 8.2 规定的频率测定，关键工序前后应测定；

d) 记录：记录测定时间、测定值、测定人员。

8.6 湿度测定

湿度测定应按下列方法进行：

a) 采用经校验合格的湿度计或温湿度记录仪；

b) 测点布置：与温度测定测点相同；

c) 测定时机：与温度测定同步；

d) 记录：记录测定时间、测定值、测定人员。

8.7 空气洁净度检测

空气洁净度检测应按下列方法进行：

a) 采用尘埃粒子计数器；

b) 检测时机：开罐作业前应进行检测，必要时在作业过程中加密检测；

c) 判定：检测结果满足本文件表 1 或表 2 对应要求为合格；

d) 记录：记录检测时间、检测值、检测设备型号、检测人员。

8.8 气象条件观测

气象条件观测应按下列方法进行：

a) 采用温度计、湿度计、风速仪、雨量计等仪器；

b) 观测时机：户外安装作业前、作业过程中持续观测；

c) 判定：满足本文件第 6 章气象条件要求方可作业；

d) 记录：记录观测时间、观测值、天气状况、观测人员。

附录 A

（资料性）

空气洁净度等级表

表 A.1 空气洁净度等级

空气洁净度（N）	大于或等于表中粒径的最大浓度限值（个/立方米）					
	0.1um	**0.2um**	**0.3um**	**0.5um**	**1um**	**5um**
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1000	237	102	35	8	
4（十级）	10000	2370	1020	352	83	
5（百级）	10000	23700	10200	3520	832	29
6（千级）	100000	237000	102000	35200	8320	293
7（万级）				352000	83200	2930
8（十万级）				3520000	832000	29300
9（百万级）				35200000	8320000	293000

备注:国际通用说法为 1—9 级，但通俗说法常以 0.5um 悬浮粒子数为标准而称为十级、百级。

附录 B

（资料性）

GIS 现场安装环境检查记录表

B.1 （工程名称及电压等级）GIS 现场安装环境检测设备记录表

表 B.1 GIS 现场安装环境检测设备记录表

设备名称	设备型号	生产厂家	检测精度	检验有效期	备注
温湿度计					
粉尘监测仪					

B.2 （工程名称及电压等级）GIS 现场安装环境检查每日记录表

表 B.2 GIS 现场安装环境检查每日记录表

序号	安装检测日期	时间	安装位置和工序	温度（℃）	湿度（%）	空气洁净度（个/立方米）			施工单位（签字）	厂家（签字）	监理单位（签字）	结论	备注
						0.5um	1um	5um					
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

备注：在进行 GIS 装配工作时，空气洁净度等级不应低于 9 级，如厂家安装环境要求高于 9 级的则执行厂家标准。

附件 10

中国电力建设企业协会团体标准

超高性能混凝土预制电缆井
技 术 指 南

编 制 说 明

二〇二六年十一月

一、工作简况

（一）任务来源

本标准根据中国电力建设企业协会《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）安排。

（二）参编单位及分工

本文件由中国电力建设企业协会标准化管理委员会负责管理，宇超电力股份有限公司为主编单位，国家电网有限公司特高压建设分公司、国网陕西送变电工程有限公司、内蒙古乌兰察布电力工程有限责任公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司乌兰察布供电分公司、国网江苏省电力工程咨询有限公司、广东电网有限责任公司佛山供电局、四川电力设计咨询有限责任公司、国网四川电力送变电建设有限公司、中国华电科工集团有限公司、福建省电力建设工程咨询有限公司、广西送变电建设有限责任公司、四川电力设计咨询有限责任公司、广州市电力工程有限公司、国网浙江省电力有限公司建设分公司、浙江电力建设工程咨询有限公司、杭州意能电力技术有限公司、甘肃送变电工程有限公司、广东电网能源发展有限公司、广西送变电勘察设计有限公司、内蒙古送变电有限责任公司、广西正远监理咨询有限公司、国网河北省电力有限公司沧州供电分公司、湖南省送变电工程有限公司、云南电网有限责任公司昆明供电局、河北省送变电有限公司、广东创成建设监理咨询有

限公司、安徽送变电工程有限公司等27家单位共同参编。

（三）制定背景

气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）作为现代电力系统的核心装备，以其占地面积小、绝缘性能强、运行可靠性高、环境适应性好等优势，在城市电网、变电站新建与改造、大型输变电枢纽、升压站、储能电站、轨道交通牵引供电等工程领域得到广泛应用。GIS设备以六氟化硫（SF_6）气体作为主绝缘和灭弧介质，将断路器、隔离开关、接地开关、互感器、避雷器、母线及连接件等全部高压元件密闭封装于接地的金属壳体内。

GIS设备的性能高度依赖于安装全过程的对接面清洁、空气洁净度控制、温湿度管理、真空度、气体质量管控、机械对位精度及密封可靠性。其中，环境条件是影响GIS设备安装质量和投运后可靠性的关键因素。温度、湿度、空气洁净度、风速等环境参数的超标或剧烈波动，可能导致密封失效、内部元件污染等严重后果，进而引发局部放电超标、绝缘闪络等设备故障。

目前，GIS安装阶段的环境条件控制主要依据设备厂家技术文件和现场经验，缺乏统一的行业标准规范。为填补这一空白，指导GIS安装过程中的环境条件控制，保障设备安装质量和电网安全运行，特制定本文件。

（四）编制过程

2025年4月，中电建协标委会对本标准予以立项。2025年6月，项目以《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会

团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）文件向社会发布。

在中电建协标委会指导下，主编单位于2025年6月组建了包括所有编制单位在内的工作组并启动编制工作，编制过程主要分为以下阶段:

前期调研与草案起草（2025年下半年至2026年上半年）：编制组广泛开展收资、调研和访谈，系统分析了GB 50147《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》、GB/T 7674《额定电压 72.5 kV及以上气体绝缘金属封闭开关设备》、GB/T 11022《高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求》、GB/T 25915.1《洁净室及相关受控环境 第1部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级》、GB/T 19608.3《特殊环境条件分级 第3部分：高原》、GB/T 20480《沙尘天气等级》、GB/T 19292.1《金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1部分：分类、测定和评估》等国家标准，以及DL/T 5850《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》、DL/T 5161《电气装置安装工程质量检验及评定规程》、DL/T 618《气体绝缘金属封闭开关设备 现场交接试验规程》等行业标准；收集整理了户内、户外安装环境的温度、相对湿度及温度变化率实测数据，空气悬浮粒子（0.5 μm、1 μm、5 μm）浓度检测数据，风速、雨雪、雾霾及沙尘能见度等气象资料，以及高海拔、盐雾腐蚀等特殊环境的气压、昼夜温差、盐雾沉降率和大气腐蚀性等资料，并汇总了主要GIS设备厂家技术文件中的环境控制限值；与GIS设备制造厂家、电力科研院所、试验检测机构及建

设、设计、施工、监理等单位进行了多轮技术交流和研讨论证，在此基础上明确了标准编制大纲和章节框架，结合GIS安装工程环境管控特点，形成了标准草案初稿。

初稿讨论会（2026年7月27日报到，7月28—29日开会）：中国电力建设企业协会主办、宇超电力股份有限公司承办，在厦门国际会展中心组织召开《气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件》《超高性能复合材料预制电缆井》《超高性能复合材料预制电缆井施工及验收规范》3项中电建协团体标准初稿讨论会（中电建协〔2026〕251号）。会议讨论了标准初稿，明确了修改单位分工及节点安排，提出了下一步工作要求。会后，编制组根据会议意见对初稿逐条修改完善。

征求意见稿定稿会（2026年10月30日报到，10月31日—11月1日开会）：中国电力建设企业协会在北京京丰宾馆组织召开《超高性能复合材料预制电缆井》《超高性能复合材料预制电缆井施工及验收规范》《气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件》3项团体标准征求意见稿定稿会（中电建协〔2026〕352号），会议由宇超电力股份有限公司承办。会议讨论了标准文本，确定了征求意见稿，明确了下一步工作计划和安排。会后，编制组按会议意见修改完善，形成本标准征求意见稿。

二、标准编制原则、主要内容及确定依据

（一）编制原则

合规性原则。本标准编制严格遵守《中国电力建设企业协会标准管理办法（试行）》，编写格式执行 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》。

协调性原则。注重与国家法律法规和相关标准的协调性，通用的材料要求、荷载取值、结构计算、防水和防腐要求直接执行现行标准，本标准只规定超高性能混凝土预制电缆井特有的技术要求，不重复、不矛盾，确保发布实施后可操作。

系统性原则。覆盖从原材料性能指标、荷载与作用组合、井型与构造、性能要求，到生产制作、运输堆放、检验验收的全过程，形成完整的技术链条，避免各环节要求脱节。

可操作性原则。规定明确、参数具体、方法可行，强度等级、覆土厚度、压实系数、工艺参数、检验批规模等均给出可测量、可判定的数值，便于设计、生产和检验人员对照执行。

民主协同原则。充分发扬民主，广泛征求建设、设计、施工、监理、生产企业和高等院校等多方意见，协调各参编单位达成共识，确保标准内容全面、公正、权威。

（二）标准主要内容

本标准共分为 8 章，另有 2 个附录，系统给出气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件规范要求。核心内容包括:

第 1～3 章：范围、规范性引用文件、术语和定义。明确本文件适用于额定电压 72.5 kV 及以上 GIS 现场安装过程中的环境条件控制，72.5 kV 以下参照执行；列出了 7 项规范性引用文件；界定了环境条件、安装环境、空气洁净度、相对湿度、防尘设施、SF_6 气体微水含量、环境监控、开罐作业、高海拔、极端气候、强沙尘暴、盐雾腐蚀环境等 12 项术语和定义。

第 4 章：安装环境分类与准备。将安装环境分为户内、户外和特殊地区三类，确立了预防为主、过程管控、指标达标、动态调整的环境控制基本原则，并从安装场地、临时设施、监测设备和安全距离等方面规定了安装前应具备的基本条件。

第 5 章：户内安装环境条件要求。规定户内环境温度控制在 -10 ℃～35 ℃、温度变化率不大于 5 ℃/h，相对湿度按电压等级分别控制在 80% 以下和 70% 及以下，空气洁净度不低于 ISO 9 级，并对温湿度控制、开罐前洁净度检测、人员着装防护、防静电及风淋防尘等提出具体要求。

第 6 章：户外安装环境条件要求。规定防尘设施内环境温度控制在 -10 ℃ ~ 40 ℃，相对湿度、洁净度指标与户内对应一致，明确应配置防尘设施；要求无雨、无雪、无雾霾作业，风力大于 6 级停止吊装及高处作业，沙尘、雨雪天气停止开罐作业，气温低于 5 ℃进行密封作业应采取加热措施，并对防尘设施的防风防雨防静电功能、温湿度控制设备及不低于 300 Lx 的照明要求作出规定。

第 7 章：特殊环境条件要求。针对高海拔、极端气候、强沙尘暴、盐雾腐蚀四类特殊环境，分别规定了密封材料适配低气压环境、避开昼夜温差剧烈时段、高温（高于 35 ℃禁止 SF_6 充注）和低温（低于 -10 ℃采取加热措施）防护、沙尘天气停工封堵及事后清洁、盐雾环境临时防腐与及时接地等附加措施。

第 8 章：安装环境监控与记录。 规定环境参数至少每 2 h 检测一次、关键工序前后加密检测，明确了温湿度、空气洁净度、气象条件的监控要求和测定方法（测点距地面 1.5 m），规范了记录内容、旁站监理及厂家代表和施工负责人共同签字确认、记录保存至设备投运后不少于二年等要求。

附录 A 为空气洁净度等级表，给出了 ISO 1～9 级对应的各粒径悬浮粒子浓度限值;

附录 B 为 GIS 现场安装环境检查记录表，规定了环境检测设备记录表和每日记录表的样式与内容。

（三）确定依据

国家标准:

GB 50147《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》，作为 GIS 安装施工及验收的基础性依据;

GB/T 7674《额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备》和 GB/T 11022《高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求》，作为 GIS 产品技术条件及正常使用条件（含海拔 1000 m 分界值）的确定依据;

GB/T 25915.1《洁净室及相关受控环境 第 1 部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级》，作为空气洁净度分级及 ISO 9 级控制指标的确定依据;

GB/T 19608.3《特殊环境条件分级 第 3 部分：高原》、GB/T 20480《沙尘天气等级》、GB/T 19292.1《金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第 1 部分：分类、测定和评估》，分别作为高海拔、强沙尘暴、盐雾腐蚀环境条款的分级和判定依据。

参考文件：GIS 设备制造厂家提供的安装说明书、工艺导则及环境控制限值等技术文件，GIS 现场安装工程环境条件管控的实际做法与成熟经验，以及参编单位的施工组织、环境管控和质量管理制度。

行业专家与企业反馈意见：在调研、研讨及征求意见过程中，充分听取建设、设计、施工、监理、运行及设备制造等单位专家的意见，结合工程实际需求对内容进行优化完善，确保技术要求科学合理、协调可行。

三、与现行法律法规和标准的协调性

本文件严格遵循《中华人民共和国标准化法》《建设工程质量管理条例》《建设工程安全生产管理条例》等法律法规精神，标准制定程序和编写格式符合中国电力建设企业协会团体标准管理的相关规定及 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》的要求。

在技术内容上，本文件与现行国家标准、行业标准保持充分协调、相互衔接：环境条件总体要求与 GB 50147《电气装置安装工程 高压电器施工及验收规范》的施工及验收原则相一致，是其在 GIS 安装环境控制环节的细化和补充；空气洁净度直接采用 GB/T 25915.1 规定的 ISO 分级体系和判定口径，未另设分级标准；海拔 1000 m 分界值及正常使用条件与 GB/T 11022、GB/T 7674 等产品标准衔接一致；高海拔、沙尘天气、大气腐蚀性等特殊环境的术语和分级，分别与 GB/T 19608.3、GB/T 20480、GB/T 19292.1 的规定保持统一；现场质量控制、

检验评定及交接试验等要求，与 DL/T 5850、DL/T 5161、DL/T 618 等行业标准相互衔接。本文件规定的是环境条件控制的基本要求，当设备厂家技术文件规定的环境条件严于本文件时，执行厂家技术文件，二者衔接而非矛盾。

综上，本文件与现行法律法规和相关标准在术语口径、技术要求和管理要求上协调一致、衔接配套，不存在矛盾和冲突，同时填补了 GIS 安装阶段环境条件控制缺乏统一专项标准的空白。

四、标准的先进性或特色性

一是填补了 GIS 安装环境条件控制领域的标准空白。本文件将以往主要依赖设备厂家技术文件和现场经验的环境管控要求进行系统集成和统一规范，为 GIS 安装全过程的环境条件控制提供了专项标准依据。

二是量化指标与电压分档相结合，管控要求明确、可检测。对环境温度、相对湿度、温度变化率、空气洁净度等关键参数作出量化规定，并按 72.5 kV ~ 550 kV、550 kV 以上两个电压等级分档提出差异化要求，现场可对照、可检测、可考核，具有较强的可操作性。

三是实现安装场景和特殊环境的全覆盖。在户内、户外常规环境之外，系统纳入高海拔、极端气候、强沙尘暴、盐雾腐蚀四类特殊环境的附加要求；空气洁净度采用与国际接轨的 ISO 分级体系，环境分类完整、适用范围广。

四是构建了全过程监控与可追溯的闭环管理机制。明确环境监控频率、测点布置、检测方法及三方共同签字确认、记录保存等要求，实现环境条件从监测、记录到处置的闭环管理，为安装质量责任追溯和持续改进提供支撑。

五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据

（一）标准调研、研讨情况

标准编写过程中，编制组进行了广泛的收资、调研和探讨，多次组织召开研讨会，就标准定位、技术指标和管理要求等关键问题反复研究论证。研究的主要问题及处理结论如下:

1. 标准的编制目的和适用对象

随着 GIS 在城市电网、输变电枢纽、新能源升压站、储能电站、轨道交通牵引供电等领域广泛应用，环境条件对安装质量和运行可靠性的影响日益突出，而现场环境管控长期依赖设备厂家技术文件和现场经验，缺乏统一标准。经研究，确定本文件面向 GIS 现场安装的建设、设计、施工、监理等有关单位，适用于额定电压 72.5 kV 及以上 GIS 现场安装过程中的环境条件控制，72.5 kV 以下参照执行。

2. 标准的定位与适用范围

经研讨，确定本文件定位于 GIS 安装环境条件的专项规范，是对 GB 50147 等现行电气装置安装标准在环境控制环节的细化和补充，不重复产品技术条件和通用施工要求；与现行标准一致的内容按现行标准执行，本文件重点规定环境参数限值、防护设施及监控记录等专项内容。

3. 关键环境参数限值的确定

编制组重点讨论了户内、户外温度、相对湿度、温度变化率和空气洁净度等指标。经对比分析现行标准、厂家技术文件和现场实测资料，确定户内温度控制在 -10 ℃ ~ 35 ℃、温度变化率不大于 5 ℃/h，户外（防尘设施内）温度控制在 -10 ℃ ~ 40 ℃；相对湿度按电压等级分两档控制（72.5 kV ~ 550 kV 低于 80%、550 kV 以上不高于 70%）；空气洁净度统一不低于 ISO 9 级，厂家技术文件要求更严时执行厂家技术文件。

4. 户外作业气象边界与防尘设施要求

针对户外安装受天气影响大的特点，经研讨确定无雨、无雪、无雾霾方可作业，风力大于 6 级停止吊装及高处作业，沙尘、雨雪天气停止开罐作业；户外安装应配置具备防风、防雨、防尘、防静电功能的防尘设施，设施内配置温湿度控制设备，照明亮度不宜小于 300 Lx。

5. 特殊环境适应性及监控记录要求

针对高海拔、极端气候、强沙尘暴、盐雾腐蚀等特殊环境，经研究分别确定了密封材料适配低气压环境、高温（高于 35 ℃禁止 SF_6 充注）和低温（低于 -10 ℃加热）防护、沙尘天气停工封堵及事后清洁、盐雾环境临时防腐与及时接地等附加措施；同时明确环境参数至少每 2 h 检测一次、关键工序前后加密检测，规范测点布置和测定方法，环境条件记录经旁站监理人员、设备厂家代表和现场施工负责人共同签字确认，并作为安装技术资料保存至设备投运后不少于二年。

（二）标准征求意见情况

本标准于2026年11月初完成征求意见稿定稿。下一步，将由中电建协对本标准公开征求意见，编制组将对征集到的意见逐条研究处理并形成意见汇总处理表，在送审稿阶段予以落实。

（三）重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准编制过程中，未出现重大分歧意见。

六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据

（一）温度指标

户内环境温度控制在-10 ℃～35 ℃、户外（防尘设施内）控制在-10 ℃～40 ℃。其中-10 ℃和40 ℃为密封作业和SF_6气体充注的施工工艺限值（见3.10注），与密封件性能和SF_6气体充注工艺特性相适应；户内上限取35 ℃，与"气温高于35 ℃禁止SF_6充注"的规定相衔接。同时规定气温低于5 ℃进行密封作业应采取加热措施、低于-10 ℃时全面加热，确保施工温度满足工艺要求。户内温度变化率不大于5 ℃/h，主要是防止温度剧烈波动导致绝缘件和密封面凝露、密封件受冷热冲击而失效。上述要求通过空调、供暖及电加热等温控设备即可平稳实现，现场可行。

（二）湿度指标

相对湿度按电压等级分两档控制：72.5 kV～550 kV低于80%，550 kV以上不高于70%。控制湿度的目的在于防止绝缘

件表面凝露、保证绝缘强度；550 kV 以上设备电压等级高、绝缘裕度控制要求更严，故湿度限值适当收紧。通过除湿设备持续运行、封闭门窗孔洞等措施即可稳定达到，雨季及高湿地区加密除湿即可，技术成熟、可实现性强。

（三）空气洁净度指标

空气洁净度统一要求不低于 ISO 9 级。该等级直接采用 GB/T 25915.1（等同采用 ISO 14644-1）的分级体系，ISO 9 级对应 0.5 μm 悬浮粒子最大浓度限值 35 200 000 个 /m³（见附录 A），是该体系中适用于受控环境的基础等级，既满足开罐作业的防尘要求，又符合现场临时安装环境的实际条件，避免限值过严导致难以执行。通过搭设防尘设施、配置空气净化装置和风淋间、人员穿戴无尘工作服等常规措施即可达到，成本可控；设备厂家有更高要求时，执行厂家技术文件。

（四）气象及监测指标

风力大于 6 级停止吊装及高处作业，依据吊装作业安全和防尘设施抗风能力确定，可通过风速仪和天气预报直接判定；防尘设施内照明不宜小于 300 Lx，依据对接面清洁检查和机械对位作业的视觉需求确定，常规照明即可满足；环境参数至少每 2 h 检测一次、关键工序前后加密，兼顾参数时效性和现场监测工作量，采用经校验合格的温湿度计、尘埃粒子计数器即可测量，判定方法客观、可操作。

（五）特殊环境指标

高海拔、强沙尘暴、盐雾腐蚀等环境的分级与判定，直接引用 GB/T 19608.3、GB/T 20480、GB/T 19292.1 等现行标准，

不另立体系，保证指标的科学性和权威性；相应防护措施均为工程成熟做法，现场具备实施条件。

七、与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容对比情况，采标情况

1.与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况

经对比，GB 50147、GB/T 7674、GB/T 11022 等国家标准及 DL/T 5850、DL/T 5161、DL/T 618 等行业标准分别侧重产品要求、施工验收和检验试验，均未对 GIS 现场安装的环境参数限值、防尘设施及监控记录作出系统量化规定；目前也未见同类团体标准。本文件在上述标准基础上进行系统集成和补充，填补了 GIS 安装环境条件控制领域的标准空白，与现行标准相互衔接、不冲突。

2.采标情况

本标准未引用或采用国际、国外标准，无采标情况。

八、涉及专利的有关说明

本标准编制过程中，编制组对标准条文涉及的技术内容进行了专利检索，未发现标准中纳入专利技术的情形。本标准不涉及专利。

九、专家审查会情况

本标准尚未召开专家审查会。按中电建协标准编制程序，征求意见结束后，编制组将汇总处理意见形成送审稿，由中电建协组织专家审查。审查会的时间、地点、审查结论及意见处理情况，将在报批时补充说明。

十、标准名称变更理由及报批情况

本标准立项名称为《气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件规范》（计划编号 T/CEPCA 2025072），标准封面、正文名称与立项名称保持一致，编制过程中未发生名称变更，无需履行名称变更报批程序。

十一、其他应当说明的事项

无。

十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议

《气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件规范》具有创新性和引领性，为 GIS 设备安装环境条件控制及验收提供了支撑性、基础性标准。建议由中电建协组织进行广泛宣贯，并在电力工程等成员单位项目中先行应用，及时总结实施过程中的反馈意见，待条件成熟时升级为行业标准或国家标准。

（以下无正文）

附件 11***

备案号：×××××

团 体 标 准

P T/CEPCA ××-2025

超高性能混凝土预制电缆井技术指南

Technical guide for prefabricated cable manholes of ultra-high performance concrete

（征询意见稿）

2 0 2 × - ×× - ×× 发 布 2 0 2 × - ×× - ×× 实 施

****

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：标准的结构和编写》给出的规则起草。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力建设企业协会提出并归口管理。

本文件起草单位：……

本文件主要起草人：……

本文件主要审查人：……

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力建设企业协会。

目录

1 范　围 1
2 规范性引用文件 2
3 术语和定义 4
4 基本规定 6
5 原材料　宇超 7
6 荷载与作用组合 9
6.1 荷载分类 9
6.2 作用组合 9
7 井型、构造及连接 12
7.1 井型分类 12
7.2 构造及连接节点 13
8 性能要求 15
8.1 力学性能 15
8.2 防水性能 15
8.3 防腐蚀措施 16
8.4 耐久性设计 16
8.5 裂缝 17
9 生产制作 18
9.1 钢筋骨架制作 18
9.2 混凝土制备 19
9.3 钢模整理 20
9.4 装模 20
9.5 振动成型 21
9.6 养护及脱模 21
10 运输要求 23
11.检验与验收 24
11.1　检验分类 24
11.2　检验项目的分级与合格判定 24
11.3　检验批的划分 25
11.4　首件验收 25

11.5　进场验收 26
11.5.5　进场验收的检验项目与判定 29
附录 A　UHPC 材料性能试验方法 30
附录 B　检验规则 31
附录 C　接缝防水性能试验方法 ..... **错误！未定义书签。**

1 范　围

本文件给出了超高性能混凝土预制电缆井的基本规定、原材料性能指标、荷载与作用组合、性能要求。对井型、生产制作、运输要求、检验与验收提出了建议。

本文件适用于电力工程超高性能混凝土预制电缆井的设计、生产、运输、检验及验收。

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 175 通用硅酸盐水泥

GB 50007 建筑地基基础设计规范

GB 50009 建筑结构荷载规范

GB 50010 混凝土结构设计标准

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50069 给水排水工程构筑物结构设计规范

GB 50108 地下工程防水技术规范

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB 50164 混凝土质量控制标准

GB 50217 电力工程电缆设计标准

GB 50332 给水排水工程管道结构设计规范

GB 55001 工程结构通用规范

GB 55002 建筑与市政工程抗震通用规范

GB 55008 混凝土结构通用规范

GB/T 1184 形状和位置公差 未注公差值

GB/T 1499.1 热轧光圆钢筋

GB/T 1499.2 热轧带肋钢筋

GB/T 1591 低合金高强度结构钢

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维

GB/T 23265 水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维

GB/T 25650 混凝土振动台

GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰

GB/T 28293 钢铁渣粉

GB/T 38143 水泥混凝土和砂浆用耐碱玻璃纤维

GB/T 31387 活性粉末混凝土

GB/T 50046 工业建筑防腐蚀设计标准

GB/T 50080 混凝土物理力学性能试验方法标准

GB/T 50081 混凝土力学性能试验方法标准

GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

GB/T 50083 工程结构设计基本术语标准

GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准

GB/T 50152 混凝土结构试验方法标准

GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计标准

GB/T 51231 装配式混凝土建筑技术标准

GB/T 700 碳素结构钢

GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差

GB/T 8076 混凝土外加剂

JGJ 1 装配式混凝土结构技术规程

JGJ 18 钢筋焊接及验收规程

JGJ 355 钢筋套筒灌浆连接应用技术规程

JGJ 63 混凝土用水标准

JG/T 398 钢筋连接用灌浆套筒

JG/T 408 钢筋连接用套筒灌浆料

JGJ/T 457 钢骨架轻型预制板应用技术标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超高性能混凝土 ultra-high performance concrete(简称：UHPC)

以水泥和矿物掺合料等为胶凝材料，配合骨料、外加剂、高强度微细钢纤维或/非金属纤维、水等原料生产的超高强纤维增韧混凝土。

3.2

预制电缆井 prefabricated cable manhole

在工厂采用超高性能复合材料预制生产的模块化电缆井构件。

3.3

混杂纤维 hybrid fiber

以钢纤维为主要组成，同时混合少量非金属纤维。

3.4

非金属纤维 non-metallic fiber

包括有机合成纤维、耐碱玻璃纤维和玄武岩纤维。

3.5

接缝密封 joint sealing

预制电缆井构件之间的接缝采用弹性密封材料、遇水膨胀止水条（胶）、注浆或灌浆料处理的防水构造措施。

3.6

钢筋套筒灌浆连接 rebar splicingby grout-filled cou-pling sleeve

在预制混凝土构件内预埋的金属套筒中插人钢筋并灌注水泥基灌浆料而实现的钢筋连接方式。

4 基本规定

4.1 超高性能混凝土电缆井设计使用年限不低于 50 年；当有可靠依据时，可按工程实际需求确定设计使用年限。

4.2 超高性能混凝土电缆井结构的安全等级不低于二级。

4.3 预制电缆井结构的重要性系数 γ_o 按现行标准《工程结构通用规范》GB 55001 取值，并符合下列规定：

a) 安全等级为一级时，γ_o = 1.1；

b) 安全等级为二级时，γ_o = 1.0；

4.4 超高性能混凝土满足本文件制定的材料、荷载和作用、性能指标。

4.5 预制电缆井构件生产单位应具备相应的生产工艺设施，并应有完善的质量管理体系和必要的试验检测手段。

5 原材料

5.1 超高性能混凝土力学性能要求

超高性能混凝土的力学性能应符合表 1 的规定。

表 1 力学性能

等级	抗压强度标准值（28d）/MPa		抗折强度标准值（28d）/MPa		弹性模量/GPa
	钢纤维混凝土 混杂纤维混凝土	非金属纤维混凝土	钢纤维混凝土 混杂纤维混凝土	非金属纤维混凝土	
U120	120	120	17	15	≥40
U140	140	140	20	18	≥40
U160	160	160	24	20	≥40
U180	180	-	27	-	≥40
U200	200	-	30	-	≥40

注：预制电缆井构件的超高性能混凝土强度等级不宜低于 U120。

5.2 原材料——胶凝材料

a）水泥：应符合 GB 175 的规定，宜采用强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；当采用其他种类的水泥时，应通过试验验证，满足超高性能混凝土设计性能要求时方可使用。

b）硅灰：应符合 GB/T 27690 的规定，SiO_2含量不低于 90%；

c）粉煤灰：应符合 GB/T 1596 的规定，采用Ⅰ级粉煤灰；

d）粒化高炉矿渣粉：应符合 GB/T 18046 的规定，采用 S95 及以上等级；

e）钢铁渣粉：应符合 GB/T 28293 的规定，采用 G85 及以上等级。

所有胶凝材料进场应提供出厂检验报告等质量证明文件，并应进行检验。检验项目及检验批量应符合 GB50164 的规定。

5.3 原材料——骨料

a）细骨料应采用坚固耐久、粒形良好的洁净石英砂或天然河砂；

b）石英砂、天然砂、人工砂的氯离子含量不应大于 0.02%,硫化物及硫酸盐含量不应大于 0.5%,云母含量不应大于 0.5%。

c）砂中不应含有影响 UHPC 性能的有害杂质。

5.4 原材料——纤维

a）钢纤维：宜采用长度为 6 mm~25 mm、直径为 0.10 mm~0.25 mm、抗拉强度不低于 2000MPa 的微细钢纤维。

b）非金属纤维：合成纤维应符合 GB/T21120 的规定，玻璃纤维 GB/T 38143 的规定，玄武岩纤维应符合 GB/T 23265 的规定；

c）钢纤维和非金属纤维进场需提供出厂检验报告等质量证明文件，并应进行检验。

5.5 原材料——外加剂

a）减水剂：宜采用高性能减水剂，并应符合 GB/T 8076 的规定；

b）其他外加剂应符合国家现行标准的有关规定，与水泥和矿物掺合料有良好的适应性，且应通过试验验证，满足超高性能混凝土设计性能要求时方可使用。

5.6 拌合用水

拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。

5.7 钢筋

a）直径小于或等于 10mm 时宜采用热轧光圆钢筋，其性能应符合 GB/T1499.1 的规定；

b）直径大于 10mm 时宜采用热轧螺纹钢筋，其性能应符合 GB/T1499.2 的规定；

c）钢筋的锚固长度等要求应符合 GB 55008 的规定。

6 荷载与作用组合

6.1 荷载分类

6.1.1 永久荷载：在设计工作年限内始终存在且其量值变化与平均值相比可以忽略不计的作用；或其变化是单调的并能趋于某个限值的荷载。如构件自重、土压力（竖向土压力和侧向土压力）、地下水压力；预加力（当采用预应力连接时）；混凝土收缩和徐变引起的变形等。

6.1.2 可变荷载：在结构使用期间，其值随时间变化，且其变化与平均值相比不可以忽略不计的荷载。如地面车辆荷载；人群荷载；施工荷载（包括吊装荷载、施工机具和人员荷载）；地面堆载；温度作用等。

6.1.3 偶然荷载：在结构设计使用年限内不一定出现，而一旦出现其量值很大，且持续时间很短的荷载。如爆炸力、冲击力等。

6.2 作用组合

6.2.1 设计应根据使用过程中可能同时出现的工况和作用组合进行设计，应按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载组合，并应取各自的最不利组合进行设计。

6.2.2 承载能力极限状态和正常使用极限状态荷载效应组合的设计值应按 GB 55001、GB 50009 的规定计算；考虑多遇地震作用时，荷载和地震作用效应组合的设计值应按现行国家标准 GB 55002 的规定计算。

6.2.3 基本组合的作用分项系数应按 GB 55001、GB 50009 的规定计算。

6.2.4 预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的 1.5 倍。动力系数与脱模吸附力应符合下列规定：

a) 动力系数不宜小于 1.2；

b) 脱模吸附力应根据构件和模具的实际状况取用，且不宜小于 1.5kN/㎡。

6.2.5 预制构件在翻转、运输、吊运、安装等短暂设计状况下的施工验算，应将构件自重标准值乘以动力系数后作为等效静力荷载标准值。构件运输、吊运时，动力系数宜取 1.5；构件翻转及安装过程中就位、临时固定时，动力系数可取 1.2。

6.2.6 地基基础设计时，所采用的作用效应与相应的抗力限值应按 GB 55001、GB 50009 、GB 50007 的规定计算 。

6.2.7 作用于预制电缆井上的土压力应根据结构埋设条件、结构刚度、回填质量及施工方法等因素确定，并应符合下列规定：

a)竖向土压力标准值应取井体顶面以上覆土的自重；

b)使用阶段井体侧壁的侧向土压力宜按静止土压力计算;施工阶段及井周回填未达到设计密实度时，可按主动土压力计算;侧向土压力可按朗肯土压力理论计算，计算参数应根据工程岩土勘察报告取用，土的重度、内摩擦角、黏聚力等指标应按回填压实后的土体；

c)地下水位以下的土体应采用浮重度计算，并应计入地下水静水压力及浮力对结构的作用，水压力应按设计最高地下水位计算;

d)地面车辆荷载、堆载等可变作用，可按 GB50009、GB50332 的规定换算为等代土层厚度后与土压力叠加；

e)土压力及水压力计算应符合 GB50009、GB50069 的有关规定;竖向、主动及作用在水下土体上的土压力标准值可按 GB 50069 计算，使用阶段静止土压力系数可按 Ko=1-sinΦ 中确定;

6.2.8 抗浮验算：当地下水位较高时，预制电缆井应进行抗浮稳定性验算。抗浮稳定性计算应满足 GB 50007 的规定.当抗浮稳定性不满足要求时，宜采取下列措施之一或组合：

a) 增加电缆井自重或覆土厚度；

b) 设置抗浮锚杆或抗拔桩；

c) 设置排水降压措施。

7 井型、构造及连接

7.1 井型分类

7.1.1 预制电缆井宜按接口形式、使用功能和井体内部净尺寸分类，并宜符合下列规定：

7.1.1.1 按接口形式可分为直通型、转角型、三通型、四通型和手孔井，井型代号及接口数量宜符合表 2 的规定。

7.1.1.2 按使用功能可分为普通工作井和接头井。普通工作井仅用于电缆穿管、牵引和检修；接头井用于设置电缆中间接头，其井长宜满足电缆接头安装及电缆热伸缩弧的尺寸要求。

7.1.1.3 按井体内部净尺寸可分为小型、中型和大型，规格划分宜符合表 3 的规定。

表 2 井型分类与代号

井型	代号	接口数量	接口轴线夹角	主要适用部位
直通型	ZT	2	180°	电缆线路直线段
转角型	ZJ	2	90°～165°	电缆线路转向处
三通型	ST	3	可由设计确定	电缆线路分支处
四通型	XT	4	可由设计确定	电缆线路交叉处
手孔井	SK	1～4	可由设计确定	分支、引上、检修及短距离过渡处

规格	内部净长 L	内部净宽 B	典型适用
小型	L ≤ 2000	B ≤ 1400	手孔井、不设接头的短井
中型	2000 < L ≤ 3200	1400 < B ≤ 1800	设 1 个接头的井、常规工作井
大型	3200 < L ≤ 6000	1800 < B ≤ 2400	设 2 个及以上接头、大截面电缆

表 3 井体规格划分（mm）

注：进人井的井体内部净高不宜小于 1900mm；手孔井内部净高不宜小于 800mm。

7.1.2　预制电缆井井体内部净长大于 3200mm，或含预埋件的外部尺寸超过运输限界时，宜采用分块预制装配井。

7.1.3　预制电缆井按设置部位的荷载条件可分为车行道井和非车行道井。车行道井的顶板、井盖及井壁**应**按汽车荷载进行承载力验算；非车行道井可按人群荷载或施工堆载验算。

7.1.4　井型代号宜由井型代号、规格代号和荷载代号依次组成，以短横线分隔。规格代号 1、2、3 分别代表小型、中型、大型；荷载代号 C 代表车行道井，F 代表非车行道井。

示例：ZT-2-C 表示直通型中型车行道井；ZJ-1-F 表示转角型小型非车行道井。

7.2 构造及连接节点

7.2.1 预制电缆井的构造应满足预制生产、运输吊装、现场装配和长期使用的全过程要求，并应符合下列规定：

7.2.1.1 构件分块宜与井型、规格相协调，单件重量不宜大于现场起重设备的常规起重量，外形尺寸不宜超过运输限界；

7.2.1.2 构件分缝位置应避开弯矩和剪力最大部位，宜设在跨中或反弯点附近；

7.2.1.3 本体及附属构件构造需符合下列规定：

a）底板宜采用整体预制，平面尺寸较大时可采用分块预制后拼装，拼缝应设抗剪键并做防水处理；

b）底板应设集水坑，坑底标高应低于底板顶面，底板顶面至集水坑的泄水坡度不应小于 0.5%；

c）井壁板间的水平缝宜采用平口缝加定位销，并沿缝长设置密封构造；多块拼装时，上下层竖向缝应错缝布置；

d）顶板可采用整块预制板或分块预制板加现浇叠合层；

e）井口圈与井盖的荷载等级应相互匹配，且不应低于设置部位的设计荷载等级；

7.2.1.4 预埋件需符合下列规定：

a) 预埋件表面应进行防腐处理，防腐处理符合 GB/T 50046 规定；

b) 预埋件用钢板、型钢应采用 Q235 或 Q355 钢材，其力学性能和化学成分应分别符合现行国家标准 GB/T 700、GB/T 1591 的规定；钢板厚度偏差应符合现行国家标准 GB/T 709 的规定。

c）爬梯、支架、拉力环等预埋件应在构件预制时埋设，不得采用后锚固方式。

7.2.2 连接节点

7.2.2.1 连接处接缝的正截面承载力应按 GB 50010 的规定验算；

7.2.2.2 接缝的受剪承载力应按 JGJ-1 的规定验算；

7.2.2.3 连接节点形式根据构件受力特点、施工条件和防水要求确定，可采用承插式、螺栓连接式、预留后浇带式和钢筋套筒灌浆式等形式；

7.2.2.4 等强连接节点的承载力不应小于被连接构件的承载力，节点的破坏不应先于被连接构件的破坏；

7.2.2.5 非等强连接节点应根据节点实际受力计算选择连接件，并应采取构造措施，避免连接件先于被连接构件破坏；

7.2.2.6 连接件及连接材料应符合下列标准的规定：

a) 承插式连接、预留后浇带式连接应符合 GB/T 51231 和 JGJ 1 的规定；

b) 螺栓连接应符合 JGJ 1 的规定；

c) 钢筋套筒灌浆连接时，应符合 JGJ 355 的规定，灌浆套筒和灌浆料应分别符合 JG/T 398 和 JG/T 408 的规定。

8 性能要求

8.1 力学性能

8.1.1 超高性能混凝土强度力学性能要求按本文件 5.1 条执行；

8.1.2 预制电缆井荷载分类及作用组合按本文件第 6 章执行；

8.1.3 起吊点力学计算需符合下列规定：

a)吊装荷载的动力系数按本文件 6.2.5 条规定取值；

b)根据单个构件的重量，合理设置起吊点；

c)起吊工况的计算时，按照全部工况的计算结果配置钢筋；

d)对吊装埋件进行验算，并应符合 JGJ1 的规定。

8.1.4 对需要拆分的构件，设计时应增加连接节点设计；

8.1.5 预制电缆井的埋设深度应符合下列规定:

a)井体顶面以上的覆土厚度应根据地面荷载等级、道路结构层厚度及当地冰冻深度等因素确定，且不应小于下列要求:敷设于绿化带、人行道等非车行道地段时，非冻土地区覆土厚度不宜小于 0.5m;位于车行道下方时，不宜小于 0.7m;位于耕地下方时，不宜小于 1.0m;并应符合 GB50217 的有关规定。

b)在冰冻地区：井体应埋设于当地冰冻线以下;受条件限制不能满足时，应采取防止井体及电缆受冻害损伤的措施。

8.1.6 井体周围的回填土应分层对称回填并压实，压实系数不宜小于 0.94;位于道路下的电缆井，井周回填压实尚应满足道路路基的压实要求。土压力计算采用的回填土物理力学指标应与压实后的土体一致。

8.2 防水性能

8.2.1 预制电缆井防水包括自防水、接缝防水和特殊部位防水。

8.2.2 遇水膨胀防水材料在运输、存放和拼装前应采取防雨、防潮措施。

8.2.3 电缆井渗漏水处理应符合 GB50108 的规定。

8.2.4 预制电缆井的防水等级根据工程所处地下水位、水文地质条件和工程使用要求确定，并符合设计要求。

8.2.5 电缆构筑物的防水应根据场地地下水及地表水下渗状况，选用充气、膨胀式等防水措施和防水材料。

8.2.6 预制构件拼装节点处应采用腻子复合型、遇水膨胀型等密封橡胶条，进行防水密封，对于防水要求较高的位置，可在拼装节点拼缝外侧壁做聚合物防水砂浆、防水卷材等防水层。

8.2.7 电缆进出线孔外宜保持 1m 以上直线段以确保防水可靠，穿墙电缆孔洞应做到双面封堵，封堵应密实牢固，达到防水、密封、平整美观。

8.3 防腐蚀措施

8.3.1 有防腐要求的超高性能混凝土预制电缆井，按 GB 50021 确定预制电缆井所处环境的腐蚀等级。钢纤维的腐蚀等级不宜低于 GB 50021 规定的钢筋腐蚀等级。

8.3.2 预制电缆井用超高性能混凝土的防护及构造要求应满足 GB/T 50046 和 GB/T 50476 中对钢筋混凝土及预制构件的防腐规定，并满足设计文件要求。

8.3.3 预制电缆井的接缝、预埋件及外露金属件应采取相应的密封和防腐处理。接缝宜采用耐化学腐蚀的密封材料，并宜设置多道密封防线；预埋件、连接件及外露金属件宜采取热浸镀锌或等效防腐措施，不宜以预埋钢筋代替预埋件。

8.4 耐久性设计

耐久性设计应根据环境类别和设计使用年限，综合考虑材料性能、构件尺寸、保护层厚度、裂缝控制等因素。

8.5 裂缝

8.5.1 井体结构不应存在影响结构性能和使用功能的裂缝；

8.5.2 出现裂缝时，宜采取下列措施：

a) 宽度不大于 0.2mm 的表面裂缝，可进行封闭处理；

b) 宽度大于 0.2mm 的裂缝、贯通裂缝或受力裂缝，应由设计单位提出处理方案。

9 生产制作

9.1 钢筋骨架制作

9.1.1 钢筋骨架设计

a）钢筋骨架按设计要求，经结构计算确定。

b）纵向受力钢筋应沿构件受力方向均匀布置，其根数应符合 JC/T2767 的规定。

c）所用钢筋的品种、规格、数量均应符合计算要求。

d）纵向受力钢筋的受力方向净间距不宜小于 25mm，且不宜大于 70mm。

e）对于大配筋率的钢筋骨架设计，为确保最小受力方向钢筋间距要求，宜采用并筋或双层布置，并筋应符合 GB/T 50010 的规定。

f）钢筋骨架应加保护层定位卡或定位垫块，宜采用塑料定位卡或混凝土定位垫块。

g）埋设的连接件和接地螺母等预埋件应与受力方向钢筋连接，如设置专用接地线，接地螺母应与接地线连接。

9.1.2 钢筋骨架制作

9.1.2.1 钢筋骨架中的受力方向钢筋与箍筋建议采用电阻点焊或人工焊接成型。

9.1.2.2 钢筋对接接头互相错开，应满足 GB/T 50010 的规定。

9.1.2.3 采用手工电弧焊或气体保护焊焊接预埋件或接地螺母时，不宜采用过大电流，且钢筋骨架需满足下列要求：

a）焊接角度准确，焊接缝隙不超过钢筋直径的 0.1 倍；

b）焊缝平滑均匀无中断现象，被熔过的金属在焊缝上呈鱼鳞状，无裂纹及气泡。

9.1.2.4 在环境温度低于-5℃条件下施焊时，焊接工艺应符合 JGJ 18 的要求;当环境温度低于-20℃时，不宜进行各种焊接作业。

9.1.3 预埋件及接地螺母制作

预埋件及接地螺母制作应符合设计要求，制作材料、尺寸及预理件在构件中的定位允许偏差应符合设计要求。

9.1.4 钢筋骨架质量

a）钢筋骨架应有足够的刚度，接点牢固，钢筋骨架在装模及成型过程中，应保持整体不变形。

b）钢筋骨架在冬季和雨天焊接时，应设置防雨、雪措施。

c）钢筋骨架经检验合格并按规格、级别标识后方可使用。

9.2 混凝土制备

9.2.1 混凝土强度

混凝土强度等级及脱模强度应符合设计要求的规定。

9.2.2 混凝土配合比设计

混凝土配合比应按 GB/T31387 的规定进行设计。

9.2.3 混凝土耐久性能

高性能混凝土耐久性指标应符合设计要求。

9.2.4 混凝土拌合物工作性

混凝土拌合物工作性按生产班次抽样测定，并符合设计要求。

9.2.5 混凝土配料和搅拌

9.2.5.1 混凝土制备应采用具有自动计量系统的配料设备和强制式搅拌机。

9.2.5.2 应按混凝土配合比配料，并根据粗、细骨料含水率的变化及时调整。

9.2.5.3 净搅拌时间:超高性能混凝土不应少于 180s;并应确保混凝土料拌合均匀，掺加外加剂、掺合料、纤维时，搅拌时间宜延长 60s。。

9.2.5.4 拌合物应即拌即用，在混凝土初凝前使用完毕。

9.2.6 混凝土质量检验

9.2.6.1 混凝土抗压强度试验的基本要求

a）在混凝土的浇注地点随机取样制作立方体抗压强度试件，3 个试件为一组。

b）每天搅拌的同配合比混凝土，取样不应少于一次，用于检验评定混凝土 28d 抗压强度。

c) 混凝土抗压强度试验及评定应分别按 GB/T 50081、GB/T 50107 的规定进行。

9.2.6.2 混凝土耐久性试验的基本要求

a) 构件投入生产或混凝土配合比有调整时应进行相应的耐久性检测。

b)根据设计要求在混凝土浇筑地点随机取样制作耐久性试件。

c)混凝土耐久性试件的制作及试验方法应按 GB/T 50082 的规定进行。

9.3 钢模整理

9.3.1 钢模的基本要求

9.3.1.1 钢模在调试完好的振动平台上试运转，不应有不规则的跳动和异常的响声。

9.3.1.2 钢模尺寸允许偏差应满足设计要求。两端口及合缝应无明显间隙，部件间连接的紧固件应牢固可靠。

9.3.1.3 钢模投入使用前应在模体内制作用户要求的产品永久标识。

9.3.1.4 根据自身吊具的特点，选择适合的吊点位置，确保钢模起吊搬运过程呈基本水平状态。

9.3.2 涂刷脱模剂的基本要求

9.3.2.1 钢模内壁及合缝口处应清理干净并均匀涂刷脱模剂，脱模剂不应在模底堆积和流淌。

9.3.2.2 脱模剂可选用对钢模无损伤，且不黏和不污染构件表面、成膜性好、易涂刷、与钢模附着力强的油脂、乳化油脂、松香皂类等。

9.4 装模

9.4.1 钢筋骨架装模

钢筋骨架入模时应轻起轻放。模内的钢筋骨架应符合在混凝土中的设计位置，对带孔预埋件应用易清理的填塞物塞住，防止预留孔被混凝土堵塞。

9.4.2 混凝土喂料

9.4.2.1 混凝土喂料时，模具温度不应超过 45° C，且不宜低于 5° C。超过 45° C 时

应采取降温措施。

9.4.2.2 不应使用含有杂物或初凝后的混凝土。

9.4.2.3 夏季生产时，混凝土温度不宜高于 35° C;冬季生产时，混凝土温度不宜低于 5° C。

9.5 振动成型

9.5.1 振动平台应符合 GB/T 25650 的规定，且满足下列要求：

a) 整体性好、坚固耐久、台面平整度不低于 GB/T1184L 级：

b) 水平向振动加速度<0.2g；

c) 激振力偏差：标定值± 10%；

d) 安装后台面倾斜≤2◦ ；

e) 定人定机管理维护。

9.5.2 振动时间和频率可根据构件规格、混凝土料分布均匀程度和脱水密实等情况定，常用 45—50Hz，

9.5.3 振幅应控制在 0.5-0.8mm。

9.5.4 振动时间优先看表现，表面泛出均与水泥浆，不再大量连续气泡冒出，混凝土不再明显下沉即可。

9.6 养护及脱模

9.6.1 养护方式

9.6.1.1 产品养护分为蒸汽养护、自然养护。

9.6.1.2 免蒸养(24 h 脱模)可按自然养护方式。

9.6.1.3 养护前，应对成型后的构件表面质量进行检查，发现缺陷应立即修整。

9.6.2 蒸汽养护

9.6.2.1 蒸汽养护制度分为静停、升温、恒温、降温 4 个阶段，应根据不同季节、不同材料、不同工艺、不同养护设施由试验室确定合理的蒸养制度，并按如下规定执行：

a）静停：根据季节和产品需要确定时间，静停时应采取保温和防冻措施；

b）升温：升温不宜大于 25 ℃/h；

c）恒温：恒温时间应视蒸养设施效率、水泥品种、掺外加剂情况、构件壁厚度而定，应以保证脱模强度为准。最高恒温温度应根据水泥品种确定；

d）降温：降温速度不宜大于 25 ℃/h，蒸汽养护结束后，构件与环境温差不大于 30 ℃，保持一定的降温时间。

9.6.2.2 不同品种水泥最高蒸养温度应符合表 4 规定。

表 4 最高恒温温度

水泥品种	最高温度℃
硅酸盐水泥	80
普通硅酸盐水泥	85
矿渣硅酸盐水泥	95

9.6.2.3 蒸养过程中，应严格执行养护制度，控制蒸养温度，根据温度变化调整供汽量，并做好记录。

9.6.3 自然养护

自然养护应采取措施保持构件的温、湿度。宜采用室内恒温恒湿带模自然养护，直到混凝土达到脱模强度。

9.6.4 脱模

9.6.4.1 养护结束，试验确认构件混凝土强度达到规定的脱模强度后，方可脱模。

9.6.4.2 脱模后应找出预埋件、预留孔，切除伸出端面的钢筋头，并在切除处涂上防腐材料。

9.6.4.3 构件脱模时，应放置软垫层，转入堆场进行后期保养。当气温在 10℃以上时，构件宜在水池中或洒水保湿养护，在干燥气候条件下，洒水时间不宜少于 7d，（2～3）次/d。

10 运输要求

10.1 制定预制构件的运输与堆放方案，其内容包括运输时间、次序、堆放场地、运输线路、固定要求、堆放支垫及成品保护措施等。对于超高、超宽、形状特殊的大型构件的运输和堆放有专门的质量安全保证措施。

10.2 运输宜采取以下措施：

a）壁板、盖板宜立放运输，底板、整体井可平放运输；

b）构件间设置柔性垫衬，边角、企口部位重点保护，防止崩边破损；

c）各部件在装车、运输和装卸过程中，将其妥善固定，以免发生变形；采用绳索绞紧固定，防止运输中滑移、倾覆；

d）运输中注意装、卸方法，不能损坏包装或使产品变形、损坏；装卸轻起轻落，严禁抛掷、翻滚、碰撞；

e）运输时构件强度达到设计强度的 100%。

10.3 堆放宜采取以下措施：

a）堆放场地应平整、坚实、排水良好；

b）构件按型号、规格分类堆放，标识清晰，宜实行编码分区管理；

c）平放堆放时，垫块应上下对齐，位于吊装点下方，构件堆放因根据不同构件类别制定相应的堆放层数，一般横向放置的构件不得大于 3 层，排管不得大于 2 层。竖向放置的构件按序排布且之前保留有限安全距离；

d）立放堆放时设置侧向支撑，防止倾覆；

e）露天堆放采取防雨、防污染措施。

11 检验与验收

11.1 检验分类

超高性能混凝土预制电缆井质量检验应按检验主体与检验时机划分为下列 3 类：

a)型式检验 对超高性能混凝土预制电缆井材料及构件的全部性能指标进行的全面检验。有下列情况之一时，应进行型式检验：

1)新产品投产或产品定型鉴定时；

2)正常生产时，每年至少一次；

3)主要原材料、配合比或生产工艺有较大变更时；

4)出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；

5)停产六个月以上恢复生产时；

6)合同约定或质量监督机构要求时。

b)出厂检验 由构件生产企业在构件出厂前对规定项目进行的检验，是构件交付的必要条件。

c)进场检验 构件运抵施工现场后，由建设、施工、监理单位按检验批进行的复核查验，包括对质量证明文件的核查和对构件实体的抽查复测。

11.2 检验项目的分级与合格判定

11.2.1 施工质量检验应分为主控项目和一般项目；

11.2.2 主控项目的质量经抽样检验应全部合格，主控项目不合格时，该检验批应判为不合格；

11.2.3 一般项目的质量经抽样检验应合格；当采用计数检验时，抽查样本的合格率应达到 80%以上，且不得有严重缺陷；当采用计量检验时，不合格点的偏差值不应超过允许偏差值的 1.5 倍；

11.2.4 具有完整的施工操作依据、质量检查记录。

11.3 检验批的划分

检验批可按下列原则划分，并应在施工组织设计或质量计划中明确：

a)检验批 同一强度等级、同一试验龄期、同一生产工艺条件和同一配合比的超高性能混凝土组成一个检验批；

b)出厂检验批 同一工作班、同一类型构件为一个检验批；当按同一企业同一品种组批时，不超过 100 件为一个检验批；

c)进场检验批 同一类型构件，不超过 20 件为一个检验批，每批抽查不应少于 3 件；批量不足 3 件时应全数检查。

11.4 首件验收

超高性能混凝土预制电缆井在批量生产前，应进行试验性制作并进行首件验收。

11.4.1 首件验收应在正式批量生产前完成，验收组成员包括建设、设计、监理、施工及构件生产企业代表；

11.4.2 首件验收应包括下列内容：

a）模具及预埋件定位的准确性；

b）浇筑密实成型质量（重点检查棱角、预埋件周边、预留孔周边是否密实）；

c）养护制度执行情况与脱模强度；

d）外观质量与尺寸偏差；

e）超高性能混凝土预制电缆井 力学性能试件强度报告；

f）钢纤维掺量及分布检验结果。

11.4.3 首件验收应形成书面记录，明确验收结论及需要调整的生产工艺参数；首件验收合格后方可批量生产；当首件验收不合格时，应调整工艺后重新制作首件并重新验收。

11.5 进场验收

11.5.1 一般规定

11.5.1.1 构件进场时，应由施工单位会同监理单位按检验批进行进场验收，未经进场验收或验收不合格的构件不得用于工程；

11.5.1.2.进场验收应包括质量证明文件核查和构件实体抽查复测两部分；

11.5.1.3.构件从进场至竣工验收前，应采取防止构件损伤或污染的保护措施。

11.5.2 出厂标识与质量证明文件

11.5.2.1 每件超高性能混凝土预制电缆井预制电缆井应在显著位置设置永久性标识，标识内容包括：生产企业代号、构件型号、生产日期（或批次号）、构件唯一编号、合格标识；

11.5.2.2 构件出厂时应提供下列文件和记录：

a)构件出厂合格证；

b)超高性能混凝土预制电缆井力学性能（抗压、抗拉或抗折）检验报告；

c)产品型式检验报告（有效期内）；

d)纤维掺量检验记录；

e)钢筋及预埋件质量证明文件与复验报告；

f) 产品说明书，包括安装、使用、存放与维护要求；

g)构件标识、构件编号与生产批次对照表；

h)首件验收记录及重大问题处理记录。

11.5.2.3 质量证明文件应随货同行，并应在进场验收时提交核查。

11.5.3 外观质量检验

11.5.3.1　预制构件的外观质量检验项目和质量要求应符合 GB50204 的规定；

11.5.3.2　外观质量缺陷应按表 5 分级判定；严重缺陷应由生产企业提出技术处理方案，经监理（建设）单位认可后进行处理，并重新检验；一般缺陷应按技术处理方案处理后重新检验；

表 5 超高性能混凝土预制电缆井外观质量缺陷分级

缺陷类型	严重缺陷	一般缺陷	检验方法
裂缝	构件主要受力部位有影响结构性能的裂缝；贯穿性裂缝	非受力部位有宽度 ≤0.20 mm 的表面收缩裂缝	观察、裂缝宽度检测仪
露筋	纵向受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋	观察
蜂窝	构件主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝	观察
孔洞	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞	观察
夹渣	构件主要受力部位有夹渣	其他部位有少量夹渣	观察
疏松	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松	观察
外形缺陷	清水或具有装饰效果的表面有外形缺陷	其他部位有不影响使用的外形缺陷	观察
外表缺陷	外表沾污、颜色严重不均，影响使用功能	轻微色差、局部修补痕迹	观察
棱角损伤	棱角破损深度 ＞10 mm 或影响安装密封	棱角破损深度 ≤10 mm 且不影响安装密封	观察、尺量

11.5.3.3 超高性能混凝土预制电缆井 构件表面不应有钢纤维外露锈蚀现象；因纤维外露形成的锈斑应清除并做防护处理；

11.5.3.4 外观质量应全数检查，检验方法为观察、尺量，并检查处理记录。

11.5.4　尺寸偏差检验

11.5.4.1 预制电缆井尺寸允许偏差及检验方法应符合表 6、表 7 的规定；设计有专门规定时，尚应符合设计要求；

11.5.4.2 预制构件上的预埋件、预留钢筋、预留孔洞等的规格、位置和数量应满足设计要求；检查数量为按同一企业同一品种的构件，不超过 100 个为一批，每批抽查构件数量的 5%,且不应少于 3 件；检验方法为观察和尺量检查；

表 6　构配件尺寸允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
长度	±10	尺量
宽度	±5	尺量
高度（厚度）	±5	尺量
对角线差	10	尺量两对角线
表面平整度	5	2m 靠尺和塞尺
预留孔洞中心位置	10	尺量
侧向弯曲	L/1000 且≤20	拉线、钢尺量最大侧向弯曲处

表 7　成品尺寸允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
井内净长、净宽	±10	尺量
井内净深	±10	尺量
井壁厚度	±5	尺量
井盖标高	±5	水准仪
井筒垂直度	H/500	经纬仪或吊线
相邻构件高差	≤5	钢尺
预留孔中心位置	±10	尺量

注：H 为井筒高度。

11.5.5　进场验收的检验项目与判定

1.构件质量应符合 GB50204 的相关规定，进场检验应符合表 8 的规定。

表 8 构件进场验收检验项目、检查数量与检验方法

类别	序号	检验项目	检查数量	检验方法
主控项目	1	构件进场时的质量证明文件（出厂合格证、型式检验报告、出厂检验报告）齐全有效，批次、编号与合同一致	全数检查	检查质量证明文件或质量验收记录
	2	构件的外观质量不应有严重缺陷，且不应有影响结构性能和安装、使用功能的尺寸偏差	全数检查	观察、尺量；检查处理记录
	3	构件上的预埋件、预留插筋等的规格和数量以及预留孔、预留洞的数量和质量应符合设计要求	全数检查	观察、尺量；检查产品合格证
	4	超高性能混凝土预制电缆井 抗压强度及抗拉（抗折）性能检验报告符合要求	按批检查	检查检验报告；必要时抽样复验
一般项目	5	构件外观质量不应有一般缺陷	全数检查	观察，检查技术处理方案和处理记录
	6	构件的尺寸偏差应符合表 6.1～6.2 的规定；设计有专门规定时，尚应符合设计要求	同一类型的构件，不超过 20 件为一批，每批不应少于 3 件	观察，量测
	7	粗糙面的外观质量、键槽的外观质量和数量应符合设计要求	全数检查	观察，量测

附录 A　UHPC 材料性能试验方法

A.1 抗压强度试验

A.1.1 试件应为 100mm×100mm×100mm 的立方体，每组 3 个试件。

A.1.2 试件的成型、养护和试验方法应按 GB/T 50152 的规定执行。

A.1.3 试验结果应取 3 个试件测值的算术平均值作为该组试件的抗压强度代表值，精确至 0.1MPa。

A.1.4 当 3 个测值中的最大值或最小值与中间值的差值超过中间值的 15%时，应取中间值作为该组试件的抗压强度代表值；当最大值和最小值与中间值的差值均超过中间值的 15%时，该组试件的试验结果无效。

A.2 抗折强度试验

A.2.1 试件应为 100mm×100mm×400mm 的棱柱体，每组 3 个试件。

A.2.2 试件的成型、养护和试验方法应按 GB/T 50152 的规定执行。

A.2.3 试验结果取值规则同 A.1.4。

A.3 弹性模量试验

A.3.1 试件应为 100mm×100mm×300mm 的棱柱体，每组 3 个试件。

A.3.2 试件的成型、养护和试验方法应按 GB/T 50152 的规定执行。

A.3.3 试验结果取值规则同 A.1.4。

附录 B　检验规则

B.1 检验分类

预制电缆井的检验分为：

a）出厂检验；

b）进场检验；

c）型式检验。

B.2 出厂检验

B.2.1 每批构配件出厂前应进行出厂检验，出厂检验项目应包括：

a）外观质量；

b）尺寸偏差；

c）混凝土强度（以同条件养护试件的抗压强度为准）；

d）钢筋：受力钢筋规格、数量、间距、保护层厚度；

e）预埋件、吊环、预留孔洞等；

f）构件标识（编号、生产日期等）。

B.2.2 出厂检验的抽样应符合下列规定：

a）外观质量和尺寸偏差应逐件检验；

b）混凝土强度检验：每 100 盘且不超过 100 个同类构件为一个检验批，每批应至少制作一组（3 个）试件。

B.3 进场检验

B.3.1 构件进场时应进行进场检验，进场检验项目应包括：

a）资料核查

出厂合格证、混凝土强度报告、钢筋 / 套筒原材料报告、型式检验报告（在有效期内）等。

b）实体观感

外观质量、尺寸偏差、预埋件、出筋、粗糙面、构件标识、有无运输破损裂缝等。

c）结构性能

承载力、挠度、裂缝宽度等。

B.3.2 进场检验不合格的构件不得使用。

B.4 型式检验

B.4.1 有下列情况之一时，应进行型式检验：

a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；

b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；

c) 正常生产时，每年至少进行一次；

d) 产品停产超过一年后恢复生产时；

e) 国家质量监督检验机构提出进行型式检验要求时。

B.4.2 型式检验应包括下列项目：

a) 外观质量和尺寸偏差；

b) UHPC 力学性能；

c) UHPC 耐久性能；

d) 构件承载性能试验；

e) 接缝防水性能试验；

f) 连接节点力学性能试验；

g) 井盖承载性能试验。

B.4.3 型式检验的试件应从出厂检验合格的产品中随机抽取，每种规格不少于 3 件。

B.5 判定规则

B.5.1 出厂检验判定：

a) 外观质量和尺寸偏差全部合格，且混凝土强度满足设计要求时，该批构件判定为合格；

b) 外观质量或尺寸偏差有不合格项时，允许逐件修补，修补后重新检验。

B.5.2 型式检验判定：

a) 所有检验项目均合格时，判定为合格；

b) 有一项不合格时，允许加倍抽样对不合格项目进行复检，复检合格时判定为合格，复检仍不合格时判定为不合格。

附件 12

中国电力建设企业协会团体标准

超高性能混凝土预制电缆井
技 术 指 南

编 制 说 明

二〇二六年十一月

一、工作简况

（一）任务来源

本标准根据中国电力建设企业协会《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）安排。

（二）参编单位及分工

本文件由中国电力建设企业协会标准化管理委员会负责管理，宇超电力股份有限公司、中国建筑科学研究院有限公司为主编单位，国家电网有限公司特高压建设分公司、内蒙古乌兰察布电力工程有限责任公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司乌兰察布供电分公司、国网江苏省电力工程咨询有限公司、四川电力设计咨询有限责任公司、国网四川电力送变电建设有限公司、中国华电科工集团有限公司、福建省电力建设工程咨询有限公司、广西送变电建设有限责任公司、国网湖南电力株洲供电公司、国网浙江省电力有限公司建设分公司、浙江电力建设工程咨询有限公司、国网湖南省电力公司常德供电分公司、三峡大学、广东电网能源发展有限公司、广西送变电勘察设计有限公司、内蒙古送变电有限责任公司、衡阳市丰华水泥制品有限公司、广西正远监理咨询有限公司、沧州同兴电力设计有限公司、湖南省送变电工程有限公司、云南电网有限责任公司昆明供电局、国网衡阳供电公司、河北省送变电有限公司、广东创成建设监理咨询有限公司、安徽送变电工程有限公司等

26家单位共同参编。

宇超电力股份有限公司负、中国建筑科学研究院有限公司为主编单位；其他单位共同参编。

（三）制定背景

电缆井是电力电缆线路工程中数量最多、分布最广的构筑物，传统砖砌井和现浇混凝土井现场湿作业量大、养护周期长、质量受气候和人工水平影响大、冬期施工困难，已难以适应电力工程建设工业化、绿色化的发展方向。

现行标准以现浇混凝土结构和普通混凝土预制构件为对象，超高性能混凝土预制电缆井在技术依据方面存在明显空白。由于缺少统一的技术依据，影响产品质量的一致性，也给工程运行留下隐患。制定本标准，系统给出超高性能混凝土预制电缆井的基本规定、原材料指标、荷载与作用组合、井型与构造、性能要求、生产制作、运输和检验验收的技术要求，是电力工程建设的现实需要。

（四）编制过程

2025年4月，中电建协标委会对本标准予以立项。2025年6月，项目以《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）文件向社会发布。

在中电建协标委会指导下，主编单位于2025年6月组建了包括所有编制单位在内的工作组并启动编制工作，编制过程主要分为以下阶段:

前期调研与草案起草（2025年下半年至2026年上半年）：编制组广泛开展收资、调研和访谈，系统分析了GB/T 31387、GB 50010、GB 50069、GB 50108、GB 50217、GB/T 51231、JGJ 1、JGJ 355等现行标准，收集了江苏、湖南、广东、广西、浙江等地超高性能混凝土预制电缆井的生产和工程应用数据，与预制构件生产企业就配合比、搅拌工艺、振动成型和蒸养制度进行了多轮技术交流，形成了标准草案初稿。

初稿讨论会（2026年7月27日报到，7月28—29日开会）：中国电力建设企业协会主办、宇超电力股份有限公司承办，在厦门国际会展中心组织召开《气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件》《超高性能复合材料预制电缆井》《超高性能复合材料预制电缆井施工及验收规范》3项中电建协团体标准初稿讨论会（中电建协〔2026〕251号）。会议讨论了标准初稿，明确了修改单位分工及节点安排，提出了下一步工作要求。本标准作为配套技术文件一并提交会议讨论，会议对井型分类体系、强度等级代号、抗折强度分列方式和检验批划分提出了修改意见。会后，编制组根据会议意见对初稿逐条修改完善。

征求意见稿定稿会（2026年10月30日报到，10月31日—11月1日开会）：中国电力建设企业协会在北京京丰宾馆组织召开《超高性能复合材料预制电缆井》《超高性能复合材料预制电缆井施工及验收规范》《气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件》3项团体标准征求意见稿定稿会（中电建协〔2026〕352号），会议由宇超电力股份有限公司

承办。会议讨论了标准文本，确定了征求意见稿，明确了下一步工作计划和安排。会后，编制组按会议意见修改完善，形成本标准征求意见稿。

二、标准编制原则、主要内容及确定依据

（一）编制原则

合规性原则。本标准编制严格遵守《中国电力建设企业协会标准管理办法（试行）》，编写格式执行 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》。

协调性原则。注重与国家法律法规和相关标准的协调性，通用的材料要求、荷载取值、结构计算、防水和防腐要求直接执行现行标准，本标准只规定超高性能混凝土预制电缆井特有的技术要求，不重复、不矛盾，确保发布实施后可操作。

系统性原则。覆盖从原材料性能指标、荷载与作用组合、井型与构造、性能要求，到生产制作、运输堆放、检验验收的全过程，形成完整的技术链条，避免各环节要求脱节。

可操作性原则。规定明确、参数具体、方法可行，强度等级、覆土厚度、压实系数、工艺参数、检验批规模等均给出可测量、可判定的数值，便于设计、生产和检验人员对照执行。

民主协同原则。充分发扬民主，广泛征求建设、设计、施工、监理、生产企业和高等院校等多方意见，协调各参编单位达成共识，确保标准内容全面、公正、权威。

（二）标准主要内容

本标准共分为 11 章，另有 2 个附录，系统给出超高性能混凝土预制电缆井的技术要求。核心内容包括:

第 1 章至第 3 章：范围、规范性引用文件、术语和定义。明确了本标准的适用范围、引用标准清单和超高性能混凝土、预制电缆井、混杂纤维、非金属纤维、接缝密封、遇水膨胀橡胶等关键术语。

第 4 章：基本规定。明确了设计使用年限不低于 50 年、结构安全等级不低于二级、重要性系数γ_0的取值，以及构件生产单位应具备的工艺设施、质量管理体系和试验检测手段。

第 5 章：原材料。规定了超高性能混凝土力学性能等级体系（U120 ~ U200 共五级），以及胶凝材料、骨料、纤维、外加剂、拌合用水和钢筋的技术要求。

第 6 章：荷载与作用组合。明确了永久荷载、可变荷载、偶然荷载的分类，承载能力极限状态和正常使用极限状态的作用组合，脱模、翻转、运输、吊运等短暂设计状况的动力系数，土压力和水压力的计算方法，以及抗浮稳定性验算要求。

第 7 章：井型、构造及连接。建立了按接口形式、使用功能和井体内部净尺寸的三维分类体系，规定了井型代号组成规则、构件分块原则、分缝位置、底板与集水坑构造、井壁板接缝构造、预埋件要求，以及承插式、螺栓连接式、预留后浇带式和钢筋套筒灌浆式四种连接节点形式的适用条件和验算依据。

第 8 章：性能要求。规定了力学性能、起吊点设置、埋设

深度与覆土厚度、井周回填压实，以及防水性能、防腐蚀措施、耐久性设计和裂缝控制要求。

第 9 章：生产制作。规定了钢筋骨架设计与制作、预埋件及接地螺母制作、混凝土配合比设计与制备、钢模整理、装模与喂料、振动成型、养护及脱模的工艺参数。

第 10 章：运输要求。规定了运输与堆放方案的编制内容、立放与平放运输的适用构件、垫衬与固定措施、运输强度要求，以及堆放场地、分类、层数和防护要求。

第 11 章：检验与验收。规定了型式检验、出厂检验、进场检验三类检验的划分，主控项目和一般项目的分级与合格判定，检验批划分原则，首件验收制度，以及标识、质量证明文件、外观质量、尺寸偏差和进场验收的检验项目与判定规则。

附录 A：超高性能混凝土材料性能试验方法。规定了抗压强度、抗折强度、弹性模量试验的试件尺寸、组数、试验依据和取值规则。

附录 B：检验规则。规定了出厂检验、进场检验、型式检验的项目、抽样规定和判定规则。

（三）确定依据

一是现行国家标准和行业标准。材料指标依据 GB/T 31387，荷载与作用组合依据 GB 55001、GB 50009，结构计算依据 GB 50010、GB 50069、GB 50332，防水依据 GB 50108，防腐依据 GB 50021、GB/T 50046、GB/T 50476，装配式连接依据 GB/T 51231、JGJ 1、JGJ 355，检验评定依据 GB/T 50107、

GB/T 50081、GB/T 50082。

二是工程实践数据。编制组收集了江苏、湖南、广东、广西、浙江等地超高性能混凝土预制电缆井的生产和运行数据，包括井型规格分布、覆土深度、地下水位条件、接缝渗漏情况、井壁厚度与配筋做法，作为井型划分、覆土厚度、构造措施和检验批规模的取值基础。

三是试验验证。编制组组织参编单位对 U120～U200 各强度等级的配合比、搅拌时间、振动成型参数和蒸养制度进行了试验，验证了净搅拌时间、模具温度、振动频率与振幅、升降温速率、最高恒温温度等工艺参数的可行性。

四是行业专家和企业反馈意见。初稿讨论会和征求意见稿定稿会上，特邀专家和参会单位对井型分类、强度等级代号、抗折强度分列、检验批划分等提出了具体意见，编制组逐条研究后予以采纳或说明。

三、与现行法律法规和标准的协调性

本标准严格遵循《中华人民共和国建筑法》《建设工程质量管理条例》《建设工程勘察设计管理条例》等法律法规的规定，技术内容符合 GB 55001《工程结构通用规范》、GB 55002《建筑与市政工程抗震通用规范》、GB 55008《混凝土结构通用规范》等强制性工程建设规范的要求，不存在降低强制性规范要求的情形。

本标准与 GB/T 31387《超高性能混凝土》的关系是材料标准与工程应用技术文件的关系。GB/T 31387 规定材料性能指标

和试验方法，本标准在其基础上给出构件层面的设计方法、构造规定、生产工艺和检验规则，不改变、不放宽材料标准的要求。

本标准与 GB 50010、GB 50069、GB 50332 等结构设计标准的关系是专项补充。承载力计算的基本假定、材料分项系数、作用分项系数、抗震设计原则等直接执行现行标准；本标准只针对超高性能混凝土薄壁构件的受力特点和预制装配的连接方式，补充截面承载力验算、接缝受剪验算、连接节点等强要求等专项规定。

本标准与 GB 50204、GB 50168 等施工验收标准的关系是分工衔接。本标准规定构件的出厂检验和进场检验，现场施工安装与工程验收执行《超高性能混凝土预制电缆井施工及验收规范》，两者在检验批划分、抽查比例、判定规则上相互对应，不存在交叉重复。

经比对，本标准的技术要求与现行法律法规和相关标准在技术内容上相互衔接，未发现冲突。

四、标准的先进性或特色性

一是填补空白。本标准是国内首个针对超高性能混凝土预制电缆井的技术指南，系统解决了超高性能混凝土材料性能指标与构件设计要求之间缺少衔接依据的问题，为设计、生产和检验提供了统一的技术路径。

二是首次建立井型分类与代号体系。按接口形式分为直通型、转角型、三通型、四通型和手孔井五类，按使用功能分为

普通工作井和接头井，按井体内部净尺寸分为小型、中型和大型三档，并由井型代号、规格代号和荷载代号组成统一的产品代号，如 ZT-2-C 表示直通型中型车行道井。这一体系使产品命名、设计选用、生产组织和进场验收有了共同语言。

三是按纤维类型分列抗折强度指标。超高性能混凝土的抗折性能与纤维品种和掺量直接相关，本标准表 1 对钢纤维混凝土、混杂纤维混凝土和非金属纤维混凝土分别给出抗折强度标准值，避免了单一指标对不同纤维体系适用性不足的问题，也与工程实际选用习惯相符。

四是覆盖设计、生产、运输、检验全链条。既有原材料指标和荷载组合，也有构件分块、分缝位置、集水坑、接缝构造等设计规定；既有钢筋骨架、混凝土制备、钢模、振动成型、养护脱模等工艺参数，也有运输堆放和三类检验的判定规则，形成了从材料到成品的完整技术闭环。

五是提出首件验收制度。规定批量生产前应进行试验性制作并组织首件验收，验收内容包括模具及预埋件定位、浇筑密实成型质量、养护制度执行情况与脱模强度、外观质量与尺寸偏差、力学性能试件强度、钢纤维掺量及分布，验收合格后方可批量生产。这一制度把质量控制的关口前移到生产准备阶段，对薄壁超高性能混凝土构件尤为重要。

五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据

（一）标准调研、研讨情况

标准编写过程中，编写组进行了广泛的收资、调研和探讨。研究的几个主要问题及处理结论如下:

1.本标准的编制目的和适用对象

随着城市电网建设规模扩大和电缆线路工程数量增长，电缆井作为电缆线路工程中数量最多、分布最广的构筑物，建设量持续增加。传统砖砌井和现浇混凝土井存在井壁厚、构件自重大、现场湿作业量大、耐久性受施工质量影响明显等问题，在腐蚀性土壤、地下水位较高和车辆荷载较大的场所，井体开裂、渗漏、钢筋锈蚀等缺陷较为普遍。超高性能混凝土具有抗压强度高、抗折和抗渗性能好、耐久性优异的特点，用于预制电缆井可显著减薄井壁、减轻构件自重、延长使用寿命。为统一超高性能混凝土预制电缆井的基本规定、原材料指标、荷载与作用组合、井型与构造、性能要求、生产制作、运输和检验验收的技术要求，保证产品性能和质量的一致性，提高电缆线路土建构筑物的耐久性和运行安全水平，制定本标准。

本标准适用于电力工程超高性能混凝土预制电缆井的设计、生产、运输、检验及验收。

2.标准的定位与适用范围

本标准定位于技术指南，在 GB/T 31387 等现行标准基础上，补充超高性能混凝土预制电缆井从材料指标到构件成品的

技术要求。与现行标准一致的通用要求按现行标准执行，本标准不重复规定。

关于指南性质的处理。本标准条文大量使用“宜”“可”，对工艺参数和构造做法给出推荐性要求，对涉及结构安全、人身安全和产品基本性能的内容使用“应”“不应”。这样处理的原因是：超高性能混凝土预制电缆井的工程应用时间较短，各地生产条件和材料供应差异较大，过严的统一规定会限制技术发展；但强度等级、连接节点承载力、接缝防水、检验判定等底线要求必须强制执行。

（二）标准征求意见情况

本标准于 2026 年 11 月初完成征求意见稿定稿。下一步，将由中电建协对本标准公开征求意见，编制组将对征集到的意见逐条研究处理并形成意见汇总处理表，在送审稿阶段予以落实。

（三）重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准编制过程中，未出现重大分歧意见。

六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据

本标准设置的量化指标均为可测量、可判定的技术指标，检验方法为生产企业试验室和施工现场常规配置的器具和方法，指标取值均有现行标准依据、试验验证或工程实践支撑，具体如下：

1.强度等级与力学性能指标

抗压强度标准值 120MPa～200MPa 分五级，抗折强度标准值 15MPa～30MPa 按纤维类型分列，弹性模量不小于 40GPa。依据 GB/T 31387 的强度等级体系和试验方法确定，取值覆盖了目前国内超高性能混凝土预拌料和预制构件生产的实际水平。试验方法按附录 A 执行，抗压试件为 100mm×100mm×100mm 立方体，抗折试件为 100mm×100mm×400mm 棱柱体，弹性模量试件为 100mm×100mm×300mm 棱柱体，每组 3 个试件，成型、养护和试验按 GB/T 50152 执行，取值规则与 GB/T 50081 一致。

2.设计使用年限与结构安全等级

设计使用年限不低于 50 年，结构安全等级不低于二级，重要性系数一级取 1.1、二级取 1.0。与 GB 50168 对电缆构筑物的要求一致，与 GB 55001 的重要性系数取值规定一致。超高性能混凝土水胶比低、孔隙率小、抗氯离子渗透性能好，在正常维护条件下具备达到 50 年使用年限的材料基础。

3.埋设深度与覆土厚度

非车行道地段覆土厚度不宜小于 0.5m，车行道下方不宜小于 0.7m，耕地下方不宜小于 1.0m；冰冻地区井体应埋设于当地冰冻线以下。取值依据 GB 50217 对电缆埋深的规定，并考虑了地面荷载扩散、道路结构层厚度和冻胀影响。0.5m 和 0.7m 的差值反映了车行道与绿化带、人行道在地面荷载量级上的差异，与 GB 50009 的车辆荷载取值相匹配。

4.井周回填压实系数

井周回填土应分层对称回填并压实，压实系数不宜小于0.94；位于道路下的电缆井，井周回填尚应满足道路路基的压实要求。0.94 取自 GB 50204 和道路路基压实度的一般要求，考虑到井体为薄壁预制构件、井周回填空间狭窄、大型压实机械难以靠近，取 0.94 而非更高值，同时要求土压力计算采用的回填土物理力学指标与压实后的土体一致，避免计算与实际脱节。

5.井型规格与净空尺寸

小型 L≤2000mm、B≤1400mm，中型 L≤3200mm、B≤1800mm，大型 L≤6000mm、B≤2400mm；进人井内部净高不宜小于 1900mm，手孔井不宜小于 800mm。分档界限依据运输限界、常用起重设备起重量和电缆接头安装所需作业空间确定。1900mm 的净高满足人员直立作业和电缆接头操作的基本要求，800mm 的手孔井净高满足手臂伸入作业的需要，与 GB 50217 对电缆构筑物净空的规定相符。

6.构造指标

底板应设集水坑，底板顶面至集水坑的泄水坡度不应小于0.5%，取值参照 GB 50015 和 GB 50108 对排水坡度的规定，保证井内积水能够汇集排出。构件分缝位置应避开弯矩和剪力最大部位，宜设在跨中或反弯点附近，依据结构力学内力分布规律确定。纵向受力钢筋受力方向净间距不宜小于 25mm、不宜大于 70mm，下限保证混凝土对钢筋的握裹和浇筑密实，上限

控制裂缝宽度。裂缝宽度不大于 0.2mm 时可进行封闭处理，大于 0.2mm 或为贯通裂缝、受力裂缝时由设计单位提出处理方案，0.2mm 与 GB 50010 对二、三类环境裂缝控制等级的要求一致。

7.生产工艺参数

净搅拌时间不应少于 180s，掺加外加剂、掺合料、纤维时宜延长 60s。超高性能混凝土水胶比低、纤维掺量高，搅拌时间不足会导致纤维结团和拌合物不均，180s 经参编单位试验验证可保证拌合均匀。

模具温度不应超过 45℃且不宜低于 5℃，超过 45℃时应采取降温措施；夏季混凝土温度不宜高于 35℃，冬季不宜低于 5℃。温度上限控制水化反应速率、防止拌合物工作性快速损失和表面失水开裂，下限防止早期受冻。

振动频率常用 45Hz ~ 50Hz，振幅控制在 0.5mm ~ 0.8mm，水平向振动加速度小于 0.2g，激振力偏差不大于 10%，安装后台面倾斜不大于 2°。参数依据 GB/T 25650 对混凝土振动台的规定和超高性能混凝土振动成型的工艺试验确定。超高性能混凝土拌合物黏度大，需要较高的振动能量排出气泡，但振幅过大会导致纤维定向和分层，因此同时规定频率、振幅和加速度三项参数。

蒸汽养护升温速度不宜大于 25℃/h，降温速度不宜大于 25℃/h，养护结束后构件与环境温差不大于 30℃；最高恒温温度硅酸盐水泥 80℃、普通硅酸盐水泥 85℃、矿渣硅酸盐水泥 95℃。升降温速率依据超高性能混凝土的温缩特性和构件壁厚

确定，过快会产生温度裂缝；最高恒温温度按水泥品种区分，矿渣水泥水化热低、需要更高温度激发活性。

自然养护洒水时间不宜少于7d，每天2~3次。取值参照GB 50666对混凝土保湿养护的规定，考虑超高性能混凝土早期水化快、表面易失水的特点。

8.运输与堆放指标

运输时构件强度应达到设计强度的100%，立放运输壁板和盖板、平放运输底板和整体井。100%的强度要求依据预制构件运输的通行做法，防止运输振动和支点反力造成构件开裂。堆放时横向放置的构件不得大于3层、排管不得大于2层，层数限制依据构件自重、垫块承载力和堆场稳定性确定，防止底层构件受压损坏。

9.检验批规模与判定规则

出厂检验批同一工作班、同一类型构件为一个检验批，按同一企业同一品种组批时不超过100件；进场检验批同一类型构件不超过20件，每批抽查不应少于3件，批量不足3件时全数检查。100件与预制构件生产班次的实际产量相匹配，20件与施工现场单次进场量相匹配，抽查3件是统计抽样的最低有效样本量，与GB 50204对预制构件进场检验的规定相当。

主控项目应全部合格，不合格时该检验批判为不合格；一般项目采用计数检验时合格率应达到80%以上且不得有严重缺陷，采用计量检验时不合格点的偏差值不应超过允许偏差值的1.5倍。80%的合格率和1.5倍的偏差放宽量参照GB 50204和

GB 50300 的验收规定确定。

型式检验正常生产时每年至少一次，主要原材料、配合比或生产工艺有较大变更时、出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时、停产六个月以上恢复生产时应进行型式检验。年度周期与产品认证和质量监督的通行做法一致，六个月停产界限依据模具状态、人员变动和工艺稳定性的一般规律确定。

10.首件验收

批量生产前应进行试验性制作并组织首件验收，验收组包括建设、设计、监理、施工及构件生产企业代表，验收内容包括模具及预埋件定位准确性、浇筑密实成型质量、养护制度执行情况与脱模强度、外观质量与尺寸偏差、力学性能试件强度、钢纤维掺量及分布。首件验收合格后方可批量生产。这一制度参照装配式建筑构件生产的首件验收做法，针对超高性能混凝土薄壁构件对模具精度、浇筑密实度和纤维分布的敏感性设置，把质量控制的关口前移。

七、与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容对比情况，采标情况

1. 与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况

国内方面，目前尚无专门针对超高性能混凝土预制电缆井的标准。目前国内现有标准以现浇结构和普通混凝土预制构件为对象，未覆盖 UHPC 的材料特性和薄壁构件的施工特点。

国外方面，法国 NF P18-470《超高性能纤维增强混凝土 规

范、性能、生产与一致性》、瑞士 SIA 2052《超高性能混凝土材料、设计与施工》、美国 ASTM C1856《超高性能混凝土试件制作与试验规程》、日本土木学会《超高性能纤维增强混凝土结构设计与施工指南》等文件，以材料性能、结构设计和试验方法为主要内容，未涉及电缆井这一具体构筑物的施工及验收要求。

综上，本标准充分结合超高性能混凝土预制电缆井的生产和制作特点，具有较强的针对性和适用性，填补了该类构筑物生产、制作依据的空白。

2.采标情况

本标准未引用或采用国际、国外标准，无采标情况。

八、涉及专利的有关说明

本标准编制过程中，编制组对标准条文涉及的技术内容进行了专利检索，未发现标准中纳入专利技术的情形。本标准不涉及专利。

九、专家审查会情况

本标准尚未召开专家审查会。按中电建协标准编制程序，征求意见结束后，编制组将汇总处理意见形成送审稿，由中电建协组织专家审查。审查会的时间、地点、审查结论及意见处理情况，将在报批时补充说明。

十、标准名称变更理由及报批情况

本标准立项名称为《超高性能复合材料预制电缆井》，现名称为《超高性能混凝土预制电缆井技术指南》，标准名称发生变更。变更包含两个方面：一是材料体系表述由“复合材料”改为“混凝土”，二是标准类型表述增加“技术指南”。立项文件（中电建协〔2025〕131号）以及初稿讨论会（中电建协〔2026〕251号）、征求意见稿定稿会（中电建协〔2026〕352号）通知中，涉及本批标准的名称均使用“超高性能复合材料预制电缆井”；自征求意见稿文本起，本标准统一使用现名称。

复合材料是由两种或两种以上不同性质的材料经复合工艺组合而成的多相材料，通过各组分性能的互补获得单一材料不具备的综合性能。按基体材质划分，复合材料可分为树脂基复合材料、金属基复合材料、陶瓷基复合材料和水泥基复合材料四大类；按增强体形态划分，可分为纤维增强、颗粒增强、层状复合和骨架增强等类型。水泥基复合材料以水泥水化产物为基体，以纤维、颗粒或钢筋为增强体，混凝土是其中应用历史最长、工程用量最大的一类。

超高性能混凝土掺入高强度微细钢纤维和／或非金属纤维，属于纤维增强水泥基复合材料，是水泥基复合材料中性能最高的分支。从材料归属看，“复合材料”是上位概念，“混凝土”是其下水泥基分支的具体称谓，二者不是并列关系。就电力工程电缆井这一应用对象而言，目前实际采用并具备批量供应条件的均为水泥基材料，即超高性能混凝土，尚未见树脂基等其他基体的复合材料用于承重电缆井的工程案例。名称由“复合

材料”明确为“混凝土”，是把上位概念落实到本标准实际规范的材料分支，使标准名称与规范对象一致，便于设计、生产和检验人员准确识别材料体系，避免因名称笼统产生跨材料体系的误用。

名称中增加“技术指南”的表述，主要基于以下考虑。

一是文件性质决定。本标准第 1 章对井型、生产制作、运输要求、检验与验收的表述为“提出了建议”，对基本规定、原材料性能指标、荷载与作用组合、性能要求为“给出了”，条文以“宜”“可”等建议性用语为主，不直接设定强制性的合格判定要求。按 GB/T 1.1—2020 对标准类型的划分，以提供技术途径、方法指导和推荐性指标为主要内容的文件属于指南类标准，名称中标明“技术指南”与文件实际体例一致。

二是与同批标准分工的需要。本批立项的《超高性能复合材料预制电缆井》在编制过程中按内容分为产品标准和配套技术指南两部分：产品标准规定材料要求、设计方法、构造规定和检验规则，施工及验收规范规定现场施工和工程验收要求，本标准提供的是从材料选用、井型选择、构造设计到生产制作、运输堆放、检验验收的技术路径和方法指导。三者对象不同、深度不同，产品标准保留原立项名称，技术指南单独命名。若本标准仍沿用《超高性能混凝土预制电缆井》，将与产品标准同名，在立项、报批、引用和工程选用时无法区分。

三是便于使用对象识别。本标准的使用者主要是设计人员、生产技术人员和检验人员，需要的是“按什么指标做、怎么做”的技术指引，而非“合格与否”的判定依据。名称中标明“技

术指南”，可以直接提示文件性质和适用方式，减少被误用为强制验收依据的情况。

材料体系表述的变更理由：一是与国家标准术语保持一致。GB/T 31387《超高性能混凝土》以“超高性能混凝土”作为规范术语，“超高性能复合材料”不是标准术语。二是避免跨材料体系误读。工程语境中的“复合材料”通常指树脂基纤维增强复合材料，与 UHPC 的水泥基材料属性不同，沿用原名称会使设计和检验人员难以判断应当适用哪一套材料标准体系。三是与本标准术语和定义 3.1 保持一致，3.1 将 UHPC 定义为以水泥和矿物掺合料等为胶凝材料、掺入纤维生产的超高强纤维增韧混凝土，属混凝土范畴。

名称变更拟按《中国电力建设企业协会标准管理办法（试行）》的规定履行报批程序，报请中电建协标委会确认。

十一、其他应当说明的事项

无。

十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议

《超高性能混凝土预制电缆井技术指南》具有创新性和引领性，为电力工程 UHPC 预制电缆井的设计、生产、运输、检验及验收提供了支撑性、基础性标准。建议由中电建协组织进行广泛宣贯，并在电力工程等成员单位项目中先行应用，及时总结实施过程中的反馈意见，待条件成熟时升级为行业标准或国家标准。

（以下无正文）

附件 13

****

***

备案号：×××××

团 体 标 准

P T/CEPCA ××-2025

超高性能混凝土预制电缆井施工及验收规范

Code for construction and acceptance of prefabricated cable manholes of ultra-high performance concrete

（征询意见稿）

2 0 2 ×- ×× - ×× 发 布 2 0 2 ×- ×× - ×× 实

**********　　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：标准的结构和编写》给出的规则起草。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力建设企业协会提出并归口管理。

本文件起草单位：……

本文件主要起草人：……

本文件主要审查人：……

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力建设企业协会。

目次

1 范围 1

2 规范性引用文件 2

3 术语和定义 3

4 基本规定 4

5 施工准备 5

5.1 场地准备 5

5.2 构配件到货验收 5

6 现场施工 6

6.1 一般规定 6

6.2 基坑开挖与基础处理 6

6.3 构配件吊装与就位 7

6.4 组装及连接施工 7

6.5 接缝密封施工 8

6.6 防水施工 8

6.7 接地施工 8

6.8 回填施工 8

7 施工验收 10

7.1 一般规定 10

7.2 主控项目 11

7.3 一般项目 13

附录 A 构配件质量要求和允许偏差表 15

附录 B 成品质量要求和允许偏差表 16

附录 C 验收记录表 17

1 范围

本文件规定了超高性能混凝土预制电缆井的构配件与成品验收、现场施工、工程验收等要求。

本文件适用于电力工程超高性能混凝土预制电缆井的施工及验收。

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 50021 岩土工程勘察规范

GB 50169 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范

GB 50202 建筑地基工程施工质量验收标准

GB 50208 地下防水工程质量验收规范

GB 50212 建筑防腐蚀工程施工规范

GB 50666 混凝土结构工程施工规范

GB 55030 建筑与市政工程防水通用规范

GB/T 26537 钢纤维混凝土检查井盖

GB/T 30790 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护

GB/T 50046 工业建筑防腐蚀设计标准

GB/T 50224 建筑防腐蚀工程施工质量验收标准

GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准

JGJ 1 装配式混凝土结构技术规程

3 术语和定义

3.1

超高性能混凝土 ultra-high performance concrete(简称：UHPC)

以水泥和矿物掺合料等为胶凝材料，配合骨料、外加剂、高强度微细钢纤维和/或非金属纤维、水等原料生产的超高强纤维增韧混凝土。

3.2

预制电缆井 prefabricated cable manhole

在工厂采用超高性能混凝土预制生产的模块化电缆井构件。

3.3

接缝密封 joint sealing

预制构件接缝处采用密封材料进行的防水处理措施。

3.4

遇水膨胀橡胶 hydrophilic expansion rubber

以橡胶为主要成分，吸水后体积膨胀达到密封防水效果的材料。

3.5

灌浆料 grouting material

用于预制构件连接部位填充、锚固的专用材料。

3.6

成品 finished product

由构配件组装完成、具备电缆敷设和使用功能的完整电缆井。

4 基本规定

4.1 施工方案应包括电缆井的施工工艺、质量保证措施、安全技术措施和环境保护措施，并应经审批后实施。

4.2 施工人员应经过专业技术培训和安全教育，且考核合格方可上岗；特种作业人员和特种操作作业人员应持证上岗。

4.3 施工现场应设置安全警示标志。基坑周边应设置防护栏杆，深度超过 1.5m 的基坑应设置上下通道。

4.4 符合有限空间作业条件时，作业前应通风、检测，并应设专人监护。

4.5 当室外日平均气温连续 5d 稳定低于 5℃时，应按冬期施工要求采取保温、防风措施，并应适当延长养护时间。

4.6 雨天不应进行灌浆施工，当遇到大风天气时应有防风措施。

5 施工准备

5.1 场地准备

5.1.1　施工场地应平整、坚实，满足构件进场和吊装要求；

5.1.2　应设置构件存放区，场地应有排水措施；

5.1.3　施工道路应畅通，满足运输车辆通行要求。

5.2 构配件到货验收

5.2.1　构配件进场报验时，应提交下列文件，并应核查其与设计文件、采购合同的符合性：

a）出厂合格证或者产品质量证明书；

b）出厂检验报告；

c）型式检验报告；

d）纤维掺量检验记录；

e）钢筋及预埋件质量证明文件与复验报告；

f）产品说明书，包括安装、使用、存放与维护要求；

g）构件标识、批次编号与出厂资料的对照清单。

h）首件验收记录及重大问题处理记录。

5.2.2　构配件应按同一生产单位、同一规格型号、同一强度等级、同一生产批次、同一类型构件划分检验批；每批数量不宜大于 20 件，不足 20 件时按一个检验批计。不同批次混装进场时，应分别组批。

5.2.3　对存在质量缺陷（如裂缝、破损、尺寸偏差超标）的构配件，严禁进场使用；

5.2.4　构配件的质量要求及尺寸偏差要求详见附录 A。

6 现场施工

6.1 一般规定

6.1.1 电缆井施工应按设计文件、施工方案的要求进行。

6.1.2 构配件组装场地应平整、坚实，并应有防雨、排水和成品保护措施。

6.1.3 构配件存放和安装过程中应采取保护措施，不得碰撞、污染构件表面.

6.1.4 已安装构配件的预留孔洞、预埋件应采取临时封堵和保护，灌浆孔、螺栓孔应保持通畅。

6.2 基坑开挖与基础处理

6.2.1 基坑开挖

a） 基坑开挖应根据设计文件要求进行，并应符合 GB 50202；

b） 基坑底面不应超挖或欠挖，表面应平整。

6.2.2 地基验收

a） 地基承载力应满足设计要求；

b） 地基标高应符合设计要求，允许偏差为 0、-50mm；

c） 地基表面应平整，不得有杂物、积水。

6.2.3 垫层施工

a） 基础垫层施工应符合设计要求，垫层厚度不应小于 100mm，强度等级不应小于 C20；

b） 垫层施工应符合 GB 50666 的有关规定；

c） 垫层浇筑完成后应及时养护。

6.3 构配件吊装与就位

6.3.1 吊装准备

6.3.1.1 吊装方案应包括吊装工艺、吊装设备选型、吊点设置、就位顺序等内容；吊点应使用厂家预留吊点进行吊装。

6.3.1.2 设备的吊装能力应满足最大构件吊装要求。

6.3.1.3 构件吊装前应进行试吊，确认无误后方可正式起吊。

6.3.1.4 吊装区域应设置警戒，无关人员不得进入。

6.3.1.5 吊装设备应调试正常，安全装置应可靠有效。

6.3.2 就位精度

就位精度除应符合 JGJ 1 的规定外，还应满足以下要求：

a) 预制构件就位后，竖向构件中心线偏移允许偏差不应大于 8mm，水平构件中心线偏移允许偏差不应大于 5mm，；

b) 标高允许偏差不应大于±5mm；

c) 垂直度允许偏差不应大于 H/500（H 为构件高度）；

d) 相邻构件高差允许偏差不应大于±5mm；

e) 接缝宽度允许偏差不应大于±5mm。

6.4 组装及连接施工

6.4.1 预制构件的组装及连接施工应在构配件检验合格、基础验收合格后进行；

6.4.2 组装前应核对构配件的规格、型号、编号和接口尺寸；

6.4.3 接口工作面应完整、光洁，不得有缺损、裂缝、断裂和破损；接口部位应清理干净，不得残留浮浆、浮渣和杂物。

6.4.4 应按设计文件规定的组装顺序、连接方式和接缝构造进行组装；

6.4.5　组装后成瓶的质量要求及尺寸偏差要求详见附录 B

6.5 接缝密封施工

密封材料进场应进行检查验收，其性能应符合设计要求。

6.6 防水施工

6.6.1 防水施工应在接缝密封施工验收合格后进行；

6.6.2 防水施工应符合 GB 50208 和 GB 55030 的规定；

6.6.3 防水材料的品种、规格和性能应符合设计要求，并应有产品合格证和进场检验报告。

6.6.4 防水密封垫、防水层应设置在接缝迎水面；

6.6.5 所有的电缆井不得现场开孔，所有预留孔洞均应设置防水套管。

6.7 接地施工

6.7.1 预制电缆井内的金属构件、电气设备、支架应可靠接地；不应利用金属软管、管道保温层的金属外皮或金属网作为接地线。

6.7.2 当电缆井接地装置与主接地网连接时，接地电阻应符合主接地网的要求；当设置独立接地装置时，接地电阻不应大于 10Ω。

6.7.3 接地装置的施工及验收应符合《接地装置施工及验收规范》GB 50169 的规定.

6.8 回填施工

6.8.1 回填材料

a) 回填材料应采用砂土、碎石土或低塑性粉土，不得含有腐蚀性物质；

b) 不得使用淤泥、腐殖土、膨胀土及冻土；

c) 回填材料的粒径不应大于 50mm，有机质含量不应大于 5%。

6.8.2 回填

a) 回填应在防水施工验收合格后进行；

b) 回填应分层夯实，每层厚度不应大于 300mm；

c) 基础及地基主要受力影响范围内的回填压实系数不应小于 0.97，其余部位不应小于 0.94；

d) 压实机具不应碰撞预制构件。

e）回填土的腐蚀性等级应按 GB 50021 的规定判定。当回填土对混凝土或钢筋具有中等及以上腐蚀性时，应按 GB/T 50046 的规定采取防护措施，并应选用非腐蚀性回填材料。

6.9 防腐蚀施工

防腐蚀施工除应符合 GB 50212 的规定，尚应符合以下规定：

6.9.1 处于腐蚀环境的电缆井，其混凝土本体、金属件和接缝应按设计文件采取防腐蚀措施。6.9.2 腐蚀性等级应按 GB 50021 的规定判定，并应按 GB/T 50046 的规定选用防护措施。

6.9.3 采用涂层防护时，钢材表面除锈等级不应低于 Sa2½，涂层体系应按 GB/T 30790 的规定选用，干膜厚度和涂装道数应符合设计要求。如不采用涂层防护时，须满足 GB/T 50046 的规定。

6.9.4 焊接、切割破坏的防腐层应在加工完成后除锈并补涂，补涂范围不应小于损伤边缘外 100mm，补涂层的性能应与原防腐层相当。

6.9.5 质量验收应符合 GB/T 50224 的规定，并应形成隐蔽工程验收记录；防腐蚀层施工完成后应进行保护，不得碰撞、划伤；安装过程中损伤的防腐层应按本文件第 6.9.4 条的规定修补。

7 施工验收

7.1 一般规定

7.1.1 预制电缆井工程施工质量验收应在施工单位自检合格的基础上进行。

7.1.2 电缆井工程验收可按施工阶段和结构部位划分为地基与基础、井体结构与安装、接

缝密封与防水、接地装置、回填与地面恢复、附属设施等分项工程。

7.1.3 隐蔽工程验收应符合下列规定：

a）地基与基础、垫层、钢筋、预埋件及预留孔洞、接缝密封、防水层、接地装置、防腐层和回填前的回填界面应进行隐蔽工程验收；

b）隐蔽工程验收应在隐蔽前进行，施工单位自检合格后应报监理单位验收；未经监理工程师验收合格，不得隐蔽，不得进入下一道工序；

c）隐蔽工程验收应形成记录，并应留存影像资料；验收记录宜符合附录 C 表 C.2 的规定。

7.1.4 检查数量应符合下列规定：

a）主控项目应全数检查；

b）一般项目应按检验批抽查，抽查数量不应少于 10%，且不应少于 3 处（件）；不足 3 处（件）时应全数检查；

c）涉及结构安全和主要使用功能的项目应全数检查。

7.2 主控项目

7.2.1 UHPC 的力学性能和耐久性能应符合下列规定：

a）抗压强度等级不应低于 UC120，立方体抗压强度标准值不应小于 120MPa；

b）抗折强度标准值不应小于 15MPa；

c）抗渗等级应符合设计要求；

d）出厂检验报告应包含本文件第 5.2 节、附录 A 规定的检验项目。

检查数量：按批抽检。

检验方法：核查出厂检验报告和型式检验报告；

对质量证明文件有疑义时，应按 GB/T 50081 的规定抽样复验。

7.2.2 地基承载力应符合设计要求，设计无要求时不应小于 100kPa；地基土不得扰动、受水浸泡或受冻，不得存在软弱夹层。

检查数量：每座电缆井不应少于 1 点。

检验方法：核查地基验槽记录和地基承载力检测报告，观察检查。

7.2.3 井体结构不应存在影响结构性能和使用功能的裂缝。出现裂缝时，应按下列规定处理：

a）宽度不大于 0.2mm 的表面裂缝，可进行封闭处理后重新检查；

b）宽度大于 0.2mm 的裂缝、贯通裂缝或受力裂缝，应由设计单位提出处理方案，处理后应重新验收。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，采用裂缝宽度检测仪或读数显微镜量测。

7.2.4 构件与基础的连接应牢固，构件就位后不得有松动、翘动；构件的安装位置和标高应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、扳动检查，核查测量记录。

7.2.5 接缝密封和灌浆质量应符合下列规定：

a）密封材料的品种、规格和性能应符合设计要求和产品技术文件的规定；

b）灌浆料的抗压强度不应低于被连接构件的强度等级；

c）灌浆应连续、饱满，灌浆孔和排气孔应出浆，不得有漏灌和空腔。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察，核查材料质量证明文件、灌浆记录和试块强度报告。

7.2.6 回填压实系数应符合本文件第 6.8.2 条的规定。

检查数量：每座电缆井每层不应少于 1 点。

检验方法：环刀法或灌砂法检测。

7.3 一般项目

7.3.1 构件安装尺寸的允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 预制构件安装允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
中心线偏移	±10	经纬仪、钢尺
标高	±10	水准仪
垂直度	H/500	经纬仪、吊线
相邻构件高差	±5	钢尺
接缝宽度	±5	钢尺
井盖标高	±5	水准仪

注：H 为构件高度。

7.3.2 井盖与井框应配套，安装应平稳、无翘动，井盖与井框搭接应吻合，承载能力满足设计和 GB/T 26537 的要求；井盖与路面（地面）的高差不应大于 5mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、钢尺量测、踩踏、进场产品合格证及安装后静载试验记录检查。

7.3.3 防水密封垫安装应平整、密实，压缩率应符合产品技术文件和设计要求；密封垫搭接长度不应小于 50mm。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、钢尺量测。

7.3.4 二次灌浆和抹面混凝土表面不应有蜂窝、孔洞、裂缝、起砂等缺陷，表面应平整、密实，颜色应均匀。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

7.3.5 预留管孔应通畅、光滑、无错口，孔内不得有积水和杂物；管孔与井壁间隙的封堵应密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、通球检查。

7.3.6 井内应平整光滑密实无毛刺，不得有建筑垃圾、浮浆和油污；井周回填表面应平整，与地面（路面）衔接应平顺，不得有沉陷和积水，有排水设施并保持干燥。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

附录 A 构配件质量要求和允许偏差表

A.1 构配件外观质量要求

表 A.1 构配件外观质量要求

项目	要求	检验方法
蜂窝、麻面	不应有	观察检查
裂缝	不应有	观察检查、刻度放大镜
露筋	不应有	观察检查
孔洞	不应有	观察检查
夹渣	不应有	观察检查
外形缺陷	不应有	观察检查

A.2 构配件尺寸允许偏差

表 A.2 构配件尺寸允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
长度	±10	尺量
宽度	±5	尺量
高度（厚度）	±5	尺量
对角线差	10	尺量两对角线
表面平整度	5	2m 靠尺和塞尺
预留孔洞中心位置	10	尺量
侧向弯曲	L/1000 且≤20	拉线、钢尺量最大侧向弯曲处

附录 B 成品质量要求和允许偏差表

B.1　成品外观质量要求

表 B.1　成品外观质量要求

项目	要求	检验方法
接缝错台	不应大于 5mm	钢尺、靠尺检查
接缝密封	密封材料应连续、饱满，不得脱开、开裂	观察检查
表面缺陷	不得有露筋和贯穿性裂缝；蜂窝、麻面应经修补	观察检查
渗漏痕迹	内外表面不应有渗漏水痕迹	观察检查
修补	修补材料性能不应低于基材，修补后表面应平整	检查修补记录

B.2　成品尺寸允许偏差

表 B.2 成品尺寸允许偏差

项目	允许偏差（mm）	检验方法
井内净长、净宽	±10	尺量
井内净深	±10	尺量
井壁厚度	±5	尺量
井盖标高	±5	水准仪
井筒垂直度	H/500	经纬仪或吊线
相邻构件高差	≤5	钢尺
预留孔中心位置	±10	尺量

注：H 为井筒高度。

附录 C 验收记录表

C.1 检验批质量验收记录

表 C.1 检验批质量验收记录

序号	类别	验收项目	验收标准	检查数量	检验方法	检验结果
1	主控	UHPC 力学性能与耐久性能	抗压强度等级≥UC120；抗折强度标准值≥15MPa；抗渗等级符合设计	按批抽检	核查报告、抽样复验	
2	主控	地基承载力	符合设计；设计无要求时不小于 100kPa	每井≥1 点	核查检测报告	
3	主控	井体结构裂缝	无影响结构性能和使用功能的裂缝	全数	观察、裂缝宽度量测	
4	主控	构件连接与就位	连接牢固，无松动、翘动；位置和标高符合设计	全数	观察、扳动检查	
5	主控	接缝密封与灌浆	材料符合设计；灌浆连续饱满，无漏灌、空腔	全数	观察、核查记录	
6	主控	回填压实系数	受力影响范围内≥0.97；其余部位≥0.94	每井每层≥1 点	环刀法或灌砂法	
7	一般	构件安装尺寸偏差	符合表 5 的规定	全数	见表 5	
8	一般	井盖安装	与井框配套、平稳无翘动；与路（地）面高差≤5mm	全数	观察、钢尺量测	
9	一般	防水密封垫	平整密实；压缩率≥30%；搭接长度≥50mm	全数	观察、钢尺量测	
10	一般	二次灌浆及抹面	无蜂窝、孔洞、裂缝、起砂	全数	观察	
11	一般	预留管孔	通畅无错口；孔内无积水杂物；封堵密实	全数	观察、通球检查	
12	一般	井内清洁与井周回填	井内清洁；井周平整，无沉陷、积水	全数	观察	

注：本表由施工单位项目专业质量检查员填写，专业监理工程师组织验收；检验结果合格的填写“√”，不合格的填写“×”并注明处理情况。

C.2 隐蔽工程验收记录

表 C.2 隐蔽工程验收记录

工程名称		施工单位		隐蔽日期	
隐蔽部位		井号		验收依据	
序号	隐蔽工程项目	本文件条款	验收内容及要求	施工单位自检结果	监理单位验收结果
1	地基与基础	6.2	承载力、标高、平面尺寸符合设计；地基无扰动、无积水		
2	垫层	6.2.3	厚度≥100mm；强度等级≥C20；表面平整、无杂物		
3	钢筋与预埋件	6.1.4、附录 A	钢筋规格、数量、间距、保护层符合设计；预埋件位置准确、固定牢固		
4	预留孔洞与防水套管	6.6.5	位置、标高、数量符合设计；防水套管构造正确；临时封堵完好		
5	接缝密封	6.5	基层清理干净；密封垫压缩率、搭接长度符合要求；遇水膨胀橡胶粘贴牢固		
6	防水层	6.6	基层干燥、平整；搭接宽度≥100mm；转角附加层设置到位；厚度符合设计		
7	接地装置	6.7	材质与规格符合设计；埋深、搭接长度、焊接质量符合要求；焊接部位防腐完整		
8	防腐层	6.9	除锈等级、涂层道数和干膜厚度符合设计；无漏涂、无漏点		
9	回填界面（回填前）	6.8.2	井体外观完好；井内无积水、无杂物；回填材料符合要求；防水与接地验收合格		

注：本表由施工单位填写，监理单位验收；隐蔽工程验收应在隐蔽前完成，并应留存影像资料。

C.3 接地电阻测试记录

表 C.3 接地电阻测试记录

工程名称		施工单位		测试日期	
测试仪表及编号		天气		土壤电阻率	
序号	测试部位（井号）	接地装置形式	规定值（Ω）	实测值（Ω）	结论
1					
2					
3					
4					
5					
6					

注：独立接地装置的接地电阻不应大于 10Ω；与变电站主接地网、电缆沟（电缆隧道）、综合管廊连接时，应符合相管规范和主体设计的要求；测量宜采用三极法（电位降法）。

附件 14

中国电力建设企业协会团体标准

超高性能混凝土预制电缆井
施工及验收规范

编 制 说 明

二〇二六年十一月

一、工作简况

（一）任务来源

本标准根据中国电力建设企业协会《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）安排立项。

（二）参编单位及分工

本规范由中国电力建设企业协会标准化管理委员会负责管理，宇超电力股份有限公司、中国建筑科学研究院有限公司为主编单位，国家电网有限公司特高压建设分公司、内蒙古乌兰察布电力工程有限责任公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司乌兰察布供电分公司、国网江苏省电力工程咨询有限公司、四川电力设计咨询有限责任公司、国网四川电力送变电建设有限公司、中国华电科工集团有限公司、福建省电力建设工程咨询有限公司、广西送变电建设有限责任公司、国网湖南电力株洲供电公司、国网浙江省电力有限公司建设分公司、浙江电力建设工程咨询有限公司、国网湖南省电力公司常德供电分公司、三峡大学、广东电网能源发展有限公司、广西送变电勘察设计有限公司、内蒙古送变电有限责任公司、衡阳市丰华水泥制品有限公司、广西正远监理咨询有限公司、沧州同兴电力设计有限公司、湖南省送变电工程有限公司、云南电网有限责任公司昆明供电局、国网衡阳供电公司、河北省送变电有限公司、广东创成建设监理咨询有限公司、安徽送变电工程有限公司等

26家单位共同参编。

（三）制定背景

电缆井是电力电缆线路工程中数量最多、分布最广的构筑物。传统砖砌井和现浇混凝土井存在现场湿作业量大、养护周期长、质量受气候和人工水平影响大、冬期施工困难等问题。采用UHPC预制电缆井，构件在工厂标准化生产、现场装配施工，可缩短工期、减少现场作业人员、降低对气候条件的依赖，井体尺寸精度和外观质量也明显提高，符合电力工程建设工业化、绿色化的发展方向。

现行标准以现浇混凝土结构和普通混凝土预制构件为对象，未覆盖UHPC的材料特性也不涉及现场施工与验收。

近年来，国内电力工程已开始试点应用UHPC预制电缆井。由于缺少统一的施工及验收依据，各地在构件进场检验项目、强度等级标注、接缝密封做法、回填压实控制、验收表格格式等方面做法不一，出现了构件抗折强度未检、接缝渗漏、回填压实系数不达标等问题，给工程质量和运行安全带来隐患。制定本标准，统一UHPC预制电缆井从构配件进场、现场施工到工程验收全过程的技术要求，是电力工程建设的现实需要。

（四）编制过程

2025年4月，中电建协标委会对本标准予以立项。2025年6月，项目以《关于印发2025年第一批中国电力建设企业协会团体标准制定计划的通知》（中电建协〔2025〕131号）文件

向社会发布。

在中电建协标委会指导下，主编单位于2025年6月组建了包括所有编制单位在内的工作组并启动编制工作，编制过程主要分为以下阶段:

前期调研与草案起草（2025年下半年至2026年上半年）：编制组广泛开展收资、调研和访谈，系统分析了GB 50168、GB 50204、GB 50208、GB 50666、JGJ 1等现行标准以及GB/T 31387、T/CECS 10107、JC/T 2126.10等UHPC相关标准，结合UHPC预制电缆井的生产和施工特点，形成了标准草案初稿。

初稿讨论会（2026年7月27—29日）：中国电力建设企业协会主办、宇超电力股份有限公司承办，在厦门国际会展中心组织召开《气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件》《超高性能复合材料预制电缆井》《超高性能复合材料预制电缆井施工及验收规范》3项中电建协团体标准初稿讨论会（中电建协〔2026〕251号），会议讨论了标准初稿，明确了修改单位分工及节点安排，提出了下一步工作要求。会后，编制组根据会议意见对初稿逐条修改完善。

征求意见稿定稿会（2026年10月30日—11月1日）：中国电力建设企业协会在北京京丰宾馆组织召开《超高性能复合材料预制电缆井》《超高性能复合材料预制电缆井施工及验收规范》《气体绝缘金属封闭开关设备（GIS）安装过程中环境条件》3项团体标准征求意见稿定稿会（中电建协〔2026〕352号），会议由宇超电力股份有限公司承办。会议讨论了标准文

本，确定了征求意见稿，明确了下一步工作计划和安排。会后，编制组按会议意见修改完善，形成本标准征求意见稿。

二、标准编制原则、主要内容及确定依据

（一）编制原则

合规性原则。本标准编制严格遵守《中国电力建设企业协会标准管理办法（试行）》，编写格式执行 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》。

协调性原则。注重与国家法律法规和相关标准的协调性，通用施工及验收要求直接执行 GB 50168、GB 50204、GB 50208、GB 50666、JGJ 1 等现行标准，本文件只规定 UHPC 预制电缆井特有的技术要求，不重复、不矛盾，确保标准发布实施后可操作。

系统性原则。覆盖 UHPC 预制电缆井从构配件进场、现场施工到工程验收的全过程，形成构配件进场检验、施工工序控制、成品验收三级控制链条，各环节的检验项目和验收标准前后衔接。

可操作性原则。条文规定明确、检查数量具体、检验方法可执行，附录 A、附录 B 给出可直接使用的允许偏差表，附录 C 给出可直接填写的验收记录表，便于现场对照执行。

民主协同原则。充分发扬民主，广泛征求建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、生产单位等多方意见，协调各参编单位达成共识，确保标准内容全面、公正、权威。

（二）标准主要内容

本文件共分为 7 章和 3 个附录，系统规定了超高性能混凝土预制电缆井的施工及验收要求。核心内容包括:

第 1 章：范围。规定了本文件的内容构成和适用范围，适用于电力工程超高性能混凝土预制电缆井的施工及验收。

第 2 章：规范性引用文件。引用了 13 项国家标准和行业标准，涵盖岩土工程勘察、地基基础、地下防水、防腐蚀、混凝土结构施工、装配式结构、井盖产品等方面。

第 3 章：术语和定义。规定了超高性能混凝土、预制电缆井、接缝密封、遇水膨胀橡胶、灌浆料、成品 6 条术语。

第 4 章：基本规定。规定了施工方案审批、人员资格、现场安全防护、有限空间作业、冬期施工、雨天及大风天气施工等 6 条通用要求。

第 5 章：施工准备。分为场地准备和构配件到货验收 2 节。场地准备规定了场地平整、构件存放、施工道路的要求；构配件到货验收规定了 8 项进场报验文件、检验批划分规则、质量缺陷构件处置要求，并指向附录 A 的质量要求。

第 6 章：现场施工。分为一般规定、基坑开挖与基础处理、构配件吊装与就位、组装及连接施工、接缝密封施工、防水施工、接地施工、回填施工、防腐蚀施工 9 节，规定了各工序的施工要求和工序间的先后关系。

第 7 章：施工验收。分为一般规定、主控项目、一般项目 3 节。一般规定明确了验收组织方式、分项工程划分、隐蔽工程验收范围和检查数量；主控项目规定了 UHPC 力学性能与耐

久性能、地基承载力、井体结构裂缝、构件连接与就位、接缝密封与灌浆、回填压实系数 6 项；一般项目规定了构件安装尺寸偏差、井盖安装、防水密封垫、二次灌浆及抹面、预留管孔、井内清洁与井周回填 6 项。

附录 A：构配件质量要求和允许偏差表。包括构配件外观质量要求（表 A.1）和构配件尺寸允许偏差（表 A.2），用于构配件进场验收。

附录 B：成品质量要求和允许偏差表。包括成品外观质量要求（表 B.1）和成品尺寸允许偏差（表 B.2），用于组装完成后成品的验收。

附录 C：验收记录表。包括检验批质量验收记录（表 C.1）、隐蔽工程验收记录（表 C.2）和接地电阻测试记录（表 C.3），供施工单位、监理单位现场填写。

（三）标准主要内容确定依据

本标准参照技术类标准编制，主要内容按照 GB/T 1.1—2020 的规定起草。核心内容确定主要依据以下几方面：

法律法规：《建设工程质量管理条例》《建设工程安全生产管理条例》等。

国家标准：GB 50021、GB 50169、GB 50202《建筑地基工程施工质量验收标准》、GB 50208》、GB 50212、GB 50666、GB 55030、GB/T 26537、GB/T 30790、GB/T 50046《、GB/T 50224、GB/T 50081 等施工验收标准等。

行业标准：JGJ 1《装配式混凝土结构技术规程》等。

参考文件：UHPC 材料和混凝土制品标准，以及各参编单位的 UHPC 预制电缆井生产和施工实践经验、企业施工与验收管理制度。

行业专家与企业反馈意见：结合工程实际需求优化内容，确保标准的科学性与可操作性。

三、与现行法律法规和标准的协调性

本标准严格遵循《建设工程质量管理条例》等上位法精神，与 GB 50168、GB 50204、GB 50208、GB 50666、GB 55030、JGJ 1 等现行标准保持协调一致，是其原则要求在 UHPC 预制电缆井这一具体应用场景的细化和补充，不存在冲突。

四、标准的先进性或特色性

1.本标准是国内首个针对超高性能混凝土预制电缆井施工及验收的专项标准，填补了 UHPC 预制电缆井施工及验收依据的空白，为电力工程中该类构筑物的质量控制提供了统一的技术依据。

2.建立了构配件与成品两级质量控制体系。附录 A 控制进场构配件的外观质量和尺寸偏差，附录 B 控制组装完成后成品的外观质量和尺寸偏差，中间以第 6 章的工序控制相衔接，形成进场检验、过程控制、成品验收的完整链条，避免了只验进场构件或只验最终成品造成的中间环节失控。

3.明确了 UHPC 的验收门槛。规定抗压强度等级不应低于

UC120、立方体抗压强度标准值不应小于120MPa、抗折强度标准值不应小于15MPa，与GB/T 31387的强度等级体系对应，解决了以往工程中强度等级标注混乱、抗折强度未纳入检验项目的问题。

4.理顺了关键工序的先后关系。规定接缝密封施工验收合格后方可进行防水施工、防水施工验收合格后方可进行回填，三级验收递进，从工序逻辑上防止了先回填后防水、先防水后密封等倒置做法造成的接缝渗漏。

5.针对UHPC井壁薄、构件相对轻的特点提出了专项措施。规定吊装应使用厂家预留吊点、不得现场开孔、所有预留孔洞均应设置防水套管、压实机具不应碰撞预制构件，避免薄壁构件在施工过程中受损。

五、标准调研、研讨及征求意见情况，重大分歧意见的处理经过和依据

（一）标准调研、研讨情况

标准编写过程中，编写组进行了广泛的收资、调研和探讨。研究的几个主要问题及处理结论如下:

1.本标准的编制目的和适用对象

随着城市电网建设规模扩大和电缆线路工程数量增长，电缆井作为电缆线路工程中数量最多、分布最广的构筑物，建设量持续增加。传统砖砌井和现浇混凝土井现场湿作业量大、养护周期长、质量受气候和人工操作水平影响大、冬期施工困难，难以适应电力工程建设工业化、绿色化的发展方向。为适应

UHPC 预制电缆井的施工特点，统一构配件进场验收、现场安装和工程验收的技术要求，通过标准化施工减少返工，保证预制电缆井的安装质量、防水性能和结构耐久性，提高电缆线路的运行安全可靠性，制定本标准。

本标准适用于电力工程超高性能混凝土预制电缆井的施工验收工作。

2.标准的定位与适用范围

本文件定位于 UHPC 预制电缆井的施工及验收，是对通用标准的专项补充，通用要求直接执行现行标准，本文件不重复规定。适用范围限定为电力工程，其他行业的同类构筑物可参照执行。

（二）标准征求意见情况

本标准于 2026 年 11 月初完成征求意见稿定稿。下一步，将由中电建协对本标准公开征求意见，编制组将对征集到的意见逐条研究处理并形成意见汇总处理表，在送审稿阶段予以落实。

（三）重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准编制过程中，未出现重大分歧意见。

六、技术指标设置的科学性和可行性，量化指标的确定依据

本标准设置的量化指标均为可测量、可判定的验收指标，检验方法为施工现场常规配置的器具和方法，指标取值均有现

行标准依据或工程实践支撑，具体如下:

UHPC 抗压强度等级不低于 UC120、立方体抗压强度标准值不小于 120MPa，抗折强度标准值不小于 15MPa。依据 GB/T 31387 规定的强度等级体系，取其中工程应用成熟、供应有保障的等级。检验方法为核查出厂检验报告和型式检验报告，有疑义时按 GB/T 50081 抽样复验。

地基承载力设计无要求时不小于 100kPa。电缆井为浅埋构筑物，100kPa 对应一般黏性土和稍密粉土的地基承载力水平，是电力工程电缆井地基处理的常用控制值。检验方法为核查地基验槽记录和地基承载力检测报告。

垫层厚度不小于 100mm、强度等级不小于 C20。依据 GB 50666 对基础垫层最小厚度和强度的要求，保证垫层对井体均匀传力和防水层施工条件。

地基标高允许偏差 0、-50mm。只允许负偏差，即地基标高不得高于设计值，防止侵占垫层厚度；允许 50mm 的负偏差，适应机械开挖的施工精度。

回填分层厚度不大于 300mm，受力影响范围内压实系数不小于 0.97、其余部位不小于 0.94。分层厚度依据 GB 50202 对土方回填分层压实的要求；压实系数取值依据 GB 50202 和 GB 50007 对基坑回填的规定，受力影响范围从严控制，防止井周沉陷造成井体偏位和路面塌陷。

回填材料粒径不大于 50mm、有机质含量不大于 5%，不得使用淤泥、腐殖土、膨胀土及冻土。依据 GB 50202 对回填土料的要求，防止大粒径石块顶破井壁和防水层，防止有机质腐烂

引起后期沉降。

独立接地装置接地电阻不大于 10Ω。依据 GB 50169 对独立接地装置接地电阻的要求，与主接地网连接时执行主接地网的要求。

检验批每批不宜大于 20 件。依据 GB 50204 对预制构件检验批划分的规定，与预制构件的生产批次规模相适应。

构件就位精度：竖向构件中心线偏移不大于 8mm、水平构件中心线偏移不大于 5mm、标高允许偏差±5mm、垂直度允许偏差 H/500、相邻构件高差±5mm、接缝宽度±5mm。前四项依据 JGJ 1 对预制构件安装允许偏差的规定；相邻构件高差和接缝宽度为本文件补充，目的是保证接缝密封材料有稳定的截面尺寸和施工空间。

防水密封垫搭接长度不小于 50mm。保证接缝全长连续密封，避免搭接不足形成渗漏通道。密封垫压缩率按产品技术文件和设计要求控制，附录 C 表 C.1 按不小于 30%列入验收记录，该数值取自遇水膨胀橡胶密封垫的常规压缩区间，施工时以产品技术文件为准。

井盖与路面（地面）高差不大于 5mm。保证行车平顺，防止车辆通过时产生跳车冲击，损伤井体和井周回填。

防腐层除锈等级不低于 Sa2½，补涂范围不小于损伤边缘外 100mm。除锈等级依据 GB 50212 对涂层防腐基层处理的要求；补涂范围保证新旧涂层有足够的搭接长度，形成连续封闭的防腐层。

一般项目抽查数量不少于 10%且不少于 3 处（件）。依据

现行标准对检验批抽样检查的规定，兼顾质量控制有效性和现场检验工作量。

七、与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况，采标情况

1.与国际、国家、行业、其他团体同类标准技术内容的对比情况

国内方面，目前尚无专门针对超高性能混凝土预制电缆井施工及验收的标准。目前国内现有标准以现浇结构和普通混凝土预制构件为对象，未覆盖 UHPC 的材料特性和薄壁构件的施工特点。

国外方面，法国 NF P18-470《超高性能纤维增强混凝土 规范、性能、生产与一致性》、瑞士 SIA 2052《超高性能混凝土材料、设计与施工》、美国 ASTM C1856《超高性能混凝土试件制作与试验规程》、日本土木学会《超高性能纤维增强混凝土结构设计与施工指南》等文件，以材料性能、结构设计和试验方法为主要内容，未涉及电缆井这一具体构筑物的施工及验收要求。

综上，本标准充分结合 UHPC 预制电缆井的生产和施工特点，具有较强的针对性和适用性，填补了该类构筑物施工及验收依据的空白。

2.采标情况

本标准未引用或采用国际、国外标准，无采标情况。

八、涉及专利的有关说明

本标准编制过程中，未识别出涉及专利的内容。

九、专家审查会情况

本标准送审稿审查会计划由中国电力建设企业协会在送审稿形成后组织，届时将邀请相关领域专家对标准送审稿、编制说明及征求意见处理情况进行审查，审查情况将在报批阶段补充完善。

十、标准名称变更理由及报批情况

本标准立项名称为《超高性能复合材料预制电缆井施工及验收规范》，现名称为《超高性能混凝土预制电缆井施工及验收规范》，标准名称发生变更。立项文件（中电建协〔2025〕131号）以及初稿讨论会（中电建协〔2026〕251号）、征求意见稿定稿会（中电建协〔2026〕352号）通知中，均使用立项名称；自征求意见稿文本起，统一使用现名称。

复合材料是由两种或两种以上不同性质的材料经复合工艺组合而成的多相材料，通过各组分性能的互补获得单一材料不具备的综合性能。按基体材质划分，复合材料可分为树脂基复合材料、金属基复合材料、陶瓷基复合材料和水泥基复合材料四大类；按增强体形态划分，可分为纤维增强、颗粒增强、层状复合和骨架增强等类型。水泥基复合材料以水泥水化产物为基体，以纤维、颗粒或钢筋为增强体，混凝土是其中应用历史最长、工程用量最大的一类。

超高性能混凝土掺入高强度微细钢纤维和／或非金属纤维，属于纤维增强水泥基复合材料，是水泥基复合材料中性能最高的分支。从材料归属看，“复合材料”是上位概念，“混凝土”是其下水泥基分支的具体称谓，二者不是并列关系。就电力工程电缆井这一应用对象而言，目前实际采用并具备批量供应条件的均为水泥基材料，即超高性能混凝土，尚未见树脂基等其他基体的复合材料用于承重电缆井的工程案例。名称由“复合材料”明确为“混凝土”，是把上位概念落实到本标准实际规范的材料分支，使标准名称与规范对象一致，便于设计、生产和检验人员准确识别材料体系，避免因名称笼统产生跨材料体系的误用。

一是与国家标准术语保持一致。GB/T 31387《超高性能混凝土》以“超高性能混凝土”作为规范术语，“超高性能复合材料”不是标准术语。二是避免跨材料体系误读。工程语境中的“复合材料”通常指树脂基纤维增强复合材料，与 UHPC 的水泥基材料属性不同，沿用原名称会使设计和检验人员难以判断应当适用哪一套材料标准体系。三是与本标准术语和定义 3.1 保持一致，3.1 将 UHPC 定义为以水泥和矿物掺合料等为胶凝材料、掺入纤维生产的超高强纤维增韧混凝土，属混凝土范畴。

名称变更已按《中国电力建设企业协会标准管理办法（试行）》的规定履行报批程序。

十一、其他应当说明的事项

无。

十二、贯彻中电建协标准要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议

《超高性能混凝土预制电缆井施工及验收规范》具有创新性和引领性，为电力工程 UHPC 预制电缆井的施工及验收提供了支撑性、基础性标准。建议由中电建协组织进行广泛宣贯，并在电力工程等成员单位项目中先行应用，及时总结实施过程中的反馈意见，待条件成熟时升级为行业标准或国家标准。

（以下无正文）