

附件 1

内蒙古自治区建筑业团体标准

T/ICIA-XXX—20XX

输电线路杆塔倾斜高精度在线监测装置

技术标准

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

内蒙古自治区建筑业协会

发布

预留公告页

前 言

根据内蒙古自治区建筑业协会《关于“内蒙古自治区建筑业协会第五批团体标准”立项的通知》，规程编制组经广泛调查，认真总结实践经验，参考有关国家管理标准和地方管理标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本管理标准。

本标准主要包括：1 总则，2 术语，3 基本规定，4 装置功能要求、技术要求、试验项目及方法，5 安装、调试与验收，6 附录等。

本标准由内蒙古建筑业协会负责管理，具体技术内容由内蒙古工业大学和内蒙古电力科学研究院负责解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送内蒙古工业大学(地址:内蒙古呼和浩特市新城区爱民街 49 号土木工程学院，邮政编码:010050)。

本标准主编单位：内蒙古工业大学

内蒙古电力科学研究院

本标准参编单位：内蒙古自治区计量测试研究院

本标准主要起草人员：石东升、王宇、汪鹏、刘晓明、任东东、杨晓辉、图布信、赵禺、武文华、丁晓宇、蔡振超、赵晓明

本标准主要审查人员：

目 次

1 总 则	
2 术语	
3 基本规定	
4 装置功能要求、技术要求、试验项目及方法	
4.1 监测内容及系统组成	
4.2 功能要求	
4.3 技术要求	
4.4 试验项目及方法	
5 安装、 调试与验收	
5.1 安装	
5.2 调试	
5.3 验收	
附 录 A （资料性附录） 杆塔倾斜报警值选择原则	
A.1 杆塔倾斜报警值选择原则	
本标准用词说明	
引用标准名录	

Contents

1 General provisions	
2 Terms	
3 Basic Requirements	
4 Function requirements, Technical requirements, Test items and methods	
4.1 Monitoring content and System composition	
4.2 Functional requirement	
4.3 Technical requirement	
4.4 Test items and methods	
5 Installation, commissioning and acceptance	
5.1 Installation	
5.2 Commissioning	
5.3 Acceptance	
Appendix	
A.1 Selection principle of alarm value for tower tilt	
Explanation of Wording in This Standard	
List of Quoted Standards	

1 总 则

1.0.1 为统一自治区内输电线路杆塔倾斜监测装置设计、制造安装及评价标准，通过统一的监测平台实现数据互联、数据共享，为实现集高精度在线监测+物联网+大数据平台+人工智能于一体的输电线路安全监测平台提供质量保证，特制定本标准。

1.0.2 本标准规定了架空输电线路杆塔倾斜高精度在线监测装置的[功能要求]、[技术要求]、[试验项目及方法]等内容和要求。

1.0.3 本标准适用于交流 35kV~1000kV、 直流±400kV~±800kV 架空输电线路杆塔。

1.0.4 输电线路杆塔倾斜高精度在线监测装置，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 在线监测装置 online monitoring device

满足测量数字化、输出标准化、通信网络化特征，具备自检、自恢复功能的一种在线监测装置，并通过无线传输方式将数据传送到状态监测代理装置或状态监测系统。

2.0.2 倾斜度 incline

杆塔偏离中心线的倾斜值与监测点地面高度之比的百分数，也称为综合倾斜度。

2.0.3 顺线倾斜度 inclination along the line

杆塔沿线路方向的倾斜值与监测点地面高度之比的百分数。

2.0.4 横向倾斜度 lateral inclination

杆塔在垂直于线路方向的倾斜值与监测点地面高度之比的百分数。

2.0.5 偏斜角 skewed angle

倾斜的杆塔在地面水平面内的投影与线路走向之间的夹角。

3 基本规定

3.0.1 输电线路杆塔倾斜高精度在线监测装置应具备导航卫星观测数据采集、数据传输、数据存储、运行状态远程被监控、维护保障及安全防护等基本功能。

3.0.2 输电线路杆塔倾斜高精度在线监测装置应能自主运行，可实现长期无人值守；监测装置宜配备太阳能或风能等自主供电系统，不应从被监测输电线路取电，全年运行间断时间应不大于 120h。

3.0.3 输电线路杆塔倾斜高精度在线监测装置的安装，不应破坏被监测输电线路结构安全。

3.0.4 输电线路杆塔倾斜高精度在线监测装置使用全过程中，不应影响被监测输电线路正常运行。

4 装置功能要求、技术要求、试验项目及方法

4.1 监测内容及系统组成

4.1.1 监测内容

顺线倾斜度、 横向倾斜度、 综合倾斜度，顺线倾斜位移、横向倾斜位移、沉降位移。

4.1.2 装置组成

一般由一体化杆塔倾斜监测装置组成。

杆塔倾斜度警值选择原则可参考附录 A。

4.2 功能要求

4.2.1 数据采集要求

1 能传感、采集杆塔纵向和横向倾斜位移，进行相应存储，并将测量结果通过通信网络传输到状态监测系统。

2 具备自动采集功能，按设定时间间隔自动采集杆塔横向与纵向倾斜角度， 最小采集

3 间隔宜 ≤ 1 分钟，在监测到超过设定阈值时， 具备加密采集的功能；

4 具备受控采集功能，能响应远程指令，按设置采集方式、自动采集时间、采集时间间隔、采集点数启动采集；

5 宜具备电池电压采集功能；

6 具备网络授时功能。应能够接收状态监测系统的对时命令，每天对时一次，对时误差应不超过 5s。单元时钟 24h 内走时误差应小于 1s。

4.2.2 数据处理与判别

1 具备数据合理性检查分析功能，对采集数据进行预处理，自动识别并剔除干扰数据；

2 具备对原始采集量的一次计算功能，得出直观的杆塔倾斜状态量数据。

4.2.3 数据存储

1 应能存储至少 30 天以上杆塔横向位移、纵向位移、沉降位移与倾斜度状态量数据；

2 内置存储 $\geq 32\text{GB}$ ；

3 数据格式：INEX, Hatanaka, SIB, BINEX。

4.2.4 数据输出

输出的信息包括：向位移、纵向位移、沉降位移与倾斜度状态量数据、电源电压、工作温度、报警信号、装置心跳包、应答信息、

通信连接状态（含信号强度）。

4.2.5 通信方式

- 1 以太网：支持全双工自适应 10/100Base-T；
- 2 无线传输：支持 4G/5G 全网通（移动/电信/联通），兼容 3G。

4.2.6 硬件与软件管理

具备对装置自身工作状态包括采集、存储、处理、通信等的管理与自检测功能，当判断装置出现运行故障时，能启动相应措施恢复装置的正常运行状态。

4.2.7 远程更新、配置与调试

- 1 具备身份认证、远程更新程序的功能，具备完善的更新机制与方式；
- 2 具备按远程指令修改采集频率、采样时间间隔、IP 地址、端口号等参数的能力；
- 3 具备动态响应远程时间查询/设置、数据请求、重启等指令的能力；
- 4 应能按远程指令进入远程调试模式，并输出相关调试信息。

4.2.8 其他功能

为了保证测量的准确性，杆塔倾斜监测装置初装时应该具备垂直度、水平度调节功能。

4.3 技术要求

4.3.1 使用环境条件

- 1 环境温度： $-45^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$
- 2 相对湿度： $5\% \text{RH} \sim 100\% \text{RH}$;
- 3 大气压力： $550\text{hPa} \sim 1060\text{hPa}$ 。

4.3.2 工作温度

$-40^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$ （工作温度）、 $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ （存储温度）。

4.3.3 外观及标记

- 1 外观应整洁完好，无明显划痕；
- 2 监测装置上应有型号、名称、出厂编号、出厂日期、制造厂名等标记。

4.3.4 主要技术参数

1 静态测量精度

水平： $(2.5 + 0.5 \times 10^{-6} \times D) \text{ mm}$

高程： $(5 + 0.5 \times 10^{-6} \times D) \text{ mm}$

注：D为测量点到基准站的距离。

2 动态测量精度

水平： $(10+0.5 \times 10^{-6} \times D)$ mm

高程： $(20+0.5 \times 10^{-6} \times D)$ mm

注：D为测量点到基准站的距离。

3 卫星跟踪

BDS: B1I, B1C, B2I, B2a, B3I

GPS: L1C/A, L2C, L2P, L5

GLONASS: L1C, L2C

Galileo: E1C, E5a, E5b

QZSS: L1C/A, L2C, L5

SBAS: L1C/A, L5

L-band

4 通道数量：442

4.3.5 基本技术要求

1 应有防雨、防潮、防尘、防腐蚀措施；

2 外壳的防护性能应符合现行国家标准《外壳防护等级（IP 代码）》GB 4208 规定的 IP68 级要求；

3 杆塔倾斜监测装置的结构不应使杆塔产生磨损或其他机械伤害；

4 杆塔倾斜监测装置应采取防盗、防振、防松措施，保证在运行中不松脱，而且不降低杆塔的机械特性和电气性能；

5 应能经受风霜雨雪等极端气候的考验；

6 杆塔倾斜监测装置应该适应杆塔上强电磁干扰环境；

7 应充分考虑线路人员的高空作业环境，安装简单方便。

4.3.6 供电要求

1 应采用太阳能或高能电池等供电方式。

2 采用太阳能和蓄电池供电方式时，应根据杆塔倾斜监测装置的功耗、区域日照状况和蓄电池备用时间，配置太阳电池板和蓄电池的容量可满足无阳光工作日大于 30 天（过压及欠压保护）。

3 采用高能电池供电方式时，电池供电时间不少于 3 年。

4.3.7 电磁兼容性能

1 静电放电抗扰度

应能承受现行国家标准《电磁兼容 试验和测量技术静电放电抗扰度试验》GB/T 17626.2 中第 5 章规定的试验等级为 4 级的静电放电试验。在试验期间及试验后，系统应能正常工作。

2 射频电磁场辐射抗扰度

应能承受现行国家标准《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 17626.3 中第 5 章规定的试验等级为 3 级

的辐射电磁场干扰试验。在试验期间及试验后，系统应能正常工作。

3 工频磁场抗扰度

应能承受现行国家标准《电磁兼容 试验和测量技术工频磁场抗扰度试验》GB/T 17626.8 中第 5 章表 1 和表 2 规定的试验等级为 5 级的工频磁场干扰试验。在试验期间及试验后，系统应能正常工作。

4 脉冲磁场抗扰度

应能承受现行国家标准《电磁兼容 试验和测量技术脉冲磁场抗扰度试验》GB/T 17626.9 中第 5 章规定的试验等级为 5 级的脉冲磁场干扰试验。在试验期间及试验后，系统应能正常工作。

4.3.8 气候防护性能

1 低温性能

应能承受现行国家标准《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 2423.1 中试验 Ab的严酷等级为：温度-40℃、持续时间 16h 的低温试验。在试验期间及试验后，系统应能正常工作。

2 高温性能

应能承受现行国家标准《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 2423.2中试验Bb的严酷等级为：温度+70℃、持续时间 16h 的高温试验。在试验期间及试验后，系统应能正常工作。

3 交变湿热性能

按现行国家标准《电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Db 交变湿热（12h+12h 循环）》GB/T 2423.4 的有关规定进行，在试验期间及试验后，系统应能正常工作。

4.3.9 机械性能

1 振动性能

在非工作状态下，非包装状态的产品应能通过如下严酷等级的正弦振动试验：

频率范围：10～55Hz；

峰值加速度：10m/s²；

扫频循环次数：5次；

危险频率持续时间：10min±0.5min；

试验后，系统应能正常工作。

2 抗跌落：抗1米跌落冲击。

3 运输性能

应能承受现行国家标准《电子测量仪器 运输试验》GB/T 6587.6 中组别为II的运输试验（包括振动、自由跌落、翻滚试验）。试验后，系统应能正常工作。

4 可靠性

平均无故障连续工作时间（MTBF） 应不低于 25000h。

4.4 试验项目及方法

4.4.1 试验条件

除另有规定外，各项检验宜在如下正常试验大气条件下进行：

- a) 环境温度：-20℃～+50℃；
- b) 相对湿度： 25%RH～95%RH；
- c) 大气压力： 860hPa～1060hPa。

4.4.2 试验项目

杆塔倾斜高精度在线监测装置的检验项目，包括型式检验、出厂检验和现场检验，具体见表 1。

表 1 杆塔倾斜监测装置的检验项目

序号	检验项目	型式检验	出场检验	现场检验
1	结构和外观	●	●	●
2	测量精度	●	●	○
3	基本功能	●	●	●
4	静电放电抗扰度	●	○	○
5	射频电磁场辐射抗扰度	●	○	○
6	脉冲磁场抗扰度	●	○	○
7	工频磁场抗扰度	●	○	○
8	高温	●	○	○
9	低温	●	○	○
10	交变湿热	●	○	○
11	防护等级	●	○	○
12	振动性能	●	○	○
13	运输	●	○	○
14	可靠性	*	○	○

注：● 表示规定必须做的项目；○ 表示规定可不做的项目；* 表示根据客户要求做。

1 测量精度检验

- a) 在二级及以上法定计量单位进行计量校准/检定。
- b) 测量精度的评价方法，按照现行行业标准《全球定位系统（GPS）测量型接收机检定规程》CH8016 中 6.3 的规定进行，检验采用中长基线比较法。

2 可靠性试验

- a) 按现行国家标准《电子测量仪器可靠性试验》GB/T 11463 中的定时定数截尾试验方案进行，并依据可靠性试验方案主要失效判据的规定，做出可靠性试验判决。
- b) 也可以在杆塔倾斜监测装置运行或验收移交时进行可靠性统计。

5 安装、调试与验收

5.1 安装

5.1.1 监测点的选择原则

- 1 各类矿藏采空区输电线路需要监测的关键杆塔、关键部位；
- 2 不良地质区段，如淤泥区、易滑坡风化岩山区或丘陵等的杆塔。
- 3 因地形复杂人工巡线难以完成的杆塔；
- 4 需要重点监控的关键杆塔；
- 5 结合电网运行经验，可将在线监测装置应用到风电、光伏、水电站等领域，主要应用于光伏支架、风机塔架、水电站大坝等有倾斜、沉降趋势的关键部位。

5.1.2 现场安装位置及要求

- 1 通常情况下在一个监测点杆塔上安装 1 台杆塔倾斜监测装置，固定在杆塔中心线上；
- 2 离地面高度至少要 2.5m；
- 3 选择的安装位置及装置的外观结构应不影响正常的输电线路检修维护工作；
- 4 塔上安装点的选取应方便监测单元的固定和整体角度调整；
- 5 安装时，采用适宜的标准角度测量工具对装置安装角度进行预调整；

6 装置的安装应整齐、牢固，应考虑必要的防护措施和防锈处理。

5.2 调试

5.2.1 安装结束后，现场检查杆塔倾斜监测装置的安装位置和方向，确保符合装置自身安装规范，并作相应记录；

5.2.2 撤离安装现场前，应通过短距离现场通信手段或后端数据处理系统，对设备功能进行逐项检查；

5.2.3 系统安装调试完成后，应提供系统安装调试报告。

5.3 验收

5.3.1 杆塔倾斜监测装置及系统经过三个月试运行期，所有性能指标达到技术规范的要求时，可进行最终验收。

5.3.2 从最终验收完成之后的二年为保修期，在保修期内，如果杆塔倾斜监测装置或系统发生故障，供货方要调查故障原因并修复直至满足最终验收指标和性能的要求，或者更换整个或部分有缺陷的部件。

附录 A

(资料性附录)

杆塔倾斜报警值选择原则

A.1 杆塔倾斜报警值选择原则

架空输电线路杆塔倾斜高精度在线监测装置可按照下表所列限值来设置报警规则。具体见表A.1。

表 A.1 杆塔倾斜报警值选择原则

序号	类别	钢筋混凝土电杆	钢管杆	角钢塔	钢管塔	高塔
1	直线杆塔倾斜度	1.5%	0.5%	0.5%(50m 及以上高度铁塔)； 1.0%(50m 以下高度铁塔)	0.5%	1.5%
2	直线转角杆最大挠度		0.7%			
3	转角和终端杆 66kV 及以下最大挠度		1.5%			
4	转角和终端杆 110kV~220kV 最大挠度		2.0%			
5	杆塔横担歪斜度	1.0%		1.0%	0.5%	1.0%

本标准用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1. 《外壳防护等级（IP 代码）》GB 4208
2. 《试验和测量技术静电放电抗扰度试验》GB/T 17626.2
3. 《电磁兼容 试验和测量技术工频磁场抗扰度试验》GB/T 17626.8
4. 《电磁兼容 试验和测量技术脉冲磁场抗扰度试验》GB/T 17626.9
5. 《电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 A：高温》GB/T 2423.1
6. 《电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Db：交变湿热（12h+12h 循环）》GB/T 2423.4
7. 《电子测量仪器 运输试验》GB/T 6587.6
8. 《全球定位系统（GPS）测量型接收机检定规程》CH8016