

电力行业大坝安全监测标准化技术委员会

大坝标函〔2025〕321号

关于征求电力行业标准《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》征求意见稿意见的函

各有关单位、委员及专家：

电力行业大坝安全监测标准化技术委员会组织国家能源局大坝安全监察中心等单位编写的《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》已完成征求意见稿，现公开征求意见，请审阅并提出具体修改意见和建议，并于2025年7月25日前以信函或邮件方式反馈至编写组。

《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》征求意见稿的全文可登录中国电力企业联合会网站(<https://dls.cec.org.cn/>)的“电力标准化-标准征求意见”栏下载，或国家能源局大坝安全监察中心网站(<https://dam.nea.gov.cn/>)的“中心通知”栏下载。

联系方式：赵程，13588340160，zhao_c@hdec.com；

邮寄地址：浙江省杭州市余杭区高教路201号，311122。

- 附件：1. 电力行业标准征求意见表
2. 《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》征求意见稿
3. 《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》征求意见稿编制说明

电力行业大坝安全监测标准化技术委员会

2025年6月17日

（主动公开）

附件 1

电力行业标准征求意见表

标准名称：《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》

填表单位：_____

填表人：_____ 联系电话：_____ 电子邮箱：_____

序号	章节或页码	原条文内容	建议修改内容	修改理由
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
...				

填表日期：2025 年____月____日

注 1：纸张不够请另附页；

注 2：在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

附件 2
ICS 27.140
P 59
备案号

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T ××××—202×

水电水利工程全站仪自动化观测技术规程

Technical Specification for Automatic Observation of Total Station
Instrument in Hydropower and Water Resources Projects

(征求意见稿)

202X—XX—XX 发布

202X—XX—XX 实施

国家能源局

发布

目 次

前 言

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	2
4 总体要求.....	2
5 设计.....	2
5.1 一般规定.....	2
5.2 测站布置.....	3
5.3 辅助设施布设.....	3
5.4 观测方案.....	4
5.5 设备选型.....	4
5.6 采集控制.....	5
5.7 数据解算.....	5
6 安装调试与系统集成.....	6
6.1 一般规定.....	6
6.2 安装调试.....	7
6.3 系统集成.....	7
7 运行维护.....	8
附录.....	9
附录 A（规范性） 平均无故障工作时间.....	9
附录 B（规范性） 数据缺失率.....	10
附录 C（规范性） 短期测值稳定率.....	11
附录 D（规范性） 观测精度合格率.....	12
附录 E（资料性） 边角交会闭合差和坐标加权平均计算.....	13

前 言

本文件按照 GB/T1.1—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。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业大坝安全监测标准化技术委员会（DL/TC 32）归口。

本文件起草单位：……。

本文件主要起草人：……。

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

水电水利工程全站仪自动化观测技术规程

1 范围

本文件规定了水电水利工程全站仪自动化观测系统设计、安装调试与系统集成、运行维护的技术要求。

本文件适用于水电水利工程的表面变形自动监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 22385 大坝安全监测系统验收规范

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范

DL/T 1558 大坝安全监测系统运行维护规程

DL/T 2614 电力行业网络安全等级保护基本要求

DL/T 5211 大坝安全监测自动化技术规范

DL/T 5272 大坝安全监测自动化系统实用化要求及验收规程

DL/T 5784 混凝土坝安全监测系统施工技术规范

DL/T 5839 土石坝安全监测系统施工技术规范

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1 全站仪自动化观测

利用全站仪和配套软硬件，实现表面变形观测点自动识别、自动照准、自动测量和数据自动解算记录的过程。

3.1.2 一体化测站

用于全站仪的安全防护，通过接入采集控制设备实现对其控制并与全站仪的自动化监测联动。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

ATR: 自动目标识别 (Automatic Target Recognition)

CGCS 2000: 国家大地坐标系 (China Geodetic Coordinate System 2000)

UPS: 不间断电源 (Uninterruptible Power Supply)

TCP/IP: 传输控制协议/因特网互联协议 (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

4 总体要求

4.1 水电水利工程全站仪自动化观测系统宜纳入工程安全监测系统统一设计,增设全站仪自动化观测系统时应专项设计。

4.2 全站仪自动化观测系统应满足水电水利工程相关安全监测规范的要求,系统功能和性能应满足水电水利工程监测需要。

4.3 全站仪自动化观测系统应实现数据自动采集、存储、解算等功能,并纳入监测信息管理系统统一管理。

4.4 全站仪自动化观测系统的网络安全等级保护应满足 DL/T 2614 的要求。

4.5 用于自动化观测的全站仪应经法定检验机构检定合格后投入使用。

4.6 系统验收按 GB/T 22385、DL/T 5211、DL/T 5272 要求执行。

4.7 系统考核应计算平均无故障工作时间、数据缺失率、短期测值稳定率、观测精度合格率等指标,考核指标宜在系统中实时计算备查,计算方法见附录 A~D。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 全站仪自动化观测系统应根据工程特点、监测点布置、通视及环境条件等,开展测站布置、辅助设施布设、观测方案、设备选型等设计工作。

5.1.2 全站仪自动化观测坐标系统应与工程已有坐标系统保持一致。

5.1.3 系统总体应满足 DL/T 5211 的要求。

5.1.4 系统供电、通讯宜考虑冗余设计。

5.1.5 系统宜在监测管理中心站内设置专用服务器，结合监测管理中心统一配置通信、供电电源及防雷等设施。

5.2 测站布置

5.2.1 测站宜布置在稳定部位，结合空间条件、通视要求、周边环境、人员和设施安全等综合因素，选择采用观测房或一体化测站形式。

5.2.2 测站组合布设 GNSS 测点、垂线装置时，各观测墩应共用同一基础。

5.2.3 观测视线应保持良好通视，不宜有玻璃遮挡。

5.2.4 测站观测窗或启闭罩应具备自动启闭功能。

5.2.5 测站宜设置温度、湿度自动调节装置，非工作状态的内部温度宜保持在 15℃~25℃ 范围内，湿度不宜超过 60%。

5.2.6 测站全站仪、观测窗或启闭罩、安防设备等应具备现场控制功能。

5.2.7 测站还应包含围栏、摄像头、供电、通信、防雷接地等设施设备。

5.2.8 测站采用观测房型式时，观测房的室内净高不宜低于 3.5m，观测墩及基础部分应与建筑结构隔离；测站采用一体化测站型式时，检修平台应与观测墩非直接接触。

5.3 辅助设施布设

5.3.1 通信应符合下列规定：

a) 宜采用 TCP/IP 作为数据网络通信协议；

b) 应根据测站与管理中心站的距离、传输介质通过的环境条件等确定有线或无线传输方式；

c) 通信网络交换机应采用工业级交换机。

5.3.2 测站供电宜采用市电，配备的不间断稳压电源（UPS）应保障测站正常观测不少于1测次。

5.3.3 防雷保护应符合下列规定：

a) 直击雷的防护宜结合工程的防雷和接地系统进行布置。直击雷防护应设置避雷针，避雷针保护范围应包括测站所有设备。测站宜与工程接地网相连，无接地网可用时应单独设置接地装置，接地电阻小于 10Ω；

b) 感应避雷防护应设置电源和通信线的浪涌保护器，接地电阻小于 10Ω。

5.3.4 气象元素观测应符合下列规定：

a) 测站和监测区域应布置自动化气象测点，气象测点应能代表监测区域气象环境，应根据监测区域的高差和面积分层、分断面布置。

- b) 气象元素观测应包括气压、气温、相对湿度；测站还应观测雨雾、风速、风向；
- c) 气象元素观测应和全站仪观测同步。

5.3.5 应根据监测精度、观测方法选择与全站仪配套的棱镜，室外应设保护罩。

5.4 观测方案

5.4.1 应根据测站及测点布置，进行精度估算，确定各测站、测点的观测方法，包括观测方向、观测边长、观测垂直角、测回数、限差及气象采集要求。

5.4.2 测点宜采用边角交会法观测，估算精度满足要求时也可采用极坐标法观测。

5.4.3 估算的理论精度应满足相关规范要求，个别不满足要求的测点，可按 2 倍规范要求的精度控制。

5.4.4 应选择气象条件相对稳定的时段观测。

5.4.5 应提出测站稳定性的校核方法和要求，水平稳定性校核可采用组网自校、边角控制网、垂线、GNSS 变形监测控制网等方式，垂直稳定性校核可采用双金属标、几何水准等方式。

5.4.6 应提出边长改正、偏心改正、平差等解算要求。

5.5 设备选型

5.5.1 应选择具有自动目标识别、自动照准、自动测量、数据采集与处理、远程控制等功能的全自动一级全站仪。

5.5.2 应根据监测对象及精度要求等选择合适的全自动全站仪。全自动全站仪设备的技术指标应符合以下规定：

- a) ATR 测角精度不低于 1"；
- b) ATR 测距精度不低于 1mm+1ppm；
- c) 配套单棱镜标准模式下自动识别距离测程宜不低于 1500m；
- d) 数据储存支持内置存储、外接存储器功能，可支持数据上传及下载；
- e) 具有断电数据自动保存功能，应支持电池和外部电源供电；
- f) 支持 RS232、RS485、无线等多种通讯传输接口，应开放端口和通讯协议；
- g) 设备正常工作温度范围应满足 -20℃~50℃，整机防护等级不应低于 GB/T 4208 规定的 IP 65 等级。

5.5.3 棱镜宜选用圆棱镜，多方向观测时可选用同轴组合圆棱镜，测距边长小于 800m 时可选用 360°棱镜。圆棱镜光束角偏差应不大于 3"，对中精度不大于 1mm；360°棱镜光束角偏差应不大于 5"，对中精度不大于 1mm。

5.5.4 测点棱镜应设保护罩，开孔不小于棱镜直径，方向可调节；表面涂层宜采用低反光系数材料。

5.5.5 气象元素布设应满足5.3.4条要求，各标称参数不应低于表1中的要求。

表 1 气象元素传感器标称参数要求

监测参数	测量范围	分辨率	精度
温度	-40℃~60℃	≤0.1℃	±0.2℃
湿度	0RH~100%RH	≤0.1%RH	±5%RH
气压	300hpa~1100hpa	≤0.1hpa	≅±0.5hPa
风速	0m/s~60m/s	≤0.01m/s	±(0.3+0.03v) m/s
风向	0°~360°	≤0.1°	±3°
雨量	0mm/h~200mm/h	≤0.2mm	±0.4mm

5.6 采集控制

5.6.1 监测管理中心站应能与全站仪双向通讯、控制多台全站仪独立或协同作业、远程重启全站仪并监控全站仪、观测窗、入侵等状态。

5.6.2 应预先配置观测方案，包括测站、观测目标、观测要素、测回数、限差、观测时段、频次等。

5.6.3 应记录、保存、管理观测和计算所需的相关数值，包括测站和后视点的坐标高程、测站仪器高、仪器加乘常数、测点的高程和概略坐标、棱镜高、棱镜类型、棱镜常数以及折光系数、投影高程等。

5.6.4 应根据设计要求定义各监测项目的限差、判断超限及自动重测，自动补测。

5.6.5 应采用双照准法和正倒镜观测。

5.6.6 应在测站降雨、风沙、雾霾等不利气象条件下禁止或终止观测。

5.6.7 特殊工况和地震等应急工况条件下应自动触发加密、应急监测。

5.6.8 应保存和管理采集的所有数据以及观测、计算日志。

5.7 数据解算

5.7.1 应记录系统自动化运行后解算所用的测站和后视点历次起算坐标和高程。

5.7.2 不应在全站仪中设置改正数，用于解算成果的观测边长应经过下列改正：

- a) 常数改正：采用仪器检定后经确认可信的加乘常数；
- b) 气象改正：采用测站和监测点附近的气象观测数据或气象模型的拟合值；

c) 高差改正：采用垂直角改平时，应评估对边长精度的影响；视线高差较大且监测点垂直位移小于垂直角误差影响时，宜采用固定高差（定期更新，水准高差）改平；

d) 投影改正：采用工程坐标系的投影高程。

5.7.3 用垂直角计算高差时，应进行地球曲率与大气折光改正，记录改正用的大气折光系数K值，不应随意变动K值。

5.7.4 当测站全站仪和棱镜不同轴时，应精确测量方向、边长偏心值，并对方向和边长观测值进行偏心改正。

5.7.5 非组网时，应选定一个工作基点作为测站方向观测值计算的固定后视点，观测的其他工作基点作为校核后视点，比较相互间角度、边长、高差的观测值和计算值，通过限差及时提醒工作基点的不稳定情况。

5.7.6 有多余观测值时，应计算闭合差和限差，闭合差超限的应重测相关观测值，重测后仍超限的应分析原因。边角交会闭合差计算见附录E。

5.7.7 应将平面和三角高程分开解算。极坐标和边交会应直接解算成果。有多余观测值时，可采用严密平差方法解算监测点坐标和高程。边角交会可参见附录E将两个测站的极坐标成果按加权平均解算。

5.7.8 多个测站组网平差时，应采用确认的基准点作为平差的固定起算点，可按设计要求动态更新测站和后视点坐标并用于监测点成果的计算。

5.7.9 测站、后视点布置有垂线的，应同步观测垂线测值，实时修正坐标并用于组网平差和监测点成果的计算。

5.7.10 当测站、后视点布置有GNSS设备时，应建立CGCS 2000坐标系和工程坐标系的4参数或7参数转换关系，将GNSS成果转换为工程坐标。

6 安装调试与系统集成

6.1 一般规定

6.1.1 安装调试与集成内容应包括全站仪、监测点棱镜、气象传感器、供电、通讯、防雷接地及测站其他相关设备、采集解算软件。

6.1.2 全站仪自动化观测系统设备安装前，应按照设计方案并结合现场情况确认测站位置、通视、通信、供电、防雷等，编制实施方案。

6.1.3 安装调试完成后，应开展系统联合调试和系统功能、性能测试。

6.1.4 观测墩浇筑前应文字和影像记录基础开挖面貌及地质情况。

6.1.5 安装调试与系统集成完成后，应编制调试报告。

6.2 安装调试

6.2.1 设备安装前应确认设备型号、检查外观完好性。

6.2.2 全站仪安装使用前应完成现场参数校准，校准参数应包括气泡补偿器、竖盘指标差、横轴倾斜、视准轴差和ATR校准等。

6.2.3 固定棱镜安装时镜面宜正对全站仪。

6.2.4 气象传感器应高于地面1.5m，测站的气象传感器与全站仪的高差宜小于1 m，水平距离应小于5 m。

6.2.5 电源线、通讯线等布设应满足DL/T 5784、DL/T 5839的要求。

6.2.6 防雷装置的安装应符合国家现行标准GB 50057、GB 50343的规定。

6.2.7 设备安装后应分别调试，确认符合要求后进行系统集成。

6.3 系统集成

6.3.1 应在监测管理中心站布置专用服务器及相关通信设备，并安装全站仪自动采集控制、解算、数据库管理等软件。

6.3.2 应分配和记录相关设备的IP地址，设置通讯参数，应测试设备之间、设备与专用服务器之间网络通信。

6.3.3 应集成全站仪采集控制、气象元素采集、观测窗启闭罩控制、温湿度调节、视频监控等；测站布置有垂线或GNSS等其他变形监测手段时，应集成相关数据。

6.3.4 应配置观测、解算方案，录入必要的参数。

6.3.5 系统集成后，应完成以下主要测试工作：

a) 远程控制：测试全站仪、气象传感器、观测窗或启闭罩、辅助设施等的远程控制、数据采集及状态监控；

b) 观测方案：测试全站仪按照设定观测方案观测所有测点；

c) 联合运行：全站仪、气象传感器、观测窗或启闭罩、辅助设施等按照设定观测方案、观测频次、观测时间协同运行；在不利气象条件下测试禁止或终止观测任务；

d) 应急触发：模拟应急工况下的应急监测触发；

e) 数据处理：检查解算的及时性和成果的正确性；

f) 系统验证：应进行不低于3天的连续正常观测，确认系统集成完成。

7 运行维护

7.1 运行维护应满足 DL/T 5211、DL/T 1558 的规定。

7.2 试运行期应不少于 1 年，系统考核期宜为试运行期的最后半年。

7.3 工作日应每天检查设备状态、采集数据的完整性、解算成果的合格性，发现问题及时查找原因并处置，记录检查日志。

7.4 每月应现场检查测站、测点、气象、通信、电源、防雷、安全防护等设备设施以及通视情况等，发现缺陷及时维护，记录现场检查情况。

7.5 每月应完成以下主要维护工作：

- a) 整平全站仪、清洁仪器、复核仪器高；
- b) 清洁测站并保养观测窗、启闭罩等相关设施；
- c) 整平棱镜、清洁棱镜、确认朝向、复核棱镜高；
- d) 清理可能影响通视的植被与障碍物；
- e) 清洁气象测站及周围环境。

附录

附录 A (规范性) 平均无故障工作时间

A.1 采用系统记录的全站仪、观测窗或启闭罩、测站气象观测点的状态来计算平均无故障工作时间 (MTBF)，以此考核系统可靠性。

A.2 每天间隔 12 小时两次记录全站仪、观测窗或启闭罩、测站气象观测点的状态，考核期内两次记录时间保持一致。

A.3 全站仪、观测窗或启闭罩、测站气象观测点的状态分别记为 A_k 、 B_k 、 C_k ，状态正常时记录为 1，非常正常时记录为 0，其中 k 为自动化测站的序号， $k=1,2,3,\dots,n$ ， n 为测站总数。

A.4 在一个考核期内，每个测站平均无故障工作时间 ($MTBF_k$) 和系统平均无故障工作时间 (MTBF) 可按下式计算。

$$MTBF_k = 365 \times \frac{\sum_{i=1}^t [A_{ki}^1 B_{ki}^1 + A_{ki}^2 B_{ki}^2 + r(C_{ki}^1 + C_{ki}^2)]}{2t(1+r)}$$

$$MTBF = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n MTBF_k$$

式中： t ——考核期天数；

A_{ki}^1 、 B_{ki}^1 、 C_{ki}^1 ——考核期内，第 i 天第一次状态记录；

A_{ki}^2 、 B_{ki}^2 、 C_{ki}^2 ——考核期内，第 i 天第二次状态记录；

r ——测站气象观测点状态在考核中的权重，建议取 0.1。

附录 B
(规范性)
数据缺失率

B.1 数据缺失率 (FR) 是指在考核期内未能测得的有效数据个数与应测得的数据个数之比。系统受到不可抗力及非系统本身原因造成的数据缺失, 不计入应测数据个数。数据缺失率按下式计算。

$$FR_k = \frac{NF_k}{NM_k} \times 100\%$$

$$FR = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n FR_k$$

式中: k ——自动化测站序号, $k=1,2,3,\dots,n$, n 为测站总数;

FR_k ——第 k 个测站的数据缺失率;

NF_k ——第 k 个测站的数据缺失个数;

NM_k ——第 k 个测站按观测频次和设计观测目标要求应测得的数据个数, 计数 1 为测站观测位移点按规定的测回数得到水平角、边长、垂直角。

附录 C
(规范性)
短期测值稳定率

C.1 系统短期测值稳定性 (STAB) 考核主要通过统计观测测回差超限情况来评价。

C.2 每次观测后检查测回差, 记录水平角、边长测回差超限的目标数。短期测值稳定性可按下式计算。

$$STAB_k = \frac{0.8UL_a + 0.2UL_e}{\sum_{i=1}^T m_{ki}} \times 100\%$$
$$STAB = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n STAB_k$$

式中: k ——自动化测站序号, $k=1,2,3,\dots,n$, n 为测站总数;

$STAB_k$ ——第 k 个测站的短期测值稳定性;

T ——考核期内的观测次数;

m_{ki} ——第 k 个测站第 i 次实际观测的方向数;

UL_a ——考核期内 T 次观测水平角测回差超限目标数的累计值;

UL_e ——考核期内 T 次观测边长测回差超限目标数的累计值。

附录 D
(规范性)
观测精度合格率

D.1 系统观测精度合格率 (PY) 是指观测监测点有多余观测值时计算的独立闭合差超限的比率, 用于评价观测精度的符合性。

D.2 观测监测点有多余观测值时应计算其独立闭合差 W , 其理论误差为 m_w , 当 $W > km_w$ 时, 认为该闭合差超限, k 可以取 2 或 3。

D.3 两个测站边角交会时, 统计两测站计算的平面极坐标闭合差, 当三个测站边角交会时, 计算两两测站计算的平面极坐标闭合差。其中任一平面闭合差超限, 记录测点测次超限为 1。

D.4 当基准点、工作基点和测点联合平差时, 仍应统计 D.3 所述的闭合差, 当工作基点由联合平差动态计算时, 在计算闭合差时测站和后视点可采用当次平差后的坐标。观测精度合格率按下式计算。

$$PY = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^T NO_i}{\sum_{i=1}^T NM_i} \right) \times 100\%$$

式中: T ——考核期内的观测次数;

NO_i ——第 i 测次闭合差超限的点数;

NM_i ——第 i 测次边角交会的点数。

附录 E
(资料性)
边角交会闭合差和坐标加权平均计算

E.1 极坐标计算

$$\begin{aligned}x &= x_0 + s \cos \alpha \\y &= y_0 + s \sin \alpha \\m_x &= \sqrt{(\cos \alpha)^2 m_s^2 + (s \sin \alpha)^2 \left(\frac{m_\alpha}{206.265}\right)^2} \\m_y &= \sqrt{(\sin \alpha)^2 m_s^2 + (s \cos \alpha)^2 \left(\frac{m_\alpha}{206.265}\right)^2}\end{aligned}$$

式中： x 和 y ——目标点 x 和 y 坐标；

x_0 和 y_0 ——测站 x 和 y 坐标；

α 和 s ——测站到目标点的方位角和平距；

m_α 和 m_s ——角度和边长的理论精度；

m_x 和 m_y ——目标点 x 坐标和 y 坐标的理论精度。

E.2 边角交会坐标闭合差计算

$$\begin{aligned}\Delta x &= x_1 - x_2 \\ \Delta y &= y_1 - y_2 \\ m_{\Delta x} &= \sqrt{m_{x1}^2 + m_{x2}^2} \\ m_{\Delta y} &= \sqrt{m_{y1}^2 + m_{y2}^2}\end{aligned}$$

式中： x_1 和 y_1 ——第一测站极坐标计算得到的目标点 x 坐标和 y 坐标；

x_2 和 y_2 ——第二测站极坐标计算得到的目标点 x 坐标和 y 坐标；

Δx 和 Δy ——两测站极坐标计算得到的目标点 x 坐标和 y 坐标差值；

m_{x1} 和 m_{y1} ——第一测站极坐标计算得到的目标点 x 坐标和 y 坐标的理论精度；

m_{x2} 和 m_{y2} ——第二测站极坐标计算得到的目标点 x 坐标和 y 坐标的理论精度；

$m_{\Delta x}$ 和 $m_{\Delta y}$ —— Δx 和 Δy 的理论精度；

闭合差采用 $\Delta x \leq km_{\Delta x}$ 和 $\Delta y \leq km_{\Delta y}$ 作为观测合格的判定依据，其中 k 可以取 2 或

3。当多站边角交会时，宜参考两站边角交会闭合差来计算。

E.3 坐标加权平均

$$p_{x1} = \left(\frac{1}{m_{x1}}\right)^2$$

$$p_{y1} = \left(\frac{1}{m_{y1}} \right)^2$$

$$p_{x2} = \left(\frac{1}{m_{x2}} \right)^2$$

$$p_{y2} = \left(\frac{1}{m_{y2}} \right)^2$$

$$\bar{x} = \frac{p_{x1}x_1 + p_{x2}x_2}{p_{x1} + p_{x2}}$$

$$\bar{y} = \frac{p_{y1}y_1 + p_{y2}y_2}{p_{y1} + p_{y2}}$$

式中： p_{x1} 、 p_{x2} 、 p_{y1} 、 p_{y2} ——目标点 x 坐标和 y 坐标的权重；

\bar{x} 和 \bar{y} ——目标点 x 坐标和 y 坐标的加权平均值。

E.4 边长闭合差

$$s_0^2 = a^2 + b^2 + 2ab\cos(\alpha + \beta)$$

$$\Delta s = s_0 - \bar{s}_0$$

$$m_{s_0} = \sqrt{\left(\frac{a + b\cos(\alpha + \beta)}{s_0} \right)^2 m_a^2 + \left(\frac{b + a\cos(\alpha + \beta)}{s_0} \right)^2 m_b^2 + 2 \left(\frac{ab\sin(\alpha + \beta)}{s_0} \right)^2 \left(\frac{m_\alpha}{206.265} \right)^2}$$

$$m_{\Delta s} = m_{s_0}$$

式中： a 和 b ——两测站到目标点的平距；

α 和 β ——两测站到目标点和两测站连线的夹角；

s_0 ——用实测边长和角度计算得到的两测站间的平距；

\bar{s}_0 ——用两测站坐标计算得到的平距；

闭合差采用 $\Delta s \leq km_{\Delta s}$ 作为观测合格的辅助判定依据，其中 k 可以取 2 或 3。

附件 3

中华人民共和国电力行业标准

水电水利工程全站仪自动化观测技术规程

编制说明

(征求意见稿)

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

二〇二五年六月

目 录

1. 工作简况.....	1
2. 标准编制原则和主要内容.....	2
3. 主要试验（或验证）的分析、综合报告，技术经济论证，预期的经济效果.....	3
4. 与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性.....	4
5. 贯彻标准的要求和措施建议.....	4
6. 代替或废止现行标准的建议.....	4
7. 采用国际标准和国外先进标准情况.....	4
8. 重要内容的解释和其他应予说明事项.....	4

1. 工作简况

1.1 任务来源

根据国家能源局《国家能源局综合司关于下达 2024 年能源领域行业标准制修订计划及外文版翻译计划的通知》（国能综通科技〔2024〕115 号），《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》标准制定由电力行业大坝安全监测标准化技术委员会归口，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、国家能源局大坝安全监察中心、长江空间信息技术工程有限公司（武汉）、中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、浙江华东测绘与工程安全技术有限公司、重庆星图测科技有限公司、中国三峡建工（集团）有限公司、湖北清江水电开发有限责任公司等单位负责起草。

1.2 工作过程

1) 2024 年 5 月，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司向电力行业监测标准化技术委员会提出编制《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》的申请；

2) 2024 年 7 月，国家能源局综合司委托批准该标准立项；

3) 2024 年 10 月，由中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司提出，国家能源局大坝安全监察中心、长江空间信息技术工程有限公司（武汉）、中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、浙江华东测绘与工程安全技术有限公司、重庆星图测科技有限公司、中国三峡建工（集团）有限公司、湖北清江水电开发有限责任公司等单位组成标准起草组；

4) 2024 年 11 月，召开编写组第一次会，成立了标准起草组，确定了编写大纲及人员分工；

5) 2024 年 11 月~2025 年 4 月，标准起草组按照分工开展调研和标准编写工作，完成标准初稿；

6) 2025 年 5 月，在武汉召开编写组第二次会，讨论修改规范初稿，形成征求意见稿；

7) 2025 年 6 月，提交标委会，面向全社会征求意见。

1.3 编制单位、主要起草人及其所作工作

1) 编制单位

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、国家能源局大坝安全监察中心、长江空间信息技术工程有限公司（武汉）、中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、浙江华东测绘与工程安全技术有限公司、重庆星图测科技有限公司、中国三峡建工（集团）有限公司、湖北清江水电开发有限责任公司等。

2) 主要起草单位及分工

标准章节	分 工
前言	华东勘测设计研究院有限公司*、国家能源局大坝安全监察中心
1 范围	国家能源局大坝安全监察中心*、华东勘测设计研究院有限公司
2 规范性引用文件	国家能源局大坝安全监察中心*、华东勘测设计研究院有限公司
3 术语和定义	华东勘测设计研究院有限公司*、国家能源局大坝安全监察中心
4 总体要求	国家能源局大坝安全监察中心*、各参编单位
5 设计	中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司*、长江空间信息技术工程有限公司（武汉）、中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、浙江华东测绘与工程安全技术有限公司、重庆星图测科技有限公司
6 安装调试与系统集成	长江空间信息技术工程有限公司（武汉）*、浙江华东测绘与工程安全技术有限公司、重庆星图测科技有限公司
7 运行维护	湖北清江水电开发有限责任公司*、中国三峡建工（集团）有限公司

3) 主要起草人

黄维、郑晓红、蒋波、赵程、单郇、李双平、张斌、史波、刘绍英、罗承球、张群、高焕焕、刘强、占晓明、刘君、万飞、黄海龙、刘星、邓邦龙、胡霓。

2. 标准编制原则和主要内容

2.1 标准编制原则

本编制内容格式依据是《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 1.1-2020)，技术内容的依据是工程实践经验、参考电力和水利行业全站仪和安全监测自动化相关的监测技术规范等。

本标准综合水利、电力行业成熟、先进的全站仪和自动化技术，规范水电水利工程全站仪自动化观测总体要求、系统设计、安装调试与集成、验收、运行维护等全过程应用，有效实现全站仪外部变形自动化监测、促进行业技术进步、提升水电工程安全运行保障能力。

2.2 主要内容

本标准规定了水电水利工程全站仪自动化观测系统设计、安装调试与系统集成、运行维护的技术要求。

本标准适用于水电水利工程的表面变形自动监测。

标准主要内容如下：

- (1) 第1章 范围，确定了标准的适用范围；
- (2) 第2章 规范性引用文件，列入了本标准涉及的国家标准和行业标准；
- (3) 第3章 术语和定义，列入了本标准涉及的主要名词术语和相应定义；
- (4) 第4章 总体要求，明确了本标准综合要求；
- (5) 第5章 设计，规定了全站仪自动化观测系统设计测站布置、辅助设施布置、观测方案、设备选型、采集控制、数据解算等各方面内容；
- (6) 第6章 安装调试与集成，规定全站仪自动化观测系统的安装调试和系统集成要求；
- (7) 第7章 运行维护，规定了全站仪自动化观测系统日常运行维护要求。

3. 主要试验（或验证）的分析、综合报告，技术经济论证，预期的经济效果

《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》（征求意见稿）规定了全站仪自动化观测系统的适用范围、术语和定义、总体要求、设计、安装调试与系统集成、运行维护等内容。为支撑标准中有关要求的可行性、科学性，突出征求意见稿的实用性、先进性，本次报送亦对全站仪自动化观测系统测站情况、测点情况、设备选型、系统解算、运行维护等情况以附件专题报告的形式进行报送。

水电水利工程全站仪自动化观测技术规程调研在整理收集全站仪自动化观测系统使用情况的基础上，围绕以下 6 方面展开：①全站仪自动化观测系统测站情况，②全站仪自动化观测系统测点情况，③全站仪自动化观测系统相关设备选型，④全站仪自动化观测系统解算系统情况，⑤全站仪自动化观测系统验收与运行维护情况，⑥全站仪自动化观测系统监测成果。

4. 与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性

本标准的编制尽量做到了与现行相关标准协调一致，不与现行的有关法律、法规、政策冲突。

本标准规范性引用国家标准 2 项，推荐性国家标准 2 项，推荐性电力行业标准 6 项。

5. 贯彻标准的要求和措施建议

本标准规范颁布后，要做好标准的宣贯。希望本标准发布实施后，各生产厂家和科研、勘察设计单位能充分贯彻执行。同时加强对标准的管理，时机成熟时进行修订工作。

6. 代替或废止现行标准的建议

无。

7. 采用国际标准和国外先进标准情况

本标准无其他类似的行业相关标准。

8. 重要内容的解释和其他应予说明事项

《水电水利工程全站仪自动化观测技术规程》规定了水电水利工程全站仪自动化观测系统设计、安装调试与系统集成、运行维护的技术要求，对全站仪自动化观测系统提出了具体的技术规范指导，填补了该系统在国内暂无标准规范的空白，对全站仪自动化观测系统的发展起到规范化和标准化的作用，将积极推动该系统在工程中的应用和发展，促进行业技术进步、提升水电工程安全运行保障能力。