

公路边坡自动化监测系统方案

—数字孪生可视化化设计方案 V1.0



湖南同胜简测科技有限公司
二零二四年一月

目 录

公路边坡自动化监测系统方案	1
一、 项目概述	4
1.1 项目背景	4
1.2 政策指向	6
二、 项目建设设计实施要求	7
2.1 建设依据	7
2.1 建设测点规范要求:	8
2.1.1 建设重点	8
2.1.2 建设对象	8
2.1.3 监测测点布点规范要求重点:	9
2.2 建设测点设备性能要求:	11
● 形变监测设备推荐产品:	11
2.2.1 表面位移监测设备:	12
2.2.3 内部位移监测设备:	12
2.2.4 地表裂缝监测设备:	12
2.2.5 地表倾斜监测设备:	12
2.2.6 监测设备参数要求:	12
2.3 建设系统性能要求:	14
2.3.1 在线系统的基本功能:	14
2.3.2 在线系统的性能要求:	15
2.3.3 系统分析功能	16
三、 项目建设设计实施方案	16
3.1 测点布设设计:	16
3.2 测点传感器选型:	17
3.2.1 表面位移监测传感器:	17
3.2.2 内部位移监测传感器:	19
3.2.3 表面位移监测传感器:	21
3.2.4 锚索应力监测传感器:	22
3.2.5 震动监测传感器:	22
3.2.6 渗压监测传感器:	24

3.2.7 地下水位监测传感器：	25
3.2.8 降雨量监测传感器：	26
3.2.9 视频监控摄像机：	28
海康威视 iDS-2DC7523IW 网络摄像机技术参数：	28
3.2.10 低功耗锚索应力采集仪：	29
3.3 采集系统介绍：	30
3.3.1 TS-CJ01 系统功能：	30
3.3.2 供电系统：	31
3.3.3 防雷系统：	32
3.4 数字孪生可视化系统平台介绍：	35
3.5 安卓系统 APP 介绍：	40
3.5 项目质量把控方案：	42
3.5.1 项目团队的组织管理	43
3.5.2 项目岗位职责	43
3.5 工期进度把控方案：	46
四、 项目设备清单	47
附录： 各核心设备的第三方检测报告：	55

一、项目概述

1.1 项目背景

我国基建发达，号称“基建狂魔”，但我国边坡的安全监测技术一直是公路修筑中的一个薄弱环节，进由于缺乏对安全监测技术的系统研究，没有成熟的经验供设计部门应用，因此只能用低等级公路的防护技术或借鉴其他部门的经验来实施局部防护，缺乏综合考虑，造成了巨大的经济损失和不良的社会影响，有的甚至中断交通。国家及地方对边坡的健康监测做了具体的规范，如《露天煤矿边坡管理暂行规定》第三条第一、二款规定：边坡管理工作纳入安全监察的议事工程，并负有业务保安责任。根据年度计划与设计以及边坡稳定的决定与措施，在安全检查工作中，做出安排，进行监督检查。为普通公路和告诉公路的安全生产和管理，准确分析其稳定性及变化趋势，实现提前预警，从不同的角度对边坡稳定性进行监测和分析，实现了从点到面、从坡体表面到坡体内部、从人工测量到自动化和智能化监测、从近距离监测到远程监控等方向的转变和发展。

典型事故：2021年8月6日，湘西土家族苗族自治州湖南省市急诊科管理局报告，8月5日上午10点20分左右，湘西高新区龙盘建设工程组施工现场正在检查高速公路排水管道的基础和边坡安全，斜坡突然坍塌，造成5人被困。消防救援人员及时赶到救援现场。营救2人后，发生二次坍塌，6名施工人员、监理、测试人员和消防救援人员被困。两次山体滑坡困住了11人。



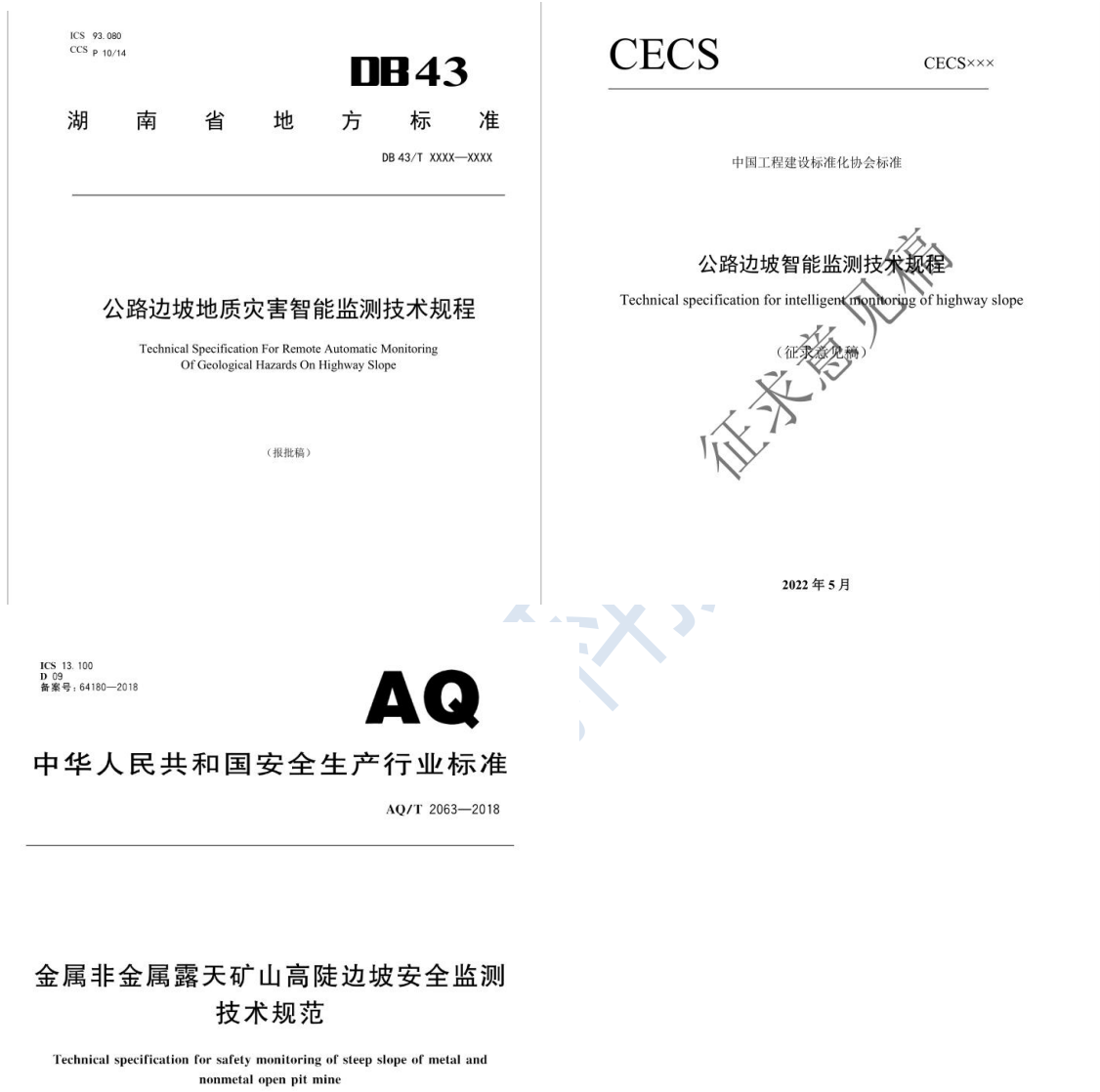
2017 年 9 月 27 日晚，乐业县发生一起道路边坡塌方事故，3 辆车被埋。28 日凌晨，被困的 6 人被救出，3 人不幸身亡，两人受伤。



以上均来自权威互联网网站视频图片资料。

1.2 政策指向

国家根据公路边坡的事故频发一直很重视，也出应了很多相关的政策要求，比如：



目前，各省均在出台各自省份的自动化监测标准，但总体思路以及相关要求均一致，人工检测与自动化监测进行相辅相成对边坡安全性进行全方位的监测。

二、项目建设设计实施要求

2.1 建设依据

《边坡工程勘察规范 YS/T 5230-2019》

《建筑边坡工程技术规范 GB50330-2013》

《岩土工程监测规范 YS5229-96》

《滑坡防治工程勘查规范 DZT0218-2006》

《滑坡防治设计规范 GB/T38509-2020》

《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》 AQ/T 2063-2018

《国务院关于进一步强化企业安全生产工作的通知》（国发〔2010〕23号）

《国家安全监管总局关于加强金属非金属矿山安全基础管理的指导意见》

《国家一、二等水准测量规范》（GB/T12897-2006）

计算机工程相关国家标准

《计算机软件开发规范》（GB8566-2007）

《电气装置安装工程施工及验收规范》（GB50527-96）

《安全防范工程程序与要求》（GA/T75-2018）

《建筑物防雷设计规范》（GB50057-2019）

《质量管理体系标准》（GB/T 19000-2000 (ISO9000: 2000)）

《微功率（短距离）无线电设备的技术要求——通用要求》

2.1 建设测点规范要求：

2.1.1 建设重点

根据《岩土工程监测规范 YS5229-96》及《公路边坡智能监测技术规程》和《公路边坡智能监测技术规程-CECS》为中心思想，其他国家规范行业规范和地方行业规范为依据，制定该通用建设方案。

①建设范围： 正在建设的公路边坡以及正在运营的公路边坡。

②建设内容：

1) 位移监测宜包括地表水平位移、地表垂直位移、深部水平位移、深部垂直位移、墙（桩）顶水平位移、墙（桩）顶垂直位移，当边坡出现明显变形迹象时，变形监测应包括地表裂缝及地表隆起监测；

2) 邻近建筑物的位移、倾斜、裂缝等，以及地下管网的位移；

3) 以及监测区域的环境监测包括雨量监测、温湿度等。

4) 应力监测宜包括岩土应力、支挡结构应力、锚杆（索）应力等；

5) 地下水监测宜包括地下水位、孔隙水压力等；。

2.1.2 建设对象

根据《公路边坡智能监测技术规程-CECS》对边坡分级：

边坡高度 (m)			边坡失稳危害程度		
土质边坡	岩质边坡	路堤边坡	轻	中等	严重
$H < 20$	$H < 30$	$H < 10$	三级	三级	二级
$20 \leq H < 30$	$30 \leq H < 40$	$10 \leq H < 20$	三级	二级	一级
$30 \leq H < 40$	$40 \leq H < 50$	$20 \leq H < 40$	二级	二级	一级
$H \geq 40$	$H \geq 50$	$H \geq 40$	二级	一级	一级

注：

1. 边坡安全监测等级从高到低依次为一级、二级、三级。
2. 边坡影响区有桥梁、隧道、高压输电塔、油气管道等重要建筑或结构，以及村庄、学校等的二、三、四级公路，安全监测等级宜提高一级。

2.1.2 建设监测因素

《公路边坡智能监测技术规程-CECS》对监测基本指标如下：

监测阶段 监测项目		施工安全监测			防治效果监测			运营期长期监测		
		一级	二级	三级	一级	二级	三级	一级	二级	三级
变形 监测	地表位移	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	支挡结构位移	√	√	△	√	△	△	√	√	○
	深部位移	√	△	○	△	△	○	△	△	○
	构筑物监测	√	△	○	√	√	○	√	△	○
应力 监测	挡墙、抗滑桩土压力	△	○	○	△	○	○	○	○	○
	支挡结构应力	△	○	○	△	○	○	○	○	○
	预应力锚索应力	√	△	○	√	△	○	√	△	○
地下 水位 监测	地下水位	√	△	○	√	△	○	△	○	○
	孔隙水压力	○	○	○	○	○	○	○	○	○
环境 监测	降雨量	√	√	○	√	△	○	√	○	○
	温度、湿度	○	○	○	○	○	○	○	○	○
宏观 图像	图像与视频	△	○	○	△	○	○	△	○	○

- 注：1. “√”为必测项目，“可”为可测项目，“不测”为不需监测；
2. 公路边坡范围内有重要建（构）筑物，且破坏后果严重时，应加强应力监测。

2.1.3 监测测点布点规范要求重点：

①位移测点选点分布要求（内部位移和表面位移）：

1) 监测点宜布设在如坡顶、平台、截（排）水沟、挡墙等能表征边坡和周边环境安全状态的关键部位；

2) GNSS 监测点应选择信号较好且无强电磁干扰的位置进行布设；

3) 监测标志应稳固、明显合理，监测点位置应避开障碍物，便于识别、观测；

监测等级 监测方法	一级	二级	三级
控制性监测线	≥3条，线间距≤50m	≥1条，线间距≤100m	视具体情况布置，线间距≤150m
每条监测线的变形监测点	监测点水平间距20~30m，且监测点不少于3点	监测点水平间距30~40m，且监测点不少于3点	监测点水平间距40~50m，且监测点不少于2个
每条控制性监测线深部变形监测点	点间距30~40m，且不应少于2点	点间距40~50m，且不应少于2点	视具体情况布置，点间距不宜大于60m

4) 控制性监测线应沿着边坡潜在滑动方向或垂直于边坡走向布置，宜与勘察剖面重合或平行；

5) 深部水平位移监测孔深度应达边坡最下层潜在滑动面以下不小于 5m；

6) 利用固定物作为绝对变形监测点位时，应避免在边坡变形体、临空陡崖和被深大裂缝切割的岩块上选点。

②公路边坡应力监测点布设应符合下列规定：

1) 土压力监测点宜布设在每层土中部，可预设于迎土面的支挡结构侧面；

2) 支挡结构应力监测点宜布设在支挡结构设计计算弯矩最大处；

3) 预应力锚索应力监测点数量不宜少于锚索总数的 5%，且不应少于 3 根。③

④公路边坡地下水监测点布设应符合下列规定：

1) 地下水监测点布设应与水文地质单元相结合，宜沿边坡倾向或潜在滑动方向对应的监测线布设，宜与深部变形监测点同点布设，每个监测断面上观测孔的设置不应少于 2 个；

2) 孔隙水压力测试孔宜垂直边坡走向布置，孔隙水压力监测点宜在水压力变化影响

深度范围内按土层分布情况布设。

⑤公路边坡环境监测点布设应符合下列规定：

- 1) 降雨量监测点应布设在边坡外围地势相对开阔位置；
- 2) 土壤温湿度监测应根据地层岩性、地层结构和物理力学性质等确定传感器的埋设位置和深度，数量不应少于 3 个。

⑥公路边坡环境图像与视频监控点要求：

宜选取垂直于边坡走向方向，且能够清晰拍摄到整个边坡区域的位置进行布设。

2.2 建设测点设备性能要求：

●形变监测设备推荐产品：

监测项目	监测目的	监测方法
地表水平位移	监测地表位移、变形发展情况	智能型全站仪（测量机器人）、GNSS 测量、近景摄影测量、三维激光扫描、地基合成孔径干涉雷达（InSAR）
地表竖向位移		静力水准仪、智能型全站仪（测量机器人）、GNSS、水准仪
防护与加固结构位移	监测防护与加固结构变形发展情况	倾角计、智能型全站仪（测量机器人）、GNSS
建筑物与结构物位移	监测建筑物与结构物变形发展情况	倾角计、静力水准仪、智能型全站仪（测量机器人）、GNSS
深层位移	监测深层岩土体水平位移，确定滑动面位置，判断滑方动向	测斜仪、钻孔位移计、阵列式位移计等
防护与加固结构裂缝	监测防护与加固结构裂缝产生及发展情况	裂缝计、伸缩仪
地表裂缝	监测坡体变形产生的岩土开裂及裂缝发展情况	位移传感器、伸缩仪、错位计或裂缝计等、TDR、OTDR、位移计等
建筑物与结构物裂缝	监测防护与加固结构裂缝产生及发展情况	裂缝计、伸缩仪
地表倾斜	监测边坡滑动变形时地表岩土体扭转	一体式倾斜计、智能型全站仪
建筑物与结构物倾斜	监测建筑物与结构物变形发展情况	一体式倾斜计
边坡宏观图像	无人机图像	无人机，视频

2.2.1 表面位移监测设备：

可采用 GNSS、全站仪、视频 AI、三维激光扫描仪、地基合成孔径干涉雷达(InSAR)、静力水准仪、位移计等方法。

2.2.3 内部位移监测设备：

深部位移监测可采用钻孔固定式测斜仪、阵列式位移计进行监测。

2.2.4 地表裂缝监测设备：

地表裂缝监测可采用裂缝计、拉线式位移计、光纤位移计等方法监测，主要监测裂缝的宽度。

2.2.5 地表倾斜监测设备：

地表倾斜宜采用测斜仪、倾角计等方法监测。

2.2.6 监测设备参数要求：

监测设备	设备精度	适用范围
智能型全站仪（光学监测机器人）	测角精度：0.5" 或 1" 测距精度：1.0mm+1.0ppm	地表三维位移，大型地质灾害隐患体监测短期应急监测
GNSS	平面：2.5mm+0.5ppm 高程：5.0mm+0.5ppm	地表三维位移，应急监测，短期监测、长期监测，大范围监测
三维激光扫描	±5.0mm	大型地质灾害隐患体监测短期应急监测及调查
地基合成孔径雷达	测程：5000m 精度：0.1mm@1000m	大型地质灾害隐患体监测短期应急监测
遥感（InSAR）	±50mm	大范围灾害普查
激光测距	量程：30m，精度：1mm	地表变形监测
位移计	量程：0~200mm，精度：±0.1%F.S	边坡宏观变形，长期监测
测斜计、测斜仪	±0.1%F.S	内部倾斜监测
静力水准仪	±0.1%F.S	路基沉降监测
视频 AI	±10mm@100m	地表位移监测

●应力监测设备推荐产品：

监测项目	监测目的	监测方法
土压力	监测边坡岩土体内部、抗滑桩或挡墙等支挡结构物背部土压力变化情况	振弦式、电阻式、光纤光栅式土压力计
钢筋应力	监测抗滑桩、框架梁等钢筋混凝土结构应力，监测锚杆应力	振弦式、电阻式、光纤光栅式钢筋应力计
混凝土结构应力	监测抗滑桩、框架梁、挡墙等混凝土结构应力	振弦式、电阻式、光纤光栅式土压力计、应变计
锚索（杆）应力	监测锚索（杆）工程锚索张拉应力	振弦式、电阻式、光纤光栅式锚索（杆）应力计、锚索（杆）测力计

应力监测仪器主要有钢筋（索）计、土压力计（盒）、锚索测力计、应变计（片）等。

●地下水监测设备推荐产品：

地下水位计宜选用投入式水位计，水位计量测精度不应低于 10mm，孔隙水压力计可选用钢弦式孔隙水压力计、压阻式孔隙水压力计等类型。孔隙水压力计量程上限宜取静水压力和预估的超静孔隙水压力之和的 2 倍，精度不宜低于 0.5%FS，分辨率不宜低于 0.2%FS。

监测项目	传感器名称	典型传感器
地下水位	水位计	钢弦式、电阻式、光纤光栅式
孔隙水压	孔隙水压	钢弦式、光纤光栅式、压阻式

●环境监测设备推荐产品：

环境监测项目包括降水量、温湿度，监测成果作为公路路基边坡变形监测、应力应变监测等的的数据支撑。

监测项目	监测目的	监测方法
降水量	监测降水量变化情况	翻斗式、称重式、轮盘式雨量计、虹吸式雨量计
温湿度	监测边坡土体温湿度变化情况	土壤温湿度传感器

●视频监控设备推荐产品：

- 1、应具备夜视功能，可提供白天和夜间实时视频数据；
- 2、变焦镜头应满足最大距离的特写与最大视场角观察需求，并宜选用具有自动光圈、自动聚焦功能的变焦镜头。变焦镜头的变焦和聚焦响应速度应与移动目标的活动速度和云台的移动速度相适应；
- 3、摄像机的自动光圈调节应提供视频驱动或直流驱动模式，光圈自动调节后应保证画面的亮度、灰度均不低于 10 级；

2.3 建设系统性能要求：

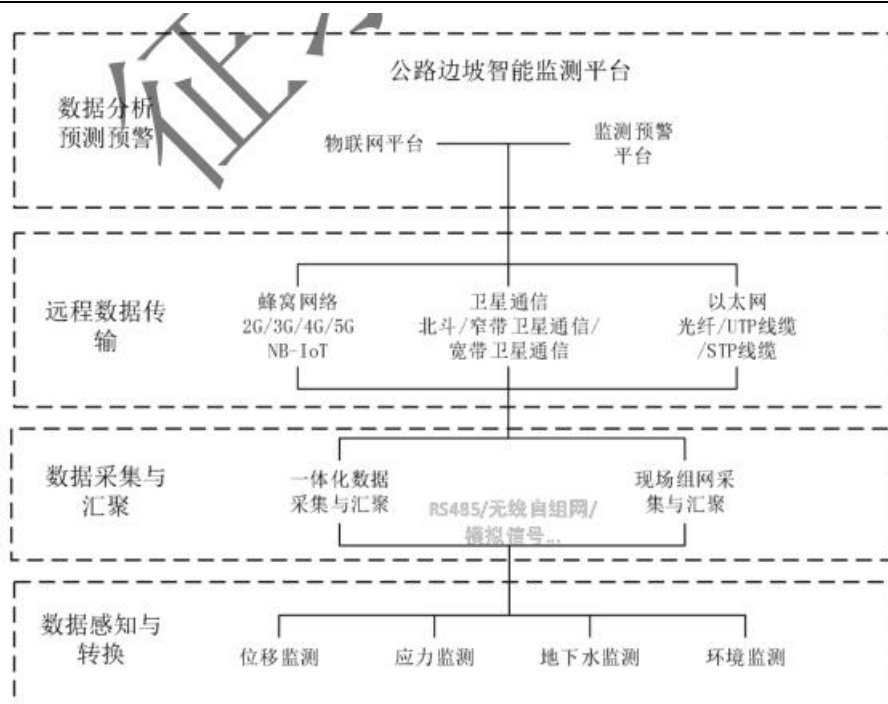
2.3.1 在线系统的基本功能：

- 1) 应根据公路边坡特点及监测需求选择数据采集设备，并制定数据采集、传感器与数据采集设备接口等架构方案。
- 2) 数据采集与传输应提供可靠的数据传输机制，具有丢包重传、数据完整性校验等功能。
- 3) 数据采集与传输系统的软硬件应与传感器数据采集与传输相协调。
- 4) 数据采集与传输系统应减少非必要的功能模组，并具有兼容性的可拓展性。

- 5) 数据采集与传输包括数据感知与转换、数据采集与汇聚、远程数据传输三个过程。
- 6) 数据采集与传输可采用一体化设备或多个设备组合，基于 HTTP、MQTT、COAP 等协议传输至智能监测平台。
- 7) 当公路边坡遭受地震、滑坡、泥石流、周边工程扰动事件后，应具备智能加密采集频率功能。

2.3.2 在线系统的性能要求：

- 应根据公路边坡特点及监测需求选择数据采集设备，并制定数据采集、传感器与数据采集设备接口等架构方案。
- 数据采集与传输应提供可靠的数据传输机制，具有丢包重传、数据完整性校验等功能。
- 数据采集与传输系统的软硬件应与传感器数据采集与传输相协调。-防雷电感应不大于 1000V；
- 数据采集与传输系统应减少不必要的功能模组，并具有兼容性的可拓展性。
- 数据采集与传输包括数据感知与转换、数据采集与汇聚、远程数据传输三个过程。



2.3.3 系统分析功能

-能根据实时采集数据自动绘出滑坡体地下水位变化线并给出相关数据；能对山体沉降和水平位移进行分析，并根据分析结果对形变的发展做出预测；

-系统能综合历史数据和实时采集的形变等数据，按照国家有关标准进行相关过程线分析、位势分析、滞后时间分析、沉降分析、水平断面分析、纵断面分析、等值线分析、安全状态分析等有关该边坡的安全分析；

-系统具有远程控制功能，可通过串口利用网络对监控主机进行遥控监测，实现数据采集软件上的所有功能并对数据采集软件中的历史数据有访问权限的进行提取；

三、项目建设设计实施方案

3.1 测点布设设计：

根据边坡的等级确定监测因素并参照规范要求进行研究分析，根据现场以及实际

情况对边坡各测点的确认以及上报至设计单位，再进行各点的设备选型。

3.2 测点传感器选型：

3.2.1 表面位移监测传感器：

1) GNSS (TS-GNSS01) 是将 GNSS 接收机、数据采集模块、无线传输模块等网络技术集成在一体先进监测专用接收机，该产品以低功耗概率设计，可以连续正常工作不少于 30 天。同时，整套系统采取插拔式设计，极大简化安装工艺，提高工作效率，在云端实现对设备的远程监控和管理。

GNSS 主要对山体发生灾害时采集变形数据，监测并上报到监测平台进行预警。适用于野外滑坡、崩塌、矿山地质灾害、水库大坝及公路边坡等领域位移监测。

性能参数如下（满足规范要求）：

技术指标	
信号跟踪	BDS（2 代、3 代）：B1、B2；GPS：L1、L2
初始化时间	$\leq 20s$
初始化可靠性	$>99.9\%$



冷启动时间	<35s
输出参数	位移、倾角、加速度、原始数据和状态值等参数上传
单点定位	水平不低于 $\pm 1.5\text{mm} + 0.5\text{ppm RMS}$ ， 高程不低于 $\pm 2.5\text{mm} + 0.5\text{ppm RMS}$
RTK 定位	平面： $8\text{mm} + 1\text{ppm}$ ；高程： $15\text{mm} + 1\text{ppm}$
静态精度	优于平面： $\pm 1.5\text{mm} + 0.5\text{ppm}$ ；高 程： $\pm 2.5\text{mm} + 0.5\text{ppm}$
差分数据	标准的 RTCM3. X 协议

2) 边坡雷达监测边坡表面变形：

TS-BPLD-200：

产品概述

- 工作频段 Ku /K / Ka
- 方位角分辨率 优于 0.3° (5.2mrad)
- 方位向覆盖 360°
- 距离分辨率 优于0.3米
- 探测距离 不小于5公里
- 形变灵敏度 优于0.1毫米(径向)
- 扫描速度 0.5~16分钟/周
- 功耗 不大于50W
- 整机重量 不大于15公斤(含数据处理)
- 尺寸 1.13米 $\times$ 0.26米 $\times$ 0.37米(展开状态)
0.69米 $\times$ 0.26米 $\times$ 0.29米(折叠状态)
- 工作温度 $-40\sim 55^\circ\text{C}$
- 防护 IP65

便携型全方位边坡稳定监测雷达 ASSR-200



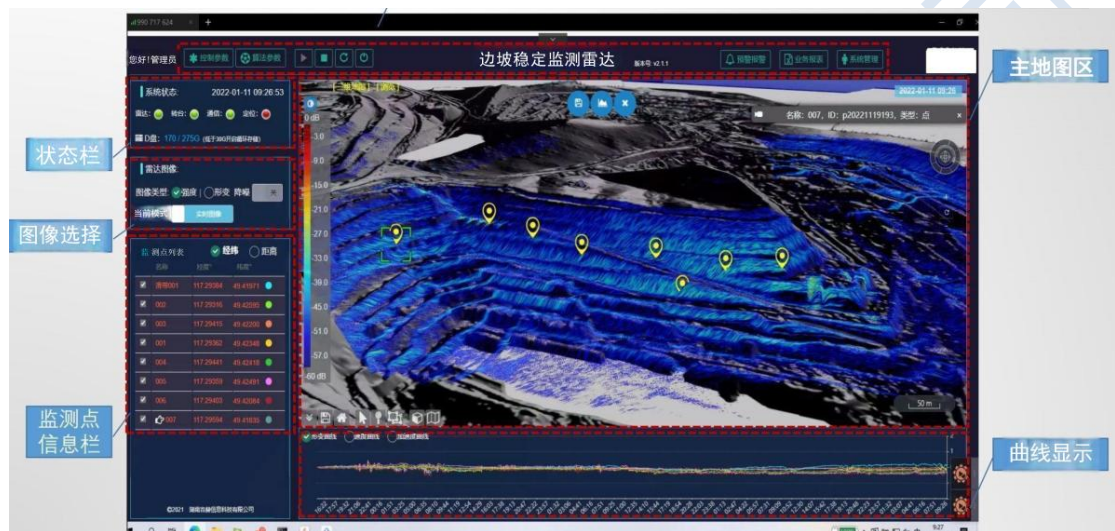
主要特点：

- 超轻便携，重量仅为 15 公斤，全部系统可折叠后放置于不超过 0.85 米的储运箱中，展开部署时间小于 22 分钟，面向应急救援和长期监测应用；
- 配备 电动俯仰调整功能，可进行 $-30^\circ \sim +30^\circ$

的俯仰角调整，结合 30° 天线俯仰波束角可实现

$\pm 45^{\circ}$

- 内置卫星罗经仪、倾角仪等多种定位定姿传感器，可迅速获得雷达位置、姿态和朝向信息
- 优化显示控制软件，新增实现 三维 DEM 精确匹配、大场景快速三维渲染、沿坡度方向投影位移、海量历史数据回访 等功能。



数据平台展示效果

3.2.2 内部位移监测传感器：

TS-CX30 内部测斜仪参数：

技术指标	
量程	$\pm 30^\circ$ (X/Y/Z 轴)
分辨率	0.001°
精度	$\pm 0.01^\circ$
启动时间	$< 2s$
输出参数	X/Z/Y 三轴绝对角度及调零后相对角度
输出信号	北斗自定义 485 协议
配线	$0.37 \times 2 \times 2$ 双绞屏蔽水工电缆



TS-CX30 系列高智能型滑轮式固定测斜仪实际上是重力加速度计，测量地球引力在测量方向上的分量。测斜探头已固定在外置测斜管内，当探头随测斜管一起发生倾斜时通过读数仪或自动化采集系统可以直接读出倾斜的角度，并同时测量 X/Y/Z 三个方向。能明确测出测点的倾斜方向与倾斜角度；并可直接挂接总线系统进行自动化数据采集。

3.2.3 表面位移监测传感器：

TS-LS200 拉线式位移计参数：

技术指标	
量程	0~2000mm
分辨率	Nifinite
精度	±0.15%
启动时间	<1s
输出参数	拉线距离与电压线性
输出信号	0~5V（常规） 0~10V（可选）
最大工作速度	1m/s
使用寿命	500 万次



传感器前端电子电位器采用进口器件，并通过激光修正线性度，保证传感器器精度，通过采样电子电位器的信号，转换标定可输出电流、电压、RS485 信号，并可通过 4G 采集模块上传至云平台。

3.2.4 锚索应力监测传感器：

TS-MS00 钻孔应力计参数：

技术指标	
量程	500KN, 600KN, 1000KN(可定制)
分辨率	0.01%FS
精度	0.5%FS、1.0%FS
原理	振弦式
外径	Φ 40mm
输出信号	振弦频率信号
配线	0.37×2×2 双绞屏蔽水工电缆



锚索应力计，主要测量锚索应力的变化，或用来测量岩体或者土基础，在开外前后的应力变化情况。

3.2.5 震动监测传感器：

L20-X 振动仪：

功能参数

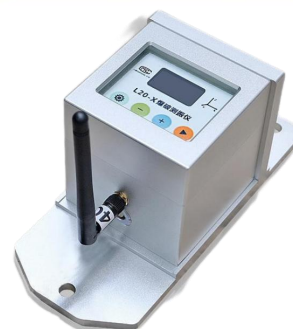
振动记录	电平模式、直方图记录（钻探、重型运输等场合）
数据获取	云端远程下载取数
远程通讯	1. 4G网络 2. 支持LAN/WAN/ADSL有线网络接入
监测报告	事件报告、地震波衰减计算报告
其他功能	1. 自动校准仪器零点 2. 通过数据中心远程升级和维护系统 3. 主动与网络信息中心同步时钟

物理参数

尺寸	76mm*76mm*84mm, 0.85kg
显示	0.96寸OLED屏，支持振动信号唤醒
按键	设置按钮、上下按钮、启动/停止按钮
接口	4G天线接口,多功能(LAN和DC)接口
使用环境	-35-60℃, 90% R
防护等级	IP67

性能参数

通道	3个通道，内置振动速度传感器
量程	±35cm/s(5-500Hz)
触发电平	0.001~0.500cm/s
记录时长	1~99s
A/D精度	24Bit
采样频率	5k sps
负延时	0.25s
电源	外接8.4V最高可兼容12V供电能耗30mA
储存	本地存储3000个文件，网络储存无限制
通讯方式	连续通讯、间断通讯（节能模式）



12V直流电池或太阳能供电

若测点处无外接电源或外接电源布线不便时，选用大容量电池组或太阳能发电装置供电



40AH蓄电池，省电模式下支持100天供电



太阳能发电装置供电，支持连续15个阴雨天供电

针对振动自动化监测研制的新型网络测振仪，该测振仪采用传感器与记录仪一体化设计，能在任何有手机信号的地方，实时上传测试数据至云服务器，可与爆破有害效应监测系统完美融合，实现爆破振动系统化监测，适用于测点多、频次高、周期长的爆破振动监测项目。

3.2.6 渗压监测传感器：

TS-SY06 渗压计：

技术指标	
量程	600KPa
分辨率	$\leq 0.1\%$ F.S
非线性度	非线性度： $\leq 0.25\%$ F.S
不重复度	$\leq 0.25\%$ F.S
滞后	$\leq 0.25\%$ F.S
输出信号	RS485（见通信协议）
综合误差	$\leq 0.5\%$ F.S
温度附加误差	$\leq 0.05\%$ F.S/ $^{\circ}\text{C}$
输出信号	4~20mA；RS485
最大过载压力	0.7MPa
接线线缆	0.37 $\times$ 2 $\times$ 2 水工电缆



TS-SY06 系列渗压计采用高灵敏进口水压阻式压力元器件，根据压力与水深成正比关系的静水压力原理，当传感器固定在水下某一测点时，该测点以上水柱压力高度加上该点高程，即可间接地测出孔隙水压力的大小，可通过 4G 采集仪采集传输至云平台。

3.2.7 地下水位监测传感器：

TS-SW00 水位计：

技术指标	
量程	0~70 米
分辨率	1cm
精度	0.2%F.S
启动时间	<1s
输出参数	测点绝压(水位)
输出信号	RS485 (见通信协议)
最大过载压力	0.7MPa
接线线缆	聚氨酯带导气管水工电缆
备注	$H=P / (\rho * g)$ ；压力转换为水位，与其液体密度和当地重力加速度有一定关系，常规： $H=P/0.98$ ；



根据压力与水深成正比关系的静水压力原理，运用水压敏感集成元器件做的电压式高智能水位计。当传感器固定在水下某一点时，该测点以上水柱压力作用于水压敏感集成元器件，使元器件电阻发生变化，从而导致电压变化，这样即可间接测出该点的水位。为提高测量精度一般需要配合气压补偿计来消除大气压力变化所带来的测量误差。该传感器核心在于压力式敏感集成元器件；并且内置温度传感器，对外界温度影响产生的变化进行温度修正；每个传感器内部有计算芯片，自动对测量数据进行换算而直接输出物理量，减少人工换算的失误和误差；全部元器件进行严格测试和老化筛选，尤其是高低温应力消除试验，增强产品的稳定性和可靠性；另有三防处理，保证在长期恶劣环境中高成活率的问题。

3.2.8 降雨量监测传感器：

TS-YL01 雨量计：

技术指标	
承雨口径	$\phi 200_{-0}^{+0.60} \text{ mm}$
刃口锐角	$40^{\circ} \sim 45^{\circ}$
分辨力	0.1mm
雨强范围	0.01mm $\sim$ 4mm/min （允许通过最大雨强8mm/min）
测量准确度	$\leq \pm 1\%$ （准确度优于国家 I 级标准）
输出信号	两路干簧管通、断信号输出
雨量计数	每个脉冲 0.1mm 雨量
重量	3.8Kg



本仪器为多层式翻斗量计，其性能符合国家标准 GB/T11832-2002《翻斗式雨量计》、和中国气象局《气象仪器和观测方法指南》（第六版）和相关要求。本仪器与数采集器或计算机连接可供各种类型的气象站、水文站、雨量观测站用于精确测量降水起止时间、累计降水量和降水强度、实时输出雨量计数。

条件允许建议上综合气象站，可对气象参数综合记录，便于分析各季节边坡安全性。



综合气象站安装照片

综合气象站可监测参数有规范要求的气象参数：

环境温湿度、雨量监测、大气压、风速风向监测；监测要求符合规范。

3.2.9 视频监控摄像机:

海康威视 iDS-2DC7523IW 网络摄像机技术参数:

- 支持预置位拍摄功能, 像素 ≥ 500 万, 图像分辨率 $\geq 1920 \times 1080$ 像素;
- ≥ 23 倍光学变焦, 16 倍数码变焦, 自动聚焦; 支持 H.265、H.264、MPG 等视频格式;
- 不小于 128G 的 Micro SD/SDHC/SDXC 卡存储, 视频图像存储 ≥ 15 天;
- 支持 SDK、ONVIF、CGI、PSIA、GB/T28181 协议接入; 摄像头云台支持范围: 水平 360° ; 垂直 $-20^\circ \sim 90^\circ$; 支持自动
- 支持雾透功能, 避免水库早晚及雾天, 能见距离短的问题; 具备星光级功能, 满足夜视情况下的监视需要。
- 支持 AI 智能 NVR 可实现抓拍、对比、以脸搜索相关录像。
- 具备防水、防雷、防浪涌, 防水等级为 IP66; 工作温度: $-10^\circ \sim +50^\circ \text{C}$;
- 支持 360° 水平旋转、垂直 $-15^\circ \sim 90^\circ$, 支持 8 条巡航扫描, 300 个预置点。

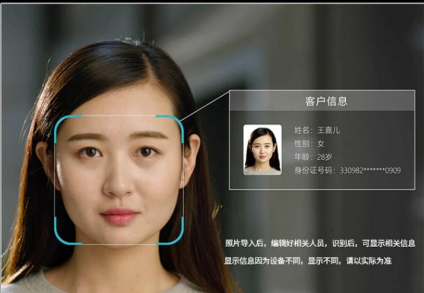
500万高清画质

500万像素, 2K画质, 星光级传感器
360度巡航 / 23倍光学变焦 / 智能跟踪 / 自动聚焦



智能人脸抓拍

支持切换为人脸抓拍模式, 最大同时抓拍5张人脸, 同时检查3张人脸, 支持对运动人脸进行检查、跟踪、抓拍、评分、筛选, 输出最优的人脸抓拍图, 需要搭配海康威视人脸NVR可实现抓拍、对比、以脸搜索相关录像

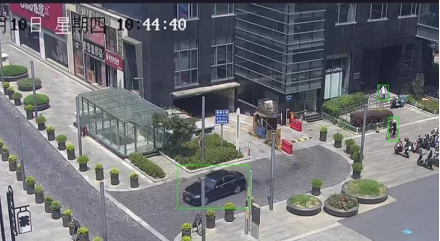


客户信息	
姓名:	王嘉儿
性别:	女
年龄:	25岁
身份证号码:	330982*****9009

照片导入后, 编辑时相关人员, 识别后, 可显示相关信息
显示信息因设备不同, 显示不同, 请以实际为准

智能跟踪

球机能自动检测场景中的运动目标(包含人、车、动物等), 自动的调整焦距和位置使目标始终以预定尺寸处于视野的中心, 得到目标的完整信息。跟踪持续时间默认300S
自动跟踪放大移动物体, 需去摄像头后台设置



3.2.10 低功耗锚索应力采集仪：

主要监测固定边坡稳定的锚索，在锚索与夹具间安装锚索计，同时采用低功耗锚索采集仪进行数据的采集，采用低功耗 4G 的 CAT1.0 进行传输，该设计为一体化设计，供电、采集、传输一体化，便于现场安装维护，运营成本低。

技术指标		
通道路数	单通道	可接应变计或者 3 弦锚索计；
频率采集范围	400~6000Hz	分辨率：0.1Hz
频率采集精度	±0.5Hz	采用低压扫频适用长期监测
温度采集	热敏电阻 3k Ω	
输出参数	各通道的频率+温度	
输出信号	RS485/4G	
通信协议	RS485ModbusRTU	可定制（可兼容广州基坑平台协议）
工作温度	-20℃~80℃	
休眠电流	<15uA	超低功耗待机
工作电流	<40mA	采集一轮时间 120 秒之内
采集频次	可调	1 分钟~24 小时
工作时长	大于一年（小时上报一次）	根据频次以及选择电池容量相关
供电方式	DC12V/一次性锂电/太阳能+锂电	根据工况不一致配不一样的供电方案
展示方式	直接推送原始数据	或同胜平台提供 API 数据接口
防护等级	大于 IP66	可户外直接安装



3.3 采集系统介绍:

3.3.1 TS-CJ01 系统功能:

具有一体化采集功能的一体化采集通过 4G 传输至云服务器，现场如传感器相对集中，通过 485 总线汇集之后通过采集仪的 4G 模块传输至云平台。



系统拓扑图

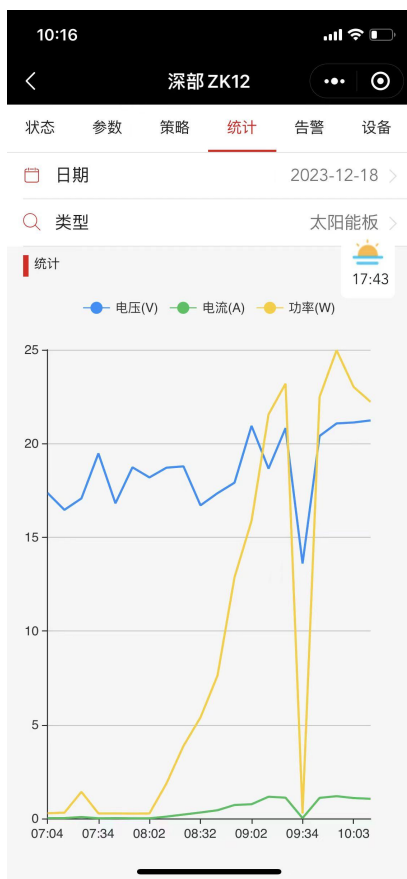
现场采集系统如下:



项目现场实施图片

3.3.2 供电系统:

供电系统均可采用市电和太阳能系统，根据现场实际情况进行选择，太阳能系统采用高性能太阳能板和锂电池（充放电次数更多，使用年限更久），充放电控制器选用 MPPT 高效率模式进行充放电，且可通过 4G 查看充放电效率以及远程重启，该套供电系统完全独立。



时间段 (不填则忽略,0关闭,1开启)	
00:00 >	0表示关闭,1表示开启
00:00 >	0表示关闭,1表示开启
00:00 >	0表示关闭,1表示开启
00:00 >	0表示关闭,1表示开启
00:00 >	0表示关闭,1表示开启
00:00 >	0表示关闭,1表示开启

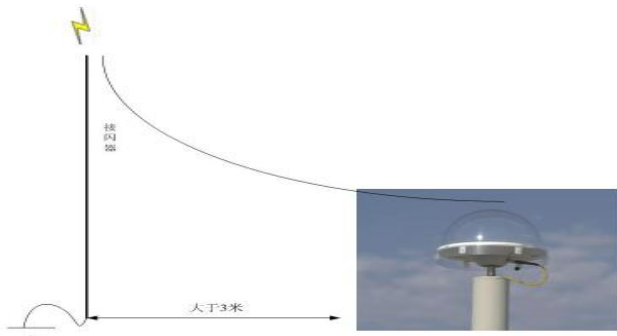
太阳能管理系统

3.3.3 防雷系统:

1) 直接电雷防护

具体避雷方式要求避雷针与被保护物体横向距离不小于 3m, 避雷针高度按照“滚球法”确定, 保护角度近似按照 45° 计算。

避雷针选用 ZGZ-200-1.8B 型号避雷针。



直击雷预防示意图



避雷针

ZGZ-200-1.8B 型号避雷针技术参数如下表 3。

ZGZ-200-1.8B 型号避雷针技术参数

雷电通流容量	200kA
电阻	$\leq 1 \Omega$
高度	1.8m
质量	4.8kg
最大抗风强度	40m/s
安装尺寸	$\phi 70 \pm 0.26\text{mm}$

2) 感应雷防护

a、电源防雷保护

采用金属机柜屏蔽感应雷，电源部分加装防雷插座和单项电源避雷器。



单项电源避雷器

b、通讯线路防雷保护

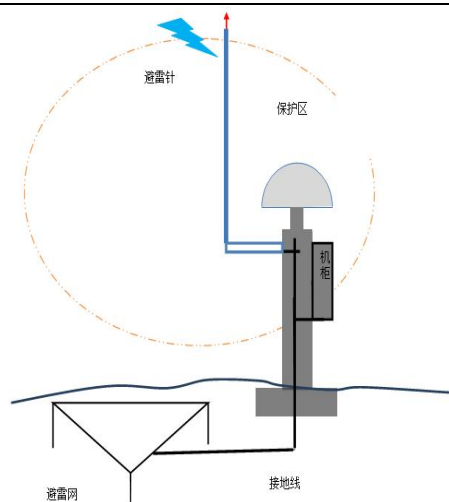
在通信线路两端分别加装防雷器，一端靠近传感器，避免由于感应雷造成的电流对传感器的损害；另一个防雷器尽量靠近数据处理设备。

避雷器的接地端与避雷网连接，连接处采用涂抹防锈漆等手段保证导电，接地电阻不大于 4 欧姆。

避雷器存在一定的插入损耗，对于数据信号的强度造成了一定的影响，我们根据实际情况增加信号放大器等相关设备。

3) 接地网

接地网的建设选用 3 根 $50 \times 50 \times 5\text{mm}$ 热镀锌角钢为垂直地极 $L=2.5$ 米，以 $40 \times 4\text{mm}$ 热镀锌扁钢互连，地极埋地深度 >0.7 米。避雷针基座为 $500 \times 500 \times 60\text{mm}$ 钢筋混凝土，由地网引两根 $40 \times 4\text{mm}$ 热镀锌扁钢与基座连接（连接处必须为焊接）。接地电阻小于 10 欧姆。



避雷设计示意图

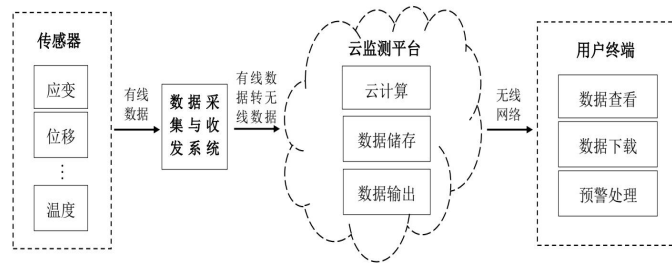
现场安装示意图：



避雷针示意图

3.4 数字孪生可视化系统平台介绍：

监测系统平台软件是针对滑坡、泥石流特征自主开发的系统软件。通过网页即可查询监测情况；软件功能多样化，有表面位移监测、内部位移监测、土压力监测、裂缝监测、雨量计监测、水位监测等多个监测项目，用户可根据具体情况在系统管理中选择功能项目；软件中监测变化数据将直观的用曲线的显示出来并可实现多样预警；该软件具有很强的可扩展性，除了常用的监测参数外，还预留了多个监测参数接口，方便系统的扩展，所有基础模型可以基于 3D 模型下进行展示，使数据更加生动也直接找到相应测点，并可将数据推送至相关行政部门的管理平台。



(1) 数据采集、展示、预警

监测系统能自动采集数据、变形自动分析、自动预报预警、自动给出单次和累计测量数据动态曲线图及变形速率变化动态曲线图；

软件功能多样化，GNSS 位移监测、综合气象站监测、泥水位监测、地声监测、次声监测、裂缝监测等，用户可根据实际滑坡具体情况在系统管理中选择功能项目；

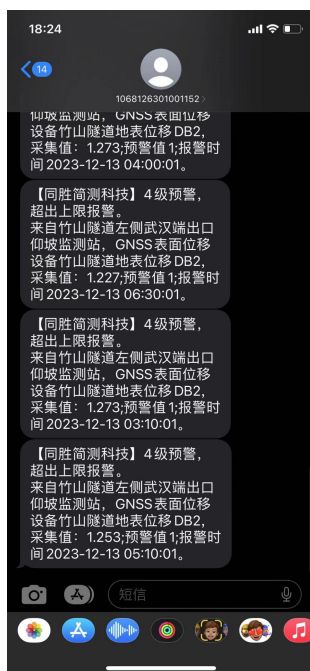
软件中监测变化数据将直观的用曲线的显示出来；软件具有断面分析、位移矢量分析、速度和加速度分析、历史数据查询、分级用户管理和分级预警系统，软件可显示监测结构图和传感器布点图等。



平台主页面图和站点页面图

（2）预警参数设置

根据监测体的结构、设计限差等设置不同级别的预警参数，可短信预警。



（3）在线评估

软件自动评估监测体的安全状况，可远程登陆查看数据。

（4）文档管理

对于人工巡检、历史数据、登陆日志等进行有效管理。

（5）自动生成报表

根据预先设定的时间系统自动生成各监测手段的报表，同时通过 E-mail 方式自动发给相关人员。

（6）不同级别及方式预警

根据规范以及监察局文件对每个监测因子都要实现 4 级预警（红橙黄蓝）。预警发布形式灵活多样，可根据数据的危险程度采用短信、网页、邮件、声音、大屏幕等方式和渠道进行分级发布。

- a、可对 GNSS 表面位移的日变化量和累计位移进行预警；
- b、可对内部位移的各深度测点进行累计位移和日变化量位移进行预警；
- c、可对地下水位的水位和日变化量进行预警；

(7) 管理员系统

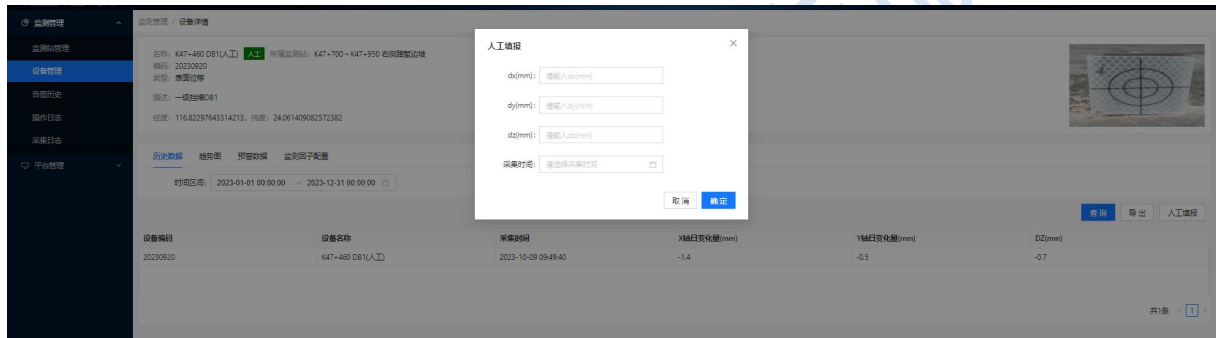
管理员负责管理整个系统、包括系统的维护、用户名与密码管理、不同用户授权管理等。

(8) 用户权限管理

对于不同的用户具有不同的权限、企业只能看自己的情况、县级单位只能看本县的、市级只能看本市的。

(9) 人工巡检数据并网；

因露采边坡监测要求一般要求人工巡检，该平台可以配置相应账号权限账户进行人工巡检数据填报，便于自动化与人工检测数据的一并分析。同时 APP 也可根据权限进行填报。

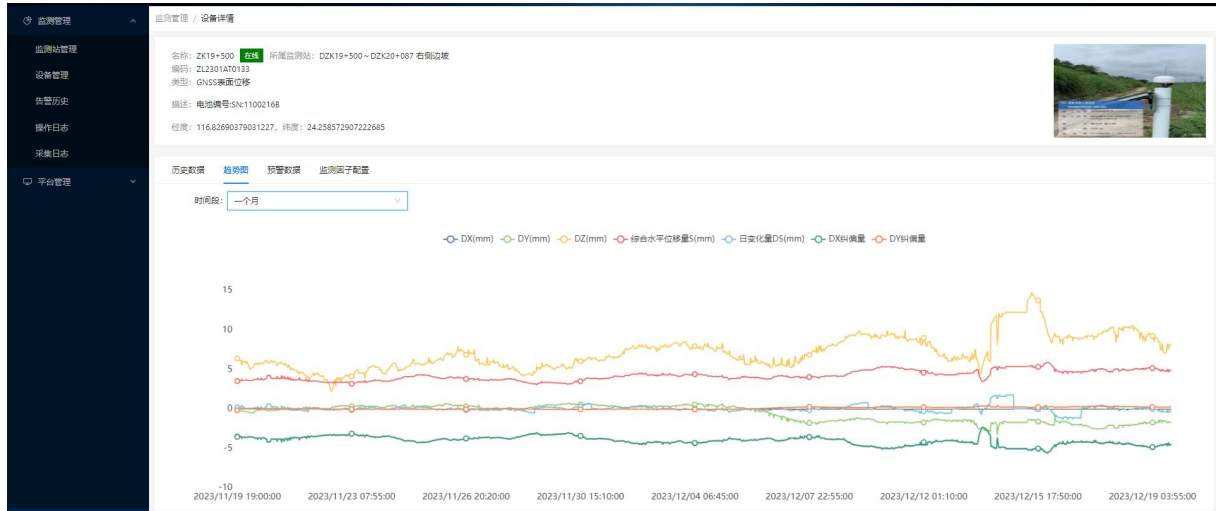


(10) 平台页面

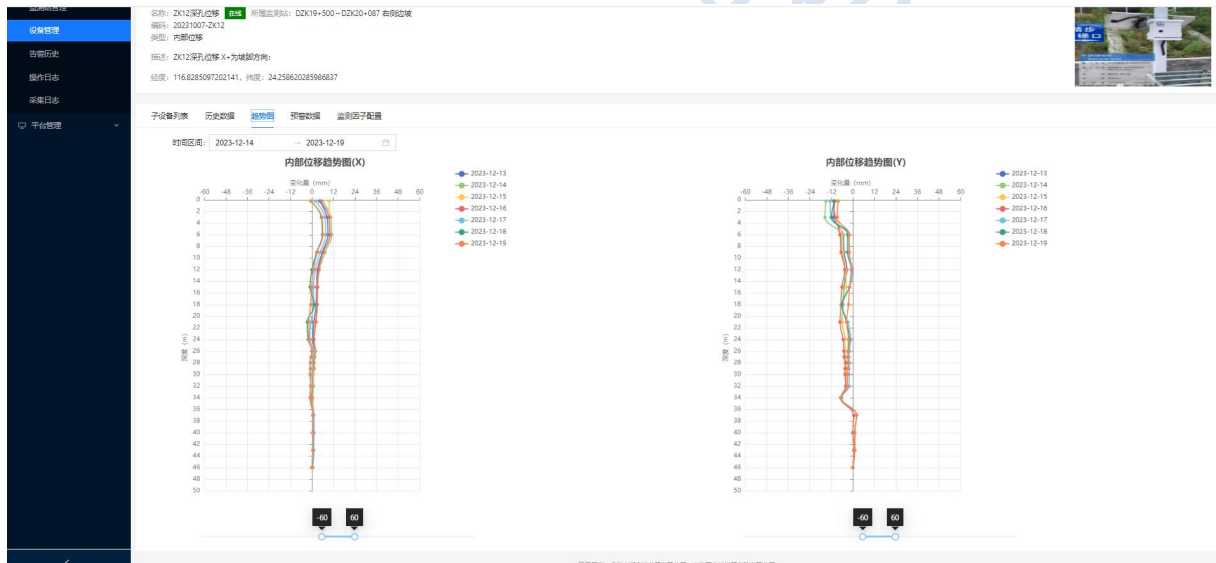


可互动查看具体测点的具体数据；预警数据以及历史曲线。

A、表面位移曲线图：



B、内部位移曲线图：



C、综合气象站曲线图：

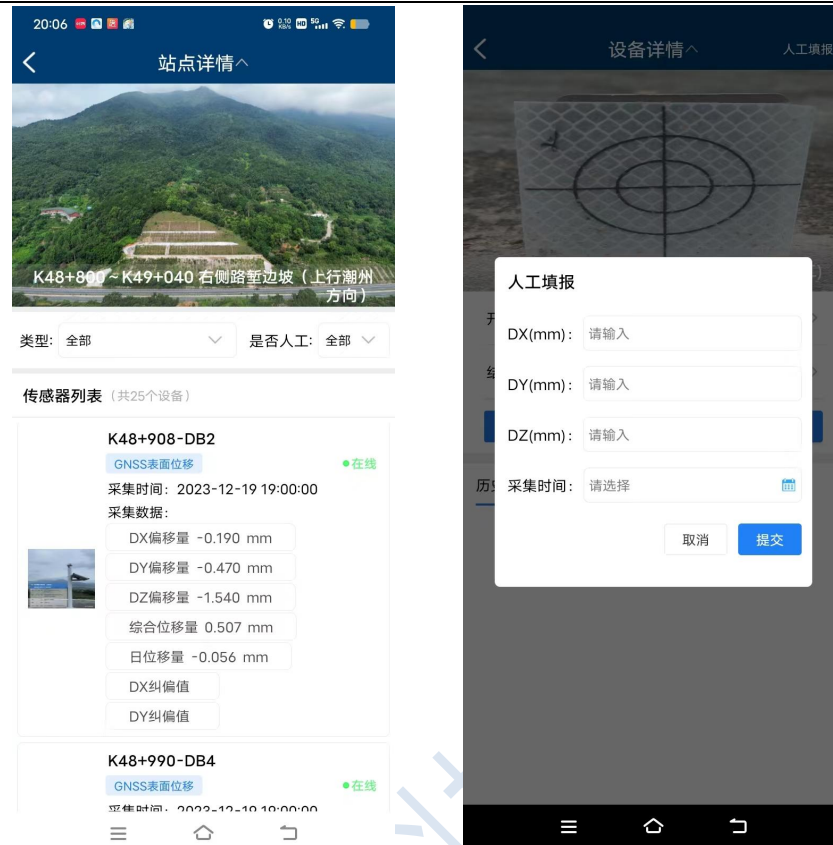


3.5 安卓系统 APP 介绍：

安卓系统监测系统 APP 主要是对 web 网页的数据在手机系统上进行展示，便于实时数据跟历史数据以及预警数据在相关人员的手机上进行展示，便于数据第一时间推送到相应负责人知晓。并方便巡检人员在测量完第一时间通过手机填报人工测量数据。



可在可视化平台后台定时更新广告通知新闻信息，便于企业对公众信息的推广传播。



可根据站点查看具体测点点位数据的查看，并可以查看测点历史数据和预警数据，以及在现场巡查测量人员及时填报数据。

3.5 项目质量把控方案：

为确保安全、优质、高效地完成本项目所有监测点实施，根据本项目规模以及技术特点，成立贵州地灾监测项目组，项目负责人负责整个项目的进度、质量及安全的管控，我公司针对本项目配置的项目实施人员如表所示：

表格 项目实施人员配备表

序号	项目角色	数量	姓名	职责
1	项目负责人	1		协调管理整个工程实施（核心人员）
2	项目技术负责人	3		负责整体项目的技术支撑（核心人员）
3	项目技术员	6		对整体项目技术的落实（核心人员）
4	项目施工组长	6		负责整个项目的施工现场管理（核心人员）
5	基建人员	12		组织农民工基础设施建设
6	设备安装调试人员	9		负责设备安装与调试
7	软件工程师	8		负责整个平台的数据处理分析、以及端口接入
8	仓管人员	6		负责设备收发货
9	质量员	4		工程质量监督检查，对各阶段工序的质量进行检查与质量评定
10	资料员	7		本项目所有资料编辑、汇总
11	安全员	3		全面监督项目安全生产，进行安全教育
12	合计		人	

3.5.1 项目团队的组织管理

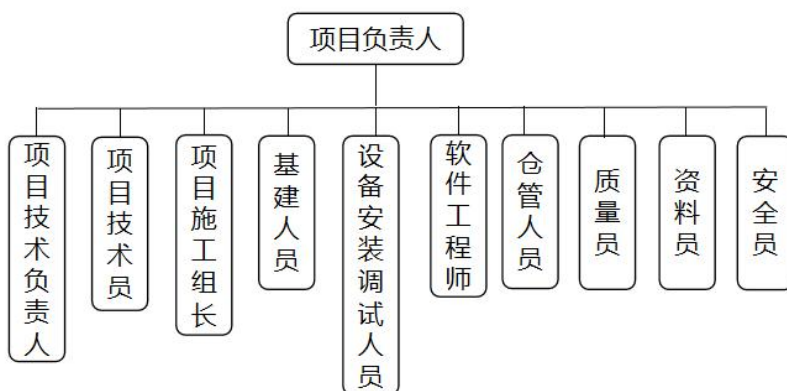


图 2 项目实施组织管理架构

针对边坡安全监测设施建设工程的实施，公司成立专职项目部，并设立如图 1 所示的项目组织架构进行项目的实施和交付，同时配备经验丰富的项目队伍，以确保项目施工质量和工期。

3.5.2 项目岗位职责

3.5.2.1 项目负责人岗位职责

- ① 项目负责人在公司的领导下开展工作，代表公司全面履行合同，严格执行国家规定的法律法规，贯彻执行各项规章制度。
- ② 主持项目班子管理工作，执行项目管理制度，监督各成员的工作情况。
- ③ 主持施工组织设计、施工方案、质量、安全保障措施的编制工作，并全面组织实施。定期或不定期召开项目成员会议，总结施工经验。
- ④ 监督并确认项目规划及落实情况，包括项目评估、成本、质量、进度控制、风险管控及应急措施等。
- ⑤ 合理安排施工作业及采购工作，确保工程进度、质量、安全、技术等各项管理目标的实现。
- ⑥ 组织制定成本核算制度及利润目标。
- ⑦ 负责与建设单位及其他工程项目相关单位沟通协调。

3.5.2.2 项目技术负责人岗位职责

- ① 组织技术人员编制施工组织设计与施工方案；对项目的技术及质量负责。
- ② 参加业主主持的图纸会审并形成记录；组织协调设计文件的更改，报建设方批准；负责技术交底。
- ③ 检查、督促项目部技术人员对技术质量资料的整理工作，保证资料整理的真

实性、及时性、完整性；负责对项目实施提供技术支撑。

- ④ 组织项目部的技术人员学习贯彻有关标准、规范、规程。
- ⑤ 实施质量和环境管理体系文件，保持有效运行。
- ⑥ 贯彻执行公司下达的各项管理制度。

3.5.2.3 技术员岗位职责

① 熟悉设计图纸，整理交底及会审纪要，下达并实施对各作业班组的各类技术交底工作。

② 参与编写施工组织设计，负责编写部分分项工程施工方案。

③ 负责实施本项目测量放样、技术复核等工作，及时准确填写好有关技术文档，做好有关记录工作。

④ 监督、指导各施工班组按照设计图纸、施工规范、施工方案及施工组织设计的要求进行施工。

⑤ 认真执行技术负责人分配的每项工作任务。

3.5.2.4 项目施工组长岗位职责

① 严格执行工艺规程和工序管理制度，带领施工队伍认真学习安全、技术、质量交底。

② 认真熟悉图纸、熟悉施工现场、对施工工作有一定的预见性，施工过程中发现问题及时向项目部汇报解决。

③ 负责设备安装所需的基础设施施工安排协调。

④ 施工组长每天进行班前安全讲话，做好安全讲话记录。

⑤ 每天向项目部汇报当日的工作完成情况、结合工期进度计划调整施工人员未来几天的工作计划。

⑥ 施工过程中做到每天工完场清。

⑦ 认真执行项目部分配的每项工作任务。

3.5.2.5 基建人员岗位职责

① 组织农民工进行基础施工。

② 认真熟悉图纸、熟悉施工现场。

③ 配合施工组长做好施工过程记录。

④ 施工过程中做到每天工完场清。

⑤ 认真执行施工组长分配的每项工作任务。

3.5.2.6 设备安装调试人员岗位职责

完成对设备的安装与调试工作，并配合施工组长做好设备与安装调试过程记录。

3.5.2.7 软件工程师岗位职责

负责本项目软件的设计、编码、测试及调试等工作，负责整个平台的数据处理分析、以及端口接入。解决工程实施过程中的技术难点。

3.5.2.8 仓管人员岗位职责

- ① 按规定做好物资设备进出库的验收、记账和发放工作，做到账账相符。
- ② 随时掌握库存状态，保证物资设备及时供应，充分发挥周转效率。
- ③ 定期对库房进行清理，保持库房的整齐美观，使物资设备分类排列，存放整齐，数量准确。

3.5.2.9 质量员岗位职责

负责对项目质量监督检查，对各阶段工序的质量进行检查与质量评定。

3.5.2.10 资料员岗位职责

- ① 负责对本项目文件资料进行收集、整理、筛分、建档、归档工作的管理。
- ② 负责工程项目的图纸接收、清点、登记、发放、归档、管理工作。

3.5.2.11 安全员岗位职责

- ① 认真贯彻执行国家和政府部分制定的劳动保护和安全生产政策、法规及规章制度。
- ② 协助项目负责人组织安全生产检查，并具体实施落实安全生产考核制度。
- ③ 定期组织相关人员进行安全生产现状分析，及时提出意见，及时解决安全生产工作中存在的问题，并做好资料整理归档工作。
- ④ 做好安全教育和安全宣传工作，对违反安全操作规程的行为进行制止。
- ⑤ 负责管理、维修、保养消防器材，定期检查。保持消防器材的性能良好。

3.5 工期进度把控方案：

项目实施工程时间部署安排表

时间（天） 内容	1/2	3/4	5/6	7/8	9/10	11/12	13/14	15/16	17/18	19/20	21/22	23/24	25/26	27/28	29/30
成立项目	■														
项目现场查勘以及放样		■	■	■	■										
施工组织设计及施工方案编写		■	■	■	■										
设备制造、包装、运输	■	■	■	■	■	■									
设备备货进场验收						■									
基础施工			■	■	■	■	■	■	■	■					
设备安装调试					■	■	■	■	■	■	■	■			
与省、县两级平台对接、适配以及调试										■	■	■	■		
系统软硬件联调												■	■	■	
培训														■	
项目验收														■	■
项目收尾竣工															■

注：具体安排根据现场实际情况做调整。

四、项目设备清单

露天采场边坡在线安全监测设备清单				
序号	名称及规格	单位	数量	参数
	边坡监测内容			
1	表面变形监测			
1.1	GNSS 接收机	台		1. 接收信号系统不少于 BDS-2, BDS-3, GPS, GLONASS, Galileo, QZSS 系统 2. ★静态定位精度：水平不低于$\pm 1.5\text{mm} + 0.5\text{ppm RMS}$，高程不低于$\pm 2.5\text{mm} + 0.5\text{ppm RMS}$ 3. 差分电文格式：支持标准的 RTCM3.X 协议； 4. ★解算软件：具备 GNSS 配套解算软件（提供软件著作权证书复印件）；具备 GNSS 数据处理核心算法发明专利（提供发明专利证书复印件） 5. ★电池快充：配备专用电池充电插座，支持电池快充功能； 6. 支持以太网、WIFI、4G 网络通信；支持 4G+LORA 混合组网通信 7. 支持倾角传感器，可以感知设备倾斜度（感知范围 0-90 度，精度 0.1 度）；支持震动监测。 8. 支持不低于 32G 的内部存储；历史数据可循环覆盖 9. 支持蓝牙连接并配置设备；支持设备温度回传

				10. 一体化封装（内置：4G 通信、高精度天线、高精度板卡、锂电池太阳能供电系统）；IP68 防水等级 11. 内置电源防雷系统，支持过压保护，反接保护 12. 工作及存储温度：工作 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ ， $-40^{\circ}\text{C}\sim+95^{\circ}\text{C}$ ； 13. ★高集成度：重量不大于 3KG； 14. ★整机功耗： $\leq 2.0\text{W}$ ； 15. ★具有专业检测单位出具的防盐雾测试检定合格证书，防盐雾等级至少 9 级。
1.1.1	立杆	套		1 高度 $\geq 1.5\text{m}$ 。 2 壁厚 $\geq 3\text{mm}$ 。 3 立杆直径 $\geq 110\text{mm}$ 。 4 立杆安装设备后的防风 ≥ 8 级、抗震 ≥ 5 级。 5 设备安装高度 $\geq 1.0\text{m}$ 。
	避雷系统	套		1 雷电电流容量:200kA； 2 接地电阻: $\leq 1\Omega$ ； 3 避雷针高度:1.5m；
1.1.2	太阳能供电系统	套		1 工作电压： $\geq 17.8\text{VDC}$ 。 2 最大工作电流： $\geq 5\text{A}$ 。 3 单晶太阳能组件， $\geq 100\text{Wp}$ 4 满足太阳能板功率要求。 5 具备 MPPT 充电技术功能。 6 具备过流、过充、反极性自动保护功能。 7 自带显示装置，显示电压、电流充电功率及工作状态。 8 具备外接温度传感器接口。 9 工作温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。 11 锂电池 12VDC。

			12 额定容量 $\geq 100\text{Ah}$ 。 13 具备充放保护功能。 14 充电温度范围： $0^{\circ}\text{C}\sim 42^{\circ}\text{C}$ 。 15 放电温度范围： $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。
1.2	边坡雷达	套	1 工作频段：Ku/K/Ka 2 方位角分辨率：优于 0.3° 3 方向覆盖： 360° 4 距离分辨率：优于 0.3m 5 探测距离：不小于 5km 6 形变灵敏度：优于 0.1mm 7 扫描速度： $0.5\sim 16$ 分钟/周 8 功耗：不大于 50w 9 整机质量：不大于 15 公斤 10 尺寸： $1.13\text{m}\times 0.26\text{m}\times 0.37\text{m}$ （展开状态） $0.69\text{m}\times 0.26\text{m}\times 0.29\text{m}$ （折叠状态） 11 工作温度： $-40\sim 55^{\circ}\text{C}$ 12 防护 IP65
2	内部变形监测(自动观测)		
2.1	采集基站		
2.1.1	GPRS 采集仪	台	1 满足《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》（AQ/T2063-2018）观测条件的要求； 2 测量范围： $500\sim 3000\text{Hz}$ ； 3 测量分辨率： 0.1Hz ； 4 通讯方式：无线 RS485/RS232； 5 无线传输距离： $10\sim 20\text{km}$ ； 6 产品尺寸： $500\times 400\times 250\text{mm}$ ；

				7 工作温度：-25℃~+75℃； 8 应具备掉电保护功能、防雷及抗干扰功能；在雷电、暴雨等恶劣天气条件下能正常运行。
2.1.2	太阳能供电系统	组		1 工作电压：≥17.8VDC。 2 最大工作电流：≥5A。 3 单晶太阳能组件，≥100Wp 4 满足太阳能板功率要求。 5 具备 MPPT 充电技术功能。 6 具备过流、过充、反极性等自动保护功能。 7 自带显示装置，显示电压、电流充电功率及工作状态。 8 具备外接温度传感器接口。 9 工作温度：-10℃~50℃。 10 可充锂电 12VDC。 11 额定容量≥100Ah。 12 具备充放保护功能。 13 充电温度范围：0℃~42℃。 14 放电温度范围：-10℃~50℃。
2.1.3	基站立杆	根		1 高度≥2m。 2 壁厚≥3mm。 3 立杆直径≥110mm。 4 立杆安装设备后的防风≥8 级、抗震≥5 级。 5 设备安装高度≥1.5 m。
	避雷系统	套		1 雷电通流容量:200kA; 2 接地电阻:≤1Ω; 3 避雷针高度:1.5m;
2.2	内部位移设备			

2.2.1	内部位移计	套	1 满足 1 满足《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》（AQ/T2063-2018）观测条件的要求； 2 测量维数：X/Y 二维； 3 测量量程：±90°； 4 测量分辨率：0.01°； 5 测量精度：0.05%F.S 6 温度范围：-20℃～80℃；
2.2.2	传感器连接杆	米	1 长度 ≥1m。 2 不锈钢材质。
2.2.3	系统总线	米	1 四芯双绞屏蔽 4*2.5mm ² 。 2 防水防腐。
3	地下水位监测		
3.1	水位计	支	1 量程：0～60m； 2 分辨率：1mm； 3 精度：±0.1%F.S； 4 工作温度范围：-20℃～80℃； 5 工作标称电压：DC12V；
3.2	系统总线	米	1 四芯双绞屏蔽 4*2.5mm ² 。 2 防水防腐。
4	雨量监测	套	1 承雨口直径：Φ200+0.60mm，刃口锐角 40～45°； 2 分辨率：0.1mm； 3 精度：0.1mm； 4 降雨强度测量范围：0.1mm～4mm/min（毫米/分）； 5 测量准确度（在 0.01～4mm/min 雨强范围）：降水量<10mm，测量误差：≤±0.2mm；降水量≥10mm，测量误差：±(0.2mm+1%F.S)；

5	爆破振动监测	套	1 振动频率量程: 1~200HZ; 2 振幅分辨率: 0.5mg; 3 振幅精度: 1mg; 4 加速度量程: $\pm 2g$; 5 加速度分辨率: 0.1mg; 6 加速度精度: 0.1mg; 7 工作电压: DC6~12V; 8 工作电流: $-20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$; 9 重量: <250g;
6	裂缝监测	套	1 量程: 0~2000μm; 2 分辨率: 1mm; 3 精度: $\pm 0.15\% \text{F.S}$; 4 工作温度范围: $-20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$; 5 工作标称电压: DC12V; 6 工作温度: $-40^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ 7 防护等级: IP67
7	采动应力监测	套	1 量程 20MPa/40MPa 2 分辨率 0.01%F.S 3 精度 0.5%F.S 1.0%F.S 4 原理 振弦式 5 外径 40mm 6 输出信号 振弦频率信号

8	渗压力监测		1 量程 1MPa 3MPa。 2 分辨率 $\leq 0.1\%$ F.S。 3 非线性度: $\leq 0.25\%$ F.S。 4 不重复度: $\leq 0.25\%$ F.S。 5 综合误差: $\leq 0.5\%$ F.S。 6 温度附加误差: $\leq 0.05\%$ F.S/ $^{\circ}\text{C}$ 。 6 输出信号 RS485。
9	视频监控		1 像素 $\geq 500\text{w}$; 2 分辨率 $\geq 1920 \times 1080$ 像素; 3 ≥ 23 倍光学变焦, 16 倍数码变焦; 4 支持 AI 智能图像处理, NVR 可实现抓拍、对比、以脸搜索等相关录像; 5 支持 360° 水平旋转, 垂直 $15^{\circ} \sim 90^{\circ}$, 支持 8 条巡航扫描;
10	数据展示平台	套	1 《金属非金属露天矿山高陡边坡安全监测技术规范》(AQ/T2063-2018) 观测条件的要求。 2 云服务功能。 3 网页预警功能。 4 短信预警功能。 5 历史数据查询。 6 数据曲线查询。 7 数据导出功能。 8 可报表格式导出。 9 可 API 接口便于二次对接。

				10 APP 展示
11	安装调试	套		1 各测点安装到设计点位; 2 设备供电通信至云服务器; 3 报警系统测试
12	施工			
12.1	立杆水泥墩	个		1 基础大小为 800mm×800mm×1000mm, 出地面 100mm。 2 基础混凝土强度为 C25。
12.2	现场安装调试	个		

附录：各核心设备的第三方检测报告：

1、GNSS 接收机检验报告：

深圳中航技术检测所有限公司		报告编号: C23AA01009672
中国航空工业深圳特区计量测试站		
Shenzhen Metrology & Measurement Station of China Aviation Industry		
国防科技工业第一计量测试研究中心深圳计量检测站		
检 测 报 告 TEST CERTIFICATE		
报告编号		C23AA01009672
Certificate Number		
委托单位	湖南同胜简测科技有限公司	
Client		
地 址	长沙开福区芙蓉北路99号山水御苑3栋615	
Address		
样 品 名 称	GNSS 一体机	
Description		
等 级	/	
Usage		
规格型号	TS-GNSS01	
Model/Type		
制 造 单 位	湖南同胜简测科技有限公司	
Manufacturer		
样 品 编 号	2023100101	
Serial No.		
结 论	检测项目合格	
Conclusion		
批 准 人 刘克先 刘克先 Approved by		
核 验 员 陈重阳 陈重阳 Checked by		
检 测 员 刘保路 刘保路 Tested by		
(报告专用章)		
委托日期	2023 年 10 月 09 日	
Received Date	Year Month Day	
检测日期	2023 年 10 月 09 日	
Tested	Year Month Day	
计量标准机构备案号 (Register No.): [2017]粤校统0005		
地址: 广东省深圳市宝安区深圳宝安机场第一跑道边大厦门		
Add: Block A, Aviation Oil Building, Airport 1st Road, Shenzhen International Airport, Shenzhen, Guangdong, China		
电话 (TEL): 0755-81204911 81204958 传真 (FAX): 0755-81204911 邮政编码 (Post Code): 518128		
网址: http://www.szatci.com 电子邮箱 (E-mail): market@szatci.com		

深圳中航技术检测所有限公司		报告编号: C23AA01009672
中国航空工业深圳特区计量测试站		
Shenzhen Metrology & Measurement Station of China Aviation Industry		
国防科技工业第一计量测试研究中心深圳计量检测站		
检测结果 Result of Test		
台时数	3台	
失效数	x=0	
通道数	1408通道	
静态测量精度	水平: $\pm 1.5\text{mm} \pm 0.5\text{ppm RMS}$ 垂直: $\pm 1.5\text{mm} \pm 0.5\text{ppm RMS}$	
差分电文格式	支持标准的RTCM X协议	
实测静态测量精度	实测: 水平: $\pm 2\text{mm}$ 垂直: $\pm 3\text{mm}$	
电池快充	配备专用电池充电插座, 支持电池快充功能	
通信	支持以太网、WiFi、4G网络通信; 支持4G+LORA混合组网通信	
功能	支持倾角传感器, 可以感知设备倾斜度 (感知范围0-90度, 精度0.1度); 支持震动监测	
储存容量	支持不低于32G的内部存储; 历史数据可循环覆盖	
输出参数	位移、角度、振动加速度、状态信息等 支持RTCM2原始数据 (静态模式) 动态位移 (动态模式) 结果数据上传	
通信方式	支持蓝牙连接并配置设备; 支持设备温度上传	
封装方式	一体化封装 (内置: 4G通信、高精度天线、高精度板卡、锂电池、太阳能供电系统)	
保护功能	内置电源防雷系统, 支持过压保护, 反接保护	
工作及存储温度	工作: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$, $-40^{\circ}\text{C} \sim +95^{\circ}\text{C}$	
重量成度	重量不大于3KG	
整机功耗	$\leq 2.0\text{W}$	
防震等级	9级	
防护等级	IP68	
结论	合格	
备注	受试样品经过开箱检查合格和正常工作后, 方投入试验。	

2、内部位移测斜仪检验报告：

SMQ 深圳市计量质量检测研究院
Shenzhen Academy of Metrology & Quality Inspection

校准证书
CALIBRATION CERTIFICATE

第 1 页, 共 4 页
Page 1 of 4 Pages

证书编号: JL2391926541

客户名称
Name of Customer: 湖南同胜简测科技有限公司

客户地址
Address of Customer: 湖南省长沙市开福区芙蓉北路 99 号山水御脚 3 栋 615

计量器具名称
Name of Instrument: 一体化振动倾角仪

型号/规格
Type/Specification: TS-QX01

出厂编号
Serial No: 231008002

资产编号
Asset No: 未标明

制造单位
Manufacture: 湖南同胜简测科技有限公司

校准依据
Calibrated in Accordance to: JJF1915-2021 倾角仪校准规范

批准人: 伍沛刚
Approved by: 

签名: 

校验员: 

校准员: 

校准日期: 2023 年 10 月 17 日
Year Month Day

建议复校日期: 2024 年 10 月 16 日
Year Month Day

签发日期: 2023 年 10 月 18 日
Year Month Day

深圳市计量质量检测研究院
地址: 广东省深圳市福田区龙海大道 92 号
客户服务热线: 400 900 8999-1
邮编: 518005 网址: www.smq.com.cn
电子邮件: kf@ts-jc.com.cn

Shenzhen Academy of Metrology & Quality Inspection
Add: No.92, Longhu Avenue, Nanshan District, Shenzhen.
Customer Service Hotline: 400 900 8999-1
Post Code: 518005 http://www.smq.com.cn
Email: kf@ts-jc.com.cn

SMQ 深圳市计量质量检测研究院
Shenzhen Academy of Metrology & Quality Inspection

校准结果
RESULTS OF CALIBRATION

证书编号: JL2391926541
Certificate No.

第 3 页, 共 4 页
Page 3 of 4 Pages

序号/No	校准项目/Calibration Items	校准结果/Calibration Results
1	外观及各部分作用/Appearance	正常/Normal
2	零值误差/Zero error (单位/Unit: °)	0.002
3	测角示值重复性/Repeatability (单位/Unit: °)	0.001
4	示值误差/Indication error (单位/Unit: °)	
	X+	X-
	标称角度 Nominal angle	示值误差 Indication error
	0.0	0.000
	+3.0	-0.000
	+6.0	+0.003
	+9.0	+0.002
	+12.0	0.000
	+14.5	-0.003
	-3.0	-0.000

SMQ 深圳市计量质量检测研究院
Shenzhen Academy of Metrology & Quality Inspection

校准结果
RESULTS OF CALIBRATION

证书编号: JL2391926541
Certificate No.

第 4 页, 共 4 页
Page 4 of 4 Pages

示值误差/Indication error (单位/Unit: °)			
Y+		Y-	
标称角度 Nominal angle	示值误差 Indication error	标称角度 Nominal angle	示值误差 Indication error
0.0	0.000	0.0	0.000
+3.0	-0.001	-3.0	+0.002
+6.0	-0.001	-6.0	+0.001
+9.0	-0.002	-9.0	+0.002
+12.0	-0.003	-12.0	+0.001
+14.5	-0.003	-14.5	+0.003

示值误差的扩展不确定度/Expanded Uncertainty of Measurement Results: $U=0.002^{\circ}, k=2$.

3、水位计检验报告:

 **博纳集团** 博纳检测认证有限公司
计量 · 校准 · 认证 BONA TESTING & CERTIFICATION CO., LTD

 中国认可
国家认证
校准
CALIBRATION
CNAS L1963

校准证书

CALIBRATION CERTIFICATE

证书编号
Certificate No. BN123100423

委托单位
Client 湖南同胜简测科技有限公司

委托方地址
Address 长沙市开福区芙蓉北路99号

计量器具名称
Description 水位计

规格/型号
Type/Model TS-SW30

仪器编号
Serial No. 2023101002

制造单位
Manufacturer 湖南同胜简测科技有限公司

接收日期
Date of Receipt 2023年10月16日

校准日期
Date of Calibration 2023年10月16日

批准人
Approved By 邓密

核验员
Inspected By 张磊浩

校准员
Calibrated By 张磊浩

签发日期
Issued Date 2023年10月16日

地址: 湖南省长沙市高新区麓云路18号
Add: No. 18 Luyun Road, Changsha Hunan China
电话(Tel): 0731-85450008
传真(Fax): 0731-85450009

网址(Website): www.bonalah.com
电子邮箱(E-mail): bona.jc@bonalah.com
咨询电话(Tel): 400-6161-708
邮编(P.C): 410205

第 1 页 共 3 页

 **博纳集团** 博纳检测认证有限公司
计量 · 校准 · 认证 BONA TESTING & CERTIFICATION CO., LTD

证书编号:
Certificate No. BN123100423

校准结果

Result of Calibration

1、外观及各部分功能相互作用: 符合要求

2、示值误差校准:

标准值 (kPa)	理论值 (m)	显示值 (m)		不确定度 $U(k=2)$
		正行程	反行程	
0	0.00	0.01	0.02	0.2%FS
50	5.10	5.08	5.07	0.2%FS
100	10.20	10.18	10.23	0.2%FS
150	15.31	15.30	15.37	0.2%FS
200	20.41	20.43	20.45	0.2%FS
250	25.51	25.48	25.55	0.2%FS
300	30.61	30.59	30.59	0.2%FS

备注:
Notes:

1.本报告中的扩展不确定度是由标准不确定度乘以包含概率约为95%时的包含因子 k 。
The expanded uncertainty is given in the report by the standard uncertainty multiplied by the probability of about 95% when the factor k .

2.依据(Reference document)
JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示
(JJF 1059.1-2012 Evaluation and Expression of Uncertainty in Measurement)

(以下空白)
(The below is blank)

第 3 页 共 3 页

4、气象站检验报告:

深圳来测科技有限公司
SHENZHEN LAITEST TECHNOLOGY CO., LTD

校准结果

RESULTS OF CALIBRATION

证书编号: LA-2022070100125
Certificate No.:

第 3 页, 共 5 页
Page 3 of 5.

1、外观及各部分相互作用:

正常

【供电方式】:

- ①、外部电源供电 10-30VDC 供电
- ②、支持市电、太阳能板供电双供电改制, 优先市电供电, 当市电断电后太阳能板和蓄电池提供供电, 保证设备不间断工作。

【数据上传接口】:

- ①、通过 4G 方式上传数据或 RS485 口方式上传数据 (二选一)
- ②、ModBus-RTU 从站接口: 支持外部设备通过 ModBus-RTU 协议向气象站中的数据。
- ③、可外接 LED 显示屏, 默认搭配 96*48 点阵的室外屏
- ④、可选配两路继电器输出接口, 且同时支持平台远程控制; 继电器容量: 250V AC/30VDC 5A。

2、检测结果汇总表:

序号	校准项目	计量单位	标准要求	校准结果
1	风速测量允差	m/s	$\pm (0.2+0.03V)$ m/s	符合
2	风向测量允差	--	8 个指示方向	符合
3	土壤温度测量允差	℃	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (25℃)	符合
4	土壤含水率测量允差	%RH	0-30% 内 $\pm 2\%$, 50-100% 内 $\pm 3\%$ (标准, 60%RH, 25℃)	符合
5	土壤电导率测量允差	Us/cm	0-10000us/cm 范围内 为 $\pm 3\%$; 10000-20000us/cm 范围内为 $\pm 5\%$ 。 (标准, 60%RH, 25℃)	符合
6	土壤 PH 测量分辨率	--	0.1	符合
7	露点温度测量允差	℃	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (25℃)	符合
8	日照时数测量允差	--	$\leq 0.5\text{H}$	符合
9	空气温度测量允差	℃	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (25℃)	符合
10	空气湿度测量允差	%RH	$\pm 3\%$ RH (60%RH, 25℃)	符合

深圳来测科技有限公司
SHENZHEN LAITEEST TECHNOLOGY CO., LTD

校准结果

RESULTS OF CALIBRATION

证书编号: LA-20220700125
Certificate No.

第 4 页, 共 5 页
Page 4 of 5

序号	校准项目	计量单位	标准要求	校准结果
11	噪声测量允差	DB	$\pm 0.5\text{dB}$ (在参考音准, 94dB @ 1kHz)	符合
12	二氧化碳测量允差	ppm	$\pm (50\text{ppm} + 35\mu\text{L/S})$ (25°C)	符合
13	空气质量颗粒物计数效率	Ug/m ³	50% @ 0.3um, 98% @ $\geq 0.5\text{um}$, $\pm 10\mu\text{g}/\text{m}^3$ @ 0-100ug/m ³	符合
14	大气压力测量允差	Kpa	$\pm 0.15\text{Kpa}$ @ 25°C 101Kpa	符合
15	光照度 (20W) 测量允差	lux	$\pm 7\%$ (25°C)	符合
16	雨雪误报率	--	无	无误报
17	紫外线指数测量允差	$\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	$\pm 5\%$ (1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, @ 550nm, 60% RH, 25°C)	符合
18	热电总辐射测量允差	W/m ²	$\pm 3\%$	符合
19	光合辐射测量允差	$\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$	$\pm 10\%$ FS (@ 365nm, 60% RH, 25°C)	符合
20	雨量测量允差	mm	$\leq \pm 3\%$	符合

5、振动仪检验报告：

监 测 报 告

项目名称：华润水泥（安顺）有限公司矿山爆破振动监测

委托单位：华润水泥（安顺）有限公司

委托内容：爆破振动测试

报告期数：第 期

报告日期：2023 年 12 月 20 日

检测： 审核： 批准：

签发日期：

检测单位（检测专用章）

1. 报告未盖本单位“检测专用章”无效。
2. 报告无批准签名无效。报告涂改无效。
3. 本结果仅对所检测样品有效，证书未经本检验检测机构批准，不得复制（全文复制除外）。
4. 对检测报告有异议，应及时向本单位提出。
5. 有关检测检验数据未经本单位或有关行政主管部门允许，任何单位不得擅自向社会发布信息。

单位地址：成都市龙潭寺成致路 6 号多元国际总部 1 号 4 幢 3 楼

电话：028-87712008 传真：028-8778908

