HEXAGON

基于中纬全站仪的自动化变形监测解决方案

上海勘察设计研究院（集团）有限公司

主讲人：张姗姗

2023年9月

公司简介

上海勘察设计研究院（集团）有限公司成立于1958年，总部位于上海。是以岩土工程为特色，多专业协同发展，为国家基本建设和城市运营管理提供集成技术与特色服务的科技型工程咨询企业。

公司拥有国家勘察设计大师5名，上海市领军人才4名，教授级高工20+，高工、各类注册人员100+。

公司先后承担了上海中心大厦等陆家嘴超高层建筑群、轨道交通、浦东国际机场、虹桥综合交通枢纽、上海世博园等重大工程建设任务。获国家级金奖、银奖、部、市级优秀工程奖近300项；完成科研成果100+，科技进步奖10+；拥有各类专利近300项。

规避风险 | 节约资源 | 共创和谐

目　录

01 云图生态系统——结构监测与分析评估

02 基于中纬全站仪的自动化变形监测解决方案

03 案例介绍

HEXAGON

01 云图生态系统——结构监测与分析评估

HEXAGON

云图生态产品矩阵

监测对象结构数据、环境数据等

内外业数字一体化系统

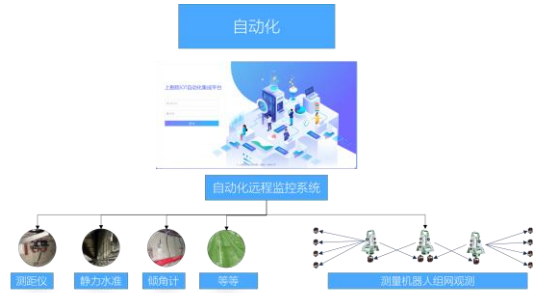
自动化远程监控系统

全息三维实景测绘

云图成果展示系统

分析评估

人工智能与通用观测数据处理算法



HEXAGON

产品奖项

运营地铁隧道结构智能检测与大数据分析预警关键技术

—— 2018年度上海市科技进步奖二等奖（排名第一）

软土隧道运营安全预警技术及装备

——2015年上海市科学进步奖二等奖

运营轨道交通结构安全监测技术与信息系统建设

—— 2016年度全国地理信息科技进步奖二等奖

地铁隧道结构病害三维动态激光扫描检测技术

——第29届上海市优秀发明选拔赛优秀发明银奖（2017）

运营轨道交通结构安全立体感知信息服务平台

——2019年度上海市优秀工程勘察设计软件项目一等奖

上海轨道交通安全保护区管理信息系统监护项目远程监控及保护区巡查管理系统

——2020地理信息产业优秀工程铜奖

苏州“轨道功臣杯”建工立业劳动竞赛

——2020年度优胜单位

HEXAGON

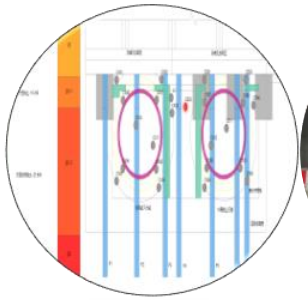
02 基于中纬全站仪的自动化变形监测解决方案

HEXAGON

基于中纬全站仪的自动化变形监测解决方案

测距仪

静力水准


温湿度

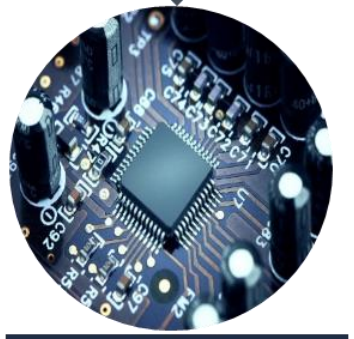
全站仪

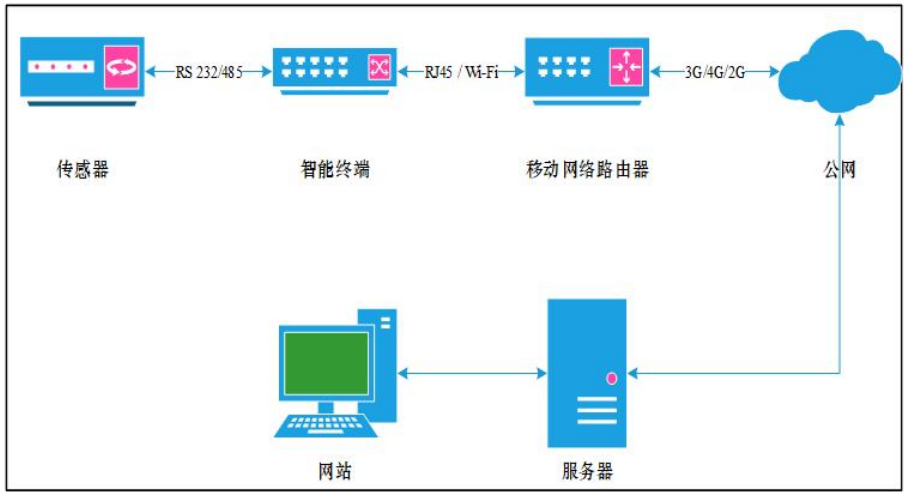
视频监控

倾角计

电子水平尺

裂缝计

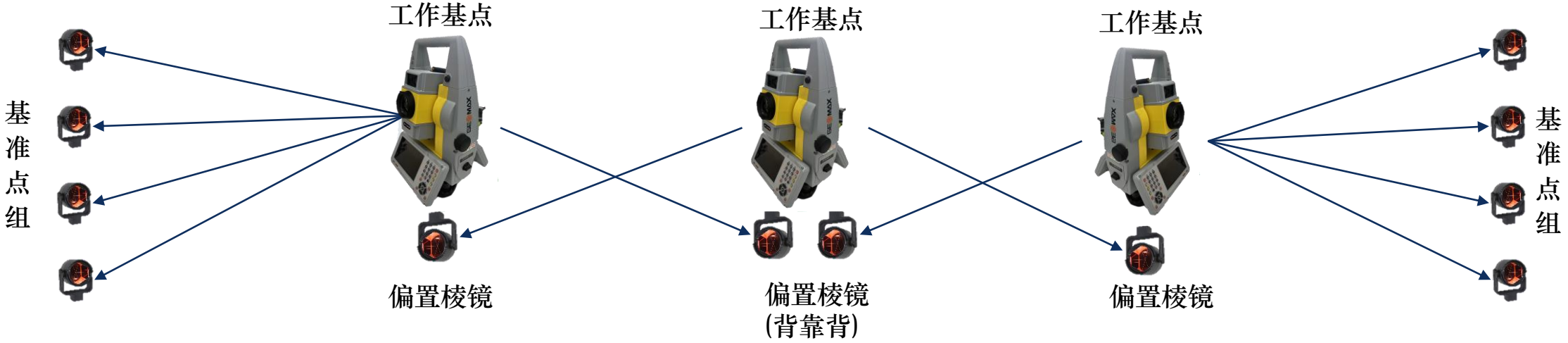

智能终端



拥抱物联网前沿技术，独具特色的多传感器集成技术

HEXAGON

变形监测基本原理



测量机器人直接测量水平角、垂直角和斜距。利用这三个物理量可得到监测对象的三维坐标

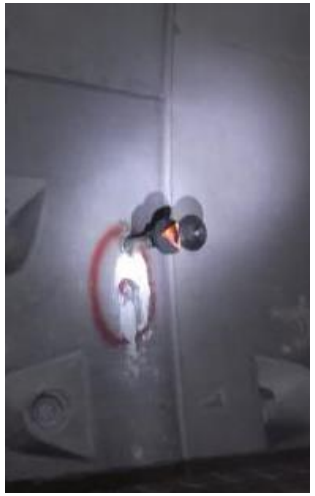
利用全站仪的二次开发接口，通过采集器发送指令，实现测角、测距、数据计算处理和记录的自动化

主要用于测量结构体三维姿态，通过内业处理可以监测结构体水平位移、垂直位移、倾斜等测项

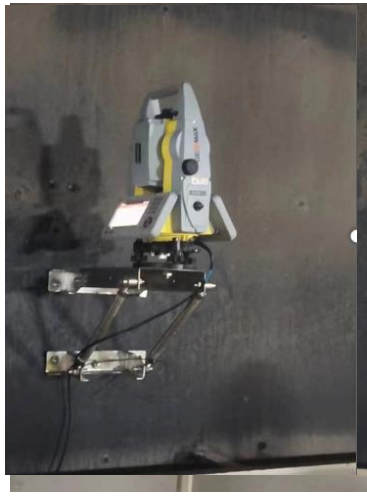
HEXAGON

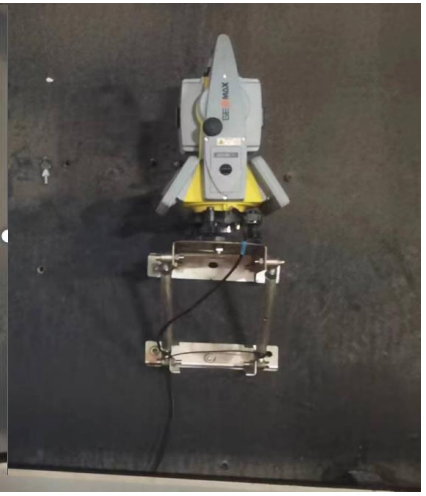
变形监测具体操作

现场组网：同轴棱镜、360°误差改正

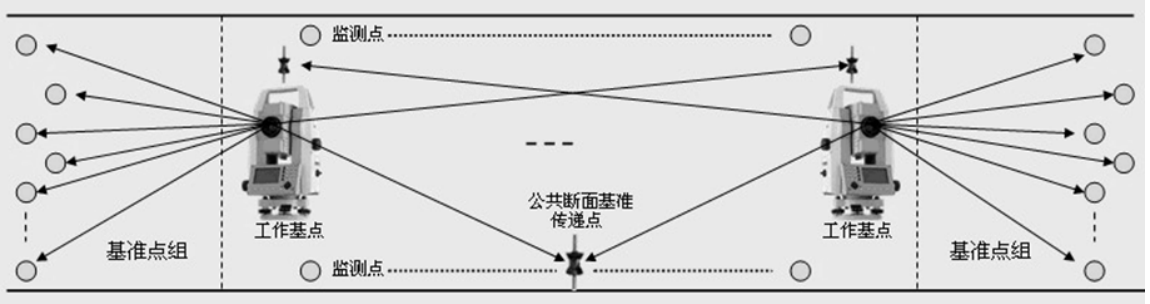


多台协同作业





多台组网联合平差模型研究



算法研究和在线实现

B、沉降计算

通过全站仪平差得到监测点三维坐标后，z 轴坐标即代表当前测点的高程，通过比较本次高程与初始高程即可得到观测点的沉降量。即：

$$\Delta H = Z_i - Z_0 \quad \text{（式 6.4-1）}$$

ΔH -累计沉降量，Z_i 第 i 次观测的测点高程，Z_0 测点的初始高程。

C、水平位移计算

通过全站仪获取对测点 A 点的三维坐标后，通过以下计算过程得到测点的位移值：

假设测得测点 A 点坐标为 (X_{ai}, Y_{ai}, Z_{ai})，A 点水平位移 ΔA 如下：

$$\Delta A = \sqrt{(X_{ai} - X_{a0})^2 + (Y_{ai} - Y_{a0})^2} \quad \text{（式 6.4-2）}$$

X_{ai}、Y_{ai} 为第 i 次测得 A 点的 X、Y 坐标，X_{a0}、Y_{a0} 为 A 点的初始 X、

形量方向的夹角，可以确定测点水平位移的方

获取拱腰位置测点坐标，然后根据两点三维坐

，将各次测量值与原始值进行比较，即可得

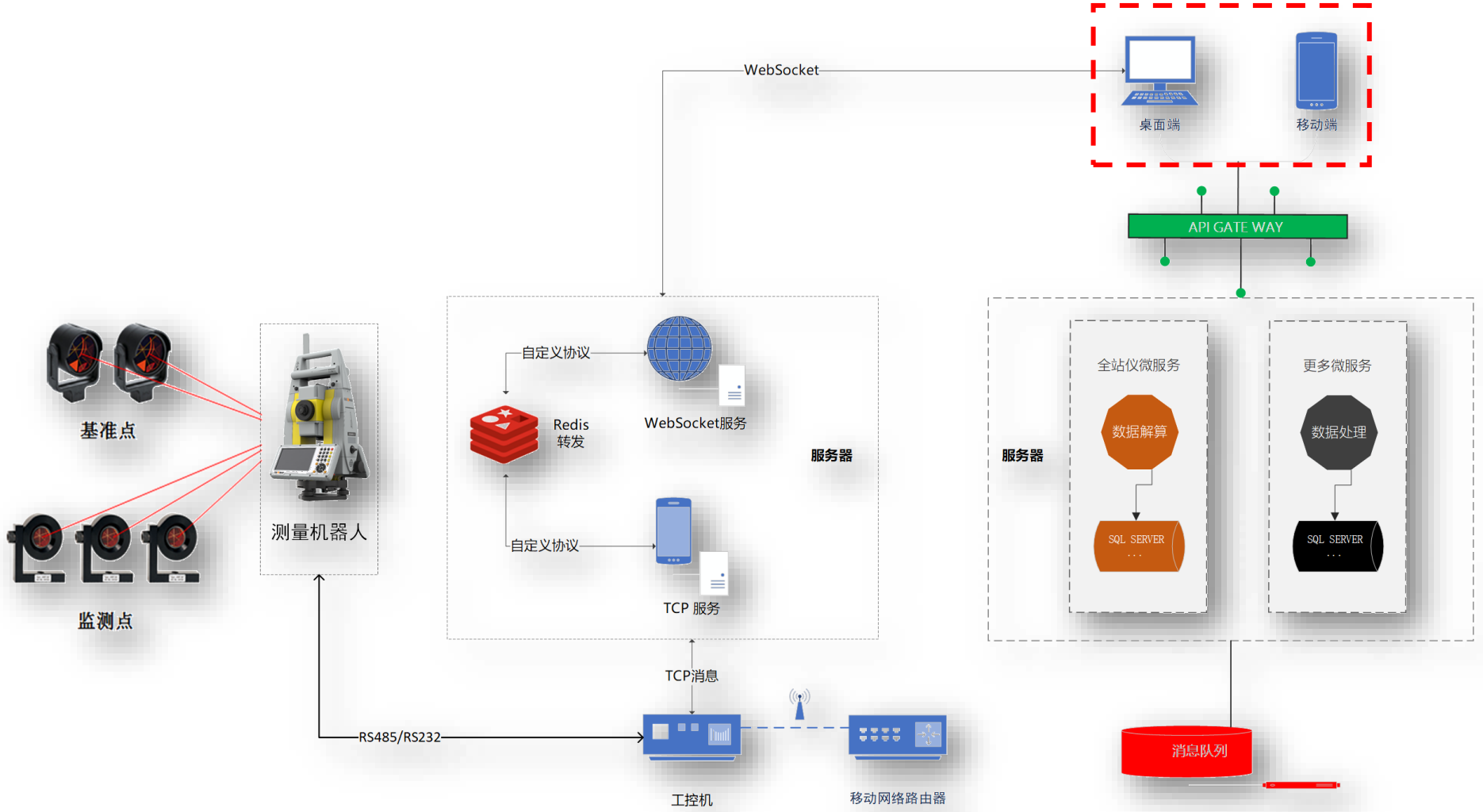
况。变化量为正表示拉长，为负表示收缩：

测点的本次变化量、累计变化量，与设计值

变化量均取位至 0.1mm。

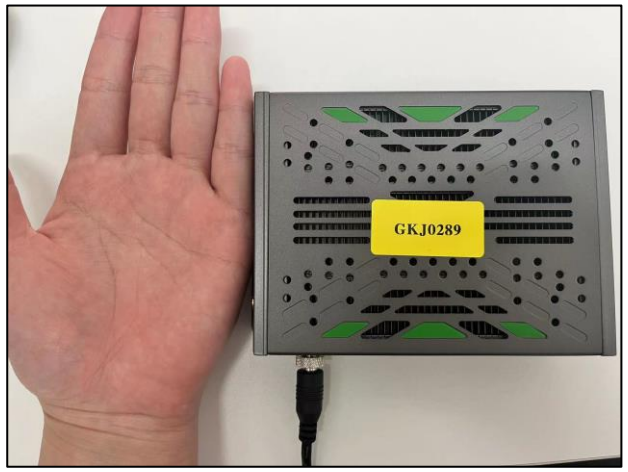
HEXAGON

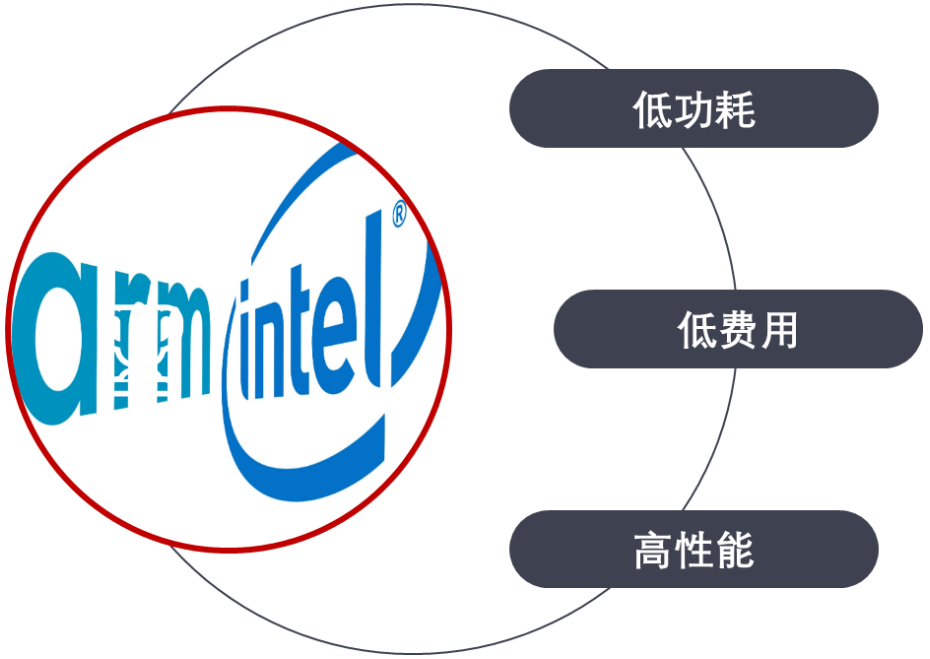
全站仪自动化监控系统组成结构

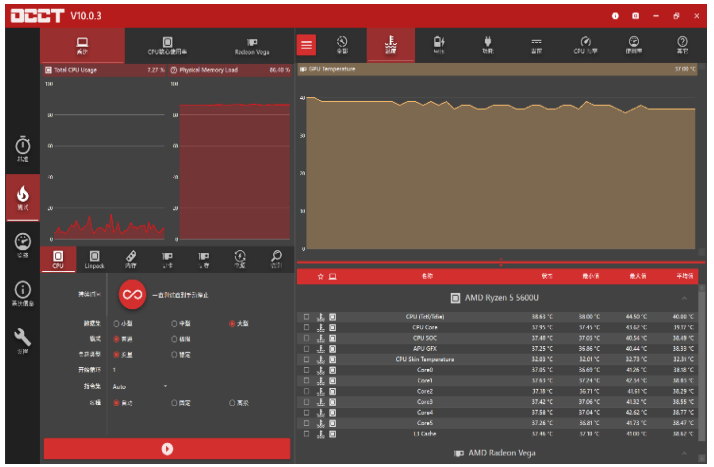


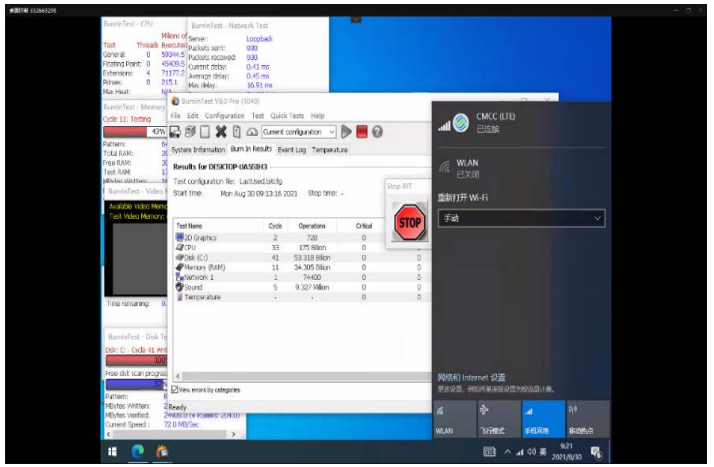
HEXAGON

智能采集装备









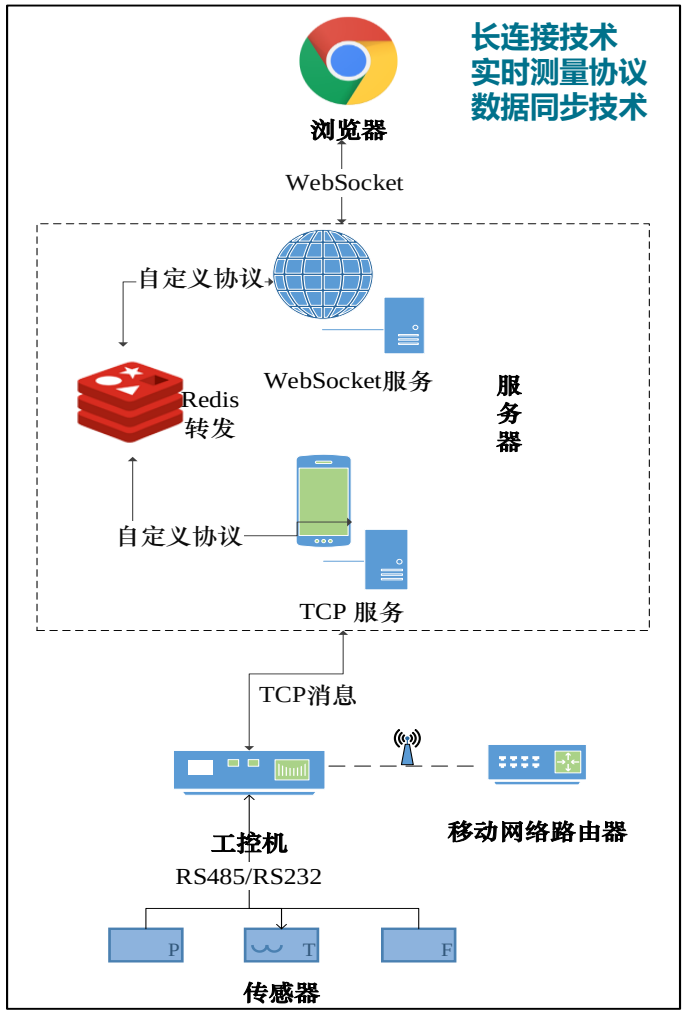
体积小，接口丰富

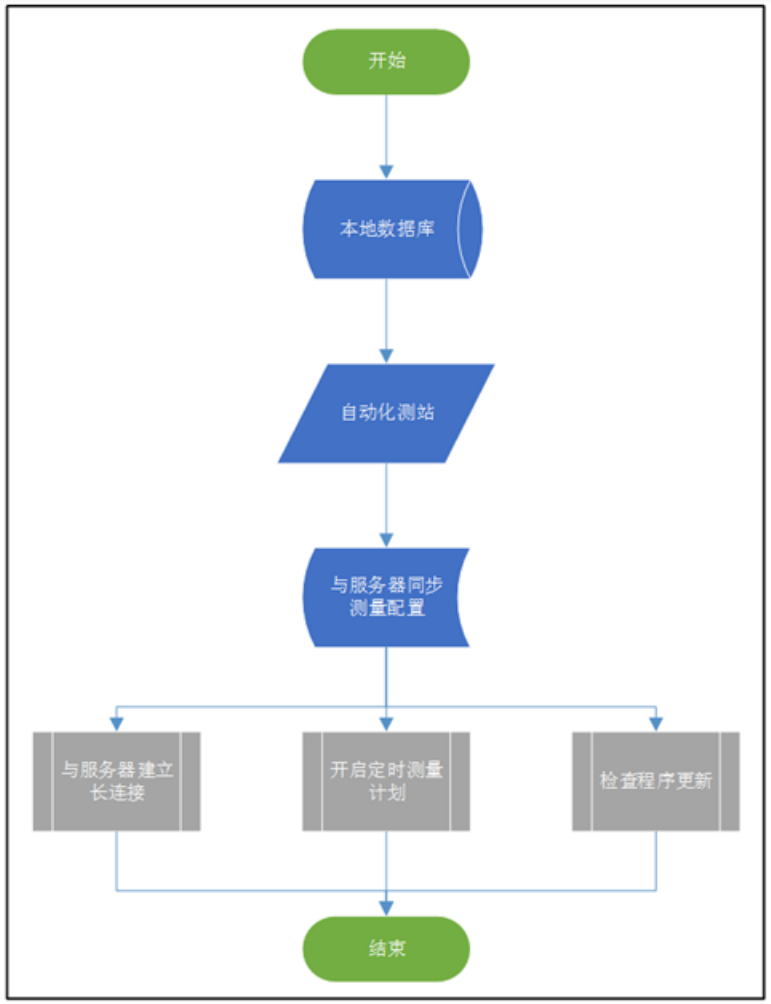
Windows、Linux双系统，X86、ARM双架构

耐高温高压，防水防尘

HEXAGON

智能采集装备

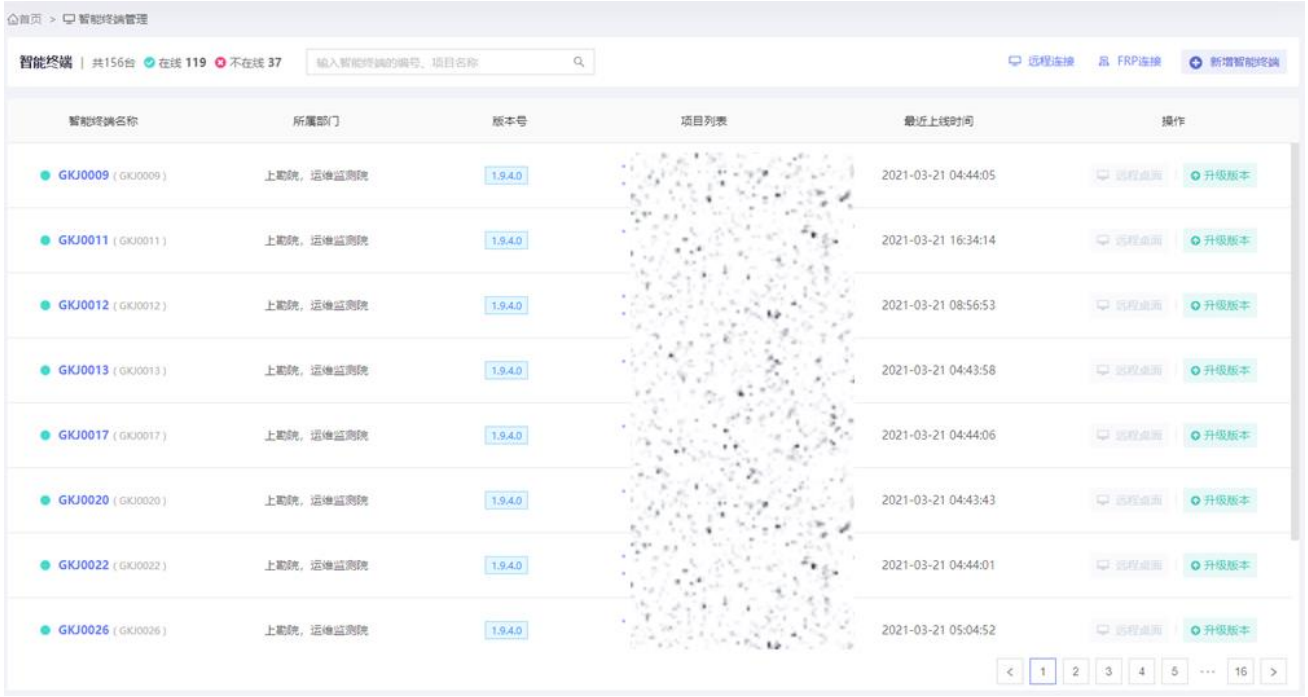


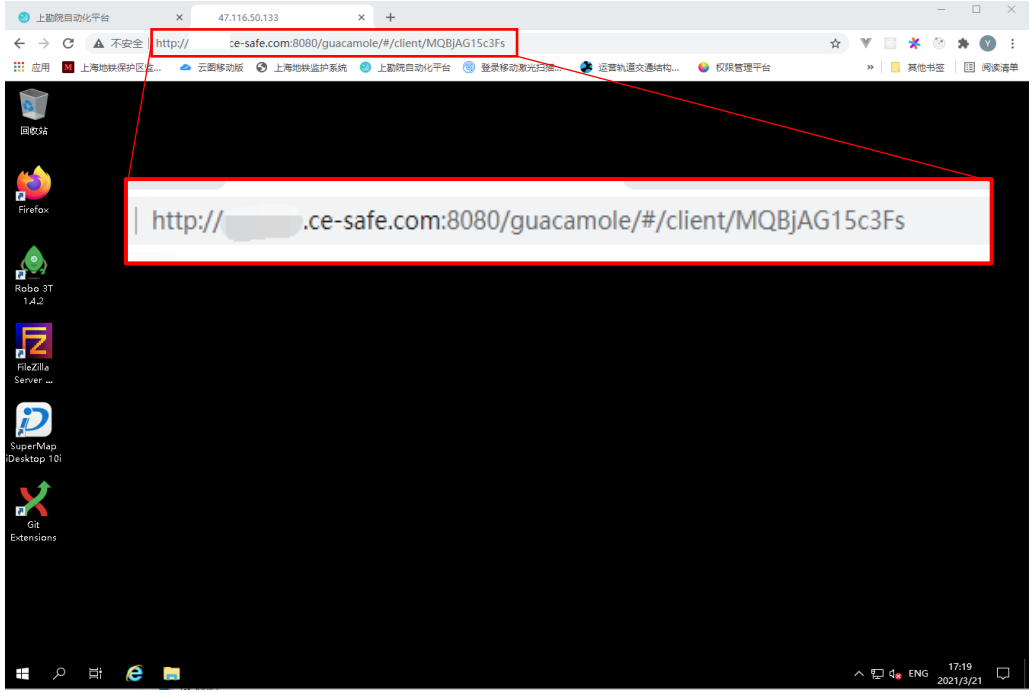


基于工控机，以移动通信网络为载体，综合三大技术，通过Websocket服务实现网页端与现场传感器的远程数据交互和展示，从而实现跨平台集成

HEXAGON

智能采集装备





远程控制

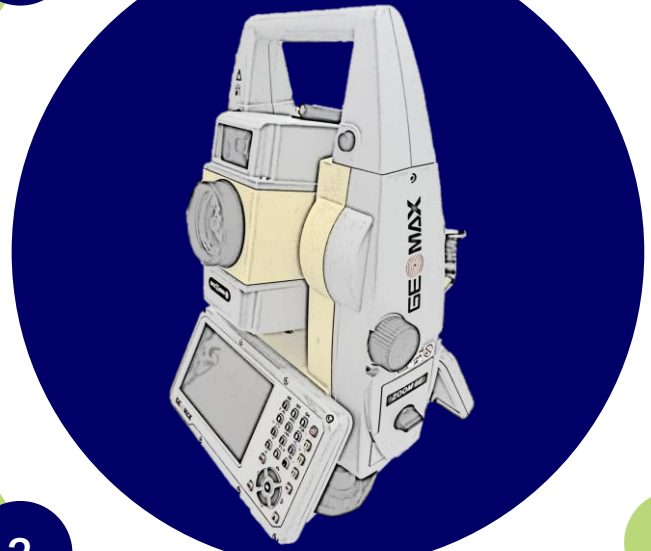
HEXAGON

全站仪变形监测功能

1 多种全站仪设备

2 自动化实时测量
自主采集

3 控制网网形评估
(预知网形精度)



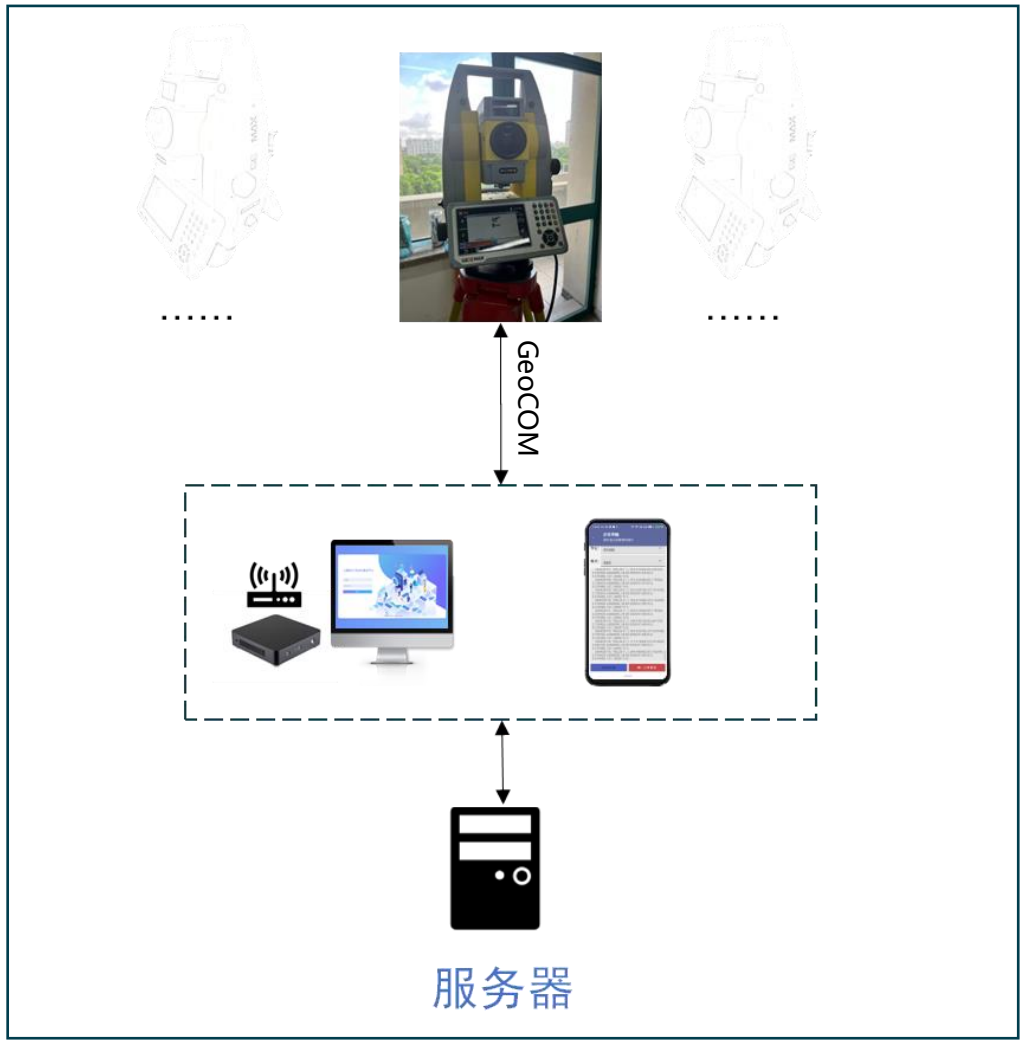
4 测量规范检核
超限自动重测

5 自组网多测站联合平差
坐标、高程实时平差解算

6 累计、阶段变形统计
自定义指标报警

HEXAGON

功能1：全品牌支持，多种自动化观测模式



集成市面多种厂商多型号设备：

- 中纬（Zoom75&95等）
- 徕卡（TM 50 60等）
- ……

提供多种测量模式：

- 全圆
- 半测回归0
- 半测回不归0
- ……

HEXAGON

功能2：自动化实时测量

起始时间 2021-03-26 20:03　　结束时间 2021-03-27 21:03

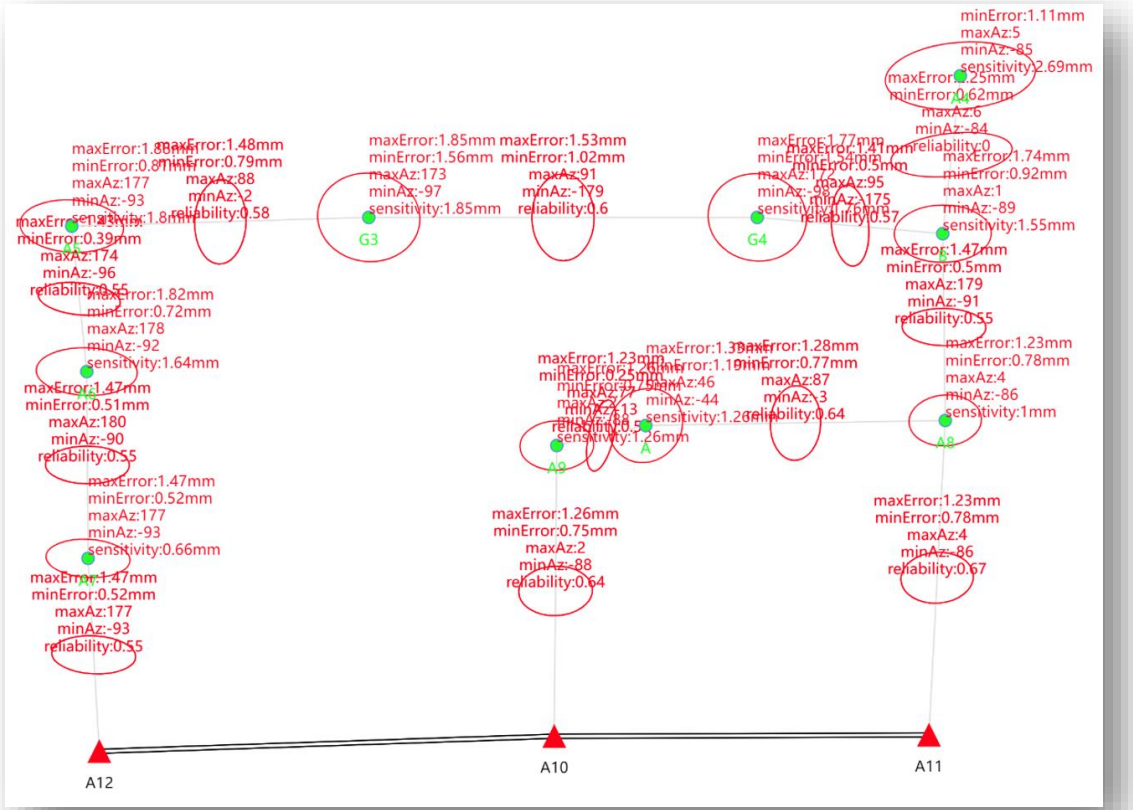
查询原始数据　查询计算成果　查询最终结果　下载原始数据　下载计算成果　下载最终结果

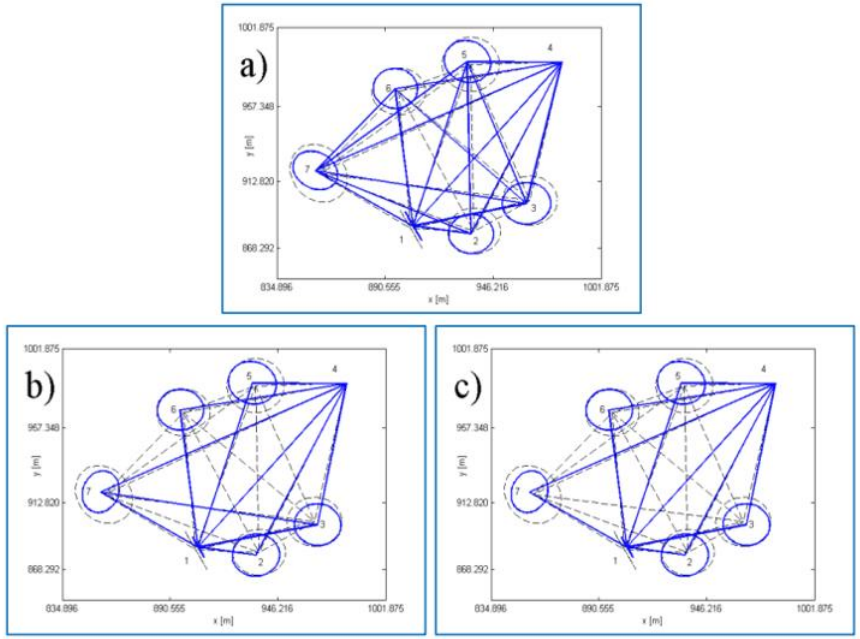
测站	点号	期数	时间	水平角 (rad)	天顶距 (rad)	斜距	X 坐标	Y 坐标	H 坐标
10号线下行线全站仪	10JZ1-1	835	2021-03-27 16:01:45	3.163324222067986	1.5706783998331304	176.8480	5451.7693	35.0416	-2.2299
	10JZ1-2	835	2021-03-27 16:01:45	3.1635096431354763	1.5768098363156342	177.8391	5450.7823	34.9872	-3.3202
	10JZ1-3	835	2021-03-27 16:01:45	3.1561381121363468	1.576723354155131	180.1163	5448.4814	36.2648	-3.3183
	10JZ1-4	835	2021-03-27 16:01:45	3.166141318565699	1.57131527181236	154.4031	5474.2189	35.0945	-2.3309
	10JZ1-5	835	2021-03-27 16:01:45	3.1660560023793836	1.5776217949310043	157.8180	5470.8084	35.0242	-3.3280
	10JZ1-6	835	2021-03-27 16:01:45	3.1580539155939977	1.5777726731278534	156.2283	5472.3722	36.3130	-3.3407
	10Z2-1	835	2021-03-27 16:01:45	6.249695551775143	1.5676460096086404	117.4200	5745.9291	34.9529	-1.8809
	10Z2-2	835	2021-03-27 16:01:45	6.249874752421111	1.577357919674773	117.4753	5745.9831	34.9721	-3.0216
	10Z2-3	835	2021-03-27 16:01:45	6.265562917333762	1.580841305777486	117.3982	5745.9495	36.8159	-3.4300
	10Z2-4	835	2021-03-27 16:01:45	6.243759385893635	1.5674306255628194	99.9973	5728.4946	34.9431	-1.9142
	10Z2-5	835	2021-03-27 16:01:45	6.2437832820219645	1.5764719135844216	99.9885	5728.4848	34.9458	-2.8183
	10Z2-6	835	2021-03-27 16:01:45	6.262333457166319	1.5831051329546761	99.8597	5728.4060	36.8025	-3.4799
	10CQ2	835	2021-03-27 16:01:45	6.025058339792346	1.5878279033785994	16.1568	5644.1948	34.7608	-2.5260
	10CQ3	835	2021-03-27 16:01:45	6.139483260427259	1.5775310414017882	28.5342	5656.8150	34.7983	-2.4430
	10CQ4	835	2021-03-27 16:01:45	6.173920830279144	1.577247010858207	37.2957	5665.6480	34.8176	-2.4914
	10CQ5	835	2021-03-27 16:01:45	6.199788014277602	1.574557368414913	48.2862	5676.6936	34.8623	-2.4324
	10CQ6	835	2021-03-27 16:01:45	6.213834179484522	1.5756003910530179	57.6750	5686.1112	34.8879	-2.5279
	10CQ7	835	2021-03-27 16:01:45	6.230574137908179	1.572969898650596	76.0530	5704.5231	34.8851	-2.4161

随时发送指令，即时反馈成果

HEXAGON

功能3：控制网网形质量评估

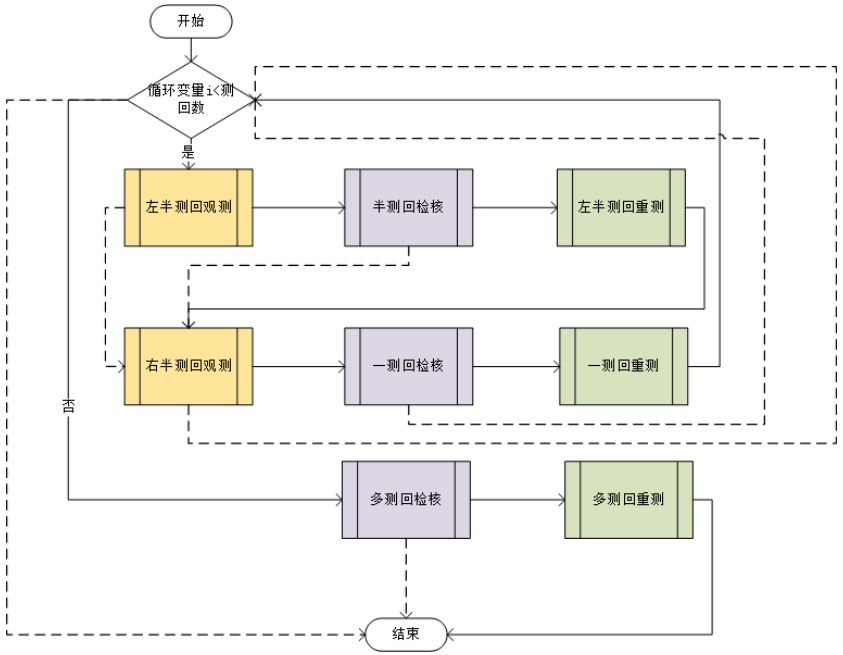




提供可靠性等指标，助力控制网优化设计评估

HEXAGON

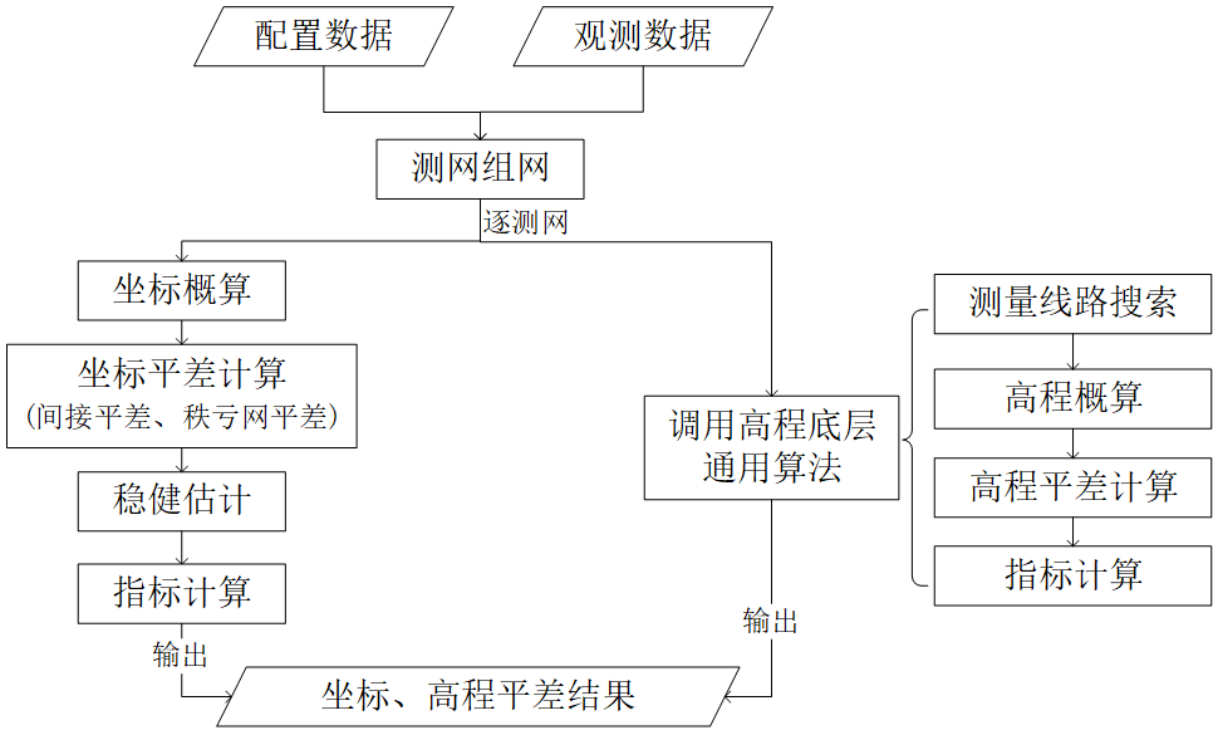
功能4：支持测量规范检核与超限重测



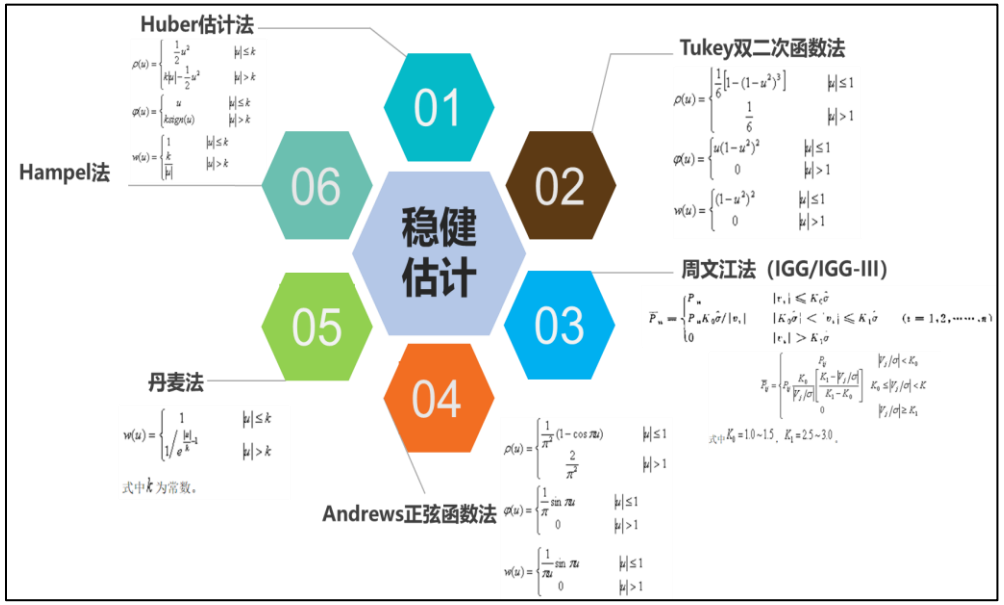
- ✓ 支持仪器设备管理
- ✓ 提供多种测量规范
- ✓ 支持规范自定义
- ✓ 支持超限重测

HEXAGON

功能5： 自组网多测站联合平差



- 自主组网，测网划分
- 坐标概算
- 坐标、高程平差计算，提供经典平差、秩亏自由网平差、拟稳平差多种平差方式
- 提供多种稳健估计方法
- 支持多种联测网形的平差解算（公共点、偏置点等）



HEXAGON

功能5： 自组网多测站联合平差

➢ 坐标平差报告指标

- 单位权中误差
- 平面网最弱点及其点位中误差
- 最小、平均边长统计值
- 平面网待求点平差坐标
- 方向测量成果表（观测方向值、改正数，平差值）
- 距离测量成果表（观测距离值，改正数，平差值）
- 平面点位误差表（位差极大值E，极小值F，位差极大值方向值，点位误差，正北方向误差，正东方向误差）
- 平面点间误差表

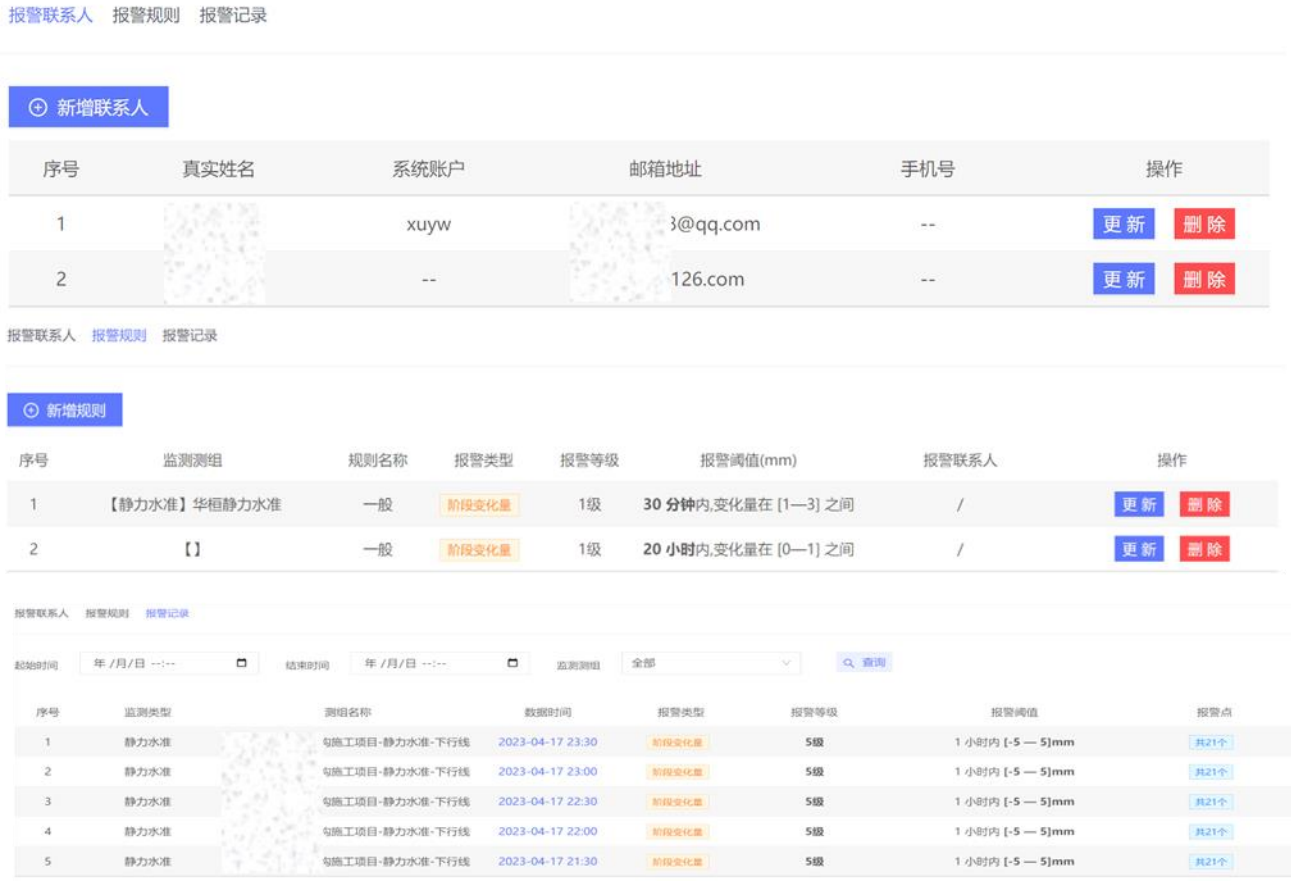
➢ 高程平差报告指标

- 单位权中误差
- 平差高差以及中误差
- 平差高程及其中误差

解算精度：与商业软件平差结果的对比显示，坐标平差值较差在1mm以内，高程平差值较差在0.5mm以内

HEXAGON

功能6：多种统计指标计算与报警预警

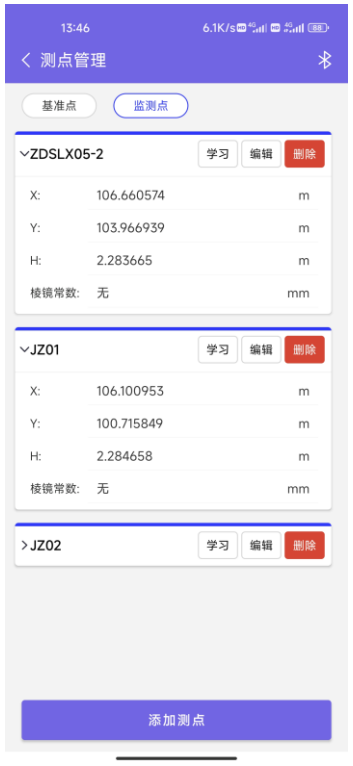


累计变形、阶段变形、历史曲线、变形曲线等多种统计成果成功与报警预警

HEXAGON

手持端

云图采集APP



已覆盖web端所有功能

HEXAGON

Iot自动化集成平台

采集配置

外业人员

数据计算

项目经理

成果展示

客户/业主

项目管理设计理念：让专业的人做专业的事

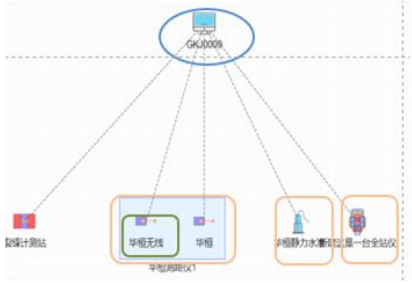
HEXAGON

Iot自动化集成平台

采集配置

数据计算

成果展示



拓扑图

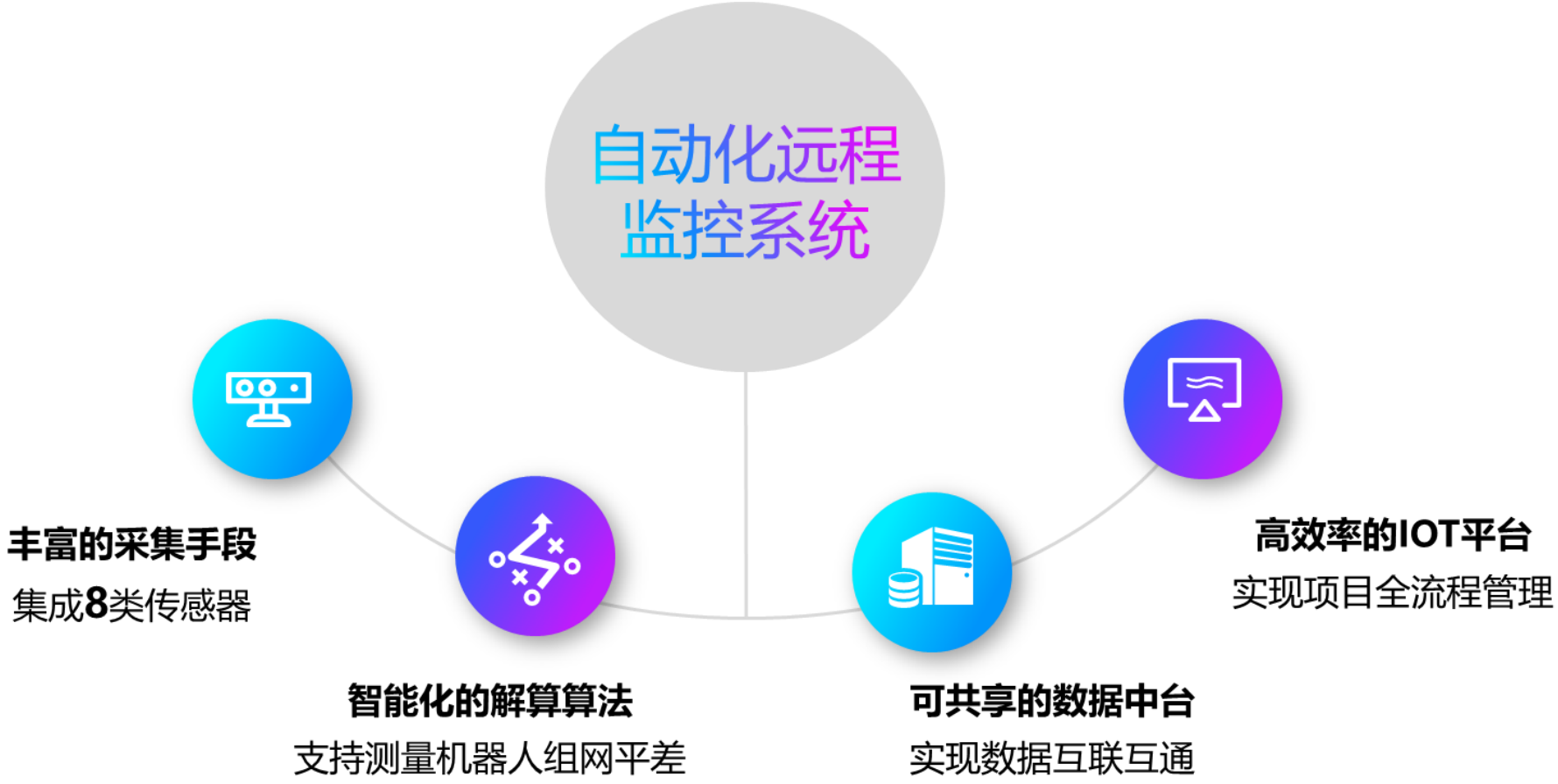
通用数据求解算法

仪器类型	数据类型	单位	保留小数位数	数据说明
测距仪	累计变化量	毫米（mm）	1	每期成果数据-初始值
	最终成果	米（m）	3	仪器原始读数 + 初始状态 + 人工修正量
	初始测值	米（m）	3	仪器原始读数
	成果数据	米（m）	3	N期最终成果通过处理算法计算得到
静力水准	相对高程累计变化量	毫米（mm）	1	每期相对高程-初始值
	真实高程累计变化量	毫米（mm）	1	每期真实高程-初始值
	相对高程	毫米（mm）	1	相对起始点的高程（仪器液面高度之差 + 人工修正量/1000）
	真实高程	米（m）	3	基于相对高程和人工基准点平差得到
	原始测值	米（m）	3	仪器液面高度
	成果数据	米（m）	3	N期真实高程数据通过处理算法计算得到

丰富成果

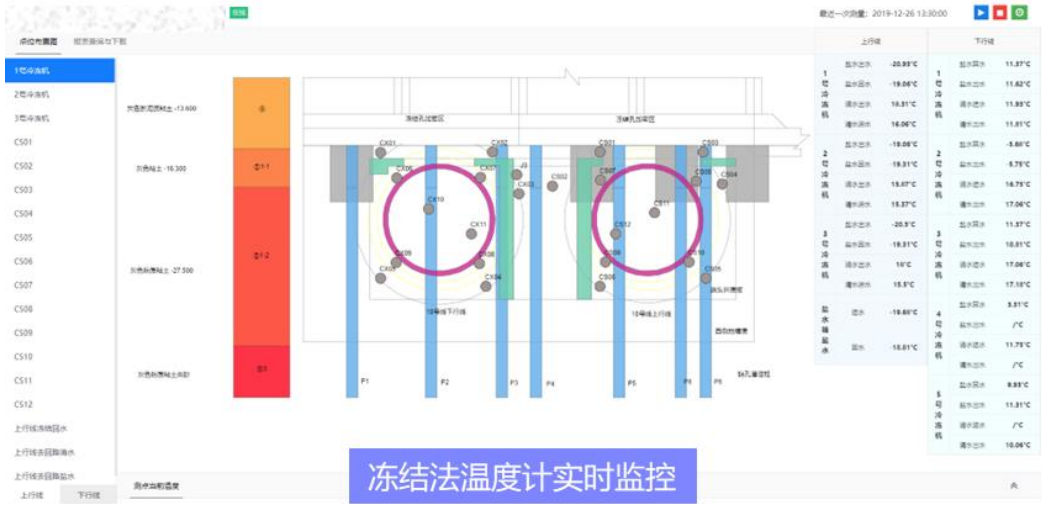
HEXAGON

自动化远程监控系统

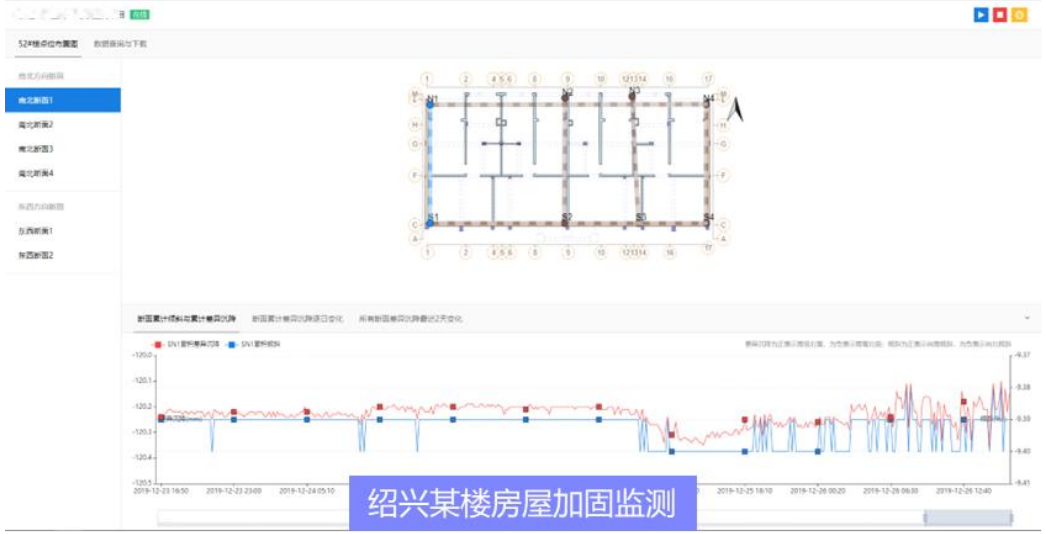


HEXAGON

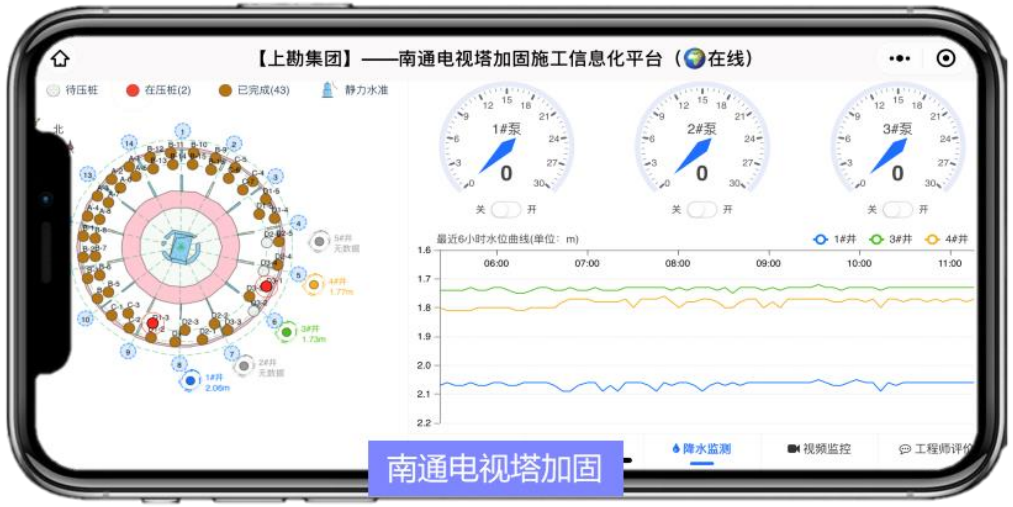
定制化服务



冻结法温度计实时监控



绍兴某楼房屋加固监测



南通电视塔加固

HEXAGON

03 案例介绍

HEXAGON

应用场景

服务项目1000+个，传感设备计5000+台，数据6000万+条，每天新增10万+条

目前项目分布：上海、南京、杭州、深圳、青岛、苏州、长沙、福州、昆山等

既有建筑

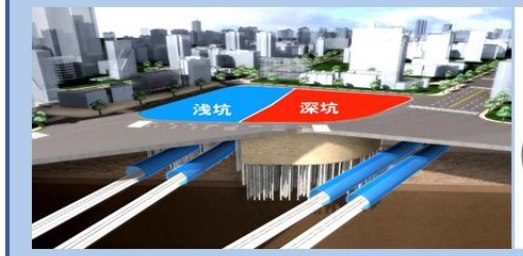
市政桥隧

轨交监护

深大基坑

涉铁监测

隧道注浆修复



顶管导向测量

房屋纠偏加固

HEXAGON

服务客户

长沙轨道交通

南京地铁

青岛地铁 QINGDAO METRO

东莞轨道交通 DongGuan Rail Transit

宁波轨道交通 Ningbo Rail Transit

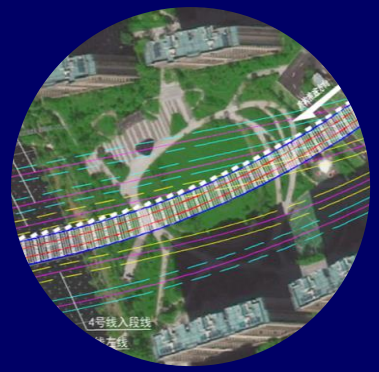
杭州地铁 HANGZHOU METRO

天津地铁 Tianjin Metro

深圳地铁 SHENZHEN METRO

HEXAGON

案例介绍



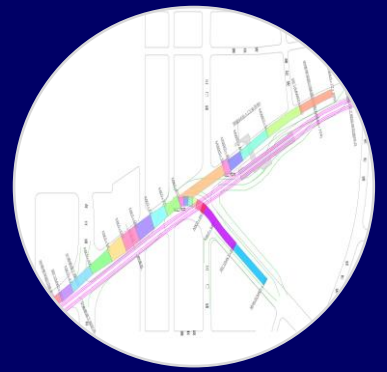
高风险穿越项目在线监护

杭州类矩形盾构穿越项目

全站仪：6

测距仪：103

视屏监控



近距离监护项目远程监测

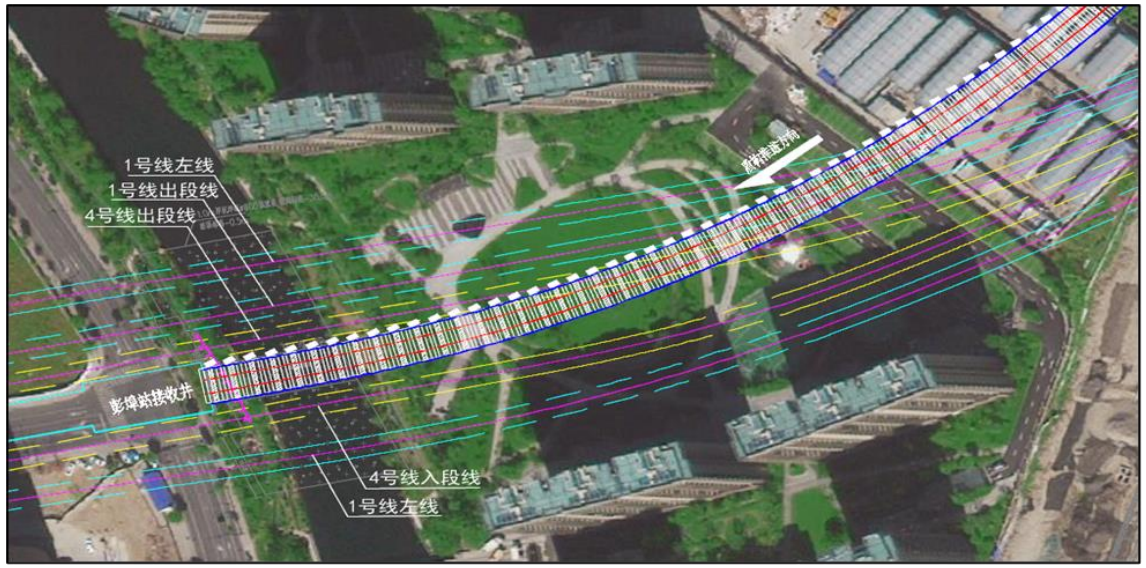
上海三门路下立交项目

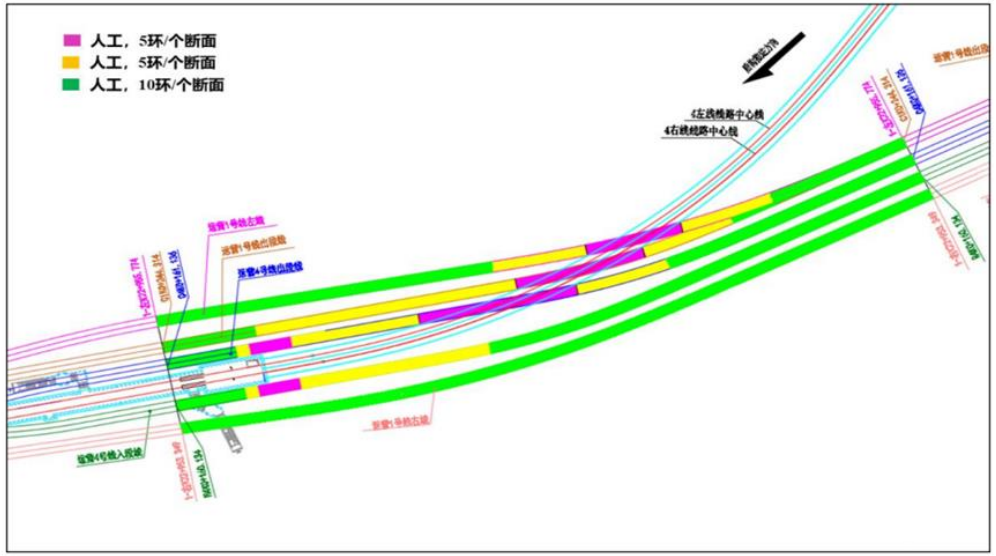
静力水准：484

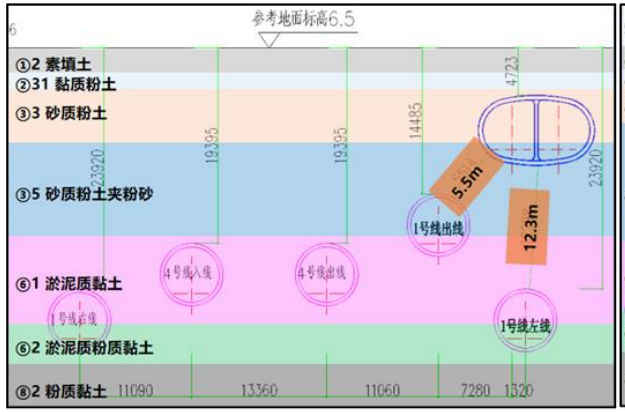
测距仪：281

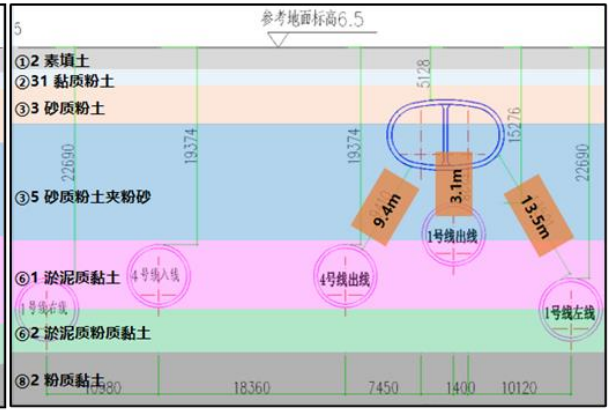
倾角计：37

案例 1— 杭州类矩形盾构穿越项目









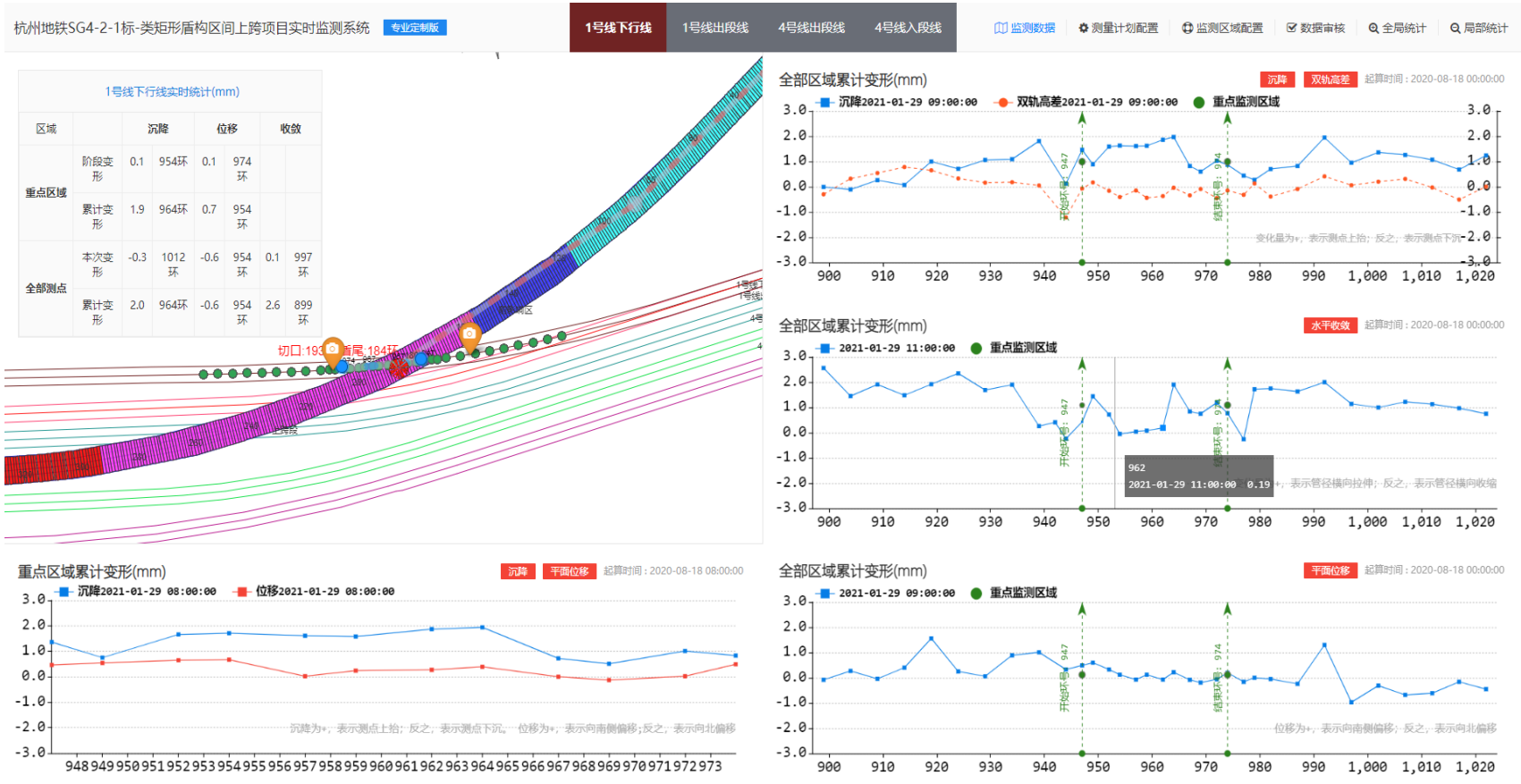
项目复杂：上跨3条，邻近2条既有线路

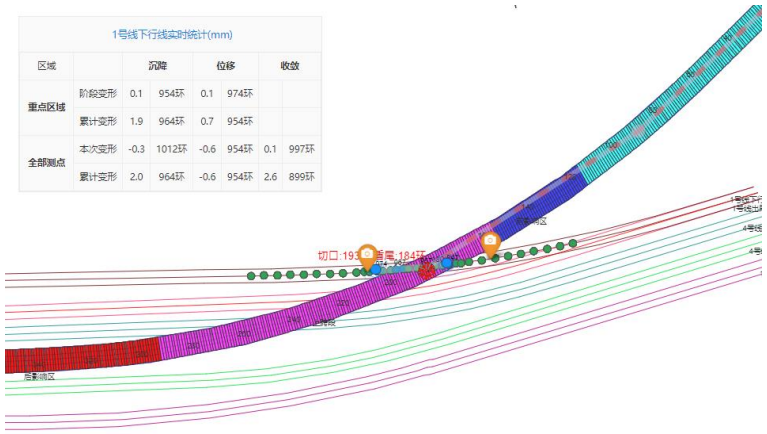
风险度高：水平最小净距3.1m

监测测点多、测量频率高

HEXAGON

案例 1— 杭州类矩形盾构穿越项目

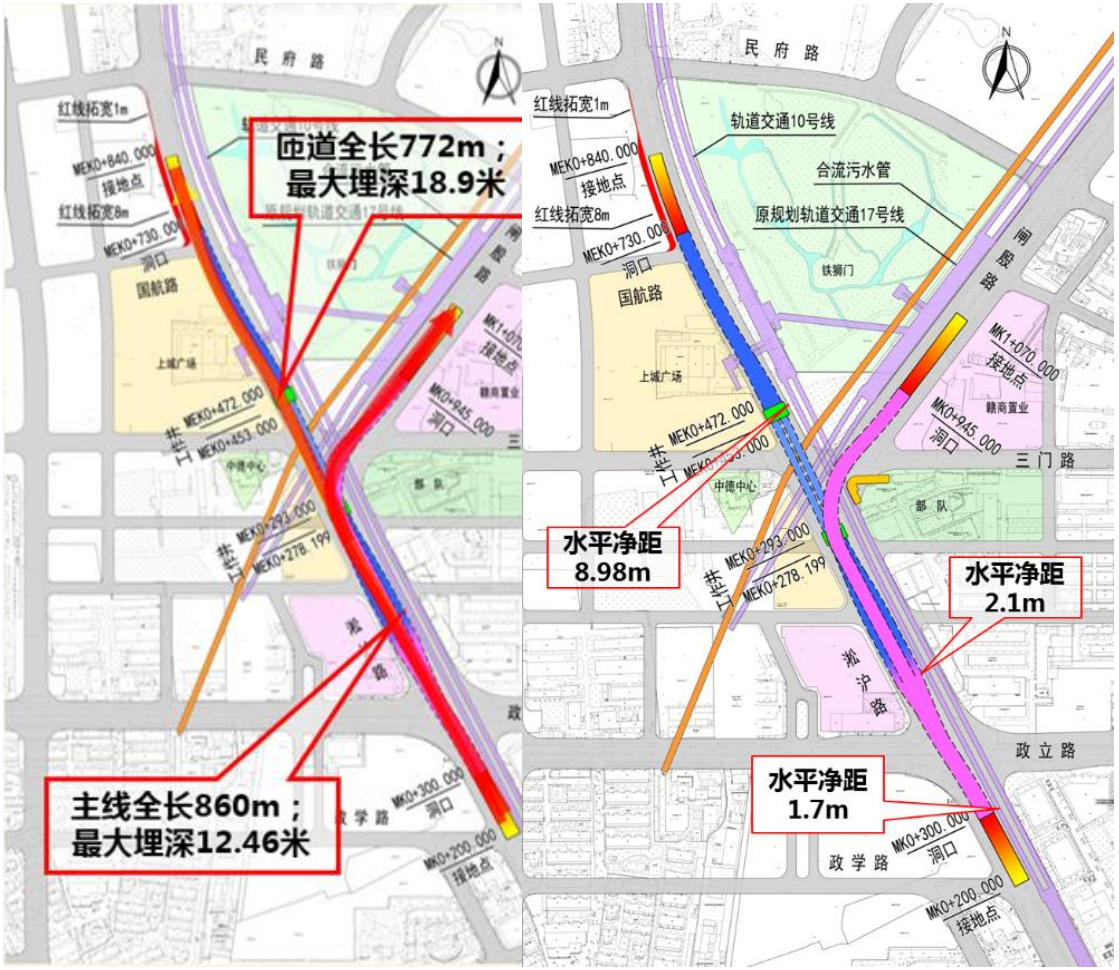


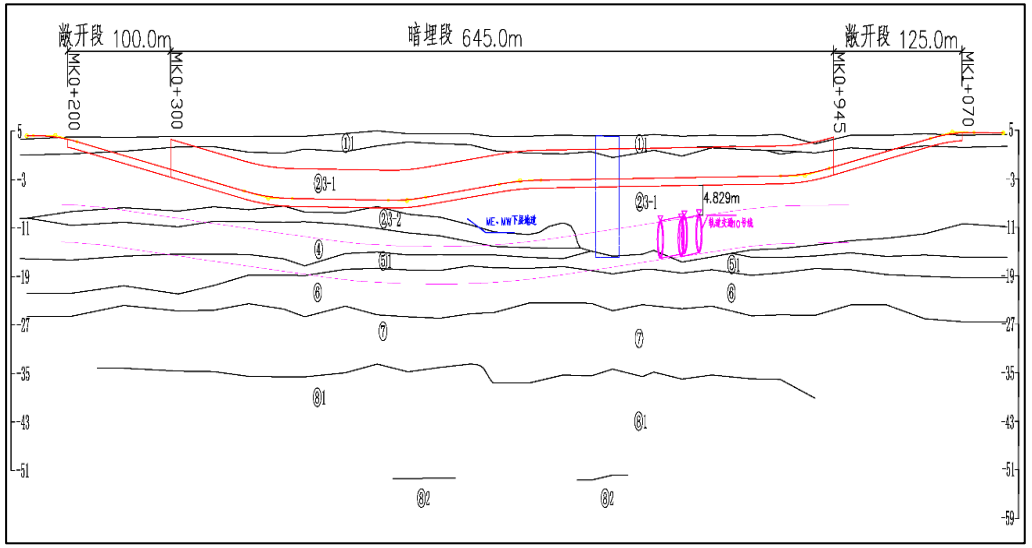


1.实时综合统计　2.穿越进度展示　3.变形曲线展示　4.实时监控摄像查看

HEXAGON

案例 2— 三门路下立交项目





项目规模大：全程约1.6km

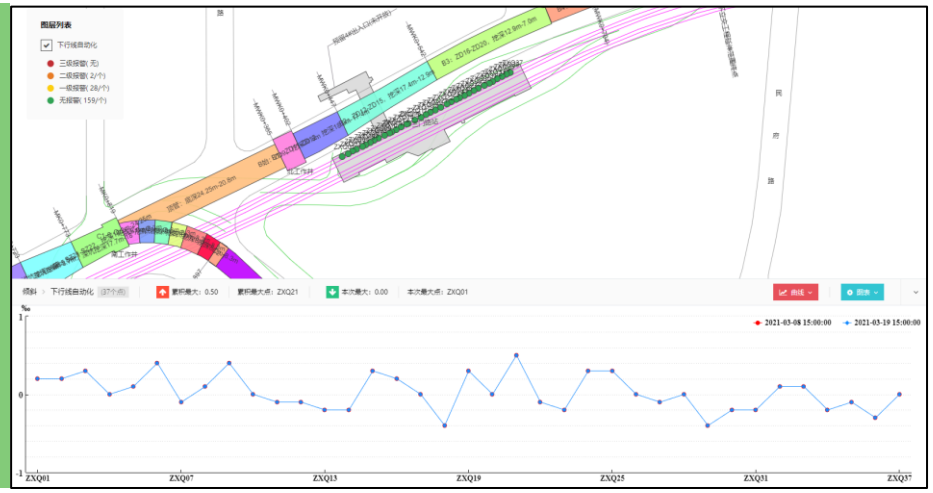
风险度高：水平最小净距1.7m

多工序施工，对信息化监测的要求高

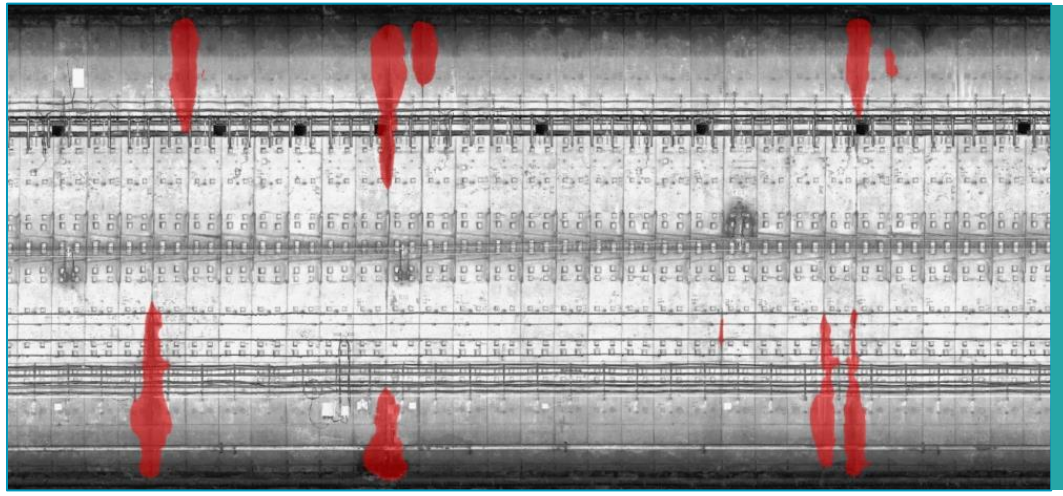
HEXAGON

案例 2—三门路下立交项目

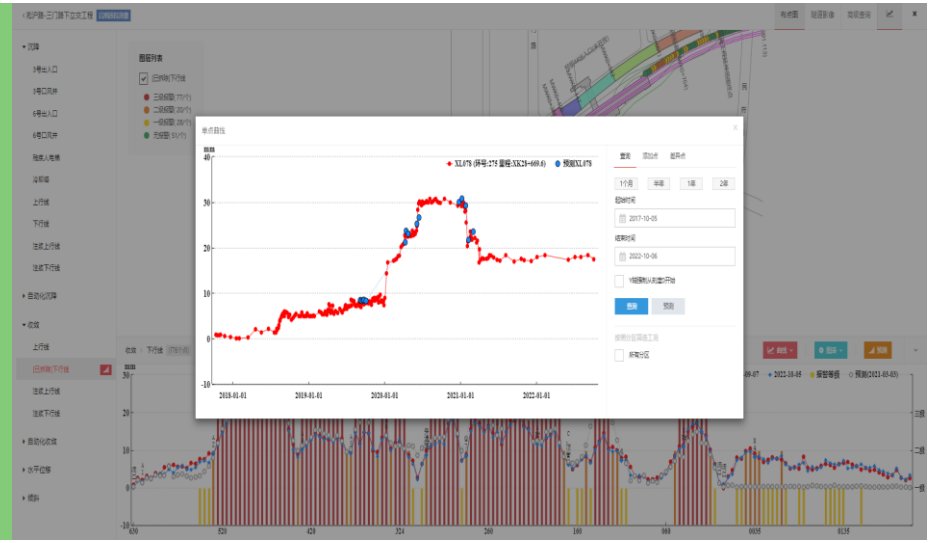
自动化集成展示



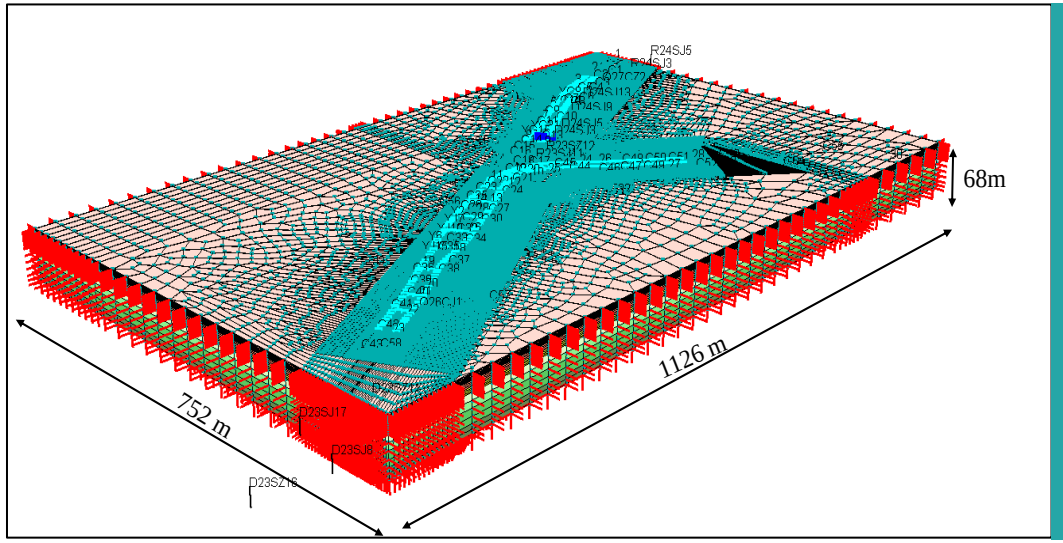
三维激光扫描隧道影像病害自动识别



变形预测与分级预警

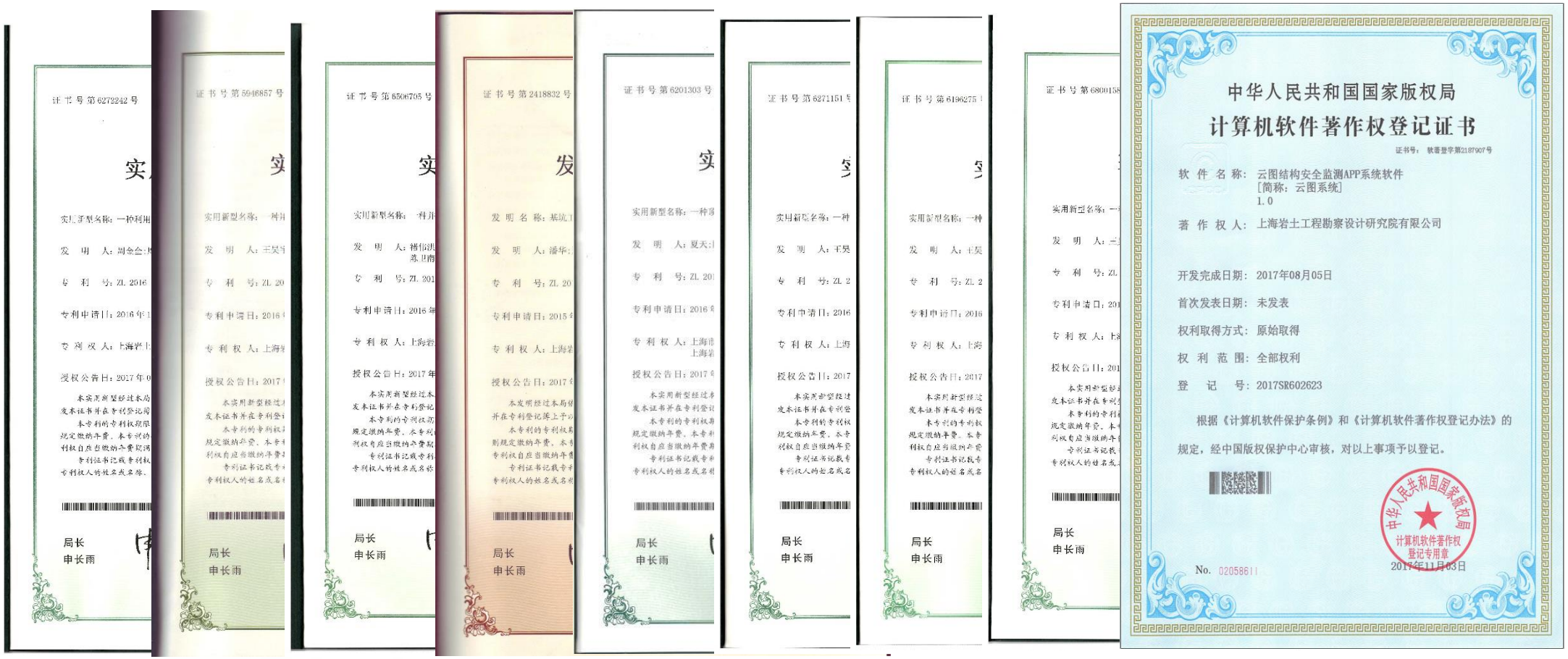


有限元分析整体模型



HEXAGON

知识产权保护



成果保护·基业长青

谢谢大家！

HEXAGON