

塑造智慧变革



HEXAGON
海克斯康



北京
国家会议中心

2018年
9月10-12日

2018.hexagonchina.com.cn

轨道交通智能监测综合解决方案研究与应用

段伟，南京市测绘勘察研究院股份有限公司

186025558811

2018年9月



目录

1. 发展城市轨道交通，构建美好城市生活
2. 明确轨道监测需求，保障轨道运营安全
3. 探索综合解决方案，建立智能监测系统
4. 研究新技术新方法，寻求长远发展道路

[1]
one

发展城市轨道交通 构建美好城市生活

1 城市轨道交通发展

➤ 无与伦比的优势

地铁不仅能缓解地铁沿线及周边地面拥挤且能充分利用空间。

□ 运量大。

地铁的运输能力要比地面公共交通大**7-10倍**，是任何城市交通工具所不能比拟的。

□ 速度快。

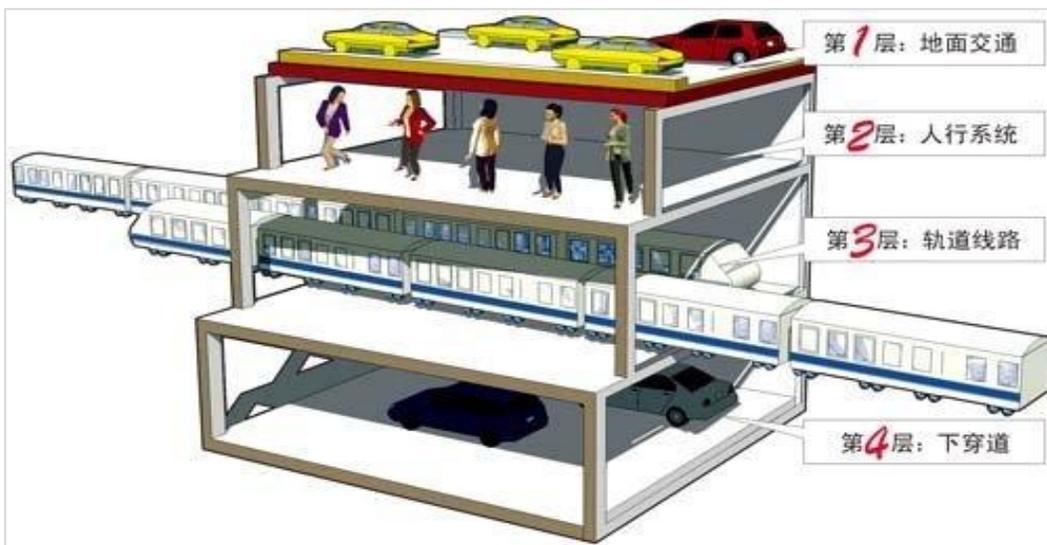
地铁列车在地下隧道内风驰电掣地行进，平均旅速最高可达**80km/h**。

□ 无污染。

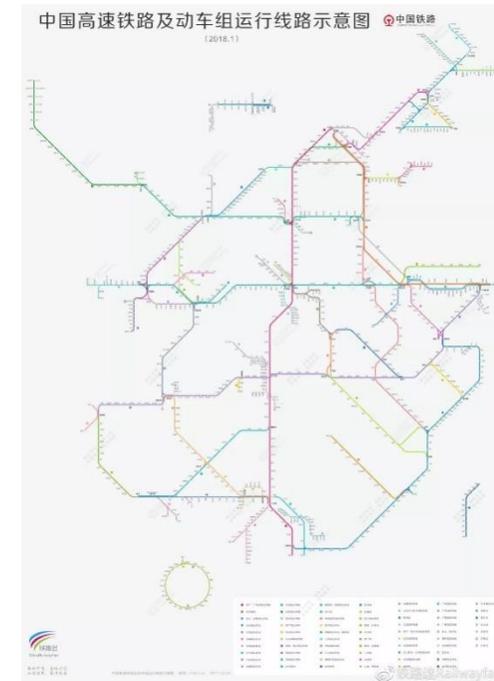
地铁列车以电力作为动力，空气污染小，因此受到各国政府的青睐。

1 城市轨道交通发展

➤ 立体化交通网络



- 距离概念转化时间概念
- 改善了地面交通的拥堵状况
- 出行更加便捷、快速
- 提高了交通运行效率



立体交通网络，提高城市生活的舒适度

1 城市轨道交通发展

人文地铁-南京

- 南京是历史文化名城，2016年进入我国万亿城市俱乐部，定位为我国东部中心城市，南京的轨道交通发展将与城市发展同行，始终处于国内前列。
- 截至2018年，南京运营线路10条（378公里），在建4条，十三五待建9条。到2020年，南京将形成总长约540公里的轨道交通网络。

南京地铁运营线路示意图
Nanjing Metro Operation Lines Diagram



[2]

two

明确轨道监测需求 保障轨道运营安全

2 监测需求——获悉监护项目

UDC

北京市轨道交通运营安全条例

（《北京市轨道交通运营安全条例》已由北京市第十四届人民代表大会常务委员会第十五次会议于 2014 年 11 月 28 日通过，现予公布，自 2015 年 5 月 1 日起施行）

第一章 总 则

第一条 为规范轨道交通运营及相关活动，保障轨道交通运营安全，维护轨道交通各方主体的合法权益，根据有关法律、法规，结合本市实际情况，制定本条例。

第二条 在本市行政区域内从事与轨道交通运营安全有关的活动，应当遵守本条例。

本条例所称轨道交通是指地铁、轻轨等采用专用轨道导向运行的城市公共客运系统。

第三条 市人民政府应当加强对轨道交通运营安全工作的领导。

《南京市轨道交通管理条例》

（2014 年 4 月 30 日南京市第十五届人民代表大会常务委员会第十次会议制定 2014 年 5 月 28 日江苏省第十二届人民代表大会常务委员会第十次会议批准）

第一章 总 则

第一条 为了规范轨道交通管理，保障轨道交通建设和安全运营，维护乘客合法权益，根据有关法律、法规，结合本市实际，制定本条例。

第二条 本条例所称轨道交通，是指地铁、轻轨等城市轨道公共客运系统。

第三条 本市行政区域内轨道交通的规划、建设、运营、安全保障及其相关活动，适用本条例。

第四条 轨道交通应当遵循统一规划、优先发展、安全运营、规范服务的原则。

第五条 市人民政府应当加强对轨道交通工作的领导，将轨道交通建设纳入国民经济和社会发展规划，统筹协调轨道交通规划、建设、运营、安全等管理中的重大事项。

区人民政府应当协助做好轨道交通建设、运营和应急事件处置等有关工作。

第六条 市住房和城乡建设行政主管部门负责本市轨道交通建设的监督管理，市交通运输行政主管部门负责本市轨道交通运营的监督管理。市住房和城乡建设、交通运输行政主管部门可以委托轨道交通设施保护机构实施行政处罚。

郑州市轨道交通条例

（2015 年 6 月 26 日郑州市第十四届人民代表大会常务委员会第十次会议通过 2015 年 9 月 26 日河南省第十二届人民代表大会常务委员会第十六次会议批准）

第一章 总 则

第一条 为了规范轨道交通管理，保障轨道交通安全，维护轨道交通各方主体的合法权益，促进轨道交通事业健康发展，根据有关法律、法规，结合本市实际，制定本条例。

第二条 本市行政区域内轨道交通的规划、建设、管理、运营、安全及其相关活动，适用本条例。

本条例所指轨道交通，是指城市地铁、城市轻轨等具有城市公共交通功能的交通工具和设施。

第三条 轨道交通应当遵循统筹规划、优先发展、配套建设、安全运营、规范服务的原则。

第四条 市人民政府应当加强对轨道交通工作的统一领导，建立轨道交通综合协调机制，统筹解决轨道交通规划、建设、管理、运营、安全等重大事项。市轨道交通建设管理机构是市人民政府组织领导轨道交通工作的办事机构，负责全市轨道交通的统筹、协调、服务、督查工作。

市发展改革、交通运输、城乡规划、城乡建设、财政、国土资源、安全生产监督、城市管理、环境保护、卫生、文物、园林、人防、公安、消防、国有资产监督等部门按照各自职责，负责轨道交通有关管理工作。

轨道交通沿线的县（市、区）人民政府、郑州航空港经济综合实验区、郑东新区及各开发区管理委员会应当协助做好轨道交通规划、建设、管理、运营、安全等有关工作。

第五条 市人民政府依法确定的轨道交通经营单位负责轨道交通的建设和运营，并按照本条例的授权实施行政处罚。

电力、供水、通信等相关单位应当保障轨道交通正常建设、运营需要。

第六条 轨道交通所需资金由政府投资、社会筹集等方式解决。鼓励企业和其他经济组织投资及参与轨道交通建设和运营管理，并依法保护其合法权益。

轨道交通建设和运营按照国家、省、市有关规定享受政策支持、资金补助和减免优惠。

2 监测需求——轨道交通建设期监测

轨道交通在建设期进行结构本体及周边环境的变形监测异常重要。

地铁隧道通常位于软弱破碎岩层，地质条件稳定性相对较差。如果对地铁隧道结构变形监控不力，将会出现围岩迅速松弛，发生隧道冒顶坍方、地表沉降、建筑物管线等变形，危及地铁结构本体及周边建（构）筑物等安



2 监测需求——轨道交通运营期监测

- 地铁运营和隧道周边地下环境的变化会引起地铁结构的变形，尤其在地铁保护区内进行的建设施工对地铁结构的影响最为明显。
- 控制保护区设置范围：
 - 地下车站与隧道结构外边线外侧**50m**内；
 - 地面高架车站及线路轨道结构外边线外侧**30m**内；
 - 出入口等附属建（构）筑物结构外边线外侧**10m**内；
 - 过江隧道结构外边线**100m**内。



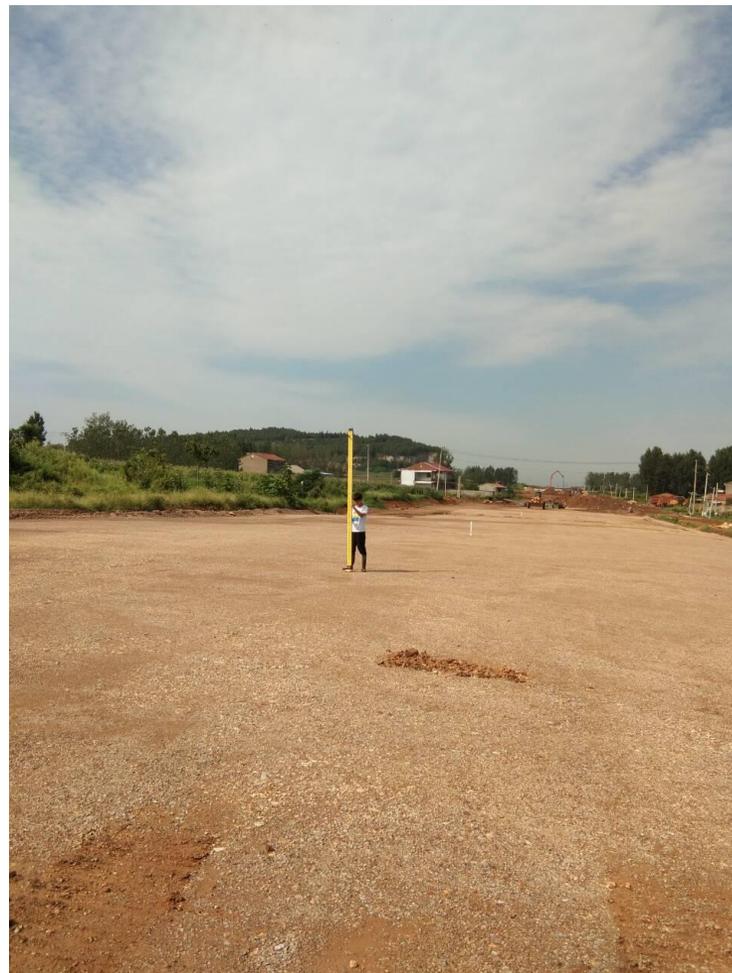
执行标准：《南京市轨道交通条例（2014）》

2 监测需求——隧道环境特殊性

- 作业空间限制
 - 监测项多，各作业组穿插作业困难
 - 隧道内基建设备繁多，工作安全隐患多
- 作业时间限制
 - 出入隧道有严格的请消点制度
 - 人工监测时间平均在2-3小时
- 营运期间结构变形
 - 人工监测无法获取营运期结构变形状况



2 监测需求——高铁监测环境特殊性



■ 作业环境恶劣

■ 作业现场危险等级高

■ 监测频率要求高

■ 高铁平台要求严格

2 监测需求——隧道表观病害

- 隧道线路长，需要逐环巡查
- 隧道内灯光昏暗，需要人工辅助照明
- 病害种类多：接缝砂浆疏松，洇湿，混凝土麻面，管片破损（开裂、错台、碎裂），裂缝等
- 病害识别依赖巡检人员的经验水平



2 监测需求——监护面临的现实情况

(1) 线网增加、里程扩大，需要增加大量巡线人员

(2) 隧道老化、线路维修，需要增加大量维修人员

(3) 重大项目、实时动态，人工监测无法准确实时

(4) 有限离散监测站点难以全面反映隧道结构的总体形变趋势

传统监测已不能满足要求，自动化、智能化监测已成趋势。



监测监护成本更节约
监测更高效
更及时
更科学

“监测于变形” “辨险于分析” “预警于未然”

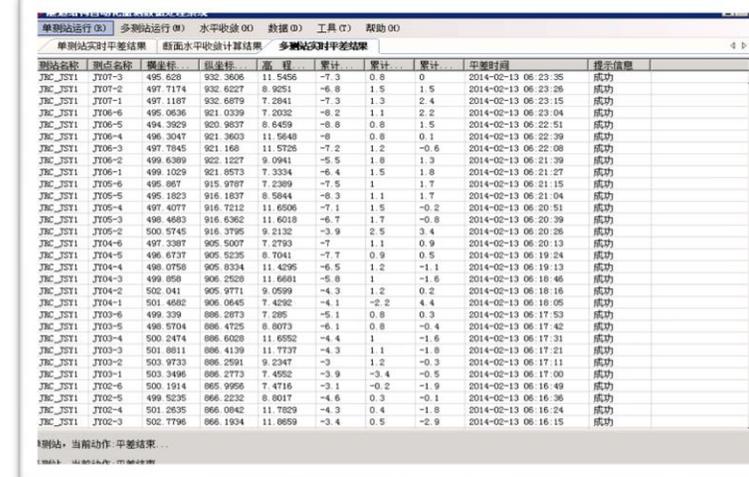
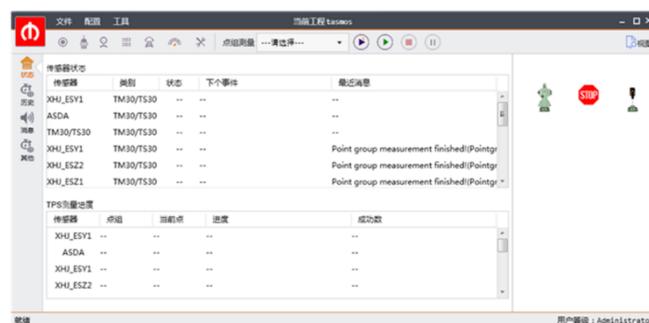
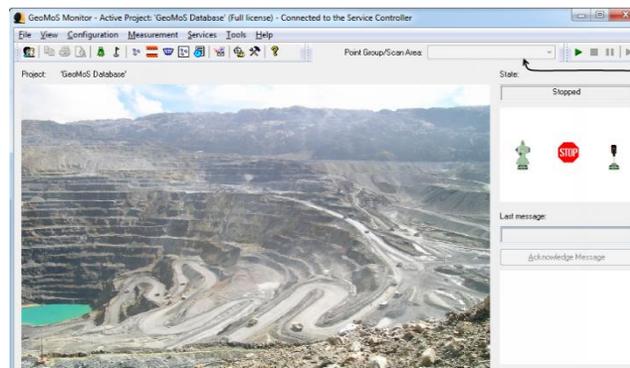
[3]

three

探索综合解决方案 建立智能监测系统

★ 第一阶段：开启阶段

2010年与地铁公司合作《南京地铁隧道结构安全自动化监测系统》项目，正式开启地铁监测信息化管理的路程。



两种设备 + 一种通讯方式 + 两套数据采集软件 + 一套数据处理软件 + 一套成果管理软件

★ 第二阶段：丰富阶段

2013年完成多元传感器数据采集平台，扩充了支持设备，丰富了轨道交通变形监测信息化管理系统。



其他传感器

雨润路

编号	名称	采样时间	初始值(MM)	表量值(MM)	沉降值(MM)	预警状
aa2	2855F98E040000DC CS01	2014年07月10日 09:21:47	45.74	58.9	0	停止
aa3	286793D604000037 CS03	2014年07月10日 09:21:57	40.21	52.9	-0.47	停止
aa4	283AB88E0400001F CS02	2014年07月10日 09:21:52	45.74	56.4	-2.5	停止
	2861C4D604000041 CSD3	2014年07月10日 09:22:02	36.69	42	-0.47	停止
	28629ED70400008F CS04	2014年07月10日 09:22:07	39.05	44.3	-0.53	停止
	2808AA300400008E CS05	2014年07月10日 09:22:12	38.28	43.4	-0.66	停止

采集频率(分钟): 2

开始采集

停止采集

设置初始值

采集端口: 2029

设置采集间隔



20 多种设备+两种通讯方式+三套数据采集软件+一套数据处理软件+两套成果管理软件

★第三阶段：完善阶段

2015年开始研究扫描仪、物探、InSAR等技术在地铁监测的应用，完善了轨道交通变形监测信息化管理系统。



全站仪



P40扫描仪



SiTrack One 移动扫描车



倾斜仪



静力水准仪

高精度

多样化



测距仪



支撑轴力计



SAR卫星



钢筋计



锚索应力计



位移计



倾斜仪



测斜仪



裂缝计

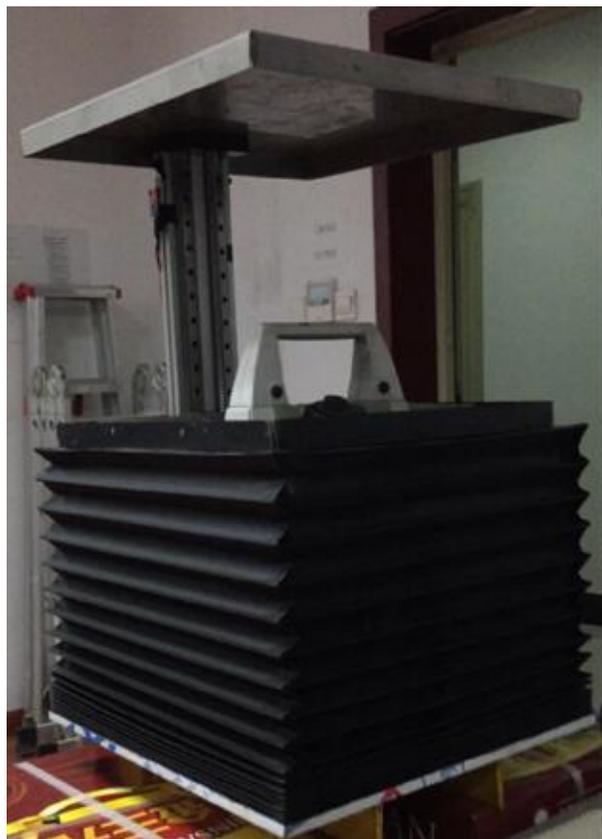


振动监测仪

自主
改进

★第三阶段

自主
改进



全站仪自动保护罩



水准照明尺

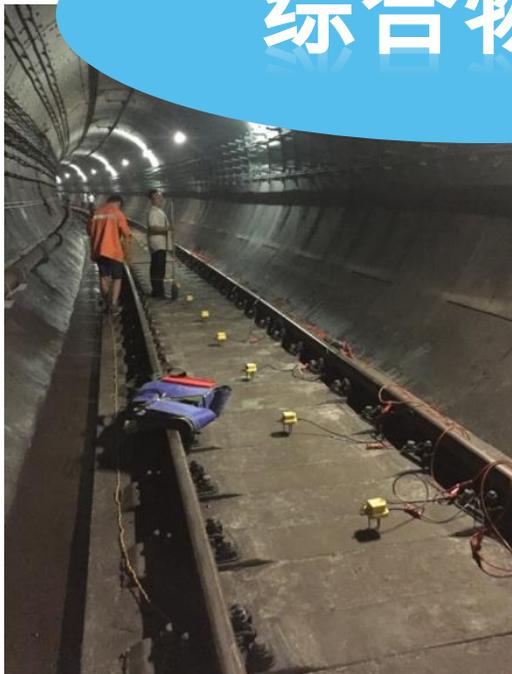
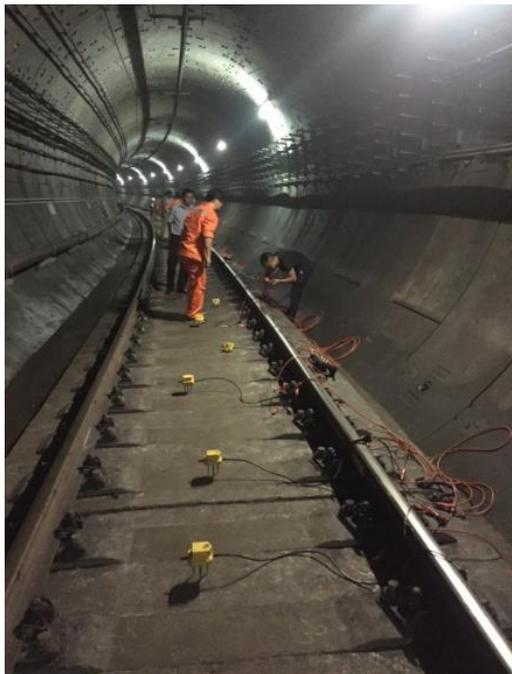


RTU通讯箱



★第三阶段

综合物探



★第三阶段

InSAR

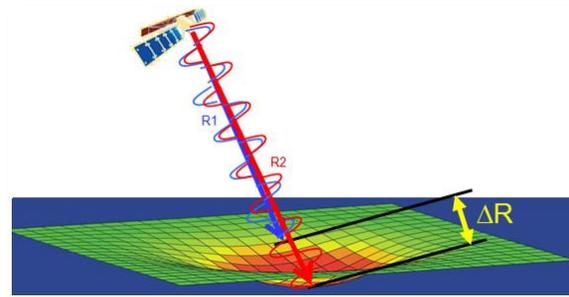
卫星合成孔径雷达干涉测量 (InSAR) 技术是国际上公认的开展地面沉降监测的最有效、最先进手段

❖ InSAR技术

易获取监测数据

空间分辨率高、成本较低

适用于大范围、地面变形监测



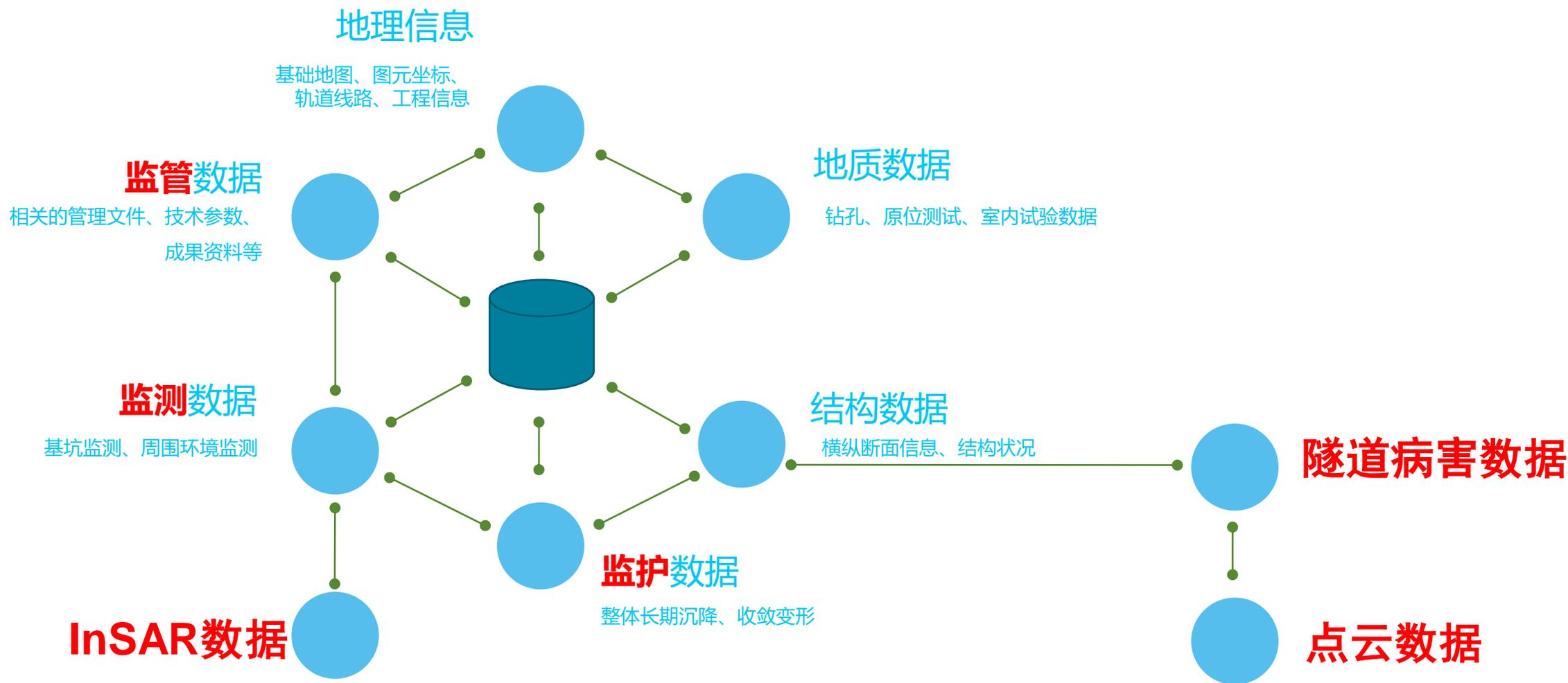
★第三阶段

三维激光扫描仪

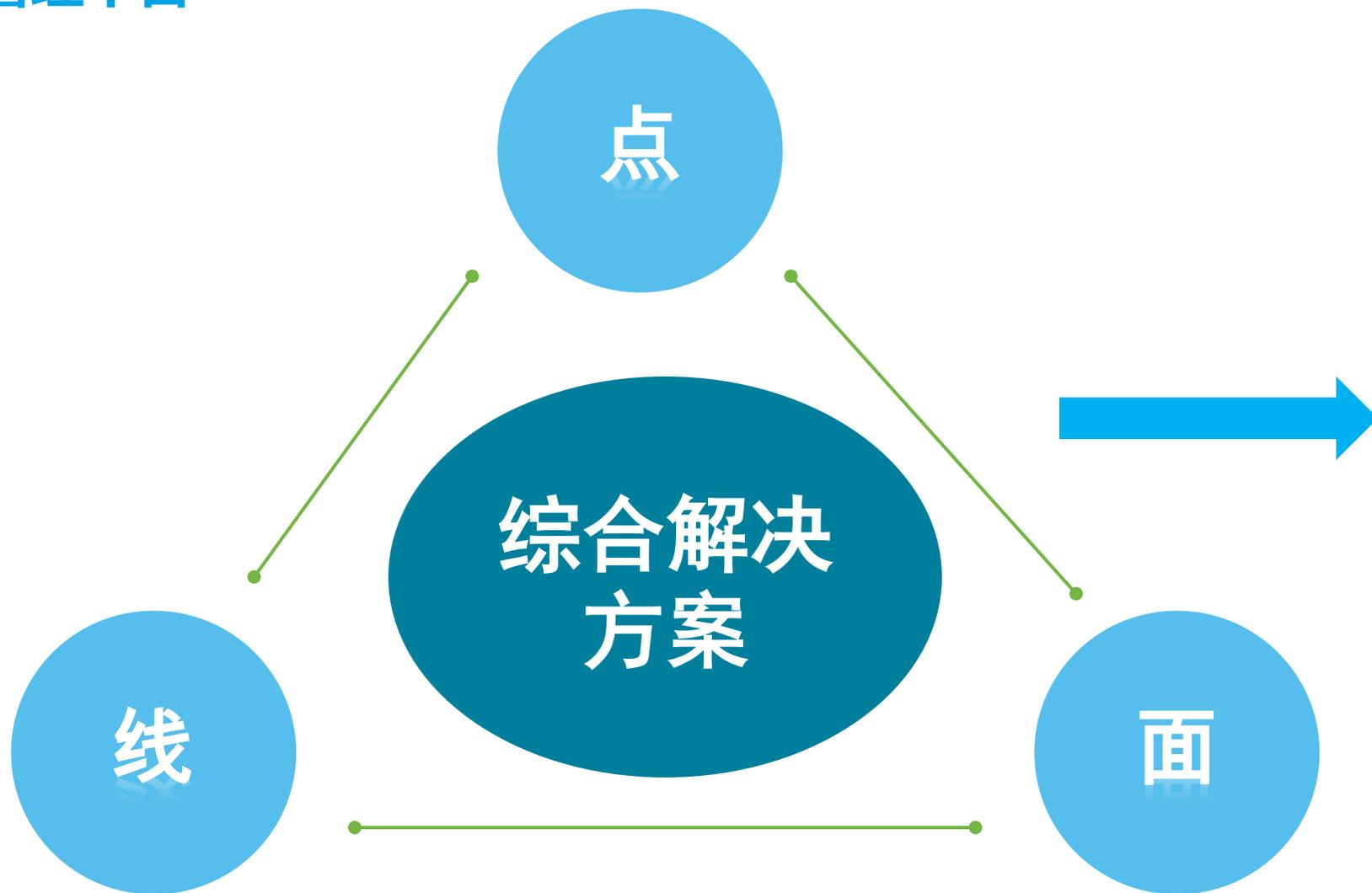


三维激光扫描技术是集**激光扫描技术、实时定位技术、姿态测量技术、通信技术、计算机技术**为一体的检测系统，其可快速获取隧道表面大量的点的三维坐标和图像灰度值等信息

★ 丰富、大数据级的信息源



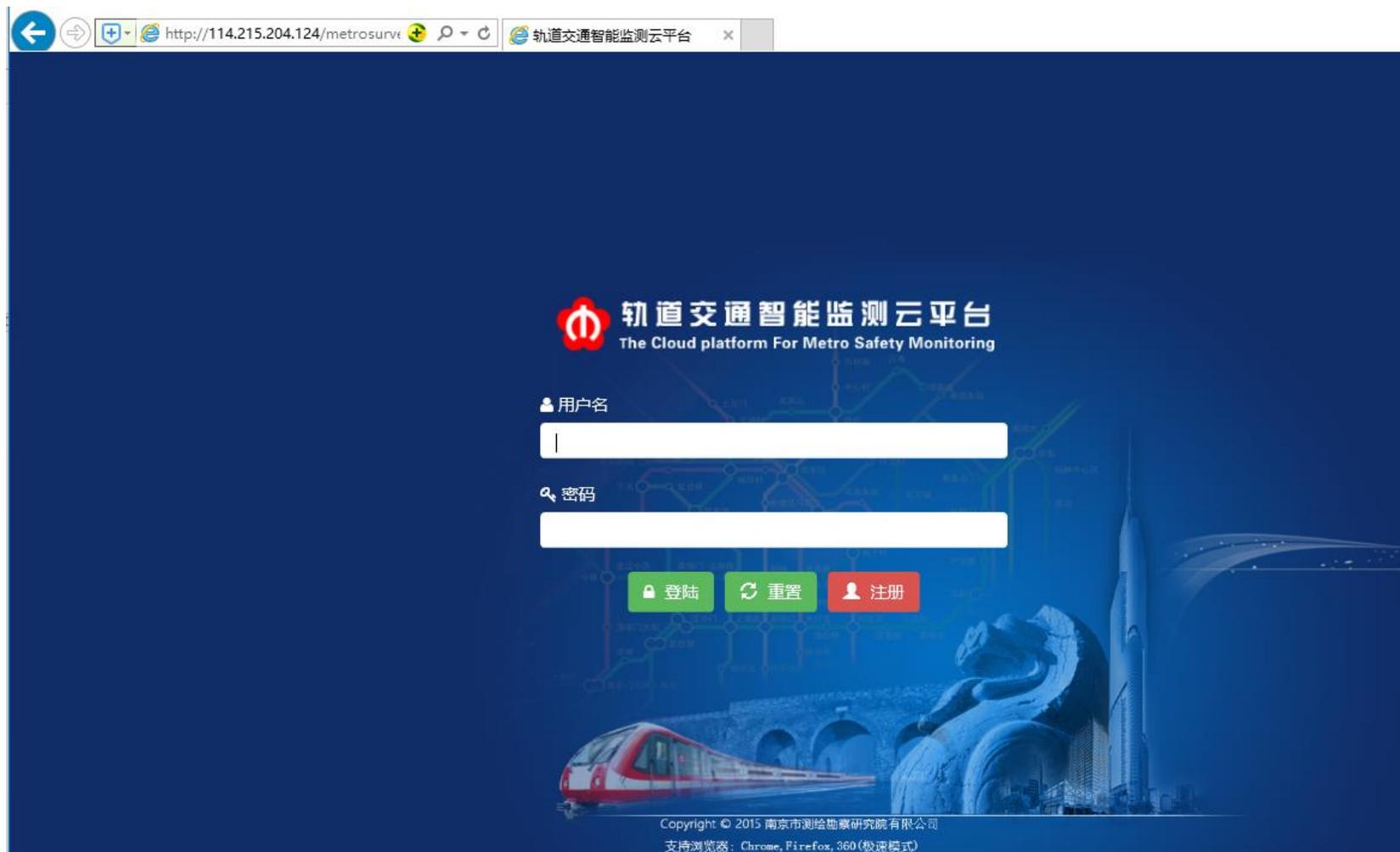
★ 项目信息管理平台



信息化处理与管理

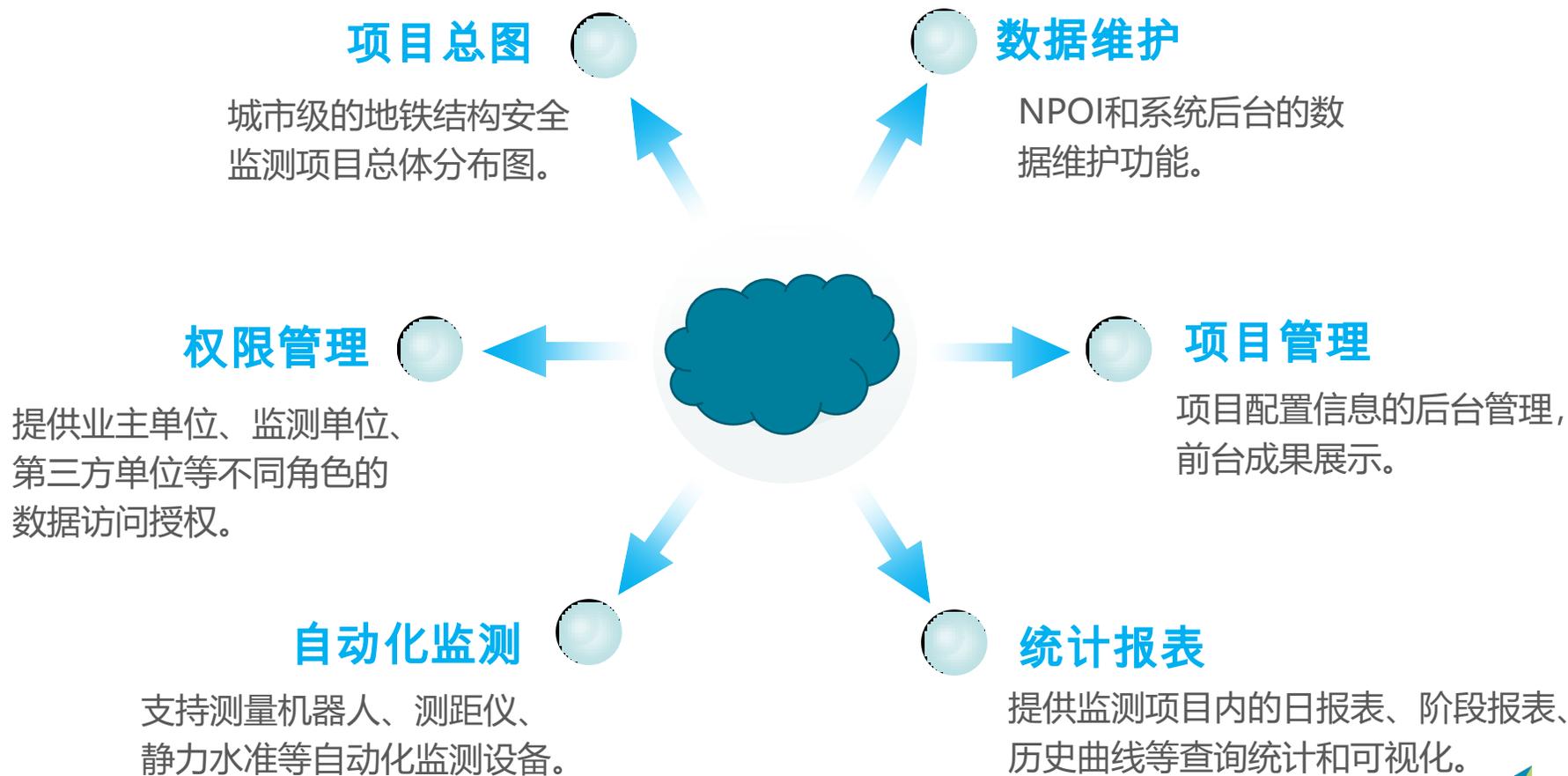
★ 项目信息管理云平台

监测成果云发布：图形显示/数据查看/告警管理 /数据存储/成果管理/风险管控



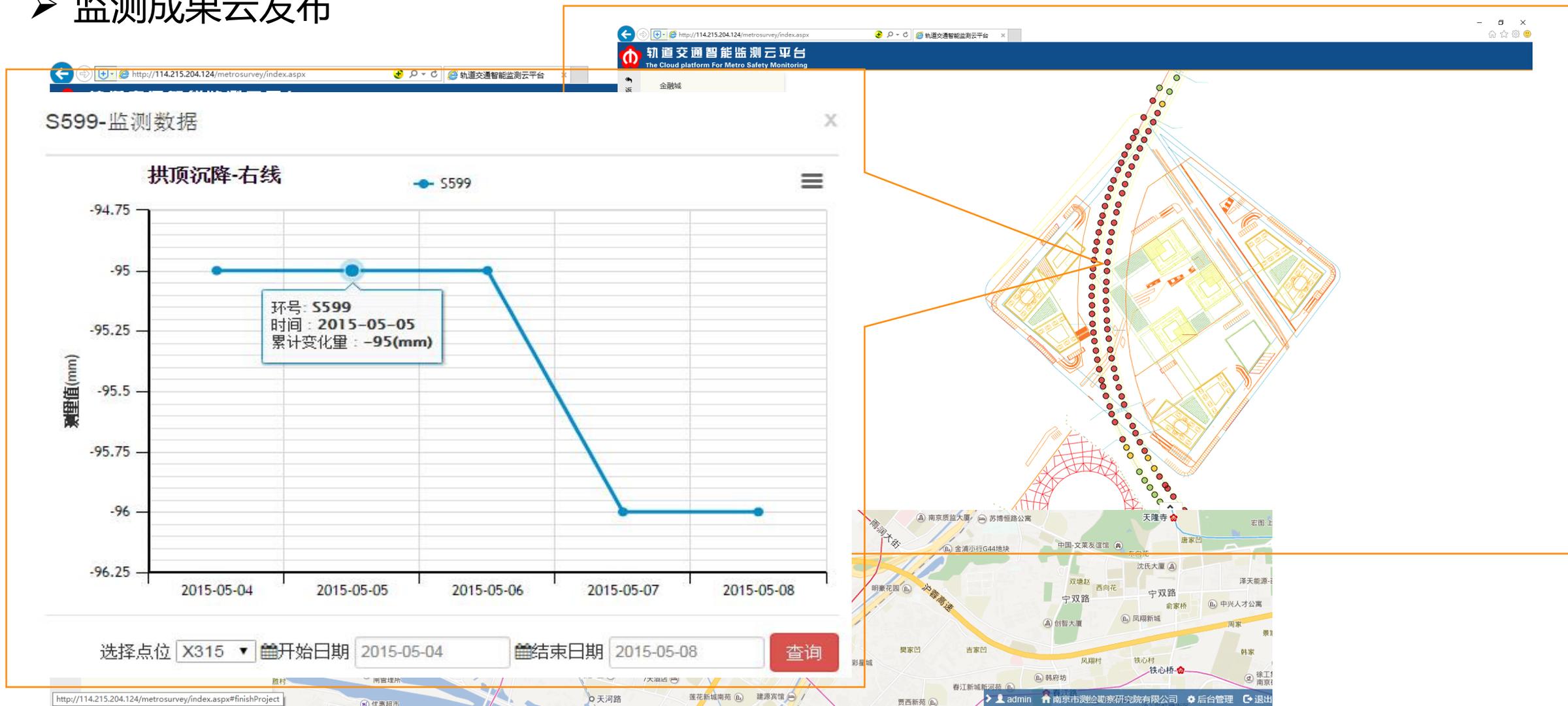
★ 项目信息管理云平台

项目信息管理云平台 = 项目 + 信息 + 管理 + 云平台



★ 项目信息管理云平台

➤ 监测成果云发布



安全



报警



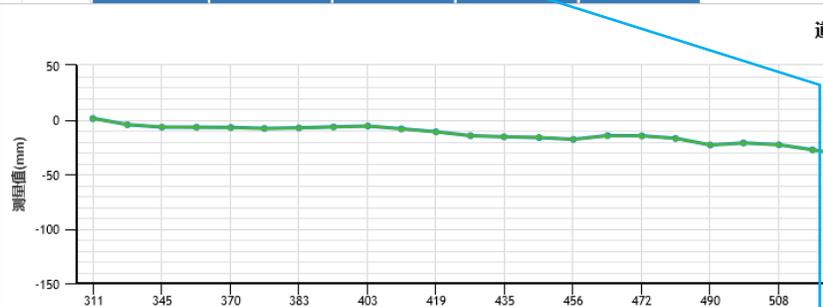
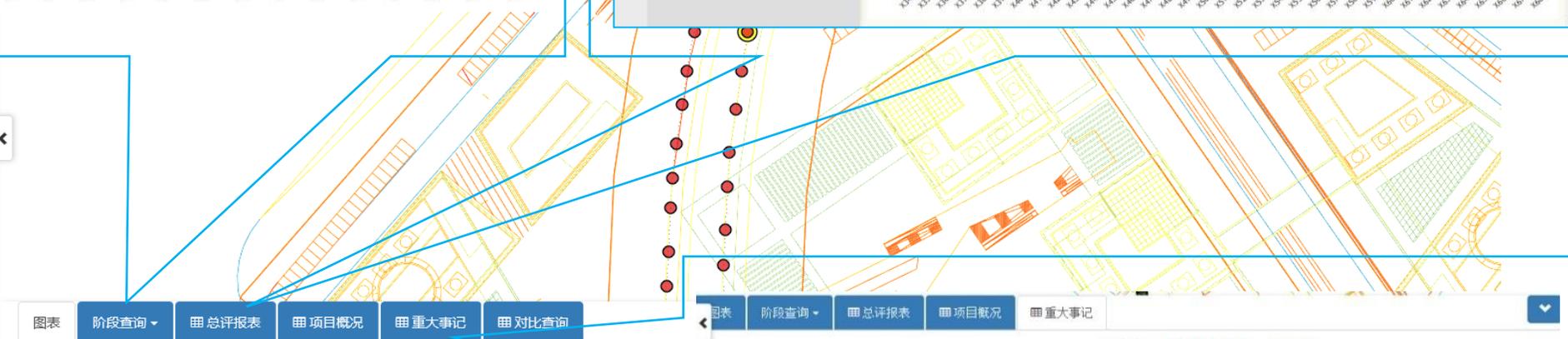
超限值

★ 项目信息管理云平台

➤ 监测成果云发布



- 右线 **50**
- 水平收敛
 - 左线 **366**
 - 右线 **370**
- 人工道床沉降
 - 左线 **50**
 - 右线 **50**
- 人工水平收敛
 - 左线 **125**
 - 右线 **139**



2013-04 2014-03 2015-03

首层土方开挖

进展描述: 首层土方开挖

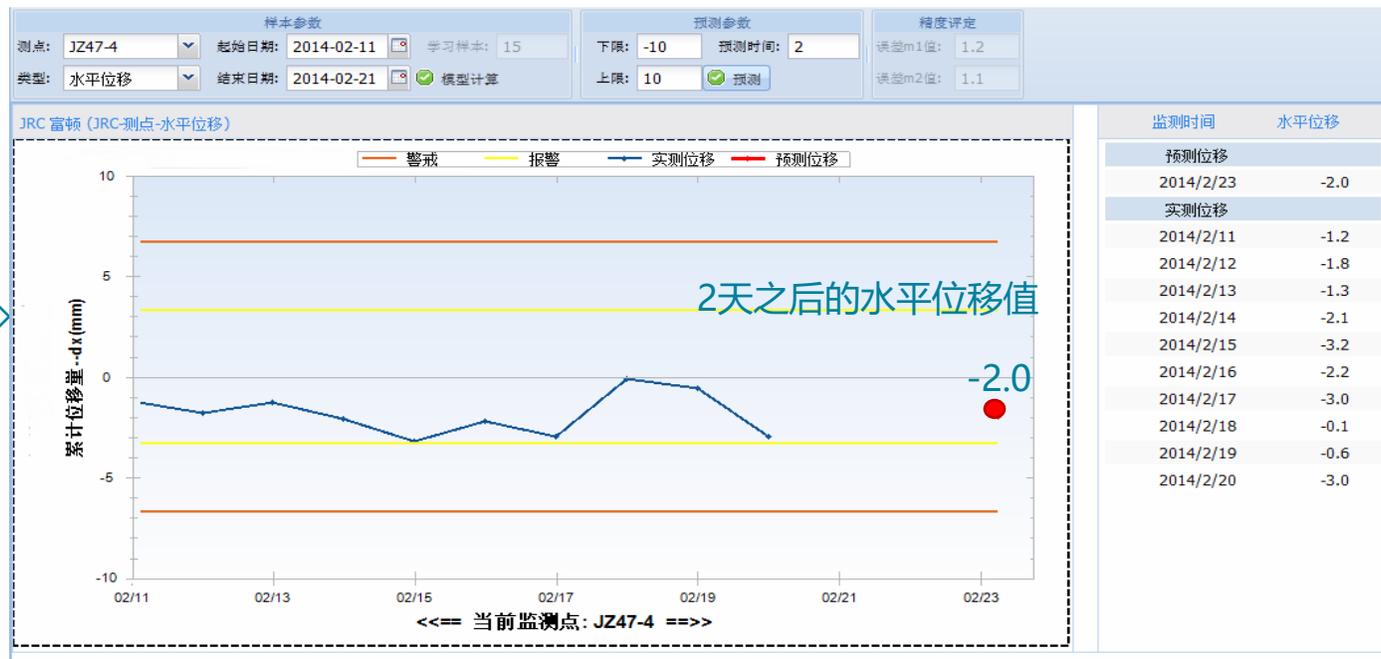
累计变化量: -105.8(mm)

★ 风险预测预判

➤ 基于神经网络的定制结构变形预测组合模型

方法

1. 多元回归分析
2. 频谱分析
3. 神经网络
4. 变形预测
5. 辅助剔除粗差

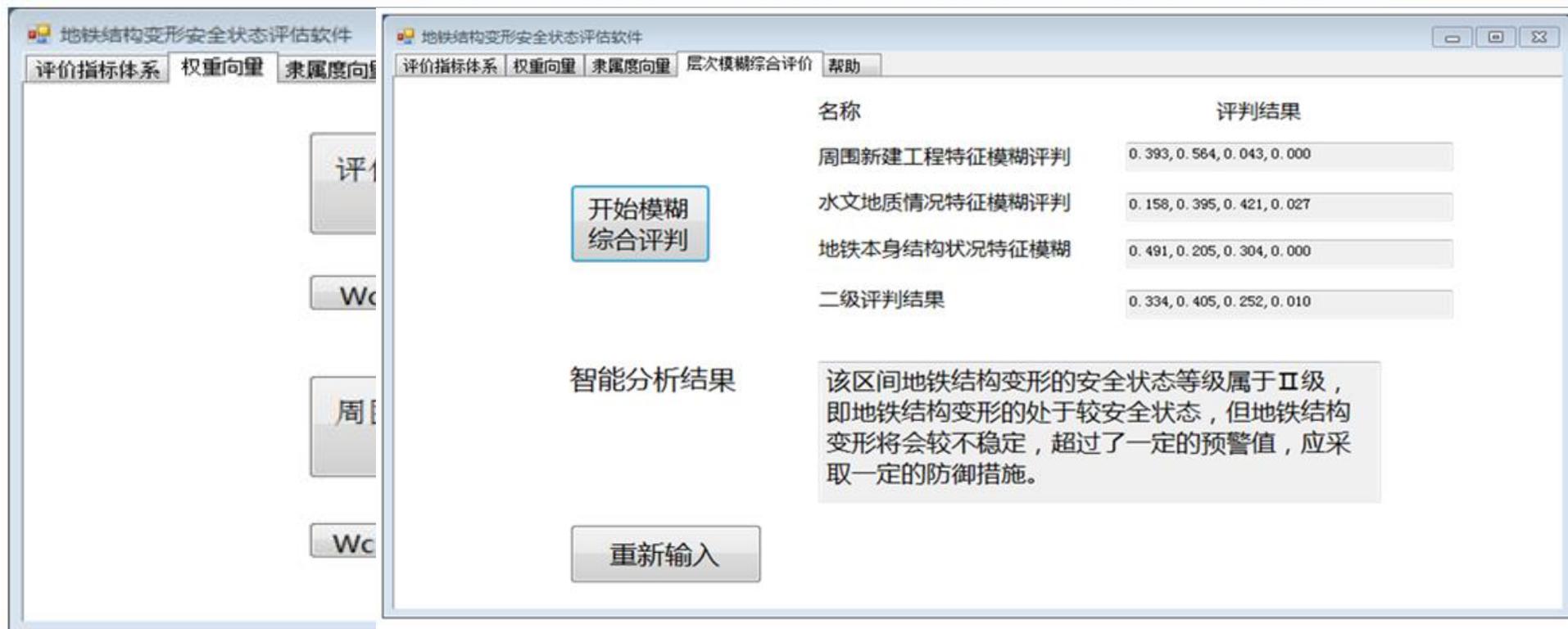


传统预测精度	组合模型预测精度	相比提高
±0.24mm	±0.15mm	37%

★地铁结构安全状态评价

➤地铁结构安全状态的综合评价模型

建立了地铁结构安全状态的层次与模糊数学综合评价模型，实现了对评价结果的量化，且评价结果兼顾了系统信息的全面性。



国内最大的隧道自动化监测项目

监测区线路曲率大 潜在的风险最大
轨道交通智能监测综合解决方案应用城市分布
涉及的测项最多 投入20 (14+6) 台高精度全站仪

首页 | 关于徠卡测量 | 职业发展 | 联系我们

徠卡测量动态 | 徠卡测量产品 | 解决方案 | 应用案例 | 客户服务 | 徠卡App Store | 徠卡智库 | 合作伙伴产品意见反馈 | 海克斯康北京用户大会

应用案例

- ↓ 新产品应用案例
- ↓ 全站仪
- ↓ 水准仪
- ↓ GNSS/GIS
- ↓ GNSS参考站
- ↓ SmartStation
- 结构监测系统
 - ↓ 徠卡自动化监测解决方案助力武汉绿地606大楼施工监测
 - ↓ 南京市测绘勘察研究院南京地铁某运营保护区自动化监测
 - ↓ 高层建筑物健康监测
 - ↓ 港口和工业堆场位移和沉降监测
 - ↓ 桥梁健康监测
 - ↓ 徠卡鹤洞大桥GNSS监测系统
 - ↓ 徠卡自动化监测系统在边坡安全防护中的应用

徠卡测量 → 应用案例 → 结构监测系统

结构监测系统



→ 徠卡自动化监测解决方案助力武汉绿地606大楼施工监测

武汉绿地中心是武汉绿地国际金融城项目的核心部分，该项目位于武昌滨江商务区核心区，与汉口百年外滩隔江相望，是中部特大城市武汉新一轮城市发展的重点区域。武汉绿地中心高度将超过目前国内最高的上海环球金融中心，将来是世界第四、中国第二、华中第一高楼。



→ 南京市测绘勘察研究院南京地铁某运营保护区自动化监测

随着我国地铁交通的快速发展，目前有20多个城市地铁开通运营，有10多个城市启动地铁建设。为确保地铁建设和营运安全，对隧道的稳定性进行监测，越来越受到社会和政府的广泛重视，尤其是软土环境中隧道的稳定性更加受到关注。



→ 高层建筑物健康监测

桥梁、高层建筑等大型人造结构物体在特殊环境外力，如强台风、地震等，作用下产生的运动响应，可能会对结构物产生破坏性的影响，因此对大型结构物尤其是高层结构物受外力作用下运动位置的实时连续监测是高层建筑物健康监测中非常重要的一个环节。



GeoMoS Monitor - Active Project: 'tasmos1' (Full license) - Connected to the Service Controller

File View Configuration Measurement Services Tools Help

Point Group/Scan Area: G11 SSY1

Project: 'tasmos1'

State: Active

截至目前, Geomos支持35台全站仪在同时在线监测

Sensor Manager - Viewer Mode

Ac...	Type	Sensor Type	Sensor ...	Communication	L...
<input checked="" type="checkbox"/>		TM30/TS30	JRC_JSY3	COM12:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM50/TS50/MS50	JRC_JSY4	COM11:115200	30
<input type="checkbox"/>		TM30/TS30	JRC_JSY5	COM20:115200	0
<input checked="" type="checkbox"/>		TM30/TS30	JRC_JSY6	COM7:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM30/TS30	JRC_JSY7	COM6:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM30/TS30	JRC_JSZ1	COM14:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM30/TS30	JRC_JSZ2	COM15:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM50/TS50/MS50	JRC_JSZ3	COM16:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM50/TS50/MS50	JRC_JSZ4	COM17:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM30/TS30	JRC_JSZ6	COM13:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM30/TS30	JRC_JSZ7	COM5:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM50/TS50/MS50	SSY1	COM2:115200	30
<input checked="" type="checkbox"/>		TM50/TS50/MS50	SSY2	COM3:115200	30
<input type="checkbox"/>		TM30/TS30	SSY3	COM4:115200	0

License Required / Available: 990 / 1050

Buttons: Close, Insert..., Settings..., Communication..., Test, Delete

Last message: Acknowledge Message

Overview Last Actions Observations Chart Status

User Level: Administrator 15:22:20

[4]

four

研究新技术新方法
寻求长远发展道路

★ 徕卡SiTrackOne移动轨道扫描系统

1 激光测量

由三维激光扫描仪主动发射激光获取隧道内壁的三维坐标+激光反射率，数据获取速度高达100万点/秒，是测量技术的一次革命性进步。

2 移动扫描

由移动平台搭载三维激光扫描仪，结合IMU、DMI、GPS实现隧道内的连续、快速、全覆盖式的移动扫描。

3 数据处理

通过高效的数据处理软件，可获取包括：水平垂直直径、三维轴线、激光反射率影像、病害调查、建模等一系列成果。



我公司已购置徕卡SiTrack:One移动轨道扫描系统



采购意向

1 选择合作供方 2 选择仪器设备类型及配件



合同签订

2018年元月初与徕卡合作伙伴（南京瑞祺测绘技术有限公司）签订仪器设备采购协议



设备接收

2018年1月15日，仪器设备运送到我院

徕卡SiTrack:One移动轨道扫描系统

移动扫描推车



支持1.435型轨道
重量: 35kg

靶球箱



(25+3) 个

GPS接收机



40 Confidential



其他配件箱

P40扫描仪
1,000,000 点/秒



徕卡SiTrack:One移动轨道扫描系统



施总(南京瑞祺测绘)

我公司提供的国内第一套用于地铁隧道测量的移动轨道扫描系统交付使用，希望能为我国的地铁建设多作贡献，为我们的客户多创效益。



2018年1月17日 23:38



段伟

行驶在轨道上的劳斯莱斯，大中华区第一台Leica SiTrack one进入培训阶段，联合研发工作同步实施，牵手共赢，为轨道交通营运安全保驾护航！欢迎疯狂打call🎉🎉



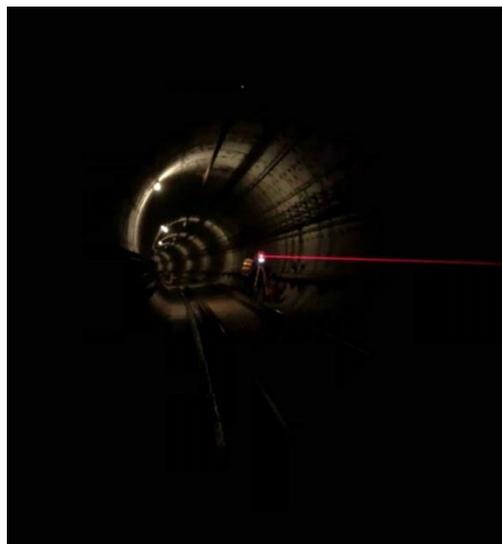
2018年1月23日 09:50



★ 应用案例

南京新街口地铁站

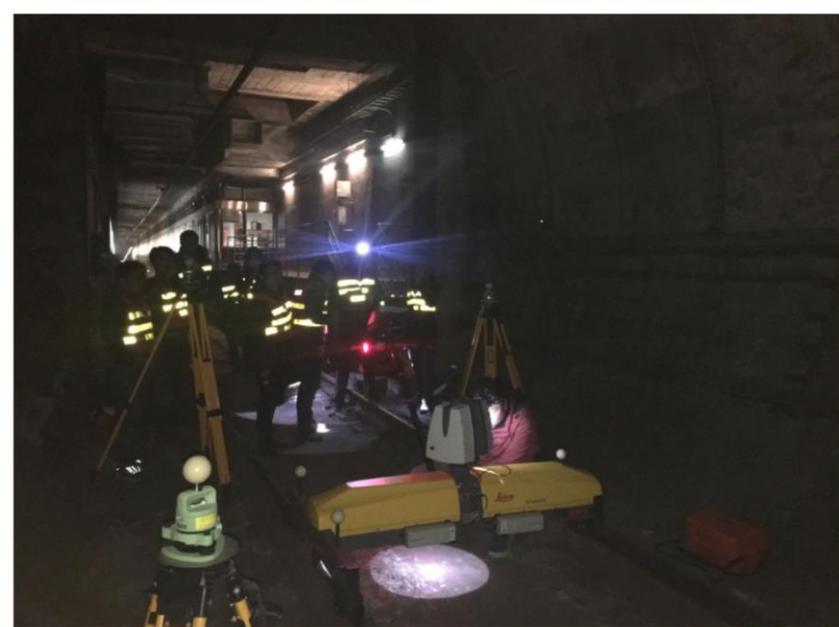
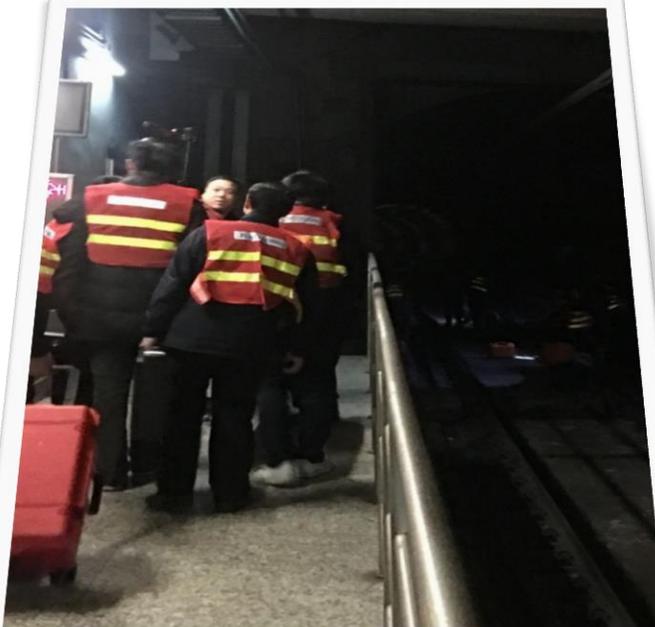
南京市集庆门大街地铁站



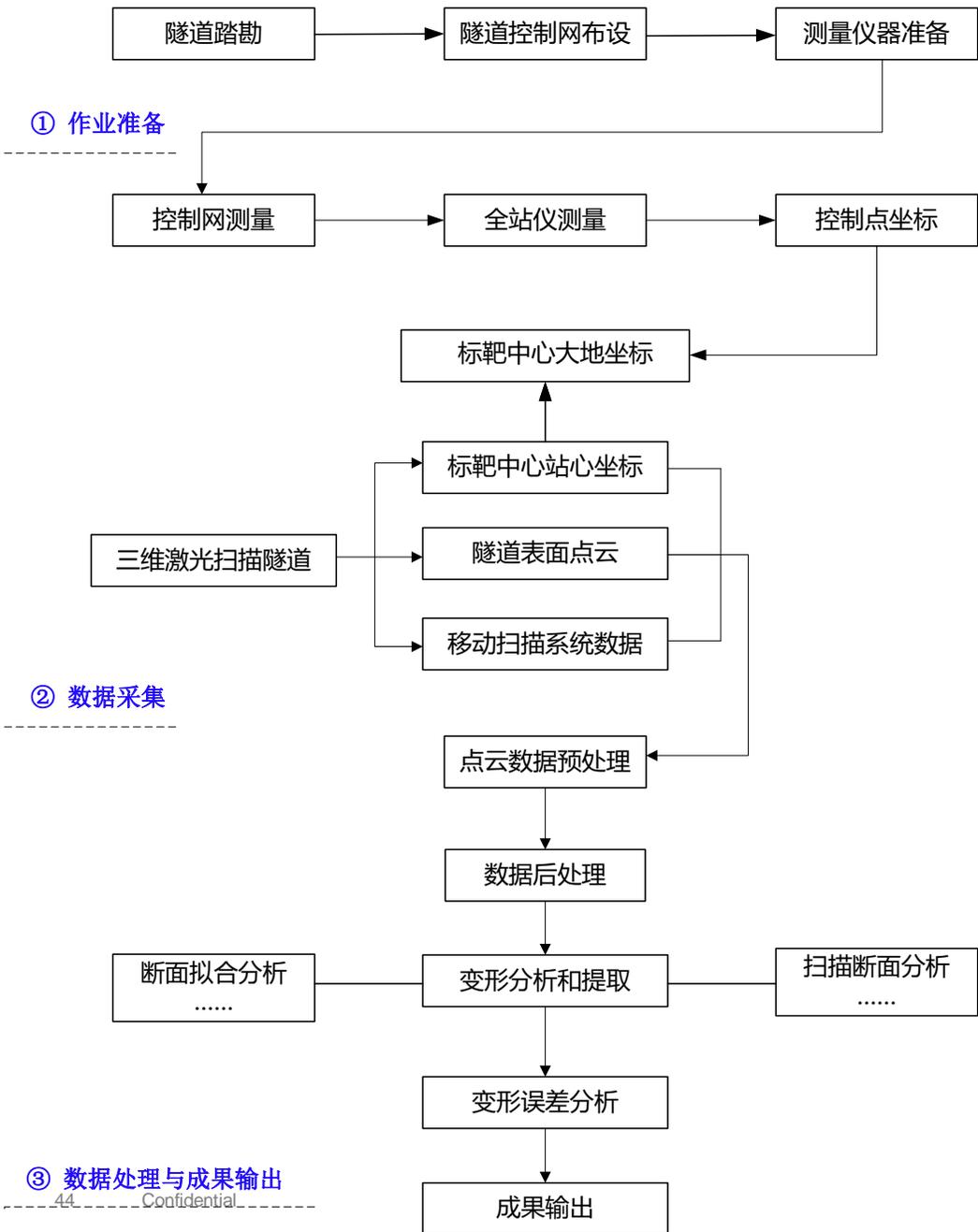
作业现场

★ 应用案例

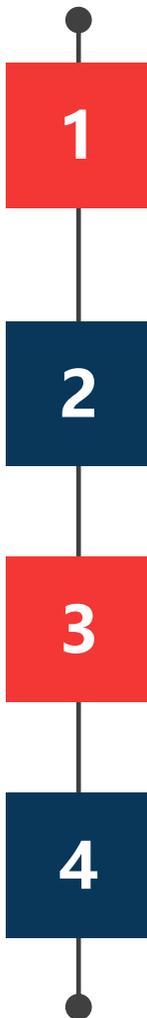
南京元通地铁站



作业现场



I. 形成标准化的作业流程



作业准备:

分析扫描区段情况、详细踏勘记录会影响扫描的因素

制作作业流程:

包括仪器设备准备、采集线路设定、采集起终点确定、靶球控制点的选择

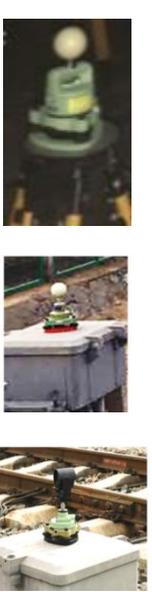
现场作业:

仪器安装、靶球控制点测量、扫描车采集

内业处理:

- 1 导出采集数据
- 2 控制点数据平差
- 3 配套软件的数据预处理与后处理

II. 保证控制点高测量精度，制定控制点布设方案和靶球球心测量方案

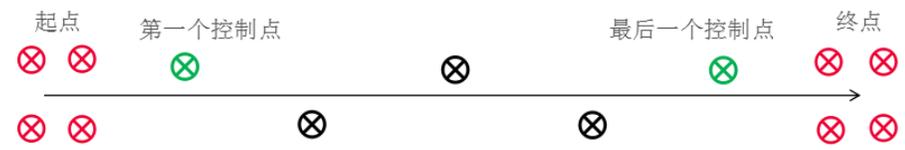
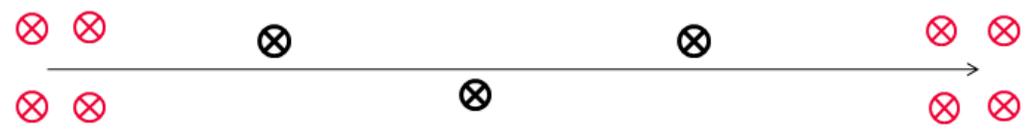


- 全站仪测量控制点坐标
- 移动扫描车推扫获取靶球点云
- 设计并生产了棱镜、靶球同轴同心装置，测量的重复精度优于2mm

已经申请国家实用新型专利

靶球摆放示意图

隧道测量路线约200米



III. 生产效率对比分析

外业扫描:

- 基础时间: 起、止静态扫描时间均为3分钟, 系统初始化时间均为2分钟, 总计10分钟。
- 选择合适的推扫档位。

内业预处理:

- 预处理时间是从打开SiSynchro预处理软件开始, 到生成所有点云成果结束, 中间无暂停。

比如, 以0.6m/s的档位扫描180m的外业扫描和内业处理时间:

	开始时间	开始前进	结束前进	结束时间	扫描用时	总用时
往测	1:45	1:54	1:59	2:05	5分钟	20分钟
返测	2:11	2:21	2:27	2:33	6分钟	22分钟

	开始预处理	结束预处理	预处理用时
往测	8:30	10:05	1小时35分钟
返测	11:00	12:33	1小时33分钟

外业、内业效率比约为1:4 - 1:5

IV. 误差来源分析及控制

➤ 与距离、角度相关的误差分析与控制

- 仪器本身的误差分析：内部电路响应、振动、安装定位等误差；定期检定，测前检校。
- 光束发散和光斑尺寸效应：控制扫描距离等。
- 目标物体反射面误差控制：避免小角度扫描，清除隧道表面污迹等。
- 扫描密度、引起的误差控制：避免小角度扫描。
- 入射角引起的误差控制：扫描角度保持 45° - 90° ，加装角度定位销，内业检校。

➤ 定位同步数据误差分析与控制：测前巡检，清除障碍，防止车轮打滑、悬空等。

➤ 控制点精度对成果精度的影响控制：优化控制网布设，提高测量精度。

➤ 外界条件影响的误差分析与控制：避让风亭排风、气流较大等作业环境等。

V. 可靠性验证研究

■ 往返测隧道收敛成果比对分析

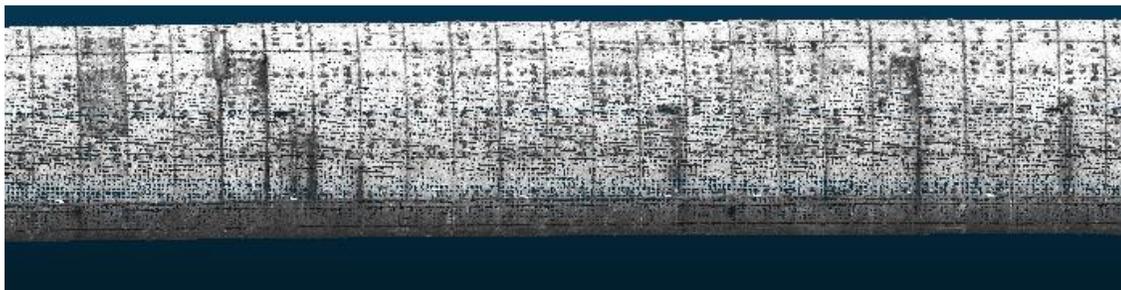
- 断面的横向收敛精度优于4mm，竖向收敛精度优于2mm。

■ 全站仪与扫描系统测量的收敛成果比对分析

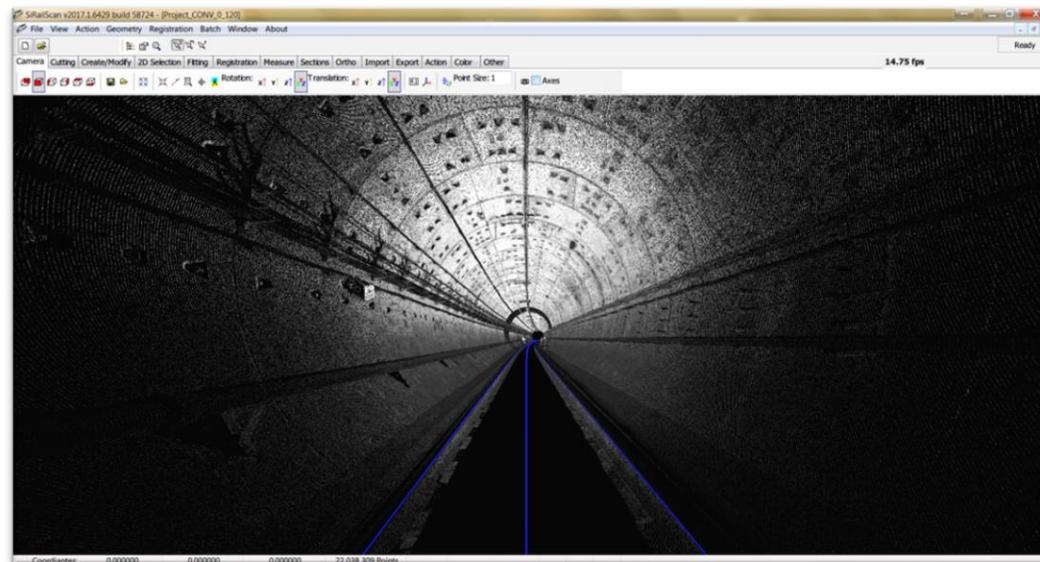
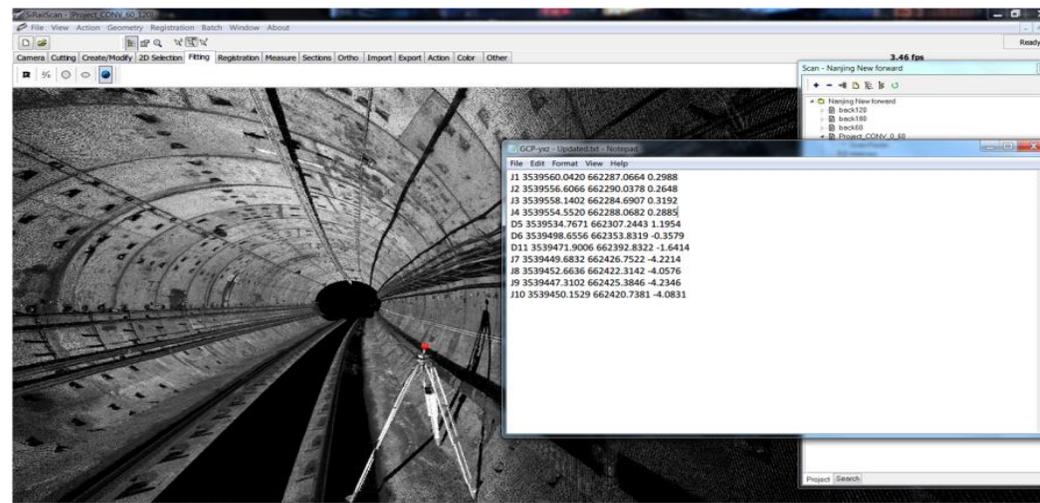
- 扫描系统收敛监测总体精度优于3mm。

徕卡SiTrack One移动轨道扫描系统数据采集效率高、数据处理流程规范、数据成果精度满足隧道变形监测和检测需求，其形成的标准化作业流程可执行。

VI. 配套软件输出的成果

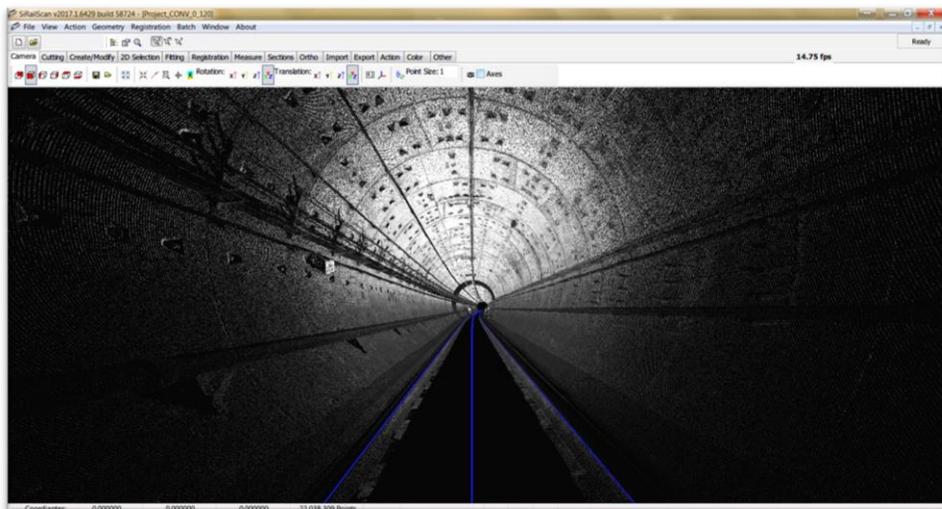


SiSynchro软件:生成点云和轨道线 (左右轨线和轨道中线)



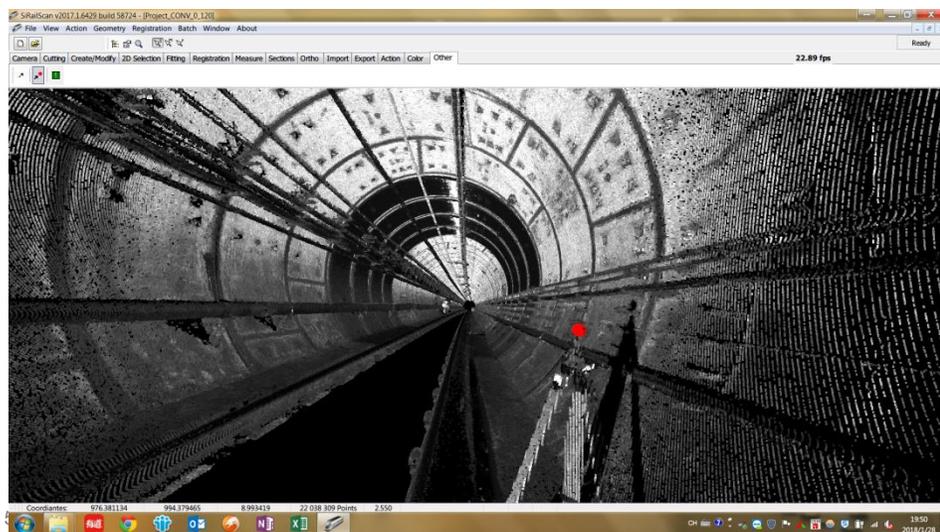
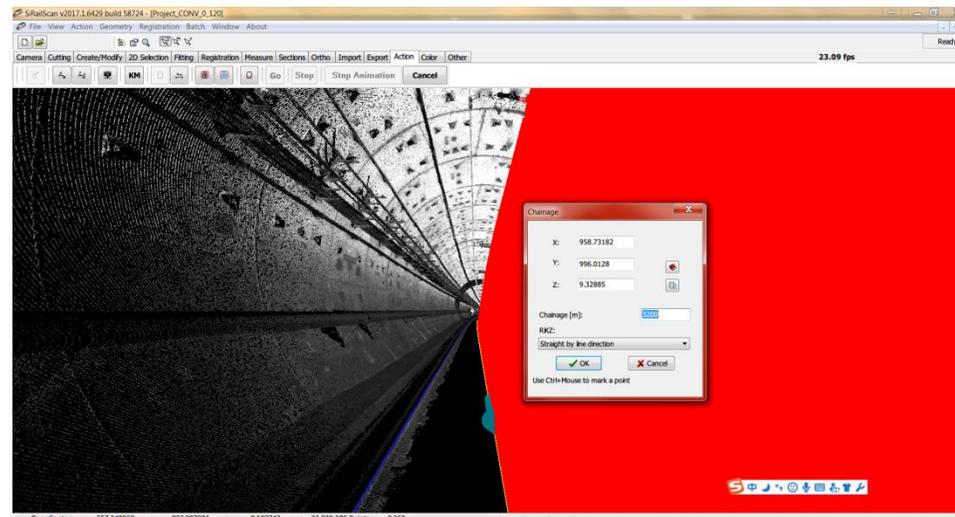
VI. 配套软件输出的成果

SiRail Suite软件



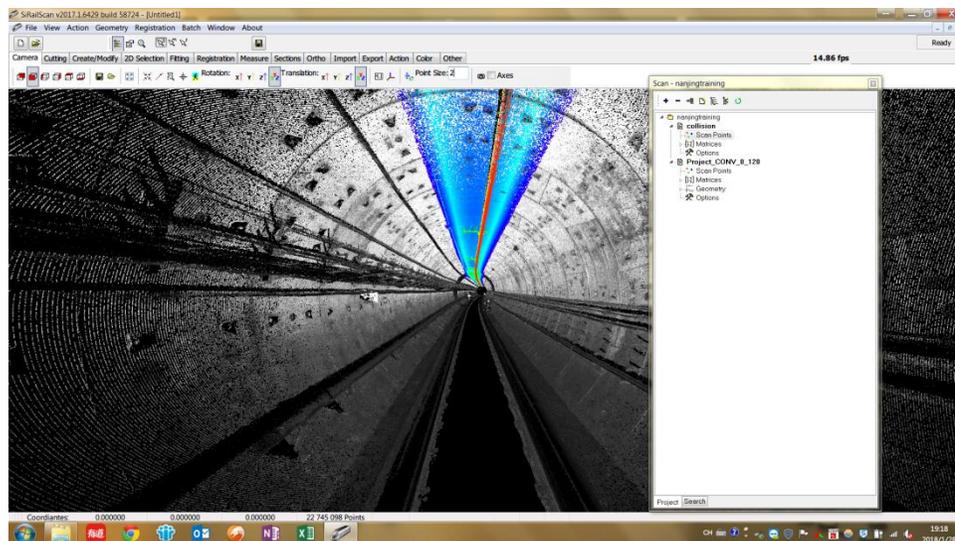
自动提取中线

自动计算全线里程



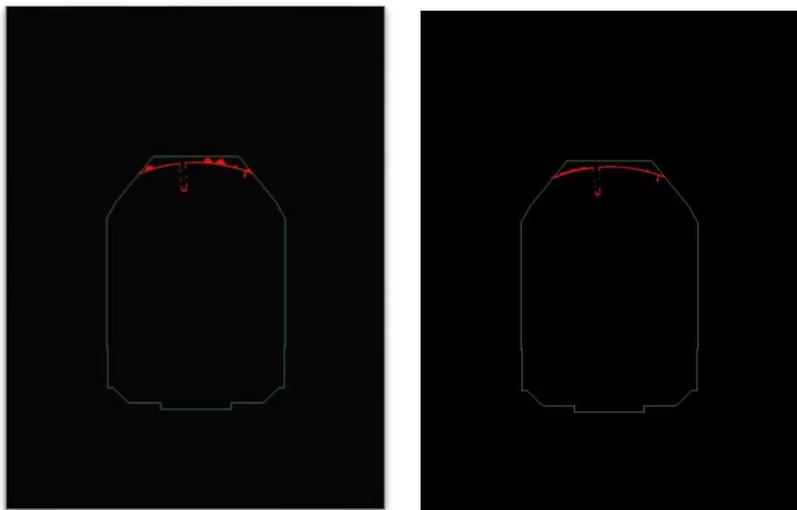
识别靶球球心坐标

侵界点云彩色显示



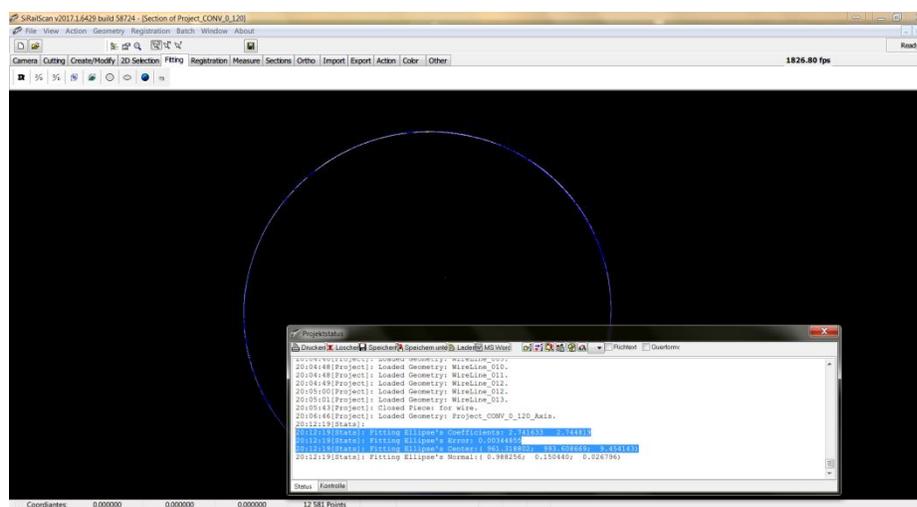
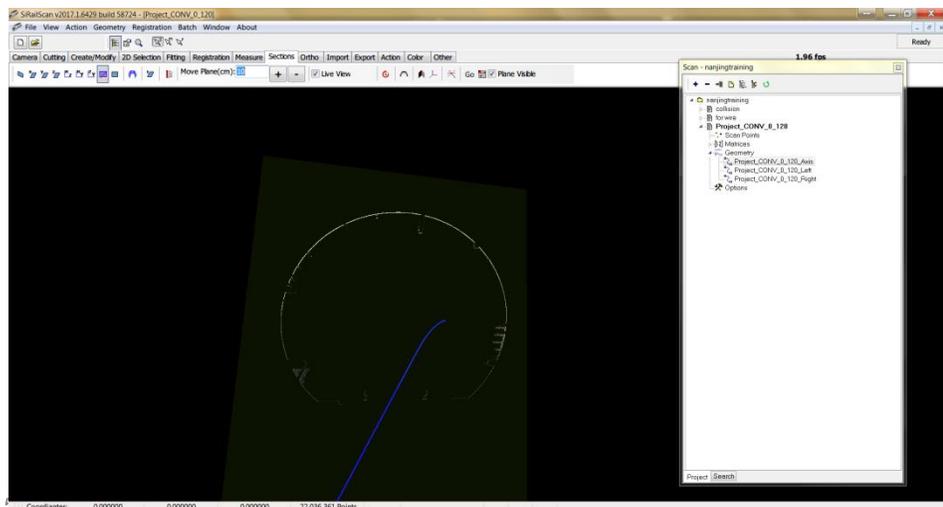
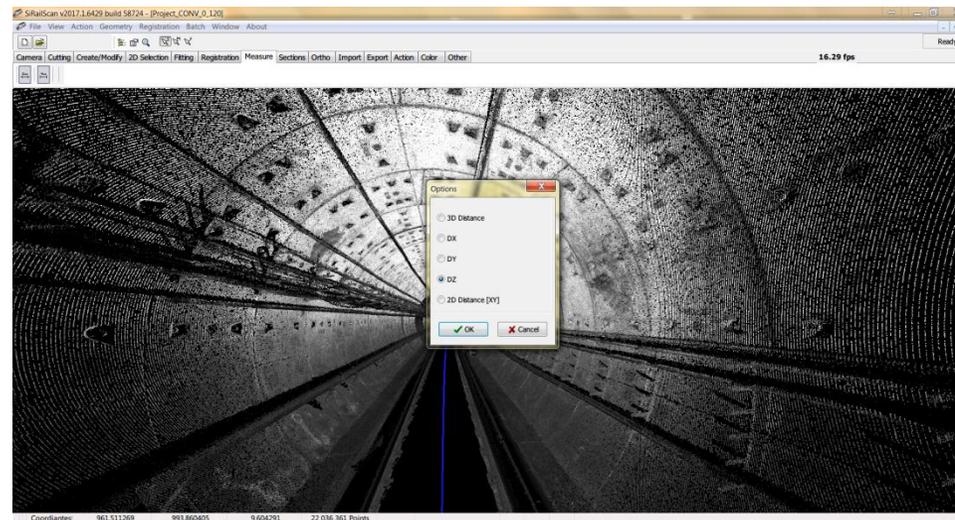
VI. 配套软件输出的成果

SiRail Suite软件



点云侵界

计算接触网导高差



自动间隔提取断面拟
合椭圆长半轴短半轴

★ 联合研发隧道结构形变与病害检测系统

软件研发合作协议

甲方：南京市测绘勘察研究院股份有限公司

乙方：徕卡测量系统贸易（北京）有限公司

南京市测绘勘察研究院股份有限公司（以下简称甲方）和徕卡测量系统贸易（北京）有限公司（以下简称乙方）双方本着促进技术进步，互惠互利，共同发展的原则，就共同研发基于点云的轨道交通结构形变及病害检测软件（以下简称检测软件，需要时双方可以开展更广泛的测量软件研发合作）达成以下协议：

一、工作目标及内容

第一条 双方共同成立研发小组，研发轨道交通结构形变及病害检测软件，软件功能在双方确认的《软件需求分析书》中明确。

第二条 检测软件分为结构形变检测及病害检测两大系统，计划分两期完成：一期完成形变检测全部功能及病害检测系统中正射影像灰度图的研究及开发工作；二期完成病害检测系统的研究及开发工作。

第三条 甲乙双方共同作为“轨道交通结构形变及病害检测软件”的著作权及相关专利所有人。双方关于该软件的具体权利义务，以本协议约定的知识产权条款为准。

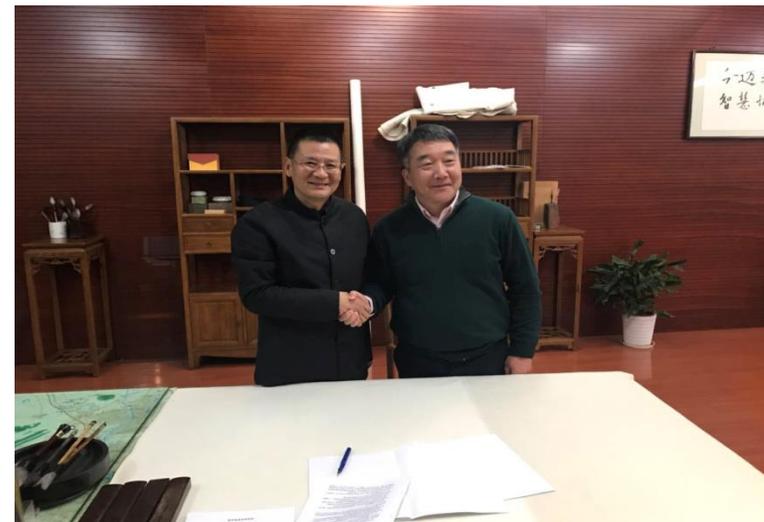
二、甲方权利和义务

第四条 甲方根据研发项目实际，及时提出检测软件研发具体指标、建议或整体解决方案的需求，有权对双方开发周期和进度提出具体要求。

第五条 甲方为乙方到地铁工程现场调研及现场测试提供工作的便利。

第六条 甲方组织 3~5 个具备相应研发能力的人员参与到乙方的软件研发

工作中，必要时甲方应承担相应差旅费用。



七、其它

第二十条 未尽事宜双方友好协商解决。

第二十一条 本协议一式四份，甲乙双方各执两份。

甲方：南京市测绘勘察研究院股份有限

乙方：徕卡测量系统贸易(北京)有限公司

公司

法人代表

或授权委托人签字：

日期：

法人代表

或授权委托人签字：

日期：

★ 联合研发隧道结构形变与病害检测系统



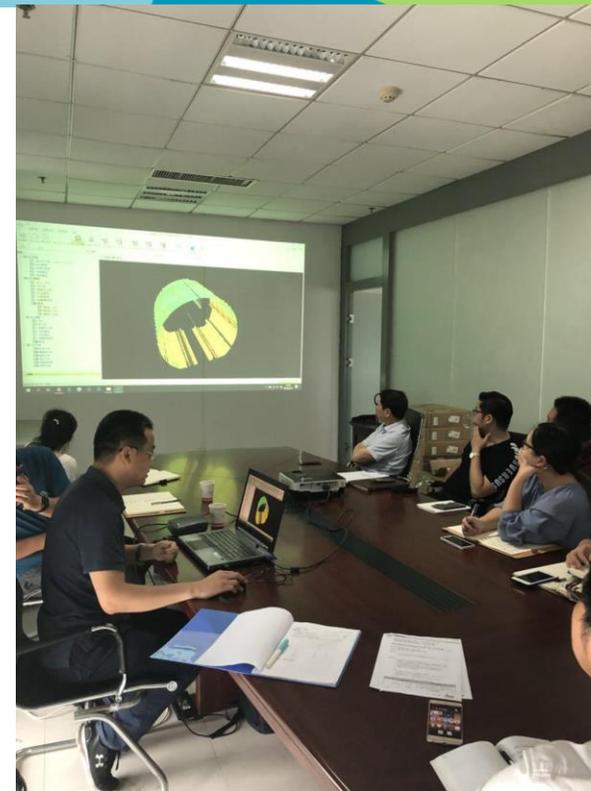
完成需求说明书

项目组与地铁业主、徕卡研发中心共同研讨确定需求



完成第一阶段

项目组前往徕卡研发中心参观学习及阶段成果展示



完成第二阶段

阶段成果展示与讨论

★★ 系统功能



测量数据

项目管理、点云数据的导入导出、已知结构线等数据生成与导入导出



结构分析

根据点云数据及辅助线，提取轨道中线、结构中线、断面、接触网导高，并导出dxf等格式文件



形变分析

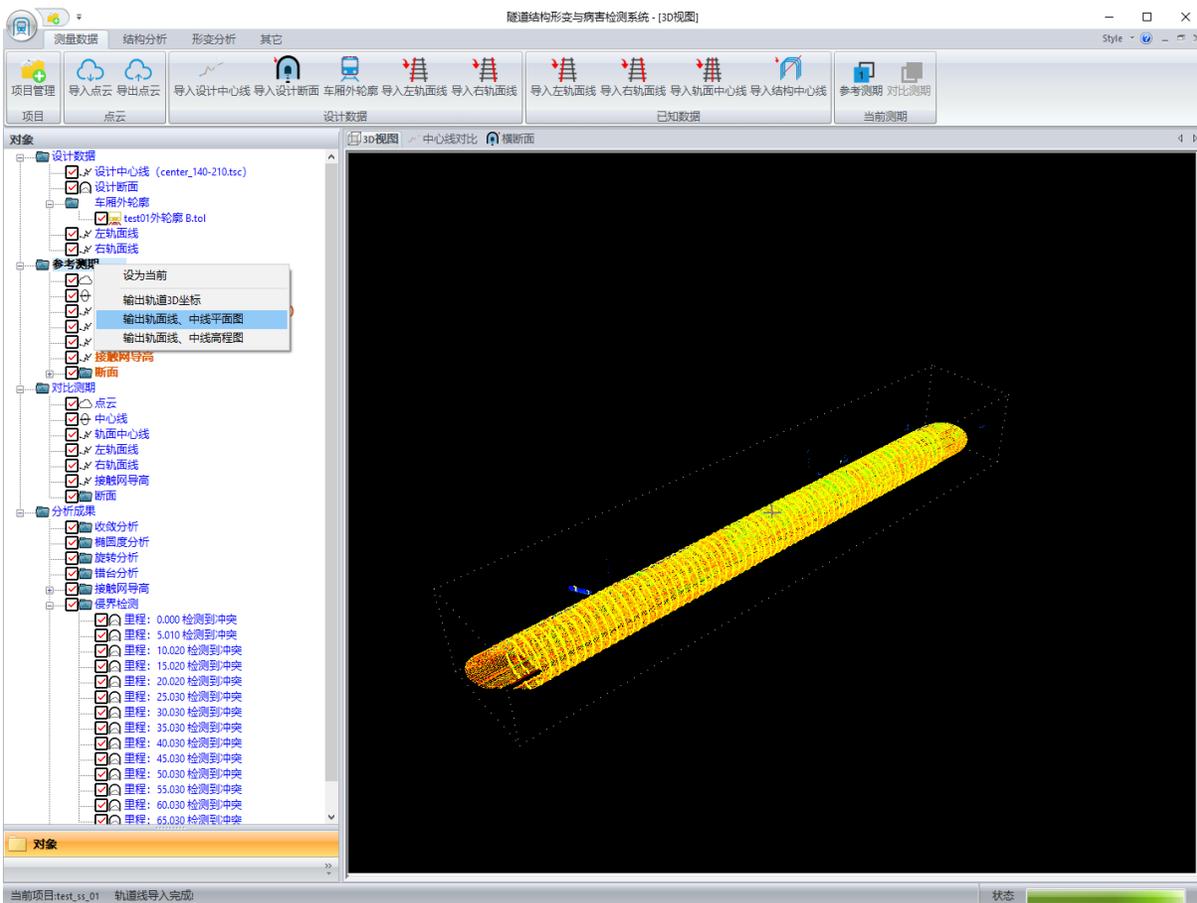
自动批量完成隧道收敛、椭圆度、旋转度、错台、导高、中心线等数据结果与对比分析，完成侵界监测，所有成果导出报表。自动完成点云的里程配付



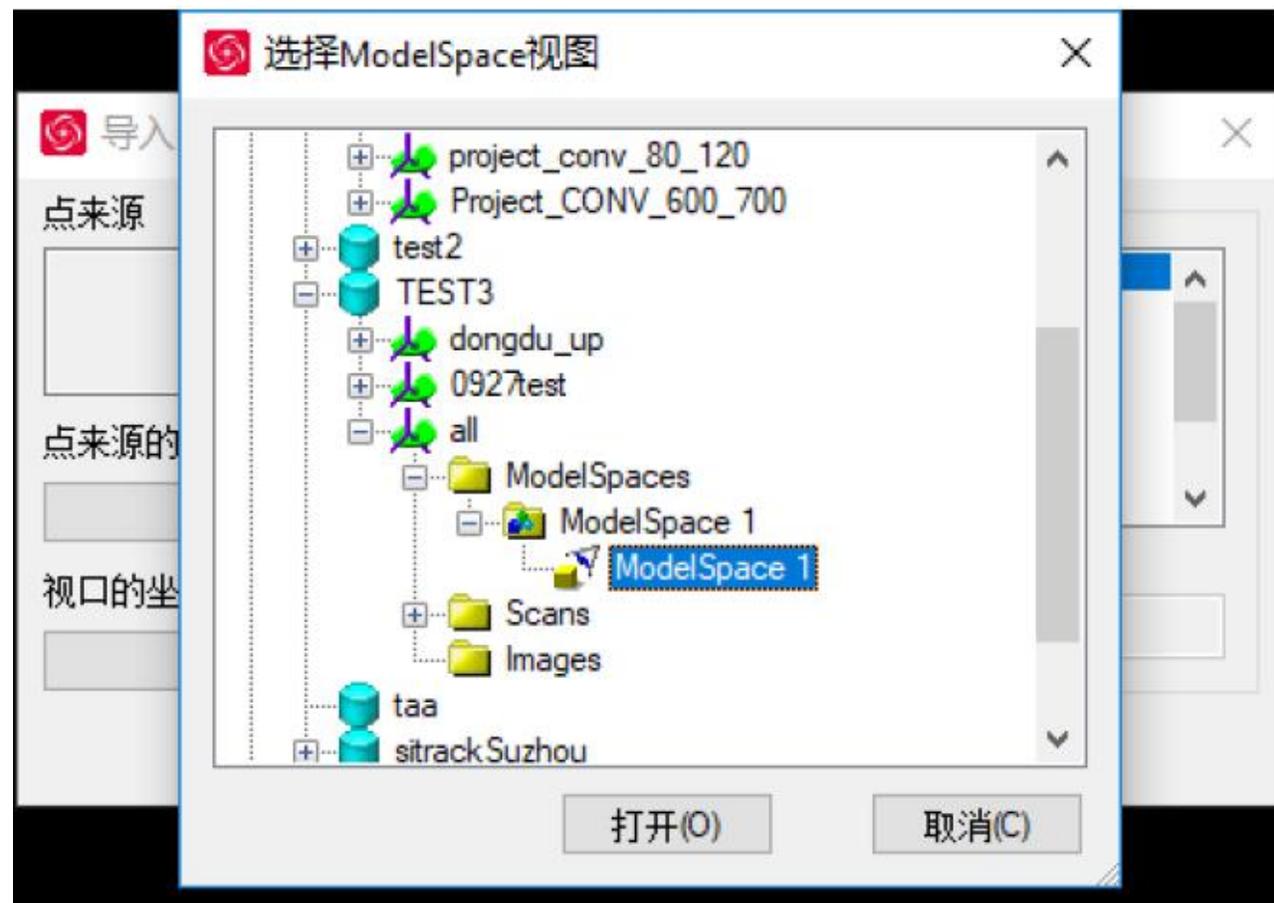
病害检测

基于点云生成隧道正射影像图，并自动图像识别出裂缝、渗水、错台等病害

隧道结构形变与病害检测系统



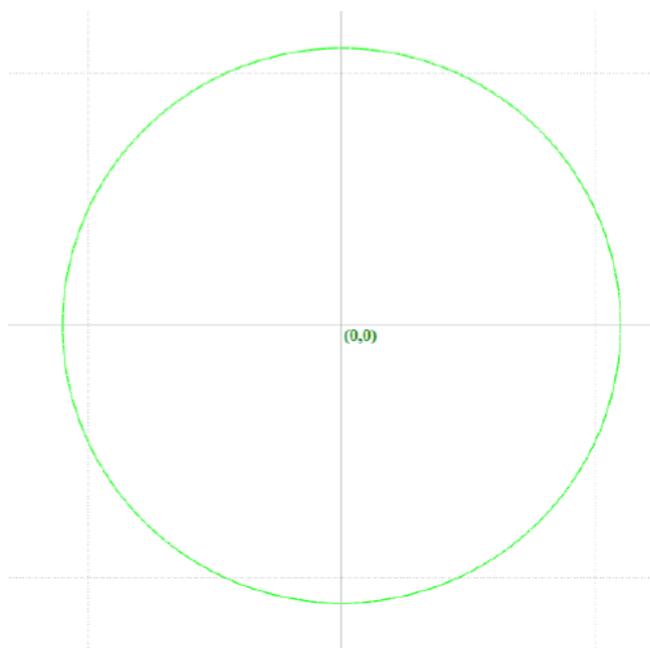
主界面



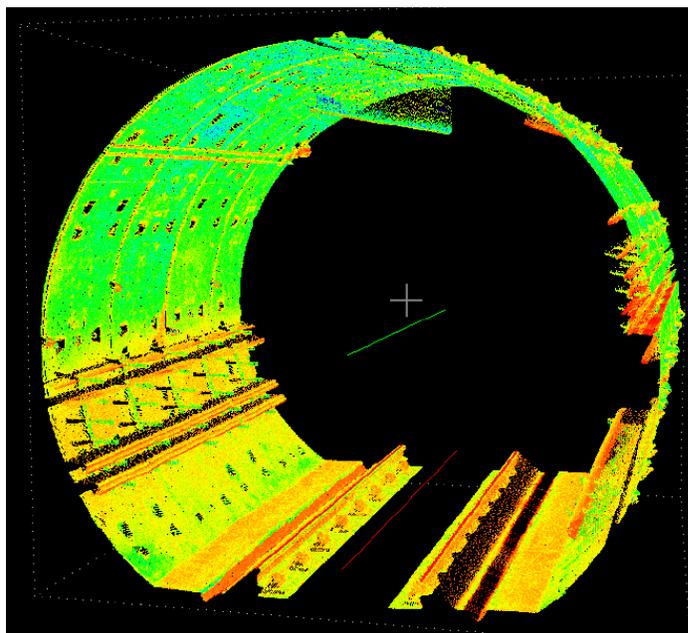
导入点云

隧道结构形变与病害检测系统

以树结构形式，展示所有导入的数据。
并按照设计数据、参考测期、对比测期、分析成果分类展示。



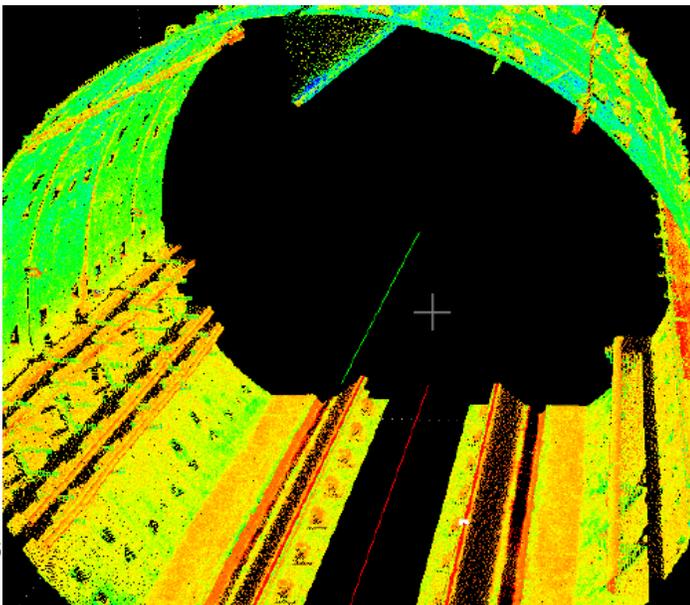
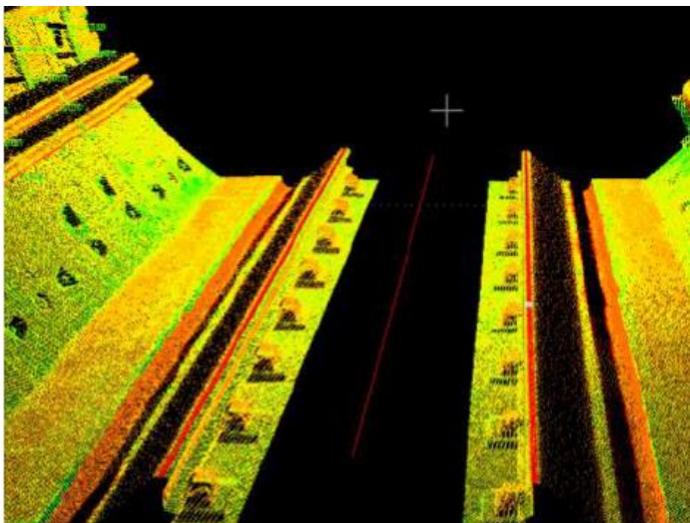
- 设计数据
 - 设计中心线 (test_all.tsc)
 - 设计断面 (test01.dtf)
 - 车厢外轮廓
 - test01外轮廓.tol
 - test01外轮廓 B.tol
 - test01外轮廓 C.tol
 - 左轨面线



- 参考测期
 - 点云 (all)
 - 中心线
 - 轨面中心线
 - 左轨面线
 - 右轨面线
 - 接触网导高
 - 断面
- 对比测期
 - 设为当前
 - 中心线
 - 轨面中心线
 - 左轨面线
 - 右轨面线
 - 接触网导高
 - 断面
- 分析成果

隧道结构形变与病害检测系统

结构分析



切断面设置

设置

间隔(米): 厚度(米):

起始里程(米): 结束里程(米):

里程

1.000000
2.000000
3.000000

参考测期

- 点云 (all)
- 中心线
- 轨面中心线
- 左轨面线
- 右轨面线
- 接触网导高
- 断面
 - 断面_1.000
 - 断面_2.000
 - 断面_3.000

接触网导高提取设置

提取间隔(米):

自动提取轨面线、轨面中心线、结构中心线，批量切断面、批量提取接触网导高

隧道结构形变与病害检测系统

收敛分析

收敛分析

对比分组

设计断面与参考断面 设计断面与对比断面 参考断面与对比断面

设计断面

test_all.tsc

参考断面

断面

断面_1.000
 断面_2.000
 断面_3.000

对比断面

断面

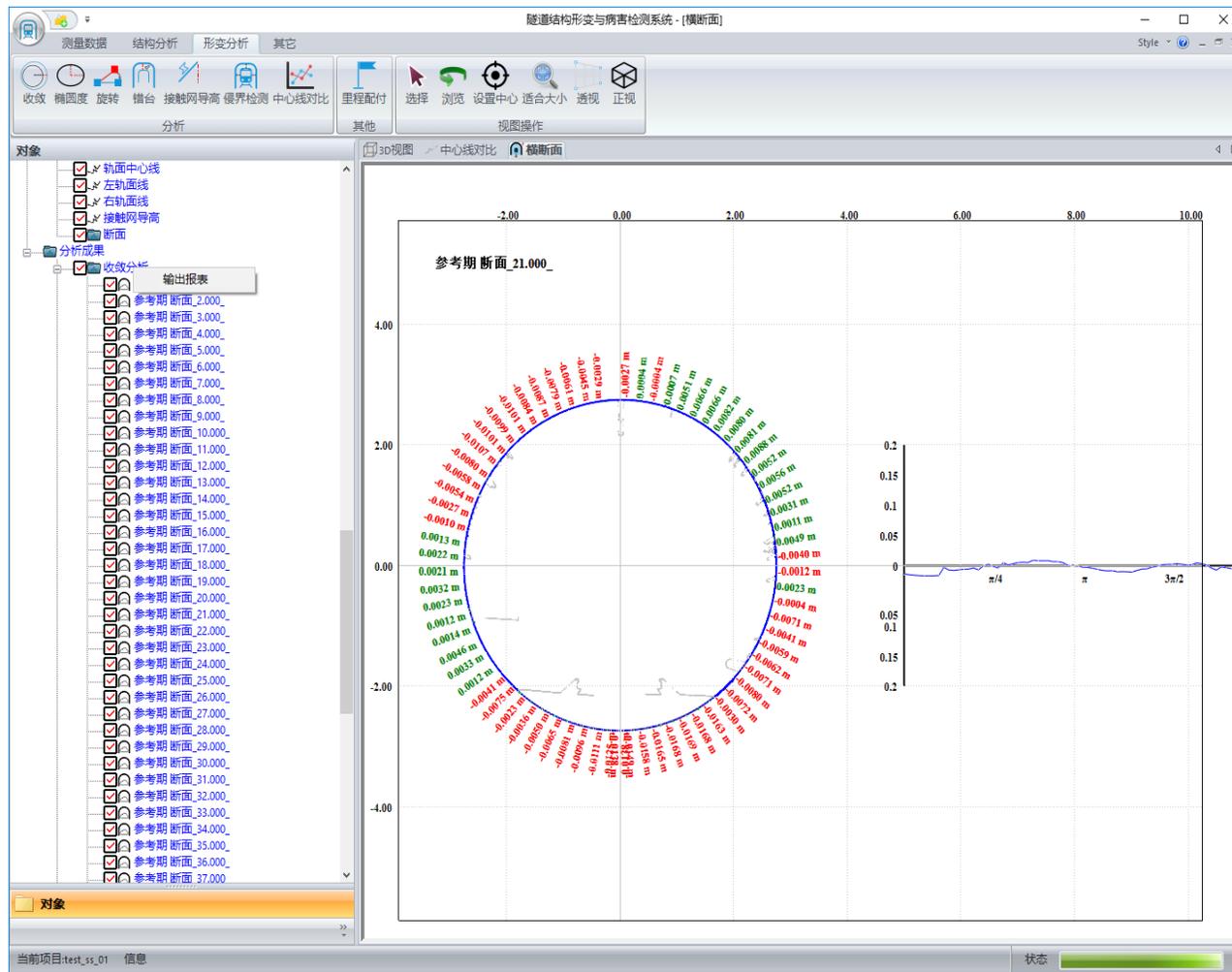
无数据!

参数

扇形点数: 中心校正: 忽略 包含

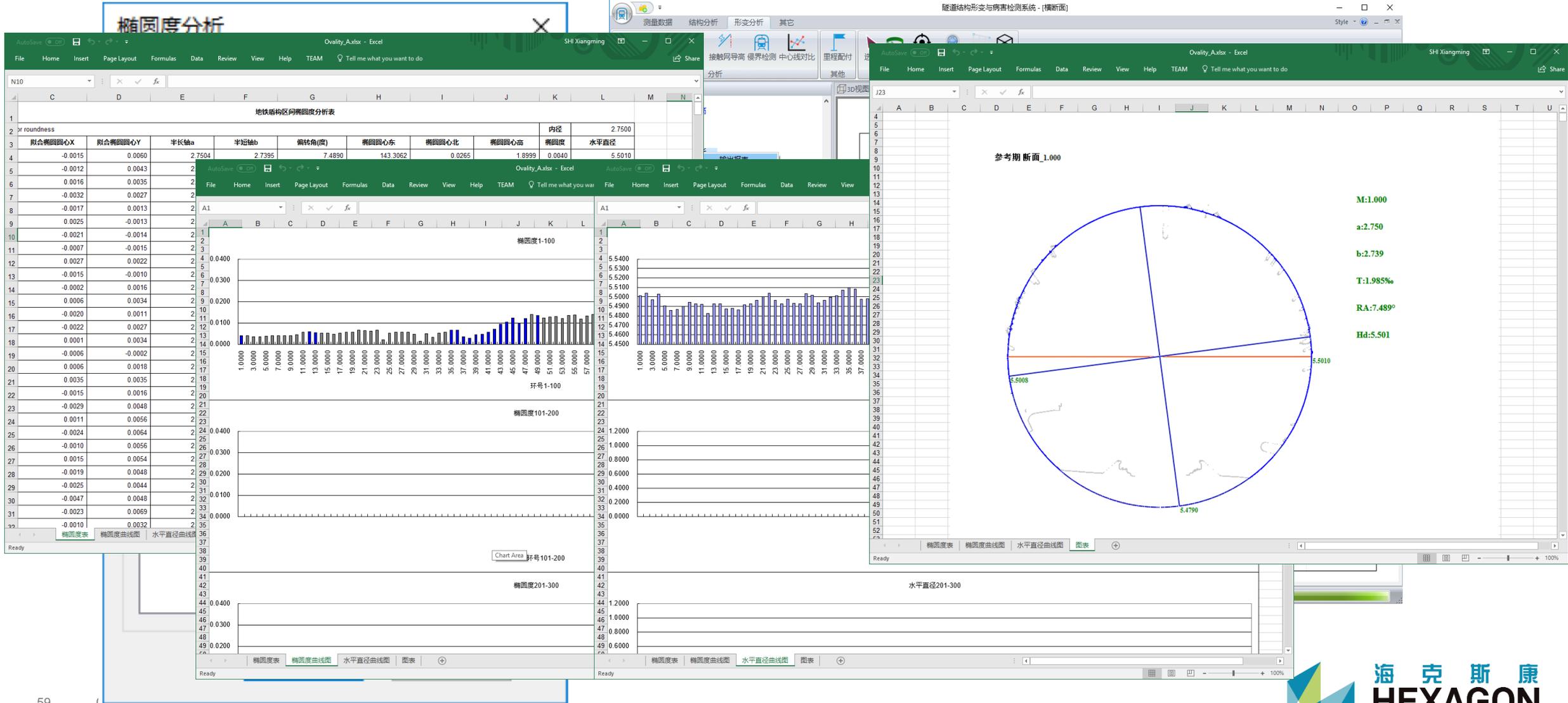
取点方法:

中心偏移: (隧道中心相对设计轴线的偏移)



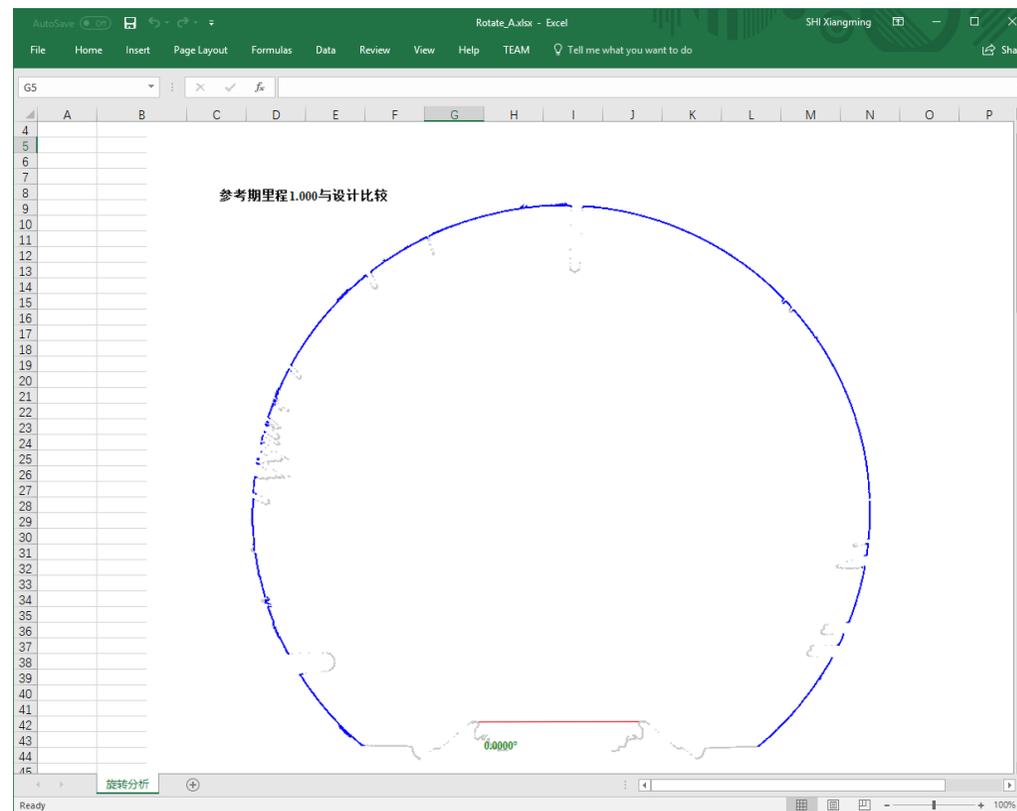
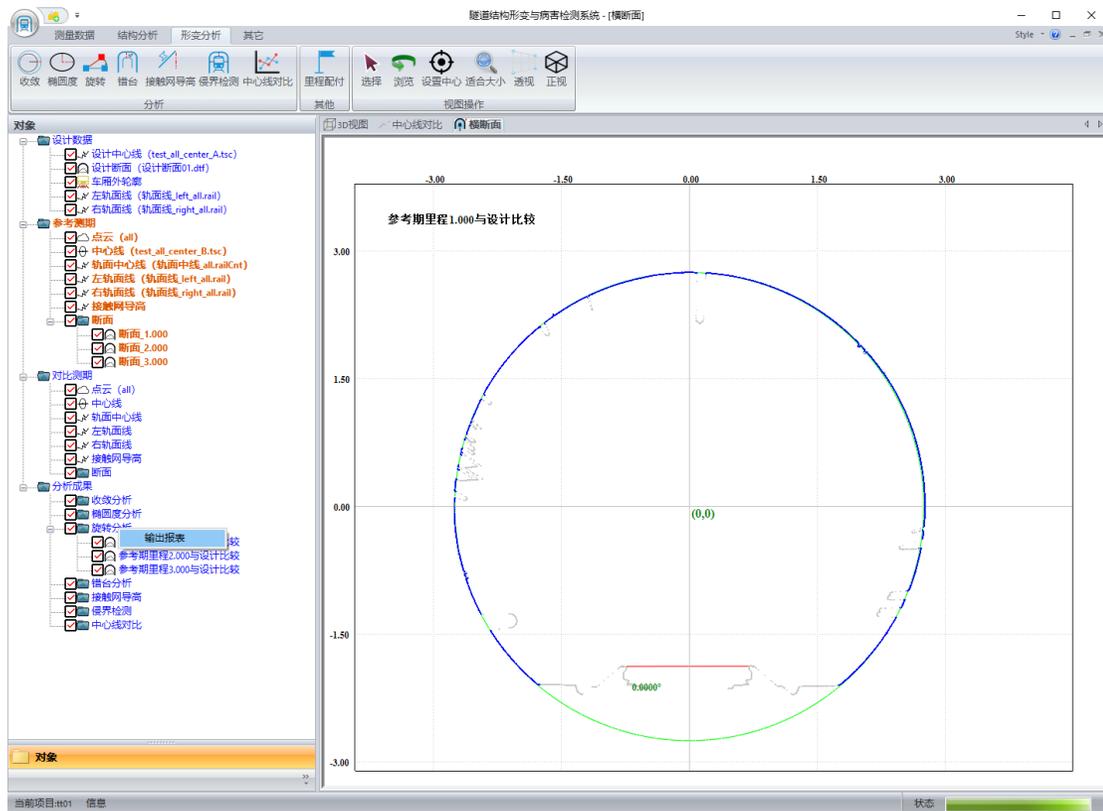
隧道结构形变与病害检测系统

椭圆度分析



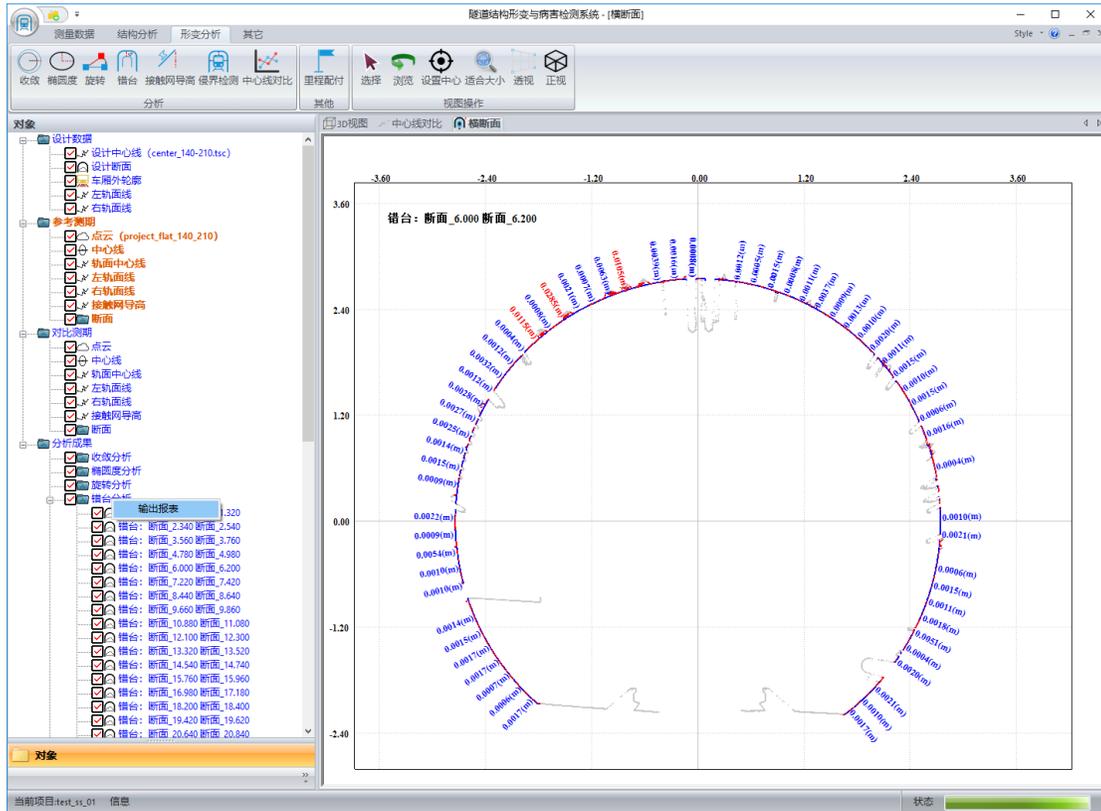
隧道结构形变与病害检测系统

旋转度分析



隧道结构形变与病害检测系统

错台分析



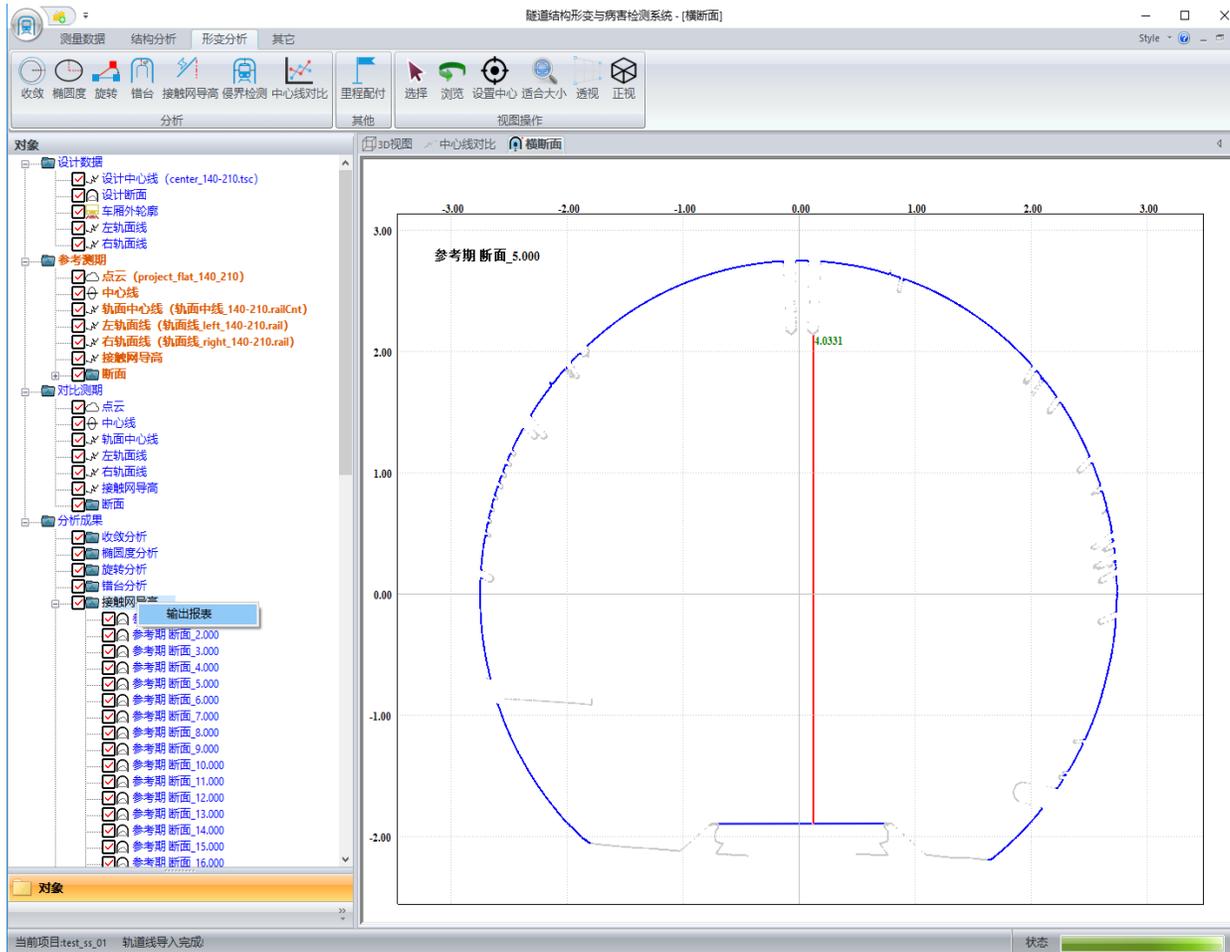
Conver_B.xlsx - Excel

地铁盾构区间错台分析表

错台判断参数		内径 (m)	2.75	限值 (mm)	0.01	两点间最大间距 (mm)	0.0378	错台总数量 (处)		54				
环号	断面点里程		1		2		3		4					
	换片左侧	换片右侧	起止角度 (°)	错台弧长 (m)	平均错台量 (mm)	起止角度 (°)	错台弧长 (m)	平均错台量 (mm)	起止角度 (°)	错台弧长 (m)	平均错台量 (mm)			
6	11 12	1.12	1.32	84.0°84.0	0	11.4024	92.0°92.0	0	16.0806					
7	21 3	2.34	2.54				204.0°220.	0.8	27.9696					
8	31 4	3.56	3.76			172.0°172.	0	12.774						
9	41 5	4.78	4.98				236.0°236.	0	18.1568					
10	51 6	6	6.2				196.0°220.	1.2	50.5031					
11	61 7	7.22	7.42	84.0°84.0	0	29.8309	108.0°152.	2.1	40.6789	312.0°312.	0	10.502		
12	71 8	8.44	8.64				196.0°256.	2.9	40.4503					
13	81 9	9.66	9.86											
14	91 10	10.88	11.08											
15	101 11	12.1	12.3			152.0°152.	0	13.2189	236.0°248.	0.6	31.9848			
16	111 12	13.32	13.52							292.0°304.	0.6	22.4653		
17	121 13	14.54	14.74	84.0°84.0	0	11.525			260.0°260.	0	10.2057			
18	131 14	15.76	15.96			148.0°148.	0	19.576						
19	141 15	16.98	17.18			104.0°104.	0	12.0497						
20	151 16	18.2	18.4			152.0°152.	0	12.3957	220.0°264.	2.1	48.1539			
21	161 17	19.42	19.62			132.0°132.	0	15.2143						
22	171 18	20.64	20.84						192.0°216.	1.2	77.0463			
23	181 19	21.86	22.06						260.0°260.	0	19.2225			
24	191 20	23.08	23.28											
25	201 21	24.3	24.5			152.0°152.	0	14.9738	224.0°224.	0	18.5304			
26	211 22	25.52	25.72			112.0°136.	1.2	21.8399	264.0°264.	0	21.8743			
27	221 23	26.74	26.94			152.0°152.	0	12.7501	220.0°220.	0	20.3299			
28	231 24	27.96	28.16						236.0°236.	0	16.5395			
29	241 25	29.18	29.38											
30	251 26	30.4	30.6						192.0°232.	1.9	37.4114			
31	261 27	31.62	31.82	84.0°84.0	0	16.4537			196.0°208.	0.6	37.9288			
32	271 28	32.84	33.04	72.0°72.0	0	13.6275	116.0°136.	1	28.1824	232.0°256.	1.2	31.6144		
33	281 29	34.06	34.26			168.0°168.	0	12.097	220.0°264.	2.1	43.1816			
34	291 30	35.28	35.48			112.0°112.	0	13.4703						
35	301 31	36.5	36.7						236.0°236.	0	15.2859			
36	311 32	37.72	37.92	84.0°84.0	0	14.9472								
37	321 33	38.94	39.14			120.0°172.	2.5	109.6311	188.0°188.	0	14.1194	312.0°312.	0	10.1007
38	331 34	40.16	40.36			128.0°128.	0	10.4657	256.0°256.	0	17.3602			
39	341 35	41.38	41.58											

隧道结构形变与病害检测系统

接触网导高



LeadHeight_A.xlsx - Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Help TEAM Tell me what you want to do

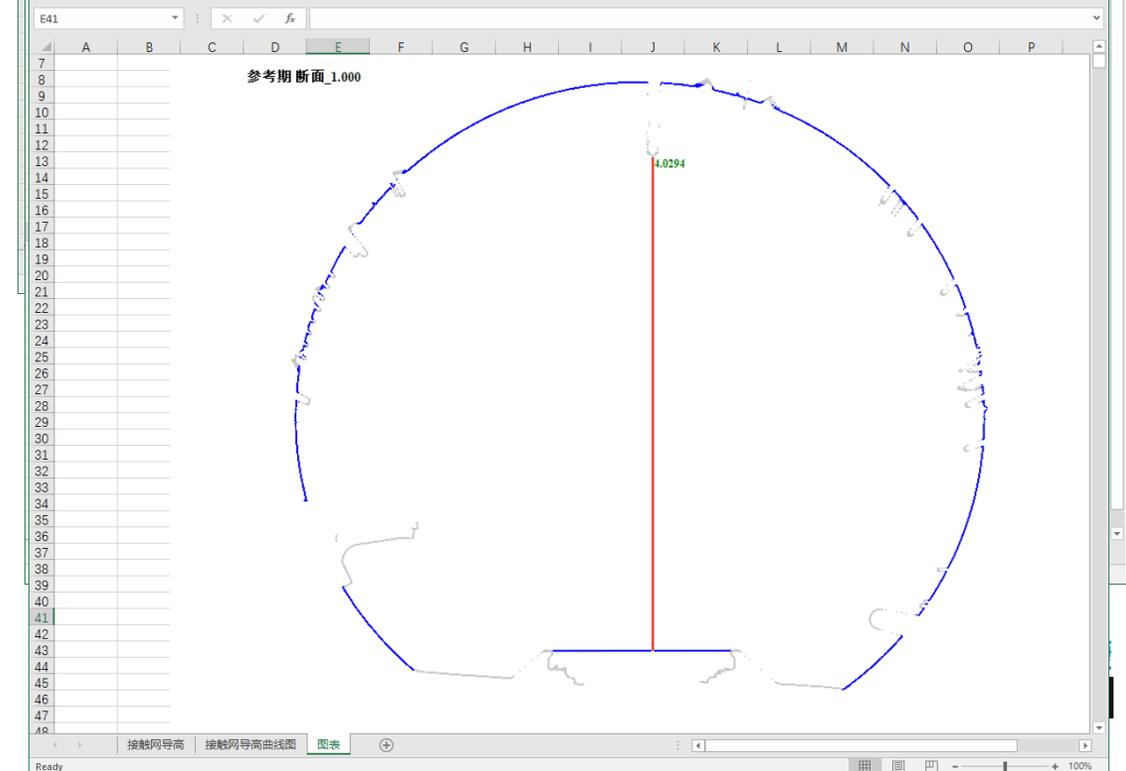
接触网导高分析表

里程	接触网导高
1.0000	4.0294
2.0000	4.0289
3.0000	4.0294
4.0000	4.0310
5.0000	4.0331
6.0000	4.0297

LeadHeight_A.xlsx - Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Help TEAM Tell me what you want to do

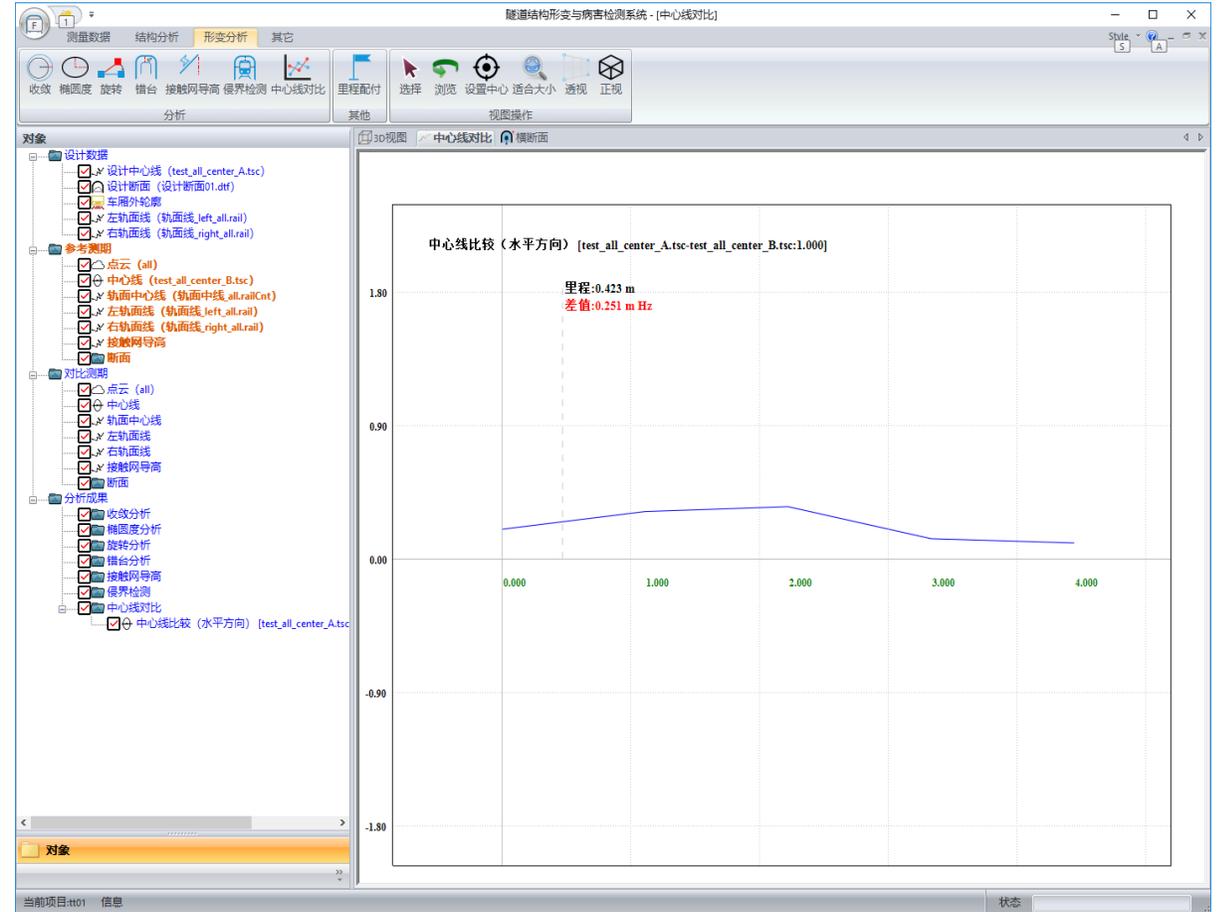
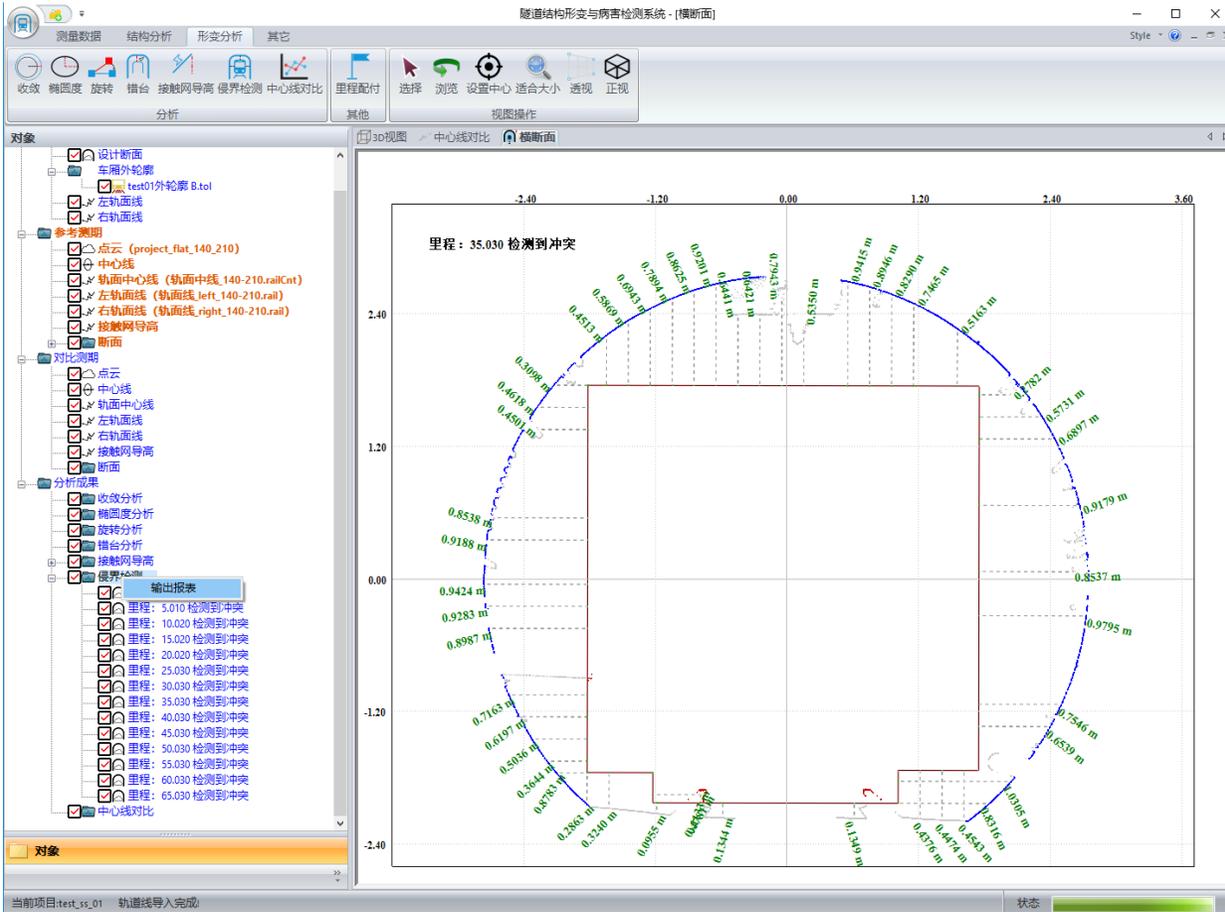
里程	接触网导高
1.0000	4.0294
2.0000	4.0289
3.0000	4.0294
4.0000	4.0310
5.0000	4.0331
6.0000	4.0297



隧道结构形变与病害检测系统

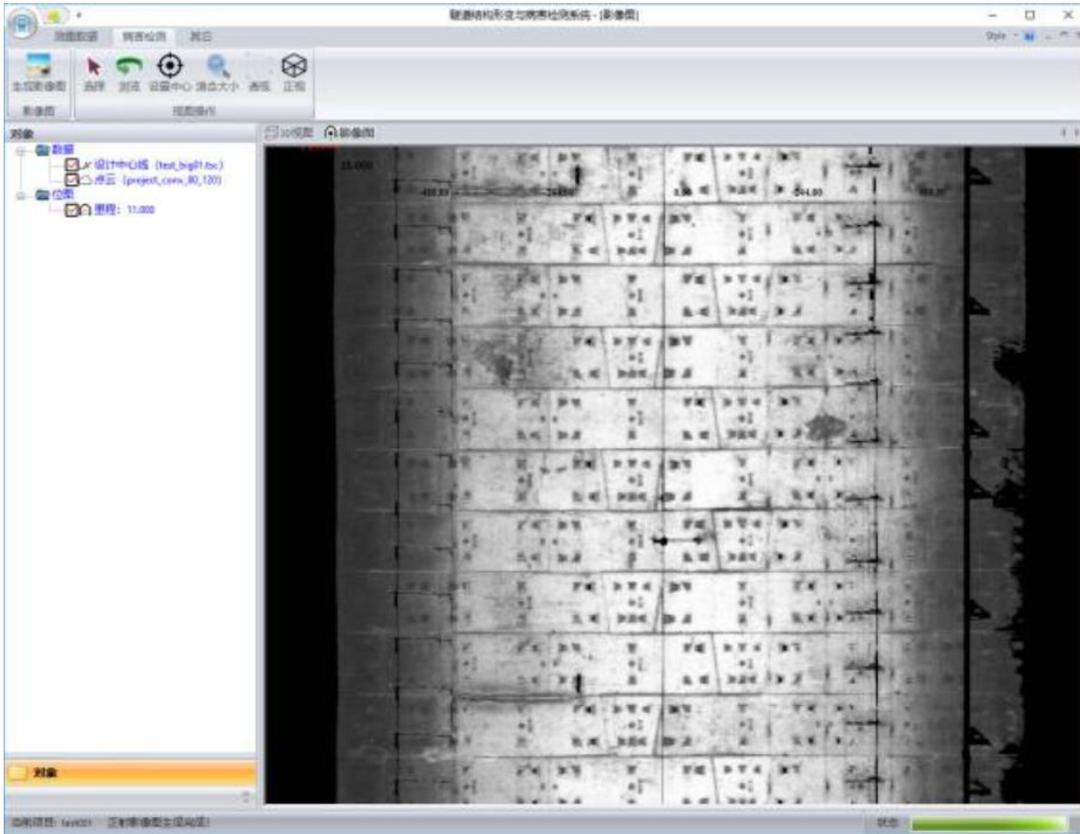
侵界检测

中心线对比分析

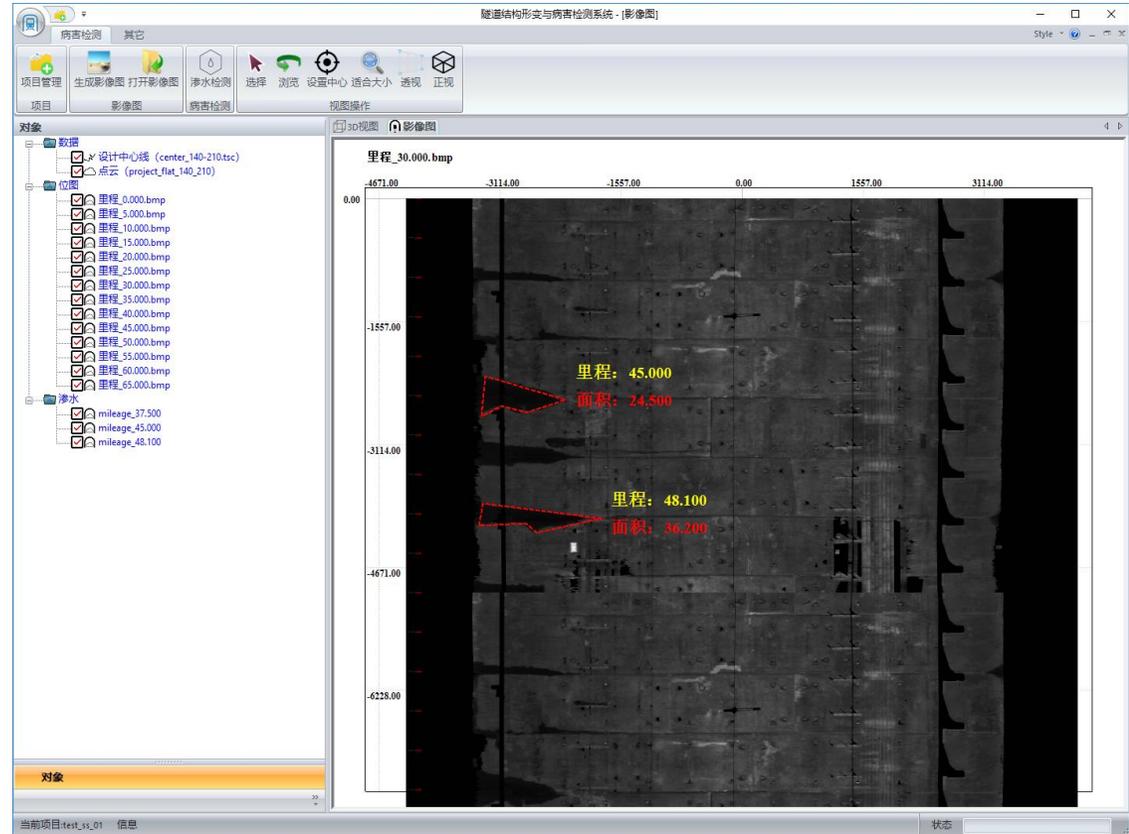


隧道结构形变与病害检测系统

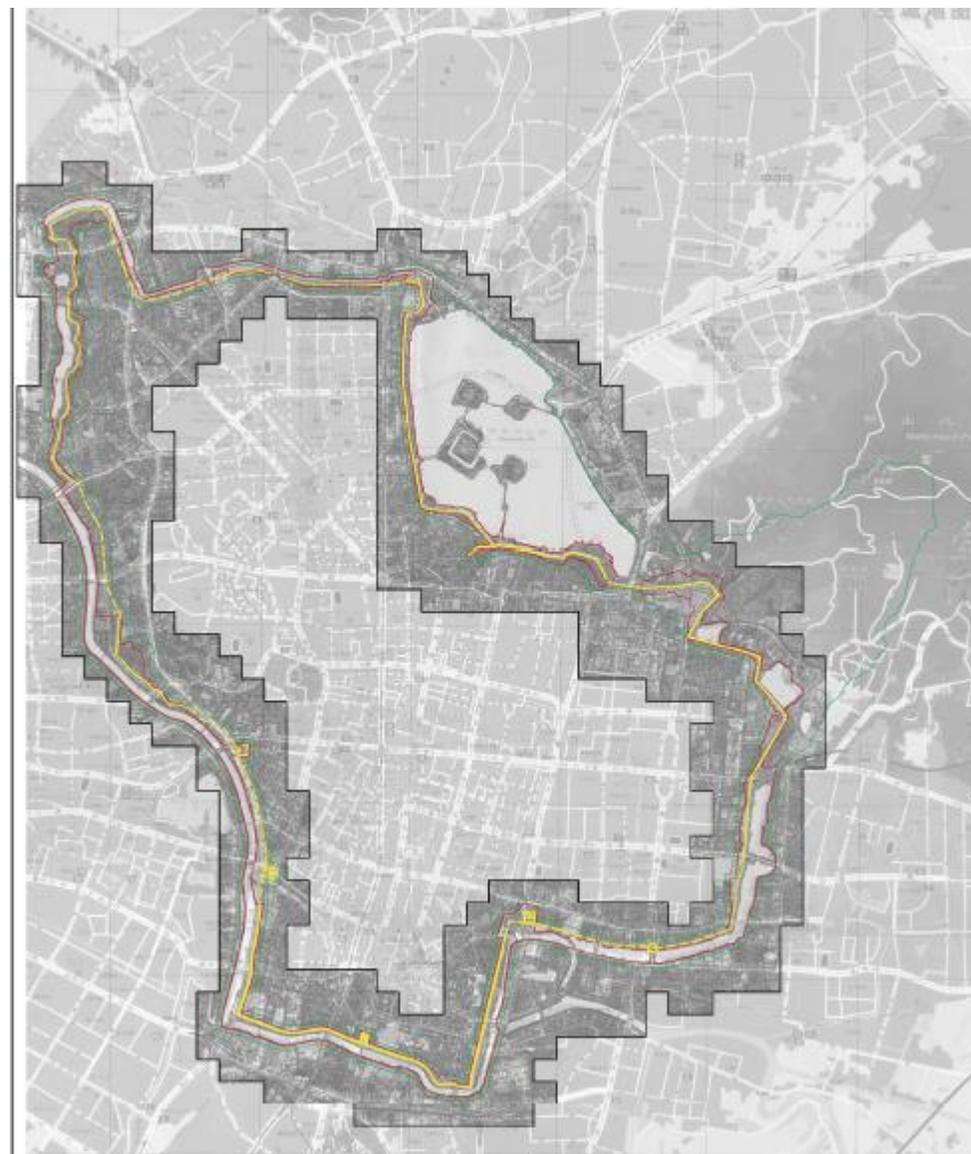
生成影正射影象图



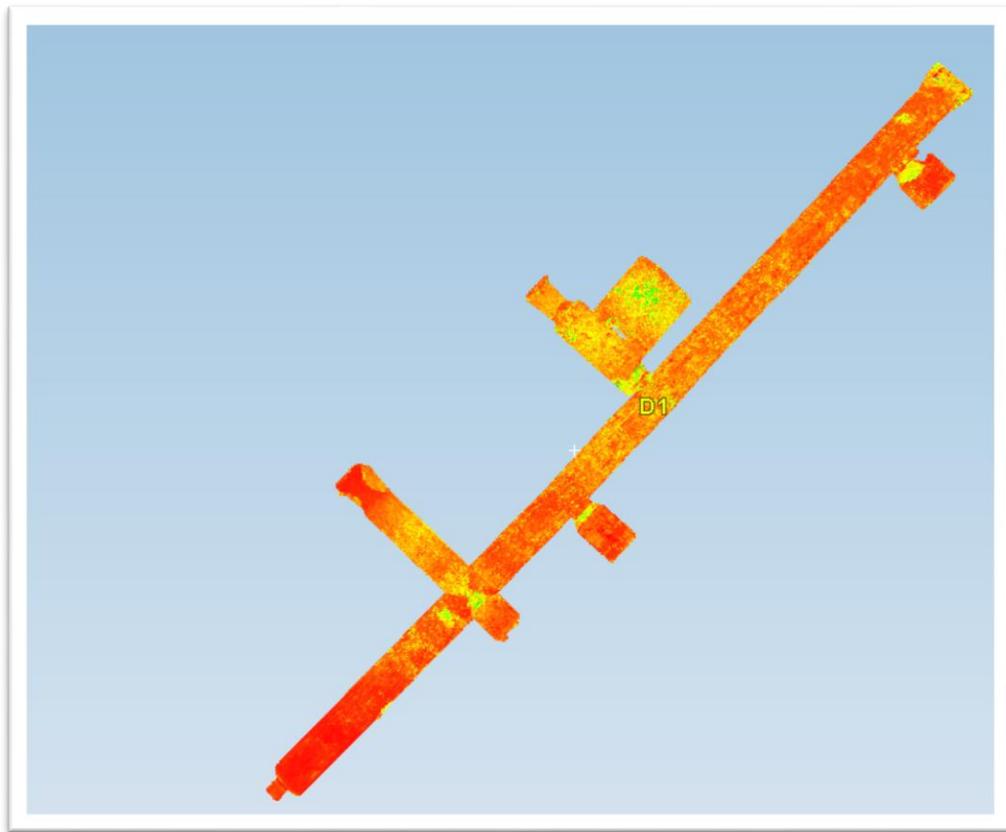
病害检测



★ P40扫描仪用于人防工事扫描与建模



★ P40扫描仪用于人防工事扫描与建模



基础点云

1

采用P40四挡进行全景扫描，
扫描精度：6.3mm@10m

2

平均20m架设一站
标靶的获取精度：2mm@50m

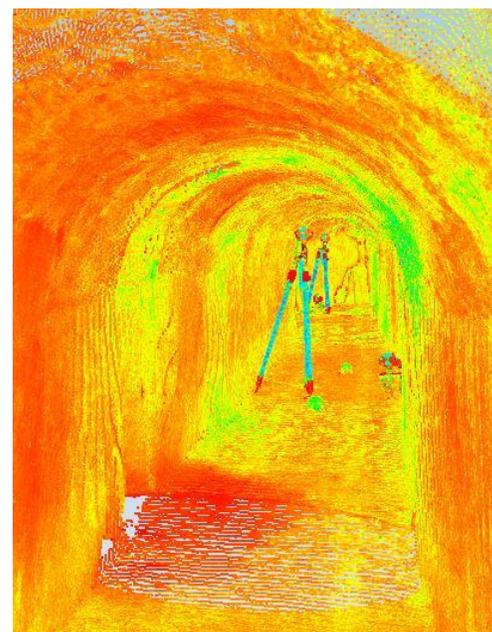
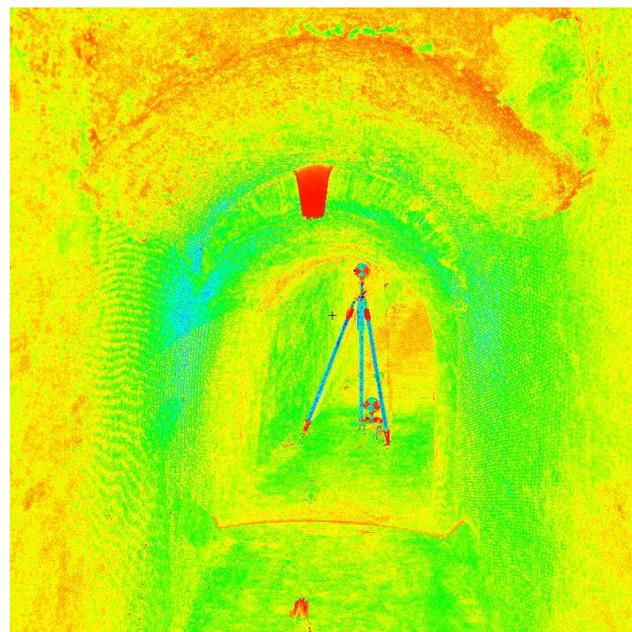
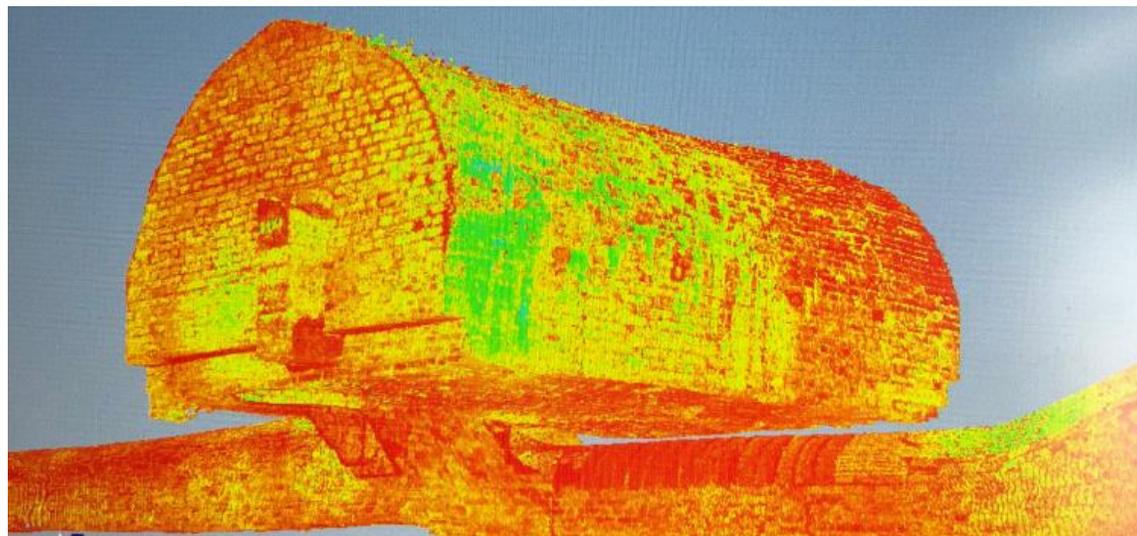
3

约计20km的人防工事点云数据

★ 点云拼接



标靶控制点

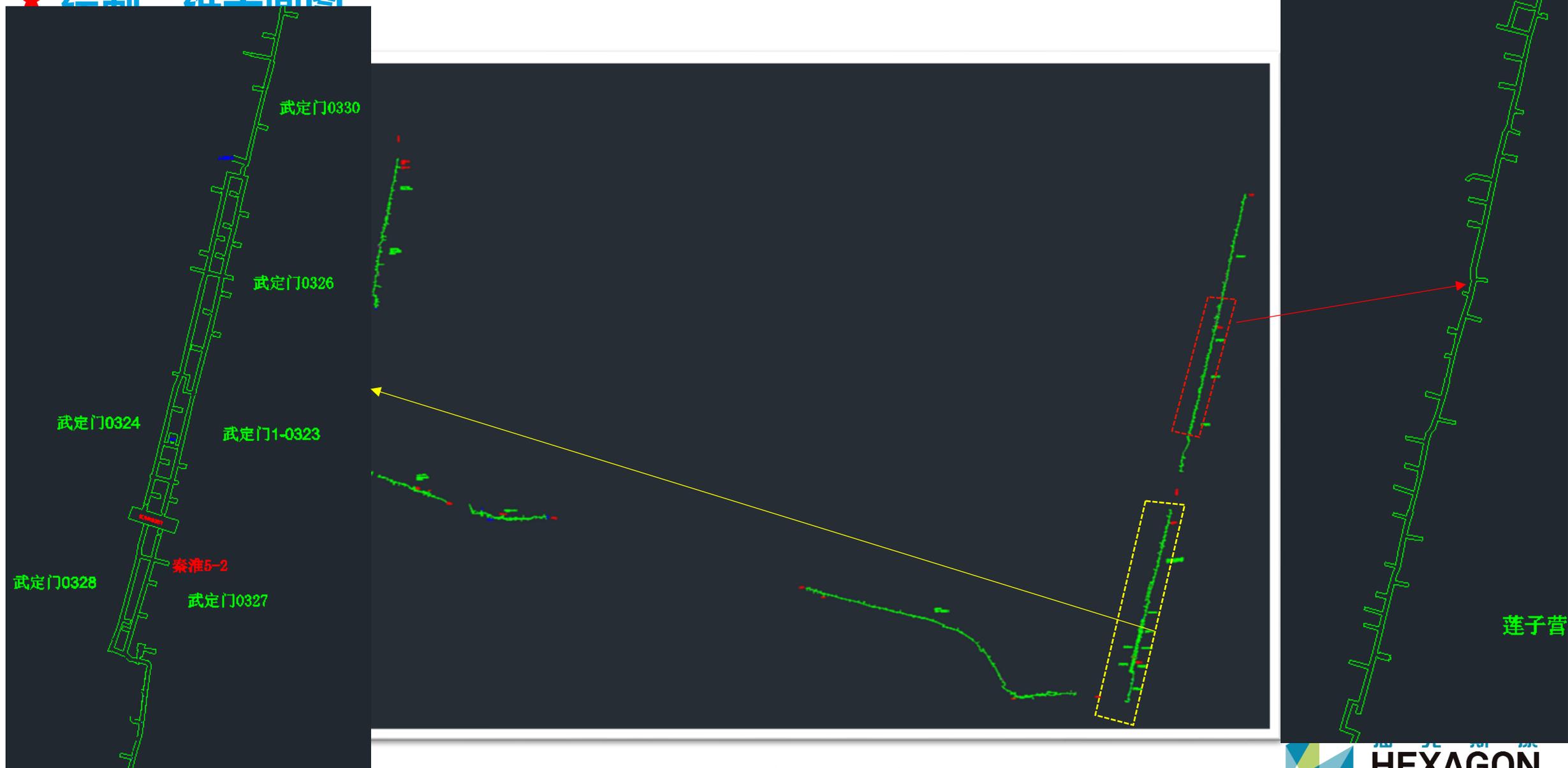


点云扫描的标靶



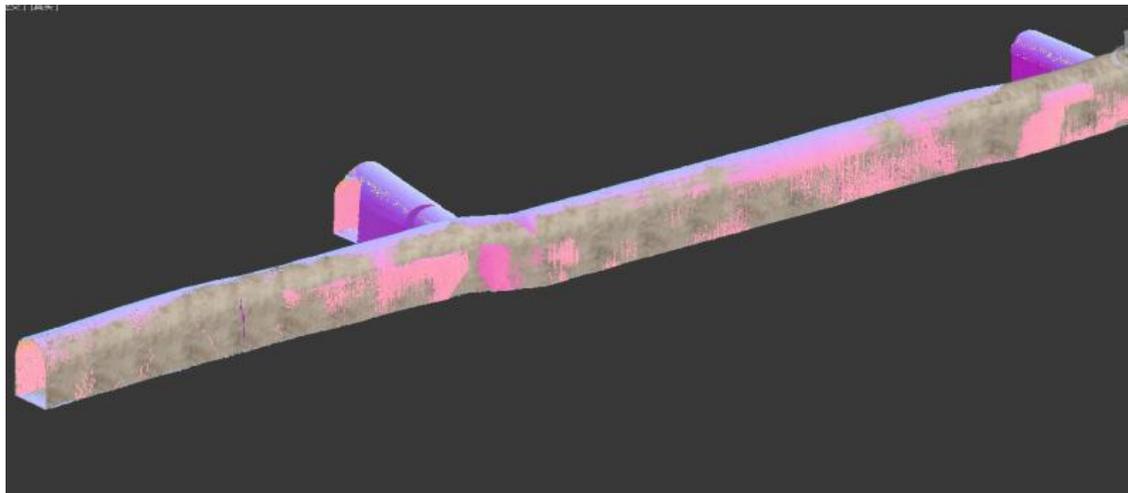
导线控制点

★ 绘制一维平面图

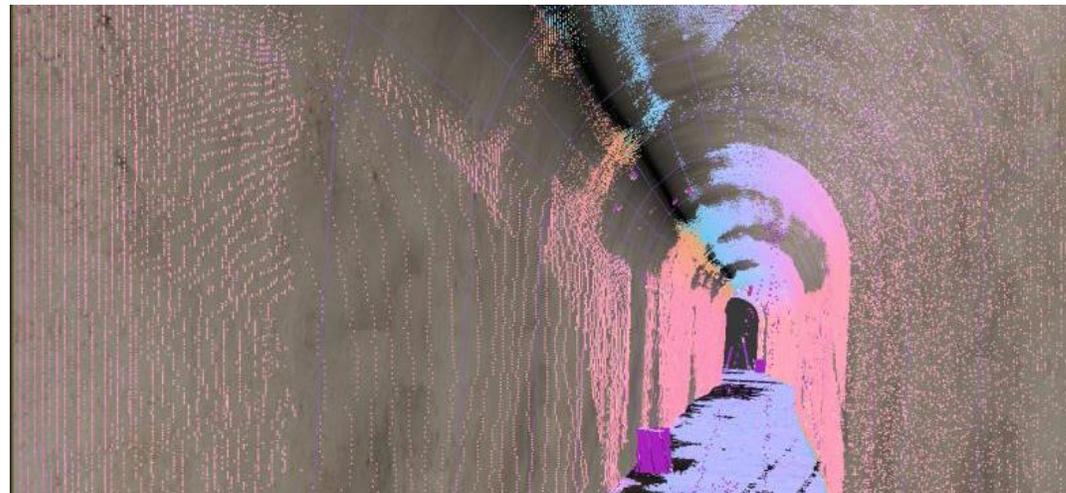


秦淮区人防工事平面图

★建立三维模型

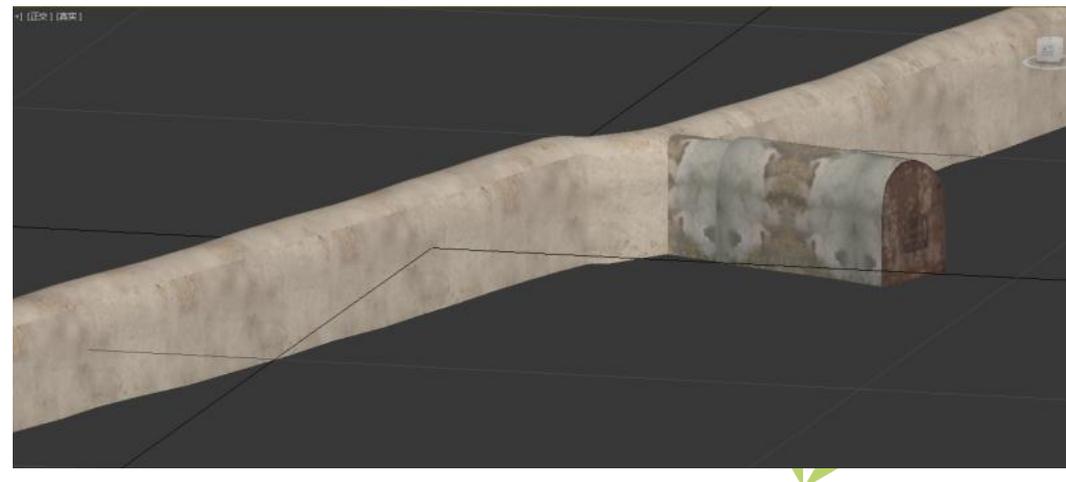


外部建模



内部建模

LOD2精细模型：大于0.5m（含）以内的特征均要表现



★建立三维模型



耳室内部



耳室外部



主道

服务愿景



谢 谢

Thank you for your attention!

徕卡测量系统贸易（北京）有限公司

南京瑞祺测绘技术有限公司

海克斯康大会组委会及参加会议的同行们

南京市测绘勘察研究院股份有限公司

Add.南京市建邺区创意路88号

Tel: 025-84780661

Fax: 025-84702416

<http://www.njcky.com>