道路隧道与地下空间
安全探测装备与技术

中国矿业大学（北京）国家实验室
河南森鑫智能科技有限公司

国家重点实验室：煤炭资源与安全开采实验室，应急管理部重点实验室;城市道路与地下空间安全检测与评价实验室重大成果转化，国家自然基金、国家重大仪器、国家重点研究计划等项目成果转化。

畅通地铁 安全行驶

目录

01 公司简介

02 团队介绍

03 产品介绍

04 成功案例



公司简介

Part 01

COMPANY PROFILE

公司介绍

河南森鑫智能科技有限公司是一家立足于交通行业，开发城市道路与地下空间安全探测装备和技术，开展隧道、路面和地下空间探测的科技服务型公司，致力于成为交通安全守护者。业务涉及公路、地铁和铁路隧道综合检测系统定制与开发、隧道病害智能检测服务、交通工程智能检测仪器研发、公路养护设计与工程、病害治理与工程及咨询等。

公司研发的检测车广泛应用在公路、铁路、地铁等交通检测项目中，检测方式高效、实用，检测数据的客观性、全面性、真实性、追溯性都得到了保证，切实解决了检测公司实际工作中的诸多痛点。

技术支持单位：院士团队、国家重点实验室、 应急管理部重点实验室。





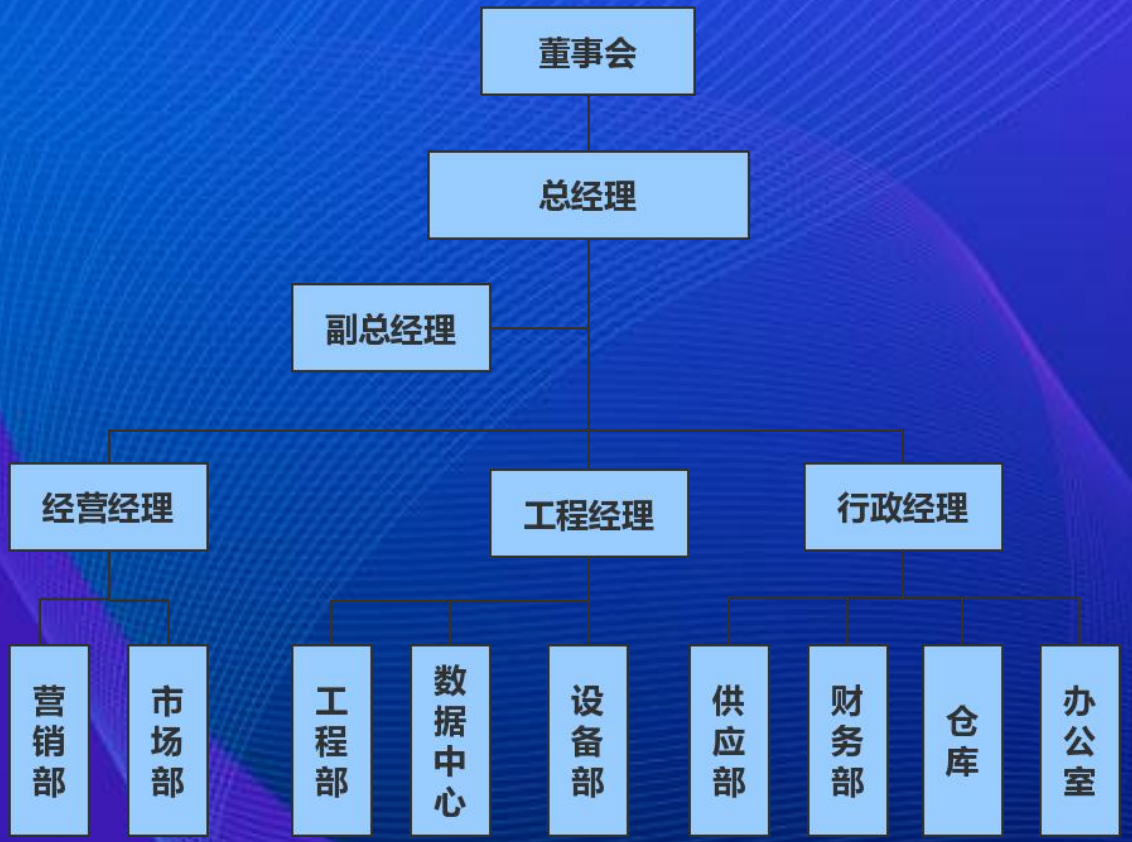


Part 02

团队介绍

TEAM INTRODUCTION

公司组织架构



技术团队



彭苏萍
中国工程院院士

中国矿业大学　教授
博士生导师

彭苏萍院士长期从事矿井地质和矿井工程物探的教学与科研工作，注重矿井地质中物探技术研究，以及煤矿精细地质构造、灾害源探测技术与装备研究和工程应用。

1985-1988，中国矿业大学北京研究生部，获得博士学位
1996 -至今 中国矿业大学教授
1997-至今，煤炭工业部煤炭普通高校跨世纪学术带头人。
1997-至今，人事部等七部委百千万人才工程第一层次培养计划 。
2006-至今，“国家653工程”煤炭地质与测绘领域首席专家。
2007年12月29日，当选为中国工程院院士，隶属于能源与矿业工程学部。
2011-至今，受聘为萍乡高等专科学校（现萍乡学院）名誉校长 。
2017年，担任“十三五”国家重点研发计划项目负责人 。
2022年7月，当选为国际古地理学会副理事长。



吕超
教育部“长江学者”

北京化工大学 教授
郑州大学　　教授
博士生导师

主要研究领域包括复合材料及早期老化荧光诊断。期刊发表论文100余篇，中国发明专利11项，

2004-2005 日本 Kanazawa University 博士后
2005-2007 香港 The University of Hong Kong 博士后
2007-2009 美国 The University of Texas at Arlington 访问学者
2009-2020 北京化工大学化学学院 教授、博导
化工资源有效利用国家重点实验室 教授、博导
2021-至今 郑州大学化学学院　教授、博导

技术团队



许献磊

中国矿业大学 教授
博士生导师

主要 研究方向：
1. 探地雷达仪器开发
2. 城市地下空间安全检测装备及探测技术
3. 矿井隐伏灾害源/煤岩界面识别探测技术
4. 病害智能识别技术

2013 中国矿业大学（北京） 博士学位
2010-2012美国佛蒙特大学 博士 。
2015-至今 中国矿业大学（北京） 主持和参与科研项目7项：十三五科技部重点研发计划，国家重大仪器设备开发专项，自然基金仪器专项，国家自然科学青年基金、中国博士后科学基金等。以第一作者或通讯作者发表学术论文50余篇。授权国家发明专利21项，出版论著2部；国家技术发明二等奖1项（2017年，排名第3）、获中国专利金奖1项（2018年，排名第2）、全国煤炭青年科学技术奖（2016年），荣获其它省部级科技进步一等奖2项、二等奖3项。
2014 获中国矿业大学（北京）校优秀博士学位论文称号。



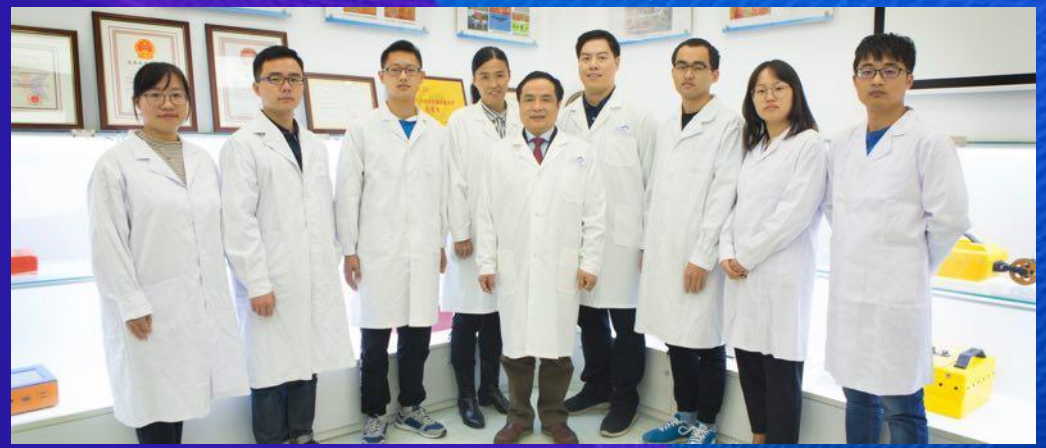
徐东升

高级工程师

主要开发汽车及底盘，完成轻卡、重卡、客车、轻客等车型底盘开发，对汽车底盘设计有二十多年的工作经验。擅长专用车和特种车辆开发。
第一作者发表期刊论文9余篇。
国内专利24项

2020-至今 河南森鑫智能科技有限公司 副总经理
2015-2020 浙江吉利新能源商用车 底盘总工程师/底盘总监

院士团队介绍





支持单位知识产权

专著：12项

SCI、EI收录：200篇

发明专利：45项

支持单位获奖

国家级奖励(5项)

- 技术进步奖3项
- 技术发明奖2项

中国专利金奖(1项)

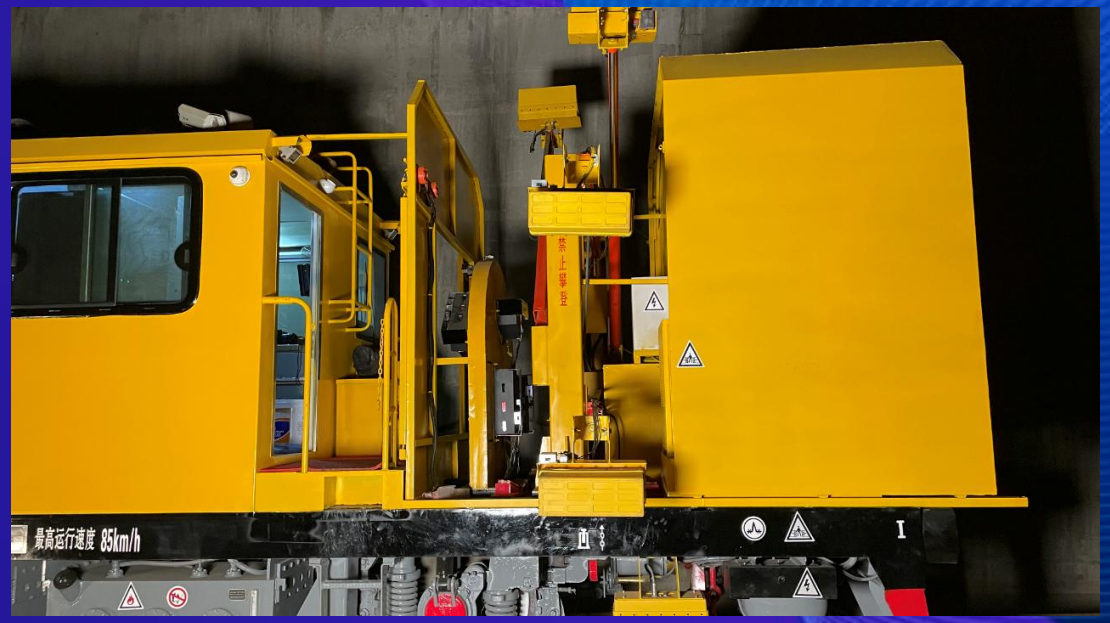
省部级奖励(26项)

- 一等奖：7项
- 二等奖：19项

产品介绍Part 03

地铁隧道检测车

矿大自主研制的隧道综合检测车一次作业可实现地铁隧道衬砌渗漏水、裂缝、收敛变形和背后空洞等病害的快速检测，探测速度大于10km/h，最大探测深度为3m，裂缝最小宽度分辨率小于0.1mm。相对常规探测手段，工作效率可提高70%，探测成本降低50%。





产品介绍Part 03

公路隧道检测车

中国矿大（北京）与河南森鑫智能科技有限公司联合研制隧道综合检测车，一次作业可实现公路隧道衬砌渗漏水、裂缝、收敛变形和背后空洞等病害的快速检测，探测速度大于10km/h，最大探测深度为3m，裂缝最小宽度分辨率小于0.1mm。相对常规探测手段，工作效率可提高70%，探测成本降低50%。







地铁、铁路隧道检测车

研发背景

A

B

功能介绍

研发背景

交通建设是我国中长期重大国策。我国交通线网里程和客流规模均具世界第一。

隧道损坏及事故

结构空洞、

开裂、

漏水、

空鼓、

地铁安全事故。



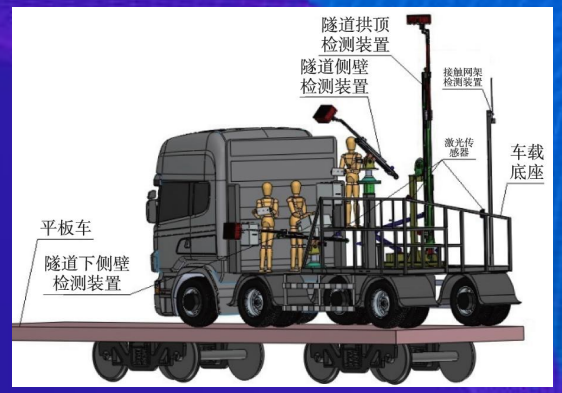






当前基于地面耦合探地雷达、机器视觉等单一指标仪器检测仍存在探测效率和精度低、定位难等问题，亟需发展集成度高、多功能、智能化的地铁隧道安全隐患探测装备和技术。

研发背景









国内外现状

国内外相关检测车资料如下：包括武大卓越公司生产的TFS隧道裂缝智能检测车、德国SPRCETEC TS3检测设备、日本MIMM检测车等。

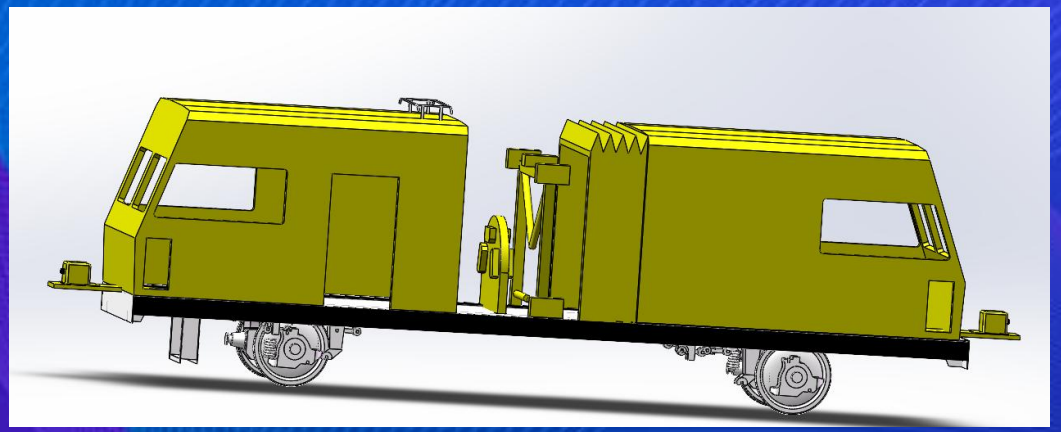
研发背景

国内外现状

产 地	武大卓越TFS	德国SPRCETEC TS3	日本 MIMM	本产品设想
检测方式	相机（34台）+激光(2台)+红外	激光+红外	相机	探地雷达+相机+激光
适用范围	公路	公路、铁路、地铁	公路	地铁
检测速度	0-80Km/h	4.5Km/h	0-80Km/h	10-20Km/h
裂缝精度	0.2mm	0.3mm	0.2mm	0.1mm
幅 面	全幅	全幅	半幅	全幅
检测功能	断面形变，衬砌裂缝，衬砌渗水、漏水、脱空，通风检测，照明检测	断面形变，衬砌裂缝，衬砌渗水、漏水、脱空	断面形变 衬砌裂缝	表面裂缝、衬砌脱空、渗漏水、断面变形、限界分析、轨道相对线型等
国内应用	无	重庆	无	无
语言要求	中文	中文、英文	中文、日文	中文
报表格式	根据客户需求， 定制报表格式。	固定格式	固定格式	根据客户需求， 定制报表格式。
优点	非接触测量，不超限界	非接触测量，不超限界	非接触测量，不超限界	3种设备智能集成，非接触测量，数据综合智能处理、傻瓜式操作服务、背后3m内高精度检测
缺点		需要交通管制		雷达天线超限界

研发背景







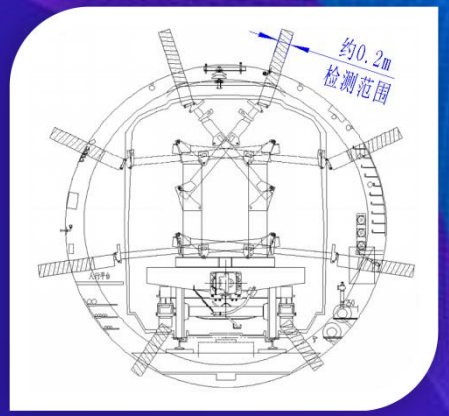


随着国内城市轨道交通行业的发展，地铁隧道安全隐患综合检测技术的研究已经有十余年，2020年研发了第一代地铁隧道安全隐患综合检测车，目前正在开发第二代检测车。

功能介绍

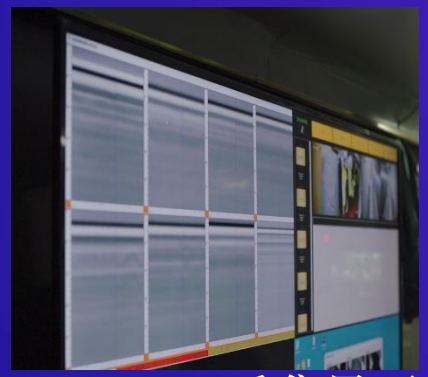
地铁隧道衬砌背后空洞病害探测系统

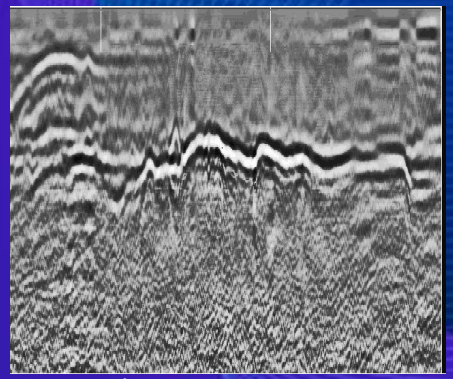
大功率空耦雷达天线及其屏蔽技术，**提高能量聚焦特性和信号穿透能力**，单个探地雷达天线检测宽度约0.2m，探深3m，天线伸出最大直径可达5.4m。





天线布置方案示意图





采集界面与结果剖面图



雷达天线机械臂伸展图

功能介绍

地铁隧道表面裂缝探测系统

多台线阵相机覆盖整个隧道断面，裂缝识别精度达0.1mm，可实现裂缝长度、宽度的自动计算，并对裂缝进行**分级**、**分色**表示。

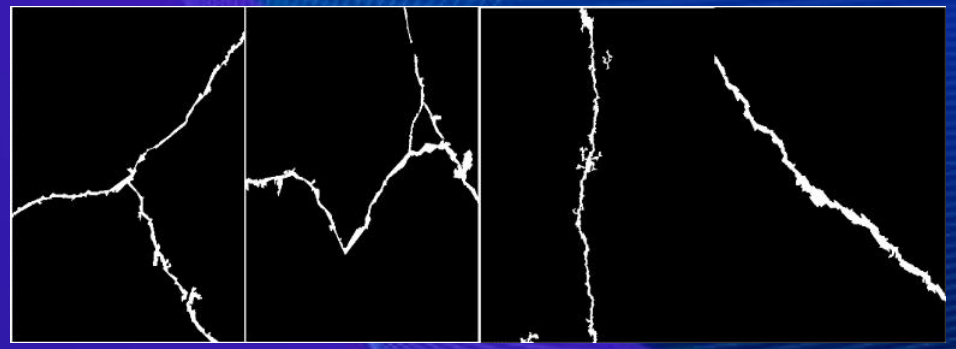




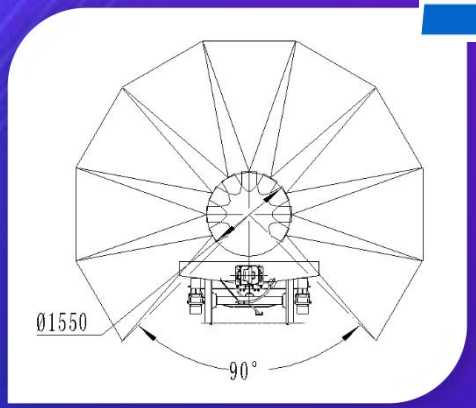
线阵相机安装示意图



原始数据



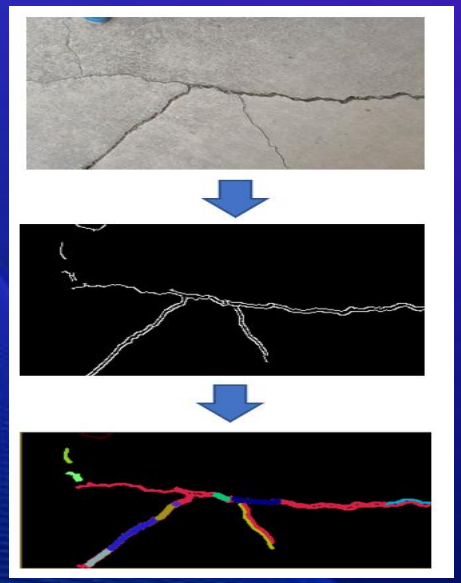
裂缝识别结果



线阵相机布置图







线阵相机及裂缝探测结果图
（分级分色）

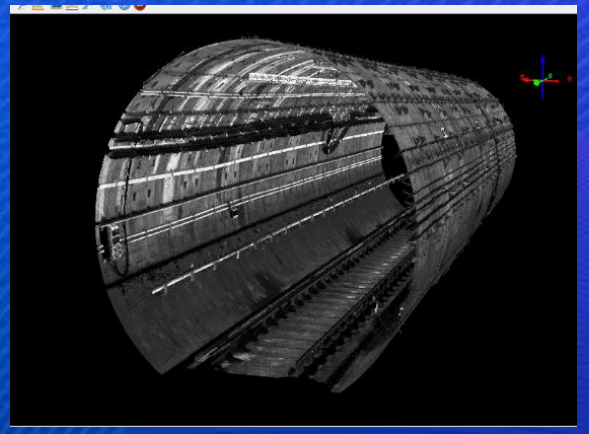
功能介绍

地铁隧道三维空间信息采集与限界探测系统

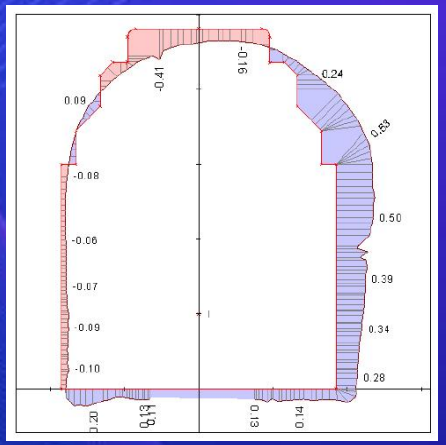
实现隧道**中轴线提取、椭圆度检测、断面错台检测、限界检测等，**并输出报表。



三维激光扫描仪



地铁隧道激光点云模型



限界探测结果图

地铁隧道衬砌渗漏水检测系统

结合探地雷达探测结果，可对隧道衬砌**渗漏水位置、类型、面积、缝隙走向、背后含水量以及水体通道和来源**等信息进行识别和判断。



红外热成像传感器

功能介绍

地铁隧道安全隐患综合探测同步采集控制技术

研究开发同步采集控制技术，基于编码脉冲信号作为触发源，实现53个采集设备与采集主控单元间、各采集设备间的通讯连接、同步控制、数据快速传输、数据实时显示与存储等。



雷达天线



线阵相机



三维激光扫描



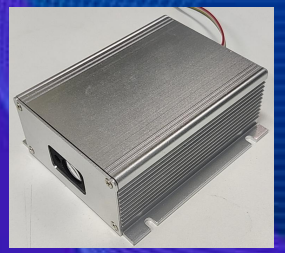
惯导单元



红外成像仪



测角仪



测距仪



环境参数采集设备



室内模型情况

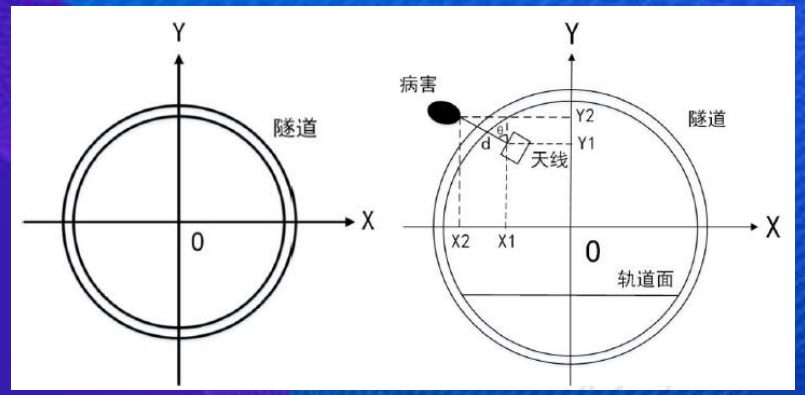


隧道实地实验情况

功能介绍

地铁隧道智能导航及融合定位技术

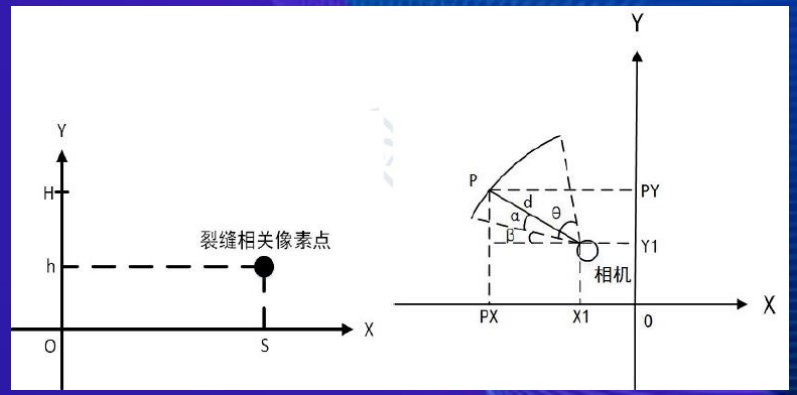
隧道内无GPS信号，**研究基于SLAM的隧道智能导航地图的快速构建技术，研究隧道安全隐患坐标信息解算与融合定位算法，**实现隧道限界内“障碍物”的自动避障。



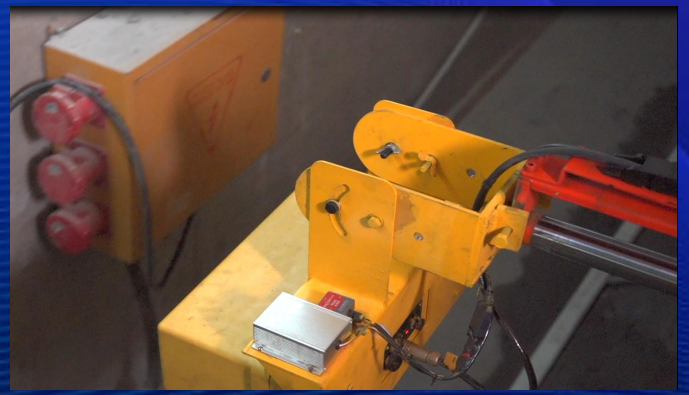
探地雷达天线局部坐标系



基于SLAM的隧道三维地图的快速构建



线阵相机局部坐标系

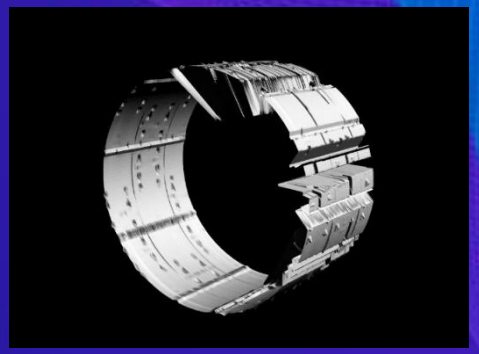


隧道内“障碍物”的自动避障

功能介绍

地铁隧道安全隐患三维数据管理平台

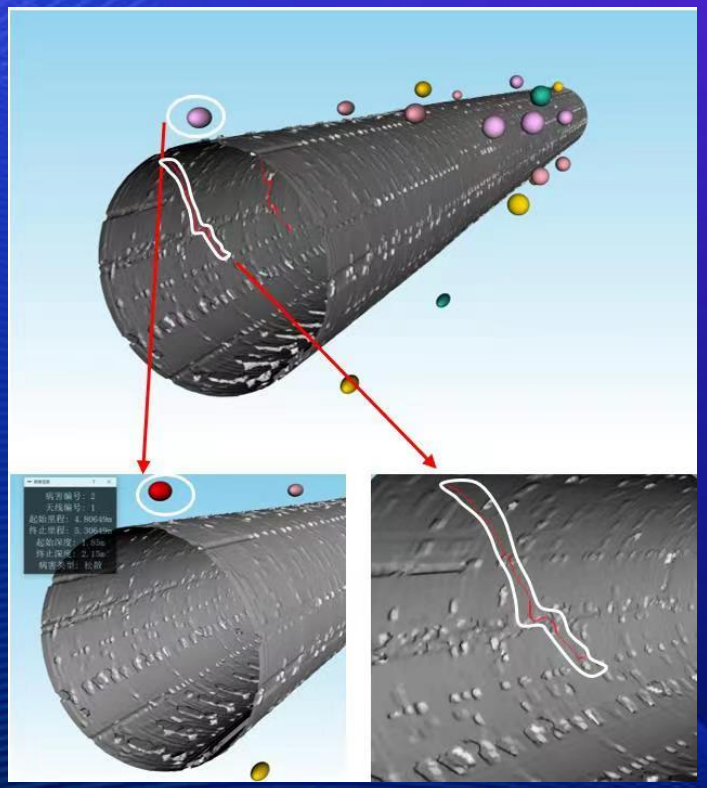
基于点云数据、衬砌脱空和表面裂缝等病害数据信息，**构建三维地铁隧道结构和安全隐患三维信息模型**，实现地铁隧道安全探测多源数据综合分析、一体化展示、查询和预警功能。



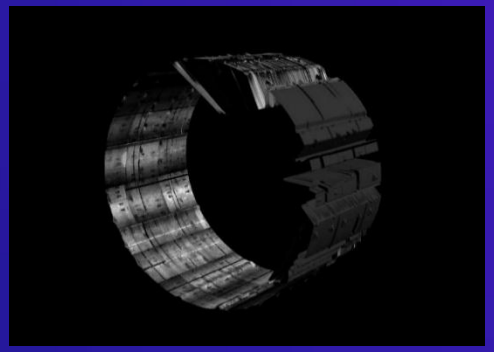
图像拼接贴图前



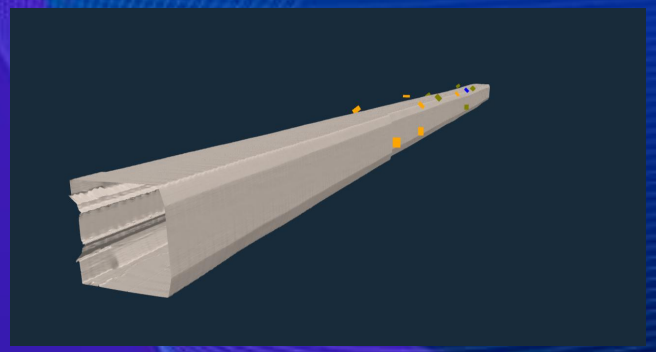
圆形盾构地铁隧道



地铁隧道安全隐患三维模型（空洞+裂缝）



图像拼接贴图后



矩形地铁隧道

Part 04

成功案例

SUCCESSFUL CASE

成功案例



地铁隧道检测

北京地铁11号、12号和西直门地铁等

城市道路探测

杭州市西溪路等

铁路隧道检测

青藏铁路
等

水利工程坝体探测

您南水北调叶县段等

公路隧道

京张高速等

地质安全探测

大柳塔煤矿、补连塔煤矿、哈拉沟煤矿、河南能化集团、中煤集团、晋煤集团等

隧道探测

北京地铁9号线



北京地铁12号线



西安地铁6号线





北京地铁11号线北京冬奥支线

研究开发同步采集控制技术，基于编码脉冲信号作为触发源，实现53个采集设备与采集主控单元间、各采集设备间的通讯连接、同步控制、数据快速传输、数据实时显示与存储等。检测车按一定的速度行驶行驶在隧道，实时采集车辆以及隧道衬砌表面的信息，通过集成空气耦合雷达、三维激光、线控相机和测距传感器、测角传感器、CO传感器、CH_4传感器、PM2.5传感器、风速传感器、光照传感器等系统，经过专用软件，报告输出隧道安全隐患三维模型，便于直观判断隧道空洞和裂缝。隧道衬砌内部脱空病害、隧道衬砌表观裂缝和渗漏水病害、隧道内轮廓形变和错台病害等安全隐患的快速探测，还可以实时获取CO、CH_4、PM2.5、风速等隧道环境指标参数，探测速度大于10km/h，探测深度3m，裂缝宽度分辨率0.1mm，相对常规探测手段，工作效率可提高70%，探测成本降低50%。

道路探测

2019年，国庆阅兵前道路保障线路检测

2018年，青岛上合峰会前的道路保障线路检测

2016年，杭州G20会议前的道路保障线路的检测

2015年，抗日战争胜利70周年阅兵道路线路检测

2014年，北京APEC会议前的道路保障线路检测

2009年，北京国庆60周年阅兵保障线路检测













水利工程坝体探测

南水北调工程应用地质雷达对渗漏点附近周围土体中可能存在坝体渗水区进行探测，新疆努尔水库大坝探测，鄱阳湖堤坝探测，江西九江汛期抢险实战测试，辽宁盘锦小柳河圩堤探测











地质安全探测







神华集团大柳塔煤矿（大柳塔井、活鸡兔井）、补连塔煤矿、哈拉沟煤矿、布尔台煤矿、寸草塔煤矿，中煤集团平朔、五家沟煤矿，河南能化集团陈四楼煤矿和车集煤矿，晋煤集团寺河矿、长平矿、赵二矿、凤凰山矿、王台矿、古书院矿等多个煤矿进行了工程探测应用。

应急探测

2015年广东省深圳市山体滑坡事件，该雷达系统发挥出积极作用，凤凰卫视现场专访，科技日报头版也予以报道。




科技日報

我国直流特高压计量技术国际领先

中央经济工作会议在北京举行

习近平李克强作重要讲话 张德江俞正声刘云山王岐山张高丽出席会议

“决心”号钻取西南印度洋中脊新钻孔岩芯

深圳滑坡灾害的科学施救

记者现场直击

航天监视测设备监控滑坡灾害现场

基于手机的新系统有助无人驾驶汽车研发





治理案例











疑难漏水治理前后对比







治理案例

防水施工
前后对比



重点案例分析--北京地铁

地铁渗漏情况

受地下水位持续上升的影响，地铁车站、区间隧道结构渗漏日趋严重。我司所辖线路结构渗漏点由2019年的

1159处增至2021年的2857处，增加147%。

截至2022年3月29日，我司所辖线路共有渗漏点1167处，其中车站447处、区间675处、场区45处。

经与北京市平原地区地下水位平均埋深对比分析，渗漏点增加趋势与地下水位平均埋深变化趋势基本一致。

2019-2021年渗漏水情况统计



重点案例分析-北京地铁

地铁渗漏情况

地铁结构渗漏大部分出现在地下车站和暗挖法区间隧道（90%以上），主要分布于隧道拱顶、仰拱、车站与隧道的施工缝及变形缝等部位，渗漏类型为洇湿、滴漏、线漏、涌水等。

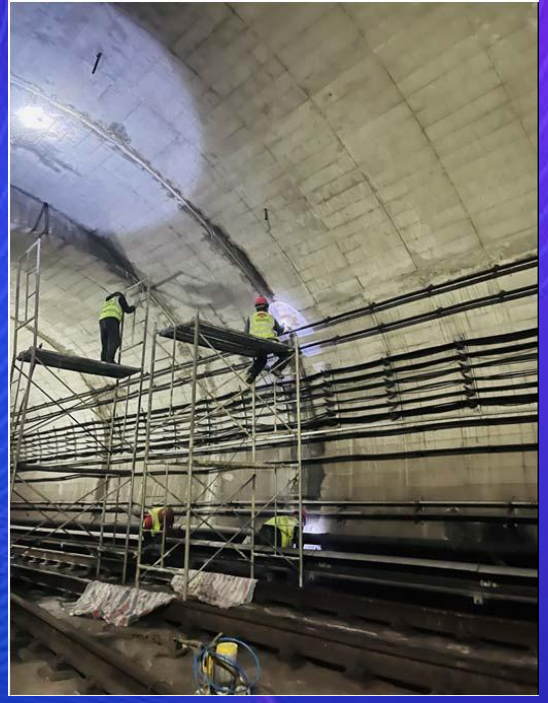
截至2022年4月18日，7条线路中的31座车站（区间）结构渗漏水日均排水量超过100m3，其中9号线六里桥站-七里庄站区间日均排水量超过1000m3 。

	线路	车站（区间）名称	日平均排水量（
	9号线	六里桥-七里庄区间	1246.00
	9号线	丰台南路-丰台东大街区间	636.00
	10号线	六里桥	545.00
	1-八通线	52#站-苹果园区间	586.00
	9号线	丰台东大街	239.00
	10号线	西局	500.00
	9号线	六里桥-六里桥东区间	321.00
	房山线	郭公庄-大葆台区间	662.00
	10号线	角门东-大红门区间	187.00
	房山线	郭公庄	519.00
	6号线	五路居-慈寿寺区间	237.00
	10号线	慈寿寺-西钓鱼台区间	160.00
	7号线	达官营-广安门内区间	900.00
	9号线	七里庄	404.00
	10号线	草桥-纪家庙区间	192.00
	10号线	六里桥-莲花桥区间	136.00
	7号线	达官营	217.00
	8号线	平西府-回龙观东大街区间	116.00
	房山线	郭公庄-房山线折返线区间	519.00
	10号线	大红门-石榴庄区间	204.00
	10号线	丰台-首经贸	550.00
	10号线	泥洼-丰台	240.00
	10号线	长春桥-车道沟	214.00
	9号线	六里桥东	126.00
	9号线	科怡路-丰台南路区间	151.00
	房山线	东管头下行终点	679
	房山线	花乡东桥-首经贸区间	143
	房山线	首经贸车站废泵	117.99
	9号线	白石桥南-国家图书馆	250.00
	6号线	田村站A口局排	145.00
	6号线	西黄村-杨庄区间	183.00

重点案例分析-北京地铁

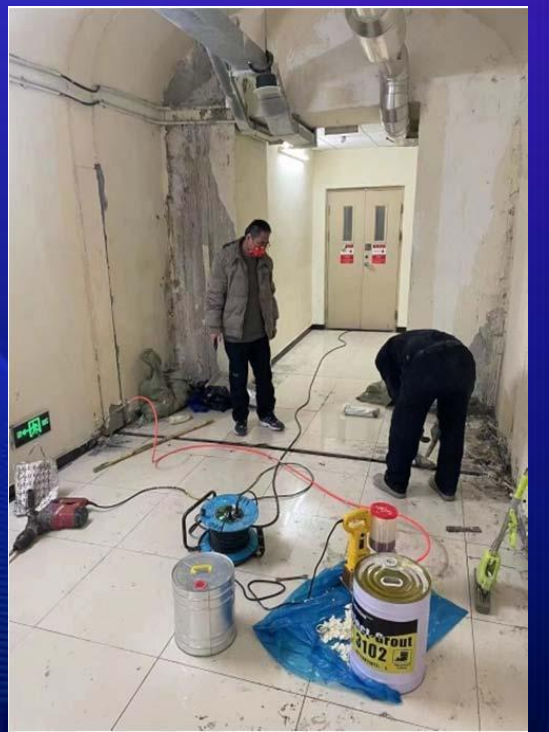
以往治理情况

北京地铁既有线结构渗漏治理主体责任单位主要为地铁原建设施工单位。经调研，以往渗漏治理过程中以背水面结构内堵水为主，通过结构表面打设注浆孔，灌注聚氨酯、水泥-水玻璃等材料进行注浆封闭处理。由于上述材料粘结强度和耐久性差，已治理的渗漏点易出现复漏情况。









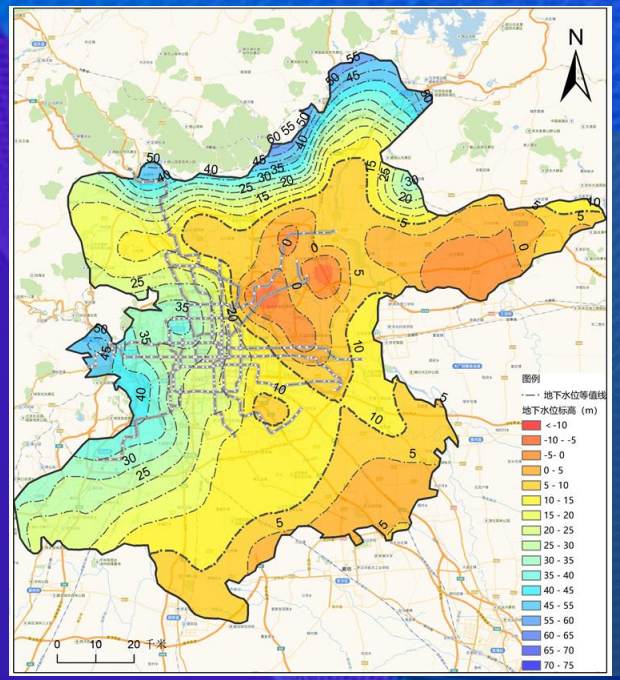
重点案例分析-北京地铁

地下水与结构渗漏相关性分析

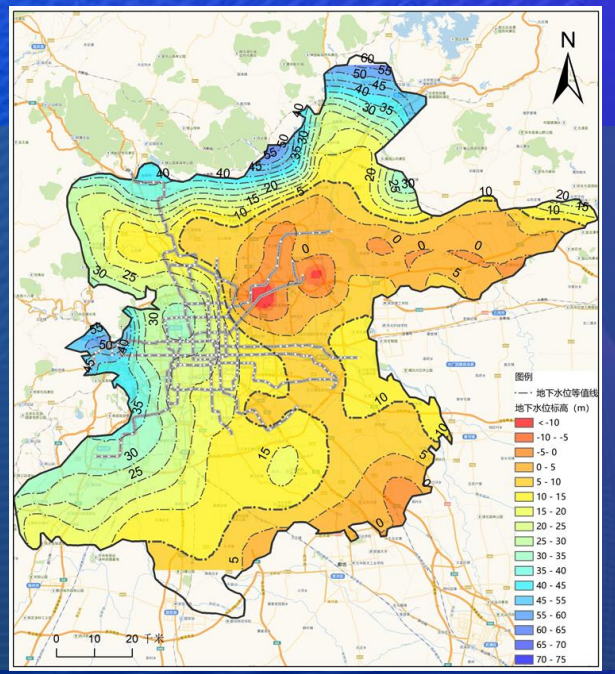
地下水位整体变化

北京市平原区地下水位埋深从西北向东南逐渐变浅，地下水位呈逐年上升趋势。

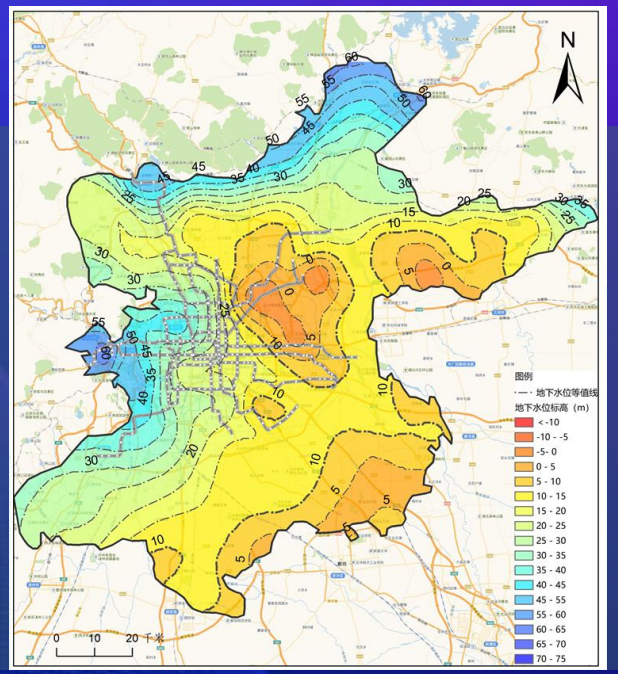
2022年4月6日，全市平原区地下水平均埋深为16.66m，比2020年1月1日上升了5.93m。



2020年地下水位等值线图



2021年地下水位等值线图



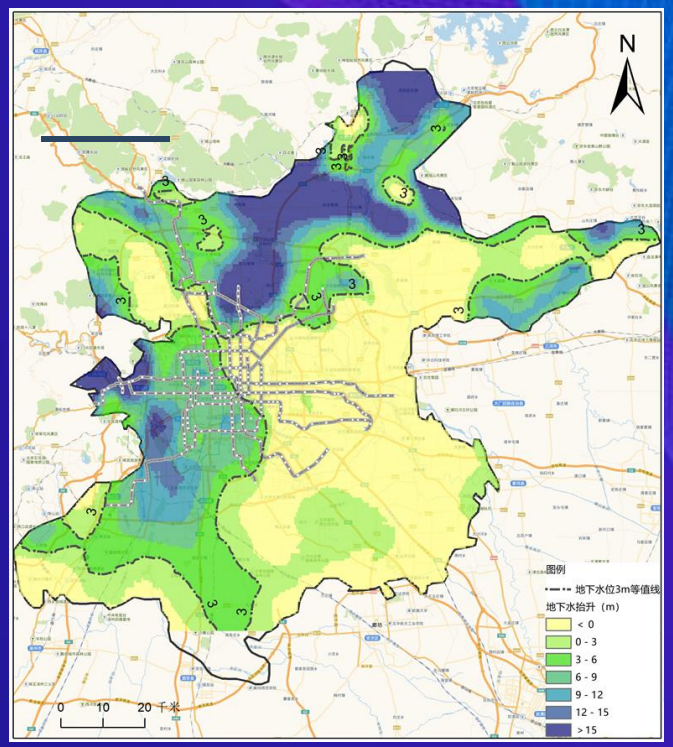
2022年地下水位等值线图

重点案例分析-北京地铁

地下水与结构渗漏相关性分析

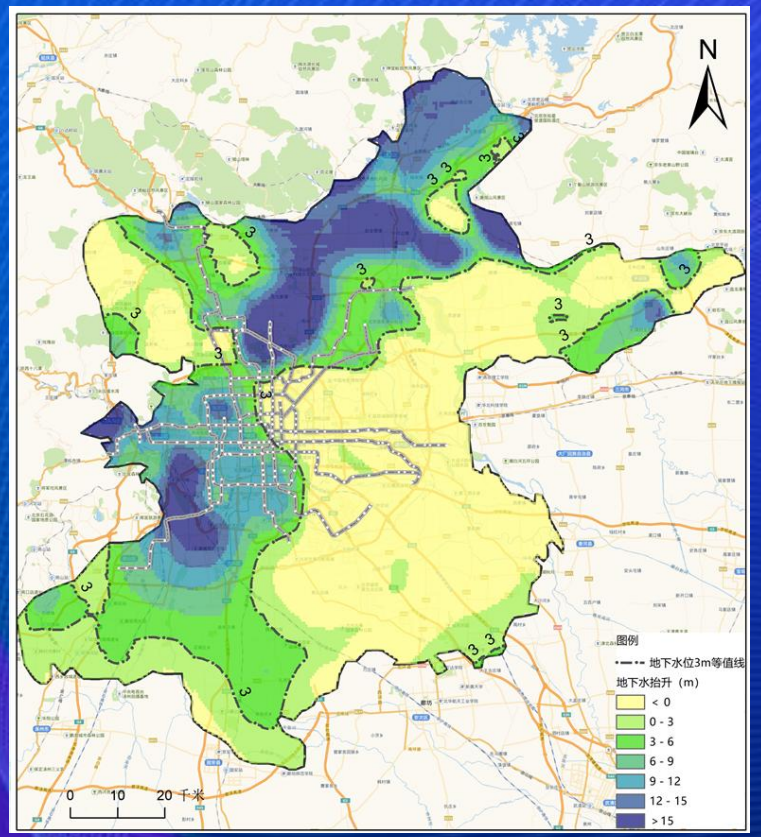
地下水位上升范围变化

2020年上升范围：4583km2



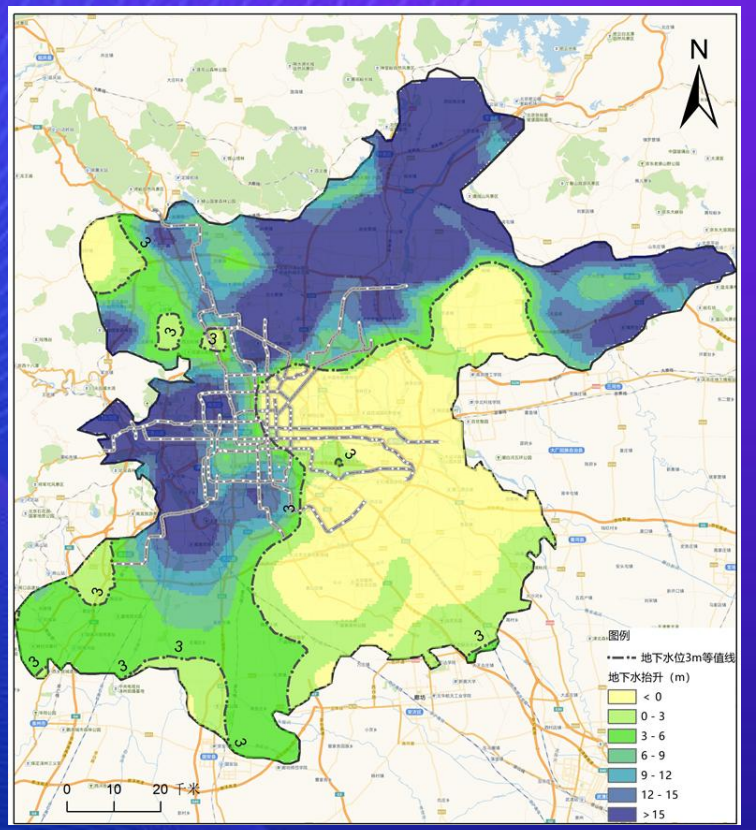
2018-2020年地下水位上升分布图

2021年上升范围：4946km2



2018-2021年地下水位上升分布图

2022年上升范围：6298km2



2018-2022年地下水位上升分布图

重点案例分析-北京地铁

地下水与结构渗漏相关性分析

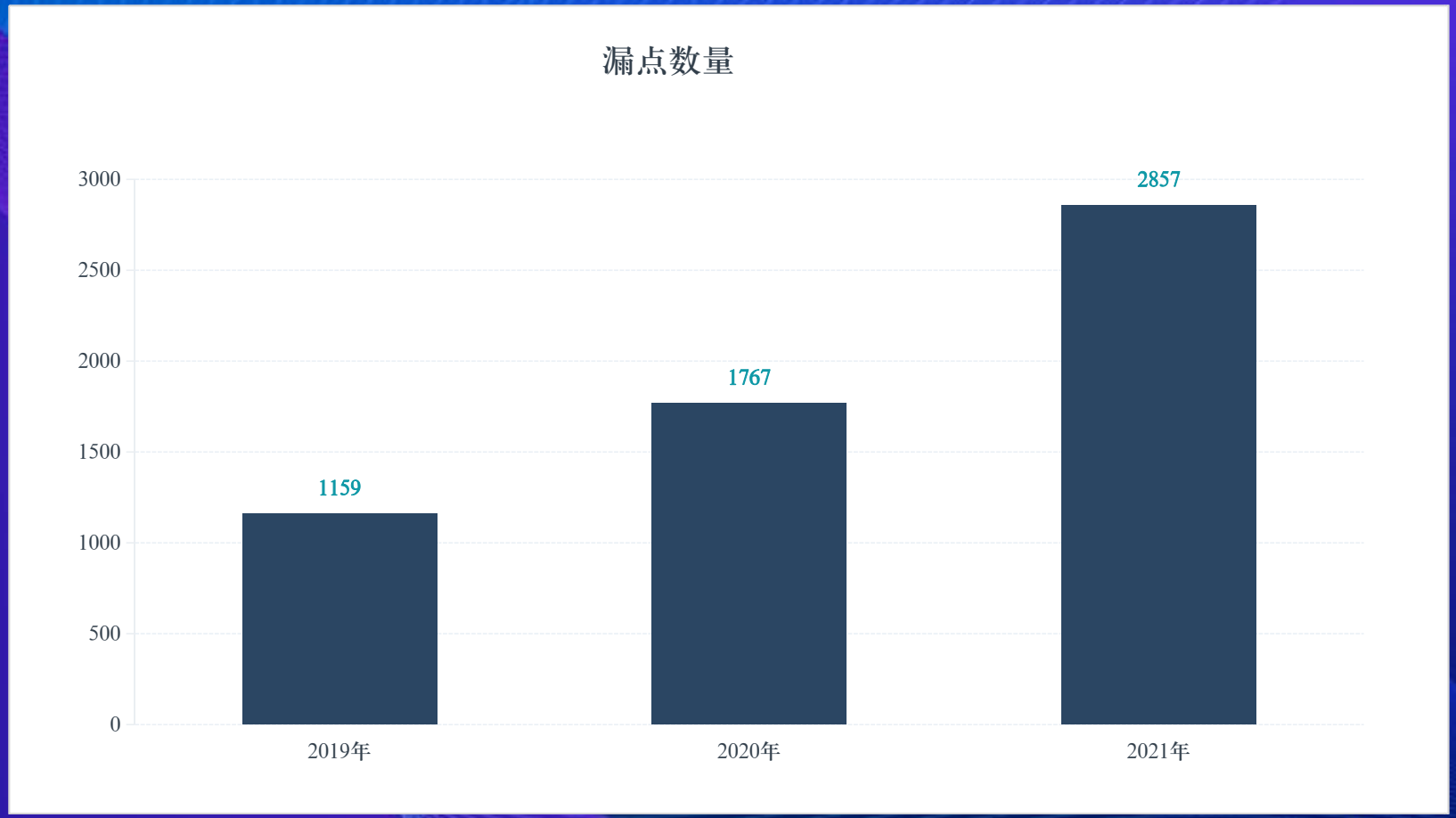
地铁线路与地下水位位置关系

序号	项目名称	运营里程（km）	2018年年末		2022年3月			
			水下里程（km）	占比	水下里程（km）	占比	抬升区内里程	抬升区内占比
1	1号线	31.6	0.0	0%	1.5	5%	21.6	68%
2	2号线	23.1	6.1	26%	3.9	17%	11.4	49%
3	4号线	28.2	3.0	11%	22.1	78%	28.2	100%
4	5号线	27.6	6.2	22%	6.3	23%	6.3	23%
5	6号线	53.1	33.1	62%	40.6	76%	40.6	76%
6	7号线	40.3	27.8	69%	36.1	90%	36.1	90%
7	8号线	44.9	11.1	25%	34.4	77%	34.4	77%
8	9号线	17.1	1.9	11%	17.1	100%	17.1	100%
9	10号线	57.1	21.7	38%	43.1	76%	43.1	76%
10	13号线	40.9	1.7	4%	0.0	0%	0.0	0%
11	14号线	44.8	0.0	0%	37.3	83%	37.3	83%
12	15号线	41.9	7.6	18%	9.9	24%	9.9	24%
13	16号线	19.6	14.4	73%	14.4	73%	19.6	100%
14	八通线	23.4	4.1	18%	4.1	18%	4.1	18%
15	昌平线	31.9	1.6	5%	6.1	19%	10.8	34%
16	房山线	25.7	0.0	0%	2.3	9%	2.3	9%
17	首都机场线	28.1	2.7	10%	2.7	10%	2.7	10%
18	亦庄线	23.2	0.0	0%	6.6	28%	6.6	28%
19	S1线	10.2	0.0	0%	0.0	0%	0.0	0%
20	大兴线	21.8	0.0	0%	18.7	86%	18.7	86%
21	大兴新机场线	41.4	3.4	8%	23.7	57%	23.7	57%
22	燕房线	14.4	0.0	0%	0.0	0%	0.0	0%
总计：	-	690.3	146.4	21%	330.9	48%	374.6	54%

重点案例分析-北京地铁

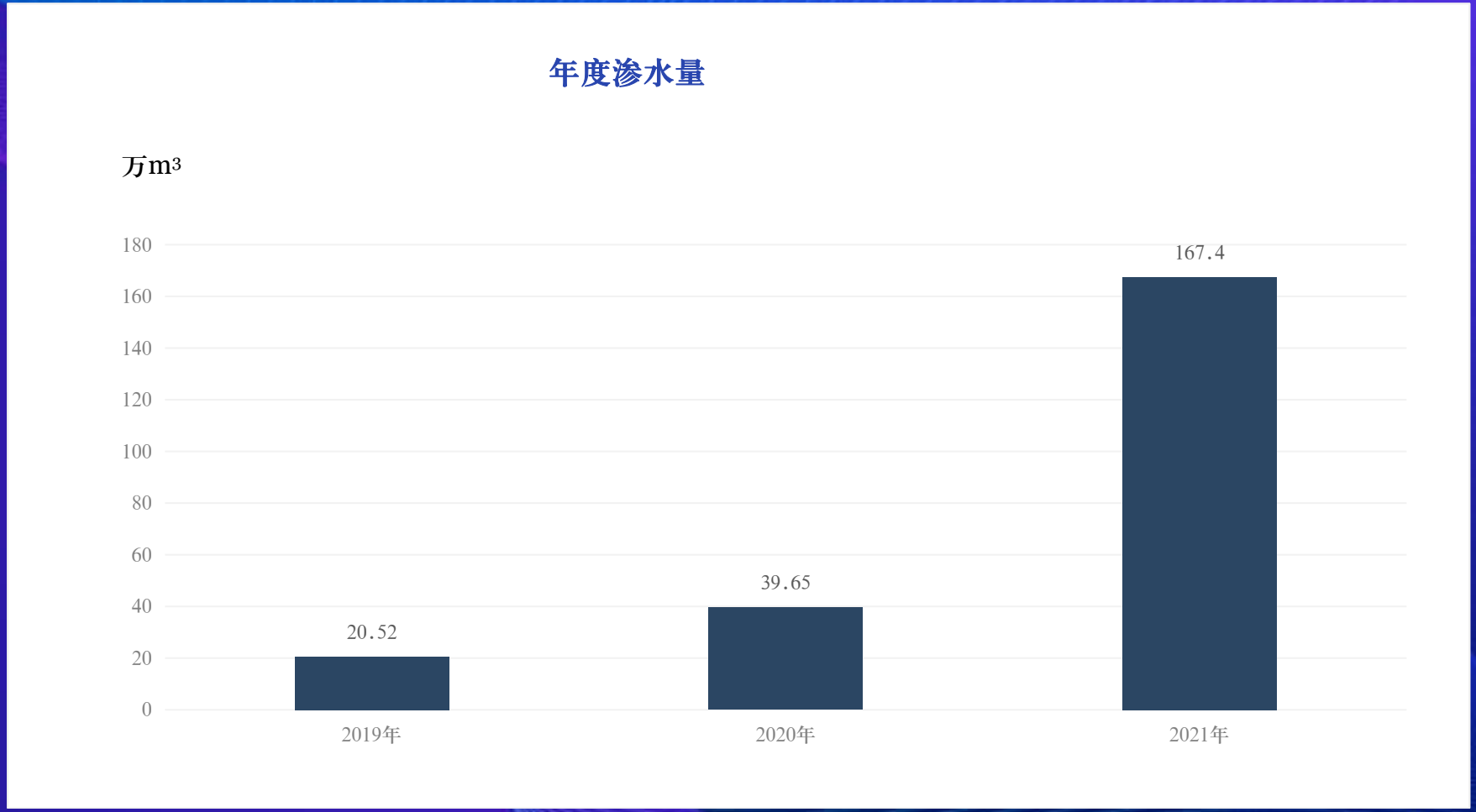
地下水与结构渗漏相关性分析

渗漏点数量年际变化



重点案例分析-北京地铁

地下水与结构渗漏相关性分析

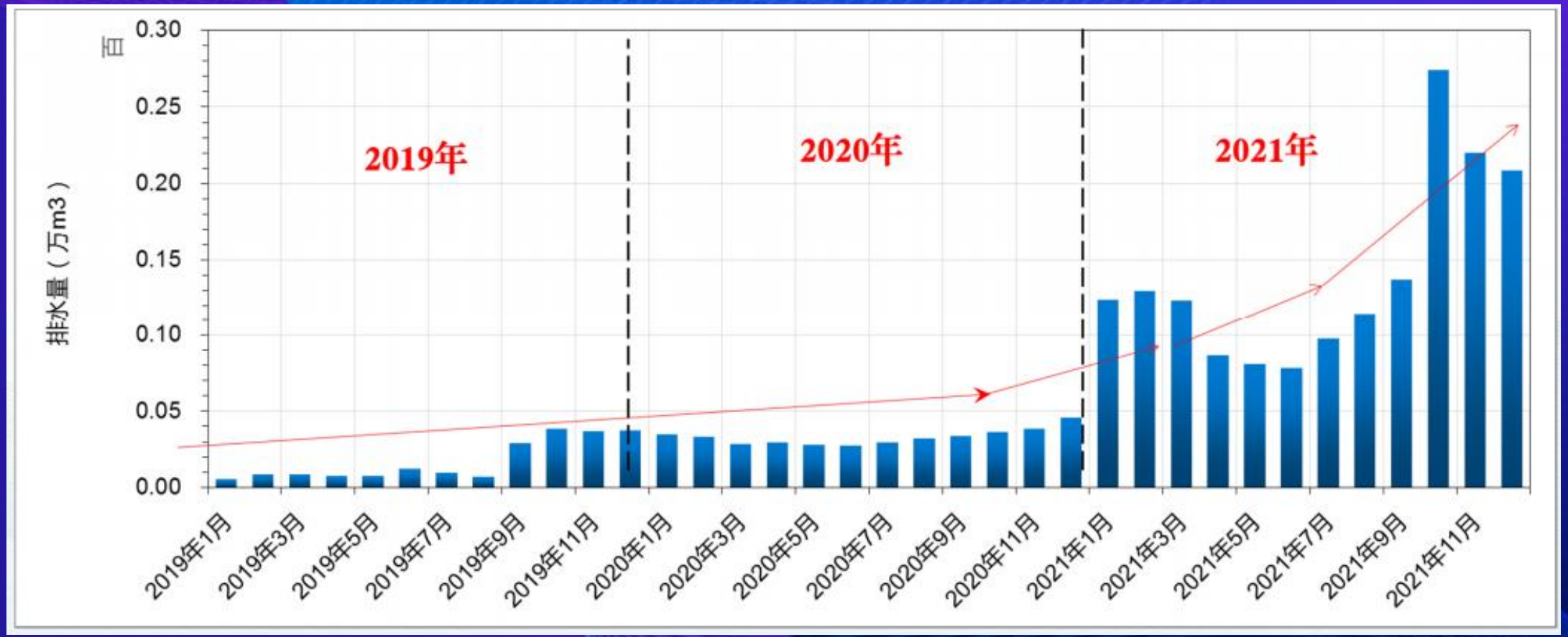


重点案例分析-北京地铁

地下水与结构渗漏相关性分析

渗漏水量年内变化，每年1月至3月、9月至12月渗漏水量较大，4月至8月渗漏水量较小。

2019-2020年渗漏水量变化趋势图



科技未来·智能生活

感 谢 您 的 观 看

该装备主要用于隧道衬砌内部脱空病害、隧道衬砌表观裂缝和渗漏水病害、隧道内轮廓形变和错台病害等安全隐患的快速探测，还可以实时获取CO、CH_4、PM2.5、风速等隧道环境指标参数，探测速度大于10km/h，探测深度3m，裂缝宽度分辨率0.1mm，相对常规探测手段，工作效率可提高70%，探测成本降低50%。

畅通地铁 安全行驶

联系我们

CONTACT US

河南森鑫智能科技有限公司

地址：河南省郑州市金水区杨金路199号河南新科技市场6号楼904号

手机：13523051658

邮箱：senxinzhineng@163.com

森鑫
—SENXIN—