

# LTD-60道路病害综合检测系统

由表及里 洞察病害

由浅入深 保障安全



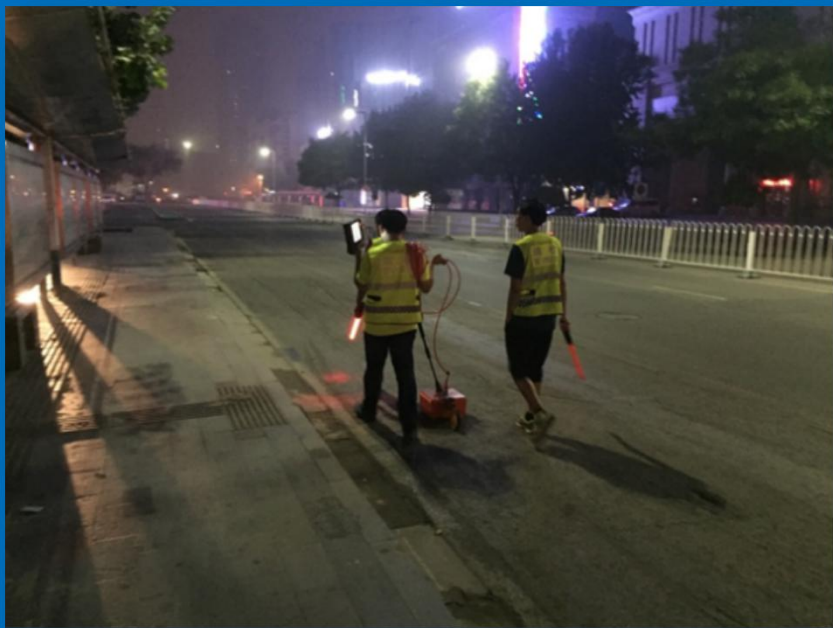
# 前言

随着城市进程的进步发展，一方面地铁、管廊、土建等便民服务工程正在日益发展。与此同时，随着车辆增多以及人文活动的加剧，带来的路面破损，管线老旧、土体扰动等问题随之出现。上述隐患因素在雨水冲刷、车辆载荷、冻土春融等影响下容易进一步产生脱空、疏松或空洞等病害。

为确保市政道路设施安全运行，清除市政道路设施安全隐患，目前北京、深圳、郑州、石家庄等城市已定期开展相关道路检测任务，重点针对雨季前后、春融时期以及城市重点道路进行普查检测。



# 早期道路病害检测方式



早期进行的道路病害雷达检测工作，多采用单通道拖曳式雷达或推车式雷达进行单侧线道路检测。

后期通过分段测线记录，现场标记记录，关键点进行GPS直线记录等方式，用于对采集测线进行描述。

因为受设备和工作方式的局限性，该方式多用于里程短工作量少的项目，难以进行大批量地毯式的道路病害普查任务。



从以下几点说明早期设备面临的问题：

- 1、人工步行检测速度慢，导致检测效率低下。
- 2、单体不同频率天线之间难以同步采集，面临同一测线反复采集的问题。
- 3、现场复现难，病害位置难以具体定位。
- 4、多组数据单独分析，数据之间缺乏关联性。
- 5、夜间城市主干道作业，人员安全性隐患。

- 我们面临的是问题，同时也是新的商机，针对于当前城市道路病害检测的任务的日益繁重以及传统检测手段的不便，我所专门针对城市病害检测任务推出了道路综合检测系统



## 1

# 产品介绍

LTD-60道路综合检测系统是由中国电波传播研究所以三十年地下目标探测技术研究和应用为基础，以拥有完全自主知识产权的多通道超宽带探地雷达检测技术为核心，融合高清晰图像和激光阵列等当今先进传感器检测技术，辅以GPS和里程计定位技术，以机动车辆为平台，在正常车速下对道路进行深度“CT”扫描，实现“由表及里、由浅入深”的高速精确探测，提前发现地下隐藏病害，并提供它们的位置、深度和范围等信息，为市政道路管理部门及时排除隐患提供有力的技术手段。



## 2

## 系统功能

- ◆道路基底层病害探测
- ◆道面破损及异物检测
- ◆道面平整度、车辙检测
- ◆地理位置信息检测
- ◆道路结构缺陷病害检测
- ◆实时路况信息图像采集
- ◆信息处理分析软件
- ◆道路病害信息查询

系统布置3D示意图





采用固定在前方车顶的高速高清晰线阵扫描照相机和大功率红外激光照明技术相结合，在距离测量传感器触发下对道路进行高速连续拍摄，由分析处理软件对表面裂缝、修补、沉陷以及异物等进行识别、统计。

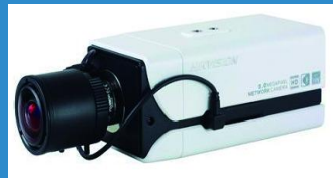




# 路况及路产调查视频采集



通过固定在车头顶部的两部高清晰摄像机进行路况、路产调查，同时可辅助病害分析和现场精确定位。



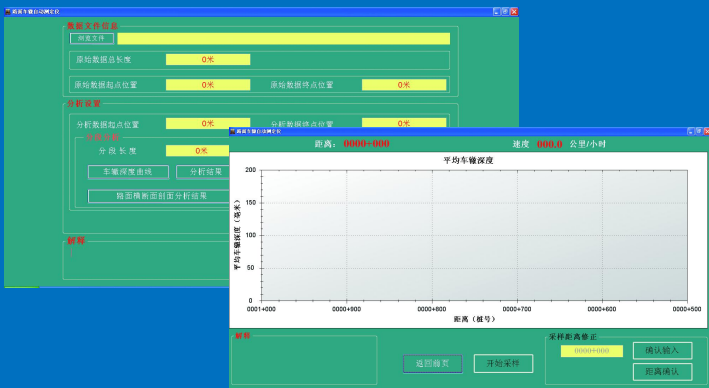
## 地理位置信息检测



采用高精度距离测量传感器（DMI）和GPS对系统工作进行准确的同步，保证各种传感器检测位置坐标的一致性，方便对道路病害等进行准确分析和定位。



# 场道车辙、平整度检测诊断技术



通过固定在车头底部的无拼接线结构激光断面仪，生成面数字高程模型，检测道路横断面系数和变形，准确计算出国际平整度指标（IRI）、平整度标准差（ $\sigma$ ）、行驶质量指数（RQI）、路面构造深度（SMTD）等指标数据。



## 道路面层与砗层的结构测量

## 中高频探测方案

- ① GC270M
- ② GC400M
- ③ AL1500M
- ④ AL2000M

用途：探测深度5m，探测道路的土基空洞、脱空、沉降等结构病害缺陷，检测道路面层、垫层厚度、裂缝和破碎等。

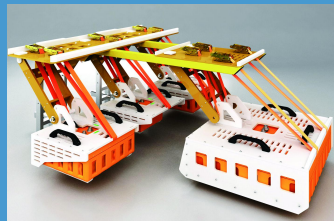


## 道路面层与砗层的结构测量

## 中低频探测方案

- ① GC100M
- ② GC270M
- ③ GC400M

用途：探测深度可达8-10m，探测道路浅层直至深层的土基裂隙、空洞、脱空、沉降等结构缺陷、灾害。



## 道路面层与砗层的结构测量

中低频探测扩展方案  
(六通道)

- ① GC100M
- ② GC270M
- ③ GC400M

用途：探测深度可达8-10m，探测道路由浅层直至深层的土基裂隙、空洞、脱空、沉降等结构缺陷、灾害。检测覆盖面积更广、效率更高、探测结果更准确。



5

# 信息控制处理中心

街景视频摄像	①
高清路面扫描相机	②
多通道雷达显示	③
差分GPS基站	④
工控机1号	⑤
工控机2号	⑥
道路检测雷达主机	⑦
多功能激光断面仪	⑧
储物柜	⑨



6

# 主控软件



## RDRF道路灾害预警雷达系统

### 数据收集

- 1 系统自检
- 1 工程信息采集
- 1 雷达数据采集
- 1 图片数据采集
- 2 视频数据采集
- 2 激光断面仪数据采集
- 3 GPS数据采集
- 4 其他数据采集

### 数据处理

- 1 雷达数据处理
- 1 照相数据处理
- 2 激光断面仪数据处理
- 3 位置信息处理
- 4 视频数据处理

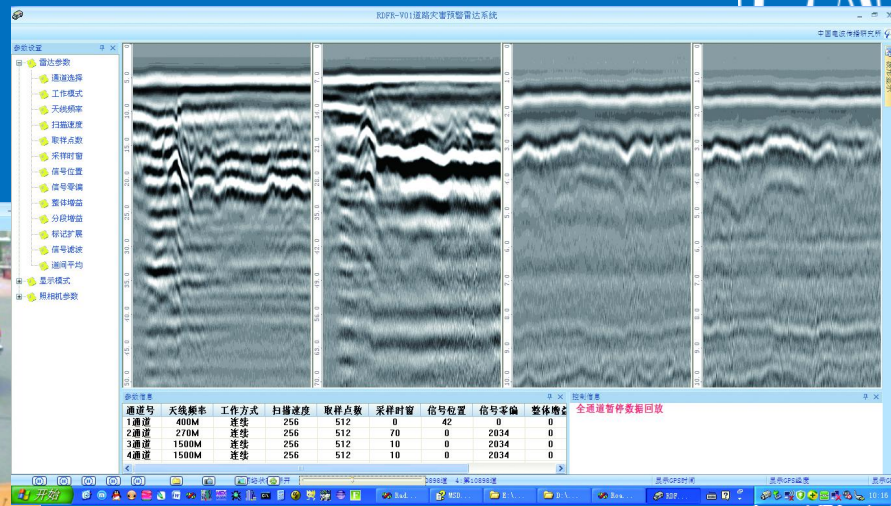
### 数据回放

- 1 工程操作
- 1 控制条
- 1 参数设置
- 1 图像数据回放
- 1 雷达数据回放
- 1 视频数据回放
- 3 其他设备数据回放

### 资料输出

- 对表的操作
- 路面信息查询
- 路基信息查询
- 平整度信息
- 车辙信息
- CMPS资料统计
- 图像定位
- 雷达定位

# 数据采集功能



系统参数设置；多通道雷达数据、视频录像、高清路面图像、GPS信息的实时同步采集、存储和显示。



## 8

# 数据回放功能

通过连续回放或交互检索定位方式再现同一检测现场的雷达图像、视频图像以及高清晰地面图像，以使用户根据雷达异常显示与现场的附属设施、路表面的裂缝、沉降等信息对道路下方的可能存在的危险性病害综合分析判断，有效提高结论的准确性和工作效率。





# 综合分析处理软件

工程形式管理数据

算法批处理

层位自动追踪、自动给出统计报表

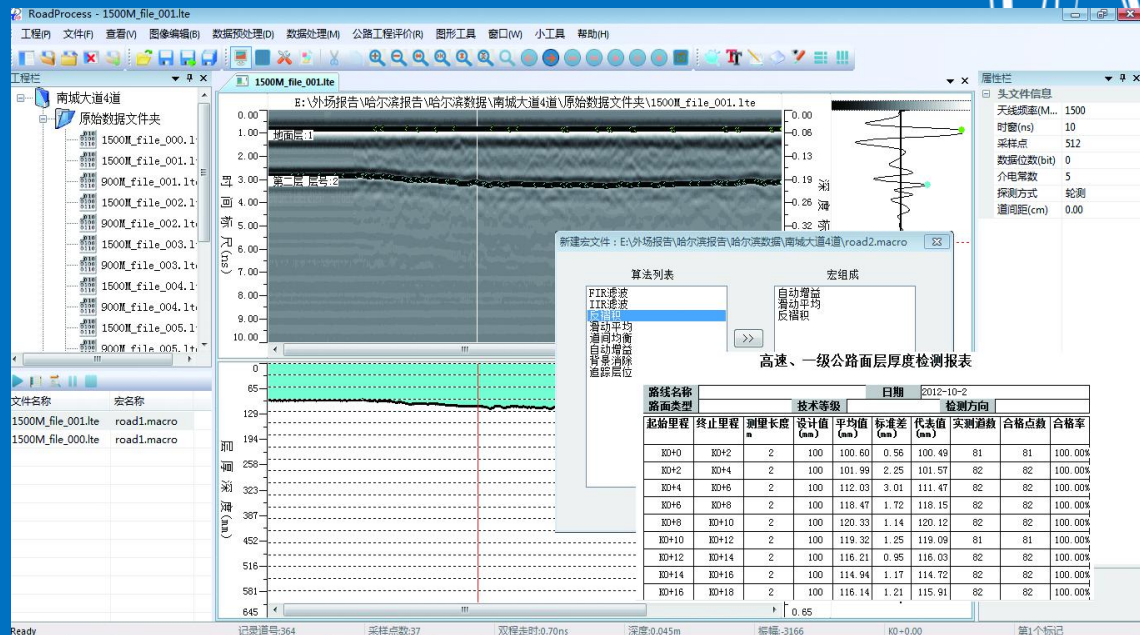
模块化管理、多样化显示

道路裂缝自动识别及统计

道路下病害的识别及统计

地下管线探测及定位

多种传感器数据的融合及病害分析



## 智慧城市数据平台

10



对道路检测结果进行直观化查询和工程化管理。

# 参考标准规范

《民用机场道面评价管理技术规范》 MH/T5024-2009

《公路路基路面现场测试规程》 JTG E60-2008

《公路技术状况评定标准》 JTG H20-2007

《多功能路况快速检测设备》 GB/T 26764-2011

《车载式路面激光视频病害检测系统》 JJG（交通）076-2007

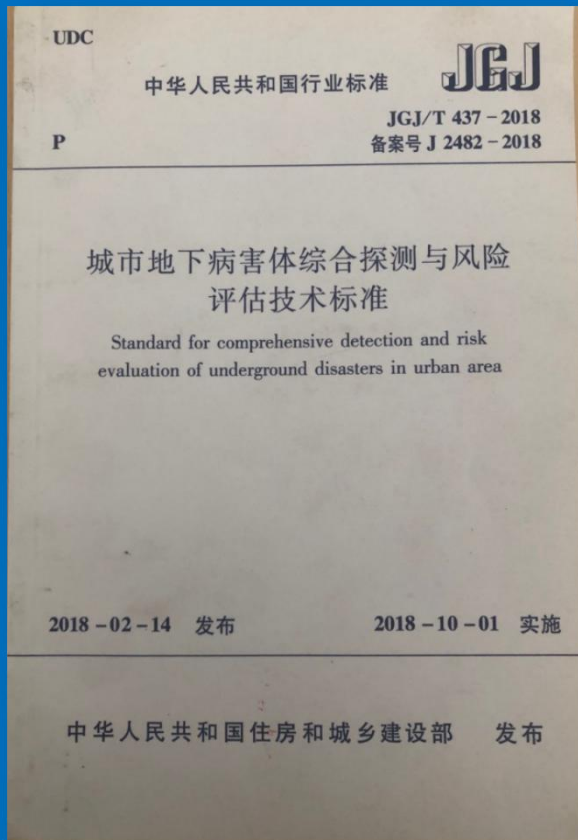
《车载式路面激光平整度仪》 JT/T676-2007

《城市工程地球物理探测标准》 CJJ/T 7-2017

《城镇道路养护技术规范》 CJJ 36-2016

《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》 JGJ/T 437-2018

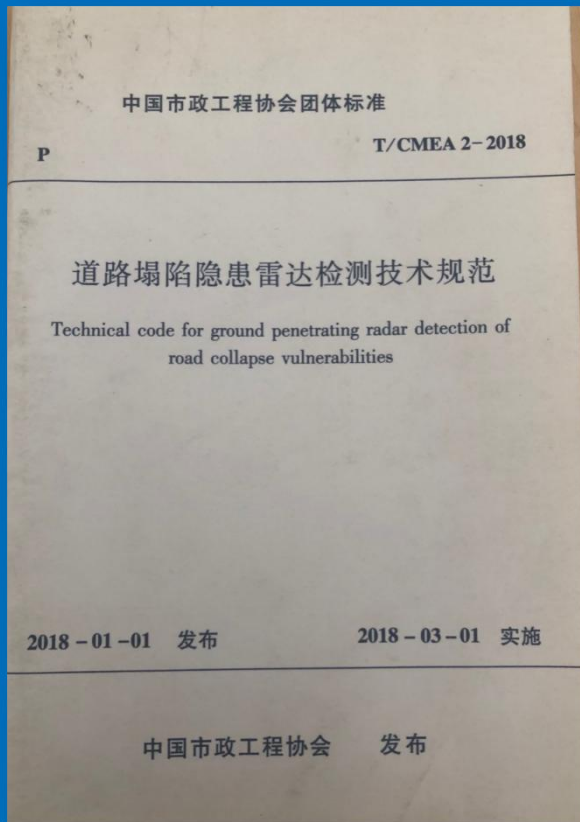
《道路塌陷隐患雷达检测技术规范》 T/CMEA2-2018



## 《城市地下病害体综合探测与风险评估技术标准》JGJ/T 437-2018

该规范属于中华人民共和国行业标准，代表着探地雷达法在城市地下病害的准确性与合法性。对于雷达检测原理、参数要求、后处理方法都有一定的涉猎。

另外除了探地雷达法以外，该规范中还涉及到高密度电法、地震法、瞬变电磁法等物探手段，对城市物探检测有较高的参考意义。



同时，还要专门介绍另外一本规范。

## 《道路塌陷隐患雷达检测技术规范》 T/CMEA2-2018

与刚才介绍的规范不同，这本是中国市政工程协会的内部团体标准，其规范性相较前者稍有欠缺。但这本规范有比较明确的方向性，内容专门针对于大型道路病害检测工程，该规范对于检测流程、参数、表格、病害评定和报告编写有非常详细的介绍，对刚刚接触此类检测项目的人员有较好的学习指导作用。



# 检测造价参考



该标准目前最新版本为2018版。同时明确声明废除2002年修正版

新旧《工程勘察设计收费标准》的主要区别

- 1.新标准由“政府定价”改成“政府指导价”为主、“市场调节价”为辅，改革了定价机制，加大了市场调节的力度。
- 2.提高了收费标准。新标准与1992年版标准相比，设计收费与勘察收费均有所提升。
- 3.统一收费方式，取消“实物定额”和“概算百分比”双轨制收费方式。
- 4.取消按“部门分类”，实行按“工程性质分类”，合并、简化了收费标准，完善了价格规则，制定了收费管理规定。

## 探地雷达/地质雷达法-城市道路病害检测的收费标准 (2018版)

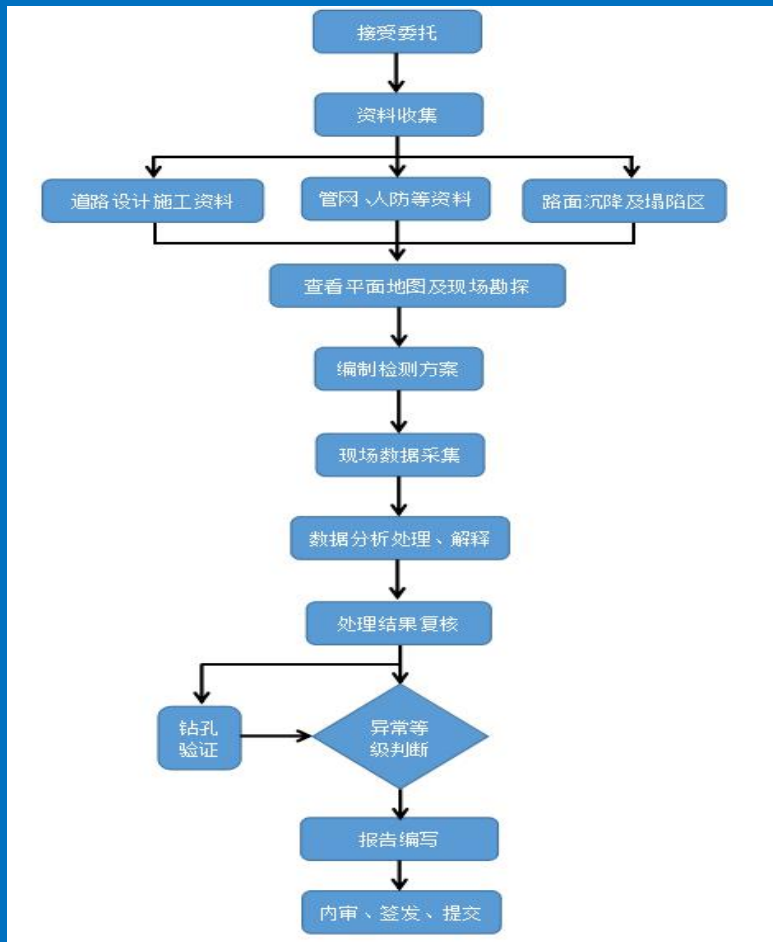
8	核磁共振找水	深度	D≤100		4320	
		D(m)	D>100		5760	
在测点 200m 范围内如增加测点, 增加测点费用的附加调整系数为 0.5						
9	层析成像(CT)	弹性波	检波点·炮	20		
		电磁波	射线对	14		
10	地质雷达	工作方式		工程勘探	路面质量	
		点测	点	20	20	
		连续	km	13500	6300	
		探淤深度>10m, 附加调整系数为 1.3; 不足 4 个组日按 4 个组日计				
11	瞬变电磁	外框边长 (m)	10	测点	216	
			20		360	
			50		720	
			100		2160	
			200		3600	





# 检测流程

- 1、接受任务
- 2、资料收集
- 3、现场踏勘
- 4、制定检测方案
- 5、实施道路检测
- 6、数据分析
- 7、疑似点复测
- 8、病害评估验证
- 9、检测报告编写
- 10、专家审核
- 11、递交成果







# 工作安排

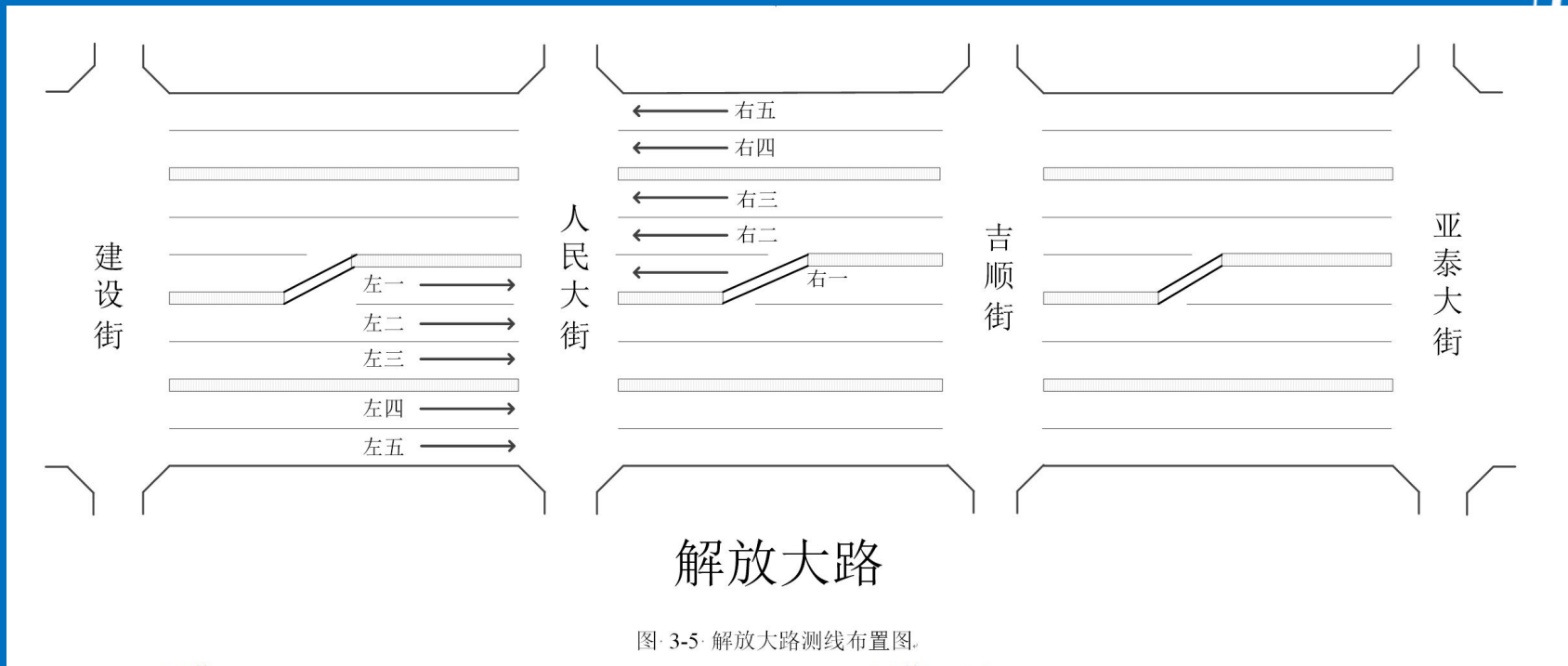
检测路段安排明细。

检测时间。	检测路段。	测线描述。	测线量。
2019/4/15。	吉林大路（东盛大街-泰大街）。	双向八车道。	16.8km。
	解放大路（大街-建设大街）。	双向四条辅路。	18km。
2019/4/16。	解放大路（大街-建设大街）。	双向六条主路。	27km。
2019/4/17。	景阳大路（西部快速路-西环城路）。	双向十车道。	32km。
2019/4/18。	人民大街（北部快速路-长春站）。	双向十车道。	41km。
2019/4/19。	人民大街（长春站-卫星广场）。	双向六车道（主干道）。	49.8km。
2019/4/20。	人民大街（长春站-卫星广场）。	双向六车道（辅路和自行车道）。	49.8km。
2019/4/21。	人民大街（卫星广场-围挡结束）。	双向十车道。	32km。
说明。	具体进程可据当日检测量以及环境情况做出相应调整。。		

在前期踏勘的基础上，总结检测工作量，合理安排检测任务，同时明确道路的详细变化，方便后期测线布置



# 测线布置

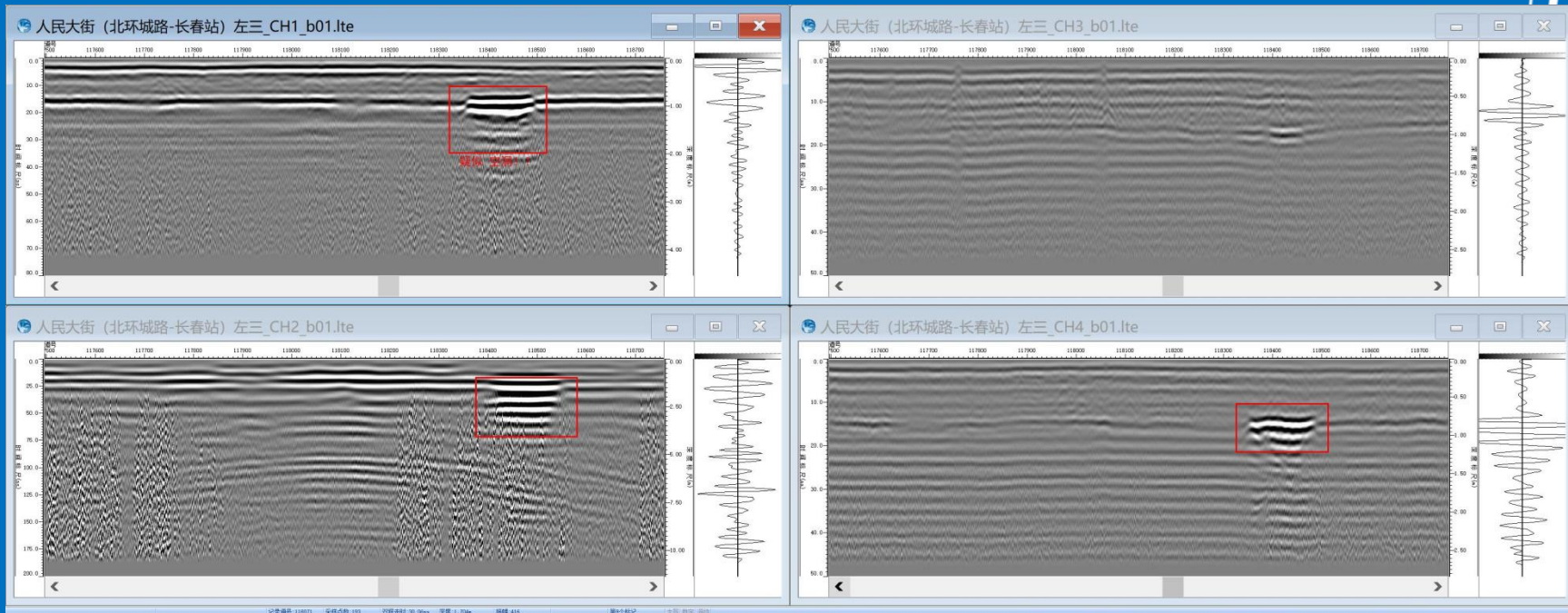


# 现场检测

雷达检测过程中，检测车辆在前，护卫车辆在后，根据道路分布状况逐车道进行道路检测，其中雷达覆盖宽度为3.75米-4米，搭配4-8通道多频率天线阵列，一次检测可完整覆盖一个车道。



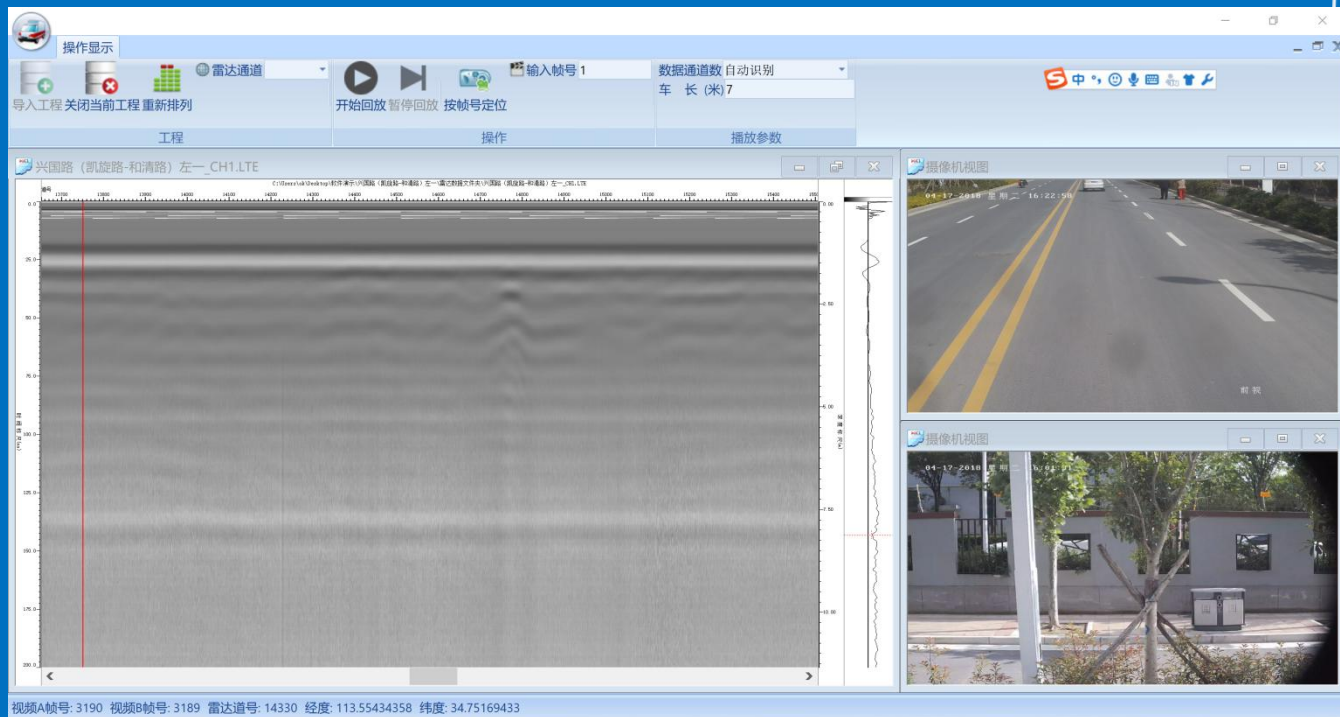
# 数据分析



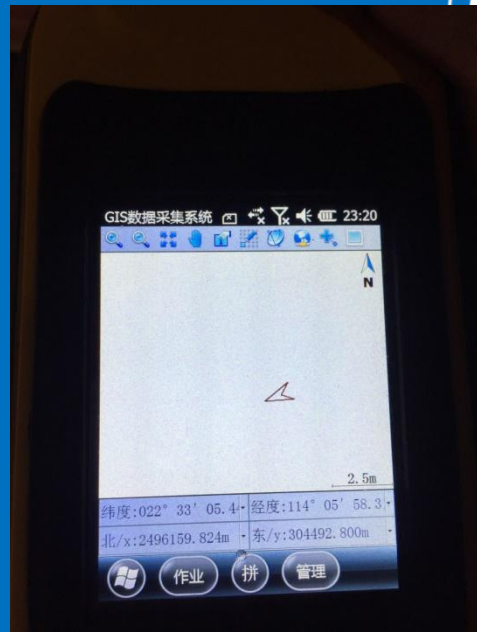
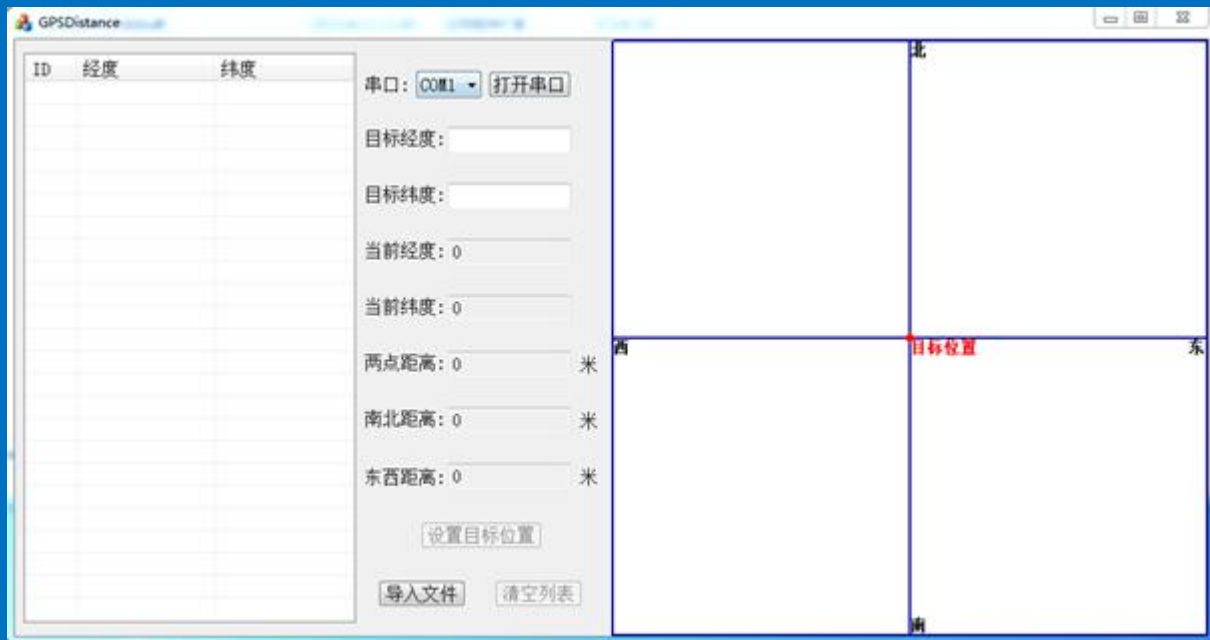
多通道数据同步分析处理，更加直观的展现地下异常体的分布位置和不同频率、深度下的反应特征

# 数据回放

调用街景采集系统，有效的观察异常区域附近的情况，有利于判断当前位置，并且排除城市中干扰的可能。



# 精准定位



对于病害异常点的复测方面，检测车自带相关病害定位系统，用于病害查找。同时也能使用手持RTK等便携式设备进行查找。定位精度随布设基站数目变化，最低精度小于0.5米，保证后期定位准确。

# 病害复测

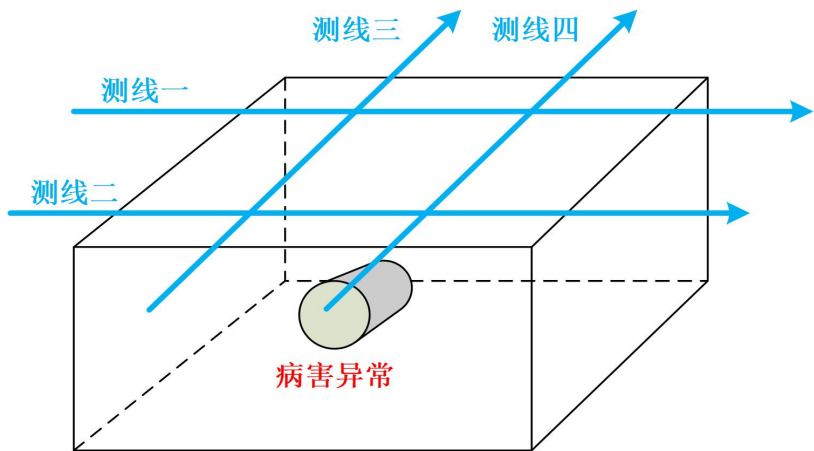
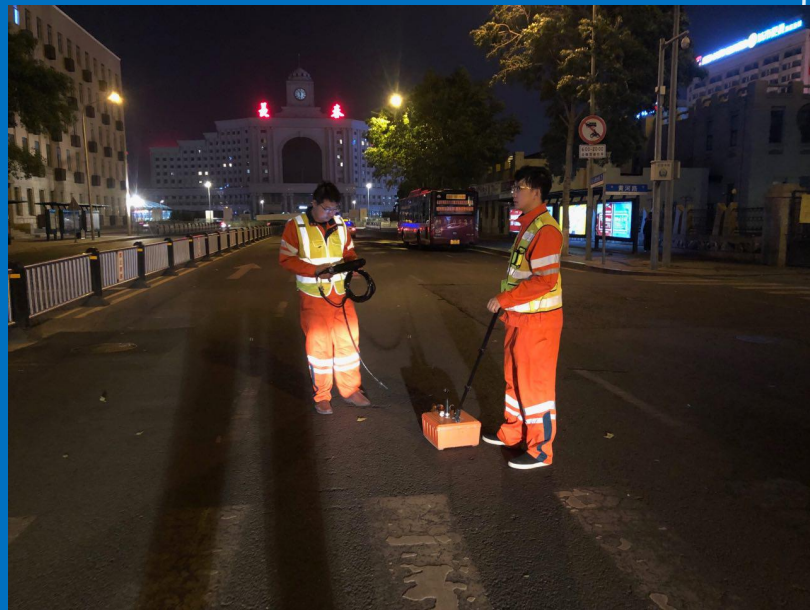


图 2-10 复测时测线布置示意图

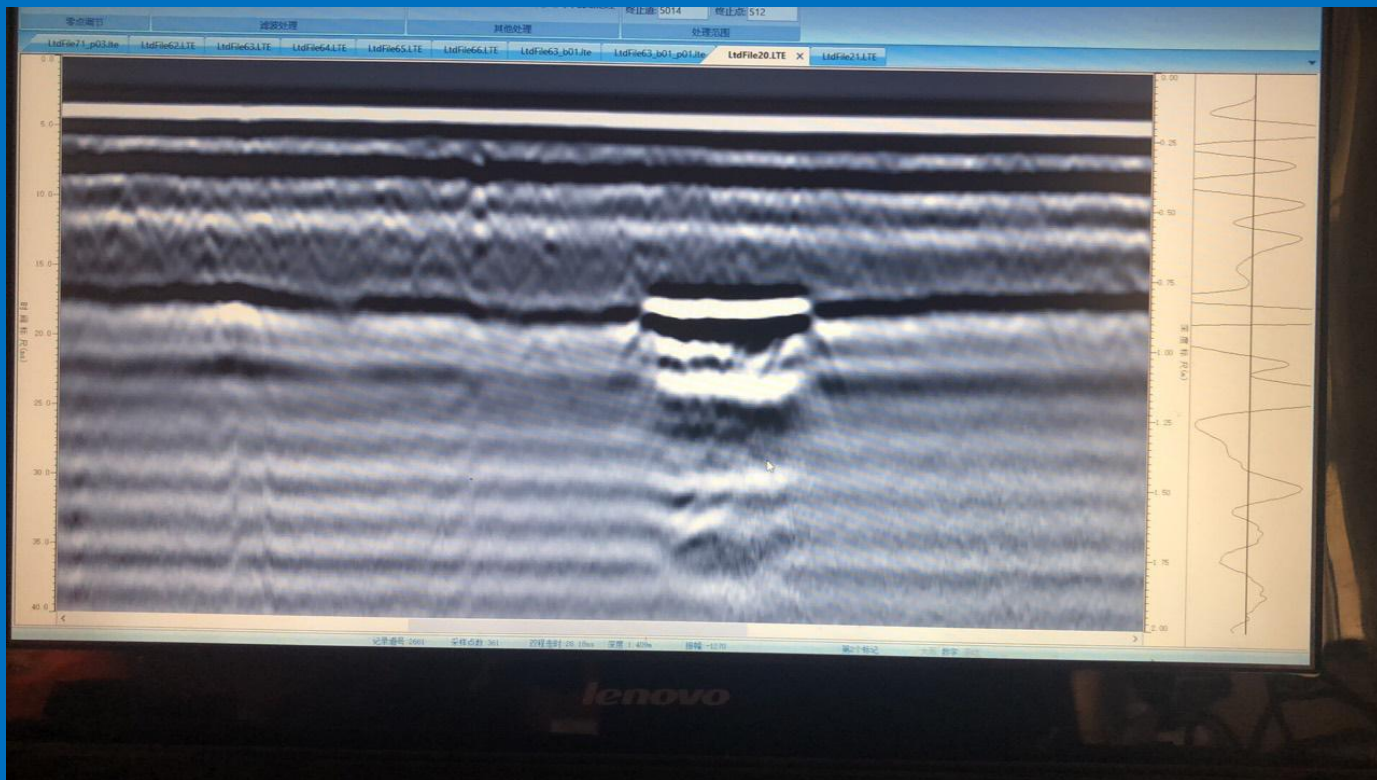


针对疑似病害位置定位后进行复测，通过精探设备和更为密集的测线布置，进一步采集病害信息。

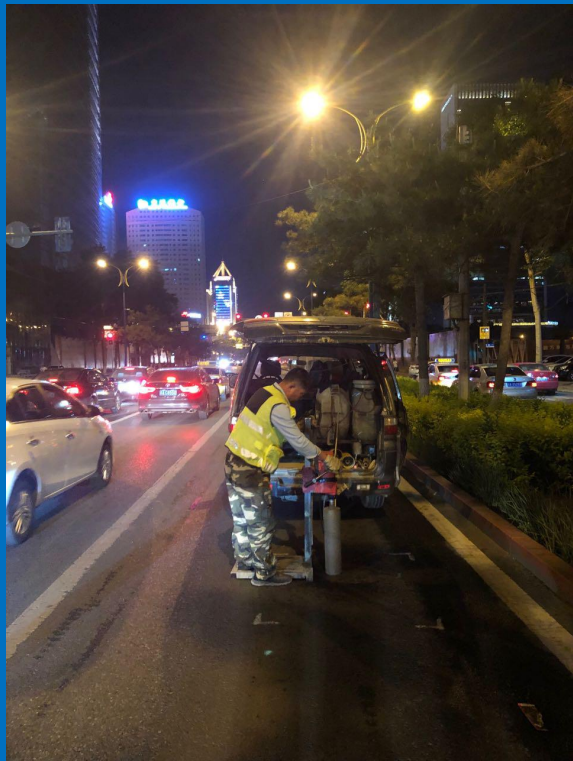


# 病害结果

典型空洞



# 取芯验证



对可能性较大的  
病害进行取芯  
验证，确定为空  
洞，并要求及时  
处理

# 撰写报告

## 完整检测报告

北京市长安街、大成路等路段  
地下空洞灾害及病害普查探测报告



中国电波传播研究所  
二〇一三年七月

福州市北大路、达道路等路段  
地下空洞灾害及病害检测报告



中国电波传播研究所  
二〇一三年七月

# 经典案例

近些年，我们在地面塌陷检测的工程设备应用有长足发展，在道路病害检测以及突发情况方面也有相当涉猎，目前就这几年参与到的几处典型的的城市地面塌陷检测任务，取得的典型案例与大家做分享。

## 案例一、突发性病害

2016年10月31日，该市北二环位置出现一处严重塌陷，包括热力、通信、排水、供水、国防光缆等多处管线受到影响。



## 病害原因以及规模

- 该地段路基层为沙质层，结构松散，在流水作用下易造成水土流失。
- 十字路口管线复杂，包括梅花管线、污水管线、雨水管线、热力管线等多种管线。
- 塌陷现场东侧100余米为一处顶管施工现场，确认直接原因为该处施工过程中产生的扰动，将自来水管线破坏，泄露水压在17小时内行程一处最深7米，影响范围50 m<sup>2</sup>以上的病害。。



## 现场工作1:

在远离病害区域一定距离前提下，使用LTD-60道路综合检测车对塌陷地段周围2km范围内的主干道进行探测，检测周围是否存在相同病害，安全预警。

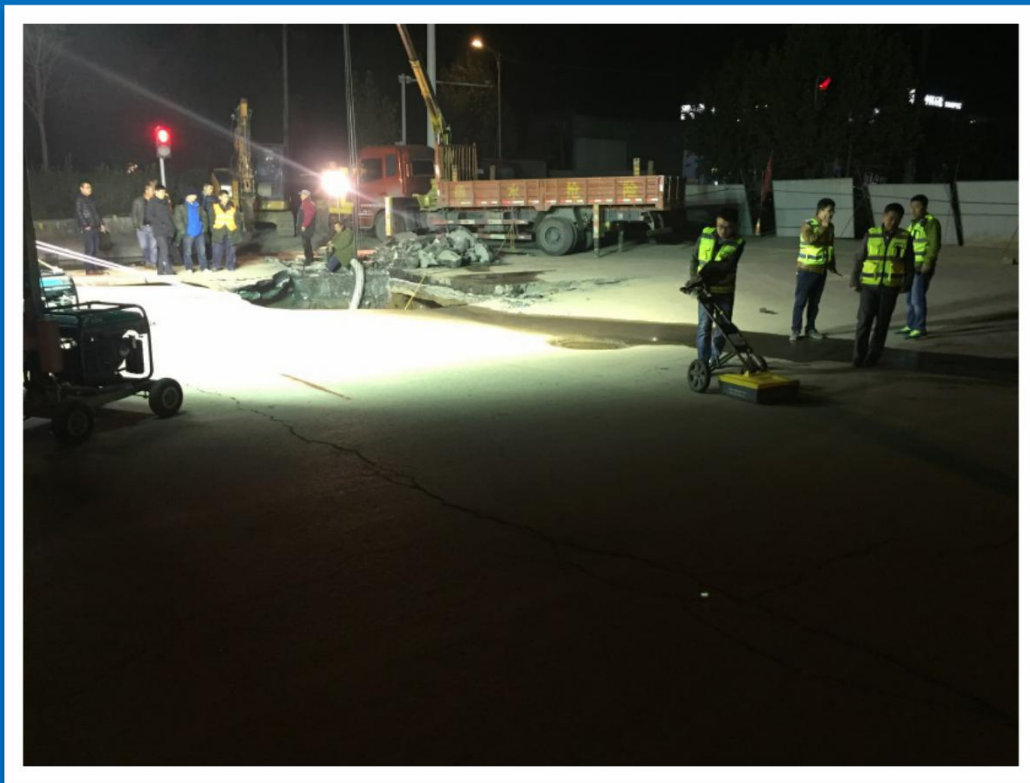
经检测未发现类似的病害反应出现，确定该位置为突发情况



## 现场工作2:

病害影响范围确定以及安全距离的划分。

从当夜应急前往现场开始，每间隔1h的时间，延外围安全地带向内部进行检测，确定当前病害范围，并通过几次划定的区域，推演病害发育方向。

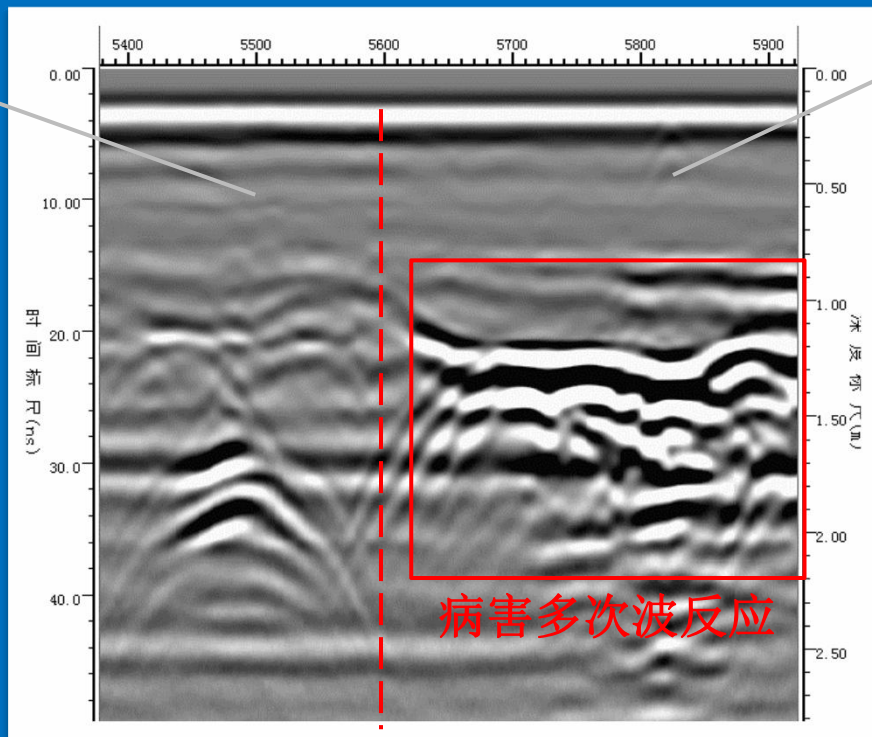




## 病害反应图谱：

安全区域

雷达波在地下传导过程是逐步衰减的过程，在调节显示增益时多处于梯形增益，即浅层增益小，深层增益大



危险区域

当遇到范围广深度大空洞时，深部衰减能量的物质消失，雷达波在空腔中多次波震荡重叠，行成区域状强反应。



## 现场范围划定

如图所示：

- 1、红色的离散点为当天晚上划定的几处异常反应的界线点。
- 2、内圈红线为夜间复测时重新划定的安全范围。
- 3、外侧红圈为第二天开挖前提供的最终安全范围。

随着流水作用，病害依旧处于发育过程中。



现场开挖维护，此  
处空洞范围、深度、  
流失土石方数均属  
于大型病害

图中为大型机械在  
安全区内作业。



## 案例二 管线渗漏生成大型病害

- 1、时间：2016年11月26日
- 2、地点：石家庄市北二环转东二环处。
- 3、发现过程：早上7时左右行人经过该路段附近，发现地面有空洞，及时上报城管部门，拉出警戒范围。
- 4、事故原因：空洞地区有一根污水管线破裂。



期初病害区域较小，破损区域不足 $3\text{ m}^2$ ，当时仅做出警戒范围

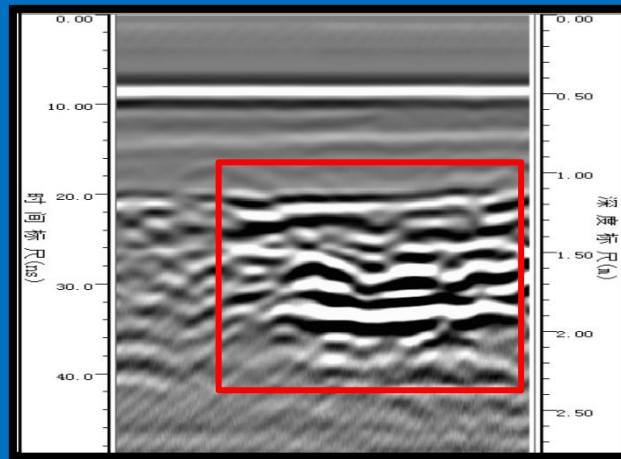
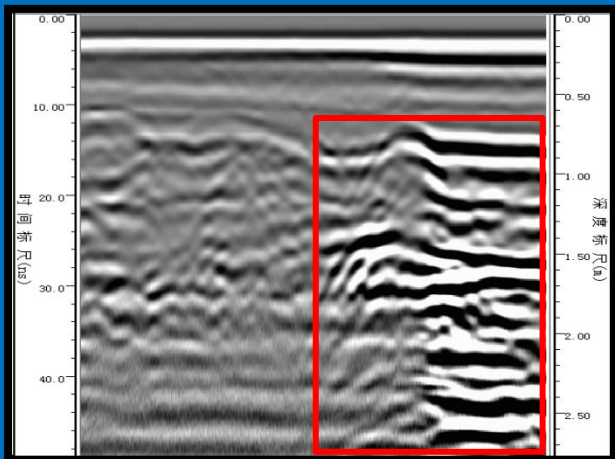
带检测车与手持设备紧急前往现场，探测病害的具体大小，为下一步施工圈定范围。

因到现场后发现空洞大小不明确，为安全检测未使用检测车，以手持设备为主，圈定病害范围，为下一步安全施工作保障。

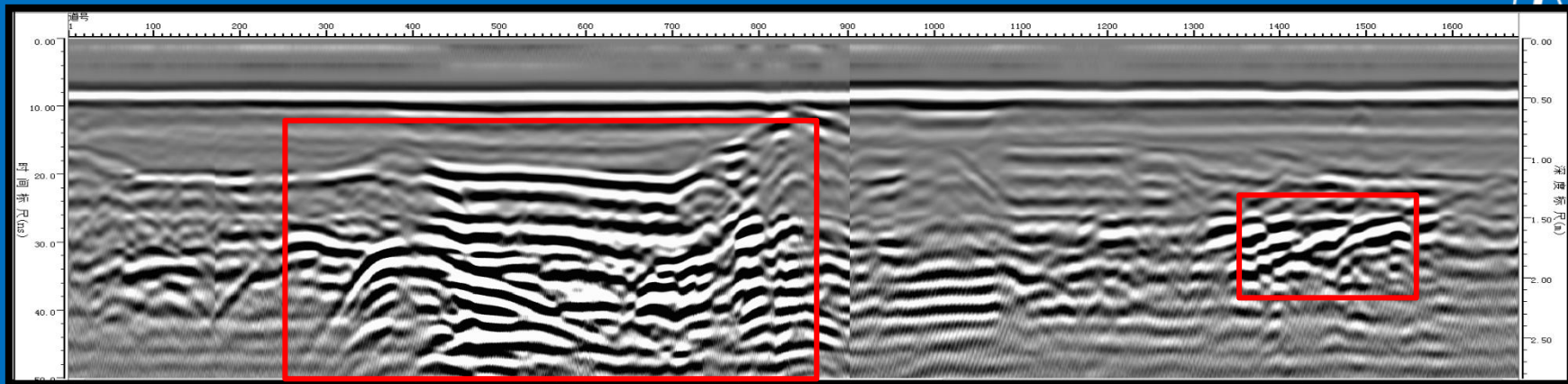
经初步检测判断，该位置空洞反应强，病害反应面积极大，立即联系市政交管部门，加大封锁力度和封锁范围。



# 病害雷达图像



分别从病害的两侧安全位置向病害方向推进，获得病害图谱与安全位置的分界线。



图像中左右两个病害区域，采集的是地下空洞、但地面完好的区域。  
左侧靠近开始发现的空洞位置，范围较大。  
右侧离开空洞位置十余米，仍然有异常反应

延病害发育方向做雷达剖面测线，最终病害区域延伸到道路以外，直到外侧路基附近，已经全部形成空洞。







安全警戒线

病害边界线

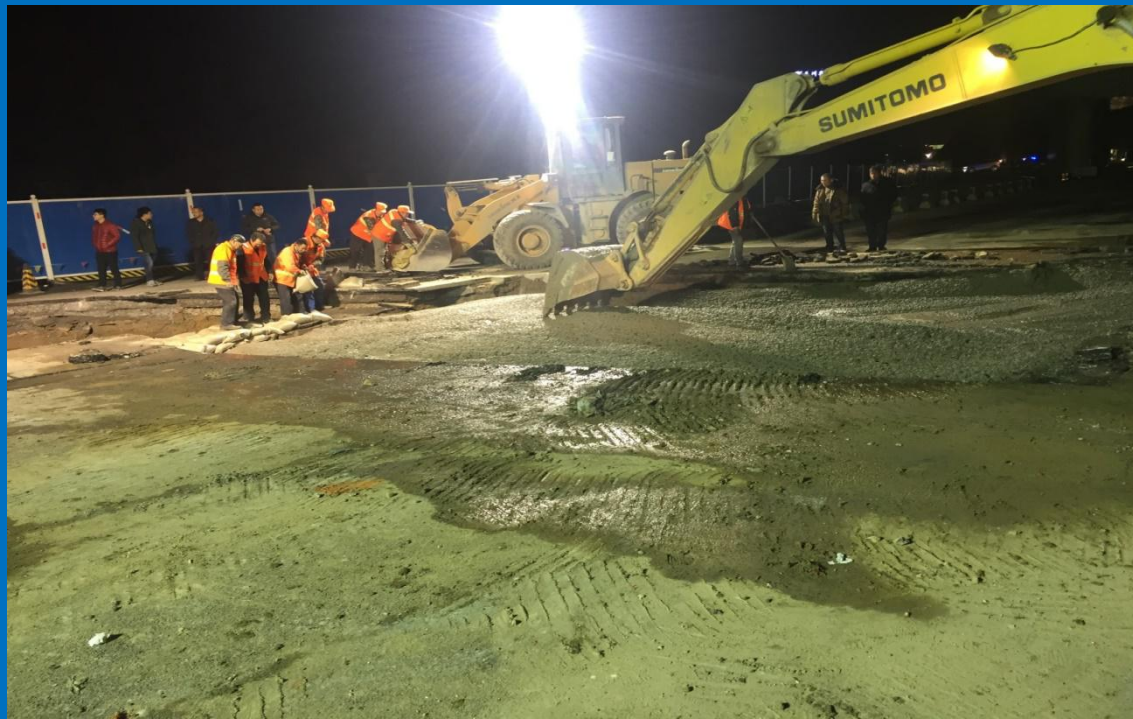
以塌陷病害为中心，呈蛛网式布置测线，找出地下病害的实际大小，画出病害范围，从病害范围向外扩1-2米作为安全警戒线。



因污水管线破损导致的大规模水土流失，进一步形成空洞，是常见的一种病害形成机理



根据探测和后来开挖发现，该处病害范围远大于初期估算大小（图中开挖范围不足实际病害的一半），因及时发现，避免大的安全事故产生。因该处范围和深度都太大，不适合使用地下灌浆的方式处理，故现场直接选择地面破碎，整体回填处理。



因为该处病害面积过大，且需要多个部门协同处置，所以采取三段施工的方式，先对中间路段进行破开修补，在病害区域分割段用沙袋架墙分离。待注浆完成，在其冷凝阶段开始处理下一部分



先往坑内回填石粉，一方面吸收坑壁的水分，另一方面充填塌陷物之间的空隙。





待石粉均匀铺开一段时间后，向坑内注水，一方面增强石粉的密实性，另一方面防止石粉从下一步浇筑的混凝土中吸取水分，导致混凝土开裂。





浇筑混凝土完成后，破开其他破损区域进行处理。



次日，对破损管线进行修复处理



待回填混凝土冷凝成型后，使用摊铺机摊铺热沥青，修复地表，恢复通车。

\*（该地段从发现问题开始到修复问题正常通车用时不到3天）



## 案例三 自然沉降导致的道路病害

2018年3月22日下午2时时分，青岛市市南区苗岭路（与秦岭路路口东侧20米）处发生一处地面沉陷情况，待赶赴现场时，地面已存在一处长4米，宽3.6米，深约2米塌陷大坑。坑内无大型管线破损，只有一处信号灯铁质管线且保存完整。

（大致病害位置如图所示）





对周围进行现场排查，沿线附近无其他管线。

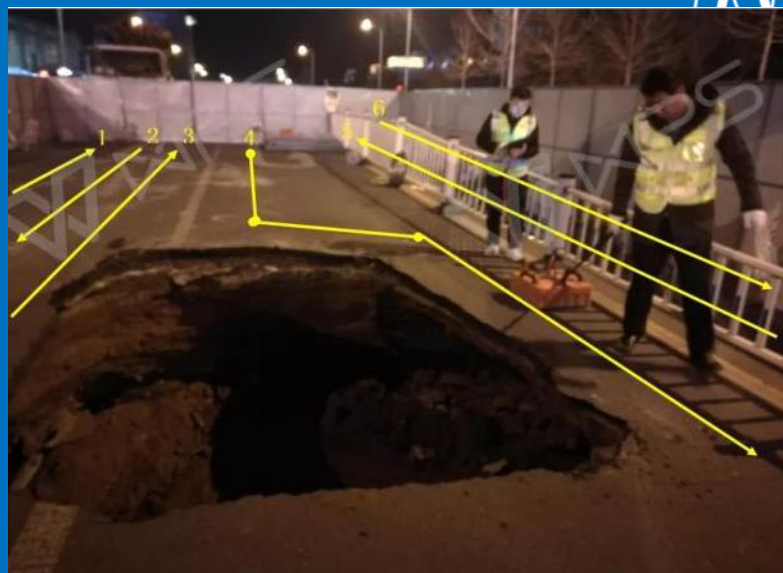
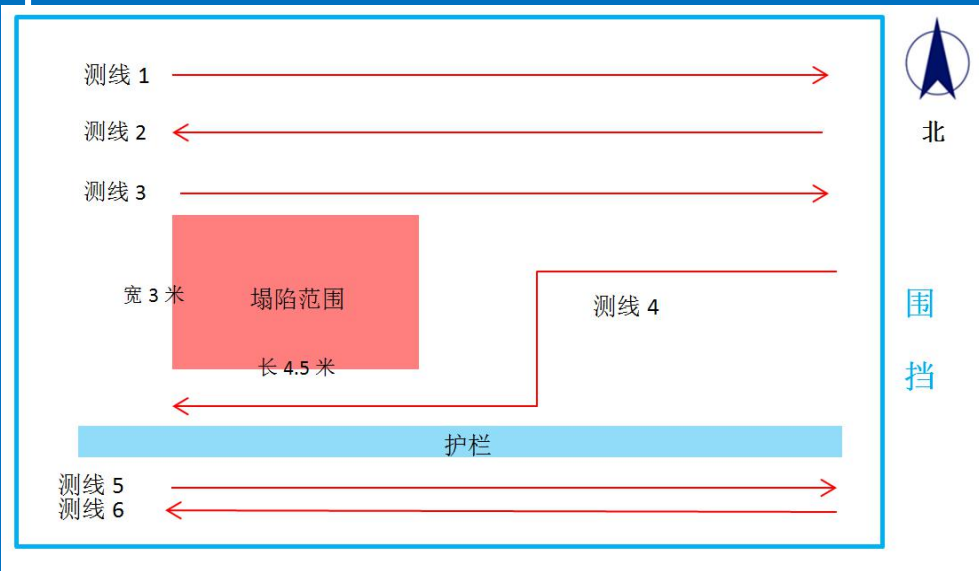
该位置处于地铁沿线附近。

后期排查可能性，怀疑是由于地铁的相关扰动，带来的土体松散沉积，在表层形成空洞。

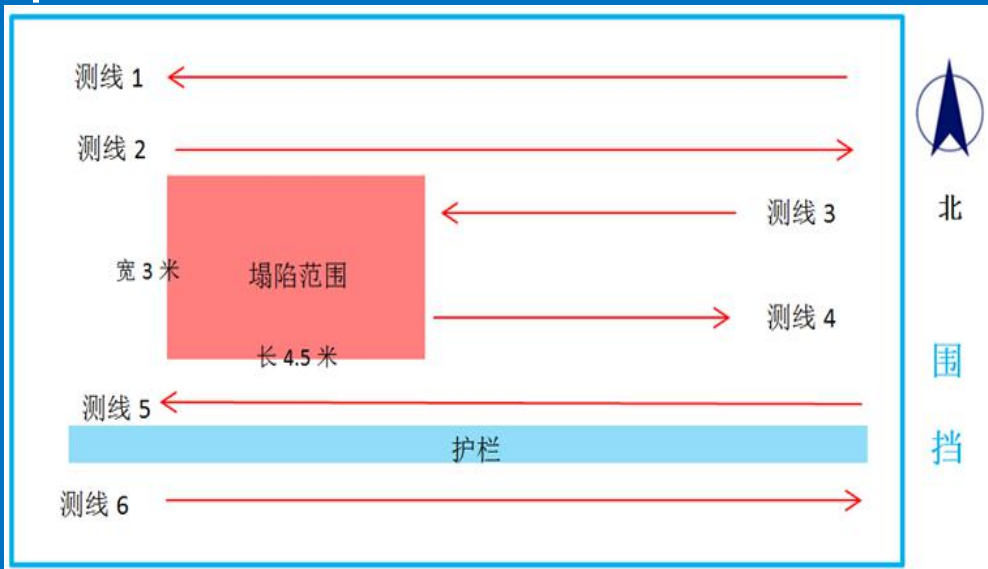
为了对病害影响范围有详细探知，现场使用LTD-2100主机，分别挂接GC400MHz和GC270MHz天线，对病害区域周围进行测线探测，目的如下：

- 1、圈定病害的影响范围，查找有无未发现空洞。
- 2、排查周围管线，辅助判定病害成因。

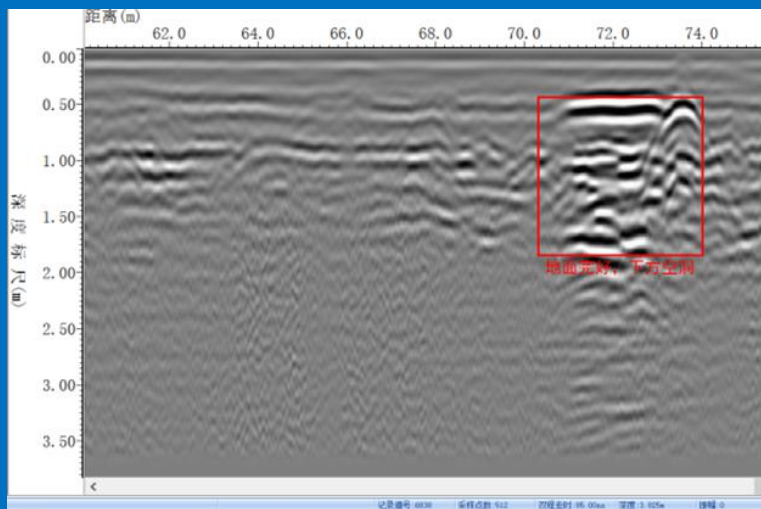




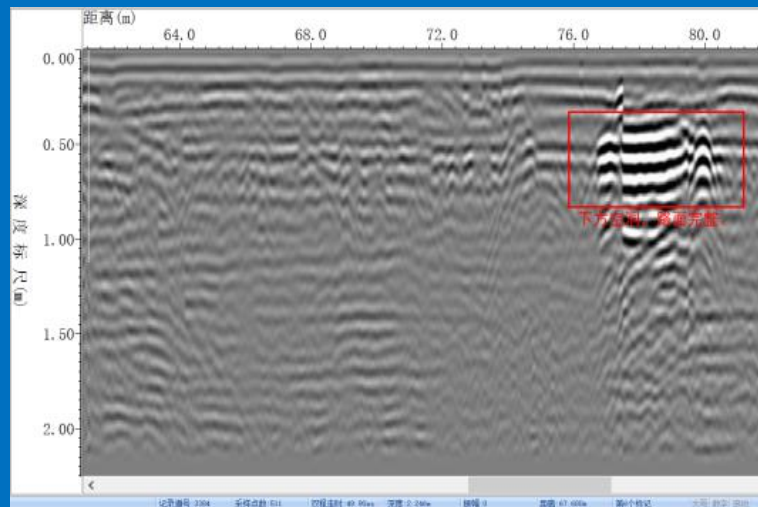
270MHz现场照片和测线布置



400MHz现场照片和测线布置



270MHz隐藏病害图谱



400MHz问题图谱

使用270MHz和400MHz进行雷达检测，在塌陷区域一侧发现有出现塌陷但是没有显示的区域。并且经过排查，该位置附近并无多少管线，为病害成因提供依据

## 案例四 人行辅道上出现的塌陷病害

塌陷问题除发生在公路主干道外，人行辅道、商业设施，管廊防空洞都有可能出现病害。

2018年末，在石家庄某处学校门口出现一处规模较大的塌陷问题。

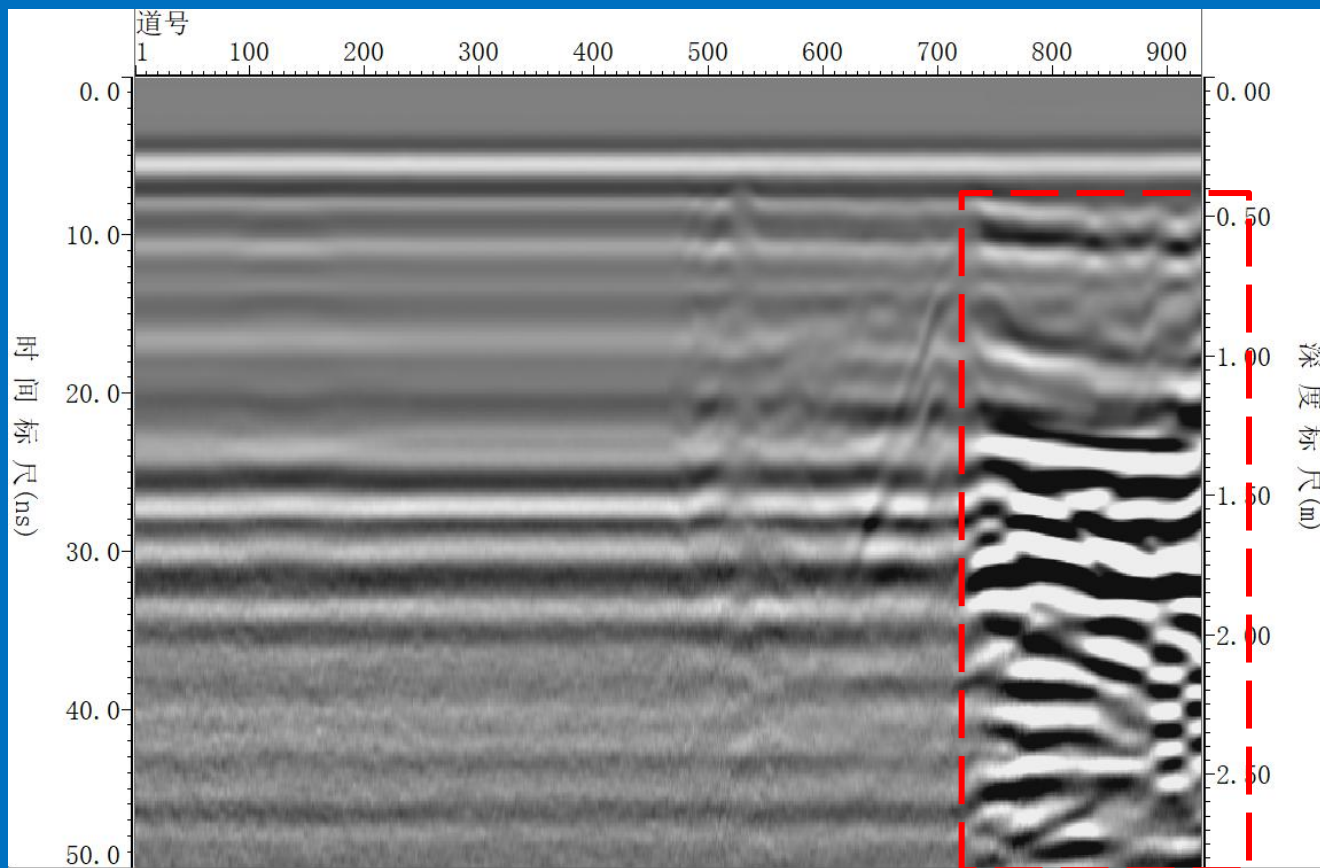




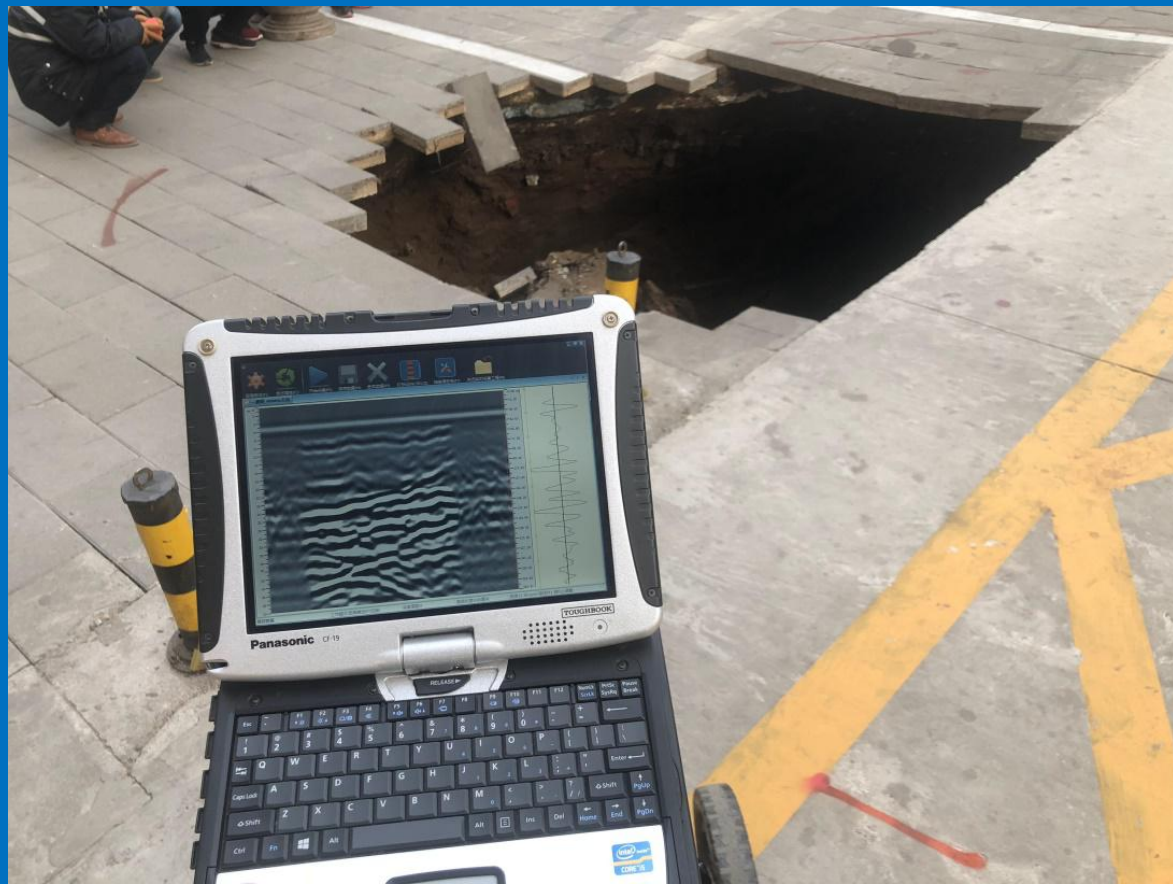
因处于人行便道，车辆等普查设备无法展开，使用通用设备和管线探测仪对该病害区域进行排查探测。排查方式依旧采取由外向内的检测方法，图中显示的是病害与土体的边界位置。

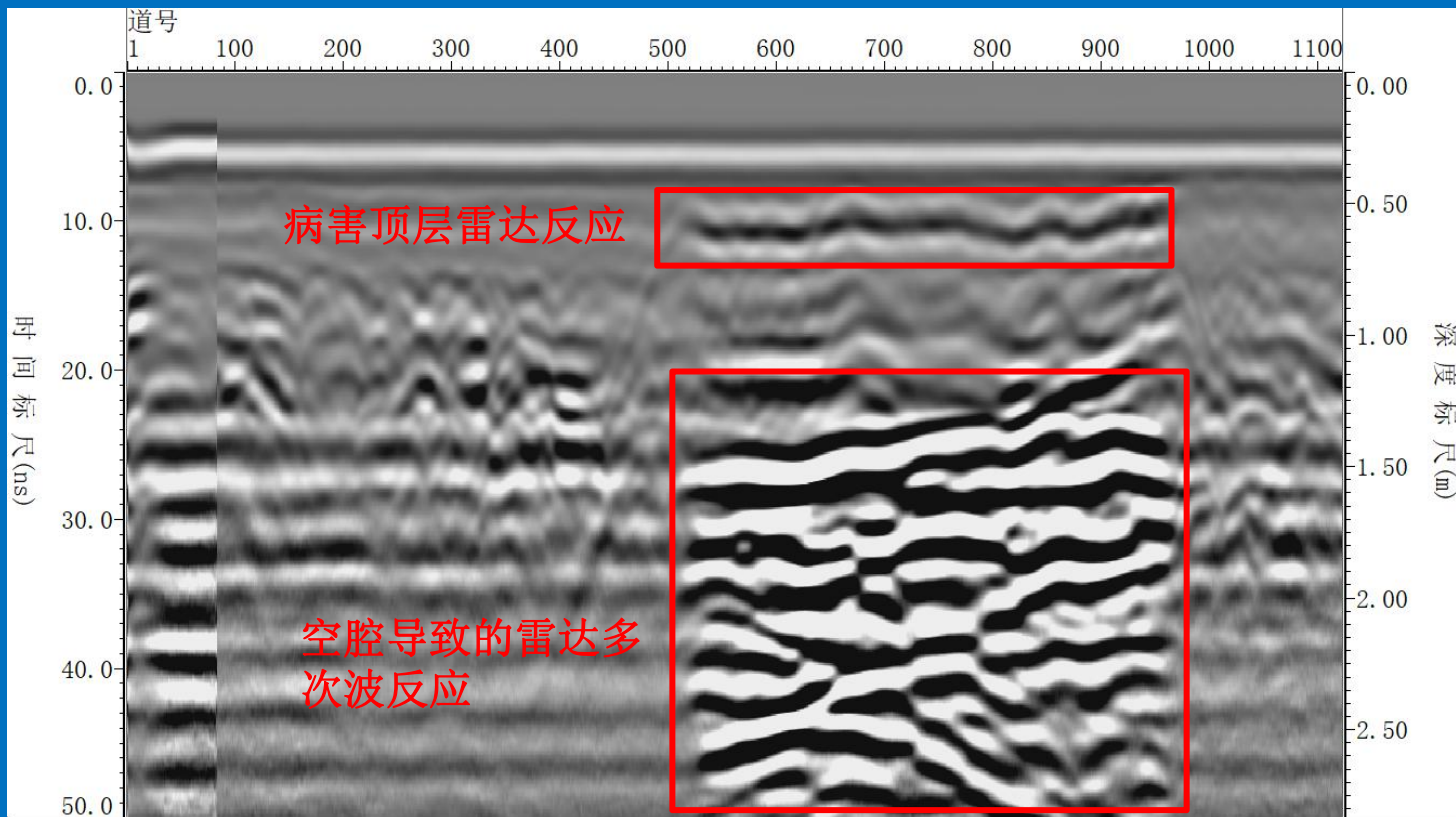


如图所示：  
从密实位  
置向塌陷  
区域方向  
前进，能  
明显分辨  
出密实土  
质与空洞  
的异常反  
应，进而  
判断空洞  
的大小范  
围。



在保证安全的前提下，对下侧空洞，但表层完整的区域进行探测，采集相对典型的空洞反映。

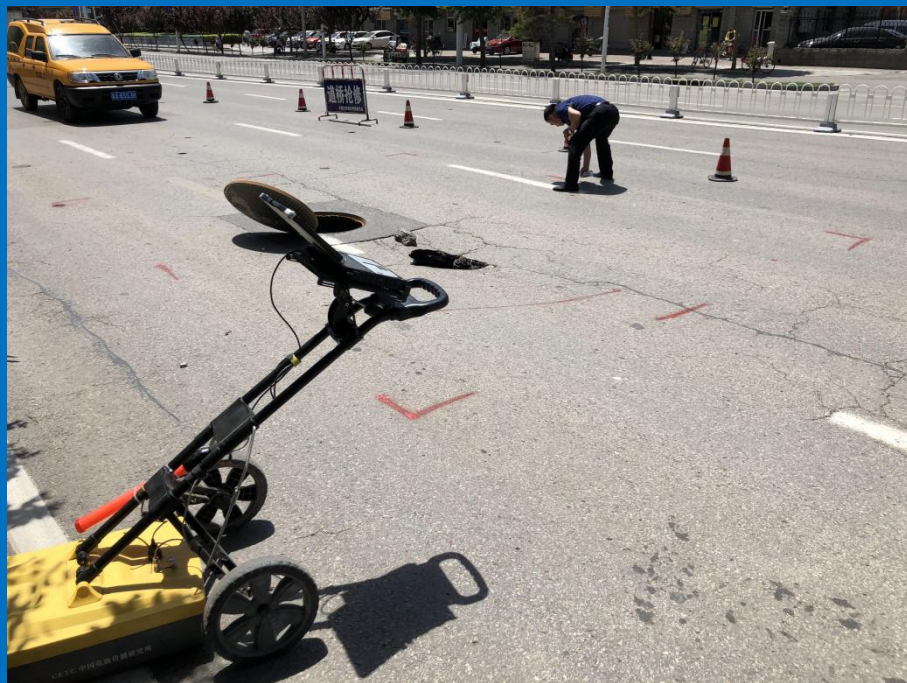




经现场雷达检测和管线排查，未发现塌陷区域附近有管网因素，初步推测，可能为土体沉降导致的问题。



## 案例五 井盖等高危区域出现的空洞



井盖作为城市道路常见的一种设施，在雷达检测中经常性的会被作为主要干扰源，在分析数据时被排除在外。

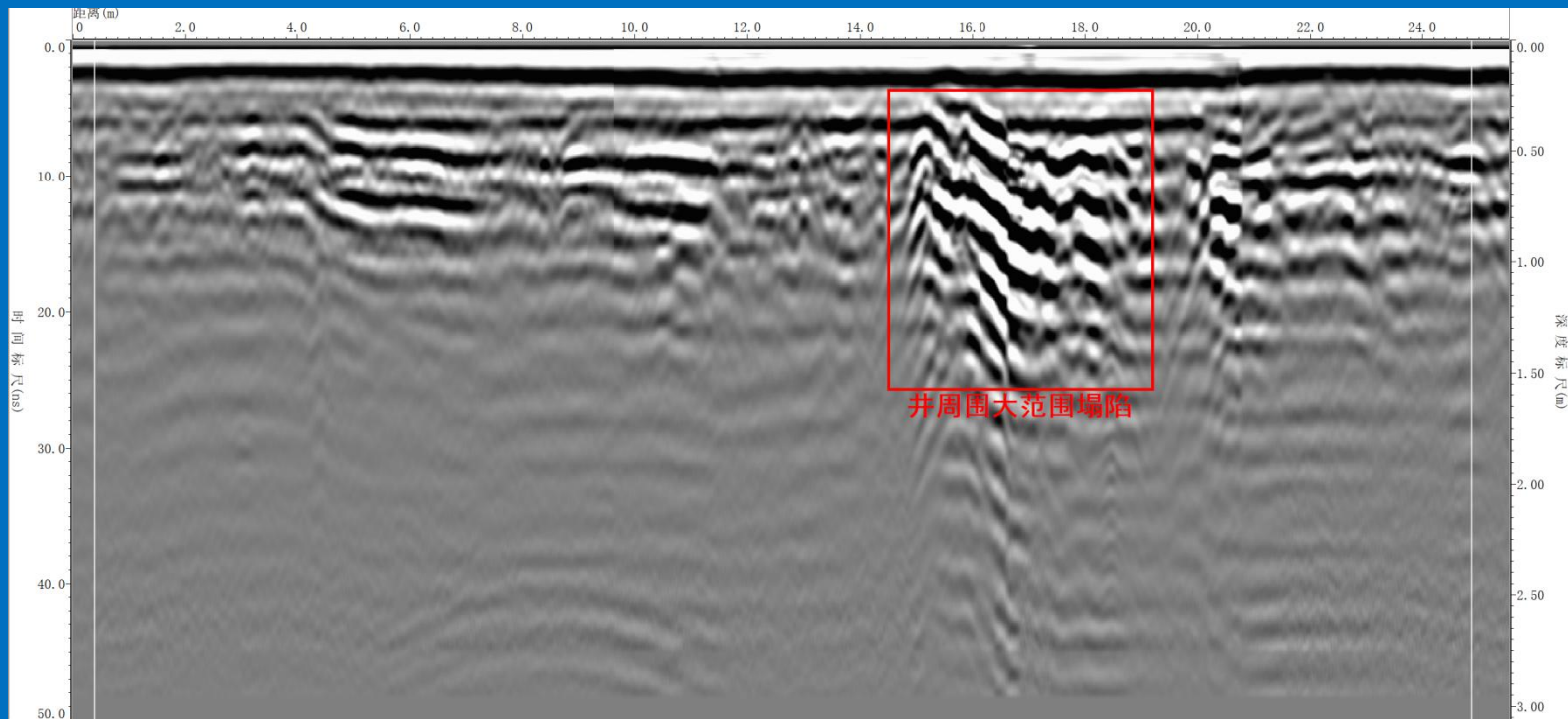
但是同时，管道井作为主要的市政措施，由于其涉及开挖回填，周围管线密布，长期受地表盈利载荷作用，也容易收到工程扰动影响，比一般道路更容易出现问题。



现场照片







管道井周围出现的空洞反应，和以往空洞病害反应有所不同，可能也是今后雷达判图的难点之一。

现场原因排查，该处有包括电力、通讯在内4条管线，未发现给水供水管线。

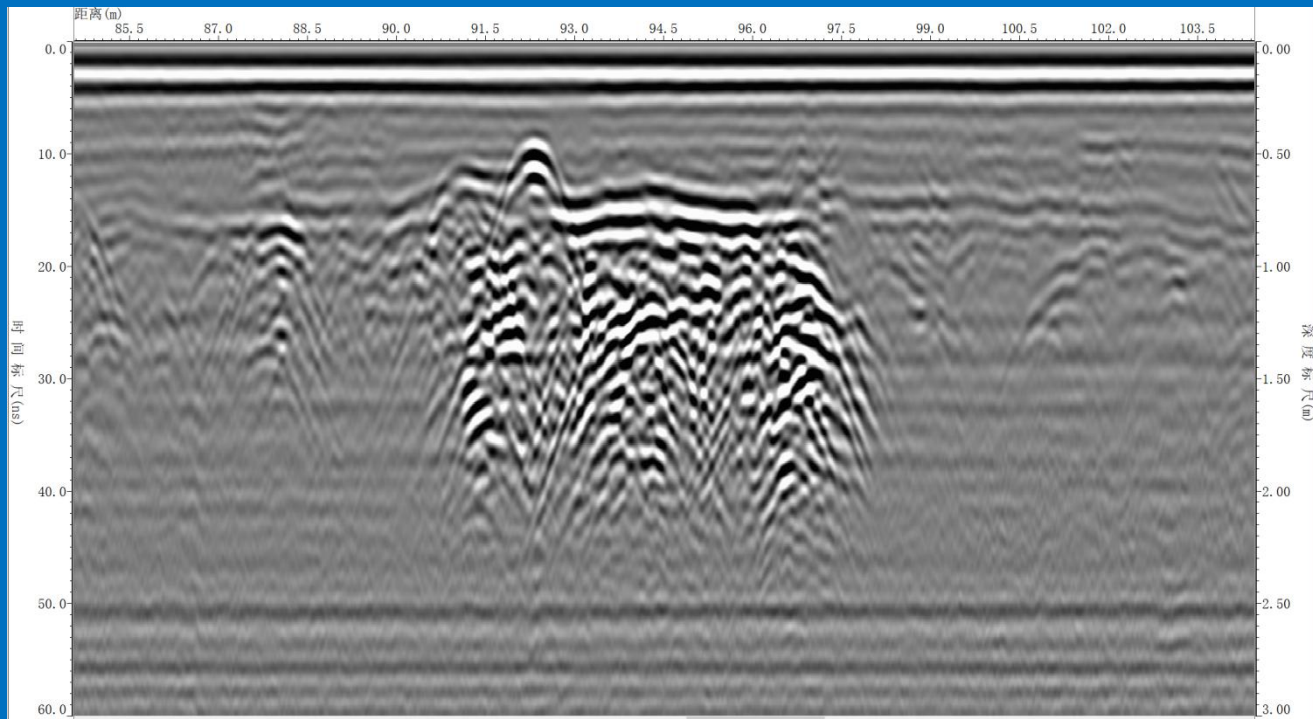
结合该地区历年来出现的病害的产生原因，综合判断可能是由于降水影响出现的沉降性空洞。

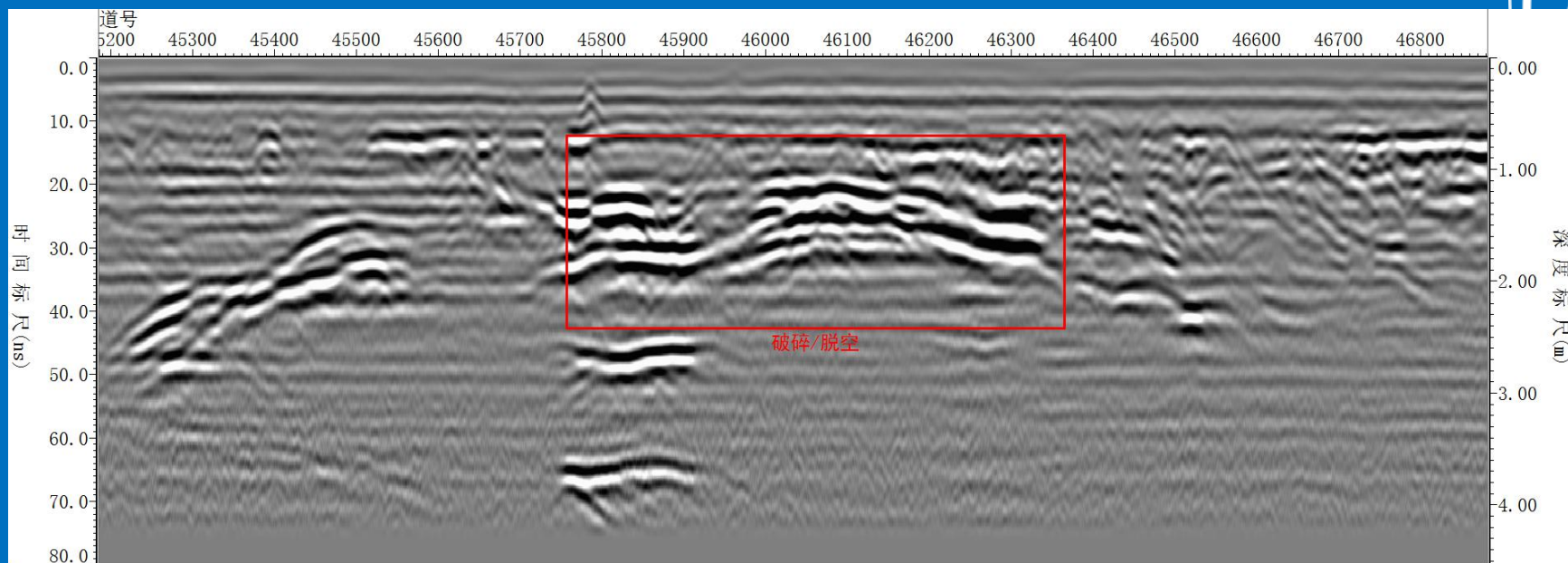
## 案例六 地下明显不明异常的反应。

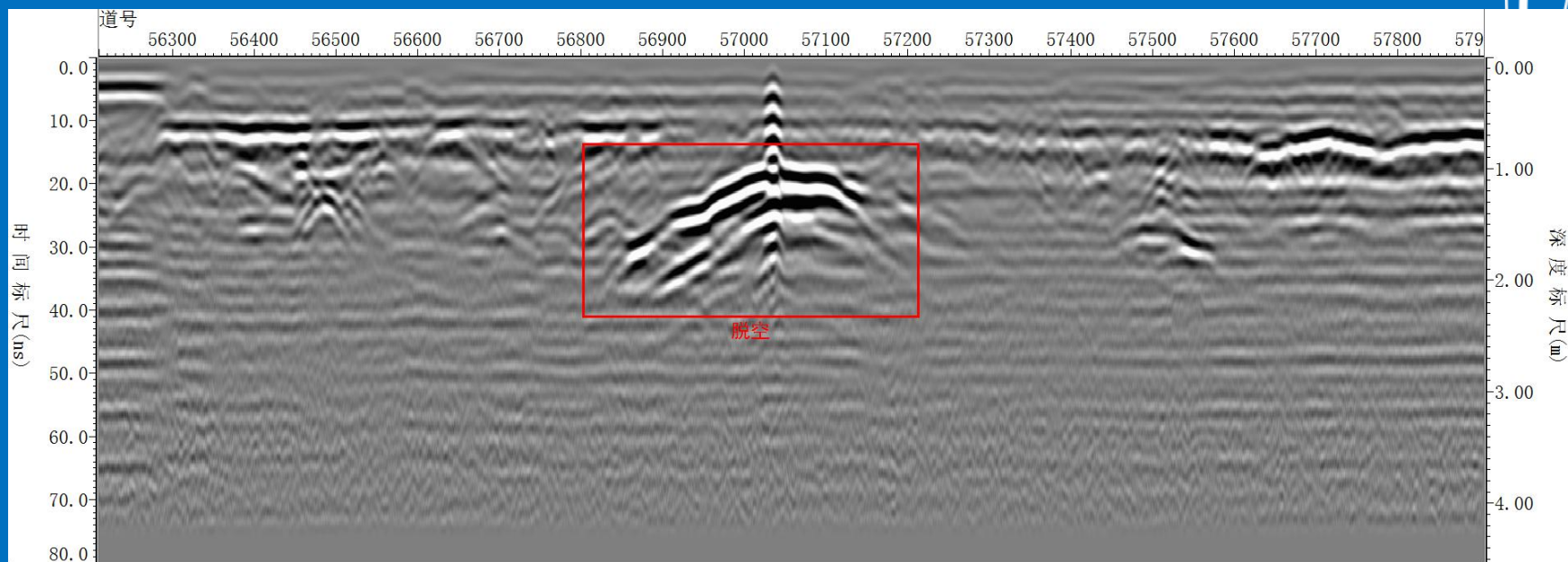
除了一些有据可循，地表发现或取芯验证知道的空洞问题，探地雷达在市政道路检测中发现有部分典型异常图像，做简单参考。

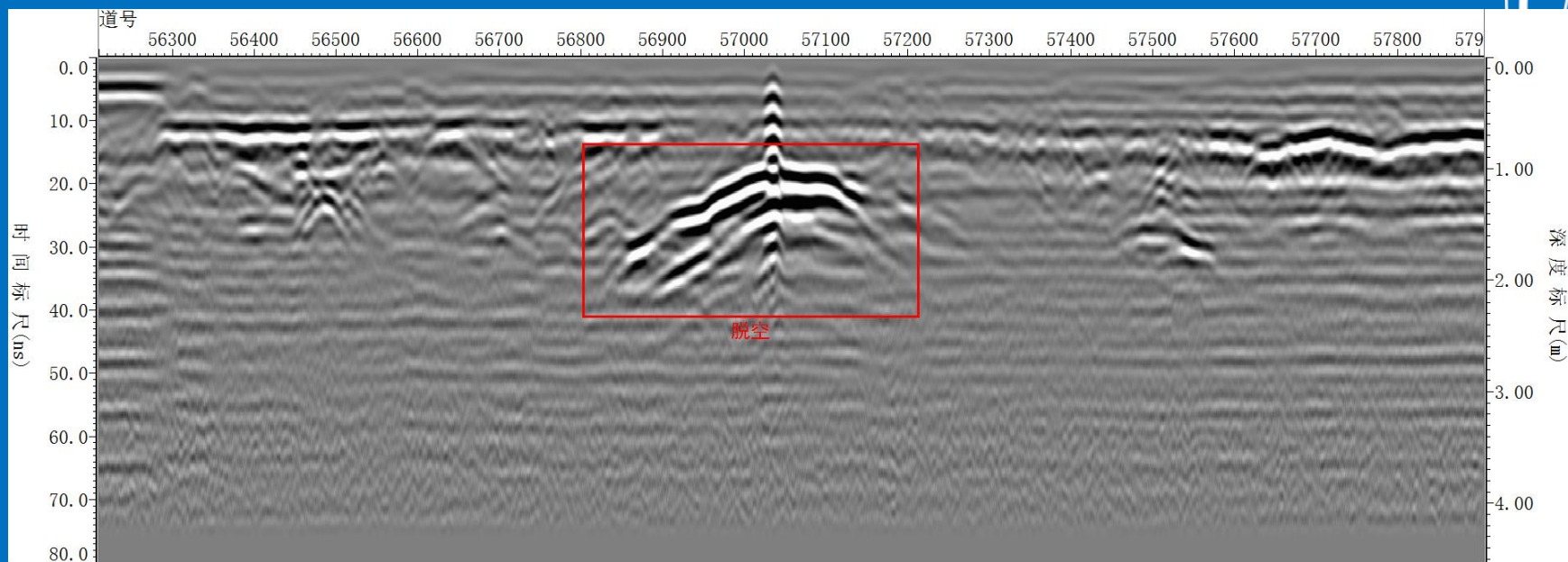
(因种种原因未经验证，仅供大家讨论参考)

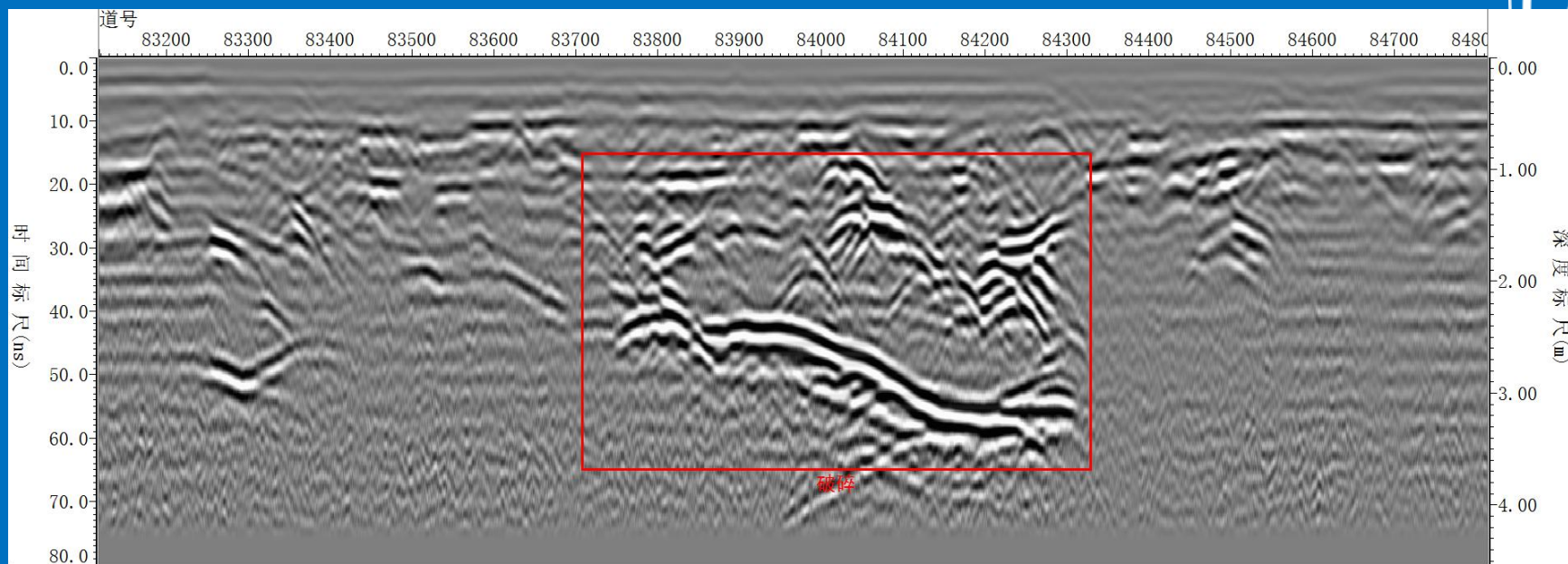




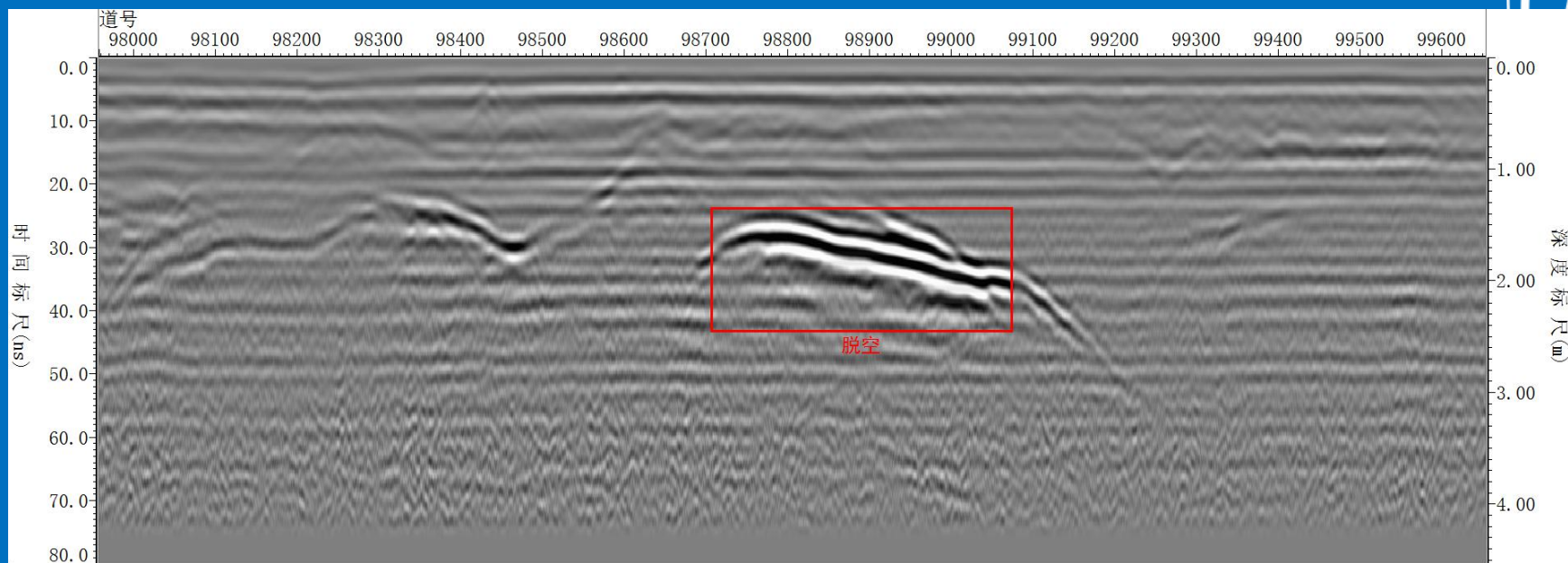


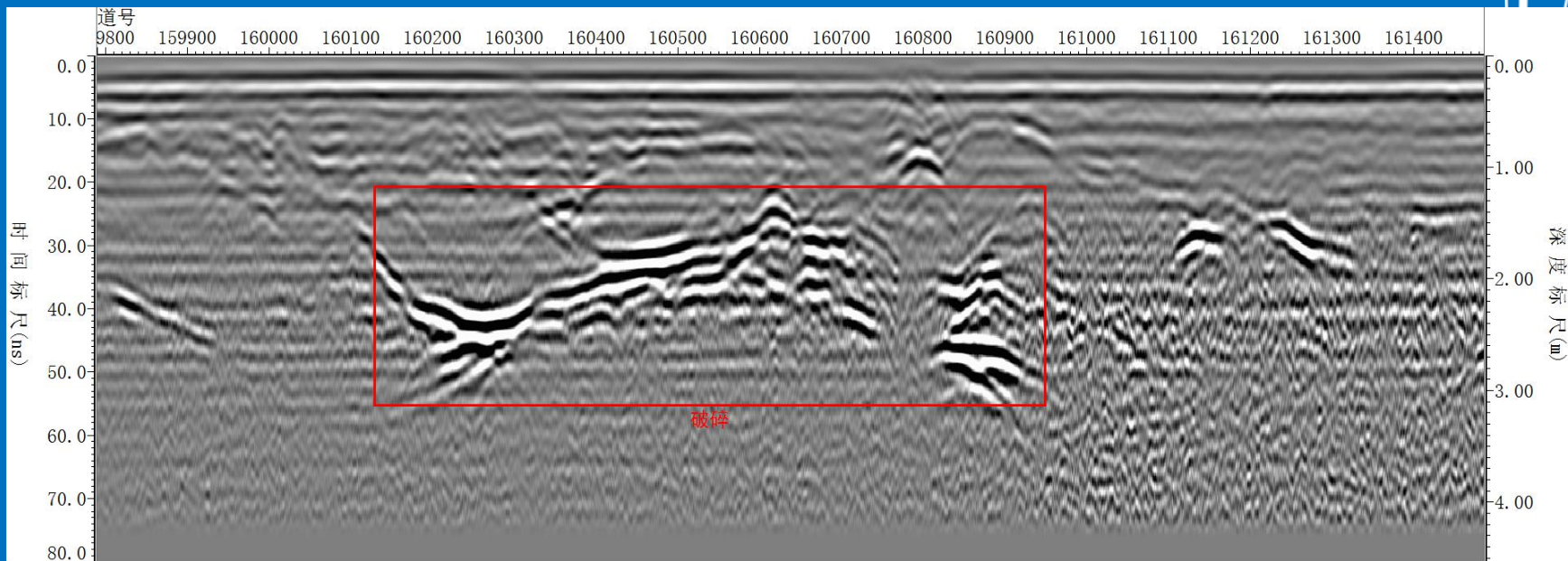












## 检测车服务案例



青岛



大连



哈尔滨



石家庄

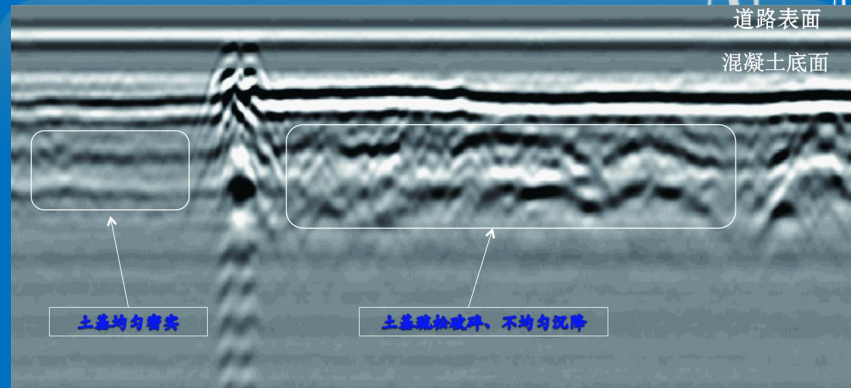
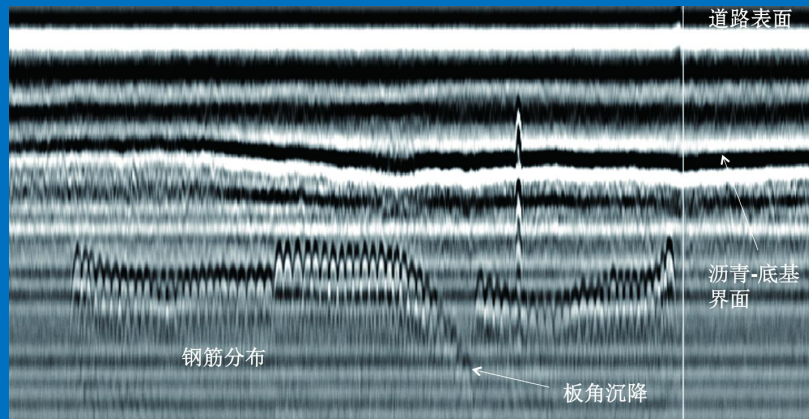


北京

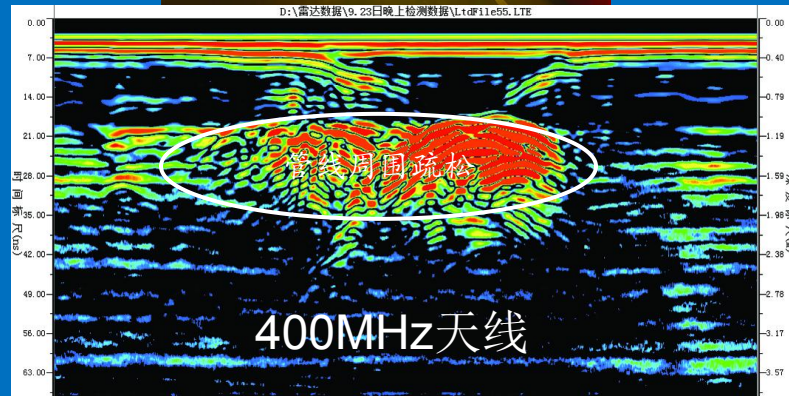
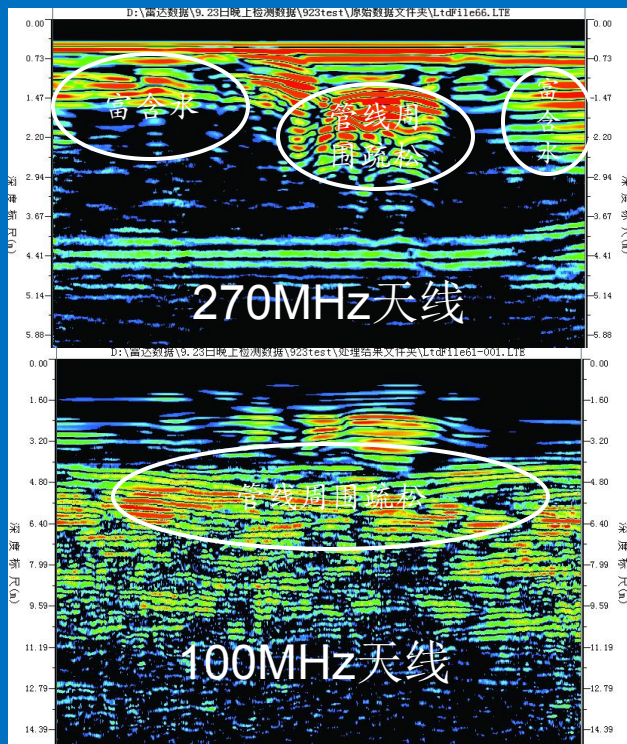


徐州

# 流亭机场工程现场



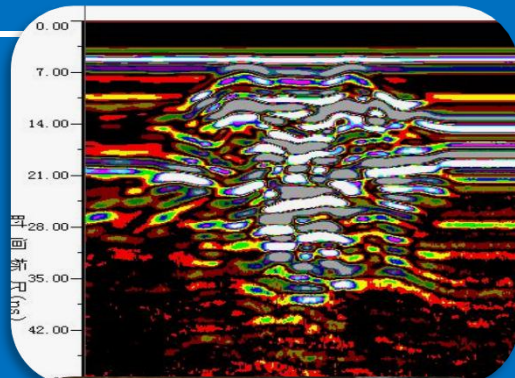
# 哈尔滨工程现场



# 深圳市布沙路工程现场



路段：布沙路

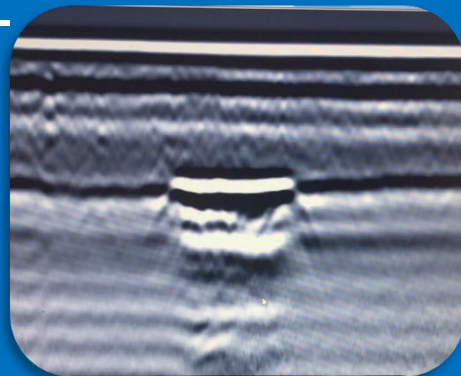
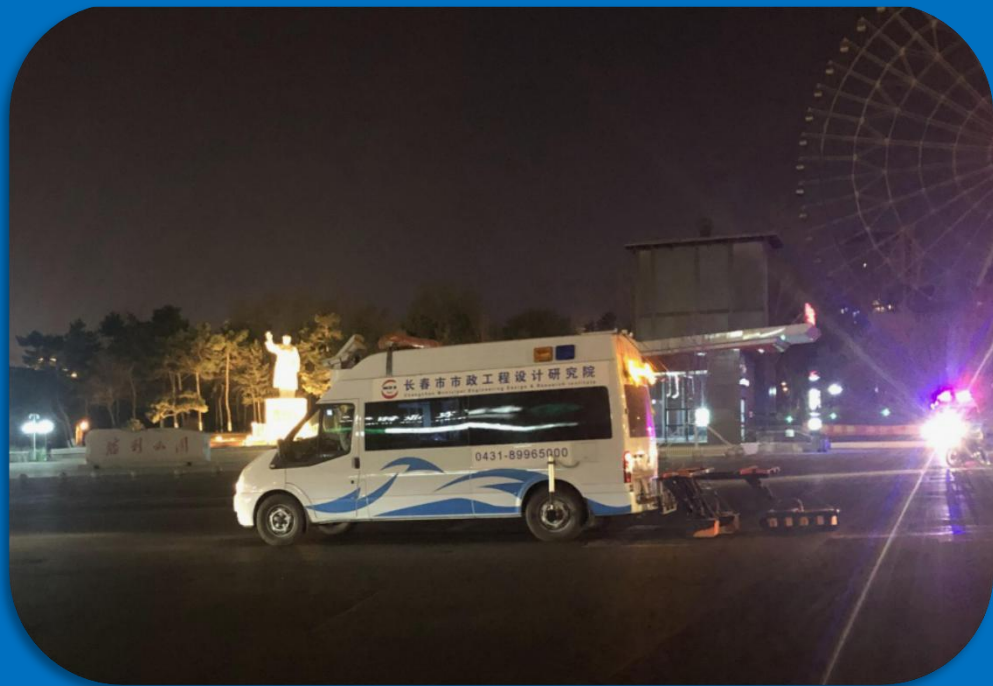


病害反应



开挖验证

# 长春市人民大街工程现场



病害反应



取芯验证

目前，在检测业绩上，我们参与北京十九大道路保障，杭州G20峰会道路保障，青岛上合峰会道路保障等重大项目。承担过郑州、长春、哈尔滨、石家庄、天津、长沙、贵阳、广州、深圳等国内一线城市的道路病害探测任务。

另外，在检测车销售业绩上，我们近年来为石家庄，蚌埠 长沙 长春等城市的市政单位和检测公司提供过多套检测车产品，在此方面有成熟的经验与技术。

希望借此会议与大家分享检测经验，加深检测行业的合作与共赢。



欢迎

游览红瓦绿树、碧海蓝天的青岛！

莅临团结勤奋、求实创新的22所！

谢谢大家！

