

城市道路塌陷探测及 塌陷云管理平台



主讲人：王建伟

2020年4月17日20:00

《城市道路塌陷探测及塌陷云管理平台》目录

1

道路塌陷的成因现状

2

城市道路检测方法选择

3

城市道路检测依据

4

城市道路检测流程方案

5

城市道路检测服务案例

6

结语

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。



开车切记：走灰不走白 见黑停下来

All rights to www.chinagpr.com

2020年1月13日17时36分许，青海省西宁市南大街长城医院门前发生路面坍塌，一辆由南向北行驶的17路公交车（青A60015）陷入其中。

事故共造成9人死亡，1人失踪，16人受伤。造成重大安全事故，社会反响极大。

关注城市道路安全刻不容缓。



道路塌陷的形成原因，目前比较认可的有以下几种原因。

1、路基不均匀沉降

部分路基土壤的密实度偏低，土体透水性增强，易使路基土软化，进而产生不均匀沉降。

2、管线由于老旧和外界施工干扰产生的破损

由于管线周围土体不密实，以及管线破损产生的水土流失，是道路塌陷形成的主要原因。

3、雨季汛期对于路基层影响。

一方面汛期内管线排水压力加大；另一方面层隙水会加快土壤路基的软化速率，加快空洞的形成。

4、地铁、基建、顶管施工等大型工程扰动影响。

盾构法、浅埋暗挖法等施工容易造成地层扰动，加上可能存在的降水排水，使其周围土壤松散，泥土流失，逐渐形成深度空洞，在上层土壤逐步沉降后，最终导致路面坍塌。



不经意的邂逅，惊慌中莫过于我看着你，却深不见底！

《城市道路塌陷探测及塌陷云管理平台》目录

1

道路塌陷的成因现状

2

城市道路检测方法选择

3

城市道路检测依据

4

城市道路检测流程方案

5

城市道路检测服务案例

6

结语

参考目前最新推出的《城镇地下空间探测与检测应用技术标准》T/CMEA 2-2019，共列举出目前常见的几种物探检测方法。

- 1、高密度电阻率法
- 2、探地雷达法
- 3、电磁感应法
- 4、瞬变电磁法
- 5、面波法
- 6、微动勘探法
- 7、地震反射波法
- 8、声呐法

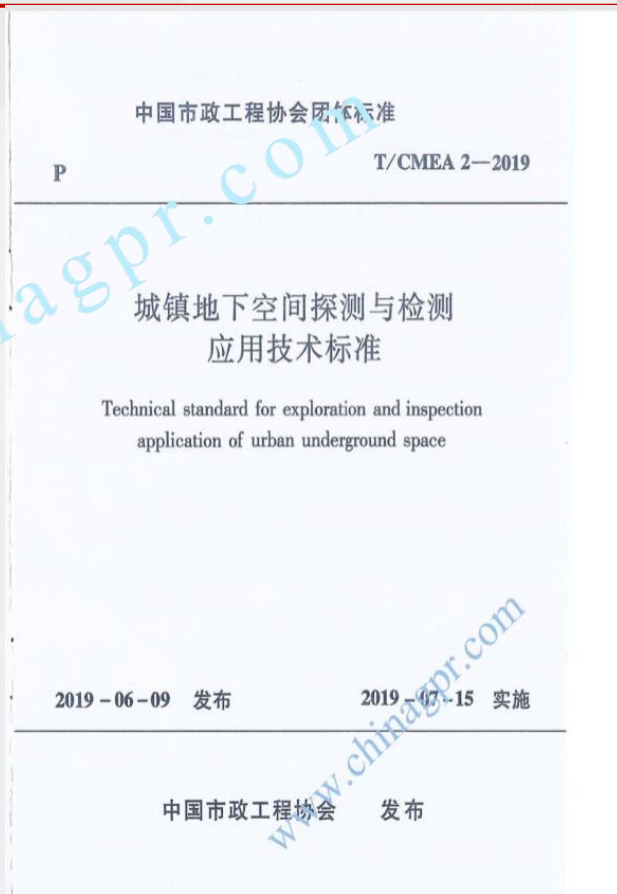


表 4.2.8 常用地球物理探测方法适用范围

探测方法	原理	推荐适用范围
高密度电阻率法	以地下介质导电性质差异为基础,研究在人工施加稳定电流场作用下地下介质中传导电流分布的规律	在介质电阻率差异较大时,具有明显的优势,适宜探测地下洞穴、采空区和地下含水层
探地雷达法	通过发射和接收高频脉冲电磁波探测地下介质的分布规律	无损探测,探测速度快,成像分辨率高,适宜探测道路缺陷、道路分层厚度、地下管线、钢筋混凝土结构和浅层岩溶、洞穴
电磁感应法	利用电磁感应原理探测金属管线或带有金属示踪线的非金属管线	探测速度快,简单直观,精确度高,适宜探测金属管线和带有金属丝的非金属管线
瞬变电磁法	利用不接地回线或接地线源向地下发射一次脉冲磁场,通过线圈或接地电极观测地下介质引发的二次感应涡流,从而探测介质电阻率分布	在高阻介质中寻找低阻地质体最灵敏的地球物理方法,无地形影响,同点组合观测与探测目标有最佳耦合,异常响应强,形态简单,适宜探测埋深大于20m的采空区、洞穴、岩溶和含水层

续表 4.2.8

探测方法	原理	推荐适用范围
面波法	利用地震法中次生的瑞雷波的频散特性来探测地表附近分层介质的力学性质	不受地层速度差异的影响,可反映阻抗差异较小的地质界面,对上下层传播速度没有要求,分辨率高于地震反射波法,适宜探测层状分布的地下目标
微动勘探法	通过观测台阵记录微动信号,并从微动信号中提取面波的频散曲线进而反演地下信息	无损,无需人工震源,不受环境振动影响,成本低,适用于探测地下建(构)筑物和地下孤石
地震反射波法	通过人工激发和接收地震反射波探测地下界面的深度和形态,测定局部构造,判断地层岩性	探测深度大,分辨率高,适用范围广,适宜探测埋深大于30m的采空区、岩溶、洞穴和地下构筑物
声纳法	通过发射和接收声波探测地下介质的分布规律	精度高,不受电磁干扰,水中衰减慢,适宜探测水底地形、管道内淤泥厚度和管道内部缺陷

续表 4.2.9

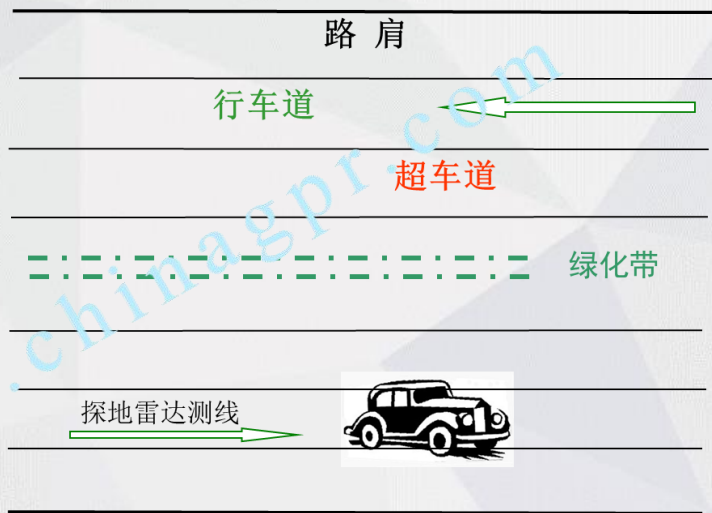
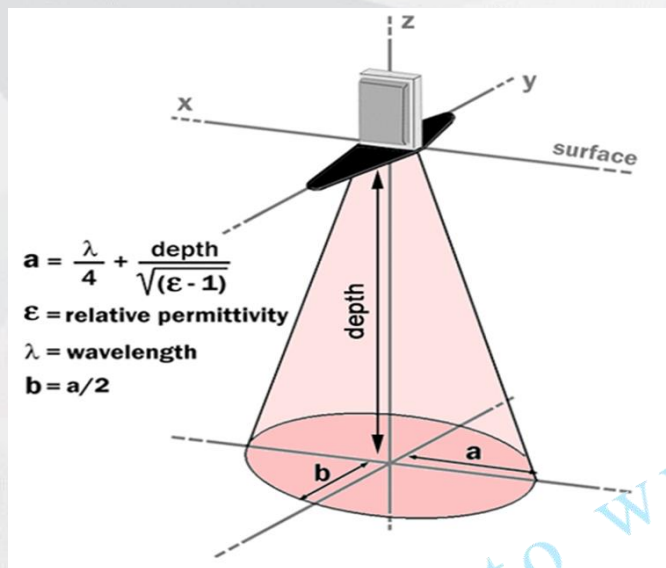
探测方法		高密度电阻率法	探地雷达法	电磁感应法	瞬变电磁法	面波法	微动勘探法	地震反射波法	声纳法
		地下空间类型							
自然地质体	道路空洞	○	●	—	○	○	○	○	—
	采空区	○	—	—	●	—	●	●	—
	洞穴、岩溶	○	●	—	●	—	○	●	—
	含水层	●	—	—	●	—	—	—	—
	地裂缝	○	●	—	—	○	○	—	—
	孤石	—	○	—	—	○	●	—	—
	水底地面	—	○	—	—	—	—	○	●
地下建筑		—	○	—	—	—	—	●	—

注：●推荐方法；○可选方法。

表 4.2.9 常用地球物理探测方法适用性

探测方法		高密度电阻率法	探地雷达法	电磁感应法	瞬变电磁法	面波法	微动勘探法	地震反射波法	声纳法
		地下空间类型							
地下管线	金属管线	—	●	●	—	—	—	○	○
	非金属管线	—	●	○	—	—	—	○	○
道路	路基	○	●	—	—	●	—	○	—
	路面	—	●	—	—	○	—	—	—

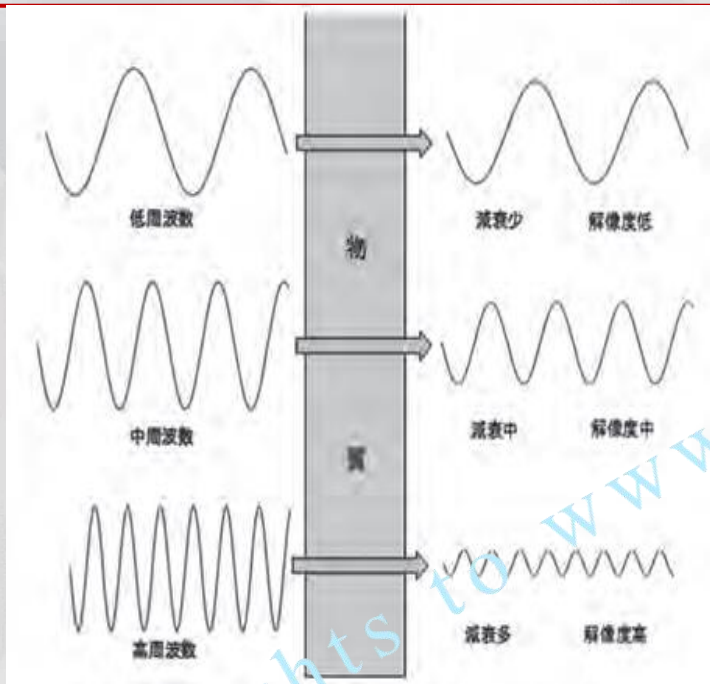
对比多种物探方法的适用性，得出探地雷达在浅表层城市物探中较为适用，建议用探地雷达无损检测方法进行道路检测。



电磁波球面波的收发特性使单条测线区域检测成为可能。

探地雷达城市道路检测中，测线通常要求延车道方向布置。

从探地雷达的工作原理收发方式可知，电磁波的收发以椭球型（近似球形）面波方式探测，探测角度 $\geq 60^\circ$ ，有一定覆盖范围，根据规范要求以及项目经验，中高频天线道路检测，测线间隔建议1m左右。



雷达型号	探测深度值
GC100MHz	10m
GC270MHz	5m
GC400MHz	3m
GC900MHz	1m
AL1500MHz	0.5m
AL2000MHz	0.3m

受城市道路结构影响，电磁波正在传播过程中的衰减较大，探测深度相对于岩石等致密结构中有所减少。结合表中探深数据以及道路结构规范，建议道路检测中，雷达频段控制在100MHz-1GHz范围之内。

《城市道路塌陷探测及塌陷云管理平台》目录

1

道路塌陷的成因现状

2

城市道路检测方法选择

3

城市道路检测依据

4

城市道路检测流程方案

5

城市道路检测服务案例

6

结语

《公路技术状况评定标准》 JTG H20-2007

《公路路基路面现场测试规程》 JTG E60-2008

《多功能路况快速检测设备》 GB/T 26764-2011

《道路塌陷隐患雷达检测技术导则》 TG204-2016

《城镇道路养护技术规范》 CJJ 36-2016

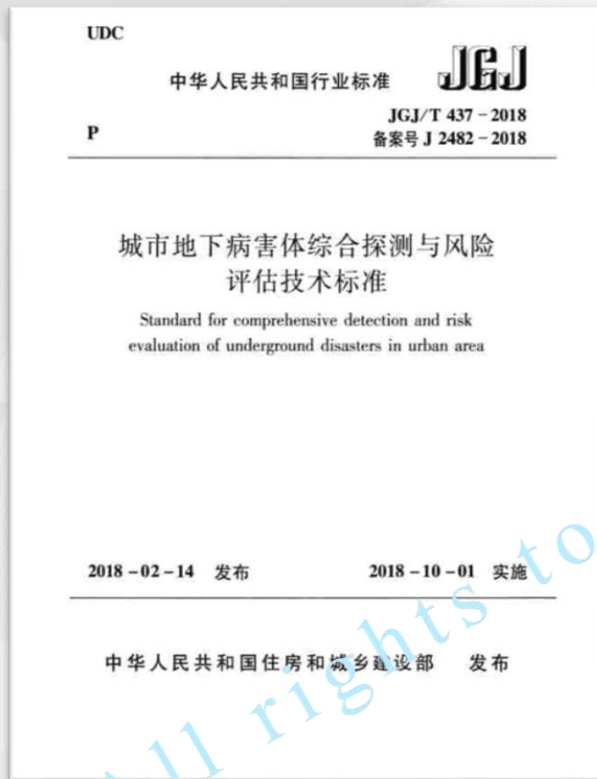
《城市工程地球物理探测标准》 CJJ/T 7-2017

《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

《山东省城镇道路地下病害体探测技术标准》 DB37-T5135-2019

《城镇地下空间探测与检测应用技术标准》 T/CMEA 2-2019



《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。



《道路塌陷隐患雷达检测技术规范》 T/CMEA2-2018

《城镇地下空间探测与检测应用技术标准》 T/CMEA 2-2019

中国市政工程协会的内部团体标准。相对于行业标准外，这两部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。



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。

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
探测深度>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	216	
			20	360	
			50	720	
			100	2160	
			200	3600	
			测点		

探地雷达/地质雷达法-城市道路病害检测的收费标准 (2018版)

《城市道路塌陷探测及塌陷云管理平台》目录

1

道路塌陷的成因现状

2

城市道路检测方法选择

3

城市道路检测依据

4

城市道路检测流程方案

5

城市道路检测服务案例

6

结语



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、多测线数据处理对比，存在距离偏差等影响。
- 5、夜间城市主干道作业，人员安全性隐患。

- ◆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





通过配置摄像系统，记录检测过程中的路况变化，并在后期发现异常时复现现场。



通过采用高精度距离测量传感器（DMI）和GPS完成数据均匀采集和异常定位。

道路面基层病害检测

中低频探测方案

- ① GC100M
- ② GC270M
- ③ GC400M

用途：探测深度可达 5-10m，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。



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



www.chinagpr.com

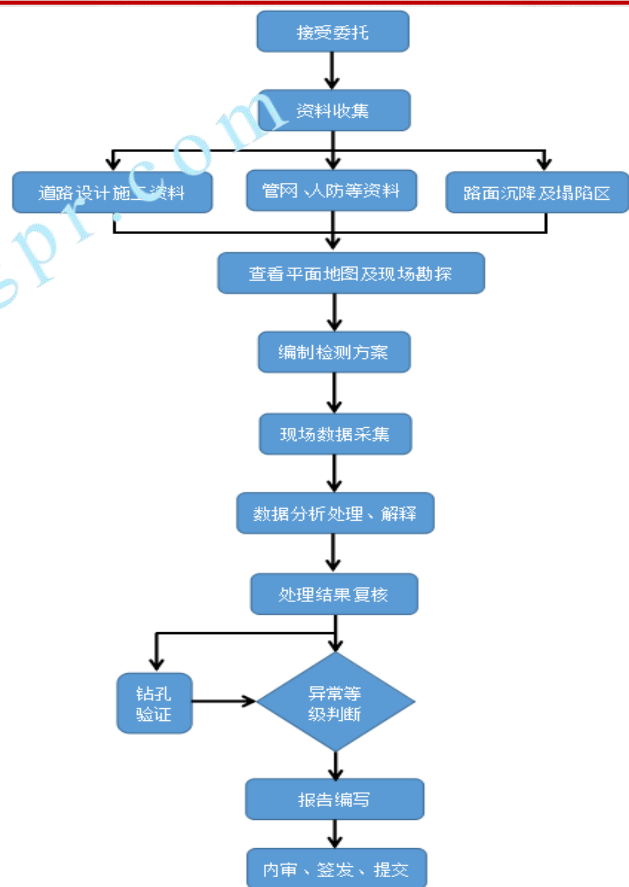
由表及里 洞察病源

由浅入深 保障安全

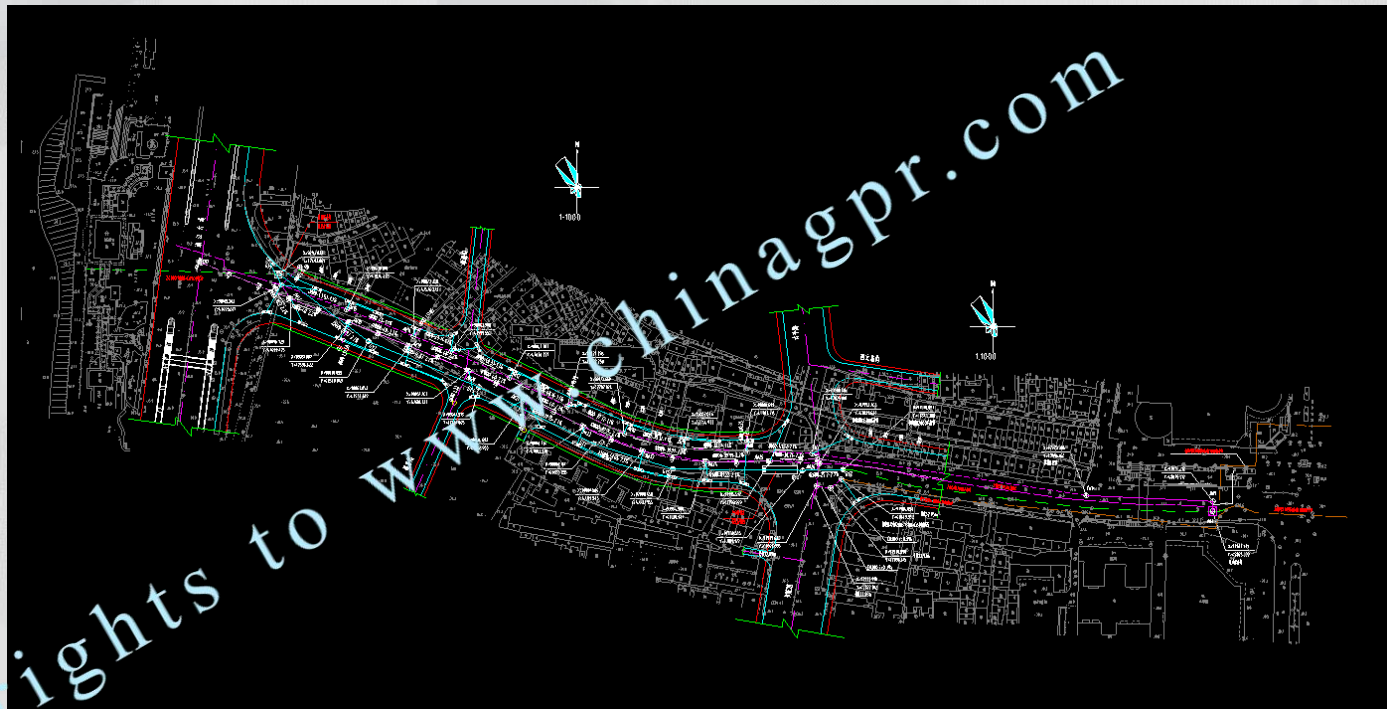




- 1、接受任务
- 2、资料收集
- 3、现场踏勘
- 4、制定检测方案
- 5、现场验证实验
- 6、实施道路检测
- 7、数据分析
- 8、疑似点复测
- 9、病害评估验证
- 10、检测报告编写
- 11、专家审核
- 12、递交成果
- 13、导入管理平台



在接受任务后，项目开始之前，尽可能的收集包括设计资料、管网资料、道路历史情况等材料，丰富配合接下来要进行的道路检测工作。



踏勘并记录车道、路况、施工条件、干扰变道等情况，现场绘制手稿

范围

测项目包含3

总始点坐标见表

道路名称	名称
解放大路	建设
吉林大路	亚泰大
景阳大路	西解放 交桥

表

建设大路

西环路

吉林大路

景阳大路

考虑安全不通行原则
建议全变部分测得
按十车道自进行。

11.8 亚泰-在建 2.8km, 8车道
40.5 建设-亚泰, 4.5km, 4车道
32 西环路-西部快速路
3.2km, 10车道

初步估计: 89.5km 测流量

(车道 - 车道) 4.4km

现场踏勘手稿

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，方便后期检测进行。

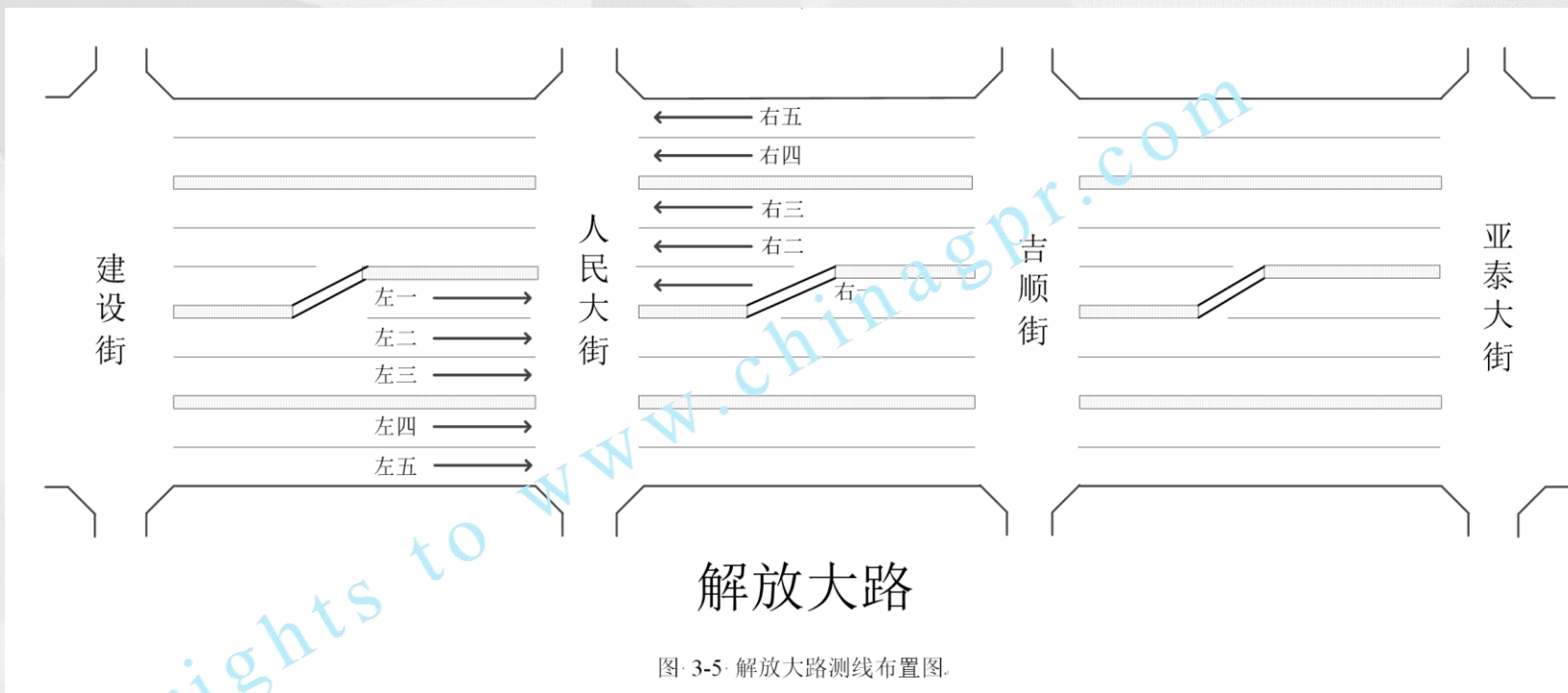


图 3-5 解放大路测线布置图。

根据检测道路车道分布，提前布置测线，有利于现场检测进行。

在制定方案的基础上，在正式检测开始之前，在现场进行验证性测试，重点处理以下几点：

1、对采集数据进行验证，关注雷达采集的精度、深度、抗干扰性、数据一致性等因素，进而调试设备和采集参数。

2、对现场情况进行考察，重点排查检测路段的车流量，摆摊占道、夜间小区停车占道等情况，适当微调检测方案。

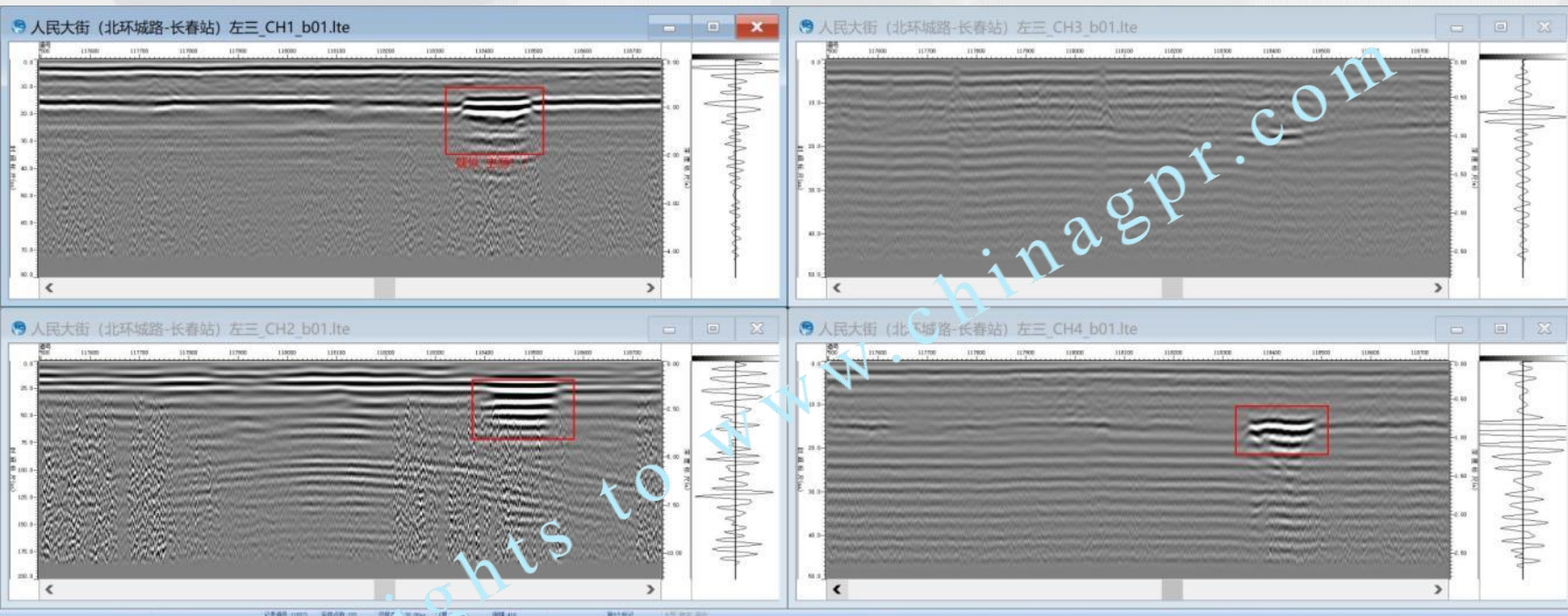
以上均确保无误后才可进行道路检测工作



雷达检测过程中，检测人员车辆在前，配备护卫车辆在后跟随保障，根据道路分布状况逐车道进行道路检测。

通常车道宽度为3.75米-4米不等，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。配备单通道雷达道路检测，建议每车道不少于2条测线。



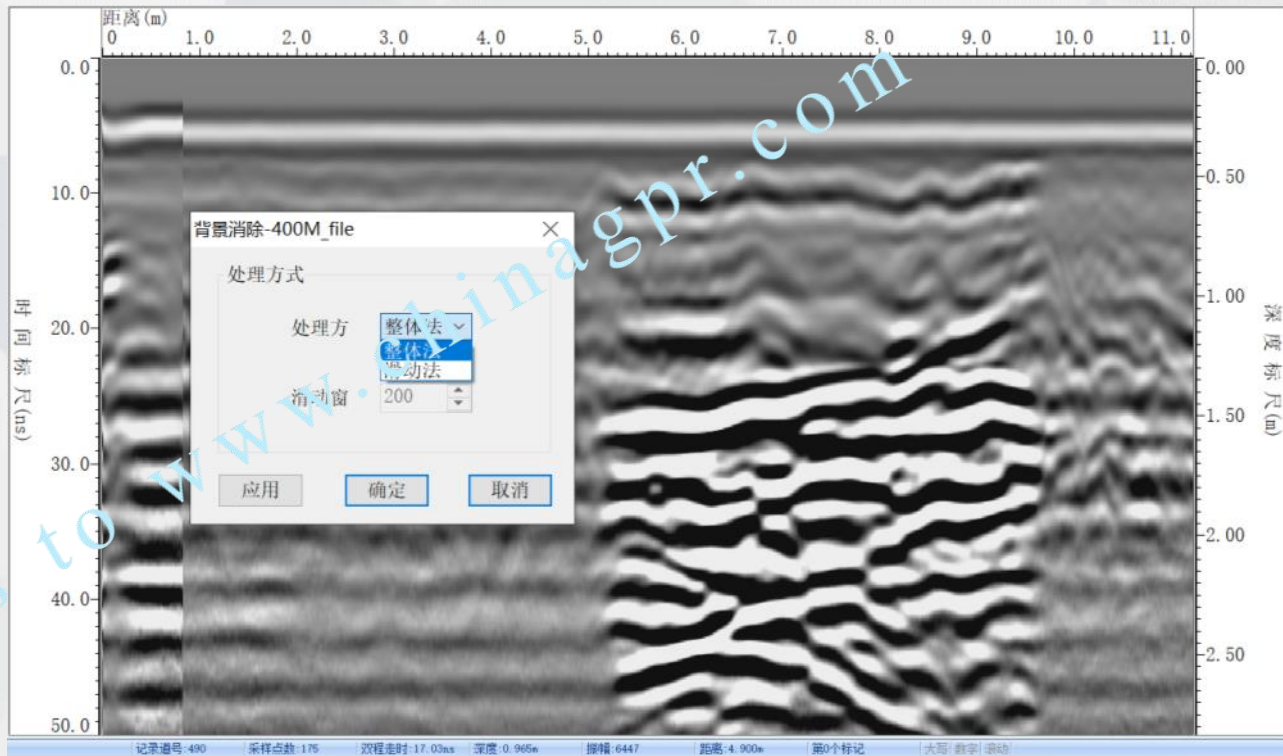


多通道数据同步分析处理，更加直观的展现地下异常体的分布位置和不同频率、深度下的反应特征

数据方法处理依照：

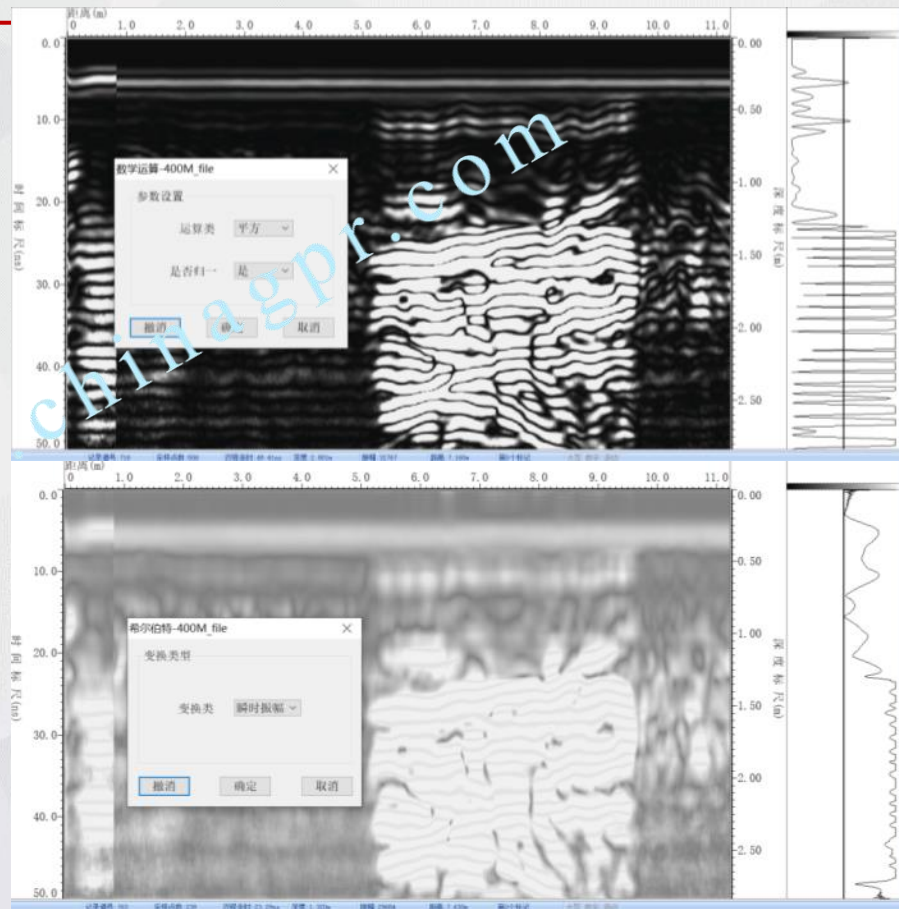
- 1、调节零点
- 2、校正零偏
- 3、带通滤波
- 4、调节增益
- 5、背景消除
- 6、滑动平均

注意一点，“背景消除”有整体法和滑动法两种，除只找管线等孤立目标外，建议通常使用整体法做效果处理。

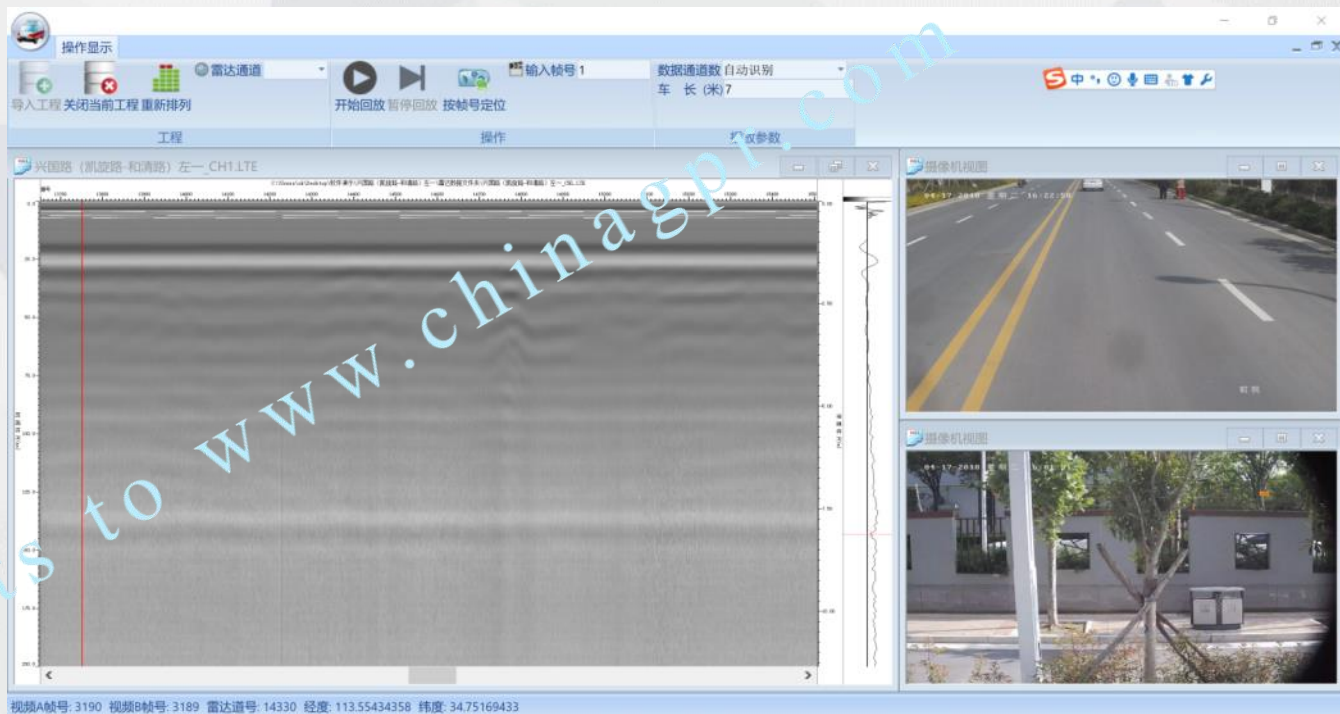


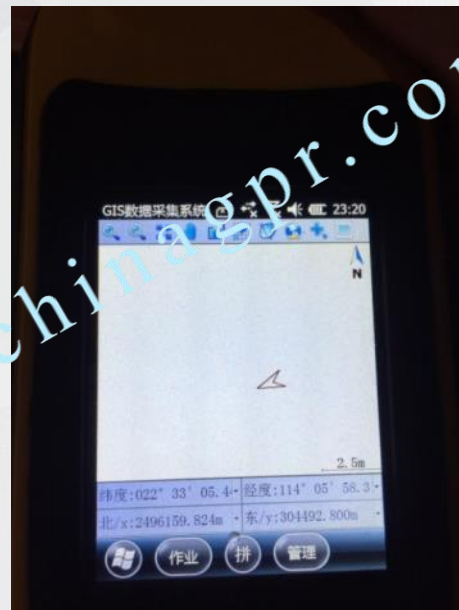
对于病害反应一般且不明显的可以尝试使用多种运算方式，测试处理效果，尽量提取典型图像。

以右图为例，在运算类型平方，且数字归一化条件下，对能量信号强的区域加强显示，并弱化一般强度的信号反应，有助于提取重点异常的信息。

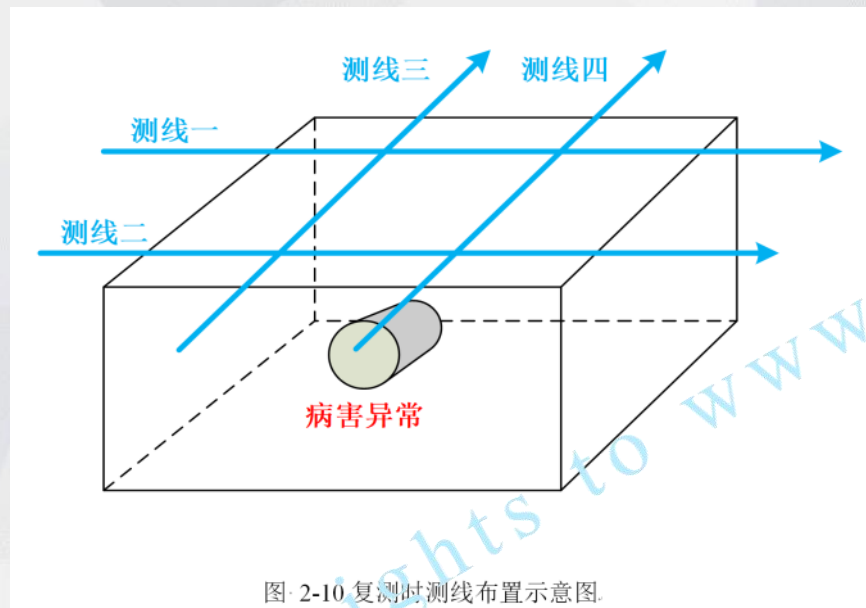


调用街景采集系统，有效的观察异常区域附近的情况。有利于判断异常点的大体位置，并且帮助排除高压线，井盖管涵等产生的干扰。





对于病害异常点的复测方面，通常采取通过关键点推算距离以及GPS定位两种方式。距离回退的方式通常误差较大，且相对耗费人力物力；通过GPS查找位置逐渐成为主流方式，通常误差不超过0.5米。



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。

复
查
验
证



CCTV管道机器人



井盖查验



蛇眼探测



钻芯取样

多种手段解读疑似病害点

对复测中确定的，可能性较大的病害位置进行取芯验证。

All rights reserved



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

目录

1. 概述	1
1.1 项目背景	1
1.2 工作内容	1
1.3 检测及评价依据	1
1.4 实施流程	2
1.5 检测工作概况	4
1.6 完成的工作量	4
2. 检测方法与技术	5
2.1 车载式测路灾害探测雷达系统简介	5
2.2 LTD 系列便携式探地雷达系统简介	6
2.3 探地雷达工作原理	7
2.4 天线阵列选择	8
2.5 测线的布置和测距的实现	10
2.6 数据采集及记录	11
3. 检测概况	11
4. 数据处理分析	23
4.1 雷达数据处理分析	23
4.2 地下隐患典型雷达图谱	25
4.3 干扰雷达图谱	27
5. 数据处理结果及病害统计	28
6. 病害分布卫星地图显示	30
7. 成因分析	32
8. 结论和维护建议	32
8.1 结论	32
8.2 处理措施	38
8.3 维护建议	38
9. 附录	38
9.1 XXX 街道路病害信息卡	39

表 9-6 病害信息卡

编号	F 6	道路名称	某某大街
隐患类型	土体疏松	缺陷等级	IV
平面范围	2.1 × 4m	GPS 信息	经度 XXX.XXXXXX°
埋深	0.75m		纬度 XX.XXXXXX°
			
雷达图谱		现场图片	
			
地图位置			
病害描述	位置: XXXX 酒店北门北方 3.5 米, 基层为大块碎石回填成, 存在有较大空隙		
处理意见	1 限制使用, 工程处理, 处理前进行定期巡视和探测; 2 巡视频率不低于 1 次/3 天 3 探测频率不低于 1 次/7 天		

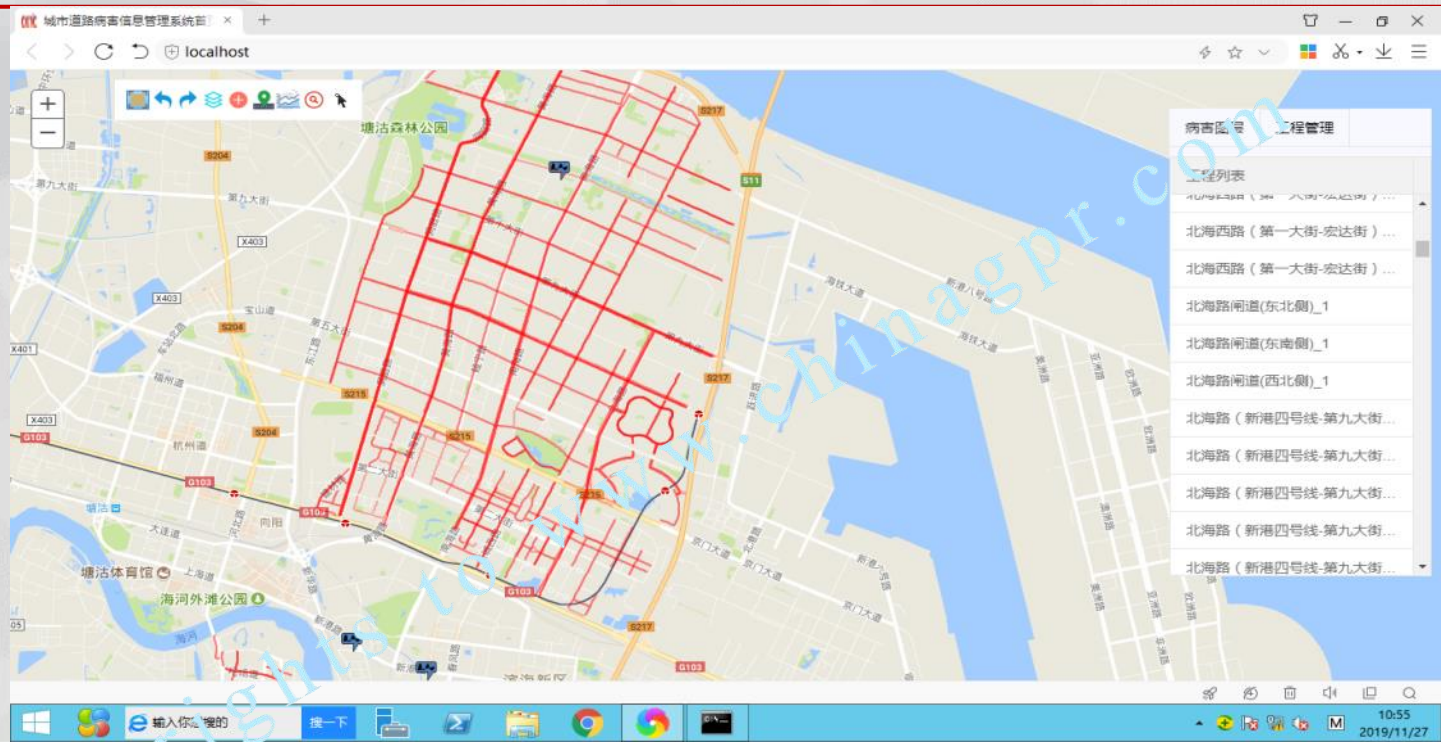
检测报告至少包含项目概况、原理设备、检测方案、检测结果、结论建议几部分。



将本次检测的数据结果导入相应的信息管理中心，将数据存档管理。



以天津泰达市政的道路灾害预警雷达系统为例，该系统目前记录2019年7月-2020年3月期间，道路检测维护整体数据材料。



可分时间分路段提供道路检测的信息资料（途中红色区域为检测路段）。

道路灾害预警雷达系统 大屏展示 泰达控股

admin 在线 注销

病害管理

病害信息

病害分类

工程数据管理

数据回放

统计分析报表

地图管理

基础信息

系统管理

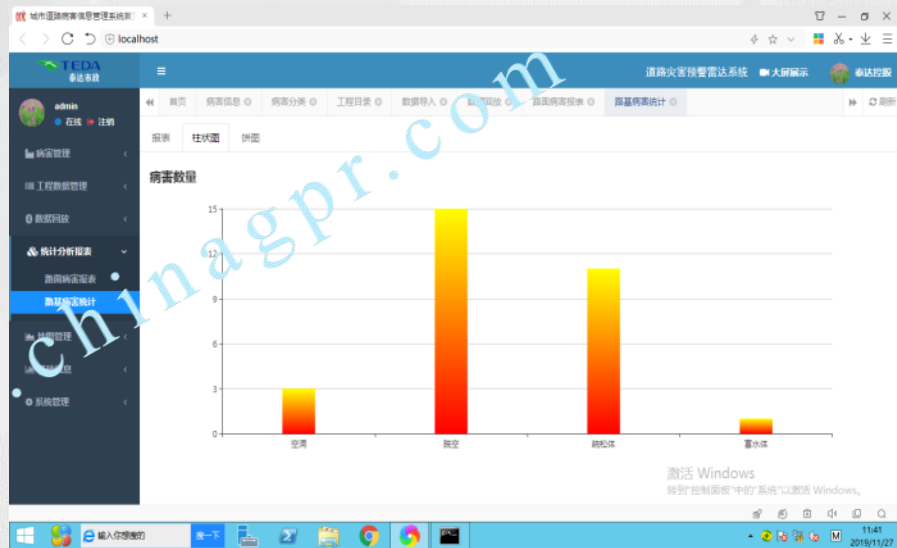
病害名称: 病害名称 所属项目: 全部 病害类型: 全部 严重等级: 全部 病害状态: 全部 搜索

时间选择: 时间 重置

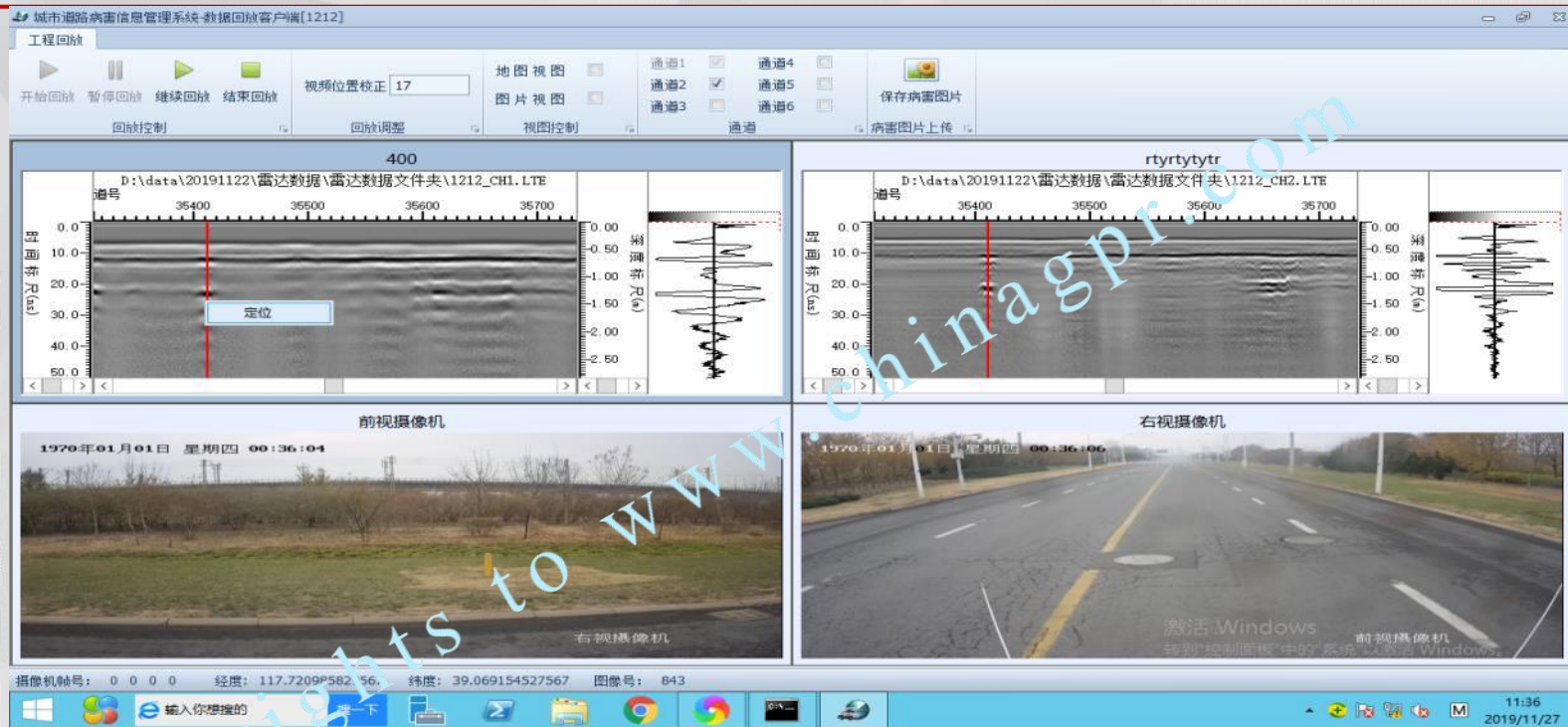
+ 新增 修改 删除 路面病害导入 路基病害导入 明细 导出

	病害名称	病害类型	严重等级	所属项目	中心道号	病害状态	病害宽度	病害长度	起始深度	终止深度	经度
1	测试病害	空洞	轻		33768	疑似					117.7145705045443
2	疏松体	疏松体	一级		0.0	疑似			0.23	0.84	117.721124768
3	脱空	脱空	一级		0.0	疑似			0.23	0.84	117.703404248
4	空洞	空洞	一级		0.0	疑似			0.23	0.84	117.697588205
5	脱空	脱空	一级		0.0	疑似			0.23	0.84	117.706422627
6	脱空	脱空	一级		0.0	疑似			0.23	0.84	117.516083658
7	疏松体	疏松体	一级		0.0	疑似			0.23	0.84	117.715405583
8	富水体	富水体	一级		0.0	疑似			0.23	0.84	117.493060142
9	空洞	空洞	一级		0.0	疑似			0.2	1.02	117.68644395
10	疏松体	疏松体	一级		0.0	疑似			0.23	0.84	117.499497801

按照病害类型、病害程度、病害范围、病害位置的顺序，将检测资料导入平台



可以在线提取病害信息和位置，同时按检测时间、不同路段、不同检测设备导出相应的病害信息统计图表。



最终完成整体查询系统，可随时随地的调取异常位置的雷达图像、道路景观，当前位置、历史对比等工作。

《城市道路塌陷探测及塌陷云管理平台》目录

1

道路塌陷的成因现状

2

城市道路检测方法选择

3

城市道路检测依据

4

城市道路检测流程方案

5

城市道路检测服务案例

6

结语



青岛



大连



哈尔滨



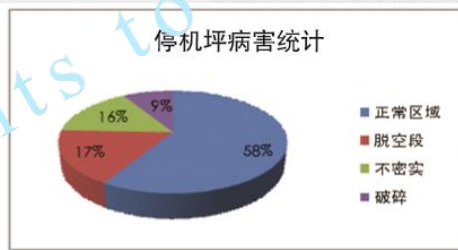
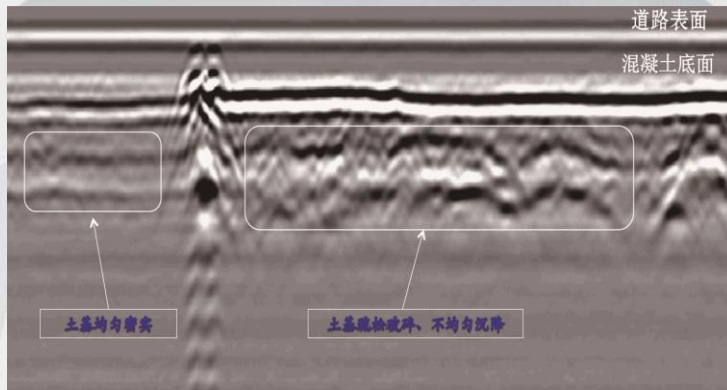
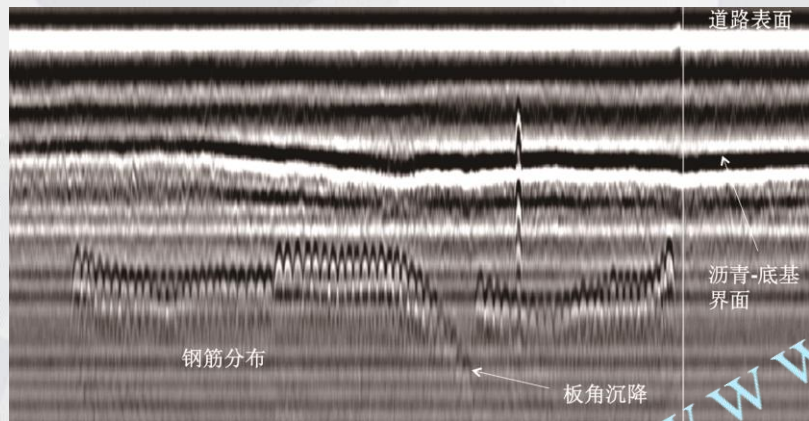
石家庄

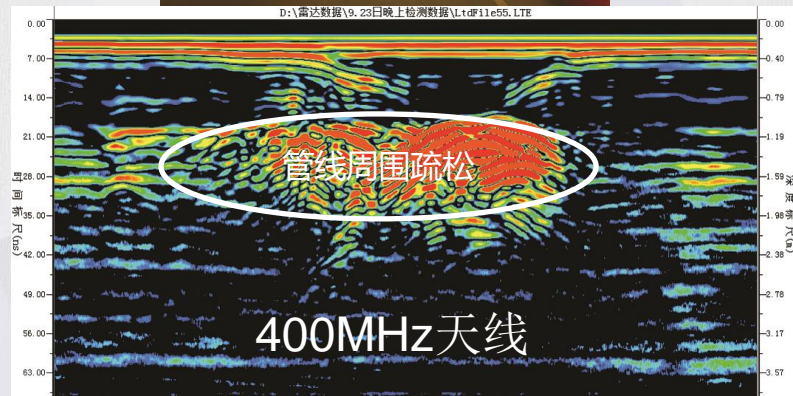
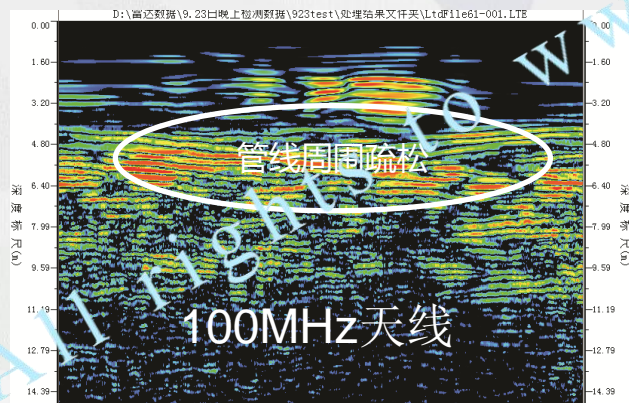
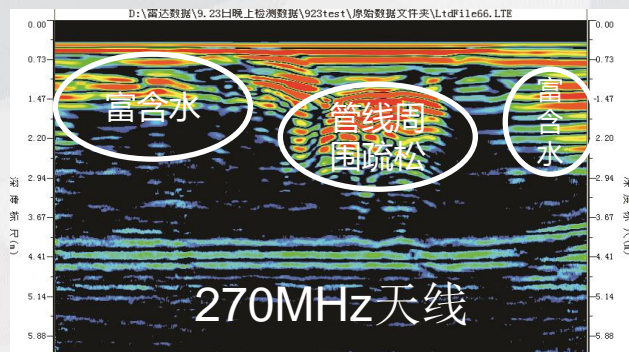


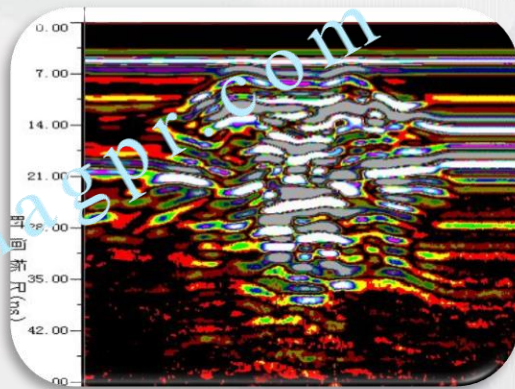
北京



徐州







病害反应





病害反应



取芯验证



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小时内形成一处最深7米，影响范围50m²以上的病害。

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。

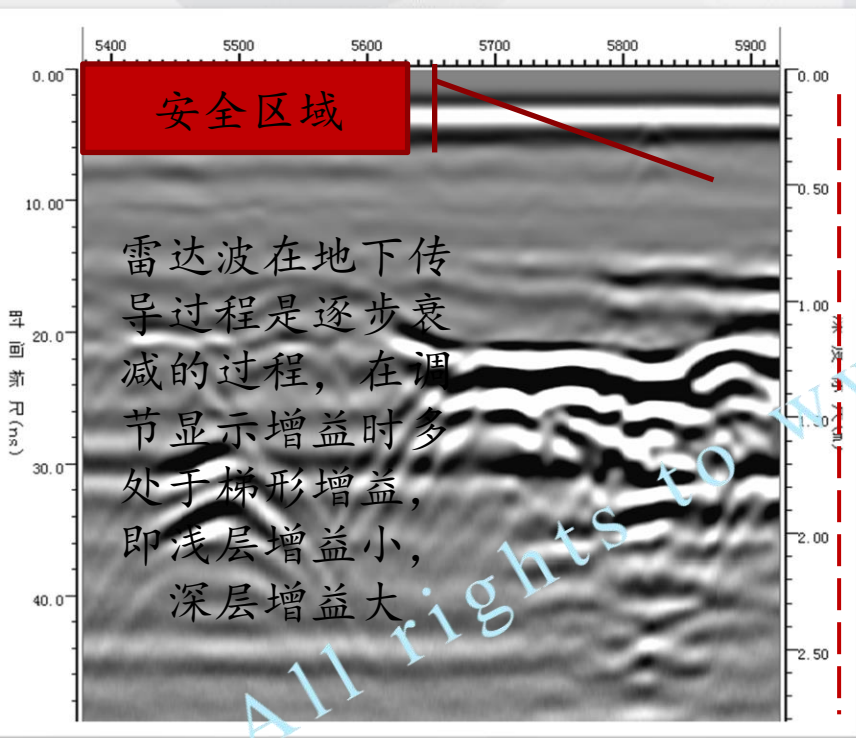


病害影响范围确定及安全距离的划分。

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：



病害多次波反应

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，形成区域状强反应。

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。)



- 1、时间：2016年11月26日
- 2、地点：XX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。

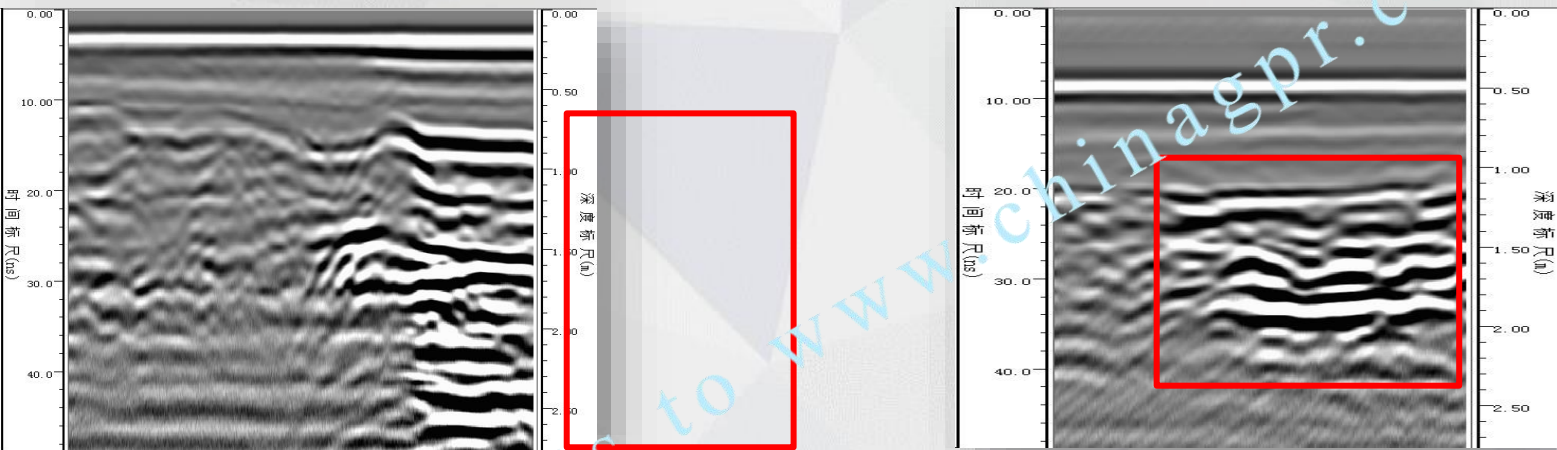


期初病害区域较小，破损区域不足3m²，当时仅做出警戒范围。

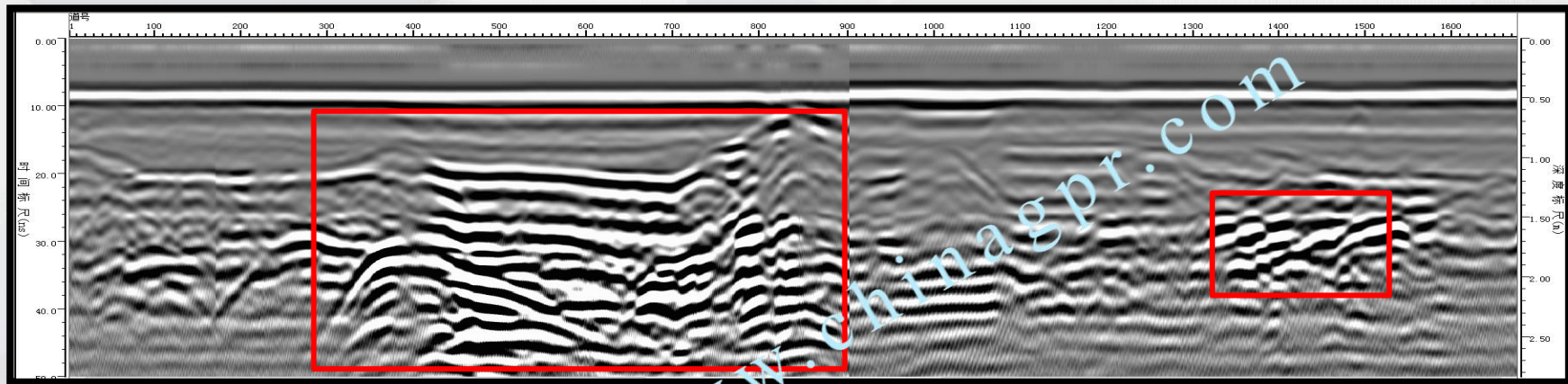
带检测车与手持设备紧急前往现场，探测病害的具体大小，为下一步施工圈定范围。

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，病害反应面积积极大，立即联系市政交管部门，加大封锁力度和封锁范围。



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。



对破损管线进行挖掘更换并修复处理，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，恢复正常交通。

案例三 自然沉降导致道路塌陷

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）



案例三 自然沉降导致道路塌陷



对周围进行现场排查，沿线附近无其他管线。

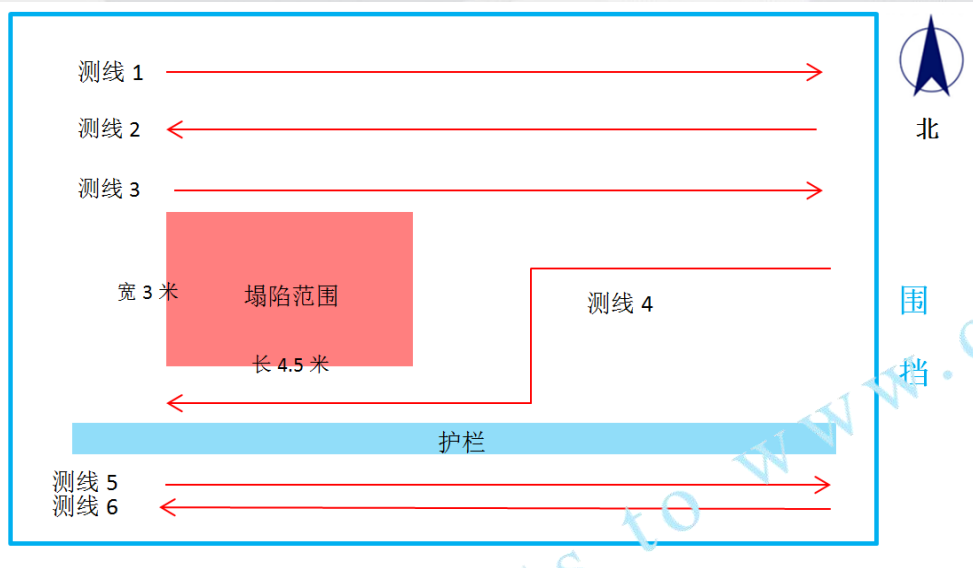
该位置处于地铁沿线附近。

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。

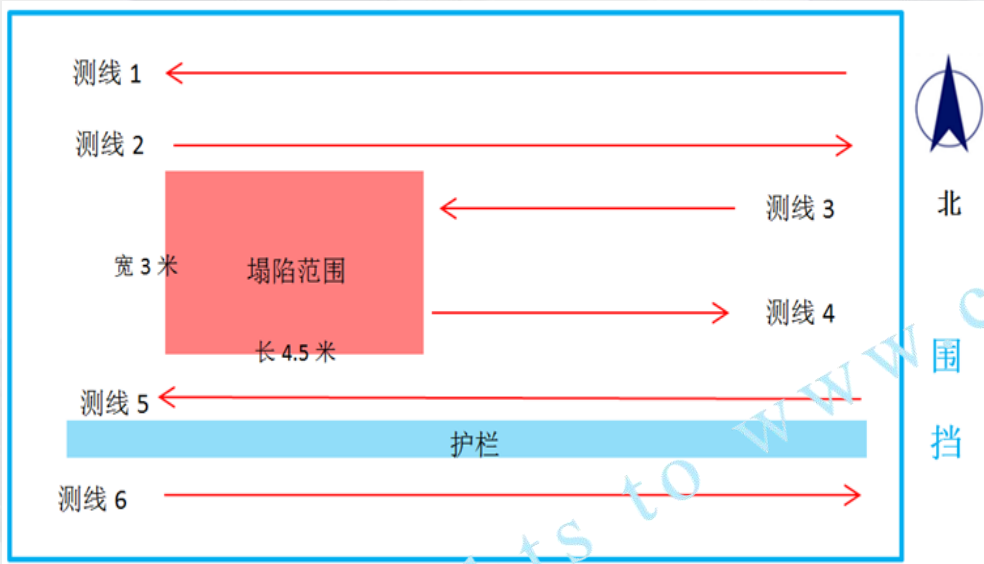
为了对病害影响范围有详细探知，现场使用LTD-2100主机，分别挂接GC400MHz和GC270MHz天线，对病害区域周围进行测线探测，目的如下：

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

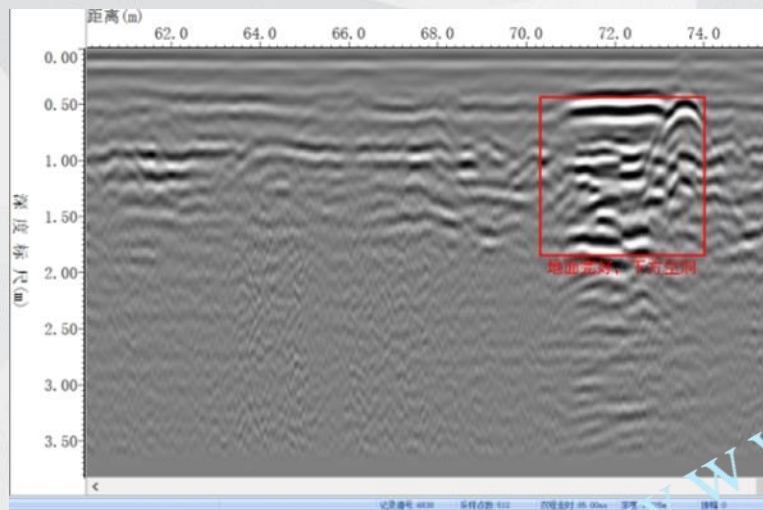




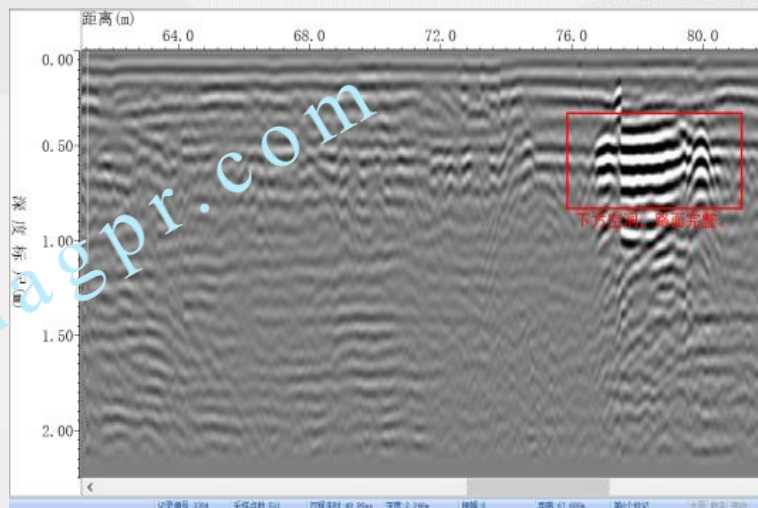
270MHz现场照片和测线布置



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

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，在石家庄某处中学学校门口出现一处规模较大的塌陷问题。

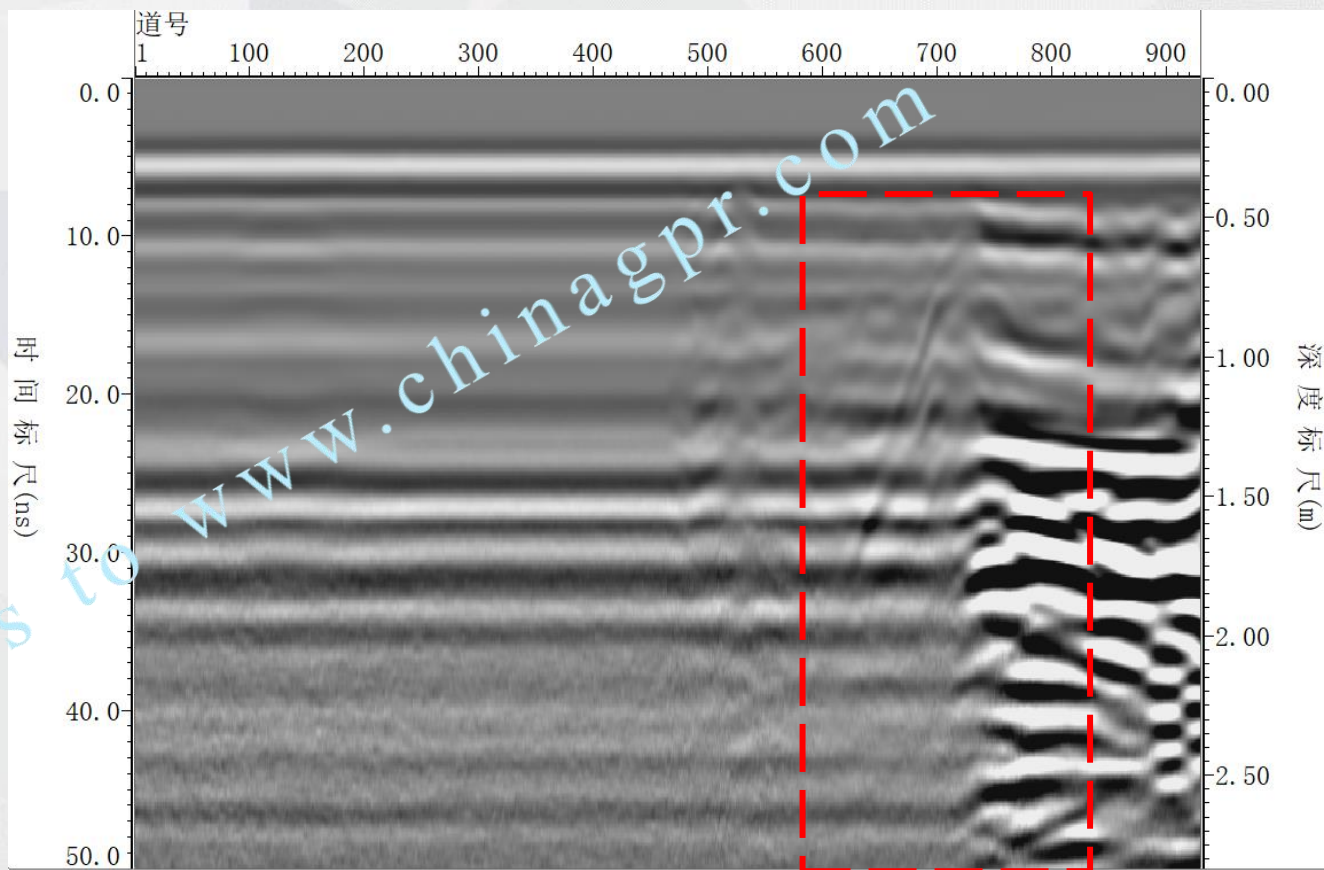


因处于人行便道，车辆等普查设备无法展开，使用通用设备和管线探测仪对该病害区域进行排查探测。

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。

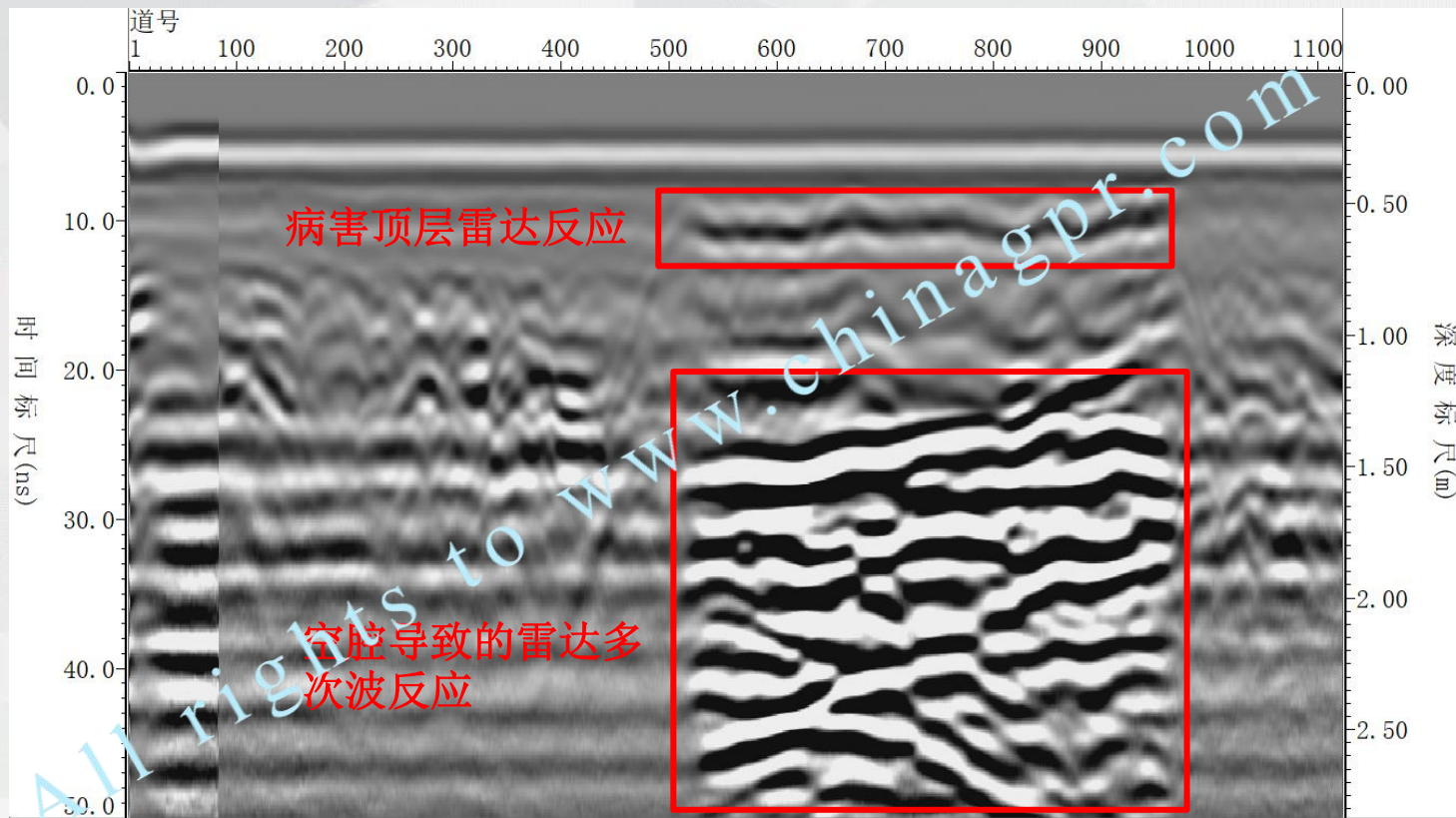


如图所示：
从密实位置
向塌陷区域
方向前进，
能明显分辨
出密实土质
与空洞的异
常反应，进
而判断空洞
的大小范围。



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。





原因推断：

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。

All rights to www.chinagpr.com

案例五 井盖周围出现的空洞



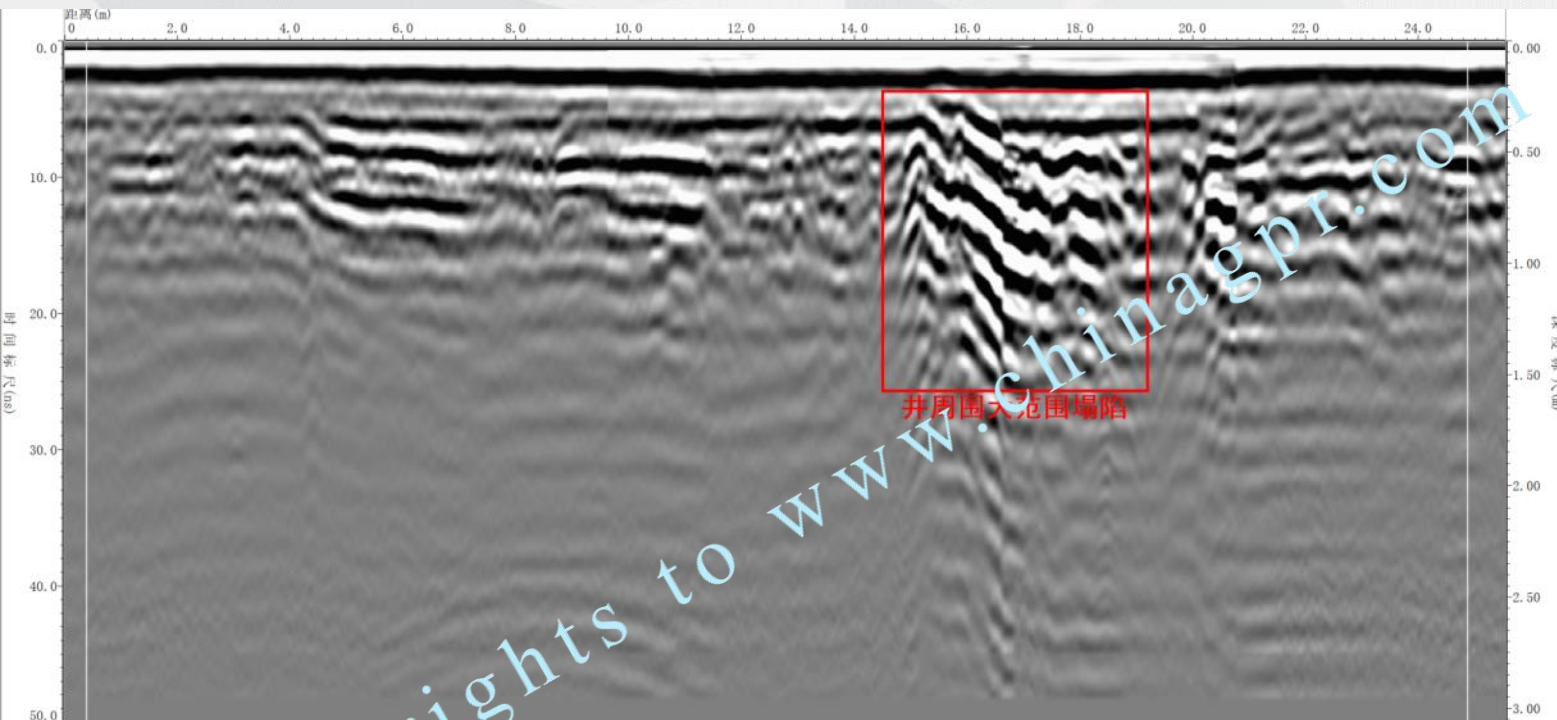
井盖作为城市道路常见的一种设施，在雷达检测中经常性的会被作为主要干扰源，在分析数据时被排除在外。

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。

案例五 井盖周围出现的空洞

现场照片





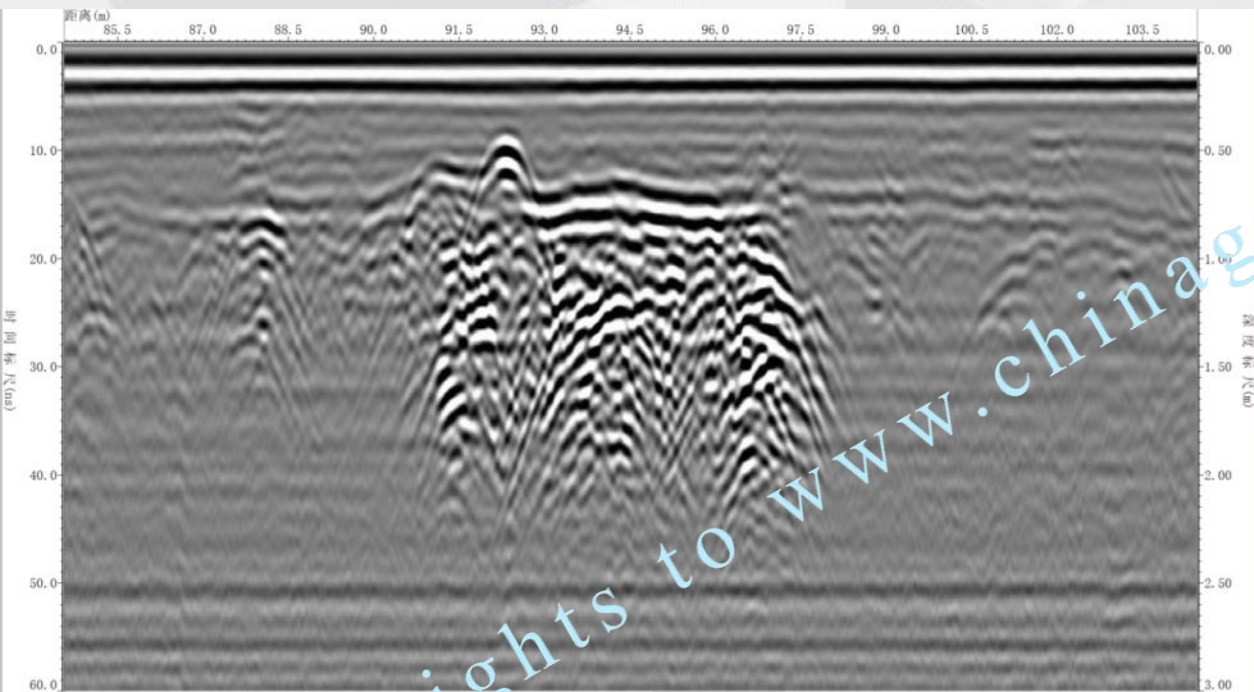
管道井周围出现的空洞反应，和以往空洞病害反应有所不同，可能也是今后雷达判图的难点之一。

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。

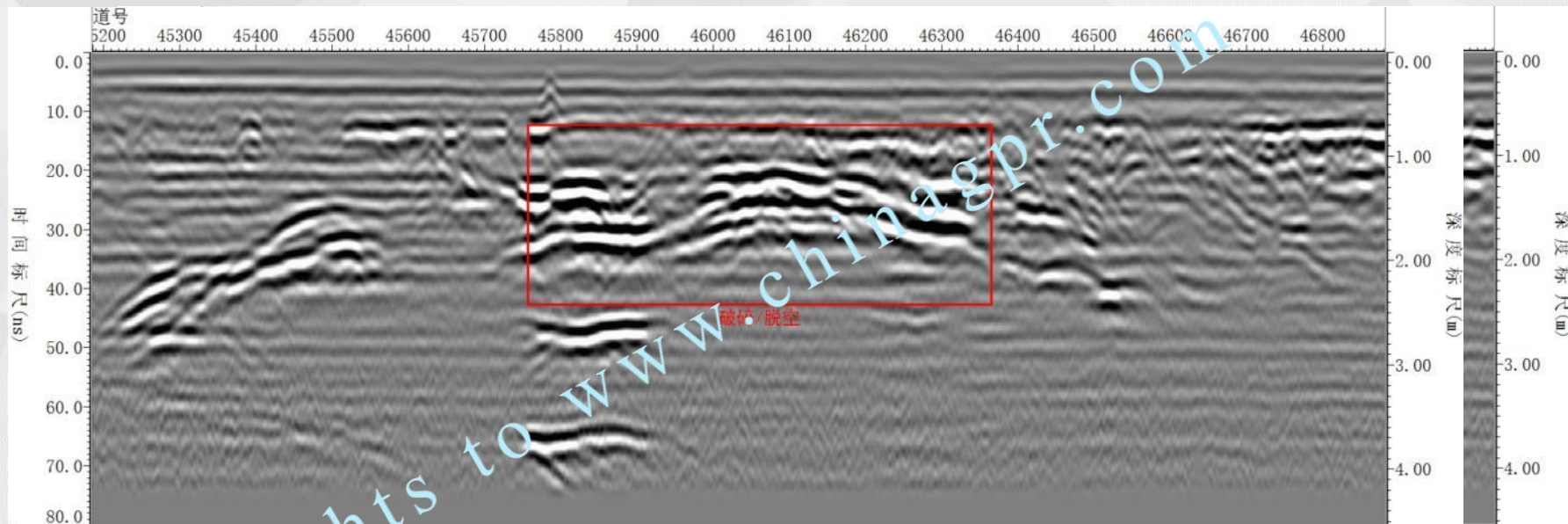
结合该地区历年来出现的病害的产生原因，综合判断可能是由于降水影响出现的沉降性空洞。

All rights to www.chinaenr.com

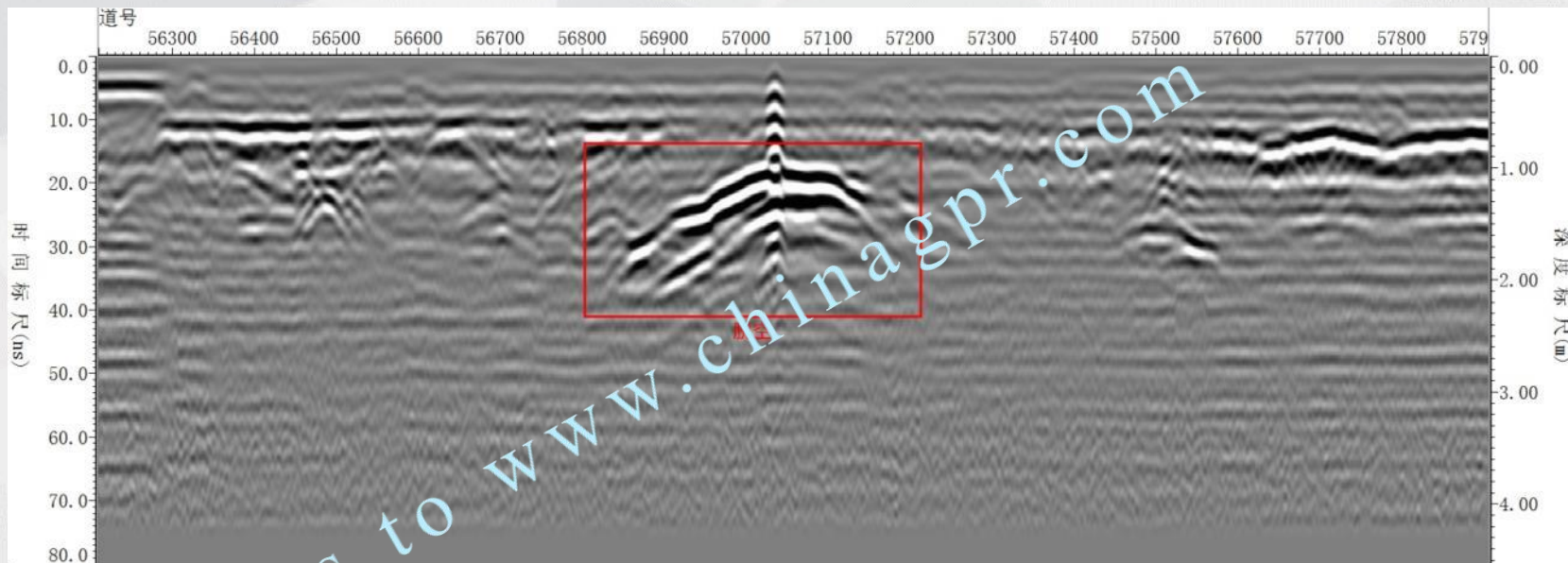
除上述五大板块外，下面列举探地雷达在市政道路检测中，发现有部分典型异常非验证图像以及部分客户分享的道理检测中空洞案例，与大家做讨论分享。



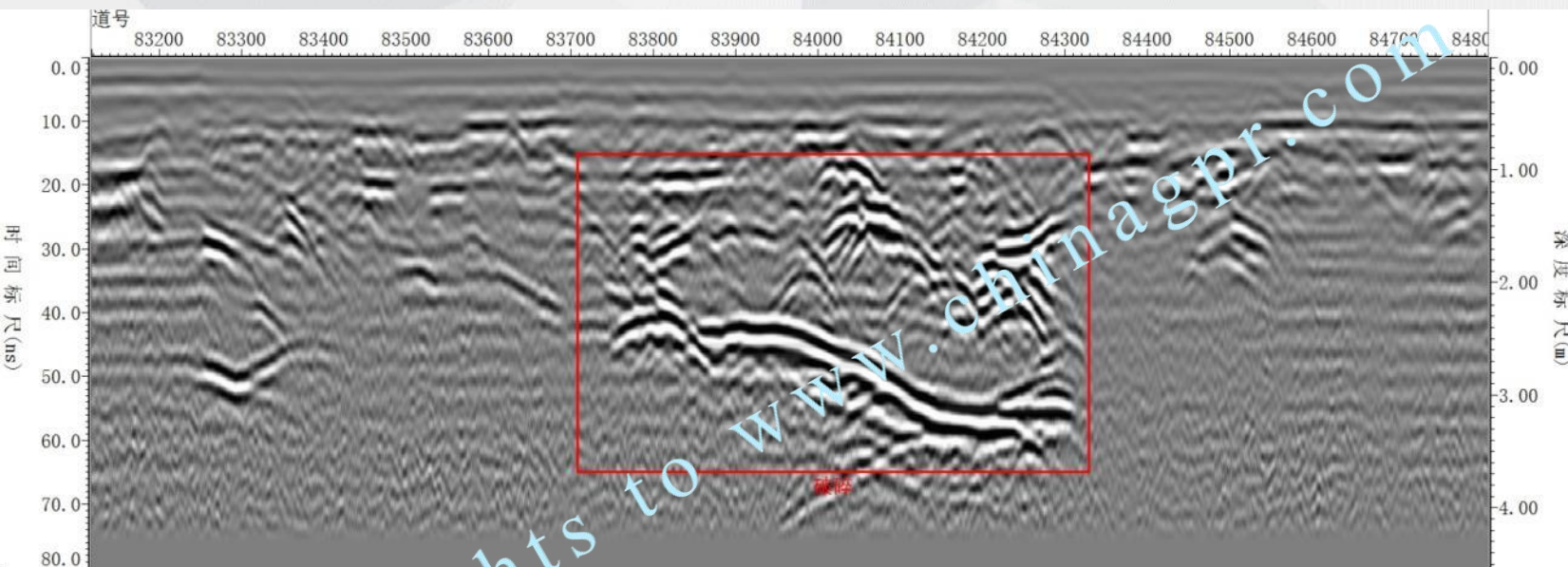
GC400MHz 天线检测，徐州沥青路面采集数据，疑似路基层存在破碎回填



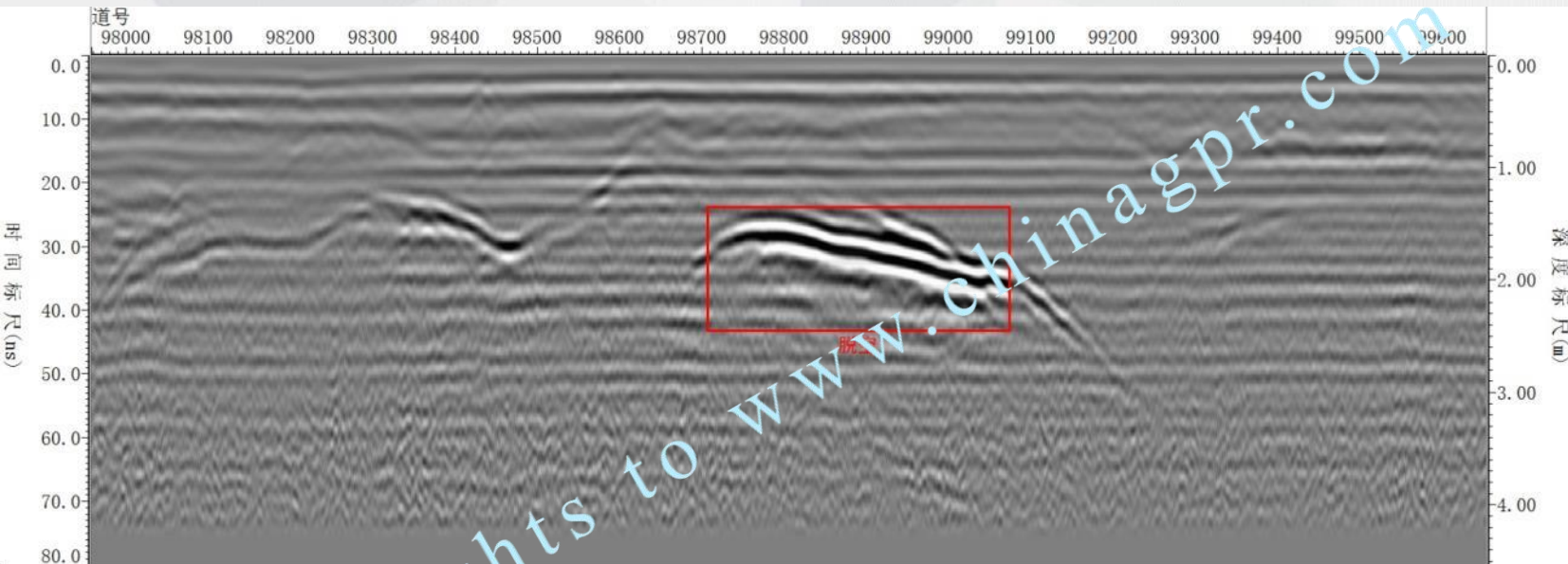
GC270MHz天线检测，青岛市香港东路，因路况限制没有进行开挖验证，异常反应明显。



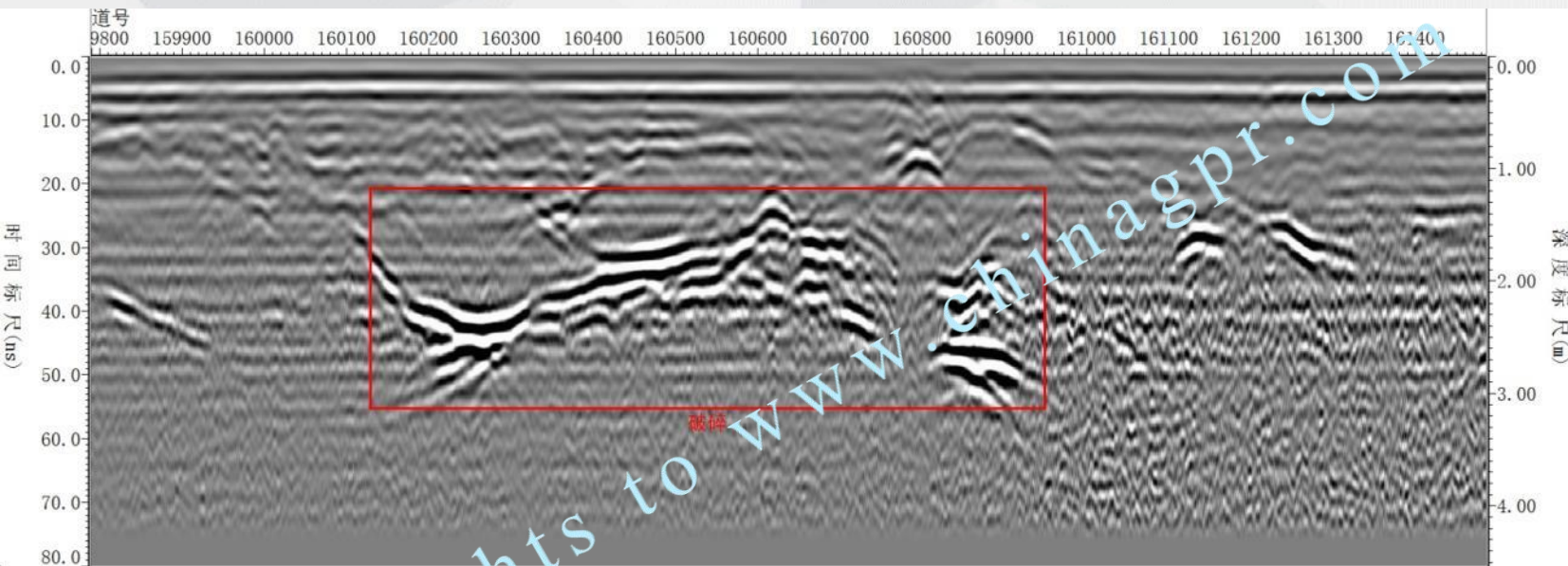
GC270MHz天线检测，青島市香港东路，因路况限制没有进行开挖验证，异常反应明显。



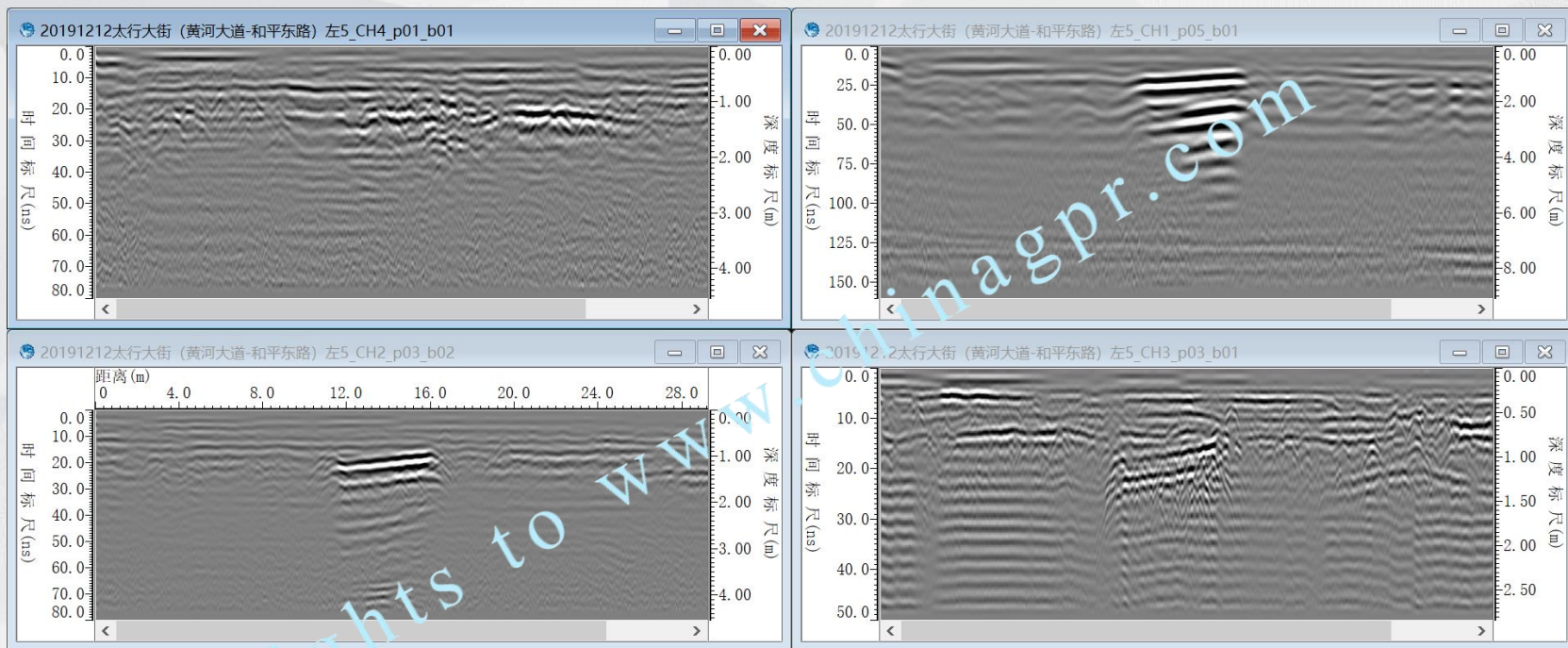
GC270MHz天线检测，青岛市香港东路，因路况限制没有进行开挖验证，深度约2.5-3.5米，疑似深部路基岩石构造。



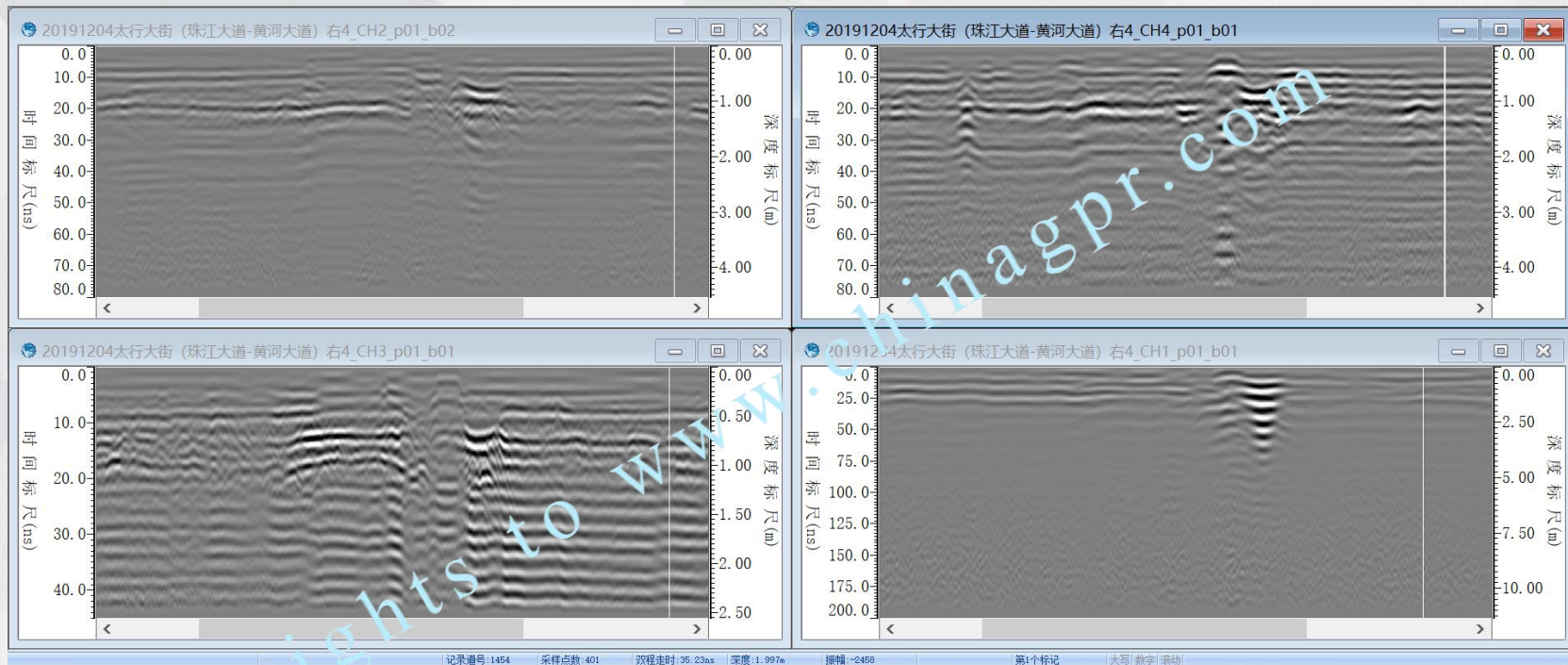
GC270MHz天线检测，青岛市香港东路，疑似脱空。另外在2019年在长春检测遇到类似反应，经验证为整块旧沥青层，可供参考。



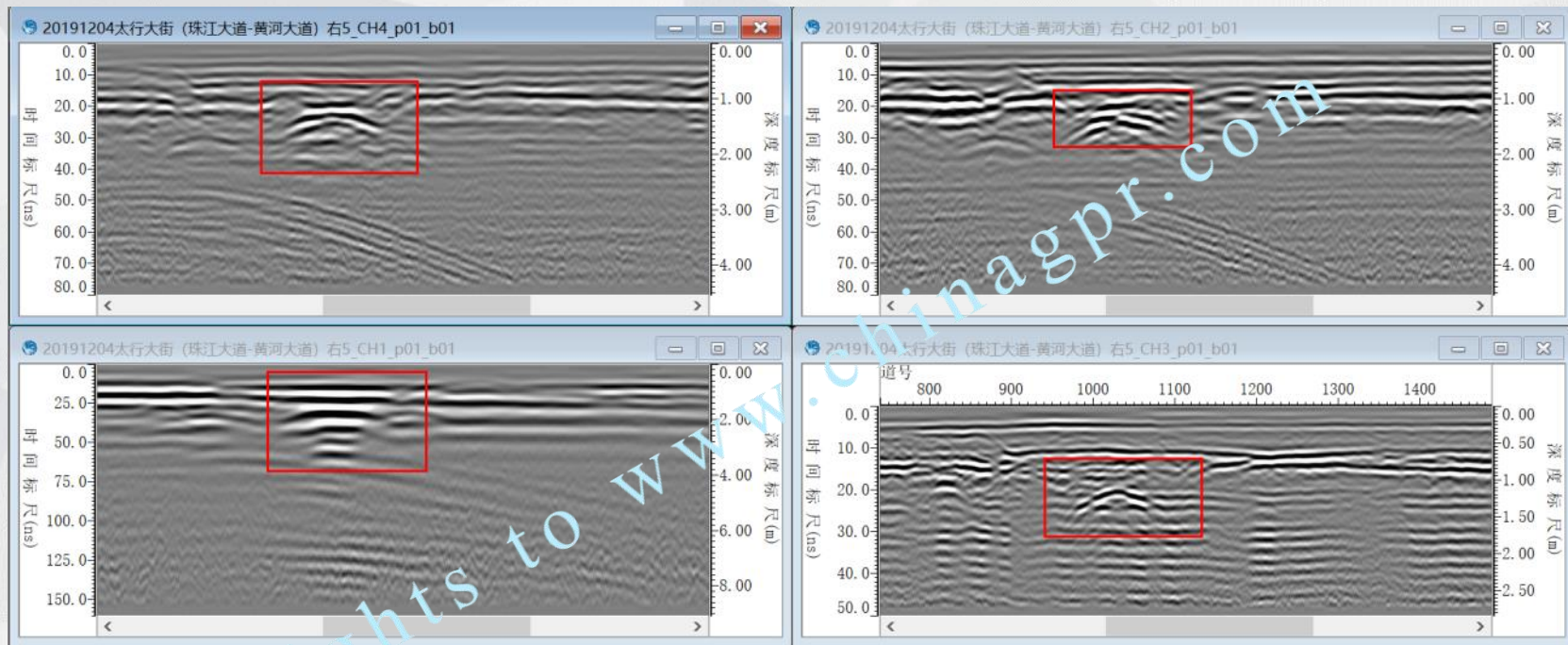
GC270MHz天线检测，青岛市香港东路，因路况限制没有进行开挖验证，异常反应明显，疑似中强度大范围破碎。



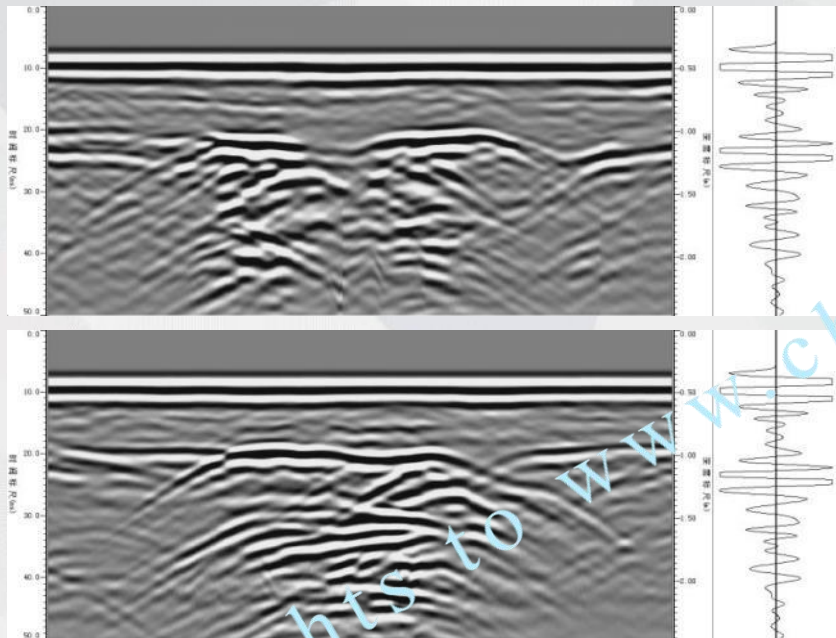
多通道道路综合检测车检测结果，石家庄太行大街，低频天线反应明显，对比多通道数据未发现横向连续，客户取芯验证后为空洞。



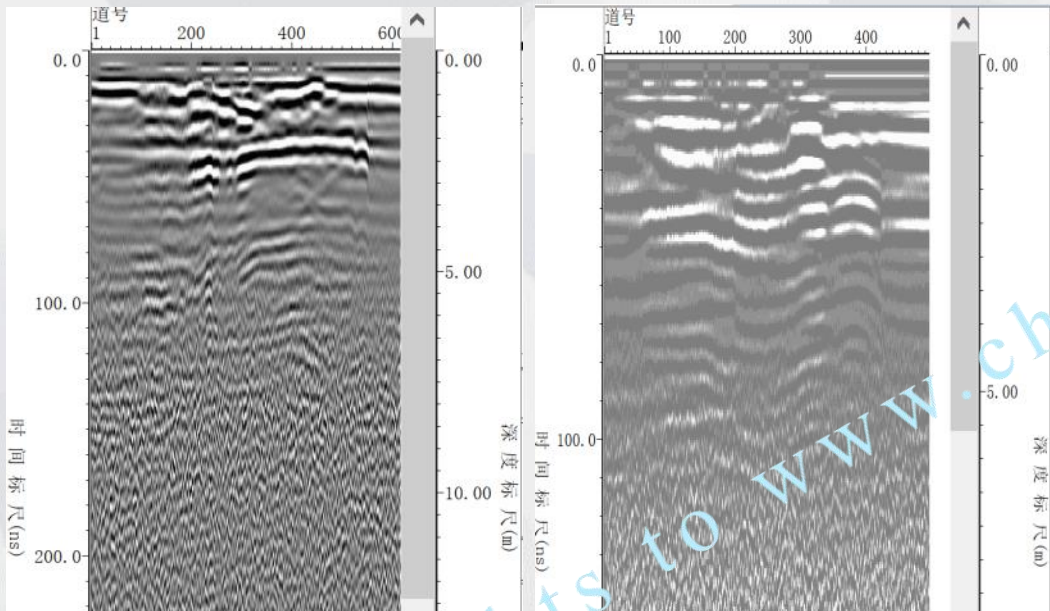
多通道道路综合检测车检测结果，石家庄太行大街，一处井盖周围出现的强反应，经对比前期资料以及客户长期以来经验判断为病害，经验验证后为空洞。



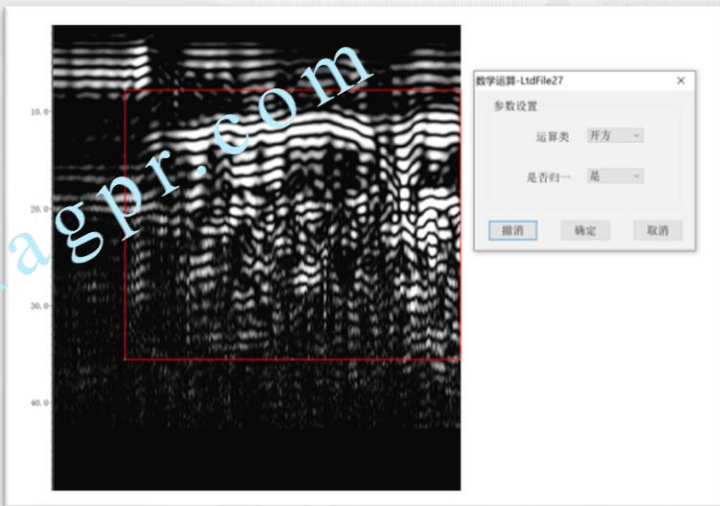
多通道道路综合检测车检测结果，石家庄太行大街，低频天线反应明显，中天线反应类似管线，经对比其他通道和车道，未见连续出现，确定为孤立反应，经取芯验证后为空洞。



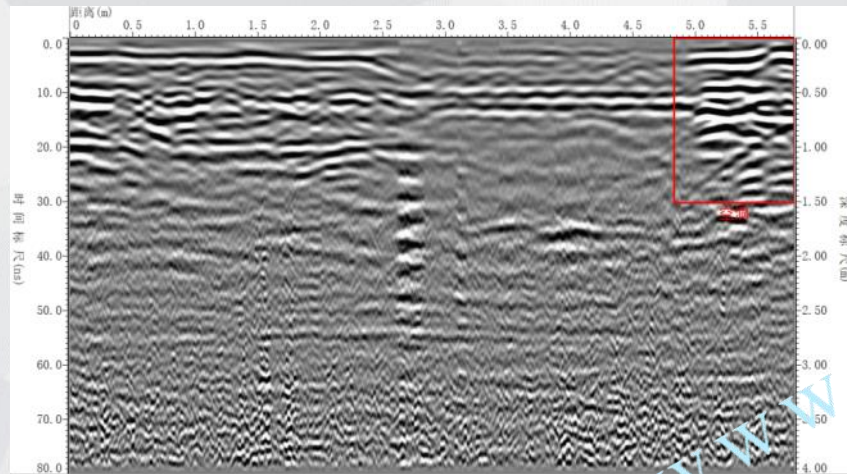
GC270MHz天线检测，南宁道路塌陷区域，雷达检测中，空洞区域反应明显效果。



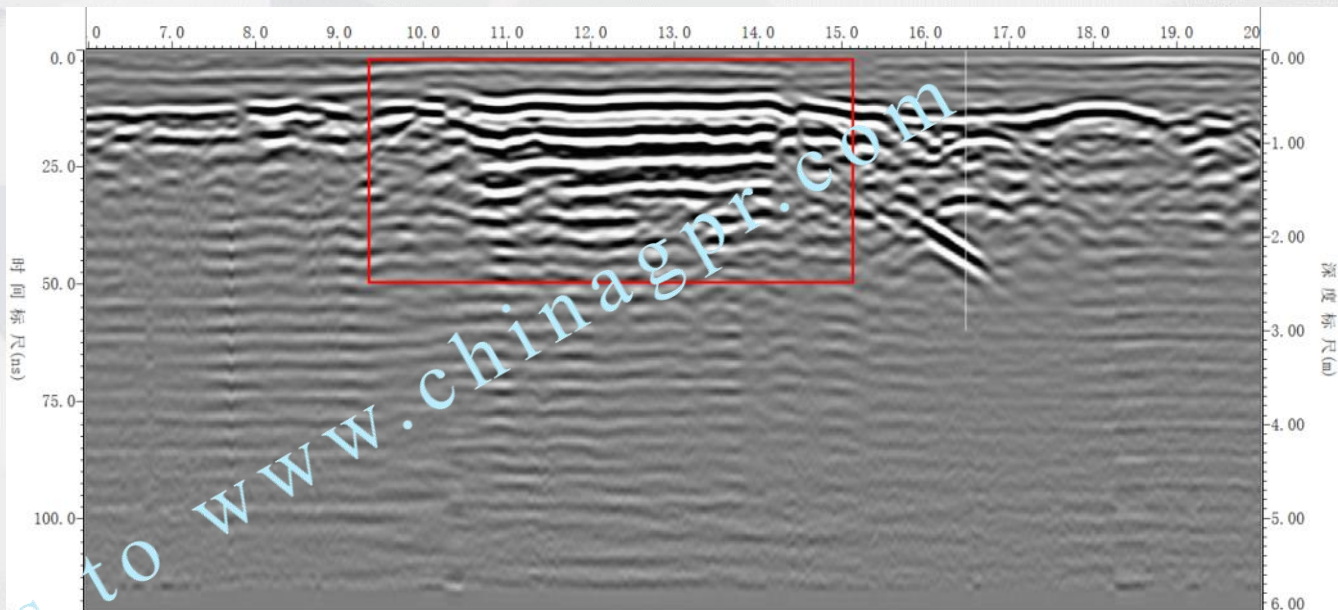
GC100MHz天线检测，广州市发现一处异常位置，地面异常，实际影响范围达7米深，现场图像不明显，经软件处理后有明显多次波反映。



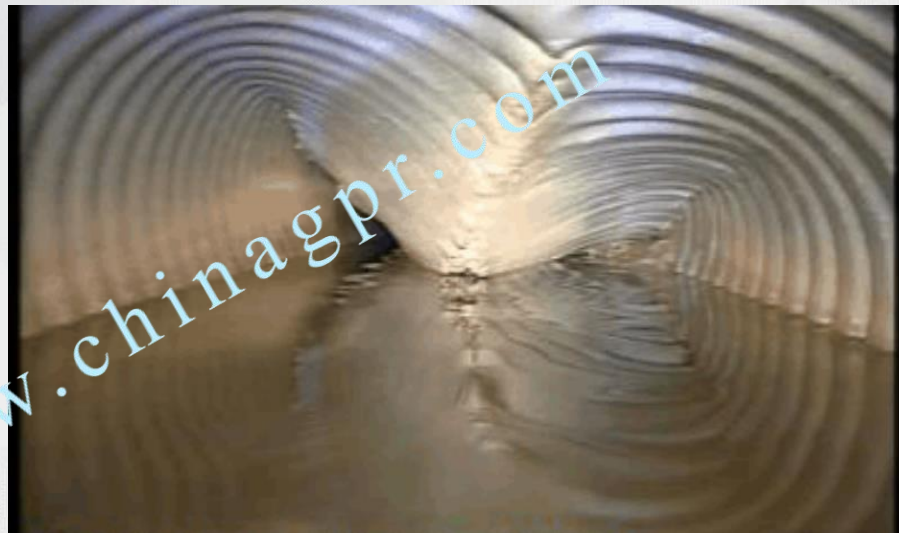
GC400MHz天线检测，通常空洞反应会有相对明显的三振相多次反映，现场数据由于能量信号复杂，增益调节不同，以及目标的特异，会存在强度不同的问题，通过后期信号处理可将异常信号放大明显。



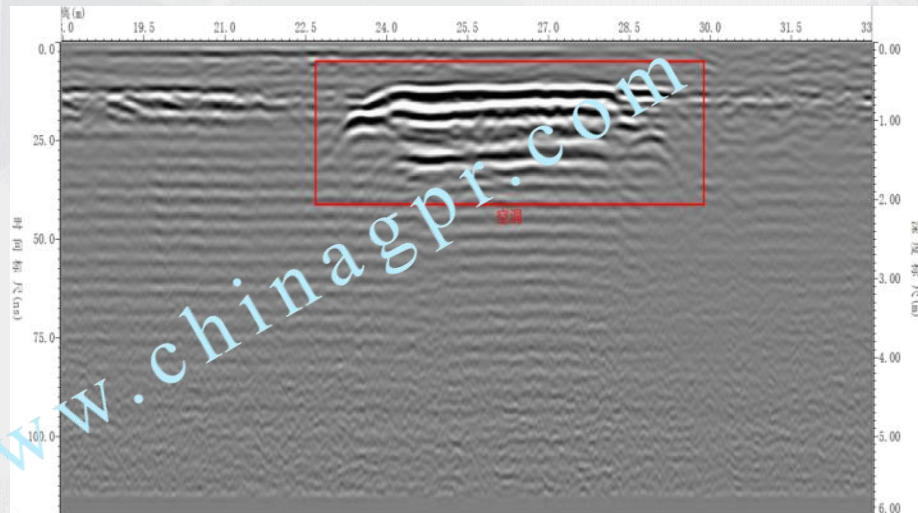
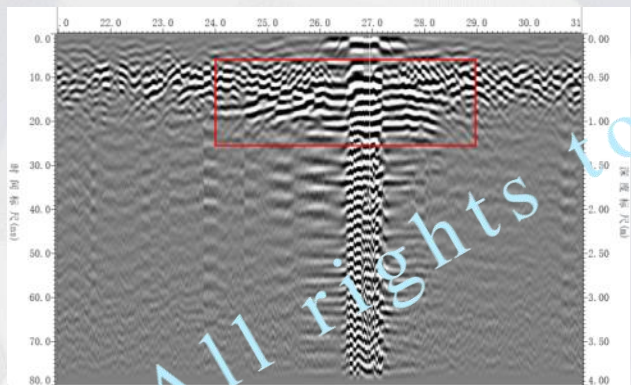
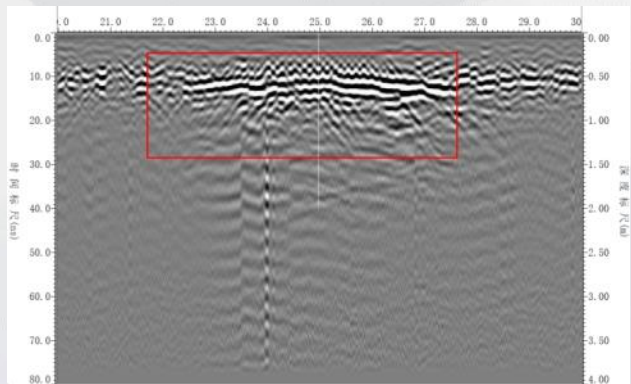
GC400MHz天线检测，南通市某地，位于以桩基施工现场周围，现场开井盖发现地下空洞较大，雷达图像有强烈反应，但反应区间较小，疑似土壤对电磁信号有一定屏蔽衰减。



GC270MHz天线检测，南通市，道路已经产生30-40cm沉降，雷达现场复测，图像水平多次震荡强烈，空洞反应明显。



南通市，前期市政单位的CCTV管线机器人常规巡查中，路基深层（ $>3\text{m}$ ）管道有多处沉降断裂，后重点排查该路段，在一处有裂隙沉降位置，发现一大范围空洞，其他位置也有几处严重反应等待后期验证。



分别采用GC400MHz和GC270MHz进行雷达检测。对比低频与中频天线，部分条件下，低频天线由于其波长长，对病害细节的低分辨率产生的波形连续，反而对病害体现更为明显。

《城市道路塌陷探测及塌陷云管理平台》目录

1

道路塌陷的成因现状

2

城市道路检测方法选择

3

城市道路检测依据

4

城市道路检测流程方案

5

城市道路检测服务案例

6

结语

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、天津等城市的市政单位和检测公司提供过多套道路综合检测车，在此方面有成熟的经验与技术。

借助中国电科平台的优势，开始着力于将以往的探测问题、整改问题，革新发展为管理问题，预防问题。借助大数据平台和整列综合雷达设备，建立统一的大数据平台，实现融入新世纪推崇的智慧城市，数字城市。

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。

众人拾柴火焰高!

Making light work, we together!

CETC 中国电科

责任 创新 卓越 共享

Responsibility
Innovation

Excellence
Shared

- 下期预告（4月20日晚八点）：
- 讲座题目：GPR07-隧道衬砌病害检测及智能管控
- 信息发布网站：www.chinagpr.com