

杭州市萧山区市北海塘停车场地下 地球物理探测报告

编写单位：

项目负责人：

编写人：

承担单位：

2013年4月

1 概述

1.1 工程概况

本次探测对象为杭州市萧山区市北海塘停车场，该地块位于萧山区北干街道，地块东至市心中路、南至金惠路、西至规划纵四路、北至环城北路，地块总面积约 21600 平方米，测线长度 9648 米。

本次探测目的主要是为了统筹兼顾与城区基本建设、房地产开发等工程相关的地下遗址考古勘探和发掘，配合相关重点工程，对研究区历史文化遗产进行探测与保护规划。

1.2 工作内容

根据任务要求，于 2013 年 3 月 20 日开始对杭州市萧山区市中北海塘停车场进行地下地球物理探测，分别从地块的东-西方向和北-南方向进行探测。

探测地点：杭州市萧山区市北海塘停车场

探测时间：2013 年 3 月 20 日-2013 年 3 月 29 日

承担单位：

1.3 参加人员

本次探测工作量较大，主要参与人员包括：等。

2 现场探测

2.1 方法原理

1. 探地雷达探测原理

探地雷达方法基于电磁波在不同介质中的传播特性。电磁波的传播取决于介质的电性，介质的电性主要有电导率 μ 和介电常数 ϵ ，前者主要影响电磁波的穿透(探测)深度，在电导率适中的情况下，后者主要影响电磁波的穿透(探测)深度，在电导率适中的情况下，后者决定电磁波在该物体中的传播速度，因此，所谓电性介面也就是电磁波传播的速度介面。不同的地质体(物体)具有不同的电性，因此，在不同电性的地质体的分界面上，都会产生回波。基本目标体探测原理见下图：

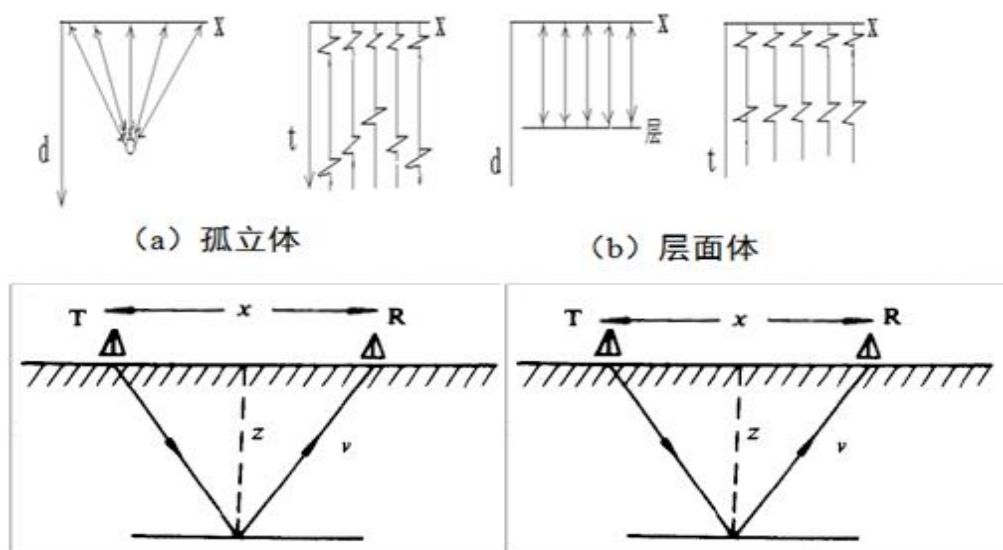


图1 电磁波在地下的传播路径(左)及记录波形(右)

2. 探地雷达探测方法优缺点

(1) 探地雷达方法与其它地球物理检测方法有如下优点：携带方便、

无损检测、采集速度快、水平及垂直位置精度高等。

(2) 探地雷达方法亦有其局限性：

1) 探测深度和目标体的分辨能力依赖于土壤（或地下介质）特性，高导电率介质会使 GPR 方法无效（如海水、盐碱地、金属矿、粘土层等）；

2) 目标体和周围介质要有足够的电性差异（介电常数和电阻率）；

3) GPR 数据的解释因人而异，解释者的经验非常重要（特别是针对于超前预报）。

2.2 仪器设备

本次探测采用 LTD-2100 型探地雷达主机。 LTD 探地雷达由一体化主机、天线及相关配件组成（图 1）。相对于探地雷达所用的高频电磁脉冲而言，通常工程勘探和检测中所遇到的介质都是以位移电流为主的低损耗介质。在这类介质中，反射系数和波速主要取决于介质的介电常数 ϵ ，空气的相对介电常数为 1，最小；水的相对介电常数为 81，最大。雷达工作时，向地下介质发射一定强度的高频电磁脉冲（几十兆赫至上千兆赫），电磁脉冲遇到不同电性介质的分界面时即产生反射或散射，探地雷达接收并记录这些信号，再通过进一步的信号处理和解释即可了解地下介质的情况（图 2）。



探地雷达系列



LTD-2100 探地雷达主机

GC100MHz 配套屏蔽天线

图 2 仪器设备

2.3 技术指标

1. 探地雷达主机的技术指标

- 1) LTD-2100型雷达主机为单通道模式；
- 2) LTD-2200型雷达主机为单、双通道模式可选，分时工作；
- 3) 兼容性：兼容LTD2000型雷达的全系列天线；
- 4) 连续工作时间：≥4小时；
- 5) 体积：≤311 mm×212 mm×61 mm（含航空插座）
- 6) 主机重量：≤2.5 kg

- 7) 整机功耗：15W,内置16.8V、65Wh锂电池供电或外部电源供电9V~18V;
- 8) 天线自动识别范围： 50MHz~1.5GHz天线;
- 9) 扫描速率：16Hz, 32Hz, 64Hz, 128Hz可调; 记录道长度：256, 512, 1024, 2048可调;
- 10) 脉冲重复频率：16kHz, 32kHz, 64kHz, 128kHz可调;
- 11) 时窗范围：5ns~1us,连续可调;
- 12) 输入带宽：1Hz~16kHz;
- 13) 动态范围：-7dB~130dB;
- 14) 雷达信号输入范围：±10V;
- 15) 系统信噪比：大于70dB;
- 16) 软件处理功能：滤波、放大、道间平均、去背景处理;
- 17) 测量方式：逐点测量, 距离触发测量, 连续测量可选;
- 18) 显示方式：伪彩图、堆积波形或灰度图;
- 19) 冲击振动：满足GJB74.6~85要求;
- 20) 工作温度：-10℃~+50℃;
- 21) 储存温度：-20℃~+60℃;
- 22) 湿热条件：+30℃, 90%。

2. 探地雷达配套天线的种类及技术指标

(1) 天线选型

LTD 探地雷达天线有屏蔽型、非屏蔽型（平板式）和喇叭天线三种类型。针对本次考古探测任务，从分辨率、穿透力和稳定性三个

方面综合衡量，使用中国电波传播研究所研发的 LTD-2100 主机加 100MHz 天线完成检测任务。

(2) 电磁波波速标定

在现场未发现易于标定的地下目标，故使用经验波速进行计算。

(3) 参数设定

采用连接测距轮探测方式，标记扩展选择为 2，道间平均选择为 5。

(4) 现场采集的连续雷达扫描图像，经计算机处理后，绘制成雷达时间剖面图。遇特殊情况影响探测效果的均在现场进行复测，确保全部数据均为有效记录。

3 探测结果与分析

3.1 数据采集

1. 测线规划

为了得到北海塘停车场地下地球物理探测结果，首先对北海塘停车场进行了测线规划，如图 3 所示。

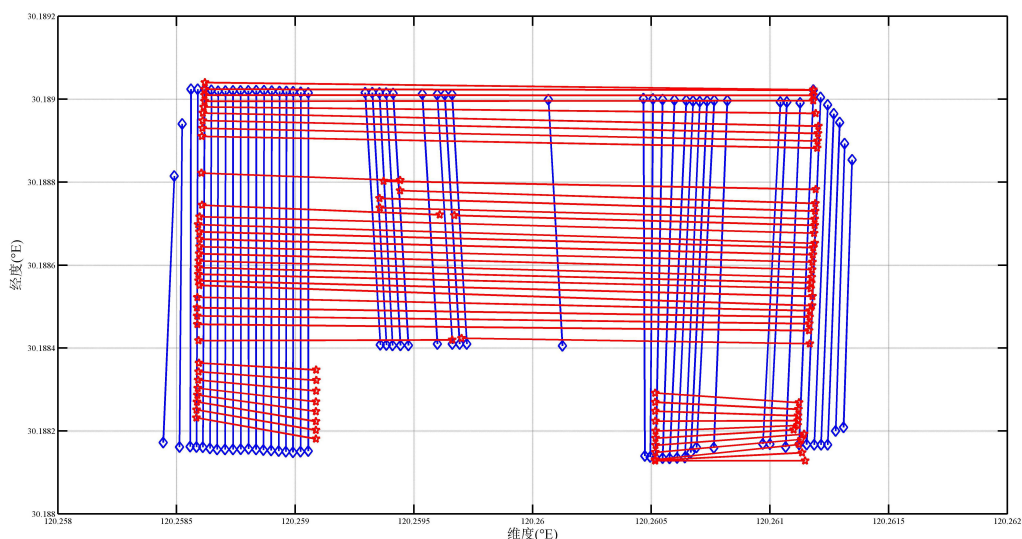


图 3 北海塘停车场测线规划图

2. 测线位置测量

采用 Trimble Geo XM 2008（亚米级手持 GPS），对测线起始点进行经纬度定点测量，其精度为 0.5-1 米（表 1）。

表1 北海塘停车场测线起始位置测量结果

测线编号	起点方向	终点方向	起点		终点		文件编号	备注
N3	E	W	120.2612	30.189	120.2586	30.189	0	
N3-1	W	E	120.2586	30.18898	120.2612	30.18897	1	
N4	E	W	120.2612	30.18894	120.2586	30.18897	2	
N4-1	W	E	120.2586	30.18895	120.2612	30.18892	3	
N5	E	W	120.2612	30.1889	120.2586	30.18893	4	
N2-1	W	E	120.2586	30.18901	120.2612	30.18901	5	
N2	W	E	120.2586	30.18902	120.2612	30.18902	6	
N1-1	W	E	120.2586	30.18904	120.2612	30.18902	7	
N5-1	E	W	120.2612	30.18888	120.2586	30.18891	8	
N12	E	W	120.2612	30.18864	120.2586	30.18868	10	
N12-1	W	E	120.2586	30.18866	120.2612	30.18863	11	
N13	E	W	120.2612	30.18861	120.2586	30.18864	12	
N13-1	W	E	120.2586	30.18863	120.2612	30.18859	13	
N14	E	W	120.2612	30.18857	120.2586	30.18861	14	
N14-1	E	W	120.2612	30.18856	120.2586	30.18859	15	
N15	W	E	120.2586	30.18858	120.2612	30.18854	16	
N15-1	E	W	120.2612	30.18853	120.2586	30.18856	17	
N22	W	E	120.2611	30.18827	120.2605	30.18829	19	东南侧 小片区
N22-1	W	E	120.2611	30.18825	120.2605	30.18827	21	
N23	W	E	120.2611	30.18824	120.2605	30.18825	22	
N23-1	W	E	120.2611	30.18823	120.2605	30.18822	23	
N24	W	E	120.2611	30.18821	120.2605	30.1882	24	
N24-1	W	E	120.2611	30.1882	120.2605	30.18818	25	
N25	W	E	120.2611	30.18819	120.2605	30.18817	26	
N25-1	W	E	120.2611	30.18818	120.2605	30.18815	27	
N26	W	E	120.2611	30.18817	120.2605	30.18813	28	
N26-1	W	E	120.2611	30.18815	120.2605	30.18813	29	
N27	W	E	120.2611	30.18813	120.2605	30.18813	30	
E1	N	S	120.2613	30.18894	120.2612	30.18817	31	最东侧 小片区
E0	N	S	120.2613	30.18821	120.2613	30.18885	32	
E0-1	N	S	120.2613	30.18889	120.2613	30.1882	33	
E1-1	N	S	120.2613	30.18897	120.2612	30.18817	34	
E2	N	S	120.2612	30.18899	120.2612	30.18817	35	
E2-1	N	S	120.2612	30.189	120.2612	30.18817	36	
E3	N	S	120.2612	30.18902	120.2611	30.18817	37	
E4	N	S	120.2611	30.18899	120.2611	30.18816	38	
E5	N	S	120.2611	30.18899	120.261	30.18817	39	

E5-1	N	S	120.26104	30.188993	120.26097	30.188169	41	
E9	N	S	120.26082	30.188997	120.26076	30.18816	42	
测线编号	起点方向	终点方向	起点		终点		文件编号	备注
N11-1	E	W	120.26119	30.188653	120.25859	30.188698	45	
N11	W	E	120.2586	30.188717	120.26119	30.188677	46	
N10-1 东半	W	E	120.25967	30.18872	120.26119	30.188696	47	
N10 东半	W	E	120.25936	30.188738	120.26119	30.188711	48	
N9-1 东半	W	E	120.25936	30.188761	120.26119	30.18873	49	
N9 东半	W	E	120.25944	30.18878	120.26119	30.188749	50	
N8-1 东半	W	E	120.25944	30.188805	120.25861	30.188822	51	
N10-1 西半	E	W	120.25961	30.188722	120.25861	30.188745	52	
N8-1 西半	E	W	120.25937	30.188803	120.26119	30.188783	53	
N16	E	W	120.26118	30.188503	120.2586	30.188551	55	
N16-1	W	E	120.25859	30.188523	120.26117	30.18849	57	
N17	E	W	120.26117	30.188475	120.25859	30.188498	58	
N17-1	W	E	120.25859	30.188478	120.26117	30.188459	59	
N18	E	W	120.26117	30.188443	120.25859	30.188458	60	
N19 东半	W	E	120.2597	30.188424	120.26117	30.188411	61	
N19 西半	E	W	120.25966	30.18842	120.25859	30.188418	62	
N21	E	W	120.25859	30.188343	120.25909	30.188322	64	西南侧 小片区
N21-1	E	W	120.25859	30.188323	120.25909	30.188297	65	
N20-1	E	W	120.2586	30.188364	120.25909	30.188347	66	
N21-1	E	W	120.25859	30.188323	120.25909	30.188297	67	
N22	E	W	120.25859	30.188303	120.25909	30.188271	68	
N22-1	E	W	120.25859	30.188287	120.25909	30.188247	69	
N23	E	W	120.25859	30.18827	120.25909	30.188223	70	
N23-1	E	W	120.25859	30.188251	120.25909	30.188202	71	
N24	E	W	120.25858	30.188232	120.25909	30.188181	72	
E43	N	S	120.25868	30.189019	120.25867	30.188156	73	
E42-1	N	S	120.25871	30.18902	120.2587	30.188156	75	
E42	N	S	120.25874	30.18902	120.25874	30.188156	76	
E41-1	N	S	120.25877	30.18902	120.25877	30.188156	77	
E41	N	S	120.2588	30.18902	120.2588	30.188157	78	
E40-1	N	S	120.25884	30.189021	120.25883	30.188156	79	
E40	N	S	120.25887	30.189021	120.25887	30.188154	80	
E39-1	N	S	120.2589	30.18902	120.2589	30.188153	81	
E39	N	S	120.25893	30.189019	120.25893	30.188152	82	

E38-1	N	S	120.25896	30.189019	120.25896	30.18815	83	
测线编号	起点方向	终点方向	起点		终点		文件编号	备注
E38	N	S	120.25899	30.189018	120.25899	30.188149	84	
E37-1	N	S	120.25902	30.189017	120.25902	30.18815	85	
E43-1	N	S	120.25865	30.189022	120.25864	30.188158	86	
E44	N	S	120.25862	30.189024	120.25861	30.188161	87	
E44-1	N	S	120.25859	30.189024	120.25858	30.188162	88	
E45	N	S	120.25856	30.189024	120.25856	30.188162	89	
E45-1	N	S	120.25851	30.188162	120.25852	30.188941	90	
E46	N	S	120.2585	30.18881	120.2584	30.18817	91	
E37	S	N	120.2591	30.18902	120.25905	30.188152	95	
E10	N	S	120.2608	30.189	120.2607	30.18816	96	
E10-1	N	S	120.2607	30.189	120.2607	30.18815	97	
E11	N	S	120.2607	30.18899	120.2606	30.18814	98	
E11-1	N	S	120.2607	30.189	120.2606	30.18814	99	
E12	N	S	120.2606	30.189	120.2606	30.18813	100	
E12-1	N	S	120.2606	30.189	120.2605	30.18813	101	
E13	N	S	120.2605	30.189	120.2605	30.18814	102	
E13-1	N	S	120.2605	30.189	120.2605	30.18814	103	
E14	N	S	120.2605	30.189	120.2605	30.18814	104	
E20-1	S	N	120.2601	30.189	120.2601	30.18841	105	
E27	N	S	120.2597	30.18901	120.25972	30.18841	106	
E27-1	N	S	120.2596	30.18901	120.2597	30.18841	107	
E28	N	S	120.2596	30.18901	120.25966	30.18841	108	
E29-1	N	S	120.2595	30.18901	120.2596	30.18841	109	
E31	N	S	120.2594	30.18901	120.25948	30.188406	110	
E31-1	N	S	120.2594	30.18901	120.2594	30.18841	111	
E32	N	S	120.2594	30.18902	120.25941	30.188406	112	
E32-1	N	S	120.2593	30.18902	120.2594	30.18841	113	
E33	N	S	120.2593	30.18902	120.25936	30.188408	114	
碑 1	N	S	120.2588	30.18957	120.2589	30.18961	118	停 车 场 外
碑 2	N	S	120.2594	30.1895	120.2594	30.18953	119	
碑 3	N	S	120.2601	30.18942	120.2601	30.18947	120	
碑 4	N	S	120.2607	30.18936	120.2607	30.1894	122	
L1	S	N	120.261	30.18898	120.261	30.18936	126	
L2	S	N	120.2609	30.189	120.2609	30.18957	127	

根据以上采集数据，我们绘制了北海塘停车场探地雷达测线平面图（图 4）。

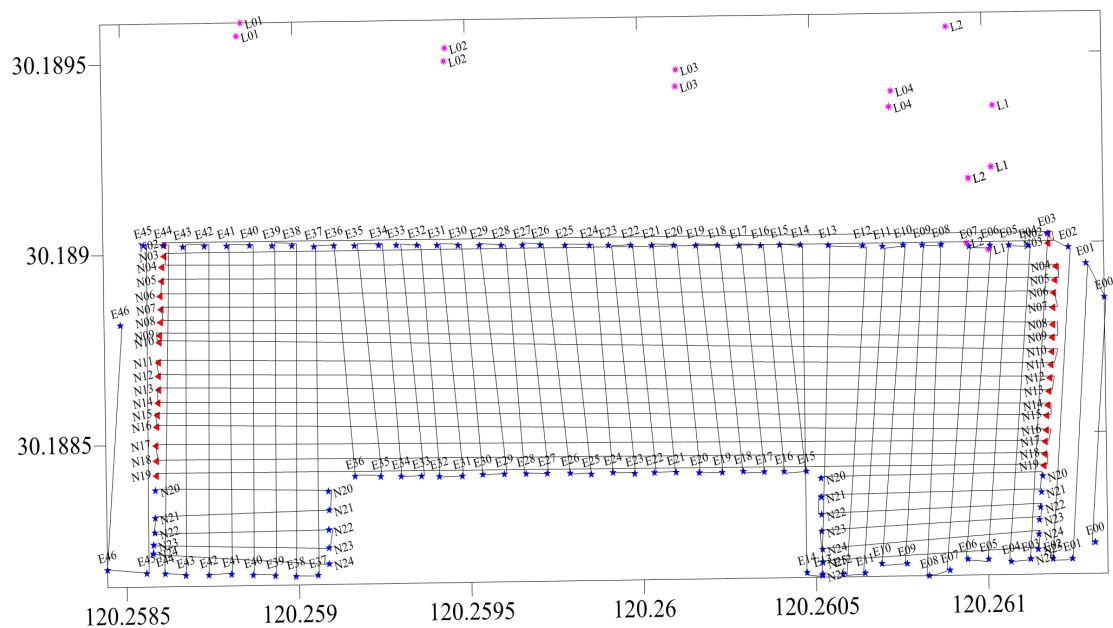


图 4 北海塘停车场探地雷达测线位置图

3. 探地雷达数据采集

本次探地雷达数据采集共获得有效数据文件 108 个, 共计测线 108 条, 其采集过程及结果如图 5-7 所示。



图 5 准备采集数据过程中

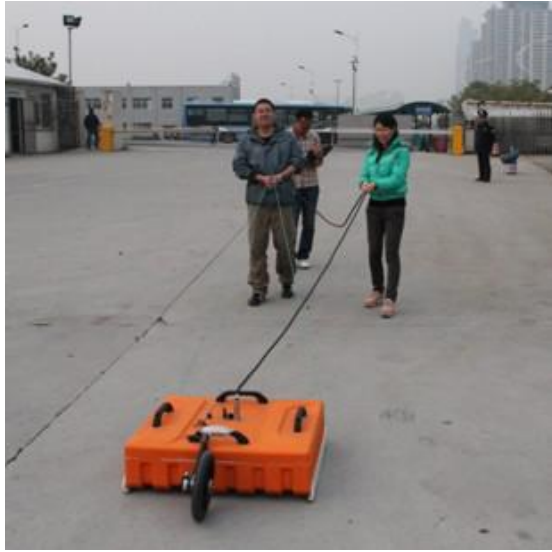


图 6 数据采集过程中

名称	修改日期	类型	大小
LtdFile0.LTE	2013/3/20 8:51	LTE 文件	14,081 KB
LtdFile1.LTE	2013/3/20 9:06	LTE 文件	14,024 KB
LtdFile2.LTE	2013/3/20 9:18	LTE 文件	14,072 KB
LtdFile3.LTE	2013/3/20 9:31	LTE 文件	14,048 KB
LtdFile4.LTE	2013/3/20 9:41	LTE 文件	14,048 KB
LtdFile5.LTE	2013/3/20 9:52	LTE 文件	13,928 KB
LtdFile6.LTE	2013/3/20 10:05	LTE 文件	13,936 KB
LtdFile7.LTE	2013/3/20 10:16	LTE 文件	13,184 KB
LtdFile8.LTE	2013/3/20 10:28	LTE 文件	13,920 KB
LtdFile10.LTE	2013/3/20 10:45	LTE 文件	14,208 KB
LtdFile11.LTE	2013/3/20 10:54	LTE 文件	13,976 KB
LtdFile12.LTE	2013/3/20 11:03	LTE 文件	13,968 KB
LtdFile13.LTE	2013/3/20 11:12	LTE 文件	13,968 KB
LtdFile14.LTE	2013/3/20 11:21	LTE 文件	13,934 KB
LtdFile15.LTE	2013/3/20 12:14	LTE 文件	13,945 KB
LtdFile16.LTE	2013/3/20 12:24	LTE 文件	13,977 KB
LtdFile17.LTE	2013/3/20 12:33	LTE 文件	13,985 KB
LtdFile18.LTE	2013/3/20 15:48	LTE 文件	3,321 KB
LtdFile19.LTE	2013/3/20 15:53	LTE 文件	3,689 KB
LtdFile20.LTE	2013/3/20 16:00	LTE 文件	3,550 KB
LtdFile21.LTE	2013/3/20 16:07	LTE 文件	3,633 KB
LtdFile22.LTE	2013/3/20 16:16	LTE 文件	3,681 KB
LtdFile23.LTE	2013/3/20 16:21	LTE 文件	3,672 KB
LtdFile24.LTE	2013/3/20 16:28	LTE 文件	3,673 KB
LtdFile25.LTE	2013/3/20 16:33	LTE 文件	3,641 KB
LtdFile26.LTE	2013/3/20 16:38	LTE 文件	3,641 KB
LtdFile27.LTE	2013/3/20 16:42	LTE 文件	3,641 KB
LtdFile28.LTE	2013/3/20 16:47	LTE 文件	3,632 KB

图 7 数据采集原始文件目录

3.2 资料处理

探地雷达数据处理包括预处理（标记和桩号校正，添加标题、标

识等) 和处理分析, 其处理流程如图 8 所示, 其目的在于压制规则和随机干扰, 以尽可能高的分辨率在探地雷达图像剖面上显示反射波, 突出有用的异常信息(包括电磁波速度, 振幅和波形等)来帮助解释。

探地雷达所接收的是来自地下不同电性界面的反射波, 其正确解释取决于检测参数选择合理、数据处理得当、模拟实验类比和读图经验等因素。

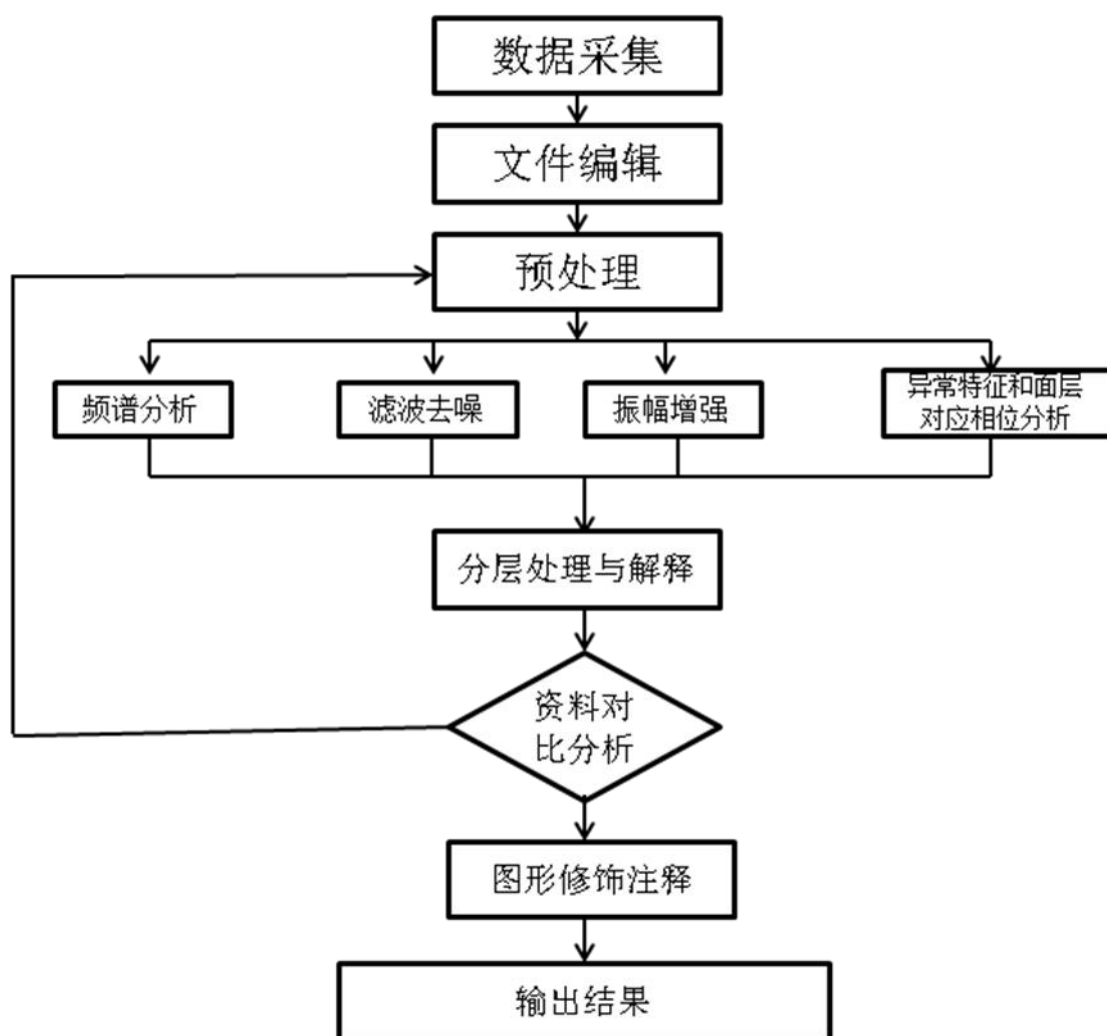


图 8 探地雷达数据处理流程图

雷达数据的采集是分析解释的基础, 数据处理则是提高信噪比, 将异常突出化的过程。将现场采集的探地雷达数据传输至计算机中,

应用配套的探地雷达处理软件进行处理。首先进行预处理，即定标点的编辑、文件头参数设定及距离均一化。

经过预处理后，还要进行一系列的数字化信号处理，通常的信号分析处理模块有：振幅谱分析、功率谱分析、相位谱分析、滑动平均谱分析、二维谱分析；常规信号处理模块有：漂移去除、零线设定、背景去噪、增益、谱值平衡、一维滤波、二维滤波、希尔伯特变换、反褶积、小波变换；运算模块有：道间平衡加强、滑动平均、文件叠加、文件拼接、混波处理、单道漂移去除、数学运算、积分运算、微分运算；图形编辑模块有：图形的放大、缩小、压缩、截取等。

经过上述数字信号处理后，可以有效地压制干扰信号的能量，提高雷达信号的信噪比，使雷达图象更易于识别地质信息，清晰的反映地质现象，从而提供更准确的解释结果。数据处理采用中国电波传播研究所自行开发的 IDSP6.0 探地雷达处理解释软件。处理过程包括预处理（步骤：①修改文件头参数；②标记和桩号校正；③剖面翻转和道标准化；④添加标题、标识等）和处理分析（包括①浏览整个剖面，查找明显的异常；②频谱分析；③滤波去噪；④振幅增强；⑤异常特征和面层对应相位分析；⑥剖面修饰等）。

经过处理后的检测剖面中不同的明暗度对应不同的幅度强度，横轴代表里程桩号（单位为 m），纵轴表示电磁波传播的双程走时经速度计算后显示为深度（单位为 m）。

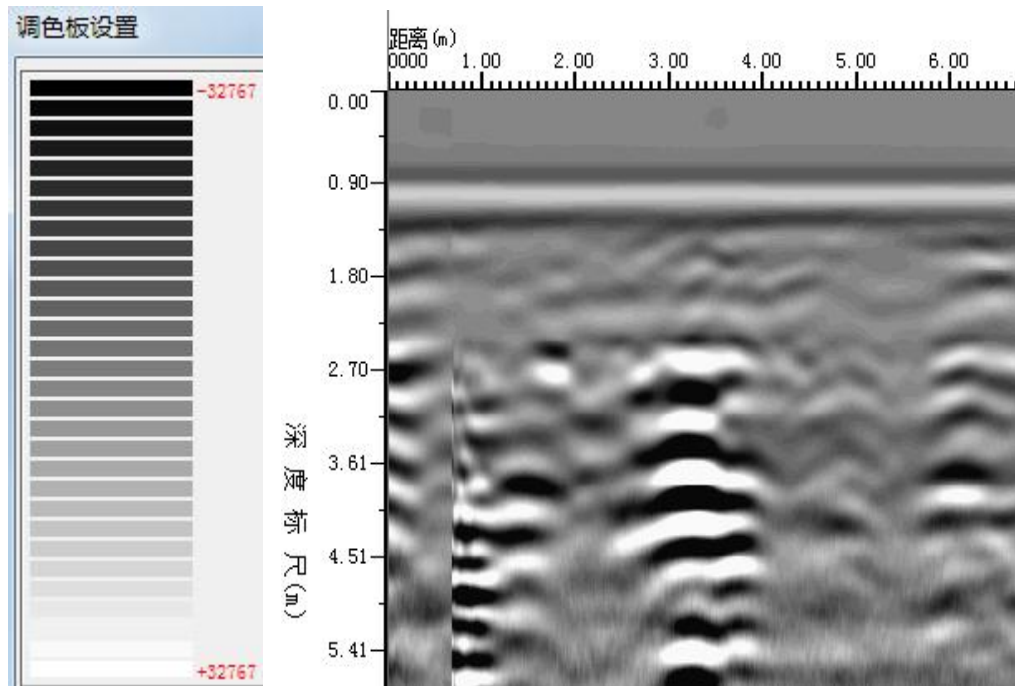


图9 探地雷达剖面调色板及灰度图显示

3.2 输出结果

1. 探地雷达图像分析依据

探地雷达图像的分析有定性和定量两种，定性分析主要表现在对空洞、异常、产状的判断上，定量分析主要在异常深度及长度的判定上。异常深度的判定可由电磁波从地面到异常体的双程走时来确定，由于异常体与周围介质存在一定的电性差异，特别是有空洞、空隙存在时，泥土、空气与围岩三者之间存在较大差异，在该界面位置出现强反射，电磁波能量显著增强，形成强反射界面，但当土壤含水量较高时会严重吸收电磁波能量使得反应地下深层的信号强度大大减小；电磁波波速则是根据土壤的成分及含水量等因素确定，电磁波在土壤中的相对介电常数 ϵ_r ，然后利用以下公式即可计算出异常体埋深。

$$r = \frac{\sqrt{\varepsilon_1} - \sqrt{\varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1} + \sqrt{\varepsilon_2}} \quad v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}$$

对于地下异常体的判读方法，这主要根据电磁波波形、振幅大小及电磁波同相轴连续性的好坏来进行判断。当地下土壤较为均一，不存在裂缝及空洞时，雷达图像上表现为雷达波同相轴连续性较好。反之在雷达图像上会表现为反射能量强、同相轴连续性较差，甚至产生双曲线形态等异常现象。

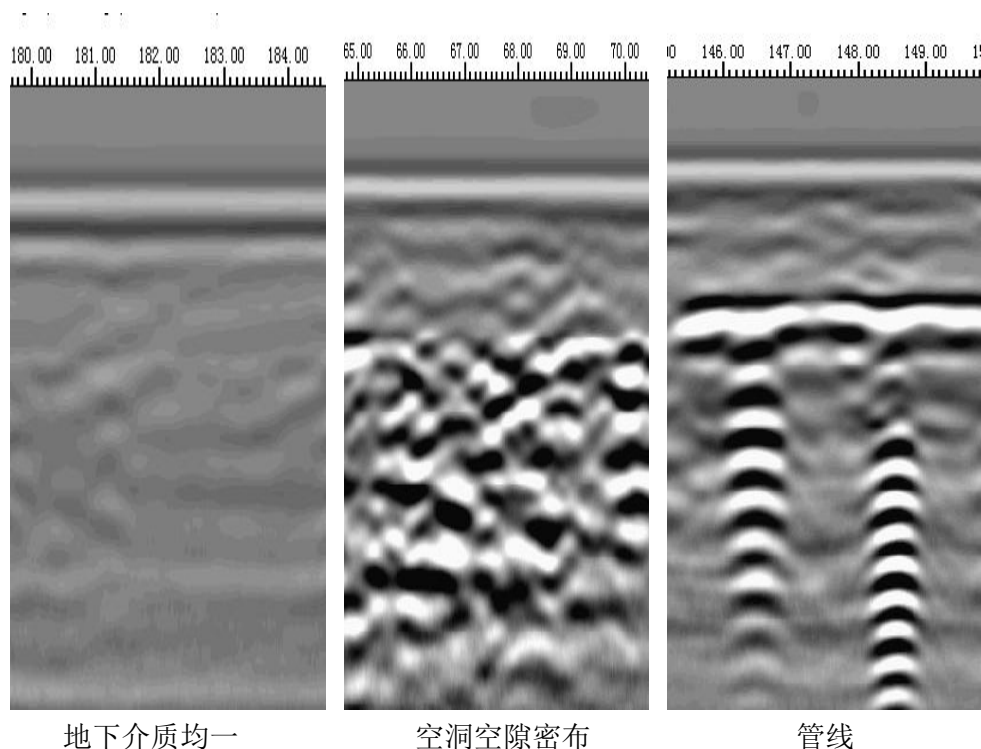


图 10 不同地下异常体探地雷达结果对比图

2. 北海塘停车场探地雷达数据分析

(1) 剖面测线分析与解释（以 N5 测线为例）：

首先，将雷达采集的数据进行初步处理，形成清晰易于判读的剖面图。

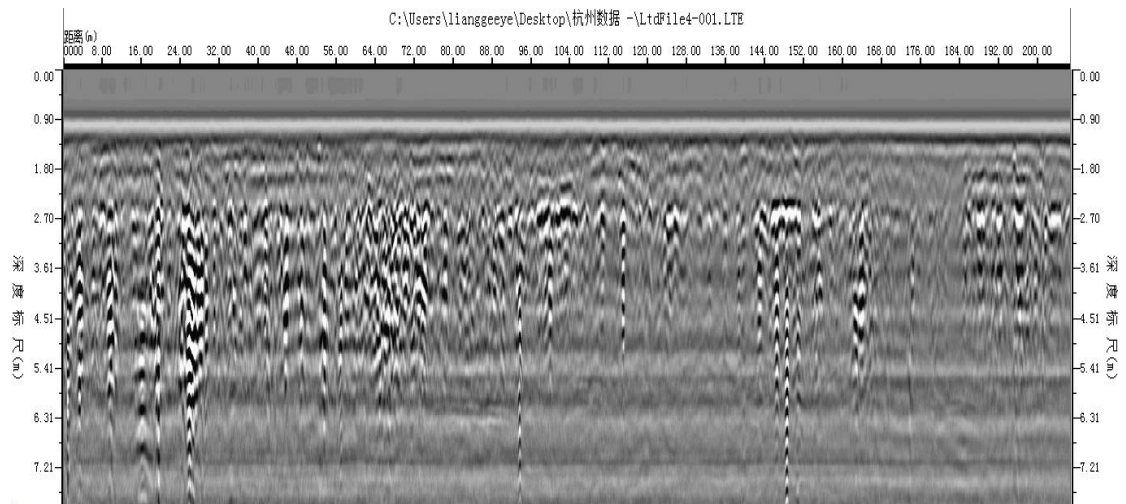


图 11 数据初步处理（以 N5 测线为例）

通过分析雷达图像，停车场地地下存在多处异常区域，深度从 1.7 米到 4.1 米不等，并发现埋有多根管线，下图红色圆圈标注的为管线典型图像。

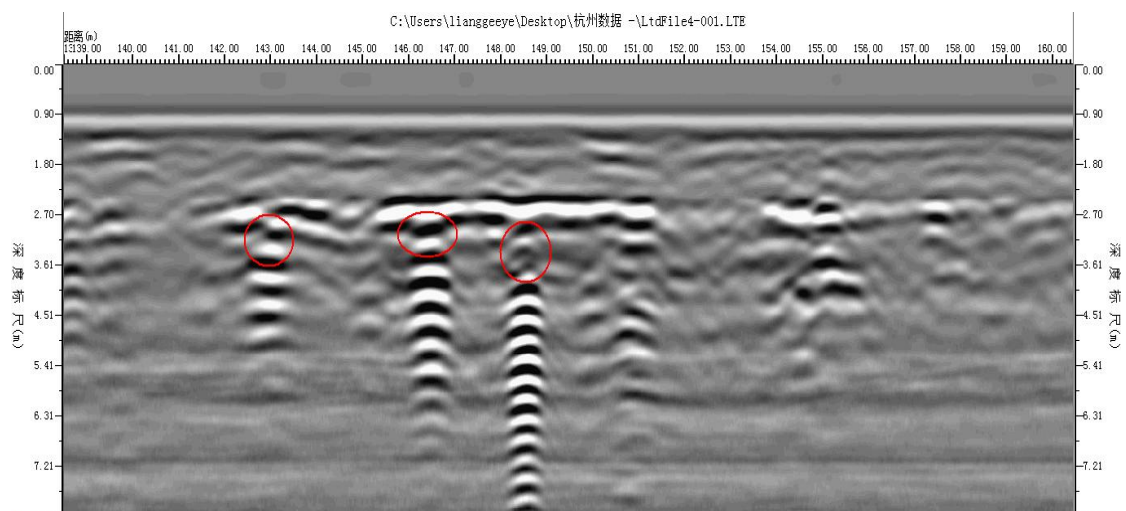


图 12 典型管线图像实例（以 N5 测线为例）

其次，排除管线目标之后，发现存在 5 处疑似目标区域，由西向东分别为：

- 1) 距离西起始点距离为 8.6 米，长度为 2.1 米，深度为 1.7 米

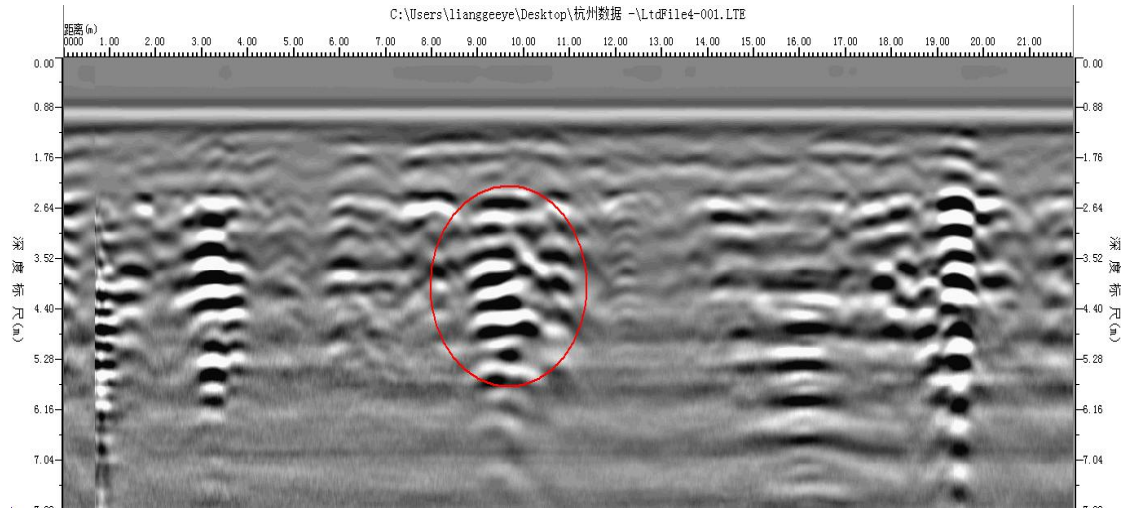


图 13 疑似目标区域 1

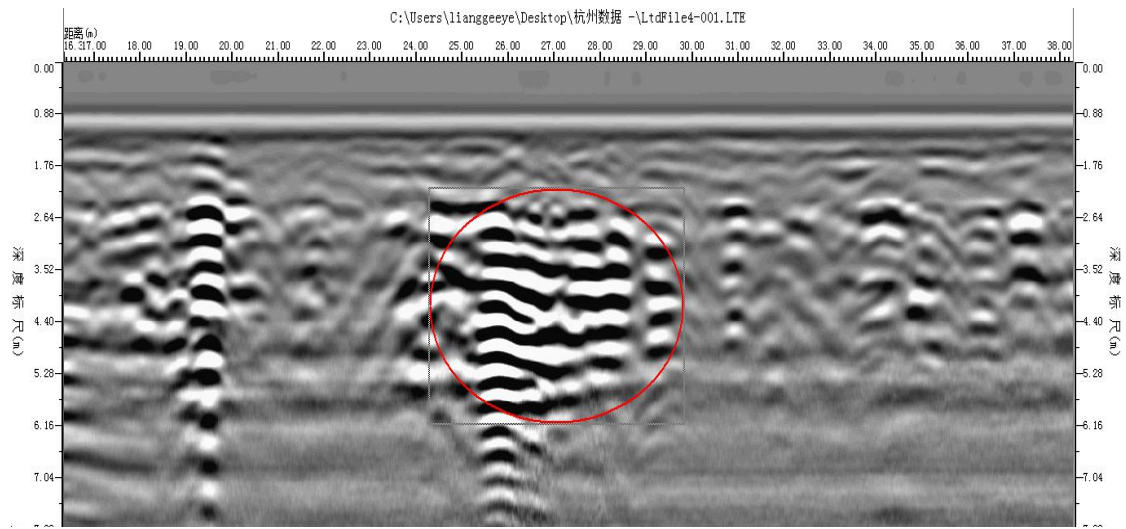


图 14 疑似目标区域 2

2) 距离西起始点距离为 23.7 米，长度为 4.9 米，深度为 1.8 米

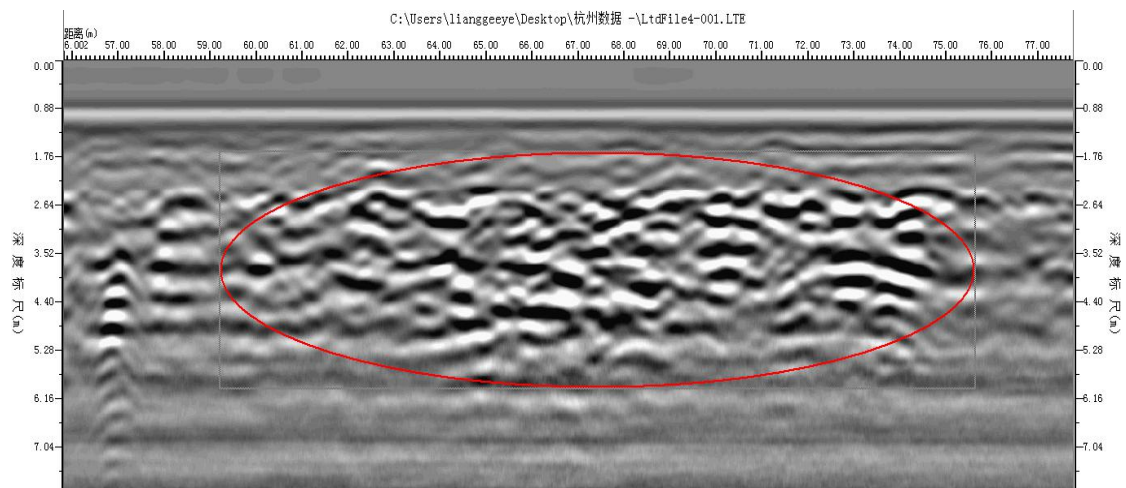


图 15 疑似目标区域 3

3) 距离西起始点距离为 60.4 米，长度为 14.4 米，深度为 1.8 米。

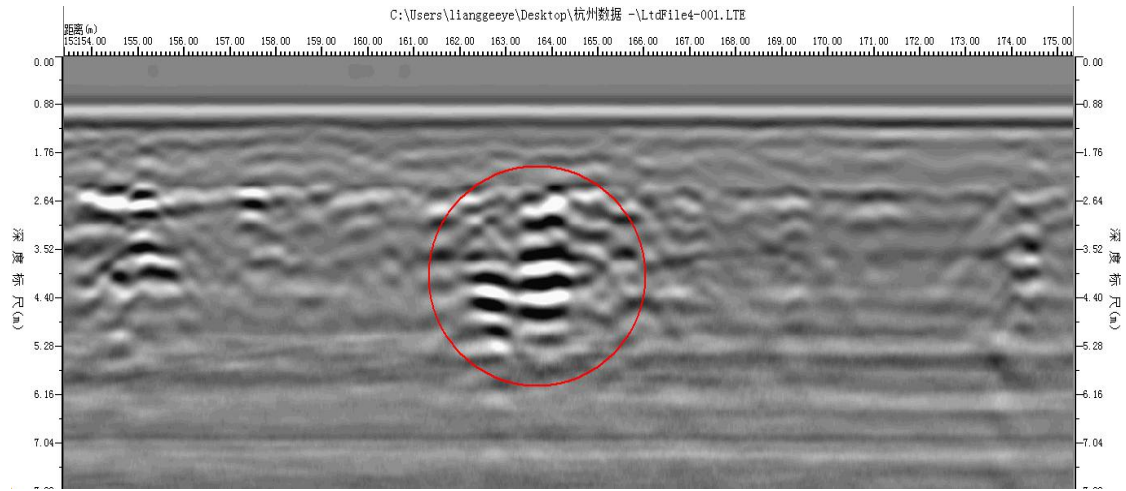


图 16 疑似目标区域 4

4) 距离西起始点位置为 162.2 米，长度为 2.7 米，深度为 1.9 米。

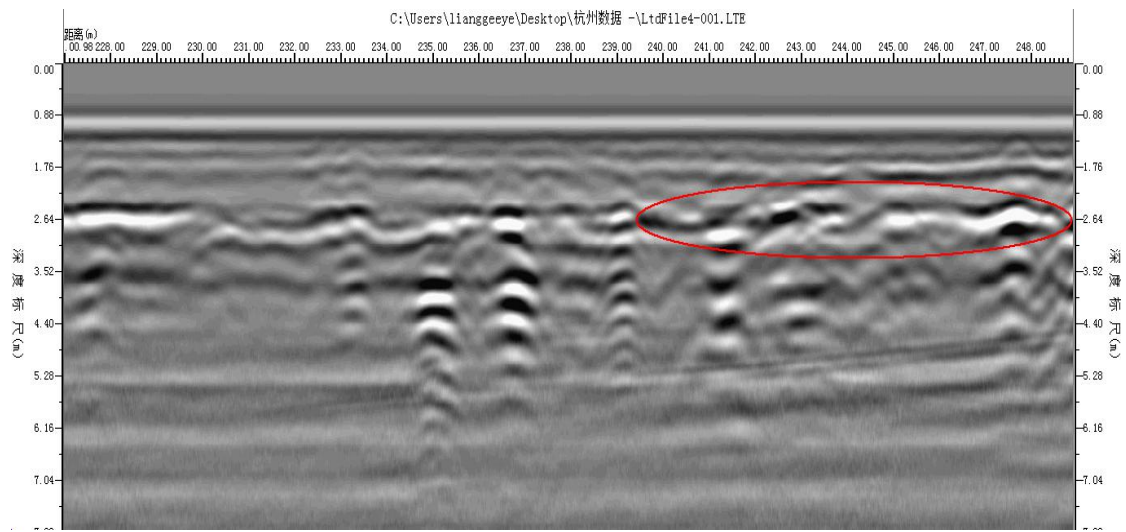


图 17 疑似目标区域 5

5) 距离西起始点位置为 239.5 米，长度为 9.5 米，深度为 1.7 米。

第三，将可疑区域标注在测线上（图中黑线标注线段）：

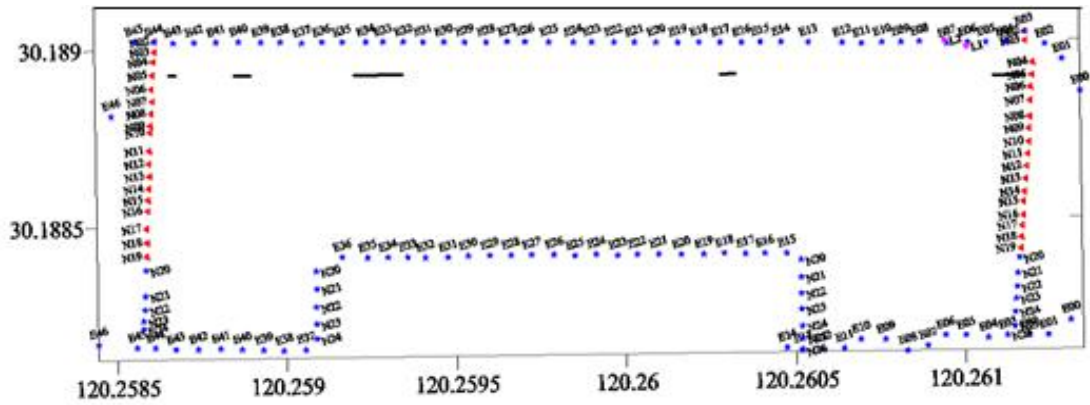


图 18 剖面异常段标注

第四，以此类推，分析所有测线并将可疑区域用线段标注在北海塘停车场平面图上（图 19）。

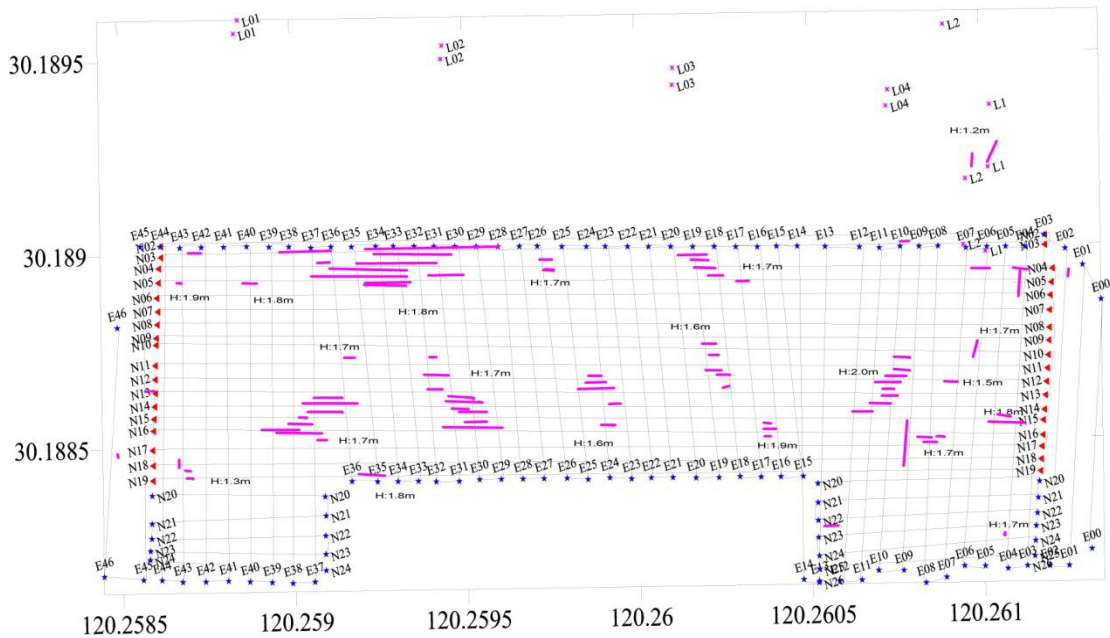


图 19 北海塘停车场可疑目标段平面分布图

最后，将所有异常区域用圆滑曲线圈注，并标明深度，形成停车场异常区域俯视图及其深度标注（图 20-21）。

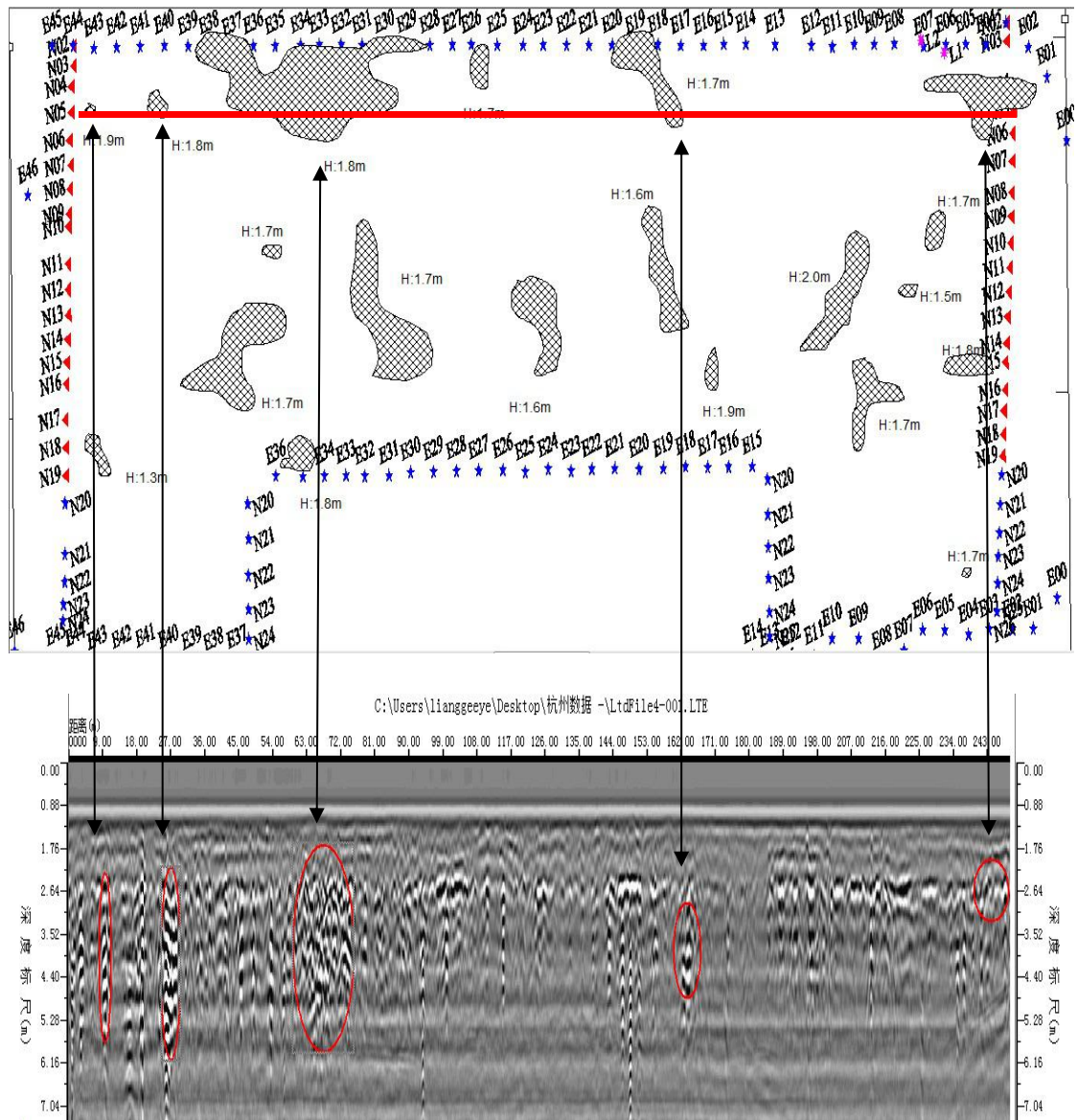


图 20 可疑目标段剖面对应示意图 (以 N5 测线为例)

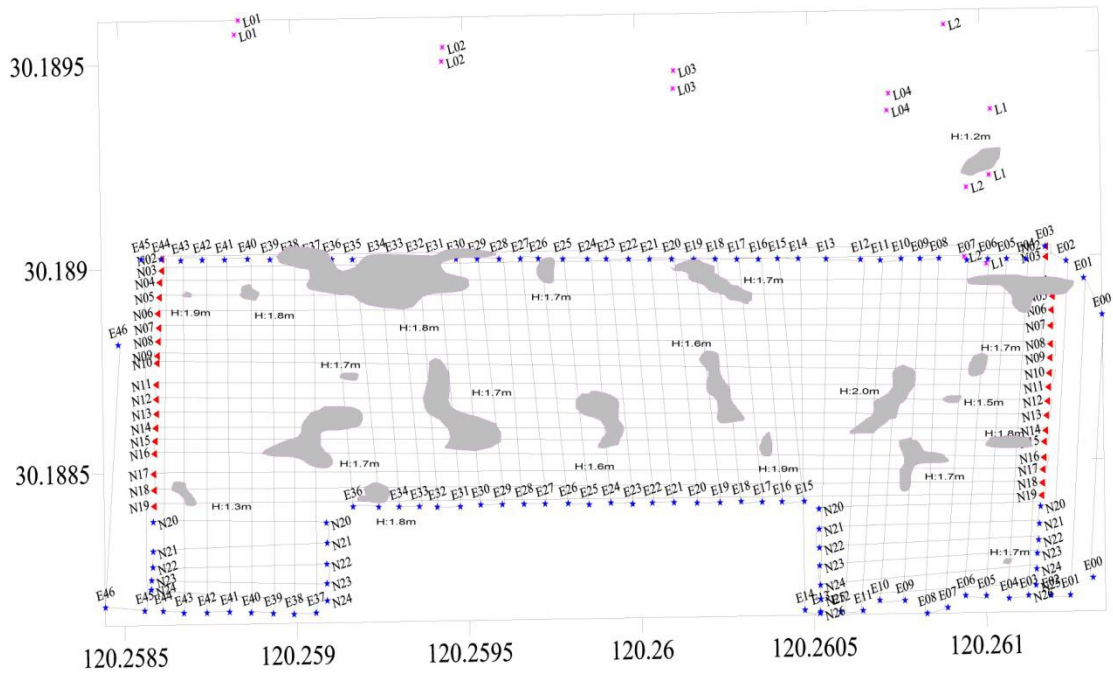


图 21 北海塘停车场可疑目标推测区域图

(2) 三维显示模式分析

在北海塘停车场探测区，共采集东西向测线条。南北向测线 49 条，东西向测线 59 条，将多条测线组合，形成三维模型。

1) 南北向测线三维模型显示结果

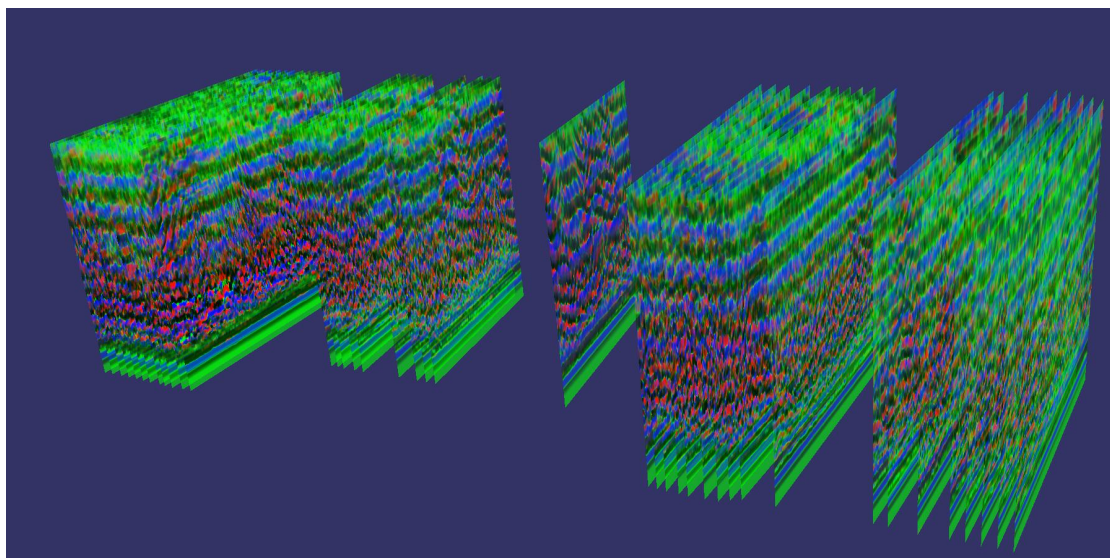


图 22 南北向测线三维模型显示结果 1 (E0-E46 剖面)

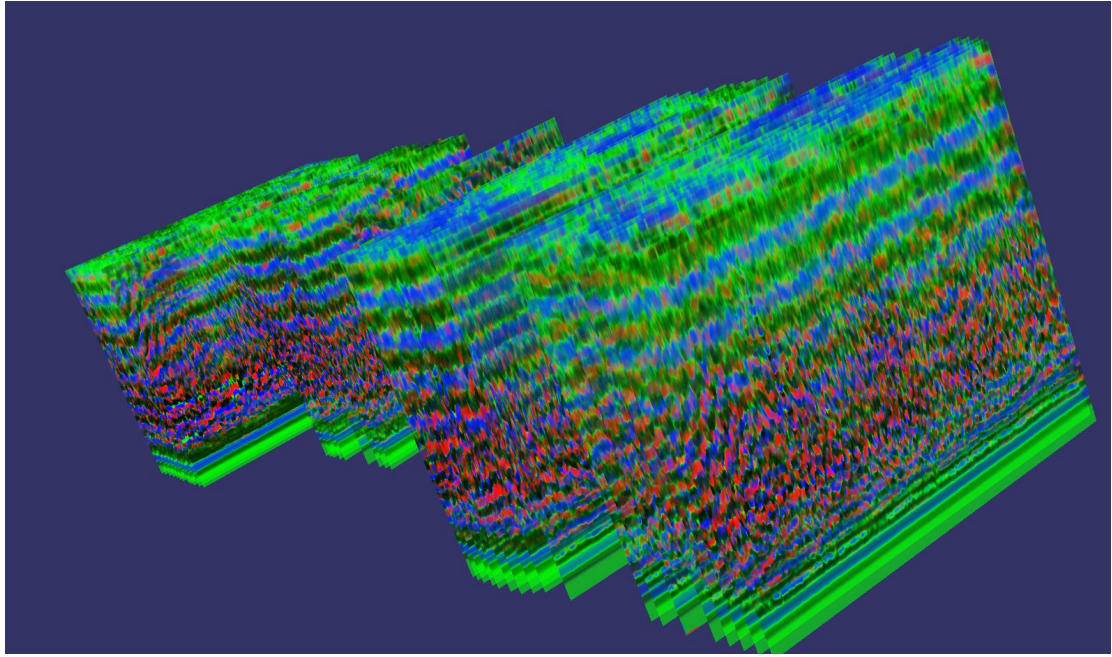


图 23 南北向测线三维模型显示结果 2 (E0-E46 剖面)

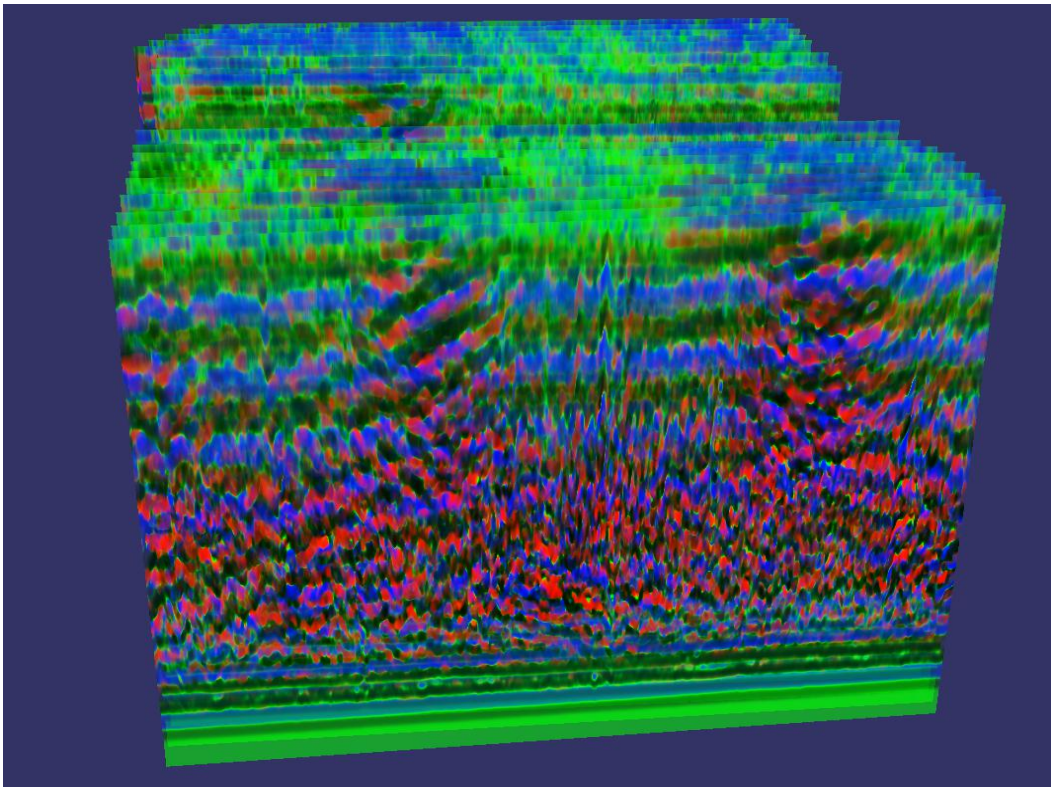


图 24 南北向测线三维模型显示结果 3 (E0-E15 剖面)

2) 东西向测线三维模型显示结果

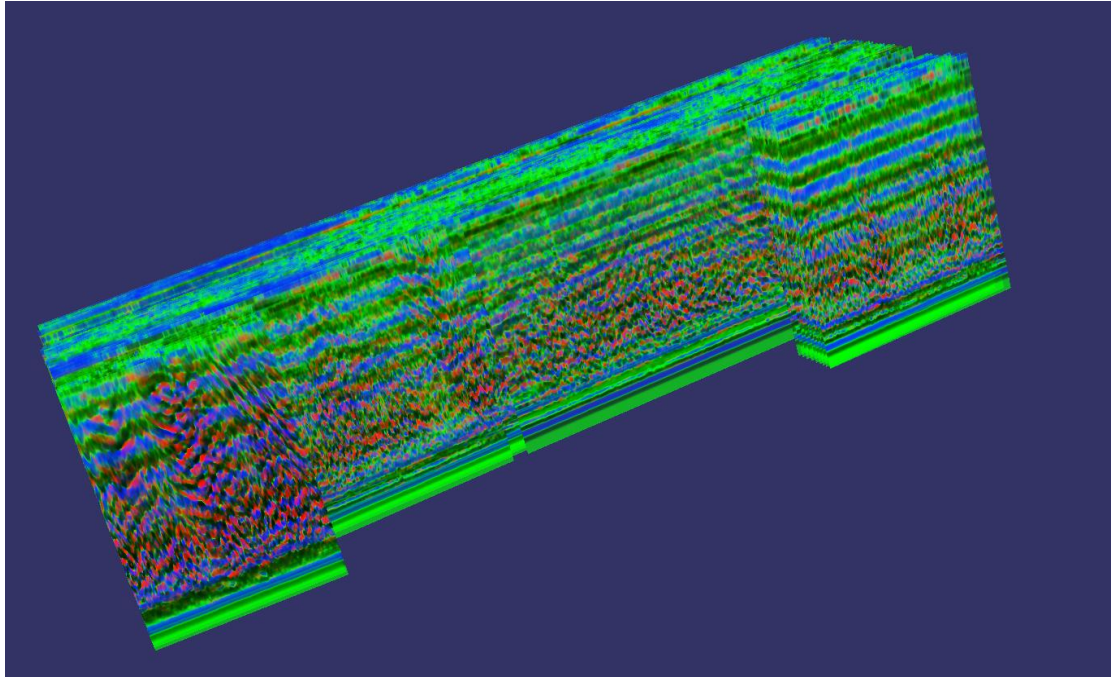


图 25 东西向测线三维模型显示结果 1 (N1-N26 剖面)

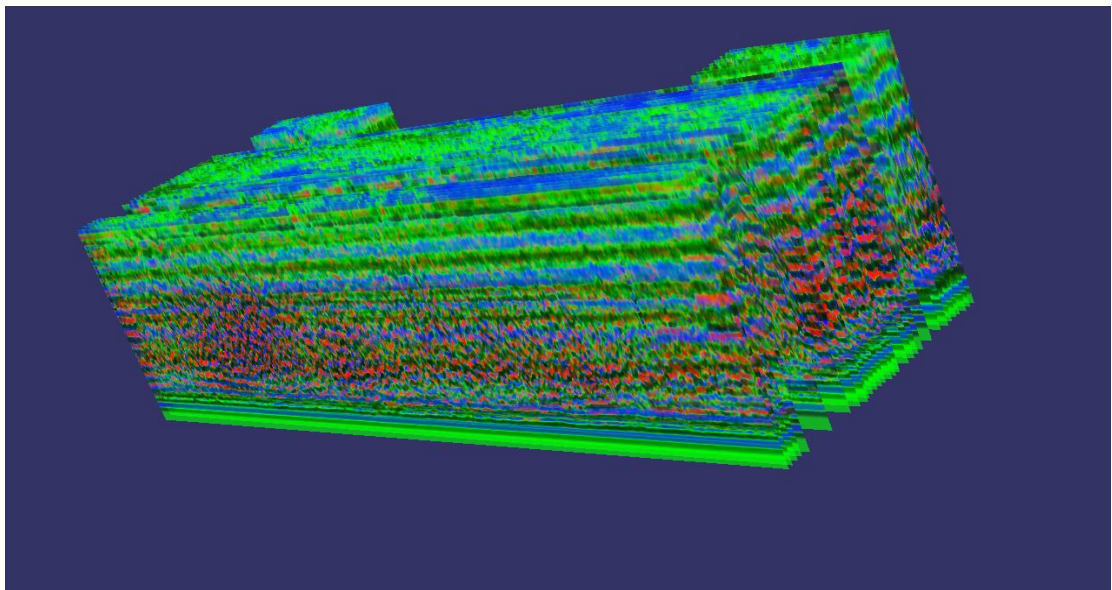


图 26 东西向测线三维模型显示结果 2 (N1-N26 剖面)

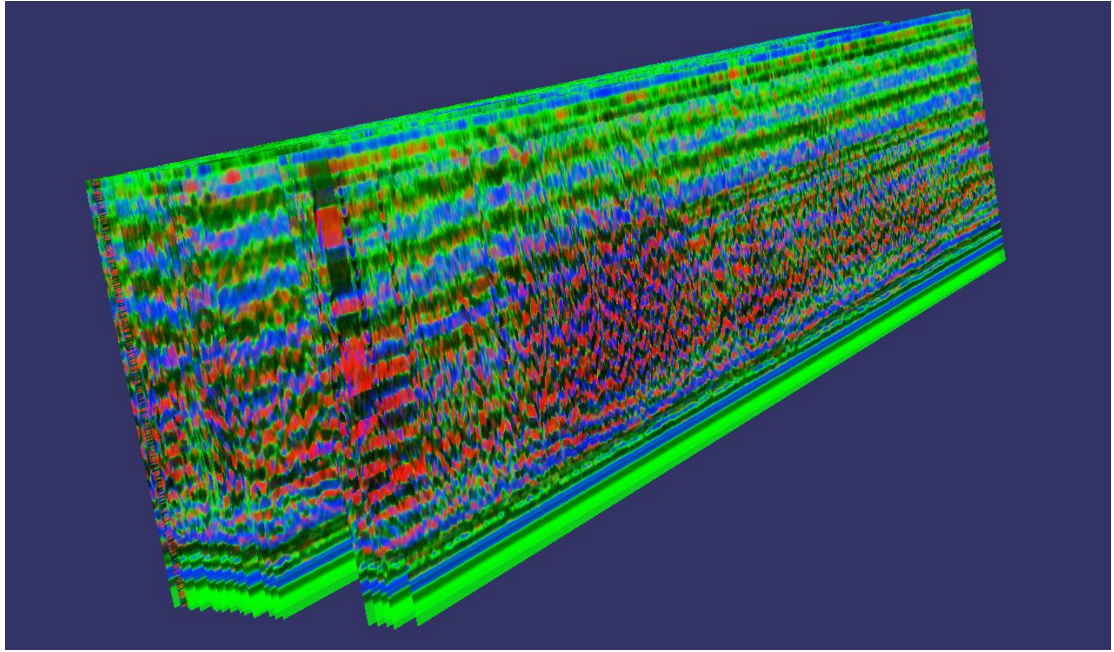


图 27 东西向测线三维模型显示结果 3 (N1-N16 剖面)

3) 全部测线三维模型显示结果

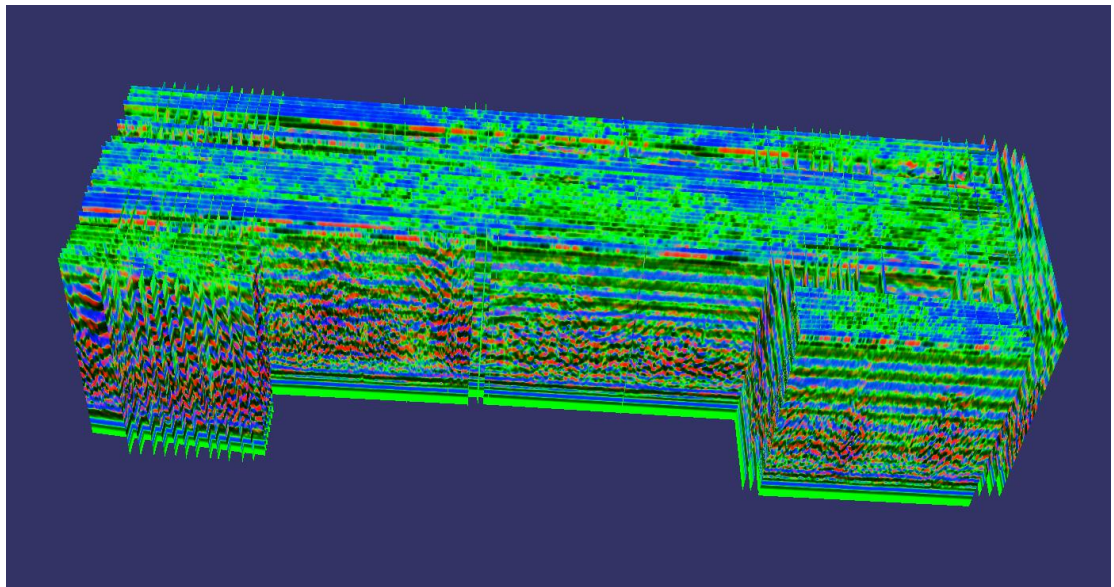


图 28 北海塘停车场全部测线三维模型显示结果

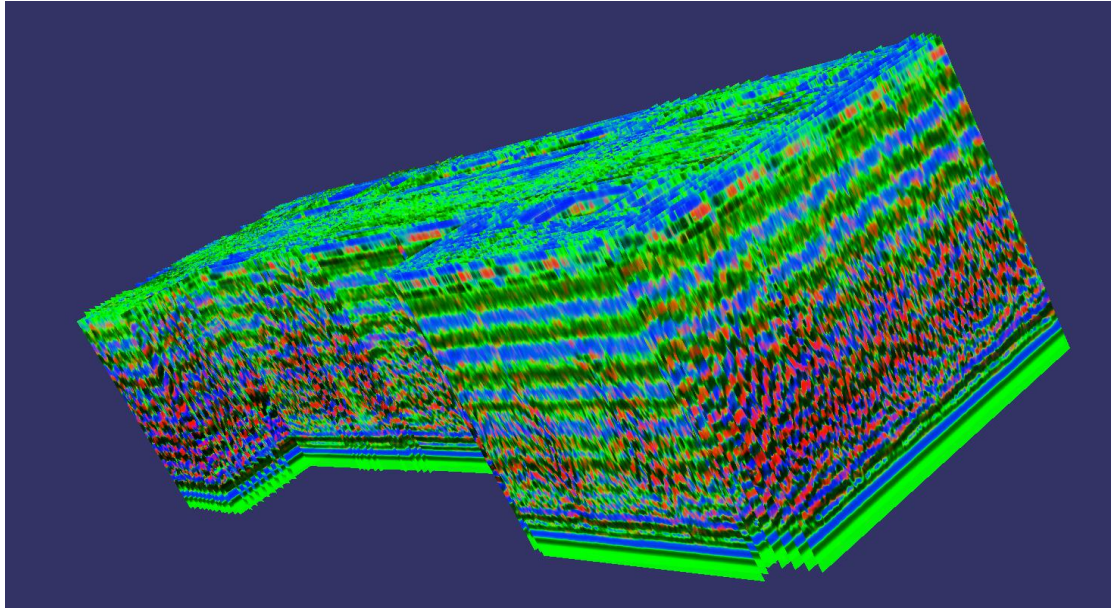


图 29 北海塘停车场全部测线三维模型显示结果 2

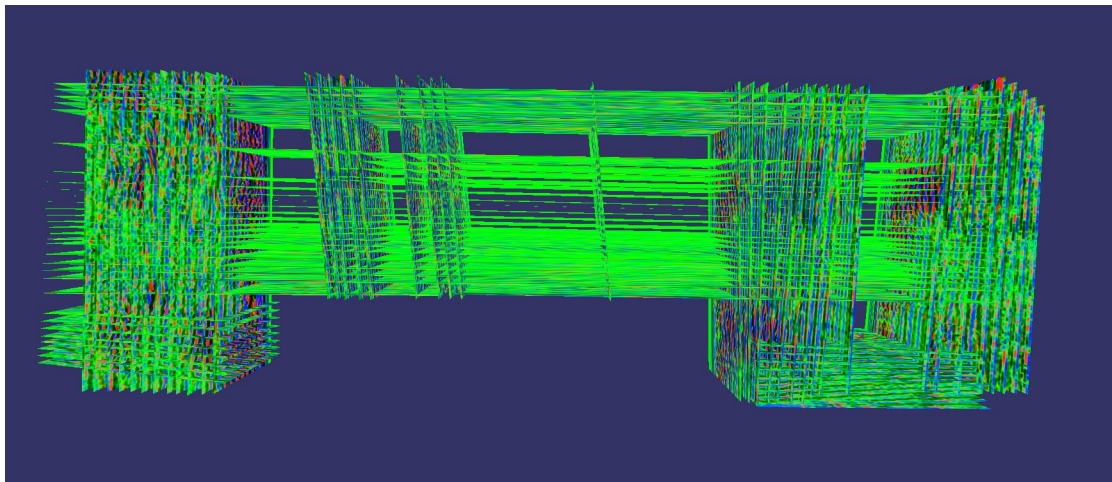


图 30 北海塘停车场全部测线三维模型显示结果 3

组成三维模型后，可以以立体形式显示探测结果，可从中逐步查看异常区分布区域及深度范围等情况。

4 北海塘停车场地下地球物理解释

(1) 文中圈出的阴影部分为可疑异常区域。其特点是：1、有一定长度（大小）；2、结构特点为疏松多空隙；3、无典型管线特征（对比平行测线无较长延伸）。

(2) 非阴影部分并非是均匀单一的，存在大量管线。（停车场地地下埋藏了大量管线，在施工过程中可能存在回填不密实等情况，易与目标混淆。虽然在剖面处理过程中已经尽量把管线及管线周边的异常排除，但仍不能保证阴影区域非管线影响）。

(3) 图中标示的目标位置为测线长度按照比例投影到经纬度图中，水平位置可能存在误差，尽量控制在 2 米之内。

(4) 本次探测深度较浅，且深度较为均一。其原因为：①土壤过于潮湿，电磁波衰减大；②雷达实测深度已经达到 4 米，但由于 2 米左右深度存在一个水位线，导致在此层面上的反射过于强烈，覆盖了下方的弱信号；③预估电磁波传播速度过于保守，可能实际深度要比估计深度更深。

(5) 南北向采集的数据量虽然大，但是经对比基本都是管线的反应，少有符合条件的区域。