

城市地下工程施工安全 风险排查和应急抢险探测

实用 技术 手册



2022年9月



前 言

在总结汇编轨道 1 到 5 号线应急抢险的基础上结合近年来的各种地质灾害抢险探测案例，参考有关行业标准并在广泛征求意见的基础上，编制本实用技术手册。

本手册的主要技术内容是：针对不同的地质灾害情况，并结合现场的天气条件等工况，提供快速有效的地球物理探测方法。

主要编制单位：南宁市住房和城乡建设局
南宁市建筑质量安全管理中心
广西有色勘察设计研究院
南宁轨道交通集团有限责任公司
南宁市勘测设计院集团有限公司
中铁十六局广西集团建设有限公司
中交第二公路工程局有限公司
广西大兴建设集团有限公司

目 录

1、目的	1
2、作业流程	1
3、技术方法	2
3.1 电磁法探测	2
3.1.1 地质雷达法	2
3.1.2 瞬变电磁法	2
3.1.3 多匝小回线瞬变电磁法	2
3.1.4 电磁波 CT 法	3
3.1.5 射频大地电磁法	3
3.2 弹性波法探测	4
3.2.1 高精度地震映像法	4
3.2.2 瞬态面波法	4
3.2.3 散射地震法 (ssp)	4
3.2.4 微动法	5
3.2.5 加速度地震波法	5
3.2.6 地震反射波法	5
3.2.7 瑞雷波法	5
3.2.8 声呐法	5
3.2.9 管波探测法	6
3.3 直流电法探测	6
3.3.1 电测深法	6
3.3.2 高密度电阻率法	6
3.4 光学法探测	7
3.5 地面精测法~管线探测	7
4、 相关人员及仪器设备要求	8
4.1 相关人员要求	8
4.2 相关仪器设备要求	8
5、 常见案例应用技术方法及不同工况条件下的探测要求	10

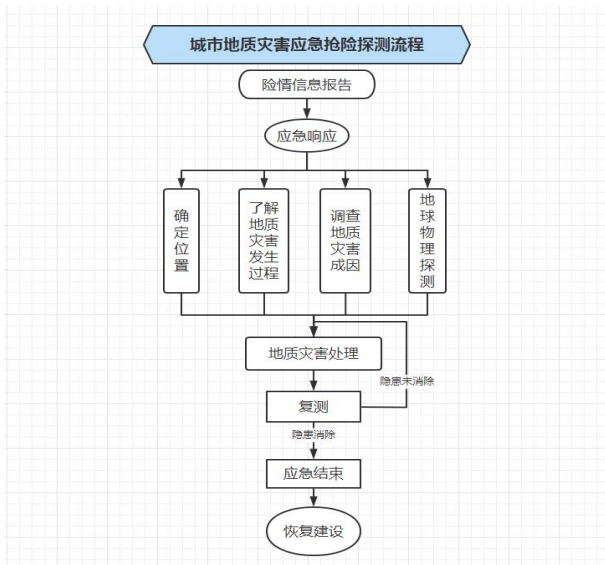
5.1 常见案例应用技术方法	10
5.1.1 基建施工引起潜在地质灾害	10
5.1.2 市政给排水管道破裂、渗漏导致基坑锚索(杆)索力失效引起的路面塌陷	10
5.1.3 盾构隧道施工不当或壁后注浆不密实引起的开裂或涌水	11
5.1.4 填方路基开裂	12
5.1.5 沥青混凝土路面、路基结构的不均匀沉陷	13
5.1.6 水泥混凝土路面、路基结构的不均匀沉降	13
5.1.7 管道施工不当诱发路面开裂、塌陷	14
5.1.8 管道漏水造成路面塌陷	15
5.1.9 岩溶构造发育病害	15
5.1.10 地下矿产采空区诱发地质灾害	16
5.1.11 废旧地下人防工程诱发地质灾害	16
5.1.12 人工降水诱发地质灾害	17
5.1.13 城市开发引起山体滑坡灾害	17
5.1.14 不稳定斜坡地质灾害	18
5.1.15 垃圾填埋场渗漏污染地质灾害	19
5.1.16 城市道路路基填筑质量	19
5.1.17 机场跑道和城市道路路面沉降、开裂	20
5.1.18 地基处理不当引起潜在地质灾害	20
5.1.19 桩底溶洞引发桩基施工事故和桩基沉降地质灾害	21
5.2 不同工况条件下的探测要求	23
6、主要涉及行业标准	24

1、目的

城市地质灾害是城市化快速进程中的一种自然和人为作用下的新型地质灾害。城市是人口和财富的聚集地，一旦受灾，损失更加惨重，具有灾害的放大效应。在城市灾害中，地质灾害造成的损失占相当大的比例，严重影响着人们的生命和财产安全，因此应对城市突发性地质灾害的应急预案及相关措施正日益受到人们的广泛重视。

本技术手册的应用可以快速查明地质灾害体地质构造和环境条件，准确分析和把握地质灾害体(灾害区域)的规模、分布、破坏类型及其危害状况，以及影响地质灾害体(灾害区域)稳定性的环境条件，自然结构成分特点和作用因素及瞬间触动力。为相关部门应急救援处置管理工作提供高效科学的数据支持。

2、作业流程



3、技术方法

针对城市地下病害的探测，目前采用地球物理探测方法是最科学、快捷的手段。地球物理探测是利用物理手段，根据地下物质的物理特性，比如电、磁性差异、波阻抗差异、密度差异等对地下物质的特征进行分析和研究。

3.1 电磁法探测

3.1.1 地质雷达法

又称探地雷达法，借助发射天线定向发射的高频(10~1000MHz)短脉冲电磁波在地下传播，检测被地下地质体反射回来的信号或透射通过地质体的信号来探测地质目标的电磁波法。可探测隐伏断层位置、地下洞穴位置、空间形态等。

优点：效率高、精度高，受场地和地形限制小。

缺点：探测深度浅（南宁市区有效深度2~3米）。

3.1.2 瞬变电磁法

瞬变电磁法，是利用不接地回线或接地线源向地下发射一次脉冲磁场，在一次脉冲磁场间歇期间利用线圈或接地电极观测地下介质中引起的二次感应涡流场，从而探测介质电阻率的一种方法。

优点：效率高，探测深度大，宜探测深部大规模缺陷（探测深度大于100米）。

缺点：分辨率低，受城市高压电缆等外界因素干扰。

3.1.3 多匝小回线瞬变电磁法

多匝小回线瞬变电磁法是针对城市勘探中瞬变电磁法的诸多缺点基础上发展起来的一种施工相对灵活的多匝小

回线采集装置的瞬变电磁技术，在保证勘探精度的同时，更加适应复杂环境勘探的需要。多匝小回线瞬变电磁技术可有效消除接收线圈本身的感应电动势且减少旁侧影响，实现了瞬变电磁法 0~ 100 m 的浅层勘探，且抗干扰能力强，可用于城市环境的地质勘探。

优点：原始数据较常规瞬变电磁法改善明显。

缺点：5m 范围内的金属、构筑物对电磁波场有扰动影响。

3.1.4 电磁波 CT 法

电磁波 CT 法是一种研究高频电磁波在不同介质中传播的物探方法，通过在一个钻孔内放置发射探管，向地下介质发射电磁波，当电磁波穿越不同的地下介质时，电磁波会出现不同程度的衰减，通过在另外一个钻孔内放置接收探管，接收电磁波信号，从而测量电磁场的变化。

优点：分辨率高，精度高。

缺点：效率低，成本高。

3.1.5 射频大地电磁法

射频大地电磁法（RMT）是在地质雷达法、可控源音频大地电磁法和大地电磁法的基础上发展起来的一种浅部频率域电磁勘探方法。RMT 以无线电台、潜艇等发射的高频电磁波作为信号源，RMT 探测频带约为 1k~1000kHz，通过采集远区的电磁场计算视电阻率等参数，最终实现浅地表电性结构的探测。

优点：设备小巧，适用于城市环境深度 100m 以内的探测。

缺点：在城市环境应用中不可避免地受到工区旁边电磁性介质的影响，在相对开阔或干扰稳定的情况下开展工作为

宜。

3.2 弹性波法探测

3.2.1 高精度地震映像法

高精度地震映像又称高密度地震勘探和地震多波勘探，是基于反射波法中的最佳偏移距技术发展起来的一种常用的浅层地震勘探方法。其原理是根据不同地质体存在波阻抗差异从而来探测地质体的地下空间分布情况。该方法对隐伏地层或目标体进行连续扫描，可实现 20m 以内的浅表层管线、覆盖层、岩溶等地质目标体探测。

优点：分辨率高、场地工况要求低。

缺点：效率较低，解译成果在深度方向精度较低，仅采用经验速度进行半定量解释。

3.2.2 瞬态面波法

瞬态面波法利用瞬态冲击力作震源激发面波，地表在脉冲荷载作用下产生波动。通过对波动信号作频谱分析和处理，计算并绘制频散曲线，根据频散曲线特征分析解决地质问题的一种方法。

优点：效率高，分辨率高。

缺点：探测深度一般小于 50 米。

3.2.3 散射地震法 (ssp)

SSP 地震散射勘探技术是一种利用地下介质的非均匀性产生的散射波对地质结构成像，分辨率高，图像直观，适合工程应用的一种地震勘探方法。

优点：效率高，探测深度大。

缺点：浅部存在一定盲区。

3.2.4 微动法

微动勘探又称天然源面波法，是利用天然微弱的大地震做震源，提取面波信息，获得频散曲线，实现勘探目的的一种方法。

优点：效率高，探测深度大（探测深度大于 100 米）。

缺点：浅部存在一定盲区。

3.2.5 加速度地震波法

通过加速度计采集地震波数据，经数据转换，形成高分辨率的地震映像图，用以判断盾构隧道管片注浆效果的一种方法。

优点：分辨率高，精度高。

缺点：效率低，探测深度浅，成本大。

3.2.6 地震反射波法

利用地震反射波法是利用人工激发的地震波在岩土界面上产生反射的原理，对浅层具有波阻抗差异的地层或构造进行探测的一种地震勘探方法

优点：精度高、成本低，所需勘探场地较小,探测深度大。

缺点：探测深度小于 20m 时，工作效率较低。

3.2.7 瑞雷波法

瑞雷波法是利用人工或机械震源激励，通过测量不同频率瑞雷波的传播速度来探测不同深度的岩土介质性质。

优点：分辨率高、效率高。

缺点：地表或地层界面起伏较大时工作量增大。

3.2.8 声呐法

声呐也作声纳，是英文缩写“SONAR”的中文音译，其

全称为：**Sound Navigation And Ranging**（声音导航与测距），是利用声波在介质中的传播和反射特性，通过电声转换和信息处理进行导航和测距的技术，也指利用这种技术对水下（地下）目标进行探测（存在、位置、性质、运动方向等）和通讯的电子设备。

优点：效率高，横向分辨率高。

缺点：抗干扰能力差，竖向分辨率低。

3.2.9 管波探测法

管波探测法是通过接收并分析钻孔中的管波，探测孔旁一定范围内不良地质体、基桩完整性情况的地球物理方法。

优点：高精度、高分辨能力。

缺点：竖向分辨率低。

3.3 直流电法探测

3.3.1 电测深法

电测深法是探测电性不同的岩层沿垂向分布情况的电阻率方法。其方法原理是人工向地下供电，依据适当加大供电电极距可以增大勘探深度的原理，采用在同一测点上多次加大供电电极距的方式，了解地下地质体在不同深度的分布状况。

优点：垂向分辨率高。

缺点：效率低，城市区域场地要求高。

3.3.2 高密度电阻率法

高密度电阻率法是在传统直流电阻率法基础上发展起来的一种适合浅层勘探的新方法，利用人工建立的稳定地下直流电场，依据预先布置的若干道电极可灵活选定装置排列方式进行扫描观测，研究地下大量丰富的空间电性特征，从

而查明地下被探测目标体分布情况的一种物探方法。

优点：效率高，分辨率高，成果直观可靠。

缺点：城市区域场地要求高。

3.4 光学法探测

CCTV、QV 光学法检测。利用管道检测机器人，对管道内部进行视频摄像作业，通过分析视频资料了解管道内部结构质量及缺陷，评估管道状况。

QV 法光学检测是通过 LED 光源照亮，CCD 摄像机摄取由锥形镜反射的孔壁图像，图像信息经电缆传送至控制器和电脑，整个采集过程由图像采集控制软件系统完成，此系统将采集的图像展开和合并，记录在电脑上。

全地形机器人法光学检测是通过设备上 3 个摄像头在管道内部进行视频摄像作业，其中 400 万云台摄像头可水平 360° 旋转，搭配水下声呐探头可进行声呐探测，适用场景广泛。通过采集的视频和声纳数据分析可以了解管道结构性和功能性缺陷。

孔内摄像检测法是采用孔内摄像设备预应力管桩及其他有竖向孔（含钻孔）的桩内或孔内质量检测的一种方法。

优点：效率高，成本低。

缺点：平面位置定位差。

3.5 地面精测法~管线探测

通过感应法、直连法、夹钳法、示踪法、调查法及其它综合物探方法查明各类地下管线的位置、走向、埋深及井深，为抢险注浆处理布孔提供依据。

优点：效率高，成本低、定位准确。

缺点：不能对管道内部结构缺陷进行评价。

4、相关人员及仪器设备要求

4.1 相关人员要求

项目负责人：物探高级工程师及以上
项目组成员：物探助理工程师及以上
测量助理工程师及以上

4.2 相关仪器设备要求

序号	仪器设备	主要配件	适用工作方法	备注
1	探地雷达	天线 (100MHz、 200MHz、 250MHz、 400MHz、 500MHz、 900MHz)	地质雷达法	
2	工程地震仪	检波器(4Hz、 38Hz、100Hz)	瞬态面波法、高精度地震映像法、地震反射波法	
3	WD型微动智能探测仪	检波器(0.4Hz、 1Hz、2Hz)	微动法 (天然源微动法)	
4	瞬变电磁仪	配套线圈	瞬变电磁法、多匝小回线瞬变电磁法	
5	大地电磁法仪	发射机、转换器、磁棒、电极	射频大地电磁法	
6	立柱检测仪	加速度计	加速度地震波法	
7	直流电法仪	电缆线	电测深法	

序号	仪器设备	主要配件	适用工作方法	备注
8	管道机器人	高清防雾摄像头	光学法探测 (CCTV)	
9	管道潜望镜	高清防雾摄像头	光学法探测(QV)	
10	全地形机器人	高清防雾摄像头、声纳探头	光学法探测	适用场景广
11	X4-H 管道声纳	声纳探头、电缆盘、漂浮桶	地下管线探测	适用管道满水情况
12	管线仪	发射机、探测仪	地下管线探测	
13	SWG 多波地震探测仪	SSJ-4.5 型低频检波器	瑞雷波法	
14	桩底溶洞检测仪		声呐法	桩底需有一定深度的地下水
15	管波测试仪		管波探测法	在钻孔中检测
16	孔内摄像仪	定位装置、照明装置、摄像头、电源、电缆线，接收器		
17	高密度电法系统	对称四级装置	高密度电阻率法	
18	测量仪器	(RTK、全站仪)	工程测量	

5、常见案例应用技术方法及不同工况条件下的探测要求

5.1 常见案例应用技术方法

5.1.1 基建施工引起潜在地质灾害

建筑深基坑或地铁隧道中的施工，很有可能会因为地层的扰动，使得地下水大量渗出，从而导致四周一些泥沙被大量带走，逐渐形成地质软弱区，甚至形成地下空洞。



适用技术方法：高精度地震映像法、地质雷达法、瑞雷波法。

探测结果：圈定下伏地层软弱、松散区域及地下空洞。

5.1.2 市政给水管道的破裂、渗漏导致基坑锚索（杆）索力失效引起的路面塌陷



给水管道长时间漏水、致周边岩土体脱空，给水管道变形、爆裂致使旁侧深基坑锚索、锚杆锁力失效，支护桩发生倾斜、倒塌，最终导致市政道路路面大范围塌陷。市区基坑工程应限制使用锚索（杆），减少对周边建筑物干扰。

适用技术方法：瞬态面波法、地质雷达法、高精度地震映像法、光学法、管线探测、地震反射波法、瑞雷波法、高密度电阻率法。

探测结果：圈定管道漏水位置、下伏地层松散软弱区及滑动面。

5.1.3 盾构隧道施工不当或壁后注浆不密实引起的开裂或涌水

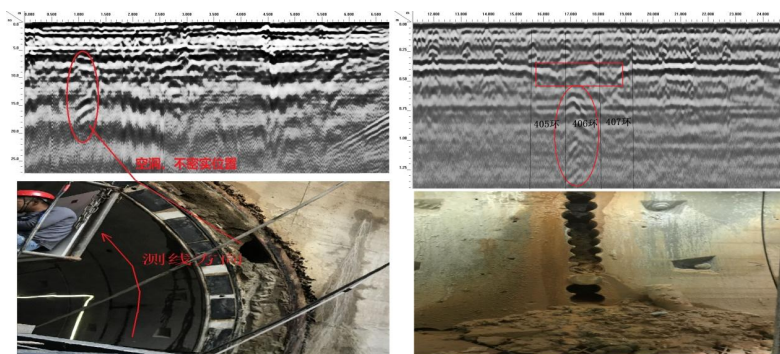
轨道交通盾构隧道施工不当或管片壁后注浆不及时或注浆不密实时会导致围岩应力重分布，进而会引起岩土体失稳破坏，致使隧道内管片间开裂或涌水。



适用技术方法：地质雷达法、高精度地震映像法、加速度地震波法。

探测结果：确定管片壁后注浆层不密实区域及涌水区域。

案例分享：DBJ/T45-056-2018《盾构法隧道管片壁后注浆质量地质雷达法检测技术规程》经广西壮族自治区住房和城乡建设厅批准，于2018年4月1日起开始实施。某单位依据该检测技术规程对南宁市轨道交通5号线及2号东延线的某区间采用地质雷达法检测盾构管片壁后注浆质量时，发现在隧道某处存在明显空洞及不密实区域，第一时间告知业主对此类区域开挖并进行加固注浆，从而消除隐患。详情如下图所示：



5.1.4 填方路基开裂

填方路基裂缝是从路基内部发育而成，由于路基结构不同位置的变形差异，导致路基结构内的不同位置出现明显的拉伸和压缩区域，一旦拉伸、压缩应力超过路基填筑料的抗拉强度，将诱导内部产生向外辐射裂缝与塌陷。



适用技术方法：瞬态面波法、地质雷达法、高精度地震映像法、散射地震法。

探测结果：确定路基软弱区域，滑动面及扰动面。

5.1.5 沥青混凝土路面、路基结构的不均匀沉降

重型车辆的碾压，导致沥青路面出现横向、纵向、块状、交叉向裂缝路面变形，破坏了沥青路面的密封性和整体性，后期容易引发沥青路面唧泥、鼓包、翻浆等各种病害。



适用技术方法：瞬态面波法、地质雷达法、高精度地震映像法、散射地震法。

探测结果：确定沥青路面下伏地层完整性、裂缝产状及地层扰动面。

5.1.6 水泥混凝土路面、路基结构的不均匀沉降

水泥混凝土路面而言，路基结构的不均匀沉降将引发水泥混凝土路面板整体脱空、错台，导致水泥混凝土面板丧失支撑点，一旦上部集中荷载超过水泥混凝土面板的抗拉强度值，将诱导混凝土面板出现脆断。



适用技术方法：瞬态面波法、地质雷达法、高精度地震映像法、散射地震法。

探测结果：确定水泥路面下伏地层完整性、裂缝产状及地层扰动面。

5.1.7 管道施工不当诱发路面开裂、塌陷

管道施工如顶管、牵引管道及开挖不当造成路基下部不密实、脱空致使原岩土体应力重分布从而诱发路面开裂、破损或塌陷。



适用技术方法：瞬态面波法、地质雷达法、高精度地震映像法、光学法、管线探测、地震反射波法、瑞雷波法、高密度电阻率法。

探测结果：圈定下伏地层松散软弱区及空洞。

5.1.8 管道漏水造成路面塌陷

管道漏水将管道旁的岩土体冲走造成路面塌陷等，因自然因素（降雨、烈日等）及施工设计等原因，排水系统及沥青路材料的级配不规范造成沥青路面软化，雨水浸泡路基等造成路基松散软弱不密实甚至形成空洞。



适用技术方法：瞬态面波法、地质雷达法、高精度地震映像法、光学法、管线探测、地震反射波法、瑞雷波法、高密度电阻率法。

探测结果：圈定管道漏水位置、下伏地层松散软弱区及空洞。

5.1.9 岩溶构造发育病害

岩溶构造发育强烈区域，地下水位变化形成水压力，在土层中产生潜蚀，下伏溶洞提供运移空间，潜蚀形成土洞，成拱隐伏于地下（或直接塌至地表），后期水动力条件变化引起塌陷。



适用技术方法：电测深法、瞬态面波法、地质雷达法、高精度地震映像法、电磁波 CT 法、高密度电阻率法、瑞雷波法。

探测结果：确定地下岩溶裂隙、溶洞发育情况，分析判断裂缝、空洞或溶洞的结构形态和埋深。

5.1.10 地下矿产采空区诱发地质灾害

废旧矿产开发区域，原矿产开采形成一定规模采空区后，因上覆岩土在重力作用下产生裂缝和坍塌，造成对生态环境和自然资源的破坏和对人民生命财产安全构成危害。



适用技术方法：瞬态面波法、电测深法、地质雷达法、高精度地震映像法、微动法、瑞雷波法、高密度电阻率法。

探测结果：圈定地下采空区位置及规模。

5.1.11 废旧地下人防工程诱发地质灾害

我国存在很多地下人防工程时间已久，有些工程很长时间无人管理，导致很多塌方及破损现象的出现，再加上地下水的冲刷，使得大量泥土相继流入洞中从而使人防工程出现空洞。



适用技术方法：瞬态面波法、电测深法、地质雷达法、高精度地震映像法、微动法、瑞雷波法。

探测结果：确定废旧地下人防工程的位置及规模，及人防工程周围地质体软弱情况。

5.1.12 人工降水诱发地质灾害

抽吸地下水引起水位或水压下降，使上覆土层有效自重压力增加，所产生的附加荷载使土层固结，是产生地面沉降的主要原因。另外，基坑施工降水不合理也会引起周边地面下沉，严重者会引起建筑开裂。

适用技术方法：电测深法、瞬变电磁法、多匝小回线瞬变电磁法、地质雷达法、高密度电阻率法、瑞雷波法。

探测结果：对大区域的地下水埋藏条件和变化动态进行调查分析。

5.1.13 城市开发引起山体滑坡灾害

在城市开发建设过程中，工程建筑活动为了平整地基或扩大土地使用面积，往往违背自然规律开挖坡脚、破坏护坡自然植被，使坡体下部临空面失去支撑而引起山体和边坡滑落。



适用技术方法：瞬态面波法、高精度地震映像法、电测深法、高密度电阻率法、瞬变电磁法、地质雷达法、瑞雷波法。

探测结果：确定滑坡体轮廓并估算其厚度。

5.1.14 不稳定斜坡地质灾害

在地震等自然因素或人类工程活动影响下，使原本稳定的边坡可能发展为不稳定斜坡，在一定条件下可能发生滑坡地质灾害，对斜坡周边居民和建筑物形成威胁。



适用技术方法：电测深法、高密度电阻率法、地质雷达法、瑞雷波法。

探测结果：推断滑动面位置和埋深，推算不稳定斜坡土石方量。

5.1.15 垃圾填埋场渗漏污染地质灾害

城市垃圾填埋场存有大量废水，如发生渗漏，将污染周边地下水，对周边居民健康产生不良影响。



适用技术方法：射频大地电磁法、瞬变电磁法、多匝小回线瞬变电磁法、高密度电阻率法。

探测结果：探明垃圾填埋场渗漏污染深度和范围。

5.1.16 城市道路路基填筑质量

城市道路填筑质量差，可能导致路基不均匀沉降，路面开裂，影响燃气、供水、供电等地下管网运行安全和路面车辆、行人交通安全。路基填筑后，需对路基填筑质量进行检测。



适用技术方法：地质雷达、瑞雷波法。

探测结果：检测路基填筑质量。

5.1.17 机场跑道和城市道路路面沉降、开裂

飞机轮胎的重复碾压，导致机场跑道出现开裂、不均匀沉降，对飞行安全有不利影响。大流量、高频率车辆行驶碾压，导致城市道路路面沉降、开裂，如路面损伤严重，将威胁车辆行驶安全。应对机场跑道和城市道路疲乏质量进行无损检测，实现路基质量随年代变化的连续监控。



适用技术方法：地质雷达、瑞雷波法。

探测结果：检测路面抗剪、抗压强度及路基的载荷能力。

5.1.18 地基处理不当引起潜在地质灾害

强夯、挤密置换化学处理等地基处理方法在建筑物基础中的应用，可改善软弱地基承载能力和均匀性，提高地基稳定性。但如果施工不当，地基局部可能存在不均匀和局部承载能力不满足设计要求的情况，导致地基不均匀沉降，从而导致其上建筑物产生变形拉裂缝，影响建筑物使用安全。



适用技术方法：瑞雷波法。

探测结果：评价处理后地基的均匀性，确定加固影响的深度和范围。

5.1.19 桩底溶洞引发桩基施工事故和桩基沉降地质灾害

溶洞属于隐蔽工程，给桩基施工带来了很大的困难。施工过程中遇到溶洞会造成漏浆、塌孔、卡钻、平台塌陷等，成桩后可能导致桩基沉降等问题，甚至会威胁工民建和市政工程安全。在灰岩地区，规范要求每根基桩施工 1-3 个超前钻孔，以查明桩底岩溶发育情况，但桩底溶洞导致的工程事故仍无法完全避免，事故时有发生。

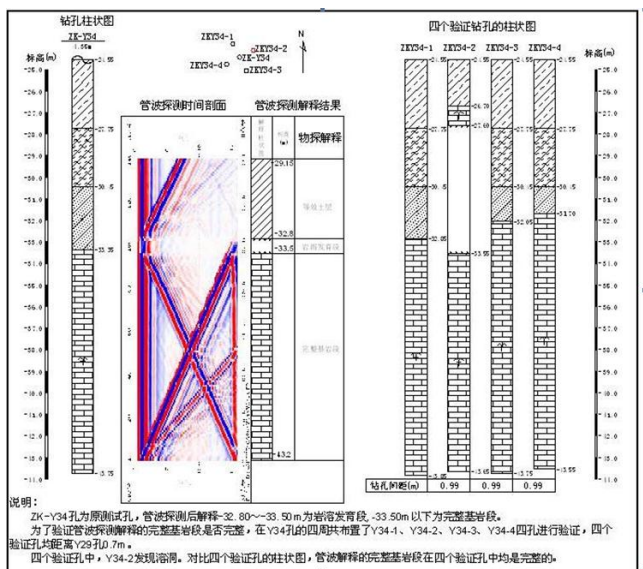


适用技术方法：管波探测法、孔内成像法、声呐法。

探测结果：桩底溶洞分布深度和范围。

案例分享：经过近几年的研究，“管波法”探测已经是一种常规的基桩检测、岩土体持力层形状及岩溶发育状态的一种检测方法。目前广西壮族自治区住房和城乡建设厅于2022年5月19日批准发布 DBJ/T45-124-2022《管波探测技术规程》、DBJ/T45-131-2022《工程孔内成像探测技术规程》等一些新型、符合广西特色的地方标准，并于2022年8月1日起实施。

某城市市政工程某一桩位钻孔资料表明，微风化基岩（灰岩）面高程为-33.6m，无溶洞，为完整基岩。进行管波探测后，管波探测法解释在-32.80~-33.5m高程段为岩溶发育段，-33.50以下为完整基岩段，布设钻孔验证情况为：在高程-32.85~-33.55m段存在一开口型溶洞，其高程-33.55m以下岩石完整，与管波探测结果一致。详情如下图所示：



5.2 不同工况条件下的探测要求

- 1) 晴、阴天：可正常开展探测，探测区域要设置警戒线。
- 2) 雾天：探测区域要设置警戒线，有反光标识。
- 3) 雨天：排水，将探测区域积水排出；隔水，阻断雨水流入探测区域。
- 4) 雷暴：禁止洞（室）外作业。
- 5) 冰雪：做好防滑措施。
- 6) 冰雹：禁止洞（室）外作业。

详见下表

技术方法	适用天气条件						
	晴	阴	雨	雾	雷暴	冰雪	冰雹
地质雷达法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
瞬态面波法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
高精度地震映像法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
瞬变电磁法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
多匝小回线瞬变电磁法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
射频大地电磁法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
加速度地震波法	√	√	√	√	√	√	√
微动法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
电测深法	√	√	√	√	×	√	×

技术方法	适用天气条件						
	晴	阴	雨	雾	雷暴	冰雪	冰雹
地震反射波法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
瑞雷波法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
声呐法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
管波探测法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	做好防滑措施	×
高密度电阻率法	√	√	√	√	×	√	×
管线探测	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	√	×
光学法	√	√	工作面做好隔水措施	√	×	√	×

6、主要涉及行业标准

- 1) DBJ/T45-124-2022 《管波探测技术规程》
- 2) DB 45/T 983-2014 《工程物探规范》
- 3) DBJ/T45-056-2018 《盾构法隧道管片壁后注浆质量地质雷达法检测技术规程》
- 4) DBJ/T45-131-2022 《工程孔内成像探测技术规程》