

doi: 10.11720/wtyht.2021.0053

徐浩,吴小平,盛勇,等.微动勘探技术在城市地面沉降检测中的应用研究[J].物探与化探,2021,45(6):1512-1519.http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.0053

Xu H, Wu X P, Sheng Y, et al. Application of microtremor survey method in detection of urban land subsidence[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2021, 45(6): 1512-1519. http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.0053

微动勘探技术在城市地面沉降检测中的应用研究

徐 浩^{1,2}, 吴小平¹, 盛勇², 廖圣柱², 贾慧涛², 徐子桥²

(1. 中国科学技术大学 地球与空间科学学院, 安徽 合肥 230026; 2. 安徽省地球物理地球化学勘查技术院, 安徽 合肥 230022)

摘 要: 城市地面沉降极易导致地面裂缝甚至塌陷, 引发安全事故。城市环境中, 人文干扰强烈, 安全、环保要求高, 导致传统物探方法无法在城市中有效开展。微动勘探技术是一种无源、高效、环境友好的物探方法, 且能够在城市强干扰环境下对地下地质情况进行探测。选取合肥市谢岗小学作为研究场地, 重点探究微动方法在地面沉降原因探测方面的适用性和有效性。根据采集到的微动数据, 采用 F-K 法进行频散曲线提取, 再进行反演得到地下横波速度结构, 进而了解地下地质情况, 最后采取钻探进行验证。研究结果表明: 微动勘探技术可以有效地探测出地下不密实土体的位置、规模等信息, 从而排除沉降区二次事故的发生。

关键词: 微动勘探; 城市地面沉降; 不密实体; 沉降原因; F-K 法; 城市地质

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2021)06-1512-08

0 引言

地面沉降是在人类工程经济活动影响下, 由于地下水流失, 地下土层松散, 地层固结压缩, 导致地表高程降低的一种局部岩土体的下降运动^[1], 国内外的很多城市都发生了不同程度地面沉降现象^[2-6], 导致居民建筑物损毁, 引发地裂缝甚至地面塌陷等次生地质灾害, 严重威胁着人民生命财产安全^[7]。

地下土体的松散程度严重影响其机械波的传播速度^[8]。微动勘探技术又叫被动源面波法 (passive surface wave method), 是面波勘探方法的一种。20 世纪五六十年代, Aki^[9] 和 Capon^[10] 分别用空间自相关法 (SPAC 法) 和频率—波数法 (F-K 法) 从微动信号中分离出面波并提取了面波频散曲线。之后, 地震学家们对该方法进行了系统的探索研究^[11-14], 使该方法能用来解决实际地质问题。冈田广 (Okada)^[15] 在前人研究的基础上, 经过十余年的实践和研究, 系统地提出了微动勘探方法, 从而使微动方法

从理论走向实用。国内的研究者们于 20 世纪 80 年代末 90 年代初引入微动勘探方法^[16-18], 并较早应用在地热资源勘查和浅部工程物探的研究工作中^[19-21], 由于早期数据处理技术的限制, 在岩土工程勘察领域一直应用不多。2010 年以后, 该方法有了长足的发展, 应用领域也得到了进一步的扩展, 目前在岩土工程勘察^[22-23]、地质灾害^[24-26]、地热勘查^[27-28]、城市地质调查^[29-31] 中均有应用, 但应用在地面沉降检测中尚无研究案例。本文利用地下土体的松散程度与机械波传播速度的关系, 将微动勘探技术应用于地面沉降原因的检测中, 对其应用效果进行研究。

1 微动勘探技术

1.1 基本原理

微动信号是天然源信号的一种, 携带有丰富的地下结构信息。信号来源主要有两种: 一是人类日常生活带来的震动, 频率一般大于 1 Hz; 二是各种自然现象, 如河流、海浪、潮汐等, 频率一般小于 1

收稿日期: 2021-01-26; 修回日期: 2021-09-10

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41874084)

第一作者: 徐浩 (1985-), 男, 博士在读, 主要从事地球物理及其在水工环地质中的应用、研究工作。Email: xuhao926@mail.ustc.edu.cn

Hz。微动信号具有极大的随机性,可以用空间—时间上的平稳随机过程来描述^[9]。尽管微动源是随机的,微动信号也是随机的,但由于波的多重反射和折射,微动在传播过程中积累了反映场地介质固有特性的信息。可以利用这种不随时间变化的固有信息,通过对微动信号分析,反演地下介质参数^[30]。

微动勘探的具体过程是:根据野外勘探目标,选取适宜的采集系统,包括台站排列形式、台站数等;然后从微动信号中提取出面波频散曲线,面波频散曲线提取的方法有多种,目前最常采用的有空间自相关法和频率—波数法;得到频散曲线后,可以通过

反演或者经验公式来计算得到地下视 S 波速度,从而获得地下土层的构造信息^[32]。具体流程如图 1 所示。

1.2 频散曲线提取方法研究

微动数据处理的核心步骤在于频散曲线的提取。在当前,微动勘探面波频散曲线提取方法中最常用的有 SPAC 法和 F-K 法两种。由于在城市环境下进行勘探,很难找到有能够满足 SPAC 处理方法的圆形台阵布设场地,故一般采用直线型台阵较多,处理方法选用 F-K 更加适用,主要处理流程如图 2 所示。

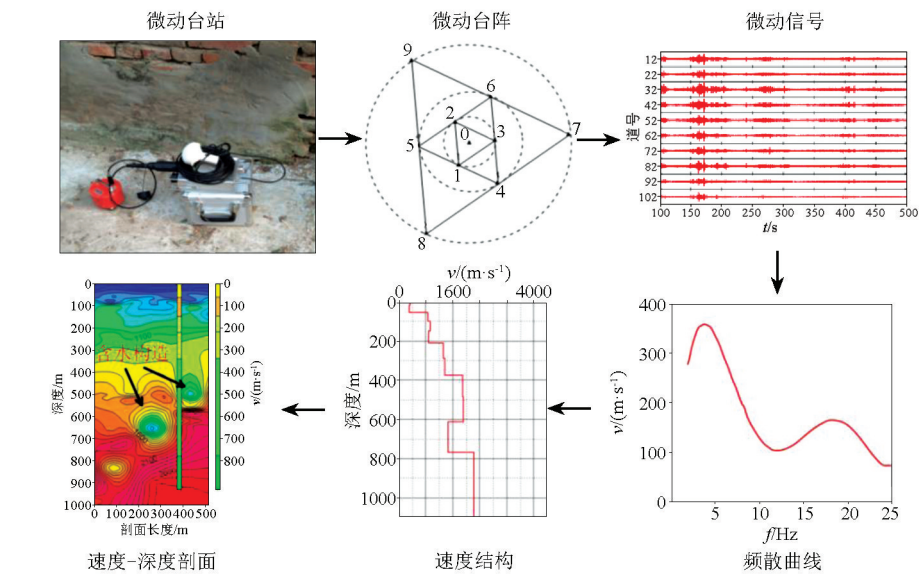


图 1 微动勘探技术原理示意

Fig.1 Schematic diagram of the principle for microtremor survey

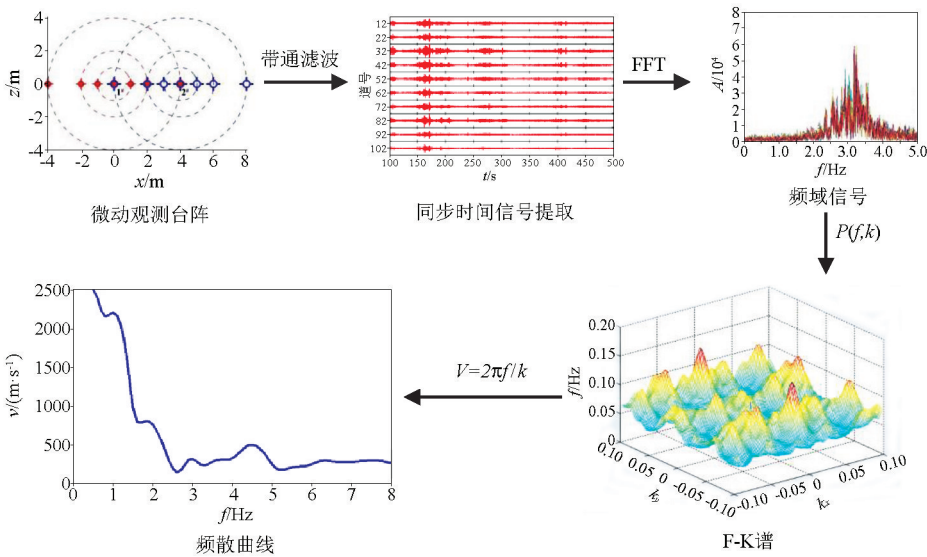


图 2 F-K 法提取面波频散流程示意

Fig.2 Flow chart of surface wave dispersion extraction by F-K method

根据前人研究,Tokimatsu K 等^[32]提出了一种高分辨率的频率—波数法,对其进行编程实现,并进行改进——保持其高分辨率特色的基础上拓展其勘探深度范围,搭配不同的观测微动系统,既可以实现浅部精细构造的探测,也可进行深部构造勘探,均取得较满意的效果。具体算法实现过程,即在处理微动数据时,用 $\sqrt{S_{ii}(f) \cdot S_{jj}(f)}$ 对互功率谱 $S_{ij}(f)$ 进行规格化,从而得到高分辨率频率—波数谱 $P(f,k)$:

$$P(f,k) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m B_i^*(f,k) \cdot B_j(f,k) \cdot S_{ij}(f) \cdot \exp\{i[k_x(x_i - x_j) + k_y(y_i - y_j)]\}$$

其中: (x_i, y_i) 、 (x_j, y_j) 分别为第*i*、*j*个拾震器的坐标; (k_x, k_y) 为波数*k*在*x*、*y*方向的分量; B_i^* 为 B_i 的共轭,

$$B_i(f,k) = \frac{\sum_{j=1}^m Q_{ij}(f,k)}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m Q_{ij}(f,k)},$$

$Q_{ij}(f,k)$ 为矩阵 $\exp\{i[k_x(x_i - x_j) + k_y(y_i - y_j)]\} \cdot S_{ij}(f)$ 的逆矩阵。

求出每一个频率*f*在二维波数 k_x - k_y 平面上的高分辨率频率—波数谱,找到谱中的极大值点位置对应的 (k_x, k_y) ,可以求得对应的波数*k*,进而求得对应频率的相速度 $V_R(f) = 2\pi f/k$ 。

对相速度 $V_R(f)$ 进行归一化处理, f - V_R 域信号的振幅值最大为1^[33],然后对*f*- V_R 谱上同一频率处不同相速度的振幅值求 η 次幂, η 一般在0.1~0.8之间取值,可根据经验多取几个值相互对比,以达到低频的次峰振幅值得到增强、主峰振幅保持不变、减小了主次峰值的差异的效果,进而低频得到增强。

2 应用案例

合肥市谢岗小学,建成于2005年,教学楼建筑面积2550 m²,主体部分为5层框架结构,纵向总长39.4 m,横向总宽20.4 m,建筑高度18 m。教学楼自2010年抗震加固以来,使用条件及环境未改变,使用荷载也未发生变化,无改造历史。

自2015年以来,校园内及周边发现地面变形现象,并进行了地面沉降监测,2019年以来地面变形现象尤为明显,学校多个建筑物(围墙、器材室等)出现开裂,操场地面变形尤为严重,周边居民区硬化,路面出现了不同程度的开裂。主教学楼未见明显裂痕,但与其接触的地面部位下沉明显,且墙体局部瓷砖出现裂痕。地面沉降开裂情况如图3所示。

笔者根据现场地面开裂情况,布设了微动勘探剖面,测点分布见图4所示。采集微动数据,主要用于研究引起地面裂缝的地下岩土体的相关信息。



图3 研究区内沉降开裂情况

Fig.3 Settlement and cracking in the study area

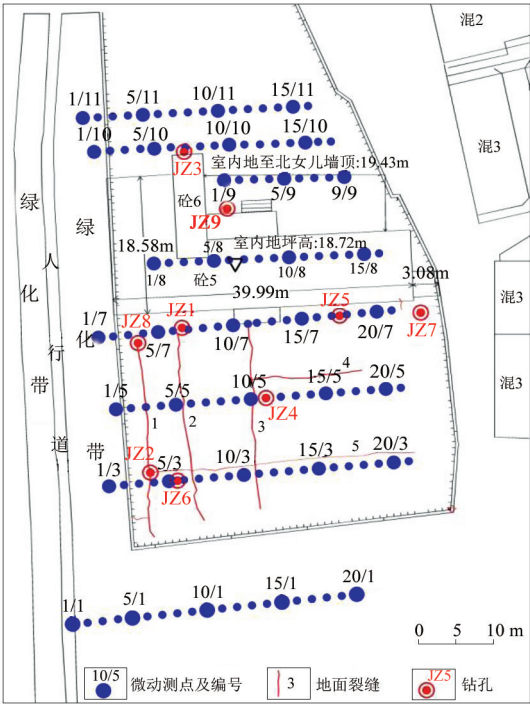


图4 微动勘探点及验证钻孔分布

Fig.4 Location of microtremor survey and verification boreholes

2.1 微动野外施工及数据处理方法选择

综合考虑探测效果及场地条件限制,本次研究的微动数据采集阵列采用7点直线型排列,即探测点呈-4 m—-2 m—-1 m—0 m—1 m—2 m—4 m 对称7点计算。数据采集系统示意图如图5。

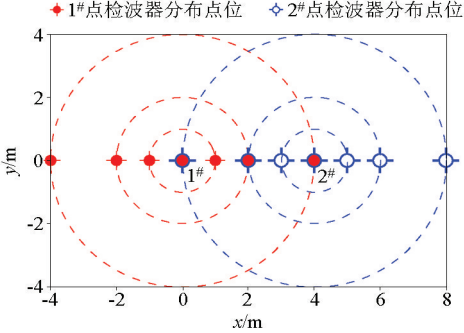


图5 7点直线型微动台阵示意

Fig.5 Schematic diagram of 7-points linear microtremor array

本次微动勘探数据面波频散曲线提取方法采用对排列阵型要求不严苛的 F-K 法。根据该处理方法,编制了数据处理程序,并对野外采集到的微动数据进行成图、频散曲线提取后得到每个勘探点的频散曲线。如图6所示,为试验中7号剖面12号点的原始数据和频散曲线。

2.2 研究区地质概况

研究区地貌单元为江淮波状平原,微地貌为南淝河二级阶地^[34]。地质历史时期,因剥蚀堆积形成岗坳相间、垄畎起伏的波状平原,微地貌表现为缓坡地、岗坡地和坡岗地,为研究区内及附近面积最广的主要地貌类型。

从以往的工程地质资料来看,如图7所示,区内地下2 m以浅部分广泛分布杂填土,杂填土的厚度

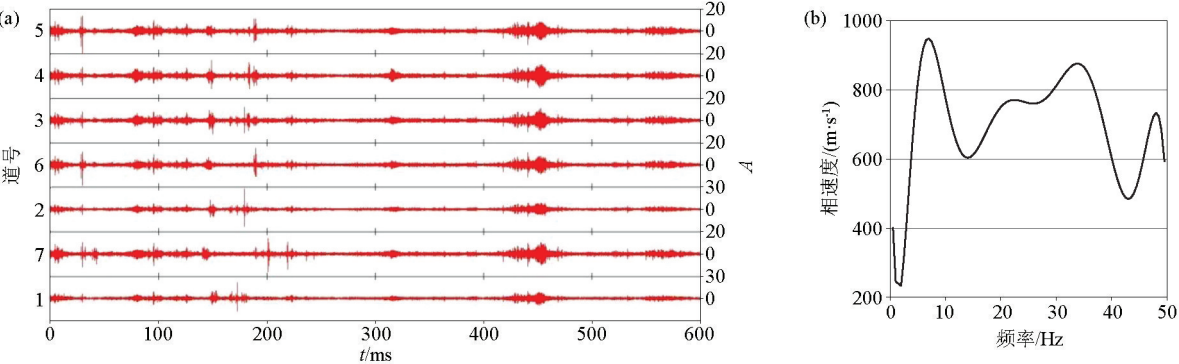


图6 7号剖面12号点的原始波形(a)及频散曲线(b)

Fig.6 The original waveform (a) and dispersion curve (b) for the 12th point of No.7 profile

并不均匀,局部地区可达3 m左右;研究区内零星分布粉质黏土层,地下土体不均性较强;根据以往钻孔揭示,强风化岩层面在地下20 m左右。

研究区地下水类型主要为上层滞水和承压水。其中上层滞水主要赋存于杂填土中,补给来源主要为大气降水、地表水及周边管线渗漏水,地下水排泄方式主要为蒸发、径流,地下水水量、变化幅度受天

气影响较大;承压水主要赋存于地下砂质黏土、粉砂和细砂夹中砂中,补给来源主要为侧向补给,水量一般,具承压性。

2.3 探测结果分析

从获得的微动探测剖面来看,7号剖面微动异常较多(图8),且与现场地面裂缝位置重合度较高,下面首先分析微动勘探7号剖面及验证钻孔JZ5的

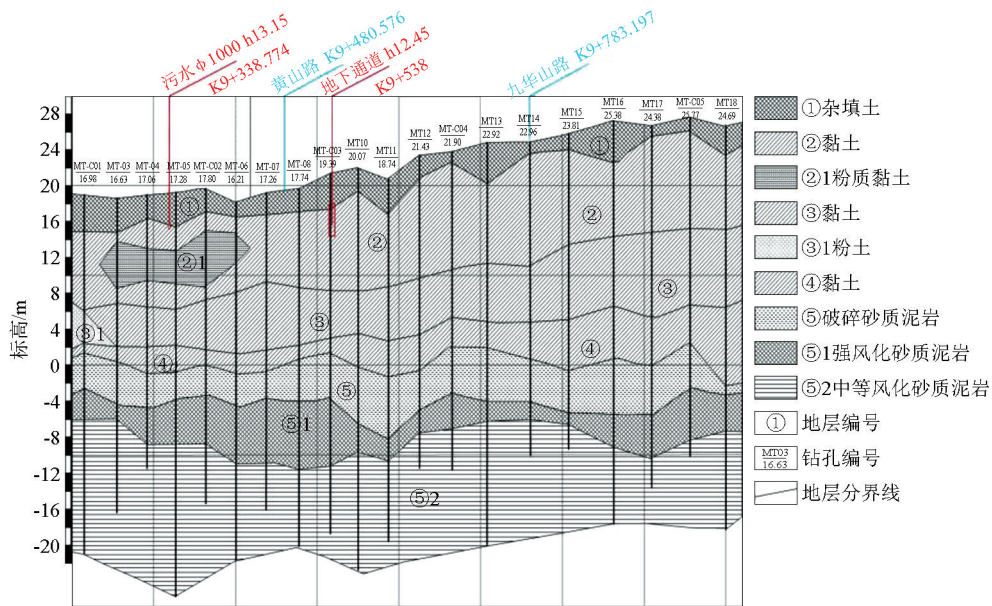


图 7 研究区工程地质剖面

Fig.7 Engineering geological profile of the study area

钻遇地层情况。

在微动勘探 7 号剖面中存在多处低速异常,考虑到对地面构筑物影响,主要考察地下 20 m 以浅的异常,其中 7-2 异常在 17~18 号点之间地下 10 m 附近,规模不大,厚度约 1.5 m 左右。

为了验证此异常情况,JZ5 号井孔在此打入土层 12 m。从该孔钻遇的土层来看(图 9),在地下 10 m 左右存在一中—软塑性黏土层,厚度约 2 m 左右,与其上下邻近的硬塑黏土层差异明显,故可以验证此处的低速异常。分析 5 号剖面微动勘探成果(图 9),在 11 号点和 12 号点地下约 22 m 处存在一范围

很大的低速异常,根据前期收集到的工程地质资料认为此处很难有如此大范围的低速异常,但具体导致原因难以解释。为验证此异常的真实状况,特将研究区的控制钻孔 JZ4 定在此处,后经钻孔验证,在地下 23 m 左右钻遇软弱含沙黏土层,在地下 25 m 处钻遇含水沙层。由此可以推断,在此研究区内,地下 20 m 以深分布的低速异常都有可能为含水沙层所引起。这个情况是前期收集到的工程地质资料中所没有的,也从另外一个侧面验证了微动勘探应用在浅层勘察中的有效性。

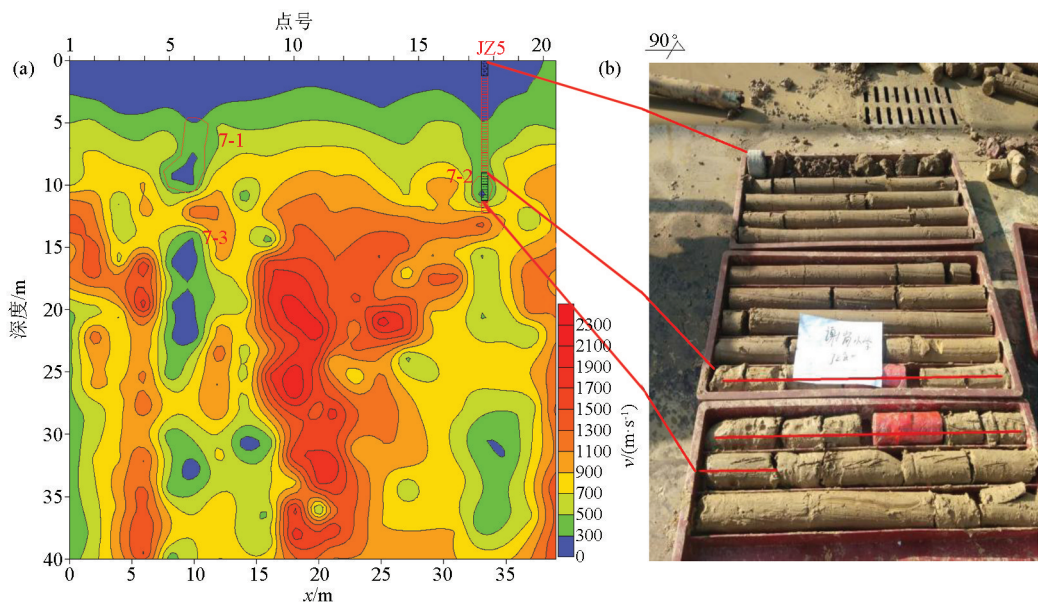


图 8 微动勘探 7 号剖面异常图 (a) 及钻孔 JZ5 验证实物照片 (b)

Fig.8 Contour maps of No.7 profile(a) and physical picture of JZ5 borehole(b)

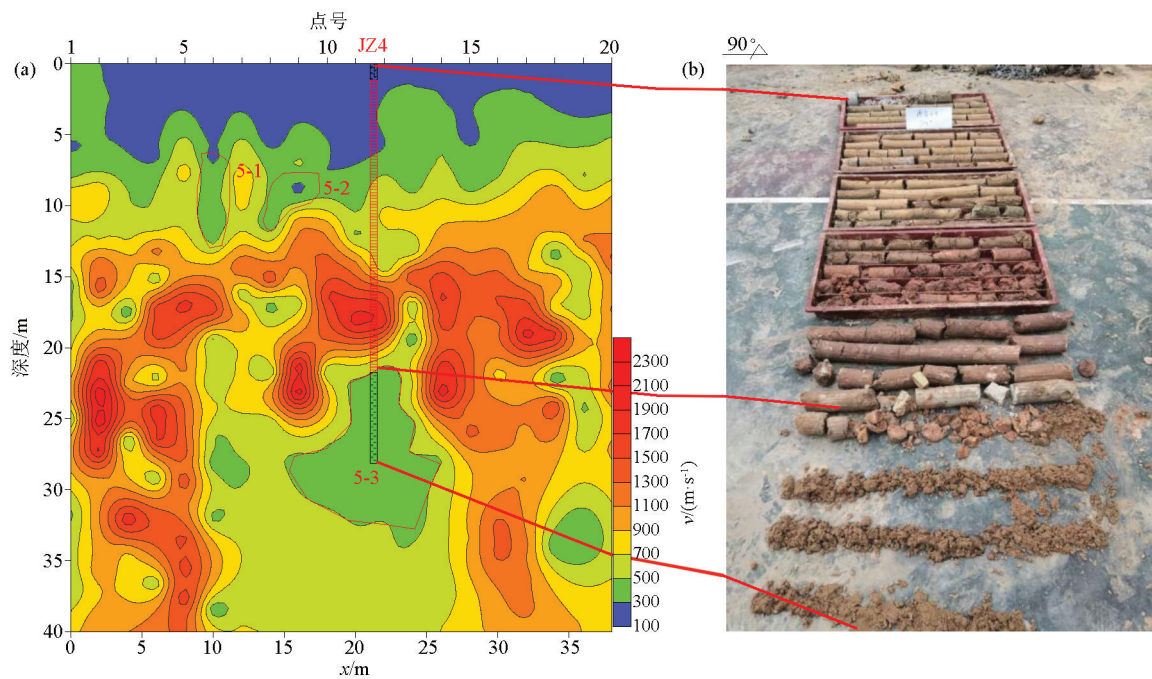


图9 微动勘探5号剖面异常图(a)及钻孔JZ4验证实物照片(b)

Fig.9 Contour maps of No.5 profile(a) and physical picture of JZ4 borehole(b)

根据微动勘探和钻孔勘察成果综合分析,浅层回填土层对地面影响较大,一方面浅层回填土不够密实,容易在地表径流渗入此层后冲蚀溶解带走部分物质;另一方面,学校周围地下管线渗漏导致较大水量长期渗入地下,引起地下水冲蚀下的不密实体存在,从而导致波速异常,这些在微动剖面上都有反映。

本次勘察钻探工作共布设钻孔9孔,总钻进约107 m,部分钻孔因地面裂缝严重布设,用于验证前期物探异常的钻孔共6孔,计划验证异常8处,实际钻探结果验证异常3处,探测成功率约为37%。

3 结论与展望

通过本次研究,充分肯定了微动勘探技术在城市地面沉降原因探测中的适用性和有效性。微动勘探技术相较于工程开挖及钻探,能够更快速、高效地检测到地下不密实土体,这对于城市地面沉降原因探测无疑是至关重要的。在整个研究过程中,接收的是天然源面波信息,不需要人工震源,安全且对环境友好,同时节省了勘探成本。从钻探验证结果来看,基本验证了微动勘探技术应用于城市地面沉降检测中的有效性。

由于城市地区建筑物密集,一般很难满足二维微动阵列的布阵空间要求,故本次主要对F-K法进行了研究。但理论上说,SPAC及ESPAC的效果更

好^[24],这也将在今后的研究中进行对比、改进。

参考文献(References):

[1] 熊鹏,左小清,李勇发,等.双极化 Sentinel-1 数据在昆明市沉降监测中的应用[J].地球物理学进展,2020,35(4):1317-1322. Xiong P,Zuo X Q,Li Y F, et al. Application of dual-polarized Sentinel-1 data to subsidence monitoring in Kunming [J].Progress in Geophysics,2020,35(4):1317-1322.

[2] 吕敦玉,余楚,侯宏冰,等.国外城市地质工作进展与趋势及其对我国的启示[J].现代地质,2015,29(2):373-379. Lyu D Y,Yu C,Hou H B,et al.Development and trends of foreign urban geological work and its enlightenment to China [J].Geoscience,2015,29(2):373-379.

[3] 王义梅,罗小军,于冰,等.郑州市地面沉降 InSAR 监测[J].测绘科学,2019,44(9):100-106. Wang Y M,Luo X J,Yu B,et al.Monitoring ground subsidence in Zhengzhou with InSAR [J].Science of Surveying and Mapping, 2019,44(9):100-106.

[4] 熊佳诚,聂运菊,罗跃,等.利用双极化 Sentinel-1 数据监测城市地面沉降——以上海市为例[J].测绘通报,2019(11):98-102. Xiong J C,Nie Y J,Luo Y,et al.Monitoring urban land subsidence by dual-polarization Sentinel-1 data:A case study of Shanghai [J].Bull. Surv. Map.,2019(11):98-102.

[5] 朱邦彦,姚冯宇,孙静雯,等.利用 InSAR 与地质数据综合分析南京河西地面沉降的演化特征和成因[J].武汉大学学报:信息科学版,2020,45(3):442-450. Zhu B Y,Yao F Y,Sun J W,et al.Attribution analysis on land subsidence feature in Hexi area of Nanjing by InSAR and geological data [J].Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2020,45(3):442-450.

- [6] 井研,胡庆武,艾明耀,等.基于离散沉降观测的城市地面沉降监测[J].地理空间信息,2016,14(11):84-87.
Jing Y, Hu Q W, Ai M Y, et al. Research on urban ground settlement monitoring based on discrete settlement observation [J]. Geospatial Information, 2016, 14(11): 84-87.
- [7] 侯占东.城市地面沉降监测数据的插值方法对比分析[J].地理空间信息,2020,18(8):106-109.
Hou Z D. Comparison and analysis of the spatial interpolation methods of the urban ground subsidence monitoring data [J]. Geospatial Information, 2020, 18(8): 106-109.
- [8] 贾慧涛,廖圣柱,盛勇,等.微动勘探技术在城市地质工作中的应用[J].安徽地质,2020,30(1):35-38.
Jia H T, Liao S Z, Sheng Y, et al. Application of microtremor exploration in urban geological work [J]. Geology of Anhui, 2020, 30(1): 35-38.
- [9] Aki K. Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors [J]. Bulletin of the Earthquake Research Institute, 1957, 35: 41-456.
- [10] Capon J. Application of detection and estimation theory to large array seismology [J]. Proc. IEEE, 1969, 58: 760-770.
- [11] Katz L J. Microtremor analysis of local geological conditions [J]. Bull. Seism. Soc. Am., 1976, 66: 45-60.
- [12] Katz L J, Bellon R S. Microtremor site analysis study at Beatty, Nevada [J]. Bull. Seism. Soc. Am., 1978, 68: 757-765.
- [13] Asten M W. Comments on "Microtremor site analysis study at Beatty, Nevada" by L.J. Katz and Bellon [J]. Bull. Seism. Soc. Am., 1979, 69: 1633-1635.
- [14] Morales J, Vidal F, Pena J A, et al. Microtremor study in the sediment-filled basin of Zafarraya, Granada (Southern Spain) [J]. Bull. Seism. Soc. Am., 1991, 81: 687-693.
- [15] Okada H. The microtremor survey method [M]. Society of Exploration Geophysicists, 2003.
- [16] 王振东.微动的空间自相关法及其实用技术[J].物探与化探, 1986, 10(2): 123-133.
Wang Z D. The micromotional spatial autocorrelation method and its practical technique [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 1986, 10(2): 123-133.
- [17] 王振东.微动应用技术讲座[J].国外地质勘探技术, 1990(4): 12-16.
Wang Z D. The micromotional technique lecture [J]. Foreign Geoexploration Technology, 1990(4): 12-16.
- [18] 冉伟彦,王振东.长波微动法及其新进展[J].物探与化探, 1994, 18(1): 28-34.
Ran W Y, Wang Z D. The long-wave microtremors method and its advances [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 1994, 18(1): 28-34.
- [19] 曾校丰,钱荣毅,邓新生,等.面波勘探及其在沙漠地区表层地质结构调查中的应用[J].现代地质,2001,15(1):94-97.
Zeng X F, Qian R Y, Deng X S, et al. Rayleigh wave exploration applied to investigate surface geological structure in desert zone [J]. Geoscience, 2001, 15(1): 94-97.
- [20] 冯少孔.微动勘探技术及其在土木工程中的应用[J].岩土力学与工程学报,2003,22(6):1029-1036.
Feng S K. Array microtremor survey and its application to civil engineering [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2003, 22(6): 1029-1036.
- [21] 叶太兰.微动台阵探测技术及其应用研究[J].中国地震,2004,20(1):47-52.
Ye T L. The exploration technique for microtremor array and its application [J]. Earthquake Research in China, 2004, 20(1): 47-52.
- [22] 夏加国,高玮,程雅星,等.土石混合体斜坡地质结构精细探测新途径及其应用[J].岩土力学,2018,39(8):3087-3094.
Xia J G, Gao W, Cheng Y X, et al. A new approach for precise detection of the geological structure of soil-rock mixture deposit and its application [J]. Rock and Soil Mechanics, 2018, 39(8): 3087-3094.
- [23] 刘宏岳,黄佳坤,孙智勇,等.微动探测方法在城市地铁盾构施工“孤石”探测中的应用——以福州地铁1号线为例[J].隧道建设,2016,36(12):1500-1506.
Liu H Y, Huang J K, Sun Z Y, et al. Application of microtremor method to boulders detection in urban Metro Shield construction: Case study of Fuzhou Metro Line No.1 [J]. Tunnel Construction, 2016, 36(12): 1500-1506.
- [24] 杜亚楠,徐佩芬,凌甦群.土石混合滑坡体微动探测:以衡阳拜殿乡滑坡体为例[J].地球物理学报,2018,61(4):1596-1604.
Du Y N, Xu P F, Ling S Q. Microtremor survey of soil-rock mixture landslides: An example of Baidian town, Hengyang City [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2018, 61(4): 1596-1604.
- [25] 黄光明,赵举兴,李长安,等.岩溶区地下溶洞综合物探测试验研究——以福建省永安大湖盆地为例[J].地球物理学进展,2019,34(3):1184-1191.
Huang G M, Zhao J X, Li C A, et al. Detection of underground karst caves by comprehensive geophysical exploration in karst area: taking Yong'an Dahu basin in Fujian province as example [J]. Progress in Geophysics, 2019, 34(3): 1184-1191.
- [26] 徐兴倩,苏立君,和春香,等.基于微动信号监测的碎石土滑坡滑动面(带)探测分析[J].工程地球物理学报,2019,16(6):799-805.
Xu X Q, Su L J, He C X, et al. Detection and analysis of sliding surface (zone) of gravel soil landslide based on Microtremor signal monitoring [J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2019, 16(6): 799-805.
- [27] 董耀,李光辉,高鹏举,等.微动勘查技术在地热勘探中的应用[J].物探与化探,2020,44(6):1345-1351.
Dong Y, Li G H, Gao P J, et al. The application of fretting exploration technology in the exploration of middle and deep clean energy [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2020, 44(6): 1345-1351.
- [28] 章惠,隋少强,钱烙然,等.多种非震方法在山东齐河地热勘查中的应用[J].物探与化探,2020,44(4):727-733.
Zhang H, Sui S Q, Qian L R, et al. The application of multiple non-seismic methods to geothermal Exploration in Qihe, Shandong Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2020, 44(4): 727-733.
- [29] 张若晗,徐佩芬,凌甦群,等.基于微动 H/V 谱比法的土石分界

面探测研究——以济南中心城区为例[J].地球物理学报, 2020,63(1):339-350.

Zhang R H, Xu P F, Ling S Q, et al. Detection of the Soil-rock interface based on microtremor H/V spectral ratio method: a case study of the Jinan urban area [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2020,63(1):339-350.

[30] 盛勇,贾慧涛,刘杨.微动勘探方法技术研究及其应用[J].安徽地质,2019,29(1):34-39.

Sheng Y, Jia H T, Liu Y. Study on the method and technique of microtremor survey and its application [J]. Geology of Anhui, 2019, 29(1):34-39.

[31] 徐佩芬,李世豪,杜建国,等.微动探测:地层分层和隐伏断裂构造探测的新方法[J].岩石学报,2013,29(5):1841-1845.

Xu P F, Li S H, Du J G, et al. Microtremor survey method: A new geophysical method for dividing strata and detecting the buried fault structures [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(5):1841-1845.

[32] Tokimatsu, Kohji, Shinzawa, et al. Use of short-period microtremors for V_s profiling [J]. Journal of Geotechnical Engineering ASCE, 1992, 118(10):1544-1588.

[33] 李欣欣,李庆春.利用改进的 F-K 变换法提取瑞雷波的频散曲线[J].地球物理学进展,2017,32(1):191-197.

Li X X, Li Q C. Rayleigh wave dispersion curve imaging using improved F-K transform approach [J]. Progress in Geophysics, 2017, 32(1):191-197.

[34] 胡众.合肥地铁施工安全风险分析与控制措施研究[D].合肥:合肥工业大学,2019.

Hu Z. Study of safety risks and control measures of Hefei Metro Construction [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2019.

Application of microtremor survey method in detection of urban land subsidence

XU Hao^{1,2}, WU Xiao-Ping¹, SHENG Yong², LIAO Sheng-Zhu², JIA Hui-Tao², XU Zi-Qiao²

(1.School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China; 2.Anhui Institute of Geophysical and Geochemical Prospecting Techniques, Hefei 230022, China)

Abstract: Urban land subsidence is liable to induce ground fractures or even collapse, thus causing safety accidents. However, traditional geophysical methods cannot be applied in cities due to the strong human interference and high requirements for safety and environmental protection in the urban environment. The microtremor survey method is a passive, efficient, and environment-friendly geophysical method and it can be used to detect the underground geological conditions in the urban environment with strong interference. Taking Xie-gang Primary School in Hefei City as the research site, this paper focuses on the applicability and effectiveness of the microtremor survey method in detecting the causes of land subsidence. Based on the microtremor survey data collected, the dispersion curve was extracted using the F-K method and then the underground shear wave velocity structure was obtained through inversion, thus revealing the underground geological conditions. Finally, verification was conducted through drilling. The results show that the microtremor survey is an effective geophysical method for detecting the information such as the position and scale of underground unconsolidated soil, and thus the secondary accidents in subsidence areas can be eliminated.

Key words: microtremor survey; urban land subsidence; unconsolidated soil; land subsidence reason; F-K method; urban geology

(本文编辑:叶佩)