

doi: 10.6046/gtzyyg.2020.03.19

引用格式:汪宝存,朱琳,潘登,等.郑州市地面沉降时空演变规律研究[J].国土资源遥感,2020,32(3):143-148.(Wang B C, Zhu L, Pan D, et al. Research on temporal and spatial evolution law of land subsidence in Zhengzhou [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2020, 32(3): 143-148.)

郑州市地面沉降时空演变规律研究

汪宝存¹, 朱琳¹, 潘登², 郭凌飞¹, 彭鹏³

(1. 河南省地质矿产勘查开发局测绘地理信息院, 郑州 450000; 2. 河南省地质环境监测院, 郑州 450016; 3. 安徽省地质调查院, 合肥 230001)

摘要:为查明郑州市地面沉降演变规律,服务城市地面沉降防控工作,选用 2007—2017 年间合成孔径雷达(synthetic aperture Radar, SAR)数据,结合水准监测结果,获取了郑州市 2007—2010 年、2012—2013 年、2013—2016 年和 2016—2017 年 4 个时间段的地面沉降分布图,从时间和空间 2 个角度,分析了郑州市地面沉降演变规律;利用地理信息系统(geographic information system, GIS)空间分析方法,研究了 10 a 间地面沉降与城中村演变之间的时空响应关系。研究表明,城中村是郑州市地面沉降演变的主导因素,即城中村超采地下水导致地面沉降;城中村拆迁,地下水抽取减少导致地面沉降变缓甚至出现地面沉降抬升;因拆迁导致流动人口迁移到远郊的城中村,形成新的流动人口、产业聚集区,进而形成了新的地面沉降区。

关键词: SAR; 地面沉降; 演变规律; 城中村

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2020)03-0143-06

0 引言

地面沉降是我国中东部平原、盆地和三角洲等城市地带面临的主要地质灾害,它往往导致大范围的高程损失,局部伴有地裂缝发生。地面沉降防治难度大、损失大,形成后往往难以恢复^[1],上海、北京、天津是我国较早开展地面沉降监测和防控的城市^[2-5]。

郑州市地面沉降监测工作开展得比较晚。2007 年郭新华等^[6]根据实地调查发现郑州市存在地面沉降现象,认为地面沉降已经造成市区及周边地区排水、防汛能力下降、管道爆裂、建(构)筑物下沉等不良后果,急需开展地面沉降监测工作;汪宝存等^[7]、王义梅等^[8]和管力等^[9]分别利用合成孔径雷达干涉测量(interferometric synthetic aperture Radar, InSAR)技术获取了郑州市 2004—2010 年、2012—2013 年和 2015—2017 年 3 个时间段的地面沉降状况,并初步分析了地面沉降的原因;夏飞雪等^[10]、詹学启等^[11]、朱卫民等^[12]分别从不同角度分析了京广高铁郑州段存在地面沉降的原因。但是目前关于郑州市的地面沉降分析主要是

针对某一个时间段开展的,并未从较长时间序列的角度去动态地分析郑州市地面沉降的演变规律。在近年来的郑州市地面沉降监测工作中,发现地面沉降往往和城中村有着密切的联系,即在地面沉降发育的区域往往存在大量的城中村,城中村拆迁后,该区域的地面沉降往往快速变缓,甚至出现抬升现象。为此,本文利用 2007—2017 年间合成孔径雷达(synthetic aperture Radar, SAR)数据地面沉降监测结果,结合城中村的演化数据,分析郑州市地面沉降演变规律,进而服务城市地面沉降防控工作。

1 研究区概况及数据源

1.1 研究区概况

郑州市地处中原腹地,黄河下游南岸,河南省中部偏北。位于 E113°27'~113°51', N34°36'~35°00' 之间,市区面积为 1 010.3 km²。郑州市北临黄河,西南部有黄土丘陵与嵩山相接,东南为广阔的黄淮平原,属暖温带-北亚热带过渡型大陆性季风气候区,四季分明。随着郑州市建成区面积不断扩大,附

收稿日期:2019-11-29; 修订日期:2020-03-31

基金项目:国家自然科学基金仪器专项“面向高陡岩质边坡滑坡机理的差分干涉雷达测量仪”(编号:61427802)、河南省国土资源厅地质科研项目“郑州市地面沉降成因机理及防控措施研究”(编号:2018-132-11)和安徽省自然资源科技项目“基于 PS-InSAR 的皖北地区地面沉降长时序监测方法研究”(编号:2016-k-8)共同资助。

第一作者:汪宝存(1980-),男,硕士,高级工程师,主要从事基于 InSAR 的地表形变调查与监测工作。Email: wangbc@cegn.gov.cn。

近的村庄不断被纳入到城市建成区中,这些村庄虽坐落在城市建成区,但仍然保留着农村管理方式、制度、生活习惯和社会关系,因此一般被称为“城中村”。在近年的工作中发现,地面沉降这种不良地质问题与城中村有密切的联系。随着城市化进程的加快发展,地面沉降问题日益突出。

1.2 数据源

采用2007—2017年10年间4个时相的SAR数据作为本次地面沉降信息提取的数据源,具体如表1所示。为方便研究将4个时间段分别定义为第I、II、III、IV时间段。采用GAMMA软件中的IPTA模块提取4个时相的地面沉降速率图,为便于不同时相监测数据之间的对比,参考点统一选在研究区中部相对稳定的地方。将地面沉降划分为3个等级: $[-30, -10)$ mm/a 为轻微区、 $[-50, -30)$ mm/a 为较重区、 < -50 mm/a 为严重区^[13],制作地面沉降分区图(图1)。利用获取的地面沉降速率图,制

作地面沉降变幅图。首先利用地面沉降速率图生成地面沉降栅格图,然后利用后一时相的地面沉降栅格图减去前一时相地面沉降栅格图,将变幅分为急剧下降(< -30 mm/a)、缓慢下降($[-30, -20)$ mm/a)、基本稳定($[-20, 20)$ mm/a)、缓慢变缓($[20, 30)$ mm/a)、急剧变缓(> 30 mm/a)5个等级,生成II-I、III-II、IV-III和IV-I 4幅地面沉降变幅图(图2)。分别统计地面沉降分区和地面沉降变幅分区的面积(表2和表3)。

表1 所采用的SAR图像

Tab.1 SAR image

时段	卫星	图像数量/景	空间分辨率/m	时间
I	ENVISAT-1	20	20	2007年9月—2010年10月
II	TerraSAR-X	17	3	2012年9月—2013年9月
III	Radarsat-2	15	30	2013年9月—2016年2月
IV	Radarsat-2	12	5	2016年2月—2017年2月

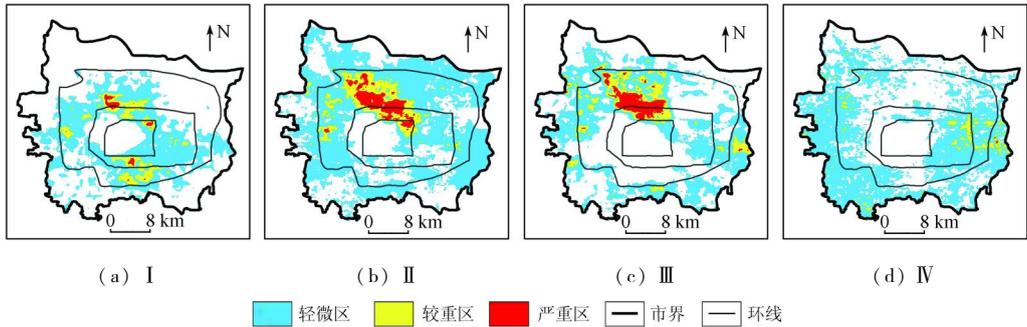


图1 郑州市地面沉降分区
(图中环线从内往外为二环、三环、四环)

Fig.1 Map of land subsidence division of Zhengzhou City

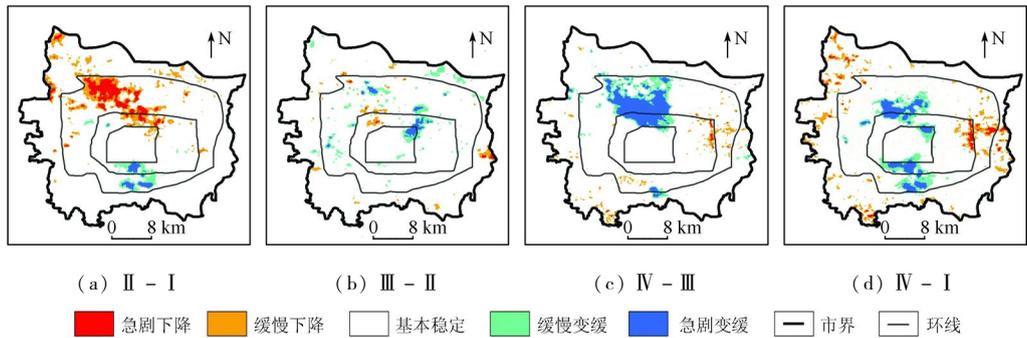


图2 郑州市地面沉降变幅图
(图中环线从内往外为二环、三环、四环)

Fig.2 Map of land subsidence amplitude of Zhengzhou City

表2 地面沉降分区面积

Tab.2 Area of land subsidence division (km²)

时间段	轻微区	较重区	严重区	总面积
I	302.5	52.8	5.9	361.2
II	540.5	70.1	34.9	645.5
III	336.2	67.8	32.3	436.3
IV	498.8	25.8	0.3	524.9

表3 地面沉降变幅分区面积

Tab.3 Area of land subsidence amplitude (km²)

时间段	急剧下降	缓慢下降	沉降加剧总面积	缓慢变缓	急剧变缓	沉降变缓总面积
II - I	32.9	65.0	97.9	15.0	8.1	23.1
III - II	1.9	14.8	16.7	30.7	10.2	40.9
IV - III	1.2	18.6	19.8	36.7	58.0	94.7
IV - I	9.4	50.6	60.0	42.5	35.3	77.8

2 地面沉降演变规律

2.1 研究思路

调查表明,只有当城中村聚集了大量的人口,并且超采地下水才能引发地面沉降;如果城中村拆迁,外来人口迁移,不再抽取地下水,地面沉降将停止发展。但是实际的调查显示不是每个城中村都一直聚集大量的人口,也不是每个城中村都抽取地下水,这就给研究城中村和地面沉降之间的关系带来了很大的干扰。为了剔除干扰,首先利用 InSAR 技术获取郑州市地面沉降分布图,在此基础上制作地面沉降变幅图,分析郑州市地面沉降演变规律,然后提取郑州市城中村拆迁演变的数据,利用地理信息系统(geographic information system, GIS)面和点相交功能,提取出不同时间段地面沉降区,以及地面沉降变幅加剧、变缓区的城中村,结合地下水开采的情况,分析城中村和地面沉降的之间的关系。

2.2 地面沉降演变规律

根据表2、表3可以看出,在时间维上,研究区地面沉降发展可以划分成3个阶段,Ⅱ-I为地面沉降快速发展期,沉降轻微区、较重区、严重区的面积均明显增大,沉降量 < -10 mm/a 的面积从 361.2 km² 增长到 645.5 km²,增长了 78.7%,沉降加剧总面积为 97.9 km²;沉降变缓总面积为 23.1 km²,比沉降加剧总面积少 74.8 km²。Ⅲ-II为地面沉降相对稳定期,沉降较重区、严重区面积小幅下降,沉降轻微区面积减少 204.3 km²,沉降量 < -10 mm/a 的面积从 645.6 km² 减少到 436.3 km²,减少了 32.4%;沉降加剧总面积为 16.7 km²,沉降变缓总面积为 40.9 km²,比加剧面积多 24.2 km²。Ⅳ-Ⅲ为地面沉降急剧变缓期,虽然沉降轻微区面积增加了 162.6 km²,但是沉降较重区、严重区总面积从 100.1 km² 急剧减少到 26.1 km²,减少了 73.9%,沉降加剧总面积为

19.8 km²;沉降变缓总面积为 94.7 km²,比沉降加剧总面积多 74.9 km²。Ⅳ-I也是地面沉降急剧变缓期,沉降较重区、严重区总面积从 58.7 km² 急剧减少到 26.1 km²,减少了 55.5%。

根据图1、图2和表2、表3可以看出,从空间维上,研究区地面沉降也可以划分为3个阶段,Ⅰ时间段,地面沉降均匀分布,在研究区的北部、东北部、东部、南部和西部存在5个沉降区;Ⅱ,Ⅲ时间段,地面沉降南部变缓,北部加剧,地面沉降空间分布差异较小,在第Ⅰ时间段存在的北部沉降区和东北部沉降在第Ⅱ时间段合并成了一个大的沉降区,但是到第Ⅲ时间段沉降变缓;同时,在第Ⅰ时间段存在的南部沉降区在Ⅱ,Ⅲ时间段不再存在;第Ⅳ时间段,北部沉降区消失、沉降向郊区扩展,在Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ时间段一直存在的北部沉降区突然消失,地面沉降向东部、西部、南部快速扩展。从整体上地面沉降从市区往郊区迁移,即从二环向三环、四环不断发展。

3 城中村与地面沉降的关系

3.1 城中村的演变特点

郑州市作为河南省省会,近年来经济发展迅速,吸引了大量的流动人口。因为城市房租较高,大量的流动人口选择在城中村居住,以位于研究区北部的高皇寨村为例,该村2012年原有居民仅有1800人左右,而在此居住的流动人口达到了13万人^[14]。城中村的存在带来了大量的社会问题,为此郑州市在20世纪末就启动了城中村的拆迁改造工作,郑州市的拆迁改造工作经历了4个阶段,第一阶段(1998—2002年)为摸索阶段,第二阶段(2003—2008年)为形成阶段,第三阶段(2009—2011年)为调整阶段,第四阶段(2012年—)为冲刺阶段^[15]。

据2007年统计研究区内共有城中村830个,利用多期次的高分遥感影像结合实地调查走访,查明了2007—2017年间城中村拆迁的过程(图3),在这

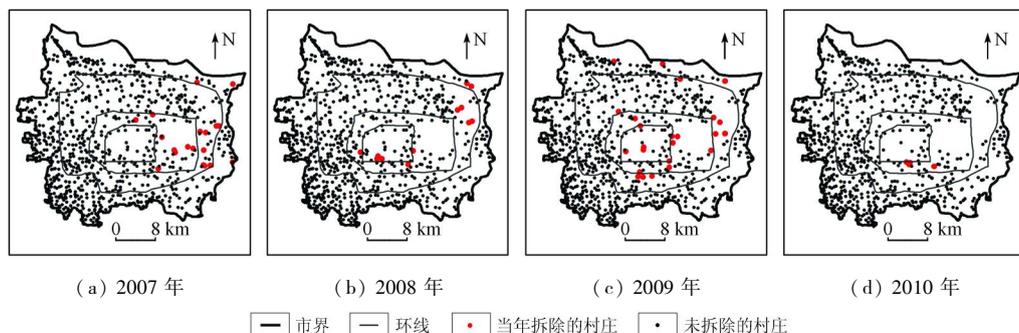


图3-1 郑州市城中村拆迁过程

(图中环线从内往外为二环、三环、四环)

Fig. 3-1 Process of urban villager removal in Zhengzhou City

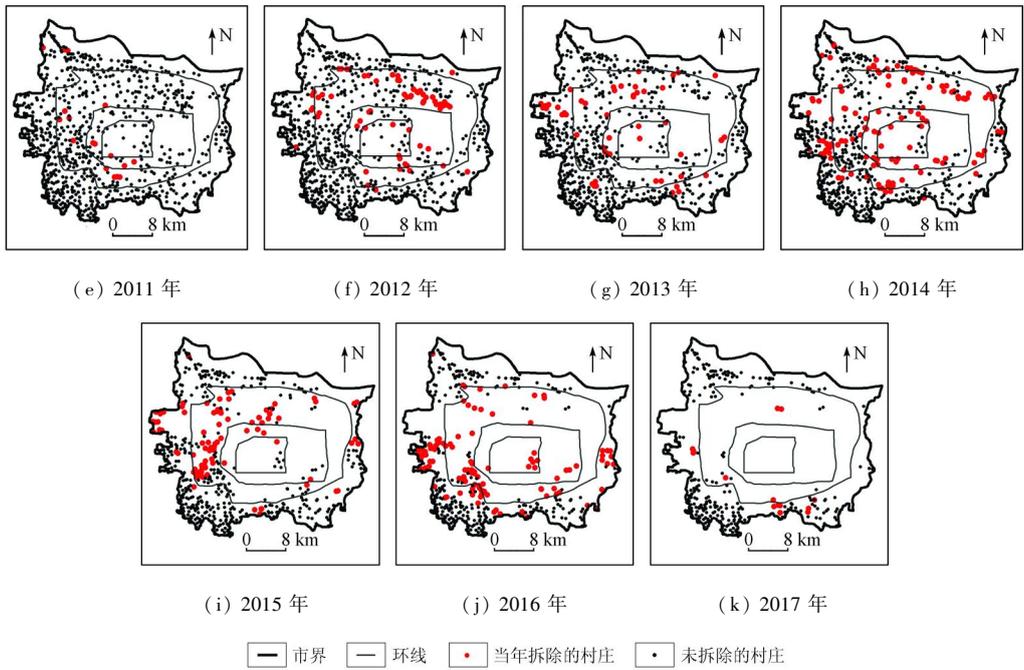


图 3-2 郑州市城中村拆迁过程

(图中环线从内往外为二环、三环、四环)

Fig. 3-2 Process of urban villageremoval in Zhengzhou City

期间共有 544 个城中村完成拆迁。从图中可以看出城中村的数量不断减少,拆迁过程和王元亮^[15]的研究基本吻合,在空间上基本为先城区后郊区的顺序。截止到 2017 年底三环内已经没有城中村,尚存城中村 240 个,且基本都在四环以外。

3.2 城中村与地面沉降的关系

利用地理信息系统技术,提取出不同时间段地面沉降轻微区、较重区、严重区,以及地面沉降变幅加剧、变缓区的城中村,来分析城中村和地面沉降之间的关系。表 4 为不同沉降分区内城中村的数量,其中城中村的数量为在所在时间段内一直存在的村庄数量。从表 4 可以看出除第 IV 时间段严重沉降区内无城中村分布,在 4 个时间段的各级沉降区内均分布大量的城中村。在第 IV 时间段无城中村分布的区域位于研究区的东部,根据城中村演化结果(图 3)该区域曾经也有城中村的分布,城中村拆迁后,该地在第 IV 时间段正在进行大规模的城市建设,由于该区域浅层地下水位埋深较浅^[16],基坑建设大

量抽排地下水,导致该区域出现了比较严重的地面沉降现象。

表 4 不同沉降分区内城中村的数量

Tab. 4 Number of urban village in land subsidence division (个)

时间段	轻微区	较重区	严重区
I	218	34	5
II	314	31	20
III	192	50	9
IV	194	19	0

表 5 反映的是地面沉降变幅区内城中村的演变特点,在地面沉降急剧下降、缓慢下降区城中村的保有率均高于 70%,且急剧下降区村庄保留率大多高于缓慢下降区;在沉降减缓区城中村的保有率大多低于 35%,且急剧变缓区村庄保有率全部不高于缓慢变缓区,在 IV - III 时间段缓慢变缓区村庄保有率虽然高达 75%,但是调查发现该区域内在第 III 时间段内共有 18 个城中村完成拆迁,这些村庄对该时间段内的地面沉降仍然有较大的贡献,因此导致了

表 5 地面沉降变幅区内城中村的数量

Tab. 5 Number of urban village in land subsidence amplitude

时间段	急剧下降区			缓慢下降区			缓慢变缓区			急剧变缓区		
	前一时 段/个	后一时 段/个	保有 率/%									
II - I	17	12	71	41	32	78	10	5	50	6	2	33
III - II	3	3	100	13	11	85	5	0	0	4	0	0
IV - III	1	1	100	11	11	100	8	6	75	19	6	32
IV - I	10	9	90	54	38	70	26	2	8	25	2	8

该区域沉降变缓。

上述分析表明,城中村和地面沉降之间有着紧密的联系,在地面沉降区往往分布着大量的城中村,城中村拆迁后往往导致地面沉降变缓。

3.3 城中村、地下水以及地面沉降之间的关系

选择研究区北部的沉降区来分析城中村、地下水以及地面沉降之间的关系。该沉降区在第 I, II, III 时间段一直是研究区最大的沉降区,但是在第 IV 时间段沉降突然变缓,局部甚至出现抬升的现象,该区域同时也是郑州市城中村密集分布的区域,也是近年来重点开发的区域,因此具有很好的代表性。根据郑州市地下水动态监测报告^[16],该区域的中深层(80~350 m)一直存在一个地下水降落漏斗,将 2013—2017 年间该区域的降落漏斗进行叠加,利用其最大范围统计了该区域内的城中村和地面沉降情况(表 6 和表 7)。

表 6 降落漏斗范围内 2013—2017 年间城中村的数量

Tab. 6 Number of urban village in cone of depression between 2013 and 2017

年份	地下水位埋深/m	地下水降落漏斗面积/km ²	当年拆掉的村庄/个	当年一直存在的村庄/个
2013 年	75.9	152.9	15	56
2014 年	64.1	133.6	17	39
2015 年	60.1	88.0	24	15
2016 年	55.7	85.1	9	6
2017 年	53.3	76.5	2	4

表 7 降落漏斗范围内地面沉降分区面积

Tab. 7 Area of land subsidence division in cone of depression (km²)

时间段	轻微区	较重区	严重区
III	57.8	36.0	29.8
IV	44.7	1.8	0

从表 6 可以看出,随着城中村的不断减少,对地下水的开采也不断减少,导致该区域的地下水位埋深不断减少,平均每年减小 4.5 m; 地下水降落漏斗面积也不断减少,从 152.9 km² 减少到 76.5 km²。从表 7 可以看出第 III 时间段由于当时存在的城中村数量较多,地面沉降相对比较严重,到第 IV 时间段由于城中村数量急剧减少地面沉降也急剧变缓,沉降严重区和沉降较重区的面积分别从 29.8 km² 和 36.0 km² 急剧减少到 0 km² 和 1.8 km²。

4 结论

本文依据 2007—2017 年间 SAR 数据获取了郑州市地面沉降的分布特征,分析了地面沉降的时空演变规律,在研究城中村演变规律的基础上结合地

下水监测数据分析了郑州市地面沉降的原因,获得了以下 2 点认识:

1) 郑州市地面沉降在时间和空间维上均可以分为 3 个阶段,在时间维上分别为快速发展期、相对稳定期和急剧变缓期;在空间维上分别为均匀分布期、南部变缓北部加剧期、急剧变缓向郊区扩展期。

2) 城中村是郑州市地面沉降演变的主导因素,即城中村超采地下水导致地面沉降;城中村拆迁,地下水开采减少导致地面沉降变缓甚至出现地面沉降抬升;因拆迁导致流动人口迁移到远郊的城中村,形成新的流动人口和产业聚集区,进而形成了新的地面沉降区。

参考文献(References):

- [1] 吴建中. 中国地面沉降地质灾害区划方法与实践[J]. 上海国土资源, 2011(2): 84-87.
Wu J Z. Method and application of land subsidence disaster region-alization[J]. Shanghai Land & Resources, 2011(2): 84-87.
- [2] 张永红, 吴宏安, 康永辉. 京津冀地区 1992—2014 年三阶段地面沉降 InSAR 监测[J]. 测绘学报, 2016, 45(9): 1050-1058.
Zhang Y H, Wu H A, Kang Y H. Ground subsidence over Beijing - Tianjin - Hebei region during three periods of 1992 to 2014 monitored by interferometric SAR[J]. Acta Geodateica et Cartographica Sinica, 2016, 45(9): 1050-1058.
- [3] 田芳, 罗勇, 周毅, 等. 北京地面沉降与地下水开采时空演变对比[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(2): 163-169.
Tian F, Luo Y, Zhou Y, et al. Contrastive analysis of spatial - temporal evolution between land subsidence and groundwater exploitation in Beijing[J]. South - to - North Water Transfers and Water Science & Technology, 2017, 15(2): 163-169.
- [4] 葛大庆, 张玲, 王艳, 等. 上海地铁 10 号线建设与运营过程中地面沉降效应的高分辨率 InSAR 监测及分析[J]. 上海国土资源, 2014(4): 62-67.
Ge D Q, Zhang L, Wang Y, et al. Monitoring subsidence on Shanghai metro line 10 during construction and operation using high-resolution InSAR[J]. Shanghai Land & Resources, 2014(4): 62-67.
- [5] 范景辉, 李梅, 郭小方, 等. 基于 PSInSAR 方法和 ASAR 数据监测天津地面沉降的试验研究[J]. 国土资源遥感, 2007, 19(4): 23-27. doi:10.6046/gtzyyg.2007.04.05.
Fan J H, Li M, Guo X F, et al. A preliminary study of the subsidence in Tianjin area using ASAR images based on PSInSAR technique[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2007, 19(4): 23-27. doi:10.6046/gtzyyg.2007.04.05.
- [6] 郭新华, 李建欣. 开展郑州市地面沉降监测工作的必要性[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(1): 147-148.
Guo X H, Li J X. The necessity of land subsidence monitoring in Zhengzhou[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, 18(1): 147-148.
- [7] 汪宝存, 李芳芳, 潘登, 等. PS - InSAR 技术在郑州市地面沉降调查中的应用[J]. 测绘科学, 2013, 38(5): 43-45.
Wang B C, Li F F, Pan D, et al. Application of PS - InSAR tech-

- ology in land subsidence investigation of Zhengzhou [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2013, 38(5): 43–45.
- [8] 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.
- [9] 管力, 唐伟, 戴华阳, 等. 采用 SBAS-InSAR 技术监测郑州城区地面沉降 [J]. *北京测绘*, 2019, 33(4): 462–467.
Guan L, Tang W, Dai H Y, et al. Monitoring ground subsidence in Zhengzhou City based on SBAS-InSAR technology [J]. *Beijing Surveying and Mapping*, 2019, 33(4): 462–467.
- [10] 夏飞雪, 姚青, 聂明军. 京广高铁郑州段地面沉降原因分析 [J]. *地下水*, 2014, 36(4): 97–98.
Xia F X, Yao Q, Nie M J. Reason analysis of land subsidence in Zhengzhou section of Beijing Guangzhou high speed railway [J]. *Ground Water*, 2014, 36(4): 97–98.
- [11] 詹学启, 张占荣. 郑徐高速铁路郑州段区域地面沉降预测分析 [J]. *铁道标准设计*, 2014, 58(7): 56–60.
Zhan X Q, Zhang Z R. Prediction and analysis of regional land subsidence in Zhengzhou section of Zheng Xu high speed railway [J]. *Railway Standard Design*, 2014, 58(7): 56–60.
- [12] 朱卫民, 汪宝存, 宋会传, 等. 基于 InSAR 的京广高铁郑州段地面沉降调查与监测 [J]. *测绘与空间地理信息*, 2019, 42(9): 61–63.
Zhu W M, Wang B C, Song H C, et al. Investigation and monitoring of ground subsidence in Zhengzhou section of high-speed railway between Beijing and Guangzhou [J]. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2019, 42(9): 61–63.
- [13] 刘勇. 黄河三角洲地区地面沉降时空演变特征及机理研究 [D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2013.
Liu Y. Spatiotemporal evolution of land subsidence and mechanism discussion in the Yellow River Delta, China [D]. Tsingtao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, 2013.
- [14] 刘杰. 郑州市流动人口信息服务与管理研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2014.
Liu J. Zhengzhou City information service and management of the floating population study [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2014.
- [15] 王元亮. 郑州城中村改造现状、困境与对策 [J]. *现代城市*, 2015, 10(2): 11–14.
Wang Y L. The status quo, dilemma, and countermeasure of the reconstruction of urban village in Zhengzhou [J]. *Modern City*, 2015, 10(2): 11–14.
- [16] 豆敬峰, 田君慧, 潘登, 等. 郑州市地下水动态监测报告 (2007—2017) [R]. 郑州: 河南省地质环境监测院, 2017.
Dou J F, Tian J H, Pan D, et al. Report on groundwater dynamic monitoring in Zhengzhou (2007—2017) [R]. Zhengzhou: Henan Geo-Environmental Monitoring Institute, 2015.

Research on temporal and spatial evolution law of land subsidence in Zhengzhou

WANG Baocun¹, ZHU Lin¹, PAN Deng², GUO Lingfei¹, PENG Peng³

(1. *Institute of Surveying, Mapping and Geoinformation of Henan Provincial Bureau of Geo-Exploration and Mineral Development, Zhengzhou 450000, China*; 2. *Henan Geo-Environmental Monitoring Institute, Zhengzhou 450016, China*,
Zhengzhou 450000, China; 3. *Geological Survey of Anhui Province, Hefei 230001, China*)

Abstract: The monitoring results in recent years show that land subsidence in Zhengzhou has been developed rapidly. In order to find out the evolution law of Zhengzhou's land subsidence and serve the prevention and control work of urban land subsidence, the authors selected the synthetic aperture Radar (SAR) data in recent years (2007—2017), compiled the land subsidence distribution maps of Zhengzhou in four periods of 2007—2010, 2012—2013, 2013—2016 and 2016—2017 by combining with the bench-mark monitoring results, and analyzed the evolution law of Zhengzhou's land subsidence from time and space. By the GIS room analysis method, the authors studied the space-time response relation between land subsidence and urban village evolution in recent years. Research results show that the urban village is the predominant factor in the land subsidence evolution of Zhengzhou, namely, the groundwater abstraction in urban village causes land subsidence; the relocation of urban village and reduction of groundwater abstraction cause slow land subsidence and even uplift of land subsidence; the relocation causes the floating population to move to outer suburbs, which forms a new floating population and industrial accumulation area, and further forms a new ground subsidence area.

Keywords: SAR; land subsidence; evolution law; urban village

(责任编辑: 张仙)