

地质环境承载能力评价中关于地面沉降的评估研究

谢海澜^{1,2}, 夏雨波^{1,2}, 孟庆华^{1,2}, 赵长荣^{1,2}, 马震^{1,2*}

(1. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津300170; 2. 华北科技创新中心, 天津300170)

摘要: 针对《国土资源环境承载能力评价技术要求(试行)(地质部分)》中承载状态评价指标与社会经济建设关联性差的问题,以地面沉降为研究对象,将高铁线路坡度变化作为地面沉降承载状态评价的指标,通过对京津冀地区不均匀地面沉降对现有运行高铁线路坡度的影响分析,评估了地面沉降对高速铁路轨道平顺性的影响,建立起地面沉降与高铁安全运行之间的关系。从而使地质环境承载状态评价指标与社会经济建设相关联,增强承载状态评价结果的实用性,同时为相关研究工作提供思路借鉴。

关键词: 地质环境承载能力; 承载状态; 地面沉降; 高速铁路

中图分类号: P641

文献标志码: A

文章编号: 1672-4135(2019)02-0104-05

从2013年党的十八届三中全会以来,资源环境承载能力评价受到越来越多的关注和重视^[1-2]。2016年国土资源部下发了《国土资源环境承载能力评价技术要求(试行)(地质部分)》(以下简称“要求”)^[3],该“要求”系统阐述了承载能力评价的技术流程和方法,并开展了全国及省级区域国土资源环境承载能力评价工作,为相关研究工作开展进行了有益示范^[4]。

地质环境承载能力评价是国土资源环境承载能力评价的重要内容,“要求”中将地质环境承载能力评价分为承载本底评价和承载状态评价。其中,承载状态评价是针对单一地质环境要素开展的地质环境供容能力与社会经济发展匹配状态的评定^[3],其评价需反映地质环境变化对社会经济建设的影响,使承载力评价结果更具直观性和实用性。但“要求”中部分评价指标和评价结果仅反映地质环境变化状况,缺乏对社会经济影响的研究。地面沉降是地质环境承载能力评价的重要因子,本文拟选择地面沉降为研究对象,尝试从地面沉降变化对重大线性工程影响角度选取评价指标,探索地质环境承载力状态评价思路。

1 研究方法

1.1 评价指标

地面沉降是缓发型地质灾害,其发生发展具有

易发性、累进性和不可逆性等特点^[5-8],诱发区域性地面沉降的主要原因是超量开采地下水^[9-12]。我国地面沉降分布范围较广,严重区的地面沉降速率居高不下^[13],地面沉降发育严重威胁公共设施建设、运营安全,尤其是重大的线性工程^[14-17]。

“要求”中对地面沉降状态评价采用的指标为区域地面沉降年均沉降速率,这一指标反映了区域地面沉降年度发育严重程度,但不能反映地面沉降变化对区域重大线性工程影响程度。为了研究地面沉降对重大线性工程的影响,选择对不均匀地面沉降较为敏感的高速铁路作为研究对象开展相关工作。由于高速铁路对轨道的平顺性有着严格的要求,不均匀地面沉降会改变地面标高及原始线路坡度,降低高速铁路平顺性,影响高速铁路运营安全^[18]。因此,将年度地面沉降坡度变化也作为地面沉降状态评价的指标,用于对区内高速铁路轨道平顺性进行评价,从而反映地面沉降对高速铁路运行的影响。

本文地面沉降状态评价采用的指标是地面沉降年均沉降速率和高铁线路坡度变化。

1.2 评价标准

1.2.1 地面沉降年均沉降速率

区域地面沉降速率是指每年的地面沉降量。根据全国地面沉降防治规划,综合考虑各地区地面沉降防治目标,并参考《地质灾害危险性评估规范》

收稿日期:2019-04-19

资助项目:国家地质大调查项目“雄安新区水土质量与地质调查评价(中国地质调查局天津地质调查中心)(DD20189122);“非首都功能疏解区1/5万环境地质调查(DD20160229)”

作者简介:谢海澜(1976-),女,高级工程师,博士,毕业于中国矿业大学(北京)地质工程专业,现从事环境地质、工程地质调查研究工作;E-mail:xie296226@163.com。*通讯作者:马震(1966-),男,教授级高工,学士,现从事水工环地质调查研究工作;E-mail:tjmazhen@126.com。

表1 区域地面沉降速率分级

Tab.1 Regional land subsidence rate classification

等级	I级 (轻微)	II级 (较轻微)	III级 (较严重)	IV级 (严重)	V级 (极严重)
区域地面沉降 速率/(mm/a)	<10	10~30	30~50	50~80	>80

(DZ/T 0286-2015),确定指标分级标准(表1)^[2]。

1.2.2 高铁线路坡度变化

通过计算由于沉降速率的空间差异造成的高铁线路坡度变化,可及时掌握地面沉降对高铁线路平顺性影响。区域性不均匀地面沉降对高速铁路坡度的改变若在工程技术标准限制坡度20‰之内^[19],则在安全范围内。高速铁路建设是百年工程,因此年坡度变化定在0.2‰以内。地面沉降坡度变化计算方法^[18]如下:

在一定年限内,两点间造成的地面沉降坡度变化按以下公式计算:

$$i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{n \cdot (a_2 - a_1)}{L} \quad (1)$$

式中: Δh .地面两点沉降差(m); n .沉降年限; a_1 、 a_2 .两点间沉降速率(mm); L .地面两点直线距离。

2 实例研究

2.1 研究区概况

京津冀地区包括北京、天津两个直辖市和河北省,地理坐标:北纬36°05′~42°37′,东经113°11′~119°45′,面积21.6万km²。京津冀地区地质条件复杂,平原区地下水不合理开采引发的地面沉降是我国地面沉降速率最大,影响范围最广的地区。截至2017年,区内主要建有京津城际、京沪高铁、京广高铁、津秦高铁、津保高铁和石济高铁等6条高速铁路。在区域地面沉降背景下,通过评价地面沉降速率和高铁沿线地面沉降坡度变化来反映区内地质环境承载状态。

2.2 数据来源

本文采用的地面沉降相关数据来源于中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心和中国地质环境监测院提供的京津冀地区地面沉降速率资料。

2.3 评价结果

2.3.1 地面沉降年均沉降速率

按照表1的分级评价标准,分别对2015年和2017年京津冀平原区地面沉降速率进行分级评价。

结果显示,2015年I级区(轻微区)占京津冀平原区面积的23.63%,II级区(较轻微区)占43.48%,III级区(较严重区)占19.90%,IV级区(严重区)占12.03%,V级区(极严重区)占0.98%;2017年I级区(轻微区)占京津冀平原区面积的25.28%,II级区(较轻微区)占40.65%,III级区(较严重区)占18.36%,IV级区(严重区)占13.27%,V级区(极严重区)占2.44%。2017年较2015年地面沉降IV级区(严重区)和V级区(极严重区)面积有所增加,增加比例分别为1.24%和1.46%,地面沉降防控形势依然严峻。

2.3.2 高铁线路坡度变化

按照式(1)评价方法,分别对2015年和2017年年度不均匀地面沉降对高铁线路坡度影响进行了分析,主要分析了京津、京沪、京广、津保、津秦、石济等6条高铁线路坡度变化情况(图1,表2)。结果显示,2015年京津高铁坡度变化在0.001‰~0.005‰的线路长度占总长度的26.76%,坡度变化0.005‰~0.010‰的占35.99%,坡度变化0.010‰~0.015‰的占37.25%;京沪高铁(京津冀段)坡度变化在0.001‰~0.005‰的线路长度占京津冀区内总长度的75.67%,坡度变化在0.005‰~0.010‰的占24.33%;京广高铁(京津冀段)坡度变化在0.0005‰~0.001‰的线路长度占京津冀区内总长度的80.91%,坡度变化在0.001‰~0.005‰的占19.09%;津秦高铁坡度变化在0.0005‰~0.001‰的线路长度占总长度的85.81%,坡度变化在0.001‰~0.005‰的占14.19%。2017年,京津高铁全线坡度变化在0.005‰~0.010‰,较2015年坡度变化有变大趋势;京沪高铁(京津冀段)坡度变化在0.001‰~0.005‰的线路长度占京津冀区内总长度的75.53%,坡度变化在0.005‰~0.010‰的占24.47%,京沪高铁坡度变化与2015年趋势基本一致;京广高铁(京津冀段)坡度变化在0.0005‰~0.001‰的线路长度占京津冀区内总长度的80.33%,坡度变化在0.001‰~0.005‰的占19.67%,京广高铁坡度变化与2015年趋势基本一致;津秦高铁坡度变化在0.0005‰~0.001‰的线路长度占总长度的85.83%,坡度变化在0.001‰~0.005‰的占14.17%,坡度变化与2015年趋势基本一致;津保高铁坡度变化在0.001‰~0.005‰的线路长度占总长度的22.73%,变化在0.005‰~0.010‰的占77.27%;石济高铁(京津冀段)坡度变化均在0.001‰~0.005‰。

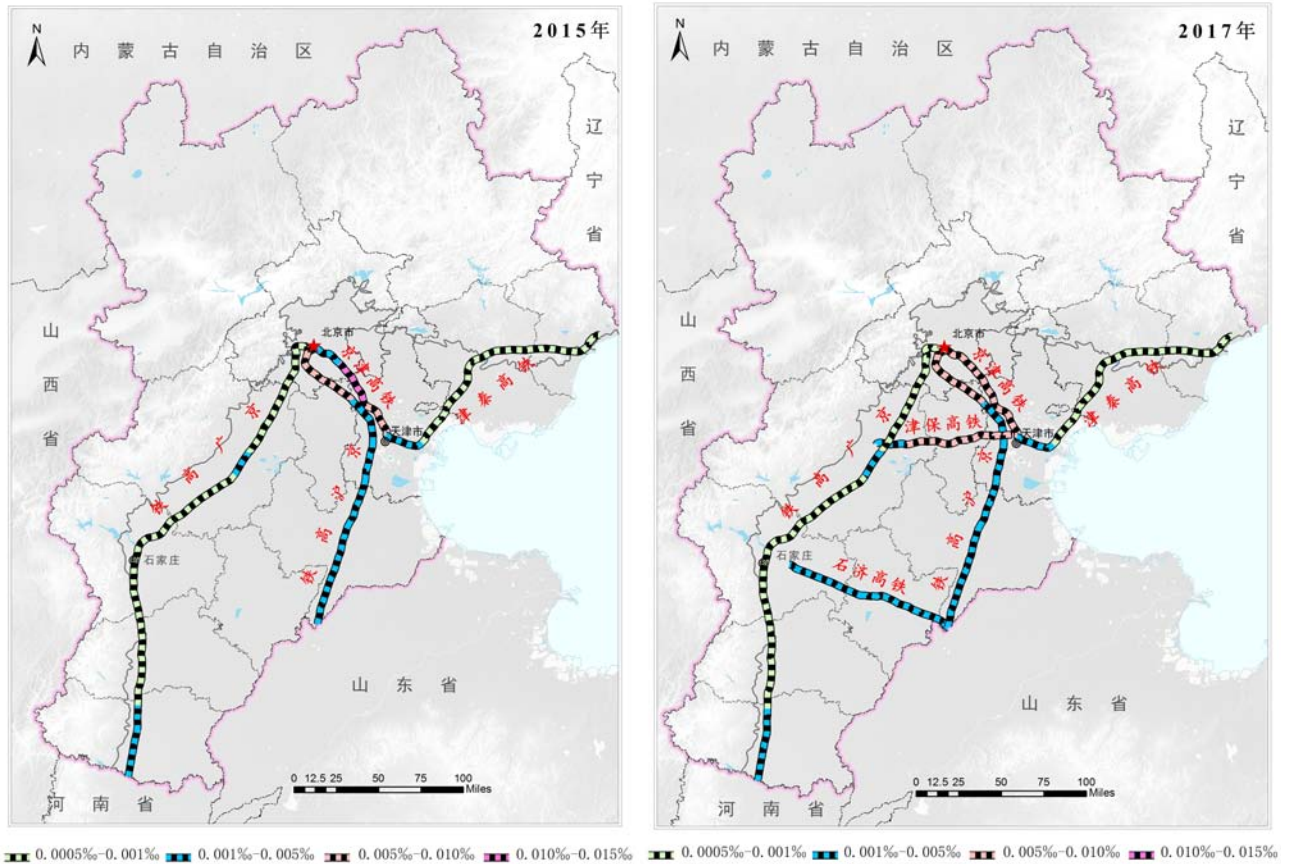


图1 地面沉降造成高铁线路坡度年度变化情况

Fig.1 Annual change of high-speed rail lines gradient caused by land subsidence

表2 京津冀地区不均匀地面沉降对高铁线路坡度影响情况一览表

Tab.2 Impact of inhomogeneous land subsidence on high-speed rail line gradient in Beijing-Tianjin-Hebei region

高铁名称		坡度变化长度占比			
		0.0005‰~0.001‰	0.001‰~0.005‰	0.005‰~0.010‰	0.010‰~0.015‰
京津高铁	2015年	—	26.76%	35.99%	37.25%
	2017年	—	—	100%	—
京沪高铁	2015年	—	75.67%	24.33%	—
	2017年	—	75.53%	24.47%	—
京广高铁	2015年	80.91%	19.09%	—	—
	2017年	80.33%	19.67%	—	—
津秦高铁	2015年	85.81%	14.19%	—	—
	2017年	85.83%	14.17%	—	—
津保高铁	2017年	—	22.73%	77.27%	—
石济高铁	2017年	—	100%	—	—

注:本次评价采用的数据为地面沉降等值线数据,缺乏点上较为精确监测数据,评价结果具有趋势意义,不具有决定意义,可参考,但不可作为直接依据。

尽管区域性的不均匀地面沉降对高速铁路坡度有所改变,但都在工程技术标准限制坡度20‰(年度0.2‰)之内。从2015年和2017年评价结果来看,不均匀地面沉降并未对高铁线路坡度产生严重影响,从坡度变化角度尚未严重影响轨道的平顺性,没有对高铁运行安全产生威胁。从地面沉降角度,现有

地质环境还具备承载高铁运行的能力。但地面沉降影响随着时间的推移会逐渐增加,2017年地面沉降较2015年有增大趋势,部分高铁线路坡度变化有增加区域。由于缺乏高铁运行以来累计地面沉降结果,现有评价工作更重要的意义为思路借鉴。将高铁线路坡度变化作为承载状态评价的指标,通过对

地面沉降的监测与评价可及时了解高铁线路平顺性受不均匀沉降的影响,可及时为高铁安全运营提供参考依据,实现地质环境承载状态评价结果与高铁运行相关联,使地质环境承载状态评价更具有实用性。

3 结论

(1)根据《国土资源环境承载力评价技术要求(试行)(地质部分)》中承载状态评价定义,地质环境承载状态评价指标应与社会经济建设相关联,但现有评价指标不能满足要求。本文选择地面沉降为研究对象,从地面沉降变化对高速铁路影响角度探索地质环境承载力状态评价思路。

(2)为了体现地面沉降与高速铁路安全运营之间的关系,状态评价指标除采用地面沉降年均沉降速率外,还采用高铁线路坡度变化。地面沉降年均沉降速率按五级标准进行分级评价,高铁线路坡度变化利用在一定年限内两点间由不均匀地面沉降造成的坡度变化来计算,按照高速铁路设计规范进行评价。

(3)以京津冀地区地面沉降研究为例,评价了2015年和2017年地面沉降速率和京津、京沪、京广、津保、津秦、石济等6条高铁线路坡度变化情况。结果显示,2015年和2017年年度地面沉降变化并未对高铁线路坡度产生严重影响,从地面沉降角度,现有地质环境还具备承载高铁运行的能力。但是,京津冀地区2017年较2015年地面沉降严重区面积有所增加,增加比例为2.7%,地面沉降防控形势依然严峻,且地面沉降影响具有累加性和一定程度的不可预测性,需加强不均匀地面沉降对高铁轨道平顺性的影响监测,为高铁安全运营提供参考依据。

(4)将高铁线路坡度变化作为地面沉降承载状态评价的指标,可建立地面沉降与高铁安全运行之间的关系,从而实现承载状态评价定义中所要达到的“针对单一地质环境要素开展的地质环境供容能力与社会经济发展匹配状态的评定”的目的,使地质环境承载状态评价结果更具有实用价值。

参考文献:

- [1] 樊杰. 资源环境承载力专题序言[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3):1-1.
- [2] 樊杰, 周侃, 王亚飞. 全国资源环境承载力预警(2016版)的基点和技术方法进展[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3):266-276.
- [3] 李瑞敏, 孟晖. 国土资源环境承载力评价技术要求(试行)(地质部分)[S]. 国土资源部, 2016.
- [4] 殷志强, 李瑞敏, 李小磊, 等. 地质资源环境承载力研究进展与发展方向[J]. 中国地质, 2018, 45(6):1103-1115.
- [5] 龚士良, 丁利红. 地面沉降自动化测控与预警预报系统[J]. 计算机测量与控制, 2003, 11(4):244-246.
- [6] 谢海澜, 郑锦娜. 区域性地面沉降研究现状[J]. 地质调查与研究, 2009, 33(3):236-240.
- [7] 袁铭, 白俊武, 秦永宽. 国内外地面沉降研究综述[J]. 苏州科技学院学报(自然科学版), 2016, 33(1):1-5.
- [8] 罗文林, 侯伟, 韩焯, 等. 北京东部区域地面沉降现状及其发展趋势预测[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2015, 30(2):52-59.
- [9] 刘勇, 黄海军, 李培英, 等. 黄河三角洲深层地下水漏斗引发的地面沉降特征[J]. 应用基础与工程科学学报, 2014, 22(5):896-908.
- [10] 庞亚瑾, 张怀, 程惠红, 等. 华北地区地下水开采对地壳应力的影响[J]. 地球物理学报, 2016, 59(4):1394-1402.
- [11] 杨建民, 纪森林. 抽水导致区域性地面沉降中的s-lnr线性关系[J]. 岩土工程学报, 2016, 38(9):1606-1614.
- [12] 郭海朋, 白晋斌, 张有全, 等. 华北平原典型地段地面沉降演化特征与机理研究[J]. 中国地质, 2017, 44(6):1115-1127.
- [13] 秦同春, 程国明, 王海刚. 国际地面沉降研究进展的启示[J]. 地质通报, 2018, 37(2/3):503-509.
- [14] 蔡小培, 刘薇, 王璞, 等. 地面沉降对路基上双块式无砟轨道平顺性的影响[J]. 工程力学, 2014, 31(9):160-165.
- [15] 魏强. 高速铁路沉降与变形分析及对策[J]. 铁道建筑, 2015, (10):13-18.
- [16] 王荣, 杨艳, 田芳, 等. 高速铁路区域地面沉降监测体系构建[J]. 2014, 35(2):17-19.
- [17] 秦长利. 地面沉降对轨道交通的影响和应对措施[J]. 都市快轨交通, 2010, 23(5):72-74.
- [18] 李国和, 许再良, 孙树礼, 等. 华北平原地面沉降对高速铁路的影响及其对策[J]. 铁道工程学报, 2007, (8):7-12.
- [19] 《高速铁路设计规范》(TB10621-2014)[S]. 国家铁路局. 2014.

Study on land subsidence assessment in evaluation of carrying capacity of geological environment

XIE Hai-lan^{1,2}, XIA Yu-bo^{1,2}, MENG Qing-hua^{1,2}, ZHAO Chang-rong^{1,2}, MA-zhen^{1,2}

(1. *Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;*

2. *North China Center for Geoscience Innovation, Tianjin 300170, China*)

Abstract: Gradient variation of high-speed railway has been adopted to evaluate the loading status of land subsidence. A case study focused on effect of uneven land subsidence on slope of existing high-speed railway in Beijing-Tianjin-Hebei Region could be contributed to establish the relationships between land subsidence and safe operation of high-speed train. In summary, the evaluation of loading status of geological conditions is tightly linked to social economic construction. Such application not only enhances the practicability of evaluation results of loading status, but also provides valuable insights into other relevant researches.

Key words: carrying capacity of geological environment; carrying state; Land subsidence; high speed railway

Preliminary discussions on the metallogenesis of the Dongsheng uranium orefields in the Ordos basin

FENG Xiao-xi^{1,2}, TENG Xue-ming^{1,2}, HE You-yu³

(1. *Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;*

2. *Laboratory of Non-fossil Energy Minerals, Tianjin Center of China Geological Survey, Tianjin 300170, China;*

3. *Geological Bureau of Hunan Province Nuclear Industry, Hengyang 421008, China*)

Abstract: On the basis of in-depth studies supported by 973 programme and sandstone-type uranium survey project, and in perspective of the diagenetic process of the Middle Jurassic Zhiluo Formation, the authors aim to discuss several issues on the metallogenesis of Dongsheng uranium orefield. The Paleoproterozoic Khondalite Belt in the northern Ordos Basin is the main provenance contributor to the pre-concentrated uranium in the syngenetic sedimentary process of the Middle Jurassic Zhiluo Formation. During the early stage of diagenetic process of the Zhiluo Formation, the pre-concentrated uranium was migrated to the grey sandstone by formation water preserved in Zhiluo Formation to further uranium mineralization, and modified by thermal fluid after diagenesis. Inferring from the occurrence of uranium ore bodies, and the spatial relationship between uranium mineral and uranium-containing medium, the uranium mineralization period should be in the end of Early Cretaceous. The metallogenic process were under the control of the early stage of diagenetic process of the Zhiluo Formation.

Key words: erosion source area; Uranium source; ore-forming fluid; Metallogenic period; Dongsheng uranium orefield