

重要规划建设区及交通廊道辐射区地质环境稳定性评价分析

孙薇,王振兴*,张冰,周晓妮

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所,石家庄 050061)

摘要:本次研究以邯郸市重点规划建设区及交通廊道沿线辐射区为研究对象,在充分收集京保石交通廊道沿线地质构造、活动断裂、以往地震发育、地裂缝、地面沉降等相关资料的基础上,开展了简明的地质环境稳定性评价,划分出稳定性区域、基本稳定区域、稳定性差区域与不稳定区域。根据稳定性综合区划结果,为京保石交通廊道的工程规划和路线选址提供地学建议。

关键词:区域构造;地裂缝;地面沉降;地震;区域稳定性评价

中图分类号: P642

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2020)03-0279-08

重要规划建设区及交通廊道辐射区的建设是区域经济社会发展的基础支撑,尤其是在京津冀地区,两市一省的协同发展高度依赖于区域内中小城市与核心城市之间的交通联系,范围所属冀中南部邯郸市辖区内,重点规划建设区主要指磁县以北区域,该区域被定名为冀南新区,交通廊道辐射区是指区内京广铁路、京港澳高速、安阳绕城高速、京广高铁、邯大高速、邯郸绕城高速等重要交通廊道周边3~5 km的范围区间(图1)。交通廊道环境问题及其主要影响机制是目前地学领域研究热点问题之一。在整个京津冀地区内,冀中南是目前环境地质问题最为突出的区域^[1],尤其是邯郸市由于多年来地下水超采导致地面沉降、地裂缝等地质灾害频发^[2-4]。在该区域内有磁县-大名及太行山山前活动断裂,导致地震活动较为频繁^[5-7],这一系列因素对上述的重大工程活动造成严重隐患。

定量刻画上述地质灾害对交通廊道的影响,划分适宜分区是当前的一项重要任务。但目前面临的问题是,在邯郸地区已完成大量的相关的调查工作^[8-12],调查精度较低、资料较为陈旧,尤其是近年来邯郸

地区地下水仍处超采状态,地下水漏斗仍处于扩大趋势,传统的地面沉降和地裂缝资料无法支撑目前的评价。另一方面,前人大量的研究,均是从地裂缝、地震等单一角度来探究其对于重大工程建设的影响^[13-15],从构造、地震、地裂缝、地面沉降四个方面综合开展稳定性评价分析的研究较少。

基于此,依托中国地质调查局冀中南城市群地

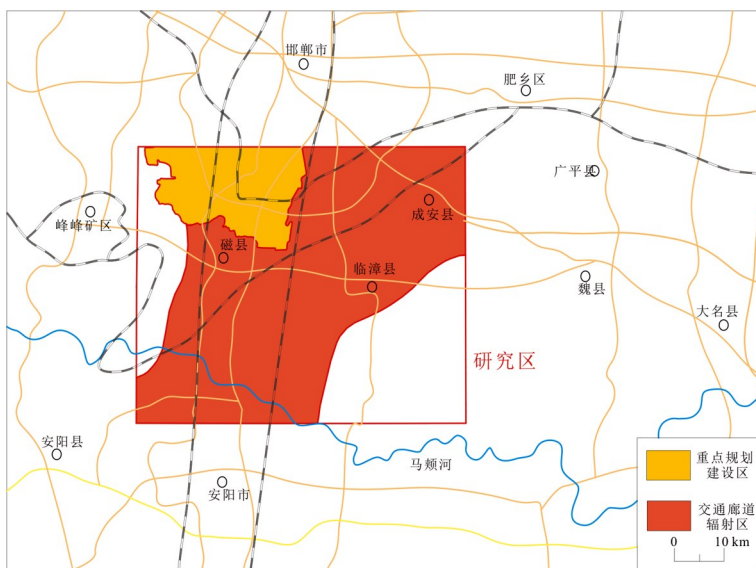


图1 重点规划建设区及交通廊道辐射区划分

Fig. 1 Division of key planned construction areas and traffic corridor radiation areas

收稿日期:2020-06-28

资助项目:中国地质调查局项目“冀中南城市群综合地质调查(DD20190252)”

作者简介:孙薇(1989-),女,硕士,中国地质科学院水文地质环境地质研究所,主要从事地下水污染评价方面的研究,E-mail:1171203263@qq.com; *通讯作者:王振兴(1986-),男,博士,中国地质科学院水文地质环境地质研究所,主要从事水文地质工程地质方面研究,E-mail:wangzhxing9987@126.com。

质调查项目(DD20190252),在研究区开展 1/5 万环境地质调查,在查明研究区地裂缝、地面沉降、构造活动、地震活动分布特征的基础上,对其进行综合评价,根据其稳定性,将研究区划分为不同的分区,为交通廊道等重大工程的建设提供支撑。

1 研究区概况

1.1 环境地质概况

研究区内存在地下水超采现象,地裂缝、地面沉降以及相应的构造地震等地质灾害,其中,大型断裂构造为太行山断裂、磁县-大名隐伏断裂;地震出现区域较集中,主要分布在磁县西北部;地下水降落漏斗开采深度基本在 120 m 以上,中心水位埋深在总体上呈增加的趋势;地面塌陷的发生,造成农田、道路的毁坏;构造地裂缝主要分布在山前冲洪积平原区,均位于地下水降落漏斗范围内,伴生地裂缝主要分布在西部山区采塌陷区或沉降区的周围^[16]。

1.2 工程地质概况

综合考虑地层地质时代、成因类型、沉积韵律及岩土体工程地质性质等,结合实测的两条地质剖面,在工作区控制勘探深度内(50 m),将磁县幅及辛店幅工程地质地层自上而下各分九层。其中磁县幅地质条件差异较大,西部、北部出露下更新统泥砾及上更新统粉土,下伏第三系半成岩的粘土层,中南部出

露粉土、粉质粘土,下伏泥砾层岩性及其组合空间差异性大。辛店幅地层西部出露部分以泥砾为主,厚度较大,中东部以粉土细砂为主,偶夹粘土薄层。

1.3 水文地质概况

研究区第一和第二含水层组为浅层含水层组,主要形成于晚更新世和全新世时期,含水层岩性主要为灰黄、棕黄、浅棕褐色卵石、中细砂、粉砂及粉砂土夹砂层;第三、第四含水层组为深层含水层,其中第三含水层组含水层岩性主要为卵砾石及粘性土夹砂层;第四含水层组含水层岩性以卵石为主,其次为棕红、棕褐色粘性土夹砂层,偶见小砾石。从地下水补径排特征总体分析来看,规划建设区内地下水由西向东并深度逐渐增大,水位埋深增大,地下水径流方向与河流流向大体一致,总体由西向东流动。

2 重要规划建设区主要环境地质问题

2.1 断裂带及其活动性、地震

2.1.1 分布特征

重点规划建设区主要大型断裂带为太行山山前断裂、磁县-大名隐伏断裂、次级小型断裂(图2)。

太行山山前断裂:自石家庄东南的栾城向南,经高邑、邢台、邯郸、磁县延向河南安阳,省内长 200 km,总体走向为北东 10°左右,其贯穿于整个规划区。

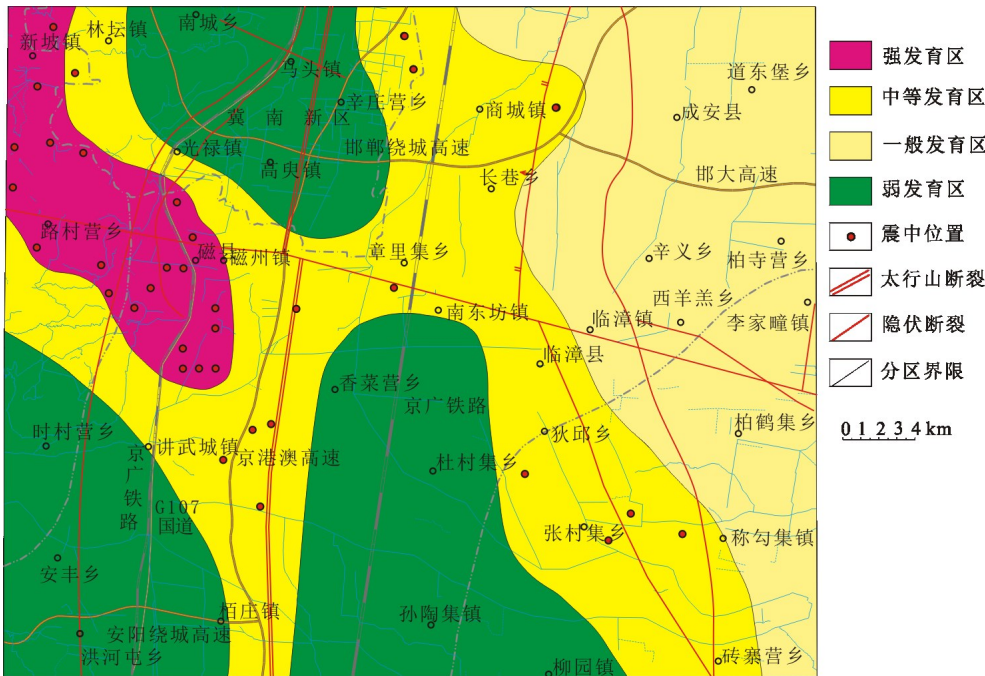


图2 断裂带及其活动性、地震稳定性分区图
Fig.2 Fault zone and its activity and seismic stability zoning

磁县-大名隐伏断裂:该断裂走向西 70° 左右。在邯鄲区内长约90 km,向东延入山东^[17-18]。在空间上同北邻的无极-衡水大断裂排成阶梯状,属正断层。该断裂在规划区为自西向东呈现。

其它次级断裂:断裂规模较小,分布于主干断裂之间,有的单独产出,有的数条断裂平行分布,形成断裂束^[18]。

根据断裂带及其活动性、地震稳定性,工作区可划分为强发育区、中等发育区、一般发育区和弱发育区(图2)。强发育区主要分布在磁县西北部磁州镇-路存营乡-新城镇一带;中等发育区主要分布在交通廊道的京港澳高速两侧,向整个研究区四周扩散,主要包括讲武城镇-习文乡,章里集乡,南城镇等区域周边;一般发育区集中位于东北部一带,包括成安县周边,邯大高速以南的柏寺营乡、柏鹤集乡、称勾集镇等区域。

2.1.2 成因及影响机制分析

研究区包括磁县、临漳、成安三个区域,大断裂主要有太行山山前断裂、磁县-大名隐伏断裂。太行山前深断裂经过本次研究区,形成于前长城纪,由于长期活动,已经延伸至地壳深部,是控制区域性构造的三条主干断裂之一,长达数十千米,纵贯全区。断裂方向为北东向及南北向。断裂形成于中生代,至新生代仍有强烈活动。磁县-大名隐伏断裂与太行山山前断裂交汇,共同控制本次研究区的构造特征。所发生的地震是沿着区域应力场最大剪应力方向,NNE向断裂发生右旋扭动、NWW向断裂产生左旋扭动。区内NNE向断裂如太行山山前断裂、紫山-鼓山断裂和沧东南断裂对本区地震活动起着重要控制作用;NW向、NWW向断裂与NE向、NNE向断裂的交汇部位构成具体的发震条件,在NNE向区域主应力场中,并在局部垂直应力作用下,两组断裂的扭动,则是本区地震活动的主要构造因素和活动方式^[19]。

磁县、峰峰矿区是辖区地震活动密集区,地震主要分布在邯鄲断裂、紫荆山-鼓山断裂与磁县-大名隐伏断裂交汇部位,也是1830年磁县7.5级大震Ⅸ区范围^[20]。总体而言,目前邯鄲一带地震活动由于受太行山山前断裂与磁县-大名断裂的影响,小型地震活动较为频发,且震源较浅,对最大工程建设带来一

定的安全隐患(图3)。

2.2 地面沉降

2.2.1 分布特征

地面沉降一般区主要分布在成安县城以西-辛

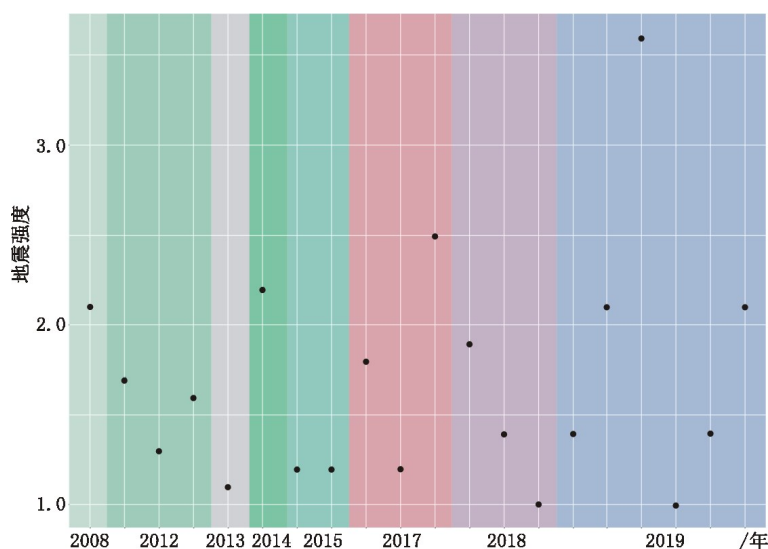


图3 2008-2019年工作区内地震活动特征

Fig.3 Characteristics of seismic activity in the work area from 2008 to 2019

义乡-西羊羔乡-砖寨营乡以东区域;地面沉降轻微区主要分布在磁县、临漳周边等大面积地区域。工作区西北角新城镇、西固义乡一带有采空塌陷和地裂缝分布,为突发性地质灾害中高易发区(图4)。

2.2.2 成因及影响机制分析

(1)成因分析

由于研究区沉积类型有些复杂,加之地下水开采程度不同导致了各区地面沉降发展差异性较大。总结地下水开采条件下引起的地面沉降,结合地面沉降成因分析可知,三大因素制约着地面沉降的发展,即粘性土厚度、土体的可压缩性以及水位的变化。结合地面沉降分布特征和地面沉降形成机理对地面沉降成因进行简要分析。

东部平原地面沉降是由于砂性土、粘性土释水压缩而导致的,其中砂性土的压缩量较小,是可以恢复的,暂时性的;粘性土的压缩包含了弹性变形与塑性变形,塑性变形占主要部分,是不可恢复的,永久性的。在整个地层压缩过程中,粘性土的塑性变形占较大比例,是地面沉降得以发展的基础地质条件,只有开采层粘性土厚度较大的地区,地面沉降才有可能较为严重;对于粘性土厚度较薄的地区,一般不会出现较大规模的地面沉降,这一结论基本与东部

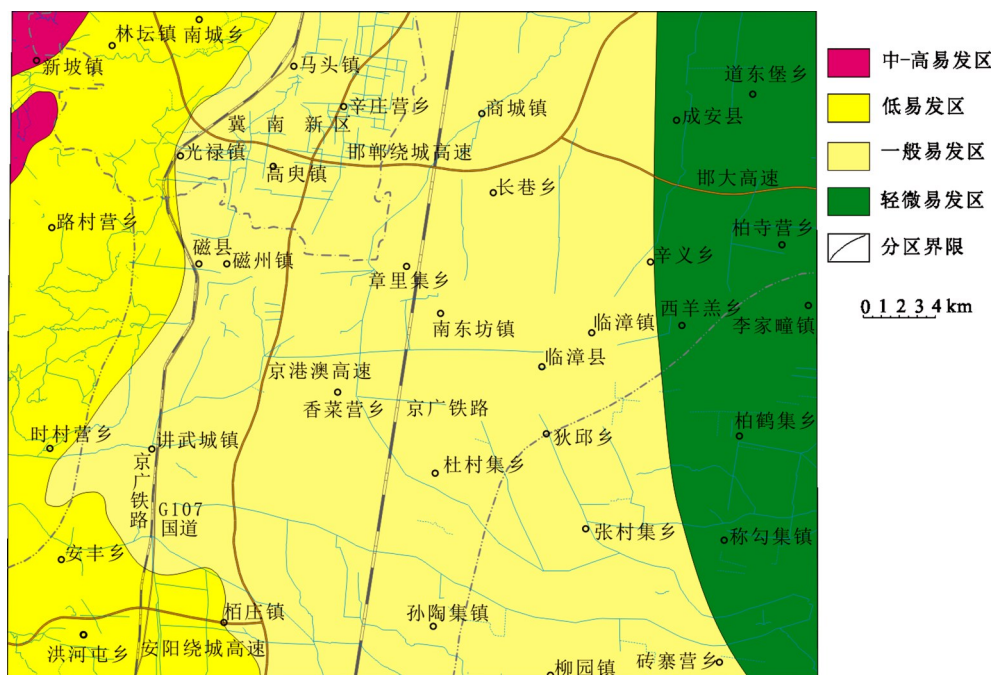


图4 地面沉降分级图

Fig.4 Gradation of land subsidence

平原地面沉降与粘性土厚度的分布规律一致。

地下水水位下降导致孔隙水压力降低,受粘性土渗透性影响,粘性土中孔隙水压力的变化相对较缓,地层粘性土内部孔隙水压力的变化是从含水层界面开始逐渐向内部变化。水位下降的幅度和时间均决定了地层内部土体的压缩量。水位下降速度越快,降幅越大,土体内部孔隙水压力的变化越快,下降量越大,从而导致土体的压缩速率越快,压缩量越大;如果持续下降时间越长,土体塑性变形量就越大,压缩量也就越大^[20-21]。

(2)影响机制分析

引起地面沉降的因素可分为自然因素及人为因素。主要成因分析如下:

自然因素:a.地质构造作用造成的地面沉降在地壳运动影响下,规划区长期以来处于缓慢下降状态,第四纪以来的活动断裂和构造沉降,加剧了地面沉降的发生和危害^[22]。b.断层蠕动:部分区域地面沉降带与区域构造线的延伸方向一致,分布位置上也与第四纪断层出现部位大体相同,其地面沉降形成受断裂构造位置及其活动所控制。

人为因素:a.超采地下水引起的地面沉降:长期大量超采地下水,是形成地面沉降的主要原因。开采地下水会引起松散地层大量释水,使地层压缩、固结而产生沉降。b.开采矿产资源等引起地面沉降:

区内地面塌陷主要为采矿造成的采空塌陷(沉降),矿层采空后,地下岩层自然应力平衡被破坏,上覆岩层失去足够的支撑,在重力作用下,采空区顶板首先变形、冒落,形成冒落带,上覆岩层在重力作用下,空隙不断压实,上方岩层下沉弯曲,并产生断裂,形成裂隙带^[22]。裂隙带形成以后,在重力持续作用下,裂隙带以上至地表,岩层产生柔性平缓弯曲、下沉,从而形成地面塌陷。

2.3 地裂缝

2.3.1 分布特征

重点规划建设区地裂缝位于古漳河洪积扇后缘的全新世土层中,其展布方向以NNE-SN向为主,并构成其主体;其次为NWW-EW方向,但这些地裂缝多延伸较短,分布位置分散,成带不明显;NW和NE方向地裂缝极少,且不单独出现,多与SN或EW向地裂缝伴生或交接,规模很小。

根据工作区地裂缝的发育情况,将工作区地裂缝分为密度大、密度中、密度小、无地裂缝发育四个区(图5)。密度大的强发育区出露面积较小,分布在西北角的新城镇周边;中等发育区位于新城镇以南几千米外;弱发育区在规划区内几处出现,分别位于路存营乡以南,柏庄镇与安阳、绕城高速交汇处,磁县以东,商城镇以北,成安县以东,孙陶集镇以西,称勾集镇周边一带,分布较零散,其它地区均为不发育

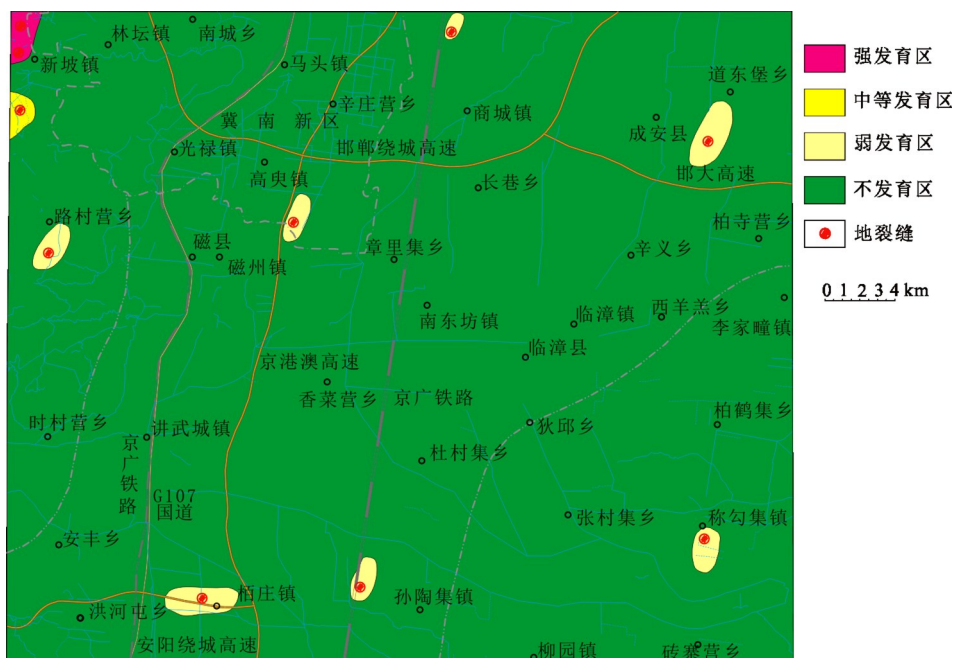


图5 地裂缝发育分级图

Fig.5 Gradation map of ground fissure development

区,整体规划区内地裂缝出露较多。

2.3.2 成因及影响机制分析

(1)成因分析

研究区内地裂缝的数量不多,有由于地震及基底断裂活动派生的构造地裂缝,有因土体遭潜蚀、黄土湿陷胀缩地面沉降、滑坡、地下水开采等非构造地裂缝,以及混合成因的地裂缝,很多情况下,是多种因素综合作用的结果。总体而言,非构造地裂缝的形成,主要是由于人类活动和自然外营力作用;构造地裂缝的形成,主要是由于自然内营力的作用^[23]。

具体成因从地裂缝具有定向延伸与成带等距的分布格局,同步位错与多点双向破裂等特征,断定其为一系列的构造地裂缝。它们是大华北亚板块现代地裂缝活动的组成部分,是区域应力逐渐增强、区域构造活动不断加强的结果:1)区域应力场加强驱动断裂带蠕动的结果。研究区各条地裂缝均显示东侧下降,与断层的力学性质相互吻合。断裂带是地裂缝的构造基础。从地裂缝展布方向分析,近SN向地裂缝东盘南移具右旋水平动向;近EW向地裂缝南侧地面东移具左旋水平动向,两者组成共扼的地裂缝体系,显示主压应力方向为NE50~60°。与1966年邢台展群震源机制解显示的冀中-豫北现代主压应力方向相近^[24]。1966年邢台地震后,进一步增强的华北亚板块区域构造应力,驱动华北区断裂活动增

强,使包括重点规划建设区断裂在内的断裂蠕动,在地表松散土层中产生地裂缝。2)地面沉降诱导和促进了地裂缝的发展。据国家地震局测量大队复测相关数据显示,重点规划研究区是地面沉降幅度相对较大的地区。地面沉降的平面格局是在区域沉降背景上,在过量抽取地下水产生的地面沉降碟内,有多处沉降槽存在。地面沉降槽在一定程度上控制了地裂缝的出露部位;而地下水水位大幅度下降造成的地面沉降,作为一种叠加因素,对地裂缝的出现和加速发展起到了诱发和促进作用,当然地裂缝的形成也促进了地面不均匀沉降的增强^[25-26]。

(2)影响机制分析

影响地裂缝的发育除了构造因素外,还受土质环境、地形地貌、非构造因素等的影响^[23]。具体表现为:

土质环境与地裂缝发育:地层土质对地裂缝发生、发展的影响,主要表现在两个方面,一是作为构造应力、应变传递的介质,对于一定的应力条件,地裂缝发生的可能性及发生的强度和规模,很大程度受控于场地的地层条件;另一方面,不同类型的土层,对于某些诱发因素的反应程度具有明显差异,如湿陷性土层受水的作用发生湿陷变形,压缩性土层因地下水超采发生沉降变形等。

地形地貌的影响:虽然构造地裂缝的分布范围不受地貌单元的限制,但地貌单元界线往往是当地

及重大水利或铁路、公路等轨道工程的规划建设区。(2)基本稳定区域地裂缝分布很少,地面沉降等级弱,可作为高层工业与民用建筑的规划建设区。(3)稳定性差区域地裂缝发育较多,地质条件中等,属于地面沉降弱发育区,可作为多层工业与民用建筑以及一般水利或公路工程的规划建设区。(4)不稳定区域沉降速率高,地裂缝发育强,水位埋深浅,总体条件一般,经过适当处理可作为多层、一般工业与民用建筑的规划建设区。

综上所述,整个交通廊道规划区内的特点是:地基承载力一般、地面沉降中等,地裂缝发育较密集,活动性强烈;总体来说工程建设条件一般,建议针对断裂带及地震活动、地裂缝以及地面沉降发育区进行规避。经过适当规划处理可作为多层、一般工业、民用建筑以及兴建交通干线的规划建设区。

参考文献:

- [1] 狄胜同,贾超,张少鹏,等.华北平原鲁北地区地下水超采导致地面沉降区域特征及演化趋势预测[J].地质学报,2020,(5):1638-1654.
- [2] 鄂建,孙爱荣.华北平原地面沉降机理与特点及防治措施[J].资源环境与工程,2007,(2):156-159.
- [3] 任妹娟,任政委.华北平原地裂缝勘查技术方法研究[J].科技创新与生产力,2014,(7):40-42.
- [4] 石建省,马荣,马震.区域地球多圈层交互带调查探索研究[J].地球学报,2019,40(6):767-780.
- [5] 李善峰,叶晓滨,何庆成,等.华北平原地面沉降灾害经济损失评估方法探讨[J].水文地质工程地质,2006,(4):114-116.
- [6] 马小雷.武安市地质灾害区划及防治对策研究[D].河北工程大学,2015.
- [7] 张维宸.地质灾害防治对策[J].中国地质灾害与防治学报,2001(4):79-82.
- [8] 马洪林,申娟娟,赵怀涛.遥感技术在矿山地质环境调查中的应用—以邯郸市矿山地质环境调查为例[J].河北遥感,2015,(3):24-25.
- [9] 孙超,赵文莲,商磊,等.邯郸市市区地下水水位漏斗演化特征[J].地下水,2015,(1):54-56.
- [10] 王静,王成亮,董宇.岳城水库区域断裂活动性特征分析[J].防灾科技学院学报,2008,(03):50-55.
- [11] 杨柳.邯郸市工程地质场地条件与地震动参数关系研究[J].华北地震科学,2016,34(4):67-72.
- [12] 周俊杰,宋宏利,刘海新,等.邯郸市周边断裂带的活动特征分析[J].地震地质,2012,(1):100-109.
- [13] 徐杰,高战武,宋长青.太行山山前断裂带的构造特征[J].地震地质,2000,22(2):111-122.
- [14] 侯治华,张世民,任俊杰,等.河北省邯鄹—邢台断裂晚更新世以来的活动特征[J].地壳构造与地壳应力文集,2008,(1):51-61.
- [15] 邹继兴,邵德友.邯鄹北部地区地裂缝与土层构造节理[J].水文地质工程地质,1994,21(3):46-49.
- [16] 景成虎.邯鄹东部平原地区地热地质特征及开发利用研究[D].中国地质大学(北京),2007.
- [17] 李鹏.邯鄹市城区地震动参数及区划研究[D].河北工程大学,2014.
- [18] 谢明忠.邯鄹—峰峰矿区构造应力场分析及其影响[J].中国煤田地质,2006,(4):13-24.
- [19] 曹代勇,占文峰,张军,等.邯峰矿区古构造应力场与构造演化[J].中国煤田地质,2005,(5):1-3.
- [20] 王成亮,梁东洲,朱坤静,等.邯鄹市辖区历史与现今地震活动性特征[J].防灾科技学院学报,2012,14(3):44-48.
- [21] 张双凤,孙晴,张小涛.邯鄹地形变与地下水位动态相互关系研究[J].西北地震学报,2009,31(4):367-373.
- [22] 何庆成,刘文波,李志明.华北平原地面沉降调查与监测[J].高校地质学报,2006,(2):195-209.
- [23] 赵兴考.邯鄹市地裂缝形成机制及防治对策[D].中国地质大学(北京),2007.
- [24] 刘科.河北平原区地裂缝与地震相关性及其能量释放研究[D].河北理工学院,2002.
- [25] 李昌存.河北平原地裂缝研究[D].中国地质大学(北京),2003.
- [26] 杨勇,郑凡东,刘立才,等.地下水开采引发的地面沉降易发性区划及控制措施[J].中国地质,2013,40(2):653-658.
- [27] 谢如奎,沙向东,王瑞鹏.工程场地地震安全及地震动参数应用[J].建设科技,2010,(21):85-86.
- [28] 石林珂,孙懿斐,岳安平,等.地震安全性评价方法及其应用[J].物探化探计算技术,2008,(2):120-124+81.
- [29] 任长海.浅谈场地地震安全性评价对建筑抗震减灾的重要性[J].今日科苑,2009,(2):22.
- [30] 杜东,柳富田,刘宏伟.河北曹妃甸岛区工程地质环境稳定性评价研究[J].地质调查与研究,2019,42(04):299-304.
- [31] 谢海澜,夏雨波,孟庆华,等.地质环境承载能力评价中关于地面沉降的评估研究[J].地质调查与研究,2019,42(02):104-108.
- [32] 白耀楠,马震,张竞,等.廊坊北三县工程建设适宜性评价[J].地质调查与研究,2019,42(02):117-122.
- [33] 郭旭,白耀楠,刘宏伟,等.海绵城市建设地质适宜性评价——以郑州航空港经济综合实验区为例[J].地质调查与研究,2019,42(02):123-128.

Characteristics of environmental problems in important planning and construction areas and traffic corridors and influence mechanism research

SUN Wei, WANG Zhen-xing*, ZHANG Bing, ZHOU Xiao-ni

(*The Institute of hydrogeology and Environmental Geology, CAGS, Shijiazhaung 050061, China*)

Abstract: Geological hazards such as the development and activity of geological structures, ground subsidence, ground fissures, etc. have a significant impact on the construction of major projects. This study takes the key planning and construction area of Handan and the traffic corridor as the research object. Based on fully collected data regarding to the geological structure, active faults, previous earthquake development, ground fissures, ground settlement and other relevant materials along the Jingbaoshi traffic corridor, comprehensive stability assessment has been carried out. Engineering geological stability zones, meta-stable zones, transition zones and unstable zones are determined under the assessment system. The results based on the comprehensive geological stability not only provide geological suggestions on engineering planning and route selection of the Beijing-Baoding-Shijiazhuang traffic corridor, but also provide countermeasures and plans for environmental geological problems and geological disaster prevention in this corridor.

Key words: Regional structure; ground fissure; ground subsidence; earth quake; regional stability evaluation

Valuation of groundwater environmental quality and causes of problems in the capital sub-center and key regions

MIAO Jin-jie¹, JIN Ji-hong², DU Dong¹, LIU Hong-wei¹,

BAI Yao-nan¹, ZHANG Jing¹, GUO Xu^{1*}

(*1. Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China; 2. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijiazhuang 050061, China*)

Abstract: As an important strategic and drinking water source in the Beijing-Tianjin-Hebei Region, groundwater has not been effectively curbed in its over-exploitation and environmental quality deterioration, which seriously endangers the sustainable development and the safety of drinking water in the region. The Tongzhou and Langfang North three regions, as the sub-center and the key functional area of the capital, are facing the problem of water resources shortage and quality deterioration. In order to investigate the groundwater quality under the influence of human activities in this area, the authors collected 482 groundwater samples for tests and analyses. The results shows that the groundwater quality was generally poor. In comparison, the quality of deep groundwater was better than that of the shallow groundwater. The factors that mainly affect the water quality are the inorganic matters such as the total dissolved solid, total hardness, iron, manganese, and nitrate nitrogen. On this basis, the causes and sources of the main influencing indexes of groundwater quality in the study area are discussed. The countermeasures and suggestions for regional groundwater quality control are also put forward. The research results can provide technical support for improving the groundwater environmental quality management level and ensuring drinking water safety in the capital Sub-center and key region.

Key words: Tongzhou and Langfang North three regions; hydrogeology; groundwater; quality evaluation; pollution factor