

文章编号: 1004- 4574(2010) 06- 0100- 07

北京顺义区地裂缝分布特征及成因分析

杨 涛^{1, 2, 3}, 宫辉力³, 赵文吉³, 李小娟³, 苏耀明⁴

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039
3. 首都师范大学 三维信息获取与应用教育部重点实验室, 北京 100048 4. 环境保护部 华南环境科学研究所, 广东 广州 510655)

摘 要: 从区域特定的地质环境背景出发, 对北京顺义区地裂缝的主要特征进行了初步研究, 系统分析了地裂缝地质灾害的成因机制, 即区域地质构造、基岩埋深及基岩起伏形态差异、第四纪沉积层厚度及空间分布差异引发地裂缝灾害的内在条件, 而长期过量开采地下水是诱发地裂缝灾害的外在因素, 并据此提出了几条防治的建议和措施。

关键词: 北京顺义区; 地裂缝; 分布特征; 成因分析

中图分类号: X43 文献标识码: A

Distribution characteristics and cause analysis of ground fissures in Shunyi District of Beijing

YANG Tao^{1, 2, 3}, GONG Huili³, ZHAO Wenji³, LIXiaojuan³, SU Yaoming⁴

(1. Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS, Changchun 130012, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Key Lab of 3-Dimensional Information Acquisition and Application of Ministry of Education, Capital Normal University, Beijing 100048, China; 4. South China Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Guangzhou 510655, China)

Abstract This Paper briefly introduces regional geological environment background of Shunyi District in Beijing and preliminarily studies the main features of ground fissures and systematically analyzes the factors and mechanism of ground fissure disaster at last. Regional geological structure, depth and relief form difference of bedrock, thickness and distribution of Quaternary sediment are the intrinsic factors that give rise to the ground fissures disaster, and the super-pumping groundwater is the extrinsic factor. Thus, a few pieces of preventive advice and measures are proposed.

Key words Shunyi District of Beijing Municipality; ground fissure; distribution features; cause analysis

地质环境的变化与人类的活动密切相关, 自然的变迁和人类对地壳的开发引发了许多地质灾害, 地裂缝就是一种十分常见的地质灾害类型。地裂缝是地层形变的直接结果。在内外力因素共同作用下, 土体连续性遭到破坏, 最终导致岩土体结构失衡, 从而发生破裂, 形成地表的裂隙或裂缝, 即地裂缝。地裂缝灾害的发生和发展具有一定的随机突发性、隐蔽性和缓变性等特点, 可直接或间接地恶化环境、降低环境质量、危害人类和生物圈的发展^[1-2]。

由于所处的大地构造位置以及人类活动等因素, 北京顺义地区的地裂缝灾害比较严重。尤其是近几年来, 随着经济建设的迅速发展, 人们对地下水等资源的需求和开采日益增长, 这在很大程度上加剧了地裂缝

收稿日期: 2009- 05- 25 修订日期: 2010- 08- 16

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (2006CB708405); 国家高技术研究发展计划 (2006AA12Z111); 国家自然科学基金资助项目 (40771170)

作者简介: 杨 涛 (1982-) , 男, 博士研究生, 主要从事成像雷达地质灾害应用研究. E-mail: y422@ neigae. ac. cn

灾害的发展。由于地裂缝具有较大的隐蔽性, 由其所造成的危害及隐患也就更加严重。认真查明地裂缝的具体分布及其成因类型, 对有效地开展减灾、避灾工作具有极其重要的意义^[2]。本文在 1: 5 万区域地质调查图的基础上, 结合区域地质、物探、化探、水文及实地监测资料, 进行野外实地调查, 对北京顺义地区地裂缝的分布特征及其形成机制进行了初步的研究和探讨。

1 区域地质环境背景

顺义区地处北京凹陷的北东部, 在大地构造上位于祁吕贺山字形构造反射弧与阴山东西向构造带的交汇部位, 印支、燕山及喜马拉雅等多期构造运动造成地质构造较为复杂, 区内大部分地区为第四系覆盖, 仅在木林、龙湾屯以及二十里长山一带分布有少量的基岩残丘, 其地表以下的基岩主要有中上元古界长城系、蓟县系、青白口系、古生界寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系以及中生界侏罗系和白垩系, 埋深约 80~1200m, 大部分地区缺失第三系。区内构造以北东—北西向的断裂为主, 有些断裂如黄庄—高丽营断裂、顺义—良乡断裂、南苑—通县断裂以及二十里长山断裂等至今仍活动强烈。褶皱构造不甚发育, 只有北西向的大孙各庄向斜及北东向的李遂背斜较具规模^[3-4]。

由于区内地质构造较为复杂, 故地质环境较为脆弱。总体看来, 地质环境具有如下主要特征^[4]: (1) 第四系沉积物发育、地形地貌变化大、松散易液化的细—粉砂及不规则分布的泥炭—淤泥质软土分布广泛、地基稳定性差; (2) 断裂活动性强、地震活动频度高、新构造运动强; (3) 地表水资源较为丰富、地下水资源严重不足。

2 地裂缝分布特征

地裂缝分为非构造和构造两种。非构造地裂缝又可分为膨胀土、黄土湿陷、冻融、干旱等特殊土地裂缝、滑塌、陷落、地震次生等自然重力地裂缝; 构造地裂缝分类较为粗略, 仅分为无震和地震地裂缝两种, 无震构造地裂缝应分为沿活断层分布的断层蠕滑型地裂缝和广泛呈面状散布的区域微破裂(节理)开启型地裂缝^[5], 地震地裂缝则分为主要沿地震能量集中释放的发震断裂分布的地震断层地裂缝。

顺义区位于北京的东北部, 地处燕山南麓, 华北大平原的北缘。由于顺义区地质环境比较脆弱, 隐伏断裂发育、地壳活动性强、地震活动频度高、地下水资源不足且污染较为严重, 水土流失、土地沙化较为普遍, 地裂缝及地面沉降等地质灾害较为常见。

结合区域水文地质资料, 通过野外实地调查验证, 发现北京东北部平原区的地裂缝主要集中分布在顺义区, 其中在顺义城区、北小营和高丽营, 已经形成了 3 个比较明显的地裂缝带(图 1)。构造活动是导致顺义地区地裂缝的主导因素, 该区地裂缝主要为构造地裂缝, 它们是地壳浅表层破裂。区域地裂缝分布与断裂带走向基本一致, 活跃期也基本相吻合或者稍有滞后, 它们是同一构造应力场作用的不同构造现象。

2.1 顺义地裂缝带

顺义地区地裂缝最早发现于 1976 年唐山大地震后, 随后逐渐发展, 主要分布在吴家营—杜各庄—梅沟村—军营村—顺义县城一线, 尤其是顺义城区西南原北京橡胶二厂一带最为发育, 地裂缝穿越的建筑物和道路皆遭破坏^[5]。20 世纪 80 年代初期该区连续发现多处裂缝, 到 20 世纪 80 年代末期, 在橡胶二厂及其西南怡馨家园小区、中石化北京石油公司、顺义美姿服装有限公司厂区北侧一带都已发现了不同程度的地裂缝, 裂缝最宽处达到了 9cm。目前该地区仍处于缓慢沉降期, 地裂缝仍有继续发展的趋势, 其分布状况大体呈现出以下几点主要特征^[6-7]:

- (1) 地裂缝主要分布于顺义断裂两侧, 地裂缝整体走向与顺义断裂的走向基本一致, 总体上沿 NE30~50°方向展布;
- (2) 地裂缝带由密集成带的地表裂缝构成, 但带内大部分都有一条主裂缝。在不同地段, 地裂缝带的宽度出现较明显的变化, 平均 5m, 最宽处可达 12m, 最窄处仅为一主裂缝的宽度。从众多建筑物上出现的裂缝来看, 破裂具有右旋拉张的性质。
- (3) 地裂缝均为张裂缝, 其主裂缝宽度一般为 4~5cm, 最宽可达 9cm。
- (4) 地裂缝带两侧大都发生相对垂直位移, 总体表现为东南侧相对西北侧下降, 位移不等, 平均 1.8cm。

最大达 7m。若以 1976 年至今计算其下降平均速率为每年 0.6mm,最大处下降速率为每年 2.5mm。沿带不存在沿走向的水平错动。

(5) 该地裂缝带在地表的破坏及发展情况具有一定的周期性,最近一次破裂发展明显、破坏出现较多的时期是 1995-1998 年。

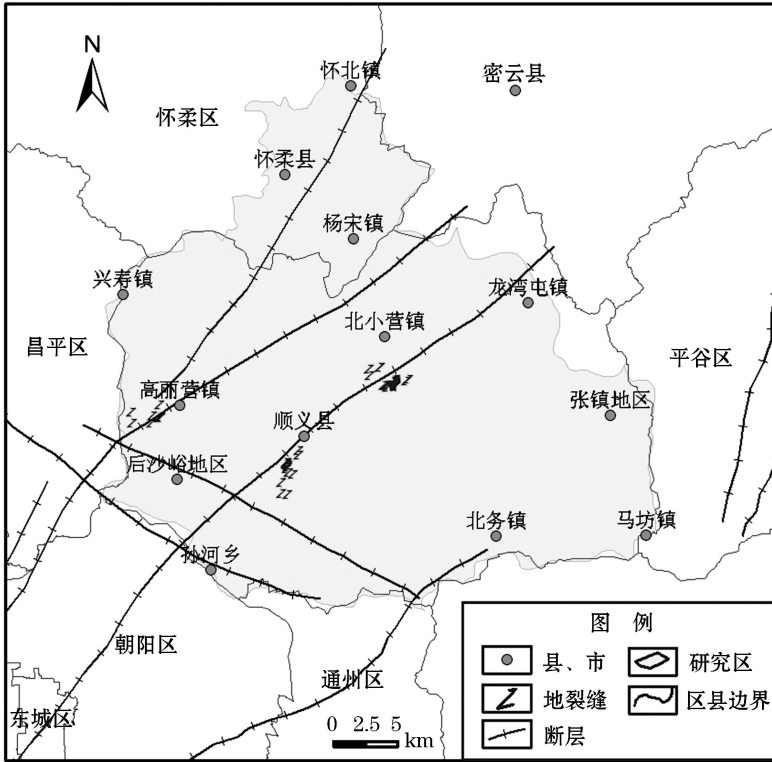


图 1 顺义区地裂缝带分布图

Fig 1 Distribution map of ground fissures in Shunyi District

2.2 北小营地裂缝带

在北小营镇,地裂缝成条带状集中分布。地裂缝的发育方向大致成北东向,和顺义断裂的走向基本一致,裂缝以西地面相对下降。在北小营镇的马辛庄村、黄家场村、桥头村、道仙庄村,地裂缝群带分布区内发现部分房屋开裂和地表路面裂缝的情况。在地裂缝分布的中心区域,裂缝宽度可达 3~5cm。大部分房屋和墙体的呈北东向开裂或垂直开裂,部分居民建筑周边还可以观测到较明显的地面沉降现象。

2.3 高丽营地裂缝带

自 20 世纪 80 年代以来,在顺义区高丽营镇附近沿黄庄—高丽营断裂发育一条地裂缝,至今已经形成了一个较大范围的地裂缝带。地裂缝主要沿黄庄—高丽营断裂两侧分布,自土沟村、唐自头村西北穿过向东北方向延伸至南王路、西王路村,总体方向沿 45~60°方向展布,与黄庄—高丽营断裂走向基本一致,一般多表现为墙体开裂。在高丽营镇西王路村,地裂缝灾害表现最为突出。西王路地裂缝走向大致呈 NE55°,分布最大宽度 300m,北起西王璐村,西南已过土沟村,断续延伸长度 2500m 左右,两侧地表发生了明显的差异性沉降,造成村民住房的墙体、地坪和围墙的破坏,高速公路也因地裂塌陷一度中断^[8]。根据村民观察,地裂缝发展有加大趋势。

3 地裂缝主要影响因素分析

在自然界中,引起和导致地裂缝的因素是多种多样的,通常地裂缝的形成和发育是多种因素共同作用的结果。归纳起来,主要包括以下几种,即地面沉积物本身的特征(如膨胀土失水收缩会引起地裂缝)、人类活动造成的地下采空(如抽汲地下水、石油及采矿等可造成地下水位急剧变化及地面塌陷等从而导致地裂缝)以及地质构造运动(如地震、火山或活动性断裂等均可导致地裂缝)。

顺义地区的地裂缝主要是区域地质构造运动和由人类活动造成的地下采空(主要是抽取地下水)以及所引起,尤以构造活动为导致地裂缝的主要因素。下面在区域地质、物探、化探、水文及实地监测资料的基础上,结合区域内地裂缝分布特点及规律,对地裂缝成因机制进行系统分析。

3.1 区域地质构造活动

构造活动导致的地裂缝是顺义地区地裂缝的一种主要形式,该地区所出现的地裂缝大多属于这种构造成因。从区内地裂缝带的分布情况看,地裂缝主要沿主要断裂带的两侧位置发育,地裂缝、地裂缝带总体走向基本与断裂走向一致(图 1)。由此可见,区域构造断裂对地裂缝的形成和发展起到了明显的控制作用,是地裂缝发生的主导影响因素。

虽然区域内的断裂活动性较强,但第四纪松散沉积层厚度总体来说相对较大,断层的缓慢蠕变变形尚不足以即时对地表形变产生影响。但断层构造活动在地下形成了地层破裂面,并造成破裂面两侧上下两盘第四系松散沉积层厚度的差异性以及深部地层的不均匀性,当断裂两侧地层受到其他外应力作用时,地层岩性的整体差异性就会引起区域性的不均匀地面沉降,从而诱发地表地裂缝的产生。随着构造运动应力作用的持续作用,地裂缝还有可能会逐渐发展并扩大。可以认为,构造运动为地裂缝的产生提供了一定的物质基础,因为在同一应力场控制下的区域,最容易产生地裂缝的地方,是该区域内应变积累、岩石脆弱以及构造运动激烈变动地段^[9]。

3.2 基岩埋深及基岩起伏形态差异

由于古基岩面的起伏形态和基岩埋深对松散第四纪地层岩性的沉积厚度以及含水砂层的发育在空间分布上的差异性起着非常重要的影响作用。由于区域构造运动的交替发生,形成了沿断裂分布的基岩起伏带。结合研究区的钻孔资料,通过插值和坡度计算,可以了解到基岩起伏形态的变化情况(图 2)。在高丽营、北小营地裂缝群、带分布区,基岩起伏形态变化剧烈,从断层两侧向内基岩埋深逐渐增大,基岩面坡度多在 20~30°之间,裂缝基本上分布于基岩沟谷两侧。顺义地裂缝带分布区,基岩起伏变化不明显,基岩埋深也基本稳定在 400m 左右。但地裂缝带分布在两个基岩沟谷之间,基岩的起伏形态和基岩埋深对地裂缝的发生、发展仍起到了一定的控制作用。

3.3 第四纪沉积层厚度及空间分布差异

第四纪松散沉积层作为研究区地面沉降的主要压缩层,第四纪沉积层厚度的大小及其差异性变化,对地裂缝的发生和发展具有一定的控制作用。

在北小营地裂缝群带分布区,区域第四纪厚度虽然只有 200~300m。但由于基岩表面形态起伏的突变等因素影响而引起的第四纪松散层厚度在空间分布上的差异,导致了松散土层的差异性压密沉降。在地表压密沉降差异最大的部位,由于不均匀沉降的存在,在局部部位形成拉张应力集中作用区域,最终诱发地裂缝。在高丽营和顺义地裂缝群带分布区,裂缝都发生在第四纪地层厚度变化明显的区域。

3.4 地下水位持续下降诱发的不均匀地面沉降

北京平原区主要是开采地表以下 70~200m 的承压含水层,开采承压含水层会导致承压水位下降,。长期持续过量开采地下水会形成比较严重的地下水降落漏斗区,进而诱发地面沉降问题。在地下水降落漏斗的边缘地区,由于水力梯度的强烈变化,极易诱发局部的不均匀沉降,从而为地裂缝的发生和发展提供了应力条件。

顺义地区是北京平原地下水超量开采比较严重的地区之一,特别是自 20 世纪 80 年代后期,地下水开采强度逐年增强。由于气候持续多年干旱,地下水补给量减少,随着持续高强度开采,在顺义地区出现了较大范围的地下水降落漏斗区^[10],并逐渐形成了以平各庄为中心的地面沉降区^[11]。在高丽营地区,由于超量开采地下水,造成地下水位下降,1995-2005 年承压水位累计下降 6 m,在地下水降落漏斗区域形成了一定

范围的地面沉降区, 由于在断裂带两侧地层岩性的突变, 在地下水过量开采, 地下水位下降的情况下, 导致南东盘地面相对沉降, 产生差异沉降, 从而沿早期形成的破裂面出现地裂缝带^[7]。

近几年北京市政府对地下水资源开发利用进行了严格的控制和管理, 加大了地下水资源的保护力度, 地下水位下降趋势明显放缓, 地下水位降落漏斗扩张范围也有所减小。但是由于地面沉降存在相对于地下水位下降的滞后性以及粘性土层沉降的蠕变效应, 因此在上述地裂缝带区域的地面沉降仍有继续发展的趋势, 由于水位急剧变化引发的不均匀地面沉降仍将会对地裂缝的发生和发展仍将起到非常重要的主导作用。

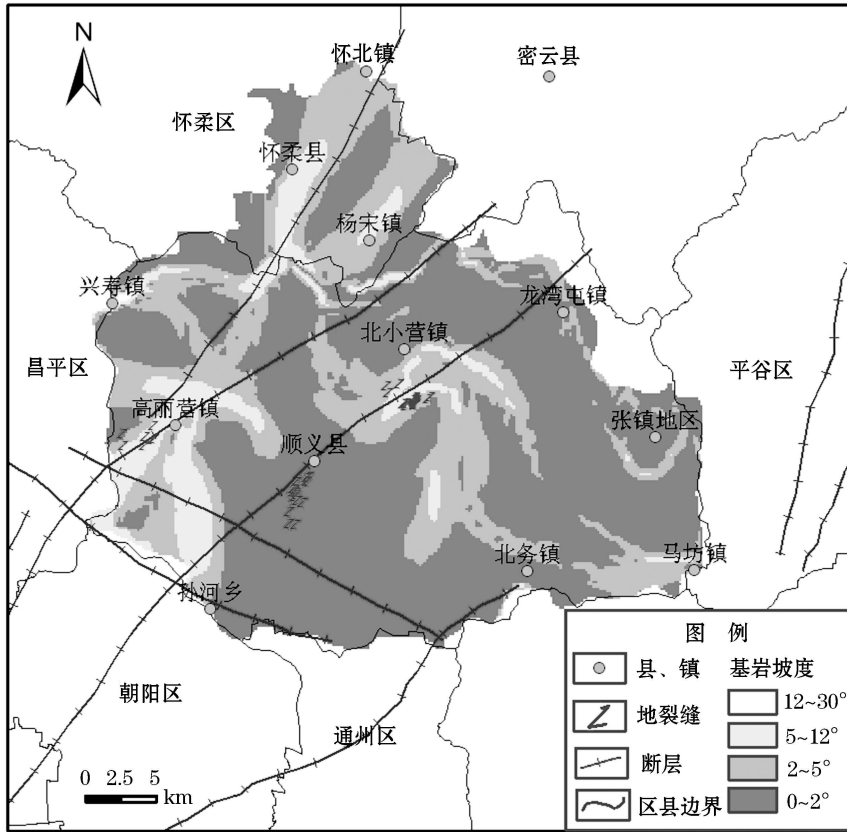


图 2 基岩坡度变化图

Fig 2 Change map of slope of bedrock

3.5 城市建筑群载荷作用

结合 2006 年 SPOT4 遥感图像, 运用 ENV I4.3 提供的监督分类方法进行分类, 提取了 2006 年北京地区城镇建筑用地和农村建筑用地分类图 (图 3) 可以看出, 城镇建筑用地载荷作用对地裂缝的影响主要发生在顺义城区南部, 随着顺义地区社会经济的发展, 城市小区以及工厂等大面积高层建筑的兴建对地表的不均匀载荷作用加剧了不均匀地面沉降的发展, 在地下水位持续下降等其他因素的共同作用下, 极易形成地裂缝。而在其周边农村地区, 建筑用地主要以一至两层的砖瓦结构民房为主, 显然建筑载荷对地面沉降和地裂缝的影响就相对要小得多。

城市建筑群载荷对地裂缝的发展虽有一定的影响, 但是并不起主导决定作用, 还受到地质构造活动、地下水开采等诸多因素的影响, 研究发现城市载荷的分布与高丽营镇、北小营镇地裂缝分布并不完全一致, 其主要受该区域构造断裂带活动的控制。

4 结论和建议

综上所述, 北京顺义区地裂缝地质灾害的发生受内外两种因素控制。特定的地质环境条件, 包括区域地质构造活动、基岩埋深及基岩起伏形态差异、第四纪沉积层厚度及空间分布差异, 是地裂缝产生的先决条件, 是内因; 而长期过量开采地下水, 形成区域性水位降落漏斗后引发严重的地面沉降, 是诱发地裂缝灾害的必

要条件,是最主要的外因;城市建筑群载荷加剧了不均匀地面沉降的发展,在地下水位持续下降等其他因素的共同作用促进了地裂缝发育,但是影响相对要小得多。综合已有关于顺义区地裂缝成因的研究,认为顺义地裂缝带的防治应以控制地下水的开采为根本措施。

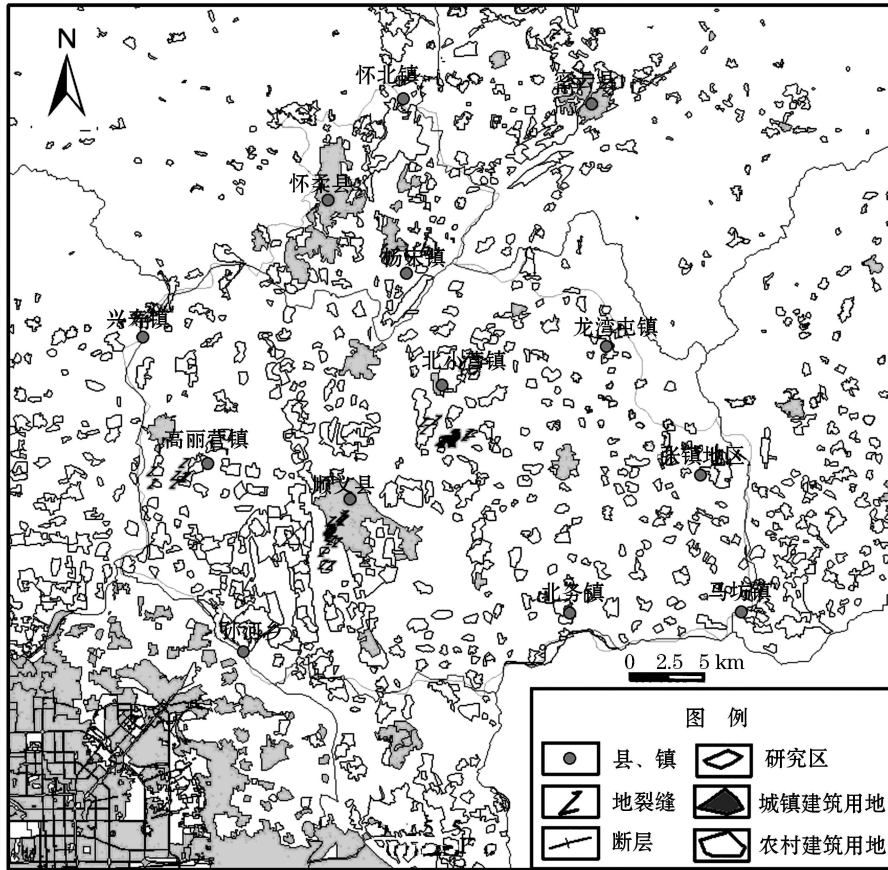


图 3 城镇和农村建筑用地分类图

Fig 3 Classification map of construction land of urban and rural areas

地裂缝地质灾害已经成为社会经济发展和人民群众生命财产安全的主要潜在危害之一。由于地裂缝是从地下一直穿透到地表,因此采取一般常规性的地基处理或修补墙体的方法不可能取得令人满意的效果。为了有效地防止地裂缝的进一步扩大,避免因地裂缝而造成的巨大损失,采取切实可行的防灾减灾方案已经迫在眉睫,本文提出如下建议:

(1) 准确了解地裂缝的分布位置,修造建筑物时尽量避开,在不能避开的情况下,沿地裂缝带作建筑物的相对位移运动的工程性处理。

(2) 加大地下水资源开采的监管力度,控制地裂缝分布区地下水的过量超采,同时,人工补偿地下水,以提高地下水位,以减缓地面沉降形变梯度,降低地裂缝的活动性。

(3) 建立区域活动断裂和地裂缝的监测点,把握地裂缝发生、发展的时空分布特点;在充分研究断裂活动性机制和地裂缝成因机理的基础上,开展地裂缝诱发风险性评价,为区域地裂缝防治、区域市政建设规划提供决策支持。

参考文献:

- [1] 李世雄,李守定,郜洪强. 河北平原地裂缝分布特征及成因机制研究 [J]. 工程地质学报, 2006 14(2): 178- 183
- [2] 赵忠海. 北京地区地裂缝灾害的分布特征及其成因探讨 [J]. 地质灾害与环境保护, 2006 17(3): 75- 78
- [3] 赵忠海. 北京顺义区地质环境的主要特征及治理措施 [J]. 北京地质, 2003 15(1): 18- 23
- [4] 赵忠海,朱红军. 北京市顺义平原区地质环境的主要特征及地质灾害现状 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003 14(2): 61- 66
- [5] 王景明. 渭河地震带地裂与地震活动的周期性 [J]. 地震学报, 1985, 7(2): 190- 201
- [6] 任俊杰,张世民,唐荣余. 北京顺义地裂缝带的活动特征及减灾措施 [J], 城市地质, 2007 2(1): 33- 38

- [7] 赵忠海. 北京市顺义城区地裂缝的成因及防治措施初探 [J]. 北京地质, 2002 14(3): 22- 25
- [8] 贾三满, 郭荫. 从高丽营探槽分析黄庄 - 高丽营断裂与地裂缝的关系 [J]. 城市地质, 2007, 2(4): 24- 28
- [9] 武强, 陈佩佩, 张宇, 董东林, 王龙. 我国城市地裂缝灾害问题与对策 [J]. 中国地质灾害与预防学报, 2002 13(2): 70- 79
- [10] 董殿伟, 林沛, 晏婴, 刘久荣, 叶超, 郑跃军, 万利勤, 李文鹏, 周仰效. 北京平原区地下水水位监测网优化 [J]. 水文地质工程地质, 2007 34(1): 10- 19
- [11] 贾三满, 王海刚, 赵守生, 罗勇. 北京地面沉降机理研究初探 [J]. 城市地质, 2007 2(1): 20- 26