

山东省构造型地裂缝成因机制研究

安海波, 王宝春, 张长龙

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要:收集了山东省多年来的地裂缝地质灾害调查和研究资料,结合地裂缝地质灾害发育的地质环境背景,对山东省内地裂缝的区域分布特征、发育特点进行了分析,认为山东省内构造型地裂缝广泛发育,并对山东省构造型地裂缝的成因机理进行阐述。

关键词:地裂缝;构造应力;地质灾害;成因机制;山东省

中图分类号:P642

文献标识码:A

在经济发达、人口稠密、地质环境条件复杂的山东省,人类活动诸如大规模的水事活动、地下矿产资源的大量开采、大规模的工程建设和快速的城市扩张等对地质环境的影响越来越大。这使得我们赖以生存的地质环境已经发生或正在发生深刻的变化,在我们向地质环境无止境索取的同时,也导致了山东省内地裂缝地质灾害的频繁发生。已有的地裂缝研究资料表明,地裂缝是在内外动力作用下,岩土层发生破裂的一种表生地质现象,是地质灾害中地面变形灾害的一种,山东省的地裂缝主要集中在山东省西南部的菏泽、西北部聊城—桓台、德州及东南部的郯城—莒县一带^[1],在淄博^[2]、泰安^[3]、兖州^[3,4]、菏泽^[5,6]、单县^[7]、鱼台县^①等多个市县也有分布,在临邑县^[8-10]沿临邑断裂还发现有地裂缝冒水冒油现象。王景明等^[11,12]的调查资料表明,目前山东省内已经发现有地裂缝75处447条,造成总的经济损失为6亿多元。因此,对山东省的地裂缝地质灾害分布与发展规律进行研究,探讨其形成机制,为工程防治对策的制定提供科学依据和技术支持,对防灾减灾工作有着重要意义。

1 地裂缝发育的地质环境背景

新生代以来,太平洋板块由早期的NW向转为向西俯冲于欧亚板块之下,所产生的弧后拉张效应使渤海湾地区产生巨大的拉张应力场,同时也在郯

庐断裂山东段产生强烈拉张作用^[13],这两种作用奠定了山东省境内地区地裂缝张裂的力源基础。山东省内的活断层主要表现为断块运动,和对古近纪及其以前的构造继承性改造,单条断裂整体活动性差,活断层主要集中分布在沂沭断裂带、兰考—聊城断裂带、牟平—即墨断裂带附近^[14],这些活动断裂是控制了地裂缝的区域分布特征。

第四纪以来,山东省内地壳运动以差异性升降运动为主,新构造运动塑造了山东省现代地形地貌和水系特征,地貌基本格局为以山地丘陵为骨架,平原盆地交错环列其间,按照地形地貌的分布特征可划分为鲁中南低山丘陵区、鲁东低山丘陵区 and 鲁西北—鲁西南平原区^[15]。在此期间,鲁西北—鲁西南平原区沉积了大面积厚层的第四系松散沉积物,在鲁东和鲁中南地区沉积了厚度不一、成因类型多变的松散碎屑沉积物。山东省的地裂缝主要发育在鲁西北—鲁西南平原区和受沂沭断裂带构造控制的陆相裂陷盆地内。

2 地裂缝的主要特征

2.1 地裂缝的区域分布特征

王景明等^[12]的研究成果表明,山东省已在50多个县市发现地裂缝74处446条(图1、表1),主要分布在第四系沉积物厚层沉积和新构造活动较为强

收稿日期:2013-03-29;修订日期:2013-06-28;编辑:曹丽丽

作者简介:安海波(1986—),男,河南安阳人,助理工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:haiboyann@126.com。

①山东省地矿局水文地质工程处,李春山,鱼台县老营乡村地裂缝考察及成因初步分析报告,1988年7月。

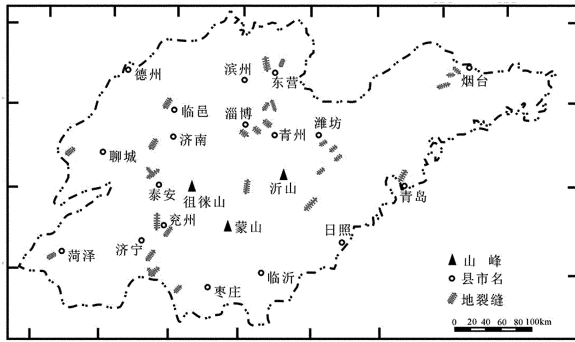


图1 山东省地裂缝分布图

(根据王景明修改^[12], 2000年)

烈的鲁西北—鲁西南平原区和受沂沭断裂带构造控制的陆相裂陷盆地内。地裂缝的形态多为锯齿状, 还有平直缝、雁行裂缝; 长度不一, 一般 50 ~ 300 m, 最长达 1 300 m; 宽度 4 ~ 50 cm, 最宽 1 m; 一些土层地裂缝沿线多串珠状塌陷坑, 基岩地裂缝宽度较小, 形态也较为单一。区域分布的地裂缝有由地表向深处, 由分散向集中、由少量向大量发展的趋势。段秀铭和郑庭明^[1]将山东省地裂缝地质灾害分为以下 3 个地裂缝地质灾害发育区:

(1) 聊城—桓台地裂缝灾害区: 主要分布在聊城—桓台等山前平原与黄河冲积平原交接地带, 第四系冲积物厚层堆积, 地下水资源较丰富, 地裂缝主要成因与地下水过量开采有密切关系。

(2) 曹县地裂缝第四系塌陷发育区: 主要分布在山东省西南部的曹县—单县一带, 为黄淮海平原的一部分, 地裂缝主要表现为地表裂缝及地面串珠状塌陷。

(3) 郯城—莒县地裂缝崩塌区: 位于郯城—莒县沂沭断裂区域内, 地裂缝地质灾害受断裂构造的展布方向和活动程度所控制延伸数十至数千米, 宽数厘米, 一般呈 NNE 向, 发育缓慢, 呈累进性逐渐发展、扩大, 严重者可将墙体或石条错断。在于里—管帅—汪湖一带近 25 km 长的范围内, 就有 5 000 余间房屋发生不同程度的开裂, 直接经济损失近千万元。

2.2 地裂缝的主要特征

1937 年菏泽 7.0 级地震引发的地裂缝的走向受聊城—兰考活动断裂控制, 分布范围亦受到了周边的黄河断裂、曹县断裂、郯城断裂和凫山断裂的控制^[5,6]; 临邑西十二里村沿着临邑断层的局部薄弱部位发生地裂缝喷油冒水现象^[9,10]; 在沂沭断裂带

的地裂缝发育特征也明显受到了沂沭断裂的控制; 单县高韦庄地裂缝的开启和扩展也受到了区域构造应力场的控制, 地表水的渗入加剧了地裂缝的活动^[7]。山东省内的地裂缝在空间展布和成因上有以下特点:

(1) 地裂缝在走向上具有明显的方向性。地裂缝带平面展布总体方位为 NE—NEE 向和 NW 向, 具较强的走向性, 地裂缝走向特征与地裂缝发育区的活动断裂的总体走向特征具有一致性。

(2) 地裂缝活动具有区域上的成带性与局部地段的相对丛集性。在区域性地裂缝活动带上, 地裂缝发育地段一般不是单条发育, 通常是一条主干裂缝发育和数条半生裂缝组成地裂缝带。

(3) 地裂缝发育与区域活动断裂的密切相关性。一般是活动断裂的沿线或其附近区带内和活动断裂的交汇地区比较发育, 且其发育强度与相应的断裂活动基本相对应。

(4) 地裂缝成因上具有复杂性。地裂缝的开启和扩展除了受活动断裂的控制还受其他因素的控制。人类过度开采地下水使得地下水位急剧下降形成了地下水“漏斗”和大规模采矿工程活动等导致地裂缝和地面塌陷活动, 雨季高强度的降水入渗也会加剧地裂缝的开启和扩展, 天然的岩溶地质灾害和滑坡地质灾害也会形成地裂缝。因此, 地裂缝的形成与发展是多种因素共同作用下的综合影响结果。

3 地裂缝的成因机制分析

采空区、岩溶和滑坡等引起的地裂缝具有局限性, 不具普遍的规律可循, 这里主要讨论构造型地裂缝的成因机制。不少学者做了大量的山东省构造成因地裂缝的研究工作, 从不同角度提出不少地裂缝成因模式^[1,5-10,12], 但是各家一致认为山东省地裂缝具有明显的构造特征, 其形成受山东地区区域构造应力场控制, 并且与现代地壳活动有着极为密切的关系, 人类过量开采地下水以及地表水的浸入, 加剧了地裂缝的现代活动。从地裂缝分布及其特征看, 其构造属性主要是受区域构造应力场作用, 是断裂带活动在地表发生构造破裂(地裂缝或地表形变带)的结果, 同时, 也受到其他多种因素的影响, 但是尚未有人系统地揭示区域构造活动与地裂缝的密切关系, 下面从以下几个方面提出了山东省构造成

因地裂缝的成因机制。

表1 山东省主要地裂缝特征表(根据王景明修改^[12],2000年)

地裂缝位置	发生时间 (年、月、日)	走向	条数	长度(m)	地裂缝活动特征特征
垦利县左家庄	1969年7月18日		1	2400	1969年渤海7.4级地震地裂缝,有喷砂冒水现象
博兴店子、 广饶东西柳	1982年7月9日 1983年夏	NE 60° NW 40°	多	20~200	宽40~50cm,水灌入有轰鸣声
广饶西营、 稻庄李鹊	1989年7月29日	NE	10	1200	单条最长500m,宽20~30cm,多陷穴,与河岸平行,无错动,暴雨出现
淄博齐都赵王庄	1989年7月18日	NW 48°	1	158	宽30cm,深5m,缝内有碎石、砂,错断公路5处
淄博金岭镇东洼	1989年7月下旬	NE	1	1300	呈塌陷,南段张裂,北段环状,致使房屋开裂
长清南王庄	1989年7月17日	SN转NE	5	20~140	宽度20~40cm,3条SN向缝平行各间距30m,雨后出现
烟台福山铜矿	1986.8	NW	1	300	宽5cm,矿山排水影响,房屋、球场开裂,损失10万元
栖霞滑石矿	70年代末		1	600	裂缝呈楔形,面陡直,宽1~8cm,裂缝伴地面塌陷
冠县梁堂张里村中	1982年7月30日	EW	1	216	锯齿状,面陡直,宽1~8cm,裂缝伴雷雨自西向东发展
冠县张里村苗圃	1982年前	EW	4	750	个长100,150,200,300m,伴有路穴
肥城边院海子村	1983年7月20日	NW转EW	1	1000	弧形沿浊河岸伴有沉降现象
泰安三友新村	1986年始	NE	1	90	宽2cm,东侧降,夜晚房裂有声
泰安宁家结庄	1988年	NW 20°	1	150	单条长12m,宽12cm,带宽13m,致使房屋开裂
泰安旧县	1988年	NW,EW	1	30	宽5~6m,致使40多户房屋开裂
五莲管帅一汪湖	1989年7月	NNE	多	带长2500	沿着昌邑-大店断裂开裂,宽1~3cm,裂缝错动地层1cm,形态单一。致使5000多间房屋开裂,损失千万元
临邑西十二里路	1998年7月27日	NE60°	12	222	沿临邑大断裂北支分布,有5个喷油口,致使6家房屋开裂,45户报废
淄博傅家、 辛店、大徐家	1985年	NE 35° —NEE	数百	单条长 1~20	成群成带出现,强采取地下水所致,致使200户房屋开裂40户报废
鱼台东里、 西城等5村	1987年6月1日 1988年7月11日	NE 20° NE 25°	百余	25000	宽2~8cm,有陷穴数百,缝短面糙,裂口呈V型,带长2.5km,宽1.2km,致使697间房屋和麦场开裂
微山鲁桥南阳湖	1989年8—9月		多	10000	方向不强,断面粗糙,V型,无位错,分布在5~10km范围内,致使17个村1307间房屋开裂
微山城关 小王庄等	1983年7月10日	NE	14	约千米	走向3处NE 60°,2处NE 82°,2处NE 26°,断口V型,单条长几十米,致使2村2单位房屋开裂
兖州矿山 机械厂	1976年9—10月	NE10° —NW 86°	30~40	550	分布在550m×300m范围,宽4cm,断口V型,无位错,致使60栋平房和5栋楼房损坏
兖州何庄	1976—1977	NE 70° NE 40°	1	100	锯齿状,由NW 70°,NE 40°,NW 25°,NE 5°四段组成
兖州安邱府	1977年5 —1978年	NE 50° NW 22°	2	60~100	宽20cm,锯齿状,致使房屋开裂
平邑县社庄	1977	NE 5° NW 35°	1		端部一些列洞穴由缝串连,洞径1.7m,长轴与缝走向一致,致使房屋开裂
邹县泽山	1976		1		宽2~25cm,片麻岩开裂有声,开裂长度60m
郯城马陵山清泉	1967—1976		1		单条裂缝使岩石开裂40~50cm,导致蓄水池开裂
枣庄后峪	1976.6	EW	1		寒武系灰岩突然崩裂有声,在背斜轴出现EW向裂缝
单县高韦庄 ^[16]	1993夏始	NE	多		宽度不大于10cm,可见深度大于2m,2002—2008,2010年年均有活动,致使多处民房开裂

(1) 地裂缝的形成受现今区域构造应力场控制。山东地区处于太平洋板块俯冲带的内侧,太平洋板块俯冲引起地幔内高温、低波速的熔融或半熔

融物质上涌并挤入地壳,从而在地壳表层与深部造成两种不同的作用结果:一方面地壳表层受拉而变薄,发生裂谷型断裂作用,如此便形成了SW—NE

向拉张应力场;另一方面,太平洋板块在上地幔深处对欧亚板块造成了来自SWW向的挤压。在这种应力场使得厚层的第四系沉积土体产生大量张裂、张扭性隐伏裂缝,由于后期的水的作用或其他作用出露于地表形成地裂缝。

(2)活动断裂带及其邻近地区是地裂缝的高发区。鲁西南—鲁西北平原区内的活动断裂带为现代地壳的差异活动带,且大多隐伏于地下。新构造运动以来,来自青藏高原NE向的挤压应力场传递至华北平原区,受到郯庐断裂的屏蔽和聚合作用。于是,该SW—NE向应力场作用于在鲁西南—鲁西北平原区内的先存断裂,使得区内形成隐伏于第四系中一系列的NE向断裂带。区域构造应力场在地质体的分布和传递,随着岩土体介质的物理力学性质差异不断调整,应力场方向和大小在地质体薄弱环节的活断层部位发生变化。活动断裂将应力场的作用转化为主要沿活断层传播的表面应力作用,使应力场在断裂带附近的剪切应力发生集中和增强。因此,断裂带及其附近地质体的变形机制主要表现为块体沿着活断层发生剪切变形破坏和拉张位移,经过第四系地层传递至地表即是地裂缝。

(3)地裂缝与地震活动具有密切相关性。地震活动释放出来的能量以地震波的形式在地质体内部传播,强烈的振动效应使岩土层破裂并扩展至地表形成地裂缝,称之为地震地裂缝。地震地裂缝是地震造成地面形变的主要形式之一,其特点是分布广,破坏性强。在1937年8月1日菏泽7.0级地震,1966年3月8日邢台、隆尧6.8级地震和邢台晋县7.2级地震,1976年唐山7.8级地震,在鲁西南和鲁西北地区均产生了大量的地震地裂缝。

(4)水对地裂缝发育具有重要影响。水对地裂缝的影响可以解释为以下两种模式:其一,区域构造应力场、地震活动和活动断裂的蠕动滑动在第四系堆积物中形成了一系列规律的隐伏地裂缝,水的渗入使土体强度的降低和丧失,加剧了隐伏地裂缝扩展,使之出露于地表;其二,在上部荷载作用下,第四纪孔隙潜水首先承受上部的压力(称中性压力),当抽取地下水时,孔隙中水逐渐被排除形成降落“漏斗”,在上部荷载作用下,孔隙被压缩,土颗粒开始接触承受压力(称有效压力),地表土层也随之孔隙被压缩,地表面形成不均匀沉降形成地裂缝,在有活动构造通过时,则地裂缝更加发育,破坏性更大。

4 结语

山东省内地裂缝的发育与其所处的特殊地质环境及人类工程活动环境有关,是多种因素共同作用的结果。新生代构造环境、区域构造应力场、活动断裂和地震活动等构造作用是控制地裂缝孕育、发展、活动性质和分布的主导因素,对地裂缝形成起决定性作用;强降水、抽取地下水、农田灌溉等人为活动影响地裂缝发生的时间、地段、强度等,是地裂缝形成的诱导因素,对地裂缝扩展起诱发作用。关于山东省地裂缝的科学研究,与其他省市的研究相比还有一定差距,如能在山东省地裂缝调查资料、地裂缝成因机理、地裂缝致灾机理、地裂缝地质灾害的防治对策等方面开展深入系统的研究,必将取得令人满意的结果。

参考文献:

- [1] 段秀铭,郑庭明.山东省地质灾害分区与防治对策研究[J].山东国土资源.2007,23(4):1-6.
- [2] 张晶,张铁奎,张业成.我国内生地裂缝灾害概况[J].地质灾害与环境保护.1992,3(2):8-15.
- [3] 王景明.黄土构造节理的理论及其应用[M].北京水利水电出版社,1996.
- [4] 徐翠云.我国地裂缝的分布特点、形成机制及治理措施[J].江苏地矿信息,1998,(3):87-90.
- [5] 王瑞田,赵宪超,毕桂香.1937年菏泽地震地裂缝追踪研究[J].西北地震学报.1994,16(4):70-75.
- [6] 赵宪超.1937年菏泽7.0级地震的地裂缝特征[J].地壳形变与地震,1991,11(1):93-96.
- [7] 黄文峰,皇甫乾,张楠.山东省单县高韦庄地区地裂缝成因分析及防治[J].中国地质灾害与防治学报.2010,21(4):133-138.
- [8] 邹国强.山东省临邑县地裂喷油灾害原因议[J].中国地质灾害与防治学报,1998,9(增刊):247-251.
- [9] 徐守余.山东省临邑县林盘镇地裂冒喷水油灾害初步分析[J].中国地质灾害与防治学报,2005,16(3):90-93.
- [10] 王景明.我国地裂缝地质灾害对城乡建设的危害[J].国土资源与环境.2001,57(3):28-30.
- [11] 王景明.地裂缝及其灾害的理论及应用[M].陕西:陕西科学技术出版社,2000:128-131.
- [12] 刘翠,邓晋福,张贵宾,等.华北地区新生代岩石圈伸展减薄机制的数值模拟[J].中国地质,2006,33(4):885-895.
- [13] 宋明春.山东省大地构造格局和地质构造演化[D].北京:中国地质科学院博士学位论文,2009.
- [14] 宋明春,王沛成,梁帮启,等.山东省区域地质[M].济南:山东省地图出版社,2003.

Study on Forming Mechanism of Structural Type Ground Fissures in Shangdong province

An Haibo, WANG Baochun, ZHANG Changong

(Shandong Geo - engineering Exploration Institue, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: On the basis of collecting research information of ground fissure geological disasters for many yeas in Shandong province, and combining with geological environment background of the development of geological fissure hazards, regional distribution and developling characteristics of ground fissures have been analyzed. It is regarded that tectonic fracture develops widely in Shandong Province. The forming mechanism of structural tyoe ground fissures has been introduced as well.

Key words: Ground fissures; stuctural stress; geological disasters; forming mechanism; Shandong province