

西安地裂灾害及其防治措施

米丰收, 张芝霞

(陕西省地震局, 西安 710068)

摘要: 根据西安地裂缝所处的地质构造环境、分布状况和活动特征, 探讨了西安地裂缝形成原因和影响因素, 提出了防治地裂缝的对策和控制或减缓地裂缝的措施。

关键词: 西安; 地裂缝; 活动特征; 防治措施

中图分类号: P542.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2001)01-0155-05

Disasters of Xi'an Ground Fissures and Controlling Measures

M I Feng-shou, ZHANG Zhi-xia

(Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710068, PRC)

Abstract: Based on geological environment, distribution and activity of Xi'an ground fissures, the causes and main effects of the ground fissures are discussed and measures for prevention, control and reduction of activity of Xi'an ground fissures are put forward.

Key words: Xi'an; ground fissures; distribution characteristics of activity; controlling measures

西安地裂缝是一种独特的城市地质灾害, 自 20 世纪 50 年代后期发现, 1976 年唐山大地震后活动明显加强, 特别是 1980 年以后, 由于过量抽吸地下承压水导致的地裂缝两侧不均匀沉降进一步加剧了地裂缝的活动, 地裂缝所经之处, 地面及地下各类建筑物开裂, 破坏路面, 错断了地下供水、输气管道和建筑物, 不但造成了较大的经济损失, 也给西安市居民生活带来不便。

1 西安附近地质构造环境

西安市位于渭河盆地中部, 处于渭河盆地内部次一级块体西安凹陷东南部的冲洪积平原和渭河一、二级阶地之上。西安地区前新界基底以渭河断裂为界分为南北两区。北区属下古生界灰岩, 地层自北而南显著加厚; 南区是元古界片岩及燕山期花岗岩。新生界地层在西安附近最厚达 7 000 m, 其中第四界地层厚达 1 300 m。渭河断陷盆地内部断裂构造十分发育, 西安地区已查明的断裂有数十条, 它们都是倾

滑正断层, 往往在主断裂的北面发育一组低序次的反倾向滑动断层, 在剖面上经常构成“Y”型, 具有旋转剪切滑动特征。

西安地区的断裂按方向大体可分为近东西向、北东向和北西向三组。近东西向和北东向断裂规模大, 活动性强。其中近东西向的渭河断裂和秦岭北缘断裂与北东向的长安—临潼断裂构成西安凹陷的边界, 控制着西安地区的断块活动和沉积建造。长安—临潼断裂是西安凹陷东南缘与骊山凸起的分界线。该断裂地貌显示极为清晰, 东南侧是高大的骊山和黄土台塬, 西北侧为渭河冲洪积平原。该断裂由数条平行断层组成, 带宽 5~7 km, 从第三纪以来长期活动, 新生界断距 200 m, 早更新世断距 74 m, 晚更新世错距 5~7 m。该断裂带内可见错断更新世黄土的小断层和正在活动的地裂缝。据形变测量资料, 该断裂带 80 年代以来活动剧烈, 在垂直形变图上呈现为一条北东向的陡变带, 其东南侧的骊山和黄土塬区

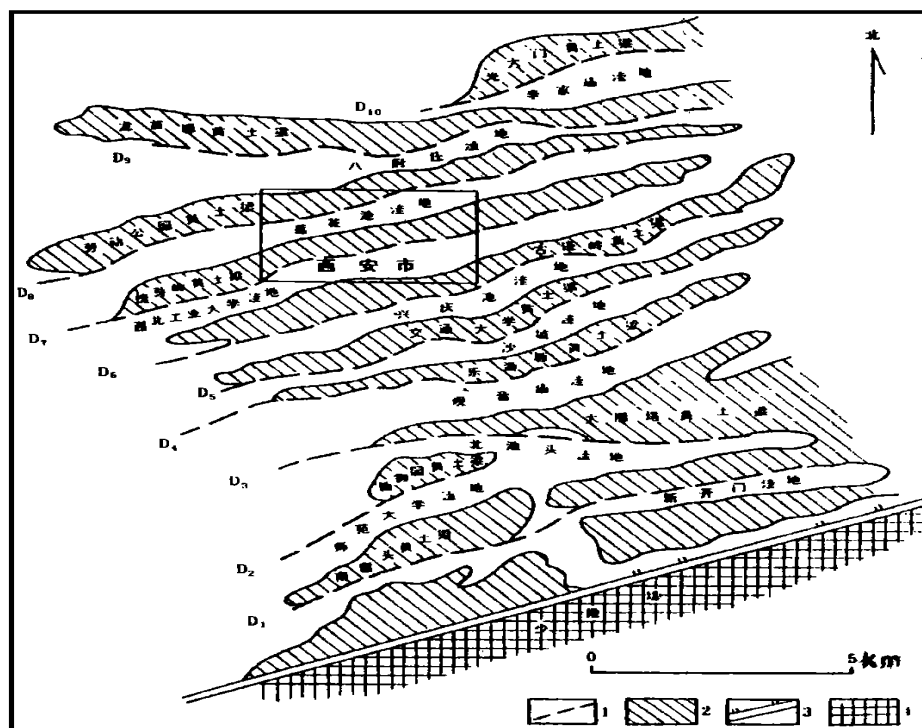
* 收稿日期: 2000-11-15

作者简介: 米丰收, 男, 陕西省西安市人, 1978 年毕业于长春地质学院地震地质专业, 高级工程师, 主要从事活动断裂、滑坡、地裂缝等地质灾害与震害防御方面的研究与管理工, 合著活动断裂、地质灾害方面的专著三本, 正式发表滑坡、地裂缝、活动断裂、灾害研究论文 20 篇。

显著隆起, 西北侧的冲积平原呈带状张性陷落, 形成以西安为中心的地面沉降区。西安地裂缝就发生在上述张性降落带内。

2 西安市地裂缝的分布状况

西安市地裂缝分布范围西至皂河, 东到纺织城, 南起三爻村, 北至井上村, 面积约 155 km^2 ; 据最新研究结果表明: 西安城区共有地裂缝 10 条, 总体走向为 NEE 向, 彼此以 $0.6 \sim 1.5 \text{ km}$ 的间距近似平行地展布着, 裂缝出露长度 $3.30 \sim 12.80 \text{ km}$, 地裂缝发育带宽达 $5 \sim 110 \text{ m}$, 一般由一条主裂缝和数条次级裂缝组成, 主裂缝均显示南倾南降的特点; 10 条地裂缝地表出露总长度约 69.77 km , 延伸总长度 114.07 km (图 1、表 1) [1~3]



1 西安地裂缝(D₁-D₁₀); 2 黄土梁;
3 长安-临潼断裂; 4 黄土原

图2 西安盆地地貌与地裂缝分布图

3.2 西安地裂缝均具有南倾的特点

剖面上地裂缝弯曲而且粗糙,局部较光滑的地段可见近水平方向的擦痕。西安地裂缝带一般都由一条主裂缝和数条彼此近平行的次级裂缝组成,往往在剖面上构成“Y”型构造,表明是一种张性裂缝。裂缝带宽20~100 m。

3.3 西安地裂缝具有统一的三维空间变形特征

以垂直差异运动为主,其次为水平张裂运动,水平运动最弱。据1989~1996年的观测资料,垂直位错5~35 mm/a居多,最大为55.56 mm/a,水平引张速率大体为垂直活动速率的1/3,活动速率为2~10 mm/a,最大达14 mm/a,水平活动速率比垂直活动速率小1~2个数量级,最大3.16 mm/a。

3.4 西安地裂缝隙扩展性明显

西安地裂缝一旦产生,扩展十分迅速,纵向上多沿初期裂点、裂段向一端或两端扩展,而且在最先出现破裂的地点,积累的形变位移量最大。根据调查资料估算,西安地裂缝的破裂速度一般在30~100 m/a。

4 西安地裂缝的形成原因

地裂缝并不是西安地区独有的地质灾害。在西安地裂缝发生和发展的同时,在鄂尔多斯块体周缘地带,几十年来也相继产生了大量的地表裂缝带,仅渭河盆地就有周至、泾阳、咸阳、渭南、长安、蓝田、华

3 西安地裂缝的活动特征

3.1 西安地裂缝的平面展布特点

西安地裂缝的展布具有显著的方向性。10条地裂缝带都沿北东东方向延伸,总体走向为N70~80°E。而且都位于古黄土梁的南侧,无论黄土梁的高度如何变化,也不管黄土梁的局部走向如何改变,地裂缝总是与其相伴随,一般发生在上升单元与下降单元之间活动断裂的下降盘一侧,平面形态以雁列为主,并多呈左行雁列,其运动形式与本区活动断裂一致(图2)。

阻、富平、合阳、韩城、兴平、武功等十几个县市范围内发生地裂缝,这些地裂缝多数有稳定的方向性,集中成带分布,它们主要位于秦岭北麓断裂、华山山前断裂、长安—临潼断裂、口镇—关山等活动断裂带上或其附近^[1,4](图3)。这些发育在松散沉积层中的地裂缝大多数在平面上呈锯齿状,剖面上呈陡立的曲折状,裂缝表面粗糙,表明它们是一种张性裂缝。它们主要的运动方式是张开或兼有一侧下降。地裂缝带的产状、性质与活动方式与本区活动断裂显示了很好的一致性,因此,不难相信,这些地裂缝带是活动断裂继承性蠕滑的结果。西安地裂缝是渭河盆地地裂缝的一个有机组成部分。西安地裂缝多数与地震、电法等物探查明的隐伏断裂恰相重合,从而也进一步显示西安地裂缝形成和发展是受构造控制的。

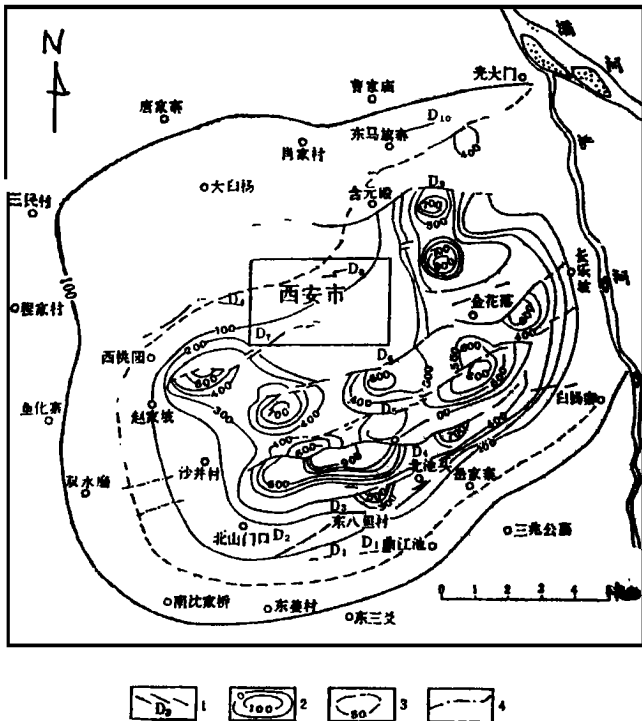
构造作用是西安地裂缝发生发展的根本和条件,但是从其活动速率看,在渭河盆地现代地壳活动过程中,断裂垂直运动速率为0.1~2.0 mm/a,最大的长安—临潼断裂也仅为2~3 mm/a。如果将西安地裂缝的活动速率与渭河盆地中活动断裂活动速率相对比,地裂缝的活动量高于断裂10倍以上。通过对西安地裂缝活动与地面沉降关系的研究,发现西安地裂缝带的发生与加速发展,在时间上又与西安城区因地下水开采而引起地面沉降相对应。西安地面沉降的空间分布形态,一般呈北东至北东东向沉降槽与形变梁相间出现,形变梁正对应地表的

黄土梁,形变槽与地表洼地相对应,形变沉降梯度带与地表黄土梁的南坡位置相一致,这恰好又是地裂缝的分布带,显示出沉降梯度带、地裂缝和梁洼空间分布的一致性,由此反映出地面沉降对地裂缝的生成和发展有重要影响。据形变观测资料,在地面沉降中心区,地裂缝具有较快的活动速率,在地面沉降边缘区地裂缝活动相对较慢,抽吸地下水引起的活动量可达地裂缝活动总量的70%~90%,从而反映了人为活动对地裂缝活动的强烈影响作用(图4)。

西安地裂缝是地质构造作用和人为因素迭加的结果,构造活动是地裂缝产生的条件和基础,人为过量抽取地下水对地裂缝活动的加速发展起到决定性作用。

5 西安地裂缝的防治措施

地裂缝是西安城市的主要地质灾害,它



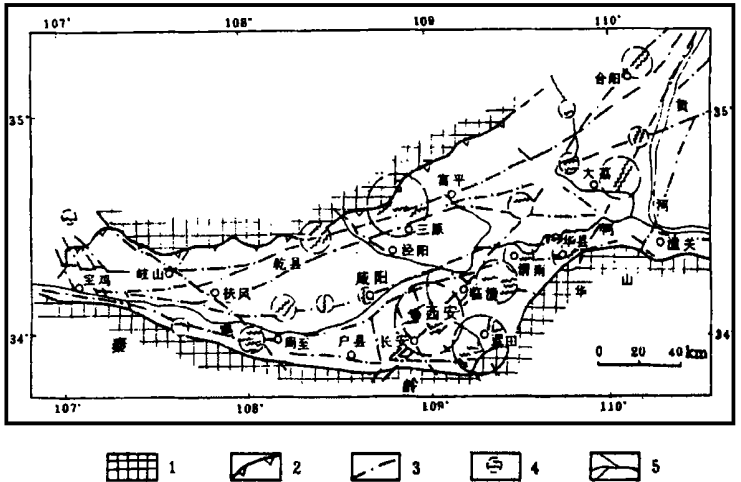
1. 地裂缝; 2 零值及等值线; 3 半距等值线; 4 推断地裂缝

图 4 西安市地面沉降图(据谢振乾)

的长期活动已给西安造成很大损失,对城市建设和规划带来了严重危害,根据西安地裂缝的活动特点,我们提出以下防治对策:

5.1 避让法

由于地裂缝活动对建筑物破坏的难以抵御性,保证新建的建筑物在有效使用期内的安全,目前地裂灾害的防治主要以避让为主。避让法的关键是确



1. 基岩区; 2 盆地边界; 3 活动断裂; 4 地裂分布区; 5 水系

图 3 渭河断陷盆地地裂缝分布图

定合理的安全距离。安全避让距离确定的原则应既保证建筑物的安全,又能充分利用城市的土地。根据对西安地裂缝多年研究成果和裂缝两侧短水准观测资料,陕西省城乡建设环境保护厅组织制定了陕西省标准《西安地裂缝场地勘察与工程设计规程》(DBJ24- 6- 88)。该“规程”规定了一般工业与民用建筑物的合理避让带距离和设防带宽度(表2)。

表 2 地裂缝影响带分区及其容许布置的建筑物

影响带分区	影响带宽度/m		容许布置的建筑物
	上盘	下盘	
主变形带(避让带)	0~ 6	0~ 4	轻型临时性建筑
微变形带(设防带)	6~ 20	4~ 15	一般工业与民用建筑

按该规程的规定,在地裂缝经过的场地进行建设时,应进行详细的地裂缝勘察,确定主次地裂缝的准确位置和合理的避让距离。

在主裂缝南侧 6 m,北侧 4 m 以内为避让带,可建一些临时轻型建筑,在主裂缝南侧 6~ 20 m 和北侧 4~ 15 m 范围为设防带,可建设一般工业与民用建筑,但仍存在一些地裂缝活动产生的破裂影响,应对地基和结构作加强处理,以保建筑物在有效使用期的安全;在设防带以外,便不需考虑地裂缝破裂效应对各类建筑的影响。从多年来按该“规程”设计的建筑物来看,确保了建筑物的安全和稳定,一般都未遭受地裂缝的破坏。

5.2 部分拆除和加固

横跨地裂缝上的建筑物,一般都出现了不同程度的破坏,如果不采取措施,局部的破坏也能危及整

体建筑的安全,但对这类建筑物单纯地采用加固的方法往往很难奏效。应采取拆除局部,保留整体的原则。切断局部地梁、圈梁变形向外传递的媒介,达到保护大部分楼体的目的。西安大部分横跨裂缝上的建筑物采取这种原则后,都取得了较好的效果。

5.3 城市生命线工程的防治措施

城市的供水、供气、交通等生命线工程是一个网络系统,不可能象建筑物那样采取避让和拆除的方法解除地裂的危害。在西安地裂缝停止活动或彻底根治其危害以前,目前一般仅可采取一些针对性的措施来降低其危害程度,并尽可能避免恶性事故的发生。

横跨地裂缝的各种生命线管线核心是“抗断”问题,其“抗断”位错量及结构的确定等直接关系到管线的使用安全。所以对穿越地裂缝的管线,应改用抗变形能力强的铁管或钢管,在接头处采用柔性橡皮接头等。另外,对于穿越地裂缝的桥梁、铁路等工程,对基础和地基进行特殊加固,提高建筑设计标准。

5.4 控制地裂缝活动的措施

西安地裂缝是多因素迭加的地质灾害,既有地质构造活动的作用,又有人为过量吸取地下承压水的影响。内力地质作用引起的地裂活动,人类目前尚难以控制。但西安地裂缝现今的强烈活动,除地质构造作用因素之外,还在很大程度上受抽吸深层承压水引起的地面沉降的影响。据多年来对西安地裂缝的研究表明,西安地裂缝活动量 70%~90% 是由于抽取承压水引起的,所以,只要控制承压水开采,就能控制地面沉降和地裂缝强烈活动,减轻地裂缝对西安城市建设的危害。

从西安城市供水的实际情况出发,控制或停止地下水承压水开采可分两步进行。第一步在黑河引水工程建成前,首先控制地面沉降严重地区的承压水开采,实行地面供水;第二步在黑河引水工程全面竣工后,完全可满足西安市工农业及生活用水需求,这时应全部停止地下承压水开采,以减轻或停止地面沉降的发展,从而达到减小或控制地裂缝对工程建设危害的目的。

参考文献:

[1] 米丰收,等. 渭河盆地地裂缝与断层蠕动[J]. 内陆地震, 1988, 2(2): 147~ 156
[2] 李永善,等. 西安地裂及渭河盆地活动断层研究[M]. 北京: 地震出版社, 1992
[3] 张家明,等. 西安地裂缝研究[J]. 西安: 西北大学出版社, 1990
[4] 国家地震局《鄂尔多斯活动断裂系》课题组. 鄂尔多斯周缘活动断裂系[M]. 北京: 地震出版社, 1988

(上接封三)

26 Research of Soil and Water's Conservation and Use in Southern Xinjiang
..... ZHU Lian-Yong ZHANG Ge-ping (120)
27 The Impact of Neotectonics on the Environmental Evolution and Soil Erosion of Loess Plateau
..... LI Yu-yuan SHI Hui (123)
28 Progressive Status and Exploiting Prospects of *Lycium barbarum* in Guyuan County
..... DING Han-fu CHEN Sheng-yuan HAN Ying-jing (130)
29 Discussion on the Harness of Ecological Environment in the West Area
..... KANG Jiang-feng WANG Jing-Wu (133)
30 Study on Soil Erosion of Tussah Silkwoom Nursery in Mountain Area of Eastern Liaoning
..... CAO Zhong-jie LIN Su-lan JIA Tian-hui (137)
31 The Research for the Flood Control of the Large Flood of Yangtze River in Hubei Province
..... MEI Jin-huan (142)
32 Ground Water Changing Trends and Agriculture Sustainable Development in Taihang Mountain-foot Plain of North China
..... MAO Xue-sen LIU Chang-ming (147)
33 Study on Soil Erodibility of Shelter-forest in Silting Coastal Area of Northern Jiangsu Province
..... HU Hai-bo WEI Yong QIU Cai-lou (150)
34 Disasters of Xi'an Ground Fissures and Controlling Measures
..... MI Feng-shou ZHANG Zhi-xia (155)