

西安地裂缝常规监测方法及近期活动规律

李 勇

(陕西省地质环境监测总站, 陕西 西安 710054)

摘要:西安地裂缝与地面沉降经过多年的监测,形成了比较可靠的常规监测方法。对其逐一进行简单介绍的同时,也对西安地裂缝与地面沉降近期监测结果进行了简要的分析,指明了近期西安地裂缝与地面沉降的活动规律且其主要影响因素的改变现状。希望对西安市的工程建设起到一定的参考作用。

关键词:地裂缝;地面沉降;监测;主要因素

文章编号:1003-8035(2014)01-0033-05

中图分类号:P694

文献标识码:A

0 前言

西安地裂缝与地面沉降自20世纪60年代初发现至今已有五十多年的历史^[1],二者形成机制虽然并不相同,但发生在同一地区,抽水引发的附加应力场与构造应变场的叠加作用产生了双重效应,二者相互影响,已经成为西安地区影响最为深远、最为严重的环境地质问题^[2]。其具有持续性、局部性和隐蔽性等特征,对城市建设及规划的损害尤其为大。为避免损失,为城镇发展规划提供有效参考,对西安地区地裂缝的监测自20世纪90年代以来从未间断,而地面沉降监测则由于经费原因,1992~2002年一度停止,连续数据中间形成了一定的空白。

截至2011年底,在西安地区经勘察确定的地裂缝带有14条。地裂缝的总体走向为NEE,彼此以0.6~1.5km的间距近似平行的展布。由北至南依次是:东三爻一曲江池地裂缝带(DX1)、南寨子一新小寨地裂缝带(DX2)、清梁山地裂缝带(DX3)、南三爻一射击场地裂缝带(D1)、陕西师范大学—陆家寨地裂缝带(D2)、大雁塔—北池头地裂缝带(D3)、陕西宾馆—小寨地裂缝带(D4)、沙井村—秦川厂地裂缝带(D5)、黄雁村—和平门地裂缝带(D6)、西北大学—西光厂地裂缝带(D7)、劳动公园—铁路材料总厂地裂缝带(D8)、红庙坡—八府庄地裂缝带(D9)、大明宫—辛家庙地裂缝带(D10)和方新村—井上村地裂缝带(D11)。

西安地裂缝均沿黄土梁展布,除南边的D3及D4的一部分发育在黄土梁北侧外,其余都发育在黄土梁的南侧;地裂缝破裂呈锯齿状,整条地裂缝呈波状或折射状;活动强烈的地裂缝连贯也较强;活动弱的地

裂缝连贯性也较弱。

西安市周边的地面沉降主要发生在城区和近郊^[3],西安沉降区自1959年开始大范围监测以来,截至1996年,形成了小寨、铁炉庙、沙坡村、胡家庙、八里村等7个沉降中心。波及范围已达200km²,最大沉降量达2600mm。自当地政府重视并限采地下水后,地面沉降速率已于2002年开始逐年减小,并且沉降中心位置开始发生转移变化。367m地层压密度由2002年的42mm减小到2011年的5.78mm,并形成了4个新的沉降中心,包括丈八北路、丈八东路、东三爻村和曲江新区沉降中心^[4]。

2006年以来,西安地裂缝监测网络建设进展缓慢,对西安地裂缝与地面沉降的监测设施维护不足。此前研究认为,西安市地裂缝由地质断裂构造主导,且由承压水位变化而导致的地面不均匀沉降因素加剧变化。自1959起,西安市地裂缝一直进行着间歇式的蠕变,1988年开始由于地下水位下降剧烈而导致地裂缝开始加剧活动,地下水位下降引发的地面不均匀沉降成为了影响地裂缝活动量的主要因素,因此避免地面不均匀沉降成为了遏制地裂缝活动的主要手段和方向。后来在西安市政府多方努力下,地下水开采得到了控制,地裂缝活动也逐年减弱。但近期监测数据显示进入地质构造运动活跃期时,地裂缝的影响机制发生了改变,其活动量的主要影响因素已经发生变化,急需建立新的监测对策。

收稿日期:2013-02-28

作者简介:李 勇(1981—),男,新疆奎屯人,工程师,从事地面沉降、地裂缝监测与地质灾害防治技术工作。

E-mail:Liyongdvd@sohu.com

1 西安地裂缝监测方法

西安地裂缝常规监测使用水准点与三位活动仪器进行监测,另外也有非常规监测手段,诸如 GPS 观测网络监测等。地面沉降常规监测使用分层标进行监测,非常规监测包括 INSAR(合成孔径雷达干涉测量)等监测手段。由于近年来分层标破坏严重,截至 2011 年底仅剩一组 5 孔的分层标尚在正常运行。所以其数据代表性被削弱,因此在进行地面沉降活动分析时也可根据地裂缝活动剧烈程度进行逆推判断。

1.1 水准点监测

水准点监测是最常用的一种地裂缝形变监测手段,该手段自 20 世纪 90 年代以来一直沿用至今。目前西安市共布设了多个国家 I 等水准点对地裂缝活动持续进行着监测。水准点是按照国家测量规范(GB12897—91)中的要求进行预制和埋设的混凝土水准标石。(图 1)其通过两个或多个水准点的相对高差变化来确定垂直位移量,监测精度为 0.01mm。

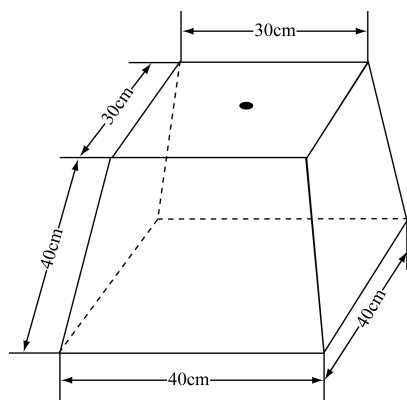


图 1 水准点结构

Fig. 1 Structure of benchmark

(1) 水准对点监测

水准对点是在地裂缝两侧(西安一般是南侧和北侧)各埋设一个水准点,通过水准仪读数差来确定高差,两次高差相减即为两次测量时间段内(一般为一季度测量一次)的垂直活动量(图 2)。

(2) 水准剖面监测

西安地裂缝往往具有次裂缝,是其在主裂缝活动时强大应力形成地裂缝沿线周围土体的破碎带造成的(图 3),该影响宽度范围内建筑物同样会遭到破坏。水准剖面是在垂直横跨地裂缝的一定范围内布

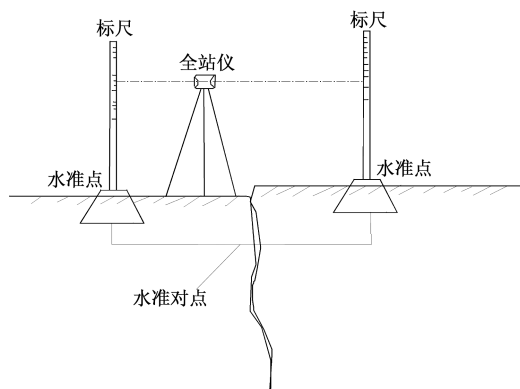


图 2 水准对点监测

Fig. 2 Benchmark spotting monitoring

设多个水准点,排成直线或者曲线形态的一种监测方法。其通过水准点彼此高差变化来判定地裂缝影响带宽度与地裂缝影响带宽内某段距离内地裂缝对工程的影响程度大小(图 4)。

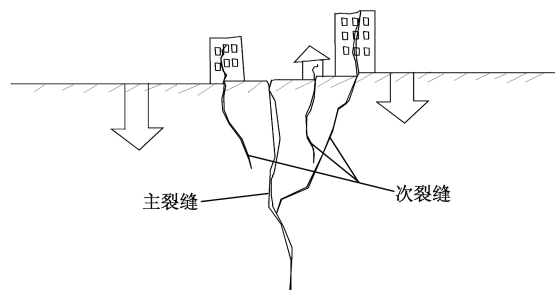


图 3 地裂缝主裂缝及次裂缝

Fig. 3 Major fracture and minor fracture of ground fracture

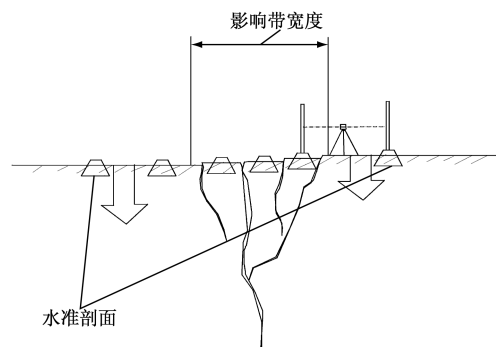


图 4 跨地裂缝水准剖面

Fig. 4 Benchmark section of crossing ground fracture

1.2 地裂缝三维活动监测

地裂缝三维活动监测是一种同时对地裂缝的垂直、水平、扭动(水平错动)的三维活动进行实时监测的一种高精度监测手段,其使用两台 DSJ 型水平断层

活动测量仪和一台 YSL 型垂直变形测量仪横跨地裂缝进行监测。其中一台 DSJ 与 YSL 正交地裂缝设置,一台 YSL 与地裂缝呈 30° 斜交设置(图 5)。分别对地裂缝水平引张量、两盘垂直相对沉降量及水平扭动量进行观测。仪器采用自动记录,一周一次人工换纸,其图纸曲线可以实时描述地裂缝的运动轨迹,测量精度可达 0.001mm 。西安地面沉降常规监测使用地面沉降分层标进行监测。地面沉降分层标埋深为 $97.31 \sim 367.29\text{m}$,每季度末定期监测。旨在通过土层变形量近似确定地面沉降量。

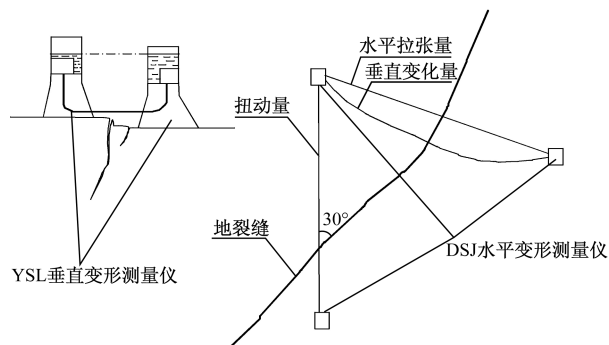


图 5 地裂缝三维监测

Fig. 5 3D monitoring of ground fracture

2 西安地裂缝近期活动规律

2.1 垂向活动特征

西安地裂缝 2006~2011 年垂向活动主要表现为南强北弱、西强东弱^①。2006~2010 年,地裂缝活动逐步减弱。2010 年开始地裂缝活动开始反弹,活动量逐步增大。水准点监测显示其活动自 2006 年起变化开始变的不稳定,主要表现在其两盘相对位移反复上,2007 年 D8 地裂缝中部由此前南盘相对下降瞬转至北盘相对下降,2008 年汶川地震爆发,2009 年转回南盘下降,活动量与 2007 年的年累计变化量基本持平,后恢复正常南降。该变化显示地震前附近断裂活动或者应力异变对地裂缝造成了前置影响。而该条地裂缝西部则保持相对南盘下降,可见同条地裂缝虽连贯但位移不连续且受力不连续,显示了西安地裂缝变化具有局部性的特征。

由于西安已经采取了控制地下水开采等积极措施,地裂缝活动自 2006~2010 年逐步减弱,但并未停止。除少部分地裂缝以外活动量大部分减少至 10mm 以下。其所受地下水开采造成的影响逐渐淡化退居其次。

西安地裂缝靠近西侧隐伏断裂的部分基本为相对北盘降低,此非出于巧合,中部则基本为相对南盘降低,而东部纵跨有一条隐伏断裂^[2](图 6),断裂西侧地裂缝大部南盘下降,东侧则体现在汶川震前南盘下降,震后北盘下降,南侧靠近隐伏断裂带附近的 DX2 为运动最为激烈的地裂缝带,其运动虽然因为地下水开采治理而相对自己减小,由此可见汶川地震已经对西安隐伏断裂产生了深远影响,而地裂缝垂向变化主导因素已由原来的地下水开采引发的不均匀沉降转变成为了断裂带活动或者活动引发的地质应力变化。在地质构造活动逐渐激烈的今天,西安地裂缝所受地质构造活动的影响逐渐成为决定其变化量的主要因素。

2.2 三维活动特征

之前多个地裂缝研究与监测都已经表明,西安地裂缝活动分为三维活动:即水平引张活动,垂向相对活动和扭动(错动)。

西安地裂缝三维活动监测显示 D4 地裂缝自 2006 年至 2011 一直处于微变状态,其 08 年汶川地震时有一次瞬变(突变量很小)后,依旧稳定(图 7)。截至 2011 年底,基本保持水平拉张变化,左旋扭动(逆时针方向)及当地北盘相对降低状态,去除土体自身热胀冷缩造成的位移误差外^[5],该状态显示西安地裂缝宏观正在进行北盘向西、南盘向东的运动。据此为西安市跨地裂缝工程建设提供了有效的防护依据。

2.3 西安市地面沉降近期活动特征浅析

西安市地面沉降 2006~2011 年呈逐年减弱趋势。期间 2008 年地震造成了短暂时间的增大迹象,而 2009 年亦回归至地层微压密阶段。监测显示地震对西安地层压密量未有持久影响,而地层压密量也以逐年递减到 $5 \sim 10\text{mm}/\text{年}$ 的速率。西安市地面沉降由于地下水位下降而加剧的变形量部分^[6]因为西安市采取了控制地下水开采等措施而逐渐减轻甚至消除。西安市地面沉降活动近期已进入稳定期。

2.4 西安地裂缝活动趋势

西安地裂缝 2010 年前一直处于连续减弱态势,其地下水位下降影响已变微弱,对活动剧烈程度的主要影响因素转为地质构造活动影响。近期全球多发地震火山,进入地质活跃期,西安地裂缝监测结果与

^① 2006—2011 年度地面沉降与地裂缝监测报告,李勇,2006—2011。

其吻合。自 2010 年起,西安地裂缝活动开始加剧但加剧程度不大,地裂缝活动速率开始稳步回升。预测西安地裂缝活动将在未来几年内呈现小幅度攀升趋

势,西安市各类跨地裂缝地上及地下建筑应当予以足够的重视,采取更加频繁的次数进行地裂缝变形量监测。

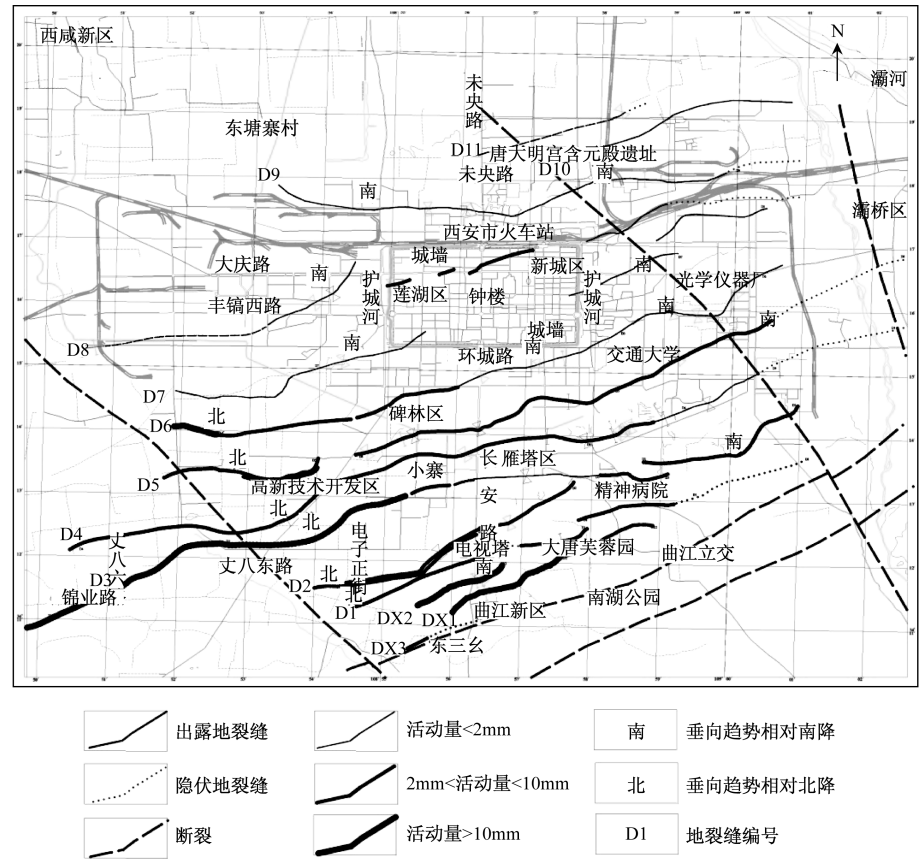


图 6 西安地裂缝近期活动(年活动量)图(截至 2011 年底)

Fig. 6 Adiagram about recent activities of ground fracture in Xi'an(annual activity) (by the end of 2011)

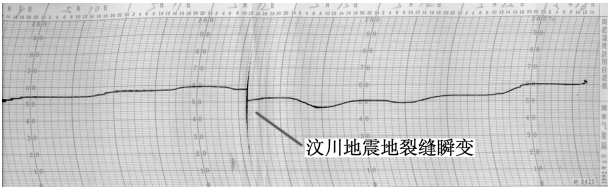


图 7 三维实时监测显示地震波经过时地裂缝瞬变
Fig. 7 Transition of ground fracture shown by 3D
real-time monitoring when earthquake waves

3 结论

3.1 监测方法及成效

多年以来,水准点监测以布设简单、测量精确、监测便捷和成本低廉而倍受青睐,成为西安众多监测机构进行地面变形测量的手段之一。其长期来作为西安市地裂缝监测点,为西安市积累了大量精确数据,

由水准点组成的水准对点和水准剖面使测量人员不仅掌握了西安市地区地裂缝的运动幅度、趋势,还掌握了地裂缝的影响宽度带,为西安市各类跨地裂缝建设工程提供了准确的参考依据;而地裂缝的三维监测和地面沉降的分层标监测,则为西安市地裂缝的研究分析提供了翔实的第一手资料。

3.2 近期的地面沉降及地裂缝活动规律总结

西安市地面沉降活动速率已经减低至趋于稳定的状态,由地下水开采引起的地面不均匀沉降已大部消除,近期地面沉降的变化还将继续趋于稳定微变状态;汶川地震对西安地面沉降及地裂缝的突变影响大于渐变影响,未直接对西安地面变形造成长远的影响;现西安市地裂缝运动量的主要影响因素由地下水开采引发的地面不均匀沉降转变为断裂构造的活动影响。进入地质活跃期后,地裂缝活动量(尤其是西南郊区)开始反弹,且在垂向相对运动中显示出一定

的区域规律性。

3.3 存在问题及建议

西安地裂缝与地面沉降常规监测主要依托水准点监测与分层标监测。目前西安市内城区规划建设频繁,各处水准点保护得不到当地的重视,大量被破坏,造成了一定的数据不连续性,甚至有的地裂缝上的水准点被破坏殆尽,近期在其上已经无监测点正常运作,为地裂缝的详尽分析构成了障碍。而目前分层标也仅有一处,无法覆盖西安市的广大城郊区,以点代面会对分析与结论造成相当的误差甚至误判,对更进一步细化研究断层对地面沉降影响造成了很大困难。

西安地裂缝与地面沉降常规监测的一个缺点就是测量的往往是相对位移,从而以相对位移来体现地裂缝与地面沉降的活动剧烈程度,而对于绝对活动量无法监测,这不利于进一步对西安周边断层的活动进行分析及判定,以及对被断裂带包围的西安断陷活动进行具体分析。

西安地区应重新布设水准点、增设多个分层标,并对周边的长安—临潼断裂等构造断裂带进行布控,以使水准点覆盖地裂缝并增加地面沉降压密量的代表性,同时取得周边断裂活动的第一手资料,以利于在地质构造活跃期来临之时,能够准确的把握其对地裂缝与地面沉降的影响规律,更好的为西安地区的规划及建筑工程服务。

参考文献:

- [1] 杨凯元,吴成基,等.西安地裂缝形变监测与研究[M].西安:陕西师范大学出版社,1986.

YANG Kaiyuan, WU Chengji, et al. Monitoring and research on shape change in ground fracture in Xi'an [M]. Xi'an: Shaanxi Normal University Press, 1986.

- [2] 李永善,李金正,等.西安地裂与渭河盆地断裂研究[M].西安:地震出版社,1986.

LI Yongshan, LI Jinzheng, et al. Research on ground fracture in Xi'an and fracture of Weihe basin [M]. Xi'an: Seismological Press, 1986.

- [3] 张茂省,董英,张新社,等.地面沉降预测及其风险防控对策——以大西安西咸新区为例[J].中国地质灾害与防治学报,2013,24(4):115-126.

ZHANG Maosheng, DONG Ying, ZHANG Xinshe, et al. The concentration region numerical simulation analysis and prediction research in Daanshan coal mine deep stress [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2013, 24(4): 115-126.

- [4] 宁社教,闫文中,许超美,等.西安地区地裂缝与地面沉降调查报告[M].2009.

NING Shejiao, YAN Wengzhong, XU Chaomei, et al. A survey report on ground fracture and surface subsidence in Xi'an [M]. 2009.

- [5] 孙建中,吴玮江,田春生,等.黄土学(下篇)[G].西安地图出版社,2011.

SUN Jianzhong, WU Weijiang, TIAN Chunsheng, et al. Loess Study (Sequel) [G]. Xi'an Cartographic Publishing House, 2011.

- [6] 王永炎,等.黄土与第四纪地质[M].西安:陕西人民出版社,1982.

WANG Yongyan, et al. Loess and quaternary geology [M]. Xi'an Shaanxi Renmin Press, 1982.

The monitoring methods and recent activities orderliness of Xi'an fissure ground

LI Yong

(Ecological Environment Monitoring Master Station in Shaanxi Province, Xi'an Shaanxi 710054, China)

Abstract: Xi'an fissure ground and subsidence ground had been monitored for many years, that had formed a reliable routine monitoring method. With a brief introduction of that, one by one, at the same time, also that had been done a briefly analyses for recent monitoring results of Xi'an fissure ground and subsidence land. that pointed out the recent activity Orderliness of Xi'an fissure ground and subsidence land and the main influencing factors to change the status. Hope that plays a reference role in Xi'an construction.

Key words: fissure ground; subsidence ground; monitor; main influencing factors