

孙晓涵, 彭建兵. 清徐县地裂缝活动与地下水开采定量关系[J]. 灾害学, 2015, 30(4): 107–112. [Sun Xiaohan and Peng Jianbing. The relation between earth fissures and ground water in QingXu [J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(4): 107–112.]

清徐县地裂缝活动与地下水开采定量关系*

孙晓涵¹, 彭建兵^{1,2}

(1. 长安大学 地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054;
2. 西部地质资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054)

摘 要: 地下水长期超采使山西省清徐县产生了严重的地面沉降, 在边山地区甚至诱发和加剧了地裂缝灾害。通过对清徐县地下水开采和地裂缝发育特征分析发现两者有很好相关性。结合地裂缝发育区的地质环境, 分析认为交城断裂的持续活动使断层两盘的地层岩性及厚度具有相当大的差异, 在过量开采地下水导致承压水位大幅度下降, 两盘地层发生差异沉降。先存断裂作为土体中的宏观结构面, 差异沉降沿此面集中发生, 造成了上部地裂缝的出现与活动的加剧。根据地裂缝的成因机制, 结合钻孔和水文地质剖面资料, 建立了适用于洪积扇地面沉降的计算模型。计算结果很好地解释地裂缝的活动特征, 为进一步明确地裂缝的成因、预测地裂缝活动趋势提供了参考。

关键词: 地裂缝; 地面沉降; 地下水开采; 定量评价; 交城断裂带; 山西清徐

中图分类号: P642; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2015)04–0107–06

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2015.04.021

进入20世纪以来, 人们对地下水需求不断增加, 过量开采地下水导致的地面沉降逐渐成为世界性的地质灾害^[1]。在许多国家和地区, 严重的地面沉降还诱发了地裂缝灾害^[2]。其中, 我国的汾渭盆地是典型的地面沉降、地裂缝群发地区, 也是灾害程度最为严重的地区之一。自1970年以来, 汾渭盆地内先后出现500余条地裂缝, 最大长度达46 km, 造成了巨大的经济损失^[3]。

在地裂缝的研究中, 研究者们很早就注意到地裂缝活动与地下水开采在时间和空间上有很好的相关性^[3]。但由于地质条件复杂及长期监测资料的缺乏, 人们对于地下水开采与地裂缝的关系多侧重理论上的定性分析, 定量评价很少, 不利于地裂缝的预测预报和防灾减灾。

清徐县地处我国汾渭盆地中部, 长期以来靠开采地下水作为生产生活的用水来源。随着地下水采量的不断增加, 平原区普遍发生了一定程度的地面沉降, 边山地区出现了地裂缝灾害。截至2013年底, 地裂缝已贯通整个清徐西部, 造成房屋破裂、地面积水、道路损毁等多种危害, 经济损失尤为严重^[4]。选取太原盆地内地面沉降和地裂缝活动最为强烈的清徐地裂缝为典型, 研究地

下水开采和地裂缝活动的定量关系对于进一步明确地裂缝的成因机制、指导地下水开采、预测地裂缝发展趋势具有一定的实际意义。

1 研究区地质环境概况

清徐县地裂缝和地下水开采主要集中在盆缘地区, 与地形地貌、地质构造、水文地质条件及地下的开采状况密切相关。

1.1 地质概况

(1) 地形地貌

清徐县位于新生代断陷盆地—太原盆地的西北边缘, 其地形西北高、东南低, 包括基岩边山、洪积扇和冲积平原三大地貌单元(图1a)。其中地下水降落漏斗和地裂缝主要集中在洪积扇区。由于新构造运动的影响, 坡积物和洪积扇群在山前广泛发育并形成了宽2~5 km的倾斜平原。

(2) 地质构造

交城断裂是太原盆地的控制性盆缘断裂, 也是清徐县边山和盆地的分界断裂。交城断裂在清徐县境内全长15.5 km, 是清徐县主要的活动断

* 收稿日期: 2015–05–10 修回日期: 2015–06–20

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(九七三)“黄土重大灾害及灾害链的发生、演化机制与防控理论”(2014CB744700)

作者简介: 孙晓涵(1983–), 河北张家口人, 博士研究生, 主要从事工程地质与地质灾害方面的研究. E-mail: sunxiaohan@qq.com

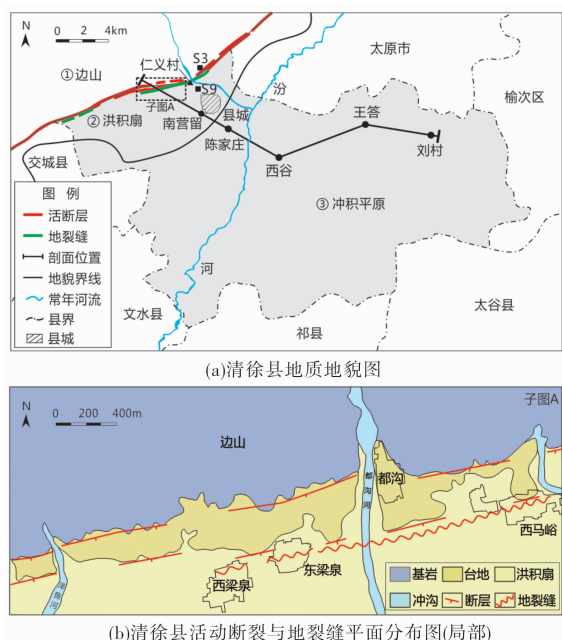


图1 清徐县平原区综合地质图

裂。该断裂在平泉以东走向为 55° ，平泉以西走向变为 80° 。交城断裂于燕山期出现，喜山期活动得以加强，其现今活动速率约为 $0.95 \text{ mm/a}^{[4]}$ 。断层的长期持续活动在基岩山前与洪积扇之间形成了宽度几十米的洪积台地，地裂缝常出现于洪积台地前缘(图1b)。

(3) 水文地质

不同地貌单元的地下水埋藏特点及补给、径流、排泄均有较大的差异。其中，地裂缝与地面沉降集中发育的边山洪积扇区直接与广大山区相连，其地下水补给途径多，补给来源稳定充足，加之盆缘断裂的富水作用，洪积扇常作为主要的开采水源地。山前洪积扇扇顶位置主要分布单一结构的潜水含水层，至洪积扇中部出现双层或多层结构的含水层(图2)。浅部为潜水含水层，深部为承压含水层。按含水层的埋藏条件可以分为潜水($0 \sim 40 \text{ m}$)、中深层承压水($40 \sim 150 \text{ m}$)两类。其中，中深层承压水为清徐县县城及周边地区主要开采水源。

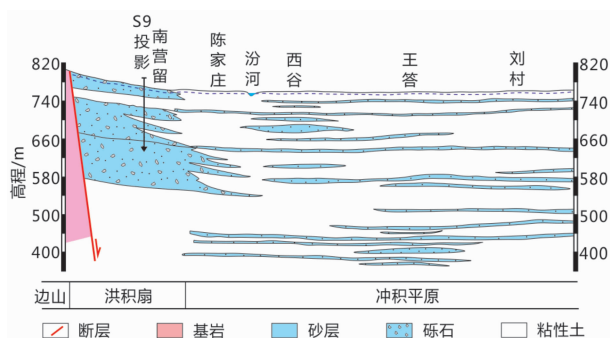


图2 清徐县水文地质剖面图

1.2 地下水开采历史及水位动态

清徐县地下水的开采大致可以分为3个阶段。1978年前，地下水主要用于改善人畜吃水和浇灌，开采井数和年开采量都很小。1978年后，各行业对水资源的需求量迅速增长，地下水的开采量也呈逐年增加的趋势。进入新世纪后，随着经济的发展，地下水的需求量急剧增大。其中承压水的开采量占总开采量绝大部分(图3)。

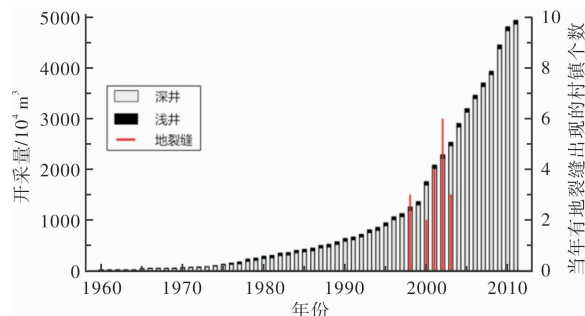


图3 1960-2011年清徐县地下水开采量及地裂缝

地下水位动态受开采量大小所控制。1960年潜水年开采量为 2.09 万 m^3 ，2011年潜水年开采量增长至 71.72 万 m^3 。1960年承压水年开采量为 19.40 万 m^3 ，而2011年承压水年开采量达 4873.70 万 m^3 。由于潜水开采量小且容易得到地表水补给，故多年来潜水水位变化不大，没有形成降落漏斗。而承压水水位则随着开采量的逐年增加快速下降，在边山地区形成了区域性的降落漏斗且漏斗范围和深度逐年扩大和加深。县城附近的白石河洪积扇作为清徐县最主要的城市水源地，持续的超采使地下水位大幅度下降，在白石河洪积扇顶部形成了地下水降落漏斗，并导致了显著地面沉降。据 InSAR 监测资料，白石河洪积扇2004-2009年累计沉降量达 330 mm ，是整个清徐县沉降最为严重的地区。

2 地裂缝发育特征及成因机理

对地裂缝的发育特征和成因机理的定性分析是建立计算模型的基础，模型计算是对成因机理的再认识。

2.1 地裂缝的基本特征

从1990年代开始，交城断裂沿线一带有村民房屋开始出现裂缝，并呈现出日趋加重的趋势。截止目前，地表明显并具有一定规模和危害的地裂缝共18处，集中分布在清徐县东于镇、清源镇、马峪乡^[5]。

(1) 空间分布特征

平面上，所有地裂缝均分布在交城断裂主断

裂或次级断裂附近。其中, 在地表陡坎、陡坡、台地前后缘等活动构造地貌分界线附近最为集中。地裂缝的走向稳定与活动断裂保持高度一致, 横穿河流阶地、漫滩等盆地内地貌单元(图 1b)。截至 2008 年, 地裂缝总长度达 15 km, 与交城断裂活动基本相等^[6]。

剖面上, 地裂缝主要分布在交城断裂上盘。据探槽及物探资料, 地裂缝深部与下伏活动断裂相接具有明显的垂直位错且表现出生长断层的特性^[7]。地裂缝表现为先存断裂在地表的最新活动。

(2) 运动与活动特征

地裂缝运动总体表现为下盘保持不动、上盘不断下降的正断形式。地裂缝具有垂向差异运动、水平张裂及水平剪切三维运动特征。三维运动并不是均等的, 而是以垂向差异运动最为显著, 水平张裂及水平剪切速率较小。仁义村东北部探槽表明, 地裂缝总体上窄下宽, 在 8 m 以下水平张裂运动很弱, 裂缝几乎是闭合的^[7]。此外, 跨地裂缝短水准监测数据表明地裂缝的垂向活动具有年内周期性。每年 4~10 月的地裂缝的活动速率比同年 10 月~次年 4 月的活动速率明显偏大(图 4)。

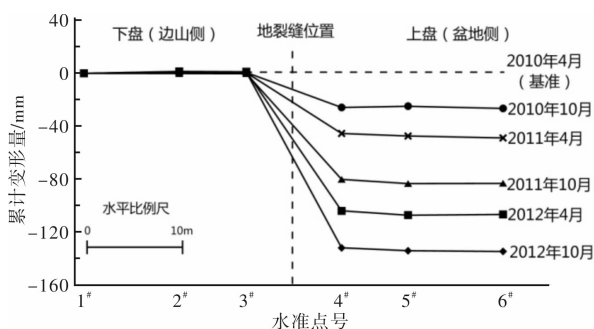


图 4 清徐县仁义村跨地裂缝沉降剖面

活动上, 地裂缝和地下水开采具有同步性。在 1990 年代中期以前, 交城断裂沿线很少有地裂缝分布; 2000 年左右, 地裂缝呈现明显的增多趋势(图 3), 已有地裂缝的活动强度也有明显的增加。

2.2 地裂缝成因机理分析

交城断裂是太原盆地内活动性最强的断裂。从地裂缝的发育特征来看, 地裂缝和断层的空间分布高度一致(图 1b), 表明地裂缝和活动断裂密切相关。但地裂缝的活动速率超过 60 mm/a(图 4)远远大于下伏断层的可能活动速率, 又表明地裂缝的活动不单受断层的控制, 其活动还受其他因素的影响。地调资料表明, 地裂缝下降盘普遍伴随有地面沉降现象。由于潜水水位多年来变化很小, 浅部地层的压缩量非常有限, 因此地裂缝的活动和浅部地层关系不大。地裂缝的高速活动可

能和 50 m 以深的承压水开采有关。结合地裂缝变形特点及年内周期性活动特征, 推断地裂缝为先存断裂基础上的差异沉降所致。交城断裂的持续活动造成断层两盘同期沉积地层的岩性及厚度具有显著的差异^[8]。断层下盘不断抬升, 老洪积扇前缘形成陡坎演变为洪积台地, 沉积物厚度较小。断层上盘则不断下降, 洪积物不断堆积, 形成新的洪积扇, 沉积物厚度较下盘大的多^[9](图 5)。根据钻孔资料, 断层下盘基岩埋深仅 10~40 m, 而上盘第四系厚度大于 300 m; 且地裂缝下盘同深度地层较上盘地层要老, 压缩性小。由于断裂两侧沉积物厚度相差悬殊、压缩性的不同且土体中存在活动断层面这种时代新、活动性强的宏观结构面^[10]。在承压水位降低的条件下, 断层两盘差异沉降沿先存断层面发生, 导致了地裂缝的高速活动。

3 地裂缝活动的定量分析

根据地裂缝的成因机理, 定量评价地裂缝和地下水开采之间的关系, 核心在于对承压水水位下降导致的两盘差异沉降进行客观的分析。

3.1 计算方法与模型建立

(1) 计算方法

对地裂缝及其附近地层活动的计算, 理论上选用二维或三维模型是最符合实际的。但由于地裂缝所处洪积扇结构复杂, 粗细不同的沉积物常以夹层或互层的形式混杂分布, 加之活动断裂影响, 地质条件较为复杂。在基础资料不足的情况下, 建立的模型难以反映实际地质条件。另外, 目前对于地表变形的监测仅限于竖直方向, 缺少水平方向的监测资料对模型加以校正, 其计算结果很可能不理想。

根据地裂缝运动特征, 地表一定深度以下水平张裂量小到可以忽略, 故在计算中仅考虑两盘垂向差异运动。地裂缝活动速率等于上下两盘地面沉降速率的差值, 即 $V_{\text{地裂缝}} = V_{\text{上盘}} - V_{\text{下盘}}$ 。其中下盘由于沉积物厚度薄且水位变化不大, 地面沉降速率 $V_{\text{下盘}}$ 很小, 在计算中可认为 $V_{\text{下盘}} = 0$ 。而上盘沉降分布均匀(见图 4), 据此特点, 选取距离地裂缝约 800 m 的钻孔 S9, 对其进行计算。认为此井点处的沉降速率等于整个上盘的沉降速率 $V_{\text{地裂缝}} = V_{\text{上盘}} = V_{\text{S9}}$ 。

洪积扇中包含了大量的粘性土夹层。这些夹层在释水的时候可以发生较大的压缩; 另外, 由于洪积扇水流的不稳定, 这些夹层侧向延伸通常较小, 夹层上下含水层具有统一的水力联系。为

了充分考虑夹层的这些独特性质, 本文计算采用了基于夹层的地面沉降算法^[11]。

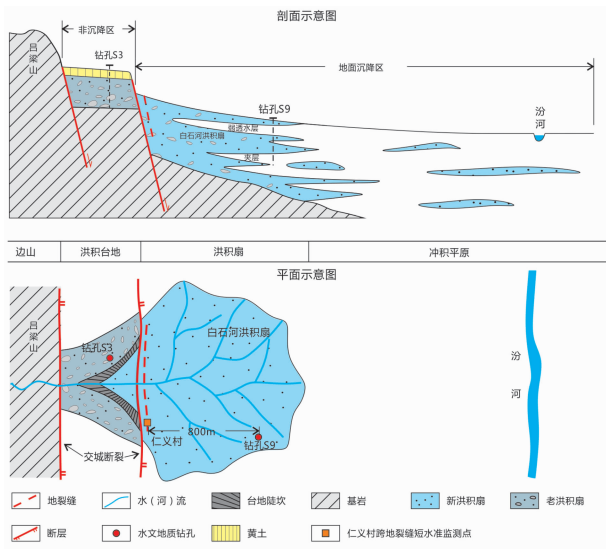


图5 清徐县地裂缝成因机理模式图

夹层岩性不同, 其物理力学性质也有较大差异。在计算中, 首先依据夹层的岩性和厚度将其分为非滞后夹层和滞后夹层。非滞后夹层通常由粉土等颗粒较粗的沉积物构成。周围含水层水头发生变化时, 夹层中的水头很短时间就可达到平衡。这些夹层在计算中认为其变形和水位的变化是同步进行的。滞后夹层通常由粉质粘土或粘土组成。由于细颗粒沉积物渗透系数很小, 其时间常数显著大于计算时步的长度。夹层中水头明显滞后于周围含水层的水头变化。对于这些夹层, 孔隙水压力缓慢消散导致的压缩滞后用太沙基一维固结方程加以描述^[12]。

为了便于计算, 将众多夹层归并为不同的夹层系统, 如非滞后系统1、非滞后系统2、滞后系统1等。每一个模型层内可以设置任意多个夹层系统。最终地表的沉降量等于所有模型层中各个夹层系统和含水层的变形量之和。

在实际中, 土层的变形和有效应力之间的关系并不是线性的。土的压缩性随着应力水平的增大逐渐减小。在有效应力变化较小时, 有效应力-变形曲线可以近似用斜率为 S_{sk} 的直线来代替。另外, 土层的变形还和其应力历史有很大关系。在计算中, 利用两个常数 S_{ske} 和 S_{skv} 来刻画夹层在先期固结压力前后不同的应力和变形关系。当夹层受到的应力水平小于先期固结压力时, S_{sk} 采用弹性骨架储水率 S_{ske} , 当夹层受到的应力水平大于先期固结压力时, S_{sk} 采用非弹性骨架储水率 S_{skv} 。

(2) 模型建立

依据 S9 钻孔综合柱状图(图6), 结合清徐县

水文地质剖面图将 S9 垂向上概化为潜水含水层、弱透水层及承压含水层三层结构。

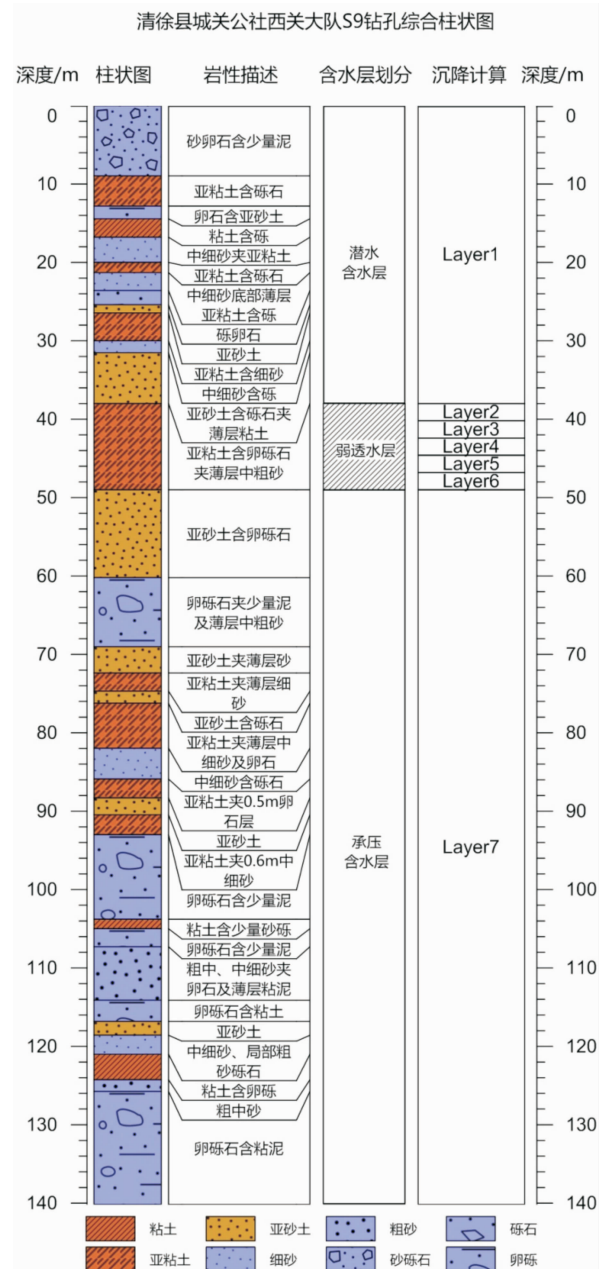


图6 清徐县城关公社西关大队 S9 钻孔综合柱状图

其中 0 ~ 38 m 为潜水含水层, 在模型中用 1 个模型层 (Layer1) 表示。38 ~ 49 m 为厚弱透水层, 用 5 个模型层 (Layer2 ~ 6) 表示, 以提高精度。49 ~ 140.1 m 为承压含水层。承压含水层以粗颗粒沉积物为主, 虽然含有一些厚度相对较小的粘性土层和亚砂土层, 但仍具有统一的水力联系。在模型中也用 1 个模型层 (Layer7) 来表示, 其中的粘性土和亚砂土层作为夹层在模型中体现。

3.2 初始条件与边界条件

(1) 边界条件

由于潜水开采量较小, 长期以来潜水水位变

化不大, 故在计算中认为潜水水位保持不变。

作为地下水资源主要开采层的承压含水层水位在长期持续的开采中水位逐年降低。由于钻孔 S9 处没有设置水位观测孔, 因此承压水位根据统测水位与附近观测孔水位估算得到: 1988 年 10 月份该区承压水位为 760 ~ 770 m^[13], 假定 1989 年 1 月 1 日承压水位为 765 m; 2003 年 12 月份该区承压水位 730 ~ 740 m^[14], 假定 2004 年 1 月 1 日承压水位为 735 m; 2009 年 5 月 6 日该区承压水位 710 ~ 720 m^[14], 假定 2009 年 1 月 1 日承压水位为 720 m。由此得到 1989 年 1 月 1 日至 2013 年 1 月 1 日的水位变化情况。由于承压含水层内部没有完整的隔水层, 整个含水层范围内水力联系十分紧密, 不同深度的水头认为是同一个值。总体上看, 进入九十年代以后, 随着地下水开采量快速增加, 地下水位有加速下降的趋势。

(2) 初始条件

据监测资料, 将 1989 年潜水水位和承压水位均设定为 765 m。

3.3 参数的选取

根据 S9 钻孔柱状图统计计算深度范围内的各夹层的厚度及岩性并将其划分为不同的系统(表 1)。

表 1 夹层统计

	非滞后夹层/m	滞后夹层/m
弱透水层 (Layer2 ~ 6)	非滞后系统 1: 2.2	—
承压含水层 (Layer7)	非滞后系统 2: 11.5、 3.35 m、1.55、 2.15、1.76	滞后系统 1: 1.2、3.25 滞后系统 2: 2.32、5.73、 2.4、2.55

对建立的地面沉降模型, 设置前期固结水头、初始沉降量和各参数初始值后, 选取 2004 年 1 月 1 日至 2010 年 1 月 1 日的作为模型识别阶段。通过该时间内不同时间段的累计地面沉降量的计算值和实测值的对比, 调整模型中滞后夹层和非滞后夹层的参数, 使模型值和观测值达到较好的拟合。通过识别, 各夹层系统参数如表 2 ~ 表 5 所示。地面沉降拟合曲线表明计算结果与实测结果相差在 20% 以内(图 7)。

表 2 夹层的基本物理力学参数

	S'_{ske}/m^{-1}	S'_{skv}/m^{-1}	$K'_v/(m/d)$
滞后系统 1	6×10^{-6}	6×10^{-4}	6×10^{-6}
滞后系统 2	5×10^{-6}	5×10^{-4}	5×10^{-6}

表 3 承压含水层滞后夹层参数计算

	各自 厚度/m	总厚度/m	时间 常数/d	b_{equi}/m	n_{equi}
滞后系统 1	1.2、3.25	4.45	150.063	2.450	1.817
滞后系统 2	2.32、5.73、 2.4、2.55	13	262.848	3.552	3.660

表 4 非滞后夹层的弹性储水系数计算

	弱透水层(layer2 ~ 6)	承压含水层(layer7)
非滞后系统 1	1.1×10^{-5}	—
非滞后系统 2	—	1.22×10^{-4}
粗颗粒	—	1.61×10^{-4}
总计	1.1×10^{-5}	2.83×10^{-4}

表 5 非滞后夹层的非弹性储水系数

	弱透水层(layer2 ~ 6)	承压含水层(layer7)
非滞后系统 1	1.1×10^{-3}	—
非滞后系统 2	—	6.093×10^{-3}
粗颗粒	—	5.369×10^{-3}
总计	1.1×10^{-3}	1.146×10^{-2}

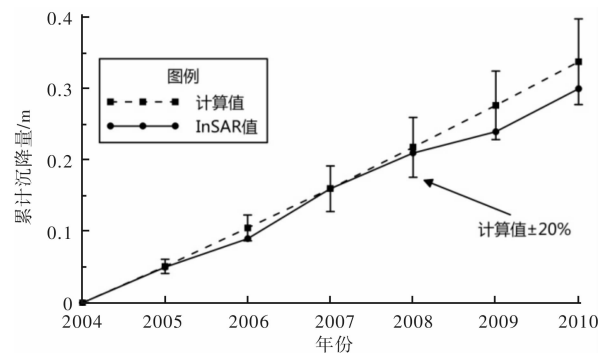


图 7 计算值与地面沉降 InSAR 监测值对比

3.4 地裂缝活动的模拟与分析

保持模型参数不变, 利用识别好的模型, 根据仁义村地裂缝的 2010 ~ 2012 年的水位变化情况(图 8)对地裂缝活动速率进行计算。

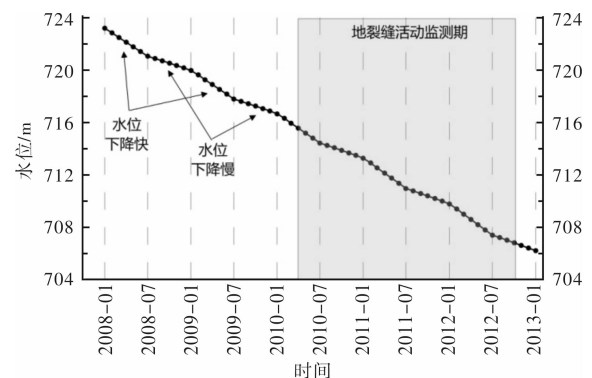


图 8 仁义村地裂缝处水位变化曲线

计算结果表明地裂缝的活动和地下水开采有很好的对应关系。地裂缝的活动速率受承压水水位下降速率控制。每年 1 ~ 7 月水位下降速率大, 地裂缝的活动速率也大, 每年 7 月至次年 1 月水位下降速率小, 地裂缝活动速率也小。根据每年 4 月和 10 月进行的跨地裂缝短水准监测数据可以看出, 计算值和实测值比较相符(图 9)。计算结果证实了地裂缝的年内周期性确实是水位变化导致的差异沉降所导致的。

此外, 在以往的地面沉降及地裂缝研究中通常认为洪积扇中上部地区, 含水层颗粒粗、压缩性小, 开采地下水不易导致地面沉降。本次计算

表明,在特定的地质条件下,洪积扇顶部的沉降量可以达到和冲积平原地貌单元相同的量级。

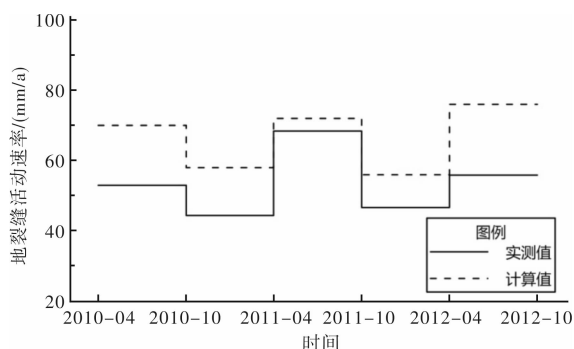


图9 仁义村地裂缝活动计算值与监测值对比

4 结论

通过对清徐县地裂缝的发育特征分析,概括了清徐县地裂缝的成因机理并通过模型加以计算,得到了以下结论。

(1)清徐县地裂缝的成因机制是先存断裂基础上、抽水导致的两盘差异沉降所致。地裂缝受活动构造控制,但其高速活动直接受地下水开采影响。

(2)对于洪积扇等复杂地质条件下的地面沉降计算,可选取具有水位和沉降观测资料的具体井点作为代表点,采用一维垂向模型来计算下水位变化作用下的地面沉降。

(3)在过量开采地下水的情况下,洪积扇顶部粗颗粒分布区同样可发生显著的地面沉降,并加剧地裂缝的活动。

(4)通过建立的地面沉降模型,计算了过量开采地下水导致的地面沉降及地裂缝活动情况。计算结果表明地下水开采和地裂缝活动具有直接的联系。地裂缝的年内周期性活动特征是地下水水位波动的表现。

定量计算结果很好地解释了清徐县地裂缝的高速活动性和年内周期性等特征,这也从侧面证实了清徐县地裂缝确实是先存断裂两盘差异沉降所致。减少承压水的过量开采,可以大大降低地裂缝的活动速率;这对于进一步确定地裂缝的成因、进行地面沉降与地裂缝的联合防治具有一定的作用。

参考文献:

- [1] Galloway D., Jones D.R., Ingebritsen S.E. Land subsidence in the United States[M]. US Geological Survey Reston, VA, 1999.
- [2] Budhu M., Shelke A. The formation of earth fissures due to groundwater decline[A]. Proceeding of the 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), 2008; 1-6.
- [3] 彭建兵,范文,李喜安,等. 汾渭盆地地裂缝成因研究中的若干关键问题[J]. 工程地质学报, 2007, 15(4): 433-440.
- [4] 门玉明,彭建兵,李寻昌. 山西清徐县地裂缝灾害现状及类型分析[J]. 工程地质学报, 2007, (15)4: 453-457.
- [5] 单利军,贺秀全,陈元明,等. 清徐地裂缝调查报告[R]. 太原:山西省地质环境监测中心, 2009.
- [6] 赵超英,张勤,张静. 山西清徐地裂缝形变的 InSAR 监测分析[J]. 工程地质学报, 2011, 19(1): 70-75.
- [7] 孟振江. 交城断裂带地裂缝发育特征及成因机理研究[D]. 西安:长安大学, 2012.
- [8] 江娃利,郭慧,谢新生,等. 山西交城断裂带活断层填图报告[R]. 北京:中国地震局地壳应力研究所, 2012.
- [9] 杨景春,李有利. 地貌学原理[M]. 北京:3版. 北京大学出版社, 2012.
- [10] 蒋建平,章杨松,罗国煜. 土体宏观结构面及其对土体破坏的影响[J]. 岩土力学, 2002, 23(4): 482-485.
- [11] Hoffmann J., Leake S.A., Galloway D.L., et al. MODFLOW-2000 Ground-Water Model—User Guide to the Subsidence and Aquifer-System Compaction (SUB) Package[R]. USGS, 2003.
- [12] Helm D.C. One-dimensional simulation of aquifer system compaction near Pixley, California; 1. Constant parameters[J]. Water Resources Research, 1975, 11(3): 465-478.
- [13] 王贵喜,曹金亮,张佳. 山西省太原盆地地下水管理模型研究报告[R]. 太原:山西省地质矿产局第一水文地质工程地质队, 1991.
- [14] 韩颖,张政奎,张宏民,等. 山西太原盆地地下水资源及其环境问题调查评价报告[R]. 太原:山西省地质调查院, 2005.
- [15] 宁显林. 清徐县西边山洪积扇区地下水位动态预测研究[D]. 太原:太原理工大学, 2010.

Quantitative Relationship between Ground Fissure Activity and Groundwater Exploitation in QingXu

Sun Xiaohan¹ and Peng Jianbing^{1, 2}

(1. School of Geology Engineering and Geometrics, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. Key Laboratory of Western China Mineral Resources and Geological Engineering, Ministry of Education, Xi'an 710054, China)

Abstract: Long-term over-exploitation of groundwater in QingXu, Shanxi Province has caused serious land subsidence, and has induced and exacerbated earth fissures in basin edge. Through analyzing the characteristics of groundwater withdrawal and earth fissures development, the relation between changes in ground-water levels and earth fissure have been found. The persistent motion of Jiaocheng fault caused considerable differences between the two sides of the fault plane. Excessive exploitation of ground-water caused a significant decline in confined water table and succeeding differential subsidence. Pre-existed fault planes as a macro-structure plane in the soil body have caused concentration of differential subsidence and accelerated the earth fissure activities. Base on the earth fissure mechanism, combined with drilling and hydrogeological profile data, a numerical model has been build. The model results well explain the characteristics of earth fissure. Through this simulation the mechanism of QingXu earth fissure has been verified. The simulation is useful in forecasting earth fissure trend.

Key words: earth fissure; ground subsidence; groundwater exploitation; quantitative evaluation; Jiaocheng fault; QingXu in Shanxi