

榆次地裂缝成因探讨*

丁学文 陈国顺

齐永生

(山西省震局,太原 030002)

(榆次市水资委办公室,榆次 030006)

摘要 根据物探、钻探、地貌等资料证明了王湖—北田断裂和郭家堡—南沟隐伏断裂的存在及其活动性,并从地裂缝的分布及其活动特征、地震、地下水、地貌、地形变等诸方面论证了榆次地裂缝是由于断裂活动间接所致,属于构造成因,同时地震活动、地下水超采加剧了地裂的发展。

关键词: 地裂缝;构造控制;地震活动;地下水开采

0 引言

榆次市地裂缝于八十年代初发现于一三九处西楼,现已发展到市区并呈带出现,直接影响了当地居民正常的生产、生活,同时也给城市发展、规划带来了新的问题。为此,省政府立专项责成山西省地震局进行地裂缝研究工作。山西省地震局组织本局及国家地震局地质所、地壳应力所、晋中地震局、榆次市地震局等单位有关人员以九个二级课题进行了为期一年多的工作,取得了一系列宝贵资料。综合地裂缝研究成果及有关资料,对榆次地裂成因作一探讨。

1 地质构造

区域构造上榆次市位于祁吕、贺兰山字型构造东翼,山西多字型构造晋中^①近槽地的东北侧。长期以来在不同应力作用下,从古生代到新生代经历了多次构造变动,形成了一系列褶皱、断裂等构造形迹(图 1)。这些不同类型的构造控制了榆次市地区的地貌、地下水的分布、地裂分布及其特征。

据钻孔、物探资料证明了近南北向王湖—北田断裂和北东向郭家堡—南沟断裂的存在(图 2),它们控制了地裂区的地貌、构造特征及断裂的分布(图 3)。

国家地震局地质研究所在北郊变电站北侧、校园路两处近东西向垂直地裂缝布置了三条浅层地震剖面,在 300m 探测深度内的新生界地层中没有发现构造标志,说明地裂缝不是由于断裂直接引起的。

2 地貌及土质特征

榆次市地形总体上东高西低,北高南低。据地形、地貌、地层、土质等特征,从东向西划分为山前黄土台地(I)、中东部过渡斜坡地带(II)、中西部山前冲洪积倾斜平原区(III)及

* 收稿日期: 1999-02-05

位于市区东南的河谷地带(IV)等四个地貌单元(图4)主要出露地层为中、晚更新世黄土,平原区为全新世堆积。榆次市地裂缝分布于III区,该区地面由北东向西南倾斜,坡度小于2‰。地层组成上部为全新世冲洪积亚粘土,厚度一般为4~6m;含水量(W)为7.9%~27.7%,一般为15%~24.1%;塑限(WP)为23.1%~33.1%,一般为24.0%~27.9%。下部为亚粘土、轻亚粘土、砂层互层,含水量(W)为11.1%~36.3%,一般为22.0%~25.2%;塑限(WP)为13.8%~45.9%,一般为26.1%~30.8%。据从北郊变电站、榆次电缆厂、养鸡厂三处探槽4米深内共取得的10个工程土样测试分析,含水量(W)为5.1%~12.2%,塑限(WP)为17.4%~20.0%,湿限系数(δ_s)为0.032~0.131,空隙度(n)为42~49。上述数据表明,该层位土具有含水量低,孔隙度大,饱和度低,易塑性、易湿陷的特点,且岩性变化小、土质干硬、无膨胀性,属于自重湿陷性粉质粘土。172处地面大幅度下沉即是佐证。从地裂的分布可知,地裂不受地形、古河道的影响。

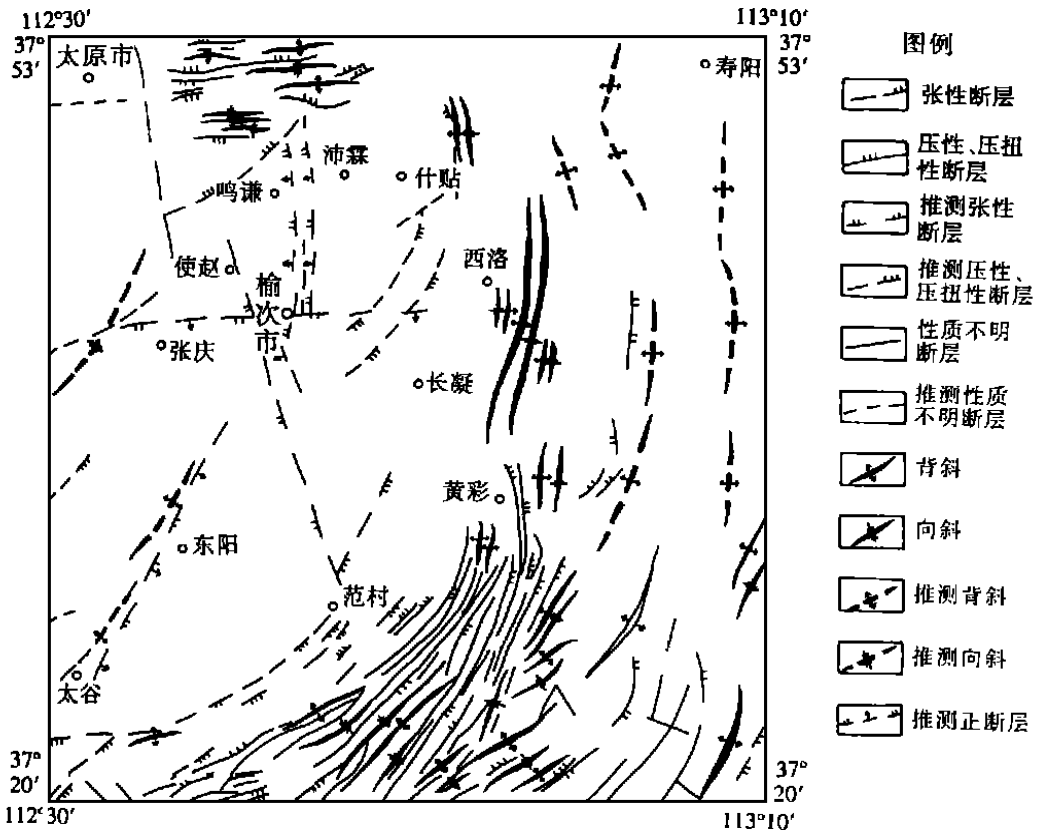
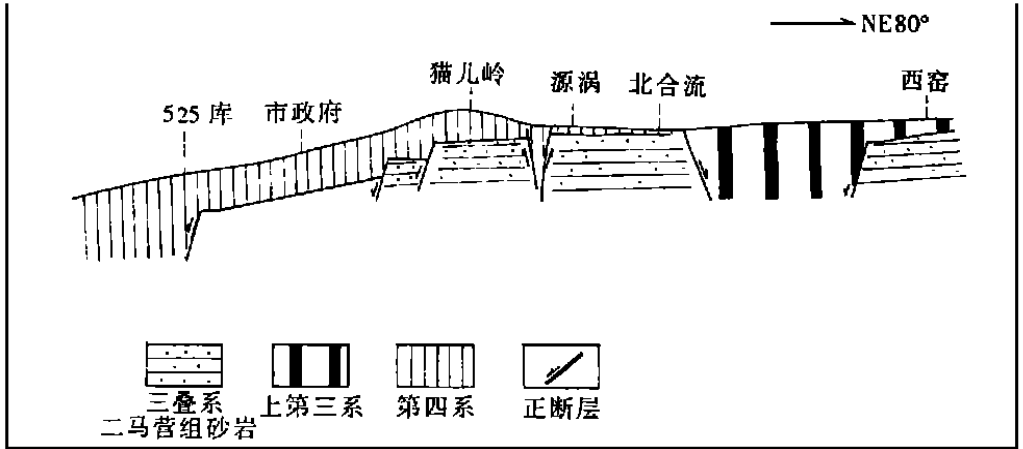


图1 榆次市构造体系图(据孙炳亮,1990)

3 地裂缝的形成历史及分布概况

3.1 地裂缝形成历史

榆次地裂缝于1982年发现于139处,尔后逐步向南发展,现已成为南北向和北东向两个地裂缝带,在校园路相交。据地裂缝出现、房屋破坏的年代情况,地裂缝总体上具有向



1:10000

图 3 525库—西窑地质剖面图

3.2.2 北东带

北东向地裂缝带宽 400m,长达 1800m,可细分为三条地裂缝(带):

(1) 晋中电视台—市塑料厂—晋中煤管局

(2) 区农牧局宿舍—九普—晋中劳动局

(3) 由五条左行排列的地裂缝组成:

① 王湖村南—王湖路

② 榆次电缆厂存车房—晋中电业局宿舍 2号楼—榆次电缆厂南宿舍北排

③ 市环保局—晋中电业局宿舍 4号楼—五中—晋中人民银行—市运输公司

④ 市仪表厂宿舍—晋中农业银行—市锅炉厂—九普

⑤ 工人文化宫

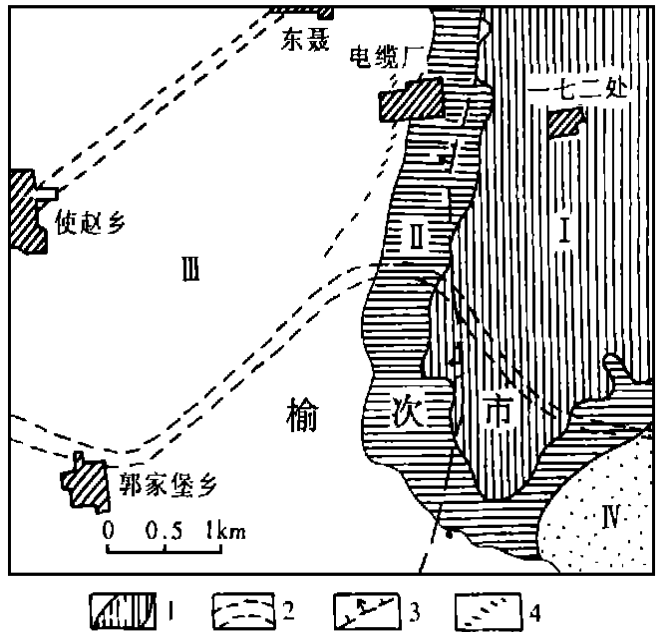


图 4 榆次地区地貌分区图(据孟宪梁等,1995.稍有改动)

4 地裂缝平面展布特征

如前所述,榆次市地裂缝走向上呈线性分布,方向稳定,呈羽状排列。横向上成带分布,宽窄不一,纵向上具有中段强、两段弱的特点。

(1) 两组地裂缝沿走向方向性强,不受地形影响。南北带、北东带方向分别为 NW 10-

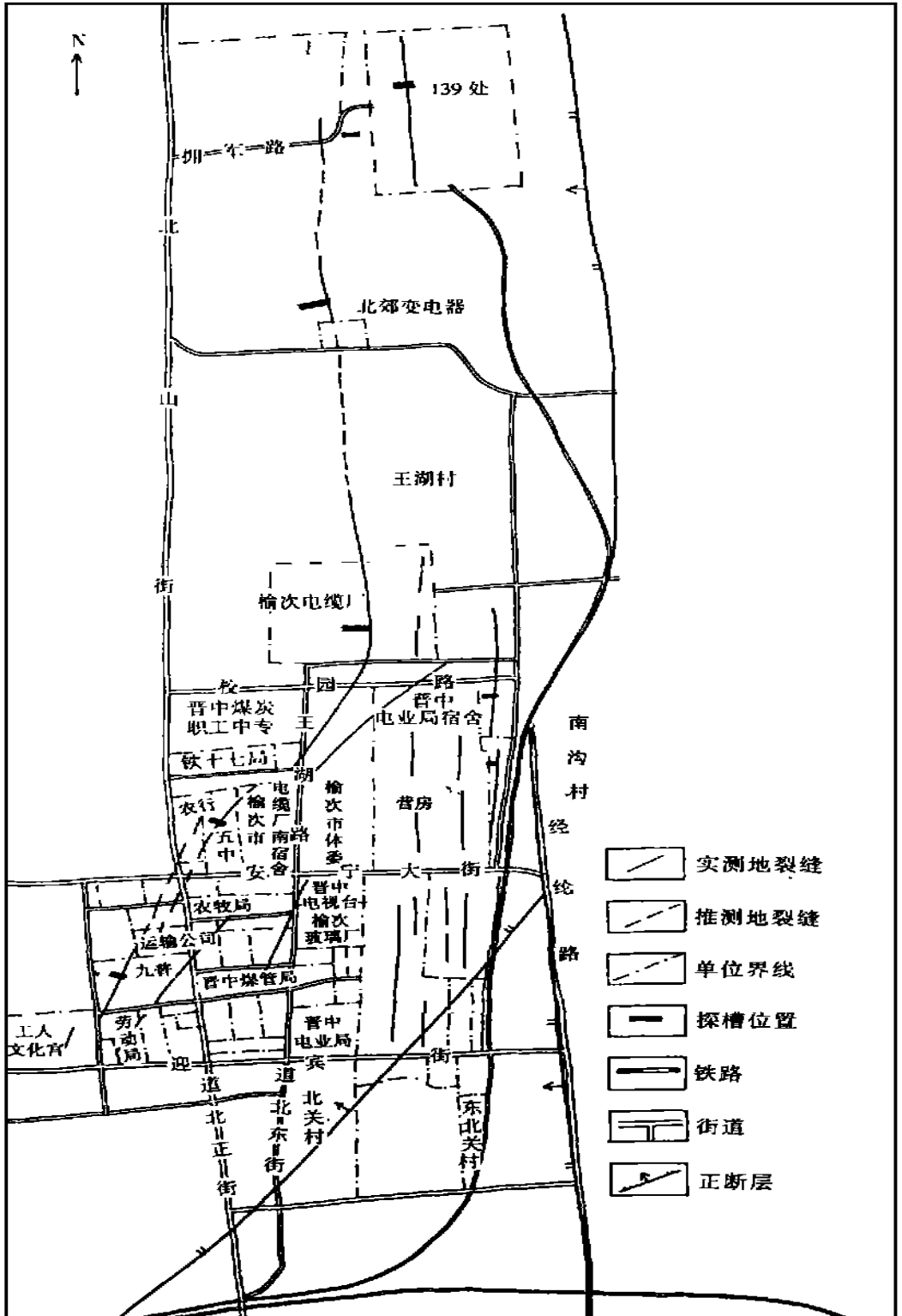


图 5 榆次市地裂缝平面分布图

NE10°、NE30°~NE45°,沿带大都表现为建筑物受到不同程度的破坏,局部为地面裂开、塌陷。建筑物破裂具有明显的方向性、区域性,不受建筑物结构、施工质量的影响,是地面破裂、土层蠕动的直接反应。就建筑物而言,破坏以水平拉张为主,兼有轻微的垂直运动。建筑物一般为水泥混凝土、简易砖房结构。往往在门窗上下、墙体间等连接薄弱的地方最易破裂。单条裂缝以斜裂缝为主,倾角一般为45°,同时也有直立的和水平的。裂缝组合呈八字型、倒八字型、水平等形态。

(2)地裂缝横向、纵向上的特征

榆次地裂缝成带出现,其横向、纵向上具有明显的差异,南北向地裂缝带连续性差,影响范围宽,北东向带连续性好,方向性强,影响范围窄。

5 地裂缝力学性质及活动特征

5.1 地裂缝力学性质

5.1.1 地裂缝平面特征

从单个地面裂缝来看,显示为张裂状态,裂缝表面粗糙,未发现有擦动痕迹及扭动现象,地面裂缝在水泥地板上表现明显,呈现为上大下小的楔形。地面裂缝在北郊变电站北侧地里可见达5cm宽且向北东倾,倾角62°。另外,据当地居民介绍,在市体委北侧王湖村地里、王湖村南校园路上及榆次电缆厂门口路上,地面张裂开达20~30cm宽。前已述及,榆次地裂缝主要表现为建筑物的破坏,裂缝为张裂,局部有轻微的上下错动,最宽在榆次电缆厂橡缆车间墙体裂开达27cm。

5.1.2 地裂缝剖面特征

地裂缝在其长期的缓慢发育过程中,不仅使土层发生蠕动变形,而且在土体中产生了永久性破裂变形。因此,地裂缝具有三维空间的破裂形态及特征。根据地裂缝平面分布,共布置了不下11个探槽,揭示了地下一定深度范围内地裂缝具有特殊形态组合及规律性分布。

(1)所有地下裂缝都表现为直立的张裂性质,没有错动、扭动、挤压的迹象,但地裂缝的分布密度、规模却相差甚远。警犬、九普处仅表现为1~2mm的细缝,而五中、养鸡厂则地裂缝明显,规模大,影响宽,最宽可达10cm。裂缝面粗糙,凹凸不平。裂缝宽窄变化不明显,两侧分布有一些张节理。地下裂缝和地面建筑物裂缝的位置、规模不对应。

(2)裂缝基本上都终止于最上层杂填土之下。上部较发育,往下裂缝数目及节理逐渐减少,有时呈断续分布。裂缝分布有疏密之分,分布密集的部位成为裂缝破碎带(图6)。

5.2 地裂缝活动特征

为了监视地裂缝的最新活动情况,选择地裂活动比较强烈的五个场所(北郊变电站、榆次电缆厂、王湖电力电缆厂、太行养鸡厂、九普),在地面裂缝上或建筑物裂缝上共安置了15个“百分表”(可精读至0.01mm,估读至0.001mm)。进行了为期一年的连续观测(每日观测一次)。观测结果显示:地裂缝总体趋势是增大,年速率小于1mm/a;地裂南部扩展速率大于北部,地裂有向南发展的趋势;地裂与温度呈正向关系,而与降水呈负向关系。

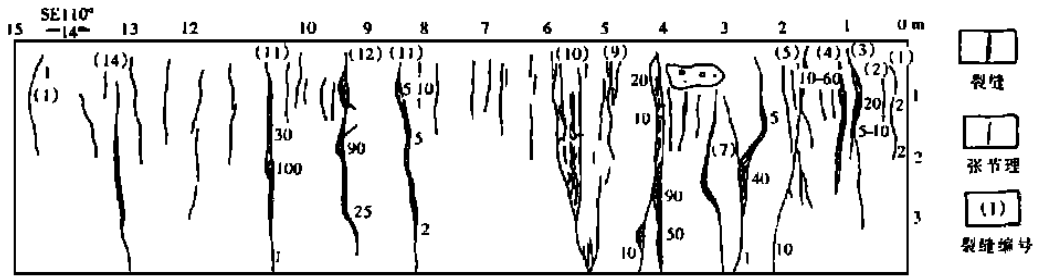


图 6 太行养鸡厂探槽剖面图(据卢演侑,1995)

6 地震活动及地下水

6.1 地震活动

太原盆地具有地震发生频度高、强度低的特点,地震主要集中在两个地区:一个是太原盆地北段的太原地区,即榆次地裂的西部;另一个是太原盆地南段的平遥、介休地区。据有史资料记载,太原盆地共发生 $M \geq 4\frac{3}{4}$ 级地震 32 次,其中 5 级以上地震 16 次,6 级以上地震 3 次,最大为 1102 年的太原南郊晋源 $6\frac{1}{2}$ 级地震和 1614 年平遥—榆社间的 $6\frac{1}{2}$ 级地震。地震的空间分布明显地受交城断裂和太谷断裂的影响。

1970 年以来,太原盆地共发生 $M \geq 4.0$ 级地震 18 次,其中 5 级以上地震 2 次,最大为 1979 年 6 月 19 日介休 5.5 级地震。但其时空分布明显地具有规律性,1970~1980 年共发生地震 9 次,均发生在太谷以南,而 1981~1994 年发生的九次地震均发生于太谷以北地区(图 7)。

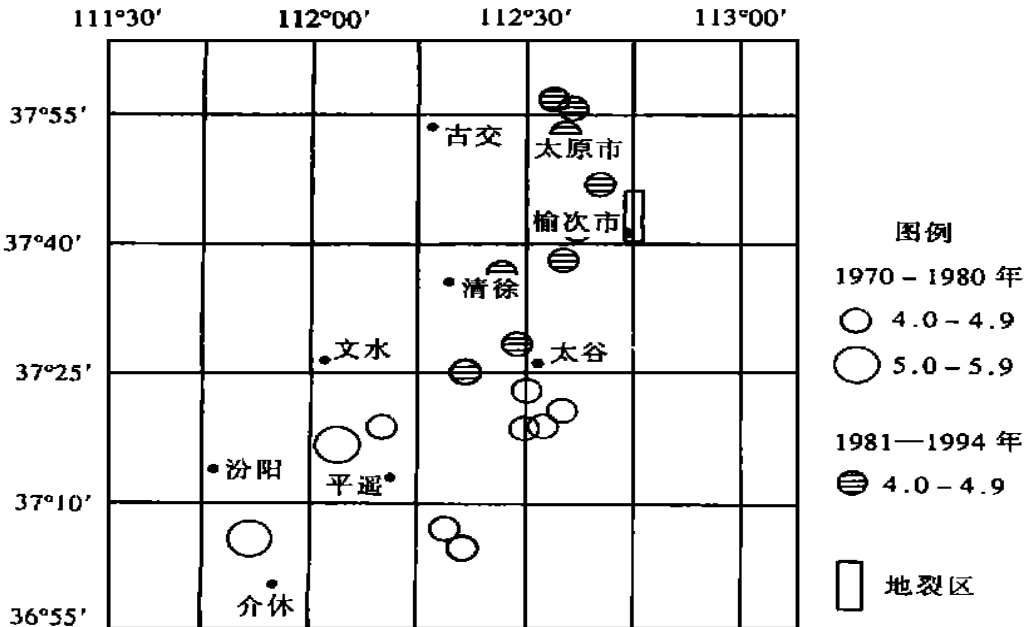


图 7 太原盆地地震分布图 ($M \geq 4.0$, 1970~1994) (据啜永清,1995,稍改)

1982年以来,地裂区 20km 范围内地震的发生也具有类似的时空分布规律。1988年前地裂区周边 5km 范围内几乎没有 2级以上的地震发生,为空区;而 1988年以后,则在地裂区周围共发生了 13次 2级以上的地震,其中有 1次 4级地震,2次 3级地震(图 8,图 9)。榆次地裂缝发现于 1982年,且在 1987年后活动明显加剧,表明地裂缝的发生、发展与地震同步进行。这种吻合可有两种情况:一种是地震和地裂受同一区域应力场控制;另一种是地震的发生又加剧了地裂的发生、发展。

6.2 地下水

地下水的赋存、运动严格地受地质条件、构造条件及地形条件的控制。据地下水介质的岩性特征与地下水的赋存条件,区内地下水可划分为三种类型:碎屑岩夹碳酸岩裂隙岩溶水、碎屑岩裂隙水、松散岩类裂隙水。松散岩类空隙水主要分布于黄土丘陵区、山间河谷及平原区,平原区是主要分布区。

地裂所在的盆地地下水层主要为地面下 50~ 200m 深度内的中、上更新统地层。其中浅层地下水埋深小于 50m,中层地下水埋深 50~ 100m,深层地下水埋深大于 150m,目前地下水的主要开采层为中层承压水。由于连年超采地下水,榆次市区地下水位埋深逐年下降,下降中心位于液压厂附近,水位 1990年为 32.4m,而 1994年推算达 50m,平均年下降达 7m。据实地考察,液压机械厂只是厂房、家属楼局部有轻微的裂缝,这说明地裂缝不是由地下水引起,而只是不

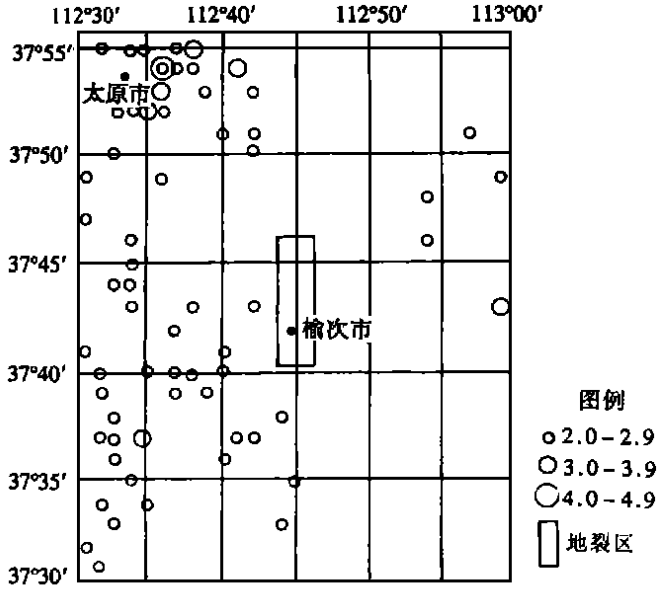


图 8 地裂区 20km 范围内地震分布图
($M \geq 2.0$, 1982~ 1987年)
(据啜永清, 1995)

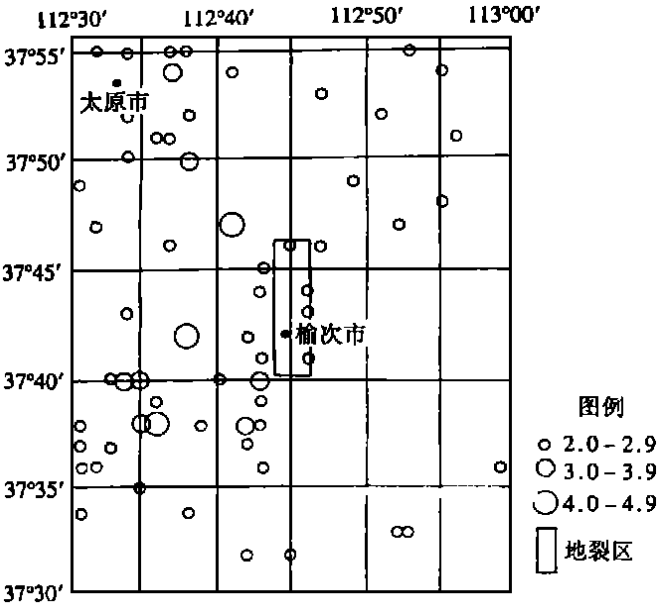


图 9 地裂区 20km 范围内地震分布图
($M \geq 2.0$, 1988~ 1994年)(据啜永清, 1995)

同程度地加剧了地裂缝的发生。地下水分布呈近北东向的长漏斗状,地下水位等深线与地裂缝走向近于直交(图 10)。

7 榆次市地裂成因

关于地裂成因,大致可划分为两种类型,即构造成因和非构造成因^[1]。前者为地质构造作用所致,而后者则是由于地下水下降、地基失稳下沉、黄土湿陷等因素引起。就榆次地裂缝而言,其影响因素是多方面的,有构造、地下水、土质、建筑物结构、工程施工质量等诸因素,但从上述的地裂展布、地裂平面、浅部力学特征、地裂与地震的同步性等可知,断裂构造是造成榆次地裂的直接

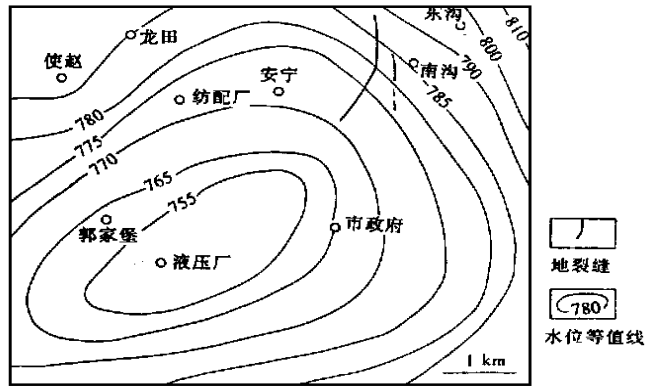


图 10 榆次市 1994年城区地下水位等值线图
(据榆次市水资源管理委员会)

主要因素,而地下水过量开采又加剧了地裂的发展。构造成因又可分为两种情况;一种是断裂直接控制,即断裂的活动导致其上的土层破坏、破裂,从而使地面、建筑物裂开,如西安地裂、大同地裂^[1,2];另一种情况是边山断裂的活动促使上盘下降,在距断裂一定距离内平行于断裂而形成一张性区,地面微隆而张性裂开,局部甚至形成反阶状断裂,榆次地裂正是这种成因(图 11)。边山断裂的性质、规模、活动特

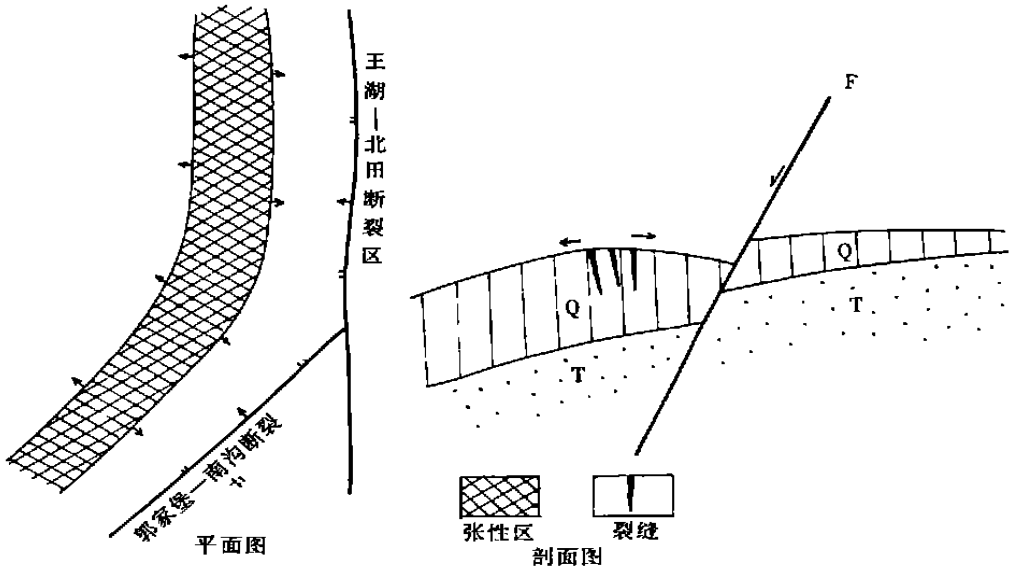


图 11 榆次地裂缝成因模式图

1)李永善,等.西安地裂及渭河盆地活断层的研究.1990.
2)西安地院,等.大同机车厂及邻区地裂缝研究.

征、活动强度及活动时间等因素与地裂的发生、发展有着密切的关系。应变型地裂缝扩展速率与断裂的上述因素、地下水、岩土力学等自变量有着多元函数的关系。但如何用数学公式表达,还需进一步探讨,作大量的定量工作。

参 考 文 献

- 1 唐大雄,等.工程岩土学.1987,北京:地质出版社.

STUDY ON THE ORIGIN OF YUCI GROUND FISSURE

Ding Xuwen Chen Guoshun

(Seismological Bureau of Shanxi province, Taiyuan, 030002)

Qi Yongsheng

(Water resource committee office of Yucicity, Yuci, 130036)

Abstract

According to the data of physical exploration, drilling, landforms etc., we proved the existence of Wanghu-Beitian fault and Guojiahu-Nangou fault as well as their activity. Through discussion in distribution of faults and its activity feature, seismic distribution, underground water, landforms, crustal deformation etc., it is confirmed that Yuci ground fissure was caused by fault activities, which is one kind of tectonic cause. Seismicity and overextraction of underground water intensified the development of the fissure.

Subject words ground fissure; tectonic cause; seismicity; extraction of underground water