

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2020.03.008

渭河盆地安仁镇图幅(1:5万)的浅部地质结构特征

乔建伟^{1,2}, 卢全中^{3,4}, 郑建国^{1,2}, 刘争宏^{1,2,3}, 刘聪^{3,4}

(1. 机械工业勘察设计研究院有限公司, 陕西 西安 710043; 2. 陕西省特殊岩土性质与处理重点实验室, 陕西 西安 710043; 3. 长安大学地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054; 4. 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054)

摘要:地球浅表部是支撑和维持人类经济社会发展的关键区域,其不仅为人类提供赖以生存的资源需求,还是地质灾害如滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降和地裂缝等发生的地质载体。笔者以渭河盆地安仁镇图幅(1:5万)为研究对象,运用野外地质调查、地球物理勘探和工程地质钻探等手段揭示了安仁镇图幅的地貌特征、地层岩性和断裂构造,在此基础上概括了该区的地质结构特征。主要取得以下认识:①双泉-临猗断裂和韩城-华阴断裂将研究区划分为3个地貌单元,即黄土台塬、渭河冲积阶地和黄河冲积平原。各地貌单元地层岩性均可按水文特性划分为隔水层和含水层。②渭河冲积阶地浅部发育4条隐伏正断裂,断裂的位错量随着深度的增加而显著增加,属于典型的生长断层;断裂控制了该区地貌和微地貌的演化过程及地裂缝的发育位置。③安仁镇的浅部地质结构具有以下特征:隔水层与含水层相间分布,隐伏断裂发育其中,浅地表破裂严重。本项研究可为分析该区地质灾害成因、评估地质环境承载力、合理开采地下水和保护生态环境等相关研究提供技术支撑。

关键词:渭河盆地;安仁镇;地貌特征;地层岩性;地质结构

中图分类号:P642,P56

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2020)03-0093-13

Shallow Structural Model of Anren Town Geological Map (1:50000) in Wei River Basin

QIAO Jianwei^{1,2}, LU Quanzhong^{3,4}, ZHENG Jianguo^{1,2}, LIU Zhenghong^{1,2,3}, LIU Cong^{3,4}

(1. China Jikan Research Institute of Engineering Investigations and Design, Co., Ltd., Xi'an 710043, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Key Laboratory for the Property and Treatment of Special Soil and Rock, Xi'an 710043, Shaanxi, China; 3. School of Geological Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 4. Key Laboratory of Western China Mineral Resources and Geological Engineering, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: The superficial part of the earth is a key area to maintain human economic development. It not only provides human resources for survival, but also is an engineering carrier of geological hazards, such as landslides, collapses, mudslides, land subsidence and ground fissures. This paper selects Anren town map (1:50000) as research object and uses series of geological investiga-

收稿日期:2019-04-04;修回日期:2019-10-30

基金项目:CMEC科技孵化项目“一带一路沿线国家工程建设条件与应用”(CMEC-KJFH-2018-02),中国地质调查局水工环调查项目“关中盆地渭南地区地裂缝地质灾害调查”(DD20160264),国家自然科学基金面上项目“同沉积作用下地裂缝破裂扩展机理及效应研究”(41877250)

作者简介:乔建伟(1990-),男,工学博士,工程师,主要从事地质灾害和岩土工程性质方面的研究工作。E-mail:15029207728@163.com

tion, i. e., field geological survey, geophysical exploration and geological drilling to investigate the geomorphic features, stratum lithology and the fault structure of the geological structure in this area. the main conclusions are as follows: (1) the study areas can be divided into three geomorphic units of loess platform, alluvial terraces of Wei River and alluvial terraces of Yellow River by Shuangquan-Linyi fault and Hancheng-Huayin fault. The lithology of each geomorphic unit is either aquiclude or aquiclude according to hydrological characteristics. (2) Four normal buried faults developed in the shallow alluvial terrace of Wei River, the displacement increasing significantly with their depth and belonging to typical growth fault. Buried faults decide the process of geomorphology and micro-geomorphology and the developing positions of the ground fissures in this area. (3) The shallow geological structure of Anren town is characterized as interphase distribution of water-resisting layer and aquifer, development of buried faults and severe rupture of shallow surface. This paper gives technical support for analyzing the geological disasters, evaluating the carrying capacity of the geological environment, and rationally exploitation of groundwater and ecological environment protection as well.

Keywords: Wei River basin; Anren town; Geomorphic features; Stratum lithology; Geological structure

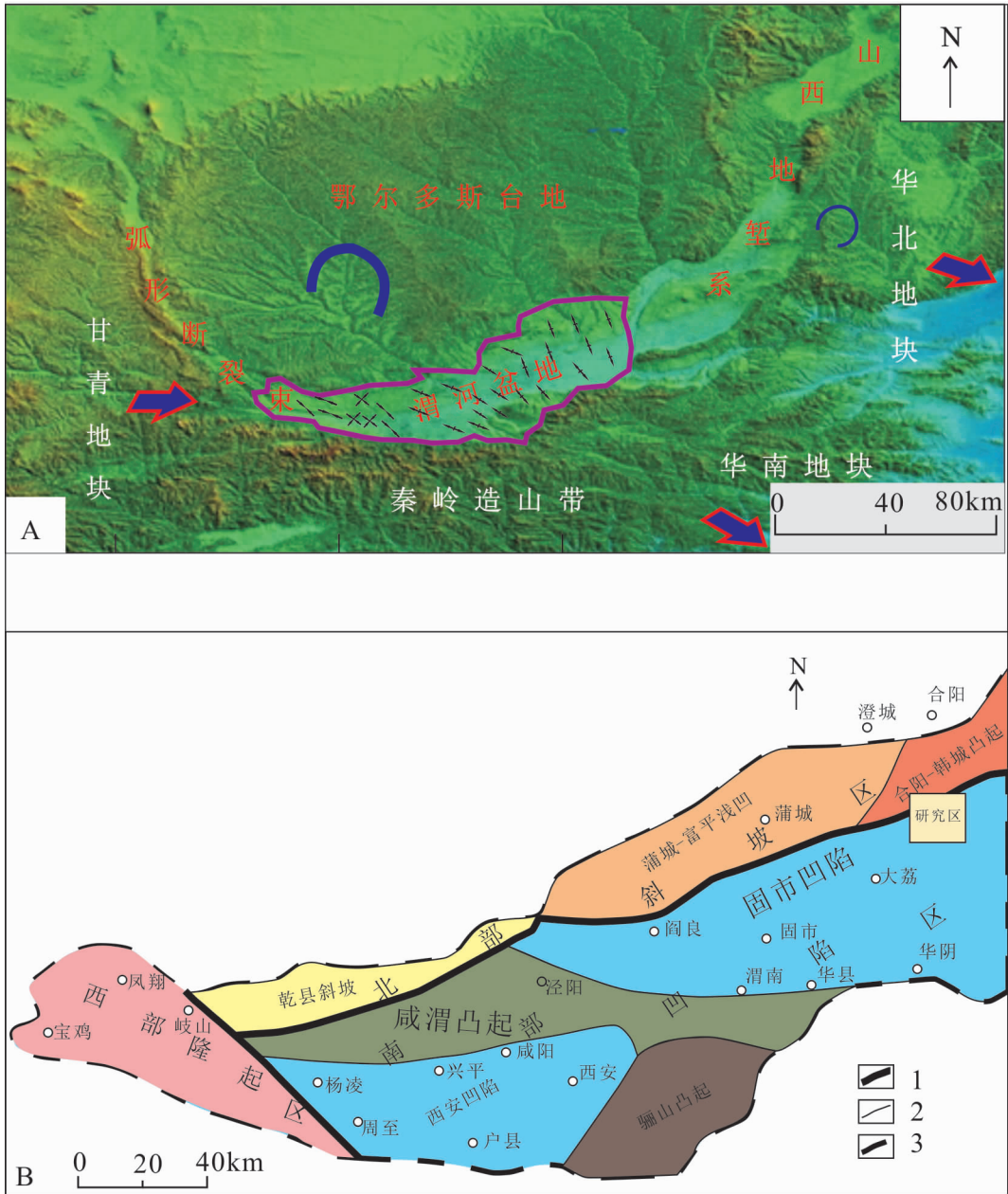
地球浅表部区域不仅是支撑和维持人类经济社会发展的关键区域,还是与人类联系最为密切的地球圈层,又是地球关键带的重要组成部分(NRC, 2001; 张猛刚等, 2005; NSF, 2005; LIN, 2010);它不仅为人类提供赖以生存的资源需求,还是地质灾害,如滑坡、崩塌、泥石流、地面沉降和地裂缝等发生的地质载体(黄润秋, 2007; 彭建兵等, 2007; 崔鹏, 2009; QIAO, et al, 2018; 化建新等, 2018)。地质结构是岩石圈长期、复杂建造与改造过程的最终体现,是地球内外动力综合作用的结果;盆地的地质结构通常由区域不整合面所限定的构造层和被断裂带切割的断块系统所组成,具有垂向分层和横向分块的地质结构特征(何登发等, 2018)。安仁镇图幅(1:5万)位于渭河盆地东北部,其区内地质灾害主要是地面沉降和地裂缝灾害(陈志新等, 2007)。区域地质环境承载力是地区发展的基础物质条件,准确地评价地质环境承载力对区域合理开发和可持续发展具有重要指导作用(杜蕾等, 2018; 张茂省等, 2018)。因此,研究地表浅部的地质结构特征对科学地分析地质灾害成因机理和准确地评价地质环境承载力均有重要意义。

1 地质背景

安仁镇图幅位于渭河盆地东北部,北纬 $34^{\circ}50' \sim$

$35^{\circ}00'$,东经 $110^{\circ}00' \sim 110^{\circ}15'$ 。渭河盆地东西长约 400 km,南北宽 30~80 km,整体近北东东向展布,面积约 2 万 km^2 ,是奠基在不同时代基底之上的新生代断陷盆地,属于成熟型盆地,新生代沉积层最厚达 7 km(王斌, 2014; 刘林等, 2018)。渭河盆地处于华北平原南部的东西向地壳变薄地带,盆地内部存在北东东—南西西向上地幔隆起带(张世民, 2000),盆地北临鄂尔多斯台地,南依秦岭造山带,西接鄂尔多斯西南边界弧形断裂束,东端与山西地堑系相连(图 1A);在盆地内部上地幔上隆和周围块体的联合作用下,盆地内部表现出 2 种不同的应力状态,盆地西部局部地区处于北东—南西向的压应力环境,盆地中部和东部处于北北西—南南东向的拉张应力环境(王景明, 1984; 易明初, 1993; 任隽, 2012; 瞿伟等, 2011)。在拉张应力的作用下,盆地内形成了纵横交错的断裂构造,这些断裂把渭河盆地分割成了大小不等、结构不同的次级断块,根据断块竖向的垂直运动差异,学者们将渭河盆地划分为 3 大部分(图 1B):即北部斜坡区、南部凹陷区和西部隆起区(权新昌, 2005; 刘志武等, 2015)。

研究区内发育的全新世活动断裂主要是双泉—临猗断裂和韩城—华阴断裂(图 2)。双泉—临猗断裂西起洛河大弯处东湾,向东经东汉、双泉、金水沟过黄河进入山西省临猗县,构成长达千里的深层断裂带,断裂走向北东,断面倾角 $50^{\circ} \sim 58^{\circ}$,倾向东南,为



1. 一级构造分界元线; 2. 二级构造分界元线; 3. 盆地边界线
图 1 渭河盆地区域地质概况与研究区位置图: A: 渭河盆地区域构造位置图; B: 渭河盆地基底构造分区及研究区位置图 (据权新昌, 2005 修改)

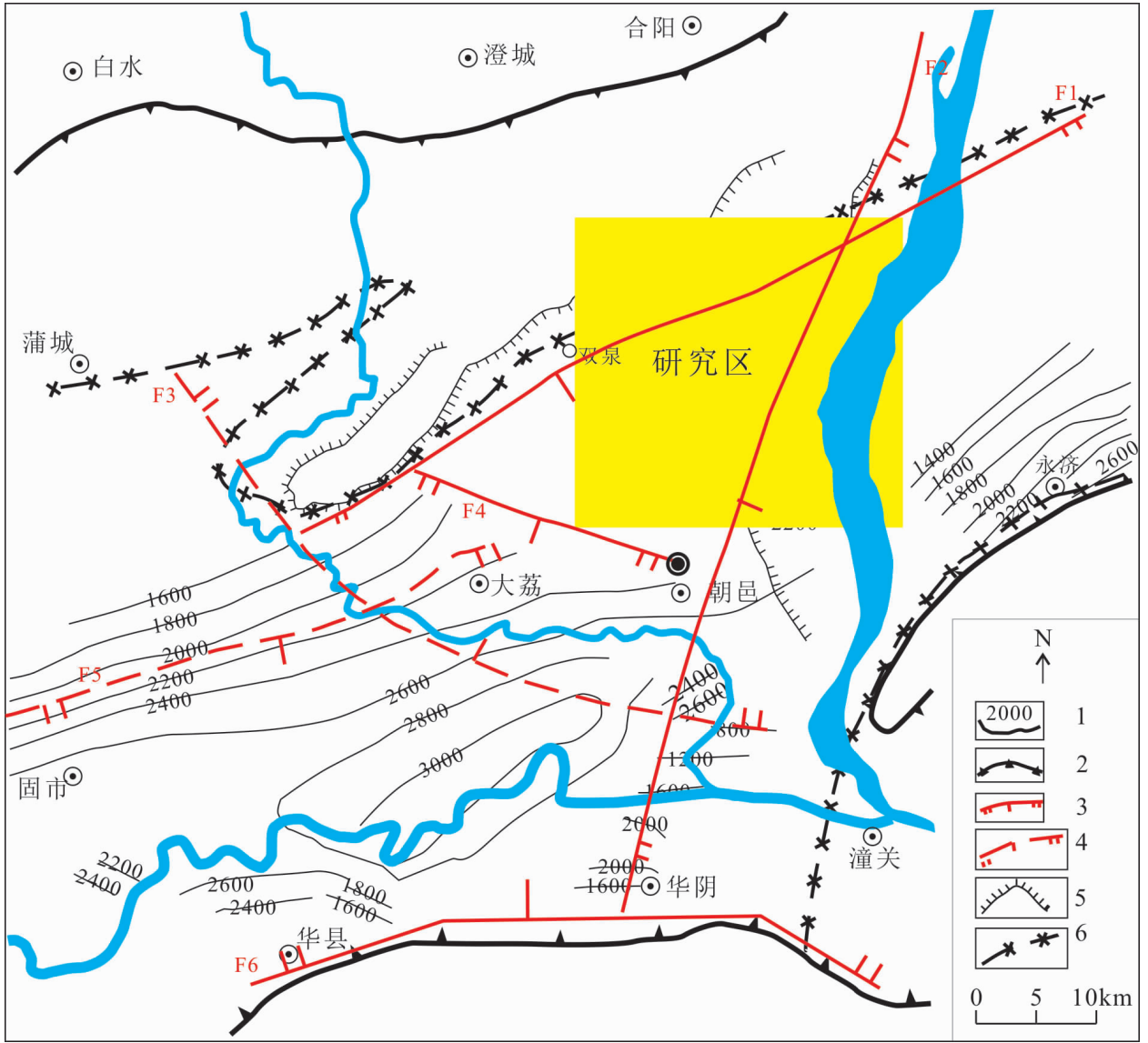
Fig. 1 Regional setting of the Wei River basin and the location of study area. A: Geological location of Weihe basin; B: Tectonic units of Weihe basin and the location of study area

元古生代深层地壳断裂, 新生代基底和盖层断裂又叠加其上。它对渭河地堑断陷起着控制作用, 地貌上属于段家寨-黑池原黄土台塬与渭河冲积平原的界限, 次级块体上属于固市凹陷与合阳-韩城凸起的分界断裂(彭建兵等, 1992; 刘瑞平等, 2008)。韩城-华阴断裂北起禹门口, 向南经灵泉、

朝邑至华阴县, 分布于黄河西岸, 走向北东东 21° , 倾向东南, 倾角 58° , 断续延伸 130 km, 地貌上属于渭河冲积平原与黄河冲积阶地的界限。该断裂垂直断距断开古近系大于 1 000 m, 断开新近系 600~1 800 m, 断开第四系 100~600 m。断裂控制了沿线黄河的流向, 洛河顺从北北东向构造展

布方向由北北西向拐直角弯变为北北东向流向。在其南段,沿线成为长轴为北北东向的椭圆形隆

起中心,最大幅度达 40 m(王景明,1981;乔建伟,2018)。



F1. 双泉-临猗断裂;F2. 韩城-华阴断裂;F3. 蒲城-大荔断裂;F4. 朝邑断裂;F5. 赤水-大荔西断裂;F6. 华山山前断裂;1. 地震反射层等值线;2. 盆地边界;3. 正断层;4. 推测正断层;5. 二级构造单元界线;6. 一级构造单元界线

图2 研究区区域断裂分布图

Fig. 2 Regional fault distribution of the study area

2 地形地貌与地层岩性

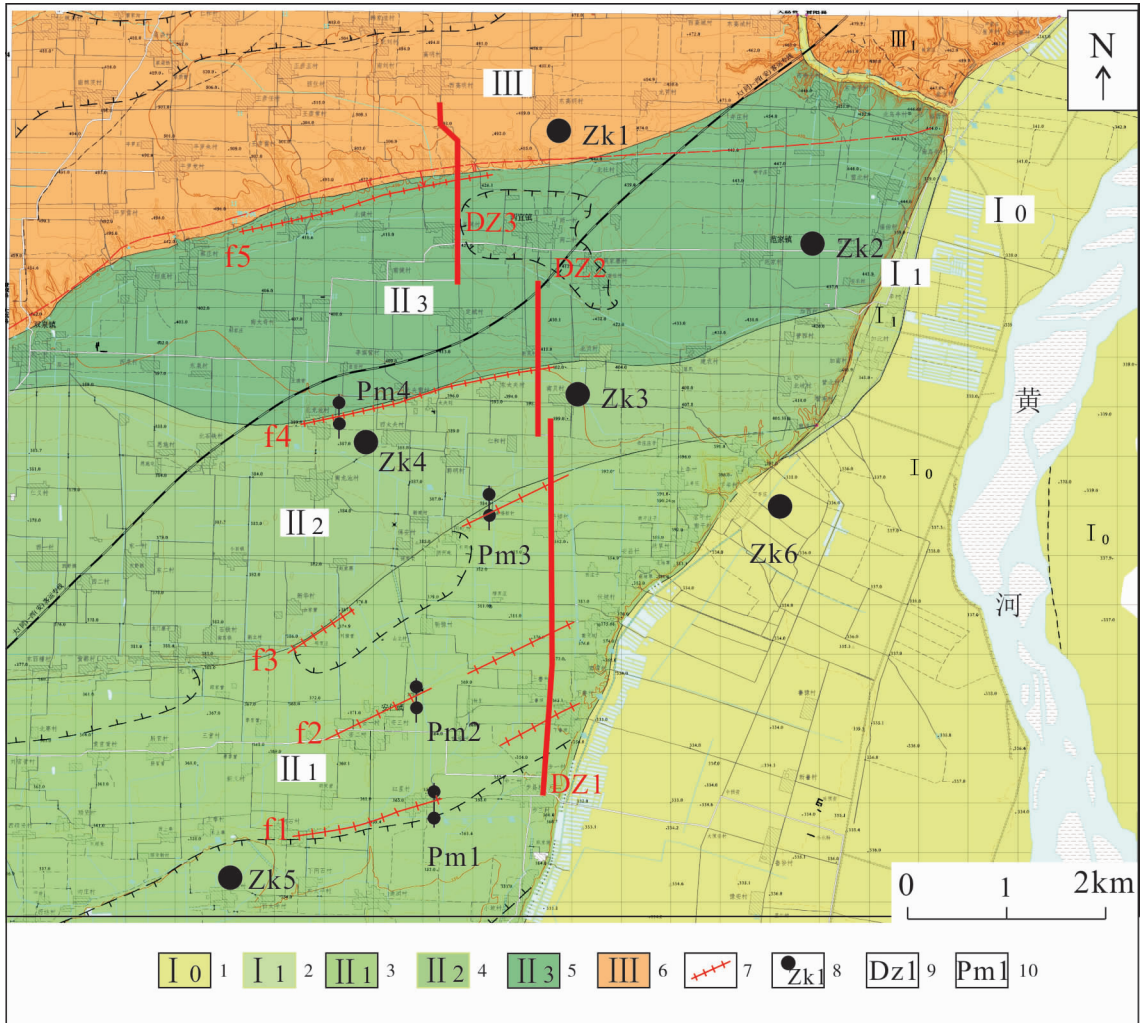
野外调查与实测结果发现,研究区地貌类型受区内活动断裂包括双泉-临猗断裂和韩城-华阴断裂控制,2条断裂将研究区划分为3种地貌单元:黄土台塬、渭河冲积阶地和黄河冲积平原。其中黄土台

塬位于双泉-临猗断裂北侧和韩城-华阴断裂西侧,地质构造上均为断裂的下盘;渭河冲积阶地位于双泉-临猗断裂的南侧和韩城-华阴断裂的西侧,地质构造上属于双泉-临猗断裂的下盘和韩城-华阴断裂的上盘;黄河冲积平原位于韩城-华阴断裂的东侧,地质构造上属于该断裂的上盘。

从地形上看研究区西北侧的黄土台塬地势最

高,平均高程约 490 m;东侧的黄河冲积平原地势最低,平均高程 347 m;而渭河冲积阶地高程位于两者

之间,且自北向南地势逐渐降低,高程为 424~352 m(图 3)。



1. 黄河河漫滩;2. 黄河一级阶地;3. 渭河二级阶地;4. 渭河三级阶地;5. 渭河四级阶地;6. 黄土台塬;7. 地裂缝;8. 水文地质钻探;9. 浅层地震勘探线;10. 工程地质钻探

图3 安仁镇图幅地貌类型及钻探和物探布置图

Fig. 3 Land form types of Anren town map and location of drilling and geophysical line

钻探结果揭示研究区浅部地层按时代划分主要有全新统、上更新统、中更新统和下更新统;按土的粒度划分主要是粉质黏土、粉土、细砂和中粗砂;按工程性质划分主要是一般土和湿陷性黄土;按水文特性划分主要是隔水层和含水层。虽然不同地貌单元发育的地层从时代上、粒度上、工程性质上有所不同,但是从水文特性来看均可分为隔水层和透水层2大类。以渭河三级阶地内地层结构为例(图4),深度260 m以内地层可分为4套隔水层和3套含水层。

第一套隔水层埋深0~34.6 m,厚度34.6 m,为马兰黄土、古土壤、离石黄土和黏土;第一套含水层埋深34.6 m~76.6 m,厚度42 m,为细砂和粉土互层;第二套隔水层埋深76.6~98.9 m,厚度为28.3 m,为粉质黏土;第二套含水层埋深98.9~154.5 m,厚度55.6 m,为细砂和粉土互层;第三套隔水层埋深154.5~186 m,厚度47.5 m,主要为粉质黏土;第三套含水层埋深186~254.3 m,厚度68.3 m,为细砂和粉土互层;第四套隔水层埋深254.3~260 m,厚度5.7 m,为黏土层。

透水特性	岩层厚度(m)	地层岩性	层底深度(m)	地层柱状图	岩层厚度(m)	地层岩性	层底深度(m)	地层柱状图	地层代号	岩层厚度(m)	地层岩性	层底深度(m)	地层柱状图
不透水层	34.6	马兰黄土	12.4		55.6	细砂	104.9		含水层	54.3	中砂	206	
		古土壤	14.3			粉土	111.5				粉土	212.6	
		离石黄土	18.4			细砂	120.1				中砂	221.2	
		黏土	34.6			粉土	126.7				粉土	227.8	
含水层	42	细砂	39.7		47.5	粉土	139.3		不透水层	5.7	中砂	233.8	
		粉土	41.6			细砂	154.5				粉土	240.4	
		细砂	57.4			粉质黏土	186				黏土	254.3	
		粉土	62.5			粉质黏土	76.6				黏土	260	
不透水层	28.3	粉质黏土	98.9		14	200							

图4 渭河三级阶地地层结构图

Fig. 4 Stratigraphic structure of third terrace of Wei River

3 新构造运动

研究区位于渭河盆地东北部的固市凹陷区,新构造运动活跃,历史记载发生过多地破坏性地震,导致研究区浅表部地层破裂严重,特别是1501年朝邑7级地震和1556年华县8.25级地震。朝邑地震震中处于韩城-华阴断裂和朝邑断裂交汇处,震中烈度九度,研究区距该地震震中仅1 km,该地震导致研究区内形成了一系列的北东向地形陡坎(李高阳等,2018)。华县地震震中位于固市凹陷南部边界断裂-华山山前断裂和渭南塬前断裂,该地震等震线长轴方向为北东东向(杜建军,2016),研究区距该地震宏观震中约34 km,该地震导致浅表部产生了大量的土体破裂。

通过野外调查发现,渭河冲积阶地内累计发育49条地裂缝,其均分布在渭河阶地分界的边缘地带,可简化为5条地裂缝带,分别是下鲁村-红星村-

上阿石村地裂缝带(f1地裂缝带);南伏坡-安仁镇-西顾贤地裂缝带(f2地裂缝带);辛庄子-寄楼村-郑家庄地裂缝带(f3地裂缝带);加西村-东太夫-北龙池地裂缝带(f4地裂缝带);西寺子-两宜镇-南太奇地裂缝带(f5地裂缝带)(图3)。

地裂缝走向介于北东东 60° ~北东东 80° ,与阶地分界线和双泉-临猗断裂平行。地裂缝现今活动不明显,在农田中表现为陷串珠状坑和地裂沟,经过村庄表现为房屋墙体的细微变形。

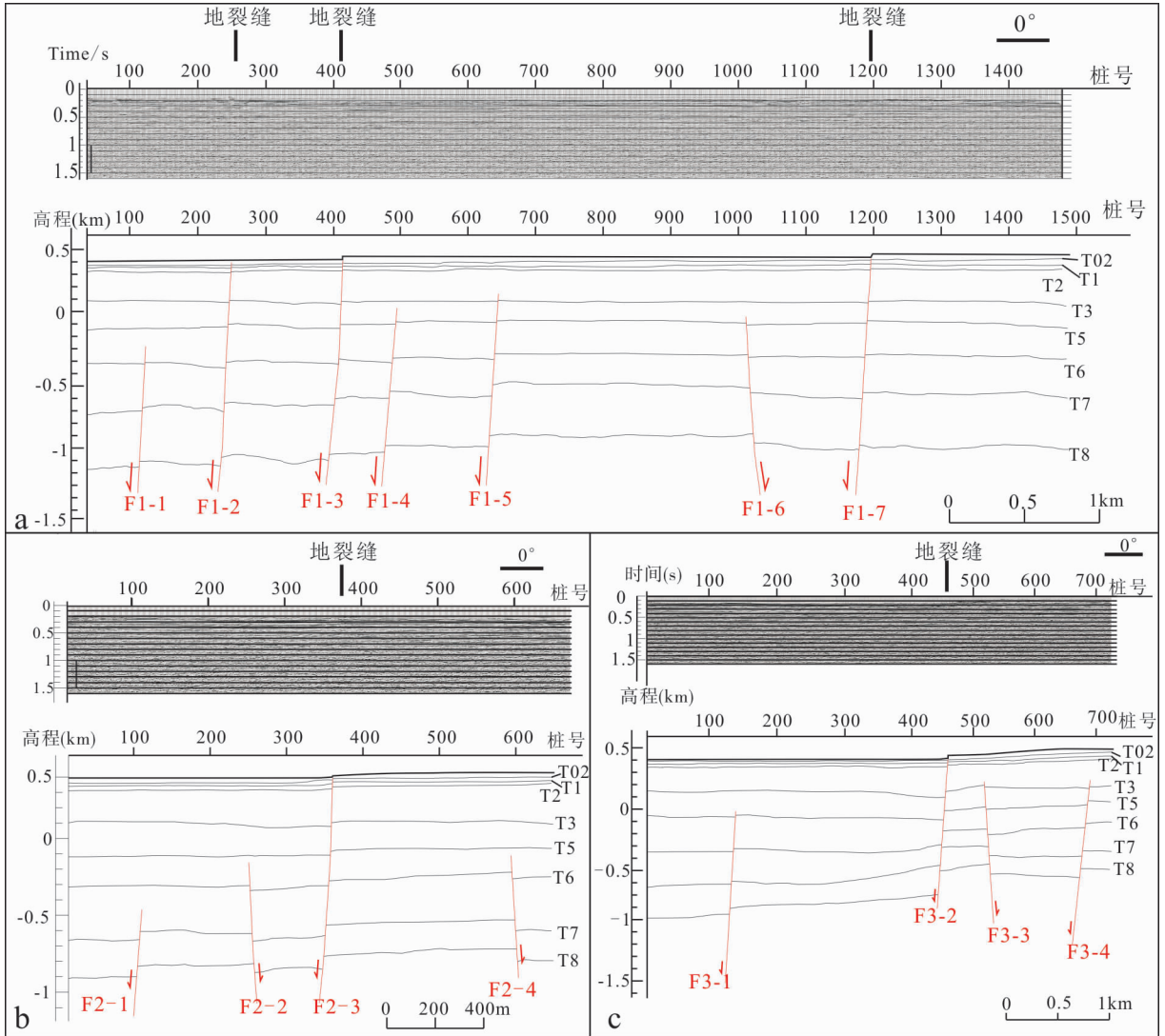
4 地质构造特征

为揭示研究区的地质构造特征,从南至北布置3条地震勘探线,DZ1、DZ2和DZ3,累计长度13 km。此外,为揭示研究区地裂缝的浅部结构特征,在典型地裂缝发育处布置了4条钻探剖面线(图4)。结果与分析如下。

4.1 浅层地震勘探结果与分析

3 条测线共揭示隐伏断裂 15 条,其中 DZ1 测线揭示 7 条隐伏断裂,DZ2 测线和 DZ3 测线分别揭示 4 条隐伏断裂(图 5)。DZ1 测线揭示的 7 条隐伏断裂有 3 条埋藏较浅,即 F1-2、F1-3 和 F1-7 隐伏断裂;DZ2 测线揭示的 4 条隐伏断裂有 1 条埋藏较浅,即 F2-3 断裂;DZ3 测线揭示的 4 条隐伏断裂有 1 条埋藏较浅,即 F3-2 断裂。埋藏较浅断裂均穿透新近系,并延伸至第四系,且与上部地裂缝发育

位置及地貌分界线相对应。如 F1-2 断裂位于构造洼地边缘,与 f1 地裂缝带相对应;F1-3 断裂位于渭河二级阶地陡坎边缘,与 f2 地裂缝带相对应;F1-7 断裂位于渭河二级阶地与三级阶地交界处,与 f3 地裂缝带相对应;F2-3 断裂位于渭河三级阶地与四级阶地交界处,与 f4 地裂缝带相对应;F3-2 断裂位于渭河四级阶地与黄土台塬交界处,与 f5 地裂缝带相对应。其他揭示的隐伏断裂则埋藏较深,多位于 400 m 以下,断层也基本位于第四系土层以下。



a. DZ1 测线地震地质解释剖面; b. DZ2 测线地震地质解释剖面; c. DZ3 测线地震地质解释剖面

图 5 浅层地震地质揭示的地质构造图

Fig. 5 Geological structure revealed by shallow seismic

4.2 工程地质钻探结果与分析

4.2.1 F1-2 断裂的基本特征

红星村钻探剖面结果(图6)显示该断裂发育于地表10 m以下,断裂错断最新地层为上更新统冲

积黏土层。断裂向下延伸的过程中依次错断两侧地层。例如,埋深10 m黏土层位错量2.6 m;埋深20 m粉土层位错量5.5 m;埋深50 m粉土层位错量6.5 m,表现出位错量随埋深增加而增加的特点。

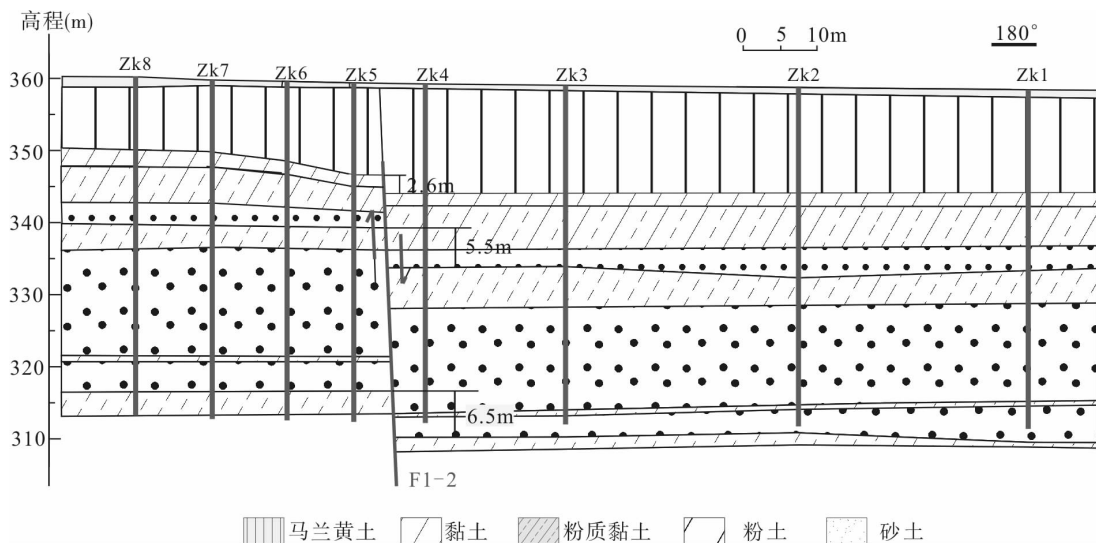


图6 F1-2 隐伏断层地质剖面图

Fig. 6 Geological section map of F1-2 buried fault

4.2.2 F1-3 断裂的基本特征

地球物理勘探结果揭示F1-3断裂位于二级阶地内部陡坎的边缘,即安仁镇安一村北侧,沿线发育大量地裂缝灾害。为查明该断裂的基本特征,笔者在安一村东北侧布置了5个钻孔。钻探剖面结果

(图7)显示该断裂发育于地表5 m以下,断裂错断最新地层为上更新统冲积黏土层。断裂向下延伸的过程中依次错断两侧地层。例如,埋深5 m黏土层位错量达9 m;埋深15 m粉土层位错量15.6 m,表现出位错量随埋深增加而增加的特点。

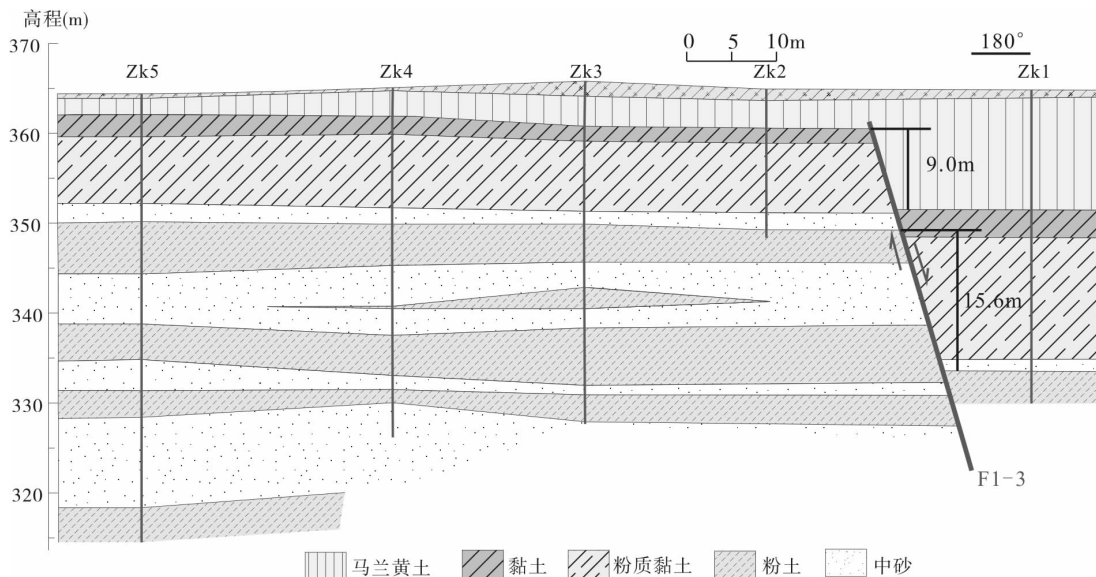


图7 F1-3 隐伏断层地质剖面图

Fig. 7 Geological section map of F1-3 buried fault

4.2.3 F1-7 断裂的基本特征

地球物理勘探结果揭示 F1-7 断裂位于二级阶地与三级阶地交界处,即郑家庄-保安村沿线附近,沿线发育大量地裂缝灾害。为查明该断裂的基本特征,笔者在郑家庄东侧布置了 4 个钻孔。钻探剖面

结果(图 8)显示该断裂发育于地表 5 m 以下,断裂错断最新地层为上更新统冲积黏土层。断裂向下延伸的过程中依次错断两侧地层。例如,埋深 11 m 古土壤位错量 3.7 m;埋深 20 m 粉土层位错量 9.1 m,表现出位错量随埋深增加而增加的特点。

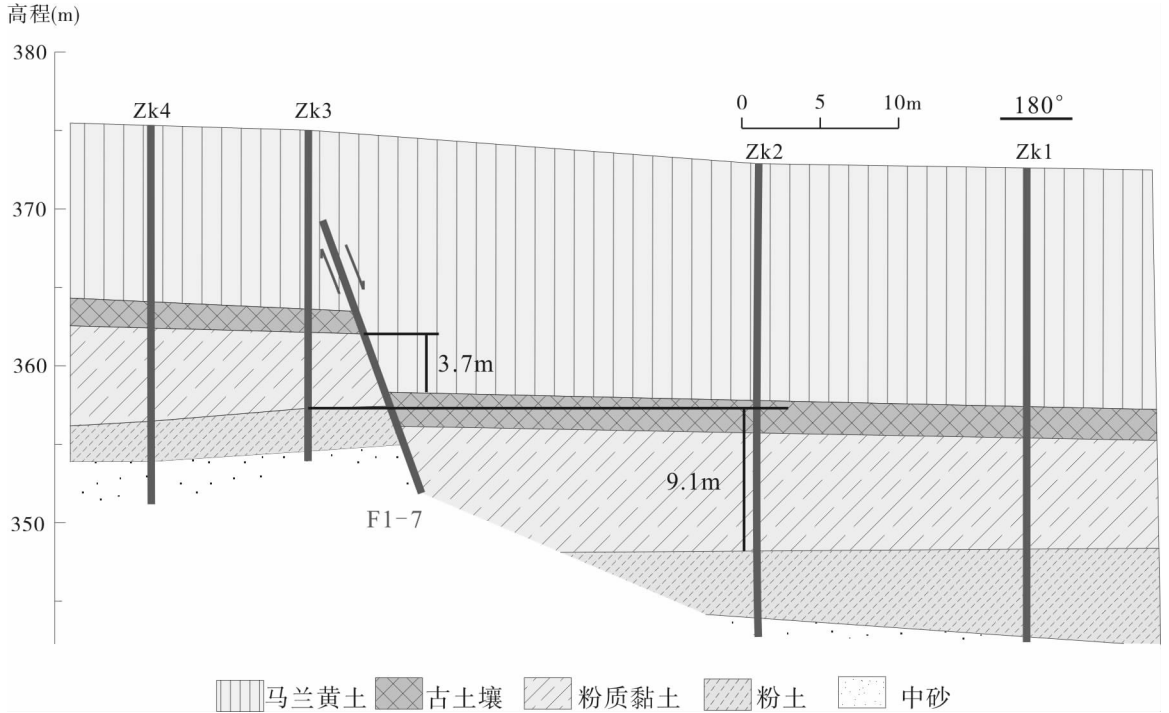


图 8 F1-7 隐伏断层地质剖面图

Fig. 8 Geological section map of F1-7 buried fault

4.2.4 F2-3 断裂的基本特征

地球物理勘探结果揭示 F1-7 断裂位于三级阶地与四级阶地交界处,即北龙池-东太夫-南贝村沿线附近,沿线发育大量地裂缝灾害。为查明该断裂的基本特征,笔者在北龙池东侧布置了 10 个钻孔。钻探剖面结果(图 9)显示该断裂在浅部有 3 条次级断裂组成,3 条断裂倾向相同均发育于地表 5 m 以下,错断最新地层为上更新统冲积黏土层。断裂向下延伸的过程中依次错断两侧地层。例如,埋深 8 m 古土壤层位错量分别为 1.8 m、1.8 m 和 2 m;埋深 22 m 粉质黏土层位错量分别为 3.2 m、3.2 m 和 3.2 m,表现出位错量随埋深增加而增加的特点。

综上所述,研究区地貌分界处发育 5 条隐伏断裂,5 条隐伏断裂向上延伸至地表导致地表土体破裂而形成 5 条地裂缝带,向下延伸则不同程度的错断两侧地层,位错量随着深度的增加而显著增加,表

明断裂具有生长断层的性质,断裂错断的最新地层为上更新统,表明了断裂的最新活动时间。

5 浅部地质结构特征

根据以上地球物理勘探和工程地质钻探揭示的浅部断裂结构特征,并结合布置在黄土台塬和渭河冲积阶地上部的工程地质钻探揭示的地层结构,在假设该区浅部地层水平发育和下更新统湖积地层原始厚度基本相同的基础上,将地层进行整合分类,绘制该区南北向的工程地质剖面图(图 10)。

从图 3 可知,该区从北至南发育 5 条近似平行的隐伏断裂,分别是 F1(双泉-临猗断裂)、F2-3、F1-7、F1-3 和 F1-2,5 条断裂均不同程度的错断两侧地层但均发育在马兰黄土下部,表明这些断裂的最新活动时间为上更新世晚期。F1 断裂是黄土

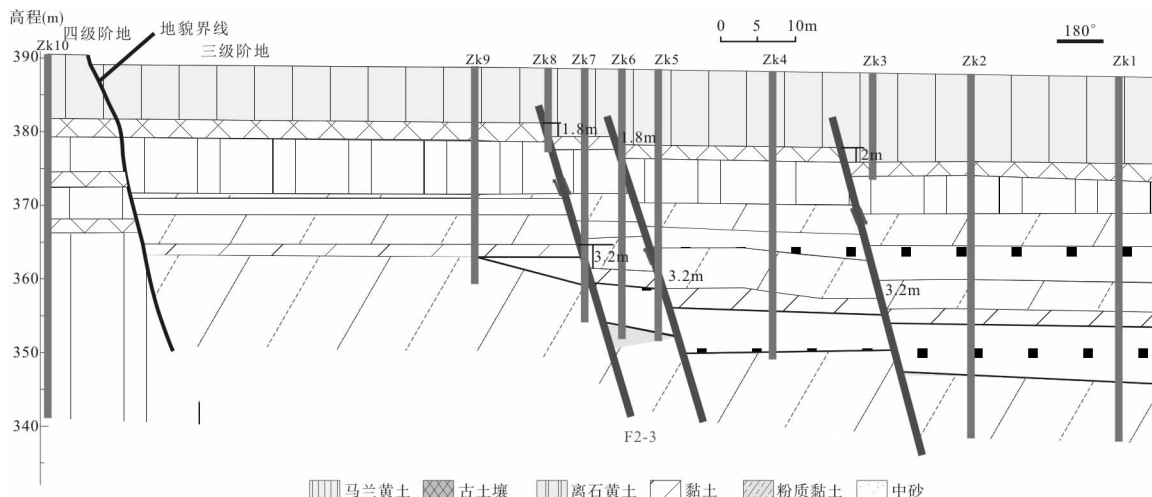


图9 F2-3 隐伏断层地质剖面图

Fig. 9 Geological section map of F2-3 buried fault

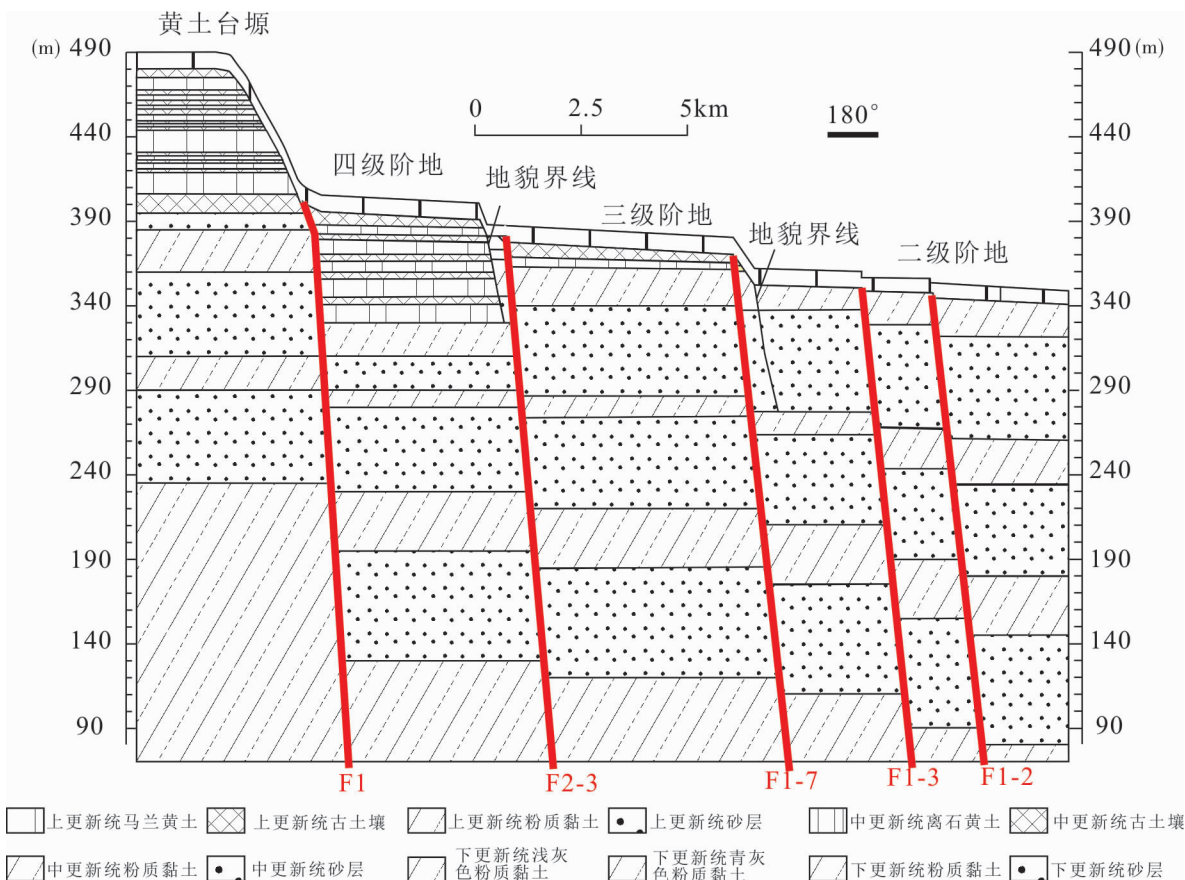


图10 安仁镇图幅(1:5万)南北向浅部工程地质剖面图

Fig. 10 North-South shallow engineering geological section of Anren town map

台塬与渭河阶地的地貌分界线,该断裂错断下更新浅灰色粉质黏土层底部约 80 m,错断下更新统青灰

色粉质黏土层底部约 95 m;F2-3 断裂位于三级阶地后缘,该断裂错断上更新统冲积粉质黏土层底部

5.6 m, 错断中更新统冲积粉质黏土层底部 9.6 m, 错断下更新统青灰色粉质黏土层底部 10 m; F1-7 断裂位于三级阶地前缘, 该断裂错断上更新统古土壤底部 3.7 m, 错断中更新统冲积粉质黏土层底部 9.1 m, 错断下更新统青灰色粉质黏土层底部 10 m; F1-3 断裂位于二级阶地内部陡坎处, 该断裂错断上更新统冲积黏土层底部 9 m, 错断上更新统冲积粉质黏土层底部 15.6 m, 错断下更新统青灰色粉质黏土层底部 18 m; F1-2 断裂位于二级阶地构造洼地边缘, 该断裂错断上更新统冲积黏土层底部 2.6 m, 错断上更新统冲积粉质黏土层底部 6.5 m, 错断

下更新统青灰色粉质黏土层底部 10 m。因此, 上述 5 条断裂均是研究区地貌和微地貌的分界线, 推测该区断裂控制了其地貌演化。

综上所述, 该区浅部地层岩性主要是细粒土(黄土、黏土、粉质黏土和粉土)与粗粒土(细砂、中砂和粗砂)相间分布; 构造断裂主要是隐伏生长正断层, 其不同程度的错断两侧地层并控制地貌分界; 浅地表地裂缝灾害发育, 并导致地表岩土体破裂。因此, 该区的浅部地质结构特征可概化为隔水层与含水层相间分布、隐伏断裂发育其中、浅地表破裂严重, 其概化模型(图 11)。

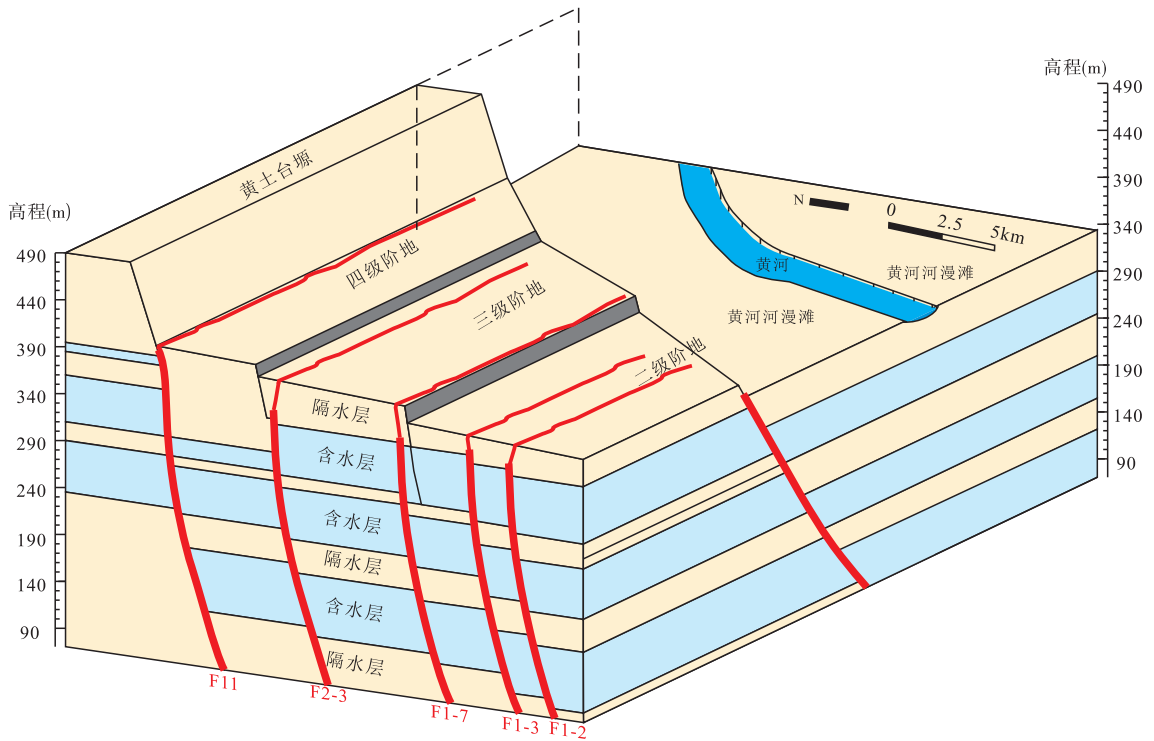


图 11 安仁镇图幅浅部地质结构概化图

Fig. 11 The shallow geological structure model of Anren town map

6 结论与不足

(1) 研究区的地貌类型受活断裂控制, 双泉-临猗断裂和韩城-华阴断裂将研究区的地貌类型划分为黄土台塬、渭河冲积阶地和黄河冲积平原。研究区浅表部地层均可按水文特性划分为隔水层和含水层, 且隔水层与含水层相间分布。

(2) 研究区浅部发育 5 条隐伏断裂, 断裂错距随

着深度的增加而显著增加, 为典型的生长断层, 隐伏断裂控制了该区地貌和微地貌的演化过程及地裂缝的发育位置。

(3) 研究区浅部地质结构特征可概化为: 隔水层与含水层相间分布、隐伏断裂发育其中、浅地表破裂严重。

此外, 由于黄河河漫滩钻孔深度有限, 未能揭示其下部下更新统的湖相地层, 在今后的研究中应加深该区的钻孔深度以揭示其下更新统湖相地层的的确

切深度,从而确定韩城-华阴断裂引起该处地层的位错量。

参考文献(References):

- 张猛刚,雷祥义. 地球表层系统浅论[J]. 西北地质, 2005, 38(2):99-101.
- ZHANG Menggang, LEI Xiangyi. A discussion on the earth surface system [J]. Northwestern Geology, 2005, 38(2): 99-101.
- 黄润秋. 20世纪以来中国的大型滑坡及其发生机制[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(03): 433-454.
- HUANG Runqiu. Large-Scale Landslides and Their Sliding Mechanisms in China Since the 20th Century [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007, 26(03):433-454.
- 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.
- PENG Jianbing, FAN Wen, LI Xian, et al. Key problems in the causative mechanism research of ground fissures in Fenwei basin [J]. Journal of Engineering Geology, 2007, 15(4):433-440.
- 崔鹏. 我国泥石流防治进展[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(5): 7-13, 31.
- CUI Peng. Advances in debris flow prevention in China [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2009, 7(5): 7-13, 31.
- 化建新,郑建国,等. 工程地质手册(第五版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2018.
- HUA Jianxin, ZHENG Jianguo, et al. Engineering geology manual [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018.
- 何登发,单帅强,张煜颖,等. 雄安新区的三维地质结构:来自反射地震资料的约束[J]. 中国科学:地球科学, 2018, 48(09):1207-1222.
- HE Dengfa, SHAN Shuaiqiang, ZHANG Yuying, et al. 3-D geologic architecture of Xiong'an New Area: Constraints from seismic reflection data[J]. Science China Earth, Science, 2018, 48(09):1207-1222.
- 陈志新,袁志辉,彭建兵,等. 渭河盆地地裂缝发育基本特征[J]. 工程地质学报, 2007, 15(04):441-447.
- CHEN Zhixin, YUAN Zhihun, PENG Jianbing, et al. Basic Characteristics about Ground Fractures' Development of Weihe Basin [J]. Journal of Engineering Geology, 2007, 15(04): 441-447.
- 杜蕾,谢婉丽. 城市地质环境承载力研究进展及展望[J]. 防灾科技学院学报, 2018, 20(2):15-20.
- DU Lei, XIE Wanli. Research Progress and Prospect of Urban Geological Environment Carrying Capacity [J]. Journal of Institute of Disaster Prevention, 2018, 20(2):15-20.
- 张茂省,王尧. 基于风险的地质环境承载力评价[J]. 地质通报, 2018, 37(2-3): 467-475.
- ZHANG Maosheng, WANG Xiao. Research on the evaluation of the carrying capacity of geological environment based on its risk level [J]. Geological Bulletin of China, 2018, 37(2-3): 467-475.
- 张茂省,王化齐,王尧,等. 中国城市地质调查进展与展望[J]. 西北地质, 2018, 51(4):1-9.
- ZHANG Maosheng, WANG Qihua, WANG Yao, et al. Progress and prospect of urban geological survey in China [J]. Northwestern Geology, 2018, 51(4):1-9.
- 王斌. 渭河盆地新生代沉积演化盆地耦合与风尘沉积[D]. 南京大学, 2014.
- WANG Bin. Cenozoic sedimentary evolution of the Weihe basin: Basin-Orogen coupling and eolian sediments [D]. Nanjing University, 2014.
- 刘林,芮会超,杨莉. 渭河单冲压陷盆地的厘定及其控藏作用[J]. 西北地质, 2018, 51(2): 186-202.
- LIU Lin, RUI Huichao, YANG Li. Definition of the Weihe single-thrusting compressional basin and its reservoir-forming condition[J]. Northwestern Geology, 2018, 51(2): 186-202.
- 张世民. 汾渭地堑系盆地发育进程的差异及其控震作用[J]. 地质力学学报, 2000, 02:30-37.
- ZHANG Shimin. Basin evolutionary differences and seismotectonics of Fenwei graben system[J]. Journal of Geomechanics, 2000, 02:30-37.
- 王景明. 渭河地堑断裂构造研究[J]. 地质论评, 1984, (03):217-223.
- WANG Jingming. A study on the tectonics of Weihe graben [J]. Geological Review, 1984, (03):217-223.
- 易明初. 新构造运动及渭延裂谷构造[M]. 北京:地震出版社, 1993.
- YI Mingchu. Neotectonic movement and Weihe rift structure [M]. Beijing: Seismological Press, 1993.
- 任隽. 渭河盆地深部地壳结构探测与盆地构造研究[D]. 西安:长安大学, 2012.
- REN Jun. Deep crustal structure exploration and basin structure study in the Weihe Basin [D]. Xi'an: Chang'an University, 2012.

- 瞿伟,张勤,王庆良,等. 渭河盆地现今地壳水平形变特征及区域构造活动性[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2011, 36(07):830-834.
- QU Wei, ZHANG Qin, WANG Qingliang, et al. Research on present crustal horizontal deformation feature of Weihe Basin and its tectonic activity [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2011, 36 (7):830-834.
- 权新昌. 渭河盆地断裂构造研究[J]. 中国煤田地质, 2005, 17(03):1-4,8.
- QUAN Xinchang. Weihe basin faulted structure study [J]. Coal Geology of China, 2005, 17(03):1-4,8.
- 刘志武,周立发. 渭河盆地新生代构造-沉积格局与油气成藏潜力初探[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2015, 43(05):708-714.
- LIU Zhiwu, ZHOU Lifa. The Cenozoic tectonic and sedimentary framework and preliminary study on the hydrocarbon accumulation potential of the Weihe basin [J]. Journal of Fuzhou University (Natural Science Edition), 2015, 43(05):708-714.
- 彭建兵,张俊,苏生瑞,等. 渭河盆地活动断裂与地质灾害[M]. 西安:西北大学出版社,1992.
- PENG Jianbing, ZHANG Jun, SU Shengrui, et al. Active fault and Geo-hazard in Weihe Basin [M]. Xi'an: Northwestern University Press, 1992.
- 刘瑞平,朱桦,杨炳超,等. 大荔潜水含水层中氟的赋存规律及水化学成因[J]. 西北地质,2008, 41(4):134-140.
- LIU Runping, ZHU Hua, YANG Bingchao, et al. Occurrence pattern and hydrochemistry cause of the shallow groundwater fluoride in the Dali county, Shaanxi province [J]. Northwestern Geology, 2008, 41 (4): 134-140.
- 王景明. 关中平原区的新华夏系构造[J]. 西北地震学报, 1981, 3(02):69-77.
- WANG Jingming. The neocathaysian structural system of Guanzhong plain [J]. Northwestern Seismological Journal, 1981,3(02):69-77.
- 乔建伟. 基于地球关键带理论的渭北台原地裂缝成因机理研究[D]. 西安:长安大学,2018.
- QIAO Jianwei. Study on the formation mechanism of ground fissures in Weibei terrace based on earth's critical zone theory[D]. Xi'an:Chang'an University, 2018.
- 李高阳,李陈侠,李晓妮. 1501年渭南朝邑7.0级地震发震断裂初探[J]. 华南地震, 2018, 38(S1): 108-111.
- LI Gaoyang, LI Chenxia, LI Xiaoni. Preliminary study on the seismogenic faults of Chaoyi M7.0 earthquake in 1501[J]. South China Journal of Seismology, 2018, 38 (S1): 108-111.
- 杜建军. 渭河盆地东南缘主要断裂晚更新世以来的活动性和灾害效应[D]. 北京:中国地质科学院,2016.
- DU Jianjun. Activity of main faults and related geohazard effects in Southeast of Weihe basin[D]. Beijing:Chinese Academy of Geological Sciences, 2016.
- National Research Council. New research opportunities in the earth science[M]. Washington DC: National Academy Press, 2001.
- NSF. Frontiers in Exploration of the Critical Zone[R/OL]. 2005. http://www.czen.org/file/czen/EZEN_Booklet.pdf.
- LIN H. Earth's critical zone and hydrogeology: concepts, characteristics and advance [J]. Hydrology and Earth System Science, 2010, 14:25-45.
- QIAO JW, PENG JB, DENG YH, et al. Earth fissures in Qinglong Graben in Yuncheng Basin, China [J]. Journal of Earth System Science, 2018, 127:10.