Dence of Late Pleistocene Activity in Fengsheng Reach of Jiaocheng Fault

HAN Xiao-fei[1,2,3]*, SHI Shuang-shuang[1,2], DONG Bin[1,2],

XUE Xiao-dong[1,2]

1. Earthquake Administration of Shanxi Province, Taiyuan Shanxi 030021, China

2. State Key Observatory of Shanxi Rift System , Taiyuan Shanxi 030025, China

3. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

**Corresponding author. Email: 38094048@qq.com*

ABSTRACT

The Jiaocheng Fault is a basin controlling fault on the western boundary of the Taiyuan Basin, which is an active fault in the Holocene. The fault is divided into the Nitun section, Shanglan North section, Chaicun section, Fengshenghe section, Ximing section, Yeyu section, Qingxu section, Wenshui section, and Shentanggou section. Firstly, shallow seismic exploration was conducted to identify the location of $F_{4\text{-}2}$ and its upper breakpoint in the Fengsheng River branch of the Jiaocheng Fault. Then, drilling joint profiles were used to confirm that $F_{4\text{-}2}$ passed between ZK3 and ZK2. Combined with the results of sample photoluminescence dating conducted at the Shandong Earthquake Engineering Research Institute, the buried depth of the breakpoint on $F_{4\text{-}2}$ in the Fengsheng River branch of the Jiaocheng Fault was determined to be 17 meters, and four seismic activity events, E1, E2, E3, and E4, were identified. The activity capacity of the Late Pleistocene fault was significantly weaker than that of the Middle Pleistocene, with the latest active period being the mid Late Pleistocene and a fault activity rate of 0.09mm/a in the mid Late Pleistocene.

Keywords: *Jiaocheng Fault; Fengsheng River Reach; Activity;Borehole Joint Section*

交城断裂风声河段晚更新世活动的证据

韩晓飞[1,2,3*]，史双双[1,2]，董斌[1,2]，薛晓东[1,2]

1 山西省地震局，山西 太原 030021

2 太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站，山西 太原 030025

3.中国地震局地球物理研究所，北京，100081

** 通讯作者.电子邮箱：38094048@qq.com*

摘要

交城断裂是太原盆地西边界控盆断裂，为全新世活动断裂，断裂分为泥屯段、上兰北段、柴村段、风声河段、西铭段、冶峪段、清徐段、文水段和神堂沟段。首先通过浅层地震勘探指出交城断裂风声河段分支隐伏段 $F_{4\text{-}2}$ 及上断点位置，然后运用钻孔联合剖面确认 $F_{4\text{-}2}$ 在 ZK3～ZK2 之间通过，结合在山东省地震工程研究院进行的样品光释光测年结果，最终判别交城断裂风声河段分支隐伏段 $F_{4\text{-}2}$ 上断点埋深 17 米，识别出 E1、E2、E3、E4 四次地震活动事件，晚更新断层活动能力明显弱于中更新世，最新活动时代为晚更新世中期，晚更新中期断层活动速率为 0.09mm/a。

关键词： *交城断裂，风声河段，活动性，钻孔联合剖面*

© The Author(s) 2025

S. Qiao et al. (eds.), *Proceedings of the 11th Annual Meeting of Risk Analysis Council of China Association for Disaster Prevention (RAC 2024)*, Advances in Economics, Business and Management Research 367,
https://doi.org/10.2991/978-94-6463-946-9_8

1.引言

交城断裂作为太原断陷盆地西侧主控边界断裂，为正断层，全长 130km，交城断裂带位于山西地堑系的中部，形成于燕山运动时期，中生代时为 NE 向的逆冲断裂，具枢纽断层性质。新生代以来，区域应力场发生变化，该断裂转变为具有右旋走滑分量的张性正断层，演变为太原断陷盆地的边界控制断裂，它是由数条阶梯状断层组成的断裂带，比盆地东部太谷断裂活动性要强，从而使太原盆地具有西深东浅的特点，新构造运动表现出明显的不对称性[1]，见图 0.1。

江娃利（2004）等人认为，交城断层从北部的上兰村到南部的栗家庄可分为三段：北部段从风声沟开始到上兰村，山前段由北北东转向北北西。在思西村的北侧，仍然有一段走向为北东东，长约 35 公里。北段与中段呈左阶展布，阶区宽约 8km。中段从小井峪到文水县的马西乡长约 70 公里。中段与南段呈左阶展布，阶区宽约 3km 。南段的两个断层是平行的，相距 2.7km。西面一条长约 27 公里，位于安上村-桑枣坡村之间；东面一条长约 10 公里，位于杏花村以东的冲积扇的前缘[2]。

谢新生（2008）认为交城断裂带是东北走向。根据断层几何形态的连续性，可将其分为三个部分：北、中、南 3 段。根据断层活动的历史，即第四纪系统的控制，断层北、中和南段的长度分别为 50、50 和 25 km。根据断裂带的活动年龄，断裂带北部和中段之间的边界并不位于太原市西侧的风声沟，而是位于清徐市北侧的晋祠以南[3]。在晚更新世以前，交城断裂带不是从晋祠向北通过，而是呈 NEE 方向从太原市南侧田庄通过[4]

孟振江（2012）根据构造地貌差异，交城断层可分为三段，文水西南为南段，文水至清徐北为中段，清徐以北为北段[5]。臧明东（2015）认为交城断裂带在空间上并不是连续不断的，可分为五段，即柴村段、晋祠段、清徐—交城段、文水段和汾阳段，各段几何形态、活动特征差异较大[6]。

太原城市活断层-太原市交城断裂 1:1 万条带状地质地貌填图认为：交城断裂风声河段段是由 2 条断裂组成的断裂带，该段 F_{4-2} 呈隐伏状态分布，对地貌控制作用不明显。F_{4-1} 分布于断裂带西端，该断裂规模较大，呈 NE 向分布，该段地貌总体走向为 NE 向，F_{4-1} 断裂对地貌的控制较为显著。断裂西部为构造侵蚀中山地貌，海拔高度一般在 900～1100m 之间，沿断裂侵蚀基岩中山高耸；在小石河－水泥厂之间 F_{4-1} 断裂东侧为构造侵蚀黄土台地，水泥厂－大虎峪之间为洪积倾斜平原，地面呈阶梯状分布，海拔高程 860～900m 之间。倾斜平原后缘地层与基岩山地呈断层接触关系（见图 0.2），前缘陡坎线形特征不明显。该段与柴村段转折段的地貌受断裂控制，也呈弧形转弯，由 NW 向转为 NE 向。交城断裂风声河段对地貌控制作用较柴村段弱，地貌差异较小，断层陡坎不发育，断层活动性较弱，由地貌的显著差异性反映了该段断层活动性较弱[7]。

江娃利山西交城断裂带活断层填图（1:5 万）结果认为：F_4(风声河段)和 F_5（西铭段）分别位于西铭北侧和南侧，两者倾向相反。F_4NE 方向走向，与 F_3（柴村段）有着大体相同的地貌特征，但人工破坏严重，找不到合适的地点开挖探槽，该分支断裂的上升盘有 3 个地层测年，测年结果为晚更新世中期和晚期，将其活动时代推测为晚更新世。F_5（西铭段）附近地附近地貌破坏更为严重，原始地貌形态没有留存。考虑到台地由晚更新世黄土组成，将其推测为晚更新世活动。其活动时代有较大不确定性。江娃利山西交城断裂带活断层填图（1：5 万，2012）将交城断裂分为泥屯段、上兰北段、柴村段、风声河段、西铭段、冶峪段、清徐段、文水段和神堂沟段[8]，李自红对北段进行了地震危险性分析，认为潜在地震最大震级为 MS7.2 级[9]。

综上所述，前人虽对交城断裂风声河段 F_{4-1}和F_{4-2}做了不少研究，但对风声河段隐伏段F_{4-2}论证资料缺乏，通过此次工作，进行补充论证。

2. 浅层地震勘探

浅层地震测线位于太原市西部的万柏林区，在万科春和景明南侧电石街上，测线全长 1.27km，80 道接收，道间距 3m，炮点

距 6m，叠加次数 20 次，勘探目标是查清测线处深度 50m 以内断层的分布情况，给出上断点的空间位置和埋深位置，见图 1.1。

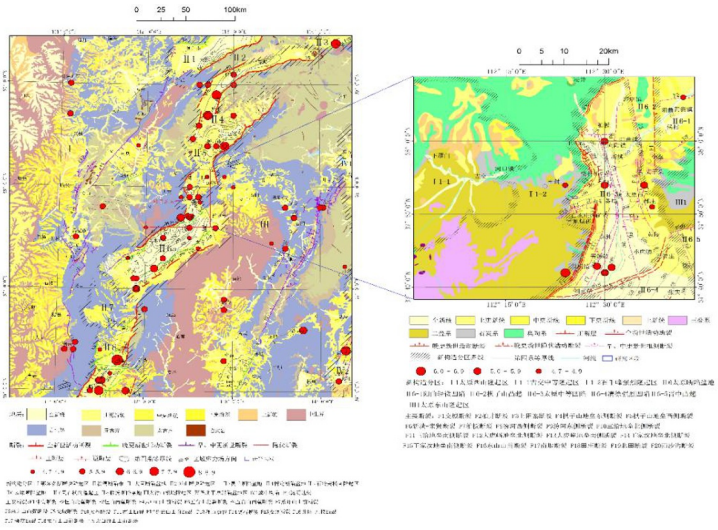

图1.1 研究区段地质构造背景

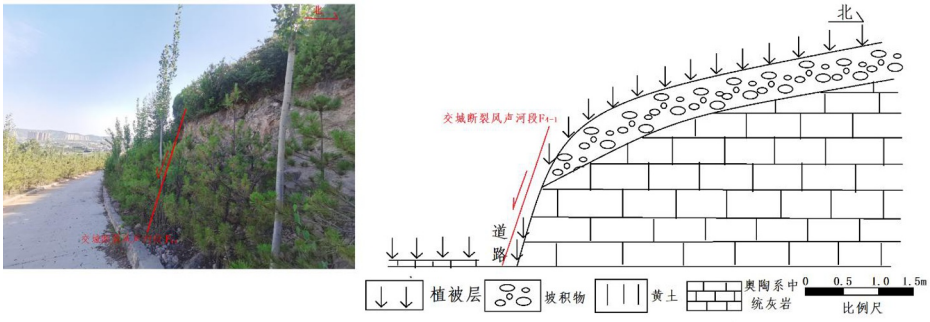

图 1.2 交城断裂风声河段 F4-1 分支断裂调查点

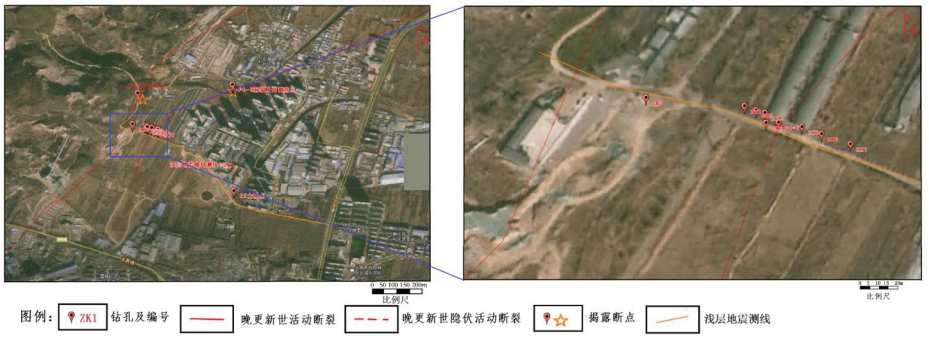

图 2.1 钻孔联合剖面和浅层地震测线及调查点分布位置

2.1 剖面解译结果

如图1.1所示为地震数据处理和解释剖面，横坐标为CDP点号，剖面左侧到右的方向为南东向，纵坐标为双程旅行时（ms），剖面0时基准面为高程950m,红色为推测断层，地层分界主要依据剖面中波组的强弱特征及连续性来追踪。剖面中黄色线为推测地层分界面，根据此地地质钻孔资料，黄线地层为早更新世晚期粉质黏土地层Q_1与中更新统卵砾石地层Q_2界面，其埋深由20米逐渐增加至50米，再于CDP510处抬升至30米。CDP261-295处地表为铁道，可以看出此范围剖面信噪比受到影响，没有有效的反射波组。CDP551-571处地表为过桥洞路面，此处数据同样受到影响。根据同向轴变化特征可以解译出2条断层，如图中F_{4-2}与f_1，其中断层F_{4-2}处为同向轴明显错断，f_1处同向轴同样错断明显。各个断层具体特征如下：

断层F_{4-2}：该断层为视倾向向南东的正断层，根据附近地质资料，F_{4-2}错断了Q_1与Q_2地层分界，剖面上可视上断点对应CDP点号103，对应坐标（112° 25′ 09″,37° 52′ 23″），上断点埋深约33米，断距约为15米，高程约926米，视倾角42.27°。从断点位置和断层倾向来看，该断点推断为交城断裂风声河段分支隐伏段F_{4-2}。

断层f_1：该断层视倾向向西的正断层，错断Q_1与Q_2地层分界,剖面上可视上断点对应CDP点号510，对应坐标（112° 25′ 27″,37° 52′ 09″），上断点埋深约为30米，断距约为15米，对应高程为905米，视倾角42.27°。该断层断点明显，推断较为可靠，推测为交城断裂风声河段分支隐伏段F_{4-2}反倾断层，构成局部小地堑，活动性要弱于交城断裂风声河段分支隐伏段F_{4-2}。

3. 钻孔联合剖面勘探及测年

3.1 钻孔联合剖面勘探

根据“太原市目标区活动断层探测成果”、场地钻探资料结合野外地质调查、区域地质资料综合确定场地内第四系地层，根据浅层地震剖面确定交城断裂风声河段分支隐伏段F_{4-2}的上断点位置，在垂直断裂走向的位置布设了8个钻孔（见图1.1），进行钻孔联合剖面勘探，钻孔详细地层资料详见钻孔柱状图2.1。

（1）场地北部钻孔联合剖面地层分布特征及断层位置确定

1、钻孔联合剖面地层分布特征

由图2.1钻孔联合剖面可见，剖面长度139.0m。该剖面布设于低中山，现今地貌特征基本为场地原始地貌，地表局部覆盖杂填土及建筑垃圾。

I 第四系全新统（Q_4）：

分布于剖面上部，厚度2.60-7.10m，厚度变化较大，地层岩性上部为第四系全新统杂填土及建筑垃圾，下部为第四系粉土及卵石，地形北高南低，向西部稍有倾斜，其厚度受地形控制层，南部厚度大，北部薄，厚度变化较大。

由图2.1可见，钻孔ZK0、ZK1揭露的地层主要是粉土层，厚约1.3m-4.5m；ZK1、ZK2、ZK3、ZK4揭露的主要是人工修路反复回填的卵石层，该卵石层长约45米，主要分布在坡度较大的雨水冲刷地带，平均厚约4.5m，地震钻孔纵向上全新统地层由上至下为①、②层，分别为粉土、卵石层；ZK5、ZK6、ZK7揭露主要为全新统杂填土、卵石土，厚约2m；该套地层未发现错动。

II 第四系上更新统地层（Q_3）

根据本次钻孔勘探结果，推测交城断裂带断裂ZK2、ZK3、ZK4之间通过。由图2.1可见，地层③为粉土，各钻孔揭示的粉土层基本一致，厚约12m，该层底界也微弱受到错断影响；层④地层相变明显，上部多见卵石层，下部为褐红色粉质粘土层，平均层厚约2m，整体看，该套湖相层沉积非常稳定，但是在ZK4钻孔附近粉质粘土地层发生明显错断，下部褐红色粉质粘土层顶部断距为1.1m，同震位移为1.1m，判定为地震事件E1；层⑤地层主要为卵石层，局部夹粉土透镜体，该层也明显发生错动，该层底界断距约为1.9m。

III 第四系中更新统地层（Q_2）

层⑥为一套卵石透镜体含在层⑦褐黄或黄褐色粉土层中，该层厚度相对比较稳定，厚度在9-10m,断面两侧该套地层厚度均

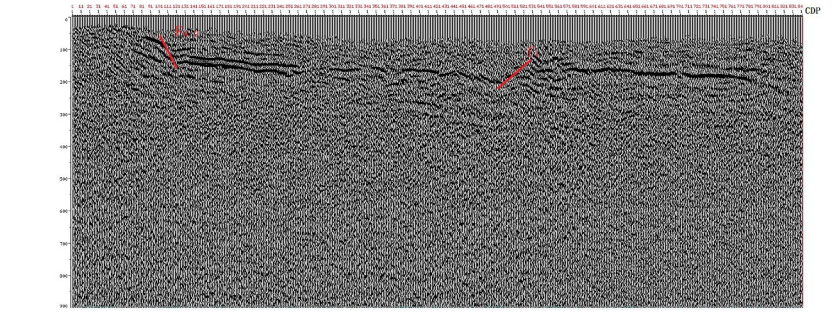

图 2.2 勘探线断层解释剖面

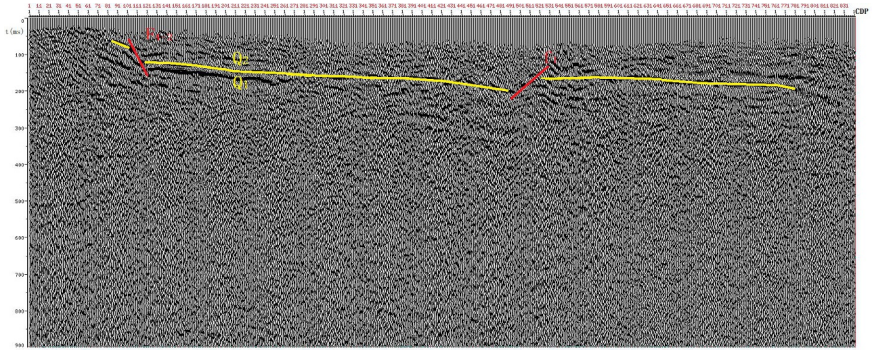

图 2.3 勘探线地层解释剖面

为 10m，层⑦地层底界断距为 2.2m，综合层⑤错动厚度，认为层⑤至层⑦为同一次地震错动所致，同震位移为 1.1m，判定为地震事件 E2。

层⑧整体底部为褐红色的粉质粘土层，为浅湖相动水位沉积环境，断层下盘上部以卵石层为主，断层下盘上部以褐红色粉质粘土和黄褐色粉土为主，层⑧底部断距为 4.2m，同震位移为 2.0m，判定为地震事件 E3。

层⑨整体为红褐色粉质黏土层，局部夹卵石透镜体，层⑨底部断距为 8.6m，同震位移为 4.4m，判定为地震事件 E4。

层⑩为褐红色粉质粘土层和卵石层的互层，该层未打穿。

2、钻孔联合剖面断层位置确定

根据钻孔揭露见图 2.1，交城断裂带错断了最新地层为第四系全新统以及上中下更新统地层。

综上所述，交城断裂风声河段分支隐伏段 F_{4-2} 在 ZK3～ZK2 之间通过，结合剪切波速剖面和测年结果，最终判断，交城断裂风声河段分支隐伏段 F_{4-2} 上断点埋深 17 米，最新活动时代为晚更新世中期。

3.2 测年结果及对应事件分析

年龄样品取自明显发生错动的地层④、层⑤、层⑦、层⑧上下两盘，以及覆盖层③，进行光释光测年，用以确定断裂的活动期次及最新活动时代。

释光是硅酸盐矿物晶体接受电离辐射作用积累起来的能量在受热或光激发时重新以光的形式释放出能量的一种物理现象。光释光测年(Optically Stimulated Luminescence，缩写为OSL)是释光测年(Luminescence Dating)方法中的一种。对于沉积物光释光测年，若沉积物在沉积过程中石英、长石等矿物的光释光信号被晒退归零，同时矿物在沉积后基本处于恒定的电离辐射场中（即环境辐射剂量率恒定），那么，

石英、长石等矿物的光释光信号强度与矿物所吸收的电离辐射剂量的时间成正相关的函数关系，沉积地层的年龄就可通过测定石英、长石等矿物天然光释光信号强度所对应的电离辐射剂量即等效剂量（D_E）和环境剂量率（D）来获得，简要表示如下：

年龄(A)＝等效剂量(D_E)/环境剂量率(D)

等效剂量(D_E)又称古剂量(P)，即被测样品产生天然积存释光所需要的辐射剂量(单位 Gy)，可通过矿物释光强度及其对核辐射剂量响应程度的实验测量来确定；环境剂量率(D,单位 Gy/Ka)是被测矿物单位时间内吸收周围环境中 ^{238}U、^{232}Th 及其衰变链产生的 α 、β 和 γ 辐射剂量和 ^{40}K 产生的 β 和 γ 辐射剂量，以及宇宙射线提供的少量辐射剂量。

样品的光释光测年在山东省地震工程研究院进行，结果和相关参数见表 2.1。表中样品的光释光年龄代表了样品最后一次曝光距今的时间。

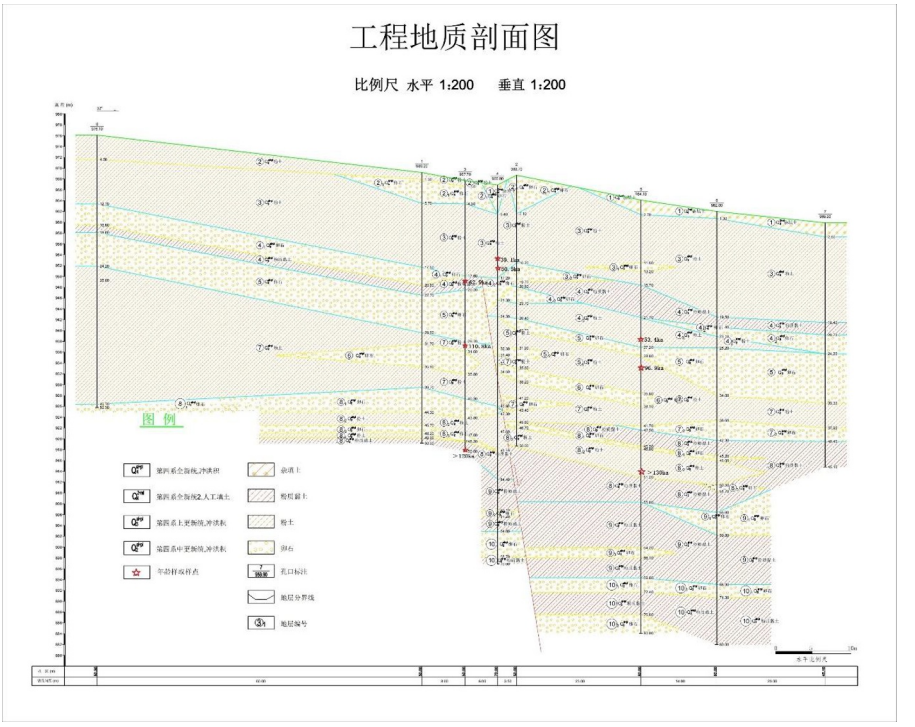

图 3.1 钻孔联合剖面图

表 3.1 样品结果表

样品编号	野外样品编号	埋深（m）	环境剂量率 (Gy/ka)	等效剂量 (Gy)	释光年龄（ka）
2022-228	K4-1(土样 4)	13.20-13.35	2.6±0.3	101.5±5.4	39.1±2.1
2022-229	K4-2(土样 5)	15.30-15.45	2.6±0.3	131.4±6.7	50.5±2.6
2022-225	K3-1(土样 9)	18.00-18.15	2.7±0.3	169.7±17.1	62.9±6.3
2022-230	K5-1(土样 9)	25.00-25.15	2.6±0.3	138.9±7.6	53.4±2.9
2022-226	K3-2(土样 15)	30.00-30.15	2.6±0.3	288.1±71.9	110.8±27.6
2022-231	K5-2(土样 11)	31.30-31.45	2.5±0.3	242.3±17.5	96.9±7.0
2022-232	K5-3(土样 19)	49.50-49.65	2.5±0.3	>300	>130

2022-227	K3-3(土样 25)	49.85-50.00	2.5±0.3	>300	>120

表 3.2 交城断裂风声河段分支隐伏段 F_{4-2} 钻孔联合剖面位错事件

事件	活动断面	影响地层	测年样品 /ka BP	垂直断距（m）	同震位移（m）
E1	F_{4-2}	层④	K3-1(土样 9)/62.9±6.3 K5-1(土样 9)/53.4±2.9	1.1	1.1
E2	F_{4-2}	层⑤、层⑥、层⑦	K3-2(土样 15)/110.8±27.6 K5-2(土样 11)/96.9±7.0	2.2	1.1
E3	F_{4-2}	层⑧	K3-3(土样 25)/>120 K5-3(土样 19)/>130	4.2	2.0
E4	F_{4-2}	层⑨		8.6	4.4

从 8 个光释光测年结果可以看出，该处地层全新世地层很薄，结合钻孔联合剖面判断，全新统地层最大厚度 7.1 米，推测可能为人工回填路基或雨水冲刷所致，晚更新统地层厚度约 30 米，结合钻孔资料中更新统地层埋深不大于 42 米。

从位错事件来看，交城断裂风声河段分支隐伏段 F_{4-2} 晚更新世发生了 E1、E2 两次地震活动，同时也揭露了中更新世 E3、E4 两次地震活动，晚更新世地震活动明显弱于中更新世。层④错动对应地震事件 E1，同震位移为 1.1m，E1 与 E2 时间间隔预估（根据地层③和地层④测年数据）为 12.4ka，该断裂最新活动时代为晚更新世中期，晚更新中期断层活动速率为 0.09mm/a。

4. 结果和讨论

（1）风声河段称为交城断裂带风声河断裂，风声河断裂 F_4 存在两条次级分支断裂，F_{4-1} 位于基岩与台地后缘的线性界限，F_{4-2} 位于台地前缘的断续线性界限，东段台地明显，向 SW 台地变缓变宽，类似洪积扇陡坎，人工改造严重，风声河断裂次级分支断裂 F_{4-1}、F_{4-2} 为晚更新世活动断裂；地表存在地貌台地界线，但断裂属于晚更新断裂，属于构造活动地貌遗迹，非现代地貌现象。

本次通过浅层地震勘探识别了 2 条断层：确认了交城断裂风声河段分支隐伏段 F_{4-2} 在西段的分布位置，解决了改造地貌识别的难题；新识别断层 f_1 为交城断裂风声河段分支隐伏段 F_{4-2} 反倾断层，构成局部小地堑，活动性要弱于交城断裂风声河段分支隐伏段 F_{4-2}。

（2）从钻孔联合剖面来看交城断裂风声河段分支隐伏段 F_{4-2} 在 ZK3～ZK2 之间通过，分析结果如下：层③底界微弱发生错动；错断了层④下部褐红色粉质粘土层顶部，断距为 1.1m，同震位移 1.1m，为地震事件 E1；⑤至层⑦为同一次地震错动所致，断距为 1.9-2.2m，同震位移为 1.1m，为地震事件 E2；层⑧整体底部为褐红色的粉质粘土层，底部断距为 4.2m，同震位移为 2.0m，为地震事件 E3；层⑨整体为红褐色粉质黏土层，底部断距为 8.6m，同震位移为 4.4m，为地震事件 E4。最终判断交城断裂风声河段分支隐伏段 F_{4-2} 上断点埋深 17 米，晚更新断层活动能力明显弱于中更新世，最新活动时代为晚更新世中期，晚更新中期断层活动速率为 0.09mm/a。

（3）根据太原城市活断层-太原市交城断裂 1:1 万条带状地质地貌填图和江娃利山西交城断裂带活断层填图（1:5 万）结果可知交城断裂带全新世垂向活动速率为 1.9mm/a，晚更新世垂向活动速率大于 1.4mm/a，全新世水平向活动速率为 0.95mm/a，晚更新世以来水平向活动速率为 0.70mm/a，交城断裂活动方式为粘滑型。从本次地质地貌调查来看，交城断裂风声河段属于晚更新世活动断裂，晚更新世中期平均活动速率为 0.09mm/a，相对交城断裂其它全新世活动段，活动速率明显降低，说明交城断裂风声河段晚更新以来，活动能力明显降低，全新世基本不活动。

致谢

本项目由山西太原大陆裂谷动力学国家野外科学观测研究站资助(课题编号NORSTY20-06)；山西省科技厅面上自然基金项目（编号：201901D111462）；山西省科技厅面上自然基金项目（编号：20210302123361）；山西省地震局科研项目SBK-2221 资助。

参考文献：

[1]. 张井飞,谢富仁,荆振杰等.太原盆地地震潜势分析[J].大地测量与地球动力学,2011, 31(05): 47-51.
Zhang, J. F.,Xie, F. R., Jing, Z. K., et al.,ANALYSIS OF SEISMIC POTENTIAL IN TAIYUAN BASIN. JOURNAL OF GEODESY AND GEODYNAMICS, 2011,31(05): 47-51.

[2]. 江娃利, 谢新生, 王瑞等.山西断陷系交城断裂全新世古地震活动初步研究 [J]. 地震研究, 2004.27(2): 184-190.
Jiang, W. L., Xie, X. S., Wang, R.,et al., Preliminary Study on Activity of Holocene Paleoearthquakes along the Jiaochen Fault in the Shanxi Downfaulted System. JOURNAL OF SEISMOLOGICAL RESEARCH, 2004.27(2): 184-190.

[3]. 谢新生, 江娃利, 孙昌斌等.山西交城断裂带多个大探槽全新世古地震活动对比研究 [J].地震地质, 2008.30(2): 412-430.
XIE Xin-Sheng, JIANG Gui-Li, SUN Chang-Bin, YAN Cheng-Guo, FENG Xi-Yang. COMPARISON STUDY ON HOLOCENE PALEOSEISMIC ACTIVITIES AMONG MULTI-TRENCHES ALONG THE JIAOCHENG FAULT ZONE,SHANXI[J]. SEISMOLOGY AND GEOLOGY, 2008, 30(2): 412-430.

[4]. 江娃利, 聂宗笙, 张康富.1993.山西交城断裂全新世活动证据及第四纪活动历史[A].见:国家地震局地壳应力研究所编.地壳构造与地壳应力文集(6).北京:地震出版社.98-104.
Jiang, W. L., Nie, Z. S., Zhang, F. K. 1993. Holocene Activity Evidence and Quaternary Activity History of the Jiaochen g Fault, Shanxi Province [A]. In: Institute of Crustal Dynamics, State Seismological Bureau (Ed.). Collected Works on Crustal Tectonics and Crustal Stress (6) [C]. Beijing: Seismological Press. 98-104.

[5]. 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．
Meng, Z. J., The Study on Developme nt Characteristic and Formation Mechanism of Ground Fissures along the Jiaoch eng Fault. Chang'an University, Xi'an, 2012

[6]. 藏明东．太原盆地地裂缝危险性区划研究［D］．西安: 长安大学，2015．

[7]. 李自红，高树义．太原城市活断层-太原市交城断裂 1：1 万条带状地质地貌填图报告［R］．太原: 山西省地震局，2007．
Li, Z. H., Gao, S. Y., Active Urban Faults in Taiyuan: 1:10,000 Strip Geological and Geomorphological Mapping Report of the Taiyuan Jiaocheng Fault. Taiyuan: Shanxi Earthquake Administration. 2007

[8]. 江娃利．山西交城断裂带活断层填图（1：5 万）报告［R］．北京: 中国地震局地壳应力研究所，2012．
Jiang, W. L. , Active Fault Mapping Report (1:50,000) of the Jiaocheng Fault Zone in Shanxi Province [R]. Beijing: Institute of Crustal Dynamics, China Earthquake Administration, 2012．

[9]. 李自红，曾金艳， 冉洪流．交城断裂带北段最大潜在地震发震概率评估［J］．震灾防御技术，2014.9(4): 770-781.
Z. H., Zeng, J. Y., Ran, H. L.,Occurrence Probability Evaluation of the Largest Potential Earthquake Along Northern Segment of Jiaocheng Fault Zone. Technology for Ea~hquake Disaster Preventi on, 2014.9(4): 770-781.

Open Access This chapter is licensed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits any noncommercial use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license and indicate if changes were made.

The images or other third party material in this chapter are included in the chapter's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the chapter's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.