

王明明, 何玉林, 马超, 等. 芦山地震灾区宝兴县地震活断层探测成果介绍[J]. 华南地震, 2018, 38(S1): 45–52. [WANG Mingming, HE Yulin, MA Chao, et al. Introduction on the Result of the Active Fault Detection of the Baoxing County Which is the Seismic Stricken Area of The Lushan Earthquake[J]. South China journal of seismology, 2018, 38(S1): 45–52]

芦山地震灾区宝兴县地震活断层探测成果介绍

王明明, 何玉林, 马超, 王世元, 李大虎, 刘 韶
(四川省地震局, 成都 610041)

摘要: 2013 年芦山 7.0 级地震发生后, 宝兴县作为地震灾区, 在灾后重建工作中划设了穆坪镇和五龙乡两个规划区。由于两个规划区均位于龙门山断裂带南段中央断裂附近, 中央断裂的晚第四纪活动特征研究可以为宝兴县的灾后重建工作提供科学依据。通过野外地质调查、地球物理探测及钻探等手段, 对中央断裂的两个分支断裂即盐井断裂和五龙断裂的地质地貌及活动特征进行了揭示。研究结果显示五龙断裂线性特征较为清晰, 为晚第四纪活动断裂, 穿过五龙乡规划区, 考虑到未来发生地震造成的地表断错问题, 应进行地震活断层避让。盐井断裂线性特征较弱, 断层规模较小, 为早-中更新世活动断裂, 可以不考虑其对穆坪镇规划区的影响。

关键词: 城市活断层; 宝兴; 盐井—五龙断裂

中图分类号: P315 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662(2018)S1-045-08

DOI: 10.13512/j.hndz.2018.S1.007

Introduction on the Result of the Active Fault Detection of the Baoxing County Which is the Seismic Stricken Area of The Lushan Earthquake

WANG Mingming, HE Yulin, MA Chao, WANG Shiyuan, LI Dahu, LIU Shao
(Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610041, China)

Abstract: After the 2013 Lushan M_s 7.0 earthquake in Baoxing County, as an earthquake stricken area, designated two planning areas for Muping and Wulong town in post disaster reconstruction. Since the two planning areas are located near the central fault of the southern section of the Longmenshan fault zone, the study of the late Quaternary activity characteristics of the central fault can provide a scientific basis for the post disaster reconstruction work in Baoxing county. By means of field geological survey, geophysical exploration and drilling, this paper reveals the geological feature and activity characteristic of Wulong and Yanjing fault, which are two branch faults of the central fault. The results show that the Wulong fault is a late Quaternary active fault and cross over the Wulong town planning area, and it's linear characteristics are relatively clear.

收稿日期: 2018-03-28

作者简介: 王明明(1984-), 男, 博士, 主要从事工程地震方面的工作。

E-mail: dannywang9088@163.com.

Considering the ground surface dislocated by the earthquake in the future, the seismic fault avoidance should be taken into account. The fault characteristics of Yanjing fault are weak, and the fault scale is small. As an early-middle Pleistocene active fault, it can be ignored its influence on the planning area of Muping town.

Keywords: Urban active fault; Baoxing county; Yanjing-Wulong fault

0 引言

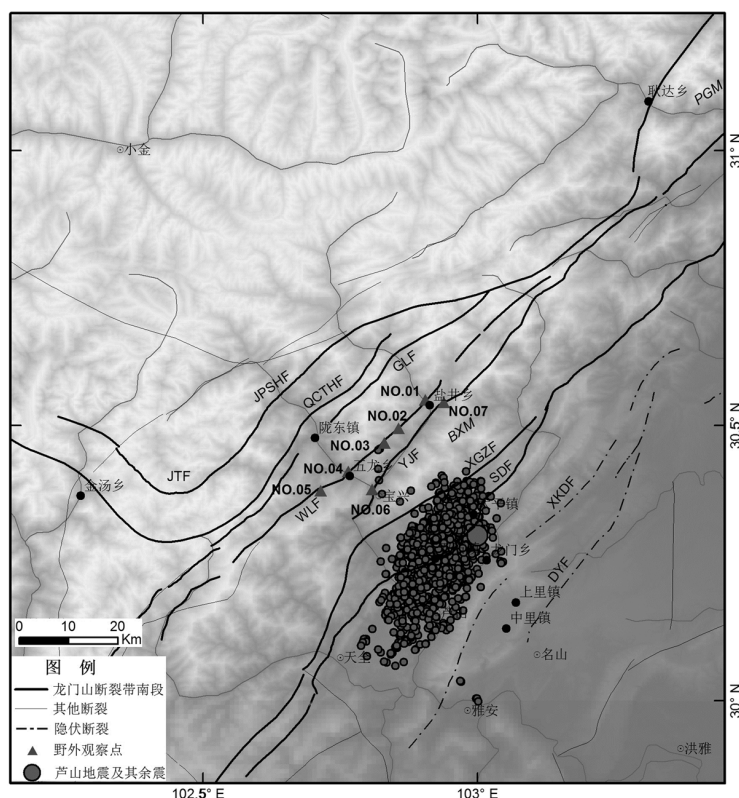
城市范围内发育有活动断层, 将会对城市造成较大的破坏, 包括沿断裂产生地表破裂和滑坡、崩塌等灾害。城市活断层探测与定位是一项重要的工作, 可以为城市规划与建设、减轻灾害提供重要的支撑材料和科学依据^[1-2]。

2013年4月20日芦山发生7.0级地震^[3], 宝兴县因距离震中较近, 地震灾害较为严重^[4], 芦山地震后, 宝兴县快速启动了灾后重建工作。由于龙门山断裂带中央断裂南段(即盐井—五龙断裂)通过宝兴县境内, 该断裂的几何展布及活动性也直接影响到宝兴灾后重建工作的开展。盐井—五龙断裂位于高山峡谷地貌区, 剥蚀作用较强, 使得地震地质方面的研究受到较大的限制, 研究程度不高, 因而对该断裂晚第四纪活动特征的认识

仍存在很大不足。随着近年来相关研究的深入, 显示盐井—五龙断裂为晚第四纪活动断裂^[5-6], 但前人研究主要集中于盐井—五龙断裂滑动速率的厘定, 对断裂的几何展布及其分支断层的活动特征仍缺乏全面认识, 其与规划区的位置关系仍需进一步查明。本文通过地质地貌调查、地球物理探测和钻探等多种手段, 对盐井—五龙断裂两条分支断层的几何展布、地质地貌特征及活动性进行了揭示, 研究成果将为宝兴县规划区的建设提供科学依据。

1 区域构造环境

从1:20万地质图上看, 龙门山断裂带南段呈发散状, 断层几何展布较为分散, 存在多个分支断层, 断裂活动特征较为复杂(图1)^[7-8]。



JPSHF: 金棚山弧形断裂; QCTHF: 青草塘弧形断裂; GLF: 耿达-陇东断裂; WLF: 五龙断裂; YJF: 盐井断裂; XGZF: 小关子断裂; SDF: 双石-大川断裂; XKDF: 新开店断裂; DYF: 大邑断裂

图1 研究区区域地质构造图及工作点分布

Fig.1 Geological map of the research area and sites of filed observation

龙门山断裂带后山断裂南段北起耿达,向南在硃碛至陇东一带撒开为多支断裂,分别为青草塘弧形断裂、金棚山弧形断裂和耿达—陇东断裂,两断裂沿线第四纪地层不甚发育,断错地貌不清晰,前人的研究表明后山断裂南段为晚第四纪活动断裂,其晚第四纪垂向滑动速率小于 1 mm/a [5-6,9]。中央断裂南段即盐井—五龙断裂,北起映秀南侧的三江附近,后发散为五龙断裂和盐井断裂两个次级断层,总体走向 40° ,倾向 NW,长约 160 km ,前人的研究认为盐井—五龙断裂也为晚更新世活动断裂,其晚第四纪垂向滑动速率小于 1 mm/a [6,10]。前山断裂南段由大川—双石断裂和小关子断裂两个次级断裂为主,总体走向约 40° ,倾向 NW,长约 140 km ,其中双石—大川断裂为全新世活动断裂,构造地貌不甚发育,垂直滑动速率为 0.6 mm/a [11],水平滑动速率为 $0.78\sim 1.25 \text{ mm/a}$ [12]。前人对龙门山断裂带南段主干断裂的研究成果较多,而

各分支断裂的几何展布及活动性研究仍需进一步加强。

2 规划区位置及地震活断层分布情况

芦山地震后,宝兴县启动了灾后重建工作,确定了穆坪镇及五龙乡两个规划区(图 2a)。穆坪镇规划区主要包含两河口和穆坪镇,其中穆坪镇为中共宝兴县委、县政府所在地,是宝兴县政治、经济、文化中心,海拔 $1\,010 \text{ m}$ 。五龙乡规划区位于穆坪镇西北 6 km 处,分布范围主要包含宝兴西河两岸的河流阶地,海拔约 $1\,060 \text{ m}$ 。盐井—五龙断裂从两个规划区附近通过(图 2b、c),为了更好地为灾后重建工作服务,需要对规划区内的活动断层几何展布进行详细调查,并进行活动性进行鉴定,为灾后重建及规划区建设、国土规划与利用、制定防震减灾战略决策等提供地震活动断层

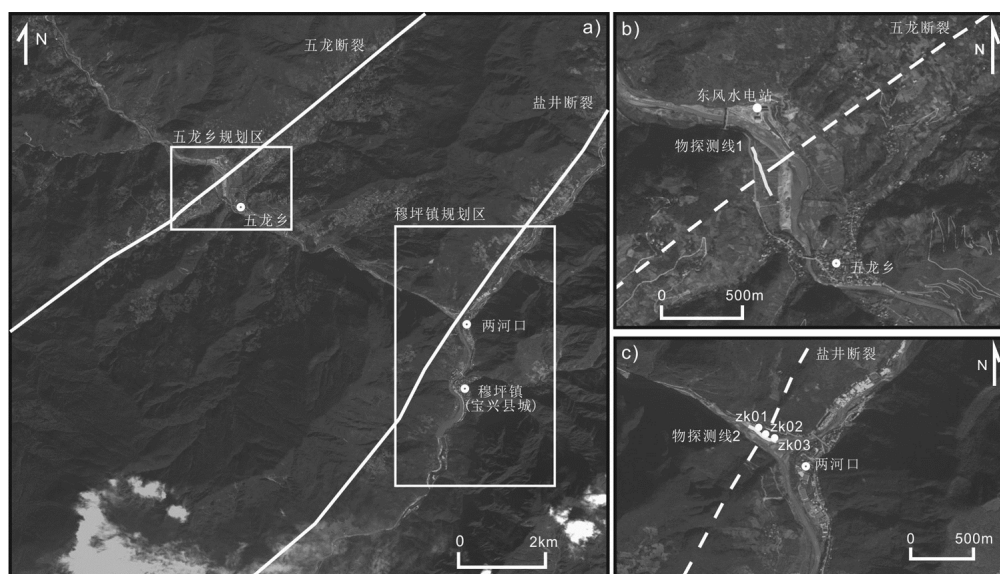


图 2 (a) 宝兴县规划区位置及断层分布图; (b) 五龙乡规划区断层分布图及工作地点位置; (c) 穆坪镇规划区断层分布图及工作地点分布

Fig.2 (a) The site of the planning area and fault distribution map of Baoxing county; (b) Fault distribution of the Wulong planning area and working sites; (c) Fault distribution of the Muping town planning area and working sites

方面的依据。

3 盐井—五龙断裂地貌特征及活动性

盐井—五龙断裂由五龙断裂和盐井断裂两条分支断层组成,其中五龙断裂线性地貌较为清晰,在盐井乡至明礼乡一带发育有连续的断错地貌,五龙断裂通过五龙乡规划区。而盐井断裂总体线性特征较差,仅局部发育有断层槽谷地貌,盐井

断裂主要发育在宝兴河西北侧的基岩山体中,在两河口附近通过穆坪镇规划区。现将两条分支断裂的断层典型的断错地貌及活动特征介绍如下:

3.1 五龙断裂地质地貌特征

(1) 蜂桶寨乡北顺山村观察点(NO.01)。五龙断裂在盐井乡北的顺山村与宝兴东河交汇,T3阶地上发育有断层槽谷,在公路边的基岩露头可见

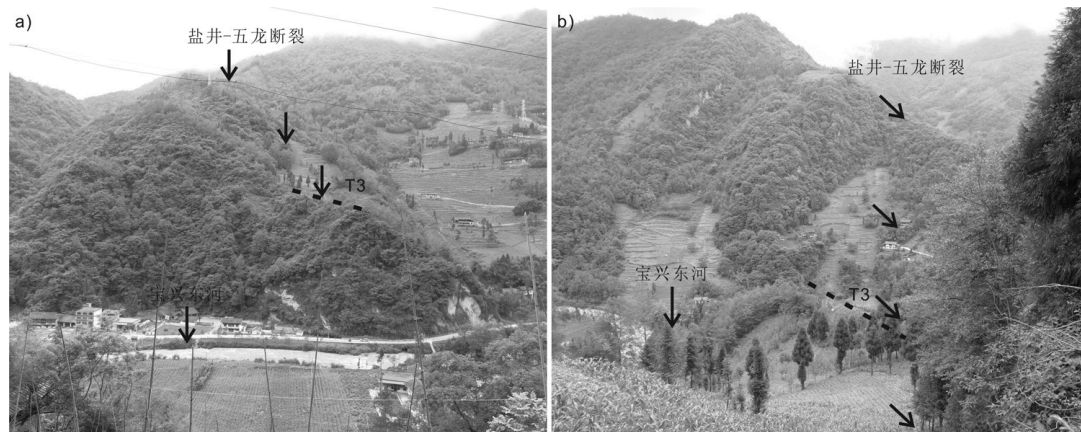


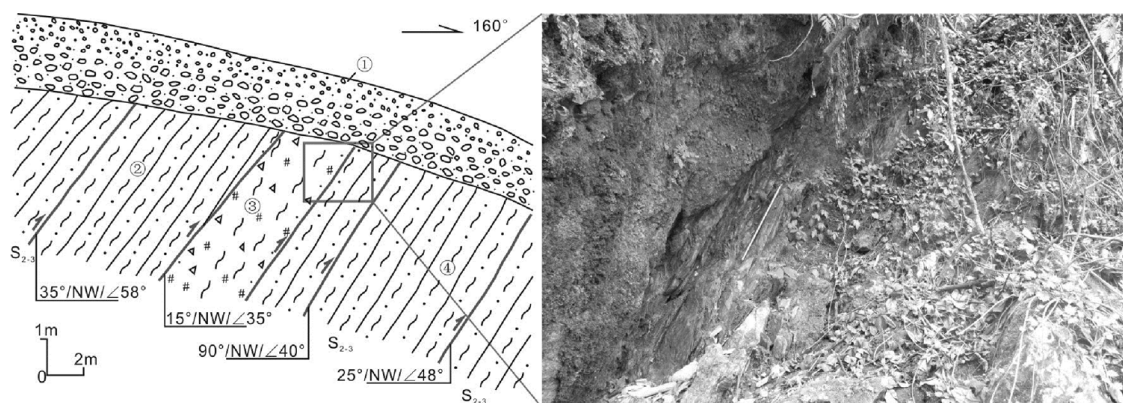
图3 顺山村附近断层地貌 (a: SW; b: NE)

Fig.3 Fault geomorphology near Shunshan village (a: SW; b: NE)

到断层破碎带宽约 40 m, 破碎带内基岩揉皱变质强烈(图 3)。

(2) 大池沟观察点(NO.02)。在大池沟沟内两

侧见到明显的断层地貌, 主要表现宽约 40 m 的断层槽谷, 在冲沟内部露头, 可见到多处基岩断层出露, 断层带内主要发育有断层碎裂岩, 构造变



- ① 褐灰色砾石层, 下部砾石较大, 砾径 80~200 cm, 上部砾石层, 砾径较小, 5~20 cm, 次棱角状;
- ② 青灰色千枚岩, 岩层风化强烈, 揉皱强烈, 局部夹有石英岩脉;
- ③ 断层破碎带宽约 5 m, 发育有碎裂岩, 呈片理化, 内部还发育有石英透镜体, 局部风化强烈, 较破碎;
- ④ 青灰色千枚岩, 呈块状, 弱风化

图4 大池沟附近断层剖面图

Fig.4 Cross section of fault near the Dachi gully

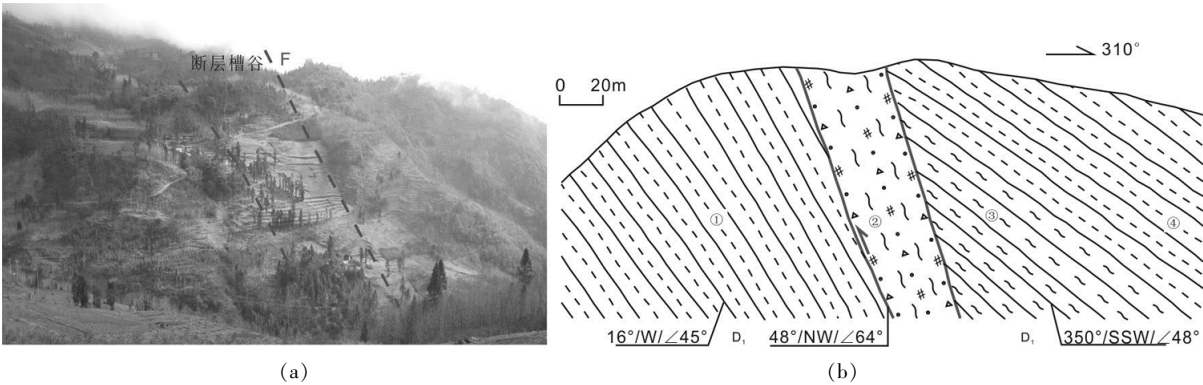
形强烈, 较为破碎, 见基岩断层未断错上部 T1 阶地砾石层(图 4)。

(3) 曾家沟观察点(NO.03)。在曾家沟公路边两侧见有宽约 30 m 的断层破碎带(图 5a), 断层破碎带两侧基岩相对完整, 受到轻微变质作用, 破碎带内岩体呈片理化, 较松软, 风化强烈, 呈灰黑色(图 5b)。

(4) 五龙乡观察点(NO.04)。五龙断裂在五龙乡附近与宝兴西河交汇, 该段线性地貌较为清晰, 主要表现为宽约 60 m 断层槽谷, 在断层槽谷两侧

可见到断层破碎带发育(图 6)。通过野外调查, 宝兴西河北侧分布有河流 T1~T4 阶地, 其中 T3、T4 阶地在断层两侧均有垂直高差(图 6a), 显示断裂断错宝兴西河 T3、T4 阶地, 杨晓平等^[9]在五龙乡发现断错晚更新世地层, 显示五龙断裂在晚第四纪仍有活动。

为揭示五龙断裂在五龙乡的具体位置, 我们在宝兴西河西侧的 T1 阶地布设了高密度电阻率测线 L1(图 7)。从电阻率反演结果可以看出, 在测线横坐标 60~100 m 范围则出现了明显的电性异常高阻区, 该高阻体向下延伸成为两侧基岩低阻体



① 褐灰色, 青灰色板岩, 呈块状, 弱风化; ② 灰黑色断层破碎带, 宽约 30m, 风化强烈, 岩体片理化严重, 较松软;
③ 褐灰色板岩, 风化强烈, 变质作用较强, 夹有石英透镜体, 较破碎, 呈片理化, 局部发育有小型褶皱;
④ 青灰色、褐红色板岩, 片理化严重, 较破碎, 局部夹有石英岩脉, 倾向逐渐变缓

图 5 (a) 曾家沟断层地貌(镜向 NE);(b) 断层剖面图

Fig.5 (a) Fault geomorphology near Zengjia gully (view to NE); (b) Cross section of fault near the Zengjia gully

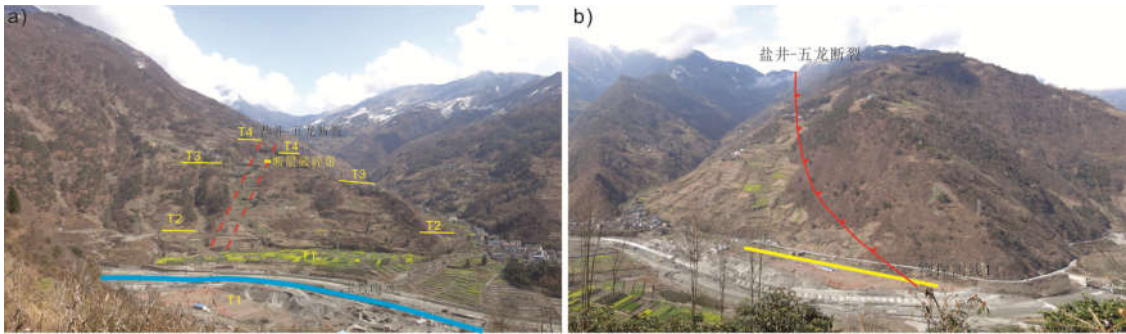


图 6 (a) 五龙乡北宝兴西河东岸断层地貌(镜向 NE); (b) 五龙乡北宝兴西河西岸断层地貌(镜向 SW)

Fig.6 (a) Fault geomorphology on the west bank of Baoxingxi river (view to NE);
(b) Fault geomorphology on the east bank of Baoxingxi river (view to SW)

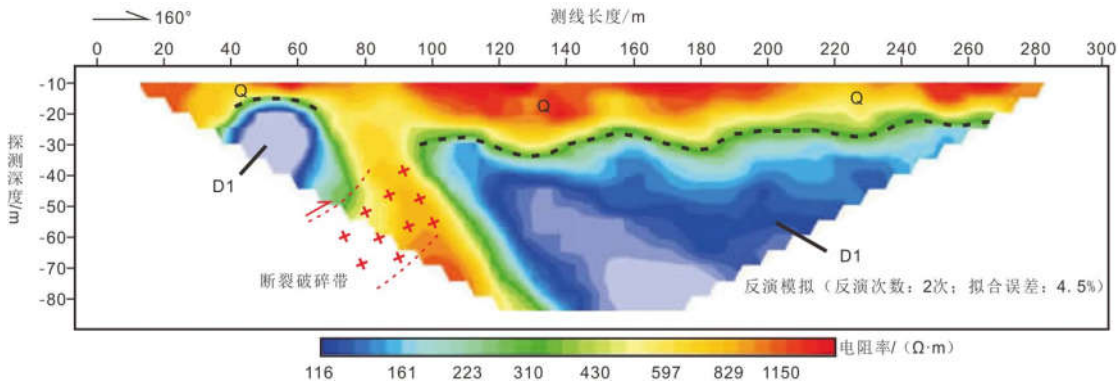


图 7 五龙断裂五龙乡宝兴西河西岸高密度电阻率法二维反演等值断面图

Fig.7 The result of 2D inversion by high density resistivity method for the Wulong fault on the west bank of the Baoxingxi river

的明显分界, 该电性异常区应与五龙断裂在河流 T1 阶地下部砾石层中通过有关。

(4) 明礼乡观察点(NO.05)。在明礼乡南干基沟至庙岗子一带, 盐井—五龙断裂发育有较好的断层槽谷地貌(图 8), 断层在干基沟沟口通过两个冲沟汇合处附近, 全新世冲洪积阶地未见有变形。

综合以上野外地质剖面及物探研究结果, 显示五龙断裂发育宽约 40~60 m 的断层破碎带, 断层地貌发育较为连续, 主要以断层槽谷为主, 五龙断层直接穿过五龙乡规划区。

3.2 盐井断裂地质地貌特征及活动性鉴定

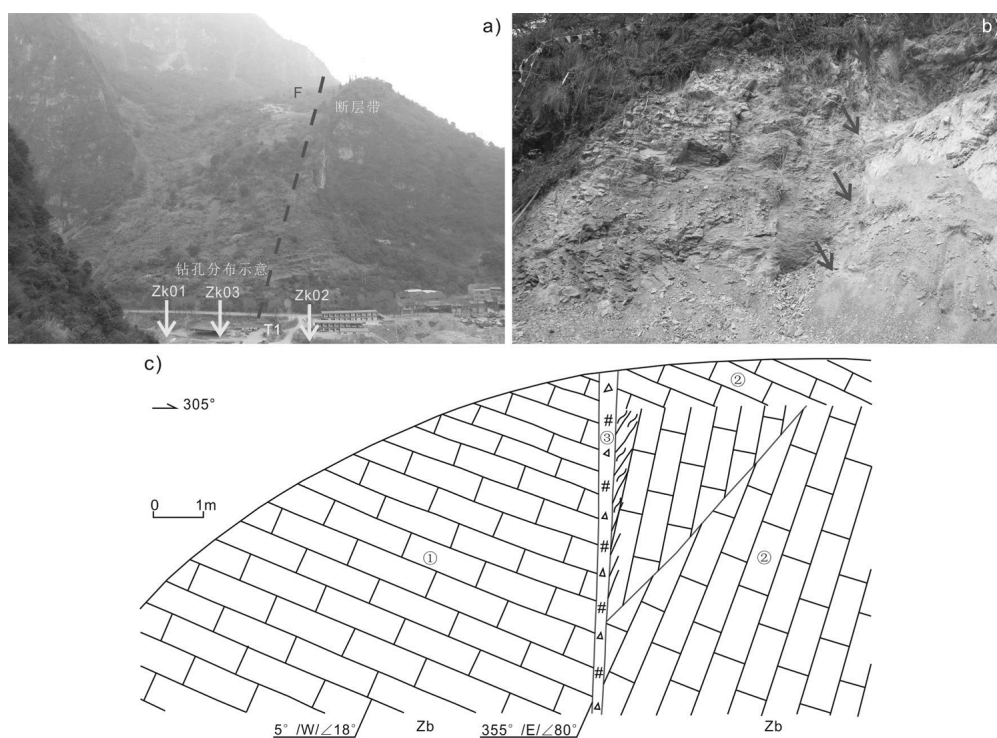
盐井断裂为中央断裂东南一支,起始邓柯沟东北,向南经盐井乡、新华村、两河口、芭毛岗后断裂逐渐歼灭,断裂总体走向 NE,倾向北西,倾角 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,长约 40 km。

(1) 两河口观察点(NO.06)。在两河口附近未见断裂明显的断错地貌,断裂通过处的冲洪积扇未见有变形(图 9a)。在两河口北侧的河边可见断层出露,断裂破碎带仅 5~10 cm,规模较小,断层



图 8 (a) 干基沟附近断错地貌(镜向 NE);(b) 庙子岗附近断错地貌(镜向 NE)

Fig.8 (a) Fault geomorphology near Ganji gully (view to NE);(b) fault geomorphology near Miaozigang (view to NE)



① 褐灰色灰岩,风化较为强烈;② 青灰色灰岩,呈厚层状,发育有 X 型节理;
③ 断层碎裂岩,宽约 10~30 cm,局部风化强烈,带内断层角砾发育。

图 9 (a) 两河口附近断层地貌(镜向 N);(b、c) 两河口附近断裂剖面图(镜向 SW)

Fig.9 (a) Fault geomorphology near the Lianghekou(view to N);(b,c)Cross section of fault near the Lianghekou (view to SW)

碎裂岩胶结较好,两侧基岩均较为完整(图 9b、c、d),未见有新活动痕迹。

为进一步判定盐井断裂的活动性,我们在两河口跨断裂布置了物探测线,该测线位于穆坪镇两河口宝兴西河东岸,朝着 NW 方向布设(图 2c)。根据叠加时间剖面图揭示出的地层反射具有较高

的信噪比和分辨率特征(图 10),出现在双程走时 100 ms 附近的 P1 波组代表来自第四系的底界反射清晰可见,且在横向上反射波同相轴可以连续追踪,地层界面的起伏变化形态非常清楚,由于受到沉积环境的及地震波激发和接收条件的影响,P1 波组尽管局部地段振幅较弱,但来自基岩界面

的反射波组在整条剖面均可进行可靠的追踪对比,且它们的反射能量较强且较均衡,连续性也较好,均没有出现明显的错断现象,反映出断层两侧基岩埋深未见有高差,也反映出盐井断裂活动性较弱,未在第四系沉积物中见有断错现象(图 10)。

为进一步揭示盐井断裂的活动性,我们在两河口断裂两侧共布置了三个钻孔,揭露了两河口断裂两侧地层,其中粉砂层及砾石层为第四纪地层,下部为震旦系花岗岩。钻孔联合剖面结果表

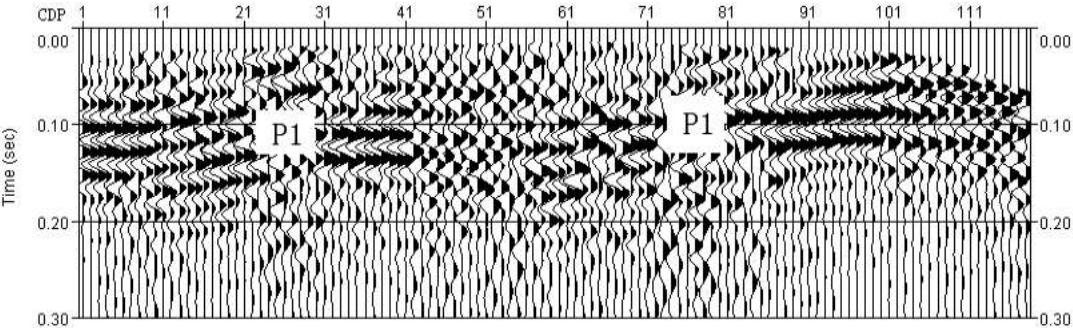
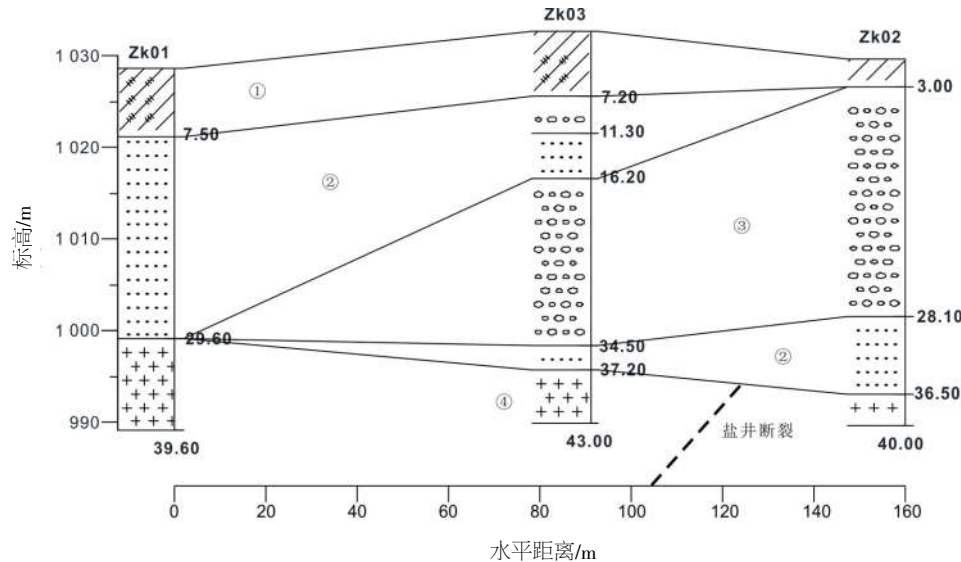


图 10 L2 测线叠加时间剖面图
Fig.10 Stacked time section of the seismic reflection in L2 survey line



①褐灰色杂填土,填充物为粘土、砾石层和粗砂;②灰褐色粗砂层,较均一,分选好;
③灰黄色砾石层,砾石砾径 3~15cm;④褐灰色花岗岩,弱风化,呈厚层状

明两河口断裂两侧砂层、砾石层及基岩埋深均没有受到断层影响,断层两侧基岩较为完整(图 11)。
(4) 邓柯沟观察点(NO.07)。在去往邓柯沟天主教堂的路边,见盐井断裂发育于泥盆系砂岩中,断层带宽约 1~5 cm,带内发育有断层碎裂岩,断层两侧岩层轻微揉皱现象,断层规模较小(图 12)。
综合以上野外地质剖面及物探、钻探研究结果,显示盐井断裂破碎带宽仅 10~30 cm,断层规模较小,断裂两侧第四系底界埋深较为一致,两侧基岩较为完整,盐井断裂应为早一中更新世活

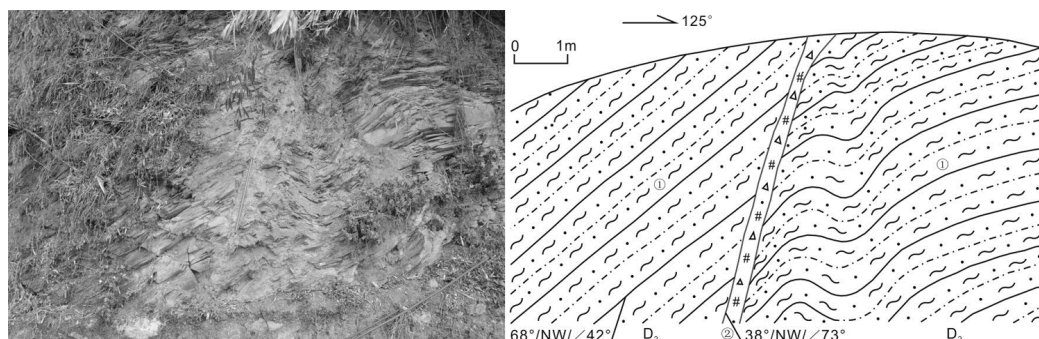
动断裂,其对穆坪镇规划区的影响较小。

5 结语

龙门山断裂带南段中央断裂主要由五龙断裂和盐井断裂两个分支断裂组成,其中五龙断裂线性特征较为清晰,为晚第四纪活动断裂,在顺山村至明礼乡一带发育有连续的断层槽谷地貌,断层破碎带宽约 40~60 m,总体走向 NE,倾向 NW。五龙断裂穿过五龙乡规划区,鉴于其活动性强,在未来可能发生强震而造成地表断错,应做好地

震活断层的避让工作。盐井断裂线性特征较弱,在两河口可见到断裂破碎带宽仅 10~30 cm,断层规模较小,断裂两侧第四系底界埋深较为一

致,两侧基岩较为完整,盐井断裂应为早-中更新世活动断裂,可以不考虑其对穆坪镇规划区的影响。



① 灰色砂岩,呈层状,岩体较完整,靠近断裂附近岩层有揉皱现象;

② 断层破碎带,宽约 1~5 cm,发育有断层碎裂岩,胶结程度较高

图 12 邓柯沟断层剖面图(镜向 NE)

Fig.12 Cross section of fault near the Dengke gully(View to NE)

参考文献:

- [1] 邓起东,卢造勋,杨主恩. 城市活动断层探测和断层活动性评价问题[J]. 地震地质,2007,29(2):189-200.
- [2] 王明明,刘韶,史丙新. 2013 年香格里拉—得荣 $M_s 5.9$ 级地震震中区地质地貌调查[J]. 华南地震,2017,37(1),80-88.
- [3] 徐锡伟,闻学泽,韩竹军,等. 四川芦山 7.0 级强震:一次典型的盲逆断层型地震[J]. 科学通报,2013,58(20):1887-1893.
- [4] 许冲,徐锡伟,郑文俊,等. 2013 年四川省芦山“4.20”7.0 级强烈地震触发滑坡[J]. 地震地质,2013,35(3):641-660.
- [5] 李伟,张世民,姜大伟,等. 龙门山南段晚第四纪逆冲活动的河流地貌研究[J]. 地震地质,2017,39(6):1213-1236.
- [6] 苏鹏,田勤俭,梁朋,等. 基于青衣江变形河流阶地研究龙门山断裂带南段的构造活动性[J]. 地震地质,2016,38(3):523-545.
- [7] 许志琴,杨经绥. 大陆座冲作用及青藏高原周缘造山带的崛起[J]. 地学前缘,1999(3):139-151.
- [8] 陈国光,计凤桔,周荣军,等. 龙门山断裂带晚第四纪活动性分段的初步研究[J]. 地震地质,2007,29(3):657-673.
- [9] 王明明,马超,李大虎,等. 耿达-陇东断裂地质地貌调查及活动性探讨[J]. 四川地震,2017(1):1-5.
- [10] 杨晓平,蒋溥,宋方敏,等. 龙门山断裂带南段错断晚更新世以来地层的证据[J]. 地震地质,1999,21(4):341-345.
- [11] Wang H, Chen L C, Ran Y K, et al. Paleoseismic investigation of the seismic gap between the seismogenic structures of the 2008 Wenchuan and 2013 Lushan earthquakes along the Longmen Shan fault zone at the eastern margin of the Tibetan Plateau [J]. Lithosphere, 2015,7(1)14-20.
- [12] 周荣军,李勇, Alexander L Densmore, 等. 青藏高原东缘活动构造[J]. 矿物岩石,2006,26(2):40-51.