

文山—麻栗坡断裂北段晚第四纪活动特征研究*

周青云¹, 张沛全², 李鉴林¹, 余建强¹

(1. 云南省地震局, 云南 昆明 650041; 2. 广西壮族自治区地震局, 广西 南宁 530200)

摘要: 利用航片解译结果并结合野外地质调查, 对文山—麻栗坡断裂 (简称文麻断裂) 北段的地震地质特征进行研究。解译结果显示, 断裂沿线活动构造地貌清晰, 主要表现为断层陡坎、断陷盆地、水系同步右旋位错等; 影像上线性特征明显而平直, 构成 (文山) 盆地与基岩山地的界线。野外地震地质调查结果显示, 该断裂在热水寨切错了 T₂ 阶地堆积, 被错地层光释光 (OSL) 测年结果为 (18.1 ± 0.5) ka B. P., 文山盆地北 5 km 处同样断错 T₂ 阶地堆积, 其 ¹⁴C 年龄为 (15.67 ± 0.05) ka B. P.。以上结果表明, 该断裂在晚更新世有过明显的活动迹象, 运动性质为右旋走滑兼正断。

关键词: 文麻断裂; 航片解译; 构造地貌; 阶地

中图分类号: P315.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2016)03-0386-11

0 引言

中国西南部发育了一个由数条大型活动断裂围成的菱形地块, 在青藏地块的推动下, 向 SSE 方向运动, 这个块体被称为川滇菱形块体 (李坪, 汪良谋, 1975; Tapponnier, Molnar, 1976; 阚荣举等, 1977; 张培震等, 2003)。川滇菱形块体的东边界为鲜水河—小江断裂带, 小江断裂带是云南地区一条重要的活动断裂, 这条断裂带上发生过云南唯一一次 8 级地震以及多次 7 级地震。据研究, 小江断裂至少深切至下地壳 (Mouslopoulou *et al.*, 2007), 甚至切穿了莫霍面 (Wang *et al.*, 2009), 以左旋走滑为主, 滑动速率为 10~15 mm/a (何宏林等, 2002; 宋方敏等, 1998; 李乐等, 2013; He *et al.*, 2002)。据 GPS 研究成果, 小江断裂以西的块体运动速度为 10.78 mm/a, 方向为 141°, 以东的滇东块体运动速度为 6.22 mm/a, 方向为 128° (王伶俐等, 2015), 这表明经过川滇菱形块体东边界的应变积累速率为 4.56 mm/a, 剩下 6.22 mm/a 的应变积累应该发生在小江断裂以东的滇东块体内。但实际上, 小江断裂两侧块体的地震活动程度差异巨大, 滇东块体的活动程度很低, 晚第四纪活动断裂少。

文山—麻栗坡断裂 (以下简称为文麻断裂), 走向 NW, 是位于小江断裂和红河断裂以东的一条

规模较大的断裂。该断裂北西起于南盘江边的平远街盆地, 向南东经热水寨、文山、麻栗坡后, 在天保附近延出国界, 全长超过 300 km (图 1)。如今该断裂地貌特征是在新生代以来的构造运动和地表剥蚀的共同作用下形成的, 研究这些地形地貌的信息, 有助于了解其活动构造的运动特征 (Burbank, Anderson, 2011)。据文麻断裂对地貌控制作用的强弱, 以文山盆地南缘为界, 可被分为北段和南段。该断裂对北段地貌的控制作用明显, 例如文山盆地西缘高达 200 m 的灰岩断层陡崖, 控制了马塘、平远街等第四系盆地。有学者对云南地区的现代构造应力场进行过研究 (秦嘉政, 钱晓东, 2005; 崔效锋等, 2006; 钱晓东等, 2011), 但是基本上都没有给出文山附近的构造应力场的性质, 主要原因是文山地区的强震非常少, 从统计意义上来看可靠性不高。进行文麻断裂运动性质的研究, 对于探究川滇菱形块体以东的构造运动机制、应力应变的积累方式及滇东地震风险评估等有着重要的理论和实际意义。近年来, 文山—平远街一带工程建设对山麓地带的开发, 揭露了一些断层剖面, 这些剖面为本文研究文山—麻栗坡断裂的活动性和滑动速率提供了便利条件。

1 航片线性特征解译

活动断裂是指晚第四纪或晚更新世以来有过

* 收稿日期: 2015-07-02.

基金项目: 云南省地震局青年基金项目 (201304)、国家自然科学基金 (41474048、41574059)、云南省陈颙院士工作站 (20141C007) 联合资助。

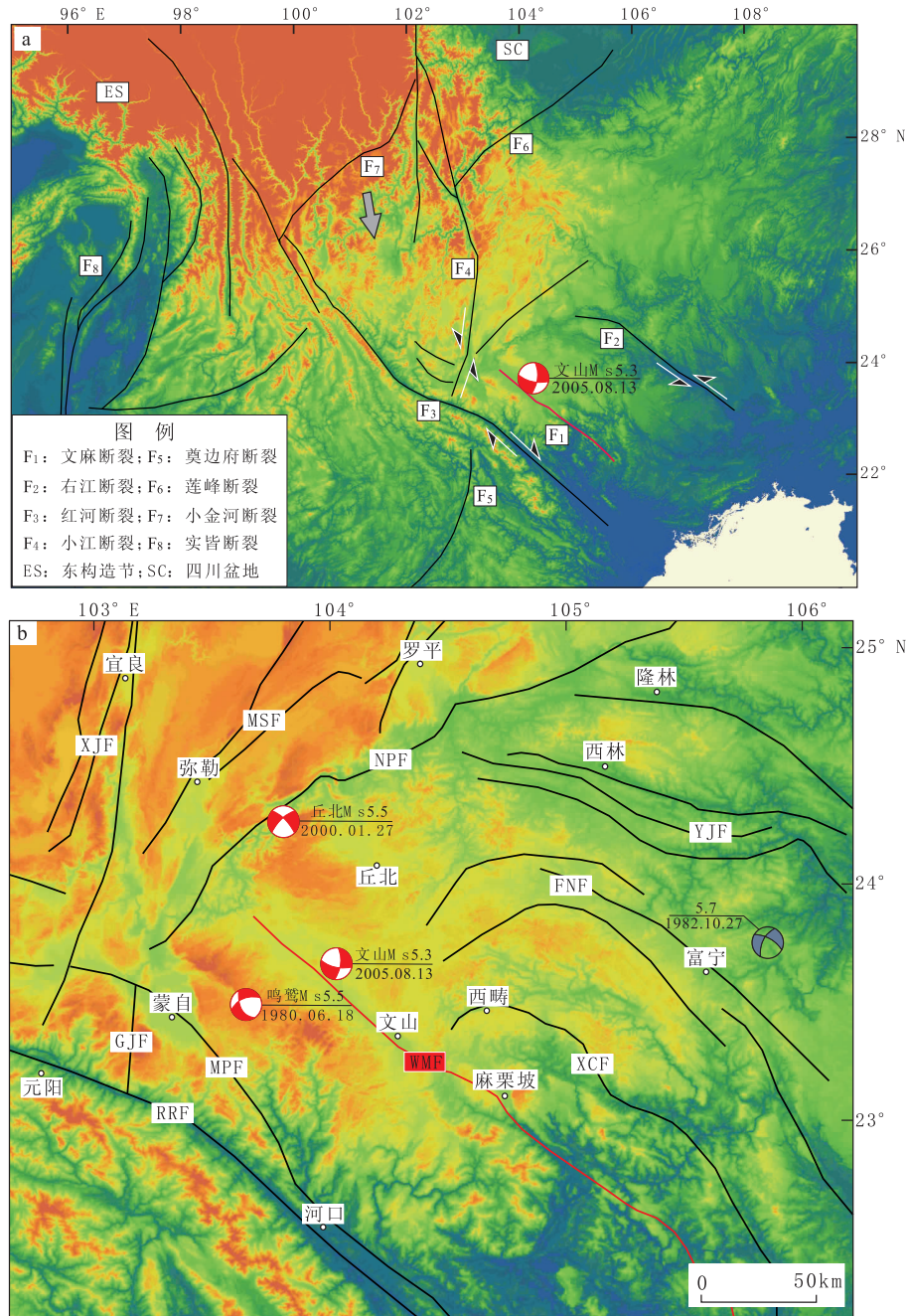


图1 文山—麻栗坡断裂及构造解译图

Fig. 1 Distribution of Wenshan-Malipo Fault and its tectonic interpretation map

活动、现今仍在活动、未来也可能活动的断裂(邓启东等, 2004; DB/T53—2013)。断裂带的活动对地表的地形地貌有着决定性的作用, 形成诸如线性山脊、断层陡崖、水系同步位错和眉脊面等构造地貌(Fu *et al.*, 2005)。构造地貌包含了活动构造定量数据的信息, 而根据理论与实际经验, 数字地形数据又能有效地包含构造地貌的信息(陈桂华等, 2006; 何宏林, 2011; Ganas *et al.*,

2005), 因此本研究中使用航片和卫片来研究构造地貌。航片拍摄于20世纪60年代, 航片比例尺约为1:5万, 扫描后分辨率在1 m左右, 能清晰地解译出断裂活动的地貌痕迹。除使用20世纪航片以外, 研究中还使用了谷歌地球的卫星影像。研究区域的谷歌地球卫星影像分辨率达到1.19 m。

本文首先利用航片对文麻断裂北段进行解译, 初步确定断裂的活动位置及可能的构造地貌, 然

后进行野外考察, 获得反映断裂晚更新世以来活动的构造地貌, 最后再根据年代学测试结果及其他方法, 获得断裂的几何学和运动学特征。

1.1 文山盆地及其以北地区

文山盆地是本文研究目标的最南段部分。该盆地呈北西走向, 东边缘形态不规则, 主要受溶蚀作用控制; 西边缘形态则十分平直, 盆地与其西侧基岩之间形成一个高超过 200 m、长约 7 km 的垂直陡坎 (图 2a、b), 陡坎西侧为石炭系灰岩, 东侧为盆地内的覆盖物, 已有资料显示主要为新近系和第四系, 二者厚度分别为 124~500 m 和 0~30 m^①。

陡崖下方自南东向北西串珠状发育了 6 个洪积扇, 洪积扇前缘宽度分别为 80、70、76、285、

346 和 168 m, 其中, 洪积扇 4 和 5 规模较大, 航片上二者整体呈灰色, 顶部呈白色, 推测白色部分可能是小型洪积扇覆盖在大型洪积扇的上方。洪积扇 4 内发育有 2 个白色洪积扇, 其前缘宽度分别为 64 m 和 58 m; 洪积扇 5 内发育 1 个白色洪积扇, 其前缘宽度为 103 m。

文山盆地断层陡崖以北约 5 km 的白沙坡附近, 断裂活动形成断陷盆地, 盆地长约 1.5 km, 宽约 0.5 km, 盆地基底为古近系砂岩。盆地内发育有宽约 15 m, 深约 4 m 断层槽地 (图 3), 在航片上也清晰可见。断陷盆地以北, 沿断裂发育有断塞塘、小型断陷盆地、断层槽地和河流右旋位错 120 m 等断层地貌 (图 2c)。

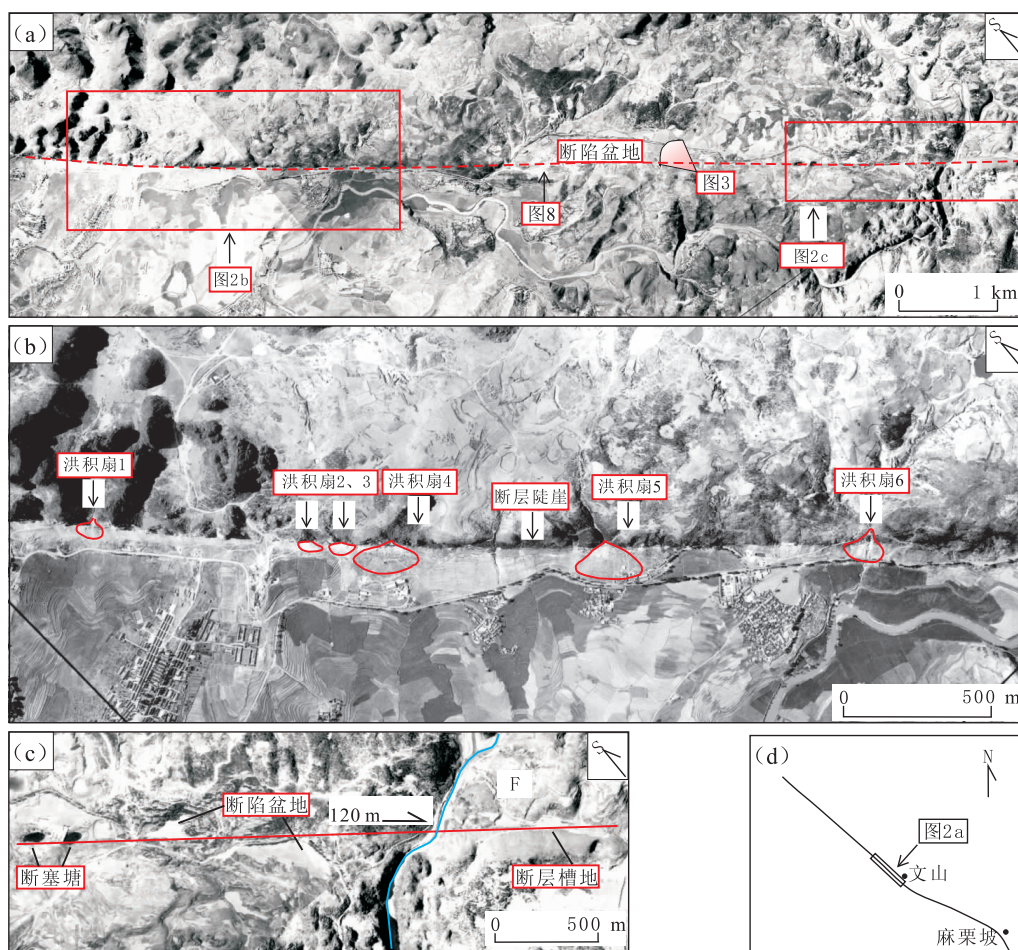


图 2 文山盆地及其以北航片的构造地貌解译

(a) 区域航片解译图; (b) 文山盆地解译图; (c) 白沙坡北解译图; (d) 解译点位置示意图

Fig. 2 Interpretations for tectonic geomorphology of aero photograph of Wenshan basin and its north area
(a) regional aerial photograph interpretation; (b) interpretations of Wenshan basin; (c) interpretations of northern Baishapo; (d) sketch map of the location of interpreted point

①云南省地质局. 1976. 中华人民共和国区域地质调查报告文山幅 (G-48-III): 66-71.

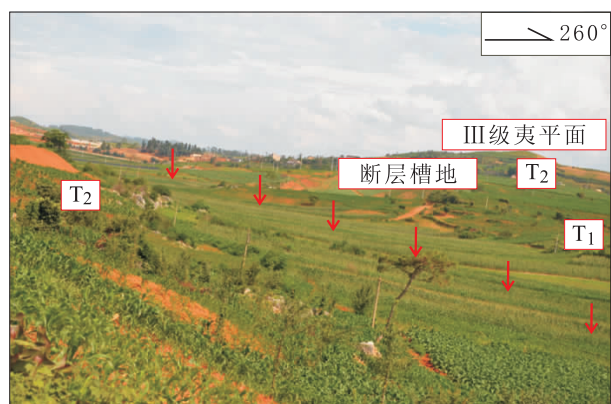


图3 白沙坡以南断层槽地照片（镜像S）
Fig. 3 Photo of fault trough at the south area of Baishapo (mirror at S)

1.2 热水寨

热水寨段南起白沙坡，北至马塘盆地以北，沿线除马塘—热水寨盆地以外，第四系盆地几乎不发育，断裂主要发育在基岩中，而基岩上又大多覆盖了很好的植被及风化壳，断层揭露较少。

该段断裂解译出的微地貌较少。在马塘北东750 m处发育有梳状水系，梳状水系的成因之一是

断裂活动，断裂两盘短期内迅速而不均匀的差异抬升，导致上升盘的侵蚀作用更加明显。

马塘北东梳状水系走向320°，长约2.1 km（图4），发育在盘龙河（红河三级支流的上游）的T₂阶地上，在航片上清晰可见。由北西向南东，这些水系的长度在65~300 m不等，从水系长度来看，这些水系的最早发育时代为晚更新世晚期（何宏林等，1993）。根据野外踏勘结果，断裂两盘的高差约20 m（图5a）。两盘坡顶物质成分相同，均为磨圆度中等的砾石，且有一定的沉积韵律，西北盘沉积物照片显示地层的主要成分为砾石（图5b），下伏基岩均为粉砂岩。砾石的磨圆度中等，表明砾石经过了一段距离不太长的搬运；较大范围内的砾石长轴均近水平，呈层状，表明地层的形成环境较稳定；砾石层及砂层的非水平状，表明地层形成后有过强烈的构造运动。

1.3 平坝寨

平坝寨位于马塘和断裂北端平远街盆地之间，是断裂研究范围内线性特征最为清楚的段落。断裂该段切割了古生代、中生代和新生代等不同时代的地层，在卫星影像上留下清晰的线性特征。

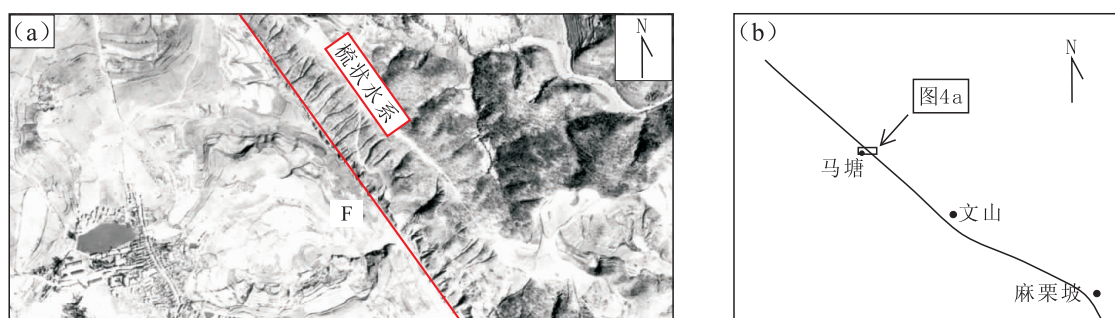


图4 马塘北东梳状水系地貌解译（a）及其位置示意图（b）
Fig. 4 Interpretation of comb like drainage geomorphology at the northeast area of Matang (a) and sketch map of its location (b)

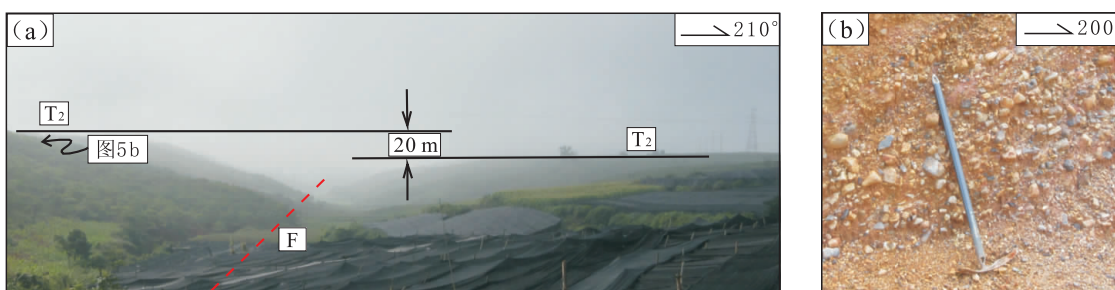


图5 梳状水系两盘高差照片（a）及北西盘顶部沉积物质照片（b）
Fig. 5 Photos of the altitude difference of two plates of the comb like drainage (a) and sediment at the top of northwest plate (b)

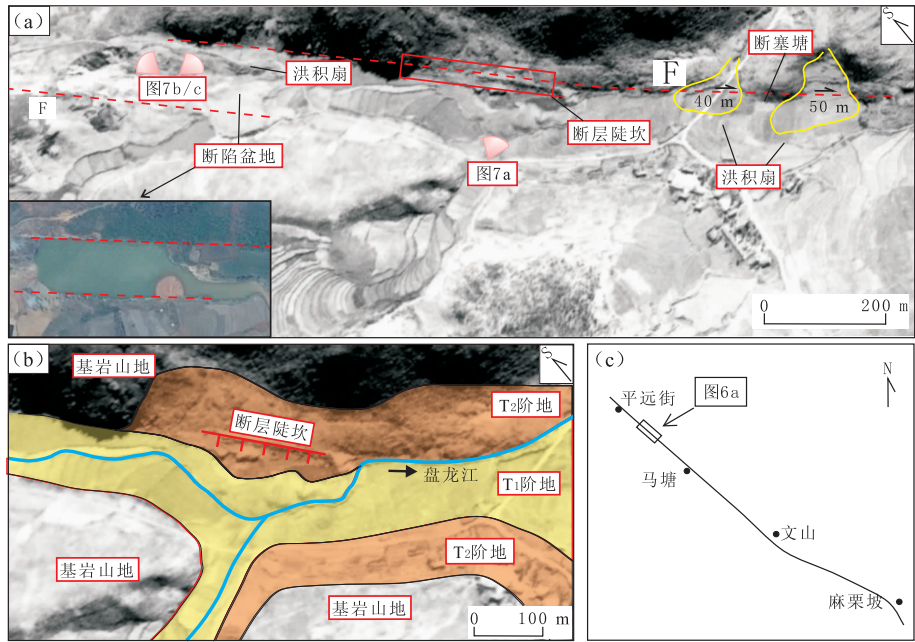


图 6 平坝寨附近航片的构造地貌解译图 (a)、陡坎发育地貌图 (b) 及位置示意图 (c)
Fig. 6 Interpretations for tectonic geomorphology of aero photograph (a), geomorphologic map of scarp (b) and the sketch map of its location (c) at Pingbazhai and its adjacent area

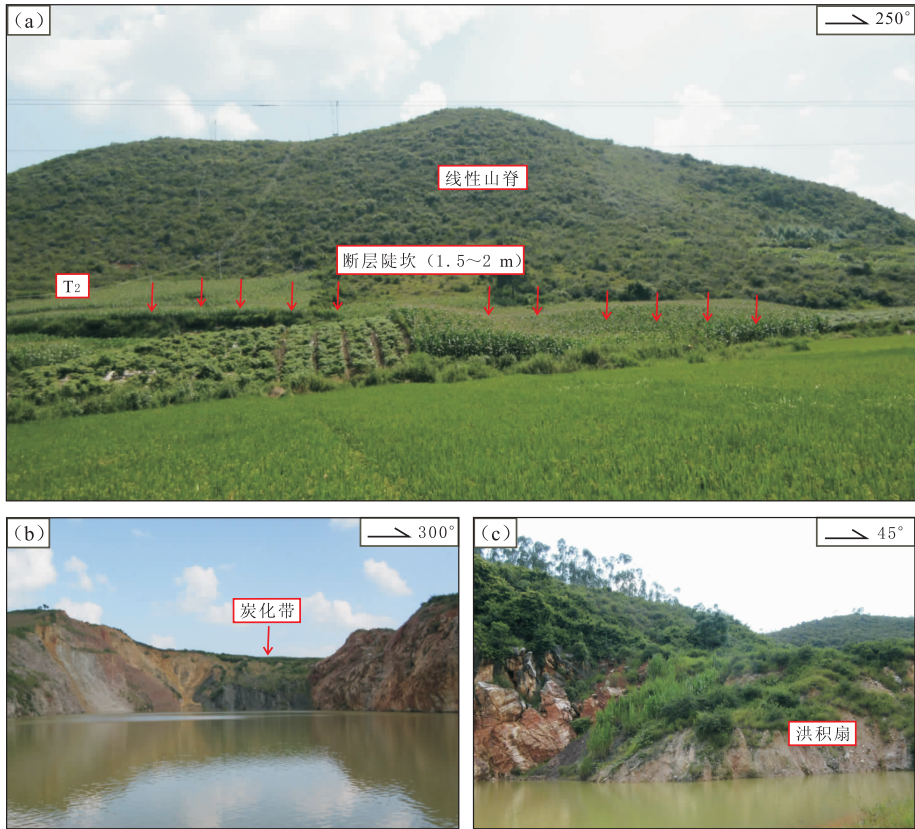


图 7 平坝寨南东的断层陡坎及挤压脊 (a)、炭化带 (b)、洪积扇 (c) 照片
Fig. 7 Photos of fault trough and extrusion ridge (a), carbonization zone (b), alluvial fan (c) at southeast area of Pingbazhai

相比较于其他活动断裂,尤其是全新世活动断裂,例如红河断裂等,平坝寨附近文麻断裂的线性特征规模较小,但更加清晰。

图6a从右往左依次发育有洪积扇同步位错、断塞塘、断层陡坎和断陷盆地等活动断层地貌现象,这些活动构造地貌的依次线性展布表明其成因应为断裂构造运动。发生同步右旋位错的洪积扇前缘宽约100 m和150 m,右旋位错距离分别约为40 m和50 m;断塞塘发育在2个洪积扇之间,长约20 m;断层陡坎发育在河流的 T_2 阶地上,陡坎高度1.5~2.0 m(图6b、7a);对断陷盆地的现场踏勘发现,盆地被人工改造成一个湖泊(图6a左下),湖泊边缘小型洪积扇(扇宽约50 m)和山体基岩呈断层接触(图7c),断层延长线上有炭化带发育(图7b)。

2 地震地质特征

根据断裂活动特征等性质的不同,断裂活动特征的研究方法也有差异,常见的有利用断层结构及断层岩(Sibson, 1977; Biegel, 1993; Collettini *et al.*, 2009)、探槽技术(冉勇康, 邓启东, 1999)、微地貌测量及断层断错地层测年等方法进行研究。野外踏勘期间,发现了较多的断层剖面

及活动断层微地貌,下面由南向北选取几个典型的剖面或地貌予以说明和分析。

2.1 文山盆地北

文麻断裂在文山盆地内沿盆地西边缘陡崖展布,陡崖为中生代灰岩,因而难以判断陡崖与盆地内的第四纪以来的沉积物是否是断层接触。文山以北范围内灰岩十分发育,岩溶漏斗、石牙等岩溶地貌较为发育,第四系、尤其是晚更新世及以前的沉积物较不发育。

沿断裂向北西追索,在蚂蟥塘南东约1 km处见断层发育在第四系地层中,其位置如图2a中标识,走向 310° ,倾向SE,倾角达 84° (图8)。断层上盘为砾石粘土层,近断层面处的砾石为泥质砾石,手可折断,砾石长轴陡立,呈定向排列状,表明断层具有倾滑分量;远断层面处的砾石成分为砂岩或灰岩。断层下盘为砂层,砂层的沉积产状与断层近平行。砂层内局部存在炭粉附着的砾石,砾石的磨圆度较高,粒径0.1~1 cm,取炭粉送美国beta实验室测年为 (15.67 ± 0.05) ka B. P.。断层上盘及下盘物质均十分松散,推测沉积年代并不久远。断层的断面上可见清晰的擦痕,擦痕呈大头针状,上粗下细,显示断层具有正断性质;擦痕侧伏角约 40° ,表明断层同时具有走滑的性质。

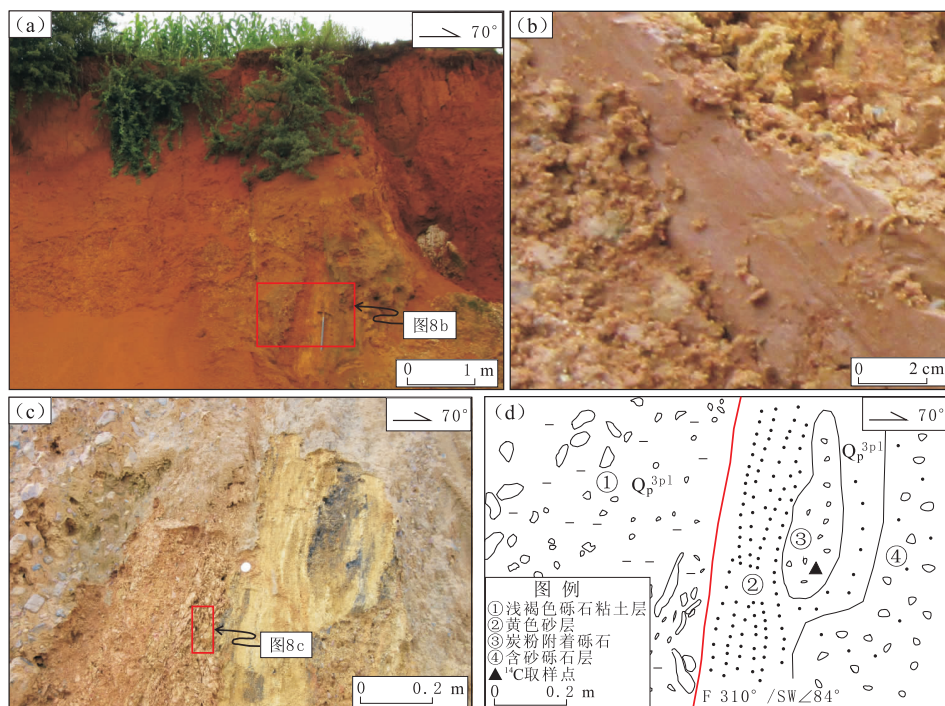


图8 蚂蟥塘南东约1 km处断层照片(a、b)、擦痕照片(c)及断层剖面图(d)

Fig. 8 Photos of fault (a, b), scratch (c), and the sectional drawing of the fault (d) in the area of the distance of 1 km from southeast of Mahuangtang

2.2 热水寨

热水寨盆地为一第四纪盆地，盆地内第四系广布。盆地面呈波状起伏，山丘的相对海拔在 10~20 m 之间，地貌上这些山丘属于盘龙江二级和三级阶地。文麻断裂从热水寨村庄西南经过，在盘龙江的三级阶地上形成长超过 1 km 的断层槽地（图 9、10）。山丘组分一般为河—湖相沉积的砾石—砂互层或砾石层，断层槽地两侧的沉积层中发育有大量断层，图 11 为其中较为典型的一个。剖面上发育有 5 条走向北西的断裂，其中 4 条倾向 NE，1 条倾向 SW，倾向 NE 的断层面上发育有断

层泥，倾向 SW 的断层面附近见砾石定向排列。根据标识地层及定向排列砾石的指向，表明断层具有倾滑分量；取光释光样，测年结果为 (18.1 ± 0.5) ka B. P.，为晚更新世地层，显示断裂晚更新世以来有过活动。断层面上见局部发育有擦痕（图 12），擦痕新鲜、湿润，较光滑，侧伏角为 25° ，表明断裂剖面附近的倾滑速率与走滑速率的比约为 1:2。

在热水寨盆地内，这一套河湖相沉积内发育有大量的断层，沿图 8 中断层往东约 1 km，断层发育在河流的三级阶地上（图 13），断层剖面所在

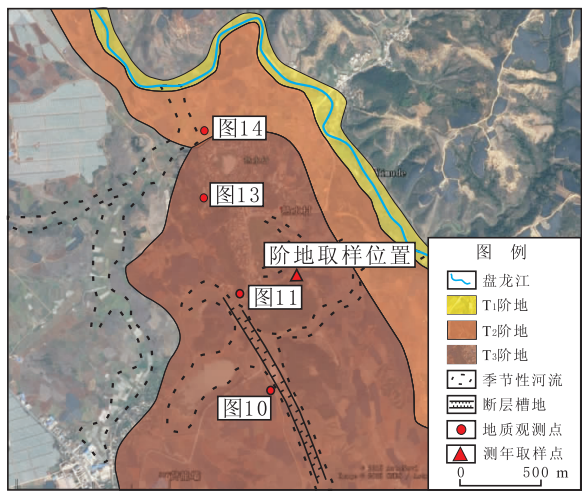


图 9 热水寨及附近地貌图
Fig. 9 Geomorphology at Reshuizhai and its adjacent area

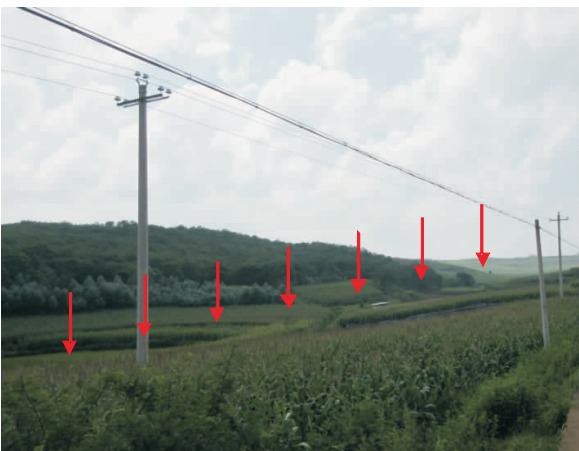


图 10 热水寨以南断层槽地
Fig. 10 Fault trough in the south area of Reshuizhai

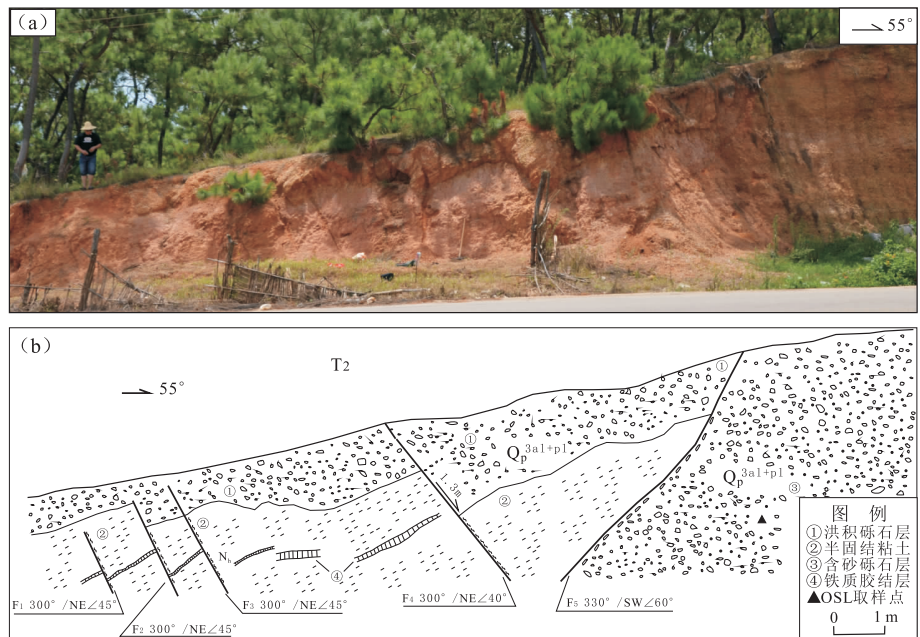


图 11 热水寨断层照片 (a) 及剖面图 (b)
Fig. 11 Photo of the fault zone at Reshuizhai (a) and its sectional drawing (b)



图 12 热水寨断层下盘擦痕照片 (镜像 NE)
Fig. 12 Photo of scratch of the footwall fault at Reshuizhai (mirror at NE)

地貌部位的拔河高度约 15 m。剖面上第四系成分仍以含砂砾石层为主, 局部有近水平的黄色砂层透镜体; 断层面上的砾石呈定向排列状, 指示断层具有倾滑的性质。该剖面往北约 1 km 处, 断裂发育在河流的二级阶地上 (图 14)。断层两盘的物质与上一剖面有差异, 沉积层理不清晰, 呈较松散状, 砾石的磨圆度也较低, 推测其形成时代较上一剖面更近。两剖面断层产状均为走向北西, 倾向南西, 倾角 $40^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。

2.3 洪水塘

洪水塘一带灰岩十分发育, 除风化红层及耕植土外, 基本不发育有其它第四系, 但活动断层

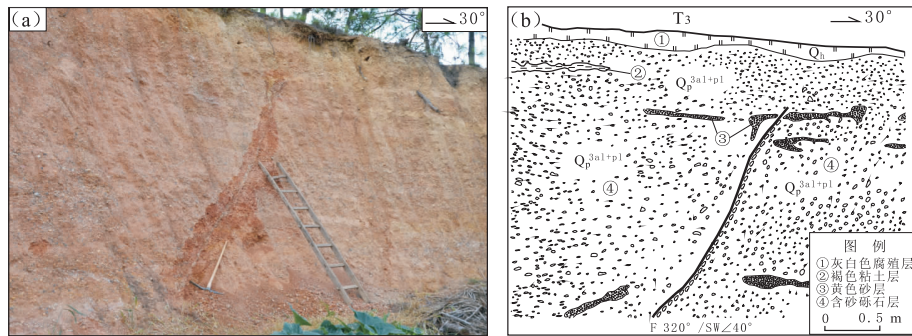


图 13 热水寨附近断层照片 (a) 及剖面图 (b)
Fig. 13 Photo of the fault zone at Reshuizhai and its adjacent (a) and its sectional drawing (b)

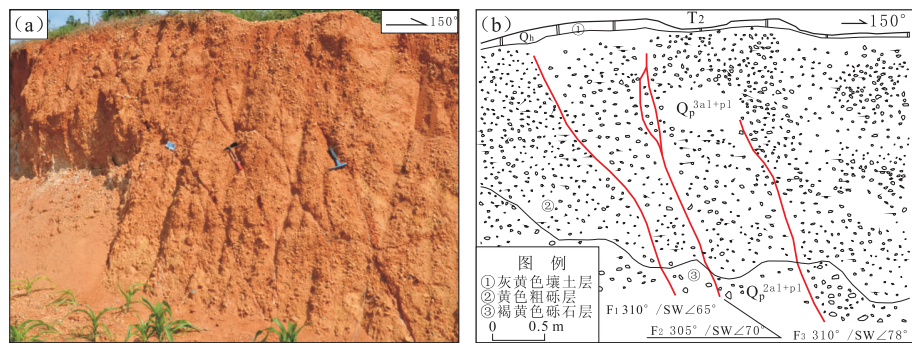


图 14 热水寨北 1 km 附近断层照片 (a) 及剖面图 (b)
Fig. 14 Photo of the fault zone in the area of the distance of 1 km from the north of Reshuizhai (a) and its sectional drawing (b)

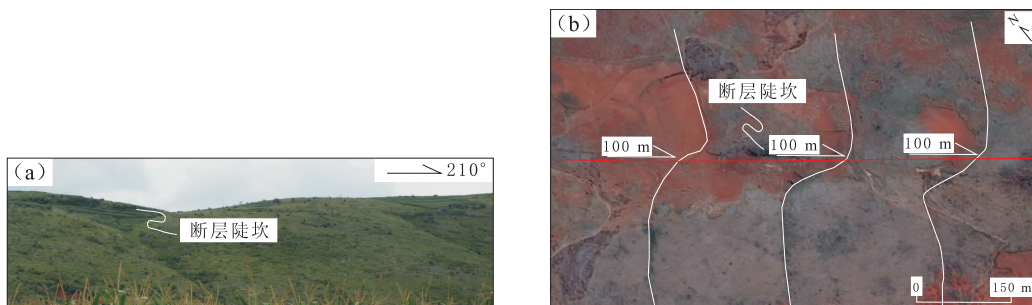


图 15 洪水塘南东 2 km 水系位错照片 (a) 及卫星影像 (b)
Fig. 15 Photo of drainage diallocation in the area of the distance of 2 km from the south east of Hongshuitang (a) and its satellite image (b)

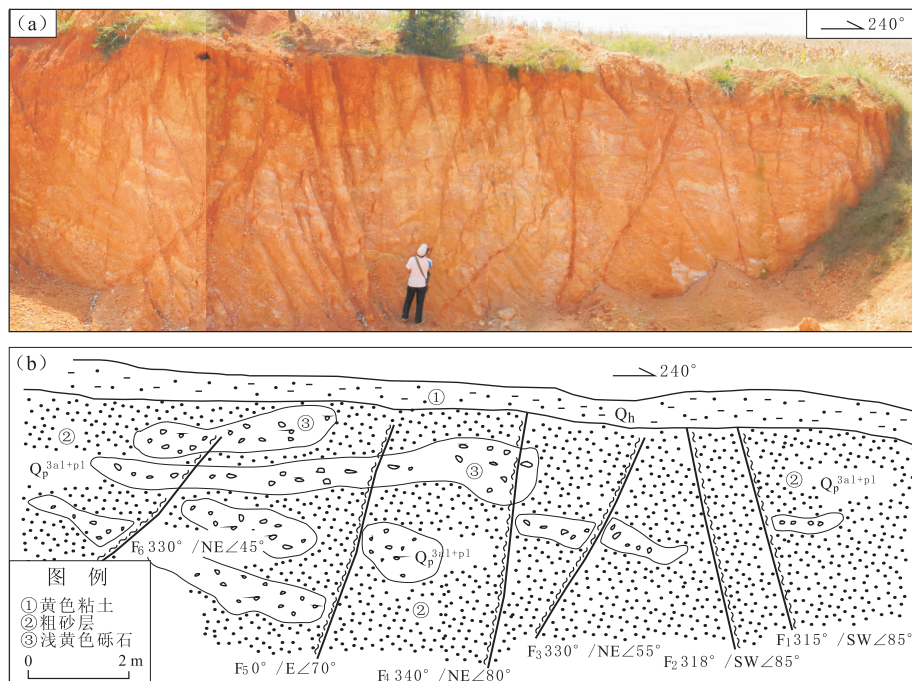


图 16 平远镇 NE 约 800 m 处断层照片 (a) 及剖面图 (b)

Fig. 16 Photo of the fault zone in the area of the distance of 800 m from the northeast of Pingyuanzhen (a) and its sectional drawing (b)

的地貌却十分发育。图 15b 是洪水塘 SE 约 2 km 处冲沟同步位错的卫星影像图, 3 条冲沟均为同步右旋位错, 说明其因为断裂右旋走滑运动形成。冲沟发育在灰岩山脊的坡面上, 每条冲沟的长度约 600 m, 受断层活动影响, 3 条冲沟均同步右旋位错约 100 m, 同时产生高约 10 m 的断层陡坎 (图 15a), 断层陡坎处破碎带发育。

2.4 平远街

断裂从平远街盆地中部穿过, 地貌上表现并不明显。在平远镇 NE 约 800 m 处一采石挖开面中发育有 6 条断层 (图 16), 断层走向大多为 NW, 倾向 NE, 倾角陡。断层切错的地层为一套浅黄—灰白色的河—湖相沉积物, 成分以粗砂为主, 夹有浅黄色砾石层。这套沉积物的磨圆度和分选度与热水寨盆地中的第四系较为接近, 但是胶结程度更高, 推测形成年代可能是中更新世至晚更新世初期。剖面顶部覆盖一层厚度不大的黄色粘土层, 形成于晚更新世。断层切错的地层具有一定的近水平沉积层理, 并未发现这些地层沿断层面有垂向的位错, 同时断层面上的擦痕近水平, 表明断裂在平远街盆地段的最新活动时代为晚更新世, 活动性质以走滑运动为主。

3 讨论与结论

文麻断裂是发育在地震活动较弱的地区, 但是根据考察, 断裂形成时代久远, 规模较大, 多处可见断裂的破碎带、炭化带等宽度超过 100 m。

(1) 断裂切错地层的测年结果能直接反映断裂活动时代, 蚂蟥塘南东断层断错地层的 ^{14}C 测年年龄为 (15.67 ± 0.05) ka B. P., 热水寨断层断错的砂层光释光测年的结果为 (18.1 ± 0.5) ka B. P.。研究范围内, 断层多处切错了河流二级阶地, 笔者对附近河流三级阶地的测年结果为 (55.5 ± 1.3) ka B. P. (取样位置见图 9), 二级阶地年龄应小于 5.5 万年。综合分析认为, 断裂晚更新世晚期有过强烈的活动。

航片的构造地貌解译中展示了大量能反映断裂新活动的微地貌现象, 在野外踏勘中也分别验证了这些微地貌的存在。例如图 3 中梳状水系长度 65 ~ 300 m, 图 9 中冲沟长度 600 m, 溯源侵蚀速率按 9.0 mm/a (何宏林等, 1993) 计算, 这些水系长度的形成年代可能是晚更新世中期到全新世初期, 断裂错动或者是影响了这些水系的发育, 表明断裂晚更新世中期以来曾有过活动。

(2) 断层具有右旋走滑的性质,宏观上表现为平坝寨以西的洪积扇的同步右旋位错、洪水塘南水系的同步右旋位错等;断层同时也具有正断的性质,宏观上表现为文山盆地西缘的断层陡崖、白沙坡的断陷盆地和断层槽地、马塘北东的梳状水系等,微观上表现为热水寨剖面上断层正断运动等。各断层剖面上擦痕具有一定的侧伏角,这也表明断裂是同时具有走滑和倾滑的性质。

(3) 热水寨附近的梳状水系长度为 65 ~ 300 m,溯源侵蚀速率按 9.0 mm/a (何宏林等, 1993) 计算,水系的发育年龄约为 3.3 万年,水系发育在三级阶地上,三级阶地年龄约为 5.5 万年,两盘抬升高差约 20 m,计算得到热水寨附近断裂的垂直滑动速率约为 0.36 ~ 0.61 mm/a,据擦痕侧伏角,推测水平滑动速率约为垂直滑动速率的 2 倍,即 0.72 ~ 1.22 mm/a。断层的水平滑动速率计算公式为

$$V = \frac{D}{L/\gamma} \quad (1)$$

式中, D 为冲沟水平错动量, L 为冲沟长度, γ 为冲沟溯源侵蚀速率。洪水塘处冲沟长度约为 600 m,根据式 (1),计算得到断层的水平滑动速率为 1.5 mm/a。

(4) 断裂全线灰岩发育、降水量大,侵蚀和搬运作用剧烈,这给断裂活动特征的研究增加了难度,尤其是滑动速率的研究。本文采用侵蚀速率的方法来估算断裂的滑动速率,这具有很大的不确定性,需要在以后的工作中不断改进方法。

参考文献:

- 陈桂华,徐锡伟,闻学泽等. 2006. 数字航空摄影测量学方法在活动构造中的应用[J]. 地球科学:中国地质大学学报,31(3):405-410.
- 崔效峰,谢富仁,张红艳. 2006. 川滇地区现代构造应力场分区及动力学意义[J]. 地震学报,28(5):451-461.
- 邓启东,陈立春,冉永康. 2004. 活动构造定量研究与应用[J]. 地学前缘,11(4):383-392.
- 何宏林,方仲景,李坪. 1993. 小江断裂带西支断裂南段新活动初探[J]. 地震研究,16(3):291-298.
- 何宏林,池田安隆,宋方敏等. 2002. 小江断裂带第四纪晚期左旋走滑速率及其构造意义[J]. 地震地质,24(1):14-26.
- 何宏林. 2011. 活动断层填图中的航片解译问题[J]. 地震地质,33(4):938-950.
- 阚荣举,张四昌,晏凤桐等. 1977. 我国西南地区现代构造应力场与现代构造活动特征的探讨[J]. 地球物理学报,20(2):96-109.
- 李乐,陈棋福,钮凤林等. 2013. 基于重复微震的小江断裂带深部滑动速率研究[J]. 地球物理学报,56(10):3373-3384.
- 李坪,汪良谋. 1975. 云南川西地区地震地质基本特征的探讨[J]. 地质科学,(4):308-325.
- 钱晓东,秦嘉政,刘丽芳. 2011. 云南地区现代构造应力场研究[J]. 地震地质,33(1):91-106.
- 秦嘉政,钱晓东. 2005. 云南会泽和文山 5.3 级地震研究[J]. 地震研究,28(4):403-407.
- 冉永康,邓启东. 1999. 古地震学研究的历史、现状和发展趋势[J]. 科学通报,44(1):12-20.
- 宋方敏,汪一鹏,俞维贤等. 1998. 小江活动断裂带[M]. 北京:地震出版社.
- 王伶俐,邵德盛,施发奇. 2015. 基于 GPS 的云南地区活动地块现今运动及应变特征分析[J]. 地震地磁观测与研究,36(1):28-36.
- 张培震,邓起东,张国民等. 2003. 中国大陆的强震活动与活动地块[J]. 中国科学:地球科学,33(增刊):12-20.
- Biegel R L. 1993. Internal structure and weakening mechanisms of the San Andreas Fault[J]. Journal of Geophysical Research,98(B1):771-786.
- Burbank D W, Anderson R S. 2011. Tectonic Geomorphology (Second Edition)[M]. Malden: Blackwell Science.
- Colletini C, Niemeijer A, Viti C, et al. 2009. Fault zone fabric and fault weakness[J]. Nature,462(7275):907-910.
- Fu B, Yasuo A, Du J, et al. 2005. Complex geometry and segmentation of the surface rupture associated with the 14 November 2001 great Kunlun earthquake, northern Tibet, China[J]. Tectonophysics,407(1-2):43-63.
- Ganas A, Pavlides S, Karastathis V. 2005. DEM-based morphometry of range-front escarpments in Attica, central Greece, and its relation to fault slip rates[J]. Geomorphology,65(3-4):301-319.
- He H L, Yasutaka I, Song F M, et al. 2002. Late quaternary slip rate of the Xiaojiang fault and its implication[J]. Seismology and Geology,24(1):14-26.
- Sibson R. 1977. Fault rocks and fault mechanisms[J]. Journal of the Geological Society,133(3):191-213.
- Tapponnier P, Molnar P. 1976. Slip-line field theory and large scale continental tectonics[J]. Nature,264(5584):319-324.
- Mouslopoulou V, Nicol A, Little T A, et al. 2007. Displacement transfer between intersecting regional strike-slip and extensional fault systems[J]. Journal of Struct Geol,29(1):100-116.
- Wang C Y, Lou H, Wang X L, et al. 2009. Crustal structure in Xiaojiang fault zone and its vicinity[J]. Earthq Sci,22(4):347-356.
- DB/T 53—2013, 1:50000 活断层填图[S].

Research on Characteristics of Late Quaternary Activity of the North Wenshan-Malipo Fault

ZHOU Qingyun¹, ZHANG Peiquan², LI Jianlin², YU Jianqiang¹

(1. *Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650041, Yunnan, China*)

(2. *Seismological Bureau of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530022, Guangxi, China*)

Abstract

Combined the new interpretation of aerial photos with the field geological survey, we investigated the seismic geological characteristic of the northern section of Wenshan-Malipo Fault (Wen-Ma Fault). The interpretation results showed that there is the clear active tectonic geomorphology along the fault, which was mainly manifested as fault scarps, fault basin, river system synchronous dextral dislocations etc. . The linear features on the image are very clear and straight, forming the boundaries between Wenshan basin and bedrock mountains. According to filed seismic geological survey results, we find that the fault in Reshuizhai disrupts T₂ accumulation terrace, and the Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of the disrupted strata suggests an age of (18.1 ± 0.5) ka B. P. . While in the area of the distance of 5 km to the north of Wenshan basin, the radiocarbon dating (¹⁴C) of the disrupted T₂ accumulation terrace shows an age of (15.67 ± 0.05) ka B. P. . In conclusion, the Wen-Ma Fault has clear signs of activities in the late Pleistocene, which is dominated by dextral strike slip with normal slip component.

Key words: Wenshan-Malipo Fault; aero photogrammetry interpretation; tectonic geomorphology; terrace