文章编号：1006-6616（2017）06-0799-11

2017 年 8 月 8 日四川九寨沟 7.0 级地震发震构造浅析

付国超[1]，吕同艳[1]，孙东霞[1]，熊仁伟[2]
（1. 中国地质科学院地质力学研究所，北京 100081；
2. 中国地震局地震预测研究所，北京 100036）

摘　要：2017 年 8 月 8 日 21 时 19 分，四川阿坝州九寨沟县发生 7.0 级地震，震中位于巴颜喀拉块体东边界虎牙断裂和东昆仑断裂带东段塔藏断裂交汇区域，地震构造背景较为复杂。地震导致了房屋和道路破坏、滑坡崩塌。根据高分辨率卫星影像解译、阶地坎变形的测量和测年数据得到：塔藏断裂东段晚第四纪以来以左旋走滑为主，兼逆分量，水平滑动速率为 2.7～4.1 mm/yr，垂直滑动速率为 0.56～0.6 mm/yr。结合此次地震的主余震分布、主震震源机制解等综合结果，初步建立了三维发震构造模型，分析认为此次地震属于走滑型地震，主破裂倾角 57°～77°，发震断层可能是塔藏断裂的一条分支，是青藏高原块体向东推挤的一次地震事件。基于历史地震、活动断裂和形变观测方面的研究，巴颜喀拉块体具备显著的强震构造背景，对于该块体边界带周缘的强震活动和变形需要继续关注。

关键词：九寨沟 M_s7.0 级地震；塔藏断裂东段；活动断裂；发震构造；巴颜喀拉块体
中图分类号：P546；P315.2　　**文献标识码：**A

0　引言

巴颜喀拉块体位于青藏高原东缘，受高原物质东移的双重作用，该块体内部及边缘断层活动强烈，是我国现今地震多发的区域之一[1～4]。21 世纪以来，围绕该块体边界先后发生了若干强震，如 2001 年昆仑山口 M_s8.1 地震、2008 年汶川 M_s8.0 地震、2010 年玉树 M_s7.1 地震以及 2013 年庐山 M_s7.0 地震等，呈现出典型的地震丛集特征，因此，该区成为近年来中国大陆强震研究的热点区域之一。

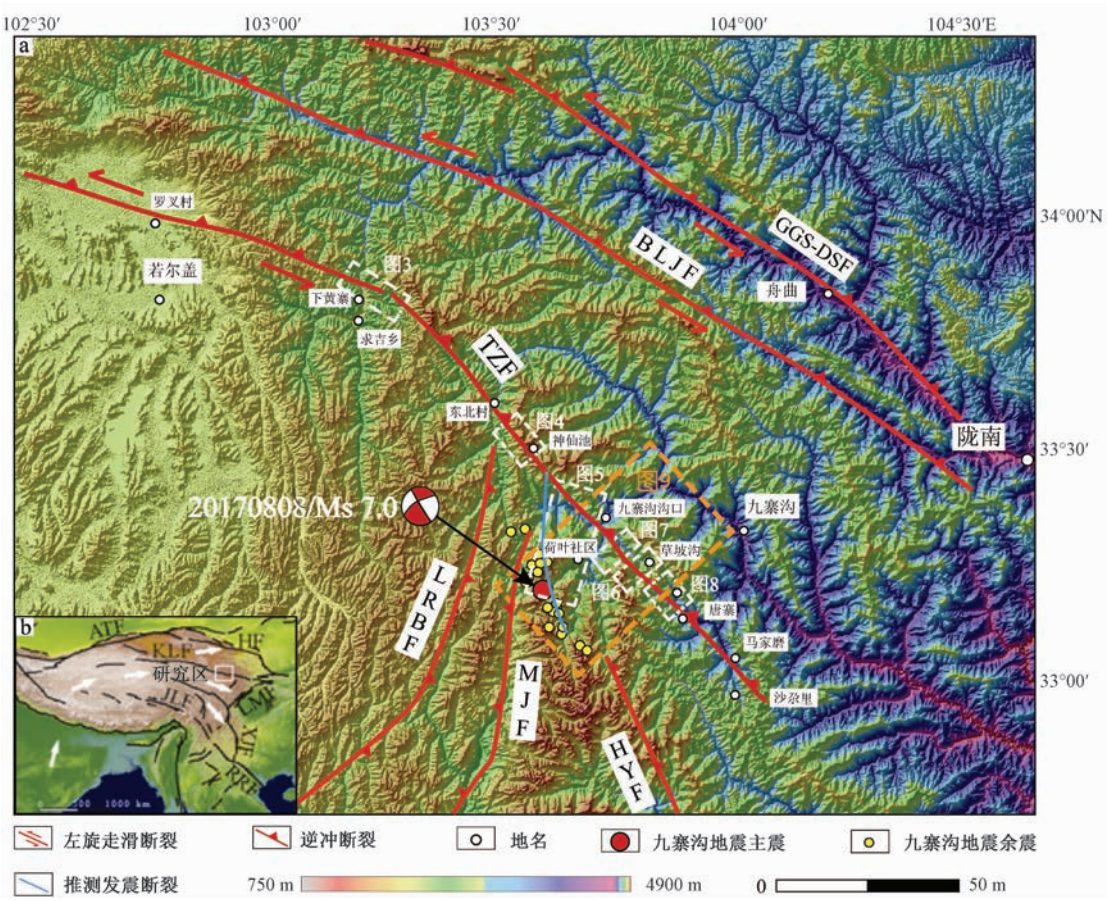
据中国地震台网报道（中国地震信息网，2017），北京时间 2017 年 8 月 8 日 21 时 19 分，四川省阿坝州九寨沟县（33.2°N，103.8°E）发生 7.0 级强震，震源深度 20 km（http：//www.cenc.ac.cn/），震中距九寨沟县城 35 km，距阿坝州 210 km。震中出现在喀拉块体东部，但该区发育多条活断层，断层系统较为复杂。地震断裂面的确定是这次地震灾害的一个关键问题。在前期活断层调查研究基础上，进一步结合余震分布、震源机制解等资料，对本次地震的发震构造、地震发生机理等进行分析，为后续震情趋势研判提供重要依据。

1　区域地质构造背景

九寨沟地震的震中位置显示，其发生在多组构造的交汇区，主要涉及了岷山块体和龙门山构造带。岷山块体处于我国东西部一级新构造单元的分界线上[5]，岷山断块的东、西边界分别为虎牙断裂和岷江断裂，南、北界分别被龙门山构造带和东昆仑断裂带东部塔藏断裂所截接[6]。区域内各套地层均有不同程度发育。寒武系和奥陶系发育不完整，仅有零星出露。志留系分布较广，晚古生代地层发育相对比较齐全，主要以泥盆系、石炭系以及二叠系地层为主。中生代三叠系地层

收稿日期：2017-08-30
基金项目：中国地质科学院院基本科研业务费（YYWF201518）；中国地质科学院地质力学研究所所基本科研业务费项目（DZLXJK201501，DZLXJK201714）；中国地质调查局地质调查项目（121201104000150009）
作者简介：付国超（1989-），男，硕士，研究方向为地震地质和活动构造。E-mail：fuguochaofly@sina.com
通讯作者：吕同艳（1980-），女，博士，高级工程师，研究方向为第四纪地质研究。E-mail：tongyan_2000@163.com

分布最为广泛，缺失侏罗系，白垩系零星分布。新生代第四系发育较少，在盆地、峡谷及冲沟内零星分布。虎牙断裂为岷山隆起的东边界断裂，其晚古生代—晚三叠系中期可能是一条同沉积断层，在晚三叠系晚期起转变为一条逆断层[7]。断裂总体走向北北西向，以左旋走滑为主，兼逆冲分量，晚第四纪以来的水平滑动速率为 1.4 mm/yr[8~9]，在该断裂上了发生了 1976 年松潘、平武地震。岷江断裂为岷山断块的一条重要断裂，构成了松潘-甘孜造山带和摩天岭地块的分界，以逆冲运动为主，兼水平左旋走滑分量，其晚第四纪以来的水平滑动速率约为 0.53 mm/yr，垂直滑动速率为 0.37 ~ 0.53 mm/yr[10]。塔藏断裂位于巴颜喀拉块体的东北侧边界，也是东昆仑断裂带向东延伸的分支，其总体呈近北西走向，断裂西起若尔盖盆地北缘，延伸至下黄寨村，向东转为西西向，经东北村、塔藏、九寨沟、至沙尕里以东，全长约 170 km[11]（见图 1）。部分学者对塔藏断裂西段的滑动速率研究结果存在较大的分歧，滑动速率分布在2 ~ 9.37 mm/yr[12~14]之间。而对于塔藏断裂东段晚第四纪以来的活动性研究比较薄弱。基于研究区卫星影像解译及野外调查，通过分析阶地变形量和阶地年龄，探讨了塔藏断裂东段的晚第四纪以来滑动速率，提出了此次地震的发震构造模型。



ATF—阿尔金断裂带；HF—海原断裂带；KTF—昆仑断裂带；LMF—龙门山断裂带；JLF—嘉黎断裂带；RRF—红河断裂带；TZF—塔藏断裂；LRBF—龙日坝断裂；MJF—岷江断裂；BLGF—白龙江断裂；GGS-DSF—光盖山-迭山断裂；HYF—虎牙断裂

图 1 研究区断裂及余震分布图

Fig. 1 Distribution map of regional faults and aftershocks in the study area

2 余震及震源机制解特征

CENC、Global-CMT（Harvard）、IGP-CEA 等机构给出的震源机制解显示，此次地震是一次走滑型为主的事件（见表 1）。据震源机制解推断，可能的发震断层节面Ⅰ的走向 150° ~ 153°左右，断层节面Ⅱ的走向为 242° ~ 246°左右，两个断层节面的倾角分

别为 62°～84°和 57°～77°。结合余震分布进一步确定发震构造的走向[15]。本次地震的精定位结果显示，主余震的震中位置基本上沿北西走向分布，主震的深度在 20 km 左右，余震深度大多在 5～20 km。垂直于主余震分布走向的剖面（BB′）显示，可能存在一个非常陡立的破裂面（见图 2）。

表 1　四川九寨沟 7.0 级地震的震源机制解参数

Table 1　Focal mechanism solutions of the Jiuzhaigou M_s7.0 earthquake

资料来源	断层节面Ⅰ			断层节面Ⅱ			震中		震源深度/km	震级
	走向/°	倾角/°	滑动角/°	走向/°	倾角/°	滑动角/°				
CENC	326	62	15	64	77	151	103.82°E	33.20°N	20	*M*7.0
Global-CMT	150	78	13	242	77	150	103.90°E	33.21°N	14.9	*Ms*6.5
IGP-CEA	153	84	33	246	57	173	103.85°E	33.19°N	13.5	*Mw*6.5

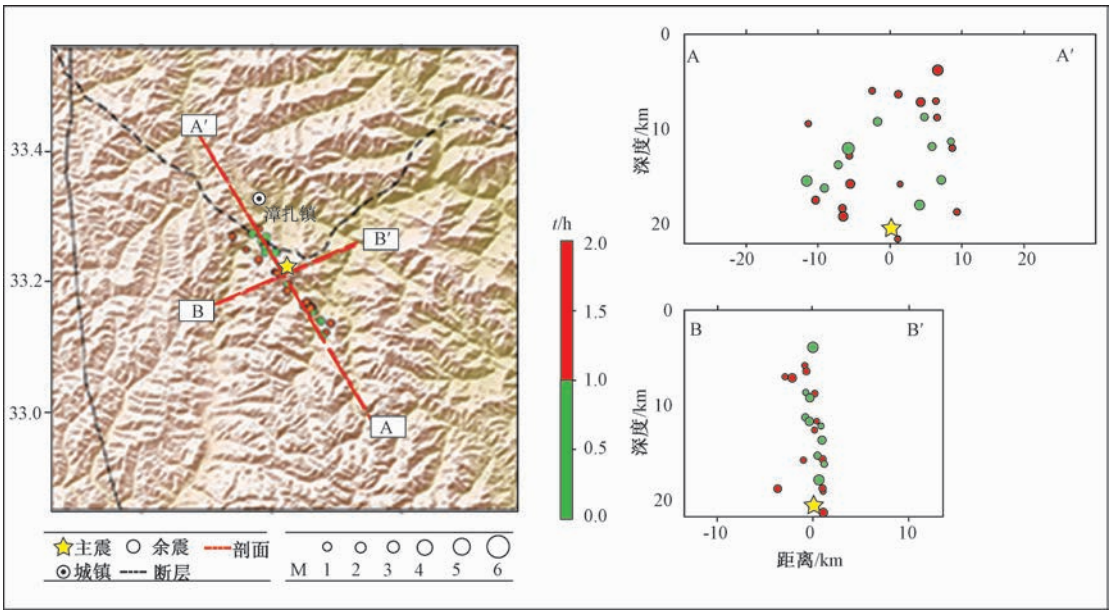


图 2　地震精定位及余震分布图（据 IGP-CEA）

Fig. 2　Precise location of the earthquake and distribution map of aftershocks

3　塔藏断裂东段晚第四纪以来活动特征

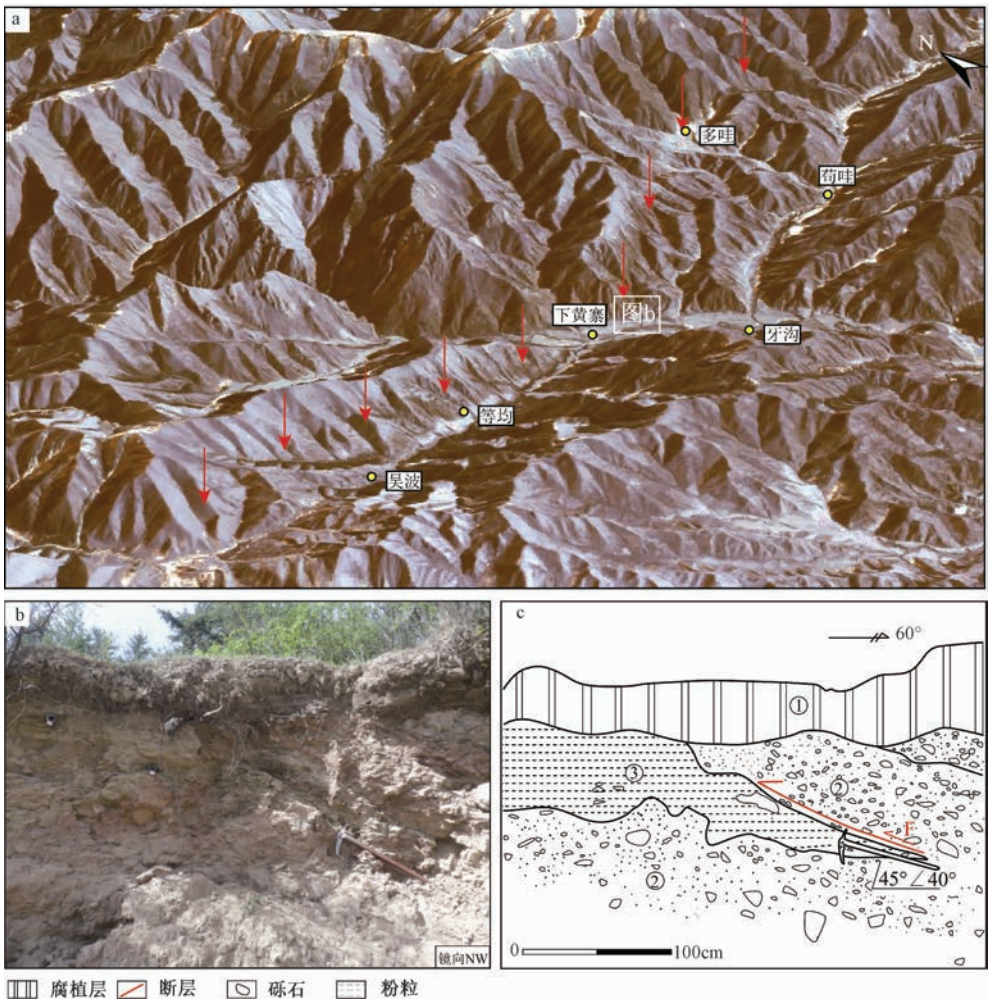
活动断裂在遥感影像上一般呈线性展布，线性特征越明显、两侧色调反差越大，活动越显著，因此，遥感影像解译可以为研究断裂活动状态及其与地震活动的相关性提供丰富的信息[16～17]，这里将通过遥感影像的三维可视化结合野外地质调查资料，分别对塔藏断裂东段的下黄寨、神仙池、漳扎镇和草坡沟等地的断错地貌进行分析。

3.1　下黄寨附近遥感解译及断剖面（33°43′.00″N，103°21′53″E）

高分一号卫星的三维影像显示，塔藏断裂在下黄寨一带线性特征比较明显（见图 3 a），在下黄寨附近发现出露较好的断层剖面，见断层走向 340°，倾角 40°，倾向北西。剖面可见三套地层，从上到下依次为：①灰黑色腐植层，层厚约 50 cm；②砖红色砂砾石层，砾石分选磨圆较差，呈棱角状未见底；③棕黄色粉砂层，未见底，可见砖红色砂砾石层逆冲于棕黄色粗砂层之上，断层面附近有砾石的定向排列，断层被腐植层盖，未见腐植层有错断，表明断裂在晚第四纪以来有过活动（见图 3b、3c）。

3.2　神仙池附近遥感解译及地质地貌特征（33°22′53.00″N，103°44′14.00″E）

塔藏断裂从拿杂岗经过，向东北继续延伸到嫩恩桑错附近，高分一号卫星影像显示，断层迹线比较明显（见图 4 a）。野外在神仙池附近可见断层槽谷和垭口地貌，槽谷宽约 25～30 m，长约 200 m（见图 4b）。在神仙池附近断层活动形成了三叠系灰岩的基岩破碎带，在破碎带中，局部地方岩层挤压形成小褶皱（见图 4c）。



a—高分一号影像三维可视化解译（图中箭头指示断层位置）；b—断层剖面；c—断层剖面示意图

图 3 下黄寨遥感解译及断层剖面

Fig. 3 GF-1 remote sensing image and fault profile of Xiahuangzhai

3.3 漳扎镇一带地质地貌特征

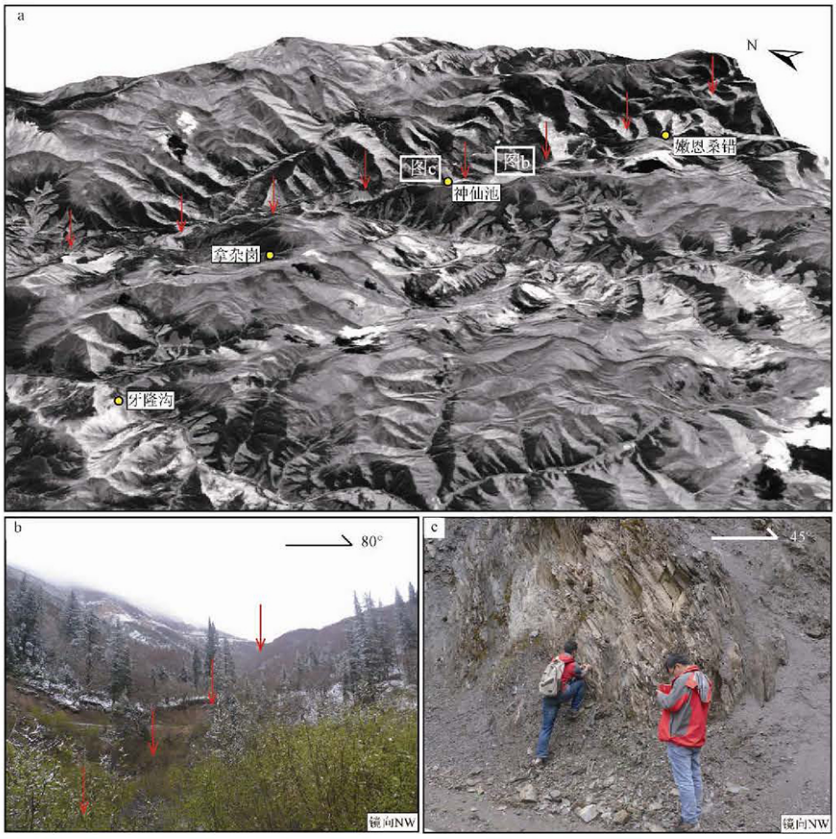
断裂从漳扎镇附近通过，沿着扎如沟继续向东南延伸，其遥感影像的线性特征比较明显（见图 5a）。在彭布（33°16′50.00″N，103°52′44.00″E）断层通过的位置有断层垭口地貌、荷叶附近可见断层垭口和槽谷地貌（见图 5b、5c），断层走向约为 310°～320°。在彭布附近，见基岩断层，断层面产状为 28°∠48°，靠近断层的位置，地层揉皱变形强烈（见图 5d）。该断裂可能是塔藏断裂东段的一条次级断裂，刚好这次九寨沟地震的震中位置在这条次级断裂的附近。

3.4 草坡沟西北侧断错地貌（33°9′33.84″N，104°3′11.60″E）

断裂从草坡沟西北侧通过，走向 340°左右。影像可见断断续续地震变形带（见图 6a），断层迹线比较明显。野外调查可见断层垭口与槽谷地貌。在靠近垭口的位置，有山脊的错断，其左旋水平位错量约为 200 m（见图 6b）。在垭口附近并发育长约 1 km，高约 15 m 的断层陡坎（图 6c）。由于此处海拔相对较高，约 4000 m 左右，断层陡坎保存比较完好。可知断裂在这一带仍以走滑运动为主，但兼具逆冲分量。

4 塔藏断裂东段滑动速率

滑动速率是活动断裂定量研究的重要参数，反映着一条断裂带上应变能累积的速率，因而常被直接应用于断裂的地震危险性概率评价，也是断裂活动性参数之一[18～21]。以下将通过无人机航拍、DGPS 结合相应的年代学数据对若也得、唐寨断错地貌进行分析，讨论塔藏断裂东段晚第四纪以来的滑动速率。



a—神仙池附近高分一号影像三维可视化；b—断错地貌照片；c—地层褶皱照片

图 4　神仙池附近遥感解译及断错地貌

Fig. 4　GF-1 remote sensing image and fault profile of Shenxianchi area

4.1　若也得断错地貌观测点（33°13′39.12″N，103°58′24.98″E）

断裂沿着扎如沟向东北延伸，走向 335°，通过 Google 影像和高分一号影像的解译，该点断层迹线明显（见图 7a）。野外调查发现，在若也得附近冲沟左岸发育洪积扇，洪积扇体长约 100 m，宽约 50 m，扇体拔河约 4～6 m，断层从冲洪积阶地上通过。冲沟壁左岸（扇体右缘）有左旋位错，位错量约为 10.2 m（见图 7b）。在洪积扇体上有断层陡坎，通过地形剖面（A-A′）获得扇体上断层的陡垂直位错约为 1.5 m（见图 7c）。在冲沟壁左岸（扇体右缘）距地表 1.8 m 的位置处的粉细砂层中采集 JZG-C-01（33°13′39.20″N，103°58′24.70″E）（见图 7d），获得其年龄为 2450 ±30 a BP（见表 2）。

根据断层断错洪积扇体的水平和垂直位错结合年代学数据，得到断裂在此处晚更新世以来的水平滑动速率为 4.1 mm/yr，垂直滑动速率约为 0.6 mm/yr。

表 2　AMS ^{14}C 样品测年结果

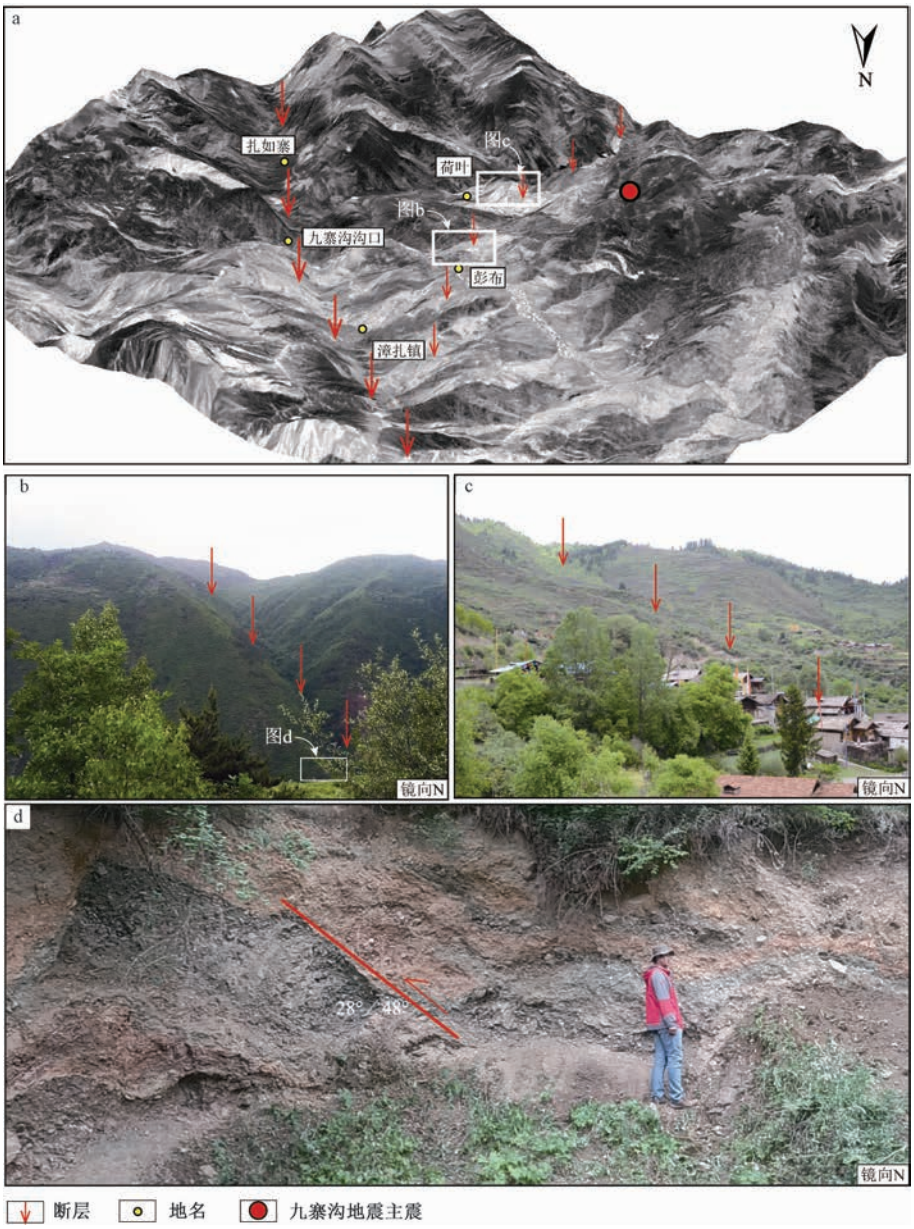
Table 2　The dating reults of AMS^{14}C samples

样品编号	实验室样品编号	采样深度/m	$^{13}C/^{12}C$	样品岩性	年龄结果/a BP
JZG-C-01	440594	1.8	25.4‰	碳屑	2450 ±30
JZG-C-02	446948	1.2	24.9‰	碳屑	5110 ±30
JZG-C-03	440593	1.0	26.9‰	碳屑	1470 ±30

注：样品由美国 BETA 实验室测试

4.2　唐寨断错地貌观测点（33° 7′40.20″N，104° 5′35.71″E）

唐寨附近的草坡沟支流发育三级阶地，T1 阶地拔河约 3 m，保存不完整，呈条带状和片状零星分布在谷两侧，阶地类型为堆积阶地；T2 阶地拔河约 6 m，保存相对比较完整，分布范围较广，由沙砾石组成，阶地类型为堆积阶地；T3 阶地拔河



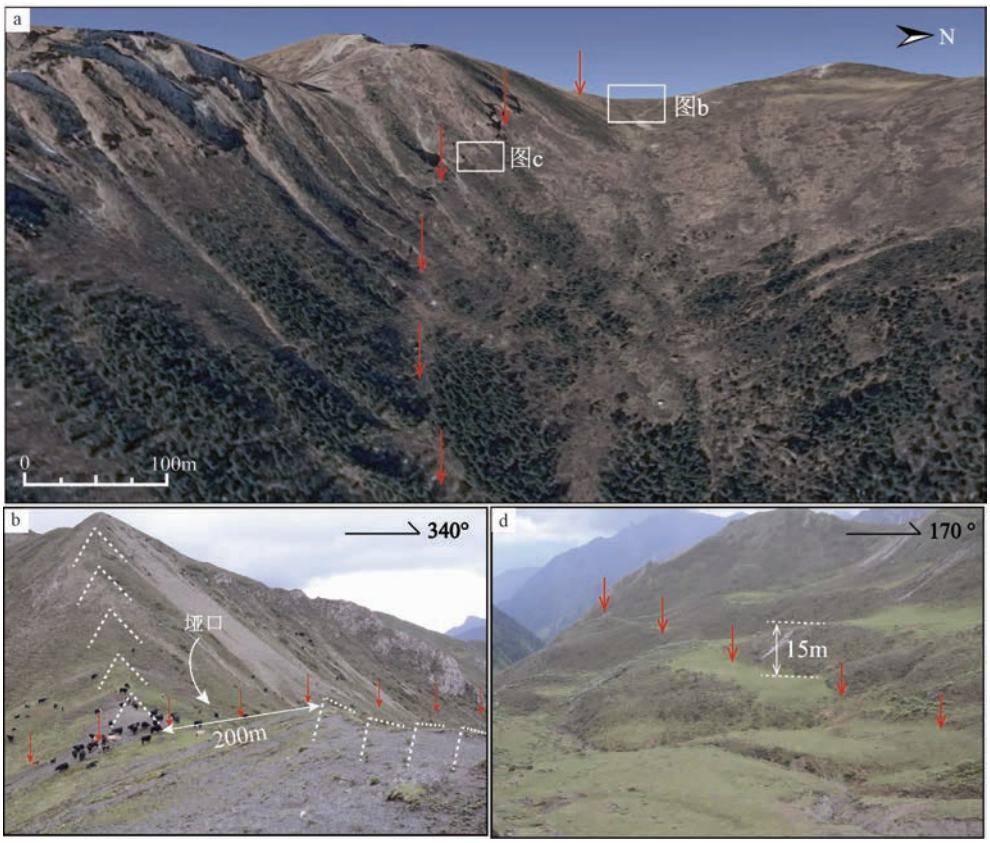
a—漳扎镇一带高分一号三维可视化；b—彭布地貌照片；c—荷叶地貌照片；d—彭布断层剖面

图 5 漳扎镇附近遥感解译

Fig. 5 GF-1 remote sensing image and landform near Zhangzha Town

约 -9 m，呈垄状和丘状，局部地方被山前小型洪积扇体覆盖。断层从该处通过，走向 350°，地貌上表现为断层槽谷、垭口等，断层陡坎比较明显（见图 8a）。

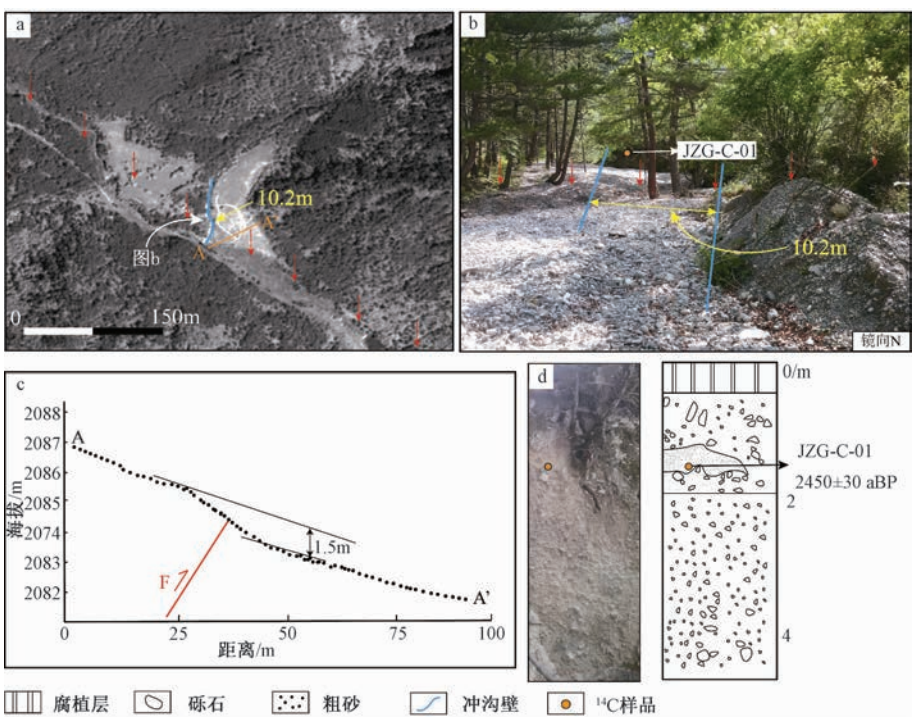
基于无人机影像和 DGPS 获取唐寨的 DEM 显示，T2、T3 阶地前缘水平断错量分别为 5.5 m、10.8 m（见图 8b、8c）。T2 阶地垂直断错为 1.3 m，T3 阶地上垂直断错为 2.5 m（见图 8d、8e）。在 T2 阶地采集了两个^{14}C 样品，在距地表 2.9 m 的位置的粗砂层底部采集 JZG-C-02（33°7′40.15″N，104°5′35.68″E），年龄结果为 5110 ± 30 a BP；距地表 0.8 m 的位置的粗砂透镜体中采集样品 JZG-C-03（33°7′40.33″N，104°5′35.06″E），年龄结果为 1470 ± 30 a BP。根据 T2 阶地的位错，利用 JZG-C-03 年龄（见表 2），可以获得断裂在全新世以来的水平滑动速率为 3.74 mm/yr，垂直滑动速率为 0.88 mm/yr，利用 JZG-C-02 年龄，获得断裂的最小滑动速率为 1.67 mm/yr，垂直速率为 0.25 mm/yr。取两者的平均值，可以获得断裂该点全新世以来的水平滑动速率为 2.7 mm/yr，垂直滑动速率为



a—Google earth 影像；b—山脊位错；c—断层陡坎

图 6　草坡沟西北断错地貌

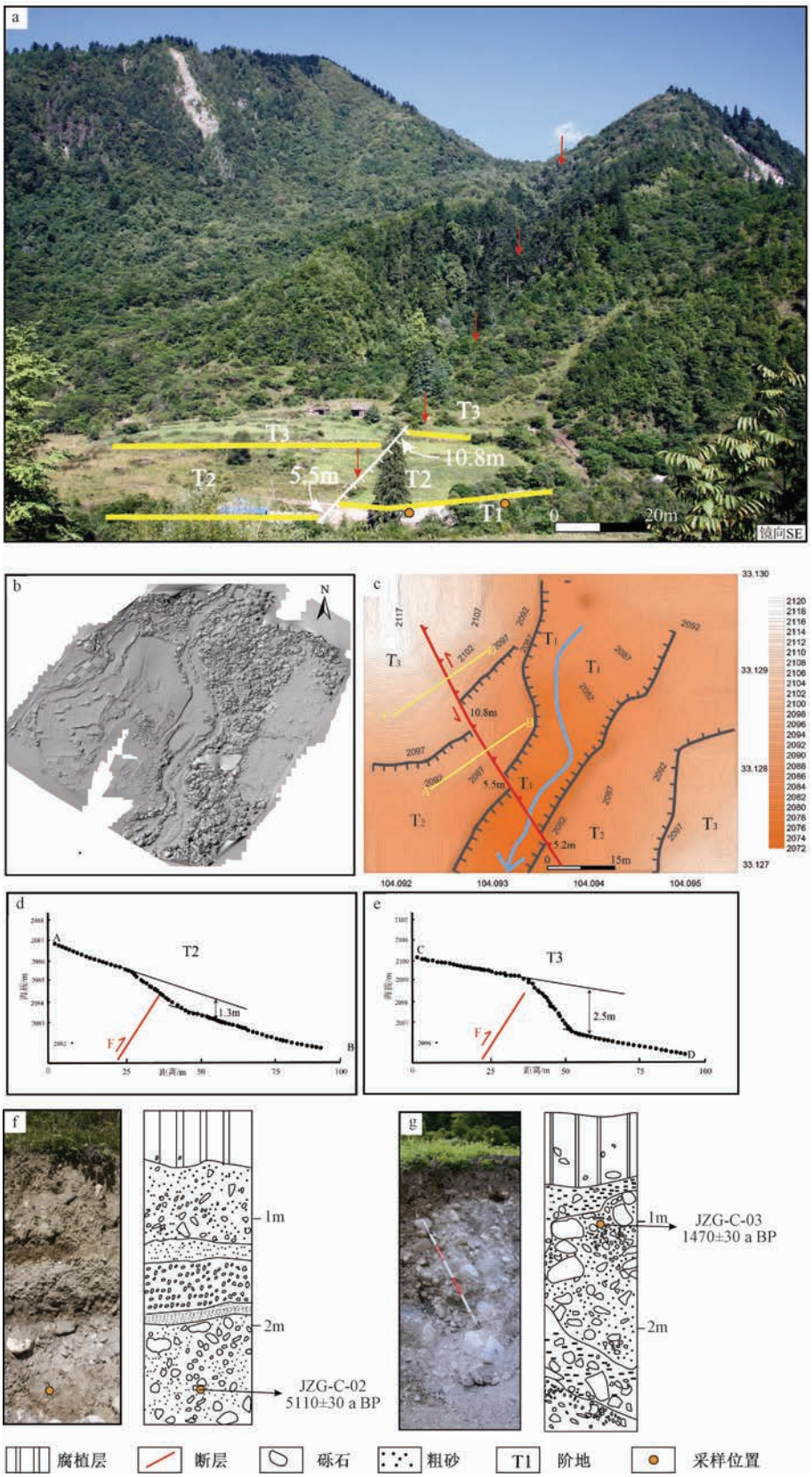
Fig. 6　Dislocation landform in northwestern Caopogou



a—Google earth 影像；b—高分一号影像；c—地貌位错图；d—T2 阶断层陡坎地实测剖面；e—采样剖面洪积扇位错

图 7　若也得附近冲洪积的断错

Fig. 7　Dislocation of alluvial fan near Ruoyedei area



a—唐寨断错地貌；b—无人机航拍图；c—DGPS 实测地形；d—T2 阶断层陡坎地实测剖面；e—T3 阶地断层陡坎实测剖面；g、f—采样剖面图

图 8 唐寨无人机航拍与 DGPS 测量

Fig. 8 UAV aerial image and DGPS measurement of Tangzhai

0.56 mm/yr。

根据以上若也得、唐寨断裂的断错地貌的遥感影像解译野外调查可知，塔藏断裂东段晚第四纪以来的活动比较强烈，其水平滑动速率为 2.7 ~ 4.1 mm/yr，垂直速率为 0.56 ~ 0.6 mm/yr，总体来说塔藏断裂东段仍以左旋走滑为主，兼冲分量。

5　讨论

（1）相关构造地貌的遥感解译与野外观察分析表明，塔藏断裂东段具有较强的晚第四纪活动性，断裂活动以左旋走滑为主，兼有逆冲分量。其中从下黄寨至九寨沟段保留有一系列山脊位错、断错水系、断层陡坎、断层垭口、断层槽谷等指示塔藏断裂东段晚第四纪活动持续而显著，可能曾发生过多次地表破裂型地震。

（2）基于卫星影像遥感解译以及无人机航拍、DGPS 的测量结果和年代学数据表明，塔藏断裂东段晚第四纪以来的水平滑动速率为 2.7 ~ 4.1 mm/yr，垂直速率为 0.56 ~ 0.6 mm/yr。塔藏断裂的东段构造形态、活动性质同西段基本相似。

（3）已有研究表明，汶川 M_s8.0 级地震造成了塔藏断裂附近应力的积累[22]，综合以上震源机制解、余震分布初步推断此次地震的发震断层可能是塔藏断裂东段的一条分支断层，此次地震属于典型的走滑型地震，主破裂倾角 57° ~ 77°。结合此次地震的主余震分布、主震震源机制解等综合结果，初步建立了三维发震构造模型（见图 9），参考四川芦山 2013 年 M_s7.0 地震发震构造研究[23]。高原内部物质的“逃逸”使得高原进一步向东和向北扩展[24 ~ 25]，青藏高原中东部的巴颜喀拉块体在向东运动的过程中受到四川盆地的强烈阻挡，显示出挤压为主的变形状态。块体边界带内以塔藏断裂为主的北西向断裂的走滑运动调节了一部分块体的向东走滑运动；另一部分构造变形则转化为块体东部变形带内一系列逆断层的逆冲运动，如近南北向的岷江断裂、虎牙断裂和北东向的龙门山断裂。

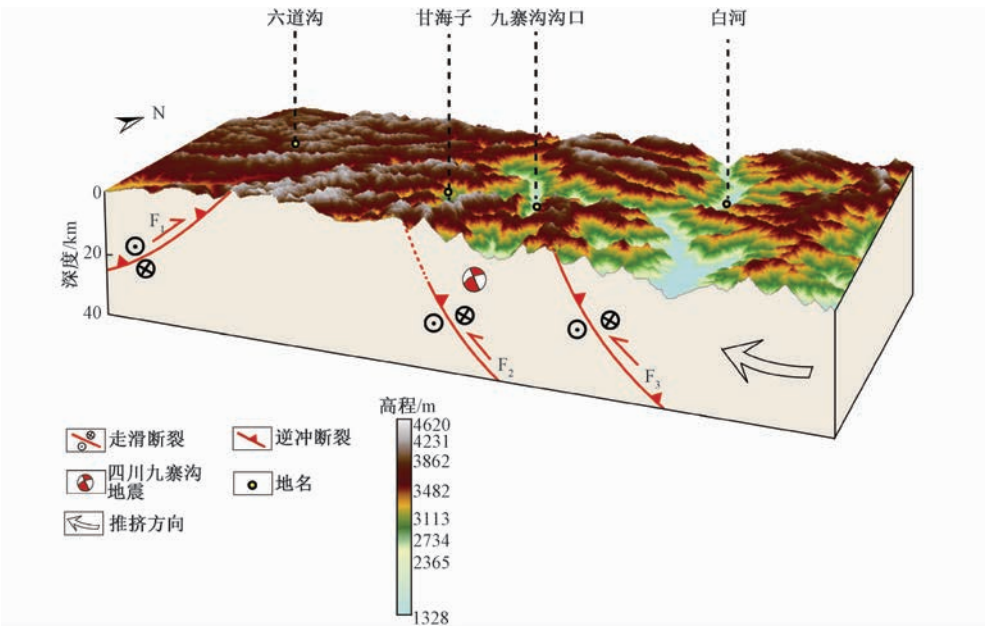


图 9　发震构造模型示意图

Fig. 9　Schematic diagram of seismogenic structure model

（4）综合历史地震、活动断裂和形变观测等方面的研究资料，本次地震是青藏高原巴颜喀拉块体向东推挤过程引发的一次强震事件。巴颜喀拉块体具备显著的强震构造背景，对于该块体边界带周缘的强震活动和变形需要继续关注。

6　结论

塔藏断裂东段晚第四纪以来以左旋走滑为主，兼逆冲分量，水平滑动速率为 2.7 ~ 4.1 mm/yr，垂直滑动速率为 0.56 ~ 0.6 mm/yr；结合此次地震

的主余震分布、主震震源机制解等综合结果，初步建立了三维发震构造模型。分析认为，四川九寨沟地震属于走滑型地震，也是塔藏断裂晚第四纪以来活动的表现，发震断裂可能是塔藏断裂的一条分支。

致谢 中国地震局地球物理研究所为本文提供了余震震源机制解资料，在此表示感谢。

参考文献/References

[1] Tapponnier P, Zhiqin X, Roger F, et al. Oblique stepwise rise and growth of the Tibet plateau [J]. Science, 2001, 294 (5547): 1671.

[2] Zhang P Z, Shen Z, Wang M, et al. Continuous deformation of the Tibetan Plateau from global positioning system data [J]. Geology, 2004, 32 (9): 809 ~ 812.

[3] Beaumont C, Jamieson R A, Nguyen M H, et al. Himalayan tectonics explained by extrusion of a low-viscosity crustal channel coupled to focused surface denudation [J]. Nature, 2001, 414 (6865): 738.

[4] Wang Q, Zhang PZ, Freymueller JT, et al. Present-day crustal deformation in China constrained by global positioning system measurements [J]. Science, 2001, 294 (5542): 574.

[5] 马杏垣. 中国岩石圈动力学地图集 [M]. 北京：中国地图出版社, 1989. 16.
MA Xingyuan. Lithospheric Dynamics Atlas of China [M]. Beijing: SinoMaps Press, 1989. 16. (in Chinese)

[6] 周荣军, 蒲晓虹, 何玉林, 等. 四川岷江断裂带北段的新活动、岷山断块的隆起及其与地震活动的关系 [J]. 地震地质, 2000, 22 (3): 285 ~ 294.
ZHOU Rongjun, PU Xiaohong, HE Yulin, et al. Recent activity of Minjiang fault zone, uplift of Minshan block and their relationship with seimicacity of Sichuan [J]. Seismology and Geology, 2000, 22 (3): 285 ~ 294. (in Chinese with English abstract)

[7] 唐文清, 刘宇平, 陈智梁, 等. 岷山隆起边界断裂构造活动初步研究 [J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24 (4): 31 ~ 34.
TANG Wenqing, LIU Yuping, CHEN Zhiliang, et al. The preliminary study of the tectonic activities along the boundary faults around the Minshan uplift, western Sichuan [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2004, 24 (4): 31 ~ 34. (in Chinese with English abstract)

[8] 周荣军, 李勇, Densmore A L, 等. 青藏高原东缘活动构造 [J]. 矿物岩石, 2006, 26 (2): 40 ~ 51.
ZHOU Rongjun, LI Yong, Densmore A L, et al. Active tectonic of the eastern margin of the Tibet plateau [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 26 (2): 40 ~ 51. (in Chinese with English abstract)

[9] 李勇, 周荣军, Densmor A L, 等. 青藏高原东缘龙门山晚新生代走滑 - 逆冲作用的地貌标志 [J]. 第四纪研究, 2006, 26 (1): 40 ~ 51.
LI YONG, ZHOU Rongjun, Densmore A L, et al. Geomorphic evidenve for the late Ceno Zo IC Strike-SL Ipping and thrusting in Longmen outain in at the eastern margin of the Tibetan plateau [J]. Quaternary Sciences, 2006, 26 (1): 40 ~ 51. (in Chinese with English abstract)

[10] 唐荣昌, 陆联康. 1976 年松潘、平武地震的地震地质特征 [J]. 地震地质, 1981, 3 (2): 41 ~ 47.
TANG Rongchang, LU Liankang. On the seismic geological characteristics of 1976 Songpan-Pingwu Earthquakes [J]. Seismology and Geology, 1981, 3 (2): 41 ~ 47. (in Chinese with English abstract)

[11] 胡朝忠. 塔藏断裂晚第四纪活动性研究 [D]. 北京：中国地震局地震预测研究所, 2011.
HU Chaozhong. Late Quaternary activity of the Tazang fault [D]. Beijing: Institute of Earthquake Science, CEA, 2011. (in Chinese with English abstract)

[12] Kirby E, Harkin N, Wang E Q, et al. Slip-rate gradients along the eastern kunlun fault [J]. Tectonics, 2006, 26 (2): TC2010.

[13] 张军龙, 任金卫, 陈长云, 等. 东昆仑断裂带东部晚更新世以来活动特征及其大地构造意义 [J]. 中国科学：地球科学, 2014, 44 (4): 654 ~ 667.
ZHANG Junlong, REN Jinwei, CHEN Changyun, et al. The Late Pleistocene activity of the eastern part of east Kunlun fault zone and its tectonic significance [J]. Science China: Earth Sciences, 2014, 57 (3): 439 ~ 453.

[14] Ren J, Xu X, Yeats R S, et al. Millennial slip rates of the Tazang fault, the eastern termination of Kunlun fault: implications for strain partitioning in eastern Tibet [J]. Tectonophysics, 2013, 608 (8): 1180 ~ 1200.

[15] 盛书中, 万永革, 王未来, 等. 2010 年玉树 M_S 7.1 地震发震断层面参数的确定 [J]. 地球物理学进展, 2014, 29 (4): 1555 ~ 1562.
SHENG Shuzhong, WAN Yongge, WANG Weilai, et al. The fault plane parameter determination of the 2010 Yushu *M*s 7.1 earthquake [J]. Process in Geophysics, 2014, 29 (4): 1555 ~ 1562. (in Chinese with English abstract)

[16] 马晓雪, 吴中海, 李家存, 等. 龙门山构造带南段向西南延伸的遥感影像证据及地震地质意义 [J]. 地质力学学报, 2016, 22 (3): 548 ~ 567.
MA Xiaoxue, WU Zhonghai, LI Jiacun, et al. Remote sensing evidence of the south segment of Long Menshan fault zone extending to southwest and its seismic geological significance [J]. Journal of Geomechanics, 2016, 22 (3): 548 ~ 567. (in Chinese with English abstract)

[17] 李凯, 吴中海, 李家存, 等. 江西九江及邻区主要断裂活动性遥感综合分析 [J]. 地质力学学报, 2016, 22 (3): 577 ~ 593.
LI Kai, WU Zhonghai, LI Jiacun, et al. Comprehensive remote

sensing analysis on activities of the main faults in Jiujiang and adjacent areas, Jiangxi [J]. Journal of Geomechanics, 2016, 22 (3): 577 ~ 593. (in Chinese with English abstract)

[18] Anderson J G. Estimating the seismicity from geological structure for seismic-risk studies [J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 1979, 69 (1): 135 ~ 158.

[19] Molnar P. Earthquake recurrence intervals and plate tectonics [J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 1978, 69 (1): 115 ~ 133.

[20] Thiel C C. "Probabilities of large earthquakes in the San Francisco bay region" and "probabilities of large scale earthquakes occurring in California on the San Andreas fault" [J]. Earthquake Spectra, 1990, 6 (4): 811 ~ 814.

[21] Nishigami K. Deep crustal heterogeneity along and around the San Andreas fault system in central California and its relation to the segmentation [J]. Journal of Geophysical Research Solid Earth, 2000, 105 (B4): 7983 ~ 7998.

[22] 邵志刚，傅容珊，薛霆虓，等. 昆仑山 Ms 8.1 级地震震后变形场数值模拟与成因机理探讨 [J]. 地球物理学报，2008，51 (3)：805 ~ 816.
SHAO Zhigang, FU Rongshan, XUE Tingxiao, et al. The numerical simulation and discussion on mechanism of postseismic deformation after Kunlun Ms 8.1 Earthquake [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2008, 51 (3): 805 ~ 816. (in Chinese with English abstract)

[23] 张岳桥，董树文，侯春堂，等. 四川芦山 2013 年 M_s7.0 地震发震构造初步研究 [J]. 地质学报，2013，87 (6)：747 ~ 758.
ZHANG Yueqiao, DONG Shuwen, HOU Chuntang, et al. Preliminary study on the Seismotectonies of the 2013 Lushan M_s7.0 earthquake, West Sichuan [J]. Acta Geologica Sinica, 2013, 87 (6): 747 ~ 758. (in Chinese with English abstract)

[24] Molnar P. The growth of the Tibetan Plateau and Mio-Pliocene evolution of East Asian climate [J]. Palaeontologia Electronica, 2005, 8 (1): 131 ~ 142.

[25] 张培震，徐锡伟，闻学泽，等. 2008 年汶川 8.0 级地震发震断裂的滑动速率、复发周期和构造成因 [J]. 地球物理学报，2008，51 (4)：1066 ~ 1073.
ZHANG Peizhen, XU Xiwei, WEN Xueze, et al. Slip rates and recurrence intervals of the Longmen Shan active fault zone, and tectonic implications for the mechanism of the May 12 Wenchuan earthquake, 2008, Sichuan, China [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2008, 51 (4): 1066 ~ 107. (in Chinese with English abstract)

SEISMOGENIC STRUCTURE OF THE M_s7.0 EARTHQUAKE ON AUGUST 8, 2017 IN JIUZHAIGOU, SICHUAN

FU Guochao[1], LÜ Tongyan[1], SUN Dongxia[1], XIONG Renwei[2]

(1. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100081, *China*;
2. *Institute of Earthquake Sciences, China Earthquake Administration, Beijing* 100036, *China*)

Abstract: An M_s7.0 earthquake struck Jiuzhaigou county at 9:19 pm on August 8, 2017 in Aba Prefecture of Sichuan Province. The epicenter was located in the intersection area of the Huya fault on the east boundary of the Bayan Har block and the Tazang fault on the east section of the East Kunlun fault, with complicated seismotectonic settings. This earthquake caused damages to houses and roads, and landslides collapsed. According to the data of high-resolution satellite image interpretation, the measurement data of tectonic deformation and dating data, it shows that the east section of the Tazang fault has been dominated by left-lateral strike-slip accompanied with thrust faulting; the horizontal sliding rate is about 2.7 ~ 4.1 mm/yr, and the vertical sliding rate is about 0.56 ~ 0.6 mm/yr. Combined with the distribution of major earthquake and aftershocks and the results of major earthquake source mechanism solution, a three-dimensional seismic structure model is established. The analysis reveals that this earthquake belongs to strike-slip earthquake with the main rupture angle of 57° ~ 77°. It was caused by the eastward push of the Qinghai-Tibet Plateau mass, and the seismogenic fault may be a branch of the Tazang fault. According to the study of historical earthquakes, active faults and deformation observation, the Bayan Kala block has significant strong earthquake tectonic background, and it is necessary to continue to pay attention to the seismic activity and deformation of the boundary of the block.

Key words: Jiuzhaigou M_s7.0 earthquake; the east section of the Tazang fault; active fault; seismogenic structure; the Bayan Har block