

# Preliminary Study on the Quaternary Segmentation Characteristics of the Daju Fault in Yunnan

Li Cheng<sup>1</sup>, Guangtao Li<sup>1</sup>, Hao Wu<sup>1</sup>, Jianqiang Yu<sup>2</sup>, Gang Su<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>China Earthquake Disaster Prevention Center, Beijing

<sup>2</sup>Yunnan Jiantou First Survey and Design Co., Kunming Yunnan

Email: 75583657@qq.com, 44439599@qq.com, 845288816@qq.com, 281757814@qq.com,

\*565894914@qq.com

Received: Dec. 5<sup>th</sup>, 2018; accepted: Dec. 19<sup>th</sup>, 2018; published: Dec. 26<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

The Daju fault is located in the northern part of Lijiang, Yunnan Province. It is a northwestward fault near the western boundary of the Sichuan-Yunnan diamond block. It has segmental activity since the late Quaternary. Based on the interpretation of Google Earth image, combined with the fracture geometry, geological features and activity era, this paper conducts a preliminary study on the active segmentation of large faults. The results show that the Daju fault can be divided into northwest and southeast by Majiacun, and Zhongdian-Majiacun section in the northwest. The linear geomorphological features are not obvious, and the linear troughs are developed in the local area. The latest activity period is late. The Pleistocene, the southeastern section, is the Majiacun-Dadong section. The linear structure of the section is clear, and faults, fault cliffs, faults and steep ridges are developed. The active period is Holocene. Through interpretation and field investigation, it is believed that the large fault is an active fault with both right-lateral strike-slip and tilting characteristics.

## Keywords

Daju Fault, Remote Sensing Interpretation, Geometric Structure, Active Fault, Segment

# 云南大具断裂晚第四纪分段特征初步研究

程 理<sup>1</sup>, 李光涛<sup>1</sup>, 吴 昊<sup>1</sup>, 余建强<sup>2</sup>, 苏 刚<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>中国地震灾害防御中心, 北京

<sup>2</sup>云南建投第一勘察设计院有限公司, 云南 昆明

Email: 75583657@qq.com, 44439599@qq.com, 845288816@qq.com, 281757814@qq.com,

\*565894914@qq.com

\*通讯作者。

收稿日期：2018年12月5日；录用日期：2018年12月19日；发布日期：2018年12月26日

## 摘要

大具断裂位于云南丽江北部，是川滇菱形块体西边界附近的一条北西向断裂，晚第四纪以来活动具有分段性。本文在Google Earth影像解译基础上，结合断裂几何结构、地质地貌特征和活动时代，对大具断裂的活动性分段进行了初步研究。研究表明：大具断裂以马家村为界可以分为北西和南东两段，北西段为中甸-马家村段，线性地貌特征不明显，局部地段发育线性槽谷，最新活动时代为晚更新世；南东段为马家村-大东段，该段地貌上线性构造清晰，发育断层沟槽、断层崖、断层陡坎等断层地貌，活动时代为全新世。通过解译及实地考察，认为大具断裂是以右旋走滑为主兼具倾滑特征的活动断层。

## 关键词

大具断裂，遥感解译，几何结构，活动断层，分段

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

大具断裂位于滇西北地区的中甸、丽江一带，北起自中甸南，向南东经小中甸东、马家村、哈巴、大具、大东，后止于金沙江边，全长约 120 km，总体走向  $310^{\circ}\sim 320^{\circ}$ ，倾向 NE 或 SW，倾角较陡，一般都在  $60^{\circ}$  以上，运动性质以右旋走滑为主，兼有正断分量活动，局部显示逆冲性质。断裂附近发生过多次中强地震，如 1961 年中甸 6.0 级地震、1966 年中甸告湾 6.4 级地震等，1996 年丽江 7.0 级地震的微观震中也位于大具断裂与玉龙雪山东麓断裂交汇处。该断裂自九十年代以来一直受到地震地质学家的关注，研究内容主要集中在活动时代速率两个方面，如北西向的德钦-中甸-大具断裂为一条右旋走滑性质的断裂，第四纪中期以来走滑速率为  $4\sim 6$  mm/a [1]。常祖峰认为德钦-中甸-大具断裂最新活动时代为晚更新世至全新世，其水平滑动速率为  $1.7\sim 2.0$  mm/a，垂直滑动速率为  $0.6\sim 0.7$  mm/a [2]。针对大具断裂活动性分段的研究和讨论未见表述。

活断层分段是八十年代地震地质领域工作的一项新成果[3]-[8]，至今仍是活断层研究的重要内容。在活断层分段研究中，对“段”的含义存在不同认识，但彼此间也有共同之处：以第四纪活动断裂为研究对象；以断裂不连续性为分段依据；都与地震活动密切相关。活断层的分段就是根据断裂的不连续性和活动特性的差异划分出若干相对独立的段。一条较长的活动断裂由于第四纪以来的活动存在着不均一性，因而在地震活动上表现为震级大小、复发间隔、小震频率及震源深度的明显差异[9]。总而言之，活动断裂分段的依据是综合的，按单一的标志进行分段往往导致局限性和不确定性。本文将在地质调查的基础上，结合卫星影像、断裂几何结构、活动时代、地质地貌等特征，对大具断裂晚第四纪分段特征进行探讨。

## 2. 大具断裂区域构造演化特征

大具断裂向西北方向与金沙江断裂相接，向南东方向止于金沙江边，被丽江-小金河断裂截断，中

部分别与中甸-龙蟠-乔后断裂和玉龙雪山东麓断裂交汇, 这些断裂构成多个三角形构造(图 1)。大具断裂与金沙江断裂一起构成了滇西北次级块体西边界[2], 对该次级块体的顺时针旋转起到了重要的调节作用。

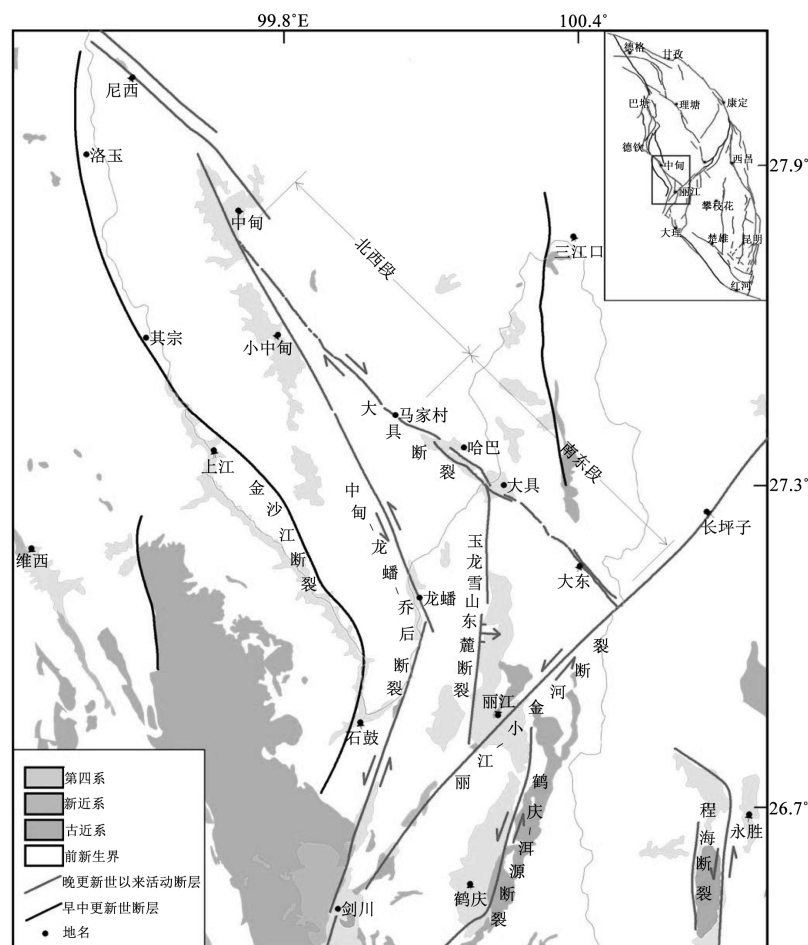


Figure 1. Sketch map of Daju fault structure

图 1. 大具断裂构造位置简图

上新世末, 研究区发生强烈的构造抬升, 广泛分布的中新世晚期形成的准平原, 此时大幅度抬升为夷平面或沿断裂裂解下降, 形成断陷盆地。区内金沙江主干水系形成, 奠定了盆-岭格局的现代地貌轮廓。早更新世时期, 该地区相对稳定, 大部分湖盆中堆积了相当厚度的沉积物, 而距今约 70 余万年前, 构造活动又变得强烈, 使区内形成的早更新世沉积发生了变形、褶皱、倾斜和断裂, 不少地区因切割盆地的断层活动具有差异升降性质, 使原先统一高度、成因一致的沉积物分布在不同的高度上, 区内次主干水系形成, 大部分断层的垂直或水平活动明显。在晚更新世中期(距今 4 万年前), 构造活动主要以区域性不均匀上升为主要特点, 区内形成局部近东西向隆起以及盆地内部不均匀隆起, 总体显示了北升南降的特点。在晚更新世晚期至全新世初, 普遍可见全新世地层与下伏上更新统呈不整合接触, 区内水系沿活动断裂的水平扭错明显[10]。

### 3. 大具断裂分段特征

活动断裂是地震地质研究中的一个重要内容, 对活断层进行系统、深入的研究, 是认识一个地区构造变形、强震发生背景等地震地质特征的基础。而活断层分段是活动断裂研究的一个重点课题, 已有众

多学者对活动断裂的分段原则和方法进行过论述[4] [5] [6]。这些方法可以概括为：古地震方法、断裂活动习性方法、断裂几何形态方法、地貌形态变异方法、地球物理方法和地质构造变异方法等[6]。本文对大具断裂进行分段的研究中主要考虑 3 各方面的因素和依据：1) 断裂活动习性；2) 断裂几何形态；3) 地质地貌特征，将其分成北西和南东两段，自北西向南东为中甸 - 马家村段和马家村 - 大东段(图 1, 表 1)。下面结合卫星遥感解译分别对不同区段的分段依据和构造特征进行论述。

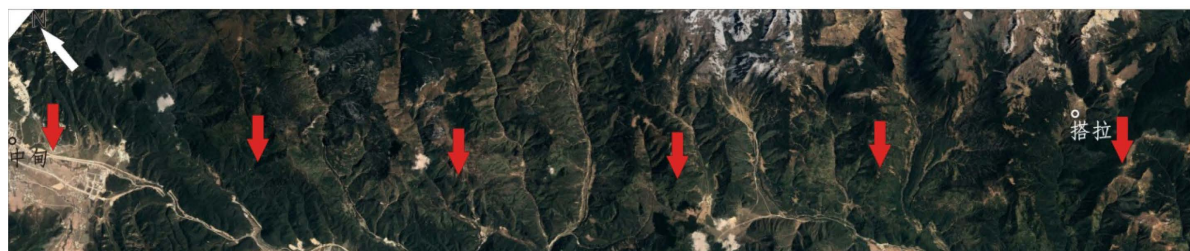
**Table 1.** Daju fault zone segmentation feature table

**表 1.** 大具断裂带分段特征表

段	中甸南 - 马家村段	马家村 - 大东段
几何结构	单一	局部发育近平行两条断层
长度	55 km	65 km
断层走向	330°左右	310°左右
地貌组合类型	下降盘	断块中高山、冲洪积扇或第四纪盆地
	上升盘	断块中高山
晚第四纪断层露头剖面发育情况	无	可见
晚第四纪断层陡坎发育情况	很少	多见
断层活动特征	上新世至中更新世晚期以来活动强烈，晚更新世以来未有明显活动。	第四纪以来一直发生强烈的垂直差异活动，并伴随发生右旋走滑运动，发育陡坎，槽谷等，局部沿基岩山地活动，可见断层槽谷及堰口地貌，控制着第四纪地层的发育。
活动时代	Q3	Q4
活动性质	正断兼右旋	右旋兼正断
古地震遗迹	无	有
活动强度	较弱	较强

### 3.1. 中甸 - 马家村段

中甸 - 马家村段，长约 55 km，走向 330°左右，几何结构比较单一，大部分位于海拔 3700 m 左右的崇山峻岭中，线性特征不甚清晰(图 2)，局部见山脊右旋位错特征，第四纪地层发育较少，断裂穿越多个北东向的冲沟，其中一级阶地均未见断错迹象，个别冲沟二级阶地发生右旋扭曲，少数冲沟中出露基岩断层露头。



**Figure 2.** Satellite image interpretation of Zhongdian-Majiacun section of Daju fault

**图 2.** 大具断裂中甸 - 马家村段卫星影像解译图

在木鲁附近一条冲沟内，发现 2 条断层发育于三叠纪板岩、片岩地层中(图 3)，f1 基本顺层产出，破碎带上窄下宽，宽度 10~30 cm，由粉末状、块状碎裂岩组成；f2 剖面上呈“人”字形，断层两侧地层产状变化显著，断层下部为碎裂岩，断面较平直，地貌上沿断层构造现象不明显。

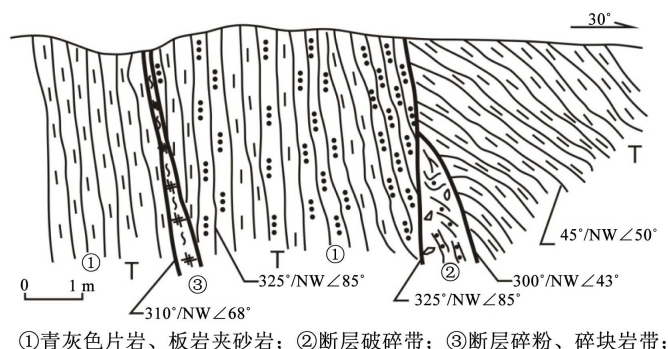


Figure 3. Geology section of Daju fault in the north of Mulu

图 3. 木鲁北大具断裂地质剖面图

在宗思附近，青灰色灰岩地层内发育 100 多米宽的断层破碎带(图 4)，发育有不同方向的多组断层及密集“X”型节理，断层面上发育有近水平断层擦痕和更早期的断层斜擦痕，显示右旋走滑特征，岩石陡立破碎，局部发育凹槽、鞍状地形。地貌上横穿断层带发育一冲沟，切割较深，两岸陡立，其河谷在通过主断面部位向东部上游方向明显收紧，而向西下游方向谷地变宽，岸坡变缓，沿断层呈断崖和坡折地貌。



Figure 4. Geology section of Daju fault near Zongsi

图 4. 宗思附近大具断裂地质剖面图

在阳塘德吉林寺东北，可见葫芦状谷地发育，向北东方向变为峡谷，该处灰黑色片岩陡立，沿断层方向河流有右旋扭曲现象。在木鲁北的一条沟谷内，河流水系和 T2 阶地面前缘发生右旋位移约 30 m，河流两侧均有表现，T1 阶地未发生变形。中甸南部的探槽揭示断层未断错的地层时代为(36.4 ± 2.1) ka，结合地质地貌现象认为该断裂段活动时代为晚更新世早中期。

### 3.2. 马家村 - 大东段

南东段为马家村 - 大东段，长约 65 km，走向 310°，该段断裂局部由 2~3 条近平行的断层组成，线性特征明显，多处发育断层陡坎及地表破裂(图 5)。该段西起马家村西，顺着沟谷线性地貌向南东方向延伸，经哈巴、大具后止于大东附近。该段内不同段落的断层所断错的地层、地形地貌特征各异，现详述如下。

在哈巴雪山北麓，见到断层水平错动一条较大的冰蹟垄，造成冲沟右旋水平位错约 1 km (图 6(a))；在冰蹟垄东侧，沿哈巴雪山山前发育的长约 4.5 km 的冰水扇被垂直断错，形成高约 14 ± 2 m 的断层陡坎(图 6(b), (c))，该陡坎在遥感影像上也十分明显，一直向东南延伸至金沙江边。吴中海对该冰水扇所做的年代样品年龄为：32.93~19.96 ka (TL) [11]。在该谷地的北东侧发育另一条北西向断裂与主控断裂平

行延伸, 该分支断裂为控制着基岩与第四系冲洪积扇边界。在哈巴南一条冲沟内, 可见到沟谷被右旋错断, 并形成 3 m 的陡坎; 而在山前最新发育的全新世冰水冲积物地层内, 同样存在右旋错断现象。



Figure 5. Satellite image interpretation of the Majiacun-Daju section of Daju fault

图 5. 大具断裂马家村 - 大具段卫星影像解译图

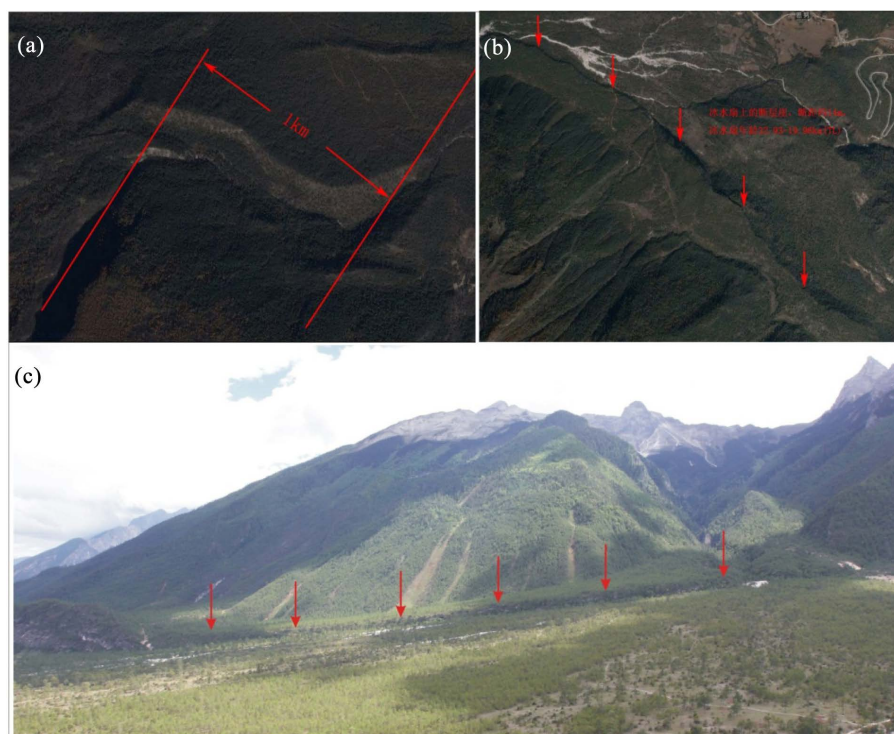


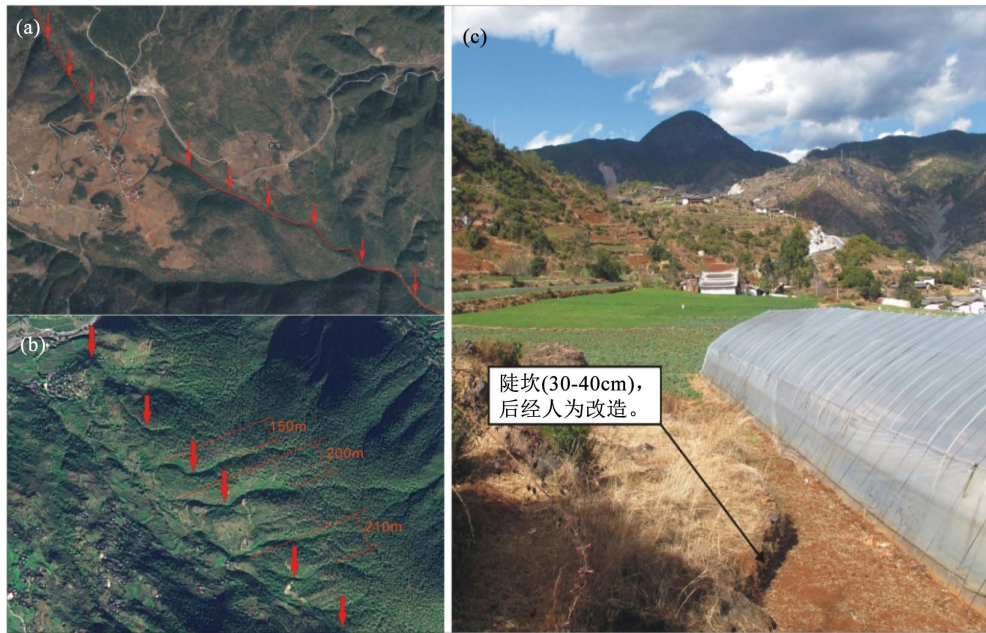
Figure 6. Interpretation map and photos of the faulted landform of Daju fault near Haba

图 6. 大具断裂哈巴附近断错地貌解译图及照片

在金沙江东岸大具盆地内, 这种垂直断错现象消失, 但局部可见断层垭口地貌。在大具盆地内共发育有 4 级阶地。在大坝子村西北方向, 有一条地震地表破裂带发育于 T4 阶地面上, 呈北西向延伸, 长约 600 m, 该级阶地为砂砾石钙化形成的钙板层, 厚约 1 m, 盖板层或翘起鼓包、或破裂、或形成地裂缝, 局部呈羽状排列或斜列, 以挤压型破裂为主。根据鼓包及地裂缝的组合形态, 可判断沿断层两侧地块发生过明显右旋走滑运动, 与该段断裂的活动性质一致。

在中落村附近, 断裂线性特征清晰, 一直延伸至恩托南, 断裂迹象消失, 在恩托东北又分出一条北西向断裂, 继续向南东方向延伸(图 7(a))。断裂在通过大东乡之后, 还是两条分支断层平行延伸, 但线性特征逐渐变得不明显, 地貌上只是在文和村东的山坡处可见有 3~4 条冲沟发生右旋位错(图 7(b)), 位错距离最大为 200 m。在片丁村北, 断裂通过处形成了槽谷地形, 在此槽谷内开挖了宽约 60 m 的探槽, 发现了断层痕迹, 在该处通过实际调查与走访, 发现该处 1996 年丽江地震曾经发育地表破裂, 局部形成陡坎

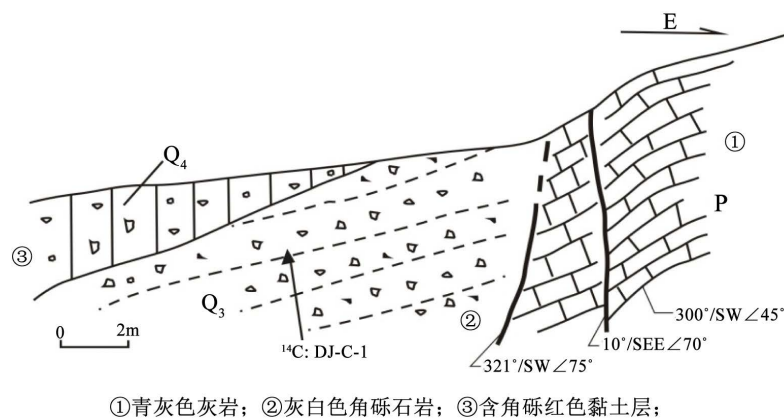
(图 7(c))。



**Figure 7.** Interpretation map of faulted landforms and surface rupture photos of Daju fault near Dadong  
**图 7.** 大具断裂大东附近断错地貌解译图及地表破裂照片

在大东白水河的二级阶地上发现阶地面有一定程度的变形，断层垂直断错阶地面，形成 2 m 左右高差，在二级阶地顶部取 OSL 测年样品，得到其年龄为(22 ± 2.2 ka)。继续向南东，断裂则只是在山脊处形成垭口地貌，线性特征不明显，一直延伸至金沙江边，在该段发现了多个基岩断裂露头。

在化里巨村西，二叠系灰岩与洪坡积砾石层断层接触(图 8)，青灰色灰岩内见次级平直断面直达地表，断面处有 0.2~0.5 cm 厚的方解石脉，其上存有近水平断层擦痕，擦痕侧伏向南，侧伏角 3°~5°，右旋性质。地貌上，沿断层南东方向为冲沟，北西向山坡上有坡坎地形。



①青灰色灰岩；②灰白色角砾石岩；③含角砾红色黏土层；

**Figure 8.** Fault profile of Daju fault in the west of Hualiju  
**图 8.** 化里巨村西大具断层剖面图

在福禄东的三叠系上统青灰色灰岩地层内见到断层破碎带，该破碎带宽约 5 m，由碎裂岩、碎块岩、碎粉岩组成，岩石破碎、松散，正断特征明显(图 9)。破碎带内不同方向的破裂面上多见断层擦痕，有垂

直及近水平方向多组，显示出断层多期活动的特点。

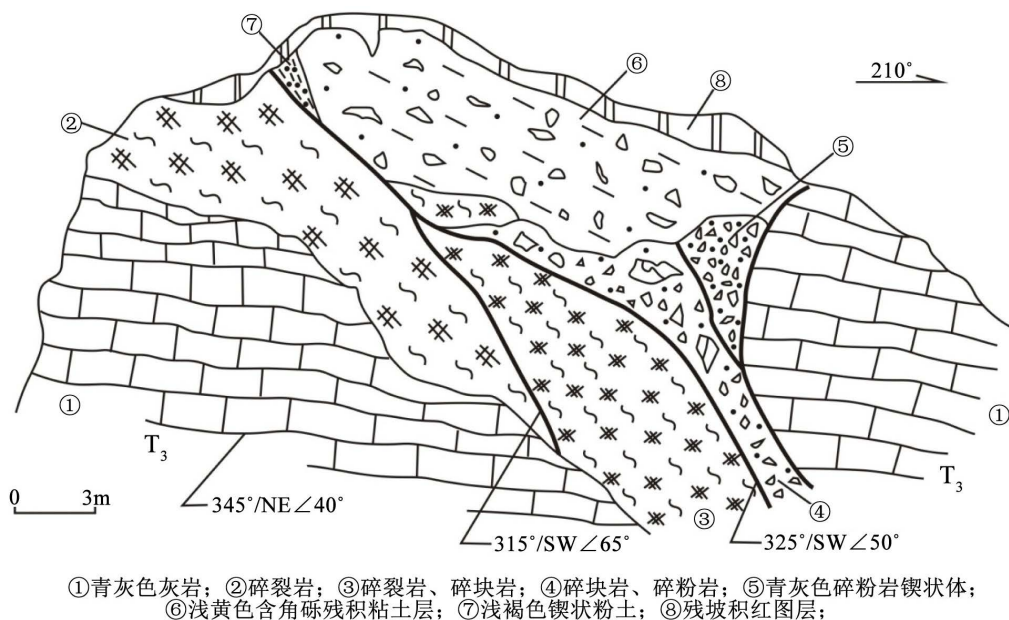


Figure 9. Fault profile of Daju fault in the east of Fulu  
图 9. 福禄东大具断裂剖面图

在金沙江西岸，断层发育于褐-褐绿色玄武岩地层之中(图 10)，断层影响带宽约 50 m，由一系列次级断层组成，断面平直或波状，个别地方光滑，之上见明显的近水平断层擦痕，侧伏向 120°，侧伏角 23°，位于产状 300°/NE/∠80°的断面上，右旋正断性质，擦痕比较新鲜。另发育一组局部的斜擦痕，叠加于近水平断层擦痕之上，侧伏向 300°，侧伏角 37°，逆冲性质，反映出断层的多期活动特征，单一断层破碎带宽度不大，一般 5~30 cm 内，由碎裂岩、碎块岩组成，闭合，紧密，无最新活动表现。

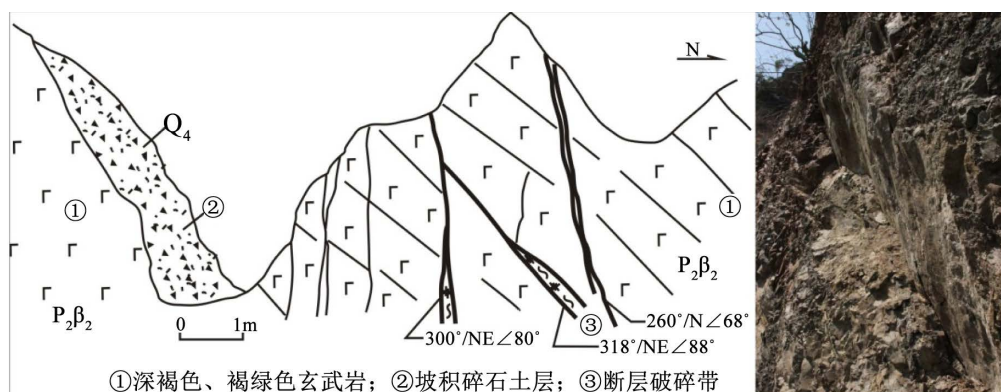


Figure 10. Fault profile and photo of Daju fault on the banks of the Jinsha River  
图 10. 金沙江河畔大具断层剖面图及照片

综上所述，大具断裂北西段无论从遥感影像、地质地貌及对第四纪地层的控制上，均反映出其晚第四纪以来活动性较弱，保守认为该断裂段为晚更新世早中期活动断层；南东段是活动性及线性特征较好的段落，不仅在大具盆地内发育地表破裂，同时在洪积扇上还发育断层陡坎及冲沟位错，现象十分明显，因此认为大具断裂南东段为全新世活动。



## 4. 结论

通过对大具断裂较为详细的遥感解译及野外调查, 对该断裂的几何结构和活动性分段取得了以下初步的认识:

1) 大具断裂运动性质以右旋走滑为主, 兼有正断特征, 局部显示逆冲性质, 最新活动时代为全新世。

2) 大具断裂以马家村为界分为北西和南东两段, 其中北西段为中甸 - 马家村段, 几何结构单一, 最新活动时代为晚更新世早中期; 南东段为马家村 - 大东段, 局部发育近平行的分支断层, 最新活动时代为全新世, 且向南东方向活动性变弱。

## 基金项目

中国地震局地震行业科研专项(201027)。

## 参考文献

- [1] 沈军, 汪一鹏, 任金卫. 中国云南德钦 - 中甸 - 大具断裂带第四纪右旋走滑运动[M]//马宗晋, 主编. 青藏高原岩石圈现今变动与动力学. 北京: 地震出版社, 2001: 123-135.
- [2] 常祖峰, 张艳凤, 李鉴林, 等. 德钦 - 中甸 - 大具断裂晚第四纪活动的地质与地貌表现[J]. 地震研究, 2014, 37(1): 46-52.
- [3] 丁国瑜. 有关活动断裂分段的一些问题[J]. 中国地震, 1992, 8(2): 1-10.
- [4] 丁国瑜, 田勤俭, 孔凡臣, 等. 活断层分段的原则、方法与应用[M]. 北京: 地震出版社, 1993.
- [5] 邓起东, 张培震. 活动断裂分段的原则和方法(一) [M]//国家地震局地质研究所, 编. 现代地壳运动研究(6). 北京: 地震出版社, 1995: 196-207.
- [6] 张培震, 邓起东. 活动断裂分段的原则和方法(二) [M]//国家地震局地质研究所, 编. 现代地壳运动研究(6). 北京: 地震出版社, 1995: 196-207.
- [7] Schwartz, D.P. (1988) Geologic Characterization of Seismic Sources Moving into the 1990s. In: *Earthquake Engineering and Soil Dynamics II—Recent Advances in Ground-Motion Evaluation: Proceedings of the Specialty Conference*, American Society of Civil Engineers (ASCE), New York, 20, 1-42.
- [8] Sibson, R.H. (1987) Effects of Fault Heterogeneity on Rupture Propagation. US GeolSurv Open File Report, 87-673, 362-273.
- [9] 楚全芝, 汪良谋. 活断层分段研究综述[J]. 地震地质译丛, 1992, 14(4): 1-4.
- [10] 国家地震局地质研究所, 云南省地震局. 滇西北地区活动断裂[M]. 北京: 地震出版社, 1990: 66-68.
- [11] 吴中海, 张永双, 胡道功, 等. 滇西北哈巴 - 玉龙雪山东麓断裂的晚第四纪正断层作用及其动力学机制探讨[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 2008(11): 1361-1375.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)