

文章编号: 1008-2786(2000)04-0313-05

滇西北玉龙雪山隆升机制

王运生, 王士天, 李渝生

(成都理工学院 环境与土木工程学院 四川 成都 610059)

摘 要: 通过对玉龙雪山东西两侧断层的系统研究, 发现其东西两侧的断层均为倾向山内的逆断层。因此高耸的玉龙雪山是在主压应力方向为近东西向应力场作用下, 沿双剪型逆冲断裂而迅速抬升的, 而非前人认为的“地垒”式正断隆升。

关键词: 玉龙雪山; 隆升机制; 逆冲抬升; 滇西北

中图分类号: P931.2

文献标识码: A

举世闻名的玉龙雪山位于滇西北丽江县西北, 海拔 5 596 m, 高出两侧断陷盆地 2 000 m~3 000 m。这里不仅是令人向往的风景区, 而且在玉龙雪山与哈巴雪山间穿山而过的虎跳峡, 将很有可能成为连接金沙江中上段的水电枢纽。玉龙雪山隆升机制研究将客观揭示山体的活动性, 为水电开发、旅游开发及山体周边地区城镇规划提供科学依据。

玉龙雪山西侧有楚波—白汉场断裂、上虎跳断层和虎跳石断层, 东侧有玉龙雪山东麓断裂(图 1)。前人的研究资料中, 除楚波—白汉场断裂是倾向山内的断裂外, 上虎跳断层、虎跳石断层和玉龙雪山东麓断裂均认为是倾向山外的^[1]。据此, 前人认为玉龙雪山是地垒式抬升的。

1 玉龙雪山东西侧断裂特征

1.1 楚波—白汉场断裂

楚波—白汉场断裂沿楚波、海巴洛、上峡谷口、鸿文、白汉场、剑川分布, 总体呈略向东凸出的近南北走向弧形展布, 位于玉龙雪山西侧(图 1—①)。该断裂规模大, 向东陡倾, 倾角 $60^{\circ} \sim 75^{\circ}$, 是扬子准地台与西部地槽褶皱系间的边界断裂^[1]。

1. 断裂发育的分布特征

从图 1 可以看出, 楚波—白汉场断裂发育分布特点各段不尽相同。据断裂走向的变化, 从北到南可以划分成三段。

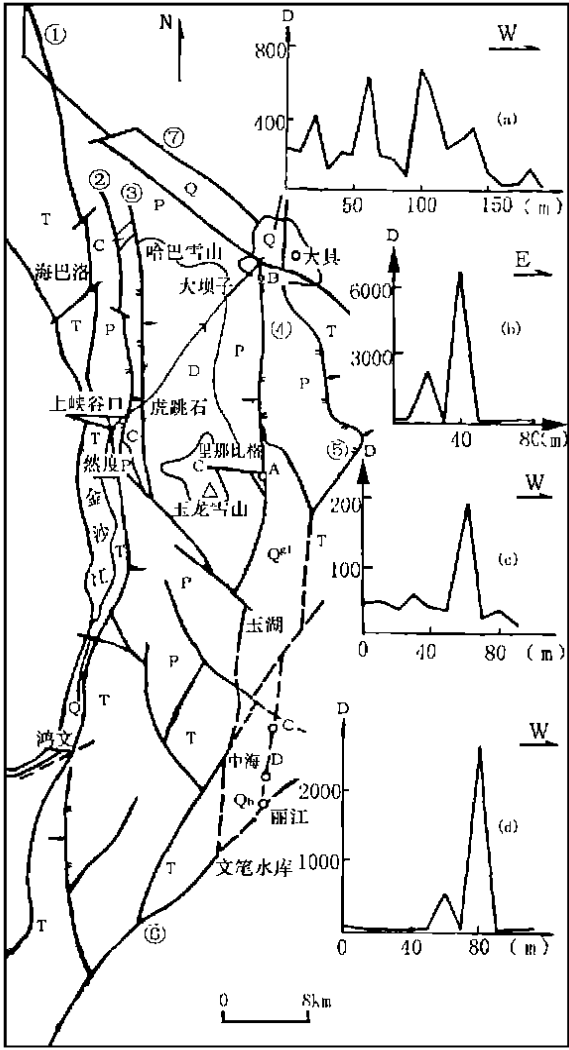
北段(海巴洛以北)。断裂带沿哈巴雪山、黑海山西缘向北延伸, 经楚波西侧断续向北延伸出图 1 所示范围。该段断裂总体走向 $N5^{\circ} \sim 10^{\circ} W$, 倾向 NE, 倾角 $> 60^{\circ}$ 。东盘(上盘)二叠纪玄武岩等老地层向西冲覆于西盘(下盘)三叠系中统或上统之上, 断层破碎带宽数米至数十米。断裂沿走向多处被其它方向的断裂或规模较小的断层所切错, 如在熏洞附近被 NW 向中甸—永胜断裂带南缘主干断裂右旋切错达百余米, 在楚波以北, 被一系列 NE 向断层右旋切错达数十至数百米不等, 故而贯通性较差。

南段(鸿文以南)。断裂沿白汉场槽谷东缘, 经剑川盆地, 在土登附近切过金沙江—红河断裂, 向南在乔后与维西—乔后断裂(又称通甸—巍山断裂带)斜接而中止。该段断裂总体走向 $N10^{\circ} \sim 15^{\circ} E$, 倾向 SE, 倾角较陡, $> 65^{\circ}$ 。断裂带沿走向总体上延续性较好并且较为平直, 仅在剑川和土登盆地之间及土登

收稿日期: 1999-06-01; 改回日期: 1999-07-10

基金项目: 原地质矿产部基础重点项目资助(项目编号 9501114)。

作者简介: 王运生(1960—), 男(汉族), 安徽潜山人。1983 年毕业于成都地质学院地质学系, 获理学学士; 1986 年获硕士学位; 1996 年晋升为副教授, 1999 年获地质工程专业博士学位。现任教于成都理工学院环境与土木工程学院。近年来参加国际合作项目、部重点项目及水电攻关项目十余项, 获部、院多项科技奖, 发表相关学术论文 30 余篇。



D 泥盆系; C 石炭系; P 二叠系; T 三叠系; Qe1 晚更新世冰碛; Qh 全新统; Q 第四系; ① 楚波—白汉场断裂; ② 上虎跳断层; ③ 虎跳石断层; ④ 玉龙雪山东麓断裂; ⑤ 丽江盆地东缘断裂; ⑥ 丽江—小金河断裂; ⑦ 中甸—永胜断裂; ⑧ 中甸断裂 剖面 a、b、c、d 分别为里那比格、大坝子、老农塘和丽江地震台测得的 α 辐射测量(测氡)剖面

图 1 玉龙雪山及其东西两侧地质简图

Fig. 1 The simplified geological map in Mt. Yulong Snow

向, 终止于玉湖北, 全长 36 km(图 1—②)。

1: 20 万丽江幅根据地表露头, 确定为向西陡倾之正断层。1995 年实地调查表明该断层地表露头确实是向西陡倾, 西盘为二叠系玄武岩, 产状 $N15^{\circ}W/SW<40^{\circ}$, 东盘为上泥盆统大理岩, 产状 $N10^{\circ}W/SW<69^{\circ}$, 两盘呈硬性接触, 断面呈波状起伏, 断层产状 $N6^{\circ}E/NW<80^{\circ}$, 断面附近风化强烈, 见劈理, 铁质浸染明显。该点之下约 30 m 处, 有一平硐, 其轴线方位 $N60^{\circ}W$ 。硐口至硐深 24 m 处为上泥盆统灰白色大理岩组成; 硐深 > 24 m, 由玄武岩组成, 硐内见两条断层破碎带。硐深 22 m 处大理岩内, 见带宽 0.35 m 的断层破碎带, 挤压紧密但局部张开 0.3 cm ~ 0.5 cm, 带内取方解石测年(TL), 结果为 9.3 ± 1.1 万年。

盆地内分别被 NE 向断裂切错, 在剑川盆地微向西凸出。破碎带宽达百余米乃至上千米, 且力学性质亦较复杂。土登盆地以南至乔后北侧的地质调查资料^[2]清楚地显示, 南东盘苍山群硅化角砾状大理岩向北西逆冲覆于北西盘上三叠统歪古村组之紫红色砂砾岩、页岩之上, 并形成 100 余米宽的断层破碎带, 带内见有云煌岩脉侵入, 下盘地层受其影响变质成干枚岩等。此外, 沿断裂带两侧附近岩体内产状为 $N20^{\circ}W/SW<70^{\circ}$ 劈理极为发育, 东盘泥盆系中存在一组北东轴向紧密褶皱。由此看来, 该断裂不仅表现为强烈压性逆冲性质, 也曾先后发生过右旋和左旋剪切活动。

中段(海巴洛至鸿文之间)。该段为 NNW 走向的北段与 NNE 走向的南段之间的构造转折部位, 断裂总体走向近南北且略向东凸出, 倾向东, 倾角 $>70^{\circ}$ 。该段沿走向延续性较好, 仅在上峡谷口及鸿文附近被 NW 及 NE 向断层左旋及右旋切错。

2 断裂的形成及其基本特征

楚波—白汉场断裂是扬子准地台与西部三江地槽褶皱系及松潘—甘孜地槽褶皱系边界断裂(近年来经研究确定其为甘孜—理塘板块结合带南段之主干断裂^[3]), 晚元古代就已形成, 并控制东西两侧震旦纪、古生代及三叠纪的沉积建造、岩浆活动、构造变动及变质作用。三叠纪末期随着西部槽区的回返, 断裂两侧均上升成陆, 因此侏罗纪以来, 断裂主要表现为控制两侧块体的相对运动, 地层及构造上表现最为显著的是沿该断裂的逆冲活动。

1.2 上虎跳断层

北起黑海山东, 经下尼支, 过虎跳峡至然度东均呈南北向延伸, 向南则转为南东

断层总体产状 $N5^{\circ}E/SE<79^{\circ}$, 断面见两组擦痕, 清晰的一组倾向北东, 侧伏角 25° ; 隐约的一组近直立。硐深 24 m 处见上泥盆统大理岩覆于二叠系玄武岩之上, 呈断层接触, 破碎带宽 0.5 m ~ 0.7 m, 胶结较好, 断面产状为 $N30^{\circ}W/SE<77^{\circ}$, 该断层与地表所见断层应属同一断层。

在同一地点不同高程见同一条断层倾向相反, 即由地表向西陡倾向深处转为向东陡倾, 这在逆冲叠瓦状构造中较为常见。因此, 上虎跳断层实际上是一向东陡倾之逆断层, 即东盘较老的泥盆系逆冲在西盘较新的二叠系之上。由于该断层的逆冲, 北岸哈巴雪山西侧形成明显的地貌台阶: 断层以西等高线稀疏, 存在海拔约 4 000 m 的缓坡; 东侧等高线密集, 在平距不到 2 km 的距离内, 海拔急剧升到 5 000 m 以上。

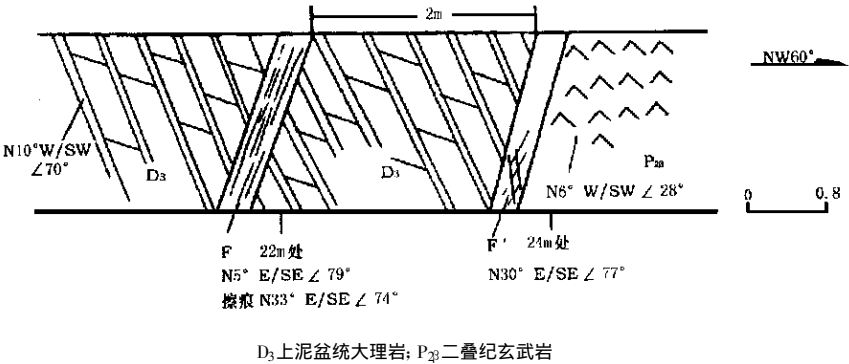


图 2 上虎跳断层剖面

Fig. 2 Cross section of Shanghutiao Upper Tiger Leaping Gorge fault in the adit

1.3 虎跳石断层

位于上虎跳断层东侧, 北始于黑海山南, 经哈巴雪山西侧, 水闸坝, 过金沙江, 向南与上虎跳断层南段(NW 走向)斜接, 全长经 30 km(图 1—③)。

断层西盘为上泥盆统大理岩, 东盘为下泥盆统结晶片岩。在虎跳石北岸见露头剖面, 断层破碎带宽 0.3 m ~ 0.5 m, 破碎带炭化成黑色(取样热释光测年 9.4 ± 1.2 万年), 经强烈挤压后石英成小透镜体, 劈理发育, 具压性结构面特征。断面波状起伏, 地表产状 $N5^{\circ} \sim 10^{\circ}E/NW<84^{\circ}$, 断面上两期擦痕产状分别倾向 S、W, 侧伏角分别为 23° 、 90° , 缓倾角擦痕明显切过陡倾角擦痕, 表显陡倾角的活动早, 缓倾角擦痕形成晚。从断层破碎带特征及石英透镜体在剖面上的左列规律(面朝北观察)、以及西盘完整和东盘羽裂发育等特点, 可以推断该断层是一东盘上升的压性断层, 结合断层两盘地层的新老关系可以判明虎跳石断层也同样应是一东倾之逆断层(仅于地表附近局部反倾向西), 而非前人所定的西倾的正断层。地貌上, 该断层构成哈巴雪山西坡的第一级台阶。

1.4 玉龙雪山东麓断裂

1.4.1 断裂概述

该断裂最早由云南省第一区调队(1977)发现, 北始于大具大坝子, 向南顺大沟, 经雪花村西, 白水林场, 里那比格终止于玉湖北, 延伸长度约 32 km^[1]。由于该断裂地表很难发现露头, 后人研究该区时, 一般循丽江幅的划法, 未对其进行进一步认真研究。

1995 年在 1:20 万 MSS 及 1:5 万 TM 卫星图象解释的基础上, 我们对该断裂进行了实地研究, 证实了该断裂的存在, 并根据卫星影像及实地测量数据, 将该断层南延, 过白沙、中海, 最后在文笔水库附近终止于丽江一小金河断裂, 全长 54 km(图 1—④)。这样该断裂就成为整个玉龙雪山断块的东界。1996 年地震后, 云南省地震局在玉湖和中海测量气态汞, 出现明显异常峰值^[4], 证实该断裂确实已向南延伸。整条断裂线性影像十分清晰, 地形上构成玉龙雪山东坡陡缓交界的分界线。

1.4.2 断裂性质的确定

云南省地质局第一区域调查大队(1977)根据权路沟地表露头确定断裂为东倾的正断层,西盘断面上见陡倾擦痕,后来的研究者对此未提出任何疑问。1995年现场调研过程中,我们在纠正1:20万地质图将玉龙雪山西侧近南北向断层定为西倾正断层的结论后,对其东侧断层(近SN向)定为东倾正断层的原有结论也产生了怀疑。联系到玉龙雪山的升降机制不难看出,既然雪山西侧发育的断层为东倾逆断层,那么其东侧的断层则应为西倾逆断层,因为只有这样,玉龙雪山地区才能在晚近期东西向应力场的强烈挤压下沿两侧相向内倾的双剪断裂迅速抬升而成为现今巍峨的雪山景观。于是,我们带着这个问题,通过踏实的实地工作,最终终于证实了我们的上述观点,主要证据如下:1. 于里那比格跨断层进行的 α 辐射测量表明,断裂西侧曲线衰减明显低于东侧(图1-(a,b)),据曲线衰减与断层产状的对应关系,可以判断该断裂为一西倾断裂;在文笔附近的 α 辐射测量结果同样指示该断裂为西倾;2. 白水河在玉龙雪山东麓一带为东西流向的深切河谷,根据1:20万丽江幅地质图所标的位置,我们沿河(垂直断裂走向)测了一条1.5 km 甚低频剖面,但无异常显示,说明断层未在测线涉及的范围内通过,由于东侧我们做了最大限度的延伸,故推断该断层应在西侧冰川悬谷脚下通过,根据这样修正的断层线,按“V”字形法则可以判定该断层为西倾;3. 1996-02-03丽江市城北40 km的大具盆地发生里氏7.0级大地震,震后联合调查表明等震线长轴方向为近南北向,玉龙雪山东麓断裂公认为发震断裂,震源机制解中与该断裂走向一致的节面产状为走向 $N6^{\circ}E$,倾向西、震中位置位于玉龙雪山东麓断裂西侧、构造裂缝指示西盘下降、西盘上地震中出现的地表跳石跳动的优势方位为由西向东等。上属证据有力地证明玉龙雪山东麓断裂是西倾的,而不是前人认为的是东倾的。

2 玉龙雪山升降机制及隆升时代

我们的研究清楚地表明,玉龙雪山东西两侧断层均为倾向山内的逆冲断裂,显然,玉龙雪山不是地垒式隆升机制。玉龙雪山要拔地而起只能是在东西向强烈挤压沿双剪型断层(均倾向山内)而迅速抬升。这与整个青藏高原及天山沿其南北缘双剪型断裂逆冲抬升的机制是一致的。

玉龙雪山升降机制的澄清不但为揭开玉龙雪山形成之迷提供了科学依据,而且为客观评价玉龙雪山及其周围区域稳定性成为可能,从地质工程的角度来看,虎跳峡一带的稳定性并不是人们想象中的那样稳定。

玉龙雪山的隆升时代是人们关心的另一问题,我们的研究表明,滇西北地区三叠纪以来经历了三期主压应力为东西向的应力场,它们分别是三叠纪、早第三纪和中更新世^[5]。从两侧断陷盆地中保存沉积分析,玉龙雪山在早第三纪和中更新世抬升最快,在丽江盆地保存有粗大的晚始新世—渐新世类磨拉石堆积(丽江组)及中更新世砂砾层。

3 结 语

通过对玉龙雪山东西两侧断裂的认真研究,在前人的基础上取得了较大的进展,具体表现为:

- 1. 玉龙雪山西侧上虎跳断层及虎跳石断层和楚波—白汉场断裂一样,均为向东陡倾(倾向山内)之逆断层,而非倾向山外之正断层;
- 2. 玉龙雪山东麓断裂为倾向西(倾向山内),而非倾向山外之正断层;
- 3. 高耸的玉龙雪山是由于在早第三纪和中更新世东西向强烈挤压的作用下沿其东西两侧双剪型断裂逆冲而快速抬升的。

参考文献:

[1] 云南省地质局第一区域调查大队. 丽江幅1:20万地质图及区域地质调查报告[Z]. 中国地质图制印厂, 1977.
[2] 云南省地质局第一区域地质测量大队. 兰坪幅1:20万地质图及区域地质调查报告[Z]. 中国地质图制印厂,

[3] 罗建宁, 张正贵, 陈明, 等. 三江特提斯沉积地质与成矿. 中华人民共和国地质矿产部地质专报·岩石、矿物、地球化学, 第 17 号[R], 北京: 地质出版社, 1987, 23~24.

[4] 周光全, 等. 丽江 7.0 级地震的地震地质构造背景分析[J]. 地震研究, 1997, (1), 92~100.

[5] 王运生, 王士天, 李渝生. 虎跳峡地区新生代以来应力场演化及断裂新活动性探讨[J]. 矿物岩石, 1998(增刊).

THE UPLIFT MECHANISM OF MT. YULONG SNOW, NORTHWEST OF YUNNAN

WANG Yun-sheng, WANG Shi-tian, Li Yu-sheng
(*Environments and Civil Engineering College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059 PRC*)

Abstract: According to the literature, fractures in both sides of Mt. Yulong Snow dip toward the outer mountain except for Chubo—Baihanchang fracture. In other words, Shanghutiao (Upper Leaping Gorge) fault and Hutiaoshi (Tiger Leaping Gorge Stone) fault dip toward the west while Mt. Yulong Snow East piedmont fracture dips toward the east. For this reason, Mt. Yulong is considered to be formed by horst—uplifting as the mantle uplifted in the geological history. Based on the systematic study of fractures in both sides of Mt. Yulong Snow, we indicate that Chubo—Baihanchang fracture, Hutiaoshi fault and Shanghutiao fault in the western side dip toward the east and rised abruptly along a thrust east piedmont fracture dips toward the west. Consequently, the high Mt. Yulong Snow rised abruptly along a thrust double—shear fracture in an E-W oriented compressive stressfield developing in Tiassic, Paleogene, and Middle Pleistocene, rather than the horst—uplifted. The new mechanism is similar to that of Tianshan, which shows that the horizontal movement is more likely the main force source for the uplifting.

Key words: Mt. Yulong Snow; uplift mechanism; thrust uplift; northwest of Yunnan