维普资讯 http://www.cqvip.com

第33卷第5期 中 国 地 质 Vol.33,No.5
2006年10月 GEOLOGY IN CHINA Oct.,2006

玉龙—哈巴雪山断块差异隆升的基本特征及其地质灾害效应

张西娟[1] 曾庆利[2] 马寅生[1]

(1.中国地质科学院地质力学研究所,北京 100081;
2.中国科学院地质与地球物理研究所工程地质力学重点实验室,北京 100029)

提要:青藏高原新生代以来的持续性、阶段性隆升是地球演化过程中重要的地质和环境事件。尤其是晚新生代以来的加速隆升,使青藏高原主体及其周缘地区成为中国大陆地貌的最高一级阶梯。笔者主要从新构造运动条件下青藏高原东南缘玉龙—哈巴雪山断块这样一个典型的第四纪以来断块快速差异隆升的地区出发,通过详细研究该断块的组成以及几何学运动学特征来探讨其隆升机制,并在此基础上进一步研究该快速隆起的地质灾害效应(如地震、崩塌、滑坡和泥石流等)及其对本区地质灾害发育和发展的控制作用,进而得到地球内动力地质作用与重大地质灾害(外动力地质作用)之间存在必然的耦合关系的结论。

关 键 词:新构造运动;玉龙—哈巴雪山断块;差异隆升;地质灾害效应;丽江地震;滑石板滑坡;地球内外动力耦合作用
中图分类号:P546;P694 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-3657(2006)05-1075-08

新构造运动不但与地震、活动断裂等内动力地质灾害关系密切,而且与崩塌、滑坡、泥石流等外动力地质灾害之间的联系也相当紧密。新构造运动与地质灾害发育发展之间的耦合关系研究,即地球内外动力耦合作用下重大地质灾害发生的成因机制研究,是一个崭新的科学命题,也是当前地质灾害研究的前沿和热点[1]。在典型地区,综合多学科并利用最新的观测技术和资料来研究两者之间的耦合关系成为新的研究方法和手段。

云南玉龙—哈巴雪山地区位于青藏高原东南缘的大陆地形陡降坡度带,新生代以来受青藏高原持续性、阶段性强烈隆升的作用,形成了高地应力、强断裂和地震活动性、深切峡谷的强卸荷改造等内外动力环境[2]。因此该地区不仅以其壮观的峡谷和雪山地貌吸引着国内外游人前往游览,同样以其显著的断块差异隆升及其诱发的地质灾害(如,地震、滑坡、崩塌、泥石流等)吸引着活动构造、环境地质、工程地质、地貌学等诸多学科的研究者。1996年2月3日发生的Ms 7.0级丽江强烈地震[3]以及当年10月28日发生的滑石板岩质高速滑坡[4],为人们重新认识玉龙—哈巴雪山晚新生代以来的断块差异快速隆升及其诱发的地质灾害提供了难得的研究实例。

笔者通过研究围限玉龙—哈巴雪山断块的4条活动断裂在几何学、运动学上的特征,说明该断块中更新世以来的差异快速隆升机制;并以1996年丽江地震、虎跳峡滑石板基岩高速滑坡,虎跳峡两家人松散堆积碎石流为例,说明该断块的差异快速隆升的地质灾害效应。

1 玉龙—哈巴雪山断块差异隆升的基本特征

玉龙—哈巴雪山地处青藏高原东南缘横断山区,是滇西北最高的两座山峰,雄伟的虎跳峡穿山而过。在大地构造位置上,玉龙—哈巴雪山位于松潘—甘孜褶皱系与扬子准地台两个一级大地构造单元复合部位靠东一侧,属扬子准地台西侧台缘褶皱带,川滇菱形断块西侧[5](图1)。区内构造以近南北向的印支期褶皱和断裂为主,并叠加了北西向和北东向两组喜山期褶皱和断裂,总体呈现断块构造格局。

受青藏高原新生代以来持续阶段性隆升的影响,玉龙—哈巴雪山地区新构造运动强烈,主要表现为断块的差异性活动和断陷盆地的形成。玉龙—哈巴雪山断块与其周缘断块之间表现为明显的垂直差异活动,例如,玉龙雪山与丽江断陷盆地之间的相对高差达2 000 m以上。玉龙—哈巴雪山断块

收稿日期:2006-01-01;**修回日期**:2006-06-02
基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(1212010511508)和国家重点基础研究发展规划项目(2002CB412701)资助。
作者简介:张西娟,女,1977年生,博士生,主要从事第四纪地质及新构造方面的研究工作;E-mail:xjzhang2008@126.com。

维普资讯 http://www.cqvip.com

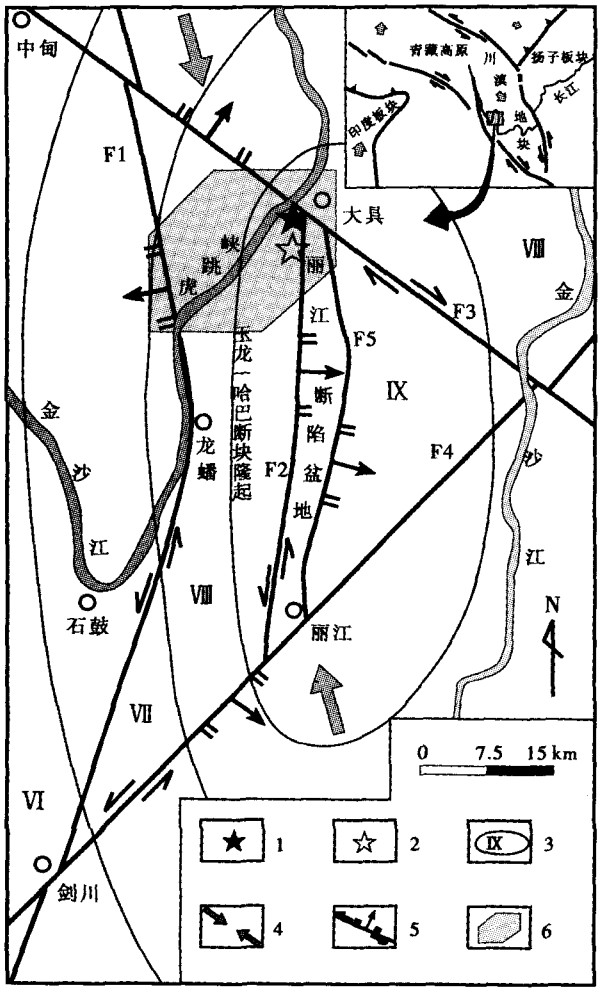


图 1 玉龙-哈巴地区构造简图

1—1996.2.3 Ms7.0 主震震中;2—1996.2.5 Ms6.0 余震震中;3—等震线及地震烈度;4—区域最大主应力方向;5—倾滑正断层;6—图 8 的位置

Fig.1 Schematic structural map of the Yulong-Haba area

1—Epicenter of the Lijiang main earthquake of Ms 7.0 on February 3, 1996; 2— Epicenter of the Lijiang aftershock of Ms 6.0 on February 5, 1996; 3—Isoseismal curves and seismic intensity; 4—Direction of the maximum regional principal stress; 5—Nomal fault with strike-slip component; 6—Position of Fig.8

由 4 条主要边界断裂围限而成,形成不规则梯形。这 4 条断裂为龙蟠—乔后断裂(F1),玉龙雪山东麓断裂(F2),中甸—大具断裂(F3),丽江—剑川断裂(F4)。玉龙雪山东麓断裂(F2)与大具—丽江断裂(F5)构成丽江断陷盆地(图 1)。

在近南北(NNW-SSE)向现今区域构造应力场作用下,各边界断裂表现为强烈的构造活动性[3,6-7]。作者在野外地质调查和前人资料分析的基础上,研究了这些边界活动断裂的几何特征和运动特点,并结合该断块内部新生代以来的构造变形特征进一步分析其断块隆升机制。

1.1 龙蟠—乔后断裂(F1)

该断裂为玉龙—哈巴雪山断块的西部边界断裂,它从楚波起向南越过海巴洛、龙蟠、鸿文、白汉场、剑川至乔后,最后被维西—乔后断裂截切,全长 200 km,走向近南北,呈向东凸出的弧形。也有资料称之为楚波—白汉场断裂[6]。龙蟠—乔后断裂切割了红河断裂带的次级断裂,是一条长期活动断裂,断裂带宽 100~2 000 m,力学性质复杂。根据与其他断裂之间的相互交切关系,该断裂可划分为 3 段:北段、中段和南段。笔者仅研究其中段,即海巴洛至剑川段。龙蟠为该断裂的构造转折部位,龙蟠以北断裂走向 340~345°,倾向南西,倾角大于 60°;龙蟠以南走向 15~20°,倾向北西,倾角大于 55°。

新近纪以来,龙蟠—乔后断裂至少发生过 3 期活动,早期在古近纪末至新近纪初,其力学性质以压扭性逆冲为主,有右旋走滑分量,断层倾向时东时西[7];在中更新世早期至晚更新世早期主要表现为压性逆冲的构造活动;在晚更新世末期至全新世构造活动转变为具有一定正断分量的左旋剪切性质。第四纪地表断层错断了下更新世至全新世的地层,断层倾向同样有东有西[6]。笔者在虎跳峡冲江河与虎跳峡上峡口交汇处的北岸和龙蟠吊桥东岸的阶地上发现的第四纪正断层,这两处断层均倾向西。

在冲江河与虎跳峡上峡口交汇处的北岸,断裂带宽度大于 500 m,处于断裂带中的三叠纪大理岩被挤压碎裂成直径为 2~5 cm 的碎块,岩层之间还保留层间错动的小型逆冲断层,说明早期断层表现为逆冲挤压性质。但是在倾向冲江河谷的斜坡剖面上,发现第四纪正断层(图 2)。断层上盘为全新世河流冲洪积物,胶结松散,下盘为碎裂三叠纪大理岩。断层上下盘之间还发育了宽 40~70 cm 的断层角砾岩带,胶结松散。

在龙蟠吊桥东岸的阶地上发现第四纪正断层(图 3)。断层明显错动了由第四纪晚期河流冲积物和洪积物所组成的河流二级阶地地层。断层沿河流走向发育,倾向北西西,倾角 55~60°,与主断层一致,是主断层的次级小断层。表明该段龙蟠—乔后断裂全新世以来具正断层的性质。

1.2 玉龙雪山东麓断裂(F2)

玉龙雪山东麓断裂北起大具,向南经雪山东麓、从玉湖东北进入丽江盆地并被北东向丽江—剑川断裂截切,总长约 60 km。断裂走向南北,倾向东,倾角 60°。该断裂构成玉龙—哈巴雪山断块的东部边界。俞维贤等[8]认为,区域构造主压应力方向在中更新世末期为北西方向并以左旋压扭活动为主,在晚更新世中期至全新世转变为近南北向并以张性左旋正断活动为主。

韩竹军等[9]认为玉龙雪山东麓断裂及丽江盆地在几何学上具有锯齿状断裂的典型特征,运动方式上既有拉张伸展又有左旋剪切。现今丽江盆地轮廓的出现开始于中更新世,

维普资讯 http://www.cqvip.com

至今盆地沉积了 1 200 m 厚的沉积物，与东西两侧 N_2 夷平面相差达到 2 000 m。在黑水一队，该断层发育在二叠纪玄武岩中，覆盖在二叠纪玄武岩上的晚更新世洪冲积层(热释光年龄为 90.3±6.9 ka B.P.)被断层错断，在云杉坪西山前的陡崖下以北的断裂裂缝延长线上获得灰色断层泥，其热释光年

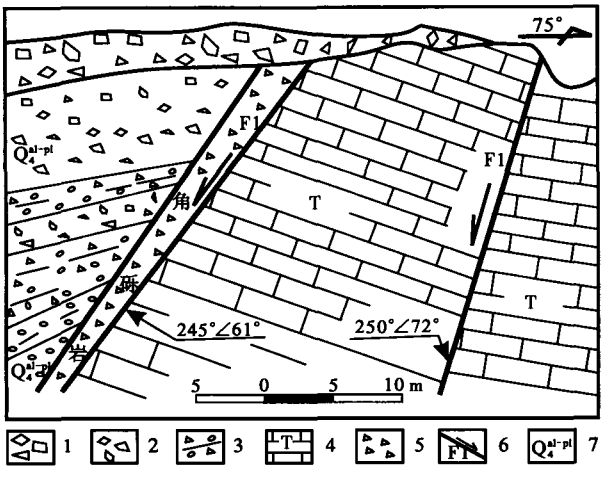


图 2 龙蟠—乔后断裂桥头镇剖面

1—采石弃渣;2—残坡积;3—冲洪积物;
4—三叠纪碎裂灰岩;5—断层角砾岩;6—龙蟠—乔后断裂;
7—全新世混杂堆积物

Fig.2 Section of the Longpa-Qiaohou fault at Qiaotou Town

1-Waste quarry stone;2-Eluvium;3-Alluvial and proluvial deposits;4-Triassic fractured limestone;5-Fault breccia;6-Longpan-Qiaohou fault;7-Holocene deposits

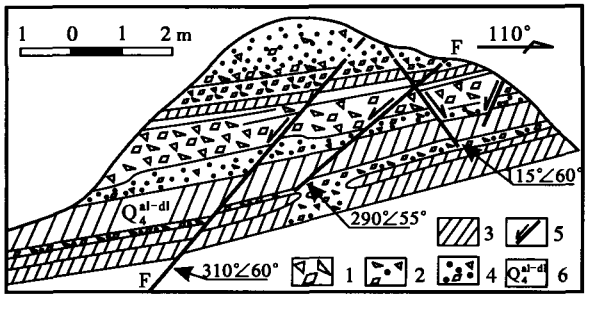


图 3 龙蟠—乔后断裂龙蟠吊桥剖面

1—洪积砾石;2—砂砾层;3—粉砂层;4—含砾砂层;
5—正断层;6—全新世冲洪积物

Fig.3 Section of the Longpan-Qiaohou fault in the Longpan drawbridge on the right bank of the Jinsha River

1-Diluvial gravel;2-Sand and gravel;3-Silt;4-Gravel-bearing sand;5-Normal fault;6-Holocene alluvial and diluvial deposits

龄为(36±5) ka B.P.[10]，断层产状为 6°/SE/78°，表明该断裂在晚更新世曾经多次活动。在丽江盆地玉湖村附近玉龙雪山东麓断裂发育高 25~27 m 断层崖(图 4)，在断层崖下方见到中更新世冰碛物与全新世河流相冲积物之间为断层接触，断层面产状:5°/ SE∠71°，断裂带宽 0.5~1 m。断崖的顶部存在一套灰褐色砂砾石堆积层，与断裂上盘表层的堆积物在岩性、结构等方面一致，故认为是同时代堆积物。这表明在全新世该山前断裂有过一次正断活动，使得全新世早期的河流相沉积被垂直错断。

此外，通过航片解译发现玉龙雪山东麓的第四纪冰川谷地与山前断裂的几何关系为左旋。在龙泉村一带，发现山脊冲沟等地貌明显被左旋位错，错距达 30 m。

玉龙雪山东麓断裂是 1996 年 2 月 3 日发生的 Ms 7.0 级丽江地震的发震断裂。地震主震震源机制 P 波初动解说明主震主压应力轴为近南北向，仰角达 75°，显示地震以垂向力作用为主。因此，晚更新世以来，玉龙雪山东麓断裂总体表现为具有一定左旋走滑分量的正断层。

1.3 中甸—大具断裂(F3)

中甸—大具断裂北起中甸，向南东经大具、大东、文明，过金沙江，到永胜盆地附近与程海断裂交汇，长 120 km，总体走向 320°，断层面向北东陡倾，倾角 75°。该断裂在金沙江大东附近与北东向丽江—剑川断裂交切，在大具盆地与玉龙雪山东麓山前断裂交汇并继续向东延伸。该断裂右旋错断了发育在哈巴雪山北麓的河流，并控制了哈巴盆地的形成。在大具盆地该断裂切错了中更新世金江冰积层，并使其发生倾斜变形。在大具盆地的三级阶地(形成时代约为 10 kaB.P.)上可见由于该断裂右旋正断-走滑错动所形成的陡坎、挤压垄脊等变形地貌，并使金沙江右旋错动达 2 500 m，中更新世以来的右旋走滑速率达 4~5 mm/a[11]。因此，中甸—大具断裂全新世以来具有右旋-正断走滑的运动学特点。

1.4 丽江—剑川断裂(F4)

区域上被称为丽江—小金河断裂，是川滇菱形地块内一条重要的北东向活动断裂，属于龙门山北东向深断裂带。它北起文化东北的金沙江边，向南经团山、丽江、文笔水库、中甸，进入剑川盆地，全长 80 km，基本由两条平行主干断裂组成。断裂走向 NE35~50°，相向倾斜，倾角大于 70°。在丽江团山水库发育断层崖和左行斜列平顶山体(图 5)，并且在其中一条冲沟内取得的淤泥样品 ^{14}C 年龄为 25.1 ka B.P.。在丽江文化本过村西，在山前小冲沟被同步左旋位错的同时，可见正断层陡坎;并且通过探槽揭示了晚更新世地层与全新世地层之间的正断层接触[3]。

该断裂带的垂直差异活动亦相当显著，断裂两侧 N_2 夷平面的高程为 3 000~3 100 m，而槽谷中残留的 N_2 红土风化壳高程为 2 500 m 左右，第四纪以来的垂直差异活动幅度达 500~600 m[6]。

因此，可以认为丽江—剑川断裂第四纪以来是一个具有正断分量的左旋走滑断层。

维普资讯 http://www.cqvip.com

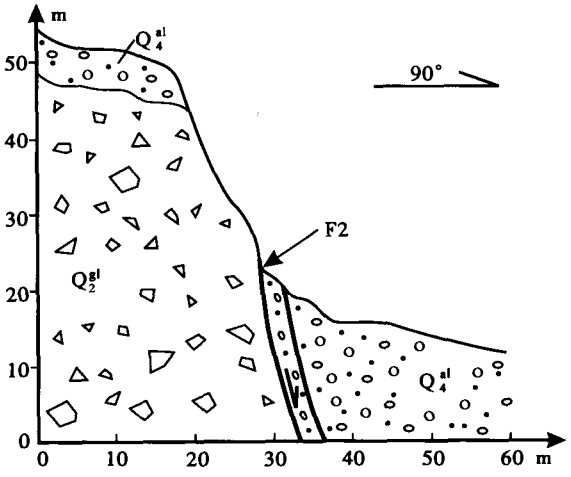


图 4 丽江玉湖村玉龙雪山东麓断裂剖面图

Q_4^{al} —全新世早期河流相沉积物；

Q_2^{gl}—中更新世冰碛物；F_2—玉龙雪山东麓断裂

Fig.4 Section of the eastern Yulong Mountain piedmont fault at Yuhu Village, Lijiang County

Q_4^{al} – Early Holocene fluvial deposits; Q_2^{gl} – Middle Pleistocene tills; F_2–Eastern Yulong Mountain piedmont fault

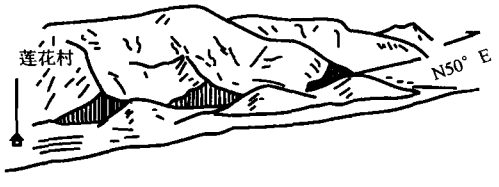


图 5 丽江—剑川断裂莲花村剖面[8]

Fig.5 Section of the Lijiang–Jianchuan fault at Lianhua village[8]

2 玉龙—哈巴雪山地块隆升机制的讨论

新生代以来印度板块同欧亚板块的陆陆碰撞及其后持续的会聚作用，使青藏高原隆升至现在的高度。青藏高原的隆升具有持续性和阶段性加速的特征，先后经历了 4 大构造运动阶段，即喜马拉雅运动，青藏运动，昆黄运动及共和运动[13]。川滇菱形地块发生顺时针转动，藏东南发生强烈的阶段性隆升。

对于玉龙—哈巴雪山地块的隆升机制，存在着两种截然不同的观点。传统的观点认为是“地垒式”断块正断隆升[7]，而有研究者[13~14]认为玉龙雪山东西两侧的断层（即本文的龙蟠—乔后断裂 F1 和玉龙雪山东麓山前断裂 F2），包括玉龙—哈巴背斜内部的断层均是倾向山内的逆断层，玉龙雪山是在主压应力为近东西向应力场的作用下沿双剪型逆冲断裂向上快速逆冲而快速抬升的。笔者认为玉龙—哈巴地区是典型的断块正断隆升，并且其快速隆升时代始于早更新世末—中更新世初期发生的一次构造运动，即“昆仑—黄河运动”。

首先从玉龙—哈巴雪山断块的 4 条活动断裂的描述（图1）看出，这 4 条活动边界断裂，中更新世以来均表现出不同程度的向外倾的正断分量。表现最为显著的是玉龙雪山东麓山前断裂的正滑分量使玉龙雪山与丽江断陷盆地之间的相对高差达到 2 000 多米。在龙蟠谷地，龙蟠—乔后断裂的正断分量使玉龙雪山与金沙江西岸山地之间的高差达到了 500~11 000 m。虽然丽江—剑川并没有表现出与其他 3 条边界断裂那样明显的向外倾的正断分量，但是该断裂由两条平行断层组成，左旋拉分致使两条平行断层之间的地区成为洼地，所以也相当于具有正断层效应。因此，单从围限玉龙—哈巴雪山断块的 4 条边界活动断裂第四纪以来在运动学和几何学上的特征，可以得出玉龙—哈巴雪山是以断块形式隆升的。

第二，除了围限玉龙—哈巴雪山断块的边界断裂表现出断块构造隆升的特征外，该断块内部的玉龙—哈巴背斜核部时代不明的片岩与两翼上覆中泥盆世以后的沉积地层之间的拆离滑脱事件[14]（图 6），也表明玉龙—哈巴雪山发生强烈断块隆升活动。这种伸展拆离在玉龙—哈巴背斜的两翼均有表现：西翼为两条高角度正断层；东翼的拆离构造在核桃园处最为明显。盖层之间发育了明显的伸展拆离的褶曲构造（图 7）。

第三，青藏高原东南缘的滇西北乃至整个滇西地区的下更新统与中更新统之间（丽江盆地分别是蛇山组与东元桥组）普遍存在的不整合或者假整合，标志着一次重大构造事件，即在早更新世晚期至中更新世初期本区曾经发生过与“昆黄”同期的构造活动——“元谋运动”[16~17]。在青藏高原阶段性隆升过程中，昆黄运动（1.1~0.6 Ma）是青藏高原一个重要的加速隆升时期，其特征是先经历了大面积抬升，后是突发性断块隆升与沉陷的构造运动[17]。

据崔之久等[18]研究，青藏高原经历了 3 次隆升和 2 次夷平，两次夷平后的高度均在 500 m 以下，现在的青藏高原隆升是从 5 Ma 开始的最新一次（即第 3 次）隆升。作为青藏高原古准平原面的东南延伸部分，玉龙—哈巴雪山地区在早更新世前达到第一临界高度 1 500 m，海拔高度在 500~1 500 m 变化。通过对丽江盆地早更新世蛇山组地层的孢粉和哺乳动物化石的分析，表明早更新世末当地是以松为主的针阔叶混交林，气候温和湿润，周围地形为高原上的相对意义的低山、丘陵或台地[20]，起伏高度为 500~1 000 m。这说明中更新世前，玉龙—哈巴雪山地区海拔较低，没有冰川发育。然而在中更新世早期，发育了玉龙冰期，玉龙—哈巴雪山已经隆升至雪线以上，进入冰冻圈，雪线海拔高度约 2 500 m，形成规模较大的山麓冰川[20]。姚小峰等[21]对玉龙雪山东麓中更新世古红壤的系统分析，郭正堂等[22]对玉龙雪山东麓的3 个古土壤样的有机质碳同位素组成与现代土壤的比较，均认为玉龙—哈巴地区中更新世（0.7~0.6 Ma）以来发生了幅度超过 800 m 大幅度的整体隆升。

显然，单单是高原中更新世以来的整体隆升尚不能使玉龙—哈巴雪山达到目前的高度，断块隆升就成为伴随整体隆

维普资讯 http://www.cqvip.com

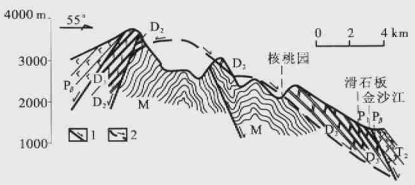


图 6　玉龙—哈巴背斜两翼的拆离构造[13]

M—时代不明变质岩基底；D_2—中泥盆统大理岩；D_3—上泥盆统大理岩；P_1—下二叠统大理岩；P_β—二叠纪玄武岩；T_2—中三叠统砂岩；1—正断层；2—推测拆离断层

Fig.6　Detachment structures in both limbs of the Yulong-Haba anticline[15]

M-Metamorphic basement of unclear age; D_2-Middle Devonian marble; D_3-Upper Devonian marble; P_1-Lower Permian marble; Pβ-Permain basalt; T_2-Middel Triassic sandstone; 1-Normal fault; 2-Inferred detachment fault

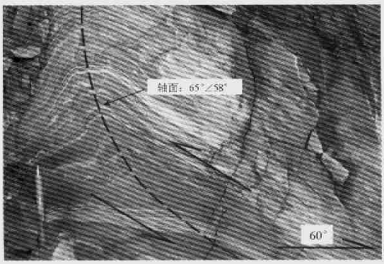


图 7　滑石板段二叠纪大理岩盖层中发育的伸展拆离构造的褶曲

Fig.7　Folds developed in the Permian marble cover in the Huashiban district, illustrating the extensional detachment structure

升的另一个机制。玉龙—哈巴雪山地区自“昆黄运动”后，不但发生前述的整体挤压隆升及冰川作用，同时也在局部地区发生断块隆升和沉陷的构造作用，例如中更新世发育的丽江断陷盆地。发生在早更新世与中更新世之间的“昆黄运动”还造成了丽江地区沉积相变和沉积盆地的解体[19]。

此外，相关研究资料还表明，滇西北地区构造应力场在早、中更新世发生了巨大转变，即构造应力场的最大主压应力方向从早更新世的近东西方向转变为中更新世以来的北北东方向[29-34]。

上述资料说明，早更新世晚期玉龙—哈巴地区的构造应力场的最大主压应力为近东西方向，中更新世时转变为北北东方向，在整体隆升的同时伴随着断块的隆升与盆地的沉陷，这显然与王运生等[13]所认为的本区在近东西向应力场的作用下沿双剪型逆冲断裂向上快速逆冲而快速抬升的观点相悖。即由 4 条边界活动断裂所围限的玉龙—哈巴雪山地区是典型的在青藏高原整体隆升背景下的局部断块差异隆升。

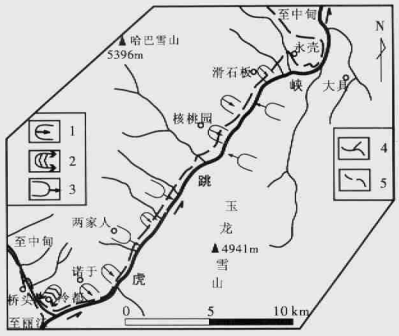


图 8　虎跳峡地区外动力地质灾害分布图

1—滑坡；2—变形体；3—崩塌；4—水系；5—公路

Fig.8　Distribution of geological hazards induced by exogenic forces in the Tiger-Jump Gorge

1-Landslide; 2-Deformation mass; 3-Rock avalanche; 4-Drainage system; 5-Highway

3　玉龙—哈巴雪山断块快速差异隆升的地质灾害效应

第四纪以来玉龙—哈巴雪山断块强烈地构造差异隆升，不但使该区形成地震、地裂缝等内动力地质灾害，而且还有滑坡、崩塌、滚石等外动力地质灾害。

3.1　地震灾害

晚更新世以来，伴随着青藏高原的快速隆升，位于藏东南强烈隆起区的玉龙—哈巴断块以强烈地震活动的形式来释放差异隆升过程中累积的形变能。最为典型的地震地质灾害是 1996 年 2 月 3 日发生的 Ms 7.0 级丽江地震，其主震震源机制 P 波初动解说明该地震的诱发活动断裂就是近南北向的玉龙雪山东麓山前断裂。本次地震不仅给当地人民造成了巨大的生命和财产损失，而且使世界文化遗产——丽江古城遭受前所未有的毁坏。另外，本区还记录了历史上发生的多次强烈地震。这些历史地震反映了由活动断裂控制下的玉龙—哈巴雪山断块的快速差异隆升。

3.2　滑坡崩塌灾害

玉龙—哈巴雪山断块的快速差异隆升使虎跳峡段河流

维普资讯 http://www.cqvip.com



图 9 “滑石板”岩质滑坡及诱发崩塌(镜向北西)

Fig.9 Pictures of the Huashiban rock landslide and induced avalanches

快速下切,原有的水系平衡被打破,北北东向虎跳峡类夺了原来南北向的冲江河水系,形成了陡峻的虎跳峡峡谷。在深切峡谷的形成过程中,太理岩所组成的东岸硝壁林立,直落数千米,崩塌、落石、碎石流等重力地质作用现象常有发生,只是因为规模较小且直坠峡底而被人们所忽视。

虎跳峡西岸斜坡较东岸稍缓,但普遍发生滑坡、崩塌、泥石流等边坡变形和破坏等地质灾害效应(图 8)。从上峡口至下峡口依次发育有处于不同历史状态和空间特征的滑坡,它们分别是冷都蠕动变形体、诺于古滑坡残余的再次小规模活动、两家人古滑坡残余碎石流[9]、核桃园古滑坡后缘危岩体、滑石板基岩滑坡[9]等。这些边坡的变形和破坏对来虎跳峡观光游览的中外游客、沿西岸边坡修建的丽江—中甸公路以及即将建设的虎跳峡水利工程枢纽等的安全形成极大威胁。

以滑石板大型基岩滑坡为例,1996 年 10 月 28 日虎跳峡西岸—距离下峡口约 500 m 处发生崩塌滑坡,约 500 万 m^3 固体物质高速下滑 300 m 冲入金沙江,堵江断流长达 40 多分钟,高峡出平湖(图 9),丽江—中甸公路被毁坏[8]。虎跳峡“滑石板”岩质顺层滑坡的发生不是独立事件,而是王龙—哈巴雪山断块快速差异隆升背景下地球内外动力耦合作用的结果,是虎跳峡河谷快速下切条件下岸坡发展演化历史进程中的必然事件。

4 结 论

位于青藏高原东南缘、中国第三级地形阶梯陡变带的玉龙—哈巴地区,被近南北向龙蟠—乔后断裂、玉龙雪山东麓山前断裂,北西向中甸—大具断裂,北东向丽江—剑川断裂等 4 条第四纪活动断裂所围限,几何学上呈一不规则梯形断块。这 4 条活动断裂产生于第四纪,尤其是晚第四纪以来的运动学特征表明,玉龙—哈巴断块与其周围地块存在显著的差异隆升。这种差异隆盛还表现在断块内部第四纪以来的基底变质岩与盖层之间的伸展拆离。

玉龙—哈巴断块中更新世以来受青藏高原“昆仑—黄河运动”的影响,表现出快速的差异隆升。其结果造成地壳内部形变能的累积和河流的快速下切,地震等内动力地质灾害(如 1996 年丽江地震)和滑坡、崩塌、滚石等外动力地质灾害(如两家人碎石流、1996 年滑石板基岩顺层滑坡)都是王龙—哈巴雪山断块差异快速隆升所产生的地质灾害效应。这些地质灾害发生的规模和周期受玉龙—哈巴雪山断块的差异隆升速率和周期所控制。在河流快速下切过程中,滑坡、崩塌、滚石等地质灾害是河谷发展演化历史过程的一部分,是地球内外动力耦合作用的必然结果。

参考文献(References):

[1] 王思敬. 地球内外动力耦合作用与重大地质灾害发生的成因初探[J]. 工程地质学报, 2002, 10(2):115~117.
Wang Sijing. Coupling of Earth's endogenic and exogenic geological processes and origins on serious geological disasters [J]. Journal of Engineering and Geology, 2002, 10(2):115~117(in Chinese with English abstract).

[2] 黄润秋. 中国西部地区典型岩质滑坡机理研究[J]. 地球科学进展, 2004,19(3):443~450.
Huang Runqiu. Mechanism of large scale landslides in western China [J]. Advances in Earth Sciences, 2004,19 (3):443~450 (in Chinese with English abstract).

[3] 韩竹军, 崔鹏民, 向宏发, 等. 1996 年 2 月 3 日云南丽江 7.0 级地震发生的构造环境[J]. 地震学报, 2004,26(4):410~418.
Han Zhujun, Guo Shunmin, Xiang Hongfa, et al. Seismotectonic environment of occurrence of the February 3, 1996 Lijiang M=7.0 earthquake, Yunnan province [J]. Acta Seismologica Sinica, 2004, 26(4):410~418(in Chinese with English abstract).

[4] 唐川, 黄楚兴, 万晔. 云南省丽江大地震及其诱发的崩塌滑坡灾害特征[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(3):76~84.
Tang Chuan, Huang Chuxing, Wan Ye. Lijiang earthquake and the induced rockfalls and slumps in Yunan [J]. Journal of Natural Disasters, 1997, 6(3):76~84(in Chinese with English abstract).

[5] 潘裕生. 横断山区地质构造分区[J]. 山地研究, 1989,7(1):3~12.
Pan Yusheng. Division of geological structure in the Hengduan mountainous region[J].Mountain Research, 1989,7(1):3~12(in Chinese

维普资讯 http://www.cqvip.com

with English abstract).

[6] 夏金梧, 周乐群, 胡宗云. 金沙江虎跳峡河段水电开发中存在的主要地质问题[J]. 人民长江, 1997,28(12):29~31.
Xia Jinwu, Zhou Lequn, Hu Zongyun. Main geological problems in Hutiaoxia dam zone on Jinsha River [J]. Yangtze River, 1997,28 (12): 29~31(in Chinese with English abstract).

[7] 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[R] .1977.
The First Regional Geological Survey Group of the Geological Bureau of Yunnan Province. The 1:200,000 scale geological map and the regional geological survey report of Lijiang station[R]. 1997 (in Chinese).

[8] 俞维贤, 安晓文, 胡耀雄, 等. 云南丽江地区断裂构造岩岩组动力学研究[J]. 地震研究. 2002.125(11):58~61
Yu Weixian, An Xiaowen, Hu Yaoxiong, et al. Study on Petro-fabric dynamics of fracture tectonic rock in LiJiang region, Yunan[J]. Journal of Seismological Research, 2002,25 (11):58~61 (in Chinese with English abstract).

[9] 韩竹军, 向宏发, 虢顺民.滇西北丽江盆地北部区第四纪时期的左旋剪切拉张[J]. 科学通报, 2004,50(4):356~362.
Han Zhujun, Xiang Hongfa, Guo Shunmin, et al. The Quaternary left-lateral shear-extension of the northern Lijiang Basin, northwest Yunnan [J]. Chinese Science Bulletin, 2004,50 (4):356~362(in Chinese).

[10] 俞维贤, 王彬, 谢英情, 等. 玉龙雪山周缘主要断裂的断层泥中石英碎砾表面 SEM 特征与丽江地震 [J]. 地震研究, 2004,127 (11):81~87.
Yu Weixian, Wang Bin, Xie Yingqing, et al. Discussion of the Lijiang earthquake and the SEM characteristics of surfaces of quartz gravels in the gouge of main faults around the Yulong snow mountain[J]. Journal of Seismological Research, 2004,127(11):81~87(in Chinese with English abstract).

[11] 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[A].见:青藏高原岩石圈现今变动与动力学[C]. 北京:地震出版社, 2001.123~135.
Shen Jun, Wang Yipeng, Ren Jinwei. The Quaternary right-lateral strike-slipping Deqin-Zhongdian-Daju fault in Yunnan,China[A]. In: Ma Zongjin, et al(eds.), Study on the Recent Deformation and Dynamics of the Lithosphere of Qinghai-Xizang Plateau [C]. Beijing:Seismological Press, 2001. 123~135 (in Chinese with English abstract).

[12] 彭建兵, 马润勇, 卢全中, 等. 青藏高原隆升的地质灾害效应[J]. 地球科学进展, 2004,19(3):457~466.
Peng Jianbing, Ma Runyong, Lu Quanzhong, et al. Geological hazards effects of uplift of Qinghai-Tibet plateau [J]. Advances in Earth Sciences, 2004,19(3):457~466(in Chinese with English abstract).

[13] 王运生, 王士天, 李渝生. 滇西北玉龙雪山隆升机制 [J]. 山地学报, 2000,18(4):313~317.
Wang Yunsheng, Wang Shitian, Li Yusheng. The uplift mechanism of MT. Yulong snow, northwest of Yunnan [J]. Journal of Mountain Science, 2000,18 (4):313~317 (in Chinese with English abstract).

[14] 苏生瑞, 王运生, 王士天.丽江地震区应力场研究[J]. 地质论评, 2004,50(1):57~64.
Su Shengrui, Wang Yunsheng, Wang Shitian. A study on the stress field in the region of the Lijiang earthquake[J]. Geological Review, 2004,50(1):57~64(in Chinese with English abstract).

[15] 张家声, 韩竹军. 滇西北玉龙-哈巴雪山的递进变形、FT 年代和区域构造联系 [A]. 见: 马宗晋,等主编. 青藏高原岩石圈现今变动与动力学[C] . 北京:地震出版社, 2001.136~147.
Zhang Jiasheng, Han Zhujun. Progressive deformation, age data and regional tectonic relationship of the Yulong-Haba mountain range, northwest Yunnan[A]. In:Ma Zongjin, et al(eds.), Study on the recent deformation and dynamics of the lithosphere of Qinghai-Xizang plateau [C]. Beijing: Seismological Press, 2001. 136~147(in Chinese with English abstract).

[16] 崔之久, 伍永秋, 刘耕年,等. 关于"昆仑-黄河运动"[J].中国科学(D 辑)[J]. 1998,41 (6):592~600.
Cui Zhijiu, Wu Yongqiu, Liu Gengnian, et al. The Kunlun-Yellow River tectonic movement [J]. Science in China(Series D), 1998,41 (6): 592~600(in Chinese).

[17] 程捷, 刘学清, 高振纪, 等. 青藏高原隆升对云南高原环境的影响[J].现代地质,2001,15(3):290~296.
Cheng Jie, Liu Xueqing, Gao Zhenji, et al. Effect of the Tibetan plateau uplifting on geological environment of the Yunnan plateau [J]. Geoscience, 2001,15(3):290~296(in Chinese with English abstract).

[18] 崔之久, 高全洲, 刘耕年, 等. 夷平面、古岩溶与青藏高原隆升[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(4):378~385.
Cui Zhijiu, Gao Quanzhou, Liu Gengnian, et al. Relationship of the planation surface and ancient karst with the uplifting of Tibetan plateau [J]. Science in China (Series D), 1996, 26(4): 378~385 (in Chinese).

[19] 汪新文, 赵其强, 杜恒俭. 滇西北丽江盆地的第四纪地层与古环境[J].现代地质,1995,9(1): 81~90.
Wang Xinwen, Zhao Qiqiang, Du Hengjian. Quaternary and palaeo-environment of Lijiang basin in northwestern Yunnan [J]. Geoscience, 1995,9(1): 81~90(in Chinese with English abstract).

[20] 赵希涛, 曲永新, 李铁松. 玉龙山东麓更新世冰川作用 [J]. 冰川冻土,1999,21(3): 242~248.
Zhao Xitao, Qu Yongxin, Li Tiesong. Pleistocene glaciations along the eastern foot of the Yuong mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1999,21 (3): 242~248 (in Chinese with English abstract).

[21] 姚小峰, 郭正堂, 赵希涛, 等. 玉龙山东麓古红壤的发现及其对青藏高原隆升的指示[J].科学通报,2000,45(15):1671~1676.
Yao Xiaofeng, Guo Zhengtang, Zhao Xitao, et al. Discovery of the red paleosols in eastern Yulong mountain and its implication to the uplifting of Tibetan plateau [J]. Chinese Science Bulletin, 2000,45 (15): 1671~1676(in Chinese).

[22] 郭正堂, 吴海斌, 魏建晶, 等. 用古土壤有机质碳同位素探讨青

维普资讯 http://www.cqvip.com

藏高原东南缘的隆升幅度[J].第四纪研究, 2001,21(5):392~398.
Guo Zhengtang, Wu Haibin, Wei Jianjing, et al. Tentative estimate of the southeast margin uplift of Qinghai-Xizang plateau using organic carbon isotope composition of paleosols [J]. Quaternary Sciences, 2001,21(5):392~398(in Chinese with English abstract).

[23] 刘光勋, 李方全, 李桂荣. 我国滇西北地震活动区的活动构造与应力状态[J]. 地震地质, 1986,8(1):1~10.
Liu Guangxun,Li Fangquan, Li Guirong. Active tectonics and state of stress in seismic region of north-west Yunnan Province, China [J]. Seismology and Geology. 1986,8 (1):1~10 (in Chinese with English abstract).

[24] 谢富仁, 祝景忠, 梁海庆, 等. 我国西南地区现代构造应力场基本特征[J]. 地震学报,1993,15(4):407~417.
Xie Furen, Zhu Jingzhang, Liang Haiqing, et al.Basic characteristics of modern tectonic stress of northwest China [J]. Acta Seimologica Sinica, 1993,15(4):407~417(in Chinese).

[25] 刘衡秋, 胡瑞林, 曾如意. 云南虎跳峡两家人松散堆积体的基本特征及成因探讨[J]. 第四纪研究, 2005,25(1): 100~106.
Liu Hengqiu, Hu Ruilin, Zeng Ruyi. Analysis of the basic features and the formation mechanism of Liangjiaren loose deposits in Tiger-Leap-Gorge, Yunnan [J]. Quaternary Sciences, 2005,25(1): 100~106(in Chinese with English abstract).

Basic characteristics of the differential uplift of the Yulong-Haba block and its geological hazard effects

ZHANG Xi-juan[1], ZENG Qing-li[2], MA Yin-sheng[1]

(1. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geosciences, Beijing* 100081, *China*
2. *Key Laboratory of Engineering Geomechanics, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029, *China*)

Abstract: The continuous and periodic uplift of the Qinghai-Tibet Plateau since the Cenozoic is an important geological and environmental event during the evolution of the Earth. Especially the accelerated uplift of the plateau since the Late Cenozoic has made the Qinghai-Tibet Plateau and its peripheral areas become the highest step of continental China. The paper focuses on the uplift mechanism of the plateau through a detailed study of the composition and geometric and kinematic features of the Yulong-Haba block-a typical Quaternary rapidly and differentially uplifted area on the southeastern margin of the Qinghai-Tibet Plateau, and on that basis, the paper further studies the effect of the rapid uplift on geological hazards (e.g. earthquakes, avalanches, landslides and mudflows) and its controls on the occurrence and development of geological hazards. In the last, it is concluded that there exists a coupling relationship between the Earth's endogenic geological processes (rapid differential block uplift) and the exogenic geological processes (major geological hazards).

Key words: neotectonic movement; differential uplift; geological hazard effect; Lijiang earthquake; Huashiban landslide; coupling of the Earth's endogenic and exogenic forces; Yulong-Haba Snow Mountain block

---

About the first author: ZHANG Xi-juan, female, born in 1977, doctor candidate and assistant engineer; mainly engages in the study of Quaternary geology and neotectonics; E-mail: xjzhang2008@126.com.