

藏北羌塘中部中更新世以来构造活动的证据

杨韩涛¹, 李 才¹, 李林庆²

YANG Han-tao¹, LI Cai¹, LI Lin-qing²

1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061;

2. 河北省区域地质调查研究所, 河北 廊坊 065000

1. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China;*

2. *Hebei Institute of Regional Geological Survey, Langfang 065000, Hebei, China*

摘要:在西藏 1:5 万双湖区戈木日东部地区 4 幅区域地质调查期间,对羌塘中部大沙河泥火山群、河流构造阶地、活动断层进行了详细的野外调查,查明泥火山 60 个,获得的 2 个泥火山喷出物热释光年龄分别为 $151.97\text{ka} \pm 12.92\text{ka}$ 和 $10.76\text{ka} \pm 0.91\text{ka}$,表明泥火山群自晚更新世至早全新世存在多次喷发活动。大沙河实测剖面显示,大沙河存在 II 级河流阶地,3 次新构造活动。获得的 6 个热释光年龄分别为中更新世 ($167.17\text{ka} \pm 14.21\text{ka}$)、晚更新世 ($113.27\text{ka} \pm 9.63\text{ka}$ 、 $83.84\text{ka} \pm 7.13\text{ka}$ 、 $75.47\text{ka} \pm 6.41\text{ka}$ 、 $42.22\text{ka} \pm 3.59\text{ka}$) 和全新世 ($7.61\text{ka} \pm 0.65\text{ka}$)。结合大沙河流域特殊的泥火山-断层构造组合,认为中更新世以来大沙河地区受北西西向活动断层的控制,经历了 3 次阶段性差异隆升与强烈剥蚀。

关键词:青藏高原;羌塘地区;大沙河;新生代;构造活动

中图分类号:P546 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2009)09-1325-05

Yang H T, Li C, Li L Q. Evidence of tectonic activities happened since the Middle Pleistocene in central Qiangtang, northern Tibet, China. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28(9): 1325-1329

Abstract: A detailed field geological survey of Dashahe mud volcano group, river terrace structure and active faults was included in the 4 sheets Eastern Gemu Mountain area, Shuanghu Region during the 1:50000 field investigations, during this time, we have identified 60 mud volcanoes, of which two TL age were $151.97 \pm 12.92\text{ka}$ and $10.76 \pm 0.91\text{ka}$, which indicated that there were a few eruption events from Late Pleistocene to Middle Pleistocene. Measured Dasha River section confirms the existence of II terrace and three times new tectonic movements. Six TL ages were obtained, respectively belong to the Mid-Pleistocene ($167.17 \pm 14.21\text{ka}$), Late Pleistocene ($113.27 \pm 9.63\text{ka}$, $83.84 \pm 7.13\text{ka}$, $75.47 \pm 6.41\text{ka}$), Holocene ($7.61 \pm 0.65\text{ka}$). Combined with a special mud volcano - fault structure in Dasha River, it is concluded that in the Mid-Pleistocene, this area was controlled by NWW active faulting, and had experienced three stages with a strong differential uplifting and intensive erosion.

Key words: Qinghai-Tibet Plateau; Qiangtang area; Dasha River; Cenozoic; tectonic activities

青藏高原作为印度和欧亚板块碰撞造山的产物,新生代以来构造活动强烈,构造样式和类型复杂。新构造运动的特点、与高原隆升的关系及其对河流水系演化的影响一直是研究新构造运动的核心内容和热点问题^[1-2]。羌塘中部河流、湖泊及其构造阶

地、泥火山广泛发育,对研究羌塘地区的新构造和青藏高原隆升问题来说都是得天独厚的优越条件。笔者于 2008 年 8 月对 4 幅 1:5 万填图区域内的泥火山群及第四纪河流构造阶地进行了实地勘查,针对大沙河泥火山群、阶地剖面,从地貌形态结构进行观

收稿日期:2009-06-05;修订日期:2009-08-26

地调项目:中国地质调查局项目(编号:1212010818115)与中国石油化工股份有限公司项目(编号:Ph08005)资助

作者简介:杨韩涛(1979-),男,在读硕士,构造地质学专业。E-mail:yanght@jlu.edu.cn

通讯作者:李才(1953-),男,教授,博士生导师,从事青藏高原大地构造与区域地质研究。E-mail:licai010@126.com

察和分析,对阶地剖面沉积物进行了系统的热释光测年,获得了中更新世以来该区构造活动的证据,并对其构造演化过程进行了分析和讨论。

1 区域地质地理概况

研究区位于羌塘中部果干加年山南侧(图1),地理坐标为N 33°29′~33°32′、E85°55′~86°05′。区内以龙木错-双湖蛇绿构造混杂岩为基底,古近纪以来的地层广泛发育,第四系以冲积为主。新构造运动以断裂、泥火山活动为主。在遥感影像上,断层呈明显的线性影像、近直线分布的陡坎、水系的同步弯曲,泥火山呈斑块状、点状深蓝色块的集合等。在西藏1:25万玛依岗日幅(I45C003002)区域地质调查中,对大沙河活动断层进行了比较详细的调查^①,查明该断裂F₃(图1、图2)是一条在基底断裂基础上活化的正断层,根据大沙河断层下盘的沉积物的轴系法等时线定年,沉积物的时代为36.4ka,晚更新世以来有强烈的活动。

总之,区内的更新世断裂不仅构成断块体的边界,而且在很大程度上控制了大沙河的流向、泥火山的展布、湖泊(戈木错)演化等。本文在1:5万野外地质调查的基础上,对区内的泥火山-断层构造进行了初步研究。

2 泥火山的特征

泥火山是发生在特定地质构造-水文地质条件下的构造流体活动的地质自然现象^[3]。研究区内泥

火山的意义在于:泥火山与新生代活动断裂关系密切,是现代地壳、新构造运动的显著标志;泥火山是天然气等水合物存在的活证据;泥火山沉积物的研究可以提供地壳浅部层次的地质信息;对泥火山群的研究和发现还具有重要的景观价值。

2.1 泥火山的产状

大沙河泥火山群主要沿大沙河南岸分布,线型特征明显(图1)。野外地质调查期间查明火山口60个,按其产状可分为池状、盾状、凹盆状、盾盆复合型。区内泥火山口的形态,除个别保留完整形态外,多遭受河流、冲沟地质作用的破坏,河道冲沟附近可以见到火山口的横剖面,火山通道为黄色泥浆充填。

池状泥火山的直径为40~100m,火山口直径20~70m,边坡风化严重且多与地平,由于大沙河河流的影响,多为火山湖,个别见有气泡冒出。盾状、凹盆状、盾盆复合状均为沉寂火山。盾状泥火山直径5~10m,火山锥个体相对较小,边坡5°左右,呈盾状产出。凹盆状泥火山直径5~35m,喷泥口下凹,边坡保留较完整,成分有亚砂土、矿物碎屑、岩石碎屑,矿物碎屑主要为石英,岩石碎屑有变质石英砂岩、石榴子石白云母片岩、白云母石英片岩、榴辉岩、硅质岩等,磨圆中等,分选中等。盾盆复合状泥火山形态比较特别,整体形态为凹盆状,喷泥口处保持盾状外观,表明该泥火山存在不同期次、不同规模的泥浆活动。

2.2 泥火山的年代学

依据热释光测年原理^[4-6],泥火山喷出物质在泥

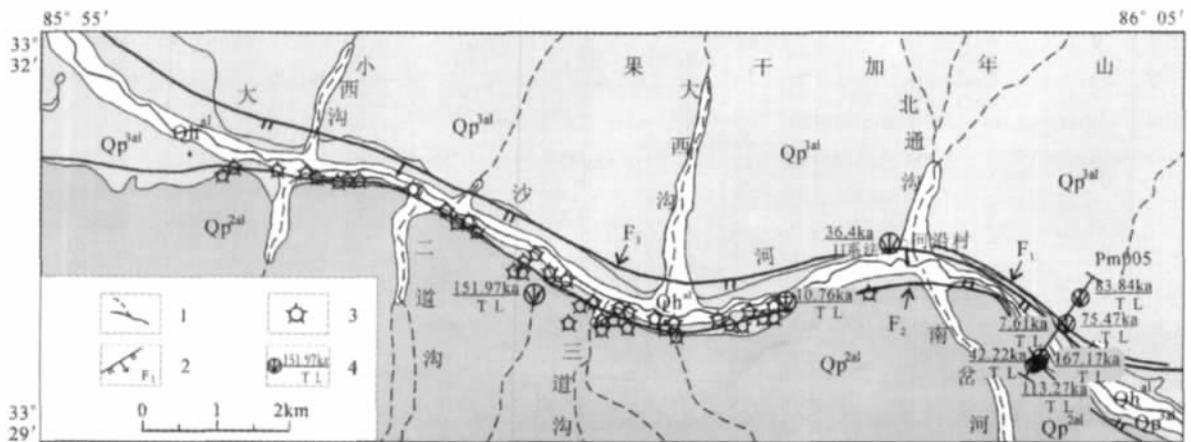


图1 羌塘中部大沙河区域地质地理概况

Fig. 1 Geography and geological sketch map of Dasha River area in central Qiangtang, northern Tibet

1—水系;2—正断层;3—泥火山;4—热释光样品点和年龄值;Qp^{2al}—中更新世冲积物;

Qp^{1al}—晚更新世冲积物;Qh^{1al}—早全新世冲积物;Pm005—剖面线

火山喷发活动前积累的释光信号因加热和沉积过程中曝光而晒退回零,或减少到很低水平,只残留一些不可晒退的组分,样品的释光“时钟”回到零点。样品被覆盖后受到环境中的放射性辐照,释光信号重新以恒定的速度积累,直到取样和实验室测量。通过实验测试即可得出样品的埋藏即样品最后一次加热或曝光时间,也就是泥火山该次喷发活动的停止时间。

在大沙河泥火山群内采集了 2 个样品(图 1),样品为泥火山边坡覆盖层之下的砂土。每个样品都是在距泥火山边坡表面大于 50cm 深处挖洞采集的。挖出整块样品后,立即装入黑色袋子密封包装,以防止日光照射。样品由中国地震局地壳应力研究所热释光实验室测试,年龄分别为 $151.97\text{ka} \pm 12.92\text{ka}$ 和 $10.76\text{ka} \pm 0.91\text{ka}$ (表 1)。结合泥火山的盾盆结构,表明自中更新世以来,泥火山存在多次喷发事件,并且一直持续到全新世。

2.3 泥火山的形成条件

泥火山是内力与外力作用下呈现的一种均衡状态。在不同地区泥火山的成因是不同的,可以分为地质、构造、地球化学和流体地质成因^[7],这些成因往往是相互连续、互相依赖、共同作用的。一般认为泥火山出现的地方常有以下特征^[8]:第一是地下储有巨大的压力,一般由天然气聚集而产生,天然气的外涌带动泥浆及其他岩屑喷出;第二是有断层等通道,允许气体与泥浆的涌出;第三是区内有胶结疏松且易被地下水携带的泥岩层的分布,供应泥火山喷发泥浆的来源。

泥火山形成需要的三大要素也是石油地质理论中油气生成、运移和聚集 3 个最重要的条件。三大要素适当配合形成油气藏,当断层具开启性且断至地表时,油气藏会被破坏,泥浆喷出地表而形成泥火山。所以,泥火山的存在表明该区曾发生过油气的生成、运聚和破坏,可以作为盆地早期油气评价的一项标志^[7-11]。羌塘地区泥火山的发现同样与油气关系密切,解超明等^[9]在填图工作区内首次发现了喷发物中含有沥青脉岩石的泥火山,说明羌塘新生代盆地具有良好的油气前景。

岩层中明显的裂隙及断裂面常可

以成为泥火山喷发时的通道,这又与地表的构造运动息息相关,如断层作用、褶皱作用等,即泥火山构造对活动断裂具有重要的指示意义。大沙河泥火山群的分布方向与大沙河断裂方向大体一致,均为北西西向,表明泥火山群为大沙河断裂所控制。此外,泥火山的热释光年代证据显示,泥火山在 $151.97\text{ka} \pm 12.92\text{ka}$ 即有喷发活动,结合大沙河断裂的 U 系法年龄 36.4ka ,可以确定大沙河断裂为一多期次活动的断裂。

厚层质纯的泥岩层和充足的水源是形成泥浆的必要物质条件。大沙河流域的泥火山群由于河道冲沟等的风化剥蚀,部分泥浆通道较完整地出露于地表,这为物质成分分析、埋藏深度计算等工作提供了比较便利的条件。

3 第四系和新构造运动

河流阶地的形成、演化与所属流域的构造运动、气候环境变化等密切相关,在地学界一直备受关注^[12]。探讨气候变化与构造抬升在河流阶地的形成过程中所起的作用,关键在于河流阶地形成年龄的准确测定,从而进一步探讨河流阶地的发育过程与青藏高原隆起的阶段性的关系以及全球气候变化的关系。

3.1 大沙河实测剖面

大沙河发源于研究区东南部的二连湖,北西向注入戈木错,全长 50km,近东西走向,发育于同走向的断层带内,基本为一条构造谷地,河床宽浅,心滩和边滩发育,河漫滩宽广。因冰雪融水及河流水的补给,水量季节性变化大,沿岸阶地发育,河流阶地共

表 1 大沙河泥火山、河流阶地热释光年龄
Table 1 TL ages of the mud volcanoes and river terraces of the Dasha River

样号	采集地点	年剂量率 /Gy·ka ⁻¹	等效剂量 ED/Gy	样品年龄 /ka	时代
N-1	泥火山边坡	1.18	180.0	151.97±12.92	中更新世
N-2	泥火山边坡	3.71	40.0	10.76±0.91	早全新世
JD-1	构造阶地	1.62	184.0	113.27±9.63	晚更新世
JD-2	构造阶地	1.91	320.0	167.17±14.21	中更新世
JD-3	Ⅱ级阶地	2.37	100.0	42.22±3.59	晚更新世
JD-4	Ⅰ级阶地	1.84	14.0	7.61±0.65	早全新世
JD-5	构造阶地	1.22	92.0	75.47±6.41	晚更新世
JD-6	构造阶地	1.22	102.0	83.84±7.13	晚更新世

注:样品由中国地震局地壳应力研究所热释光实验室王焕贞先生测试

分2级,沿大沙河两岸不对称分布,阶地外侧为构造成因的陡坎。剖面起点坐标为 E86°2.64'、N33°29.46',海拔高程为 4909.2m(图 2)。地貌类型有河床、边滩、河漫滩和阶地。

河流阶地分为 2 级: 级阶地粉砂粘土混杂。级阶地砂土砾石混杂,砾石砾径 3mm~10cm 不等,主要为 1.5cm 左右,个别可达 15cm。砾石成分有石英岩、变质石英砂岩、白云母石英片岩和石榴子石白云母片岩。阶地两侧为由新构造(F₁、F₂和 F₃)控制的冲积地层。南岸表层为松散冲积物,砾石砾径大部分在 6mm 左右,部分砾径超过 3cm。砾石成分有变质石英砂岩、白云母石英片岩、榴辉岩、辉长辉绿岩、石榴子石白云母片岩和石英岩,磨圆中等,分选较差,下部为弱固结冲积层,发育正递变旋回层理,即砾石层、砂砾石层和砂层重复出现。北岸为弱固结冲积层,主要为砾石,砾石成分有石英岩、变质石英砂岩和变质辉长辉绿岩。砾径比较均一,1cm 左右,磨圆、分选中等。新构造正断层 F₁、F₂、F₃ 构成复式地堑式的断陷,F₃ 地貌为明显的断层陡坎,其他断层因强烈风化剥蚀,构造产状被松散的冲积物覆盖,为隐伏断层。

各级阶地上堆积砾石的粒度相对均匀,磨圆度较好,显示了河流在阶地形成时相对稳定的构造环境和气候条件。以基座阶地为主的特征又显示出地壳隆升为主的特征。针对不同阶地和地层采集了

6 个热释光样品,测年结果为 113.27ka±9.63ka、167.17ka±14.21ka、42.22ka±3.59ka、7.61ka±0.65ka、75.47ka±6.41ka 和 83.84 ka±7.13ka(表 1),分别属于中更新世冲积物、晚更新世冲积物和全新世现代河流冲积物。

3.2 大沙河地区中更新世以来构造演化分析

河流阶地的形成主要取决于构造运动与气候变化 2 个因素,但二者的作用有所不同^[13]。构造抬升主要控制河流下切的幅度,即构造运动引起河床纵剖面与均衡剖面的差距,也通过改变河床比降影响河流的侵蚀能力。气候变化主要控制河流水量的大小,即河流侵蚀和搬运的能力,也影响流域碎屑物质的产生,进而影响侵蚀与堆积的平衡与速度。此外,岩性对河流侵蚀速度的影响,构造与气候条件不同的匹配形式,综合决定了河流阶地成因的复杂性。根据现有的阶地类型、沉积物特征、TL 测年结果、泥火山等资料,大沙河河谷地貌从约 167ka 以来的演化历史可以概括为 4 个阶段。

第一阶段始于 151.97ka,结束于 75ka,羌塘地区随着青藏高原共同隆升,期间伴随着断层活动和泥火山喷发。

第二阶段,75~30ka,期间存在强烈的差异性构造抬升作用背景下的张性断裂 F₁ 和 F₂,形成宽阔平坦的地层,其上接受强烈的风化剥蚀,致使大量沉积层缺失。大沙河右岸果干加年山一侧抬升,遭受剥

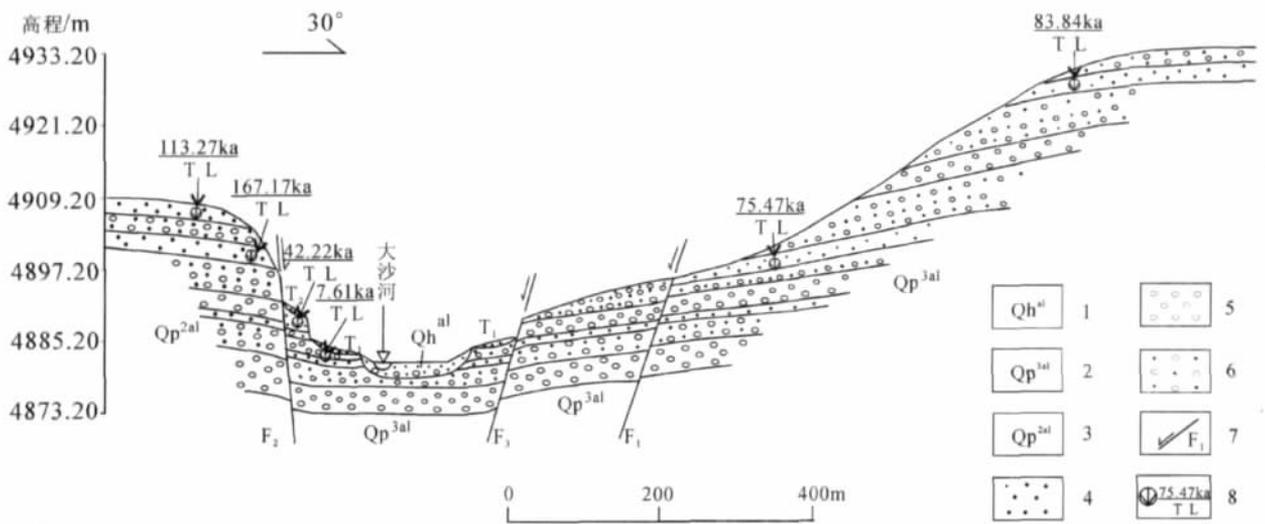


图 2 第四系和新构造剖面
Fig. 2 Quaternary and neotectonic section

1—早全新世冲积物;2—晚更新世冲积物;3—中更新世冲积物;4—砂;5—砾石;6—砂砾石;
7—断层;8—热释光样品点和年龄值;T₁、T₂—阶地

蚀,致使 75ka 的地层暴露地表;左岸片石山一侧抬升更为强烈,致使底层岩层($167.17\text{ka} \pm 14.21\text{ka}$) 出露,之后强烈风化剥蚀,致使 113ka 的地层暴露地表。差异性隆升,表明果干加年山块体和周围块体构成的盆山构造地貌组合是在挤压构造应力背景下形成的,同时 F_1 、 F_2 正断层控制的地堑式断陷表明区域挤压背景下的张性应力环境。此外,由于风化剥蚀严重,且没有断层活动的直接年代证据(如断层泥的年龄),所以还不能确定两侧断层是否为同期构造活动。

第三阶段,30~7.6ka,构造隆升,形成 T_2 阶地。该次活动受控于大沙河活动断层 F_3 ,已查明该断层呈略向南凸出的东西向弧形,延伸大于 30km,在地貌上反映出北盘高、南盘低的连续陡坎,北盘的更新统冲积物高出南侧全新统现代河流冲积物约 20m,大沙河沿断裂方向延伸。

第四阶段,7.6ka 以来构造活动相对平静,缓慢隆升,形成 T_1 堆积型阶地。

总之,大沙河地区位于羌塘盆地腹地,具有与高原相似的构造抬升历史^[1-2]。因此,大沙河河流阶地的形成主要受构造抬升的控制,但各阶地形成的具体过程在多大程度上受到气候变化的影响则需进一步探讨,尤其是 44ka 左右隆升之后的强烈剥蚀所反映的气候变化。

4 讨论与结论

本次沿大沙河一带进行的泥火山、第四系和新构造剖面野外地质调查,为了解和研究本地区构造运动的特征和新构造活动的情况提供了依据。根据本次的调查资料,结合热释光年龄结果,可以得出如下认识。

(1)研究区内的地貌在极大程度上受线状构造的控制,如泥火山群的串珠状产出、大沙河断层的东西向展布等。大沙河一带北西向西构造为优势构造,是在羌塘中部南北向挤压构造背景下受正断层控制形成的张性复式地堑断陷,是对高原隆起、演化的响应。

(2)研究区内大沙河存在河流及构造阶地,阶

地-断层构造组合揭示了由 3 次断层活动控制的 4 个构造演化阶段。

(3)通过河谷两岸阶地的比较,可以确定大沙河两侧片石山块体和果干加年山块体存在差异性的构造隆升。新生代晚期以来,羌塘盆地总体表现出强烈的隆升作用,但在地块内部隆升速率和强度存在显著的差异性,南部的片石山块体隆升速度较北部果干加年山块体快。

致谢:热释光年龄的测试得到中国地震局地壳应力研究所王焕贞先生的大力支持,论文的撰写和修改过程中得到董永胜副教授的指导和帮助,在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献

- [1]李吉均,方小敏,马海洲,等.晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起[J].中国科学(D 辑),1996,26(4):316-322.
- [2]胡钦忠,李吉均.青藏高原北缘晚新生代的差异性隆起特征[J].地学前缘,2003,10(4):590-598.
- [3]胡东生,张华京.青藏高原可可西里地区玛章错湖畔苟纠麦尔沟的泥火山机理刍议[J].干旱区地理,1998,21(3):13-18.
- [4]张家富,周力平.释光技术在构造事件定年中的应用[J].核技术,2007,30(11):934-939.
- [5]张志攀,祝有海,苏新.羌塘盆地沉积物热释光特征及潜在意义[J].现代地质,2008,22(3):452-456.
- [6]江娃利,王焕贞.山西大同与晋中盆地全新世活动断裂定量研究中热释光与 ^{14}C 测年方法应用[J].第四纪研究,2004,24(3):332-340.
- [7]梁杰,龚建明,陈建文.泥火山与天然气水合物[J].海洋地质动态,2006,22(12):20-23.
- [8]范卫平,郑雷清,龚建华,等.泥火山的形成及其与油气的关系[J].吐哈油气,2007,12(1):43-47.
- [9]解超明,李才,李林庆,等.藏北羌塘中部首次发现泥火山[J].地质通报,2009,28(9):1319-1324.
- [10]刘卫红,郭泽清,李本亮,等.柴达木盆地西部油气藏的破坏类型与机理[J].高校地质学报,2006,12(1):131-141.
- [11]南征兵,李永铁.新生代构造与羌塘盆地油气保存[J].沉积与特提斯地质,2008,28(1):70-75.
- [12]贾建称,李建伍,王根厚,等.索曲流域现代河流阶地对南羌塘陆块新构造运动的反演[J].东华理工学院学报,2006,29(1):17-21.
- [13]史兴民,杨景春.河流地貌对构造运动的响应[J].水土保持研究,2003,10(3):48-51.
- ① 吉林大学地质调查研究院.1:25 万玛依岗日幅区域地质调查报告.2006.