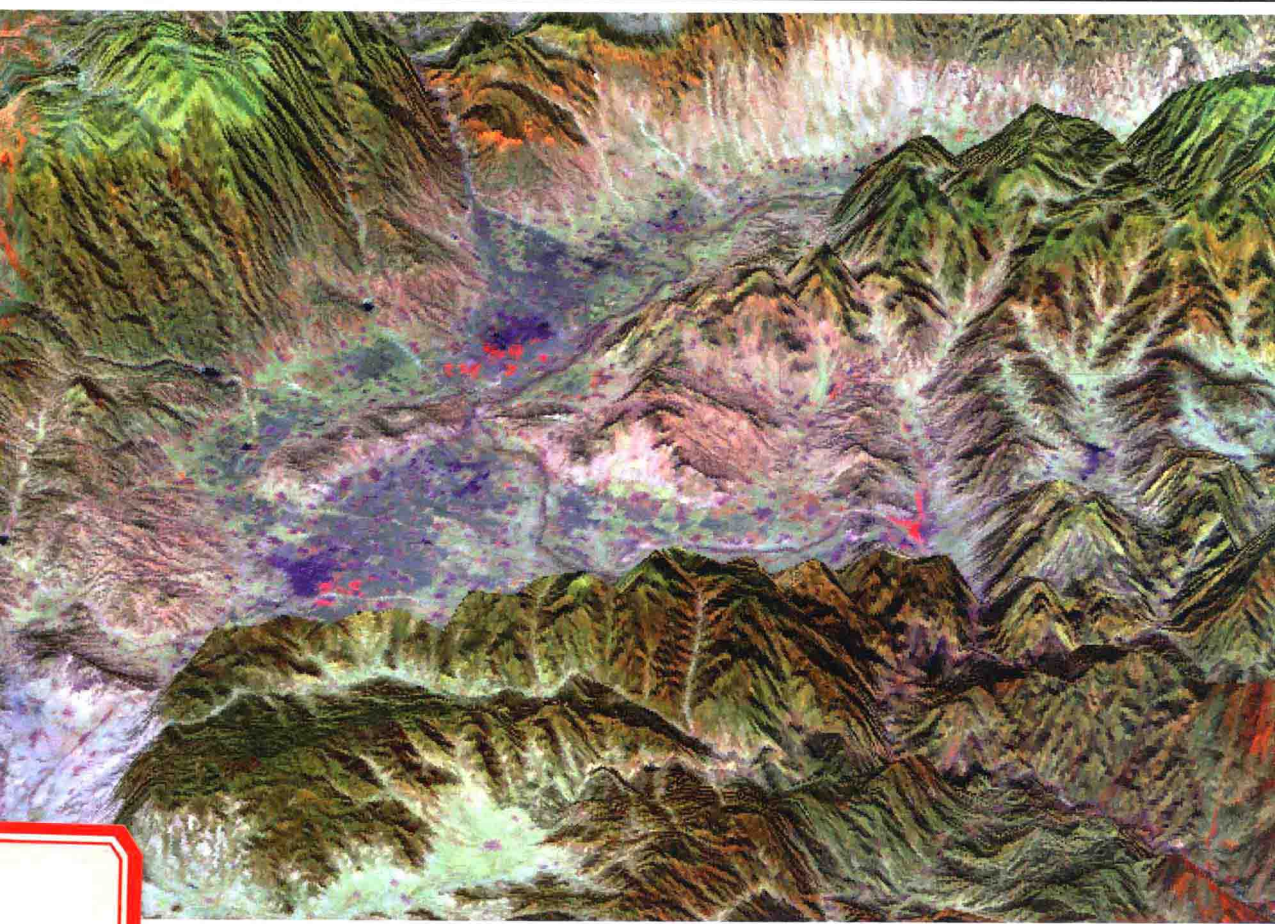


地壳构造与地壳应力文集

中国地震局地壳应力研究所 编



地震出版社

地壳构造与地壳应力文集(27)

中国地震局地壳应力研究所 编

地震出版社

2016

图书在版编目(CIP)数据

地壳构造与地壳应力文集. 27/中国地震局地壳应力研究所编.

—北京:地震出版社, 2016. 5

ISBN 978-7-5028-4736-4

I. ①地… II. ①中… III. ①地壳构造—文集 ②地壳运动—文集

IV. ①P313.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 059220 号

地震版 XM3342

内 容 提 要

本书为中国地震局地壳应力研究所连续性学术论文集的第 27 集。全书包括地震地质、工程地质、地震预报和地震前兆观测等方面的内容。

本书可供地震地质、工程地质、地震观测与地震预报等领域的人员及有关大专院校的师生阅读。

地壳构造与地壳应力文集(27)

中国地震局地壳应力研究所 编

责任编辑:张宝红

责任校对:凌 樱

出版发行:地震出版社

北京市海淀区民族大学南路 9 号

发行部:68423031 68467993

门市部:68467991

总编室:68462709 68423029

专业部:68467982 68721991

<http://www.dzpress.com.cn>

邮编:100081

传真:88421706

传真:68467991

传真:68455221

经销:全国各地新华书店

印刷:北京地大天成印务有限公司

版(印)次:2016 年 5 月第一版 2016 年 5 月第一次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:243 千字

印张:10

印数:0001~1000

书号:ISBN 978-7-5028-4736-4/P(5432)

定价:35.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题,本社负责调换)

编 委 会

主 编：谢富仁

副主编：陆 鸣 陈 虹 刘耀炜 杨树新

编 委：（按拼音排列）

陈 虹	陈连旺	崔效锋	付子忠	郭啟良	黄锡定
黄忠贤	江娃利	雷建设	李海亮	李 宏	陆 鸣
陆远忠	吕悦军	马保起	欧阳祖熙	邱泽华	申旭辉
宋富喜	唐荣余	田家勇	王建军	王兰炜	王子影
吴荣辉	谢富仁	谢新生	杨树新	杨选辉	张宝红
张国宏	张鸿旭	张景发	张世民	周振安	朱守彪

目 录

丽江-小金河断裂南段全新世古地震研究

..... 李 安 张世民 丁 锐 王晓先 (1)

太谷断裂古砂土液化遗迹特征 荆振杰 刘凤香 谢富仁 (10)

构造体系-地质动力学流体矿产勘探开采原理简介 黄相宁 黄晓靖 (20)

小江断裂带现今活动性研究现状 贾明娟 李永生 张景发 (28)

就地宇宙成因核素¹⁰Be 测年法与地学应用 王慧颖 谢富仁 荆振杰 (36)

多种高压压水测试方法在某抽水蓄能电站的应用研究

..... 周龙寿 郭啟良 张彦山 张志国 王显军 (51)

新疆某水电站地应力场数值模拟与分析

..... 王 迪 姚 瑞 杨树新 董 源 (65)

空心岩柱法测岩石抗拉强度试验进展浅析

..... 王仁涛 王成虎 王春权 江英豪 (78)

基于 ArcGIS 10.0 的遥感影像批量标准制图的实现

..... 田 甜 张景发 姜文亮 王 鑫 (88)

SAR 图像变化检测技术方法综述 王 娜 张景发 (103)

预测 2008 年汶川 8.3 级地震的三条依据 黄相宁 葛丽明 (116)

信号震和主震前兆异常探索 姚宝树 黄相宁 (122)

吉林省丰满地震台垂直摆异常变化的核实与判定

..... 李雪梅 刘轶男 张 昕 巴艳芳 (133)

腾冲台 2015 年尼泊尔大地震钻孔应变观测报告 段胜朝 马志刚 (146)

Content

A paleoseismic research of the south segment of the Lijiang-Xiaojinhe fault in the Holocene	Li An Zhang Shimin Ding Rui Wang Xiaoxian (9)
The characteristic of sand liquefaction of the Taigu fault (Central China)	Jing Zhenjie Liu Fengxiang Xie Furen (19)
A Brief Introduction to the Principles of Structural System-geodynamics for Exploration and Exploitation of Fluid Resources	Huang Xiangning Huang Xiaojing (27)
The Research Status of Recent Activity in Xiaojiang Fault	Jia Ming juan Li Yong sheng Zhang Jing fa (35)
The Application of Terrestrial In-Situ Cosmogenic Nuclides ¹⁰ Be in Active Tectonics Research	Wang Huiying Xie Furen Jing Zhenjie (50)
The Application of a Variety of High Pressure Water Testing Methods in a Pumped Storage Power Station ...	Zhou Longshou Guo Qiliang Zhang Yanshan Zhang Zhiguo Wang Xianjun (64)
Modeling and Analysis of In-situ Stress Field at a Hydropower Station in Xinjiang Province	Wang Di Yao Rui Yang Shuxin Dong Yuan (77)
Review of Hollow Rock Cylinder Test for Determining Tensile Strength	Wang Rentao Wang Chenghu Wang Chunquan Jiang Yinghao (87)
Realization of batch standard mapping of remote sensing image based on ArcGIS 10.0	Tian Tian Zhang Jingfa Jiang Wenliang Wang Xin (102)
Overview of SAR Image Change Detection	Wang Na Zhang Jingfa (115)
Three Arguments for Predicting the Wenchuan M8.3 Earthquake of 2008	Huang Xiangning Ge Liming (121)
Research of Anomalies for Signal Earthquake and the Main Earthquake	Yao Baoshu Huang Xiangning (132)
Vertical Pendulum Anomaly Verification and Determination of the Fengman Station	Li Xuemei Liu Yinan Zhang Xin Ba Yanfang (145)
A Report of Borehole Strain Observation of Tengchong Seismological Station for 2015 Nepal Earthquake	Duan Shengchao Ma Zhigang (154)

丽江-小金河断裂南段全新世古地震研究

李 安 张世民 丁 锐 王晓先

(中国地震局地壳应力研究所 地壳动力学重点实验室 北京 100085)

摘 要 丽江-小金河断裂是川滇菱形块体内部的一条重要活动断裂,它将川滇菱形块体一分为二,成为陆块内一条重要的横向活动构造带。通过地质学和现今地壳形变观测的方法,获得的丽江-小金河断裂活动速率均在 $3 \sim 5 \text{ mm/a}$ 左右,属于活动强烈的活动断裂。并且该区域破坏性地震频发,本文通过古地震探槽的开挖,对丽江-小金河断裂南段的古地震进行分析,并结合历史地震记录,得到了几点认识:①全新世以来,丽江-小金河断裂南段发生了至少三次古地震事件,分别发生在 $6540 \pm 100 \text{ cal yr BP}$ 至 $5420 \pm 160 \text{ cal yr BP}$ 之间、 $2770 \pm 40 \text{ cal yr BP}$ 至 $770 \pm 100 \text{ cal yr BP}$ 之间,以及最新地震时间晚于 $770 \pm 100 \text{ cal yr BP}$ 。②探槽揭露的最新一次古地震事件很可能为历史地震记录的 1751 年 5 月 25 日剑川 $6\frac{3}{4}$ 级地震。

关键词 丽江-小金河断裂;古地震;历史地震;探槽

一、引 言

丽江-小金河断裂是川滇菱形块体内部的一条重要活动断裂,它将川滇菱形块体一分为二,成为陆块内一条重要的横向活动构造带(向宏发等,2002)。该断裂是一条高角度倾向 NW 且在第四纪以来强烈活动的逆走滑活动断裂,断裂以水平运动为主。现今 GPS 观测结果也显示,丽江-小金河断裂的中段存在 $5.4 \pm 1.2 \text{ mm/a}$ 的左旋走滑速率,而南北段相对于中段速率略低(Shen et al., 2005; 王阎昭等,2008,)。而这一结果与徐锡伟(2003)在南段南溪旦读村附近利用全新世小冲沟位错计算的左旋速率 $3.1 \pm 0.4 \text{ mm/a}$ 较为一致。可以看出丽江-小金河断裂全新世以来到现今一直具有较强的活动性(李洪武,2001)。高滑动速率的活动断裂必然存在较高的地震危险性(Tapponnier et al., 2001),而 1996 年丽江 7.0 级地震之后,对于该地震发震机制和发震断裂的讨论也一直在持续(王运生等,2000;向宏发等,2002;韩竹军等,2004)。在 2008 年汶川 8.0 级地震之后,很多学者又将强震后的应力分配问题,讨论至安宁河-则木河断裂以及丽江-小金河一带

作者简介:李安,男,助理研究员,研究方向为活动构造。

基金项目:中国地震局地壳应力研究所基本科研项目专项(ZDJ2014-12)、中国地震活断层探索——南北地震带中南段项目(201108001)和青年科学基金项目(41402185)共同资助。

(丰成君等, 2014; 熊维等, 2015)。根据中国地震目录(中国地震简目编辑组, 2000)的统计: 丽江-剑川一带, 自公元 1481 年以来的历史破坏性地震 ($M > 4\frac{3}{4}$) 共计 53 次, 其中 6 级以上地震 12 次, 最大震级地震为 1996 年 2 月 3 日的丽江 7.0 级地震。尽管丽江-小金河断裂具有较强的发震能力且存在明显的冲沟水系位错, 但是对于该断裂的古地震研究结果却相对较少, 因此本文通过分析在丽江-小金河断裂南段的小型拉分盆地内的新生断层陡坎上开挖的古地震探槽, 尝试讨论丽江-小金河断裂南段的古地震复发特点。

二、构造背景

丽江-小金河断裂为川滇菱形块体内部川西北和滇中两个次级块体的边界断裂, 是滇西北地区一条重要的构造界线, 同时也是我国地貌第一、第二梯度的分界断裂, 断裂两侧地势差异显著。丽江-小金河断裂全长约 150km, 南起剑川盆地, 向北东向延伸, 经丽江, 尖山营, 响水河等地, 到达长柏乡(图 1)。可分为四个次级段落, 分别为汝南-南溪段,

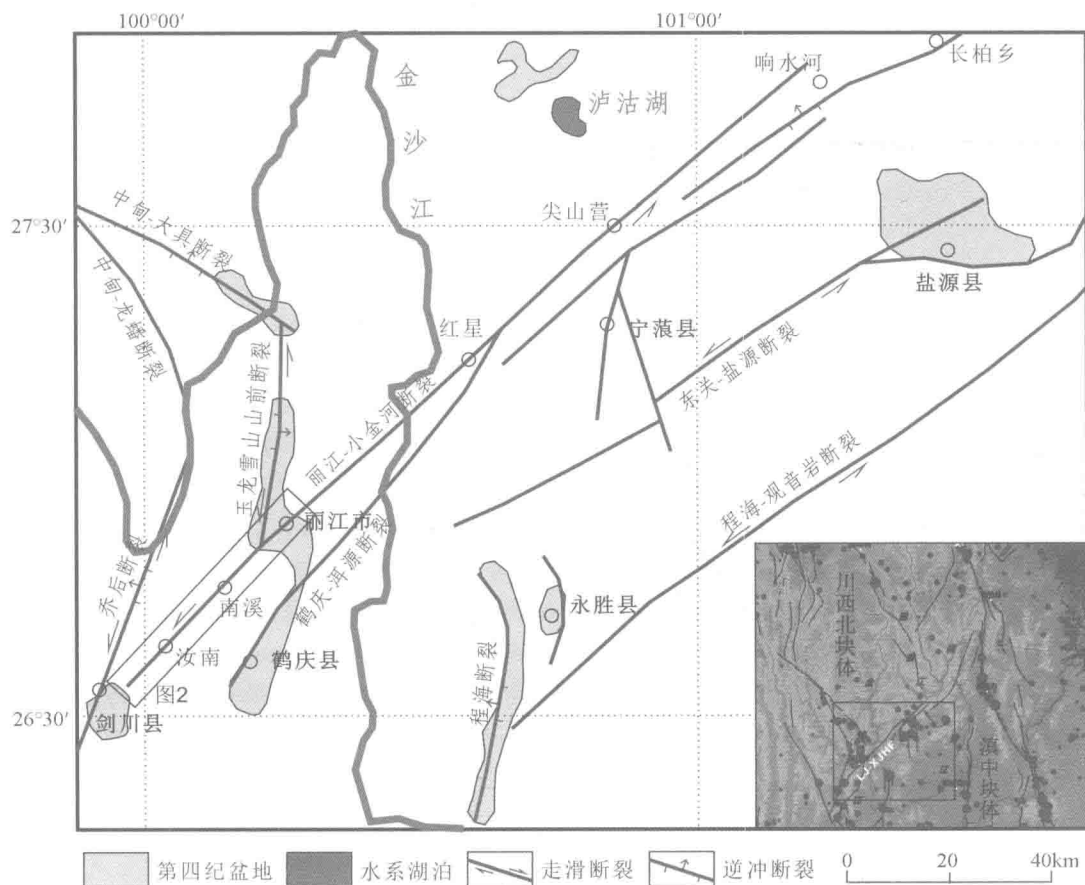


图 1 丽江-小金河断裂区域构造简图

丽江-干塘子段, 红星-尖山营段和响水河-和尚村段。在左旋走滑作用下, 呈雁列排列, 右阶雁列阶区具拉张效应, 形成规模不等的断陷盆地; 左阶雁列区具挤压效应, 形成山地。断裂带末端往往呈马尾状散开, 但分支断裂往往近平行展布。

丽江-小金河断裂南段即汝南-南溪段, 长度约 40km (图 2)。断裂几何结构上与北部各段具有明显差异。与其他各段表现为单条主断裂形式不同, 在南段断裂表现为两支近平行的分支断裂, 二者没有明显的主次之分。在两支断裂所夹区域内形成了两个小型盆地: 南溪盆地和汝南盆地, 两盆之间被构造脊分开。在汝南盆地中部正在形成新的断层陡坎。我们在汝南盆地内的河流 T_1 阶地上的新生断层陡坎处开挖了一个古地震探槽, 并尝试讨论可能的古地震规律。

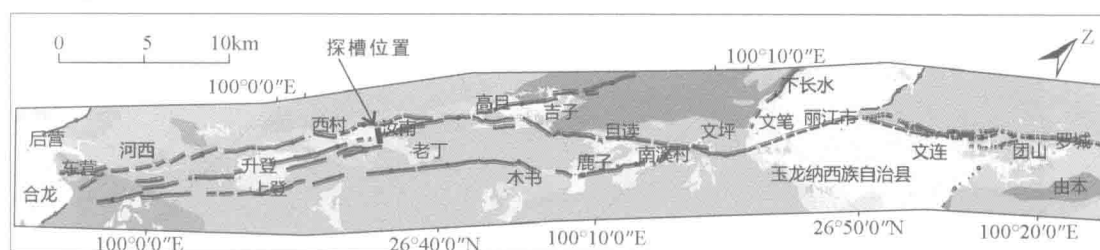


图 2 丽江-小金河南段断裂展布和探槽位置

三、古地震分析

古地震探槽位于汝南盆地北部, 汝南村北约 1km 处, 断层断错 T_1 面。该阶地的拔河高度仅 1 ~ 1.5m, 形成最新的断层陡坎, 高度约 0.3 ~ 0.5m (图 3)。

探槽揭露地层自下向上分别描述如下 (图 4):

U_1 : 黑色含大量粘土填充物的砾石层, 顶部有一层黄色含粘土的砾石, ^{14}C 测量结果显示, 其顶部年龄在 6540 ± 100 cal yr BP 到 8030 ± 100 cal yr BP。

U_2 : 浅黑色粘土层, 局部夹有小砾石。有较多的碳粒, 西侧砾石含量更高。为局部断塞塘沉积。 ^{14}C 测量结果为 5420 ± 160 cal yr BP。

U_3 : 浅黑色粘土层, 小断塞塘沉积。将地震后形成的 U_2 顶部凹坑填平, 底部有一层约 5cm 的黑色粘土层。底部测量年龄略小于 U_2 层, 为 5140 ± 200 cal yr BP。

U_4 : 黄色粘土层。局部有浅黑色团块, 测年结果为 2770 ± 40 cal yr BP。

U_5 : 黄褐色粘质粉砂层。夹有少量小砾石。

U_6 : 黄褐色近表土层, 测年结果为 770 ± 100 cal yr BP。

该探槽内可见三条断层面, 断面均较为直立, 具有典型的走滑特征。最东侧的 F_1 断面仅断错 U_1 层。 F_2 断面位于最西侧, 在剖面上可明显见到断错 U_1 至 U_4 层, U_4 层顶面有 5cm 左右位错量, 但是断层在 U_5 层中未见到明显痕线, 但是地表存在一个高约 0.3m 的

地表陡坎, 估计应该断错至地表。 F_3 断面为最新陡坎的位置, 地表坎高约 0.5m, 断层断错了最新的 U_6 地层。

所有 ^{14}C 测年样品结果均由美国 BETA 实验室测定, 结果见表 1。

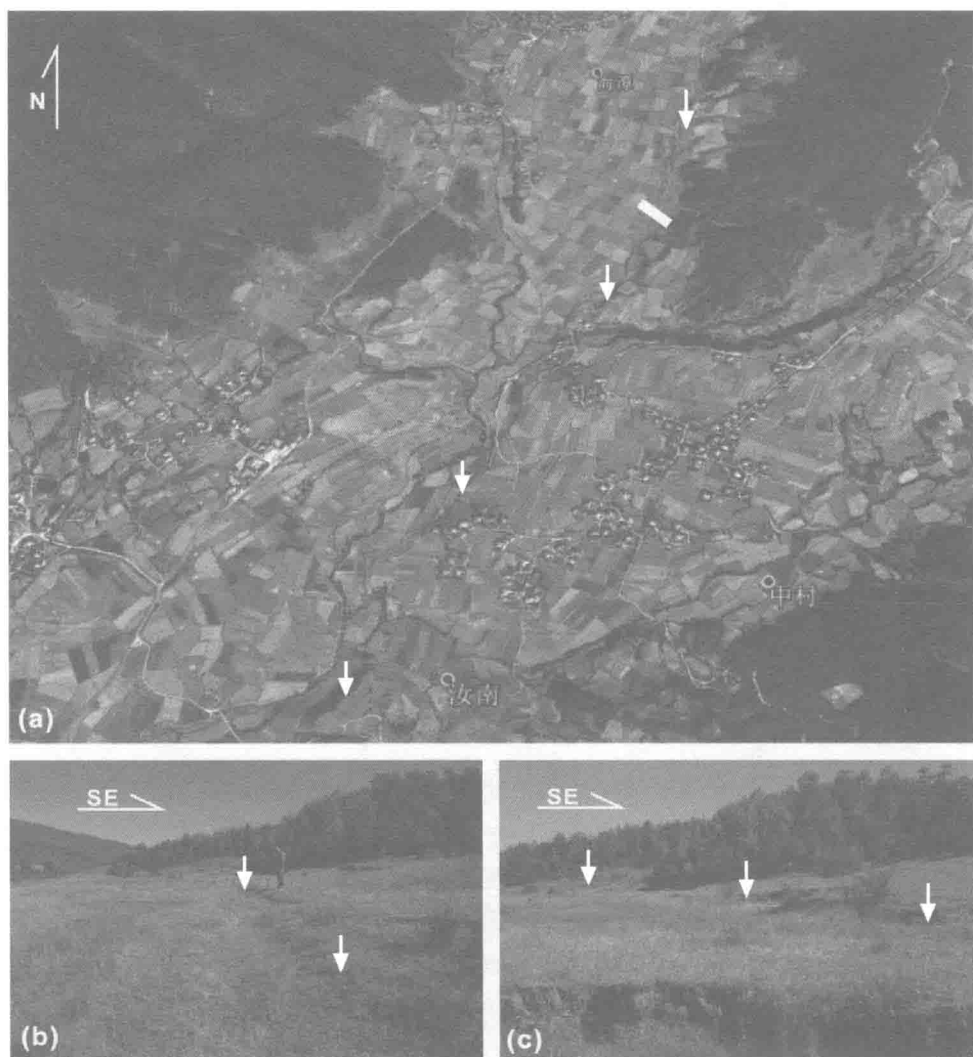


图3 汝南村探槽位置及断层陡坎照片

(a) 汝南村附近遥感影像图, 图中白色矩形: 探槽位置, 白色箭头: 断裂位置; (b)、(c) T_1 阶地面上断层陡坎照片, 白色箭头为断裂位置

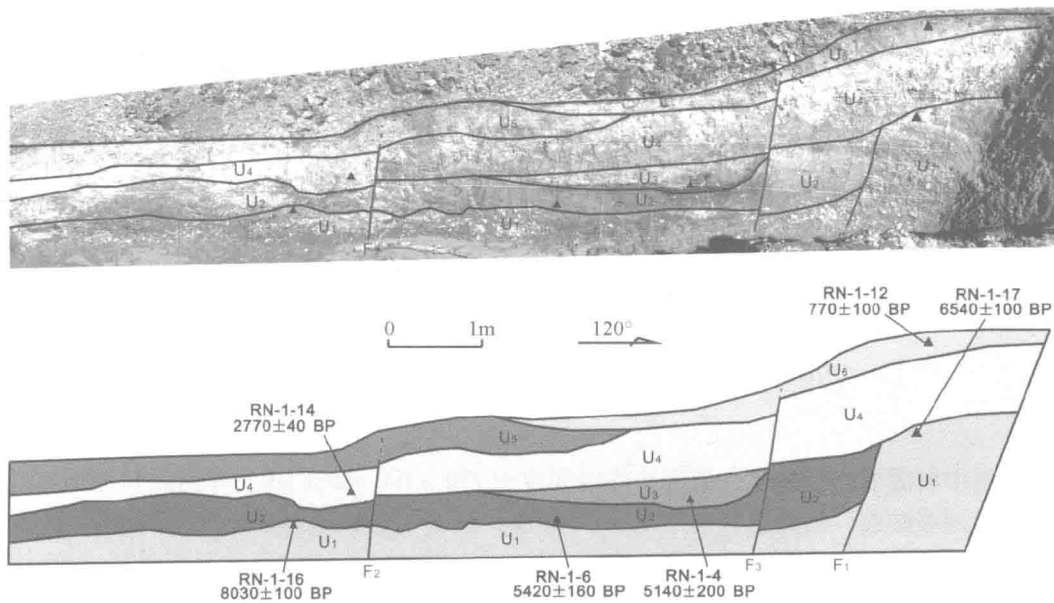


图 4 汝南探槽剖面

表 1 放射性碳测年结果^a

实验室编号	样品编号	测试材料	¹⁴ C 年龄 (BP) ^b	模型校正结果 (cal yr BP) ^c
390817	RN-1-17	碳屑	5740 + / - 30	6540 ± 100
390816	RN-1-16	碳屑	7230 + / - 30	8030 ± 100
390815	RN-1-14	碳屑	2660 + / - 30	2770 ± 40
390812	RN-1-06	碳屑	4710 + / - 30	5420 ± 160
390810	RN-1-04	碳屑	4460 + / - 30	5140 ± 200
378344	RN-1-12	碳屑	860 + / - 30	770 ± 100

注：a 为¹⁴C 测年结果采用的半衰期（5568 年），年龄是至公元 1950 年之后。所有的样品均由 Beta Analytic 实验室利用加速器质谱的方法进行测试；b 为¹⁴C 测试结果的不确定性为 1σ；c 为树轮校正程序为 OxCal v4.2（Ramsey, 2014），采用的校正曲线为 IntCal 13 曲线（Reimer et al., 2013）。校正结果精确为 10 年，表示为均值和 95.4% 置信区间（不确定性为 2σ）。

古地震事件的恢复：该地点最初沉积河流相的 U₁ 砾石层，其后发生古地震事件 A 造成 F₁ 断面错动，形成局部洼地，地震后在洼地内沉积 U₂ 层。根据 U₁ 和 U₂ 层的测年结果，推断事件 A 发生的时间为 6540 ± 100 cal yr BP 至 5420 ± 160 cal yr BP 之间，可能更接近 U₂ 底部年龄 5420 ± 160 cal yr BP。古地震事件 A 之后，洼地继续沉积 U₃ 层并将其基本填平。因此 U₃ 层上继续沉积的 U₄ 和 U₅ 层较为平整。在 U₅ 层形成之后，发生古地震事件 B 并形成 F₂ 断面，造成 U₄ 层的断错和 U₅ 层挠曲变形，形成 F₂ 地表陡坎高约 30cm。同时

在 U_5 层东侧形成一个新的洼地。因此在古地震事件 B 之后, 这个新的洼地开始接受新的沉积物, 沉积 U_6 层, 事件 B 发生的时间可以被 U_5 和 U_6 地层年代限定为 2770 ± 40 cal yr BP 至 770 ± 100 cal yr BP 之间。最新的事件 C 中 F_3 断面断错 U_6 地层底界约 0.2m, 并一直断错到地表, 在地貌上形成陡坎高度约 0.5m, 该事件时间晚于 U_6 层的时代 770 ± 100 cal yr BP。从探槽揭露和附近的地貌显示, 断裂以走滑性质为主, 同时具有少量的正断分量。以探槽中揭露出的最老地层 U_1 层计算, 总垂直位移量约 1.2 ~ 1.3m, 按照 U_1 层顶部年龄 6540 ± 100 cal yr BP 估计, 垂直位移速率约 0.2mm/a。而徐锡伟等 (2003) 在探槽北东方向, 断裂通过的南溪村附近获得的冲沟位错计算的左旋速率为 3.1 ± 0.4 mm/a。

四、最新古地震与历史地震记录讨论

探槽中揭露的最新一次古地震事件时间晚于 770 ± 100 cal yr BP, 即公元 1180 年以后。由于产生地表破裂, 因此估计震级大致为 7 级。根据中国地震目录 (中国地震目录编辑组, 2000), 云南省最早的历史地震记录开始于公元 886 年, 之后记录逐渐详实。在丽江-剑川一带历史破坏性地震 ($M > 4\frac{3}{4}$) 共计 53 次, 其中 6 级以上地震 12 次, 唯一的 7 级地震为 1996 年 2 月 3 日的丽江 7.0 级地震。但这次 7 级地震的发震构造不是丽江-小金河断裂, 而是玉龙雪山山前断裂 (王运生等, 2000; 吴中海等, 2008)。根据历史地震烈度图和历史地震震级判断, 最吻合的一次历史记录为公元 1751 年 5 月 25 日 (清乾隆十六年五月初一), 震中位置剑川县东北, 震级估计 $6\frac{3}{4}$ 级。极震区烈度 IX 度, 极震区位于剑川县和鹤庆县之间, 且长轴方向为北北东方向延伸, 与丽江-小金河南段的位置完全一致 (图 5)。在这附近的断裂还有存在两条断裂: 乔后断裂和鹤庆-洱源断裂。但是乔后断裂走向近南北, 从剑川县西通过, 从长轴方向和位置上都与极震区不一致, 而鹤庆-洱源断裂则明显位于极震区东侧, 也与极震区位置不符。所以对于这次 $6\frac{3}{4}$ 级的历史地震, 其发震构造很可能为丽江-小金河断裂南段。同时由于震级也接近 7 级, 比较有可能发生地表破裂。而从探槽中地层断错的结果显示, 最新一次古地震的位错量非常小, 应该为一次地表破裂长度和规模较小的地震。这与公元 1751 年的历史地震规模也大致相当。因此探槽中揭露的最新一次古地震事件很可能为历史地震记录的公元 1751 年 5 月 25 日剑川 $6\frac{3}{4}$ 级地震。

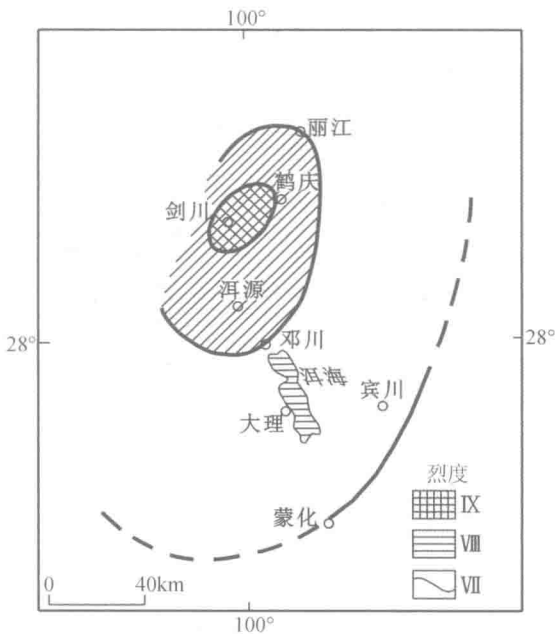


图5 1751年剑川地震烈度图（据中国地震目录修改，2000）

五、结 论

通过在丽江-小金河断裂南段的汝南村开挖的探槽，对古地震事件次数和时间进行分析，并结合历史地震记录讨论。从探槽开挖地点上看，地层序列完整没有缺失或中断沉积的现象，因此应该获得了较为完整的古地震序列，同时¹⁴C 测年结果很好的限定了各次古地震的发生时间，对于获得的古地震事件参数具有较好的可信度，通过和历史地震记录的相互印证，得到了以下几点认识：

（1）全新世以来，丽江-小金河断裂南段发生了至少三次古地震事件，第一次事件发生在 6540 ± 100 cal yr BP 至 5420 ± 160 cal yr BP 之间、第二次事件发生在 2770 ± 40 cal yr BP 和 770 ± 100 cal yr BP 之间、最新一次晚于 770 ± 100 cal yr BP 发生。

（2）探槽揭露的最新一次古地震事件很可能为历史地震记录的公元 1751 年 5 月 25 日剑川 6 $\frac{3}{4}$ 级地震。

丽江-小金河断裂是一条长达 150km 的区域性断裂，是川滇块体中重要的发震构造。其古地震复发规律的认识对这个地区的地震危险性评价有着重要意义。本文仅对丽江-小金河断裂南段全新世以来的古地震进行了研究，之后仍需对该断裂的其他段落进行工作，逐步完善对丽江-小金河断裂整体的地震复发规律和破裂模式的探讨。

致谢:感谢审稿人对本文提供的宝贵意见!

参 考 文 献

- 丰成君,陈群策,李国歧,等.2014.青藏高原东南缘丽江-剑川地区地应力测量与地震危险性[J].地质通报,33(4):524~534.
- 韩竹军,向宏发,虢顺民.2004.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,50(4):356~362.
- 李洪武.2001.小金河断裂晚更新世以来的地质位错与滑动速率,硕士论文.
- 王阎昭,王恩宁,沈正康,等.2008.基于GPS资料约束反演川滇地区主要断裂现今活动速率[J].中国科学:D辑,38,582~597.
- 王运生,王士天,李瑜生.2000.丽江7.0级大震发震机制新见[J].西北地震学报,22(4):442~446.
- 吴中海,张永双,胡道功,等.2008.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,38(11):1361~1375.
- 向宏发,徐锡伟,虢顺民,等.2002.丽江-小金河断裂第四纪以来的左旋逆推运动及其构造地质意义——陆内活动地块横向构造的屏蔽作用[J].地震地质,24(2):188~198.
- 熊维,谭凯,乔学军,等.2015.汶川震后龙门山周边活动地块构造变形及断裂活动[J].大地测量与地球动力学,35(5):758~763.
- 徐锡伟,闻学泽,郑荣章,等.2003.川滇地区活动块体最新构造变动样式及其动力来源[J].中国科学:D辑,33,151~162.
- 中国地震简目编辑组.2000.中国地震简目公元前780~公元1986年[M].北京:地震出版社.
- Ramsey C B, Higham T G, Brock F, et al., 2014. Radiocarbon dates from the Oxford AMS system: Archaeometry datelist 35. Archaeometry, 57(1): 177~216.
- Reimer P, Bard E, Bayliss A, et al., 2013. IntCal 13 and marine 13 radiocarbon age calibration curves 0~50000 years cal BP. Radiocarbon, 55(4): 1869~1887.
- Shen Z K, Lu J, Wang M, et al. 2005. Contemporary crustal deformation around the southeast borderland of the Tibetan Plateau [J]. Journal of Geophysical Research. 110, B11409. doi: 10.1029/2004JB003421.
- Tapponnier P, Ryerson, F J, Van der Woerd J, et al. 2001. Long-term slip rates and characteristic slip: keys to active fault behaviour and earthquake hazard [J]. Earth Planet. Sci. 333, 483~494.

A paleoseismic research of the south segment of the Lijiang-Xiaojinhe fault in the Holocene

LI An Zhang Shimin Ding Rui Wang Xiaoxian

(Key Laboratory of Crustal Dynamics, Institute of Crustal Dynamics, CEA, Beijing 100085, China)

Abstract: The Lijiang-Xiaojinhe fault is an important active fault in the Sichuan-Yunnan rhombic block. It also is an important transverse fault belt and approximately halves the Sichuan-Yunnan rhombic block. The slip rate of the Lijiang-Xiaojinhe fault is about 3-5mm/a by the geological calculation and the crustal deformation measurement. It indicates that the Lijiang-Xiaojinhe fault is tectonically active. Besides, devastating earthquakes happen frequently in this area. Therefore, the paleoseismic research becomes more important. This paper analyses paleo-earthquakes in the south segment of the Lijiang-Xiaojinhe fault by trench excavation and discusses the relationship between the paleoearthquake event and the historical earthquake record. Two conclusions of the paper are: (1) In the Holocene, there are at least three earthquakes happened in the south segment of the Lijiang-Xiaojinhe fault. They respectively happen in the first period (6540 ± 100 cal yr BP to 5420 ± 160 cal yr BP), the second period (2770 ± 40 cal yr BP to 770 ± 100 cal yr BP) and the newest (later than 770 ± 100 cal yr BP); (2) The newest paleo-earthquake probably corresponds to the earthquake record of the Jianchuan $M 6\frac{3}{4}$ earthquake in 1751 A. D.

Keywords: Lijiang-Xiaojinhe fault; paleoseismic; history earthquake; trench

太谷断裂古砂土液化遗迹特征

荆振杰¹ 刘凤香² 谢富仁¹

(1. 中国地震局地壳应力研究所 北京 100085)

(2. 中国地质博物馆 北京 100034)

摘要 太谷断裂展布于太原盆地的东南边界,是一条全新世正断层。根据野外地质调查,发现太谷断裂南段古砂土液化现象普遍存在,宏观上液化现象从断裂的西南向北东逐渐减弱,揭示出沿断裂从南向北最大地震烈度逐渐减弱、断层活动速率逐渐减小的特征。根据多期砂土液化相互切割现象分析,至少存在3期古地震事件,表明介休一带有多次古地震事件。

关键词 太谷断裂;全新世活动;砂土液化;古地震

一、前言

太原盆地是山西地堑系中部的大型断陷盆地。主控断裂为展布在北西边界的交城断裂和展布在东南边界的太谷断裂(图1),前人的工作一致认为交城断裂为太原盆地的主控断裂,较太谷断裂活动性强。

太谷断裂展布在太原盆地的太岳山前,长约100km,是全新世正断层。前人对太谷断裂进行过一些研究,但是工作并不深入。邓起东等(1973)认为太谷断裂断错了祁县子洪镇的第四系下中更新统,是正断层。孟繁兴等(1982)根据地形和考古资料,证实了平遥断层(即太谷断裂中段)在全新世以及金代至清代之间曾经活动。徐锡伟(1989)曾经简述太谷断裂向南延伸至灵石隆起上的马和小盆地东侧,断层走向由北东转变成北北东,和南部的霍山山前断裂连接,并且由断层擦痕的性质推测此段存在右旋走滑现象。谢新生(2004)根据地貌特征和几何展布将太谷断裂以峪口为界分为南北两段。北段为太谷县范村至峪口,南段为峪口至介休常乐村。目前,还没人对太谷断裂的砂土液化现象进行研究,本文根据重点防御区1:5万条带状地质填图项目,研究了太谷断裂砂土液化的分布及形态特征,可为后续的研究提供第一手野外基础资料。

古砂土液化是古地震的可靠标志,地震地质领域围绕古砂土液化开展了很多研究。地层组合对砂土液化有很大的影响(庄迎春,2003)。地貌单元、地层时代、地层组合控制砂土液化的分布,晚更新世及其以前的砂层为非液化砂层(范士凯,2006)。汶川地震出

作者简介:荆振杰,男,1976年4月26日生,硕士研究生。主要研究方向为活动构造及构造应力场。

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务专项(ZDJ2013-15)资助,巴彦浩特1:5万条带状地质填图。

现了深层土液化现象，喷水高度达 10m 以上，以及大量砂砾石层液化现象（袁晓铭，2009）。尹荣一指出唐山地震区的砂土液化分布于地貌单元密切相关（尹荣一，2005）。

对古地震砂土液化的研究，特别是通过对第四纪末期砂土液化遗迹的研究，及对其当时的时空分布的分析可以推测周围地区未来地震砂土液化发生地点及其所伴随的灾害性。这是研究地震砂土液化中的重要内容。

古砂土液化是古地震的识别标志，这一点已得到广大地震地质工作者的认同。在文献记载中历史上没有发生大地震的地区，对地震砂土液化遗迹的研究是揭示该地区地震活动历史的一种途径。特别是在发生大地震的隐伏断层上，由于没有地表破裂，对古地震的研究来说是很大的难题，但是通过古砂土液化情况的分析可以对隐伏断层开展一定程度的古地震研究。

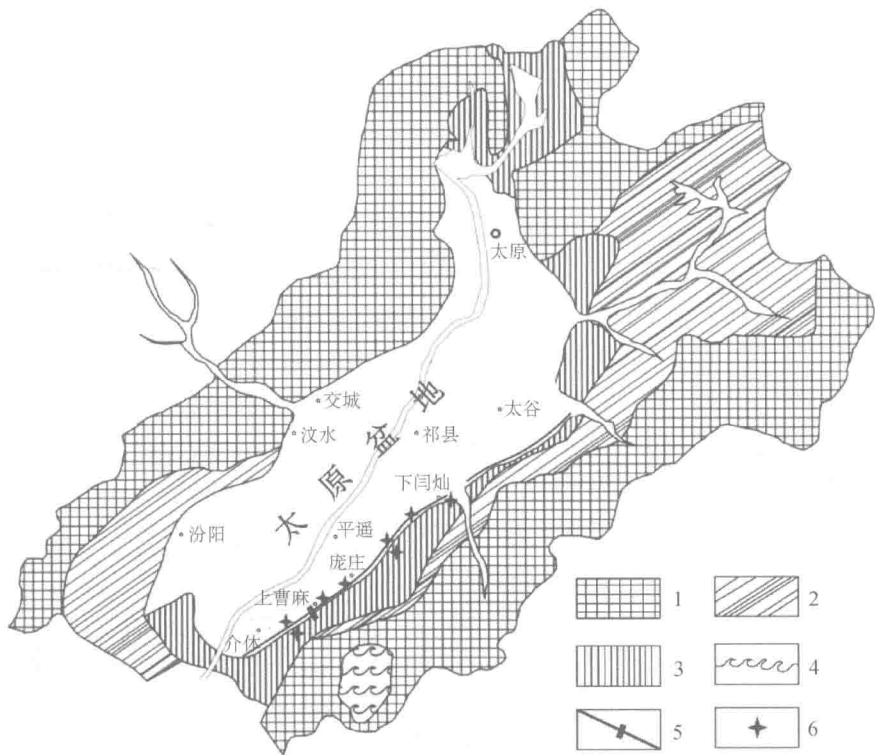


图 1 太原盆地地貌环境及沿太谷断裂液化点分布

- 1. 基岩山区；2. 黄土丘陵；3. 黄土台地；4. 薄覆黄土的基岩低山；
- 5. 太谷断裂及探槽；6. 古砂土液化点

二、砂土液化遗迹分布

本文研究的砂土液化点集中于太原盆地的东南部、太岳山山前，研究区的强震活动为