

陕西五曲湾滑坡发育特征和¹⁴C测龄*

杨丽娟, 李华亮, 易顺华

(中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 在陕西省凤翔县五曲湾滑坡的滑带土中发现一段树根, 表面被炭化, 并且发生了强烈的剪切变形, 分析认为此乃滑坡滑动所致。经过¹⁴C测龄, 年龄为 462 ± 45 年 B. P., 这一年龄与地质分析获取的认识基本吻合, 与1556年“华县大地震”发生的年份非常接近, 从而为研究五曲湾滑坡的触发机制提供了重要依据。最后提出, 如果在滑带土中发现可用于定年的样品, 采用¹⁴C法测定滑坡年龄, 是对滑坡进行定年的有效途径。

关键词: 陕西省凤翔县五曲湾; 滑坡年龄; ¹⁴C测龄; 炭化树根; 1556年华县大地震

中图分类号: P642.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2010)03-0049-04

当前世界各国均高度重视对滑坡灾害的预测、预警与风险评估。在诸多滑坡研究要素中, 了解滑坡的历史和发展趋势, 尤其是精确确定滑坡的滑动年龄, 具有十分重要的研究意义。

在国外采用地质分析和¹⁴C测龄相结合的手段确定滑坡年龄的成功范例已有数例。譬如, Marten Geertsema 在研究位于英属哥伦比亚省东北部的一个滑坡堰塞湖的形成时^[1], Giovanni Bertolini 等对意大利亚平宁山脉北部的全新世滑坡进行研究时^[2], Tamer Y. Duman 在测定土耳其 Tortum 滑坡的年龄时^[3], 均采用了两法结合的手段。国内学者进行此项工作的较少, 仅见针对堰塞湖或针对间接与滑坡相关的沉积物的¹⁴C测龄研究^[4-5]。

2008年9月中旬, 作者在野外研究陕西省凤翔县五曲湾典型滑坡时, 有幸于滑带土中发现了一段保存完好、炭化明显的树根样品, 并在2009年4月获得了¹⁴C测龄分析的结果。

介绍五曲湾滑坡的若干特征, 通报¹⁴C样品的发现与分析结果, 陈述风险评估意见, 是本文研讨的基本内容。

1 五曲湾滑坡概况

1.1 基本特征

五曲湾滑坡位于陕西省宝鸡市凤翔县糜杆桥镇五曲湾村(107°28'37"E、34°36'58"N), 发育在中高山区与黄土塬区的过渡地带。平面呈圈椅状形态,

剖面具阶梯状地貌特征。滑体长410 m, 宽330 m, 面积14.89万m², 厚度为42 m, 体积为625.15万m³。前缘高程1085 m, 后缘高程1175 m, 相对高差90 m。滑动方向为120°左右。滑体为离石黄土(Q₂l), 滑床为侏罗系直罗组(J₂z)泥质砂岩夹粉砂质泥岩。属黄土-基岩接触面、大型、老滑坡。

1.2 变形特点

五曲湾滑坡的边界清楚, 周界呈圈椅状形态闭合(图1)。其侧壁由两条同源双沟构成, 前缘剪出口露出地表, 与控制滑坡发生的河床具有0~13 m的高差。滑坡的后壁陡立, 倾角达60°, 见有保存完好厚度达到35 cm的黄土质滑带土(图2)。滑带土整体显示剪切带结构特点, 其中张扭性的次级滑面非常发育, 裂面间距为2~4 cm。在主滑面和次级滑面上均发育有大量擦痕构造, 二者倾角不一, 但倾向却协调一致, 共同指示发生滑移的运动方向, 为120°方位。

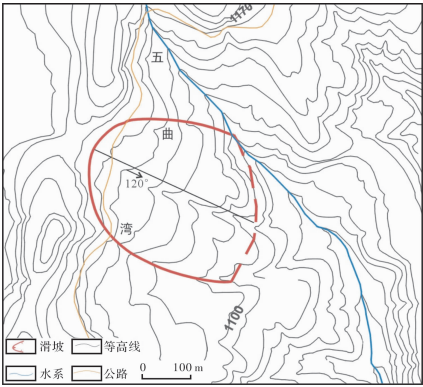


图1 五曲湾滑坡平面图

* 收稿日期: 2009-12-21

基金项目: 中国地质调查局项目“陕西宝鸡地区地质灾害详细调查”(12120106040401)

作者简介: 杨丽娟(1980-), 女, 山东青岛人, 硕士研究生, 主要研究方向为构造地质、灾害地质. E-mail: 30252020@qq.com



图2 后壁滑带

1.3 复活迹象

五曲湾滑坡形成之后具有两次明显的复活活动。①在1970年代末期，于强降雨过程中，在滑体的中后部位曾经出现过长30 m、宽1.5 m、深度超过60 cm的地裂缝。②在汶川8.0级地震发生时，受地震影响，位居五曲湾滑体之上的两座民房的边墙出现了长约60 cm、宽3~5 cm的显见裂隙(图3)。③在滑体后缘邻近滑带土部位的Q₂l黄土中，还发育有最近20年内出现的，规模不大，但不容忽视的裂缝(图4)。



图3 汶川8.0级地震造成的房屋裂缝

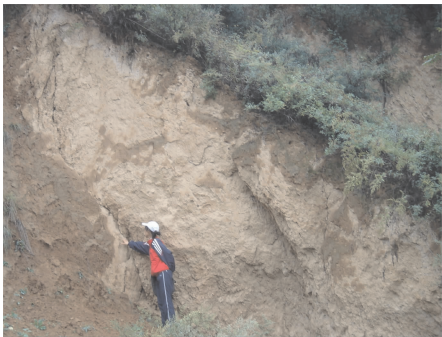


图4 滑坡后缘裂缝

2 五曲湾滑坡的形成时代

2.1 地质与人文地理分析

五曲湾滑坡的边界清楚，不显示破坏特征，

滑带土保存完好，滑动面上的擦痕仍清晰可辨，同源双沟未遭受进一步改造，剪出口高程大于河漫滩高程等，上述特征表明：五曲湾滑坡应归属老滑坡类型，且其形成时间不会十分久远。

在五曲湾滑坡的滑坡体上，生长着一棵高达数丈的白皮松的珍稀古树。据调查，其生长年龄为380年左右。该白皮松树干笔直，没有任何曾经受损的迹象。由此推断：该树是在滑坡之后开始生长的，滑坡的年龄应大于380年。

2.2 ¹⁴C 测龄研究

2.2.1 样品特征

该测试样品发现于五曲湾滑坡的后壁滑带土中，是滑坡滑动过程之中卷入到滑带土内的物质，为一段遭受了强烈剪切变形的古树根(图5)。它大致呈上圆下扁，上细下阔的准扇形形态。其长度为48 cm，宽度为5~27 cm，面积约768 cm²，平均厚度在1.2 cm左右。

样品的表面呈现黑色色调，表征微薄层状的炭化物质。样品的内部呈褐黄色调，未显示腐烂变质特征，木质纤维清晰可辨。此外，在该样品的正、反两个表面的平面上，均发育有十分明显的擦痕，而且，其产状与滑带土中发育的擦痕完全一致。



图5 滑带中的炭化木

2.2.2 样品处理与测试

样品测试单位为中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊科学与环境国家重点实验室，利用液体闪烁分析仪进行了¹⁴C测年。实验室中样品的制

备处理流程如下。

(1)样品前处理。将样品置于 1 000 ml 烧杯中,加 5% 盐酸去除无机炭,不定时搅拌,24 ~ 36 h 后清洗样品至中性;加入 2% 的 NaOH 溶液,除去腐殖质,浸泡 24 ~ 36 h 后冲洗至中性;最后将样品放入 5% 盐酸溶液中浸煮约 30 min 后,倾倒在样品上层的酸性溶液,用蒸馏水反复冲洗样品至近中性,放在烘箱中低温下烘干。

(2)将样品炭转化为 CO_2 ,并纯化。将样品置于 1 号反应罐内,通过过量氧气,加温至 650°C ,将有机质转化为 CO_2 气体。

(3)炭化物制备。先使反应产生的气体通过 CuSO_4 和 $\text{K}_2\text{CrO}_7 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液,去除 SO_2 及其它氧化物和杂质气体,再以浓氨水吸收 CO_2 。然后在吸收有 CO_2 的氨水溶液中加入过量 CaCl_2 ,过滤获取 CaCO_3 。烘干 CaCO_3 ,称重,按 5:1 的量,将 CaCO_3 与 Li 充分混合,放入 2 号反应罐内。抽真空 30 min 至罐内气压达 0.03 Pa,慢慢升温的同时继续抽真空,当温度达 400°C 时恒温 30 min,同时抽真空。在罐内气压小于 0.001 Pa 时,关断抽气泵,反应罐继续升温至 950°C 后,恒温 45 min。通过本步骤获得 C_2Li_2 。

(4) C_2H_2 制备与纯化。待 2 号反应罐冷却至室温后,抽真空,加蒸馏水,水解 C_2Li_2 ,获得 C_2H_2 气体。 C_2H_2 经冷井 1、2(液氮与无水酒精混合溶液),充分去除水蒸气;经冷井 3、4(液氮)去除 H_2S 、 PH_3 、 NH_3 等杂质气体。真空泵抽除 H_2 、 N_2 、 O_2 等杂质气体,真空系统压强小于 0.01 Pa。

(5)聚合成苯。首先将催化剂在 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 下通空气活化。活化后,系统抽真空至真空系统压强小于 0.01 Pa,同时催化剂温度降至 100°C 左右,通入纯化后的 C_2H_2 ,反应温度控制在 $80 \sim 120^\circ\text{C}$ 之间,获取苯。

(6)称取闪烁剂($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}$)0.045 g 左右置于测量瓶中,将所获苯转移至测量瓶中,称量所获样品苯的重量,加入本底苯至 2.635 g 左右。将测量瓶放入仪器轨道,静置 1 周后,送入仪器测量。

2.2.3 测试结果分析

经过 ^{14}C 测试,样品年龄为 $B. P462 \pm 45$ 年。由于树木是在滑坡滑动过程中死亡的,样品又是从树木死亡开始停止与外界的 C 交换,所以 ^{14}C 年龄即相当于滑坡年龄。根据炭化树根的 ^{14}C 测试结果分析,五曲湾滑坡的滑坡年龄被厘定为 462 ± 45 年。

公元 1556 年,陕西省华县发生震级 $8 \frac{1}{4}$ 的强

震^[6],据张振中《中国西部黄土地地区的地震震中分布及地震烈度区划图》,宝鸡地区东北部属于Ⅶ度区,西南部属于Ⅵ度区^[7]。而在黄土地区,烈度达到Ⅵ度时,就会出现地震滑坡^[8]。本文中 ^{14}C 测得年龄值与此次地震发生的时间极其接近。因此推测,五曲湾滑坡可能是“华县大地震”引发的。同时,也证明了取样的正确性以及测试结果的准确性。

3 结语

(1)本文获得的滑坡年龄(462 ± 45 年),是目前国内 ^{14}C 测龄研究滑坡的有关实例中最为年轻的。

(2)通过野外调查,结合 ^{14}C 测年,以及资料中记载的地震事件,认为五曲湾滑坡极可能是当年的华县大地震引发的。

(3)本文采用 ^{14}C 法测定获取的滑坡年龄,与野外调查分析结果基本一致,又跟华县大地震时间相互印证,证明了 ^{14}C 测年法的准确性、可行性。所以,如果能在滑带中发现可用于 ^{14}C 定年的含炭样品,进行 ^{14}C 测年,是对年化较新的滑坡进行定年的有效途径。

(4)综合研究结果认为,五曲湾滑坡是一个形成时代相对较新,具有显著复活特征,存在较大风险,必须采取避让搬迁措施的老滑坡。

致谢:论文写作过程中,得到了南京师范大学白世彪教授、中国科学院南京地理与湖泊环境研究所湖泊科学与环境国家重点实验室吴艳宏研究员的鼎力相助,在此表示诚挚的谢意!

参考文献:

- [1] Marten Geertsema, John J Clagu. 1 000 - year record of landslide dams at Halden Creek, northeastern British Columbia [J]. Landslides, 2006, 3(3): 217 - 227.
- [2] Giovanni Bertolini, Nicola Casagli, Leonardo Ermini. Radiocarbon data on lateglacial and holocene landslides in the northern apennines [J]. Natural Hazards, 2004, 31(3): 645 - 662.
- [3] Tamer Y. Duman. The largest landslide dam in Turkey: Tortum landslide [J]. Engineering Geology, 2009, 104(1/2): 66 - 79.
- [4] 邓清禄,柯于义,郭锋.长江三峡非正常含炭粘土沉积及其地质灾害意义[J].地球科学,2008,33(3):405 - 410.
- [5] 王兰生,杨立铮,王小群,等.岷江叠溪古堰塞湖的发现[J].成都理工大学学报:自然科学版,2005,32(1):1 - 10.
- [6] 国家地震局震害防御司.中国历史强震目录(公元前 23 世纪 - 公元 1911 年)[M].北京:地震出版社,1995.
- [7] 张振中.黄土地震灾害[M].北京:地震出版社,1999.
- [8] 陈永明,石玉成,刘红玫,等.黄土地区地震滑坡的分布特征及其影响因素分析[J].中国地震,2005,21(2):235 - 243.

Development Characteristics and ¹⁴C Dating of a Landslide
in Wuquwan in Shaanxi Province

Yang Lijuan, Li Hualiang and Yi Shunhua

(College of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, 430074, China)

Abstract: A piece of tree root was found in the slip soil of a landslide in Wuquwan, Fengxiang County, Shaanxi Province. Surface of the root was carbonized and intensely sheared, which was analyzed to be resulted from a landslide sliding. ¹⁴C dating suggests that the landslide age is 462 ± 45 years. This datum accords with the geology analysis result and is close to the year of 1556 when the Huaxian earthquake took place. This information contributes to the study on triggering mechanism of the Wuquwan landslide. Consequently, if we can find a sample from the sliding soil that can be used for dating, the method of ¹⁴C dating should be an effective approach for dating the age of a landslide.

Key words: Wuquwan of Fengxiang County, Shaanxi Province; landslide age; ¹⁴C dating; carbonized tree root; Huaxian earthquake in 1556

.....
(上接第 23 页)

Simulation Study on Precipitation and Soil Saturation Based on Copula Model

Wang Qin¹, Huang Yanyong¹, Tang Jiafa² and Xiang Bo¹

- (1. College of Mathematics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;
- 2. College of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031)

Abstract: Considering precipitation and soil saturation of Jiangjiagou valley in Dongchuan of Yunnan Province, a Clayton Copula model with Pearson type III marginal distribution is established by two-step method. The related structure and recurrence interval of precipitation and soil saturation are analyzed, and changes of soil saturation are simulated. Practical examples verify that the Clayton Copula model can better simulate daily changes of soil saturation in precipitation situations, can help people further understand the action process of rainfalls to soil saturation, and provide a new method of analysis on the occurrence of debris flow disasters.

Key words: debris flow; soil saturation; Clayton Copula model; binary joint distribution; recurrence interval; Dong Chuan of Yunnan Province; Jiangjiagou valley