

利用树轮重建九房山滑坡活动年份

洪 婷¹ 白世彪^{1 2} 王 建^{1 2} 张志刚¹

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210046;

2. 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210046)

摘 要: 理解地貌过程以及认识过去灾害发生的频率, 是自然灾害风险评价的重要任务。树木年轮由于其具有定年准确、连续性强、分辨率高和易于复本等特点, 近年来被用到恢复过去灾害发生的时间。随着滑坡、泥石流等山地地质灾害性事件发生频率的增加, 地质灾害风险管理和评价受到了越来越多的关注。在样品量足够的前提下, 树木年轮方法可以精确地确定滑坡事件发生的年份。以甘肃南部武都区外纳乡的九房山滑坡为研究对象, 利用树木年轮分析方法对该滑坡的灾害事件发生的时间进行了初步的研究。结果显示: 1. 树木年轮样品在 1980—1982 年, 1984—1987 年以及 1991—1993 年都出现了年轮宽度迅速减小或者迅速增加的现象。本研究将 1980—1982 年, 1984—1987 年以及 1991—1993 年定为滑坡活动年份, 其中 1992 年和 1993 年的滑坡与当地记载的滑坡年份一致。强降水、地震影响以及不合理的灌溉活动都可能导致滑坡的复活, 但降雨仍是导致九房山滑坡复活的重要因素。2. 树木年轮样品中出现的偏心木和伪轮现象也是对滑坡灾害发生的佐证, 说明受到滑坡灾害的影响, 树木的生长环境发生了改变。

关键词: 树木年轮; 九房山滑坡; 灾害; 武都

中图分类号: P642. 22

文献标识码: A

树轮地貌学, 或者利用记录在树木年轮中的信息来确定地貌事件发生的时间, 代表了树轮生态学研究的一个分支领域。许多树种可以存活几个世纪甚至更长的时间, 在缺乏较长历史记载的地区, 应用树轮来确定诸如滑坡、崩塌、泥石流等山地灾害事件的发生日期具有重要的意义。虽然一次灾害性的事件可能会毁灭其上生长的所有树木, 但是经历强度较小、速度较慢事件的树木可以存活下来。由于树木对外部环境的干扰有灵敏的反应, 这些存活下来的树木都毫无疑问的受到了损伤, 如: 树木断头、倾斜、撞击的痕迹或者根部的断裂, 这些损伤都记录在了树轮里面^[1-2]。这就为利用树木年轮重建滑坡、泥石流、崩塌、雪崩等山地地质灾害事件提供了真实可靠的手段和方法。

在东亚地区, Kenji Kashiwaya^[3] 利用树木年轮和降雨阈值分析对日本六甲山的滑坡进行研究。当前利用树木年轮学分析方法来研究滑坡的研究成果多见于欧洲地区和北美地区。Rosanna Fantucci 等^[4] 对意大利卡拉布里亚 (Calabria) 地区的 Lago 滑坡的研究, 通过年轮生长异常分析认为该滑坡的强烈滑动时间在 1860—1895 年; Paul E. Carrara 等^[5] 利用树木年轮确定了美国蒙大拿州西南部地震滑坡发生的时间, 研究认为每一年年轮宽度的显著减少和应力木的形成都能指示当地的滑坡活动; Maria Cleofe Stefanini^[6] 对意大利中部的亚平宁山脉地区的复合滑坡的研究表明, 降雨和轻震级的地震都会导致滑坡的发生, 而且降雨是首要因素, 揭示了在一段较长时期的干燥之后的持续降雨可能会导致滑坡

收稿日期 (Received date) : 2011 - 12 - 18; 改回日期 (Accepted) : 2012 - 01 - 05。

基金项目 (Foundation item) : 国家自然科学基金“白龙江流域—武都段滑坡灾害时空综合预测研究” (No. 40801212) 。 [National Natural Science Foundation of China, “The comprehensive spatial - temporal prediction study of the landslide hazards in Zhouqu - Wudu section along the Bailong River Basin” (No. 40801212) .]

作者简介 (Biography) : 洪婷 (1988 -) , 女, 山东省阳谷县人, 硕士研究生, 主要从事树轮生态学和树轮重建灾害方面的相关研究。 [Hong Ting (1988 -) , female, Yanggu Shandong, Master, majoring in dendroecology and the reconstruct of natural hazard by the means of tree-ring.] E-mail: hongting880529@sina.com

的复活; Paul E. Carrara^[7]利用树木年轮分析对美国怀俄明州黄石国家公园高塔地区的滑坡研究,认为在 1692—1694 年发生的滑坡是由地震引起,在 1694 年以后的 2~16 a 内所采集的样品均形成不同程度的窄轮,经推断窄轮形成的原因是由滑坡引起。Miet Van Den Eeckhaut 等^[8]对比利时阿登山 Koppenberg 森林一个深层的旋转型古滑坡进行了研究,利用年轮的 2 个参数(年轮偏心率和生长变化比例)来确定滑坡活化的时间序列,研究表明,在 1910—2000 年的 6 次滑坡活化都与超过年平均值的强降雨有关; Lopez - Saez Jérôme 等^[9]对法国南部阿尔卑斯山地区的巴塞隆奈特流域滑坡研究表明,树木年轮指标是滑坡活动的一个有效的时空生物指标,并确定了 1947—2004 年的 6 个滑坡活动时期,其中有一个是在历史记载中明确记录的。

国内用树木年轮学分析方法来研究滑坡的研究成果鲜见。位于甘肃省陇南市武都区的九房山滑坡,据资料记载该老滑坡现在仍处于活动状态,最近的一次巨大滑动是在 1992 年,但之前的滑动时间还不是很明确,故本研究以九房山滑坡为研究对象,使用树木年轮分析方法,利用生长在滑坡体上的树木的年轮中记载的信息来确定 1992 年之前的滑动年份。

1 研究区域概况

甘肃省陇南市武都区位于甘肃省东南部,地处秦岭山系,介于青藏高原、黄土高原和四川盆地三大

地貌单元之间(图 1),位于西秦岭纬向构造带与武都“山”字型构造体系交汇处,岩层破碎,有近 1/3 地区被黄土覆盖,地质构造活动强烈,地震活动频繁,有文字记载的 7 级以上地震达 16 次,地质灾害活动频繁,是我国四大滑坡、泥石流密集区之一^[10-12]。在这一地区最主要和最频繁的滑坡诱发因素是降雨。长时间的降雨和暴雨是武都滑坡发生的重要条件。据统计,95% 的滑坡发生在当年的雨季,60% 以上的滑坡发生在丰水年的雨季。在强降雨季节,由于滑坡,通常会造成道路封闭、人民生命财产安全受到严重的威胁。

九房山滑坡位于甘肃省东南部陇南武都区外纳乡稻畦子村境内,北距武都县城 52 km,处于白龙江左岸与杜家沟交叉处,国道 212 线边坡上。地理位置为 33°09′21″N,105°00′32″E,属于典型的北亚热带湿润向暖温带半湿润过渡带气候类型,年平均温度 14.6℃,极端最低温度 -8.1℃,最高温度 40℃,该滑坡从底部到顶部海拔 876~1 320 m;年均降水量 600 mm 左右,降水主要集中在 6 月下旬至 9 月底,雨季天数占全年的 28%,降水量占总降雨量的 65%。该研究区内主要土壤类型为棕壤和黑垆土,植被主要为落叶阔叶林和针阔混交林。但是随着人类在滑坡体上的开垦农耕等活动,滑坡体上的原始树木已经被砍伐殆尽。从图 2 中也可以看到滑坡体上植被的变化。

九房山滑坡体基本呈圈椅状(图 3),坐北朝南布局,初步判断主滑方向为南偏东 55°;滑坡体后缘上部高程 1 320 m、底部高程 876 m、相对高度 444 m,

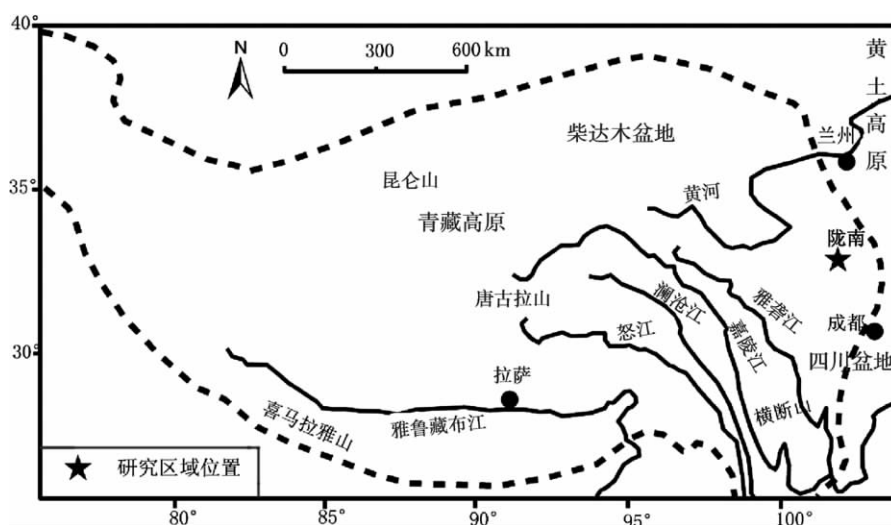


图 1 研究区位置

Fig. 1 Location of the study area



图 2 九房山滑坡照片
(左图拍摄时间: 2004 年; 右图拍摄时间: 2011 年)
Fig. 2 Photo of Jiufangshan Landslide
(The left photo was took at 2004; the right was took at 2011)

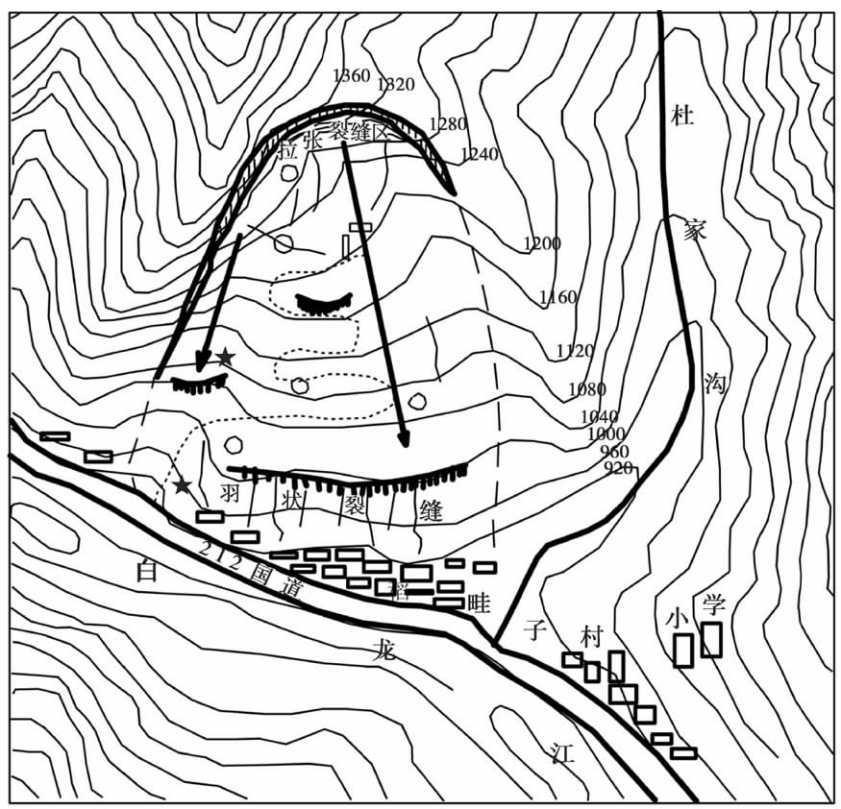


图 3 九房山滑坡平面示意图
(其中, 两个五角星处为两颗针叶树的采样地点, 在滑坡体边缘羽状裂缝后缘的
五角星处的是 JFS01 的采样地点; 在 212 国道旁边的五角星处为 JFS02 的采样地点。)
Fig. 3 Plan of Jiufangshan Landslide
(In this fig the two sample sites are marked by five pointed star, the first conifer tree - JFS01 is at the middle
of the Jiufangshan Landslide body; the other one - JFS02 is at the side of the 212 Country road.)

主滑方向上部滑体坡面平均坡度 40° 、中部 55° 、下部 60° 、局部达 80° (村庄房屋背后), 滑体前缘宽 350 m、中部均宽 450 m、主滑方向斜长 1 050 m、面积 0.48 km^2 , 根据滑动面情况和地质地形情况分

析, 滑坡深度平均达 70 m, 由此推算滑体总体积约 $3\,400 \times 10^4 \text{ m}^3$, 属大型滑坡。

九房山滑坡是一个老滑坡, 在历史上曾滑动过多次, 目前从整体地形上看滑动痕迹依然存在。但

自从 1980 年代中期,人们在滑体上开始进行开垦农耕活动,特别是在其上建设桔园,进行坡面整修,修通道路、进行坡改梯工程和自流引水工程,修筑储水池,在滑体上部进行不合理的大水漫灌,致使在 1992 年工程完工不久,滑坡就开始复活,新修的房屋开裂,最宽处达 40 cm,之后不久,滑体活动加剧,前端出现剧烈滑动,下部的房屋多处裂缝并部分坍塌,小学和数户群众被迫搬迁。滑体上的水利设施均被损报废。1992-08—09 平均下滑 6 m 左右,1993 年冬季后缘再次下滑 1.2 m 左右,后缘裂缝密布,最宽约 40 cm,长约 100 m,中部一横向裂缝长达 300 m,宽约 3~5 m。1993 年以后,每逢雨季,滑坡都不同程度的出现活动现象,特别是滑坡后缘及前端局部地段活动明显。2002 年后缘滑壁实测 7.2 m,2004-06 则发展为 13 m^[13],滑体上部活动非常剧烈。

2 材料与方法

2.1 样品采集与宽度测量

本研究的数据主要来自在滑坡体上采集的两棵针叶树的树轮宽度。两棵树共采集 5 个树芯,分别为 JFS01-a/b/c; JFS02-a/b。由于 JFS01-c 烂心,故可利于本研究的树芯总数为 4 个树芯: JFS01-a/b, JFS02-a/b,其中 JFS02 偏心,偏向上坡方向。JFS01 采集自九房山滑坡体边缘的羽状裂缝后缘, JFS02 采集自该滑坡体前缘,即 212 国道旁边(见图 3)。

将生长锥钻取的树芯放入纸筒中,并做好标记;将树芯样品运回实验室后,放在阴凉通风处风干半个月到一个月时间,把风干的树芯用白乳胶粘合在准备好的凹槽中,再风干 12~24 h,然后分别用 100~600 目的砂纸打磨,直至树轮界限和细胞在显微镜下清晰可见^[14];使用 AcuRite 树轮宽度仪的 Measurement J2X 测量系统多次逐年测量树轮宽度,并取平均值。由于本研究初步获得的样品量不是十分充足,无法利用 COFECHA 程序进行交叉定年,故在此尝试使用骨架图方法进行初步定年,其中 JFS01 约为 56 a, JFS02 约为 39 a。

2.2 研究方法

采用的树木年轮宽度分析与降水量相结合的方法来重建过去滑坡滑动的年份。本方法基于一个简单但实用的原理:当树木生长没有受到扰动时,树木

的生长是连续渐变的;当树木的生长出现突然的变化,如:生长的急剧减少(比前 4 a 年轮平均宽度减少 40%)或者急剧增加(比前 4 a 年年轮平均宽度增加 50%),如果这种变化持续连续 3 a 以上,尤其是生长量连续 3 a(或者更长时间)减少,那么这种变化极可能是由于滑坡灾害等地貌事件影响引起的;如果生长量的减少只有 1 a,那么造成这种减少的原因也可能是由于树木根部受到破坏,树木主干的缺失,或者气象条件的改变而引起的树木生长量的减少只持续 1 a^[5,8]。而树轮宽度比前 4 a 平均宽度增加 50% 以上则可能是由于滑坡的活动导致树木随着滑坡体一起滑动,树木的立地环境发生改变,新的生长环境可能给树木提供了更多的水分、光照等有利于树木生长的条件,所以年轮宽度较前 4 a 的平均宽度会增加。

Paul E. Carrara^[5]和 Miet Van Den Eeckhaut^[8]的研究中分别采用了树轮宽度与前 4 a 的平均宽度比较,减少 40% 或增加 50% 来作为确定事件发生的标志;以及与前 1 a 树轮宽度对比减少 50% 作为事件发生的标志。从两者研究的滑坡性质来看,Paul E. Carrara 的研究对象是美国蒙大拿州的 3 个小型滑坡;而后者的研究对象是阿登山 Koppenberg 森林一个深层的旋转型古滑坡,与本文研究滑坡性质相似,故在本研究中采用 Miet Van Den Eeckhaut 的研究方法,将树轮宽度与前 4 a 的平均宽度做比较,减少 40% 或增加 50% 作为确定事件发生的标志。因此,本研究采取的是 3 a 的连续生长量变化作为确定灾害事件发生年份的指示标准。

3 结果与讨论

3.1 年降水量分析

年降水量数据来自距离九房山滑坡 52 km 处的武都气象站,年降水量多为 500~600 mm,降水的最高值出现在 1984 年,为 689.3 mm,其次是 1993 年,为 626.1 mm(图 4)。

将获得的年降水量资料与年轮宽度做相关分析。一般情况下,降水量与年轮宽度呈正相关^[15-17]。在本研究中,利用 1972—2008 年共计 37 a 的树轮宽度与降水量的相关分析得出,降水量与树轮宽度呈负相关,即降水量越多年轮宽度越小。这是因为若是降雨触发了滑坡,滑动之后,树木根系或者树干受到破坏后,导致树木年轮会迅速对这种

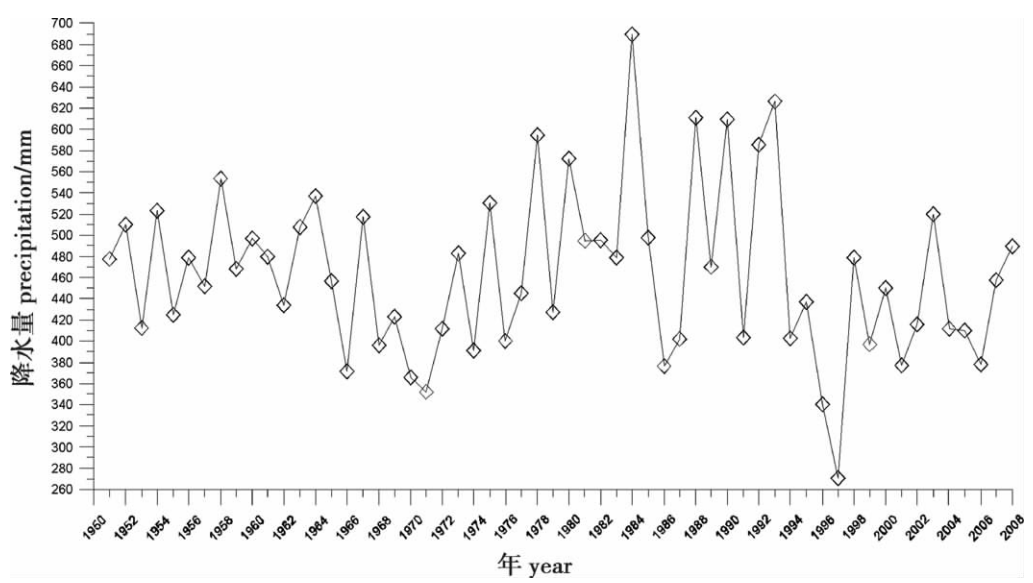


图 4 武都气象站年降水时序分析

Fig. 4 Annual precipitation time series analysis of Wudu meteorological station

表 1 样品与降水量之间的相关分析

Table 1 Correlation between the width of the samples and the precipitation

样品编号	样品宽度与降水量相关系数	两个方向上平均宽度与降水量相关系数
JFS01 - a	0.066 36	-0.148 72
JFS01 - b	-0.299 48	
JFS02 - a	-0.109 62	-0.009 85
JFS02 - b	0.105 22	

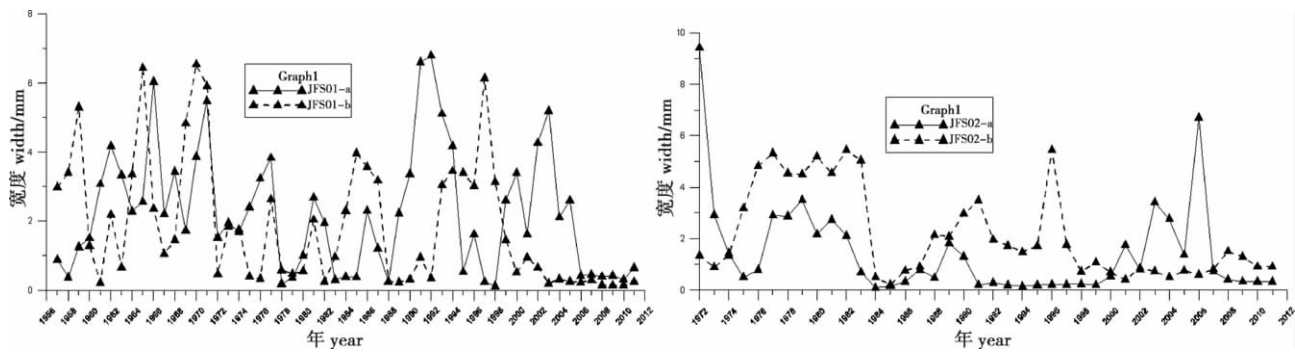


图 5 JFS01 和 JFS02 宽度分析(左:JFS01;右:JFS02)

Fig. 5 Width analysis of JFS01 and JFS02(Left: JFS01; Right: JFS02)

破坏做出反应(产生生长异常)——宽度出现连续 3 a 甚至更长时间的减少,但这 3 a 甚至更长时间期间,降雨量并没有减少,就出现了降水越多,年轮宽度越窄的结果。图 5 是对采集到的两棵树的树轮宽度的分析。根据研究原理,使用公式(1)来计算树轮某一年的生长宽度比前 4 a 平均宽度的减少或者增加

$$I = \frac{r_{i+1} - \frac{r_i + r_{i+1} + r_{i+2} + r_{i+3}}{4}}{r_{i+1}} \quad (1)$$

式中 r 代表某年的年轮宽度, I 代表生长减少或者生长增加的百分比。在本研究中,通过上述计算式找到 $I > 0.4$ 和 $I < -0.5$ 的年份。

在所有样品中,符合原理中树轮生长减少量和

增加量的年份如表 2 所示 ,为了不损失灾害信息并且更加精确地确定年轮中反映出的滑坡发生的时间 将表中能够反应滑坡活动信息的年份取交集 将滑坡活动的年份初步定为 1980—1982 年 ,1984—1987 年和 1991—1993 年(图 6) 。其中 ,1992 年和 1993 年在当地资料中记载为滑坡发生年份 ,与本研究结果一致。在表 2 的结果中表明 在 1993 年之后树轮样品中出现了年轮生长量不同程度的减少或者增加 ,这也与资料记载中的 1993 年之后每逢雨季 ,

滑坡都会出现不同程度的活动是相吻合的。

表 2 树轮宽度急剧减少或者增加的年份

样品编号	减少或增加年份
JFS01 - a	1974—1982 ,1984—1988 ,1991—1996
JFS01 - b	1972—1978 ,1980—1982 ,1984—1987 ,1991—1995
JFS02 - a	1972—1975 ,1977—1988 ,1991—1996 ,1999—2006
JFS02 - b	1980—1987 ,1991—1993 ,1995—1999

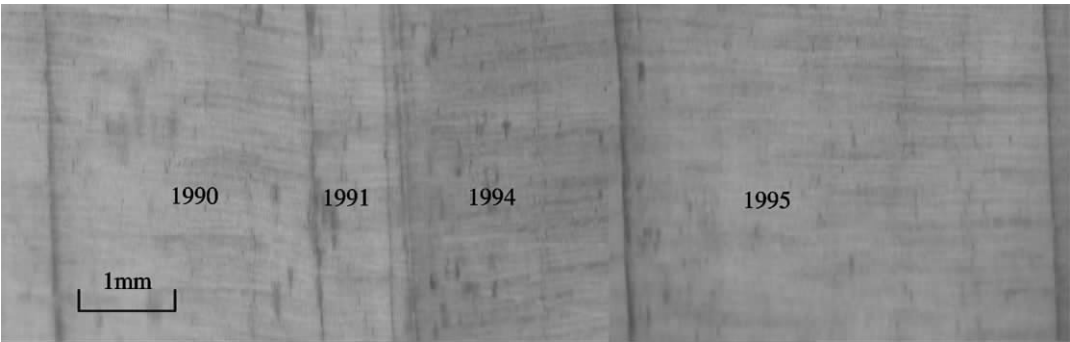


图 6 年轮宽度照片
(从左至右依次为 1990 ,1991 ,1992 ,1993 ,1994 ,1995 年的年轮宽度)

Fig. 6 Photo of tree-ring
(From left to right is the annual ring width of the year 1990 ,1991 ,1992 ,1993 ,1994 ,1995)

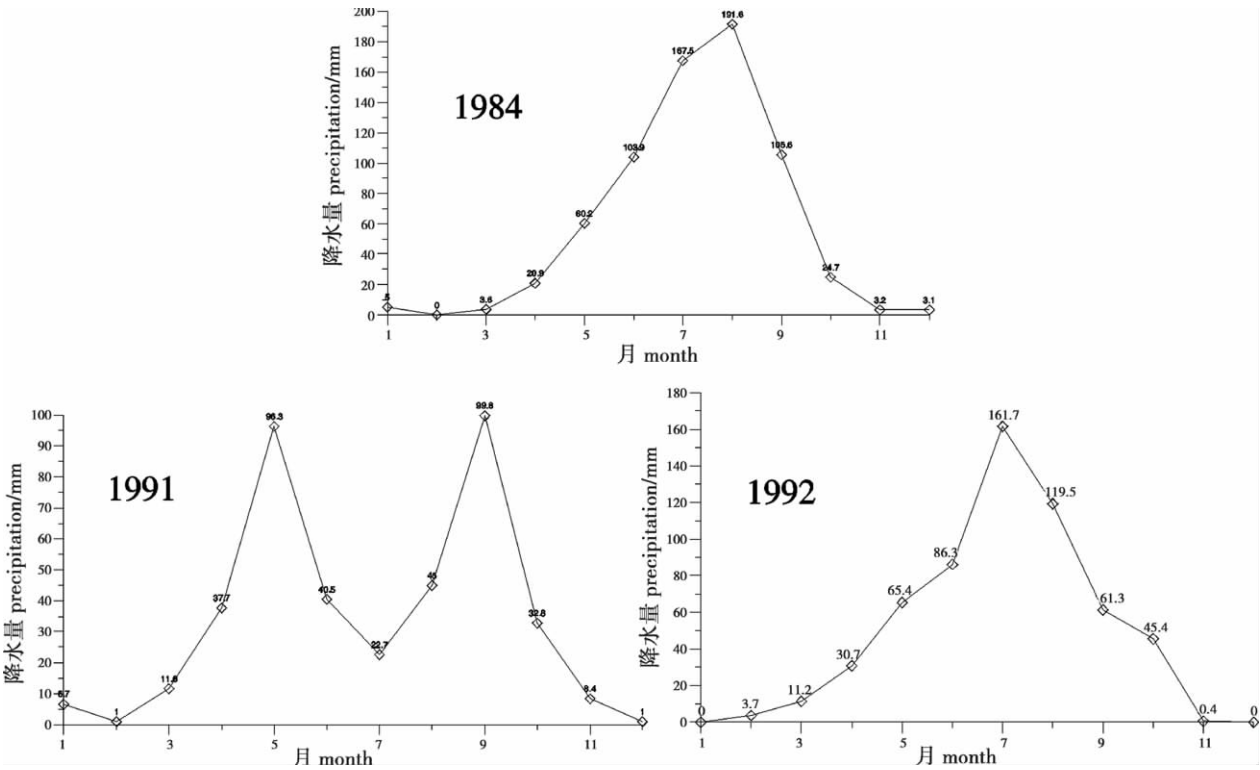


图 7 1984 ,1991 ,1992 年内的月降水量
Fig. 7 Monthly precipitation of the year 1984 ,1991 and 1992

3.2 讨论

该研究区构造活动比较强烈。在确定出的三个滑坡发生的时段(1980—1982年,1984—1987年,1991—1993年)中,其中1981-01-24在四川省道孚县发生了6.9级地震,所以地震活动也可能是导致九房山滑坡活动的诱因之一。

在确定出滑坡年之后,对滑坡年内的月降水资料(图7)和地震资料进行分析,发现1992年滑坡复活是在经历了1991年的干旱之后出现的短时间内持续强降雨之后出现滑动。资料记载的1992-08-09滑坡出现了巨大的滑动,1992年年内降水量主要集中在6—8月,在7月达到月降水量的最大值,随即在8—9月滑坡出现了巨大的滑动。1980—1982年中1981年滑坡就可能是由于1981年6.9级地震诱发的。分析1984—1987年中的滑坡活化,尤其是1984年是该地区有降水资料记载以来的降雨量最大值(年降水量689.3 mm,该年内的最大降水出现在8月,降水量达191.6 mm),该时段内的滑坡复活与本时段内的强降雨以及月降水峰值是密切相关的。

据资料记载九房山滑坡后缘及前端局部地段活动明显,2002年后缘滑壁实测7.2 m,2004—06则发展为13 m,上部滑体活动非常剧烈。在本研究中,树轮样品JFS02-a中表明了年轮样品在1999—2006年出现了生长量的急剧减少或者急剧增加,但是在其他样品中并未表明此现象。原因是:滑坡滑动较为剧烈的部位在滑坡后缘及前端局部地段,而本研究采集的样品JFS01位于滑体中部,对滑坡后缘和滑坡前端剧烈滑动事件的记载不太敏感。JFS02采集于滑体前缘,在JFS02的两个样品中就记载了滑坡在1994—2009年均有不同程度的滑动。

4 结论

树木年轮样品在1980—1982年,1984—1987年,1991—1993年以及1993年之后都出现了年轮宽度迅速减小或者迅速增加的现象,为了准确确定九房山滑坡的较大滑动的时间,故本研究将1980—1982年,1984—1987年和1991—1993年定为滑坡活动的年份,其中1992年和1993年滑坡活动与当地记载的滑坡年份一致。1993年之后每逢雨季的不同程度的下滑也在树轮样品中体现为年生长量的不同程度的增加或减少。偏心木的生长与灾害性事

件的发生有密切关系,由于滑坡灾害导致了树木生长立地环境的改变,树木年轮样品中存在着大量的伪轮,也标志着树木生长环境变得恶劣。对滑坡复活的分析来看,在一段时间的干燥之后,随之而来的持续降雨,地震活动,以及人类不合理的灌溉活动都有可能引起滑坡活化,但降雨仍是导致九房山滑坡复活的重要因素。

由于当地植被人为破坏严重,导致目前的研究样品量不充足,没有达到交叉定年的标准。本文采用的骨架图法定年,不能够准确辨别伪轮的年份,后续的研究可以在参照区采集树轮样品进行对比分析,更精确的确定滑坡年份。树轮样品中出现的偏心生长现象也可能与该地区的滑坡灾害事件有关,今后也可以利用树盘来确定偏心生长开始的年份,进行滑坡灾害事件的定年。

参考文献(References)

- [1] Markus Stoffel, Michelle Bollschweiler. Tree-ring analysis in natural hazards research——an overview [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 2008: 187—202
- [2] Stoffel M, Bollschweiler M, Butler D R, et al. Tree rings and natural hazards: a state-of-the-art [M]. Springer 2010
- [3] Kenji Kashiwaya, Takashi Okimura, Takeshi Kawatani. Critical precipitation conditions for landslide and tree ring responses in the Rokko Mountains, Kobe, Japan [J]. *The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources* 1987: 191—197
- [4] Rosanna Fanyucci, Marino Sorriso-Valvo. Dendrogeomorphological analysis of a slope near Lago, Calabria (Italy) [J]. *Geomorphology* 1999: 165—174
- [5] Paul E Carrara, J Micheal O'Neill. Tree-ring dated landslide movements and their relationship to seismic events in southwestern Montana, USA [J]. *Quaternary Research* 2003: 25—35
- [6] Maria Cleofe Stefanini. Spatio-temporal analysis of a complex landslide in the Northern Apennines (Italy) by means of dendrochronology [J]. *Geomorphology* 2004: 191—202
- [7] Paul E Carrara. Movement of a large landslide block dated by tree-ring analysis, Tower Falls Area, Yellowstone National Park, Wyoming [C]//Integrated Geoscience Studies in the Greater Yellowstone Area. U. S. Geological Survey 2007: 43—51
- [8] Miet Van Den Eeckhaut, B Muys, K Van Loy, et al. Evidence for repeated re-activation of old landslides under forest [J]. *Earth Surface Processes and Landforms* 2009: 352—365
- [9] Lopez Saez J, Astrade L, Corona C, et al. The forest: an efficient spatio-temporal bioindicator of landslide activities [C]//Panorama de la dendrochronologie en France 8—10 Octobre 2009. Editions Edytem, Chambéry.
- [10] Scheidegger A E, Ai Nanshan. Clay slides and debris flow in Wudu region [J]. *Journal of Soil and Water Conservation* 1987, 1

- (2): 19–27 [A E scheidegger 艾南山. 武都地区的滑坡和泥石流[J]. 水土保持学报, 1987, 1(2): 19–27]
- [11] Guo Liyong, Zhao Shuping, Wei Zhong. Appraisal on benefits of disaster prevention and reduction in south Gansu and south Shaanxi District [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1999, 19(4): 37–40 [郭利勇, 赵书平, 韦忠. 长江上游滑坡泥石流预警系统中陇南陕南片防灾减灾效益评价[J]. 水土保持通报, 1999, 19(4): 37–40]
- [12] Chen Yaoqian. The forming condition and distribution characteristics of geological disaster in Wudu County [J]. Gansu Science and Technology, 2004, 20(9): 139–141 [陈耀乾. 武都县地质灾害的形成条件与分布特征[J]. 甘肃科技, 2004, 20(9): 139–141]
- [13] Zhang Xin, Wang Li, Yu Jianping. The cause analysis, image interpretation and control countermeasures of the Jiufangshan landslide [M]. Water and Soil Conservation Application Technology, 2007, 3: 42–44 [张歆, 王莉, 余剑平. 九房山滑坡成因分析、影像判读及防治对策[J]. 水土保持应用技术, 2007, 3: 42–44]
- [14] Shao Xuemei, Fang Xiuqi, Liu Hongbin, et al. Dating the 1000-year-old Qilian Juniper in Mountains along the eastern margin of the Qaidam basin [J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(1): 90–100 [邵雪梅, 方修琦, 刘洪滨, 等. 柴达木东缘山地千年祁连山圆柏定年分析[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 90–100]
- [15] Fan Weiye, Wang Xiaolan. Advances in studies on the relationships between tree-ring width and climatic factors [J]. Acta Bot. Boreo-Occident. Sin, 2004, 24(2): 345–351 [范玮熠, 王孝安. 树木年轮宽度与气候因子的关系研究进展[J]. 西北植物学报, 2004, 24(2): 345–351]
- [16] Yang Yinke, Liu Yu, Cai Qiuqiang, et al. Precipitation reconstruction from tree ring width over the central Qilian Mountains for the last 248 years [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2005, 25(3): 113–118 [杨银科, 刘禹, 蔡秋芳, 等. 以树木年轮宽度资料重建祁连山中部地区过去 248 年来的降水量[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(3): 113–118]
- [17] Wang Ting, Yu Dan, Li Jiangfeng, et al. Advances in research on the relationship between climatic change and tree-ring width [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2003, 27(1): 23–33 [王婷, 于丹, 李江风, 等. 树木年轮宽度与气候变化关系研究进展[J]. 植物生态学报, 2003, 27(1): 23–33]

Reconstruct the Activity Years of Jiufangshan Landslide by Means of Tree-rings

HONG Ting¹, BAI Shibiao^{1,2}, WANG Jian^{1,2}, ZHANG Zhigang¹

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China;

2. Key Laboratory of Virtual Geographical Environment (Ministry of Education), Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract: The understanding of geomorphic processes and knowledge of past events are important elements for the assessment of natural hazards. With the frequencies of landslides, debris-flows and other geological disaster events increased in recent years, risk management and evaluation of geological disasters received more and more attention. Tree-ring data is widely used in the researches of disasters recovery of the past in recent years, which has the characteristics of accurate dating, strong continuity, high resolution and easy to copy. Tree-ring method can precisely determine the time of landslide happened using enough amounts of samples. The study area is Jiufangshan landslide, which is located in Wudu District of south of Gansu Province in Northwestern China. The Jiufangshan landslide reactivation periods are analyzed using tree-ring analysis method. The results show that: ① There is an abrupt growth reduction or growth recovery in the year 1980–1982, 1984–1987 and 1991–1993 in the tree-ring samples. So it was determined as landslide years in 1980–1982, 1984–1987 and 1991–1993 in this study, in which the 1992 and 1993 landslides are in coincidence with the local archive data. Heavy precipitation, seismic impact and unreasonable irrigation activities may caused the landslide reactivation, while precipitation plays an important role in the landslide reactivation. ② The eccentric wood and false rings appeared in the tree-ring samples are evidences of landslide events, these also indicate that the growth environment of trees is changed by the landslide activity.

Key words: Tree-ring analysis; Jiufangshan landslide; disaster; Wudu District