

文章编号:1007-3701(2002)02-0024-05

甘肃中部第四纪以来滑坡发育期次划分及特征

彭轩明^{1,2} 鄢道平² 黄波林² 钟润生²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003)

摘要: 通过滑坡形成期次的划分, 确定区域滑坡灾害旋回周期, 对制定区域滑坡防治对策具有重要意义。借助已较成熟的地貌发育史、气候史和新构造运动演化史, 再应用¹⁴C 和热释光等绝对测年法, 将陇中地区的滑坡划分为古滑坡(Q₃)、老滑坡(Q₄)、新滑坡(Q₅)和现代滑坡(Q₆)四个活跃期。

关键词: 滑坡; 古环境; 第四纪; 新构造运动

中图分类号: P642.22

文献标识码: A

滑坡发育期次(历史)的研究是理论滑坡学及区域滑坡学的重要研究内容。大量的实际研究资料表明, 滑坡形成的时代并不局限于当代或近代, 国内外近年来在不同地质时代的地层中发现和研究了大量的“重力滑动构造”, 这种构造的主要内容从工程地质角度理解, 可视为地质时代的“化石”滑坡^[1]。早于第四系的滑坡, 受到多期构造运动的影响与改造, 很难鉴别, 亦缺乏实际的工程地质意义。对人类造成直接灾害威胁的滑坡中有 70% 属第四系以来古、老滑坡的复活^[2], 因此对其进行研究具有重大的实际工程地质意义。甘肃中部地区, 不但滑坡分布广泛, 而且具有悠久的地质发育历史。根据大量的调查资料综合分析, 本区广泛分布有晚更新世以来不同时期形成的滑坡。早期形成的古、老滑坡遭受后期的侵蚀搬运、堆积掩埋及人类改造一般不易辨认, 更具隐蔽性, 在工程建设中常被忽略和漏判而造成危险。

1 滑坡发育的古环境

以红色粘土为主体的内陆湖泊地层——上新统临夏组构成了甘肃中部滑坡地层的基础, 其上广泛覆盖以黄土为主体的第四系沉积。

在该红色盆地其他地点的临夏组中发现了三趾马动物化石。该动物群的生态性质和红色粘土的岩相特征显示: 上新世红色粘土形成时, 气候炎热偏干; 草原植被稀疏; 湖盆四周的分水岭地带, 化学风化作用强烈, 并形成了深厚的砖红壤风化壳。湖盆中沉积的临夏组实际上可视为一种副风化壳。

临夏组形成后, 在后期差异性很小的整体上升运动的影响下, 仅产生轻微的倾斜, 倾向 320°~340°, 倾角 5°。这次上升运动结束了临夏内陆湖盆的历史。临夏组地层随之遭到侵蚀, 在本区形成了最大起伏近 200 m 的古地形。当时的水文网在高出现今那勒寺河(巴谢河)床 100 多米的位置上切割上新统红色地层, 然后河流摆动、侧蚀, 当时的水文网与现今那勒寺河水系截然不同, 水流自南向北流动, 形成了沿现今那勒寺河谷垂直方向延伸的砾岩。砾岩的砾石岩性坚硬、抗风化和水流磨蚀, 排列的方向性和磨圆度都很好, 表明当时的河流源远流长, 而且常年有流水。

据上述砾岩地貌部位和岩性区域对比, 其时代与兰州附近五泉砾岩和靖远地区的拉排组相当, 属下更新统。该砾岩在滑坡地区分布高度自西向东明显降低, 反映了砾岩形成后受西高东低的不等量上升运动的影响。

收稿日期: 2002-03-14

作者简介: 彭轩明(1964—), 男(汉族), 高级工程师, 在读博士, 主要从事环境工程地质及地质灾害预测、评价及防治方面的研究。

万方数据

含大量易溶盐类的临夏组红土和更新世风成黄土,以及它们受流水侵蚀后形成的陡峻山坡和谷坡,都是形成滑坡的重要条件。

2 滑坡区现代水文网和河谷阶地的形成与发展

在新第三系与第四系之交,本区地壳上升,古水文网下切,临夏组旋即受到侵蚀,前述的冲积砾岩代表着迅速下切侵蚀后的一次广泛的侧蚀作用。随后,地壳又一次上升,水流下切,包括现今的洮河、广通河及那勒寺河在内的黄河水流开始形成,并在地壳上升和河流摆动情况下,形成四级阶地。

Ⅳ级阶地由上述冲积砾岩及其上的黄土组成,上覆中更新世离石黄土、晚更新世马兰黄土,为基座阶地类型,基座为临夏组红色粘土层。此级阶地形成于早更新世。

Ⅲ级阶地高出河床 60~70 m,在地表露头中未见此级阶地的基座出露,其可能为堆积阶地,形成于中更新世。

Ⅱ级阶地是本区居民点和公路所在地,高出河床 12~15 m,它的堆积层覆盖在起伏不平的临夏组之上,因此有的地方其表现为基座阶地,有的地方却为堆积阶地。在滑坡区它还坐落在由古滑坡形成的堰塞湖湖相地层之上。据中国科学院寒区旱区环境研究所相关资料,湖相地层上部的¹⁴C 年龄分别距今 (26 750±450)a 和 (22 500±400)a,此级阶地陡坎形成于晚更新世末期。在阶地冲积层之上覆盖了 1 m 多的风成黄土,两者之间发育了一层黑色古土壤,后者的¹⁴C 年龄距今 (9 300±100)a,因此,上覆的黄土为全新世风成黄土无疑。该黄土呈一薄层广泛覆盖在本区Ⅱ级阶地以上的地面上。

I 级阶地高出河面 3~5 m,为全新世产物。在阶地形成后,还形成了河漫滩,其高出河水面仅 1~2 m。

据上述第Ⅱ级阶地基座的湖相地层及其后的黄土和黑色古土壤中孢粉样和¹⁴C 样分析,取得了距今约 2 万年前至距今约 5 千年间的一些绝对年龄资料和孢粉分析结果,显示本区植被距今 2 万多年以来经历了针叶林—灌丛草原—森林草原—次生草丛的演变过程。表明本区在这段时间内虽然总的仍属温带半干旱气候,但仍有冷湿—冷干—温干—较温湿—暖湿的相对气候波动。

在湖相地层上、下部和古土壤上、下部采样进行化学分析,其结果(表 1)SiO₂/Al₂O₃ 的比值相近,表明本区在湖相地层和古土壤形成时期的古气候环境是相吻合的,属温带半干旱气候。

区域性地层沉积相及其他古地理资料表明,本区自第四纪初期以来,就一直是大陆性半干旱季风气候,冬季寒冷干旱,而夏季暖湿多雨,且多暴雨,这是激发黄土区滑坡灾害的主要原因之一。

表 1 东乡洮勒山滑坡区第四纪湖积层和古土壤主要化学成分
Table 1 Main chemistry composition of the Quaternary lacustrine deposit and paleosol in landslide district of Shaleshan, Dongxiang

		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaCO ₃	TiO ₂	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
		$w_B/10^{-2}$					
湖相地层	上部	45.20	22.96	11.37	11.37	0.61	1.97
	下部	45.67	23.21	10.47	12.15	0.61	1.96
古土壤	上部	41.86	21.65	9.15	9.91	0.57	1.93
	下部	43.35	21.78	9.09	9.95	0.59	1.99

3 滑坡发育历史分期及特征

受区域新构造运动、气候及河流侵蚀等内外动力地质作用周期性的控制和影响,地质历史中滑坡的发

育也呈现与其相关联的活跃周期。第四纪以来,中部发育了大量的滑坡,在野外可以经常看到同一地区或同一斜坡上同时发育有 2~3 期不同时期滑坡相互迭置的现象。

国内外不少学者曾对滑坡进行过形成时代的分类和类似讨论,其中较早并给出较明确解说的是俄国学者波波夫,波波夫(1951)在其工程地质学专著中将滑坡形成时代分为现代、老、古及埋藏滑坡。波波夫的分类依据是河流侵蚀基准面(包括海蚀基准面及其他剥蚀面)。其优点是有助于不同区域自然滑坡的时代对比,不足之处是古滑坡并未给出时代下限,埋藏滑坡也未能给出其形成时代的上限,且未包含目前最重要的营力之一——人工营力造成的人工基准面。作者据已较成熟的区域河流地貌发育史、气候史和新构造运动演化史的研究方法和途径,再应用¹⁴C、热释光等绝对测年方法,结合不同时期的滑坡堆积体与已知地质时代的黄土地层之间的接触关系,将甘肃中部滑坡按时代及与河流阶地、人工基准面的关系划为古滑坡(Q₃¹)、老滑坡(Q₄¹)、新滑坡(Q₄²)和现代滑坡(Q₄³)四个滑坡活跃期,各期滑坡的特征及区域分布情况见表 2。

表 2 甘肃省中部各期滑坡特征
Table 2 The character of landslide stages in center of Gansu Province

地质年代	滑坡期	滑 坡 特 征	实 例
全 第 四 纪 (Q)	现 代 滑坡期 (Q ₄ ³)	外部轮廓很清楚,形态特征明显,滑体表面起伏,可访问或查询到发生时期、灾害情况等,多与人工基准面及一级阶地有关	洒勒山、柏树、锻压机床厂、黄龙、黄茨等
	新 滑坡期 (Q ₄ ²)	外部轮廓清楚,形态明显,滑坡规模从巨型到小型均有,滑舌可超覆于一级阶地及河漫滩上	遍布全区
	老 滑坡期 (Q ₄ ¹)	外部轮廓较清楚,较易辨认,滑坡要素遭受较严重的破坏,后壁较清楚,但小冲沟发育,滑舌可夹于Ⅱ级阶地堆积物之中,一般现存为大型以上滑坡	巴峰山、王家山、石拉泉山、上正、石家坡、红庄、陇西北、下衙、葡萄园、何家坡、高家磨、西山、皋兰山
	晚更 新世 (Q ₃)	外部轮廓不清楚,破坏严重,且被马兰黄土覆盖,只在冲沟中可见杂乱的滑体,在地形上表现为高平台,且被较大冲沟切割	巴峰山、王家山、石拉泉山、葡萄园、红庄

3.1 古滑坡(Q₃¹)

是区内目前分布较广的最早一期滑坡,该期滑坡仅保留下了一些混杂的滑坡残体,外部形态大多不易辨认,只有通过实地调查发现混杂滑坡残体后加以确定。古滑坡舌一般延伸于Ⅱ级阶地冲积物(Q₄^{1d})之中。在陇中黄土地区,古滑坡体均被马兰黄土(Q₃^{col})所覆盖(图 1),根据区域资料,东乡地区古滑坡体上覆盖的马兰黄土绝对年龄为 2.5~3.75 万年。陇南地区大型古滑坡的平台上也多有马兰黄土堆积。陇东地区特别是环县西部一带,古滑坡与萨拉乌苏组湖相沉积物(Q₃¹)关系密切,该沉积物分布的沟谷中下游古滑坡也发育,可以认为该沉积湖盆是古滑坡堵塞河谷形成的堰塞湖,从而证实了该期古滑坡形成于晚更新世早期。

3.2 老滑坡(Q₄¹)

全新世早期本区相对湿润,降水量大,水力侵蚀作用强烈,河流长期侧向侵蚀,形成了现今各大河谷普遍较宽阔的Ⅱ级阶地,也使两岸斜坡变陡,其斜坡高度基本与现代高度接近,区内斜坡破坏强烈,进入了第二个滑坡活跃期。老滑坡的外部形态相对明显,可辨认,野外调查和室内判读较容易。滑坡体前舌一般堆积于Ⅱ级阶地的砂砾石层(Q₄¹)之上。由此可以确定老滑坡的形成时代与Ⅱ级阶地的形成时代一致,这是鉴别老滑坡时代的主要标志。据中国科学院寒区旱区环境研究所¹⁴C 测定资料,兰州皋兰山老滑坡形成

的绝对年龄为 4 000~7 000 a。

老滑坡在区内保存下来的较多,分布范围大,除在上述古滑坡分布区发育外,在定西石家坡、饒口、秦安高家磨、何家坡、兰州皋兰山等地也大量分布,而且老滑坡具有河谷北岸较南岸发育的特点(图 2)。

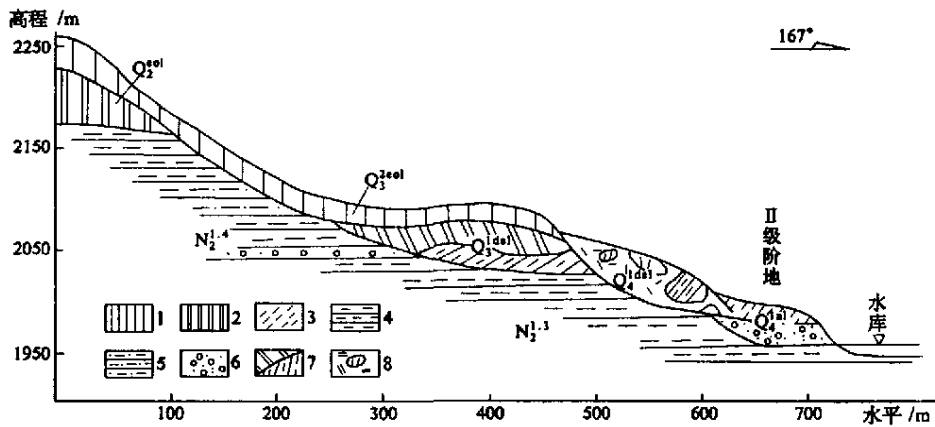


图 1 东乡王家山古滑坡剖面图(据文献[3])

Fig. 1 The profile of Wangjiashan ancient landslide in Dongxiang

1. 马兰黄土;2. 离石黄土;3. 黄土状土;4. 泥岩;5. 砂质泥岩;6. 砂砾石;7. 古滑坡体;8. 老滑坡体

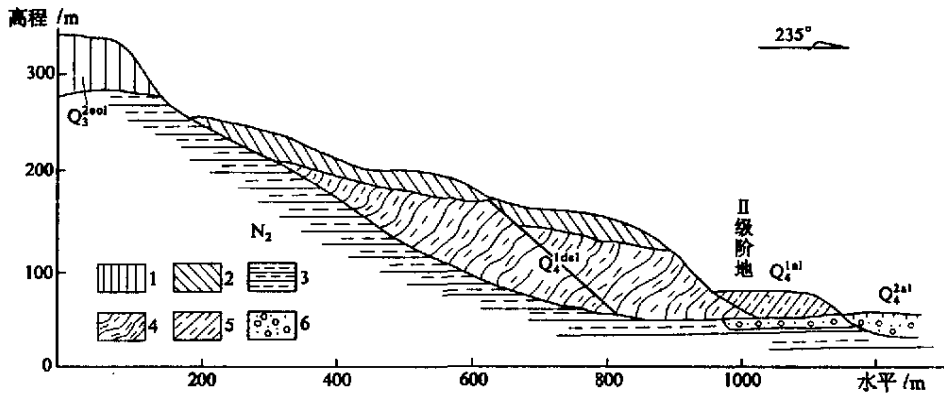


图 2 秦安何家坡老滑坡剖面图(据文献[3])

Fig. 2 The profile of Hejiapo old landslide in Qin'an

1. 马兰黄土;2. 滑动过的黄土;3. 泥岩;4. 滑动过的泥岩;5. 亚粘土;6. 砂砾卵石

3.3 新滑坡(Q_2^1)

形成于全新世中期,与本区 I 级阶地及河漫滩相对应,此时斜坡高度更大,加上各种水体侵蚀冲刷和频繁地震的诱发作用,其稳定性更差,滑坡广泛发育,本区进入第三个滑坡活跃期。由于该期滑坡时代较晚,保存完整,目前区内分布的滑坡多属此期,其滑体大多分布于 I、II 级阶地和河漫滩上,其中人类历史以来的一些重大滑坡灾害多有简单的文字记载。

3.4 现代滑坡(Q_3^1)

随着人口的增长和科学技术的发展,人类活动造成每年 351 km³ 的物质搬运量^[4],超过外生循环中自

然河流的侵蚀、搬运和沉积作用,使得我们有理由建立“人工基准面”的概念。某种工程所引起的滑坡,其滑坡基准面往往受控于该工程的人工基准面标高。

建国 50 多年的时间,在地质历史时期虽极为短暂,但滑坡的发育因素、危害程度、受重视程度和被研究情况发生了较大变化。首先是生产力发展迅猛,山区工程建设规模巨增。人类对自然环境作用的深度和广度空前增加,不合理的挖方、削坡、埋填等活动导致了大量滑坡的发生,人类工程活动成为诱发滑坡的重要因素之一,滑坡给工程和人民生命财产带来的危害增大。其次是这些滑坡除了有清楚的记载或记忆,而且开始有专门的滑坡科学研究,这标志着本区滑坡研究进入了一个新的阶段,因此,我们完全有理由将建国以来发生的滑坡作为一个重要时期划分出来。

4 结论

以上研究资料表明,甘肃中部第四纪以来的滑坡明显受易滑地层及古环境的控制。该区滑坡分四个活跃期,前三期滑坡的剪出口(滑舌)与河流阶地有很好的对应关系;第四期滑坡——现代滑坡除受现代侵蚀基准面的控制外,大量滑坡受人工基准面的控制。滑坡形成的绝对时间可用 ^{14}C 、热释光等方法测得,各期滑坡具有明显的地貌特征,在该地区兴建铁路、公路及其他工程过程中,应防止造成古滑坡、老滑坡及新滑坡的复活。

参考文献:

- [1] 晏同珍. 滑坡学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2000.75—76.
- [2] 秦大河,等. 中国西部环境评价[M]. 北京:科学出版社,2002.156—157.
- [3] 吴玮江. 甘肃省东部滑坡发育历史与分期[J]. 甘肃科学学报,1996,8(增刊):49—54.
- [4] 籍传茂. 地学与人类生存·环境·自然灾害·全球变化[M]. 北京:地质出版社,1999.63—67.

CHARACTERISTICS AND STAGE DIVISION OF LANDSLIDE SINCE QUATERNARY IN MIDDLE GANSU PROVINCE

PENG Xuan-ming¹, YAN Dao-ping², HUABG Bo-lin², ZHONG Run-sheng²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100081, China;

2. Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003, China)

Abstract: It is very significant for regional landslide prevention and remediation to divide the landslide into stages and analyze landslide cycle. With ^{14}C and thermoluminescent dating, analysis of history of geomorphic development, climate and neotectonic movement, the landslides in Middle Gansu Province are divided into four dynamic stages: ancient landslide(Q_3^1), old landslide(Q_4^1), new landslide(Q_4^2) and modern landslide(Q_4^3).

Key words: landslide; paleoenvironment; Quaternary; neotectonic movement