

# 王峪口水库库岸滑坡特征及形成机制

范俊喜 侯建军

(北京大学地质系 北京 100871)

许银贵

(山西省地震局 太原 030002)

**提 要** 王峪口水库库岸滑坡地层主要为一套上新统砾石层、夹砂层、粘土层。区内滑坡具有明显的分期性与群发性特点。滑坡形成的主要原因是该套地层夹有饱水软化的粘土层和易于液化的饱水砂层;地震则可能是其触发因素。

**关键词** 滑坡 分期性 地震

王峪口水库库岸滑坡区位于山西省夏县庙前乡王峪口村南王峪沟内(图 1)。滑坡区地层主要出露一套上新统砾石层,岩性为灰褐色砾石层,夹棕红色紫褐色粘土层、泥岩层,夹灰白、灰黄及棕褐色砂层。其间偶尔夹有“灰绿层”,即灰绿色粘土、亚粘土及亚砂土,总厚约 200m<sup>[1]</sup>。该滑坡区处在中条山北麓活动断裂带上,其断裂带从上新世以来以正断层型式为主持续活动,并错开了上述砾石层。滑坡区所在的上升盘上砾石层顶面相对盆地地面高差约 270 m,盆地沉降区该套砾石层钻孔资料表明顶面埋深已达 400 m 左右。滑坡区冲沟发育,且切割强烈,冲沟剖面呈“V”字形,深约 100 m。

## 1 研究区滑坡特征

### 1.1 研究区滑坡总体特征

在王峪沟内从水库坝址到上游 2km 间及一长约 1km 的东西向支流两侧,分布着几十个滑坡(图 1)。滑坡区平面整体呈“Y”字形,区内滑坡密集分布,不仅各相邻滑坡体之间相互左右推挤,而且新老滑坡体上下叠置、相互切割,其间关系较为复杂。滑坡大小不一,大的滑坡体长宽都达几百米,小的滑坡体仅几十米。滑坡平面几何形状也比较复杂,有纵长式、横长式和等长式多种形态。滑坡形迹较清晰,特别是滑坡壁高大醒目,多数滑坡具有封闭洼地,但洼地内都没有水聚集,一些滑坡封闭洼地中靠滑坡壁都发育有坡积锥,坡积锥有大有小,随滑坡规模与时代新老而异。

研究区滑坡滑动形式大体可分为四种形式: 1. 崩塌式滑坡,滑坡的滑坡壁较高,滑坡体较短,滑坡体顶部砾石层产状零乱,砾石层块密布,大小不均,滑动距离较短,但落差较大; 2. 牵引式滑坡,滑坡平面上多呈纵长式,滑坡体上发育有数级滑坡台阶; 3. 推动式滑坡,滑坡规模较小,滑动面呈圆弧形且结构简单,一般发育于其它大型滑坡体舌部前缘; 4. 流滑性滑坡,滑坡数量较少,仅在 1、2 号滑坡舌部可见,其滑体从聚集区滑出剪出口后,以扇形向四周流动。

研究区滑坡(表 1)分布密集,形态各异,滑动形式多样,大小相差甚巨,相互之间关系

复杂,实属罕见.

1.2 各期次滑坡特征

根据研究区内各滑坡之间的交切叠置关系,以及表层新鲜程度,植被草皮发育状况等可划分出三期滑坡,每期滑坡从上述各种特征分析,发生时间相同或相近.

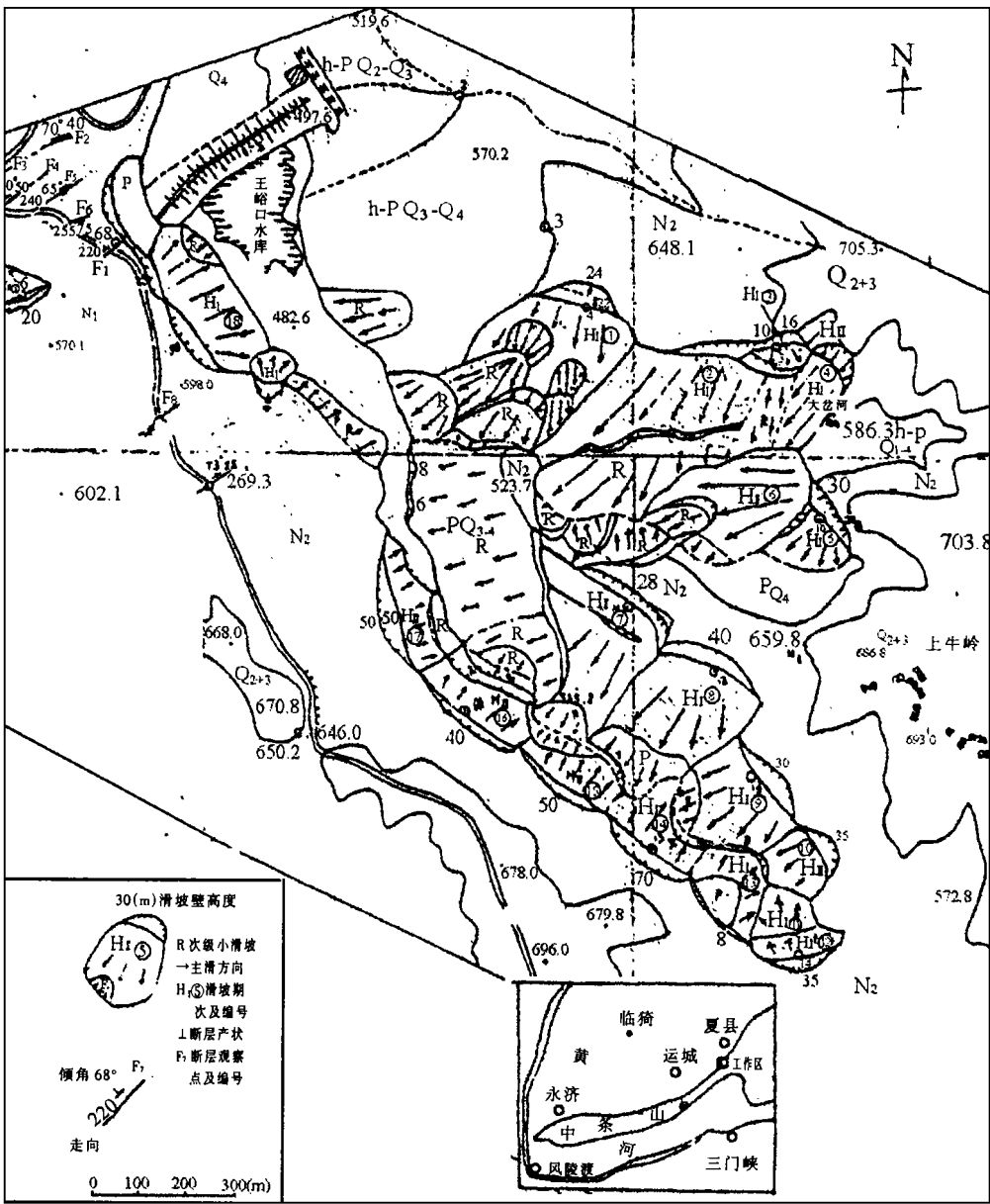


图 1 研究区滑坡断裂分布图

Fig. 1 Distribution of landslides and faults in the research area

表 1 研究区主要滑坡统计表

Table 1 Data of main landslides in the research area

滑坡编号	滑 坡 体			滑 坡 壁		主滑方位 (°)	期 次	滑动形式	备 注
	长 (m)	宽 (m)	平面形态	高 (m)	宽 (m)				
1	200	100	纵长式	24	100	100	I	牵引	发育于 2号
2	400	300	横长式	*	150	240	I	牵引	
3	40	150	横长式	13	150	*	III	牵引	
4	100	50	纵长式	10	50	230	I	牵引	
5	*	200	*	30	200	*	I	牵引	向两侧滑动
6	300	200	纵长式	30	100	270	II	崩滑	
7	*	*	纵长式	28	*	*	II	*	
8	350	250	纵长式	40	250	210	I	牵引	
9	100	150	纵长式	30	150	240	I	牵引	被 12号改造
10	100	100	等长式	35	100	220	II	*	
11	150	150	纵长式	*	*	0	I	*	
12	50	50	横长式	35	50	0	II	崩滑	
13	150	100	纵长式	*	*	*	I	*	
14	100	200	横长式	70	100	40	II	崩滑	
15	80	220	横长式	50	*	10	II	崩滑	
16	70	250	横长式	45	*	10	II	崩滑	
17	70	300	横长式	50	*	100	II	崩滑	
18	300	150	纵长式	50	250	50	I	*	

\* 表示无法确定; III期滑坡除 3号外未列于表中。

1. 2. 1 第一期滑坡 (H)

此期滑坡主要包括 1 2 4 5 8 9 11 13 18号滑坡。此期滑坡平面形态多为纵长式; 滑动面呈圆弧形, 后部较陡, 角度 > 70°, 中部较缓, 前部接近水平; 滑坡后壁被后期片流冲蚀, 表面呈斑驳状, 后壁边缘浑圆; 封闭洼地大小随滑坡而异, 深约 4~5m, 其内沿后壁发育坡积锥, 坡积锥坡度约 30°~ 40°, 高度相当于滑坡后壁高度的 1/4到 1/2; 滑坡体一般有几级台阶, 其上植被发育良好, 其两侧上部裂缝均被后期填充消失, 整体呈浑圆状; 前端舌部或两侧发育次级滑坡。滑坡滑动型式以牵引式为主 (图 2)。

1. 2. 2 第二期滑坡 (H)

此期滑坡主要包括 6 7 10 12 14 15 16 17号滑坡。滑坡平面形态以横长式为主 (12 14 15 16和 17号滑坡), 也有纵长式 (6 7号滑坡) 和等长式 (10号滑坡); 滑动面后部较陡, 近于直立, 且高度较大, 中部趋缓, 前部角度较缓且长度不大, 整体呈“J”字形; 滑坡壁直立, 高度较大, 后壁边缘呈棱角状; 封闭洼地内坡积锥不太发育, 坡积锥高度在后壁高度的 1/4之内; 滑坡后缘两侧张裂缝发育, 内有充填物。滑坡体产状零乱, 表面砾石层块到处分布, 大小混杂, 直径从几米到几十厘米; 滑坡体棱角可见, 滑坡体前缘被冲沟侵

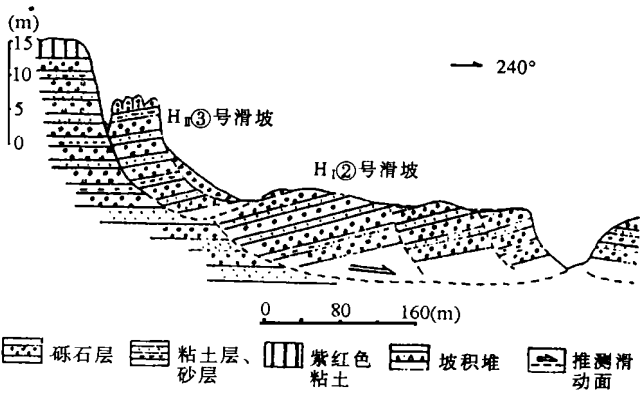


图 2 2号、3号滑坡剖面图

Fig. 2 Cross-section of the second and third landslides

蚀,形成高约 30 m 的陡坎. 此期滑坡大都为崩塌性滑坡. 图 3 是第七号特殊滑坡,其两侧均有滑坡体滑动,中部形成一凹地.

1. 2. 3 第三期滑坡 (H<sub>3</sub>)

此期滑坡规模较小,滑坡体长宽一般为十几米,主要分布于前两期滑坡的滑坡体前缘舌部或两侧,一般为推动式滑坡,个别为流滑性滑坡. 3号滑坡属此期,其规模较大,它发育于 2号滑坡后壁,下滑约 8m,其后缘张裂缝发育,最宽的为 5m,其内填充物较少,滑体顶部破碎 (见图 2).

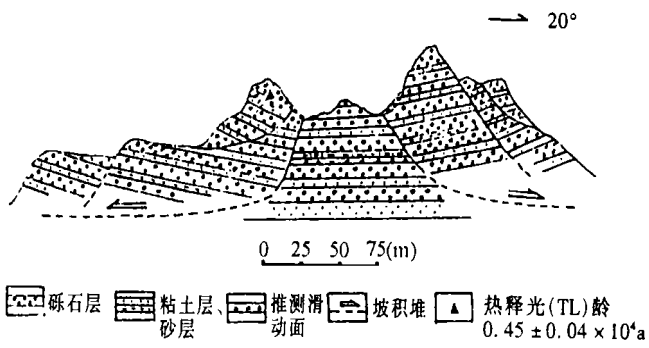


图 3 7号滑坡剖面图

Fig. 3 Cross- section of the seventh landslide

2 滑坡成因分析

2. 1 地层岩性因素

库区滑坡均发育于上新世地层中,该套地层出露于中条山北麓酒务头与王峪口一带,含有较多较厚的砂层、粘土层. 且底部有一较厚的砂层,砂层在饱水状态时,在地震动作下极易液化失去抗剪力,而引起滑坡. 据有关试验资料<sup>[2]</sup>,第三系上新统灰绿色夹黄色斑点粘土,在含水量为 21. 6% 时,其凝聚力  $C$  剪切角  $H$  分别为  $1. 20\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 $33^\circ 25'$ ,当含水量为 41. 2% 时,又分别为  $0. 66\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 $5^\circ 43'$ ,可见粘土层在饱水时极易滑动. 该区地层中粘土层、砂层的存在是产生滑坡的主要因素之一.

2. 2 地质构造因素

滑坡区处于中条山北麓活动断裂带上. 该断裂从上新世以来的持续活动,使得上新统砾石层 ( $N_2$ ) 中发育了一系列断层,如图 1 所示. 断层的发育不仅破坏了地层的整体性,为滑坡提供了物质来源,而且为地下水活动提供了通道.

2. 3 地下水因素

表 2 研究区附近主要历史地震  
对该区影响烈度  
Table 2 Intensities in the study area caused by  
several nearby historical earthquake

历史地震	滑坡区烈度
1303年洪洞 8级地震	VIII
1695年临汾 7 1/2级地震	VI
1556年华县 8级地震	IX
1815年平陆 6 3/4级地震	VIII

滑坡区所在的中条山区属暖温带季风型大陆气候,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,年均温为  $7 \sim 14^\circ\text{C}$ ,年降水量为 500~ 1 000mm<sup>[3]</sup>. 库区地下水丰富,滑坡舌部及两侧可见有泉水出露.

2. 4 地震动因素

资料表明里氏 4. 0~ 5. 0级地震便可引起滑坡<sup>[4]</sup>,5. 0级地震震中烈度可达Ⅷ度.

从历史地震 (见表 2)<sup>[5]</sup>反映出该区地震烈度较高,地震滑坡存在的可能性极大. 研究区滑坡明显的分期性,说明滑坡活动存在周期性.

这种周期性在外因因素地震活动中表现最明显。滑坡不仅在库区周边大量发育,而且从王峪口沿中条山北麓断裂过南晁村向西南一带山前,也大量发育,具群发性特点,这与地震破坏力强,影响范围广相一致。再从滑坡规模比较大,有的具有崩滑性特征等看,也具有地震活动影响的特点。

在 7号滑坡后缘张裂缝中取得细砂土充填物,测其热释光年龄为  $0.45 \pm 0.04 \times 10^4$  a,表明第 I、II 期滑坡于 4500 年前形成。

### 3 结 论

1. 研究区滑坡具有明显的周期性、群发性。滑坡之间交切关系复杂,新老滑坡叠置;滑坡平面形态各异,有横长式、纵长式和等长式之分;滑动型式多样,有崩滑式、牵引式、推动式和流滑式之分;该区是研究滑坡发育分布规律较好的地区之一。

2. 滑坡形成机制主要是由于滑坡区第三系砾石层地层中,夹有易滑的饱水粘土层和在地震活动作用下极易液化失去抗剪力的饱水砂层。地震作用可能是最大的滑坡诱发因素。

3. 研究此区滑坡不仅为确定中条山北麓活动断裂带上古地震活动提供了参考依据,而且进一步促进了对地震滑坡形态特点和分布规律的认识。

### 参 考 文 献

- [1] 山西省建委地质局区域地质测量队制. 1:20万三门峡幅地质图. 1972
- [2] 铁道部科学研究院西北研究所著. 滑坡防治. 北京: 人民铁道出版社, 1977. 17.
- [3] 秦作栋. 山西省中条山区鸟类群落结构分析. 山地研究. 1997. 15(2). 73~ 76.
- [4] Zhou Bengang, Zhang Yunming: Some Characteristics of Earthquake-induced Landslides in Southern China. 西北地震学报. 1994. 16(1). 95~ 103.
- [5] 武烈著. 山西地震. 北京, 地震出版社, 1993. 100~ 177.

第一作者简介 范俊喜,男,32岁,硕士,工程师,曾在山西省地震局从事地震地质研究。

## A STUDY OF LANDSLIDES AROUND THE BANK OF THE WANGYUKOU RESERVOIR

Fan Junxi Hou Jianjun

(Department of Geology, Peking University, Beijing 100871)

Xu Yinggui

(Seismological Bureau of Shanxi Province, Taiyuan 03002)

### Abstract

The landslides around the Wangyukou reservoir developed in Pliocene series comprised of gravel beds with some grayish white sand beds and brown red clay band. Near-