

# 黄土坡滑坡的发育历史: 坠覆—滑坡—改造

邓清禄<sup>1</sup> 王学平<sup>2</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2. 中国地质大学资源学院, 武汉 430074)

**摘要:** 长江三峡库区巴东新县城黄土坡是否为古滑坡、滑坡的范围有多大、新滑坡与古滑坡的关系如何等, 还存在着不同认识. 基于大量的野外观察资料, 提出了坠覆—滑坡—改造多阶段变形、失稳的斜坡演化模式. 认为黄土坡在滑坡以前经历了长期的坠覆作用, 坠覆包括了倾倒和深层蠕变两种基本的斜坡变形型式; 坠覆的基础上发生了滑坡, 造成了台阶状地貌、构造面线与基岩不协调及滑动角砾岩带等现象; 滑坡形成后受水文、地貌等条件的影 响, 长期经历着小规模滑坡的叠加改造, 1995年发生的两次滑坡仍是进一步改造的结果. 黄土坡坠覆—滑坡—改造这一有机联系的岩质斜坡变形过程的建立, 使得关于黄土坡的一些重大问题有了比较明确的认识, 这也为构造学解决斜坡研究中的一些问题提供了一个典范.

**关键词:** 坠覆; 滑坡; 黄土坡滑坡; 长江三峡工程.

中图分类号: P642.22; P542 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2000)01-0044-07

**作者简介:** 邓清禄, 男, 副研究员, 博士后, 1962年生, 1984年毕业于中国地质大学(武汉), 1998年获博士学位, 现主要从事构造地质与环境地质研究.

黄土坡位于长江三峡南岸、西陵峡与瞿塘峡交接的开阔地带. 20世纪80年代初修建宜昌葛洲坝水利枢纽工程时, 黄土坡已作为巴东县城的迁建地开始建设, 现已是一个具相当规模的新县城. 但是, 在修建长江三峡大坝的前期地质调查中, 黄土坡为一大型岩质古滑坡的认识被提了出来; 1995年, 在黄土坡区发生了两次滑坡, 从而黄土坡引起了世人的关注.

自黄土坡被认为是滑坡以来, 多家单位对其进行过勘察研究<sup>①②③</sup>, 包括进行了洞探、钻探、地球物理勘探等工作, 但黄土坡是否为滑坡仍没有形成统一认识. 一种意见认为它不是滑坡, 只是一个变形体<sup>④</sup>; 另一种意见认为它是经历一定距离滑移的典型的滑坡<sup>[1]</sup>. 滑坡观点的支持者, 对滑坡的范围也有两种不同意见: 一种认为是小范围的, 滑坡前缘高

程在海拔250 m附近<sup>[2]</sup>; 另一种认为是大范围的, 前缘高程在海拔80 m左右<sup>[1]</sup>. 不同认识对巴东县城来说涉及到搬迁还是治理及如何治理等问题.

出现分歧的原因, 一方面在于它所涉及的范围大、地质结构复杂; 另一方面也说明仅凭有限的勘探工程并不能圆满地解决问题; 再者以往的一些工作多偏重稳定性评价, 而对滑坡发生、演化的历史未能深入进行研究. 因此, 要获得滑坡整体和深入的认识, 还只有建立在斜坡结构的系统认识基础上.

笔者曾3次、累计时间达5个月到现场收集第一手资料, 对黄土坡的结构、构造进行了详细的观察研究, 从而对黄土坡的一些问题有了比较明确的认识.

## 1 地质背景

黄土坡主体为松散的块石土所覆盖, 据已有的勘探资料和地质情况推断, 基岩地层为中三叠统巴东组第二段( $T_2b^2$ )和第三段( $T_2b^3$ ). 第二段为紫红色钙质泥岩与泥质粉砂岩构成的不等厚互层, 分布在斜坡的上部; 第三段以青灰色、风化面呈土黄色的泥质灰岩为主, 偶夹有薄层的灰绿色钙质泥岩, 分布在斜坡的中前部. 经薄片鉴定及化学分析, 第二段平

收稿日期: 1999-04-30

基金项目: 国家移民局、湖北省计委、湖北省科委联合资助项目(No. 971P2008).

①水利部长江水利委员会综合勘测局. 长江三峡水利枢纽库区巴东县迁建城镇新址地质论证报告. 1994.

②湖北省水文地质工程地质大队. 湖北省巴东县新址黄土坡滑坡工程地质勘察报告. 1991.

③中国地质大学. 三峡库区巴东县城黄土坡前缘稳定性预测与防治对策研究. 1997.

④水利部长江水利委员会综合勘测局. 长江三峡工程库区岸岸稳态及崩、滑体专论. 1996.



图1 黄土坡东侧劈理倾倒变形现象

Fig.1 Toppling by cleavages in the east of Huangtupo slope

均含碳酸盐矿物 5% ~ 10%, 第三段平均含泥质 25% ~ 35%.

黄土坡处在一向斜(官渡口向斜)南翼,地层总体倾向北,后部中等倾角,前缘缓倾.发育一些舒缓的次级褶皱,使得岩层局部反倾.伴随褶皱的发育过程,形成了一套东西走向的轴面劈理.劈理在巴东组第三段中很有特色,中薄层的泥质灰岩劈理密度为 50~100 条/m,中厚层中 5~10 条/m,劈理域由 0.5~2 mm 厚的灰绿色千枚质薄膜所组成.劈理作为一不连续面在黄土坡斜坡变形中是关键性的因素之一.

## 2 坠覆作用

### 2.1 坠覆作用简介

坠覆是近年提出的新概念<sup>④</sup>,指的是在重力的长期作用下斜坡以渐进的方式变形以至破坏的现象,其所改造的坡体称为坠覆体.坠覆与滑坡不同之处是没有形成统一的滑面,没有远距离的、高速的运动,坠覆体与未发生坠覆的基岩之间是渐变过渡关系.

这是个斜坡长期变形问题,前人对类似问题有过不同的提法:深部蠕变(depth creep)<sup>⑤</sup>、深层蠕变(deep-seated creep)<sup>[3]</sup>、深位连续蠕变(deep-seated continuous creep)<sup>[4]</sup>、深部岩石蠕变(sackung or sagging)<sup>⑥</sup>、流变(flow)<sup>[5]</sup>、倾覆<sup>[6]</sup>等,显然大家较熟悉的倾倒(toppling)也是其中的一种类型.以上这些提法中,“蠕变”易于与材料科学中的蠕变相混淆,且主要考虑斜坡的深部,没有把斜坡表部的变形当作一个整体来看待;“流变”虽然统指斜坡表部到深部的变形,但易与地壳深部的流变相混淆;倾覆则主要指倾倒.因此作者提倡用坠覆这个名词.

对于这类斜坡变形在 20 世纪初期就有所认识,

60 年代以来开始有了比较系统的研究<sup>[7]</sup>. 1977 年国际工程地质大会、1992 年国际地质大会都曾设立相关的专题,由此可见斜坡长期变形问题已引起广泛的注意,但在我国尚未见有这方面的系统研究.

根据作者对这类斜坡变形现象的理解,可以划分为两种基本的作用:一种是岩体发育反坡向或陡立结构面的情况,在斜坡前缘临空的条件下,结构面所限定的岩片发生由表及里往下坡方向弯曲、褶皱现象(即倾倒, toppling),在斜坡浅层较有利于发生;另一种发育在顺向坡中,在重力作用下岩石顺某些软弱层缓慢向下滑动,顺层滑动带往往出现碎裂带及断层泥,在局部受阻时发生褶皱,褶皱则为不对称褶皱,顺层滑动带和褶皱组合在一起可构成复杂的斜坡变形现象(相当于深层蠕变, deep-seated creep),往往出现在斜坡一定深度.在一个坠覆变形斜坡中,有可能以上述一种变形作用为主,也有可能两种作用同时并存.黄土坡滑坡前期,经历了长期变形——坠覆,并且是两种变形同时并存的情况.

### 2.2 黄土坡的坠覆现象

(1)倾倒.黄土坡松散堆积东侧,有相当宽的岩体发生了强烈变形,前人认为是黄土坡滑坡的影响带,变形主要表现为强烈发育的轴面劈理的倾倒(图 1).倾倒使节理岩块叠瓦状错开、旋转、倒向下坡一侧.倾倒的岩层可保持完整的层面,如本观察点所见的那样;其外层近坡面因倾倒、松动可能在重力的作用下进一步转动以至滚落,从而失去原有的层理,出现貌似滑坡形成的松散的块石土堆积,但还是可以观察到由内向外由连续完整的层理向杂乱岩块过渡的现象,在研究区不乏有这样的例子.倾倒变形的岩体中也常见有滑动面穿插,通常滑动带较薄,滑动面上下不造成截然的岩性或岩体结构的差异,从而与滑坡滑动带是有区别的.

(2)深层蠕变.黄土坡前缘已近官渡口向斜的核部,从黄土坡以西临江观察,岩层缓,构造简单,但在黄土坡范围内构造复杂化,多处见到倒转或膝状不对

⑤ Ter-Stepanian G. Types of depth creep of slopes in rock masses. Proceeding 1st Congr Int Soc Rock Mechanics, 1966, 2: 71~79.

⑥ Zischinsky U. On the deformation of high slopes. Proceeding 1st Congr Int Soc Rock Mechanics, 1966, 2: 179~185.

称褶皱,轴面倒向长江,枢纽近东西向.此外,平缓的剪切滑动现象很普遍,剪切滑动方向为上盘指向北.

黄土坡内深切的冲沟中(三道沟)局部切穿松散堆积底界,露出底盘的变形岩石.在三道沟的中上部,巴二段( $T_2b^2$ )的紫红色块石土覆盖在巴三段( $T_2b^3$ )泥质灰岩之上,界面附近见有磨光及压扁的角砾带,界面以上为滑坡堆积应无疑问;界面以下发育一倒转褶皱,褶皱形态保留不完全,但仍很好地显示上层向下坡方向的运动学特征.褶皱中发育裂隙,这是斜坡蠕变褶皱中具普遍性的特点<sup>[7]</sup>.劈理仍保持东西走向,说明是基岩的一部分.

不同部位所观察到的褶皱、剪切滑动及其反映的运动学特点,可以总结出如下几点:(1)仅分布在黄土坡松散堆积下盘;(2)褶皱规模小,倒转,轴面倒向北,与早期的官渡口纵弯褶皱构造伴生的次级褶皱轴面倒向正好相反;(3)岩层发生褶皱是斜坡岩石长期受重力作用蠕变的结果,这与滑坡快速变形形成块石土不一致;褶皱转折端多有裂隙,这与构造应力作用下形成的褶皱又相区别;(4)剪切滑动面上盘的运动方向是指向长江河谷的,这也与官渡口纵弯褶皱构造伴生的顺层滑动方向相反.这些特点说明,它们不是构造成因,也不是滑坡的产物,而是重力作用下斜坡长期蠕变的结果.

### 3 黄土坡滑坡

黄土坡上部由巴二段的紫红色块石土组成,掩盖在巴三段之上,其边界形态呈  $NE20^\circ$  左右展布的鞋垫状,长 1 100 m,宽 400~500 m(图 2).巴二段紫红色块石土前端边界比巴二段与巴三段边界向北突出了约 800 m,这样大面积长距离的“超覆”为滑坡堆积是较明显的.这部分滑坡即为小范围滑坡支持者所指的滑坡.下面主要从滑坡的地貌形态、表面地质结构、滑带几个方面说明黄土坡是大范围的滑坡.

#### 3.1 滑坡形态

黄土坡发育两级平台.第一级平台高程 285~310 m,东西长约 350 m,南北宽约 100 m;第二级平台高程 430~455 m,东西长约 370 m,南北宽达 150 m,此平台前缘局部地段出现反倾地形.镶嵌平台的斜坡形态与黄土坡以外的直线型坡面呈鲜明的对照,且平台高程与当地阶地高程不协调,这可排除它们是阶地.其可能的成因是滑坡作用,当滑坡底面存在缓陡的变化,经滑动以后就会反映到地面形态的



图 2 黄土坡变形斜坡地质略图

Fig. 2 Geological sketch map of Huangtupo slope

1. 巴东组第三段泥质灰岩; 2. 巴东组第二段泥质粉砂岩及粉砂质泥岩; 3. 松散的块石土堆积中的岩块露头(其岩层产状和劈理产状标在旁侧); 4. 坠覆改造区; 5. 滑坡边界; 6. 黄土坡小范围滑坡的前端边界; 7. 坠覆与基岩的过渡边界; 8. 岩层产状; 9. 劈理产状; 10. 直立劈理; ①二道沟滑坡; ②三道沟西侧滑坡

变化.滑坡后缘,高程在 600 m 上下,滑壁形态依稀可辨,总体呈近东西向的弧形地貌,坡角  $40^\circ \sim 45^\circ$ ,与所在的巴二段岩层倾角近于一致.这样的地形不受小范围滑坡的局限.

#### 3.2 坡面地质结构

在小范围滑坡以外的黄土坡积松散堆积内零星出露一些相对完好连续的岩石露头(图 2),一些研究者把它们当作基岩的露头<sup>②</sup>,我认为它们只是一些较大规模的块石,依据主要有 3 点:(1)“露头”出露的范围非常局限,单个“露头”面积一般为数  $m^2$  至数十  $m^2$ ;(2)各个露头点岩层产状相互不能对照,有的两个“露头”点相隔仅数十 m,产状却不一样,而不像黄土坡外围基岩区,产状连续、可对比;(3)各个“露头”点劈理产状与基岩不一致,巴东组强烈劈理化,劈理产状非常规则,一律呈 EW 走向,但在黄土坡内部的“露头”劈理方向却已发生了改变.这些凌乱的块石惟有经历远距离的滑移才能形成.

#### 3.3 滑带发育特征

二道沟至四道沟之间的黄土坡前缘,缓倾的角砾岩带断续可见.下面描述两个观察点.点一:四道沟口东 300 m,高程约 80 m,发育泥灰质角砾岩带,厚 2~3 m,产状  $168^\circ \angle 36^\circ$ .角砾大小混杂,1~20 cm 者居多.角砾有强烈挤压、磨光现象.角砾岩呈半胶



图3 黄土坡滑坡前缘滑带(图例同图2)

Fig. 3 Sliding zone in the front edge of Huangtupo landslide  
a. 四道沟口东 300 m; b. 二道沟口西 200 m

结状态,胶结物为钙质.据角砾的压扁特性及排列方向推断,角砾岩带上盘是由南向北滑移的(图 3a).角砾岩带上盘为块石土堆积,下盘为发育倒转褶皱的泥质灰岩,其特点与前述的深层蠕滑褶皱有一致性,劈理走向仍保持东西向.点二:二道沟口西 200 m,角砾岩带厚 1~1.5 m,缓向北西倾( $305^{\circ}\angle 12^{\circ}$ ),组成浅黄灰色泥夹砾石,砾石为含泥质灰岩,呈次棱角状,表面有磨光及擦痕,角砾大小不等,一般为数 cm,角砾与泥质比例为 25%~65%.角砾带上盘为碎裂岩一块裂岩,其中所测一组劈理走向为  $130^{\circ}$ ,与区域上劈理方向不一致;下盘为强烈变形的巴三段(图 3b).

角砾岩带断续相连,范围与黄土坡松散堆积前缘边界相吻合;角砾岩带构成变形岩石与松散堆积的截然边界,这与蠕变滑动面相区别;滑动方向为上盘指向长江河谷,这不同于官渡口纵弯褶皱伴随的顺层滑动.因此,此角砾岩带最好的解释是滑坡剪出口.

以上从不同的角度说明,黄土坡在前期坠覆的基础上叠加了滑坡,且滑坡包括了黄土坡前缘部位.但黄土坡滑坡不是一滑而就的,据电阻率剖面分析,存在着多个滑移面,呈多级叠置的滑坡结构,说明是多次滑动的结果<sup>[8]</sup>.

## 4 黄土坡滑体的后期改造

经历坠覆和滑坡的黄土坡基本上由块石夹土构

成,其后又经历过十至数十万 a(年龄测定资料界于 10~40 万 a 之间)的风化剥蚀改造,最终呈现出现在的面貌.

黄土坡滑坡作为一整体仍是基本稳定的.从地质条件角度分析,它没有出现大的变形迹象;坡体内特别是在其中前部透水性好,没有造成坡体滞水;有些部位所见滑带(剪出带)角砾岩呈半胶结状态(钙质胶结),其强度远大于块石土;滑坡的块石土体和原有岩体相比,连续性和完整性大大地降低了,再者滑体内有沟谷深切,从而难于孕育整体性的滑坡.多家从事黄土坡滑坡稳定性计算所获结果,基本结论是一致的,即黄土坡作为一整体是基本稳定的,但局部特别是前缘的稳定性较差,近年黄土坡区发生的斜坡失稳事件也基本说明这一事实.

1995 年 6 月 10 日,二道桥上方滑坡,滑坡平面呈扇形,纵长 100 m,最大宽度 90 m,厚 5~13 m,体积  $6.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ .滑体从二道沟东侧向二道沟滑动,滑动方向为北西向.滑坡发生在由巴三段构成的块石土堆积中,滑坡的直接诱发因素是后缘生活垃圾加载和生活用水的排灌.滑坡处在黄土坡古滑坡东侧边缘,但并非黄土坡古滑坡活动结果,而是其局部改造产物(图 4).

1995 年 10 月 29 日,三道沟口西侧滑坡,滑体为一长扇形,长近 200 m,最宽约 100 m,体积约  $20 \times 10^4 \text{ m}^3$ .滑体后缘高程约 150 m,呈北偏东方向滑入长江.滑坡的直接诱发因素是降雨和长江水位的涨落波动<sup>[9]</sup>.滑坡也是发生在黄土坡滑体的块石土堆积中,与二道沟滑坡一致,也是黄土坡滑坡后期改造的结果.

地史时期叠加在黄土坡滑坡上的次级滑坡可能很多,有一些仍保留有滑坡遗迹,如可见一些清晰可辨的圈椅状陡坎地形.

以上发生在黄土坡区的小滑坡都是对黄土坡古滑坡的改造.结构松散的黄土坡滑坡堆积——块石土,为后来小滑坡提供了易滑的物质条件;长江河道下切,冲沟切割、冲刷,造就了一些陡峭的地形,为滑坡提供了势能和运移的条件;降雨、江水涨落以及可能的地震提供了主要诱发因素.这些条件和因素依旧存在,黄土坡在未来的相当长时期内浅层的改造必然还会发生,特别是在三峡水库蓄水的前后,水文地质条件有很大的改变,这种改造会加剧,尤其是在黄土坡的前部.



图 4 二道沟滑坡剖面(图例同图 2)

Fig. 4 Cross section of Erdaogou landslide



图 5 黄土坡滑坡演化模式

Fig. 5 Developing scheme of deformation of Huangtupo landslide

a. 斜坡发育阶段; b. 坠覆阶段; c. 滑坡阶段; d. 改造阶段. 1. 劈理化的巴东组第三段灰岩; 2. 倾倒改造的劈理化灰岩; 3. 蠕滑褶皱的岩体; 4. 巴东组第二段泥质粉沙岩及粉沙质泥岩; 5. 巴东组第二段构成的块石土堆积; 6. 巴东组第三段构成的块石土堆积; 7. 滑动面及可能的滑动面

## 5 讨论与结论

图 5 示意地总结了黄土坡的变形发育历史.

当黄土坡发育到重力不稳定状态时, 便持续地经历着坠覆变形(图 5b). 一些研究者也认识到黄土坡发育有强烈变形, 但他们把它当作滑坡的产物, 认为黄土坡东侧的变形是黄土坡滑坡牵扯的结果, 黄土坡前缘的变形是滑坡前缘的压缩变形. 如果对于土质斜坡, 这样的解释可能是行得通的, 但本斜坡是一个岩质斜坡.

如前所属的碎屑堆积下伏的褶皱是韧性变形或

长时间作用下的粘滞变形, 而碎屑堆积本身是快速变形下的脆性变形, 这两种变形的形成环境和过程是不一样的. 此外, 这些褶皱从几何学、运动学、动力学上与构造成因的褶皱是不同的. 黄土坡的褶皱特点是不对称、核部发育有裂隙、顺坡的岩体运动; 构造成因的褶皱(官渡口向斜褶皱过程中的层间滑动褶皱)核部光滑, 褶皱不对称性指示岩体的运动方向是向上坡方向的. 像黄土坡的这类变形被 Chigira<sup>[7]</sup>划为长期重力作用下的岩体蠕滑变形.

保留在黄土坡东侧的倾倒是这类变形的另一种形式, 它出现在斜坡的上部, 且更接近坡面. 倾倒会

伴随一些顺层的滑动,当顺层的滑动在斜坡前缘受阻,褶皱便出现,这可能是引起斜坡前部褶皱的一种原因.这样的话,倾倒和蠕滑褶皱也是有联系的.

坠覆使得斜坡岩体的强度逐渐降低,从而最终为滑坡所叠加(图 5c).一个争论的问题是滑坡是否包括了斜坡的前缘部位.黄土坡内部露头点岩层和劈理产状的变化强有力地支持了它是一个大滑坡的观点,滑带的认识及电阻率剖面解释<sup>[8]</sup>也是与之一致的,或许黄土坡不是一个简单的滑坡,而是一个经历多阶段、存在多个滑面的滑坡,如电阻率解释剖面所显示的那样<sup>[8]</sup>;另一个可能的问题是,根据已有的一些滑坡同位素年龄资料推断,滑坡主滑阶段为距今 10 万 a 左右<sup>①</sup>,当时是否具备滑坡发生的几何边界条件?现在滑坡前缘高程约高出河床 80 m,如果当时滑坡剪出口沿着河床的话,即要求地壳上升与河流下切的相对速率为 0.8 mm/a.根据相邻的新滩长江Ⅲ级和Ⅳ级阶地所在的高程和测年资料计算, $Q_3$  早期以来该区地壳上升与河流下切的相对速率为 0.77~0.88 mm/a<sup>[10]</sup>,这个速率正好满足要求.

总结以上阐述,给出如下几点结论:(1)黄土坡是个整体性的滑坡,前缘已抵江边.(2)黄土坡滑坡发生以前,经历了长期的斜坡坠覆作用.坠覆作用既有劈理的倾倒形式,也有以倒转褶皱和近于顺层的剪切滑动为主要表现形式的深层蠕变.(3)黄土坡滑坡发生以后,经历了长期的改造,1995 年发生在黄土坡的两起滑坡,是受地貌条件、水文条件、人为活动等的变化和影响下,黄土坡滑坡局部继续受到改造的结果.类似的改造今后还可能发生.

本文得到中国地质大学晏同珍教授、长江水利委员会崔政权老师的指导;野外收集资料期间曾与

中国地质大学唐辉明教授、杨裕云教授等进行过较多有益的讨论;中国科学院广州地球化学研究所朱照宇研究员认真阅读了论文初稿,并提出了具体的修改意见,在此对他们无私的奉献表示感谢!

#### 参考文献:

- [1] 吴永锋.黄土坡滑坡及其主要地质问题[A].见:崔政权编.岩土工程论文集[C].武汉:中国地质大学出版社,1996.93~97.
- [2] 钟立勋,殷跃平,唐灿.三峡工程库区拟迁城市巴东县新城址环境地质研究[A].见:地质矿产部环境地质研究所.地质矿产部环境地质研究所论文集:第一集[C].北京:地质出版社,1992.41~53.
- [3] Nemcok A. Gravitational slope deformation in high mountains [A]. Proceedings 24 Int Geological Congress [C]. Montreal, 1972, Sect. 13: 132~141.
- [4] Hutchinson J N. Mass movement [A]. In: Fairbridge R W, ed. Encyclopedia Geomorphology [C]. New York: Reinhold, 1968. 688~696.
- [5] Mahr T. Deep reaching gravitational deformations of high mountain slopes [J]. Engineering Geology, 1977, 16: 121~127.
- [6] 晏同珍.水文工程地质与环境保护[M].武汉:中国地质大学出版社,1994.41~42.
- [7] Chigira M. Long-term gravitational deformation of rocks by mass rock creep [J]. Engineering Geology, 1992, 32: 157~184.
- [8] 邓清禄,王学平.斜坡深层岩石蠕变与黄土坡滑坡[J].长春科技大学学报,1999,29(1): 60~63.
- [9] 喻学文,吴永锋.长江三峡巴东县城三道沟滑坡成因研究[J].工程地质学报,1996,4(1): 1~7.
- [10] 邓清禄.长江三峡库区巴东新城构造与斜坡稳定性研究[D].武汉:中国地质大学,1998.

## GROWTH HISTORY OF HUANGTUPO LANDSLIDE: DOWN-SLOPE OVERLAPPING-LANDSLIDING-MODIFICATION

Deng Qinglu<sup>1</sup> Wang Xueping<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;  
2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** In 1995 two landslides in the Huangtupo slope in the Three Gorges Reservoir region turned into a hot issue among the engineering geologists and the Chinese government. Although many researches have been made into the slope, there are still many controversies over the characteristics of the Huangtupo

slope. Is the Huangtupo slope in the new county of Badong, Three Gorges Reservoir region an ancient landslide? If so, what was the scale of this ancient landslide? What is the relationship between the new landslides and the old landslides? The present paper proposes, on the basis of a great number of field observation references, the slope evolutionary pattern of deformation and instability in the multi-stages of down-slope overlapping, landsliding, and modification. Before the landslide, the Huangtupo slope experienced the long-term down-slope overlapping classified as included toppling and deep-seated creeping, two basic slope deformation forms. The Huangtupo landslide, derived from the preceding down-slope overlapping, brought about the step-like landform. The significant evidences for the landslide are the varied attitudes of structural surfaces and lines of outcrops in the slope and the presence of the sliding breccia zones. Since then, the Huangtupo landslide has experienced small-scale overlapping modifications of landslides. The two landslides that occurred in 1995 were the result of the further modification. It is concluded that the rock slope deformation process of down-slope overlapping-landsliding-modification is an organic one. This conclusion presents us with relatively precise understanding of some important issues about the Huangtupo landslide and also with a typical example of the application of the tectonics to the research into slopes.

**Key words:** down-slope overlapping; landslide; Huangtupo slope; Three Gorges Project on the Yangtze River.

\* \* \* \* \*

(上接 38 页)

序地层学进展 (Recent Advances in Siliciclastic Sequence Stratigraphy)”、“层序地层学与相组合 (Sequence Stratigraphy and Facies Associations)”、“三维地震与沉积体系解释”、“强制海退地层结构的控制因素”和“层序地层学——概念和应用”等专著和一大批学术论文。曾在 1993、1997 和 1999 年三次担任 AAPG 荣誉巡回讲学专家,是当今世界上最活跃的层序地层学、沉积学和石油地质学家之一。

在中国地质大学(武汉)访问期间,Posamentier 博士作了题为“层序地层学范例之外的重要议题:高分辨率资料的开发使用”和“陆相层序地层学与海相层序地层学模式比较”的学术讲座,介绍了他近年来在三维地震资料精细解释基础上,开发使用岩心、三维地震切片等高分辨率资料,对层序内部结构特征等方面研究的突破性进展,其中主要介绍了下切谷 (incised valley)和陆棚脊 (shelf ridge)等有利储集单元成因机制的研究,以及层序单元类型划分等方面的最新进展。Posamentier 博士指出,原层序地层学研究所依据的低分辨率二维地震资料无法对层序单

元进行储层尺度的研究,而且所划分的两种层序类型是不科学的,由此而形成的两种层序不均衡发育的现象是必然的。他提出层序地层学必须以海平面变化旋回为基础,抓住“海退”活动这一层序界面的基本特征,充分利用高分辨率三维地震资料,对以往所忽略的层序内部的某些细节,如层序界面上的下切谷和河道(channel)的关系、海进体系域中的砂岩层段等进行深入研究,势必将为层序地层学在油气勘探开发中的应用开创新局面。Posamentier 博士提出的这些看法,代表了当今层序地层学发展的方向——储层层序地层学。

通过此次学术交流活动,开阔了我们的学术思路,使我们清晰地认识到我国的层序地层学理论和应用方面与国际先进水平还存在一定差距,尤其是在层序地层学的应用方面。今后应大力加强学科前沿方面的交流活动,下大力气引入类似“AAPG 荣誉巡回讲学”之类的高级别学术讲座活动,它可以推动我校的地质研究水平,缩小与发达国家领先水平的差距,推动我国油气勘探开发技术水平的提高。