

# 巴东城区黄土坡滑坡与迁建新址地质环境分析

陈国金<sup>1</sup>, 陈松<sup>2</sup>, 陈江平<sup>3</sup>

1. 湖北省水文地质工程地质勘察院, 湖北荆州 434020

2. 武汉市建筑设计院, 湖北武汉 430010

3. 湖北省地质灾害防治中心, 湖北宜昌 433000

**摘要:** 为保证三峡库区巴东组易滑地层区城市规划发展地质安全, 采用系统分析与类比的方法, 探讨了非正常斜坡地质环境的开发利用与保护问题。巴东城区黄土坡滑坡是一个多期次形成的特大型复合变形体, 系统分析表明, 在三峡水库运行条件下, 该滑坡前缘稳定性较差, 但整体基本稳定, 仍可限制性加以利用, 实施部分搬迁避险是必要的。从整体而论, 迁建新址区与黄土坡滑坡区地质环境条件类同, 即同属三峡库区, 由巴东组易滑地层组成、以顺向坡体结构为主要特色的斜坡地质环境, 发育多个影响较大的滑坡, 显现出地质环境比较脆弱的一面, 利用时仍须加以限制。通过加强地质灾害防治体系建设和风险管理, 能保证两区规划发展在允许风险水平条件下的地质安全。

**关键词:** 斜坡地质环境; 黄土坡滑坡; 地质安全; 工程地质。

中图分类号: P642.2

文章编号: 1000-2383(2010)06-1075-06

收稿日期: 2010-03-16

## Huangtupo Landslide Stability and Geological Environment of the New Relocation Site in Badong City

CHEN Guo-jin<sup>1</sup>, CHEN Song<sup>2</sup>, CHEN Jiang-ping<sup>3</sup>

1. Hydrogeology & Geoengineering Investigation Institute of Hubei Province, Jingzhou 434020, China

2. Wuhan Architectural Design Institute, Wuhan 430010, China

3. Geological Hazard Prevention and Control Center of Hubei Province, Yichang 433000, China

**Abstract:** To ensure the geological security for the development of urban planning of facility-sliding strata of Badong Formation in the Three Gorges reservoir area, we discuss the geological environment development and protection issues in abnormal slope areas by means of system analysis and analogy. Loess landslide in Badong City is a super complex deformable body formed by multi-stages, and systematic analysis indicates that under the condition of the operation of Three Gorges reservoir, the loess landslide is nearly in whole stability except the front which can be put to restrictive use. So part of relocation is necessary and appropriate. Generally speaking, the new site area and the loess landslide share similar geological environment, belonging to the slope geological environment of the Three Gorges reservoir area characterized by facility-sliding strata of Badong Formation and consequent slope structure. The development of a large number of influential landslides reveals a more vulnerable side of the geological environment, and as a result it can only be subject to restrictive use. Strengthening the construction of geological disaster prevention system and risk management can control the risk level of the planning and development in allowed geologically secure conditions.

**Key words:** slope geological environment; Huangtupo landslide; geological security; engineering geology.

三峡库区巴东新县城弧形斜坡区地质环境条件复杂, 发育以滑坡为主的地质灾害, 各滑坡形成条件与成因机制各异, 但有共同特点, 即: 该区分布巴东

组( $T_2b$ )泥质灰岩与泥岩硬软相间组合的易滑地层, 官渡口向斜形成后初始构造应力场在区域性间歇抬升环境下的均衡调整使该层位大面积卸荷松

动,坡体结构总体为顺向坡、侧向及切割条件较好的后缘边界,长江河谷及纵向沟道形成的临空面等(陈国金等,2006).巴东县城属长江三峡库区整体搬迁城镇,自1980年新城(黄土坡)总体规划以来的30年中,受地质灾害制约,曾五次规划、四次选址、三次搬迁,对于巴东城区斜坡地质环境,如何认识其非正常坡体所存在的问题和发掘其可利用的价值,保证城区规划发展地质安全是我们迫切要解决的问题.

## 1 黄土坡滑坡形成及组构特征分析

### 1.1 黄土坡滑坡形成及组构特征

黄土坡滑坡位于巴东新县城中的黄土坡小区(图1),由临江崩滑堆积体、变电站滑坡、园艺场滑坡及近期发生的小滑坡组成,统称为黄土坡滑坡(图2).其中临江崩滑堆积体分布于高程210~260m以下,据滑坡勘查对滑带土绝对年龄测试(ESR)结果,其形成于距今 $(54\sim 18)\times 10^4$  a的中更新世中后期,其间经历了三次较大规模的蠕变变形和崩滑堆积.其后在距今 $(16\sim 13)\times 10^4$  a的中更新世末期,发生了超覆于临江崩滑堆积体之上的变电站滑坡.另外,

位于黄土坡地区南西部的园艺场滑坡,其最显著的特点是源于 $T_2b^2$ 的泥岩和源于 $T_2b^{3-1}$ 的泥灰岩呈相间分布,其东侧滑体物质超覆于变电站滑坡之上,其西侧前缘滑体物质超覆于临江I号崩滑堆积体之上.从其特有的物质结构及与变电站滑坡、临江崩滑堆积体的叠置关系分析判断,该滑坡形成时间应晚于变电站滑坡,分析为距今 $(13\sim 11)\times 10^4$  a.由上述多期次堆积组成的黄土坡滑坡,其前缘高程为50~70m,后缘高程为580~600m,总面积为 $135\times 10^4$  m<sup>2</sup>,总体积为 $6\ 934\times 10^4$  m<sup>3</sup>.

黄土坡滑坡形成的多期次特征与奉节—巫山—巴东段多个滑坡测年资料统计的阶段性,及三峡区构造运动、层状地貌、气候变化、河道发育演变的阶段性等均有较好的对应关系,研究表明,崩滑堆积体是在中更新世中后期区域性强烈隆升条件下,伴随长江河道阶段性发育和急剧下切过程,斜坡在重力地质作用下经过蠕动、倾倒、剪切破坏、崩塌和局部滑移堆积的产物(邓清禄和王学平,2000);变电站滑坡和园艺场滑坡是后期先后叠加形成的高速顺层岩质滑坡.

### 1.2 临江崩滑堆积体组构特征

黄土坡滑坡区坡体结构总体为顺向坡,发育有多级缓坡平台.斜坡纵向上冲沟发育,从东向西依次

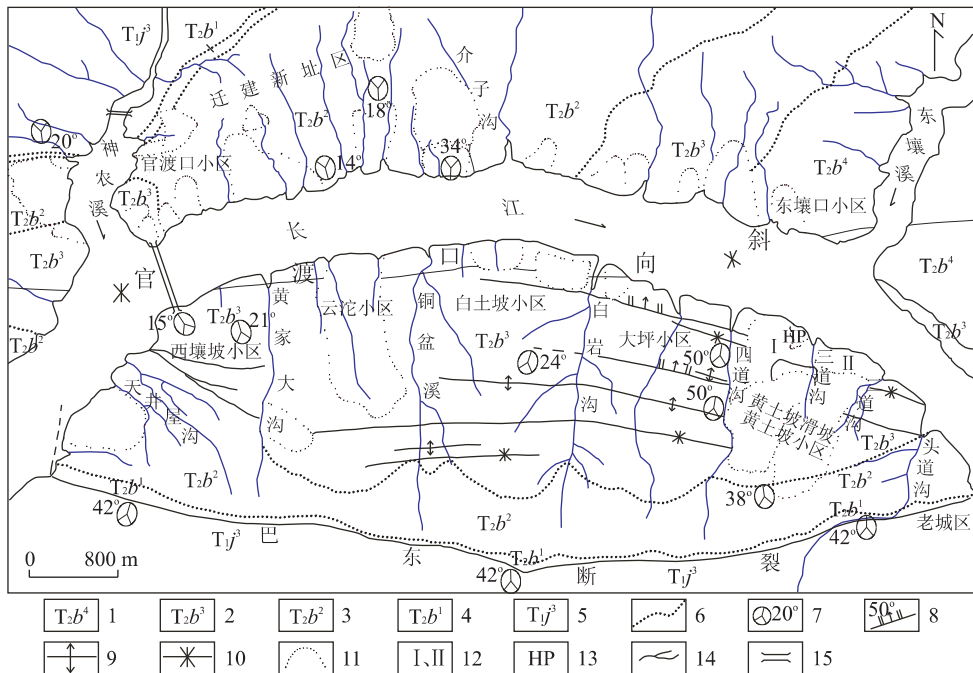


图 1 巴东城区地质环境条件

Fig. 1 Geological environment conditions in Badong city

1. 巴东组第四段:紫红色泥岩夹砂岩;2. 巴东组第三段:灰岩、泥质灰岩、泥灰岩;3. 巴东组第二段:紫红色泥岩夹粉砂岩;4. 巴东组第一段:页岩、泥灰岩;5. 嘉陵江组第三段:白云质灰岩、灰岩;6. 地层界线;7. 地层产状;8. 断层及产状;9. 背斜;10. 向斜;11. 滑坡体;12. I、II临江崩滑堆积体;13. 三道沟滑坡;14. 冲沟;15. 大桥

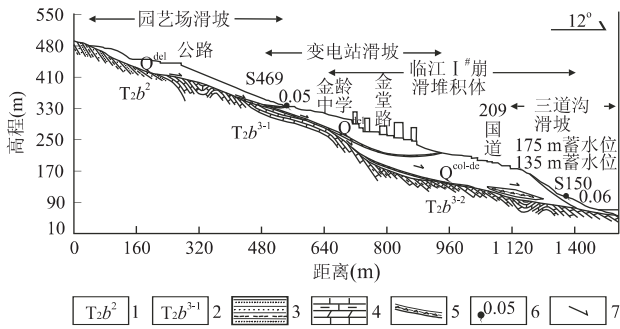


图 2 黄土坡滑坡组成剖面

Fig. 2 Component section of Huangtupo landslide

1. 巴东组第二段; 2. 巴东组第三段; 3. 泥岩夹粉砂岩; 4. 灰岩、泥质灰岩、泥灰岩; 5. 滑带或局部粘土软层; 6. 下降泉及流量(L/s); 7. 地下径流

为二道沟、三道沟、四道沟。横向上,三道沟将临江崩滑堆积体分割,其西边为临江 I 号崩滑堆积体,面积为  $32.5 \times 10^4 \text{ m}^2$ , 体积为  $2255 \times 10^4 \text{ m}^3$ ; 东边为临江 II 号崩滑堆积体,面积为  $32.6 \times 10^4 \text{ m}^2$ , 体积为  $1992 \times 10^4 \text{ m}^3$  (图 1)。

临江崩滑堆积体(以下简称崩滑体)因物质结构的三大特点而定名:其一是堆积体成层性差,物质组成主要为大小悬殊的块石、碎石土,物源为陡倾的  $T_2b^3$  灰岩、泥质灰岩、泥灰岩,呈现了崩塌形成的地质过程;其二是在崩滑体内不同部位、不同高程分布有众多不连续的粉质粘土夹碎石软弱层,其中在下卧基岩面上分布有软弱层,推测其剖面软弱层连通率为 45%~55%, II 号崩滑堆积体两侧连通率仅为 15%~35%,这种局部滑移特征显示了多期次堆积加载滑移的形成过程;其三是沟谷、切坡处见有岩层局部反倾,轴面劈理特别发育,堆积体与基岩之间的这种渐变过渡关系反映了这些部位的蠕变过程。

崩滑体内无统一地下水位,监测表明,其内钻孔水位变化与长江水位变化同步,表明两者水力联系密切;基岩顶面高于长江水位的钻孔水位受连续阴雨的影响明显,短时强降雨对钻孔水位的影响相对较小。

## 2 黄土坡滑坡蓄水前、后的变形破坏特征分析

### 2.1 蓄水前、后的浅层变形破坏特征

I 号崩滑体浅层变形破坏主要集中于前缘高程 160 m 以下岸坡段,其中以发生于 1995 年 10 月 29 日晨的三道沟滑坡(图 1,图 2 中的 HP)为典型。该

滑坡体积约  $12.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 后缘高程 150 m, 前缘突入江中约 50 m, 沿岩土界面的剪出口高程约 70 m。滑坡发生后,其后缘形成新的临空面,受滑动土体牵引影响,变形不断向坡体后部及西侧扩展,西侧裂缝长达 165 m;滑坡护坡治理施工过程中,在滑坡牵引变形区又出现了一些小型浅层滑坡、坡体坍塌及地表开裂,其中发生于 2002 年的“12·8”滑坡位于 140 m 高程以下,体积为  $6.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 其周界即受控于三道沟滑坡西侧逐年产生的牵引裂缝。

II 号崩滑体浅层变形破坏主要发生于前缘高程 180 m 以下较陡岸坡段。其中发生于 2002 年的“10·21”滑坡分布高程为 136~150 m, 体积约  $2000 \text{ m}^3$ ;受“3·31”特大暴雨影响,工程区及其外围坡体发生了 3 处浅层坍塌,分布高程为 140~155 m;2007 年 6 月初,前缘人工路坡在降雨后发生浅层坍塌,分布高程为 176~180 m, 体积约  $800 \text{ m}^3$ 。

其后发生于金堂路南侧的县计生委旧宿舍房屋裂缝、原审计局综合楼下方挡墙坍塌、巴一中教室外墙与地面裂缝等现象,经现场调查,乃不同时期、不同地点、不同成因形成的浅表局部变形破坏,与水库蓄水无关。这几处于变电站滑坡前部与 II 号崩滑体后部叠置部位的变形体位,由于该部位碎块石土体结构松散、土的性质极不均一,在人工切坡或填土区,因降雨而诱发了浅层滑坡或不均匀沉降。

### 2.2 蓄水后深部变形过程数值仿真分析

综合详细勘查、治理、研究和系统监测成果表明,黄土坡滑坡各区段在蓄水条件下的变形存在明显差异。其中,II 号崩滑体和园艺场滑坡和变电站滑坡在水库蓄水后没有明显的深部变形。I 号崩滑体在水库 135 m 蓄水后地表和深部变形较明显,深部变形位置与勘探钻孔、平硐中揭露的不同高程的不连续滑带或软弱层位置吻合,表明崩滑体系沿这些滑带或软弱层产生了变形。变形发展最快的时段是 135 m 蓄水及运行期(2003 年 6 月—2003 年 10 月),2004 年以来,其深部滑带变形速率有减缓趋势,平均日变形速率均小于 0.1 mm,其中 TP3 平硐内崩滑体底部滑带短基线监测资料显示,该点 2004、2005 和 2006 年(上半年)日变形速率分别为 0.085、0.051 和 0.041 mm。2006 年 10 月 156 m、2008 年 10 月 175 m 蓄水后,变形明显加快,最大变形速率达 0.151 mm/d(156 m 回落 142 m 条件下的 2007 年 5 月),但没有超过 135 m 蓄水及运行期的最大变形速率(0.223 mm/d)。

监测表明,目前发现有深层蠕动变形问题的只

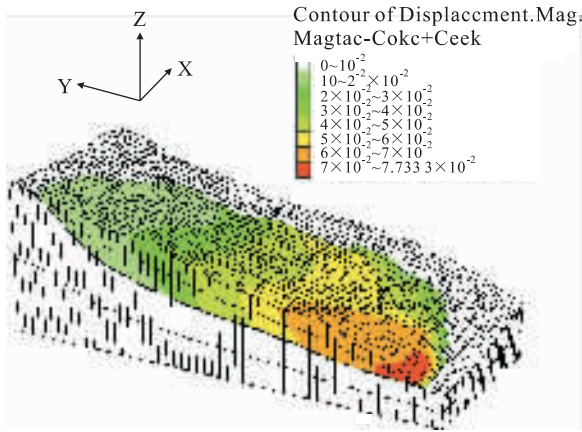


图 3 I 号崩滑体变形过程数值分析应力分布

Fig. 3 I# collapse stress distribution of deformation processes numerical analysis

有 I 号崩滑体, 其成因主要是顺向坡、前缘岸坡的碎块石土结构高陡、较松散、多层滑带(软弱层)土的内在条件, 有地下水水位与库水位变化同步形成的库水与降雨效应(浮托力和动、静水压力)耦合对崩滑体产生牵引或推移作用(刘新喜等, 2005)。变形过程数值分析结果显示, 应力集中带与位移最大部位始终出现在坡体前缘崩滑体与基岩接触面部位(图 3); 滑坡应力分布与变形要经历由平衡到回水打破平衡, 再调整至平衡的过程。即: 变形体会递次出现变形加快现象, 其成因除孔隙水压力变化影响外, 崩滑体滑带土中粘粒及粉粒含量较高, 有亲水性的粘土矿物成分和呈片状结构, 其受饱水的影响较大, 是滑带土在回水作用下易饱水软化、产生剪切塑性变形的重要条件; 之后, 随着应力调整又出现变缓趋势, 是因滑带土在遭受剪切破坏时, 其力学性质受结构扰动的影 响较小, 位移过程中, 通过排水和形成新的应力场条件下的微结构, 滑带土的强度还能部分恢复或增强。崩滑体滑带土特有的物质组成、结构与物理力学特征是崩滑体在库水位升降运行条件下产生变形的重要内在基本条件(胡新丽等, 2007; 陈松等, 2009)。基于此, 滑坡的这种变形快慢变化还会长期显现出来, 这一阶段崩滑体的活动方式将以长期缓慢蠕滑为主。但在其前部应力、剪应变增量逐步集累的情况下, 可能形成类似三道沟滑坡的变形破坏模式, 并有不断向后发展的趋势(陈松等, 2008)。

上述表明, 黄土坡滑坡区在三峡水库蓄水前后, 局部浅表变形严重, 有的已发展成小型滑坡, 如位于 I 号崩滑体前缘的三道沟滑坡, 应是 I 号崩滑体沿滑床基岩面产生蠕动, 在前缘应力不断集中并释放

的结果。三峡水库蓄水后, 巴东弧形斜坡环境发生了很大变化, 主要是由于库水位升降变化与降雨引起地下水作用的加强而导致一个新的地下水动力影响的斜坡变形过程。

### 3 滑坡与迁建新址合理利用抉择分析

#### 3.1 I 号崩滑体变形控制分析

依据滑坡形成与变形特征, 为保证滑坡区地质安全及社会稳定, 应采取如下对策: 采用先进技术方法, 突出抓好监测预警工作, 支撑起滑坡区安全保障体系; 正确区分局部与整体、浅表与深部变形之间的关系, 注重滑坡灾害风险分析和风险管制; 加强滑坡知识和防灾工作的普及宣传, 建立起滑坡区正常的生活、生产秩序; 深入开展深部蠕滑治理和搬迁避险的地质环境。

关于深部蠕滑治理, 针对上述一个具有动态特征的变形体系, 其治理必须围绕崩滑体的变形特征和崩滑体与支护结构的相互作用进行, 通过变形过程控制技术来实现, 其控制的目的是使崩滑体的演化行为朝着有利于稳定的方向发展。采用常规抗滑支挡工程治理厚度巨大的崩滑体难度是很大的、通过方案的选择、优化和设计, 应从提高堆积体及滑带(面)岩土体力学性质入手, 即通过原位岩土加固, 构成以注浆加固带和微形桩联合形成的加固体系。注浆加固, 即在注浆压力的作用下, 将浆液压入滑带或软弱带, 提高崩滑体沿基岩接触界面的抗滑能力, 从而提高深层稳定性。密布的微形桩形成的抗滑键由崩滑体穿过滑动面嵌入滑床基岩中而成为抗滑键群, 可作为单桩起支挡作用, 又可以排桩的形式起挡墙作用。通过对加固工程反复调整验算, 当复合加固体的加固宽度为 60 m、抗剪强度  $c$  为 320 kPa、 $\varphi$  为  $43^\circ$  时, 崩滑体在最不利组合情况下, 即 175 m 降落至 145 m 情况下处于稳定状态, 其安全系数达到 1.20。

从技术角度看, 实施加固体系是直接有效的。但崩滑体是一个内部结构非常复杂的开放系统, 内部结构的复杂性和不可视性以及外界影响因素的动态性和不确定性易导致崩滑体的演化行为具有很大的不确定和不可预见性, 加之加固工程的估算费用达到 6.6 亿元, 因此, 目前加固工程还尚难实施。

#### 3.2 实施部分搬迁避险的必要性分析

黄土坡区自 1979 年 10 月首选为巴东县新城主城区以来, 已经历由不是滑坡到滑坡, 并先后进行三次详细勘查、多方面深入研究、145~175 m 前缘坡

段护坡治理和十几年长期监测过程. 随着时间的推移和水库蓄水的进程, 已明白地显现出黄土坡滑坡区地质环境与中心城区地位极不相适应; 移民至该区的学校、医院、部分企业等发展受到了限制; 由于深部蠕滑问题长期存在和局部浅表塌滑时有发生, 常引起各级领导的担忧和居民的恐慌心理; 且一旦有灾情发生, 由于人口众多(1.6 万人), 转移疏散会有很大困难. 因此, 实施部分搬迁避险是必要的. 部分搬迁的对象应包括: 稳定性较差的崩滑体(含 I、II 号)210 m 高程以下至 175 m 范围内的全部居民; 滑坡区内涉及人口数量大的巴东县第一中学、金陵中学、县第三小学、县人民医院等公益性单位; 发生局部变形破坏的居民区和房屋, 已经过专业机构鉴定为危房的居民楼等. 实施部分搬迁计划以 7 000~10 000 人为宜, 使部分搬迁后的黄土坡区保持大致相当于或略低于巴东城区其他 7 个组团正常的人口密度. 从目前来看, 在实施控制变形的治理难度很大的情况下, 实施部分搬迁避险是坚持以人为本方针唯一行之有效的办法.

综上所述, 黄土坡滑坡是一个多期次、多个崩滑体和滑坡组成的特大型复合变形体, 形成过程具有阶段性且时间久远; 滑坡分布范围广, 有多级缓坡平台, 物质组构复杂, 后期切割改造严重; 除变电站滑坡及园艺场滑坡具有明显、贯通性滑面外, 前部的临江崩滑体没有贯通性滑面存在; 斜坡总体为倾向于长江的顺向坡, 但基岩面起伏不平, 纵向上有局部基岩面反翘或次级褶皱形成“基岩硬坎”, 前缘滑床灰岩层面陡倾(45°~60°), 横向上基岩面亦有起伏, 西侧及部分边界呈渐变过渡关系, 这些均为阻止滑坡整体深层启动提供了有利条件; 从新构造运动特征看, 当前三峡库区不存在强烈隆升和河流急剧下切的区域地质环境条件, 滑坡区地震基本烈度属 6 度区, 三峡工程自 2003 年 5 月 25 日蓄水以来, 水库诱发地震频次较高, 但强度不大, 最大仅  $M_{3.3}$  级, 最高震中烈度为 5 度, 对滑坡稳定影响总体较小; 库水位升降变化形成的新的地下水动力和软化影响还只是在崩滑体前部浸水部分, 降雨入渗影响在逐步加大地面硬化和地表排水的条件下, 可以最小化, 库水位升降变化与降雨耦合作用只是局部的、有限的, 其引发的 I 号崩滑体深层蠕滑变形速率一般在 0.1 mm/d 以下, 且有快慢变化和呈变缓趋势; 从滑坡形成与变形的地质过程机制和 I 号崩滑体前部应力逐步集累的发展趋势看, 这种应力调整形成的斜坡变形过程将是漫长的. 因此, 从以上 7 个方面分析

看, 黄土坡滑坡整体性滑移启动困难, 整体基本稳定, 针对前缘稳定性较差的问题, 已实施了护坡治理. 一般情况下, 近期变形仍以受控于人类工程活动、降雨或水流入渗影响的浅表局部塌滑、蠕滑拉裂变形为主, 是可防可治的.

根据以上对黄土坡滑坡形成、变形与控制的地质过程机制及对稳定问题的系统分析认为, 对于黄土坡区斜坡既要关注它非正常坡体所存在的问题, 也要发掘它可利用的价值, 尤其对于土地资源十分紧缺的巴东城区, 更应处理好这两者之间的关系, 限制性加以利用是可行的, 对黄土坡滑坡区实施整体搬迁避险的提法是欠妥的, 以实施部分搬迁避险为宜.

### 3.3 黄土坡滑坡区与迁建新址区建设适宜性评价

就目前和长远看, 在长江南岸的现城区附近还找不到能容纳 1.6 万人的新址, 诸如赵树岭滑坡前部 I、II 级缓坡平台仅可作部分迁建用地. 在长江北岸规划迁建新址神农溪片区, 就整体对比看, 与黄土坡滑坡区地质环境条件是类同的, 即同属三峡库区由巴东组易滑地层组成、顺向坡体结构为主要特色的斜坡地质环境(图 1, 图 4).

迁建新址地质环境具体特征主要有: 出露巴东组第二段( $T_2b^2$ )粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和砂岩等泥质含量较高岩类, 力学强度低, 属弱软岩类; 岩石裂隙发育、抗风化能力差, 易遭受风化发生崩解、散体、泥化; 在降雨、库水浸湿软化和泥化条件下, 力学强度会急剧下降, 从而导致大范围的岩体质量下降, 结构遭受破坏, 易形成坡体垮塌和滑坡; 场址区临长江岸坡地质结构总体为顺向坡; 场址周边地质环境条件复杂, 场址区及官(渡口)一东(壤口)公路沿线发育有一系列对城区建设影响较大的滑坡, 其中五

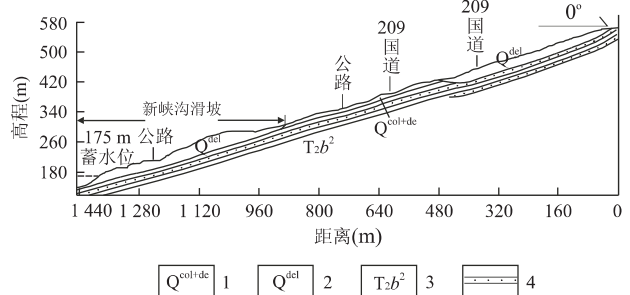


图 4 迁建新址区斜坡地质环境条件

Fig. 4 Transfer new site slop geological environment conditions

1. 崩积、坡积物: 粘土夹砂岩、泥质粉砂岩大块石、碎石;
2. 滑坡堆积物: 粘土夹砂岩、泥质粉砂岩大块石、碎石;
3. 巴东组第二段;
4. 紫红色泥岩夹粉砂岩

里堆滑坡体积有  $1\ 176 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 存在由于城区建设产生的高切坡稳定问题; 175 m 蓄水 and 运行条件下, 由巴东组第二段泥岩、粉砂岩组成的岸坡、高切坡变形较严重, 如姚家滩滑坡、朱家店滑坡、柚子树坪滑坡、石榴树包滑坡、五里堆滑坡、焦家湾滑坡等都有不同程度的变形破坏。以上 6 点反映了该段坡体对水库蓄水、降雨、切坡改造十分敏感, 作为较大规模城区建设用地, 明显地显现出地质环境比较脆弱的一面, 存在很大的风险, 因此, 对其利用仍须加以限制。作为巴东城区一个组团的黄土坡区, 仍可限制性加以利用, 在搬迁上述 3 种类型 7 000~10 000 人后, 保留维持以金堂路为街区的城区建设, 即中间一条街, 上下各一条路 (209 国道和沿江大道) 是适宜的。通过加强地质灾害防治体系建设和风险管制, 能保证两区规划发展在允许风险水平条件下的地质安全 (陈国金等, 2006)。

## 4 结论

从整体而论, 黄土坡滑坡区与迁建新址神农溪片区地质环境条件是类同的, 即同属三峡库区由巴东组易滑地层组成、顺向坡体结构为主要特色的斜坡地质环境, 而将黄土坡滑坡区的 1.6 万人“整体”搬迁到神农溪片区显然是不适宜的。系统分析表明, 黄土坡滑坡整体基本稳定, 主要是前缘和浅表局部稳定性较差, 是可防可治的, 对黄土坡滑坡区既要关注它非正常坡体所存在的问题, 也要发掘它可利用的价值, 实施部分搬迁避险是必要的、适宜的; 迁建新址神农溪片区, 斜坡地质环境也显现出比较脆弱的一面。因此, 对黄土坡滑坡区和迁建新址区均须遵循限制性加以利用的原则, 为把握一个允许的风险水平、保证两区规划发展地质安全提供必要条件。

## References

- Chen, G. J., Chen, H. Y., Chen, S., et al., 2006. Deformable investigation of slope and study under backwater condition in the Three Gorges. Jingzhou Institute, Hubei of Hydrogeology and Engineering Geological Investigation, Jingzhou (in Chinese).
- Chen, S., Chen, G. J., Xu, G. L., 2008. Analysis on the

mechanism of geological processes of formation and deformation of the Huangtupo landslide. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 33(3): 411–415 (in Chinese with English Abstract).

- Chen, S., Xu, G. L., Chen, G. J., et al., 2009. Research on engineering geology characteristics of soil in sliding zone of Huangtupo landslide in Three Gorges reservoir area. *Rock and Soil Mechanics*, 30(10): 3048–3052 (in Chinese with English Abstract).
- Deng, Q. L., Wang, X. P., 2000. Growth history of Huangtupo landslide; down-slope overlapping-landsliding-modification. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 25(1): 44–50 (in Chinese with English Abstract).
- Hu, X. L., David, M. P., Lidija, Z., et al., 2007. Jinle landslide stability under water level fluctuation of Three Gorges reservoir. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 32(3): 403–408 (in Chinese with English Abstract).
- Liu, X. X., Xia, Y. Y., Lian, C., et al., 2005. Research on method of landslide stability valuation during sudden drawdown of reservoir level. *Rock and Soil Mechanics*, 26(9): 1427–1436 (in Chinese with English Abstract).

## 附中文参考文献

- 陈国金, 陈海洋, 陈松, 等, 2006. 三峡库区回水条件下的斜坡变形调查研究. 荆州: 湖北省水文地质工程地质勘察院.
- 陈松, 陈国金, 徐光黎, 2008. 黄土坡滑坡形成与变形的地质过程机制. *地球科学——中国地质大学学报*, 33(3): 411–415.
- 陈松, 徐光黎, 陈国金, 等, 2009. 三峡库区黄土坡滑坡滑带工程地质特征研究. *岩土力学*, 30(10): 3048–3052.
- 邓清禄, 王学平, 2000. 黄土坡滑坡的发育历史: 坠覆—滑坡—改造. *地球科学——中国地质大学学报*, 25(1): 44–50.
- 胡新丽, David, M. P., Lidija, Z., 等, 2007. 三峡水库运行条件下金乐滑坡稳定性评价. *地球科学——中国地质大学学报*, 32(3): 403–408.
- 刘新喜, 夏元友, 练操, 等, 2005. 库水位骤降时的滑坡稳定性评价方法研究. *岩土力学*, 26(9): 1427–1436.