

# 澜沧江乌弄龙电站坝前崩塌堆积体发育特征及稳定性评价

陈 强<sup>1</sup>, 聂德新<sup>1</sup>, 李树武<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学工程地质研究所, 四川 成都 610059 2 西北电力勘测设计研究院地质所, 甘肃 兰州 730050)

**摘 要:** 云南澜沧江乌弄龙电站地处滇西北山区, 坝前 500 m 处有一近  $480 \times 10^4 \text{ m}^3$  的大型堆积体。该堆积体长 1 200 m, 宽 100~200 m, 厚 8~10 m, 具有上部收敛、中部约束、下部发散的分区特征, 各区段内堆积物在块度组成、剖面结构、植被发育、坡度变化等方面都显示出一定的对应特征。这样一个大型堆积体置于坝前显然对未来建坝蓄水存在安全隐患。因此, 在分析其现有变形动态的基础上, 结合大剪试验和对堆积体休止角的统计资料, 选择合适的力学参数进行稳定性计算。结果表明, 该堆积体在天然状况下处于临界稳定状态, 这与其目前的实际情况一致, 但在蓄水后堆积体会产生失稳破坏。最后, 针对堆积体自身的结构和分区特征, 提出相应的防护措施和建议。

**关键词:** 崩塌; 堆积体; 地质灾害; 稳定性; 澜沧江

**中图分类号:** P642.21

**文献标识码:** A

由崩塌而产生的堆积体其规模大小不一, 堆积的紧密程度不同, 但总体呈现为散体结构。由于它们主要发育在高山峡谷地区, 因此是水电、铁路、公路建设中常常会遇到的并存在安全隐患的一类问题。以往对于这类堆积体, 都是尽可能的采取绕避的原则, 但是近几来随着我国水利水电资源的持续开发和工程建设的不断深入, 地质条件良好的坝址越来越少, 更多面临的是地质构造复杂的环境条件, 因此也就越来越多地遇到这类松散堆积体, 对于那些位置特殊的堆积体, 往往是无法绕避而必须面对的, 这无疑就增加了工程实践的复杂程度。到目前为止, 对于这类松散堆积体特别是规模较大的堆积体, 无论从防护治理的策略还是施工技术的实践上都有一定的难度, 这就使得它们成为工程施工建设以及安全运营当中较为棘手的一类问题。本文结合乌弄龙电站坝前堆积体对该类松散堆积体的防护治理进行了初步的探讨, 以期对类似工程能有借鉴作用。

## 1 堆积体所处地质环境

澜沧江中上游乌弄龙水电站位于云南省迪庆州燕门乡境内, 初定坝型为混凝土重力坝, 正常蓄水位高程 1 943 m, 河水位高程 1 840 m 左右。在比选的燕子崖、乌弄龙、巴东三个坝址中, 乌弄龙坝址右岸分布一条带状崩塌堆积体, 正置坝前, 该堆积体在水库蓄水后的稳定性及变形、破坏方式, 对条件相对较好的乌弄龙坝址的比选具有较大的影响。本文从该堆积体的形态结构特征入手, 对其稳定性进行评价, 进而探讨了对于该堆积体的防护和治理措施。

乌弄龙坝前堆积体在大地构造单元上位于三江地槽褶皱系中的兰坪思茅褶皱系, 以哀牢山—红河断裂、澜沧江断裂及怒江断裂三条深大断裂为主构成了本区的基本构造格架, 区内无论是次级构造, 还是主要地层的展布, 均受该构造格架的控制。区域构造应力场最大主应力方向、变形场主要方位均大致与三江平行。

区内上述构造背景及最大主应力的方位表明,

收稿日期 (Received date): 2005-10-30 改回日期 (Accepted): 2005-12-30

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (编号: 40372127) 资助。[National Natural Science Foundation of China No. 40372127.]

作者简介 (Biography): 陈强 (1973-), 男, 山西繁峙人, 成都理工大学博士研究生, 主要研究方向为岩土体工程特性。[Chen Qiang male born in Fanshi County of Shanxi province in 1973. Ph.D. Candidate of Chendu University of Technology, majoring in Engineering Property of rock and soil body. E-mail: chenqiang200301081@163.com]

乌弄龙电站坝址区最大主应力方向平行河流,在这种应力环境下岸坡容易产生平行坡面的拉张应力,造成高陡河谷斜坡的松弛变形。

区内地层岩性主要为二叠系板岩、千枚岩、变质砂岩和火山熔岩,远离库岸有三叠系、侏罗系砂岩、板岩、片岩分布。岩层总体平行河谷,产状  $250^{\circ} \sim 260^{\circ} \angle 60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ,坝前堆积体所在谷坡为岩层陡倾坡内的逆向坡。

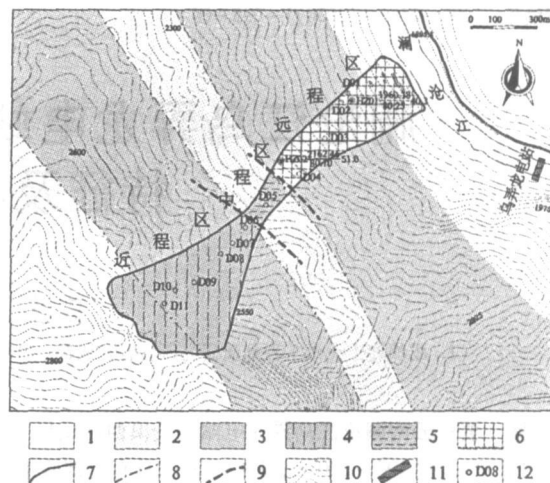
## 2 堆积体形态结构特征

乌弄龙坝前堆积体分布在右岸距坝址约 500 m 左右的地段,堆积体长约 1 200 m,厚 8~10 m 不等,其宽度两端略大中间略小,平均为 100~200 m。根据其平面尺寸及部分钻探资料,估计堆积体体积为  $480 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

该堆积体后缘为高 200 m 左右的凝灰岩、凝灰质砾岩陡崖,其崩塌的物质是堆积体的主要组成部分。堆积体前缘直接覆盖于一级阶地的卵石层上。由上自下,经喇叭状形态收口后又发散堆积于下部坡面上,在平面上呈现为上部收敛、下部发散的不均匀条带状。沿该堆积体展布方向有大量乔木和灌木生长,其两侧则为植被稀少的裸露区。实地调查表明,堆积体的发育范围大致与地表植被的分布范围相一致,因此由乔、灌木形成的条形绿化带成为识别该堆积体的特征性标志。结合其平面形态、粒度组成、宽度、堆积厚度、植被的发育状况以及距离物源的远近程度等,大体上将堆积体划分为三个区:近程堆积区、中程堆积区和远程堆积区(图 1)。各区的形态结构和相应的粒度组成特征如下。

### 2.1 近程堆积区

分布于 2 400 m 高程以上地段,出露的岩性主要为凝灰质砂岩、凝灰质(火山)角砾岩。总体形态在平面上呈喇叭口形,由上至下呈收口<sup>[1]</sup>趋势。近程堆积区平均宽度 200~220 m,由后缘裸露的块状基岩在强烈的物理风化作用下,不断崩塌产生碎屑物质堆积而成。堆积坡度  $32^{\circ} \sim 37^{\circ}$ ,平均为  $35.4^{\circ}$ 。区内植被总体上不发育,主要以 2~3 m 高的灌木稀疏分布于堆积体上。



1. 凝灰质砂岩、凝灰质(火山角)砾岩; 2 (复成份)砾岩;
3. 板岩; 4 近程堆积区; 5 中程堆积区; 6 远程堆积区;
7. 堆积体边界; 8 岩性分界线; 9. 堆积体分区界线;
- 10 等高线; 11 大坝坝址; 12 测量点编号

图 1 堆积体分区特征

Fig 1 Characteristics of the accumulation body's subareas

近程堆积区后缘为基岩崩塌形成的 200 m 的陡崖,陡崖上可见“眈眈欲坠”的危岩,在靠近陡崖脚下,不仅堆积物较少,而且堆积厚度也较小,主要由零星块石的碎石土组成;中部散落块径 20~50 cm 的块石,多架空呈块石堆,无磨圆和分选特征,其中局部滞留的大块石(1~2 m)为二次崩塌堆积物,由上至下由三部分组成:顶部二次崩塌滞留块石、中部早期崩积物、底部坡积物(图 2),从而在剖面上呈现为“三元”结构特征。下部喇叭状地形收口处的堆积物主要由块径 30~60 cm 大块石组成,块石直径平均为 59 cm,在剖面上呈现为“二元”结构特征。用测线法对区内 2 410~2 600 m 高程段堆积物的粒度统计表明,堆积物中块石的含量较高,为 84%~95%,块径最大 4~5 m,平均为 40~60 cm,其中 >50 cm 的占 40%~70%(表 1)。

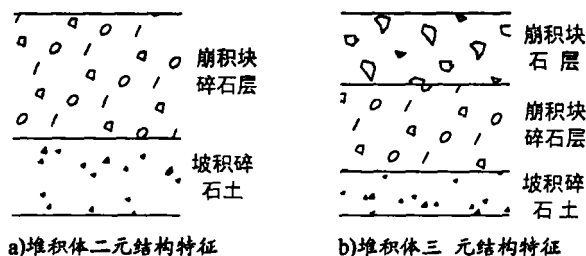


图 2 堆积体典型结构特征

Fig 2 Typical structural characteristics of the accumulation body

表 1 近程堆积区内堆积物的粒度组成、宽度及坡度统计

Table 1 Statistics of grain size distribution of the accumulation body and its width and slope angle in the short range

高程 (m)	块径 ( cm )			测线内 块石所 占比例	> 50 cm 块石所 占比例	宽度 (m)	坡度 ( ° )		
	最大值	最小值	平均值				最大值	最小值	平均值
2 405	430	10	65 3	84 9%	64 7%		38	36	37. 0
2 460	120	5	41 6	90 1%	52 4%	100	41	31	36. 8
2 505	/	/	/	/	/	140	/	/	/
2 550	280	10	58 7	99 7%	70 3%	200	34	28	32. 0
2 600	420	5	27 4	94 1%	40 1%	260	38	35	35. 8

2 2 中程堆积区

大致为 2 200 ~2 400 m 高程范围内, 对应于地表复成份砾岩出露形成的窄槽状地段。堆积体平均宽度 60 ~80 m, 平面上相对狭窄呈“瓶颈状”形态, 尤其是在入口处, 1 ~3 m 左右的大滚石堵塞于沟道内, 对崩塌堆积物向下运移具有阻挡和约束作用。本段坡度较上部略陡, 一般 34° ~40°, 平均 37. 2°。堆积物总体上较两侧坡面低, 但左右两侧发育不对称, 下游侧大约低于坡面 4 ~5 m, 上游侧则与坡面持平。植被以高大的乔木为主, 自入口处向下逐渐

增多, 并可见树木扎根于块石土中, 个别块石被树木的根须缠结、包裹, 也有少数块石被树木阻挡堆积于其根部。

本区内块石堆积呈现为二元结构, 由粒度统计资料可知, 堆积物中块石含量为 58% ~73%, 其中 > 50 cm 的块石约占总体组成的 20% ~30%, 块石直径最大为 170 cm, 平均为 30 ~46 cm (表 2), 因此与上部的近程堆积区相比该区内堆积物结构特征已明显弱化。

表 2 中程堆积区内堆积物粒度组成、宽度及坡度统计

Table 2 Statistics of grain size distribution of the accumulation body and its width and slope angle in the intermediate range

高程 (m)	块径 ( cm )			测线内 块石所 占比例	> 50 cm 块石所 占比例	宽度 (m)	坡度 ( ° )		
	最大值	最小值	平均值				最大值	最小值	平均值
2 265	170	13	46 1	58 3%	33 8%	65	45	28	40. 2
2 365	120	7	31 0	73 3%	23 0%	85	43	30	34. 3

2 3 远程堆积区

分布于 2 200 m 高程以下的地段, 其下伏基岩主要为板岩、砂板岩。坡度 34° ~36°, 平均为 35. 5°。堆积体总体较两侧坡面高, 平均高出 5 ~6 m, 平面上略呈“宽脊”状向下发散延伸, 发散角 5° ~10°。本段内堆积宽度 140 ~200 m, 堆积厚度为 6 ~8 m。植被以乔木为主, 5 ~6 m 左右高的乔木密集生长于

脊状堆积体上, 形成天然绿化带。发散区内堆积物显示为弱化的二元结构特征。统计表明, 堆积物的粒度组成中土质成份增加, 块石含量 (主要是 > 50 cm 的块石) 总体上有减少的趋势, 其中 > 50 cm 的块石较仅占 10 % ~20 %, 尤其是下部 ZK01 附近, > 50 cm 的块石不足 10 % (表 3)。因此除局部测点外, 块石多以镶嵌或似镶嵌状分布于细粒组份中。

表 3 远程区内堆积物粒度组成、宽度及坡度统计

Table 3 Statistics of grain size distribution of the accumulation body and its width and slope angle in the long distance range

高程 (m)	块径 ( cm )			测线内 块石所 占比例	> 50cm 块石所 占比例	宽度 (m)	坡度 ( ° )		
	最大值	最小值	平均值				最大值	最小值	平均值
1 960	105	6	18 8	53 9%	5. 5%	160			
1 975	89	6	24 6	78 3%	19. 8%	140	42	28	34. 9
2 060	88	5	23 0	62 1%	10. 1%	110 ~120	40	30	34. 8
2 165						70	43	30	36. 1
2 270	380	4	27 8	81 4%	29. 3%	70	40	30	36. 2

综上所述可以看出: 1)堆积体在粒度组成上与各个分区具有一定的对应性, 总体上由上部的近程区向下部远程区有逐渐变小的趋势, 但各个分区内, 组成堆积物的块石粒度及其显现的结构特征都有一定的差异, 上部的分区内堆积物无论从粒度变化上还是结构组成上都要比下部复杂一些。对比三个分区内堆积物的粒度组成可知, 近程区堆积物的粒径变化大, 平均粒径 40~60 mm, 大块石集中在收口以上部分, 中程区块石平均粒径为 30~46 mm, 远程区块石粒径 20~30 mm, 由上至下具有块石含量减少和块径减小的趋势。2)地貌上植被发育特征与堆积体分区相吻合, 由上至下植被由稀疏的灌木丛向高大乔木发育, 其中灌木与乔木过渡的地段大致为近程区与中程区的分界; 3)三个分区内, 堆积体的坡度变化不大, 一般为 35°左右, 其中中程区略高 2°左右; 4)堆积体在剖面组成上为多元结构, 其中中程区和远程区的堆积物一般为二元结构, 其上部主要由块径相对较大、块石含量相对较高的崩积物组成, 下部由残坡积碎石土组成; 近程区由于存在二次(或多次)崩塌滞留的块石堆, 因此呈现为三元结构。

### 3 成因机制

乌弄龙坝前堆积体的形成与其所处的地形地貌、地层岩性等条件有关。调查表明, 呈条带状展布的堆积体覆盖地段具有沟槽状地形特征, 应为古冲沟(或切沟)所在处。古冲沟的存在对于其后缘陡坡(崖)产生的崩塌物质的运移具有明显的导向作用。但顺冲沟方向岩性上的差异造成了冲沟本身的不均衡发育, 具体表现为坚硬的砾岩分布段以下蚀为主, 而在相对软弱的板岩分布段则以侧蚀为主。因此, 形成了砾岩分布段沟槽深窄、板岩分布段沟槽宽浅的特征。虽然砾岩在古冲沟沿程出露较少, 但它对堆积物向下的运移具有约束阻流和侧向阻滑作用<sup>[2,3]</sup>。

受上述古冲沟总体导向以及局部约束阻流的联合作用, 古冲沟的沟槽不断被崩塌物质堆高的同时, 沿程运移的大块径崩塌物也不断被阻挡在砾岩分布段形成的约束区内, 部分能量较高的崩塌物可能越过该约束区进入下部相对宽阔的堆积区, 但沿程强烈的碰撞会造成块石的不断粉碎。正是由于上述古冲沟的制约, 崩塌物质在沿程堆积过程中产生了块

度、结构乃至形态等方面的差异, 形成了现今的分区堆积特征。

## 4 堆积体稳定性

### 4.1 堆积体当前变形动态

对于散体结构的堆积体, 其变形过程的发展往往是不均匀的, 一般会表现为表面变形大, 而与基岩或滑床接触的部分变形要小, 这种差异变形往往会造成堆积体上早期生长的树木出现歪倒和倾斜, 这在土质滑坡当中是屡见不鲜的。但从生长于乌弄龙坝前堆积体中下部的高大树木, 特别是胸径在 30~40 mm、树龄近 50 a 左右的乔木来看, 它们本身挺拔端立, 无倾斜歪倒的迹象, 这表明堆积体在当前条件下变形量小, 基本上没有向斜坡下部位移的特征。此外, 对堆积体前缘农家的房屋也作了大量的调查, 并未发现这些房屋有任何倾斜、开裂、鼓张等变形特征<sup>[4,5]</sup>, 因此可以认为坝后堆积体在目前的环境条件下无明显变形特征, 总体处于稳定状态。

研究认为这与乌弄龙坝后堆积体特殊的分区结构特征有关, 位于 2 200~2 400 m 高程范围的约束阻流段以及堆积体前缘已有一定程度胶结的卵石层, 对上部堆积物的下滑或下落起了阻挡或缓冲的作用, 从而使得整个堆积体的变形大大减弱, 在天然条件下堆积体一直处于较好的自稳状态。

### 4.2 堆积体力学参数的获取

主要结合现场调查获得的堆积体在天然与饱水条件下的稳定坡角及室内大剪试验成果来综合确定。

对于由块碎石、块石组成的散体结构堆积体, 其  $C$  值一般都很小或接近于 0 因此它们在天然状态下的自稳状态往往取决于其天然休止角, 亦即内摩擦角的大小。由表 1~表 3 获得的堆积体各段的坡角为 34°~42°, 平均为 35°, 这一角度可以作为该堆积体的天然休止角。考虑到水库蓄水后堆积体中下部的环境条件会发生变化, 其休止角也会相应降低, 因此对坝库区同类堆积体中长期浸没于水下部分的坡角进行了统计(表 4), 该角度大致相当于堆积体在水下的稳定坡角。由表 5 可以看出, 堆积体的水下稳定坡角集中在 21°~26°, 平均为 23°。

室内大剪试验主要是针对天然状况下堆积体的力学参数展开的, 由于堆积体由表及里(基岩)其粒度或块度有变小的趋势, 因此其稳定性主要取决于

其下部碎石土的强度参数。针对该碎石土进行大剪试验(表 5), 获得摩擦角  $\varphi=33^{\circ}$ ,  $C=0.0115$  接近于 0。这与统计得出的天然休止角的量值较为接近, 因此可以按天然休止角作为稳定性计算的参数。综合试验与调查结果, 最终采用的计算参数如表 6 所示(考虑到块石的阻剪作用, 适当给小量  $C$  值)。

表 4 堆积体水下坡角统计表

Table 4 Statistics of the angle of repose in water		
地点	堆积体名称	水下坡角(°)
结义桥	江边堆积体	25
洛扎洛	沟口堆积体	22
	河床右岸堆积体	21
	上游侧江边堆积体	22
乌弄龙	下游侧江边堆积体	22
	结义堆积体下游堆积物	23
结义村		24
	结义堆积体上游堆积物	25
		26

表 5 大剪试验成果表  
Table 5 Result of large shear test

试样编号	正应力 $\sigma$ (100 kPa)	剪应力 $\tau$ (100 kPa)	摩擦系数	粘聚力 (100 kPa)
1#-1	0.983	0.680	0.66	0.0115
1#-2	2.014	1.374		
1#-3	2.995	1.910		
1#-4	3.977	2.550		
1#-5	4.959	3.350		

表 7 蓄水前后堆积体稳定性随不同  $\varphi$  值的变化情况

Table 7 Stability of the accumulation body followed with $\varphi$ value before and after storage period											
指标		蓄水前					蓄水后				
内摩擦角		32	34	36	38	40	20	22	24	26	28
摩擦系数 $\tan \varphi$	0.62	0.67	0.73	0.78	0.84		0.36	0.4	0.45	0.49	0.53
稳定系数	0.9	0.91	1.04	1.04	1.04		0.86	0.89	0.89	0.90	0.90

1 在近程区内, 对堆积体后缘的局部危岩体进行清除, 在必要的地段可以采用 SNS 柔性拦石网<sup>[7]</sup>进行防护, 或依据地形条件在后缘陡崖脚下布置落石槽、落石平台及排水明渠, 尽量减少堆积体现有的荷载负担以及地表水对堆积体的浸泡冲刷;

2 在中程区内, 主要利用既存的优势地形, 在其出口及入口处设置适当的挡石墙以加强约束段对堆积体向下运动的缓冲和阻滑作用, 尽量隔断上下分

表 6 稳定性计算参数 Table 6 Calculation parameter for stability				
岩性	泊松比	内摩擦角 (天然)	内摩擦角 (饱水)	粘聚力 M Pa
碎石土	0.25	36°	23°	0.02

4.3 堆积体稳定性计算

稳定性计算采用传递系数法<sup>[4-6]</sup>, 考虑未蓄水与蓄水后两种工况条件, 并按一定级差改变摩擦角来研究其稳定性系数的相应变化情况。计算结果如表 7 所示。由表中资料可以看出, 堆积体的稳定性主要取决于其摩擦角的大小, 随摩擦角的增大其  $K$  值也逐渐增加。天然状态下, 由于其摩擦角较大(取  $36^{\circ}$ ), 因此具有较高的自稳能力, 计算获得的稳定性系数为 1.04 表明堆积体基本处于稳定或临界稳定状态, 这与目前实际状况相符; 蓄水后其摩擦角降低(取  $23^{\circ}$ ), 因此其自稳能力也降低, 计算获得的稳定性系数为 0.89 表明蓄水后堆积体将处于不稳定状态。

5 防护措施建议

上述分析和计算表明, 堆积体在天然状态下有相对较高的自稳能力, 总体处于稳定或临界稳定状态, 只有在蓄水后其所处的环境条件发生改变才产生失稳。因此对堆积体的防护与治理也主要着眼于尽力维持其现有的状态不变化。针对乌弄龙坝前堆积体现有的分区和结构特征, 认为应从其近程堆积区、中程堆积区、远程堆积区分别进行防护和治理:

区之间的物源联系, 同时辅以相应的排水系统;

3 对远程堆积区, 防护与治理的难度较大, 由于不可能完全隔绝其与库水的联系, 因此要从根本上维持其原有的环境条件是不太现实的, 但是可以考虑对其前缘的阶地堆积的砂卵石层进行加固处理, 同时对库水位附近的堆积体部分设置防渗帷幕和护坡。

## 6 结论

乌弄龙坝前堆积体具有平面分区、剖面分层的复杂三维立体结构,而且随分区不同其相应的剖面特征、块度组成、宽度、厚度、植被的发育等都表现出一定的差异性。堆积体在天然状态下的稳定性正取决于这一特殊结构中的两级天然缓冲阻滑平台。因此,蓄水后对堆积体失稳的防护措施和策略也应依据其分区特征分而待之才更符合其实际情况,从而达到有效防护和治理的目的。

## 参考文献 (References)

- [1] Ding Xiumei, Huang Runqiu, Yan Ming *et al*. Spatial effects of the deformation of a debris on the middle reaches of Lancang River [J]. *The Chinese Journal of Geobgical Hazard and Control* 2004 15(3): 38~42 [丁秀美, 黄润秋, 严明, 等. 澜沧江中游某崩塌堆积体变形空间效应研究 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004 15(3): 38~42]
- [2] Cheng Qiangong, Zhang Zhuoyuan, Huang Runqiu. Dynamical mechanism and stability criterion of landslide under backup of soil arching [J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering* 2004 23(17): 2855~2864 [程谦恭, 张倬元, 黄润秋. 平卧“支撑拱”锁固滑坡动力学机理与稳定性判据 [J]. 岩石力学与工程学报, 2004 23(17): 2855~2864]

- [3] Cheng Qiangong, Zhang Zhuoyuan, Huang Runqiu. Dynamics and stability criterion of oblique layered rocky landslide under backup with combination of flank and bedding plane [J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering* 2004 23(17): 2855~2864 [程谦恭, 张倬元, 黄润秋. 侧翼与滑床复合锁固切向层状岩质滑坡动力学机理与稳定性判据 [J]. 岩石力学与工程学报, 2004 23(17): 2855~2864]
- [4] Zhang Zhuoyuan, Wang Liansheng, Wang Shitian. The theory of Engineering Geology [M]. Beijing: Geology Publishing Company 1997. 314~377 [张倬元, 王兰生, 王士天. 工程地质分析原理 [M]. 北京: 地质出版社, 1997. 314~377]
- [5] Mao Yanlong, Pen Jianbing, Liang Wei. The stability analysis of IV# loose accumulation masses in Jishixia reservoir of Yellow River [J]. *Journal of Xi'an college of geology* 1997 12( suppl ): 68~73. [毛彦龙, 彭建兵, 梁伟. 黄河积石峡水库IV#松散堆积体的稳定性分析 [J]. 西安地质学院学报, 1997 12(增刊): 68~73]
- [6] Yin Yueping, Zhang Jiangu, Chen Baosun. Formation mechanism of large scale loose sediment at the relocation sites of Wushan county on the three gorges [J]. *Journal of Engineering Geology* 2000 8(3): 265~271 [殷跃平, 张加桂, 陈宝荪. 三峡库区巫山移民新城址松散堆积体成因机制研究 [J]. 工程地质学报, 2000 8(3): 265~271]
- [7] Yang Youkui, Fang Xiangchi. Flexible Restraining Nets of SNS on Rockfall [J]. *The Communication Science and Technology in Yunnan* 1999 15(5): 21~25 [阳友奎, 方向池. 崩塌落石的 SNS 柔性拦石网系统 [J]. 云南交通科技, 1999 15(5): 21~25]

# Stability Analysis on a Collapsing Accumulation Body Located in Front of the Dam site of Wunonglong Water power Sation in Lancang River

CHEN Qiang<sup>1</sup>, NIE Dexing<sup>1</sup>, LI Shuwu<sup>2</sup>

(1. Institute of Engineering Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059, China;

2. Institute of Geology, Northwest Hydroelectric Investigation and Design Institute of SPG, Lanzhou 730050, China)

**Abstract** The Wunonglong power station in Lancang River is located in the northwest mountain land of Yunnan. A large scale collapsing accumulation body about 4 800 000 m<sup>3</sup> stores distribute in front of the dam. With 1 200 meter length, 100~200 meter width and 8~10 meter thickness, the large scale accumulation body has feature of subarea converging in its upside, restricting in its middle part and spreading around in its underpart. The block form, section structure, vegetation and gradient of collapsing accumulation body in each part is followed with its subarea feature. Obviously, such a large scale accumulation body in front of the dam may be a hidden trouble to the dam. On the analysis of its deformation status in quo, according to the shear test of accumulation body and its statistical datas of angle of repose, appropriate parameters of the accumulation body is raised and calculation of its stability is made. Result of calculation indicate that this accumulation is be in the steady status in nature conditions, which is consistent with the true condition, but it is be in the unstable status in storage period. Finally, some defending measures and suggest have been brought forward to the accumulation body according to its structure of subareas.

**Key words** collapse; accumulation body; geobgical hazard; stability; Lancang River