

大渡河上游某水电站滑坡体成因机制及稳定性研究

谢 琨

(成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059)

摘 要:滑坡体位于大渡河上游某水电站闸址右岸,最大厚度 73 m,据勘探平洞揭露,滑坡体内存在大量假基岩,基本保持一定层序,大部分层理倾向坡外,具有一定的规律性。在深入调查滑坡体基本特征的基础上,结合滑坡体的赋存环境,查明其形成地质力学模式为蠕动-滑移-拉裂破坏模式,以垂直位移为主。最后采用地质分析和极限平衡对滑坡体稳定性进行了综合评价。结果表明,滑坡体的影响因素多数有利于稳定性,在各工况下均满足安全标准,其成果可为拟建工程提供重要参考。

关键词:大渡河;滑坡体;基本特征;成因机制;稳定性评价

中图分类号:TU375

文献标志码:A

大渡河下游某水电站,装机容量 1196.6 MW。前期调查表明,滑坡体位于坝后区,总方量约 824.9 万 m^3 。现场勘探共布设钻孔 12 个、平洞 1 个以及大量的室内外试验,平洞揭露出滑体结构较复杂,其研究对于大渡河同类型的边坡演化具有重要参考价值。加之工程区山势陡峭、河道狭窄,一旦整体失稳,将严重危及枢纽建筑的安全。因此,在全面了解滑坡体基本特征的基础上,研究滑坡体成因及其稳定性,对坝址选择和工程布置具有决定性的影响^[1-3]。

1 滑坡体基本特征

滑坡体位于大渡河右岸闸址区,平面形态呈“M”型(图 1),坡体地形纵向上呈近直线型,平面横向走向近 SN,沿江展布长约 564 m,纵向长约 479 m,总体面积约 $11.3 \times 10^4 m^2$,总方量约 824.9 万 m^3 。滑坡体边界清晰,上下游侧受基岩控制,以浅沟为界,前缘直抵大渡河,后缘受基岩控制,平面横向上略有起伏。地表植被主要为灌木及草本植物为主,植被发育较差。

根据钻孔及平洞资料可知,该滑坡体的物质组成主要有以下三类土体(图 2)。

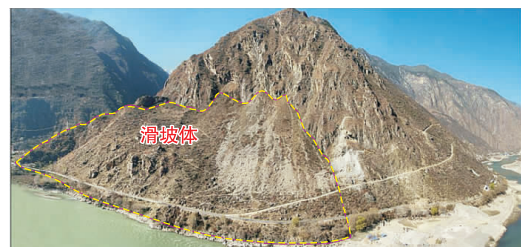


图 1 滑坡体全貌图

(1) 混合土碎石

主要分布于滑坡体上部,据钻孔 BK128、BK142 揭示,该层层厚一般为 15 ~ 30 m,局部厚度可达到 50 m。该层物质组成为浅灰色混合土碎石,碎石含量约占 40 ~ 45%,一般粒径为 10 ~ 15 cm,呈棱角状;块石约占 30 ~ 35%,块径一般为 30 ~ 60 cm,最大为 10 m,呈棱角状;其余为砂土和少量角砾,细颗粒物质含量较少。

后缘两顶点处后壁由于岩壁持续的崩塌后退,微地貌上形成凹岩腔。坡表堆积物来源为后壁崩塌,呈自然休止角堆积松散堆积。坡表物质随高程整体呈上细下粗的分布特征,其中堆积块径达数米至十米孤石,仅于坡表上部零星分布,而中下部较为密集。

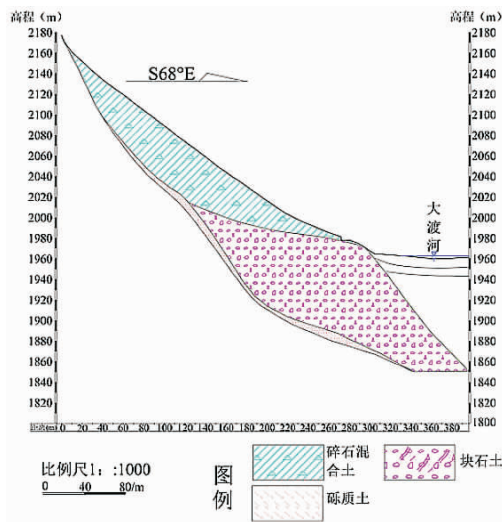


图 2 滑坡体坡体物质组成结构图

(2) 块石土(滑体)

该层主要分布于滑坡体中下部,为滑坡体的滑体物质(假基岩),据钻孔 BK128、BK142、BK139 揭示,层厚一般为 30~50 m,最深处长达 90 m。于 16#平硐测得巨块石“层面产状”近基岩产状, N35~46°E, SE∠63~84°, 倾角略偏陡,呈连续分布。并于 16#平硐桩号 154~170 m 处见滑动挤压破碎带,滑体中未见次级软弱层面。该层物质组成为浅灰色块石土(块石夹角砾土),块石含量约占 90%,母岩成分为石英岩夹云母石英片岩、变粒岩,偶见少量角闪岩。

(3) 砾质土(滑带土)

该层为滑坡体滑带土,据钻孔揭示,层厚一般为 5 m 左右,厚度随高程降低而减小。该层物质组成为砾质土(含砂粉质粘土夹碎砾石),碎砾石母岩成分主要为变粒岩,呈棱角状。其中粉粘含量较高,约 50%,手搓可成条,稍湿~湿润,呈可塑状,土体表面存在明显擦痕。

滑带土分布具有如下特征:据平硐和钻孔均揭示了滑坡体滑带物质,根据 16#平硐现场编录资料揭示,于 170~173.5 m 处测得古滑坡滑带土,该处滑带土厚度为 3.5 m,其物质组成成分单一,为砾质土(粉质粘土夹碎砾石),滑面产状 N25°E, SE∠50°,中陡倾坡外。该层土体分布于混合土块石层与基岩接触面,其埋深随高程降低而增大,平均深度为 85 m。

2 滑坡体成因机制研究

右岸地层主要为志留系茂县群第五岩组中~浅变质岩,包括第二段 Smx⁵⁻²、第三段 Smx⁵⁻³、第四系堆积物 Q,滑坡体分布范围内主要为 Smx⁵⁻²,该套地层岩性特征见表 1,具体分布如图 3 所示。

表 1 滑坡体地层简表

地层单位	地层代号	岩性描述
志留系茂县群第五岩组	第二段 Smx ⁵⁻²	灰白色中至厚层状石英岩,岩质坚硬
	第三段 Smx ⁵⁻³	灰白色长英质变粒岩,为中细粒粒状鳞片变晶结构,块状构造

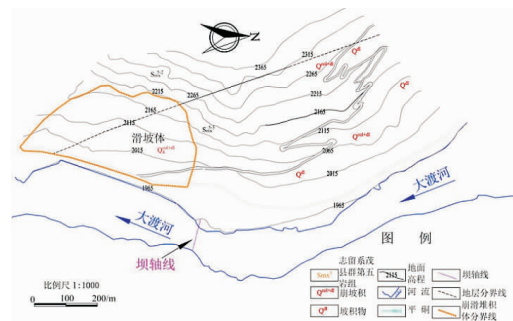


图 3 滑坡体地层分布图

滑坡体虽然整体为切向坡,但局部发育中陡倾坡外结构面,并且在下游侧边界有小断裂发育,构成了切向边界,同时斜坡前缘为大渡河深切,形成有效临空面,为边坡岩体变形破坏提供了空间,并且岩体中存在陡倾的结构面有利于降雨入渗和风化作用的进行^[4-5]。这种构造特征为岩层的滑移拉裂变形提供了有利条件。该滑坡体是斜坡表层岩体蠕动-滑移-拉裂变形长期发展的结果^[6-8]。

剪切蠕变:斜坡地处河流凹岸,切蚀冲刷作用造成斜坡存在变形破坏的空间,加之斜坡下部的岩层位于江水或地下水位以下,受水的长期浸润而软化,强度降低,也易变形,它在上覆岩体的重力作用下逐渐向河谷方向产生剪切蠕变。

滑移:当下伏板岩向河谷方向发生剪切蠕变或破坏时,就会导致中倾坡外的层面上的剪应力增大,导致上覆岩体沿这一面产生滑移。

拉裂扩展:因斜坡体内存在陡倾坡内的裂隙,所以,随着上覆岩层沿层面的滑移,势必在这些部位产生拉应力,当应力超过岩体强度时,就产生拉裂,拉裂缝逐渐由上向下扩展,最后与滑移面贯通,从而形成了滑坡体。

3 滑坡体稳定性研究

根据勘探可知,滑坡体前缓后陡,自然坡度 20°~35°不等,下部台座较宽,此类地貌形态不易应力集中,地形坡度总体小于堆积物的内摩擦角,滑坡体不具备克服阻力下滑的动能,地形有利于滑坡体的稳定^[9-10]。

另外,滑坡体平均厚度 60 m,基覆面前缓后陡,前部抗力段明显,滑体表面有约 1 m 厚的坡积物,为粒径较

小的角砾土和粒径较大的碎块石互层,韵律明显,粗粒层之间碎块石架空现象明显,表明其形成年代久远,在该层沉积以来的地质历史时期这部分滑坡体没有发生变形破坏的迹象,至少没有剧动产生,表明滑坡体堆积稳定状况良好。

此外,滑坡体内部见有大量孤石,保持原有岩层层序,表明其在下滑过程中解体不完全,同时在滑坡平洞和钻孔中也发现,土的含量较少,而块碎石的含量较多,由于大粒径的组成含量较大,致使滑坡体的强度参数较大,更有利于边坡稳定。

根据钻探和平洞资料揭示,滑体及滑带土多数仍然处于干燥状态。以上现象说明滑坡地下水埋深较深,且多为基岩裂隙水,其可能多呈股状线流的形式直接向大渡河排泄,未弱化土体的物理力学性质^[11-12]。可见,滑坡体影响因素多数有利于滑坡稳定性。

另外,按照《水电水利工程边坡设计规范》(DL/T5353-2006)安全评价标准,对滑坡体分区进行安全评价,应用GEOSLOPE软件对滑坡体在天然工况、暴雨工况、地震工况下整体稳定性及自动搜索局部稳定性进行验算,计算结果以M-P法为准。计算参数根据大三轴试验、大型直剪试验及工程类比法得出,具体计算参数见表2,验算及评价结果见表2和表3,滑坡体安全性评价成果见表4,滑坡体最不利滑动面如图4所示。

表2 滑坡体计算参数综合取值

岩土体	天然状态			饱水状态		
	C(kPa)	$\varphi(o)$	γ	C'(kPa)	$\varphi(o)$	γ
滑体	碎石层	35	35	21	25	33
	块石层	65	36.4	25	60	35
滑带	砾质土	100	30	20	80	28

表3 滑坡体稳定性计算结果表

计算范围	计算工况	稳定性系数
整体	天然	1.604
	暴雨	1.387
	地震	1.332
局部	天然	1.200
	暴雨	1.067
	地震	1.056

表4 滑坡体安全性评价成果表

坝址	持久工况 (1.15)	短暂工况 (1.10)	偶然工况 (1.05)
上坝址	安全	安全	安全

总之,滑坡体整体稳定性在各工况下稳定性较高,满足安全要求,仅局部在暴雨状态下基本稳定状态^[13-14]。

4 结论

通过以上分析,可得出以下结论:

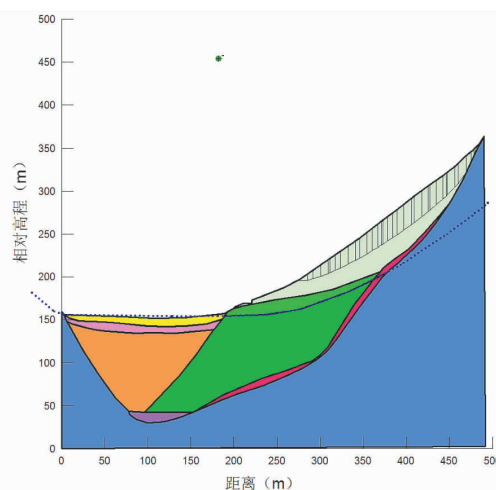


图4 滑坡体自动搜索最不利滑动面

(1) 滑坡体物质组成以块石层为主,以假基岩形式存在,基本保持原岩层序,但产状变化较大。堆积密实,局部存在架空现象。

(2) 滑坡体是斜坡表层岩体蠕动~滑移~拉裂变形长期发展的结果,共经历剪切蠕变、滑移、拉裂扩展三个阶段,从而形成了滑坡体。

(3) 滑坡体影响因素多数有利于滑坡体稳定性,定量计算表明,该滑坡体在天然状况下稳定性较好。局部在暴雨工况下处于基本稳定状态。考虑到工程施工期,滑坡体对开挖影响非常敏感,一旦前缘失去支撑极易破坏,建议加强施工期土石方开挖管理。

参考文献:

- [1] 葛华.重庆市万州草街子双堰塘滑坡稳定性评价及治理工程优化设计[D].成都:成都理工大学,2003.
- [2] 王兰生,徐进,梁虹,等.铜街子电站坝地质结构的地质力学模拟研究[A].全国第三次工程地质大会论文选集[C].成都:成都科技大学出版社,1988.
- [3] 李守定,李晓,张军,等.唐家山滑坡成因机制与堰塞坝整体稳定性研究[J].岩石力学与工程学报,2010(S1):2908-2915.
- [4] 张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[M].北京:地质出版社,1994.
- [5] 李守定,李晓,吴疆,等.大型基岩顺层滑坡滑带形成演化过程与模式[J].岩石力学与工程学报,2007,26(12):2473-2479.
- [6] Morgenstern N R, Price S. The analysis of the stability of general slip[J]. Geotechnique, London, V. E., 1965, 15 (1): 79-93.

- [7] Spencer E A. method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter stice forces[J]. Geotechnique,1967,17(1):11-26.
- [8] Hendron A J,Patton F D.The Vaiont slide-a geotechnical ananalysis based on newgeologic observations of the failure surface [R]. Washington D. C. US Army Corps of Engineers,1985.
- [9] 尚楠吉,周 勇,张元才,等.三峡库区云阳青术滑坡成因机制及稳定性评价研究[J].甘肃水利水电技术,2010(8):12-13,16.
- [10] 王 巧,王运生,江岳安,等.绵竹天池滑坡成因机制及运动过程研究[J].甘肃水利水电技术,2011(1):16-18.
- [11] 张 楠,许 模.水库库岸滑坡成因机制研究[J].甘肃水利水电技术,2011(1):19-22.
- [12] 陈 浩,江永新,王志春,等.崩塌堆积体滑坡成因机制及稳定性评价预测[J].甘肃水利水电技术,2011(1):30-32.
- [13] GB50287-99,水利水电工程地质勘察规范[S].
- [14] DL 5180-2003,水电枢纽工程等级划分及设计安全标准[S].

Study on Formation Mechanism and Stability of the Landslide at Hydropower Station on the Upstream of Dadu River

XIE Kun

(State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of
Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The landslide is located on the right bank of a Hydropower Station dam site at the upstream of Dadu River. Its maximum thickness is 73m. The exploration adit exposes, a large number of false bedrock exist in the landslide body, which have a certain rule that maintain a certain sequence and most of the bedding tend to slope outside. In the thesis, it is ascertained that the geomechanics mode is Peristalsis-slip-crack failure mode that mainly with vertical displacement, based on depth investigation into the basic characteristics of the landslide, and combined with the occurrence environment of landslides. Finally, the landslide stability is evaluated synthetically through geological analysis and limit equilibrium. The results show that, majority of the influencing factors conducive to stability, which meet the safety standards under all conditions. The results provide an important reference for the proposed project.

Key words: Dadu river; landslide; basic features; formation mechanism; stability evaluation