

新疆瓦石峡水库工程 TH1 滑坡体稳定性研究

马琪

新疆水利水电勘测设计研究院地质勘察研究所

DOI:10.12238/hwr.v7i1.4665

[摘要] 山区水库多位于河流中上游峡谷河段,两岸边坡多高陡,受构造运动影响,河流加速下切,导致边坡被切脚,造成边坡失稳滑塌。并且边坡失稳对工程建设的投资和有很大的影响,故对边坡稳定的研究有着重大的意义。本文以瓦石峡水库为例,通过现场测绘、试验等方法综合分析了 TH1 滑坡体的稳定性,从而为设计提供坝址选择以及投资的依据。

[关键词] 滑坡; 赤平投影; 折线滑动图

中图分类号: TV139.2+32 **文献标识码:** A

Study on Stability of TH1 Landslide of Washixia Reservoir Project in Xinjiang

Qi Ma

Geological Survey and Research Institute, Xinjiang Institute of Water Conservancy and Hydropower Survey, Design and Research

[Abstract] Mountainous reservoirs are mostly located in the middle and upper reaches of the river canyon section. The slopes on both banks are high and steep. Affected by tectonic movement, the river accelerates to cut down, resulting in the slope to be cut off and collapse. Moreover, slope instability has a great impact on the safety and investment of engineering construction, so the study of side stability is of great significance. Taking the Washixia Reservoir as an example, this paper comprehensively analyzes the stability of the TH1 landslide through on-site mapping and testing, so as to provide a basis for dam site selection and investment for design.

[Key words] landslide; stereographic projection; broken line slide graph

引言

瓦石峡水库工程位于瓦石峡河出山口上游2.5~10km长的中游河段上,行政区划属于新疆巴音郭楞蒙古自治州若羌县境内。瓦石峡水库是瓦石峡河上唯一的控制性工程,工程建设的任务为灌溉、防洪,兼顾发电。水库正常蓄水位1700m,相应库容2395万m³,电站装机容量5.5MW,最大坝高85.5米,水库工程等别为III等中型工程。可研阶段在瓦石峡河出山口上游2~11km河段内拟选了上、中、下三个坝址进行比选。上坝址设计正常蓄水位1835m,水库迳水长度最长约2.8km。TH1滑坡体位于上坝址坝轴线右岸,对大坝建设及安全运行和投资比选影响较大。

1 基本地质条件

(1)地形地貌。汇合口至下游0.6km河段,河谷北西西向延伸,呈“V”型,左岸岸坡海拔200余米,自然坡度45~55°。右岸岸坡海拔约200米,自然坡度35~50°,局部陡坎处近直立。

汇合口下游0.6~2.0km河段,河谷明显变宽。河谷呈“V”型,左岸山体高大,岸坡海拔300余米,自然坡度45~60°;右岸山体相对矮小,岸坡高约200米,自然坡度35~50°,且发育几条横河向大冲沟。该河段仍为顺河谷,发育多条顺河向构造,断层

倾向左岸。两岸基岩为下元古界阿尔金群,岩性主要为灰黑色、灰绿色角闪片岩,片理产状275~280° SW∠70~75°。

0.6~1.2km河段河谷北西西向延伸,河谷底宽200~260米,两岸发育IV级阶地,河拔35~40米,右岸阶地连续且较长,顺河长约300米,横河50~80m,左岸阶地顺河长120米,横河宽50~70米。该段岸坡分布两处不稳定体(WY4、WY5),总方量约85万m³。

1.2~2.0km河段近东西向延伸,该段河谷较汇合口至下游0.6km河段更加宽大,河谷呈“U”型。该段河谷底宽250~280米,现代河床偏右岸,为一切深35~40m的河槽,底宽10~20m,顶宽50~60m,两侧为近直立的钙质胶结砂砾石陡壁。两岸阶地发育,左岸发育III~VI级阶地,IV级阶地连续,河拔30~40m,顺河长900余米,横河宽100~150米。右岸发育VI级阶地,顺河长800余米,横河宽20~40米,阶地上部堆积大量的崩、坡积碎块石土层。

河谷左岸山体高大,基岩裸露,岸坡海拔200余米,自然坡度45~55°,基岩岸坡上横河向小断层发育,岸坡多形成沟梁相间的微地貌;右岸为北西西向鱼脊状单薄山梁,梁顶高出阶地面100~120米,岸坡自然坡度30~35°,堆积大量崩、坡积碎石土层。

该段岸坡主要受到其昂里克断裂的影响,该断裂北西西向

延伸,产状 $65\sim 75^\circ$ SE $\angle 60\sim 75^\circ$,压扭性,断层带宽 $1\sim 2$ 米,影响带宽 $50\sim 60$ 米。断裂与岸坡近平行,倾向左岸略倾上游,与左岸岸坡片岩小角度相交形成大量不稳定岸坡WY6、WY7及WY8。该段岸坡顺河长约 1000 米,岸坡斜长一般 $150\sim 200$ 米,卸荷岩体及覆盖层总厚度 $35\sim 40$ 米,方量约 800 万 m^3 。

(2)地层岩性。坝址区出露的地层为下元古界、第四系及加里东期侵入岩,其岩性分述如下:

①下元古界阿尔金群(Pt.A):岩性为灰黑色、灰绿色角闪片岩、云母石英片岩、石英岩等,片理清晰,产状 $275\sim 280^\circ$ SW $\angle 70\sim 75^\circ$ 、 $80\sim 85^\circ$ SE $\angle 70\sim 75^\circ$,为坝址区出露主要地层。

②第四系(Q)。坝址区内第四系地层广泛分布,按不同时代、不同成因类型分述如下:

A、上更新~全新统风积层(Q_{3-4}^{eolp}):分布于坝址区两岸阶地地表部,岩性为低液限粘土,含少量碎石,土黄色,厚 $1\sim 3$ 米,最厚 5 米,结构稍密~中密。

B、上更新~全新统洪积层(Q_{3-4}^{pl}):岩性为含碎石土层及含土碎石层,覆盖于坝址区两岸阶地地表部或地形低洼地带,厚 $1\sim 5$ 米。

C、上更新统冲积层(Q_3^{al}):主要分布于坝址区IV级阶地阶面以下或直接露出地表,岩性为砂卵石层,含漂石,青灰色,厚 $4\sim 6$ 米,磨圆度较好,结构中密~密实,未胶结。

D、下更新~中更新统冲积层(Q_{1-2}^{al}):分布于库区两岸阶地Q3砂卵石层之下,岩性为大厚度的钙质胶结砂砾石。

E、全新统冲积层(Q_1^{al}):分布于现代河床、河漫滩及I级阶地,岩性为砂卵石层,含漂石,厚 $20\sim 25$ 米,磨圆度较好,成份主要由花岗岩、片麻岩、云母石英片岩、变质岩组成,结构中密~密实。

(3)地质构造。两河汇合口至下游 2.0 km河段内发育规模较大的断裂为北东东走向的其昂里克断裂,其他小断层长度 $0.5\sim 2$ km。

第一,断层:

①其昂里克断裂(F_3):总长度约 100 公里,走向 $65\sim 75^\circ$,倾向SE,倾角 $60\sim 75^\circ$,压扭性逆断层,断层带宽 $1\sim 2$ 米,影响带宽度 $50\sim 60$ 米,断层带内主要为灰黑色断层角砾岩及糜棱岩,结构密实,已胶结成岩。地貌上表现为深切沟谷和断层陡崖等。②NE~NEE向断层,为上坝址区主要构造,顺河向展布,倾向SW,倾角 $70\sim 80^\circ$,延伸长 $1\sim 2$ km;③NE向构造,斜切河谷,倾向NW,倾角 $70\sim 75^\circ$,延伸长 $0.4\sim 1$ km,个别较长达 2 km;

第二,节理裂隙

据地质测绘资料统计,上坝址区主要发育三组节理裂隙:

①NE组:走向 $50\sim 70^\circ$,倾向SE,倾岸外,倾角 $20\sim 25^\circ$,面平直,闭合无充填,延伸长 $15\sim 25$ 米;②NW组:走向 $310\sim 320^\circ$,倾向SW,倾角 $70\sim 75^\circ$,面粗糙,闭合无充填,延伸长 $10\sim 15$ 米;③NNE组:走向 $0\sim 5^\circ$,倾向NW及SE,倾角 $80\sim 85^\circ$,面平直光滑,局部微张,延伸长 $5\sim 15$ 米。

2 滑坡体结构特征

根据地质调查,在上坝址右岸 $130\sim 330$ 米范围分布滑坡体HP1。该段河谷相对狭窄,为顺河谷,发育多条顺河向构造,断层

多倾向坡外。右岸基岩为下元古界阿尔金群,岩性主要为灰黑色、灰绿色角闪片岩、云母石英片岩,片理产状 $275\sim 280^\circ$ SW $\angle 70\sim 75^\circ$ 。HP1滑坡体宏观特征为一个大斜坡+两个小缓坡平台+三处陡壁。

大斜坡位于滑坡体中下部,高出II级阶地地面 $55\sim 58$ 米,自然坡度 $30\sim 33^\circ$,斜坡上堆积大量碎块石土层,临河阶地至陡坎下部多见大块石,直径大者可达 6 米,斜坡上多数块径 $1\sim 2$ 米。大斜坡后部为 $18\sim 20$ 米高的 $70\sim 75^\circ$ 的陡壁,从陡壁一侧可见多条拉张裂缝,产状 275° SW $\angle 70\sim 75^\circ$,延伸长 $5\sim 10$ 米,面多平直,上部张开 $20\sim 40$ cm;另发育一组缓倾角裂隙,产状 50° SE $\angle 22^\circ$,面平直,断续延伸 $3\sim 5$ 米,部分裂隙面可见明显的擦痕。

陡壁上部为一缓坡平台,自然坡度 $20\sim 25^\circ$,顺河长约 120 米,横河宽 $40\sim 60$ 米,表部堆积较多的碎块石土层,并可见一些顺河向拉张裂隙。缓坡后部为陡壁,高 $25\sim 27$ 米,坡度 $70\sim 75^\circ$,坡面上可见钙膜、锈斑。

第二层陡壁之上平台相对平缓,平台表部沟梁相间,分布 6 条小断层($f_{s23}\sim f_{s28}$),间距 $5\sim 15$ 米,走向与岸坡近平行,大部分倾向岸外,中部两条倾向岸内。平台后部堆积 $3\sim 5$ 米厚的碎石土层,后部为单薄山梁,高出平台 $12\sim 15$ 米。单薄山梁北侧为深切的冲沟,为断层 f_{s14} 通过处,产状 $270\sim 275^\circ$ SW $\angle 70\sim 75^\circ$,压扭性,带宽 $0.5\sim 0.8$ 米,影响带宽 $5\sim 15$ 米。

HP1滑坡体圈椅状地形明显,后缘高出河床约 150 米,最高平台后缘陡壁坡脚处堆积厚 $2\sim 3$ 米碎石土层,平台上沟梁相间,明显产生过变形,但位移量不大。从滑坡体上游侧冲沟内可见滑坡体后缘拉张裂缝内充填有碎石土层,泥钙质弱胶结,锤击哑声,开挖较困难。从冲沟内断面可见滑坡体岩体大部分仍保留有原岩结构,但大部分岩体已发生挠曲变形。

在滑坡体中部陡坎处也可见到岩体并非混杂堆杂,而是发生明显的松弛变形,接近于解体,但岩体仍保留有原岩结构,广泛发育一组倾向岸外略倾下游的缓倾角裂隙,产状 50° SE $\angle 20\sim 25^\circ$,面平直,延伸长度 $5\sim 10$ 米,面部可见横河向擦痕,垂向上厚度一般 $2\sim 5$ 米。

在滑坡体下游侧,可见一大光面,产状 $270\sim 280^\circ$ SW $\angle 35\sim 40^\circ$,面平直,延伸长度 $20\sim 30$ 米,光面上可见一组陡倾裂隙,间距 $1\sim 3$ 米,产状 $40\sim 45^\circ$ NW $\angle 65\sim 70^\circ$,面平直,延伸长 $10\sim 15$ 米,微张。在滑坡体下游侧一冲沟处可见滑床物质,主要为碎裂岩及角砾岩。

从上述地质测绘成果可知,滑体由于滑距较短,其中上游侧岩体结构大部分呈碎裂镶嵌结构;下游侧为滑积物,分选差,泥钙质弱胶结。

在滑坡体布置纵横剖面 3 条,采用两种方法,分别为地震波法及电阻率法。据地震波速及电阻率综合测试成果,地表下 $26\sim 41$ 米深度范围内,波速 $V_p=800\sim 1300$ 米/秒(相当于强~弱风化层),电阻率值为 $300\sim 2000\ \Omega\cdot m$ 。滑体下部分布一较为平直的底滑面,平均坡度 42° 。底滑面下部波速 $V_j=3150$ 米/秒,电阻率值为 $1000\sim 3000\ \Omega\cdot m$ 。

滑体主要分四个层次,分别是表层崩坡体碎块石层,碎裂镶嵌-散体结构的岩体及下部完整、连续的岩体和滑坡角砾。

滑坡体顺河长180~200m,高150~180m,厚35~45m,估算方量220万m³。

3 滑坡成因分析

HP1滑坡体后缘发育多条顺河向构造fs14, fs23~fs28,产状270~280° SW∠65~70°,断层多倾向左岸略倾上游,边坡岩性为灰黑色、灰绿色角闪片岩、云母石英片岩,片理产状275~280° SW∠70~75°,与岸坡走向近平行。

坡面上另发育一组断续延伸的缓倾角裂隙(产状50° SE∠20~25°)与垂河向裂隙(40~45° NW∠35~40°)相互切割,岸坡岩体形成大量的块体。

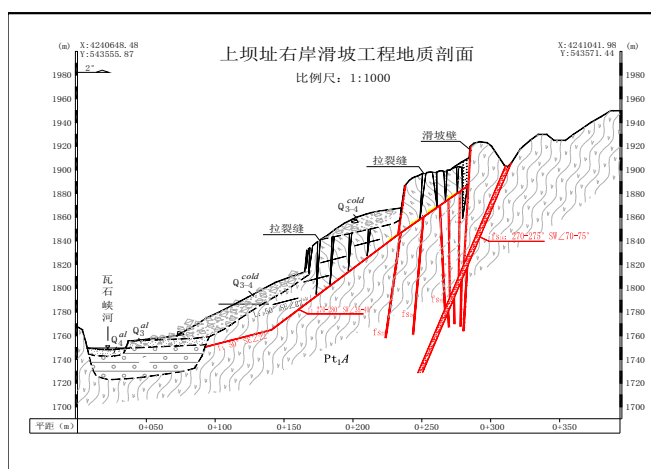


图1 上坝址右岸滑坡剖面图

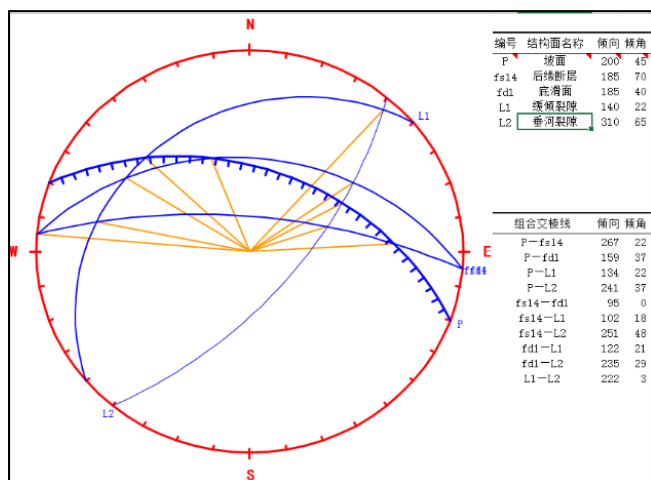


图2 上坝址右岸滑坡赤平投影图

另外在坡面上发育一组倾岸外的长大裂隙,产状270~280° SW∠35~40°,面平直,光滑,为滑坡体底滑面。

综合分析:早期现代河流紧靠右岸,山体抬升,河流下切,加之两侧冲沟切割,岸坡岩体三面临空。岸坡岩体在地震及重力作用下产生倾倒变形,进而产生滑移崩塌,滑积物不断增多,挤占河道,形成现今地貌。(见剖面图及赤平投影图1、图2)。

4 滑坡体稳定分析

滑坡体的分析方法有多种,根据岩体结构和底滑面的形态,本次采用折线滑动隐式法进行计算,分析不同工况下滑坡体的稳定性。根据试验,滑带物质参数取c=15~20kPa, φ=34°。按式(4.1)~式(4.5)计算:

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(R_i \prod_{j=1}^{n-1} \psi_j \right) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} \left(T_i \prod_{j=1}^{n-1} \psi_j \right) + T_n} \quad (4.1)$$

$$\psi_j = [\cos(\theta - \theta_{i+1} + \theta_i) \sin(\theta_{i+1} + \theta_i) \operatorname{tg} \varphi_{i+1}] / F_s \quad (4.2)$$

$$\prod_{j=1}^{n-1} \varphi_j = \varphi_i \cdot \varphi_{i+1} \cdot \varphi_{i+2} \cdots \varphi_{n-1} \quad (4.3)$$

$$R_i = N_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i L_i \quad (4.4)$$

$$R_n = N_n \operatorname{tg} \varphi_n + c_n L_n \quad (4.5)$$

工况	天然状态	饱和状态	饱和状态+Ⅷ度地震	天然状态+Ⅷ度地震
安全系数(fs)	1.18	1.11	0.82	0.78
稳定性评价	基本稳定	基本稳定	不稳定	不稳定

5 结论

HP1滑坡体自然工况下处于基本稳定状态,自然+地震工况下安全系数为1.11,在蓄水后安全系数为0.82,饱和+地震工况安全系数为0.78。根据计算结果,滑坡体在自然工况和地震工况下是基本稳定的,非正常工况下尤其是饱和加地震工况下不稳定,有进一步失稳的可能,失稳形式以崩塌、滑塌为主。故坝址选择时应避开或者采取削坡压脚的方式处理。

[参考文献]

- [1] 水利水电工程地质勘察规范修编启动[J]. 岩土工程界, 2005, 008(11): 14.
- [2] 赵龙. 水利水电勘测设计新技术在新疆的应用及发展[J]. 黑龙江水利科技, 2013, 41(10): 128-130.
- [3] 《水利水电工程地质勘察规范》GB50287-99[J]. 地基处理, 2003, 014(1): 69-71.

作者简介:

马琪(1989-),男,回族,甘肃天水人,本科,工程师,研究方向:工程地质。