

文章编号:1001-4179(2015)14-0008-04

旭龙水电站苏洼龙-穷得库段库岸稳定分析

庞云铭, 邵玉冰, 胡 巍, 杨志川

(长江三峡勘测研究院有限公司(武汉), 湖北 武汉 430074)

摘要:苏洼龙-穷得库段位于金沙江旭龙水电站库尾一带,其地质条件极为复杂,25 km 长的库段发育了大量洪积、冲积、崩坡积、冰积、滑坡体等第四系库岸,其库岸稳定性直接影响整个库区以及水库正常运行。通过对该段库岸各段的地质条件以及稳定性进行分析总结,得出库岸稳定性的影响因素,以此为水库区综合评价及正常蓄水位的选择提供地质参考。

关键词:第四系库岸; 库岸稳定性; 旭龙水电站; 苏洼龙-穷得库段

中图法分类号: P642

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.14.003

旭龙水电站水库区苏洼龙-穷得库段位于云南、四川、西藏3省交界地带,全长25.0 km,库段起于金沙江右岸云南省迪庆州德钦县羊拉乡穷得一带,距旭龙坝址区60.2 km,止于四川省甘孜州巴塘县苏洼龙乡,其右岸为西藏自治区昌都地区芒康县安美面。

该库段河谷形态在王大龙以上为“U”形河谷,河床平均纵坡降约1.2‰;以下为“V”形河谷,河床平均纵坡降约4.6‰。库段以第四系库岸为主,覆盖层主要分布在两岸高程2 450 m以下,为旭龙水电站水库区地质条件最复杂的库岸段,其稳定性直接影响整个水库区。

1 库段基本地质条件

1.1 地形地貌

苏洼龙-穷得河段地处川藏山地,属具有强烈构造侵蚀作用为主的中高山地貌。主要山脉、水系近于南北向展布,其发育明显为区域构造所控制。区内地势陡峻,沟壑纵横,总体具有中部河谷一带低,河谷两侧即东、西高之特征,山顶高程达3 500~5 180 m,山地切割深度一般1 000~2 800 m。金沙江为本区域内最低侵蚀基准面,该段库岸区内江面高程2 290~2 380 m。

金沙江大体上呈170°自北而南流经库区,在平面

上呈波浪线状。江面狭窄,水流湍急。金沙江河谷深切,在该段库区范围内河谷两岸阶地发育,有不连续的侵蚀阶地和基座阶地分布。区内不连续地发育了四级基座阶地或侵蚀阶地,但面积狭小,分布零散。一、二级阶地通常为堆积阶地,三级阶地通常为基座1阶地,而四级阶地通常为侵蚀阶地。

1.2 地层岩性

研究区出露的地层主要有古生界金沙江蛇绿岩群和元古界雄松群等,岩性主要为绿片岩、花岗岩等。第四系以冲积、洪积、冰川侧积为主,并发育湖相堆积、残积与坡积等。冲积洪积主要沿现代河谷阶地、河床分布于金沙江及各大支流流域;冰川堆积、湖沼堆积在区内集中出露于支流沟尾的石块地等地的现代高山和冰川粒雪区;残积与坡积主要沿区内山麓、山麓边坡分布。

1.3 地质构造

研究区地处金沙江结合带近南北向延伸的中段,特殊的构造部位以及多期次的构造活动改造,使近南北向的断裂构造十分发育,并发育有不同期次的褶皱构造,褶皱轴向在库首一带呈近南北向,在库尾为北西向。

研究区内地层中的大型褶皱构造不发育。所见多以复式背、向斜的形式产出于一些较大的构造岩块之

收稿日期:2015-04-18

作者简介:庞云铭,男,高级工程师,主要从事水利水电工程、交通桥梁工作地质勘察工作。E-mail:pangyunm@126.com

内,在其翼部常常发育有次一级的小褶皱与之共生。研究区主要的褶皱构造有萨里白拉背斜、苏洼龙-浓果背斜、工巴向斜。

研究区内仅发育一南北向断裂——曾大同断裂,该断层延伸规模较大,北起苏洼龙乡,向南经王大龙河口、麦曲河口,呈弧形波状弯曲展布于金沙江河谷及两侧半坡,而后继续向南,呈近南北向直线状顺金沙江河谷分布,此间金沙江完全是沿断层侵蚀的构造谷。断面西倾,倾角较陡,一般在 $70^{\circ} \sim 75^{\circ}$,最大可达 80° ,断层具有压扭性逆冲性质。

1.4 岩体风化与卸荷

研究区内出露的基岩岩性有变质基性火山岩(绿片岩)、大理岩、花岗岩,以弱风化为主,局部夹杂强风化岩体、微风化岩体,局部呈强风化状;大理岩及花岗岩以微风化-弱下风化为主,少量花岗岩为微风化状。

区内呈现的山坡陡峻、高山峡谷型地形地貌,决定了岸坡岩体普遍存在往临空方向卸荷的特点,岩体片理、卸荷裂隙发育,裂隙张开几毫米至几厘米,裂隙面有细粒软泥充填,裂隙面轻微锈染。岸坡岩体一般属于弱卸荷带,仅局部地区属于强卸荷带。

2 库岸分段地质特征

研究区内金沙江库岸以第四系岸坡为主,局部零星夹有基岩库岸。第四系堆积体类型有冲积物、冲洪积物、冰川堆积物、崩积物、崩坡积物、滑坡体等,其中麦曲滑坡-巫坝龙段库岸阶地物质以冲洪积物为主,在巫坝龙-苏洼龙段库岸阶地物质主要为冲积物。库岸两岸基岩地层为古生界金沙江蛇绿岩群、元古界雄松群绿片岩类及花岗岩。金沙江左岸基岩以顺向岸坡为主,金沙江右岸基岩岸坡以逆向岸坡为主。

研究区第四系堆积体发育,其分布广、厚度大且体积大。据调查,区内大规模的堆积体主要有 9 处,其中滑坡体有 2 处,冰川堆积体有 4 处,冲洪积堆积体 2 处,冲积堆积体 1 处,各堆积体特征见表 1。

表 1 典型堆积体特征

编号	名称	成因	位置	金沙江岸	高程(前缘/后缘)/m	面积/ 万 m^2	体积/ 万 m^3	稳定 现状
				左岸				
1	羊拉登桥冰川堆积体	冰川堆积	穷得上游	左岸	2370/2600	22.1	700	稳定
2	昌波河口堆积体	冲洪积	昌波河口	左岸	2302/2400	4.6	100	稳定
3	麦曲滑坡体	滑坡	昌波河口上游	左岸	2340/2600	24.6	600	稳定
4	碌任底左岸堆积体	冲洪积	碌任底左岸	左岸	2350/2500	45.0	500	基本稳定
5	摆要拉冰川堆积体	冰川堆积	王大龙村下游	左岸	2355/2700	20.0	10000	基本稳定
6	王大龙村冰川堆积体	冰川堆积	王大龙村	左岸	2355/3000	70.0	700	基本稳定
7	萨里西冰川堆积体	冰川堆积	萨里西	右岸	2370/3400	480.0	20000	稳定
8	巫坝龙冰川堆积体	冰川堆积	巫坝龙	左岸	2480/2620	23.0	200	稳定
9	巫坝龙上游堆积体	冲积	巫坝龙上游	左岸	2373/2450	0.4	200	较差

金沙江苏洼龙-穷得库段库岸根据地形及地质条件总体上可分为 3 段,分别为穷得-麦曲滑坡库段、麦曲滑坡-巫坝龙库段和巫坝龙-苏洼龙乡库段。

(1) 穷得-麦曲滑坡库段。穷得-麦曲滑坡库段长 3.9 km,两岸地势陡峻,沟壑纵横,山顶高程达 3 400 ~ 3 700 m,山地切割深度一般 1 100 ~ 1 400 m。金沙江在该库段总体较为顺直,河谷为“V”形河谷,江面狭窄,江面枯水位高程 2 292 ~ 2 310 m,洪水位高程 2 301 ~ 2 319 m,河床纵坡降约 4.6‰。

该库段内第四系覆盖层主要为崩坡积物、冲洪积物与冰川堆积物,基岩为元古界雄松群与金沙江蛇绿岩群绿片岩类,岩体裂隙较发育,岩体完整性一般,主要构造走向为北北西向,大致上为顺金沙江发育。

左岸以基岩岸坡为主,局部表层附有松散薄层崩坡积碎石土夹块石,厚度一般 1 ~ 5 m,基岩产状倾向金沙江,为顺向岸坡,倾角一般大于地形坡角,岸坡稳定性相对较好。右岸以岩土混合岸坡为主,局部发育有较大面积松散崩坡积碎石土夹块石,厚度一般 2 ~ 8 m,一般顺岸坡发育,分布高程一般 2 300 ~ 2 500 m。基岩产状倾向岸坡坡内,为逆向岸坡,岸坡稳定性较好。在昌波河口上游约 1.2 km 处发育有规模较大的阶地平台。该库段横剖面示意图见图 1。

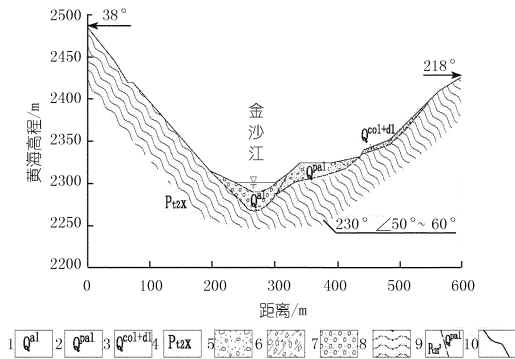


图 1 穷得-麦曲滑坡库段典型地质剖面示意

注:1. 冲积层;2. 冲洪积层;3. 崩坡积层;4. 元古界雄松组;5. 碎块石(或漂卵石)夹土;6. 碎块石;7. 漂石、卵石及砂;8. 绿片岩;9. 地层分界线;10. 地形线

(2) 麦曲滑坡-巫坝龙库段。该库段长约 12.8 km,两岸地势陡峻,沟壑发育,山顶高程达 3 600 ~ 5 180 m,山地切割深度一般 1 100 ~ 2 000 m。金沙江在该库段总体呈“S”字形延伸,河谷为“V”形河谷,江面狭窄,河床纵坡降约 4.7‰。

第四系覆盖层主要为崩坡积物、冲洪积物、滑坡体与冰川堆积物,基岩为元古代雄松群、金沙江蛇绿岩群与晚三叠系绿片岩类与花岗岩、大理岩等,基岩产状 $200^{\circ} \sim 220^{\circ} \angle 26^{\circ} \sim 32^{\circ}$,岩体裂隙较发育,岩体完整性一般,主要构造走向为南北向,大致上为顺金沙江发

育。

该库段两岸以第四系库岸为主,局部为基岩库岸及岩土混合库岸。左岸第四系下伏基岩及第四系后缘岸坡基岩总体倾向金沙江及下游侧,以视顺向岸坡为主,局部库段为顺向岸坡;右岸基岩总体倾向岸坡内侧及金沙江下游侧,为视逆向岸坡或逆向岸坡。两岸第四系堆积体以冲洪积阶地物质为主,局部为崩坡堆积体、滑坡体或冰川堆积体。第四系堆积体通常规模较大,厚度亦较大。该库段横剖面示意图见图 2。

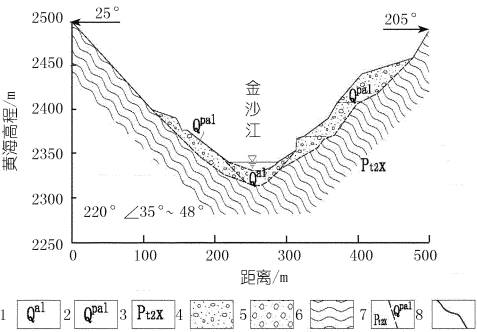


图 2 麦曲滑坡 - 巫坝龙库段典型地质剖面示意

注:1. 冲积层;2. 冲洪积层;3. 元古界雄松组;4. 碎块石夹土;5. 漂石、卵石及砂;6. 绿片岩;7. 地层分界线;8. 地形线

该段库岸内发育有多处大规模的第四系堆积体,左岸有麦曲滑坡、碌任底左岸堆积体、王大龙滑坡、王大龙村变形体、巫坝龙堆积体,右岸有萨里西堆积体,这些规模较大的第四系堆积体厚度大且体积大,其稳定性对库岸稳定性影响大。

(3) 巫坝龙 - 苏洼龙乡库段。该库段全长约 8.3 km,两岸地势较陡,沟壑较发育,山顶高程达 3 840 ~ 5 070 m,山地切割深度一般 1 100 ~ 2 000 m,河床纵坡降约 1.2‰,河流切割深度 1 500 ~ 2 700 m。金沙江在该库段总体较平直,河谷为“U”形河谷,形态较宽缓,江面相对较宽阔,水面宽一般 100 ~ 250 m,水流相对较平缓。

第四系覆盖层主要为冲积物,局部为崩坡积物,基岩为元古代雄松群与晚三叠系绿片岩类与花岗岩、大理岩等,基岩产状 $105^{\circ} \sim 115^{\circ} \angle 52^{\circ} \sim 80^{\circ}$,岩体裂隙较发育,岩体完整性一般,主要构造走向为南北向,大致上为顺金沙江发育。

库岸以第四系库岸为主,局部为基岩库岸及岩土混合库岸。左岸后缘岸坡基岩总体倾向岸坡内侧,微倾向金沙江下游,为视逆向岸坡,岸坡稳定;右岸基岩总体倾向金沙江微,倾向下游,为视顺向岸坡,由于岩层倾角远大于岸坡坡角,后缘基岩岸坡稳定。库岸两岸第四系堆积体以冲积层等阶地物质为主,局部为崩坡堆积体,第四系堆积体通常规模较小,厚度亦较小,

该库段横剖面示意图见图 3。

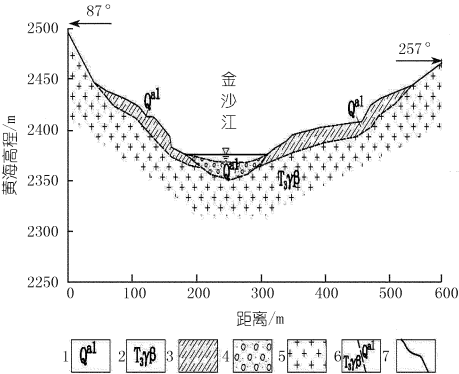


图 3 巫坝龙 - 苏洼龙乡库段典型地质剖面示意

注:1. 冲积层;2. 闪长花岗岩;3. 粉质黏土夹砂;4. 漂石、卵石及砂;5. 花岗岩;6. 地层分界线;7. 地形线

3 库岸稳定性的影响因素

3.1 岸坡形态

岸坡形态主要指库岸的地形地貌条件,是影响库岸稳定性的主要因素之一。

岸坡的地形坡度陡,前后缘高差大,则不利于库岸的稳定。对于基岩岸坡,易形成危岩体,产生库岸崩塌等破坏;对于第四系库岸,更易产生库岸崩垮或整体滑移等破坏,如研究区内各典型滑坡及堆积体,除萨里西冰川堆积体外,其余 8 处滑坡及堆积体均属于此类情况。此 8 处滑坡及堆积体目前大部分处于基本稳定状态,但调查中也发现多处堆积体局部正发生小规模的变形破坏,如王大龙滑坡、王大龙村冰川堆积体及巫坝龙上游堆积体等均发现局部变形破坏。岸坡前后缘高差小,坡度平缓,则有利于库岸的稳定性,如萨里西冰川堆积体稳定性就较好。

地貌因素也从一定方面反映了库岸的稳定性。岸坡地表植被的疏密,反映了覆盖层的密实度,地表植被茂盛,说明覆盖层较为密实,其胶结程度亦较好,库岸稳定性较好,地表无植被覆盖,说明覆盖层松散,其胶结程度差,库岸稳定性相对较差。如穷得 - 麦曲滑坡库段的崩坡堆积体松散表层与麦曲滑坡 - 王大龙滑坡库段间三级阶地库岸崩垮再造后形成的连续斜坡的松散表层,地表均无植被覆盖,说明此类库岸形成年代新近,甚至目前可能处于变形阶段。

3.2 地质条件

库岸的地质条件包括岸坡结构、物质组成、岩土物理力学性质等,是影响库岸稳定性的重要因素。

(1) 对于基岩库岸,岸坡形态完整,岸坡结构为逆向坡、视逆向坡或斜向坡,岩性组合以硬岩为主,其库岸稳定性好;岸坡形态较完整,岸坡结构以视逆向坡或

斜向坡为主,边坡组成岩石为硬岩夹少量软岩,库岸稳定性较好;岸坡形态较不完整,岸坡结构以视顺向坡为主,岩性呈软硬相间组合,其库岸稳定性较差;岸坡形态不完整、岸坡结构为顺向坡或视顺向、岩性以软岩为主,此类岸坡稳定性差。

据调查,内穷得-巫坝龙库段左岸基岩岸坡以顺向坡为主,基岩岩性以硬岩为主,基岩倾角大于地形坡角,该段基岩库岸稳定性较差;穷得-巫坝龙库段右岸基岩岸坡以逆向坡为主,基岩岩性以硬岩为主,该段基岩库岸稳定性好;王大龙上游的基岩库岸中左岸的视逆向岸坡岩体完整,岸坡稳定性好;金沙江右岸的视顺向岸坡基岩倾角远大于岸坡地形坡角,不会发生基岩体整体崩塌等现象,岸坡稳定性较好。

(2) 对于第四系库岸,覆盖层厚度以及其底界面形态对库岸稳定性影响十分重要。覆盖层厚度大,其底界面坡度陡,其稳定性相对差,覆盖层厚度小,其底界面坡度缓,其稳定性相对较好。

(3) 第四系库岸中,覆盖层的物质组成对库岸的稳定性有一定的影响,物质成分单一,物质颗粒以细粒为主,黏粒含量少的堆积体其稳定性相对较差;物质成分复杂,大颗粒与小颗粒混杂,堆积体级配良好,其稳定性相对较好。

(4) 岸坡覆盖层的胶结程度好,或物质组成中黏粒含量高,岸坡的破坏形式将以整体滑移为主,覆盖层的胶结程度差,物质组成中黏粒含量低,岸坡的破坏形式以持续性的崩垮塌岸为主。

(5) 地质构造和岩体结构的影响。在区域构造较复杂、褶皱较强烈、新构造运动较活动的地区,边坡稳定性差。断层带岩石破碎,风化严重,又是地下水最丰富和活动的地区,极易发生滑坡。岩层或结构的产状

对边坡稳定也有很大影响,水平岩层的边坡稳定性较好,但存在陡倾的节理裂隙,易形成崩塌和剥落。

3.3 水文条件

水文条件对岸坡的稳定性尤为重要,岸坡前缘临江面,浪蚀、冲刷和水位变化的动水压力是影响库岸稳定性的重要因素,岸坡前缘经水流长期水蚀掏空,不利于岸坡的稳定性;岸坡表面纵沟深切,排水条件好,有利于岸坡的稳定性;岸坡表面纵沟不发育,岸坡排水条件差,则不利于岸坡的稳定。

地表水和地下水是影响岸坡稳定性的重要因素。不少滑坡的典型实例都与水的作用有关,处于水下的透水边坡将承受水的浮托力作用,而不透水的边坡将承受静水压力;充水的张开裂隙将承受裂隙水静水压力的作用;地下水的渗流,将对边坡岩土体产生动水压力;水对边坡岩体还产生软化或泥化作用,使岩土体的抗剪强度大为降低;地表水的冲刷,地下水的溶蚀和潜蚀也直接对边坡产生破坏作用。

4 结 论

苏洼龙-穷得河段处于金沙江旭龙水电站库尾段,库岸第四系堆积体十分发育,地质条件复杂,该段库岸的稳定问题引起了工程建设者的广泛关注。通过对该段库岸的调查研究,根据地质条件对库岸进行了分段,根据库岸稳定性分析总结出库岸稳定性的影响因素主要为岸坡形态、地质条件及水文条件。以上研究结论可为水库区库岸稳定性分析以及正常蓄水位的提供地质参考。

(编辑:赵凤超)

Analysis of reservoir bank stability of Suwalong - Qiongde section of Xulong Hydropower Station on Jingsha River

PANG Yunming, SHAO Yubing, HU Wei, YANG Zhichuan

(Sanxia Exploration and Survey Co., Wuhan 430074, China)

Abstract: Suwalong - Qiongde section is located at the tail area of Xulong Hydropower Station on Jinsha River, where the geological conditions are rather complicated. As large quantities of Quaternary deposits consisting of proluvium, alluvium, colluvium, glacial sediment, and landslide mass develop along the 25 - kilometer - long reservoir section, the stability of the reservoir banks has direct effect on the normal impoundment level of the reservoir and the whole reservoir area. Through analysis of the geological conditions and stability of different sections along the reservoir banks, the factors affecting the stability of the reservoir banks are summarized, which provides geological reference for the comprehensive assessment of the reservoir area and the determination of the normal impoundment level of the reservoir.

Key words: Quaternary reservoir banks; reservoir bank stability; Xulong Hydropower Station; Suwalong - Qiongde reservoir section