

水库岸坡稳定性的影响因素及岸坡变形体处理措施研究

滕玉 彭明

吐鲁番市阿拉沟水库运行调度中心, 新疆 吐鲁番 838100

[摘要] 水库岸坡稳定性处理在水库运行维护中有着重要的作用, 文章以阿拉沟水库工程地质条件、环境影响为研究出发点, 从边坡自身稳定性, 结合实际工作中变形体现状分析, 并在实践中采取积极有效的处理措施来进行论证分析。

[关键词] 阿拉沟水库; 岸坡稳定性; 变形体治理

DOI: 10.33142/hst.v5i3.6234

中图分类号: TV698.11

文献标识码: A

Study on Influencing Factors of Reservoir Bank Slope Stability and Treatment Measures of Bank Slope Deformation

TENG Yu, PENG Ming

Alagou Reservoir Operation and Dispatching Center, Turpan, Xinjiang, 838100, China

Abstract: The stability treatment of the reservoir plays an important role in the operation and maintenance of the reservoir. Taking the engineering geological conditions and environmental impact of Alagou reservoir as the starting point, this paper analyzes the stability of the slope itself, combined with the embodiment of deformation in practical work, and takes positive and effective treatment measures in practice for demonstration and analysis.

Keywords: Alagou reservoir; bank slope stability; deformation treatment

引言

水库是储蓄水资源的重要水利枢纽工程, 在防洪抗灾、抗旱灌溉及水资源综合利用、保护生态环境、发展国民经济建设等方面起着举足轻重的作用。

水库蓄水过程中, 由于库水位上升及周期性的循环涨落, 使地下水位和河流局部侵蚀基准面抬升, 造成沿岸的水文地质条件发生显著变化, 经常会诱发库岸新老滑坡的产生或复活。库岸滑坡与水有密切关系的约占 90%, 在影响库岸滑坡发生的众多因素中, 水是最难定量研究、最活跃的因素。库岸滑坡将会造成有效库容减小等不良影响, 严重时会导致溃坝, 严重威胁下游居民的生命和财产安全。

1 阿拉沟水库概况

阿拉沟水库是托克逊县“两河”流域的重要控制性工程, 坝址距阿拉沟出山口以上 3.5km, 距托克逊县 75km, 距离吐鲁番市 130km。阿拉沟水库总库容 4450 万 m³, 兴利库容 3050 万 m³, 死库容 850 万 m³, 为 III 等中型水利工程。水库正常蓄水位 944.5m, 对应库容 3900 万 m³, 防洪高水位 944.5m, 设计洪水位 944.6m, 校核洪水位 947.8m, 对应防洪库容 152 万 m³。坝址以上流域面积 1851k m², 防洪标准为 20 年一遇。

阿拉沟水库具有防洪、供水、灌溉等综合利用效益。控制灌溉面积 10.7 万亩, 担负下游工业园区、南山矿区和农业灌溉的供水任务, 其防洪保护对象主要为阿拉沟渠首、阿拉沟引水干渠、青年干渠、南疆通讯光缆主干线及下游托克逊县城和伊拉湖等三个乡镇。

阿拉沟水库工程于 2009 年 12 月正式开工建设, 2014

年 11 月下闸蓄水, 2016 年主体工程全部完工。阿拉沟水库自下闸蓄水以来总来水量 8.8 亿 m³, 年均径流量 1.46 亿 m³, 平均来水量 4.62m³ / s。2020 年完成供水 1.29 亿 m³, 其中: 工业供水 1520 万 m³; 农业供水 8443 万 m³; 城镇生活供水 158.11 万 m³; 生态供水 1477 万 m³。

阿拉沟水库最大坝高 105.26m, 坝长 372.34m, 坝顶宽度 9m。属于山区高坝, 阿拉沟水库坝型为沥青混凝土心墙砂砾石坝。

2 阿拉沟水库库岸边坡变形体现状概况

2016 年阿拉沟水库蓄水过程中发现, 水库左库岸边坡滑坡逐渐严重, 阿拉沟水库左库岸边坡变形体山体陡峭, 属于极度高边坡, 前期地勘工作开展困难, 变形体滑塌深度 1-8m, 横向宽度 0.5-3m, 针对该情况, 阿拉沟水库建管局及时向吐鲁番市水利局进行汇报并要求阿拉沟水库枢纽工程地质勘察单位湖南省水利水电勘测设计研究总院对水库岸左岸山体滑坡现象进行现场勘察并提出处理意见。2018 年 7 月 5 日湖南院对水库左库岸边坡滑坡完成现场地质勘察工作, 经实地踏勘, 确定以下情况:

2.1 明确变形体边界和体积

边坡变形体处理范围位于坝轴线上游 600m 位置, 顺水流方向长度 465m, 高程范围约为 1130m~1040m。严重变形体的体积约为 394 万 m³, 包含轻微变形体的总体积约为 566 万 m³。

2.2 地质条件

工程区属中低山峡谷地貌, 峰峦迭嶂, 山势陡峻, 冲沟发育。左库岸变形边坡前缘坡高约 210m, 平均坡角 40

°~50°, 高程自 890~1100m, 为陡坡~峻坡类型, 因前缘崩塌失稳频繁, 边坡面极不平整, 总体看, 上部陡峻, 下部稍缓。边坡后缘地形高低起伏, 但总体较平缓, 高程自 1050~1130 m。边坡上游方向为一延伸长远的大冲沟, 边坡前缘为河床, 地形较平缓, 高程 882~890m。边坡处基岩大部裸露, 岩性为上泥盆统天格尔组第二亚组(D3tb)硅质火山碎屑岩建造的灰黑色、灰绿色凝灰质粉砂岩、凝灰质砂岩与硅质岩夹页岩、淡灰色凝灰岩等, 主要为凝灰质砂岩及少部分页岩, 岩石发育脆弱, 裂隙较大, 岩石风化程度高, 浅部岩体均呈全强风化, 岩土界限不明。冲沟及坡脚部位分布第四系崩积堆积(Q4col), 成分为碎石质土, 厚 1m~5m 不等。坡下河谷分布第四系的冲洪积堆积(Q4apl), 成分为黄褐色漂卵石夹泥质中粗砂, 厚度 10~20m。

2.3 地下水类型

基岩裂隙水, 赋存于基岩裂隙中, 沿裂隙运移, 接受大气降水、融雪和上游河水补给, 水量贫乏, 埋藏深, 推测地下水埋深为 40m~70m。岩体透水性主要受断层、岩体风化控制, 强风化岩体一般为中等透水, 弱风化岩体一般为弱透水, 断层破碎带附近透水性一般相对较大。

2.4 构造分析

根据《中国地震烈度区划图》(GB18306-2015)附表 C31, 工程区所属阿乐惠镇基本地震动峰值加速度值为 0.2g, 地震动反应谱特征周期为 0.40s, 对应的地震基本烈度为 VIII 度, 区域构造稳定性较差。

2.5 坡体分析

该变形体坡高约 210m, 节理裂隙发育, 距导流洞约 600m, 虽然目前变形体暂时处于稳定状态, 但是若因强降雨、地震、蓄水等环境因素发生变化后, 一旦发生大面积垮塌, 洪水来时, 水流可能将石渣冲入导流洞, 进而影响导流洞工况, 引起堵塞, 后果极其严重。

建议: 对变形体加密监测点, 继续加强变形监测; 目前对水下情况不清楚, 考虑施工安全, 应尽快制定方案放空库水, 再进行测量并工程处理措施, 消除重大隐患, 发挥水库效益。

3 库岸边坡稳定性的影响因素

3.1 内在因素的影响

(1) 地形地貌

阿拉沟水库属于山区高坝, 水库左岸边坡变形体山体陡峭, 属于极度高边坡。

(2) 地层岩性

阿拉沟水库左岸边坡岩性主要为凝灰质砂岩及少部分页岩, 岩石发育脆弱, 裂隙较大, 土壤盐碱性大。

3.2 外在因素的影响

3.2.1 大气降水

因为是山区水库, 在蓄水阶段时常发生较强降水(相对本地区), 也会影响到边坡的稳定性。库区的降水比较多时, 滑坡的后部会有较多的裂缝。大量的降水会使裂缝

的充水充分地严重, 从而降低边坡的稳定性。降水会导致土体的容重及抗剪的强度发生变化, 进而影响边坡的稳定性。降水量比较大时, 降水就会使滑体的含水量增加。滑体在蓄水的过程中久会产生大量的裂缝, 而降水会通过这些裂隙迅速渗入到滑体内部, 进而增加了土体的容重, 使其力学性质产生变化, 增加了滑动的力矩, 而同时抗滑力矩的增量要比滑动力矩增量小, 造成边坡稳定性的降低。发生降水时, 降水快速渗入土体, 使其含水量迅速饱和, 滑带孔隙的水压力升高, 从而引发了滑坡灾害。降水改变了滑体内动静水的压力以及浮托力。在蓄水的过程中, 发生滑坡前会首先在局部出现失稳破坏, 并在滑坡的后缘和中部出现裂缝或局部的隆起或沉陷。降水会迅速的渗入到裂缝中, 对滑体产生劈裂作用, 使裂缝进一步加深或贯通。如果库区水位的变动幅度比较小, 降水将迅速渗入滑体, 导致其地下水水位升高, 使滑体浮托力增加, 从而导致了滑体失稳^[1]。

3.2.2 水岩作用

水库在蓄水之后, 水位会发生抬升的现象, 使得地下水的水位也相应的发生了抬升的现象。而库岸边坡与地下水间岩土体之间的相互作用力是非常重要的地质应力, 其对边坡水岩作用会造成明显的改变, 进而影响到边坡的稳定性。

①化学作用。岩土体在地下水的长期浸泡下, 会发生各种的化学反应, 例如, 地下水中富含的镁离子与钙离子将置换岩土中的钠离子, 从而导致岩土孔隙度与渗透性的增大; 水会渗透到岩体矿物结晶格架中, 从而产生水化作用, 造成岩体的结构发生变化, 内聚力变小。这些情况都将会破坏岩土体的微观结构, 降低了边坡的安全系数。与此同时, 岩土体在长时间的浸泡之后, 岩土体中的阳离子与水会发生作用, 从而造成水酸度的增加, 阴离子与水发生作用, 从而造成水碱性的增加, 造成岩土物质发生改变, 影响其力学性质, 矿物的颗粒出现破碎现象, 这也会降低边坡的稳定性。

②物理作用。水库蓄水后, 在浸水饱和的作用下, 会导致边坡的岩土体发生相关的水理作用, 从而出现软化、崩解或者沉陷等现象。而滑体的岩土体在浸水饱和后, 会减弱水岩作用。与此同时, 在地下水水位发生变化之后, 岩土体填充物会出现泥化以及软化的现象, 其物理性质发生了改变, 降低了库岸边坡的安全系数。汇聚在坡体内的地下水会对坡体产生润滑作用, 从而降低了其摩擦阻力, 从而进一步影响了边坡的稳定性。

3.2.3 库水位变化及波浪作用、地下水的影响

库区水位抬升导致地下水水位升高, 会造成水文条件发生动态的变化, 从而影响水库两岸的地质条件。在水库蓄水抬升水位之后, 临水边坡的浸水面积增大, 这就使得滑体在滑动面上有效的应力及滑带饱水后的强度下降。蓄水位升高以后, 地下水水位及孔隙的水压力也会随之升高, 这加剧了边坡的变形程度, 从而导致了边坡的滑动现象。而蓄水位反复发生变化就会增加发生滑坡的机率, 这主

要是因为水位反复变化使得地下水对细小的颗粒产生运移作用,侵蚀了坡体,使得滑动面产生了孔穴,从而降低了其抗剪的强度。加上侵蚀边坡的坡脚及裂隙的水压力所引起的浮托力,水浪对边坡的冲刷,在这些因素的共同作用下,就会导致滑坡的发生。

3.2.4 冻融作用

新疆冬季气温寒冷,最大季节冻深为1.66m,冻融会影响边坡的稳定性。

4 阿拉沟水库库岸边坡的处理措施

4.1 对于库岸滑坡的常见措施

对水库库岸进行地质详查,查明库岸的地质结构及发生的各种位移,滑动的位置和规模,确定和采取适当的处理措施。对产生滑坡的库岸,要进一步通过平洞、钻孔和地球物理勘探方法探测滑体的厚度,滑面的位置等详细情况,以便采取相应的措施进行处理^[2]。一些常见的措施有:

(1) 排除滑坡区域内的地表水,防止滑坡区域外的地表水流入滑坡区。主要采取在滑坡体后缘的一定距离处设置截流沟,在滑坡体两侧设置排水沟,以阻止滑坡体外的水流入,渗入滑坡体内。

(2) 尽量引出滑坡体内的地下水,对于滑坡体内的地下水可疏而不可堵,将其排出至关重要。主要采取建截水墙;钻水平孔洞;盲洞;渗管;渗井;垂直钻孔等多种方式将滑坡体内的水排除。

(3) 尽量防止河水、库水对滑坡体坡脚的冲刷。主要在滑坡体上游严重冲刷的地段修筑促使主流偏向对岸的“丁字坝”;在滑坡前缘抛石或铺设石笼等。

(4) 削坡减载。对于有些岸坡“头重脚轻”,而在前方又没有可支撑岸坡的,可使滑坡体外形得到改善,重心降低,从而提高滑体的稳定性。

(5) 修筑支撑工程。因在重力作用下有些滑体本身的形状等原因不具备自身稳定条件,或滑体滑动较突然的滑坡,采用修筑支撑工程的办法,可增加滑坡的平衡条件,使滑体迅速恢复稳定。主要工程措施有:抗滑片石垛;抗滑桩;抗滑挡墙等。

(6) 改善滑动带土石性质。一般采用焙烧法、爆破灌浆法等物理化学方法对滑体进行治理。但由于滑体成因较复杂,影响因素多,因此常常需要上述几种方法同时使用,才能达到目的。

(7) 控制水库蓄水的水位以及速度

水库的水位达到较高的阶段时,其水位的下降有助于提高边坡稳定性。在水库完成蓄水后,要对水库水位的波动速率进行科学合理的控制,进而提高边坡稳定性。

4.2 阿拉沟水库库岸边坡的处理措施

阿拉沟水库于2018年8月11日启动水库放空工作,9月15日完成放空工作,经实地勘察分析,最终决定采用“削坡减载”的措施对变形体进行处理。在滑坡的头部实施削坡处理,从而有效的降低滑坡下滑力,与此同时可

以将削下的所有土石压放在坡脚处,进而提高其抗滑能力。施工顺序为:自上而上,自外而里,由两侧至中间。总减载处置量为149.5万 m^3 ,开挖高程自1137.5m至1000m,边坡最大高度为137.5m,自上而下分为7级边坡,开挖边坡坡比1:1~1:1.5。水利厅规设局审查意见要求该工程分为两期处理。其中一期工程为应急处理工程,减载处置72万 m^3 ,待一期应急除险加固后,根据剩余变形体的监测结果再确定二期工程的实施。

在施工过程中对表面岩石进行剥离时发现,岩石破碎带比前期地勘时明显增多,裂隙深度增加,最大裂隙覆盖层深度已达到5-18m。按照湖南院变形体设计技术要求,分成5大区域进行现场剥离,剥离后进行台阶式钻孔爆破及预裂爆破,台阶深度10m,但由于裂隙深度远超出技术要求,钻孔塌孔率达到90%,无法进行有效钻孔,因此只能依靠机械开挖剥离处理,机械处理速度远比爆破施工进度缓慢。采取边开挖边支护的方法,确保边坡稳定。边坡石方开挖要求采用预裂爆破,两级马道之间宜采用一次预裂、一层或多层开挖方式,梯段微差顺序爆破。开展多处施工作业面,从变形体后缘、中部拉裂区及前缘崩塌区同时施工,平行作业、多项工艺并举,增加施工投入,充分提高机械施工效率,力保工程施工进度。现一期工程已于2019年10月26日顺利完工。水库于2019年11月3日开始正常蓄水,后期运行过程中,通过合理调度,控制水位降落速率不超过0.8m/天,月平均降落速率不超过15m/月。水位上升速率根据上游来流量通过导流洞闸门进行控制。

5 结语

总之,水库蓄水会让沿岸的水文条件以及地质发生很大的变化,这样就会严重影响边坡的稳定性,而且也会对沿岸及下游地区的群众的生命安全及财产安全造成一定的威胁。因此,深入分析水库的蓄水及蓄水的过程对边坡稳定性所产生的影响,同时详细的了解和充分的掌握变化情况,有助于及早发现问题,从而能够及时解决问题,进而更好的保证水库建设的顺利展开以及水库的安全运营。

[参考文献]

[1]唐伟强. 水库蓄水对库岸边坡稳定性的影响分析[J]. 中国建筑知识仓库,2019(1):24.

[2]李彬. 板桥河水库边坡治理方案[J]. 防护工程,2018(8):8.

作者简介:滕玉(1974.12-),毕业院校:新疆水利水电学校,所学专业:水利工程管理,当前就职单位名称:吐鲁番市阿拉沟水库运行调度中心,当前在读院校:新疆农业大学,所学专业:水利水电工程,职称级别:中级水利工程师;彭明(1987.2-),毕业院校:新疆农业大学水利与土木工程学院,所学专业:水利水电工程管理专业,当前就职单位:吐鲁番市阿拉沟水库运行调度中心,现在职称:工程师,研究方向:水库运行管理。