

超高土石坝块石料场边坡支护勘察设计

杨国华¹，冯文新¹，胡金山²

(1.河南地矿职业学院,河南 郑州 450000;2.中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川 成都 610072)

摘要:事实证明,随着大坝填筑量上升,料场富余系数就越大,因此,可将料场中下部开挖坡比放缓,减少支护工程量,甚至可以不支护。针对高山峡谷区工程地质性状极差的强卸荷带内松动岩带,因地制宜地以极少的代价采取清除及绕避办法成功地进行了处理。最终确保了块石料场边坡稳定和施工安全,使大坝填筑提前 6 个月完成,又大大节约了支护工程量。

关键词:超高土石坝;料场边坡;勘察设计;动态调整

中图分类号:TV641.1;U417.5;U213.1+3 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2020)01-0107-04

Survey and Design of Slope Support for Block Stone Quarry of Super High Earth-Rock Dam

YANG Guohua¹, FENG Wenxin¹, HU Jinshan²

(1. Henan Geology Mineral College, Zhengzhou, Henan, 450000;

2. Chengdu Engineering Co., Ltd, Power China, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: It has been proved that with the increase quantity of dam filling, the allowance coefficient of the quarry will be larger. Therefore, the excavation slope ratio of the middle and lower part of the quarry can be reduced so that the amount of support works can be reduced, or even no support can be provided. In view of the loose rock zone in the strong unloading zone with poor engineering geological properties in the high mountain canyon area, the removal and avoidance methods were successfully carried out at a very low cost in accordance with local conditions. Finally, the slope stability and construction safety of the quarry are ensured, the dam filling is completed 6 months in advance, and the support work quantity is greatly saved.

Key words: super high earth-rock dam; quarry slope; survey and design; dynamic adjustment

1 工程概况

超高土石坝一般坝高大于 200 m^[1],坝体庞大,其对块石料需求量大。同时由于大坝填筑进度较快,对支护进度要求高,很容易因支护不及时影响料场出料进度,从而影响大坝填筑。本文以深厚覆盖层上最高坝长河坝水电站为例,详细阐述了该电站块石料场勘察支护设计。

长河坝水电站为大渡河干流水电规划“三库 22 级”的第 10 级电站,电站总装机 2 600 MW,总库容 10.75 亿 m³。该电站为 2017 年 12 月全部建成。其大坝为砾石土心墙堆石坝,最大坝高 240 m,坝基还下伏 50~70 m 覆盖层,为深厚覆盖层上世界上最高坝。

长河坝块石料场包括两个块石料场,大坝上下游各一个,分别为响水沟块石料场和江嘴块石

料场。由于坝体填筑方量超大,达 3 417 万 m³,两料场边坡均超过 300 m,料场边坡稳定问题较一般工程突出^[2]。同时该电站连续 21 个月最高月填筑强度超过 100 万 m³/月^[3],填筑强度很高,对边坡支护进度要求也高。

在前期料场勘察时查明了料源质量及储量。在招标及技术实施阶段,重点进行了料场边坡勘察,查明了料场边坡地质条件(包括强卸荷松动岩体及主要断层分布情况),分析了主要变形破坏模式和稳定性,提出了料场开挖及支护的建议。开采坡比根据地质条件而确定,随着开挖揭示而进行动态调整。同时,根据不利结构面组合形成的块体稳定性问题进行动态调整开挖及支护设计,在条件许可时将断层带挖除等。提出随着大坝填筑高程的上升,料源富余系数越来越高,在料场中下部可将开挖坡比放缓,既保证边坡稳定,又保证

大坝填筑顺利进行,大大节约了支护工程量^[2]。

2 块石料场

2.1 响水沟块石料场

该料场位于坝区上游右岸响水沟沟口,距坝址 3.5 km,地形形态为一山包,三面临空,地形坡度一般 40°~50°。料场后缘为一宽约 60~90 m 的垭口(见图 1),前缘为高度 100~200 m 基岩陡壁,坡度 70°~80°。



图 1 响水沟料场开采前全貌图

料场绝大部分基岩裸露,出露一套晋宁期—澄江期的侵入岩,以花岗岩($\gamma_2^{(4)}$)为主,岩质致密坚硬。料场无区域性断裂通过,地质构造以次级小断层、挤压破碎带、节理裂隙(或裂隙密集带)、岩脉(辉绿岩脉、石英岩脉)为特征。岩体中主要发育的构造裂隙有 4 组,一组顺坡中倾坡外,一组顺坡中倾坡内,一组与坡面斜交,另一组与坡面正交。岩体中发育一规模较大的断层,F1:N35°W/SW $\angle$ 65°~70°,顺坡陡倾坡内,延伸长大,带宽 25~40 cm,主要由碎粉岩、碎粒岩组成,该断层穿过料场后缘,形成垭口。

料场三面临空,岸坡陡峻,基岩裸露,地表植被发育较差,岩体卸荷强烈,强卸荷水平深度多达 46 m 以上,料场后缘边坡强卸荷表部可见松动岩带(见图 2)。响水沟典型剖面见图 3。



图 2 响水沟料场后缘松动岩体图

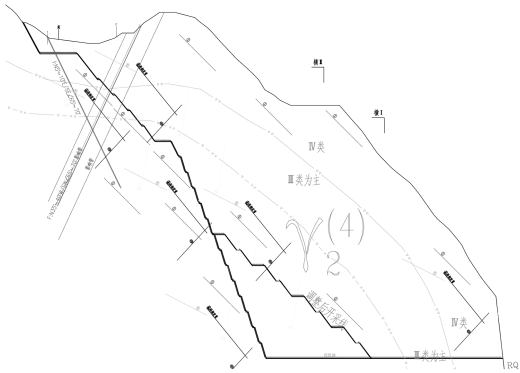


图 3 响水沟料场典型断面图

2.2 江嘴块石料场

该料场位于坝区下游左岸磨子沟沟口左侧,距坝址 6 km。地形形态总体上为山包,地形上二面临空,下游发育一浅冲沟,地形坡度一般 40°~60°,料场后缘坡度 30~35°,而后为基岩陡壁(见图 4)。料场大部分基岩裸露,浅表有约 0.5 m~1.5 m 的根植土层。出露岩体为一套晋宁期—澄江期的侵入岩,以石英闪长岩($\delta_{02}^{(3)}$)为主,岩质致密坚硬。岩体中主要发育的构造裂隙有 4 组,两组顺坡中陡倾、陡倾坡外,一组与边坡斜交,一组与坡面大角度相交倾下游。岩体中发育三条规模较大的断层,其中对边坡稳定性影响较大的为 F3 断面,顺坡陡倾,N35°E/NW $\angle$ 65°~70°,带宽 40~60 cm,由碎粉岩及少量碎粒岩组成(见图 5)。

料场多临空,岸坡陡峻,岩体表部卸荷强烈,强卸荷水平深度多达 35 m 以上,岩体浅表部有 5~10 m 厚的松动岩带,下游冲沟沟壁全为松动岩带。



图 4 江嘴料场全貌及下游冲沟图

3 边坡支护勘察设计及动态调整

3.1 两料场天然条件下边坡均基本稳定

响水沟料场表部岩体变形均较弱,控制性结



图 5 江嘴料场 F3 断层图

构面为第①组顺坡中陡倾裂隙,但由于其延伸长度有限,未见长大的顺坡断层等其他结构面,料场自然边坡总体基本稳定。江嘴料场由于长大顺坡断层及顺坡裂隙倾角大于坡角,顺坡裂隙其延伸长度有限,边坡天然状态下未见大的变形破坏,整体基本稳定。

3.2 工程边坡开挖及支护均采用动态设计

3.2.1 开采坡比随开挖揭示而动态调整

前已述及,由于超高土石坝块石需求量大,且开挖进度快,边坡支护不容易及时,因此在储量满足规范要求的情况下尽量放缓开采坡比,减少支护工程量。强卸荷带及断层带内开采坡比均缓于 $1:0.75$,弱卸荷岩体 $1:0.5$,微风化及新鲜岩体 $1:0.3$ 。两侧岩体风化卸荷较强烈,相应的坡比也缓于中间岩体。

岩体开采坡比也随结构面发育情况而动态调整。如响水沟料场中下部发育一顺坡小断层,按原设计坡比将要切穿它,施工时确保储量充足情况下将坡比放缓(见图 6),使它不在边坡出露,确保了边坡稳定。



图 6 响水沟料场中下部顺坡小断层图

3.2.2 料场开采坡比随大坝填筑进度而动态调整

众所周知,为确保料源充足,现行《水电水利工程天然建筑材料勘察规程》(DL/T5388—2007)对料源储量进行了有关规定,如它规定各种天然建筑材料详查储量应达到设计需要量的 $1.5 \sim 2.0$ 倍,并应满足施工可开采储量的要求^[4]。即规程规定了一定富余量。随着大坝填筑进行,料源富余量也一直在动态变化。料场剩余地质储量与大坝剩余设计需求量之比值(K)可以下面公式表示,即 $K = (A - X + B) / (A - X)$,式中 A 为大坝总设计需求量, B 为富余量, X 为大坝填筑量。据该公式可知,随着大坝填筑量(X)上升,料场剩余地质储量与大坝剩余设计需求量之比值越来越大,即料场富余系数越来越大,可将料场中下部开挖坡比放缓,减少支护工程量,甚至可以不支护。

响水沟料场中下部即 $1\,580 \sim 1\,670$ m 高程开挖坡比由原来 $1:0.3 \sim 1:0.5$ 调整为 $1:0.75 \sim 1.20$,取消此高程内所有边坡支护,原设计为普通砂浆锚杆 $\Phi 28, L=6$ m 和 $\Phi 32, L=9$ m、间排距 2×2 m,交替布置、矩形布置;挂网($\phi 6.5 @ 15 \times 15$ cm)、喷护(C25 混凝土、厚度 12 cm)支护,随机锚索支护,吨位 $T=1\,000/2\,000$ kN, $L=40/50$ m。共节约锚杆 2 500 根,喷混凝土 $2\,100\text{ m}^3$,锚索 30 束。

江嘴料场中下部即高程 $1670 \sim 1715$ m 开挖坡比由原来 $1:0.3 \sim 1:0.5$ 调整为 $1:0.75 \sim 1.0$,取消此高程内所有边坡支护,原设计为垂直于坡面梅花形交替布置 C28, $L=6$ m 及 C25, $L=4.5$ m 普通砂浆锚杆、间排距均为 2.0 m;挂网钢筋采用 $\Phi 6.5 @ 15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$;喷 C25 混凝土,厚度 12 cm,随机锚索支护,吨位 $T=1\,000/2\,000$ kN, $L=40/50$ m;共节约锚杆 1 560 根,喷混凝土 $1\,400\text{ m}^3$,锚索 20 束。

长河坝水电站两个块石料场中下部均放缓了开挖坡比,既确保了边坡稳定,保障了大坝填筑顺利进行,又大大节省了支护工程量及支护时间。此经验值得正在施工的超高土石坝借鉴。

3.2.3 清除及绕避强卸荷带内松动岩带

强卸荷松动岩带岩体破碎^[5],工程性状极差,易产生滑塌等工程地质问题,危及料场开采安全及施工进度。一般情况下,料场边坡不可能像工程边坡那样采取非常强的支护措施,只能因地制宜,具体情况具体分析。

如响水沟料场后缘松动岩带,因后缘较高,挖除较困难,采取锚索+框格梁措施代价太大且施工工期长,本电站基于该料场后缘为一垭口特点,在确保料源储量满足规范要求下,在边坡顶部设置一宽 40 m 的平台,前缘设置挡护结构,不再对松动岩带进行直接处理(见图 7)。实施过程中,松动岩带岩体虽不断垮塌,但均顺垭口进入冲沟内,未进入料场开采区内,确保了施工安全,处理效果良好。



图 7 响水沟料场开口线上松动岩带及开采平台

江嘴料场下游冲沟沟壁松动岩体采取了避让方法。在确保料源储量情况下,调整开采布置,将下游侧开采方向往上游调整,形成折线型开挖(见图 8),从而将该冲沟避开。施工过程中该冲沟虽不断垮塌,但均顺冲沟而下,进入不了开采区域,不影响施工安全。顶部地形较缓,对强卸荷松动岩带,开挖坡比缓于 1:1 以下时再进行挖除处理。



图 8 江嘴料场开采后全貌图

4 结 语

事实证明,随着大坝填筑量上升,料场富余系数就越大,因此,可将料场中下部开挖坡比放缓,减少支护工程量,甚至可以不支护。针对工程地质性状极差的强卸荷带内松动岩带,需因地制宜采取清除及绕避办法。

以上成果实施以后,确保了施工安全,很大程度上节约了工程量,同时又保障了大坝顺利填筑,使大坝填筑提前 6 个月,取得了良好的经济效益及社会效益,可为今后类似工程提供经验借鉴。

鉴于长河坝工程的成功经验,今后可多总结类似工程经验,以期修改现有规程规范中对料场储量的规定,可适当降低料场富余度。同时,针对有些电站块石料场开采完全不考虑地质条件盲目采用固定坡比这一普遍现象,建议料场开采应与现场地质条件相适应,并尽可能采用稳定坡比或较缓开挖坡比,并动态调整,以减少支护工程量。

参考文献:

[1] 胡金山,凡亚,闵勇章等. 超高砾石土石心墙坝防渗土料勘察与确定方法——以长河坝水电站为例[A]. 大坝建设与运行管理的 技术进展——中国大坝协会 2014 年学术年会论文集[C].

[2] 胡金山,刘永波,唐世明,曹建平. 长河坝水电站枢纽区工程地质勘察与评价[J]. 四川水力发电,2016,01:6—10.

[3] 李法海. 长河坝水电站大坝工程项目管理综述[J]. 水利水电施工,2017,04:115—117.

[4] 水电水利工程天然建筑材料勘察规程[M]. 中国电力出版社.2007.

[5] 湛文武,梁收运,刘高,等. 松动岩体的工程特性研究[J]. 岩石力学与工程学报,2000,19(6):751—755.

作者简介:

杨国华(1969-),男,河南固始人,学士,副教授,从事岩土工程专业教学和管理 工作;

冯文新(1969-),男,河南固始人,硕士,副教授,从事岩土工程信息处理技术方面的教学工作;

胡金山(1973-),男,江西余干人,学士,教授级高工,从事工程地质与岩土工程设计与研究.

(责任编辑:卓政昌)

叶巴滩导流洞两工作面荣获“质量样板工程”

日前,叶巴滩水电站导流洞及场内右岸 6 号隧道桩号 690 至 790 段洞身开挖工程和叶巴滩水电站下游永久桥上部构造混凝土浇筑工程获评业主 2019 年第四季度质量样板工程。叶巴滩水电站 6 号公路位于西藏贡觉县罗麦乡境内,起点评价接线下游永久桥右岸桥头,以隧道方式连续上坡至坝顶 2 849 米高程,终点接右岸大坝坝肩。6 号公路路线全长 2.338 千米。6 号公路建成后为大坝右岸永久上坝公路,主要为大坝右岸坝肩开挖等施工提供通道。下游永久桥主要作用为施工期间沟通两岸的交通运输,运行期间满足右岸永久上坝和进场交通要求。