

阿尔塔什水利枢纽工程高边坡危岩体治理方案

许德顺¹, 李亚军¹, 栗浩洋²

(1.中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066;
2.四川大学 水利水电学院,四川 成都 610065)

摘 要:针对阿尔塔什水利工程坝址右岸边坡存在的危岩体方量大、分散度高和边坡高陡的问题,结合地勘资料,从危岩体失稳破坏模式分析入手,以危岩分布特征、失稳模式、失稳后果为准则对右岸危岩体群进行了分区,为后期施工方案的确定提供了依据。在施工过程中,采用索道方式进行材料和设备的运输,克服了施工道路难以布置的难题。同时,采用深孔爆破和浅孔爆破相结合的方式进行危岩体爆破清除,在大量爆破试验的基础上确定了适合的爆破参数,危岩体处理工程提前 2.5 个月完工,相关实践可为类似工程提供有益的参考。

关键词:危岩体;高陡边坡;失稳模式;索道方式;爆破开挖;阿尔塔什水利工程

中图分类号:TV7;TV52;TV22 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2019)03-0037-04

Treatment Scheme of Danger Rock Mass in High Slope at Aertash Water Conservancy Project

XU Deshun¹, LI Yajun¹, LI Haoyang²

(1.Sinohydro Bureau 5 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610066;
2.College of Water Resource & Hydropower, Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065)

Abstract: Aiming to the problems of big quantity, high dispersion, high and steep slope of danger rock mass on the right bank dam site of Aretash Water Conservancy Project and combining with integrated geological data, this paper starts with the analysis of instable failure mode of danger rock mass and divides danger rock mass groups on the right bank according to the distribution characteristics, failure modes and failure consequences of danger rock mass, which provides a basis for the determination of later construction schemes. During construction, the ropeway is used to transport materials and equipment, which overcomes the difficulty of the construction road layout. At the same time, deep-hole blasting and shallow-hole blasting are combined used to remove danger rock mass. On the basis of a large number of blasting tests, appropriate blasting parameters are determined. The danger rock mass treatment work is completed 2.5 months ahead of schedule so that relevant practice can provide useful reference for similar projects.

Key words: danger rock mass; high and steep slope; ropeway method; blasting excavation; Aretash Water Conservancy Project

1 概 述

阿尔塔什水利枢纽工程位于叶尔羌河干流中游段,是叶尔羌河流域第 9 个梯级规划电站。工程坝址右岸为坡度呈 50°~70°、最大高度达 610 m 的超高陡边坡,且分布着多达 31 个散布型危岩体需进行处理,其处理宽度达 400 m,总面积达 6.91 万 m²,总处理方量达 23.61 万 m³,对坝址区域施工工作的安全开展造成了极大的威胁。

该工程右岸较大边坡的高度和陡度以及庞大的危岩体方量使其处理难度远远超过国内已完成

的类似危岩体处理工程。因此,有必要对右岸高陡边坡危岩体群的加固施工进行深入研究,以保障坝址区施工的安全顺利进行。工程技术人员在对右岸危岩体进行稳定性和破坏模式分析的基础上,提出了将 W1~W31 总计 31 个危岩体区域进行区域归类并分期处理的施工方案。同时,采用索道运输技术、锚杆加固技术、爆破开挖技术对危岩体进行处理,以期达到节约成本、提高效率、保证安全的施工目标。

2 对危岩体的状况进行分析与统计

2.1 危岩体的破坏模式

根据前期对地质结构进行勘测取得的结果,可以将右岸边坡 31 个危岩体区域的破坏模式分为两大类,即楔形体失稳破坏和单滑体失稳破坏。

(1)楔形体失稳破坏。

楔形体主要是由多组不同产状的结构面相互组合切割而成。楔形体破坏在 W1~W9 以及 W14 危岩体区域内均可见到。

(2)单滑面失稳破坏。

在单滑面失稳破坏模式中,危岩体的底滑面一般是以卸荷裂隙为主,而临空面一般是因两侧边坡崩塌或冲蚀形成。此外,当边坡堆积物两侧有冲沟形成的山脊时,其破坏模式类似。

2.2 危岩体的分区统计

右岸边坡危岩体在空间上的分布较为分散,且因边坡高陡,施工道路布置极为困难,能够提供给施工人员和机械作业的平台很少。为实现对危岩体群的有序高效处理,工程技术人员将 31 个危岩体进行了归类划分并统计了相应的方量。

(1)危岩体分区。

分区划分原则主要从两个方面考虑:一是危岩体与水利建筑物之间的相对位置,二是危岩失稳后造成的危害。基于以上原则,将右岸高陡边坡危岩体群在空间位置上分为 A、B1、B2、C 四个区域。同时,按照危岩方量的大小将危岩区域划分为用黑线圈出的大方量危岩体和用白线圈出的表层小块石体(图 1)。



图 1 右岸高边坡危岩体分区划分示意图

A、B1、B2、C 四个区域危岩特征如下:

A 区:主要从坝轴线开始往下游,危岩体失稳、垮落后主要影响水利枢纽右岸布置的深孔泄洪洞与发电洞洞口。

B1 区:主要是大坝轴线到面板边坡趾板线起点,该部分危岩体失稳、垮落后,由于距离面板位置较高,将对大坝面板造成严重的危害。

B2 区:主要位于面板坝趾板线以上到水库正常蓄水位之间的边坡上,该区域危岩体失稳后的危害小于 B1 区。

C 区:系从面板坝上游坝坡脚向上游的边坡范围内,该区内分布的危岩体失稳后,不会对水利枢纽中主要建筑物造成太大的影响,所掉落的块体主要掉落在水库中,规模较大的危岩体失稳可能会引起水库涌浪事故。

(2)危岩体方量的估算。

对各区的危岩体进行了详细的调查与测量,对各区内的危岩体详细位置、方量进行了估算,其结果如表 1 所示。

表 1 坝址右岸高边坡危岩方量统计表

区域	危岩体编号		总方量 / 万 m ³
A 区	W10	W14	13.820 4
	W11	W15	
	W12	W16	
	W13	W30	44.297 7
	W1	W17	
	W2	W18	
B1 区	W3	W19	1.888 4
	W4	W20	
	W5	W21	
	W6	W22	14.591 7
	W7	W23	
	W8	W24	
B2 区	W9	W31	1.74
	W27	W28	
C 区	W25	W29	
	W26	W29	

由表 1 可以看出:B1 划分区域包含 18 个危岩区,总方量超过 44 万 m³,同时,该区域危岩处于面板上方,失稳滑落后对坝体防渗面板威胁巨大,是危岩体处理工作的重点。

3 危岩体治理及采取的施工方案

3.1 危岩体治理方案

在充分考虑了各危岩体分布位置、危岩方量、失稳后果等因素后,对其中危险性高、处理难度大的部分危岩体制定了以下处理方案。

(1)B1 区 W1~W9。

W1~W9 危岩体位于右岸边坡顶部,失稳方式主要以孤石和危岩的垮落为主,对坝体及面板施工安全威胁较大,故需进行彻底挖除。

(2) B1区 W17~W18。

W17和W18以孤石垮落为主,岩体垮落会对工程运行期造成较大威胁,需全部进行挖除。其中,W18主要为崩落岩体堆积区,以大块石为主。处理时,考虑在基脚处采取弱爆破后,再对滑落区域进行处理即可。

(3) B1区 W19(20)~W21。

W19(20)是右岸高边坡中发育规模最大的一个危岩体,出露面积达22 319 m²,卸荷裂隙十分发育,有可能发生沿卸荷裂隙与层面的楔形体破坏。在根据现场探查和对比类似工程情况后,考虑使用全断面表层开挖,然后用锚索和锚杆加固的处理方法进行处理。W21危岩体较为破碎,开挖时控制的重点在于控制爆破参数,避免次生危岩的产生。

(4) B1和C区 W22~W24、W31、W25、W27。

W22~W24本身裂隙发育程度高,破碎程度较大。危岩体的处理方式主要为开挖,以使其达到平顺后结合断层的处理方式,在对断层进行加固处理时支护促其稳固。

W25以及W27危岩体的破坏模式主要是以结构面相互切割形成的块体破坏模式为主,因此,主要采取清除表面危岩孤石,然后采用系统锚喷支护以及锚索结合框格梁进行支护。

W27和W31危岩体均位于大坝趾板附近,且部分危岩体已经嵌入趾板开挖区域内,因此,根据现场踏勘了解到的实际情况,结合趾板施工要求,在对这两块危岩体进行全部开挖清除后再对开挖后的次生危岩体区进行锚索加固或锚杆支护。

(5) W11~W16、W30危岩体。

W11~W16、W30危岩体的形式主要为边坡崩落堆积和结构面切割而成的不稳定岩体,其破坏模式以块体失稳为主,因此,在处理过程中,对表面危岩孤石进行完全清理即可。

危岩体群的治理方案见图2。

3.2 危岩体治理采取的施工方案

(1) 危岩体施工的开挖分期。

根据危岩体的空间分布特点以及施工条件,将具体的危岩体施工开挖分为4期:第1期为B1区W1至W9危岩体,第2期为B1区W17和W18危岩体,第3期为B1区W19(20)、W21危



图2 右岸边坡危岩体群治理施工对策示意图

岩体,第4期为B1和C区W22、W23、W24、W27和W31危岩体。对于W10~W16、W26、W28~W30危岩体,由于其方量较小且未位于坝体的正上方,故对其不进行处理。

(2) 索道运输方案。

为了解决因边坡高陡原因造成的施工难度大问题,结合地形特点后最终决定采用索道施工技术进行危岩体处理。索道下锚点设置在左岸坝轴线附近范围,下锚点和卷扬机设置在1 686 m高程平台上,将卷扬机上料平台布置在左岸河滩部位约1 670 m高程。该工程共布置了8条运输索道,其中一条(1#)设计运载量为10 t,其余七条(2#~8#)设计运载量为2 t。

索道在空间布置上应尽量覆盖到每一块危岩体施工区域,其中,由于W19(20)危岩体处理工程量极大,考虑布置三条索道进行覆盖,其中一条为10 t重型索道,负责材料和施工机械的运输任务。

(3) 爆破开挖方案。

在对危岩体进行爆破清除施工中,主要采取浅孔爆破和深孔爆破两种方式。浅孔爆破主要用于W1~W9及其他危岩体的开口部位。但是,由于这些部位距离坡脚高度均在600 m以上,因此要重点考虑爆破飞石产生的影响。深孔爆破主要针对以W19(20)为代表的开挖方量大的危岩区域,在深孔爆破中要注意减少由爆破冲击产生的次生危岩。

在具体的爆破开挖工程施工中,具体的爆破参数、爆破方法的确定一般依据爆破设计和现场进行

试验,将实际效果与预期结果对比后进行方案的调整优化,根据调整的数据,严格控制施工质量,以减少爆破对边坡岩体的破坏,保证施工安全。

浅孔和深孔的爆破参数见表 2。

表 2 浅孔和深孔爆破参数表

爆破方式	炮孔类型	炮孔深度 H	炮孔直径 d	底盘最小抵抗线 W_p	超钻深度 h	同排炮孔间距 a	炮孔排距 b	单位用药量 q 取值	前排炮孔用药量 Q	后排炮孔单孔用药量 Q	堵塞长度
浅孔爆破	主爆孔	3 m	42 mm	1.5 m	0.3 m	1.8 m	1.6 m	0.45 kg/m ³	3.6 kg	3.9 kg	1 m
	预裂孔	3.7 m	42 mm	1.5 m	0.3 m	0.6 m		线密度 0.18 kg/m		单孔装药量 $Q=0.67$ kg	1.1 m
深孔爆破	主爆孔	6 m	80 mm	2.5 m	1 m	2.9 m	2.5 m	0.45 kg/m ³	12.24 kg	12.66 kg	2.5 m
	预裂孔	6.7 m	80 mm	2.5 m	1 m	1 m		线密度 0.34 kg/m		单孔装药量 $Q=2.28$ kg	2.8 m

此外,为避免因爆破产生的飞石给下方作业面造成损害,对爆破产生的飞石距离进行了计算,同时,在爆破过程中采取弱松动爆破、增长堵塞长度、对炮区覆盖炮被等措施控制飞石距离。

4 结 语

工程技术人员结合地勘资料,对危岩体的失稳破坏模式进行了分析,采取了有针对性的施工开挖处理方案,所取得的主要成果如下:

(1)对勘察到的 31 块危岩体失稳模式进行了定性分析,采取整体开挖、部分开挖、主被动网支护和锚索锚杆支护等施工手段进行了处理。

(2)结合危岩体与水工建筑物的相对位置,依据自上而下的施工顺序和危岩体高程位置将危岩体群分为 4 期进行处理,针对分期和分区结果采取不同的施工治理对策,为危岩体群的开挖支护提供指导。

(3)在危岩爆破施工中,通过大量生产性爆破试验,确定出一套符合该工程的爆破参数,有效地

控制了爆破飞石对相邻施工工作面的影响,节约了施工成本。处理过程中基本未再次生成次生危岩,保证了施工安全。

(4)采用索道取代重型机械设备道路进行材料运输,在节约成本的同时提高了施工效率。整个危岩体的处理工期比设计预计工期提前 2.5 个月。危岩体治理工程的提前完工,为保证大坝施工总体进度奠定了基础。

参考文献:

[1] 刘卫华,罗 倩,黄润秋,等. 溪洛渡水电工程坝区高边坡危岩体分类及稳定性评价[J]. 水利水电科技进展, 2008, 28(4): 48—51.

作者简介:

许德顺(1974-),男,四川成都人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;
李亚军(1984-),男,四川成都人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;
栗浩洋(1994-),男,四川成都人,在读硕士研究生,研究方向:水工结构与水利工程施工。
(责任编辑:李燕辉)

(上接第 19 页)

材料、设备对各种施工工艺进行了优化,使各种工艺工序合理有序衔接,减少了施工环节,在保证施工质量的前提下节约了资源,降低了成本,加快了施工进度,得到了参建各方的好评。

作者简介:

冉 蓉(1977-),男,陕西渭南人,项目总工程师,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。
(责任编辑:李燕辉)

激发第一动力 创新引领高质量发展

近日,四川省企业联合会、四川省企业家协会、四川省技术创新服务中心、四川经济日报社联合发布“2018 年四川企业技术创新发展能力 100 强”榜单(以下简称“技术创新发展能力 100 强”)。水电五局位列百强榜第 2 位。本次百强发布会以“技术创新 荣耀四川”为主题,旨在树立技术创新典范企业和人物,大力推进四川企业产业转型升级,争创一流企业,推动四川经济可持续发展。在发布会上,水电五局还上榜了四川企业技术创新发展最具潜力 20 强、四川企业发明专利拥有量 100 强、四川企业技术创新发展能力研究与试验经费投入 100 强。

(供稿 袁幸朝)