

# 青岛泉心河水库料场开采及上坝道路规划技术

韩振方

中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 三峡 472000

[摘要]随着我国20世纪修建的水库长年累月的运行,部分水库已成为病险水库,需要进行除险加固或者改建,而改建大坝受限于旧坝的限制,改建大坝的施工规划相比较于新建大坝有所不同。文中以青岛泉心河水库改建工程为例,阐述了在该改建工程大坝填筑施工中料场开采微振动控制爆破、料场开采规划与上坝道路规划中采取的技术措施。

[关键词]病险水库; 水库改建; 料场开采; 上坝道路规划

DOI: 10.33142/hst.v6i8.10143

中图分类号: TV212

文献标识码: A

## Mining and Dam Road Planning Technology for Qingdao Quanxinhe Reservoir Material Yard

HAN Zhenfang

Sinohydro Bureau 11 Co., Ltd., Sanxia, He'nan, 472000, China

**Abstract:** With the long-term operation of reservoirs built in the last century in China, some of them have become dangerous reservoirs that need to be reinforced or renovated. However, the reconstruction of dams is limited by the limitations of old dams, and the construction planning of reconstructed dams is different from that of new dams. Taking the reconstruction project of Qingdao Quanxinhe Reservoir as an example, this article elaborates on the technical measures taken in the construction of dam filling in the reconstruction project, including micro vibration controlled blasting for material mining, material mining planning, and dam access road planning.

**Keywords:** dangerous reservoirs; reservoir renovation; quarry mining; dam road planning

### 引言

目前我国有9万多座水库,是世界上水库最多的国家。我国80%以上的水库修建于20世纪50~70年代,经过几十年的运行,部分水库已超过设计使用年限,功能老化现象较严重,成为病险水库。受超标洪水、强烈地震等自然灾害的影响,病险水库若是蓄水运行,一旦遭遇突发暴雨洪水,超出自身防御标准,就可能造成严重的水损,甚至可能导致渗漏、漫坝或垮坝的危险,极有可能危害下游人民群众的生命财产安全,因此有必要对病险水库进行除险加固或者改建。

### 1 项目背景

泉心河水库位于青岛市崂山区王哥庄片区,坐落于崂山顶东侧的峡谷内,该水库西、南、北三面环山,东面临海。泉心河原水库建于1980年,原水库大坝为单曲浆砌石重力拱坝,坝长273m,最大坝高48.60m,水库总库容88.64万 $m^3$ 。经过接近40年的水库运行,原水库现状不能满足防洪要求,大坝拉压应力超标,坝体、坝基渗漏水严重,安全鉴定评定泉心河水库大坝为三类坝,为病险库。泉心河水库改建工程既是确保水库安全的需要,也是解决崂山林场水资源短缺问题的需要,是建设森林火灾系统、王哥庄片区和崂山风景区供水缺口的最佳水源地。因此,需要对崂山林场泉心河水库进行改建。

泉心河水库改建工程主体建筑物包括大坝、溢洪道、输水管、放水管。其中大坝采用混凝土面板堆石坝型式,

最大坝高为90m,坝长338m,坝顶宽度7.80m,面板堆石坝填筑量232.06万 $m^3$ 。根据料源及对坝料强度、渗透性、压缩性、施工方便和经济合理等要求,将坝体从上游到下游根据材料不同分为:上游铺盖区、盖重区、垫层区、特殊垫层区、过渡区、主堆石区、下游堆石区、下游护坡<sup>[3]</sup>。

改建工程与新建工程相比,主要受限于老坝的位置制约,料场爆破开挖距离老坝距离近,爆破振动可能会对老坝产生危害,且老坝横跨于新坝和料场之间,对于坝料的运输道路的规划也有所不同。

### 2 料场开挖微振动爆破技术措施

#### 2.1 施工难点

大坝填筑石料采用开挖库区上游的花岗岩体,库区料场开挖范围为EL166~EL100m,开挖高差66m,开挖长度方向600m,开挖厚度20~30m,石方开挖工程量110.60万 $m^3$ ,岩石为花岗闪长岩,抗压强度50~70MPa。

但料场距离老坝的最近直线距离仅200m,在料场爆破过程中,应注意开采爆破对老坝的振动影响和新坝填筑相互干扰的问题,故而对爆破开挖振动要求严,在料场爆破设计中,必须采用微振动控制爆破技术,且合理地分层分区,以减小对既有建筑物的振动影响。

#### 2.2 采取的技术措施

##### 2.2.1 合理的分层分区

为减少爆破振动,尽量减少分层高度及分区长度。分为三个开挖区:一区 K0+000~K0+200、二区 K0+200~

K0+400、三区 K0+400~K0+600, 每个开挖区内再分小区, 每个小区长 50m。库区开挖采用自上而下分层梯度爆破开挖, 分层厚度 10m 左右, 并与边坡设计马道相结合<sup>[4]</sup>。每次爆破区的尺寸为 50m×10m×20m, 爆破方量约为 10000m<sup>3</sup>, 开挖分区、分层详见图 1。

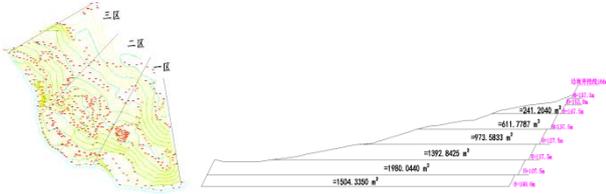


图 1 上游库区料场开挖分区、分层图

2.2.2 边坡预裂爆破

设计边坡线处均采用预裂爆破技术。在预裂孔前排设置缓冲层, 保护预裂面的完整性。缓冲孔距 2m, 缓冲孔距预裂面的距离为 1.80m, 与预裂孔平行。主爆孔与缓冲孔均采用连续不偶合装药形式, 预裂孔采用间隔不偶合装药方式, 主爆孔和缓冲孔采用分段导爆管连接, 预裂孔采用导爆索连接, 起爆钎起爆。

2.2.3 爆破设计

在爆破设计中, 需要考虑减少爆破振动影响及减小飞石距离的因素。

(1) 单段最大装药量计算 (保护大坝不受爆破振动破坏)。根据《爆破安全规程》(GB6722-2011) 中的爆破振动安全允许标准表格查得, 水电站及发电厂中心控制室设备的安全允许振速 V 为 0.50cm/s。

由爆破振动安全距离计算公式:

$$R = \left(\frac{K}{V}\right)^{\frac{1}{n}} \times Q^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

- R: 爆破振动安全允许距离;
- Q: 延期爆破最大一段药量;
- V: 保护对象所在地质点振动安全允许速度。

K、a: 与爆破点至计算保护对象间的地形、地质条件有关的系数和衰减指数。经查表格, K 取 150, a 取 1.80。

计算得出, 最大起爆段装药量控制为 Q=150kg。

(2) 飞石距离校核 (保护不受飞石破坏)。主要防止爆破区抵抗线方向的飞石破坏, 飞石计算公式如下:

$$S = V^2/g \quad (2)$$

$$V = 20(3\sqrt{Q}/w)^2 \quad (3)$$

- V: 个别飞散物初速;
- W: 最小抵抗线;
- Q: 最大药孔的装药量;
- S: 个别飞散物的最远距离;
- g: 重力加速度。

其中, Q 为 20.25kg, 最小抵抗线为 2m, 经计算, 最远飞石距离为 140m。

(3) 爆破设计。开挖深度 10m, 预裂孔起爆采用导

爆索。主爆孔与缓冲孔采用导爆管起爆。采取孔外延时顺序起爆方式。每 1 个缓冲孔与 2 个主爆孔为一个段别, 单段装药量为 54.70kg。每 20 个预裂孔为一个段别, 单段装药量为 63kg。

爆破参数详见表 1, 爆破网络图详见图 2。

表 1 爆破参数表

项目	备注		
	基本参数	10m	
主爆孔爆破参数			
钻孔直径 (mm)	D=1.06*d=90	90	d: 钻头直径 90
钻孔深度 (m)	L=(H+h)	10	
最小抵抗线 (m)	W=(20~40)D	2.50	
炮孔间距 (m)	a=(0.80~1.40)w	3	
炮孔排距 (m)	b=0.866a	2.50	
堵塞长度 (m)	L2=(20~40)D	2.70	
不耦合系数	D孔/D药	1.40	
单位耗药量	q=0.30 kg/m <sup>3</sup> (每孔装药 20.25 kg)		
预裂孔爆破参数			
钻孔直径 (mm)	D=1.06*d=90	90	d: 钻头直径 90
钻孔间距 (m)	a=(7~10)d	0.90	
钻孔深度 (m)	L=H/Sin α+0.70	10	α: 设计边坡 63.5°
堵塞长度 (m)	L2=(20~40)D	1.50	
不耦合系数	D孔/D药	2.80	
药包直径	D药=32mm	32	
线装药密度	全孔平均: g/m	350	单孔装药量 3.15 kg
缓冲孔爆破参数			
钻孔直径 (mm)	D=1.06*d=90	90	d: 钻头直径 90
钻孔间距 (m)		2	
钻孔深度 (m)	L=H/Sin α+0.70	10	α: 设计边坡 63.5°
堵塞长度 (m)	L2=(20~40)D	2.70	
不耦合系数	D孔/D药	1.63	
药包直径	D药=32mm	32	
单孔装药量	kg	14.20	

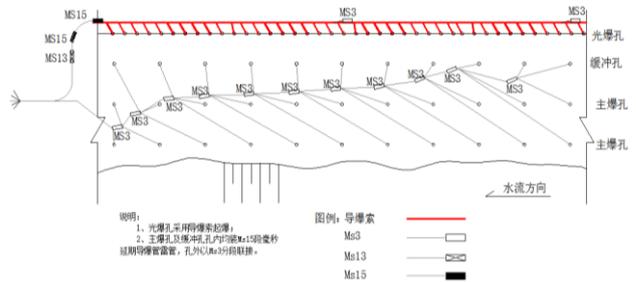


图 2 爆破网络图

(4) 物理防护。在此基础上,为增加安全系数,装药完成后在每个孔口处覆盖沙袋、棉被,防止飞石向上飞溅。

### 3 料场开采规划与上坝道路规划

#### 3.1 施工技术难点

泉心河水库大坝库区料场填筑料源是保证大坝填筑连续施工的关键,本工程汛期时段主要依靠导流洞进行度汛排水,且临近靠海,气象天气不稳定,尤其汛期时段天气预报经常存在偏差,雨量经常超出预期降雨量,汛期时段由于大坝填筑不间断,保证库区料场连续性供应填筑料,需根据库区料场现场地势情况,在不影响导流洞防洪度汛的前提下,库区料场采用由南向北呈阶梯式开挖,料场边坡按照设计及地勘要求对松动岩体进行支护,同时严控爆破参数,在保证爆破开挖安全运行的前提下,满足现场大坝填筑料源的级配要求。

#### 3.2 技术措施

根据库区料场现场地势情况,在不影响导流洞防洪度汛的前提下,库区料场采用由南向北呈阶梯式爆破开挖;对于岩性较差的破碎带采用边坡注浆挂网喷锚支护的方式进行加固,保证后续爆破开挖上部边坡的稳定性;严控爆破参数,在保证爆破开挖安全运行的前提下,还能满足现场大坝填筑料源的级配要求<sup>[1]</sup>。根据库区料场内的岩脉岩性以及现场不同的石料料源分布特点进行相应爆破参数调整。库区料场位于大坝上游位置处,随着料场的逐步开挖,同步增加了大坝库容量。

#### 3.3 上坝道路规划

青岛崂山面板堆石坝,坝高90m,主要筑坝材料由右岸上游堆石料场开采的堆石料,左岸上游混凝土骨料加工系统生产的垫层料,均由左岸道路通过,各种材料必须实现分层上坝,施工中道路的布置将已有开挖道路有效结合利用,在尽量减少修建道路的前提下,实现了经济合理,技术最优的上坝道路布置规划<sup>[2]</sup>。具体布置如下:

堆石料场位于坝体上游右岸,骨料加工系统生产料位于上游左岸,两个料场隔河相对,由于开采堆石料场和生产料堆存场均位于上游,堆石料主要考虑从上游进入坝体,解决措施是在料场中部设置了跨河交通桥,把左右岸连接起来,这样的优势是实现了坝址上游河沟左右岸连通,骨料加工系统料源可以通过跨河交通桥从料场直接运输至骨料加工部位,同时上坝道路布置可根据地形结构、修路的便捷程度,从左岸修建坝料运输道路,这样可有效解决坝体岸坡山体局部陡峭,不利于上坝道路布置的弊端。

左岸趾板将坝体分成了上下游两部分,施工设备不能直接从趾板区通过,跨越趾板必须设置钢栈桥,所有施工设备从钢栈桥上通过,来解决上下游交通的连接问题,栈桥宽度4.50m,长度必须满足趾板部位悬空跨越5m以上,栈桥长度10m。

栈桥采用I40型钢架设,长度L=10m,净跨9m,宽度

B=4.50m,趾板上、下游方向设置C25钢筋混凝土桥墩,钢筋主筋 $\Phi 25$ 螺纹钢,分布筋 $\Phi 20$ 螺纹钢,桥墩底部桥台为2.50m $\times$ 1m $\times$ 5m,上游桥身厚1.50m、宽5m、高6.40m,下游桥身厚1.50m、宽5m、高5.06m,桥台底部设置两排间距0.50m的 $\Phi 25$ 锚杆,锚杆入岩2m,外露1m;桥两侧采用14槽钢设置1.20m高度栏杆,下游设置衡重式浆砌石挡墙形成路面连接至下游上坝道路。

由于现状地形条件及溢洪道结构布置限制,不具备修建单独入坝道路,需占用左岸坝体填筑区,由左岸上坝道路一直至趾板交通桥作为上下通道,供主材及设备运输至拌合站以及库区料场渣土运输至坝后压重区;跨越趾板桥桥面高程为127m,溢洪道控制段开挖底高程为142m,当大坝填筑至127m高程时,改道至溢洪道,通过坝后之之路第三个转弯段与控制段的下游泄槽段(泄槽段设计坡比为1:2.50)衔接部位与坝体道路连接,占用左岸坝体填筑区道路回填,坝体填筑料通过溢洪道运输至坝体,主材、设备及料场土渣通过坝后之路运输。

需特别重视的问题,由于堆石坝的结构特点,到坝高最后10m范围,坝面填筑逐渐达到最大坝长338m,总宽度逐步变化成坝顶宽度10m,坝料种类繁多,坝料运输、坝料平整及碾压工序交叉,施工变得十分困难,必须采取流水作业,铺料区、碾压区、检测区循环推进,优先保证大坝填筑施工,利用溢洪道作为施工运输道路,上下游交叉通行,才能保证坝体快速施工。

### 4 结语

对于水库改建工程进行施工规划时,需要综合考虑老坝的地理位置制约因素,结合当地气候条件及地质地形条件,做好库区料场石料爆破开挖控制及场内道路规划。本文以青岛泉心河水库改建工程为例,论述病险水库改建工程大坝填筑过程中料场开采微振动控制爆破、料场规划、上坝道路规划等施工内容的不同点、技术重难点和采取的技术措施,希望对类似工程提供借鉴。

#### [参考文献]

- [1]康向文.普西桥水电站混凝土面板堆石坝料源规划及填筑施工技术研究[J].中国水能及电气化,2013(12):1-5.
- [2]郭怀俊.小水电站混凝土面板堆石坝料场规划与填筑[J].云南水利发电,2013(4):96-98.
- [3]李晓超.青山冲水库面板堆石坝坝体分区及坝料优化设计[J].水利水电工程设计,2021(1):22-24.
- [4]杜跃普.某水库面板堆石坝设计与土石方平衡规划[J].河南水利与南水北调,2021(8):48-50.

作者简介:韩振方(1974.6—),男,高级工程师,主要研究方向:水利水电工程施工技术与管理,郑州大学,土木工程专业,中国水利水电第十一工程局有限公司五分局,副局长,高级工程师。