

爆破直采技术在面板堆石坝工程中的应用

周远飞¹, 兰 琴¹, 黎声铭²

(1. 江西省地矿局九一五地质大队, 江西 樟树 331202; 2. 江西省水利水电基础工程有限公司, 江西 南昌 330029)

摘要:面板堆石坝的坝料开挖直接制约工程进度,按传统工艺开挖费时费工,严重影响施工进度,本工程在利用坝体级配料开挖中采用爆破直采技术,加快了坝料开采速度,效果显著。经过爆破试验,优选爆破参数,为获取粒径与级配符合设计要求及成本低廉的坝料创造了有利条件。详细介绍了试验过程,并对试验结果进行了分析。

关键词:爆破直采;面板堆石坝;爆破参数;郑家湾水电站

中文分类号:TD235 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)09-0077-03

Application of Blasting Direct Mining Technology in Faced Rockfill Dam/ZHOU Yuan-fei¹, LAN Qin¹, LI Sheng-ming² (No. 915 Geology Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Zhangshu Jiangxi 331202, China; 2. Jiangxi Provincial Hydraulic and Hydropower Foundation Engineering Co., Ltd., Nanchang Jiangxi 330029, China)

Abstract: Dam material mining directly affects project progress of faced rockfill dam. Blasting direct mining technology speeded up the mining velocity compared with time and labor-consuming traditional technology. Blasting parameters were optimized by blasting tests. The paper introduced testing process with the analysis on testing result.

Key words: blasting direct mining technology; faced rockfill dam; blasting parameter; Zhengjiawan hydropower station

1 工程概况

1.1 基本情况

郑家湾水电站工程位于安徽省霍山县境内,是以发电为目的的枢纽工程,由拦河坝、溢洪道、发电引水隧洞和电站厂房等建筑物组成,电站装机 28 MW,水库总库容 755 万 m³。工程大坝为混凝土面板堆石坝,坝轴线位于鸡冠山电站上游约 200 m 处,坝高 52.5 m,坝顶宽度 6.0 m,坝顶长度 197.6 m,上下游坝坡均采用 1: 1.3,下游坝坡在 355.0 m 处设宽为 2 m 的马路。

坝体堆石自上游至下游分为垫层区、过渡区、上游堆石区、下游堆石区。沿周边缝处设垫层小料区。面板上游填筑有铺盖。

整个大坝工程坝体堆石填筑总量 47 万 m³,其中主堆石料 43.6 万 m³。大坝趾板、垫层及过渡区两岸坝坡坡角为 30°~35°,左岸较陡,右岸较缓。趾板总长 255 m,趾板宽 5~3 m,厚 0.6 m。趾板、垫层及过渡区石方开挖深度 9~8.8 m,宽度 14.5~12.5 m,上游边坡 1: 0.7,下游边坡 1: 2,其中河床段及右岸开挖深度较深,左岸开挖深度较浅,整个趾板、垫层及过渡区石方开挖 1.28 万 m³。

1.2 地质及环境情况

工程区位于大别山腹地,高山连绵,山峰林立,

山高坡陡。坝址区为“U”形河谷,左岸地形较齐整,山坡较陡,平均坡度在 30°~35°,上陡下缓。基岩大部分出露,风化浅薄,覆盖层为零星分布,厚 0.3~1.2 m。右岸山坡稍缓,一般 30°左右,也是上陡而下缓,地形齐整,坝线下游风化浅薄,上游临近山嘴,局部风化较深。

坝址位于白马尖岩体细粒花岗岩($\gamma 52-3$)与前震旦系水竹河组黑云角闪斜长片麻岩(AnZs-GnM)接触部位,左岸为黑云角闪斜长片麻岩,右岸为细粒花岗岩,在河床部位两种岩性混熔接触,在河床面板堆石坝的面板线部位有零星不规则前震旦系水竹河组黑云角闪斜长片麻岩团块揭露,属细粒花岗岩内之残留体或捕虏体。总之,两者呈混熔接触关系,界面清晰,紧密无缝,接触面胶结良好。坝址出现的断层不多,除顺河床方向发育的 F8 断层规模较大外,其余均为规模很小的挤压面或裂隙密集带,即 f1~f8,一般是由数条裂隙组成的裂隙密集或受挤压而成的挤压面,破碎带一般宽度不等,规模较大的 f6 宽度为 2~3 m;挤压面一般宽度仅 5~20 cm。长度都不长,一般数十米即变成裂隙而趋于尖灭。

坝址区基岩为细粒花岗岩与黑云角闪斜长片麻岩,岩石按普氏系数分为Ⅲ级,根据实地取样试验新鲜和微风化岩体饱和抗压强度为 85~118 MPa,弱

收稿日期:2009-03-12

作者简介:周远飞(1979-),男(汉族),江西人,江西省地矿局九一五地质大队项目副经理,岩土工程专业,从事基础处理工作,江西省樟树市。

风化岩体为42~76 MPa,二者静弹模分别为36.6~38.2 GPa及18.7~28.2 GPa。

郑家湾水电站工程大坝工程坝体堆石填筑总量47万m³,其中主堆石料43.6万m³。垫层及过渡料3.4万m³。坝体级配料设计指标见表1,级配包络线见图1。

2 坝体级配料爆破直采

2.2 坝体级配料生产方式概述

2.1 坝体级配料设计指标

表1 坝体填筑料指标表

指标	填筑材料	干密度 /(g·cm ⁻³)	孔隙率 /%	渗透系数 /(cm·s ⁻¹)	压实后的设计层厚/m	最大控制 粒径/mm	不均匀 系数	小于5 mm的 颗粒含量/%	小于0.1 mm的 颗粒含量/%
垫层区 II A	新鲜或微风化石英砂岩	≥2.20	≤18.5	10 ⁻³ ~10 ⁻⁴	0.40	80	>20	35~55	5~8
特殊垫层区 II B	垫层料剔除超径石	≥2.20	≤18.5	10 ⁻⁴ ~10 ⁻⁵	0.20	40			
过渡层区 III A	新鲜或微风化石渣料	≥2.15	≤20.0		0.40	300	>15		<5
主堆石区 III B	新鲜~弱风化石渣料	≥2.10	≤22.0		0.80	600	>10	<20	<5
主堆石区 IV	新鲜石渣料	≥2.05	≤24.0		0.80~	600~	>10	<10	<5
	新鲜~弱风化石渣料				1.20	1000			

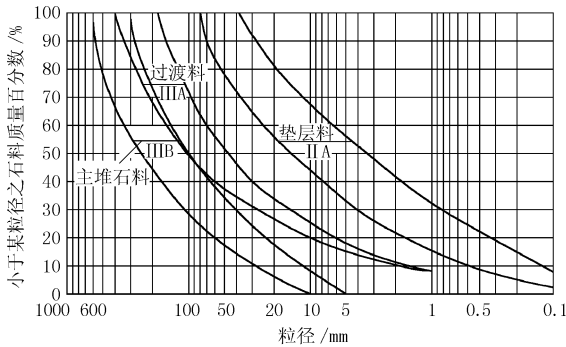


图1 坝体填筑料级配包络线图

2.3 坝体主堆区级配料爆破试验

2.3.1 试验场地的选择

试验场地选择在左坝头下游侧,场地具体位置为:在坝轴线延伸方向上距左坝头25 m,其中在坝轴线延伸方向上宽15 m,上游面距坝轴线向上25 m,下游面距坝轴线向下25 m,试验开挖高程为▽393.5~383.5 m,试验面积为750 m²,试验区岩石为黑云角闪斜长片麻岩,岩石密度2.62 g/cm³,岩石抗压强度83.7 MPa,岩石软化系数0.9。

2.3.2 试验参数的选定

根据以往施工经验及有关文献资料,选定了2组爆破参数进行试验,同时按照张正宇先生^[1]提出的爆破块度预报的经典模型及其参数(修正后的Kuz-Ram模型),对2组参数的X₅₀进行了计算,以校核选定的2组参数的可行性。

2.3.2.1 试验参数及起爆网络

试验参数见表2,起爆网络见图2。

表2 主堆区级配料爆破试验参数表

爆破参数	台阶高度 /m	钻孔深度 /m	超钻深度 /m	孔距 /m	排距 /m	前排最小 抵抗线/m	钻孔直径 /mm	钻孔 角度	布孔 方式	起爆 方式	堵塞长度 /m	单孔装药 量/kg	炸药单耗 /(kg·m ⁻³)
1组	10	10.8	0.8	3.0	3.0	2.5	110	垂直	方型	V型	2.5	39.6	0.440
2组	10	10.8	0.8	2.5	2.5	2.7	110	垂直	方型	V型	2.5	29.2	0.465

2.3.2.2 两组爆破参数爆破块度计算

为校核选定的2组参数的可行性,在试验前引用了修正后的Kuz-Ram模型^[1]对试验后的工程爆破的块度分布进行了计算。

(1) 修正后的Kuz-Ram模型

$$X_{50} = A \sqrt{X_m} (1/q)^{0.8} Q^{1/6} (115/E)^{19/30}$$

$$A = 0.06 (RMD + JF + RDI + HF)$$

$$RDI = 25RD - 50$$

$$HF = UCS/5$$

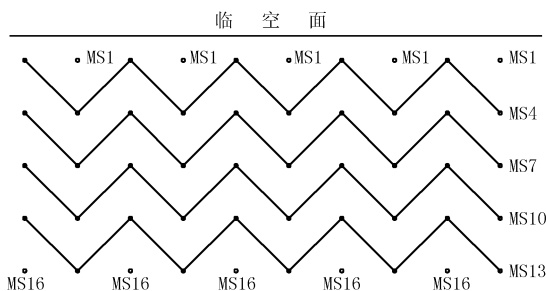


图2 爆破试验起爆网络图

式中： X_{50} ——爆破块度的平均粒径； A ——岩石系数； X_m ——石料允许最大粒径，按设计提供包络线为 0.6 m； q ——炸药单耗， kg/m^3 ； Q ——单孔装药量， kg ； E ——炸药相对重量威力，按文献[1]取值为 115； RMD ——岩石性能系数，按文献[1]取值为 70； JF ——节理特征系数，按文献[1]取值为 20； RDI ——密度系数， g/cm^3 ； RD ——密度， g/cm^3 ； HF ——硬度系数； UCS ——抗压强度， MPa 。

(2) 将石料各系数代入式中得： $A = 7.33$ 。

$$X_{50} = 5.678(1/q)^{0.8} Q^{1/6}$$

(3) 将选定的 2 组爆破参数的 q 、 Q 值代入上式中得 X_{50} 值分别为：

第一组 $X_{50} = 20.22 \text{ cm}$

第二组 $X_{50} = 17.48 \text{ cm}$

从设计提供的主堆区级配料包络线图可知设计要求 X_{50} 区间为 10.7 ~ 24.1 cm，上述计算表明所选定的两组爆破参数是合理的，可用于主堆区级配料爆破试验。

2.3.3 爆破试验过程及其结果

在试验中，均采用 CM341 型高风压潜孔钻以直径 110 mm 造孔，钻孔深度严格控制在 10.8 m。钻孔完成后，进行逐孔量测，孔深 > 10.8 m 的，超深部分填入石屑；为了减少表面大块率，两组试验均为孔底部采用粉状乳化炸药连续装药，在堵塞段加入少量 $\text{Ø}32 \text{ mm}$ 乳化炸药药卷（每孔 10 ~ 15 支），采用塑料导爆管孔内瞬发雷管，排间孔外延时爆破。装药结构见图 3。

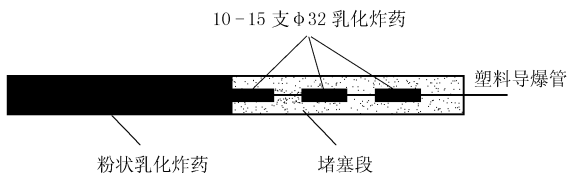


图 3 爆破孔装药结构示意图

第一组爆破试验共造孔 59 个，总钻孔深度 637.2 m，总装药量为粉状乳化炸药 2263 kg， $\text{Ø}32 \text{ mm}$ 乳化炸药药卷 112 kg。

第二组爆破试验共造孔 60 个，总钻孔深度 648 m，总装药量为粉状乳化炸药 1637 kg， $\text{Ø}32 \text{ mm}$ 乳化炸药药卷 115 kg。

两组试验孔爆破网络同时起爆，爆破后，经现场察看，除靠近临空面部分岩体被抛掷至基坑，块度较

大且分离外，绝大部分爆渣就地松塌，爆堆集中，爆堆大块石很少。爆破后对两组爆破试验进行了颗粒级配分析（超径料目测较少，未计入，但粒径均小于 110 cm，按设计要求可用于下游堆石区）如下：

(1) 第一组：不均匀系数为 9.8%，最大粒径为 607 mm，<5 mm 颗粒含量为 4.5%，<0.1 mm 颗粒含量为 0.43%， $X_{50} = 18.1 \text{ m}$ ， $X_{10} = 2.47 \text{ cm}$ 。

(2) 第二组：不均匀系数为 11.3%，最大粒径为 579 mm，<5 mm 颗粒含量为 5.6%，<0.1 mm 颗粒含量为 0.55%， $X_{50} = 14.9 \text{ cm}$ ， $X_{10} = 1.81 \text{ cm}$ 。

级配曲线见图 4。

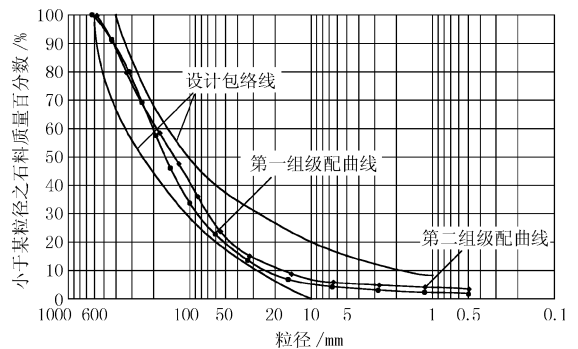


图 4 主堆区爆破试验级配曲线图

以上两组爆破试验实测 X_{50} 与按修正后的 Kuz - Ram 模型计算值略有差异，经分析原因在于实际岩石性能指标与计算时采用的指标有少许差别；两组爆破试验的级配曲线均在包络线以内，但第一组不均匀系数略小于设计值，试验指标第二组优于第一组，实际施工时考虑到施工效率仍选用了第一组的爆破参数，并将炸药单耗提高至 0.45 ~ 0.46 g/cm^3 ，爆破效果理想，爆破料符合级配要求，可直接用于主堆石区填筑。

3 结语

在郑家湾电站面板堆石坝施工过程中，通过对主堆石区坝料爆破开采现场生产性试验和施工过程中的参数优化调整，为获取粒径与级配符合设计要求及成本低廉的坝料创造了有利条件；同时加快了施工进度，并降低了成本。

参考文献：

[1] 张正宇,等.现代水利水电工程爆破[M].北京:中国水利水电出版社,2003.