

Reserved Rock Blasting and Excavation Design

Mingchun Chen¹ Yuli Wu²

1. Fuyang China Resources Power Co., Ltd., Fuyang, Anhui, 236158, China

2. China Water Resources and Hydropower Eighth Engineering Bureau Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410000, China

Abstract

As a longitudinal cofferdam of the lock dam project, the top of the reserved rock ridge of the diversion nullah is only about 20m after excavation. In the excavation of reserved rock ridges, how to do a good job in the excavation protection of reserved rock ridges has become a problem. It is necessary to carry out special design and research on the excavation and blasting of the protection of the reserved rock ridge, analyze and demonstrate the feasibility of the blasting construction scheme of the rock ridge, reduce and control the weakening effect of blasting vibration on the stability of the rock ridge and repeated disturbance on the structural surface of the rock ridge, and ensure the safety and stability of the reserved rock ridge.

Keywords

rock ridge; blasting; excavation; design; monitoring

预留岩坎爆破开挖设计

陈明春¹ 吴玉莉²

1. 阜阳华润电力有限公司, 中国·安徽 阜阳 236158

2. 中国水利水电第八工程局有限公司, 中国·湖南 长沙 410000

摘要

作为闸坝工程的纵向围堰, 导流明渠预留岩坎开挖后顶部仅约20m。在预留岩坎开挖中, 如何做好预留岩坎的开挖保护, 成为一个难题。需对预留岩坎保护的开挖爆破进行专项设计和研究, 对岩坎的爆破施工方案的可行性进行分析论证, 降低和控制爆破振动对岩坎稳定性和反复扰动对岩坎结构面的弱化影响, 确保预留岩坎的安全稳定。

关键词

岩坎; 爆破; 开挖; 设计; 监测

1 采用的技术研究路线

①根据现场爆破振动测试成果资料, 重点研究预留岩坎特定地形、地质条件下的爆破振动传播衰减规律。②研究并提出各保护对象的爆破振动控制标准。③按照各保护对象的爆破振动控制标准及爆心距, 确定各开挖部位的允许最大单响药量。④结合允许最大单响药量和合理的爆破规模, 研究并提出合理可行的爆破开挖程序和爆破方式、爆破参数。进行开挖爆破方案设计。

2 现场爆破试验及振动监测成果分析

对岩坎开挖开展爆破振动监测。

①监测点: 按岩坎纵向布置 10 个测点。②监测部位: 岩坎开挖。③监测数据。其中, 监测数据包括以下内容:

首次爆破参数: 钻孔直径 115mm; 梯段高度 15m;

钻孔深度 10~15m; 炮孔间排距 4m×4m; 单孔药量 45.5~80.5kg; 单响药量 45.5~80.5kg; 总装药量 2080kg^[1]。如表 1 所示。

表 1 首次爆破监测数据

测点编号	水平径向		水平切向		竖直向		单响药量/kg	距离/m
	速度/cm/s	频率/Hz	速度/cm/s	频率/Hz	速度/cm/s	频率/Hz		
1#	6.80	7.64	0.84	13.59	1.17	11.52	80.5	33.3
2#	12.03	10.73	3.78	12.20	4.56	12.02	80.5	28.4
3#	4.84	29.76	1.45	14.37	2.98	26.32	80.5	35.3
4#	4.84	29.76	1.45	14.37	2.98	26.32	80.5	49.7
5#	2.25	10.64	1.52	11.36	2.96	17.24	80.5	71.7
6#	1.85	9.62	1.20	15.15	1.10	16.13	80.5	100.9
7#	1.05	14.71	1.27	18.52	1.26	13.70	80.5	118.1
8#	0.67	10.91	1.05	17.73	1.24	13.59	80.5	136.6
9#	1.01	14.93	0.71	16.67	0.81	13.51	80.5	166.6
10#	0.13	16.13	0.13	15.87	0.23	17.24	80.5	—

【作者简介】陈明春(1985-), 男, 中国山东菏泽人, 本科, 工程师, 从事土建工程研究。

第二次爆破参数：钻孔直径 115mm；梯段高度 12.9~10m；钻孔深度 12.9~10m；炮孔间排距 4m×3.5m；单孔药量 52~74.2kg；单响药量 52~74.2kg；总装药量 2160kg。如表 2 所示。

表 2 第二次爆破监测数据

测点编号	水平径向		水平切向		竖直向		单响药量/kg	距离/m
	速度/cm/s	频率/Hz	速度/cm/s	kg	速度/cm/s	频率/Hz		
1#	0.831	7.78	0.357	10.77	0.187	11.21	74.2	172.6
2#	0.791	8.19	0.381	10	0.283	10.92	74.2	155.7
3#	0.529	6.51	0.592	10.2	0.286	12.69	74.2	135.4
4#	0.599	6.44	0.372	9.73	0.296	15.15	74.2	116.6
5#	0.772	5.495	0.596	5.435	0.398	13.89	74.2	93.3
6#	1.379	5.43	0.956	7.25	0.702	15.15	74.2	66.3
7#	2.97	3.77	1.82	2.79	4.07	1.57	74.2	52.8
8#	3.115	5.48	1.838	18.66	1.076	19.23	74.2	42.0
9#	8.203	7.57	2.393	13.51	3.296	18.52	74.2	40.6
10#	3.397	8.77	2.119	13.16	2.124	15.15	74.2	54.0

目前，一般通行使用前苏联 M.A 萨道夫斯基经验关系式作为峰值质点震动速度衰减规律的回归方程：

$$V = K \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^\alpha \quad (1)$$

式中：V——峰值质点振动速度，cm/s；

Q——监测数据单响最大药量，kg；

R——监测数据爆心距或波行距，m；

K、 α ——监测数据回归系数，与地形地质条件及爆源类型有关。

爆破试验中，在纵向岩坎布置了爆破振动测点。对上表中的实测峰值振速、对应的药量和爆心距分别进行统计，并区分水平径向、水平切向及竖直向三个方向的振动，按照式（1）进行回归计算，得到如下所示的峰值质点振动速度衰减规律^[2]。

水平径向振速衰减规律：

$$v = 36 \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^{1.08} \quad (2)$$

水平径向 K、 α 分别为 36 和 1.08。

水平切向振速衰减规律：

$$v = 11.3 \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^{0.83} \quad (3)$$

水平切向 K、 α 分别为 11.3 和 0.83。

垂直向振速衰减规律：

$$v = 41 \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^{1.26} \quad (4)$$

垂直向 K、 α 分别为 41 和 1.26。

3 爆破振动控制标准

①国家现行爆破振动安全允许标准 GB6722 中未对岩

石基础爆破振动安全允许标准作明确规定。

②设计要求爆破振动控制标准如表 3 所示。

表 3 导流明渠纵向导墙（预留岩坎）爆破振动安全控制指标

序号	施工阶段	保护对象	振动控制标准 (cm/s)	备注
1	岩坎右侧开挖	导流明渠边坡及岩坎	10	爆心距 15m
2	岩坎右侧开挖	锚索	5	
3	岩坎右侧开挖	防渗帷幕	5	
4	岩坎右侧开挖	明渠边缘	6~8	
5	岩坎右侧开挖	导流明渠衬砌混凝土	2~5	具体参见 GB6722
6	岩坎右侧开挖	闸坝或其他部位新浇混凝土	2~5	

4 允许最大单响药量

根据以上条件，可计算出爆破振动速度为 5cm/s 时，距帷幕灌浆特定距离处的邻近爆破作用点允许的最大单响药量，计算结果见表 4。

表 4 爆心距与最大单响药量表

爆心距 R (m)		10	15	20	25	30
允许装药量 Q (kg)	水平径向	4.2	14.0	33.2	64.9	112
	水平切向	8.3	28	66	130	225
	竖直向	6.7	22.5	53.4	104.2	180

从表 4 可知，允许装药量受水平径向爆破振动控制，当爆心距为 10m 时，单响药量不大于 4.2kg，应采用手风钻造孔小梯段爆破；安全距离为 20m 时，单响药量不大于 33.2kg^[3]。

5 爆破方案设计

5.1 总体爆破方案

各块爆破程序：首先进行靠近河道区域的修整爆破，其次进行主开挖区的梯段爆破。当未开挖岩体厚度达到 8~10m 时，先在开挖轮廓面上实施预裂爆破，最后再进行保护层的松动爆破开挖。

预裂爆破可以根据表 4 中的参数装药，采用两孔一响，可以满足最大单响药量的要求。主爆孔装药根据计算得到的最大单响药量，当爆心距为 10m 时，单响药量不大于 4.2kg，应采用手风钻造孔小梯段爆破；爆心距为 20m 时，单响药量不大于 33.2kg。当爆心距为 25m 时，单响药量不大于 64.9kg，此时可以采用两孔一响。当爆心距为 30m 时，要求单响药量不大于 112kg，此时可以采用 3~4 孔一响。下面分别只对 10m 处和 20m 处的爆破参数和网路进行设计，爆心距为 25m 和 30m 处参考 20m 处的爆破设计。

5.2 爆心距 10m 处爆破设计

开挖过程中根据不同爆心距部位采用不同的爆破参数及布孔。爆心距 10m 处爆破参数包括孔深 2m，单孔装药量

1kg左右,4孔一响,最大单响药量为4kg,满足最大单响药量的要求。

5.3 爆心距20m处爆破设计

爆心距20m处爆破参数包括孔深6m,单孔装药量28kg左右,单孔单响,最大单响药量满足要求。

6 结论

按照该爆破设计进行爆破后,根据现场布置的监测数据,距离爆源边缘15m处,最大爆破振动峰值没有超过10cm/s。

爆破后,近区爆破岩坎保留岩体的总体波速分布在4000~6000m/s范围内,说明保留岩体相对比较完整。

爆破前后,对近区爆破岩坎保留岩体进行声波检测结果对比分析,检测孔在一定范围内平均波速下降率均小于10%,根据DL/T5333《水电水利工程爆破安全监测规程》判断保留岩体由于开挖爆破导致局部破坏甚微或未破坏,爆破振动对保留岩体影响甚微。

参考文献

- [1] DL/T 5333—2005 水电水利工程爆破安全监测规程[S].北京:中国电力出版社,2006.
- [2] GB6722—2011 爆破安全规程[S].北京:中国水利水电出版社,2012.
- [3] 刘浩阳,赵根,刘美山,等.预留钢管桩岩坎爆破拆除关键技术措施研究[J].爆破,2020,37(2):92-96+102.