

Discussion on the Excavation Control Blasting Technology of the Slope of the Dam Spillway

Juntao Wang

China Hydropower Construction Group 15 Engineering Bureau Co., Ltd., Xianyang, Shanxi, 712000, China

Abstract

This paper mainly introduces the use of controlled blasting construction technology in the process of excavation on the side slope of the floodway of Leijiagou Reservoir Dam in Tongchuan City, China, which is influenced by surrounding environmental factors. Through technical optimization, the expected results have been achieved and good economic and social benefits have been obtained.

Keywords

side slope; blast; control

浅谈大坝溢洪道边坡开挖控制爆破技术

王俊涛

中国水电建设集团十五工程局有限公司, 中国·陕西 咸阳 712000

摘要

论文主要介绍了在中国铜川市雷家沟水库大坝溢洪道边坡开挖过程中, 受周边环境因素影响, 采用了控制爆破施工技术。通过技术优化, 达到了预期效果, 获得了良好的经济和社会效益。

关键词

边坡; 爆破; 控制

1 引言

石方爆破开挖是许多水利水电工程中经常遇到的施工内容之一。为了有效控制爆破成型边线, 需要采用控制爆破技术, 以达到预期的效果。对于高边坡开挖, 多采用预裂爆破技术, 确保成型的边坡平顺整齐, 同时减少超欠挖对工程质量的影响。如何科学地确定爆破技术参数, 就显得尤为重要。根据工程实际岩性, 借鉴参考类似工程施工经验, 可以很好地解决石方爆破开挖中遇到的技术问题。

2 工程概况与特点

2.1 工程概况

雷家沟水库坝址位于中国铜川市漆水河左岸支流武家河中游, 是铜川市北市区应急备用水源, 枢纽建筑物由大坝、溢洪道、排沙放空洞、引水管道等组成, 水库总库容为 498

万 m³。拦河坝采用均质土坝, 最大坝高 39m, 石方开挖量为 9.24 万 m³, 其中溢洪道开挖量 5.1 万 m³。

2.2 溢洪道边坡开挖特点

溢洪道位于大坝右坝肩, 石质边坡设计坡比为 1 : 0.5, 设有 3 级马道, 每级马道高度 15m。

爆破区域土方采用机械开挖, 石方采用爆破开挖。经清表露出岩石为长石砂岩 + 含粉砂泥质页岩 ($f \approx 6$), 节理裂隙较发育, 表层强风化, 内层弱风化, 岩石完整度尚可。

距爆点东向 300 ~ 500m 范围内有两座高压线塔, 爆破施工必须经相关部门书面同意, 高压线塔安全振动速度按相关部门给出的具体数据严格执行。经查询相关资料暂定以安全振动速度不大于 2.5cm/s 进行爆破设计。

爆区西向 133m 为简易板房, 未拆除, 爆破作业时需要控制单响药量保证填塞, 防止振动、飞石对其造成影响。

为保持已形成永久边坡稳固, 临近爆区边坡坡顶马道内角安全振速不大于 10cm/s^[1]。

【作者简介】王俊涛 (1980-), 男, 中国陕西咸阳人, 本科, 高级工程师, 从事水利水电工程施工管理研究。

为确保爆破振动不对各保护对象造成破坏,避免不必要的振动纠纷,根据需要对各保护对象进行振动监测,爆破作业开始时进行连续监测,后期根据实际需要不定期进行振动监测。适时调整爆破参数,确保爆破振动不超过安全振速限值。

3 总体控制爆破思路

本工程岩石较软且易风化,爆破采用小孔距,大抵抗线的主爆区布孔方案,辅以预裂爆破,以形成整齐轮廓线,并获得较好的破碎效果。

根据现有钻机及工程规模,选用直径 $D=90\text{mm}$ 履带钻。主爆区、缓冲层使用中国河南前进民爆生产的岩石粉状乳化炸药、电子数码雷管;预裂爆区采用导爆索、2号岩石乳化炸药、电子数码雷管。

装药结构的主爆孔采用连续耦合装药,缓冲孔采用中部间隔径向耦合装药,预裂孔采用径向不耦合装药,填塞采用黄土或钻渣。

作业时根据钻粉成分、岩石裂隙发育情况以及爆后效果及时修正爆破参数,尽可能减少对保留岩石的振动影响,充分发挥保留岩体的自承能力,形成整齐稳固的开挖断面,避免超欠挖。

依据原始地形施工图纸,钻孔爆破的实际地形台阶参数随着施工平台修建,随台阶高度变化相应调整^[2]。

4 控制爆破孔网参数

4.1 预裂孔

4.1.1 布孔及孔长

预裂孔沿开挖轮廓线布置,根据需要决定是否打施工预裂孔,超出本次爆区 5m 以上,起始孔、末端孔不装药,大角度转弯孔不装药或增加导向空孔。预裂孔深度打至距排水沟底 20 ~ 30cm,不超深,避免预裂缝侵入建基面,可根据具体爆破效果调整预裂孔钻孔深度。预裂孔孔底误差宜超过 10cm,最大不大于 20cm。

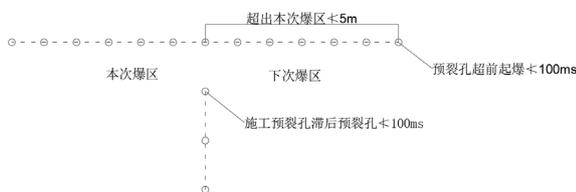


图1 预裂孔布孔示意图

4.1.2 基本参数

①单耗 $q_{\text{预}}$

根据以往工程经验及相关资料,单耗 $q_{\text{预}}=300\text{g}/\text{m}^3$,后

期适时调整;

②孔距 a

$$a=(8 \sim 12)D=(0.72 \sim 1.08) \text{ m}$$

根据以往爆破经验取 $a_{\text{预}}=0.9\text{m}$ 。

③炮孔密集系数 $m_{\text{预}}$

预裂爆破 $m_{\text{预}}$ 取值范围: $m_{\text{预}}=0.5 \sim 0.7$,软岩取小值,硬岩取大值,本次工程取 $m_{\text{预}}=0.6$ 。

④线装药密度 $q_{\text{线}}$

$$q_{\text{线}}=a \times (a/m) \times q=0.9 \times (0.9/0.6) \times 300=405\text{g}/\text{m}$$

⑤填塞:原则上按不大于炮孔孔长的 20% 控制,根据以往工程经验结合爆区微地形取 $L_{\text{预填}}=1 \sim 1.5\text{m}$ 。

⑥装药结构

采用底部 2 ~ 3m 按 2 ~ 3 倍加强装药,顶部 2 ~ 3m 按 50% 减弱装药,中部正常装药的装药结构,单孔装药量按线密度乘以装药长度计算。使用炸药袋(空气间隔器)填塞至 $L_{\text{预填}}$ 处,再用炮泥填塞。

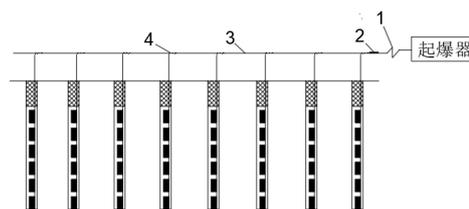


图2 预裂爆破导爆索联结起爆网络图

4.2 主爆孔

4.2.1 布孔

主爆孔作用在于破碎岩石,自缓冲孔前 3/5 倍主爆孔排距处逐排向自由面布置,排数根据台阶实际宽度确定。深度根据实际台阶高度确定,为避免超挖不打超深,孔网参数根据台阶高度选定。

4.2.2 基本参数

①单耗 q

为获得良好的破碎效果,提高铲装效率,采用加强松动爆破,单耗取 $q=400\text{g}/\text{m}^3$ 。

②炮孔密集系数 m

炮孔密集系数取 $m=1.14$,若缓冲孔前剩余台阶宽度不足以布置一排炮孔,适当增大炮孔密集系数;若出现布置 n 排孔不够,布置 $n+1$ 排孔又布不下的情况时,通过调整炮孔密

集系数的方式,在单耗和前排炮孔最小抵抗线不变的情况下,增加或减少一排炮孔。

③孔深 H、孔长 L

$$L = (H+h) / \sin \alpha$$

孔深 H 根据实际台阶高度确定;根据工程要求,避免超挖,超深 h=0,具体超深根据实际爆破效果调整;α 为台阶坡面角,根据设计坡面角 α 为 63°。

④炸药密度 ρ

使用河南前进制粉状乳化炸药,具有良好的流动性和抗水性,密度 P 为 840kg/m³

⑤延米装药量 q_延

$$q_{延} = \pi (d/2)^2 \cdot \rho$$

⑥最小抵抗线 W、填塞长度 L_填、孔距 a、排距 b、单孔装药量 Q

一般情况下:

$$W = b \cdot \sin \alpha$$

$$L_{填} = W$$

$$Q = q_{延} \cdot (L - L_{填})$$

$$a = m \cdot b$$

⑦炸药与放矿量间的等量关系

$$Q/q = abH$$

⑧孔网参数

$$\pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 \cdot \rho \cdot \left[\frac{H+h}{\sin \alpha} - \sin \alpha \cdot b \right] = mHqb^2$$

求得:

$$b = \frac{-\sin \alpha + \sqrt{\sin^2 \alpha + 4 \times \frac{m \cdot H \cdot q \cdot (H+h)}{\pi \cdot (d/2)^2 \cdot \rho \cdot \sin \alpha}}}{2 \times \left(\frac{mHq}{\pi \cdot (d/2)^2 \cdot \rho} \right)}$$

计算出每次爆破相应参数值。

⑨装药结构

采用连续耦合装药,孔底反向起爆的装药结构。

4.3 缓冲孔

用于降低主爆孔对保护岩体的振动伤害,并破碎预裂层岩石。

4.3.1 布孔

根据工程实际,缓冲孔布置单排孔;缓冲孔深度根据台阶高度确定,不超深;缓冲孔钻孔角度与预裂孔平行。

4.3.2 基本参数

①单耗 q=0.35kg/m³

②孔距 a、排距 b

缓冲孔孔间距 a 为正常主爆孔 a 主的 3/5;

缓冲孔与预裂孔排距 b₁=1.5m,与主爆孔排距 b₂ 为正常主爆孔 b 主的 3/5。

③炸药密度 ρ

使用前进制粉状乳化炸药,密度 P 为 =840kg/m³

④单孔装药量 Q

$$Q = (b_1 + 3/5 \times b_{主}) \times a \times H \times q$$

⑤填塞 L_填=2m

⑥装药结构

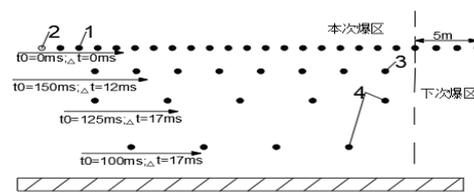
采用中间分段间隔装药,上下同时起爆的装药结构^[3]。

5 起爆方法及顺序

采用电子数码雷管加导爆索混合起爆网络,根据实际振动控制要求所列最大单响药量结合具体布孔情况确定为主爆孔、缓冲孔逐孔起爆,预裂孔在不超出最大单响药量的情况下齐爆。

主爆区孔间延期时间选取 17ms;排间延期时间选取 42ms;缓冲孔孔间延期时间 12ms;缓冲孔第一响滞后主爆区最后一排孔第一响 42ms,预裂孔超前施工预裂孔 100ms;施工预裂孔超前主爆区 100ms,孔间延期时间 0ms。

网络布孔及延时设置见图 3。



1- 预裂装药孔; 2- 预裂空孔; 3- 缓冲装药孔; 4- 主爆区装药孔

图 3 网络布孔及延时时间设置示意图

6 爆破有害效应计算及监测

6.1 爆破震动

根据 GB6722-2014《爆破安全规程》的规定,最大单响药量、振速、爆心至建(构)筑物的距离三者关系如下:

$$Q_{MAX} = R^3 \left(\frac{V}{K} \right)^{\frac{3}{\alpha}}$$

式中: Q_{ma} 为最大单响药量, kg; R 为药包中心至建(构)筑物的最近距离, m; V 为介质质点振动速度, cm/s; K、α

为与传播途径、爆破方式、爆破点至计算保护物间地形、地质条件有关的系数和衰减指数。

参考表1爆区最大单响药量计算表：结论：根据计算本次爆破单响药量需控制在83kg以下，爆破产生的振动对房屋、边坡、高压线塔不会产生安全方面的影响。为谨慎起见，前几次爆破进行爆破振动实际检测，以便及时调整爆破振动控制参数。

表1 爆区最大单响药量计算表

爆破类型	露天中深孔爆破			地形地质系数 K	衰减系数 α
	保护对象名称	零散住户建筑	边坡		
保护对象类别	一般民建	永久石质边坡		电力设施	160
控制振速（厘米/秒）	0.25	10		2.5	
与爆区实际（米）	450	20		300	
最大允许药量（公斤）	482	83		11829	
Q _{max} 初选值（公斤）				83	

6.4 爆破有害效应监测

爆破作业起爆前，为确保被保护对象安全，验证爆破方案科学有效，在被保护对象附近与爆区连线上设置爆破振动监测点，确保被保护对象振动速度不超过限值。

7 控制爆破效果及分析

通过控制爆破事前方案研讨及过程技术优化，溢洪道边坡开挖爆破过程中未对周边高压线路造成影响，附近民房没有发生任何损伤。边坡开挖坡面平整度良好，超欠挖满足规范要求，预裂残孔率达90%以上。爆破过程中未发生补炮现象。

溢洪道边坡开挖控制爆破效果显著，受到建设单位肯定和好评，施工中节约了火工材料和人力，取得了良好的经济和社会效益。

6.2 爆破飞石

按《爆破安全规程》规定：深孔爆破个别飞石对人员的安全允许距离不少于200m。

6.3 爆破冲击波

本工程采用孔内装药爆破，炸药能量主要用于岩石破碎和转化为爆破振动，其爆炸冲击波在对岩体爆破做功后在空气中很快衰减，不足以对建（构）筑物造成损害。

8 结语

爆破工程作为危大工程是项目管控的重点，也是技术难点。特别是边坡开挖加之周边有复杂环境限制，更需要选择合理的控制爆破技术。中国铜川市雷家沟水库溢洪道边坡开挖控制爆破技术，可以为类似工程施工提供有效的技术参考和借鉴。

参考文献

- [1] 杨贵. 水平预裂爆破开挖保护层施工技术 [J]. 中外企业家, 2012(10).
- [2] 张劲青. 浅析水电站左岸坝基柱状节理玄武岩保护层开挖精细爆破技术 [J]. 水电站设计, 2018(2).
- [3] 辛德武. 浅述用于堆石坝开挖的深孔梯段微差控制爆破技术 [J]. 中国集体经济, 2011(31).