

微差(梯级)爆破技术在水电站工程的应用

刘锦龙

(广东省水利水电第二工程局, 广东 增城 511340)

摘要:阐述了在微差爆破工程中如何根据工程的具体情况进行各种爆破参数的选择, 以便使爆破工程安全、顺利地进行。

关键词:微差爆破; 起爆网络; 大区多排孔; 间隔时间

中图分类号:TV542 **文献标识码:**B

1 工程概况

1.1 概述

梅江蓬辣滩水电站(洋陶坪坝址)位于广东省大埔县三河坝镇境内, 是梅江干流规划的四个梯级电站中的第四级。枢纽是以发电为主, 兼顾航运、结合旅游、养殖等的综合利用的水电工程。

水电站采用左岸船闸(单线一级)、右岸厂房(4×1.1万kW, 灯泡贯流水轮发电机组)、泄水闸(14m×9孔, 开敞式)居中的枢纽布置形式。水库正常蓄水位49.0m, 相应库容0.44亿m³, 总库容1.32亿m³, 水库具备日调节能力。电站装机容量约4.4万kW, 多年平均发电量1.69亿kWh, 电站建成后可通航300t级船舶。

1.2 工程地质

枢纽工程位于大埔—丰顺华夏式构造体系北部、中部构造带内。区内无明显的晚近期构造活动迹象, 也未见现代活动断层, 区域构造稳定性好, 地震基本烈度为Ⅵ度。

库区岩质岸坡为稳定岸坡, 土质岸坡普遍存在坍岸现象, 坝址区出露地层为侏罗系中统漳平群及第四系松散堆积层。漳平群下亚群为工程建筑物地基的主要岩体。该沉积岩岩性、岩相变化大, 主要岩石为: 长石石英细砂岩, 含泥石英粉砂岩、泥岩。

坝址岩体内有软弱层分布。建筑物建于弱风化岩体, 其埋藏深度较大, 属弱透水岩体。

2 爆破施工方案设计

2.1 爆区环境及开挖特性

厂房爆区周边环境及平面特性如图1所示。东、西、北三面为梅江(梅江流向自西向东), 常年通航100t级船舶, 南面紧邻开挖边坡住有十多户农家(距爆区最近约50m)及砼生产拌和系统。厂房建基面建在20.00m高程, 闸坝建基面在22.00m高程, 岩石出露高程在29.00m~32.00m之间。岩石开挖深度为: 厂房9m~10m, 闸坝7m~10m。岩石为长石石英细砂岩为主。

2.2 选择爆破参数

爆破参数包括孔径、孔深、超深、底盘抵抗线、孔距、排距、堵塞长度和单位炸药消耗量等。

2.2.1 孔径和孔深

孔径由钻机钻径确定孔径, 该工程采用液压钻钻孔, 孔径89mm。孔深由各部位不同台阶高度和超深确定, 大部分孔深介于7m~10m之间。

2.2.2 单位炸药消耗量 q 确定

确定单位炸药消耗量比较复杂, 影响因素较多, 归纳起来有岩石的爆性、炸药种类、自由面条件、起爆方式和块度要求等。选取合理的单位消耗量 q 值往往需要通过试验或长期生产实践来验证。该工程采用2#岩石硝铵炸药和乳化炸药, q 值参照《爆破工程》选用, 范围在0.43 kg/m³~0.56 kg/m³之间选用。

2.2.3 底盘抵抗线 W_1 的确定

根据钻孔作业的安全条件确定。

$$W_1 \leq H \sin \alpha + B \quad (1)$$

式中 W_1 ——底盘抵抗线; H ——台阶高度; α ——台阶坡面角, 取75°; B ——从钻孔中心至坡顶线的安全距离, $B \geq 2.0\text{m} \sim 3.0\text{m}$, 取2.0m。

2.2.4 孔距 a 和排距 b

$$a = mW_1 \quad (2)$$

$$b = a \sin 60^\circ = 0.866a \quad (3)$$

式中 a ——孔距; b ——排距; m ——密集系数, 第一排孔取1.0, 第二排孔取1.0~1.5。

2.2.5 每孔装药量 Q

第一排孔每孔装药量:

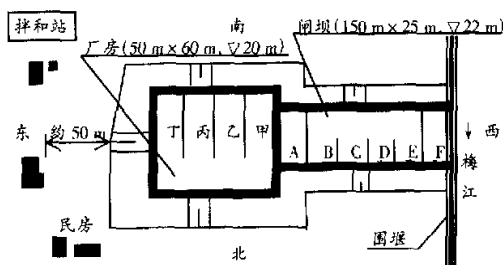


图1 爆区平面位置示意图

收稿日期: 2002-06-07

作者简介: 刘锦龙(1968-), 男, 助理工程师, 大专, 从事水利水电工程施工工作。

$$Q = q a W 1. H$$

一般取 1.1 ~ 1.2; 其余符号同前。

第二排孔起每孔装药量:

2.2.6 堵塞长度 L

$$Q = k q, a, b, H$$

堵塞长度 L 约取 25 倍孔径。

式中 k ——考虑受前面各排孔的矿岩阻力作用的增加系数,

各项参数的选择见表 1

表 1 $\Phi 89$ mm 孔径深孔爆破参数

部位	台阶高度/m	底盘抵抗 线/m	孔距/m		排距/m	M 值		炸药单耗 /(kg/m ³)	堵塞长度/m	装药量/kg	
			前排	后排		前排	后排			前排孔	后排孔
厂丙乙块	10	2.5	2.5	2.75	2.2	1.0	1.1	0.48	2.0~3.0	30	33
厂丙丁块	8~9	2.4	2.4	2.6	2.2	1.0	1.1	0.5	2.0~3.0	25	30
洞 A、B 块	8~9	2.4	2.4	2.6	2.2	1.0	1.1	0.48~0.5	2.0~2.8	25	30
洞 C、D 块	7~8	2.0	2.0	2.2	1.8	1.0	1.0	0.5	1.8~2.5	18	20
洞 E、F 块	7~8	2.0	2.0	2.2	1.8	1.0	1.0	0.5	1.8~2.5	18	20

2.3 爆破间隔时间的确定

间隔时间根据经验公式(6)来确定:

$$\Delta t = K W_{底} + L / V_c$$

(6)

式中 Δt ——微差间隔时间; K ——系数, 取 2 ~ 4 $\mu s/m$; $W_{底}$
——台阶底盘抵抗线; L ——裂缝宽度, 一般取 0.01 m;
 V_c ——裂缝开裂速度。

由于选用延时毫秒非电雷管作起爆器材, 间隔时间人为控制在 25 μs ~ 100 μs 之间。

2.4 起爆网络设计及装药结构

在实际施工中, 对不同部分实行不同的网络进行爆破, 并在爆破中采用非电毫秒雷管, 梯级爆破的网络线路敷设。孔内采用 MS-8 非电毫秒雷管起爆, 同一起爆排孔由导爆索或导爆管相连, 由 MS-5 非电毫秒雷管控制排间延期时间(孔外微差爆破)。现场施工中实施的起爆方案主要有以下 3 种: ①三角布孔, 对角微差起爆, 如图 2-a。②三角布孔, V 型微差起爆, 如图 2-b。③三角布孔, 波浪形微差起爆, 如图 2-c。3 种起爆方案的优缺点比较见表 2。

装药结构见图 3。

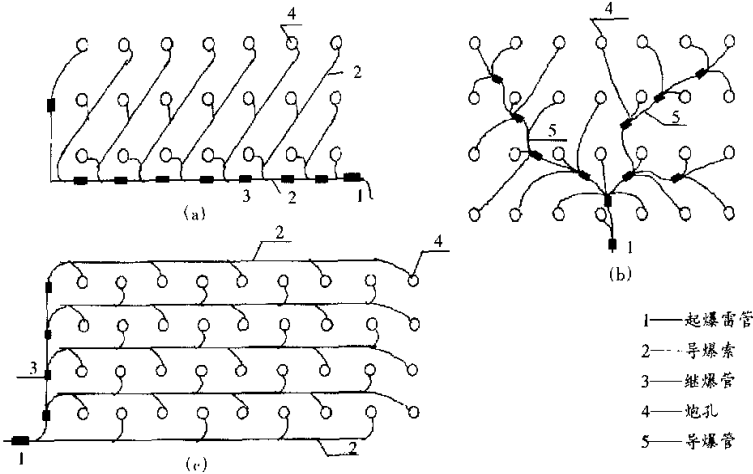


图 2 起爆网络图

表 2 起爆方案优缺点比较

起爆方案	优点	缺点
对角线起爆	降低爆破地震波和提高爆破质量, 后冲破坏小, 堆渣向一侧偏移	爆破网络联接比较复杂
V 型起爆	有助于减少夹制作用, 爆破效果良好	爆破网络联接比较复杂
波浪型起爆	爆破网络相对简单, 减震效果好, 为主要采用方案	向前推力小

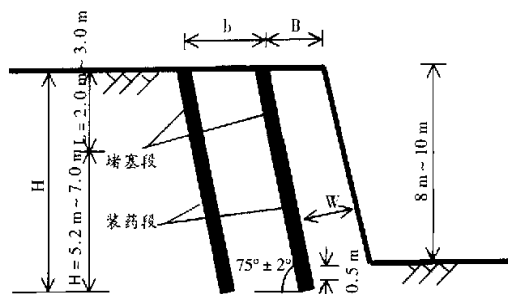


图3 装药结构图

3 爆破安全技术

爆区范围内有几户农民未搬迁,距离爆区约 50 m ~ 100 m 之间。爆破时安全控制显得尤为突出,尤其是飞石、空气冲击波和地震波等,因此需要设计一次爆破允许的安全装药量。

3.1 飞石

主要措施是控制单响炸药量,保证炮孔的堵塞长度和质量,采用 3 mm 铁皮在爆破体复盖防护垫等。

查阅有关露天台阶爆破的飞石资料,依据瑞典德汤尼克研究基金会提出下面的经验公式来估算台阶深孔爆破的飞石距离:

$$R_F = 15.74d \quad (7)$$

式中 R_F ——飞石的飞散距离; d ——深孔直径。

该工程在施工爆破中飞石对人员的安全距离作如下规定:裸露药包爆破法为 400 m、深孔和浅线爆破法为 300 m。

3.2 空气冲击波

在露天的台阶爆破中,空气冲击波容易衰减,波强较弱。它对人员的伤害主要表现在听觉上。允许最大单响药量的计算式如下:

$$Q = \sqrt{\left(\frac{\Delta P}{H \times 10^5 R^3} \right)^3} \quad (8)$$

式中 Q ——允许单响药量; ΔP ——空气冲击波允许值; H ——与爆破场地条件有关系数,主要取决于药包的堵塞条件和起爆方法; R^3 ——空气冲击波的衰减指数,参见表 3,选用即发起爆。

表3 不同起爆方法的 H 、 β 值

爆破条件	H		β	
	毫秒起爆	即发起爆	毫秒起爆	即发起爆
炮孔爆破	1.43	—	1.55	—
破碎大块时的炮眼装药	—	0.67	—	1.31
破碎大块时的裸露装药	10.7	1.35	1.81	1.18

R 为爆破中心到测点的距离,取 $R = 120$ m。最大人员承受空气冲击波的允许超压小于 5×10^3 Pa,根据式(8)得出允许最大单响药量为 329.7 kg。

则一次单响药量 329.7 kg 起爆产生的冲击波对 120 m 外的

人员不会受伤害。对在掩体内避炮的作业人员的安全距离按下式确定:

$$R_k = 25 \sqrt[3]{Q} \quad (9)$$

式中 R_k ——空气冲击波对掩体内人员的最小安全距离;

Q ——一次单响爆破的炸药量。

该工程一次单响药量控制在 50 kg 以内。则 $R_k = 92.1$ m。

故掩体需布置在距爆破中心 92.1 m 以外,该工程大部分掩体布置在距爆破中心 150 m 以外。

3.3 地震波

查阅资料,计算质点的振动速度:

$$V = k \left(\frac{Q^m}{R} \right)^a \quad (9)$$

式中 V ——质点振动速度; Q ——装药量; R ——测点到爆破中心的距离; m ——装药量指数,取 $m = 1/3$; K ——与爆破场地条件有关系数 100 ~ 150,取 $K = 120$; a ——与地质条件有关系数,取 $a = 1.5$ 。

控制单响爆破药量,取 $Q = 50$ kg。农民砖房到爆破中心最近距离 R 为 50 m,代入式(9),求得 $V = 2.4$ cm/s < 一般砖房允许安全振速 3 cm/s。故不会对 50 m 外的一般砖房等构筑物造成破坏。

依据爆破飞石、空气冲击波、地震波等设计单响爆破药量为 50 kg。

4 结束语

蓬辣滩水电站厂房及坝坝土石方工程量为 8 万 m^3 ,全部采用微差爆破,进度快,经济效益良好。

大区多排孔微差爆破选择不同起爆方法爆破效果有明显不同。采用三角形布孔对角起爆或 V 型起爆,可以形成小抵抗线宽孔距爆破,使深孔实际的密集系数增大,保证岩石破碎质量。

微差爆破间隔时间长短对爆破效果和地震效应具有重要影响。过短会影响爆破质量和无法改善地震效应,过长会破坏后爆孔的起爆网络。

严格控制单响爆破药量,故微差起爆分段越多,爆破振动越小,对周边人员及建筑物越安全。该工程在施工过程中没有发生一宗爆破安全事故。

采用反向起爆和保证堵塞质量,能有效防止高压气体从炮孔口冲出。

选取适合于爆破岩石的单位炸药消耗量,是决定微差爆破能否成功的重要一步。通过现场的试验,该工程岩石主要为泥岩、长石石英细沙岩和含泥石英粉沙岩,单位炸药消耗量介于 0.48 kg/ m^3 ~ 0.56 kg/ m^3 之间较适合,孔距为 2.2 m ~ 2.4 m,排距为 2.0 m ~ 2.2 m 的爆破岩石能得到充分松动,爆堆集中、底部相对较平整。

