

牡丹江二电厂贮灰坝定向抛掷爆破筑坝

杨人光 庞维泰

在各种复杂条件下,为了准确地确定定向爆破抛掷土堆的形状,作者提出了一种简单的机械模型——整体弹道抛掷法。这种模型是基于五十几次定向爆破筑坝的大量数据分析归纳的结果。在设计和构筑盛家峡水库时,应用了这种模型,虽然这种模型只在初始阶段,还不很完善。但是,它可以解释和验证几乎所有的爆破筑坝工程。当然这种模型还待进一步改善。

本文扼要地介绍了在筑坝时,怎样应用这种方法和设计的方法。文中并给出了爆破结果。

引言

用整体弹道抛掷法^[1]来设计定向抛掷爆破筑坝,已经用于盛家峡^[2]等几个爆破工程中,取得了较好的效果。这次难度较高的贮灰坝爆破工程,再一次验证了整体弹道抛掷法在实践中是可行的。至于该方法所采用的力学模型,虽然还比较粗糙,有待进一步研究、改善和充实,但作为设计方法,是可以供给设计人员作为参考依据的。

这次贮灰坝选址地形较差,缓坡 $25^{\circ}-32^{\circ}$,谷宽 ~ 150 米,规模也较大,抵抗线 ~ 45 米,用药量1020吨,属于有一定难度的大规模缓坡远抛距定向抛掷爆破。在设计中,又采用条形药包和前后排毫秒延迟爆破,这些都带来了新问题,需要在实践中进行探索。

施爆结果基本符合原工程要求。本文将对这次工程所用的设计方法作扼要介绍并对施爆结果进行分析。

这一爆破工程是在建材部建设公司李温平副总工程师的支持与指导下进行的。

以下,分五部份进行介绍。

一、筑坝地区的地形地质情况及工程要求

图(1)给出坝址两岸的地形。左岸山坡坡角 32° 左右,相对高度130米、山体厚实、等高线平顺,选定为主爆区;右岸坡角 $25^{\circ}-32^{\circ}$,相对高度80米,山体较薄,沿抛掷方向右侧有宽30米深7-8米冲沟,左侧为山谷出口,是三面临空的地形,对抛掷爆破不利,定为付爆区。两山平谷地区沟底宽 ~ 150 米。

地质情况,坝址附近地质情况较为简单,沟谷部位分布有第四纪现代冲积层,上部2-3米耕土,轻亚粘土、淤泥质亚粘土、粗砂混合层,下部为角砾。山体为海西期斑状花岗闪长

岩，表面有风化复盖层，主爆区较厚，付爆区较薄。

工程要求：贮灰坝一期工程，坝高30米，底宽120米顶宽5米。由于坝基为淤泥砂石夹层，如用人工机械修筑，要作清基处理。如用工程大爆破，利用抛体动能，使坝基有较好密实度，不必进行清基处理。而本坝为贮灰坝，对渗漏无特殊要求，故采用大爆破，费用与工期均可大为降低。由爆破负担坝体主要石方量，然后再用人工机械在此基础上进行整形加高到30米，其中要求爆破平均坝高20米，爆破抛掷上坝方量43万方，设计予计爆后整形加坝的方量为7万方。

二、力学模型的简要说明

①把爆炸对抛体的作用分为两个阶段，第一阶段为爆炸击波对介质的作用，形成破碎抛掷漏斗，漏斗的大小按工程经验公式计算；第二阶段为爆腔内高压作准静态绝热膨胀，推动抛体使抛体质心获得一定的初始速度 V_0 ，以后按初速 V_0 作弹道飞行，忽略空气阻力。整体弹道抛掷法主要研究这第二阶段。

②决定质心初始抛速的因素，为爆腔压力和重力。而爆腔压力的变化中，考虑了由于介质松散，爆炸气体有渗漏损失。经过简化，获得决定质心最大抛速的三个无量纲相似判据，即重力判据、比药量判据与渗漏判据。

$$\bar{V}_c = f(E_s, F_s, L_s)$$

式中： \bar{V}_c 为无量纲质心速度， $\bar{V}_c = V_c/V_p$ ， E_s ， F_s ， L_s 分别为比药量判据，重力判据和渗漏判据。

$$\text{其中 } E_s = \frac{a_p}{V_p^{1/3}}; \quad F_s = \frac{\rho_R V_{p_s} \cos \delta}{P_m a_p^2}$$

$$L_s = \frac{\lambda_r}{D} \frac{\rho_o a_p^4}{\rho_R^2 V_R}$$

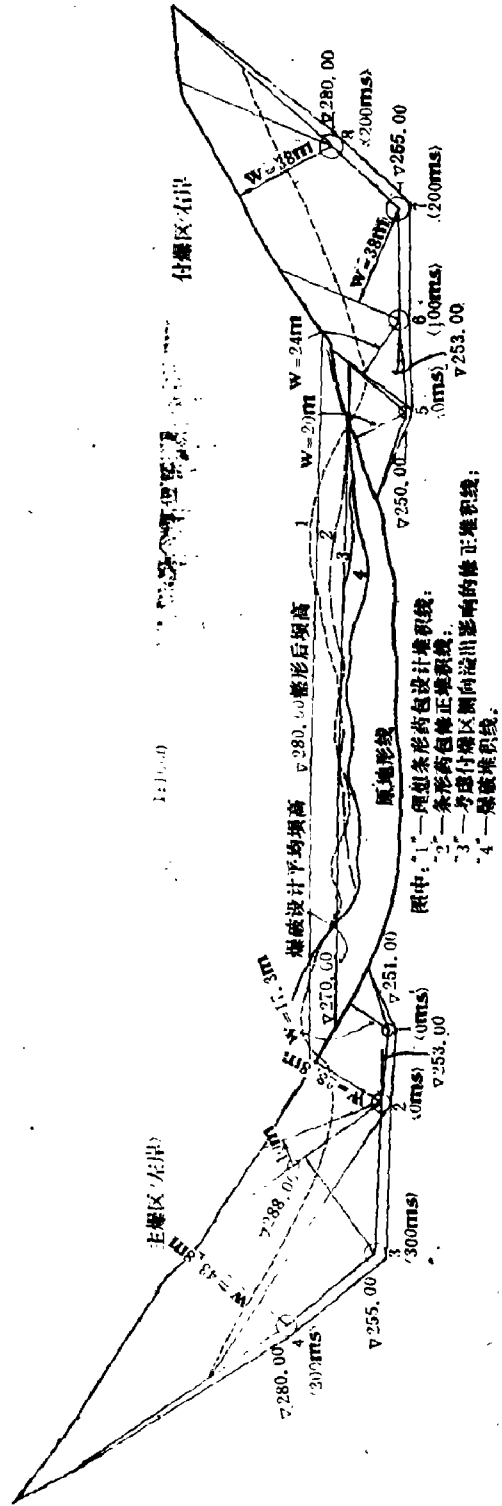


图1 堆积体断面图

式中 V_p —特征速度, $V_p = \sqrt{\frac{P_m a_p^3}{\rho_R V_R}}$;

$\rho_R V_R$ —介质密度及漏斗体积;

g —重力加速度;

δ —抛掷角;

a_p —第二阶段开始的初始膨胀半径;

D —等效岩块粒径;

P_m —对应 a_p 时的爆腔压力;

λ_T —紊流渗漏摩阻系数。 $\lambda_T = f\left(\frac{\Delta}{D}\right)$;

当炸药品种相同, 装药密度相同以及同类型介质情况下, a_p/a_0 , P_m 不变 (a_0 —药径), g —重力常数不变, λ_T —决定于岩块相对粗糙度 (即 $\frac{\Delta}{D}$, Δ —岩块表面粗糙度(米)), 其中 D —等效岩块粒径近似决定于同类型岩体天然层节理距。故均是介质常量。这样, 上述判据可简化为: (只差一个固定量纲常数) 即:

$$E_c = q^{1/3}, \quad L_c = W_p (\sqrt{n} q)^{4/3}, \quad F_c = W_p \cos \delta \left(\frac{q}{n} \right)^{2/3}$$

式中 W_p 为抵抗线, q 为单耗 (公斤/米³)。由上述判据看出, 构成判据的参量主要为 q 、 W_p 。根据工程资料分析, 在不同的 q 与 W_p 之下, 各判据起作用不同, 可分为下列几种情况:

a. 当 $1 \leq F_c \leq 14.8$ 时, 渗漏与重力相当, 抛速呈现几何相似:

$$\bar{V}_c = f_1(E_c) \quad (1)$$

b. 当 $14.8 \leq F_c \leq 21$ 时, 三个判据都要考虑:

$$\bar{V}_c = f_2(E_c, F_c, L_c) \quad (2)$$

c. $F_c \geq 21$, 渗漏次要, 主要考虑比药量与重力:

$$\bar{V}_c = f_3(E_c, F_c) \quad (3)$$

f 的函数形式, 对单药包, 据工程资料归纳得到为:

$$\text{令 } \bar{V}_c = \frac{V_c}{V_p}, \quad V_p = K_v \sqrt{0.188 n^{1/3} q^{5/6}}。$$

$$\bar{V}_c = f_1(E_c) = \left(\frac{1}{E_c} \right)^{1/2} \quad (1')$$

$$\bar{V}_c = f_2(E_c, F_c, L_c) = \left(\frac{1}{E_c} \right)^{1/2} \left(\frac{L_c \cos \delta}{E_c^2 \cdot 14.8} \right)^{0.24 \ln \frac{L_c \cos \delta}{F_c}} \quad (2')$$

$$\bar{V}_c = f_3(E_c, F_c) \approx \left(\frac{21}{F_c} \right)^{0.455} \quad (3')$$

当 $0.7 \leq q \leq 2.5$, 比药量 E_e 对 f_s 的影响不明显。

③把总抛体按特征分为若干部份, 对单药包和双药包, 以完整漏斗圆锥和角柱体作为一个抛体, 称单体(图2a、b); 对群药包分割为正体与偏体(正体以外的漏斗, 分上、下、侧偏体)(图2c)。各个分割体的比药量按其体积及从药包中心分割占有的炸药体积之比来计算。

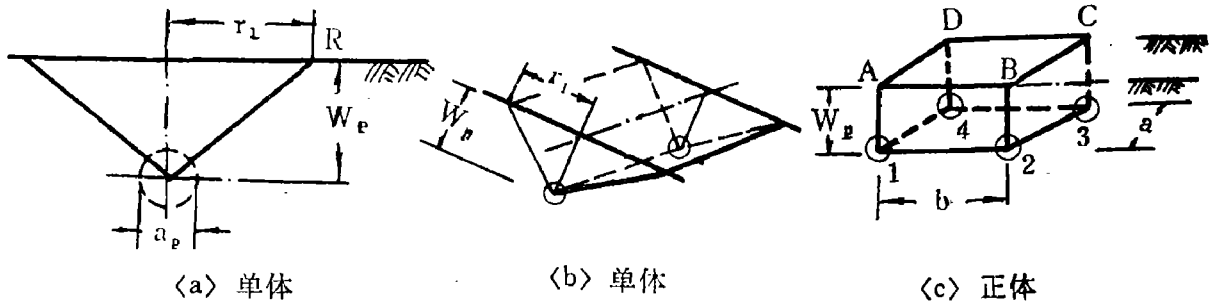


图 2

④各个抛体内的初始抛掷速度场按不可压缩流体模型来近似。这一速度模型主要用于确定每个分割体的抛散程度。

⑤每一分割体, 有了质心初始抛掷速度 V_c 以及由速度场获得的表面初始抛速与质心抛速之比 V_m/V_c 之后, 其抛落的堆积形状用三角形来近似。据动量守恒, 由质心抛距及最大抛距可定出最小抛距, 获得三角形底边长, 侧向抛散用经验式确定, 从而确定三角形底边宽, 再从质量守恒, 便可确定该分割体的抛掷堆积三角形。(参考图3)。最终的抛掷堆积, 由这些三角形叠加而成。

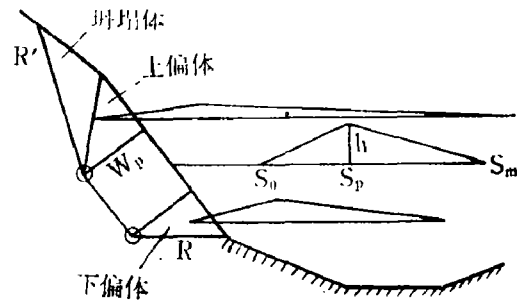


图3 抛体分部及抛掷示意图

三、设计方法及主要设计参数, 设计公式

根据坝址地形, 两岸山头相对高度低, 坡缓, 谷宽, 此类坝址地形对于设计定向抛掷爆破筑坝是很不利的。我们在技术措施上用两岸爆破, 埋设低高程药包, 前后排毫秒延迟和采用条形药包, 以克服远抛距、高抛角等不利条件, 并改善侧向抛散。后排设计大抵抗线延长药包, 满足最优比例抵抗线原理, 即:

$$F_u = \frac{W_p \cos \varphi_c}{\left(\frac{q_b}{m_a}\right)^{\frac{1}{2}}} \approx 21$$

(对应某一比药量, 有一最佳抵抗线值, 此时, 渗漏损失开始可忽略, 而重力影响开始变得显著, 对抛掷来说, 这是最佳参数)。

我们所采用的主要设计参数及公式。

①通过试验标准抛掷爆破漏斗常规参数 K_0 , β , μ , 及质心抛速系数 K_v 。

K_0 - 标准漏斗单耗。用下式确定

$$q = K_0(0.5 + 0.5n^2)W_p^2 \quad (4)$$

q - 柱形药包单位长度装药量。

β - 上破裂线参数; μ - 压缩圈系数; 用下式求得

$$R_{\perp} = W_p \sqrt{1 + \beta n^2} \quad (5)$$

$$R_{\text{压}} = 0.02 \sqrt{\mu q} \quad (6)$$

试验确定 $K_0 = 1.45 - 1.5$; $\beta = 2.5$; μ 取10。

抛速系数 K_v 由下式求得:

$$K_v = \frac{V_m}{1.2m^{2/5} \left(\frac{q_b}{m}\right)^{1/2}} \quad (7)$$

此式由下列三式导出:

$$V_c = K_v \left(\frac{q_b}{\sqrt{m}}\right)^{1/2} \quad [\text{式}(1') \text{用于条形药包中}] \quad (8)$$

$$V_m = \sqrt{\frac{q_b S_m}{\sin 2\varphi_m \left(1 + \frac{H_m}{S_m} \tan \varphi_m\right)}} \quad (\text{弹道抛掷公式}) \quad (9)$$

$$\frac{V_m}{V_c} = 1.2m^{0.4} \quad (\text{抛体前沿抛速与质心抛速比, 由不可压流场导出}) \quad (10)$$

式中 q_b - 考虑端部效应时的折合抛方单耗;

H_m 、 φ_m 分别为抛体前沿落差及抛角, 试验中为已知。 S_m 为最大抛距, 试验中求得。

$$m = \frac{a}{W_p}, \quad a \text{ 为条形药包间距。}$$

试验求得 K_v 值为: 后排岩体密实 $K_v = 18.9$; 前排节理发育 $K_v = 16.7$ 。

② 抛方单耗 q_b 和抵抗线 W_p 的确定

上面已由试验确定 K_v , 有了 K_v 后可按 (1', 2', 3') 等式来测定 q_b 和 W_p (条形药包下公式略有变化)。这一步骤计算与下面第③部份的计算是反复进行的, 根据工程要求的抛掷堆积体成型量及坝形来确定。在条形药包情况下, 质心抛速公式为:

$$q_b = \sqrt{m_a} \left(\frac{V_c}{K_v}\right)^2, \quad \text{当 } 1 \leq F_n \leq 14.8 \quad (11)$$

$$\frac{V_c}{K_v} = \left(\frac{q_b}{\sqrt{m_a}}\right)^{1/2} \left(\frac{F_n}{14.8}\right)^{1.429} \ln \frac{m_a W_p \cos \varphi_c}{21}, \quad \text{当 } 14.8 < F_n < 21 \quad (12)$$

$$q_b = \left(\frac{V_c}{K_v}\right)^{4/3}, \quad \text{此时 } W_p = 21 \frac{\left(\frac{q_b}{m_a}\right)^{1/2}}{\cos \varphi_n}, \quad \text{当 } F_n = 21 \quad (13)$$

$$\frac{V_c}{K_v} = q_b^{3/4} \left(\frac{21}{F_s} \right)^{0.4}, \quad \text{当 } F_s > 21 \quad (14)$$

$$\text{式中: } F_s = \frac{W_p \cos \varphi_c}{\left(\frac{q_b}{m_a} \right)^{1/2}},$$

$$q_b = q \frac{5.25 \left(\frac{q_b}{\sqrt{m_a}} \right)^{1/4} \frac{L}{W_p} \sqrt{m_a}}{1 + 5.25 \left(\frac{q_b}{\sqrt{m_a}} \right)^{1/4} \cdot \frac{L}{W_p} \sqrt{m_a}} \quad L - \text{装药长度。} \quad (15)$$

对于前排辅助药包，其目的主要为后排开辟理想临空面，抛方单耗只须由抛掷漏斗确定，(式4, 5)。但前排也参加抛掷堆积，计算其抛掷堆积时，须把 q 换算成 q_b ，然后按整体弹道堆积法计算。

③柱形药包的抛掷堆积计算

上面，已由 K_v 、 q 、 W_p 确定 V_c ，下面由 V_c 确定抛掷堆积三角形。公式如下：对正体：

$$\frac{V_m}{V_c} = \begin{cases} 1.2 m_a^{0.4} & m_a \geq 1 \text{ 时} \\ 1.2 & m_a < 1 \text{ 时} \end{cases} \quad (16)$$

$$\text{最大抛距: } S_m = \frac{1}{2} W_p \sin \varphi_m + \frac{V_m^2 \sin 2\varphi_m}{g} \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{2H_m g}{V_m^2 \cos^2 \varphi_m}} \right], \quad (17)$$

$$\text{质心抛距: } S_c = \frac{V_c^2 \sin 2\varphi_c}{g} \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{2H_c g}{V_c^2 \cos^2 \varphi_c}} \right], \quad (18)$$

$$\text{最小抛距: } S_o = S_c (2 - \lambda), \quad \lambda = \frac{V_m \sin \varphi_m}{V_c \sin \varphi_c}, \quad (19)$$

$$\text{最高点抛距 } \frac{S_p}{S_c} = \begin{cases} \lambda^2 - 2 - \frac{S_m}{S_c} (\lambda - 2) & \text{当 } \frac{S_m}{S_c} \leq 2\lambda - 1, \\ \frac{S_c}{S} + \lambda - 2 & \\ (4 - \lambda)/3 & \text{当 } \frac{S_m}{S_c} > 2\lambda - 1, \end{cases} \quad (20)$$

$$\text{当 } \frac{S_m}{S_c} > 2\lambda - 1, \quad (21)$$

横向抛散：如按条形药包理想抛散计算，坝顶宽等于条形药包长，其算式为：

$$\text{坝底宽: } S_l = \frac{S_c}{K \sin \varphi_c} \quad (22)$$

$$\text{其中 } K = \frac{1}{0.12 + 0.005 W_p}$$

$$\text{坝顶宽: } S_b = \frac{L}{2} \quad (23)$$

其中 L - 药室长， S_b - 坝顶全宽之半。

实际情况，坝顶宽必大于药室长度，要考虑横向抛掷，考虑修正后的计算式为：

$$\frac{V_{bL}}{V_{bc}} = 2.34 \quad (24)$$

其中 V_{bL} - 前沿横向抛速, V_{bc} - 质心横向抛速。

$$V_{bL} = (0.12 + 0.005 W_p) V_c$$

这样, 横剖面堆积情况如图(4)。梯形堆积上下底之比 $\frac{S_b}{S_L}$ 及横向坍塌系数 ξ 与 $\frac{L}{S_L}$ 关系如表(一)。

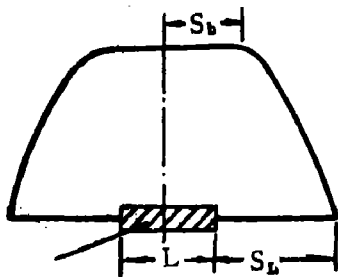


图4 柱形药包堆积横剖面示意图

表一

$\frac{L}{S_L}$	$\frac{S_b}{S_L}$	ξ
2.0	1.22	0.56
1.5	0.95	0.49
1.0	0.69	0.39
0.5	0.41	0.25
0.25	0.25	0.14

以上, 已求得堆积三角形的底边长, 顶宽, 底宽, 由质量守恒求得堆积高度,

$$h = \frac{2\eta A_s \xi}{S_m - S_c} \quad (25)$$

η - 堆积体松散系数;

A_s - 抛体体积。

若纵向堆积三角形底角 α 大于爆破稳定安息角 ($\sim 28^\circ$), 应按稳定安息角加以修正。坍塌体及侧偏体, 同样按稳定安息角坍塌。

上述是对正体计算的, 对上下偏体, 其抛速抛角按下式:

偏体前沿抛速: $V_{np} = V_m$,

偏体质心抛速: $V_{cp} = \frac{2}{3} \left(\frac{m_s}{n} \right)^{\frac{1}{2}} V_c$,

上下偏体抛角: $\varphi_{cp} = \begin{cases} \theta + 10^\circ & \text{下偏体,} \\ \theta - 10^\circ & \text{上偏体.} \end{cases}$

上述计算得到各抛体抛掷堆积参数列于表(二)。

堆积曲线见图(1), 其中曲线“1”是按理想横向抛散计算的, 曲线“2”是按修正的条形药包横向抛散计算的。

设计总爆方为100万方, 抛掷上坝44.3万方, 上坝率44.3%, 总药量1020吨, 抛方单耗2.26公斤/米³, 堆积体底宽193米, 马鞍点高度17米, 平均坝高20米, 爆后整形加坝方量为7万方。

表二 设计结果表

药 及 抛 体 编 号	包 室 长 度 (米)	药 量 (吨)	重 起 爆 时 间 (ms)	堆 积 形 状 (米)			底 宽 (米)	顶 宽 (米) *按修正值	V爆 (万方)	V上期 (万方)	E%
				S ₀	S ₁	S ₂					
1	正体	110.9	0	49	114	72	11.0		6.769	4.89	
	上偏体			14.0	82	48	17.0	76	8.53	3.89	59
	下偏体	25.3	0	0	77	30	4.2		1.503	1.17	
3	正体	216.1	300	109.5	208	140	16.2		22.557	11.28	
	上偏体			37.7	193	26.0	6.23	184	27.516	1.737	27.7
	下偏体	216.0	300	0	165	45.6	9.38		10.02	3.642	
5	单 体	63.5	0	0	173	73.4	10.0	193	14.3	8.475	59.3
		124.0	100								
7	正体	118.8	200	80	192	100	10.0		16.587	7.833	
	上偏体			-24	152	25	7.0	174	13.487	0.425	27.2
	下偏体	112.0	200	0	110	40	7.0		3.731	0.967	

主

爆

区

付

爆

区

四、关于前后排延迟时间问题

根据以往经验，在大规模抛掷爆破中，秒差延迟容易失误，其原因可能是前排坍塌漏斗已经或正在形成，而坍塌范围受爆区节理构造影响较大，使得后排抵抗线的大小和指向难以准确估计。根据国内外的经验，这次延迟时间决定采用毫秒延迟。

如何选定合理的延迟时间，我们提出两个条件以确定最短延迟时间：

①前排后部不影响后排前部的加速过程，就是说，为后排开辟充分临空面。设这一时刻为 t_{min} ，抛体的加速时间采用经验式：

$$t = \frac{K_a W_p}{\sqrt{K_a}} (ms) \tag{26}$$

式中 K 对岩石 $K_a \approx 10V$ $K_a = \frac{q}{W_p^2}$ ，

达到最大速度后，以后以等速运动近似。

前排后部速度以 $0.8V_{c0}$ 来近似， V_{c0} 为质心最大速度。设延迟时间为 t_{min} ，由后排前部加速时间内所走的路程等于前排后部在同一方向上所走的路程得：见图（5）。

$$t_{min} = \frac{t_{p0}}{2} + \left[\frac{V_1}{1.6V_{c0} \cos(\phi_1 - \phi_0)} - 1 \right] t_{p1} \tag{27}$$

式中 t_{p0} 、 t_{p1} 分别为前、后排加速时间；

ϕ_0 、 ϕ_1 分别为前后排抛角；

V_{c0} - 前排质心初始抛速；

V_1 - 后排前沿初始抛速。

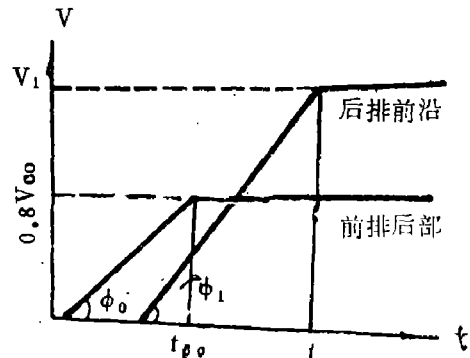


图 5

②要求前后排弹道运动过程中拉开一定的距离 l ，使之碰撞最小。由此求得一个 t_{min}^* 图（6）。 V_0 、 ϕ_0 为前排质心抛速、抛角； V_1 、 ϕ_1 为后排前沿抛速、抛角。

坐标取在前排质心初始位置上。后排前沿座标为 $(-x_1, -y_1)$ 延迟时间为 t_{min}^* 。则初始水平距离为： $a_x = x_1 + V_0 \sin \phi_0 t_{min}^*$

初始垂直距离为： $a_c = y_1 + V_0 \cos \phi_0 t_{min}^* + \frac{1}{2} g t_{min}^{*2}$

水平速度差为： $b_x = V_1 \sin \phi_1 - V_0 \sin \phi_0$

垂直速度差为： $b_c = V_1 \cos \phi_1 - V_0 \cos \phi_0 + g t_{min}^*$

t 时刻，它们距离为： $l^2 = (a_x - b_x t)^2 + (a_c - b_c t)^2$

要求前后排抛体空间距离 $\geq l$ ——某一定值，即：

$$\frac{\partial l}{\partial t} = 0$$

得

$$t_{min}^* = \frac{a_x b_x + a_c b_c}{b_x^2 + b_c^2}$$

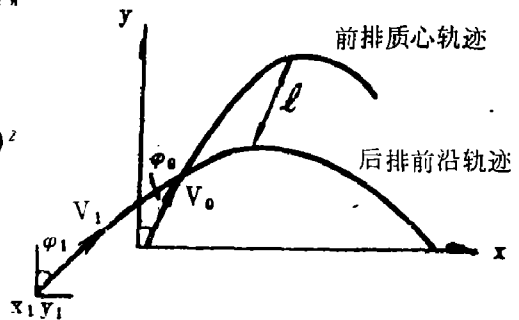


图 6

$$\text{代入得} \quad l = \frac{|a_1 b_2 - a_2 b_1|}{\sqrt{b_1^2 + b_2^2}} \quad (28)$$

我们取 $l = W_0 + W_1$ 前后排抵抗线之和, 即求得抛体运行过程中距离必须大于 $W_0 + W_1$ 时最小的延迟时刻 t_{\min}^* 。

以上二种计算模型分别算得 t_{\min} 和 t_{\min}^* , 以大的为准, 选用的延迟时间必须大于该值。

五、爆破结果及分析

爆破堆积线见图(1)。爆破结果与原设计比较见表(三)。

表三 爆 破 结 果 与 设 计 比 较

	上坝方量	平均坝高	坝底宽	坝顶宽	加坝方量
设计	43万方	20米	193米	理想修正 35米~68米	7万方
爆破结果	42万方	18米	200米	~70米	7.25万方
误差	-2.3%	-10%	-2.5%	~50%	-3.5%

总的爆破效果, 从工程要求来看, 达到预计要求。原计算爆后整形加坝方量7万方。爆后实测为7.25万方, 追加3.5%方量。

从设计分析的角度来看, 原给出两条爆破堆积线, 一条是按坝顶宽等于药室宽来计算的, 一条是引入条形药包横向抛散速度修正坝顶宽计算的。实际结果, 接近第二条曲线。

第二条曲线与实际堆积线比较, 实际堆积偏低, 如分为左、中、右三段看, 中段符合较好, 这部份方量主要由主、付爆区后排正体而来, 这说明对后排的比药量及堆积形状控制基本正确。但中段坝顶宽比予计的大, 因而中段方量比予计的要多。看来, 多出的方量是前排抛来的, 设计中前排抛掷距离估计小了, 原设计取前排 $K_v = 16.7$, 后排 $K_v = 18.9$, 是考虑到山体表层节理发育及复盖层影响, 实际上, 前排抵抗线~20米, 可以取 K_v 与后排一样。

左段比原设计马鞍点略低, 主要是坝顶宽的原因, 其次是前排抛远, 抛散比原予计的大所造成的。

差异较大的是右区的马鞍点。这是出于原设计之外的情况。出现这个新马鞍点的原因有二:

①付爆区三面临空, 后排正面抵抗线38米, 两侧约36米(条形药包端部计起)。当时对这种弧形三面临空对抛散影响估计不足, 如考虑到这一影响, 对公式(22)系数 K 作修正:

$$K = \frac{1}{0.26} + 0.005 W_p$$

系数值0.26介于单药包与理想条药包之间。

②付爆区前排5, 6药包, 是毫秒延迟爆破, 后排6号药包靠前排开辟临空面时差很短, 在这种情况下, 其横向抛散规律更接近于集中药包的规律。如把公式(22)系数采用单药包算式:

$$K = \frac{1}{0.46} + 0.005W_p$$

作了上述二项修正之后，对右段得曲线“3”。曲线“3”仍高于实际堆积线，其原因如左区解释一样。

总的看来，我们认为这次爆破设计中，药量计算、抛掷堆积计算及延迟时间选择上基本合适。施爆结果与原设计比较，并未发生重大失误。付爆区出现马鞍点，欠方偏大，原因如上述分析。对条形药包作抛掷爆破时的横向抛散问题，在这次爆破中得到新的认识。这方面的工作，有待从实践中得到更多的资料，进行深一步的探讨。

参 考 文 献

- [1] 农田基本建设中的定向爆破 陕西省水土保持局、西安冶金建筑学院合编
- [2] 论整体弹道法在盛家峡水库定向爆破筑坝中的应用 阎江 青海水利水电 1979. 3.

BUILDING THE RESIDUE DISPOSAL DAM WITH DIRECTIONAL-THROW BLASTING FOR THE SECOND POWER PLANT OF MOU DAN JIANG

Yang Ren-guang Pang Wei-tai

In order more accurately to determine the mound shape of ejecta and use the directional blasting for various complex conditions, the author presents a simple mechanical model—whole throwing bits of rock move and fall with ballistic path. The model is based upon the analysis and induction of large amount of data obtained from fifty or more directional-throw blasting dams. It has been used in the design and construction of Sun Jia Hsia Reservoir, though the model is only in its preliminary stage and far from complete. However, it can explain and demonstrate almost all practical blasting events of building dams. Certainly, there is more room for the improvement of the model.

This paper briefly presents the design method, and demonstrates how it is used in the dam construction and the result obtained after detonation is also included.