

定向爆破

賀家坪土法定向爆破筑坝技术介紹



邯鄲專員公署水利局編
河北人民出版社

定向爆破

賀家坪土法定向爆破筑坝技术介紹

邯郸专员公署水利局編

河北人民出版社出版(天津市河西区尖山二号路)河北省书刊出版业营业登记证第三号

河北人民出版社印刷厂印刷 河北省新华书店发行

787×1092 1/32·1— $\frac{1}{8}$ 印张·26,000字 印数: 1—1,450册 1960年4月第一版
1960年4月第一次印刷 统一书号: T15086·114 定价: (7)0.10元

前 言

所謂定向大爆破筑坝，就是人們借用炸药爆炸的力量，让高山峻岭服从調遣，把它搬到我們預想的地方，堆成拦河大坝，造成水庫。这一方法是我們的老大哥苏联首先发明而且得到广泛应用的。在1958年大跃进中，我們学习了这一先进的施工方法，于1959年1月，在邢台县东川口水庫进行了一次大規模的試驗，共装药194吨，一下子就把約24万立方米的山头掀了起来，堆成了长达100多米，高达22余米的堆石坝。东川口大爆破是在中央及省的直接帮助下，大部分是用洋办法洋机械完成的。那么，能不能用土办法搞定向大爆破呢？邢台县路罗人民公社的社員得出了肯定的回答。这个公社，充分吸收了东川口定向大爆破的經驗，从1959年的4月份开始到10月份，仅抽調了50名社員，完全用鉄錘加鋼钎的土办法，就一連搞成了賀家坪和黑老婆潭两座中型水庫的定向大爆破筑坝，并且成果非常出色，石方有效利用率达到98%，打破了世界定向大爆破筑坝中石方有效利用率50—70%的纪录。在历代水工史上，象这样的事有誰敢想一想呢！然而在今天，一个年青的新生的人民公社就把它变成了现实。現在，这种施工方法在邯鄲地区已普遍采用。

为了使这一先进技术广泛地得到运用和提高，在加速水利化的进程中，發揮其巨大威力，我們把这个普通农民創举的成功經驗，編写成这本小册子，供各地参考。但是，我們由于受水平所限，很难完全准确地反映土专家們这二十分精采的創造，而且很可能有差錯的地方，因此，我們誠懇地希望得到批評和指正。

編 者

1959年12月

目 录

一、定向大爆破筑坝的优越性.....	1
二、定向大爆破筑坝最基本的理论基础.....	2
三、贺家坪定向爆破的勘查及设计.....	5
四、贺家坪定向爆破的施工.....	21
五、贺家坪定向爆破的效果及几点体会.....	29

一、定向大爆破筑坝的优越性

(一) 进度快，用劳动力少。原賀家坪水庫預建40米高的浆砌石坝，需要30万工日，如按每天上庫劳力300人計算，也得干三年才能完成。可是路罗人民公社全公社仅有7,000个劳力，除向外調2,200个劳力参加工业及公路建設之外，还得經管全社16,000亩田地及副业林业和牧业，在这种劳力十分缺乏的情况下，想完成这座水庫真是比登天还难。可是改用定向大爆破筑坝法后，只抽調了25个劳力，花4个多月的时间，仅投工3,000个便基本完成了。如果加上整理用工也不会超过1万个工日，这样就大大縮短了工期，减少了劳力数目。这种办法在劳力少、水土保持工程量大的深山区最适用。

(二) 施工不受气候、季节的限制，在风雨雪雹或冷热的天气下均能正常挖洞施工。

(三) 需用的大型机械設备少，施工場地容易布置。賀家坪施工中，除用了一台48瓩发电机之外，其他都是鋼钎、鉄錘等上工具，也办成了大事。

(四) 工程造价低。原賀家坪水庫浆砌石坝造价起碼需80万元，現在連炸药費、工人工資費（因为属公社自办，实际未发工資，只在公社記分），以及整理費用等全部合在一起，也不会超过30万元，同前种比較就节省投資50万元。

二、定向大爆破筑坝最基本的理论基础

(一) 药包爆炸对周围介质的影响: 所谓介质, 简单的說, 就是被爆破的物质, 如岩石、土等等。介质又有均匀介质及非均匀介质之分。如果被爆破的地方只有单纯的一种构造相同的物质构成的, 我們就叫它均匀介质, 如果被爆破的地方是由多种物质构成的話, 就叫它为非均匀介质。由于定向大爆破筑坝一般仅涉及到一个范围比較小的峡谷山坡, 所以定向大爆破筑坝大多数情况可以认为是在均匀介质上进行的。

药包在均匀介质中进行爆炸的影响, 按药包埋設情况, 可分两大类: 第一类如图 1 所示, 把定量药包埋在很深的山坡心脏

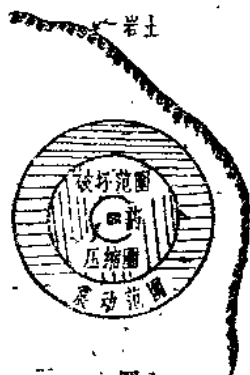


图 1

脏以內, 进行爆炸, 这当然对介质表面是无什么影响的, 石土也不会飞起; 此时, 药包对周围介质的影响程度, (如图 1) 成圆圈形状向外扩张。由药包向外第一圈內的介质被压缩成为粉碎, 因此叫它压缩圈; 第二圈的介质受到破坏, 产生断裂及破碎现象, 此圈叫它为破坏圈; 第三圈內介质只被震动, 但不发生破坏, 此圈叫震动圈。这种药包不

能給我們出产筑坝材料, 所以不是定向大爆破所研究的对象。

第二类作用, 如图 2 所示。假定把定量药包埋設在較浅的山坡中, 这样当药包爆炸之后, 就会形成压缩圈、抛掷圈、松动圈及震动圈, 并且在抛掷圈內的介质不但被破坏, 而且被推

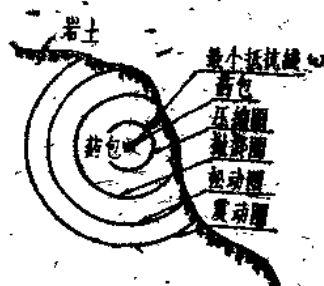


图 2

抛出山坡之外。定向大爆破筑坝的材料大部分就出产在压缩圈、抛掷圈及松动圈的綜合大圈圈里。这个綜合圈总称为破坏圈，其半径叫破坏半径，用“ R ”来表示。

(二) 定向大爆破筑坝的基本原理：所謂定向大爆破，就是要岩石按着指定的方向集中的抛出。如何才能达到此目的呢？为了解答这

个问题，让我们先介绍一下苏联科学家们所做的两个試驗吧：如图 3 (a) (b) 所示，将两个重量相等的药包，埋在同样深的地平面下，但一个为水平地面如图 3 (a)，一个挖成弧形坑

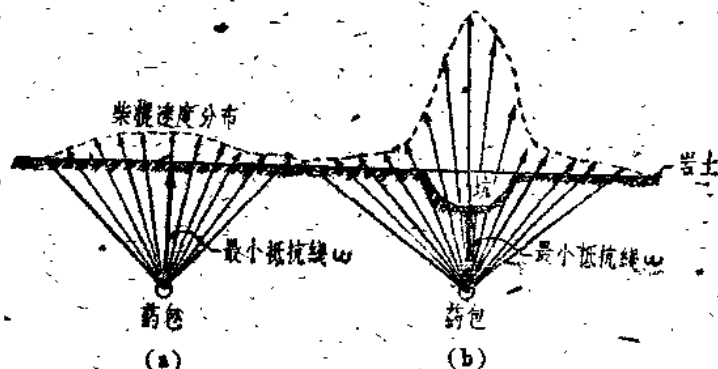


图 3

如图 3 (b)，再把細小的柴棍撒在药包頂上的地面及坑面上，然后进行爆破。爆破时从細小柴棍飞掷情况分析，沒有坑的柴棍获得的飞掷破度分布較均匀；而有坑的細小柴棍所获得的飞掷速度变化极大，靠近距药包最近的一点“B”的細小柴棍速度最大，飞掷的破远，約为无坑相应部分的 7 倍。药包之上的

物质也是沿着“OB”方向集中抛出地面的。发生这种差别的原因是什么呢？这是因为“B”点附近的柴棍及介质距离药包最近，获得爆炸能量最大的缘故。科学家们为“OB”即由药包中心至地面——临空面最近的距离，起了个名字，叫药包最小抵抗线，通常以“W”表示。

从以上试验的现象看，我们不难得到这样的一个基本概念：当药包爆炸时，被爆炸的介质是首先而且集中的沿着药包最小抵抗线方向抛出的。根据这一道理，假如我们把药包埋设在如图4那样凹曲的山坡中，并且使各药包的最小抵抗线方向

都向坝址中央集中，这样各药包爆破时，大量岩石不就集中的被抛掷到坝址范围以内造成了大坝吗！

要想使各药包最小抵抗线良好的向一点集

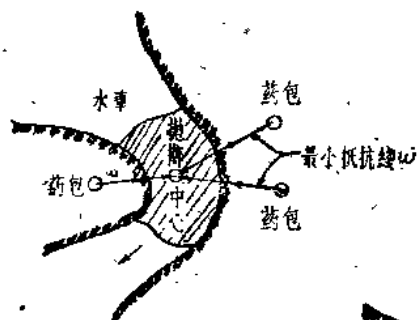


图4

中，必须要求有足够的凹面。这种凹面是如何造成的呢？其方法有两种。一是利用天然良好的凹形河谷，如图4所示；二是在笔直或凹度不大的河谷，如图5所示利用前排辅助药包先行爆炸，为后排主药包造成凹面，达到最小抵抗线

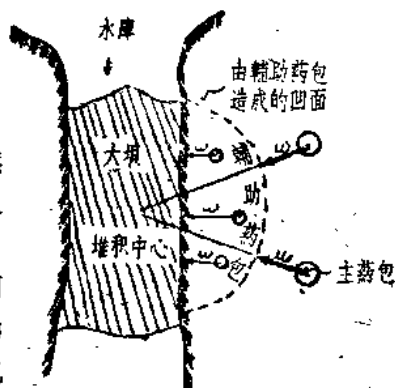


图5

“ W_1 ”及“ W_2 ”向坝轴集中的目的。前一种就是贺家坪所用的方法，后一种在东川口工地已运用，效果都很好。

贺家坪水库25名土专家，在他们的实际工作中充分的贯彻了上述基本理论，巧妙地利用了有利的自然地形，采用了两岸布置药包，同时爆炸的方式，获得了出色的效果。

三、贺家坪定向爆破的勘查及设计

(一) 如何选择定向大爆破筑坝坝址：适合定向大爆破筑坝的坝址条件有：

1、坝址河谷越狭窄越陡峻越好，有倒坡的峡谷更好。此种地形，可以用较少量的炸药炸落多量的岩石。

2、河谷的山头高度至少超过河宽及预计坝高的1.5—2倍。

3、河谷突然拐弯的深山谷，是定向大爆破筑坝的良好条件。这种地形本身具有足够的凹面，不用设辅助药包，就可使各药包的最小抵抗线向一个方向集中，形成岩石抛掷中心，达到定向的目的。

4、岩石节理裂隙分布均匀，并且使主要节理方向能够对称于坝轴上下游两侧的河谷。

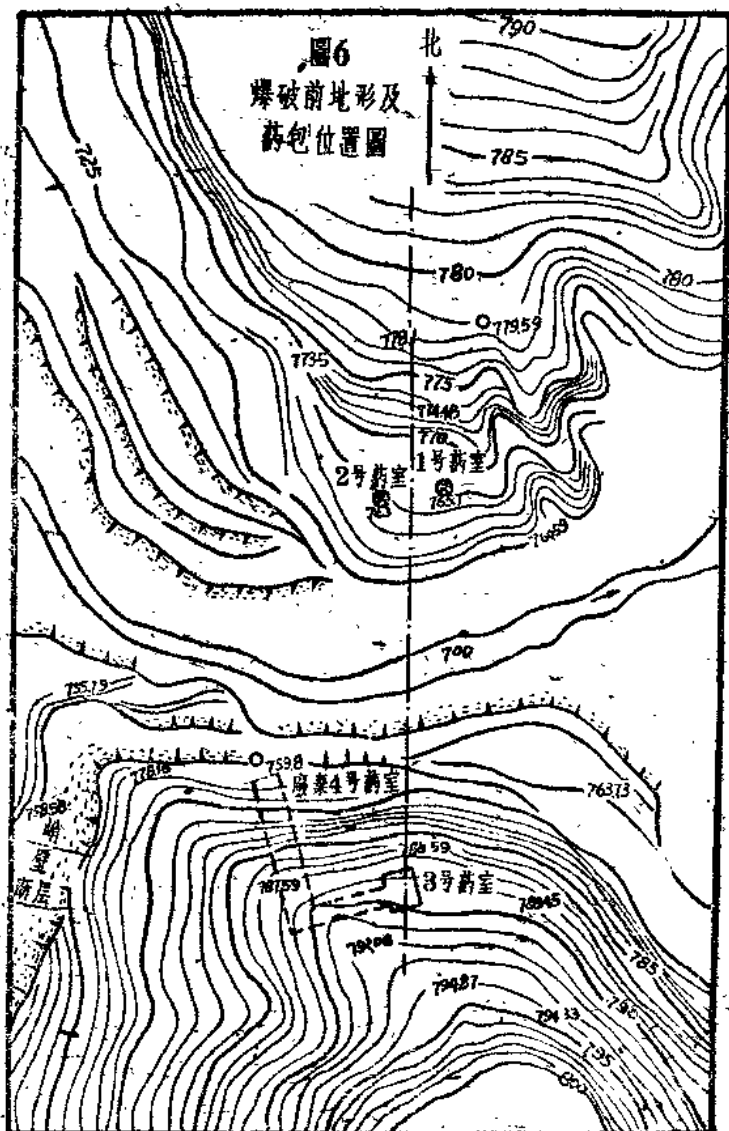
5、岩石中无裂隙泉水，即地下水位较低的河谷。这可以减少或消灭导洞及药室排水的困难。

6、坝址透水性小，且有足够的存水肚子的地形。

贺家坪水库坝址地形地质基本合乎以上几个条件。具体情况介绍如下：

1、地形：坝址两岸山高陡削，比河底高80—105米（见图6），在760米高程以下（假定自然河底高程为700米）河谷

圖6
爆破前地形及
藥包位置圖



呈矩形，有时有倒坡，平均宽为14米；在780米高程以上，河床变成梯形，形成截坡，平均坡度约40—50度。坝址右岸上下游有两道冲沟，截断连续性岩层，使之形成长约70米的凸形山头；左岸山头也呈凸形，这种地形，使药包抵抗线过于分散平等，应严格控制装药量，以防爆破的岩石飞散。

2、地质及水文地质：左右岸均为褐色石英砂岩，与东川口水庫爆破工点岩性相同，其比重约2.6公斤/分米³，属11级岩石。岩层倾向上游，倾角5—10度。右岸岩石层理较明显，一般每层厚2—3分米最厚达1米，裂隙少，上下游冲沟内有数道断层。左岸岩石节理发育，多裂隙，在下游临空面上有两道断层，估计会影响抛掷方向。坝址附近多裂隙泉水，估计洞内可能见水，但挖成药室后，仅略显潮湿，只下雨后，在3号洞室内有浸水现象。

(二) 药包布置及规划：爆破效果好坏，与药包布置有重大关系。本工程开工时，无有地形图，民工们就到工地用目估，反复讨论研究进行布置，他们参考东川口水庫定向大爆破筑坝经验，结合坝址处狭窄的地形条件，规划布置中考虑了如下问题：

1、需要爆破总石方量的估算：

需要爆破的石方量 v = 有效石方（堆在坝内石方）+ 损失石方（抛掷到坝外的石方）。各部分求法是：

(1) 坝体需要的石方量（有效石方）估算：此值大小与预计坝高、河床宽度等条件有关系，他们是用如下式子考虑的：

$$v_p = \frac{H \cdot l (mH + b)}{\alpha}$$

式中： v_p ——需要的密实有效石方量（立方米）；

H ——预计坝高，贺家坪水庫预计堆石筑坝高 H 为

35米;

l ——坝址河床平均宽度，即平均坝长=14米;

b ——堆石坝顶宽，粗略认为 $b=4$ 米;

m ——爆破后，堆石坝迎背水面坡度。此值是根据地形、药包布置的好劣情况、河床宽度等具体条件估算的，各药包最小抵抗线方向越集中，河床越窄狭，“ m ”值则越小，即堆成的坝体越陡。因贺家坪坝址处，河窄陡峻，药包布置认为较理想，估计抛掷石方一定较集中，所以假定 m 值就等于自然堆石的坡度 $m=1.5$ 。

α ——岩石的松散系数。根据东川口大爆破的经验，1立方米密实岩石，爆破堆积后，可以形成1.3立方米松散岩石，所以粗略的选用 $\alpha=1.3$

最后得到药包爆破有效石方应为：

$$v_p = \frac{30 \times 14 \times (30 \times 1.5 + 4)}{1.3} = 15,800 \text{ 立方米}$$

(2) 爆破损失石方估计：炸石头不散切豆腐，要一两切一两那样准确，分厘不差，虽然是“定向”爆破，但也是有一定数量的损失。如果地形条件好，药包布置也好，就少损失些，如果河较宽，山坡又平缓，河段又较直，药包最小抵抗线的方向再较分散，当然损失的就多些。目前还未有一个较肯定而精确的式子来计算这种损失，而是根据具体情况灵活的进行估计的。在一般初步设计中，常粗略的按有效石方占总爆破石方量的50—75%，即损失25%—50%进行计算的。贺家坪水库的土专家们，充分的考虑了有利的地形条件，大胆地把石方损失比数降为15%，即石方有效利用率 $p=85\%$ 进行计算的。

$$\text{这样，需要爆破的总石方量 } V = \frac{v_p(\text{有效石方})}{p(\text{石方利用率})} = \frac{15,800}{85\%}$$

=18,600立方米。

2、药包在平面上位置的确定原则是:

(1) 各药包具有一定长度的最小抵抗线,即要把药包埋在距河床一定距离的山头心脏以内,保证爆破出上述所需要的总石方量“V”。

(2) 在山坡上布置一排排多个药包时,为了避免把间距设的过大,使爆破后药包之间的岩石不能全部炸出而残留石楔,或间距过小造成炸药浪费,故需要使药包在计算间距之内。在山谷斜坡上布置药包,其间距可采用经验公式:

整石地带 $a = \omega \sqrt[3]{f(n)}$; 碎石软石带 $a = n \cdot \omega$

式中: a ——药包间距(米);

ω ——最小抵抗线(米);

n ——爆破作用指数。

$f(n) = 0.4 + 0.6n^3$, $\sqrt[3]{f(n)}$ 可根据所选用的 n 值

由表1查出。

表1 $\sqrt[3]{f(n)}$ 值成果表

爆破作用指数 n	$\sqrt[3]{f(n)}$ 值
1.00	1.00
1.25	1.18
1.50	1.34
1.75	1.53
2.00	1.73

(3) 保证各药包最小抵抗线的方向都向坝址中央集中,以便形成岩石抛掷中心,并且保证在其他方向有足够的抵抗线长度,以防止岩石的分散抛掷。他们根据这些原则,先在左岸山头上打了两个探井作为药室,1号药室深12.3米,2号药

室深9.6米，間距7米（較計算值小4.6米），在井底又向山內掘進，至1號藥室為1.4米，2號藥室為1.2米後，因通風排氣困難，民工下井後，常發生中毒事故，故不能再向山內掘進，只好就依此拐段做為藥室。這樣兩藥包最小抵抗綫僅10米，爆得石方很少，不能滿足要求，故而又在右岸山腰上開鑿了一個“F”形導洞和兩個藥室（詳見圖6），裝藥前，經測量證明，如果將4號小藥室去掉不裝藥，則3號大藥室之最小抵抗綫方向恰好通過1號及2號藥包的連綫中點，這樣1、2、3三個藥室形成三角形，其爆破拋擲集中中心綫即填軸綫，就為三角形底邊1號—2號的中綫，這樣就會使拋擲石方達到高度的集中程度。

3、藥包高程確定原則是：

（1）要求爆破後藥包松動的范围應高於填頂，以免引起坍塌，影響蓄水。

（2）為了避免冲天炮，這不到預期效果，要求把藥包埋設在一定深度，一般的要求，由藥包中心到山頂的鉛垂深度，要比最小抵抗綫長度大1.3倍，即：

$$\frac{\text{藥室中心至山頂之垂直高度} H}{\text{藥包最小抵抗綫} \omega} \geq 1.3$$

（3）有足够的石方量，以滿足上述填体的需要。

根據以上原則，布置結果如圖7。

4、對上述藥包布置結果的校核：雖然上述藥包布置是根據我們所需要爆破的石方量進行的，但布置的結果，究竟能否達到我們的要求，這就需要我們按着上述布置情況，求出藥包能够爆落的總方量，如果這一總石方量，恰好等於或大於我們所需要的石方量的話，則證明藥包布置的正確，否則應重新更動藥包位置，另行布置。

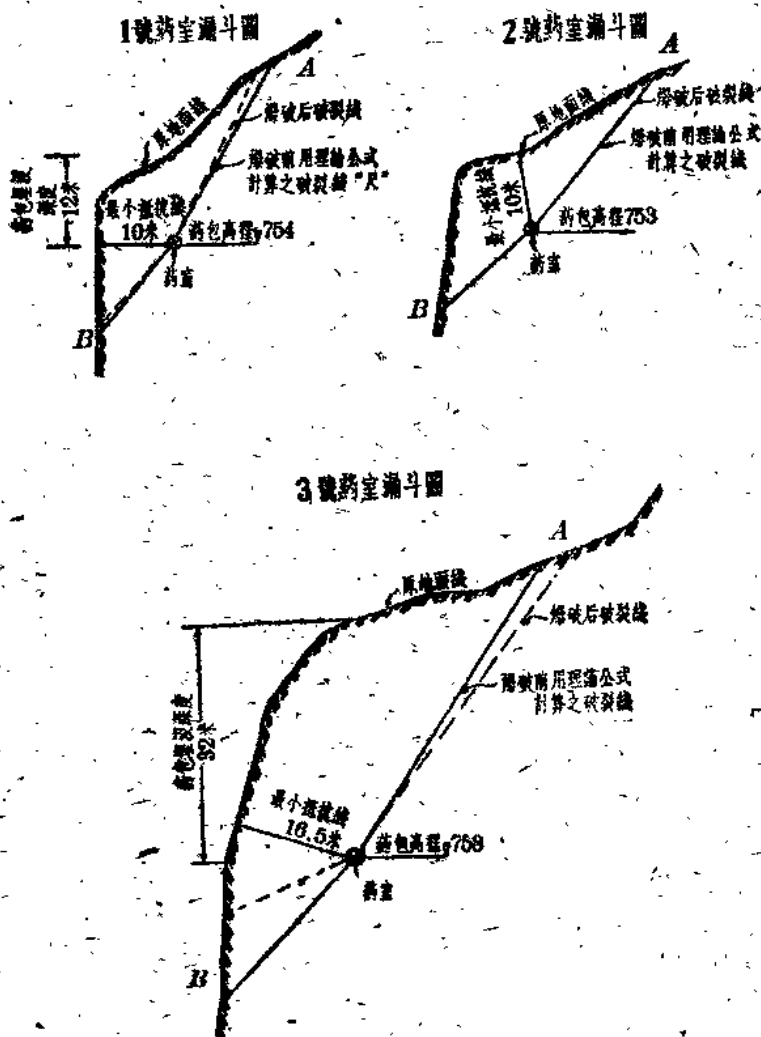


圖 7- 爆破前後漏斗比較圖

药包爆破石方量的计算，目前还未有一个较简单而精确的方法，他们在计划中是这样考虑的：

每个药包爆破的石方数量 $V = \text{药包抛掷漏斗面积 } F \text{ 乘以药包间距 } a$ 。

(1) 抛掷漏斗面积“ F ”的估算：因爆炸作用而把岩石抛出山坡以外所形成的凹坑，就叫抛掷漏斗。由于贺家坪工点山陡而狭窄，所以爆破时，除抛掷的石方落于河中央外，其余因重力及爆破震动作用而塌落的石方，也必落于河谷中，因此实际上“ F ”的近似值就等于爆破漏斗的面积。

此值的估算方法及步骤是：首先在沿最小抵抗线方向切的河谷横断面图上找出药包位置（见图7），然后用公式 $R = \omega \sqrt{1+n^2}$ 算出爆破下坡破裂线长度，用公式 $R' = \omega \sqrt{1+\beta n^2}$ 算出爆破上坡破裂线长度，并以药包中心为圆心，分别以 R 、 R' 为半径划弧交坡面两点 A 、 B ，求得 AQB 以内的面积，即粗略的认为等于爆破漏斗面积。

以上式中： ω ——爆小抵抗线长度（米）；

n ——爆破作用指数，采用1.25；

β ——考虑岩石重力及爆破震动的破坏作用系数，由表2查得。1号及2号药包选用 $\beta = 3$ ，3号药包 $\beta = 4$ 。成果见图7。

表2 破坏作用系数表

地 面 坡 度	F 值	
	土质、软石、次坚石	整石带及坚硬坚石
20~30°	2~3	1.5~2
30~50°	4~6	2~3
50~60°	6~7	3~4

(2) 药包破坏岩石的平均宽度 a 值, 粗略的用药包间距公式 $a = \omega \sqrt[3]{f(n)}$ 进行估算的。

根据上述方法, 由图 7 中估算之结果 (见表 3), 1 号 2 号 3 号药包总爆落石方量为 20/40 立方米, 已能够满足坝高 30 米的石方量之需要, 所以证明上述药包布置是较理想的。

表 3 药包爆破石方量计算表

药室 编号	最小抵抗 线 ω (米)	抛掷指数 n	漏斗面积 F (平方米)	岩石破坏 宽度 a (米)	爆破密实石方量 $V = F \cdot a$ (立方米)
1	10	1.25	240	12	2,880
2	10	1.25	230	12	2,760
3	18.5	1.25	750	18	14,500
合计					20,140

(三) 装药量确定:

1、目前最常应用的装药量计算公式有:

当最小抵抗线 $\omega < 25$ 米时, 采用魏列斯闊夫公式:

$$Q = mk\omega^3(0.4 + 0.6n^3)$$

当 $\omega > 25$ 米时可采用修正后的魏列斯闊夫公式:

$$Q = mk\omega(0.4 + 0.6n^3)\sqrt{\frac{\omega}{25}}$$

或采用保科罗夫斯基公式:

$$Q = \frac{\gamma}{30000} \omega^{3.5} (1 + n^2) \quad (\text{此式中 } \gamma \text{ 为岩石容重})$$

家坪工点 $\omega < 25$ 米, 所以应用:

$$Q = mk\omega(0.4 + 0.6n^3) \text{ 公式进行计算。}$$

2、公式内参数的确定:

(1) 爆破抛掷每立方米岩石所消耗的标准炸药量 “ K ” 值的确定, 目前一般选用 “ K ” 值的方法主要有: