

# 水下钻孔爆破微差爆破法的应用

李 芳

(辽宁有色勘察研究院, 沈阳 110002)

**【摘要】** 当爆区距周边被防护物较近, 最大齐发药量受到限制时, 微差爆破是一种安全有效的爆破方法, 积累了水下爆破施工的经验。

**【关键词】** 微差爆破; 微差时间; 爆破参数

**【Abstract】** Short-delay blasting is a safe and effective blasting method when explosion region is near by protection object and maximum simultaneous dynamite is limited. The experience underwater explosion is obtained by the practical application.

**【Key words】** Short-delay blasting; tiny difference time; blasting parameter

## 0 引言

绥中发电厂是“八五”期间国家重点能源建设工程项目, 为辽宁省目前最大的一座在建电厂。海水取水港池水下爆破及清运渣工程是该工程的重要配套工程。由我院基础工程公司承担完成。由于爆破与港池防波堤同时施工, 且爆区距防波堤较近, 防护标准限制了最大齐发药量, 通过采用微差爆破的方法, 既控制了齐发药量不超出安全范围, 又不减少爆破总量, 保证了爆破施工速度, 安全、低耗、保质保量地完成了工程施工任务。

## 1 工程概况

### 1.1 工作场区位置及范围

绥中电厂位于辽宁省绥中县前所镇, 南邻渤海。港池水下爆破及开挖工作区位于厂区南部渤海潮间和浅海海域, 其范围(见图1): 长 585 m, 底宽 200 m, 两边坡度 1:1, 开挖标高-5.00 m, 爆破石方量 209 462 m<sup>3</sup>, 设计炮孔 11 235 个, 总进尺 42 330.98 m, 清运渣量 261 263 m<sup>3</sup>。

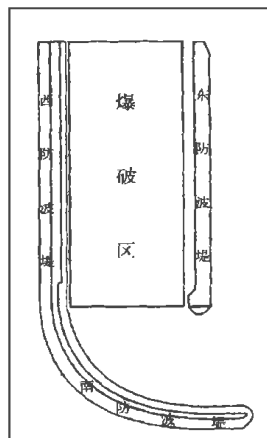


图1 水下爆破工程平面位置图

### 1.2 场区工程地质概况

场区为海岸水下岸坡地段, 海底地形平坦, 地势北高南低, 坡度 1/100, 等深线与海岸线近平行。

爆区内地层上部为中、粗砂, 下部为下太古界混合花岗岩。

砂土: 黄褐色、灰黑色、松散、局部混少量

**作者简介:** 李芳, 1962年生, 女, 工程师。1984年毕业于沈阳黄金学院地质系。现任辽宁有色勘察研究院技术质量科科长, 并担任中国有色金属工业总公司工程勘察系统优秀质量管理QC小组评审会评委。

淤泥。主要分布于场区西南部。厚度 0.5~2.5 m。

混合花岗岩:肉红色,中粗粒花岗变晶结构,块状构造。主要矿物成份为长石、石英,在开挖深度内呈强~中风化。岩石坚固系数(普氏分级) $f=8$ ,属中等硬度岩石,相对体积质量 2.7,抗压强度 110 MPa,抗拉强度 5.3 MPa,泊松比 0.25。场区北东地段上部无砂层覆盖。岩体内局部石英岩脉发育。

### 2 微差爆破

微差爆破(毫秒爆破)是指浅孔或深孔间以毫秒时间间隔分组,按一定间隔顺序起爆的一种爆破方法。由于先后各组钻孔起爆的间隔时间很短,一般在几毫秒到几十毫秒之间,使被爆岩石体内,存在着利于破碎的相互作用。其主要优点是:①降低了同时起爆大量钻孔所产生的地震效应,控制了爆破作用方向,从而减小了对周边建筑物的震动影响。②使爆后岩石块度均匀,减小大块率,爆堆集中,清渣容易,提高了生产效率。③减小单耗量,降低生产成本并降低了爆炸产生的空气冲击波强度。

### 3 水中冲击波安全距离和爆破震动安全距离

根据我国《爆破安全规程》(GB6722)第 328 条规定,水下爆破当覆盖水厚度小于 3 倍药包半径时,对水面以上人员或其他保护对象的空气冲击波距离的计算,原则与地面爆破时相同,见公式(1)。航道疏浚浅水炸礁时,冲击波对船舶的最小安全距离 90~300 m,而在深水爆破时,水的冲击波安全距离要通过试验或经专家实测研究确定。

$$R_H = K_0 Q^{1/3} \quad (1)$$

式中: $R_H$ ——水中冲击波的安全距,m;

$Q$ ——一次起爆炸药量,kg;

$K_0$ ——系数,按不同对象选取。

本次爆破选取水中冲击波对潜水人员的安全距离 2 100 m 为警戒半径。

爆破震动安全距离的计算采用经验公式:

$$R_{震} = (K_{震} / v)^{1/a_{震}} Q^m \quad (2)$$

式中: $R_{震}$ ——爆破震动安全距离,m;

$Q$ ——炸药量,kg;齐发爆破取总药量,微差爆破取最大一段药量;

$v$ ——地震安全速度,cm/s;本工程取值为 5 cm/s;

$m$ ——药量指数,取 1/3;

$K_{震}$ ——与爆破点地形、地质条件有关的系数;

$a_{震}$ ——衰减系数。

式(2)可变成

$$v = K \left[ \frac{Q^{1/3}}{R} \right]^a \quad (3)$$

式(3)为萨道夫斯基公式,对其取常用对数,可得:

$$y = k + ax$$

此式为—双对数坐标系中的直线方程,其中:

$$y = \log v \quad k = \log K \quad x = \log \frac{Q^m}{R}$$

利用最小二乘法对爆破试验观测数据进行统计,求出本工程场地系数:

$$a_{震} = 1.744 4 \quad K = 631$$

当防护标准(安全速度)确定时,可求出不同齐发药量的爆破震动安全距离,或求出不同安全距离的最大齐发药量(见表 1)。

表 1 安全距离与最大齐发药量对照表 (安全速度  $v=5$  cm/s)

|           |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 距离 $R/m$  | 20  | 25  | 30  | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60   | 65   | 70   |
| 药量 $Q/kg$ | 1.9 | 3.8 | 6.6 | 10.4 | 15.6 | 22.2 | 30.4 | 40.4 | 52.5 | 66.8 | 83.4 |

#### 4 爆破参数的选取

药包在介质中爆炸时,影响爆炸作用和爆破效果的因素十分复杂,爆破这门科学基本上还属于一门经验性或半经验半理论性科学,缺乏完整的理论系统,主要影响因素有:地形边界条件、地质因素、炸药性能和药包量大小、施工方法。而前两种因素属客观因素,只有选取恰当的爆破参数和工艺,才能取得安全有效的爆破效果。

由于本工程水下爆破与防波堤同时施工,且距离较近(最近 50 m),根据水中冲击波安全距离和爆破震动安全距离公式计算,并结合十几年来我院水下爆破工程施工经验,可得出最大齐放药量为 30 kg,要求炸药单耗不得超过 1.5 kg。为选出适宜本工程最佳爆破参数,在代表地段进行了 32 组爆破试验,并爆后采用重型(2)动力触探进行检测(见表 2)。

表 2 爆破试验及检测结果表

| 项目<br>孔别    | 组别    | 孔距<br>/m | 排距<br>/m | 单耗<br>/(kg·m <sup>-3</sup> ) | 超深<br>/m | 组数 | 布孔<br>方式    | 岩石<br>类型   | 检测<br>结果              |
|-------------|-------|----------|----------|------------------------------|----------|----|-------------|--|-----------------------|
| 主<br>炮<br>孔 | 1-2   | 2.5      | 2.5      | 0.6                          | 1.0      | 2  | 三<br>角<br>形 | 强<br>风<br>化<br>岩<br>石                                | -5.60                 |
|             | 3-4   | 2.5      | 2.5      | 0.8                          | 1.2      | 2  |             |  | -5.80                 |
|             | 5-6   | 2.5      | 3.0      | 0.6                          | 1.0      | 2  |             |  | -5.40                 |
|             | 7-8   | 2.5      | 3.0      | 0.8                          | 1.2      | 2  |             |  | -5.60                 |
|             | 9-10  | 3.0      | 3.0      | 0.6                          | 1.0      | 2  |             |  | -5.10                 |
|             | 11-12 | 3.0      | 3.0      | 0.8                          | 1.2      | 2  |             |  | -5.40                 |
|             | 13-14 | 2.0      | 2.0      | 1.0                          | 1.2      | 2  |             | 中<br>风<br>化<br>岩<br>石、<br>硅<br>化<br>带<br>及<br>岩<br>脉 | -4.60                 |
|             | 15-16 | 2.0      | 2.0      | 1.2                          | 1.4      | 2  |             |  | -5.20                 |
|             | 17-18 | 2.0      | 2.0      | 1.4                          | 1.6      | 2  |             |  | -5.60                 |
|             | 19-20 | 2.0      | 2.5      | 1.0                          | 1.2      | 2  |             |  | -4.60                 |
|             | 21-22 | 2.0      | 2.5      | 1.2                          | 1.4      | 2  |             |  | -4.80                 |
|             | 23-24 | 2.5      | 2.5      | 1.0                          | 1.2      | 2  |             | -4.20  |                       |
|             | 25-26 | 3.0      | 3.0      | 0.6                          | 1.0      | 2  | 正<br>方<br>形 | 强<br>风<br>化<br>岩<br>石                                | -4.80                 |
| 预<br>裂<br>孔 | 27-28 | 1.5      | 1.5      | 0.4                          | 1.0      | 2  |             |  | 裂<br>缝<br>明<br>显      |
|             | 29-30 | 2.0      | 2.0      | 0.4                          | 1.0      | 2  |             |  | 裂<br>缝<br>明<br>显      |
|             | 31-32 | 2.5      | 2.5      | 0.4                          | 1.0      | 2  |             |  | 裂<br>缝<br>不<br>明<br>显 |

从表 1 可看出 9-10 组、15-16 组爆破检验效果理想,仅比设计标高超深 0.1~0.2 m,岩块占 50%~70%,清渣比较顺利。并且炸药单耗 1.2 g/m<sup>3</sup>,在安全爆破范围内;而其他组有的孔排距大,炸药单耗、超深小,清渣大块率高,清渣困难,并未达到设计标高;有的排距小,炸药单耗、超深大,不经济。因此本次爆破参数采用 9-10 组、15-16 组

试验数据:

强风化岩:孔距 3 m,排距 3 m,超深 1.0 m,炸药单耗 0.6 kg/m<sup>3</sup>。

中风化岩:硅化带、岩脉:孔距 2 m,排距 2 m,超深 1.4 m,炸药单耗 1.2 kg/m<sup>3</sup>。

爆破参数是在三角形布孔条件下取得的,利用此参数进行其它布孔方式试验,爆破效果均不理想。

### 5 微差爆破

#### 5.1 微差时间确定

微差爆破合理间隔时间,一般指降振效果好、爆碎质量佳、形成新临空面的时间最合理等的间隔时间,常用计算公式为:

$$\Delta t = K_{裂} W_{底} (24 - f) \quad (4)$$

式中: $\Delta t$  ——微差时间,ms;

$f$  ——岩石坚固性系数;

$W_{底}$  ——底盘抵抗线,m;

$K_{裂}$  ——岩石裂隙系数。

根据公式计算及经验值微差时间为 $\Delta t=25\sim 50$  ms。本工程微差时间控制在 $\Delta t=45$  ms左右。

#### 5.2 爆破器材

炸药:选用水胶炸药,密度 $1.1\sim 1.15$  g/cm<sup>3</sup>,爆速 $3\ 800$  m/s。爆力 $320$  ml/10 g,猛度 $16$  mm。

雷管:孔内及孔外网络联结采用塑料导爆管——非电毫秒延时雷管。

起爆器:采用YJGN-1000 C型高能起爆器。

#### 5.3 爆破工艺

##### 5.3.1 布孔方式及成孔工艺

布孔方式:试验证明,采用三角形布置炮孔,装药不易错孔,网络联结方便,爆破效果好。

成孔工艺:砂层中跟管钻进至基岩面,基岩采用清水回转钻进,孔径 $110$  mm,达到设计深度后,用大水量排渣,使孔内清洁。

##### 5.3.2 药包加工与装药

采用直径 $90$  mm条形药包,放置在距孔底 $1/3$ 处,水深度小于 $1$  m时,采用中粗砂充塞。

##### 5.3.3 爆破网络的敷设与起爆顺序

每次起爆 $12$ 排,每排 $18$ 个孔,每个炮孔中的起爆药包放置 $2$ 发同段导爆管雷管,同排孔的导爆管段数相同,排间段数不同,起爆前将同排孔的导爆管捆扎成簇,用导爆管雷

管进行排间联结,形成串并联复式排间顺序微差起爆网络(见图2)。起爆时用起爆器起爆 $8$ 号工业电雷管,电雷管击发导爆管,使孔内雷管起爆而引爆孔内炸药。

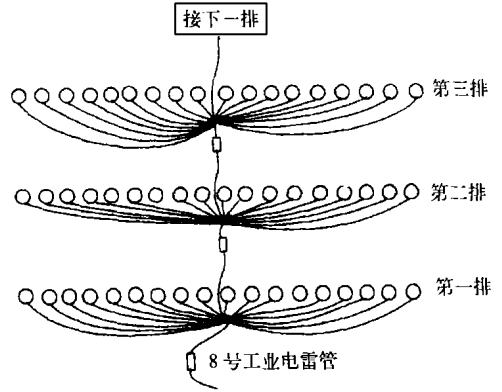


图2 爆破网络示意图

### 6 效果检验

根据爆破工程进度,分段自检。既要检验爆破效果是否符合设计要求又要检测安全指标。前者采用重型(2)触探,后者采用仪器监测和宏观观测,至工程结束,防波堤无一处有变形发生,且爆后高程完全满足设计要求。

工程竣工后,经建设方依据各规范要求进行检测,实地测深抽查 $110$ 个点,平均标高 $-5.31$  m,比设计标高超深 $0.31$  m,合格率 $100\%$ ,优良率 $100\%$ 。

### 7 结语

实践证明,微差爆破可降低同时爆破大量钻孔所产生的地震反应,大大减小了爆破对周边建(构)筑物的不良影响。当被防护物很近,防护标准很高时,单靠一种方法往往不能完全避免爆破造成的不良影响,因此,工程施工时,要在试验的基础上,采用微差爆破与预裂带防震、调整施工顺序、控制齐发药量等方法配合使用,来防止爆破地震对周边建筑物的不良影响。