

水压爆破法拆除多格式大型隔油池*

曲广建 庄兆铃 朱振海

(工程兵工程学院)

商健

(南京公安局消防处)

摘要 文章系统地给出了用水压爆破法连续拆除多格式超大容积隔油池的爆破参数的设计及其技术处理。隔油池为多格式、细长型(最大长宽比为8.3),结构复杂。采用了梯恩梯药块条形装药、多药包,导爆索和非电、电导爆系统的串、并联复式传爆网络及微差起爆技术,取得了较好的爆破效果。离池壁仅1.8m的高压线桩(3m高)、离池壁7m的高压线杆和离池壁5m且平行于池壁的平房(20m长)都安全无恙。测得了水压爆破地震波形,用计算机处理系统获得了水压爆破地震波参数及衰减规律,实测质点速度是用萨氏公式计算值的0.3~0.45。为用水压爆破法拆除同类型复杂结构物提供了有价值的参考资料。

关键词 水压爆破 隔油池 地震波 拆除

一、前言

水压爆破就是利用水中爆炸产生的压力来爆破破坏容器式结构的施工方法。近年来已在城市容器或薄壳型结构拆除爆破中得到了应用,并取得了较之常规钻眼爆破更为经济、安全而有效的成果。

众所周知,水压爆破的成败主要取决于药量计算。国内外许多爆破专家和学者通过大量的工程实践和理论分析,得出许多经验和半经验半理论的药量计算公式^[1-4],给爆破设计提供了依据。但是,由于绝大部分公式是来自经验的总结,而在工程中将遇到的容器又是各种各样的,所以,要很好地掌握和运用已有的公式来指导自己的实践,这是一个非常值得研究的问题。

本文将通过已完成的隔油池拆除实例来介绍如何运用已有的药量计算公式来指导自己的工程实践,如何根据实际情况合理地修正经验公式和合理选择参数并通过合理的装药结构和配置形式达到预期的爆破效果。

最后还给出了对水压爆破地震波测量结果。

二、工程概况

南京汽车制造厂根据生产发展的需要,需扩建一个电厂。在拟建的电厂厂址内有一座钢筋混凝土结构的隔油池需爆破拆除。隔油池为开口式,主体(包括底板、周壁及主隔板)为32cm厚双层双向配筋的钢筋混凝土结构(网眼尺寸为20cm×20cm,筋直径 ϕ 14mm),池内横

*聂惟仁、戴镇华工程师参加了爆破和量测。

1989年3月16日收到原稿,5月17日收到修改稿。

隔板为20 cm厚双层双向配筋的钢筋混凝土结构,池深4.5 m,平面结构尺寸见图1。

隔油池周围环境复杂,见图2。需重点保护的目標是:〈1〉池北侧7 m处的高压线杆和池北侧1.8 m处高压线杆的绊桩,〈2〉离池南侧仅5 m之距且平行于池壁的污水处理控制室,〈3〉污水处理控制室上方离地面12 m离池南壁水平距8 m的高压线(5.5万伏)。

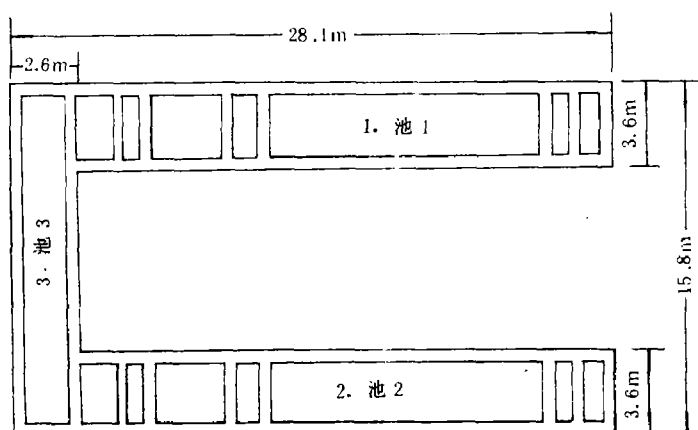


图1 隔油池结构尺寸示意图

Fig. 1. Sketch of the structure and size of a oil separation pool

1. Pool 1; 2. Pool 2; 3. Pool 3.

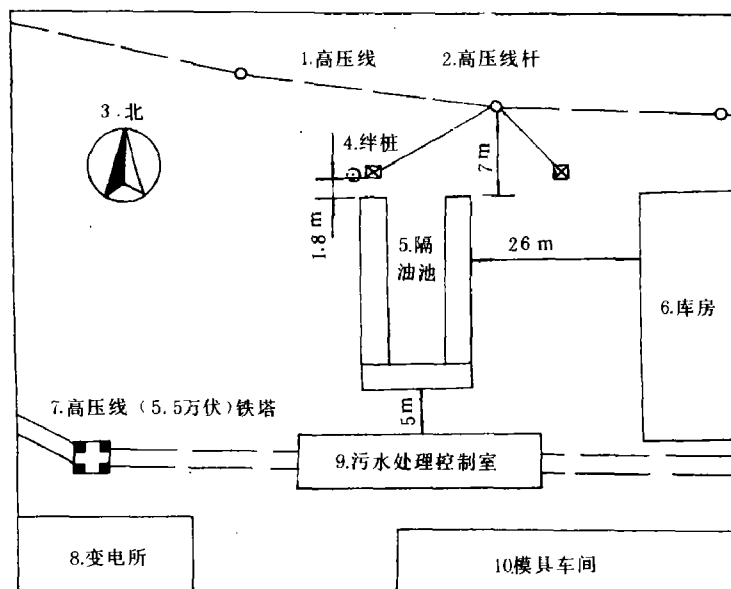


图2 隔油池周围环境示意图

Fig. 2 Sketch of the environment around a oil separation pool

1.High-pressure wire; 2.Pillar of high-pressure wire; 3.North; 4.Anchor stake; 5.Oil separation pool; 6.Storehouse; 7.Iron tower of high-voltage; wire (55,000V); 8.Transformer station; 9.Control room of sewage treatment; 10.Workshop.

三、爆破方案设计与爆破效果分析

1. 总体方案

由于该油池总容积较大 (820 m³), 因而爆破所需的药量较大。为了控制爆破地震波对周围结构物的影响程度, 把隔油池分为两次爆破, 先爆西侧的池 1, 后爆东侧的池 2 和南侧的池 3 (见图 1)。

另外, 由于该池为完全开口式, 而且在池 1 和池 2 中在离池口向下 80cm 处有一个截面为 30 cm×40 cm、长为 17m 的牛腿形凸块, 因此, 预计口部破碎效果将会较差。为了研究和比较, 先爆池 1 时, 池口不作任何处理, 根据爆后的结果再对池 2 和池 3 的口部爆破作必要的改进。

2. 池 1 的爆破设计与效果分析

1. 药量计算

为了确定爆破各池的炸药用量, 根据文献 [1] 提供的十种药量计算公式进行了计算, 其结果列于表 1 (各式中参数含义及单位请参见文献 [1])。从表中计算结果可见, 各种公式

表 1 各池水压爆破药量计算结果比较表

Table 1 Comparison of the calculated results of the weight of explosive in water-pressure blasting to pools

序号	公 式	药 量 (kg)		
		池 1	池 2	池 3
1	$Q = K \delta \sigma_s U^{2.7}$	22.36	22.36	12.92
2	$Q = K_b K_c K_2 K_h K_e \delta B^2$	19.44	19.44	8.64
3	$Q = K_1 K_2 S_1$	6.70	6.70	4.16
4	$Q = K_1 (K_b K_c \delta)^{1.5873} R^{1.426}$	25.10	25.10	14.10
5	$Q = K_2 (K_b S)^{1.5873} R^{1.426}$	63.00	63.00	37.40
6	$Q = K_3 \cdot V$	25.84	25.84	16.00
7	$Q = K_4 \delta^{1.5} R^{1.4}$	24.34	24.34	13.40
8	$Q = K_5 R_2 R_1$	2.40	2.40	1.60
9	$Q = R_2^{1.426} \left(\frac{K_b K_c R_1}{811.4 K_1} \times \frac{b \delta}{QC} \right)^{1.5873}$	6.82	6.82	1.85
10	$Q = \frac{1}{4} \left(\frac{3R}{H} \right)^{1/2} (1 - K_d)(1 + K_e) C_p V$	40.53	40.53	20.55

算得的药量出入很大。由于水压爆破不好进行试爆, 必须保证爆破一次成功。在计算的基础上, 结合各池的结构特点对各公式进行了分析, 认为公式 2 是针对圆形和正方形筒体总结出来的, 比较适合于隔油池爆破。另外, 因隔油池的深宽比大于 1.5, 所以, 在公式 2 中应加入深宽比系数。参照对长矩形池的药量调整办法, 得出隔油池爆破药量基本计算公式

$$Q = K_b K_c K_2 K_h K_e \delta B^2 \tag{1}$$

其中: K_b ——与爆破方式或结构特征有关的系数, 封闭式爆破取 0.7~1.0, 开口式爆破取 0.9~1.2; K_c ——材质系数及与环境条件有关的系数, 混凝土取 0.1~0.4, 钢筋混凝土取 0.5~1.0; K_2 ——长度修正系数, 长宽比的 0.9 倍, K_h ——深度修正系数, 深宽比的 0.9 倍,

K_e ——炸药爆热换算系数,以2号岩石炸药 $K_e=1.0$ 计算; δ ——壁厚 (m); B ——池宽 (m); Q ——药量 (kg)。

考虑池1为第一次爆破,为了使爆后碎块及钢筋不复盖在底板上,以免影响处理底板和清碴的方便,在系数选择时可适当取大值。

各参数取值如下: $K_b=1.10$, $K_c=1.00$, $K_z=7.20$, $K_h=1.35$, $K_e=0.87$, $\delta=0.32$, $B=3$ 代入式(1),得: $Q=26.79$ kg。

在实际操作中,因受梯恩梯药块的限制,最后实际用药量为27.2 kg。

2. 药包安放、起爆网络、安全防护措施

装药用梯恩梯药块组合而成,共分为8个药包,沿池长方向一字形排列。装药为长条形,长55cm,宽20cm,厚10cm。用细绳吊入水中,不作防潮处理。装药中心至水面距离为2.62m,约等于0.64倍水深。药包间距为2.7m。

每个装药上安放两只非电导爆雷管,在池口用电雷管起爆导爆管。在水下用导爆索把8个药包串联起来。

水面上不漂浮任何物体,防止被水柱冲起打断高压线或挂在高压线上造成事故。

3. 爆破效果

爆声很低,灰尘、毒气很少,水帘上冲7~9m,见图3。

池1结构全部解体,东、西两侧壁的钢筋被拉出,西侧墙被抛出约10m,墙体上部约1.3m范围内基本没破坏,仅有少量裂缝,需二次破碎。中部断成大块和多裂纹状,用风镐和大锤即可清理,下部完全破碎。底板约有1/3开裂,好清理。池1北端墙未倒,保住了绊桩。池北高压线及高压线杆部都未遭破坏。部分破碎结果可见图4和图5。

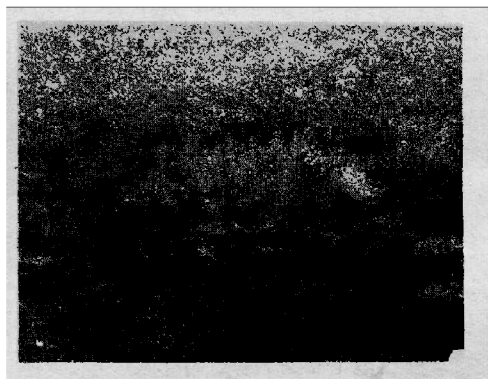


图3 水帘上升瞬间照片

Fig. 3 A transient photo of water arising



图4 底板的破碎情况

Fig. 4 Breakage of the bottom of the pool

图5 池内隔板破碎情况

Fig. 5 Breakage of the partition of the pool

2. 池2池3的爆破设计与效果分析

1. 药量计算

根据池1的爆破结果,发现:①水压爆破药量可以减少,药包位置应作相应调整,也即,应减小池中部的载荷,尽可能使能量分布与破坏各部位池壁所需载荷相匹配,②池口部1.5m深范围内应作必要的处理。

用公式(1)重新计算了池2爆破所需的药量,其中各参数取值如下: $K_b=1.0$, $K_c=0.9$, $K_z=7.2$, $K_h=1.35$, $K_e=0.87$, $\delta=0.32$, $B=3.0$,计算所得药量为21.92kg。实际使用药量21.6kg,约为池1中炸药量的80%。

对于池3,由于需保护的污水处理控制室仅与池3相距5m,所以,确定采取池壁原地扭曲破碎不飞散的设计方案,因此,药量还需进一步减小。药量计算式中各参数选值分别为: $K_b=0.9$, $K_c=0.6$, $K_z=7.1$, $K_h=2$, $K_e=0.87$, $\delta=0.32$, $B=2$,算得药量为8.54kg。在设置药包时,为了确保南侧墙不产生整体运动,而产生扭曲,故抽掉池中间上部药包,使南侧墙各部位爆后的运动速度产生较大的差异。实际用药量为8kg。

为了一次性破碎水压爆破后池口1.5m范围内的大块,沿池壁每隔0.8~0.9m钻深为1.2~1.3m的垂直炮孔,每孔内分两层装药,用导爆索串联起爆。单药包装药量计算如下:

$$q=0.6AW^3=0.6\times 1.8\times 0.2^3=8.6(\text{g})$$

实际取 $q=10\text{g}$,这样每孔内总药量约为25g。

这次起爆总药量为29.6公斤梯恩梯和20公斤硝酸铵。

2. 药包安放、起爆网络及安全防护

对于池2和池3,药包都分为上、下两层,在池2中共16个药包,在池3中共9个药包。

起爆网络与池1爆破类似,不同的地方是把水中药包与池壁炮孔中药包进行延时爆破,水中药包为瞬发,池壁中药包延迟50ms。

水中不漂浮任何物体,用竹笆把污水处理控制室的所有朝北的门窗挡好,窗子打开,防止冲击波破坏玻璃。在5.5万伏高压线下方离地面5m高处搭一道竹笆栅,现场人员撤到离施爆点100m以外。

3. 爆破效果

池2的东、西侧池壁和北侧池壁分别以壁底边为轴转动倒向两边,未飞出,上部1.5m之内完全破碎,下部纵向钢筋被拉出,混凝土也基本破碎,中部断成若干大块,块度小于80cm×100cm,每大块内含有许多粗裂缝,易于清理,底板只产生部分裂缝。

池3的四壁钢筋大部分被拉出,池壁扭曲原地倒塌,且完全破碎,块度小于40cm×40cm,人工就可清理,见图6。水帘上升6~8m,对高压线无影响,污水处理控制室未遭破坏,安全无恙,窗上玻璃有少数裂缝,个别飞石飞出10~20m,未损坏周围建筑物。

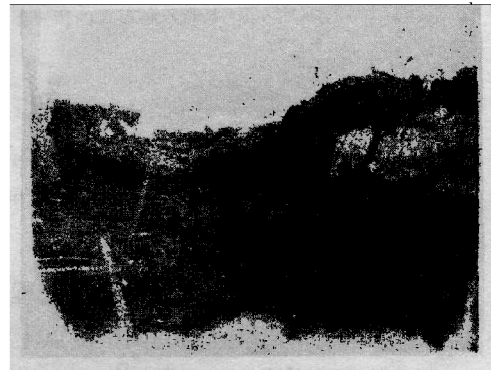


图6 池3的破碎情况,北侧墙和南侧墙都向内倒塌、破碎比较均匀

Fig. 6 Breakage of the pool 3, northern wall and southern wall of the pool 3 fall towards inside, the breakage degree is well-distributed.

四、爆破地震效应分析

1. 测试系统和测点布置

在测试中,采用CD-1传感器作为测速敏感元件。为与土壤介质匹配,将传感器密封在一壳体内并加了配重,使其重量与同体积土壤的重量相当。传感器埋入地下50厘米处,在同一测点上一一般都同时布置两个传感器,分别测量与地面垂直方向和水平径向的震动。测试和分析处理系统的框图见图7。测点布置如图8。

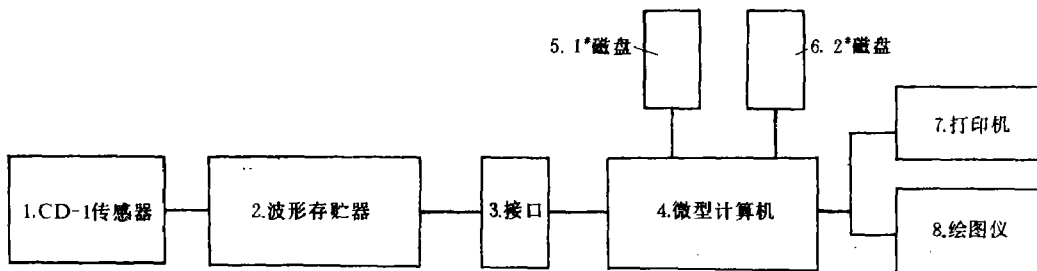


图7 测振系统方框图

Fig. 7 Sketch of the system measuring vibration

1. CD-1 transducer; 2. Oscilloscope; 3. Inserter; 4. Computer; 5. Disk 1, 6. Disk 2;
7. Typewriter; 8. Drawing machine.

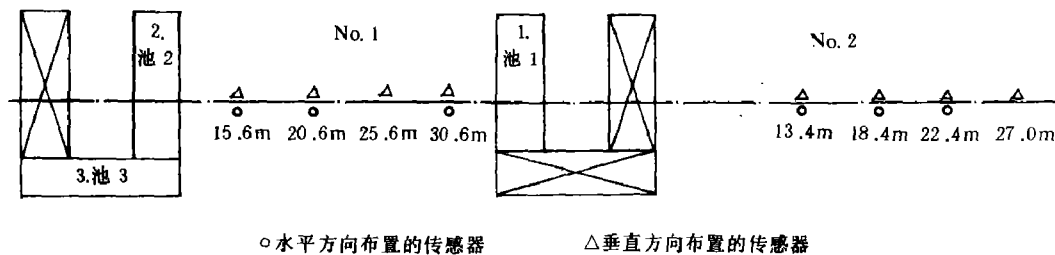


图8 测点布置示意图

Fig. 8 Sketch of the distribution of the measurement points

1. Pool 1; 2. Pool 2; 3. Pool 3; Δ The vertical vibration measuring transducer,
 \circ The horizontal vibration measuring transducer

2. 测试结果和分析

现场测试和记录的数据经计算机处理后可由绘图仪画出波形图。图9所示为第二次爆破(代号为No. 2)记录画出的两个测点上的水平径向和垂直方向的质点运动速度波形曲线。

实测得的最大质点运动速度 v_1 和按萨道夫斯基公式计算出的最大质点运动速度 v_2 以及二者的比值 $m (=v_2/v_1)$ 列于表2。

由表2可见,实测值与按萨氏公式计算值相比,二者相差3倍左右。这是因萨氏公式是根据半无限固体介质中集团装药爆炸条件下得到的;在水中爆炸时,分散的爆炸载荷是先后通过水和池底的衰减后传入大地的,故同样药量条件下产生的地震波的强度相对减小。由于

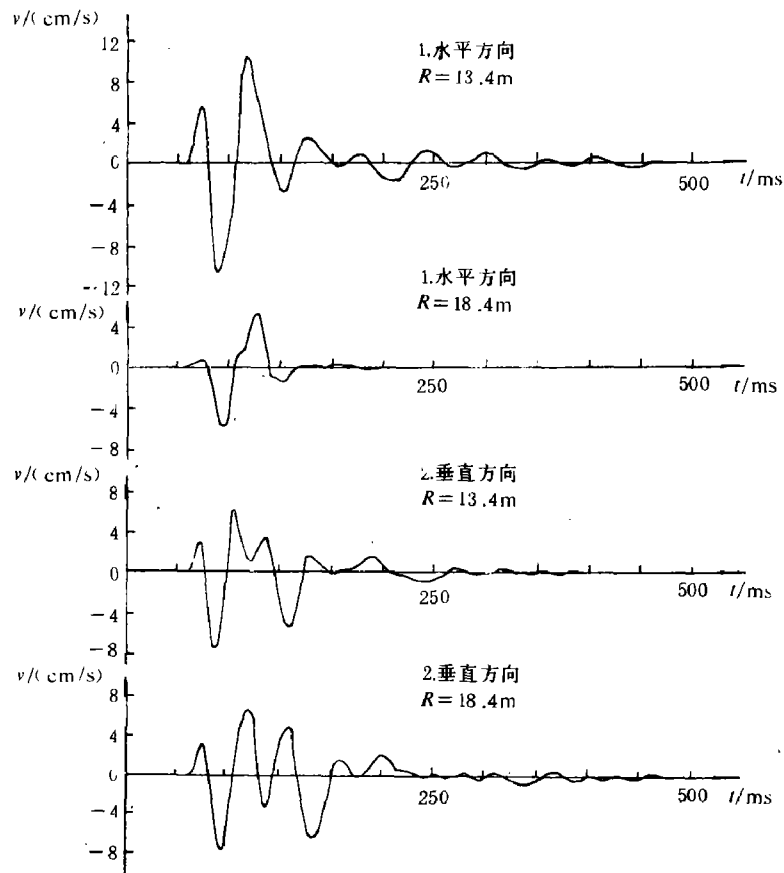


图 9 记录波形的计算机绘图

Fig. 9 Vibration wave patterns drawing by a computer

1.Horizontal direction; 2. Vertical direction.

表 2 最大质点速度实测值、计算值及比值表

Table 2 Measured value, calculated value and the ratio of the two above values of the maximum of the particle velocity

试验编号	No.1				No.2			
测点距离 (m)	15.6	20.6	25.6	30.6	13.4	18.4	22.4	27.0
$v_1 / (cm/s)$	7.5	5.4	3.6	2.7	11.1	5.8	4.2	3.2
$v_2 / (cm/s)$	18.1	11.94	8.63	6.62	30.34	18.83	14.05	10.62
m	2.41	2.21	2.40	2.45	2.73	3.25	3.35	3.31

结构的种类、结构与周围介质接触方式、土介质力学参数不尽相同，故不好一概而论。但是，有一点很明显，用萨氏公式在水压爆破条件下确定一次齐爆的最大允许药量或确定安全距离是偏于保守的，应视具体情况予以修正。比如，在文中所述工程中，若按萨氏公式进行检验

计算, 一次就不允许齐爆那么大的药量, 那么, 就不能实现水压爆破方案。

五、几点体会

以上介绍了用水压爆破法拆除超大容量多格式隔油池的爆破参数设计和施工技术, 给出了爆破结果和对水压爆破时地震波的监测与分析结果, 由此, 我们得到以下几点体会:

1. 水压爆破药量计算公式和式中参数的选择范围弹性很大, 应根据工程的具体情况慎重选择, 必要时可作部分修改。

2. 水压爆破中装药位置、结构、药量十分重要。在可能的情况下, 应尽量把总药量分成若干小集团装药。药量的设置应使爆炸载荷与结构各部位强度相匹配。装药结构形式应根据容器的形状而合理地确定。

3. 对于开口容器, 可在口部设一些辅助小药包, 减少二次破碎工作量, 便于清理。

4. 在本文所述水压爆破条件下实测得的最大质点运动速度是在相同药量和距离条件下用萨道夫斯基公式算出的最大质点速度值的0.3~0.45倍, 这对于在进行水压爆破作业时较好地确定安全距离有一定的参考价值。

参 考 文 献

- [1] 朱立昌, 爆炸与冲击, 8(2)(1988), 159.
- [2] 马柏林等, 爆破器材(1)(1988), 22.
- [3] 刘清荣, 控制爆破, 华中工学院出版社(1986), 128--153.
- [4] 杨人光等, 建筑物爆破拆除, 中国建筑工业出版社, (1985), 226~272.

DEMOLITION OF MULTI-LATTICE LARGE-SCALE OIL SEPARATION POOL WITH WATER PRESSURE BLASTING

Qu Guangjian, Zhuang Zhaoling, Zhu Zhenhai

(Engineering Institute of Engineer Corps of PLA)

Shang Jian

(Fire Control Department of Public Security Bureau of Nanjing)

ABSTRACT The design and technical processing of blasting parameters which are used to demolish a multi-lattice large-scale oil separation pool with water pressure blasting were systematically described in this paper. The oil separation pool is multi-lattice slim type (the maximal value of the ratio of the length to the width of the pool is about 8.3). The structure of the pool is complex. The stripe charges are charged with TNT explosive. The complex initiation circuitry with the primacord and electric and non-electric system of initiation and the technique of the delayed initiation were adopted in this engineering.

The predeterminate blasting effect was obtained. The anchor stake for the pillar of high-voltage wire which is 3 meters high and only 1.8m from the pool wall, the pillar of high-voltage wire which is 7 meters from the pool wall and a house which is 20 meters long and 5 meters from the pool wall and parallel to the pool wall are all safe after blasting. The seismograms due to the water pressure blasting were recorded. The laws of the attenuation and parameters of the seismic waves due to the water pressure blasting were obtained with a computer processing system. The measured particle velocity is about 0.3–0.45 time of that calculated with the Sha's formula. It provides valuable reference information for demolishing the similar complex structure with the water pressure blasting. •

KEY WORDS water pressure blasting, oil separation pool, seismic waves, demolition.