

# 爆破震动测量的几个问题

吴其苏

(1982年8月3日收到)

在文中,对我国目前常用的爆破震速拾震器进行了比较,认为研究爆破震动速度以采用ZYΘ型和65型拾震器相配合较为理想。现场观测数据进一步证明了振速计算式 $V = k \cdot \left( \frac{\theta^{1/m}}{R^n} \right)^n$ 中采用 $m = 3, n = 1$ 的系数值比较合适。现场试验结果表明爆破地震波传播速度随测距增大而由慢到快,当测距达到一定值时,传播速度才达到稳定值。

## 一、我国目前常用的爆破震速拾震器的对比

生产实践证明,爆破震动是引起周围地面和地下的建筑物、结构物产生破坏的主要原因之一。从评价爆破安全来说,采用震动速度值作为建筑物和结构物产生不同程度破坏的主要经验判据比采用位移、加速度和能量更有规律、方便和接近于实际。因此,正确选择爆破震速拾震器是非常必要的。

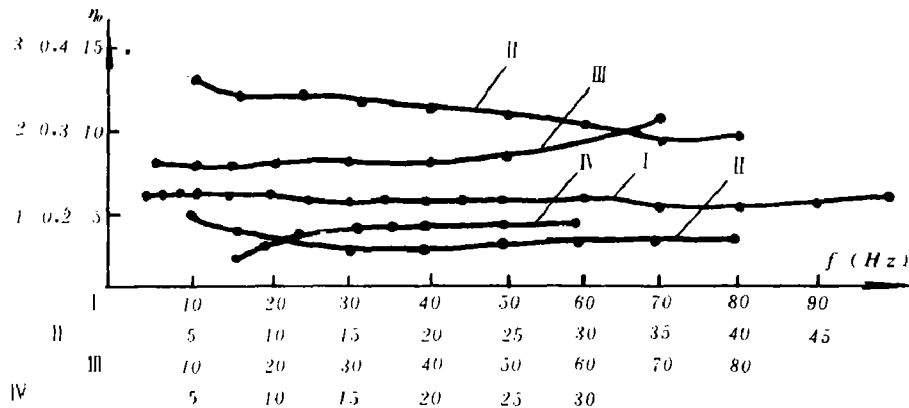
我国60年代初期,科学院地球物理所制造应用于爆破震动速度测量的仿苏ВЭГИК弱震仪和ВБН-3型哈林强震器,目前这二种拾震器剩下的数量不多,已经被新的仪器所代替。经过科学工作者的努力,我国定型、成批生产而现场使用较多的有无锡光学仪器制造厂生产的ZYΘ型工程强震仪、65型拾震器;科学院工程力学所出产的702型拾震器和北京测震仪器厂的CD-1型拾震器。它们的标称技术特性列于表1。

表1 我国爆破震动速度测量几种拾震器的技术特性

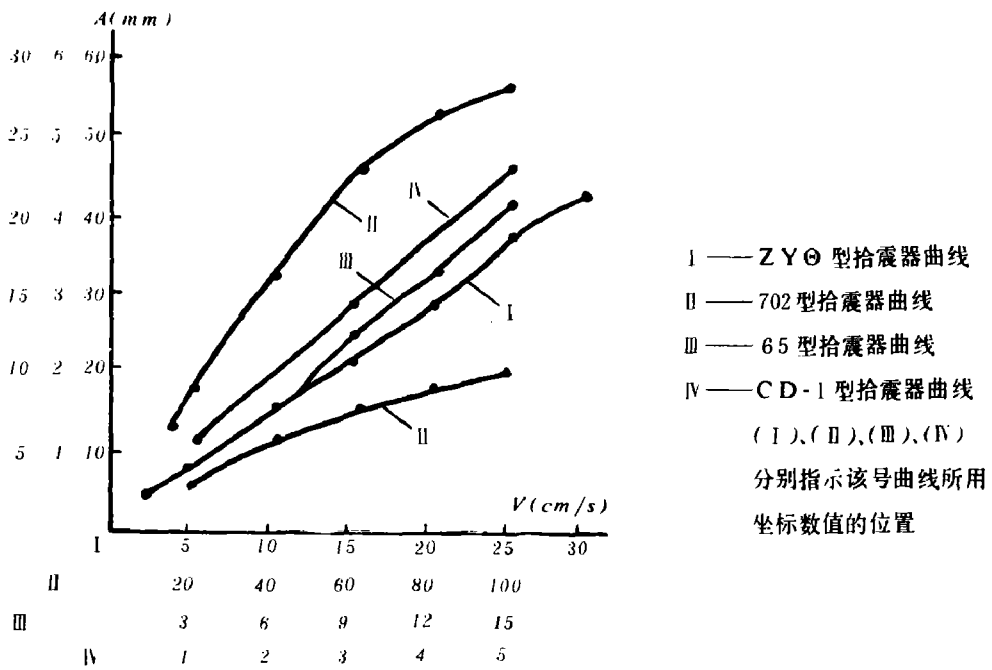
拾震器 型号	自振周期 (秒)	折合摆长 (厘米)	可测频率 (赫芝)	最大被测 位移(毫米)	最大被测速 度(厘米/秒)	自重 (公斤)
ZYΘ	2	100	1~100	100	150	6.5
702	1~3	200	2~30	100	100	
65	1.0	6.3	<40	±0.5	10	5.0
CD-1			50~500	1	10	

以上四种拾震器在震动台上作标定试验, 所得到的频率特性曲线和线性特性曲线如图 1 所示

图 1 中 CD-1 型频率曲线和线性曲线是冶金工业部长沙矿山研究院柯吉恩等同志提供的 在此表示感谢



(a) 频率特性曲线



衡量拾震器性能的好坏，最关键的是看此拾震器是否有较宽频带的频率特性，在这一频率范围内，具有平坦的特性曲线，另一方面是拾震器的幅值特性是线性的。也就是说，在这一频率和幅度范围内，爆破地震图在任一幅值、任一瞬间所记录的每一测点都具有相同的灵敏度。这样就可以得到一张可靠的爆破震动图，它能真实地反映爆破震动的全部过程。其次拾震器必须坚固，抗干扰，使用方便，同时要求体积小，重量轻，适用于野外流动观测。根据这些条件，对比四种不同型号的拾震器。

从表1和图1可以看出ZYΘ型工程强震仪和65型拾震器更适用于爆破震动速度的测量。ZYΘ型和65型都是采用串并联电阻与FC系列振动子偶合，而702型和CD-1型是通过GZ-2型测震放大器与FC系列振动子偶合，因而ZYΘ型和65型拾震器更有抗干扰性。所以说，研究爆破震动速度以采用ZYΘ型和65型拾震器相配合就很理想。

## 二、震速计算式( $V = k(\theta^{1/m}/R^n)^a$ )中m, n的统计 分析

根据九个露天矿深孔爆破震动观测所得的1403个数据，对震速计算式 $V = k(\theta^{1/m}/R^n)^a$ 进行回归分析取得：当 $m = 2$ 或 $3$ ，相关系数 $r$ 为最大值时， $n = 1$ ；当 $n = 1$ ， $r$ 等于最大值时， $m$ 不等于 $3$ 或 $2$ 。相关系数为最大值时， $m$ 与 $n$ 的关系如图2。当 $n = 1$ 时， $m = 3$ 比 $m = 2$ 的 $r$ 值较好些<sup>1</sup>。

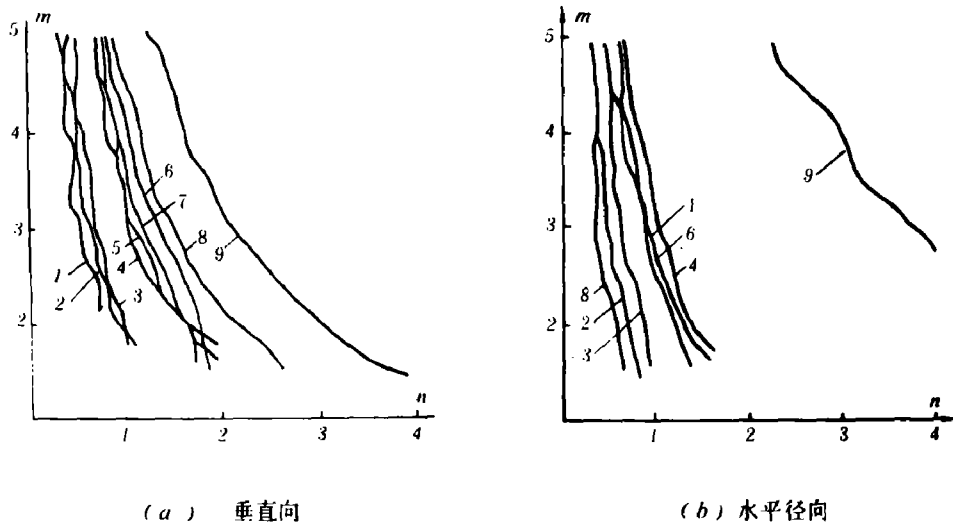


图2  $r$ 为最大值时， $m$ 与 $n$ 的关系曲线

1——大孤山，2——大冶，3——小关，4——吉山，5——迁安，  
6——青龙山，7——大连，8——铜山口，9——白银

为了更进一步说明震速计算式 $V = k(\theta^{1/m}/R^n)^a$ 中 $m$ 、 $n$ 的取值问题，根据水厂铁矿在不同时间、不同观测单位、不同仪器所取得的数据做进一步分析。回归分析中回归线的精度可以用相关系数和剩余标准离差来表示<sup>2)</sup>，相关系数

$$r = \frac{L_{xy}}{\sqrt{L_{xx} - L_{xy}}}$$

其中

$$L_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}), \quad L_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

式中  $x$  为自变量,  $y$  为与  $x$  相对应的因变量。剩余标准离差

$$S = \left( \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right)^{1/2}$$

根据长沙矿冶所1976年4~5月采用BЭГИК弱震仪,1981年6月~8月采用65型拾震器和北京钢铁学院1980年6~8月采用CD-1型速度计测定数据进行回归计算,所得结果如表2。

从表2看出,露天深孔爆破震速计算时,根据现场实测资料的统计分析,采用  $m=3, n=1$  较  $m=2, n=1$  相关系数高些,剩余标准离差较小。因此,又一次证明我国露天矿深孔爆破震速计算中采用  $m=3, n=1$  的系数值较为合适。

表2 当  $n=1, m=3$  或  $2$  时,  $r$  和  $s$  值

	$m$	$n$	$r$	$\frac{r_1 - r_2}{r_1}$	$s$	$\frac{s_1 - s_2}{s_2}$
垂直向	3	1	0.93313	1.4%	0.45105	-9.3%
	2		0.91960		0.49284	
水平 径向	3	1	0.79322	-0.04%	0.62475	0.07%
	2		0.79356		0.62430	

### 三、关于爆破地震波传播速度的认识

弹性波在均匀介质内部传播称为体波,若仅在介质表面传播称为表面波。体波包括纵波和横波,表面波的两种基本形式是瑞雷波和乐夫波。纵波的波速最大,其次是横波,再次是瑞雷波和乐夫波。

随着爆破技术的发展,引起介质振动的爆源结构更加复杂,同时由于地震波在复杂的介质中传播过程的衰减、反射、折射引起的波的干扰叠加,所记录到的爆破震动图是各种波的综合波体。我们规定

由爆破零时到被测点离开平衡位置开始运动的瞬时,叫做爆破地震波经过测距  $R$  的传播时间  $t$ ,即爆破地震波传播速度

$$V_{传} = R/t \text{ (米/秒)}$$

图3为在同一岩性地质条件下,药量

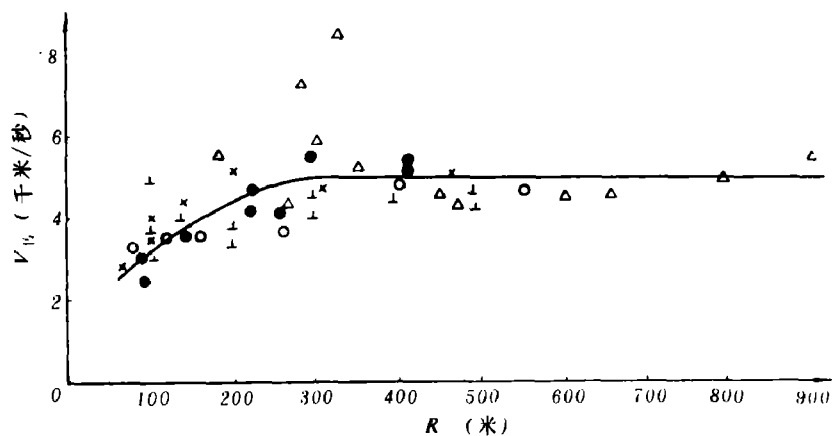


图3 爆破地震波传播速度与测距的关系

从几吨到几百吨的一组试验所观测到的爆破地震波传播速度与测距之间的关系曲线。

从图 3 看出，在爆源近处爆破引起的地震波传播速度是由慢到快。当测距达到一定值时，传播速度就达到稳定状态。传播速度达到稳定值时的测距随炸药量、药包埋设深度而变化。当药量增大，药包埋设深度加大时，传播速度达到稳定值的测距则缩短。这一现象有可能和爆破引起的介质质点振动垂直向与水平径向速度的大小变化有关。从大量实测结果认为：爆源近处，水平径向速度值大于垂直向速度值；当测距达到一定值时，水平径向速度值就小于垂直向速度值；水平径向速度值由大于变为小于垂直向速度值时的转折点，也就是地震波传播速度达到稳定时的测距。

### 参 考 文 献

- (1) 吴其苏、阳昌明，“露天深孔爆破震速计算式中  $m$ 、 $n$  系数的统计分析”，矿冶工程，第四期（1981）
- (2) 科学院数学所，“常用数理统计方法”，科学出版社（1973）。

## SOME PROBLEMS ON MEASUREMENT OF BLASTING VIBRATION

Wu Qisu

### Abstract

In comparison with the commonuse blasting vibrational pickup devices of our country's, the cooperation of ZY $\Theta$  and type 65 vibrational pickup device is thought to be a good way for the study of blasting vibrational velocity. It has been farther proved that the coefficients  $m = 3$  and  $n = 1$  are more fitted in with the vibrational velocity formula  $V = k(\theta^{1/m}/R^n)^a$  according to the data measured in situ. The results of field experiments show that the propagation velocity of blasting vibrational wave grows more quick with the increasing of measuring distance. When measuring distance reaches a certain value, the propagation velocity reaches a stable value.