

文章编号:1673-0062(2009)01-0015-04

硬岩爆破掘进对直角拐弯后巷道围岩中质点振速衰减规律的研究

徐颖^{1,2}, 孙勇¹

(1. 安徽理工大学 土木建筑学院, 安徽 淮南 232001; 2. 煤矿安全高效开采省部共建教育部重点实验室, 安徽 淮南 232001)

摘要: 利用 Instantel 振动监测仪对直角拐弯硬岩巷道中深孔爆破过程中的振速监测结果, 分析并得出了切合现场实际的爆破损伤影响范围的 PPV 公式, 并通过数理统计方法, 反算最大单段安全装药量, 经工程实践获得了较好的应用效果。

关键词: 直角拐弯巷道; 中深孔爆破; 振动速度; ppv 回归

中图分类号: TD235

文献标识码: A

Research of the Vibration Velocity Attenuation Law of the Particle in Wall Rock Bursting Where Hard Rock Tunneling Advances Rectangularly

XU Ying^{1,2}, SUN Yong¹

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Anhui university of science and technology, Huainan, Anhui 232001, China; 2. The key laboratory of safe and high efficient exploitation in coalmine set up by ministry of education together with province, Huainan, Anhui 232001, China)

Abstract: By means of Instantel Monitor the vibration velocity monitoring data are got when medium length or deep hole blasting takes place where hard rock tunneling advances rectangularly, and based on the data the PPV formula of blasting damage dimension is gained which is suitable to the real tunneling situation. The biggest safe charging weight of single section is contra-calculated by the mathematical statistics method. The charging weight is put into engineering practice, and good result is achieved.

Key words: tunnel with right-angle round; medium-length or deep hole blasting; vibration velocity; ppv regression

收稿日期: 2008-11-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50774002); 高等学校博士点基金资助项目(200803610002); 安徽省自然科学基金资助项目(070414167); 安徽省高校创新团队支持计划基金资助项目(TD200705)。

作者简介: 徐颖(1965-), 男, 安徽泗县人, 安徽理工大学教授, 博士。主要研究方向: 岩土工程、现代工程爆破。

随着爆破技术的进步和煤炭企业产量的提高,煤矿巷道掘进爆破施工中正由原来的浅孔多循环向中深孔少循环爆破转变,由于中深孔爆破药量相对于浅孔爆破一次起爆的装药量要大的多,因此对巷道稳定性带来更大的影响^[1],目前主要是对本身巷道围岩的稳定性研究,特别是对直角拐弯巷道围岩振动速度衰减规律研究很少^[2]. 本文通过杨柳煤矿现场实测结果,分析中深孔爆破对直角拐弯硬岩巷道中围岩内振动速度衰减规律,为研究爆破掘进过程中直角拐弯硬岩巷道的稳定性提供一定的参考作用.

1 爆破参数和器材

杨柳煤矿井底车场及北翼三条大巷区域,火成岩由南向北侵入,原侵入标高为-620~-569 m. 火成岩岩性主要为闪长岩,硬度系数为 $f=9.81\sim11.62$. 北翼轨道运输平巷,上坡3‰. 直墙拱形断面,断面设计巷道净宽5.2 m,净高4.4 m(墙高1.8 m,拱高2.6 m),净断面积 19.98 m^2 ,采用锚喷支护,喷层厚度150 mm,因此,巷道掘进宽度5.5 m,掘进高度4.55 m,掘进断面积 21.8 m^2 .

中深孔爆破采用楔形斜眼掏槽,掏槽眼深度垂直深度2.4 m,其它炮眼深度2.2 m,为增大槽腔内岩石的破碎和加大槽腔底部岩石的破碎和运动,在槽腔中心布置两个与主掏槽眼同深的直眼,要求钻眼时满足方向和深度要求,眼底间距控制在200 mm~300 mm^[3]. 掏槽眼采用 $\Phi 40\text{ mm}$ 钎头,配 $\Phi 35\text{ mm}$ 药卷,炸药为二级煤矿安全水胶炸药;其他炮眼则采用 $\Phi 32\text{ mm}$ 或 $\Phi 40\text{ mm}$ 钎头,配 $\Phi 27\text{ mm}$ 药卷,炸药为三级煤矿安全水胶炸药,1~5段毫秒电雷管,全断面一次起爆.

2 振动速度实测

2.1 测量仪器和测点布置

爆破振动测试采用 Instantel 振动监测系统,由速度传感器和数据记录仪构成,速度传感器能同时进行三个方向(一个竖向,两个垂直方向)速度的测量. 工作原理由传感器检测的模拟信号,送入模拟信号调节放大器,微控制执行 EPROM 中的工作程序,经 A/D 转换将模拟信号转换成数字信号存入 RAM 中,以爆破同步信号启动数据采集过程^[4]. 传感器具体的布置情况(剖面)如图

1、图2所示.

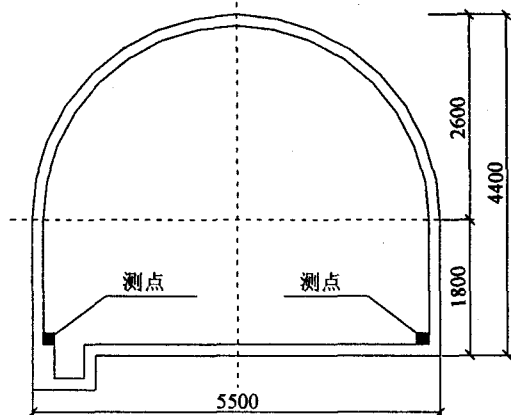


图1 测点断面图

Fig.1 Sectional drawing of survey point

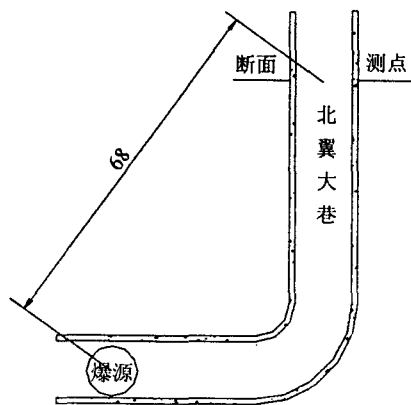


图2 测点平面布置图

Fig.2 Layout chart of survey point

2.2 测试结果与分析

1) 现场实测结果

实测结果数据如表1.

实测的典型速度振动图如图3、图4所示.

2) PPV 回归分析

目前我国 PPV 回归分析主要采用萨道夫斯公式:

$$V = k \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^\alpha \quad (1)$$

式中: V 为质点峰值振动速度, cm/s; Q 为最大单响药量, kg; R 为爆心距, m; k 和 α 为与场地、装药等有关的参数.

根据式中参数的含义,我们在现场实测了 V , 已知 R 、 Q 等参数,回归出 k 、 α 参数值^[2],最终回归出与实际工程相符合的 PPV 公式. 回归过程如下:

对式(1)两边取对数,得: $\lg V = \lg k + \alpha \lg \frac{Q^{1/3}}{R}$. $\lg V, x = \lg \frac{Q^{1/3}}{R}, a = \lg k, b = \alpha$.

对比 $y = a + bx$ 与 $\lg V = \lg k + \alpha \lg \frac{Q^{1/3}}{R}$ 可知: $y =$ 根据北轨大巷实测结果分析,得出参数如表 2.

表 1 爆破振动测试原始数据
Table 1 Basic data for blasting vibration testing

日期	装药量 Q/kg	距离 R/m	合速度(PVS)/ $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	三维振速 $V/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$		
				T	V	L
7-26T18;28	13.3	57.9	1.47	1.3	1.35	0.584
	13.3	60.7	1.46	1.27	1.16	0.343
7-28T17;41	13.8	66.7	1.32	0.902	0.610	1.44
	13.8	70	1.26	0.858	0.610	1.04
7-29T21;36	20.1	66.4	1.56	0.902	0.584	1.35
	20.1	68	1.52	0.8	0.825	1.189
7-30T18;21	12.2	70.1	1.26	0.498	0.244	1.27
	12.2	71.7	1.21	0.279	0.317	1.19
7-30T19;19	21	70.1	1.62	0.522	0.584	1.68
	21	71.7	1.58	0.417	0.533	1.10

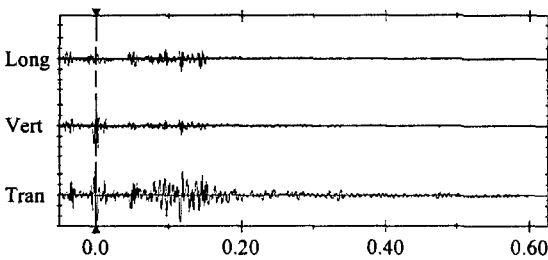


图 3 $R=57.9\text{ m}, Q=13.3\text{ kg}$ 振动波形
Fig.3 $R=57.9\text{ m}, Q=13.3\text{ kg}$ vibration waveform

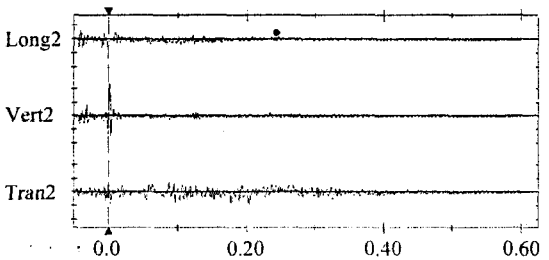


图 4 $R=60.7\text{ m}, Q=13.3\text{ kg}$ 振动波形
Fig.4 $R=60.7\text{ m}, Q=13.3\text{ kg}$ vibration waveform

表 2 爆破振动速度分析
Table 2 The analysis of blasting vibration

测点	峰值速度/ $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	Q/kg	R	$\frac{Q^{1/3}}{R}$	x	y
1	1.47	13.3	57.9	0.040 92	-1.388 06	0.167 317
2	1.46	13.3	60.7	0.039 033	-1.408 57	0.164 353
3	1.32	13.8	66.7	0.035 961	-1.444 17	0.120 574
4	1.26	13.8	70	0.034 266	-1.465 14	0.100 371
5	1.56	18.8	66.4	0.040 045	-1.397 45	0.193 125
6	1.52	18.8	68	0.039 103	-1.407 79	0.181 844
7	1.26	12.2	70.1	0.032 84	-1.483 6	0.100 371
8	1.21	12.2	71.7	0.032 107	-1.493 4	0.082 785
9	1.62	24	70.1	0.041 148	-1.385 65	0.209 515
10	1.58	24	71.7	0.040 23	-1.395 45	0.198 657

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^{10} x_i &= -14.2693, \sum_{i=1}^{10} y_i = 1.5189, \\ \sum_{i=1}^{10} (x_i)^2 &= 20.3764, \sum_{i=1}^{10} (y_i)^2 = 0.2502, \\ \sum_{i=1}^{10} x_i y_i &= -2.1509 \\ L_{xx} &= \sum_{i=1}^{10} x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{10} x_i \right)^2 \\ &= 20.3764 - 20.3613 = 0.0133 \\ L_{xy} &= \sum_{i=1}^{10} x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{10} x_i \right) \left(\sum_{i=1}^{10} y_i \right) \\ &= -2.15 + 2.17 = 0.02 \\ L_{yy} &= \sum_{i=1}^{10} y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{10} y_i \right)^2 \\ &= 0.025 - 0.023 = 0.002 \\ b &= \frac{L_{xy}}{L_{xx}} = \frac{0.02}{0.0133} = 1.51, \\ a &= \bar{y} - b\bar{x} \\ &= 0.1518 - 1.51 \times (-1.4269) = 2.3\end{aligned}$$

$\alpha = b = 1.51, k = 200$ 回归公式为:

$$y = 2.3 + 1.51x \quad (2)$$

$$V = 200 \left(\frac{Q^{1/3}}{R} \right)^{1.51} \quad (3)$$

3) PPV 回归验证通过实测获得回归公式,其目的是为了指导工程施工,以确保工程的安全性,以杨柳煤矿北大巷作为验证地点,爆区不同岩性的 k, α 值的选取根据文献[3] 确定. 考虑到爆破过程中围岩的稳定性,必须考虑到各个方面的因素,根据前面的 PPV 安全判据可反算出装药量. 由式(1) 可得:

$$Q = \left[\left(\frac{V}{k} \right)^{1/\alpha} R \right]^3 \quad (4)$$

现场采用两种不同的装药量和不同距离下爆破振动速度的实测数据与计算值对比见表3.

由表3 可知,按 k 值计算求得的 V 值与实测的速度值误差在5% 以内.

表3 爆破振动速度实测值与计算值

Table 3 Actual data and calculate data for blasting vibration testing

测点	装药量 Q/kg	距离 R/m	实测速度 PVS/ $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	计算的速度值/ $(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	误差(%)
1	13	64.6	1.24	1.25	0.8
2	13	66.2	1.25	1.20	4
3	15	64.6	1.26	1.29	2.3
4	15	66.2	1.15	1.20	4.4

3 结论

1) 根据现场条件,制定爆破地震效应对近距离相邻巷道稳定性影响的振动测试方案,采用先进的 Blastmate SeriesIII 测试仪,进行多点多次监测. 现场实测结合计算得出 k, α 值与爆破安全规程相符合,说明本测试是有效可行的.

2) 对质点振动速度与单段最大起爆药量、地震波传播距离之间的关系进行回归分析,得出比较切合现场实际的回归公式 $V = 200(Q^{1/3}/R)^{1.51}$. 并通过数理统计方法,反算最大单段安全装药量.

3) 根据回归公式和现场检测,得出实际值与计算值误差在5% 以内,说明此方法在直角拐弯

巷道中深孔爆破中,反应出其振动衰减规律,为直角拐弯巷道稳定性分析和支护参数的设计提供了理论依据.

参考文献:

- [1] 陈柏林. 矿山边坡爆破振动测试与分析[J]. 矿业快报, 2004(11): 13-15.
- [2] 毕卫国, 石 崇. 爆破振动速度衰减公式的优化选择[J]. 岩土力学, 2004(SI): 99-102.
- [3] 徐 颖, 宗 琦. 地下工程爆破理论及应用[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001.
- [4] 汪旭光, 于亚伦, 刘殿中. 爆破安全规程实施手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.