

文章编号: 1001-487X(2000)03-0090-03

# 爆破振动测试技术探讨

杨年华<sup>1</sup>, 林世雄<sup>2</sup>

(1. 铁道部科学研究院, 北京, 100081; 2. 中科院成都分院动态测试所, 四川 成都, 610041)

**摘要:** 当前我国爆破振动测试中使用的传感器和记录仪各不相同。作者根据实践经验总结, 对传感器的选型安装、记录仪和分析软件的要求及输出结果形式等各环节上存在的问题进行了探讨, 提出了肤浅建议。

**关键词:** 爆破振动; 测试; 振动速度; 频率

**中图分类号:** TD 235.1<sup>+</sup>4      **文献标识码:** A

## Investigation on Blasting Vibration Testing Technique

YANG Nian-hua<sup>1</sup>, LIN Shi-xiong<sup>2</sup>

(1. Scientific Academy of Railway Ministry, Beijing 100084, China;

2. Chinese Academy of Science Chengdu Branch Academy Dynamic Testing Institute  
Chengdu, Sichuan, 610041, China)

**Abstract:** In accordance with the differences in sensor and recorder used in testing the blasting vibration and on the basis of practical experiences, the present questions about the selection and installation of sensor, request for recorder and its software and the results output type are investigated, some proposals are put forward.

**Key words:** blasting vibration; testing; vibration velocity; frequency

目前我国爆破振动测试使用的仪器类型很多, 数字式测振仪越来越多, 有国产的也有进口的。数字式测振仪一般将放大器直接置于机体内, 省去了连接电缆, 使用更方便、可靠。以磁带记录仪和光线示波器做波形记录设备的, 在逐渐淘汰。此外传感器的选型和安装尚无统一的规定和要求, 振动数据的分析软件各不相同, 所以很多振动测试不规范, 无可比性。甚至有些数据可信度较低。本文对爆破振动测试问题谈几点看法供同行参考。

### 1 传感器的选择

爆破引起的地表振动频率比天然地震高 1~2 个数量级, 随着爆破距离增大, 振动频率逐渐降低, 大多数情况下爆破地震频率范围在 30~300 Hz。市场可供选择的振动速度传感器频率范围一般在 10~500 Hz, 基本能满足要求, 但也有一些传感器频率范围较窄, 在传感器配备安装方面一定要注意这问题。在爆源近区和坚硬岩体中测试爆破振动时, 一般应选择更高频

收稿日期: 2000-01-18

作者简介: 杨年华(1964-), 男; 北京: 铁道部科学研究院, 副研究员。

率范围的传感器。例如,笔者在秦岭线隧道洞壁上测量邻近线隧道爆破产生的振动速度时,发现主震频率已超过 1 kHz。产生如此高频的爆破震动有两方面的原因:一是秦岭隧道岩体特别坚硬完整,其岩石抗压强度都在 150 MPa 以上,且洞壁无渗水、漏水,岩体非常完整、均匀;二是测点离爆源很近( $R = 30 \sim 50$  m),爆源为分散的小直径炮孔( $\phi 48$  mm)。这说明,类似坚硬完整岩体和近距离条件下测试爆破振动,应选择频率范围在 1 000 Hz 以上的传感器,若速度传感器的频率范围不能满足要求,可改为加速度传感器,将加速度波形积分可得速度波形,一般加速度传感器频率范围很大,可达 10 kHz,即满足高频振动测量要求。

## 2 传感器的安装

对传感器的安装有不同意见,有人建议用钢钎牢固地嵌入岩体中做传感器支座,也有人认为只需直接将传感器置于地表。根据美国 Dowding 博士的研究,一般的地表振动测试,因振动幅值不大,频率不很高,只需将传感器直接置于地表,周围用石膏粘附即可。在地下巷道内墙壁上测试强烈爆破振动时,需用钢钎嵌入岩体中,将传感器固定的钢钎上。而一般岩石表面尽可能直接安装传感器,不要通过钎杆、基座安装传感器,它可能使振动波形失真。现在有些传感器安装有磁座,比较方便、可靠,可在地表下埋入(胶结)一块小铁板,将传感器磁座直接吸引固定在铁板上。铁板较小,而且薄,对振动波形干扰不大,磁座式传感器值得推广。

## 3 对传感器的其它要求

传感器属于敏感器件,野外使用环境条件差,颠簸振动较大,容易受损,因此传感器每年至少应标定一次,发现线性度偏差较大的传感器一定要停止使用。

传感器有竖向和横向之分,在测量三向振动分量时,应注意传感器的方向性。现国外已研制出三向速度或加速度传感器,一个传感器可同时测试出 X、Y、Z 三个方向的振动分量,能方便准确地求出合速度,这种传感器是今后爆破振动测试的发展方向,目前因价格太高且标定困难,不易推广,但爆破振动测试应以三向量测为主,三向合速度更能反映振动强度大小。

## 4 对测振仪的要求

爆破测振仪正向数字式自动记录分析方式发展,它利用最新的电子技术和计算机技术,使爆破振动记录仪轻巧、便携,且功能齐全,省去了现场远距离放线的麻烦和信号干扰。我国对这种爆破振动测振仪的研制开始于 90 年代初,北京矿研总院和长江科学院首先相继研制成功,现在已发展成多家竞争的局面,四川动态测试研究所生产的 IDTS2850 振动记录分析仪已成为国产设备的佼佼者,在销售、服务和功能开发方面较为成功,他们对推动我国爆破振动测试技术的发展做出了贡献。我们在具体使用中感觉到四川动态所较好地解决了当前国内测振仪普遍存在的一些问题,如:

(1) 自触发设置要可靠。野外测振仪一般放置在传感器附近,这样可省去烦琐的布线,因此振分仪的触发方式一般选择自动内触发(因外触发又必须放长距离外触发信号线),若内触发有误将导致测试失败。大量测试中发现 IDTS 振分仪采用逻辑电路判断自触发较为可靠。例如,可设置为传感器信号达到量程的 1/8 或 1/4 即启动自触发,使用中未有自触发错误的悲剧。

(2) 记录波形应有负延时记录。若由自触发启动记录存储,没有负延时设置,有可能丢失振动波头记录,波头信号往往比较重要。一般负延时记录应达到 0.25 左右。

(3) 一台振分仪至少应有三个通道。通常为测量某点三个方向的振动分量,需要三个传

感器接入同一台振分仪,它可保证三个方向同步记录,便于求合速度。若不测三个方向的分量,仅仅每点一个传感器,一台仪器接三个点只需二个传感器放线稍长,也不麻烦。

(4) 振分仪的内存可适当加大。随着计算机技术的发展,大容量内存条已不再昂贵,增大振分仪的内存,可增加记录波形的数据容量,方便野外多次测振记录。

(5) 野外振分仪主要发展方向是轻便、耐用,能准确、可靠地捕获到信号,而不必开发附带的多种功能。附带多种功能必然会增加成本,一般野外条件潮湿、多尘、颠簸振动大,功能越多,故障率越高。应该将测振仪多功能开发转移到室内计算机的分析处理上,在计算机上开发可使功能更强大,而且不必过多增加记录仪成本配制。

## 5 对软件分析的要求

软件分析功能已是振动测试分析仪的主要性能之一。根据大量测振实践总结,一般对振动分析软件有以下要求:

(1) 最大振动速度值的寻找。要求软件中能自动、方便地找到各分段爆破的峰值振动速度,使一次爆破振动记录能得到更多的信息量。

(2) 对振动波形作微分、积分处理。因振动速度微分一次可得加速度波形,积分一次可得位移波形。加速度和位移参量的获得,对评价爆破振动安全提供了补充依据。

(3) 对波形进行 FFT 变换。FFT 变换可确定振动的主振频率,主振频率对振动安全性评价有重要意义。

(4) 速度矢量求和。对三个方向的速度分量求和,可得合速度的最大值,它更能全面反映振动强度大小,所以速度矢量求和必不可少。

(5) 方便的信息输入、存储、打印。采用 Windows 操作方式的输入、储存、打印是软件发展的方向,它为用户提供了极大方便。

## 6 测试结果输出

现在爆破振动记录表没有统一格式,记录中容易丢失一些重要信息,不便于后来查找或借用。一个完整的爆破振动测试报告建议应包括如下一些记录的内容。

(1) 一般情况:时间、地点、环境温度、湿度、风向、风力、测试单位、操作人员。

(2) 爆源情况:总装药量、分段数、各段炮孔数和药量、爆区范围、起爆方式。

(3) 测试场地情况:测点方位、离爆源距离、测点地形和地质条件、周围环境。

(4) 传感器安装情况:传感器安装方法、安装方向、传感器型号、厂家、传感器灵敏度、频率范围、量程、线性度、编号。

(5) 记录仪器情况:记录仪名称、型号、编号、触发方式、量程选择、采样频率、通道数及编号。

(6) 记录波形输出:振动波形应有时间标尺和幅值标尺。标出最大振幅值和所处时刻。

(7) 振动衰减规律回归分析:根据经验公式  $V_{\max} = K(\frac{Q^m}{R})$  回归,求出  $K$ 、 $m$  值。

(8) 描述爆破前后仪器和保护物的有无损坏迹象。

(9) 附上仪器传感器标定年审证书。

为便于相互借鉴,提高可比性,建议在爆破振动测试中,采用统一规范的测试记录表。