

# 磨粒冲击破碎能测试系统的研制<sup>1</sup>

张平占 张祖培

(中国矿业大学) (长春地质学院)

笔者设计了一种磨粒冲击破碎能测试的APPLE-Ⅱ微机系统,成功地解决了落锤法的致命缺陷——“冲击功的不连续性”问题,每粒样品只需一次即可测试成功,并对4种金刚石样品进行了测试。

**关键词:** 磨粒冲击破碎能; 冲击功的不连续性; 测试系统

目前,国外普遍采用动载法测试金刚石性能的方法有:①Friatester及Mark V型脆性强度仪(De Beers Co.);②Wig—L—Bug型“摇摆虫”冲击强度仪(G.E.Co.);③美国及日本球磨法测试标准;④辊碎法。

其中,前两种方法类似于球磨法,只能测出“当量强度”,即用球磨后未破碎颗粒的重量与总重比值的百分数来表示,无法测出其真正的强度值。辊碎法虽能直接测得金刚石的破碎力,但却难于测出破碎能量。因此,仍然无法解决“金刚石到底能承受多大冲击力”的问题。

此外,还有一种不成熟的测试方法,即落锤法,它是指一定质量的冲锤从一定高度自由落下冲击金刚石,从而测出相应冲击性能指标。该法容易将冲击力与冲击功联系起来,原理简单,但其致命缺陷是,目前国内外所用的落锤法都是采用微调方法,把落锤冲击功由小到大步步逼近金刚石的“临界”破碎状态,直到破碎为止,测试极为繁琐,工作量大,不易推广使用,而且测试结果往往偏大。在此笔者把落锤法存在的这一致命缺陷称之为“冲击功的不连续性”问题。这一问题的解决与否,是使用落锤法成败的关键。

## 测试系统的研制

### 1. 总体设计及其特点

该测试系统可以测定金刚石单晶、刚玉

等非金属脆性颗粒的冲击破碎力及冲击破碎能量。它由自动冲击装置、压晶力传感器、电荷放大器、瞬态波形存储器(带高速A/D)、接口、自动冲击控制电路、APPLE-Ⅱ微机及打印机等组成。笔者查阅了大量的国内外资料,收集并综合分析了近18种动载测试方法的优缺点,突破了目前落锤法的致命缺陷——“冲击功的不连续性”问题。关键在于设计一个吸能装置,以保证传给金刚石的能量恰好使其破碎,而多余能量由吸能装置吸收,并且每粒样品只需一次即可测试成功。总体设计见图1。

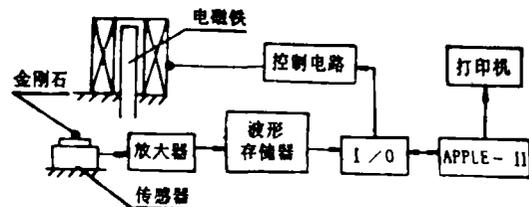


图1 总体设计图

### 2. 测试原理

金刚石受到冲击后,将冲击功传给压晶力传感器(见图1、2),实测力波形见图3。

冲击后,金刚石吸收的能量为:

$$E = \int_0^S F dS = \int_0^{\Delta t} F(V_0 dt)$$

通过试验证实,当冲击功远大于金刚石破碎能量时,冲击速度在冲击金刚石前后几乎保持不变,可以认为是一常量,则:

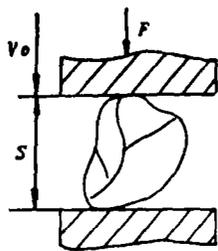


图2 受力分析示意图

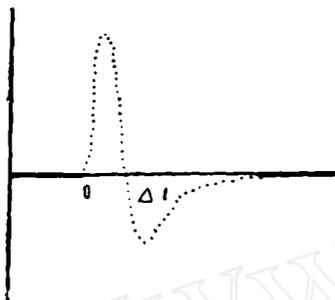


图3 实测力波形

$$E = V_0 \int_0^{\Delta t} F dt$$

式中：\$E\$—破碎能量；\$S\$—冲锤行程；  
\$F\$—冲击力；\$\Delta t\$—冲击力持续时间；  
\$V\_0\$—落锤末速度。

经过数字离散化后，即可用复化辛普生公式积分，求得破碎能量。

### 3. 自动冲击装置的设计

自动冲击装置由自制的螺管式电磁铁、支架、传感器、吸能装置、冲锤及底座等组成。其中，自制螺管式电磁铁的主要技术参数为：铁芯（冲锤）：\$\phi 15 \times 130\text{mm}\$；冲锤行程：\$50 \sim 70\text{mm}\$；最大冲击功：\$0.15\text{J}\$；线圈：\$4300\text{匝}\$；\$24\text{V}\$；\$0.4\text{A}\$；\$9.6\text{W}\$。

### 4. 信号转换

信号转换装置由压电石英力传感器和电荷放大器组成。该传感器的原理是压电效应。其等效电路见图4。

压电石英力传感器属“无位移”（实际为“微位移”）型传感器，理论上电荷量只与受力大小有关，而与位移无关。因此，可大大

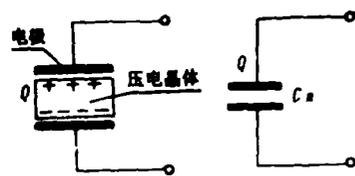


图4 压电传感器等效原理图

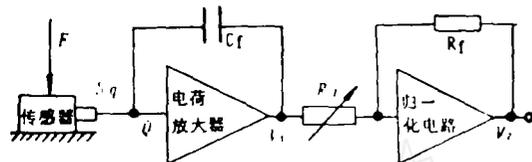


图5 测量电路原理图

提高测量系统的刚性，而灵敏度损失较小。其分辨率一般可达最大量程的\$10^{-7}\$倍或更高。本系统测量精度极高。

其次，由于电荷放大器设有归一化电路，使力值和示值一致，无需再做转换及标定，使用方便（图5）。

### 5. A/D转换与瞬态波形存储器

瞬态波形存储器亦称存贮示波器，是一种精确测量非周期瞬态过程的仪器（以下简称波存）。

波存带有高速A/D转换器（\$0.25 \sim 200\mu\text{s}/\text{字}\$，共10档），可把高速瞬态信号转换成一连串数字信号，并立即存入高速半导体存储器。存入的数据，可以通过接口送至微机内存，进行数据分析及处理。

### 6. 接口功能

接口由\$R/\bar{W}\$控制、操作译码及数据通道等电路组成。它有可编程的数据输入口，为8位三态，可传送波存的8位二进制码。

接口功能如下：

- 接口清零
- 启动波存写操作（发ST命令）
- 读波存的数据至微机数据总线
- 控制自动冲击装置的冲击动作（发Q<sub>1</sub>命令）

## 7. 软件设计

在软件设计中, 为保证采样速度, 采用了BASIC和6502汇编语言混合设计。共有9个模块程序组成, 各个模块功能分明, 各自独立, 但又通过总清单程序和清单程序使它们成为和谐的一体。各个程序间的跳转合理方便, 程序完全汉化, 执行时完全使用汉字提示式人机对话。只要一开机, 即可按汉字提示操作。程序流程见图6、7、8。

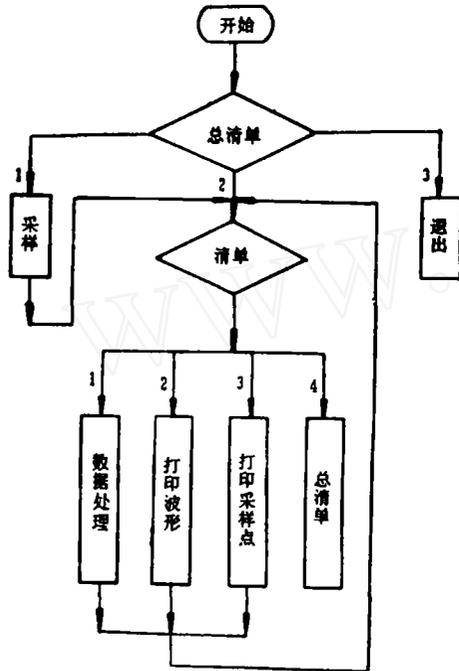


图6 程序流程总图

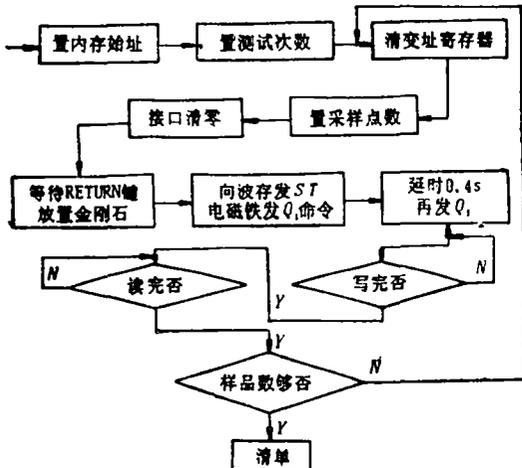


图7 采样流程图

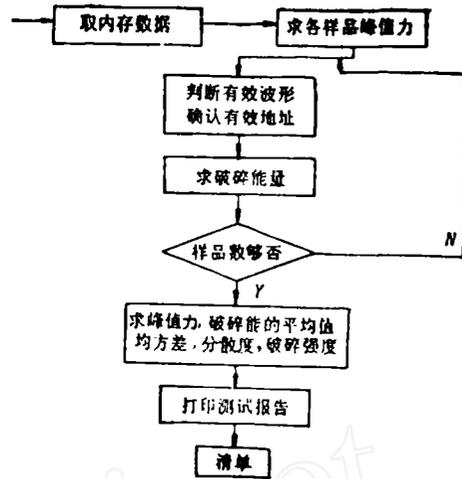


图8 数据处理图

结果处理时, 可打印出测试报告和任选样品的破碎力波形。其中, 测试报告内容包括: 20粒样品各自的破碎时间, 破碎力峰值和冲击破碎能量以及整体平均值、均方差和分散度等十项指标。

## 试验研究

### 1. 装置的可靠性验证

试验目的是, 在不加吸能装置和不放金刚石的情况下, 让冲锤冲击砧子, 验证测试力值及测试能量值与理论计算值的差异。

试验方法是, 去掉吸能装置, 让冲锤在1.1cm的高度自由下落, 从理论上可以求出其势能, 也可用冲量定理近似求出理论冲击力的大致范围, 与测试值相比较, 来验证装置的可靠性。可靠性试验数据见表1。

### 2. 金刚石冲击性能的试验研究

笔者对4种金刚石样品, 做了500粒的冲击试验, 试验结果见表2。

由于机加工精度与设计要求的相差较大, 给测试带来较大麻烦, 没有做更多的试验来摸清动载指标与静载指标间的确切关系, 以及金刚石在孕镶胎体中的冲击性能。但从表2可得出以下结论:

(1) 就破碎能量而言, 可以看出大颗

可靠性试验数据表 表 1

	冲锤冲击力 (N)	冲锤冲击能量 (10 <sup>-1</sup> J)
理论值	160.4	237160
测试值	134.3	234748.6
相对误差(%)	16.3	1.06

测试结果综合表

表 2

样 品 代 号	602-1	ZM-1	ZM-2	ZM-3
	JR4-60目	JR3-46目	JR3-60目	JR4-60目
静压破碎力(N)	—	130.3	129.4	162.7
冲击破碎力(N)	17.9	17.6	18.8	18.0
破碎能量(10 <sup>-1</sup> J)	47745.2	48196.5	46415.0	46854.0
静动破碎力比值	—	7.4	6.9	9.0
φ60钻头承受的冲击功(J)	9.55	9.64	9.28	9.37

注：以上测试的金刚石均处于非包镶的自由状态下，根据自由状态下金刚石的破碎能量，推算了φ60钻头承受的冲击功值，磨面按2000粒计算。

10J左右。

据资料介绍，金刚石在孕镶胎体中的抗冲击能力是自由状态下的3~9倍，按此推算φ60钻头实际可承受的冲击功大约为30~90J。而目前，我们小口径冲击的冲击功多在10J左右。可见，其单次冲击功是偏低的。但此结论尚需做进一步的试验来论证。

有待进一步研究的问题：

(1) 测试孕镶胎体中金刚石的抗冲击能力，得出钻头能承受冲击功更为可靠的数据。

(2) 测试经高温烧结与未经高温烧结的金刚石抗冲击能力间的差异性。

(3) 将该测试系统设计成便于携带式仪器，向产品化发展。

本试验得到蒋荣庆研究员的大力支持；中国磨料磨具公司超硬材料制品厂兴国副总工程师提供了样品；我院刘福春硕士及其他同

粒高级样品比小颗粒样品的破碎能要大，但相差不大。

(2) 静动破碎力之比大约在7~9之间。

(3) 按自由状态下金刚石的抗冲击能力来推算φ60金刚石钻头可承受的冲击功在

志也给予了帮助，在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] Belling, N. G., et al., IDR, Ang., 1974.
- [2] ANSI-B74, 8—1977 American National Standard Procedure for Ball Mill Test for Friability of Abrasive Grain, USA, 1977.
- [3] Field, J. E., «The Properties of Diamond», Academic Press, 1979.
- [4] Сагарда, А.А., Сверхтвердые Материалы, №1, 1984.
- [5] 日本工业标准 JIS-R6128—1975, 人造研削材の飞性の试验方法。
- [6] 松井正己, 磨料的破碎性试验, Tohoku 大学技术报告, Vol.46, №1, 1981.
- [7] 丁先志, 《金刚石动强度测定方法及测定仪的研究》, 中南工大硕士学位论文, 1988, 6.
- [8] [美] 朗·普尔等, «APPLE-II用户手册», 北京出版社, 1985.
- [9] 李文印等, 《长春地院科学报告年鉴》, 长春地质学院, 1985, 12.
- [10] 曹立凡等, 《数值分析》, 北京工学院出版社, 1986.
- [11] 张占平, 《磨粒冲击破碎能测定仪及其APPLE-II微机系统的研制》, 长春地质学院硕士学位论文, 1989, 6.

### A System for Testing the Percussion Breaking Capacity of Abrasive Grains

Zhang Pingzhan Zhang Zupei

The author has designed a system fitted with a microcomputer APPLE-II for testing the percussion breaking capacity of abrasive grains. The chief drawback of the drop hammer method conventionally used for this purpose, due to its stepwise approach measuring technique, is successfully eliminated by using the system we developed. For a single sample abrasive grain only one measurement is required. Trial test results for four different diamond samples are given.