

$\times 10^{10} \text{ N/m}^2$  预先规定  $= 0.003$  用本文叙述的方法只算了三次, 即  $n = 0, 4, 8$  时  $|s - a| = 0.0021 < \dots$ , 已符合精度要求. 结果顶端横向位移为  $= 0.1945 \text{ m}$ .

## 5 结束语

本方法的表达式统一, 给计算机的输入量少. 选

代方式简单, 分点的函数值一经算得, 便要反复使用到结束. 实践中还发现收敛的速度很快, 而且计算值与实验值也很好吻合.

(1996年10月30日收到第1稿,

1997年2月3日收到修改稿)

# 碰撞理论在物体运动速度测量上的应用

崔忠伟

(中国人民解放军 59163 部队, 石家庄 050000)

**摘要** 本文介绍两质量块相碰, 通过测量碰撞时的力, 间接测量质量块碰前速度, 是一种先进、实用的测量方法, 成功应用在“底-6底火试验仪”的测量.

**关键词** 测量, 速度, 碰撞

“底-6底火试验仪”系河北省军区军械修理所承担研制和生产. 该仪器主要功能是底-6底火发火率测量, 底-6底火率与两个物理量直接相关, 一是撞击底火的质量块质量; 一是撞击底火的质量块速度, 其中质量块质量容易测量, 也好控制, 但质量块运动速度却不好测量和控制. 在研制和生产过程中发现测试弹撞击底火速度与诸多因素有关, 如: 弹径、弹重、弹的定位、炮膛内径、炮底部密封程度、弹炮之间的摩擦、炮管倾角等. 对以上各种因素一一进行测量难度较大, 为了更科学、准确地测量弹撞击底火的速度, 以便有效地控制产品质量, 有必要研究切实可行的测试方法. 在解决上述问题过程中, 我们采用了一种先进、实用的测速方法, 并研制出测试系统和计算机程序.

## 1 测试原理

“底-6底火试验仪”作用过程可简化为下述物理模型, 即: 一个质量很小的物体(测试弹)  $m$  以一定的速度  $v$  撞击一个质量足够大的物体(底-6底火试验仪)  $M$ , 物体  $m$  的最终速度为零. 根据碰撞理论有下式成立

$$mv - 0 = f \cdot dt$$

$$f = ma$$

$$mv = ma \cdot dt = m \cdot a \cdot dt$$

$$v = a \cdot dt$$

式中,  $m$  为测试弹质量 ( $\text{kg}$ ),  $v$  为测试弹撞击底火速度 ( $\text{m/s}$ ),  $f$  为测试弹撞击底火所受的力 ( $\text{N}$ ),  $a$  为测试弹撞击底火所受的加速度 ( $\text{m/s}^2$ ).

由上式可见, 测试弹撞击底火的速度等于碰撞过程中测试弹所受力产生的加速度的积分.

图1和图2分别为碰撞过程中测试弹所受的力产生的加速度和加速度对时间的积分曲线.

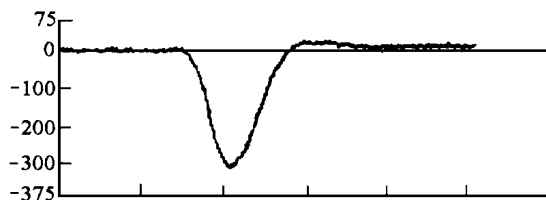


图1 测试弹在碰撞过程中所受力产生的加速度曲线

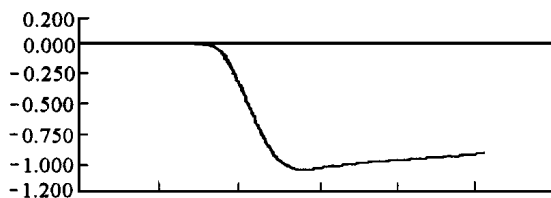


图2 测试弹在碰撞过程中的加速度对时间积分曲线

由图2可以看出, 积分曲线的最小值就是测试弹撞击底火的速度.

## 2 测试系统组成

测试系统由测试弹和传感器、电荷放大器、数字存储示波器、计算机等组成, 见图3.

传感器采用北京测振仪器厂生产的 YD-5 加速度传感器, 电荷放大器采用北京测振仪器厂生产的 DHF-3 型双积分电荷放大器; 数字存储示波器用

Hp54520A; 计算机为 DEC pc LPx+ 466d2; 计算机软件采用 Ni 公司的 Labview 软件平台编制。

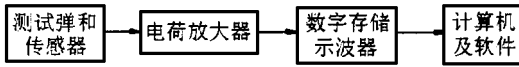


图3 测试系统组成示意图

YD-5 加速度传感器灵敏度为  $0.412\text{pc}/\text{m}\cdot\text{s}^2$ , 所以设定电荷放大器灵敏度为 4.12, 输出设为  $1\text{m}/\text{s}^2$ , 带通滤波器 3dB 范围为  $0.3\text{Hz} \sim 1\text{kHz}$ , 经初步测试估算冲击加速度为 300g 左右, 放大量设定为  $10\text{mv}/\text{Unit}$ ; hp54520A 数字存储示波器完全由计算机设定, 用 Labview 软件开发的程序控制仪器和进行数据处理, 最终计算出撞击速度及均方差。

### 3 测试数据

上述测试系统在“底-6 底火试验仪”研制和生产过程中发挥了重要作用, 获得了大量的实测数据, 下面摘录两组。

(1) 测试弹外径为 81.39mm 时, 膛弹间隔为 0.612mm, 撞击瞬时速度  $v$  测试结果如表 1 所示。

表 1 第 1 组迫弹撞击瞬时速度测试结果表(m/s)

序号	$v$	序号	$v$	序号	$v$	序号	$v$	序号	$v$
1	1.032	11	1.013	21	1.042	31	1.033	41	1.042
2	1.036	12	1.024	22	1.045	32	1.013	42	1.048
3	1.021	13	1.031	23	1.031	33	1.035	43	1.037
4	1.033	14	1.036	24	1.026	34	1.020	44	1.045
5	1.030	15	1.035	25	1.043	35	1.027	45	1.037
6	1.015	16	1.038	26	1.031	36	1.033	46	1.039
7	1.029	17	1.027	27	1.049	37	1.038	47	1.041
8	1.031	18	1.025	28	1.027	38	1.031	48	0.986
9	1.040	19	1.043	29	1.022	39	1.039	49	1.040
10	1.028	20	1.035	30	1.015	40	1.043	50	1.045

表 2 第 2 组迫弹撞击瞬时速度测试结果表(m/s)

序号	$v$	序号	$v$	序号	$v$	序号	$v$	序号	$v$
1	1.172	11	1.161	21	1.154	31	1.155	41	1.175
2	1.176	12	1.163	22	1.154	32	1.155	42	1.176
3	1.178	13	1.180	23	1.177	33	1.154	43	1.174
4	1.175	14	1.178	24	1.178	34	1.155	44	1.179
5	1.163	15	1.180	25	1.178	35	1.157	45	1.152
6	1.176	16	1.176	26	1.177	36	1.177	46	1.156
7	1.172	17	1.157	27	1.168	37	1.178	47	1.154
8	1.157	18	1.157	28	1.174	38	1.181	48	1.162
9	1.154	19	1.156	29	1.164	39	1.162	49	1.159
10	1.156	20	1.155	30	1.158	40	1.160	50	1.156

由表 1、表 2 测试数据, 可算出各组的均值和均方差

瞬时速度均值

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n v_i$$

瞬时速度均方差

$$v = \left[ \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2 \dots / (n-1) \right]$$

所以, 第 1 组数据 (膛弹间隔 0.612mm):  $\bar{v}_1 = 1.032$ ,  $v_1 = 0.011$

第 2 组数据 (膛弹间隔 0.633 mm):  $\bar{v}_2 = 1.097$ ,  $v_2 = 0.011$ .

(2) 测试弹外径为 81.369 mm 时, 膛弹间隔为 0.633 mm, 撞击瞬时速度测试如表 2 所示。

### 4 测试中应注意的问题

此种测速方法在使用中还应注意下面几个问题。

(1) 碰撞过程尽量短, 这样有利于减小静态力的影响, 经试验我们认为, 由铁质和铁质材料相碰最为有利, 碰撞时间约为  $780\mu\text{s}$ , 碰撞加速度为 300 g。

(2) 加速度曲线不能用电荷放大器积分, 这样积分的效果不好, 应采用计算机软件积分。

(3) 示波器应设置为交流耦合, 这样有利于去掉电荷放大器的直流成份, 使积分不受直流成份的影响。

(4) 在软件中应采取“数字化交流耦合措施”以进一步去掉直流成份, 提高测试精度。

(5) 加速度传感器和测试弹的安装应牢固, 并使安装谐振频率尽量提高; 屏蔽电缆和传感器电连接应可靠; 弹体各部分不应松动。

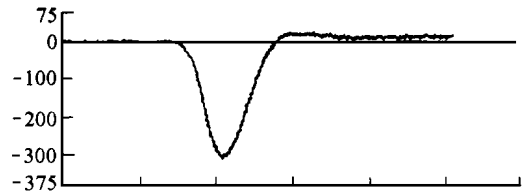


图4 测试弹在碰撞过程中所受力产生的加速度曲线

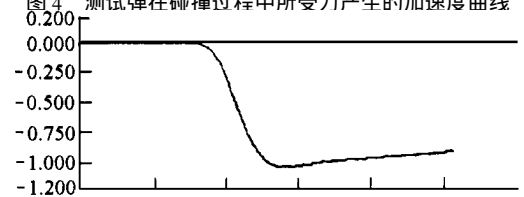


图5 测试弹在碰撞过程中的加速度对时间积分曲线

(下转第 75 页)