

用光电技术测定爆轰参数

史慧生

(西安近代化学研究所)

摘要 本文介绍了一种用光电技术同时测定爆速和爆温、爆压和爆温的方法。用光电比色技术测定炸药爆轰温度的同时,用两个爆轰面上爆轰的时间差计算爆轰波速度;或用透明介质中冲击波速度来反算炸药中的爆轰压力。方法原理可靠,技术简便。

关键词 比色计 爆轰参数

爆速、爆压和爆温是描述炸药爆轰产物状态及其近距作用的主要参数。准确地测定这些参数,弄清它们之间的关系,无论对爆轰的理论研究,还是炸药的实际应用,都是很重要的。然而,由于爆轰过程的高温高压和历时短,同时测准这些参数是很困难的。

本文介绍了一种用光电技术同时测定爆温和爆速、爆温和爆压的方法。

1. 实验装置及原理

我们用光电比色技术测定炸药的爆轰温度,装置如图1。测温原理及计算方法参看文献[1]。光导纤维的一端插入试件中,接受和传导光辐射。在分光器中爆轰光辐射被分解成两束狭光谱带光束,经光电倍增管进行光电转换后的信号由示波器记录。整个系统的上升时间约10纳秒。

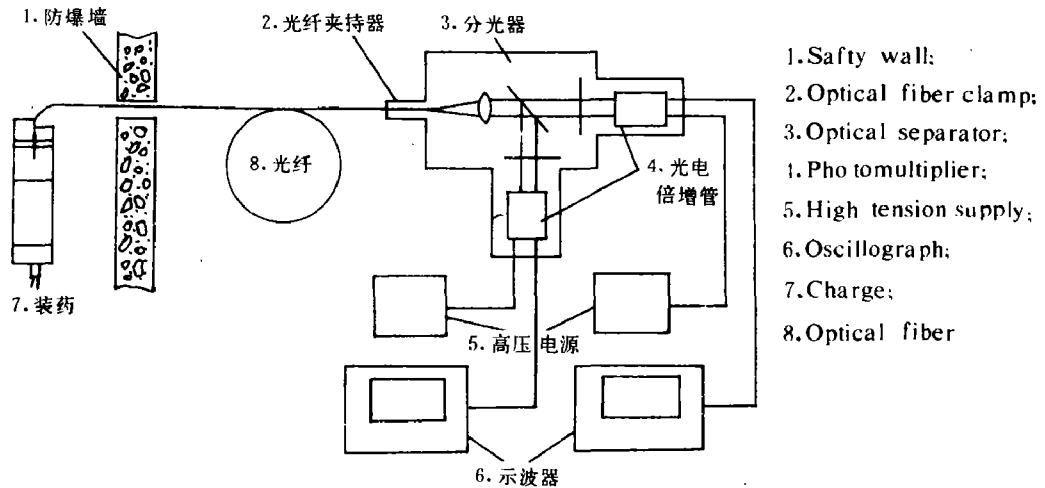


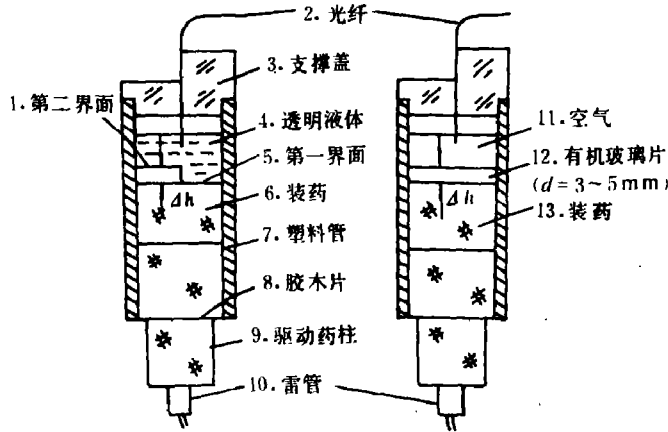
图1 实验装置

Fig. 1 Experimental set-up

由于爆轰波(或冲击波)总是走在前面,到达界面压缩空气会产生瞬态高温影响测试。我们用硬塑料管将试件密封起来,在炸药界面注上水或粘上透明介质以排除空气冲击波的干扰。塑料管内径30毫米,约长100毫米,管壁厚3毫米。管的一端用0.5毫米厚的胶木片封

1988年12月21日收到原稿,1989年2月14日收到修改稿。

死，下接起爆药柱。样品放在管内，上界面粘上透明介质或注水。光纤头插入塑料管内，距炸药界面约10毫米。整个系统采用光信号内触发。试件装配如图2所示。



- 1. The second interface;
- 2. Optical fiber;
- 3. Supporting case;
- 4. Transparent liquid;
- 5. The first interface;
- 6. Charge;
- 7. Plastic tube;
- 8. Bakelite plate;
- 9. Driving charge;
- 10. Detonator;
- 11. Air;
- 12. Plexiglass plate;
- 13. Charge

(a) 爆温与爆速同时测量的装药示意图

(b) 爆温与爆压同时测量的装药示意图

(a) Schematic diagram of simultaneously measuring the detonation temperature and velocity

(b) Schematic diagram of simultaneously measuring the detonation temperature and pressure

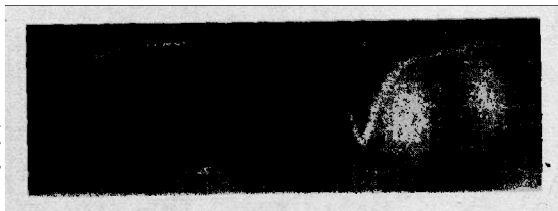
图2 装药结构

Fig. 2 Construction of the charge

关于窗口匹配物质的影响，我们已做过对比实验，透明介质分别用水、普通玻璃、有机玻璃，三溴甲烷，在匹配与失配情况下做实验。结果证实窗口匹配物质对炸药峰值温度的测量结果影响不大 [2]。

爆炸实验中光纤的接收端将被破坏掉一截，每次实验前须重新处理光纤的端面，由此可以引起光电系统灵敏度及光学传输特性的变化，所以实验前需用标准光源对整个系统进行标定，具体方法见文献 [1]。

(a) 爆温和爆速的同时测量。压制密度相同的药柱和药片（药片厚度 $\Delta h = 4$ 毫米）。将药片从中间切开分成两半。将一半粘在被测药柱的端面。这样与光纤相对的药柱界面就形成了相差 Δh 的两个界面。炸药被引爆以后，爆轰波很快达到第一个界面。界面上炸药爆轰的光辐射触发整个系统，示波器开始记录，信号出现第一个峰值。经过 Δt 以后，爆轰传到第二界面，第二界面上爆轰光辐射造成信号中的第二个峰值。而 $\Delta h / \Delta t$ 即是被测炸药的爆轰速



水平 0.2 μ s div 垂直 10mV/div
Horizontal Vertical
 $\lambda = 691.0$ nm $\lambda = 188.0$ nm

图3 同时测量爆温和爆速的典型记录
Fig. 3 Typical record measuring the detonation temperature and velocity

度。典型的示波记录如图3所示。

(b) 爆温和爆压的同时测量。加工3~5毫米厚的有机玻璃片,用万能胶粘在被测药柱的端面上。粘接时要注意在界面上赶净空气泡。炸药被引爆以后,爆轰波达到炸药-有机玻璃界面,爆轰光辐射触发整个系统,示波器开始记录,信号出现第一次上升。经过 Δt 时刻以后,冲击波传到有机玻璃-空气界面,空气受到冲击压缩,发出强光,信号出现第二次上升。用两次上升之间的时差 Δt ,去除有机玻璃片厚度 Δh ,可求出有机玻璃中的冲击波速度。利用有机玻璃的Hugoniot方程^[3],可求出有机玻璃中的质点速度。最后利用声学近似,可以求出炸药的爆轰压力。这种方法中存在几处近似,测试精度不是很高,但可以作为一种简便的方法,在测定炸药爆轰温度的同时,得到爆压的参考数据。

2. 初步结果

(1) TNT爆轰温度和爆轰速度测定结果。药柱长60毫米, $\rho_0 = 1.55 \pm 0.01$ 克/厘米³。测得结果如表1。

表1 TNT爆轰速度和爆轰温度测定结果
Table 1 Measuring results of the TNT detonation velocity and temperature

样品	试件编号	药柱直径 (mm)	爆速 D (km/s)	爆温 T (K)
TNT (片状)	1129-2	30	6.67	3650
	1130-1	30	6.88	3450
	1130-2	30	6.85	3800

从表中的数据可知: $D = 6.80 \pm 0.13$ km/s 相对偏差为2%,

$$T = 3630 \pm 180 \text{ K} \quad \text{相对偏差为5\%},$$

相同密度的TNT药柱,我们曾作过不带台阶的样品的爆温测试,其结果为 3400 ± 100 K^[4]。

(2) HMX爆轰温度和爆轰压力测定结果,药柱长60毫米, $\rho_0 = 1.63 \pm 0.01$ 克/厘米³。测得的结果见表2。

表2 HMX爆轰温度和爆轰压力的测定结果
Table 2 Measuring results of the HMX detonation velocity and temperature

样品	试件编号	药柱直径 (mm)	爆轰压力 p_{c-j} (GPa)	爆轰温度 T (K)
HMX 重量百	0923-3	20	29.5	2590
分比95% HMX	0923-2	20	31.5	2480
5%添加剂	1012-1	20	30.3	2580

从表中的数据可知 $p_{c-j} = 30.4 \pm 1.1$ GPa 相对偏差 4%,

$$T = 2550 \pm 70 \text{ K} \quad \text{相对偏差3\%}$$

3. 结果分析

用光电技术可以得到可靠的爆轰温度和爆轰速度,关于爆温的讨论可以参考文献[4]。

为了便于比较,将文献中药柱密度与 1.63 克/厘米³有差别的,都换算到 $\rho_0 = 1.63$ 克/厘米³时的爆压值。方法是 $p_{01} = p_{02} (\rho_1 / \rho_2)^2$ 。

表 3 爆压测试结果与文献值的比较

Table 3 Comparison of measuring results with the detonation pressure and the values in the reference

文 献	爆压值 (GPa)	样品组成(重量百分比)
本 文	30.4	95% HMX , 5 %添加剂
文献[5]	28.2	99.5% HMX , 0.5%添加剂
文献[6]	29.2	94% HMX , 6 %添加剂

综上所述,用光电技术同时测定爆温和爆速、爆温和爆压,方法简便,结果也是合理的。如果进一步严格控制实验条件和有关参数。将可得到精度较高的爆轰参数。

黄丽宏同志参加了部分实验工作,刘家聪研究员给本工作很多有益的指导,特致谢。

参 考 文 献

- [1] He Xianchu et al. *8th Symp.(int) on Detonation* (1985).
 [2] Shi Huisheng et al. *9th Symp.(int) on Detonation* (1989).
 [3] Jacobs, S.J., *Preprint Pro.5th Symp. on Detonation*. (1970).
 [4] 韩成邦等, *爆炸与冲击*, 8 (3) (1988), 255.
 [5] 徐 康等, *爆炸与冲击*, (2) (1981), 89.
 [6] Smith, L.C., *Explosivstoffe*, (1967).

DETERMINATION OF DETONATION PARAMETERS WITH OPTICAL-ELECTRICAL TECHNIQUE

Shi Huisheng

(Xian Modern Chemical Research Institute)

ABSTRACT A method of simultaneously measuring detonation velocity and temperature, or detonation pressure and temperature by optical technique is presented in this paper. While detonation temperature is determined with a transient optical-electrical two-colour pyrometer, the detonation velocity can be obtained by measuring the time difference of detonation wave arriving at the two surfaces of the explosive charge, and the detonation pressure can be obtained by measuring the shock velocity in a transparent medium which is contact with the end of the charge. The method is both reasonable and simple and can be widely used in experimental investigation of detonation and explosion effect.

KEY WORDS pyrometer, detonation parameter.