

对一种新的爆压测试方法—— 二碘甲烷法——的研究

于德洋 曾雄飞 徐康*

(1984年5月7日收到)

在阻抗匹配法的基础上发展了一种比较精确的爆压例行测试方法——二碘甲烷法。用二碘甲烷 (CH_2I_2) 作惰性材料,采用多列狭缝扫描照相测定 CH_2I_2 中的初始冲击波速度,用声学近似计算爆压。对于猛炸药高密度药柱可以得到跟阻抗匹配法一致的爆压,从而此方法可以作为猛炸药高密度药柱爆压的一种比较精确的例行测试方法。

一、引言

在 [1] 中,我们比较系统地介绍了在冲击阻抗匹配条件下测爆压的基本原理和实验技术,并用此方法测定了五种典型炸药在阻抗匹配条件下的爆压数据,为比较可靠地评价炸药和进行爆轰理论研究创造了一定的条件。

这个方法的缺点,是一种惰性材料只能与某几种炸药的特定密度的药柱达到冲击阻抗匹配,而适用的惰性材料只有几种,所以,此方法不适于作例行测试。

为了克服这一局限性,发展一种比较精确的爆压例行测试方法,我们用二碘甲烷和三溴甲烷 (CHBr_3) 作惰性材料,测定同一炸药在同一密度时的阻抗匹配爆压和在阻抗失配情况下的爆压,得到阻抗失配程度对测试结果的影响,寻求消除这种影响的方法,以求得出一种在一定范围内能普遍适用的爆压例行测试方法。同时,为了使用这种方法测出的结果更可靠,在本文中我们还通过实验对光探针的测距和实验药柱的尺寸进行了研究。

二、对测距和药柱尺寸的研究

1. 实验方法

以前,我们在阻抗匹配法的实验工作中,采用了 $\phi 40 \times 40 \text{ mm}$ 的药柱,测距为 0.24~

* 参加本工作的还有魏发学、张巧妹。

3.5 mm。为了进一步核实这些实验条件,进行了下述实验:

以 CH_2I_2 为惰性材料,采用 $\phi 60\text{mm}$ 的小型平面波发生器^[2],引爆 $\phi 60 \times 40\text{mm}$ 的 RDX 药柱,用五块小型光探针^[3]和五列狭缝(狭缝宽为 0.02 mm,间距为 2 mm),在不同测距下测定 CH_2I_2 中的初始冲击波速度。其中,测针与狭缝的排布示意于图 1。

2. 实验结果

表一给出了在不同测距时得到的冲击波速度以及由此用声学近似计算出的爆压。用不同尺寸的药柱所测之爆压比较于表二。

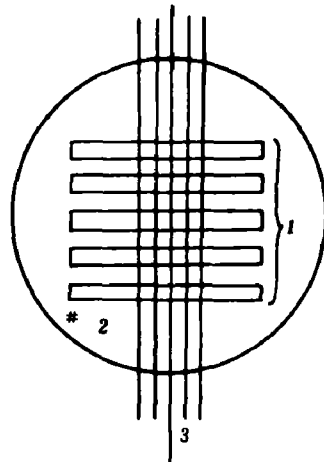


图 1 测针与狭缝的排布示意图

1—测针, 2—药柱端面, 3—多列狭缝

表 1 在不同测距下测定的 RDX 的爆压结果**

($\rho_0 = 1.740 \text{ g/cm}^3$, $D = 8.547 \text{ mm}/\mu\text{s}$)

$L(\text{mm})$	$U_s(\text{mm}/\mu\text{s})$	$\eta = \rho_0 m U_s / (\rho_0 D)$	$P^* (\text{GPa})$
3.01	4.251 ± 0.040	0.954 ± 0.008	31.50 ± 0.55
3.44	4.257 ± 0.030	0.956 ± 0.007	31.57 ± 0.44
4.08	4.218 ± 0.008	0.946 ± 0.003	31.00 ± 0.13
4.68	4.240 ± 0.036	0.951 ± 0.008	31.32 ± 0.54
总平均	4.242 ± 0.031	0.952 ± 0.007	31.35 ± 0.45

** 靶针位置 L 均从药柱端面算起,第一靶 0.24 mm, ρ_0 —药柱原始密度, D —爆速, P^* —用声学近似计算的爆压, U_s —冲击波速度。

表 2 在不同尺寸时 RDX 的实验爆压

ρ_0 (g/cm^3)	药柱尺寸 (mm)	D (mm/ μs)	P_s (GPa)	$P_s(\rho_0 = 1.74)$ (GPa)	实验方法
1.740	$\phi 60 \times 40$	8.547	31.35 ± 0.45	31.35	二碘甲烷法(本文)
1.650	$\phi 40 \times 40$	8.248	28.39 ± 0.43	31.57	阻抗匹配法 ^[1]
1.765	$\phi 100 \times 80$	8.661	32.63 ± 0.21	31.71	自由面速度法 ^[4]

3. 讨论

由表 1 可见,光探针的测距在 0.24~4.68 mm 范围内,测出的二碘甲烷中初始冲击波速度的衰减量在实验误差 ($\pm 2\%$) 范围以内。这与我们在文[5,6]中提出的观点一致。所以,在测距为 0.24~4.0 mm 内设置小型光探针,可以得到比较可靠的爆压结果。

由表二可见, $\phi 60 \times 40$ 和 $\phi 40 \times 40$ (mm) 的 RDX 药柱的爆压在实验误差范围内一致,并且与 $\phi 100 \times 80$ (mm) 药柱的自由表面速度法的结果相符合^[4]。所以,被测药柱的尺寸取为 $\phi 40 \times 40$ mm,在本方法中是可行的。

三、有关二碘甲烷法的实验研究

1. 实验方法

为了验证阻抗失配程度对爆压测定结果的影响,并探讨消除这种影响的方法,我们用 CH_2I_2 和 CHBr_3 两种惰性材料,用 RDX 药柱进行实验。选定两个合适的密度,使得在两组实验中都能得到一个阻抗匹配爆压和一个阻抗失配爆压;而在阻抗失配的条件下,分别用声学近似和解析法^[5]进行计算。所用实验装置和照片详见文[1]。

2. 实验结果

实验结果列于表三。其中, ρ_{0m} —惰性材料的原始密度, η —惰性材料与炸药的冲击阻抗比值, P_m —惰性材料中初始冲击波压力, P^m —用解析法(迭代法)计算的爆压。

3. 讨论

由表三的实验结果可见:当 RDX 的 $\rho_0 = 1.650 \text{ g/cm}^3$ 时,其冲击阻抗与 CH_2I_2 匹配 ($\eta = 1.01 \pm 0.01$),与 CHBr_3 失配 ($\eta = 0.94 \pm 0.01$),但在两种情况下,用声学近似和用解析法计算的爆压结果一致,且跟匹配爆压值符合良好,其误差不超过 2%。

表 3 实测爆压结果 (RDX $\Phi 40 \times 40 \text{ mm}$ 药柱)

ρ_0 (g/cm^3)	D ($\text{mm}/\mu\text{s}$)	介质	U_1 ($\text{mm}/\mu\text{s}$)	η	P_m (GPa)	P^m (GPa)	P^m (GPa)	ΔP^m (GPa)
1.650	8.248	CH_2I_2	4.134 ± 0.31	1.007 ± 0.008	28.50 ± 0.53	28.39 ± 0.43	28.39 ± 0.43	0.38 (1.3%)
		CHBr_3	4.428 ± 0.037	0.944 ± 0.009	27.93 ± 0.65	28.77 ± 0.52	28.76 ± 0.52	
1.570	7.970	CH_2I_2	4.120 ± 0.057	1.096 ± 0.015	28.39 ± 0.90	27.10 ± 0.68	27.09 ± 0.68	0.19 (0.6%)
		CHBr_3	4.408 ± 0.036	1.019 ± 0.008	27.56 ± 0.58	27.29 ± 0.47	27.29 ± 0.47	

表 4 常用猛炸药与 CH_2I_2 的冲击阻抗比

炸 药	ρ_0 (g/cm^3)	ρ_0/ρ_c^* (%)	D ($\text{mm}/\mu\text{s}$)	U_1 ($\text{mm}/\mu\text{s}$)	η
Tetrigl	1.710	99	7.566	4.053 ± 0.024	1.05 ± 0.01
PETN	1.764	99	8.295	4.262 ± 0.024	0.97 ± 0.01
RDX	1.772	99	8.655	4.376 ± 0.029	0.95 ± 0.01
PBX-RDX	1.721	98	8.412	4.175 ± 0.008	0.96 ± 0.00

* ρ_c 为炸药的真比重

同样,当 RDX 的 $\rho_0 = 1.570 \text{ g/cm}^3$ 时,与 CHBr_3 匹配 ($\eta = 1.02 \pm 0.01$),得到的爆压结果亦跟阻抗匹配爆压很好地符合。

总之,在阻抗比 $\eta = 1.10 \sim 0.94$ 范围内,用声学近似和解析法计算出的爆压均跟阻抗匹

匹配爆压的结果一致。其中,声学近似法非但计算简单,更重要的是避免了对状态方程作任何假设;而且用 CH_2I_2 作惰性材料时,它与高能炸药(甚至在高密度时)的声阻抗离匹配不远。所以,我们选定用声学近似法计算爆压。

表四列出了几种常用高能炸药在较高密度下与 CH_2I_2 的冲击阻抗比值 η 的范围。

由表四可见,常用猛炸药在较高密度下与 CH_2I_2 的冲击阻抗比值 η 大致在 $0.91 \sim 1.05$ 范围内。由表3和表4的 η 范围相比较可以推断:用 CH_2I_2 作惰性材料,可以得到比较可靠的爆压数据。因而这种方法可以作为高密度猛炸药药柱爆压测定的一种例行测试方法,我们称之为二碘甲烷法。

四 结 论

本文中的实验结果表明,当光探针的测距在 $0.24 \sim 4.68\text{mm}$ 范围内时,二碘甲烷中的冲击波速度的衰减量不大于2%;不同药柱直径($\phi 60\text{mm}$ 与 $\phi 40\text{mm}$)对测定结果的影响亦在实验误差范围之内。这进一步说明在我们以前的文章[5, 6]中的实验数据和观点是可靠的。本文中提出的以阻抗匹配法为基础发展起来的“二碘甲烷”法可以作为一种适用高密度猛炸药药柱爆压测定的比较精确的例行测试方法。

参 考 文 献

- [1] 于德洋、曾雄飞、徐康,爆炸与冲击,3(3)(1983),67。
- [2] 于德洋、许云祥等,爆炸与冲击, No. 2 (1982), 81
- [3] 曾雄飞、于德洋,“高速摄影用简易光探针”,第二届全国高速摄影与光子学会议文集(1982)。
- [4] 韩敦信等,“高能炸药爆轰产物多方指数K值的测定”,第一届全国爆轰会议(1979)。
- [5] 徐康、于德洋等,爆炸与冲击, No. 2 (1981), 89。
- [6] 徐康、于德洋、许云祥、曾雄飞, *AIP Conference Proceeding, Shock Waves in Condensed Matter*, 1981 (Menlo Park), p. 573-57 (1982)。

INVESTIGATIONS OF A NEW DETONATION PRESSURE MEASURING METHOD—DIIDOMETHANE METHOD

Yu Deyang Ceng Xiongfie Xu Kang

Abstract

A new accurate method—diiodomethane method—for routine detonation pressure measurement of explosives has been developed on the basis of impedance matching method. CH_2I_2 is used as the inert material, initial shock velocity in it is measured by high speed camera with multiple slits and detonation pressure is calculated by acoustic approximation method. For high density charges of high explosives with impedance ratios ranged from 0.94 to 1.10, detonation pressures in good agreement with those of the impedance

matching method can be obtained. So, we recommend diiodomethane method as a routine method for detonation pressure measurement of high density charge of high explosives.

低爆速炸药性能研究

陈勇富 洪有秋

(1982年7月14日收到)

本文介绍了一种低爆速炸药,并讨论了几种稀释剂对TNT和RDX爆速、爆压和冲击感度的影响。给出了爆速随装药直径变化的经验关系式和极限爆速与其组份的分子式和结构经验关系式。研究结果表明:采用本文提出的配方与工艺能获得所需要的稳定低爆速炸药。

在爆炸焊接中炸药的爆速 D 是根据被焊材料的声速 C 来选择的,对于低声速材料则要求低爆速炸药。采用低爆速炸药能改善焊接质量。在制作低压平面波透镜时也要用低爆速炸药。降低炸药爆速有两个途径:一是在猛炸药中添加重金属或其氧化物,它能使炸药爆速降低^(1,2,3)。若炸药中稀释剂为重金属氧化物,在爆炸时还原成金属粉尘污染环境,并且由于爆温一般不会降低,因此爆速降低有一定限度。另一是在炸药中加入带微孔的物质或人工充气,在炸药体系中以形成均匀细小的空隙来降低炸药密度使炸药爆速降低⁽⁴⁾。微气泡的存在,基于绝热压缩产生的热点作用,敏化炸药体系使其具有理想的爆轰感度。制造均匀空隙来降低爆速在工艺上较难控制。本研究中采用了几种含有不参与反应或参与反应但为吸热或少放热的成份,本身容重又轻的物质作稀释剂。稀释剂与猛炸药TNT或RDX制成的混合炸药(简称为TY或RY混合炸药)的临界爆速分别为1820米/秒和1550米/秒,极限爆速分别为2400米/秒和2100米/秒。装药直径和爆速的曲线中非稳定段为斜率平缓的直线,极限爆速和临界爆速之比1.32~1.35。

一、影响爆速的因素

1. 炸药品种对爆速的影响。用TNT或RDX与稀释剂 Y_1 、 Y_2 粉按不同比例制成的 $TY_1^{(5)}$ 、 TY_2 、 RY_1 、 RY_2 四类混合炸药品种的爆速特性是相似的。图1给出混合炸药 RY_2 的爆速特性。临界装药直径 ϕ_c 和极限装药直径 ϕ_e 之间的爆速随装药直径 ϕ 的加大而线性增加,其变化较不掺稀释剂Y的猛炸药平缓。当Y增加时 ϕ_c 和 ϕ_e 均加大。直线斜率随Y的增加而减小。临