

文章编号: 1006-9941(2000)04-0184-04

两种高聚物粘结炸药的声学特性研究

张伟斌, 田勇, 罗顺火

(中国工程物理研究院化工材料研究所, 四川 绵阳 621900)

摘要: 应用数字超声检测仪研究了 JOB-9003 和 JO-9159 两种高聚物粘结炸药的声学特性, 确定了超声检测频率、密度、厚度与炸药的超声特性参数的关系, 讨论了炸药内部质量特别是裂纹和疏松对炸药声学特性的影响。

关键词: 高聚物粘结炸药; 声学特性; 超声检测

中图分类号: TQ560; O42

文献标识码: A

1 引言

超声检测(UT)是评价炸药柱内部质量的重要手段, 并已成功用于科研生产^[1,2]。它是依据超声波在炸药内部传播后接收波的波形和波幅的变化来判定炸药柱的内部缺陷^[3]。

本工作对高聚物粘结炸药 JOB-9003 和 JO-9159 的声学特性进行了超声检测研究。研究内容包括炸药密度与超声声速和增益的关系, 炸药厚度与超声增益值的关系, 讨论了炸药的内部质量特别是裂纹、疏松对其声学特性的影响。

2 试验方法

室温下使用 CTS-36 型全数字式超声检测仪, 采用单换能器反射法对两种炸药进行检测, 得到炸药内部质量与超声声速、超声增益值和波形的关系。耦合剂为甘油。

3 试验结果与分析

3.1 炸药的超声特性参数与检测频率的关系

图1是两种炸药在一定密度下, 采用不同检测频率得到的超声特性参数。超声换能器直径 > 20 mm, 频率分别采用 1.25, 2.0, 2.5, 5, 10 MHz。从图可以看

出, JO-9159 炸药的超声增益系数较 JOB-9003 炸药明显大, 声速则反之。两种炸药的超声增益系数与检测频率的关系如式(1)和式(2)所示。

$$\alpha_{\text{JOB-9003}} = -1.1 \times 10^{-3} f^3 + 1.81 \times 10^{-2} f^2 + 3.47 \times 10^{-2} f + 1.07 \times 10^{-1} \quad (1)$$

$$\alpha_{\text{JO-9159}} = -8.50 \times 10^{-3} f^3 + 9.17 \times 10^{-2} f^2 - 1.23 \times 10^{-1} f + 6.27 \times 10^{-1} \quad (2)$$

式中, α 为炸药的超声增益系数, dB/mm; f 为检测频率, MHz。

由于 JOB-9003 炸药的弹性模量比 JO-9159 炸药的弹性模量大^[4], 而材料的弹性模量与其超声声速的平方成正比^[1,3], 所以声速的大小在一定程度上反映出炸药的力学性能有所不同。

3.2 炸药密度与超声特性参数的关系

JOB-9003 和 JO-9159 两种炸药的密度范围分别为 1.840 ~ 1.860 g/cm³ 和 1.850 ~ 1.865 g/cm³。图2是实际测得的两种炸药密度与超声特性参数的关系, 检测时换能器直径为 > 20 mm, 频率为 2.5 MHz。从图中可以看出, 密度越大, 对应的声速越大, 而增益系数越小; JOB-9003 炸药 0.02 g/cm³ 的密度变化引起的声速变化约为 200 m/s, 增益系数变化约为 0.3 dB/mm; 而 JO-9159 炸药 0.012 g/cm³ 的密度变化可引起声速的变化约为 200 m/s, 增益系数变化约为 0.3 dB/mm。这说明 JO-9159 与 JOB-9003 炸药相比, JO-9159 炸药密度的变化对超声特性参数的影响更大。

两种炸药密度与超声增益系数的拟合关系式如式(3)和式(4)所示。

收稿日期: 2000-05-25; 修回日期: 2000-10-08

基金来源: 中国工程物理研究院基金资助项目(980336)

作者简介: 张伟斌(1972-), 男, 研究实习员, 从事炸药无损检测方面的应用与研究, 在国内外会议或刊物发表论文多篇。

$$\alpha_{\text{JOB-9003}} = 2.56 \times 10^2 \rho_{\text{JOB-9003}}^2 - 9.62 \times 10^3 \rho_{\text{JOB-9003}} + 9.06 \times 10^2 \quad (3)$$

$$\alpha_{\text{JO-9159}} = 2.28 \times 10^2 \rho_{\text{JO-9159}}^2 - 8.67 \times 10^3 \rho_{\text{JO-9159}} + 8.23 \times 10^2 \quad (4)$$

式中, α 为炸药的超声增益系数, dB/mm; ρ 为炸药的密度, g/cm³。

3.3 炸药厚度与超声增益的关系

图 3 是两种炸药厚度与超声增益的关系曲线, 检测时换能器直径为 >20 mm, 频率为 2.5 MHz。从图

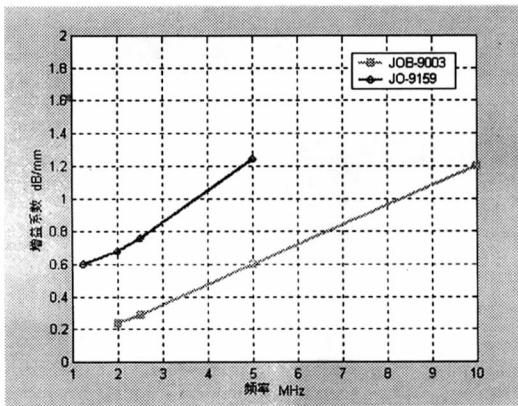
中可以看出, JO-9159 炸药的超声波增益系数的变化幅度较 JO-9003 炸药大。所以, 超声波对 JO-9159 炸药的穿透力比 JO-9003 炸药小。两种炸药的厚度与超声增益的关系, 如式(5)和式(6)所示。

$$K_{\text{JOB-9003}} = 0.42H - 1.70 \quad (5)$$

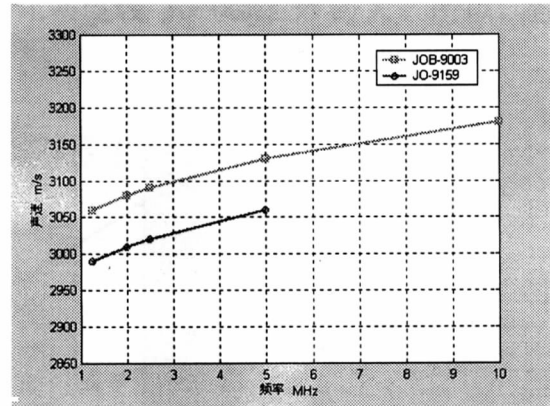
$$K_{\text{JO-9159}} = 0.77H - 7.00 \quad (6)$$

式中, K 为超声增益值, dB; H 为炸药的厚度, mm。

若检测较厚的炸药, 采用双换能器透射方法在炸药两侧面进行检测, 可使检测的厚度增大一倍。



(a) 增益系数与检测频率的关系



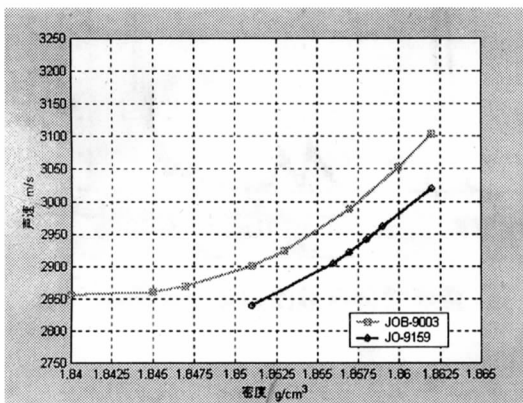
(b) 声速与检测频率的关系

图 1 检测频率与炸药的超声特性参数关系

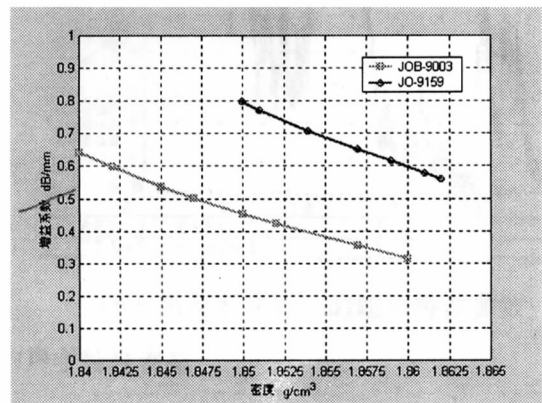
Fig. 1 The relationships between ultrasonic frequency and ultrasonic characteristic parameters of explosives

(a) The relationship between ultrasonic frequency and gain coefficient

(b) The relationship between ultrasonic frequency and ultrasonic velocity



(a) 声速与密度的关系



(b) 增益系数与密度的关系

图 2 炸药的密度与超声特性参数的关系

Fig. 2 The relationships between the density and ultrasonic characteristic parameters of explosives

(a) The relationships between density of explosives and ultrasonic velocity

(b) The relationships between density of explosives and gain coefficient

3.4 炸药内部质量状态对超声特性参数的影响

图1至图3的结果是在炸药无裂纹和无疏松的情况下得出的,但炸药中往往会有裂纹和疏松的存在。图4是炸药出现细小裂纹并发展为大的宏观裂纹后的声学特性参数,图中中间的波形是裂纹的反射波,增益值(GAIN)是评估炸药内部质量规律的直接参数。从图可看出,炸药出现细小裂纹时,增益值为45.8 dB,比出现裂纹前的增益值(41 dB)有所增大,随裂纹的增大,增益值急剧增加(75 dB);而声速则反之。图5是炸药无疏松和有疏松情况下的声学特性参数。结果表明,炸药出现疏松时其超声增益值显著增大,增大幅度为34.4 dB;而声速变化不大。这说明裂纹和疏松对炸药的声学特性影响非常大。

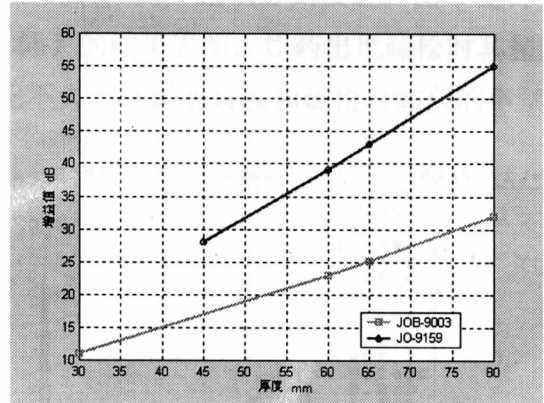
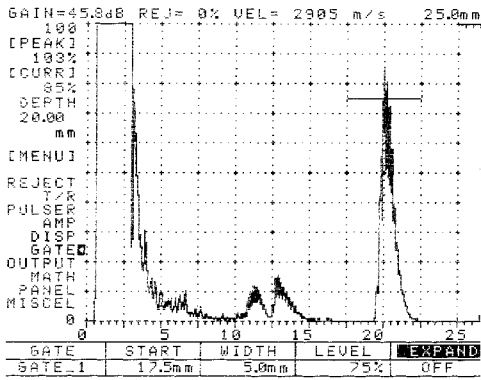
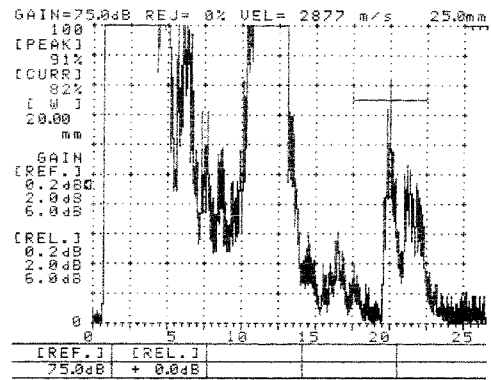


图3 炸药厚度与超声增益的关系
Fig.3 The relationship between thickness of explosives and ultrasonic gain



(a) 出现细小裂纹的超声特性参数

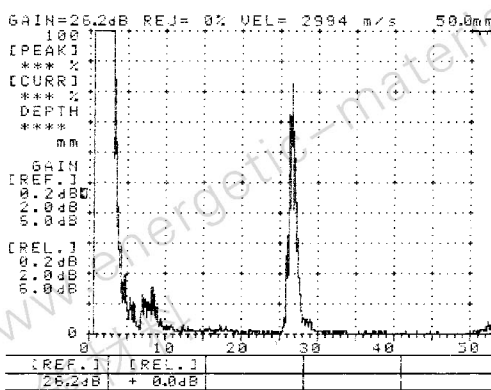


(b) 出现宏观裂纹的超声特性参数

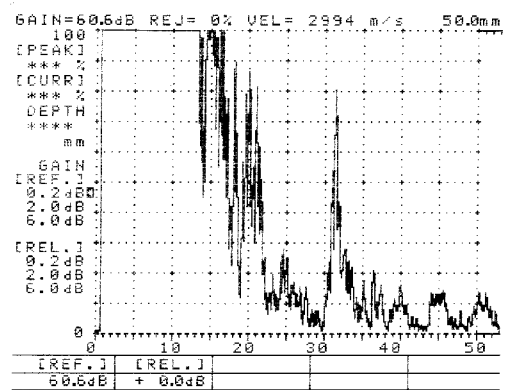
图4 炸药出现裂纹时的声学特性参数

Fig.4 Ultrasonic characteristic parameters of cracked explosives

4 Ultrasonic characteristic parameters of the explosive with microcrack, (b) Ultrasonic characteristic parameters of the explosive with macrocrack



(a) 无疏松时的超声特性参数



(b) 有疏松时的超声特性参数

图5 炸药在无疏松和有疏松时的声学特性参数

Fig.5 Ultrasonic characteristic parameters of tight and loose explosives

(a) Ultrasonic characteristic parameters of tight explosives, (b) Ultrasonic characteristic parameters of loose explosives

4 结 论

高聚物粘结炸药在一定密度范围内,超声声速随着密度的增加而增大,增益系数随着密度的增加而减小。

裂纹和疏松对炸药的声学特性影响非常大,但影响的机理有所不同(裂纹是界面反射或行程的改变,而疏松是散射)。

参考文献:

- [1] 张俊哲. 无损检测技术及其应用[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [2] 郑孟菊,俞统昌,张银亮,等. 炸药性能及测试技术[M]. 北京:兵器工业出版社,1990.
- [3] 《美国无损检测手册》译审委员会. 美国无损检测手册(超声卷)[M]. 世界图书出版公司,1996.
- [4] 董海山,周芬芬编. 高能炸药及相关物性能[M]. 北京:科学出版社,1989.

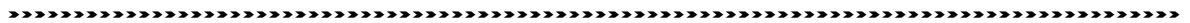
Research on Acoustic Characteristics of Two Kinds of Polymer Bonded Explosives

ZHANG Wei-bin, TIAN Yong, LUO Shun-huo

(Institute of Chemical Materials, CAEP, Mianyang 621900, China)

Abstract: Acoustic characteristics of two kinds of polymer bonded explosives (PBXs), JOB - 9003 and JO - 9159, were studied with digital ultrasonic flaw detector. The relationships between ultrasonic frequency and ultrasonic characteristic parameters of explosive, between density of explosives and ultrasonic velocity and gain coefficient, between thickness of explosives and ultrasonic gain were obtained.

Key words: polymer bonded explosive; acoustic characteristic; ultrasonic inspection



· 欢 迎 订 阅 · 欢 迎 邮 购 ·

《含能材料》

《含能材料》自 1993 年创刊以来,以其良好的质量受到国内外有关方面的好评,在国内外已经享有一定声誉。美国《化学文摘》、《工程索引》、俄罗斯《化学文摘》、国内《兵工文摘》、《中国导弹与航天文摘》、《中国化学文献数据库》已经大量收录本刊,并已提供 Internet 网上服务。从 1997 年开始,本刊已入编《中国学术期刊(光盘版)·理工 B》。

《含能材料》由中国工程物理研究院主办,其办刊宗旨是为从事高级炸药、推进剂和火药、烟火剂和火工品研究的科技人员服务。

《含能材料》的内容包括:关于含能材料(包括火炸药、推进剂、烟火剂等)及各种相关材料的合成与应用、加工与制造、理化性能分析与测试、爆炸与其作用、安全与可靠性、废水处理、环境保护等方面的学术论文及课题研究报告,在含能材料研究与实践中提出的新理论与新技术、建议与争鸣等文章。

本刊为季刊,每季末月出版,向国内外公开发售。本刊单价 4.00 元,全年订价 16.00 元。

邮发代号: 62-31

联系电话: (0816) 2485362

通讯地址: 四川省绵阳市 919 信箱 301 分箱

邮 编: 621900

凡未赶上邮局订阅者,请向编辑部邮购。请在汇款单上用正楷写清您的详细地址、邮编、姓名及欲购品种、数量。现供邮购的有: ①本刊各期: 第 1~8 卷各期(1993~2000 年) 4.50 元/本。②合订本: 第 1~3 卷(1993~1995 年)精装合订本,第 4~6 卷(1996~1998 年)精装合订本 60.00 元/本。上述价目包括邮费。