

示踪剂的添加对导爆管传爆性能的影响*

段红珍^{①②} 钱华^① 万方^① 潘峰^{①③} 杨祖一^④ 刘大斌^①

①南京理工大学化工学院(江苏南京,210094) ②中北大学理学院化学系(山西太原,030051)

③国家民用爆破器材质量监督检验中心(江苏南京,210094) ④中国爆破器材行业协会(北京,100089)

[摘要] 为了对导爆管进行溯源,在导爆管中添加一定量的惰性示踪剂,同时对添加不同示踪剂及同种示踪剂不同量的聚乙烯导爆管进行爆速、起爆感度以及传爆性能的测试。试验结果表明:温度为25℃时,示踪剂A与母体导爆药(RDX与Al粉)的比例在0.1/99.9~10/90范围内,爆速的变化范围为1745~1854 m/s,同时添加相同比例的示踪剂A、B、C混合物为总装药量的0.6%与1.5%,爆速分别为1852 m/s与1827 m/s,都符合工业导爆管爆速的要求;另外,添加示踪剂的导爆管均被可靠起爆,未见其感度降低和传爆不可靠。说明示踪剂的添加既满足了导爆管的溯源功能,又不影响导爆管的起爆与传爆性能。

[关键词] 塑料导爆管 示踪剂 爆速 传爆性能 起爆感度

[分类号] TJ45+7 TD235.2+2

引言

近年来,世界范围内的恐怖事件时有发生,给人类的生命安全带来严重威胁,同时也给世界反恐组织带来极大的挑战。有些犯罪分子利用导爆管对各种爆炸物进行引爆从而达到破坏的目的,如何通过犯罪现场获得犯罪组织和个人的信息至关重要。要对犯罪组织进行识别与追踪,其中的关键之一就是能够通过检测犯罪现场残留的导爆管而获得信息。国内现有导爆管使用的导爆药主要是黑索今和铝粉的混合物,装药量为15~18 mg/m^[1-4],为了使导爆管具有可溯源性,又不至于破坏原装导爆管的起爆与传爆性能,通过在导爆管内添加示踪信息以达到溯源目的。所选择的惰性示踪剂,在导爆管使用前,能够保持优良的安定性、与导爆药的相容性以及导爆管内壁的粘附性;在导爆管使用中,惰性示踪剂近乎零氧平衡,既能够作为部分导爆药的替换药,满足导爆药产生低速、低能爆轰波的传递,同时又能够不被导爆药形成的爆轰波所毁灭;在导爆管使用后,留在管内的惰性示踪剂的残留物质能够被特定的检测方法所鉴别,以满足监管该导爆管来源的需要^[5-9]。本文通过改变示踪剂种类与示踪剂的添加量,得到添加不同示踪剂的导爆管与同种示踪剂的不同添加量的导爆管;对添加不同惰性示踪剂的导爆管进行了爆速与其它性能的研究,与不添加示踪剂的导爆管爆速进行比较,获得了不同示踪剂与不同添加量

与爆速之间的关系,可供导爆管生产企业参考。

1 试样准备及测试方法

1.1 导爆管试样和试验设备

试验样品:试验所用样品为普通导爆管,导爆管外径为(3.0±0.1) mm,内径为(1.5±0.1) mm;管壁材料为上海石化生产的N210型低密度聚乙烯;所用导爆药配方为黑索今:铝粉=75:25。

示踪剂:以A、B、C代替。

光电法爆速测试仪:测试精度不低于±0.21 μs;两光电靶间距为(0.5±0.002) m。

工业雷管:南京理工科技化工有限公司生产铝壳8号基础雷管。

导爆管的制备:将黑索今与铝粉以配方为75:25的比例均匀混合,作为导爆药的母体,另外将导爆药母体与示踪剂A以90/10,95/5,98/2,99.5/0.5,99.8/0.2,99.9/0.1的比例进行混合,接着进行导爆管的拉制(装药量14 mg/m),每种导爆管拉制500 m。示踪剂B与示踪剂C的添加方式与示踪剂A同。

导爆管的爆速采用光电法爆速测试仪测试;变色性能是根据导爆管传爆前后的颜色改变情况,靠目测判断。试验中导爆管爆速、传爆可靠性、起爆感度的测试方法见WJ/2019—2004《塑料导爆管》^[10]。

1.2 示踪剂A、B、C的选择

惰性示踪剂的主要选择原则:

* 收稿日期:2011-12-15

基金项目:公安部重点研究项目(2009ZDYJN1JG032)

作者简介:段红珍(1971~)女,博士,副教授,主要从事纳米材料制备及性能测试方面的研究。E-mail:duanhz2000@163.com

通讯作者:刘大斌(1963~),男,教授,博导,主要从事含能材料的制备与应用研究。

1) 相容性: 示踪剂在生产与储存时与导爆药必须能稳定共存。

2) 粘附性: 能够较好地粘附在导爆管内壁不发生脱落。粘附性主要由药粒的粒径和形状决定, 粒径在 $5 \sim 50 \mu\text{m}$ 之间的药粒粘附性都较好; 形貌为片状与无定形状粘附性较好, 球状粘附性较差。导爆药内铝粉为片状, 粒径 $15 \mu\text{m}$ 左右。

3) 价廉易得: 原材料来源广泛、价格低廉, 减少工业生产的成本。

4) 易于检测: 要能被现有的检测手段有效地检测出来, 且尽量减少天然干扰因素的影响。

综合考虑相容性好、粘附性强、来源广、响应值高等特点, 初步选定 A、B、C 作为示踪剂。

对 3 种示踪剂样品粉末进行电镜扫描分析(如图 1), 其粒径范围均在 $3 \sim 20 \mu\text{m}$ 之间, 与导爆药中的 Al 粉粒径相似; 且形态均为片状或粒状, 具有较好的粘附性。

2 示踪剂的添加量对导爆管传爆起爆性能的影响

2.1 对爆速的影响

爆速的测定采用光电法爆速测试仪测定, 试验环境温度为 25°C 。试验结果见表 1 和表 2。

表 1 示踪剂 A 的添加量对导爆管爆速的影响

样品序号(母体与示踪剂的比例)	爆 速			
	单次结果		均值	极差
0 [#] (100/0)	1916	1870	1908	46
1 [#] (99.9/0.1)	1844	1836	1859	23
2 [#] (99.8/0.2)	1840	1839	1839	1
3 [#] (99.5/0.5)	1866	1844	1852	22
4 [#] (98/2)	1857	1809	1842	48
5 [#] (95/5)	1800	1811	1781	30
6 [#] (90/10)	1746	1745	1743	3

由表 1 的试验结果可知: 各试样爆速的最大波动幅度为 48m/s , 属于 WJ 标准要求的正常范围; 随着示踪剂添加量的变大, 爆速在逐渐减小, 在单个示踪剂的比例占总装药量的 10% 的装药条件下, 塑料

导爆管的爆速为 1745m/s , 此爆速也还在导爆管的要求之内, 因此在添加量一定的条件下, 制得的导爆管仍能够满足工业导爆管的标准要求(1600m/s 以上)^[11]。

表 2 示踪剂 A、B、C 的添加量对导爆管爆速的影响

样品序号(母体与示踪剂 A、B、C 的比例)	爆 速				
	单次结果		均值	极差	
7 [#] (99.4/0.2/0.2/0.2)	1848	1848	1859	1852	11
8 [#] (98.5/0.5/0.5/0.5)	1827	1837	1816	1827	21

由表 2 可知, 添加示踪剂的种类与添加量在总量为 1.5% 的条件下, 爆速没有发生大的变化。原则上, 示踪剂的添加量越大, 示踪效果越好, 但是从爆速测定的结果可以看出, 示踪剂的添加会使导爆管的爆速有一定程度的降低, 这是因为示踪剂是惰性的物质, 而惰性添加剂导致导爆管内单位长度的炸药量降低, 以及炸药密度降低, 所以爆速降低, 因此在示踪剂的添加量上有个上限。结合本研究中的示踪剂在导爆管起爆后检测的情况可知, 单个示踪剂的比例占总体装药的比例在 1.0% ~ 1.5% 的范围内, 都可以通过一定的检测手段检出示踪剂。也就是说如果 3 种示踪剂的总添加量在 3% ~ 5% 的范围内, 可以通过检测手段很好地溯源, 而示踪剂的添加量在 10% 以内, 均对导爆管的爆速影响不大。因此本项目的最终示踪剂的添加量为 5% 为宜。

2.2 对起爆感度的影响

对 0[#] ~ 8[#] 号试样进行起爆感度测试: 60 根导爆管捆绑后, 在捆绑中心用 8 号工业雷管正向起爆, 60 根导爆管均被可靠起爆, 在此示踪剂添加范围内未观察到起爆感度的变化, 同时满足 WJ 标准塑料导爆管的起爆感度要求(20 根以上)。

2.3 对传爆可靠性的影响

按照 WJ 标准的要求, 起爆长度为 $(2.0 \pm 0.1) \text{m}$ 的导爆管试样, 若导爆管能够正常传爆且管壁未

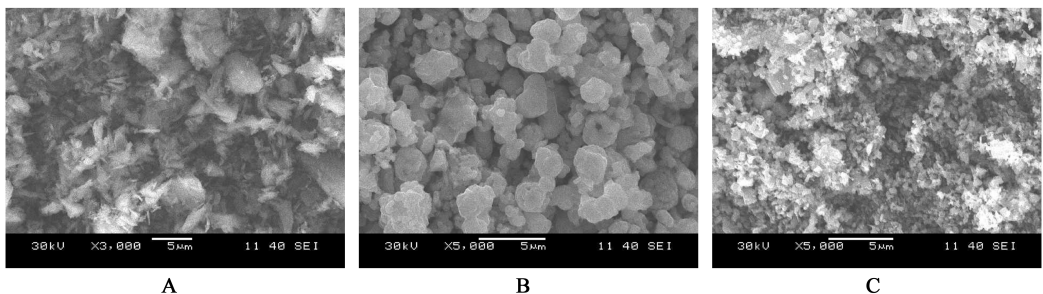


图 1 三种示踪剂的 SEM 图

被击穿,则导爆管传爆可靠。试验环境温度为25℃,以添加示踪剂A为10%的导爆管(试样1#~6#)为代表,试验结果见表3。

表3 示踪剂A对塑料导爆管传爆可靠性的影响

样品序号	1#	2#	3#	4#	5#	6#
可靠传爆所占比例	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5

根据表3可知,示踪剂A的不同添加量的样品均能稳定传爆,无断爆、拒爆的现象;均传爆可靠。另外,分别添加示踪剂B与C的导爆管的传爆可靠性与添加A的导爆管可靠性均一致。

对爆后导爆管进行目测检查,管壁颜色发生明显变化,均正常变色,说明示踪添加剂对导爆管的变色性能无影响。

3 结论

本文所选的3种示踪剂A、B、C相容性好、粘附性强、来源广、响应值高,故作为示踪剂是较好的选择,由以上的试验结果和分析可知,在其它条件不变,仅改变示踪剂与导爆药母体的比例,变化的情况如下:1)在25℃的条件下,示踪剂A与母体导爆药(RDX与Al粉)的比例在0.1/99.9~10/90范围内,即示踪剂占总装药量的0.1%~10%,爆速的变化范围为1854~1745m/s。随着示踪剂量的增大,爆速在减少,但即使示踪剂的添加量达到10%,其爆速也能满足WJ标准塑料导爆管爆速的要求,故认为示踪剂的加入量可高达10%。2)同时添加3种示踪剂,且示踪剂的添加量在一定范围内(总添

加量不超过10%),对导爆管的起爆感度没有影响。3)示踪剂A的不同添加量的样品均能稳定传爆,无断爆、拒爆的现象;均传爆可靠。4)示踪剂的添加量下限应由测试方法和仪器的检测限决定,本项目的最终示踪剂的添加总量为5%为宜。

参考文献

- [1] 陈嘉琨,范钦文,高耀林. 塑料导爆管[M]. 北京:国防工业出版社,1987.
- [2] 刘自铎,蒋荣光. 工业火工品[M]. 北京:兵器工业出版社,2003.
- [3] 何中其,彭金华,刘大斌,等. 导爆管传爆性能设计与参数分析[J]. 爆破器材,2010,39(3):1-3.
- [4] 侯建华. 特殊使用条件下提高导爆管传爆可靠性研究[D]. 南京:南京理工大学,2004.
- [5] 张瑞庆. 火药用原材料性能与制备[M]. 北京:北京理工大学出版社,1995.
- [6] 周学铁,李燕,刘大斌,等. 光谱法测量塑料导爆管爆轰瞬态温度[J]. 爆破器材,2003,32(6):8-10.
- [7] 刘大斌. 塑料导爆管的起爆、传爆及输出性能研究[D]. 南京:南京理工大学,2002.
- [8] 何中其,王孟春,高耀林. 塑料共混改性提高导爆管高温使用性能[J]. 爆破器材,2005,34(1):17-19.
- [9] 杨祖一,闫正斌,亓希国. 爆破器材流向信息标识和识读方式研究[J]. 爆破器材,2004,33(增刊1):109-113.
- [10] 国防科学技术工业委员会. WJ/T2019—2004 塑料导爆管[S]. 北京:兵器工业标准化研究所,2004.
- [11] 荆术祥,钱华,刘大斌,等. 装药量对塑料导爆管传爆性能的影响[J]. 爆破器材,2010,39(5):4-6.

Influence of the Indicator on Detonation Transmission Performance of the Shock-conducting Tube

DUAN Hongzhen^{①②}, QIAN Hua^①, WAN Fang^①, PAN Feng^{①③}, YANG Zuyi^④, LIU Dabin^①

①School of Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology (Jiangsu Nanjing, 210094)

②Dept. Chemistry School of Science, North University of China (Shanxi Taiyuan, 030051)

③National Quality Supervision and Inspection Center for Industrial Explosive Materials of China (Jiangsu Nanjing, 210094)

④China Explosive Materials Prade Association (Beijing, 100089)

[ABSTRACT] In order to trace for the source of shock-conducting tube, the certain amount of inert indicator was added into shock-conducting tube, and meanwhile detonation velocity and sensitivity to initiation of the shock-conducting tube with different indicator were tested. Experiment results show that the detonation velocity is ranged from 1745 m/s to 1854 m/s as the indicator A and explosive varied from 0.1/99.9 to 10/90 at 25℃. The detonation velocities of shock-conducting tube which constitutes 0.6% and 1.5% indicator A, B, C were respectively 1852 m/s and 1827 m/s, which meet the requirement of industrial shock-conducting tube detonation velocity. In addition, the shock-conducting tube with different indicator all can be detonated, and the sensitivity and reliability of detonation transmission is accepted. The result illustrated the adding of the indicator not only satisfy the source function of shock-conducting tube, but also have no effect on the detonation transmission performance of the shock-conducting tube.

[KEY WORDS] shock-conducting tube, indicator, detonation velocity, detonation transmission performance, sensitivity to initiation