

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2015.02.011

硅系和硼系辅延期药点火能力的试验研究^{*}

李祥友

葫芦岛凌河化工集团有限责任公司(辽宁葫芦岛,125000)

[摘 要] 针对铅芯延期元件的导爆管雷管结构,将硅/铅丹/硫化锑、硼/铬酸钡辅延期药对钨系延期药的点火能力进行了对比试验,从自身稳定性到点火能力进行了比较。结果表明,硼系辅延期药的点火能力优于硅系辅延期药的点火能力,储存性好,燃烧稳定,延期精度好,而且硼系辅延期药的制备简单,原材料更易得,适合作为长延时钨系延期药铅延期体结构的点火体装药。

[关键词] 辅延期药;点火能力;延期体

[分类号] TQ565+.2

引言

目前国内大多数厂家利用大内管进行多次压装钨系延期药的内管式结构来实现高段别的半秒、秒延期导爆管雷管的高秒量延时,这种结构的延期内管延期药装药量较大,且钨粉等材料的价格较高,不具有成本优势,其延时精度也较差^[1]。长期的生产实践中,通常是将延期药、辅延期药分别拉制成单芯铅延期体,再于基础雷管中采用过盈配合的装配方式^[2],先后压入延期体、辅延期体^[3]。该结构的产品具有成本低、工艺简单的特点。将高秒量钨系延期药拉制成单芯铅延期体,导爆管、电引火药头均不能直接可靠点燃该类型的延期体,点火过程中均需要有易被发火元件点燃的延期药来过渡,方能实现主延期药的可靠发火。在此结构中,辅延期药拉制成的点火体的点火能力是制约延期体能否顺利传爆的关键。

根据生产实际需要,点火用辅延期药需具备火焰感度高、燃烧稳定、燃速较快、生成热量高等特点。硅/铅丹/硫化锑延期药易于接受电引火药头和导爆管能量的激发,长期生产中发火可靠,药剂稳定性好,具备了作为辅延期药的基本条件。硼/铬酸钡延期药具有用量少、不吸湿、耐高温、产气量少和精度高等诸多优点。当硼的质量分数大于 10% 时可以作为点火药使用^[4]。本文分别选取硅/铅丹/硫化锑系延期药(简称硅系辅延期药)和硼/铬酸钡延期药(简称硼系辅延期药)作为钨系延期药的辅延期药,拉制成点火体,实现承上启下,传递燃烧的作用。

以粗芯钨系铅延期体的结构装配的导爆管雷管

为试验条件,对比分析了两种辅延期药的点火能力。

硅系辅延期药和硼系辅延期药,在生产中都可以作为低秒量延期装药使用,本文对该两种药剂的性能不再做详细介绍。主要对这两种辅延期药以下 4 个方面的性能展开试验对比:

- 1) 拉制成铅延期体,在吸湿条件下储存,自身发火可靠性;
- 2) 拉制成铅延期体,药芯破损情况下,对钨系延期药铅延期体的点火能力;
- 3) 拉制成铅延期体,经吸湿储存后,对钨系延期药铅延期体的点火能力;
- 4) 在正常生产装配条件下,对钨系延期药铅延期体的点火能力。

1 试验方案

主、辅延期药剂均拉制成铅延期体结构,主延期体采用 3 种不同燃速的延期药,延期药药芯长度均大于(或等于)2.5 mm。按工艺要求存放 7 d 后,统一切长,在相同条件下装配成导爆管雷管。该导爆管雷管的装配结构如图 1 所示。

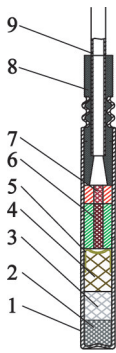
在可靠防护条件下逐发起爆导爆管雷管,检查雷管是否可靠起爆。以产品瞎火数量来判定辅延期药的点火能力。试验中出现的瞎火产品,均经过解剖检查,确认为辅延期药未点燃主延期药,作为产品瞎火的有效数据。

1.1 辅延期药对钨系延期药的点火可靠性

为了对比硅系和硼系辅延期药对不同燃速的钨系延期药点火的可靠性,将 2 种辅延期药拉制成单芯铅延期体,存放 7 d 后,切长 6 mm,针对不同燃速

* 收稿日期:2014-06-13

作者简介:李祥友(1978~),男,工程师,主要从事民爆器材的技术和生产工作。E-mail:lx99199@163.com



1 - 管壳;2 - 炸药;3 - 炸药;4 - 起爆药;5 - 加强帽;
6 - 延期体;7 - 点火体;8 - 橡胶塞;9 - 导爆管

图 1 导爆管雷管的装配结构

Fig.1 Assembly structure of nonel detonator

的钨系延期体装配成导爆管雷管,进行发火试验,试验结果见表 1,试验数量 100 发。

通过表 1 数据,可以明显看出,随着钨系延期药燃速的减少,两种辅延期药的点火可靠性均出现降低。钨系延期药的燃速为 4.08 mm/s 时,2 种辅延期药作为点火体的产品未出现瞎火产品,当燃速改变至 3.45 mm/s 时,硅系辅延期药作为点火体的产品出现 2 发瞎火产品,而硼系辅延期药作为点火体的产品仍然未出现瞎火产品。因此,当钨系延期药的燃速小于 3.45 mm/s 时,利用硼系辅延期药作为

表 1 硅系和硼系辅延期药对不同燃速钨系延期药的点火可靠性

Tab.1 Effects of silicon and boron type assistant delay compositions on the misfire of tungsten type delay composition with different burning rates

钨系延期药燃速/ (mm · s ⁻¹)	瞎火数量	
	硅系辅延期药	硼系辅延期药
4.08	0	0
3.45	2	0
2.94	31	7

点火体的产品能够满足发火要求。

1.2 辅延期药吸湿对比试验

将硅系和硼系辅延期药按同一拉拔工艺,存放 7 d 后,切割完立即采用 BD-2 型爆破器材综合测时仪记录延期雷管的发火情况,用光电靶测时,测得的秒量见表 2,辅延期体的切长为 13.5 mm。然后将切割完的产品放在温度 50 ~ 55 ℃、湿度 90% ~ 95% 的环境中,在吸湿条件下分别存放 48、144、216 h 后,测时,测得的秒量分别见表 3、表 4、表 5。

从表 2 ~ 表 5 可以看出,2 种辅延期药在吸湿试验前期,燃速降低明显,存放 216 h 后,吸湿程度达到了阶段性的饱和。前期秒量变化随储存时间的增

表 2 切割后立即测得的秒量

Tab.2 Delay time measured immediately after cleavage

辅延期药	秒量/ms					平均燃速/(mm · s ⁻¹)
硅系	107.60;	121.68;	120.90;	118.96;	120.98	114.90
硼系	192.34;	188.06;	189.67;	194.37;	193.92	70.42

表 3 在吸湿条件下存放 48 h 后测得的秒量

Tab.3 Delay time measured after the storage for 48 h under humidity conditions

辅延期药	秒量/ms					平均燃速/(mm · s ⁻¹)
硅系	143.51;	124.89;	114.41;	128.67;	124.00	106.23
硼系	217.60;	212.55;	211.36;	230.92;	213.00	62.19

表 4 在吸湿条件下存放 144 h 后测得的秒量

Tab.4 Delay time measured after the storage for 144 h under humidity conditions

辅延期药	秒量/ms					平均燃速/(mm · s ⁻¹)
硅系	121.00;	165.63;	179.99;	191.06;	162.00	82.35
硼系	241.00;	234.07;	238.07;	239.61;	234.00	56.88

表 5 在吸湿条件下存放 216 h 后测得的秒量

Tab.5 Delay time measured after the storage for 216 h under humidity conditions

辅延期药	秒量/ms					平均燃速/(mm · s ⁻¹)
硅系	141.00;	145.34;	118.56;	145.01;	144.00	97.27
硼系	226.00;	234.65;	227.72;	229.65;	230.00	58.80

加缓慢上升,但在长时间的吸湿试验中未出现瞎火产品,均能够满足延期药储存、装药、切割、延期雷管装填、装配等条件的使用要求。

1.3 辅延期药在吸湿条件下储存的点火可靠性

将燃速为 3.45 mm/s 的钨系延期药的同批粗芯铅延期体正常存放,硅系和硼系辅延期药点火体的粗芯铅延期体则在温度 50 ~ 55 ℃、湿度 90% ~ 95% 吸湿环境中存放,吸湿存放时间分别达到 7 × 24 h、9 × 24 h 后,取出进行导爆管雷管装配并测试,所得结果见表 6。由表 6 数据可见,2 种辅延期药,在吸湿一段时间后,依然具有点火能力,且硼系辅延期药点火能力优于硅系。试验数量 100 发,钨系延期药燃速为 3.98 mm/s。

表 6 辅延期药吸湿后对钨系延期药的点火可靠性

Tab.6 Effects of moisture adsorbed assistant delay compositions on the misfire of tungsten type delay composition		
吸湿时间/ h	瞎火/发	
	硅系辅延期药	硼系辅延期药
7 × 24	1	0
9 × 24	4	0

1.4 辅延期药掉药芯对比试验

在生产装配中,在辅延期药点火体切割和筛入转载模等操作中,药芯都不可避免地受到外力撞击,会被不同程度地破坏,这种破坏的影响主要体现在药芯的损伤掉药上,会在一定程度上削弱点火体的点火能力。针对这一影响因素,展开了 2 种辅延期药点火体掉药后点火能力对比试验。

将燃速为 3.45 mm/s 的钨系延期药的同批粗芯铅延期体正常存放。选取硅系辅延期药和硼系辅延期药,按同一工艺拉制成铅点火体。点火体药芯人为剥掉 1.0 ~ 1.5 mm 或 1.5 ~ 2.0 mm 的深度,并将该面作为与被点燃延期体的接触面即能量输出面,各装配 20 发导爆管雷管,然后进行测试,所得结果如表 7 所示。由表 7 数据可以看出,在掉药芯程度相同的情况下,硼系辅延期药点火能力优于硅系辅延期药的点火能力。试验数量 100 发,钨系延期药燃速为 3.98 mm/s。

2 瞎火延期雷管与辅延期药使用问题分析

在解剖瞎火的延期雷管时,发现多发点火体辅延期药的燃烧残渣向远离主延期体的方向脱离铅管,到达了空位空间内。表明延期元件中辅延期药在燃烧时发生了层状龟裂现象^[4],燃烧产物向后推移并排出铅芯体外,从而使辅延期药燃烧产物和主延期药之间形成空隙,阻碍了热量的传导,最终造成

表 7 辅延期药掉药芯的点火体对钨系

延期体的点火可靠性

Tab.7 Effects of igniter with charge dropped assistant delay compositions on the misfire of tungsten type delay element

掉药芯长度/ mm	瞎火发数	
	硅系辅延期药	硼系辅延期药
1.0 ~ 1.5	1	0
1.5 ~ 2.0	3	1

瞎火^[5]。

对 2 种辅延期药的组分分析,硅/铅丹/硫化锑系辅延期药中的硫化锑含有化合硫及游离态的硫,企业需要对硫化锑进行提纯,且提纯工艺复杂,难度较大。除此之外,硫化锑在组分反应中会吸热降温^[6],从而降低了辅延期药燃烧的温度。硫化锑吸湿性较强,增加了该辅延期药的吸湿性。硫化锑在球磨的过程中会混入一定的铁屑等其他杂质,这些杂质的客观存在也在一定程度上制约了该种辅延期药在点火能力方面的稳定性。与此同时,由于购进原材料的变化,半成品及生产工艺方面存在的不稳定性,往往也会降低硅系辅延期药的点火能力和其稳定性。

硼/铬酸钡辅延期药中的硼和铬酸钡质量稳定,不需企业再加工,可直接外购。铬酸钡为黄色晶体,吸湿性小,溶于无机酸,几乎不溶于水。在对延期药的燃烧性能研究中,证明其燃烧过程稳定,延期精度高^[7]。该辅延期药耐吸湿性好,燃烧性能稳定,延期时间较长而且精度高,在国内外有着相当广泛的应用与发展^[8]。目前,国内硼粉及铬酸钡供货稳定,易于购买。

3 结论

综合以上试验和分析,可以看出,由硅/铅丹/硫化锑辅延期药和硼/铬酸钡辅延期药拉制的 2 种铅延期点火体,在对钨系粗芯铅延期体的装配结构中,由于硼系辅延期药具有延期精度高、延期时间短、燃烧温度高、点火能量足等优点^[9],使得硼系辅延期药的点火能力优于硅系辅延期药的点火能力,能够保证一定燃速下的长延时钨系延期药的点火要求,该种铅延期体结构相比于大内管结构的延期元件,具有成本低的优势。适合于导爆管雷管生产中大量使用。

参 考 文 献

[1] 江道友,白青,隋湘滨,等. 半秒延期导爆管雷管的研制[J]. 爆破器材, 2008, 37(6): 27-29.
Jiang Daoyou, Bai Qing, Sui Xiangbin, et al. Research on

- half-second delay detonator with shock-conducting tube [J]. Explosive Materials, 2008, 37(6): 27-29.
- [2] 管延义. 过盈配合在电雷管铅芯延期体装配中的应用[J]. 爆破器材, 2002, 31(3): 21-23.
Guan Yanyi. "Tight fit" be used in the delay elements assembling of electric detonators[J]. Explosive Materials, 2002, 31(3): 21-23.
- [3] 刘占阳, 李祥友. W 系延期药延时精度控制方法探讨[J]. 爆破器材, 2011, 40(6): 32-33.
Liu Zhanyang, Li Xiangyou. A discussion on the accuracy control method of W-series delay composition[J]. Explosive Materials, 2011, 40(6): 32-33.
- [4] 徐大伟, 王大海, 陈志刚. 硼系延期药特性及应用[J]. 火工品, 2005(3): 10-13.
Xu Dawei, Wang Dahai, Chen Zhigang. Characteristic and application of boron type delay charge[J]. Initiatoras & Pyrotechnics, 2005(3): 10-13.
- [5] 刘自镭, 蒋荣光. 工业火工品[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2003.
- [6] 黄平, 聂煜, 彭文林. 钨系延期药用于秒延期雷管的研讨[J]. 广东化工, 2013, 40(14): 74-75.
Huang Ping, Nie Yu, Peng Wenlin. Tungsten type delay composition used to research the second delay detonator [J]. Guangdong Chemical Industry, 2013, 40(14): 74-75.
- [7] 吴幼成, 宋敬埔. 延期药技术综述[J]. 爆破器材, 2000, 29(2): 23-27, 39.
Wu Youcheng, Song Jingpu. Technology of delay compositions-a review[J]. Explosive Materials, 2000, 29(2): 23-27, 39.
- [8] 梁臻臻, 马红卫, 胡坤伦. B/BaCrO₄ 延期药热分解特性的实验研究[J]. 安徽化工, 2012, 38(1): 38-41.
Liang Liuliu, Ma Hongwei, Hu Kunlun. Test research on thermal decomposition of B/BaCrO₄ delay composition [J]. Anhui Chemical Industry, 2012, 38(1): 38-41.
- [9] 胡秀丽, 周伟良, 肖乐勤, 等. 溶剂提纯对硼粉表面性能影响的研究[J]. 爆破器材, 2014, 43(2): 48-51.
Hu Xiuli, Zhou Weiliang, Xiao Leqin, et al. Research on the surface properties of solvent purified boron[J]. Explosive Materials, 2014, 43(2): 48-51.

Test Research on Igniting Strength of Boron and Silicon Type Assistant Delay Compositions

LI Xiangyou

Huludao Linghe Chemical Group Co., Ltd. (Liaoning Huludao, 125000)

[ABSTRACT] Based on the structure of nonel detonator with lead tube delay element, the comparative tests and analyses on the igniting strength of Si/Pb₃O₄/Sb₂S₃ and B/BaCrO₄ assistant delay compositions were carried out, in which the main delay composition is tungsten type delay composition. The comparisons focused on the aspects of their stability and igniting strength, indicating that the igniting strength of boron type assistant delay composition is superior to that of silicon type assistant delay composition, in that it presents good storage, stable combustion, and the delay precision. Moreover, the preparation of boron type assistant delay composition is simpler, and the required raw materials are easier to obtain. It is suitable to be used as the ignition charge of long time delay tungsten type delay composition with lead delay element structure.

[KEY WORDS] assistant delay composition; igniting strength; delay element

(上接第 43 页)

Application of Infrared Spectrum Analysis on Heat Treatment Process of the Silver Detonating Cord

YANG Aiwu^①, HUA Qi^①, LIU Xiaolin^②, LI Geling^①, HE Fengyan^①

①Xi'an QingHua Company, North Special Energy Group (Shaanxi Xi'an, 710025)

②Shaanxi Ankang Qinghua Chemical Company (Shaanxi Ankang, 725000)

[ABSTRACT] Silver detonating cord could produce cold work hardening and is easy to break during drawing process. It requires to soften the silver line by high temperature treatment, but filling of poly-HMX in the silver detonating will lead to the phase transformation of crystalline after heating, thus affecting the product performance. These phenomena mentioned above should be avoided. The thermal effect of annealing and tempering during the drawing process of detonating fuse was simulated by means of the heat preservation in oven. IR technique was used to analyze the crystal structure of the original and anatomic detonating explosives. Heat treatment parameters of the silver detonating cord were also determined. The results show that, at 130 °C and the cumulative insulation 7 h, no crystal transformation of poly-HMX filled in a silver detonating cord occurred, and the cable is safe and difficult to break.

[KEY WORDS] silver detonating cord; explosive; heat treatment; infrared spectrum