

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2017.02.013

# 提高煤矿许用无起爆药电雷管起爆能力的研究<sup>\*</sup>

郭进<sup>①</sup> 孙仁江<sup>②</sup>

①黑龙江省公安厅治安管理总队(黑龙江哈尔滨,150001)

②黑龙江盛安民用爆破器材有限责任公司鹤岗分公司(黑龙江鹤岗,154105)

[摘要] 飞片式无起爆药电雷管在矿山使用中经常出现不能引爆三级煤矿许用乳化炸药的问题。试验证明,飞片式无起爆药电雷管铅板穿孔值约为10 mm,虽然大于8<sup>#</sup>有起爆药电雷管的铅板穿孔值(约为9 mm),但实际起爆能力低于8<sup>#</sup>有起爆药电雷管,甚至低于6<sup>#</sup>有起爆药电雷管。对此,笔者利用加大飞片式无起爆药雷管管壳直径和增加底部装药量的设计,解决了这一难题。

[关键词] 无起爆药电雷管;起爆能力;起爆可靠性;管壳直径

[分类号] TQ565.2

## Research on Improvement of Detonating Capability of Permissible Electronic Detonator without Primer

GUO Jin<sup>①</sup>, SUN Renjiang<sup>②</sup>

① Public Security Management Corps, Heilongjiang Public Security Bureau (Heilongjiang Harbin, 150001)

② Hegang Branch, Heilongjiang Sheng'an Civil Explosive Equipment Co., Ltd. (Heilongjiang Hegang, 154105)

[ABSTRACT] Flying chip electric detonator without primary explosive used in mines often could not detonate tertiary coal mine permissible emulsion explosive. Experiments show that lead plate perforation value of flying chip electric detonator without primary explosive is about 10 mm, which is greater than that of 8<sup>#</sup> electronic detonator (about 9 mm). However, the actual detonating capacity of flying chip electric detonator without primary explosive is lower than that of 8<sup>#</sup> electronic detonator, even worse than that of 6<sup>#</sup> electronic detonator. The problem mentioned above could be solved by increasing shell diameter of flying chip detonator without primary explosive or by improving the innovation of the charge at the bottom.

[KEYWORDS] electronic detonator without primary explosive; detonating capacity; detonation reliability; diameter of the tube shell

### 引言

目前,我国大多数民爆厂家仍生产有起爆药雷管。由于有起爆药雷管较无起爆药雷管存在生产、运输、使用安全性差,起爆药制造产生的废水难以处理,对环境有污染等问题;因而,无起爆药雷管一经问世,便引起了民爆生产厂家的普遍关注。但是,工业生产应用较多的飞片式无起爆药雷管<sup>[1-2]</sup>,存在起爆可靠性差、经常出现不能引爆三级煤矿许用乳化

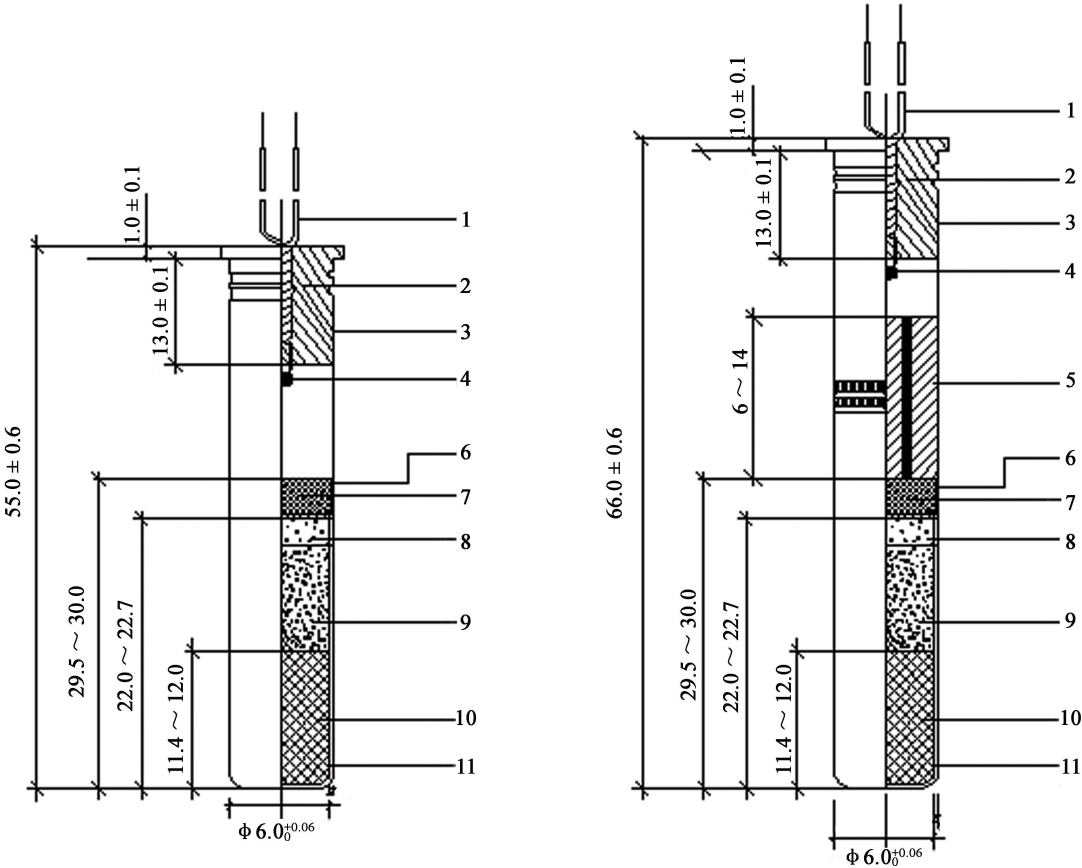
炸药的问题<sup>[3-4]</sup>,很大程度上影响了无起爆药雷管的推广与应用。笔者通过研究和实践,找到了一种通过增大管壳直径、增加底部装药量,从而保证起爆可靠性的有效方法。

### 1 设计原理

#### 1.1 雷管结构

8<sup>#</sup>无起爆药雷管结构见图1。图1(a)为毫秒1段雷管或瞬发雷管,图1(b)为毫秒2~5段雷管。

<sup>\*</sup> 收稿日期:2016-01-03  
作者简介:郭进(1965-),男,主要从事爆炸物品安全管理和生产工艺研究工作。  
通信作者:孙仁江(1963-),男,高级工程师,主要从事火工品生产工艺、工程爆破等方面的研究。E-mail:s13846864178@163.com



(a) 毫秒 1 段或瞬发 (b) 毫秒 2~5 段

1 - 脚线; 2 - 塑料塞; 3 - 覆铜或法兰管体; 4 - 引燃球; 5 - 延期装置; 6 - 无孔加强帽 (飞片); 7 - 点火药; 8 - 多孔物质; 9 - 太安; 10 - 黑索今; 11 - 管壳厚壁部分。

图 1 8# 无起爆药雷管结构图

Fig. 1 Structure chart of 8# electronic detonator without primer

1.2 起爆机理

飞片激发猛炸药以热点理论为基础。即把机械能集中在尺寸只有  $10^{-5} \sim 10^{-3}$  cm 的局部点上, 这些点上的温度可以达到甚至超过爆点, 爆炸就是从这些点开始并扩大, 直到把全部炸药引爆。

当高速飞片撞击非均相猛炸药时, 炸药局部产生热点, 即爆炸活化中心。这些热点如果温度足够, 经过各自所需的延滞期后, 发生局部爆炸反应, 其中, 温度很高、延滞期极短的热点放出热量快, 能跟上冲击波, 并加强冲击波; 即使延滞期较长的热点经过一段时间后, 放出的热量也能补给初始冲击波, 使衰减变缓, 这样, 等于有许多不同温度与不同延滞期的局部点爆炸, 在不同的时间加强初始冲击波, 从而使形成的热点越来越多, 最后达到全部爆轰<sup>[5]</sup>。

在一定条件下, 炸药的低速爆轰可以向高速爆轰转化。当一种炸药进行低速爆轰时, 若增大其装药直径并使其足够大, 则这种低速爆轰沿装药传播

一定距离后便能自动转化为高速爆轰<sup>[6]</sup>。因此, 增大雷管的直径, 有利于雷管起爆后由低速爆轰向高速爆轰转化, 从而提高无起爆药雷管的起爆能力。

1.3 影响起爆能力的因素

1) 谢兴华等在《无起爆药雷管爆炸过程研究》中谈到, 6#瞬发有起爆药电雷管 (简记 6#Y 管) 有 3 个明显的爆速峰值, 第一峰值爆速最高, 为起爆药作用所致; 第二峰值为猛炸药的爆轰成长; 第三峰值为 RDX 装药达到稳定爆速, 说明雷管爆轰可靠。相比之下, 8#瞬发无起爆药雷管 (简记 8#W 管) 3 个峰值不很明显。首先为高速爆轰, 并很快出现第二峰值, 这可能是“活塞”作用和湍流爆轰影响的结果, 第三峰值较不明显, 而且爆速峰值也有所下降。这说明在装药密度增加, 且远离“活塞”作用时, 爆轰速度降低, 传爆稳定性不高, 致使无起爆药雷管爆轰可靠性下降, 引爆能低于 6#瞬发有起爆药电雷管。雷管爆炸过程爆速峰值与峰值时间见表 1<sup>[7]</sup>。

表 1 雷管爆炸过程爆速峰值与时间

Tab.1 Detonation velocity peak and time  
in explosion of detonator

品种	爆速峰值/(m · s <sup>-1</sup> )			时间/μ s		
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
8 <sup>#</sup> W 管	5 536	6 014	2 902	1.45	3.49	9.75
6 <sup>#</sup> Y 管	6 669	5 766	6 120	1.31	3.78	7.56

由此可见,无起爆药雷管起爆可靠性差,可能是原设计雷管壳的内径低于炸药爆轰所需要的临界直径,从而造成了不稳定爆轰,导致经常出现不能引爆三级煤矿许用乳化炸药的现象。

2)有起爆药雷管靠起爆药的爆轰起爆炸药,起爆药本身的爆轰成长期特别短,雷管中装的用于起爆工业炸药的药量足够成长到稳定爆轰,故雷管中炸药一开始就受到较强的起爆冲能,炸药也就很快被冲击波引爆而成长到稳定爆轰。但无起爆药雷管不一样,有可能要消耗一部分炸药完成燃烧转爆轰(DDT),即使不这样,炸药在界面上接受的起爆冲能也要比起爆药低;所以,雷管底部炸药最后输出可能还没有达到稳定爆速,或者至少相比有起爆药雷管达到稳定爆速的炸药量要少一些,在设计不很理想的情况下,无起爆药雷管中达到稳定爆速的炸药量少于有起爆药的情况更为明显<sup>[8]</sup>。

通过以上分析,无起爆药雷管起爆可靠性差,可能是雷管中起爆工业炸药的猛炸药药量不足,而造成起爆能量不够,导致经常出现不能引爆三级煤

矿许用乳化炸药的现象。

2 试验方案

1)为了验证管壳内径是否低于炸药爆轰所需要的临界直径,笔者将雷管管壳外径由 7.1 mm 改为 7.6 mm,管壳结构、管壁厚度不变,雷管的结构不变,每次装药高度不变,然后进行试验;

2)为了验证雷管中起爆工业炸药的猛炸药药量是否不足,在管径不变的前提下,增加一次药量、增大一次压药密度,将原一次黑索今装药量 0.50 ~ 0.53 g、压高 11.4 ~ 12.0 mm,改为两次装药,即一次黑索今装药量 0.30 ~0.33 g,一次压高 6.7 ~7.2 mm;二次黑索今的装药量 0.30 ~0.33 g,二次压高 12.5 ~13.0 mm,其他参数不变,然后进行试验。

改进前后工艺参数见表 2。

3 试验结果及分析

分别对 6<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>有起爆药电雷管、管壳外径 7.1 mm 改进前和改进后及雷管外径 7.6 mm 无起爆药电雷管进行起爆能力对比试验。

3.1 试验结果

3.1.1 起爆能力测试

按照 GB8031—2005 中性能指标要求进行判定<sup>[9]</sup>。起爆能力测试结果见表 3。

表 2 改进前后工艺参数

Tab.2 Process parameters before or after improvement

管壳外径/mm		改进前	改进后	
		7.1	7.1	7.6
装药量/ g	一次	0.50 ~0.53	0.30 ~0.33 0.30 ~0.33	0.60 ~0.63
	二次	0.17 ~0.23	0.17 ~0.23	0.22 ~0.24
	三次	0.015 ~0.025	0.016 ~0.026	0.020 ~0.035
	四次	0.16 ~0.20	0.16 ~0.20	0.21 ~0.25
药面高度/ mm	一次压药	11.4 ~12.0	6.2 ~7.2 12.5 ~13.0	11.4 ~12.0
	二次散装药	18.8 ~20.0	19.8 ~21.0	18.8 ~20.0
	三次散装药	24.0 ~26.0	25.0 ~27.0	24.0 ~26.0
	二次压药	22.0 ~22.7	23.0 ~23.7	22.0 ~22.7
	四次散装药	32.5 ~34.5	32.5 ~34.5	32.5 ~34.5
	三次压药	28.5 ~29.0	28.5 ~29.0	28.5 ~29.0
卡中印直径/mm		5.7 ±0.1	5.7 ±0.1	5.9 ±0.1
卡口直径/mm		5.7 ±0.1	5.7 ±0.1	5.9 ±0.1
雷管全电阻/Ω		4.5 ~5.9	4.5 ~5.9	4.5 ~5.9

表 3 起爆能力测试结果  
Tab.3 Test results of initiating ability

样品	铅板穿孔值/mm	平均值 /mm	极差 /mm	测试 结果
6#有起爆药 电雷管	5.1,5.3,6.0,5.0,6.5,5.8,7.0,5.5,6.3,6.7,5.9,6.2,6.5, 5.5,5.8,5.4,6.8,6.1,5.6,5.3	5.9	1.9	不合格
8#有起爆药 电雷管	8.5,8.7,9.5,9.3,9.5,8.3,8.9,9.1,9.6,9.3,8.6,8.2,8.8, 9.4,9.7,9.2,8.7,8.3,9.5,8.8	8.5	1.5	合格
Ø7.1mm 无起爆药 电雷管改进前	10.5,9.8,9.2,10.1,10.8,9.5,9.8,9.9,10.6,10.4,9.4,9.8, 10.5,10.4,9.6,9.5,9.1,9.5,9.6,9.3	9.9	1.7	合格
Ø7.1mm 无起爆药 电雷管改进后	10.5,10.4,9.6,10.5,9.8,9.6,9.5,9.4,9.5,10.6,10.4,10.1, 10.8,9.5,9.8,9.9,9.4,9.8,9.6,9.3	9.9	1.5	合格
Ø7.6 mm 无起爆药 电雷管	11.1,10.9,10.6,10.7,11.8,11.2,11.5,11.2,11.4,10.1,10.8, 10.7,11.3,10.6,10.3,11.9,11.4,11.2,10.9,11.6	11.1	1.8	合格

注:为了比较雷管的起爆能力,6#电雷管铅板试验也采用了厚度 5 mm 的铅板。

3.1.2 起爆炸药能力测试

测试方法是用一发试验雷管起爆经储存殉爆距离衰减为国家标准规定的最小 2 cm 的 Ø29 mm 三级煤矿许用乳化炸药。观察炸药是否完全爆轰,试验结果见表 4。

表 4 起爆炸药能力测试  
Tab.4 Test of explosive initiation

样品	试验次数	引爆次数	引爆率/%
6#有起爆药 电雷管	20	19	99.5
8#有起爆药 电雷管	20	20	100.0
Ø7.1 mm 无起爆药 电雷管改进前	20	15	75.0
Ø7.1 mm 无起爆药 电雷管改进后	20	16	80.0
Ø7.6 mm 无起爆药 电雷管	20	20	100.0

1)从起爆能力测试结果可以得出,8#有起爆药电雷管、Ø7.1 mm 无起爆药电雷管改进前、Ø7.1 mm 无起爆药电雷管改进后、Ø7.6 mm 无起爆药电雷管 4 种雷管超过国家标准对 8#有起爆药电雷管铅板穿孔值的要求。Ø7.6 mm 无起爆药电雷管铅板穿孔值最大;6#有起爆药电雷管铅板穿孔值最小,低于国家标准对 8#电雷管铅板穿孔值的要求。

2)从起爆炸药能力测试结果可以得出,8#有起爆药电雷管、Ø7.6 mm 无起爆药电雷管 2 种雷管对炸药的引爆率 100.0%,能达到起爆炸药的要求; 6#电雷管引爆率 99.5%, Ø7.1 mm 无起爆药电雷管改进前引爆率 75.0%。Ø7.1 mm 无起爆药电雷管

改进后引爆率 80.0% ,不能达到起爆炸药的要求。

3.2 试验分析

1)从起爆能力测试结果中可以看出,Ø7.1 mm 无起爆药电雷管改进前和Ø7.1 mm 无起爆药电雷管改进后,铅板穿孔值均超过国家标准,但实际起爆炸药能力,均不能百之百起爆炸药。说明铅板试验本身比较粗糙,不能精确反映雷管中炸药能量的利用情况,雷管爆炸后只要雷管底部达到一定爆速就能打穿铅板,不能反映达到此爆速的炸药量。因此,铅板试验不能真实反映临界直径不够的无起爆药电雷管的起爆能力。

2)管壳外径 7.1 mm 的无起爆药电雷管增加药量后,炸药引爆率为 80.0%。与改进前的引爆率基本相当,说明造成起爆可靠性差不是因为雷管中起爆工业炸药的猛炸药药量不足。所以,在管径不变的前提下,简单地增加一次药量,不能完全根治起爆可靠性差的问题。

3)管壳外径 7.6 mm 的无起爆药电雷管铅板穿孔值最大,引爆炸药率 100.0%。说明了原设计雷管壳的内径低于炸药爆轰所需要的临界直径,从而造成了不能稳定爆轰,它是造成不能可靠引爆三级煤矿许用乳化炸药的根本原因。

4 结    论

1)依据炸药的低速爆轰可以向高速爆轰转化的机理,增大无起爆药电雷管管壳外径的方法是可行的,管壳外径 7.6 mm 的无起爆药电雷管能可靠引爆三级煤矿许用乳化炸药。

2)按照 GB8031—2005 中性能指标要求进行判定,起爆能力测试方法所得出的结果,不能真实反映无起爆药雷管起爆能力,应进一步研究探讨无起爆药雷管起爆能力的检测方法。

3)我厂生产的 1900 多万发管壳外径 7.6 mm 无起爆药电雷管,能完全引爆感度较低的 $\varnothing 29$  mm 三级煤矿许用乳化炸药,投入煤矿使用后,产品性能稳定,用户反映良好。

4)无起爆药雷管起爆可靠性差的问题的解决,使无起爆药雷管性能更加稳定可靠,为在全行业进一步推广使用无起爆药雷管提供了可靠保证。

参 考 文 献

[1] 陈月畅,沈兆武,杜建国. 飞片式无起爆药雷管的结构和工作原理[J]. 爆破,2013,30(2):162-166.  
CHEN Y C, SHEN Z W, DU J G. Structure and working principle of flying plate detonator[J]. Blasting, 2013, 30(2):162-166.

[2] 李瑞,黄寅生,李锦涛,等. 导爆管式无起爆药雷管装药条件的试验研究[J]. 爆破器材,2014,43(5):39-44.  
LI R, HUANG Y S, LI J T, et al. Experimental study of charge conditions of nonel non-primary explosive detonator[J]. Explosive Materials, 2014, 43(5):39-44.

[3] 匡治兵,占必文,聂煜,等. 一种无起爆药雷管的研究[J]. 煤矿爆破,2013(2):13-14,28.  
KUANG Z B, ZHAN B W, NIE Y, et al. Study on a non-primary detonator[J]. Coal Mine Blasting, 2013(2):13-14, 28.

[4] 王惠娥,胡企强,胡学先,等. 无起爆药雷管倒置半爆的研究[J]. 火工品,2005(2):18-20.  
WANG H E, HU Q Q, HU X X, et al. Study on half explosion of non-primary detonator due to inversion[J]. Initiators & Pyrotechnics, 2005(2):18-20.

[5] 姜木云,刘占洋. 无起爆药雷管起爆力检测分析[J]. 化学工程与装备,2012(2):135-136.

[6] 王俊杰,李瑞,黄寅生,等. 不同点火条件下无起爆药雷管实验[J]. 工程爆破,2016,22(3):34-39.  
WANG J J, LI R, HUANG Y S, et al. Non-primary explosive detonator at different ignition conditions[J]. Engineering Blasting, 2016, 22(3):34-39.

[7] 谢兴华,胡学先. 无起爆药雷管爆炸过程研究[J]. 爆破器材,1995,24(3):10-13.  
XIE X H, HU X X. Investigation on exploding process of non-primary explosive detonators[J]. Explosive Materials, 1995, 24(3):10-13.

[8] 杨桐,胡学先. 无起爆药雷管的发泡可靠度[J]. 爆破器材,1994,23(6):21-24,36.  
YANG T, HU X X. The fire reliability of nonprimary detonators[J]. Explosive Materials, 1994, 23(6):21-24, 36.

[9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 工业电雷管:GB8301—2005[S]. 北京:中国标准化出版社,2005:9.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Industrial electric detonator: GB8301—2005[S]. Beijing: China Standard Press, 2005:9.