

雷管侧向殉爆效应特点研究

朱顺官, 牟景艳, 吴幼成

(南京理工大学, 江苏 南京, 210094)

摘 要: 对不同起爆药的试验雷管, 在改变装配条件和试验状况下, 测得相应的殉爆距离, 并由此而得到一些主要的影响因素和发生殉爆的简单规律。

关键词: 殉爆; 雷管; 安全

中图分类号: TJ452

文献标识码: A

Studies on Characteristics of Side Sympathetic Explosion of Detonators

ZHU Shun-guan, MU Jing-yan, WU You-cheng

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, 210094)

Abstract: The sympathetic explosion distance of the samples of detonator with several primary explosives under the different assembly parameters and relative positions are tested. Some principle factors affecting the distance and the roughly law of occurring the sympathetic explosion are obtained.

Key words: Sympathetic explosion; Detonator; Safety

雷管生产与应用中存在碰撞、跌落、压爆、冒顶、踩踏、挤压等不安全因素, 有必要用数据来考核其安全性能; 此外, 已经实行的雷管编码打号, 也需要掌握相关的安全性能数据。对雷管的殉爆和抗冲砸进行试验, 有着一定的现实意义。本文对工业雷管的殉爆特性做一些对比试验, 并对获得的数据进行分析说明, 希望能对生产实践有所借鉴和帮助。

1 殉爆试验

1.1 试验内容

对于工业雷管的殉爆试验, 主要包含以下 3 部分内容: (1) 装填不同起爆药和两种药量时雷管自身的殉爆距离, 这样能反映出各雷管的不同威力

和安全性能; (2) 用同一种雷管作主发雷管, 不同起爆药、两种起爆药量和不同加强帽的雷管作被发雷管, 测得的殉爆距离则能反映出在外界影响因素忽略的情况下, 各雷管对冲击波的敏感程度; (3) 选定一个品种的雷管进行殉爆试验, 此时保持雷管间平行和同平面, 而两者错开不同的距离, 这样就能得到一个位置与殉爆距离的相互关系, 从而更进一步地认识雷管的殉爆特性。

1.2 雷管压制

利用南京陶吴化工厂提供的纸壳雷管半成品, 内装钝化黑索今 450mg, 药高为 8.8~9.6mm, 然后松装虫胶造粒黑索今 220mg, 起爆药选用硝酸胛镍 (NHN)、氯化铅 (LA) 和 K-D 这 3 种药剂, 扣制式铝帽或镀铜厚铁帽, 用 20MPa 压力压合, 轻轻倒去浮药, 再测取成品的总药高。具体所装配的雷

管样品如表 1 所示。

表 1 雷管试样

试样	起爆药	起爆药量 /mg	加强帽	总药高 /mm	备注
A	NHN	300	镀铜厚铁帽	21.7~22.2	
B	LA	150	铝帽	13.3~14.0	
C	LA	300	铝帽	15.0~15.4	
D	K·D	150	铝帽	14.0~15.5	
E	K·D	300	铝帽	16.3~17.5	
F	K·D	150	镀铜厚铁帽	15.8~16.2	
G	K·D	300	镀铜厚铁帽	17.1~18.3	
H	NHN	300	镀铜厚铁帽	21.5~22.5	松装药为降静电太安 260mg
I	虫胶 RDX	300	镀铜厚铁帽	20.6~20.9	

1.3 试验操作

利用铁架台和两只试管夹固定雷管，只有氮化铅类雷管作主发雷管时，才被加工成导爆管雷管，其余试验均以火雷管形式进行。雷管的捆绑必须牢靠、相互平行，为此用铅垂线作基准，将其贴近雷管的底部来控制对准的精确性。取 0.5cm 为试验步长，做到连续 3 次不发生殉爆，此时的最小净空距离减去一个步长，即为该试验条件的殉爆距离，从考察安全性这个角度来说，这样的数值表示法，要更显得明确和合理。

2 结果与分析

2.1 雷管的自身殉爆距离

测定试样 A、B、C、D、E 和 H 雷管的自身殉爆距离，结果见表 2。

从表 2 数据可以看出，3 种起爆药的殉爆距离依次是： $d_{LA} > d_{K·D} > d_{NHN}$ ，这与药剂的起爆能力次序相一致。起爆能力大，雷管的整体输出威力就大，致使侧向对被发雷管有较大的起爆能力，测到的殉爆距离也就大一些。对于同一种起爆药，随着装药量的增大，在一定程度上有利于对过渡炸药的起爆，

使全部炸药装药有更高的爆速值，实现完全爆轰而提高了其轴向威力，侧向威力则相应减小，所以测得的殉爆距离也减小了。

表 2 各试样雷管的殉爆距离

试样	A	B	C	D	E	H
殉爆距离 d/cm	4.0	7.5	7.0	6.5	5.5	3.0

2.2 被发雷管的殉爆距离

主发雷管为试样 A，被发雷管为试样 B、C、D、E、F、G、H 和 I，测试被发雷管的殉爆距离，用以做相对的数据比较。结果如表 3 所示。

由表 3 可见，氮化铅起爆药装药量增加一倍（B、C），它被殉爆的距离便增大约 2cm；K·D 起爆药的装药量增加一倍（D、E），其被殉爆的距离则增大 1cm；而随着加强帽材料由铝改为铁（D、F），被殉爆的距离则增加 2cm。分析原因主要有 3 点：（1）小药量的药剂被加强帽和过渡炸药所“保护”，提高了对冲击波的抵抗能力；（2）药量增加或加强帽强度增大，药剂的密度会有变小的可能，使得药剂对冲击波的起爆感度增大；（3）加强帽材料对冲击波的阻抗有差异^[1]。这样，药量少、材料强度小、阻抗大时，雷管被殉爆的距离就小；反之，殉爆距离则大。

2.3 雷管相对位置与殉爆距离

将试样 A 雷管同向并错开不同的距离，这里将以被发雷管的药柱底边为基准，主发雷管向上移位，记为“+”，而向下移位，记为“-”，测定出相应点的殉爆距离值。测试结果列于表 4。

在-2cm 处，出现了殉爆距离的最大值，根据笔者曾拍摄到的雷管爆炸火焰^[2]和其他学者的研究结果，在这个位置上，主发雷管的侧向冲击波会聚点，应该恰好对准着被发雷管中起爆药的最敏感部分，而在其两侧位置上，都有一个偏角存在，殉爆距离便逐渐变小。对于其它品种起爆药雷管，这种规律将依然存在。

在这部分内容的试验过程中，笔者还发现了起爆药的爆燃现象。随着主发雷管向负方向移动，在某个位置上可观察到被发雷管的起爆药出现爆燃，表现为雷管壳下沿因爆燃而形成破孔，雷管本身则不被殉爆。该现象表明雷管间的平行殉爆是由于被发雷管在起爆点接受冲击波能量后，一旦受激引发反应，反应波阵面既沿径向传播，同时向轴向扩散，假如起爆药的轴向距离足以实现燃烧转爆轰，就使

表 3 同一主发雷管下被发雷管的殉爆距离

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
试验组对	A→B	A→C	A→D	A→E	A→F	A→G	A→H	A→I
殉爆距离 <i>d</i> /cm	3.0	5.0	3.0	4.0	5.0	6.0	2.5	1.0

表 4 改变位置时的殉爆距离

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
错开距离 <i>d</i> /cm	-3	-2.5	-2.0	-1.0	0	+1.0	+1.5	+2.0
殉爆距离 <i>d</i> /cm	不殉爆	2.5	5.5	4.5	4.0	4.0	2.0	不殉爆

雷管发生爆炸；距离如果不够，就不能使雷管完全爆炸，甚至只能发生爆燃。作为燃烧转爆轰极快、起爆力又很大的 LA 和 K·D，也是这种作用过程，但是无法观察到同样的现象。

3 结论

通过对不同品种起爆药不同装配条件，及摆放不同位置所测得的雷管殉爆距离，可以看出：

（1）对雷管间的侧向殉爆而言，提高雷管轴向威力而使侧向威力下降，就能减小殉爆距离。

（2）这种方式的殉爆作用，在某个小距离内是炸药对炸药的殉爆，而在此距离外的殉爆则发生

在炸药对起爆药之间，试样 A 的两个距离分别为 1cm 和 4cm；同种药剂组成的雷管，实验得到的殉爆距离值能体现雷管的结构，进而反映出雷管的抗冲击波能力。

（3）雷管被殉爆的过程无疑是一个复杂的过程，与相互位置和距离有关，值得深入探讨。

参考文献：

[1] 黄寅生. 炸药理论 [M]. 南京: 南京理工大学出版社, 2001.5.
[2] 朱顺官, 宋敬埔, 吴幼成. 对煤矿许用雷管抗瓦斯性能的探讨 [J]. 爆破器材, 1992, (6).

（上接第 29 页）

4 小结

可膨胀石墨作为发烟剂的干扰组分，完全可以通过爆炸的方式令其瞬间膨化形成膨胀石墨蠕虫，达到干扰毫米波的效果。

确定的最优配方使硫酸插层的可膨胀石墨膨化率能够达到 86%。但由于插层物质硫酸的局限性，最后确定换为醋酸插层的可膨胀石墨。在相同条件下，其膨化率能够达到 96%，干扰 8mm 波的效果也明显好于硫酸插层的可膨胀石墨，且对环境无副作用。这说明，可膨胀石墨基发烟剂可以通过改进可膨胀石墨自身的特性来增强干扰毫米波的效果。

在所确定的配方组成中，有效成分可膨胀石墨的含量受到一定的限制，这样单独使用只有剂量较

大时才能有效干扰 8mm 波。但该配方若同其它发烟剂进行组合装药，如碳纤维、铜基发烟剂等，干扰效果则会大大提高，并且可以形成干扰多频谱的烟幕。

参考文献：

[3] D.D.L.Chung. J. Mater. Eng. Perform [J]. 2000, 9, (2): 161~163.
[4] 刘平桂, 龚克成. 石墨嵌入化合物的研究和发展 [J]. 化学世界. 1999, (5): 227.
[5] Yoshida A, Hishiyama Y, Inagaki M. Carbon [J]. 1991, 29, (8): 1227.
[6] 高林, 彭先高. 膨胀石墨横断面结构的初步研究 [J]. 新型碳材料, 1998, 13, (1): 61~63.
[7] REMY H. Treatise of Inorganic Chemistry. Vol. 2 [M]. New York: Elsevier Publishing Company, 1956: 759.