

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2016.01.010

斯蒂芬酸铅含量对某型雷管作用可靠性的影响^{*}

朱浩^① 贡来峰^① 李盘^① 苏红强^②

①总装备部驻合肥地区军代室(安徽合肥,230041)

②国营9374厂(安徽合肥,230012)

[摘要] 为解决某型雷管瞎火、半爆的问题,分析了工艺过程对针刺药组分和其中斯蒂芬酸铅含量的影响。试验结果表明,工艺过程中针刺药分药和回倒环节会引起针刺药中铅钡共晶含量的波动,当铅钡共晶中斯蒂芬酸铅的含量较低时会导致雷管作用失效。通过建立斯蒂芬酸铅含量与雷管作用可靠性的关系,合理解释了故障批产品几个异常现象,指出应通过使用较小的盒子盛装针刺药等措施来确保生产过程受控。

[关键词] 雷管; 针刺药; 铅钡共晶; 斯蒂芬酸铅

[分类号] TJ45+2.2

引言

铅钡共晶^[1]中的斯蒂芬酸铅含量是衡量铅钡共晶起爆威力和输出猛度的重要指标^[2-4]。铅钡共晶是某型针刺雷管针刺药的重要组分。某型雷管因生产过程中所用铅钡共晶的斯蒂芬酸铅含量较低,出现瞎火、半爆的问题,同时出现出厂验收合格而入厂复验不合格、同一天生产产品失效率波动大以及最后一天生产产品失效率远远高于前几天等几个异常情况。

本文分析了造成该型雷管瞎火、半爆的原因,研究了工艺过程中分药和药剂回倒环节对针刺药组分的影响,建立了铅钡共晶中斯蒂芬酸铅含量与雷管作用可靠性的关系,通过分析该型雷管的批质量状况,解释了批产品验收及试验中的异常现象。

1 某型针刺雷管及其瞎火、半爆的问题

某型雷管主要用于起爆某型引信,由管壳、针刺药(2次装填,压力不同)、点火药、隔垫、起爆药、炸药、封口垫等组成。结构如图1所示。

该型雷管的工作过程为:击针戳击雷管后,针刺药发火,点燃点火药,经延期后引燃起爆药,起爆药起爆炸药,输出爆轰能量。

在对某批该型雷管入厂复验时,共进行了65发发火性试验,出现了3发失效。对失效产品进行分析及解剖,1发产品针刺药未作用,针刺面有明显的针刺痕迹,属瞎火;2发产品针刺药已作用,未点燃点火药,属半爆,如图2所示。

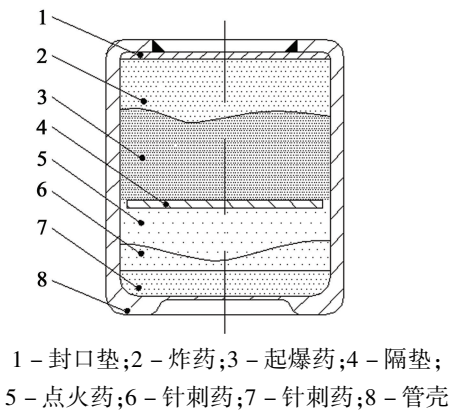
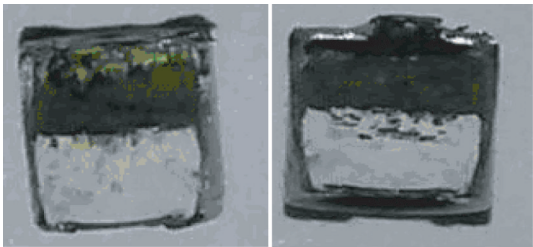


图1 某型针刺雷管结构示意图
Fig.1 Structure chart of a stab detonator



(a)瞎火 (b)半爆
图2 失效产品剖面
Fig.2 Section of the failure product

2 导致瞎火、半爆的直接原因

根据故障现象和建立的雷管瞎火、半爆失效树^[5-8],对底事件进行逐个排查,发现导致瞎火、半爆问题的直接原因可能是针刺药铅钡共晶的斯蒂芬酸铅含量不符合工艺要求。铅钡共晶中斯蒂芬酸铅含

^{*} 收稿日期:2015-05-26
作者简介:朱浩(1987~),男,硕士,助理工程师,主要从事火工品、电子类装备的质量监督工作。E-mail:sukiyakibsy@126.com

量是影响铅钡共晶起爆威力和输出猛度的重要因素,用于针刺延期雷管,铅钡共晶的斯蒂芬酸铅含量越低,铅钡共晶敏感度越低,起爆威力越小,混制后的针刺药感度低,发火可靠性越低^[9]。在该型雷管的生产工艺中规定,配置针刺药所用的铅钡共晶的斯蒂芬酸铅质量分数应为 20% ~ 24%,但该批针刺药生产中实际使用的是含斯蒂芬酸铅(质量分数) 15.73% 的铅钡共晶,明显低于工艺规定的要求。因此,生产中药剂使用量不当应该是造成该型雷管瞎火、半爆的主要原因和直接原因。

3 需要解释的几个现象

虽然导致该型雷管的瞎火、半爆问题的直接原因已基本明确,并得到了复现试验的验证,但有几个异常现象,需进一步解释。

1) 该批产品生产过程中施工试药以及出厂验收进行发火性项目共 1 653 发,均未出现失效现象,而总体厂复验时仅试验 65 发就出现 3 发失效,失效率异常,解释不通。

2) 该批产品生产时间共 5 d,在排查过程中,对第 1 天生产产品进行了发火性试验共 800 发,先抽取的 600 发未出现失效现象,而后抽取的 200 发却出现 10 发失效,不符合一般规律。

3) 对生产过程、出厂验收及排查过程中发火性试验进行了统计,结果见表 1。前 4 天的失效率均在 0.50% 以下,而第 5 天的失效率明显高于前 4 天的,达到了 2.01%。

表 1 产品失效分布情况

Tab. 1 Distribution of the failure product			
生产时间/d	试验发数	失效发数	失效率/%
1	2 057	10	0.48
2	582	1	0.17
3	532	2	0.37
4	1 132	4	0.35
5	547	11	2.01
合 计	4 850	28	0.58

如果问题的原因是针刺药原料使用量不当,那么整批产品的质量水平应该基本一致,而不应该出现上述几种异常情况。若不能给出合理解释,可能原因没找准或者还有其他原因的存在。

4 工艺过程对针刺药组分的影响

该型雷管所用针刺药由铅钡共晶、四氮烯、硝酸钡、硫化锑、铬酸铅机械混制而成,呈灰褐色,属敏感类药剂,各组分密度排序为铬酸铅(深黄色) > 硫化锑(黑色) > 硝酸钡(白色) > 铅钡共晶(金黄色) >

四氮烯(鹅黄色)。装配工艺中规定需将制备好的针刺药从一大盒中(约 500 g)分倒至小盒中,且每小盒质量不超过 20 g。同时,在当天的生产结束后,生产线上不允许有剩余的药剂,若药剂没有用完且剩余较多,会将剩余的药剂回倒至大盒里。在问题排查中,生产线上工人反映,针刺药在使用过程中会逐渐产生色差,灰褐色药剂会有轻微的金黄色分离。这一现象表明,在分药以及药剂回倒的过程中可能导致了药剂分层。

药剂分层是指机械混制类药剂因各组分原材料的晶体形状、粒度、密度不同,在使用的过程中因多次分药或药剂回倒,造成相对密度较大的成分逐渐沉积在药盒底部,使药剂均匀性变差。为验证分药及药剂回倒对药剂性能的影响,分别进行分药及回倒试验。

4.1 针刺药分药试验

为验证在生产过程中分药是否会导致药剂分层,针刺药中铅钡共晶的含量[工艺要求其质量分数为(24.5 ± 1.5)%]是否发生变化,选择某批针刺药(铅钡共晶中斯蒂芬酸铅质量分数 15.59%)进行分药试验,将该批针刺药从一大盒中分别分倒到 20 个小盒中,并分别对其进行理化分析,铅钡共晶的含量变化如图 3 所示,其中分盒数 0 代表分盒前针刺药中铅钡共晶的质量分数。

从图 3 中可以看出,铅钡共晶在针刺药含量随分药次数有明显递减的趋势,但仍符合工艺要求。

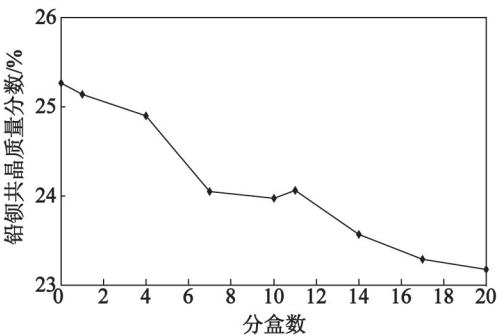


图 3 铅钡共晶的质量分数随分盒数的变化

Fig. 3 Mass fraction of eutectic of lead and barium changing with the box number of stab powder

4.2 针刺药回倒试验

为验证回倒是否会导致药剂分层,针刺药中铅钡共晶的含量是否发生变化,选择某批针刺药(铅钡共晶中斯蒂芬酸铅含量 15.91%)进行针刺药回倒试验。试验中将该批针刺药从一大盒中分倒到 4 个小盒中,然后将这 4 小盒的药回倒到大盒中,然后再进行一次此过程。回倒结束后分别对 8 个样品进行理化分析,它们中铅钡共晶含量变化情况见图 4,

样品铅钡共晶质量分数为 23.30%,1-1 表示样品 1 回倒一次后含量情况,1-2 表示样品 1 回倒 2 次后含量情况,其他以此类推。

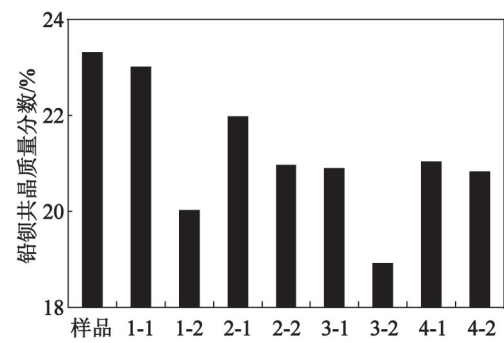


图 4 回倒后铅钡共晶质量分数变化柱状图

Fig.4 Histogram of mass fraction changes of eutectic of lead and barium after rewinding

从图 4 可以看出,针刺药回倒会使得其铅钡共晶含量降低,且随着回倒次数的增加,会加剧铅钡共晶含量的降低。

从图 4 中还可以看出,较多的样品中铅钡共晶的含量已低于工艺要求。为进一步验证药剂回倒对该型雷管发火性能的影响,选取样品 1-1 和 3-2 针刺药加工产品各 100 发并进行发火性试验,结果见表 2。从结果可以看出,使用不符合工艺要求的铅钡共晶,经药剂回倒,会造成产品失效,且随着回倒次数的增加,失效率升高。

表 2 药剂回倒产品发火性试验结果

Tab.2 Ignition experiment result of stab powder rewinding products		
样品	试验发数	试验结果
1-1	100	1 发瞎火
3-2	100	1 发瞎火,2 发半爆

5 斯蒂芬酸铅含量对作用可靠性影响

为进一步摸清雷管作用可靠性与铅钡共晶中斯蒂芬酸铅含量的关系,选择部分批次针刺药加工成产品进行发火试验,观察其失效情况,同时统计问题排查中所有试验数据,结果见表 3 和图 5。

从表 3 和图 5 中看出,雷管的作用可靠性与斯蒂芬酸铅含量有一定关系,即随着斯蒂芬酸铅含量的增加,产品的失效率降低,作用可靠性相应升高。

6 故障批产品质量状况分析

故障批产品针刺药中铅钡共晶质量分数为 24.50%,斯蒂芬酸铅质量分数为 15.73%,其针刺药中斯蒂芬酸铅质量分数约为 3.85% (总体或平均水平),失效率为 0.58% (见表 1)。但在装配过程

表 3 不同斯蒂芬酸铅含量下试验结果

Tab.3 Test results of products with different content of lead styphnate

铅钡共晶质量分数/%	铅钡共晶中斯蒂芬酸铅质量分数/%	针刺药中斯蒂芬酸铅质量分数/%	试验发数	失效发数	失效率/%
24.50	22.00	5.39	400	0	0
24.50	15.73	3.85	4 850	28	0.58
24.50	9.00	2.21	400	12	3.00
23.01	15.59	3.58	400	12	3.00
18.92	15.59	2.95	400	29	2.25

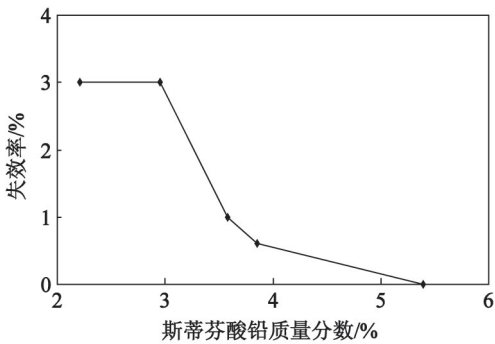


图 5 产品失效率与斯蒂芬酸铅质量分数的关系

Fig.5 Relationship between failure probability of products and mass fraction of lead styphnate

中存在分药和回倒,实际部分针刺药中斯蒂芬酸铅含量在生产过程中随时间波动,导致每天不同时间生产的产品也随着波动,这种波动包含 3 个方面:1)同一大盒药剂使用过程中的波动;2)一天生产过程中的波动;3)同一小盒药剂使用过程中的波动,如图 6 所示。

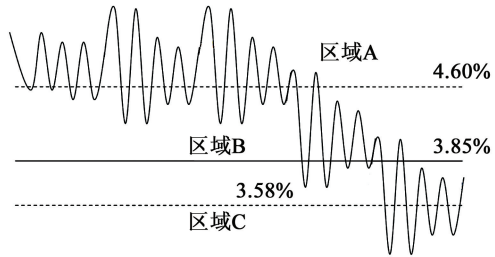


图 6 故障批产品斯蒂芬酸铅质量分数的波动

Fig.6 Mass fraction fluctuation of lead styphnate in failure products

在图 6 中,可大致分为 3 个区域。

区域 A:斯蒂芬酸铅质量分数在 4.60% 以上 (该含量为工艺下限),斯蒂芬酸铅质量分数在此区域内的雷管 100% 可靠作用。

区域 B:斯蒂芬酸铅质量分数在 3.58% ~

4. 60%, 斯蒂芬酸铅质量分数在此区域内的雷管失效率在 0 ~ 1% 之间。

区域 C: 斯蒂芬酸铅的质量分数在 3. 58% 以下, 斯蒂芬酸铅质量分数在此区域内的雷管失效率大于 1%。

根据上述分析结果, 对前文提到的几个异常现象作如下解释:

1) 出厂验收抽取的 1 400 发产品的斯蒂芬酸铅含量可能在区域 A, 所以未出现失效现象; 生产过程中施工、试药产品的斯蒂芬酸铅含量至少在区域 A、B, 因为施工、试验试验数量较少, 在失效率较低的情况下, 不一定会出现失效现象。

2) 对第 1 天生产的产品试验时, 抽取的前 600 发产品斯蒂芬酸铅含量在区域 A, 所以未失效; 后 200 发产品斯蒂芬酸铅含量在区域 C, 所以出现多发产品失效。

3) 前 4 天生产的产品斯蒂芬酸铅含量在区域 B 波动, 失效概率不会超过 1%; 而最后一天的产品在区域 C 波动, 失效概率超出了 1%。

7 结论

1) 造成该批针刺雷管瞎火的直接原因是针刺药中铅钡共晶的斯蒂芬酸铅含量不符合工艺要求。

2) 物理混合的针刺药在分药和药剂回倒时, 局部药剂组分的含量会发生变化, 并会影响产品的作用可靠性。

3) 该型雷管的失效率与铅钡共晶中斯蒂芬酸铅含量有关系, 当含量较低时会出现失效现象。

4) 在生产过程中, 应使用较小的盒子来盛装针刺药以减小分药的影响, 同时规定未使用完的药剂不允许回倒。

参 考 文 献

[1] 陈志军, 葛瑞荣. “铅·钡共晶”起爆药制造工艺浅析

[J]. 爆破器材, 2001, 30(3): 16-18.

CHEN Z J, GE R R. Research on producing process of lead and barium coexistence primary explosive[J]. Explosive Materials, 2001, 30(3): 16-18.

[2] 王凯民, 温玉全. 军用工工品设计技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.

WANG K M, WEN Y Q. Design of initiators and pyrotechnics for weapon systems [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2006.

[3] 蔡瑞娇. 火工品设计原理[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002.

[4] 劳允亮. D·S 共沉淀起爆药[J]. 爆破器材, 1980(2): 7-11, 18.

[5] 耿梅葵, 史怀莲. 某电雷管半爆原因分析[J]. 火工品, 2012(6): 25-29.

GENG M K, SHI H L. Analysis on half explosion of some electric detonator [J]. Initiators & Pyrotechnics, 2012(6): 25-29.

[6] 颜洪璋. 某小型针刺雷管瞎火原因分析及解决[J]. 火工品, 2005(5): 39-41.

[7] 万新国, 段海霞. 某小型针刺雷管半爆原因分析及解决措施[J]. 有色矿冶, 2005, 21(4): 9-10, 13.

WAN X G, DUAN H X. Reasons and measures of uncomplete of a small-scale stab detonator[J]. Non-Ferrous Mining and Metallurgy, 2005, 21(4): 9-10, 13.

[8] 鲍国钢, 孙梅, 范钦文. K·K 无起爆药雷管侧向起爆导爆管可靠性研究[J]. 爆破器材, 2002, 31(6): 12-15.

BAO G G, SUN M, FAN Q W. Study on the side initiated reliability of nonel tube by K·K non-priming explosive detonator[J]. Explosive Materials, 2002, 31(6): 12-15.

[9] 钱华生, 俞宜勤. 碱式斯蒂芬酸铅对针刺感度的影响[J]. 火工品, 1996(3): 29-31.

QIAN H S, YU Y Q. The influence of basic lead styphnate on the sensitivity of stab composition[J]. Initiators & Pyrotechnics, 1996(3): 29-31.

Influence of Lead Styphnate Content on the Functional Reliability of Some Detonator

ZHU Hao^①, YUN Laifeng^①, LI Pan^①, SU Hongqiang^②

①Military Representative Office in Hefei District, General Equipment Department (Anhui Hefei, 230041)

②State-owned 9374 Factory (Anhui Hefei, 230012)

[ABSTRACT] To solve dud and semi-explosion of some detonator, the influence of technological processes on components and lead styphnate content in stab powder were analyzed. Experimental results show that content of eutectic of lead and barium can be fluctuated by separating and re-spilling stab powder during production. The function failure of the detonator will be caused when the content of lead styphnate in eutectic of lead and barium is lower. According to the relationship between content of lead styphnate and functional reliability of the detonator, some unusual situations of the failure products are explained reasonably, and the control measure of using lesser boxes to fill stab powder is fingered out to insure production processes to be controlled.

[KEY WORDS] detonator; stab powder; eutectic of the lead and barium; lead styphnate