

过氯酸铵和硝酸铵及其与铝粉混合物的爆炸性能

〔苏〕 П. М. Моисеенко

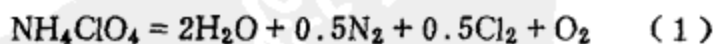
在混合炸药中，一般以梯恩梯、黑索今、硝酸酯等单体炸药起敏化作用，但也有一些混合炸药是以成分中的无机或有机氧化剂起敏化剂作用的。实际上一般采用能产生爆炸分解现象的无机氧化剂（如过氯酸铵和硝酸铵），由于它们在分解时很易失去自己的氧，所以这些氧化剂和易燃或易于发生化学反应的物质相混合就能形成具有高爆热的混合炸药。混合炸药的可燃组分可采用木粉、矿物油、固体碳氢化合物和粉碎得很细的铝、镁等金属粉。

在混合炸药中，作为敏化剂的单体炸药决定了混合炸药的爆炸特性。例如，单体炸药和任何组分（氧化剂或填充剂）所组成的混合炸药不管其爆热 Q 如何，它的爆轰临界直径（ d_{KP} ）都比敏化剂本身的 d_{KP} 大，而爆速则比敏化剂小。但是，过氯酸铵（ПА）或硝酸铵（АС）作敏化剂的混合炸药则相反，例如当这些氧化剂和金属粉末特别是与铝粉混合时，临界直径减小而爆速增加^{〔1〕}。

文献中没有过氯酸铵或硝酸铵以及它们和金属粉末如铝粉的混合物的某些爆炸性能。作者对这一类混合炸药进行了系统的研究，首先看看过氯酸铵和硝酸铵的爆炸性能。

根据文献报导^{〔1,4〕}，当粒度为50~55微米、装药密度为1克/厘米³时，纯过氯酸铵的爆轰临界直径为38~40毫米。实验确定，当粒度为100~150微米时，临界直径增加到75毫米。当粒度相同时，随着密度增加过氯酸铵的临界直径按极值曲线关系变化：当密度增至某一临界密度（当粒度为50~55微米时，为1.35克/厘米³）前，密度增加，临界直径减小；当超过临界密度后，密度增加，临界直径急剧增加。

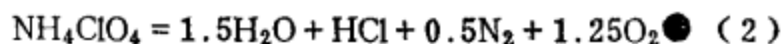
过氯酸铵的爆速与爆炸变化的完全程度有关，而爆炸完全程度又和试样的粒度、药柱直径和外壳有关。当过氯酸铵完全分解时，理论反应为：



按上式分解时，计算的爆热 $Q_{\text{H}_2\text{O} \text{ 气}} = 406$ 千卡/公斤； $Q_{\text{H}_2\text{O} \text{ 液}} = 574$ 千卡/公斤。

对一定重量的过氯酸铵在密闭弹（测压弹）中爆炸后生成的爆炸产物进行分析表明，冷却后生成

了盐酸，这就证实了一部分过氯酸铵的分解按下式进行：



按此反应计算爆热 $Q_{\text{H}_2\text{O} \text{ 气}} = 346$ 千卡/公斤， $Q_{\text{H}_2\text{O} \text{ 液}} = 472$ 千卡/公斤，而实验测定的爆热 $Q = 466$ 千卡/公斤。所以，在密闭容积中爆炸时，过氯酸铵的分解反应接近于反应（2）而不是反应（1）。

过氯酸铵的爆速数据有文献记载^{〔1〕}，当粒度为50~55微米、密度为0.97克/厘米³时，爆速为2400米/秒。作者测定了同样粒度但在几种密度时的爆速

密度 ρ_0 （克/厘米³） 0.9, 1.0, 1.1, 1.35

爆速 D （米/秒） 2200, 2480, 2810, 3450

采用重30克的压装特屈儿药柱作传爆药柱进行起爆，过氯酸铵的爆速随药柱直径的不同而变化，如药柱直径为40毫米时，爆速达到2400米/秒；在同一密度而直径为90毫米时，爆速增加到2730米/秒。

过氯酸铵的做功能力取决于分解的完全程度，而分解程度在很大程度上取决于样品的粒度，过氯酸铵铅铸试验的做功能力值在229到240厘米³之间变化。据文献数据^{〔4,5〕}，硝酸铵的爆轰临界直径为90~100毫米，但是没有说明其粒度。当用多种粒度而其中最大粒度为120微米的硝酸铵进行试验时， $d_{KP} = 45 \sim 48$ 毫米；粒度为150~200微米时， $d_{KP} = 80 \sim 90$ 毫米。

当粒度为120微米、装药直径55毫米、密度1克/厘米³时，硝酸铵的爆速为2450米/秒；而当粒度为100微米时，爆速为2770米/秒。

当硝酸铵的装药密度增加到1.35克/厘米³时，其临界直径和过氯酸铵一样，先降低然后随着密度的继续增加而很快增长，但爆速则是随密度增加先增加然后下降。当密度为1.35克/厘米³时，爆速为3600米/秒^{〔8〕}。必须指出，当分解不完全时（粗颗粒或药柱没有外壳）过氯酸铵和硝酸铵的爆速非常低。例如，当过氯酸铵的粒度为250~300微米时，爆速不大于1500米/秒，而同样条件下硝酸铵爆速为1200~1500米/秒。硝酸铵的铅铸试验的做功能力值在210~230

● 原文中漏写1.25O₂。——译注

厘米³之间变化。

由纯过氯酸铵或硝酸铵制成的炸药，尽管粉碎得很细，但为了产生稳定爆轰也要求大功率的传爆药柱，即要采用20~30克压装特屈儿或黑索今药柱起爆。

我们首先测定了上述氧化剂和牌号为ΠΠ-1或ΠAK-3的铝粉组成混合物的爆轰临界直径。实验表明，混合物的爆轰能力显著地比纯氧化剂要高。此外，混合物对起爆冲量的感度也提高了，甚至当铝含量只有1%的过氯酸铵或硝酸铵与铝的混合物，在直径为25~30毫米时，能用普通电雷管起爆。实验时，过氯酸铵的粒度为50微米或更小一点，硝酸铵为不同粒度的混合物，其中125微米的占10~15%，60~100微米的占85~90%，并保证混合物的高度均匀性。实验结果表明，随着混合物中铝含量增加， d_{KP} 降低。混合物中铝的最佳含量为18~20%，此时，含过氯酸铵的混合物的 d_{KP} 降到3毫米，而含硝酸铵的混合物的 d_{KP} 降到5毫米，实验结果列于表1。

表1 铝含量对过氯酸铵或硝酸铵混合物的临界直径的影响

氧化剂名称	含量 (%)		临界直径 d_{KP} (毫米)
	氧化剂	铝粉	
过氯酸铵	99	1	23
	97	3	8
	95	5	7
	90	10	5
	82	18	3
	75	25	4
	65	35	8
硝酸铵	99	1	33
	97	3	10
	90	10	8
	82	18	5
	75	25	7
	65	35	10

由表1看出，当铝含量不超过20%（最佳值）时，铝含量每增加1%，不论铝和过氯酸铵还是和硝酸铵的混合物的 d_{KP} 平均降低0.3~0.4毫米；当铝粉含量超过20%时，随着铝含量的增加， d_{KP} 逐渐加大；当铝含量达到40~45%时，大概达到等于或接近同样粒度的纯过氯酸铵和硝酸铵的 d_{KP} 值。

过氯酸铵或硝酸铵与铝粉的混合物的第二个重要爆炸性能是爆速。文献[1]中过氯酸铵与铝粉的混合物爆速数据是令人怀疑的，这些数据偏高。而对于铝和硝酸铵的混合物，则不论苏联或国外的文献都没有报道过爆速数据。

在表2中列出了密度0.98~0.99克/厘米³、药柱直径32毫米时，过氯酸铵或硝酸铵与铝粉的混合物的

表2 过氯酸铵、硝酸铵分别与铝粉的混合物爆速值

组分 (%)			颗粒度 (微米)	爆速 (米/秒)
过氯酸铵	硝酸铵	铝粉		
90	—	10	不大于50	2530
82	—	18	不大于50	2715
75	—	25	不大于50	2610
—	90	10	90~120	2630
—	82	18	90~120	2870
—	75	25	90~120	2780

爆速实测值。

当铝粉含量从1%增至18%时，爆速与铝粉含量呈直线变化，平均铝粉含量每增加1%，爆速增加27*/秒。当这类混合物的密度增加到最佳值（1.6克/厘米³）时，爆速加大；当密度继续增加，爆速很快地下降，直至完全熄爆。在临界密度（1.6克/厘米³）和最佳铝含量（18~20%），过氯酸铵和铝粉的混合物爆速达4700*/秒；而在相同的条件下，硝酸铵与铝粉的混合物爆速为4600~4800*/秒。

用铅铸法测定了混合物的做功能力。根据做功能力值与药量成正比的关系，将实验测定的结果换算成每个组分所起的作用，这时，过氯酸铵的做功能力值为220厘米³，硝酸铵为210厘米³。结果列于表3。

表3 过氯酸铵、硝酸铵分别与铝粉混合后的做功能力

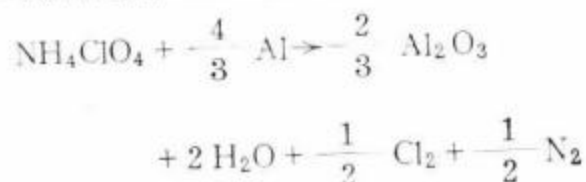
含量 (%)		由氧化剂产生的威力 (厘米 ³)	加入铝粉增加的威力 (厘米 ³)	总做功能力 (厘米 ³)
氧化剂	铝粉			
过氯酸铵	90	10	197	238
	82	18	177	388
	75	25	165	335
	65	35	140	272
	90	10	188	212
硝酸铵	82	18	172	334
	75	25	158	290

对于过氯酸铵和铝粉的混合物来说，当铝含量不超过18%时，铝含量每增加1%，做功能力增加22.5~23厘米³；而对硝酸铵和铝的混合物来说，做功能力则增加21.5厘米³。当过氯酸铵或硝酸铵和铝的混合物中铝含量超过25%时，混合物的做功能力开始降低。

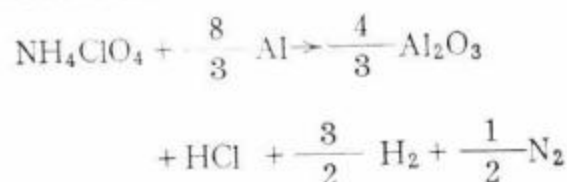
根据铝含量在18%而不是在更高含量时达到最高做功能力指标的事实，证明爆炸反应基本上进行到生成Al₂O₃和H₂O（相当于化学计算的氧与金属的比例），而不是像含量超过化学计算量时所期望的那样生成自由态的H₂或HCl。

相应的反应可以写成如下形式：

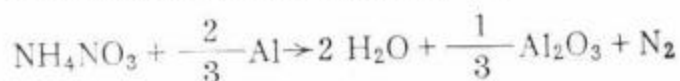
当铝含量在23.5%时的反应式为



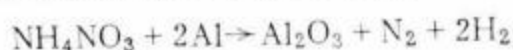
当铝含量在38%时的反应式为



当铝含量在18.4%时的反应式为



当铝含量在40.3%时的反应式为



研究了过氯酸铵或硝酸铵和铝粉的混合物的撞击感度和摩擦感度。

撞击感度在落锤仪上按照ГОСТ4545-48进行测定，摩擦感度用K-44-Ⅱ摩擦仪进行测定。实验表明，对于单体炸药以及炸药氧化剂和填充剂组成的混合炸药中常见的规律，即临界直径与撞击感度和摩擦感度之间成一定比例的规律，对于过氯酸铵或硝酸铵和铝粉的混合物不适用。表4列有过氯酸铵或硝酸铵和铝粉的混合物撞击感度和摩擦感度的试验结果。

分析实验结果表明，尽管过氯酸铵或硝酸铵和铝粉的混合物的爆轰临界直径相近（当铝含量18%和20%●时， d_{KP} 相应地为3和5毫米），但其撞击感

表4 过氯酸铵或硝酸铵与铝粉混合后的感度

组分含量 (%)		感 度			
氧 化 剂	铝 粉	撞 击		摩 擦	
		锤 重 (公斤)	爆炸百分 数 (%)	压力 (公斤/ 厘米 ²)	爆炸百分 数 (%)
过氯酸铵99	1	5	70	3000	0
97	3	5	72	3000	8
95	5	5	76	3000	12
90	10	5	80	900	0
82	18	5	84	900	0
82	18	10	100	1200	4
75	25	10	40	1200	0
65	35	10	0	3000	0
硝 酸 铵99	1	10	0	6000	0
97	3	10	0	6000	0
95	5	10	0	5000	0
90	10	10	0	5000	0
82	18	10	12	4500	0
75	25	10	8	4800	4
65	35	10	0	5000	5

度相差很大，这是因为过氯酸铵结品的机械强度和熔点（约350℃）都高于硝酸铵的缘故。

参考文献(略)

俞统昌译自《Свойства взрывчатых материалов и их совершенствование》
№75/32 P.135~141(1975)

松全才 校

● 根据表1的数据，混合物中铝含量均为18%。——译注

空心微珠在炸药中的应用

目前，在含水炸药中，已广泛采用中空微球载气法调节密度和提高爆轰感度。中空微球可由塑料、玻璃和膨胀珍珠岩等制成。如上海玻璃厂制造的空心玻璃微珠，已成功地用做炸药敏化剂，尤其用于开发海底油田的炸药，充分体现其耐压性强的特点。然而因其价格昂贵，未能普遍推广。锦州珍珠岩厂生产的6号珍珠岩粉，供乳化炸药做敏化和密度调节剂也获很好效果。

近年来，从火电厂粉煤灰中提选出一种微小、圆形中空的球形颗粒体，其粒度为1~300微米(如图)。

经试验表明，该空心微球具有低密度、低导热、耐高温、电绝缘及抗压强度高特性，是一种新型材料，其成分、粒度及比重见表。



放大200倍的空心微珠

中空微球的成分、粒度、比重表

	化 学 成 分	粒 度 (微米)	比 重
人工空心玻璃微珠	SiO ₂ (大量) B ₂ O ₃ , Na ₂ O 少量	<150	0.3
6号珍珠岩粉	SiO ₂ 70%, Al ₂ O ₃ 18% K ₂ O 4%, Na ₂ O 3% CaO 1%, Fe ₂ O ₃ 1%	≤300	0.1
空心微珠	SiO ₂ 50~60%, Al ₂ O ₃ 20~40% Fe ₂ O ₃ 3~10%, CaO 0.2~4% K ₂ O 1.2~4%	<150 或 ≤300	0.5

由表可见，空心微珠的成分与人工空心玻璃微珠、6号珍珠岩粉的主要成分相接近，粒度相似，唯比重稍大。因为空心微珠的化学稳定性好，不溶于水，无毒无味，既耐高温又耐低温，可以长期贮存，且价格也较便宜，因此，可做为含水炸药中的敏化剂和密度调节剂。日前，锦州煤灰综合利用公司已进行试生产，可提供各种规格的空心微珠。

(电力建设研究所 李策镭供稿)