

硝胺发射药燃速曲线研究

张江居

(西安近代化学研究所, 西安 710065)

摘要 对 RGC、RCGU 两种硝胺发射药组分的热分解特性进行了研究。试验结果表明, NC、NG 组成的双基粘合剂与固体添加物 RDX 在热分解特性上的差异是导致硝胺发射药燃速曲线转折的原因。NQ 独特的热分解特性可以调节两者之间的差异, 使燃速曲线不发生转折现象。

关键词 硝胺发射药 燃速曲线 热分解

1 引言

硝胺化合物黑索今(RDX)具有较好的热力学性能, 对实现枪炮发射药的高能低烧蚀要求, 显示出极大的优势。加之 RDX 能和硝酸脂类化合物硝化棉(NC)、硝化甘油(NG)等组成的双基粘合剂很好地相容, 因而受到发射药研究工作者的极大关注。但是, 双基粘合剂和 RDX 组成的三基硝胺发射药的燃速(u)-压力(p)曲线呈现脉动转折现象, 从而有可能导致弹道效率降低, 甚至有时会出现灾难性事故。这些问题的出现, 严重地影响到 RDX 在发射药领域的应用前景。为此, 国内外许多从事发射药燃烧性能研究的技术人员, 为解决此问题作了大量的研究^[1~4]。

本文根据 RCGU 硝胺发射药燃烧性能研究的结果, 提出了一些看法, 从侧面论述了硝胺发射药的燃烧特性及改善其燃烧性能的措施。

2 实验

为了研究硝胺发射药的燃烧规律, 我们选择了两个典型的硝胺发射药配方进行试验研究。一个是由 NC、NG、RDX 为基本成分组成的 RGC 硝胺发射药; 另一配方则是在前一配方的基础上, 适当加入一定量的硝基胍(NQ)组成的 RCGU 硝胺发射药, 加入 NQ 的目的是改善发射药燃速。

燃速测试全部在高压恒压燃速仪上进行。然后根据所得数据作出燃速-压力曲线, 见图 1 和图 2, 再根据曲线的走势确定拐点所对应的压力值, 分段计算出各段的压力指数(n)及燃烧速度系数(u_1)值。试验数据见表 1。

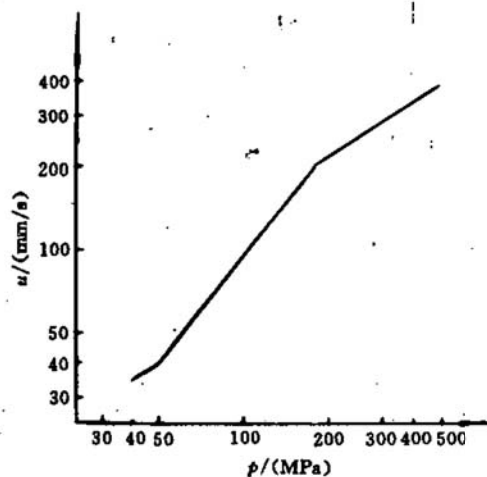


图 1 RGC 发射药燃速-压力曲线

Fig. 1 Burning rate-pressure curve of RGC propellant

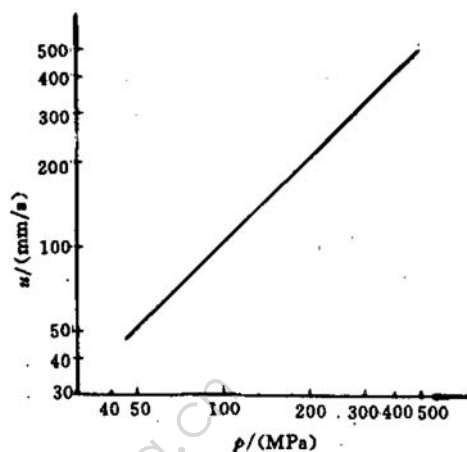


图 2 RCGU 发射药燃速-压力曲线

Fig. 2 Burning rate-pressure curve of RCGU propellant

表 1 RGC 和 RCGU 发射药试验数据

Table 1 Experimental data of RGC and RCGU propellants

RGC		RCGU	
$p/(MPa)$	$u/(mm/s)$	$p/(MPa)$	$u/(mm/s)$
40	34	44	47
50	39	52	53
71	60	100	97
100	90	154	149
142	146	191	189
161	170	237	234
196	205	307	294
251	240	342	343
295	278	374	372
352	302	394	408
399	326	430	422
448	346	445	438
517	376	456	454
/	/	509	488

3 结果分析

从图 1 和图 2 明显看出, RGC 硝胺发射药的燃速-压力曲线上有两个拐点, 而 RCGU

则基本是一条平滑的直线。这表明这两种硝胺发射药在燃烧性能上有明显差异,其差异的原因可从其热分解特性来分析。

RGC 硝胺发射药中有两个主要能量基团:一个是以 NC、NG 两成分为主的双基粘合剂;一个是硝胺化合物 RDX。因此,这种发射药的燃烧性能就和双基成分及 RDX 的燃烧特性有关,与二者燃速匹配程度有关。

由 RDX、NQ 及 NC+NG+C₂ 三种物质的 DSC 曲线(图 3)看出,由 NC、NG、C₂ 组成的双基成分只有一个放热分解阶段,峰值温度约为 479K;而 RDX 则有两个明显的不同阶段:前一个阶段为熔融吸热阶段,峰值温度范围约为 476~480K,后一个阶段为分解放热阶段,温度范围约为 480~526K。RDX 所存在的这样两个不同温度段的热行为可能会导致由 NC、NG、RDX 为基本能量成分的硝胺发射药在点燃之后,发射药药体从点火药所释放的能量中吸热达到 479K 时,表层 NC、NG 双基成分就开始分解,释放出的热量中有一部分提供给处于吸热熔融阶段的 RDX 所需的热量,其余部分则用于药体内层继续升温。此时,由于发射药分解所释放出的总能量并不多,因而发射药的燃速较慢,燃气压力上升也较慢,燃速-压力曲线呈平缓上升趋势。随着热分解反应速度加快,释放的热量越来越多,加之部分熔融的 RDX 气化,并在气相中开始进行热分解,使发射药的燃烧速度较初期增加的速度要快,因此燃速-压力曲线出现了一个拐点。但是此时的 RDX 主要是处于转态过程,即由熔融态转为气态,RDX 本身的热分解还不太剧烈,因而释放的能量并不多,所以发射药的燃气压力虽有增加,但总压力增加得并不快。因此,燃速-压力曲线斜率变

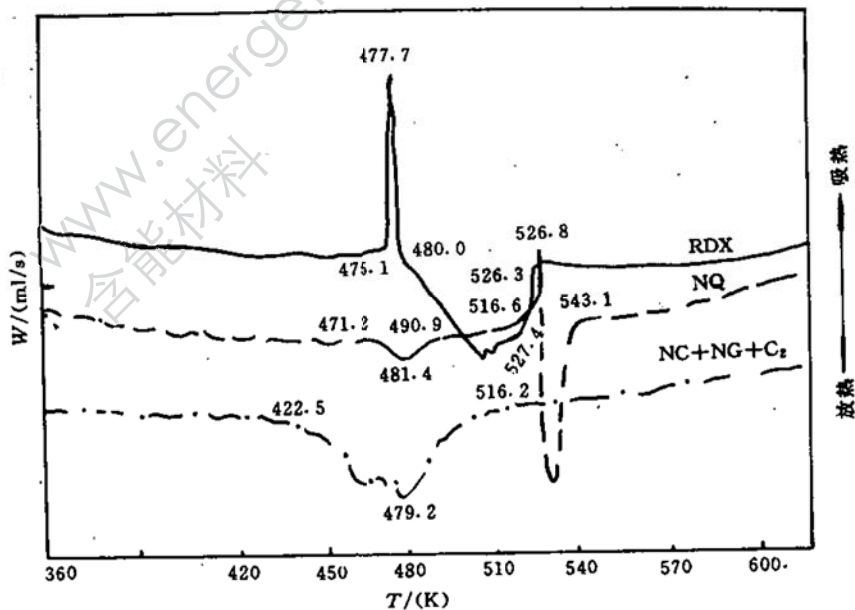


图 3 RDX、NQ、NC+NG+C₂ 的 DSC 曲线

Fig. 3 DSC curves of RDX, NQ and NC+NG+C₂

大,曲线出现第一个拐点。随着燃气反应的进一步进行,气化了 RDX 大量进行分解反应,由于 RDX 的高能特性作用,此时的燃气压力增加得很快,而燃速的增加速度不如燃气压力增加得快,因而燃速-压力曲线出现第二个拐点。

由上述分析可以看出,双基成分和 RDX 在燃烧特性上的差异,是导致硝酸发射药燃速压力曲线出现脉动、转折的主要原因。要消除这一现象,就需选择这样一种化合物,此化合物的差热曲线在 479~490K 区间应有一个明显的放热峰,借以补充 RDX 在熔融时因吸热而使发射药燃气损失的能量,防止低压条件下,硝酸发射药出现燃速过慢的现象。

在 RCGU 硝酸发射药中,NQ 作为燃速改良剂而加入到双基-RDX 体系的硝酸发射药中。从图 3 看出 NQ 在 471~490K 区间是一个放热区段,而 517~527K 区间为一个熔融吸热阶段,但到 527~543K 区间又成为一个新的放热区段。NQ 的这种热化学行为,可以用来解释 RCGU 硝酸发射药的燃速-压力曲线没有出现脉动转折现象的原因。

NQ 引入到双基-RDX 体系硝酸发射药中后,当发射药被点燃,药体温度达到 471~491K 区间时,双基成分和 NQ 都开始进行热分解反应,放出的总能量就比单一双基成分时要多。因而此时的 RDX 进行熔融转态时所需吸收的热量得到了充分保障,所以 RDX 的转态速度进行得也很快,表现为发射药的燃速加快。但此时的 RDX 还没有进入热分解阶段,因而 RDX 放出的热量并不多,所以发射药的燃气压力上升得也不快。随着反应的进行,双基成分的分解速度有所加快,处于熔融状态的 RDX 开始进入气相,少量气化了 RDX 开始进行热分解,释放出热量,使燃气温度继续升高。当温度达到 517~527K 时,NQ 进入一个熔融吸热阶段,因而燃气热量上升速率不快,燃气的压力上升速率也较慢。燃速-压力曲线呈平缓上升的趋势,而没有出现急速的转折点。发射药的温度继续升高到 527K 以上时,双基成分、RDX、NQ 都处于热分解阶段,各成分脱离药体的速度加快,表现为燃速的增加。而此时各成分又处于分解放热阶段,因而燃气的热量急剧增加,表现为燃气压力增长速率变快。因此,燃速-压力曲线继续呈平稳上升趋势,没有出现转折现象。

4 结 论

硝酸发射药的燃烧特性是由多种因素相互作用而形成的。本文对配方中各主要组分的热化学行为进行了分析,提出了以下三点看法。

(1) 以 NC、NG、RDX 为主要能量成分的硝酸发射药,存在着燃速-压力曲线脉动转折的现象,这与各组分本身特性有关。

(2) 凡选作硝酸发射药燃速改良剂的化合物应在 RDX 吸热峰附近有一个明显的放热峰,或加入之后可使发射药谱图在此区段不出现明显的峰谷。

(3) NQ 所具备的热分解特性,可作为解决硝酸发射药燃速-压力曲线转折的技术途径之一。

参加本项研究工作的还有高立龙、朱来运、陈翊运、王 刚、余润华等同志。本文编写时,得到蒋树君副研究员帮助,在此表示感谢!

参 考 文 献

- 1 AD 752 552
- 2 张江居, 高立龙. 硝胺发射药燃烧性能浅析. 陕西省兵工学会第八届年会论文集, 1993.
- 3 陆安舫等. 国外火药性能手册. 北京: 兵器工业出版社, 1991.
- 4 AD-A033 034

STUDY ON BURNING RATE CURVES OF SOME NITRAMINE PROPELLANTS

Zhang Jiangju

(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065)

ABSTRACT The thermal decomposition behavior of the ingredients, RDX, NC, NG, and NQ in nitramine propellants RGC and RCGU were experimentally studied. The results show that the crook of these propellants burning curves were caused by the difference of thermal decomposition behavior between the solid filler RDX and NC-NG double-base binder. Because of its individual thermal decomposition behavior, NQ could be used to regulate the above said difference and straighten the burning rate curve.

KEYWORDS burning rate curve, nitramine propellant, thermal decomposition.



作者简介 张江居(Zhang Jiangju), 山西运城人, 1967年毕业于山西太原机械学院火药专业。现为西安近代化学所副研究员, 长期从事发射药燃烧性能及测试技术研究。在有关刊物上发表论文 20 余篇, 获部级成果奖两项, 获国家专利一项。