

文章编号: 1006-9941(2014)02-0192-05

3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮脒基脒盐的合成与表征

黄新萍, 常佩, 王伯周, 陈智群, 来蔚鹏, 毕福强

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 为了克服3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮(NTO)的酸性,设计了新的含能离子化合物3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮脒基脒盐(GUNTO),以NTO和脒基脒盐酸盐为原料,采用一锅法和分步法两种方法合成了GUNTO,收率均高于85%。用红外光谱、核磁共振、质谱、元素分析和X-射线单晶衍射表征了它的结构。研究了GUNTO的物化性质与爆轰性能。借助晶体密度 $1.72\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 和理论计算的生成焓 $-347.35\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$,运用Kamlet公式预估爆速为 $6683.49\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、爆压为 19.27 GPa 。实测撞击感度、摩擦感度均为0%,特性落高 H_{50} 大于 125.8 cm , $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 时DSC曲线的峰温为 $236.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。与其他NTO胺盐相比,GUNTO氮含量较高、热稳定性好、感度低。

关键词: 有机化学; 3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮脒基脒盐; 3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮脒基脒盐(GUNTO); 合成; 表征

中图分类号: TJ55; O62

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2014.02.013

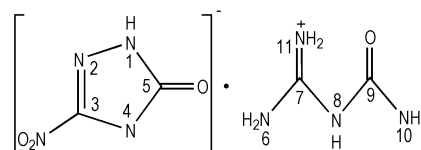
1 引言

3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮(NTO)是一种被广泛关注的高能钝感单质炸药,其爆炸性能接近RDX,感度优于RDX、HMX,与TATB、TNT相当^[1-2]。由于其酸性较强($\text{p}K_{\text{a}}=3.67$),限制了在一些配方中的应用,但可以与胺类化合物反应生成含能离子盐^[3-6],如NTO铵盐(ANTO)^[7]、NTO羟氨盐(HANTO)^[8]、NTO碳酰肼盐(CHZNTO)^[9]等,这些化合物大都具有高氮低碳含量和较大的负生成焓,燃烧时可产生大量洁净的小分子气体,有利于提高混合炸药和推进剂的做功能力或比冲,对环境友好。但已见文献报道的多数NTO胺盐密度较低,熔点或分解点不高。

为了克服NTO的酸性并降低其感度,并合成氮含量较高、热稳定性好的NTO胺盐,本研究设计将含氮量高(55%)的脒基脒阳离子引入NTO分子中,合成出新的含能离子化合物NTO脒基脒盐(GUNTO),其分子结构见Scheme 1。

成盐后,GUNTO可形成大量分子内及分子间氢

键,有助于提高盐的密度并进一步提高爆轰性能,使化学稳定性更好并降低感度。本研究以NTO和脒基脒盐酸盐为原料,开展了GUNTO的合成和表征工作,对其物化性能和爆轰性能进行了测试和计算,期望作为清洁气体产气剂或含能材料在安全气囊或推进剂中可以得到应用。



Scheme 1 Molecular structure of GUNTO

2 实验部分

2.1 试剂与仪器

试剂: NTO,自制,99.9%;脒基脒盐酸盐,按文献^[10]合成;氨水,28%,化学纯。

仪器:德国Elementar公司Vario EL III型有机元素分析仪;美国Nicolet公司Nexus870型傅里叶变换红外光谱仪;美国WATERS公司SYNAPT Q-TOF质谱仪,离子源(ESI源);瑞士Bruker公司AV500型(500MHz)超导核磁共振波谱仪;德国Bruker公司SMART APEX II CCD四圆单晶X-射线衍射仪;德国Netzsch公司204HP型差示扫描量热仪;WL-1型撞击感度仪;WM-1型摩擦感度仪;上海精密仪器公

收稿日期: 2013-09-06; 修回日期: 2013-10-21

基金项目: 总装预研项目(004010102)

作者简介: 黄新萍(1964-),女,高级工程师,主要从事含能材料合成研究。e-mail: zhoujihua204cn@sohu.com

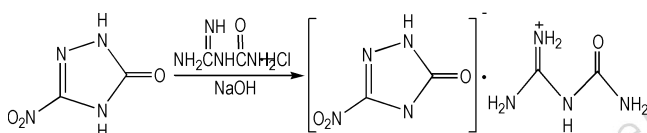
通信联系人: 常佩(1984-),男,助理研究员,主要从事含能材料合成研究。e-mail: changpei0325@163.com

司 WRS-1B 数字熔点仪。

2.2 实验过程

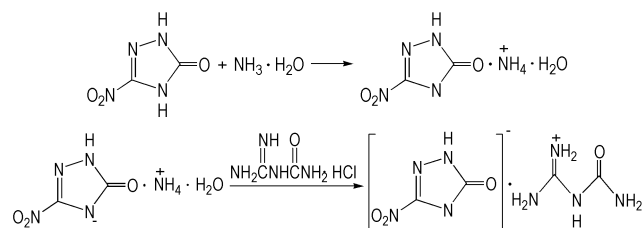
2.2.1 合成方法与路线

一锅法: NTO 与氢氧化钠在水溶液中发生中和反应生成 NTO 钠盐,继续向反应液中滴加脒基脒盐酸盐水溶液进行复分解反应,得到目标化合物,反应路线见 Scheme 2。



Scheme 2

分步法: 将氨水加入到 NTO 的水溶液中反应制备 ANTO,再与脒基脒盐酸盐进行离子交换反应得到目标化合物。反应路线见 Scheme 3。



Scheme 3

2.2.2 一锅法合成 GUNTO

搅拌下,将 26.0 g (0.2 mol) NTO 加入到 150 g 水中,加热升温至 30 ~ 40 °C,滴加氢氧化钠水溶液 (8.2 g, 0.2 mol 氢氧化钠溶于 50 g 水),滴加完毕,保温反应 0.5 h; 再向反应液中滴加脒基脒盐酸盐水溶液 (27.8 g, 0.2 mol 脒基脒盐酸盐溶于 175 g 水),然后加热升温至 50 ~ 60 °C 保温反应 1.5 h; 反应液降温至 2 ~ 5 °C,过滤,滤饼用冰水淋洗、干燥,再用去离子水精制,得目标化合物为黄色针状晶体 35.0 g,收率 85.4%。

2.2.3 分步法合成 GUNTO

2.2.3.1 ANTO 的合成

搅拌下,将 27.3 g (0.21 mol) NTO 加入到 160 g 水中,加热升温至 30 ~ 35 °C,滴加 28% 氨水 32.2 g (0.53 mol), 40 ~ 45 °C 保温反应 1.5 h。反应结束,反应液降温至 2 ~ 5 °C,过滤,滤饼用少量冰水淋洗,烘干,得中间体 ANTO,外观淡黄色固体 27.8 g,熔点 208 ~ 209.0 °C,收率 80.2%。滤液可循环使用: 搅拌下将 27.3 g NTO 缓慢加入到滤液中,反应明显放

热, 30 ~ 35 °C, 滴加 28% 氨水 25.5 g (0.4 mol), 同上操作。得 ANTO 33.3 g, 收率 96.2%。

IR (KBr, ν/cm^{-1}): 1693 (C=O), 3350 (N—H), 1503, 1388 (—NO₂); ¹³C NMR (DMSO-*d*₆, 125 MHz), δ : 159.70, 164.91。元素分析 (C₂H₇N₅O₄, %): 计算值 (实测值), C 14.55 (14.69), N 42.24 (43.64), H 4.28 (4.26)。

2.2.3.2 GUNTO 的合成

室温下,将 33.0 g (0.2 mol) ANTO 加入到 330 g 水中,搅拌,加热升温至 50 ~ 55 °C 时滴加脒基脒盐酸盐水溶液 (27.8 g, 0.2 mol 脒基脒盐酸盐溶于 175 g 水中),升温至 60 ~ 65 °C,保温反应 1.5 h。反应结束,反应液降温至 2 ~ 5 °C,过滤。滤饼用少量冰水淋洗,烘干,再用去离子水精制,得目标化合物为黄色针状晶体 34.9 g,收率 88.6%,总收率 85.2%。

3 结果与讨论

3.1 GUNTO 合成机理探讨

NTO 分子结构中, 1 位和 4 位 N 各有一个活泼氢,使 NTO 呈现较强的酸性,但是实验发现采用本研究的合成方法,无论怎样增加脒基脒盐酸盐、氢氧化钠或氨水的投料量,结果产物都是 4 位取代的 NTO 脒基脒酸盐 GUNTO,并不能得到 NTO 脒基脒正盐。出现这种现象的原因可能是由于 NTO 结构中羰基和硝基的双重强吸电子作用,使 4 位上的氢比 1 位氢更加活泼,故 4 位上的氢首先发生转移形成酸式盐。由于 1 位上的氢酸性较弱,反应活性低,而弱碱性的脒基脒不足以夺取 1 位上的氢原子,因此, NTO 的脒基脒盐仅能生成酸式盐。

3.2 两种合成方法对比

两种合成方法产品收率相差不大,一锅法步骤少,操作更简单,但氢氧化钠腐蚀性强,在水中溶解时强放热,操作时需注意防护。分步法合成中间体 ANTO 时,过量的氨水会对下步离子交换反应有影响,必须将 ANTO 分离出来。由于 ANTO 微溶于反应液使收率降低,通过将滤液循环使用,可减少废液排放、降低氨水使用量并大幅提高产率。分步法步骤多周期长。

3.3 GUNTO 的谱图分析

元素分析实测值 (%): C 20.61, N 48.39, H 3.43; 按化学式 C₄H₈N₈O₄ 的理论计算值 (%) 为: C 20.69, N 48.27, H 3.47,二者基本一致。

在红外光谱图 (图 1) 中, 1735, 1717, 1698,

1641 cm^{-1} 为 $\text{C}=\text{O}$ 的伸缩振动吸收峰; 3460, 3330, 3104 cm^{-1} 处的吸收峰表明分子结构中存在 $\text{N}-\text{H}$ 或 $-\text{NH}^+$; 1595, 1549 cm^{-1} 为 $\text{C}=\text{N}$ 伸缩振动峰; 1518, 1364 cm^{-1} 的吸收为 $-\text{NO}_2$ 的伸缩振动特征峰。

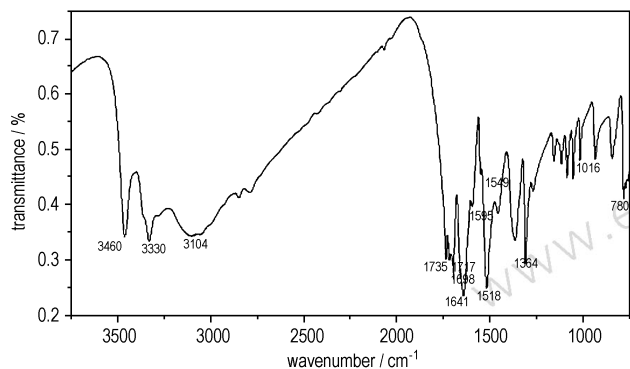


图1 GUNTO 的红外光谱图

Fig.1 IR spectrum of GUNTO

核磁共振分析结果见图2, GUNTO 用氘代二甲基亚砜 ($\text{DMSO}-d_6$) 溶解。

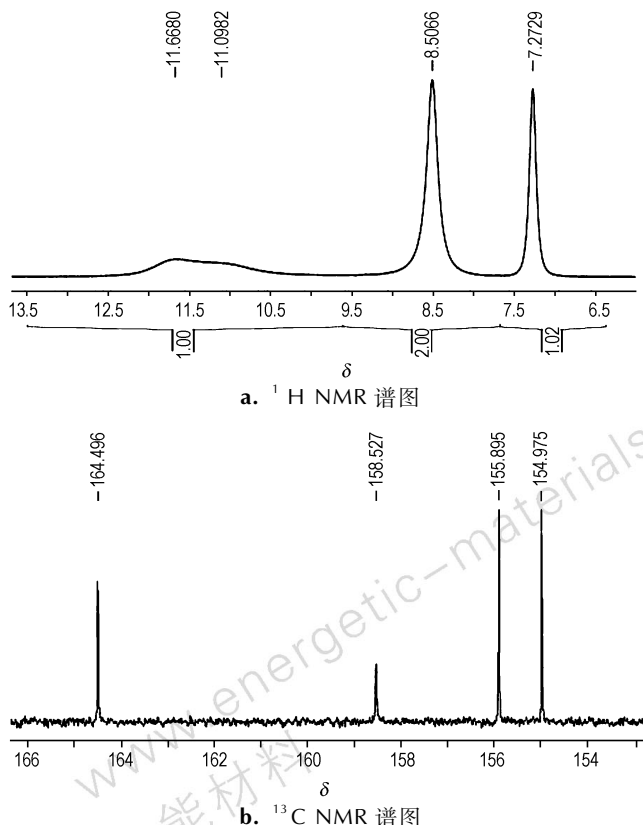


图2 GUNTO 的核磁共振氢谱和碳谱图

Fig.2 ^1H NMR and ^{13}C NMR spectra of GUNTO

从图2a 可看出, 仅出现四组峰, 这是因为在脒基

脒阳离子结构中, $\text{H}_2\text{N}-\text{C}=\text{NH}_2^+$ 为共振结构, 正电荷平均分配于两个 NH_2 基团上, 使得两个 NH_2 上氢原子的化学环境完全相同, 因此化学位移相同, 表现为一组峰, 积分为 2, 与 $\delta_{\text{H}} 8.51$ 对应; $\delta_{\text{H}} 11.67$ 和 $\delta_{\text{H}} 11.10$ 为 1 位 N 和 8 位 N 上的活泼氢信号, 积分为 1; $\delta_{\text{H}} 7.27$ 为 10 位 N 上的活泼氢信号, 积分为 1。

在图2b 中显示有 4 个峰, 与预定分子的碳原子数 4 符合。 $\delta_{\text{C}} 164.5$ 为 NTO 环上羰基峰, $\delta_{\text{C}} 158.5$ 为 NTO 环上碳硝基峰, 与成盐前 NTO 单体的 δ_{C} 值 (分别为 154.4 和 148.0) 相比, 几乎以相同数值移向低场, 即成盐后引入的脒基脒基团对 2 个 C 原子的影响基本相同, 表明 NTO 是以 4 位 N 上的质子离去形成 NTO 负离子而成盐的。 $\delta_{\text{C}} 155.9$ 为脒基脒上碳氮双键峰信号, $\delta_{\text{C}} 155.0$ 为脒基脒上羰基峰信号。

有机质谱分析如图3 所示, ESI-MS 负离子模式下的质谱图出现 m/z 129.0760 峰, 与分子中的负离子部分 $\text{C}_2\text{N}_4\text{O}_3\text{H}^-$ 对应; ESI-MS 正离子模式下的质谱图出现 m/z 103.0632 峰, 与分子中的正离子部分 $\text{H}_2\text{NCONHC}(\text{NH}_2)\text{NH}_2^+$ 对应。

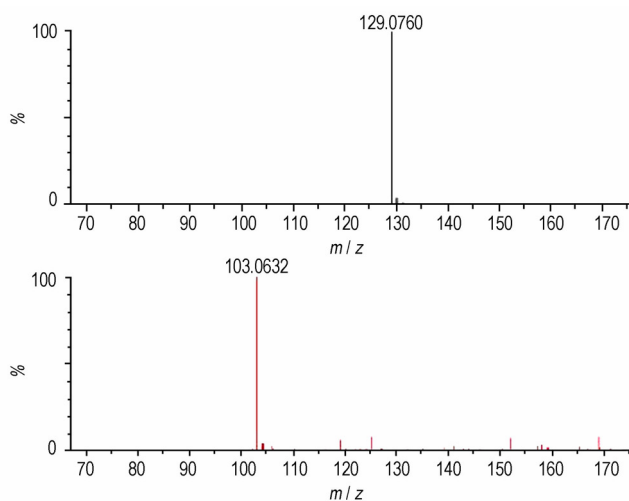


图3 GUNTO 的有机质谱图

Fig.3 MS spectra of GUNTO

采用 X-射线四圆衍射仪测定的 GUNTO 单晶分子结构如图4 所示。

晶体结构分析表明, GUNTO 分子是由带正电的 $\text{H}_2\text{NCONHC}(\text{NH}_2)\text{NH}_2^+$ (脒基脒阳离子) 和带负电的 $\text{C}_2\text{N}_4\text{O}_3\text{H}^-$ (NTO 阴离子) 组成, 分子中不含结晶水, 晶体密度 $1.72 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

综上所述, 按本研究方法合成的目标化合物与设计 GUNTO 分子结构一致, 分子式为 $(\text{H}_2\text{NCONHC}(\text{NH}_2)\text{NH}_2^+)(\text{C}_2\text{N}_4\text{O}_3\text{H}^-)$, 分子量为 232.165。

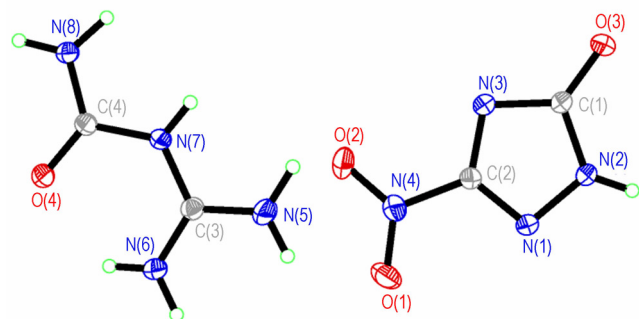


图4 标题化合物的晶体结构图

Fig. 4 Crystal structure of the title compound

3.4 GUNTO 的性能测试与预估

GUNTO 外观为黄色针状晶体,易溶于二甲基甲酰胺、二甲基亚砷等;微溶于乙醇、丙酮、乙酸乙酯、水等;难溶于二氯甲烷、氯仿等。

表1列出了GUNTO与其他NTO胺盐的氮含量和晶体密度数据。从表中可看出,GUNTO晶体密度和氮含量较高。

表1 GUNTO 与其他 NTO 胺盐的氮含量和晶体密度比较

Table 1 Comparison of nitrogen content and density for GUNTO and other amine salts of NTO

amine salts	molecular formula	nitrogen /%	density / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	Ref.
GUNTO	$\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_8\text{O}_4$	48.27	1.72	
ANTO	$\text{C}_2\text{H}_7\text{N}_5\text{O}_4$	42.39	1.65	[5,6]
CHZNTO	$\text{C}_3\text{H}_{10}\text{N}_8\text{O}_5$	47.02	1.65	[5,6]
HANTO	$\text{C}_2\text{H}_5\text{N}_5\text{O}_4$	42.94	1.89	[8]
DMANTO ¹⁾	$\text{C}_4\text{H}_9\text{N}_5\text{O}_3$	39.99	1.45	[11]
AGNTO ²⁾	$\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_8\text{O}_3$	54.88	1.70	[12]

Note: 1) Dimethylamine salt of NTO; 2) Aminoguanidinium salt of NTO.

采用差式扫描量热法(DSC)和真空安定性(VST)分析GUNTO的热稳定性。测得升温速度 $10\text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ 的DSC曲线如图5所示,可见,在 $232.1\text{ }^\circ\text{C}$ 有一个熔融吸热峰, $236.8\text{ }^\circ\text{C}$ 为分解放热峰。

参照GJB772A-1997方法501.2^[16]测试了GUNTO的真空安定性,与其他NTO胺盐的热性能列于表2。表中ANTO有三个吸热峰和一个放热峰,代表脱水、脱氨、熔化和分解四个过程;HNTO有一个熔融吸热峰和一个分解放热峰^[13]。表2还列出了实测的机械感度数据,撞击感度爆炸概率、特性落高 H_{50} 和摩擦感度爆炸概率分别参照GJB772A-1997方法601.1、601.2、602.1^[16]测得。结果显示GUNTO热稳定性较好,感度较低。

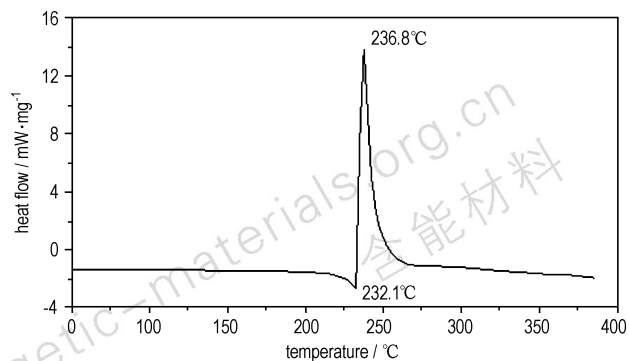
图5 GUNTO 的 DSC 曲线($10\text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$)Fig. 5 DSC curve of GUNTO at $10\text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$

表2 NTO 及其胺盐的热性能和感度

Table 2 The thermal properties and sensitivities of NTO and its amine salts

material	DSC peak temperatures/ $^\circ\text{C}$	VST ¹⁾ / $\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$	impact sensitivity/%	H_{50} /cm	friction sensitivity/%
NTO			16	102.3	8
GUNTO	232.1, 236.8	0.18	0	>125.8	0
ANTO	124.2, 141.2, 191.2, 265.5 ^[13]	0.11 ^[13]	0	>125.8	0
ENTO	251.4 ^[13]	0.09 ^[13]			
HANTO	187.5, 262.1 ^[13]	0.39 ^[13]			
HNTO	200.9 ^[13]	0.056 ^[13]	68	44.7	20
CHZNTO	96.3, 192.8 ^[9]				

Note: 1) at $100\text{ }^\circ\text{C}$, 48h.

结合实测的GUNTO晶体密度($1.72\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)和采用Gaussian 09程序B3LYP/6-31G方法^[14]计算得到的生成焓($-347.35\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$),运用Kamlet公式^[15]计算出GUNTO爆速为 $6683.49\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、爆压为 19.27 GPa 。

3.5 应用前景

通过上述性能测试和预估,显示GUNTO氮含量较高,燃烧时可产生较多的小分子气体,使单位摩尔产气量大,同时分子中含有爆炸性基团却不含结晶水,热稳定性较好,感度低,有望作为性能良好的产气剂材料用于救生气囊和带状限制器中。另外,GUNTO具有较大的负生成焓,可作为混合炸药和固体推进剂组分。

4 结论

(1) 以3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮(NTO)和脒基脒盐酸盐为原料,采用一锅法和分步法合成了新的含能离子化合物3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮脒基脒盐(GUNTO),合成方法简单,收率达85%以上。

(2) 通过元素分析、红外光谱、核磁共振、质谱和 X-射线单晶衍射等手段对 GUNTO 结构进行了表征, 结果表明与设计的分子结构一致, GUNTO 分子式为 $(\text{H}_2\text{NCONHC}(\text{NH}_2)\text{NH}_2^+)(\text{C}_2\text{N}_4\text{O}_3\text{H}^-)$, 不含结晶水, 分子量为 232.165。

(3) 对 GUNTO 的热性能、感度进行了测试, 并采用 Gaussian 09 程序和 Kamlet 公式预估了爆轰性能, 结果显示 GUNTO 氮含量较高、热稳定较好、感度低, 具有高的负生成焓, 可用于混合炸药、推进剂和气体发生剂领域。

参考文献:

- [1] Lee KY, Coburn M D. 3-Nitro-1,2,4-triazol-5-one, a less sensitive explosive[J]. *Journal of Energetic Materials*, 1987, (5): 27-33.
- [2] 刘晓健, 张慧娟, 林秋汉, 等. 唑类含能离子化合物的合成研究进展[J]. *火炸药学报*, 2010, 33(1): 6-10.
LIU Xiao-jian, ZHANG Hui-juan, LIN Qiu-han, et al. Progress of study on synthesis of azole energetic ionic compounds [J]. *Chinese Journal of Explosives and Propellants*, 2010, 33(1): 6-10.
- [3] Lee K Y, Stinecipher M M. Amine salts of nitroazoles; US 5256792[P], 1993.
- [4] Lee KY, Stinecipher M M. Synthesis and initial characterization of amine of 3-nitro-1,2,4-triazol-5-one[J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 1989, 14(6): 241-244.
- [5] 汪洪涛, 周集义. NTO 及其盐的制备、表征与应用[J]. *化学推进剂与高分子材料*, 2006, 4(5): 25-29.
WANG Hong-tao, ZHOU Ji-yi. Preparation, characterization and application of NTO and its salts [J]. *Chemical Propellants and Polymeric Materials*, 2006, 4(5): 25-29.
- [6] 汪洪涛, 周集义. NTO 及其盐的制备、表征与应用(续)[J]. *化学推进剂与高分子材料*, 2006, 4(6): 28-32.
WANG Hong-tao, ZHOU Ji-yi. Preparation, characterization and application of NTO and its salts [J]. *Chemical Propellants and Polymeric Materials*, 2006, 4(6): 28-32.
- [7] LI Jia-rong, CHEN Bo-ren, OU Yu-xiang. Crystal structure of ammonium 3-nitro-1,2,4-triazol-5-onate[J]. *Propellants Explosives Pyrotechnics*, 1991, 16: 145-146.
- [8] 李洪珍, 黄明, 李金山, 等. 3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮脲胺盐的合成及其晶体结构[J]. *合成化学*, 2007, 15(6): 714-718.
LI Hong-zhen, HUANG Ming, LI Jin-shan, et al. Synthesis and crystal structure of hydroxylammonium salt of 3-nitro-1,2,4-triazol-5-one[J]. *Chinese Journal of Synthetic Chemistry*, 2007, 15(6): 714-718.
- [9] 冯长根, 杨利, 张建国, 等. CHZNTO 的制备和分子结构研究[J]. *结构化学*, 2002, 21(3): 309-312.
FENG Chang-gen, YANG Li, ZHANG Jian-guo, et al. Preparation and molecular structure of CHZNTO [J]. *Chinese J of Struct Chem*, 2002, 21(3): 309-312.
- [10] 刘愆, 王伯周, 张志忠, 等. N-脞基脲二硝酰胺盐的合成与性能[J]. *火炸药学报*, 2006, 29(1): 29-31.
LIU Qian, WANG Bo-zhou, ZHANG Zhi-zhong, et al. Synthesis and properties of N-guanylurea dinitramide [J]. *Chinese Journal of Explosives and Propellants*, 2006, 29(1): 29-31.
- [11] 马海霞, 宋纪蓉, 徐抗震, 等. 3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮二甲胺盐 $(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+\text{C}_2\text{N}_4\text{O}_3\text{H}^-$ 的合成、晶体结构和量子化学研究[J]. *化学学报*, 2003, 61(11): 1819-1823.
MA Hai-xia, SONG Ji-rong, XU Kang-zhen, et al. Preparation, crystal structure and theoretical calculation of $(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+\text{C}_2\text{N}_4\text{O}_3\text{H}^-$ [J]. *Acta Chimica Sinica*, 2003, 61(11): 1819-1823.
- [12] 杨利, 张同来, 冯长根, 等. AGNTO 的制备和分子结构[J]. *物理化学学报*, 2001, 17(5): 438-442.
YANG Li, ZHANG Tong-lai, FENG Chang-gen, et al. Preparation and molecular structure of AGNTO [J]. *Acta Phys-Chim Sin*, 2001, 17(5): 438-442.
- [13] 李洪珍, 周建华, 彭强, 等. 4 种 3-硝基-1,2,4-三唑-5-酮脲胺盐的热性能[J]. *中国工程物理研究院科技年报*, 2006: 331.
- [14] Frisch M J, Trucks G W, Schlegel H B, et al. Gaussian 09 [CP], Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2009.
- [15] Kamlet M J, Jacobs S J. Chemistry of detonation I. a simple method for calculating detonation properties of CHNO explosives [J]. *J Chem Phys*, 1968, 48(1): 23-35.
- [16] GJB772A-1997. 炸药实验方法[S].

Synthesis and Characterization of Guanylurea Salt of 3-Nitro-1,2,4-triazol-5-one

HUANG Xin-ping, CHANG Pei, WANG Bo-zhou, CHEN Zhi-qun, LAI Wei-peng, BI Fu-qiang

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

Abstract: To reduce the acidity of 3-nitro-1,2,4-triazol-5-one (NTO), a new energetic ionic compound guanylurea salt of 3-nitro-1,2,4-triazol-5-one (GUNTO) was designed and synthesized by two methods of a pot method and distribution method using guanylurea hydrochloride and NTO as starting material with total of yields over 85%. Its structure was characterized by IR, NMR, MS, elemental analysis and X-ray single crystal diffraction. The physicochemical properties and detonation parameters of GUNTO were studied. Results show that by the real density of $1.72 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ and the calculated enthalpy of formation of $-347.35 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, the theoretical detonation velocity and detonation pressure predicted by the Kamlet formulas are $6683.49 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ and 19.27 GPa , respectively. The mechanical sensitivities are determined as: the impact sensitivity is 0%, friction sensitivity is 0% and characteristic drop height of impact sensitivity H_{50} is more than 125.8 cm . The peak temperature of DSC curve at $10 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ is $236.8 \text{ }^\circ\text{C}$. In comparison with other amine salts of NTO, GUNTO has higher nitrogen content, better thermal stability and lower sensitivity.

Key words: organic chemistry; guanylurea salt of 3-nitro-1,2,4-triazol-5-one; 3-nitro-1,2,4-triazol-5-one (GUNTO); synthesis; characterization

CLC number: TJ55; O62

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2014.02.013