

文章编号:1006-9941(2019)05-0392-06

高性能CNA的制备及其在HMX基混合炸药中的应用

刘燕华¹,邵自强¹,张馨方¹,袁晶晶¹,彭欢²,孙建刚³,赵利斌²,张仁旭²

(1. 北京理工大学 北京市纤维素及其衍生材料工程技术研究中心, 北京 100081; 2. 四川北方硝化棉股份有限公司, 四川 泸州 646000; 3. 山东瑞泰化工有限公司, 山东 肥城 271603)

摘要: 为改善纤维素硝酸酯(NC)的力学性能,通过对纤维素进行硝酸与醋酸酯化的化学改性,制备了含有硝酸酯基、醋酸酯基双基团修饰的纤维素混合酯-纤维素硝酸醋酸混合酯(CNA)黏合剂。采用元素分析(EA)、动态热机械分析(DMTA)、热重法(TG)、差示扫描量热法(DSC)等表征了CNA的元素含量、在丙酮、乙酸乙酯、二氯甲烷等中的溶解性、热性能及相容性。测定了CNA粘结炸药的爆速、爆热和板痕。结果表明,制备的两种CNA的含氮量分别为4.27%、8.16%;醋酸酯基团的引入,提高了纤维素混合酯的溶解性,改善了分子链的柔顺性,较高醋酸酯基含量(1.28)的CNA的热稳定性较NC提高了6~13℃;CNA与大部分含能材料间具有较好的相容性;CNA可用作压装混合炸药的黏合剂。CNA粘结炸药比氟橡胶粘结炸药具有更高的能量性能。

关键词: 纤维素硝酸醋酸混合酯(CNA);黏合剂;热稳定性;相容性

中图分类号:TJ55

文献标志码:A

DOI:10.11943/CJEM2018131

1 引言

纤维素硝酸酯(Cellulose nitrate, NC)与纤维素醋酸酯(Cellulose acetate, CA)是两种常见的纤维素酯,在火炸药领域均有重要应用。不同含氮量的NC,被广泛用于单基药、双基药、三基药、改性双基、交联改性双基、复合改性双基推进剂中,是一种重要的基础含能材料,但由于NC属半刚性高分子链纤维素衍生物,因此NC基火炸药具有易损或力学性能不佳等缺点。随着武器装备对高能钝感性能的要求不断提高,对纤维素硝酸酯进行物理或化学改性受到广泛关注^[1-4];由于CA具有良好的塑性,也被大量应用于发射药、推进剂与炸药, Bell F H^[5]研究表明,火药中加入一定量的CA,性能超过单一酯的应用效果,其燃烧速率指数约

为零,可改善火药的低温燃烧性能,但CA属惰性黏合剂,会降低火炸药的整体能量,应用存在局限^[3]。

纤维素硝酸醋酸混合酯(CNA)是一种既含有硝酸酯基也含有醋酸酯基的纤维素混合酯^[4]。美国陆军军备研究开发与工程中心(ARDEC)^[5]与日本防卫厅(JDA)^[6]展开CNA制备及其作为含能黏合剂的应用研究,用于105 mm火炮发射药配方,结果表明,加入CNA可降低发射药对热和冲击的敏感性,有望在高性能低易损性(low vulnerability, LOVA)发射药中得到推广应用。在低易损性能方面,20世纪70年代初,美国率先提出钝感弹药的概念,着手研究高能量、低感度炸药^[7-9]的研究,先后研发了以PBXN-109、PBXN-110、PBXN-129、AFX-757等为代表的多种不敏感炸药,并建立安全性评估标准及检验方法。

压装炸药黏结剂含量虽少,但对炸药的成型性、感和能量有较大的影响。氟橡胶是压装炸药中最常见的也是一种非含能黏结剂,对炸药的能量没有贡献。若将含能黏结剂CNA应用于炸药配方中,可为后续主体炸药的钝感或不敏感化提供一定的能量补偿,有望减少主体炸药能量的降低程度,从而实现高能低感的目的。

本研究以棉纤维素为原料,先后通过硝酸、醋酸的进行酯化,再对温度、加料量、反应时间等工艺进行优

收稿日期:2018-05-15;修回日期:2018-09-19

网络出版日期:2018-12-28

基金项目:中国兵器北方化学工业集团公司青年科技创新专项(QKCZ-mp-2015-08)

作者简介:刘燕华(1985-),女,博士研究生,主要从事含能材料的研究。e-mail:liuyanhuale@163.com

通信联系人:邵自强(1965-),男,教授,主要从事纤维素衍生物的研发及分析研究。e-mail:shaoziqiang@263.net

引用本文:刘燕华,邵自强,张馨方,等.高性能CNA的制备及其在HMX基混合炸药中的应用[J].含能材料,2019,27(5):392-397.

LIU Yan-hua, ZHANG Xin-fang, SUN Jian-gang, et al. Preparation of High-performance CNA and Its Application in HMX-based Mixed Explosives[J]. Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao), 2019, 27(5):392-397.

化调控,得到两种结构不同的CNA。在研究CNA溶解性、热分解性能、相容性等基础上,将CNA作为黏结剂,制备了HMX基压装炸药,表征了炸药的能量性能,并与压装炸药中常用的氟橡胶黏结炸药进行对比,为CNA作为高性能黏合剂在压装炸药中的应用提供了基础。

2 实验部分

2.1 试剂与仪器

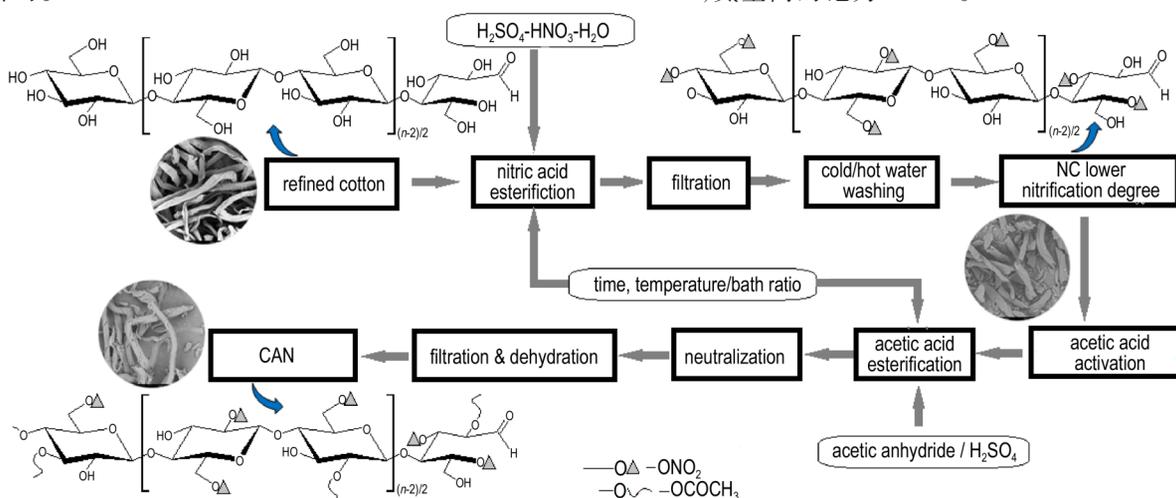
棉纤维素:聚合度为980的精制棉,80目,北京北方世纪纤维素技术开发有限公司;硫酸(H₂SO₄)、硝酸(HNO₃)、醋酸(CH₃COOH)、碳酸钠、乙酸镁、氢氧化钠、酚酞、丙酮(CP)、乙酸乙酯(EAC)、二氯甲烷(DCM)、二甲基亚砜(DMSO)、二甲基甲酰胺(DMF)、二乙二醇乙醚(EGM)与冰醋酸(HAc),分析纯,国药集团公司。

带冷凝回流系统的玻璃立式反应釜,V=15 L,自制;耐压、密闭压力釜,材质316L,V=15 L,自制;Vario EL元素分析仪,德国Elementar公司;Anton Paar physica MCR 301流变仪,奥地利Anton Paar公司,配套DMTA测试夹具;NETZSCH STA 449C热分析仪,德国NETZSCH公司;DSC 60,日本岛津公司。

2.2 实验过程

2.2.1 纤维素混合酯CNA制备过程

CNA的制备过程如Scheme 1所示:精制棉为原料,以H₂SO₄-HNO₃-H₂O为硝化体系,浴比控制为50:1,温度30℃,时间45 min,通过调节硝化体系中H₂SO₄、HNO₃、H₂O的比例,得到两种含氮量为6%±0.05%、10%±0.05%的NC中间体;然后用HAc分别对其活化2 h后,再各自加入到H₂SO₄/CH₃COOH/H₂O混合液中,于50℃条件下,酯化2 h后,用乙酸镁中和,最后得到两种粉状产品CNA,将两者中氮量低的记为CNA1,氮量高的记为CNA2。



Scheme 1 Preparation process of cellulose nitrate-acetate mixed esters

2.2.2 性能与表征

利用Vario EL元素分析仪测定CNA分子的N、C含量;CNA中氮元素的唯一来源是—ONO₂,CNA的结构可简写为C₆H₇O₂(OH)_(3-x-y)(O—NO₂)_x(O—COCH₃)_y,其中硝酸酯基取代度为x,醋酸酯基取代度为y,其分子量为M=162+45x+42y。

根据元素分析测试的数据,得出CNA样品的氮、碳元素的比值,如式(1):

$$\frac{14x}{12(6+2y)} = \frac{w_N}{w_C} \quad (1)$$

采用皂化反应测定醋酸酯基的含量^[10],计算方法如式(2)。将CNA干燥称重,记为m,溶于丙酮,用氢

氧化钠溶液皂化24 h,再加入3~5滴酚酞指示剂,分别用硫酸溶液(H⁺浓度约0.1 mol·L⁻¹,记为C_a)和氢氧化钠溶液(浓度约0.01 mol·L⁻¹,记为C_b)滴定至终点,30 min内不褪色为终点,空白组做同样操作。

$$w_{CH_3CO} = \frac{C_a(V_1 - V_2) + C_b(V_4 - V_3)}{m} \times 4.3 = \frac{4300y}{162 + 45x + 42y} \quad (2)$$

式中,V₁为空白组消耗酸的体积,mL;V₂为实验组消耗酸的体积,mL;V₃为空白组消耗碱的体积,mL;V₄为实验组消耗碱的体积,mL。

采用CNA2进行单质炸药奥克托今(HMX)黏结造粒,m(CNA2):m(HMX)=5:95与相同用量的氟橡胶

F2603黏合剂进行比较,开展爆炸能量及板痕试验。采用直接法造粒,将CNA2溶解于乙酸乙酯中,浓度约为5%,再加入HMX,搅拌均匀,待乙酸乙酯溶剂大量挥发后,将粘稠物料过10目筛子,形成造型粉药粒,晾干,最后造型粉外混少量石墨,在150 MPa压力下成型,压制 $\Phi 20\text{ mm}\times 20\text{ mm}$ 药柱,进行爆速测试;压制 $\Phi 25\text{ mm}\times 25\text{ mm}$ 药柱,进行爆热测试;压制 $\Phi 30\text{ mm}\times 30\text{ mm}$ 药柱进行板痕试验,实验设三组平行,取平均值。

3 结果与讨论

3.1 硝酸酯基含量与醋酸酯基含量的测定

通过改变硝化体系中 H_2SO_4 、 HNO_3 、 H_2O 的比例,可控制CNA的氮含量。研究制备的两种CNA样品的元素分析测试结果如表1所示,所制备的CNA样品氮含量分别为4.27%(CNA1)、8.16%(CNA2)。

表1 CNA的N、C含量及硝酸酯基、醋酸酯基取代度

Table 1 The nitrogen content, carbon content, nitro group substitution degree, acetate group substitution degree of CNA

sample	nitrogen content/%	carbon content/%	—ONO ₂	—OCOCH ₂
CNA1	4.27	41.09	0.76	1.28
CNA2	8.16	33.90	1.58	0.72

3.2 溶解性分析

为分析醋酸酯基基团对CNA的溶解性能影响,研究对两种CNA(CNA1、CNA2)样品和三种NC(氮含量为13.19%记为NC1,氮含量为10.01%记为NC2、氮含量为7.03%记为NC3)样品进行了对比,测试分析了各自在CP、EAC、DCM、DMSO、DMF、EGM与HAc多种溶剂中的溶解性能,结果见表2。

由溶解性测试可知,低氮量的NC仅完全溶解于DMSO、DMF,随着含氮量的增加,NC在CP和EAC、

表2 CNA、NC在部分溶剂中的溶解性结果

Table 2 Results of the solubility of CNA and NC in some solvents

sample	nitrogen content/%	CP	EAC	DCM	DMSO	DMF	EGM	HAc
CNA1	4.27	++	++	++	++	++	+	++
CNA2	8.16	++	++	+	++	++	++	+
NC1	13.19	++	++	-	++	++	++	-
NC2	10.01	++	++	-	++	++	++	++
NC3	7.03	+	-	-	++	++	+	-

Note: ++ refer to dissolution, + refer to swelling, and - refer to no dissolution.

EGM溶解性好转,溶解性能结构表明,CNA的溶解性较低氮量(含氮量7%~10%)NC、高氮量(含氮量为13.19%)NC都有所提高,其原因醋酸酯基的加入破坏了纤维素硝酸酯的规则有序结构,加大了其分子骨架的间隙,导致其整体结构的松散,降低其结晶度,因而提高了溶解性能。

3.3 DMTA 测试分析

CNA1、CNA2、NC(含氮量13.19%)样品的储存模量、损耗因子($\tan\delta$)随温度变化的曲线如图1所示。

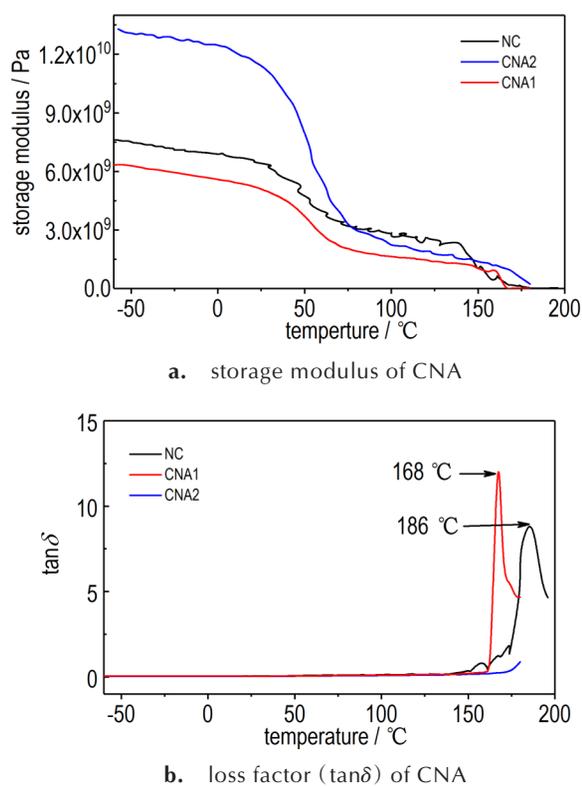


图1 CNA的储能模量及损耗因子($\tan\delta$)曲线

Fig.1 Storage modulus and loss factor ($\tan\delta$) curves of CNA

T_g 是高聚物分子链段开始运动的最低温度,反映了高聚物分子链的柔顺性。图1显示,随着温度增加,储能模量逐渐减小,三种材料由于弹性形变而储存的能量逐渐减小。CNA1、NC的 T_g 分别为168°C、186°C,说明CNA1柔顺性较好,NC的柔顺性相对较差。而CNA2没有出现明显的峰值,正是因为醋酸酯基的含量较低,导致分子链的柔顺性变差,薄膜脆性大,在测试过程中出现断裂现象。比较峰形可发现CNA2的 $\tan\delta$ 峰最小,则样品内耗小,吸收能量小,样品的回弹性好。CNA分子结构中引入醋酸酯基,将垂直于纤维轴的正三角结构硝酸酯基团的规整性打乱,

结晶性能变差,无序度增大,分子链之间的缠结增加,内耗增加,提高了大分子链的柔顺性,故 T_g 降低。

3.4 热性能测试

图2为CNA、NC在升温速率为 $10\text{ K}\cdot\text{min}^{-1}$ 的TG-DTG和DSC曲线图。

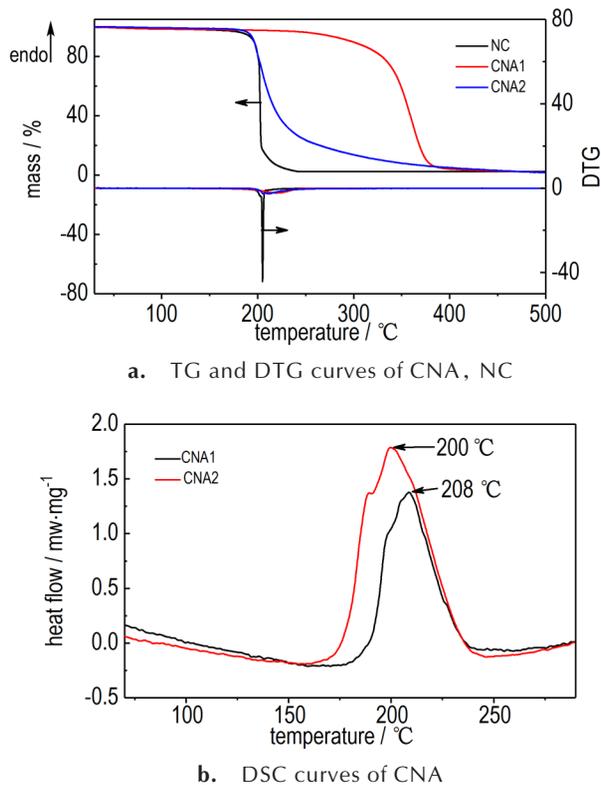


图2 CNA、NC的TG、DTG及CNA的DSC曲线
Fig.2 TG and DTG curves of CNA, NC and DSC curves of CNA

图2a显示,CNA1、CNA2、NC的热分解反应都是只有1个失重阶段,在 $170\sim 180\text{ }^\circ\text{C}$ 开始热分解,最大失重峰温度分别为 $219, 212, 206\text{ }^\circ\text{C}$,在 $499.6\text{ }^\circ\text{C}$ 左右时,残留质量所占比重分别为 $1.79\%, 1.72\%, 2.30\%$;由DTG曲线可看出NC的失重分解峰最窄且最高,这说明氮量越高,对温度越敏感,NC的分解速率最快,在较窄的温度范围内,快速分解完毕;而CNA1和CNA2的分解峰则宽且低,这是因为硝酸酯基为含能基团,最先分解,然后是醋酸酯基分解,故分解速率相对较低。通过CNA的DSC测试,图2b显示,CNA1的峰值温度为 $208\text{ }^\circ\text{C}$,放热量为 $593.55\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$,CNA2的峰值温度为 $200\text{ }^\circ\text{C}$,放热量为 $624.3\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$,含氮量高的CNA2硝酸酯基分解产生的放热较多,能更好的为后续热分解提供能量,这与CNA的热分析趋势一致。

3.5 与典型含能材料的相容性

根据热分析法评价含能材料相容性的方法^[11-13],以含能材料与混合体系(要求混合体系的质量比为 $1:1$)两者DSC的分解峰温 T_p 之差为判据标准进行相容性分析,如公式(3)所示:

$$\Delta T_p = T_{p2} - T_{p1} \quad (3)$$

式中, ΔT_p 为含能材料与混合体系两者DSC的分解峰温之差, $^\circ\text{C}$; T_{p1} 为含能材料组分的分解峰温, $^\circ\text{C}$; T_{p2} 为含能材料混合体系或与接触材料混合体系的分解峰温, $^\circ\text{C}$ 。

用 ΔT_p 评价相容性的标准或判据(以峰温降低值计), $\leq 2\text{ }^\circ\text{C}$ 时,相容性评估为A,说明混合体系相容; $3\sim 5\text{ }^\circ\text{C}$ 时,相容性评估为B,说明混合体系轻微敏感,可短期使用; $6\sim 15\text{ }^\circ\text{C}$ 时,相容性评估为C,说明混合体系敏感,忌混用; $\geq 15\text{ }^\circ\text{C}$,相容性评估为D,说明混合体系危险,禁止使用。

将CNA1、CNA2与黑索今(RDX)、HMX、六硝基六氮杂异伍兹烷(CL-20)、二甲基二苯脲(C_2)、乙二醇硝酸二硝酸酯吉纳(DINA,)、微米铝粉($13\text{ }\mu\text{m}$)、高活性纳米铝粉(100 nm)、氢化铝(AlH_3)分别按照质量比 $1:1$ 比例混合,制成均匀的样品进行DSC实验,以评估CNA1、CNA2与这些典型含能材料及其添加剂间的相容性,结果如图3所示。

通过图3可以看出,CNA的分解峰温与混合体系的分解峰温差异不大,与RDX、HMX、CL-20等大部分含能材料的相容性的结果中CNA1较好,大部分均有改善,CNA1的相容性效果: $\text{HMX} > \text{Al}(100\text{ nm}) > \text{RDX} > \text{AlH}_3 > \text{Al}(13\text{ }\mu\text{m}) > \text{CL-20} > \text{DINA} > \text{C}_2$,其中,与 C_2 相容性属于C级别,为敏感混合体系,忌CNA1与 C_2 混用;CNA2相容性效果: $\text{DINA} > \text{RDX} > \text{HMX} > \text{Al}(13\text{ }\mu\text{m}) > \text{C}_2 > \text{Al}(100\text{ nm}) > \text{AlH}_3$,其中,与 AlH_3 相容性属于C级别,为敏感混合体系,忌CNA2与 AlH_3 混用,而与CL-20相容性属于D级别,为危险混合体系,禁止CNA1与CL-20混合使用。说明,尽管CNA的结构与NC和CA相似,分别含有相似的硝酸酯基和醋酸酯基,醋酸酯基的增多虽降低了CNA的能量,但在一定程度上改善了其与含能材料之间的相容性。

3.6 CNA压装炸药性能

将高氮量CNA黏合剂用于低感度单质炸药HMX的黏结造粒,并考察了爆炸能量及靶痕试验,其结果如表3和表4所示。

HMX爆热和爆速分别是 $5610\text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $9124\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

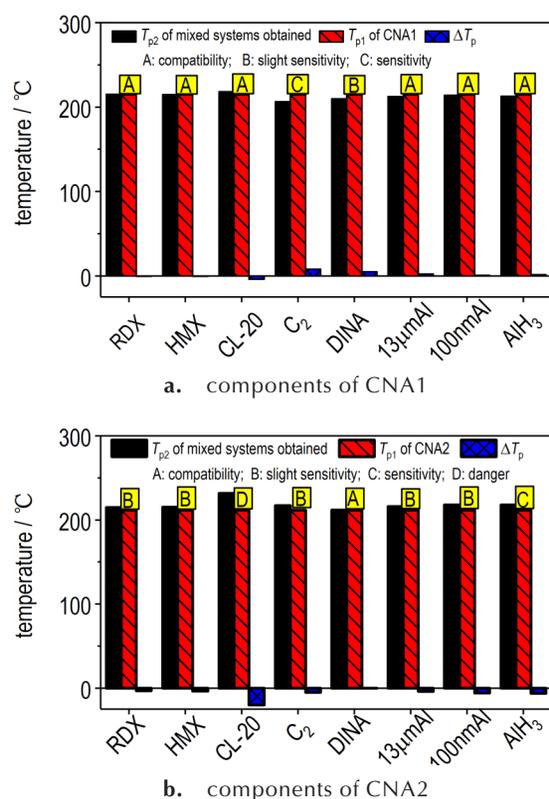


图3 CNA与含能材料的相容性评估图

Fig.3 Compatibility assessment chart of CNA and typical energetic materials

($\rho=1.84 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ [15]),加入CNA后,H-CNA的爆热提高了0.45%,同时H-CNA的爆热和爆速均高于H-F2603,分别提高了2.7%、7%。

表3 混合炸药的爆热、爆速

Table 3 The heat of detonation and detonation velocity of composite explosive

sample	density / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	detonation heat / $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$	detonation velocity / $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
H-CNA	1.783	5635	9010
H-F2603	1.80	5485	8420

表4 混合炸药的靶痕试验

Table 4 Target mark test of composite explosive

sample	density / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	scar depth /mm
H-CNA	1.864	6.010
H-F2603	1.853	5.939

与H-F2603黏结炸药相比,CNA黏结炸药的炸痕深度提高了1.2%,说明炸药的能量有所增加,这与加入CNA后的爆热和爆速均高于F2603的结果一致。

4 结论

(1)以精制棉为原料,通过先硝化后醋酸酯化的方式,调节硝酸酯化体系中 H_2SO_4 、 HNO_3 、 H_2O 的比例及醋酸酯化体系中 H_2SO_4 、 CH_3COOH 、 H_2O 的比例可得到的两种不同的纤维素硝酸醋酸混合酯CNA,其氮量分别为4.27%、8.16%,醋酸酯基取代度分别为1.28、0.72。

(2)醋酸酯基团的引入使纤维素混合酯CNA的溶解性得到提高,又因破坏了分子链的规整结构,使得CNA柔顺性增加,CNA的热稳定性较NC提高了6~13℃;CNA与大部分含能材料相容性良好。

(3)将CNA用作HMX基压装炸药的黏合剂,H-CNA的爆热、爆速分别为 $5635 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $9010 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,板痕测试炸痕深度为6.010 mm,CNA黏结炸药均比氟橡胶黏结炸药提高了1.2%。

参考文献:

- [1] 邵自强, 王文俊. 硝化纤维素结构与性能[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011: 1-2.
SHAO Zi-qiang, WANG Wen-jun. Structure and properties of nitrocellulose [M]. Beijing: National Defence Industry and Technology, 2011: 1-2.
- [2] 邵自强. 硝化纤维素生产工艺及设备[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002: 1-3.
SHAO Zi-qiang. Processing and equipment of nitrocellulose [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2002: 1-3.
- [3] 李宁. 基于含能热塑性弹性体的高能发射药研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2013.
LI Ning. Study on high energy propellant based on energetic thermoplastic elastomers[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2010.
- [4] Lili Li, Margaret Frey. Preparation and characterization of cellulose nitrate-acetate mixed ester fibers [J]. *Polymer*, 2010, 51: 3774-3783.
- [5] Bell F H. Igniter for low vulnerability ammunition propellant ordnance-comprises potassium or sodium nitrate and cellulose acetate: US 4570540-A[P]. 1986, 2.
- [6] Thelma Manning, Jeffrey Wyckoff, Carlton Adam, et al. Formulation development and characterization of cellulose acetate nitratebased propellants for improved insensitive munitions properties[J]. *Defence Technology*, 2014, 10: 92-100.
- [7] 刘栓虎, 程根旺, 骆广梁. 高能推进剂钝感含能材料研究现状[J]. 化学推进剂与高分子材料, 2010, 8(2): 5-10.
LIU Shuang-hu, CHENG Gen-wang, LUO Guang-liang. Research status of insensitive energetic materials used in high-energy propellant[J]. *Chemical Propellants & Polymeric Materials*, 2010, 8(2): 5-10.
- [8] 石小兵, 庞维强, 蔚红建. 钝感推进剂研究进展及发展趋势[J]. 化学推进剂与高分子材料, 2007, 5(2): 24-28.
SHI Xiao-bing, PANG Wei-qiang, WEI Hong-jian. Research progress and development trends of insensitive propellant[J].

- Chemical Propellants & Polymeric Materials*, 2007, 5 (2) : 24-28.
- [9] 赵超. 高能钝感混合炸药的研究进展及发展趋势[J]. 兵工自动化, 2013, 32(1): 67-70.
ZHAO Chao. Research progress and trend of insensitive high mixture explosives[J]. *Ordnance Industry Automation*, 2013, 32(1): 67-70.
- [10] 毛润生, 黄继才, 伍风莲. 氰乙基醋酸纤维素乙酰基含量分析[J]. 广州化学, 1990, 1: 50-56.
MAO Run-sheng, HUANG Ji-cai, WU Feng-lian. Acetyl content analysis of cyanoethyl cellulose acetate [J]. *Guangzhou Chemistry*, 1990, 1: 50-56.
- [11] 王瑞, 孟子晖, 薛敏, 等. DSC法研究高能炸药TEX与推进剂组分的相容性[J]. 火炸药学报, 2015, 2(38): 66-69.
WANG Rui, MENG Zi-hui, XUE Min, et al. Compatibility of high energetic explosive TEX with components of propellants by DSC method[J]. *Chinese Journal of Explosives and Propellants*, 2015, 2(38): 66-69.
- [12] 毕福强, 葛忠学, 孙序东, 等. 1,1'-二羟基-5,5'-联四唑二羟胺盐和CMDDB推进剂组份的相容性[J]. 含能材料, 2014, 22(5): 716-718.
BI Fu-qiang, GE Zhong-xue, SUN Xu-dong, et al. Compatibility of dihydroxylammonium 5, 5'-bistetrazole-1, 1'-diolate with components of CMDDB propellant [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2014, 22(5): 716-718.
- [13] 刘子如. 含能材料热分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008: 22-23.
LIU Zi-ru. Thermal analyses for energetic materials [M]. Beijing: National Defence Industry and Technology, 2001.
- [14] Gogulya M F, Makhov M N, Brazhnikov M A, et al. Explosive Characteristics of Aluminized HMX-Based Nanocomposites [J]. *Combustion Explosion and Shock Waves*, 2008, 2(44): 198-212.
- [15] 夏建才. 火工品制造[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2009: 78.
XIA Jian-cai. Pyrotechnics manufacturing [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2009: 78.

Preparation of High-performance CNA and Its Application in HMX-based Mixed Explosives

LIU Yan-hua¹, SHAO Zi-qiang¹, ZHANG Xin-fang¹, YUAN Jing-jing¹, PENG Huan², SUN Jian-gang³, ZHAO Li-bin², ZHANG Ren-xu²

(1. Beijing Engineering Research Center of Cellulose and Its Derivatives, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 2. Sichuan North Century Cellulose Technology Research & Development Co., Ltd, Luzhou 610063, China; 3. Shandong ruitai chemical Co, LTD, Feicheng 271603, China)

Abstract: To improve the mechanical properties of nitrocellulose (NC), a cellulose mixed ester modified with double groups of nitrate and acetate groups-cellulose nitrate-acetate mixed ester (CNA) adhesive was prepared through the chemical modification of esterifying cellulose using nitric acid and acetic acid. The elemental content, solubility in acetone, ethyl acetate, dichloromethane, etc., thermal properties, and compatibility of CNA were characterized by elemental analyses (EA), dynamic mechanical thermal analysis (DMTA), thermogravimetry (TG), differential scanning calorimetry (DSC), etc.. The detonation velocity, heat of detonation and plate mark of CNA-bonded explosives were measured. Results show that the nitrogen contents of two kinds of CNAs prepared are 4.27% and 8.16%, respectively. The introduction of acetate groups increases the solubility of cellulose mixed esters and improves the flexibility of molecular chains. The thermal stability of CNA with larger acetate-group-content (1.28) is increased by 6 °C to 13 °C compared with that of NC. The compatibility between CNA and most energetic materials is good. CNA is used as a binder for press-packed mixed explosives. CNA-bonded explosives have higher energy performance than fluororubber-bonded explosives.

Key words: cellulose nitrate-acetate mixed esters(CNA); adhesive; thermal stability; compatibility

CLC number: TJ55

Document code: A

DOI: 10.11943/CJEM2018131

(责编:高毅)