

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2014.02.009

# ANPyO/LLM-105 混晶及其造型粉性能和应用研究\*

周心龙<sup>①</sup> 刘祖亮<sup>①</sup> 成 健<sup>①</sup> 王晓鸣<sup>②</sup> 郑 宇<sup>②</sup> 苏 强<sup>③</sup> 郝尧刚<sup>③</sup>

①南京理工大学化工学院(江苏南京,210094)

②南京理工大学机械学院(江苏南京,210094)

③甘肃银光化学工业集团有限公司(甘肃白银,730900)

[摘 要] 研究了 ANPyO 与 LLM-105 混晶及其造型粉的性能和应用。以二甲基甲酰胺(DMF)为溶剂,采用重结晶法制备了 ANPyO/LLM-105 混晶,通过扫描电镜、TG、真空安定性、安全性能等测试对 ANPyO/LLM-105 混晶进行了结构表征和性能表征。结果表明,SEM 测试显示 ANPyO/LLM-105 混晶形状规则,表面光滑。ANPyO/LLM-105 混晶的 TG 曲线图形与 ANPyO、LLM-105 的 TG 曲线图形接近。混晶 200 ℃,48 h 真空安定性测试放气量为 0.21 mL/g,撞击感度 138 cm,摩擦感度 30%,冲击波感度 7.0 mm。以 F<sub>2311</sub> 为黏结剂,采用水悬浮法制备了混晶造型粉,通过耐热性、爆速、起爆和穿深测试对造型粉进行了性能表征。结果表明,造型粉混合炸药爆速为 7 350 m/s(1.75 g/cm<sup>3</sup>);装药压力 5.50 MPa,装药密度为 1.77 g/cm<sup>3</sup> 时,可被油田导爆索稳定起爆,穿深为 142 mm × Ø10.0 mm。总体来说,ANPyO/LLM-105 混晶及其混合炸药安全性能和爆炸性能与 ANPyO 相当,冲击波感度略高于 ANPyO。

[关键词] 2,6-二氨基-3,5-二硝基吡啶-1-氧化物;2,6-二氨基-3,5-二硝基吡啶-1-氧化物;混晶;造型粉;性能

[分类号] TQ564.4

## 引言

2,6-二氨基-3,5-二硝基吡啶-1-氧化物(ANPyO)是一种结构与 TATB 相似的新型耐热单质炸药,近年来研究表明<sup>[1-3]</sup>,它具有较高的爆炸能量、安全性能和良好的热安定性,ANPyO 为基耐热混合炸药在超高温石油射孔弹中具有一定的应用前景。

但是,ANPyO 为基的新型耐热混合炸药在应用过程中尚存在以下缺陷:冲击波感度较低,需采用起爆能力较强的起爆药剂才能将其可靠起爆。ANPyO 为基耐热混合炸药在起爆过程中有 5% 左右发生爆燃不爆轰或者完全不起爆的现象。因此,提高 ANPyO 为基的新型耐热混合炸药的起爆感度是保证其稳定起爆的基本保障,也是 ANPyO 在超高温石油射孔弹领域应用的前提。

2,6-二氨基-3,5-二硝基吡啶-1-氧化物(LLM-105)是近年来高能钝感炸药的典型代表<sup>[4-6]</sup>,它的能量显著高于 TATB,感度相当于 TNT,并有着良好的热安定性,是新一代高能钝感炸药。它具有优异的爆炸性能和耐热性能,可用于超高温石油射孔弹,但是由于现阶段 LLM-105 的制备成本偏高,限制了其在超高温石油射孔弹等领域大规模应用。

ANPyO 与 LLM-105 的耐热性能接近,但 LLM-105 的冲击波感度显著高于 ANPyO。如果能将少量的 LLM-105 与冲击波感度偏低的 ANPyO 在有机溶剂中实现共结晶,形成能被常规油田导爆索起爆同时具有耐热特性的 ANPyO/LLM-105 混晶,将大大拓展 ANPyO 和 LLM-105 的应用范围,实现优势互补。因此,本文根据混晶的设计原理和制备方法以及 ANPyO 和 LLM-105 的物化性能特点,采用重结晶方法制备了 ANPyO/LLM-105 混晶,通过扫描电镜、TG、真空安定性、安全性能等测试对 ANPyO/LLM-105 混晶进行了结构表征和性能表征。以 F<sub>2311</sub> 为黏结剂,采用水悬浮法制备了混晶造型粉,通过耐热性、爆速、起爆和穿深测试对造型粉的耐热性能、起爆感和爆炸性能进行了性能表征。

## 1 试验部分

### 1.1 试剂

ANPyO、LLM-105 的合成参见文献[1,5];HNS,工业级,国营 805 厂;2,6-二氨基吡啶,工业级;2,6-二氯吡啶,工业级;发烟硝酸,化学纯;20% 发烟硫酸,化学纯;30% 双氧水,化学纯;醋酸,化学纯;甲醇钠,化学纯;甲醇,化学纯;氨水,化学纯;三氟乙

\* 收稿日期:2013-08-26

作者简介:周心龙(1981~),男,博士研究生,研究方向为低易损弹药。E-mail:xinlong\_z@yahoo.com.cn

通信作者:刘祖亮(1951~),男,研究员,博导,主要研究方向:化学工艺和含能材料的合成及配方。E-mail:liuzl@mail.njust.edu.cn

酸,化学纯;二甲基甲酰胺(DMF),化学纯;乙酸乙酯,化学纯; $F_{2311}$ ,工业级。

## 1.2 ANPyO/LLM-105 混晶的制备

在一定温度下把 LLM-105 和 ANPyO 按质量比 1 : 10 溶解于 DMF 中,加热溶解后缓慢降温,控制体系的搅拌速度,使两种炸药分子共结晶。过滤,洗涤,干燥得到混晶。

## 1.3 混晶造型粉的制备

ANPyO/LLM-105 混晶造型粉的制备见文献[7]。

## 1.4 混晶造型粉的压装

混晶造型粉应用于超高温石油射孔弹,压装压力范围为 2.0 ~ 5.5 MPa;保压时间为 3 s;装药量为 25 g/发。

## 1.5 混晶及其造型粉的性能测试

瑞士 METTLER TOLEDO TGA/SDTA851e 热分析仪,试样量为 2 ~ 3 mg,升温速率为 5 °C/min,常压  $N_2$  流动气氛,流速为 30 mL/min,样品池为陶瓷坩埚;熔点用 Mel-Temp 熔点仪测定,温度计已校正。

对混晶进行撞击感度和摩擦感度测试。撞击感度测试条件为:试验用 2.5 kg 落锤,落高为  $(250 \pm 1)$  mm,样品质量  $(50 \pm 2)$  mg;摩擦感度测试条件为:试验用 1.5 kg 摆锤,样品质量  $(30 \pm 1)$  mg,表压为 4.9 MPa,测试结果为平行两组取其平均值;按规定的试验方法(卡片式隔板法)测定本试验样品的冲击波感度。

造型粉耐热性通过耐热试验装置测定受热样品质量减量的方法来确定<sup>[8]</sup>。

按照 GJB772—1997 方法 501.2,采用 YC-1 真空安定性测试仪测定混晶的真空安定性。

按照 GJB772—1997 方法 702.1,采用 32 通道 TSN-632M 爆速测定仪测定造型粉的爆速。

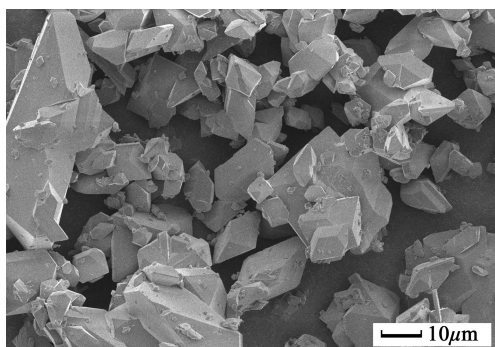
射孔弹破甲试验装置主要由起爆系统(导爆索和 8#电雷管)、射孔弹、支撑管和 45#圆钢靶构成,射孔弹和爆破装置结构参照文献[7]。

## 2 结果与讨论

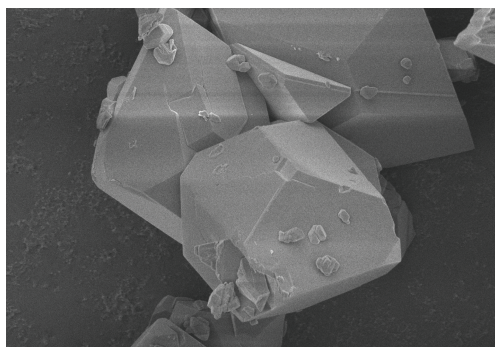
### 2.1 ANPyO/LLM-105 混晶性能

#### 2.1.1 电镜扫描表征

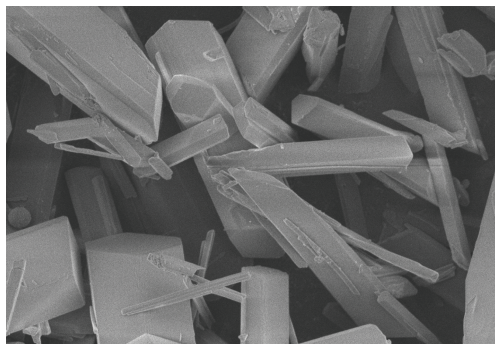
炸药的晶体品质、晶体形貌和晶体缺陷对含能材料的性能尤其是安全性能有重要的影响<sup>[9]</sup>,它直接影响着含能材料的生产、储存和运输。图 1(a) ~ (c) 分别为 ANPyO/LLM-105 混晶、ANPyO 晶体和 LLM-105 晶体的扫描电镜结果。由图 1 可见,LLM-105 晶体为针棒状,单个棱柱都有明显的棱角;ANPyO 晶体为棱柱状,单个棱柱表明光滑,无明显的棱



(a)



(b)



(c)

(a) ANPyO/LLM-105 混晶;(b) ANPyO 晶体;  
(c) LLM-105 晶体

图 1 ANPyO/LLM-105、ANPyO 和 LLM-105 的 SEM 测试结果

Fig. 1 SEM graph of ANPyO/LLM-105, ANPyO and LLM-105

角;ANPyO/LLM-105 混晶为  $w(\text{ANPyO}) : w(\text{LLM-105}) = 10 : 1$  时所得晶体形貌,可以看出,共晶体形状规则,表面光滑,部分 LLM-105 晶体附着在 ANPyO 表面。因此,采用常规重结晶法制备的 ANPyO/LLM-105 混晶相对 ANPyO 和 LLM-105,晶体形貌发生一定程度的改变。

#### 2.1.2 TG 测试

由图 2 可知,ANPyO、LLM-105 与 ANPyO/LLM-105 混晶的 TG 曲线图形接近,热分解机理可能相同,它们于 255 °C 左右开始缓慢分解,300 °C 左右开始剧烈分解,结束于 350 °C 左右。ANPyO 和 LLM-

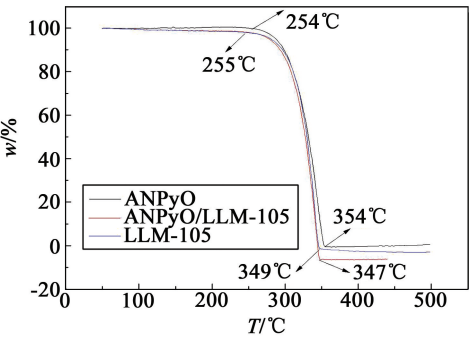


图2 ANPyO、LLM-105 和 ANPyO/LLM-105 的 TG 图

Fig.2 TG curves of ANPyO, LLM-105 and ANPyO/LLM-105

105 都具有较高的热稳定性和耐热性<sup>[10]</sup>。

2.1.3 真空安定性测试

本文测试了 ANPyO/LLM-105 混晶真空安定性和熔点,并与几种常见耐热炸药进行了对比,具体结果见表 1。表 1 表明,ANPyO/LLM-105 混晶在 200 ~ 250 °C 的温度范围内具有较好的热安定性。在 200 °C 时,ANPyO/LLM-105 混晶 48 h 的放气量为 0.21 mL/g,均高于 ANPyO 和 LLM-105 的放气量,但低于 HNS 的放气量。在 250 °C 时,ANPyO/LLM-105 混晶 48 h 的放气量为 2.80 mL/g,相同条件下略高于 ANPyO,说明 ANPyO/LLM-105 混晶具有优良的热安定性。

表 1 几种炸药的耐热性

Tab.1 The heat resistance of several explosives

序号	类别	熔点/°C	真空安定性(48h 放气量)/(mL·g <sup>-1</sup> )
1	HNS <sup>[7]</sup>	315	0.40(200°C)
2	ANPyO <sup>[7]</sup>	354	0.10(200°C)
3	ANPyO <sup>[7]</sup>	354	2.40(250°C)
4	LLM-105	>300	0.18(200°C)
5	ANPyO/LLM-105	326 ~ 329	0.21(200°C)
6	ANPyO/LLM-105	326 ~ 329	2.80(250°C)

2.1.4 感度测试

现有 LLM-105 的制备成本偏高,因此在保证混晶可被稳定起爆的前提下应尽量减少 LLM-105 的使用量,本文选择以下方法确定 LLM-105 的使用量,方法和结果见表 2。

由表2可知,随着 LLM-105 比例的增加,混晶造型粉冲击波感度逐渐增加,当 LLM-105 与 ANPyO 质量比为 1 : 10,装药压力为 3.16 MPa、4.42 MPa 和 5.50 MPa 时,混晶造型粉可被 80HMX 导爆索稳定起爆。当 LLM-105 与 ANPyO 质量比为 1.5 : 10 时,混晶造型粉在不同装药压力条件下均可被起爆。

表 2 LLM-105 不同使用量条件下 ANPyO/LLM-105 造型粉的起爆感度

Tab.2 Initiation sensitivity of ANPyO/LLM-105 moulding powder with different LLM-105 usage

w (LLM-105) : w (ANPyO)	装药压力/MPa	起爆结果
0.2 : 10	3.16	不起爆
0.5 : 10	3.16	不起爆
0.8 : 10	3.16	不起爆
1.0 : 10	3.16	起爆
1.0 : 10	4.42	起爆
1.0 : 10	5.50	起爆
1.5 : 10	3.16	起爆
1.5 : 10	4.42	起爆
1.5 : 10	5.50	起爆

考虑到经济实用性,本文选择 LLM-105 与 ANPyO 质量比为 1 : 10。

本文对 ANPyO、LLM-105 和 ANPyO/LLM-105 混晶的样品进行撞击感度、摩擦感度和冲击波感度测试,测试结果见表 3。

表 3 感度测试结果

Tab.3 Sensitivity test results

类 别	撞击感度/ cm	摩擦感度/ %	冲击波感度/ mm
ANPyO	252	18	5.6 <sup>[11]</sup>
LLM-105	117	26	6.8 <sup>[12]</sup>
ANPyO/LLM-105	138	30	7.0

由表 3 可知,ANPyO/LLM-105 混晶的撞击感度介于 ANPyO 和 LLM-105 之间,原因可能是:ANPyO 和 LLM-105 分子都存在多个氨基和硝基,氨基与硝基形成分子内分子间氢键,由于两者分子结构很接近,晶体自身都是平面层状晶体,混晶也可能形成平面层状晶体。当混晶受到能量冲击时,由于能量可以在整个平面间传递,单位分子承受的能量减少,从而使得混晶的撞击感度与 ANPyO 相比降低<sup>[11]</sup>。

由 2.1.1 节可知,ANPyO 与 LLM-105 发生共结晶时,部分 LLM-105 晶体附着在 ANPyO 表面,颗粒均匀性降低,当受到外界摩擦作用时,摩擦感度相对偏大,因此,ANPyO/LLM-105 混晶的摩擦感度均高于 ANPyO 和 LLM-105。

炸药的冲击起爆过程主要受点火过程控制,主要的影响因素为热点尺寸的大小,基于摩擦感度的分析,ANPyO 和 LLM-105 发生共结晶作用时,部分 LLM-105 晶体附着在 ANPyO 表面,混晶体粒度增大,容易被冲击起爆,冲击波感度增大<sup>[12]</sup>。因此混



晶 ANPyO/LLM-105 的冲击波感度也高于 ANPyO 和 LLM-105。

## 2.2 混晶 ANPyO/LLM-105 造型粉性能

### 2.2.1 爆速

本文测试了 ANPyO、LLM-105 和 ANPyO/LLM-105 造型粉的爆速,其测试结果见表 4。

表 4 ANPyO、LLM-105 和 ANPyO/LLM-105 造型粉的爆速测试

Tab. 4 Detonation velocity test results of ANPyO, LLM-105 and ANPyO/LLM-105 moulding powder

类 别	装药密度/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	爆速/ ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
ANPyO( $\text{F}_{2311}$ )	1.70	7 294
LLM-105( $\text{F}_{2311}$ )	1.78 <sup>[4]</sup>	7 980
ANPyO/LLM-105 ( $\text{F}_{2311}$ )	1.75	7 350

由表 4 结果可知,ANPyO/LLM-105 造型粉在装药密度为  $1.75 \text{ g/cm}^3$  时,样品的爆速为  $7\,350 \text{ m/s}$  左右,爆速与 ANPyO( $\rho = 1.70 \text{ g/cm}^3$ ) 相比没有显著的提高,说明 LLM-105 对共晶体炸药能量贡献不显著,可能是 LLM-105 含量偏低。

### 2.2.2 起爆感度和穿深

不同装药压力条件下,ANPyO/LLM-105 造型粉的起爆性能和穿深的影响列于表 5。

表 5 不同压力条件下 ANPyO/LLM-105 造型粉的起爆性能和穿深

Tab. 5 Initiating properties and penetration depth of ANPyO/LLM-105 moulding powder under different pressure conditions

类别	装药 压力/ MPa	装药密度/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	起爆 结果	穿深/ $\text{mm} \times \text{mm}$
ANPyO( $\text{F}_{2311}$ )	3.16	1.66	起爆	$133 \times \varnothing 9.8$
LLM-105( $\text{F}_{2311}$ )	3.16	—	—	—
ANPyO/LLM-105 ( $\text{F}_{2311}$ )	3.16	1.68	起爆	$136 \times \varnothing 10.1$
ANPyO( $\text{F}_{2311}$ )	4.42	1.70	起爆	$135 \times \varnothing 9.9$
LLM-105( $\text{F}_{2311}$ )	4.42	1.84	起爆	$155 \times \varnothing 12.4$
ANPyO/LLM-105 ( $\text{F}_{2311}$ )	4.42	1.75	起爆	$139 \times \varnothing 10.1$
ANPyO( $\text{F}_{2311}$ )	5.50	1.69	起爆	$135 \times \varnothing 10.1$
ANPyO/LLM-105 ( $\text{F}_{2311}$ )	5.50	1.77	起爆	$142 \times \varnothing 10.0$

由表 5 可知,ANPyO/LLM-105 造型粉起爆可靠性较高,在不同的装药密度条件下均可以被 80HMX

导爆索稳定起爆,说明 ANPyO/LLM-105 混晶混合炸药起爆感度较高。这也可以由 2.1.4 节中冲击波感度的分析来解释。

此外,由表 5 的结果还可以看出,以 LLM-105 为基耐热混合炸药的穿深较高,穿深高于 ANPyO 为基耐热混合炸药 20%,说明 LLM-105 是一种性能优良的耐热炸药。由于 LLM-105 目前的工艺制备成本很高,将 LLM-105 单独使用作耐热炸药用于射孔弹尚不可行。当向 ANPyO 中加入适当的 LLM-105 以后,虽然破甲性能没有显著的提高,但有效地克服了 ANPyO 冲击波感度偏低的缺陷,因此,将 ANPyO/LLM-105 造型粉混合炸药应用于超高温石油射孔弹是可行的。

## 3 结论

1) LLM-105 晶体为针棒状,单个棱柱都有明显的棱角;ANPyO 晶体为棱柱状,单个棱柱表明光滑,无明显的棱角;ANPyO/LLM-105 混晶体形状规则,表面光滑,部分 LLM-105 晶体附着在 ANPyO 表面。

2) ANPyO/LLM-105 混晶 TG 曲线与 ANPyO、LLM-105 TG 曲线接近。在  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,ANPyO/LLM-105 混晶 48 h 的放气量为  $0.21 \text{ mL/g}$ ,均高于 ANPyO 和 LLM-105 的放气量。在  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  时,ANPyO/LLM-105 混晶 48 h 的放气量为  $2.80 \text{ mL/g}$ ,相同条件下略高于 ANPyO。

3) ANPyO/LLM-105 混晶撞击感度介于 ANPyO 和 LLM-105 之间,摩擦感度和冲击波感度均高于 ANPyO 和 LLM-105。混晶造型粉在不同的装药密度条件下均可以被 80HMX 导爆索稳定起爆,起爆可靠性较高。

4) ANPyO/LLM-105 混晶造型粉在装药密度为  $1.75 \text{ g/cm}^3$  时,爆速为  $7\,350 \text{ m/s}$ ,爆速与 ANPyO( $\rho = 1.70 \text{ g/cm}^3$ ) 相比没有显著地提高。在装药密度  $1.77 \text{ g/cm}^3$  时,穿深为  $142 \text{ mm} \times \varnothing 10.0 \text{ mm}$ 。

## 参 考 文 献

[1] 成健,姚其正,周新利,等. 2,6-二氨基-3,5-二硝基吡啶-1-氧化物的合成新方法[J]. 有机化学,2008,28(11):1943-1947.  
Cheng Jian, Yao Qizheng, Zhou Xinli, et al. Novel Synthesis of 2, 6-Diamino-3, 5-dinitropyridine-1-oxide [J]. Chinese Journal of Organic Chemistry, 2008, 28(11): 1943-1947.

[2] 成健,姚其正,周新利,等. 2,6-二氨基-3,5-二硝基吡啶-1-氧化物的合成与性能[J]. 含能材料,2008,16(6):672-675.  
Cheng Jian, Yao Qizheng, Zhou Xinli, et al. Synthesis and properties of 2,6-diamino-3,5-dinitropyridine-1-oxide

- [J]. Chinese Journal of Energetic Materials, 2008, 16 (6): 672-675.
- [3] 何志伟, 刘祖亮. 2,6-二氨基-3,5-二硝基吡啶-1-氧化物为基的耐热混合炸药性能[J]. 含能材料, 2010, 18 (1): 97-101.  
He Zhiwei, Liu Zuliang. Performance of 2,6-diamino-3,5-dinitropyridine-1-oxide-based heat-resistance composite explosive[J]. Chinese Journal of Energetic Materials, 2010, 18(1): 97-101.
- [4] Pagoria P F. Synthesis of LLM-105 [J]. Propellants, Explosives, Pyrotechnics, 1995, 20(1): 38-42.
- [5] 郭峰波, 刘玉存, 刘登程, 等. 2,6-二氨基-3,5-二硝基-1-氧吡嗪合成工艺优化[J]. 火炸药学报, 2006, 29 (1): 17-22.  
Guo Fengbo, Liu Yucun, Liu Dengcheng, et al. Optimization of synthetical craft of 2,6-diamino-3,5-dinitropyrazine-1-oxide [J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2006, 29 (1): 17-22.
- [6] Tran T D, Pagoria P F, Hoffman D M, et al. Small-scale safety and performance characterization of new plastic bonded explosive containing LLM-105 [C]//Proceedings of the 12th International Detonation Symposium. San Diego, CA, 2002: 440-450.
- [7] 何志伟. 多氨基多硝基吡啶氮氧化物及其配方的性能研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2010.  
He Zhiwei. Research on performance of polyamino and polynitro derivatives of pyridine and their n-oxides and formulations [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2010.
- [8] 成健. 吡啶类钝感炸药的合成、表征和性能研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2012.  
Cheng Jian. Synthesis, characterize and properties of insensitive explosive about pyridine derivatives [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2012.
- [9] Sevnsson L, Nyqvist J O, Westling L. Crystallization of HMX from r-butyrolactone [J]. Journal of Hazardous Materials, 1986, 13: 103-108.
- [10] Pagoria P F. Synthesis, scale-up and characterization of 2,6-diamino-3,5-dinitropyrazine-1-oxide [R]. CA: Lawrence Livermore National Lab., 1998.
- [11] 刘桂涛, 曲虹霞. 超细 RDX 爆轰感度与撞击感度、摩擦感度的研究[J]. 南京理工大学学报: 自然科学版, 2002, 26(4): 410-413.  
Liu Guitao, Qu Hongxia. A study on impact sensitivity, friction sensitivity and brisance of superfine RDX [J]. Journal of Nanjing University of Science and Technology: Natural Science, 2002, 26(4): 410-413.
- [12] 封雪松, 赵省向, 李小平. 一种重结晶黑索今的冲击波感度研究[J]. 含能材料, 2007, 15(6): 581-582.  
Feng Xuesong, Zhao Shengxiang, Li Xiaoping. The shock sensitivity of a recrystallizing RDX [J]. Chinese Journal of Energetic Materials, 2007, 15(6): 581-582.

## Performance and Application Research of ANPyO/LLM-105 Mischcrystal and Its Moulding Powder

ZHOU Xinlong<sup>①</sup>, LIU Zuliang<sup>①</sup>, CHENG Jian<sup>①</sup>, WANG Xiaoming<sup>②</sup>, ZHENG Yu<sup>②</sup>, SU Qiang<sup>③</sup>, HAO Yaogang<sup>③</sup>

<sup>①</sup>School of Chemical Engineering, Nanjing University of Science & Technology (Jiangsu Nanjing, 210094)

<sup>②</sup>School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology (Jiangsu Nanjing, 210094)

<sup>③</sup>Gansu Silver Chemical Industry Group Co., Ltd. (Gansu Baiyin, 730900)

[ABSTRACT] Performances and applications of ANPyO/LLM-105 mischcrystal and its molding powder were studied. ANPyO/LLM-105 mischcrystal was prepared by a recrystallization method using DMF as solvent. Structure and properties of ANPyO/LLM-105 mischcrystal were characterized by SEM, TG, vacuum stabilities and safety properties tests. The SEM test shows that ANPyO/LLM-105 mischcrystal has regular shape and smooth surface. The TG curve of ANPyO/LLM-105 mischcrystal is similar to that of ANPyO or LLM-105. In 48 h vacuum stability test at 200 °C, outgassing quantity of mischcrystal is 0.21 mL/g, impact sensitivity is 138 cm, friction sensitivity is 30%, and shock wave sensitivity is 7.0 mm. Using F<sub>2311</sub> as binder, mischcrystal moulding powder was prepared by aqueous suspension method, and properties of the mischcrystal moulding powder were characterized by heat resistance, detonation velocity, initiation and penetration depth tests. The results show that the detonation velocity of moulding powder mixture explosive is 7 350 m/s (1.75 g/cm<sup>3</sup>). When the charge pressure is 5.50 MPa and the charge density is 1.77 g/cm<sup>3</sup>, it could be detonated stably by oilfield detonating cord, and the penetration depth is 142 mm × Ø10.0 mm. Safety and explosion properties of ANPyO/LLM-105 mischcrystal and moulding powder are comparable with ANPyO, and their shock wave sensitivities are a little higher than that of ANPyO.

[KEY WORDS] 2,6-diamino-3,5-dinitropyridine-1-oxide; 2,6-diamino-3,5-dinitropyrazine-1-oxide; mischcrystal; moulding powder; properties