

文章编号: 1006-9941(2008)05-0481-06

## 激光与含能化合物相互作用机理研究

盛涤伦, 朱雅红, 陈利魁, 杨斌, 王燕兰

(陕西应用物理化学研究所, 陕西 西安 710061)

**摘要:** 测试了十种新型配位化合物起爆药、炸药光吸收波谱, 对比了不同波长下含能化合物的激光感度。结果表明: 高氯酸·四氨·双叠氮基合钴(III)(DACP)在紫外-可见光有连续吸收, 用635 nm的激光作用, 可显著提高激光感度。在532~1060 nm, 没有发现高氯酸·四氨·双(5-硝基四唑)合钴(III)(BNCP)感度与波长有相关性。多种新型配位化合物对915 nm激光显示较高的感度。根据试验现象和结果认为: 激光波长不同, 将导致化合物激发反应机理不同。如果激光是可见紫外波段, 光量子能量有利于选择性地激发分子的电子能级, 或破坏化合物中弱键而诱导化学反应发生, 化合物属于光致分解机理、引发弱键断裂机理; 如果激光是红外波段, 化合物表现的则是热分解机理。

**关键词:** 物理化学; 配位化合物; 起爆药; 吸收光谱; 激光感度; 反应机理

**中图分类号:** TJ55; O64

**文献标识码:** A

### 1 引言

激光火工品是提高武器系统安全可靠性的的重要途径之一<sup>[1-2]</sup>。该火工品要求药剂具有对输入激光刺激能敏感, 而对环境(如机械、热等)刺激能钝感的特性, 称之为药剂激光特征感度。

虽然, 药剂对不同类型的外界能量已经表现出很大的选择性, 甚至在同一类型能量刺激中也存在选择性。例如: 对机械感度, 四氮烯 > 斯蒂芬酸铅; 而对火焰感度, 四氮烯 < 斯蒂芬酸铅。对于热作用, 火焰加热时, 斯蒂芬酸铅 > 四氮烯; 而直接加热时, 斯蒂芬酸铅(282 °C, 5 s) < 四氮烯(160 °C, 5 s)。但是, 药剂感度选择性的机理与规律还不十分清楚, 传统的“热点”起爆理论已很难全面地解释药剂对激光能具有感度选择性现象。

在检索的国外文献中, 没有发现有关药剂激光感度选择性的专门报道。激光起爆点火药剂的研究主要集中在药剂性能的研究, 药剂激光热反应机理、热点火模型与判据研究等<sup>[3-6]</sup>。

本研究通过试验了解炸药的光学性能, 激光与热激发化学反应的现象和感度规律, 用量子化学理论分析化合物结构与激光感度之间内在联系, 激光刺激能与含能化合物之间的能量交换, 进而提出药剂激光感

度可选择性的机理。

### 2 试验现象与结果

#### 2.1 起爆药与炸药光谱分析

用分光光度计和球形积分仪, 测定了高氯酸·四氨·双(5-硝基四唑)合钴(III)(BNCP)<sup>[7]</sup>、高氯酸·四氨·双叠氮基合钴(III)(DACP)<sup>[8]</sup>及几种炸药光吸收性能(见图1、2和表1)。

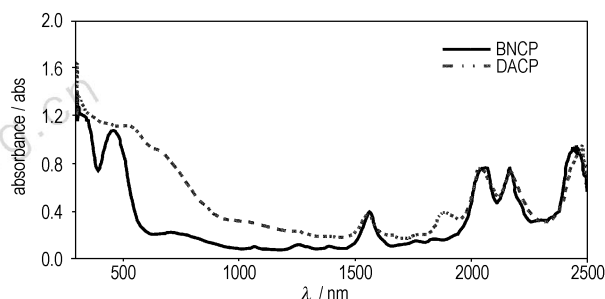


图1 BNCP、DACP的光学吸收光谱

Fig. 1 Absorption spectra of BNCP and DACP

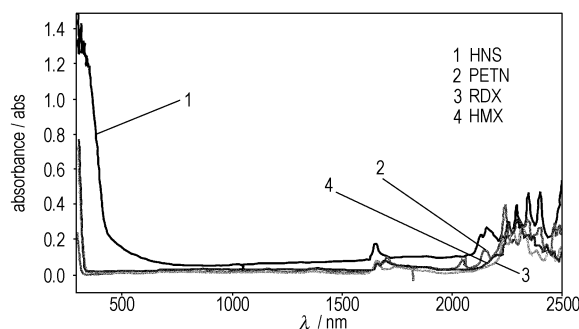


图2 四种炸药的光学吸收光谱

Fig. 2 Absorption spectra of some explosives

收稿日期: 2008-06-30; 修回日期: 2008-08-26

基金项目: 国家973项目(2005596)

作者简介: 盛涤伦(1956-), 男, 研究员, 硕士, 主要从事新型含能材料的研究与应用开发工作。e-mail: shd1998@sina.com

表1 常用炸药吸收波长和吸收度

Table 1 The absorbing wavelength and absorbency of common explosives

explosives	absorbing wavelength and absorbency
BNCP	ultraviolet: no line out; visible: 455.4 nm; near infrared: 1561.5 nm, 2054.6 nm, 2162.1 nm, 2432.4 nm absorbency is more than 0.4
DACP	ultraviolet: continuum absorbing peak; visible: 527.8 nm, 642.0 nm; near infrared: 1556.9 nm, 1865.6 nm, 2036.9 nm, 2164.4 nm, 2467.0 nm absorbency is more than 0.4
PETN	ultraviolet: 303.8 nm; near infrared: 1163.7 nm, 1664.4 nm, 1707.4 nm, 2239.7 nm, 2340.3 nm, 2390.2 nm absorbency is less than 0.4
RDX	ultraviolet: 324.6 nm; near infrared: 1658.3 nm, 2230.4 nm, 2272.7 nm, 2312.6 nm absorbency is less than 0.3
HMX	ultraviolet: 316.2 nm; near infrared: 1379.5 nm, 1691.3 nm, 1659.8 nm, 2250.4 nm, 2286.5 nm absorbency is less than 0.3
HNS	ultraviolet: no line out; near infrared: 1648.3 nm, 2127.5 nm, 2157.5 nm, 2288.8 nm, 2341.8 nm, 2394.0 nm, 2491.6 nm absorbency is less than 0.6

实验表明: BNCP、DACP 配位化合物为有色炸药, 在紫外可见光、近红外光均有特征吸收峰。HMX、RDX 等白色炸药, 仅在紫外与近红外有吸收, 并且吸收度很低, 吸收度顺序为: HNS > PETN > HMX > RDX。

## 2.2 起爆药激光感度

用 635 nm 和 915 nm 激光器测定了 DACP 和 BNCP 激光感度, 结果见表 2。

试验表明: 在 635 nm 波长下, 直接合成的 DACP 激光感度比在 915 nm 波长作用下和细化掺碳黑 BNCP 都要敏感一个数量级。这表明: 单质药激光感度在其固有吸收波段比其它波段要高得多。

测定了 BNCP 和掺杂 BNCP 的激光感度。数据统计方法为 Langlie 方法, 结果见表 3。

BNCP 在 500 ~ 1400 nm 范围内没有明显的吸收

峰。表 3 结果表明: 纯 BNCP 在波长 532 ~ 1060 nm 范围内不发火, 只有掺碳粉后才发火, 而且 BNCP 激光感度与波长没有对应关系, 感度阈值变化杂乱无章。

采用 915 nm 半导体激光器, 研究了 10 种新型配位化合物的空白试样和掺杂碳黑 5% 时的激光感度, 并与 BNCP 做了相应对比。它们是: 配阴离子类(4 个四唑配体, 比 BNCP 多): NaCuNT、NH<sub>4</sub>CuNT、NaFeNT、NaCuAT; 配阳离子类: (1 ~ 2 个四唑配体) BNNP (III)、NTCuP (II)、NTZnP (II)、NTCP、ATCP、ACP。结果见表 4 和表 5 (仅取爆与不爆之间测试数据)。

配阴离子化合物不掺碳黑时均可以被激光起爆, 而 BNCP 在不掺碳黑情况下不能够起爆。掺碳黑时, 激光发火能量比 BNCP 相当, 但发火延期时间短。说明这些新化合物激光感度比 BNCP 高。

表2 纯 DACP 的激光感度

Table 2 Laser sensitization of pure DACP

name	laser wavelength /nm	50% firing energy density /J · cm <sup>-2</sup>	90% firing energy density /J · cm <sup>-2</sup>	0.01% firing energy density /J · cm <sup>-2</sup>	standard deviation /J · cm <sup>-2</sup>
DACP (pure)	635	1.45	2.12	0.79	0.22
BNCP (adulterant)	635	10.66	12.12	9.82	0.65
DACP (pure)	915	12.24	22.12	2.35	2.50

表3 BNCP 在四种波长下发火的能量

Table 3 Exploding energy of BNCP at four wavelengths

name	wavelength /nm	50% firing energy density /J · cm <sup>-2</sup>	90% firing energy density /J · cm <sup>-2</sup>	0.01% firing energy density /J · cm <sup>-2</sup>	standard deviation /J · cm <sup>-2</sup>
BNCP (pure)	532, 635, 915, 1060	0.0	0.0	0.0	0.0
BNCP (6 μm; containing 5% carbon powder)	532	42.60	44.93	40.26	0.753
	635	10.66	12.12	9.82	0.650
	915	21.25	23.07	19.43	0.460
	1060	1.22	1.57	1.02	0.154

表4 新型配阴离子化合物的激光感度

Table 4 The laser sensitization of new anion complex compound

name	pure			containing 5% carbon powder		
	power/W	power density/W · cm <sup>-2</sup>	firing delay time/ms	power/W	power density/W · cm <sup>-2</sup>	firing delay time/ms
NaCuNT	1.69	2261	firing/ -	0.69	921	firing/200
	0.56	749	no firing	0.49	653	no firing
NH <sub>4</sub> CuNT	0.89	1189	firing/ -	0.69	921	firing/208
	0.49	653	no firing	0.49	653	no firing
NaFeNT	1.09	1457	firing/820	0.69	921	firing/228
	0.69	921	no firing	0.49	653	no firing
NaCuAT	0.89	1189	no firing	1.09	1457	no firing
	1.69	2261	firing/ -	1.29	1725	firing/960
BNCP	0.69	921	no firing	0.69	921	firing/396
(contrast)	0.89	1189	no firing	0.59	787	no firing
	1.69	2261	no firing	0.49	653	no firing

表5 新型配阳离子化合物的激光感度

Table 5 The laser sensitization of new cation complex compound

name	pure			containing 5% carbon powder		
	power/W	power density/W · cm <sup>-2</sup>	firing delay time/ms	power/W	power density/W · cm <sup>-2</sup>	firing delay time/ms
BNNP	1.3	1725	firing/260			
	0.9	1189	no firing			
NTCuP	0.79	1055	firing/780			
	0.69	921	no firing			
NTZnP	0.89	1189	no firing			
	1.29	1725	no firing			
	1.69	2261	no firing			
NTCP	0.89	1189	no firing	0.69	921	firing/ -
	1.7	2261	no firing	0.59	787	no firing/ -
	1.7	2261	no firing			
ATCP	0.89	1189	no firing	1.29	1725	no firing
	1.69	2261	no firing	1.69	2261	no firing
	1.69	2261	no firing	1.69	2261	no firing
ACP	0.69	921	no firing	0.49	653	no firing
	0.89	1189	firing/ -	0.59	787	firing/496
BNCP	0.69	921	no firing	0.69	921	firing/396
(contrast)	0.89	1189	no firing	0.59	787	no firing
	1.69	2261	no firing	0.49	653	no firing

配阳离子化合物不掺碳黑时,仅有 BNNP、NTCuP 和 ACP 能够起爆。掺碳黑时,ACP 激光发火能量比 BNCP 低,说明 ACP 的激光感度比 BNCP 稍高。

通过性能的对比筛选发现,在配阴离子类化合物中激光敏感化合物有 3 种: NaFeNT(放热峰: 261 °C); NaCuNT(放热峰: 261 °C, 268 °C); NH<sub>4</sub>CuNT(放热峰: 260 °C, 268 °C)。在配阳离子类化合物中激光敏感的化合物也有 3 种: ACP(放热峰: 193 °C, 275 °C); NTCP(放热峰: 297 °C, 309 °C); NTCuP(放热峰: 292 °C)。

实验表现出的规律有: ① 基团 NT 越多,激光感度越敏感; ② 带有 N<sub>3</sub><sup>-1</sup> 基团的化合物激光感度最为

敏感; ③ 基团 NT 比基团 AT 的激光感度敏感; ④ 中心金属离子也影响激光感度, Cu<sup>+</sup>、Ni<sup>+</sup> 比 Co<sup>+3</sup> 敏感。

### 3 反应机理模型分析

#### 3.1 紫外可见光的光致分解机理

化合物基态分子吸收光能,使轨道电子跃迁到空轨道,处于光致电子激发态。通常,分子吸收光能时,只能发生最高占据轨道(HOMO)与次最高占据轨道(NHOMO)、最低空轨道(LUMO)与次最低空轨道(NLUMO)之间的跃迁。其能级差  $\Delta E$  为化合物光活化能,其范围对应于紫外到近红外波长(200 ~

1000 nm) 光子能量的爱因斯坦值 (598 ~ 120 kJ · mol<sup>-1</sup>)。这一数值范围对应了常见起爆药、配位化合物起爆药和敏感类炸药的表观活化能。例如: 叠氮化铅活化能为 100.35 kJ · mol<sup>-1</sup> (1.04 eV)<sup>[9]</sup>, BNCP 的活化能为 180.30 kJ · mol<sup>-1</sup> (1.87 eV)、DACP 的活化能为 203.10 kJ · mol<sup>-1</sup> (2.10 eV)、泰安的活化能为 198.78 kJ · mol<sup>-1</sup> (2.06 eV)<sup>[10]</sup>。因此, 单色紫外光到近红外波长激光在量子效应和效率匹配的情况下, 通过单光子效应诱发炸药的光化学分解是可能的。光谱分析表明: BNCP、DACP 配位化合物在紫外光、可见光有多重特征吸收峰, 表观活化能也与此相对应, 存在光致分解机理。而 HMX、RDX 等为白色炸药, 仅在小于 320 nm 的紫外与大于 1200 nm 近红外有吸收, 并且吸收度很低。但是大于 1000 nm 的红外光由于光子能量的爱因斯坦小 (小于 120 kJ · mol<sup>-1</sup>), 不足以激发炸药的电子跃迁, 不存在光致分解机理。所以, 在长波长的紫外光、可见光的激光诱发起爆药产生光化学反应比猛炸药更容易。

因此, 炸药产生激光化学反应的条件是: 只有被药剂体系中分子或官能团所吸收的激光, 同时能够激发产生电子跃迁, 才能够产生炸药激光化学反应。即: 所用激光器的光子能量应该与化合物主要吸收波谱相对应, 炸药基态与激发态的能量跃迁活化能与激光波长的爱因斯坦值相近。其中, 光子能量规律符合  $\Delta E = h(c/\lambda)$ , 反应判据是量子产率  $\Phi$  接近或大于 1 (宏观为表观活化能)。见图 3。

有时炸药被吸收的光虽然有光谱吸收, 但并不能够都产生光化学反应。原因是量子产率不够, 光仅通过分子运动转变成热, 或吸收后自然释放。

光致分解条件: (1)  $\Delta E = h(c/\lambda)$ , 吸收对应; (2) 量子产率  $\Phi$  接近或大于 1, 活化能对应。

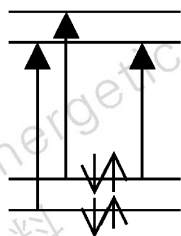


图3 紫外可见光光致分解机理描述

Fig. 3 The description of photo leading decomposition mechanism at visible and ultraviolet light

基于以上机理有以下结论:

(1) 炸药光致分解受到了化合物跃迁选择定律限

制。如果激光波长与炸药吸收波相对应, 能够引起药剂电子吸收跃迁时, 起爆感度成倍降低。

2.2 节中的 DACP 的激光感度试验及有关 PETN 及 RDX 的试验也已证实这一点<sup>[11]</sup>。PETN 在紫外 303.8 nm 有吸收峰, 当波长大于 355 nm 时, 约束有助于热点成长而起到主导作用, 能使 PETN 的激光感度增加, 但在 266 ~ 308 nm 时, 感度不受约束作用的影响。说明 PETN 是紫外辐射的强吸收体, 光致分解反应首先出现。激光波长的选择如与炸药的某一吸收光谱带相一致, 发火临界能量很低, 文献[12]表明所需的能量仅为其它相同条件的 1/60。

(2) 由波谱图和活化能数据推测, 在当前可见-近红外半导体激光器波长作用下, 有色起爆炸药可以产生光致分解, 敏感于猛炸药。而猛炸药吸收光后, 仅产生热效应。

(3) 紫外波长激光器是值得开发的火工品新刺激能源。波长短, 光子能量高, 有利于引起化合物的电子跃迁。而事实上大多数炸药在紫外波段均有强吸收。

(4) 配位化合物吸收光谱随着中心金属(M)和配体(L)的不同而形成多种变化。从前线分子轨道分析, M、L 均可以形成定域轨道和空轨道。分别对应了不同的光化学性能。因此, 光谱吸收带谱线丰富, 且可变可调。BNCP、DACP 结构相似, 仅是配体(L)不同, 紫外-可见吸收光谱也不相同。因此, 从过渡金属配位化合物中寻找激光特征感度药剂的研究方向是正确的。

### 3.2 紫外可见光的引发弱键断裂机理

激光的特点是高强度、单色性好、脉冲短、能量集中。利用特定波长的激光激活炸药分子中某一个特定的键, 就有可能选择性地诱发化学分解反应。

常见炸药中化学键键能变化很大。范围在 150 ~ 950 kJ · mol<sup>-1</sup>。其中最弱的键有: O—O: 146 kJ · mol<sup>-1</sup>; N—N: 159 kJ · mol<sup>-1</sup>; N—O: 230 kJ · mol<sup>-1</sup>; C—N: 305 kJ · mol<sup>-1</sup>。而红外以及近红外激光提供的光子能量均小于化学键的断裂能。

因此, 有以下结论:

(1) 只有波长在 800 nm (爱因斯坦值为: 149.5 kJ · mol<sup>-1</sup>) 以下的激光才有可能引发炸药的弱键断裂。弱键断裂机理仅发生在紫外-可见波长的激光区, 红外光不能够对炸药产生弱键断裂机理。

(2) 炸药中 N—N; N—O; C—N 是化学键中最薄弱的键, 断裂键能最低。在三唑、四唑、叠氮及硝基类化合物中寻找激光特征感度药剂的方向是正确的。

通过 BNCP 以及以 NT 为配体的新型化合物的激

光感度试验均说明了这一事实。在目前 530 ~ 915 nm 半导体激光器的作用下,这类化合物表现的激光感度最为敏感。并且化合物中含这类薄弱键越多,化合物的激光感度越敏感。

### 3.3 红外光的化学热分解机理

红外激光器的光子能量小于化合物的活化能,也小于化学键的断裂能。例如: 11.6  $\mu\text{m}$  的光子,它的能量(爱因斯坦值)为 11.28  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,仅为化学反应活化能或一般炸药键能的 1/10。因此,红外激光器与炸药的作用机理主要是化学热分解机理。

2.2 节中的 BNCP 仅在掺杂情况下才起爆说明了这一点。先前的试验现象与规律也证实了红外激光是化学热分解机理:在 1.06 ~ 10.6  $\mu\text{m}$  激光的作用下,深色化合物比浅色激光感度敏感。激光发火阈值与药剂表面“黑度”的次序相同。化合物的激光感度与光热吸收度、传递速度成正比<sup>[13]</sup>。

激光热分解机理符合热化学定律。药剂热感度的基础是炸药热爆炸理论。有多种模型与方程<sup>[14-15]</sup>。无论那种模型,从经典热点火理论出发,对于药剂的物理化学性能而言,均反映出下列函数关系:

$$E_{\text{ign}} = f\left(\frac{\rho, C, \lambda, T_{\text{ign}}, E_a}{\alpha, \eta, H}\right)$$

这表明含能材料点火能量与材料吸收比( $\alpha$ )、光热转换效率( $\eta$ )、激光功率密度函数( $H$ )成反比,与材料密度( $\rho$ )、热容( $C$ )、热导率( $\lambda$ )、临界点火温度( $T_{\text{ign}}$ )、活化能( $E_a$ )成正比。因此,药剂的性能对激光感度影响主要有两个方面:(1)化合物的热物理性能,包括热容、热导率、光吸收系数、光热转换效率。(2)化合物的热化学性能,包括发火温度、活化能、反应生成热。

所以,改善炸药的化学热分解性能,寻找发火温度或活化能低的化合物有助于降低药剂激光发火能量,提高激光感度,但是,一般来说化合物的热、机械感度亦随着提高。这是激光特征感度药剂所不需要的。在安全钝感的前提下,改善化合物的光学性能和热物理性能是寻找激光特征感度药剂的有效途径。

## 4 结论

激光与药剂相互作用与普通热起爆不同在于药剂对于激光具有高度的波长选择性。激光波长不同,将导致激发反应机理、规律、判据的不同。

对于激光,如果是可见与紫外波段,其光子能量高,可以选择性地激发分子的电子能级,或者破坏化合

物中弱键而诱导化学反应发生。如果是红外波段,大部分物质分子的振动吸收频率与之相匹配,其光子能量主要是选择性地激发化合物分子的振动,而进行光热转换。红外激光更有利于药剂对光的热能的吸收,易于进行化学热分解。

所以研究激光器紫外-可见波长与药剂吸收光谱之间的匹配技术是提高激光特征感度的有效途径之一。激光敏感药剂的感度选择性可以通过化合物辐射跃迁的选择定律和弱键分解机理来实现。

化合物的光学性能和药剂的表面热物理特性对激光感度有很大的影响。在激光特征感度药剂设计时应考虑化合物本身的折射率、热容、热导率等光热参数。

通过以上诸多试验现象和机理分析,药剂“低能”激光感度可选择性机理,主要分为:光致分解机理、引发弱键断裂机理和热分解机理。针对紫外-可见波长激光器,可以通过药剂的分子结构设计实现激光感度的可选择性。对任何激光器,可以通过选择光热物理性能优良炸药以及惰性吸热物质和催化敏化剂掺杂的组成设计以及粒度细化来实现药剂激光特征感度的设计。

### 参考文献:

- [1] Marshall, Billy W, Jr Fleming, Kevin James. Fast laser diode ignition of CP and BNCP [R]. Sandia National Laboratories, SAND2002 - 2688P.
- [2] Marshall, Billy W, Jr Fleming, Kevin James. Fast laser diode ignition of confined BNCP [R]. Sandia National Laboratories, SAND2003 - 0389C.
- [3] 项仕标,冯长根. 激光二极管点火机理研究[J]. 红外与激光工程, 2003, 32(2): 141 - 143.  
XIANG Shi-biao, FENG Chang-gen. Investigation on mechanisms of laser diode ignition [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2003, 32(2): 141 - 143.
- [4] Roux M, Ph Gillard. Ignition of pyrotechnic mixture by means of a laser diode. Part II: Experimental study [J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 1997, 22: 351 - 354.
- [5] Ph. Gillard, Roux M. Ignition of pyrotechnic mixture by means of a laser diode [J]. Part I: Numerical Modelling, *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 1997, 22: 256 - 262.
- [6] Everett S Hafenrichter, Robert J Pahl. The effects of scale and heating rate on the microscale ignition criteria of laser diode ignited explosives [C] // 36th International Annual Conference of ICT & 32nd International Pyrotechnics Seminar, June 28 - July 1, 2005, Karlsruhe, Federal Republic of Germany.
- [7] 盛涤伦,马凤娥. BNCP 起爆药的合成及其主要性能[J]. 含能材料, 2000, 8(3): 100 - 103.  
SHENG Di-lun, MA Feng-e. Synthesis and main performances of BNCP initiating explosive [J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2000, 8(3): 100 - 103.

- [8] 盛涤伦,马凤娥. 新型起爆药 DACP 的合成及其主要性能[J]. 含能材料,2006,14(1): 162-164.  
SHENG Di-lun, MA Feng-e. Synthesis and main performances of new initiating explosive DACP[J]. *Chinese Journal of Energetic Materials (Hanneng Cailiao)*, 2006, 14(1): 162-164.
- [9] 艾鲁群. 国外火工品手册(药剂与试验)[G]. 国家机械工业委员会兵器标准化研究所出版,1988.
- [10] 张杏芳. 国外火炸药原材料性能手册[M]. 北京:兵器工业出版社,1991.
- [11] 邢曦,李疏芬. 固体推进剂光学参数对激光点火延迟时间的影响[J]. 固体火箭技术,2002,25(3): 34-40.  
XING Xi, LI Shu-fen. Effect of optical parameters of solid propellant on the laser ignition delay[J]. *Journal of Solid Rocket Technology*, 2002, 25(3): 34-40.
- [12] Leo De Yong, Tam Nguyen, John Waschl. Laser ignition of explosives pyrotechnics and proellants: A review[R]. AD-A299465, 1996.
- [13] Ewick D W, Beckman T M, Holy J A, et al. Ignition of HMX using low energy laser diodes [C] // Proceedings of the 14th Symposium on Explosives and Pyrotechnics. Franklin Research Center Philadelphia PA. 1990, 2-1-2-17.
- [14] 胡艳,叶迎华,沈瑞琪. 激光点火过程的一维有限差分模拟[J]. 激光技术,2001,25(5): 331-334.  
HU Yan, YE Ying-hua, SHEN Rui-qi. One dimension finite difference simulation of laser ignition[J]. *Laser Technology*, 2001, 25(5): 331-334.
- [15] Henric Ostmark. Laser as tool in sensitivity testing of explosives [C] // Proceedings of 8th Symposium (International) on Detonation Albuquerque, NM, 1985.

## Interactional Mechanism Between Laser and Energetic Compound

SHENG Di-lun, ZHU Ya-hong, CHEN Li-kui, YANG Bing, WANG Yan-lan

(Shaanxi Applied Physics and Chemistry Research Institute, Xi'an 710061, China)

**Abstract:** The absorption spectra of some primary explosives and explosives were measured, and their laser sensitivities were compared with the different wavelengths laser testes. The results show that there are continuous absorbing peak for DACP in ultraviolet-visible wave, and the laser sensitivity is remarkably increased with 635 nm laser. In 532-1060 nm, there is no relation between BNCP sensitivity and wave. Many new complex compounds have quite high laser sensitivity to 915 nm. According to testing phenomena and results, it is considered that the different laser wavelength shall lead to the different exploding mechanism of compound. If the laser is in ultraviolet-visible wave, photons activate choicely electron energy level or destroy weak bond of compound molecule, and result in chemistry reaction, which is photo leading decomposition mechanism. If the laser is in infrared wave, the chemistry reaction mainly is heat decomposition mechanism.

**Key words:** physical chemistry; complex compound; primary explosive; absorption spectra; laser sensitivity; reaction mechanism

读者·作者·编者

征订启事

固体火箭技术

JOURNAL OF SOLID ROCKET TECHNOLOGY

ISSN 1006-2793

CN 61-1176/V

CODEN GHJIFL

《固体火箭技术》是由中国航天科技集团公司主管,中国航天科技集团公司第四研究院与中国宇航学会固体推进专业委员会主办的学术期刊。1978年创刊,国内外公开发行,主要刊登固体火箭相关专业领域的研究论文、实验简报、综述等内容,栏目分火箭研究及应用,发动机,推进剂,结构、材料与工艺,测试技术。本刊已被国外:美国《工程索引》(Ei Compendex 数据库)、《化学文摘》(CA)、《剑桥科学文摘》(CSA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、英国《科学文摘》(SA)、日本科学技术社数据库;国内:中文核心期刊(《中文核心期刊要目总览》)、中国科技论文统计源刊(中国科技核心期刊)、中国科学引文数据库核心库(中科院 CSCD)、中国核心期刊(遴选)数据库(万方-数字化期刊群)、中国期刊全文数据库(CJFD)、中国科技期刊数据库(VIP)等十几种国内外权威检索机构收录。

《固体火箭技术》为双月刊,逢双月末出版。每期定价 20.00 元,全年定价 120.00 元。本刊参加了天津市大寺泉全国非邮发的联合征订,订阅单位或个人可登陆该网址: <http://www.lhzd.com> 查询,或与本刊编辑部直接联系邮购。

本刊联系电话:(029)83603254 传真:(029)83603315 <http://pub.gthjjs.com> E-mail: [gthj@chinajournal.net.cn](mailto:gthj@chinajournal.net.cn)  
通讯地址:西安市 120 信箱 47 所《固体火箭技术》编辑部(710025)。