

李
·
上
·
文
·
先
·
生
·
文
·
集



主编◎赵凤起 高红旭 仪建华 徐司雨

推进剂技术研究

——李上文先生文集

西北工业大学出版社

TUIJINJI JISHU YANJIU
推进剂技术研究

——李上文先生文集

主 编 赵凤起 高红旭 仪建华 徐司雨

西北工业大学出版社

西 安

【内容简介】 本书是一部学术研究文集,涉及内容广泛且十分丰富,主要针对国防科技和武器装备对固体推进剂的实际应用需求,由作者多年来在固体推进剂领域的研究成果出发,提出了一些固体推进剂发展方向及研究重点的建议,介绍了多类固体推进剂在实现高能、钝感或低特征信号性能研究过程中对能量、安全、燃烧和烟焰性能调节的一些应用基础研究工作。本书也涉及固体推进剂主要组分热分解化学特性、声不稳定燃烧抑制、二次燃烧烟焰消减、催化作用及燃烧机理、安全钝感方法研究和推进剂燃烧性能预估等内容。

本书是李上文先生及其团队在固体推进剂领域多年研究工作的积累和结晶,内容系统全面且理论水平较高,对从事固体推进剂行业科研、生产的相关专业科技人员具有重要的参考价值,也可作为高等院校有关专业教师和研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

推进剂技术研究:李上文先生文集/赵凤起等主编.
—西安:西北工业大学出版社,2017.4
ISBN 978-7-5612-5336-6

I. ①推… II. ①赵… III. ①固体推进剂—文集
IV. ①V512-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 083592 号

策划编辑:华一瑾

责任编辑:张珊珊

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西金德佳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.75

字 数:456 千字

版 次:2017 年 4 月第 1 版

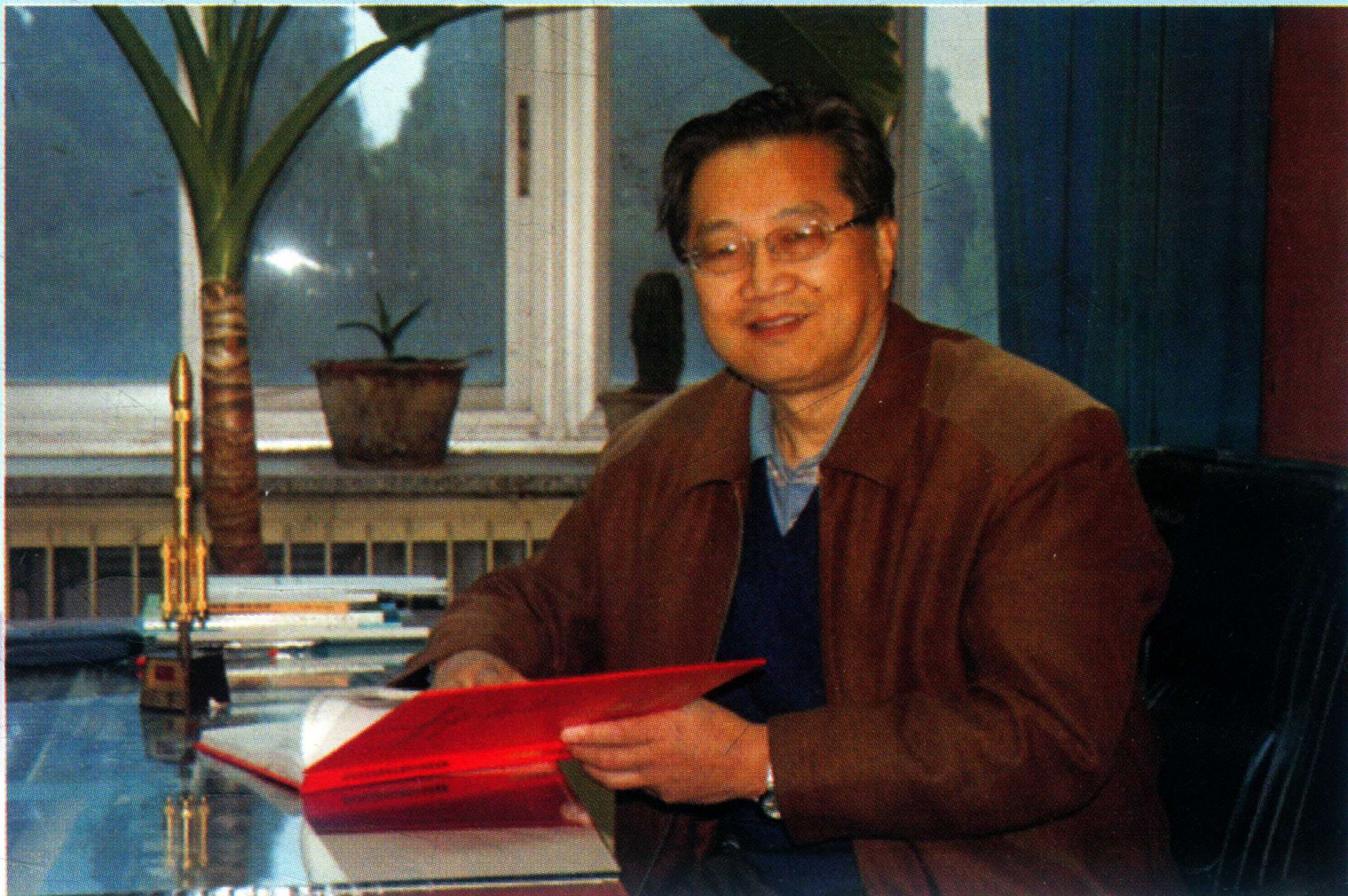
2017 年 4 月第 1 次印刷

定 价:68.00 元

李上文先生

简介

李上文，退休前为中国兵器工业第二〇四研究所研究员、博士生导师，1959年毕业于北京工业学院（现北京理工大学）化工系火药专业；曾任二〇四所推进剂研究室主任、科技委副主任和火炸药燃烧国防科技重点实验室学术委员会主任等职务；1992年获国务院政府特殊津贴，1993年获陕西省突出贡献专家称号；曾任《火炸药学报》和《含能材料》等杂志编委。长期从事火箭固体推进剂的研发工作，在国内外学术期刊上发表论文100余篇，著书《低特征信号固体推进剂技术》《火炸药理论与实践》《固体火箭推进剂》等6部；获国家科技进步二等奖1项，部级科技进步一等奖2项，部级科技进步二等奖和三等奖各3项，获国防专利授权5项；培养博士研究生5名，硕士研究生10余名。



李上文先生在办公室（2005年9月）

【家·庭·篇】



1959年9月结婚照(榕)



1964年11月（沈阳炮兵研究院）



1971年全家福



2005年9月李上文先生在重点实验室大楼前



2007年5月上文七十寿辰



2007年5月上文寿辰



2007年5月上文七十寿辰切蛋糕



2008年9月合家欢



2010年5月上文七十三岁



2011年4月西安植物园

【工·作·篇】



1990年在某项目定型会上



1992年5月兵器推进剂专家组



1993年火炸药燃烧国防科技重点实验室成立大会



1994年重点实验室验收会



1997年与俄圣彼得堡工学院教授座谈



1998年8月N-15联合攻关小组部分先进个人



1998年火炸药技术专家委员会年会上



1998年高能固体推进剂研讨会



2007年高能固体推进剂廿年座谈会

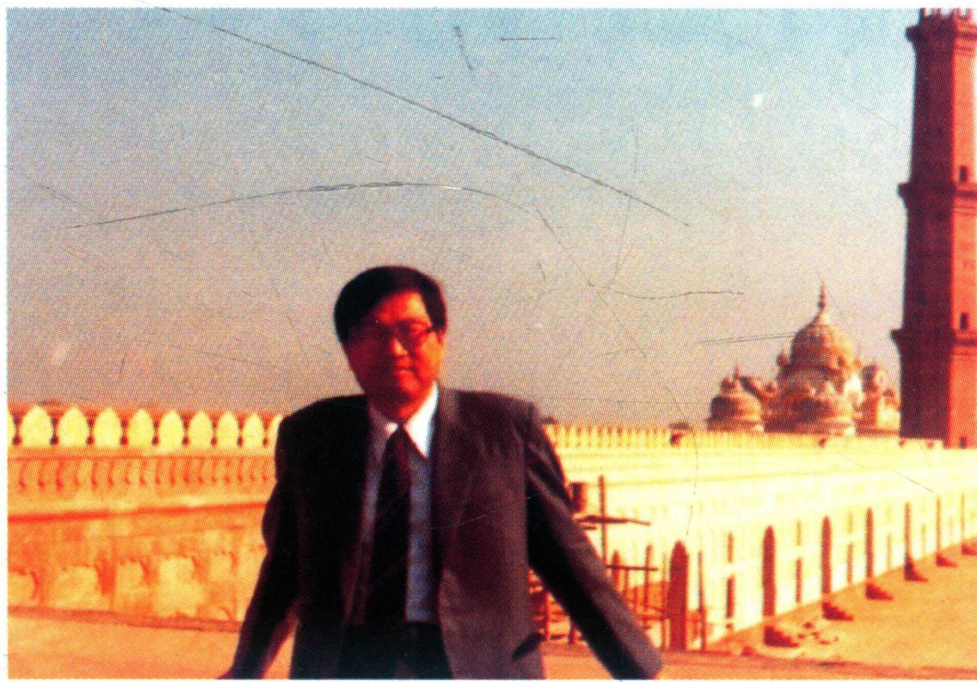


2008年4月二〇四所六十年所庆

【交·流·篇】



1984年巴基斯坦拉合尔市独立塔



1984年11月巴基斯坦拉合尔市清真寺



1984年11月巴兵工总厂马苏德少将接见



1987年7月德国ICT会议厅



1987年7月德国ICT会议厅大门



1994年参观美国NASA登月运载火箭



1994年10月参观美国NASA登月
运载火箭大喷管



1994年10月美国拉斯维加斯市
金字塔饭店



1994年10月克里姆林宫炮王



1997年10月莫斯科红场南边



1997年10月圣彼得堡聂瓦河边十月革命
炮击冬宫的阿芙乐尔巡洋舰



1997年10月莫斯科化物所马利涅斯所长

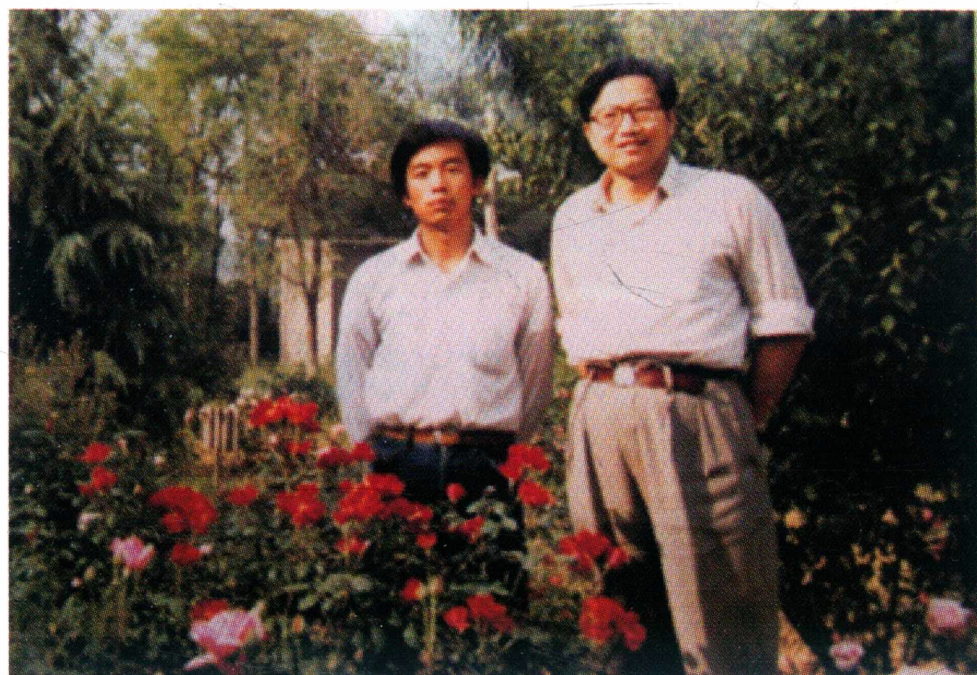


2003年俄喀山大学卡斯托其卡教授
参观兵马俑



2003年9月陪同日本推进剂专家久保田参观秦陵

【学·生·篇】



1986年与赵凤起一起



1992年与5名研究生一起



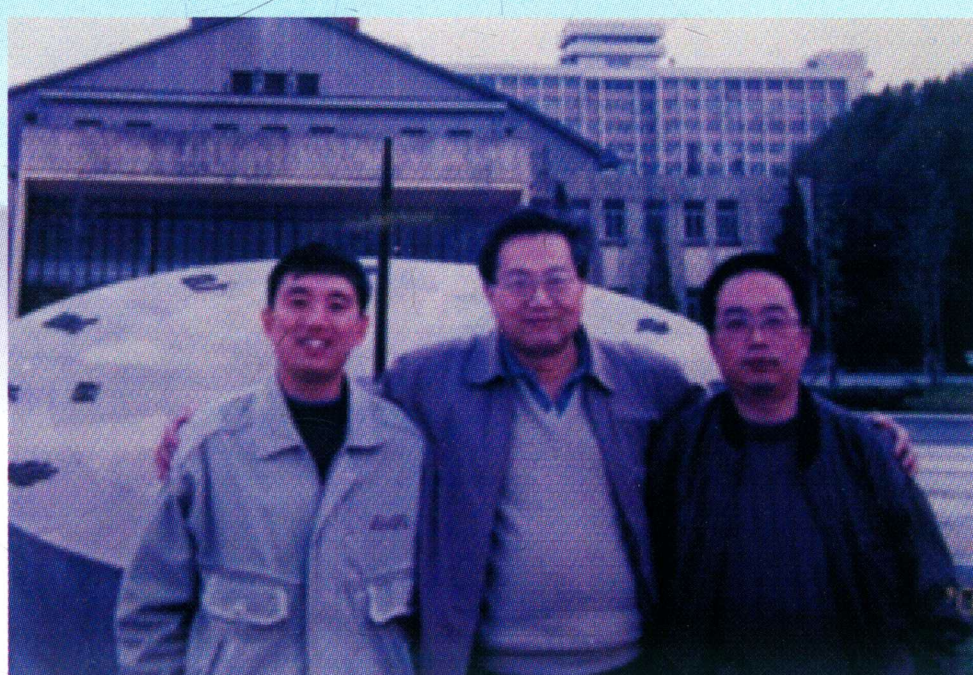
1999年与赵凤起一起探讨问题



1999年10月杨栋博士论文答辩



2000年赵凤起博士答辩



2001年与赵凤起、杨栋两位博士一起



2001年与党智敏博士在一起



2006年4月部分硕博士生



2008年与实验室的博士生、硕士生在一起



2013年10月与赵凤起、党智敏等博士生在一起

《推进剂技术研究——李上文先生文集》

编委会

主 编	赵凤起	高红旭	仪建华	徐司雨
副主编	安 亭	姚二岗	曲文刚	杨燕京
	赵宏安	罗 阳	轩春雷	
编 委	单文刚	杨 超	杨 栋	苏 航
	刘所恩	李 丽	党智敏	范红杰
	党永战	陈 沛	郑 林	胥会祥
	宋秀铎	王 晗	丁 黎	高 茵
	郝海霞	裴 庆	姚瑞清	薛 亮
	张 衡	任莹辉	徐抗震	谢 钢
	汪营磊	李 鑫	裴江峰	李 辉
	袁志峰	崔子祥	严 彪	张建侃
	牛诗尧	李 恒	秦 钊	
审 定	李上文			

前 言

本书是为庆祝李上文先生八十华诞而整理的学术文集,编者从李先生本人及其在李先生指导下完成的百余篇公开发表的学术论文中选取了 41 篇汇编成集以赐读者。李上文先生著作颇丰,我们之所以选择 41 篇文章,是因为李上文先生对中华人民共和国的爱始终如一,对中国共产党的爱始终如一,对军工事业的爱始终如一,对火箭固体推进剂专业的爱始终如一。这四个一,是李上文先生爱国、爱党、爱军工、爱专业的集中体现。

李上文,男,研究员,博士生导师,1937 年 5 月 23 日生于福建福州,1959 年毕业于北京工业学院(现北京理工大学)化工系火药专业,毕业后进入炮兵科学技术研究院一所工作,后转入中国兵器工业第二〇四研究所(以下简称 204 所)工作。曾任 204 所推进剂研究室主任,科技委副主任,火炸药燃烧国防科技重点实验室学术委员会主任等职务。李上文先生于 1992 年开始享受国务院政府特殊津贴,1993 年获陕西省突出贡献专家称号。

李上文先生长期从事火箭固体推进剂配方设计,制备及应用领域的科研工作,是兵器工业固体推进剂科技带头人。李上文先生在双基系固体推进剂配方、燃烧及能量性能调控、特征信号消除、不稳定燃烧抑制、安全钝感技术等方面,为我国固体推进剂赶超世界水平及其在战术火箭、导弹上的应用做出了贡献,他的主要成就和贡献如下。

(1)突破含大量固体含能材料的改性双基推进剂螺旋挤压成型的技术关。

螺旋压伸是我国现有的能大量、连续化生产双基推进剂的工艺,特别适合于为战术火箭、导弹制备大批量的推进剂装药。然而双基推进剂能量较低,远不适应火箭导弹技术发展的需求,急需提高其能量。加入炸药和铝粉等含能固体材料,是提高双基推进剂能量的主要技术途径,但固体物料的加入势必导致摩擦增大,螺压工艺过程危险性增加。李上文先生及其团队经反复研究试验,在国内率先采用“增加配方溶剂比的方法”,有效地解决了含固体含能材料的改性双基推进剂在螺旋挤压成型时的安全性问题,突破了该类推进剂螺压成型的安全技术瓶颈,促进我国双基推进剂能量上升了一个台阶。

(2)国内率先开发了低特征信号推进剂品种,并已应用于各种型号的发动机中。

低特征信号推进剂是 20 世纪 80 年代国外涌现的适用于导弹、火箭发动机使其羽流对导弹制导影响小的一类新型推进剂。它主要加入大量硝胺炸药以提高能量,但少用或不用金属粉,以减少烟雾。李上文先生及其团队针对含硝胺推进剂燃烧性能难调节、压力指数高的缺点,研究采用了用复合铅-铜-炭催化剂调节其燃烧性能,使燃速可在 $2\sim 30\text{ mm/s}$ 范围可调节,压力指数达 $0.3\sim 0\sim$ 负值的水平,解决了燃烧性能调节的难题,同时研究了抑制不稳定燃烧的有效办法,突破了应用的技术关键。另外,还对燃烧催化机理做了大量深入的研究,等等。

这些工作都为国内开创了崭新的低特征信号硝胺改性双基推进剂品种,并已陆续在各种战术导弹、火箭和航天辅助发动机中得到应用。

(3)参与了航天系统 N-15 高能固体推进剂某大型发动机技术攻关组的工作。

(4)领头申请并获批准在 204 所组建了“火炸药燃烧国防科技重点实验室”,该实验室建成二十余年来,已成为国内火炸药燃烧基础研究的核心单位之一。

(5)培养了大量的博士和硕士研究生,他们多数已成为 204 所和国内各单位的科研技术带头人。

本书涉及内容广泛且十分丰富,李上文先生及其团队多年来在固体推进剂领域的研究中还提出了一些固体推进剂发展方向及研究重点的建议,介绍了多类固体推进剂在实现高能、钝感或低特征信号性能研究过程中对能量、安全、燃烧和烟焰性能调节的一些应用基础研究工作,这对理解李上文先生学术科研思想具有重要参考意义。

本书是李上文先生及其团队在固体推进剂领域多年研究工作的积累和结晶,内容系统全面且理论水平较高,对从事固体推进剂行业科研、生产的相关专业科技人员具有重要的参考价值,也可作为高等院校有关专业教师和研究生的参考书。

因时间比较紧张,文集中不当及疏漏在所难免,敬请读者批评指正。

编委会

2017 年 1 月

目 录

关于硝胺推进剂研制的几点看法	1
炭黑对硝胺推进剂燃烧性能的影响	14
The Study of Double Base Propellant on Copper Compounds as Combustion Catalysts	19
适用于战术导弹的无烟推进剂研制技术简析	28
钡盐、钡-铜盐作固体推进剂弹道改良剂的研究	33
RDX - CMDB 推进剂燃烧性能的调节	40
微烟点火药剂 GHN - 1 的性能	47
国内外无烟推进剂性能的对比与差距分析	53
The effect of energetic additive DNP on propeties of smokeless propellant	61
固体推进剂温度敏感度机理和模型评述	69
对高推力比单室双推力固体发动机装药研制中若干问题的研究	76
用于双基系固体推进剂的非铅催化剂的研究与发展动向	82
硝胺无烟改性双基推进剂燃烧性能调节及控制规律的初探	87
RDX - CMDB 推进剂铅-铜-炭催化燃速模型	94
直链叠氮硝胺对双基推进剂燃烧性能的影响	100
2000 年固体推进剂的主要发展目标	105
高燃速推进剂研究进展与展望	110
二元稀土组合物对双基推进剂燃烧催化作用研究	115
新型含能催化剂对 Al - RDX - CMDB 推进剂热分解性能的影响	120
含叠氮硝胺的低特征信号推进剂燃烧机理初探	125
The Interrelation Between the Thermal Decomposition of Lead Salt and the Platonization Mechanism of Double - Base Propellants	129
改性双基推进剂主要组分的高压热分解特性	137
双基系推进剂用生态安全的含铋催化剂	141
火炸药燃烧应用基础研究的建议	144
利用生物技术,推动火化工、环保、军事等方面的技术创新	147

含钾盐消焰剂的硝化棉基钝感推进剂燃烧性能研究.....	157
N - 15 高能固体推进剂燃烧机理的初探.....	162
Combustion Mechanism of the Low Signature Propellant Containing 1,7 - diazido - 2,4,6 - trinitrazaheptane (DATH)	170
高技术武器与先进火炸药技术.....	177
国外固体推进剂研究与开发的趋势.....	182
叠氮硝酸酯对硝胺改性双基推进剂燃烧性能的影响.....	193
Effects of Carbon Substances on Combustion Properties of Catalyzed RDX - CMDB Propellants	198
Burning - Rate Prediction of Double - Base Plateau Propellants	209
Thermal Decomposition Characteristics of 1,7 - Diazido - 2,4,6 - Trinitrazaheptane and Its Application in Propellants	225
固体推进剂危险性和钝感推进剂研究方法.....	233
新型钝感双基推进剂研究.....	243
火箭发动机排气羽流和固体推进剂特征信号.....	249
大口径炮弹增程技术对固体推进剂的要求.....	259
高氮含能化合物——未来高能低特征信号推进剂候选的组分.....	265
固体推进剂燃速预估模型新进展.....	273
均匀设计和回归分析研究燃烧催化剂的作用规律.....	286

关于硝胺推进剂研制的几点看法

李上文

摘 要: 本文从硝胺推进剂的配方设计、燃速和压强指数的调节、工艺与安全、无烟推进剂以及耐热推进剂等方面对当前硝胺推进剂的研制工作进行了梳理和分析,并对今后应开展的相关基础研究以及应重点研制的几类硝胺推进剂提出了个人的看法和几点建议。

关键词: 硝胺推进剂;推进剂配方;燃烧性能;工艺与安全

1 引言

所谓硝胺类炸药,系指含有氮硝基($\text{N}-\text{NO}_2$)的爆炸物质,一般简称硝胺。按其化学结构,大致可分为脂肪类硝胺(如乙烯二硝胺,硝基胍等),芳香族硝胺(如特屈儿等),及杂环硝胺(如黑索今等)三大类。某些典型的或具有现实意义的硝胺,其简要性能见表 1。

早在第二次世界大战期间,美国、德国已经开始了关于黑索今、吉纳、硝基胍等硝胺炸药在枪炮发射药中的应用研究工作^[1]。战后,1948 年美国就开始发表以黑索今代替高氯酸铵的复合推进剂专利。随着火箭导弹和航天技术的进步,对高能、高密度、无烟、高压强指数或平台推进剂的要求日益增多,同时,对高能低烧蚀枪炮药的要求也日益强烈,这就促进了含硝胺推进剂研制工作的开展。由于硝胺炸药特别是奥克托今、黑索今作为推进剂的组分在很大程度上能满足上述要求,故 20 世纪 60 年代以来,关于硝胺推进剂的配方、工艺、性能、燃烧机理等内容的文献资料愈来愈多。这也反映了国外对硝胺推进剂的重视。

我国开展硝胺推进剂的研制工作大致始于 20 世纪 70 年代初。近年来各有关单位采用螺压或浇注工艺,对含黑索今或奥克托今的改性双基推进剂及复合推进剂在配方性能、工艺等方面做了不少工作,出现了若干种较成熟的配方。但是由于从提高能量的角度考虑较多,所研究的硝胺品种仅局限于奥克托今及黑索今,很多有关硝胺推进剂的基础研究工作尚未深入进行,这就限制了硝胺推进剂研制工作的进一步开展和已有成果的推广应用。本文仅就硝胺推进剂研制工作发表几点看法。