

《中国工程物理研究院科技丛书》第 036 号

含能材料热谱集

ThermoGRAMS of Energetic Materials

董海山 胡荣祖 编著
姚 朴 张孝仪

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

含能材料热谱集/董海山等编著. —北京:国防工业出版社,2002 1

(中国工程物理研究院科技丛书)

ISBN 7-118-02592-5

. 含... . 董... . 功能材料, 含能 - 热谱
. TB340. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 041585 号

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 15 387 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1 - 1500 册 定价:30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

内 容 简 介

本书给出了 305 个含能材料的 386 幅热谱及大量的热分解动力学、热力学和热物性等重要参数。

386 thermograms of 305 energetic materials, a lot of kinetic, thermodynamic parameters of their thermal decomposition and thermophysical properties are given in this book.

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

- 1 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

- 2 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。

- 3 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。

- 4 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金
第四届评审委员会组成人员

名 誉 主 任 委 员	陈达植			
顾 问	黄 宁			
主 任 委 员	殷鹤玲			
副 主 任 委 员	王峰 张涵信 张又栋			
秘 书 长	张又栋			
副 秘 书 长	崔士义 蔡 镭			
委 员 (按姓名笔画排序)	于景元	王小谟	甘茂治	冯允成
	刘世参	杨星豪	李德毅	吴有生
	何新贵	佟玉民	宋家树	张立同
	张鸿元	陈火旺	侯正明	常显奇
	崔尔杰	彭华良	韩祖南	舒长胜

《中国工程物理研究院科技丛书》

出版说明

中国工程物理研究院建院 40 多年来,坚持理论研究、科学实验和工程设计密切结合的科研方向,完成了国家下达的各项国防科研任务。通过完成任务,在许多专业学科领域里,不论在基础理论方面,还是在实验测试技术和工程应用技术方面,都有重要发展和创新,积累了丰富的知识经验,造就了一大批优秀科技人材。

为了扩大科技交流与合作,促进我院事业的继承与发展,系统地总结我院 40 多年来在各个专业领域里集体积累起来的经验,吸收国内外最新科技成果,形成一套系列科技丛书,无疑是一件十分有意义的事情。

这套丛书将部分地反映中国工程物理研究院科技工作的成果,内容涉及本院过去开设过的 20 几个主要学科。现在和今后开设的新学科,也将编著出书,续入本丛书中。

这套丛书将在今后几年里陆续编辑出版。我院早些年零散编著出版的专业书籍,经编委会审定后,也纳入本丛书系列。

谨以这套丛书献给 40 多年来为我国国防现代化而献身的人们!

《中国工程物理研究院科技丛书》
编审委员会

1999 年 6 月 4 日修改

《中国工程物理研究院科技丛书》 编审委员会名单

主 任 杜祥琬

副主任 彭先觉 章冠人 华欣生

委 员 (以姓氏笔划为序)

王艳秀 邓门才 水鸿寿 田常津 江金生

沈元如 李 凡 李志民 李泽仁 张方晓

张友寿 张富堂 陈银亮 杨本立 郑志坚

罗顺火 竺家亨 周德惠 俞大光 胡三国

贺云汉 黄清南 蒲仁璧

科技丛书编辑部负责人 吴衍斌

本册编辑 吴衍斌

《中国工程物理研究院科技丛书》

已 出 版 书 目

- | | | | | |
|-----|---------------|-----------|---------|-------------|
| 001 | 高能炸药及相关物性能 | 董海山 周芬芬主编 | 科学出版社 | 1989 年 11 月 |
| 002 | 光学高速摄影测试技术 | 谭显祥编著 | 科学出版社 | 1990 年 02 月 |
| 003 | 凝聚炸药起爆动力学 | 章冠人等编著 | 国防工业出版社 | 1991 年 09 月 |
| 004 | 线性代数方程组的迭代解法 | 胡家赣编著 | 科学出版社 | 1991 年 12 月 |
| 005 | 映象与混沌 | 陈式刚编著 | 国防工业出版社 | 1992 年 06 月 |
| 006 | 再入遥测技术(上册) | 谢铭勋编著 | 国防工业出版社 | 1992 年 06 月 |
| 007 | 再入遥测技术(下册) | 谢铭勋编著 | 国防工业出版社 | 1992 年 12 月 |
| 008 | 高温辐射物理与量子辐射理论 | 李世昌编著 | 国防工业出版社 | 1992 年 10 月 |
| 009 | 粘性消动法和差分格式粘性 | 郭柏灵著 | 科学出版社 | 1993 年 03 月 |
| 010 | 无损检测技术及其应用 | 张俊哲等著 | 科学出版社 | 1993 年 05 月 |
| 011 | 半导体材料辐射效应 | 曹建中著 | 科学出版社 | 1993 年 05 月 |

012	炸药热分析	楚士晋编著	科学出版社	1994 年 12 月
013	脉冲辐射场诊断技术	刘庆兆主编	科学出版社	1994 年 12 月
014	放射性核素活度的测量方法和技术	古当长编著	科学出版社	1994 年 12 月
015	二维非定常流和激波	王继海编著	科学出版社	1994 年 12 月
016	抛物型方程差分方法引论	李德元 陈光南著	科学出版社	1995 年 12 月
017	特种结构分析	刘新民 韦日演主编	国防工业出版社	1995 年 12 月
018	理论爆轰物理	孙锦山 朱建士著	国防工业出版社	1995 年 12 月
019	可靠性维修性可用性评估手册	潘吉安编著	国防工业出版社	1995 年 12 月
020	脉冲辐射场测量数据处理与误差分析	陈元金编著	国防工业出版社	1997 年 01 月
021	近代成像技术与图像处理	吴世法著	国防工业出版社	1997 年 03 月
022	一维流体力学差分方法	水鸿寿著	国防工业出版社	1998 年 02 月
023	抗辐射电子学—辐射效应及加固原理	赖祖武等著	国防工业出版社	1998 年 07 月
024	金属的环境氢脆及其试验技术	周德惠 谭 云编著	国防工业出版社	1998 年 12 月
025	试验核物理测量中的粒子分辨	段绍节编著	国防工业出版社	1999 年 06 月
026	实验物态方程导引(第二版)	经福谦著	科学出版社	1999 年 09 月

027	无穷维动力系统	郭柏灵著	国防工业出版社	2000 年 01 月
028	真空吸取器设计及应用技术	单景德编著	国防工业出版社	2000 年 01 月
029	再入飞行器天线	金显盛编著	国防工业出版社	2000 年 03 月
030	应用爆轰物理	孙承纬著	国防工业出版社	2000 年 12 月
031	混沌的控制、同步与利用	陈式刚等著	国防工业出版社	2000 年 12 月
032	激光干涉测速技术	胡绍楼著	国防工业出版社	2000 年 12 月
033	空气炮理论与实验技术	王金贵编著	国防工业出版社	2000 年 12 月
034	一维不定常流与激波	李维新著	国防工业出版社	2000 年 12 月
035	X 射线与真空紫外辐射源及其计量技术	孙景文编著	国防工业出版社	2001 年 03 月
036	含能材料热谱集	董海山等编著	国防工业出版社	2002 年 01 月

序

《含能材料热谱集》由中国工程物理研究院化工材料研究所、西安近代化学研究所、陕西省应用物理化学研究所热分析工作者精心组织和撰写,经中国工程物理研究院科技丛书编审委员会的严格审定,现在就要出版了。这是一件令人高兴和值得庆贺的事情。

我国含能材料热分析始于 20 世纪 60 年代中期,经过 30 余年努力,取得了显著进展:应用 DTA、TG、DSC 和微热量热技术考察和评估了近千种含能材料;发表了 400 余篇论文;规范了热分析方法,制订了 10 余项国家军用标准,6 项部级标准,5 项热化学热分析仪计量检定规程;建立了新的非等温热分解动力学、比热容和热导率的数学模型;提出了热分析动力学参数数值算法;拓宽、完善、发展了应用领域,使我国含能材料及其相关物的热分析达到国际热分析水平。

含能材料热分析文献资料甚多,每年有数百篇论文发表,但以热谱集形式问世者,只有波恩化工研究所所长 G. Krien 博士撰写的《115 种单体炸药的热分析结果》一本。与这本热谱集相比,《含能材料热谱集》涉及含能材料的品种更多,内容覆盖面更广,数据的定量化特色更明显,并增加了谱峰指配和热分析动力学参数的内容。书中列出的 386 幅热谱和近万个相关数据,是国际化学热力学和含能材料热性能数据库中的宝贵财富,是三个单位众多科技人员辛勤劳动的结晶,它对于含能材料热安定性、抗水能力和相容性的表征和评估,含能材料配方组分的快速筛选,燃烧过程初始阶段规律的定量描述和数学模型的建立,热力学参数和热平衡方程的计算,以及有效使用寿命的估算,都有一定的实用意义,对于

想了解和掌握含能材料热性能的人和热化学研究人员都会有很好的价值。

该书是我国火炸药、火工药剂专业的第一本谱集,它的出版和公开发行,一定会促进热化学热分析学科的发展和提高,进一步繁荣我国的含能材料学科,为国防现代化作出新的贡献。

西安近代化学研究所

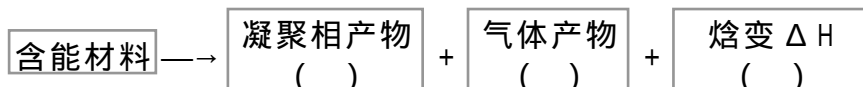
张明南教授、李福平教授

1998年12月25日于西安

前 言

1962 年以周恩来总理为主任的中央专门委员会批准了第二机械工业部(简称二机部)关于组织高能炸药协作攻关的请示报告。1962 年 4 月中国科学院兰州化学物理研究所、三机部第三研究所(现西安近代化学研究所)和二机部九院(现中国工程物理研究院)的有关科技人员集中在西安,大力协同,开始了高能炸药的研制工作。在 10 年时间内,不仅合成出了几十种高能炸药,还在世界首次合成出了一些新的高能化合物(如 662 和 7201),而且还生产出了重(2,2,2 - 三硝基乙基 - N - 硝基)乙二胺和环四次甲基四硝胺(HMX),并研制出了相应的塑料粘结炸药配方,满足了我国武器研制和发展的需要,为我国的含能材料科学技术和国防建设做出了重要贡献。

与此同时,我国含能材料热分析工作者,针对含能材料的安全性、可靠性和储存寿命研究的需要,围绕等温和非等温条件下的热分解过程通式:



开展了卓有成效的工作,取得了一系列研究成果。本丛书属其中一项。书中列出了 386 幅热谱,描述了通式右端过程、的失重、焓变与温度或时间的关系,其中,过程用 IR 谱表征,过程用 TG - DTG 谱描述,过程用差热分析(DTA)、差示扫描量热(DSC)、调幅式差示扫描量热(MDSC)和微热量热(MC)谱描述。同时列出了大量热谱数据,其中:(1)热分解动力学参数:表观活化能(E)、指前因子(A)、反应级数(n)、最可几微分机理函数 $f(\alpha)$ 或积分机理函数 $G(\alpha)$ 以及热分解机理、热爆炸临界温度(T_b)和寿命与温度的关系式,由 DSC、MC、TG - DTG 谱的解析得到。(2)热力学数据:转晶过程的晶转温度(T_c)和晶转焓(ΔH_c);熔化过程的熔点(T_m)、熔化焓(ΔH_m)和熔化熵(ΔS_m);热分解过程的

外推起始温度(T_e)、峰顶温度(T_p)、分解焓(ΔH_d)和热温商(S_d)以及溶解焓(ΔH_{sol}^θ)、反应焓(ΔH_r)、生成焓($\Delta_f H_m^\theta$)和(3)热物性数据:比热容(C_p)和热导率(λ),由 DSC、MDSC 和 MC 谱的解析和计算得到。

各种热分析方法(差热分析、差示扫描量热、微热量热和热重分析)的原理、仪器结构、测试方法、数据处理等有关问题,在楚士晋编的《炸药热分析》专著(中物院科技丛书第 012 号,科学出版社,1994 年)中已有详细介绍,本书不再赘述。

实验用的单质炸药样品除硝化甘油等液体炸药、三氨基三硝基苯(TATB)、硝化棉(NC)是工业品外,其余皆为重结晶的精制品;混合炸药、火工药剂和发射药等都是工业品。

本书所涉及的单质炸药包括国内外实际使用的全部品种,同时也包括实验室研究的绝大部分品种。图谱和数据都经过反复校对和多次审核。上述热谱及其数据,对于含能材料热安定性、水解安定性和相容性的表征和评估,配方组份的快速筛选,燃烧过程初始阶段规律的定量描述和数学模型的建立,热力学参数熵(ΔS)和自由能(ΔG)的计算,能量和热平衡方程的计算以及有效寿命的估算,有很大实用价值,是国际热力学和含能材料热性能数据库中的宝贵财富,是我国含能材料热分析工作者辛勤耕耘的结果。为了热谱集的系统性和热力学、热物性数据的完整性,丛书吸收了国内外刊物中刊出的少量热谱和部分数据。

本书第一、二、四、五章由西安近代化学研究所研究员、西北大学教授胡荣祖编写,第三章由陕西应用物理化学研究所姚朴研究员编写,中国工程物理研究院化工材料研究所张孝仪副研究员承担了编辑工作,并参与了第一、二和三章的编写。

北京理工大学欧育湘教授,中国工程物理研究院楚士晋研究员对书稿作了专审,李海文研究员作了初审并参加了编辑工作,诚致谢意!

董海山 胡荣祖

1998 年 12 月

目 录

缩写和符号.....	1
第一章 单质炸药.....	3
硝仿系炸药.....	3
1 1 三硝基甲烷,硝仿,NF	3
1 2 1,1,1 - 三硝基乙烷,TNE	4
1 3 2,2,2 - 三硝基乙基 - N - 硝基 - 甲胺,TNMA	5
1 4 二(2,2,2 - 三硝基乙基 - N - 硝基)乙二胺, BTNEDA	7
1 5 二(2,2,2 - 三硝基乙基)硝胺,BTNNA	8
1 6 4,4,4 - 三硝基丁酸(2,2 - 二硝基丙基)酯, DNPTNB	9
1 7 四(2,2,2 - 三硝基乙基)原酸酯,TTNOE	10
1 8 N - (2,2,2 - 三硝基乙基) - N - 硝基 - 氨基乙酸 三硝基乙酯,TNTNNA	12
1 9 二(2,2,2 - 三硝基乙醇)缩甲醛,BTNF	13
1 10 1 - (2,2,2 - 三硝基乙基) - 1,3 - 二氮杂环戊酮 - 2, TNDACPO	14
1 11 1,3 - 二(2,2,2 - 三硝基乙基) - 1,3 - 二氮杂环 戊酮 - 2,DTNDAP0	16
1 12 2,6 - 二(2,2,2 - 三硝基乙基)甘脲,DTNGU	17
1 13 2,6 - 二(2,2,2 - 三硝基乙基) - 4,8 - 二硝基甘脲, BTNDNG	18
1 14 2,6 - 二(2,2,2 - 三硝基乙基) - 2,4,6,8 - 四氮杂 双环[3.3.1]壬二酮 - 3,7,BTNTABCNO	20

1 15	2,6 - 二硝基 - 4,8 - 二(2,2,2 - 三硝基乙基) - 2, 4,6,8 - 四氮杂双环[3 3 1]壬二酮 - 3,7, DNBTNTABCNO	21
1 16	1,5 - 二甲基 - 2,6 - 二(2,2,2 - 三硝基乙基) - 2, 4,6,8 - 四氮杂双环[3 3 0]辛二酮 - 3,7, DMBTNGU	22
1 17	1,5 - 二甲基 - 2,6 - 二(2,2,2 - 三硝基乙基) - 4, 8 - 二硝基甘脲,DMBTNTDNGU	24
1 18	2,5,7 - 三硝基 - 9 - (2,2,2 - 三硝基乙基) - 2, 5,7,9 - 四氮杂双环[4 3 0]壬酮 - 8, TNTNTABCNO	25
1 19	1 - (2,2,2 - 三硝基乙基) - 3 - 硝基 - 1,3 - 二氮 杂环戊酮 - 2,TNNDACPO	33
1 20	2,6,8,12 - 四硝基 - 4,10 - 二(2,2,2 - 三硝基乙 基) - 2,4,6,8,10,12 - 六氮杂三环[7.3.0.0 ^{3,7}]十 二烷二酮 - 5,11,TBHTDD	35
1 21	4,4,4 - 三硝基丁酸 - 2,2,2 - 三硝基乙酯, TNETB	37
1 22	碳酸三硝基乙基酯,TNEC	38
1 23	原甲酸三硝基乙基酯,TNEOF	39
多硝基芳香系炸药		40
1 24	间二硝基苯,m - DNB	40
1 25	对二硝基苯,p - DNB	41
1 26	1,3,5 - 三硝基苯,1,3,5 - TNB	42
1 27	2,3 - 二硝基甲苯,2,3 - DNT	43
1 28	2,4 - 二硝基甲苯,2,4 - DNT	44
1 29	2,5 - 二硝基甲苯,2 5 - DNT	45
1 30	2,6 - 二硝基甲苯,2,6 - DNT	46
1 31	3,4 - 二硝基甲苯,3,4 - DNT	47
1 32	3,5 - 二硝基甲苯,3,5 - DNT	48