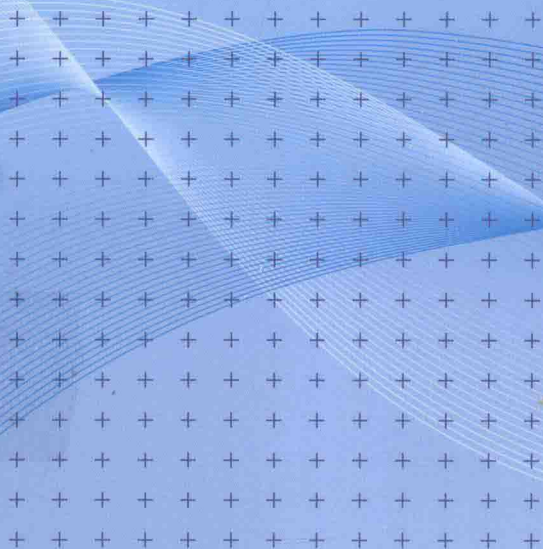


蔺向阳 等著



含能高分子材料 球形化技术

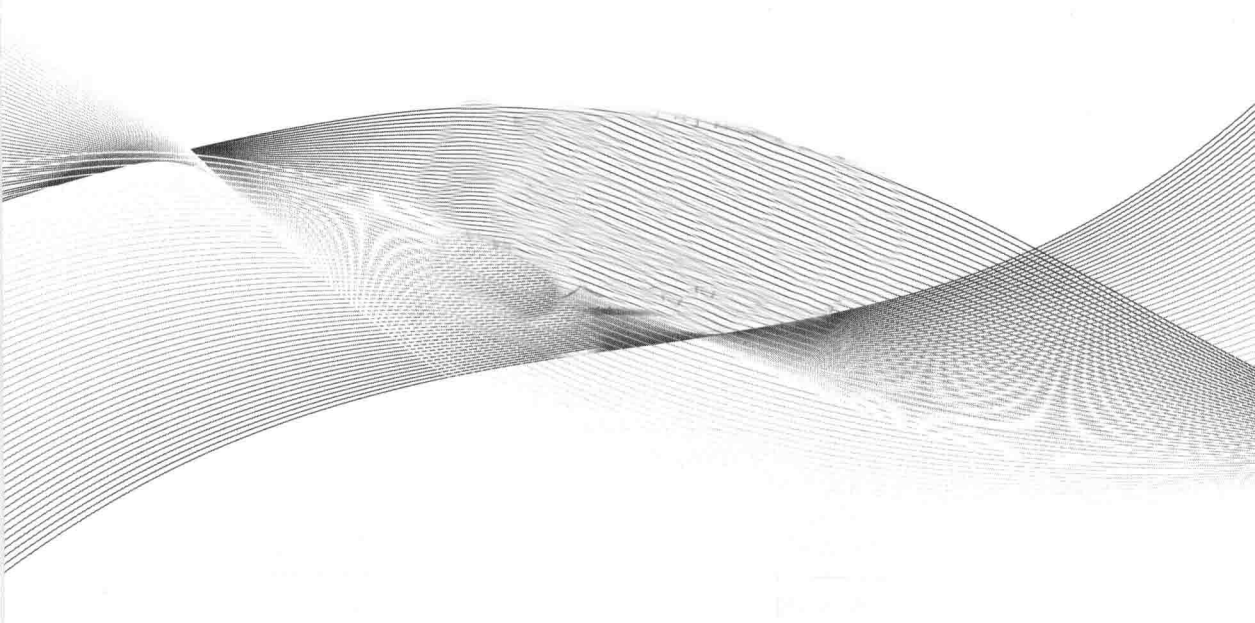
HANNENG GAOFENZI CAILIAO
QIUXINGHUA JISHU



化学工业出版社

含能高分子材料 球形化技术

蔺向阳 等著

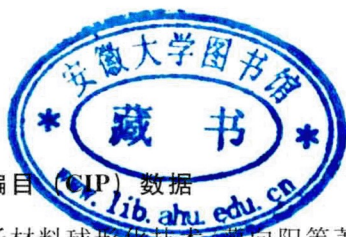


化学工业出版社

· 北京 ·

含能高分子材料球形化技术是含能材料领域重要的分支之一,本书以高分子材料球形化工艺为基础,系统介绍了球形药的内涵、分类、性能、用途、制备原理、成型技术路线及典型的工艺条件,并介绍了部分球形药品种的性能和应用情况。有关的工艺技术涉及高分子物理、界面化学、微胶囊技术等多方面的知识和基础理论,结构体系上以球形药的成型技术作为主线,把有关的理论和技术有机地分散到各个章节,以方便没有接触过球形药技术的人员理解。

《含能高分子材料球形化技术》可供从事含能材料研究与应用的技术人员参考,也可供高等院校相关专业师生参考阅读。



图书在版编目(CIP)数据

含能高分子材料球形化技术/阎向阳等著. —北京:化学工业出版社, 2013. 11

ISBN 978-7-122-18373-6

I. ①含… II. ①阎… III. ①高分子材料-制药工业-研究 IV. ①TQ46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 210983 号

责任编辑:袁海燕
责任校对:吴静

文字编辑:徐雪华
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张12 $\frac{3}{4}$ 彩插6 字数235千字 2014年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:58.00元

版权所有 违者必究

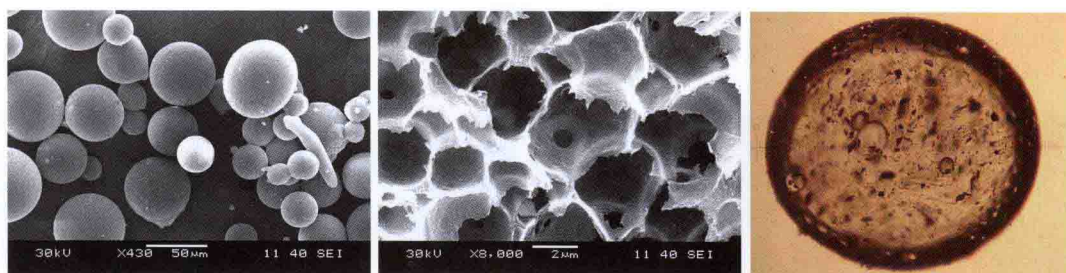


(a) 球形

(b) 扁球形

(c) 椭球棒状

图 1-6 典型的球形药外观图



(a) 密实型

(b) 多孔型

(c) 分层结构型

图 1-7 不同类型的球形药外形和内部结构图

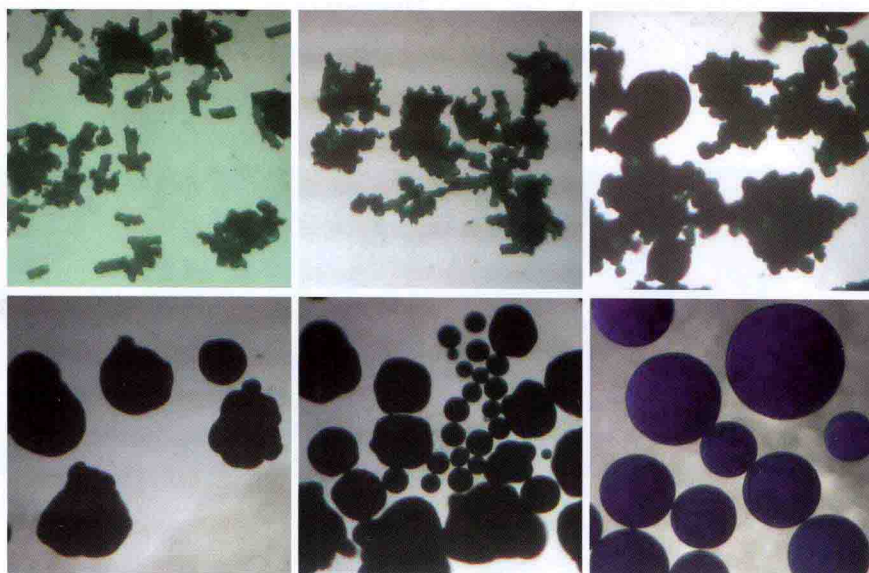


图 4-1 内溶法成球过程中有机相物料形态变化的显微观察图

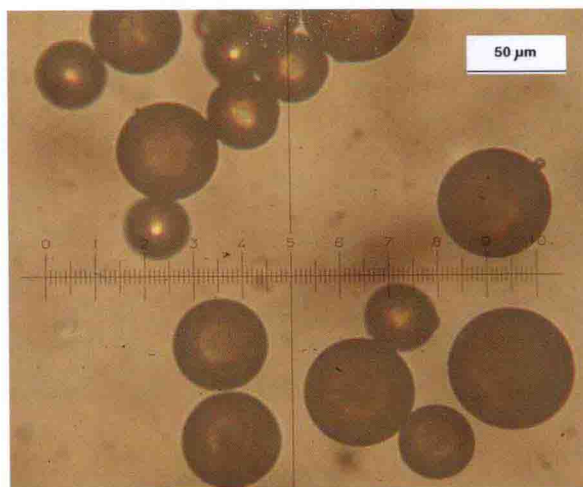


图 4-2 内溶法成型的半透明双基球形药显微观察图



图 4-3 双基球形药成型过程中有机相物料形态变化观察图

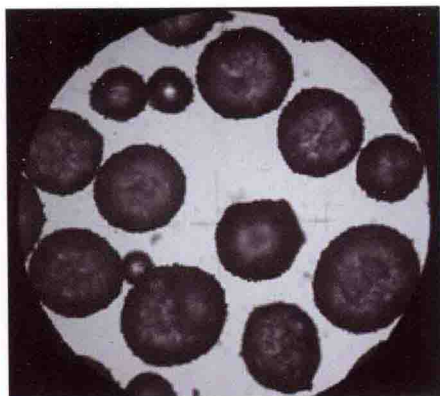


(a) 10 倍溶剂

(b) 6 倍溶剂

(c) 3 倍溶剂

图 4-8 不同溶剂比条件下得到的复合球形药外观



(a) 复合球形药外观

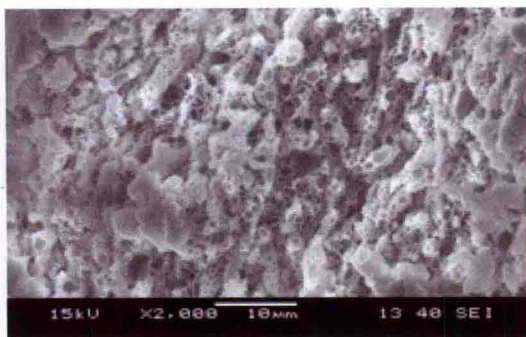


(b) 硝胺颗粒的分散状态

图 4-9 含硝胺的复合球形药外观及内部硝胺颗粒分散状态图



(a) 外观图

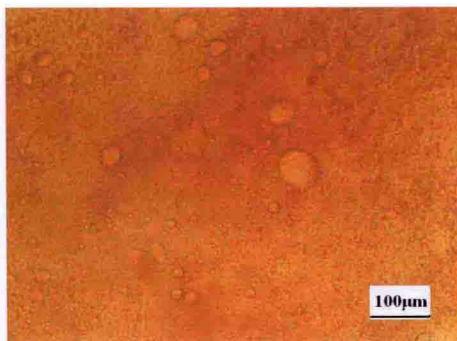


(b) 内部孔结构

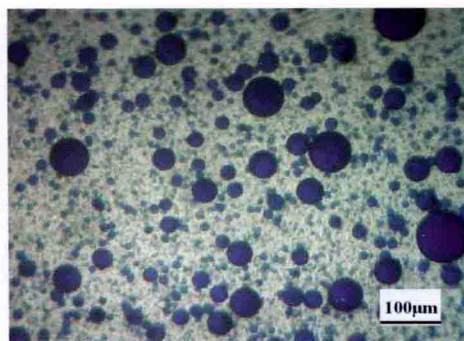
图 5-1 典型微孔球形药的外观和内部孔结构



图 5-4 成球阶段有机相物料的分散状态

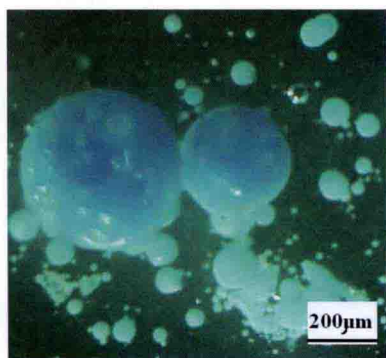


(a) 未经染色

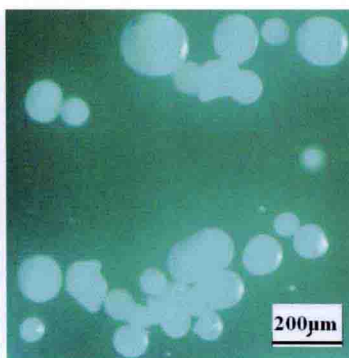


(b) 水相染色

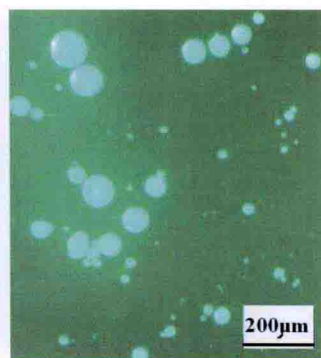
图 5-5 水相未经染色和染色后得到的乳液显微镜观察图 ($\times 100$ 倍)



1min

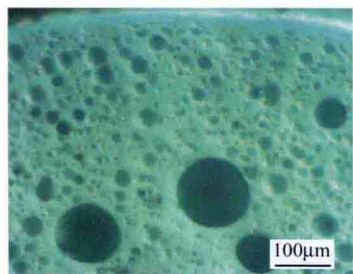


10min



20min

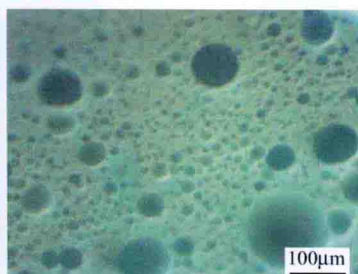
图 5-8 成球阶段在不同分散时间的球形液滴外观变化 ($\times 40$ 倍)



30min



90min



150min

图 5-12 驱溶阶段球形药颗粒内部孔隙显微镜观察图



图 5-13 典型的内部孔隙分布不均匀的药粒切片观察图

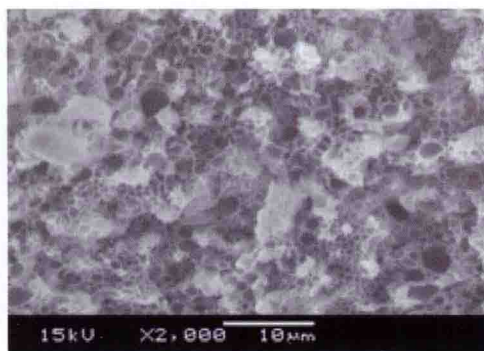


图 5-15 孔隙分布均匀的药粒切片的 SEM 图



(a) 快速驱溶得到的样品



(b) 慢速驱溶得到的样品

图 5-17 溶剂驱除速度对微孔球形药内部孔隙结构的影响



图 5-22 典型微孔型烟花药的样品外观



图 5-26 黑火药与无烟药装药发射烟雾状况对比



图 5-29 模块化微孔球形药发射装药外观



(a) 黑火药为发射药

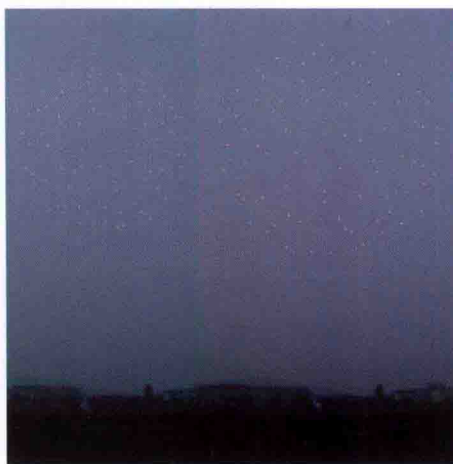


(b) 模块化微孔球形药为发射药

图 5-31 不同发射装药条件的礼花弹发射高度对比图



(a) 黑火药为开苞药



(b) 模块化微孔球形药为开苞药

图 5-39 黑火药和模块化开苞装药的礼花弹开苞直径对比图



图 5-43 两步法制备的分层微孔药的切片显微观察图



图 5-46 一步法制备的典型分层微孔药的切片显微观察图

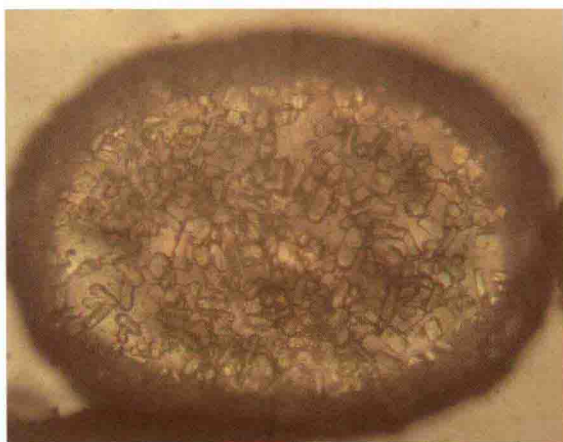


图 6-1 含 20%RDX 的改性双基球扁药外观的显微观察图

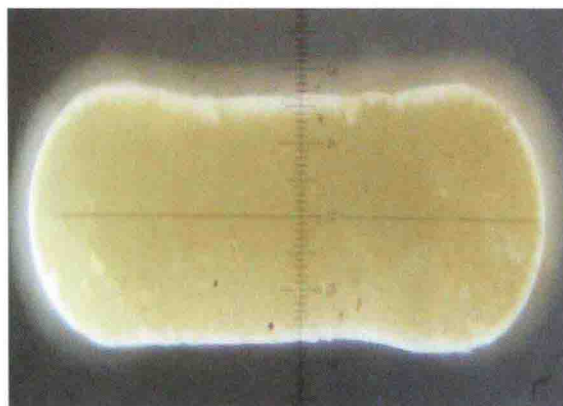


图 6-6 密实型双基球扁药切片观察图

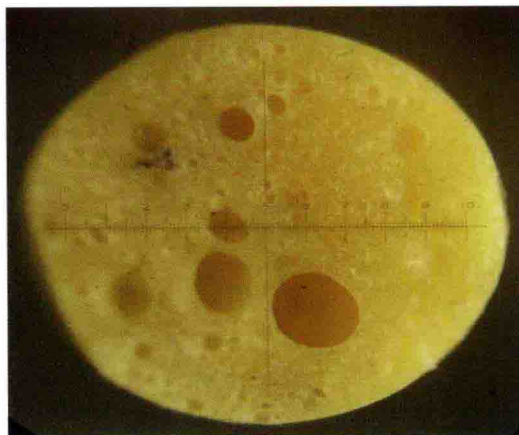


图 6-7 AP 改性单基球形药切片观察图

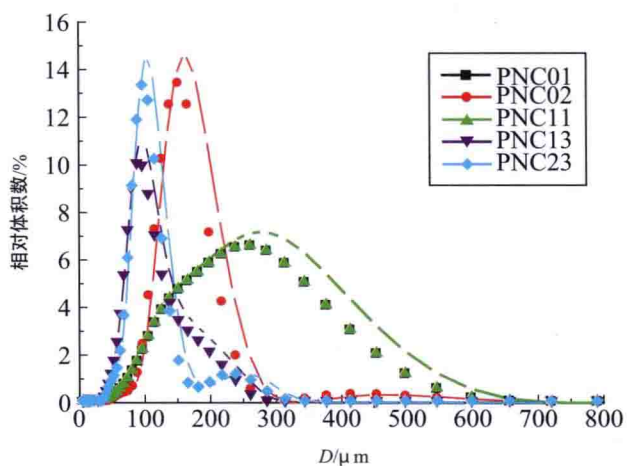


图 6-14 不同批次微孔球形药的粒度分布曲线

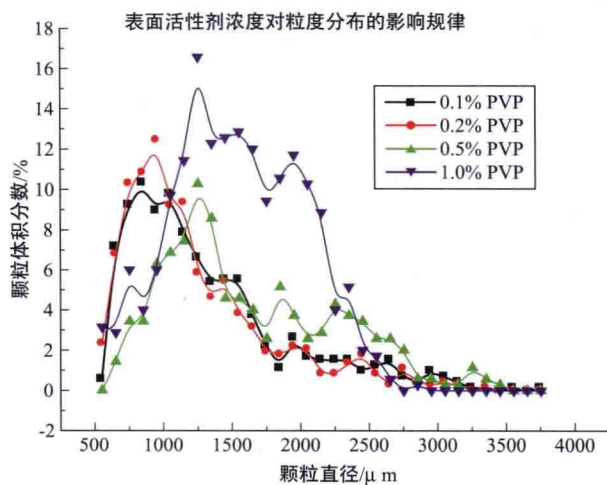


图 6-15 表面活性剂浓度对单基球形药粒度分布规律的影响

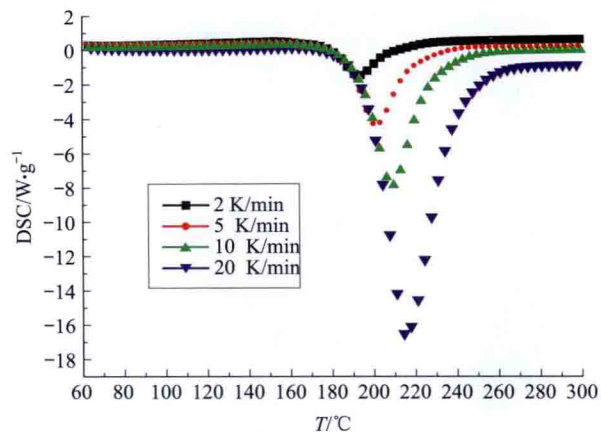
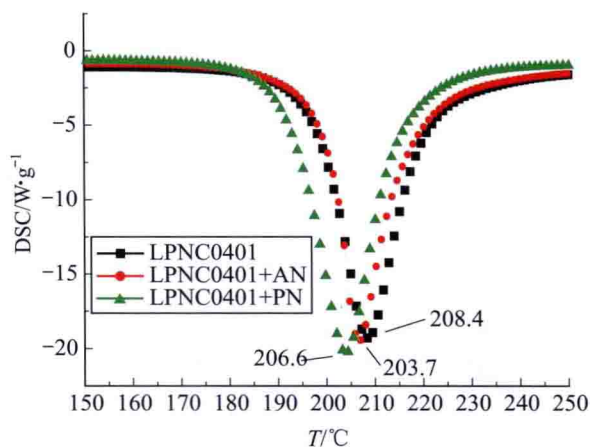
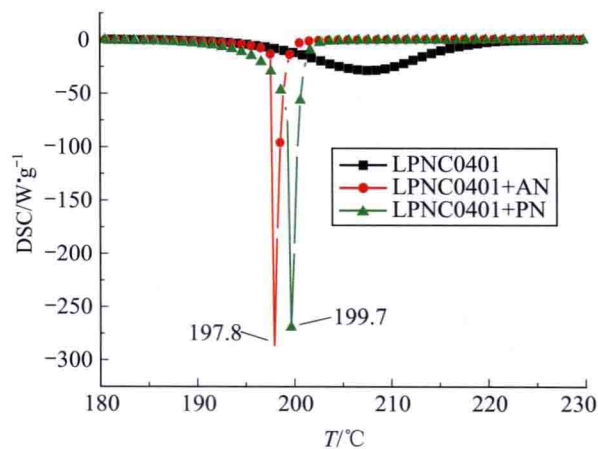


图 6-17 密实型双基球扁药的 DSC 曲线

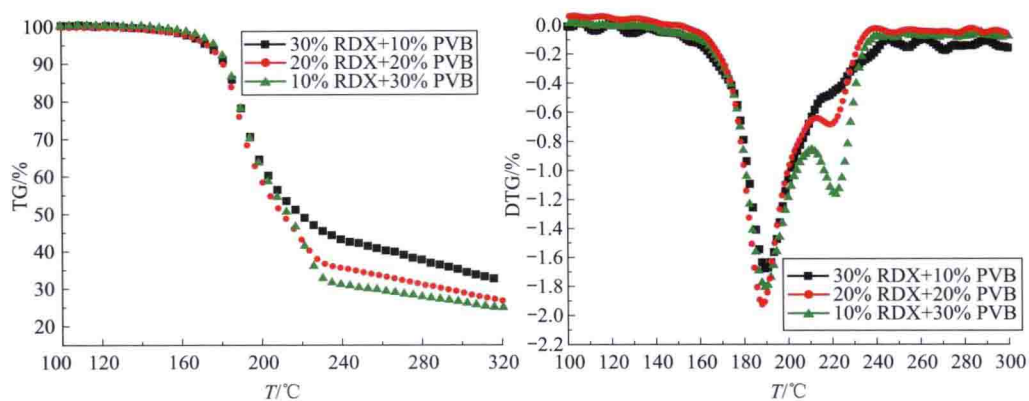


(a) 常压测试曲线



(b) 高压测试曲线

图 6-19 在不同压力下测试的单基微孔球形药及添加氧化剂的 DSC 曲线



(a) TG 曲线

(b) DTG 曲线

图 6-22 含 RDX 及 PVB 的复合球形药的热分析曲线

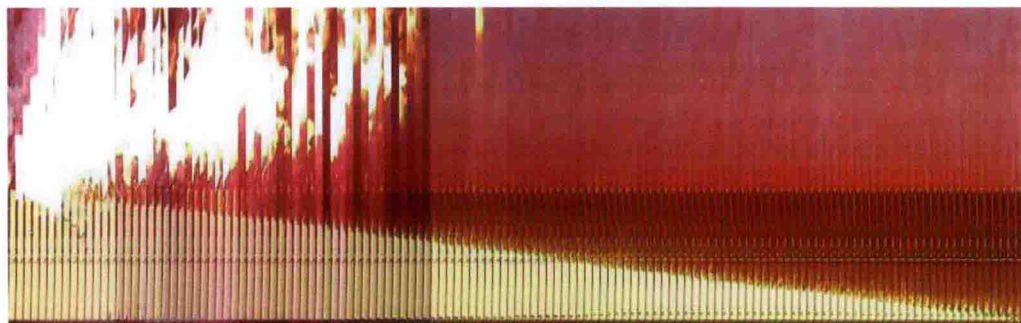


图 6-26 采用透明玻璃管测试微孔球形药的传火现象录像分解图

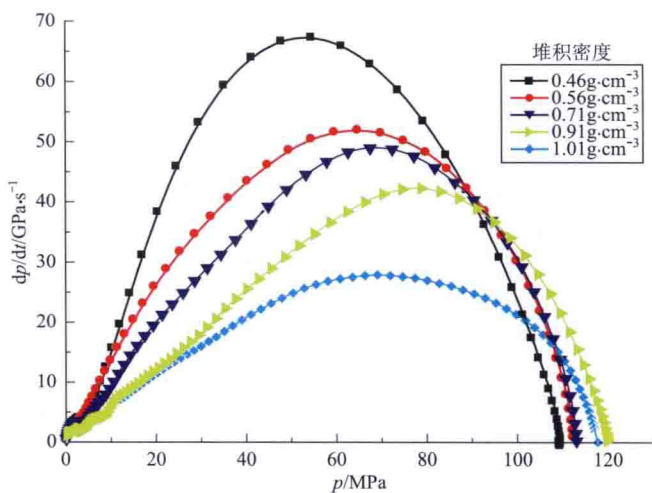


图 6-37 不同堆积密度双基微孔球形药的 $dp/dt-p$ 曲线

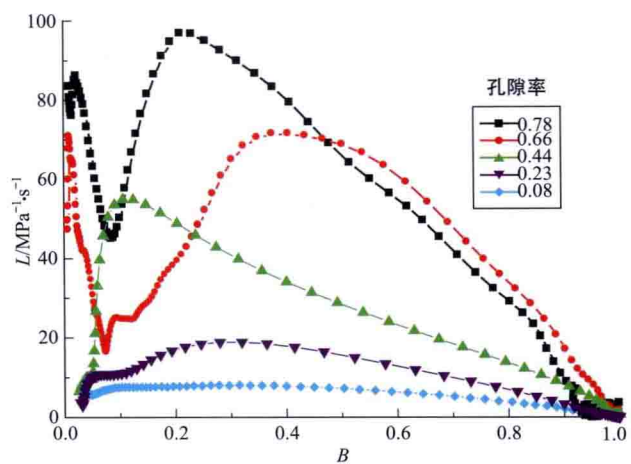


图 6-38 不同堆积密度单基微孔球形药的动态活度曲线

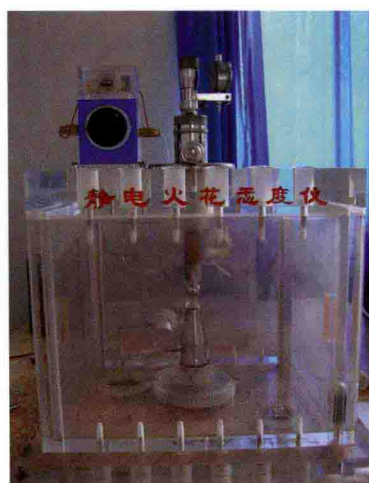


图 6-44 静电火花敏感度测试仪器



图 6-45 静电火花敏感度测试放电瞬间

前言

F O R E W O R D

含能材料是军事、航天、民用爆破等领域不可或缺的一类特殊材料。除了含能材料的化学成分，其结构和形态也是影响应用效果的重要因素。含能材料的球形化技术最早是为实现材料造粒和密实化而开发的，经过几十年的发展该技术已在身管武器发射药、推进剂以及部分民用领域得到应用，部分含能单体化合物的球形化技术成为含能材料领域的研究热点。

含能高分子材料是含能材料的重要组成部分，该类材料经过球形化处理后主要改变了材料的物理形态，对其化学特性和能量特性没有影响，但会对其燃烧性能产生非常大的影响。典型的球形含能高分子材料（简称为球形药）主要包括单基球形药、双基球形（扁）药以及复合球形药。近年来，球形药技术得到了国内外有关学者的高度重视，并取得了一些新的进展，发展了微孔球形药及分层结构球形药等具有新型结构和特殊燃烧性能的品种，球形药的应用领域也进一步拓展。含能高分子材料的球形化技术主要涉及颗粒形貌、颗粒密度和内部结构的控制。本书对含能高分子材料的球形化技术进行系统介绍，并结合作者多年来的研究成果，介绍该类材料的成型技术路线、工艺方法、结构与性能之间的关系及其在新技术领域的应用情况，反映了国内外在含能高分子材料球形化技术领域的新进展。本书旨在丰富含能材料的成型和结构控制技术，促进球形药技术在推进剂、发射药、炸药、烟花爆竹以及其他领域的应用。

全书共分为6章，第1章绪论主要介绍球形药的分类、成分、用途以及球形药技术的历史、现状和发展趋势。第2章含能高分子材料球形化理论基础，包括界面化学的基本理论和概念、高分子材料球形化的典型工艺路线和工艺原理。第3章典型含能高分子材料的球形化工艺，主要介绍了流程、通用的工艺条件、设备以及主要工艺参数对成型质量的影响规律。第4章不同类型球形药的成型工艺，详细介绍了单基球形药、双基球形药及球扁药、复合球形药这三类典型球形药的成型工艺的各自特点、工艺条件以及工艺条件对成球质量的影响规律。第5章特殊结构的球形药成型技术，介绍了微孔结构球形药以及分层结构微孔球形药的成型原理、工艺条件、结构与性能之间

的关系、微孔球形药的应用情况。第6章球形药的性能，主要介绍其物理性能、热分解性能、燃烧性能、安全特性等。

在书稿起草和修订过程中，黄振亚研究员提出了不少建设性的意见，并提供了大量有价值的参考资料。郑文芳博士参与了第1章和第3章有关内容的起草，殷继刚硕士和寇波硕士参与了第5章有关内容的起草，张杰参与了第2章有关内容的起草，王萍和杜震参与了第4章和第6章的起草和修订。

本书是在著作者及其团队研究成果的基础上撰写的，是著作者多年研究成果的积累，同时也引用并参考了国内外同行新的研究成果，部分成果经过了系统的归纳和总结。

本书涉及高分子材料、含能材料、界面化学等多学科的内容，国内外还没有相关的专著出版。作者撰写过程中考虑到将理论成果与实际应用相结合，其中部分成果已申报发明专利。本书可供从事含能材料行业科研、生产以及教学的科技人员参考。

由于著作者水平有限，书中的一些内容还在研究和发展之中，难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

蔺向阳
2013年10月