

# 中国新材料 产业发展报告

 2006

—— 航空航天材料

专辑

国家发展和改革委员会高技术产业司 编写  
中国材料研究学会



化学工业出版社

### 图书在版编目 (CIP) 数据

中国新材料产业发展报告 (2006)——航空航天材料专辑/国家发展和改革委员会  
高技术产业司, 中国材料研究学会编写. —北京: 化学工业出版社, 2006. 12

ISBN 978-7-5025-9800-6

I. 中… II. ①国…②中… III. ①工程材料-研究报告-中国②航空材料-研究报告-  
中国③航天材料-研究报告-中国 IV. ①TB3②V25

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 161387 号

---

责任编辑: 陈志良 丁尚林

责任校对: 凌亚男

装帧设计: 于 兵

---

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: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 298 千字 2007 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

---

# 中国新材料产业 发展报告

徐匡迪

---

《中国新材料产业发展报告》(2006)  
编辑委员会

顾 问 师昌绪

主 任 委 员 张晓强

副主任委员 许 勤 周 廉 綦成元 韩雅芳

委 员 (按姓氏笔画排序)

王克光 王洪涛 邓 炬 白京羽

冯 涤 任志武 江 川 李宏运

肖 晶 陆 辛 苗治民 钟 掘

宫声凯 翁 端 蒋成保 潘复生

# 序

材料是人类文明的重要基石，新材料是充分利用现代科学技术，支撑当今世界先进制造业、高技术产业和现代社会活动的重要物质基础，广泛影响人类的生活和生产质量。改革开放以来，我国高度重视新材料的研究、开发、产业化和产业的发展，特别是近 10 年来，国家支持建设了包括国家重点实验室、国家工程研究中心、重大科学工程以及高技术产业化示范工程等在内一大批促进新材料发展的重大项目，带动了大量社会资金投入新材料产业，使我国在信息材料、能源材料、航空航天材料、生物材料等领域取得了多项突破，产业化规模和应用水平不断提高，具有自主创新能力的材料产业体系正在形成和不断壮大。新材料产业的快速发展为提长我国材料产业的竞争力和高技术产业的发展提供了强有力的支撑。

《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出，要按照产业集聚、规模发展和扩大国际合作的要求，加快促进高技术产业从加工装配为主向自主研发制造延伸，推进自主创新成果产业化，引导形成一批具有核心竞争力的先导产业、一批集聚效果突出的产业基地、一批跨国高技术企业和一批具有自主知识产权的知名品牌。新材料产业发展要围绕信息、生物、航空航天、重大装备、新能源、节能环保等产业发展的需求，重点发展特种功能材料、高性能结构材料、纳米材料、复合材料、环保节能材料等产业群，建立和完善以企业为主体、市场导向、产学研相结合的新材料技术创新体系等。为此，国家发展改革委将与有关部门一道，将新材料产业的发展作为高技术产业发展的重要领域，继续重点支持新材料创新体系的建设，优先支持新材料重大技术的开发和产业化，促使我国新材料产业的又好又快发展，为国民经济其他行业发展服务。

《中国新材料产业发展报告》是国家发展改革委高技术产业司、中国材料研究学会编著的年度系列报告的第三部。《中国新材料产业发展报告（2006）》重点对高温合金、轻金属材料（钛、铝、镁）、复合材料、先进涂层材料、以及智能材料等部分相关新材料的产业现状、发展趋势、存在问题进行了综合评述，提出了促进新材料产业发展的政策措施建议，希望本报告对有关部门、地方、企事业单位和相关投资决策、科研人员等提供有益的参考。

国家发展和改革委员会副主任 张晓强

二〇〇六年十二月

# 序 言

我国传统材料，如钢铁、有色金属及建筑材料等的产量均居世界前列，在品种、质量与单位能耗等方面与工业先进国家的差距也日益缩小，逐步从材料大国向材料强国的方向迈进。

随着信息、能源、生物、海洋与空间等高技术的飞速发展，对新型材料的需求更为迫切，各国对此莫不给予足够的重视，从而新材料的研究与开发成为当前的热点，新材料的品种不断涌现，并孕育着重大突破；特别是航空航天事业，对新材料的依赖性更为明显，而且对新材料的要求越来越高，除了高比强、高比刚、耐高温、抗辐射、耐腐蚀等性能以外，还向着多功能、极端化、集成化等方向发展。唯其如此，国家发展和改革委员会高技术产业司与中国材料研究学会共同编著了2004年和2005年《中国新材料产业发展报告》之后，决定今后陆续按领域编写所需新材料专辑，航空航天用新材料便定为2006年所编写的第一本专辑。

我国航空航天事业的发展始于建国初期，在自力更生思想的指导下，聂荣臻元帅一开始就对新材料的研发与生产给予了足够的重视，为建成门类比较齐全、专业比较配套、具有相当规模和技术基础的高科技产业体系做出了巨大贡献！尽管如此，与发达国家相比尚有一定差距，特别在航空材料方面，由于早期主要以引进机种为主，航空材料基本沿用国外材料体系，只是近年来，在自主创新思想指引下，新型机种不断出台，对新材料的研发也提出了新要求，从而促进了我国新材料的发展，目前在新材料整体方面与先进国际水平还存在一定差距，但在个别方面却领先世界，如金属间化合物的研究与应用。我国应用基础薄弱，品种规格不全，不能完全满足航空航天高速发展的要求，更为突出的是新材料在工程化方面没有受到足够的重视，所以材料的生产批量小、性能不够稳定，严重地影响了新材料的推广与应用，所以本辑除了对航空航天各类新材料进行了综述以外，还对与企业密切相关的专项进行了报道，希望通过他们的报道进一步推进新材料的工程化，使我国新材料真正为我国航空航天事业的发展发挥应有的作用。

本书的出版希望能为我国“十一五”规划的落实，为有关部门制定政策，加强我国自主创新能力的建设，为企业向创新驱动型转变，为打破封锁，避免受制于人，促进我国航空航天用新材料的健康发展起到应有的作用。

中国材料研究学会名誉理事长  
中国科学院、中国工程院院士

师昌绪

二〇〇六年十二月

# 前 言

材料作为国民经济的基础产业，近 20 年来发展极为迅速，在我国全面建设小康社会、大力发展高技术、提升国家综合实力、加速四个现代化发展进程中起着至关重要的作用。为客观及时地反映国内外新材料的现状和发展趋势，尤其是我国新材料产业的进展情况，为政府部门、科技人员和企业界等提供科学的决策依据，国家发展和改革委员会高技术产业司与中国材料研究学会，决定自 2004 年起合作编写《中国新材料产业发展报告》。该书已于 2004 年、2005 年编辑出版了第一集和第二集，得到了社会各界的普遍认可和好评。

2006 年是我国“十一五”计划的开局之年。为落实《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》关于发展新材料产业的精神，本书编委会决定，今后几年陆续编写航空航天材料、光电信息材料、生物医用材料、新能源材料、环境材料、重大装备用新材料（名称为暂定）等专辑。今年编著的是《中国新材料产业发展报告（2006）——航空航天材料专辑》。

航空航天材料是研制现代航空航天产品的物质基础，是决定产品性能和使用寿命的关键技术，是推动航空航天产品更新换代的先导和驱动力，因此成为世界各国相互封锁、相互竞争、相互制约的高技术热点。

鉴于航空航天领域的特殊性，本报告选取了高温合金、轻金属材料（钛、铝、镁）、复合材料、先进涂层材料以及智能材料等部分相关的新材料，评述了其国内外产业现状和发展趋势，对我国发展航空航天材料产业的方向和对策给予了建议；还专门介绍了国家发展和改革委员会组织的高技术产业化专项在航空航天用新材料产业方面的实施进展等情况。

希望本书能为配合“十一五”规划的落实，为有关部门制定政策，加强我国自主创新能力的建设，为企业向创新驱动型转变，为打破封锁，避免受制于人，促进我国航空航天材料的突破和发展提供有益的参考。

在本书编辑过程中，由于时间仓促，难免存在不足之处，敬请读者及时指正。

我们谨代表本书编委会，对热中国材料事业、为本书撰写报告的所有专家和企业界，以及对本书的编辑、出版付出辛勤劳动的工作人员一并表示衷心的感谢！

《中国新材料产业发展报告》（2006）编辑委员会

二〇〇六年十二月



# 宝钛集团有限公司

宝钛集团有限公司（简称宝钛集团）是我国最大的以钛及钛合金为主的专业化稀有金属材料生产、研发基地，其技术装备水平和钛材产量及国内市场占有率均位居全国第一，被誉为“中国钛城”。

宝钛集团拥有包括上市公司宝钛股份在内的9个控股公司及5个全资子公司和7个直接经营单位，共有员工7000多人。企业拥有先进的技术装备和一大批优秀的稀有金属专家，各类专业技术人员占员工总数的30%，技术力量十分雄厚，形成了钛镍加工材、精密铸造、棒丝材、钨钼材料、装备设计制造、金属复合材、锆材、铝钢材、深加工产品等十大生产系统，主要产品包括钛、钨、钼、钽、铌、钎、锆、镍、钢等金属及其合金的板、管、棒、带、丝、箔、环、锻件、铸件、粉末冶金制品、复合材及深加工产品，先后为国家国防军工、尖端科技承担了6000多项新材料的试制生产任务，取得科研成果485项，产品被广泛应用于航空、航天、舰船、石油、化工、冶金、电力、制药、海洋工程、兵器及体育、旅游等各个领域。我国第一颗氢弹的爆炸成功，第一艘核潜艇的胜利下水，第一颗软着陆卫星顺利返回地面，首次向太平洋海域成功发射运载火箭，成功发射神舟系列宇宙飞船，都使用了宝钛集团提供的关键性稀有金属材料。

宝钛集团拥有世界一流检测装备的大型材料检测中心，并具有系统的科研开发体系和完善的质量控制、质量保证体系，先后通过了ISO9001、GJB9100A、AS9100等标准质量管理体系认证和法国宇航公司、美国波音公司、英国罗一罗公司等国外大公司对企业质量体系、工艺技术及部分产品的认证，所有产品均采用国际先进水平的技术标准。“宝钛牌”钛及钛合金加工材不仅是中国的名牌产品，在国际市场上也享有良好的声誉，已成为“中国钛”的代名词。

宝钛集团愿与社会各界朋友携手合作，共创美好未来！

主要产品：钛锭和钛材



宝钛集团生产的10吨钛铸锭



三米三热轧机正在加工钛板材



具有世界先进水平的2500吨快锻机正在加工钛材



SXP-13精锻机在加工钛棒材



宝钛集团生产的各种钛加工材

主要设备



具有世界一流水平的2400kW EB炉



10吨真空自耗电弧炉



钛焊管生产线



具有世界一流水平的检测设备



宝钛集团生产的钛及钛合金加工材  
荣获中国名牌产品称号



宝钛集团生产的钛及钛合金加工材  
荣获国家免检产品称号



宝钛集团被评为全国守合同重信用企业



宝钛集团为中国首次载人航天飞行作出了贡献

# 目 录

## 第1篇 综 述 篇

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| <b>第1章 航空航天用铝合金的研究及发展方向</b>    | 2  |
| 1.1 引言                         | 2  |
| 1.2 国外高强高韧铝合金的发展历程             | 2  |
| 1.2.1 2000 系铝合金                | 2  |
| 1.2.2 7000 系铝合金                | 3  |
| 1.3 高强高韧铝合金材料的主要特点和应用情况        | 7  |
| 1.4 我国高强高韧铝合金材料研制现状            | 7  |
| 1.4.1 基本情况                     | 7  |
| 1.4.2 差距                       | 8  |
| 1.5 高强高韧铝合金的强韧化发展方向            | 9  |
| 1.6 结语                         | 12 |
| 作者简介                           | 12 |
| <b>第2章 钛及钛合金</b>               | 14 |
| 2.1 概述                         | 14 |
| 2.2 中国钛产业的快速增长                 | 15 |
| 2.3 中国钛消费量的快速增长                | 17 |
| 2.4 中国钛材市场与产品品种的结构             | 19 |
| 2.5 促进中国钛产业发展的多重因素             | 19 |
| 2.6 钛领域内的科技进步                  | 20 |
| 2.6.1 钛合金研究进展                  | 20 |
| 2.6.2 生产技术进步                   | 21 |
| 2.7 中国钛产业的未来                   | 22 |
| 2.8 问题与建议                      | 22 |
| 作者简介                           | 23 |
| <b>第3章 先进复合材料</b>              | 24 |
| 3.1 概述                         | 24 |
| 3.2 碳纤维增强树脂基复合材料               | 24 |
| 3.2.1 碳纤维的发展概况                 | 24 |
| 3.2.2 碳纤维增强树脂基复合材料的应用现状与产业发展趋势 | 26 |
| 3.3 先进复合材料低成本技术                | 29 |
| 3.3.1 先进复合材料低成本技术概况            | 29 |
| 3.3.2 原材料低成本技术应用现状与产业发展趋势      | 30 |

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| 3.3.3 低成本制造技术应用现状与产业发展趋势 .....               | 32        |
| 参考文献 .....                                   | 35        |
| 作者简介 .....                                   | 36        |
| <b>第4章 高温合金及其相关材料的研究开发与产业发展趋势 .....</b>      | <b>37</b> |
| 4.1 概述 .....                                 | 37        |
| 4.2 我国高温合金的研制、应用和生产情况 .....                  | 38        |
| 4.2.1 高温合金的研制情况 .....                        | 39        |
| 4.2.2 高温合金的生产情况 .....                        | 40        |
| 4.2.3 高温合金的工程应用 .....                        | 41        |
| 4.3 存在问题与建议 .....                            | 46        |
| 4.3.1 存在问题 .....                             | 46        |
| 4.3.2 建议 .....                               | 47        |
| 作者简介 .....                                   | 49        |
| <b>第5章 镁及镁合金 .....</b>                       | <b>51</b> |
| 5.1 镁产业发展现状 .....                            | 51        |
| 5.1.1 原镁产业现状 .....                           | 51        |
| 5.1.2 镁产业结构转变 .....                          | 54        |
| 5.2 镁产品应用新进展 .....                           | 55        |
| 5.2.1 镁合金在汽车上的应用 .....                       | 56        |
| 5.2.2 镁合金在摩托车上的应用 .....                      | 59        |
| 5.2.3 镁合金在3C产品上的应用 .....                     | 60        |
| 5.2.4 镁合金在其他产品上的应用 .....                     | 61        |
| 5.3 镁合金的技术进展 .....                           | 62        |
| 5.3.1 铸造镁合金的技术进展 .....                       | 62        |
| 5.3.2 变形镁合金的技术进展 .....                       | 63        |
| 5.4 镁合金产品及其生产技术开发平台建设 .....                  | 65        |
| 5.5 存在的问题及建议 .....                           | 66        |
| 5.5.1 政策问题 .....                             | 66        |
| 5.5.2 技术问题 .....                             | 66        |
| 5.5.3 观念和体制问题 .....                          | 67        |
| 5.5.4 对策和建议 .....                            | 68        |
| 附件：2004年镁国际会议、2004年镁高层论坛和2006年镁国际会议大事记 ..... | 69        |
| 1. 2004年北京国际镁会议和重庆镁产业国际高层论坛 .....            | 69        |
| 2. 2004年中国镁业发展高层论坛 .....                     | 69        |
| 3. 2006年北京第二届国际镁会议和重庆镁产业国际高层论坛 .....         | 70        |
| 致谢 .....                                     | 71        |
| 参考文献 .....                                   | 71        |
| 作者简介 .....                                   | 73        |
| <b>第6章 航空发动机用先进涂层材料及工艺 .....</b>             | <b>75</b> |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 6.1 概述 .....                 | 75         |
| 6.2 国内外发展现状与趋势 .....         | 75         |
| 6.2.1 扩散渗或包覆型金属涂层 .....      | 75         |
| 6.2.2 热障涂层 .....             | 76         |
| 6.2.3 环境防护涂层 .....           | 78         |
| 6.3 我国该领域的产业化进展 .....        | 79         |
| 6.3.1 扩散渗或包覆型金属涂层 .....      | 79         |
| 6.3.2 热障涂层 .....             | 80         |
| 6.4 前景展望 .....               | 81         |
| 6.5 问题、对策与建议 .....           | 81         |
| 参考文献 .....                   | 82         |
| <b>第7章 智能材料</b> .....        | <b>83</b>  |
| 7.1 概述 .....                 | 83         |
| 7.2 国内外发展现状与趋势 .....         | 84         |
| 7.2.1 形状记忆合金 .....           | 84         |
| 7.2.2 磁致伸缩合金 .....           | 86         |
| 7.2.3 压电材料 .....             | 89         |
| 7.2.4 电/磁流变材料 .....          | 91         |
| 7.3 我国该领域的产业化进展 .....        | 95         |
| 7.3.1 形状记忆合金 .....           | 95         |
| 7.3.2 磁致伸缩材料 .....           | 95         |
| 7.3.3 压电材料 .....             | 96         |
| 7.3.4 电磁流变液材料 .....          | 96         |
| 7.4 前景展望 .....               | 96         |
| 7.4.1 形状记忆合金 .....           | 96         |
| 7.4.2 磁致伸缩材料 .....           | 97         |
| 7.4.3 压电材料 .....             | 97         |
| 7.4.4 电磁流变液材料 .....          | 97         |
| 7.5 问题、对策与建议 .....           | 98         |
| 7.5.1 形状记忆合金 .....           | 98         |
| 7.5.2 磁致伸缩 .....             | 98         |
| 7.5.3 压电材料 .....             | 99         |
| 7.5.4 电磁流变液材料 .....          | 99         |
| 致谢 .....                     | 99         |
| 参考文献 .....                   | 100        |
| 作者简介 .....                   | 101        |
| <b>第8章 碳纤维的供应及需求形势</b> ..... | <b>102</b> |
| 8.1 前言 .....                 | 102        |
| 8.2 碳纤维需求急增 .....            | 102        |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 8.2.1 运输机碳纤维复合材料用量急增 ..... | 102 |
| 8.2.2 深海油田碳纤维使用量潜力巨大 ..... | 103 |
| 8.2.3 碳纤维在风能领域应用受到青睐 ..... | 105 |
| 8.3 扩产热潮 .....             | 107 |
| 8.4 供需状况趋于缓和 .....         | 109 |
| 8.5 认真应对碳纤维紧张局面 .....      | 111 |
| 参考文献 .....                 | 112 |
| 作者简介 .....                 | 112 |

## 第2篇 产业篇

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| <b>第9章 航空航天用铝合金产业发展状况 .....</b>     | <b>116</b> |
| 9.1 引言 .....                        | 116        |
| 9.2 东轻公司某新型战机用铝合金国产化研制情况 .....      | 116        |
| 9.2.1 概述 .....                      | 116        |
| 9.2.2 创新点 .....                     | 118        |
| 9.3 东轻公司某新型战机条件保障建设项目简介（主要设备） ..... | 120        |
| 9.3.1 辊底式淬火炉 .....                  | 120        |
| 9.3.2 25吨炉熔铸生产线 .....               | 122        |
| 9.4 东轻公司超大规格特种铝合金板带材项目进展 .....      | 122        |
| 9.4.1 项目的背景、概况和意义 .....             | 122        |
| 9.4.2 项目和企业行业中的地位 .....             | 123        |
| 9.4.3 项目对产业发展的作用与影响 .....           | 124        |
| 9.4.4 项目成果来源及知识产权情况 .....           | 125        |
| 9.4.5 产品技术路线、工艺特点及产品优势 .....        | 125        |
| 9.4.6 项目市场分析及产业化前景 .....            | 126        |
| 9.4.7 项目经济效益分析 .....                | 132        |
| 9.4.8 项目社会效益 .....                  | 132        |
| 9.5 西南铝业公司铝材加工发展状况 .....            | 133        |
| 9.5.1 “1+4”热连轧线 .....               | 134        |
| 9.5.2 5m轧环机 .....                   | 134        |
| 9.5.3 新型熔铸设备 .....                  | 134        |
| 9.5.4 预拉伸板生产线改造 .....               | 135        |
| 9.5.5 冷连轧生产线项目 .....                | 135        |
| 作者简介 .....                          | 136        |
| <b>第10章 钛合金板材产业发展状况 .....</b>       | <b>137</b> |
| 10.1 钛合金板材产业的国内外现状 .....            | 137        |
| 10.1.1 概述 .....                     | 137        |
| 10.1.2 国外产业发展现状 .....               | 137        |
| 10.1.3 我国该领域近几年的产业发展现状 .....        | 139        |

|               |                                   |            |
|---------------|-----------------------------------|------------|
| 10.2          | 钛合金板材产业及技术发展趋势分析 .....            | 140        |
| 10.3          | 宝钛集团有限公司高性能钛及钛合金板材专项进展总结 .....    | 141        |
| 10.3.1        | 项目背景、概况和意义 .....                  | 141        |
| 10.3.2        | 项目和企业 in 行业中的地位 .....             | 142        |
| 10.3.3        | 项目对产业发展的作用与影响 .....               | 142        |
| 10.3.4        | 产业关联度分析及该项目和企业 in 产业链中的作用地位 ..... | 143        |
| 10.3.5        | 项目市场分析及产业化前景 .....                | 145        |
| 10.3.6        | 项目的成果来源及知识产权情况 .....              | 146        |
| 10.3.7        | 产品技术路线、工艺特点及产品优势 .....            | 147        |
| 10.3.8        | 项目重大关键技术的突破对行业技术进步的重要意义和作用 .....  | 148        |
| 10.3.9        | 项目经济效益分析 .....                    | 148        |
| 10.3.10       | 项目社会效益分析 .....                    | 149        |
| 10.3.11       | 项目存在的问题和解决措施 .....                | 149        |
| 10.3.12       | 前景展望 .....                        | 149        |
|               | 作者简介 .....                        | 149        |
| <b>第 11 章</b> | <b>碳纤维产业发展状况 .....</b>            | <b>151</b> |
| 11.1          | 碳纤维产业的国内外现状 .....                 | 151        |
| 11.1.1        | 概述 .....                          | 151        |
| 11.1.2        | 国外产业发展现状 .....                    | 151        |
| 11.1.3        | 我国该领域近几年的产业发展现状 .....             | 154        |
| 11.2          | 碳纤维产业及技术发展趋势分析 .....              | 154        |
| 11.3          | 威海拓展公司 CCF-1 级千吨级碳纤维专项进展总结 .....  | 155        |
| 11.3.1        | 项目背景、概况和意义 .....                  | 155        |
| 11.3.2        | 该项目和企业 in 行业中的地位 .....            | 155        |
| 11.3.3        | 该项目对产业发展的作用与影响 .....              | 156        |
| 11.3.4        | 产业关联度分析及该项目和企业 in 产业链中的地位 .....   | 156        |
| 11.3.5        | 该项目市场分析及产业化前景 .....               | 157        |
| 11.3.6        | 该项目的成果来源及知识产权情况 .....             | 157        |
| 11.3.7        | 产品技术路线、工艺特点及产品优势 .....            | 157        |
| 11.3.8        | 项目重大关键技术的突破对行业技术进步的重要意义 .....     | 158        |
| 11.3.9        | 项目经济效益分析 .....                    | 158        |
| 11.3.10       | 项目社会效益分析 .....                    | 158        |
| 11.3.11       | 项目存在的问题和解决措施 .....                | 159        |
| 11.3.12       | 前景展望 .....                        | 159        |
|               | 参考文献 .....                        | 160        |
|               | 作者简介 .....                        | 160        |
| <b>第 12 章</b> | <b>粉末高温合金产业发展状况 .....</b>         | <b>161</b> |
| 12.1          | 粉末高温合金产业的国内外现状 .....              | 161        |
| 12.1.1        | 概述 .....                          | 161        |

|               |                                  |            |
|---------------|----------------------------------|------------|
| 12.1.2        | 国外产业发展现状 .....                   | 161        |
| 12.1.3        | 我国该领域近几年的产业发展现状 .....            | 162        |
| 12.2          | 粉末高温合金产业及技术发展趋势分析 .....          | 164        |
| 12.3          | 钢铁研究总院粉末高温合金材料及制品专项进展总结 .....    | 165        |
| 12.3.1        | 项目背景、概况和意义 .....                 | 165        |
| 12.3.2        | 项目和企业行业中的地位 .....                | 166        |
| 12.3.3        | 项目对产业发展的作用与影响 .....              | 166        |
| 12.3.4        | 产业关联度分析及项目和企业产业链中的地位 .....       | 167        |
| 12.3.5        | 项目市场分析及产业化前景 .....               | 167        |
| 12.3.6        | 项目的成果来源及知识产权情况 .....             | 169        |
| 12.3.7        | 产品技术路线、工艺特点及产品优势 .....           | 169        |
| 12.3.8        | 项目重大关键技术的突破对行业技术进步的重要意义和作用 ..... | 169        |
| 12.3.9        | 项目经济效益分析 .....                   | 170        |
| 12.3.10       | 项目社会效益分析 .....                   | 170        |
| 12.3.11       | 项目存在的问题和解决措施 .....               | 170        |
| 12.3.12       | 前景展望 .....                       | 170        |
|               | 作者简介 .....                       | 171        |
| <b>第 13 章</b> | <b>重庆镁产业发展前景 .....</b>           | <b>172</b> |
| 13.1          | 概述 .....                         | 172        |
| 13.2          | 重庆镁产业发展前景 .....                  | 172        |
| 13.3          | 重庆镁业公司镁合金专项进展总结 .....            | 174        |
| 13.3.1        | 项目背景和概况 .....                    | 174        |
| 13.3.2        | 项目和企业行业中的地位 .....                | 175        |
| 13.3.3        | 项目对产业发展的作用、影响和意义 .....           | 175        |
| 13.3.4        | 产业关联度分析及本项目和企业产业链中的地位 .....      | 175        |
| 13.3.5        | 项目市场分析及产业化前景 .....               | 176        |
| 13.3.6        | 项目的成果来源及知识产权情况 .....             | 176        |
| 13.3.7        | 生产工艺特点、生产工艺流程及产品优势 .....         | 176        |
| 13.3.8        | 项目重大关键技术的突破对行业技术进步的重要意义和作用 ..... | 178        |
| 13.3.9        | 项目经济效益分析 .....                   | 179        |
| 13.3.10       | 项目社会效益分析 .....                   | 179        |
| 13.3.11       | 项目存在的问题和解决措施 .....               | 179        |
| 13.3.12       | 前景展望 .....                       | 179        |
| <b>第 14 章</b> | <b>钽铌高技术新产品产业发展状况 .....</b>      | <b>181</b> |
| 14.1          | 钽铌高技术产业的国内外现状 .....              | 181        |
| 14.1.1        | 钽铌高技术新产品概述 .....                 | 181        |
| 14.1.2        | 国外钽铌高技术新产品产业发展状况 .....           | 181        |
| 14.1.3        | 我国钽铌产业近年发展现状 .....               | 184        |
| 14.2          | 钽铌高技术产业及技术发展趋势分析 .....           | 185        |