



学科发展战略研究报告

(2006年~2010年)

冶金与材料制备工程科学

国家自然科学基金委员会
工程与材料科学部



科学出版社
www.sciencep.com

学科发展战略研究报告

冶金与材料制备工程科学

国家自然科学基金委员会工程与材料科学部

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是《学科发展战略研究报告》之一。这套调研报告是国家自然科学基金委员会邀请有关科学家、情报专家、科技管理专家组成的多个学科发展战略研究组的研究成果。这些成果具有较高的科学性、权威性和可行性,对发展我国科技事业有重要指导意义。

本书从战略高度论述了冶金与材料制备工程科学在社会发展和国民经济建设中的战略地位和作用;对矿物工程、冶金物理化学、冶金反应工程、钢铁冶金工程、有色冶金工程、粉末冶金、冶金新工艺新方法、冶金过程工程、材料制备与加工、冶金耐火材料、冶金节能及冶金环境工程 12 个主要分支学科的形成、国内外发展现状和发展趋势进行了深入的分析;指出了我国冶金与材料制备工程学科发展战略的基本思想、方向和目标;确定了近中期重点发展领域和优先支持的课题,并提出了实现战略目标的基本对策、措施和建议。

本书可供冶金与材料制备工程学科及其有关学科的科技领导干部、科技管理人员和科技工作者参考,亦可供大专院校有关专业的师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

冶金与材料制备工程科学/国家自然科学基金委员会工程与材料科学部. —北京:科学出版社, 2006

(学科发展战略研究报告)

ISBN 7-03-017318-X

I. 冶… II. 国… III. ①冶金工业—发展战略—研究报告—中国 ②材料科学—发展战略—研究报告—中国 IV. ①TF ②TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 054155 号

责任编辑: 耿建业 田士勇 王日臣/责任校对: 李奕莹

责任印制: 安春生/封面设计: 王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 8 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2006 年 8 月第一次印刷 印张: 20 1/4

印数: 1—3 000 字数: 392 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

国家自然科学基金委员会工程与材料科学部 学科发展战略研究报告组织委员会

主 任：周孝信

副主任：黎 明 高瑞平

委 员：车成卫 陈克新 苗鸿雁 马 劲 朱旺喜

雷源忠 王国彪 刘 涛 纪 军 黄斐梨

茹继平 李大鹏 李万红 张亚南 王之中

编 辑：田士勇

冶金与材料制备工程科学发展战略顾问组

(以姓氏拼音字母为序)

何鸣鸿	研究员	国家自然科学基金委员会
胡壮麒	中国工程院院士	中国科学院金属研究所
李正邦	中国工程院院士	钢铁研究总院
邱定蕃	中国工程院院士	北京矿冶研究总院
王德民	中国工程院院士	大庆石油学院
谢和平	中国工程院院士	四川大学

冶金与材料制备工程科学发展战略研究组

组 长 谢建新 教 授 北京科技大学
副组长 朱旺喜 研究员 国家自然科学基金委员会
成 员 (以姓氏拼音字母为序)

白晨光	教 授	重庆大学
蔡九菊	教 授	东北大学
苍大强	教 授	北京科技大学
陈康华	教 授	中南大学
储少军	教 授	北京科技大学
冯吉才	教 授	哈尔滨工业大学
郭占成	研究员	中国科学院过程工程研究所
胡岳华	教 授	中南大学
华一新	教 授	昆明理工大学
姜周华	教 授	东北大学
介万奇	教 授	西北工业大学
康永林	教 授	北京科技大学
李 楠	教 授	武汉科技大学
李士琦	教 授	北京科技大学
李晓谦	教 授	中南大学
柳建设	教 授	中南大学
曲选辉	教 授	北京科技大学
任忠鸣	教 授	上海大学
沈峰满	教 授	东北大学
唐谟堂	教 授	中南大学

王华明	教 授	北京航空航天大学
王新华	教 授	北京科技大学
谢水生	教 授	北京有色金属研究总院
袁方利	研究员	中国科学院过程工程研究所
翟玉春	教 授	东北大学
张春霞	教 授	钢铁研究总院
张廷安	教 授	东北大学
赵中伟	教 授	中南大学
周子民	教 授	中南大学
朱鸿民	教 授	北京科技大学
朱苗勇	教 授	东北大学

冶金与材料制备工程科学发展战略评审组

(以姓氏拼音字母为序)

毕学工	教 授	武汉科技大学
蔡开科	教 授	北京科技大学
陈 景	院 士	云南大学
董元簠	教 授	安徽工业大学
杜嗣琛	教 授	瑞典皇家工学院
何 平	教 授	钢铁研究总院
胡壮麒	院 士	中国科学院金属研究所
蒋开喜	教 授	矿冶研究总院
柯家骏	研究员	中国科学院过程工程研究所
李文超	教 授	北京科技大学
李正邦	院 士	钢铁研究总院
刘 林	教 授	西北工业大学
马少健	教 授	广西大学
邱定蕃	院 士	北京矿冶研究总院
薛向欣	教 授	东北大学
张传福	教 授	中南大学
周渝生	教 授	上海宝钢研究院

冶金与材料制备工程科学发展战略秘书组

李文超 谢建新 朱旺喜

序

未来十五年是我国科技事业发展的重要战略机遇期。胡锦涛同志在全国科学技术大会上指出，我们必须围绕建设创新型国家的奋斗目标，进一步深化科技改革，大力推进科技进步和创新，大力提高自主创新能力，推动我国经济社会发展切实转入科学发展的轨道。

把科技创新作为国家战略，走创新型发展道路，就是要实现经济增长方式从要素驱动型向创新驱动型的根本转变，使得科技创新成为我国经济社会发展的内在动力和全社会的普遍行为，最终依靠制度创新和科技创新实现经济社会持续协调发展。当代科学技术的发展趋势、世界主要发达国家的战略选择以及我国的基本国情，决定了我国不可能选择资源型发展模式或技术依附型的发展模式，必须提高自主创新能力，走建设创新型国家的发展道路。提高自主创新能力，最关键的还是原始创新，而加强基础研究是提高自主创新能力的措施之一。“十一五”期间，国家自然科学基金应结合国家发展的战略目标和社会发展与经济进步的重大需求，准确把握国家自然科学基金“支持基础研究，坚持自由探索，发挥导向作用”的战略定位，完善和发展中国特色科学基金制，着力营造有利于源头创新的良好环境，推动学科均衡、协调和可持续发展，培养和造就一批具有国际影响力的杰出科学家和进入国际科学前沿的创新团队，提升基础研究整体水平和国际竞争力，力争在若干主要领域取得突破，为繁荣科学事业、增强自主创新能力、建设创新型国家做出应有的贡献。

学科是科学基金资助和管理的基本单元。根据国家中长期科学和技术发展规划，遵照学科发展的自身规律和基础研究的特点，认真分析和研究学科发展的国际前沿、动态和趋势，总结国内研究状况和未来的发展需求，把握本学科发展在我国科技、经济、社会发展中的地位 and 作用；从学科发展全局出发，制定学科发展战略规划，明确目标，遴选优先领域和重点研究方向，并对应采取的重大步骤和措施提出建议，是一件十分有意义的工作。制定学科发展战略规划，不仅可以明确科学基金的定位和发挥科学基金的导向作用，而且对实现科学基金资源的优化配置，提高科学基金的资助效益具有十分重要的作用。

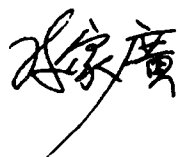
学科发展战略研究首先必须体现前瞻性、前沿性和战略性。学科发展战略报告的撰写应把握科学基金的职责和定位，结合国家科技发展战略目标和遵循科学发展规律，瞄准国际前沿。任何一门学科都有其自身的发展规律和特点。因此，在制定学科发展战略的过程中要处理好全局与局部的关系，既要注意发展战略涵

盖的范围,又要做到重点突出,坚持有所为、有所不为,同时也应考虑学科的发展状况以及与世界先进水平之间的差距,遴选适合我国国情的学科发展优先领域和重点研究方向。其次,学科发展战略研究还应体现科学基金的基础性。加强基础研究是提升国家创新能力、积累智力资本的重要途径,是跻身世界科技强国的必要条件。材料科学和工程科学是从工程实践和应用的基础上发展起来的技术基础学科,既有系统的理论体系和自身的客观规律,又有很强的交叉性、集成性和应用性。因此,工程科学与材料科学的学科发展战略研究,不仅要体现科学基金的基础性,还应结合社会进步与经济发展的重大需求,体现国家发展的战略目标。另外,学科发展战略研究还要体现科学基金的导向作用。科学基金的导向作用不仅仅体现在基础研究的资助方向上,而且还应体现在营造良好的源头创新氛围、提倡严谨求实的学风和增强自主创新的信念上。在基础研究中,要耐得住寂寞,要敢于做难事,敢于做前人没有做过的事,敢于做外国人没有做过的事,切实提高我国的源头创新和自主创新能力。

工程与材料科学部各学科处组织相关领域的专家在研讨的基础上制定了本学科发展战略规划,为“十一五”期间学科的科学基金资助工作打下良好的基础。在学科发展战略规划的制定过程中,专家们站在国家利益和学科发展的高度,认真调研、客观分析、积极建议,体现出了高度的责任感和使命感。科学出版社对工程与材料科学部的学科发展战略研究报告的出版给予了积极支持,并对其撰写和定稿提出了宝贵意见。在此表示衷心感谢。

国家自然科学基金委员会副主任

中国工程院院士



2006年1月17日

前 言

《冶金与材料制备工程科学》是在深入调查研究国内外该学科发展的历史、现状和趋势的基础上，集冶金与材料制备领域老、中、青三代科学家共同努力，集体研究，并认真听取各方面的意见，经反复讨论后共同编写的战略研究报告。

冶金与材料制备工程科学是指导人们合理地开发、利用宝贵的自然资源和二次资源，为人类社会提供基础性材料的工程科学分支学科，是一门古老、传统，而又在不断发展之中的学科。

历史上我国的冶金技术比欧洲早 2000 多年。据汉代《盐铁论》的记载，当欧洲还在大量生产、使用铜时，我国铁的产量已超过了铜。宋代的《浸铜要略》、明代的《铁冶志》和 1637 年出版的《天工开物》等图书都详细地记载了我国的冶金技术。

16 世纪中叶冶金由“技艺”逐渐发展成为“冶金学”。冶金学 (metallurgy) 包括了化学冶金 (chemical metallurgy, 又称提取冶金, extractive metallurgy)、物理冶金 (physical metallurgy) 和机械冶金 (mechanical metallurgy, 又称力学冶金)。之后，物理冶金逐渐发展成为金属材料学科。

近百年来，冶金与材料制备工程科学发展迅速，高炉炼铁、转炉炼钢、熔盐电解制铝、焙烧-浸取、溶剂萃取、离子交换等分离金属都是冶金发展史上的杰出成就。金属塑性加工方法的出现与发展，如轧制、锻压、挤压、薄板成形加工等，是材料生产工程的重大进步。19 世纪初出现了粉末冶金，在欧洲被称为“第四冶金”，用金属粉末制备出难熔、硬质合金等产品，成为现代冶金和材料工业的重要组成部分。

20 世纪以来，冶金与材料制备工程科学进入近代技术的发展阶段。1974 年国际冶金学术会议提出了冶金上的三大发明。熔融还原、钢包冶金、二次精炼技术、纯净钢和超纯净钢、精细冶金、生物冶金、激光、等离子、微波、超声、电磁等特种冶金、纳米和纤维冶金、性能接近金属理论值的超金属制备、氧化物直接电解制取金属、加压浸出、地下溶浸、膜分离技术、矿浆电解由矿石直接提取金属、超塑性成形、近终形连铸、薄板坯连铸连轧、半固态加工，以及连续铸轧、液态金属直接成形技术、粉末冶金新技术等得到迅速发展，为电子信息、航天航空、国防军工等高新技术和国民经济与社会发展提供了诸多新材料，发挥了重要的基础和先导作用。

钢铁工业曾被认为是“夕阳工业”，冶金学科也曾被认为是没落学科。20

世纪末,美国冶金物理化学鼻祖、冶金界的学术权威埃略特(Elliott),提出了“化学冶金向何处去”的问题。各国冶金与材料制备工程学科领域的科技工作者都以科学实践回答了这个问题:加强冶金基础理论研究,广泛开展学科交叉,发展了一批冶金与材料制备工程学科的前沿科学与技术,推动了本学科的发展。近10年来,中国钢铁工业迅速发展的事实,也证明了钢铁工业的发展还远未接近“夕阳时光”。

随着科学技术的发展,冶金已从狭义的从矿石提取金属,发展为广义的冶金与材料制备过程工程,即研究利用一切可利用的资源,制备国民经济发展所必需的各类材料,并逐步实现冶金-材料制备一体化、材料制备过程绿色化、材料多功能化。随着计算机技术的发展,冶金与材料制备工程已由简单的制备与加工过程发展为材料制备过程的化学设计、计算机辅助反应器设计、过程的数学物理模拟和过程优化,使冶金与材料制备工程进入了一个新的发展阶段。

我国是一个冶金大国,但还不是一个冶金强国。目前我国的冶金与材料制备工程学科,由于各分支学科发展的不平衡,与国外相同的分支学科相比约落后5~10年。进入21世纪,冶金与材料制备工程学科既面临着重大发展机遇,也面临着来自资源、能源、环境等方面的严重挑战。我国的冶金与材料制备工程学科如何发展才符合国情、符合经济与社会可持续发展的要求?从长远看,主要应重视以下两个方面的问题:

(1) 发展现代冶金与材料制备工程的基础理论。冶金物理化学是现代冶金与材料制备工程的理论基础,应该逐步开展微观物理化学的研究,从原子结构理论研究冶金与材料制备工程学科中的化学反应、物理现象,探索和揭示新规律,进而设计新过程和新材料。21世纪有重大影响的纳米制备技术、纳米结构与性能的关系及其物理化学本质等,有待多学科的交叉深入研究和发 展。深化金属的物理化学性质与原子结构关系的认识,揭示冶金与材料制备工程科学中金属行为的微观本质,从原子层次上量化描述过程的基本规律,进而揭示原子态、纳米态、金属晶体等在冶金与材料制备过程中的行为。

(2) 研究开发低能耗、低成本、高效率和资源循环型的,具有原创性的冶金与材料制备工程的新方法、新技术和新工艺。

总之,应通过我国冶金与材料制备工程学科领域的科技工作者们的共同努力,缩短我国与先进国家的差距,力争使我国冶金与材料制备工程学科达到国际前沿或领先的水平。

因此,开展冶金与材料制备工程学科发展战略研究,具有重要的科学意义与实际价值。本学科的战略研究内容包括:矿物工程、钢铁冶金工程、有色冶金工程、冶金与材料制备物理化学、冶金过程工程、粉末冶金、材料制备与加工工程、耐火材料研制与回收再利用、冶金环境工程、冶金节能与二次能源开发利用、外

场在冶金与材料制备过程中的应用、无机非金属矿物加工与材料制备工程、冶金资源循环再利用等。

组织撰写本书的直接目的是为国家自然科学基金委员会遴选“十一五”优先领域提供参考，同时也可以作为冶金与材料制备工程领域的专家学者、工程技术人员、研究生，以及科技界有关领导的参考资料，因而要求具有基础性、先进性、系统性、针对性、实用性和可读性，编写难度很大。2003年4月，工程与材料科学部组织了申请代码的修订工作。2003年8月在北京昌平举行的工程与材料科学部学科组评审会议上，讨论了学科分类及其申请代码，经学部、学科和战略研究组几经讨论修改，于2003年底正式公布。其后，配合基金委开展的科学与技术中长期规划的工作，工程科学一处组织了以国家杰出青年基金获得者、长江学者特聘教授以及中青年学术带头人为主的战略研究组，2004年4月完成第一稿，经修改补充，2004年10月完成第二稿。2004年11月在广西南宁组织了冶金与材料制备工程领域学科战略研讨会，听取评审组专家们的意见，由秘书组统一修改，并更新部分数据后，于2005年10月采用电子版方式征求评审组专家意见后定稿。

研究组及评审组各位成员花费了大量心血，从学科发展历史、意义与地位到存在的问题，从科学发展趋势、方向到鼓励研究领域等方面都进行了高瞻精辟的阐述。限于篇幅与章节的平衡，他们几易其稿，认真负责，精心修改，终以最佳的内容奉献给科学技术与工业界同仁。

需要说明的是，不少专家提出将“二次金属资源循环科学”的内容单独列为一章来撰写。但由于时间仓促，来不及从相关的章节中抽出加以整理，望见谅。此外，受撰稿者专业知识面的限制，难免会存在一些不足之处，以及由于秘书组整理工作的疏漏，可能还会有不当、不妥，甚至错误之处，恳请读者予以批评指正。

编者

2006年3月

目 录

序

前言

第 1 章 总论	1
1.1 冶金与材料制备工程学科范畴与战略地位	1
1.1.1 学科定义与研究对象	1
1.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	1
1.1.3 学科的战略地位	2
1.2 冶金与材料制备工程科学发展现状	3
1.2.1 冶金与材料制备工程基础理论	3
1.2.2 矿物工程	4
1.2.3 冶金反应工程	5
1.2.4 钢铁冶金工程	6
1.2.5 有色金属冶金工程	6
1.2.6 粉末冶金	9
1.2.7 冶金新工艺新方法	10
1.2.8 冶金过程工程	10
1.2.9 材料制备与加工工程	11
1.2.10 冶金耐火材料	12
1.2.11 冶金环境工程	12
1.2.12 冶金节能	13
1.3 冶金与材料制备工程科学发展趋势	13
1.3.1 总体发展趋势	13
1.3.2 学科基础理论	14
1.3.3 学科主要发展方向	16
1.4 冶金与材料制备工程学科发展战略目标	17
1.4.1 学科发展面临的挑战	17
1.4.2 学科发展战略目标	18
1.5 冶金与材料制备工程学科优先发展方向	19
1.5.1 前沿领域	19
1.5.2 冶金与材料物理化学基础理论	20

1.5.3 矿物工程	20
1.5.4 冶金反应工程	20
1.5.5 钢铁冶金工程	20
1.5.6 有色金属冶金工程	20
1.5.7 粉末冶金	20
1.5.8 冶金新工艺新方法	21
1.5.9 冶金过程工程	21
1.5.10 材料制备与加工工程	21
1.5.11 冶金耐火材料	21
1.5.12 冶金环境工程	22
1.5.13 冶金节能	22
1.6 冶金与材料制备工程学科发展对策与建议	22
第2章 矿物工程	23
2.1 矿物工程学科范畴与战略地位	23
2.1.1 学科定义与研究对象	23
2.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	23
2.1.3 学科的战略地位	24
2.1.4 国外重要的矿物工程学术研究机构	25
2.2 矿物工程学科发展回顾、现状与趋势	26
2.2.1 学科的形成	26
2.2.2 学科发展的现状与趋势	27
2.3 矿物工程学科战略目标与优先发展方向	38
2.3.1 学科发展面临的挑战	38
2.3.2 学科发展战略目标	41
2.3.3 重点发展方向	41
2.3.4 优先支持的前沿课题	43
参考文献	43
第3章 冶金物理化学	45
3.1 冶金物理化学学科范畴与战略地位	45
3.1.1 学科定义与研究对象	45
3.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	45
3.1.3 学科的战略地位	46
3.1.4 国内外学术研究机构	46
3.2 冶金物理化学学科发展回顾、现状与趋势	47
3.2.1 学科的形成	47

3.2.2 学科发展的现状与趋势	47
3.3 冶金物理化学学科战略目标与优先发展方向	51
3.3.1 学科发展面临的挑战	51
3.3.2 学科发展战略目标	52
3.3.3 重点发展方向	52
3.3.4 优先支持的前沿课题	53
参考文献	54
第4章 冶金反应工程	55
4.1 冶金反应工程学科范畴与战略地位	55
4.1.1 学科定义与研究对象	55
4.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	55
4.1.3 学科的战略地位	57
4.2 冶金反应工程学科发展回顾、现状与趋势	58
4.2.1 学科的形成	58
4.2.2 学科发展的现状与趋势	59
4.3 冶金反应工程学科战略目标与优先发展方向	67
4.3.1 学科发展面临的挑战	67
4.3.2 学科发展战略目标	67
4.3.3 重点发展方向	68
4.3.4 优先支持的前沿课题	71
4.4 冶金反应工程学科发展对策与建议	71
参考文献	71
第5章 钢铁冶金工程	73
5.1 钢铁冶金工程学科范畴与战略地位	73
5.1.1 学科定义与研究对象	73
5.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	75
5.1.3 学科的战略地位	77
5.1.4 国内外重要的铁合金学术研究机构	78
5.2 钢铁冶金工程学科发展回顾、现状与趋势	79
5.2.1 学科的形成	79
5.2.2 学科发展的现状与趋势	83
5.3 钢铁冶金工程学科战略目标与优先发展方向	95
5.3.1 学科发展战略目标	95
5.3.2 重点发展方向	97
5.3.3 优先支持的前沿课题	103

5.4 钢铁冶金工程学科发展对策与建议	103
参考文献	104
第6章 有色金属冶金工程	107
6.1 有色金属冶金工程学科范畴与战略地位	107
6.1.1 学科定义与研究对象	107
6.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	108
6.1.3 学科的战略地位	109
6.1.4 国外重要的湿法冶金学术研究机构	111
6.2 有色金属冶金工程学科发展回顾、现状与趋势	112
6.2.1 学科的形成	112
6.2.2 学科发展的现状与趋势	117
6.3 有色金属冶金工程学科战略目标与优先发展方向	135
6.3.1 学科发展战略目标	135
6.3.2 重点发展方向和前沿课题	137
6.4 有色金属冶金工程学科发展对策与建议	144
6.4.1 有色金属冶金基础理论	144
6.4.2 加强我国湿法冶金基础研究的建议	145
6.4.3 电化学冶金发展建议	146
6.4.4 微生物冶金发展建议	147
参考文献	147
第7章 粉末冶金	151
7.1 粉末冶金学科范畴与战略地位	151
7.1.1 学科定义与研究对象	151
7.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	151
7.1.3 学科的战略地位	152
7.2 粉末冶金学科发展回顾、现状与趋势	154
7.2.1 学科的形成	154
7.2.2 学科发展的现状与趋势	156
7.3 粉末冶金学科战略目标与优先发展方向	166
7.3.1 学科发展面临的挑战	166
7.3.2 学科发展战略目标	167
7.3.3 重点发展方向	167
7.3.4 优先支持的前沿课题	167
7.4 粉末冶金学科发展对策与建议	168
参考文献	169

第 8 章 冶金新工艺新方法	172
8.1 冶金新工艺新方法学科范畴与战略地位	172
8.1.1 学科定义与研究对象	172
8.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	174
8.1.3 学科的战略地位	177
8.1.4 国内外学术研究机构	180
8.2 冶金新工艺新方法学科发展回顾、现状与趋势	180
8.2.1 学科的形成	180
8.2.2 学科发展的现状与趋势	182
8.3 冶金新工艺新方法学科战略目标与优先发展方向	195
8.3.1 学科发展面临的挑战	195
8.3.2 学科发展战略目标	196
8.3.3 重点发展方向	198
8.3.4 优先支持的前沿课题	200
8.4 冶金新工艺新方法学科发展对策与建议	201
8.4.1 电磁冶金学科发展对策与建议	201
8.4.2 等离子冶金学科发展对策与建议	202
8.4.3 激光冶金学科发展对策与建议	202
8.4.4 微波冶金学科发展对策与建议	202
8.4.5 超声冶金学科发展对策与建议	203
参考文献	203
第 9 章 冶金过程工程	207
9.1 冶金过程工程学科范畴与战略地位	207
9.1.1 学科定义与研究对象	207
9.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	207
9.1.3 学科的战略地位	208
9.2 冶金过程工程学科发展回顾、现状与趋势	209
9.2.1 学科的形成	209
9.2.2 学科发展的现状与趋势	210
9.3 冶金过程工程学科战略目标与优先发展方向	211
9.3.1 学科发展面临的挑战	211
9.3.2 学科发展的战略目标	212
9.3.3 重点发展方向	212
9.3.4 优先支持的前沿课题	212
参考文献	213

第 10 章 材料制备与加工工程	214
10.1 材料制备与加工工程学科范畴与战略地位	214
10.1.1 学科定义与研究对象	214
10.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	216
10.1.3 学科的战略地位	219
10.1.4 材料制备与加工工程学科国内外学术研究机构	222
10.2 材料制备与加工工程学科发展回顾、现状与趋势	224
10.2.1 学科的形成	224
10.2.2 学科发展的现状与趋势	229
10.3 材料加工工程学科战略目标与优先发展方向	245
10.3.1 学科发展面临的挑战	245
10.3.2 学科发展战略目标	246
10.3.3 重点发展方向	249
10.3.4 优先支持的前沿课题	251
10.4 材料制备与加工工程学科发展对策与建议	253
10.4.1 凝固学科发展对策与建议	253
10.4.2 塑性成形与加工学科发展对策与建议	253
10.4.3 焊接冶金学科发展对策与建议	253
参考文献	253
第 11 章 冶金耐火材料	257
11.1 冶金耐火材料学科范畴与战略地位	257
11.1.1 学科定义与研究对象	257
11.1.2 学科方向、基础及与相邻学科的关系	257
11.1.3 学科的战略地位	258
11.1.4 国外重要的冶金耐火材料学术研究机构	258
11.2 冶金耐火材料学科发展回顾、现状与趋势	259
11.2.1 学科的形成	259
11.2.2 学科发展的现状与趋势	259
11.3 冶金耐火材料学科战略目标与优先发展方向	260
11.3.1 学科发展面临的挑战	260
11.3.2 学科发展战略目标	261
11.3.3 重点发展方向	261
11.3.4 优先支持的前沿课题	262
11.4 冶金耐火材料学科发展对策与建议	262
参考文献	262