

中国材料 工程大典

中国机械工程学会 中国材料研究学会



中国材料工程大典编委会

第5卷

有色金属
材料工程 (下)

黄伯云 李成功
石力开 邱冠周 左铁镞

主编



化学工业出版社

CHINA MATERIALS ENGINEERING CANON

中国材料 工程大典

中国机械工程学会 中国材料研究学会



中国材料工程大典编委会

第5卷

有色金属材料工程(下)

黄伯云 李成功 主编
石力开 邱冠周 左铁镛

(京)新登字 039 号

内 容 简 介

中国材料工程大典是中国机械工程学会和中国材料研究学会共同组织全国 39 位院士、百余位各学科带头人、千余位材料工程专家共同执笔编写,全面反映当今国内外材料工程领域发展的最新资料和最新成果,集实用性、先进性和权威性于一体的大型综合性工具书。中国材料工程大典包括材料工程基础、钢铁材料工程、有色金属材料工程、高分子材料工程、无机非金属材料工程、复合材料工程、信息功能材料工程、粉末冶金材料工程、材料热处理工程、材料表面工程、材料铸造成形工程、材料塑性成形工程、材料焊接工程、材料特种加工成形工程、材料表征与检测技术等内容,涵盖了材料工程的各个领域,将最新的实用数据(特别是与国际接轨的标准数据)、图表与先进实用的科研成果系统地集合起来,并附应用实例,充分展示了材料工程各领域的现状和未来。中国材料工程大典不仅可以满足现代企业正确选材,合理用材,应用先进的材料成形加工技术,提高产品质量和性能,降低产品成本,增强产品市场竞争力的需要,而且对推动中国材料科学与材料成形加工技术的不断创新,促进制造业的发展,提高我国制造业的竞争能力,具有重要的现实意义。

本书为第 5 卷,有色金属材料工程(下)。内容包括钨、钼及其合金,硬质合金,钽、铌及其合金,铍、锆、钪及其合金,贵金属及其合金,有色金属层状复合材料,有色金属新材料等。

本书主要供具有大专以上文化水平,从事材料工程研究的工程技术人员在综合研究和处理有色金属材料工程的各类技术问题时使用,起备查、提示和启发的作用,也可供研究人员、理工院校的有关师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国材料工程大典.第 5 卷,有色金属材料工程.下/黄伯云等主编.—北京:化学工业出版社,2005.8
ISBN 7-5025-7307-0

I. 中… II. 黄… III. ①材料科学②有色金属—金属材料 IV. ①TB3②TG146

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 094447 号

中国材料工程大典 第 5 卷 有色金属材料工程(下)

中国机械工程学会
中国材料研究学会
中国材料工程大典编委会
黄伯云等 主编

责任编辑:周国庆 陈志良 李骏带
责任校对:洪雅姝
封面设计:雷嘉琦

*

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码:100029)

购书咨询:(010) 64982530
(010) 64918013

购书传真:(010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京蓝海印刷有限公司印装

开本 880mm×1230mm $\frac{1}{16}$ 印张 53 $\frac{3}{4}$ 字数 2470 千字
2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7307-0

定价:160.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

鸣 谢

在编写过程中,得到以下部门和单位的支持和协作,使《中国材料工程大典》得以顺利编撰完成。在此,中国材料工程大典编委会代表全体作者表示衷心感谢!

支持部门: 中华人民共和国科学技术部
国防科学技术工业委员会
国家自然科学基金委员会
中国科学技术协会
中国科学院
中国工程院

协 作 单 位

钢铁研究总院	北京科技大学
北京有色金属研究总院	北京航空航天大学
北京航空材料研究院	中国航天集团第703研究所
中国建筑材料科学研究院	中国特种设备检测研究中心
中国科学院金属研究所	哈尔滨工业大学
中国科学院上海硅酸盐研究所	贵州安大航空锻造公司
上海宝钢集团公司	东北大学
中国石油化工集团公司	西安重型机械研究所
中国铝业公司	中国科学院半导体研究所
清华大学	四川大学
中南大学	北京航空制造工程研究所
太原钢铁集团公司	中国科学院物理研究所
西北有色金属研究院	西北工业大学
宁夏东方有色金属集团公司	北京矿冶研究总院
华中科技大学	沈阳铸造研究所
中国第二重型机械集团公司	江苏法尔胜公司

篇 目

第1卷 材料工程基础

主编：师昌绪院士 钟群鹏院士 李成功教授

第1篇	材料科学与工程概论	主编：师昌绪院士	李成功教授	刘治国教授
第2篇	材料成形基础理论	主编：董湘怀教授		
第3篇	材料成形数值模拟	主编：柳玉起教授		
第4篇	材料成形优化设计方法	主编：赵国群教授		
第5篇	材料失效分析	主编：钟群鹏院士	李鹤林院士	张 峥教授
第6篇	材料强度设计	主编：谢里阳教授	王永岩教授	

第2、3卷 钢铁材料工程（上、下）

主编：干 勇院士 田志凌教授 董 瀚教授 冯 涤教授 王新林教授

第1篇	概论	主编：干 勇院士		
第2篇	钢铁牌号表示方法	主编：林慧国教授		
第3篇	铁	主编：祖荣祥教授		
第4篇	铸铁与铸钢	主编：陈 琦教授	彭兆弟教授	
第5篇	非合金钢	主编：杨忠民教授		
第6篇	低合金钢	主编：董 瀚教授	雍歧龙教授	刘清友教授 杨才福教授
第7篇	超细晶钢	主编：刘正才教授		
第8篇	镍基和铁镍基耐蚀合金	主编：康喜范教授		
第9篇	电热合金	主编：唐昌世教授		
第10篇	高温合金	主编：冯 涤教授		
第11篇	金属功能材料	主编：王新林教授	陈国钧教授	
第12篇	钢铁焊接材料	主编：田志凌教授		
第13篇	合金钢	主编：董 瀚教授		

第4、5卷 有色金属材料工程（上、下）

主编：黄伯云院士 李成功教授 石力开教授 邱冠周教授 左铁镛院士

第1篇	概论	主编：黄伯云院士	邱冠周教授	
第2篇	铝及铝合金	主编：田荣璋教授	肖亚庆教授	
第3篇	镁及镁合金	主编：黎文献教授		
第4篇	铜及铜合金	主编：汪明朴教授	尹志民教授	
第5篇	镍、钴及其合金	主编：唐仁政教授		
第6篇	锌、铅、锡及其合金	主编：田荣璋教授		
第7篇	钛及钛合金	主编：李成功教授	马济民教授	邓 炬教授
第8篇	钨、钼及其合金	主编：王德志教授	潘叶金教授	
第9篇	硬质合金	主编：吴恩熙教授		
第10篇	钽、铌及其合金材料	主编：何季麟院士		
第11篇	铍、锆、钨及其合金材料	主编：刘建章教授	聂大钧教授	
第12篇	贵金属及其合金材料	主编：孙加林教授	张康侯教授	宁远涛教授 张永俐教授
第13篇	有色金属层状复合材料	主编：张新明教授	谢建新教授	
第14篇	有色金属新材料	主编：石力开教授	左铁镛院士	

第6、7卷 高分子材料工程（上、下）

主编：杨鸣波教授 唐志玉教授

第1篇	概论	主编：杨鸣波教授	唐志玉教授
第2篇	塑料工程	主编：吴智华教授	
第3篇	有机纤维	主编：叶光斗教授	徐建军教授
第4篇	橡胶工程	主编：谢邦互教授	

第5篇	高分子胶粘剂	主编: 朱如瑾教授
第6篇	功能高分子	主编: 罗祥林教授
第7篇	皮革材料	主编: 张 扬教授

第8、9卷 无机非金属材料工程 (上、下)

主编: 江东亮院士 李龙土院士 欧阳世翥教授 施剑林教授

第1篇	概论	主编: 江东亮院士	
第2篇	结构陶瓷	主编: 江东亮院士	黄校先教授 潘振魁教授
第3篇	功能陶瓷	主编: 李龙土院士	徐廷献教授
第4篇	传统陶瓷	主编: 同继锋教授	
第5篇	玻璃	主编: 马眷荣教授	
第6篇	晶体材料	主编: 罗豪甦教授	仲维卓教授
第7篇	无机涂层材料	主编: 丁传贤院士	赵金榜教授
第8篇	耐火材料	主编: 李 楠教授	张用宾教授 李虹霞教授
第9篇	碳、石墨材料	主编: 李龙土院士	沈万慈教授
第10篇	水泥与混凝土	主编: 隋同波教授	
第11篇	其他新型无机材料	主编: 施剑林教授	

第10卷 复合材料工程

主编: 益小苏教授 杜善义院士 张立同院士

第1篇	复合材料导论	主编: 益小苏教授	
第2篇	复合材料用增强体材料	主编: 冯春祥教授	楚增勇教授
第3篇	聚合物基体材料	主编: 陈祥宝教授	
第4篇	纺织复合材料	主编: 丁 辛教授	
第5篇	复合材料界面	主编: 黄玉东教授	
第6篇	工业聚合物基复合材料与玻璃钢	主编: 刘其贤教授	刘占阳教授 高红梅教授
第7篇	先进树脂基复合材料	主编: 杨乃滨教授	
第8篇	热塑性聚合物基复合材料	主编: 张 忠教授	傅绍云教授
第9篇	金属基复合材料	主编: 耿 林教授	吴 昆教授
第10篇	陶瓷(玻璃)基复合材料	主编: 张立同院士	黄 勇教授
第11篇	碳基复合材料	主编: 张立同院士	李贺军教授
第12篇	水泥基复合材料	主编: 吴科如教授	
第13篇	复合材料力学问题与设计	主编: 杜善义院士	梁 军教授
第14篇	复合材料结构设计与分析	主编: 沈 真教授	
第15篇	复合材料性能实验、表征与质量控制	主编: 张佐光教授	张子龙教授
第16篇	功能复合材料与新型复合材料	主编: 刘献明教授	傅绍云教授 张 忠教授

第11、12、13卷 信息功能材料工程 (上、中、下)

主编: 王占国院士 陈立泉院士 屠海令教授

第1篇	概论	主编: 王占国院士	
第2篇	半导体硅材料	主编: 杨德仁教授	
第3篇	集成电路制造技术	主编: 吴德馨院士	刘 明研究员
第4篇	硅基异质结构材料和器件	主编: 余金中研究员	
第5篇	化合物半导体材料	主编: 屠海令教授	赵有文研究员
第6篇	宽带隙半导体及其应用	主编: 郑有蚪院士	
第7篇	半导体低维结构和量子器件	主编: 陈涌海研究员	叶小玲教授 王占国院士
第8篇	存储材料	主编: 顾冬红研究员	吴谊群研究员
第9篇	显示材料	主编: 邱 勇教授	应根裕教授
第10篇	通信光纤材料及其工艺	主编: 赵梓森院士	
第11篇	全固态激光器及相关材料	主编: 许祖彦院士	沈德忠院士
第12篇	稀土磁性材料与自旋电子材料	主编: 刘治国教授	
第13篇	超导材料	主编: 陈立泉院士	靳常青教授
第14篇	传感器材料	主编: 陈治明教授	雷天民教授
第15篇	红外材料	主编: 储君浩教授	

第 16 篇	先进储能材料	主编: 陈立泉院士	
第 17 篇	一维纳米材料和纳米结构	主编: 张立德教授	解思深院士
第 18 篇	发光材料	主编: 石春山研究员	
第 19 篇	微加工技术	主编: 冯 稷教授	
第 20 篇	光子晶体	主编: 张道中教授	

第 14 卷 粉末冶金材料工程

主编: 韩凤麟教授 马福康教授 曹勇家教授

第 1 篇	概论	主编: 韩凤麟教授	
第 2 篇	金属粉末生产与特性	主编: 韩凤麟教授	夏志华教授
第 3 篇	金属粉末性能测试与相应标准	主编: 张晋远教授	
第 4 篇	成形与固结	主编: 果世驹教授	
第 5 篇	后续加工与质量控制	主编: 贾成厂教授	
第 6 篇	粉末冶金材料	主编: 曹勇家教授	马福康教授 易建宏教授
第 7 篇	粉末冶金材料应用与新发展	主编: 王尔德教授	韩凤麟教授

第 15 卷 材料热处理工程

主编: 樊东黎教授 潘健生院士 徐跃明研究员 佟晓辉研究员

第 1 篇	概论	主编: 樊东黎教授
第 2 篇	材料热处理技术基础	主编: 樊东黎教授
第 3 篇	材料热处理工艺	主编: 徐跃明研究员
第 4 篇	热处理设备	主编: 佟晓辉研究员
第 5 篇	材料热处理	主编: 徐跃明研究员
第 6 篇	热处理 CAD/CAM/CAE	主编: 潘健生院士
第 7 篇	热处理清洁生产和安全	主编: 樊东黎教授
第 8 篇	热处理质量控制与无损检测	主编: 佟晓辉研究员

第 16、17 卷 材料表面工程 (上、下)

主编: 徐滨士院士 刘世参教授

第 1 篇	概论	主编: 徐滨士院士	刘世参教授
第 2 篇	材料服役中表面的失效行为及防治	主编: 涂善东教授	
第 3 篇	表面覆层形成与结合机理	主编: 徐滨士院士	朱绍华教授
第 4 篇	涂装	主编: 吴 行教授	
第 5 篇	热喷涂	主编: 徐滨士院士	李长久教授
第 6 篇	堆焊	主编: 董祖珏教授	
第 7 篇	电镀与电刷镀	主编: 马世宁教授	
第 8 篇	化学镀与转化膜技术	主编: 姜晓霞研究员	董首山研究员
第 9 篇	化学热处理	主编: 董汉山教授	
第 10 篇	热浸镀	主编: 刘邦津教授	
第 11 篇	气相沉积技术及功能薄膜材料制备	主编: 吕反修教授	
第 12 篇	高能束表面处理技术	主编: 左铁钊教授	
第 13 篇	纳米表面工程	主编: 徐滨士院士	
第 14 篇	封存与包装	主编: 梁志杰高工	
第 15 篇	表面工程技术设计	主编: 徐滨士院士	朱绍华教授
第 16 篇	表面工程质量控制与检测	主编: 史耀武教授	

第 18、19 卷 材料铸造成形工程 (上、下)

主编: 柳百成院士 黄天佑教授

第 1 篇	概论	主编: 柳百成院士
第 2 篇	铸造合金及其熔炼	主编: 邢建东教授
第 3 篇	铸造成形工艺技术基础	主编: 郭景杰教授
第 4 篇	砂型铸造	主编: 黄天佑教授
第 5 篇	特种铸造	主编: 姜不居教授

第6篇	铸造成形 CAD/CAE	主编:熊守美教授
第7篇	铸造生产质量检测及控制	主编:黄天佑教授

第20、21卷 材料塑性成形工程(上、下)

主编:胡正寰院士 夏巨谌教授

第1篇	概论	主编:夏巨谌教授	张金教授
第2篇	锻造成形	主编:夏巨谌教授	郭会光教授
第3篇	板料冲压成形	主编:杨合教授	华林教授 刘郁丽教授
第4篇	板型管轧制成形	主编:张杰教授	杨海波教授 施东成教授
		陈南宁教授	
第5篇	零件轧制成形	主编:胡正寰院士	华林教授
第6篇	特种锻造	主编:王高潮教授	
第7篇	板管特种成形	主编:李明哲教授	蔡中义教授
第8篇	型材挤压成形	主编:夏巨谌教授	闫洪教授
第9篇	塑性成形 CAD/CAM	主编:李志刚教授	
第10篇	塑性成形质量控制与检测	主编:吕炎教授	

第22、23卷 材料焊接工程(上、下)

主编:史耀武教授

第1篇	概论	主编:史耀武教授	
第2篇	材料焊接加工技术基础	主编:史耀武教授	
第3篇	焊接方法与设备	主编:史耀武教授	殷树言教授
第4篇	材料焊接	主编:史耀武教授	任家烈教授
第5篇	焊接生产过程自动化	主编:蒋力培教授	
第6篇	焊接结构设计	主编:陈祝年教授	
第7篇	焊接结构制造	主编:史耀武教授	
第8篇	焊接生产质量管理与无损检测	主编:解应龙教授	
第9篇	焊接结构服役与再制造	主编:史耀武教授	

第24、25卷 材料特种加工成形工程(上、下)

主编:王至尧研究员

第1篇	概论	主编: 齐从谦教授		
第2篇	材料电火花成形加工技术	主编: 刘晋春教授	白基成教授	郭永丰教授
第3篇	材料数控电火花线切割技术	主编: 李明辉教授		
第4篇	材料电化学加工技术	主编: 徐家文教授		
第5篇	材料高能束流加工技术	主编: 王亚军教授		
第6篇	快速原型与快速制造	主编: 颜永年教授		
第7篇	电加工机床质量控制与检测	主编: 连克仁教授		

第26卷 材料表征与检测技术

主编:徐祖耀院士 黄本立院士 鄢国强教授

第1篇	概论	主编:徐祖耀院士	黄本立院士	陈文哲教授
		鄢国强教授	朱万森教授	
第2篇	化学成分分析方法	主编:黄本立院士	吴诚教授	方禹之教授
		邱德仁教授	吴性良教授	
第3篇	常用材料化学成分分析	主编:鄢国强教授	马冲先教授	卓尚军研究员
第4篇	材料物理性能测试	主编:陈文哲教授	李强教授	
第5篇	材料力学性能测试	主编:陈文哲教授	陈运远教授	杨晓华教授
第6篇	材料化学性能测试	主编:杨武教授	李光福教授	
第7篇	金相分析	主编:唐汝钧教授	李晋教授	
第8篇	无损检测	主编:王务同教授	杨晓华教授	
第9篇	X射线衍射分析	主编:漆玄教授	蒋建中教授	
第10篇	电子显微分析	主编:陈世朴教授	孙坚教授	
第11篇	核技术分析及其他检测与表征技术	主编:陈世朴教授	梁齐教授	

序

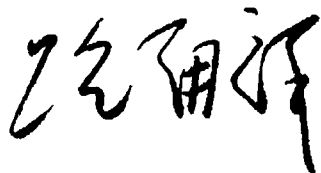
材料是当代社会经济发展的物质基础，也是制造业发展的基础和重要保障。进入 21 世纪以来，随着经济全球化的发展和中国的崛起，现代制造业的重心正不断向中国转移。据统计，今天中国制造业直接创造国民生产总值的 1/3 以上，约占全国工业生产的 4/5，为国家财政提供 1/3 以上的收入，占出口总额的 90%。但是与发达国家相比，我国制造业的水平不高、自主创新能力不足、高端市场竞争力还不强。我国虽然已是世界制造业大国，但还不是世界制造业强国。在有关因素中，材料工程基础薄弱是制约我国制造业发展的关键因素。广义的材料工程包括材料制备、测试和加工成形过程。为了提高我国制造业的水平和竞争力，突破材料工程这个薄弱环节，中国机械工程学会和中国材料研究学会牵头，会同中国金属学会、中国化工学会、中国硅酸盐学会、中国有色金属学会、中国复合材料学会共同组织编撰《中国材料工程大典》（简称《材料大典》），其目的是力图为我国制造业提供一部集科学性、先进性和实用性于一体的综合性专业工具书。以满足广大科技工作者的迫切需求，为科技自主创新和我国制造业的崛起加强技术基础。

经过 5 年多的艰苦努力，《材料大典》终将出版了。这部共 26 卷约 7000 万字的巨著，是 39 位两院院士和 1200 余位参编专家教授们辛勤劳动的智慧结晶。有的作者为此牺牲了健康，如一位退休了的总工程师，为了把他多年的研究成果和实践经验写成书稿，由于长时间写作，导致眼睛视网膜脱落……。这种敬业精神与坚强毅力是值得我们学习铭记的。借此机会，我们要感谢中国金属学会、中国化工学会、中国硅酸盐学会、中国有色金属学会、中国复合材料学会的支持。这些学会的众多专家教授积极参与了《材料大典》编写工作，与中国机械工程学会和中国材料研究学会的专家教授一起完成这项艰巨任务，从而使《材料大典》在完整性与先进性、科学性与实用性的结合上得到了加强；我们要感谢科学技术部、国防科学技术工业委员会、国家自然科学基金委员会、中国科学技术协会、中国科学院、中国工程院，以及各协作单位对编写工作的大力支持和积极帮助；我们也要感谢师昌绪院士等顾问的殷切指导，他们在编委会的两次工作会议上提出了许多重要的意见和建议，平时也给予了经常关心和指导，使我们少走了许多弯路；我们还要对关心和支持《材料大典》编写工作的科研院所、院校、企业以及有关人员表示感谢。没有大家的支持与协同，就不可能有《材料大典》的成功编写和顺利出版。

《材料大典》既总结了 10 多年来在材料工程方面的最新数据、图表及科研成果，还汇集了国内外在材料工程方面的成熟经验和先进理念，它体现了科学性、先进性和实用性的结合。可供具有大专以上文化水平的有关工程技术人员查阅使用，也可供理工院校的师生参考。

编撰《材料大典》涉及范围广，难度大，书中不可避免地会存在一些缺点和不足之处，恳请各位读者指正。

中国机械工程学会理事长
中国材料工程大典编委会主任



2005 年 9 月 23 日

前言

《有色金属材料工程》是《中国材料工程大典》中的卷目之一。

如何正确选材,合理用材,尽可能挖掘材料使用性能的潜力,提高材料利用率和循环使用率,以节约材料、节约能源,保证国民经济的可持续发展,这是广大科技人员急需解决的问题,也是编写《中国材料工程大典》中《有色金属材料工程》卷的目的。

在元素周期表中,除铁、铬、锰以外的金属元素统称为有色金属,国际统称非铁金属。各种有色金属元素都具有各自的独特性能。现代科技的发展,对材料提出了千差万别的各种特殊性能的要求,很大部分都是依靠发展有色金属材料来得到满足的。因此,有色金属材料的发展受到各国的高度重视。到2004年我国常用有色金属产量约1500多万吨,跃居世界第一位。今后,随着我国经济建设规模的不断扩大,对有色金属材料的需求,在产量、品质、品种等方面都将提出更高的要求。这对有色金属工业既是机遇,也是挑战。

根据大典编委会提出的大纲要求,经过有关专家多次讨论修改后,确定本卷共分14篇,约470万字,分上、下两册出版。为尽可能全面系统地反映有色金属材料的现状与发展,邀请了中南大学、北京科技大学、西北有色金属研究院、昆明贵金属研究所、北京有色金属研究总院、北京航空材料研究院、宁夏905厂、北京工业大学等单位的68位相关领域的专家参加编写和审稿。全书由黄伯云、李成功、石力开、邱冠周、左铁镛任主编,历时4年完稿。

各篇的主编如下:

第1篇 概论	黄伯云	邱冠周		
第2篇 铝及铝合金	田荣璋	肖亚庆		
第3篇 镁及镁合金	黎文献			
第4篇 铜及铜合金	汪明朴	尹志民		
第5篇 镍、钴及其合金	唐仁政			
第6篇 锌、铅、锡及其合金	田荣璋			
第7篇 钛及钛合金	李成功	马济民	邓 炬	
第8篇 钨、钼及其合金	王德志	潘叶金		
第9篇 硬质合金	吴恩熙			
第10篇 钽、铌及其合金材料	何季麟			
第11篇 铍、锆、钨及其合金材料	刘建章	聂大钧		
第12篇 贵金属及其合金材料	孙加林	张康侯	宁远涛	张永俐
第13篇 有色金属层状复合材料	张新明	谢建新		
第14篇 有色金属新材料	石力开	左铁镛		

本书是目前有关有色金属材料方面最全面、最系统的工具书。具有数据详细、齐全、新颖以及实用性和先进性相统一等特点。可供制造业和其他相关行业的工程技术人员,管理人员以及材料科学与工程专业的师生查阅。

由于内容多、时间紧和编著者水平所限,其中难免存在不少问题和不足,敬请广大读者批评指正。

黄伯云 李成功

石力开 邱冠周 左铁镛

2005年10月24日

目 录

第8篇 钨、钼及其合金	1
第1章 概述	3
1 钨及其化合物的性质	3
1.1 金属钨的性质	3
1.2 钨化合物的性质	7
2 钼及其化合物的性质	13
2.1 金属钼的性质	13
2.2 钼化合物的性质	14
3 钨、钼及其合金相图	19
3.1 钨合金二元相图	19
3.2 钼合金二元相图	21
3.3 钨、钼及其合金三元相图	25
4 钨、钼及其合金的牌号对照	28
第2章 钨及其合金	29
1 钨	29
1.1 钨的中间化合物	29
1.2 金属钨粉生产	32
1.3 钨的粉末冶金	40
1.4 致密钨及其合金的其他生产方法	46
1.5 特殊钨制品	47
2 钨合金	48
2.1 固溶强化型合金	48
2.2 沉淀硬化钨合金	50
2.3 弥散强化钨合金	50
2.4 钨纤维增强复合材料	51
3 中国钨及其合金粉末冶金产品的牌号和化学成分	52
3.1 仲钨酸铵	52
3.2 氧化钨 (GB/T 3457—1997)	52
3.3 钨粉 (GB/T 3458—1982)	53
3.4 钨条 (GB/T 3459—1982)	53
3.5 掺杂钨条 (GB/T 4189—1984)	53
第3章 钼及其合金	54
1 钼	54
1.1 金属钼粉生产	54
1.2 钼的粉末冶金	55
1.3 致密钼及其合金的其他生产方法	57
2 钼合金	59
2.1 TZM合金	59
2.2 二硅化钼	61
2.3 钼铜合金	62
2.4 钼铌合金	63
2.5 钼钨合金	64
2.6 稀土钼	65
3 中国钼及其合金产品的牌号和化学成分	65
3.1 钼酸铵	65
3.2 钼粉 (GB/T 3461—1982)	66
3.3 钼条 (GB/T 3462—1982)	66
3.4 掺杂钼条 (GB/T 4190—1984)	66
3.5 钼钨合金条 (GB/T 4185—1984)	66
3.6 钼顶头 (YS/T 245—1994)	66
第4章 钨、钼及其合金的深加工	67
1 概述	67
2 钨、钼及其合金棒(杆)材的生产	67
2.1 钨、钼及其合金棒(杆)材的分类与牌号	67
2.2 钨、钼及其合金棒(杆)材的旋锻加工	67
2.3 钨、钼及其合金棒(杆)材的孔型轧制	70
3 钨、钼及其合金丝材的生产	72
3.1 钨、钼及其合金丝材的分类及牌号	72
3.2 钨、钼及其合金丝材的拉伸加工	72
4 钨、钼及其合金板、带、箔材的生产	74
4.1 钨、钼及其合金板、带、箔材的品种与规格	74
4.2 钨、钼及其合金板、带、箔材的轧制加工	74
5 钨、钼及其合金管材的生产	78
5.1 钨及其合金管材的生产	78
5.2 钼及其合金管材的生产	81
6 钨、钼及其合金深加工产品的性能	83
6.1 中国钨、钼及其合金深加工产品的性能	83
6.2 美国钨、钼及其合金深加工产品的性能	88
6.3 日本钨、钼及其合金深加工产品的性能	88
第5章 钨、钼及其合金的氧化与防护	91
1 概述	91
2 钨、钼及其合金的氧化	91
2.1 钼及其合金的氧化	91
2.2 钨及其合金的氧化	91
3 钨、钼及其合金防护层选择的原则	92
4 钨、钼及其合金的防护	92
4.1 钼及钼合金的防护	92
4.2 钨及钨合金的防护	95
第6章 钨、钼及其合金的应用	96
1 钨的应用	96
1.1 冶金工业	96
1.2 电子和电工材料	97
1.3 宇航工业	98
1.4 化学工业	100
1.5 原子能工业	100
1.6 轻工业	100
1.7 玻璃陶瓷工业	100
1.8 医学	100
1.9 钨的应用发展趋势	100
2 钼的应用	101
2.1 冶金工业	101
2.2 电子和电工材料	102
2.3 航空和宇航工业	103
2.4 化学工业	104
2.5 玻璃陶瓷	105
2.6 农业	105
2.7 其他	105
2.8 钼的应用发展趋势	105
参考文献	107
第9篇 硬质合金	109
第1章 概述	111
1 硬质合金的基本性能	111
1.1 合金密度	111
1.2 矫顽磁力	111

1.3 磁饱和	111	第4章 钢结硬质合金的生产	148
1.4 硬度	111	1 钢结硬质合金的生产工艺	148
1.5 抗弯强度	111	1.1 混合料的制备	148
1.6 抗压强度	112	1.2 烧结工艺	148
1.7 冲击韧度	112	1.3 钢结硬质合金的热处理	149
1.8 导热率	112	1.4 钢结硬质合金的成分和性能	150
1.9 线胀系数	112	2 钢结硬质合金产品的表示方法	151
1.10 耐磨性	112	第5章 涂层硬质合金的生产	154
2 硬质合金的分类	112	1 化学气相沉积涂层法	154
2.1 WC-Co(碳化钨基)硬质合金	112	1.1 高温化学气相沉积	154
2.2 WC-TiC-Co(钨钴钛基)硬质合金	112	1.2 中温化学气相沉积	154
2.3 WC-TiC-TaC(NbC)-Co硬质合金	113	1.3 等离子体化学气相沉积	155
2.4 TiC-Ni(碳化钛基)硬质合金	113	2 物理气相沉积涂层	155
2.5 钢结硬质合金	113	2.1 离子镀膜法	155
2.6 涂层硬质合金	113	2.2 真空电弧蒸镀膜法	155
3 国内主要牌号硬质合金的成分及性能	113	3 涂层硬质合金分类及主要技术要求	156
4 国际标准化组织(ISO)硬质合金的 分类及代号	114	3.1 涂层硬质合金的分类	156
5 国内各类用途硬质合金牌号的推荐	115	3.2 涂层硬质合金推荐用途	156
第2章 WC-Co、WC-TiC-Co 硬质合金	117	3.3 涂层硬质合金的技术要求	156
1 硬质合金的生产方法	117	4 硬质合金可转位刀片的基本使用性能	156
1.1 原料粉末的生产	117	4.1 车削用硬质合金牌号适用范围	156
1.2 WC-Co 硬质合金制品的生产	121	4.2 普通车削的常用切削速度和进给量	156
2 WC-Co 硬质合金物理性能及力学性能 的测定方法	130	4.3 铣削用硬质合金牌号适用范围	157
2.1 物理性能的测定	130	4.4 端面铣削常用切削速度和进给量	157
2.2 力学性能的测定	131	4.5 钻削用硬质合金牌号适用范围	157
2.3 硬质合金断口及金相检验	132	4.6 各国切削工具用硬质合金牌号对照	159
3 WC-Co、WC-TiC-Co 硬质合金的应用	132	参考文献	162
3.1 硬质合金切削刀具	132	第10篇 钽、铌及其合金材料	163
3.2 矿用硬质合金	135	第1章 概述	165
3.3 硬质合金顶锤与压缸产品的表示方法	138	1 基本特性	165
3.4 硬质合金拉伸模的表示方法	139	2 应用	165
3.5 硬质合金圆棒毛坯的表示方法	141	2.1 钽铌是多用途的功能性材料	165
第3章 WC-TiC-Co、WC-TiC-TaC(NbC)-Co 硬 质合金的生产	142	2.2 钽是制作钽电容器的关键材料	166
1 TiC-WC 复式碳化物的制备	142	2.3 铌是用作钢铁添加剂的重要材料	167
1.1 制备方法	142	2.4 钽铌在航空航天工业中的应用	167
1.2 基本原理	142	3 产品类别	168
1.3 (TiW)C 固溶体粉末粒度的控制	142	4 供需现状与发展趋势	168
1.4 (TiW)C 固溶体生产工艺	142	4.1 钽铌产品的应用与发展	168
2 (TiW)C 固溶体的成分	143	4.2 电容器级钽粉钽丝的发展	172
3 WC-TiC-Co 硬质合金的性能	143	4.3 金属铌产品的发展	174
3.1 密度	143	4.4 钽铌及其合金加工材的发展	174
3.2 硬度	143	4.5 其他钽铌产品的发展	174
3.3 抗弯强度	143	第2章 钽铌氧化物、化合物及氧化物晶体	176
3.4 切削寿命系数	143	1 钽铌氧化物	176
4 其他碳化物的生产方法	144	1.1 牌号、标准与用途	176
4.1 碳化钛粉末的生产	144	1.2 化学成分	176
4.2 碳化钽与碳化铌粉末的生产	144	1.3 物理与化学性质	176
4.3 TiC-WC-TaC(NbC)固溶体的生产	144	2 钽铌化合物	178
5 WC-TiC-TaC(NbC)-Co 合金	144	2.1 氟钽酸钾	178
5.1 合金的组织结构	144	2.2 氟铌酸钾	178
5.2 合金的性能	145	2.3 钽铌氢氧化物	178
6 国外硬质合金的牌号和性能	145	2.4 钽铌低价氧化物	179
6.1 日本生产的硬质合金牌号分类及其性能	145	2.5 草酸铌	179
6.2 美国生产的 WC-TiC-TaC-Co 硬质合金 组成与性能	146	2.6 钽铌卤化物	179
6.3 Sandvik 公司生产的硬质合金牌号与性能	146	2.7 钽铌碳化物	180
		2.8 钽铌氮化物	181
		3 钽铌氧化物晶体	182
		3.1 品种、特点与应用	182

3.2 结构性能	182	3.2 化学成分	213
3.3 物理与化学性质	182	3.3 规格与供应状态	214
3.4 压电性能	183	3.4 加工工艺与热处理规范	214
3.5 光学性能	184	3.5 力学性能	214
3.6 工艺性能	184	3.6 工艺性能与要求	215
3.7 晶体选用	185	3.7 焊接性能	215
第3章 钽及钽合金	187	3.8 其他性能	215
1 钽及钽合金	187	3.9 使用建议	215
1.1 牌号、特点与应用	187	第5章 电容器级钽粉、钽粉、钽丝与钽丝	217
1.2 化学成分	187	1 电容器级钽粉	217
1.3 化学性能	188	1.1 钽电解电容器	217
1.4 物理性能	190	1.2 电容器级钽粉	221
1.5 使用建议	191	2 电容器级钽粉	239
1.6 相图	192	2.1 钽电解电容器	239
2 钽及钽合金管棒线材	192	2.2 电容器级钽粉	243
2.1 牌号、特点与应用	192	2.3 电容器级 NbO 粉	244
2.2 化学成分	193	2.4 应用选择	245
2.3 规格与供货状态	193	3 电容器级钽丝、钽丝（钽合金丝）	247
2.4 加工工艺与热处理规范	193	3.1 电容器级钽丝	247
2.5 力学性能	194	3.2 电容器级钽丝与钽合金丝	250
2.6 工艺性能与要求	195	第6章 钽钽成分分析和性能检测	251
2.7 机械加工性能	195	1 化学成分分析	251
2.8 焊接性能	196	1.1 试样分解	251
2.9 无缝管与焊接管比较	196	1.2 矿石分析	251
2.10 使用建议	196	1.3 金属、合金与化合物分析	251
3 钽及钽合金板带箔材	196	1.4 离子色谱分析	253
3.1 牌号、特点与应用	196	1.5 X 射线荧光光谱分析	254
3.2 化学成分	196	1.6 电感耦合等离子体发射光谱分析	254
3.3 规格与供应状态	196	1.7 电感耦合等离子体质谱分析	255
3.4 加工工艺与热处理规范	196	1.8 辉光放电质谱分析	256
3.5 力学性能	197	1.9 气体元素测定	257
3.6 工艺性能与要求	197	2 性能检测	258
3.7 焊接性能	198	2.1 物理性能检测	258
3.8 使用建议	198	2.2 力学性能检测	260
4 金属钽溅射靶材	198	2.3 电性能检验	261
4.1 牌号、特点与应用	198	参考文献	263
4.2 化学成分	198	第11篇 铍、锆、钨及其合金材料	265
4.3 规格与允许偏差	198	第1章 铍及铍合金	267
4.4 冶金性能	199	1 概述	267
第4章 铌及铌合金	200	1.1 铍的资源	267
1 铌及铌合金	200	1.2 铍材料的种类、特性与应用	267
1.1 牌号、特点与应用	200	1.3 铍材料的冶金与制备工艺	269
1.2 化学成分与分类	200	2 金属铍材	269
1.3 化学性能	205	2.1 铍的主要物理性质	269
1.4 物理性能	208	2.2 铍的化学性质	271
1.5 使用建议	208	2.3 铍的力学性能	271
1.6 相图	209	2.4 金属铍材的类别、品级与性能	272
2 铌及铌合金管、棒、线材	211	2.5 铍材制造的工艺特点及应用实例	273
2.1 牌号、特点与应用	211	3 铍铝合金	276
2.2 化学成分	211	3.1 铍铝合金的牌号、特点与应用	276
2.3 规格与供货状态	211	3.2 铍铝合金的性质	276
2.4 加工工艺与热处理规范	212	3.3 铍铝合金的制备工艺及特点	277
2.5 力学性能	212	4 氧化铍及氧化铍陶瓷	277
2.6 工艺性能与要求	213	4.1 氧化铍	277
2.7 机械加工性能	213	4.2 氧化铍陶瓷	279
2.8 焊接性能	213	5 其他铍材料	281
2.9 使用建议	213	5.1 铍镍合金	281
3 铌及铌合金板带箔材	213	5.2 铍硅合金	281
3.1 牌号、特点与应用	213		

5.3 铍金属间化合物和铍基复合材料	281	5.2 海绵铅	332
5.4 氟化铍	281	5.3 晶体铅	332
5.5 碳化铍	281	5.4 原子能级铅管	332
5.6 氯化铍	281	5.5 热轧和冷加工铅棒材和线材的牌号、化学成分及力学性能	332
5.7 铈铍芯块	282	6 铅的成分分析	333
6 铍的化学分析与铍材料的性能检验	282	7 铅及铅合金的应用	333
6.1 铍的化学分析	282	7.1 在核工业中的应用	333
6.2 铍粉末的检验	282	7.2 在其他工业中的应用	333
6.3 铍材料的性能检验	282	参考文献	335
7 铍的有害作用与防护	283	第12篇 贵金属及其合金材料	337
7.1 铍的有害作用	283	第1章 概述	339
7.2 铍毒害作用的防护原则	283	1 贵金属的历史	339
7.3 铍在环境介质中的容许浓度	283	1.1 金、银的历史	339
第2章 锆及锆合金	284	1.2 铂族金属的历史	339
1 概述	284	2 贵金属的矿产资源	340
1.1 锆的特性及用途	284	2.1 贵金属矿产资源的基本特点	340
1.2 锆的矿物资源	284	2.2 金的矿产资源	340
1.3 锆(铅)的冶炼	284	2.3 银的矿产资源	340
2 锆的基本性质	285	2.4 铂族金属的矿产资源	341
2.1 锆的物理性质	285	3 贵金属的提取和回收	341
2.2 锆的力学性能	286	3.1 从矿石中提取金银	341
2.3 锆的化学性质	286	3.2 从矿石中提取铂族金属	342
3 常用锆及锆合金材料	287	3.3 贵金属的二次资源及其回收	342
3.1 锆原材料的牌号和化学成分	287	4 贵金属材料及应用	343
3.2 核工业用锆及锆合金牌号及化学成分	288	4.1 贵金属材料的分类	343
3.3 其他工业(非核设施)用锆及合金牌号及化学成分	289	4.2 贵金属材料的应用	343
3.4 工业用锆及锆合金材料产品规格	289	5 贵金属材料的制造	344
3.5 锆及锆合金材料典型工艺	290	5.1 贵金属合金的熔铸	344
4 锆的成分分析	292	5.2 贵金属合金的粉末冶金	344
5 锆及锆合金的应用	292	5.3 贵金属及其合金的加工	344
5.1 在核反应堆中的应用	292	5.4 贵金属粉末的制备	345
5.2 在化工中的应用	295	6 现代人类社会中的贵金属	345
5.3 在其他工业方面的应用	295	6.1 国际市场中的贵金属	345
5.4 锆的化合物及其应用	298	6.2 贵金属在现代人类社会中的作用	347
6 锆合金	299	6.3 贵金属领域面临的主要矛盾和对策	348
6.1 概述	299	第2章 银及其主要合金	350
6.2 锆-锡系合金(Zircaloy)	302	1 银的基本性质	350
6.3 锆-铌系合金	307	1.1 银的物理性质	350
6.4 正在发展的核用锆合金	309	1.2 银的化学性质	354
6.5 其他核用锆合金	314	2 银的主要二元合金	355
6.6 非核用锆合金的性能	314	2.1 银的主要合金化元素	355
7 锆及锆合金的腐蚀与吸氢	314	2.2 Ag-Au 合金	355
7.1 锆及锆合金的腐蚀	314	2.3 Ag-Cd (CdO) 合金	355
7.2 锆及锆合金的吸氢	319	2.4 Ag-Cu 合金	356
8 锆及锆合金的辐照性能	325	2.5 Ag-Ni (Fe) 合金	356
9 锆粉	326	2.6 Ag-Pt (Pd) 合金	357
第3章 铅及铅合金	329	2.7 Ag-W (Mo) 合金	357
1 概述	329	2.8 Ag-C 合金	357
2 铅的基本性能	329	2.9 Ag-RE 合金	358
2.1 铅的物理性质	329	3 银的主要三元与多元合金	358
2.2 铅的力学性能	329	3.1 Ag-Au-Cu 合金	358
2.3 铅的化学性质	331	3.2 Ag-Au-Pd 合金	358
3 铅加工材的腐蚀性能	331	3.3 Ag-Au-Pt 合金	359
3.1 晶条铅的腐蚀性能	331	3.4 Ag-Cu-Pd 合金	359
3.2 铅-锆合金的腐蚀性能	331	3.5 Ag-Cu-Sn (In) 合金	359
4 铅的辐照性能	332	3.6 Ag-Cu-Zn (Cd) 合金	360
5 常用铅材的成分	332	3.7 Ag-Mg-Ni 合金	360
5.1 二氧化铅	332		

4 微合金化银合金	360	2 铈、钕、铈、钕的主要合金	422
4.1 微合金化元素	360	2.1 钕-铈合金	422
4.2 微合金化强化的高纯 Ag 材	360	2.2 铈-铈合金	422
第3章 金及其主要合金	362	2.3 钕-铝-钕合金	423
1 金的基本性质	362	2.4 高温结构材料用金属间化合物	423
1.1 金的物理性质	362	第7章 贵金属电触点材料	424
1.2 金的化学性质	364	1 电触点材料的基本情况	424
2 金的主要二元合金	366	1.1 对电触点材料性能的要求	424
2.1 金的常规合金化元素	366	1.2 断开触点和滑动触点材料	424
2.2 Au-Cu 合金	366	2 贵金属变形合金电触点材料	425
2.3 Au-Ni 合金	367	2.1 银基电触点材料	425
2.4 Au-Pd 合金	367	2.2 金基电触点材料	430
2.5 Au-Pt 合金	368	2.3 铂基电触点材料	431
2.6 Au-Ti 合金	369	2.4 钯基电触点材料	434
2.7 Au-碱土金属合金	369	3 贵金属复合电触点材料	437
2.8 Au-稀土 (RE) 合金	370	3.1 贵金属层状复合电触点材料	437
3 金的三元与多元合金	370	3.2 贵金属纤维复合电接触材料	437
3.1 Au-Ag-Cu 合金	370	3.3 颗粒增强贵金属电触点材料	438
3.2 Au-Cu-Ni 合金	370	3.4 弥散强化贵金属电触点材料	443
3.3 Au-Cu-Pd 合金	371	3.5 连续滚焊复合贵金属电触点材料	444
3.4 Au-Ni-Cr 合金	371	3.6 贵金属复合铆钉触点	444
3.5 Au-Ni-Fe 合金	372	3.7 贵金属电镀触点材料	444
3.6 Au-Pd-Fe (Cr、Mo、V) 合金	372	4 贵金属电触点材料的应用	445
3.7 Au-Pd-Pt 合金	373	5 国外产品	447
4 弥散强化金合金	373	6 相关标准	451
5 微合金化金合金	374	6.1 中国国家标准	451
5.1 微合金化元素	374	6.2 国外标准	451
5.2 微合金化 Au 与 Au 合金	374	第8章 贵金属电阻和测温材料	453
第4章 铂及其主要合金	375	1 贵金属的导电性质和电阻性质	453
1 铂的基本性质	375	1.1 贵金属的导电性质	453
1.1 铂的物理性质	375	1.2 贵金属的电阻性质	453
1.2 铂的化学性质	381	2 贵金属电阻合金材料	455
2 铂的主要合金	385	2.1 影响精密电阻合金电阻稳定性的因素	455
2.1 Pt-Rh 合金	385	2.2 贵金属系列电阻合金	455
2.2 Pt-Ir 合金	388	2.3 精密电位计用贵金属材料	456
2.3 Pt-Pd 合金	391	2.4 贵金属电阻加热合金	460
2.4 Pt-Ru 合金	392	3 贵金属测温材料	461
2.5 Pt-W 合金	393	3.1 贵金属热电偶材料	461
2.6 Pt-Ni 合金	395	3.2 铂电阻温度计	466
2.7 Pt-Cu 合金	396	4 贵金属电阻应变材料	467
2.8 Pt-Pd-Rh 合金	397	4.1 Pt-W 系合金	468
2.9 Pt-Rh-Ru 合金	399	4.2 Au-Pd-Cr 系合金	468
2.10 弥散强化铂基合金	400	4.3 Pd 基合金	469
第5章 钯及其主要合金	404	5 相关国家标准	470
1 钯的基本性质	404	第9章 贵金属钎焊材料	471
1.1 钯的物理性质	404	1 贵金属钎焊材料的基本概况	471
1.2 钯的化学性质	405	2 银与银合金钎料	471
2 钯的主要合金	406	2.1 主要银合金钎料体系	471
2.1 Pd-Ag 合金	406	2.2 低银软钎料	471
2.2 Pd-Cu 合金	408	2.3 Ag-Cu 共晶型合金钎料	472
2.3 Pd-Ru 合金	409	2.4 低银中温钎料	473
2.4 Pd-Ir 合金	411	2.5 含 Mn、Al 的银合金钎料	474
2.5 Pd-W 合金	412	2.6 Ag-Pd 和 Ag-Cu-Pd 合金钎料	475
2.6 Pd-RE (稀土) 合金	412	2.7 银合金钎料国家标准与牌号	476
2.7 Pd-Ag-RE (稀土) 合金	413	3 金与金合金钎料	476
第6章 铈、钕、铈、钕及其主要合金	414	3.1 金合金钎料的体系与特性	476
1 铈、钕、铈、钕的基本性质	414	3.2 低熔点共晶型金合金钎料	476
1.1 铈、钕、铈、钕的物理性质	414	3.3 中高温型金合金钎料	477
1.2 铈、钕、铈、钕的化学性质	421	3.4 金合金钎料的国家标准与牌号	478

3.5 金合金饰品钎料	479	4 与环境协调的工业生产用贵金属	510
3.6 铂合金饰品与制品用金合金钎料	480	4.1 金的超临界液体提取 (SFE)	510
3.7 金合金牙科钎料	480	4.2 清洁的化工过程	510
4 钌合金钎料	481	4.3 麦其淋的清洁生产	511
4.1 电子工业用 Pd-Ag 和 Pd-Ag-Cu 合金钎料	481	第 12 章 贵金属能源材料	512
4.2 含 Ni、Mn 的高温耐热型钎料	481	1 化石燃料加工用贵金属催化剂	512
4.3 钌合金钎料国家标准 (GB/T 18762—2002)	481	1.1 石油精炼	512
5 铂与钌合金钎料	481	1.2 化石燃料脱硫	512
5.1 铂合金钎料	481	2 太阳能用贵金属材料	512
5.2 Mo-Ru 合金钎料	482	2.1 光电转换太阳能电池用贵金属材料	512
6 贵金属合金膏状钎料	482	2.2 光热转换太阳能电池用贵金属材料	513
7 常用贵金属合金钎料的适用性与钎焊方法	483	3 氢能源用贵金属材料	513
8 贵金属焊接钎料国内外标准	484	3.1 制 H ₂ 用贵金属材料	513
8.1 中国贵金属钎料的国家与行业标准	484	3.2 氢气净化用贵金属材料	514
8.2 中国贵金属合金钎料牌号表示法 (GB/T 18762—2002)	484	3.3 金属氢化物电池用贵金属材料	515
8.3 其他国家的贵金属合金钎料标准	484	4 化学电池电极用贵金属材料	515
8.4 中国与其他国家贵金属合金钎料近似型 号对照	484	4.1 银锌电池和银镉电池	516
第 10 章 贵金属电子材料	486	4.2 铅酸蓄电池用贵金属	516
1 半导体技术用贵金属材料	486	4.3 固体电解质电池用贵金属	516
1.1 欧姆接触用贵金属材料	486	5 燃料电池 (FC) 用贵金属材料	516
1.2 化合物半导体材料	487	5.1 PEMFC 中的铂族金属	517
1.3 PGM 硅化物及金属化系统	487	5.2 DMFC 中的铂族金属	518
1.4 液体金属离子源 (LMIS) 用 PGM 合金	489	5.3 其他燃料电池用贵金属	518
2 贵金属信息材料	489	5.4 金基纳米催化剂在燃料电池中的应用	518
2.1 信息探测用贵金属敏感材料	489	5.5 电催化剂产品及专利	519
2.2 电光显示材料	491	6 核能用贵金属材料	520
2.3 信息存储材料	491	7 磁流体发电机用贵金属材料	520
3 厚膜集成电路用贵金属电子浆料	491	8 含贵金属的节能材料	520
3.1 贵金属电子浆料的种类和发展概况	491	8.1 含贵金属的超导材料	520
3.2 贵金属粉末	491	8.2 建筑物用贵金属节能材料	523
3.3 导体浆料	493	第 13 章 贵金属饰品材料	524
3.4 电阻浆料	496	1 贵金属饰品材料的概况	524
3.5 介质/封装浆料及新型电子浆料	497	2 贵金属饰品材料的特性	524
4 厚膜集成电路用其他贵金属材料	499	2.1 贵金属饰品材料的一般特性	524
4.1 半导体集成电路用布线和焊接材料	499	2.2 贵金属的化学稳定性	524
4.2 集成电路用键合金丝	500	2.3 贵金属的颜色	524
5 压电晶体材料	500	3 贵金属饰品的成色与检验	525
6 电子工业用贵金属低维材料与其他材料	500	3.1 饰品的成色	525
6.1 薄膜涂层材料	500	3.2 饰品品质检验	525
6.2 贵金属超微细粉	502	4 金与金合金饰品材料	525
6.3 贵金属导电聚合物	502	4.1 纯金	525
6.4 金属间化合物	502	4.2 彩色开金合金	525
第 11 章 贵金属环保材料	503	4.3 白色开金合金	530
1 环境治理用贵金属	503	4.4 复层饰品材料	533
1.1 汽车尾气净化催化剂	503	5 银合金饰品材料	533
1.2 挥发性有机化合物 (VOCs) 治理用贵金属	503	5.1 纯银	533
1.3 治理 NO _x 和 SO ₂ 用贵金属	505	5.2 银合金饰品材料	534
1.4 治理工业污水用贵金属	505	5.3 抗变色银合金	534
1.5 控制“温室效应”用贵金属	505	5.4 复层银饰品材料	535
2 环境监测 (控) 敏感元器件用贵金属	506	5.5 含银开金合金	535
2.1 气体传感器用贵金属	506	6 铂饰品材料	535
2.2 水污染探测器用贵金属	510	6.1 铂饰品成色与标志	535
2.3 其他与环境监控相关的含贵金属敏感材 料及配套材料	510	6.2 高熔点铂合金	535
2.4 薄膜传感材料	510	6.3 低熔点铂合金	536
3 环境分析及环境治理用贵金属电极材料	510	6.4 商用铂合金饰品材料	536
		7 钯饰品材料	538
		7.1 含钯白色合金	538
		7.2 白色钯基合金	538
		7.3 黄色 Pd-In 合金	538

8 钹饰品材料	538	7.2 玻璃与玻璃纤维生产用 Pt 与 Pt-Rh 合金	623
第 14 章 贵金属化工材料	539	8 硝酸工业用贵金属	624
1 贵金属化合物	539	8.1 Pt 合金催化剂	625
1.1 常见的几种重要贵金属简单化合物	539	8.2 Pd 合金捕集网	625
1.2 贵金属有机配合物	541	9 贵金属纳米材料	626
1.3 其他贵金属化合物	560	9.1 贵金属纳米材料	626
2 贵金属化工催化材料	574	9.2 贵金属纳米材料的性质	627
2.1 无机化工用贵金属催化材料	574	9.3 贵金属纳米材料的应用	627
2.2 有机化工用贵金属催化材料	574	参考文献	629
2.3 石油化工用贵金属催化材料	574	第 13 篇 有色金属层状复合材料	633
2.4 汽车尾气净化用贵金属催化材料	574	第 1 章 概述	635
2.5 贵金属化工产品	580	1 层状复合材料的概念	635
第 15 章 贵金属涂镀层材料	595	2 层状金属复合材料的特点	635
1 贵金属涂镀层材料概况	595	3 复合机理	635
2 贵金属镀层材料	596	3.1 表面层裂缝机理	635
2.1 基本情况	596	3.2 再结晶理论	636
2.2 金及其合金镀层	596	3.3 位错学说	636
2.3 银及其合金镀层	597	3.4 能量学说	636
2.4 铑及其合金镀层	601	3.5 扩散机制	636
2.5 钯及其合金镀层	601	4 层状复合材料的种类	636
2.6 铂、钌、钨和铱镀层	602	5 层状复合材料的性能	636
3 贵金属涂层材料	603	6 几种层状复合材料的应用简介	637
3.1 基本情况	603	6.1 三层铝合金复合材料	637
3.2 CVD 制备的贵金属涂层	603	6.2 热双金属复合材料	637
3.3 PVD 制备的贵金属涂层	605	6.3 减摩双金属轴瓦材料	637
第 16 章 贵金属药物及医用材料	606	6.4 钛-钢复合板	637
1 贵金属药物	606	6.5 不锈钢-钢复合板	637
1.1 磺胺嘧啶银 (Silver Sulfadiazine)	606	6.6 铜-钢复合板	637
1.2 金诺芬 (Auranofin)	606	6.7 铝-钢复合板	637
1.3 顺铂 (Cisplatin)	606	第 2 章 爆炸复合材料	638
1.4 卡铂 (Carboplatin)	606	1 爆炸复合材料	638
1.5 奥沙利铂 (Oxaliplatin)	607	1.1 爆炸复合材料的特点	638
2 贵金属医用材料	607	1.2 爆炸复合材料的分类	638
2.1 贵金属牙科材料	607	1.3 爆炸复合材料的生产	639
2.2 生体植入材料及器件用贵金属	613	1.4 爆炸复合材料的组织	640
2.3 针疗用贵金属材料	614	1.5 爆炸复合材料的性能	642
2.4 其他医用贵金属材料	615	1.6 爆炸复合材料的应用	643
第 17 章 其他贵金属材料	616	2 爆炸复合材料的压力加工	646
1 贵金属精密合金	616	2.1 爆炸复合材料压力加工的特点	647
1.1 贵金属弹性合金	616	2.2 爆炸复合板的轧制	647
1.2 贵金属磁性合金	617	2.3 爆炸 + 轧制复合板结合区的微观组织	648
2 贵金属形状记忆合金	618	2.4 爆炸 + 轧制复合板的力学性能	650
2.1 贵金属低温形状记忆合金	618	2.5 爆炸 + 轧制复合板的厚度参数	651
2.2 贵金属高温形状记忆合金	618	2.6 爆炸复合板轧制机理探讨	653
3 贵金属感光材料	619	2.7 爆炸复合材料其他形式的压力加工	653
3.1 感光材料组成	619	2.8 爆炸复合材料压力加工技术展望	654
3.2 卤化银的组成与作用	619	3 爆炸复合材料的机械加工	654
3.3 其他贵金属添加剂的作用	619	3.1 爆炸复合材料机械加工的特点	654
4 贵金属坩锅与器皿材料	619	3.2 爆炸复合材料的切割加工	654
4.1 分析用坩锅器皿及工具	619	3.3 爆炸复合材料的切削加工	655
4.2 核场应用容器	620	3.4 爆炸复合材料的校平和校直加工	655
4.3 单晶体生长用坩锅	620	3.5 爆炸复合材料的成形加工	655
5 贵金属电极材料	620	第 3 章 轧制复合材料	659
5.1 电化学技术的应用与电极材料	620	1 概述	659
5.2 电解电极	621	2 轧制复合工艺概述	659
5.3 阴极保护防护电极	621	2.1 轧制复合法的特点	660
6 化学纤维工业用贵金属喷嘴材料	621	2.2 轧制复合材料生产流程	660
7 玻璃工业用贵金属材料	622	3 轧制复合材料的设计	661
7.1 玻璃生产与铂合金的作用	622		