

冶金与材料物理化学 专题文集

Symposium on Physical Chemistry
in Metallurgy and Materials

本书编委会 编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

冶金与材料物理化学 专题文集

Symposium on Physical Chemistry
in Metallurgy and Materials

本书编委会 编

北京

冶金工业出版社

2015

内 容 提 要

本文集简要介绍了冶金与材料物理化学、资源综合利用、耐火材料基础理论上取得的研究成果,收录了冶金物理化学、钢铁冶金、有色冶金、陶瓷材料、耐火材料和工业固体废弃物高效综合利用等方面的学术论文 50 篇,分为物理化学应用基础研究、新型高温结构陶瓷和功能陶瓷材料三个部分。这些论文反映出该领域的最新研究进展和成果,代表了我国目前冶金与材料物理化学领域的研究水平。

本文集可供物理化学研究者和冶金与材料工作者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

冶金与材料物理化学专题文集/《冶金与材料物理化学专题文集》编委会编. —北京:冶金工业出版社, 2015. 10

ISBN 978-7-5024-7048-7

I. ①冶… II. ①冶… III. ①材料科学—物理化学—文集 IV. ①TB3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 242029 号

出版人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 刘小峰 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7048-7

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2015 年 10 月第 1 版, 2015 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 28 印张; 2 彩页; 889 千字; 431 页

180.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

■ 李文超教授和研究团队



1997年，李文超教授和周国治院士在与来访的瑞典皇家工学院 Seshadri Seetharaman 教授、杜嗣琛教授进行学术交流后合影

左起：文洪杰、黄向东、李文超、王习东、周国治、张海军、Seshadri Seetharaman、甄强、杜嗣琛、张梅、王福明、滕立东、黄绵亮



1996年，李文超教授与俄罗斯科学院结构宏观动力学研究所斯多林研究员合影，陪同人员为张海军博士



1996年，李文超教授在与俄罗斯科学院结构宏观动力学研究所斯多林研究员进行学术交流后合影

左起：文洪杰、斯多林、李文超、张海军、甄强



1998年，适逢1994级本科生毕业，在实验室合影

前排左起：李文超、王福明

后排左起：张梅、李山丹、郭宇艳、杜雪岩、秦晓军、甄强、丁保华、
张海军、黄绵亮、黄向东



1999年，同学聚会后合影

前排左起：张梅、刘静波

后排左起：刘国华、滕立东、文洪杰、杜雪岩、王习东、魏志峰



1997年，文洪杰博士学位论文答辩后留念

左起：黄绵亮、张海军、黄向东、文洪杰、甄强



1997年，师兄弟在北京科技大学西校门前合影

左起：黄绵亮、张海军、甄强、杜雪岩、黄向东、丁保华



1997年，研究团队登上北京香山合影留念

左起：张梅、杜雪岩、甄强、张海军、黄绵亮



2006年10月28日，北京科技大学物理化学研究团队成员从各地回到母校，共同庆祝李文超教授70华诞

前排左起：刘克明、岳昌盛、王海娟、张 慈、赵斯琴、梁子福、刘晓丹、董鹏莉、唐续龙、李玉祥、马 刚
中排左起：苏鑫明、张 辉、金 烁、刘丽丽、郭 敏、孙贵如、李文超、王亚丽、周 媛、盖鑫磊、马 腾、
黄剑雄、张艳君、张 梅
后排左起：赛音巴特尔、杨修春、刘建华、张海军、杜雪岩、高立春、甄 强、王习东、赵海雷、叶 超、
李 超、杨传钰、王 荣、张作泰

谨以本书祝贺
李文超教授八十寿辰！



本书编委会

(以拼音为序)

丁保华	董倩	杜雪岩	樊成才	高立春
黄绵亮	黄向东	李兴康	连芳	刘国华
刘建华	刘静波	刘克明	秦建武	赛音巴特尔
滕立东	王海川	王金淑	王习东	文洪杰
张海军	张辉	张梅	张作泰	甄强
赵海雷	仲维斌	庄又青		

编者的话

李文超教授是北京科技大学教授、博士生导师，一直从事冶金物理化学领域的科研与教学工作。作为建国初期赴苏联留学并回国的专家，直接参与和见证了我国当代冶金和耐火材料工业以及相关科学的发展。李文超教授在冶金及材料物理化学教育和研究上的贡献，及其治学、科研和育人之道，深得师生的尊敬。

李文超教授于1936年11月生于山东招远；1959年毕业于莫斯科钢铁学院金属物理化学系；1986年赴莫斯科钢与合金学院作为高级访问学者；1991~1996年曾任北京科技大学理化系主任；1991年受聘为北京科技大学理化系教授、博士生导师，兼职应聘为重庆大学、安徽工业大学教授；1987年中国金属学会恢复后，即任冶金物化学术委员会委员兼秘书，并先后担任过冶金物化学术委员会（分会理事长）副主任、主任，多次被评为中国科协先进工作者；1991~2006年担任中国金属学会第七届常务理事、第五、六、七届中国金属学会理事，曾担任第一届有色学会理事，历任多届稀土火法冶金专业委员会委员，之后被授予中国金属学会名誉理事和荣誉会员，并被授予“银质终身成就奖”；曾任国家科委冶金学科组秘书、国家自然科学基金评委、杰出青年基金评委和国家自然科学基金会评专家等；长期担任《钢铁》《稀有金属（中、英文版）》《耐火材料（中、英文版）》等期刊编委。

李文超教授为北京科技大学第一届（也是全国第一届）冶金物化本科生讲授了“冶金物化研究方法”专业课，并出版了全国第一本《冶金物化研究方法》讲义；指导了首届4名冶金物化本科毕业生的毕业论文；此外，还先后为本科生讲授过冶金热力学、冶金动力学、冶金物化研究方法、冶金学、示踪原子应用、金属扩散等专业课；为硕士研究生讲授过冶金热力学、无机非金属材料动力学、近代物理化学研究方法、相图热力学分析、高温陶瓷等学位课及选修课；为博士研究生讲授过陶瓷原理与方法、物理化学原理与方法、冶金物理化学进展等课程。1997年被评为北京市优秀教师。从1959年留学回国在北京

钢铁学院任教起，从事教育工作45年，培养了一大批冶金和材料领域的科技和管理人才，为我国的冶金和材料领域的高等教育做出了重要的贡献。先后培养博士研究生21名、硕士研究生13名。其中11人成为了国内外的大学教授，2人成为国家杰出青年基金获得者。

李文超教授的研究领域包括：网络工艺数据库在材料合成中应用、近代耐火材料理论基础研究、功能陶瓷、结构陶瓷和古陶瓷材料物理化学。他从1985年获得了首项科学院基金的资助，到国家自然科学基金建立，先后承担了11项自然科学基金项目（1985年成立科学院基金会，后正式改为国家自然科学基金委）；冶金部攻关课题等4项（包括：“六五”、“七五”、“八五”、“九五”科技攻关项目各1项）。荣获国家自然科学基金三等奖1项、国家教委科技进步一等奖1项、冶金部科技进步一等奖1项、国家教委科技进步二等奖1项、冶金部科技进步二等奖1项、省部级科技进步三等奖3项；获得国家发明专利4项。在国内外学术刊物和会议上共发表学术论文260余篇；出版专著1部、教材3种，其中《冶金热力学》获北京市优秀教材一等奖。

李文超教授在冶金及材料物理化学、资源综合利用、耐火材料基础理论上取得了一系列重大的研究成果，对促进冶金及材料物理化学的发展具有重要意义。通过建立冶金及高温陶瓷材料体系内部各个组元热力学参数的预报和评估的方法，完善了热力学理论体系，并从材料热力学和相图计算的角度指导多元多相体系材料的化学成分设计；利用模式识别技术优化材料制备过程中的多因素技术参数；提出了高温材料制备和应用过程中的反应动力学建模方法和理论；通过对不同的熔渣体系和金属体系的扩散动力学研究，发现了液相化学扩散也存在宏观流动的现象。

李文超教授及其团队所取得的研究成果对我国今后的科研工作有所启发和帮助，为此，我们特以“冶金与材料物理化学”为专题，收集了冶金物理化学、钢铁冶金、有色冶金、陶瓷材料、耐火材料和工业固体废弃物高效综合利用方面的部分代表性学术论文50篇，编辑成本文集出版。由于时间和水平所限，编委会组成仓促，未能做到更加全面地反映研究成果，在此表示歉意。

“文风高白雪，品格超青云”。李文超教授虽已80高龄，但精神矍铄，身体健康，实乃品格修养所致。李文超教授治学严谨，为人师表，平易近人；在科学研究工作中，勤奋努力，求实进取，开拓创新，持之以恒，为我国冶金及

陶瓷材料高温物理化学的发展做出了非常重要的贡献。李文超教授的“做人之本、治学之道、科研之风、育人之德”可谓年轻学者们的学习楷模。他教育我们严谨治学，勤奋刻苦，求实进取，以科技创新报效祖国。

感谢李文超教授多年来对学生们的指导与关心！钟香崇院士、周国治院士、朱元凯教授、王俭教授、董元簏教授、谢志鹏教授、王福明教授、唐清教授、包宏教授、王迎军教授、徐利华教授等以及瑞典皇家工学院的教授曾经和李文超教授一起给予我们指导与帮助，在此表示衷心的感谢！我们目前所在的工作单位，特别是北京科技大学、北京大学、北京工业大学、上海大学、武汉科技大学、兰州理工大学、安徽工业大学，还有挪威 DNV GL 公司、ABB 公司、得克萨斯州农工大学—金斯维尔校区、中国钢研科技集团有限公司、北京交通大学、首钢技术研究院、广州白云区发改局、北京仪尊时代科技有限公司、南京亿达高科环保技术有限公司等，为我们提供了良好的工作平台，在此对这些单位和同事表示感谢！

谨以本书，祝贺李文超教授八十华诞！

本书编委会
2015年6月

目 录

第一部分 物理化学应用基础研究

钢中稀土夹杂物生成的热力学规律	李文超	3
物理化学在古陶瓷研究中的应用	李文超	19
Prediction of Thermodynamic Properties for Multicomponent System with Chou Model Zhen Qiang (甄强) Bao Hong (包宏) Wang Fuming (王福明) 等		25
由稳定化合物熔化焓提取二元系活度	李兴康 刘四俊 王 俭 等	30
Statistical Mechanics Model of Liquid Binary Alloy and Its Parameters Fan Chengcai Wang Jian Li Wenchao et al.		35
Does Nitrogen Transport in Vitreous Silica only Take Place in Molecular Form? Dong Qian G. Hultquist		47
Influence of Additives on Kinetic Behavior of SiO_2 -C- N_2 System Zhuang Youqing Li Wenchao		56
Silica Photonic Crystals with Quasi-full Band Gap in the Visible Region Prepared in Ethanol Zhang Hui Wang Xidong Zhao Xiaofeng et al.		60
Fe-C- j ($j = \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}$) 熔体的热力学性质规律	王海川 王世俊 乐可襄 等	66
A Data Treatment Method of the Carbon Saturated Solubility in Fe-C-Cr Melt Wang Haichuan Wang Shijun Yue Kexiang et al.		74
低碳 FeMnSiAl 系 TWIP 钢冶炼技术研究 刘建华 庄昌凌 李世琪 等		81
Influence of Vanadium on Microstructure and Properties of Medium-chromium White Cast Iron Liu Keming Wang Fuming Li Changrong et al.		88
Phase Relationships and Thermodynamic Properties in the Mn-Ni-C System Teng Lidong Ragnhild Aune Li Wenchao et al.		95
Experimental Investigation and Modeling of Cooling Processes of High Temperature Slags Sun Yongqi Shen Hongwei Wang Hao et al.		108
Thermodynamic Investigation of Synthesizing Metastable β -Sialon-Alon Composite Ceramic Huang Xiangdong Li Wenchao Wang Fuming et al.		121
高炉渣合成 Ca- α -Sialon-SiC 粉的热力学分析及工艺优化 刘克明 王福明 李文超 等		127

第二部分 新型高温结构陶瓷

Kinetic Studies of Oxidation of MgAlON and a Comparison of the Oxidation Behaviour of AlON, MgAlON, O' -SiAlON-ZrO₂ and BN-ZCM Ceramics
 Wang Xidong Li Wenchao Seshadri Seetharaman 139

Thermal Diffusivity/Conductivity of MgAlON-BN Composites
 Zhang Zoutai Li Wenchao S. Seetharaman 155

热压合成 AlON-VN 复相陶瓷的研究 赛音巴特尔 张作泰 李文超 167

Synthesis of TiN/AlON Composite Ceramics
 Wang Xidong Gao Lichun Li Guobao et al. 173

The Effect of Al₂O₃ (Mul.) on Phase Compositions of O' -Sialon Ceramics
 Zhong Weibin Li Wenchao Zhong Xiangchong 181

氮化硼对锆刚玉莫来石材料力学性能及显微结构的影响
 赵海雷 李文超 钟香崇 等 186

ZrO₂-CaO-BN 复合材料的研制 黄绵亮 李文超 钟香崇 194

Synthesis Mechanism of Silicon Nitride Obtained from Silica Reduction
 Zhuang Youqing (庄又青) Wang Jian(王俭) Li Wenchao(李文超) 等 198

O' -Sialon-ZrO₂-SiC 复合材料的摩擦磨损性能研究
 张海军 李文超 姚 熹 等 203

合成 β-SiAlON-AlON 复相材料的热力学分析的研究
 黄向东 李文超 王福明 等 211

热压烧结 Ta/β' -Sialon 系梯度功能材料的残余热应力分析 丁保华 李文超 217

石英向 α -方石英转化率研究 王金淑 王 俭 李文超 等 223

刚玉强化日用瓷的理论分析 李文超 王 俭 刘建华 等 228

用穆斯堡尔谱和吸收光谱研究汝瓷天青釉呈色机理
 秦建武 李国桢 李文超 等 237

MgO-SiO₂-Al₂O₃ 体系用后耐火材料合成新材料的研究
 赛音巴特尔 廖洪强 岳昌盛 等 242

Recent Development of Andalusite Refractories in China
 Wen Hongjie Li Wenchao Wang Jinxiang et al. 248

红柱石分解过程的分形研究 文洪杰 李文超 王金相 等 257

Fractal Calculation of Mo/β' -Sialon Functionally Gradient Materials by Powder Metallurgy
 Ding Baohua Li Wenchao Wang Fuming 等 261

第三部分 功能陶瓷材料

Effects of Preparing Conditions on Controllable One-step Electrodeposition of ZnO Nanotube Arrays
 Lu Hui Zheng Feng Zhang Mei et al. 267

Oxygen Sensitivity of Nano-CeO₂ Coating TiO₂ Materials

..... Zhang Mei Wang Xidong Wang Fuming et al.	280
Thermodynamic Analysis of Combustion Synthesis of Al_2O_3 -TiC-ZrO ₂ Nanoceramics	
..... Dong Qian Tang Qing Li Wenchao et al.	287
Microwave Plasma Sintered Nanocrystalline Bi_2O_3 -HfO ₂ -Y ₂ O ₃ Composite Solid Electrolyte	
..... Zhen Qiang Girish M. Kale He Weiming et al.	296
一种新型湿化学方法合成 $\text{Ba}(\text{Mg}_{1/3}\text{Ta}_{2/3})\text{O}_3$ 纳米粉末的研究	
..... 连芳 徐利华 王福明 等	311
Effect of Ti Content on the Martensitic Transformation in Zirconia for Ti-ZrO ₂ Composites	
..... Teng Lidong Li Wenchao Wang Fuming	318
Preparations and Characterizations of New Mesoporous ZrO ₂ and Y ₂ O ₃ -stabilized ZrO ₂ Spherical Powders	
..... Zhang Hui Lu Hu Zhu Yawei et al.	325
Catalytically Highly Active Top Gold Atom on Palladium Nanocluster	
..... Zhang Haijun Tatshuya Watanabe Mitsutaka Okumura et al.	340
X-Ray Photoelectron Spectroscopy Investigation of Ceria Doped with Lanthanum Oxide	
..... Du Xueyan(杜雪岩) Li Wenchao (李文超) Liu Zhenxiang (刘振祥) et al.	349
A New Highly Selective H ₂ Sensor Based on TiO ₂ /PtO-Pt Dual-Layer Films	
..... Du Xueyan Wang Yuan Mu Yongyan et al.	352
Mesoporous TiO ₂ Thin Films Exhibiting Enhanced Thermal Stability and Controllable Pore Size: Preparation and Photocatalysed Destruction of Cationic Dyes	
..... Wang Jinshu Li Hui Li Hongyi et al.	360
Evaluation of $\text{La}_{0.3}\text{Sr}_{0.7}\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ as Potential Cathode Material for Solid Oxide Fuel Cells	
..... Du Zhihong Zhao Hailei Shen Yongna et al.	374
Platinum Decorated Aligned Carbon Nanotubes: Electrocatalyst for Improved Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cells	
..... Yuan Yuan Joshua A. Smith Gabriel Goenaga et al.	392
Preparation and Characterization of Li ⁺ -modified $\text{Ca}_x\text{Pb}_{1-x}\text{TiO}_3$ Film for Humidity Sensor	
..... Liu Jingbo Li Wenchao Zhang Yanxi et al.	408
摩托车尾气催化净化技术原理与应用	秦建武 416
基于 WEB 的人工神经网络材料设计系统	刘国华 包宏 李文超 427

第一部分

物理化学应用基础研究

Applied Fundamental Research of Physical Chemistry

物理化学是诸多过程学科的重要基础，诸如冶金过程、材料科学与工程、化学工程、石油工程等。如何利用物理化学的理论和方法分析工程科学研究中出现的问题，解决工程生产实践中具体问题是科技人员和工程技术人员所关注的。

本文集通过冶金和材料研究中一些实例，利用物理化学作为理论工具，分析科研和生产中出现的问题和现象，为物理化学研究者和冶金与材料工作者搭建桥梁，促进相关学科的发展。



