

# 产学研结合,发展有中国特色的优质耐火材料

钟香崇

郑州大学 高温材料研究所 河南郑州 450052

**摘要** 我国耐火材料工业正处在结构调整优化时期的转型、升级阶段。当前的一个重要战略措施是技术发展方式必须转到以自主创新为主,还必须加强产学研结合,加快科研成果的转化和产业化。技术发展的主攻方向是根据我国耐火原料资源特点,研究开发有中国特色的新型优质耐火材料,应当沿着这个方向,组织产学研结合的重点攻关:(1)立足我国高铝矾土和菱镁矿资源优势,研发优质合成原料——均质料、改性料和转型料,如利用中低品位高铝矾土为主原料,开发矾土基均质料、电熔锆刚玉莫来石、电熔尖晶石和SiAlON。(2)根据高温新技术发展的需要,研发优质高效新产品——氧化物-非氧化物复合材料、含游离CaO的碱性材料、梯度不定形材料和微孔轻质材料,如洁净钢连铸用氧化物-非氧化物复合功能材料。

**关键词** 自主创新,新型高效耐火材料,中国特色

## 1 技术发展以自主创新为主

改革开放以来,我国耐火材料工业有很快的发展,满足了钢铁工业和其他高温工业高速增长的需要,每年还出口数百万吨耐火原料和制品。笔者曾经指出,耐火材料行业现正处在结构调整优化时期的初期阶段<sup>[1]</sup>,也是转型、升级的重要阶段,应当认真贯彻科学发展观,抓好以下3个战略措施:

(1)矿山治理。这是行业结构调整的重要基础,也是当前一个突出的薄弱环节。希望对矿山问题给予更多的重视,尽快改变矿山落后局面,建立起可靠的、可持续发展的原料基础。矿山治理包括合法开采、合理开采和分级开采,还包括提高煅烧质量,降低能耗,减少污染。

(2)企业整顿。这是结构调整升级的中心任务。全国数以千计耐火厂要重新组合,实行强强联合,淘汰落后,尽快改变小、散、差、乱、无序竞争的局面。要抓紧进行技术改造,采用先进工艺和装备取代落后工艺和装备,大幅度提高机械化和自动化水平,还要认真推进产品结构调整,主要提高高档优质产品的生产比例。

(3)技术自主创新。技术自主创新包括产品品种创新、工艺创新、装备创新,是结构调整升级的关键。遵照科学发展观,耐火材料技术发展必须以自主创新为主旋律,要有更多的具有自主知识产权的核心技术和品牌产品。技术发展方式应该转型,从以消化、仿制引进为主转到以自主创新为主<sup>[2]</sup>。改革开放初期,我国科技水平与国际相比有很大差距。当时确定技术发展主要依靠消化、仿制引进技术的方针是必要

的,正确的,卓有成效的。但如今,我国已经崛起,钢铁、水泥、玻璃乃至耐火材料的产量已跃居世界首位。今后应当转到以自主创新技术为主的轨道上,解放思想,加强自主创新意识,活跃自主创新思路,提高自主创新能力。

在技术自主创新方面,我国耐火材料科技工作者有着优良传统。在建国初期的20世纪50年代,在学习苏联的同时,根据我国有丰富的高铝矾土和菱镁矿但缺少铬铁矿的资源特点,以首创精神研究开发了有中国特色的镁铝砖和高铝砖,对当时钢铁工业和其他高温工业的发展作出了重要贡献。在改革开放初期的20世纪80年代,在引进日本、欧美先进技术的同时,以高铝矾土为主要原料研究开发了有中国特色的低蠕变高铝砖和钢包包衬高铝材料。

现在,我国耐火材料行业有一支相当强大的科技队伍,包括几个大学和一些重点企业的研究团队。近几年,他们的科研工作有显著进展,取得了不少自主创新的科研成果。当务之急是更有效地把这支队伍组织起来,加强产学研结合,加快把科研成果转化为生产力并促进产业化推广应用。在产学研结合中,企业是主体,科研单位是主力,两者应当真诚合作,优势互补,合力攻关,互利双赢。政府应给予政策引导和支持,建立并实施激励自主创新和产学研结合的机制,并加强保护自主创新知识产权的有效措施。

\* 钟香崇:男,1921年生,教授,中国科学院院士。  
E-mail: zxcng@zzu.edu.cn  
收稿日期:2008-09-09

编辑:黄卫国

## 2 产学研结合,重点攻关

进入21世纪,我国耐火材料技术发展的主攻方向应该是根据我国耐火原料资源特点,自主创新,研究开发有中国特色的新型优质耐火材料,解决高温工业技术发展的新要求。应当沿着这个主攻方向,更有效地组织产学研结合,针对以下3个重点项目进行攻关。

### 2.1 立足丰富的高铝矾土和菱镁矿资源优势,研发有中国特色的优质合成原料——均质料、改性料和转型料<sup>[3]</sup>

我国高铝矾土和菱镁矿资源得天独厚,储量居世界首位,但目前资源综合利用率很低,不到40%,有大量中低品位矿石闲置、废弃或乱用。煅烧矾土熟料和镁砂质量稳定性较差,能耗较高。为改变这种状况,应在治理矿山的基础上,研究开发矾土基和镁砂基合成料,目的是提高资源综合利用率,促进质量品位升级,降低能耗,改善环境,并为优质耐火材料生产提供可靠的原料基础。在这方面,郑州大学高温材料研究所与企业合作,采用中低品位高铝矾土为主原料,开展了开发矾土基均质料、电熔锆刚玉莫来石、电熔尖晶石和SiAlON的工作,取得一些可喜进展<sup>[4]</sup>:

(1) 矾土基均质料<sup>[4-5]</sup>。用二等高铝矾土研制的莫来石质均质料的理化性能见表1。其特征是化学成分稳定,结构均匀,纯度和密度达到国际先进水平,荷重软化开始温度高达1 610℃。它们有很好的应用前景,可以用于制造低蠕变高铝砖、致密莫来石砖和轻质莫来石砖等。现在正进一步与企业合作,推进其产业化。

表1 矾土基均质料(莫来石质)的理化性能

Table 1 Chemical compositions and physical properties of bauxite-based homogenized grogs (mullite type)

编 号	HBC60	HCB70
w(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )/%	62.50	68.70
w(SiO <sub>2</sub> )/%	30.51	24.43
w(TiO <sub>2</sub> )/%	2.30	2.29
w(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )/%	1.04	1.92
体积密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	2.73	2.81
显气孔率/%	3.13	3.25
荷重软化温度/℃(0.6%,0.2 MPa)	1 530	1 610

(2) 矾土基改性料<sup>[4,6]</sup>。自主研发的矾土基电熔锆刚玉和尖晶石是用高铝矾土取代氧化铝,采用“二步还原熔炼,一步氧化精炼”创新工艺研制的。它的理化性能(见表2)与氧化铝基材料相当,而成本可降低20%~30%,经过试制试用后,已经批量生产。电熔锆刚玉用于制备Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>-C滑板,电熔尖晶石主要用于制备钢包铝镁衬砖和浇注料,都已取得良好的使用效果,应用前景很好。

## 2 NAIHUO CAILIAO / 耐火材料 2009/1

表2 矾土基电熔锆刚玉和尖晶石的理化性能  
Table 2 Chemical compositions and physical properties of bauxite-based fused corundum - zirconia and fused spinel

试样编号	BCZ24	BS30
w(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )/%	72.86	68.70
w(SiO <sub>2</sub> )/%	0.34	0.51
w(ZrO <sub>2</sub> )/%	25.25	-
w(MgO)/%	-	29.53
体积密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	4.23	3.43
显气孔率/%	3.10	3.50

(3) 矾土基转型料<sup>[4,7]</sup>。我们自主研发的矾土基β-SiAlON是以高铝矾土为原料,采用高温还原氮化工艺制备的。它的理化性能示于表3,其β-SiAlON的质量分数在90%以上,说明转化率比较高。它正在试用于制备低碳和超低碳Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-C和MgO-C材料,已初见成效。

表3 矾土基SiAlON的理化性能

Table 3 Chemical compositions and physical properties of bauxite-based SiAlON

项 目	指 标
w(N)/%	≥20
w(Si)/%	≥20
w(Al)/%	≤30
m(Si):m(Al)	3/1~1/2
显气孔率/%	≤28
体积密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	≥3.0

### 2.2 根据高温新技术发展的需要,研发有中国特色的优质高效制品——氧化物-非氧化物复合材料、含游离CaO的碱性材料、梯度不定形材料和微孔轻质材料<sup>[8]</sup>

主张重点发展这3类新材料的原因是:1)氧化物-非氧化物复合材料与碳结合材料比较,具有较高的高温强度,较好的抗氧化性,对钢水污染也较少;与高纯氧化物材料比较,具有较好的抗热震性和较高的高温强度;还有较好的抗渣性和抗碱性。2)对降低钢中硫、磷含量和夹杂物而言,含游离CaO的碱性材料(主要是MgO-CaO材料)优于MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>材料,更优于Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO材料。MgO-CaO材料中最佳CaO含量(质量分数,下同)为30%,不但不污染钢水,还可起一定净化作用。3)梯度浇注料和微孔高强轻质材料都是节能材料,前者不需要烧成即用于高温窑炉,可节约能源;后者高温强度较高,可直接在工业窑炉高温部位使用,显著提高保温效果,降低能耗。

郑州大学高温材料研究所在这方面与企业合作,开发洁净钢连铸用氧化物-非氧化物复合功能材料的攻关项目,已初见成效。具体情况如下:

(1) 矾土基SiAlON结合刚玉制品。采用高温-

还原氮化反应烧结法制备了矾土基 SiAlON 结合刚玉制品。理化性能与用于高炉陶瓷杯的氧化铝基相应制品基本相同,如表 4 所示<sup>[9]</sup>, $w(\text{SiAlON}) \approx 25\%$ ,有优良的高温强度和抗热震性:1 400 °C 下的抗折强度高达 15 ~ 20 MPa,1 600 °C 下的抗折强度仍为 4.3 MPa;1 100 °C 风冷 5 次后的抗折强度保持率在 80% 以上,1 100 °C 水冷 20 次后还未出现裂纹。它试用于炼铁鱼雷车渣线和冲击区,已用了 1 年,显示了良好的应用前景。目前,正在组织这类复合材料在连铸滑板和透气砖上的试制和试用。

表 4 矾土基和氧化铝基 SiAlON 结合刚玉制品的物理性能  
Table 4 Physical properties of bauxite-based and alumina-based SiAlON bonded corundum bricks

项 目	矾土基	氧化铝基
体积密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	3.10	3.20
显气孔率/%	17	14
常温耐压强度/MPa	145	160
常温抗折强度/MPa	24	30
高温抗折强度/MPa		
1 400 °C 0.5 h	18	22
1 600 °C 0.5 h	4.3	3.6
抗热震性/次(1 100 °C ⇌ 水冷)	>20	>20
抗折强度保持率/% (1 100 °C ⇌ 风冷 5 次)	84	87

(2) 单质 Al/Si 结合低碳 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - C 滑板材料。采用单质复合、原位生成非氧化物工艺,开发了低温烧成的 Al/Si 结合低碳 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - C 滑板材料,其理化性能见表 5。特点是 C 的质量分数降到 3% ~ 5%,而 1 400 °C 的高温抗折强度很高,达到 30 ~ 40 MPa,ΔT = 1 100 °C 热震后抗折强度保持率也较高。原因是在升温过程原位生成碳化物和氮化物,到高温时形成非氧化物结合,起强化、韧化作用。这种新型氧化物 - 非氧化物复合滑板材料已经在 90 ~ 220 t 钢包上试用,取得了很好的使用效果,连续使用 4 ~ 6 炉次,比 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - C 材料要好,与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - ZrO<sub>2</sub> - C 材料相当。现已批量生产并推广应用,在推广过程中逐步调整、完善工艺,改进质量,降低成本。此外,采用此工艺路线正在组织低碳钢包渣线砖、包衬材料和低碳连铸长

表 5 单质 Al/Si 结合 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - C 材料的理化性能<sup>[10]</sup>  
Table 5 Chemical compositions and physical properties of Al/Si bonded Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - C materials

项 目	指 标
$w(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$	86
$w(\text{Al} + \text{Si})/\%$	8 ~ 11
$w(\text{C})/\%$	5
显气孔率/%	7 ~ 9
体积密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	3.00 ~ 3.15
常温耐压强度/MPa	120 ~ 170
高温抗折强度/MPa(1 400 °C 0.5 h)	30 ~ 40
抗折强度保持率/%(1 100 °C ⇌ 水冷 1 次)	70

水口的试制、试用。

(3) 低碳 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiAlON 滑板材料。在烧成 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - C 滑板材料配方中加入预合成的矾土基 β-SiAlON,制备了低碳 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiAlON 滑板材料。该低碳 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiAlON 滑板材料的理化性能见表 6<sup>[10]</sup>,其碳含量降低了 3% ~ 5%,高温抗折强度和抗热震性保持原有水平,而抗氧化性有明显提高。这种滑板材料已在 70 和 160 t 钢包试用,连续使用 3 ~ 5 炉次,氧化层厚度 2 mm,比 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - C 材料的 6 mm 要小;扩孔 2 ~ 3 mm·次<sup>-1</sup>,与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - C 材料相当。这种材料有望更多用于连铸功能材料。

表 6 低碳 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiAlON 滑板材料的理化性能  
Table 6 Chemical compositions and physical properties of low carbon Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiAlON slide plate materials

项 目	指 标
$w(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$	72 ~ 78
$w(\text{C})/\%$	4 ~ 5
$w(\text{SiAlON})/\%$	8 ~ 12
显气孔率/%	7 ~ 9
体积密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	3.00 ~ 3.10
常温耐压强度/MPa	140 ~ 170
高温抗折强度/MPa(1 400 °C 0.5 h)	18 ~ 23
抗折强度保持率/%(1 100 °C ⇌ 水冷 1 次)	45 ~ 55

### 3 结束语

我们的战略目标是把我国耐火材料产业办成有中国特色、有国际水平、有社会效益的优势产业;把资源优势转化为技术优势乃至经济优势;在保证国内高温工业发展需要的前提下,向国际市场输出有自主知识产权的品牌产品,乃至输出技术、专利和标准,在国际科技领域占据制高点。要达到这个目标,任重道远,需要比较长的时间,也许 15 ~ 20 年,需要我们耐火材料工作者不断提高自主创新能力,提高产学研结合合力攻关的效率,继续齐心协力,艰苦奋斗,开创新局面,再创新辉煌。

### 参考文献

- [1] 钟香崇.我国耐火材料工业在新世纪战略发展的思考[J].钢铁,2003,38(9):72-77.
- [2] 钟香崇.自主创新,发展新型优质耐火材料[J].耐火材料,2005,39(1):3-5.
- [3] 钟香崇.大力发展优质合成耐火原料[J].耐火材料,2000,34(1):1-6.
- [4] 钟香崇.新一代矾土基耐火材料[J].硅酸盐通报,2006,25(5):92-96.
- [5] 杨中正,叶方保,钟香崇.以矾土和煤矸石烧结合成刚玉和莫来石[J].耐火材料,2006,40(4):276-279.
- [6] 葛铁柱,梁耀华,钟香崇.矾土基电熔锆刚玉和锆莫来石合成料

- 的制备、性能与结构[J]. 耐火材料, 2005, 39(2): 101-103.
- [7] Zhang Haijun, Zhong Xiangchong. Preparation and microstructure of bauxite-based SiAlON by reduction nitridation [C]//Proc of UNITECR'03. Osaka, Japan, 2003: 437-440.
- [8] 钟香崇. 展望新一代优质高效耐火材料[J]. 耐火材料, 2003, 37(1): 1-10.
- [9] 徐恩霞, 张恒, 钟香崇.  $\beta$ -SiAlON 结合刚玉砖的高温力学性能和显微结构[J]. 耐火材料, 2008, 42(1): 18-21.
- [10] 石凯, 钟香崇. 金属 Al-Si 结合  $Al_2O_3-C$  滑板的性能和使用[J]. 耐火材料, 2007, 41(3): 205-207, 219.
- [11] 岳卫东, 钟香崇, 石凯. 低碳  $Al_2O_3-\beta$ -SiAlON 烧成滑板的热机械性能及显微结构[J]. 耐火材料, 2006, 40(5): 342-345.

Cooperative development of high performance new refractories with Chinese characteristics/Zhong Xiangchong//Naihuo Cailiao. -2009, 43(1): 1

China's refractories industry, presently at the early stage of the period of structural optimization, is confronted with the important strategic task of promoting technical development mainly by self-innovation and expediting practical application and industrialization of research achievements by effective organization of more intimate cooperation between industry and research institutions. The main trend of technical development is to develop sophisticated new refractories with Chinese characteristics, mainly based on our rich resources of refractory raw materials. Accordingly the following cooperative development key projects between refractory companies and institutions should be organized. (1) Development of high quality synthetic materials of homogenized, property optimized and converted types based on our abundant bauxite and magnesite; e. g. development of bauxite based homogenized grogs, fused corundum - mullite - zirconia, fused spinel and SiAlON. (2) Development of high performance new products for applications in high temperature new technologies—oxide-nonoxide composites, free CaO bearing basic materials, gradient castables and micropore insulating refractories; e. g. development of oxide-nonoxide composite functional refractories for clean steel continuous casting.

Key words: Innovative development, High performance new refractories, Chinese characteristics

Author's address: High Temperature Ceramics Institute, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan, China

· 作 · 编 · 读 信 箱 ·

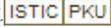
《耐火材料》杂志喜获“河南省第一届自然科学二十佳期刊”荣誉称号

河南省是我国的期刊出版大省,截至 2007 年底,全省已有期刊出版单位 242 家。为了进一步贯彻落实国家新闻出版总署颁布的《期刊出版管理规定》,推出河南省的名牌期刊,促进河南省自然科学期刊业的繁荣和发展,2008 年,河南省新闻出版局组织有关专家组成评委会,对全省自然科学期刊进行了第一次综合质量检测。首先,按照政治质量、依法出版质量、综合业务质量,采取分项计分的方法,按照期刊得分高低,将期刊分为一级期刊、二级期刊、三级期刊和级外期刊。然后,从评选出的 54 家“河南省第一届自然科学综合质量检测一级期刊”中,重点考察期刊的创新性、实用性、系统性和特色、科研导向性、学术影响力、执行国家有关标准情况、编校质量、在全国同类期刊中的地位和影响力、发行量以及广告收入等,经过民主推荐、评审委员会投票,遴选出“河南省第一届自然科学二十佳期刊”。《耐火材料》杂志在获奖的 20 家科技期刊中名列技术类期刊的前茅。

《耐火材料》杂志自 1966 年创刊以来,一贯注重杂志的科研导向性、实用性、创新性和编校质量,是报道国内耐火材料科研、生产和应用情况及国外耐火材料科学技术发展动向的最权威的专业技术期刊,为推动我国耐火材料工业及相关高温工业的技术进步与交流以及科技成果向生产力的转化做出了突出的贡献,社会效益显著。同时,为了推动我国耐火材料行业的原料、制品及生产加工设备的贸易交流,《耐火材料》杂志很早就开展了广告业务,为耐火材料及上、下游行业的供需方之间搭建了有效的交流平台,获得了较好的经济效益。此次获得河南省自然科学期刊评比的最高奖项——“河南省第一届自然科学二十佳期刊”,既是对《耐火材料》杂志以往工作成绩的肯定,更是对今后的工作提出了更高的要求。

《耐火材料》编辑部

# 产学研结合, 发展有中国特色的优质耐火材料

作者: [钟香崇](#), [Zhong Xiangchong](#)  
作者单位: [郑州大学高温材料研究所, 河南郑州, 450052](#)  
刊名: [耐火材料](#)   
英文刊名: [REFRACTORIES](#)  
年, 卷(期): 2009, 43(1)  
被引用次数: 2次

## 参考文献(11条)

1. [钟香崇](#) [我国耐火材料工业在新世纪战略发展的思考](#) [期刊论文]-[钢铁](#) 2003(09)
2. [钟香崇](#) [自主创新, 发展新型优质耐火材料](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2005(01)
3. [钟香崇](#) [大力发展优质合成耐火原料](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2000(01)
4. [钟香崇](#) [新一代矾土基耐火材料](#) [期刊论文]-[硅酸盐通报](#) 2006(05)
5. [杨中正](#); [叶方保](#); [钟香崇](#) [以矾土和煤矸石烧结合成刚玉和莫来石](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2006(04)
6. [葛铁柱](#); [梁耀华](#); [钟香崇](#) [矾土基电熔锆刚玉和锆莫来石合成料的制备、性能与结构](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2005(02)
7. [Zhartg Haijun](#); [Zhong Xiangchong](#) [Preparation and microstructure of bauxite-based SiAlON by reduction nitridation](#) 2003
8. [钟香崇](#) [展望新一代优质高效耐火材料](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2003(01)
9. [徐恩霞](#); [张恒](#); [钟香崇](#)  [\$\beta\$ -SiAlON结合刚玉砖的高温力学性能和显微结构](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2008(01)
10. [石凯](#); [钟香崇](#) [金属Al-Si结合Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-C滑块的性能和使用](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2007(03)
11. [岳卫东](#); [钟香崇](#); [石凯](#) [低碳Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- \$\beta\$  SiAlON烧成滑板的机械性能及显微结构](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2006(05)

## 本文读者也读过(10条)

1. [钟香崇](#). [Zhong Xiangchong](#) [大力发展优质合成耐火原料](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2000, 34(1)
2. [王铁铮](#). [辛明](#). [傅莉莉](#). [霍江平](#). [潘尚心](#). [李超文](#) [中国耐火材料生产与进出口六十年情况简要回顾](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2009, 43(3)
3. [王瑞坤](#) [中国耐火材料出口战略研究](#) [学位论文] 2006
4. [钟香崇](#). [Zhong Xiangchong](#) [自主创新, 发展新型优质耐火材料](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2005, 39(1)
5. [钟香崇](#) [新世纪我国耐火材料的发展](#) [期刊论文]-[钢铁研究](#) 2001(6)
6. [钟香崇](#). [Zhong Xiangchong](#) [我国高铝矾土创新发展的战略思考](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2009, 43(4)
7. [钟香崇](#) [我国耐火材料工业在新世纪战略发展的思考](#) [期刊论文]-[钢铁](#) 2003, 38(9)
8. [王杰曾](#) [耐火材料先进制造技术](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2008, 42(2)
9. [侯雪峰](#). [孙钟奇](#) [我国耐火材料用高铝黏土原料生产技术的发展](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2009, 43(4)
10. [钟香崇](#) [自主创新发展我国耐火材料](#) [会议论文]-2007

## 引证文献(2条)

1. [杜立辉](#). [游杰刚](#). [吴殿峰](#) [2001-2009年我国耐火材料制品制造业经营状况分析](#) [期刊论文]-[冶金经济与管理](#) 2010(4)
2. [陈国平](#). [冯敏鸽](#). [殷海荣](#). [杨明珍](#). [汪涛](#) [我国全氧燃烧玻璃熔窑用耐火材料的使用现状和发展趋势](#) [期刊论文]-[材料导报](#) 2010(19)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_nhc1200901001.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_nhc1200901001.aspx)