

主 编 朱旺喜

副主编 兰新哲

赵西成

西部 大 开发

矿物资源与

金 工 业 出 版 社

矿物资源与西部大开发

主 编 朱旺喜

副主编 兰新哲 赵西成

北 京

冶金工业出版社

2002

图书在版编目(CIP)数据

矿物资源与西部大开发/朱旺喜主编. —北京:冶金工业出版社, 2002. 1

ISBN 7-5024-2922-0

I. 矿… II. 朱… III. ①矿产资源—矿山开发—研究—西北地区 ②矿产资源—矿山开发—研究—西南地区 IV. TD8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 081525 号

矿物资源与西部大开发

出 版 人 曹胜利(北京东城区沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)
著 者 主 编 朱旺喜 副主编 兰新哲 赵西成
责任编辑 张 卫(联系电话: 010-64027930; E-mail: bull.zw@sina.com.cn)
黄淦祥
美术编辑 王耀忠
责任校对 卿文春
责任印制 牛晓波
版式设计 王金凤
出 版 冶金工业出版社(网址: www.cnmp.com)
发 行 冶金工业出版社发行部(电话: 010-64044283; 传真: 010-64027893)
冶金书店地址: 北京东四西大街 46 号 100711; 电话: 010-65289081
经 销 全国各地新华书店
印 刷 北京源海印刷厂
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 15.75 印张
字 数 383 千字
页 数 239 页
版 次 2002 年 1 月第 1 版
印 次 2002 年 1 月第 1 次
印 数 1 ~ 2000 册
书 号 7-5024-2922-0/TD·352
定 价 38.00 元



(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

西部矿产资源开发利用发展战略 研 讨 会

主办 国家自然科学基金委员会工程与材料科学部
中国工程院化工冶金与材料工程学部

协办 陕西省教育厅
陕西省科技厅
西安市科委

承办 西安建筑科技大学

合理开发利用西部矿物资源,加快西部经济发展

(代序)

首先,我代表陕西省人民政府副省长陈宗兴和我本人对由国家自然科学基金委员会工程与材料科学部和中国工程院化工冶金与材料工程学部主办,陕西省教育厅、陕西省科技厅、西安市科委协办,西安建筑科技大学承办的“西部矿物资源开发利用发展战略研讨会”隆重召开,表示热烈的祝贺。对前来参加这次研讨会的我国工程和矿冶材料学界的各位院士、专家、教授表示热烈的欢迎。

1999年6月17日江泽民总书记在西安召开的“西北五省区国有企业改革和发展座谈会”上,向全党和全国人民发出了实施西部大开发战略的动员令,这不仅极大地鼓舞了西部地区的各族人民,而且在我国的东、中部地区乃至世界上都引起了极大的反响。2000年是20世纪的最后一年,也是实施西部大开发战略的启动年,今年6月20日江泽民总书记在兰州召开的“西北五省区党建和西部大开发座谈会”上,再一次就实施西部大开发战略的深远意义、战略重点、开发思路以及近期和长远目标等一系列重大问题都做了深刻的阐述。西部大开发作为我们党和国家的一项重大战略任务,已经被提到了比以往任何时候都更加突出的位置。陕西省作为西部的一个省份,从区域来说,它地处我国东西结合部,有比较丰富的资源优势 and 较强的科教实力,工业基础较好,旅游资源得天独厚,又是延安精神的发源地。因此,陕西有条件,也完全应该在实施西部大开发战略中加快发展,实现全面振兴。

国家自然科学基金委工程与材料科学部和中国工程院化工冶金与材料工程学部把这个会议确定在我省召开,这是对陕西的厚爱,也是落实江泽民总书记实施西部大开发战略的具体体现。在此,我再一次向你们表示崇高的敬意和衷心的感谢。

大家都知道,矿物资源是人类生产资源和生活资源的基本源泉之一,是国民经济和社会发展的重要物质基础,据统计,95%以上的一次能源、85%以上的工业材料、70%以上的农业生产资料都是来自于矿物资源。矿业和以矿业产品为原料的加工业的产值约占我国工业总产值的30%,矿产品进出口贸易总额约占我国进出口贸易总额的15%。这些都足以说明矿物资源的开发利用对我国经济社会的发展是非常重要的。

我国西部地区矿物资源种类繁多,储量丰富,特别是天然气、钾盐、镍、钼、铜、锌、磷和石棉等矿藏均居全国前列。以天然气为例,我国90%的储量分布在以渝、陕、甘、宁、青海和新疆等地区。就我省而言,目前已探明的天然气储量就有3100亿 m^3 ,气源中心主储区在陕北榆林地区的靖边、横山等县,是目前我国陆上发现的最大整装气田,现已形成22亿 m^3/a 的

生产能力,已向北京、银川和西安等地供气。国家“西气东输”的第一期工程预期于2003年由我省的靖边向上海供气。再以石油为例,我国石油储量的22.8%分布在西部,特别是新疆的准噶尔盆地、塔里木盆地、吐鲁番盆地和青海的柴达木盆地等都蕴藏着十分丰富的石油。此外,还有铁矿,我国23.5%的铁矿储量分布在西部,酒钢的镜铁山矿、攀钢的钒钛磁铁矿、重钢的太和铁矿、云南的大红山铁矿等储量都十分丰富,发展潜力巨大。西部地区还有我国重要的钼基地——陕西金堆城钼业公司,镍基地——甘肃金川有色金属公司以及青海盐湖、云南、四川的钾盐资源,云贵川三省的磷矿资源和西部的煤炭资源(约占全国煤炭储量的38%)等都非常丰富,在此,就不一一列举。由上述可知,西部矿物资源的合理开发利用,不仅在西部大开发中对促进西部经济的发展具有十分重要的作用,而且对我国国民经济的发展也同样具有十分重要的作用。

多年来,在广大科技工作者的共同努力下,在西部矿物资源开发利用的科学研究上也取得了巨大的成果。钼矿、镍矿、钒钛磁铁矿的开发利用技术水平不仅在国内领先,而且,在某些方面还达到了国际先进水平。但是,就当前来看,我国西部矿物资源的开发利用仍然存在一些突出的问题。

一是资金短缺。这是制约西部矿物资源开发利用的一个重要因素。如何借助西部大开发这股强劲的东风加快基础设施建设,出台一些更为优惠的政策以吸引东、中部和国外的资金,促进西部矿业的发展,这是我们所面临的一项重要任务;二是就总体而言,西部地区矿物资源开发利用的装备和技术水平还比较落后。表现在采选冶的回收率较低,资源浪费严重,滥采滥挖所造成的对资源的破坏也相当严重;三是污染问题比较突出。矿山废渣、尾矿及选矿废液不合理排放等造成的对土地、河流的严重污染,冶炼中排出的大量 SO_2 等气体造成的对大气严重污染等。因此,在西部大开发中如何合理开发利用矿物资源,实现西部经济持续、快速、健康地发展,这不仅是摆在西部地区各级党委、人大和政府面前的一项重大任务,而且,也是我们广大科技工作者面临的一项重要的重要的研究课题。下面,我想就这一问题谈几点意见,仅供参考。

第一,要坚决贯彻执行“在保护中开发,在开发中保护,资源开发和节约并举,把节约放在首位,努力提高资源选用效率”的总原则和总方针。西部各地区要根据国家的需要和市场前景,结合各自的情况确立自己的优势矿物资源,并在此基础上提出开发思路、目标、布局、重点项目和政策措施等,统筹规划,做到有序、合理地开发。

第二,必须坚持资源开发与环境保护并重的原则,坚决走可持续发展之路。矿物资源的开发决不可再走“先污染,后治理”的老路,因为大量的事实已经证明,这不仅是一条只顾眼前,不计长远之路,而且即使从经济效益上来说,也是一条得不偿失之路,甚至是无法挽救、愧对子孙后代之路。

第三,必须依靠科技进步,要在较高的起点上对矿物资源进行合理的开发利用。要选用先进的采选冶工艺和装备,提高资源回收率和对资源的综合利用,尽可能地减少对资源的浪费和破坏。

第四,要加大对矿物资源开发利用的地方性法规的立法进程。要强化对矿物资源合理开发利用的监督与管理,要增强全民的法律意识,使矿物资源的开发利用和保护工作纳入法制化轨道。

第五,要制定相应的人才政策,充分开发人才资源。要调动广大科技工作者的积极性、

创造性。重大研究课题要多学科协同作战,提高我国在矿物资源开发利用领域的科技、生产水平,为缩小与世界先进水平的差距做出不懈的努力。

同志们:西部大开发任重而道远,西部矿物资源的合理开发利用也同样是任重而道远。这项艰巨而光荣的任务已历史地落在了我们的肩上,我相信在党中央、国务院的领导下,在国家自然科学基金委和中国工程院等组织的大力支持下,在广大工程和矿冶材料学界的院士、专家、教授和工程技术人员的共同努力下,西部矿物资源一定能在有利于资源的充分有效利用、有利于西部生态环境的保护和有利于西部地区整体经济的发展下,持续、快速、健康地向前发展。

祝各位院士、专家、教授工作顺利,生活愉快,预祝“2000年西部矿物资源开发利用发展战略研讨会”圆满成功!

陕西省人大常委会副主任 桂中岳 教授

2000年9月

前 言

根据国科金工[2000]003号文件精神,为配合国家西部大开发的战略举措,由国家自然科学基金委员会工程与材料科学部、中国工程院化工冶金与材料工程学部主办,陕西省科技厅、陕西省教育厅、西安市科委协办,西安建筑科技大学承办的“西部矿物资源开发利用战略研讨会”,于2000年9月20~22日在陕西省西安市西安建筑科技大学顺利召开。本次会议宗旨是:研讨西部矿产资源开发战略,探索资源开发新概念、新技术发展方向,探讨实现我国“十五”和2010年目标的措施,以及加强产学研结合,促进成果转化的新途径。

到会的有中国科学院和中国工程院5位院士,国家自然科学基金委工程与材料科学部、陕西省人大和政府、陕西省教育厅、陕西省科技厅、西安市科委、嘉峪关市等部门和地方的领导。西安建筑科技大学及来自全国各有关高校、科研单位和企业界的代表有240多名,会议提交论文及摘要70余篇。其中大会报告13篇,其余在两个分会场(即金属与非金属矿物资源分会场,能源资源分会场)进行了交流。

会议由西安建筑科技大学冶金工程学院院长兰新哲教授主持,西安建筑科技大学校长徐德龙教授致开幕词,中国工程院常务副院长、国际著名矿业专家王淀佐院士特来电话祝贺,国家自然科学基金委冶金与矿业学科主任朱旺喜博士作了重要讲话,陕西省人大常委会副主任、著名矿业专家桂中岳教授代表陕西省人大和陕西省人民政府及西部省市作重要报告,陕西省教育厅副厅长张炜博士、陕西省科技厅总工魏建峰博士、西安市科委副主任贺尚武等有关领导到会讲了话,西安市副市长乔征、嘉峪关市副市长崔聚荣等出席了会议。

这次会议主要是以大会报告、分会报告、分组讨论等形式进行学术研讨,内容丰富、专业性强。产学研结合、老中青专家共聚一堂,理论联系实际,畅谈西部开发,共商推动西部经济和科学技术事业发展的前景。代表们一致认为:在国家进行西部大开发之际,召开这次会议是非常重要的,也是非常及时的。它对西部矿物资源的合理开发和高效利用以及生态环境保护起到了积极的指导作用。本次会议在与会代表和各方面的大力支持下达到了预期的效果,是一个成功圆满的会议。专家们从不同专业角度,主要对我国西部矿产资源开发利用的战略,采用高新技术,高起点开发并高效利用资源,促进资源优势转化为经济优势的途径,新技术的推广应用和生态环境保护以及可持续发展等,进行了广泛的学术交流,提出了许多富有创新性和建设性意见与对策。对西部矿产资源创新性开发具有重要指导意义。

与会代表就西部矿产资源开发利用的发展战略及相关问题做了深入科学的研讨,一致认为“西部大开发”是国家发展的一项重大战略决策;西部开发应遵循在“保护中开发,在开发中保护”的原则;资源开发应与环境保护并重;应加大资源开发与保护法规的力度,以人为本,依靠科技进步,在高起点上对矿产资源进行综合开发利用才是必由之路。

会议对西部矿产资源综合利用目前存在的重要和重大基础科学问题和主要战略问题进

行了讨论,就以下问题达成共识:

(1) 西部储藏有丰富的矿物资源,矿产开发利用仍将是西部发展的支柱产业之一。但今后西部矿产资源的开发,必须从全国一盘棋的角度出发,进行全方位设计与规划,采用先进、安全与环境协调的最适宜于西部的先进技术,提高资源产品化的科技含量和可持续发展性,以适应加入 WTO 后的国际市场竞争。

(2) 西部矿物开发应采用采、选、冶、材料及其制品生产一体化管理的新模式;寻求新的低污染的开采和冶金方法,保护环境;探讨矿物资源开发的科研、设计、建设评估与决策相协调的新体系。

(3) 应继续重视西部“3+1”金属和非金属及煤炭、石油和天然气资源的综合利用的协调可持续发展问题。储量居世界第一位的青海盐湖金属镁及钾钠资源的开采有着良好的开发环境、强大的技术支撑和广泛的市场需求,应对其进行合理高效的开发利用。

(4) 煤炭、石油和天然气资源的开采、运输、储存和洁净化利用的问题,开发与矿山安全体系建设问题、煤层气资源的开发利用问题、选煤与净化煤烟型大气污染问题、石油天然气资源的高效开发新技术及利用问题、煤的非能源利用的开发研究问题等都引起了专家们的高度重视。西部有丰富的石油资源,应对适应西部石油开采的技术进一步研究,以期扭转大量进口的局面。

通过会议交流和研讨,代表们提出以下建议:

(1) 建议组建西部资源开发与利用工程评估咨询中心,为西部资源开发利用可持续发展提供科技、政策咨询。

(2) “十五”期间,建议国家自然科学基金委设立西部矿物资源尤其是“3+1”资源开发利用重大基础研究项目及若干金属和非金属资源,以及煤、油、气等开发的重点基础研究项目。鉴于西部的资源优势与可持续发展战略需要,“十五”期间实现西部资源的经济高效利用也将是一个综合性重大科学技术与工程课题。而西部矿物资源开发利用的许多工程技术课题作为重大科技项目或重点项目立项是非常重要的,也是很有必要的。

(3) 建立高校和科研单位及企业三位一体的资源开发新机制。充分利用高校和科研单位专业人员力量及科研成果,促进综合研究,促进科技与经济相结合,推动学科发展,为西部开发做贡献。同时,还可利用高校的师资力量培养西部开发所需的各类高科技专业人才。

(4) 正式出版研讨会论文集。对本次会议收集到的论文,经专家评审后,正式出版论文集,以活跃学术思想,让更多的科研人员以及关心西部建设和发展的人们了解西部矿物资源合理开发利用的深远意义和重要作用,为西部开发出谋划策。

西安建筑科技大学、西安科技学院和冶金工业出版社有关同志,特别是西安建筑科技大学冶金工程学院的有关同志对本论文集的编辑出版给予大力支持,在此表示感谢。

编 者
2000 年 9 月

目 录

一、西部资源发展战略

西部大开发和无污染冶金	周国治等 (3)
西部铂族金属矿产开发及二次资源回收问题的讨论	陈 景 (7)
西部矿物资源开发利用战略的思考	柯家骏 (13)
西部有色金属矿产资源开发战略探讨	杨显万 高筱梅 (16)
西部矿产资源与区域经济发展	崔聚荣 (22)
用原地溶浸采矿回收西部贫矿资源的关键技术研究	古德生 李夕兵 (25)
我国西部煤炭资源开发利用的对策	陈清如 (29)
煤层气资源的开发与利用	鲜学福 徐龙君 (36)
中国镍钴资源开发利用综述	刘同有 (43)
中国镁工业的未来——柴达木	王玉辉 庞全世 (56)
西部优势矿产资源及其综合利用	兰新哲等 (61)
煤炭新材料化是西部大开发中资源利用的有效途径	葛岭梅 周安宁 (65)
对西部矿产资源开发战略的思考	古德生 (69)

二、金属与非金属矿物资源

生物湿法冶金在西部矿产资源开发中大有作为	雷 云 杨显万 (77)
硫化精矿的直接浸出技术的进展和前景	方兆珩 (83)
西部地区“三石”资源及其加工处理	张一敏 (89)
西部特色矿物资源的加工利用——基础与技术	胡岳华 (97)
攀西钛精矿综合利用新工艺	郭宇峰等 (105)
攀枝花钒钛磁铁矿综合利用研究展望	白晨光 (112)
煤系高岭岩(土)资源与开发利用	任忠胜 (121)
陕南地质—生态环境资源评价与可持续发展	王北颖 马 杰 (129)
我国西部矿产资源及其开发利用研究	云庆夏 卢才武 (136)
中国镍钴资源开发与可持续发展	卢才武 兰新哲 (142)
建设绿色矿冶工程是我国西部矿产资源开发的重要课题	张治元 (149)
西北地区黄金资源及其开发研究	兰新哲 刘 江 赵西成 (152)
西北地区非金属矿产资源的开发利用	党晓娥 宋秀玲 兰新哲 (157)
陕西安康金红石矿石中元素的赋存状态研究	吕宪俊 王冠甫 杨 可 (162)
高脱色力活性白土的制备工艺优化研究	王冠甫 吕宪俊 崔学奇 (168)

浅谈中国西部地区矿产资源的特征与可持续发展	朱 军 高晓颖 (176)
-----------------------------	---------------

三、能源资源

电位梯度对多孔介质中油水流动规律的影响研究	张宁生 吴新民 孙 虎 (187)
西部矿产资源可持续开发的水资源策略探讨	董书宁 虎维岳 (196)
煤矿区开发与环境保护	贾希荣 (200)
井眼轨迹新型测量技术及在西部油气开发中的作用探讨	狄勤丰 周凤岐 (204)
烟煤的高温孔隙结构对 SiC 和 Si ₃ N ₄ 合成的影响	王晓刚 李晓池 邓军平等 (212)
油气储层随机建模在中国的应用	王家华 张团峰 (216)

附 录

西部矿物资源开发利用发展战略研讨会大会报告	(223)
关于西部大开发若干政策措施的实施意见	(227)

一、西部资源发展战略

西部大开发和无污染冶金^①

周国治^① 郭兴敏^① 李福燊^① 鲁雄刚^② 胡晓军^①

(①北京科技大学 北京 100083; ②上海大学 上海 200072)

摘 要 本文提出了氧离子可控迁移理论,并指出运用氧离子可控迁移理论,能够有效地避免冶金过程中污染物的生成,生产高洁净度产品和保护环境。

关键词 无污染冶金(绿色冶金) 氧离子可控迁移理论

我国西部地区蕴藏着大量的矿产资源,有些不仅在国内甚至在国际上都是屈指可数的,以金川的镍矿为例,它的镍储量仅次于加拿大的萨德伯里矿。如何充分开发和利用这些资源,无疑对开发大西北、发展我国经济有着战略上重大的意义。将这些矿石开采出来并提炼成有用的金属,需要经过冶炼过程。冶炼过程可分为湿法冶金和火法冶金两大类,但是无论哪一种方法都会造成严重的污染。湿法冶金要用到大量的酸、碱甚至氰化物;火法冶金中的三废更是令人感到头疼。当今发达的工业化国家,环保的呼声很高,它们给冶金行业提出的种种限制以及罚款已使冶金行业不堪重负而纷纷倒闭,结果冶金行业就被转移到发展中国家。事实上也就是将“污染”转移到发展中国家。短期看来,工业化国家似乎是受益者,但是从长远来看,大量钢材和其他有色金属材料靠大量进口,也使发达国家造成大量外汇的流失。为此克林顿政府曾大声疾呼,要重振钢铁工业。但是这谈何容易,传统的钢铁工业,即炼焦炉、高炉、转炉、电炉等系列,是一种长流程工艺。炼焦产生的 CO、CO₂、SO₂ 等有害气体是严重的污染源,要将这类工艺改成短流程的熔融还原,目前还不十分成熟。另一方面,那些发展中国家也开始渐渐地意识到给他们带来经济收入的那些工业正逐步地破坏他们的生态环境。我们不仅要从自然界中索取物质资源,也应为我们的后代留下一个优美的自然环境。在这种形势下,“无污染冶金”的课题也就自然而然地浮出水面。这类专题已得到各国冶金工作者和基金机构的重视。“无污染冶金”、“绿色冶金”的会议也越来越多,这即将形成今后的一个方向。

1 如何降低冶炼过程中的污染

火法冶金和湿法冶金相比,前者有成本低,产量大和能连续作业等优点。在这里我们重点讨论的也是火法冶金中防污染的问题。火法冶金主要有两类操作:一类属高温化学反应,另一类为高温电化学反应。在传统的高温化学反应方法中除了大量废渣、废钢、废烟尘等废弃物带来污染外,更主要是炼焦炉、高炉、转炉等废气中的有害物质,诸如 SO₂、CO、CO₂ 等

① 本课题得到国家自然科学基金(No:59874004; No:59934090)以及 973(No:G1998061500) 的资助。

而带来的污染。在熔盐电解过程中的电化学反应则有排放 Cl_2 、 CO 等有害气体的污染。大气中的污染应是这类污染中影响面最大、最为严重的污染。如何降低这类废气的污染,首先可以从源头开始减少这类有害元素如硫等的引入,另一方面可以将 SO_2 中的硫变为固态 CaS 而排出。而更为重要的根本措施应是设法改变工艺流程,以一种新的无污染的工艺流程取代现有的有污染的工艺流程,这就是“绿色冶金”的任务。

在本报告中我们想特别提出关于通过对氧离子迁移的控制来实现无污染冶金的新概念。这一新思路已在国际上冶金同行中引起了重视。众所周知,金属矿藏大部分是以氧化物的形式存在于自然界中。要想从金属氧化物中将金属提取出来就需要用还原剂将氧分离,通常的高温还原剂是碳(C),它不仅还原力强而且价格低廉,但是用 C 还原必然会产生 CO 和 CO_2 的污染物质,其中 CO_2 的排放造成的温室效应已引起公众的重视。用 H_2 代替 C 作为还原剂是一种理想的方法。因为 H_2 还原的副产品是 H_2O ,它没有污染的问题。但是,在中低温下 H_2 的还原能力不如 C 强,这从下列的平衡反应



就可以看出。至于高温电化学方法也就是所谓炉渣熔盐电解法,则所用的氯化盐不仅熔点低,而且易于电解。但是同样的,氯化电解则有 Cl_2 排放的污染问题。综上所述,要避开污染就有两个要求:(1)是否可以避开还原剂 C;(2)是否可以用氧化物取代氯化物进行电解。我们的回答是,如果可以控制氧离子的迁移,则上述两点是可以做到的。下一节将简要地谈谈这个问题。

2 氧离子迁移的理论与控制

众所周知,高温氧化还原过程的实质是氧在两种反应物之间的迁移过程,这类迁移过程可以有两种不同的类型:一是氧离子在两种反应物之间接触后的直接交换反应,从宏观而言氧离子的运动在反应容器内并无方向性;另一类则是氧离子在交换过程中是做有方向地宏观迁移,从而形成氧离子流。前者无法解决我们前面提到的那种污染,因为该矿物和 C、 H_2 直接放在一起时,这个反应是无法控制的。但后者则不同,当氧被控制为方向性的流动时,我们可以将它引导到单独与 H_2 反应而避开 C。同样,在高温电解反应中,如果我们将氧离子作恰当地引导,则同样氧化物熔体也可以电解出金属,从而避开氯化盐电解所遇到的污染问题。

要控制氧离子的运动应需要掌握氧离子的运动规律,我们实验室已在这方面做了大量的基础研究^[1~4]。例如氧离子在单相电解质中的迁移可描述为:

$$I_{\text{O}^{2-}} = -E_n \cdot \left(\frac{\sigma_{\text{O}^{2-}} \sum_{i \neq \text{O}^{2-}} \sigma_i}{\sum \sigma_i} \right) - E_{\text{ex}} \cdot \left(\frac{\sigma_{\text{O}^{2-}} \cdot \sigma_{\text{ex}}}{\sum \sigma_i} \right)$$

而氧离子在多相体中的迁移则可表述为:

$$\frac{dI_{\text{O}^{2-}}}{dt} = - \frac{\frac{I_{\text{O}^{2-}} \cdot M_{\text{O}} \cdot 10^6}{2FW} + \frac{d[\text{O}]_r}{dt} \cdot \exp(\beta)}{\frac{M_{\text{O}} \cdot 10^6}{2\alpha FAW} + [\text{O}]_r \cdot \frac{2F}{RT} \cdot \frac{\sum \sigma_i}{\sigma_{\text{O}^{2-}}} \cdot \exp(\beta)}$$

式中, β 为:

$$\beta = \frac{2F}{RT \sum_{i \neq O^{2-}} \sigma_i} \cdot \left(\frac{I_{O^{2-}} \cdot \sum \sigma_i}{\sigma_{O^{2-}}} + E_{ex} \cdot \sigma_{ex} \right)$$

式中, $I_{O^{2-}}$ 为通过电解质的氧离子所形成的电流; t 为时间(s); M_0 为氧原子量(16); F 为法拉第常数(96487C/mol); W 为金属液的质量(kg); R 为气体常数(8.314J/K·mol); α 为氧原子在金属液中的传质系数(m/s); A 为电解质的表面积(m²); σ_i 为电导率, E 为电动势。

我们可以通过上述规律掌握离子的运动而达到控制冶金反应的目的。下面我们将举些例子谈谈这方面的应用。

3 应用举例

3.1 金川闪烁炉渣的可控氧离子冶炼

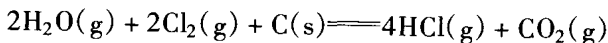
根据我们提出的可控氧离子的理论我们已在实验室中成功地从金川闪烁炉弃渣中, 提炼出含 C 极低, S、P 很少的, 并含有多种有价金属的铁基合金。根据需要冶炼中的污染问题也完全可以控制, 本工作正准备申报专利。

3.2 无污染短路脱氧

根据可控氧离子迁移的理论, 我们设计了一种短路脱氧的方法, 并申请了美国专利。美国 Reading Tube Corp. 公司将此专利应用于铜冶炼中得到了一定的结果, 为此获得了美国 2000 年 TMS 的提取冶金奖^[5]。近年来, 我们对这一专利作了进一步的发展。脱氧电流密度比美国获奖项目的电流密度高出近 50 倍。这一工作正在做进一步的中试实验。这种新的脱氧方法可以完全避开三氧化二铝夹杂的污染。

3.3 金属镁的无污染提炼

提炼镁有两种传统的方法: 金属热还原法和电解法, 前者的缺点是不能大批量生产和作为还原剂的 Si-Fe 的成本太高。而后者用到的 $MgCl_2$ 必须进行完全的脱水干燥, 否则水的存在会因如下反应



而消耗 C 阳极。它所造成的污染也是显而易见的。因而长久以来人们就尝试以 MgO -稀土氯化物取代 $MgCl_2$ 进行电解, 但均未得到满意的结果。近年来美国 GM 公司重新进行了这项研究, 并获得了 4 项专利。他们考虑用 MgO -稀土氯化物或氟化物熔盐, 但效果并不十分显著。最近美国学者试用 SOM 技术, 使氧离子有规律地通过氧离子半透膜的方法生产镁, 它能完全避开 CO 、 CO_2 及 Cl_2 等带污染的气体, 代之以无污染的 H_2O , 他们的工作已取得了初步的成果。

4 结 论

用控制氧离子迁移的方法, 能为冶炼过程带来一系列的优点, 是实现无污染冶金的一个

新开辟的方向。这种方法在理论上是合理的,实验室的试验也证明是可行的。通过冶金工作者的进一步努力,进行工厂的中试和放大实验,预期将会获得很好的结果。

参 考 文 献

- 1 周国治,李福荣,鲁雄刚.一种消除钢中氧化物夹杂的新技术.提高钢的洁净度的专家研讨会,北京,1999. 11. 8
- 2 周国治,李福荣,鲁雄刚,胡晓军. A NEW DEOXIDATION TECHNIQUE IN METALLURGY. China - Korea Joint Symposium on Advanced Steel Technology For Future Industry, ed. Yedong He, Kyoo Young Kim and Weimin Mao. Beijing, China, Sept. 27 ~ 29, 1999;30 ~ 33
- 3 Li Fushen, Lu Xionggang, Hu Xiaojun, Li Lifan and Chou K - C. A New Application of ZrO_2 Solid Electrolyte. 7th Asian Conference on Solid State Ionics, Fuzhou, China, Oct.29 - Nov.4, 2000.
- 4 Li Fushen, Lu Xionggang, Li Lifan, Chou Kou - Chih. Electronic Conductivity of the $CaO - SiO_2 - Al_2O_3 - FeO_x$ Slag System. Sixth International Conference on Molten Slags, Fluxes and Salts, Stockholm, Sweden - Helsinki, Finland, 12 ~ 17 June, 2000
- 5 Prashant Soral, Uday B. Pal, Harold R. Larson and B. Schroeder. Metallurgical and Materials Transaction B, 1999, 30B(4)