



有色金属工业科技创新

中国有色金属学会第七届学术年会论文集

主编 钮因健 副主编 聂祚仁



冶金工业出版社

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

有色金属工业科技创新

中国有色金属学会第七届学术年会论文集

主 编 钮因健

副主编 聂祚仁

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2008

内 容 提 要

本书收录了有色金属工业领域的论文 191 篇,按照地质、采矿、选矿,冶金,材料、加工,设备、自动化,分析、环保、安全进行了分类整理。论文内容丰富,有理论,有实践,并且涵盖了近年来有色金属行业各个领域和各个专业的科技创新成果和经验。

本书可供有色金属领域的工程技术人员、科研人员、设计人员、管理人员、教学人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

有色金属工业科技创新:中国有色金属学会第七届学术年会论文集/钮因健主编. —北京:冶金工业出版社, 2008. 12

ISBN 978-7-5024-4768-7

I. 有… II. 钮… III. 有色金属冶金—学术会议—文集 IV. TF8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 179522 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 刘小峰 等 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4768-7

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 12 月第 1 版,2008 年 12 月第 1 次印刷

210mm×297mm;48.75 印张;1709 千字;765 页;1-1000 册

280.00 元

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

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

有色金属工业科技创新

中国有色金属学会第七届学术年会论文集

主 编 钮因健

副主编 聂祚仁

编 委 杨焕文 郭靖茂 任小燕

主 办 中国有色金属学会

协 办 北京工业大学

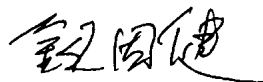
前 言

我国有色金属工业经过近六十年的建设和发展,已经成为世界有色金属生产大国和消费大国,主要金属的采、选、冶、加工生产技术已经达到或接近世界先进水平,并且已经从20世纪的技术进口国逐步转变成为技术出口国。我国有色金属工业今后的发展,已经没有什么国外先进技术可以引进了;另外,国际上一些高精尖新工艺新设备,由于技术封锁等原因已很难引进;所以,针对我国特点和条件的技术要靠自己解决,我国有色金属工业的继续发展只能依靠科技创新,我们已经进入到必须依靠科技创新发展的新阶段。

为了贯彻落实全国科技大会的精神,用科技创新去解决资源、能源和环境三大瓶颈对生产发展的影响,保证有色金属工业长期稳定的可持续发展,中国有色金属工业协会和中国有色金属学会于2006年6月2~3日在北京召开了全国有色金属工业科学技术大会。会议的召开激发了广大科技人员科技创新的精神,提高了他们科技创新的积极性,有力地促进了有色金属工业科技创新的发展。

为了进一步贯彻行业科技大会的精神,交流科技创新的成果和经验,依靠科技创新去克服当前行业发展中所遇到的困难,中国有色金属学会决定在今年召开五届二次理事会议的同时,举办以“有色金属工业科技创新”为主题的第七届学术年会。年会得到了广大科技工作者的积极响应和热情支持,我们共收到了论文238篇。这些论文中,有院士和老一辈科技工作者撰写的,也有广大科研、生产第一线的中青年科技工作者所撰写的。论文内容丰富,有理论,有实践,并且涵盖了近年来有色金属行业各个领域和各个专业的科技创新成果和经验。现将收到论文中的191篇编印成集,供大家交流和借鉴。我们深信,通过这次学术交流,所发表论文中的科技创新成果一定会得到进一步的推广应用和发展,论文作者的创新精神一定会得到进一步发扬,这次学术年会也一定会对促进科技创新发挥积极的作用。

创新,包括集成创新、引进技术消化再创新和原始创新。实现创新并不难,只要我们树立像本论文集作者们所具有的那种善于思考、敢于设想、不怕失败、坚韧不拔的创新精神,就一定能在本职工作中做出创新成果。原始创新是当前我们所缺乏的,要超越国际先进水平,就必须要有高于别国、优于别国的原始创新成果。我们借此次学术年会之际,衷心祝愿有色金属科技工作者,能够在今后工作中更加自觉贯彻落实科学发展观,研究开发出更多的原始创新成果,为把我国建设成为有色金属工业强国做出贡献。



2008年11月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
有色金属提取冶金手册·铜镍	65.00
有色金属提取冶金手册·锡锑汞	59.00
重有色金属冶炼设计手册(铅锌铋卷)	135.00
常用有色金属资源开发与加工	88.00
有色金属资源循环利用	65.00
绿色冶金与清洁生产	49.00
有色冶金分析手册	149.00
有色金属冶金学	48.00
有色冶金原理(第2版)	35.00
轻金属冶金学	39.80
湿法冶金手册	298.00
湿法冶金原理	160.00
冶金流程工程学	65.00
冶金熔体和溶液的计算热力学	128.00
冶金过程固体废物处理与资源化	39.00
冶金企业管理信息化技术	56.00
冶金过程数值模拟分析技术的应用	65.00
冶金与材料物理化学研究	50.00
有色冶金炉设计手册	199.00
电炉炼锌	75.00
现代钢带连续热镀锌	228.00
钛	168.00
钒钛材料	35.00
铟冶金	56.00
钨钼冶金	79.00
现代锗冶金	48.00
锡	70.00
黄金生产知识(第2版)	12.50
现代金银分析	118.00
金银生产与应用知识问答	22.00
金银冶金(第2版)	49.00
铅锑冶金生产技术	29.00
现代铜湿法冶金	29.50
铜阳极泥现代综合利用技术	32.00
硫化铜矿的生物冶金	56.00
伴生金银综合回收	39.00
贵金属合金相图及化合物结构参数	198.00
预焙槽炼铝(第3版)	89.00
铝加工技术实用手册	248.00
原铝及其合金的熔炼与铸造	59.00
铝用炭阳极技术	46.00
电解铝生产工艺与设备	29.00
铝电解炭阳极生产与应用	58.00
铝合金熔铸生产技术问答	49.00
氧化铝生产知识问答	29.00
氧化铝生产设备	39.00
铝合金无缝管生产原理与工艺	60.00

目 录

特 邀 报 告

有色金属材料可持续发展与循环经济（左铁镛） 1

我国铝工业的科技创新（钮因健） 6

有色金属矿业科技创新的重要领域（于润沧） 13

用于未来新型计算机的硅及硅基材料研究进展（屠海令） 16

低品位铝土矿经济生产氧化铝的对策与建议（李旺兴 刘业翔） 18

与资源、环境协调发展的矿产开发模式及技术（周爱民） 21

新型高强韧低淬火敏感性 Al-7.5Zn-1.65Mg-1.4Cu-0.12Zr 合金研究
（熊柏青 李锡武 张永安 等） 24

镁合金加工成形技术的研究（谢水生） 33

增强自主创新能力推动贵金属工业又好又快发展（朱绍武） 45

地 质、 采 矿、 选 矿

有色地质部门勘查地球化学理论与技术创新成果（金 浚 张西平 陈伟民） 50

青藏高原周边地区新生代 MVT 铅锌矿床（祝新友 王京彬） 56

我国锡矿资源开发利用对策研究（林昆勇） 60

论合金矿产资源类型划分及其保障程度（孙延绵） 65

氦气测量在找矿中的应用效果（贾国相 姚锦其 赵友方） 68

陕西凤县柴蚂金矿床地质特征及控矿条件分析（汶 博 王胜利 杨 旭 等） 73

广西下雷锰矿床硫同位素地球化学特征（徐文炘 李 衡 李 毅 等） 78

-425 米中段生产补勘立孔钻探试验方案（傅国平） 81

露天矿山工程快速测量方法的实践与应用（吴 敏） 84

砂浆输送倍线对充填系统安全运行的探讨（张卓成 白广勇 张小娟） 88

矿井通风系统优化设计计算机系统（杨会明 谢贤平 陈一洲 等） 92

采矿方法选择及其数值模拟研究（杨德全 周国庆 侯克鹏 等） 97

喷射混凝土作业的防尘和降低回弹的措施（孟江涛） 101

北京首云铁矿工业及生态旅游资源开发（姜 杰 卢国栋 卢跃刚） 106

降低崩落法大块产出率的措施（钟定波 卜 祥） 109

拉拉铜矿深孔爆破布孔优化实践（唐奇军） 112

二矿区 1 号矿体水平矿柱工程地质特征分析与探讨（高 直 毛清林） 115

预裂爆破技术在露天大孔径深孔爆破中的应用（彭及环 岳 鑫 刘赞平 等） 118

复杂采空区下矿体安全回采方法研究（甘德清 张亚宾 陈 超） 121

BCJ-2 型混装炸药车在金川矿山的应用（白本祥 王兴国 李充强） 124

凡口铅锌矿充填工艺和技术发展（陈坤锐） 127

急倾斜薄脉状钨矿床分支矿脉回采技术浅谈（钟达全） 131

楚雄矿冶发展循环经济的探索和实践 (张新普 王君一 华光平)	134
辉钼矿浮选捕收剂的研究进展 (俞 娟 杨洪英 柴 双)	137
铜硫分离尾矿中黄铁矿活化的研究 (于传兵 王中明 吴熙群 等)	140
磁性衬板在铜矿选厂的应用 (杨俊平)	143
电化学控制浮选及其研究现状 (周兵仔 孙传尧 王福良)	147
浮选设备发展趋势 (卢世杰 李晓峰)	154
会理铜铅锌多金属硫化矿电位调控优先浮选新工艺 (罗仙平 付 丹 陈华强 等)	158
矿浆电解技术 10 年来的进展及应用 (王成彦 邱定蕃 江培海 等)	166
露采剥离废石资源化节约综合利用研究综述 (李晓峰 龙 涛)	171
伴生铜铅锌多金属难选铁尾矿氯化-还原焙烧新工艺试验研究 (陈代雄 李观奇 薛 伟 等)	175
以科技支撑南京栖霞山铅锌矿节能减排新模式的创新 (魏明安 贺 政 缪建成 等)	180
采用组合捕收剂提高铜矿石中金的回收率 (杨玉珠)	183
DH 油在辉钼矿浮选中的应用 (万宏民 赵笑益 秦 靖 等)	187
降低某铅锌矿浮选尾水 pH 值工业试验研究 (郭月琴 马 晶)	191
提高某地金矿石浮选回收率试验研究 (任金菊 吴天骄 王勇海)	194
某低品位难处理铁矿选矿试验研究 (甘永刚)	197
以低品位铅锌矿石为原料选取优质精矿的试验研究 (廖德华 刘汉钊 吴双桥 等)	201
凡口复杂铅锌矿选矿工艺技术的创新 (戴晶平)	207
采用新型设备优化工艺流程处理难选贫矿的研究与实践 (梁炳玉)	212

冶 金

中国氧化铝工业发展的技术路线 (顾松青)	216
提高炭素回转窑产量的方法 (王春华 陈文仲 齐秋妹 等)	221
中国砂状氧化铝生产影响因素及策略简析 (姜世彬 张海波 晏唯真 等)	225
电热碳还原红柱石矿团制备 Al-Si 合金工艺基础的实验研究 (胡 涛 薛济来 朱 骏 等)	233
铝电解用 TiB_2 -C/C 功能梯度阴极材料电阻率的研究 (李百松 薛济来 朱 骏 等)	238
铝液对 C/G/ TiB_2 复合阴极材料润湿性的实验研究 (陈 兴 薛济来 朱 骏)	242
$\text{NiFe}_2\text{O}_4 + \text{Co}_3\text{O}_4$ 惰性阳极高温导电性的研究 (曾 涛 薛济来 朱 骏 等)	246
粉煤灰提取氧化铝和氧化硅工艺中浸出过程的研究 (闫 丽 薛济来 朱 骏 等)	250
全员技术创新管理的组织与实施 (张占明)	256
大型预焙槽焙烧时间的问题探讨 (戴小平)	261
300kA 铝电解槽大修实践研究 (申善俊 温铁军)	264
300kA 电解槽延长槽寿命生产实践 (张洪涛 温铁军)	269
浅谈 300kA 电解槽效应与趋零效应技术的实践 (王二体 谷万铎 王世明)	273
大型氢氧化铝稀相流态化焙烧炉新型炉衬应用 (黄 河 李朝侠 黄兴远)	277
不停产修复铝电解槽侧壁的方法 (李希明 成 庚 吴 举)	281
电解槽放热焊接技术应用 (张机琴)	284
碳分母液苛化补碱工艺在混联法生产中的研究与应用 (黄慧麟)	287
浅析 A356.2 合金工艺优化 (李春英)	291
有色金属工业科技创新领域及发展思路浅探 (杨年宇)	294
210kA 预焙槽生产实践心得 (周文田)	297
炭素煅烧回转窑工艺控制有效性分析 (师树英)	301
如何实现电解槽氟盐精细配料控制 (张成兴)	306

预焙槽阳极在 300kA 电解槽上的实验与应用 (张瑞生 马淑珍)	310
加大科技创新力度提高管理水平实现节能减排工作新突破 (徐卫东 闫太网 李芳块)	313
浅谈 300kA 电解槽焙烧启动期间的节能降耗 (李芳块 李登峰)	317
浅析 240kA 预焙槽工艺技术条件管理 (李积良 钱秀文)	320
浅析铝电解生产过程节能减排途径与措施 (李积良 时国庆)	323
强化电流技术在 240kA 电解槽上的应用与实践 (柯旬勇)	326
240kA 电解槽早期炉膛建立的生产实践 (陈有义 姜广宏)	329
焙烧过程中影响阳极氧化的几个因素 (王树权 陈海龙)	332
关于 50m 回转窑煨烧操作探讨 (巴文君 张志超 秦高原)	336
浅谈煨烧带与回转窑内热平衡的关系 (李得福 秦高原 索有琰)	339
铝电解工艺生产中电解槽料位检测研究及改进措施 (张中华 张太友)	343
砂状氧化铝生产技术改造控制系统的总体设计 (邓文雄)	345
氧化铝生产中创建资源节约型企业的实践及探讨 (徐丽琼 刘永轶)	349
有关铅冶炼技术 (蒋继穆)	354
锌冶炼技术发展现状综述 (王忠实)	358
红土镍矿酸浸过程中高压釜结垢问题的研究 (翟秀静 符 岩 李斌川 等)	364
Cu^{2+} 对嗜酸浸矿细菌胞外多糖含量的影响 (佟琳琳 姜茂发 杨洪英 等)	368
砷离子胁迫下浸矿细菌胞外多糖含量变化的研究 (富 瑶 杨洪英 马玉蕊 等)	371
闪速吹炼工艺在节能和环境保护方面的优势 (姚素平)	374
倡导自主创新 提高企业创新能力 依靠技术进步 提升企业竞争实力 (中条山有色金属集团有限公司)	377
铜电解液净化新工艺 (肖发新 黄兴远 杨涤心 等)	380
亚砷酸铜制备及其在铜电解液净化中的应用 (肖发新 黄兴远 郑雅杰 等)	385
氧化回流一步法制备铈酸钠的工艺研究 (黄兴远 张 军)	390
铈系催化剂醋酸铈的工艺条件研究 (王喜然)	395
株冶的生产发展与技术创新 (王 辉 彭曙光 魏文武)	399
云铜艾萨熔炼炉——中国冶炼厂的成功改造 (史谊峰)	403
河南铅冶炼的现状与发展思考 (李卫锋 杨安国 郭学益 等)	408
吉林吉恩镍业股份有限公司技术创新总结 (袁凤艳)	415
改进锌萃取工艺的新设想 (李国峰)	417
高配比进口世纪锌精矿在 50m^2 沸腾焙烧炉中的应用实践 (彭 明)	420
锌精矿中所含铜元素在湿法炼锌常规流程产出物中的分布情况 (王存厚)	423
沸腾炉面对几种复杂锌精矿的处理办法 (王 康)	426
50m^2 沸腾炉焙烧工艺条件试验方案 (尹亚平)	429
锰离子在锌电积中的行为 (韩海燕)	431
浅谈锌湿法冶炼企业金属平衡管理 (李建勋)	434
锆制品中钍、铀等放射性核素的含量和放射性比活度 (张建东)	438
大规模逐孔降震控制爆破技术在宜春钽铌矿的应用 (龚 杰)	442
“一步法”铝粉除钒精制四氯化钛工艺技术 (邓国珠 刘水根 邵宝顺 等)	444
浅谈我国海绵钛工业发展趋势及目前的技术瓶颈 (刘禹明)	447
铌未来的技术和市场 (袁强辉 胡革全 刘兆刚)	450
我国锆铪产业现状及发展评述 (熊炳昆)	454
优化提锆流程 提高稀散金属的回收 (林裕安 张 伟 李 莎)	459

从国外废铁合金中回收稀土元素的研究与生产 (王毅军 刘卫华 张 华 等)	462
1, 2-辛二醇与铝酸钠溶液种分产物表面作用机制的研究 (吴争平 尹周澜 张艾民 等)	465
LiNi _{0.5} Mn _{0.5} O ₂ 脱/嵌锂过程的结构与电化学性能 (李向群 王志兴 彭小琦 等)	471

材 料、加 工

稀土铝合金热力学性质研究进展 (占春耀 王 为 聂祚仁)	476
Al-4.7Mg-0.7Mn-0.4Er-0.1Zr 合金疲劳性能研究 (张志军 黄 晖 王 为)	482
固溶处理和淬火对 Al-2.18Cu-1.54Mg-0.92Fe-0.94Ni 高纯合金组织和性能的影响 (王国军 熊柏青 吕新宇 等)	487
PE 聚合物挤压管材的织构研究 (王书明 王超群 纪 红 等)	491
铈对铝合金组织性能的影响 (郭 瑞 翟秀静 张延安)	494
易切削环保铜合金技术研究进展 (朱 骏 薛济来)	498
钛在日常生活品中的应用 (刘宝忠)	504
自耗炉熔炼钛时发生爆炸的原因分析 (张文政)	508
复印机卤素灯用钨丝压力加工过程对二次再结晶性能的影响 (刘飞云)	511
42CrMo 天车车轮锻件夹板淬火与回火热处理组织与性能 (李 萍 刘 鑫)	515
铝合金挤压工业的发展现状与趋势 (刘静安)	518
W-20Cu 超细/纳米复合粉末煅烧和还原工艺与物相变化特征 (刘 涛 范景莲 田家敏 等)	522
La-Mg-Ni-Fe 系复合储氢材料的储氢性能研究 (李松林 汤盛龙 方于虎 等)	526
快速凝固制备 Al-Ni-Y 非晶、纳米晶粉末 (黄劲松 刘 咏 陈仕奇 等)	529
粉末冶金法制备 Ni ₅₆ Fe ₁₉ Al ₂₅ 合金的伪弹性 (卢 静 袁 勇 崔建民 等)	534
细晶钨合金的制备与动态失效行为的研究 (范景莲 祁美贵 龚 星 等)	538
Cr-Zr-Cu 合金热变形力学行为及热加工图 (王明家 龙珊珊 王子兮)	543

设 备、自 动 化

大型冶炼炉渣专用浮选机的研制及其应用 (沈政昌 杨丽君 陈 东 等)	549
尾矿再选和冶炼炉渣专用浮选机的开发研究 (沈政昌)	552
反击式破碎机冲击时间的仿真研究 (房 琳 王武龙 于领军)	556
板坯连铸电磁搅拌器的研究与探讨 (高岩军 宋 松 单位春 等)	563
铜拉线机连续退火设备 FUZZY + PID 复合控制方法 (姜余发 方爱红 朱安华)	566
非接触式机械密封技术在氧化铝生产料浆泵中的应用 (马俊茹)	570
唐钢 1650mm 可逆式冷轧机偏心补偿研究 (张 莉 张立静 郑泽华)	574
3300mm 轧机换向辊道的改造 (吴军堂 常 领 李俊林 等)	579
水冷却式整流柜过热的原因分析与防止对策 (张玉玲 宋 涛)	583
DG190-59 离心式锅炉给水泵轴封改造探讨 (马红星)	588
回转窑大齿圈与筒节预组装整体吊装新工艺 (贾志军)	591
熔锌工频炉改造失败的原因探讨 (张利平 李 伟)	595
风机振动分析及诊断方法 (欧自力)	599
SI650-11 离心鼓风机的振动原因分析及改善措施 (蒋 晶)	604
浅析降低空压机积炭节能实践 (孙普杰 赵 宏)	608
40t 电热铝混合炉砌筑工艺方法探讨 (刘民章)	612
设备管理与维修的国际发展潮流 (张军杰)	615

柴油机泵在炭阳极生产中的应用 (张志超 马海龙 李得福 等)	621
堆垛天车在运行中存在问题及其解决方法 (景薛钦)	624
抛落式工作球磨机功率计算 (伊英红 李向阳)	627
自动交换式刀杆设计与受力分析 (齐连同 付 鹏)	630
浅谈桥头铝电公司基于平台的企业信息化建设 (李文义 李翠娥)	633
新热流法计算辐射传热 (刘海洋)	636
铝电解槽控制系统应用探讨 (刘 彤)	643
ACS6000 在八钢热轧厂的应用 (陈 晓)	646
变频器矢量控制与直接转矩控制的比较与探讨 (陈 晓)	652
卷取主传动控制故障浅析 (明建设)	655
卷取机张力控制系统动态特性分析 (明建设)	662
浅谈在锅炉控制中应用变频调速技术实现节能降耗 (李云清)	666
直管型质量流量计在氧化铝生产中的应用 (田运雄)	668
风机现场电流显示误差修正 (赵双狮 董晓芒)	670

分 析、环 保、安 全

Ni/MH 电池电极材料的检测技术 (王超群 王 宁 纪 红 等)	673
ICP-MS 法测定磁制冷材料——钎硅锆系合金中的杂质元素 (李 娜 刘鹏宇 颜广灵 等)	679
ICP-AES 法连续测定低熔点玻璃粉中 B, Bi, Ti, Al, Zn, Fe 的含量 (王 津 唐维学 熊晓燕)	682
高温合金中 Ni、Co、Fe 分析方法的研究 (谢丽云 刘爱菊 王 娜)	684
推行与国际接轨的实验室管理, 不断提高有色行业分析测试水平 (李华昌)	687
不同热处理温度对新型锡青铜性能的影响 (姜东阁 雷少丽)	693
铝及铝合金无铬处理技术进展 (纪 红)	696
铝土矿定量方法的探讨 (郭永恒 李 波)	699
ICP-AES 法测定铌钨合金中 W、Mo、Zr 元素 (禄 妮 李 波)	703
示波极谱法一次同时测定铜铅镉锌四个元素 (杨红仙)	706
光谱定量无标样法的原理研究及应用 (赵 飞 胡文珍 叶红川 等)	709
发射光谱法测定 Mg 中 Ti 的含量 (赵 飞 胡文珍 叶红川 等)	713
JP-303 型智能极谱仪在锌冶炼过程中测定氯离子含量的方法探讨 (张 芸)	716
德兴铜矿 2 号尾矿库防洪现状与对策 (严德显)	718
关于预防高温硫化矿床矿石氧化自燃的措施 (艾幼孙)	720
平果堆积型铝土矿采场作业安全与预防 (冯恒强)	723
中央企业职业安全健康管理创新发展 (王 卓)	726
铜坑矿地压及地压监控 (邓宇静 韦方景)	729
论《工作票、操作票制度》在电解铝生产中的推广与应用 (陈 杰 田建西)	733
美国铜消费结构及铜循环利用趋势研究 (王华俊)	738
中国铝供应结构、人均消费量与发达国家的对比分析 (王华俊)	742
改革开放 30 年有色金属工业管理体制改革发展成就 (王华俊)	747
铜坑矿排水排泥系统改造 (曾伦生)	749
锌冶炼烟气制酸系统产出的固体废物处理方案选择及存在问题探讨 (程 瑛 王存厚)	753
关于矿山开发中酸性废水的处理探讨 (盛 俊)	756
矿山生态环境的综合治理技术 (王晓雄)	761

有色金属材料可持续发展与循环经济

左铁镛

(北京工业大学循环经济研究院, 北京 100124)

摘要:近年来,我国有色金属材料产业发展迅猛,产量已居世界前列并占有重要地位,对国民经济高速发展做出了重大贡献。然而,从资源、能源和环境的角度分析,有色金属材料的提取、制备、生产、使用和废弃又是一个不断消耗资源和破坏环境的过程,直接影响到经济社会的可持续发展。提高有色金属材料产业资源、能源的利用效率、降低其生产、制造和使用等过程中的环境负荷,实现其可持续发展是迫在眉睫的重要任务。对此,本文提出我国有色金属材料产业以循环经济理念为指导,通过综合集成多种路径,优化资源供应结构;大力推进清洁生产战略,实现节能降耗减排;加快发展废弃物资源化技术,实现“三废”的处理和再利用;广泛开展生态设计,为实现有色金属循环利用创造有利条件等具体对策,全面促进有色金属材料产业的生态化改造和提升,走出一条可持续的发展道路。

关键词:有色金属;产业;可持续发展;循环经济

1 引言

材料是人类赖以生存和发展的物质基础,是国民经济和国防力量发展的基础和先导。我国材料产业,包括钢铁、有色金属、化工、建材等主要行业,改革开放以来发展十分迅猛。据统计,我国主要材料的产量已居世界前列。其中有色金属产业,2007年十种常用有色金属的产量达到2360.52万t,连续六年位列世界第一。仅从产量上来看,中国已是当今世界的有色金属材料生产大国,有色金属材料产业对国民经济高速发展做出了重大贡献。但从另一角度来看,有色金属材料的提取、制备、生产、使用和废弃又是一个不断消耗资源的过程,因此,我国有色金属产业的高速发展必然带来有色矿产资源的日益枯竭。而由发达国家的发展经验可知,其工业化过程实际上也是消耗大量矿产资源的过程。目前我国正处于工业化中期,经济的高速发展对有色金属材料的需求十分旺盛。为了满足国内需要,近年已经开始从国外大量进口矿石和废料,如2007年可供消费的铜金属量中75%来自进口铜资源。据预测,2010年和2020年中国铝的对外依存度将分别达到64%和71%^[1],供需形势十分严峻。这么高比例地依靠进口资源来支撑产业发展必然会导

致我国在国际贸易中受制于人以及国家安全的隐忧。切实采取有效措施来解决这种供需矛盾已成为影响我国有色金属产业可持续发展的关键问题。本文将深入分析我国有色金属材料可持续发展的制约瓶颈,从发展循环经济的角度,对其实现可持续发展提出几点对策。

2 我国有色金属材料可持续发展的制约瓶颈

2.1 国内有色矿产资源储备严重不足,质量较差,利用水平低

截至2003年,中国查明资源储量的矿产有158种,总量约占世界的12%,居世界第3位,但人均占有量仅为世界平均水平的58%,居世界第53位^[2]。45种主要矿产资源人均占有量不到世界平均水平的一半,铜和铝土矿等重要矿产资源人均数量分别为世界人均水平的18%和7.3%^[3]。多数矿产资源禀赋不佳,贫矿多,富矿少;中小型矿多,大型超大型矿少;共生、伴生矿多,单一矿种少;开发利用难度大,选矿和冶炼成本高,集约化生产难,规模效益非常低。目前有色金属矿产资源利用率仅为60%,比发达国家低10~15个百分点,共伴生矿综合利用率只有30%~50%,仅为发达国家的一半^[4]。据预

测,到2020年我国有色矿山生产能力为铜80万t,铝600~700万t,铅82~90万t,锌180~200万t,而到时我国社会有色金属需求量分别达到:铜640~690万t,铝1300~1500万t,铅250~280万t,锌400~500万t^[5]。由此可见,仅靠国内一次资源,存在巨大供应缺口。国内有色矿产资源储备严重不足,质量较差,利用水平低是造成其短缺的关键,已成为我国有色金属材料产业可持续发展的最大制约瓶颈。

2.2 粗放型发展方式造成资源能源大量浪费,环境污染严重

据统计,2006年我国9类主要材料产业(矿产采选业、化学原料及制品制造业、化学纤维制造业、橡胶制品业、塑料制品业、非金属矿物制造业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业和金属制品业)的能源消耗量占工业能源消耗总量的60.39%,废水、二氧化硫排放量分别占工业排放总量的30%左右,粉尘排放量占90%以上,固体废弃物排放量接近60%^[6]。以上五种指标,有色金属产业分别为9352.47万t标煤、75047万t、159.2万t、74.9万t、115.7万t,占9类主要材料产业的比例分别达到8.84%、11.2%、28.3%、26.8%和28.7%^[6]。由此可见,有色金属材料产业在创造大量社会财富的同时,也成为社会资源能源的主要消耗者和环境污染的主要责任者之一。这种高能耗、高污染局面的形成很大程度上是由我国有色金属材料产业粗放型的发展方式造成的。目前大多数有色金属企业规模仍较小,生产工艺落后,产品质量和档次低、产业整体结构也不够合理,往往都是以牺牲资源和环境为代价,盲目追求自身短期利益为出发点,最终必然导致资源的破坏式开采、生产过程能源大量浪费和高的污染排放。

3 我国有色金属材料可持续发展的对策

针对目前我国有色矿产资源的过度开发、贫化和枯竭的威胁以及生态环境的日益恶化,有色金属材料产业必须寻求提高资源、能源效率,降低环境负荷的有效途径。基于国际竞争和可持续发展的需求,世界各国在资源、环境与材料的可持续发展问题上给予高度重视。美国、加拿大和欧盟的许多国家都与世界经贸组织、国际标准化组织合作,将有色金属材料和产品的环境标识标准化,以参与全球经济竞争。日本近年明确提出从“技术立国”向

“环境立国”转变的国家经济发展策略,全面制定了循环型社会的产业科技发展计划,推动循环经济的发展。其中,有色金属材料制品从源头无毒无害、制造和使用过程的高效节能与污染防治、循环利用等,是其相关法制建设和科技发展规划的核心组成部分。国外大量的实践已表明:循环经济是一种以资源的高效利用和循环利用为核心,以“减量化、再利用、再循环”为原则(3R原则),以“低消耗、低排放、高效率”为基本特征,强调全过程处理模式,以达到减少生产流程的物质质量、以不同方式多次反复使用某种物品和废弃物资源化的目的,是一个“资源-产品-再生资源”的闭环反馈式循环过程,是一种可持续的发展理念。这为我国材料产业的可持续发展提供了可借鉴的范式。因此,突破上述两个制约我国材料产业可持续发展的重要瓶颈,需将循环经济思想贯穿于我国材料的生产、设计、制造、使用和废弃过程之中,更加注重资源节约,大力推动国内二次资源的再生利用,并将资源开发利用和节能降耗,保护环境有机结合起来。具体实施对策,作者建议可从以下几方面入手。

3.1 综合集成多种路径,优化资源供应结构

3.1.1 积极发挥国际国内两个市场的作用

2006年我国钴、铜、铅、镍、锌、氧化铝等有色金属资源对外依存度分别为90%、75%、66%、49%、32%、30%^[7],深刻反映出我国目前有色金属产业的发展对国外资源的依赖程度之高。由于发达国家工业化时间早、程度高,各种有色金属社会储量较大,废旧淘汰率较高,如金属铜,年人均铜消费量已达10~20kg,因而会产生大量废铜,不仅能够满足自身需求,还有部分废杂铜由于人力成本等方面的因素而出口转移到发展中国家再加工和消费^[8]。据有关资料,2004年世界废杂铜回收量估计为637万t,并呈逐年升高趋势,已占全年铜表观消费总量的40%。因此,为了支撑国内经济发展对有色金属的旺盛需求,从国外进口一部分矿石原料和二次资源也是可供选择的途径之一,尤其是进口再生资源更应受到重视。二次资源再生不仅能够满足国内需求,同时相比矿石资源,其再生过程还具有节约资源、能源和减少污染排放等多种经济效益和环境效益。对于国内资源而言,一方面仍需加强资源勘探,挖掘地质存量潜力,另一方面要逐步建立有色金属资源回收再生网络体系,为发展资源再生产业搭建平台。

3.1.2 贯彻减量化原则, 实现资源节约利用

循环经济的“减量化”原则要求减少进入生产过程的物质量, 从源头节约资源和减少污染物排放。它要求投入较少的原料和能源达到既定的生产目的或消费目的, 从而在经济活动的源头就注意节约资源和减少污染。企业可以通过技术改造、调整原料和能源结构、采用先进的生产工艺、提高自动化程度以及加强管理创新和制度建设等来减少单位产品生产的原料使用量, 以达到节约资源和减少废弃物排放的目的。如, 皮江法炼镁过程中, 采用回转窑煅烧白云石和自动控制, 可大幅度降低白云石的消耗; 还原工艺利用蓄热式加热炉和余热利用等技术, 可实现节能 40% 以上。铝电解过程中, 中国铝业相继开发应用了强化电流技术、阳极底部开槽技术以及电解槽三度寻优控制技术等, 2007 年度关键技术指标与 2004 年相比, 吨铝铝锭综合交流电耗降低 $343.24 \text{ kW} \cdot \text{h}$; 氟化盐消耗降低 4.39 kg/t , 减少量达 14.2%; 原铝炭阳极净耗降低 4.17 kg/t , 资源和能源消耗同时大幅度降低^[9]。“节流”也意味着“开源”, 实现资源节约利用, 本质上就相当于延长了现有资源的可利用年限, 变相增加了资源的供给。

3.1.3 挖掘现有资源潜力, 实现资源高效利用和综合利用

针对我国现有资源储量和质量现状, 必须坚持依托科技创新, 进一步挖掘潜力, 以提高采矿回采率, 降低贫化率, 提高选矿回收率、冶炼回收率以及共伴生矿金属综合利用率为目标, 通过发展溶浸(生物)采矿, 深井无废采矿, 充填采矿, 无轨化采矿等采矿技术; 应用高效破碎、磨矿、浮选大型设备以及新型选矿药剂、电化学浮选技术、难选复杂矿和共伴生矿金属综合回收技术; 深化铝土矿选矿拜耳法、选矿烧结技术开发等, 大力提升我国资源利用水平, 实现资源的高效利用和综合利用。如我国的铝土矿资源 98% 是铝硅比为 4~5 的一水硬铝石型矿, 铝的品位低、硅杂质含量高, 分离与熔炼难度非常大, 氧化铝提取能耗比国外高 2~3 倍。为了解决这一难题, 中国铝业协同相关部门进行产学研联合攻关, 在国际上首创了水硬铝石型矿反浮选理论和技术, 建设了世界上第一条年产氧化铝 30 万 t 的浮选脱硅——拜耳法生产线, 扩大我国可利用铝资源量 2~5 倍^[8], 实现了低品位矿产的高效利用, 延长了国内铝土矿资源的开采年限。株洲冶炼集团, 作为国内最大的铅冶炼企业, 面对资源日益紧张的局面, 依靠科技创新, 大力提升资源利

用效率, 2005 年进厂物料综合利用效率已达 75%, 当年回收镉 1472t、成品金 8t、成品银 286t、铜 59t, 综合回收利用产品利润突破企业利润总额一半以上^[10], 经济效益非常显著。

3.1.4 发展资源再生产业, 实现资源循环利用

循环经济的“再循环”原则要求物品完成使用功能后重新变成再生资源, 从而又回到输出端开始新一轮的生产加工。它能使废弃物最大限度地转化为资源, 变废为宝、化害为利, 既可减少自然资源的消耗, 又可减少污染物的排放。资源的循环再利用, 不仅可以延缓甚至解决资源枯竭的问题, 而且可以极大地减缓对环境造成的压力。这迫切要求大力发展资源再生产业, 以保障环境安全为前提, 以节约资源、保护环境为目的, 运用先进的技术, 将生产和消费过程中产生的废物转化为可重新利用的资源和产品, 实现各类废物的再利用和资源化。对有色金属资源相对匮乏的中国, 大力发展资源再生产业将成为实现有色金属材料产业发展的必然选择, 其作用和地位将越来越突出。根据中国有色金属工业协会预测, 到 2020 年我国再生有色金属利用量将达到 1200 万 t, 占十种常见有色金属总产量的 40%, 同时节约矿石资源 2000 万吨以上, 节能 4680 万 t 标煤, 节水 47 亿 t, 减排二氧化硫 120 万 t, 尾矿、赤泥和炉渣等固体废弃物 2.6 亿 t 以上, 取得了巨大的资源效益、经济效益和环境效益。因此, 从某种意义上来说, 一旦所有其他措施都已用尽仍不能满足我国有色金属材料产业的资源需求时, 发展资源再生产业将是最后解决我国未来社会经济对有色金属材料持续需求的“唯一”出路, 而且它还同时满足节能环保的基本要求, 也不失为一条理想的路径选择。就目前来看, 我们还必须进一步提高认识, 将充分利用开发“城市矿山”和“垃圾资源”提高到未来接续资源的战略高度, 将以前基本全部从自然资源中提取有色金属逐渐转变到从废弃资源中提取和再生有色金属, 大力加强这种“逆向”获取资源方式的支撑技术和相关理论的研究和投入。

3.2 大力推进清洁生产战略, 实现节能降耗减排

清洁生产是一项实现产业与环境协调发展的环境策略。2003 年我国开始实施《中华人民共和国清洁生产促进法》, 明确指出实施清洁生产是我国工业污染防治工作战略转变的重要内容, 是我国实现可持续发展战略的重要措施和手段。它遵从循环

经济的基本原则,强调改变以往的“先污染-后治理”的传统发展模式,要求在生产过程中不断采取先进设计、使用清洁的能源和原料,采用先进的工艺技术和设备,改善管理、综合利用,从源头削减污染,提高资源利用效率,减少或避免生产、服务和使用过程中污染物的产生和排放,以减轻或消除对人类健康和环境的危害。清洁生产已在部分有色企业取得应用,效果十分显著。如皮江法炼镁工艺中,若以焦炉煤气为燃料,吨镁煤耗可从10t以上降低到5.4t,热效率提高近一倍。针对我国产镁大省山西,以2007年年产48万t镁计算,一年可节约220万t煤以上,减少CO₂、SO₂等气体的排放500万t以上。云南铜业等企业引进了艾萨法电解铜技术和装备,通过消化吸收和二次创新,将粗铜工艺能耗由934kg(标煤)/t降低到516kg(标煤)/t,硫利用率由87%提高到96.3%,外排二氧化硫减少42%^[11]。一些企业在本企业内部推行清洁生产,构筑“小循环”,实现资源、能源的部分、全部循环或梯次利用,对生产过程中产生的尾矿、炉渣、烟气、蒸汽等副产资源,积极回收,加以利用,大大地提高了企业的资源利用效率,改善了生产环境。还有部分产业集团,如中国铝业包头铝厂、铜陵有色金属集团等,通过构筑企业与企业之间的循环产业链,建立生态工业园区的办法,来实现企业间的物质、能量和信息的交换与集成,形成企业间的工业代谢和共生关系,获得企业经营的规模效益和生态效益,提高资源和能源利用效率,从而实现园区整体的节能降耗减排目标。

3.3 加快发展废弃物资源化技术,实现“三废”的处理和再利用

诚如以上所述,我国有色金属产业每年将产生大量的固体废弃物、废水和废气。这些“三废”既是污染物,需要尽可能地减少,但同时它们也是可利用的资源。目前我国有色金属产业中的“三废”利用率还非常低,如固体废弃物利用率仅在13%左右,低浓度的二氧化硫几乎没有利用,从工业废水中回收有价元素也近于空白。大力发展废弃物资源化技术,实现我国有色金属产业的“三废”的处理和再利用已成为发展循环经济的突出问题之一。需要加强现有尾矿、赤泥和炉渣等固体废弃物综合利用技术的研究,突破尾矿有价金属再回收技术、全尾矿返回地下空区的充填技术,生产建筑材料和筑路材料技术等,如部分原镁企业开始采用镁还原渣作为生产水泥的原材料。针对低浓度的二氧

化硫等废气利用,国内已有部分企业开始研究,如豫光金铅集团采用非定态二氧化硫转化技术和氧气底吹-鼓风炉还原工艺,较彻底地解决了传统铅冶炼中二氧化硫难以充分回收利用和环保效果差的弊端,使二氧化硫浓度提高到14%左右,采用两转两吸工艺生产硫酸,使硫的总利用率达到97%以上^[12]。此外,通过发展废弃物资源化技术,还可延伸现有产业链,通过发展接续产品,实现“三废”的利用和增值,并减少相应的排放。

3.4 广泛开展生态设计,为实现有色金属循环利用创造有利条件

生态设计是一种新的设计概念,相比传统设计,它强调以产品环境特性为目标,以生命周期评价为工具,综合考虑产品整个生命周期相关的生态环境问题,设计出对环境友好的、又能满足人需要的新产品。它要求设计人员在产品构思和设计阶段就要把降低能耗、资源再生利用和保护生态环境,与保证产品的性能、质量和成本的要求列为同等重要的设计指标,并保证在一定工艺流程中能够实施。生态设计应遵循减量化,再利用,再循环,清洁化,无毒、无害化等原则。如通用合金的设计。以往总是针对不同的用途开发不同的材料,使材料的种类一直在增加。在循环利用过程中,种类繁多的材料混杂在一起,使废料的循环利用变得非常困难,即使循环利用成功,也往往只能逐次降级利用。所以,在材料产品设计之初,就从提高金属材料的循环利用性能出发,兼顾各种用途要求。如2000和7000系铝合金,在合金元素种类和含量基本不变的情况下,通过选择不同的热处理工艺改变强化相的类型和数量,可获得大范围变化的显微组织和力学性能。这些简单的组元和类似的化学成分,为其废弃后实现循环利用创造了有利条件。

4 结论

总之,有色金属材料产业应围绕缓解我国经济发展的资源和能源瓶颈、减少和治理环境污染,突破绿色技术壁垒,实现资源、环境和社会可持续发展的战略目标,以循环经济“减量化、再利用、再循环”为基本原则,通过综合集成多种路径,优化资源供应结构;大力推进清洁生产战略,实现节能降耗减排;加快发展废弃物资源化技术,实现“三废”的处理和再利用;广泛开展生态设计,为实现有色金属循环利用创造有利条件等具体对策,全面促进有色金属材料产业的生态化改造和提升,

走出一条可持续发展的道路。

参考文献

- [1] 唐元. 如何应对我国工业发展存在的问题和矛盾. 江苏省国家税务局网站.
[EB/OL]. www.china.com.cn/economic/zhuanti/zgqyjzlbq/2007-11/28/content_9309851.htm.
- [2] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国的矿产资源政策. 新华网
[EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/zhengfu/2003-12/23/content_1244724.htm.
- [3] 陈毓川. 矿产资源展望与西部大开发. 人民网
[EB/OL]. <http://scitech.people.com.cn/GB/25509/51788/51790/3631607.html>.
- [4] 有色行业借 IT 求解绿色难题. 新浪网
[EB/OL]. <http://tech.sina.com.cn/s/2008-07-16/1002734969.shtml>.
- [5] 王安建. 中国经济发展与矿产资源瓶颈. 中华人民共和国环境保护部网站
[EB/OL]. http://www.zhb.gov.cn/ztd/lszgt/200508/t20050830_11884.htm.
- [6] 中华人民共和国国家统计局编. 2007 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2007.
- [7] 邱定蕃. 中国铜工业形势 [EB/OL]. www.guixi.gov.cn/download/ysbg1.ppt.
- [8] 国家发展和改革委员会高技术产业司. 中国新材料产业发展报告(2007)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [9] 中国铝业公司. 中铝电解铝节能减排获新突破[J]. 有色设备, 2008, (1): 27.
- [10] 中国有色金属工业协会再生金属分会. 有色金属行业实施循环经济试点单位进展及措施建议
[EB/OL]. <http://siteresources.worldbank.org/INTEAPREG-TOPENVIRONMENT/Resources/ReportNonferrousCNFINAL.pdf>.
- [11] 云南日报网. 云铜艾萨炉创六项世界之最
[EB/OL]. http://paper.yunnan.cn/html/20050225/news_83_369384.html.
- [12] 杨安国. 豫光: 发展循环经济实现节能减排
[EB/OL]. <http://nb.qianlong.com/html/news/20078/67256.htm>.

The Sustainable Development of Nonferrous Materials Industry and Recycling Economy

Zuo Tieyong

(Institute of Recycling Economy, Beijing University of Technology, Beijing 100124)

Abstract: The nonferrous materials industry in China has developed very rapidly in the recent years. The output of many non-ferrous materials has already occupied arranging or important status in the world and made great contributions to the high-speed development of national economy in China. However, the whole process of the abstraction, preparation, and production, using and discarding of the non-ferrous materials is that of consuming resources and destroying environment, which directly affects the sustainable development of economy and society. Improving the utilization efficiency for resource and energy, and reducing environmental load in the non-ferrous materials industry to realize its sustainable development is an imminent problem. In the present paper, a series of countermeasures are proposed including taking the concept of recycling economy as a guide; optimizing the structure of resources supply by using different paths integratedly and comprehensively; implementing the cleaner production strategies to promote the saving in energy and resource consumption and the reducing in emission; developing the technologies of reusing waste and extending the eco-design energetically to create favorable conditions to realize the recycling of non-ferrous metals. In a word, all of them are applied to fully promote the ecological transformation and upgrading of traditional nonferrous materials industry and take a road to sustainable development.

Key words: nonferrous materials; industry; sustainable development; recycling economy

我国铝工业的科技创新

钮因健

(中国有色金属学会, 北京 100814)

铝是 64 种有色金属中产量、用量最多的金属。2007 年电解铝产量 1255.86 万 t, 为当年 10 种常用有色金属总产量的一半以上。我国铝工业的发展是有色金属工业发展的缩影。在经过近六十年的发展, 我国已成为铝工业大国, 在技术上也已登上了世界先进水平。本世纪以来, 铝工业比其他有色金属发展更快, 产量增长快, 技术升级快, 产业结构调整快, 建设速度快, 建设规模扩张快。

目前, 铝工业和其他冶金工业一样, 在国家宏观调控和经济大环境的作用下, 遇到了前进道路上的新困难, 这就使铝行业从过热的发展中冷静下来, 反思一下发展中的问题, 更深入地研究和探讨可持续发展的道路和措施。从生产上讲, 要长期经受住价格、原料和需求的波动, 最根本的就是进一步把生产成本降下来, 以提高抗风险的能力。进一步降低生产成本, 一是靠管理, 二是靠技术。加强管理, 减少开支, 是有一定的潜力, 但是不会太大了。只有依靠技术进步, 努力做好节能、降耗和减排工作, 才是有效降低成本和保持可持续发展的根本出路。

在经过几十年技术的发展, 我国铝工业, 无论是氧化铝, 还是电解铝, 技术装备水平均已达到国际先进水平, 在现有技术装备的条件下, 进一步节能、降耗和减排还有多大可能性? 我认为, 技术进步是无限的, 只要我们树立创新精神, 用创新精神去分析研究现有生产工艺的优缺点, 摆脱熟视无睹、墨守成规的惰性, 善于发现问题, 敢于提出问题, 敢于实践创新, 铝工业的技术进步一定会有更大的发展, 更多的创新, 也一定能够依靠技术进步, 克服当前暂时的困难, 进一步开创新的更美好未来。

下面, 就氧化铝和电解铝工业的科技创新提出一些粗浅的看法, 与关心我国铝工业未来发展的朋友们共同探讨。

1 历史的回顾

1.1 氧化铝工业的科技进步

我国氧化铝工业的发展史, 是一部不断战胜一水硬铝石原料弊病的发展历史。这是世界上独一无二的具有中国特色的氧化铝工业技术发展史。

中国基本上没有三水铝石, 氧化铝工业只能以一水硬铝石为原料, 这是无法选择的客观事实。一水硬铝石比三水铝石难溶, 且含活性硅高, 不能用国外常用的拜耳法, 而只能用相对能耗高的复杂的烧结法或联合法。在 20 世纪 50 年代初期建设我国第一座氧化铝厂——山东铝厂时采用了耗能高的碱-石灰烧结法工艺, 50 年代末建设郑州铝厂时选用了能耗较低的拜耳-烧结混联法工艺。而后继续用混联法建设了山西铝厂和贵州铝厂。在山西铝厂建设中, 采取了拜耳法部分主要技术设备引进国外的新模式。由于引进的是适用于国外三水铝石原料的技术设备, 所以当用我国一水硬铝石原料投产时, 就遇到了众多的问题, 生产长期不能正常进行。山西铝厂的广大技术人员和广大职工, 对引进技术装备进行了长达三年的适应一水硬铝石原料的技术攻关, 终于把引进的技术装备消化创新成为适用于一水硬铝石原料的新技术新装备。后来平果铝厂的建设, 采用了由山西铝厂经过吃螃蟹的经验, 引进的技术装备采用了适应一水硬铝石原料的各项参数, 从而使其一次投产成功。

几十年来, 氧化铝工业的技术进步一直把解决一水硬铝石原料的各种科技问题作为工作重点, 开展了从原料选矿、磨矿、烧结、溶出、分解、沉降、过滤、蒸发、焙烧、自动控制和信息化管理, 到提高产品质量、开发多品种、有价金属元素综合回收、赤泥综合利用、环境保护及生产安全等方面全方位的研究和革新, 取得了几百项科技成果, 有效地解决了一水硬铝石原料生产氧化铝的各种技术

钮因健, 中国有色金属学会副理事长兼秘书长, 教授级高工。