



白云鄂博特殊矿 采选冶工艺攻关与技术进步

林东鲁 李春龙 邬虎林 主编



冶金工业出版社

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

白云鄂博特殊矿采选冶工艺 攻关与技术进步

林东鲁 李春龙 邬虎林 主编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2007

内 容 简 介

本书从矿山的开采、选矿、造块、焦化、冶炼等方面系统地阐述了包钢原料系统科技攻关所取得的重大研究成果和生产技术的进步,较系统地总结了白云鄂博特殊矿的技术攻关历程。

本书可供国内钢铁企业从事开采、选矿、造块、焦化、冶炼研究人员、工程技术人员阅读,也可供高等院校采矿、选矿、炼铁、炼钢专业的教师和学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

白云鄂博特殊矿采选冶工艺攻关与技术进步/林东鲁等主编.
—北京:冶金工业出版社,2007.1
ISBN 978-7-5024-4162-3

I.白… II.林… III.①金属矿开采—技术革新—包头市
②黑色金属冶炼—技术革新—包头市 IV.①TD85 ②TF5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 004055 号

出 版 人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)
责任编辑 张 卫(联系电话:010-64027930;电子信箱:bull2820@sina.com)
张爱平(联系电话:010-64027928;电子信箱:zaptju99@163.com)
美术编辑 李 心 责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 牛晓波
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
2007 年 1 月第 1 版,2007 年 1 月第 1 次印刷
787mm×1092mm 1/16; 30 印张; 795 千字; 452 页; 1—2000 册
110.00 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
(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《白云鄂博特殊矿采选冶工艺 攻关与技术进步》

编委会

主 任 林东鲁
副 主 任 李春龙 邬虎林
顾 问 张国忠
编 委 (按姓氏笔画顺序)
王振山 邬虎林 李春龙 杨占峰 张 鉴
张文军 张国忠 林东鲁 孟繁英 高海洲

编写人员

第 1 篇	地质与采矿	高海洲	杨占峰	刘敬国	程素萍
		王宜军	张志国	李长有	柳建勇
		赵永岗	班 印	何玉华	张文奎
第 2 篇	选矿工艺	张 鉴	王金龙	王保岚	刘凤国
		宋常青	李玉刚	邓玉民	李林玉
		樊丽琴	姜立峰		
第 3 篇	烧结工艺和	马燕生	张文军	于伟山	段祥光
	球团工艺	曹立刚	韩淑霞	吕 勇	王伟华
第 4 篇	焦化工艺	孟繁英	黄 灵	李 胜	何庆香
		王连明	芦潇敏		
第 5 篇	炼铁工艺	邬虎林	王振山	陈春元	王瑞军
		马 祥	邢 铭	宋 萍	

校稿人员 邬虎林 高海洲 张 鉴 马燕生 张文军
何庆香 王瑞军 杜国萍 沈茂森

序

——包钢白云鄂博矿高炉冶炼攻关成功是我国钢铁史上的一项重大发明

《白云鄂博特殊矿采选冶工艺攻关与技术进步》即将出版,包钢的同志嘱咐我为该书说几句话,我是主张出版这本书的发起人之一,因此不容推辞。

编写出版本书的起因是,在2004年包钢投产45周年庆祝会上,黄墨宾、张国忠、毕群、张成吉、王振山等同志和我回忆起30多年前白云鄂博矿高炉炼铁攻关的艰苦历程以及这些年来大发展,兴致盎然,一致认为包钢白云鄂博矿高炉冶炼攻关成绩显著,是中国钢铁冶炼史上的一次重大成就、重大技术发明。南有攀枝花矿,北有白云鄂博矿,它们在高炉冶炼技术上同属世界性的技术发明。攀枝花特殊矿冶炼技术发明获得国家颁发的技术发明一等奖,且编写了两套丛书,一套书的内容是试验和生产中的技术总结文章,另一套书的内容是试验人员的回忆录。白云鄂博矿冶炼技术发明由于种种原因未能上报国家,也未把攻关过程编写成书,实在是一大憾事!会后,黄墨宾同志和我给包钢总经理林东鲁写信,提出这一建议,得到他的同意并进行有力的推动,迅速组织起编写组,这一建议也得到了包钢当年参加试验的老同志的支持,现在该书已编写完成,即将出版,算是补上了本不该缺少的空白,为我国钢铁业留下了一笔财富。

白云鄂博矿高炉冶炼攻关已经过去30多年了,但当年坚持不懈、努力拼搏、艰苦攻关的情景依然历历在目。我第一次到包头是1973年底,那是攀枝花生产转入正常,攻关工作结束后,冶金部让我转到包头组织白云鄂博矿攻关。包钢高炉自1959年投产已有14个年头,但生产长期处于低水平,利用系数仅为 $0.80\text{ t}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,受“文化大革命”的影响,甚至下降到1975年的 $0.48\text{ t}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,仅为全国高炉利用系数平均值的 $1/3$,当年亏损9635万元,令人吃惊!经过反复调查和认真研究,弄清了造成这种状况的根本原因:一是铁矿成分复杂,处理难度大;二是高炉炼铁设计不合理。

世界上成分复杂的铁矿莫过于白云鄂博矿,该矿共发现71种元素和170多种矿物,高出普通矿的数倍甚至10倍以上,而且还有氟、磷、钾、钠等有害元素的大量存在,更增加了处理的难度,是古今中外冶金科技史上未曾遇到过的难题。投产后,风口一送风就容易损坏,渣口一放渣就容易破损爆炸,铁口一出铁就容易把保护铁口的泥套冲刷掉,处于危险作业之中。更有甚者,这种矿装进高炉后,很快变成稀渣,在温度波动时又冷凝粘在炉墙上,结成大瘤子,人们把白云鄂博矿冶炼的困难概括为“三口一瘤”,根本无法进行正常生产,职工无时不在与事故做斗争。在与生产事故做斗争中,包钢炼铁人员进行的试验也取得不小成绩,如采用高压水紫铜锻芯渣口、高压水螺旋铜管风口、炭素

泥套以及炭素炮泥等技术使问题得以缓解,但没有能够消除事故根源。包钢炼铁系统是前苏联设计的,选矿、烧结、高炉全流程均采用普通矿冶炼流程,根本不能适应这种特殊矿的冶炼要求。更重要的是,白云鄂博矿投产和攀枝花矿投产不同,攀枝花矿是在建厂之前,由技术攻关组经过小高炉、中型高炉试验取得技术突破后,移植到建厂设计和生产上去的。而包钢炼铁工艺则是由前苏联设计,虽在鞍钢、首钢进行过中小高炉试验,但并未过关就匆匆投入生产,这是产生上述问题的症结所在。

我将上述情况向包钢党委和冶金部做了汇报,并根据攀枝花的入高炉前的原料处理有特别重要性的攻关经验,建议部里吸收院校参加,在包钢组成三个高炉冶炼前工序的攻关组和一个高炉冶炼本身的攻关组共四个方面的攻关小组。

采矿小组:主矿红矿多,东矿磁矿多,前苏联的设计选矿系列是按磁矿为主设计的。投产时主要开采主矿,红矿比较多,与选矿工艺衔接不上。东矿开采后,磁矿多就可选出符合要求的铁精矿。因此,采矿小组主攻易选的东矿,加快开采速度,提高精矿的铁分。张国忠同志直接指挥矿山公司,加快东矿的开采进度,冶金部矿山司组织的专家组帮助现场工作,并为此开展了地质大会战,取得了明显的进展。

选矿小组:投产初期采用前苏联设计的反浮选法处理高铁氧化矿,用焙烧磁选法处理中贫氧化矿以及用弱磁浮选法处理原生磁铁矿,这样选出来的精矿含铁 53%,含氟 3.5%。含钾、钠较高,影响烧结生产,对高炉冶炼不利。因此,选矿小组主攻精矿提铁,同时降磷,降氟,降钾、钠。许多年来全国共试验 60 多种选矿工艺,经过反复比较,从试验的 60 多种选矿工艺中最后采用长沙矿冶研究院提出的弱磁—强磁—浮选流程,获得含铁 60% 的精矿,氟、钾、钠也降了下来,氟含量降到 0.8%,为烧结攻关创造了好条件。

烧结小组:投产初期,烧结矿粉末高达 30% 以上,研究发现含氟、钾、钠的烧结矿易熔易碎,普通烧结矿渣相熔点 1200℃,攀枝花含钛烧结矿渣相熔点 1300℃,难熔;包钢烧结矿渣相熔点 1100℃,与含钛烧结矿渣相性能相反,易熔易碎。因此,烧结小组主攻烧结矿易碎、粉末多达 30% 的问题。另外,烧结时快速熔化的渣液,粘到算条上,密不透气,造成困难,研究发现氟、钾、钠是造成这种特性的原因,又为选矿小组把提铁、降氟、降钾钠作为主攻目标提供了依据。

当时专门请来钢铁研究总院李世英、张成吉同志领导的高炉烧结组,中南矿冶学院左文亮同志领导的老师学生烧结组同时参加攻关,轮流倒班,主攻烧结。经过研究提出的第一项措施是,为了提高熔渣温度,把碱度从原来的 1.0 改为 1.7~2.0,并适当加入 MgO;第二项措施是吸收国内经验,采取厚料层低炭的工艺;第三项措施是把精矿混匀和烧结矿过筛。烧结厂全体动员,工作组住在厂内,组织了一个月的烧结大会战,使烧结矿强度大大提高,粉末显著减少,原来高炉不愿吃的炉料变成两座炉子争着吃的“美食”。

高炉小组:由冶金部派来的李国安、徐矩良、蔡化南、许忠安等专家和包钢炼铁技术人员、钢铁研究总院、原北京钢铁学院、原包头钢铁学院的人员组成高炉攻关小组,他们在研究 17 年攻关情况的基础上,采取了加强矿槽上下的烧结矿过筛和降低炉渣碱度,适当增加渣中 MgO 以加强炉渣排碱等措施,推行了冶金部提出的“安全、顺行、稳定、均衡”的操作原则,解决了结瘤问题,稳定了生产。以后又贯彻冶金部提出的“五高”(高顶压、高风温、高富氧、高喷吹、高寿命)“一低”(低硅)的操作方针,生产水平持续提高,

1986年包钢进入平稳发展的新阶段。

为配合大高炉攻关和弥补过去经验不足,又请当时任炼铁厂主管生产技术的副厂长毕群同志到小高炉进行试验,并请原北京钢铁学院著名炼铁教授杨永宜率领研究人员协同作战。

到1986年包钢攻关全部结束时,包钢生产已迈出了四大步:第一步,1978年实现了扭亏为盈,结束了17年企业亏损的历史;第二步,1979年钢铁产量突破双百万吨;第三步,1984年利润突破1亿元大关,提前一年完成“六五”计划的产量利润指标;第四步,1985年钢铁产量突破双150万t,生铁达到167万t,利润达到1.7亿元,包钢已经成为名副其实的全国重点钢铁企业和稀土生产基地。从此,包钢进入了平稳发展的新阶段。当时,我曾预言,包钢将在此基础上,进一步扩大建设,发展成为我国更大的钢铁生产基地。不出所料,从1985年产铁167万t猛增到2005年产铁685万t,实现利润13亿元,可喜可贺!

如今,新一代包钢人没有经历过包钢攻关的艰苦岁月,他们是在包钢已过了技术关长期顺利生产并走上发展新阶段时成为包钢人的。因此,该书的出版将会告诉他们:第一,包钢是以科技起家的,现在包钢的高炉生产技术仍然是全球只此一家。目前国家大力倡导技术创新,包钢有这个光荣的创新传统,应该继承和发扬,走在时代的前面。而且包钢许多年的攻关活动积累了丰富的经验。第二,包钢是产学研结合的典范,白云鄂博矿的冶炼就是以包钢为主体,在科研院所和大学师生的帮助下攻克技术关,赢得辉煌胜利的。第三,包钢人在总结、继承过去通过攻关实现创新经验的基础上继续提高,就能克服前进中的任何阻力,创造出新的经验来。第四,在新的历史条件下,包钢的科技攻关创新活动一定要从自身发展的实际出发,打破框框,不迷信,不盲从。想当年包钢攻关的历程,如果不是从包钢的实际出发,实事求是,敢于对前苏联的设计提出不同意见,进行大胆改造,就不可能有今天的辉煌。

原国务院副总理兼国家科委主任方毅同志,在包钢攻关的后期曾七下包头,亲临指导,他用十六个字总结出了之所以能成功的经验和方法,即“大力协同,联合攻关,锲而不舍,一抓到底”。这是他的亲身体会,也是对抓项目同志的亲切教导。充分利用这些经验和方法,再难的技术问题也会得到解决。

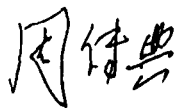
在新的历史条件下,可以从三个方面来落实方毅同志总结的十六字经验和方法。

第一,每个创新项目都必须有强有力的技术领导。

第二,为了科技成果尽早实现工业化,即在工业上应用,从试验阶段就要以企业为核心,有机地把大专院校、科研院所的技术人员组织起来。不在攻关组而分散在各科研单位的研究也应受到重视,当年武汉钢铁学院周士倬教授在学校的试验成果,就为攻关做出了贡献。

第三,要有长远的发展规划,在技术突破的基础上提出今后一年、三年、五年的生产发展规划,预计技术的日渐完善化,来规划各时期达到的目标。

总之,包钢通过科技攻关才取得了今天的辉煌。我相信,包钢继续通过科技攻关,一定能取得明天新的辉煌。



2006年5月

前 言

值此《白云鄂博特殊矿采选冶工艺攻关与技术进步》付梓出版之际,我们循本书脉络,回顾历史,可以再一次深刻地感知:包钢五十余年的发展史,就是一部以原料系统科技攻关为重点的科技进步史。

包钢五十多年的发展,历程可谓辗转,奋斗可谓艰辛,内涵可谓丰富,成效可谓卓著。纵观半个世纪的发展历程,倾注包钢几代人心血的科技攻关,是攻克国内外同行业罕见的难选难冶这一世界性难题的科技攻关。

众所周知,包钢白云鄂博矿是世界瞩目的铁、稀土等多元素共生矿,稀土储量居世界第一位,铈储量居世界第二位,独特的资源优势形成包钢在冶金企业中以钢铁和稀土为主业的独特产业优势。但随之伴生的,是白云鄂博铁矿多元素共生的特殊性所带来的难选难冶这一难题,特别是高炉冶炼中“三口一瘤”等顽症,长期困扰包钢的生产;同时,包钢自诞生之日起,就肩负起搞好白云鄂博矿资源综合利用,保护、开发、利用好稀土、铈等战略资源的国家重任。包钢的发展和白云鄂博矿的综合开发利用,党和国家几代领导人都非常重视。1964年邓小平到白云鄂博视察后,确定了包钢“以铁为主,综合利用”的发展方针;1978~1986年,方毅七下包头,领导和部署包头稀土资源综合利用工作,并调集全国近200个科研单位参与开发利用研究;1999年,江泽民到包钢视察时指出:“搞好稀土开发应用,把资源优势转化为经济优势。”五十多年来,几代包钢人,会同国内外科研部门、大专院校、兄弟企业的专家和科技工作者,持续开展原料系统攻关,在攻克白云鄂博矿选冶这一世界性难题上不断攀登高峰,有力地支持了包钢的发展进步。从20世纪60年代起开展的焦煤配比攻关,在全国产生了重大影响,《人民日报》以整版篇幅报道了这一成果,并配发了社论,给予高度评价。20世纪80~90年代,包钢与长沙矿冶研究院共同开展的弱磁—强磁—浮选工艺试验,获冶金部科技成果特等奖,被评为全国十大科技成就之一。2003年开始的以选矿为主的原料系统持续攻关,有效改善了高炉入炉料的性能,炼铁生产水平不断提高,2005年高炉利用系数达到 $1.922\text{ t}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,当年圆满实现产钢700万t目标,并为2007年实现1000万t钢产能积累了经验,储备了技术。

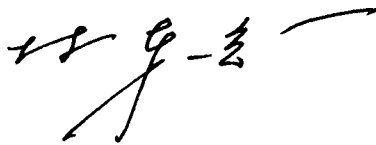
科技是第一生产力,是鲜活的创新力。2006年初,国家颁布了实施科技规划纲要,确定立足增强自主创新能力,经过15年的努力,到2020年使我国进入创新型国家行列。新的发展趋向,将为企业提供更巨大的技术创新空间。近期,温家宝总理视察包钢时指出,“要注意自主创新。具有先进的技术、知名的品牌和自己的标准,这些都是具有竞争力的知识产权。一个企业要立于不败之地,就必须在自主创新上下功夫”。

打造新包钢和实现十一五更快更好的发展,必须依靠技术创新。技术创新要从原料系统攻关着手,无论是调整结构还是提升规模,稳定、优质的原料都是生命线。以白

云鄂博矿为主体的自有矿山是包钢可靠、稳定、无可替代的原料支撑,能否在白云鄂博矿的综合开发利用、在原料系统科技攻关与进步上取得新的、更大的突破,直接关系到打造新包钢目标能否如期实现,直接关系到稀土、铌等稀有元素能否得到最大限度的开发利用,直接关系到包钢能否实现全面、协调、可持续发展。在原料系统开展技术创新和科技攻关的同时,必须利用我们较高的装备水平,在炼钢、轧钢工艺上加大研发力度。应该讲,包钢在轧钢工艺上的技术创新,已经有了较好的基础,特别是薄板坯连铸连轧技术实现了向马来西亚等国企业的输出,获得了国家科技进步二等奖。我们要以此为基础,在板材、管材、重轨及型钢、线棒材等轧钢工艺上,提高科技进步的水平,努力调整品种结构,开发新产品,特别是在特色产品的开发上取得突破性进展。

提高技术创新水平需要各方面的努力。包钢要继续加大技术创新投入,集中财力,汇集各方面科技人才,完善机制,强化激励,形成合力攻关、有效运作的技术创新体系,大力培育自主创新能力,加快提升企业技术素质的步伐,尽快拥有核心技术、关键技术,有效提升企业竞争能力。广大科技工作者认真总结几代包钢人积累的宝贵经验,立足提高产量、提升质量和降低成本,追踪全球钢铁行业技术发展的最新动态,加快知识结构的更新。要开阔眼界,站在全公司的高度,发挥主动精神,提高自主创新能力;公司各层面、广大干部群众要高度重视技术创新和科技进步,从思想深处认识到技术创新和科技进步对于包钢实现更快更好发展的重大意义。

值此包钢发展的重要历史时刻,回顾几代人不懈进行白云鄂博矿攻关的艰辛奋斗史,我们为取得的成绩备感骄傲和自豪,同时,也为我们面临的更加艰巨的使命备感责任重大。我们有理由相信,在广大科技工作者和全体员工的共同不懈努力下,包钢一定能够在科技兴企之路上形成自己更鲜明的特色,体现我们更强大的优势。



2006年8月

目 录

第 1 篇 地质与采矿

1 地质与矿床	1
1.1 矿床的发现、勘探与研究	1
1.1.1 矿床的发现	1
1.1.2 矿床的勘探与研究	2
1.2 白云鄂博矿的特殊性	4
1.2.1 矿石类型	4
1.2.2 矿石物质组成	10
1.2.3 各种元素的赋存状态	27
2 采矿工艺	43
2.1 穿爆技术	43
2.1.1 矿山爆破特征	43
2.1.2 爆破技术发展概况	43
2.1.3 爆破新技术的应用	44
2.1.4 爆破系统优化	47
2.1.5 预裂爆破技术	50
2.1.6 掘沟穿孔爆破技术	52
2.1.7 深孔爆破绳制间隔装药新技术	55
2.2 采剥技术	58
2.2.1 采用适应配矿要求的采剥方法	58
2.2.2 开拓运输技术的改进	58
2.2.3 IV号振动放矿给料机改造	59
2.2.4 微机在采剥工作中的应用	59
2.3 运输工艺	61
2.3.1 公路运输运矿岩干线主要技术参数	61
2.3.2 铁路运输主要技术参数	61
2.3.3 采坑内汽车—采场外倒装—铁路即铁路公路 联合运输系统(以东矿为例)	61

2.3.4	汽车—坑内破碎—斜井胶带—排土机半连续运输工艺	61
2.3.5	白云鄂博铁矿的铁路运输系统	63
2.4	排土技术	70
2.4.1	排土场管理的关键问题	70
2.4.2	覆土造田	73
2.4.3	排土工艺的技术改进	73
2.5	矿石质量控制和管理技术的改进	74
2.5.1	矿石生产质量控制与管理技术	74
2.5.2	矿石质量技术分析	78
2.5.3	矿石质量中长期预报	78
2.5.4	矿石质量事故管理	78
2.5.5	树立质量第一的生产组织原则	79
2.6	东矿深深部露天开拓运输技改工程	79
2.6.1	方案选择	79
2.6.2	矿石胶带运输系统工艺布置	80
2.6.3	岩石胶带运输系统工艺布置	81
2.6.4	岩石破碎机选型	81
2.6.5	方案修改	81
2.6.6	胶带运输系统的经济效益分析	83
2.7	露天边坡治理技术的进步	83
2.7.1	白云鄂博铁矿边坡特点	83
2.7.2	东矿采场边坡滑体及29号铁路线路堑边坡治理实践	83
2.7.3	白云鄂博铁矿边坡车间日常边坡维护技术	90
2.8	矿山主体设备108 t电动轮自卸车电控系统的改造	92
2.8.1	108 t电动轮自卸汽车电控系统存在的问题	93
2.8.2	108 t电动轮自卸车电控系统的改造	94
2.8.3	励磁控制系统的硬、软件构成及功能	94
2.8.4	“恒功匹配”的实现	95
2.8.5	电气系统的改造效果	96
2.9	铁矿信息化建设与发展	96
2.9.1	历史回顾	96
2.9.2	2003年后白云鄂博铁矿信息化发展情况	98
附录		101
参考文献		102

第2篇 选矿工艺

3	白云鄂博矿矿石的选矿工艺矿物学	103
3.1	概述	103

3.2	白云鄂博矿矿石物质组成	103
3.2.1	矿石化学组成	103
3.2.2	矿石矿物组成	103
3.3	矿石的构造和结构	104
3.3.1	矿石的构造特征	104
3.3.2	矿石的结构	104
3.4	主要矿物的粒度特征	104
3.5	主要有用矿物的工艺特征	104
3.6	主要有用、有害元素的赋存状态	105
3.7	主要矿物在选矿流程中的行为	105
3.7.1	铁矿物	105
3.7.2	稀土矿物	106
3.7.3	铈矿物	106
3.7.4	氟矿物	106
3.7.5	钾、钠矿物	106
3.7.6	磷矿物	106
4	白云鄂博矿石的破碎与磨矿工艺改进	107
4.1	白云鄂博矿石的破碎工艺改进	107
4.1.1	原设计的破碎工艺	107
4.1.2	按原设计建成投产后的破碎工艺生产情况	107
4.1.3	破碎工艺的改进	107
4.2	白云鄂博矿石的磨矿工艺改进	109
4.2.1	矿石的可磨性	109
4.2.2	原设计的磨矿工艺	109
4.2.3	原生产磨矿工艺及其磨矿效果	110
4.2.4	磨矿工艺的改进	110
4.3	破碎与磨矿工艺改进的展望	112
4.3.1	破碎工艺改进的展望	112
4.3.2	磨矿工艺改进的展望	112
5	白云鄂博中贫氧化矿选矿攻关	114
5.1	中贫氧化矿选矿难点和特点	114
5.1.1	矿石的组成	114
5.1.2	矿石成分变化	114
5.1.3	铁、稀土、铈的赋存状态	114
5.1.4	矿物的嵌布粒度及共生关系	114
5.1.5	矿物的可选性差异	115
5.2	典型的中贫氧化矿选矿工艺流程	115
5.2.1	磁化焙烧—反浮选工艺流程	115
5.2.2	弱磁—浮选—强磁选工艺流程	116

5.2.3	浮选—选择性絮凝脱泥工艺流程	116
5.2.4	其他工艺流程	118
5.3	弱磁—强磁—浮选工艺流程	118
5.3.1	工艺流程的提出	118
5.3.2	工艺的主要特点	118
5.3.3	工业试验的决策	119
5.3.4	工业试生产及技术改造成果	119
5.4	流程的改进与展望	120
5.4.1	降杂问题	120
5.4.2	细颗粒回收问题	121
5.4.3	选钽问题	121
6	白云鄂博主东矿磁铁铁矿石选别工艺	122
6.1	概述	122
6.2	磁铁矿选别工艺的进展及重大技术成果	122
6.2.1	阶段磨矿、阶段选别磁选—反浮选流程	122
6.2.2	连续磨矿—弱磁选—浮选回收稀土流程	123
6.2.3	连续磨矿磁选—浮选(降氟)流程	124
6.2.4	磁矿系列提高回收率、品位的研究与试验	127
6.2.5	磁铁矿磨矿分级流程的改进	128
6.2.6	GE-28 低温药剂的工业应用	130
6.2.7	磁选柱处理白云鄂博磁铁矿石的试验研究	130
6.3	白云鄂博磁铁矿石选矿技术展望	131
7	白云鄂博矿稀土选矿研究	132
7.1	稀土选矿研究进展	132
7.2	稀土矿物分离研究	134
8	钽的选矿工艺研究和钽、萤石等资源的综合利用	136
8.1	白云鄂博矿钽的选矿工艺研究	136
8.1.1	钽资源状况	136
8.1.2	白云鄂博矿钽的选矿工艺研究	136
8.2	白云鄂博矿钽的综合利用研究	137
8.2.1	钽资源状况	138
8.2.2	钽的综合利用研究	138
8.3	白云鄂博矿萤石等其他资源的综合利用	139
8.4	白云鄂博铁矿富钾板岩综合利用研究概况	139
	附录	141
	参考文献	144

第 3 篇 烧结工艺和球团工艺

9 烧结工艺	145
9.1 包钢烧结工艺概述	145
9.1.1 白云鄂博矿铁精矿的特点	145
9.1.2 烧结工艺的确定	147
9.1.3 主要烧结工艺设备及流程	148
9.1.4 烧结机投产后生产情况和出现的问题	148
9.2 烧结技术攻关情况	149
9.2.1 烧结投产初期,一般技术性攻关	150
9.2.2 提高烧结矿冷强度的技术攻关	150
9.2.3 改善烧结矿冶金性能试验攻关	152
9.2.4 低氟烧结矿的性能研究	153
9.3 自熔性烧结矿质量问题的研究	154
9.3.1 自熔性烧结矿的宏观、微观结构和矿物组成	154
9.3.2 包钢自熔性烧结矿质量差的原因分析	154
9.4 “双强化”烧结试验	157
9.4.1 “双强化”烧结杯试验	157
9.4.2 在鞍钢进行的“双强化”烧结工业试验	157
9.4.3 包钢烧结“双强化”烧结工业试验	158
9.5 高碱度烧结矿的试验研究与生产	159
9.5.1 高碱度烧结矿的试验研究	159
9.5.2 高碱度烧结矿的特性	161
9.5.3 高碱度烧结矿的生产	164
9.6 氯化烧结脱碱试验研究	164
9.7 高氧化镁烧结矿的试验研究和生产	165
9.7.1 高氧化镁烧结矿的矿相特征	165
9.7.2 高氧化镁烧结矿的冶金性能	166
9.7.3 高氧化镁对烧结工艺指标的影响	167
9.8 降低烧结矿二氧化硅含量	172
9.9 低氟烧结矿的研究	172
9.9.1 低氟铁精矿烧结杯试验	172
9.9.2 低氟烧结矿的矿相特征	173
9.9.3 低氟烧结矿的软熔温度	173
9.9.4 低氟、低二氧化硅烧结矿的生产实践	175
9.10 低碱度烧结矿的研究及在生产中的使用情况	175
9.10.1 烧结矿软熔性能的实验室研究	175
9.10.2 调整包钢烧结矿碱度实验室研究	177
9.10.3 工业试验研究	180

9.10.4	低碱度烧结矿工业应用情况	183
9.10.5	低碱度烧结矿的优点和存在的问题	183
9.11	厚料层烧结技术	183
9.11.1	实现厚料层的技术措施	183
9.11.2	厚料层的应用效果	186
9.12	提高外矿比例试验及生产实践	187
9.12.1	试验室研究	187
9.12.2	工业试验结果及分析	190
9.13	热风烧结技术的应用	194
9.13.1	二烧车间热风烧结技术应用过程	195
9.13.2	应用前后工艺参数对比	196
9.14	烧结厂二烧车间改造性大修及技术攻关	197
9.14.1	概述	197
9.14.2	二烧车间改造性大修的意义	197
9.14.3	二烧车间改造方案	197
9.14.4	二烧车间改造性大修的主要内容	197
9.14.5	二烧车间改造性大修的效果	199
9.15	小球烧结工艺技术推广应用	199
9.15.1	新技术工艺特点	200
9.15.2	小球烧结技术应用	200
9.15.3	偏析布料	202
9.15.4	小球烧结技术应用效果	203
9.16	包钢烧结存在的问题及今后发展方向	203
9.16.1	原料方面	203
9.16.2	工艺方面	203
9.16.3	设备方面	203
9.16.4	质量方面	204
10	球团工艺	205
10.1	含氟铁精矿球团技术的发展	205
10.1.1	铁精矿球团生产和技术的发展	205
10.1.2	含氟铁精矿球团技术的发展简况	205
10.2	含氟铁精矿的特性	206
10.2.1	含氟铁精矿的矿物组成	206
10.2.2	含氟铁精矿的化学组成	206
10.2.3	含氟铁精矿的物理特性	207
10.3	含氟精矿的成球特性和生球的性质	208
10.3.1	铁精矿成球的一般原理	208
10.3.2	含氟铁精矿的成球特性	208
10.3.3	含氟精矿的生球性质	208
10.4	含氟铁精矿球团的焙烧	209

10.4.1	含氟铁精矿球团的焙烧特性	209
10.4.2	含氟球团矿的特点	211
10.5	带式球团焙烧工艺的应用	212
10.5.1	带式球团焙烧工艺及其特点	212
10.5.2	162 m ² 带式球团工艺简介	213
10.6	球团矿生产技术的进步	216
10.6.1	球团矿生产情况简介	216
10.6.2	带式球团生产过程中的主要问题	217
10.7	含氟球团矿还原膨胀的研究和降低球团还原膨胀率的途径	219
10.7.1	对球团矿还原膨胀的认识	219
10.7.2	含氟球团矿还原膨胀的研究结果	220
10.7.3	降低含氟球团矿膨胀率的措施	224
10.8	球团焙烧过程氟、硫的脱除	225
10.8.1	球团焙烧过程氟、硫的脱除规律	225
10.8.2	对球团焙烧过程氟、硫脱除的认识	227
10.9	全无氟球团矿的试验研究及生产	229
10.9.1	试验室研究	229
10.9.2	全无氟球团矿工业生产	231
10.9.3	全无氟矿生产过程特性分析	233
10.9.4	含氟矿与全无氟矿生产对比	234
10.9.5	建议	234
10.10	包钢球团生产技术进步	234
10.10.1	包钢带式球团生产概况及主要存在问题	234
10.10.2	包钢带式焙烧机生产工艺分析	236
10.10.3	带式焙烧机利用系数技术攻关	239
10.11	包钢 8 m ² 竖炉球团工艺生产技术	239
10.11.1	竖炉工艺概况(工艺流程)	239
10.11.2	竖炉工艺优化	239
10.12	包钢碱性及氧化镁球团矿技术的研究	241
10.12.1	实验室研究	241
10.12.2	工业试验	245
10.13	包钢球团生产存在问题及今后发展方向	247
10.13.1	原料方面	247
10.13.2	工艺方面	247
10.13.3	设备方面	247
10.13.4	质量方面	247
11	包钢造块工艺环保技术的发展	248
11.1	氟污染	248
11.1.1	氟对环境的影响	248
11.1.2	烧结合氟烟气的来源	248

11.1.3	含氟烟气的治理技术	249
11.1.4	烧结氟污染的治理	250
11.2	粉尘污染	254
11.2.1	粉尘的产生	254
11.2.2	粉尘的特性和危害	254
11.2.3	粉尘的治理技术	254
11.2.4	烧结过程除尘技术的发展	255
11.2.5	烧结除尘技术的改进完善	255
附录	256
参考文献	257

第4篇 焦化工艺

12	煤源基地调查及配煤试验研究	259
12.1	建厂前及初期煤源基地调查和配煤试验研究	260
12.1.1	建厂前煤源基地调查和配煤试验研究	260
12.1.2	建厂初煤源基地的考察开发和配煤试验研究	264
12.2	配煤试验技术进步	268
12.2.1	200 kg 小焦炉的应用研究	268
12.2.2	20 kg 小焦炉的应用研究	269
12.3	东胜—神木不黏煤的配煤炼焦试验研究	270
12.4	1987~1989 年扩大利用内蒙古煤炼焦的研究	271
12.5	2002 年以来煤源基地的考察开发及合理配置研究	272
12.5.1	包头和乌海地区及蒙古国炼焦煤资源考察开发	272
12.5.2	以蒙宁煤为主的西部煤攻关试验	274
12.5.3	开发蒙宁煤为主的西部煤研究结论	274
12.6	提高入炉煤质量及煤质检测技术进步	275
12.6.1	全重介洗煤技术	275
12.6.2	煤质检测技术进步	276
13	改善焦炭质量的煤焦系统技术进步	279
13.1	预粉碎配煤工艺技术的应用	279
13.1.1	预粉碎配煤工艺技术原理	279
13.1.2	预粉碎煤种及其粉碎细度的确定	279
13.1.3	预粉碎工艺设备技术改造	281
13.1.4	预粉碎工艺技术实施效果	281
13.2	备煤系统装备的技术进步	282
13.2.1	配煤罐双曲线斗槽改造	282