

微细粒铁矿石 高效分选关键技术研究

赵礼兵 等著

WEIXILI TIEKUANGSHI
GAOXIAO FENXUAN GUANJIAN JISHU YANJIU



化学工业出版社

《微细粒铁矿石高效分选关键技术研究》针对司家营铁矿微细粒贫赤铁矿“阶段磨矿、粗细分级、重选-磁选-阴离子反浮选”选别流程中的关键技术进行了优化研究,包括磨矿工艺优化研究、重选工艺优化研究、高效浮选柱应用研究、强磁机聚磁介质优化研究、浮选工艺及药剂优化研究、浮选尾矿再磨再选研究等,研制开发出对处理该类难选赤铁矿具有较强适应性的先进工艺及技术,实现了赤铁矿选别流程中细粒铁矿物在各选别作业的有效回收。

本书可供选矿技术人员、相关专业高校师生、选矿工程管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微细粒铁矿石高效分选关键技术研究/赵礼兵等著.
北京:化学工业出版社,2017.3
ISBN 978-7-122-29178-3

I. ①微… II. ①赵… III. ①铁矿物-分选技术
IV. ①TD951.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 040877 号

责任编辑:袁海燕
责任校对:宋 夏

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
710mm×1000mm 1/16 印张 14 字数 263 千字 2017 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:88.00 元

版权所有 违者必究

FOREWORD
前言

我国是钢铁大国，产量居世界第一。我国铁矿石储量虽然丰富，但矿床类型多，地质条件复杂，矿石品位低，贫矿储量占到 97.7%；而且矿石类型复杂，难选矿和多组分共（伴）生矿所占比重较大，其中难选贫赤铁矿储量就占全国总储量的 1/3。铁矿石对国际市场的依赖程度成为我国钢铁工业经济安全的重大隐患，在此铁矿石需求形势下，迫切需要依靠技术进步来最大限度地利用国内现有铁矿资源，以提高国内铁矿资源保障安全程度，降低资源成本和价格，保障钢铁工业持续稳定的发展。《国家中长期科技发展规划纲要》（2006—2020 年）将“矿产资源高效开发利用”列为优先主题。

《微细粒铁矿石高效分选关键技术研究》是赵礼兵完成的河北省自然科学基金项目“含绿泥石赤铁矿分级浮选机理研究”和国际合作项目“司家营微细粒铁矿石高效分选关键技术联合研发”的科研成果，项目针对司家营铁矿微细粒贫赤铁矿“阶段磨矿、粗细分级、重选-磁选-阴离子反浮选”选别流程中的关键技术进行了优化研究，包括磨矿工艺优化研究、重选工艺优化研究、高效浮选柱应用研究、强磁机聚磁介质优化研究、浮选工艺及药剂优化研究、浮选尾矿再磨再选研究等，研制开发出对处理该类难选赤铁矿具有较强适应性的先进工艺及技术，实现了赤铁矿选别流程中细粒铁矿物在各选别作业的有效回收。

项目研究集合了赵礼兵、张锦瑞、李凤久、王伟之老师和企业导师郑卫民、张庆丰教授级高工指导的研究生孟奥书、王会静、孟庆磊、李静、曲云龙、张玉栋完成的硕士论文《司家营铁矿强磁前浓缩溢流选择性絮凝除铁研究》、《司家营铁矿磁铁矿与赤铁矿混合浮选交互影响研究》、《微细粒赤铁矿阳离子反浮选工艺研究》、《微细粒贫赤铁矿强磁选中聚磁介质优化研究》等内容，全书由赵礼兵、王伟之、张锦瑞、郑卫民、张庆丰著，内容策划、统稿由赵礼兵负责。

由于编写时间仓促，水平有限，本书难免出现疏漏之处，敬请广大读者指正。

著者

2017 年 2 月

CONTENTS
目 录

第 1 章 绪言 / 001

- 1.1 研究背景和意义 / 001
- 1.2 研究基础 / 002
- 1.3 研究目标 / 005
- 1.4 实施方案 / 007

第 2 章 原矿工艺矿物学研究 / 009

- 2.1 矿石的化学成分分析 / 009
- 2.2 矿石的铁物相分析 / 009
- 2.3 矿石的矿物组成及体积分数 / 012
- 2.4 矿石工艺类型 / 012
 - 2.4.1 有用矿物嵌布特征 / 012
 - 2.4.2 矿石的嵌布特征分类 / 013
- 2.5 矿石的物相组成及 FeO 含量分类 / 016
- 2.6 有用矿物的嵌布粒度测定 / 016
- 2.7 研究结果 / 017

第 3 章 氧化矿选别流程工艺优化研究 / 018

- 3.1 流程考察 / 018
- 3.2 微细粒赤铁矿磨矿工艺优化研究 / 020
 - 3.2.1 研究方案 / 020
 - 3.2.2 研究方法 / 020
 - 3.2.3 药剂及设备 / 021
 - 3.2.4 磨矿试验研究 / 021

- 3.2.5 介质配比的试验研究 / 026
- 3.2.6 适宜料球比的选择 / 027
- 3.2.7 球磨机充填率的试验 / 028
- 3.2.8 磨矿浓度 / 029
- 3.2.9 最优化试验 / 030
- 3.2.10 助磨剂的试验研究 / 030
- 3.2.11 机理研究 / 039
- 3.2.12 研究结果 / 043
- 3.3 微细粒贫赤铁矿重选工艺优化研究 / 044
 - 3.3.1 研究方案 / 044
 - 3.3.2 研究方法 / 045
 - 3.3.3 矿样全粒级入选试验研究 / 045
 - 3.3.4 全粒级入选试验小结 / 047
 - 3.3.5 分级 / 047
 - 3.3.6 窄级别入选试验研究 / 048
 - 3.3.7 矿样 (+0.1mm) 的精选、扫选试验研究 / 050
 - 3.3.8 矿样 (-0.1+0.074mm) 的精选、扫选试验研究 / 052
 - 3.3.9 矿样 (-0.074+0.043mm) 精选、扫选试验研究 / 053
 - 3.3.10 矿样 (-0.043mm) 精选、扫选试验研究 / 054
 - 3.3.11 研究结果 / 056
- 3.4 新型高效浮选柱在赤铁矿浮选中的应用试验研究 / 057
 - 3.4.1 旋流-静态微泡浮选柱在赤铁矿浮选中的应用试验研究 / 057
 - 3.4.2 逆流接触式浮选柱在赤铁矿浮选中的应用试验研究 / 071

第4章 强磁机聚磁介质优化研究 / 089

- 4.1 研究方案 / 089
- 4.2 研究方法 / 089
- 4.3 实验室试验研究 / 090
 - 4.3.1 实验仪器与流程 / 090
 - 4.3.2 试验所用聚磁介质 / 090
 - 4.3.3 试验条件及选别流程 / 091
 - 4.3.4 强磁给矿性质分析 / 091
 - 4.3.5 不锈钢介质棒磁选试验 / 092
 - 4.3.6 导磁钢板网磁选试验 / 101

- 4.3.7 混合介质棒试验 / 105
- 4.3.8 菱形聚磁介质试验 / 109
- 4.3.9 研究结果 / 114
- 4.4 工业试验研究 / 114
 - 4.4.1 试验目的 / 114
 - 4.4.2 试验方法 / 115
 - 4.4.3 试验方案 / 115
 - 4.4.4 试验数据 / 115
 - 4.4.5 研究结果 / 126

第 5 章 强磁前浓缩溢流选择性絮凝研究 / 127

- 5.1 研究方法 / 127
- 5.2 纯矿物选择性絮凝试验研究 / 127
 - 5.2.1 分散剂种类及絮凝时间的确定 / 127
 - 5.2.2 筛选絮凝剂 / 128
- 5.3 人工混合矿选择性絮凝试验研究 / 137
 - 5.3.1 赤铁矿与绿泥石人工混合矿选择性絮凝条件试验 / 138
 - 5.3.2 赤铁矿与石英人工混合矿选择性絮凝条件试验 / 140
 - 5.3.3 赤铁矿与绿泥石、石英人工混合矿选择性絮凝试验研究 / 143
- 5.4 实际矿物选择性絮凝试验研究 / 143
- 5.5 研究结果 / 144

第 6 章 高效细粒铁矿浮选工艺与药剂研究 / 146

- 6.1 常温浮选药剂试验研究 / 146
 - 6.1.1 研究方案 / 146
 - 6.1.2 研究方法 / 146
 - 6.1.3 试验设备及药剂 / 147
 - 6.1.4 常温捕收剂的实验室条件试验 / 147
 - 6.1.5 常温捕收剂的工业生产试验 / 154
 - 6.1.6 研究结果 / 161
- 6.2 微细粒赤铁矿的阳离子反浮选工艺研究 / 162
 - 6.2.1 研究方案 / 162
 - 6.2.2 研究方法 / 162

- 6.2.3 试验设备及药剂 / 162
- 6.2.4 原矿性质分析 / 163
- 6.2.5 阳离子捕收剂的筛选试验 / 163
- 6.2.6 分散剂探索试验 / 163
- 6.2.7 阳离子反浮选工艺药剂制度试验 / 164
- 6.2.8 流程试验 / 166
- 6.2.9 研究结果 / 168
- 6.3 高浓度浮选研究 / 168
 - 6.3.1 浮选作业 / 169
 - 6.3.2 高浓度浮选条件试验 / 169
 - 6.3.3 生产应用 / 172
 - 6.3.4 研究结果 / 172
- 6.4 磁铁矿与赤铁矿在浮选中的交互影响试验研究 / 172
 - 6.4.1 研究方案 / 172
 - 6.4.2 研究方法 / 173
 - 6.4.3 技术路线图 / 173
 - 6.4.4 实验仪器与流程 / 173
 - 6.4.5 纯矿物(磁铁矿、赤铁矿及石英)浮选试验研究 / 174
 - 6.4.6 人工混合矿浮选试验研究 / 178
 - 6.4.7 实际矿物浮选试验研究 / 182
 - 6.4.8 研究结果 / 184
 - 6.4.9 存在的问题 / 185
- 6.5 磁浮选机的研制及试验研究 / 185
 - 6.5.1 研究方案 / 185
 - 6.5.2 研究方法 / 185
 - 6.5.3 浮选机的实体设计 / 186
 - 6.5.4 永磁性磁浮选机的工作原理 / 190
 - 6.5.5 SY 新型磁浮选机参数试验 / 190
 - 6.5.6 研究结果 / 191
- 6.6 浮选尾矿再选实验研究 / 192
 - 6.6.1 研究方法 / 192
 - 6.6.2 浮选尾矿再选实验室试验研究 / 194
 - 6.6.3 浮选尾矿再选工业试验研究 / 198
 - 6.6.4 浮选尾矿再选工业工艺流程 / 199
 - 6.6.5 研究结果 / 199

第 7 章 司家营铁矿综合尾矿回收利用 / 201

7.1 研究方法 / 201

7.2 试验研究 / 201

7.2.1 前期试验研究 / 201

7.2.2 工业试验研究 / 203

7.3 研究结果 / 203

第 8 章 项目实施效果及效益分析 / 205

8.1 项目实施效果 / 205

8.2 经济效益 / 208

8.3 社会、环境效益 / 209

第 9 章 结论 / 210

参考文献 / 213

第 1 章 绪 言

1.1 研究背景和意义

我国是钢铁大国，钢铁产量居世界第一。随着我国经济的发展，我国钢铁业对铁矿石的需求急剧增长。铁矿石对国际市场的依赖程度不仅成为我国钢铁工业经济安全的重大隐患，而且一定程度上导致了国际市场铁矿石价格暴涨，进口铁矿石的成本大幅增加。在此铁矿石需求形势下，迫切需要依靠技术进步来最大限度地利用国内现有铁矿资源，以提高国内铁矿资源保障安全程度，降低资源成本和价格，保障钢铁工业持续稳定的发展。

我国铁矿石储量虽然丰富，但矿床类型多，地质条件复杂，矿石品位低，平均品位仅为 30% 左右，贫矿储量占到 97.7%；而且矿石类型复杂，难选矿和多组分共（伴）生矿所占比重大，其中难选贫赤铁矿储量就占全国总储量的 1/3。本项目以储量达 23 亿吨的河北钢铁集团矿业有限公司司家营铁矿为例开展微细粒贫赤铁矿高效回收关键技术研究，通过该项目实施，利用先进的选别工艺技术和设备，形成一套完整的综合回收利用低品位铁矿的模式，建成冀东低品位铁矿综合回收利用的产业基地，成功地回收利用司家营等地数亿吨低品位铁矿石。

加强贫赤铁矿选矿关键技术的研究，是扩大我国可利用资源量、减少对进口铁矿石原料高度依赖、保障国家经济安全平稳运行的有效途径之一。

《国家中长期科技发展规划纲要》（2006—2020 年）（以下简称《纲要》）已将矿产资源高效开发利用列为“水和矿产资源”领域的优先主题。在这一优先主题中明确指出：“重点研究深层和复杂矿体采矿技术及无废开采综合技术，开发高效自动化选、冶新工艺和配套设备，发展低品位与复杂难处理资源高效利用技术、矿产资源综合利用技术”；《纲要》“环境”重点领域的发展思路为“重点开发区域环境质量监测预警技术，突破城市群大气污染控制等关键技术，开发非常规污染物控制技术，废弃物等资源化利用技术，重污染行业清洁生产集成技术，

建立发展循环经济的技术示范模式”。该书涉及项目紧密结合了《国家中长期科学和技术发展规划纲要》(2006—2020年)重点领域及其优先主题任务部署,是具体落实和实施“矿产资源高效开发利用”和“综合治污与废弃物循环利用”优先主题的重要举措。

此外,本项目紧密结合了《“十二五”科学和技术发展规划》中“推进重点领域核心关键技术突破”方向的“建立支撑可持续发展的能源资源环境技术体系”重点任务,是“发展水资源和矿产资源开发技术,提高资源综合利用效率”的具体实施。同时本项目符合《“十二五”科学和技术发展规划》总体思路、发展目标和战略部署。

河北钢铁集团矿业有限公司铁矿石保有储量 23 亿吨,规划生产能力将达到 4200 万吨/年。司家营铁矿作为公司下属的大型铁矿山,矿区上部的近亿吨赤铁矿是我国典型的难选微细粒贫赤铁矿,原矿品位低,矿石嵌布粒度极细,矿物单体解离和分选困难。目前采用阶段磨矿、粗细分级、重-磁-浮联合流程,虽然铁精矿可达到 TFe 品位 65%、回收率 70% 的指标,但是由于矿区原矿性质变化较大,生产流程难以适应,造成尾矿品位偏高,细粒级铁矿物损失较大。

研制开发出对处理该类难选赤铁矿具有较强适应性的先进工艺及技术,可实现赤铁矿选别流程中细粒铁矿物在各选别作业的有效回收,降低尾矿品位。在原矿品位较低且性质变化较大,保证精矿品位 65% 以上的前提下,矿石综合回收率从 70% 左右提高到 75.45%,浮选尾矿品位经再选后尾矿品位降至 11.54%;选厂每年增加铁精矿产量 13.28 万吨,直接经济效益增加 7705.17 万元。

微细粒贫赤铁矿高效回收技术的研发将有效提升我国该领域的科学研究及技术应用水平,为合理开发利用该类微细粒难选赤铁矿资源,促进地区钢铁工业乃至全国钢铁工业的可持续发展,起到积极的深远影响。项目研究将进一步推动我国赤铁矿选矿技术的创新和快速发展,对于扩大我国可工业利用铁矿资源量,保障铁矿资源的安全供给及促进钢铁工业的可持续发展将具有重大的现实意义。

1.2 研究基础

河北钢铁集团矿业有限公司司家营铁矿于 2005 年开始建设,设计规模为年采选赤铁矿 600 万吨,分四个系列生产。赤铁矿生产系统采用的流程为“阶段磨矿、粗细分级、重选-磁选-阴离子反浮选联合流程”,原设计流程图如图 1-1 所示。

赤铁矿生产工艺设计指标为原矿品位 30.44%、精矿品位 66%、金属回收率 80%。工程于 2007 年 10 月竣工并投入生产,但由于矿石性质不稳定、流程缺陷、设备故障等多方面原因致使生产指标不稳定且未达到设计指标,投产后矿山

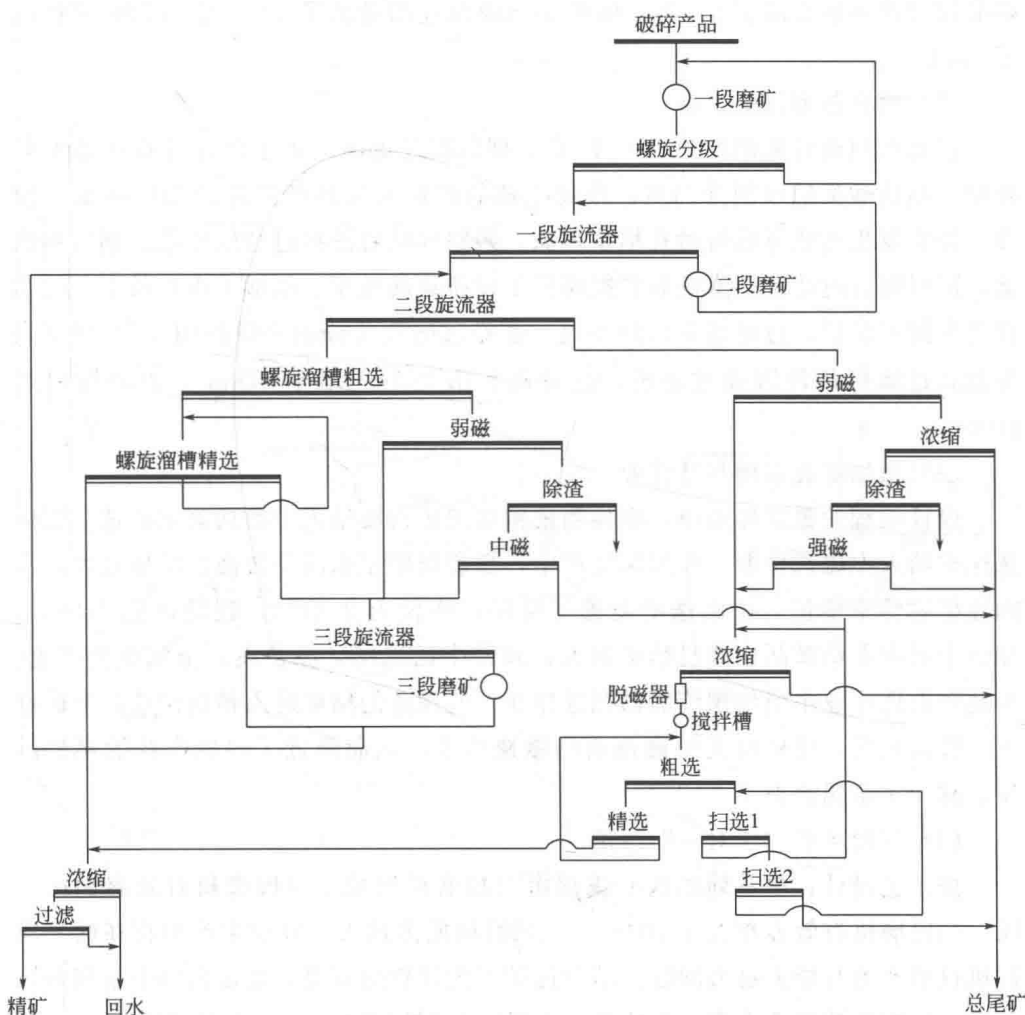


图 1-1 司家营铁矿赤铁矿选矿原设计流程图

针对赤铁矿工艺优化及流程改造等方面进行了多项研究工作，取得了一定成果，主要包括以下几项。

(1) 浮选扩容改造

设计浮选车间浮选机的总容积为 560m^3 ，其中型号为 JJF-20、JJF-10 浮选机分别有 12 台和 32 台，设计浮选时间为 40min 。实际生产时，由于浮选机容积严重不足，浮选时间仅为 34min ，再加上 JJF 浮选机吸浆能力弱，赤铁矿 3 个系列同时运转时，处理能力已经严重不足，4 个系列更是无法一起运转，因此，新增了浮选车间。新增浮选车间设备选型为吸浆能力强的 BF-20 型浮选机，台数为 36 台，浮选机总容积由原来的 560m^3 增至 1280m^3 ，供配药系统同时进行了扩建。新增浮选车间于 2008 年 2 月底建成完工并投入生产，生产数据显示，精

矿品位较改造前提高了 2.3%，尾矿品位较改造前降低了 5%，金属回收率提高了 25.15%。

(2) 更换新型过滤设备

过滤车间设计采用的是 P30/10-C-1 型陶瓷过滤机，由于浮选作业中添加了淀粉、脂肪酸类捕收剂等药剂，致使浮选精矿矿浆受残留浮选药剂影响黏性较强，经常发生陶瓷过滤板微孔堵塞现象，最终导致过滤机过滤效果差、利用系数低，同时陶瓷过滤板的清洗和更换降低了设备运转效率、增加了选矿成本。尤其浮选车间扩建后，过滤能力已经不足。在经过研究论证后，最终用 6 台 ZPG-96 型盘式过滤机代替陶瓷过滤机，过滤面积由 360m^2 增至 576m^2 ，处理量可达 8000t/d 。

(3) 增加螺旋溜槽扫选作业

设计流程的重选作业中，螺旋溜槽粗选尾矿直接给入中磁选前弱磁选，弱磁选尾矿给入中磁选作业。在实际生产中，螺旋溜槽粗选品位较高，矿量较大，且因原矿磁性率偏低，中磁选前弱磁选精矿产率仅为 2.81%，较设计低 7.69%，导致中磁作业给矿品位高且给矿量大，致使中磁选尾矿品位高，金属流失严重。为此在重选作业中增加螺旋溜槽扫选作业，该作业的精矿进入精选作业，中矿给入三段旋流器，尾矿给入中磁选前弱磁选作业，从而降低了中磁作业的尾矿品位、减少了金属流失。

(4) 三段磨矿“二对一”改造

按工艺设计，单系列赤铁矿流程由三段磨矿组成，三段磨机有效容积比一段、二段磨机有效容积大 15.63%，三段磨机能力过大。针对生产中存在的三段磨机过磨严重与能力过大问题，结合选矿工艺流程的需要，制定出两个系列共用一台三段磨机的改造方案。改造后，三段磨机利用系数由 0.39 提高到 0.91，已接近设计水平。同时，在原矿处理量不降低的情况下，随着三段磨矿机处理量的提高，过磨现象明显减少，选矿技术指标得到了进一步的优化。

另外，还相继进行了强磁机扩能改造、重选精矿增加控制筛分改造、选矿生产循环水净化系统改造等，改造后赤铁矿选矿工艺流程图见图 1-2。

华北理工大学从“六五”期间即开始针对司家营难选赤铁矿开展选矿试验研究工作，在大量试验研究的基础上，提出了弱磁—强磁—反浮选、弱磁—强磁—正浮选及弱磁—强磁—重选等工艺流程。近年来主持完成国家高新技术 863 计划等多项赤铁矿选矿技术相关的纵向科研课题研究，获省部级科技成果奖励多项，完成的国家级科研项目“贫赤铁矿的选矿技术”获国家三部一委奖，“超细氧化铁红新工艺研究”获河北省科技进步“星火”一等奖，“低品位难选赤铁矿高效分选新技术”获河北省科技进步三等奖。

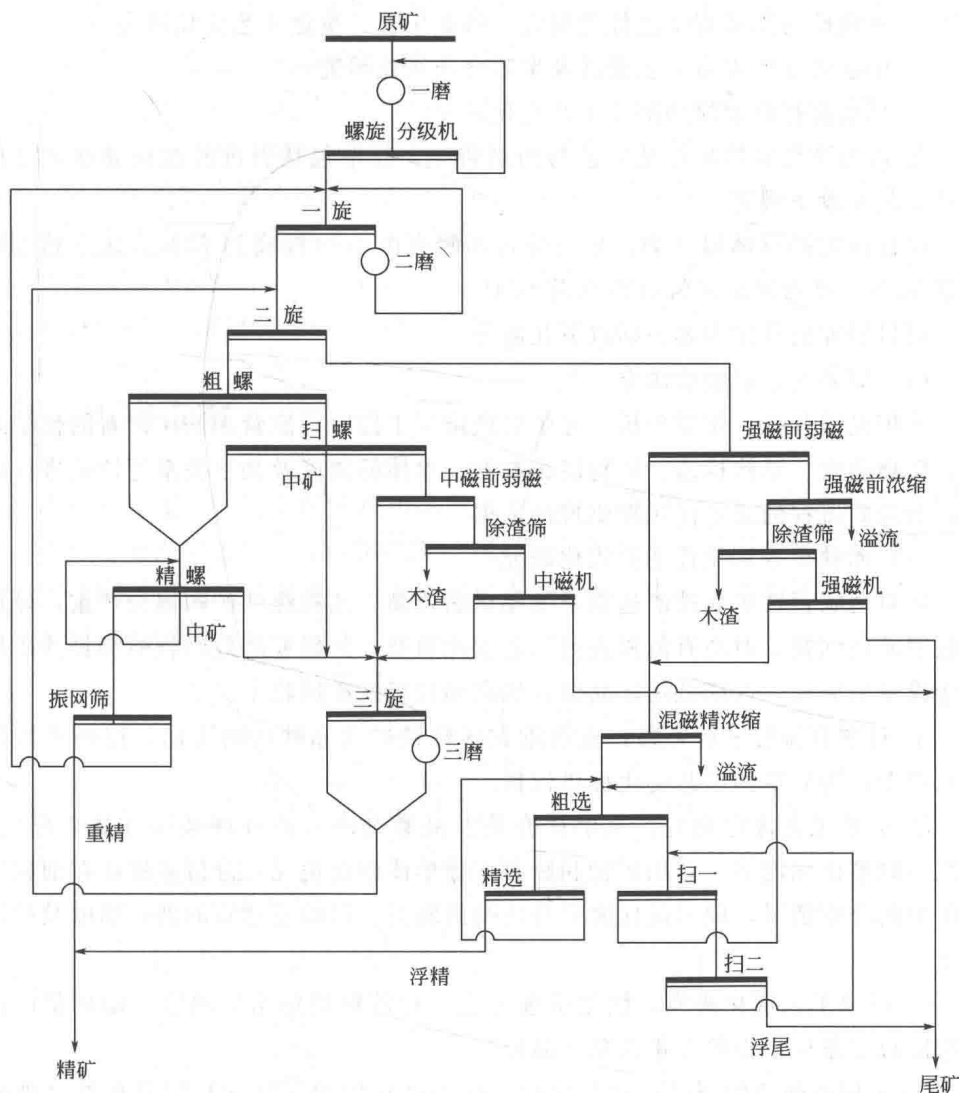


图 1-2 司家营铁矿赤铁矿生产流程

1.3 研究目标

在赤铁矿选别工艺及技术方面开展了多方面的基础研究和应用研究，在微细粒赤铁矿重选、强磁选及反浮选等工艺研究方面取得了相当多的积累。项目研究以联合研发的方式，针对赤铁矿“阶段磨矿、粗细分级、重选—磁选—阴离子反浮选”联合流程中各作业的问题及不足，以强化细粒铁矿物的回收、简化流程、降低分选成本为目的，在制约微细粒赤铁矿回收率的关键瓶颈技术方面取得了突破。

① 赤铁矿选别流程工艺优化研究：磨矿工艺、重选工艺优化研究。

② 中强磁选矿设备工艺条件及聚磁介质优化研究。

③ 高效选择性絮凝药剂及工艺优化研究。

④ 高效微细粒铁矿浮选工艺与药剂研究，其中包括引进的细粒赤铁矿浮选分级工艺及设备研究。

项目研究的具体目标为：矿石综合回收率由 70% 提高到 75%，选厂总能耗降低 10%，浮选尾矿品位由 20% 降至 15%。

项目研究的具体内容包括以下几部分。

(1) 原矿工艺矿物学研究

采用光谱分析、化学分析、光学显微镜等手段对司家营赤铁矿矿石的化学组成、矿物组成、结构构造、矿物嵌布粒度、单体解离度及共生关系等性质进行研究，为选矿流程的工艺优化提供理论依据。

(2) 赤铁矿选别流程工艺优化研究

针对司家营铁矿赤铁矿选别系统尾矿品位高、细粒级铁矿物损失严重，导致回收率低的问题，对现有流程进行工艺优化研究，并研究高效回收微细粒铁矿物浮选设备的应用，以降低尾矿品位，提高细粒级铁矿回收率。

① 对现有流程进行考察：查明细粒级磁铁矿及赤铁矿的走向，绘制出数质量流程图，为后续的工艺优化提供依据。

② 磨矿工艺优化研究：从磨矿介质及助磨剂两方面开展选择性磨矿研究，研究不同磨矿细度下，有用矿物和脉石矿物单体解离情况，分析赤铁矿在细粒级铁矿中的分布情况，确定最佳磨矿介质及助磨剂，以确定适宜的磨矿细度及产品粒度。

③ 重选工艺优化研究：优化重选工艺中螺旋溜槽的给矿浓度、给矿量、精扫选次数等条件，以提高重选精矿品位。

④ 采用高效节能浮选柱代替部分常规浮选机以提高微细粒级铁矿物浮选效率，确定赤铁矿浮选的柱式浮选工艺及机柱联合浮选工艺。

(3) 选矿设备操作条件优化研究

主要针对选别流程中的中磁、强磁设备进行操作条件优化，具体包括各磁选作业的给矿量、给矿浓度、给矿粒度、磁选场强等，强化各作业对 -0.0308mm 粒级的回收及精矿质量的提高，以保证生产指标的稳定性及对矿石性质的适应性，降低中、强磁尾矿品位，并为后续反浮选作业提供适宜的给矿条件；重点进行中磁机及强磁选机新型聚磁介质类型（间隙、材质、形状、排列方式等）研究。

(4) 强磁给矿（弱磁尾矿）浓缩溢流选择性絮凝研究

为了实现强磁前浓缩溢流的选择性絮凝，降低溢流中铁矿损失及实现对溢流

中铁的回收，针对浓缩溢流进行选择性絮凝剂的筛选试验及絮凝条件试验，筛选出高效的选择性絮凝剂并确定适宜的絮凝条件。

(5) 高效细粒铁矿浮选工艺与药剂研究

以简化流程，降低成本，提高微细粒赤铁矿的浮选回收率，降低尾矿品位为目的；针对微细粒赤铁矿浮选工艺进行常温阴离子捕收剂及阳离子捕收剂应用研究、高浓度浮选研究、磁铁矿与赤铁矿交互影响机理研究、磁浮选机的应用研究；针对目前浮选流程中的尾矿进行浮选尾矿“分级—再选”工艺研究；针对选厂的综合尾矿进行尾矿中铁的回收研究。

1.4 实施方案

本项目旨在充分发挥华北理工大学与河北钢铁集团矿业有限公司各自在人才、条件等方面的优势，在微细粒贫赤铁矿高效回收的关键技术研究上取得突破和进展，同时建立起双方在贫赤铁矿选矿方面长期稳固的合作关系。

项目研究的技术路线见图 1-3。

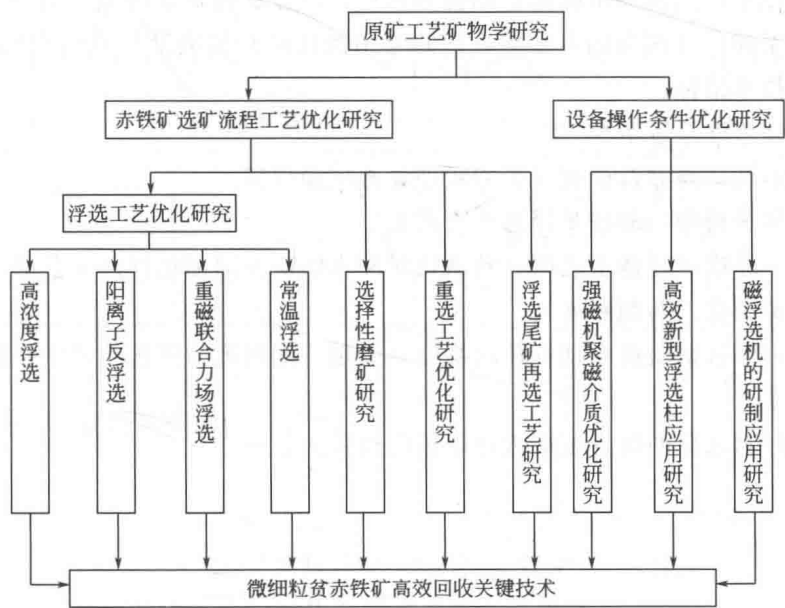


图 1-3 技术路线图

具体技术方案为：

(1) 采用不同磨矿介质及添加不同助磨剂进行磨矿试验研究

- 研究不同磨矿细度下，有用矿物和脉石矿物单体解离情况及粒度分布。
- 确定最佳磨矿介质、最佳助磨剂及最佳磨矿细度，获得合理粒度分布的磨

矿产品，实现选择性磨矿。

(2) 优化重选工艺操作条件，提高重选精矿品位

(3) 采用高效节能浮选柱代替常规浮选机的应用研究

➤ 旋流-静态微泡浮选柱在微细粒赤铁矿浮选中的应用试验研究。

➤ 逆流接触式浮选柱在微细粒赤铁矿浮选中的应用试验研究，包括空柱及添加了充填介质的充填浮选柱。

(4) 选别流程中的中强磁设备进行操作条件优化

➤ 重点进行中强磁磁选机新型聚磁介质类型（间隙、材质、形状、排列方式等）研究。

(5) 针对弱磁—强磁工艺中弱磁尾矿（强磁给矿）浓缩溢流进行选择絮凝剂筛选试验研究

➤ 在弱磁尾矿浓缩溢流性质研究的基础上进行选择絮凝剂筛选研究，研究不同絮凝剂单独作用及联合作用下的絮凝—沉降规律，确定絮凝剂适宜的絮凝条件。

(6) 贫赤铁矿阴离子常温浮选及阳离子反浮选研究

➤ 依据生产指标要求筛选低品位赤铁矿常温浮选药剂及高效阳离子捕收剂。

➤ 常温浮选药剂及阳离子捕收剂的应用条件试验研究及浮选流程结构研究，确定浮选技术指标。

(7) 高浓度浮选研究

(8) 磁铁矿与赤铁矿交互影响机理浮选试验研究

➤ 具体进行单一磁铁矿浮选工艺研究。

➤ 单一赤铁矿浮选工艺研究及磁铁矿和赤铁矿不同配比浮选工艺研究（磁化处理、磨矿细度、药剂制度）。

➤ 通过浮选试验优化现有药剂制度，确定药剂制度与浮选给矿中强磁性矿物含量的关系。

(9) 针对选厂的综合尾矿进行磁选回收铁的研究

第 2 章

原矿工艺矿物学研究

针对赤铁矿生产流程中存在的问题，项目组对二采场赤铁矿石中 useful 矿物和脉石矿物的组成和含量、嵌布特征等进行了系统的工艺矿物学研究，找出不同性质的矿石对选矿指标的影响规律，为后续的工艺优化研究提供依据。

2.1 矿石的化学成分分析

对原矿的代表性矿样进行了矿石化学成分分析，分析结果见表 2-1。

表 2-1 原矿多元素分析结果

单位：%

成分	TFe	SFe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
含量	33.59	33.34	4.04	46.63	0.89	2.12	1.46
成分	S	P	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	TiO ₂	烧碱
含量	0.083	0.053	0.41	0.086	0.090	0.073	0.31

2.2 矿石的铁物相分析

选取了 53 件有代表意义的化验样品进行了铁物相分析。分析结果见表 2-2 及图 2-1（图中数据为矿石中各物相铁的平均占有率），并根据工作区磁性铁、赤（褐）铁含量沿矿体走向的变化绘制成曲线，见图 2-1。

表 2-2 铁物相及全铁、亚铁数据表

单位：%

样品 编号	测试结果						
	磁性铁	碳酸铁	赤（褐）铁	硫化铁	硅酸铁	TFe	FeO
-30N-N1-5	3.08	0.24	20.44	0.64	0.48	25.21	1.56
-30N-N1-14	2.39	0.2	22.58	0.08	0.36	25.41	1.3