

浅谈山东省铁矿选矿技术发展

石绍海¹, 林济华², 冯婕³

(1 山东省冶金工业总公司, 山东 济南 250014; 2 济南钢城矿业有限公司,
山东 济南 250101; 3 山东省冶金科学研究院, 山东 济南 250014)

摘要: 分析了山东省铁矿选矿技术现状, 针对炼铁工业对铁精矿质量提出的更高要求和铁矿山所面临的问题, 就山东省如何加快选矿工艺技术和科研生产中应注意的问题进行了讨论, 并提出了具体意见。

关键词: 铁矿石; 选矿工艺; 工艺研究; 发展方向

中图分类号: TD92 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620(2002)06-0001-04

Development of Iron-Ore Processing Technique in Shandong Province

SHI Shao-hai¹, LIN Ji-hua², FENG Jie³

(1 Shandong Metallurgical Industry General Company, Jinan 250014; 2 Jinan Gangcheng Mining Limited Liability Company, Jinan 250101; 3 Shandong Metallurgical Research Institute, Jinan 250014, China)

Abstract: Analysing the actualities of iron-ore processing technique in Shandong, aiming at the higher quality requirements to the iron ore concentrate of iron making industry and the problems lain a head of iron mine, the problems that how quickening the research of iron-ore processing technology in Shandong and noticed the technological research and production are discussed, and the concrete opinions are brought up.

Key words: iron ore; processing technology; technological study; direction of development

1 前言

山东省“九五”期间铁矿石自给率为30%~34%，进入“十五”有两个主要原因致使铁矿石的自给率逐年下降。一是生铁产量增长较快；二是铁矿石生产量随着开采难度的增加和部分重点生产矿区资源枯竭闭坑，生产接续矿区开发建设投入较少，产量增幅较小。2001年全省生产生铁793.6万t，需含铁65%的成品矿1270万t。同年全省生产铁矿石原矿875.15万t，折成品矿350万t(含铁量228万t)，铁矿石自给率为28.73%，其余由外省购进和国外进口。2002年上半年生产生铁477万t，全年预计生产950万t，比去年增长了97%，全年预计耗成品铁矿1520万t。同期全省生产铁矿石原矿446.97万t，全年预计生产900万t，折合成品矿391万t，铁矿石自给率为25.72%。2005年全省生铁生产能力将达1450万t，需成品铁矿石2320万t。自产成品铁矿石420万t，自给率18.1%。

然而，自给率低、市场缺口大并不意味着山东省铁矿企业的产品能够畅销，矿山企业必须面对用户对矿石质量的要求和国外矿石大量涌入的巨大压力。高炉炼铁贯彻精料方针是降低炼铁能耗和生产成本的主要手段，而炼铁坚持实施精料方针，多把提高入炉品位作为重点。如山东省炼铁入炉品位由1995年的55.30%，提高到2000年的58.00%。这就要求铁矿山的选矿厂不断地提高铁精矿的品位，降低铁精矿的SiO₂、Al₂O₃等杂质的含量。根据山东省铁矿资源的实际情况，炼铁原料依靠国外铁矿资源已成定局，同时进口铁矿石与国内铁矿石相比具有品位高、杂质低、还原性好等特点。所以，山东省铁矿山选矿厂必须不断采取新技术、新设

备、新工艺提高铁精矿品位，降低杂质含量，以适应炼铁工业的需要，增加抵抗国外进口矿冲击的能力。

2 山东省铁矿选矿技术分析

铁矿是山东省重要矿产，但分布不均。占铁矿探明总储量的96%分布在鲁中、鲁西地区。按铁矿产资源类型及探明储量的多寡划分，接触交代型和沉积变质型铁矿是山东省两个重要类型，分别占全省铁矿探明储量的48%和40%，其次是热液型铁矿，占10%。下面针对矽卡岩型、沉积变质型、中低温热液型三种类型矿床，对全省选矿技术现状进行分述。

2.1 矽卡岩型含铜、钴磁铁矿

矽卡岩型矿床的特点是矿石品位较高（一般在45%以上）、矿石可选性好、选矿回收率可达85%以上、开采经济技术条件较好，因此对这种矿床的开发利用程度较高。该类型矿石主要分布在莱芜、淄博、济南三大矿区。根据伴生元素的含量和性质，大都采用联合选别流程，注重了对伴生铜、钴、硫的回收。

鲁中矿产公司张家洼选矿厂根据原矿石的性质和特点，成功地运用了湿式自磨技术。铁矿石在井下经粗碎后用 $\Phi 5.5\text{m} \times 1.8\text{m}$ 湿式自磨机与球磨机纵向配置形成二段一闭路在给矿粒度小于350mm时，自磨机处理量达98t/台·h，自磨产品中-0.074mm含量达45%。该流程充分体现了湿式自磨技术具有简化矿石加工流程，减少设备数量，节省厂房面积，改善操作条件的优点。选矿工艺则以强化回收磁铁矿为主，并考虑弱磁性铁矿物和自然铜综合回收，采用磁选—重选—浮选工艺流程。经磁选后可获得品位为65%以上的铁精矿。磁选尾矿经浓缩后采用螺旋溜槽回收弱磁性铁矿物和自然铜，可获得含铁品位为53.00%，铜品位为0.1%的铜铁重选精矿。含铜铁重选精矿经浮选分离后，可获得品位为25.00%的铜精矿和品位为50.60%的铁精矿。浮选铁精矿与磁选铁精矿混合过滤后可获得含铁品位为64.20%的自熔性铁精矿，从而有效地实现了对弱磁性铁矿物和自然铜的回收。

山东金岭铁矿所处理的矿石中 useful 矿物主要是磁铁矿、褐铁矿，并含有少量的黄铜黄矿、含钴黄铁矿和磁黄铁矿等。碎矿为两段一闭路流程，设有二段磁滑轮预先抛弃废石，使废石剔除率达66.2%，占原矿破碎量16.15%。减少了废石入磨量，年节电2.25MkW·h。在强化破碎实施“多碎少磨”方面，金岭铁矿也是一个突出实例。在破碎流程中采用可逆式 $\Phi 1.3\text{m} \times 1.6\text{m}$ 锤式破碎机作细碎设备，并设有预先及检查筛分作业，使破碎产品中8mm粒级含量为78.97%，-0.074mm粒级含量近20%，获得了优良的产品粒度特性。碎矿产品粒度的改善，使该厂一段闭路磨矿的 $\Phi 2.7\text{m} \times 2.1\text{m}$ 格子型球磨机在分级机溢流粒度-0.074mm占65%~70%的条件下，台时产量高达38.3t/台·h，每吨原矿电耗仅为6.2kW·h，按新生成-0.074mm粒级产量计算处理每吨原矿电耗为12.1kW·h，大大低于其他选矿厂同规格型号球磨机的电耗。仅此一项处理每吨原矿磨矿电耗可省1.4~5.2kW·h。金岭铁矿的选别工艺采用了先混合浮选，后分离浮选回收铜、钴，混合尾矿再用磁选方法回收铁。经过不断的改造，使选矿各项指标长期处于国内领先地位。

济南钢城矿业公司(原济钢集团张马屯铁矿)所处理矿石属高硫磁铁矿。主要金属矿物有磁铁矿、黄铁矿，主要脉石矿为透闪石、透辉石、绿泥石等。采用一段闭路磨矿，浮选—磁选选矿流程，产品为浮选硫精矿和磁选铁精矿。选别指标原矿品位54%，磁铁矿品位65.90%，硫精矿品位达32.0%，全铁回收率达95.2%。

2.2 沉积变质岩贫磁铁矿

沉积变质型铁矿床的品位很低，一般含铁量在30%左右。矿石可选性差、选矿回收率较低，只能达到60%左右。目前开采利用的主要是韩旺矿区和苍峰矿区。主要生产矿山有莱钢集团鲁南矿业有限公司（原韩旺铁矿，简称鲁南矿业）、济南钢铁集团石门铁矿和刘岭铁矿，年开采能力约160万t。韩旺铁矿系产于前震旦纪鞍山式沉积变质磁铁矿床中。主要金属矿物为磁铁矿，其次为赤铁矿、褐铁矿，还有少量黄铜矿、黄铁矿以及少量的磁黄铁矿、白铁矿。脉石矿物主要是铁闪石、普通角闪石，其次是黑云母、阳起石、石英等。其特点是：(1)含铁品位低，采出品位：TFe为30%，SFe为24%~26%；(2)结晶粒度细而不均匀。磁铁矿结晶度一般在0.104~0.009mm，大部分集中在0.074~0.018mm粒级，小于0.009mm粒级占13%~16%；(3)含硅酸铁高。一般在7%左右，有时高达20%；(4)矿石性质变化大。表现在不同采场、不同的作业点、顶板和底板等，矿石的结

晶粒度、品位差别很大。根据矿石性质韩旺铁矿相继进行过3次较大的选矿工艺流程改造。首先,将原设计的两段磨矿改为细筛再磨,让细筛把住最终粒度关口;同时增设三段磨矿,提高了磨矿细度;增设了立式磁重选机,对筛下产品再处理。其次,增设了螺旋溜槽重选作业,提前选出一部分粗粒的合格精矿,减少泥化,提高回收率,改善过滤效果。再就是对生产流程改造调整使得选矿生产经济指标逐步改善、企业经济效益不断提高。

济南钢铁集团石门铁矿、刘岭铁矿位于鲁南苍峰铁矿区。矿石中主要有用矿物是磁铁矿,脉石矿物有石英、铁闪石、普通角闪石等。采用二段一闭路破碎流程,干式磁滑轮抛废石;一段闭路磨矿、细筛再磨;三段磁选流程。铁精矿品位可达66.73%以上,全铁回收率63.24%,磁性铁回收率达93.64%。为了提高铁矿物的回收率,刘岭铁矿利用螺旋选矿槽对尾矿中的褐铁矿、赤铁矿、铁闪石等矿物进行回收,取得了良好的效果。全铁回收率可达到82.62%。

2.3 中低温热液交代型矿床

中低温热液交代型矿床的水文地质条件复杂,矿石为褐铁矿、赤铁矿、高硫磁铁矿等,可选性差。探明的3处主要产地中,仅黑旺孤山矿床由黑旺铁矿进行规模开采,年生产能力60万t。边荣岭曾对莱州某一中低温交代高硫磁铁矿床进行了研究。矿石中金属矿物主要有磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿及极少量的黄铜矿,非金属矿物主要有透闪石、黑云母、滑石、石英等,另有少量的蛇纹石、碳酸盐及极少量的磷灰石,绿帘石等。该矿石属中粗粒结构,矿物结晶粒度一般为0.5~0.7mm,块状和条带状构造。磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁主要呈他形晶粒状及其集合体出现,部分黄铁矿以极细的文象连晶结构嵌布于磁铁矿石中。实验结果表明采用浮选-磁选联合流程,在原矿TFe含量为52.29%,S含量13.50%时,可获得品位为68.86%的铁精矿和硫含量为32.54%的硫精矿。铁和硫的回收率分别达到95.63%和95.36%。

3 山东省铁矿选矿技术的发展方向

3.1 降硅提铁满足市场需要

山东铁矿资源贫、细、杂、难选,磁铁矿铁精矿品位低(63%~66%), SiO_2 等杂质高(5%~10%)。近年来由于受进口优质铁矿石的冲击,炼铁企业都愿意用进口矿,甚至有些大型钢铁公司也对自有矿山铁精粉进行限产、增加进口铁精粉比例以提高炼铁效益。这一现状如果持续下去,必将严重影响现有铁矿山的持续发展及铁矿山职工的稳定。因此,提高铁精矿质量、降低 SiO_2 含量,为炼铁厂提供优质铁精矿势在必行。铁精矿提质降杂的技术研究可从以下几个方面入手。

3.1.1 磁铁矿石的细磨深选工艺对于细粒嵌布的贫磁铁矿石,通过细磨使矿物达到较充分的单体解离,而后采用适宜的选矿方法进行选别,是获得高品质精矿的基本工艺。目前山东沉积变质岩贫磁铁矿石选矿厂均在原两段磨矿阶段选别单一弱磁选流程中,增加了细筛再磨再选工艺,使精矿铁品位由62%~63%提高到65%~68%。其不足是所使用的细筛设备筛分效率低,造成大量的细粒部分又进入磨机再磨,影响磨机处理量的提高;同时由于在弱磁选过程中,产生磁团聚,造成脉石矿物的机械夹杂,影响精矿品位的提高。因此,选用Derrick高频振动细筛、强化脱磁对磁铁矿石的细磨加工具有重要意义。鲁南矿业近几年的选矿生产实践就充分说明了这一点。

3.1.2 弱磁选精选设备的研究和应用 由于目前广泛应用的永磁筒式磁选机在磁选过程中产生磁团聚,造成脉石矿物的机械夹杂,影响精矿品位的提高,因而弱磁选精选设备的研究主要着眼于破坏磁团聚,使磁团中的脉石矿物及贫连生体排出,提高精矿铁品位。鲁南矿业自行研制的磁聚机是在较低的、不连续的且不均匀的磁场作用下,使磁铁矿颗粒形成的磁团聚时紧时松。当磁团处于松散状态时,在上升水流的作用下,使夹杂的脉石矿物和贫连生体被清洗出,随溢流排出。生产实践证明该机具有良好的选别效果和脱泥脱水效果。鞍山钢铁学院研制的磁选柱,是借助于直流供电系统造成的不连续、不均匀的低磁场的磁重选矿设备。矿浆由上部给入后,磁铁矿颗粒在变化的磁场中,团聚与分散交替进行,下部给入的上升水流使夹杂于磁团中的脉石矿物及贫连生体被冲洗出,使精矿品位提高。在弓长岭选矿厂应用时,在给矿TFe59.85%时,获得产率38.62%、TFe65.62%、回收率42.35%的精矿。在其他选矿厂试验及应用均能提高精矿铁品位。

东北大学研制的脉冲振动磁场磁选柱是利用充电和放电过程产生较高的磁场,并采用控制电路使充电和放电过程强制中断,产生一定频率的振动磁场。位于选别区的磁铁矿颗粒产生磁团聚,而后又分散团聚,这样交替进行。下部给入的上升水流在团聚分散时冲洗出夹杂在其中的脉石矿物。该设备选别本钢南芬选矿厂的物料,当电流在10~2.5A变化时,精矿铁品位可提高3.54~8.27个百分点。

上述的弱磁选精选设备,在适宜的给矿粒度条件下,能够获得部分高品质的铁精矿。

3.1.3 铁精矿提质降杂工艺流程 对于细粒嵌布的磁铁矿石,采用阶段磨选—细筛再磨工艺 可以获得TFe65%~68%、SiO₂4.2%~8.0%的精矿。在目前的弱磁选技术和装备条件下,对精矿进一步提质降硅仍采用弱磁选工艺,是较为困难的。因为入选物料粒度越细,分选过程中的机械夹杂越严重,提质降硅的幅度也越小。

细粒磁选精矿进一步提质降硅可以组成重选—反浮选、弱磁选—反浮选等联合工艺流程。两种工艺流程的共同点是首先用较简单的重选或弱磁选从入选物料中分选出部分高品质的精矿,余下的难选物料用反浮选处理,从而减少反浮选给矿量,降低整个选矿加工成本。二者相比,后者比前者的适应性更好些。因为弱磁选设备比重选设备具有单机处理量高、可调参数多、耗水量较低等优点。采用适宜的弱磁选设备(低场强脉动筒式磁选机等)或分级—弱磁选设备从入选物料中分选出部分高品质精矿,对其余需要细磨的难选部分物料用反浮选工艺处理,可使整个选矿加工成本比用单一反浮选工艺流程的低。具体到某一选矿厂适宜的工艺流程,应通过试验研究和技术经济比较而定。

3.2 强化碎矿 早抛早收降成本

矿石的准备系统能耗约占选矿厂总能耗的60%以上,是节能降耗的重点。今后必须采取有效措施,研究和改造矿石的准备系统和预选工艺中的不足,提高效率、降低能耗。应重视选择与矿石性质相适应的破碎设备和破碎流程,减少破碎的材料消耗,降低破碎产品的最终粒度,以获取优良的产品粒度组成,减少磨矿能耗。

应注重强化和完善预选工艺。在磨矿之前对入磨矿石进行预先选别是选矿厂铁精矿提质降杂、节能降耗的有效方法。尽管山东省绝大多数选矿厂都采取了这一措施,取得了显著效果,抛弃混入矿石中60%~80%的岩石量,但经过碎矿改造后的流程,给入磨前抛弃废石又创造了较大的空间。如威海鑫山有限公司铁矿实施了湿式预选工艺,生产实践表明,该工艺能抛弃绝大部分混入矿石中的岩石,并使入磨品位提高到地质品位以上。

此外,还应充分认识到多碎少磨和早抛早收必须与高性能、高效率的设备和优质耗材的应用相结合才能获得良好的经济效益。例如锤式破碎机可获得良好的碎矿粒度组成。但锤头的消耗过高仍达不到较好的经济效益。

3.3 重视自动 控制提高作业效率

选矿过程自动控制主要应用于磨矿回路、浮选工艺检测与控制以及变频调速在工艺过程中的应用等方面。在一段闭路磨矿过程中,首先监测球磨机的给矿量、球磨机的功率及磨音强度(间接反应球磨机内矿石的充填量)、球磨机的给水(返砂水)流量,分级机的补加水(排矿水)流量、分级机溢流矿浆流量及矿浆体积浓度等参数,再通过调节圆盘给料机的转速控制球磨机的给矿量;调节返砂水流量控制磨矿体积浓度;调节排矿水的流量控制分级溢流体积浓度以间接地控制溢流产品的粒度等措施使整个自动控制能保证平均台时处理量稳定在设置的范围内。在生产稳定的情况下,台时处理量可提高10%并能保证磨矿产品粒度达到工艺规定的要求。

将变频器应用于泵池液位控制系统可使系统具有结构简单、调试操作方便、运行可靠等优点。由于液位控制可根据砂泵负荷量的多少自动调节变频器的输出电压和输出频率,能使电能达到最佳的使用效率从而节约电能,也使砂泵运行在满负荷状态下不会因为负荷的变化而出现超载或空载的情况,降低了砂泵设备的损耗。变频器的软起动功能能够减小砂泵设备起动时的冲击,起到保护设备的作用。同时变频器的故障显示也有利于故障的查找。实践证明,使用泵池液位控制系统后能够为生产的高效和安全提供保障,也能够从提高系统的生产能力、节约生产成本、降低设备损耗等方面获得可观的效益。

浮选工艺的自动控制系统主要是对浮选槽、矿浆流和滤液中各种特性参数的检测和药剂添加量的控制。

一般使用电位检测法来确定操作范围, 例如确定可以浮选特种矿物的EH-pH曲线, 以便调整pH值达到浮选某种矿物的目的。应用电化学理论建立适合减少药剂消耗量的物理模型和化学模型也是达到浮选自动控制的基本方法。总之, 在浮选系统应用单环控制系统和多环控制系统可提高回收率、减少药剂消耗、提高劳动生产率, 也有利于整个企业生产技术信息的集成与管理。

3.4 低品位铁矿石选矿工艺的研究

2000年底, 山东省保有铁矿地质储量约18亿t, 其中济南、淄博和莱芜一带品位较高的 储量均已开发或正在开发, 只有占总储量48%的低品位铁矿资源尚未开发, 例如汶上-东平矿区的5.34亿t铁矿储量。这部分资源由于受矿床的赋存条件限制, 品位较低(一般在20%~30%), 开采、选矿经济效益较差, 但将是全省主要的铁原料来源。因此, 对低品位铁矿是选矿工艺的研究, 是山东省冶金行业一项重要的任务, 必须引起高度重视。在科研生产中, 要不断地完善和发展预选工艺、细筛再磨工艺, 加强对磁选-浮选、磁选-重选-浮选联合流程的研究, 尤其是对反浮选工艺中的药剂制度进行深入研究十分重要。总之, 以经济效益为中心, 降低生产成本、提高效率, 做好富贫资源开发的接续衔接对山东省铁矿企业的发展具有重要意义。

[返回上页](#)