

首钢铁矿资源合理利用与废弃物减排的实践*

蒋文利

(首钢矿业公司技术处, 河北 迁安, 064404)

摘要:针对我国铁矿石资源供给与钢铁业发展之间存在的矛盾, 结合首钢矿山实际, 对选矿降低尾矿品位、赤铁矿处理、尾砂综合利用、排土场残留矿石和采矿界外矿及露天闭坑采区残留矿石回收等方面采用新技术开发利用资源所取得的成果进行了介绍, 提出了矿山企业挖掘资源潜力, 提高自给率的途径。

关键词:铁矿石; 资源; 利用; 实践; 首钢矿业公司

中图分类号: TD861.1; TD951.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2009)01-0053-06

The Practice on Reasonable Utilization of Iron Ore Resource and Emission Reducing in Capital Steel's Mining Company

JIANG Wen-li

(Capital Steel's Mining Company, Qian'an, Hebei 064404, China)

Abstract: In view of short supply of iron ore in China and present situation of Capital Steel's Mining Company, they reduced the tailings grade by tailings processing, and strengthened dressing of hematite, and comprehensively utilized tailings, recovers residual ores in refuse dump, outside-limit and ending of mining in open-pit. The new technologies obtained more iron resources and heightened ore self-sufficient rate.

Key words: iron ore; resources; utilization; practice; Capital Steel's Mining Company

目前,我国矿产资源的消费量是解放初期的60倍左右,其中铁矿石的消费量增长更为迅猛,增加了100多倍,导致铁矿石的供需矛盾更加突出。

据不完全统计,中国67.3%储量的铁矿集中在以下几个主要矿区:鞍本矿区、冀东矿区、鄂东矿区、白云鄂博矿区、攀西矿区和宁芜矿区。

近年来,我国钢铁产量以每年递增25%左右的速度增长,据统计,2007年我国生铁产量上升到4.89亿吨。若以吨铁消耗成品矿1.55 t计,则需要成品矿为7.58亿吨,而2007年国产矿产量折合成品矿3.8亿吨,矿石缺口高达近4亿吨靠进口。铁矿石价格自2003年以来一直在高位运行,也促进了国内采矿、选矿业的发展。由于钢铁业的迅猛发展,

铁矿资源不足问题将是长期性的,进口量的增加将使铁矿石价格受制于人,钢铁业的健康发展势必受到影响。必须保护性开采铁矿资源,提高回采率,调整矿石的工业品位标准及通过选矿技术进步提高资源利用率等,以有效缓解铁矿资源不足而过分依赖进口的问题。

2 首钢矿山资源现状

首钢矿业公司是首钢(集团)总公司钢铁生产原料的主要供应基地,地处河北迁安、迁西境内。矿区分南北两部分,北区水厂铁矿年产矿石1100万吨,南区大石河铁矿,年产矿石800万吨,矿区占地0.5万 hm^2 ,素有百里矿区之称。首钢矿业公司由

* 收稿日期:2008-10-20;修回日期:2009-01-13

作者简介:蒋文利(1964-),男,河北迁西人,教授级高工,工程硕士,首钢矿业公司技术处处长。

采矿、选矿、烧结、球团、运输、机械制造、矿用汽车制造、矿山建设等单位组成,是我国配套齐全的大型露天矿山之一。随着多年的生产,矿石资源逐步减少,一些采区陆续闭坑,可开采矿量为 5.3 亿吨,采矿能力逐年下降,矿石采出能力仅有 1 200 万吨左右,远远不能满足选矿生产的需要。

首钢矿业公司现有大石河和水厂两座选矿厂,选矿厂为磁选厂,设计选矿生产能力年处理原矿 2 700 万吨,其中大石河选矿厂 900 万 t/a,水厂选矿厂 1 800 万 t/a。大石河选矿厂于 1961 年建成投产,共有 12 个 $\Phi 2700 \times 3600$ 磨选系列;水厂选矿厂于 1971 年建成投产,有 12 个 $\Phi 2700 \times 3600$ 磨选系列、7 个 $\Phi 3600 \times 4500$ 磨选系列。由于矿石资源不足,选矿厂作业率较低,在购买部分矿石进行加工的前提下,原矿处理能力仅有 1 500 万吨左右。

针对资源紧张的突出矛盾,紧紧围绕资源充分利用挖掘潜力,采矿采取界外矿回收、闭坑残余矿回采、回收极贫矿、人工拣矿等措施;选矿采取尾矿再选、排土场岩石干选、赤铁矿利用等措施提高矿石资源利用率。

3 资源利用研究与实践

矿产资源是一种不可再生的资源,最大限度地利用矿产资源,对促进我国经济发展将有重大意义,因此,提高资源的利用率是采矿、选矿技术及产业化研究的重点,特别是难磨难选矿石选矿技术和降低尾矿品位、提高金属回收率技术以及提高回采率和深部资源的利用将成为今后创新的课题。

3.1 尾矿复合精选新工艺的研究与应用

选矿厂自投产以来,尾矿品位一直偏高。尤其进入 20 世纪 90 年代,随着采场露天开采深度的增加,矿石的磨选性越来越差,为达到精矿品位标准,不得不进一步细磨,导致尾矿品位逐步升高,尾矿品位高达 9%~10%,金属回收率仅有 74% 左右,矿产资源利用率受到影响的同时,也严重影响了精矿产量和精矿生产成本及经济效益。

为了充分利用矿石资源,首钢矿业公司贯彻可持续发展战略和资源保护基本国策,围绕充分利用矿石资源、降低尾矿品位开展了一系列科技攻关和技术改造,研究开发了磁铁矿高效回收新工艺。

尾矿复合精选新工艺的技术关键问题是实现对

尾矿中粗、细粒连生体和细粒单体有用矿物的有效回收,工艺设备处理量大,适应矿浆中的碎石、擦油棉丝、碎钢球和废铁等工业垃圾顺利通过和排出,同时不能大量用水,避免降低尾矿浓度。因此,必须采用适合尾矿再选的各种新型磁选设备构成磁铁矿高效回收工艺,达到不同选别设备选别效果互补,形成高效回收优势,实现磁性矿物的最好回收效果。

由于尾矿中细粒级高品位的磁铁矿磁性较强,高场强直接回收存在卸矿困难的问题,应首先采用磁场强度较低的磁选设备对其进行回收,而后再采用高场强磁选设备进行再次回收。

根据盘式、BKW 磁选设备特点和试验结果以及现场改造空间位置条件和选矿厂生产能力,为充分发挥各种尾矿再选设备的工艺特点,实现最大限度降低尾矿品位的目的,选用盘式磁选机和 BKW-1030 磁选机对尾矿进行多次选别,即选矿厂尾矿经浓缩机浓缩后,在尾矿流槽安装两段盘式磁选机对尾矿进行再选回收,盘式磁选机尾矿再经一段 BKW 磁选机再选回收,从而构成尾矿复合精选新工艺。流程见图 1。

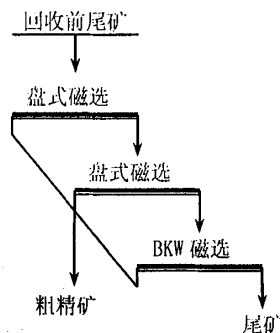


图 1 尾矿复合精选工艺流程

自尾矿复合精选新工艺得到应用后,经过几年的实践证明,该新工艺不仅提升了选矿工艺技术水平,而且提高了选矿技术经济指标,尾矿品位得到明显降低,金属回收率大幅度提高。生产实际尾矿品位由回收前的 9.5% 以上降低到 7.14%,比历史最好水平还降低了 1.45%,金属回收率比复合精选前提高了 7.79% 以上,并在资源得到充分利用的前提下很好地解决了质量与尾矿品位和金属回收率的矛盾,取得了显著的经济效益和社会效益。

3.2 赤铁矿的利用研究与实践

孟家沟矿体作为大石河铁矿的接替矿源,于2001年开始设计,由于大石河选矿厂为弱磁选厂,不适合加工处理赤铁矿。设计圈定的磁性率20%以上的赤铁矿与正常磁铁矿石混合入选,而磁性率小于20%的赤铁矿的加工处理一直是个难题,设计没有进行研究解决,而是作为待利用矿石进行堆存。无论磁性率高于20%的赤铁矿与磁铁矿进入弱磁选流程处理还是磁性率低于20%的赤铁矿堆存,均将造成金属损失。

为解决赤铁矿的选矿问题,公司组织进行了赤铁矿选矿试验研究工作,通过对赤铁矿性质的分析和选矿方法的研究,分别进行了弱磁—强磁、弱磁—强磁—反浮选工艺流程试验。试验结果表明,采用弱磁—强磁工艺处理赤铁矿,精矿 TFe 品位可达到64.5%左右、金属回收率62%;采用弱磁—强磁—反浮选工艺处理赤铁矿精矿 TFe 品位可达到68.3%左右、金属回收率58%。

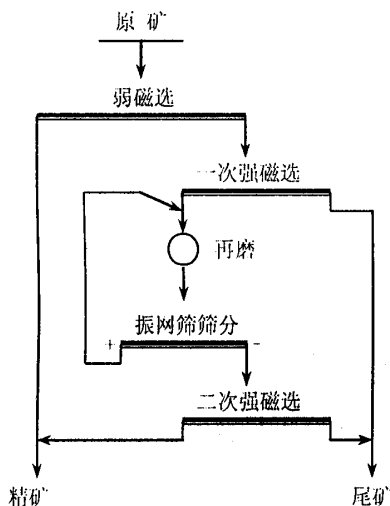


图2 赤铁矿选矿原则流程

由于孟家沟已开采的南区赤铁矿储量仅有626万吨,年采出矿量在100万吨左右,采出量小不足以单独建设选矿厂,采取了部分弱磁选流程进行改造的方式,使弱磁选流程既具备处理磁铁矿又具备处理赤铁矿的能力,改造了3个磨选系列,使其具备年处理赤铁矿120万吨的能力。根据两种工艺流程的对比,为降低投资和动力等消耗,避免药剂对环境的影响,确定赤铁矿选矿流程为弱磁—强磁工艺,其原

则流程如图2所示。

赤铁矿选矿流程改造投资1600余万元,生产实践表明,年可生产铁精矿22万吨,铁精矿品位65%,使赤铁矿资源得到有效利用。

3.3 磁滑轮干选技术参数调整与尾矿再选

磁滑轮是1980年推广应用的磁铁矿干选设备,它的推广应用为提高选厂铁精矿生产能力奠定了基础。但随着资源短缺矛盾越来越突出和铁精矿市场价格不断攀升,降低磁滑轮干选尾矿品位,减少磁性铁损失具有重要意义。磁滑轮工艺标准及参数有待于进行进一步研究和商榷,经过对磁滑轮尾矿的试验分析,尾矿品位在9%~10%,磁性铁损失率在30%,具有再选利用的可能性。

为减少资源的损失,根据试验研究结果对磁滑轮工艺参数进行了调整,分料板距离由490mm调整到530mm,甩尾产率由8.5%调整为6%;另外,根据磁滑轮尾矿分析与试验结果,采取磁滑轮尾矿再选回收措施,采用磁场强度300kA/m的磁滑轮对尾矿进行干选,使磁滑轮尾矿TFe品位由9%~10%降到7.0%,磁滑轮尾矿品位降低了2个百分点,相当年回收品位25%的矿石12万吨,对充分利用资源起到了一定的作用,可满足1个 $\Phi 2700 \times 3600$ 磨选系列生产2.6个月。

3.4 排土场岩石干选回收矿石

采矿生产过程中岩石的剥离势必混入少量的矿石,特别是以层状和条带状赋存的矿石,各矿体间有不同厚度的岩石夹杂,在剔除岩石的过程中,为降低贫化率将会有矿石损失,与岩石一起堆存在排土场,一般采场回收率在95%左右,也就是说排土场中含有5%左右的矿石。针对矿石资源紧张的矛盾和铁精矿粉价格较高的实际,转变资源观念,已闭坑的采区排土场含有的矿石作为资源开发利用成为可能。

2004年开始组织排土场中矿石回收研究,结合国内大块干选技术发展现状和实践,在设备制造单位进行了大块矿石干选试验,效果良好,为从排土场中有效回收矿石提供了设备技术保障。

2005年,按磁滑轮大块干选工艺特点和干选试验结果,在大石河铁矿裴庄排土场建设成3条磁滑轮大块干选回收矿石生产线,并投入运行。针对一段磁滑轮干选回收矿石TFe品位偏低,仅有13%~17%。为提高回收矿石品位,使其选矿加工更为经

济,对于干选回收矿石进行分级再选试验,可将矿石 TFe 品位提高到 22% 左右基本接近原矿品位,为此,建设磁滑轮干选的精选线,使岩石干选回收矿石流程为两段干选、一段分级流程见图 3。

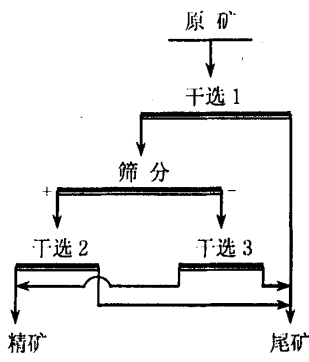


图 3 岩石干选流程

生产实践表明,干选矿石回收系统全部投入正常运行,日处理岩石 16 000 t,回收 TFe 品位 22% 的矿石 800 t,年可回收矿石 30 万吨,可满足 1 个 $\Phi 2700 \times 3600$ 磨选系列生产 6.5 个月。

3.5 尾砂综合利用研究

首钢矿业公司自 1961 年第一个选厂建成投产到 1996 年尾矿复合精选新工艺应用前的 26 年中,大石河和水厂两座尾矿库共堆存了约 2.2 亿吨、TFe 品位在 8% ~ 10% 的尾砂,含有金属量 2 000 万吨。根据资源现状,尾矿库进行二次开发应用研究,确定合理的再选开发与设施非常必要,特别是资源极其紧张和铁精矿价格较高时期,开发利用尾砂是可行的。如果尾矿库尾砂全部得到利用,预计可回收铁金属量 660 万吨,相当于生产品位 66% 的铁精矿 1 000 万吨,折合入选 TFe 品位 25% 的原矿 3 400 万吨,也就是相当于矿石储量增加。

2005 年,对水厂选厂老尾矿库尾砂进行再选试验研究,实验室分别进行了尾矿性质分析、粗选试验、精选流程等一系列试验。结果表明,尾砂 TFe 品位在 10% 左右、磁性铁占 25% ~ 30%,适合进行磁选再选回收;尾砂经过磁场强度 500 kA/m 粗选磁选机选别,可获得 TFe 品位 22% 左右的粗精矿;粗精矿经过阶段磨矿阶段选别流程处理可获得 TFe 品位 66% 以上的合格产品。工艺流程见图 4。

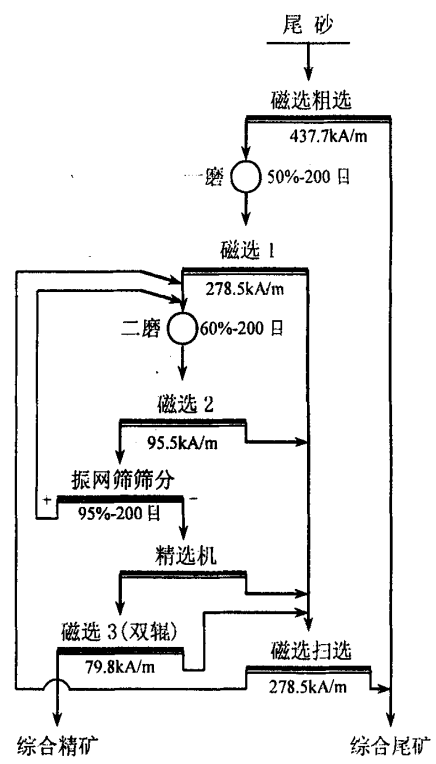


图 4 尾砂再选工艺流程

若按实验室流程进行尾砂综合利用工程的设计,可建设一座年产铁精矿 20 万吨的尾砂再选厂。

3.6 采场界外矿的利用

矿石资源紧张的状况和矿石价格的飙升,提高了在采矿生产过程中对界外矿、极贫矿的开采利用和对闭坑采区残留矿石开采利用的经济性,使采场挖掘资源利用潜力成为可能,这样不仅避免了弃贫采富的开采方式而且极大促进了回收率的提高,使有限的矿石资源得到充分利用。

为使露天闭坑残留矿石得到利用,对露采浅层挂帮矿采取了硐采的方式回收矿石,目前已对大石河、杏山、二马采区的挂帮矿进行硐采。大石河采区已回收矿石 128 万吨。另外,对露采闭坑的深部矿石采用露天转地下开采技术,目前杏山、二马已完成露天转地下开采设计,杏山年采出矿石 320 万吨,二马年采出矿石 40 万吨,目前正在组织实施,投产后将部分弥补矿石资源不足,并提高经济效益。

正在露天开采的采区非常重视资源的充分利用,每年回收界外矿约 25 万吨、利用极贫矿约 45 万吨,减少了资源损失。

3.7 固体废物资源化利用

铁矿山在开采、选矿过程中产生大量的固体废物,它的堆存不仅占用大量的土地,而且会产生二次扬尘造成环境污染。因此,铁矿山固体废物的资源化利用不仅可以减少废物排放、减轻环境压力,而且可以产生经济效益和社会效益。首钢矿山根据生产过程中产生的固体废物状况,不断更新资源观念,进行技术创新,开展了固体废物资源化研究与实践。

3.7.1 选矿尾矿生产建筑用料

3.7.1.1 利用主厂湿式尾矿生产建筑用砂

选矿厂尾矿量较大,尾矿主要成分是 SiO_2 ,平均粒度达到0.139 mm,铁含量7%,除铁含量高以外,与建筑用砂性质基本一致。对尾矿进行了分级试验,分级后的产品经检验和试验质量符合建筑用砂的标准。据此,建成了建筑用砂生产线,用水力旋流器对尾矿进行分级生产建筑用砂。在尾矿输送主管道引出尾矿浆,给入旋流器进行分级,控制压力0.06~0.08 MPa,旋流器底流作为建筑用砂,溢流输送到尾矿库堆存。年可生产50万 m^3 建筑用砂,供应市场和内部使用。

3.7.1.2 利用磁滑轮干选废石生产建筑骨料

磁滑轮甩尾粒度在0~15 mm,其主要成分为 SiO_2 、铁含量6%~7%。经过分析检验,筛分后5~10 mm 粒级可以达到建筑骨料的标准要求。建成了建筑骨料生产线,磁滑轮干选尾矿经过双层筛筛分,上、下层筛片筛孔分别为12 mm、6 mm,上下层筛片中间产品作为建筑骨料,筛上产品排到排土场,筛下产品铁含量较高入选矿厂进行处理。年可生产5000 m^3 建筑骨料,供应市场和内部使用。

3.7.2 利用尾矿砂和骨料,开发建材产品

为利用选矿的废弃资源,通过对建材市场进行调查,结合国家推进墙改和节能建筑的政策,与有关科研单位一起研制开发了利用尾矿砂和磁滑轮甩尾废石所生产的建筑用料生产彩色室外地坪砖和小型砼空心砌块砖。1999年首钢矿业公司实业公司投资126万元,建成生产各类建材的生产线六条,生产五大类几十个规格的建材产品,如用选矿尾矿砂原料生产的各种型号的彩砖,用于广场、公园、马路等位置的铺设,价廉物美,极受用户的欢迎,此类产品以尾矿砂、磁滑轮废石为原料,不用烧制,不占耕地,

没有污染。

3.7.3 废石生产道碴

首钢矿山在开采过程中剥离的废石基本上以辉石斜长片麻岩等岩石为主,其次是混合花岗岩。该岩石结构致密,硬度高,抗风化,耐腐蚀性好,为理想的铁路道碴原料。用采场内的片麻岩制成铁路道碴,经中华人民共和国铁道部科学研究院检验符合TB/T2140-90《铁路碎石道碴》壹级材质标准并经过严格审核,取得了中华人民共和国颁发的《铁路采石场开采资格证书》。1991年,首钢矿业公司建设了道碴加工生产线,道碴生产线采用两段一闭路破碎流程,振动筛使用双层筛。至今已生产并销售各种规格的铁路、公路道碴100万 m^3 以上,完成销售收入3000余万元。目前固定资产达600余万元,具有年加工生产40万 m^3 道碴的能力。目前国家拉动内需,正在加紧进行铁路建设,需要大量优质道碴,扩大道碴生产能力前景广阔。正在研究排土场干选后的片麻岩废石进行综合利用制成道碴,一是对其中的矿石进行了回收,增加经济效益;二是减少道碴中铁矿物的含量,提高的道碴的级别;三是减少矿区废石的排放,可谓一举多得。

由于利用采矿废弃岩石生产道碴产品符合国家有关提高资源利用水平的政策要求,2000年该项目获得了河北省颁发的资源综合利用认定书和天津铁路分局免检产品资格,经用户使用验证,使用我们的道碴产品和其它普通石灰类道碴产品相比,可延长铁路路基养护周期三倍,该道碴已广泛用于周边主干铁路线路基的铺设。

4 矿石资源挖潜利用的经济分析

4.1 尾矿复合精选与磁滑轮尾矿再选

4.1.1 尾矿复合精选

尾矿复合精选新工艺共投资765万元,精矿单位生产成本为86.30元/吨(该指标与处理原矿的精矿生产成本相比偏低,主要是无破碎和一次磨矿作业及原料费用)。按照铁精矿市场价格,TFE品位67%的铁精矿价格600元/t计算:年均效益14795万元。尾矿复合精选新工艺以较少的投资获得了较高的经济效益,每年回收的金属量折合TFE品位25%的原矿77万吨,它充分体现了尾矿资源的二次利用对企业提高经济效益的重要作用。

4.1.2 磁滑轮尾矿再选

磁滑轮尾矿再选投入 360 万元,年收回金属折合品位 25% 矿石的矿石 12 万吨,矿石按成本价 67 元/t 计,回收成本 1 元/t,年效益 792 万元。

4.2 赤铁矿和尾砂的利用

4.2.1 赤铁矿的利用

赤铁矿选矿流程改造 1 600 万元,年处理矿石 120 万吨,生产品位 65% 的铁精矿 22 万吨,市场价格 580 元/t,生产成本 370 元/t,年效益 4 620 万元。

4.2.2 尾砂的利用

若尾砂综合利用工程投资 5 000 万元,年产品位 66.5% 铁精矿 20 万吨,市场价格 590 元/t,生产成本 270 元/t,年效益 6 400 万元。不到 1 年即可收回投资,年相当于增加矿石产量 60 万吨。

4.3 排土场岩石干选及界外矿、极贫矿的利用

4.3.1 排土场岩石干选

排土场岩石干选生产线 3 条,投资 852 元/t,年回收矿石 42 万吨,回收生产成本 37 元/t,矿石价格 67 元/t,年效益 1 260 万元。

4.3.2 界外矿、极贫矿的利用

界外矿年回收 25 万吨,极贫矿 45 万吨,极贫矿按每 3 吨折合 1 吨矿石计,年回收矿石 40 万吨,按回收成本 8 元/t,矿石价格 67 元/t,年回收界外矿、

极贫矿利用效益 2 360 万元。

4.4 露天残留矿石的利用

露天矿残留矿石已作为重点进行开发利用,大石河采区已回收 128 万吨,生产成本 37 元/t,矿石价格 67 元/t,矿石总效益 3 840 万元,按生产铁精矿计算效益会更大。

5 结语

矿产资源是国民经济发展的基础性资源,而且矿产资源不可再生。为应对铁矿石不足所带来的困难,一方面加大铁矿石风险勘探等方面工作力度,提高资源保有储备量;另一方面贯彻科学发展观,落实循环经济和可持续发展方针,矿业企业应提升工艺实现排放减量化。特别是在资源不足和铁矿石价格高位运行的情况下,矿山企业要转变资源观念和调整矿石工业品位标准,挖掘资源利用潜力。加强选矿降低尾矿品位,开展超低品位矿石利用研究,强化采区界外矿和深部资源的回采利用,提高铁矿石资源的自给率 and 经济效益。同时对采矿选矿排出的固废开展资源化研究与探索,生产的建筑用砂、骨料、道碴,具有广泛的市场前景。

首钢矿业公司在资源充分利用方面做了大量的创新工作和有益的尝试,不仅在一定程度上缓解了资源不足的矛盾,而且取得了良好的经济效益。特别是选矿尾矿二次开发和采矿排土场残留及露天矿残留资源的利用,为国内同行业起到了示范作用。

钢铁行业矿山重点节能技术

采矿工序应提倡露天矿陡帮开采工艺技术,降低剥采比;实现矿区分期开采,采用破碎-胶带机半连续矿岩运输工艺;地下矿开采结构参数大型化。

推行多碎少磨技术。推广磁性衬板,耐磨钢球等耐磨材料的应用;开发和推广先进的选矿工艺技术装备,提高精矿粉铁品位和金属收得率。

加大尾矿资源的综合利用,推广减量化、资源化和无害化措施。提倡尾矿资源再选,浮船回采磁选法回收铁尾矿。

摘自国家发展改革委员会 2007 年 6 月 22 日《九个耗能行业重点节能技术概要》