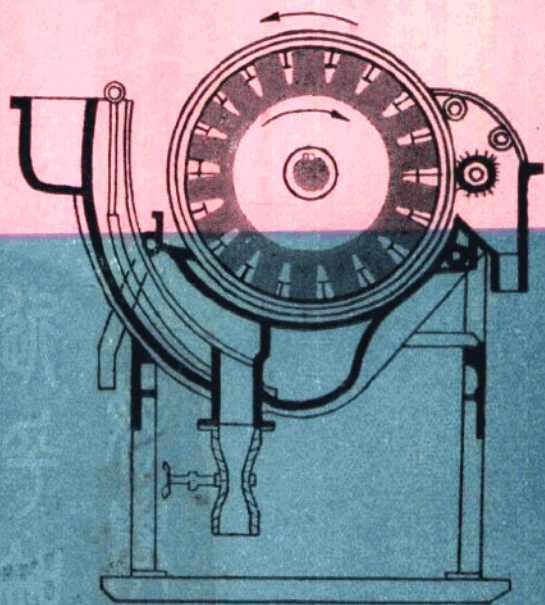
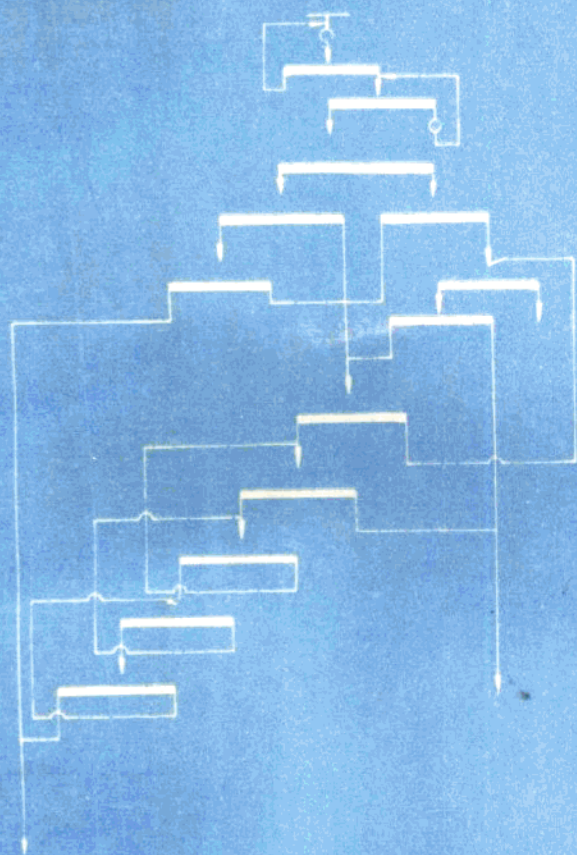


朱家骥 朱俊士 张 闾 皮述初 编著

中国 铁矿 选矿 技术



冶金工业出版社

TD 951.1

Z-421

中国铁矿选矿技术

朱家骥 朱俊士 张 闾 皮述初 编著

冶金工业出版社

790976

(京)新登字036号

内 容 简 介

本书系统地介绍了新中国成立40多年来,特别是近20年来铁矿选矿科学技术主要进展和成果。全书包括:绪论、资源及工艺矿物学、预选、破碎磨矿、磁选、浮选、重选、焙烧磁选、分选流程及产品处理等十章。内容着重反映选矿技术进步过程中的科学研究、生产实践成果,既包括了已经应用的成果,也包括虽未应用或曾应用但在技术发展过程中有承前启后作用和有启迪作用的科研成果。

本书可供选矿科研、设计和生产教学人员参考。

中国铁矿选矿技术

朱家骥 朱俊士 张 阔 皮述初 编著

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

新源印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张25.25 字数599千字

1994年4月第一版 1994年4月第一次印刷

印数1~1000册

ISBN 7-5024-1306-5

TD·206 定价(平)25.00元

070067

前 言

我国铁矿石资源丰富，但95%以上的资源是贫矿，大部分资源嵌布粒度细，组成复杂，可见我国铁矿选矿工业在钢铁工业中地位重要，任务艰巨。

中华人民共和国成立以来，铁矿选矿事业得到了很大的发展，选矿厂由建国前的2座发展到150多座，年处理矿石量近1.5亿吨，并形成了一支强大的技术队伍。铁矿选矿技术获得了很大的发展和进步，研究和应用了很多新工艺、新设备、新药剂，部分科研成果和生产技术达到了国际先进水平。

为促进铁矿选矿技术的进一步发展，本书将系统论述我国铁矿选矿科学技术的主要进展。全书共十章，包括绪论、资源及工艺矿物学、预选、破碎磨矿、磁选、浮选、重选、焙烧磁选、分选流程和产品处理等。内容着重于反映选矿技术进步过程中的科研、生产成果。既包括已经应用的成果，也包括虽未应用或曾应用但在技术发展过程中有承前启后作用和有启迪作用的科研成果，甚至还包括一些具有新颖性的探索性研究进展。为减少与其他选矿著作内容上的重复，本书对一般性的选矿原理、方法很少描述，选厂介绍已有专著的有关内容亦多从略。限于篇幅，摄取的信息源仅限于直接涉及铁矿的资料或报导，

本书可供选矿科研、设计、生产、教学人员参考。

本书在编写过程中得到了有关单位和专家的支持，在此表示感谢。

由于水平所限，书中缺点错误之处，恳请读者指正。

编著者

一九九二年

ABE 87/05

目 录

1 绪论	(1)
1.1 铁矿资源的特点	(1)
1.2 铁矿选矿技术进展概况	(2)
1.2.1 分选前的准备技术	(2)
1.2.2 磁铁矿磁选技术	(3)
1.2.3 弱磁性铁矿选矿技术	(3)
1.2.4 复合铁矿石的选矿技术	(5)
1.2.5 产品处理技术	(6)
1.2.6 铁矿选矿过程的控制及自动化技术	(7)
1.3 铁矿选矿技术队伍及选厂技术经济现状	(8)
1.3.1 铁矿选矿技术队伍	(8)
1.3.2 选厂建设	(8)
1.3.3 重点铁矿选厂的技术经济指标	(9)
1.4 铁矿选矿在我国钢铁工业中的地位	(10)
参考文献	(10)
2 铁矿资源及矿石工艺矿物学研究	(11)
2.1 铁矿矿床类型及矿石性质	(11)
2.1.1 鞍山式铁矿	(11)
2.1.2 镜铁山式铁矿	(12)
2.1.3 大西沟式铁矿	(12)
2.1.4 攀枝花式铁矿	(12)
2.1.5 大冶式铁矿	(13)
2.1.6 宁芜式铁矿	(14)
2.1.7 宣龙—宁乡式铁矿	(14)
2.1.8 风化淋滤型铁矿	(15)
2.1.9 包头白云鄂博式铁矿	(16)
2.1.10 海南石碌铁矿	(16)
2.2 铁矿矿石工艺矿物学研究	(18)
2.2.1 工艺矿物学的方法研究	(18)
2.2.2 矿石可选性工艺矿物学研究	(24)
2.2.3 流程改造过程的工艺矿物学研究	(35)
参考文献	(42)
3 铁矿石的预选技术	(43)
3.1 磁铁矿的磁力预选	(43)

3.1.1	大块磁铁铁矿石的预选	(43)
3.1.2	中、细粒度磁铁铁矿石的预选	(50)
3.2	弱磁性铁矿石的强磁场预选	(53)
3.2.1	强磁选机结构及分选原理	(53)
3.2.2	强磁选机设计特点	(55)
3.2.3	强磁选机磁场分布	(55)
3.2.4	强磁选机的主要技术参数	(56)
3.2.5	强磁选机应用实例	(56)
3.3	弱磁性铁矿石的重力预选	(57)
3.3.1	重介质法预选	(57)
3.3.2	跳汰预选	(60)
3.4	预选入选粒度与最佳抛尾率	(66)
	参考文献	(67)
4	铁矿石的破碎磨矿技术	(69)
4.1	碎磨功指数及自磨介质适应性的测定	(70)
4.1.1	冲击破碎功指数的测定	(70)
4.1.2	磨矿功指数的测定	(70)
4.1.3	10目棒磨功指数的测定	(72)
4.1.4	自磨介质适应性的测定	(73)
4.2	铁矿石的破碎技术	(75)
4.2.1	破碎工艺流程的改造	(75)
4.2.2	破碎系统设备的改造	(77)
4.2.3	粗碎机锥体衬套的爆炸硬化	(79)
4.3	铁矿石的自磨技术	(81)
4.3.1	铁矿石自磨工艺流程	(81)
4.3.2	自磨排矿石方法	(88)
4.3.3	自磨—砾磨工艺	(90)
4.3.4	自磨机最佳工作状态的自动控制	(92)
4.4	铁矿石的磨矿分级技术	(95)
4.4.1	磨矿分级工艺流程	(95)
4.4.2	磨机工作参数	(102)
4.4.3	磨矿介质形状、大小及其配比对磨矿的影响	(105)
4.4.4	磨矿分级设备的改进与研制	(116)
4.4.5	磨矿分级过程的自动控制研究	(128)
4.4.6	磨矿介质及衬板的材质	(139)
4.5	铁矿石的筛分分级技术	(147)
4.5.1	高频细筛的研制	(147)
4.5.2	立式圆筒筛	(156)
4.5.3	旋流细筛的研制	(159)

4.5.4	尼龙击振细筛	(160)
4.5.5	直线振动筛代替第一段磨矿回路中的螺旋分级机	(163)
4.5.6	筛网材质研究	(164)
	参考文献	(166)
5	铁矿石的磁分离技术	(169)
5.1	磁铁矿的磁性及脱磁技术	(170)
5.1.1	矿物磁性测定装置	(170)
5.1.2	钛磁铁矿的磁性研究	(171)
5.1.3	脱磁器	(171)
5.2	弱磁场磁选机	(176)
5.2.1	湿式弱磁永磁筒式磁选机	(176)
5.2.2	提高筒式磁选机场强的措施	(179)
5.2.3	旋转磁场筒式磁选机	(181)
5.2.4	锥形磁选设备	(182)
5.2.5	磁选机筒体的保护层	(184)
5.3	强磁场磁选机	(185)
5.3.1	转盘式湿式强磁选机	(185)
5.3.2	平环湿式强磁选机	(191)
5.3.3	立环式强磁选机	(196)
5.3.4	笼式强磁选机	(199)
5.3.5	立盘式强磁选机	(201)
5.4	高梯度磁选机	(202)
5.4.1	LG型高梯度磁选机	(202)
5.4.2	SLON型立环脉动高梯度磁选机	(208)
5.4.3	GTC-1型高梯度强磁选机	(213)
5.5	超导磁选	(217)
5.6	中磁场磁选机和多梯度磁选机	(219)
5.6.1	中磁场磁选机	(219)
5.6.2	多梯度磁选机	(221)
5.7	聚磁介质材料	(222)
5.7.1	聚磁钢的研制	(222)
5.7.2	聚磁介质渗铬	(222)
5.7.3	复合镀耐磨介质齿板	(224)
5.8	磁性分选新方法、新设备	(225)
5.8.1	磁团聚重选法	(225)
5.8.2	磁重选矿机	(229)
5.8.3	磁种分选法	(230)
5.9	磁分离技术的应用基础研究	(231)
5.9.1	磁介质磁场的分析评价方法	(231)

5.9.2	磁介质的形状、组合方式对其效果的影响	(239)
	参考文献	(248)
6	铁矿石的浮选技术	(251)
6.1	铁矿石浮选工艺的研究与实践	(251)
6.1.1	碱性正浮选工艺	(251)
6.1.2	酸性正浮选工艺	(255)
6.1.3	阳离子反浮选工艺	(257)
6.1.4	阴离子反浮选工艺	(260)
6.1.5	反浮-正浮联合工艺	(261)
6.1.6	絮凝工艺	(262)
6.2	铁矿浮选药剂	(266)
6.2.1	阴离子捕收剂的研制与应用	(266)
6.2.2	阳离子捕收剂的研制	(273)
6.2.3	络合捕收剂的应用研究	(274)
6.2.4	抑制剂、絮凝剂的研制与应用	(274)
6.2.5	铁矿浮选捕收剂的混合使用	(278)
6.3	铁矿浮选设备的研制与应用	(281)
6.3.1	大型浮选机的研制	(281)
6.3.2	CTCF-2000型磁脱充气浮选槽的研制	(283)
6.3.3	柱式泡沫浮选机——静态浮选塔的研制	(284)
6.3.4	DO-100型浮选机的应用效果	(286)
6.3.5	CK高效矿浆搅拌槽的研制	(286)
6.3.6	注射式加药机	(287)
6.4	浮选过程的自动控制	(288)
6.4.1	浮选槽液面自动调节	(288)
6.4.2	浮选加药自动控制	(289)
6.5	铁矿浮选的应用基础研究	(289)
6.5.1	浮选过程药剂评价方法研究	(289)
6.5.2	阴离子捕收剂与矿物表面的作用	(292)
6.5.3	阳离子捕收剂与矿物的作用	(295)
6.5.4	絮凝理论的应用研究	(299)
6.5.5	抑制剂的作用	(300)
6.5.6	捕收剂混合使用的应用基础研究	(301)
	参考文献	(307)
7	铁矿石的重力分选技术	(309)
7.1	粗粒铁矿石重选	(309)
7.1.1	新型跳汰机的研制及应用	(309)
7.2	细粒铁矿石重选	(313)
7.2.1	新型溜槽的研制及应用	(313)

7.2.2	螺旋选矿设备的研制及应用	(318)
7.2.3	离心选矿机的研制及应用	(322)
7.2.4	离心摇床的研制及应用	(325)
	参考文献	(327)
8	铁矿石磁化焙烧及其分选技术	(328)
8.1	铁矿石焙烧磁选在我国的发展	(328)
8.2	磁化焙烧方法	(328)
8.2.1	还原焙烧	(329)
8.2.2	中性焙烧	(329)
8.2.3	氧化焙烧	(329)
8.2.4	氧化还原焙烧	(329)
8.2.5	还原氧化焙烧	(329)
8.3	铁矿物磁化焙烧图	(330)
8.4	焙烧温度及还原时间	(331)
8.5	焙烧用燃料及还原剂	(331)
8.5.1	煤气及天然气	(331)
8.5.2	重油	(332)
8.5.3	煤	(333)
8.5.4	各种燃料的某些特性	(333)
8.6	焙烧工艺及焙烧炉	(334)
8.6.1	竖炉焙烧块状矿石的研究及实践	(334)
8.6.2	回转窑焙烧粉状矿石的研究及实践	(338)
8.6.3	沸腾炉焙烧粉状矿石的研究	(340)
	参考文献	(341)
9	铁矿石分选工艺流程	(342)
9.1	细粒嵌布磁铁矿石选矿工艺流程	(342)
9.1.1	阶段磨矿—磁选流程	(343)
9.1.2	磁选—细筛流程	(343)
9.1.3	预选—磁选流程	(344)
9.2	细粒嵌布赤铁矿石选矿工艺流程	(345)
9.2.1	全浮选流程	(346)
9.2.2	强磁—浮选流程	(347)
9.2.3	焙烧—磁选流程	(348)
9.2.4	焙烧—磁选—反浮选流程	(348)
9.3	磁—赤铁矿石选矿工艺流程	(349)
9.3.1	齐大山铁矿石选矿工艺流程的研究及实践	(349)
9.3.2	弓长岭铁矿石选矿工艺流程的研究及实践	(354)
9.4	伴生多金属铁矿石选矿工艺流程	(357)
9.4.1	攀枝花钒钛磁铁矿石选矿工艺流程的研究及实践	(359)

9.4.2	白云鄂博铁矿石选矿工艺流程的研究及实践	(364)
9.4.3	大冶铁矿石选矿工艺流程的研究及实践	(369)
9.4.4	镜铁山铁矿石选矿工艺流程的研究及实践	(372)
	参考文献	(376)
10	产品处理	(377)
10.1	脱水过滤	(377)
10.1.1	浓缩设备	(377)
10.1.2	絮凝浓缩	(381)
10.1.3	浓缩机底流和溢流浓度的自动控制	(383)
10.1.4	过滤设备	(385)
10.2	运输及贮存	(387)
10.2.1	精矿及尾矿输送	(387)
10.2.2	尾矿贮存	(389)
10.3	尾矿综合利用及治理	(391)
10.3.1	尾矿综合利用	(391)
10.3.2	尾矿治理	(392)
	参考文献	(393)

绪 论

1.1 铁矿资源的特点

我国疆域辽阔,地质条件复杂多样,铁矿床在不同地质时期很多岩系中均有分布,已勘明的储量居世界前列,分布于全国各个省、自治区,600多个县,1700多处,其中三分之二集中在鞍(鞍山)本(本溪)、攀(攀枝花)西(西昌)、冀东、长江中下游、太(太原)、古(古交)、岚(岚县)、包头以及鄂西—鄂东等地区。除鄂西地区因采、选、交通困难尚未利用外,其余均已形成骨干钢铁企业的原料基地。我国钢铁工业所需的铁矿石自给率为80%左右。现有资源具有的特点为:

(1) 贫矿多,富矿少。全国铁矿石的平均品位小于 $Fe\ 34\%$,占总储量95%以上的矿石为贫矿,需经选矿才能利用。富矿储量仅为5%左右,扣除硫、磷含量高不能直接入炉的部分,可直接入炉的平炉富矿、高炉富矿、合计占全国铁矿储量的2.3~2.4%。其中形态单一,可以单独开采的不到1%。在贫矿中,有些矿石虽可露天开采且好选,但选矿比高,如青山铁矿开采的原矿品位仅为 $Fe\ 15\sim 16\%$,选矿比高达6,致使一吨铁精矿的生产成本要比生产富矿的成本高5~8倍。

(2) 共生、伴生组分多。除沉积变质的鞍山式铁矿成分比较单纯外,其他铁矿,大多组分复杂,如岩浆型攀枝花式铁矿含钒、钛、钴、镍;沉积变质型翁泉沟式铁矿含硼;接触交代型铁矿含铜硫、钴、金(如大冶)、锡(如大顶、黄岗);沉积变质—热液改造型铁矿含稀土、铌(如白云鄂博)、钼(如马坑)。这些含多种共生、伴生组分的铁矿储量约占总储量的三分之一左右。

在这些共生矿中,有的共生组分储量很大,如白云鄂博铁矿中,稀土储量占世界总储量的80%,占我国稀土总储量的97%,铌的储量仅次于巴西居世界第二位。攀枝花地区钒钛磁铁矿中,钒的储量居世界首位,占我国钒总储量的82%,钛储量居世界第二位,占我国钛总储量的97%。这些共生组分虽可综合回收利用,但也使铁矿选别的难度增大。

(3) 矿物嵌布粒度细。我国铁矿石资源,大多属于细粒、微细粒嵌布的矿石,部分为中粒嵌布矿石。要达到铁矿物基本单体分离的选别要求,大部分矿石的磨矿细度要达到-200目占70~90%,有的则要磨到-280目、-325目甚至-400目。即使是属于嵌布粒度较粗的攀枝花铁矿石,可以在-200目占45~49%的磨矿粒度时入选,并获得最终铁精矿,但其品位仅52%,如需再提高品位,即使磨到-400目,品位提高的幅度也很小。还有占一定储量比的鲕状铁矿石,铁矿物的嵌布粒度为几微米,十几微米,要获得高品位铁精矿,在现代磨、选技术条件下,不太可能。因此只能选取鲕粒获得低品位精矿。众所周知,磨矿粒度愈细,选别难度愈大,金属流失愈多,精矿成本也愈高。

1.2 铁矿选矿技术进展概况

1.2.1 分选前的准备技术

1.2.1.1 矿石的工艺矿物学研究

在50年代开展矿石可选性研究时,矿石物质组成的研究也同步开展,主要方法是镜下鉴定、化学分析、热差分析、X射线衍射及常用的矿物密度和比磁化系数测定。由于是同步进行,影响了其结果对选矿的指导作用。直至60年代中期以后,矿石物质组成的研究才逐步有所超前,特别是近十几年来,随着选矿工艺矿物学成为一门学科,对矿物的研究不但时间上有所超前,而且形成了自己的功能,即既能根据选矿工艺要求进行研究,还能从工艺矿物学角度为选矿工艺流程的制订、指标预测、选矿技术改造和流程评价提供依据。测定工具和方法也在逐步实现现代化,如电子探针、离子探针、扫描电镜、穆斯堡尔仪、俄歇能谱等均有所应用。工艺矿物学研究,在国家“六五”和“七五”计划期间不但成为齐大山、司家营、东鞍山、海南等铁矿的选矿技术攻关的重要组成部分,而且还开始对30多个矿山的铁矿石进行系统的工艺矿物学的专题研究,有的已取得指导技术改造的成果。

1.2.1.2 预选

60年代就应用了重介质振动溜槽、梯形跳汰机和磁滑轮等设备对铁矿石进行预选,之后,又应用了矩形跳汰、大粒跳汰机、圆形跳汰机对铁矿石进行预选的工业试验。CT-108型、C80型永磁磁滑轮、 $\phi 1030 \times 1045$ mm水冷电磁磁滑轮以及处理矿石粒度上限为350mm、筒表面场强达199~215kA/m的CTDG-1210型大块永磁磁选机相继问世,目前全国30多家铁矿石选厂应用预选技术,使铁矿石选矿抛尾率达10~50%不等。

1.2.1.3 破碎磨矿

在破碎方面,主要是进行破碎工艺流程及部分设备的技术改造,大多将三段开路流程改为三段一闭路。近些年来主要是围绕降低破碎产品粒度,减少磨矿能耗进行中、细碎设备的改造和研制,有的选厂最终破碎产品粒度已由原来的30~0或20~0mm降低到15~0或12~0mm。当前有的选厂正进行应用超细破碎机实现四段破碎以进一步降低最终产品粒度的工作。新型单缸液压标准圆锥和短头型圆锥破碎机并带自控系统已研制成功。

在矿石自磨方面,1958年在鞍钢烧结总厂建立了有 $\phi 4$ m干式自磨机的试验厂,1965年在大冶铁矿建立了 $\phi 5.5$ m的自磨机的试验厂,80年代在首钢矿山公司、司家营铁矿试验厂建立了自磨试验厂。至今全国已有20多座铁矿石选厂采用了自磨、半自磨技术,磨机规格多为 $\phi 5.5 \times 1.8$ m,最大为 6×2 m。在自磨工艺、顽石排除以及预选与自磨相结合方面进行了很多研究,大大提高了磨机能力。

在常规磨矿方面,一段、二段、三段磨矿的选厂都有,多为二段连续磨矿和阶段磨选。并注重了棒磨或棒磨球磨流程、自磨—砾磨流程的研究与应用。对磨机参数和磨矿工艺参数、磨矿介质和衬板的形状、材质、金属磁性衬板、角螺旋衬板以及磨矿过程的自动控制等方面均进行了大量研究,并取得应用性成果。还研制了在线粒度分析仪,塔式磨矿机,立式环磨机的新型仪器、设备。

1.2.1.4 筛分分级

1964年,大孤山铁矿选厂以静压给矿的 $\phi 350$ mm水力旋流器取代 $\phi 2000$ mm螺旋分级机与球磨组成闭路,效果很好。1980年该厂用直线振动筛代替一段 $\phi 1200$ mm螺旋分级机,

可提高分级效率20%左右。1983年水厂铁矿使用 $\phi 3000\text{mm}$ 圆锥水力分级机,使二段磨矿回路的分级效率提高15~18%。1977年尼龙击振细筛研制成功并在很多磁选厂推广使用。80年代以来,立式圆筒筛研制成功并在多厂应用。GPS和DGS等型号的高频振动细筛研制成功并在密云铁矿等选厂应用,填补了我国铁矿筛选中高频振筛的空白。此外,还研制和应用过弧形筛,旋流细筛等筛分设备。

1.2.2 磁铁矿磁选技术

1919年建成的南芬铁矿选厂是我国最早建立的磁选厂,当时仅有 $\phi 2040 \times 1720\text{mm}$ 球磨机一个系列,1949年以后进行改建和扩建,至1978年已发展到19个系列,1990年处理矿石量已达800多万吨。

重点企业选厂入选矿石品位虽不断下降,但由于选矿技术的进步,精矿品位却在不断上升。如原矿及精矿品位:1950年为Fe 40.65%和Fe 59.97%;1960年为Fe 34.89%和Fe 62.73%;1970年为Fe 33.19%和Fe 60.47%;1980年为Fe 30.58%和Fe 66.82%;到1990年为Fe 29.24%和Fe 66.40%。

50年代使用的磁选机多为电磁筒式和带式磁选机。1958年水磁筒式磁选机研制成功并开始在铁矿成功应用。60年代中、后期随着永磁磁性材料的研制成功和投产,永磁筒式磁选机在南芬、大孤山、鞍钢烧结总厂等推广应用;70年代中,筒式磁选机和磁力脱水槽实现了永磁化。80年代以来 $1050 \times 2100\text{mm}$ 大型永磁筒式磁选机问世,应用了稀土永磁材料与铁氧体磁性材料复合磁系,使筒面场强有较大提高。随之出现了用其取代磁力脱水槽,使流程简化,水耗降低,指标提高。

细筛的出现及其与磨矿组成的阶段磨选流程的出现,使我国的磁铁矿精矿品位由Fe 63%提高到Fe 66%以上,跃居世界先进水平。

80年代对鞍本地区的磁铁矿精矿进行反浮脱硅试验,可获得氧化铁99.4~99.6%,二氧化硅含量低于0.5%的超级精矿。

1985年磁团聚重选新工艺在大石河铁矿选厂、水厂铁矿选厂应用,使生产能力提高16%以上。

1.2.3 弱磁性铁矿选矿技术

1.2.3.1 浮选技术

苏联和国内于50年代对东鞍山铁矿石进行过选矿研究,并于1958年建成东鞍山浮选厂(或车间),当时使用大豆油脂肪酸或其硫酸化皂并在碳酸钠调整的弱碱性矿浆中进行浮选,后因大豆油需供食用,1962年研制成功氧化石蜡皂取代大豆油脂肪酸,解决了药剂来源问题。但氧化石蜡皂捕收性较弱,受矿浆温度影响很大,选别回收率较低。随后经多方研究找到了混合用药的途径,即采用氧化石蜡皂与粗塔尔油混合使用,一直是东鞍山浮选厂的生产药剂。其他选厂的碱性正浮选亦大多采用与之相近似的药剂制度。

1979年,石油磺酸(钠)研制成功,并用于齐大山铁矿石的浮选,成为磁一重一浮联合流程的重要组成部分,浮选是在弱酸性矿浆中进行,成为继碱性矿浆正浮选工艺之后又一正浮选工艺。

80年代出现了改性氧化石蜡皂及改性塔尔油等捕收剂,其混合使用浮选东鞍山赤铁矿,工业试验获得了铁回收率76%,品位为63%的试验指标。RA-315捕收剂(塔尔油的卤代产物)已开始在工业上应用。

在司家营铁矿的选别流程研究中,进行过阳离子反浮选试验,用醚胺进行浮选的半工业试验获得含铁65%,回收率大于75%的精矿。鞍钢烧结总厂已用十二胺进行焙烧磁选精矿脱硅的反浮选生产,最终精矿品位达65%以上。在进行齐大山铁矿石选别流程研究中,还进行过阳离子反浮选的工业试验。取得了铁精矿品位65%,回收率为75%以上的良好指标。

在浮选设备方面,1982年在大冶铁矿使用了20m³JJF型浮选机,之后10m³、14m³的浮选机亦相继在其他铁矿选厂使用。从美国引进的DO-100型浮选机亦在试用。80年代研制的高效搅拌槽在很多选厂推广应用,可使浮选过程油药用量减少20%左右。

1.2.3.2 强磁选技术

60年代就有多家科研单位在进行强磁选机的研制,早期应用的强磁选机有笼式永磁强磁机、永磁或电磁平环强磁机,这些机型已因场强较低,存在磨、堵、漏等问题,已很少用或不用。1975年研制成功的第一台SHP型湿式强磁选机,现已形成系列产品,并实现了大型化。1979年,SHP-2000大型磁选机在大冶铁矿投产。80年代初,SHP-3200大型磁选机在酒泉钢铁公司选厂应用,场强达1190kA/m以上,台时处理能力80~120t。这两种大型机器还在海南铁矿、包钢选厂、大宝山铁矿、鞍山地区铁矿选厂等推广应用。

60年代或70年代开始研制的SQC型湿式强磁选机和立环式湿式强磁选机都形成了系列机型,SQC-2770型已在铁坑铁矿、姑山铁矿等选厂应用。 ϕ 1500mm双立环已在韶关钢铁厂和昆明钢铁公司有关选厂应用。CS型强磁选机作为弱磁性铁矿的预选设备在开始应用。

有的单位还研制了立盘式湿式强磁选机和RL型湿式强磁选机,前者获得专利。此外还有关于小型多元高梯度永磁强磁机研制的报导。

LG-1700型高梯度磁选机研制成功并在姑山铁矿进行了工业试验,其效果优于原浮选工艺和离心选矿机的选别效果,近几年出现的脉动高梯度磁选机在该矿应用获得了更好效果。

1.2.3.3 重选技术

60年代就研制成功的重介质振动溜槽和梯形跳汰机用于龙烟铁矿白庙、小吴营等铁矿选厂,可达到剔除围岩,恢复地质品位的目的。

70年代初研制的FLX-1型 ϕ 600 \times 339和 ϕ 600 \times 360mm两种铸铁螺旋选矿机在攀枝花选厂应用,亦在睦山铁矿洗选过程应用。入选粒度上限达30、50mm的大粒跳汰机AM-30、AM-50于70年代中相继问世。处理矿石粒度达75mm的YMT-75大粒跳汰机在酒泉钢铁公司选厂进行试验,一次抛废率达14%左右。

1979年研制成功的 ϕ 1200 \times 720mm螺旋溜槽在弓长岭铁矿、齐大山铁矿和司家营铁矿进行试验或应用,可选得含铁65%以上的精矿。

70年代中期有关单位对云锡公司使用的离心选矿机进行了结构改造并使之大型化,成为细粒弱磁性铁矿选别的有效设备之一,并在弓长岭铁矿选厂大量应用。

近期研制的ZXY- ϕ 1600和ZXY-2540圆形跳汰机处理酒泉钢铁公司选厂12~0mm的粉矿,取得良好试验结果。

1.2.3.4 焙烧磁选技术

1924年,我国建成第一座赤铁矿竖炉焙烧磁选厂,从而出现了“鞍山式焙烧竖炉”,

40多年来对其进行了多次改造。60年代由原 50m^3 竖炉扩大到 100m^3 ，应用于酒钢选厂，从而提高了竖炉的台时能力。70年代将原 50m^3 竖炉改造成横穿梁式竖炉，在不扩大外形尺寸条件下，改变炉内结构，使炉容扩大到 70m^3 ，台时能力提高74%，热耗降低18%。焙烧工艺方面出现原矿分级入炉焙烧，并利用磁滑轮构成半闭路焙烧工艺，可使精矿回收率提高。

60年代至70年代期间，对白云鄂博铁矿石、八街铁矿石、电秋铁矿石以及酒钢选厂粉矿进行过回转窑磁化焙烧的研究，并已在包钢选厂七系列建成一台 $\phi 3.6 \times 50\text{m}$ 的回转窑与20台 50m^3 竖炉组成联合焙烧系列。60年代开始还进行过流态化磁化焙烧研究，试验规模达 100t/d ，处理的矿石为鞍山钢铁公司和酒泉钢铁公司等矿石

1.2.4 复合铁矿石的选矿技术

1.2.4.1 伴生稀土、铈的复合铁矿

这类矿石主要产于白云鄂博矿区，1953~1955年在我国和苏联都进行了选矿试验，并进行包头选厂建设的技术设计。采用弱磁—浮选流程处理磁铁矿矿石，焙烧磁选—浮选流程处理中贫氧化矿矿石。根据1956~1960年国内多家的试验研究，对设计进行了修改并于1965年建成1、2系列，1967~1975年建成3~6系列，1981年建成应用焙烧磁选的7系列。1974年建成年产稀土粗精矿2万t的稀土重选系统。由于采用羟肟酸作捕收剂浮选重选粗精矿，使REO含量由25~30%提高至60%以上，1980年建成了年产高品位稀土精矿0.5万t的浮选车间，之后萘基羟肟酸衍生物H205研制成功，可从重选稀土粗精矿中分选氟碳铈矿，工业试验获得品位为70%，回收率为28%左右的氟碳铈精矿。

1981~1986年期间进行中贫氧化矿浮选—选择性絮凝的研究，并改造一个系列进行工业试验，当磨矿至 $-43\mu\text{m}$ 以下时可获得含铁61%，回收率80%含氟小于0.5%的铁精矿。并获得稀土品位60%，回收率为19%的稀土精矿。

1981年以来进行的弱磁—强磁—反浮选工艺研究，于1989年完成工业试验并进行了1、3系列改造，经过一年的生产考查，在磨矿粒度 -200 目占92%时，可获得含铁60%以上含氟0.8%左右，含磷0.13%左右，回收率为72%左右的铁精矿，较改造前回收率提高20%以上。稀土总回收率比改造前相对提高33%。现已建成年产稀土精矿4万t的浮选车间。

1.2.4.2 伴生钒、钛的复合铁矿

1958年开始了攀枝花钒钛磁铁矿的选矿研究，并于1970年建成密地选铁厂，采用一段磨矿—粗—扫的磁选流程。尾矿中的钛铁矿当时没有回收。之后进行了大量科研，提出了重选—浮选—电选流程回收钛铁矿和硫化矿，并于1979年建成年产5万t钛精矿的密地选铁厂，可获得含 TiO_2 46~48%，回收率为20~30%的钛精矿，含钽为0.3%，回收率为5%的钽精矿。

同属这类矿石的双塔山选厂，用磁选回收铁，含铁大于60%，含 TiO_2 小于8%。尾矿用重—浮—电联合流程，获得含 TiO_2 46%的钛精矿和含钽0.3%的硫钽精矿。现已用强磁选对流程进行了技术改造。

1.2.4.3 伴生多金属硫化矿的复合铁矿

这类矿石分布广泛，其中储量较大的是大冶铁矿。50年代由中国和苏联进行过试验研究，提出了浮选回收硫化矿、磁选回收铁的原生矿流程和浮选回收硫化矿尾矿作为铁精矿

的氧化矿处理流程。1959年建厂投产，可产生铁精矿和钴精矿。进入70年代以后，随着开采向深部发展，矿石中出现菱铁矿并随深度的加深而增多，采用原流程，磁选尾矿铁品位高达25~30%。于是开展了工艺矿物学和选矿流程研究，提出浮选—弱磁—强磁流程。经1979年工业试验效果很好。随后进行了技术改造，生产证明，该流程可获得含铁51~61%（烧减后含铁59~62%）的铁精矿，尾矿含铁降至10%左右，铁精矿中含硫亦可降低0.12%左右。还有程潮铁矿、梅山铁矿、金岭铁矿、张家洼铁矿等选厂均进行伴生硫化矿的回收。

1.2.4.4 含磷灰石的铁矿石

宁芜地区铁矿石中含有可单独回收的磷灰石。如凹山铁矿中含磷0.3~0.4%，于1980年完成了从选铁尾矿回收磷的工业试验。工业试验可得含 P_2O_5 34%左右回收率为80%左右的磷精矿，已建成生产含 P_2O_5 大于35%的磷精矿选矿厂。

1.2.4.5 伴生分散状金属的铁矿石

这类矿石大多产于火成岩和接触交代矿床中，伴生有Sn、Pb、Cu、As等，多成为铁矿的杂质成分，分选困难。进行的研究也较少。

1.2.5 产品处理技术

1.2.5.1 浓缩技术

除采用一般浓缩机外，在歪头山和鞍山烧结总厂还应用倾斜板浓缩机，利用颗粒浅层沉降和滑动原理提高浓缩效率，其沉降面积比一般浓缩机提高4倍左右，提高处理量2~3倍。增大浓缩机直径，改善给料方式、添加凝聚剂等措施都已用于生产实践。

1982年开始研制的GX-3.6高效浓缩机在姑山铁矿进行尾矿的浓缩试验，在不添加絮凝剂时，比普通浓缩机提高效率2~3倍，添加絮凝剂后，则比普通浓缩机提高效率5~7倍，且底砂浓度高（45%左右），为高浓度输送创造了条件。

近年在南芬选厂和攀枝花选厂进行了絮凝浓缩的研究，使浓缩效率成倍提高。

1.2.5.2 过滤技术

采用筒型内滤式真空过滤机过滤磁选和浮选铁精矿；采用筒型磁过滤机过滤磁选铁精矿；采用盘式真空过滤机过滤细粒浮选铁精矿；采用压滤机过滤微细粒矿泥精矿。普遍使用尼龙滤布、滤帖作为过滤介质。

在铁精矿脱水过程中部分企业添加絮凝剂、粗粒铁精矿、高炉灰和助滤剂取得显著效果。

1.2.5.3 精、尾矿输送技术

尾矿原来大都是低浓度输送，以百分之十几甚至更低的浓度输送，80年代以来在研究和推广尾矿浓度提高到40%以上的输送方案，并在海南、大石河、符山等铁矿设计或施工，预计可减少输送电耗17~70%，平均40%。250PN型钨铬合金泵、辉绿岩铸石管和衬胶阀的应用，提高了输送作业率。

80年代以来研究的精矿、尾矿长距离管道输送技术，目前已有几条管道在规划设计中，如四川平川铁精矿管道输送工程，管道长60.2km、管径168mm，年运输能力为66万t；峨口铁矿设计管道长110km、管径219mm，年输送能力160万t的方案。鞍钢在发展规划中，考虑采用长距离管道输送附近几座选矿厂铁精矿，而不扩建环城运矿铁路。为司家营铁矿建设开展的矿浆长距离管道输送研究，亦取得很大进展。

1.2.5.4 尾矿筑坝技术

采用上游法筑坝技术已筑成百米以上的高坝,如南芬小庙沟和峨口牛圈沟尾矿坝均超过100m以上。100~50m高坝更不胜枚举。峨口二期尾矿库采用下游法筑坝技术,已于1985年末建成投产。另外,对中线法筑坝、尾矿浓缩放矿法筑坝、尾矿干法筑坝、水力旋流器筑坝和定向爆破筑坝技术都在实践中应用或进行试验并取得实际成效。

对尾矿坝的监测技术亦有所研究和应用。

1.2.5.5 尾矿利用

随着尾矿量的增多和对环境保护、土地保护的要求,尾矿治理和利用技术日益得到重视。1978年以来姑山、滴渚、吉山等铁矿利用尾矿作为混凝土骨料,建筑材料、铺路、制砖、陶瓷和水泥生产的原料,获得一些成效,利用磁选尾矿作肥料的试验获得水稻、油菜增产的效果。

东鞍山选厂尾矿,桃冲选厂尾矿等进行过植被复田试验,成功种植早快柳、刺槐和沙打旺等树草,种植黄豆、棉花、薯类等亦获成效。

尾矿二次资源化和尾矿处理工艺已引起重视。

1.2.6 铁矿选矿过程的控制及自动化技术

选矿工艺过程的控制及自动化已取得了一定进展。1980年在大石河选矿厂研究过一次球磨分级机组自动控制系统,根据测量出的磨矿机工作时发出的音响来调节给矿和给水,控制磨矿浓度和溢流浓度获得成功。利用 γ 射线密度计检测水力旋流器给矿浓度、自动调节静压箱补加水,以恒定旋流器给矿浓度;电子液位控制器检测静压箱旋流器泵池内的液面高度、控制旋流器工作台数,以稳定给矿压力,调节泵池补加水,实现水力旋流器闭路循环自动控制获得成功,可提高分级效率10%左右。1979年在攀枝花选铁厂,应用螺旋选矿机组给矿浆浓度自动控制也获得成功。80年代以来,在线粒度分析仪和在线铁品位分析仪均研制成功。近几年以来在梅山铁矿进行的磨矿分级过程、浮选过程和浓缩机的微机自控取得较大进展。对磨矿分级过程控制主要是实现选厂一、二次球磨分级过程自动控制,自动控制系统系恒定给矿量自动控制、磨机浓度自动控制和分级机溢流浓度与粒度控制,采用电耳、电子皮带秤、TMC-80微型计算机、电动执行和电动调节阀等组成自动控制系统,通过计算机和数学模型实行直接数字控制,稳定了磨矿分级过程。自动控制后磨机处理量提高了5%以上,单位磨矿电耗下降8%,粒度合格率提高了10%以上。浮选过程控制主要是实现了梅山铁矿选厂二系列浮选加药和液位自动控制;加药自控系统是由新研制的GJ-200型和GJ-2000型加药机和TP801单板机组成;液位自控系统是由VKJ-100型液位计、PID调节器和闸板阀门组成。实行按入选矿石重量比例加药,辅以人工按硫品位校正比例系数加以控制,液位实行闭环自动调节,改善浮选作业,提高品位和回收率,降低药剂消耗。浓缩机溢流浓度控制,采用 γ 射线密度计、KMM单回路智能调节器和液力偶合器等组成自动控制系统,实行浓度闭环控制,使选矿比从1.54降为1.45,使分级过滤得以实现。

滴渚铁矿研制的自动加球装置系以TP801单板机为核心,配以一定的接口电路所组成。该矿应用了自磨机工作状态优化的自动控制系统,主要对磨矿浓度、充填率及磨机电流进行优化控制,控制系以微机为中心。