

内部资料

国内外铁矿石选矿现状 及发展趋势

马鞍山矿山研究院 曹石钧

安徽省科学技术情报研究所

安徽省图书馆

国内外铁矿石选矿现状及发展趋势

一、概况

建国二十多年来：在伟大领袖和导师毛主席的领导下，在毛主席革命路线的指引下，我国钢铁工业采取了大中小并举的方针，发展很快，随着钢铁工业的发展，铁矿石的开采量日益增加，在勘查开采富铁矿石的同时，大量的利用贫铁矿和多金属复合铁矿石，目前主要是利用鞍山式低品位磁铁矿，（简称青矿）其次是鞍山式低品位赤铁矿、（简称红矿）南山式贫铁矿，大冶式、攀枝花式、白云鄂博式、酒泉式的多金属复合铁矿石。

根据计算，入炉品位提高1%，焦比可降低2%，高炉利用系数可增加3%，烧结矿中二氧化硅含量降低1%，高炉生产能力增加7%。为了提高高炉利用系数，降低焦比，将低品位矿石加工成人造富矿，以及把共生的有色金属综合利用，是十分重要的问题。所以，随着贫矿石的开采，选矿技术的发展很快。

刚解放时，我国仅有日本人留下的两个生产能力很小的铁矿选厂，矿山研究机构只有1个，到目前我国已建设成了几十个大中小型铁矿选厂，除中央办的大型选厂外，地方办的中小型选厂遍及全国，安徽省到目前为止已有大中小型铁矿选厂5个。矿山研究机构除全国有四个大型的研究院（所）外，各省和各钢铁企业都有自己的研究所。在选矿技术方面，青矿石的选矿技术已有了成熟的经验，红矿的选矿除工业生产中已采用的浮选、焙烧磁选、重选外，新工艺流程的研究已取得较大成绩，复杂难选的多金属铁矿石选矿存在的问题，正在逐步解

决。选厂的技术装备水平有了很大提高，精矿品位和铁回收率都有了较大的改善，特别是清除了“四人帮”的干扰后，在英明领袖华主席“抓纲治国”伟大战略方针指引下，我国选矿工业加快了赶超美国的步伐，个别磁铁矿选厂增加细筛作业之后，精矿品位达到66.51%，已赶上美国，铁回收率83.31%，已超过美国。

近十多年来，国外钢铁工业也在不断地发展，随着钢铁工业的发展，对铁矿石的需要量逐渐增加，据国外的统计，1968年世界铁矿石总产量为7.1亿吨，至1972年增加到8.1亿吨，据估计，到1980年铁矿石的产量将达10.7亿吨左右，到1985年将达到13亿吨。由于可直接入炉的富矿数量逐渐减少，所以对贫矿的利用量增长很快，据估计，到1980年精矿和球团的产量将占世界铁矿石总产量的40%。由于贫矿的开采量日益增加，所以要经选矿富集的矿石量大幅度增加，美国入选的矿石占全国总产量的92%，苏联为80%，加拿大为75%。

从已大量利用的贫铁矿类型来看，主要是变质沉积矿床的磁铁矿石英岩（相当于我国鞍山式磁铁矿），其次是热液型矿床的矿石（相当于我国南山式铁矿），接触交代矿床的矿石（相当于我国大冶式铁矿），以及钛、铁矿易分离的岩浆型的钒钛磁铁矿（相当于我国大庙式铁矿）。变质沉积矿床的赤铁石英岩已开始大规模的利用。

近年国外对入炉矿石的质量要求不断提高，特别是对含硅量限制很严，对于酸性矿石（即硅质矿石）一般要求含二氧化硅低于5%，相应地要求含铁65%以上。但是，对高炉冶炼来说，精矿品位并不是越高越好，有一个合理的界限。对于选矿来说，不同类型的矿石也都有一个合理的精矿品位和合理的回收率的界限，一般来说，二氧化硅与铁的比值等于或小于0.09（ $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}} \leq 0.09$ ）。

为了达到上述要求，国外对大多数老厂进行了改造，在改造的基

础上进行扩建，在充分试验的基础上进行新建。

二、铁矿石选矿现状及发展趋向

(一) 青矿的选矿

这种矿石磁性强，不论嵌布粒度的粗细，相对来说都比较易选。利用这种矿石具有强磁性的特性而采用弱磁选方法选别。

国内外现有的青矿选厂都是采用阶段磨矿和多段磁选的流程，由于在自然界中产出的矿石嵌布粒度一般都不均匀的，粗粒嵌布的矿石中有部分细粒，细粒嵌布的矿石中又有部分粗粒。采用阶段磨矿和多段选别流程就可以及时把一部分已单体分离的脉石分出，减少进入细磨的矿量，节省电耗。

对于粗粒嵌布的青矿，我国的选厂都是采用一段磨矿和磁选流程，有的选厂采用干式磁选，有的选厂采用湿式磁选。例如阜新同乃铁矿选矿厂，采用一段干式自磨，磨矿粒度为2~0毫米，用干式磁选选别，原矿品位41.55%，精矿品位64.42%，铁回收率93.73%。国外处理粗粒矿石也是采用比较简单的流程。

对细粒和微细粒嵌布的青矿，我国选厂都是采用两段磨矿，两段或三段磁选。采用这种单一磁选流程，一般来讲，当原矿品位为30%以上时，可选得含铁61~64%的精矿，铁回收率在80%以上，少数选厂也可选得含铁65%的精矿，例如本钢南芬选矿厂，采用两段磨矿和两段磁选流程，原矿品位31%左右，精矿品位65.34%，铁回收率82.77%（1977年4月份指标）。如果要获得含铁65%以上的精矿，还要采取其他技术措施。首钢大石河选厂为了提高精矿品位，赶超美国选厂的先进指标，在原来的磁选流程中增加了细筛作业，将第二段磁选的精矿经细筛筛分，细筛的筛上物返回第二段磨矿，筛下物再进行磁选。当原矿品位为24.7%时，采用这种流程选得含铁66.51%的精矿，铁

回收率83.31%，比原没有用细筛流程得到的精矿品位高2%左右。这个厂采取这种措施后，精矿品位已赶上美国，铁回收率已超过美国。我国有不少中小型选厂利用矿石可选性好的特点用单一磁选流程的选矿指标也达到了世界先进水平，例如河北马兰庄选厂，原矿品位26%，精矿品位达65%，铁回收率达90%。山东烟台祥山选矿厂，选厂规模为年处理原矿10万吨，原矿品位30.6%左右，精矿品位68%，铁回收率81%。

在处理这类矿石中，为了充分利用国家资源，我国有的选厂不仅利用表内的低品位青矿，还将表外的低品位青矿也加以利用了，江苏吉山选矿厂就是其中的一个，这个厂处理的矿石含铁18%左右，可得到含铁60%左右的精矿，铁回收率77.5%。

国外处理细粒和微细粒嵌布青矿选厂，已采用的有两段磨矿三段磁选流程，有三段磨矿五段磁选流程。近几年来，国外以磁铁矿为主要对象，采用种种措施来降低二氧化硅含量，提高精矿品位。主要技术措施是对原流程进行改革，在改革中采用了三种方法。（1）磁选精矿用阳离子反浮选（用阳离子捕收剂浮选石英），选出夹杂的石英和石英与铁矿物的连生体，然后再磨再选；（2）磁选精矿用击振细筛筛出贫连生体，再磨再选；（3）多段精选。前两种方法在美国、加拿大等国用得较多，后一种方法在苏联用得较普遍。

在六十年代初期和中期，国外一些青矿选厂主要是采用阳离子反浮选法来提高精矿品位，一般可将含铁63%左右的磁选精矿提高到65%以上。例如美国恩派尔选矿厂，1963年10月投产，生产规模为年产处理原矿1700万吨，入选矿石为青矿，磁选精矿含铁64.5%，经阳离子反浮选后提高到66%， SiO_2 降到6.6%。

1967年细筛在美国研制成功后，发展较快，现在全世界已有十多

个选厂采用细筛再磨来提高精矿品位，一般也可将含铁63%左右的磁选精矿提高到65%。例如美国巴特勒选矿厂，1967年投产，生产规模为年产处理原矿650万吨，入选矿石为青矿，1969年改造增加细筛，使精矿品位从66.5%提高到68%， SiO_2 降低到4%左右。

在苏联处理青矿的选厂中，绝大多数选厂是用增加精选段数的方法来提高精矿品位。例如克里沃罗格南部采选公司1号选矿厂，1955年投产，现在的生产规模为年处理原矿1300万吨，原设计为两段磨矿和11段磁选，又加上当时采用分选效率低的磁选设备，只能获得含铁59%的精矿，为了提高精矿品位，除更换了旧的磁选设备外，改为三段磨矿和四段磁选(共10次选别)，因而获得含铁65%。 SiO_2 8.5%的精矿，铁回收率81.94%，磁性铁回收率95.47%。苏联也正在进行细筛的研究，在德聂伯罗采选公司选矿厂已开始应用。

美国和苏联在改造青矿选厂方面采取的方针有所区别，美国选厂着重在提高精矿品位，对铁回收率不大重视，苏联选厂既要求提高精矿品位，又要求保持较高的回收率。苏联的一些选厂，当尾矿含铁15%以上时，就进行扫选，而美国的一些选厂尾矿品位达22%也不进行扫选。

上述选厂改造时采用的方法，各有其优点和缺点。磁选精矿用击振细筛处理的流程与苏联多段精选流程比较，是工艺流程比较简单，而且可以把已单体分离的矿物及时筛出去，这样就可避免矿石过磨，减少细磨的矿量，有利于改善分选指标，所需的设备少，节省电耗。但是，由于没有扫选作业，所以铁回收率比较低。苏联采用多段精选流程的特点是在精选作业中增设扫选作业，这样可以在保持较高回收率的情况下得到高品位精矿；它与磁选精矿用击振细筛处理流程比较，是工艺流程较复杂，由于已单体分离的矿物没有及时选出去，因

此进入细磨的矿量较多，这样就需要较多的设备，造成矿石过磨的可能性增大，电耗也将增加。根据当前的发展动向来看，在西方国家的磁铁矿选厂中，细筛有取代反浮选的趋势，美国从1955年~1967年投产的10个大型青矿选厂中，其中2个是采用阳离子反浮选，在老厂的改造中有5个增加了细筛，有3个既未采用反浮选，也未采用细筛。

细筛与反浮选相比有以下优点：(1)细筛再磨系统的基建费用少；(2)细筛的生产费用低，只占反浮选的10%左右；(3)增设细筛可减少或避免过磨；(4)反浮选有废水的污染问题，细筛则无；(5)细筛能达到与反浮选同样降低二氧化硅，提高精矿品位和提高产量的目的。细筛也有缺点，如筛网磨损较快，由于筛孔较细，筛面的加工较难等等。

我国大石河、大孤山选厂的试验研究及大石河选厂应用细筛的实践表明，在磁铁矿选厂现有工艺流程中增加细筛作业，是提高精矿品位的有效和较好的途径。

(二) 红矿的选矿

红矿包括赤铁矿、褐铁矿和菱铁矿。根据矿物的嵌布特性所用的选矿方法不同。红矿的特点是磁性弱，所以比青矿难选。粗粒嵌布矿石的选矿国内外已有多年的生产实践，比较成熟，细粒嵌布矿石和微细粒嵌布矿石由于粒度细，比较难选，虽已采用浮选和焙烧磁选法选别，但仍在研究经济合理的选矿方法。

粗粒嵌布矿石我国一般采用重选，国外采用重选、干式和湿式强磁选等方法选别。美国、加拿大、瑞典等国早有用重选法处理这类矿石的选厂。例如加拿大蒙特·赖特选矿厂。1975年7月投产，入选矿石中主要铁矿物为镜铁矿，设计生产能力为年处理原矿4500万吨，年产精矿1840万吨，最终磨矿粒度为-0.84毫米，采用单一重选（螺旋

选矿机)，投产前的试验指标：原矿品位31.5%，精矿品位66.3%，铁回收率84%。巴西考埃选厂采用湿式强磁选，该厂于1972年建厂，生产规模为年处理原矿2000万吨，入选矿石中主要铁矿物为赤铁矿，主要脉石为石英。使用处理量为125吨/时的琼斯湿式强磁选机，原矿含铁48~58%，含二氧化硅23~25%，精矿含铁66%，尾矿含铁<10%，铁回收率为95%。除此之外，国外用重介质跳汰、圆锥形重介质分选机、重介质旋流器和扇形溜槽选别铁矿石进行了试验研究，但都未在工业生产中应用。

国外的生产实践表明，脉石成份比较单纯的粗嵌布的红矿，由于粒度粗，好选，采用以螺旋选矿机为主的重选法是成功的，巴西考埃选厂采用湿式强磁选也是成功的。

国内外处理细粒和微细粒嵌布的红矿已经采用的方法有浮选和焙烧磁选。

我国东鞍山选矿厂是世界上最早采用浮选选别红矿的选厂之一，该厂1958年投产，设计规模为年处理原矿500万吨，采用正浮选(用阴离子捕收剂选铁)选别赤铁矿。投产时，浮选选铁还是一项新技术，由于当时对浮选选铁规律认识不够，在生产中存在不少问题，经过十多年的生产实践和科学研究，对选厂工艺流程和设备不断地改进，逐个地解决了生产中存在的问题，使生产基本达到正常，选矿指标有了提高，入选的原矿品位为33%左右，选矿的铁回收率1961年为47%，到1966年提高到82%。现在这个厂使用碱渣、石腊皂和塔尔油混合捕收剂。1977年4月份，精矿品位达60.28%，铁回收率77.31%。

鞍钢烧结总厂的焙烧—磁选车间是世界上用焙烧—磁选处理红矿最老的选厂之一。至今已四十多年的历史，现在的生产规模为年处理原矿220万吨，用竖炉将弱磁性的红矿还原焙烧成强磁性的矿石，然

后磨矿、磁选。在红矿焙烧方面，这个厂积累了较丰富的经验，在焙烧和选矿工艺方面不断地革新之后，焙烧1吨原矿的热耗从39万大卡下降到33万大卡（历史最好水平），最近的试验研究又将热耗降到28万大卡左右。通过改革后，铁回收率提高4%左右。该厂入选的原矿品位为30%左右，历史最好水平的精矿品位60.6%，铁回收率85.2%，1977年4月份精矿品位62.22%，铁回收率79.41%。竖炉的缺点是只能处理75~20毫米的块矿，20毫米以下的粉矿不能焙烧。

在红矿中，我国除大量利用了鞍山式红矿外，对宣龙式鲕状结构的红矿也进行了开发和利用，对结构复杂、嵌布粒度微细的宁乡式鲕状红矿也进行了大量的试验研究，取得一定的成效。目前在宣化钢铁公司已建有四个选厂处理宣龙式鲕状红矿，采用重选。选厂是分粒级选别，50+10毫米粒级用振动溜槽，-10+2毫米用梯形跳汰机，-2毫米粒级用复振跳汰机。白庙选厂1972年1~5月的选矿指标：原矿品位33~34%，精矿品位45~47%，铁回收率76~83%。宣化钢铁公司为了处理粉矿，研制了加热床面 3.86m^2 ，还原床面 0.8m^2 的斜坡焙烧炉，炉子处理量3吨/台·时。试验表明，可获得含铁60~61%的精矿，铁回收率75%以上。

国外大量利用鲕状红矿的只有法国和西德，这两个国家处理这种矿石选厂都是采用干式强磁选。例如法国洛林矿区的迈赞基选矿厂，1962年投产，入选矿石为鲕状褐铁矿，该选厂对钙质原生铁矿石和硅质氧化铁矿石只进行破碎和筛分，即作为成品。对钙质氧化铁矿石经破碎筛分后，采用干式强磁选，每年处理50万吨，原矿品位28~31%精矿品位39%，铁回收率86%。

根据我国处理粗粒红矿选厂的生产的情况来看，采用单一重选流程都存在不少问题，主要问题是精矿品位和铁回收率低，例如江苏南

京凤凰山选厂，采用单一重选流程只能得到含铁50~51%的精矿，回收率仅为30~40%，很少达到50~60%。我们安徽省的钟山、黄梅山铁矿选厂也存在同样性质的问题。造成选矿指标低的主要原因是选矿流程不合理，设备的分选效率低等，因而导致较多细粒级铁矿物流失。

国外在处理细粒红矿方面，目前主要是采用加温浮选、絮凝浮选和阳离子反浮选，个别选厂采用焙烧—磁选。

美国共和选矿厂，1956年投产，生产规模为年处理原矿800万吨，入选矿石中的铁矿物主要是镜铁矿，原矿石含铁37%，原采用正浮选，用塔尔油作捕收剂，只获得含铁62%左右的精矿，1962年改造时增加了再磨—加温浮选作业，这种工艺是将粗选精矿再磨后，把矿浆加温到98度，然后进行浮选，这样可以选得含铁64.5%的精矿，铁回收率83%。

美国蒂尔登选矿厂，1974年投产，生产规模为年处理原矿1060万吨，入选矿石中的铁矿物主要是假象赤铁矿，脉石主要是石英，铁矿物的粒度一般平均为10和25微米(0.01和0.025毫米)原矿含铁35%。该厂采用絮凝浮选，就是用玉米淀粉絮凝铁矿物脱去硅酸盐脉石矿泥，然后用胺盐阳离子捕收剂浮选石英，采用这种浮选方法可得到含铁65%的精矿，铁回收率70%。

加拿大塞普特·艾利斯选矿厂，1973年投产，生产规模为年处理原矿820万吨，入选矿石中主要铁矿物是赤铁矿、假象赤铁矿，脉石主要是石英，原矿含铁50%，使用小麦糊精作铁矿物抑制剂，用胺盐阳离子捕收剂浮选石英，采用这种浮选方法可得到含铁64%，含二氧化硅5%以下的精矿，铁回收率84%。

目前在国外有少数几个选厂采用焙烧—磁选处理细粒红矿，澳大

利亚布罗肯·希尔公司的焙烧—磁选厂，采用沸腾焙烧。苏联克里沃罗格中部采选公司采用转窑焙烧，原矿品位35.7%，精矿品位63.7%，铁回收率78.8%。

从国内处理红矿的发展情况来看，粗粒嵌布的矿石用单一重选或湿式强磁流程是有效的，但是有一个先决条件，这就是脉石成分单纯，铁矿物和脉石容易单体分离，如果没有这个先决条件，不可能得到高品位精矿。我国处理红矿采用重选的选厂，矿石结构和成分都比较复杂。由于工艺流程不合理，缺乏高效的选矿设备，因此研究适合处理这种矿石的工艺流程及高效率的选矿设备，是一个十分重要的研究课题，对我国中小型选厂的发展是很重要的。

处理细粒红矿，国内外在工业生产中采用了浮选和焙烧磁选。生产实践表明，用常规的正浮选难以得到含铁65%以上的精矿，例如美国亨博尔特（矿石已采完，1970年末停产）和共和选矿厂，处理同类矿石，原来都是采用常规正浮选，只能获得含铁62%的精矿，而共和浮选厂改造后增加了再磨—加温浮选作业，获得了含铁64.5%的精矿。加温浮选由于工艺复杂，要消耗大量的热能，共和选厂1吨干精矿的热耗为4.1万大卡，所以在美国并未推广。根据近几年的发展情况来看，有向反浮选发展的趋势，但是由于铁矿石选厂的处理量大，需要的药剂量大，美国也感到药剂的来源不足，成本较高，因此仍在研究有效的选矿方法和合理的选矿工艺流程。目前在两个方面进行研究，一个是改进的絮凝脱泥—阳离子反浮选的研究。另一个是强磁—阳离子的反浮选的研究。另外还打算在絮凝脱泥—反浮选之后加强磁选，以提高回收率。关于联合流程的研究在1968年就已报导，美国和苏联的技术人员都认为这种流程较好。根据国内外的研究来看，根据矿石特性，采用不同的联合流程处理红矿是一个较好的途径。因为现

有选矿设备各有一定的适应性，各有长处和短处，若采用多种设备组合的联合流程，则可取长补短，更好地发挥分选效率。但是，在国外进行的反浮选是用玉米和小麦淀粉作铁矿物的抑制剂，根据我国的情况用粮食做抑制剂是不适宜的。在强磁一反浮选的联合流程中，对于我国来说，关键问题是强磁选机和铁矿物的抑制剂，其次是废水的处理。最近，我院研究了阴离子反浮选，即用木素黄酸盐作铁矿物抑制剂，用石灰活化石英，然后用阴离子捕收剂浮选石英，用这种方法选别鞍钢齐大山红矿，得到了含铁65%的精矿，铁回收率达80%。这只是小型试验的结果，还有待工业试验验证。

焙烧磁选虽然是一种可靠的方法，由于焙烧矿的矫顽磁力大，夹杂的脉石在选别过程中不易除去，所以不易得到含铁65%以上的精矿，另外，焙烧的基建费和生产费用较高，因此国外采用这种方法的选厂较少。

(三) 复合矿的选矿

复合矿有两类，一类是青矿与红矿共生的矿石；另一类是伴生有用金属的铁矿石。选别这种矿石的原则，是根据矿石中各种矿物的可选性，采用多种方法和相应的设备组合的联合流程分别地加以回收。

我国对于第一类矿石，目前在生产中采用磁选—浮选联合流程，例如鞍钢大孤山选矿厂采用这种流程处理磁—赤铁矿石，原矿品位32%左右，精矿品位59.91%，铁回收率70.43%（1977年4月份指标）。第二类矿石一般采用磁选—浮选、浮选—磁选联合流程或弱磁—强磁—浮选联合流程，例如浙江闲林埠铁矿选厂，设计规模为年处理原矿26.4万吨，年产铁精矿10.4万吨，钼精矿342吨，铜精矿2842吨。入选矿石为含铜、钼的磁铁矿，1970~1972年入选矿石含铁36~37%，含铜0.16~0.22%，含钼0.14~0.18%，采用浮选—磁选联合流程，

即用浮选选铜、钼矿物，磁选选铁矿物。1972年生产的铁精矿品位54.84%，铁回收率77.36%；铜精矿品位11.73%，铜回收率80.41%；钼精矿品位47.3%，钼回收率91%。山东金岭铁矿选厂，1967年投产，生产规模为年处理原矿60~70万吨，原矿石为含铜、钴的磁铁矿。1972年入选原矿含铁56.14%，含铜0.253%，含钴0.029%，采用浮选—磁选联合流程，即用浮选选别铜、钴矿物，磁选选铁矿物。1972年生产的铁精矿品位66.41%，铁回收率93.5%；铜精矿品位17.14%，铜回收率66.18%；钴精矿品位0.352%，钴回收率42.6%。

马钢南山矿选厂，1965年投产，设计生产规模为年处理原矿370万吨，原矿石为含磷的青红复合矿，原设计为弱磁—重选（摇床）流程，由于采用摇床回收红矿的效率不高，因此尾矿中铁矿物流失较大，金属回收率低，又加以没有除磷措施，摇床精矿含磷较高，磷也没有综合利用起来。经过几年的科学研究，这个厂现已改成弱磁—强磁—浮选流程，即用弱磁场磁选机回收青矿，用强磁场磁选机回收红矿，用浮选回收磷灰石，原矿铁品位37.85%，铁精矿品位62.3%，含磷0.275%，铁回收率76.89%，磷精矿品位15.39%，磷回收率78.62%。77年6月生产指标：原矿品位47.82%，精矿品位65.53%，铁回收率88.48%。

我国处理多金属铁矿石的少数选厂，由于矿石的结构复杂，共生金属的回收方法尚未解决，所以目前还存在着共生金属没有充分完善回收的问题。

国外处理第一类矿石也是采用联合流程，其中有重选—磁选、重选—浮选、磁选—浮选、磁选—浮选—重选等联合流程，这些流程之间的区别仅仅在于有的先用重选或重选—浮选把红矿选出来，然后再用磁选回收青矿；有的是先用磁选把青矿选出来，然后再用重选或重

选—浮选回收红矿。处理第二类矿石大都是采用磁选—浮选或浮选—磁选流程。美国格罗夫兰德选厂，年处理原矿500万吨，原矿石中青矿占60%，红矿占38%，平均含铁34%。采用磁选—浮选联合流程，原矿品位34%，精矿品位64.5%，铁回收率78.8%。

美国皮·里奇选矿厂，1963年投产，生产规模为年产铁精矿200万吨，矿石为含磷、硫的青红复合矿，采用磁选—细筛—浮选—重选联合流程，其中的磁选—细筛作业回收青矿，原矿铁品位50%，青矿的精矿品位69%，磁选尾矿用浮选回收磷灰石和黄铁矿，磷精矿品位45.5%，浮选尾矿用重选回收红矿，红矿的精矿品位62%。这个厂还用一部份磁选精矿生产超级精矿，用阳离子反浮选法生产含铁71.5%，含二氧化硅0.15%的超级精矿。

国内外的生产实践表明，采用各种选矿方法组合的联合流程是处理复合矿的有效方法，它可以充分地回收铁矿物和共生金属。

三、主要选矿设备的使用现状及发展趋势

近几年来，国外的破碎、磨矿和选别设备日趋大型化。

现有选厂的粗碎机几乎全是1.5米或13.5米的旋回破碎机，处理能力为2500~3599吨/时，最大的旋回破碎机为2.1米，我国大型铁矿选厂粗碎是用1.2米和1.5米旋回破碎机。

在磨矿方面，我国采用自磨的选厂逐渐增多，到目前为止已有18个选厂，在第一段磨矿采用了自磨。我们安徽省的东山选矿厂和黄梅山选矿厂就是采用了自磨。目前在生产中使用最大的自磨机直径为6米。近几年在国外的新建选厂中已广泛地采用了自磨，目前生产中使用的最大自磨机直径为11米，每小时处量370吨左右，计划中准备制造直径15米的自磨机。采用自磨的主要优点是简化破碎流程，如果采用球磨要三段破碎，采用自磨只需要一段破碎，另外，采用自磨可以

减少基建投资和生产费用。

我国和国外的青矿选厂使用的弱磁场磁选机已永磁化，普遍地使用陶瓷磁石永磁磁选机，磁石有钡铁氧体和锶铁氧体两种。我国选厂使用的磁选机的圆筒直径一般600—800毫米，长1.5—1.8米。1975年，首钢大石河铁矿和沈阳矿山机器厂，共同在大石河选厂进行了直径1.5×1.8米和直径1.05×1.8米的大筒径永磁磁选机的工业试验，与直径750×1800毫米小筒径永磁磁选机进行了比较。1.5×1.8米永磁磁选机用逆流槽，1.05×1.8米永磁磁选机用半逆流槽，这两种磁选机用于粗选时，处理量比小筒径高一倍，粗精矿品位和回收率都有了提高。

最近，我院研制了一种直径1.05米，长245毫米的试验型圆筒磁选机，磁选机的磁极用钕钴铜和铁氧体磁石组成，将钕钴铜磁块集中使用在尾矿扫选区，进行局部强化，使尾矿扫选区圆筒表面的磁场强度达2170奥斯特。试验样机在南山矿选厂的初步试验结果表明，与直径780×1800毫米永磁圆筒磁选比较，精矿品位不变，尾矿品位低4.94%，回收率提高11.61%，据推算，处理量可提高2倍以上。

国外在生产中使用的弱磁场磁选机的圆筒直径最大为900毫米，最长的达2500毫米，大直径多极式磁选机具有产量大分选性能好的优点，苏联进行的工业试验表明，1台直径900×2500毫米6极式磁选机可以代替6台600×1500毫米磁选机，当900×2500毫米磁选机的处理量为55—60吨/时，回收率可提高1.3%。利比里亚帮格选矿厂对不同筒径的磁选机也进行过工业试验，当磁场强度相同时，筒径910毫米的单位处理量比610毫米的高三倍多。另外，三极式磁选的磁性铁的回收率比四或五极的低，目前国外仍在继续进行提高永磁磁石磁能积和磁系合理结构的研究。

近几年，我国和国外对强磁选机的研究进展很快，研制了许多类

型的强磁选机，我国的笼式强磁选机及立环式强磁选机已用于生产。国外目前在工业生产中应用的只有琼斯强磁选机，我国仿琼斯磁选机正在进行工业试验，现有强磁选机存在的主要问题是分选微细粒的效率低，据报导，琼斯磁选机不能有效地回收小于37微米的细粒。目前在国外的主要研究方向，除磁系结构外，着重研究介质的材料和结构。

四、自动化

目前国外大多数选矿厂已应用计算机集中控制和调节，厂内无固定岗位工人操作。自动控制除提高劳动生产率外，还可以控制生产过程的最好操作条件，提高选矿指标。例如美国伊里选厂。由于用计算机集中控制和自动调节，与没有用计算机集中控制相比，处理量增加7%，人员减少78人，设置自动化的费用可在两年内收回。

五、几点看法

根据国外选矿的生产实践及科学研究的情况，根据我国资源的特点，提出几点初浅的看法。

1. 我国地大物博，矿产资源丰富，铁矿石分布全国各省，对于发展大中型钢铁企业极为有利。根据当前的情况来看，处理青矿的选厂一般都比较正常，处理红矿的选厂除少数大型选厂生产比较正常外，中小型选厂都存在不少问题，其中之一就是金属流失较大，回收率低，主要原因是工艺流程不合理，所用的设备分选效率不高。处理复合矿的选厂，有的回收共生金属不完善，有的根本没有回收，主要原因是回收某些共生金属的选矿技术没有过关。就全国来说，即使是选矿方法已经过关，生产正常的选厂由于原设计的工艺流程比较简单，因而生产的铁精矿品位较低，二氧化硅高达10%以上，这样的精矿作为高炉原料就会提高焦比，降低高炉的生产能力，不符合精料方针。因此，在今后几年内，首先把青矿和易选的红矿抓起来，把铁精矿品

位提高到65%以上，二氧化硅含量降低到6%以下，适当地考虑回收率。对于其他难选的红矿和复合矿要加强科学研究，攻克难关，使已建选厂尽快地达到生产正常，使尚未开发利用的尽快地利用起来，只有这样才不至于拖钢铁工业发展的后腿。

2. 在青矿的选矿方面。对于粗粒嵌布的矿石采用单一磁选流程是合宜的。对于细粒嵌布的矿石，根据国内外的生产实践来看，要得到含铁65%以上，含二氧化硅6%以下的精矿，必须强化现有的工艺流程，在目前情况下，强化措施以增加细筛再磨作业较好。

3. 在红矿的选矿方面，采用联合流程较好。因为矿石中的矿物粒度是不均匀的，粗粒嵌布矿石中有部分细粒，细粒嵌布矿石中有部分粗粒。另外，在磨矿过程中也要产生一部分细粒，而当前的选矿设备各有其适应性，有的适合于选粗粒，有的适合于选细粒，有的丢尾矿有效，有的提高精矿品位有效，如果采用由多种设备组合的联合流程，就可以用选矿设备各自的长处弥补其短处。至于采用什么样的联合流程，不能千篇一律，要根据矿石的性质及所要求的指标而定。

4. 在复合矿的选矿方面，根据矿石中各种矿物的可选性。采用多种选矿方法和相应设备组合流程较好。对于这种矿石，根据矿石的结构，不仅要完善的回收铁矿物，而且要充分完善地回收共生金属，以达到综合利用的目的。

5. 提高自动化水平。在现有选厂中虽然机械化程度较高。但自动化程度较低。为了提高劳动生产率，改善工作条件，要逐步地提高自动化水平。

6. 加强新设备的研制和新型药剂的研究。多年的实践表明，选矿工艺流程的改革，要先有新设备和新型浮选药剂的出现，否则工艺流程是不可能改革的。选矿是一项综合的科学技术，例如要研制新设备