

鞍山式贫铁矿 选矿实践

本溪钢铁公司南芬选矿厂著

中国工业出版社

74.918
162

鞍山式貧鉄矿 选矿实践

本溪钢铁公司南芬选矿厂著

中国工业出版社

这是一本系统总结铁矿石选矿生产经验的专著。书中阐述了我国东北地区贫铁矿石的性质及选矿生产实践，特别着重介绍本溪钢铁公司南芬选矿厂十几年来在生产上取得的经验。

本书以生产中的关键问题和主要经验为主题，论述了破碎最终粒度的缩小，磨矿与分级，铁矿石浮选实践，铁矿石磁选流程，铁矿石磁化焙烧与磁选，磁选-重选联合流程及其实践，磁力脱水槽等问题。

本书可供黑色冶金企业矿石准备工程技术人员及技术人员在工作中参考，亦可供高等和中等学校选矿专业的师生参考。

鞍山式贫铁矿选矿实践

本溪钢铁公司南芬选矿厂著

★

冶金工业部图书编辑室编辑（北京猪市大街78号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路10号）

（北京市图书出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

★

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $77 \frac{1}{16}$ · 字数 195,000

1963年7月北京第一版·1963年7月北京第一次印刷

印数001—730·定价（10—7）1.20元

★

统一书号：15165·1750（冶金-270）

前 言

在国民党反动派統治时代的旧中国，由于长期受帝国主义和官僚資本主义的压迫和掠夺，不可能有自己的工业，特别是重工业；选矿工业和其他工业相比，更談不上有什么基础了。帝国主义为了最大限度地掠夺我国资源，大都是采掘品位較高的矿石送到高炉直接冶炼，即使有一两个选矿厂也是破烂不堪，残缺不全，技术非常落后，虽然处理的都是些品位較高的原矿，但获得的技术指标都很低劣，精矿品位仅达55%左右，金属回收率，球磨利用系数，設備作业率就更談不上了。

解放后，在第一个五年計劃时期，我国就开始新建和扩建了许多大規模的、以最新技术和大型設備装备的选矿厂，这些选矿厂有效地处理了大量的貧磁鉄矿和赤鉄矿。

鉄矿石的选矿方法在最近几年来，已有了很大的发展，現在不但有磁力选矿方法，同时还掌握了鉄矿石浮选和重选等方法。

在磁力选矿方面，由于大量采用磁力脫水槽作为磁选流程的粗选設備，不仅簡化了工艺过程，減少了磁选設備，同时提高了金属回收率。由于这种設備构造簡單、管理方便，已經获得越来越广泛的应用。

鉄矿石的浮选，在几年的生产实践中，已經有了較大的发展，过去认为难于解决的浮选葯剂，过滤后的精矿水分高等問題都正在逐步的获得解决，使生产日趋于正常和稳步提高。

过去許多人认为在鉄矿石的选矿厂采用重力选矿法沒有多大意义，但是由于生产发展的需要，曾經研究并有效地采用搖床来回收磁选尾矿中的弱磁性矿物，从而，将原来单一的磁选流程改进为磁选-重选联合流程。虽然磁选-重选联合流程还必须在今后实践中不断改进和完善，但是它給我們指出了新的途径。

为了提高球磨机的利用系数、降低磨矿費用，在干式破碎工序中縮小了最終粒度，使球磨机的給矿粒度由原来25毫米逐步

縮小到12毫米左右。

在选矿机械方面，不論是主要的选矿过程或者是輔助作业方面，我国矿山机械制造厂已經能够自制成套的大小型选矿机械設備，来滿足新建选矿厂的需要。南芬选矿厂，根据生产上的迫切需要，曾制造了40米³大型的內滤式过滤机，并获得了滿意的技术指标。

随着現代高炉生产对选矿不断提出新的要求，由于在設備上、操作上和管理方面采取了新的技术措施和方法，因而使选矿“四大指标”大大的提高了。現在鉄精粉品位已达62%左右，球磨机利用系数3.5~4.0吨/米³·时，金属回收率达80%以上，但是这还远不能滿足鋼鉄工业发展的需要。为此，今后在兴建以新技术装备起来的选矿厂的同时，必須进一步加强科学技术研究工作把选矿“四大指标”繼續向前推进，为高炉准备更多更好、成本更加低廉的鉄精粉，这是摆在全体黑色金属选矿工作者面前的光荣和艰巨的任务。

本书第一、二、三、十、十一章由苏貴超同志編写，第四、五、六、七、八、九章由邓授同志編写，并由刘居正、阳明尤及李忠德同志与編写者共同討論定稿。

作者在編写过程中承蒙鞍山燒結总厂选矿車間及大孤山选矿車間的党政领导和工程技术人员給予大力支援和幫助，仅致深切的謝意。

目 录

前言

第一章 铁矿石	1
第一节 庙儿沟铁矿石.....	1
第二节 鞍山铁矿石.....	5
第二章 破碎最终粒度的缩小	8
第三节 破碎比的分配和回路的合理化.....	8
第四节 改进筛底与提高筛分效率.....	12
第五节 破碎机的检修和维护工作.....	15
第三章 磨矿与分级	20
第六节 磨矿.....	20
第七节 分级.....	25
第八节 关于提高磨矿能力的几点做法.....	28
第九节 磨矿与分级的技术操作.....	44
第十节 水力旋流器代替分级机.....	49
第四章 铁矿石浮选实践	54
第十一节 铁矿石浮选流程.....	54
第十二节 铁矿石浮选条件.....	57
第十三节 浮选设备及其操作.....	65
第五章 铁矿石磁选流程	70
第十四节 磁选流程的几种形式.....	70
第十五节 磁选流程的改进.....	77
第六章 铁矿石磁化焙烧与磁选	85
第十六节 磁化焙烧一般原理.....	85
第十七节 焙烧炉的构造.....	87
第十八节 焙烧矿石对选矿过程的影响.....	89
第七章 磁选-重选联合流程	93
第十九节 一般情况.....	93

第二十节	从生产需要出发开展試驗研究工作	93
第二十一节	改造旧流程和建立新流程	99
第二十二节	磁选-重选联合流程生产实践	103
第二十三节	摇床的构造、原理及技术操作	117
第八章	圓筒式磁选机和带式磁选机	127
第二十四节	圓筒式和带式磁选机的构造	128
第二十五节	圓筒式和带式磁选机的工作原理	134
第二十六节	圓筒式和带式磁选机的比較	135
第二十七节	磁选条件的考查	138
第二十八节	磁选机的技术操作	151
第九章	磁力脫水槽	156
第二十九节	磁力脫水槽的构造及性能	156
第三十节	磁力脫水槽的工作原理	165
第三十一节	影响磁力脫水槽工作的因素	166
第三十二节	磁力脫水槽的生产实践	173
第三十三节	磁力脫水槽的操作、优缺点及今后研究 意見	177
第十章	过滤	181
第三十四节	內滤式真空过滤机的用途及其技术規格	181
第三十五节	过滤机使用与維護	201
第三十六节	真空泵使用与維護	203
第三十七节	胶泵(离心泵)使用与維護	204
第三十八节	过滤机检修及产生故障原因和处理方法	205
第十一章	生产技术监督	210
第三十九节	选矿厂技术监督和各级組織的职責范围	210
第四十节	选矿厂的試料采取系統, 技术检查內容 和技术操作卡片	213
第四十一节	試料的采取和制备	217
第四十二节	选矿厂計量及矿液浓度的检查	220
第四十三节	选矿厂技术监督站的規程	223

第一章

鉄 矿 石

我国鉄矿石資源分布很广，性质也不相同，由于技术条件和其他原因，仅能以鞍山鉄矿和庙儿沟鉄矿石作例子，分別加以叙述。

第一节 庙儿沟鉄矿石

南芬选矿厂处理的原料是貧鉄矿石。矿山的主要矿石为貧磁鉄矿，其含鉄品位为33%左右，于貧鉄矿层中有埋藏量不大的富矿体，其含鉄品位为52%左右。

矿石的平均含鉄量：矿层內的氧化矿 33.25%；磁鉄矿 31.43%；平均31.43%。

送往选矿厂的矿石內的氧化矿石31.63%；磁鉄矿29.75%；平均29.9%。

矿层內矿石总平均含鉄量，根据試驗报告为 32.5%，选矿厂实际处理的原矿品位平均为33%。因为开采地区有变化，原料的混合比例不相同，因此原矿含鉄也經常有变化。为了满足选矿厂的选别条件要求，在采矿方面采取了一系列的措施，加强配矿工作，力爭送来选矿厂原矿石的品位波动范围在 $\pm 1.5\%$ 。

根据試驗資料和生产所了解到的矿物性质分別叙述如下：

1. 矿物成分及其物理性质

庙儿沟鉄矿石从外表观察，按矿物成分和矿物的浸染性质分为三种矿石：1) 磁鉄矿石；2) 磁鉄-赤鉄矿石；3) 赤鉄矿石。

磁鉄矿石——全部矿石是属于典型的多样性的条带状构造的磁鉄石英岩。在条带中有暗灰色、黑色的矿石条带和灰色、綠色、白色的脉石条带互相更替，矿石条带的厚度約在0.05~15

毫米的範圍內。帶狀的脈石厚度介於 1.0~0.02 毫米的範圍內，或者更小一些。條帶狀礦石中的磁鐵礦占 90% 以上，脈石條帶中以石英為主，約占 85% 左右。同時也有微量的磷灰石和方解石。磁鐵礦物以細粒狀態散布在脈石條帶中，互相緊密結合在一起。

用肉眼不能觀察到條帶狀結構的礦石，經過顯微鏡分析，按其外觀，厚度為 0.8~0.1 毫米。條帶狀礦石包括 80~85% 的礦物和 15~20% 的脈石。而脈石條帶中系由 85~90% 的石英和 10~15% 的鐵礦物所組成。

磁鐵礦基本上浸染於條帶狀的礦石內。磁鐵礦在很大的程度上形成粒狀系結物和緊密晶帶，很少有單獨的顆粒。顆粒的大小一般在 0.8~0.2 毫米，多數都是不規則的常沿岩石層伸展，偶然遇到帶有明顯的結晶稜角的顆粒。根據觀察結果，磁鐵礦與赤鐵礦有時與黃鐵礦很少與普通角閃石緊密相結合。有些磁鐵礦的顆粒被赤鐵礦所代替，呈微篩孔狀結構，薄膜結構。在脈石條帶內，磁鐵礦以細密浸染狀存在，大小為 0.1~0.001 毫米。

組成磁鐵礦石的金屬礦物有磁鐵礦、赤鐵礦、褐鐵礦、黃鐵礦，非金屬礦物有石英、普通角閃石、雲母-白雲母、綠泥石及少量的磷灰石、金紅石、方解石、白雲石等。

赤鐵礦與磁鐵礦共同組成條帶狀礦石，呈單獨的顆粒狀和聚集体。有時單獨顆粒與其聚集体緊密結合而形成緊密晶帶間層，其中有時也遇到粒度 0.1~0.005 毫米石英顆粒和堆積物。在條帶狀的脈石內，有細密零散嵌布的赤鐵礦粒，粒度為 0.2~0.001 毫米和更小一些。

總的來說，磁鐵礦石根據肉眼和顯微鏡觀察的結果，按礦物的成分和浸染性質來說都是類似的。但按金屬礦物和非金屬礦物的數量的互相關系來說是有點不同的。在礦石內磁鐵礦和赤鐵礦含量多數波動於很大的範圍內（34~38 和 6~8%）。有的礦石含赤鐵礦較多，而有的礦石含赤鐵礦較少，甚至於不含赤鐵礦。在選礦過程中，由於原礦中赤鐵礦含量的變化很大，因而常常給生產操作帶來一些麻煩，影響選別指標。

磁鉄-赤鉄 矿石。这种矿石内部含有大量的赤鉄矿，有时赤鉄矿成为主要的金属矿物，而区别于磁鉄矿石。

用肉眼来观察这些矿石为紧密的、成层的或粒状結晶的暗灰色岩石。矿石内用肉眼可以鉴别条状金属矿物和非金属矿物互相换层的厚度为 10~15 毫米，有的为 0.01 毫米。在矿石内部有的地方看到細小的微脉状的石英和方解石。条带状矿物为暗紅色，由 75~80% 的金属矿物和 20~25% 的非金属矿物組成。条带状脉石由 85~90% 的石英和 10~15% 的金属矿物結合而成。

在条带内的矿物呈单独粒状体，但大部分形成不大的堆积物体，且矿物多数呈不規則的形体，而通常是沿成层的方向发展。主要矿物为赤鉄矿和磁鉄矿及少量的褐鉄矿和黄鉄矿。

赤鉄矿为最广泛分布的矿物，在矿石条带体内，赤鉄矿通常形成小的堆积体，聚集体和稀少的間层。

在条带状矿物内，赤鉄矿呈細小的分散的浸染状态，不少的赤鉄矿与磁鉄矿和普通角閃石紧密結合，形成細粒聚集体。

磁鉄矿也有很广阔的发展。在条带状矿石内，磁鉄矿結成聚集体、堆积体和独立的間层。磁鉄矿的聚集体和堆积体为不規則状細粒的混合体。在条带状脉石内，磁鉄矿以細密的浸染成单体粒状和小的堆积状。沉积的磁鉄矿常被赤鉄矿所代替，形成細小的微脉状体和不規則的顆粒和薄层。

黄鉄矿为少量的呈单粒状和聚集体，有时黄鉄矿的顆粒变化了，为褐鉄矿所代替。

褐鉄矿作不广泛的散布，并呈单粒状、微脉状和紧密的晶体带。

非金属矿物部分由多面体的細粒石英物結合而成。石英顆粒的粒度为 0.01~0.001 毫米和更小的赤鉄矿、磁鉄矿作細密状浸染，还有少量云母薄片和方解石的顆粒及磷灰石、金紅石的細小結晶体。

赤鉄矿石。这种类型矿石以赤鉄矿为主要矿物，而磁鉄为数不多（約占 11~13%），因而有区别于上述矿石。

用肉眼观察矿石为暗紅色，块状或条状結構。不管是矿物或是非矿物的条带状体均可分裂成細小的間层，此間层中以金属矿物和非金属矿物的不同含量而鉴别之。在条带状矿物內，金属矿物的数量达到80~85%，而条带状脉石內不多于10~15%。

金属矿物主要为赤鉄矿并含少量的磁鉄矿。

赤鉄矿在条带状矿石內呈单独粒状体、聚集体和紧密晶带，其大小为1~0.001毫米，占多数的是0.2~0.001毫米。因此，赤鉄矿的单独顆粒較多是在条带状脉石中而形成聚集体和堆积物，常常彼此之間結合成为間层，厚度为1.5~0.5毫米。在条带状的矿石內和赤鉄矿的堆积物內，常常有磁鉄矿的单独顆粒和残跡，大小为0.2~0.01毫米。

磁鉄矿有不多的数量，呈单独粒状和聚集体，大小为0.7~0.002毫米。磁鉄矿的顆粒时常变化并为赤鉄矿所代替，呈微脉状、粒状体和薄层。磁鉄矿常常和赤鉄矿、石英紧密的結合在一起。

組成条带状的脉石部分由細小或等顆粒的石英結合而成。在結晶的粒状石英之間，有云母，呈单独片状和堆积物及磷灰石的細小結晶体，在石英的顆粒內，有細小的赤鉄矿生成和稀少的磁鉄矿体，大小經常在0.01毫米。

2. 矿物的化学成分

矿物的化学成分列于表1中。

矿石含鉄介于29.35~36.87%之間，其中熔渣元素內二氧化硅占有很大部分，其含量为45.83~52.12%。主要氧化物数量即其中的氧化鈣及氧化鎂的总数不多，約为0.13~6.11%之間。

矿石內有害杂质数量不多，如磷含量除最高的少数矿石为0.1%之外，大多数矿石中含磷由痕跡~0.06%。而硫的波动范围由痕跡~0.13%，个别最高达到0.28~0.22%。

总之矿石中矿物的化学成分或多或少是同一类型，基本上只限于含鉄量及硅酸含量上有所区别。

矿石的化学全分析

表 1

編号	矿物成分, %	Fe _全	Fe ₂ O ₃	FeO	S	P	Mn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
1		36.43	38.99	11.79	0.026	0.055	0.093	43.68	0.23	0.106	0.152
2		37.05	39.30	12.32	0.036	0.057	0.093	46.42	0.18	0.120	0.389
3		36.49	38.34	12.46	0.008	0.067	0.046	46.62	0.192	0.181	0.435
4		36.56	34.84	12.99	0.061	0.069	0.046	47.82	0.485	0.156	0.348
5		36.97	46.47	11.16	0.025	0.060	0.124	46.56	0.397	0.359	0.750
6		37.39	39.97	12.16	0.042	0.061	0.124	45.54	0.138	0.150	0.960
7		36.88	39.32	12.07	0.054	0.057	0.114	47.65	0.117	0.350	0.712
8		36.33	38.92	11.74	0.051	0.056	0.114	47.64	0.075	0.174	0.716
9		33.18	34.62	11.55	0.048	0.056	0.071	48.51	1.012	0.410	1.262
10		33.68	36.22	11.90	0.073	0.056	0.087	46.36	1.425	0.576	1.593
11		35.07	36.77	12.05	0.111	0.055	0.088	45.65	1.262	0.309	1.325
12		35.83	37.20	12.60	0.131	0.054	0.090	46.22	0.903	0.351	1.150
13		37.66	38.24	14.05	0.201	0.050	0.073	44.07	0.715	0.414	0.85

第二节 鞍山铁矿石

1. 物理性质

铁矿石的金属矿物，主要有赤铁矿、磁铁矿。非金属矿物部分，主要是石英，还有少量的磷灰石、绿泥石、氧化铝(Al_2O_3)、氧化镁(MgO)、氧化钙(CaO)、氧化锰(MnO)、硫(S)等。

矿物为致密的细粒浸染，强韧而难破碎。矿石的大部分是属于条带状结构，但也有少部分的矿石呈现块状结构。把这些矿石放在显微镜下观察，可以看到铁矿粒的小点之间充填氧化硅。并且以铁矿粒的聚集层和氧化硅的聚集层而形成矿石的条带状结构。

赤铁矿和磁铁矿磁性率都很低，仅有少量的矿石为强磁性矿物。矿物的条痕主要是赤褐色，但也有少数为黑灰色和黄色。矿

物的比重和硬度随着含鉄量的多少而稍有变化,比重一般在3.3~3.5。硬度为6~6.5度。鞍山鉄矿石的結晶顆粒极小,最大的也不过0.5毫米,絶对多数为0.1毫米以下。因此在生产中,选别所需要磨細的粒度,常常是磨到-0.074毫米占90%左右,才能滿足磁选或浮选的要求。

2. 矿物化学成分

矿物的化学成分特点列于表2中,而主要的化学成分是氧化硅和氧化鉄。矿石内含鉄量一般在33.2%,在开采过程中,随着矿床含鉄量高低的不同,因此送到选矿厂的原矿质量也常常发生变化。

熔渣元素内二氧化硅占的数量很大,其含量为41.73~47.73%。

矿石的磁性率是以一氧化鉄(FeO)的含量和全鉄($\text{Fe}_{\text{全}}$)的含量多少来判断磁性率的高低($\text{FeO}/\text{Fe}_{\text{全}}\%$)。鉄矿石的磁性率由于矿区的不同,因此变化很大。

矿石中除了氧化硅和氧化鉄的化学成分为主要矿物之外,还有少量的氧化铝,氧化鎂,氧化鈣,氧化錳,硫,磷等矿物。

鉄矿石化学分析表

表 2

矿物成分 产地及 编号	$\text{Fe}_{\text{全}}$ %	FeO %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	MgO %	CaO %	MnO %	S %	P %
一矿 1	36.64	1.53	46.80	0.20	痕跡	0.24	0.11	0.018	0.031
2	34.71	0.99	49.88	痕跡	痕跡	痕跡	0.07	0.017	0.024
3	36.37	1.94	46.52	0.15	0.15	0.01	0.15	0.021	0.060
平均	35.91	1.50	47.73	0.12	0.05	0.42	0.11	0.049	0.038
二矿 1	45.18	9.33	35.18	0.25	痕跡	痕跡	0.30	痕跡	0.020
2	44.63	12.33	35.55	0.61	0.23	痕跡	0.11	0.018	0.040
3	38.57	6.09	43.74	0.40	0.15	痕跡	0.30	痕跡	0.029
4	28.28	15.80	52.45	0.49	1.85	4.20	0.42	0.033	痕跡
平均	39.16	10.89	41.73	0.44	0.50	1.50	0.28	0.012	0.021

矿石内有害的杂质为数不多，磷含量最高为0.060%，一般都在0.030%左右。硫的含量波动范围为0.012~0.049%，而絕大多数为0.019%左右。

总之，化学成分，金属矿物部分都是氧化鉄一个类型，非金属矿物为二氧化硅，而随着含鉄量和硅量的不同而有所区别。

第二章

破碎最終粒度的縮小

干式破碎的最終粒度和破碎机的生产能力是互相影响的。当选择的設備能力一定时，要获得的最終粒度愈小，破碎机的生产能力相对的减小。如果破碎的最終粒度粗，則产量相应的增加，破碎的成本也低。

在生产当中，常常对破碎提出双重的任务，既要縮小最終粒度的尺寸，又要提高碎矿机的生产量，这是因为碎矿最終粒度的縮小，促进了球磨机生产能力的提高。为了滿足球磨机的生产需要，又必須提高碎矿机的生产能力。因而使破碎机和球磨机自然形成一种互相促进的作用。

第三节 破碎比的分配和回路的合理化

1. 破碎比的分配

随着送到选矿厂原矿中最大粒度及干式破碎作业的最終产物尺寸不同，所以各选矿厂的总破碎比也就不相同。同在一个选矿厂中，在不同的时期內，由于矿山开采的方法和加工程度不一样（采矿設有粗碎机），送到选矿厂的大块尺寸也随着变化。因此准确的掌握总破碎比和将总破碎比合理的在各段之間分配，特别是最后两段的合理分配，是充分發揮破碎机潛力，降低破碎粒度的一个有效措施。

例如，某选矿厂原来破碎作业的碎矿比是这样的：

$$\text{总破碎比} = \frac{320}{25} = 12.8$$

$$\text{中碎破碎比} = \frac{320}{75} = 4.3$$

$$\text{細碎破碎比} = \frac{75}{25} = 3$$

式中：320——送入选矿厂的最大块尺寸，毫米；

75——中碎排矿最大块尺寸，毫米；

25——細破碎排矿最大块尺寸，毫米。

在从矿山送到选矿厂的原矿最大块度为320毫米的情况下，而破碎的最終粒度要由原来的25毫米縮小至12毫米，因此中碎与細破碎机的排矿口都必须相应的縮小。如果中破碎仍保持原来的排矿粒度，則会增加細破碎机的負荷，而形成負荷不平衡的現象。这样是很难發揮破碎机的潛力。

为了充分的發揮破碎机的作用，实现球磨机給矿粒度12毫米，因此把原来的中碎机排矿口由45毫米左右縮小到30~25毫米，原来細破碎机的排矿口为15毫米，縮小到8毫米左右，这样就适当增加中破碎的碎矿比，使中碎和細碎的負荷接近平衡。排矿口的調整使碎矿机排矿粒度发生了变化，見表3及3'，中碎以-40，-30，-20毫米的級別作为比較的标准。

从表3和3'的数字对比来看，排矿口縮小后，排矿中的細級別含量有了显著的增加，-40毫米級別增加3.28%，-30毫米級別增加15.64%，-20毫米級別增加5.55%，大大的縮小

調整排矿口前細級別的%

表 3

累計級別 毫米	給矿中細級別含量%	排矿中細級別含量%	細級別增长率%
-40	56.12	77.09	21.97
-30	47.18	61.69	14.01
-20	41.12	52.84	11.72

調整排矿口后細級別的%

表 3'

累計級別 毫米	給矿中細級別含量%	排矿中細級別含量%	細級別增长率%
-40	49.03	74.28	25.25
-30	40.50	72.15	29.65
-20	35.75	52.00	16.27

細破碎細級別产品增加量

表 4

累計級別 毫米	調整排矿口前产品%	調整排矿口后产品%	增长率 %
-12	69.40	79.18	9.78
-10	60.0	65.84	5.84
- 8	49.37	58.32	8.95

了細碎的給矿粒度。細碎的产品质量也有了很大的变化。如以-12毫米，-10毫米，- 8毫米为检查标准，其結果見表4。从表中知道，-12毫米級別增加9.78%，-10毫米級別增加5.84%，- 8毫米級別增加8.95%，这对于提高篩分效率和产量起了一定的作用。

但是必須指出，由于排矿口的縮小，破碎比增大，因此对破碎机維護检修工作增加了一定的困难。加以排矿口調整的不及时，碎矿机的排矿口大小也很难經常保持正常，而使碎矿比随时发生变化。

总之，合理的分配各段的破碎比，平衡負荷，对于發揮碎矿机的潛力将起着积极的作用。当然这个措施必須根据各厂破碎設備能力的具体情况来进行安排。

2. 破碎机的循环負荷

有检查篩分的破碎回路，当縮小于式破碎的最終粒度时，一般都需縮小篩孔的規格来实现。同时也相应的調整破碎机的排矿口，縮小篩分机的給矿粒度，才能發揮篩子的效率，避免循环負荷增大。适当的循环負荷，根据奥列夫斯基的經驗公式計算。

$$\text{循环負荷 } C = 3.5 \left(\frac{S}{a} - \frac{S}{d_{\text{最大}}} \right) \%$$

式中：C——循环負荷，%；

S——短头型圓錐碎矿机的排矿口，毫米；

a——閉路碎矿机检查篩孔的尺寸，毫米；

$d_{\text{最大}}$ ——破碎产品中最大塊的尺寸。

S/ $d_{\text{最大}}$ 的比值，根据K.A.拉苏莫夫教授的数据为28%（处