

# 选矿文集

## 螺旋选矿

2

冶金工业出版社

# 选矿文集

## 钢铁选矿



2

冶金工业出版社

# 选矿文集

螺旋选矿

2

冶金工业出版社

## 选矿文集(螺旋选矿) 2

編輯: 彭祖璣 設計: 董煦卷 校對: 吳研璣

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口大街25号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第093号

国家統計局印刷厂印 新华書店發行

1959年6月第一版

1959年6月北京第一次印刷

印數15,000册

開本1250×1100·1/32·70,000字·印張3 $\frac{2}{32}$

統一書号15002·1578 定价0.40元

## 編者的話

选矿是冶金工业中不可缺少的一环。几年来，随着国民经济的不断发展，我国选矿工业也在成长并已取得很大成就。过去几年来，从其他国家、特别是从苏联介绍过来的选矿先进经验，在提高我国选矿技术水平和丰富我国广大选矿工作者的知识等方面起了很大作用。

但是，直到目前为止，我国还没有一本全国性的选矿技术刊物，过去有关选矿方面的技术经验，大都散见于一般综合性的刊物上，读者参考起来很不方便。

因此，为了更好地报导国内外先进选矿科学技术成就，在一定程度上弥补上述缺点以满足读者需要，我们准备将国内外有关选矿方面较好的技术资料，按内容分类汇集成册，以「文集」的形式陆续出版。

本书（第二辑）内容包括螺旋选矿机的工作原理、构造、安装和国内外的使用经验，在设备调整和维护方面也做了简明的介绍，对我国广大选矿工作者很有参考价值。

“选矿文集”的编辑出版工作对我们来说是一个新的尝试，尚缺乏经验。因此，一定会有很多缺点，希望广大读者能在选题、内容等方面提出改进意见，并在供稿方面给予支持，从而使“选矿文集”能成为我国广大选矿工作者所喜爱的读物，并发挥它更大的作用。

## 目 录

### 大力加强螺旋选矿机的試驗和

应用.....	冶金部前有色局技术处第二生产处	1
螺旋选矿机的工作原理及其应用.....	任德树	8
螺旋选矿机的理論与实践.....	金永岸	16
輪胎型螺旋选矿机的制造和安装.....	廖扬声	26
螺旋分离器选砂法.....	苏联技术科学副博士 R. B. 索洛敏	39
选別鈦鎢砂矿的新型螺旋分离器.....		46
用螺旋选矿机选別細磨物料.....		48
砂錫矿选矿使用螺旋选矿机的經驗.....		49
螺旋选矿机的选矿实践.....	苏联 R. B. 索洛敏	55
用螺旋选矿机处理鉄矿 泥.....	苏联技术科学副博士 A. C. 斯拉德科夫, 工程师 Л. П. 舒波夫	78
螺旋选矿机在淘砂船上的工业 試驗.....	苏联 Ю. Ф. 格拉德基赫, A. Д. 楚古諾夫, H. П. 桑尼科娃	84
螺旋选矿机的調整和維護.....		93

## 大力加强螺旋选矿机的试验和应用

前有色局技术处第二生产处

螺旋选矿机是一种比较新的重力分选设备，它是利用液流中的矿物，在螺旋斜面运动时所发生的离心力、摩擦力、液体压力和矿物自身重力的相互作用而进行选别的。螺旋选矿机在选矿方面的应用，虽然只有十几年的历史，但是已经引起各国选矿工作者很大的重视，其使用范围亦随之不断地日益扩大。螺旋选矿机现在不仅已经成为砂矿选别的主要设备，并且也是从浮选尾矿中回收其他重矿物的有效工具。

### 螺旋选矿机的优越性

1. **占地面积小、生产能力大。**一般生产能力大的企业，需要较大或多的设备，才能适合生产的要求。而普通的重选设备如跳汰机每小时仅可处理4~5吨，每台需占地9平方公尺，摇床在处理中等粒度时仅为1~2吨，占地16~20平方公尺；因此所需的厂房投资就比较多。同时由于处理量小，设备需要多，也常造成管理上的不便。螺旋选矿机每台仅占地4平方公尺，其处理能力一般的每小时可达12~15立方公尺，为其他重力选矿设备的数倍。

2. **结构简单。**螺旋选矿机通常都用轮胎或铸铁制成，没有复杂的机器零件或传动部分，故制作容易、检修方便。它的作业率大都在95%以上，而一般重选设备的作业率仅只是在80%左右。

3. **技术经济指标高。**螺旋选矿机在选别砂矿时，可以丢弃大量脉石，富矿比通常可达10倍左右，部分回收率可达90~95%以上。

4. 适应性强、工作可靠。生产技术条件的变动对选别技术指标的影响较小，如（1）有效的处理粒级幅度较大（ $-6 \sim +0.043$  公厘）。（2）可以容许矿浆稀释度有较大幅度的变化，一般按体积计算液固比可在  $6 \sim 12:1$ ，并且在波动激烈的情况下，仍能保持良好的选别条件。（3）原矿品位的高低对选矿回收率影响不大，试验证明：当原矿品位从  $0.03\%$  降为  $0.01\%$  时，富矿比和精矿产出率都没有很大的变化。（4）处理量有较大的伸缩性，用螺旋选矿机处理同一种矿石，其单位时间处理量按容积计算可以相差一倍，而对其选别效果并无显著影响。

5. 可回收比重在以上的共生矿物。事实证明：用它来选别砂矿时，不但可以回收锡、钨，并且可以回收其他共生矿物，如钛铁矿、独居石、铀云母等。而这些共生矿物在采用其他选矿机械特别是砂沟（溜槽）时，是难以获得的。

6. 可以大量减少工人和管理人员。国外某选矿厂的日处理量为  $5000$  吨，每班仅需两人分别看管砂泵和  $222$  台螺旋选矿机，若在同样规模的其他设备重力选矿厂，每班约需  $300 \sim 400$  人。

7. 可以处理品位较低的矿砂。相对地可以在生产单位中降低原矿的边界品位，使一部分原来在平衡表以外的矿石转入平衡表内，从而使矿区储量大大增加，延长了矿山的寿命。

螺旋选矿机除了具备以上的许多优点外，也有它一定的缺点，例如不适于选别粒度大于  $6$  公厘或是小于  $0.043$  公厘的矿石；片状矿石不利于在螺旋槽内运动；以及富矿比不及摇床与溜槽的高等，尚需在今后的试验中求得解决。

### 目前国内外使用螺旋选矿机的情况

由于螺旋选矿机有着以上的优点，在许多国家里无论是重力选矿或浮游选矿方面，都在积极地进行对螺旋选矿机的试验和应用，并且已经在改进生产和提高选矿技术操作指标上获得显著的效果。如在美国德萨宜斯畏尔选矿厂，用螺旋选矿机处理  $5 \sim$



11%的鈦鉄矿、金紅石砂矿，可得95%以上的回收率，日处理量达5000吨。俄勒岡金矿公司用螺旋选矿机回收海滨的鈦鉄矿砂（品位7~10%），得到精矿的品位为25%，回收率达93%。苏联最近試驗用M3型螺旋选矿机选別粒度—0.1公厘占98.8%的砂錫矿，获得回收率为97.8%而产生率仅占原矿15%的优良成績。

我国于1955年在苏联专家的建議与指导下，开始在某矿进行螺旋选矿机的試驗和应用，但当时由于經驗不足，同时受到給矿条件恶劣变化的影响，而没有收到显著的效果。1956年又在該矿繼續进行比較系統的单体試驗，才証明了螺旋选矿机在砂矿选別方面起着巨大的作用，用它完全可以代替旧的南洋式的錫砂沟。現經工业性生产表明，部分回收率为88%以上，富矿比可达20倍；螺旋矿机的粗精矿經搖床再次富集以后，精矿品位由原粗精矿1%变为20%，精选回收率可达90%，总的回收率可达78~80%。該矿对錫砂沟和螺旋选矿机的經濟效果进行比較，其結果如下表所列。

处 理 方 法	錫 砂 沟	螺旋选矿机
处理矿量(吨)	22.241	22.241
原矿品位(%)	0.0303	0.0303
产出精矿品位(%)	65	65
产出精矿量(公斤)	5.352	8.174
回收率(%)	51.63	78.85
尾矿品位(%)	0.0165	0.0066
每吨精矿成本(%)	100	76

在其他地区，如中南某砂錫矿于1956年底开展了試驗，西南地区亦用它选別品位极低的砂錫，这些試驗都初步地摸到了一些作业条件，获得了一定的成績，现在正在准备作进一步的研究試驗。

从国内外这些情况来看，螺旋选矿在重力选矿方面的作用是很大的，它为改进現有选矿厂的生产和提高生产指标，开拓了极

其廣闊的道路。因此，我們需要進一步研究它和應用它。

## 對今後進一步加強螺旋選礦機的

### 試驗和應用的要求

1. 要做好試驗前的技術資料準備工作。各砂礦在決定試驗應用之前，應該對原料進行篩析和水析、化驗各粒級中主要金屬的含量、計算各粒級的金屬分布率，並鑑定出各粒級中礦物的單體解離度。同時，對各伴生礦物也應該做出系統的資料，考察主要回收物和伴生礦物的關係。在其他的重力或浮游選礦廠，當考慮螺旋選礦機時，最好是進行一次比較細致的生產流程的數質量流程查定，通過查定摸清各主要部分產品的數量、金屬量和粒度的分布情況，根據這些資料來研究螺旋選礦機的使用目的和適當的使用地點。如果原礦顆粒過於微細或是成連生體存在時，那就不適合於用螺旋選礦機來處理。並且在試驗時，也要考慮到粗精礦如何作進一步處理的問題。

2. 做好製造與試驗工作。在用輪胎製作螺旋選礦機時，要注意接頭處的平整，不能產生細縫。精礦截取器位置的適當與否，需要特別注意，最好是在未開眼之前，先將礦流通過螺旋選礦機以觀察砂帶的分布情況，再研究決定適宜的位置。一般開口都向着內側，在砂帶發生變化時，可通過截取器調節板進行調節。截取器的排礦管直徑不宜過粗或過細，過粗則往往使礦砂過多地滲入而降低精礦質量；過細則易於堵塞，影響精礦的排出。關於螺旋選礦機的支架，有的用鐵質製成；而有的用木質製成。木質製成的支架常用楔木墊起螺旋，這就必須注意防止螺旋變形（某一點較其他處高）。

現將有關螺旋選礦機在設計上和操作上應當注意的幾項主要問題簡單歸納如下：

(1) 螺旋選礦機的直徑：當直徑越大時，離心力也就越

大,这就有利于轻、重产品分带的形成,选别质量就好,同时处理量亦随之增大;相对地(特别是砂矿)就可以减少螺旋选矿机的配置台数,对维护检修、操作管理方面都是有益的。因此,国外一般常用飞机轮胎(直径在1.1公尺以上)来制作螺旋选矿机。但是这也需要根据实际情况适当采用,例如在精选粗精矿时,由于矿量少,很显然在这种情况下采用过大的螺旋直径是不适宜的。

(2) 螺距问题:螺距及螺旋角的大小,应当根据原矿性质通过试验决定,但螺距的允许变动范围是很大的。一般来说,螺旋直径在1200公厘时,螺距往往是600~800公厘;当螺旋直径在1000公厘时,螺距是在450~600公厘之间。最重要的是螺旋选矿机的螺距必须处处相等,以保证矿砂的流动正常,砂带稳定。

(3) 给矿粒度:螺旋选矿机一般可以处理 $-6 \sim +0.043$ 公厘的矿砂,需要注意的是矿砂中的含泥(特别是泥团),会影响选别效果。由于在泥团中还含有较多的有用矿物;所以在选别作业前,要很好的进行分级和粉碎泥团的工作。其次是要注意矿砂的形状,尤其是扁薄状脉石,它会加大在螺旋中的摩擦力;由于它在槽底流动,往往混入精矿带而影响了螺旋的分选过程。

(4) 洗涤水的用量:螺旋选矿机的洗涤水要添加得适当,过大时会把重矿物冲向螺旋槽外缘而降低了回收率;过小时又会使泥质和轻矿物混入内侧而进入截取器,因至影响精矿质量下降。故应根据给矿浓度、泥质多少进行适当的调节,一般对较大直径的螺旋,其添加量不超过1立升/秒。

(5) 给矿稀释度:给矿稀释度如前所述是可以在很大程度上变化的,这是螺旋选矿机与一般重力选矿机不同之点。但是它具有一定的限度,一般情况下,给矿稀释度按体积计算可由6:1~8:1;最大不超过4:1,最小不超过12:1。因为稀释度如果过大的话,就会使矿浆发粘;如果过小,重矿物带分离不好,则重矿物不能在第一截取器而是在第二、三截取器排出,影响到回收率的提高。

3. 正确地编制螺旋选矿机的选别流程。以螺旋选矿机为主

的选别流程形式是多种多样的，在砂矿选别方面目前用它作粗选，然后将粗选精矿再返至摇床或磁选机进行处理，以便得出最终精矿。但是这里应该考虑（可以进行试验）用螺旋选矿机得出最终精矿的可能性问题。也就是说，把第一次螺旋选矿机分离出的产品用螺旋选矿机再选一次，所得中矿送到另外的螺旋选矿机复选，这样就可以减少摇床或磁选机等设备、厂房的巨大投资。

这里介绍几种不同流程（图1、2）作为编制流程的参考。

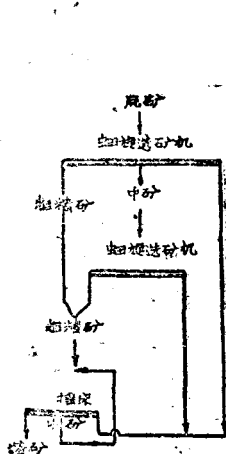


图1 螺旋选矿机与摇床联合选别砂矿流程

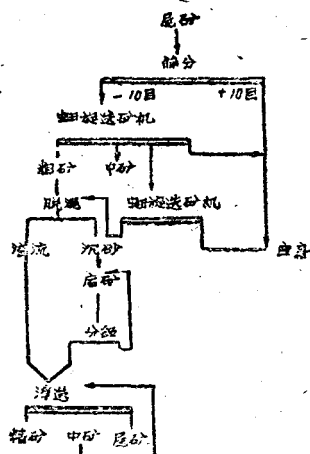


图2 螺旋选矿机回收浮选尾矿中的其他有用矿物的流程

#### 4. 进一步研究螺旋选矿机的结构性能并扩大其使用范围。

螺旋选矿机在选矿上被广泛应用还是最近几年的事情。国外对螺旋选矿机的制造除采用轮胎外，近来大部分都采用铸铁或水泥制造，这样使设备的造价降低了许多。从我国的情况来看，目前有些地方可能不易找到大量的废轮胎，同时为了节约钢材起见，在已经找出螺旋选矿机内矿砂流动规律的单位，可以考虑采用水泥

或是陶瓷来制造螺旋选矿机，在槽里可以安装光滑的衬板，这是非常现实而经济的。

关于螺旋选矿机的理论，现在还缺乏比较系统而全面的论述，还有许多地方需要研究人员作进一步的研究，我们应当加强这方面的工作，才能更好地掌握它的规律加以应用和推广。在国外已在进行用石膏做成各种不同断面的螺旋选矿机，在试验矿浆中加入放射性同位素，以研究矿砂在螺旋选矿机中的运动规律并寻找不同的操作条件，不同的螺旋结构。

以上这些问题，都是我们在推广螺旋选矿机的过程中一定会碰到的。希望我们各个中心试验室及地区试验室加以注意，配合各方面的研究和生产的实践，加强对螺旋选矿机理论与应用方面的试验研究，使它能够更为迅速更为有效地在生产中使用和普遍推广。

## 螺旋选矿机的工作原理及其应用

任 德 树

近年来，螺旋选矿机在选别稀有金属砂矿及其它矿石方面获得了一定程度的应用，例如在1950年，全世界进行生产的螺旋选矿机，已达2700个之多。这种选别机械利用离心力的作用进行选别。由于离心力较重力大得多，因此，在理论上，它们可以更有效地处理细级别的矿石，并且生产量相当大。螺旋选矿机的构造虽然简单，但是在适宜的工作条件下（单独使用或与摇床抑或浮选机联合使用），它可以得到很好的选别效果和较高的回收率。本文仅就其基本工作原理和应用范围加以讨论如下：

### 螺旋选矿机的工作原理

固体含量约15~30%的矿浆自螺旋选矿机的上部给入槽内。液流进入槽子以后，不仅有一个沿槽子向下的螺旋线运动，并且在液流断面内，液体的流动性质也很复杂：液面附近的液体在离心力作用下，沿着液面流向槽子的外缘；而槽底附近的液体则沿着槽底流向槽子的内缘；图1上的小箭头即表示这两部分液体的运动方向，也就是说，在液流断面内，液体产生一个大致是旋转的运动。但是，液流断面并不是静止的，因为整个断面内的液流还同时沿着槽子向下运动，因而在断面内某一点的液体，一方面在液流断面内做旋转运动，另一方面由于整个断面向前运动，因而断面内某点的液体也向前运动。这两个运动的综合，形成一个螺旋线运动。除了这个围绕液流断面旋转的螺旋线运动之外，整个液流还具有一个沿着螺旋形的槽子向下的螺旋线运动。所以液流的最終运动，是由以上两种螺旋线运动组合而成，一般称之为“双螺旋线作用”（Double spiral action）。这个运动的性质

很是重要，在下面談到螺旋选矿机的选别作用时，还要加以討論。

为甚么断面内液面附近的液体和槽底附近液体的运动不相同呢？这是因为他們所受到的离心力大小不相等，液面附近的液体沿槽向下运动的速度很高，而由于离心力的大小是和速度平方成正比，所以受到的离心力作用大，把液体推向槽子的外緣。当液体流向外緣后，与槽底接触的或靠近槽底的液体，由于槽底的摩擦和由于粘度較高（由于固体顆粒沉在槽底附近，該部分液体的固体含量即較高，因而粘度也較高），所以沿槽向下的速度減低，离心力也相应地变小。由于槽子的外緣是傾斜的，当离心力減小时，靠近槽底的液体就自槽外緣沿傾斜槽底流向槽子內緣，如此周轉不已，即形成液流的“双螺旋綫运动”。

液流中的固体顆粒，在液流的“双螺旋綫运动”的影响下进行选别。当液流沿槽子向下运动时，顆粒层即产生自然分层的现象，比重大的顆粒沉在下面，比重小的顆粒涌在上面，和普通溜槽的情况相似。但上面曾經談过，液流的断面内也有着—个螺旋綫的运动，这个运动使液面附近的液体流向槽的外緣。这部分液体流动时，便把液流上部的比重小的顆粒扫向槽的外緣，而在下面比重大的顆粒，則更多地受到槽底附近的液体向內緣流动的影响，因此，比重大的和比重小的顆粒就互向相反的方向流动，从而得到分离。

螺旋选矿机中液流对顆粒的作用也和搖床中相类似。在搖床中，顆粒层上部的小比重的顆粒受到橫向水流作用，产生了跨槽运动，这个橫向水流即相当于螺旋选矿机中向外緣流动的液流。搖床中比重大的顆粒在床面的机械往复运动下，产生沿槽运动，它相当于螺旋选矿机向內緣的运动。为了产生沿槽运动，搖床的床面必須粗糙，而为了产生向槽子內緣的运动，螺旋选矿机的槽面并不一定要粗糙。因为比重大的顆粒的运动是由于槽底附近的液流向內緣的运动所产生的，与槽面的粗糙度关系較少，虽然后者对于顆粒和液流的运动仍有着某些間接的影响。

由此可见，离心力对螺旋选矿机中液流和颗粒的运动起着很大的作用，离心力一般是较高的，因此，颗粒的选别进行得也很快。例如，美国用螺旋选矿机选别铬矿，当矿浆在槽内运行了 $\frac{3}{4}$ 圈时，精矿排矿口即得出回收率为58.4%，选矿比为2.31的精矿；矿浆运行了一圈时，得到的精矿回收率即达到90.7%，选矿比为2.07。

螺旋选矿机中还需要加冲洗水。由于颗粒不断地受液流断面液体运动的作用，有时也可能被冲至液流断面以外，即停留在槽底，不能再运动，此时则需要用冲洗水把这部分颗粒再冲回液流断面以内去。把冲洗水导入槽中的方法是很多的，一种方法是在槽子的外侧或是内侧安置冲洗水槽，如图2所示，并用小管或其它装置把冲洗水导入主槽中。



图1 液流断面的运动情况

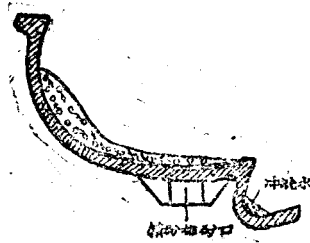


图2 液流断面内的运动情况和冲洗水槽

### 螺旋选矿机的构造

螺旋选矿机可用汽车轮胎、飞机轮胎、铸铁或其它材料制成。苏联使用汽车轮胎制造螺旋选矿机(图3)，其优点是轻、耐磨、螺距能调整。美国则采用铸铁制造，每 $120^\circ$ 制成一段，然后装在一起。槽子的断面形状有很多种不同的样式，如图1、2、4所示。

排矿口的形状和装置如图4所示，5是刮板，和卡子相连，插



入排矿口中，随着排矿数量的多少，刮板的斜度可以任意调节。排矿口的数目和原料性质及螺旋选矿机的圈数有关。铸铁的螺旋选矿机每一小段（120°）即铸有一个排矿口，但事实上不需要这样多的排矿口，一般情况下，每圈有一个即足敷用；而其余的可以堵住不用。苏联用汽车外胎造成的螺旋选矿机有四个排矿口、即在第二圈中间、第三圈中间、第三圈末和第四圈中间各安设一个。上面的排矿口排出的是精矿，流入共同收集槽6（参阅本书“螺旋分离器选砂法”一文中的图3），后面的排矿口排出的是中矿，流入收集槽7。

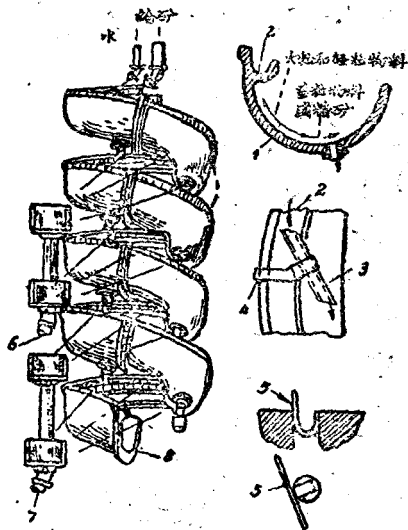


图3 汽车轮胎造成的螺旋选矿机

把冲洗水自冲洗水槽又导入主槽内可用3和4的装置，利用冲洗水的向下流动的动能，可以把水经小弯管3导入主槽。小管3用夹子4固定于槽的外侧；如某点需要冲洗水，则可以把夹子4夹于该处，因此这种装置的调节很方便。

生产使用的螺旋选矿机的圈数是三圈半至六圈；直径是600~1200公厘；螺距是250~650公厘。由于这些参数没有适当的公式可以进行计算，因而它们要根据具体情况由试验来确定。

假如忽略液流断面内的液体旋转运动，则我们可近似地求出矿浆流量和槽子斜度以及液流断面高度之间的关系：

令  $Q$ ：液流断面单位宽度的矿浆流量；

$\mu$ ：矿浆的粘度；

$\theta$ ：液流断面的高度；

$\Delta$ ：矿浆比重；