

建材情报资料

总第8136号

非金属矿类 5

# 世界各国天然 石墨的生产和市场发展情况

建材部技术情报标准研究所

一九八一年十二月



## 前 言

世界天然石墨主要分布在亚洲、欧洲，美、澳、非洲较少。石墨总储量主要集中在发展中国家，据75年统计，发展中国家石墨储量占世界总储量的73.7%，其中晶质石墨占68.5%，隐晶质石墨占87.8%。发达国家一般没有足够的石墨资源，因此，不得不进口，只有奥地利和瑞典(储量分别为1000万吨和2000万吨)和苏联例外。储量最大的是苏联，质量最好的是亚洲的斯里兰卡和非洲的马尔加什。朝鲜和我国的资源也很丰富，到目前为止我国已探明的储量为7000多万吨(其中C<sub>2</sub>级远景储量为5000万吨)。

1979年世界天然石墨的总产量约为54万吨，估计1980年较1979年增长1~2%。我国石墨的产量(约11万吨)占世界第二位，仅次于苏联。在世界总产量中，苏联、中国、朝鲜的石墨产量占重要地位，据估计这三个国家石墨产量之和超过全世界总产量的一半。我国天然石墨用途广泛，产品质地优良，尤其是山东的鳞片石墨，很受国际市场欢迎，享有较高的声誉。目前整个国际市场石墨需要量为40多万吨/年，但贸易市场货源只能满足50%。预计到2000年世界石墨需要量将达110万吨。

近年来，我国石墨、石棉、滑石、大理石等非金属矿产品的出口换汇总额一直占整个建材产品总换汇额的一半以上。

# 目 录

## 一、天然石墨的主要产地及其加工工艺

|             |       |
|-------------|-------|
| 美国.....     | ( 1 ) |
| 苏联.....     | ( 3 ) |
| 西德.....     | ( 9 ) |
| 捷克斯洛伐克..... | (10)  |
| 奥地利.....    | (12)  |
| 日本.....     | (13)  |
| 挪威.....     | (14)  |
| 斯里兰卡.....   | (14)  |
| 马达加斯加.....  | (15)  |
| 中国.....     | (17)  |

## 二、天然石墨的消耗和市场贸易情况

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 1.不同用途的石墨产品的需要情况.....    | (19) |
| 2.美国天然石墨的消耗情况.....       | (20) |
| 3.国际市场的贸易形势.....         | (20) |
| 附录 苏联等国家不同石墨产品的质量要求..... | (24) |

## 一、天然石墨的主要产地及其加工工艺

天然石墨是在各种地质因素的影响下生成的。其生成条件及其中含碳物质的最初组分至今尚未完全搞清。据报道,天然石墨矿床有7种成因形式:岩浆形成,接触交代形成,气化热液形成,质变形成(或由分散的有机物质形成),变质形成(煤的接触热变质)和风化形成。

由于生成条件不同,而含碳物质和伴生岩石的最初组分亦不同。因此,所有已知的石墨矿床不仅在结构和构造上不同,而且石墨的含碳量和伴生岩石的化学成分也不同。

石墨矿物结晶属六方晶系,具有层状构造。每一网层间距为 $3.354\text{ \AA}$ ,同网层碳原子间距为 $1.42\text{ \AA}$ , (图略)。上一层面网六边形的一个角正好位于下一层面网六边形的中心。网层间以分子键联结,具有天然疏水性。

石墨的性能取决于晶体大小,形状和相互排列。至今,石墨尚无按结构类别的统一分类法。例如,捷克把天然石墨分为晶质石墨(鳞片大于 $0.001$ 毫米);隐晶石墨(鳞片小于 $0.001$ 毫米)两种。英国则分为矿脉(块状)石墨(鳞片大于 $1$ 毫米);非晶质石墨(鳞片小于 $1$ 毫米);晶质石墨(较大的或鳞片状)。

苏联按B.C维谢洛夫分类法,石墨分为致密晶质石墨(晶体用肉眼或显微镜可见,其外来杂质是以包裹体的形式存在的);鳞片石墨(由大小为 $1\sim 0.01$ 毫米的鳞片组成,鳞片层间往往有云母和方解石夹层,只有非常细的鳞片才是单晶片);隐晶质石墨(分为微晶和非晶质石墨,晶体为 $0.01\sim 0.0001$ 毫米,隐晶质石墨矿床的特点是含碳量高,可达 $98\%$ );另外,还有石墨化的无烟煤及碳沥青(一般无工业意义)。

世界天然石墨的主要产地(按结构类型划分)如下:

致密晶质石墨——斯里兰卡、印度等。鳞片石墨——马尔加什(马达加斯加)、奥地利、中国、朝鲜、苏联、西德等。

隐晶质石墨——美国、捷克、朝鲜、南朝鲜、墨西哥、苏联、中国等。

世界各国天然石墨储量列于表1。

### 美国

目前,美国有两个石墨矿床在开采。石墨总储量为136万吨。较大的一个是位于得克萨斯州贝尔涅特西部约16公里的鳞片石墨矿床,矿石含碳量为 $4.5\sim 5\%$ 。由约瑟夫、狄克逊、克鲁西勃尔公司的萨乌图埃斯捷恩石墨矿开采加工。该公司在美国国内外出售近30种石墨。矿山采用打眼放炮法进行露天开采,矿石用汽车运至选矿厂。石墨矿石的选矿采用浮选法。萨乌图埃斯捷恩石墨矿的选矿流程见图1。经过两次磨矿,一次粗选,三次精选,可获得含碳量为 $96\sim 97\%$ 的浮选精矿。然后将其粉碎、筛分至最终产品。

另一个较小的矿床在亚拉巴马州科列依附近。原矿含 $4\sim 6\%$ 的鳞片石墨。矿床从19世纪末就开始开采,现已基本采空。因尚未发现其它石墨资源,目前已制定了生产石墨并同时回收含云母和矾的浮选厂计划。为了满足国内的需要,美国的一些其它公司加工从墨西哥、西德、马来西亚、斯里兰卡进口的原矿。其中最大的埃兹巴里石墨公司主要加工墨西哥的两个大型矿山的矿石,该公司的分公司“格拉费杰拉、德索诺列”公司也加工墨西哥矿石。

表 1

| 大陆和国家 | 石墨总储量(千吨) |       |       | 其中证实储量和可能储量(千吨) |       |       |
|-------|-----------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
|       | 总 计       | 晶 质   | 非 晶 质 | 总 计             | 晶 质   | 非晶质   |
| 欧洲    | 37060     | 26060 | 11000 | 16500           | 6000  | 10500 |
| 奥地利   | 10500     | 500   | 10000 | 10500           | 500   | 10000 |
| 意大利   | 1000      | —     | 1000  | 500             | —     | 500   |
| 挪威    | 500       | 500   | —     | 500             | 500   | —     |
| 西德    | 5000      | 500   | —     | 5000            | 5000  | —     |
| 瑞典    | 20000     | 20000 | —     | —               | —     | —     |
| 苏联    | *         | *     | *     | *               | *     | *     |
| 亚洲    | 62380     | 42250 | 20140 | 6550            | 3250  | 3340  |
| 印度    | 20000     | 20000 | —     | 1000            | 1000  | —     |
| 斯里兰卡  | 20000     | 20000 | —     | —               | —     | —     |
| 南朝鲜   | 21600     | 1600  | 20000 | 4800            | 1600  | 3200  |
| 日本    | 700       | 650   | 140   | 700             | 650   | 140   |
| 中国    | 70000     | *     | *     | *               | *     | *     |
| 非洲    | 23720     | 22720 | 1000  | 66              | 56    | 10    |
| 肯尼亚   | 1000      | —     | 1000  | 10              | —     | 10    |
| 马达加斯加 | 20000     | 20000 | —     | —               | —     | —     |
| 摩洛哥   | 2000      | 2000  | —     | —               | —     | —     |
| 莫二鼻给  | 100       | 100   | —     | —               | —     | —     |
| 坦桑尼亚  | 500       | 500   | —     | 50              | 50    | —     |
| 南非共和国 | 100       | 100   | —     | —               | —     | —     |
| 美洲    | 33410     | 1800  | 31610 | 2100            | 1000  | 1100  |
| 阿根廷   | 100       | 100   | —     | —               | —     | —     |
| 巴西    | 800       | —     | 800   | 800             | —     | 800   |
| 格陵兰   | 150       | 100   | 50    | —               | —     | —     |
| 加拿大   | 1000      | 1000  | —     | 400             | 400   | —     |
| 墨西哥   | 30000     | —     | 30000 | —               | —     | —     |
| 美国    | 1360      | 600   | 760   | 900             | 600   | 300   |
| 澳大利亚  | 1000      | 1000  | —     | 113             | 113   | —     |
| 共 计   | 157880    | 93830 | 63750 | 25269           | 10419 | 14950 |

注：\* 表示数字不清。

斯尤尼里叶尔石墨公司在墨西哥的分公司苏别里奥尔石墨公司在墨西哥进行采矿，公司的石墨加工厂设在芝加哥，生产多种石墨粉和胶质石墨乳。

乌恩克斯公司的分公司乌恩克斯工程材料公司加工墨西哥、西阿、米涅拉、莫拉吉列公

司的原矿，生产多种用于冶金工业的石墨乳、石墨粉和电碳制品。此外，还有一些较小的石墨公司，如底特律的卡米克—莫尔石墨公司、恰尔里兹、贝吉诺斯石墨公司等。据悉，美国的得克萨斯州伯尼特的西南石墨公司，因矿山枯竭，已于1979年11月关闭。美国在本国及其在加拿大的分公司的现有工厂中，采用最多的最基本的浮选工艺流程如图1~5。

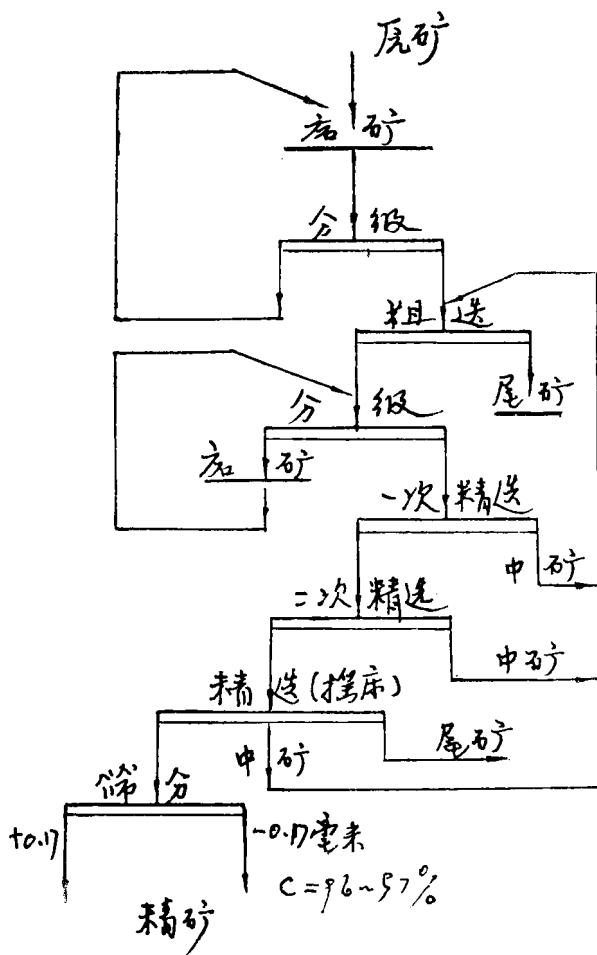


图 1

## 苏联

近年来，由于国内的大量需要，促进了天然石墨的生产，据估计1979年石墨产量已超过11万吨。正在开采的石墨矿山有塔吉克、扎维耶斯克、博托哥尔、塔什干、洛金斯地区。其中晶质石墨约占96%。除博托哥尔地区少量地下开采外，其余均为露天开采。博托哥尔矿位于东萨彦岭中部，自19世纪末以来一直在勘探和开采中，该矿是晶质石墨矿。虽然，苏联晶质石墨矿品位很低(含碳率为2.5~3.5%)，但其矿石总储量很大(占96%)。由于采用了浮选技术，可获得含碳量达87~98%的石墨精矿。

苏联塔依金斯卡亚选矿厂，选矿过程为：破碎、磨矿(-74微米级占20~25%)、粗选、两次控制浮选，12次粗精矿精选作业和五次再磨。所用的捕收剂为提纯煤油，用量为350克/吨；

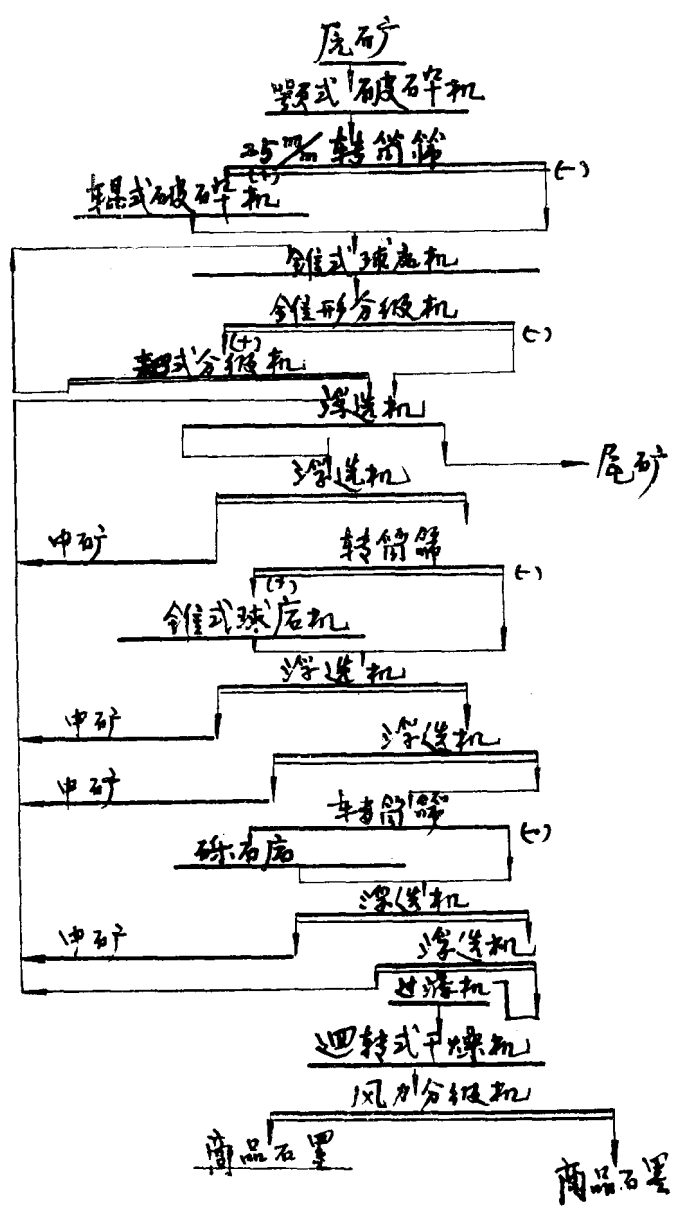


图 2 选矿工艺流程

起泡剂为T-66起泡剂，用量为110克/吨；废石抑制剂是水玻璃，用量1500克/吨。浮选精矿经脱水、干燥，最后进行产品分级，按用户需要生产出各种专门用途的石墨产品。得到的原精矿和低灰分精矿的相应灰分为18%和 8 %。回收率在84~90%之间。然而，还存在难选的石墨矿石，用选矿厂现用的浮选制度无法进行分选。加工的矿石中，由于有这种矿石的存在，会骤然降低选矿指标。

苏联玛格尼塔哥尔斯克矿冶学院研究了难选石墨矿石的浮选工艺，取得了较好效果。难选矿石试样是石墨、长石、片麻岩和石墨黑云母片麻岩，它们在不同程度上被高岭土化和风化。部分矿石由于黄铁矿和黑云母的分解而铁矿物化。矿石中主要矿物有石英、长石、黑云母和石墨。石墨呈单独的颗粒状或呈同石英和长石的连生体存在。矿石试样的化学组分有：

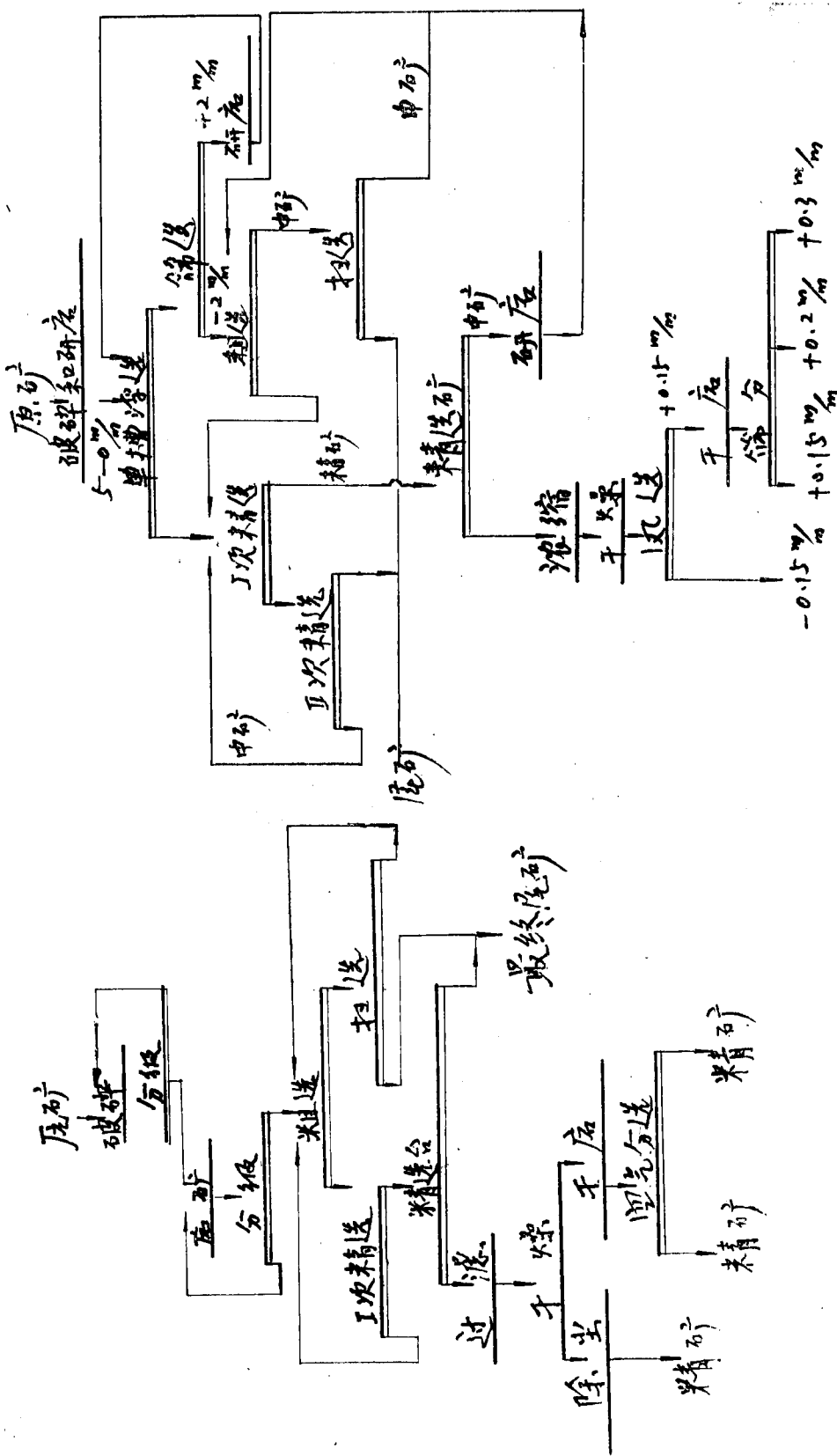


图3 斯特恩达尔石墨厂石墨矿选矿流程(美国)

图4 亚拉巴马弗莱克石墨厂石墨矿选矿流程(美国)



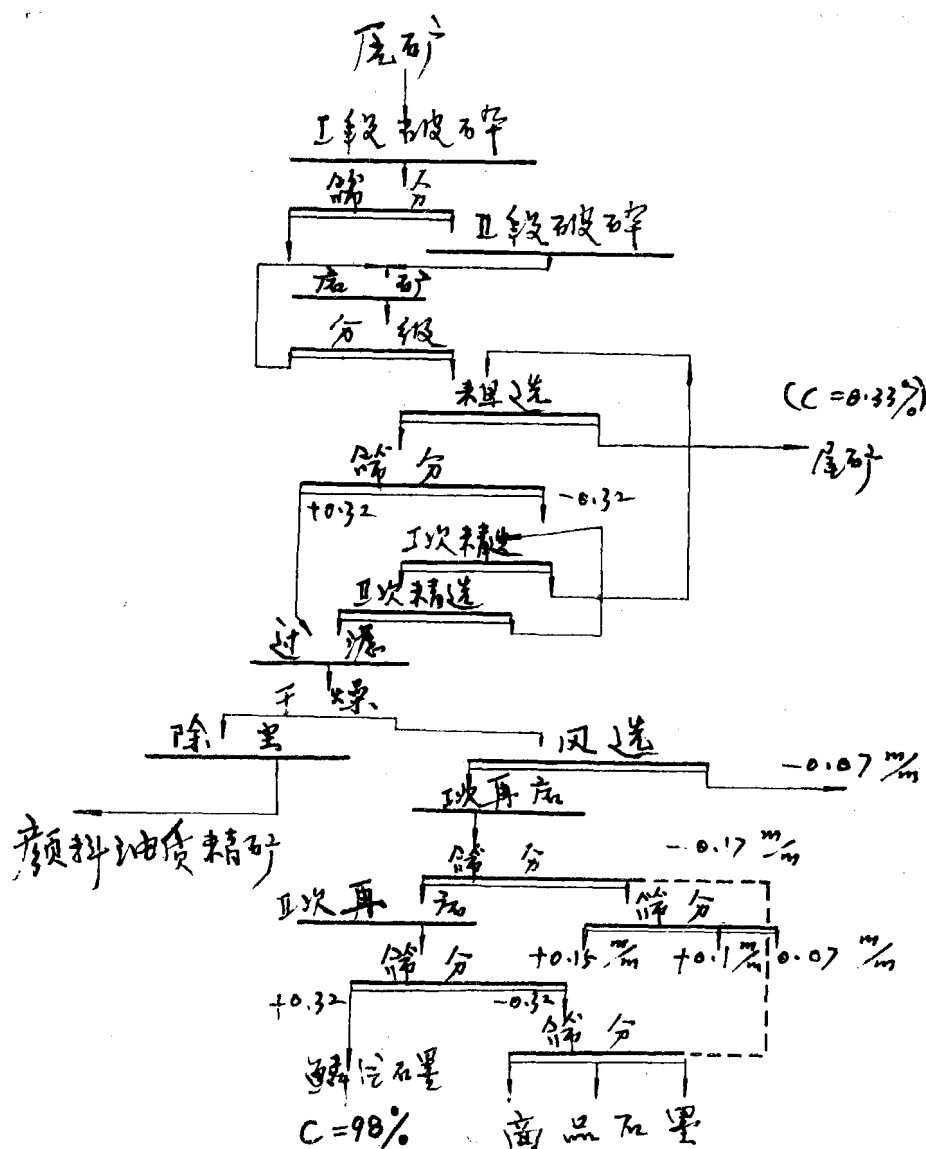


图5 加拿大勃莱克多纳里特厂的石墨矿石选矿流程

C3.93%, SiO<sub>2</sub>75.07%, CaO1.96%, MgO2.09%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>7.32%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>3.22%, 烧失量6.42%。

实验室浮选试验是在φ4-157型浮选机上进行的。浮选槽容积为1800cm<sup>3</sup>, 固体含量20%。矿石用130×220毫米间歇式球磨机磨矿, 固:液:球的比例为1:1:6。磨矿矿浆的PH值为3.5~4.3。

试验表明, 在磨矿中加入钙化苏打和石灰能大大地提高碳的回收率。当每吨矿石加2公斤石灰时, 回收率可提高到88%。石灰和苏打的最佳添加量分别为2公斤/吨和4公斤/吨。而水玻璃、煤油和起泡剂的最佳添加量相应地应为1500、500和110克/吨。

塔依金斯卡亚选矿厂进行了工业性试验。他们将钙化苏打的用量降低到2.6公斤/吨, 煤油的用量为576克/吨, 得到的精矿中碳回收率为83.35%; 粗精矿和低灰分精矿的灰分分别不超

15%和8%。每班石墨精矿的平均产量达13775公斤。

苏联正在有计划地增加非晶质石墨的生产，非晶质石墨矿石含碳很高，可达86%，但矿分布分散，交通不便，开采困难。例如，洛金斯基矿位于中西伯利亚的克拉斯诺亚尔斯克地区以北约100英里。该矿交通不便，并由两个相交为 $2\sim 4^\circ$ 角的矿体组成，其埋藏深度为30~160米，地质条件复杂。石墨矿石是受一种岩石严重浸染的块状结构，矿体厚度小，矿石质量次，矿石含碳量为86%，灰分11%，挥发分2%，硫0.20%。因此给开采和选矿加工带来极大困难。在这种特殊情况下，采用了地下开采。采出的矿石被运至克拉斯诺亚尔斯克选矿厂，经破碎、干燥、研磨、精选(现尚未进行精选)。铸造用石墨(灰分低于13%)的生产是：破碎、干燥、磨粉、包装出厂。目前苏联罗蒙特里弗洛斯石墨研究所，已经研究出一种非晶质石墨的选矿方法，即低灰分连续分级热磨分选法。

苏联的查瓦里耶石墨矿，是苏联最大的鳞片石墨生产矿，年产石墨4~4.2万吨。

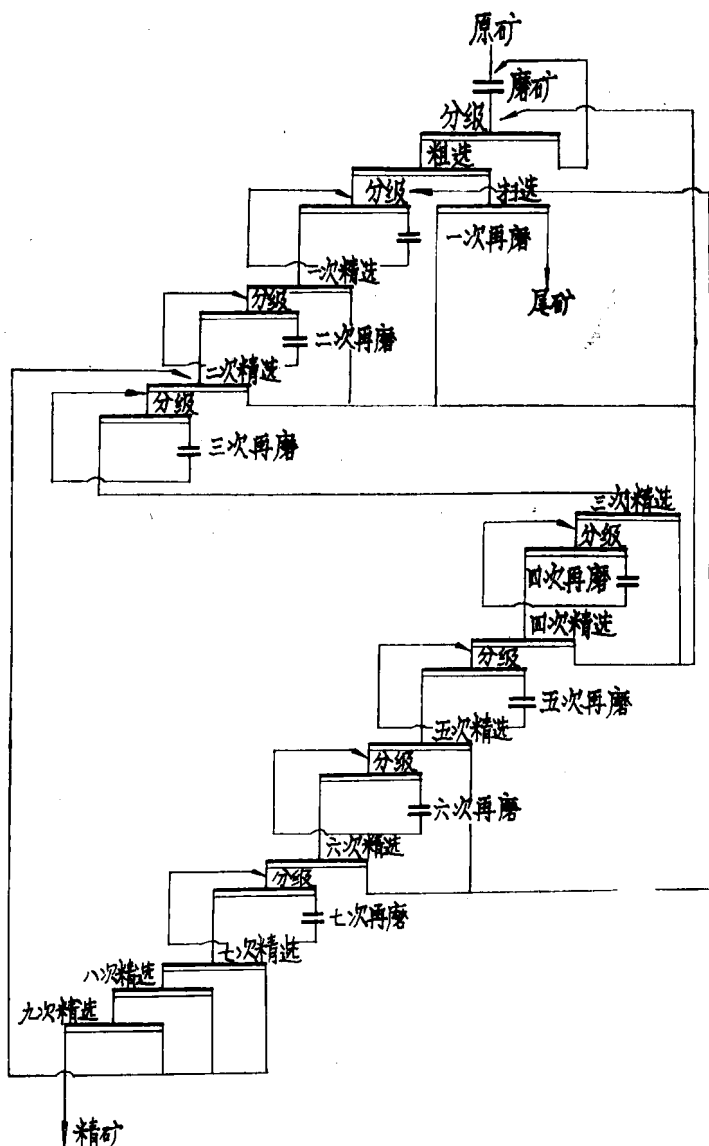


图6 查瓦里耶石墨选矿流程

石墨产于被风化的长石片麻岩中，矿石被强烈地绿泥石化、绢云母化、高岭土化。矿脉在表示层下40米，宽100米，深100米，原矿品位为6~7%，精矿品位为90~91%。系露天采矿。

选矿厂生产普通鳞片石墨、电碳和高碳石墨。前者采用浮选法获得，高碳石墨则用化学方法提纯获得。品位为99%以上。

选矿流程如图6所示，原矿粒度小于90毫米，经过粗选及扫选丢尾矿，粗精矿经过七次精选得最终精矿。

该石墨矿石浮选流程的特点是再磨再选次数较多；再磨机给矿物分级；中矿原则上集中返回。增加精选次数和将中矿集中返回有利于提高精矿质量。因此，该厂的浮选精矿品位较高，一般都在90~91%之间。从一次再磨到七次再磨机的给矿采用预先分级，分出合格的粒级，进入下一步选别作业，而将粗级别进行再磨。这样，有利于保护石墨晶体。但是，再磨再选过于频繁，流程较为繁杂。

浮选精矿用离心机脱水，回转炉干燥，再由运输机送至回转筛分级得最终成品。石墨用纸袋包装，自动称计量，人工缝包，每袋净重30公斤。

质量标准 and 用户协商而定，幅度较宽。

磨矿浓度及时间见表2，浮选时间见表3，石墨质量标准见表4。

选矿厂处理每吨原矿消耗煤油0.53公斤，起泡剂0.15公斤，水玻璃2.63公斤，硫酸3.5公斤，纯碱2.8公斤，盐酸3.6公斤，耗电33.4度，水5.83吨，钢球0.67公斤。

磨矿作业浓度和磨矿时间

表 2

| 浓度与<br>时间 | 作业名称 | 一次再磨 | 二次再磨 | 三次再磨 | 四次再磨 | 五次再磨 | 六次再磨 | 七次再磨 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 浓度(%)     |      | 53   |      | 48   | 45   | 45   | 45   | 47   |
| 磨矿时间(分)   |      | 30   | 30   | 13   | 4    | 8    | 6    | 13   |

浮 选 时 间

表 3

| 作 业 名 称 | 浮选时间<br>(分) | 备 注      | 作 业 名 称 | 浮选时间<br>(分) | 备 注     |
|---------|-------------|----------|---------|-------------|---------|
| 粗选      | 4.5         | 6A浮选机12槽 | 五次精选    | 11.1        | 5A浮选机3槽 |
| 扫选      | 4.9         | 6A浮选机12槽 | 六次精选    | 7.9         | 5A浮选机3槽 |
| 一次精选    | 7.5         | 5A浮选机9槽  | 七次精选    | 9.9         | 5A浮选机5槽 |
| 二次精选    | 12          | 5A浮选机7槽  | 八次精选    | 12.1        | 5A浮选机5槽 |
| 三次精选    | 8.7         | 5A浮选机8槽  | 九次精选    | 10.1        | 5A浮选机4槽 |
| 四次精选    | 7.1         | 5A浮选机8槽  |         |             |         |

高碳石墨是普通鳞片石墨经特殊化学处理后制得。是将含灰分为9~14%的石墨精矿，在温度850~950℃用碳酸钠处理，然后用5%的硫酸溶液处理。这样处理的结果，硅酸盐混合物(石英、黑云母等)和碱作用，形成新的硅酸盐，溶解在普通酸里。这种工艺保证得到灰分为0.5%的石墨。为使选矿工艺中分离灰分小于0.5%的石墨，精矿在焙烧苏打溶液中煮沸，除去剩余的硅酸盐，同时在硅酸盐溶液中煮沸，以保证获得灰分为0.1—0.2%的石墨。其工艺流程如图7。

查瓦里耶石墨质量标准

表 4

| 牌 号 | 固 定 炭<br>(%) | 水 分<br>(%) | 粒 度 (微米) |       |       |       | 备 注    |
|-----|--------------|------------|----------|-------|-------|-------|--------|
|     |              |            | 200      | 160   | 71    | 63    |        |
| KЛЗ | 80~88        | 1.50       |          | 40%   | >30%  | >30%  | 铸造     |
| ЭУЗ | 94~95        | 1.00       |          | 20%   |       | >80%  | 电器     |
| ЭЗК | 85~92        | 1.00       |          | 40%   | >35%  | <25%  | 电器, 铸造 |
| ЭЗМ | 85~92        | 1.00       |          | 10%   |       | >45%  | 电器, 铸造 |
| ТЗ  | 90~95        | 1.00       | >70      |       | <50%  |       | 坩埚, 润滑 |
| КЗА | 96~97        | 1.00       |          |       | <0.5% | >99%  | 铅笔, 润滑 |
| КЗБ | 94~96        | 1.00       |          |       | <1.0% | >99%  | 铅笔, 润滑 |
| П   | 92~94        | 1.00       |          | <1.5% |       |       | 电炭制品   |
| ГМА | 99~99.5      | 0.50       | >70%     |       | <5%   | <5%   |        |
| ГМТ | 99~99.5      | 0.50       |          | 5%    | 10.5% | 10.5% |        |
| ГМЕ | 99~99.5      | 0.50       |          | <50%  |       |       |        |

普通石墨 + 焙烧苏打;  
 ↓  
 拌匀烘干, 3:1(相对灰分残渣);  
 ↓  
 烧熔, 温度900°C;  
 ↓  
 冷却, 温度50°C;  
 ↓  
 在水中煮沸, 固:液 = 1:3;  
 ↓  
 冲洗和过滤, PH = 7~8, 测定灰分;  
 ↓  
 5%的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>处理, 1:3, 30分钟;  
 ↓  
 冲洗和过滤, PH = 7~8, 测定灰分;  
 ↓  
 在3%的HCl溶液中煮沸;  
 ↓  
 冲洗和过滤;  
 ↓  
 干燥;  
 ↓  
 筛分;  
 ↓  
 电磁分选;  
 ↓  
 包装;  
 ↓  
 入库C = 99%

(图 7)

### 西德

西德石墨生产下降, 已从1974年17000吨的最高纪录到1978年降到12000吨。其主要产地是帕绍地区的露天矿和克洛夫尔石墨公司的地下矿。

西德巴伐利亚州的帕绍地区, 有个品质石墨矿是欧洲最古老的矿床之一。矿石储存于片麻岩和结晶岩中。石墨总储量为500万吨。该矿床从中世纪开始开采, 1877年按德意志帝国的42号专利, 首次采用浮选法将石墨与脉石分离。奠定了石墨浮选工艺的基础。

克洛夫尔矿床位于多瑙河上游，巴伐利亚山脉。石墨夹于大理石和云母片麻岩中，约有20层，矿层厚度为0.3~1.5米，矿体走向长度达137米。石墨矿石品位在10~30%之间，平均品位20~25%。伴生矿物主要有长石，方解石，黄铁矿、磷黄铁矿、闪锌矿和方铅矿。由克洛夫尔石墨公司开采，采用地下开采法。采矿巷道长达48公里，1979年开采深度已达1600米。矿石由轨道运输装置从工作面送至主井筒，然后送到选矿厂。

矿石在带有筛分机的密闭式“萨伊莫恩斯—1250”锥型破碎机内进行粗碎。破碎产品粒度小于5毫米，通过皮带称自动称重。矿石送至棒磨机磨矿，经五台球磨机再磨。棒磨机带有单螺旋分级机，球磨机均带有耙式分级机。然后进入粗选。

浮选过程采用机械搅拌浮选机。捕收剂(煤油)和抑制剂(纯碱)放入棒磨机，起泡剂(浮选油)直接放入浮选机。浮选分12个阶段进行。通过浮选可获得灰分含量为5~6%碳含量为93%的石墨精矿，回收率达95%。

该矿生产工艺机械联系图如图8所示。

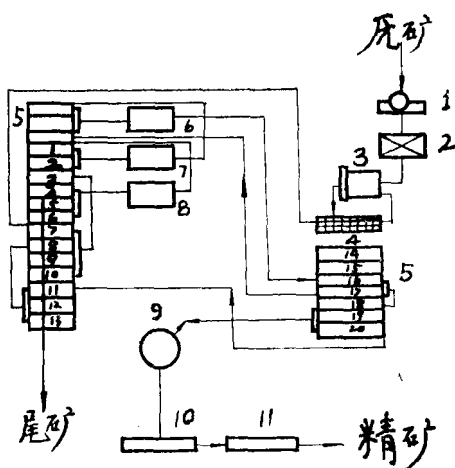


图8 1.破碎，2.料仓，3.磨矿，4.分级，5.浮选，6、7、8、再磨，9.浓缩，10.过滤，11.筛分

精矿在离心机里脱水至含水量为25%，然后在转筒干燥机内干燥。干燥后再研磨，分级。石墨产品应用于各工业部门。例如，含碳量为65%的石墨用于铸造工业；含碳量为99.995%的微米粒级石墨粉用于核反应堆。

该公司在汉堡市的韦德尔加工厂生产高纯度的石墨，年生产能力为1.7万吨，产品有70种不同等级的石墨粉。从1975年开始，该公司在矿山和加工企业进行技术革新，安装了自动化和机械化程度很高的设备，更加完善了生产工艺。它在国外拥有分公司，如南非石墨有限公司，生产少量晶质，鳞片石墨产品。

此外，西德还从国外进口大量石墨，其中部分用于国内需要，其余部分加工成石墨粉或其它制品再出口。

### 捷克斯洛伐克

捷克是欧洲少数晶质石墨和隐晶质石墨储量丰富的国家之一。其在19世纪末20世纪初，

目前,捷克在南捷克省已探明的矿床和莫拉弗石墨区(兹诺伊莫、秋威察、奥列许尼采、斯尼兹尼克附近的斯大罗密斯塔、勃伦纳等地)进行。此外,还有大量(捷尔尼附近的帕修马娃、捷克克鲁姆洛娃、杜恩、聂托里采等)已探明、但未开采的矿床,尤其是在主要石墨产地南捷克省。捷克现仍继续进行系统的地质工作,以探明准确的储量并发现新的矿床。

[illegible]

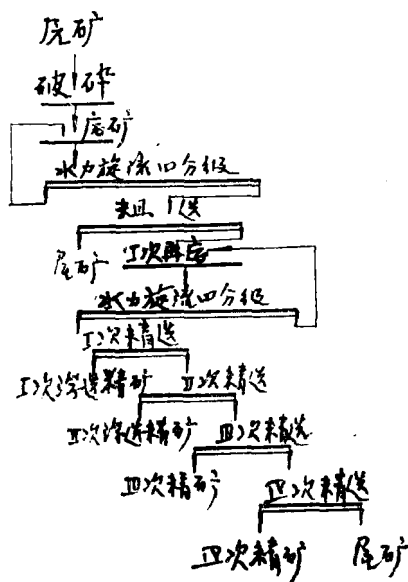
细晶石墨的选别流程是，球磨机与水力旋流器构成闭路，溢流(小于0.075毫米占86~91%)通过搅拌桶送去粗选，粗精矿(泡沫产品)进入与水力旋流器构成闭路的磨机中再磨，使-0.075毫米粒级为100%，然后进行精选。结果可获得含碳量为75~78%的精矿，回收率为80%。

11

0.075毫米粒级占60—70%，一次浮选后得粗精矿。以下三个阶段是在与水力旋流器构成闭路的磨机内再磨粗精矿，并进行精选。最终精矿的含碳量约为86%，回收率为80~85%。两部分(细晶和粗晶)精矿都在压滤机内脱水，在圆筒干燥机中干燥，并按+0.2毫米；-0.2+0.15毫米；-0.15+0.12毫米和-0.12毫米几个等级分级成商品石墨。

该厂用细晶粗精矿获得粒度小于60微米的石墨。其加工特点是，在浮选前采用与水力旋流器构成闭路的磨机进行磨矿，浮选药剂为煤油(200克/吨)和浮选油(500克/吨)。浮选设备采用“米哈诺布尔—5”浮选机，矿浆pH为8。

莫拉维亚矿床为隐晶质石墨矿床，选矿在鲁特内山谷选矿厂进行。该厂采用浮选工艺，先将粗选精矿再磨。然后，通过水力旋流器分级，进行4次精选。入选品位为29~33%的原矿，经“米哈诺布尔”浮选机浮选(矿浆的pH为6—7)后获得的精矿为：一级品含碳量约70%，二级品含碳量为55~60%，三级品含碳量为50~55%，回收率为70~74%。浮选药剂采用甲酚油和石油。“鲁特内山谷”选矿厂隐晶质石墨选矿流程如图10。



为了获得含灰分杂质最少的石墨，1962—1965年间，在伐耳塔伐河上游的杜恩建立了一座对浮选精矿进行化学处理的工厂。其工艺为先用液态碱焙烧浮选精矿，然后用酸处理。这样，捷克生产的所有的浮选精矿都可提纯为含碳量99.5%以上的石墨产品。该厂从1967年采用这种工艺以来，生产各种胶质石墨乳和润滑冷却液。目前与1967年相比，产品产量已增加了六倍。

图 10

## 奥地利

奥地利是世界天然石墨主要生产国之一，1900年曾占世界产量的41.2%，它有两个石墨矿带，其中较大的矿带沿阿尔卑斯山的东部延伸山麓，较小的矿带由奥捷交界处向南延伸，直至多瑙河流域。这两矿带是由沥青和其它含矿物质经变质作用而成矿。由于成矿条件不同，而形成不同的石墨矿带。总储量为1050万吨。

阿尔卑斯山麓的石墨矿床属于隐晶质石墨矿床，位于累欧本以南16公里，由累欧本一直延伸至毛乌杰伦。原矿品位为40~88%。目前，由卡依杰尔贝尔格、弗拉恩兹曼叶尔，曼里恩霍夫、EM石墨山公司经营。采用地采法开采，其鲁多夫矿段六个矿体的石墨很软，具有较高的耐火性。与石墨共生的矿物有白云母、绢云母、黑云母、绿泥石、硬绿泥石、锆英石、钛铁矿、屑石、磷灰石、电气石等。采出的矿石直接在工作面按含碳量进行分级。含碳量30~40%是最低级的矿石，含碳量最高的为78~83%。将在工作面分级过的矿石送选矿厂进行选矿。先用Леме磨进行磨矿，再用空气分级机和旋流器进行分级，然后进行干选或湿选。

干法选矿流程如下：破碎的石墨用圆筒干燥机干燥后，通过振动筛进行分级，获得各级产品。产品还可用锤磨机进行再磨，得到各种石墨产品。

隐晶质石墨浮选是该公司在1952年首创的。采用三次精选、一次再磨。用煤油为捕收剂，松油和浮选油为起泡剂。矿浆的pH=8。精矿含碳量可达90—92%。

该选厂设有精矿化学净化装置，经化学处理含碳量可达99~99.75%。该选厂是世界有名的石墨选矿厂。

目前，除上述石墨矿外，还在开采另名为“丛克”的隐晶质石墨矿床。该矿位于特鲁贝恩市以南3公里，东距达乌埃尔恩公路约500公里。矿床处在海拔1000米的高度上，沿尤杰恩布尔格州的卡塔斯特罗尔公社的北部边界有16个采区。矿床是从1955年开始开采，最初是露采，目前，在“丛克”矿山有两个（依达矿段位于山脊的东南部，霍赫舒尔弗矿段位于山脊的西北部）由山脊隔开的矿段采用地采。依达矿段的矿层厚度为3米，霍赫舒尔弗矿段的矿层厚度为2米。生产的成品平均含碳量为75%。现由密尤列尔石墨公司开采。

沿维纳西部多瑙河左岸有一个晶质结构较完善的石墨矿床，这大概是西德帕绍石墨矿化带的延续，该矿床矿石平均品位为45~50%，采用机械化露天采矿法。该矿由帕里索克·恩特公司经营，年采矿石12000吨。

## 日本

日本国内无足够的石墨资源（总储量79万吨），不得不靠进口满足需要。但它有许多石墨选矿企业，例如，岐阜德埃恩斯爱选矿厂，从含碳量为4.8%的原矿用W型浮选机浮选，获得含碳量为80.3%的精矿。除优质石墨外，还同时回收铋和铅。日本也进行隐晶质石墨的浮选，但未见其工艺流程的报道。

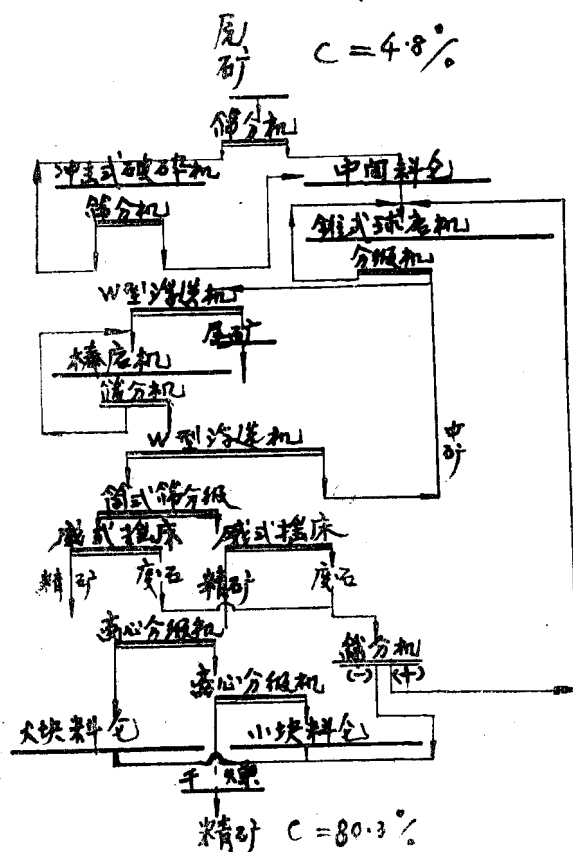


图11 “德埃恩斯爱”矿石石墨浮选流程



## 挪威

挪威是粗晶质石墨(总储量约50万吨),其主要产地有:塞尼亚岛的斯卡伦矿床、累卡岛的叶涅斯达矿床、德尤普维恩格矿床、拉乌达尔斯维克矿床、瓦埃尔涅斯矿床和拉姆斯加尔吉伦矿床。目前只有斯卡伦矿床在开采。因其它矿床石墨质量差含量低。

斯卡伦矿床位于挪威北部,塞尼亚岛的西北。晶质(鳞片)石墨的储量为100万吨。矿石贮于古代褶皱晶质片麻岩中,多处夹有花岗岩和辉长岩侵入体。该矿矿层平均厚度为3~5米,矿石中的平均含碳量为25~30%。该矿由英国埃弗雷迪(霍尔丁)有限公司的分公司—挪威斯卡伦石墨公司经营。采用地下深井开采,年产矿石量为4万吨。

矿石从矿井送至选矿厂(选厂1979年能力为1万吨石墨/年),经破碎、磨矿后进行浮选、然后干燥、筛分、再磨和风力分级。最终浮选精矿,含碳量为88~90%,含铁量为0.4%,含硫量为0.3%,含铜量为0.005%,回收率为91%。浮选药剂为煤油、松油、抑制剂为氰化物。为了制取含碳量在99%以上的石墨,又采用了电热选矿法。

选矿厂的选矿流程见图12。

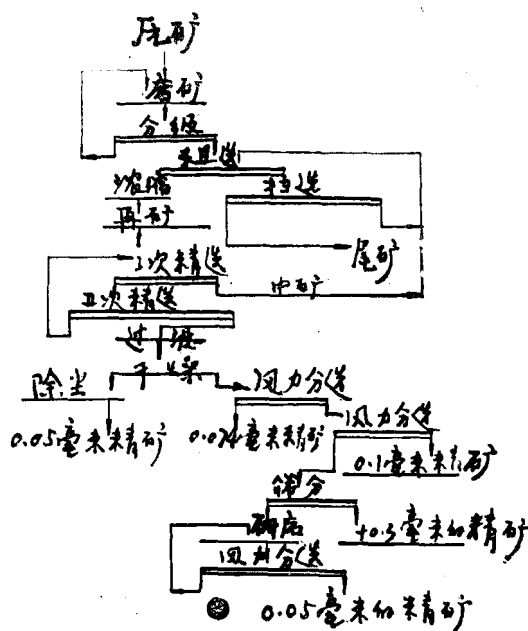


图12 “斯卡伦”选矿厂的选矿流程

## 斯里兰卡

斯里兰卡晶质石墨(按英国分类法,称为块状石墨)的储量占世界首位(总储量2000万吨)。矿藏分布于该岛的西部和西南部。1827年开始开采,石墨矿体呈脉状透镜状囊状太古片麻岩,变质石灰岩和结晶页岩中空洞充填块状。矿脉延伸数百米,厚度达数米。伴生矿物有黄铁矿、磷灰石、石英、长石、云母、黄玉、电气石、辉钼矿和自然铜。根据商业需要,斯里兰卡把石墨按物理性能不同分两大类:显晶质石墨(鳞片结构),柔软光滑并具有金属光泽,晶质石墨颗粒微小致密、光泽暗淡。矿石中的平均含碳量为75%,个别矿段的含碳量高达98%。