



第二屆和平利用原子能國際會議文獻

核燃料和廢物處理

9

中國科學院原子核科學委員會編輯委員會編

科學出版社出版

核燃料和废物处理 1—9 集 总目录

一、核原料的加工

P/2061	放射性分选铀矿的若干问题	第九期
P/2062	论人工混合矿物和矿石的非品质沥青铀矿的浮游性	第九期
P/499	含铀胶质矿泥的絮凝、浓缩和过滤	第九期
P/1255	石灰在浓缩铀中的应用	第九期
P/1526	铀之萃取及提纯的新方法	第八期
P/1024	从查大黎加页岩回收铀	第九期
P/1112	加压浸取南非低品位铀矿的一些重要经济因素的初步评价	第九期
P/512	碱法浸出铀矿的试验工厂	第三期
P/484	从烟煤灰中浸出铀	第九期
P/485	以 UO_2 为触媒, 用氢从碳酸盐溶液中还原铀	第九期
P/1256	沥青铀矿的氧化、浓取及铀的加氢沉淀法	第九期
P/1412	用离子交换法从温台卡得纳矿的硫酸浸取液中回收铀	第九期
P/1416	用多威克斯 I 离子交换树脂从碳酸溶液中提取铀	第九期
P/509	铀及钍矿石的溶剂萃取处理	第九期
P/496	用有机溶剂直接浸出法从矿石中回收铀	第七期
P/2466	矿浆溶剂萃取的某些实验	第九期
P/501	用溶剂萃取法从食盐焙烧过程所得的溶液中回收铀和钍	第三期

二、核原料生产

1. 铀浓缩物的精制

P/228	加拿大用磷酸三丁酯溶剂萃取法生产三氧化铀的净化实践	第三期
P/1252	波谢厂精制铀化物及生产金属铀的改进	第九期
P/1001	生产金属和铀化合物时所遇到的一些专门问题	第五期
P/602	美国生产铀的新工厂	第九期
P/179	铀化学富集物的精制及氧化铀和金属铀的生产	第二期
P/2064	铀矿石的综合利用	第九期
P/1552	通过流化及分馏技术用铀矿浓缩物制备纯六氟化铀的方法	第九期
P/1413	以磷酸三丁酯萃取法精制铀浓缩物的中间工厂研究	第九期

2. UF_4 的制备

P/1260	铀生产工艺之改进六氟化物生产过程	第九期
P/1414	用汞阴极电解获得氟化铀(IV)	第五期
P/1417	重铀酸铵转换到二氧化铀的自还原过程	第九期

P/1418	鈾化物的直接氧化法	第九期
P/1415	在用鈣热法制造鈾的过程中烟內的固体物质成分	第九期
P/1259	从 UO_3 或鈾酰盐制备四氟化鈾	第九期
P/506	爱克賽尔法——用不純鈾原料生产純四氟化鈾的一种显法	第九期
P/498	制取高純度鈾盐的新方法	第七期
P/503	从含鈾矿中制备密質的适合冶金的四氟化鈾	第七期
P/1668	从未純化的重鈾酸钠中制取四氟化鈾条件的研究	第九期
P/229	用动床反应器作 UO_3 的还原,經过氫氟化得 UF_4 最后产得金属鈾—— 加拿大在这方面的进展	第七期

3. UF_6 的制备与还原

P/525	由氧化鈾和精选鈾矿制备六氟化鈾的大規模連續生产过程的发展	第九期
P/524	大量生产供制造六氟化鈾用的氟气	第九期
P/2122	在六氟化物-硝酸盐介質中鈾的分离	第九期
P/300	用四氯化碳还原六氟化鈾	第七期
P/523	把六氟化鈾直接还原为高純度和高密度的四氟化鈾的連續操作法	第九期

三、同位素分离的方法

P/719	分离过程用于大規模同位素生产时的适用性	第九期
P/1269	一般技术在建造用气体扩散方法分离鈾同位素的試驗工厂中的应用	第九期
P/1265	研究多孔物体的一般方法在測定分离膜特性方面的应用	第九期
P/1266	用于气体扩散法分离同位素的膜的特性	第九期
P/1263	用气体扩散法生产鈾同位素的分离系数的确定	第九期
P/1268	用气体扩散法濃縮六氟化鈾同位素的試驗綫的設計	第九期
P/1264	用气体扩散法分离鈾同位素的工厂的經濟性研究	第九期
P/2305	电磁装置分离同位素在苏联的应用	第九期

四、冶金和陶瓷方面的基本研究

P/1855	鈾的金相研究	第六期
P/2307	制造工艺对鈾的組織和性质的影响	第二期
P/1324	日本核燃料金相学的基本研究	第九期
P/27	某些低合金鈾合金中相变的特点	第六期
P/789	鋳-鈾-氫三元合金的制备及其特性	第六期
P/1474	氧化鈾的电导率	第五期
P/2043	鈾与鈷的某些三元素系平衡图	第九期
P/1030	鈾的相轉变动力学	第九期
P/327	关于鈰和鋁鈰合金的某些性能	第九期
P/701	几种氧化鈰的热力学和相的一些关系	第七期
P/2490	UO_2-ZrO_2 与 ThO_2-ZrO_2 系状态图	第六期
P/1161	燃料元件的自动焊接	第八期

P/49	鈾及其合金的高温特性	第六期
P/44	当利块堆的燃料元件的制造	第七期
P/2404	二氧化鈾的性质	第二期
P/192	二氧化鈾燃料的制造及性质	第七期
P/142	二氧化鈾的燒結	第九期
P/1165	二氧化鈾燒結的研究	第九期
P/2368	UO ₂ 的中温燒結	第九期
P/182	制造燃料元件用的二氧化鈾錠的生产	第七期
P/2196	原子能发电站水-水反应堆的释热元件	第九期
P/546	鈾鋁合金的制备及再生产	第九期

五、輻照燃料的过程

P/307	在热反应堆中被照射过燃料的化学处理流程	第一期
P/2182	苏联第一个原子能发电站照射后的释热元件重新处理的若干特点	第六期
P/137	鈾在不同氧化电势下的萃取	第九期
P/2206	在醚萃取过程中裂片元素的分配	第六期
P/1173	利用硝酸鈾酰-硝酸-水-磷酸-三丁酯系統研究脉冲塔	第九期
P/2409	用水法来分离和清洗被照射过的燃料	第八期
P/2216	用三丁基醚和四氯化碳混合溶剂萃取法从裂变产物中分离鈾和鈾	第四期
P/519	温度对 TBP 溶剂萃取的影响	第八期
P/1830	鈾的制备在美国的最近发展	第八期
P/1780	金属核燃料的低純化方法及设备	第九期
P/1781	鈾-鈾燃料中裂变产物的去除	第九期
P/2253	用于法回收被照射过的鈾	第六期
P/535	用熔盐-氧化物挥发法从強烈照射过的反应堆燃料中回收鈾	第四期
P/932	从含三氟化氮和氟化氢的混合物中分离六氟化鈾	第九期

六、放射性废物的处理

P/1174	在建設鈾萃取工厂时引起的若干問題:在馬庫勒(Marcoule)应用的一些解决方法	第四期
P/518	加浓核燃料湿法分离过程的临界安全装备	第一期
P/532	研究鈾反应堆燃料用的热室	第七期
P/533	操作鈾的分析化学实验室	第九期
P/2004	核能工业发展中的废物处理任务	第一期
P/1073	放射性废物的多效处理方法及其最后处置	第八期
P/395	用方解石-磷酸盐机构从废物中除去鋇	第五期
P/1175	原子能委员会(CEA)的放射性废液的排除,河流中的处理与排除	第九期
P/1767	放射性废物地面处理的經驗	第九期
P/2024	放射化学生产中排出的含有少量盐分,少量放射性污水的除害处理	第三期

P/308	排除弱放射性废物的独立流程之研究·····	第九期
P/2354	用石灰苏打软化法处理大量低放射性矿物·····	第九期
P/397	放射性废气的处理·····	第七期
P/2295	放射性元素碎片的分离·····	第四期
P/297	放射性废液送入海水中的处理·····	第一期
P/553	反应堆事故发生后空气中的放射性·····	第九期

七、核能的基础化学

P/2099	U_3O_8 结构的确定·····	第六期
P/1609	磷酸-钙溶液中铀的电沉积·····	第三期
P/510	胺盐作为铀及其他金属的萃取剂·····	第七期
P/1587	铈的有机络合物在有机介质中的解离作用·····	第二期
P/2195	用四氯化碳氯化二氧化铀和二氧化铈的反应研究·····	第五期

八、其 他

P/1670	核纯硝酸钍的生产·····	第九期
P/1098	制取高纯度钍的碳化-碘化法·····	第一期
P/1468	氯化法生产金属钍·····	第三期
P/180	蒸馏可离解化合物以富集钋·····	第七期
P/2191	钍的組織及性质对钍在辐照下的行为的影响·····	第六期
P/1005	高温反应堆释热元件·····	第九期
P/951	辐照水中反应的近代研究·····	第五期

目 录

一、核原料加工

P/2061	放射性分选铀矿的若干问题	(1)
P/2062	论人工混合矿物和矿石的非晶质沥青铀矿的浮游性	(9)
P/499	含铀胶质矿泥的絮凝、浓缩和过滤	(18)
P/1255	石灰在浓缩铀中的应用	(25)
P/1024	从查大拿加页岩回收铀	(32)
P/1112	加压浸取南非低品位铀矿的一些重要经济因素的初步评价	(39)
P/484	从烟煤灰中浸出铀	(49)
P/485	以 UO_2 为触媒,用氢从碳酸盐溶液中还原铀	(54)
P/1256	沥青铀矿的氧化浸取及铀的加氢沉淀法	(60)
P/1412	用离子交换法从温台卡得纳矿的硫酸浸取液中回收铀	(78)
P/1416	用多威克斯 1 离子交换树脂从碳酸溶液中提取铀	(105)
P/509	铀及钍矿石的溶剂萃取处理	(130)
P/2466	矿浆溶剂萃取的某些实验	(151)

二、核原料生产

1. 铀浓缩物的精制

P/1252	波谢厂精制铀化物及生产金属铀的改进	(155)
P/602	美国生产铀的新工厂	(162)
P/2064	铀矿石的综合利用	(173)
P/1552	用流化及分馏技术从铀矿浓缩物中制各纯六氟化铀的方法	(178)
P/1413	以磷酸三丁酯萃取法精制铀浓缩物的中间工厂研究	(197)

2. UF_4 的制备

P/1260	铀生产工艺之改进, 氟化物生产过程	(211)
P/1417	重铀酸铵转换到二氧化铀的自还原过程	(215)
P/1418	铀化物的直接氟化法	(219)
P/1415	在用钙热法制造铀的过程中烟内的固体物质组成	(228)
P/1259	从 UO_2 或铀酰盐制备四氟化铀	(240)
P/506	爱克赛尔(Excer)法——用不纯铀原料生产纯四氟化铀的一种湿法	(247)
P/1668	从未纯化的重铀酸铵中制取四氟化铀条件的研究	(252)

3. UF_6 的制备与还原

P/525	由氧化铀和精选铀矿制备六氟化铀的大规模连续生产过程的发展	(263)
P/524	大量生产供制造六氟化铀用的氟气	(278)
P/2122	在氟化物-硝酸盐介质中铀的分离	(290)
P/523	把六氟化铀直接还原为高纯度和高密度的四氟化铀的连续操作法	(296)

三、同位素分离的方法

P/719	分离过程用于大规模同位素生产时的适用性	(305)
P/1269	一般技术在建造用气体扩散方法分离铀同位素的试验工厂中的应用	(311)
P/1265	研究多孔物体的一般方法在测定分离膜特性方面的应用	(317)
P/1266	用于气体扩散法分离同位素的膜的特性	(327)
P/1263	用气体扩散法生产铀同位素的分离系数的确定	(337)
P/1268	用气体扩散法浓缩六氟化铀同位素的试验线的設計	(346)
P/1264	用气体扩散法分离铀同位素的工厂的经济性研究	(354)
P/2305	电磁装置分离同位素在苏联	(360)

四、冶金和陶瓷方面的基础研究

P/1324	日本核燃料金相学的基本研究	(372)
P/2043	铀与钍的某些三元系平衡图	(382)
P/1030	铀的转变动力学	(400)
P/327	关于铀和钍-铀合金的某些性能	(406)
P/142	二氧化铀的烧结	(419)
P/1165	二氧化铀烧结的研究	(426)
P/2368	UO ₂ 的中温烧结	(437)
P/2196	原子能发电站水-水反应堆的释热元件	(443)
P/546	铀钍合金的制备及再生产	(454)

五、辐照燃料的处理

P/137	铀在不同氧化电势下的萃取	(458)
P/1173	利用硝酸铀酰-硝酸-水-磷酸三丁酯系统研究脉冲塔	(467)
P/1780	金属核燃料的低纯化方法及设备	(477)
P/932	从含三氟化氯和氟化氢的混合物中分离六氟化铀	(486)

六、放射性废物的处理

P/533	操作铀的分析化学实验室	(492)
P/1175	原子能委员会的放射性废液的排除; 河流中的处理与排除	(504)
P/1767	放射性废物地面处理的经验	(511)
P/308	排除弱放射性废物的独立流程之研究	(519)
P/2354	用石灰-苏打软化法处理大量低放射性矿物	(532)
P/553	反应堆事故发生后空气中的放射性	(547)

七、其他

P/1670	核纯硝酸钍的生产	(552)
P/1005	高温反应堆释热元件	(561)

放射性分选铀矿的若干問題*

柯夫达 (Г. А. Ковда) 斯克林尼琴柯 (М. Л. Скриниченко)

放射性分选法越来越广泛地应用于加工铀矿的工艺过程中, 但是这种方法的一般原理及实际应用, 在出版的书籍中很少闡述^[1,2,3,4,5,6,7,8]。

放射性分选的理论 and 工艺部分

放射性分选过程的实质基于测定从矿石分成块或成份的放射性辐射强度, 把破碎矿石机械地分离成具有不同含铀量的几种产品(其中包括废矿)。

放射性分选过程可分为三种: 块选, 份选和流水选。

用块选和份选系统时, 每块(每份)分别经过分选机, 在流水系统时, 矿石不分成份(块), 而連續流水式地经过分选机, 但是在用流水系统时, 可以认为这时位于发送器作用范围内的矿量就是一份矿。

显然, 在各份或各块矿石之间, 铀分布的相当不均匀是采用放射性选矿法的先决条件。

为在数量上估计铀矿的不均匀程度(显明度), 可用便于解决工艺问题的下列方法。

按較狭范围筛分方法, 把有代表性的矿样分成粒度不同的级别, 然后按照级别对每块矿石内的含铀量进行放射性测定。

根据矿块的含铀量, 把所有矿块分成一定数量的组别, 为了测定平均含铀量, 每级别每组的矿石都要称重, 粉碎及分析。

工作結果, 经过适当计算之后, 按级别单独列于表内, 并把研究的各级总和数也列于表内。

按所得数据作成典型显明度的曲线(或作一般可选性的曲线)。列举了带不同显明度的特征的矿石两例(图1)。

上述方法可确定对所研究的矿石采用放射性选矿法的可能性及合理性, 同时作了若干工艺计算和分析放射性分选机工作等等。根据可选性的曲线, 給一个指标(例: 尾矿中的含铀量), 能很快地找到其他指标(尾矿产率及尾矿中的损耗量,

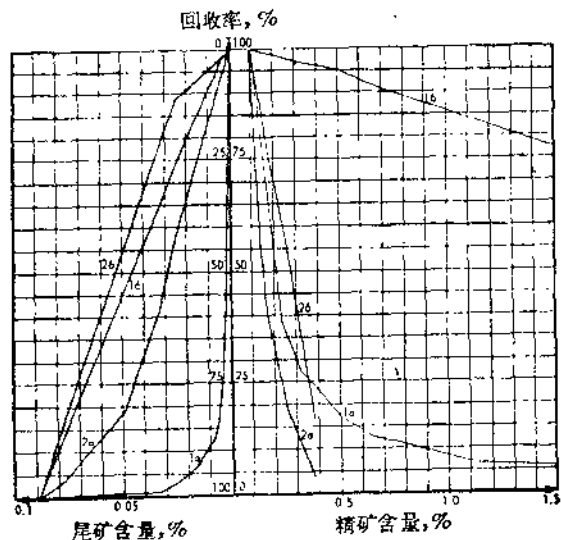


图1 1——显明度矿石 2——弱显明度矿石
a——产量, % b——回收率, %

* Некоторые вопросы радиометрического обогащения урановых руд (苏联版苏联科学家报告第3卷, 第2061号)。

精矿出产率,精矿中的含铀量及回收率)。

在测定成分(成块)矿石放射性的过程中,分选机发送器不但记录这些成分(成块)矿石的辐射,而且记录不可避免的本底辐射。每当记录的脉冲量达到辐射计所测定数量时,在按直接计算脉冲原理工作的辐射计中,便接通选成块(成分)精矿的执行机械。

为使执行机械受成块和本底的综合放射性作用时接通,而单受本底的作用时接不通,必需依照两方所示量(图2)的涨落不等式(1)。

$$(\bar{N} + \bar{\phi}) - R_1 \sqrt{\bar{N} + \bar{\phi}} > A > \bar{\phi} + R_2 \sqrt{\bar{\phi}} \quad (1)$$

式中, $\bar{N}$ ——在成块(成分)矿石作用下,一定时间内所记录的脉冲平均量; $\bar{\phi}$ ——同一时间内所记录的本底脉冲平均量; $\pm R_1 \sqrt{\bar{N} + \bar{\phi}}$ ——记录脉冲的总数与它平均值之间的可能误差; A ——辐射计调整值,以动作一次需用的脉冲数来表示(线路的换算系数); $\pm R_2 \sqrt{\bar{\phi}}$ ——记录本底之脉冲量与其平均值之间的可能误差。

系数 R_1 和 R_2 是或然率函数的论据,并确定误差的或然率比规定值大。如图2中清楚地表明,在理想的情况下:

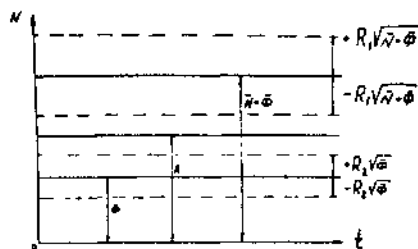


图 2

$$(\bar{N} + \bar{\phi}) - R_1 \sqrt{\bar{N} + \bar{\phi}} = A = \bar{\phi} + R_2 \sqrt{\bar{\phi}} \quad (2)$$

因而从式(2)中得出下式:

$$R_1 = - \frac{A - (\bar{N} + \bar{\phi})}{\sqrt{\bar{N} + \bar{\phi}}} \quad (2a)$$

$$\text{和} \quad R_2 = \frac{A - \bar{\phi}}{\sqrt{\bar{\phi}}} \quad (2b)$$

知道 A , $\bar{N}$ 和 $\bar{\phi}$ 数,并按这些数计算 R_1 和 R_2 , 则可按专用表格(或用算法),找出用于该辐射计调整值选择成块(成分)矿石到精矿的或然率。同样知道 N 和 $\bar{\phi}$ 值及给一个或然率值,可按同样表格找到 R_1 和 R_2 值,并能计算出辐射计的必需调整值。

继之,从式(2)中能找出在选择成块(成分)精矿时在矿块(成分)作用下所记录的应有脉冲数。

$$N \geq \frac{2R_2\sqrt{\bar{\phi}} + R_1^2}{2} + \sqrt{\left(\frac{2R_2\sqrt{\bar{\phi}} + R_1^2}{2}\right)^2 + (R_1^2 - R_2^2)\bar{\phi}} \quad (3)$$

另外,在矿块(矿份)辐射作用下,由分选机发送器记录的平均脉冲数是与辐射物性能和确定仪表灵敏度的参数有关。以符号表示: Γ ——每克铀及其衰变产物在1秒钟内的 γ 出量(脉冲/秒,克); i ——矿石放射性平衡系数(分数); m ——矿块(矿份)中的铀量(克); ω ——发送器的照射立体角(分数); t ——测定时间(秒); f ——所用计数管效率(分数); $a, b, \dots$ ——从矿块(矿份)到发送器中间和在矿块(矿份)内的辐射吸收系数(分数), c, d ——计数管分辨能力及无线电技术线路能力的系数(分数),大体可写为

$$N = \Gamma \cdot i \cdot m \cdot t \cdot f \cdot c \cdot d \cdot F(\omega \cdot a \cdot b)^{11} \quad (4)$$

解不等式(3)及方程式(4)后,能得到一个最小铀量,达到这一含铀量的矿块在已给条件下便可选为精矿,此时

$$m \geq \frac{\frac{2R_2\sqrt{\bar{\phi}} + R_1^2}{2} + \sqrt{\left(\frac{2R_2\sqrt{\bar{\phi}} + R_1^2}{2}\right)^2 + (R_1^2 - R_2^2)\bar{\phi}}}{\Gamma \cdot i \cdot t \cdot f \cdot c \cdot d \cdot F(\omega \cdot a \cdot b)} \quad (5)$$

1) 在静力学条件下测定 $N = \Gamma \cdot i \cdot m \cdot \omega \cdot t \cdot f \cdot a \cdot b \cdot c \cdot d$ 。

可用式(5)在制造放射性分选机之前,对必需或期待的工艺参数和指标作若干计算,因为每份中的铀量为

$$m = \frac{q \cdot \alpha}{100},$$

式中: q ——每份(块)矿石的重量(克); α ——每份(块)矿石中的临界含铀量(%); 在有临界含量和这一分选条件下,可能选为精矿的矿块最小重量为:

$$q \geq \frac{100}{\alpha} \cdot \frac{\frac{2R_2\sqrt{\bar{\phi}} + R_1^2}{2} + \sqrt{\left(\frac{2R_2\sqrt{\bar{\phi}} + R_1^2}{2}\right)^2 + (R_1^2 - R_2^2)\bar{\phi}}}{\Gamma \cdot i \cdot t \cdot f \cdot c \cdot d \cdot F(\omega \cdot a \cdot b)} \quad (6)$$

知道矿块的最小重量及矿石比重后,可以从重量测定单位换算成直线测定单位,有了临界含铀量,就可以确定在成块分选系统下,选为精矿的最小矿块。凡是比所求出最小块尺寸还小的矿块,在成块分选条件下不能分离出,而必须在份选条件下进行分选。

无论单个矿块或是成份的矿块,均属于上述情况。但是,在把块变成分时,又产生一种值得注意的现象,这就是份中含铀量的混合及平均现象。在此粒度下,每份内包括的矿块数量越多,其矿石天然的显明度显得越少,因为在单个份矿中的含铀量平衡起来并随着块数的增加,使所有份矿都接近于平均值,实际上在从混合矿物中所取的若干块的一份矿石内的含铀量同用类似方法任何其他份矿所取的一样等于平均值。

从试验理论及实践中得知,借助实验公式能得到有代表性矿份(矿样)的最小重量。

$$q \geq 1000Kd^n, \quad (7)$$

式中 q ——是代表性矿样的最小重量(克); K ——由矿石不均匀程度及若干其他因素所决定的系数(其中包括矿石的搅拌); d ——尺寸最大的矿块直径(毫米); n ——常用等于2的程度指数。

可见符合公式(7)的各份矿石不能以放射性方法分离。相反地能分离的只有“没有代表性”的即是符合反不等式份矿石。

$$q < 1000Kd^n \quad (8)$$

系数 K 按其含意是矿石显明度的度量。同时必需指出,在反不等式(8)中的数值应按式(7)试验实践所采取的值要小数倍。

按所用公式(6)和(8),在放射性选矿时,每份矿石的重量范围是有限制的,

$$1000Kd^n > q > \frac{100}{\alpha} \cdot \frac{\frac{2R_2\sqrt{\bar{\phi}} + R_1^2}{2} + \sqrt{\left(\frac{2R_2\sqrt{\bar{\phi}} + R_1^2}{2}\right)^2 + (R_1^2 - R_2^2)\bar{\phi}}}{\Gamma \cdot i \cdot t \cdot f \cdot c \cdot d \cdot F(\omega \cdot a \cdot b)} \quad (9)$$

因此,在放射性选矿时,所允许的每份矿重量的最大值是与矿石显明度及矿粒相关(确切些即同份矿内的相同块度的矿块数量相关)。重量大于 q 的份矿不能分选,并根据辐射计调整情况,全部送至精矿堆或尾矿堆。但是必需注意到,只是在某种一定的破碎程度下,天然矿石的显明度才能适用,因为在特别大的矿块中,铀精矿部分不能完全露出。

在放射性选矿时的每份(每块)矿石重量的最小值与在分选精矿中的临界含铀量,发送器记录本底辐射大小和稳定性,矿石的放射性平衡系数以及决定分选机灵敏度的参数相关。假如铀量未达到精矿含量时,重量小于 q 的份矿(块矿)将送至尾矿堆。在这种情况下,矿块(矿份)内的金属含量的百分数可能超过临界含量。

从式(9)中可得到結論,为使分选純度高,必需根据通过分选机的矿份(矿块)的重量改变,而保証自动地調节輻射計,或是把矿块(矿份)重量变动范围縮小。

在块选条件下,把矿石分成等重的組是理想的选矿准备。但是由于各块重量不同,这种准备实际上是不可能的。仅可把矿石分成若干重量級数,在此級数中,矿块重量的变动不超过一定范围。由于矿块重同它的大小成正比,所以能以按粒度(篩分)分級代替重量分級。篩分范围越窄,此級数范围内的矿块重量差別越小,选矿指标越高,而級数本身就越多,自然选矿流程則更加复杂了。

采用份选时,选矿前的准备能把矿石分成較相等的矿份。用特殊重量給料机或容积給料机,在技术上可作到这样程度。应该了解到沒按块度分級的矿石比分級矿石容易分成一定的份量,然而在同重的矿份内,不分級情况下块数多,而在分級情况下块数少。

由此可見不仅在成块分选情况下,而且在成份分选情况下,对矿石也应该进行預先篩分。同时块度級別,按照公式(9),應該有自己的矿份的平均重量,大块的重些,小块的輕些,每份最低重量及最小块度按不等式(9)确定。比按不等式(9)所确定的还小的矿块,不但不能按块选条件也不能按份选条件选矿。所以这种块度的矿石应篩分出来,并不进行放射性选矿过程。

在用流水分选时,假定的各份重量的稳定性可由給料机的結構和工作条件来保証,同时也由分选机运输带上的特殊均衡作业装置来保証。如上所述,采用分級的物料会达到更高的稳定程度。物料粒度越小,則运输机单位长度内矿石的单位負荷量便应越小,不能进行放射性选矿的細末,应用篩分方法从过程中除掉。

假如矿块平均重量保証具有足够稳定性,或輻射計的自动調整能照顾到矿块重量的变化时,那么矿块分选的条件能最充分地利用矿石天然的显明度。假如这些条件不能保証,每份中由于重量悬殊不大矿块数相当少时,份选条件不比块选效率低。

由于放射性选矿利用的是統計特性現象,矿石一次通过分选机不能得到最精确的分离,分选純度根据公式(2a)和(4)所划图表能明显地表明出。纵座标——选取的或然率(%);横座标——矿块內的含鈾量(%)。用再次通过分选机的方法,即是精选第一次分选的各种矿物,改进分离指标(分选純度)。

精选不但在流水选和份选条件下适用,而且在矿块分选条件下也运用。在某些情况下,在精选大块的分选矿物之前最好将矿块破碎和篩分。但是,这样必需注意到部分物料轉至不能进行放射性选矿的細級內。

当泥質矿时,要在放射性选矿之前进行矿石清洗或湿篩。当矿石內沒有大量粘土,而鈾富集在細級別中时,清洗同样是有利的。

設 备

放射性选矿设备結構的說明及鉴定不在本报告內,可作如下限于一般的說明。測定矿車(5)內的破碎矿石装置是鈾矿初选的最簡單工具。根据測定結果,每輛車送往废矿或不同类矿的貯矿庫。放射性測量及运矿車运输的过程大致上都是自动化的。这些放射性检查站可設在地面或地下。由于运矿車內矿份重量較大,这些輻射計不能确保分选純度很高。

放射性分选机本身能有較高分离純度。总之任何放射性分选机都由三个基本构成部

件組成：

- a) 帶輻射計的發送器；
- b) 選礦機械(分離機械)；
- b) 保證原物料以及分選產品移動的機械。

在運轉及試驗時期內，有很多放射性分選機，它們相互之間的區別是在上述部件的結構處理不同，計有流水分選，份礦分選，礦塊分選。根據發送器要求的靈敏度，可用充氣計數管或閃爍計數管。使用以測量計數速度原理工作的輻射計及直接計算脈沖的輻射計，在各種結構內的測定礦塊(礦份)放射性的時間由零點幾秒變至若干秒，同時在測量時，礦塊(礦份)在一些分選機內對發送器處於運動狀態；而在另外一些分選機內處於靜止狀態。在某些結構中，在測定順序礦塊(部分)放射性之前，要從輻射計容電器中取下因本底輻射所累積的電荷。實質上就是減弱了後者的不良影響。選礦機械做成擋板或推料杆或各種結構的開底斗。

運輸機械為皮帶運輸機或各種結構式樣的斗。對細級礦石是利用分選機的試驗模型，其中不包括移動裝置(漏嘴或槽除外)。而移動機械是一般型號的獨立輔助設備。

除廣泛利用皮帶運輸機外，在輔助機械中必需強調指出篩子及給礦機的重要作用。篩子結構應該估計到用大塊物料時繁重的工作條件及尽可能保持較高的篩分精確度(純度)的必需性。

運用在其他選礦過程中的典型結構的給礦機在某些情況下不適用。所以在以塊選和細份選系統工作時採用專用給礦機。

工 藝 流 程

放射性選礦初期直接與采礦工作在一起進行。對礦體使用各種采礦法產生或多或少的貧化，所采礦石的粒度成分也不同，這就引起了工藝流程及後期選礦工藝指標的相應的變化。工藝流程及所得指標實質上不但是由礦石的顯明度，而且是由礦石堅固性以及精礦物和廢礦物的標準而決定。

根據礦石物理成分，礦山所在位置及水冶工廠距離的遠近，根據供水情況及其他一些具體條件，放射性選礦或是成為一個單獨工藝過程，或是成為其他選礦過程的部分流程。下面列舉若干放射性選礦工藝流程的例子；它從初步流程開始，以相對複雜的流程結束。在流程圖中精礦是十號，貧礦是一號，篩分礦石粒度由分數表示，例如：級別-150+100毫米用150/100表示。在最簡單的情況下是把裝有礦物的礦車通過放射性檢查站。後者完成了對所采金屬的統計職能以及選礦職能，因為利用放射性檢查站，礦石便分成含鈾量不同(包括廢礦)的各品種礦石(圖3)。

更完善的流程圖有分離送至分選機的中間產品及廢礦(圖4)的檢查分選。這種情況一般採用流水選的帶擋板皮帶式分選機。

為了進一步改進工藝指標，把多級或少級篩分作業列入流程中。同時將不能進行放射性分選的最細級，象成品一樣運出(圖5)。

圖6是粘土礦處理流程。此流程圖是放射性分選及浮選法與水冶的聯合流程圖。

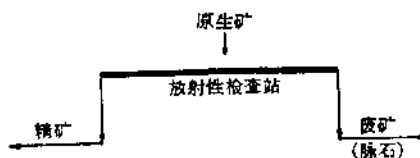


圖 3

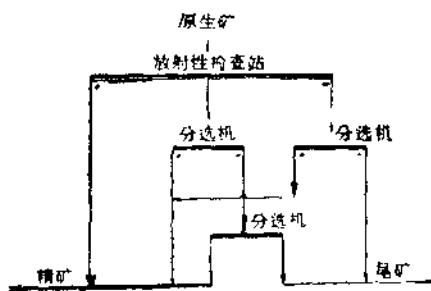


图 4

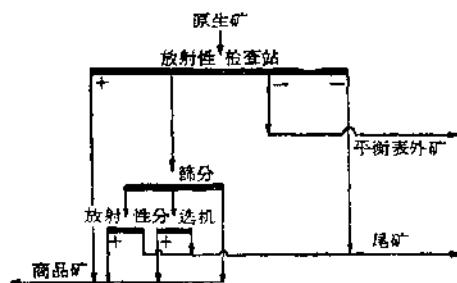


图 5

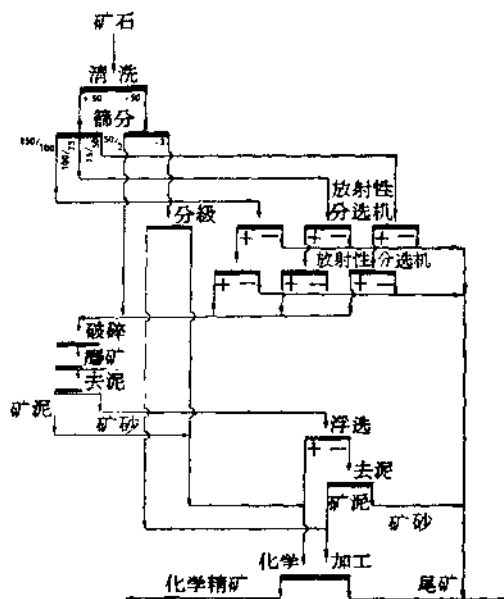


图 6

在矿石物质成分良好时,放射性选矿可与重选配合,

图 7 是相当复杂的矿石处理流程图,同时放射性分选部分流程图详细的列出,而重选就没列入,

自然,工艺流程的上述例子不包括放射性分选的一切条件,以及进行放射性分选的全部可能性。但是,它们提供了有关现代工艺的基本概念。至于在工业实践中所达到的工艺指标,它对于各种矿石变化范围很广,影响变化的因素如下:

- 天然矿石质量,首先是矿石显明度;
- 所用设备的完善性;
- 工艺方法的正确性,利用此工艺方法能使此矿石和设备中的可能性变成现实。

根据这些条件,在开工的企业中的废尾矿出产率为开采出来的矿石的 5—10% 到 70—80%。废尾矿内的含铀量根据经济方案确定,应该强调放射性分选法是最新的选矿方法之一,而采用此法的可能性远没有全部实现。

本报告不能细致阐述有关放射性分选法的所有问题。但是,希望能通过本报告提供

些报导材料,交換意見.

参 考 文 献

- [1] Canad. Mining and Metallurg. Bull., 1950, No. 460; 1954, No. 503.
- [2] Mineralogist, 1951, No. 6.
- [3] Nucleonics, 1951, No. 5.
- [4] Chem. Eng. and Mining Rev., 1954, **46**, No. 8.
- [5] Mining Mag., 1955, **93**, No. 5.
- [6] Материалы Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии, 1955 г.
- [7] Mining G., 1956, **246**, No. 6294.
- [8] Атомная энергия, 1957, No. 7.

(譯自俄文版預印本)

論人工混合矿物和矿石的非晶質瀝青鈾矿的浮游性*

愛格列斯 (М. А. Эйгелес) 格列庫洛娃 (Л. А. Грекулова)

伏洛娃 (М. Л. Волова) 希索夫 (А. М. Шишов)

杜克辛柯 (В. М. Лаксенко)

直到目前为止,在从矿石中提取鈾的工艺中,浮游选矿的应用还是有限。大家知道,在下述場合下,浮游选矿可能是合适的,例如:回收矿物——鈾的荷载体(如:磷灰岩、可燃性生物岩和其他);或按照不同的矿物組成將矿石划分成为几种产品,以便进一步对矿石产品进行单独的水冶加工(矿石进行苏打浸出时,从其中預先分出硫化物;將碳酸盐含量高的矿石,分成碳酸盐和硅酸盐产品、和其他)。

鈾矿物本身的浮选,除少数例外(鈾鈾鉄矿、鈾瀝青鈾矿、含鈾的鉍-鈾、和一些鈾云母类型矿物的浮选),是不大采用的。实际上,看来,在鈾矿石的加工工艺过程中,利用浮游选矿有着很大的可能性。

在这篇报道中,闡述了关于非晶質瀝青鈾矿浮游性研究方面二个課題的研究結果,敘述了采用下列途径,进行鈾矿石选择性浮选的方法:

1) 采用选择性作用的脉石抑制剂,在軟水中、利用脂肪酸进行浮选;

2) 采用酸性磷酸酯,或者它們的碱性盐与調整剂——ДШ 試剂联合使用,用作为浮选捕集剂。

二个研究課題的第一部分是由 М. А. 愛格列斯, Л. А. 格列庫洛娃和 М. Л. 伏洛娃完成的,第二部分——А. М. 希索夫和 В. М. 拉克辛柯。

关于采用脂肪酸类型捕集剂时非晶質瀝青鈾矿的浮游性

一般所知的阴离子和阳离子类型捕集剂的大部分都能够浮选鈾矿物,获得的回收率,一般认为还是可以接受的。但是,总的來說,在这些条件下,主要的脉石組成矿物(石英、长石)同时亦浮起,这就降低了采用浮游选矿作为貧鈾矿石預先富集方法的可能性。在采用脂肪酸时我們选用了碱性調整剂进行抑制脉石組成矿物的方法,作为提高鈾矿物浮选选择性途径之一。为了解决上述提出的任务,引用了有关在浮选过程中,矿物活化的原因,和抑制机构的现代理論知識^[1,2,3]。

所要研究的对象是不同氧化程度的(氧的指数为 2.2—2.9)晶質瀝青鈾矿** 和非晶質瀝青鈾矿***,以及一些脉石組成矿物,主要是石英和长石。

鈾矿物的准备过程包括从富选过的矿石样品中純矿物的挑选和在瓷鉢中研磨。石英和长石一般在鉄制的磨矿机中和水一起細磨。在有些場合下,它們用 5% 的盐酸溶液进

* О флотировости настурана из искусственных минеральных смесей и руд (苏联版苏联科学家报告第 3 卷,第 2062 号报告)。

** уранинит 譯作晶質瀝青鈾矿。

*** настуран 譯作非晶質瀝青鈾矿。——譯者注

行处理和仔细地冲洗。

进行了对上述矿物浮游性的比较性研究。其方法是用爱格列斯的仪器测定矿物颗粒与空气泡粘附所必须的接触时间；在由脉石组成矿物组成的人工混合矿物经过预先脱泥后进行非晶质沥青铀矿的浮选试验。浮选过程是在蒸馏水和软水中完成的。凡与上述的浮选试验安排的方法所造成的偏差，将特别预先说明。

试验表明：为了保证非晶质沥青铀矿颗粒在 0.005 秒钟时间内向空气泡粘附，油酸的最小耗量为 1.5 公斤/吨。此时，在铁制的磨矿机中细磨到同样粒度的石英、长石、赤铁矿和萤石颗粒，在当油酸的用量十分小时（20—400 克/吨），即粘向空气泡。在 0.005 秒钟内，使矿粒（粒度 $-0.2+0.15$ 毫米）粘向空气泡，油酸的最小耗量列于下：

矿物名称	油酸用量，克/吨
非晶质沥青铀矿	1500
石英	200
长石	400
赤铁矿	400
萤石	20
盐酸处理过的石英	当用量为 2000 时，仍不粘附。

这些资料表明着非晶质沥青铀矿为难浮游的矿物，它的表面与脂肪酸的作用活度十分小。

在图 1 中绘述了在含石英的人工混合矿物中，晶质沥青铀矿和非晶质沥青铀矿的浮选试验结果与介质 pH 值的关系。由此可指出，所有这些矿物都在相同的最合适的 pH 值条件下，大概地浮选了一下。

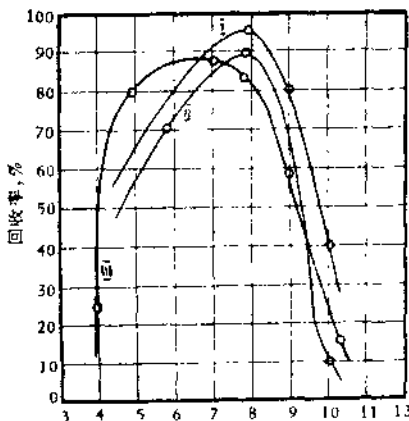


图 1 采用油酸(1 公斤/吨)时，非晶质沥青铀矿 (I) 晶质沥青铀矿；(II) 和石英：(III) 的浮游性与矿浆 pH 的关系。

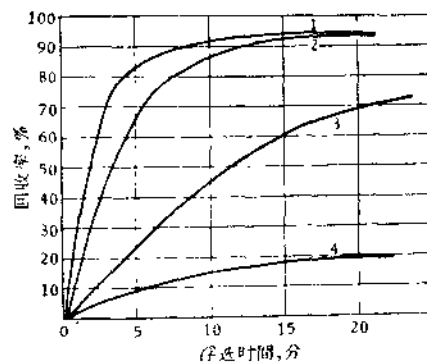


图 2 利用软水和硫化钠(2 公斤/吨矿浆)对晶质沥青铀矿和石英的浮游性的影响

1. 在软水中存在有硫化钠时晶质沥青铀矿的浮选；
2. 石英在硬水中浮选；
3. 晶质沥青铀矿在硬水中浮选；
4. 石英在软水中存在有硫化钠时的浮选。

在硬水中，如在图 2 中(2—3 曲线)所表示，石英比晶质沥青铀矿更易浮选。在 20 分钟浮选时间内，晶质沥青铀矿的回收率为 70%，石英为 94%。

铀矿物与石英的对比浮选特性证明了它们的选择性浮选是很困难的。为了获得非晶质沥青铀矿的高的回收率，须用大量的捕集剂，这实际上引起了完全的回收脉石组成矿物。这个结论与其他作者的研究^[6,7]相一致。