

494931



砂金矿合理开采

〔苏〕B. B. 契美扎夫 著
张济中 贯洪林 译
费梅英
黄恩兆 校

《国外黄金参考》编辑部

494931

砂金矿合理开采

〔苏〕 B.B. 契美扎夫著

张济中、贯鸿林、费梅英译

黄恩兆校

《国外黄金参考》编辑部

11/1/127/03

内 容 提 要

本书是根据苏联“Недра”出版社1980年出版的《Рациональная эксплуатация россыпных месторождений》一书翻译的。

本书综合阐述了采砂船开采砂矿床的一般概念；指出了砂矿床指标的变化特点；给出了勘探结果（考虑了开采资料）的评价方法；提出了储量变化核算图；研究了根据采砂船生产储量准备程度计算储量标准定额的方法、制定定额的任务、储量准备时确定剥离和排土工作合理界限以及采砂船生产储量范围。

本书适用于矿山企业、科研、设计单位从事砂矿勘探、设计和生产的工程技术人员。

前 言

在迅速发展工业、运输业、农业和开展科学技术革命以及苏联人民各种物质和文化需要增长的条件下，保护自然和合理利用自然资源就成为全国最重要的任务之一。国民经济计划的顺利完成取决于这一任务的解决。

苏联共产党和政府对于保护自然及合理利用其财富给予不断的关怀。在苏维埃社会主义共和国和苏联加盟共和国的宪法中，规定了保护资源的措施。在国家计划中，已开始规定充分回收有用矿物及其综合利用的指标。

稀有金属和贵金属砂矿床的显著特点是，当其开发时，在大多数情况下，按勘探结果的品位变化是带有随机性质的。这说明，一向面探矿坑道网度不够密，不能揭示出砂矿的金属分布规律；另一方面勘探结果中存在误差，往往使金属储量减少。

实际上，在采砂船开采砂矿的过程中，需要进行补充勘探。正是在这个时期，才有可能将相应范围内的勘探结果与开采资料进行对比。

砂矿难于合理开采的主要原因之一，是在设计矿山时，质量和数量指标在空间的变化不能用确定的数学函数表示。另外，地质勘探结果又有某些不确定的地方，特别是在接近砂矿边帮部分的工业储量的圈定。考虑到这些情况，就可以进行技术经济指标的矿山几何分析。这里和储量评价阶段一样，必须解决另一个重要课题，即确定矿山工程的界限。开采砂矿时，采用这些界限可能是协调的，费用少，而且能最

大限度地回收金属储量。

因此，在本书中作者从未开采的砂矿勘探开始，到工业砂矿开采为止，提出了砂矿主要指标的评价方法。书中对被开采矿床的金属储量和变化状况的地质测量核算的研究给予了极大的注意。因为进行储量核算时存在着勘探资料的规律性误差，会引起相互矛盾的意见。

在砂矿开采阶段，不仅要研究确定生产勘探标准和储量准备标准，而且还要研究确定剥离和采矿工作的合理界限。砂矿的实际开采迫使我们必须解决上述这些课题。

作者对В.Д.Томилов、М.М.Бочарников、А.П.Бондаренко、А.И.Мурашов、М.М.Никитина、В.А.Гомонов和С.С.Черенев表示感谢，感谢他们在实验工作中给予的具体帮助。这些试验的结果是本书某些章节的主要基础。同时对С.Э.Мининг在手稿付印前提出了宝贵意见表示感谢。

目 录

前 言

第一章 采砂船开采砂矿概论

- 第一节 地理、气候和经济条件的特征..... (1)
- 第二节 砂矿矿山地质和采矿技术条件..... (2)
- 第三节 采砂船采场的采准和回采工艺..... (4)

第二章 砂矿勘探结果评价

- 第一节 砂矿指标变化特性..... (7)
- 第二节 概率系数 t 和概率 p 之间关系的确定... (9)
- 第三节 标准矿样上限的规定..... (20)
- 第四节 储量计算精确性评价..... (25)

第三章 考虑生产资料的砂矿勘探结果评价

- 第一节 生产数据和勘探结果比较..... (27)
- 第二节 勘探结果修正系数的确定..... (30)
- 第三节 金属品位自然变化的评价..... (35)
- 第四节 储量计算及其精确性评价..... (48)
- 第五节 用采砂船开采砂矿时储量未证实的情况..... (52)

第四章 工业砂矿的储量评价

- 第一节 工业砂矿储量的现有评价方法..... (53)
- 第二节 确定采空场“剩余”储量的公式..... (58)
- 第三节 矿山几何图的建立..... (61)

第四节	储量最充分开采地段和充分回采概率系数的确定.....	(64)
第五节	回采过程中损失的确定.....	(77)
第六节	单位产量工艺损失量的确定.....	(82)
第七节	采砂船尾砂场金属回收的确定.....	(88)
第八节	采砂船排土场中金属在垂直方向上的分布.....	(89)
第九节	“剩余”储量计算.....	(91)
第十节	“剩余”储量计算的精确性评价.....	(95)
第十一节	砂矿边坡储量的再评价.....	(97)
第十二节	“剩余”储量的技术经济评价和重复开采地段的圈定.....	(99)
第十三节	工业砂矿开采的效果.....	(104)

第五章 储量状况和变动的矿山地质测量计算

第一节	储量计算的现状.....	(106)
第二节	储量构成.....	(109)
第三节	按№5—ГР表计算平衡储量变动.....	(111)
第四节	按№5—ГР表计算开采量、损失和贫化的必备条件.....	(117)

第六章 根据用采砂船开采的准备程度确定储量和生产勘探定额

第一节	规定标准的现状和任务.....	(119)
-----	-----------------	---------

第二节	生产勘探定额的确定	(122)
第三节	根据采砂船开采的准备程度, 计算储量定额标准的方法	(130)
1	储量分类	(130)
2	储量定额标准的确定	(132)
3	人工解冻多年冻土带砂矿储量定额确定的特点	(145)
第四节	生产储量计算	(147)
1	生产储量状况和变动的计算方式	(147)
2	生产储量计算	(150)

第七章 采砂船储量的准备过程中剥离和排土工程界限的确定

第一节	问题的现状	(135)
第二节	表土剥离对储量回采充分性的影响以及表土剥离经济效果评价	(154)
第三节	剥离带宽度一定时排土场界限的确定	(160)
第四节	表土剥离的数量评价	(163)
1	按照完成工作量评价表土剥离	(164)
2	按生产费用评价表土剥离	(167)
第五节	砂矿边界附近的剥离和排土工程界限的确定	(161)
第六节	推土机表土剥离带间界限的确定	(178)
第七节	铲土机表土剥离带间界限的确定	(184)
第八节	挖掘机表土剥离带间界限的确定	(188)

第九节	推土机和铲土机表土剥离带间界限的确定.....	(192)
第十节	挖掘机和推土机表土剥离带间界限的确定.....	(198)
第十一节	确定表土剥离合理界限时土方设备数量的计算.....	(306)
第十二节	在采砂船采场用索斗铲剥离表土方案的比较评价.....	(211)
第十三节	表土层预先剥离的最佳深度.....	(216)
第十四节	表土层剥离最佳深度的确定.....	(218)

第八章 采砂船开采时储量回采界限的确定

第一节	含矿层回采深度与宽度对矿砂贫化的影响.....	(232)
第二节	非工业品位采准储量合理开采界限的确定.....	(235)
第三节	进路间柱开采界限的确定.....	(239)
第四节	砂矿底床金属储量开采的经济性分析.....	(248)
结论		(254)
参考文献		(256)

第一章 采砂船开采砂矿概论

第一节 地理、气候和经济条件的特征

采砂船开采砂矿的地区具有分散的特点。例如，在乌克兰、塔吉克斯坦和北极圈(在楚克奇)均有采砂船在工作。因此，砂矿开采的经济地理条件和自然气候条件是不同的。这种情况对企业的标准计算和生产经营活动都有很大的影响。

按气候划分区域的研究表明，在苏联国土上可以分成五个自然气候区^[20]。这些区域不仅反映了气候条件，而且在某种程度上也反映了采砂船开采的经济条件。

这些区域是：

1. 气候最严寒的、靠近北极圈的地区：采砂船工作季节很短(少于150天)。由于远离主要交通干线、电力成本高以及需要从其他地区招收劳动力，所以生产费用极高；

2. 气候寒冷的北部地区：采砂船工作季节持续160~200天。该地区的特点是生产费用很高，用水运和汽车将货物运送很长一段路才能到达铁路，要从其他地区招收劳动力，电力成本也很高；

3. 气候不太冷的地区：采砂船的工作季节持续200~240天。该地区通铁路，并用铁路将货物运往大型工业中心，用水运和汽车运送的距离不长；除远东地区以外，电力成本不高；

4. 气候温和地区：采砂船的工作季节持续240~280天(有时全年工作)。该地区工业发达，铁路、公路网稠密、

电力便宜。其特点是生产费用很高；

5. 气候温暖的地区：采砂船全年工作。该地区工业发达，交通网稠密，电力便宜。其特点是生产费用低。

这样，从有代表性的区域划分来看，目前用采砂船开采砂矿最为有利的自然气候和经济地理条件的地区有乌克兰、乌拉尔和西西伯利亚的企业。克拉斯诺雅尔斯克边区、外贝加尔、南雅库特、黑龙江和普里莫尔等地区的企业开采条件较差；而西雅库特、科累马和楚哥特卡等地区的砂矿开采条件最差。

最近几年，由于在苏联东部地区加紧工业开发（建设贝加尔—阿穆尔干线大型动力工程项目等等），在第二和第三类地区的砂矿开采的经济地理条件也随之向好的方面转化。但是，砂矿开采的自然气候条件并未得到本质上的改变。因此，如果采砂船采场的准备工艺没有重大改进，则采砂船工作季节的持续时间仍停留在原来的范围内。

第二节 砂矿矿山地质和采矿技术条件

尽管在苏联国土上采砂船开采非常分散，但几乎所有的已开采和即将开采的砂矿，按其赋存形态均属于带有冲积层、有时带有坡积冲积层的河谷砂矿。根据松散层的厚度，砂矿可分成三类：浅埋的（7米以下）；中深埋的（7~15米）；深埋的（15米以上）。

用采砂船开采的砂矿结构分为三个主要部分：1）含矿层（矿砂）；2）含矿层之上的覆盖层，有用矿物不够工业品位（表土层）；3）位于含矿层下面的砂矿底床。

在中深埋砂矿中，非含矿沉积层从上到下主要是：厚

0.2~0.5米的地表层；厚0.3~3.5米的表土层，其中有淤泥粘土质沉积层、植物根或者亚粘土、小砾石；粘土质砂岩、亚粘土、含卵石砂质粘土、含砂卵石，有时是厚0.2~5.0米的软泥夹层或粘土。

在中深埋砂矿中，含矿层一般均有与一定的岩石层相吻合的自然界限。这种矿层为含有粘土杂质的河积层（有时含有0.3到2~3米厚的砾石和砂子）和风化的（有时达到粘土状态）底床基岩，厚0.1~1.0米。

松散层下面的基岩面是砂矿的底床。基岩上部被破坏的部分经常含有有用矿物，是含矿层的组成部分。根据表面构造，底床可以划分为如下几类：平整的、柔软的、容易散碎的或粘土质的底床；致密的、有较大或较小平滑面的、或者有深的“矿囊”和突出部分（石灰石）的不平滑表面底床；有棱角的、板状的、有裂缝的（“散状岩石”）底床；大岩块底床，其表面破碎成大岩块和岩屑〔6〕。

在深埋砂矿中，非含矿层是含有大量顽石，有时是含亚粘土夹层的砂质粘土沉积层。含矿层由若干夹层组成，但是与底床直接接触的那一层，有用矿物最富集。

松散层的颗粒组成不仅沿整个砂矿床，而且在矿床的局部地段都在相当大的范围内变化。但是，如果按地区宏观地研究砂矿，则乌拉尔、西西伯利亚和海滨地区的砂矿在淤泥粘土质部分的松散层中的含量高，个别情况下达到70~80%，致使矿砂不易碎解和可洗性差，因而增加了工艺损失。在克拉斯诺雅尔斯克边区、外贝加尔湖和黑龙江地区，有时也有个别地段粘土含量很高的砂矿床。在勒拿河流域、南雅库特和科累马地区主要是易冲洗的砂矿床，废石块含量在48~57%。

的范围内。在Лена河流域的砂矿发现有大量的顽石，0~8.0

苏联东部地区的大部分砂矿埋藏在多年冻土层中。在苏联境内，砂矿分布可分为四个地区：

第一个地区（乌克兰、塔什干斯坦、乌拉尔、西西伯利亚），完全没有多年冻土层；

第二个地区（克拉斯诺雅尔斯克、勒拿河流域、外贝加尔、黑龙江地区、南雅库特、普里莫尔），有间歇存在的多年冻土层，约占采场数的10~50%；

第三个地区（科累马中心区），有解冻地段存在的多年冻土层采场占50~80%；

第四个地区（雅库特和楚哥特卡北部地区），全都是多年冻土层。

按可供开采的工业宽度，砂矿可分为：宽的（300米以上）；中等宽度的（100~300米）和窄的（100米以下）三种。在许多砂矿中，根据河谷地形和边帮上金属的富集情况，整个矿床延长上的工业储量宽度在一个很大的范围内变化。在一个砂矿的延长线上，相应于河谷斜坡可以看到工业储量的不同分布。在一些情况下，工业储量可能在距河谷斜坡很近的地段，例如在深峡谷和河谷收缩地带，而在另一些情况下，可能距离很长一段距离。因此，表土剥离的废石堆场位置有可能变化在采场范围外的同一砂矿床延长上。

此外，可以看到砂矿的河谷横断面不对称。在这种情况下，砂矿边帮上的废石场的容量不同。

第三节 采砂船采场的采准和回采工艺

根据气候、矿山地质和采矿技术条件以及现有的挖土技

术等，采砂船采场若干有标准采准的工艺流程。在乌拉尔的小砂矿和解冻砂矿，采砂船开采储量之前的主要准备工作为：建净化设施（有溢流堰的沉淀坝）和一整套为提高采砂船采场水位的临时水工构筑物（堤坝、增压泵站等）。在深埋砂矿，用推土机和索斗铲进行表土的预先剥离。

在乌克兰，为了高质量地做好采砂船开采前的准备工作，从采场工作面将水排出以后，用索斗铲进行表土深部剥离，直达矿层。局部捣堆的表土堆放在砂矿的边帮上（有时堆放在采完的面积上）。

在克拉斯诺雅尔斯边区，无论是在有解冻砂矿，还是在多年冻土层，采准工作主要包括：用推土机剥离表土，在太阳照射的作用下解冻冻土层。

在剥离勒拿河流域解冻砂矿和深埋砂矿的表土时，步行式电铲ЭШ—10/60和ЭШ—15/90得到了广泛应用。剥离深度达10米还不用排水，并将表土堆放在砂矿的边帮上（有时堆放在采完的面积上）。埋藏于多年冻土层地区上的中深埋砂矿，采准工作包括：用推土机剥离表土，用太阳照射的方法自然解冻上述冻土层，并用水淹没的办法，预防采准储量的季节性冻结。

外贝加尔、黑龙江和雅库特地区采砂船采场的准备工艺原则上区别很小。这些地区的砂矿赋存在多年冻土层中。因此，采砂船开采的主要准备工作放在松散层的解冻和防止其季节性冻结上。多年冻层的解冻是在剥离表土后进行的。在某些情况下用透光薄膜盖上。此时，剥离工作要超前2~3年，以便能及时将冻土层解冻。主要的挖土设备是推土机、铲

土机和索斗铲。有时，这些机器联合使用：推土机剥离砂矿谷底的表土，而用电铲剥离砂矿边帮上的表土，并同时堆放推土机运来的表土；铲土机用于砂矿谷底宽阔地段表土的剥离，而用堆土机剥离边帮附近的表土。在科累马和楚哥特卡地区的采矿船采场中用水针法解冻多年冻土层。在用水针法解冻前，要进行灌木丛和植物层的清除以及开采面积的疏干和平整等开采准备工作。为了把准备开采的面积疏干，要挖山坡截水沟和排水沟系统。

在用采砂船开采过程中，要进行矿砂层的回采、洗选以及从其中回收金属和向采空区排放选矿后的尾砂。矿砂的回采（用斗链铲）与尾砂的排放是互相关联的，因为两个过程用同一台机器完成。矿砂回采上来，经过回收金属，只需2~4分钟就进行排弃。

开采工艺的不同取决于矿岩的回采方法和开采系统。岩石回采是分层和下挖方式进行的。分层回采岩石时，在工作面内从砂矿表面向底床水平分层开采。在下挖回采时，首先开采工作面台阶底部，然后收集崩落的岩石。

开采方法决定着采砂船回采工作面的挖掘顺序。开采方法的主要标志是进路的工作面个数〔59〕和其移动方向。在一个开采系统中可能有一个或几个相邻的工作面，采砂船轮流在这些工作面内工作。进路可能横向移动、也可能沿倾斜或沿螺旋线移动。据此把采砂船开采方法分类如下：单排横向开采法、单排纵向开采法、相邻纵向开采法、相邻横向开采法、螺旋开采法和联合开采法。

在结论中必须指出，不论是在解冻的，还是在多年冻土层中的砂矿，采砂船采场的准备和开采工艺的特点是，开采

和主要采矿准备工作是流水作业，主要采矿准备工作要与回采工作平行进行，并在时间和空间上有些超前。

第二章 砂矿勘探结果评价

第一节 砂矿指标变化特点

勘探所得的砂矿指标是第一手资料，在该资料的基础上加密勘探网度（如果需要）、进行矿山设计并开始储量回采。然后，把勘探结果和砂矿开采资料进行比较，确定勘探结果的系统误差。但是这种误差值并不大，所以，勘探所得的指标经常与储量评价和采矿工程参数的确定。因为，除此之外，没有更多的其他资料能够判断尚需开采的砂矿部分。

在开采阶段，根据勘探结果并考虑其系统误差来评价砂矿储量。因此，在任何情况下（误差存在或不存在），对于储量的质量和数量特性来说，都必须根据勘探结果来评价砂矿指标。

在一般情况下，矿床指标是两种变化规律组成的：系统变化部分（指在任意方向内指标有规律的变化）和相对于系统变化而出现的随机变化〔55〕。不可能遇到只有系统变化或者只有随机变化指标的矿床。指标经常总要偏离某一种表示出来的规律性。这里我们只谈指标的这些组成部分的大小和能不能将它忽略，以便做出关于分布特性的最后结论。

Е.И.Попов在研究中使用了差异法〔39,40〕于是能够从指标的总变化中分出随机变化部分，并给出了确定随机变化值均方差的下列公式：

$$\sigma_{\text{сн}} = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta')^2}{2n_p}} \quad (2-1)$$

$$\sigma_{\text{сн}} = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta'')^2}{6n_p}}$$

式中 Δ' , Δ'' ——分别为第一次和第二次差异值;

n_p ——差异数。

由此得出系统变化部分的均方差:

$$\sigma_s = \pm \sqrt{\sigma_\phi^2 - \sigma_{\text{сн}}^2} \quad (2-2)$$

式中 σ_ϕ ——根据下式确定的总均方差:

$$\sigma_\phi = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2-3)$$

式中 x_i ——单个指标值;

$\bar{x}$ ——指标算术平均值;

n ——指标数。

根据每条勘探线确定 $\sigma_{\text{сн}}$ 和 σ_ϕ 以后,按下式确定指标的随机变化部分与总变化之间的相关性:

$$\eta_{\text{сн}i}^2 = \frac{\sigma_{\text{сн}i}^2}{\sigma_\phi^2} \quad (2-4)$$

砂矿横向平均值 $\eta_{\text{сн}i}^2$ 象平均估量值一样,按每条勘探线的巷道数求出:

$$\eta_{\text{сн}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k \eta_{\text{сн}i}^2 \cdot n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (2-5)$$