

黄金科技丛书

永久冻土砂矿床推土机开采工艺

B. H. TEMERLOV 著



7

YONGJIUDONGTU SHAKUANG
CHUANGTUITUJIKAI CAI GONGYI

80410 33

冶金工业部长春黄金研究所

黄金科技丛书

永久冻土砂矿床推土 机开采工艺

В. И. ЕМЕЛЬЯНОВ

唐建文 译

孙祥久 校

冶金工业部长春黄金研究所

黄金科技丛书

永久冻土砂矿床推土机开采工艺

В.И.Емельянов 著

唐建文 译

孙祥久 校

冶金工业部长春黄金研究所

出 版 说 明

为了砂金开采的需要，我们翻译了由苏联 В. И. Емельянов 著，莫斯科 «Недра» 出版社1976年出版的《Технология бульдозерной разработки вечномёрзлых россыпей》一书。

本书阐述了永冻砂矿床的推土机开采工艺和有关砂矿床的一般知识。叙述了苏联东北地区永冻砂矿床开采时，推土机的开采方法和特点以及改进的途径。阐述了有关砂矿开采前的准备工程、剥离工程和采矿工程的工艺和机械化问题。

本书可供从事砂矿床开采的科研、设计和生产部门的专业工程技术人员学习参考，也可作为各高等和中等专业院校教师 and 学生的参考书。

由于外文水平和专业知识所限，译文难免有错漏，望批评指正。

前 言

砂矿床是稀有金属、有色金属和贵金属的主要来源之一。砂矿床的开采对国民经济的发展意义重大。苏联东北部的砂矿床多处的气候严寒，常年结冻的地带，但是埋藏深度较浅。这些特点对于广泛采用既经济，又有效的露天开采方法是极有利的。

在露天开采永冻砂矿床时所用的各种机械中，推土机使用得最广。用推土机开采的矿砂，占其总采出量的90%以上。在最近相当长的时间内，推土机仍将是主要的挖掘机械。在苏联北部的特殊条件下开采砂矿时，利用推土机以及太阳的热辐射能够在较短的夏季中有效地对砂矿床进行分层开采。这是大量采用推土机的决定性因素。

改造苏联东北地区砂金采场的开采技术、提高大功率推土机在全部开采机械中所占的比重以及增加砂矿床露天开采的深度等是刻不容缓的。所有这些都对砂矿床露天开采工程的设计和生产提出了新的要求。

尽管各矿山企业中已经积累了丰富的经验，但是到目前为止，有关永冻砂矿床推土机开采工艺问题在各种技术文献中均未作过全面的阐述。本书的作者力求对这些问题作出详细的论述，借以弥补这方面的不足。在现有的出版物中，对有关砂矿开采工艺问题的论述不够全面，彼此缺少联系，并且与采矿工程机械化的结构脱节。为此，作者首先对永冻砂矿床推土机开采工艺过程：砂矿开采前的准备、回采前的土岩准备、剥离工程和采矿工程、供水、运输和提升土岩等，进行了全面的研究。所有这些都为砂金矿床的开采实践提出了一个全面而明确概念。

在编写过程中，作者得到了技术科学候补博士В. Г. Лешков、苏联科学研究所采矿室主任Ю. А. Мамаев和东北黄金总公司技术管理局局长Ю. И. Антиканов的许多宝贵建议和帮助。为此，作者向他们致以谢意。

目 录

第一章 砂矿床的一般知识	1
第一节 砂矿床推土机开采术语	1
第二节 苏联东北地区的气候特征	5
第三节 砂矿成因、类型和构成要素	6
第四节 岩石特征、岩石物理机械性质和砂矿参数	10
第五节 砂矿有用矿物性质及其实际利用	15
第六节 找矿、勘探和砂矿工业储量	18
第二章 苏联东北部砂矿的推土机开采法简述	22
第一节 总结	22
第二节 永冻砂矿的开采特点	28
第三节 砂矿开采技术的发展	32
第四节 砂矿推土机开采的经验	34
第五节 砂矿推土机开采继续改进的途径	45
第三章 砂矿开采前的准备	49
第一节 地表面准备	49
第二节 砂矿疏干	52
第三节 砂矿开拓	59
第四节 砂矿的开拓、采准及回采储量	62
第四章 矿岩回采的准备方法	65
第一节 概述	65
第二节 自然解冻	65
第三节 水解冻	70
第四节 蒸汽解冻	84
第五节 辅助解冻方法	85
第六节 加速岩层解冻及预防岩层冻结的特种方法	87

第七节	冻结岩层的机械松动	95
第八节	钻孔爆破法松动土岩	103
第五章	剥离工艺	115
第一节	剥离工程的推土机法简述	115
第二节	剥离岩石回采方法	117
第三节	剥离方法	121
第四节	出车道的种类及位置	123
第五节	排土	126
第六节	排土场自然边坡角及露天采场边坡角	132
第七节	剥离岩石运输距离的确定	133
第八节	采掘过程中岩石实际运输距离的确定	142
第九节	分层确定岩土运输距离	147
第十节	推土机、洗矿和运输装置配合进行剥离作业的方法	150
第十一节	推土机与挖掘机配合进行剥离作业的方法	155
第十二节	暖岩层剥离作业期的延长	160
第十三节	推土机技术维护的组织	166
第六章	采矿工艺	171
第一节	采矿方法、洗选设备的选择及其安装位置	171
第二节	矿砂回采	178
第三节	采矿方法和合理采用角形方法的条件	180
第四节	根根矿砂运输至洗选设备的距离选择矿块参数	185
第五节	矿块参数对采矿技术经济指标的影响	189
第六节	矿砂运输距离对采矿作业的影响	193
第七节	矿块及洗选矿田合理参数的选择	196
第八节	辅助作业	202

第九节	矿砂洗选方法	206
第十节	冻土矿砂的冬季洗选	225
第十一节	采矿技术经济指标	229
第七章	供水	232
第一节	供水方法	232
第二节	供水系统	233
第三节	在少水溪流上洗选设备的供水特点	238
第四节	水库	244
第五节	木工构筑物	246
第六节	泄水构筑物	250
第七节	给水管道的	251
第八节	水泵站	260
第九节	排水设施及尾砂堆置方法	263
第十节	水沉淀池和污水净化方法	279
第八章	岩石运输和提升	289
第一节	岩石运输至洗选设备矿仓	289
第二节	皮带运输机提升岩石	292
第三节	水力提升器提升岩石	294
第四节	砂泵提升岩石	297
第五节	水力洗矿槽及铺层溜槽提升矿岩	302
第六节	矿浆管	303
第七节	矿岩接收地点	307
	参考文献	313

第一章 砂矿床的一般知识

第一节 砂矿床推土机开采术语

贮矿沟——用做临时堆放和向矿仓——给料机搬运矿砂的露天坑道。

矿块——圈定的工业砂矿块段，预定在一定时间内按日历计划进行回采。

砂矿边帮——工业砂矿界限范围外的岩层。

边界品位——圈定工业砂矿界限的主要有价值组份的最低含量。

推土机——由拖拉机和悬挂装置组成的挖掘运输机械，用它完成剥离、回采及其他工程。

表土与矿砂混合开采——同时在全厚上回采和洗选全部砂矿（表土和矿砂）的开采方法。

采场上部边界——由露天采矿工程在地表面形成的限制界线。

永冻砂矿——在砂矿全厚上保持负温度，不依季节变化的砂矿。永久冻土砂矿的地表活动层在夏季融化0.25~2.5米深，而到冬天又重新冻结。

剥离工程——回采并排除废石的露天采掘工程。

选择回采——优先回采有用矿物品位最富的和砂矿容易开拓的部分的回采方法。

采空区——由于回采有用矿物所形成的空间。

细粒级产率——矿岩中细粒级产出量与原矿量之比，以百分数表示。

水枪——在冲采矿岩时，为造成高速的致密水流，并受它控制的装置。

矿浆——矿岩颗粒与水的混合物。

水力提升器（射流泵）——为提升和输送水或矿浆的设备。该设备靠高速水流经过水力提升器喉部时形成的负压吸入矿浆或水，并排往矿浆管。

冻结深度——当地岩层冻结的深度。

切铲深度（切片厚度）——推土机工作机构的切下的刨片厚度。

矿岩——无论混合的或单独的有用矿物和岩石。

采矿用地——划拨给矿山企业的地表上的矿区境界，既包括工业储量分布面积，也包括布置矿山工程、构筑物、排土场、生产建筑物及铁路线的面积。

岩石粒度组成——不同粒级尺寸的岩石百分比含量（按重量）。

筛子——完成筛分作业的设备。

筛分——岩矿分级的作业。

土壤——经风化作用或成土作用形成的岩层。

碎解——拆开联结薄弱的颗粒，而不破坏它们。

活动层——土壤的上层，其中水的液相和固相在一年内发生交替变化。

超挖底板——在挖完的砂矿部分，进行数量不大的含金层（层厚10~12厘米）清理工作。

清理——排除留存在有用矿物顶板上的岩石的过程。

回收率——富集到精矿或其他产品中的有用组分数目与该成分在原矿中数目的比。

储量回收率——从矿产中采出有用矿物的完全程度。

沟渠——梯形或矩形露天采矿巷道。

凝聚作用——固体颗粒因粘性形成的聚集体。

矿浆浓度——矿岩体积（或质量）与水体积（或质量）之比。

集中采矿——在时间和空间上使有用矿物回采的集中过程。

剥离系数——露天开采中单位有用矿物所需剥离的废石数量。

采场侧翼——位于矿仓——给矿机二侧的部分。

矿床——有用矿物在地壳中的自然聚集体，在这个范围内开采，认为是合理的。

矿砂层厚度——砂层表面间的法线距离。

采场下部界线——采场底部所控制的轮廓线，在进行矿山工程过程中，采场上部和下部界线是变化的。接近采完的采场储量的轮廓线称为终了线。

矿床含水性——在矿床开拓和回采过程中，表示地下水和地表水对采矿工程影响程度的概念。

脱水——从固体或流体产品中排除水分的过程。

循环水——为了经济目的或减少污水排放，由选矿产品浓缩或渗滤所得而重新加以利用的水。

圈定——在平面上图示和规定有用矿物矿床工业储量的界限。

取样——试样采集和加工过程

排土场——在专门场地上堆放剥离岩石所形成的土堤。

砂矿疏干——防止地下水或地表水进入矿山巷道的综合措施。

排土作业——在排土场堆放剥离岩石的过程。

固液比——为表示矿浆浓度特性，矿浆中的固体与液体成分

按重量或体积的比。

跳汰机——为实现跳汰过程的选矿设备。

沉淀池——为使水中悬浮的固体颗粒进行沉降的构筑物。

岩石搬运——露天开采时，采矿、运输和排上的完整过程。

矿砂——砂矿床的生产层，该层含有大量有用矿物。

砂矿底岩（砂矿底板、基岩）——在其上赋存有砂矿的岩层，一般为原岩，它的上层部分已破碎且含有贵重矿物。

暴露面——因进行矿山工程而形成的矿岩露出表面。

小溜槽——为扑收细粒级重金属和矿物，主流槽的辅助重选装置。

采区——划分给独立生产单位的工业砂矿区域。

损失——矿床开采时，从矿产中没有采出的平衡表内有用矿物储量的部份。

洗选——根据砂矿粒度进行预先富集的方法，在这个过程中，在选矿设备中用水分出矿砂中不含有价成分的巨砾和砾石。

洗选设备——用于洗选含金矿砂的设备，从中回收有用矿物的精矿。

选矿矿浆——进入选矿过程的水中细粒有用矿物的悬浮液。

矿浆管——为输送矿浆的一趟管子。

露天坑——在回采有用矿物后形成的露天采矿坑道。

贫化——在采出的有用矿物中混入废石或损失部分有价成分而使品位降低。

砂矿——原岩经各种因素的物理风化和化学作用而形成的砂矿床的简称。原岩被破碎成不同的粒度、或变为粘土。

自然块金——在洗选过程中，在一般金属群体中出现的特殊尺寸的自然金属块或大颗粒。

筛析——用套筛筛分确定散粒粒度组成的方法。

选矿流程——进行有用矿物精选并获得产品的工艺过程。

表土——不含工业品位的复盖砂矿的松散沉积物。

堑沟——一般具有梯形断面的长露天坑道。

絮凝剂——在矿物颗粒表面上具有吸附作用的药剂。

絮凝作用——由矿物颗粒形成凝聚物的过程。

尾矿——有用成分含量比原矿或比其他选矿产品低的选矿产品。

溜槽——在倾斜槽的底上固定有格条，用做富集重矿物或金属的重选设备。

细矿岩物料——为了下一段选矿，用选矿筛子分出的筛下矿岩物料。

第二节 苏联东北地区的气候特征

苏联东北——这是一个地理区域，它包括马加丹州、楚克奇民族州、雅库梯苏维埃社会主义自治共和国东部地区。该区面积达270万平方公里，几乎等于欧洲资本主义国家的总面积。巨大的区域以不同的气候条件为特征。

为了评述该地区气候，建议使用按等级评述并考虑负温度、风力、湿度和日光幅射配合的综合指标。这种按热动力学和地球物理标准的综合评价比通用的只按温标的评价更完全地反映气候对于人和设备的真实作用。利用相应的分类法，可以把苏联东北领土分为三个气候地带——北极地带、亚北极地带、北部严寒地带。北极地带以最严寒气候条件为特征，年平均值为5.2~6.9级，在冬季其值为7.9~11.7级。应当指出，在北极地带年平均和冬季气候严寒值为5.7级和8.2级。在北极地带，冬季延续时间为300~315个昼夜。冻结状态的活动层存在长达10~10.5个月。

亚北极地带以年平均气候严寒值等于3.7~5.2级为特征。冬季长达240~280个昼夜。冻结状态的活动层存在长达8~9个

月。

在北部严寒地带，年平均严寒值为3.2~3.7级。冬季长达200~240个昼夜。冻结状态的活动层存在达7~8个月。

在空气为正温度的季节里，在中央工业区可有130~135天，在极地可有90~110天进行矿砂洗选和剥离作业。

在中央区年平均气温为零下12~14℃，在北极地带为零下9~11℃（绝对最低值为零下65~67℃和零下45~50℃）。

第三节 砂矿成因、类型和构成要素

砂矿成因

含有游离态金属的原生矿床和岩石是砂矿床形成的本源。这主要是各类矿脉、浸染矿化的网状脉带和砂卡岩矿体。由于物理化学风化作用的结果（在水流、风力、太阳热和冻结作用下），岩石碎裂。雪融化时，破碎的岩石沿山坡移动到小溪的、小河的和大河的河谷。同时，存在这些岩石中的金属解析出来。一般来说，物理和化学风化作用是同时进行的。并且根据区域条件，某一种风化作用可能占优势。在北部严寒地带，物理风化作用占优势。在温湿气候条件下，化学风化作用占优势。岩石碎裂的速度，流向河谷的沉积物数量，大陆周期性相对海面的升起和下降形成的坡度变化，甚至破碎岩石颗粒的沉积条件对砂矿床的形成有很大影响。

砂矿的规模变化很大：从长100米左右的块段到沿大河延伸几十公里的规模很大的采区。

在河漫滩、山坡和分水岭高地上，甚至在湖泊、海洋里都有砂矿床赋存。决定有用矿物赋存情况的砂矿位置很大程度影响它的开采工艺。

砂矿类型

按砂矿床形成特点，分为残积、坡积、冲积、岸边、深海、古海、冰川和风成砂矿。

残积砂矿在原生岩石破碎的地点形成并将岩石复盖。它由大块原岩和粘土组成。有用矿物含量取决于原生矿床中有用矿物的含量。

坡积砂矿由沿山坡搬运一段距离的原生矿床破碎产物构成的。多数坡积砂矿是残积砂矿的直接继续形式，因此常称为残积——坡积砂矿。它们首先形成在高地上，并以坡度大和深度浅为埋藏特征。坡积——冲积砂矿具有重大意义，它形成在坡积砂矿附近流经的小河和小溪谷地。小溪和小河砂矿形成在狭河谷和洼地上。它们是由于上游的砂矿破碎沉积层的搬迁而形成的。

冲积砂矿是由于原岩破碎产物被水流长距离搬运而形成的。它分为河谷、河床、沙洲、阶地、坡地和深埋砂矿。

河谷砂矿赋存在大溪涧和河漫滩。它由阶地砂矿和小溪砂矿冲刷而形成。在上游，沉积物颗粒滚圆度很低。矿砂层分界线明显。在大多数坡度平缓的河谷，矿砂层中有用矿物在厚度上的分布比较均匀。

河床和沙洲砂矿与现代河流有关，它是因河谷和坡地砂矿冲刷而形成的。河床砂矿赋存于河底，而沙洲砂矿在浅滩上部。这类砂矿中有用矿物按砂层全厚分布。沉积层厚度不大。这类砂矿处于经常变动中，特别是在汛期，很快沿河道迁移。

阶地和坡地砂矿是老河谷砂矿的残余，由于侵蚀基准面下降使河谷砂矿不复存在。因此，这些砂矿在现代河谷的阶地和坡地上生成。在许多小河河谷中，有时出现几个阶地砂矿，一个在另一个上面生成。在缓坡上形成的砂矿属于坡地砂矿。这种砂矿床的底板与现代河谷砂矿的底板平缓相接触。

深埋砂矿是由老河谷砂矿被厚的沉积层复盖而成（例如，冰积层，熔岩流等），这些复盖层与河谷形成无关。这种砂矿的底板

低于现代河谷底板。

岸边砂矿沿河岸和湖岸赋存，它是由于原生矿床堤岸破碎而形成的。

深海砂矿是由于海流影响在离开海岸一段距离的地点而形成的。

冰川砂矿是因从山上滑下的冰川带走岩石碎块在山区而形成的。

洪积砂矿是由临时发生的水流形成的，例如暴雨。

风成砂矿是由于风力搬运残积层而形成的。

东北部具有不同侵蚀水平的所有类型的冲积砂矿（从古砂矿到高阶地砂矿）。它们以独特多样的形态、水网、沉积岩石学和粒度组成、埋藏要素和有用矿物颗粒等特征相区分。

砂矿构造要素

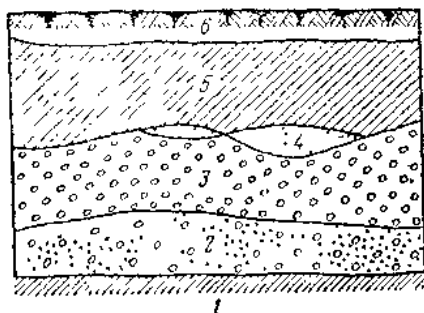


图1 砂矿地质剖面

一般砂矿赋存在称为底板的原岩1上（图1）。构成底板的岩石或多或少有些破坏。底板的上层是含金层。砂矿底板一般为泥质页岩、蛇纹岩、砂岩、石灰岩等。这些岩石的强度系数 f ，根据破碎程度一般为1~10（基本上 $f=3\sim6$ ）。含有用矿物的主要工业矿砂层2直接赋存在底板上。含有用矿物工业品位的独立砂层称为矿砂层。在矿砂层上部赋存着不含有用矿物或含量很低的