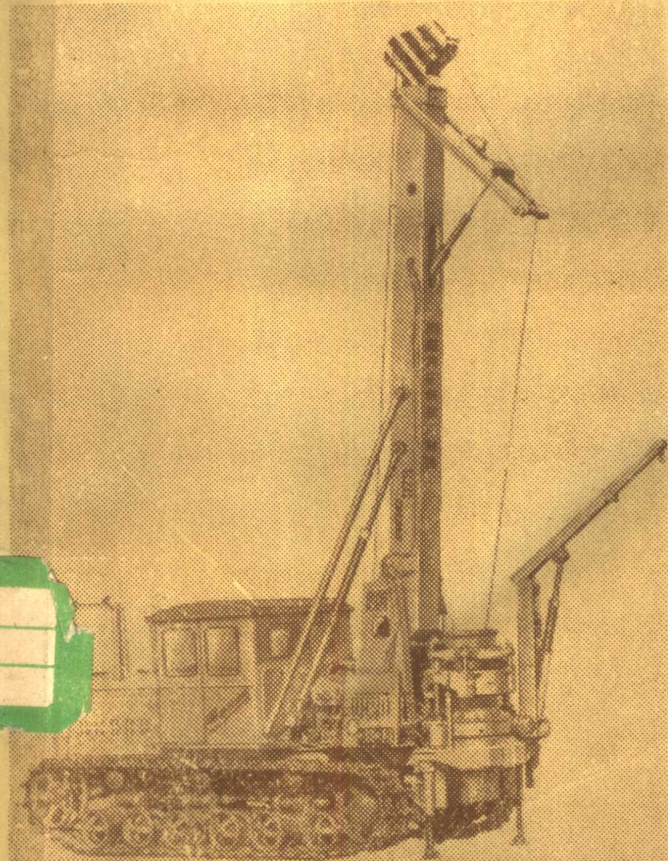


砂矿床的钻探技术

张运钧 编著



地质出版社

砂矿床的钻探技术

张运钧 编著

地质出版社

序 言

砂矿床是大自然赋予人类的共同财富，它是一种次生矿床，其原生矿经大自然的风化，侵蚀、剥离、搬运、沉积及分选、富集等一系列作用而成，在地球的表面分布极广，蕴藏着金、铂、锆、铌、钽、锡、钛等贵重金属，也蕴藏着大量的金刚石、晶莹的玻璃石英砂、珍珠岩等非金属材料。而且这类砂矿床大都具有品位高、纯度高、分选性好、富集面集中、接近地表、易于探采等优点。

人类从“砂里澄金”已有数千年的历史；然而大规模地从砂矿床中开采其他贵重金属、稀有金属和非金属材料，是在第一次世界大战以后。由于工业得到迅速发展，对贵重金属与稀有金属的需求日益增长，地质找矿理论与实践的发展，和岩矿鉴定技术的进步，才引起人们对砂矿资源的广泛重视和对砂矿资源进行工业规模的勘探与开发。

起初砂矿资源的勘探与开发，大多采用“探采结合”的方法。大规模地利用采掘、淘洗、选矿机械化联合作业机，则是由英国、比利时、法国等殖民主义国在非洲开采金刚石砂矿开始的，至今日，苏联在大规模开采西伯利亚砂金矿中，均早已使用了联合采金船。

我国用人工淘洗法开采黄金，砂锡已有数千年的历史，从史书记载砂金曾是我国历代王朝黄金的主要来源之一。从商周出土青铜文物的考证，砂锡早已在二千多年以前，做为冶炼青铜合金的主要原料。但由于历代封建统治的腐败无能，砂矿开采手段十分落后，只是在日本帝国主义强占我国东北时，在黑河等砂金矿区采用过联合采金船，疯狂掠夺过我国大量砂金资源。

建国后，我国曾对各种砂矿资源进行过大规模的，正规化的

勘探与开发工作，但十年动乱期间，这项工作停滞不前，甚至队伍改行，设备失散。粉碎“四人帮”以后，党中央十分重视砂矿探采工作，以便为四化建设提供贵重稀有矿产资源，重整旗鼓，组建队伍，工作进展很快，然而感到迫切需要的却是先进的设备和能熟练使用这些设备的技术工人。张运钧同志编写的《砂矿床的钻探技术》一书，较广泛地收集了国内外砂矿探采方面的资料，加以综合整理，着重设备、兼顾工艺，在当前缺乏系统学习资料的情况下，是一部学习砂矿探采技术的好书籍。科学技术和世界上的其他事物一样，总是不断繁衍、进化、演进的，我们期望张运钧同志继续不断地收集这方面的资料，不断加以补充修订，以便将来增出增订本。谨此为序，以资推荐。

刘广志

一九八一年十二月除夕

前 言

砂矿床是某些矿产的重要矿床类型之一，迄今为止它仍然是某些稀有金属、贵重金属、有色金属及部分非金属的重要来源。砂矿床具有易找、易采、易选、投资少、收效快的特点，而且砂矿床又是寻找原生矿床的重要标志，因此世界各国对砂矿床的勘探和开发给予一定的重视。

我国的砂矿资源十分丰富、分布很广，很早以前就已开采利用，但是对砂矿床开展正规的普查勘探的历史还不久。为了进一步促进我国砂矿床的探矿技术的发展，满足我国砂矿床勘探和开发工作发展的需要，编写了这本：《砂矿床的钻探技术》。本书概括地总结了我国砂矿床的钻探技术经验和研究成果，把比较零散的砂矿床的探矿技术经验和研究成果加以集中和整理；还扼要地综合介绍了美国、苏联、荷兰等国在砂矿床钻探技术方面的先进设备和工艺；对国内外砂矿床的探矿技术的发展情况也作了比较系统的介绍，以期对从事砂矿床勘探的工程技术人员、干部、工人和教学人员提供必要的参考。

本书在编写过程中，原地质部探矿司提供了技术档案资料，予以鼓励和支持。并经刘广志、杜祥林、赵国隆同志审阅，提出了许多宝贵的意见。刘广志同志为本书写了序言。赵国隆同志对第一章中“砂矿床及其类型”的内容作了一些补充修改。高书平同志对第一章进行了审阅。武汉地质学院北京研究生部李世忠、孙孝庆同志，原探矿司黄仁山同志，原勘察技术研究院薛炳文等同志也对本书的编写工作给予了大力帮助，在此一并表示衷心的感谢！

由于经验不足，水平有限，书中错误难免，希望广大读者批评指正。

作 者

一九八一年

统一书号, 15038 · 新89

定 价: 0.85 元

科技新书目: 40 — 247

目 录

序 言

前 言

第一章 概 述	1
一、砂矿床及其类型	1
二、砂矿床的地层及地质地理特点	4
三、砂矿床的地质勘探	9
第二章 砂矿床的探矿方法及设备	12
一、探槽、浅井探矿方法	12
二、班加钻——冲击回转钻探法	16
三、黄铺钻——冲击钻探法	25
四、无冲洗介质的回转钻探法	31
五、振动（或振动回转）钻探法	39
六、大口径冲击抓斗钻探法	41
七、贝克钻——空气反循环连续取样钻探法	48
八、潜孔锤钻探法	55
九、滨海砂矿的探矿方法及设备	56
十、砂矿床钻探方法和设备的特点	59
第三章 砂矿钻探的取样工具及辅助工具	62
一、提砂筒	62
二、抓 斗	65
三、钻 斗	67
四、劈 刀	72
五、轻便小吊车	73
六、钢丝绳提引装置	73
第四章 砂矿钻探中的套管及套管鞋	75
一、套管打入时的受力分析	75
二、套管螺纹连接的强度计算及计算实例	77

三、套管鞋	87
第五章 砂矿床的钻探工艺	91
一、开钻前的准备工作	91
二、钻进工艺	92
三、取样工艺	95
四、特殊地层的钻探工艺	98
五、空气反循环连续取样钻探工艺	101
六、取出之砂样体积的计算方法	102
七、套管的起拔	106
八、砂矿钻探中的事故及处理办法	107
九、砂矿钻探生产中值得注意的问题	110
第六章 砂样的现场淘洗方法和设备	113
一、淘砂盘	114
二、木溜槽	115
第七章 砂矿钻探技术的发展与展望	118
一、我国砂矿钻探技术的发展	118
二、目前砂矿钻探生产中存在的主要问题	119
三、砂矿钻探技术的改进和发展	122
附 表 国内外主要砂矿勘探钻机性能表	
参考文献	

第一章 概 述

一、砂矿床及其类型

(一) 什么是砂矿床

地壳表层的岩石和矿床在风化、侵蚀、搬运和再沉积过程中形成碎屑沉积物，其中的有用矿物富集起来达到能为人类利用的程度，便称为砂矿床。由于这种地质作用是机械分异作用，所以由此形成的矿床又称为机械沉积矿床。

砂矿的种类很多，有金、铂、金刚石、锡石、黑钨矿、金红石、铌钽铁矿、水晶、刚玉、锆石、独居石、辰砂、宝石及磷酸盐等，其中以金、金刚石、铂、锡石等砂矿较重要。由于这些有用矿物各具有很多独特之处，因此它在国防工业、尖端科学、冶金工业以及外贸上也占有重要的地位。至今为止砂矿床仍然是它们的重要来源之一，例如：目前世界上铌产量的80%就来自砂矿；砂金、砂锡矿床自古以来一直就是金、锡的主要来源；金刚石至今仍有一半产量来源于砂矿床。

除此之外，砂矿床一般具有易找、易采、易选、投资少、收效快等特点，而且砂矿床还是寻找原生矿床的重要标志。因此世界各国对砂矿床的勘探和开发给予了一定的重视。

(二) 砂矿床的类型

砂矿是风化、侵蚀、搬运、沉积等一系列外力地质作用的产物。机械分选是形成砂矿的主要机理。砂矿床的形成条件有：

1. 重砂矿物来源——重砂矿物可以来源于原生矿床，也可以来源于岩浆岩及其他岩石中的副矿物。如超基性岩中的铬铁矿；榴辉岩中的石榴石和金红石等。古砂矿也是现代砂矿的物质

来源。

2. 矿物特征——组成砂矿的矿物必须是化学性质、物理性质稳定的矿物，即矿物在风化和搬运过程中，不易分解、磨损和破碎。

3. 风化作用——风化时使岩石或矿体中的有用矿物能分离出来。

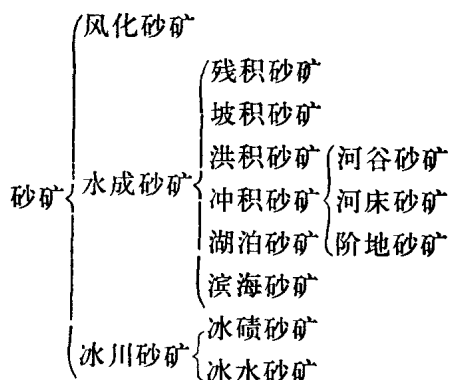
4. 搬运介质——碎屑物质的搬运介质是水、空气和冰川，以水最主要。

5. 地貌条件——地貌特点直接影响着物质的风化、搬运和沉积，以低山丘陵的河谷区和海滨湖滨区最为有利。

6. 保持条件——砂矿是松散的沉积物，形成后要有良好的保持条件，不被剥蚀等。

根据砂矿的形成时代，可分为现代砂矿和古砂矿。通常说的砂矿，是指未固结的现代砂矿，即第三纪以后的砂矿。

根据形成砂矿的搬运介质不同，砂矿分为三类：



1. 风成砂矿

风成砂矿是由于风力的搬运分选，然后在一定地貌条件下堆积而成的砂矿。已知有工业意义的砂矿床不多，澳大利亚沙漠的砂金矿属此类型。

2. 冰川砂矿

冰川砂矿是由冰川沉积而成的砂矿，它又分为冰碛砂矿和冰

水砂矿两种。前者矿物富集程度较差，而冰水砂矿有用矿物富集程度较好。我国四川西部和西藏有一些冰水沉积的砂金矿。

3. 水成砂矿

水成砂矿分布范围最广、矿床种类最多、最为重要。水成砂矿又可分为六种：

(1) 残积砂矿

出露于地表的岩石和矿床，在风化作用下崩解为岩石碎块或矿物碎屑，其中可溶的和较轻的部分，被地表水、地下水和风带走；难溶的、较重的部分在原地保留下来，成为残积物，当其中有用矿物相对富集，达到工业要求时，就成为残积砂矿床。

(2) 坡积砂矿

松散的碎屑物质在长期的重力作用和剥蚀作用影响下，逐渐沿山坡向下移动，当有用矿物积聚达到工业要求时，便成为坡积砂矿床。

残积和坡积砂矿的关系非常密切，它们之间往往是逐渐过渡的，难以截然分开，因之又可称为残坡积砂矿。由于组成这类矿床的有用物质未遭到化学变化，而且是在原地残留或移动不远，故一般都具有明显的棱角或保留原来矿物的外形；无分选性或分选性很差；无明显的层理。这些特点可以和经流水长途搬运形成的冲积砂矿相区别。残积和坡积砂矿床不仅本身具有工业价值，而且是寻找原生矿床的可靠标志。但是有独立价值的残坡积砂矿的种类不多，分布也很有限。

(3) 洪积砂矿

山区暴雨形成的洪流，流速很大，携带大量的碎屑物质沿山沟滚滚而下，至地形开阔处，流速突然减小，被搬运的碎屑物迅速沉积成为洪积物，其中的砂矿床称为洪积砂矿床。洪积物分选差、有用矿物分布不均。

(4) 冲积砂矿

冲积砂矿是河流所形成的砂矿。这类矿床分布广、所含矿产种类多、开采方便、选矿容易、在各类砂矿中按工业价值居首

位。河流流速的变化是形成有用矿物集中的重要原因。较有利形成砂矿的是河流的中游及中上游地区。

冲积砂矿根据含矿层冲积物所在的地貌特点，可进一步分为河床砂矿、河谷砂矿和阶地砂矿三种。

河床砂矿是产于河床底部的砂矿。当河流进一步被侧向侵蚀改造时，就发展成为河谷砂矿。河谷砂矿即河漫滩阶地中的砂矿，是冲积砂矿中最常见的一种，工业价值较大。在构造上升地区，河流下切，河床加深，早期形成的砂矿层高出河床水面，就形成了阶地砂矿。

（5）湖泊砂矿

碎屑物质被带到湖泊后，经机械分选作用，在靠湖岸和河流入口处沉积下来，可形成湖泊砂矿。

（6）滨海砂矿

在海岸附近，波浪及岸流作用使有用矿物聚集，可以形成规模巨大的滨海砂矿，一般沿海岸分布可达几十公里，甚至上百公里。此类砂矿矿种甚多，为机械沉积矿床的重要类型之一。

二、砂矿床的地层及地质地理特点

（一）砂矿床的地层

综上所述，可以看出：砂矿床的类型和矿种比较多，形成的条件和地点各不相同，因此各种砂矿床的具体地层组成情况亦各不一样，但是其地层的基本组成部分是大同小异的。以常见的现代水成砂矿地层情况为例，它的地层一般常由下面三个基本部分所构成：泥质层、砂矿层或矿层和基岩（或底板）。而砂矿基岩（底板）以上的地层层次由上至下一般又可细分为：粘土层（粘土、亚粘土、亚砂土、腐植土等）；砂层；砂砾层或砾石卵石层；基岩。有的砂矿地层中还可见到淤泥层、流沙层、永冻层以及较致密坚硬的铁板砂夹层等。

腐植土：一般是含有腐烂植物或泥炭堆积的土壤，里面常夹

有树根。一般厚度不大，覆盖于地表最上层，岩性松软。

粘土：是由颗粒小于0.01毫米的物质组成，具有粘性和可塑性，致密而不透水，岩性稳定不会坍塌。在水中不易分解，干燥时成硬块不易破坏。

亚粘土：其颗粒度比纯粘土要大，但塑性较差、干燥时仍成块状，但土样比较松散。

亚砂土：含砂粒较多，塑性不大，干燥状况时，也能成块，但松散厉害，在水中很易解体。

砂层：颗粒直径在0.1—0.01毫米者为微粒砂；0.1—0.25毫米的为细砂；0.25—0.5毫米的为中砂；0.5—1毫米的为粗砂。砂层还可分为干、湿、蓄水或流动砂层，其岩性疏松，不稳定。

砂砾层或砾石卵石层：以砂为主要成分，含有砾石的地层称为砂砾层。而以砾石为主要成分的称为砾石层或卵石层。这类地层常常是砂矿赋存之处，富含水性，岩性不稳定，易坍塌，施工困难。

卵石和砾石都是属于巨砾碎屑沉积物，具有滚圆度者，称为卵石或砾石，未具有滚圆度的则称为岩块或碎块。地质上按其粒径大小，将砾石又分为三种类型：

（1）巨砾和岩块：凡粒径大于500毫米的称为大块巨砾或岩块；250—500毫米的称为中块巨砾；100—250毫米的称为小块巨砾。

（2）砾石和碎块：凡粒径在50—100毫米内者称为大块砾石或碎块；25—50毫米内者称为中块；10—25毫米以内的称为小块。

（3）细砾物质：其中粒径为5—10毫米的称为粗粒；2.5—5毫米的称为中粒；1—2.5毫米的称为小粒。

基岩：是指埋藏于冲积（沉积）层和残积层下部比较致密而坚硬的岩石或地层。其上部常有裂隙存在，裂隙中赋存有有用的重矿物。当沉积地层较厚时，在某些砂矿层或矿层下部有时不一定直接就是基岩，而常常是一层不含矿的致密的粘土层，地质上

称为假底板。

(二) 常见砂矿床

砂矿床在我国分布广泛。已知东北三省、内蒙、河北、山东、河南、陕西、新疆、福建、浙江、台湾、南岭地区、湖南、川南、云南、贵州、西藏等地都有砂矿床产出。一般讲，岩浆岩和变质岩区，比沉积岩区的物质来源更为丰富；原生矿床和古砂矿，则更是形成砂矿的主要来源。

砂矿床中最主要的矿种之一是砂金矿，自古以来就是金的主要来源。在砂矿床的各种成因类型中，均可见到金的富集，但是最有价值的是冲积砂金矿，其次是滨海砂金矿。我国的砂金矿分布广泛，黑龙江、吉林、内蒙、山东、湖南、四川、陕西等省都拥有丰富的砂金矿，并且北方以河谷、南方以阶地冲积砂金矿为主，残积—坡积砂金矿、冰川砂金矿只在某些省区具有开采价值。图1—1是陕西省某砂金矿区某矿段的地貌及地层情况照片。

砂金矿绝大多数分布在现代水系的冲积河谷之中，地下涌水大，且交通不便，地质情况较复杂。地层一般松散、破碎、胶结性不好，含有粘土、砂土、砂砾、卵砾或巨砾。其金常呈不规则粒状、薄片状、丝状、鳞片状或不规则块状赋存于砂金矿中。砂金的成色照例比原生自然金高，一般为800—900①。砂金矿露天手工开采的边界品位是0.07克/米³，工业品位是0.15—0.18克/米³，地下开采的工业品位是1—1.5克/米³②。

砂金矿中金分布是极不均匀，不稳定；含金品位的变化幅度很大，从每1米³几克到百分之几克，而且金的粒径、重量相差悬殊。含金砂层的各个部分的含量，不仅在垂直方向上有变化，在水平方向上也有变化。根据现有资料来看：砂金的富集与地形、伴生砾石及矿物有关。常有与大于10厘米的砾石含量成正

① 金的成色：即含金量，以千分数表示。例如920成色，即表示1000份中有920份是金，80份是杂质。

② 边界品位：是指可以参加金矿石储量计算和进行开采的矿石最低品位。低于这个品位的部分不算工业矿石，开采出来也不能选矿利用。工业品位是指矿体或某一矿块必须达到的最低平均品位。

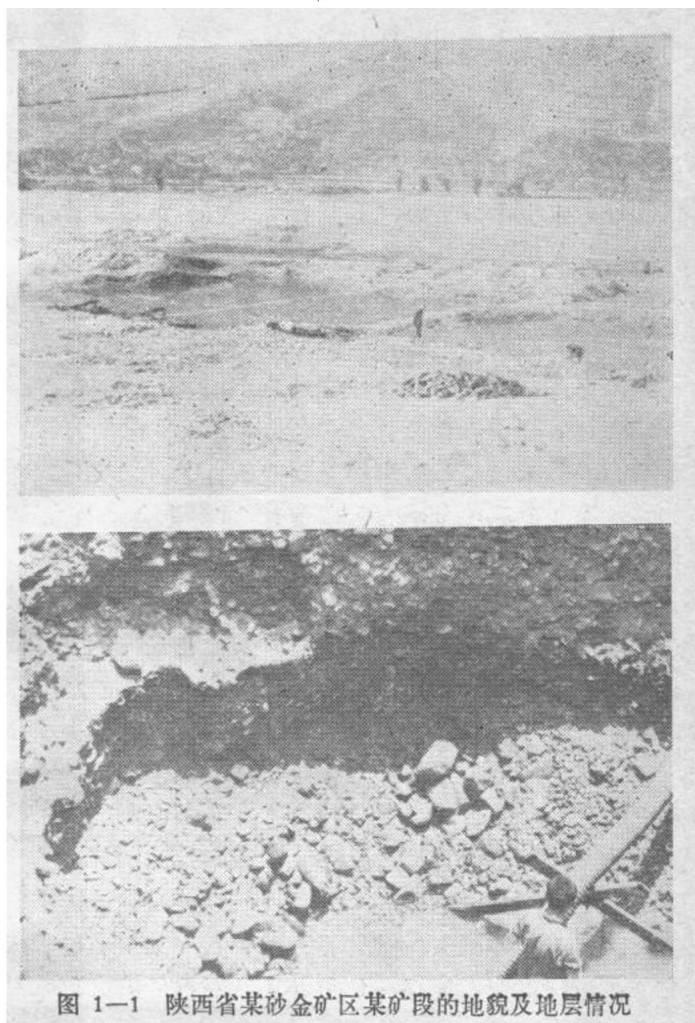


图 1—1 陕西省某砂金矿区某矿段的地貌及地层情况

比，与小于 2 厘米的砂粒含量成反比的关系。在以下几种情况中往往标志着砂金可能在此富集，即在砂砾层中含有较多的比重大的黑色砾石；或者是砂砾层中砾石多呈扁圆形或扁平状，并且有一定的排列方向；或者与金伴生的矿物常为磁铁矿、黄铁矿、石榴子石等，而且在探采砂金时还能见到有含氧化铁的红色污染水——“锈水”流出等。除此之外，当金和砾石沉积以后，由于金

的比重大及水的动力作用，往往会使得在上层中的砂金逐渐向深部迁移富集，故一般在含砂量显著减少的砾石层底部或在砂矿的下部层位及靠近基岩（或底板）附近积金最富，有时砂金甚至深入到基岩面以下的裂隙中。

锡的砂矿床也十分重要，目前世界上70%的锡来自于这类矿床。我国的砂锡矿床也非常丰富，主要分布在云南、四川、广东、广西、湖南等省。就砂锡矿而言，以洪积的和冲积的最为重要，某些滨海砂锡矿的规模也是很大的。除此之外在我国残积——坡积砂锡矿床也占有重要的地位，它具有矿层厚、品位高、规模大、开采和选矿都很方便的优点。

金刚石砂矿床也是砂矿床中重要的矿种之一，在1871年以前（南非发现第一个原生金刚石矿以前），世界上金刚石主要产自印度和巴西的砂矿中，现在仍然有一半的产量来自于砂矿。它以冲积砂矿和滨海砂矿为主。金刚石冲积砂矿一般分布在现代河床及两旁阶地的疏松沉积物中，金刚石常富集在底部的砂砾石层中。滨海砂矿往往在河流入口处沿海岸分布，金刚石多富集在滨海砂丘附近。由于金刚石的性质异常稳定，可以经受多次搬运和沉积，往往远离原生矿床，甚至无法追溯到原生矿床，因此金刚石砂矿床的分布比原生矿床要广泛得多。我国金刚石砂矿主要在山东沂水流域，湖南沅水流域及东北、西南地区。

除了以上几种常见的砂矿床外，还有铌—钽铁砂矿床、金红石砂矿床、石英砂矿床、金红石—锆英石—独居石砂矿床、砂铂矿床等在我国也较多地存在，另外还有石棉砂矿床、水晶砂矿床、宝石砂矿床、磁铁矿—钛铁矿砂矿床等种类很多，且它们的地质地理特点也各有特色。

（三）砂矿床的地质地理特点

尽管砂矿床的种类很多，但其主要的是分布在第四纪沉积地层中，有时第三纪的古砂矿也具有工业价值。归纳起来它们共同的地质地理特点主要有：

1. 埋藏较浅，一般在30米以内。

2. 砂矿中所赋存的有用矿物一般比重较大，通常呈不规则的形状出现。例如粒状、薄片状、丝状、鳞片状、不规则块状等。其粒径、重量相差悬殊。最小的以微米计，重量仅十分之几微克；最大的高达几厘米，重量为几十克。而且分布极不均匀，不稳定，品位的变化幅度很大，从每一立方米几克到百分之几十克。一般还容易在靠近基岩（或底板）附近富集。

3. 砂矿地层一般松散、破碎、胶结性不好，多为砂、砂砾石层，有时也夹有粘土层、亚粘土层，甚至流砂层、淤泥层。地层中的砾石直径大小不等，砾石含量多变，分布无规律性；砾石的岩性一般坚硬，滚圆度较好。

4. 砂矿层绝大多数位于潜水层以内，地下水比较丰富，有时还可能遇到地下承压水；有的砂矿床处在沼泽地带，密林深处或常年不化的冰冻层地区，地质地理上的复杂性给探矿工程增添了许多困难。

5. 目前具有工业开采价值的砂矿床，主要是河流冲积砂矿和滨海砂矿，在河谷、农田、滨海及沼泽地带施工，由于地表松软，沟、水渠、水坑较多，地形复杂，因此具有交通运输困难的特点。

三、砂矿床的地质勘探

（一）砂矿床的地质勘探工作和勘探网密度

整个砂矿床的地质勘探工作包括如下主要的工作内容：

1. 通过地质普查、物化探、探矿工程等方法手段，最后确定砂矿的勘探类型、形态类型、成因类型及砂矿与原生矿源关系。确定砂矿的分布范围，并研究其变化与本区地质地貌和基岩表面特征等关系。

2. 通过正确地布置探矿工程，认真地取样和测定各种系数，保证储量计算的质量。并且取得砂矿层的埋藏深度，形态、规模以及剥离层厚度、剥离系数等具体技术资料。同时还要获得有关