

砂矿普查勘探方法

錫 鎢 鉍 鉭 鈳 銻 稀 土 金 鉑

地质部第二地质矿产司編

内部讀物 注意保存

中国工业出版社

砂矿普查勘探方法

錫鎢鉍鉭鈦鉛稀土金鉑

地质部第二地质矿产司編

中国工业出版社

为了滿足从事砂矿地质工作者的需要，我們組織了部分同志参考国内外有关文献，結合我国取得的一些經驗，編写了这本小册子。但由于時間仓促、資料不足、編写人員水平有限并缺乏經驗，在內容上和安排上难免有不妥之处，請讀者多加批評指正。另外，湖南四〇八队、广东七一五队的一些同志参加了本书的編写，在此向他們表示感谢。

砂矿普查勘探方法
錫鎢鉍鉭鈦錯稀土金鉑
地质部第二地质矿产司編

*

地质部地质书刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京东便门内大街10号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{2}$ ·印張 $2 \frac{3}{4}$ ·字数59,000

1964年1月北京第一版·1964年1月北京第一次印刷

印数0001—1,160·定价(10-6)0.37元

*

統一书号：15165·2855(地质-270)

目 录

第一章 緒論	1
第二章 砂矿的形成条件及类型	3
一、砂矿的形成条件	3
二、砂矿的类型	6
第三章 普查工作	12
一、砂矿普查阶段的划分和任务要求	12
二、砂矿普查中的主要工作	14
第四章 勘探工作	20
一、砂矿床勘探的任务和要求	20
二、勘探設計书的要求	21
三、勘探类型的划分	22
四、砂矿勘探网密度	23
五、勘探工程布置原則及手段	25
第五章 砂矿普查勘探中几种工作方法 with 要求	28
一、地貌及第四紀地质測量	28
二、重砂取样工作	33
三、各种采样工作方法 with 要求	36
四、各种校正系数的測定	48
五、矿石的物理性质測定	53
六、对重砂矿物分析的要求	55
七、砂矿床水文地质工作方法 with 要求	57
第六章 勘探工程編录和室内工作	60
一、勘探工程的編录	60
二、室内工作	65
第七章 儲量計算及編写报告內容	70
一、儲量計算	70
二、最終报告书的編写內容	81

第一章 緒 論

通常所說的砂矿，是指原生岩石或矿床中所含的有用重矿物經风化破碎及不同程度的搬运富集后形成的松散或胶結的碎屑沉积层。

砂矿床在稀有金属、貴重金属、有色金属等方面都占有很重要地位，它是銻、鉍、釷、釷矿产的主要来源。目前鉍的产量80%来自砂矿；砂金、砂錫矿床自古以来一直是金、錫的重要来源。所以普查勘探砂矿，对建立可靠的矿物原料基地有很大的意义。同时，一般說来，砂矿勘探速度較快，开采比較簡便，选矿容易，投資少，成本低，因此砂矿的普查勘探就有重大的意义。但是在开采和勘探砂矿床时往往会破坏农田，因此有时与农业有一定的矛盾。

砂矿床的形成条件和富集規律，与原生岩的岩相、构造以及地貌、第四紀、古地理条件等，有着密切关系，因此在工作中必須加强区域地质研究和注意砂矿与原生矿的关系。砂矿床常常是多矿种綜合性的。例如，鈦鉄矿、独居石和銻石往往共生，在砂錫矿床中有时鉍鉄矿的价值也很大，所以在工作中必須加强綜合評价研究工作。

我国砂矿很多、分布广泛，很早即已开采利用，但对于砂矿进行正規的普查勘探工作还为时不久，而且各地区砂矿地质工作的水平不一、对砂矿普查勘探工作的要求和方法也不相同，为了便于砂矿普查勘探工作的开展，提高工作质量，很需要总结我国几年来的經驗，编写适合我国情况的砂矿工作方法。

这本小册子的内容是以稀有金属及錫、鎢等有色金属砂矿为主，也包括貴重金属。对于金剛石及水晶砂矿，則由于它們的工作方法不同，并且另有采样规范，故未包括在內。

在砂矿类型方面，則是以冲积砂矿为主要对象，也照顾到海濱、湖濱、洪积和冰川砂矿，对残积、坡积砂矿的主要要求和工作方法做了相应的論述。风成砂矿由于生成条件特殊，并且目前工作中很少遇到，所以未包括在內；已胶結成岩的古砂矿則因为其工作方法和原生矿床相似，故也沒有提到。但必須注意的是，在实际工作中，在普查找矿阶段对于各类砂矿應該全面注意，对风成砂矿和古砂矿也不能忽視。

普查錫、鎢、金、鉍、鉭等砂矿常常是和寻找原生矿同时进行的。在这种情况下，它的任务、要求和工作方法涉及的方面就更加广泛，这本小册子仅能說明有关砂矿的部分。

本书概括地提到砂矿形成条件和类型以及砂矿普查勘探阶段的要求。重点是各种采样方法和系数測定以及野外編录等一些具体工作要求和办法，并且叙述了砂矿普查勘探資料的室內整理和儲量計算方法以及最終报告內容。主要是供野外地质人員参考使用。在一般规范中可以查到而且內容基本相同的有关問題，則尽量簡化或仅是提出有关规范的名称。例如对勘探設計內容、地质填图要求和方法以及儲量計算、报告編写等有关部分就是如此。关于砂矿的各种勘探类型的划分、勘探网密度和各种允許誤差范围、則由于目前資料不足、研究不够、只能根据有关文件或某些地区采用的数据提出作为参考。

第二章 砂矿的形成条件及类型

一、砂矿的形成条件

砂矿的形成过程是长期而复杂的，其形成条件有以下一些，这些条件往往是在比较有利的情况下才能形成有价值的砂矿床。

(一) 原生岩石的含矿性

原生岩石的含矿性是形成砂矿的首要条件。各种岩石或矿床中所含有用矿物常常是不相同的，所以各种砂矿床在成因上和空间分布上往往与一定岩石或矿床有关。例如：

砂锡矿主要来源于石英-锡石矿脉、锡石伟晶岩脉和锡石云英岩带中，也常常来自黑云母花岗岩和二云母花岗岩中；

白钨矿砂矿多来自矽酸盐岩中，而黑钨矿砂矿则多来自石英脉中，也常常来自云英岩和伟晶岩中；

铌钽砂矿主要与含铌钽铁矿的花岗岩和伟晶岩有关，或者来自于含褐钨铌矿、黑希金矿的花岗岩，因此常常形成铌铁矿、褐钨铌矿及黑希金矿砂矿床或者是这些矿物的共生矿床；

钛铁矿来自于基性岩、正长岩、闪长岩或花岗岩中，而金红石则往往与片麻岩、片岩、榴辉岩、角闪岩有关，也有时来自石英脉中；

锆英石多富集于正长岩、花岗岩、片麻岩以及正长岩脉和伟晶岩脉中，因而其砂矿床往往与上述岩石有关；

独居石、磷钇矿等砂矿床主要系由花岗岩、片麻岩中副矿物沉积富集而成；

砂金往往来自于古老变质岩中的石英脉，而铂砂的来源则常常是基性岩和超基性岩。

另外，古代砂矿也可能成为各种现代砂矿的来源。

以上提及的各种有用重矿物在其原生岩中往往并不是均匀分布的，而是与一定的岩相、构造和蚀变有关。如独居石、钽铁矿、锆英石等多产于岩体的边缘相和过渡相，而黑云母花岗岩顶盖之云英岩则往往含锡石最多；某些花岗岩中的铌铁矿富集则与钠长石化、黑云母化有关。所以在对砂矿矿源进行研究时，一定要详细研究火成岩的岩相、成矿构造和蚀变。

(二)原生岩石或矿床的破坏情况

含有用矿物的原生岩石或矿床遭受破坏的程度，对形成砂矿有着直接关系。

决定原生岩石或矿床的破坏程度的主要因素是升降运动和气候条件。

升降运动决定剥蚀作用和水流侵蚀活动的强弱。在上升地区的原生岩石或矿床受冲刷作用大，有利于砂矿的形成，特别是岩石受到强烈风化以后。与此相反，在下降地区的原生矿床或岩石的破坏程度就很小，甚至不受破坏，对砂矿形成是不利的。

气候条件决定原生矿床的风化性质和风化程度。风化作用的主要因素是温度和湿度。在温度显著变化、气候干燥的条件下，物理风化作用较为强烈；炎热潮湿的气候是化学风化作用最适合的条件。在遭到物理破坏作用较为强烈的地区，松散物质经水流作用或海滨、湖滨潮水的作用后可形成

砂矿。

在发生过强烈的化学作用的地区，在原生岩之上形成一个很厚的风化壳。这种风化壳与原生岩相比，其中稳定的金属矿物含量稍高一些，因此风化壳有时本身就是有意义的残积砂矿。当风化壳受到海、湖或大的水流冲刷时又往往生成规模大、品位较富的砂矿床。

(三) 矿物的性质

矿物的性质对形成砂矿也有很大关系。由于矿物的硬度、比重、颗粒大小、结晶形状以及含有矿物的岩石（或原生矿石）强度等等的不同，所以有些矿物易于形成砂矿，有些矿物则不易形成砂矿；有的砂矿距原生矿较远，有的则很近；另外还有些仅能形成残坡积砂矿床。在正常情况下，软而性脆的矿物不易形成砂矿床，如辉钼矿和方铅矿等。反之，硬而稳定的矿物则易形成砂矿，如锡石、锆石等。有工业价值的锡石砂矿通常距原生矿床2~3公里，一般不超过5~8公里，但有时距原生矿15公里的地方仍有工业价值的砂锡矿床。黑钨矿因其解理发育，有工业价值的黑钨矿砂矿床一般距原生矿床不远，且常为残坡积砂矿床。来自同一岩体岩相中的铌铁矿、锆石和独居石也可因矿物比重等性质不同，搬运有远有近。铌铁矿砂矿床由于矿物比重较大，通常离原生岩1~2公里，最大达3~5公里，而锆石、独居石则可在更远处地方形成有工业价值的砂矿床。

(四) 地貌情况

地貌对砂矿形成有很大关系，有的地区不易形成砂矿，有的则往往有砂矿沉积。前者如割切甚剧的高山深谷地区，剝蚀物质随时可被深谷急流运走，不易形成砂矿；后者如低山丘陵地区的河谷及四周环山的小盆地，常有各类沉积物充

填，有可能沉积砂矿。此外还值得注意的是，不同成因类型砂矿所在的小地貌单元也往往不同：冲积砂矿多在水系发育、低山丘陵区的河谷中，特别是当河流水系为树枝状、河谷坡度不大、宽度适当、出口狭窄时，对砂矿形成是非常有利的，在同一河谷中低级阶地砂矿也往往比高级阶地砂矿富；坡积砂矿常分布于山坡山麓地带，特别是坡度变缓地带，坡积层常常是较厚的；残积砂矿多生于风化强烈地形平坦的分水岭和山脊的鞍部。

(五) 河流的侵蚀堆积作用

河流的侵蚀堆积作用是形成砂矿的主要因素之一。河流冲刷着基岩，搬运着碎屑物质，并将其沉积于河谷中。侵蚀堆积作用非常重要的特点是：在搬运和沉积过程中，碎屑物质可按矿物颗粒的粒度和比重进行分选。这种分选使有用矿物在河谷中松散层的一定层位上有规律地富集起来。分选作用通常发生在松散层的底部。

二、砂矿的类型

按照砂矿的不同成因可划分以下几个主要类型。

(一) 残积坡积砂矿

原生岩或原生矿床经风化作用破碎、分离后，物理化学性质不稳定的矿物经化学风化或流水的搬运作用被带走，稳定的矿物残留在原生岩石、原生矿床的露头上或经短距离的搬运堆积在附近山坡上。这样经过长期作用就聚集成为残积坡积砂矿。

残积坡积砂矿按其成因上的不同，可分为残积砂矿和坡积砂矿。这两种砂矿常在同一地区出现，难以区别。具体到某一区段，可以分出是以残积或坡积为主。在某些特殊的地

貌条件下可能形成单独的殘积矿床或坡积矿床。

殘积、坡积物质都不渾圓。殘积砂矿的物质成分与基岩相同，有用矿物通常具有一定的結晶形状，經常可見到脉石矿物和圍岩碎屑包裹的結核。坡积砂矿的有用矿物略現渾圓，碎屑物质稍有分选。

这类砂矿大、中、小型都有，常常分布于丘陵山坡之上。勘探、开采时可能不破坏农田、与农业矛盾小。往往可利用天然水冲洗选矿，但其有用矿物往往有一部分和其他碎屑物連生在一起，选矿之前需要磨碎，加工費用較大。

(二)洪积砂矿

洪积砂矿是暂时性水流作用和洪水沉积形成的。一般距原生矿較近，沉积物分选性差，有用矿物分布不均匀，含矿层不稳定，常为透鏡体。

(三)河流冲积砂矿

这种砂矿是碎屑物质被流水搬运至河谷沉积形成的，經過分选富集，其沉积物渾圓度良好，分选性也較好。一般河流冲积层，特别是平原河流冲积层，上部多是河漫滩冲积物，下部是河床冲积物，有用矿物通常是在下部的砂砾层内富集，矿层直接复于基岩上或相距不远。

本类砂矿的矿种多，分布广，价值大，为砂矿的主要类型之一。根据含矿层冲积物所在地地貌特点和砂矿形态的不同，又可分为以下类型：

1. **河床砂矿**：河床砂矿的松散沉积特点是粗碎屑（卵-砾石）物质很多，往往有巨砾存在，而砂粒和粘土則占次要地位；顆粒碎屑的获取率高；碎屑物质的岩石成分通常是多种多样的，主要是主流及支流兩側的岩石；松散沉积层中有用矿物多数是产于基岩附近。此外有些現在河床砂矿的位置、

矿体形态和規模往往一經激流冲击即发生变化。在普查勘探时必须注意到这一点。

2. **砂洲砂矿**：这种砂矿产在現代大河流的砂洲、小島及淺滩上。其长度从几百米至几公里，寬度从数十到五六百米之間。各种砂洲砂矿的沉积厚度一般由0.5~8米或更多。在同一砂洲內厚度也不相同，通常是由前头向尾部有所增加，由边缘向軸部有所增加。軸部含矿物的品位較高。一般在砂洲中泥质成分較少，砂子易于冲洗，并含有砂砾。顆粒碎屑的获取率也高，有很多小顆粒的有用矿物。

3. **河谷砂矿**：位于現代河谷中，形成第一个或最低一个阶地。河谷砂矿分布极广而且稳定，有很大的工业价值。长度由数百米至数十公里，寬度由数十米至400米以上，有时可达2~3公里。河漫滩砂矿为其中的一部分。

河谷砂矿的位置决定于河谷的构造。在大致对称的剖面中，有工业价值的矿层部分分布在离現代河床不远的地方，并且直接与河床砂矿或砂洲砂矿相接。在不对称的河谷中，含矿层常常产在較緩的斜坡上。

河谷砂矿与河床砂矿比較起来，其特点就是有更厚的砂层，泥质成分較多并有明显的原始层理；松散层的厚度变化較大：可由3~5米到15~20多米或更多些。

在松散层下面基岩表面斜度較小的河谷中含粘土較多，砂砾較少，几乎完全沒有漂砾。在基岩表面斜度較大的河谷中則有很多漂砾。

在河谷砂矿的松散沉积层中，矿物通常集中在低洼的砂矿底层附近，形成一个主要矿层，但也常常有若干层产于主要矿层之上。

基底为碳酸岩的河谷常常形成喀斯特砂矿。喀斯特砂矿

的形状变化大，在凹陷地方往往品位很高。

砂矿底板的位置常常低于潜水面，因此这些砂矿含水頗多。

4. 阶地砂矿：也称为古河床砂矿，产在河床两侧的基岩阶地上。阶地砂矿矿层的数目决定于阶地的数目，可达到五层以上。在該河谷的所有阶地的砂矿并不完全有工业意义，有的仅是其中的一部分。

在冲积层不厚的河谷中，阶地砂矿的各个阶地都位于现代河床水平面之上，最上面的阶地有时离现代河床水平面达100米以上。在冲积层很厚的河谷中，下部阶地砂矿可能位于现代河床水平面之上，也可能低于这一个水平面。因此阶地砂矿大多含水量不大，土法容易开采。

阶地砂矿的长度和宽度极不相同，随阶地的原始大小及阶地的保存程度而定。下部阶地的砂矿分布面积大。阶地越高，砂矿的保存越少，面积也越小。在較高的阶地上，通常只剩下孤立的、面积不大的含矿冲积层。

这种砂矿的特点是粘土含量高，重矿物含量低。

砂矿基岩通常带有浅洼陷、喀斯特漏斗，有时带有埋沒的槽形地，在这些凹地中往往含矿較富。由于基岩表面很不平及风化带很深，在砂矿的基岩附近部分就时常形成特殊的一层，由冲积层和基岩风化带的粘土碎屑物质混合組成。在某些情况下，这一层的厚度可达1~2米以上。

砂矿的形状不規則，有时近于对称，有时則沿主要河谷或沿旁边的支流伸展。

5. 勺形砂矿：这类砂矿产于細谷支流及水流不經常的河沟中。由高阶地的冲积物及細谷兩側坡积物发生重力位移和被季节雨水部分冲刷堆积而成。因此，这种勺形沉积具有冲

积和坡积的特征。砂矿周围細谷的形态和主要河谷的斜坡特征对砂矿形成有很大影响。細谷延伸距离比較小，通常不超过1.0~1.5公里，細谷的寬度在50~60米之間或更小。工业上最主要的是細谷中部。当基底为石灰岩并具有喀斯特漏斗时也常造成有工业价值的砂矿。

(四) 濱岸砂矿

濱岸砂矿主要是指在海、湖盆地的边缘，由于海水、湖水的冲刷、搬运、沉积作用使成矿物质在海岸或湖泊边缘的冲积层中富集而成的砂矿床。砂矿物质来源于海、湖濱或稍远的原生矿床及含有用矿物的各种岩石或其风化壳。砂矿有直接为海浪作用而被带入海濱地带形成的，也有由于海、湖的河流作用被搬运到海、湖岸边沉积的。按其成因环境的不同可分为海濱砂矿和湖濱砂矿。

海濱砂矿由厚1至10米(有时更厚些)的砂质层及砂泥层互层組成。海洋沉积与冲积层不同，海洋沉积以細粒、分选良好的砂质物为主，粒度比較均匀，有用矿物大部分在0.1~0.2毫米左右，自上而下泥质物逐漸增多。

海成砂矿呈窄条状，与現代海岸平行。长度介于数百米至数十公里，有时延伸数百公里；寬度一般都在数十米、一百至二百米左右，有时达几公里。含矿层由富集程度較差的石英砂及富矿层的互层組成。富矿层厚度不大，約数厘米到数十厘米(30~50厘米)，金属矿物常很富集。砂矿在纵长方向上分布稳定，在橫向上变化复杂，常成一系列透鏡体状，在堆积地形外緣(沿岸堤、砂嘴和連島洲等)的頂部和根部最富。

本类砂矿大多数产在热带及亚热带气候潮湿、风化壳发育地区，一般規模較大，矿种也多。在世界上鋳石、独居

石、鈦鉄矿、金紅石优质精矿产量中，这一类砂矿占很重要地位。

根据产出情况不同，海濱砂矿又可分为二种：一种产于現在海岸沉积层中；一种产于海成阶地的沉积层中，即古海沉积层中。如按形态划分，前者有时称为岸前淹沒带砂矿，后者有时称为沙堤砂矿或平台砂矿。

湖成砂矿与海成砂矿有很多是相同的，但是它往往有很好的水平层理，含粘土較多，有时并会有大型的淡水軟体动物貝壳。

(五)冰磧砂矿床

第四紀冰川生成的砂矿床，是砂矿物质在冰磧物搬运与沉积时富集形成的矿床。分布在有冰川作用之地区，并且常常伴有其他成因类型的砂矿。

冰川砂矿产状沒有規律，所含物质很复杂，冰磧物沒有分选性，漂砾外表常有磨蝕石和冰川擦痕。

第三章 普查工作

一、砂矿普查阶段的划分和任务要求

砂矿普查勘探工作和原生矿一样，可划分为初步普查和詳細普查两个阶段。其中每个阶段都包括了較大区域的填图和矿点檢查两方面的工作。初步普查着重于面，即成矿区、成矿带的研究；而詳細普查則着重于点，即矿区、矿点或矿体的詳細研究。前者着重于区域矿化富集規律、地质特征的研究；后者着重于矿区的評價及区内含矿情况的研究。

确定普查工作要以一定的地质資料为依据。初步普查应根据已有的資料，在认为可能找到預期矿产的地区内进行。詳細普查是根据初步普查阶段的結果以及地质矿产資料或开采資料，在确认为有砂矿远景的地区进行。在地质空白区寻找砂矿时最好先使用小比例尺区域地质测量的方法。若沒有区测資料而又急需开展砂矿普查工作，也应充分利用其他已有資料。

初步普查与詳細普查二者虽有区别，但是是互相联系的。一个地区的砂矿普查工作，往往是由初步普查开始。若已有的地质資料对地质矿产了解程度較高且有一定远景时，可以直接进行詳細普查工作；另外在初步普查中發現有明显矿化远景的地区或其他具有一定希望的矿床时，亦可根据需要提前布置詳細普查工作。

(一) 初步普查阶段的任务和要求

初步普查一般是在1:20万或1:50万区域地质测量资料的基础上，結合 1:5 万或1:10万的地形图，从矿源、地貌、水系等方面选择有利于形成砂矿的地区来进行。通过重砂采样、地质图和地貌图的编制，以少数轻型山地工程，大致了解地质、矿产、地貌的特征，原生矿化富集规律，砂矿的形成条件，岩石或矿床中 useful 矿物的含量和各种松散层的分布及其含矿情况，为详细普查提供工作地区。同时对已知矿点或异常进行初步检查，大致了解砂矿成因类型、矿体分布面积、矿层厚度、埋藏深度、主要矿物含量，以及开采加工淘洗的难易程度和经济地理条件等，从而确定有无详细检查的价值。

(二) 详细普查阶段的任务和要求

详细普查是为勘探提供后备基地，应在初步普查的基础上，选择出条件良好的地段进行。通过较大比例尺的地质、地貌、第四纪地质测量和一些工程，较详细地了解地质、矿产、地貌特征和砂矿形成条件，查明各类砂矿的分布和各个砂矿点的大小、含量及剥离比等大致情况；研究成矿的原生岩(包括脉岩)的相带划分、矿物成分、热液蚀变、矿化规律和有用矿物含量等，初步确定砂矿与原生矿或原生岩石间的关系。

与此同时，选择较好的砂矿点进行详细检查，初步确定砂矿范围、剥离层厚度，大致查明砂矿层的矿物成分、主要有用矿物的含量、化学成分和伴生组份、以及它们的纵横变化情况；同时对矿物粒度大小、含泥量多少、加工淘洗等可选性能以及水文地质条件及经济地理情况，也须进行必要的了解，以便确定是否有工业价值，应否转入勘探和取得勘探设计所需的各项资料。