

# 金剛石砂矿的普查勘探方法

地質部地質矿产司

金剛石是一种极为稀有的貴重矿物，在地壳中含量較少，不易发现，因而普查勘探工作是比较复杂的。根据我国几年来普查勘探金剛石砂矿所积累的經驗，并参考世界各国的有关資料，我們汇总成这篇文章，供大家在工作中参考。

## 金剛石砂矿的找矿前提

在普查找寻金剛石砂矿时，必須注意了金剛石矿的情报点，以及形成金剛石砂矿的地質和地貌前提。

从国内外金剛石矿的发现历史来看，几乎所有的金剛石矿床都是先由当地群众发现，而后才进行地質研究工作的。因此群众发现金剛石的传说和有关金剛石出土的情报点是普查找寻金剛石砂矿的重要前提之一。

一般認為有利于形成金剛石原生矿的地質条件是地台上深大断裂带附近，特别是深大断裂带附近的次一级羽毛断裂带，以及大片偏碱性暗色岩分布区的边缘地段，有基性超基性岩浆侵入和火山活动較强的地区。具备上述地質条件的地区就可能生成原生矿。有原生矿就具备了形成砂矿的先决条件。

形成砂矿必須要有良好的气候条件和搬运堆积条件。要使原生矿形成砂矿，首先必須有較高的气温、充沛的雨量或湿度变化剧烈等适于基岩受到物理和化学风化的条件。

原生矿风化成碎屑物質后，又必須有水流、冰川或风力等作用的搬运沉积。在搬运沉积过程中，在河谷中支流注入主流的地方、河流的内弯沉积处、河流由狭窄变宽处的下方、切割阶地的小河与細谷、砂洲的头部、古河床弯曲的凸出部分、河床中基岩的走向垂直于水流方向所形成的梳状河床地段、由石灰岩形成的喀斯特河床区在新构造运动程度上有差异或上升和下降运动相交替的地段等都容易富集成砂矿。而在重砂含量較高的地区、水鋁石富集的地区、有金剛石伴生矿物如鎂鋁榴子石、鎂鈦铁矿、鉻透輝石、橄欖石、鉻铁矿、金紅石等与基性超基性有关矿物沉积的地区，金剛石的含量都可能較高。

## 成因类型及其主要特征

从生成时期上分类，可把金剛石砂矿分为古砂矿（次生原生矿）和近代砂矿两大类。根据成因和矿床特征可分为下列几种类型：

残积砂矿：含矿基岩风化破碎后，細而輕的碎屑和易溶解的物質先被帶走，重的矿物和粗粒碎屑物質残留在基岩上形成残积砂矿。这种砂矿的品位高低与其复盖下的基岩含矿率类似。品位与矿体一般都不稳定，很少形成具有工业价值的矿床，但可作为找寻原生矿的重要綫索。

**坡积砂矿：**含矿的基岩风化后，碎屑物质沿着山坡移动，在基岩附近坡积物分选较好的地段形成坡积砂矿。砂矿常赋存于坡积层的粗碎屑透镜体与楔状夹层中。此种砂矿品位不高，仅在个别情况下才能形成有工业价值的矿床，一般可作为找寻原生矿的标志。

**冲积砂矿：**冲积砂矿又可分为河床砂矿、阶地砂矿和河漫滩砂矿三种。河床砂矿是冲积砂矿的主要类型，其特点是规模大，无复盖层，含矿层和金刚石品位都较稳定，含矿层厚度一般为5—6米，金刚石在垂直剖面上的分布常是下部较上部为富。阶地砂矿就是古河床砂矿。这种砂矿与河床砂矿相似，但往往有较厚的复盖层，有时被现代水流冲刷破坏成孤立的小残丘，其价值一般较河床砂矿低。河漫滩砂矿（包括砂咀砂矿）的沉积特点与河床砂矿相似，但规模较小，含矿层的上部有细砂或砂质粘土。

**细谷砂矿（干河谷砂矿或小河谷砂矿）：**一般发育在阶地砂矿区，是阶地砂矿风化破坏以后由季节性水流冲刷搬运再沉积形成的砂矿。在搬运过程中，较轻及较细的碎屑物质被水流带走，重及粗的物质则与金刚石同时沉积下来。因此，细谷砂矿常比阶地砂矿更富。含矿细谷在上游具有坡积冲积相，分选较差，品位低；中游分选好，含矿率最高。

**洪积砂矿：**位于洪积扇的顶部及中部，粗碎屑部分，砾石分选性微弱，富集条件不好，不及上两种重要，但可作为找寻原生矿的线索。

**湖相、泻湖、三角洲砂矿：**以细粒堆积物为主，分布在湖岸的沙滩、砂坝及砂咀中，所含金刚石颗粒小，含矿层较稳定，

厚度常在10米以上。矿床规模大，但品位低，工业价值一般不及冲积砂矿。

**海岸砂矿：**分布在滨海浅滩、砂咀、砂坝上或海岸阶地上，富集条件好，常形成规模较大的富砂矿，其工业价值仅次于冲积砂矿。

**冰川、冰水砂矿：**原生矿破坏后，由冰川或冰水搬运堆积形成的，分选较差，一般情况下工业价值不大。

**风成砂矿：**在沙漠地区由于风力的吹扬搬运形成的，富集条件较差，一般规模较小。

上述砂矿类型中，以细谷砂矿、冲积砂矿、海岸砂矿的工业价值较大，是普查勘探的主要对象。

### 普查勘探方法

一、找矿方法 在普查找矿阶段应进行以下工作：

1.除搜集研究一般地层、构造及岩浆活动等资料外，还应着重搜集研究有关金刚石产地的记载和传说、基性超基性岩及偏碱性基性火山岩的分布、适于砂矿沉积的地貌区域、水系图、区域水准点的分布及其标高，以及河流的横剖面及纵剖面图等资料。

2.在工作区域内横穿几条剖面进行踏勘，并访问群众了解发现金刚石的传说，了解最适于砂矿沉积的地貌区。然后布置比例尺十万分之一或二十万分之一的地质地貌测量，测量路线应垂直河谷，路线两端必须到达河谷最高侵蚀面或最高分水岭。路线的间距为1公里或2公里（根据测图比例尺来确定），在第四纪沉积物发育的地区，路线间距可适当加密。线上观察点的布置，决定于区域内各种地貌类型的发育情况及其分布范

围, 应注意在不同地貌单位的接触处布置观察点。测图的其他要求与方法, 除按照同比例尺一般地質地貌测量的方法和要求外, 应注意以下几个方面:

在全部河谷范围内进行阶地对比, 分析河流发展史, 推断尚未进行测量地区的阶地发育概况。对比的方法是沿河谷每隔 5—10 公里测制河谷横剖面一条, 并准确地测定剖面线上各点的绝对高度和相对高度(以当地河流常水位基准为零)。要了解清楚剖面线上不同地貌单位的基岩高度和沉积物厚度, 如露头不好时, 可利用浅井揭露。剖面的水平比例尺为二分之一, 垂直比例尺为二分之一, 或水平比例尺为千分之一, 垂直比例尺为百分之一, 根据具体情况确定。在对比划分阶地时, 应搜集阶地的长度、宽度、表面高度和基岩高度; 阶地砾石成分的颜色和结构; 砾石的倾斜和走向; 古河床的水流方向; 基岩的性质及产状; 在河流下游或河谷某些段落的构造凹陷带, 应特别注意埋藏阶地(砂矿)存在的可能性等方面的资料。尽可能确定沉积物的时代和研究古夷平面的性质。

对可能富集砂矿的各种地貌类型的沉积物应详细描述。

重砂取样的目的是为了发现金刚石及其伴生矿物, 因此应研究重砂的组份、含量及其来源。取样的间距在主流为 3—5 公里, 支流为 1 公里左右, 较小的支流可以更密一些。重砂取样应在通常认为砂矿可能富集的地点进行。单独样品的体积为 20 立升, 利用自然露头或浅坑采取, 应尽量采取基岩附近的样品, 并注意在不同类型沉积物中都采取样品, 必要时采样间距可加密。采取重砂

样品时, 应特别注意观察河流漂砾的成分, 以便寻找原生矿。重砂样品应在野外分盆淘洗, 每盆不要太多。由于金刚石的比重较小, 易于淘失, 所以淘洗成灰砂即可送回室内进行分析鉴定。在采集重砂时, 应详细描述采样地点的地貌情况, 并将采样点划在地質地貌图上。根据重砂分析资料可编制二十万分之一或十万分之一的重砂矿物分布图。该图以水系平面图加绘主要地質地貌界线为底图, 大小水系都必须全部绘上。为了进一步研究重砂物质的来源和重矿物沉积的规律, 还可以采集人工重砂样品。

应特别注意基性超基性岩以及火山岩的鉴定和研究工作。

3. 选择有利于砂矿富集的地段, 采集 400—600 立方米的砂砾大样, 用专门的选矿设备进行选矿, 以便从中发现金刚石。

二、普查评价(或详细普查方法)其目的是详细了解各种第四纪沉积和地貌类型, 含矿沉积物的厚度、成分、结构、洗选性和含矿率, 复盖层的成分和厚度, 以及水文地質条件。计算矿区内的远景储量, 作为进一步勘探设计的依据。为了达到上述要求, 可测绘比例尺五万分之一或万分之一的地質地貌图。用稀疏的勘探网, 采集样品并进行选矿, 求含矿率。勘探网的密度可根据砂矿的规模来确定, 对每种类型的砂矿, 一般应不少于 2—3 条线, 每条线上不少于 2—3 个采样工程。在每个采样工程中都应了解涌水量。

填制比例尺万分之一的矿区地質地貌图的目的, 在于阐明矿区內金刚石砂矿的分布规律和有用矿物的富集地質地貌条件。因此, 这种图件是矿区进行勘探工作的重要依据。野外制图的主要任务是正确地对比、划

分阶地并圈定其分布范围，用不同的花紋符号区分第四紀的岩性特征，詳細測量高阶地砾石的傾斜方向，恢复各个时期的河流外形及流动方向。同时在图上必須精确地圈出細谷沉积物的分布范围。室內制图的主要任务是根据測量資料，标上全部找矿勘探工程，随着勘探工作的进展，及时修改野外地質界綫。

三、勘探方法 勘探工作的目的是用一定密度的勘探网，获取C<sub>2</sub>級及C<sub>1</sub>級以上的工业儲量，其工作要点如下：

1. 勘探手段的选择：金刚石砂矿無論在水平或垂直方向上的分布都是不均匀的，但在一般情况下，大致是沿砂矿延伸方向呈带状分布。这种特点是选择金刚石砂矿的勘探和采样方法的主要因素。

一般砂矿常采用的重砂法，由于不能直接确定金刚石的品位，只能作为勘探金刚石砂矿床的輔助手段。鑽探（一般砂鑽）、浅井、物探（主要是电法）等勘探手段，目前只能用来揭露冲积层，了解其厚度、基岩起伏情况及采取重砂样品。勘探金刚石砂矿的主要手段是在較密的勘探网上，用大断面的探井，垂直砂矿厚度进行全巷取样。

## 2. 矿床勘探方法

勘探网的布置：为适应砂矿横向变化大的特点，应采用勘探綫上坑道（探井）密度大于勘探綫之間密度的勘探网。

勘探綫应垂直砂矿的走向布置，当不能利用砂矿的外貌了解其走向（延长方向）时，应測量含矿层砾石傾斜方向来确定。

每个砂矿；至少应布置2—3条勘探綫。现将各种类型、規模砂矿所采用的勘探网密度列入下表供参考。

砂矿类型	砂矿規模		儲量級別		
	长 (米)	寬 (米)	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
河床砂矿	>3	>150	400×通槽	800×通槽	1600×通槽
	>3	150—40	200×通槽	400×通槽	800×通槽
	>3	<40	—	200×通槽	400×通槽
河漫滩砂矿	>3	>300	200×20	400×20	400×40
	1—3	100—300	—	200×20	400×20
	<1	<100	—	—	200×20
矿层产状未被破坏的阶地砂矿	>3	>300	200×20	400×20	400×40
	1—3	100—300	—	200×20	400×20
	<1	<100	—	—	200×20
含矿层产状被破坏的阶地砂矿	>3	>300	—	200×40	400×40
	<1	<300	—	—	200×40
	>5	240	400×20	800×20	800×40
細谷砂矿	3—5	120—240	200×20	400×20	800×20
	1—3	60—120	—	200×20	400×20
	<1	<60	—	—	200×20

取样方法：用大断面坑道（探井），垂直砂矿厚度全巷取样，坑道（探井）断面的大小取决于矿层取样厚度和取样体积。原则上規定垂直砂矿层的分层取样厚度为2米，但必須充分考虑含矿层物質組份和結構在垂直方向上沉积物的变化情况。若根据沉积物是多旋迴沉积时，就按自然沉积分层取样。取样体积与砂矿中金刚石顆粒平均重量成正比，而与金刚石平均含量成反比。即发现一顆金刚石所需要的样品体积  $P = K \frac{d}{C}$ 。式中K为取样系数，大于1，K值随d值的可靠程度而定。具有大量勘探資料和部分开采資料的老矿区，K值为1.2。經過評价的地区或老矿区外围，K值为1.3—1.5。布置評价工作的地区，K值不应小于1.5。d为金刚石平均重量（毫克），d值是由不同矿区，不同

类型的砂矿所取得的全部金刚石，分别用算术平均法所求得。 $C$ 为砂矿中金刚石平均含量（毫克/立方米）。当金刚石实际平均含量低于边际品位时， $C$ 值应用边际品位或块段最低可采品位代替。

在根据样品体积决定坑道断面时，为使在横切砂矿方向有最大的揭露面积，勘探坑道必须尽可能长一些。在完全没有资料的地区，细谷类型的每个单独样品可采10立方米左右，其他类型的每个单独样品可采20—30立方米。所有勘探取样坑道，都必须按地质设计要求垂直挖至基岩，并剥去基岩风化层10—20厘米，一併作底部样品处理。

其他样品采取方法：重砂样品是在所有勘探坑道中，随金刚石大样用刻槽法在坑壁上取样，体积20立升，重砂含量每个样品分别测定。半定量全分析，可按勘探线、矿层或块段组合样品进行。采取含矿砂砾层粒度测定样品的目的，在于满足开采时有关砂砾筛分的技术资料及研究金刚石分布和砂砾各种级别之间的关系，在1/4—1/8的勘探坑道中进行2米分层取样，单独样品体积为0.2—1.0立方米，将取得的样品筛分成： $+150$ （毫米下同）， $-150+100$ ， $-100+50$ ， $-50+25$ ， $-25+16$ ， $-16+8$ ， $-8+4$ ， $-4+2$ ， $-2+1$ ， $-1+0.5$ ， $-0.5+0.2$ 及 $-0.2$ 等十二个级别，最后按勘探线或块段绘成砂砾粒度累积曲线图。砂矿层须取少数具有代表性的样品测定松散系数，以提供开采技术资料。

金刚石晶体鉴定：对勘探时获得的每一颗金刚石必须进行晶体鉴定研究和工业技术分级。对所有金刚石晶体进行形态分类（包括晶体磨损程度），求得各地区、各类型砂矿中金刚石的形态特征，以便对比各地区、

各类型砂矿中各种形态类型晶体的重量百分比、含量百分比与平均重量。同时，研究金刚石晶体内的包体，以推测金刚石的来源。

矿区水文地质工作方法与要求：勘探金刚石砂矿时的水文地质工作任务是，查明矿区水文地质的一般条件及复盖层边坡稳定性，为砂矿开采提供有关排水、选矿供水等方面的资料。

矿区水文地质工作方法，随地质勘探程度与矿区水文地质条件的复杂程度不同而异。在找矿评价阶段，一般只进行地表的水文地质测绘。在找矿坑道中，附带搜集地下涌水资料，了解矿区水文地质的一般条件。在勘探阶段，主要是随坑道（探井）掘进，进行大量的简易水文地质工作，了解含水层与复盖层的特性，如岩性、厚度、埋藏深度、涌水量渗透系数、边坡稳定性及地下水化学成分等。对于含水性较大、水文地质条件较复杂的矿区，应作一定量的正式抽水试验和长期观测工作。最后应作出矿区水文地质图、水文地质剖面图，并提供开采坑道涌水量资料，指出选矿供水方向。

#### 主要资料的编录方法

坑道素描方法：坑道素描是研究第四纪地质和砂矿的基础，同时又是品位、储量计算的开始，因此必须认真、准确地进行。坑道素描的比例尺为五十分之一或百分之一。在简单情况下，只需描绘与勘探线重合的一个坑壁，在素描的同时，准确计算取样层的厚度和取样体积（原体积）。

勘探线剖面图和砂矿剖面图的编制：用地形仪器实测，水平比例尺为五百分之一，垂直比例尺为五十分之一或水平比例尺为千分之一，垂直比例尺为百分之一。编制方法是

将每个坑道的素描资料，按比例尺详细地展繪在地形剖面图的相应位置上，最后将各坑道同一层位的地質体连接起来。

### 儲量計算方法

在計算金剛石的儲量时，一般应注意以下几項原則：1.凡按合乎要求的勘探网进行过勘探及取样的每一个单独砂矿，都要計算砂砾层及其中金剛石、副产組份的儲量；2.当矿区具有不同类型的砂矿或同一类型的几个砂矿时，每一个砂矿都必须单独計算儲量；3.由勘探工程分层取样圈定的两个或几个矿层，或者是金剛石含量不同的两个或几个矿层，应分別計算含矿砂砾层、金剛石和副产組份的儲量；4.在計算金剛石砂矿的含矿层体积时，同样应計算复盖无用物的体积。如当泥层检查結果，普遍存在金剛石时，則应同样計算泥层中的金剛石儲量。

儲量計算方法的选择，决定于砂矿的产状及金剛石分布的特点。按金剛石砂矿的特点，选择与勘探綫一致的垂直断面法最为合适。由于砂矿中金剛石的含量不均匀，因此平均品位不按每个样品或每个勘探工程分別計算，而是按整个块段計算。在計算平均品位时，含矿砂砾体积应按其原体积計算。对勘探中取得的个别超过該区平均重量十倍的特大金剛石，在計算平均品位时，应以矿区金剛石平均重量的3倍来代替。

矿体的圈定及儲量計算，是在比例尺千分之一、二千分之一或五千分之一的地形图上进行。比例尺按矿床規模大小及稳定程度而定。儲量計算边界是沿着勘探綫有工业价值的綫段边缘达到边际品位以上的坑道与相邻低品位或落空坑道的間距一半来圈定，块

段平均品位必須 $\geq$ 最低可采品位。在圈定的块段范围内，金剛石品位为零的坑道，只有当其呈明显落空帶时，才从块段中剔除。边缘勘探綫可按勘探綫間距一半矩形外推，計算同一級儲量。

几个主要参数的計算公式。

垂直断面法的基本公式是：

$$Q = \frac{l_1 + l_2}{2} \times \frac{S_1 + S_2}{2} \times C$$

当 $S_1$ 、 $S_2$ 相差40%时，式中 $\frac{S_1 + S_2}{2}$

部分用  $\frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2}}{3}$  代替。

$Q$ ——块段儲量；

$l_1$ 、 $l_2$ ——自一条勘探綫中点作垂直至另一条勘探綫的垂直綫长度；

$S_1$ 、 $S_2$ ——矿体垂直断面面积；

$C$ ——块段平均品位。

1. 块段平均品位計算公式：

$$C = \frac{\sum Ch}{\sum h}$$

$C$ ——单独样品品位(毫克/立方米)；

$h$ ——单独样品厚度。

2. 矿体断面積計算公式：

$$S = m \times \frac{\sum h}{N}$$

$m$ ——矿体断面长度(米)；

$N$ ——坑道数。

3. 当相邻勘探綫交角 $<10^\circ$ 时，儲量計算按基本公式进行； $>10^\circ$ 时，采用普罗科菲耶夫計算方法：

$$V_1 = S_1 \times \frac{S'_1}{M_1} \text{ 及 } S_2 \times \frac{S'_2}{M_2}$$

$$V = V_1 + V_2$$

$V_1$ 、 $V_2$ —块段各部分体积；

$V$ —块段体积；

$S'_1$ 、 $S'_2$ —平面面积。

### 报告编写方法和储量报告中

#### 应附的图件资料

由于金刚石砂矿地质和勘探方法，均与其他砂矿有很大的不同。因此，在向国家提交矿产储量时，除要满足提交矿产储量报告程序编写规范中所规定的资料（文字报告及图表）外，还必须着重说明或补充以下资料：

文字报告部分应补充以下资料：1. 与砂矿相关的第四纪地质和地貌，应较详细地叙述，以阐明砂矿形成或富集的地质和地貌条件；2. 对取样及样品加工方法，应系统叙述。对山地工程取样及样品加工每一工序的质量进行检查评价；3. 在文字报告的有关章节中，必须全面系统地总结金刚石晶体鉴定方法及有关矿产质量的资料；4. 当所采用的勘探方

法和矿床研究程度及勘探网密度等，与储量规范有出入时，应在文字报告中说明理由。

图件部分应补充的资料：比例尺五十万分之一或百万分之一的交通位置图、比例尺十万分之一或二十万分之一的区域地质地貌图、比例尺万分之一或五万分之一的矿区地质地貌图、比例尺二千分之一或千分之一的矿床地形地质地貌图，储量计算可利用这种图来进行。勘探工程和采样位置、矿体边界、储量计算的块段等都可以表示在图上。基岩等高线可根据不同矿区情况与工业部门研究确定是否需要。比例尺十万分之一的水系重砂分布图。

表册部分应补充的资料：1. 勘探线坑道一览表及勘探线资料综合统计表；2. 含矿砂砾粒度分级测定结果表及综合性累积曲线图；3. 金刚石晶体鉴定结果综合对比表；4. 选矿各工序质量检查结果表；5. 有代表性的金刚石晶体图片及其他。

（上接第22页）

系。专业队走不到的地方，他们可能走到，专业队不易发现的矿点，他们易于发现。因此对这支力量应当十分重视，并给予积极热情的支持和技术指导。对广大群众的找矿报矿的积极性也应该热情对待，在不影响农业生产的条件下，可以继续发动群众，结合生产活动进行找矿报矿。

此外，在进行普查勘探时，应对普查区域内各种有用矿产都进行普查评价，并对勘探矿区的各种有用矿物的品位、储量和加工条件进行综合评价。对于正在开采而储量不足的老矿山，也应尽可能探明新的储

量，使“老山空”的矿区恢复“青春”。这都是实现“三按”方针所不可忽视的。

党的领导、政治挂帅和群众路线是做好一切工作的根本保证，也是地质工作大跃进的基本经验。“三按”方针是地质工作的重大方针，正确贯彻这个方针不是一件轻而易举的事情。在执行这个方针的过程中不可避免地会遇到一些思想问题和实际问题，解决这些问题，使这个方针深入人心，真正为广大职工所掌握，变为自觉的行动，就必须加强党的领导，坚持政治挂帅，贯彻群众路线。只有这样才能使地质工作按照“三按”方针更好地满足国家经济建设对矿产资源的需要。