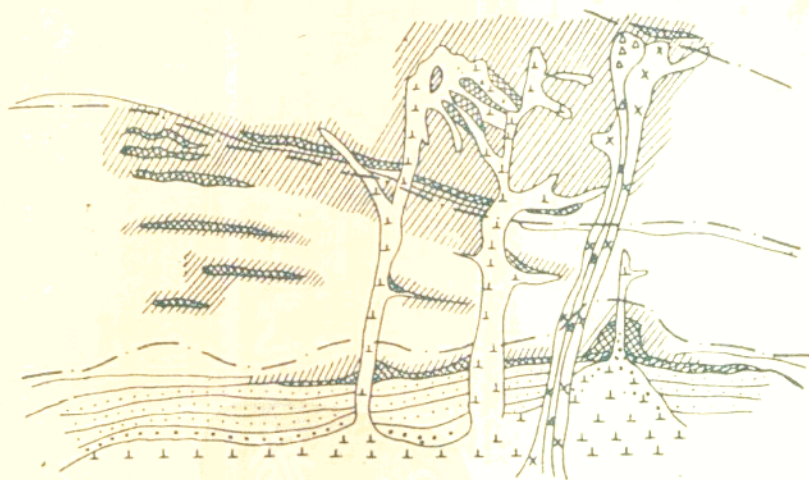


沈阳地质矿产研究所编

中国金矿主要类型找矿方向

与找矿方法文集

第一辑



地质出版社

16. 01121
3077
1

中国金矿主要类型找矿方向 与找矿方法文集

第一辑

沈阳地质矿产研究所 编

(京)新登字085号

内 容 提 要

“中国金矿主要类型找矿方向与找矿方法”项目科研成果分地质专报和文集2个系列陆续出版。文集包括3辑，本书为第1辑。

本辑由9篇文章组成。作者以大量实际资料为基础，对中国砂金成因类型及“金三角”地区砂金矿矿质来源、哀牢山北段构造蚀变带金矿成矿条件及找矿方向、汞矿带中金矿赋存规律、佳木斯地块北段岩金成矿条件、康定-攀枝花地区区域金矿化特征、海南金矿类型及形成条件、青海省北部连山基性-超基性岩含金性、粤西金矿矿床地球化学、闽北建瓯一政和一带与火山岩有关的金矿成矿地质条件及找矿方向进行了系统论述。全书附图版4幅，内容丰富，资料翔实，是研究我国金矿地质的主要参考书之一。

本书可供从事有关专业的地质人员、教学和科研人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国金矿主要类型找矿方向与找矿方法文集/沈阳地质矿产研究所编. —北京:地质出版社, 1994.12

ISBN 7-116-01669-4

I.中… II.沈… III.①金矿-找矿方向-中国-文集②金矿-成矿规律-中国-文集IV.P618.51-53

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第04611号

地质出版社出版发行

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑:刘广来

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092^{1/16} 印张: 18.625 铜版图: 2页 字数: 447000

1994年12月北京第一版·1994年12月北京第一次印刷

印数: 1-600册 定价: 15.80元

ISBN 7-116-01669-4

P·1347

目 录

中国砂金矿的分布、成因类型及“金三角”地区砂金矿矿质来源的研究

.....吕英杰 邵晓东 马大明 金洪涛 盛刚 祝洪臣 (1)	
一、砂金矿的探采史及研究现状..... (1)	(1)
二、砂金矿床的成矿机理..... (2)	(2)
三、砂金矿床的成因分类及成矿时代..... (11)	(11)
四、砂金矿床的特征、分布规律及其找矿标志..... (15)	(15)
五、“金三角”地区砂金矿床的矿质来源及岩金矿床的找矿方向..... (22)	(22)
结 语..... (33)	(33)

哀牢山北段构造蚀变带金矿成矿条件及找矿方向.....唐尚鹤 李经典 何叔欣 (35)

一、区域地质背景..... (35)	(35)
二、地球化学特征..... (53)	(53)
三、哀牢山北段金矿床分布规律、类型及成因..... (56)	(56)
四、典型金矿床..... (81)	(81)
五、找矿标志及成矿预测..... (95)	(95)

汞矿带中金矿赋存规律.....何立贤 曾若兰 林立青 (99)

前言..... (99)	(99)
一、中国汞矿成矿带及其金矿化..... (99)	(99)
二、典型汞矿带研究..... (106)	(106)
三、汞矿带中金矿成矿规律..... (148)	(148)
四、成矿模式..... (151)	(151)

佳木斯地块北段岩金成矿条件研究.....张貽侠 党增欣 曹燕 张兴洲 隋雷 (167)

一、金矿区域地质背景..... (167)	(167)
二、同位素地质年代学..... (180)	(180)
三、典型矿床..... (184)	(184)
四、岩金成矿条件..... (187)	(187)

康定-攀枝花地区区域金矿化特征

.....栾世伟 胡正纲 王振荣 毛玉元 慕纪录 刘 诚 黄茂新 陈尚迪 (193)	
一、区域金矿化地质背景..... (193)	(193)
二、区域金矿化类型..... (206)	(206)
三、区域金矿化规律..... (218)	(218)

海南金矿类型及形成条件.....涂绍雄 战明国 方继专 何圣华 卢章达 (225)

一、区域地质..... (225)	(225)
二、金矿类型及成矿带的划分..... (227)	(227)
三、二甲-抱板金矿带成矿地质背景..... (229)	(229)

四、金矿床地质特征、形成条件及成因研究.....	(246)
五、全岛金矿成矿条件与找矿标志.....	(264)
青海省北祁连山基性—超基性岩含金性研究(摘要).....	李金铭 杨建国 肖朝阳(269)
一、金矿地质背景——地层与蛇绿岩套特征.....	(269)
二、金矿地质背景——基性超基性岩岩体特征.....	(271)
三、金的地球化学、微量元素特征及元素相关分析.....	(272)
四、金矿的分布、特征与形成机理.....	(274)
五、金矿的成矿条件与找矿标志.....	(277)
粤西金矿床地球化学(摘要).....	王鹤年 张景荣 陆建军 陈 骏(279)
一、粤西地区地质演化的几个重要特征.....	(279)
二、含金矿源层的地层地球化学特征.....	(280)
三、变质作用、混合岩化作用中金的活化转移.....	(280)
四、与金成矿有关的花岗岩类特征.....	(281)
五、糜棱岩化作用与金矿化.....	(282)
六、糜棱岩带蚀变岩型金矿——河台金矿.....	(283)
七、晚元古代硅铁建造型金矿床.....	(286)
八、层控石英脉型金矿床——新洲金矿.....	(287)
九、破碎带蚀变岩型银金矿床——庞西洞银金矿.....	(287)
十、寒武系黑色岩系层控金矿床.....	(288)
十一、粤西地区金矿床成矿规律、时空分布及找矿方向.....	(289)
闽北建瓯—政和一带与火山岩有关的金矿成矿地质条件及找矿方向(摘要)	
.....	冯志文 夏卫华 曾佐勋 徐一伟 朱有光等(291)
一、基底变质岩系及其含矿性.....	(291)
二、中生代火山—岩浆岩系.....	(292)
三、区域及矿化带构造.....	(293)
四、金矿地质.....	(294)
五、成矿地质条件及找矿方向.....	(297)

中国砂金矿的分布、成因类型及 “金三角”地区砂金矿矿质来源的研究

吕英杰 邵晓东 马大明 金洪涛 盛刚 祝洪臣

(沈阳地质矿产研究所)

内容提要 我国砂金矿资源丰富,找矿前景良好。根据砂金矿床的空间分布特点,将其划分为26个砂金富集区。其主要成矿时代为中更新世晚期—全新世。根据砂金矿床的成矿作用,所赋存的地貌部位,将其划分为9种成因类型15种亚类型,其中流水成因的砂金矿床分布最广,工业意义最大。砂金矿床的成矿作用,可分为3个成矿阶段,其成矿条件是:丰富的矿质来源、有利的风化剥蚀作用、充足的搬运介质条件、适宜的新构造运动及良好的沉积环境。“金三角”(陕、甘、川交界处)地区砂金矿床广布,矿质来源丰富,工作后划分出1个岩金成矿带,3个岩金矿找矿远景区。

一、砂金矿的探采史及研究现状

砂金矿是人们较早认识并加以利用的矿种之一。从河南辉县琉璃阁殷代墓葬中出土的金叶及河北藁城县商代中期遗址14号墓中出土的金箔推测金的淘冶技术,在商代以前就开始了。

楚国是我国古代有名的金矿产地,《管子·地数》篇中记载:“金起于汝汉之右洿”^①;《韩非子·内储说上》:“荆南^②之地,丽水^③之中生金,人多窃采金”,可见战国时期就在汉水、汝河、金沙江等水系中淘采砂金了。秦汉时代是我国封建社会前期金属矿开采极盛时期。汉代公私所藏黄金甚多,《史记·梁孝王世家》记载:“藏府黄金40余万斤”(相当10万kg);王莽死时,国库有黄金70万斤(相当17.9万kg),这是我国第一世纪时的储金量,恰与当时罗马帝国的黄金储量相等。王隐《晋书》:“鄱阳乐安^④出黄金,凿地十余丈披砂所得”;西汉中山靖王刘胜及妻窦绾死时,都穿上了金缕玉衣,说明当时不但能淘采河床、河漫滩砂金矿,也能淘采阶地砂金矿,而且金加工技术也达到了一定的水平。唐代的金矿产地多在南方(今湖南省境内)。宋朝采金范围涉及现今的12个省(区)。《宋会要辑稿·食货》:“登州、莱州^⑤县界淘金处是山间河道及连畔土地闲处,有砂石泉水,方可淘取。元丰元年登州收金4710两,莱州收金4872两”,可见当时两地的采金盛况。元代早期就很重视砂里淘金,其范围是东到吉林、辽宁,西到新疆,南达云南。明朝淘金最盛的地区是云

① 洿——汇水区;汝——淮河流;汉——汉水。

② 荆南——今湖北省南部。

③ 丽水——金沙江。

④ 乐安——乐安江。

⑤ 登州、莱州——山东省的蓬莱、掖县。

南的丽江府，《天工开物》下卷五金记有：“水金多者出云南丽水，此水源出吐番（青海）流经丽江府，至于北胜州（云南省永胜县），迴环五百里，出金者有数载”。清代采金的鼎盛时期是鸦片战争以后的光绪（1875—1908）年间。总之，封建社会时期的采金业是相当发达的，其采金范围涉及现今的21个省（区），近数百个采金地区，与现今各金矿（化）集中区的范围基本一致。不同的是古代以采砂金矿为主，而现在则以采岩金矿为主。这说明我国古代劳动人民，不但掌握了砂金矿的淘采技术，还积累了丰富的找矿经验。

建国以后，金矿的探采事业和砂金地质工作得到了迅速的发展。据不完全统计（截止1989年底），全国有砂金矿床（点）近4000处。这些砂金矿床（点）分布在全国29个省、市、自治区的737个县（市）内。

目前砂金矿的找矿效果显著，并积累了大量的砂金地质资料。但进行全国性的规律性研究还很不够，对金在表生条件下的次生富集、砂金金粒的成因、在砂金富集区寻找岩金矿床的途径、理论依据及找矿方法等有关问题还欠于探讨（至少在深度和广度上是不够的）。

二、砂金矿床的成矿机理

不同成因类型的砂金矿床，其成矿机理是不同的。就目前来看：我国砂金矿床的主要成因类型是流水成因的砂金矿床，其储量可占砂金矿床总储量的95%以上。因此，本文将着重探讨流水成因砂金矿床的形成机理。

经研究认为：砂金矿床的形成可分为3个阶段，即成矿前的物质（金）准备阶段；富集成矿阶段及成矿后的封存与改造阶段。其成矿条件是：丰富的矿质来源；有利的风化剥蚀作用；充足的搬运介质条件；适宜的新构造运动和良好的沉积环境。

（一）砂金矿床成矿前的物质（金）准备阶段

1. 含金地质体及其表生富集作用

砂金矿床的形成，必须有长期裸露于地表的、遭到持续风化、剥蚀的含金地质体的存在或存在过。这些含金地质体除原（次）生的金矿床（点）或含伴生金的其它矿床（点）外，还包括含金背景值较高的地层和岩浆岩。应指出的是：含金地质体的含金丰度值的高低，对作为砂金矿的矿质来源来说，并不是唯一的决定性因素，而关键在于含金地质体中金的可利用程度。事实表明：原生含金地质体中的金呈显粒金的并不多，主要是以显微或次显微粒状金存在，而这些金粒并不能直接补给砂金矿床。因此，主要看含金地质体中的金在表生条件下，有可能聚集成可供搬运、分选和富集成矿的显粒金有多少。研究证明：含金地质体在表生条件下的氧化环境中，特别是在有硫化物尤其是有黄铁矿存在时，金可形成次生富集，并可使金粒次生增大，形成显粒金，进而为砂金矿床提供丰富而广泛的矿质来源。

（1）金在表生条件下的溶解 金（ $<50\mu\text{m}$ ）在表生条件下的溶解已为越来越多的中外地质学家所证实。美国《地球化学勘探》报道，1986年他们在不同地区（美国西部、阿拉斯加、大西洋、太平洋、澳大利亚、新西兰、智利）采集了132个水样，进行试金分析，其含金性有如下规律：热水泉高于冷水泉，卤水高于非卤水，矿化区水高于非矿化区水（表1）。H·A·帕烈可夫认为：硫酸盐-钙型水的含金量较高，随着硫酸盐型水矿化度的

表 1 各种水体含金性对比表(含量单位: 10^{-9})

海水	井水	河水	泉水	热泉水	卤水	矿山废水	矿化区水	非矿化区水
0.001	0.002	0.004	0.003	0.012—0.14	0.022	0.372	0.101	0.002

升高, 并从钙型经镁型过渡到钠型水时, 水中的金含量逐渐降低(重碳酸盐型水也有类似的趋势)。宋新成^①等对川西孔隆沟的河水进行了试金分析后认为: 在弱酸或酸性介质中金可被溶解。1988年南京地质矿产研究所李瑛等在安徽省铜陵县桃园铁帽型金矿床的矿坑水中取一水样, pH为2, 含金 $0.02 \times 10^{-9} - 0.05 \times 10^{-9}$, 含银 $56 \times 10^{-9} - 141.4 \times 10^{-9}$ 。笔者在黑龙江省团结沟岩金矿床的矿坑水中, 团结沟砂金矿床的首部、中部和尾部的河北中皆取了水样, 进行了水质分析和试金分析。发现岩金矿床的矿坑水中含金量为 0.2×10^{-9} , 要高于流过砂金矿床的河水的含金量一个数量级($0.01 \times 10^{-9} - 0.03 \times 10^{-9}$)。

植物的含金性也是金在表生条件下可被溶解的一个佐证。金矿化区植物(灰)中的含金量, 通常比非矿化区植物(灰)中的含金量高40—150倍(R·W·博义尔, 1979)。含金最高的植物有艾蒿(孔令韶, 1988)(4250×10^{-9})、柳树的叶子(孔令韶, 1988)(2400×10^{-9})、椴树干($300 \times 10^{-9} - 870 \times 10^{-9}$)等。笔者在黑龙江省呼玛地区瓦拉里砂金矿体中部, 嘉荫县团结沟砂金矿体的首部、中部、尾部以及团结沟岩金矿体、围岩(片岩)蚀露地表的部位, 分别采集了植物(灰)样, 进行痕量金分析, 结果发现: 在金矿化区不论是木本植物(桦、柳、杨), 还是草本植物(大叶章、蒿等)中都含金; 木本植物的含金量大于草本植物的含金量; 砂金矿体首部植物(木本)的含金量大于砂金矿体尾部植物(木本)的含金量(图1)(吕英杰等, 1983)。

总之, 不论是水的含金性, 还是植物的含金性, 都充分地说明了金在表生条件下的溶解是肯定的, 而且还明显看出, 由于介质性质的不同, 对金的溶解程度也各有所异。

(2) 金在表生条件下的迁移

金在表生条件下的主要迁移介质是天然水体, 并以从高位向低位运移为主。不同的环境, 其迁移方式也各有侧重。

① 在风化壳中显粒金的迁移: 由于其它组分的流失, 而使原生显粒金逐渐由高位移向低位, 并造成相对富集。

② 金呈悬浮状态迁移: И·С·罗蒙诺索夫认为, 含金最高的悬浮物粒级为 $0.001 - 0.25\text{mm}$, 被悬浮的金粒度为 $2.5 - 16\mu\text{m}$ 。笔者在团结沟岩金矿的矿坑水中取一水样(重20kg)清澈透明。加热浓缩成1kg, 分成无残渣水样(过滤后)和有残渣水样各500g。试金分析后, 无残渣水样含金量为 0.04×10^{-9} (近于背景值), 有残渣水样含金量为 $0.2 \times$

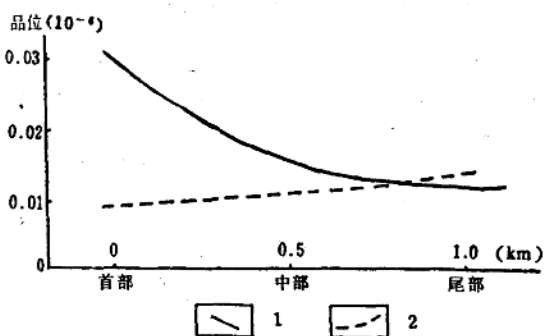


图 1 团结沟砂金矿体上部植物(灰)含金曲线图
1—木本植物(灰)含金曲线; 2—草本植物(灰)含金曲线

① 四川省西部地区砂金矿分布规律及找矿方向。

10⁻⁹，两者相差一个数量级。说明在该区金以悬浮状态迁移是存在的。

③ 金呈胶体形式迁移：当含金硫化物溶解时，胶体金粒可直接转入相应的溶液中去。在金的次生富集带中，常见一些钟乳状金粒；具有同心圆状结构的金粒；褐铁矿表面上的胶状金膜等，这些事例都可作为胶体金迁移的佐证。

④ 金以各种络合物形式迁移^①：自然界中的金以 Au⁺、Au³⁺氧化态出现时，具有较强的极化力。因此，常以 [Au(OH)₄]⁻、[AuCl₄]⁻、[AuBr₄]⁻、[AuCl₂(OH)₂]⁻、[Au(S₂O₃)₂]³⁻、[Au(AsO₄)₂]³⁻、[AuAsS₃]²⁻、[Au(SbO₄)₄]⁻、[AuSbS₃]⁻、[Au(CN)₂]⁻、[AuS₂]⁻、[Au(CNS)₂]⁻、[Au(HS)₂]⁻及各种有机络合物等形式进行迁移。但更常见的是以氯络合物形式迁移 (4Au⁺ + 16Cl⁻ + 3O₂ + 12H⁺ = 4[AuCl₄]⁻ + 6H₂O)。此种迁移方式有人认为在表生条件下不占主要地位^②。

⑤ 金的生物迁移：在温带森林、沼泽地区，大量的有机质使得土壤表层呈酸性（侯智慧，1987）(pH=3.5—4.8)，保证了岩石矿物风化作用的强烈进行。当含金地质体进入这样的表生环境中，其生物迁移作用是非常明显的。

(3) 含金溶液在表生条件下的沉淀 ① pH值的改变可使金络合物分解：含金的酸性水溶液在 pH 值增高并有 Fe²⁺ 存在的条件下，金便可沉淀下来 ([AuCl₄]⁻ + 3Fe²⁺ + 6H₂O = Au↓ + 3FeO(OH)↓ + 4Cl⁻ + 9H⁺)。Au 和铁同时沉淀，因此表现出金、铁共生的特点。

② 金络合物、金胶体或悬浮金的吸附和共沉淀作用：金可被含水氧化铁、含水氧化锰、氧化硅、氧化锰、粘土矿物及腐殖质等吸附，并发生共沉淀。在一些砂金矿区，见到了为数不少的与褐铁矿或褐色粘土质矿物共生的金粒，可能就是这种原因所形成的。

③ Eh值的改变可使溶液中的金沉淀：氧化条件取代还原条件时，由于 Fe(OH)₂、Mn(OH)₂ 的吸附可使金沉淀下来；还原条件取代氧化条件时，金易被各种还原剂还原成自然金。

④ 金粒的聚集：细小的金粒，在彼此接触时（特别是寒冷地区），由于静电引力的作用，而使其相互“焊接”在一起（肖学军译，1987）。在砂金矿中常见到一些呈聚集状的金粒，可能就是在这个原因造成的。

⑤ 氧化分解及生物沉淀：有机络合物的氧化分解及生物的沉淀作用，皆可使溶液中的金沉淀下来。

⑥ 蒸发作用：强烈地蒸发可使溶液中的金与其它难以溶解的盐类一起沉淀下来。

(4) 金在表生条件下的次生富集

研究长江中下游铁帽型金矿床时，得出了这样的结论：在有含金地质体（含有硫化物，特别是黄铁矿时）的前提下，只要构造、气候和水化学条件适宜的地区，就可造成金的表生迁移、沉淀和次生富集。

笔者在观察江西省瑞昌县高丰铁帽型金矿床时发现：泥盆系上统五通组含砾砂岩（富含 FeS₂）中的金含量为 0.064 × 10⁻⁶—0.09 × 10⁻⁶。次生富集后（铁帽）的金含量为 3.79 × 10⁻⁶—4.56 × 10⁻⁶，最高可达 520 × 10⁻⁶—598 × 10⁻⁶。安徽省铜陵县桃园铁帽型金矿床，原岩（含黄铁矿的砂岩、泥质粉砂岩）中含金 0.45 × 10⁻⁶，含银 52.16 × 10⁻⁶，次生富集后

● 王义文，1988年，关于砂金矿成因的几个问题。东北地质科技情报，第1期。

● H. B. Никитов，“东北亚金矿床的表生富集”，1985年。

(铁帽)含金达 5.63×10^6 , 含银达 2350.4×10^{-6} 。李瑛在研究新桥、桃园、吴家、鸡冠咀等铁帽型金矿床时指出:次生富集亚带中的含金量比原生硫化物亚带中的含金量要高出几倍至十几倍(表2)。桂东桃花金矿氧化带和次生富集带中的金多为显粒金(0.36—0.74 mm), 而原生矿石中的金则多呈显微粒金^①。

表2 铁帽各亚带中含金量对比表(单位: 10^{-6})

铁帽分带	新 桥		桃 园		吴 家		鸡冠咀	
	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
贫金铁帽亚带	0.45	15.63	0.53	34.30	0.56	3.03	0.41	
金次生富集亚带	3.86	204.28	5.95	100.05	3.74	7.89	6.50 16.54	
氧化物硫化物过渡亚带	0.91	34.36	1.33	11.40				
原生硫化物亚带	0.89	14.12	0.77	59.47	0.83	14.95	1.45	

D. Le. C. Evans 在《红土化作用可能是砂金矿的一种来源》一文中说:美国 和法属圭亚那的许多砂金矿床都产于准平原化地区或者与红土化相吻合。1984年, A·F·威尔逊在研究西澳大利亚块金的最佳产出部位时指出:红土型风化壳的铁质砾石层的底部或红土层的下部为最佳地段。青海省地矿局第四地质队田耀亭在研究巴颜喀拉山地区砂金矿床成矿条件时指出:准平原化和红土化作用, 可导致广度和深度都较大的风化壳的形成。在这一较为彻底的风化过程中, 金在表生条件下, 通过溶解和再沉积而富集起来。因此, 区内砂金矿床的分布与准平原化范围相吻合, 且与红土化密切相关。

笔者在黑龙江、新疆、陕西、内蒙古等砂金矿区中, 取砂金金粒样品7件(Au1号为10mm的块金并与石英连生), 进行电子探针分析, 硬度测定和镜下观察^②。结果发现: Au1号样金粒的核部金成色高(721.72), 边部金成色低(为708.84、716.43), 银则是边部含量高(26.115%、26.356%)而核部含量低(25.363%), 其它各样品有与此同者, 也有与此相反者; 金粒的不同部位硬度各异, 但也有相同者; 同一个金粒的外部与核部的反射色各有不同; 在Au1号样品中见到了硫钴矿的包体; 所观察到的金粒皆有石英包体或与之连生; 在金粒的表面见有擦痕、溶蚀孔、粗糙面等被搬运和溶蚀的痕迹。这些现象说明: 部分金粒是原生的, 部分金粒是在次生富集带中, 通过溶液沉淀而增生的; 部分金粒则是在次生富集带中, 以物理聚集的方式而使金粒由小变大的。

总之, 金在表生条件下次生富集(特别是金粒的增生)后, 可为砂金矿床的形成提供丰富的矿质来源。

2. 砂金矿床的矿质来源

整个地史时期所形成的各种含金地质体中的金, 在条件允许的情况下, 皆可构成砂金矿床的矿质来源。但由于各砂金富集区所处的地质背景不同, 其含金地质体及矿质来源也各有所异。

这些含金地质体既可出露于谷坡、谷底, 也可出露于河谷的上、中、下游; 既可出露

① 王义文, 1988, 东北地质科技情报, 第1期。

② 据沈阳地质矿产研究所, 姜信顺副研究员。

于主谷，也可出露于支谷。实践证明：即使是同一个砂金矿床（体），其矿质来源也可能是不同的。如黑龙江省漠河县的富克山砂金矿床，其谷底基岩有岩金矿化的地段达十几处，最高品位 0.5×10^{-6} ；达拉罕砂金矿床的两侧谷坡有岩金矿点6处；嘎拉河砂金矿床的两侧谷坡有岩金矿点14处（图2）；韩家园子、兴隆沟等砂金矿床，在其谷坡或谷底皆有岩



图2 嘎拉河砂金矿床砂金矿体与岩金矿化分布图

- 1—河谷堆积物；2—砂金矿体；3—岩金矿点；
4—含金石英脉；5—采金迹；6—河流流向

金矿点或含金矿化带的分布；团结沟砂金矿床的沟谷东坡，就是著名的团结沟岩金矿床；勃利县某砂金矿床，其谷底基岩的局部地段含金高达 $3 \times 10^{-6} - 9 \times 10^{-6}$ 。吉林的琿春河、燕山地区的马兰峪（陈继明，1988）江西的庄湾等赋存砂金矿床的河谷本身就是含金构造破碎带。至于第三纪含金砂砾（岩）或阶地砂金矿床作为砂金矿床补给来源的例子就更多了。应指出的是：矿质来源的多寡，不仅仅取决于含金地质体的含金品位高低，更主要的是取决于含金地质体的密集程度，次生富集作用及裸露于地表后遭到持续风化剥蚀时间的长短。如果是单源补给，那怕是大型的岩金矿床作为补给源，也不易形成大型的砂金矿床。以团结沟大型岩金矿床作为补给源的团结沟的小型砂金矿床就是明显的一例。即使是多源补给的砂金矿床，如果含金地质体分布的密度不够（大于砂金矿

3. 含金地质体的风化剥蚀作用

只有含金地质体的存在，而没有持续的风化剥蚀作用，是不能形成砂金矿的。

(1) 含金地质体的风化作用 风化作用主要受控于温度、水化学条件植被的覆盖、含金地质体的出露部位及其岩性和原（次）生裂隙的发育程度等因素。应提到的是，冰冻作用亦能加速化学风化作用的进行。研究表明（肖学军译，1987）：矿物表面所有有利于化学风化作用的原始条件，都可由冰冻作用造成或大大加强，因而导致了寒冷地区表生带的强烈化学风化作用。

物理风化和化学风化虽然是两种截然不同的风化作用，但引起的因素都与表生条件有关。在表生条件下它们是共存的，而且是相互影响的，只是有强有弱而已。

(2) 风化产物的剥蚀作用 风化产物如果继续堆积在原地，当达到一定厚度时，其下伏含金地质体的风化速度就逐渐减小了。因此要使含金地质体的风化作用持续进行，就必须有剥蚀作用的存在。所谓剥蚀作用，就是风化产物在自身重力、冰川或地表水的影响

● 黑龙江省地矿局，第三地质队资料。

下,沿谷坡下移的过程。由于剥蚀作用的持续进行,使呈面型分布的风化产物,逐渐下移至谷底而呈线型分布。其主要剥蚀方式是:重力下移、面型冲刷(雨季、融雪期)、水溶液的搬运、冰川(水)的搬运及滑坡、崩塌等。影响剥蚀作用快慢的主要因素有:地壳上升的速度及幅度的大小,谷坡的陡缓及凸凹程度,植被的覆盖及冻土的发育程度,含金地质体的出露部位及风化产物的性质等,都直接影响着剥蚀作用的进行。

总之,砂金矿床的形成,必须经过一个较长时间的物质(金)准备阶段。否则是不能形成砂金矿床的或至少不能形成大、中型砂金矿床的。

(二) 砂金矿床的富集成矿阶段

这一阶段包括:显粒金在沟谷中的搬运、分选、沉积,含金溶液在沟谷中的运移、沉淀及砂金的富集成矿。应强调的是:水动力条件对砂金的成矿来说,起着明显的控制作用。

1. 显粒金在沟谷中的搬运方式及距离

(1) 单矿物(金粒)搬运(吕英杰,1988) 含金地质体风化破碎,金粒从脉石中脱出,并随其它碎屑一起进入谷底后(矿质来源于谷底,金粒可直接为流水搬运),在流水的搬运过程中,大粒金首先沉积下来,小粒金次之,而搬运距离最远的是细小的鳞片状金。影响搬运距离的主要因素是:金粒的大小、形态、流水的速度、水的浑浊程度以及谷底的纵向坡度、凸凹程度和基岩的性质等。但总的看来,特别是粒状金粒的搬运距离是不远的。

(2) “运载”式搬运(吕英杰,1988) 含金地质体风化破碎后,部分金粒不能很快的从脉石中脱出,而是被包裹在其中,形成含金砾石。当其进入沟谷后,在流水的作用下,这些含金砾石与不含金砾石具有同样的性质,它们像满载金粒的船支一样,可把金粒带到很远的下游去。在流水的搬运过程中,这些含金砾石与不含金砾石互相碰撞、拖滚、磨擦加之流水的风化作用,使之逐渐破碎,金粒便从中脱出而随时沉积下来。这种搬运方式,有时可把金粒搬到很远的下游去。

(3) “接力”式搬运(吕英杰,1988) 主要是由于河流的挖深侵蚀作用和侧向侵蚀作用加之季节性洪水(雨季、融雪期)作用所造成的。这种作用不但加深和展宽了河谷,同时也使已经处于稳定状态的老河谷沉积物和砂金重新活动,受到冲刷而被搬运到更下游的地方去。这种作用重复几次,已经沉积下来的河谷沉积物和砂金,也就被再冲刷、再搬运几次。因此,砂金的搬运距离越来越远。

(4) 冰川(水)搬运 在寒冷的气候条件下,冰川(水)是金和含金碎屑物质的主要搬运介质。由于冰川流动的距离各有不同,所以金和含金碎屑物质被搬运的距离也各有所异。当冰川融化时,冰水可沿冰碛物流动,使金和含金碎屑物质得到进一步搬运、分选和富集,进而形成冰水成因的砂金矿床。

上述几种搬运方式,除冰川(水)搬运需特定的条件外,其它几种搬运方式对某一砂金矿(床)来说,几乎是同时存在的,只是程度不同而已。因此,在阐述砂金的搬运距离时,一定要与其搬运方式结合起来方为妥切。

2. 含金溶液在沟谷中的运移和沉淀

金在表生条件下溶解、迁移的最佳场所是含金地质体蚀露地表遭受持续风化剥蚀的部位;金的沉淀和金粒增生的最佳场所是含金地体的表生(次生)富集带和相应的河谷中。

当部分含金溶液由表生作用带进入河谷后，由于水化学条件的突然改变（pH、Eh、矿化度），加之强烈的吸附和共沉淀作用，溶液中的金便以原有砂金金粒或其它质点为沉淀中心增大而迅速沉积下来。含金溶液在河谷中的运移距离一般不超过 1.5—2 km^①。

对于金在水溶液中的搬运方式尚有争议，有人认为以悬浮状态搬运为主；有人认为以胶体状态搬运为主；还有人认为以各种络合物状态搬运为主。笔者认为：对某一砂金矿床来说，这几种搬运方式几乎是同时存在的，只是由于水化学条件的不同，其搬运方式各有侧重而已。应指出的是：在河谷中，金呈溶液状态搬运与金粒的机械搬运相比，前者远不如后者。

3. 砂金矿床的成矿富集

砂金矿床的成矿作用，是在表生环境中的外营力作用下完成的。成矿作用始于河谷侵蚀旋回初期，而完成于河谷侵蚀旋回末期。在自然界中，每条沟谷都是一个天然的“溜槽”。含金的风化剥蚀产物，在其“溜槽”中昼夜不停的运动，并进行着搬运、分选、淘汰、沉积，最后在其有利地段形成砂金矿床。

金粒作为碎屑物之一与其它风化剥蚀产物一起进入沟谷中，在流水的作用下，这些碎屑物质不停的被冲刷、搬运和分选。众所周知：金粒（显粒金）在表生条件下的化学性质是稳定的；其相对密度居岩石、矿物之首（15.6—18.3），颗粒细小（一般为0.1—1 mm）。因此，在流水的作用下，就显示出与其它岩石、矿物碎屑不同的特点。设水流方向所产生的力为水平作用力，碎屑相对密度或重量所产生的重力为垂直作用力。那么同一水动力作用于不同相对密度或重量的碎屑上其合力向量应为碎屑移动的方向和距离。从图 3 中明显看出：相对密度大或重量大的碎屑，其合力向量靠近垂直作用力，碎屑以垂直（下沉）运动为主，而水平运动能力较差；相对密度小或重量轻的碎屑，其合力向量靠近水平作用力，碎屑则以水平运动为主，而垂直运动能力较差。砂金矿的相对密度最大，碎（砾）石的重量大，因此皆以垂直运动为主，而水平运动能力较差。其它岩石、矿物碎屑按其相

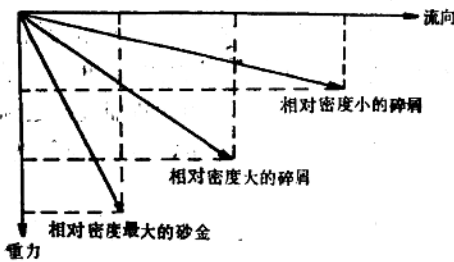


图 3 流水搬运向量分解图

对密度或重量的大小，其垂直运动和水平运动的能力也各有所异。这样长期搬运、分选、淘汰的结果，就使得粗碎屑部分皆位于河谷堆积物的下部而形成砂砾石层。砂金矿也就愈来愈集中地赋存于砂砾石层的中一下部和含砂砾的碎石（积残物）层中。最后就形成了流水成因的砂金矿（床）。因此，砂金矿床的成矿过程，是在良好的水动力条件下，所进行的搬运、分选、淘汰及沉积等作用的

（三）砂金矿床形成后的封存与改造阶段

1. 砂金矿床形成后的封存

① 马富平（译），1985，砂金矿岩石-水地球化学分散晕的形成。陕西地质科技情报，第 4 期。

砂金矿床形成后封存时间的长短，主要受控于新构造运动的稳定程度及升降幅度。当主要含金层形成之后，由于侵蚀基准面的上升，而使之搬运能力减弱，沉积能力加强。因而在含金层的上部就沉积了一层较细的沉积物（在边部有时是一些坡积物），使含金层被封存了起来。砂金矿床的封存对砂金的保存具有重要意义。

新构造运动稳定时间较长或略有下降的地区，砂金矿体上部的无矿堆积物就厚，可达几一十几米，局部地区可达几十米。因此，砂金矿床的封存时间就较长，如黑龙江流域、内蒙古金盆一带的砂金矿床皆有此特点。

新构造运动稳定的时间较短或处于上升的地区（特别是快速上升），砂金矿体上部的无矿堆积物就很薄或者根本就不存在。因此，含金层随时都有被冲刷和改造的可能。在一些山区由于切割较深，沟谷纵向坡度较大，谷底基岩经常裸露，别说是砂金矿床的封存，就是砂金的停积都有困难。

2. 砂金矿床形成后的改造和再成矿作用

砂金矿床形成后的改造作用，亦受控于新构造运动。也就是说，地壳每上升一次（一个侵蚀旋回），已形成的砂金矿床就有可能被改造一次。就是在每个侵蚀旋回之内，砂金矿床的改造作用也是不断发生的。这种改造作用可使新形成的砂金矿得到进一步富集。但如果频繁地进行，对砂金矿床的长期封存显然是不利的。

（1）挖深侵蚀作用对老砂金矿床的改造 当地壳抬升，侵蚀基准面下降时，河流的挖深侵蚀作用也就开始了（图4），并在老河谷中形成了新的河谷。老河谷中的沉积物和砂金因而被冲刷、搬运，最后在新河谷中沉积下来，并在其有利部位形成新的砂金矿床。如果老河谷较宽，挖深侵蚀作用没能把这些沉积物和砂金矿全部冲刷、搬运掉，那么就在新河谷的一侧或两侧残留下来，这就是现存的阶地和阶地砂金矿床。新砂金矿床的形成，由于增添了阶地砂金矿床的补给来源和进一步的搬运、分选，因此在靠近含金阶地的一段内，便可形成富矿地段。这种改造作用如果频繁的进行，而且每次都有阶地砂金的残留，这对形成大型的河漫滩砂金矿床是不利的，对砂金的长期封存也是不利的。如新疆的阿勒泰一带，可见Ⅶ级阶地，而且每级阶地都不同程度地分布着砂金矿床，因而河漫滩砂金矿床就不太发育。

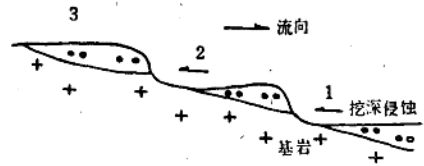


图4 河流挖深侵蚀示意图

（2）侧向侵蚀作用对老砂金矿床的改造 侧向侵蚀作用，实际上是新河谷的展宽阶段。有时在挖深侵蚀作用结束后开始，有时与挖深侵蚀作用同时进行。在河流侧向侵蚀过程中，一方面使河床砂金矿床变成了河漫滩砂金矿床，另一方面使阶地和阶地砂金矿床被冲刷、搬运而在新河谷中的适宜区段重新沉积并形成新的砂金矿床（图5）。这种改造作用可使整个时期的风化剥蚀产物——金，集中富集于谷底（残留在阶地上的例外），而形成大型的河漫滩砂金矿床。如黑龙江流域的2—3级河谷中，就形成了一些大、中型的冲积型河漫滩砂金矿床。

（3）洪水作用对老砂金矿床的改造

不论是挖深侵蚀作用，还是侧向侵蚀作用，如有洪水的参与，其侵蚀和搬运能力就会大大加强。因为，洪水期可使流速和流量剧增，这不但增强了河流的侵蚀能力和搬运能

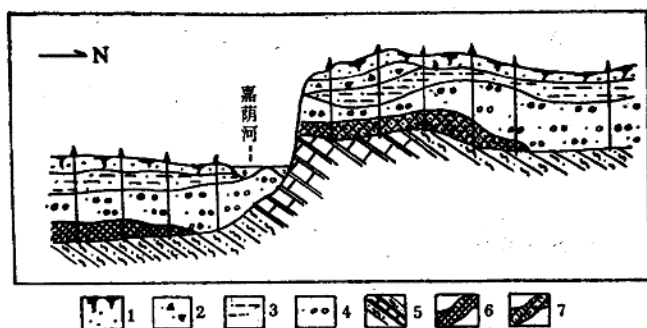


图 5 嘉荫河阶地砂金矿床侧向冲刷图

1—腐殖土层；2—采金迹（废矿堆）；3—砂质粘土层；4—砂砾石层；5—基岩；6—河漫滩砂金矿体；7—阶地砂金矿体

力，而且还可使已经沉积下来的堆积物，重新活动而被搬运到更下游的地方去。因而增强了对老砂金矿床的改造作用。

(四) 砂金矿床的成矿模式

实际资料表明：砂金矿床的形成具有明显的机械搬运、分选和富集成矿的特点，同时

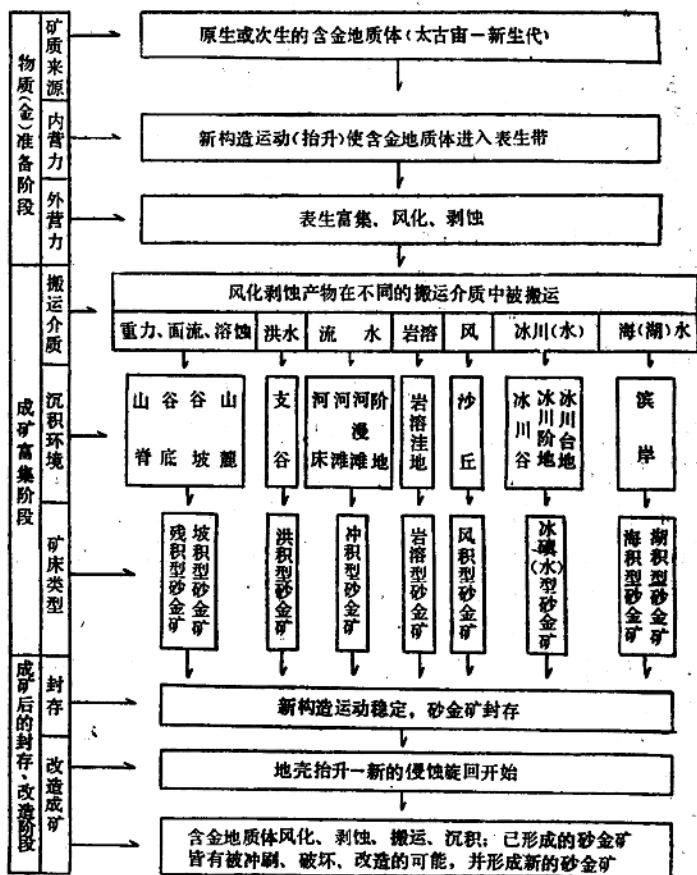


图 6 砂金矿床成矿模式图

又具有金在水溶液中迁移、沉淀的特征。因此，认为：砂金矿床的形成是以显粒金的机械搬运、分选、沉积和富集成矿为主，以金在水溶液中迁移、沉淀为辅的长期、多次共同成矿作用的结果。

由于地壳的抬升，使含金地质体进入表生作用带。在表生带中，经过次生富集的含金地质体风化破碎后，形成含金碎屑。这些含金碎屑经剥蚀作用后，部分金粒残留于原地，形成残积型砂金矿床；部分金粒沿坡下移，停积于谷坡或山麓的适当部位而形成坡积型砂金矿床；部分金粒为风所吹扬，并在适宜的环境中沉积下来而形成风积型砂金矿床；部分金粒为冰川（水）所搬运，并在有利的地貌部位沉积下来，而形成冰川（水）型砂金矿床；大部分金粒及碎屑逐渐沿坡下移至谷底，在河谷中被流水所搬运、分选，并在适当的部位沉积下来而形成流水成因的砂金矿床；还有一少部分含金碎屑被带到滨岸地带，加之滨岸地带的含金地质体经风化破碎后，在岸流及拍岸浪的作用下，形成了海（湖）积型滨岸砂金矿床。

当地壳再次抬升，新一轮侵蚀旋回又开始了，在新的侵蚀旋回中，不但上述成矿作用将重复进行，就是已形成的砂金矿床也将有部分被冲刷、改造，并在新的环境中，形成新的砂金矿床。由于地壳的多次抬升，因此成矿、改造、再成矿、再改造的作用也将不断的进行（图6）。

三、砂金矿床的成因分类及成矿时代

（一）砂金矿床的成因分类

砂金矿床的分类一定要概念明确，含义清楚，又要具有系统性和科学性。但目前的分类原则尚不统一，因而出现了国内外现存的多种各具特色的分类方案。在这些分类方案中，出现了不同术语，如河谷砂金矿床（IO·A·毕利宾，1962），河漫滩砂金矿床其含意相同；相同术语，如坡积砂金矿床其概念各异；有时还出现概念不清的现象。因此，给使用者带来了极大的不便。

1. 砂金矿床的分类原则

任何砂金矿床的形成，都不是某种单一的地质作用所能完成的。也就是说：砂金矿床的形成是一个长期的、复杂的并受多种地质因素控制的综合成矿过程。但这些控制因素对砂金矿床的成因分类来说，不是都具有重要意义的。如砂金矿床的矿质来源，明显的控制着砂金矿床的形成、分布和矿床规模，但同一矿质来源，由于成矿作用的不同，可以形成不同成因类型的砂金矿床；矿质来源不同，但由于成矿作用相同，则可形成同种成因类型的砂金矿床。相同的成矿环境，由于成矿作用的不同，可形成不同成因类型的砂金矿床；不同的成矿环境，但由于成矿作用相同，则可形成相同成因类型的砂金矿床。由此看来，砂金矿床的成因分类，应以砂金矿床的成矿作用做为其分类的基础。

同种成因类型或不同成因类型的砂金矿床，由于所赋存的地貌部位不同也各有所异，其工业意义也各有不同。如冲积成因的砂金矿床，有的赋存于河漫滩中，有的赋存于阶地中，有的则赋存于现代河床或河滩中；同样都是阶地砂金矿床，有的是冲积成因的，有的则是冰碛（水）成因的；残积型砂金矿床，有的出露于高位，有的则出露于低位。也就是说：同种成因类型的砂金矿床，可以赋存于不同的地貌单元中；不同成因类型的砂金矿

床，又可赋存于相同的地貌单元中。因此，地貌单元应作为砂金矿床进一步分类的依据。

砂金矿床形成后，每经过一次侵蚀旋回，它就有可能被改造一次。因此，在探讨砂金矿床的成因分类时，一定要研究现存砂金矿床的成因分类。至于该砂金矿床的前身成因如何，就没有必要再去查明和追究了。

现存砂金矿床的成因，也就是赋存砂金矿床的现存堆积物的成因。因此，研究现存砂金矿床的成因时，就必须对赋存砂金矿床的现存堆积物的成因进行详细研究后，方能得出正确的结论。

“古砂金矿床”，有人称之为砾岩型金矿床，也就是成岩后的“砂金矿床”。其成矿时代，是从太古宙到中生代。笔者认为：既已成岩就应列入岩金矿的研究范畴（事实也是如此），而不应该再称之为砂金矿床了。从矿石结构、埋藏深度、普查找矿及采选方法来看，也与砂金矿床完全不同。因此，本文分类不包括“古砂金矿床”。

埋藏砂金矿床，不是一种单独的成因类型，因此不能列入成因分类表内。因为各种成因类型的砂金矿床，在特定的条件下，都可为后来的与砂金矿床没有成因联系的堆积物所覆盖而形成埋藏砂金矿床。

复式砂金矿床，是在特定的构造条件下（冲刷地段和堆积地段往复交替）所形成的具有多层矿体的砂金矿床，因此不具有单独的成因意义。

河谷砂金矿床。河谷一词，从地貌上讲，它是分水岭之间所有的地貌单元总称。因此，河谷砂金矿床也应该是汇水区所形成的各种成因类型砂金矿床的总称，而不应单指河漫滩砂金矿床。

对冲积和洪积作用的理解各有不同。笔者认为在常年流水的河谷中，冲积和洪积（雨季、融雪期）作用并存，无法区分，因此可统称之为冲积作用。在季节性流水的河谷中或有常年流水，但不起搬运作用的河谷中，才只有洪积作用的存在。

在考虑到上述因素后，对我国现存的砂金矿床进行如下分类（表3）。

2. 砂金矿的分类命名

分类命名时，笔者认为：采用既能反映砂金矿的成矿作用，又能说明砂金矿床所赋存地貌部位的联合命名为好。如冲积型阶地砂金矿床，前者为砂金矿床的成矿作用，后者为砂金矿床所赋存的地貌部位。使用者一目了然。

我国现存砂金矿床的主要成因类型为冲积型河漫滩砂金矿床和冲积型阶地砂金矿床。绝大部分大、中型和部分小型砂金矿床皆属于此种成因类型，其累计探明储量占砂金矿总储量的90%以上。次为洪积型“V”谷砂金矿床（多为小型）。其它成因类型的砂金矿，就目前来看，尚不具有重要的工业意义。

（二）砂金矿床的成矿时代

本文着重探讨冲积型河床砂金矿床、冲积型河漫滩砂金矿床和冲积型阶地砂金矿床的成矿时代。

该种成因类型的砂金矿床，皆赋存于新生代河谷堆积物下部的砂砾石层和含砂砾的碎石层中。因此，查清河谷含金堆积物的形成时代，也就查明了赋存于其中的砂金矿床的成矿时代。为此，笔者对河谷含金堆积物的成因类型、岩性特点、所处地貌部位进行了详细观察。并采用了¹⁴C测年、热发光测年、古地磁测年以及对孢粉的研究等多种手段，对河谷含金堆积物的形成时代进行了测定。相互印证后，取得了满意的效果。