

金矿参考资料汇编

第四集

吉林省冶金地质勘探公司研究所

一九七八年三月



前 言

为了促进黄金地质勘探工作和黄金地质科研工作的发展，我们特地在全国冶金系统黄金地质协作会议第四次会议召开之际，编辑了“金矿参考资料汇编”第四集，作为情报资料交流。本汇编刊登了近几年来我所在金矿科研工作中的部分成果，和选编了国外金矿地质方面的一些文献，供同志们在工作中参考。由于我们水平有限，在编译中难免有不当之处，望批评指正。

目 录

▶ 我国金矿床主要类型及找矿方向.....	(1)
关于吉林省夹皮沟金矿带的成矿物质来源问题.....	(19)
夹皮沟金矿区同位素年龄数据的初步讨论.....	(28)
维特瓦特斯兰德含金砾岩矿床中碳的生因及其与金的关系.....	(38)
利用石英的电子顺磁共振谱评价含矿性的问题 (以某金矿床和铜铅矿床为例)	(44)
近地表金矿床的放射地球化学特点及其找矿意义.....	(49)
金矿床的金原生晕.....	(54)
南达科他州霍姆什塔克金矿的稳定同位素研 究 (之二) ——北黑山矿石中的铅同位素、矿化年令和铅源.....	(60)
巴列依地区 (东外贝加尔) 金矿床硫化物中 硫同位素组成的某些资料.....	(69)
耶洛奈夫地区金石英矿床的硫同位素研究.....	(78)
麦格拉特左尔斯科金矿床的氧同位素研究.....	(98)
变质~热液类型金矿化.....	(103)
▶ 银金碲化物作为 $Ag-Au-Te$ 系矿物的共生.....	(111)
有关基洛莫托金矿床的新资料.....	(116)
北哈萨克斯坦某金矿石英的内部构造和成分特点.....	(122)
金的地球化学性质及其内生富集作用.....	(127)
关于里捷尔~索克尔矿床矿物组合的含金性.....	(142)
关于自然金的第一篇综合性著作.....	(147)
地质试样中微量金分析现状.....	(151)
金的溶剂萃取法.....	(172)
原子吸收光谱法作含铜硫化矿石和冶金浮选产物中金测定.....	(179)

我国金矿床主要类型及找矿方向

吴 尚 全

我国金矿资源十分丰富，矿床类型繁多。解放二十多年来，在金矿的找矿勘探和采矿工作中积累了丰富的地质资料和实践经验。为了进一步总结我国金矿床的分布规律和地质特征，在这篇文章中，试对我国主要金矿床进行归纳和分类，并提出今后的找矿方向。

一、关于金矿床分类的几点意见

矿床类型的划分方法，虽然观点很多，但概括起来不外两种，一种是理性分类，也即是主要根据成矿物质来源的成因分类。一种是感性分类，也就是主要依据成矿条件，并侧重于某一种地质特征进行分类，或是按含矿围岩特征，或是按矿体构造形态，或是按矿石矿物组合进行分类等等。

金矿床的成因分类，以谢家荣1965年提出的分类法最为流行。他的分类是以经典的岩浆热液成矿观点作为理论基础，并由此分为高温、中温、低温热液的金矿床。但随着地质认识的不断深化，成矿理论的不断丰富，谢家荣在后期对金矿床的分类作了较大修改，对变质作用在成矿过程中的意义加以强调，体现了多元成矿的思想。

矿床的理性分类或成因分类，是在综合野外和室内观察到的大量实际资料后提出的，各种金属矿床的成因分类和理论探讨，总是受一种基本成矿理论支配，并以此作为基础，反过来它又不断丰富和发展了成矿理论，使其日臻完善。毫无疑问，矿床的成因分类对于普查找矿工作有十分重要的指导意义，应对它进行深入研究。但显而易见，成因分类在野外地质工作中使用起来总是比较困难的，尤其在目前经典岩浆热液观点受到很大冲击的时候更是如此。而且常常存在这种情况，当一个金属矿山都完全采空的时候对其成因还争论不休，因此在这里，我们并不打算对金矿床采用成因分类法。

矿床的感性分类法，较为直观，便于野外地质工作者使用，其中尤以侧重含矿围岩特征分类应用最普遍，不仅金矿床是这样，铜矿床和铁矿床也是这样。如铜矿床可分为：砂（页）岩铜矿床、变质岩铜矿床、斑岩铜矿床、火山岩铜矿床、矽卡岩铜矿床等。这种分类法在地质工作中已越来越习惯地沿用下来，而且基于成矿环境与成矿作用基本一致的观点，这种分类法的本身就包含了一定的成因含义，并明确指出了找寻各种不同类型矿床的方向，优点较多，有的同志把这种分类，叫作找矿类型分类。因此，对金矿床的分类，拟采用此种分类法较为恰当。

侧重于金矿床的围岩特征，将我国金矿床作如下分类（见表1）：

表1 我国金矿床主要类型一览表

矿床类型	亚类	构造位置	矿体形态	产地	规模
含金火山岩	古火山岩	古地台边缘深变质岩区	层状 扁豆状	吉林小东沟、小北沟 (?)	小型
	火山岩	古生代地槽	顺层 扁豆状	吉林双河镇	矿点
	新火山岩	中生代火山盆地边缘	囊状、 巢状	吉林刺猬沟、鸭绿 砬子、辽宁奈林沟、江 苏铜井	小~中型
含金侵入岩	深成岩	深大断裂的次一级构造	似层状	甘肃金川、内蒙小 南黄滩（伴生金）	小~大型
	中深成岩	火山盆地外围岩浆 岩发育区	脉状囊状	长江中下游等地砂 卡岩伴生金	小型
	浅成岩	火山盆地边缘	脉状	黑龙江团结沟	大型
含金变质岩	深变质岩	地台边缘凹陷	不详	不详	矿点
	中深 变质岩	"	巢状 囊状层状	辽宁四道沟、黑龙 江东风山	大型
	浅变质岩	"	层状	湖南黄金洞、漠滨、沃溪	中~大型
含金石英脉	"	"	脉状	吉林夹皮沟、海沟、 辽宁五龙、河北、广西等	中~大型
含金破碎蚀变带	地台边缘凹陷混合 花岗岩区		脉状	山东焦家、三山岛	大型
含沉积 金岩	含金砂页岩	古生代地槽	不详	不详	矿点
	含金碳酸盐	"	层状、 其次脉状	四川、湖南、吉林、 广西等	小~中型
含金砾岩	古砾岩	古陆边缘	似层状	河北、山西、内蒙等地	矿点
	砾岩	古生代地槽	"	湖南、四川	
	新砾岩	中生代~新生代山 间盆地	"	黑龙江、吉林、湖 南、四川、内蒙	少量小型
近代砂金		近代河谷、海滨	似层状	黑龙江、吉林、湖 南、四川、内蒙等地	小型为主

二、金矿床主要类型描述

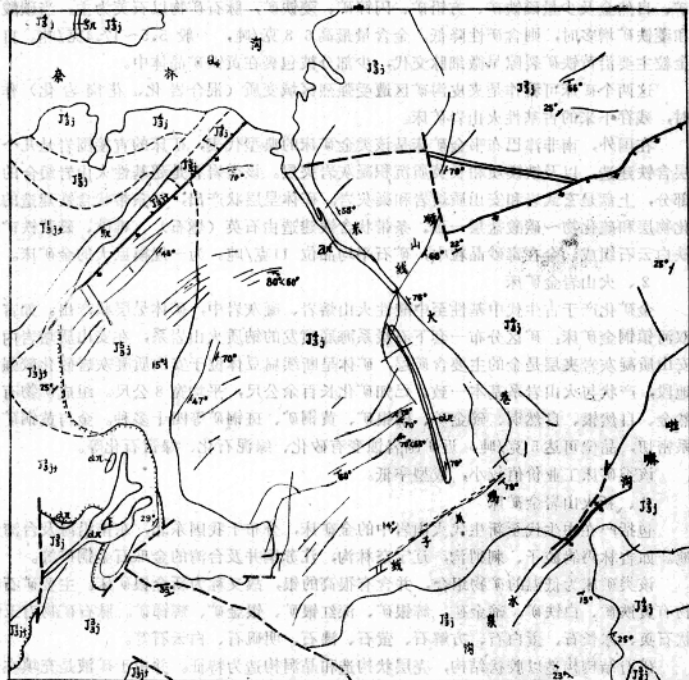
(一) 含金火山岩矿床

1、古火山岩金矿床

含矿围岩为太古界的古基性火山岩，现变质为绿泥片石岩、斜长角闪岩或斜长角闪片岩。这类矿床在成因上与古火山岩是同生的，在世界上为重要的金矿类型，它常发育在古地槽的绿色岩系中，金的析出与古火山岩的碳酸盐化、滑石化、绿泥石化、矽化等蚀

围岩蚀变以广泛的成矿前的青盘岩化其特征,近矿围岩蚀变有矽化、冰长石化,以及发育各种水云母及粘土矿物的绢云母化为主。

我国的这类金矿床都分布在中生代凹陷盆地两翼或断裂带附近火山活动强烈的地方。含矿围岩一般是中性火山熔岩、凝灰岩及火山角砾岩。矿体形态复杂,受各种不同方向的裂隙控制,为脉状、网脉状、巢状、浸染状等(见图1)。



吉林省金矿地质构造略图

第四系: 1—松散层; 2—五坡, 角砾岩, 砂页岩和安山岩; 3—冲积, 砾石安山岩; 4—三坡, 角砾岩, 砂页岩; 5—二坡, 砾石安山岩; 6—一坡, 安山岩, 砾石安山岩及砂岩; 7—安山岩, 砾石安山岩; 8—安山岩, 砾石安山岩; 9—石英岩; 10—正断层; 11—正断层; 12—逆断层; 13—背斜; 14—逆断层; 15—石英岩; 16—正断层; 17—逆断层; 18—正断层; 19—逆断层; 20—逆断层。

新火山岩金矿床在世界上主要沿阿尔卑斯及环太平洋成矿带发育，成矿时代主要是第三纪的。这类矿床占世界产量总量的5%，由于其规模不大，埋深小，难以维持长期生产，但该类矿床分布普遍并易于发现，因此仍具有重大经济意义。

国外对新火山岩金矿床的氢氧稳定同位素研究工作表明，成矿作用的热液对流系统是由于火山岩冷却作用产生的循环地下水建立起来的，成矿流体中既有大量的雨水参与，又有岩浆水的混合作用。成矿金属可以从周围岩石中被淋滤出来，或直接来自侵入体本身，同位素研究工作对这种低温岩浆热液金矿床，赋予了新的概念。

总的来说，以上三种火山岩金矿床在地质史期中的出现，是与地壳发展的岩浆~构造旋回一致的。这三类金矿床以古老地台为核心呈环带分布，如在古地台边缘的绿色岩系中分布有古火山岩金矿床。而环太平洋和阿尔卑斯带分布有第三纪火山岩金矿床。在它们两者之间的广大范围内则分布有中生代和古生代的火山岩金矿床。

这三种金矿床在成因上都与火山岩有关，矿石中除自然金外，还有碲金矿、碲银矿等矿物组合，这是火山岩金矿的一大特征，但在其它地质特征方面不尽相同，并从老到新发生规律性变化：

- 1) 含矿围岩由铁镁质基性~超基性岩到中性岩，再到酸性岩而变化。
 - 2) 矿物组合由简单到复杂，矿体形态由简单到复杂，金品位变化简单到复杂。
 - 3) 银的含量显著增高，金的成色降低。矿床规模由大变小，但矿床成型率却有所提高。
 - 4) 古火山岩金矿床是在地壳形成以前就具雏型，金的富集是在经长期的区域变质作用之后完成的，并是在地壳以下，接近地幔的深度内进行的。新火山岩金矿床是在地壳形成以后接近地表的范围内，在相对不长的时期内，并有雨水成分参与下形成的。
- 一句话，古火山岩金矿床的成矿作用是在相对封闭系统的条件下进行的，新火山岩金矿是在相对开放系统的条件下进行的。成矿条件的不一致也就反映在地质特征的差异上。从古到新，火山岩金矿床的演化过程，既反映了地壳发展的多旋回性，又反映了它的不可逆性。

(二) 含金侵入岩矿床

1、深成岩金矿床

指赋存在基性、超基性岩中的金矿床，但独立的金矿体很少出现，作为伴生金矿床则规模巨大。我国以金川镍矿可作代表，其伴生金储量可达 $\times\times\times$ 吨。据研究，金、银在矿体中的分布基本上与铂钯一致，成正消长关系。在铂钯富集体中金、银含量亦很高，I矿区最大的铂矿体中金含量高达9.5克/吨，银含量达19克/吨。金主要呈金银互化物，以及含铂自然金、含铂银金矿出现。银矿物种类远较金矿物为多。目前除发现银金互化物外，还有碲银矿、碲铋银矿、碲铅银矿、碲铋镍银矿、碲铋银钨矿等。

内蒙乌盟小南山的含铂硫化铜镍矿床，也伴生有金，金粒呈浑圆状被包于黄铜矿中，粒度小于0.007毫米，金平均品位0.06克/吨，最高达0.25克/吨。

而吉林省红旗岭镍矿，因铂族元素含量很低，故几乎没有伴生金。显然，金的存在是与铂族元素之间地球化学行为的相似性一致的。

国外的硫化铜镍矿床一般也有伴生金，如加拿大萨德伯里铜镍矿床，苏联诺里尔斯

克矿床，阿扎尼亚的特兹斯特依矿床，都是重要伴生金产地。

深成岩的伴生金，总是与硫化铜镍矿床关系密切，而含铬铁矿的超基性岩，还未见有金富集的报道。

2、中深成岩金矿床

这里是指受中酸性侵入体接触带控制的矽卡岩型金矿，但独立金矿体出现很少，而矽卡岩铜矿和含铜多金属矿床，则是重要的伴生金来源，它占全国伴生金产量的44.6%，其中尤以长江中下游矽卡岩铜矿含金最富。

铜陵有色公司冶金研究所及桂林研究所，在安徽铜陵地区，对矽卡岩铜矿中，金的赋存状态及富集规律作了较详细的研究。该地区金主要呈金—银系列矿物存在，金的独立矿物主要以自然金、银金矿（金银矿）、含金自然银存在，个别地区发现有少量硫金、银矿和含钼金矿。矽卡岩铜矿的铜精矿中含金6~19克/吨，矽卡岩铜铅锌矿的铜精矿中含金1~2克/吨。铜陵地区，金在原矿中的平均品位最低0.2克/吨，一般0.5~1克/吨，高者可达3克/吨以上。

金的形态主要呈粒状、不规则状、树枝状及细脉状。金的粒度都小于0.3mm，并因矿床的矿种不同，金的粒度发生很大变化。在铜铅矿和单一铜矿中，自然金以大于0.074mm的粗粒金为主；铜铁（硫）矿以0.074—0.001mm的细粒金为主；铜硫矿、金硫矿则以细粒和<0.001mm的微粒金为主；多金属矿石中的金也很可能是以细粒及微粒金为主。在矿石中出现多量的黄铁矿、磁黄铁矿和白铁矿时，金的粒度就明显变细。此外，铅锌大量出现的矿床中，金的粒度也可能变细。粗粒金除部分赋存在黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿和脉石中外，大部分都充填在其它矿物颗粒间。而微细金则分散于毒砂、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿之中。

金的形成早于黄铜矿，与早期黄铁矿的形成差不多，表明在矽卡岩矿床中，金的形成温度较高。

总之，矽卡岩型伴生金矿床，以铜或铜铅锌硫化矿石为主，而矽卡岩型铁矿很少，这与金的亲硫性有关。该类伴生金矿床不仅在长江中下游，而且在全国各地普遍分布，但对其研究工作做的较少。

3、浅成岩金矿床

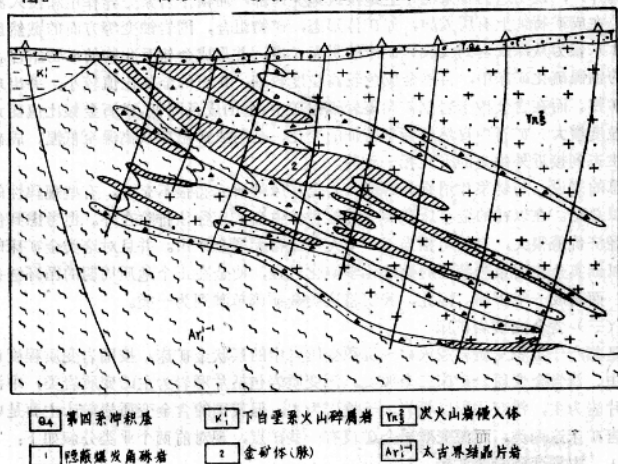
包括斑岩金矿床和斑岩铜铅矿床的伴生金矿床。该类矿床的含矿围岩是斑状浅成陆相中酸性侵入体。著名的黑龙江团结合金矿储量×××吨，为特大型金矿。但斑岩金矿床出现较少，而斑岩铜铅矿床的伴生金甚为普遍。

团结合金矿斑岩体位于小兴安岭褶皱带东端，沿北北东向乌拉嘎深断裂东侧的次级断裂，侵入在侏罗系中酸性火山岩及太古界结晶片岩的不正合面上。含矿岩体主要由斜长花岗斑岩组成，边缘是花岗闪长斑岩，岩体的超伏端是花岗斑岩。含矿岩体外貌似火山熔岩，在时间和空间上与侏罗系火山岩形成相近，两者属岩浆同源产物（见图2）。

爆发角砾岩带为主要控矿构造，分布于岩体边缘超伏端，呈上宽下窄的脉状。角砾岩以同源角砾（花岗斑岩）为主，异源角砾（结晶片岩）次之。胶结物以偏胶体的玉髓状石英为主，后期的黄铁矿和碳酸盐较少。角砾岩宽50~200米，延深小于500米。围岩蚀变有矽化、黄铁碳酸盐化、白云岩化、高岭土化、绢云母化等。

金矿体位于爆发角砾岩中，主要金属矿物有自然金（少量自然银，偶见自然铜）、黄铁矿和少量白铁矿，辉锑矿有时可见，而黄铜矿和方铅矿仅微量出现。脉石矿物以玉髓状石英为主，方解石、白云石。

图2 团结沟1/3勘探线示意地质剖面图



金均以自然金出现，大部呈角砾状及浑圆状，其次是片状、针状及枝叉状。据统计有67.8%的金赋存在玉髓状石英中，32.2%赋存在黄铁矿、白铁矿及褐铁矿中。

斑岩铜钼矿床的伴生金占我国伴生金产量的10%±，但研究程度很差。根据一些不完正资料：江西德兴斑岩铜矿的黄铁矿单矿物中含金 3.7克/吨，黄铜矿中含金 9.27克/吨。福建钟腾斑岩铜矿的铜精矿中含金25.2克/吨，银121克/吨。内蒙白乃庙铜矿，金与黄铁矿和黄铜矿连生，在黄铁矿单矿物中含金 3.5~17.19克/吨，银 10~56克/吨。黄铜矿单矿物中，含金4.08克/吨，银70~105克/吨。西藏玉龙铜矿含金高达23克/吨，金银比值为1:3至1:9.5，吉林大黑山钼矿，伴生金平均品位 0.36 克/吨，金储量吨。

在国外，斑岩铜矿床不仅是伴生金的重要来源，而且不少斑岩铜矿的开采史中，都有一段淘砂金或开采山金的过程，以后才发现了斑岩铜矿。因此加强斑岩铜矿床伴生金的研究工作，不仅具有重要的经济意义，而且对寻找斑岩铜矿工作也有重要的现实意义。

侵入岩类金矿床总的来说有以下几个特征：

1) 金矿床受侵入体接触边界控制，是该类矿床的共同特征，但从深成岩到浅成岩金矿床，含矿岩体由基性、超基性岩石往中酸性和酸性岩石变化。深成岩中金富集在岩

体底部，中深成岩中富集在侧部，浅成岩中则富集在岩体上部。

2) 金的富集是在高硫低氧的情况下进行的，并与铜、铅、锌等元素伴生，而不与含铁的氧化物（如褐铁矿、磁铁矿、赤铁矿）伴生。

3) 硫同位素资料证实，这三种金矿床中硫化物的 δS^{34} 值都接近于陨石值（团结沟金矿例外），说明它们都来源于上地幔或地壳深部，而由于岩浆分异作用和侵入深度的不同，在成矿特征上有所差异，如矿体形态，矿物组合，围岩蚀变等方面的截然区别。

4) 银为从深成岩到浅成岩矿床的贯通元素，并形成金银互化物的矿物组合。但在含金的铜镍硫化矿床中，自然金成色较高粒度较细，矿石的金银比值较小，并出现较多的银矿物。而在含金砷卡岩铜矿和斑岩铜钼矿中，金的成色降低，矿石金银比值变大，自然金粒度增大。矿石中自然金标型特征的变化，是与成矿温度从高温至低温，成矿环境从内生态到接近外生态的变化相一致的。

总的来说，与岩浆作用有关的侵入岩金矿床被研究得很不充分，有些规律性的东西还难以总结。在以往的金矿床分类中对这种伴生金矿床往往排除在外。但考虑到伴生金矿床经济价值很大，有的可相当于一个大型或特大型金矿山。并且对这类金矿床的研究，可以证实金在岩浆热液期的地球化学演化过程，使金在正个地质周期的循环链条不致脱节，而构成一个正体。因此，我们将这类金矿床单独列为一类。

(三) 含金变质岩矿床

是指产于沉积变质岩或火山~沉积变质岩中的层状金矿床。按围岩变质程度可分为深、中、浅含金变质岩矿床三个亚类。深变质岩包括片麻岩为主的变质岩类，中深变质岩以片岩为主，浅变质则以板岩、千枚岩为主。但我国的含金变质岩矿床主要是中、浅变质岩矿床这两类，而深变质岩金矿仅有一些矿点，现对前两个亚类分叙如下：

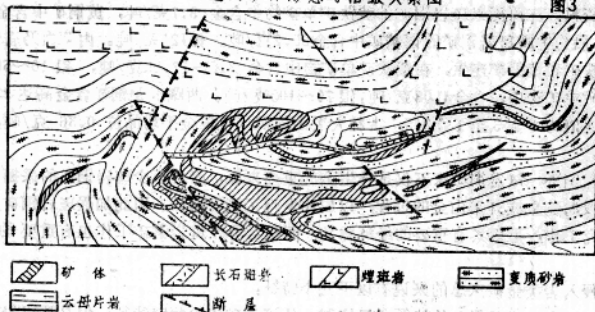
1、中深变质岩金矿床

以丹东四道沟金矿和黑龙江东风山金矿为例：

四道沟金矿区位于辽东台背斜宽甸隆起南缘，区内出露地层为元古界辽河群古老变

四道沟矿体形态与褶皱关系图

图3



质岩系。金矿体赋存在上段高家峪组中，由下至上可分为四段，即1)大理岩段；2)含砾云母片岩段；金矿体位于该段碎屑千枚岩、石英岩夹层中及石英岩下盘；3)碎屑千枚岩段；厚岩可能为凝灰质火山角砾岩；4)变质砂岩段。

全区已知金矿体120多条，分别包含在五个矿化带中，矿体形态极不规则，多为囊状、巢状、脉状和扁豆状等。但不管如何，矿体总是顺层产出，与槽曲形态相一致变化（见图3），小褶皱轴部是金矿体主要赋存部位。

金矿石是硫化物稠密浸染的含金石英体，其中黄铁矿占绝对优势，磁黄铁矿和黄铜矿占3~5%，还有极少量毒砂和白钨矿。

有91%的自然金赋存在黄铁矿裂隙中，仅有极少部分在黄铁矿颗粒间或黄铁矿颗粒与石英颗粒的接触部。自然金呈长条状、圆粒状及不规则状，金粒径在 $0.03 \times 0.01 \sim 0.07 \times 0.007 \text{ mm}$ 之间。

矿体的近矿围岩蚀变，主要有矽化、绢云母化和黄铁矿化，相互交织并分为四个环带：1)中心部是致密块状黄铁矿，金含量最高达1100g/T，一般100~300g/T。2)黄铁矿~石英(矽化)带，以黄铁矿为主，其次是石英及绢云母，金品位在20g/T以上。3)强矿化蚀变带，其中石英、绢云母、黄铁矿三者含量大致相等，金8~15g/T。4)含稀硫酸浸染状黄铁矿的绢英岩化带，金品位由内向外是5~1g/T。

黑龙江东风山金矿是近年发现的新类型金矿床。金矿体赋存在元古界震旦亚界东风山群变质岩层中。东风山群可分为三个岩组：1)下部组，含石榴石、铁橄榄石的铁闪石片岩组，夹薄层泥质板岩和薄层结晶灰岩，有一层贫磁铁矿赋存在铁闪石片岩中，厚40~120米；2)中部组，为结晶灰岩组，但上部含炭泥质板岩和千枚岩占主要地位；3)上部组：铁闪石片岩组，夹有块状泥质板岩，变质程度较上两组浅，局部见有浸染状和条带状磁黄铁矿、黄铁矿及少量磁铁矿，该组厚350米。

金矿体位于东风山群下部组，在磁铁矿体下部或下盘毗邻围岩之中。金矿石分为含金铁矿石和含金铁闪石片岩两种，主要为浸染状构造。矿物组合包括：磁铁矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿、毒砂、红砷镍矿、黄铜矿、闪锌矿、自然金等；非金属矿物主要为铁闪石、石榴石、铁橄榄石、石英、其次为黑云母、白云母、碳酸盐、绿泥石等。

东风山金矿目前只发现三个金矿体，斜厚度分别为4.81米，7.78和5.10米，并赋存在背斜的东西两翼。

金矿体在空间位置上与钴矿体大致吻合，钴矿体的规模略大于金矿体。矿石类型为低硫化物钴金矿石。自然金有三种赋存状态：1)自然金呈不规则状，赋存于毒砂晶体中；2)分布在脉石矿物(石英)中，金粒排列略具方向性；3)沿石榴石、辉锑矿、磁铁矿矿物颗粒间隙分布，往往与磁黄铁矿共生。

金的粒度细小，一般0.01~0.02毫米，最大粒径0.15毫米。

2、浅变质岩金矿床

主要包括江南古陆前震旦系板溪群浅变质岩系中的层状金矿床，分布很广。如湖南省会同漠溪金矿，平江黄金洞金矿、桃源沃溪金矿皆属此类。

含矿层位为元古界板溪群上段，在板岩、砂质板岩及砾岩的交互层中(如漠溪、黄金洞)，而沃溪金矿位于马底驿组条带状绢云母板岩的紫色层中。

矿体与岩层正合一致，为似层状、透镜状，也有切穿层理的脉状和网脉状矿体。矿体规模长20~500m，宽0.2~4.5m，延深可大于1500公尺，延长与延深比从近于1到1:30。矿层为低硫化物含金石英岩。主要矿物有黄铁矿、毒砂、车轮矿、方铅矿、闪锌矿、自然金、黄铜矿、黝铜矿等。在沃溪金矿，则出现大量的白钨矿和辉钼矿。

自然金为各种不规则它形粒状，主要赋存在石英脉粒中，其次是在硫化矿物中。金的平均品位从3.17~8.27g/T，最高品位可达几百克吨。自然金成色比较高，沃溪金矿的自然金成色为985，会同漠滨金矿的矿石中，银含量低于1克/吨。自然金粒度比较大，最小0.005mm，一般是0.4~0.8mm，个别可达2~8mm。

围岩蚀变微弱，有矽化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化等，宽10~25m左右。

含金变质岩矿床从浅变质岩向深变质岩矿床变化时，可看出有如下一些规律：

1) 矿体形态从简单往复杂变化，即从层状、透镜状、脉状向囊状、巢状、甚至陡立的笔状矿体变化，即是从单个矿体看，沿走向长度相对缩小，而延深相对增加。

2) 含金矿石从低硫化物型矿石向稠密浸染和致密块状硫化矿石过渡。

3) 自然金从赋存在石英和硫化物中，变为主要赋存在硫化物（黄铁矿）中。金的富集程度增高，如浅变质岩中金品位最高几百克/吨，如丹东四道沟可达1100克/吨，矿体的平均品位也有增高的趋势，如丹东四道沟为10.2克/吨，湘西一带金矿平均品位最高8.27克/吨。

4) 矿石中银的含量升高，金的成色降低。而自然金的粒度减小。

5) 围岩蚀变由弱变强，蚀变晕圈宽度增大而完整。

显然，含金变质岩矿床的这种变化与其经受的变质作用的强弱有明显依赖关系。

含金变质岩矿床的成矿机制首先是受沉积作用控制，因此顺层产出是其最重要特征。但它不同于沉积岩金矿床的地方是：1) 有火山作用参与，如丹东四道沟金矿的直接含矿围岩是火山凝灰角砾岩，后变质为碎屑千枚岩。黑龙江东风山金矿的含矿层位可能是火山岩变质的铁闪石片岩。湘西沃溪金矿的底马驿组是否有火山物质，值得怀疑。

2) 变质作用的后期改造，使成矿元素发生迁移和富集，而这个过程是以定向扩散和变质热液的方式进行的，这也就是变质分异作用。变质作用愈强，变质分异作用的程度愈高。金、银、硫、铁、硅等元素的迁移就愈厉害。这种迁移一方面是沿层面进行，这就使金矿体沿走向收缩，而金品位增高，硫化物增多，金从石英迁入到硫化矿物中。另一方面，元素迁移又垂直于层面进行，使围岩中的硫、铁、金也加入到金矿体中，于是围岩发生蚀变，变质作用的强弱与蚀变作用的宽度和强度成正比，围岩中的黑云母、绿泥石、角闪石等暗色矿物因失去铁生成绢云母、石英而退色。3) 变质作用的增高还表明成矿环境从外生态向内生态变化，因此银易于进入到自然金粒中，使金的成色降低（而山金变化为砂金时，在相对氧化的环境下，自然金粒外缘总是失去部分银）。同时因温度、压力增高，使金粒发生崩解而粒度变小。4) 构造作用使成矿元素进一步富集，尤其是褶皱构造轴部产生的膨胀带或扩容带，形成一个低压低化学位，使成矿元素往这里集中。因此在构造变动强烈的地区，富矿柱常位于小背斜（向斜）轴部，并造成巢状、囊状或笔状的矿体。

含金变质岩矿床的最大特点是矿物组合的差异性，由于成矿作用受特定沉积环境的

表二 含金变质岩矿床一览表

矿床	含矿围岩	矿体形态	矿石类型	矿物组合	自然金赋存状态	金品位	金银比值或金成色	自然金粒度	围岩蚀变
漠河金矿	元古界板溪群变质砂岩、石英岩、含碳质金	似层状、脉状、透镜状	贫硫化物型	黄铁矿、毒砂、方铅矿、方铅矿、自然金	有金—石英矿和石英—硫化矿两种	平均 3.17g/T 最高 205g/T	金银比值 < 1g/T	0.013~0.83mm 大于 0.83mm 占 63.3% 微弱	砂化为主, 其它有白云石化、绿泥石化、绢云母化、但很微弱
黄金洞金矿	同上	扁豆状、透镜状	同上	毒砂和黄铁矿为主, 其次为磁黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、车轮矿、白钨矿、闪锌矿	1) 板岩与石英脉接触的裂隙中; 2) 毒砂、黄铁矿、黄铜矿中; 3) 毒砂黄铁矿条带中; 4) 硫化物连生体中; 5) 车轮矿中	平均 5~9g/T	金成色 2mm 963	0.005~0.4mm 一般 0.4mm 宽	绢云母化、黄铁矿化、砂化与成矿关系密切、绿泥石化、白云石化透加在上面、宽一般 25m
沃溪金矿	元古界板溪群紫黑色条带状绢云母板岩	层状为主、其次脉状、网脉状	同上	白钨矿、黑钨矿、辉钨矿、自然金、毒砂、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿	主要在黄铁矿中其次在围岩的石英和伊利石中	平均 8.27g/T	金成色 0.0014~0.985 以上	可见金 0.0014~0.2mm 有显微金 10m	退色化、黄铁矿化、砂化、最宽达 10m
东风山金矿	元古界东凤山群、铁闪石片岩和结晶灰岩	层状	含金磁铁矿、磁黄铁矿、毒砂、方铅矿、黄铜矿、自然金	主要为磁铁矿、次为磁黄铁矿、黄铁矿及毒砂、方铅矿、黄铜矿、自然金	主要在毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿中其次在脉石矿物中	平均 4.98g/T	目估 800±	0.01~0.02mm 最大 0.15mm	轻微绿泥石化、绢云母化
四道沟金矿	元古界辽河群碎屑千枚岩	囊状、扁豆状、脉状、集合状	硫化物型	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、自然金	91% 自然金在黄铁矿中	平均 10.2g/T 最高 1100g/T	金成色 826	0.03~0.07mm 0.007mm	强砂化、绢云母化、黄铁矿化、宽约 50m

控制，其矿物组合在不同矿床中各具特征而不尽相同，如丹东四道沟金矿的主要金属矿物是黄铁矿，沃溪金矿的特征矿物是白钨矿和重晶石，霍姆斯塔克金矿以毒砂为主，而巴西帕萨吉姆金矿则出现大量的电气石。这表明金矿化决定于容矿围岩层位，而不是构造带。这是与含金石英脉类矿床截然不同之处。

(四) 含金石英脉矿床

为我国分布最广而又最重要的金矿床，含金石英脉为复脉、单脉及网脉状，主要产于前震旦纪古老变质岩中，但在古生代寒武纪、二迭纪地层中以及花岗岩内部有产出。这些矿床比较著名的有：吉林夹皮沟、海沟，辽宁五龙、红花沟，河北马兰关、金厂峪、峪耳崖一带金矿床，以及山东、招远金矿，河南秦岭金矿等。它们大部产于地台边缘的古老变质岩系中。但吉林二道甸子是以二迭系长英角岩、碳质角岩为围岩的大型金矿。广西的龙水、古袍、桃花金矿则产于寒武纪轻变质砂页岩层中。

但不管这些金矿床围岩的岩石特征、时代如何不同，归纳起来，它们有以下共同特征：

我国的含金石英脉矿床主要位于中朝地台的边缘凹陷中，由于连接相邻两个不同大地构造单元的深大断裂长期活动，形成了规模巨大的延长几百至几千公里的金矿带，如华北地台边缘沿内蒙地轴发育的呼和浩特~张家口~辽西~吉林和龙成矿带，昌平~遵化~丹东成矿带，扬子准地台北缘的灵宝~潼关成矿带，山东胶东台块北缘的掖县~乳山成矿带，康滇地轴北缘的丹巴~冕宁成矿带。这些地方分布有我国最重要的大中小型金矿山，砂金资源也十分丰富。

广西东部一带的含金石英脉矿床位于扬子地台内的加里东地槽中，含矿地层是一套碳质较高的复理式砂页岩沉积。吉林二道甸子金矿也位于古生代地槽的炭质砂页岩中，但矿床规模与前者相比则要逊色得多。

含金石英脉矿床承袭了变质岩金矿床的部分地质特征，可以看作是超变质作用生成的金矿床——即变质热液金矿床。

该类金矿床具变质岩金矿床的特征是受一定层位的明显控制，如吉林夹皮沟矿区，计有大中型矿床1处，金矿点和矿化点200多处，它们皆分布在鞍山群古老变质岩系中。而所有已探明矿床和70~80%的金矿点都分布在鞍山群上部三道沟组地层内，构成北西走向，向北突出的弧形金矿带。

山东的招远~掖县矿区，金矿点数以百计，大中型矿床1处，都分布在上元古界粉子山群的混合杂岩中。并且在混合岩带的中心部位，即混合花岗岩体内主要是含金石英脉矿床，而边部是石英网脉型金矿床，在混合花岗岩与上太古界胶东群的接触部位，则是破碎蚀变带型金矿床。它们一起构成一个向北西突出的弧形金矿带。

河北的兴隆~金厂峪~平泉金矿带，大中型金矿床1处，小型矿床20多处，矿点上百处。它们都分布在太古界桑干群的古老变质岩中。

在上述地区，含金石英脉常赋存在中基性古火山岩变质的绿色岩系中。如吉林中部金矿区的含矿层是由镁铁质的角闪岩、斜长角闪片麻岩、绿泥片岩、绢云母石英片岩、磁铁石英岩等组成，绿色岩系含金可达0.117克/吨。在山东省的胶东区，山西南东金矿由集中趋于分散，矿床规模由大变小，这与在西部斜长角闪岩厚几千米，往东迅速变薄为

表 3 含金石英脉矿床地质特征一览表

[illegible]

几十米有密切关系。在河北金厂峪矿区，该矿床及区域内各金矿点都产在角闪岩石中，而在东部、南部麻粒岩中未发现金矿。

广西东部金矿区，有中型矿床^①处，小型矿床十余处，矿点百余处，它们都分布在寒武系清溪亚群的砂页岩层中，该岩层含金普遍较高，砂岩含金 0.08克/吨，页岩0.13克/吨，而且其中含炭质较高的黑色页岩有利于金的富集。在吉林二道甸子金矿也见有与广西类似的情况。

含金石英脉矿床受一定层位控制，不仅在我国，在国外也被大量实际资料所证实。因此这类矿床应属层控矿床，成矿物质不仅来自深部的花岗岩岩浆，还来自周围的沉积岩或火山岩。

含金石英脉矿床又具热液矿床的特征，是受构造（断裂）的强烈控制。这些矿区常位于东西向深大断裂与北东向、北北东向次级断裂的交汇部位，以及区域构造的转折端（弧形构造）。矿床常位于向斜或背斜轴部，以及两翼和倾没端。矿体则受压性、张扭或压扭性断裂控制。在两组不同方向裂隙交叉处，在断裂由陡变缓，由宽变窄的地方，往往是富矿柱赋存部位。

除此以外，含金石英脉矿床还有以下共同特征：1）矿体主要是低硫化物的含金石英脉，其次是含金硫化物脉，石英占95%以上，而长石、碳酸盐、重晶石类很少；2）矿物组成大致相同，为黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、自然金组合。该类金矿延深可达 3000 米以上，但从下到上物质成分变化不大；3）矿石品位较高，一般是 9—18.6 克/吨，金银比值为 1:2~1:4，自然金粒度较细，并大部分赋存在黄铁矿中；4）围岩蚀变主要有矽化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等。但以黄铁绢云岩化和石墨化与成矿关系最为密切。

关于含金石英脉矿床的成因，以前都认为是岩浆热液充填的，但现代的成矿理论认为成矿元素主要来自围岩，其观点有两种，一个是以博伊耳为代表的变质分异假说，一个是以彼得罗夫为代表的化学分异假说。前者强调变质作用过程中产生的热力梯度，认为这是引起成矿元素从围岩向断裂带运移的主要因素。后者则强调构造变动中形成断裂时产生的压力梯度，认为这是元素迁移的主要因素。前一假说对混合岩地区含金石英脉的成因解释较为有利，后一假说对浅变质岩地区的成因解释有利。各地区含金石英脉矿床的围岩条件虽各不相同，但在矿物组合、自然金成色、粒度、赋存状态等方面有明显的均一性，这说明成矿作用不受容矿围岩的控制，而决定于构造条件。断裂长期活动建立起来的热力或压力系统，再加上围岩中低的金含量，就有形成金矿化的可能性。而成矿作用的决定因素不是岩浆热液，而是金、铁、铜、铅、锌、硅、硫、水等在变质作用中的地球化学行为，由此决定了成矿元素的迁移、富集和分散。因这些元素的地球化学行为在类似的构造条件下总是比较固定的，所以含金石英脉矿床矿物组合的均一性就十分明显。

除变质岩中的含金石英脉矿床外，还有个别以花岗岩为围岩的含金石英脉矿床，河北峪耳崖金矿就是一例，成矿作用与强烈混合岩化生成的花岗岩体有关，矿化具有斑岩型矿床特征（细脉浸染状），与破碎蚀变带型矿床比较，应是深变质带产物，它不是一般的变质热液金矿床，而是具岩浆热液矿床特征，向浅成侵入岩金矿床演变的过渡类型。

(五) 含金破碎蚀变带矿床

包括山东的焦家（见图4）、三山岛金矿床，是重要的矿床类型。

其地质特征与上一类型基本相似，唯矿脉中石英含量较低。因此可以把破碎蚀变带金矿床看作是含金石英脉矿床的特殊型式，也即是变质分异程度较为低级的变质热液矿床。

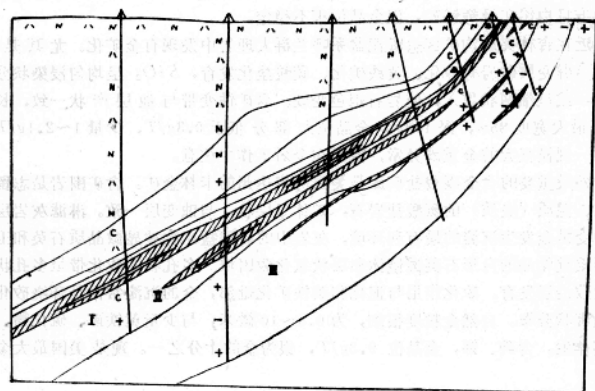


图1 焦家矿床 1.12 线地质剖面图

(六) 含金沉积岩矿床

包括含金砾岩矿床，含金砂页岩矿床和含金碳酸盐矿床三个亚类。鉴于含金砾岩矿床的巨大经济价值，故单独列为一类。现对后两类分叙如下：

1、含金砂页岩矿床

有工业意义的是含金碳质页岩矿床，如苏联叶尼塞山区的某些金矿床。在我国还没有成型的矿床，而仅有一些矿点。

2、含金碳酸盐矿床

我国所见不多，但最近发现不少值得注意的线索。如湖南衡东的汞金矿床，矿体为似层状、囊状和扁豆状。位于上泥盆纪余田桥组灰岩、硅化灰岩与泥质灰岩接触带上，沿走向及倾向呈扁豆状顺层产出，汞、金、砷紧密共生。金品位最高18.6g/T，一般1.2~7.7g/T。矿物组合有辰砂、自然金、雌黄、雄黄，以及辉锑矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、白铁矿等。脉石矿物有方解石、白云石和石英。近矿围岩蚀变有矽化、黄铁矿化，次为方解石化和白铁矿化。