前　言

为了给找矿、科研第一线的广大金矿地质工作者提供找金方面的资料，以促进黄金地质找矿勘探工作的顺利进行，我们调研、编辑、出版了《金矿选编》。

《选编》汇集了目前国内外许多较高水平的金矿论文。选时结合当前金矿工作的实践，并注意到内容的普及性和实用性。对进一步研究和在我国寻找各种类型的金矿床有一定的参考价值。

《选编》分五集出版。

第一集　金矿概述　主要内容：金的命名和成因形态、金的地球化学性质和成矿作用、金的标型特征及金矿规范说明等。

第二集　砂金　主要内容：砂金矿床的成因类型、分布特征、找矿评价方法、勘查方向等。

第三集　金矿的成矿模式及勘查方法　主要内容：金矿床的成矿模式及找矿方向、金矿勘查的物化探方法、地球化学方法、放射性方法，以及取样方法等。

第四集　金矿床　主要内容：金矿床成因理论、金矿床类型及特征、国内外典型金矿床实例等。

第五集　金的分析测试方法　主要内容：金的各种实验室分析测试方法及野外简易测试方法。

《选编》由核工业部地质局黄金办公室和北京第三研究所科技情报室联合编审，由高必娥同志编辑。由于水平所限，书中出现的错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

局黄金办公室
所科技情报室　1987.9

目　录

1．我国金矿床的分布格局、成矿地质条件及扩大远景的设想……（1）
2．金矿集中区分布特征及在找矿远景中几点设想 ……（17）
3．中国北东部内生金矿成矿地质构造背景和找矿方向……（31）
4．我国重要金矿类型及找矿方向 ……（50）
5．从中国金矿床成因分类讨论看金的成矿特点和成矿规律研究中的一些问题… ……（67）
6．我国北东部层控型金矿床的分布规律及其主要地质特征 ……（79）
7．中朝准地台太古界中金矿成矿问题 ……（89）
8．我国东部中（新）生代火山热液型金矿的若干特点 ……（111）
9．吉林延边北部火山岩型金矿地质特征和成矿规律 ……（133）
10．层控金矿床主要类型及其形成机理的探讨……（156）
11．裂谷构造与中国金矿床……（167）
12．山金成矿的若干地质问题……（182）
13．原生大型金矿床的几个主要地质标志……（196）
14．金矿床的新类型……（206）
15．关于粤西南金矿区域地质特征的几点认识……（218）
16．世界巨型金矿床的地质特征及其启示……（230）
17．浸染状金矿床……（247）

我国金矿床的分布格局、成矿地质条件及扩大找矿远景的设想

罗镇宽　关康　王爱社　王传泰

（冶金部天津地质研究院）

一、我国金矿床分布格局

1.板块构造与金矿成矿作用　越来越多的人相信，诞生在海洋地质和海洋地球物理摇篮里的板块构造，不仅现在存在，至少在显生宙以来就存在了。板块的增生、消减和转换必然在地质构造、岩浆作用、沉积作用、变质作用和成矿作用等方面留下它们的记录，应用将今论古，由洋及陆的现实主义原则，不仅可以对大陆上的地质构造、岩石组合类型、沉积建造、变质相带作出新的评价，也可以对矿床的分布格局作出新的解释。

板块增生处（大洋裂谷）是地幔供应地壳物质（包括金）的通道，但在这里除了某些伴生金的块状硫化物矿床外，大部分金仍旧呈分散状态赋存在岩石中。只有当这些新生的洋壳被带到俯冲消减重熔时，才有比较多的机会富集成矿。在那里由于洋壳的重熔生成钙碱系列的火山—侵入岩，导致了接触交代型、斑岩型、爆破角砾岩型以及火山、次火山岩型金或金银矿床的形成。更为有意义的是，由于洋壳的俯冲消减，在大陆一侧形成一个高热流值带，使下渗的大气水被加热，或者由岩浆直接对大气水进行加热，并混入部分岩浆析出的水，这种热水溶液反复循环，把古老的矿源中层的金淋滤出来，带到有利的构造部位成矿。所以

说，由古岛弧、古俯冲带形成的褶皱带是显生宙以来金矿成矿最有利的环境。

Tatsch（1975）用地球大地构造圈模式来解释地球形成46亿年来的金矿化历史，认为金矿化与地壳发展历史中不同时代的地震构造岩浆活动带有关，所谓地震构造岩浆活动带实际上就是板块构造的俯冲带。因此，Tatsch的观点的本质是板块运动控制了全球性金矿的分布格局。

2.成矿域和成矿带的划分 近几年，随着板块构造观点在我国的传播，已经有一些同志试图用板块构造观点来解释我国金矿的分布格局。本文试图在这方面作进一步尝试。根据中国板块构造的轮廓（李春昱，1980）以及近几年在这方面研究的新进展，我们把中国金矿划分为四大成矿域和58个成矿带。

（1）塔里木—中朝板块成矿域 以塔里木—华北地块为核心，包括其南北两侧的褶皱带（加积圈）。西伯利亚南缘褶皱带及佳木斯、柴达木地块也划入这一成矿域。

在成矿东部的华北地块，主成矿期有两个：一是华力西期；一是燕山期。华力西期成矿作用主要表现在华北地块的北缘及内蒙—兴安华力西褶皱带，与北方蒙古古海洋板块向华北地块下俯冲消亡所导致的岩浆热事件有关。这次热事件使华北地块北缘太古代矿源中的金活化聚集成矿。如张家口、吉林夹皮沟、小西南岔等地区金矿就是在华力西期形成的。

燕山期成矿作用表现在华北地块的南缘及东部广大地区。小秦岭及秦岭褶皱带的金矿就是受秦祁古海洋向华北地块下的俯冲、扬子地块和华北地块互相碰撞所造成的岩浆热事件控制。

华北地块东部大部分地区燕山期成矿作用与太平洋板块和亚洲大陆之间的相对运动所诱发的构造岩浆事件有关。如冀东、辽东、胶东等地区的金矿，矿源层为太古代变基火山岩或泥质碎屑岩，但活化成矿是在中生代。辽东华铜、山东沂南接触交代型

金矿及伴生金矿、山东七宝山、黑龙江团结沟、辽宁柏杖子等斑岩金矿、吉林延边的火山岩型金矿则是这次岩浆作用的直接产物。这样在华北地块的东部地区就形成了较早的东西向华力西期矿化和较晚的北北东向燕山期矿化的重叠、交叉的复杂局面。在这两次构造事件重叠交叉又有矿源层分布的地区往往就形成矿化集中区。据以上分析，进一步将本成矿域划分为25个成矿带：

①额尔古纳成矿带　②呼玛—嫩江成矿带　③佳木斯—牡丹江成矿带　④延边刺猬沟—小西南岔成矿带　⑤夹皮沟—和龙成矿带　⑥丹东—营口成矿带　⑦赤峰—朝阳成矿带　⑧冀东成矿带　⑨张家口成矿带　⑩灵丘—繁峙成矿带　⑪白云鄂博—白乃庙成矿带　⑫招远—掖县成矿带　⑬牟平—乳山成矿带　⑭沂南成矿带　⑮五河—凤阳成矿带　⑯大别山北麓成矿带　⑰小秦岭成矿带　⑱镇安—太白成矿带　⑲中条山成矿带　⑳北山成矿带　㉑祁连山成矿带　㉒天山成矿带　㉓帕米尔—昆仑山成矿带　㉔阿尔金山成矿带　㉕布尔汗达山成矿带

（2）准噶尔成矿域　以哈萨克斯坦板块的准噶尔地块为中心，包括其周围的古生代褶皱带。据近几年的研究成果，在东、西准噶尔发现有古生代的蛇绿岩套及俯冲带。西准噶尔托里地区的金矿就是与石炭系的蛇绿岩套有关。在准噶尔盆地以北的阿尔泰褶皱带是西伯利亚古陆南缘的加积层，也是金矿化的有利部位。

1）阿尔泰成矿带；

2）东准噶尔成矿带；

3）西准噶尔成矿带。

（3）华南成矿域　以扬子地块为核心，包括其周边褶皱带。台湾被划入这一成矿域。在扬子地块的东南侧，依次有上元古代、加里东、华力西一系列的古岛弧褶皱带，是成矿有利的构造

环境。从印支期开始，该地块西部受到印度板块的挤压，而东部受太平洋板块的挤压，东、西夹挤，使印支和燕山运动在该区都表现强烈。湘西沃溪金矿的形成是在板溪群第二次褶皱（横向褶皱）之后，第二次褶皱可能发生在印支期—燕山期，因而，湘西金矿的矿化时代应当在印支期或燕山期。长江中下游及其他地区的接触交代型伴生金矿、德兴斑岩型伴生金矿的成矿均为燕山期。浙江遂昌银坑山金矿矿层为陈蔡群，矿化是与中生代火山活动有关。新近发现的广东吴川—四会构造岩浆带的河台金矿、新洲金矿，成矿期可能也是印支—燕山期。据以上分析本成矿域可进一步划分为28个成矿带：

①宁芜—溧水成矿区　②安庆—铜陵成矿带　③大冶—九江成矿带　④大别山成矿带　⑤桐柏成矿带　⑥武当山成矿带　⑦黄陵成矿带　⑧绍兴—诸暨成矿带　⑨遂昌—龙泉成矿带　⑩德兴成矿带　⑪湘东北（平江—浏阳）成矿带　⑫湘西（沅陵—益阳）成矿带　⑬湘中（隆回—新邵）成矿带　⑭湘南（常宁—桂阳）成矿带　⑮会同—天柱成矿带　⑯龙门山成矿带　⑰勉略成矿带　⑱康定—冕宁成矿带　⑲黔西南（晴隆—册亨）成矿带　⑳黔东南（丹寨—三都）成矿带　㉑桂东成矿带　㉒张公岭—龙水岭成矿带　㉓庞西洞—求水岭成矿带　㉔吴川—四会成矿带　㉕台湾成矿带　㉖玉树—白玉—稻城成矿带　㉗沧山—哀牢山成矿带　㉘江达—贡觉成矿带。

（4）冈底斯—拉萨成矿域　以冈底斯—拉萨中间板块为核心。在雅鲁藏布江缝合线以北，有一横亘东西的新生代侵入岩带，是由于古特提斯海向冈底斯中间板块下俯冲的结果。雅鲁藏布江缝合线进入滇西变成南北向，并在滇西形成一侵入火山岩带，腾冲的火山热泉至今仍在活动，故将该区分为2个成矿带。

1）冈底斯—拉萨成矿带；

2）高黎贡山成矿带。

需要说明的是，对于西北、西南一些工作程度较低的地区，矿化带划分主要是从大地构造的角度考虑，并无充分的矿化资料，有待今后实践进一步证实。

二、成矿地质条件分析

在我们分析成矿地质条件时，首先要考虑的问题是：①有无成矿有利的矿源层；②有无成矿有利的热动力和热流体；③有无容矿的构造条件。

1.金矿的层控性 我国金矿的分布显示出明显的层控性，所谓层控，除了金矿产生在一定的地层单元外，更为重要的是这些地层单元含有较高的金的背景值，可以作为“矿源层”，我国金矿含矿地层可以分为下列几种建造：

（1）前寒武纪变质基性火山岩建造 这建造大都由角闪岩、斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩及角闪片岩等组成。少数为绿泥石或阳起石片岩。包括吉林夹皮沟及辽宁清源一带的鞍山群三道沟组，赤峰—朝阳一带的建平群小塔子沟组，冀东八道沟群王厂组，张家口地区桑干群，山东胶东群蓬奈组，小秦岭太华群，山西五台群。它们分别为上述夹皮沟—和龙成矿带、赤峰—朝阳成矿带、冀东成矿带、张家口成矿带、胶东成矿带、小秦岭矿带、五台灵丘—繁峙成矿带的容矿岩石。这几个主要成矿带的金矿储量占我国原生金矿储量的70%以上。据微量金测定，这些地层单元有比较高的金的背景值（表1）。恢复原岩的结果都相当于基性火山岩。与加拿大、南部非洲及西澳的绿岩带相比，有下列几点不同：①时代相对较年轻；②变质程度较高，大都达到角闪岩相；③成矿时代是华力西期和燕山期。因此，不能把这些建造中的金矿与国外绿岩带的金矿等同起来。在上述几个矿带中，除产生变基性火山

表1　　我国主要金矿含矿建造微量金含量

建造	地层单元	金含量（ppb）	矿床实例
变基性火山岩建造	鞍山群三道沟组	5—330	夹皮沟、二道沟、三道岔、八家子、海沟等
	建平群小塔子沟组	50—130	宁城东风、赤峰莲花山、红花沟等
	八道河群王厂组	300（平均）	金厂峪、响水沟、铮尖、蚂蚁沟、花市
	胶东群蓬奇组	5—300	新城、焦家、三山岛、苍上、玲珑等
	桑干群	7—49	小营盘、张全庄、响水沟
	太华群	10—49	金岔、杨寨峪、冈峪、大湖、灵湖等
	五台群	62（平均）	义兴寨、耿庄、太那水等
泥质碎屑岩建造	黑龙江群	86—93（平均）	太平沟
	麻山群	90—210（平均）	
	辽河群盖县组	6—67	五龙、四道沟、白云、隈子、分水
	辽河群大石桥组	81—82	
	桐柏、歪头山组	3—21	银洞坡、破山、老湾
	板溪群马底驿组	21（平均）	沃溪、符竹溪、黄金洞
	寒武系水口群	30—130（平均）	桃花、古袍、六岭、大黎、龙水
	寒武系八村群（?-）		求水岭、庞西洞
	陈蔡群	5.2（平均）	银坑山、马鄉
	（广东）震旦纪泗纶群	10—480	

岩建造中的金矿外，还有一些金矿是产在比它年轻的地层单元中或花岗岩侵入体中，但矿源层还是基性火山岩建造。如冀东的峪耳崖、洼子店，赤峰的金厂沟梁等。

（2）变泥质碎屑岩建造　原岩为页岩或砂岩，变质后为板岩、千枚岩、片岩和变砂岩及石英岩、绢云石英片岩等，不同程度含有机炭及原生的硫化物。本建造包括佳木斯地块的黑龙江群（？）和麻山群，辽东的辽河群，冀东的朱杖子群，河南桐柏的歪头山组，湘西的板溪群和冷家溪群，桂东的寒武系水口群，粤西的寒武系八村群，广东震旦纪泗纶群，浙江的前泥盆系陈蔡群，秦岭褶皱带中泥盆统古道岭组，贵州寒武系三都组，黔西南晴隆—册亨一带三叠系罗楼组和新苑组以及天山褶皱带的某些含金层位（表1）。它们分别是佳木斯—牡丹江成矿带、丹东—营口成矿带、桐柏成矿带、湘西成矿带、桂东成矿带的围岩。据分析，这些地层单元一般也含有较高的金的背景值，因而也是矿源层，可能是变基性火山岩建造及其金矿风化剥蚀再沉积形成的。

（3）细碧角斑岩建造　由细碧岩和角斑岩组成，变质浅，多数保留有火山岩的原岩结构。包括秦岭的熊耳群、甘南的碧口群、陕南的跃岭河群、浙江的双溪坞群，鄂西北的武当群以及祁山褶皱带寒武—奥陶系中的细碧角斑岩系。这一建造中，除单一的金矿床外，还有伴生金的块状硫化物矿床，如甘肃白银厂、小铁山、浙西绍兴西裘等铜矿中的伴生金。

（4）安山—流纹质火山岩建造　这一建造大都由中—新生代中酸性火山岩组成。包括台湾金矿的含矿火山岩，吉林延边上侏罗统火山岩，宁芜、溧水火山岩盆地中的上侏罗统大王山组，浙江遂昌—龙泉一带的上侏罗统磨石山组等，所产金矿大部分富含银，为金银矿床。宁芜铜井金矿、台湾金瓜石金矿和吉林的小西南岔金矿则伴生铜。

此外，还有少数碳酸盐建造中也有金矿，不一一赘述。

国外近年对金矿“矿源层”作了更深入的研究和探讨。部分学者提出，矿源层中微量金含量的高低并不是成矿的决定性因素。决定性的因素是适合的成矿条件及矿源层中金的可淋滤性，只有呈游离状态和赋存在硫化物中的金才可以被热液淋滤出来作为矿源，以晶格形式赋存在硅酸盐中的金不具成矿意义。在金的背景值相对较低的地层单元中，只要金是可淋滤的，又具备成矿的其他有利条件，同样可以形成规模可观的金矿，这一点应引起我们注意。

2.花岗岩的成矿作用 70年代前，由于受传统成矿理论的束缚，把几乎所有热液矿床的成矿作用都归结为与花岗岩类侵入体有关。花岗岩不仅提供了热动力和热流体，而且也带来了成矿物质。经过近几十年的研究和实践，证明这种观点是很不完全的。近几十年来，随着层控矿床的概念和变质热液成矿理论被介绍到我国。似乎又出现了一些矫枉过正的偏向。花岗岩的成矿作用被排斥到一个狭窄的范围。在金矿床领域里，尤其如此。华北地块周边几个矿化集中区的矿床，几乎全都被划为变质热液矿床的范畴。这是值得商榷的。在强调金矿床的层控特征时，并不完全排除花岗岩的成矿作用。

（1）黑龙江团结沟、山东七宝山、辽宁柏杖子等斑岩金矿、辽宁华铜、山东沂南等接触交代型金矿，河南祁雨沟、山西耿庄、江西羊鸡山等爆破角砾岩型金矿以及峪耳崖、洼子店、金厂沟梁等产在花岗岩中及其附近的金矿，是公认的“岩浆热液”金矿。与成矿有关的岩体大部分属同熔型（I型）岩体，本身同熔有部分矿源层，岩体可能从深部带来部分成矿物质，由岩浆本身析出的水和由岩浆加热的大气水还可以将矿源层中的金淋滤出来成矿。由此可见这类矿床成矿物质来源和热流体的来源是比较复杂的，但花岗岩的成矿则是勿庸置疑的。

（2）长江中下游大冶—九江成矿带和安庆—铜陵成矿带的

许多伴生金的接触交代型Fe—Cu、Cu—S和Cu—多金属矿床与花岗闪长岩侵入体有着极为密切的关系。这类花岗闪长岩被一些研究者列入同熔型或“I”型。铜陵地区这类岩体的锶同位素初始比值为0.7070—0.7078（王联魁，1982），较地幔物质的标准值（0.7035）略高，说明岩体为地幔和地壳的同熔产物。地球物理资料也表明，长江中下游地幔是上隆的。安微冶金地质勘探公司812队对马山金矿的矿体、岩体和地层中的硫同位素测定，矿体中59个样δS^{34}‰值的变化范围是+4.56—+10.4平均+6.39，岩体8个样的变化范围为+3.4—+8.7，平均+5.11，地层5个样的变化范围是-13—-35.4，平均-27.3。矿体与岩体的硫同位素组成接近一致，而与地层相差甚远，说明硫主要来自岩体。该矿床的容矿围岩为石炭系黄龙灰岩及部分船山灰岩和二叠系栖霞灰岩。据区域少数样品微量金的测定，含金1.53—5.22ppb，小于或接近地壳平均值（3.5ppb）。从这一分析结果看地层也不可能提供大量的金。因此，我们认为这类矿床中Au主要来源于岩体。

（3）山东胶东地区的玲珑花岗岩及郭家岭花岗闪长岩可能是胶东群就地重熔半侵位的重熔花岗岩，继承了胶东群矿源层的高金背景值。玲珑花岗岩平均含金16.04ppb。两岩体分布范围大，这就意味着被重熔的胶东群的体积相应也大，胶东群平均含Au 23.6ppb，这样使得大量的金在花岗岩形成过程中被活化，为成矿提供了丰富的物质来源，这也许是胶东地区原生金矿特别集中的原因所在。

（4）华北地块南北两缘的小秦岭、张家口、冀东、赤峰、夹皮沟等矿化集中区的金矿，“矿源层”是太古代变基性火山岩建造这一点没有什么争议。但对矿床成因和成矿时代却有较大的分歧。矿床成因有变质热液矿床、岩浆热液矿床和混合岩化后改造型热液矿床等多种说法。成矿时代有太古代、加里东期、华力

西期和燕山期之争。

金矿床的变质分泌成矿学说是国外学者从加拿大、南部非洲、西澳等稳定地盾区绿岩带金矿的研究中总结出来的，将这一理论应用到华力西和燕山期构造岩浆活动都十分发育的中国东部地区是值得商榷的。

就我国上述几个矿化集中区看，含金石英脉穿插了大部分岩脉（小秦岭），或者岩脉、矿脉赋存在同一构造空间（夹皮沟），这些岩脉绝大多数没有受到高、中级的变质作用和强烈的片理化，显然是在区域变质作用后侵位的。许多有同位素年龄数据的大都为中华力西期（夹皮沟、张家口）或燕山期（冀东、小秦岭、赤峰）。据此推测，金矿成矿时代应当是华力西期和燕山期。鉴于这一事实，变质热液的观点尽管在文献中到处被引用，但在当地工作的多数同志却一直难于接受。

在上述几个矿化集中区，同时做过矿石Pb—Pb法模式年龄和K—Ar年龄的矿区往往出现两种方法所获同位素年龄的矛盾。如张家口小营盘，含金石英脉中微斜长石的K—Ar年龄为223.1±2.2Ma（王秀璋，1983），而矿石铅的等时线年龄为1880Ma（中国地质科学院地质力学研究所）；冀东地区，与成矿有关岩体的K—Ar法年龄149—169Ma，而矿石铅的模式年龄为1500—2200Ma，夹皮沟，含金石英脉中钾长石的K—Ar年龄为161Ma（王义文，1977），被含金石英脉穿插的花岗闪长岩、正长斑岩、细晶岩脉的K—Ar法年龄分别为268Ma、272Ma和205Ma，而矿石铅的模式年龄分别为230Ma、1000Ma和1400Ma（王秀璋，1983）。众所周知，Pb—Pb法是利用^{235}U、^{238}U、^{232}Th衰变形成的^{206}Pb、^{207}Pb与^{208}Pb的比值来计算年龄的。铅一旦脱离它赖以形成的U—Th—Pb系统，进入到一个新的理论上再没有放射性铅加入的环境就成了普通铅，此时$^{206}Pb/^{204}Pb$，$^{207}Pb/^{204}Pb$，$^{208}Pb/^{204}Pb$不再改变，这样在一个年轻的

地质体中可以保留古老铅，此时用Pb—Pb法求出模式年龄不代表成矿年龄。而只反映它的来源。K—A_r法用在老变质岩系中已失去意义，但对时代较新的侵入体和岩脉；它仍旧说明一些问题，从上述地区的K—A_r法年龄值看，成矿时代也应当是在华力西期和燕山期。

鉴于以上事实，我们认为把这些地区的金矿划为变质热液矿床是欠妥当的。加拿大、西澳、南部非洲地盾区有它独特的地质发展史，固结的时间比较早（25—30亿年）固结后比较稳定，很少遭受到像中国东部那样强烈的古生代和中生代构造岩浆作用。但这些地盾区的绿岩带中却有广泛的同时代的花岗岩，在南部非洲和西澳的绿岩带这种花岗岩分布面积占了70%，正如有些学者所指出的，这种花岗岩导致或加强了绿岩的变质作用。从这个意义讲，这些地盾区绿岩带的变质热液金矿的形成与同时代的花岗岩也是存在成因联系的。

我国华北地块周边的金矿集中区，没有广布的太古代花岗岩，却有着广泛分布的华力西期和燕山期的花岗岩，尽管这些岩体不提供成矿物质，甚至也不提供成矿流体，但至少提供了热动力。总括地说，我们认为这些地区，矿源层是太古代变基性火山岩建造；成矿热液主要成分—水是来自大气层和地层水。也不排除混入部分岩浆折出的水；成矿的热动力则来自华力西或燕山期花岗岩。为了与真正岩浆热液矿床区别，我们将其称为"岩浆热源热液矿床"。

3.构造控矿作用 板块构造控制我国金矿的大的分布格局，第一节已作了讨论。这里主要是讨论金矿的容矿构造。

从目前获得的资料看，无论是现代砂金矿床或古砂金，按原生品位要求，大都达不到工业品级。因此不经改造的原生沉积是很罕见的。兰德型砾岩金矿被认为是被改造的古砂金矿。除了某些伴生金的Co—Ni硫化物矿床，真正原生的岩浆型金矿床是极为少见的。从这一意义上讲，几乎所有的原生金矿都是热液矿床

（不管其热液是什么性质的）。因此，容矿构造就显得特别重要。我们粗略地把金矿的容矿构造划分为下列几大类：

（1）断裂构造：绝大部分金矿是赋存在断裂构造中，断裂可根据其形成的力学性质划分为张性、张扭、扭张、压张、张压等不同性质。大部分太古代变基性火山岩中的金矿及部分古、中生代的金矿都是受断裂控制。

（2）褶皱构造：背斜的鞍部、转折端、向斜的槽部以及由褶皱构造引起的层间破碎带和轴部复杂的节理、裂隙系统是金矿的又一重要构成类型。辽宁的四道沟、白云金矿，河南桐柏银洞坡金矿，湘西的沃溪金矿以及桂东的许多金矿，主要是受褶皱和由褶皱引起的层间破碎带及轴部的节理、裂隙控制。褶皱构造控矿是我国元古代和古生代泥质碎屑岩建造中金矿的一大特征、世界范围内似乎也有这种共性。

（3）火山构造：破火山口的环状、放射状断裂、火山颈、火山角砾岩筒及火山口附近的其它不规则断裂是中、新生代火山岩、次火山岩型金（银）矿床的主要容矿构造。如延边的刺猬沟、五凤、五星山、小西南岔等火山岩金矿，浙江遂昌银坑山、龙泉八宝山、天台大岭口，河北洪山等金矿或金银矿床就是受火山构造控制。

（4）爆破角砾岩筒：由浅成侵入作用引起的爆破角砾岩筒也是金矿的重要容矿构造之一。如河南祁雨沟、山西耿庄、辽宁锦西水泉、江西洋鸡山等金矿就是受爆破角砾岩筒的控制。黑龙江团结沟金矿、山东七宝山金矿是公认的斑岩金矿，但绝大部分金矿体的容矿构造是爆破角砾岩。

（5）物理化学性质上有利的围岩圈闭：岩石物理性脆、易裂隙化或孔隙度大，化学性质活泼易溶蚀交代也造成一种对矿液圈闭的有利条件，起到容矿的作用。细脉浸染型金矿（卡林型）以及某些接触交代型金矿或伴生金矿就是受这种机理控制。

三、扩大找矿远景的几点设想

我国比较重视黄金生产和金矿的找矿勘探工作不过是近十来年的事。金矿床含量低，自然金的颗粒一般较小，不易发现，这也增加了找矿的难度。鉴于以上两方面的原因，可以说我国金矿找矿勘探工作方兴未艾，大有作为。

我国几乎70%的原生金矿集中在华北地块周边的几个矿化集中区内。这些地区是我国目前开发的主要对象。近几年，这些地区（如山东胶东、小秦岭），年年有储量增长无疑应当进一步加强这些地区的找矿工作。但从长远考虑，要使我国黄金生产有较大的突破，我们的目光不能仅停留在这些地区。

鉴于中国这个陆块的特殊性，固结时间晚，活动性大，反复遭受到显生宙的构造岩浆活动，变质程度深，对于寻找砾岩型金矿和绿岩带中的变质热液金矿并不是十分有利的。但我国有广泛的元古代地层分布，我国古生代和中新生代的褶皱带和造山带十分发育，岩浆活动强烈，具有寻找时代较新的金矿床的有利条件。诚然，和太古代相比，古、中、新生代的金矿要逊色得多，但也不泛大型矿床，如美国60年代发现的卡林型金矿，苏联乌兹别克的穆龙套金矿和乌拉尔的别列佐夫金矿等，为此，我们提出下列几点设想：

1.重视元古界地层的找矿工作 我国江南扬子地块有广泛的元古界地层分布，有名的湘西W—Sb—Au矿就产在元古界冷家溪群和板溪群中。近几年在江西德兴一带的元古界双桥山群中发现具有明显层控特征的金矿化。在双桥山上部，震旦系下部发现中元古界火山岩地层，在火山岩的炭质岩夹层中，发现了较好U Au? 矿化。

辽宁东部的辽宁河群，分布面积广，目前已发现有五龙、四

道沟、白云、分水等大、中、小型金矿。辽河群有可能是鞍山群风化剥蚀再沉积的产物，据研究大石桥组和盖县都有较高的金的背景值，其层间破碎带是很好的容矿构造。又地处东部沿海，中生代岩浆活动强烈。具有很好的成矿条件和找矿远景。

豫陕交界的小秦岭地区，在太华群上覆盖有元古代熊耳群中基性火山岩系，面积大于太华群若干倍。以往局限在太华群中找金矿。前几年，河南地调一队用地球化学方法在熊耳群中找到了大型破碎蚀变带金矿（上宫金矿），这无论在找矿实践和成矿理论上都是一个突破。据分析熊耳群本身金的背景值就比较高，又下伏有太华群，有充分的物质供应，构造位置也十分有利。

此外，还有冀东的朱杖子群、秦岭的宽坪群、浙江的双溪坞群、鄂西北的武当群、甘南的碧口群、四川的会理群等，都是值得注意的。

2.进一步推广破碎蚀变带型金矿的找矿经验 自从焦家式破碎蚀变带型金矿的找矿经验推广以来，不仅在山东胶东地区取得了良好的效果，而且已在全国各地开花结果。我国几个储量大于50t的特大型矿床，除团结沟外，都是破碎蚀变带型。上文提到的上宫金矿以及近年在广东吴川—四会断裂带发现的高要河台金矿，清远新洲金矿，从广义上讲，都属于破碎蚀变带型。破碎蚀变带型金矿不受时代、岩性限制，而过去往往不为人们重视。在我国大面积的古代褶皱带和中生代造山带，这种类型具有很好的找矿前景。

3.在西北地区开展穆龙套式金矿的找矿研究 穆龙套金矿产在我国天山褶皱带的西延部分塔什干正西。含矿地层为下古生界志留系（有人认为属元古界）含炭质的泥质碎屑岩建造，由变质砂岩、粉砂岩、千枚状片岩呈互层组成复理石状岩系。矿体呈网脉状产在总体走向东西的复杂裂隙系统中。矿石品位低，只有0.5—3.5g／t。矿石中硫化物含量仅0.5—1.3%。可以想像，

风化后是非常不引人注目的。据Petrov（1972）关于穆龙套金矿的地球化学论文指导，含矿片岩富含Au（10—100ppb），As（<100ppm），W（<100ppm），Bi（10ppm），Cu（4—10ppm），Zn（2—3ppm），和Co（1.5—2ppm）。他提出该矿床系同生形成。是苏联最大的原生金矿。我国天山褶皱带绵延近2000km，在塔里木地块的南侧还有帕米尔—昆仑山褶皱带、阿尔金山褶皱带以及柴达木盆地南侧的布尔汗布达山褶皱带，存在有类似穆龙套金矿的成矿地质条件，且业已发现一些矿化线索。配合当前开发大西北的计划，应组织一支专门队伍，探索研究西北地区寻找穆龙套式金矿的可能性，一旦突破，就会对我国黄金生产起到举足轻重的影响。

4.开展细脉浸染型（卡林型）金矿的找矿 卡林型金矿是美国60年代在西部内华达州碳酸盐夹细碎岩地层中发现的一种微细粒浸染状金矿。70年代被介绍到我国后，已经逐步开展了这类矿床的找矿研究，目前一般认为属卡林型金矿的有陕西镇安二台子，勉县李家沟，湖南衡东石峡，贵州三都苗龙，册亨板其、丫他。大部为小型矿床，仅贵州册亨板其、丫他矿化较好。卡林型金矿从本质上讲属于浅成热液矿床。它的形成与美国西部环太平洋火山带有关。我国西南地区由于古特提斯海向江南古陆下俯冲，形成一系列中—新生代火山岩带，西南地区又有广泛的古、中生代碳酸盐地层分布，具有卡林型金矿的成矿地质条件。

特别要提到的是从青海玉树经四川白玉、义敦直至稻城一带的印支期火山岩弧，广泛发育上三叠统中酸性火山岩及燕山期花岗岩。在三叠统图姆沟组安山—统纹质火山岩中，发现了麻邛含金富银多金属矿床，银为特大型，伴生金达大型，类似日本黑矿。附近还有多处原生金和砂金矿点，1985年6月5—8日，在白玉县的孔隆沟，连续采得2.1斤，2.7斤，8.4斤的三个大金块。表明该带有充分的金矿矿源。该带东南木里耳泽金矿为产在三

泥系碳酸盐地层中的残积金矿，原生矿为浸染在碳酸盐地层中的含金菱铁矿黄铁矿细脉，类似于苏联南雅库梯的Kurankh型残积金矿。Boyle把这类矿床的原生矿划为细脉浸染型。因此，义敦火山岩弧不仅是火山岩型金矿找矿远景区，也是卡林型金矿找矿远景区。

Hg、Sb、As（W）是卡林型金矿经常伴生的元素，美国西部内华达州—加利福尼亚州的卡林型金矿，几乎都是用上述元素的地球化学方法找到。我国湖南、贵州是锑矿化集中区，具有卡林型金矿成矿的地球化学背景。应在这些锑矿床中重新检查金。贵州三都苗龙金矿就是由汞矿发展成为金矿的，湖南衡东石峡也是如此，最近又在三都丹寨汞矿中发现了金矿化。在湖南、贵州应特别注意这种共生矿床。

以上是我们关于扩大金矿前景的几点初步设想，承作引玉之砖，欢迎批评指正。参考文献（略）。

选自《金银矿产选集》第六集（1986）

金矿集中区分布特征及在找矿远景中几点设想

张甲忠

（吉林省有色金属地质勘探公司研究所）

众所周知，在我国不同地区出现金矿集中区是一个已经不需要证明的问题。目前只需要解释它为什么出现，以及怎样利用它的规律性指导找矿勘探的工作布局，下面即从这个方面着重研究它的分布特征及规律性。如有不对之处，敬希提出批评指正。

一、金矿集中区的概念

当翻开《中国黄金矿产资源分布图》（1:200万）（注）时，明显地看出，我国黄金矿产资源分布很广泛，几乎每个省（区）都有。具有成群、成带展布，分段集中的特点。就是在不太大的范围内，分布着数个、数十个、甚至于百余个金矿床（点），构成金矿组、金矿带，多半沿古陆边缘和边疆地区分布。从现有成矿作用等资料来看，这些矿床的成因多半不受类型限制，亦不受固定的地质构造和地质时代限制。这就是本人所理解的《金矿集中区》概念。

对于这样一个概念，我国广大地质工作者早已广泛的利用。如50年代初期，《就矿找矿》的原则就是一例，进入80年代之后，《就矿找矿》的原则，不但没有减弱，而且又有突破。即在不同地区内发现了新的矿床。这一发现不但为冶金矿山增加储

注：由吉林省冶金地质勘探公司研究所编制1978年。

量，延长矿山生产寿命，而且也丰富了新的成矿理论。

总结他们的工作基本经验，就是在于全面地收集原始观察资料，具体地分析原始资料，客观地归纳总结。得出已知金矿床的成矿规律之后，再灵活地运用到未知矿区去，结果找到了许多大大小小的金矿床，为国家做出了许多新贡献。

二、金矿集中区分布特征

1.我国幅员辽阔，黄金矿产资源丰富多彩，为发展黄金生产提供了资源保证。

据现有资料来看，全国共有金矿床（点）产地××××多处。其中金矿床占矿床（点）总数25.6%，金矿点占金矿床(点)总数74.4%。组成大小不等的许多金矿集中区。除上海市、天津市暂时没有发现金矿床（点）而外，其它省（区）都有。主要集中于黑、吉、辽、冀、豫、鲁、蒙、陕、湘、滇、桂、川、新等省（区）。

在这些地区中，它们的分布并不是杂乱无章的，具有一定规律可循的。就是严格地受地质构造条件控制。在不同地区不同地质构造条件中，往往形成不同类型、不同规模的金矿床，组成金矿集中区。一般来说，地质构造条件越复杂的对成矿有利地段，金矿床（点）就越多。

根据金矿床（点）成群、成带展布的特点，将金矿床（点）按照密集程度和所处的构造位置，划分108片，称为《金矿集中区》。

从金矿集中区可明显地看出，其范围有大的，也有小的。大者可从一万多平方公里，如新疆阿尔泰金矿集中区，而小者仅有几百平方公里，如浙江遂昌金矿集中区。其矿床规模也有大小之别，有的超过10t的金矿床和矿点集中在一起，如夹皮沟金矿

集中区，有的有几处小于10t的金矿床和金矿点组成在一起，构成金矿集中区。

根据金矿集中区的金矿床（点）数目多寡，大致可划分如下三种情况（表1）。

表1　金矿集中区统计表

金矿床（点）分布情况	划分标准	金矿集中区面积总和（km^2）	集中区个数	主矿床个数		卫星矿床个数
				脉金	砂金	
一	有两个或两个以上>10t金矿床	26000	9	17	8	714
二	仅有一处大于10t的金矿床	42300	24	12	12	687
三	暂时没发现一处10t的金矿床	134100	75			1463

从表1可以看出，在第一种情况下，只有9片金矿集中区已有两处或两处以上的超过10t的金矿床，仅占集中区总数的8.4%，如像小秦岭、夹皮沟等金矿集中区。超过10t的金矿床称之为“主矿床”或“姊妹矿床”，如小秦岭金矿集中区的文裕、金洞岔就是主矿床或姊妹矿床，在其附近和周围分布着许多中、小型金矿床和金矿点。这些金矿床（点）称之为“子矿床”或“卫星矿床”。

第二种情况，共有24片金矿集中区中每片仅有一处主矿床，若干个子矿床（或卫星矿床），分布在主矿床周围，占集中区总数的22.2%，如像张家口金矿集中区内的小营盘金矿床，就是主矿床，它的周围分布的张全庄、韩家沟、响水沟、水晶屯等金矿，就是卫星矿床。

第三种情况，在金矿集中区中只存在着若干个子矿床，暂时没

有发现一处主矿床。共计有75片，占金矿集中区总数的69.4%，占绝对优势。

由此可见，我国黄金矿产资源产地之多，分布之广是其他国家无法比拟的，只要加强黄金地质工作，黄金资源会不断地增长。

从70年代以来，全国各地形成了一个找金、采金的新高潮，不仅不断地发现新矿点，而且储量也逐年的增加，据已掌握的资料来看，其中原生金矿床和砂金矿床的储量合计占总储量的54.37%，伴生金储量占总量储的45.63%。

表2 主要国家金矿储量表

国家	金属储量 (t)	占世界总储量百分比 (%)
南非	18040	52.7
苏联	6220	18.2
美国	2645	7.7
加拿大	1245	3.6
巴西	715	2.1
菲律宾	620	1.8
澳大利亚	560	1.6
津巴布韦	465	1.3
日本	220	0.6
加纳	125	0.4
其他	3390	10.0
合计	34245	100.0

这些储量与世界主要产金国家相比较（表2），我国列入南非、苏联、美国之后，居世界第四位。

在我国各省（区）分布也不均匀。可供生产利用的脉金和砂

金储量最多的省（区）是鲁，一省储量占总储量1/4左右，其次是豫、黑、吉、辽、湘和冀等地。伴生金储量最多省(区)是赣、鄂、甘、青、皖。

由上述不难看出，我国黄金储量虽然很多，但是还远远满足不了当前“四化”经济建设发展的需要。这些储量除不能被生产利用和技术水平达不到的而外，其余的全部储量都列入建设项目。如再发展，就必须增加储量。这付重担就落在我们身上，这就需要我们在金矿集中区中寻找大型金矿，增加储量，为国家做出新贡献。

在近十年以来，黄金生产发展速度很快，在原有矿山基础上又新建和扩建生产矿山若干座，构成黄金生产独立体系，使黄金产量逐年增加。在建国初期每年产金××万两，到1972年产量即超过历史最好水平，达到××万两（历史最好水平是在1888年慈禧时期）。1975年之后，黄金产量就稳步上升，到1977年黄金产量等于建国初期的3.4倍。进入80年代以后，黄金产量发展很迅猛，一下子就达到几百万两。与世界主要产金国家相比较，可明显的看出，虽然黄金产量都有不同程度的增加，但上升幅度不大，唯独我国大幅度增长，赶上世界先进水平。位于南非、苏联、加拿大、巴西、美国之后，居世界第六位。

由此可见，我国黄金产量稳步上升，发展速度之快、同样也是其他国家无法比拟的。

2.我国金矿类型繁多，种类齐全，成因复杂，为找矿提供了广阔的远大前景。

从所有金矿集中区中明显地看出，每个金矿集中区绝大多数具有两种或两种以上的不同成因类型的金矿床，少数为只有一种成因类型金矿床。可以说，国外有的，我国也具备或具有良好的找矿线索。

这些金矿类型在不同构造单元如地台区和地槽区分布是不一

样的（表3），都与一定的地质构造条件如一定的岩石、地层、地质构造、物理化学等条件有关。地台区以变质热液金矿和混合岩化热液金矿和沉积—变质（改造）金矿为主，地槽褶皱区分布的金矿则以变质热液金矿，岩浆热液金矿与火山热液金矿为主。

表3　不同构造单元中的金矿类型

金矿类型	地台区		地槽褶皱区			
	中朝准地台	扬子准地台	天山兴安岭额尔古纳褶皱区	昆仑秦岭褶皱区	华南地槽褶皱区	台湾褶皱区
区域变质热液金矿	++ ++				++	
热力变质热液金矿			++ ++		++	
混合岩化热液金矿	++ ++	++ +			++	
沉积—变质（改造）金矿	++ +	++ ++		++		
地下热水溶滤金矿					++	
岩浆热液金矿	++	++	++ ++		++	
火山热液金矿				++		++ ++

“+”表示金矿类型发育程度

在每个金矿集中区中的不同成因类型的金矿床，矿化与富集与一定的岩石组合有关。如变质热液型金矿，像中深变质（角闪岩相）热液金矿与角闪质岩石—斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩、绿泥片岩、角闪片岩和混合杂岩类有关；中浅变质（绿片岩相）热液金矿主要与含炭凝灰质板岩、紫红色绢云母板岩、灰绿色砂质板岩、云母石英片岩、细碧角斑岩、层凝灰岩组合有关。上述

这些岩石组合之所以成为成矿有利围岩，其缘故在于原岩多为中基性火山岩，本身含金性较高，另外还含有炭质富镁铁质，对金的沉淀和富集起促进作用。

不同成因类型的金矿床，金矿化类型虽然是多种多样。但含金石英脉最为常见，产于不同岩性中，其次为矿化蚀变带、含金片理化带和含金断裂带等等。这一些矿化类型在一个矿床并不是同时出现的，多半是二、三种。不同类型的矿石矿物又表现出惊人的相似性，最为常见，数量又最多的是黄铁矿，其次是毒砂、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、磁黄铁矿，少量白钨矿、黑钨矿、辉锑矿、辉铋矿等。分布广泛的黄铁矿是主要含金矿物，这些矿物在不同矿床中含量有较大差别。

3.黄金矿产在区域分布上起主导作用的是地质构造条件，实践证明，构造因素是金矿形成的主要前提。

（1）区域上深断裂带尤其是连接两个构造单元的长期活动的深断裂两侧是金矿集中区赋存的有利构造部位，并往往形成规模较大的金矿带。如夹皮沟金矿集中区位于深断裂一侧的北西向构造，沿此构造两侧尤其是北东侧分布有40多处金矿床（点），形成夹皮沟金矿带，矿床多以变质热液金矿为主。

（2）区域上深大断裂与次一级断裂交汇处，特别是入字型构造锐角区间内是金矿集中区最良好的产出部位。如开源—赤峰构造带与次一级凌源—北票构造带交汇的锐角区间内分布有凌源北票金矿集中区、多以变质热液型金矿为主，区内有金矿床50多处，矿脉呈北西向和北东向产出，其中有著名的红花沟、金厂沟梁就位于此区。

（3）在断裂构造拐弯处，或产状有变化的地方、或断裂由窄变宽处和由宽变窄处，或主干断裂两侧的羽状裂隙中，经常是富矿体产出部位。这是大多数矿床特征之一，就不列举了。

（4）在背斜轴部、转折处、向斜槽部以及褶皱构造引起的

层间破碎带、层间节理裂隙带和层间滑动带多半是热水溶滤型金矿床、沉积—变质（改造）金矿和热力变质热液型金矿赋存的有利空间，

（5）由火山作用所形成的一系列构造，如破碎火山口的放射状和环状断裂、火山颈、火山角砾岩筒及火山附近的不规则断裂是中—新生代火山岩、次火山岩型金矿床的主要储矿构造。如辽宁奈林沟、吉林刺猬沟、小西南岔等处的金矿都受火山机构控制。

（6）由浅成侵入作用引起的爆破角砾岩筒也是金矿一个极其重要的储矿构造之一。如河南祁雨沟、辽宁水泉、黑龙江团结沟等处，

由此可见，不同形态的构造类型，控制着金矿床（点）的分布位置，使其产于一定的特定部位之中。

三、金矿集中区成矿物质来源问题讨论

成矿物质来源问题，是一项比较复杂的问题，很长时间没得到解决。但对其正确认识，不但具有实际意义，而且还有理论意义。

随着工作不断深入，积累一些实际资料和测试数据。这些客观存在地质现象和科学数据。单纯用一种观点解释是不能令人信服的。相反的，从这些成果上可以看出，任何一个金矿集中区的矿床的形成，都是一个比较长期复杂的过程，它可以在不同地质历史时期，各种地质构造环境和多种多样的岩石类型中形成。

在大约60年代以前，多数地质工作者认为变质热液金矿的金，来自岩浆，属于传统的高—中温热液矿床。由于工作不断进展，取得资料越来越多。使人们认识到，有相当一部份矿床，在成矿作用方面，与区域变质作用和混合岩化作用紧密相关。说

明金的来源不仅是单纯来自岩浆，而且大部分来自围岩。对于这个问题可用下列几个事实回答。

1.从变质热液金矿床成矿特征来看，金矿床产出部位具有一定的层位性。尽管矿化层位时代不同，从太古代到古生代，但不同金矿床均受层位控制。有些却以极大的稳定性展布，与围岩产状一致，有一些矿体甚至于围岩一起同时褶皱。这种“层位性”“同褶”现象充分显示出矿床层控特点。

2.有许多资料表明，金矿化的富集是和一定的岩石组合有关。如变质热液金矿都与角闪质岩石有关。显而易见，此类矿床成矿物质来源对围岩来说，具有明显地继承性。

3.在最近几年中，许多单位对某些重点矿床作了微量金的查定工作。其结果是不同含矿层位各种岩石类型都普遍含金，一般含金量较高。与地壳丰度值（0.005g/t）比较，高出十几倍。可以证明，含矿层位的各种岩石类型之所以成为有利围岩成矿，原因就在于它含金性较高之缘故。也进一步证明，成矿围岩是成矿物质的来源。

4.在这些矿床和附近，常常有一些中酸性侵入体分布。被认为是成矿母岩，矿液从岩体来的。对此问题，我们作了小秦岭金矿集中区的岩体和矿石同位素年龄测定，其结果是文峪岩体为1.08亿年，燕山期产物。而产于文峪岩体附近的文峪金矿床和金洞岔金矿床矿石方铅矿同位素模式年龄分别为8亿年和7亿年，均早于燕山期。这就说明了成矿物质来源并非与花岗岩体有关。若是有关只能理解为后期岩浆活动促进某些组合发生集中而迭加在原矿床基础上，使矿化加富。或与其相反，可能使矿化变贫。

综上所述，矿床形成要具备三个条件：一是有利围岩，二是具有储矿构造，三是在其附近具有中酸性岩浆活动。前者是基础，后两者是条件。如果在一个金矿集中区内具有两种以上的不同成因类型金矿床，其根本原因就是在于成矿物质来源不同而

已。

四、在扩大找矿远景工作中几点粗浅想法

我国幅员辽阔，成矿地质构造条件极其优越，有形成各种金矿类型的先决条件。同时还有些地区特别是西北地区，仍然有找金的处女地，另在老矿山周围进行找矿，还有相当大的可能性。鉴于此，特提出在类型找矿上几点粗浅想法。

1.大力开展破碎蚀变带金矿找矿

此种金矿是其重要类型之一，是我国特产，驰名中外。以规模大，储量多为其特征。应引起其他省（区）高度重视。

根据山东焦家、玲珑金矿成矿地质特征提出在下列地区寻找：

（1）在山东招远—掖县地区，选择玲珑矿田进行深部探矿，打开深部空间，寻找盲矿体，尤其是在零米标高以下和破头青断裂的下盘的次一级断裂带上，是成矿有利构造部位，是否有矿，很值得注意。

（2）在河南西部一带，广泛发育元古界熊耳群火山岩系，下伏地层为太华群，分布有金矿点多处。此岩系本身含金性就是很高，有充分成矿物质来源。上官金矿就是一例。所以在这一带找矿很有希望的。

（3）在两广交界的南部地区，零星分布有震旦系地层，遭受到混合岩化作用。在近几年中发现河台金矿，矿体严格受混合岩—片岩中的千糜岩带控制，规模大，矿化均匀，在此地区找矿必能获得效果。

（4）在辽宁西部地区，大面积出露古老变质岩、混合岩和花岗岩类。在角闪质混合花岗岩中发现了金矿化，如已知的东风金矿。在这一地区特别是在老哈河构造带和赤峰—开源构造带

交汇处，有金矿点和化探异常，是找矿极良好地段，应引起注意。

（5）在吉林通化到集安一带，主要出露的下元古界集安群地层，以浅海相—火山沉积岩层组成。岩石遭受到不同程度的混合岩化作用。在本区内有金矿点二处，化探异常区一处，都需要作进一步工作。

此外，在其他地区如河北迁西、内蒙白乃庙，湖北黄陵背斜、四川康定、云南哀牢山变质带等地区，都是找寻此类型金矿良好场所。

2.尽快突破微粒浸染型金矿的找矿

此类型金矿自从70年代介绍到我国之后，已经引起高度重视，为一种新的金矿类型。同样以规模大、储量多著名。在我国有条件地区都积极开展普查找矿工作，在最近几年陆续发现许多矿点及矿化线索，非常喜人。如湖南石峡、河南坦头山、吉林金厂、四川广金坪、董家沟、陕西二台子和李家沟、贵州苗龙和板其等十多处金矿床（点）。根据矿床的成矿地质特征，特选择下列地区：

（1）在吉林集安、通化、临江和辽宁的盖县凤城一带，分布有元古界老岭群和辽河群地层，为一套富镁质碳酸盐岩的火山碎屑岩沉积。有些地段矿化很强，并有化探异常区二处，在吉林地区已发现金厂、辽宁大榆树、小北沟金矿点，在这地区找矿远景是很大的。

（2）陕西勉县、宁强和四川石绵和丹巴地区，广泛出露有震旦系地层，岩性以砂板岩、千枚岩和碳酸盐岩层组成。在这套地层中的郭家沟组和灯影组已发现较多的矿化线索和李家沟等金矿床，并有化探异常一处。所以这一带找矿肯定会收到良好的效果。

（3）在陕西太白地区，从凤县、太白一直向东部柞水、山阳

地区，广泛发育有泥盆系碳酸盐岩地层、其中夹有角砾岩带，长约300多公里。单个角砾岩体（群）规模十分可观，长在10—20km，厚数十米—300m，延深在500m以上。个别角砾岩体矿化很好，矿化与黄铁矿化关系密切。一般来说，黄铁矿化越强的含金性就越好，成为本地区找矿一项直接标志，已知的双王、二台子金矿床就产在其中。所以说在这一带找金是大有作为的。

（4）在黔西南地区，广泛出露自古生代以来的浅海相碳酸盐岩沉积。其中下、上三迭统为典型地台碳酸盐岩沉积，下三迭统紫云组是一套深海盆地边缘水下三角洲相的含炭粘土质粉砂岩及粘土岩沉积。在这套岩石沉积的同时，海盆中心火山活动很强烈，不断地提供了成矿物质，使这套岩石含金性较高，成为本区的矿源层、已知的板其金矿就产于紫云组地层中。所以认为，在黔西南地区找金，肯定会有所发现。

3.要重视与火山岩和次火山岩有关金矿的找矿

这类金矿主要指古生代以来的新银金矿，近地表金矿、浅成热液囊状金矿、斑岩金矿等。赋存在中性、中酸性火山岩、火山碎屑岩的构造断裂破碎带和火山机构中，以及中酸性、酸性的浅成和超浅成小侵入体的顶部或接触带附近。很显然，寻找此类矿床有利部位是在我国东部地区。

（1）我国东部地区，是滨太平洋的外带，构造与岩浆活动极为发育，尤其是燕山运动所能涉及的地区。在这个地区内、所形成的火山盆地与火山岩带都是寻找火山热液金矿床良好场所。如黑龙江省的乌拉嘎盆地、穆棱盆地，吉林突泉盆地、延吉盆地和闽浙火山岩带，尤其是福建津平—尤溪—政和，浙江江山—金华—绍兴，安徽庐江—山东郯城一带，广泛分布中生界火山岩，在这一带找矿，希望是较大的。

（2）我国西部地区，值得重视的是天山、准噶尔地区，在早石炭世广泛发育有火山岩系，并发现了金矿化，在此岩系中找

矿，能够获得良好成效。

4.积极开展穆龙套式金矿的找矿

苏联的穆龙套金矿位于克齐尔库姆沙漠中部，是苏联重要的产金区，目前是世界上生产能力最大的金矿山，年产金约143t。

矿区位于天山海西褶皱带中，含矿地层为下古生界泥盆系含炭质泥质碎屑岩建造。是由变质砂岩、粉砂岩、千枚状片岩互层带组成的复理式岩系。在此岩系中赋存有大小不等的金矿体，呈网脉状为主，品位较低，规模很大。寻找此种类型金矿首先考虑到在我国西北地区，最具有穆龙套式金矿成矿地质构造条件：

（1）新疆境内的昆仑山褶皱带；

（2）阿尔金山褶皱带；

（3）布尔汉布达山褶皱带。

在这三个地区内古生界地层很发育，有一些旧采掘遗迹，金矿点有3处，并有许多大小不等的石英脉、有些小脉含金性还很好。如能在这一地区开展普查找矿，前景是远大的。

5.努力开展砂金矿的找矿

当前，砂金是金的重要来源之一。砂矿在世界黄金开采史上曾起到非常重要的作用。目前已是我国主要开采对象之一，其储量约占总储量的12%左右。因此，加强黄金地质工作，扩大砂金资源对发展黄金生产建设具有重要意义，

根据砂金矿成矿地质特征和工作程度应首先在下列地区找矿：

（1）在我国北方额尔古纳河、黑龙江、乌苏里江及其支流水系中进行找矿。

此区是我国历史上很著名的产金区，遗留下来的旧采迹断续长达500多公里，采出砂金约有100多吨。从区内地质构造条件和工作程度分析，这是一块具有很大潜在储量的地区，应积极开展起来。

（2）在四川北部和西北部的水系中，已是久已著名的产金区，根据现有资料分析和前人工作程度，本地区潜在储量可观，如在川北发现的白水砂金矿就是一例。在此地带找金，必能获得极其可观的成果。

（3）湖南省湘、资、沅、澧各水系中，过去采掘历史悠久，也是我国产金区之一。根据地质条件分析，从湖南的东北部、北部、西南部一带分布着许多原生金矿床，有充分的成矿物质来源，如汨罗江上游有黄金洞金矿床。所以，在这些水系中找矿，能有所作为的。

（4）新疆北部阿尔泰地区，同样是历史上著名的产金区、相传“阿尔泰地区有七十二条沟，沟沟有砂金”。在此区沿额尔齐斯河和乌伦古河流域分布金矿点多处，尤其是西岔河、哈巴河—青河潜在砂金很大。如能在本区找金，必能找到一处或二处储量可观的大型金矿床

（5）鄂西北陕南一带，有汉水流经此地，从鄂西北的陨县、陨西一直到陕西安康、石泉，分布砂金矿多处。同时此地分布有古老变质岩系，含金性较高，又有金矿点3处，在此地带找矿是大有前途，如月河砂金矿床就位于此区。

总之，在全国各省（区）内、都具有形成砂金矿成矿地质条件，应积极圈定成矿有利地段，尤其是有前人淘洗和开采地段、优先进行工作，尽快的增加储量，为发展黄金生产建设做出新贡献。

选自《金银矿产选集》第五集（1986）

中国北东部内生金矿成矿地质构造背景和找矿方向

蒋 图 治

（吉林有色金属地质勘探公司研究所）

近十年来，随着我国社会主义经济建设的蓬勃发展，黄金矿业进入了一个新的兴盛阶段。在这期间，通过找矿勘探实践，不仅扩大了金矿矿产资源，而且积累了十分丰富的实际地质资料，为深入研究我国金矿的成矿地质条件和分布规律奠定了甚为良好的基础。本文是在原吉林冶金地质勘探公司研究所（现为吉林有色金属地质勘探公司研究所）负责承担的冶金工业部全国金矿地质科研项目所提交的《中国北东部金矿主要类型和找矿方向》科研成果基础上，综合了近期搜集到的有关金矿地质方面的资料撰写而成的。该文运用“地洼学”观点。对我国北东部内生金矿成矿地质构造背景和金矿找矿方向作进一步探讨。

一、金矿床的分布

本文述及的范围包括黑、吉、辽、冀、内蒙、晋、豫、鲁、皖、苏诸省（区），相当于陈国达教授所划分的华夏期东北地洼区和华北地洼区。

（一）东北地洼区

分布于东北地洼区的金矿床主要集中于其东部的吉林地洼系内。

吉林地洼系具有三个构造层：由下元古代变质岩构成的前地槽构造层；由上元古代和古生代地层构成的地槽构造层；由中生代侏罗纪、白垩纪和新生代地层构成的地洼构造层。在这三个构造层中分布有不同类型的金矿床。

1.前地槽构造层下元古代变质岩于吉林地洼系分部零散。在此构造层中的下元古界麻山群柳毛组黑云斜长片麻岩，及其经原地或半原地重熔再结晶作用而形成的混合花岗岩具有较高的金丰度值。麻山群柳毛组为浅海相陆源碎屑伴有灰岩、泥质岩，夹中、基性火山喷发岩的沉积建造。黑云母斜长片麻岩的原岩属中、基性火山岩，是金的重要矿源层。在此构造层中赋存有变质热液含金石英脉型矿床，如黑龙江老榨山金矿。

老榨山金矿床含金石英脉的产状与围岩黑云母斜长片麻岩基本一致，走向285°—290°，向北东倾斜，倾角70°左右，组成矿石的主要含金矿物为自然金。其他金属矿物以毒砂、黄铁矿及黄铜矿为主，次为磁黄铁矿、白铁矿、方铅矿、闪锌矿、辉铜矿、辉银矿。脉石矿物为石英。矿石含金品位中等。自然金成色较高。近矿围岩具有硅化、黄铁矿化、绢云母化等蚀变现象。

2.地槽构造层主要由震旦亚界、古生界志留—泥盆系和石炭系、二迭系构成。该构造层受海西期花岗岩大规模侵入影响，出露不完整。在此构造层中与金矿成矿有关的地层，正如Ю.Г.谢尔巴科夫指出的属富含金的高含铁岩、碳质岩和中、基性火山岩，已知有震旦亚界东风山群含铁硅质板岩；古生界石炭系下统鹿圈屯组细碧玢岩及其凝灰岩；二迭系蛇岭沟组炭质板岩和柯岛组变安山岩凝灰质砂板岩。

（1）震旦亚界东风山群由泥质板岩、粉砂质板岩、结晶灰岩和硅质板岩构成，属海相砂页岩及碳酸盐岩建造。呈残块分布于大面积出露的海西期花岗岩中。东风山群硅质板岩内赋存有铁矿层和与其相伴生的沉积变质再造型金矿，如黑龙江东风山金

矿。

东风山金矿产于夹在硅质板岩层中的铁矿层的下部及其底板内。矿床与围岩同步褶曲，形成向北东方向倾伏的线状紧闭背斜褶皱。矿床产于背斜轴部。呈薄层状、鞍状、扁豆状。组成矿石的金矿物为自然金。其它金属矿物有磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、辉锑矿、红砷镍矿、毒砂及少许黄铜矿、闪锌矿和方铅矿。脉石矿物为石英、柘榴石、铁闪石、铁橄榄石、透闪石及少量绿泥石、绿帘石、碳酸盐和黑云母。矿石金品位中等。围岩无明显蚀变。

（2）古生界下石炭统鹿圈屯组为一套海底喷发富钠质细碧角斑岩建造。该火山岩可分为两个火山喷发旋迴，第一旋迴以火山岩为主，夹少量沉积岩。该旋回下部火山岩以石英角斑岩为主，上部火山岩以细碧玢岩及其凝灰岩和凝灰熔岩为主。第二旋回以沉积岩为主，其中夹少量火山岩。金矿床主要赋存于第一旋回上部细碧玢岩及其凝灰岩和凝灰熔岩中，属变质热液再造含金石英脉型金矿，如吉林头道川金矿床。

头道川金矿床赋存于受轴向北北东的复式褶皱构造控制的，与褶皱轴平行的压性断裂带内。石英脉群呈雁行式排列。矿脉呈透镜状、短脉状、似层状、囊状及肠状等。透镜状和短脉状石英脉一般明显受构造控制，与围岩有清楚的界限。囊状石英脉常和围岩呈逐渐过渡关系。组成矿石的主要金、银矿物有自然金、碲金银矿、碲银矿、自然银。与金共生的其它金属矿物有黄铜矿、碲铅矿、黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、方铅矿等。脉石矿物主要为石英。其它有绿泥石、绿帘石、绢云母、碳酸盐、钠长石等。伴随金矿化的蚀变有钠长石化、钠黝帘石化、绿帘石化、硅化、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化和黄铁矿化等。

（3）古生界二迭系蛇岭沟组与下伏的寒葱沟组属陆相含炭质页岩复矿砂岩建造，主要由炭质板岩、千枚状板岩和黑云母片

麻岩组成，主要分布于吉林地洼系南部边缘。金矿床赋存于蛇岭沟组含炭板岩中。亦属变质热液再造含金石英脉型金矿，如吉林二道甸子金矿床。

二道甸子金矿床位于吉林地洼系南缘。矿床受轴向近于东西、向西倾伏的背斜构造控制。背斜核部被海西期黑云母花岗岩所占据。矿体赋存于蛇岭沟组炭质板岩、千枚状板岩中张扭性断裂内，呈侧幕状分布。矿体的延长方向大体与围岩层理走向一致。矿体呈透镜状、脉状。组成矿石的金矿物为自然金。其它金属矿物有毒砂、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿和黄铁矿。脉石矿物为石英。矿石中硫化物含量较少。金含量较富，最高达500g/t以上。围岩蚀变有绿泥石化、黄铁矿化、硅化和绢云母化。

（4）二迭系柯岛组由变安山岩和凝灰质砂板岩构成，属浅海相火山—碎屑沉积建造。金矿床主要赋存于柯岛组与石英闪长岩体顶端接触部内接触带。矿床类型属变质热液再造石英脉型和细脉浸染型金矿。前者如吉林小西南岔金铜矿南山矿床，后者如该矿北山矿床。

小西南岔金铜矿区位于珲春复向斜五道沟南北向断褶带北端。南山矿床的矿体主要赋存于呈近南北走向的压性断裂内、赋存于北西走向扭性断裂者次之。矿体呈脉状、扁豆状。矿体与闪长玢岩在空间分布上关系密切，多沿闪长玢岩的上下盘展布。矿体厚度变化大，尖灭再现、分枝复合现象明显。矿体于陡倾斜变缓处厚度增大，矿石亦较富。矿石中金、银矿物有银金矿、碲银矿。其它金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿，和少量的毒砂、斑铜矿、方铅矿、辉铅铋矿、辉锑铋矿等。脉石矿物以石英为主，含少量绢云母、方解石等。围岩蚀变有绿泥石化、硅化、绢云母化、碳酸盐化。

小西南岔北山矿床的矿化有两种：一种是以浸染状、细脉浸染状富集于石英闪长岩体顶端与二迭系角岩接触部及角岩捕掳体

中；另一种是以复脉状赋存于石英闪长岩体中的北北西走向压扭性断裂带内。浸染状和复脉状矿化重迭部位构成矿体。矿石很贫。矿体边界不明显、须依靠样品分析结果圈定。金、铜品位均随深度增大而急剧降低。在主矿体东西两侧与斜长花岗岩接触处的石英闪长岩中还分别存在有脉群和含矿角砾岩。

3.地洼构造层中生界侏罗系白垩系由火山熔岩及其碎屑岩和砂页岩构成。侏罗系属海陆交互相碎屑岩和火山岩建造。白垩系属陆相碎屑岩和火山岩建造。该构造层内赋存有与上侏罗世中酸性火山熔岩有关的低温热液金矿床和与燕山晚期地洼型中酸性浅成侵入体有关的斑岩型金矿床。前者如吉林刺猬沟金矿，后者如黑龙江团结沟金矿。

刺猬沟金矿床位于刺猬沟—金仓中生代火山断陷盆地内。矿床围岩为上侏罗界中酸性火山熔岩及其凝灰角砾岩、集块岩和角砾熔岩。矿区为一半圆形破火山口：直径约15—20km。以破火山口为中心分布有环状、放射状断裂。在这些裂隙内充填有含金方解石石英脉。矿石中金矿物有银金矿、自然金、针碲金矿和碲金矿等。其它金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、黝铜矿、闪锌矿和方铅矿等，含量甚少。矿石属贫硫化物型。脉石矿物有石英、方解石、冰长石、玉髓、明矾石和重晶石等。矿石含金不均匀，富矿石多集中于矿体上部。矿石具稀疏浸染状，角砾状构造。围岩蚀变有硅化、钠长石化、高岭土化、黄铁矿化等。

团结沟金矿床位于吉林地洼系北部，乌拉嘎中生代火山断陷盆地东南部边缘。矿床赋存于沿乌拉嘎断裂侵入的燕山晚期中酸性浅成侵入体顶部。浅成侵入体的内部相为花岗闪长斑岩，外部相为花岗斑岩。岩体呈膨缩明显的不规则岩床状，底板为下元古界黑龙江群结晶片岩。顶板为白垩系火山岩。岩体向北倾斜，倾角25°左右。斑岩体前缘内外接触带均发育有侵入角砾岩。在岩浆期后热液作用下，在岩体顶端内部发育有气液角砾岩，并使岩

体与围岩形成了以气液角砾岩为中心具有明显分带的面状蚀变。矿化气液角砾岩本身为硅化带。矿体下部岩体及岩体底板围岩为似千枚岩化带。矿化角砾岩顶部围岩为泥化带（蒙脱石化）。矿体与发育于斑岩体中的气液角砾岩的形态、产状基本一致。矿体与围岩无明显界限。矿石中主要金、银矿物有自然金、自然银。其它金属矿物有黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、方铅矿、辉锑矿、雄黄、雌黄、辰砂等。脉石矿物有玉髓状石英、蛋白石、方解石、铁白云石、绢云母、高岭石、冰长石、石膏等。

（二）华北地洼区

华北地洼区分布着许多全国称著的重要金矿。它们主要集中于辽鲁地穹系，其次为河淮地洼系和冀晋地穹系。

1.辽鲁地穹系

分布于辽鲁地穹系的金矿主要赋存于前地槽构造层太古界变质岩系和地槽构造层元古界火山碎屑沉积层内。

（1）前地槽构造层太古界变质岩系是辽鲁地穹系最重要的控矿岩层。金矿床主要产于太古界鞍山群、胶东群角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、角闪质混合片麻岩和混合花岗岩内。矿床类型有两种：蚀变岩型，如山东新城金矿；含金石英脉型。如吉林夹皮沟金矿、山东玲珑金矿。

新城金矿床产于胶东焦家压扭性断裂带内。此断裂带切穿太古界胶东群角闪斜长片麻岩和片麻状混合岩。呈北东走向，属黄县弧形断裂的南段。矿体呈脉状，为赋存于断裂带内的一系列的构造蚀变岩，包括黄铁绢英岩，黄铁绢英岩质角砾岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩等。矿体与围岩呈渐变过渡关系。矿石属低硫金矿石，硫的平均含量为4.3%。矿石中金矿物有自然金、银金矿。其它金属矿物有黄铁矿，少量的黄铜矿、闪锌矿等。主要脉石矿物有石英和绢云母。矿石具网脉状、细脉浸染状、角砾状、斑点状构造等。

夹皮沟金矿为产于太古界鞍山群三道沟组角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、混合片麻岩内的含金石英脉型金矿。该矿区位于辽鲁地穹系的北缘。处于辉发河深断裂的南侧。矿区内已知矿床多分布于夹皮沟—大砬子北西向挤压断裂带的东翼。矿床围岩刚性较强，断裂构造较发育。矿脉赋存于北西向挤压断裂带的次级挤压片理化带和压扭及张扭性断裂内。矿体呈脉状、透镜状。矿石中金、银矿物有自然金、银金矿和碲金矿。其它金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等。脉石矿物为石英。围岩蚀变范围较窄，有硅化、绢云母化和绿泥石化。

玲珑金矿为产于侵入前地槽构造层的片麻状混合花岗岩内的含金石英脉型金矿床。该矿床围岩刚性较强，断裂构造较发育。含金石英脉呈带状脉群赋存于华夏系压扭性断裂带和其两侧次级羽状裂隙内。压扭性断裂下盘羽状裂隙向北东收敛，上盘羽状裂隙向南西收敛。主要工业矿体赋存于断裂交切部位。矿体呈脉状、透镜状与扁豆状等，膨缩现象明显。矿石中金矿物主要为自然金、银金矿。其它金属矿物主要是黄铁矿，其次为黄铜矿，很少见有方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿及磁铁矿。围岩蚀变有绢云母化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化。

(2)地槽构造层元古界的含金层为辽河群含炭凝灰质千枚岩、变质砂岩互层带和大理岩，其中赋存有火山—沉积变质再造金矿，如辽宁四道沟金矿。

四道沟金矿床位于鸭绿江深断裂西侧。矿体受倾伏背斜轴部的层间构造控制。矿体呈鞍状、脉状、囊状，多成群斜列出现。矿石为富黄铁矿型，一般矿体中心的矿石为致密块状，向外逐渐过渡为稠密浸染状和稀疏浸染状。矿石含金量由矿体内部向外逐渐变低。矿石中金矿物为自然金。其它金属矿物主要为黄铁矿和磁黄铁矿，含少量的黄铜矿、毒砂和白钨矿。围岩蚀变有硅化、绢云母化及黄铁矿化。矿体与围岩无明显界限。

2.河淮地洼系

在河淮地洼系已知有以下几种类型金矿：

（1）分布于前地槽构造层太古界片麻岩和混合岩内的石英脉型金矿和破碎带复脉型金矿，前者如河北小营盘金矿，后者如河北金厂峪金矿；

（2）产于地槽构造层元古界变质火山—碎屑沉积岩系中的沉积变质再造型金矿，如河南银洞坡金矿；

（3）产在侵入于地槽构造层的中生代中酸性岩浆浅成侵入体内的石英脉—石英细脉浸染型金矿，如河北峪耳崖金矿；

（4）产在贯入于前地槽构造层的中生代火山角砾岩筒内的爆发角砾岩筒型金矿，如河南祁雨沟金矿。

小营盘金矿床赋存于太古界桑干群辉石麻粒岩和角闪斜长片麻岩中。矿区内断裂构造十分发育，矿脉主要产于北20°—40°东断裂内。围岩蚀变以绢云母化、碳酸盐化为主，黄铁矿化、硅化、绿泥石化次之。蚀变厚度上下盘分别平均约6m和5m。矿体呈透镜状，沿断裂间续出现，透镜体大小不一，大者长达450m。在断裂带中无石英脉充填时，矿体则以含金蚀变破碎带代之。矿石中石英脉型矿石占92.6%，其余为蚀变岩型。矿石中金矿物有自然金和碲金矿。其它金属矿物以黄铁矿为主，次为方铅矿、黄铜矿、闪锌矿和辉银矿。

金厂峪金矿床产于太古界桑干群上川组斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩和混合岩内。矿床为沿北北东走向新华夏系压性断裂破碎带充填交代的石英脉和钠长石石英脉复脉带。金矿体均赋存于石英脉及钠长石石英脉复脉组成的脉带中，呈脉状、透镜状、扁豆状。矿石中金、银矿物有自然金、银金矿、金银矿、碲金矿、碲银矿、深红银矿等。其它金属矿物以黄铁矿为主，有少量黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、磁黄铁矿等。金矿化与细粒状和斑杂状黄铁矿关系密切，并与绢云母化、钠长石化等蚀变有关。

银洞坡金矿床位于河淮地洼系南缘。矿床赋存于元古界歪头山组金含量明显偏高的炭质绢云石英片岩层内。矿体产于背斜转折端的鞍状虚脱部位，及北西向层间挤压破碎带中。矿体呈鞍状、透镜状、似层状，产状与围岩基本一致。在剖面上呈多层状重叠出现。矿石中金矿物以自然金为主，银金矿和金银矿次之，含微量碲金矿、针碲金银矿。其它金属硫化物以黄铁矿、方铅矿、闪锌矿为主，黄铜矿次之。矿石金品位中等。矿石构造类型有致密块状，稠密浸染状、星散浸染状、角砾状与网脉状等。矿石铅同位素模式年龄为810—971Ma，与围岩年龄一致。围岩蚀变主要有绢云母化、硅化、碳酸盐化及绿泥石化等。

峪耳崖矿床位于河淮地洼系北部。矿区内出露的地层为震旦系高于庄组白云质灰岩。其中侵入有燕山期花岗岩株。岩体呈北东向，与围岩呈锯齿状接触。岩体年龄为1.6亿年，岩体内发育有北55°—65°东、倾向北西、倾角30°—70°的纵向压性断裂。断裂延续到灰岩中表现为层间滑动。矿区金矿化几乎均受此组断裂控制。矿体可分为含金石英脉和含金黄铁矿石英细脉浸染带两种类型。

1） 含金石英脉矿体呈扁豆状、透镜状，膨缩分枝复合现象明显，一般在缓倾斜处矿体厚度增大。矿石中金含量不稳定。金矿物以自然金为主，碲金矿次之。其它金属矿物以黄铁矿为主，有少量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿和辉铜矿。

2） 含金黄铁矿石英细脉浸染带为含矿断裂两侧沿次级裂隙和节理发育有黄铁矿细脉和星散状黄铁矿浸染的地段。含金量一般较低，但较稳定。矿化带厚度大，工业矿体厚度较小，膨缩现象明显。金属矿物主要为黄铁矿，偶见其它硫化物。该类型矿化仅见于花岗岩体内部，围岩蚀变强烈，以黄铁矿化、绢云母化、硅化、钠长石化为主，次为绿泥石化、高岭土化。

祁雨沟金矿床赋存于贯入在太古界变质岩系中的火山角砾岩筒内。岩筒成群出现，呈北西向延伸，陡倾斜。岩筒内除贯入有

闪长玢岩、石英玢岩外，均为角砾岩。角砾岩按角砾成分大致可分为四种：以片麻岩角砾为主的、以安山岩角砾为主的、以石英斑岩角砾为主的、以次闪石角砾为主的。金矿化主要发育于以片麻岩角砾为主的和以安山岩角砾为主的角砾岩中。矿体呈极不规则的窝状，大小不一，组成矿体的金属矿物有自然金、黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿、方铅矿等。非金属矿物有石英、方解石、钾微斜长石、绿帘石、阳起石和少量萤石等。

3.冀晋地穹系

在冀晋地穹系前地槽构造层桑干群、阜平群、建平群、华山群变质岩系的角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩和混合片麻岩为重要的金矿控矿层位。该变质岩系呈东西向分布于地穹系的北部和南部，分别控制着北部和南部两条纬向金矿带。北部为张家口—赤城—平泉金矿带，矿带向东与河淮地洼系北部的金矿带相接。南部为秦岭金矿带。矿床以石英脉型金矿为主，含金蚀变破碎带型次之，如河南小秦岭金矿、内蒙古东风金矿。此外在地洼构造层中生代火山—碎屑沉积建造内发育有低温热液金矿，如辽宁杂林沟金矿。

小秦岭金矿区位于冀晋地穹系南部。矿床产于太古界华山群黑云母斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、石英岩、浅粒岩和大理岩构成的混合杂岩中。矿区为一轴向东西、两翼陡倾斜，呈线状褶皱的复背斜。区内石英脉沿近东西走向缓倾斜的压性、压扭性断裂分布广泛。石英脉长者可达数千米，最大勘探深度达810m。矿脉由石英脉和糜棱岩组成。矿脉沿走向和倾向均呈舒缓波状。金矿体主要赋存于石英脉中，呈脉状、透镜状、似层状，局部有分枝膨缩现象。矿石中金矿物为自然金。其它金属矿物有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、白钨矿等。脉石矿物有石英、菱铁矿、碳酸盐。矿石中金含量不稳定，一般较贫。伴生金属组分有铅、铜、银、钨。围岩蚀变有黄铁绢英岩

化、碳酸盐化、硅化等。

东风金矿位于冀晋地穹系北东部。矿床赋存于前地槽构造层太古界建平群小塔子沟组角闪斜长片麻岩、角闪片岩和混合花岗岩中。含金蚀变破碎带主要分布在角闪质混合花岗岩边部及细粒闪长岩脉上下盘。蚀变破碎带规模大小不一，长者达2000余米。破碎带中的蚀变以硅化为主，绢云母化、绿泥石化、高岭土化和碳酸盐化次之。破碎带内矿化与硅化、绢云母化关系密切。金工业矿体呈透镜状、扁豆状。矿石金品位中等，局部较富。矿石中伴生有银，金银比值为1：3。矿石中金矿物为自然金，其它金属矿物以黄铁矿为主，具有少量的黄铜矿、方铅矿和闪锌矿。自然金主要存在于细粒黄铁矿中。

余林沟金矿位于中生带火山断陷盆地中。矿脉主要赋存于上罗侏统义县组安山岩、火山角砾岩、凝灰质砂砾岩中，受裂隙构造控制。矿脉形态复杂，膨缩现象明显。组成矿石的金矿物为银金矿。其它金属矿物以黄铁矿为主，黄铜矿、方铅矿、闪锌矿次之。脉石矿物有冰长石、玛瑙、玉髓、石英等。矿石以胶状结构为主，具梳状、晶洞状构造。矿石的金品位一般较低，在石英脉膨大处金富集呈“窝子金”，金品位可达数千克/吨。围岩蚀变以硅化、绢云母化、黄铁矿化为主，碳酸盐化、绿泥石化次之。

二、金矿化与岩浆作用的关系

东北地洼区和华北地洼区与金矿化有成因联系的岩浆作用可以划分为壳源混合岩化作用、壳幔混源同熔花岗岩化作用和幔源、壳幔混源岩浆的喷发作用。

（一）金矿化与混合岩化作用的关系

在东北地洼区和华北地洼区混合花岗岩均出露于前地槽构造层分布的地区。它系太古界变质岩系在地热作用下于原地或半原

地发生局部熔融重结晶的产物。一般来说，富含金的太古界斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩在发生混合岩化作用时，混合岩浆继承着原先岩石的含金性，这种混合花岗岩浆是十分有利于成矿的母浆。由于混合岩化作用，使原先斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩的矿物组分发生熔融，重新结晶组合，而将成矿杂质元素活化释放出来，富集于后期热液中。含矿热液沿裂隙构造迁移，聚集于一定的有利构造部位，随着热液逐渐冷却，成矿物质沉淀结晶而形成混合岩化热液金矿床。同时含矿热液中的碱金属和二氧化硅与围岩发生交代作用而形成与金矿化有关的各种围岩蚀变。与混合岩化作用有关的混合岩化热液金矿床包括两种类型：石英脉型和破碎蚀变岩型。

按照钾—氩同位素年龄测定结果，东北地洼区和华北地洼区混合花岗岩的形成时代不一。东北地洼区和华北地洼区分布的混合花岗岩的钾—氩同位素年龄大部分为18—21亿年，属元古代吕梁期。山东胶东地区的混合花岗岩为130Ma，属中生代印支期。大量实际资料证明，在与斜长角闪岩、片麻岩伴生的这两期混合花岗岩中都可形成相当规模的混合岩化热液金矿。因此，前地槽构造层斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩与混合花岗岩伴生的地区一般可被认为是金的成矿有利地区。

（二）金矿化与海西期花岗岩化作用的关系

在东北地洼区和华北地洼区海西期黑云母斜长花岗岩分布十分广泛。它的Na_2O/K_2O比值一般波动于0.73—1.70之间，岩石特点大体可以与华南地区陆壳改造型花岗岩相对比，属重熔花岗岩化作用即陆壳—再生作用改造而成。它的钾—氩同位素年龄在230Ma左右。海西期黑云母斜长花岗岩大面积出露于控制一、二级构造单元的深断裂两侧。该岩体含金性大部分偏低，只是在基底前地槽构造层发育区分布的海西期黑云母斜长花岗岩含金性较高，但与围岩早前寒武纪变质岩相比，一般仍低于围岩的

含金性。这说明此期花岗岩浆含金性的提高是由于在其侵入过程中受围岩古老变质岩潜在金的影响和继承了它的含金性的缘故。产生与海西期花岗岩有关的金矿化具有下列两种情况：

1.侵入于前地槽构造层太古界富含金的斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩中的海西期花岗岩，由于在花岗岩化过程中继承了围岩中的金，在岩浆期后可出现含金的热液现象。如吉林夹皮沟金矿区在早期岩墙（闪长玢岩）上产生的金矿化，即属于这类金矿化作用的结果。显然夹皮沟金矿床不仅是变质热液成因的，而且是经过后期热液矿化叠加进一步富集的多成矿阶段、多物质来源的，应属多因复成矿床。

2.当海西期花岗岩侵入于地槽构造层含金层位时，由于受花岗岩浆的热力影响，使含金层位中的金活化迁移，可在适当的环境下聚集成金矿床。如形成于被海西期花岗岩侵入的二迭系蛇岭沟组碳质板岩、千枚状板岩构造裂隙内的吉林二道甸子金矿即属于这类金矿化作用的产物。

（三）金矿化与燕山期花岗岩化作用的关系

在东北地洼区和华北地洼区分布的燕山期花岗岩的主体岩石为属偏碱性花岗岩的钾长花岗岩。岩体大多发育于地洼系，受中生代火山断陷盆地边缘断裂控制，与同源火山岩相伴生。燕山期钾长花岗岩中暗色矿物含量一般少于5%，Fe_2O_3/FeO 比值大于0.5属磁铁矿系列，应为I型幔源花岗岩或壳幔混源的同熔花岗岩。与金矿有联系的花岗岩，主要为切割和混熔了富含金的基底变质岩系的同熔花岗岩，如黑龙江团结沟金矿床所赋存的花岗斑岩浅成侵入体。

在东北地洼区和华北地洼区侵入于结晶基底富含金变质岩系（大多为中、基性火山岩变质而成的角闪斜长片麻岩和斜长角闪岩）或沿切割基底的深断裂向上侵入到不同时代盖层的燕山期花岗岩往往与金矿有成因联系。如峪耳崖金矿区含金花岗岩体钾—

氩年龄为160Ma，赋存于岩体内的含金石英脉矿石铅单阶段模式年龄为15—16亿年。这类矿床中矿石铅的单阶段模式年龄与岩体成岩年龄之间存在有明显差别，表明岩浆在形成和侵位过程中继承了古老地层中的铅，这类含金花岗岩具有重熔岩浆的特征。

（四）金矿化与幔源壳幔混源岩浆喷发作用的关系

在东北地洼区和华北地洼区与金矿成矿作用有关的幔源岩浆喷发作用包括有前地槽构造层早前寒武纪的中、基性火山喷发作用和地槽期晚元古代和上古生代海相火山喷发作用；壳幔混源岩浆喷发作用有地洼期中生代陆相火山喷发作用。

1.前地槽构造层中的早前寒武纪斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩等变质岩，依据大量岩石化学分析资料推断，原岩属幔源中偏基性海相火山岩。同时通过痕量金分析，证明该火山岩具有较高的金丰度值。许多地质人员确认前地槽期中、基性火山喷发作用为金矿成矿作用提供了极为丰富的矿质来源，这个时期的火山喷发作用形成的中、基性火山岩是金矿成矿的初始矿源层。目前所有已知的赋存在前地槽构造层中的变质热液和混合岩化热液金矿床，在成因上基本均与这期火山喷发作用有密切的联系。

2.地槽构造层中的元古界凝灰质千枚岩、绢云母石英片岩与上古生界石炭二迭系火山熔岩和火山碎屑岩均为火山喷发沉积作用的产物。这些岩层亦具有富含金的特点，是较好的矿源层。受后期变质作用或岩浆热液叠加改造作用，岩层中所含的金发生活化、迁移，最终在有利的构造部位可聚集成矿床。赋存在地槽构造层中的辽宁四道沟金矿、河南银洞坡金矿、吉林头道川金矿均属于这类成因的矿床。

3.在地洼构造层中发育有中生界侏罗、白垩系火山熔岩和火山碎屑岩。在中生代火山喷发旋回中以安山岩浆的喷发对成矿最为有利。在喷发期末沿安山熔岩及其碎屑岩中的张性、张扭性断裂可以出现含矿热液活动，形成低温热液型金矿。此外，在中生代火

山断陷盆地外侧的基底岩层中，随着火山活动，沿构造裂隙交汇处可以成群出现含金火山爆破角砾岩筒。在东北地洼区和华北地洼区分布的低温火山热液金矿和含金火山爆破角砾岩筒在成因上均与中生代火山喷发作用有密切的联系。

三、金矿床的成矿构造特征

因为构成东北地洼区和华北地洼区的各个构造层由不同建造的岩层所构成，它们本身具有各自不同的物理性质与地球化学特点，和由于它们所处的地质构造位置和所经历的地质作用各不相同，致使在不同的构造层中赋存着具有不同的成矿构造特点的不同类型的金矿床。探讨各构造层中所赋存的金矿床的成矿构造特点对于研究各种类型矿床的赋存规律具有重要的意义。

（一）产于前地槽构造层中的金矿床的成矿构造特征

东北地洼区和华北地洼区前地槽构造层由早前寒武纪变质岩系及其遭受混合岩化而形成的混合杂岩所构成。在此构造层中赋存的金矿床按围岩性质的不同，可分为产于早前寒武纪片麻岩和产于混合花岗岩两种。

1.产于早前寒武纪变质岩中的金矿床按成因分类一般属于变质热液矿床，其中受后期岩浆热液叠加改造的亦可称为变质热液叠加改造矿床。矿区一般位于深断裂附近，按矿区成矿构造特征尚可进一步分为：

（1）受复背斜构造控制的矿区。矿床由一系列大致近于平行的含金石英脉组成，产于背斜轴部的或近轴部两翼的产状与围岩层理近于一致的压性和压扭性断裂带内，如河南小秦岭金矿，河北金厂峪金矿。

（2）受区域深断裂的次级断裂构造控制的矿区。矿床产于更次一级的断裂构造内，由一系列不同方向的含金石英脉组成，如

吉林夹皮沟金矿。

2.产于混合花岗岩中的金矿床按成因分类一般属于混合岩化热液矿床。按矿区成矿构造特征尚可进一步分为：

（1）受区域深断裂派生的次级断裂构造控制的矿区。矿床沿此派生的次级断裂构造破碎带断续分布，成矿断裂构造破碎带一般规模较大，大者走向延长可达数十公里，如山东焦家金矿带蚀变岩型金矿。

（2）受面状断裂构造系统控制的矿区。矿床由一系列成群的含金石英脉组成，含金石英脉的排列格式可为平行的、格状的和帚状的等，如黑龙江老柞山金矿、辽宁五龙金矿、山东玲珑金矿等。

（二）产于地槽构造层中的金矿床的成矿构造特征

在东北地洼区和华北地洼区地槽构造层中与金矿成矿有关的地层包括元古界含铁硅质层、含炭凝灰质千枚岩和含炭绢云母石英片岩，古生界石炭二迭系炭质板岩、中基性熔岩及其碎屑岩。由于这些岩层具较大的柔性，在造山运动中易于发生塑性变形、形成褶皱构造，致使赋存于这些岩层中的金矿床均受褶皱构造控制。矿区的成矿构造可分为：

1.受复背斜构造控制的矿区，矿床形成于低序次的褶皱轴部虚脱部位和近褶皱轴的翼部层间挤压破碎带内。矿体呈鞍状、透镜状、脉状，产状与围岩层理一致。矿床成因类型属沉积变质热液金矿或火山—沉积变质热液金矿。这类矿床多赋存于元古界含金海相火山陆源碎屑建造或海相陆源碎屑碳酸盐沉积建造内，如黑龙江东风山金矿、辽宁四道沟金矿、河南银洞坡金矿 。

2.受区域深断裂派生的次级断裂或次级背斜构造控制的矿区。矿床形成于低序次的背斜褶皱翼部压性、压扭性或张扭性断裂内。矿体呈脉状，具分枝复合现象。矿床成因类型属变质热液石英脉型、沉积变质热液改造石英脉型或火山沉积变质热液改造石英脉型金矿。这类矿床多赋存于古生界石炭二迭系火山—碎屑

沉积建造内，如吉林二道甸子金矿、头道川金矿、小西南岔金铜矿南山矿床。

3.受区域深断裂派生的次级断裂或次级背斜构造控制的矿区。矿床形成于沿低序次的背斜褶皱轴部侵入的海西期花岗岩顶部与顶板岩层接触处。矿体为呈面状的细脉浸染型或火山沉积变质热液叠加改造细脉浸染型金矿，这类矿床大多发育于海西期花岗岩与石炭二迭系凝灰质板岩的接触部。具此类成矿构造特征的矿床如吉林小西南岔金铜矿北山矿床。

（三）产于地洼构造层中的金矿床的成矿构造特征

东北地洼区和华北地洼区地洼构造层侏罗白垩系砂页岩、火山熔岩及其碎屑岩，沿新华夏深断裂广泛分布。赋存于该构造层中的金矿床大多与上侏罗统中性火山岩和燕山晚期中酸性浅成侵入体有关。矿区的成矿构造可分为：

1.受中生代火山断陷盆地边缘断裂控制的矿区。矿床形成于侵入盆地边缘断裂的燕山期花岗岩浅成侵入体顶端边缘相内。矿体为呈面状的细脉浸染体。矿石具角砾状构造。矿床成因类型属斑岩型金矿，如黑龙江团结沟金矿。

2.受中生代火山断陷盆地控制的矿区。矿床形成于中性火山熔岩和其碎屑岩的构造裂隙内。石英脉呈不规则脉状，具低温矿物共生组合，矿床成因类型属低温火山热液金矿，如吉林刺猬沟金矿床。

3.受中生代火山断陷盆地外侧基底变质岩裂隙构造控制的矿区。矿床形成于基底变质岩裂隙构造系统交汇处的火山角砾岩筒内。含矿火山角砾筒常成群出现。矿体呈不规则囊状。矿石具角砾状构造。矿床成因类型属火山热液角砾岩筒型金矿，如河南祁雨沟金矿床。

综上所述，在东北地洼区和华北地洼区各构造层分布有与构造—岩浆活化作用有关的具有不同成矿构造特征的多种成因类型

的金矿床。这表明金的矿化作用受地壳演化规律所支配。同时也可看出中生代地洼期地壳的活化促成金矿化作用的复杂性和多样性。显然各成因类型的金矿床均是地壳演化发展过程的相应阶段的产物，金矿床的时空分布与区域地质构造背景密切相关（参见中国北东部地洼区金矿成矿地质构造背景模式图）。

四、找矿方向

依照上面所列的中国北东部地洼区金矿成矿地质构造背景模式图所示，在东北地洼区和华北地洼区可以明确以下几点找矿方向。

1.前地槽构造层早前寒武纪中—浅变质的中、基性古火山岩（角闪岩相—绿片岩相变质岩），伴生有混合杂岩的地区，是寻找具金-硫化物矿石建造的变质热液型和混合岩化热液型金矿的有利地区。

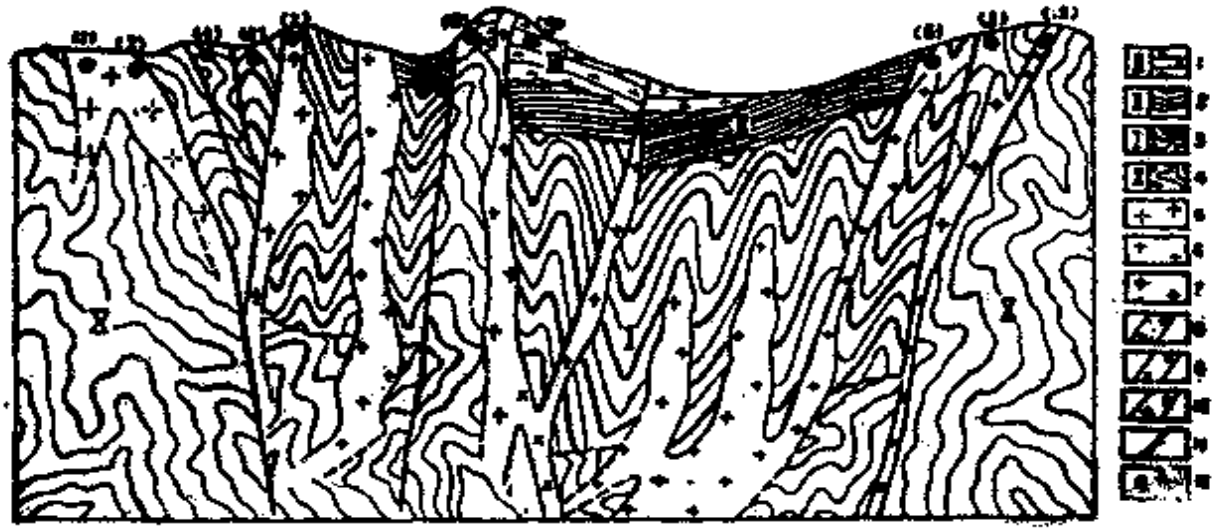
2.地槽构造层元古界硅铁碳酸盐岩建造和海相火山-碎屑岩建造分布区，是寻找具铁－金和黄铁矿－金矿石建造的火山－沉积变质再造型金矿的有利地区。

3.地槽构造层古生界石炭二迭系浅海相火山－碎屑岩建造和陆相炭质板岩复矿砂岩建造，伴有后期花岗岩分布的地区，是寻找具黄铁矿-金-多金属矿石建造的火山-沉积变质热液叠加改造型金矿的有利地区。

4.地洼构造层侏罗—白垩系中性火山岩分布区，围绕古火山口，裂隙发育，具有热液蚀变的地段，是寻找具金、银－贫硫化物矿石建造的低温火山热液型金矿的有利地区。

5.在中生代地洼期火山断陷盆地边缘，沿切割早前寒武纪变质岩系的边缘断裂侵入的燕山期花岗岩浅成侵入体的分布区，是寻找具金－贫硫化物矿石建造的斑岩型金矿的有利地区。

6.侵入于前地槽构造层早前寒武纪结晶基底含金变质岩系（多为中、基性火山岩变质而成的角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩），或沿切割基底的深断裂，上侵到不同时代盖层的燕山期花岗岩和



中国北东部地洼区金矿成矿地质构造背景模式图

1—地洼构造层；2—地台构造层；3—地槽构造层；4—前地槽构造层；5—混合岩；6—海西期花岗岩；7—燕山期花岗岩；8—花岗斑岩；9—岩浆通道；10—爆发角砾岩筒；11—断层；12—金矿床；（1）混合岩化热液石英脉型；（2）混合岩化热液蚀变岩型；（3）变质热液石英脉型小秦岭式；（4）变质热液石英脉型夹皮沟式；（5）火山—沉积变质再造型；（6）火山—沉积变质热液改造型；（7）岩浆热液石英脉型；（8）斑岩型；（9）低温火山热液型；（10）爆发角砾岩筒型

火山爆发角砾岩筒分布区，是寻找具金－黄铁矿矿石建造的岩浆热液石英脉型金矿和火山角砾岩筒型金矿的有利地区。

本稿承陈国达教授审阅，文中引用了参加原冶金工业部金矿科研项目的有关单位和个人的资料，于此一并深致谢忱。

选自《金银矿产选集》第六集（1986）

我国重要金矿类型及找矿方向

秦鹏　李文亢　母瑞身

（地质矿产部沈阳地质矿产研究所）

我所在研究我国金矿成矿规律的时候，曾阐述了金矿集中区的概念，并指出在对全国普查找矿的战略部署上，选定集中区的重要性，而在一个区内，则必然要从研究金的成矿作用即确定成因类型入手，以便更客观的确认控矿因素，发现新的成矿地质体，从而进一步明确找矿方向。

金的成矿作用除与金元素本身属性有关外，还决定于不同地区的地质原始背景和地质发展历程。由此而形成的金矿类型除砂金和砾岩型之外，主要形成了四种热液矿床，即变质热液金矿床，交代一重熔岩浆热液金矿床、火山热液金矿床和渗滤热液金矿床，由其它地质作用形成的金矿床或者规模小、数量少，或者是其它金属矿的伴生矿床。本文主要讨论上述四种热液金矿床的地质特征及其找矿前景。

一、变质热液型

一般认为，在区域变质作用过程中，原地质体中的建造水和结晶水可以形成热液，并促使原地质体中的金矿质活化，在适宜的物化条件下，进而迁移富集成矿。因此，确认本地区是否存在着变质前的含金建造是具有重要意义的。含金建造有原生和转生之分，原生含金建造多为大约25亿年前，少数为以后的不同地质时代所形成的中基性含铁镁质较高的火山岩系，现已变质成含角

闪石、黑云母、绿泥石、磁铁矿等暗色矿物的一套变质岩系，即绿色片岩、斜长角闪岩及暗色片麻岩、变粒岩等。将其确认为含金建造的根由是：

（1）许多研究者测定的金在各种矿物及各类岩石中丰度的变化，总的趋势是由铁镁质矿物向硅铝质矿物，由超基性、基性岩石向酸性岩石金的丰度逐渐减少；

（2）25亿年前广泛出现于地壳上的中基性火山质岩可简单地与铁质陨石相比拟，而后者金的丰度值总是高于其它种类陨石，因此它可以代表金在上述岩系中变质作用改造前的分布态势；

（3）在地质剖面特别是太古界剖面中，这套岩系内金矿化与铁矿化虽然往往有着一定距离，但多数是相互靠近，并有一定的空间规律，前者在下，后者在上；

（4）这套岩系与伴生的铝硅酸盐岩系、碳酸盐岩系有着明显的区别，野外工作易于划分。转生含金建造是指元古代及其以后所形成的沉积—变质含金建造，它一方面继承了原生含金建造在矿物组成上的特点，另一方面又增加了有机碳。不同的地壳构造分区控制着不同的含金建造决定着变质热液型金矿的找矿前景。

原生含金建造主要见于中朝准地台的太古界分布区，在准地台南缘和北缘的太古界变质杂岩带大致呈东西向展布，而在地台的内部则呈北北东向。太古界地质体包含了三个火山—沉积巨旋回。第一巨旋回形成于30亿年前，属此旋回的有吉林的白山镇群，辽宁的清源群、河北的迁西群和内蒙的丰镇群。第二巨旋回形成于30—28亿年之间，属此巨旋回的有吉林的鞍山群（狭义），辽宁的鞍山群（狭义），河北的八道河群，内蒙的乌拉山群和山东的泰山群。第三巨旋回形成于27—25亿年，属于此旋回的有山东的胶东群、山西的阜平群（上部），河南的太华群、登封群与安徽

的霍丘群。每个巨旋回又可分出若干亚旋回，其底部为中基性火山岩，向上渐变为火山碎屑岩和沉积岩，总体上仍以火山岩为主，并显示出由钙碱性向碱钙性演化的特点。原生含金建造主要发育于后两个火山—沉积巨旋回中，并一起卷入大约25亿年前左右的区域变质作用中去。这可能是中朝准地台区地史上最早的一次整合化的区域变质作用，它几乎掩盖了在此之前的所有地质作用的踪迹，并统称为阜平旋回，它一方面形成了包含原生含金建造的岩石层系（地层组），一方面在这一范围内形成了变质热液型金矿。就目前资料所知，含金建造形成的年龄最早可在30亿年前，而成矿时代一般未超出24—26亿年。与太古代阜平旋回区域变质作用有关的变质热液金矿主要见于下列地区：桦甸—抚顺集中区（夹皮沟诸矿床）、燕山集中区（金厂峪诸矿床）、张家口—赤峰集中区（金厂沟梁、小营盘诸矿床），灵宝—嵩县集中区（小秦岭诸矿床）。这些集中区的范围大体分别相当于准地台内的胶辽台隆、燕山台褶带，内蒙地轴和豫西断隆。原生含金建造分别被包含于第二巨旋回的鞍山群（狭义）三道沟组、八道河的五厂组，第三巨旋回的胶东群蓬奇组，太华群的闾家峪组及其它相当层位。

除中朝准地台之外，原生含金建造还见于某些地槽褶皱区，例如内蒙华力西地槽褶皱带的白乃庙群、甘孜印支地槽褶皱带的碧口群等，由此而形成的变质热液金矿床大多形成于加里东至印支期，目前还未发现由各类含金建造在中—新生代所形成的变质热液金矿。

转生含金建造由沉积—变质岩石组成，它们在野外的标志性不很明显，原岩除去由暗色矿物组成的细碎屑岩（常含炭质）含金建造之外，还有含炭的泥质页岩建造和含炭的细碎屑岩夹碳酸盐岩建造。转生含金建造主要见之于下列地区：

中朝准地台区。它的基底固结于元古代晚期的中条运动，包

含了五台和中条两个旋回，主要形成原岩为细碎屑岩含金建造，包含有这种建造的是五台群（乂兴寨、十八顷壕金矿），辽河群（白云、四道沟、五龙金矿）及五家河群（山马庄、毛山金矿）等。

扬子准地台区。它的基底固结时间晚于北方地台。金矿床（含金石英脉）赋存于武陵旋回的冷家溪群（西冲等）和扬子旋回的板溪群（漠滨、柳林叉、沃溪、黄金洞等），除前者可能有少量原生含金建造之外，大部份属于转生的（含炭）细碎屑岩含金建造，所形成的岩石为变质砂岩、板岩、千枚岩等，变质程度显然较弱。

华南褶皱系。它的基底褶皱时间为加里东旋回。包含两个金矿集中区，一个是遂昌—建瓯集中区，金矿形成于前奥陶系，赋矿岩系为陈蔡群（治岭头）和建瓯群（东游），为转生的含炭质细碎屑岩建造，区域变质作用属中—低级相。另一个是平南—连县集中区（桃花、古袍、隆盛、爱群诸矿），赋矿岩系为寒武系水口群、八村群，也为转生的含炭质细碎屑岩建造，区域变质作用较弱。

转生的炭质泥质页岩含金建造和含炭的细碎屑岩夹碳酸盐含金建造分布不广，仅在秦岭地区有所发现。

以上简要叙述了形成变质热液金矿的各类含金建造时空分布状况，并表明这类金矿在变质岩区的层控性，它的热液成因特征主要表现在矿体（主要为含金石英脉）受同褶皱期的断裂构造控制，具有明显的围岩蚀变，处于中低级变质相区的背景，与含金矿物相伴生的其它矿物的多阶段性等等。

这里所说的断裂构造，一般是指一个区内的次级断裂，而那些深度和规模均较大的断裂如挥发河断裂、沂沭断裂、赤峰—开源断裂及张家口—承德断裂、哀牢山断裂以及达拉布特断裂等等，虽然对形成变质热液金矿可能有重要影响，但并非是必要条

件，它们内部很少见到直接矿化。它们的重要作用在于控制了变质岩区的分布范围及展布方向，还在于它能派生出较多的次级断裂系，进而控制矿床的总体展布和单个矿体的延伸方向。

这里所说的围岩蚀变，一方面是由于矿化体直接提供给围岩的物质形成的硅化、碳酸盐化、黄铁矿化等，另一方面则是围岩物质受热液影响发生变化而形成的绿泥石化（铁镁矿物）和绢云母化（硅铝矿物）。

这里所说控制热液金矿的变质相的总趋势是由高级相向中低级相矿化逐次增强，但不同金矿集中区所处变质相也不一样。在中朝准地台，太古代的三个巨旋回中都有麻粒岩相岩石组合，在地台南北零星分布，未见金的矿化。绿片岩相岩石组合分布也很局限，且多为退变质的结果，矿化比较少，而与麻粒岩相岩石组合相毗邻的中级变质相岩石组合则发育广泛，金矿床主要赋存于每个集中区的中级变质相区。在扬子准地台区，控制金矿的基底基本为单相变质区，变质程度在一般绿片岩相之下。在所有地槽褶皱区内分布的金矿集中区，其区域变质作用很少达到麻粒岩相，而在角闪岩相、绿片岩相（甚或更低）的条件下都可形成金矿。

许多研究者都注意到，在地质历史上，金在全球上的成矿时间大致有两个高峰，一个是太古代，另一个是中生代。第一高峰主要形成了变质热液型金矿，我国基本情况与此相符合，根据现有资料可知，最早形成的金矿床即为中朝准地台广泛发育的变质热液型金矿，形成时间大约为24—26亿年，属阜平旋回的产物。金是一种亲铁元素，而铁元素则广泛存在于元古代及太古代地质体中，特别是属于后者的阿尔戈马型含铁建造。这就意味着，对变质热液型金矿床说来，随着地质历史的发展，矿化可能具有越来越弱的趋势，到中生代几乎还未发现变质热液金矿化。诚然，各地质时期区域变质作用的发育程度也有着一定的影响。

从上述情况可知，控制变质热液型金矿床的主要因素是发育有原生和转生，特别是前者的含金建造、同变质期的断裂构造和中低级变质相背景区。具备这些地质条件的地区即为我们所寻求的金矿普查远景区。当然，目前已确认的特别是中朝准地台范围内各金矿集中区最为有利，此外，还应注意下列远景潜在区：

1.大别山区 即武当—淮阳隆起的东段，是西峡—南阳金矿集中区的东延部份。本区并未提供砂金矿化的明显信息，在历史上也无采金记载。本区主体由元古界—太古界（？）变质岩系即大别群、信阳群—佛子岭群、苏家河群—红安群构成。60年代末期，在开展1：20万区测工作中，曾在佛子岭群变质岩及白垩系凤凰台组砾岩分布区发现了金的重砂异常。大别群是套巨厚、变质程度较深、混合岩化广泛而强烈的变质岩系，包含着黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩以及大理岩等，其原岩除粘土、半粘土质及碳酸盐岩外，还有基性火山岩类，其南侧的红安群、宿松群为绿色片岩和片麻岩类，原岩也多为从基性到酸性的火山熔岩及其碎屑岩。大别群北侧的信阳群和佛子岭群多为片岩、片麻岩和斜长角闪岩，上述岩系构成了含金建造。值得注意的是，湖北、河南境内的大别群、红安群中已发现了具一定规模的含金石英脉，安徽境内的佛子岭群上部潘家岭组也圈出了若干个含金地质体。

2.西昌—晋宁地区 即康滇地轴。基底为元古界变质岩系，呈南北向带状展布，即四川境内的会理群、河口群，云南境内的昆阳群、大红山群。原岩是一套中酸性、中基性火山岩建造、含炭碎屑岩建造、碳酸盐建造等等，富含铁、铜，构成一个重要的铁铜矿化集中区，推测这些岩系可构成含金建造。与此相一致的是在大红山群的红山组、昆阳群落雪组、青龙山组的变质型铁铜矿中均伴生有金。直接的含金标志除有砂金外，还见于四川会理地区的小街、平沟、松坪、大朝门、金洞山等地的板岩、千枚

岩、片岩中广泛发育含金石英脉。

3.西天山区 即乌鲁木齐以西，包括南、北天山的广大地域。历史上曾是一个砂金盛采区。西天山基本上没有保留扬子旋回古中国地台残留基底的那些变质岩系。但自此以后的地槽发展阶段中，却孕育着新的成矿因素，这就是奥陶系、志留系、泥盆系的中性喷出岩和下石炭统的酸性喷出岩及其碎屑岩。它们分别遭受到加里东期和海西期的区域变质作用，特别是下石炭统，与准噶尔地区及北山地区一样，有可能是北天山的主要成矿岩系。南天山应予注视的有两套变质岩系，一是下元古界的阿克苏群，由包括绿片岩的多种片岩构成；另一套是中志留统到中泥盆统的变基性、中基性熔岩及其凝灰岩，目前还未发现金的矿化。

二、交代—重熔岩浆热液型

岩浆本身是一个复杂的问题，讨论其成矿作用就更加复杂。一般认为，金在铁镁质岩浆岩（即超基性岩和基性岩）中的丰度值要高于硅铝质岩浆岩（即中酸性岩浆岩），但是，很少见到在铁镁质岩浆岩中直接独立成矿，即金在岩浆阶段往往处于分散状态。在酸性岩中，正常情况下金也呈分散状态，但当晚期碱性挥发组分增高时，才形成易溶的络合物转移到热液中去，进而迁移、富集成矿。在各种中酸性岩浆岩中，交代—重熔花岗岩与金矿的关系最为密切。这类花岗岩既然是由地壳部份经重熔而形成，因此原岩含矿质的多少必然关系到交代—重熔岩浆的含矿性，即或受到岩浆结晶过程中液固两相中的金量的分配系数的影响，也仍是如此。可见，对交代—重熔岩浆热液金矿来说，原岩含金量的多少虽然不是唯一决定是否成矿的因素，但其重要性确实不能低估。换言之，重熔前地壳岩石中金丰度值的高低直接关系到交代—重熔岩浆热液金矿床的区域前景。

岩浆热液金矿床的特点早在五十年前就被艾孟斯详细论述过，这里不再重述，但现在所说的与金矿有关的花岗岩侵入体已经远远不是艾孟斯的概念了。

这类金矿主要见之于中朝准地台的基底岩系分布区、华南地槽加里东褶皱带等地区。其中山东招—掖诸矿床（三山岛、新城、焦家、灵山沟、黄埠岭、玲珑等）规模最大，研究得也最详细。直接控制这些矿床的岩浆岩的玲珑杂岩体，则是由太古界胶东群演化而来。胶东群构成东西向的栖霞复背斜，自下而上分为蓬夼组属于原生含金建造。特别要强调下列地质事实：

（1）玲珑杂岩体内部有大量变质岩残留体，片麻状黑云母花岗岩中残留体主要是黑云片麻岩和黑云变粒岩，而角闪花岗岩中残留体则多为斜长角闪岩和角闪变粒岩；

（2）岩体与胶东群呈过渡和侵位两种接触关系；

（3）岩体内大量变斑晶的出现，交代结构的广泛发育；

（4）岩体总体方向呈北东向，与区域断裂方向一致而与地层总走向斜交等等。所有这些地质现象均表明玲珑杂岩体是胶东群交代—重熔作用的产物，并处于塑性—半塑性、原地—半原地状态。其中以交代作用为主者即形成了黑云母片麻状花岗岩和角闪花岗岩，重熔占主导的部位则形成黑云母钾长花岗岩，分别称为玲珑型岩体、郭家岭型岩体和滦家河型岩体。它们组成了一个岩性相异、时代相近、空间同位的统一体，由此提供了矿质和热液。各矿区之矿石与胶东蓬夼组之硫同位素组成特点相同，玲珑岩体和各种岩脉与蓬夼组之硫同位素组成相同，均表现以混合硫为主的特点，显示了地层、岩浆岩和矿化的一致性。成矿年龄为19亿年，属于元古代中条旋回。

还需指出，受断裂构造控制的矿化形式有两种：一种以充填为主形成含金石英脉（“玲珑式”），一种以交代为主形成含金破碎带蚀变岩（“焦家式”）。所以产生这种差异，是由断裂构

造的性质和规模所决定。有些研究者指出，地质环境使断裂构造处于脆性状态下多显脆性，则形成了前者，并位于高水平；若处于塑性状态下，多显剪切性质，则易形成后者，并位于低水平。还需提及，塑性状态下形成的含金破碎带蚀变岩中，成分与组构很不均匀，某些部份强烈石英化，某些部份强烈绢云母化，某些部份则出现石英团块和石英细脉，这些石英团块还可见到定向拉长现象。黄铁矿等金属硫化物呈星散状，或呈团块状，或呈细脉分布其中，另外组构也很复杂，可见到上述成分的角砾，也可见到原岩被交代的残体和新生矿物。应当强调的是，含金矿物也只赋于石英和金属硫化矿物之内，而其它新生物如绢云母中则从未见及。由此可见，这种矿化特点与含金石英脉并无本质差别。蚀变岩中的某些新生矿物，如石英、绢云母除由热液本身晶出之外，另一部份则为原岩（花岗岩类）经热液活动使原生矿物长石分解而成，故而连同钾化一起的广泛绢英岩化也成为这种矿床的典型特征。

在讨论岩浆热液金矿床的找矿前景时应注意下列问题：

1.前面已经谈过，基性、超基性岩体内很少见有金的独立矿化，而其丰度值却很高，甚或可形成Cu—Ni—Pt的伴生矿床，这就意味着在后期地质作用的改造下可以进一步富集成矿。许多研究者在超基性岩的热液改造后新生矿物（如蛇纹石、石棉、滑石、绿泥石、石榴石以及碳酸盐矿物等）中见到了金的富集并可见到明金。我国黑龙江省的萝北桦皮沟地区、青海的拉脊山区以及河北赤城的小张家口等超基性岩体，经后期地质作用的改造，可以在其中圈出金的矿化体；有些具一定规模的矿床，如云南墨江金厂、新疆西准噶尔托里地区萨尔托海、铬门沟等，矿体并未在岩体内圈定，而是在与围岩接触部位，多以含金石英脉形式出现。虽然对其成因认识各异，但两者在空间上的毗邻关系却向人们提出问题，例如，金在岩浆阶段是否可以成矿？在后期改造阶

段形成矿床的热液来源是什么？或者仅仅是空间上的偶合等等。总之，金矿床与超基性、基性岩体的关系还是一个有待深入研究的问题。

2.寻找交代—重熔岩浆热液金矿床主要应在变质岩系背景上发育的花岗岩区。在中朝准地台的基底部份，曾发育多期的中酸性岩浆活动，其中太古代岩浆岩，如约28亿年前形成的奥长花岗岩—英云闪长岩套，26亿年前形成的绿岩组合中的奥长花岗岩，均未见金的矿化。元古代由原生含金建造转生而来的岩浆岩则形成了一系列金矿床。中生代岩浆活动十分强烈，岩体不具交代—重熔特征，很可能多属同熔岩浆产物，能否形成具一定规模和一定数量的金矿床还不很清楚，目前所知仅仅是一些小型矿床（含金石英脉、角砾岩体、矽卡岩体等）。在某些地槽褶皱区，例如南方的华南加里东褶皱系的云开大山褶皱带（加里东期和燕山期花岗岩），北方的大兴安岭优地槽褶皱带及佳木斯隆起（元古代和海西期花岗岩），都有可能找到这类矿床。

3.一些研究程度较低的地区有可能成为金的研究区。例如甘新交界的北山地区、祁连山区等。

北山地区广泛发育着奥陶系—二叠系的变质中基性火山岩。在此背景下，海西旋回中酸性岩浆活动广泛发育，已经发现的金矿化分别集中于北部的明水地区和南部的红柳一带。

祁连山区是一个砂金分布较广并有悠久采金历史的地区。本区发育两套不同的变质岩系，并见矿化，一套是中国地台基底的残块，另一套是下古生界属蛇绿岩套的“绿岩化”岩系。区内有两条超基性岩体群，南部的属加里东期，北部的属海西期，也见金的矿化。花岗岩也有两套，分布较广，岩性比较复杂，规模比较小；第一套为前寒武纪片麻状花岗岩，未见矿化；第二套为地槽阶段所形成，北祁连主要为加里东期，南祁连主要为海西期，与金矿化关系密切的可能主要是加里东期小侵入体。

三、火山热液型

火山活动本身也属岩浆活动范畴，但它形成的金矿床与（侵入）岩浆热液金矿床比较有着许多独特之点。

1.矿脉物质组成具有低温特点，石英多被玉髓、蛋白石代替，钾长石则常为冰长石，碳酸盐矿物和绢云母等广泛发育。金属矿物中除金的成色常常降低之外，黄铁矿常被白铁矿代替，含银矿物如辉银矿、深红银矿等广泛发育，有时还出现特殊的矿物套生现象。矿脉组构也常常反映低温低压特点，如细脉群、网脉群、晶洞构造、角砾构造、胶状构造及梳状构造等。

2.含矿围岩多为安山岩—英安岩，少量见之于碱性和酸性火山岩。在空间分布上，世界范围内以环太平洋带为主，我国涉及范围是此带的岛弧带和东部沿海陆缘带，向西消失于贺兰—六盘—横断山南北构造带。环太平洋带普遍被认为是一个独立的安山岩带，并携带了一部份陆壳物质。我国东部地区中生代的火山活动通常不都是安山岩，在东南沿海陆缘地区酸性岩反而增加，其展布范围或受火山断陷盆地限制，或受平行深断裂控制而成宽带状。

3.火山岩及金矿化都是形成于中—新生代，我国的火山热液型金矿床形成时代可能略早。地史上的火山活动是经常见及的地质现象，但在此之前则多为海底喷发，尚未见到独立的热液金矿床，但新疆地区可能例外，如东准噶尔金山沟金矿。

4.在含矿地质体中常常出现含金矿物高度富集的“窝子”或“闹堂”，本身系由自然金、银金矿、辉银矿、玉髓状石英和绢云母组成的矿物集合体，或充填于石英脉的晶洞，或沿石英脉一侧交代围岩或交代石英脉中的围岩角砾，这种特殊状况，就造成了其它类型少见的“风暴”品位。

我国火山热液型金矿床不是地槽阶段的产物，只是因为在中生代时东部地区强烈活化，因此它们的形成除受大地构造影响外，而且也受形成火山岩的原始物质的影响。

本类矿床按所在的火山岩相可分成火山岩型（狭义）和次火山岩型两种。

火山岩型(狭义)金矿一般与中性火山岩有关，矿体呈脉状赋存于熔岩、火山碎屑岩的构造裂隙带中。在其自变质的青盘岩化背景上，于矿脉两侧发生硅化、绢云母化、碳酸盐化及高岭土化等热液蚀变。吉林汪清—延吉一带，在石炭—二叠系变质岩和海西期花岗岩基底之上，其南部有中生代延吉盆地，北部为东西向的杜荒岭—汪清中生代火山岩带，五凤、刺猬沟等金矿与此有关。浙闽地区等金矿则位于陈蔡群、建瓯群变质岩交界部位的侏罗系中酸性火山岩里。

次火山岩型金矿主要赋存于酸性、中酸性、少数为碱性的浅成、超浅成小侵入体或火山管道中，矿体呈脉状。岩体本身是矿体的真正围岩，蚀变发生于含矿岩体背景之上。黑龙江团结沟即属此类。

继续寻找火山热液金矿床应考虑下列问题：

（1）显然，形成火山热液金矿床的主要地区是在我国东部，即燕山运动所能波及到的区域。在这个区内，形成火山热液金矿床的那些火山盆地或火山岩带，总是位于含金（变质）建造分布区的背景之上或与其毗邻。例如，乌拉嘎火山盆地形成于元古界包含含金建造的黑龙江群背景之上，浙闽火山岩带则与古生界包含含金建造的陈蔡群相毗邻。这就是说，我国火山热液型金矿的成矿过程可能与含金的变质岩系具有内在的联系。一些研究者通过对大量化学资料的分析处理，认为我国东部沿海地区中生代的喷出岩与该区基底变质岩成分的变化有明显的依赖关系，可能是基底岩石重熔喷出的结果。这就意味着，我国东部火山热液金矿床

的前景是与基底变质岩系中含金建造的状况紧密相关的。据此可以推测，我国北东部的火山盆地可能比东南部的火山岩系中寻找这类金矿更有希望。

（2）有关火山热液金矿某些特征的总结都是来自我国东部地区，西部地区有无前景目前尚不清楚，但值得重视的是天山、准噶尔地区早石炭世广泛发育有火山岩系，并已发现若干处中基性火山机构，且有金的矿化，例如东准噶尔金山沟等地，有些酸性火山岩系的人工重砂中也发现过若干颗自然金粒。

四、渗滤热液型

除岩浆作用和变质作用外的另一种热液矿床，是由地下热水经渗滤作用而形成的低温金矿床。这类矿床的成矿物质主要来源于周围含金丰度相对较高的岩层，其成矿作用是由天水渗入地下，在某种热源影响下而演化为地下热水（或热卤水），经往复循环，带出分散于围岩中的成矿组份，在温度、压力、热液性质等物化条件改变的情况下，金矿物沿断裂、裂隙和渗透性较好的岩石沉淀成矿。美国的卡林金矿便是这一类型的代表，其特点是矿床规模大、埋藏浅，虽然金的粒度非常微细，某些矿床品位偏低，但由于选冶技术的突破和工艺流程的改进而成为易选矿石，因而具有巨大的经济价值。近年来，在我国贵州西南部，陇西李家沟、二台子、太白双王等地发现的金矿，皆可划入这一类型，尽管它们产出的表现形式不尽相同，但其成矿作用是相似的。

综合目前已知渗滤热液型金矿的地质特征，大体可归纳为：

1.矿床空间分布 常沿不同大地构造单元的边缘或衔接地带出现，或在地槽一侧，或在地台一侧的沉积盖层中。在成因上与一定构造作用有关，主要受区域性高角度断层、褶皱及穹窿的控制，其中高角度断层主要是为含矿溶液提供通道，使下部较深热

液得以上升。在褶皱和断裂作用下，岩石变形、破碎，从而增加了有效空间，成为含矿溶液渗滤、扩散和沉淀的有利场所。在一般情况下，含矿溶液沿断层上升，并首先在断裂带附近开始矿化，而后向有利岩性渗透，随着远离断裂带，矿化逐渐减弱，矿石变贫。

美国内华达州为数众多的“卡林型”金矿床比较集中地出现在优地槽与冒地槽接触带的两侧，矿床分布具一定方向性，呈线形排列，与这个地区所发育的北西向断裂带相吻合。我国已知同类型金矿也具有相似特征，如贵州西南的金矿床位于扬子准地台西南边缘或与华南褶皱系之间的断陷盆地中，多数矿体受东西向断裂的控制。陇西已知的几个矿床（点）如双王、二台子、李家沟等皆位于中朝准地台与扬子准地台之间的秦岭褶皱系中。这些矿床几乎无例外地受褶皱、断裂和裂隙的控制。

2.含矿岩石及时代 多数含矿岩石为碳酸盐岩类和细碎屑岩类，少数为粘土岩和硅质（硅化）岩，此外还有由构造作用而形成的碎裂、碎斑和角砾状岩石。其中碳酸盐岩主要有两种岩石类型，一个介于石灰岩与白云岩之间的过渡岩石类型，即组成岩石的矿物成分上含有方解石或白云石，如白云质灰岩、含白云质的石灰岩或炭质白云岩和含炭的白云岩，而纯的石灰岩或纯的白云岩则少见。另一类是含有陆源碎屑和粘土矿物的不纯碳酸盐岩，如泥质灰岩（白云岩）、粉砂质灰岩（白云岩）或泥砂质灰岩（白云岩）等。前一类常见于美国的“卡林型”金矿床中，后一类除卡林金矿外，如泥质灰岩等也见于我国黔西南的部份矿区。

碎屑岩类以细碎屑岩为主，多数为粉砂级和细砂级，其岩石包括粉砂岩、泥质粉砂岩、钙质粉砂岩和细砂岩等。在一般情况下，砂级（中、粗砂级）岩石含矿要低于粉砂级岩石。据美国地质学者对内华达州雷嗯矿区不同粒级的碎屑岩含金统计，在相同地质条件下，粉砂岩含金均高于砂岩，如粉砂岩平均含金为

3 g/t，砂岩则小于1.6 g/t。我国黔西南地区产于碎屑岩中的金，亦以粉砂和细砂级岩石为主，而中、粗砂岩中则少见。

含矿岩石普遍具有微层—薄层状、条带状或角砾状构造，尤其是在碳酸盐岩和粘土岩中表现更为明显。另外还含有多量的炭质物和粘土矿物，这是一个比较普遍的现象，无论是国内抑或国外已知矿床均有这一特点，这是成矿作用的一个重要因素。

关于含矿岩石的时代，一般来说，时代的控制性不很严格。美国西部的“卡林型”金矿含矿岩石时代从震旦纪到三叠纪，我国黔西南金矿从二迭到三迭纪，向南到广西可能还包括泥盆纪或更早的岩石，陕西金矿则包括震旦纪和泥盆纪等。往往在一个矿区或矿田中可包含若干个层，有时即使是近在咫尺的两个矿床，其含矿层位和时代也迥然不同。

3.围岩蚀变 其种类较多，包括硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、高岭土化、绢云母化、重晶石化、白云石化和铁碳酸盐化等等，其中以硅化和黄铁矿化最为重要，在各个矿床均可见及，其与矿化关系密切，可作为找矿标志之一。而其它类型的蚀变则因地而异，在不同矿床中表现不一，如陕西双王，除上述蚀变类型外，还有钠长石化，二台子还有大理石化等。

4.金及伴生矿物 主要是一套低温矿物组合，常见的有黄铁矿、雄黄、雌黄、辉锑矿、辰砂及毒砂等。此外在不同矿区还有黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、自然银等，但它们与金无一定的相关关系。伴生的非金属矿物常有石英、方解石、白云石、重晶石、萤石及粘土矿物等。

金矿物一般比较单一，以自然金为主，还有银金矿等。多数金颗粒极其微细，为显微和次显微状。卡林金矿金颗粒一般为0.5—几μm，极少达到0.1mm，黔西南金矿的金颗粒更细，多数都在微米以下，陕西二台子金矿多在0.05—0.001mm之间或更细，只有在含金角砾岩中金粒度较大，达0.5—1.5mm。

5.伴生元素 与金伴生的微量元素通常有As、Sb、Hg、Mo、Cu、Pb、Zn、W、Ba、Mn等。其中常以As、Sb或Hg为组合，组成异常区，某些矿区，如卡林矿床等还有Tl、Te等元素。

归纳渗滤热液型金矿的某些地质特征和控矿条件，作为找矿工作，对具有以下一些特征的地区应予注意，即：

（1）不同地质构造单元的边缘，特别是断裂和褶皱发育地区。由其成矿作用所需要，为含矿溶液提供通道和沉淀场所是成矿的重要条件，一些延伸较深的区域性断裂、褶皱、穹窿以及裂隙带等。往往是矿带、矿床和矿体的分布地区。

（2）在火山岩发育地区或其附近，特别是一些“舌”状火山岩的外延地带。虽然还没有见到火山作用与成矿之间的直接关系，但早期火山活动可以给赋矿围岩（矿源层）带来成矿物质，作为初始的矿质来源。而成岩期后的火山活动，可为溶液提供热源和动力，促进含矿溶液活动。

（3）地下热循环的发育地区，表现为诸如热泉等的广布。如美国内华达州为数众多的渗滤热液型金矿，其间热泉发育。有的热泉现代成矿作用明显。我国已知矿床与卡林相比，成矿时代较早，地质条件不尽相同。但作为新区探索，可以借鉴。

（4）富含炭质和一定量粘土的微细层状、条带状不纯碳酸盐岩、细碎屑岩或具有碎裂、碎斑和角砾状的岩石组合。

（5）Au的丰度值相对较高地区和As、Sb、Hg或包括Ag、Tl、Mo、Cu、Pb、Zn等元素组成的异常区。以及雄黄、雌黄、辉锑矿、汞等的矿化发育地带。

（6）蚀变作用发育地区，主要是硅化和黄铁矿化。在以这两种蚀变为基础的前提下，再进一步注意其他类型的蚀变。

结合我国地质条件分析，在区域找矿方面，首先应注意两台（中朝准地台和扬子准地台）西部边缘的台、槽两侧，中朝准地

台的北缘，扬子准地台的南及西南缘，以及两台之间的秦岭褶皱系。

我国东部火山岩比较发育，应注意火山岩分布区中的沉积盆地，以及火山或火山碎屑岩中与渗滤热液有关的微细浸染状金矿。

以上简要地讨论了我国内生金矿类型的主要控矿因素和找矿方向，但是，各类型之间均有内在联系，因此它们总的分布趋势总是受区域成矿背景所控制。阴山—天山和秦岭—昆仑山两条巨大的东西向构造带，将我国地域分割成具不同地质特征的南北中三大部份，它们长期控制着我国地壳的发展，成为我国地质结构上两条东西向分界线。同样，贺兰山—六盘山—龙门山—横断山则成为我国地质结构上一条南北方向分界线。由这些分界线所划分出来的不同地区，不仅具有各自的地质特点，而且也直接关系着金的成矿区域。显然，目前所知的金矿床主要集中于东部，特别是其中段和北段，这里有着良好的成矿条件，由于工作程度较高，发现新金矿床的难度无疑较大，但仍然是我们继续工作的重点区域。西部特别是西北部，与东部比较则有着许多特殊之处，例如残留的前寒武纪古地台基底并未见金的矿化，而后来地槽阶段却孕育着新的成矿条件；某些古生界细碎屑岩—碳酸盐岩系不是稳定阶段而是活动阶段的产物，其中已发现明显锑汞矿化，有无金的矿化还不清楚；火山活动不是中生代，而主要在晚古生代；区域动力变质作用的广泛发育等等。这些特殊的地质条件，都有可能成为形成金矿的有利因素，只是目前还未被认识到。另外，西部地区研究程度较低，有些地区例如阿尔泰，砂金广布，开采历史悠久，但有无原生金矿仍然未获解决。因此，对西北地区开展金矿的探索工作是十分必要的。

选自《金银矿产选集》第五集（1986）

从中国金矿床成因分类讨论

看金的成矿特点和成矿规律研究中的一些问题

范永香

（武汉地质学院）

前　　言

黄金是人类最早应用金属元素之一，长期以来主要用作货币，作为国际贸易结算手段和每个国家货币的信用基础。近年来在现代工业技术中黄金用量日增，各国竞相提高黄金的储产量。我国是重要产金国之一。探采历史悠久。特别是70年代以来，我国的黄金探采有较大发展。从初步掌握的资料分析，我国金矿床（点）分布广泛，矿床类型众多，具有良好的发展前景。

为了进一步发展我国的黄金生产，地质学会矿床专业委员会贵金属矿床专业组先后于1982年9月和1983年3月，组织了“中国金矿床成因类型划分”的学术讨论会，提出了我国金矿床成因类型划分方案（第二稿修改稿见附表）。矿床成因类型的划分，是在一定成矿理论指导下，对大量的典型矿床资料综合研究，进行成矿特征的共性总结，矿床成因分类，对指导勘查评价具有重要意义。一个矿床成因类型的确定，也就建立了指导工作的矿床成因模型，不同的成因模型，指出了不同的找矿预测方向，因此矿床成因机制的研究，即是找矿的理论指导，也是找矿预测的重要方法。矿床成因类型的划分是成矿规律研究的重要内容之一。在我

国金矿成因类型划分讨论中，提出了涉及成矿理论、成矿规律、勘查评价等一系列重要问题，结合我们近年来对金矿成矿规律和成矿预测研究的初步认识，提出金的成矿特征和进一步深入研究成矿规律的初步意见，供有关同志参考。

一、中国金矿床成因类型划分方案

金矿床分类研究，离不开矿床学分类的进展。从十六世纪中叶到廿世纪60年代的四百余年间(1556-1961)经历了Agricola、W.Lindgren (1906)、P.Niggli (1929)、H.Schneiderhohn (1941)、E.Захаров (1953)、谢家荣等，使矿床的成因分类逐步系统化、理论化。从按矿床形态到按矿床形成的物理化学条件、形成深度分类，发展为按矿石建造和矿床形成的大地构造条件和按不同的矿质来源等系统分类。从按单一或几个因素到全面综合考虑影响矿床形成的多种因素分类。从按岩浆热液一元论为理论指导到以多源多期多成因迭加成矿理论为指导的分类，经历了一个随生产发展不断丰富完善的历史过程。

金矿床的成因分类，也大体经历了上述过程。W.Emmons (1937) 以岩浆分异演化，岩浆热液成矿为理论指导，较早专门论述了金矿床成因分类，将金矿床分为岩浆分凝金矿、伟晶岩金矿、热液交代金矿、高—中—低温热液金矿、冷水热液和沉积金矿。

М.Бородаевская (1974) 等对苏联金矿床按不同成矿作用，分金矿为内生、外生、变质三大类，在内生金矿中再按形成深度、金的成色、矿物组合、矿物标型特征等条件进一步细分。

J.Tatsch (1975) 引入板块构造的理论，从地壳发展演化观点，联系金矿形成和分布规律，强调成矿的大地构造背景，划分金矿床为八大类：太古界大陆地盾区的金矿床；元古界地台中

的变质砾岩型金矿床；老褶皱带改造过地台内侵入基性岩浆杂岩体中的含Au－Cu－Ni－Pt矿床；冒地槽坳陷内与地槽型花岗岩类伴生的金矿床；火山岩带优地槽地区的金矿床；构造活动已固结区的金矿床；与晚中生代构造活动有关的近地表玉髓—石英脉型金银矿床；与现代火山活动带伴生的金矿床。

R.Boyle（1979）强调金的地球化学特征和矿质来源及成矿作用，按成矿母岩时代、矿物共生组合等划分金矿为九大类。Ю.Щербаков按含矿建造类型对金矿床作了详细分类。

上述各个分类方案，采用不同的分类依据和分级标准，繁简程度也很不相同，这些分类都在不同时期，作出了各自的历史贡献。

我国的金矿床成因分类，早期多沿用国外有关分类。冯景兰、孟宪民、谢家荣、朱夏、刘祖一、黎盛斯、胡伦积等都曾先后对金矿成因类型划分作过研究。近年来广大从事金矿地质的工作者，结合自己的工作，提出过许多区域性金矿床成因分类方案，并对一些重要金矿床的成因归属提出了自己的意见。这些都为完善我国金矿成因分类，作出了有益的贡献。

在贵金属矿床专业组组织的“中国金矿床成因类型划分讨论会”上，胡伦积、朱奉三、毋瑞身、郑明华、王鹤年、王秀璋等人，向大会提出了各自的分类方案。这些方案在研究了国内外大量资料的基础上，就我国金矿床成因分类的原则和依据，各类型的重要地质特征已知重要金矿床的成因归属等问题，提出了自己的意见。上述各个分类方案大致可以归结为两个互有联系的不同方向，即以成矿作用为主要因素，兼顾不同矿质来源进行的成因分类（胡伦积、朱奉三、毋瑞身、王秀璋等）；另一方向则以成矿物质的不同来源为主要因素，兼顾其他因素的分类（郑明华、王鹤年等）。在广泛征求金矿地质工作者意见的基础上，金矿专业组拟定了初步分类方案（第二稿修改稿，见表）。采用以成矿

作用为主要分类依据，兼顾不同矿质来源作一级分类，按不同成矿作用特点、围岩特征等进行二级分类，依矿物元素共生组合和建造特征作更细的划分。

上述表中列出的金矿床实例，只是我国金矿的一部分，对研究程度低或成因有争议的均未列入。不同类型之间存在过渡类型。对各类伴生金矿，在金的资源结构中占有重要地位，只作为伴生组份顺便回收的金矿没有列入分类。国外一些重要金矿床类型，至今在我国尚未发现，没有列入分类。

二、金矿床成矿特点

根据现有材料，金的成矿作用具有一系列特点，在进行金矿床成因类型划分和成矿规律研究勘查评价，应予充分考虑。

1.成矿地球化学特点 金矿在地壳中丰度很低且极度分散，在特定的地质环境中某些岩层含金丰度稍高，在各类岩石中金的丰度均在ppm级含量。金矿床赋存在各种岩石中，各种地质作用均可形成金矿，对各类岩石无明显的专属性，但不易形成大规模的工业富集。成矿过程中具亲硫亲铁的地球化学特性。各种地质作用的长期复杂迭加，对金的迁移富集具有重要意义。金的成矿作用在时间上，从太古代直到现代，各个时期均可形成，并表现为一定的演化趋势。

2.成矿的层控性 金的成矿往往与各种含金丰度高的岩层有密切的联系，近十几年来国内外对一些重要金矿床研究结果表明，一些重要金矿床受一定地层控制，金矿床的时空分布离不开金丰度稍高的初始矿源层，变质岩区太古代绿岩带是金的重要初始矿源层，具有世界的一致性，一些中基性火山—沉积建造、硅铁建造、含炭泥质建造、碎屑岩建造等，均可成为金的初始矿源层。现有的主要金矿带均围绕金的初始矿源层分布。

中国金矿成因类型划分方案（附表）（第二稿修改稿，1983,3）

成　因　类　别	实　　例
一、岩浆热液金矿床	
1.重熔岩浆热液金矿床	
硫化物-金建造	河北峪耳崖
2.混合岩化-重熔岩浆热液金矿床	
硫化物-金建造	山东玲珑、焦家
3.接触交代金矿床	
铅-锌-金建造	湖南水口山
铜-金建造	辽宁华铜、山东沂南、山西四家湾
二、火山-次火山金矿床	
1.火山-热液金矿床	
银-金建造	台湾金瓜石、吉林刺猬沟
2.次火山-热液金矿床	
硫化物-金建造	黑龙江团结沟
三、沉积变质金矿床	
铀-金建造	黑龙江东风山
四、变质-热液金矿床	
1.古老绿色岩系中金矿床	
硫化物-金建造	吉林夹皮沟、河北金厂峪
2.含炭质(火山)碎屑岩系中金矿床	
硫化物-金建造	辽宁四道沟、白云山
铅-锌-银-金建造	河南银洞坡
钨-锑-金建造	湖南沃溪
砷-金建造	吉林二道甸子
硫化物-金建造	湖南漠滨、广西古袍、六岭
五、地下热（卤）水溶滤金矿床	
1.碳酸盐岩系中金矿床	

续表

成　因　类　别	实　　例
铁白云石-金建造	陕西二台子
方解石-金建造	广西叫爱
菱铁矿-金建造	四川西昌
2·碎屑岩系中金矿床	
砷-锑-汞-金建造	贵州板其、丫他
六、风化淋滤金矿床	
1.残余（铁帽）金矿床	
褐铁矿-金建造	四川木里耳泽
2.残积、坡积金矿床	内蒙金盆、湖南七宝山
3.淋积金矿床	
铜-银-金建造	甘肃白银厂
七、沉积金矿床	
1.冲积砂金矿床	
河床-河谷-河漫滩金矿床	黑龙江兴隆沟、韩家园子
阶地砂金矿床	黑龙江漠南
2.洪积砂金矿床	内蒙金盆
3.岩溶金矿床	湖南隆回、岩口
4.冰碛（水）砂金矿床	青海大场、四川漳腊
5.砾岩金矿床	吉林珲春老头沟

3.成矿的长期性和继承性　反映了基底岩石类型和金矿化的内在联系，长期复杂的地质作用，对金的逐步富集具有重要意义。已有的地质资料和同位素资料说明，金具有强烈继承性成矿的特点，表现金在同一地区不同时代，以相同或不同的形式相继辗转成矿，多旋回成矿，不同时代和不同类型的金矿化，同时在一个地区集中，构成不同组合的成矿系列，导致成矿时代上的复

杂性。

4.成矿的伴生性 伴生性是金极度分散的一种表现。金常常作为伴生组份，出现在岩浆铜—镍矿床、各种有色金属矿床中。伴生金矿在金的资源结构中占有重要地位，具有重要工业意义。

5.成矿物质初始来源的深源性 分析金在地球各个圈层中和各类岩石中丰度的变化，金的初始矿源层的分布和元素共生组合特征等资料，说明金的初始来源具有深源特征。

上面简要提及的金的成矿特点，在我国东北部金的重要成矿区均有反映。但有关金的成矿规律研究，有待深入探讨。

三、金矿床成矿规律研究中的一些问题

成矿规律研究是在全面研究成矿地质特征的基础上查明矿床时空分布的不均匀性和局部富集规律，是进行成矿预测的基础。为此要研究成矿物质来源、共生组合、成矿作用的时间演化和空间展布方面的规律。总结矿床形成条件，确定预测准则和标志，建立成矿模型，定量估计预测储量，对预测区的成矿远景作出预测评价。下面就近几年有关金矿床成矿规律和成矿预测研究中碰到的一些问题，提出我们的初步看法。

1.进一步加强基础地质研究

（1）亟待加强面积性的工作：成矿作用离不开特定的地质背景，成矿有其区域性。而在各个研究程度较高的金矿带，都还存在不少基础地质问题，有待深入研究解决。在以往的地质研究中，特别是通过1／20万和1／5万的区域地质测量，已经取得了有关区域地质方面部分资料，但长期沿用“就矿找矿”和矿点检查的工作方法，面积性工作薄弱。物化探工作也只限于局部矿点，导致区域勘查评价工作部署和主攻方向不明，陷于欲速而不达的被动局面。由于面积性工作薄弱，有些基础地质问题长

期争论，得不到统一的认识。在一些已知主要成矿带，随着研究程度的提高，找矿难度的增大，加强面上的工作，做到点面结合，已为当前金矿勘查评价工作当务之急。整个工作部署应由为具体战术目标服务，转而为中长期战略目标服务，并使二者紧密结合起来，预示着矿产勘查进入一个新的阶段。相应地开展成矿区划和资源总量预测工作，并在指导勘查评价中发挥愈来愈大的作用。本着大面积展开，小面积细做，点面结合，重视大面积选区先行，是扭转当前勘探后备基地紧张被动局面的重要途径之一。

（2）深入控矿条件研究：基础地质研究中首先要抓控矿条件的研究，查明各地质因素与成矿的联系，以便确定可靠的预测准则和标志，把基础地质研究和勘查评价紧密结合起来。特别是主要控矿条件的查明。从单因素分析到多因素组合的综合控制研究，各因素对成矿都起作用的地段，应为最有远景的地段。多级控制成矿是普遍存在的，要逐级地分析各因素的控矿作用。如胶东招（远）掖（县）金矿带，胶东群老地层和区域构造，决定了大面积选区，而有利的局部断裂构造，则是局部预测的依据。矿带大致呈东西向展布，而各个具体矿床矿体均呈北东向展布。

（3）重视野外第一性资料的搜集和研究：随着矿床学研究方法的进步，特别是同位素地质、矿物包裹体研究、成岩成矿实验、数学地质和遥感技术的引用，对提高基础地质研究水平起了重要作用，但先进的测试技术，终究不能代替野外直接地质观测，野外的直接观察仍是成矿规律研究的第一步和基本方法，要野外室内、宏观微观相结合，野外地质工作做细了，则各种测试的目的性就更明确，才能充分发挥测试结果的作用，把基础地质研究不断引向深入。

2.不断用新的理论指导金矿床成矿规律和成矿预测研究

在预测实践中要不断用新的成矿理论和区域成矿分析的理

论，对已取得的资料反复认识和解释，要不断冲破旧概念的束缚，在实践中不断验证、完善各种理论，不断提高预测水平。通过近年来广大金矿地质工作者的努力，已经积累了不少资料。

（1）金矿床与花岗质岩石的成因联系：长期以来认为在空间分布上金与中酸性岩浆活动有关，但从元素丰度和地球化学研究表明，金的成矿与中酸性岩浆活动无明显的专属性，而基性超基性岩中金的丰度较高。结合近年来我们对燕山和胶东金矿带资料分析，认为金矿床的产出与各种花岗质岩石有密切的空间联系。这些花岗质岩石的形成与区域变质作用和混合岩化作用有关，形成原地半原地的再生岩浆。空间分布上受构造控制，不同岩体之间存在一个完整的演化系列，不同性质的矿体与原岩成份和变质程度的差异有关，变质岩区的各种内生金矿化与各种中酸性岩浆活动之间的关系，可能存在三种情况：

1）原来含金丰度高的某些层位，受变质交代混合岩化作用，而形成原地半原地的再生岩浆，在岩体附近或岩体内局部地段，金富集成矿，如山东招（远）掖（县）金矿带。

2）后期中酸性岩浆侵入，穿切含金丰度高的层位，造成岩体附近金的局部富集。

3）幔源分异的中酸性岩浆活动，在有关铁铜等矿床中，形成金的局部富集，如长江中下游铁铜矿床中伴生金矿床，部分与火山—次火山有关的金矿也属此类型，如吉林小西南岔、刺猬沟、台湾金瓜石等有关金矿。

上述情况，要求我们在工作过程中对成岩成矿一起分析，寻其形成演化规律，以便正确指导金矿床预测评价。

（2）中基性火山岩与金矿化关系密切：各种中基性火山岩的含金丰度普遍较高，构成金的初始矿源层（岩）。在各个变质岩区，恢复产金的原岩研究，均发现有变质的中基性火山岩的存在。初步分析了我国主要金矿带的基底岩石类型，几乎无例外地

都落在中基性火山岩基底上。说明中基性火山岩是金的重要初始来源。

（3）迭加成矿的特征普遍存在：各类内生金矿具有多种成矿作用、多阶段迭加成矿特征，为变质岩区金矿床最为典型的现象。成矿后的历次地质作用，对金矿均有明显迭加改造作用。上述金矿成因分类中，以变质岩区的金矿床分类争论最大，从同位素地球化学分析成矿物质来源和成矿时代，往往出现极为复杂的情况，如胶东招掖金矿带，用K－Ar法测定的绝对年龄，混合花岗岩的形成时代集中在1.4—2.1亿年。认为是印支燕山期的产物，而从野外地质和少数U－Pb年龄（5－8.5亿年）分析，应该时代较老，我们认为与金主要成矿期相应的混合花岗岩形成时代应为前元古代，而印支燕山期有强烈的后期地质作用迭加。据吉林冶金地质研究所对吉林夹皮沟金矿的研究，最早与金主要成矿期相应的混合花岗岩K－Ar年龄为25—24亿年，后来有多次区域变质、混合岩化和矿化的迭加，时代分别为19—18亿年、10亿年、6亿年，后来的多次花岗岩侵入时代为2.65—1.26亿年（K—Ar法年龄）

对各类内生金矿成矿热液来源的认识，已经提出了地下水热液、变质热液、混合岩化热液和岩浆热液等不同观点。

（4）用不同的区域成矿分析理论研究金矿床的分布规律：对区域矿床的分布规律还不能用一个统一的模型进行解释。要从各自不同的地质背景和成矿特征出发，以不同的理论为指导，建立不同的区域成矿模型。相应地有一套不同的预测方法和途径。已被广泛引用的有以IO.A毕力宾为代表的地槽地台成矿分析学派；以J.库廷纳、M.法沃斯卡娅为代表的断裂构造成矿分析学派；以R.西利托等为代表的板块构造成矿分析学派；以李四光为代表的地质力学成矿分析学派；以Д.龙德克维斯特等为代表的建造分析成矿分析学派；以P.鲁蒂埃、K.萨特帕也夫为代表的

金属省（区）成矿分析学派等，这些不同的理论和学派，可以互为补充，互相验证，广开思路。

3.注意新矿床类型的预测研究

矿床类型的概念（包括成因、工业勘探类型），是随矿床采冶技术水平的提高，不断变化着的概念，现有的矿床类型，从某种意义上讲是个历史的概念。我们在强调矿床类型划分重要意义的同时，还应注意新矿床类型的勘查评价。在一些研究程度较高的区域，注意对新矿床类型和难以识别的矿床类型预测评价尤为重要。在上述分类中，国外有一些重要金矿类型，至今在我国尚未发现，如兰德金—铀砾岩型矿床、元古代变质岩中硅铁建造有关的霍姆斯塔克型金矿等。产于碎屑岩和碳酸岩地层中微粒浸染型金矿化，属于难以识别的金矿床，近年来在我国不断有所发现。在变质岩区的绿岩带金矿床中，除石英脉型金矿床外，山东地质六队近年来在胶东地区新发现受断裂构造控制的含硫化物细脉浸染型金矿床（称为“破碎带蚀变岩型”或“焦家式”金矿床），具有矿化稳定、规模较大的特点，有着重要的工业意义。

近年来在国外还发现斑岩型金银矿，层控型金矿床等，在我国先后也都有发现。

为了不断发现新的矿床类型，在加强成矿规律研究的同时，要加强矿石物质成分的测试分析，尤其金矿床含量低、变化大，较其他矿床有更多的困难。要把化探成果、重砂测量结果、矿石分析和岩矿鉴定结果，几者综合研究，以便得出正确结论。

4.不断提高成矿规律和成矿预测研究水平

成矿规律和成矿预测研究，已为广大地质工作者所重视，有待不断提高研究水平。为此首先要对已知主要金矿带进行深入工作，对区域性的远景预测，要深入区域成矿分析的理论研究，在“矿点加异常”圈定远景区的基础上提高一步。矿区的局部预测，要进一步研究矿化局部化的规律。从已有工作情况看，矿田矿

床构造、矿床分带、成矿物理化学条件和三维空间的大比例尺地质制图是进行这一研究的重要途径。同时要尽可能多的引用新的技术方法，如电子计算机的应用、多元统计分析、遥感技术、有关成矿作用定量参数的测定等，都已逐步被采用，在不断提高预测水平中发挥愈来愈大的作用。另一方面要加强预测验证，也是非常重要的。

有关成矿规律和成矿预测的研究，是涉及面很广的复杂课题。上述几个方面，只是笔者通过几年来工作所及提出的很不成熟的认识，不妥的地方希批评指正。

参考文献略

选自《金银矿产选集》第四集（1985）

我国北东部层控型金矿床的分布规律及其主要地质特征

李　力

（沈阳黄金专科学校地质系）

我国的层控型金矿床分布范围较广，类型较多，在我国的黄金生产中占有很重要的地位。因此，研究其分布规律，成矿地质特征及成矿机理对该类矿床的找矿勘探具有很重要的实际意义。本文拟就我国北东部地区（包括晋冀以北、山东半岛以北及内蒙呼和浩特以东的广大地区）层控型金矿床的分布规律，主要地质特征及成因等方面作一初步探讨。

对于层控矿床，历来是众说纷云，尚无明确统一的严格定义。本文所讨论的层控型金矿床系指那些赋存于古老的变质岩系中，与侵入体无明显联系，大都经历了由沉积作用或火山喷发沉积作用构成矿源层，而后又经变质作用或其它地质作用使成矿物质进一步富集成矿等过程的金矿床。该类矿床的共同特点是：矿体严格地受某一地区特定的地层控制，矿体多呈层状、似层状、透镜状或脉状等。

一、我国北东部层控型金矿床的成因类型及分布特点

1.成因类型 按金矿床所经历的地质条件和过程的不同，我国北东部层控型金矿床可分为以下四种成因类型，即：

（1）沉积—变质—改造型金矿床；

（2）沉积—变质—混合岩化型金矿床；

（3）渗滤热液型金矿床；

（4）沉积砾岩型金矿床。

其中沉积变质改造型金矿床还可以进一步细分成：沉积变质金矿床和变质热液金矿床。

四种层控型金矿床中，尤以前两种类型的金矿床分布较广，数量较多。据初步统计，它们占了层控型金矿床的90%以上，占了该区所有金矿床类型中的60%以上。

2.北东部层控型金矿床的分布特点及范围 在我国的北东部这一广大区域内，层控型金矿床从东到西，从南到北均有分布，而且大多都成群出现，按照它们的分布特征，可把它们初步划分为六个矿化集中区。从北向南、各区特征如下：

（1）嘉荫一鹤岗集中区：该区应包括黑龙江省东北部北起嘉荫，南至鹤岗、佳木斯的南北狭长地区，位于乌拉嘎凹陷带内，东与鹤岗隆起太平沟复向斜西缘相接，矿床类型主要为沉积－变质－改造型金矿床，控矿地层是元古界黑龙江群和东风山群绿片岩。矿体主要围岩为白云石英片岩，绿泥钠长片岩、绿泥片岩、白云钠长片岩、绿泥绿帘钠长片岩、石英片岩、石英岩、条带状磁黄铁矿、角闪长英角岩和条带状黑云石榴石长英角岩等，具有代表性的层控金矿床是太平沟金矿和东风山金矿。

（2）延吉一鸡西矿化区：该区应包括北起黑龙江的鸡西，南至吉林的延吉这一南北向分布的狭长地带，该区属滨太平洋地槽褶皱区的延边海西优地槽褶皱系，北与佳木斯隆起相连。该区分布的层控型金矿床为砾岩型金矿，以小金山砾岩型金矿床为代表，控矿层位为上侏罗统穆棱组底部砾岩，砾石由石英、细粒花岗岩、伟晶岩、混合岩等组成。

（3）辽吉东部矿化区：该区应包括吉林东部和辽宁东部的

广大地区，呈北东南西向分布，属胶辽台隆的北部和张广才岭优地槽南缘相接的部位，该区成为我国金矿的主要产区之一。主要层控型金矿床类型为沉积变质改造型和沉积变质—混合岩化型金矿床。主要控矿地层为太古界鞍山群，老岭群、呼兰群及元古界辽河群变质岩系，其特点是，太古界变质程度较深，多为麻粒岩和混合岩，元古界相对变质程度较浅。主要矿化围岩为各类混合岩，片麻岩、黑云变粒岩和各类片岩等。具有代表性的层控型金矿床是：沉积变质改造型如白云金矿、四道沟金矿；沉积变质—混合岩化型如五龙金矿、夹皮沟金矿等。

（4）冀东北—辽西矿化区：该区应包括河北东北部和辽宁西部的地区，呈北东南西向分布，包括中朝准地台内蒙地轴东段和燕山褶皱带大部。主要层控型金矿床类型为沉积变质改造型。该区主要控矿地层为太古界桑干群、迁西群和鞍山群变质岩系。矿体的围岩主要是各类混合岩、麻粒岩、片麻岩、片岩及磁铁石英岩等。主要矿床代表有小营盘金矿、红花沟金矿及金厂峪金矿等。

（5）胶东半岛矿化区：该区位于胶东半岛，呈近东西向分布，属胶辽台隆的南段。主要层控金矿床的类型为沉积变质—混合岩化型金矿床和沉积变质改造型金矿床。主要控矿层位为早元古界胶东群变质岩系，矿体围岩则主要为斜长角闪岩、黑云片麻岩、黑云变粒岩及混合花岗岩等，主要矿床代表有，沉积变质—混合岩化型金矿床，有玲珑金矿、焦家金矿等；沉积变质改造型金矿有马家窑金矿等。

（6）五台矿化区：该区应包括山西中、北部的地区、呈北东—南西向分布，属中朝准地台山西台隆五台隆起区。层控型金矿应分为沉积变质改造型和渗滤热液型两种类型，主要控矿地层为元古界五台群，震旦系，矿体主要围岩为黑云角闪斜长片麻岩和斜长角闪岩及碳酸盐岩等。产出的层控型金矿以沉积变质改造型为主如义兴寨金矿，渗滤热液型金矿床仅发现有石塘沟、茶

坊等矿点。

从以上的矿床分布类型来看，我国北东部层控金矿床的类型以沉积变质改造型和沉积变质—混合岩化型居多，热液渗滤型和沉积碎岩型金矿虽有分布，但规模和数量均较小，有的甚至不能构成有价值的工业矿体，故下面拟就前面两种主要类型的层控金矿床产出的地质特征阐述如下，并探讨其成矿机理。

二、成矿地质特征综述

1.沉积变质—混合岩化型层控金矿床 该类金矿床为我国所特有，目前在国外尚无报道。它们主要分布在辽吉东部矿化区和胶东半岛矿化区，其控矿地层为太古代、元古代的高级变质岩，其变质相为麻粒岩相或角闪、绿片岩相。经原岩恢复研究表明，它们为一套含铁质的基性、超基性火山岩或火山碎屑岩，另外有少量粘土质岩类（表1），金矿床的产出明显受层位控制，其矿体形态则受变质岩中之片理、片麻理、层间断裂和其它断裂所控制，矿体一般位于混合岩的边部变质相较低的部位或混合岩中某些断裂中。含金地质体主要为石英单脉或复脉。其形态由于受断裂的控制，多为不规则状。

由于混合岩化热液的交代作用，矿体围岩大都经受较强的硅化、黄铁矿化、绢云母化和碳酸盐化蚀变等。个别矿床内破碎带相当发育，可形成破碎带蚀变型矿体，如胶东半岛的焦家金矿。同时，混合岩化型金矿床分布普遍，发育有微斜长石化和钾化等。

金矿石中金属矿物除自然金外，尚见有黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、辉铋矿、自然铋、闪锌矿、方铅矿、毒砂及白钨矿等；非金属矿物除石英外，还有少量绿泥石、方解石等。矿体中自然金成色变化较大，550—950不等，个别矿床中见有自然银产出。自然金

表1　原岩主要岩石类型（实皮沟矿区）

原岩类型	基性火山岩，部分为拉斑玄武岩，部分为碱性玄武岩或粗玄武岩	中性火山岩类	泥砂质沉积岩类
与其相应的变质岩	斜长角闪岩、角闪岩	斜长片麻岩、变粒岩	斜长片麻岩，变粒岩，磁铁石英岩，含榴石英岩
残留结构构造	变余辉绿结构，辉长结构，偶见残留杏仁结构	压碎变火山碎屑结构	变余砂状结构

（据林宝钦、阮忠义资料改编）

的形态主要呈枝状、片状、粒状及不规则状赋存在硫化物集合体之间或其边缘裂隙中，部分则赋存于石英的晶间空隙或其微裂隙中。

此类矿床的成矿温度据流体包裹体研究测定，多在200—350℃之间，仅有少数矿脉大于这个温度区间。δS^{34}的变化范围较宽，反映了遭受混合岩化的原岩性质之差异，矿床的最后定位年龄多在海西、印支和燕山期，仅少数为加里东期。

该类矿床除与混合岩化花岗岩关系密切外，矿床中均见有大量脉状侵入体与矿脉相伴生，如五龙金矿部分含金石英脉与花岗斑岩脉及细晶岩脉密切伴生。由于这种伴生关系，故有人把它归并为岩浆期后热液矿床。

该类矿床的后期改造作用一般不强烈。

对于混合岩化金矿床的成矿机理，很多人已做过大量研究工作，朱奉三在研究了胶东半岛的金矿床后并提出了成矿模式，综合前人资料，笔者认为其成矿机理和过程可简述如下：

元古代早期，上述矿化集中区（胶东半岛和辽吉东部）地壳

构造活动频繁，海底火山活动异常强烈，喷出大量富含成矿元素金的地幔物质—基性、超基性火山岩。火山的间歇式活动，在上述地区构成了一定厚度的火山碎屑沉积含金岩系。分析数据结果表明（表2）。

表2　各类岩石微量金含量平均值（三道沟矿区）

岩石名称	分析样品数	平均值（r／g）
角闪岩、斜长角闪岩 斜长角闪片麻岩	7	0.117
条痕状混合岩	90	0.018
均质混合岩	15	0.003
混合花岗岩	7	0.002
混合片麻岩	1	0.05
角闪斜长片麻岩 斜长角闪岩	>6	>0.062
注入片麻岩	7	0.061
磁铁石英岩	2	0.05

（据阮忠义）

这些含金变质岩系中金的丰度值高出克拉克值数倍至数十倍，它们为该区地层混合岩化后期成矿提供了足够多的成矿物质来源。

在后期由地幔热柱引起的区域变质过程中，由于局部地区地幔热流的集中，使早期沉积成岩的含金火山沉积建造发生了局部的重熔而形成了壳源花岗岩，区域变质及混合岩化作用的本身使岩体分离出大量的成矿流体和成矿物质。混合岩化作用后期构造运动产生的不同方向的断裂带，为成矿流体的运移和贮藏提供了通道和空间，同时，它们也分别控制了矿体的规模和形态。

与金矿化有关的混合花岗岩类均为钾长花岗岩，具片麻状构

造的黑云花岗岩和角闪花岗岩等。这些岩石在交代重熔过程中，形成了大量富含各种挥发份的碱质气水溶液，金在此物理化学条件下，本身活动能增大，与挥发份或其它物质形成各种络合物与气水溶液一起沿通道迁移。其迁移的方向是由深变质区（温度、压力相对较高）向温度、压力相对较低的浅变质区迁移，故矿体呈现出赋存在混合花岗岩体边部，或赋存在钾长花岗岩外带（即片麻状黑云花岗岩和角闪花岗岩中）而岩体中心无矿（个别裂隙除外）的特征，另外，金矿脉与混合岩化花岗岩派生出来的中基性岩脉一起沿围岩裂隙贯入就位，伴生在一起，呈现出矿体与岩脉有明显界限的特点。

从近矿围岩的蚀变类型分析，混合岩化期后热液的性质及演化特征对金矿床的最后定位起了很重要的作用，金在初期为碱性的热液中能以〔H_2AuO_3〕、〔$HAuO_3$〕$^{2-}$及〔AuO〕$^{3-}$等形式随溶液进行运移。若溶液为酸性，其中存有大量阴离子如Cl^-、HCO^{3-}、SO_2^{2-}、HS^-或S^{2-}时，金则与它们形成如〔$AuCl_2$〕$^-$、〔$AuCl_3COH$〕$^-$、〔$Au(S_2O_3)_2$〕$^{3-}$等形式的络合物而保持在流体中迁移，当溶液性质由碱性演变为中性或弱酸性或由酸性演变为中性或弱碱性时，或由于温度、压力的下降而使得这些络合物发生分解、沉淀，从而形成各种含金黄铁矿，各种硫化物和自然金及碳酸盐等，产生出混合岩化花岗岩边部及围岩中常见的“金石英—硫化物”矿体和硅化、黄铁矿化及碳酸盐化等蚀变类型。

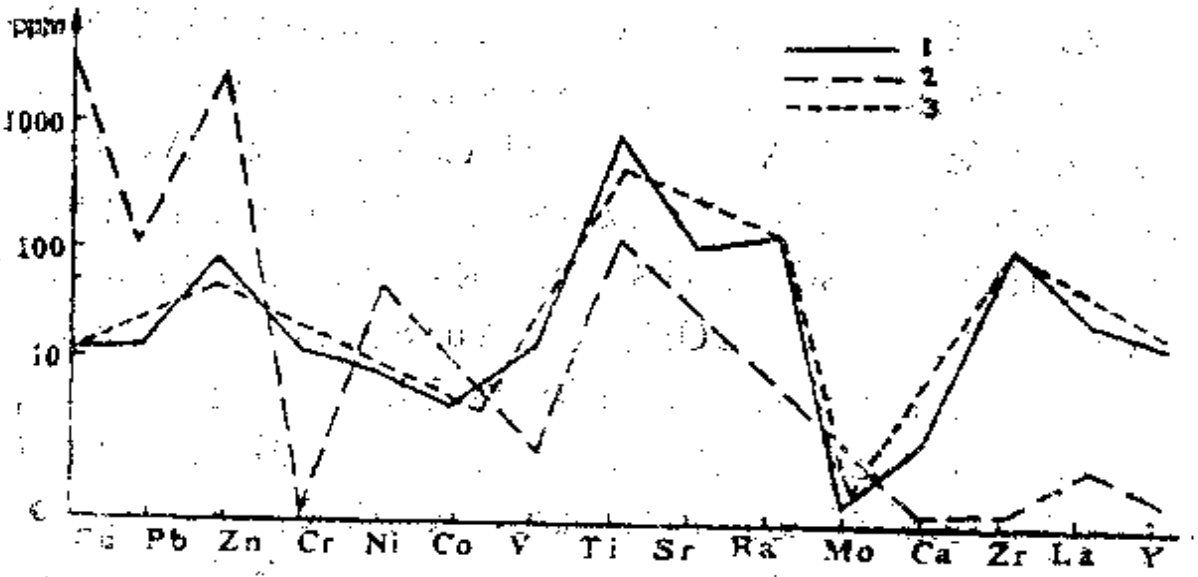
混合花岗岩中金的广泛外迁，其结果使得岩体内部金的含量明显降低，而使得岩体围岩金含量升高或形成矿体。

2.沉积变质—后期改造型矿床 本类层控金矿床的主要地质特征是：矿体一般产在太古界、元古界及寒武系变质基性、超基性火山岩或基性火山沉积变质建造内，矿体常与含铁石英岩或其它含铁沉积岩及含铁沉积变质岩产在一起。矿体直接围岩多为各

类变粒岩，片麻岩和片岩等，严格受一定的层位和岩相控制。同时，矿体顶底板围岩岩性一致，与矿体呈整合接触关系，部分矿体与围岩界限不清。

矿体形态一般呈层状、似层状、透镜状，少量见有脉状矿体出现，部分矿体具有变余的原生沉积组构和部分变生组构，矿体品位一般低而稳，但一般规模较大，矿化均匀，部分地段见有高品位石英脉出现。矿体的赋存部位常在褶皱的虚脱部位和一些破碎带内。

矿石内微量元素含量及种类受顶底板围岩中微量元素的含量和种类之影响，二者常呈正相关关系（见图，据韩世珍等）。



1—地层；　　2—混合花岗岩；　　3—矿体

矿石矿物的共生组合多为自然金、黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、黄铜矿，部分矿体内偶见有白钨矿等；脉石矿物多为石英、绢云母等，自然金多为微细裂隙金或不规则粒状金等。

矿石的δS^{34}变化范围在—8—+12.1‰之间。矿体一般受后期地下水热液或岩浆热液改造作用之影响，使局部矿体形态发生了改变。

对于此类矿床的成矿机理，笔者认为它们与美国的霍姆斯塔克式金矿床成矿机理有很大相似性，其形成主要是与海底基性火山喷发热液有联系的海底化学沉积作用经后期变质改造有关，其成矿过程可简述如下：

太古代或元古代早期，上述矿化区均为浅至中海相沉积环境，由地壳活动而引起的火山喷发作用而形成了海底火山碎屑沉积建造，海水中充满了由火山喷发作用而带来的各种挥发份和成矿物质。由于海水的淋滤下渗作用，约在500—1500℃范围内，使化学性质较稳定的基性火山岩中的金可溶性增大，形成各种氯化物，或与一些火山喷气物质形成络合物。这些物质由于物化条件的改变而分解、下沉到海底或由海流作用携带到海底局部凹地沉积下来，形成含金的富铁沉积物。

随着火山活动的不断进行，在沉积的含金沉积物上又形成喷发碎屑物的沉积，经火山水下喷发的反复进行，在局部沉积了较厚层的含金富铁沉积物。这些沉积物在压实成岩过程中一般受成岩水作用的影响，仅在局部产生成矿物质的小规模迁移，形成一些贫矿体或矿床雏形。

随着晚期区域变质作用的进行，含金层位与围岩一起发生了强烈的构造变形和变质作用。由此而产生的变质热液使赋存在矿源层中的金再次活化，与其它化学性质活泼的组分一起形成络合物或其它化合物，向构造有利部位——构造薄弱带如褶皱的脊部、层间滑动带及围岩裂隙等部位迁移，形成各种马鞍状、透镜状、似层状和脉状矿体。

后期的地下水热液或岩浆热液的活动，提供了部分后期矿体改造的热能和动力来源，它们可使与这些热液活动有关的地段的金矿体局部形态发生改变，但一般来说：影响不是太大。

三、几条规律性认识

1.我国北东部层控型金矿床所处的大地构造位置均处在两个大地构造单元相接的部位，即大地构造单元边缘成矿（表3）。

2.层控金矿床的时代多在地质时期的早期和晚期，大多数成矿时代为海西、印支和燕山期，少数为加里东期。

表3　我国北东部层控金矿床所在大地构造位置

矿床类型	矿体形态	产地	构造位置
沉积变质改造金矿床	脉状	夹皮沟、宽化金厂峪	地台地盾古隆起边缘
	似层状	东风山、四道沟	
沉积变质混合岩化金矿床	脉状	玲珑	古隆起边缘
	破碎带控制	焦家、新城	
碳岩型金矿床	小金山		内陆断陷盆地边缘

3.我国北东部层控型金矿床的分布是分区的，而且各区内金矿床类型是依据该区的地层变质程度，即变质相而确定的。且受一定的岩相所控制。

4.层控型金矿床的类型是以沉积变质改造和沉积变质—混合岩化两类型为主，这是由我国北东部特定的地质条件而定的。

以上初步讨论并划分了我国北东部层控金矿床的产出类型、分布区域和地质特征及成矿机理。总之，我国该地区的层控金矿床类型较多，成因各异，很多矿床是数种成因联合迭加的结果，故还有待于我们不断地去研究、探索。

选自《金银矿产选集》第五集（1986）

中朝准地台太古界中金矿成矿问题

秦　　勇　林宝钦　母瑞身

（沈阳地质矿产研究所）

内容提要　中朝准地台是我国原生金最重要的分布区和产金区。其地台上有五个金矿化集中区，每个区都有一个原生含金建造，主要为变质的角闪岩相。金矿化均产在这种变质岩内。原生含金建造与含铁建造在空间上有密切关系（通常于铁矿层下面）。根据它特有的岩石组合和层位，易于在野外鉴别和圈定，因而可以作为在中朝准地台普查金矿的区域性标志。

太古界金矿床受到多期构造岩浆活动控制，控矿断裂一般属区域内次级断裂。

在中朝准地台上划分了三个太古宙火山沉积巨旋回A、B、C，其中巨旋回B、C分布区有利于金矿的矿化，产有许多重要的金矿。

中朝准地台是我国原生金最重要的分布区和产金区，原生金矿床约2／3，储量约80%，分布于中朝准地台，尤其是其中太古界地体内。一些著名的矿床，例如吉林省夹皮沟、山东省招远—掖县的许多矿床、河北的金厂峪以及豫陕小秦岭诸金矿，无论在实际方面或者理论方面，都具有重要意义。

中朝准地台基底固结于元古代中条运动，历经几次构造旋回形成一系列区域变质杂岩系。准地台的金矿床和矿点，绝大部分赋存于太古代变质岩系及与其有成因关系的岩浆岩区。太古代变质岩系主要分布于准地台的南、北缘，大致相当于秦岭北麓和阴山—燕山一带，近于东西向延展；而在准地台内部，主要分布于辽东

半岛—山东半岛，和河北—山西边界两侧，呈北北东向展布(图1)。

一、中朝准地台上五个金矿化集中区及区内太古界原岩恢复

毋瑞身等（1981）在中国划分23个金矿化集中区，其中五个分布在中朝准地台上太古界分布地区，这五个金矿化集中区的范围和命名后来经过修改，称为桦甸—抚顺区，燕山区，张家口—赤峰区，灵宝—嵩县区和招远—乳山区。现将这个五个金矿化集中区的太古界之原岩，简要介绍如下。

1.桦甸—抚顺区（图2）

该区跨越吉林和辽宁两省，主要在抚顺—密山断裂南段之南东侧。该区太古界可分为上下两个群。但在辽吉两省分别称为不同的群。下面的群在吉林称为白山镇群；在辽宁称为井家沟组，杜文龄称之为清原群。上面的群两省均称为鞍山群，但两省之鞍山群也有相当大的差异。

白山镇群包括四道砬子河组和杨家店组。通过恢复原岩，可以看出白山镇群包括两个火山沉积旋回。每个旋回下部为基性熔岩，中部为中酸性火山角砾岩及凝灰岩，上部为凝灰岩、火山碎屑岩和沉积岩。下旋回的基性熔岩主要为拉斑玄武岩，其中部之中性火山岩含SiO_2为56—66%；而上旋回的基性熔岩以偏碱性玄武岩为主，其中部之中酸性火山岩富Al_2O_3，含SiO_2为55—77.29%。整个白山镇群原岩以火山岩占主要地位，但常具火山碎屑特征；其钙碱指数从下而上为59.5—57，属于钙碱系列，但是由钙碱性向碱钙性方向演化，碱度增加；喷发特征是由熔岩流—火山角砾岩—火山凝灰岩。清原一带之清原群井家沟组，其原岩为泥砂质岩和杂砂岩。白山镇群变质岩大部分为角闪岩相，在桦甸杨家店附近有麻

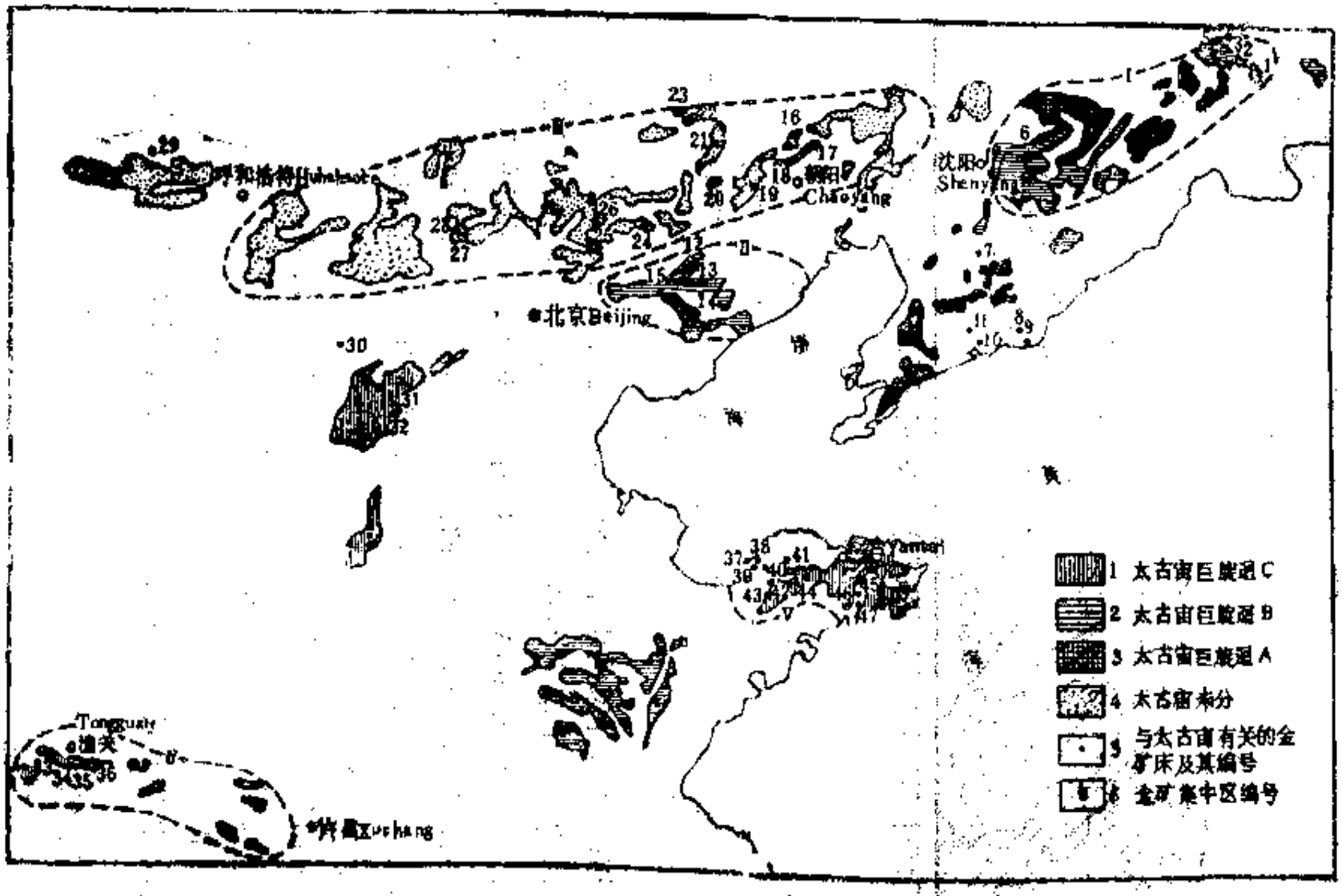


图1 中朝准地台太古宙及其相关金矿床分布图

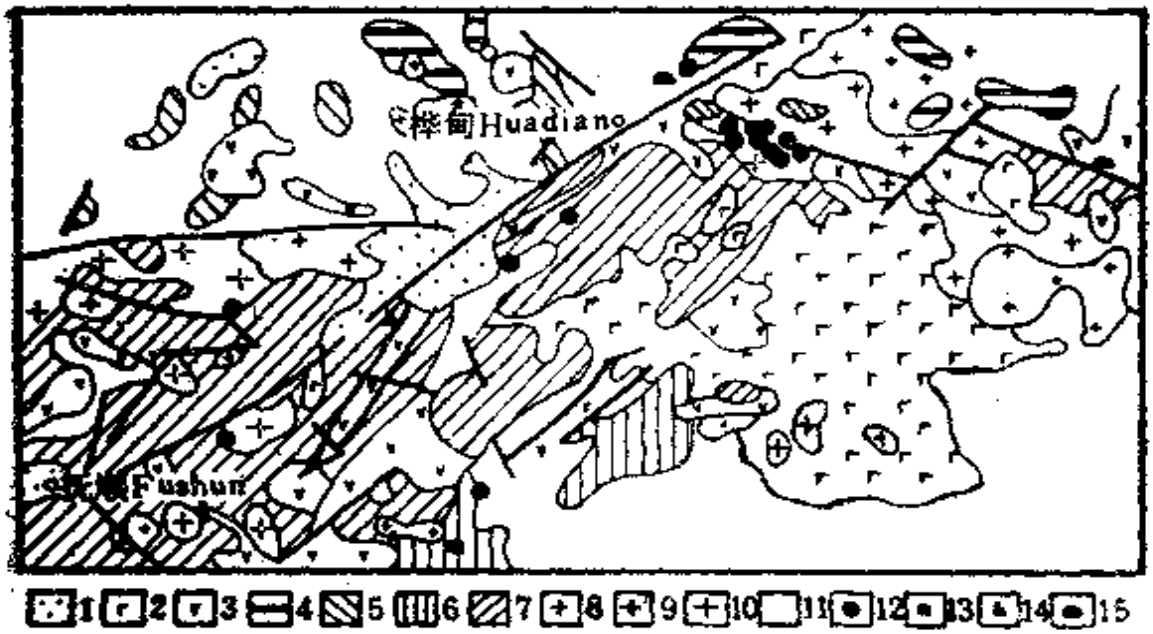


图2　桦甸—抚顺金矿集中区简图

1—第四系；2—第四纪玄武岩；3—中生代火山岩；4—石炭纪变质岩；5—呼兰群变质岩；6—元古代变质岩；7—太古代变质岩；8—燕山期花岗岩；9—海西期花岗岩；10—太古代花岗岩；11—其他地质体；12—变质热液型金矿床

粒岩相；清原井家沟组受到麻粒岩相之变质作用。井家沟组和白山镇群均与鞍山群为不整合关系。井家沟组的年代，据阎鹗等的研究，可能大于3000Ma。桦甸的白山镇群，其黑云角闪斜长片麻岩有2971±95Ma的全岩锶锶等时年龄（吴家弘1984①），吴家弘认为这是白山镇群的第一次变质作用时期。因此白山镇群应当老于2900Ma。

鞍山群在桦甸地区包括夹皮沟组和三道沟组，相当于两个火山沉积旋回。每个旋回由下而上依次为基性熔岩、中酸性火山岩、沉积岩。下旋回之基性熔岩以拉斑玄武岩为主，但有的碱质较高，相当于戴里的粗玄岩，个别属细碧岩类。下旋回内基性熔岩

①吴家弘，1984，绿岩带组夹皮沟地区同位素地质年代学工作小结（未刊稿）。

约占44%，中酸性火山岩约41%。其余为沉积岩和火山碎屑岩。上旋回中之基性熔岩全为拉斑玄武岩，其稀土元素配分模式属于康迪的—TH1型（图3），且与阿比梯比的拉斑玄武岩TH1a型接近，但又显示较轻微的LREE富集，因而与TH2又有相似处。此外上旋回中还见有岩石化学特征相似于科马提岩的岩石。在上旋回内基性熔岩约占25—30%，火山碎屑岩和凝灰岩约占40—50%，沉积岩（其中包括硅质铁矿层）约占20—30%，整个鞍山群原岩仍以安山岩为主，其钙碱指数下旋回为56，上旋回为

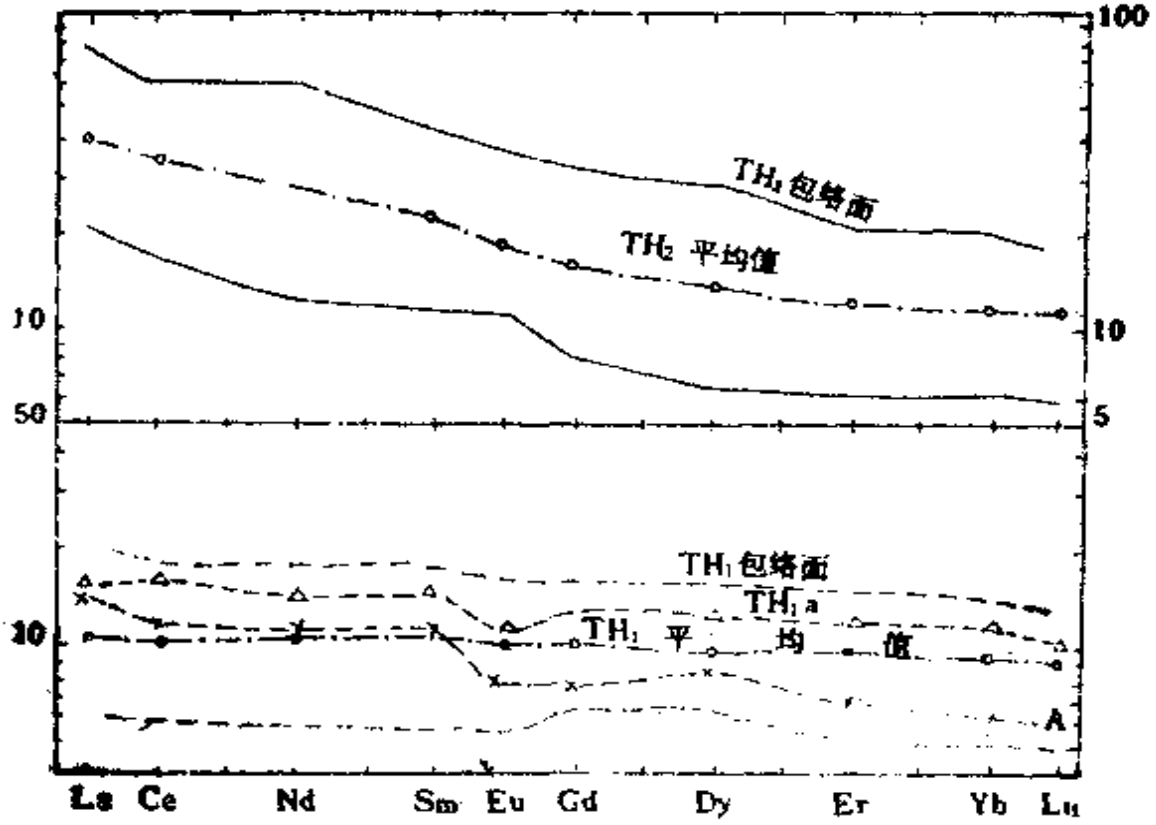


图3 太古代拉斑玄武岩TH1和TH2 REE球陨石平均化图式（据R.C.Condie）

A为吉林桦甸夹皮沟绿岩建造中拉斑玄武岩REE图式

59；里特曼指数两个旋回分别为 σ = 3.11，1.87；ρ = 3.07 2.64；p = 55.71，61.05。下旋回属于碱钙—钙碱系列过渡区，但仍属钙碱系，列上旋回属钙碱系列，因而由下而上碱度有轻微

降低趋势。林宝钦①等认为本区鞍山群应属绿岩带。

本区鞍山群受到角闪岩相变质作用。鞍山群有三组同位素年龄（吴家弘，1984）：一是三道沟组黑云母片岩中的碎屑锆石$^{207}Pb/^{206}Pb$法年龄2639Ma，可能代表三道沟组的下限；另一是黑云母钠质眼球状混合岩中锆石$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄2497Ma；还有一个是钾质条痕状混合岩中锆石$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄2565Ma。后二者代表三道沟组的上限。吴家弘认为白山镇群老于2900Ma，其上之夹皮沟组可能老于2650Ma，但其沉积下限也可能不大于2650Ma。根据与辽宁鞍山群对比，桦甸地区鞍山群下部地层有较大之缺失，不是一个夹皮沟组可以填补的。同位素年龄也有较大之差距。

鞍山群上旋回（三道沟组）为含有硅铁质建造的火山沉积岩系，而下旋回（夹皮沟组）则产有一系列重要的金矿，都是产在变质岩中的含金石英脉，但在白山镇群中未发现重要的金矿化线索。

在辽宁省抚顺清原地区，鞍山群包括石棚子组和通什村组，代表两个火山沉积旋回。下旋回下部原岩主要为拉斑玄武岩，向上逐渐与流纹岩相互交替出现，最后主要为流纹岩。在靠近下部的拉斑玄武岩中夹有岩石化学成分相当于科马提岩的岩石，在钠质花岗岩中并见其角砾状捕虏体，上旋回主要是海底喷发的钠质火山岩夹一些正常沉积岩和火山碎屑岩，该旋回也以拉斑玄武岩开始，向上渐变为安山岩—英安岩—流纹岩，旋回的上部发育有条带状铁质岩，并夹少量火山碎屑岩和沉积岩。这个旋回是由一些小旋回构成，基性火山熔岩上部薄层互层旋回，由不同酸度岩

① 林宝钦、沈华悌、阮忠义、李志珍，1981，吉林桦甸地区三道沟组夹皮沟绿岩带特征与金矿成矿作用。前寒武纪专业委员会与辽宁省地质学会联合举行的早前寒武变质火山—沉积岩讨论会论文，（未刊）。

层互层，具明显的韵律性。此火山岩系属钙碱性火山岩系列。这两个旋回分别相当于原生绿岩和次生绿岩。

下旋回受到了高级角闪岩相变质作用。上旋回只受到绿片岩相至低级角闪岩相变质作用。

捕获石棚子组的钠质花岗岩生成年龄为2800Ma（黑云母钾氩法），通什村组铀铅法年龄2770Ma，侵入绿岩建造和钠质花岗岩的斜长花岗岩铀铅法年龄为2700Ma。

石棚子组中的基性熔岩含金达0.2—0.5g/t，但其中没有发现值得重视的金矿化。

2．燕山区（图4）

该区由北京以东向东一直延伸到山海关。本区太古界包括两个群，下部为迁西群，上部为八道河群。恢复其原岩后可知两者都代表一个火山沉积区旋回。

迁西群之原岩，下部主要是拉斑玄武质基性火山岩，夹少量中基性火山岩，往上为粉砂质沉积岩、中酸性火山岩及火山碎屑岩夹硅铁质沉积岩。八道河群之原岩在下部主要是拉斑玄武岩—碱性玄武岩，局部含凝灰质岩石和少量高镁玄武岩；上部主要是粉砂岩和某些中酸性火山沉积岩和硅铁沉积。

迁西群变质岩主要属麻粒岩相，伴生有黑云母紫苏花岗岩，构成麻粒岩紫苏花岗岩组合。八道河群主要为高级角闪岩相，局部（特别是上部）只达到低角闪岩相。

迁西群和八道河群的同位素年龄数据很多。除了两个引起争议的大于3000Ma的数据外，大量的同位素年龄数据均在2500Ma左右。江博明等1984年报道了迁西群麻粒岩相和角闪岩相的变质基性岩的全岩Sm—Nd等时年龄3515±115Ma的数据，值得注意。

八道河群是本区主要的含金建造，本区90%的金矿床（点）均位于八道河群中，而迁西群则没有什么值得重视的金的矿化现

象。

3．张家口—赤峰区（图5）

该区在赤峰—开原深断裂和张家口—承德深断裂之间，其太古界称为建平群，包括三个组，由下而上为小塔子沟组、大营子组和瓦子峪组。后者仅分布于医巫闾山西北部，寒光等（1982）认为可与辽东元古界的下辽河群对比。我们同意这种看法。

小塔子沟组原岩主要是中基性凝灰岩夹中基性熔岩和硅铁质沉积岩，中上部还夹有岩石化学成分与科马提岩相当的岩石以及辉长岩、含铬镍的超基性岩的岩床、岩墙。熔岩少于凝灰岩，中基性相间具韵律性，沉积岩约占10%。熔岩主要为拉斑玄武岩，其次为安山岩或英安岩，而凝灰岩则以安山质和英安质为主。

大营子组原岩主要为中酸性火山沉积岩夹少量基性火山岩和白云质碳酸盐岩；由下向上沉积岩增多，占该组的61%；钙碱性熔岩与沉积岩互层，有一定韵律。

王汉霞、李世涛（1984）认为小塔子沟组为原生绿岩，而大营子组代表次生绿岩。两者之间为一不整合。由于大营子组被年龄为2475Ma（锆石U—Pb法）的钠质花岗岩侵入，故大营子组的年龄应大于2500Ma。上述不整合可能老于2800Ma。根据王汉霞等的资料，小塔子沟组厚度达17233m，大营子组厚度也达7131m。且两者间为不整合，这两个组也许应分属于两个不同的群。

小塔子沟组在迁西运动期间受到了麻粒岩相的变质作用，而阜平运动使小塔子沟组受到不均匀面型退化变质。大营子组则受到角闪岩相的区域动力热变质作用。

小塔子沟组中分布有红花沟、金厂沟梁等大型金矿和许多中小型金矿。

4．灵宝—嵩县区（图6）

本区西起潼关，东抵嵩县，包括著名的小秦岭诸金矿。本区

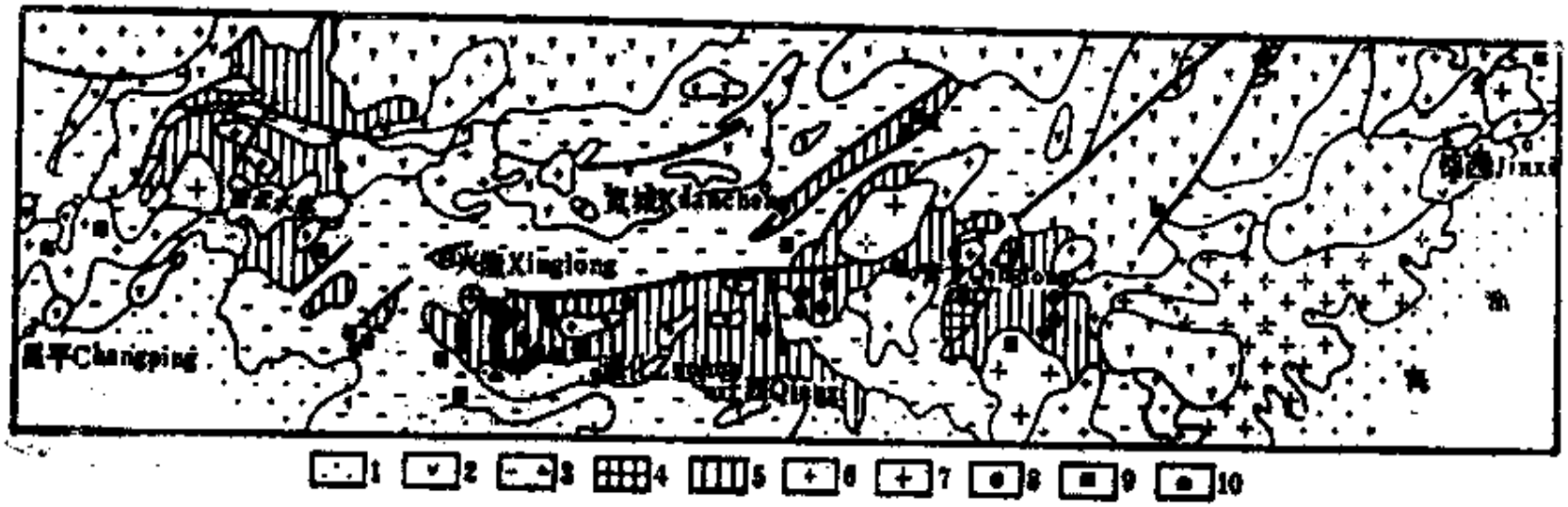


图4　燕山金矿集中区简图

1—第四纪沉积物；2—中生代火山岩及其碎屑岩；3—古生代、元古代碳酸盐岩及碎屑岩；4—元古代变质岩；5—太古代变质岩；6—燕山期花岗岩；7—前寒武纪花岗岩；8—变质热液型金矿；9—岩浆热液型金矿；10—砂金



图5　张家口—赤峰金矿集中区简图

1—中生代火山岩及其碎屑岩；2—元古代碳酸盐岩及碎屑岩；3—太古代变质岩；4—燕山期花岗岩；5—海西期花岗岩；6—前寒武纪花岗岩；7—变质热液型金矿床；8—岩浆热液型金矿床；9—火山热液型金矿床；10—砂金

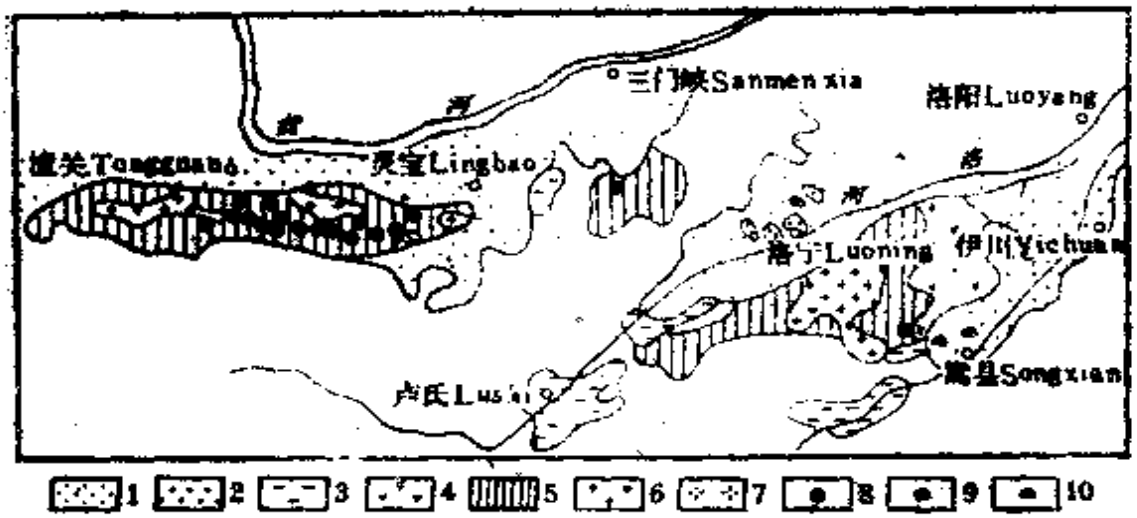


图6　灵宝—嵩县金矿集中区简图

1—第四纪沉积物；2—新第三纪砂砾岩；3—老第三纪砂砾岩；4—元古代火山岩；5—太古代变质岩；6—中生代花岗岩；7—太古代花岗岩；8—变质热液型金矿床；9—岩浆热液型金矿床；10—砂金

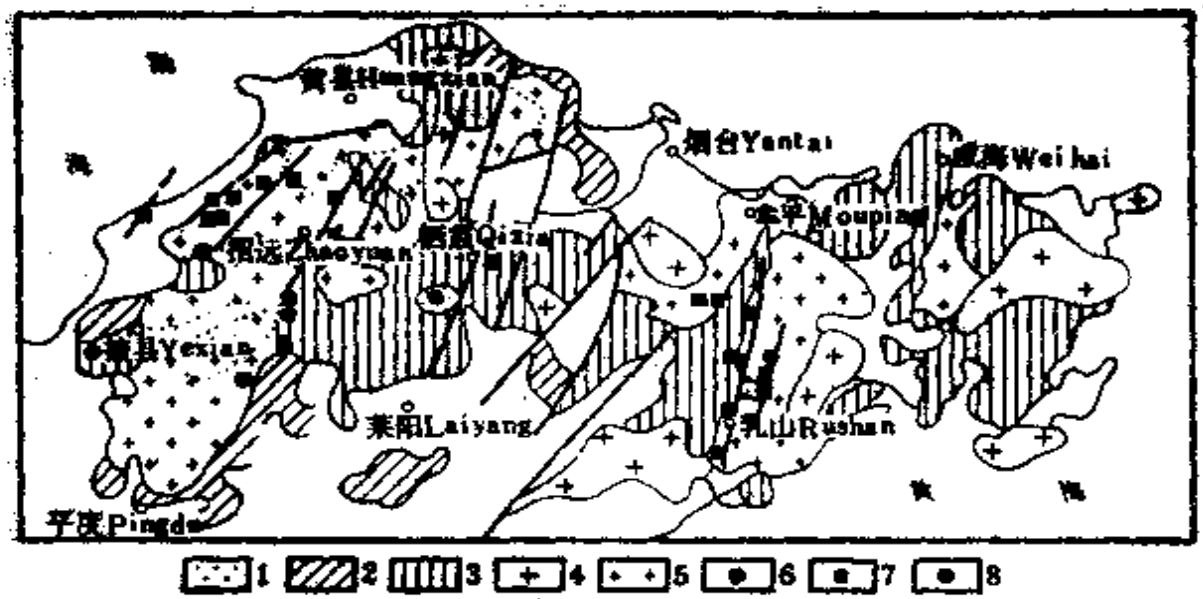


图7　招远—乳山金矿集中区简图

1—第三纪砾岩；2—元古代变质岩；3—太古代变质岩；4—中生代花岗岩；5—元古代花岗岩；6—变质热液型金矿床；7—岩浆热液型金矿床；8—沉积砾岩型金矿床

太古界称太华群，可分为上太华群和下太华群。

下太华群原岩为火山—沉积建造，以中基性火山熔岩为主，其次是中酸性火山碎屑岩，中部夹有少量陆源碎屑沉积岩。上太华群以沉积建造为主，具孔兹岩建造特征，含碱性玄武岩。其下部以基性火山岩、碎屑岩和杂砂岩为主，夹碳酸盐和硅质岩；中部为泥砂质粘土岩和碳酸盐岩，含硅铁质沉积；上部主要是砂岩、泥岩，局部有基性火山岩。

太华群变质岩主要为角闪岩相，局部为角闪麻粒岩相。其变质年龄老于2562Ma。

5．招远—乳山区（图7）

本区位于山东半岛，为中国最重要的产金区之一。金矿产于上太古胶东群，尤其是与其有关之交代重熔花岗岩中。

胶东群原岩是一套以中—基性火山岩为主的火山—沉积建造。其底部为拉斑玄武质火山岩夹镁铁质和超镁铁质岩薄层或透镜体（科马提岩?），中部为中基—中酸性钙碱质火山岩夹陆源碎屑沉积岩和大理岩，局部出现镁铁质透镜体，上部为陆源碎屑沉积岩夹基性—酸性火山碎屑沉积岩。值得注意的是在其顶部曾见到含硼较高的岩石。

胶东群的区域变质作用以角闪岩相为主，局部达高级角闪岩相和麻粒岩相。

余汉茂获得胶东群锆石U—Pb等时年龄为2670Ma的数据。

二、太古宙火山沉积巨旋回的划分

1984年程裕淇等全面总结了华北陆台的前寒武纪地质，划分出四个火山沉积巨旋回，由老而新称为巨旋回Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ；前两个属于太古宙。在研究了分布于中朝准地台太古宙中五个金矿化集中区及邻区的太古界后，我们认为以划分三个太古宙火

山沉积巨旋回为宜，由老而新我们称之为巨旋回A、B、C。巨旋回A老于2900—3000Ma。可以划归这个巨旋回的有桦甸—抚顺区的白山镇群和清原群（井家沟组），以及燕山区的迁西群。井家沟组可能只代表这个巨旋回末期的部分产物，它可能老于3000Ma。白山镇群老于2900Ma。迁西群有3500Ma的数据，程裕淇等认为迁西、迁安地区迁西群及有关岩石的年龄需要进一步作系统的分析性的研究。如果不是全部迁西群，至少部分地可能存在有老于3000Ma的产物。考虑到迁西群与八道河群变质程度的差异，所以我们将迁西群也划归为巨旋回A了。这样，巨旋回A主要分布于中朝准地台的北部。研究了现有资料后，我们认为从小塔子沟组、阜平群下部、集宁群的下部，有可能划分出属于巨旋回A的产物。属于此巨旋回的变质岩，包括各种麻粒岩、斜长片麻岩、各种变粒岩，含辉石或者角闪石的磁铁石英岩等，一般属于麻粒岩相或者高级角闪岩相。

巨旋回B大致在2900—3000Ma与2700—2800Ma之间。属于此巨旋回的有辽宁清原鞍山群的石棚子组和通什村组。前面已提到石棚子组老于2800Ma，不整合于井家沟组之上，通什村组年龄为2770Ma。燕山区的八道河群在迁西群之上，可能属于巨旋回B。张家口—赤峰区的小塔子沟组，王汉霞等认为可能老于2800Ma亦应属于此巨旋回。此外辽东半岛鞍山群的下部、内蒙的乌拉山群、山东的泰山群，都可能属于此巨旋回。这个巨旋回的岩石，常见者为斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩、各种变粒岩、含角闪磁铁石英岩等，局部见各种麻粒岩、片岩等，主要属角闪岩相，局部为麻粒岩相。

巨旋回C大致在2700—2800Ma和2500Ma之间。属于此巨旋回的有桦甸地区鞍山群的夹皮沟组和三道沟组、灵宝—嵩县区的太华群、招远—乳山区的胶东群、以及张家口—赤峰区的建平群大营子组。河南省的登封群应属此巨旋回。此外阜平群的上部，五

台群也可能包括部分属于此旋回的产物。这个巨旋回的岩石主要的有各种变粒岩、浅粒岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩、片麻岩等，局部有麻粒岩、大理岩、片岩等，一般属于角闪岩相，偶见麻粒岩相，

中朝准地台太古宙有过多期岩浆活动，主要的发生在2800Ma和2500Ma左右，也就是在巨旋回B和巨旋回C之末期。前者产生了由奥长花岗岩—英云闪长岩套构成的、龙岗背斜主体的钠质花岗岩、清原的钠质花岗岩、鞍山铁架山花岗岩等。后者产生了另一期钠质花岗岩，而且也有钾质花岗岩。这一期岩浆活动看来更加广泛，构成了太古代末期构造岩浆活动的一部分，引起了广泛的变质作用，使太古界许多地质体具有2500Ma左右的变质年龄。

三、金矿的空间分布与太古宙火山沉积巨旋回

巨旋回A分布地区，除了桦甸—抚顺区内清原附近不大的线金厂金矿外，还未见到值得重视的金的矿化现象。

在巨旋回B分布地区有许多重要金矿。已知张家口—赤峰区内有35处金矿，其中有23处变质热液金矿床产于建平群小塔子沟组，（包括红花沟、金厂沟梁等大型金矿），占矿床总数的65%。燕山区计49个金矿床，其中变质热液金矿床33个，约占总数之67%，产于八道河群，而据孙大中等同志资料，冀东119处金矿床和矿点，其中109处赋存于八道河群王厂组中，占总数的91%。但是根据对比划入巨旋回B的某些岩层，有的并无重要的金矿化。例如山东的泰山群，辽宁清原鞍山群的通什村组和石棚子组。

在巨旋回C分布区金矿最为发育。在桦甸—抚顺集中区内共31处金矿，其中产于巨旋回C中的变质热液金矿22处，占总数的70%，而且均产于桦甸地区的夹皮沟组。在灵宝—嵩县区20处金矿，其中产于太华群中的变质热液金矿有16处，占总数的80%。比较特殊的是招远—乳山区，该区有27处金矿，产于巨旋回C胶东群中的变质热液金矿只有2处，占7%，但其余金矿皆与由胶东群演化而成的花岗岩类有关。

上述情况表明，太古界中金矿与太古宙火山沉积巨旋回B、C有一定的空间依存关系。

四、原生含金建造

发育在上述五个金矿化集中区内的巨旋回B、C，有某些相似处。即各巨旋回之下部均为基性熔岩，多为拉斑玄武岩质，有的含碱质较高，向上逐渐变为中酸性火山岩，而且碎屑成分逐渐增加。有些地区巨旋回可区分为两个火山沉积旋回，都是由基性熔岩开始，向上渐变为中酸性火山岩，而且碎屑成分越来越多，向上渐夹沉积岩夹层。在上旋回中沉积岩成分比下旋回中多，而且常有条带状磁铁石英岩。金矿则主要赋存在下旋回中，含有金矿的拉斑质基性熔岩现在一般变质为角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、角闪黑云变粒岩等暗色铁镁硅酸盐岩石。

在上述五个金矿化集中区内，含金石英脉中总是有或多或少的金属硫化物，主要是黄铁矿，其次为铜、铅、锌及其他金属硫化物。许多硫化物是作为金的载体矿物出现的。因此可以通过硫同位素的研究来了解金和硫化物的来源。王义文等在系统地研究了全国主要金矿床硫同位素组成的特征后指出，许多地区的地层，对矿石硫化物的硫同位素组成有控制作用，证明矿石硫来源于周围地层。在测定某些太古代地层硫同位素组成的背景值后，

认为中朝准地台太古界以^{34}S接近于陨石值为特征，比矿石硫富集^{34}S（达0.5—4.5‰）。而矿石硫同位素组成与显生宙花岗岩侵入体之间不存在任何空间关系，而与地层和变质作用类型之间存在密切关系，表明矿石硫系矿源层中的硫借助于变质作用而富集起来的。这间接地证明金是来自太古代地层，即巨旋回B、C°

这种与太古代金矿有密切的空间关系，而且构成金的矿源层的变质的（不深于角闪岩相的）基性火山沉积岩系，我们称之为原生含金建造。现在主要为变质的角闪质的岩石，如斜长角闪片麻岩、黑云斜长片麻岩以及斜长角闪岩等。

这个原生含金建造与阿尔戈玛型含铁建造有密切的空间关系，它通常位于含铁建造的下面。例如桦甸夹皮沟金矿带，长约50km，宽1—3km，呈北西方向延展，其中分布有3处大型金矿、7处中型金矿、3处小型金矿以及一些矿点。在此带之东北，与之平行，即三道沟铁矿带，从层位上看，铁矿层在含金建造的上面。因此含铁建造的存在，有助于在野外确定原生含金建造。

一些学者[①]研究过不同岩石、不同造岩矿物以及陨石中金的丰度变化情况，可以看出暗色矿物（黑云母、角闪石等）中金的丰度高于浅色矿物中者（长石等），由基性火成岩向酸性火成岩金丰度值有降低趋势。但是有的学者[②]指出，不同岩石金的丰度值虽有差别，但一般属于同一数量级，因此其差别没有重大意义。从现有资料可以看出，在同一剖面中，暗色的铁镁质硅酸盐岩石比浅色长英质岩石金的丰度高，例如桦甸夹皮沟组（巨旋回C）角闪岩含金39ppb，而其上部之片麻岩含金25ppb，小秦岭金矿区之相当岩石含金10ppb和6ppb。但是同类岩石在不同地区金的丰度可以有极大差别。例如辽宁清原石棚子组（巨旋回B）角闪

①黎彤，1974，金的地球化学特征。未刊。

②黎彤，1976，金的地球化学特征。未刊。

质岩石含金200—500ppb；河北东部"迁西群上川组"（应为现在之八道河群王厂组，属巨旋回B）斜长角闪岩含金可达300ppb③；桦甸夹皮沟三道沟组（属巨旋回C）角闪岩39ppb，最高117ppb；而小秦岭太华群阎家峪组（属巨旋回C，主要为角闪质岩石）含金只有0.2—5.8ppb，平均0.71ppb，远低于金的克拉克值④；而招远—乳山区的胶东群蓬奈组（巨旋回C，主要为角闪质岩石），金之丰度值为20ppb，其中之角闪黑云变粒岩含金可达80ppb。不同地区金的丰度值这种巨大的差异，可能是因不同地区变质的火山沉积岩，经过不同期次，不同强度的区域变质作用、超变质作用、花岗岩化作用后，金发生了不同程度的活化、运移的结果，其现在的丰度值并不代表其原来的丰度。因此，不同地区的同类岩石金丰度值可以有很大的差别，虽然它们原来的金丰度值可能是近似的。而同一地区不同岩石金丰度值之差异，有可能在一定程度上反映了金在不同岩石中金的相对丰度。这就使我们有理由相信上述火山沉积旋回下部的基性熔岩正是原来含金较高的层位，因而可以成为原生含金建造。这个原生含金建造是可以在野外鉴别和圈定的，因而可以作为在中朝准地台上普查金矿的区域性标志。

五、中朝准地台太古界中的金矿床

1.变质热液金矿床

中朝准地台太古界中的金矿床，主要以含金石英脉形式产出，呈单脉或复脉，但很少见到网脉。金矿物为自然金和银金矿，它们通常与金属硫化物共生，其中黄铁矿是主要的载金矿

③据河北省地质局第五地质队资料。

④据河南省地质局第一地质队资料。

物，其他尚有闪锌矿、黄铜矿、方铅矿。在燕山区还常见辉钼矿。在中朝准地台以外其他金矿化集中区内经常出现的辉锑矿、辉铋矿、毒砂、辰砂、雄黄、雌黄等矿物，则很少见到。近矿围岩蚀变主要为硅化、黄铁矿化、绢云母化，而且因围岩多属含铁镁质较高的岩石，故常见绿泥石化。

这些金矿床均受同变质期的褶皱和断裂构造控制。例如小秦岭诸金矿，矿床排列方向完全与老鸭岔背斜轴向一致。但更多的是受各种不同级别的断裂控制。褶皱构造主要影响了原生含金建造的分布。而断裂构造则提供了主要的成矿空间。这里需要强调指出的是控矿断裂一般均属区域内的次级断裂，而那些深度和长度都很大的断裂如辉发河大断裂、赤峰—开原大断裂、张家口—承德大断裂、沂沭大断裂等，虽然对太古代岩层的分布有一定的影响，但很少见到它们直接矿化。然而在其发展过程中能派生出许多次级断裂系，从而控制矿床的总体展布和单个矿体的延伸方向。含金石英脉多产在压扭性断裂或者剪裂带内，有的无论在平面上或者垂直剖面上都呈雁行状排列。

值得注意的是，中朝准地台上太古界中含金石英脉均产在角闪岩相变质岩中，不同于其他国家的绿岩带金矿，产于绿片岩相中者为主。据杨连生、高德玉的研究，燕山区的金厂峪金矿部分地产于因动力变质而发生退变质形成绿片岩相中。这类金矿也不产于麻粒岩相的岩石中，只有辽宁清原的线金厂金矿是个例外。线金厂的麻粒岩，据阎鹗等人的研究，也发生过退变质作用。非常有趣的是，据孙大中讲，在燕山区见到沿着麻粒岩相与角闪岩相的接触带，见到许多采金硐，都位于角闪岩相岩石中，而不在麻粒岩相的岩石中。

关于这一类金矿的成因类型归属还有不同的意见。有人主张为岩浆热液金矿床，主要论据是成矿时代与古生代或者中生代花岗岩类相近。但是另一些人根据硫、氢同位素的研究，认为矿石与

围岩的硫、氢同位素特征相似，成矿热液来自围岩，与显生宙的花岗岩无关，应为变质热液矿床。还有一些人认为根据成矿时的物化条件与时代，主张称为沉积—变质—混合岩化—改造矿床。但是，现在对于成矿作用是多期的，有矿源层的和构造控矿的这种观点，得到了多数人的支持。

2.交代—重熔岩浆热液型金矿床

这类矿床主要见于山东招远—掖县一带，是中国最重要的含金类型。矿化作用有两种形式，一种为以充填作用为主形成的含金石英脉，另一种为以交代作用为主形成的含金破碎带蚀变岩，分别称为“玲珑式”和“焦家式”金矿。在同一矿区可见到两者在走向上和横向上相连，如三山岛矿区和玲珑矿区，但前者以焦家式为主，后者以玲珑式为主。玲珑式含金石英脉早在解放前即由冯景兰教授进行过研究，其后郭文魁、刘国昌[①]教授等多人先后作过研究。而焦家式矿床于1977年才正式提出[②]，这是一种较规则的板状、饼状、成分与组构都很不均匀的蚀变岩石，有的部位强烈绢云母化，有的部位强烈石英化，有的部位出现石英团块和石英细脉，石英团块有时可见定向拉长现象。黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等金属硫化物呈星散状、团块状或细脉状分布其中。组构也很复杂，可见到上述成分之角砾，也可见到原岩被交代的残体和新生矿物。值得注意的是含金矿物只赋存于石英和金属硫化物中，而新生矿物绢云母中从未见及。此种焦家式金矿，由矿体向两侧渐变为黄铁绢英岩带，（黄铁）绢英岩化（石英网脉）花岗岩带，具稀疏石英单脉的花岗岩带。由此可见焦家式矿化特点与玲珑式并无本质区别。应当指出的是在上述矿体和蚀变带中的某些新生矿物，例如石英和绢云母，部分是由热液本身

①刘国昌，段承敬，1951年，山东招远金矿。

②山东第六地质队，1977，山东焦家式破碎带蚀变岩型金矿地质特征（未刊）。

晶出，部分是由原岩（花岗质岩石）受热液的影响，使原生矿物长石分解而成，故而绢云岩广泛发育，成为这种矿床的一种典型特征。此外近矿围岩还广泛发育钾化。

招远—掖县一带的金矿，不管是焦家式还是玲珑式，无例外地都受断裂构造的控制。如三山岛断裂作为胶东群与玲珑花岗杂岩体的分界线，控制了三山岛金矿床；黄县—掖县断裂，部分地发育在花岗岩体内，部分地作为岩体与胶东群的界线，控制着新城、焦家等矿床，由其派生的望儿山断裂控制着河东、望儿山诸矿床；北截断裂发育于岩体之内，控制着北截、洼孙家诸矿；招远—平度断裂，大部分发育在岩体之内，其南段控制大尹各庄、曹家洼、夏甸诸矿，而北段及其派生之断裂，则控制着玲珑矿田诸金矿。

由此可见这类金矿与断裂、胶东群和玲珑花岗岩体有密切的空间关系。前已述及，胶东群属于太古宙火山沉积巨旋回C，其下部之基性火山岩为一原生含金建造。经变质后现在主要为斜长角闪岩、黑云片麻岩、黑云变粒岩、浅粒岩等，局部有二辉角闪麻粒岩、石榴堇青矽线麻粒岩、方柱透辉麻粒岩等。而玲珑花岗质杂岩体则为太古代胶东群经交代—重熔作用形成的。在花岗质杂岩体内部有大量胶东群变质岩的残留体，杂岩体与胶东群呈现侵入和过渡两种接触关系，而且岩体内有大量变斑晶出现，交代结构广泛发育；此外岩体总体方向呈北东向，与区域断裂方向一致，但与胶东群总的走向斜交等现象，表明玲珑岩体是胶东群交代—重熔作用的产物，并处于塑性—半塑性、原地半原地状态。岩体内的残留体的性质也说明了这一点。片麻状黑云母花岗岩中的残留体主要是黑云片麻岩和黑云变粒岩，角闪花岗岩中残留体多为斜长角闪岩和角闪变粒岩。这两种花岗岩显然是以交代作用为主形成的，而以重熔作用为主形成的花岗岩则为黑云母钾长花岗岩。因而三种花岗岩相互之间也有两种接触关系。裘有

守、李才春、余汉茂③将黑云母片麻状花岗岩称为玲珑型，将角闪花岗岩称为郭家岭型，而黑云母钾长花岗岩则称为滦家河型。它们形成了一个岩性有别、时代相近、空间共处的统一体。据沈阳地质矿产研究所山东金矿队的研究，招远—掖县地区各金矿矿石与胶东群蓬奈组之硫同位素组成之特点相同，而玲珑岩体和各种脉岩与胶东群蓬奈组的特点也相同，它们都表现以混合硫为主的特点，显示了岩层、岩浆岩和矿化的一致性。对于这种由原生含金建造经过花岗岩化作用而生成的交代—重熔岩浆热液金矿床可以称之为转生型金矿。这里强调的是要有一个巨大的原生含金建造，由它而不是由任何一种岩层形成的交代—重熔岩浆岩，才有可能生成如此丰富的岩浆热液金矿床，因此提出转生型金矿这一概念。这个研究队获得玲珑花岗岩的$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄为1903 Ma，这应该就是招远—掖县地区金矿的成矿年龄，当然，也不排除有晚期叠加的金成矿作用。

总结中朝准地台上五个太古代金矿化集中区的地质情况，可以看到每个金矿化集中区内都有一个原生含金建造。它是一个受到了角闪岩相变质作用的基—中性火山沉积建造。这个原生含金建造以其特征的岩石组合易于在野外识别和圈定。各金矿化集中区都受到不止一次的热地质事件的影响。这些地区的金矿床都受构造、尤其是次级压扭性断裂构造的控制。

由于中朝准地台的异常活动性，使得中朝准地台上太古代金矿形成历史十分复杂，一般都受到多期构造岩浆活动的影响。国内学者一致同意我国太古代金成矿作用的多期性，但是关于各区金矿的主成矿期则存在较多争论，然而对于当前金矿普查工作的布署，还未产生严重影响。

太古宙三个火山沉积巨旋回，其中巨旋回A对金矿化作用似

③裴荣富、李才春、余汉茂，1982，金矿地质论文集。地质出版社。

乎不利，但这究竟是由于原岩的地球化学性质，抑或是由于变质作用过深的影响，有待进一步工作。巨旋回B、C在某些地区有原生含金建造，有利于金矿的形成，但有些地区巨旋回B、C的岩层，如辽宁清原的鞍山群、山东的泰山群，金矿很不发育，其原因也有待研究。总之，中国太古代的金矿地质是个十分复杂的问题，与世界上其他地区的绿岩带金矿相比，有着自己的特点。

选自《中国地质科学院院报》第14号（1986）

我国东部中（新）生代火山热液型金矿的若干特点

李之彤

一、前　言

中新生代火山热液型金矿床所提供的黄金在世界黄金总产量中曾占有相当重要的地位。我国的中（新）生代火山热液型金矿（以下简称火山热液金矿）也很重要，像吉林五凤、内蒙奈林沟等火山热液金矿床早在解放前即已发现和开采，近年在黑龙江团结沟、吉林刺猬沟、安徽东溪等地又发现一些大、中、小型火山热液金矿床和矿点、矿化点。且有像团结沟这样的特大型金矿。这早已引起我国地质界的密切关注。

中新生代火山热液金矿在空间上主要分布在环太平洋带、地中海—喜马拉雅带和蒙古—鄂霍茨克带；在时间上，环太平洋内带多为新生代第三纪形成的，在其外带则多属中生代产物。

从我国东部的地质构造特征和近年在火山热液金矿方面所取得的成果来看，在我国东部中新生代火山岩、潜火山岩发育地区探寻火山热液金矿无疑具有很大远景。

为此，笔者主要根据我所在团结沟、五凤、奈林沟等火山热液金矿床取得的研究成果，并结合一些兄弟单位有关这类金矿的报道资料，试图对火山热液金矿床的地质构造背景、矿床地质特征，成矿机制等作一初步归纳与分析，它可能对我国东部火山热液金矿的地质找矿工作有所裨益。

本文讨论的是与火山热液活动有成因联系的，在空间上赋存

在火山喷出岩或潜火山岩体的金矿床，即通常所谓近地表金矿、新金银矿、浅成热液囊状矿床和某些斑岩金矿等。

限于掌握资料较少和水平低，文中不当之处，尚望能得到与会同志的指正。

二、火山热液金矿床的地质构造特征

有关我国东部中（新）生代火山热液金矿床(点)的分布情况如图1所示，而若干重要金矿床的地质概况列在表1中。下面着重对其地质构造方面的特征作进一步阐述。

1.成矿时代

由于火山热液金矿均赋存在火山岩和潜火山岩之中或其周围岩层内，是一定火山旋回的产物。因此其成矿时代受含矿火山岩层位和潜火山岩时代的制约。从我国已知的几个重要火山热液金矿床来看，其成矿时代主要是晚侏罗世。早白垩世及第三纪更新世。其中以晚侏罗世为最重要的成矿期，像团结沟、五凤、刺猬沟、奈林沟、太那水、义兴寨、东溪、八宝山等大大小小的成型矿床均产在上侏罗统火山岩或潜火山岩中，其它一些矿床（点）也多属同一层位。早白垩世的矿床有山东沂南堆金山和江苏江宁铜井娘娘山等；新生代更新世矿床只有台湾金瓜石一处。

苏联东北部同类金矿的时代亦归为晚侏罗世（147—150 Ma），早白垩世（100—138Ma）和第三纪（<60 Ma）。与我国的情况相一致。

应该指出，上述我国东部含金火山岩层位，若按K-Ar法同位素年龄资料，则普遍偏新，如团结沟矿区之上侏罗统宁远村组英安岩年龄仅119Ma，含矿潜火山岩体113Ma。江苏铜井娘娘山碱性火山杂岩年龄仅为106—94Ma，亦比其地层层位年轻。从柏林等在讨论我国东部中生代火山岩的时空分布时，亦指出过类似

的情况，按他的资料，晚侏罗世火山岩年龄多在120Ma左右。有趣的是，在山东，含金火山岩层位属下白垩统，但侵入其中的岩体年龄却偏老，据李坤英资料，侵入下白垩统青山组火山岩的岩体年龄为145—164Ma。实际上，前述火山岩年龄偏新，可能是测定方法本身造成的。根据最新的U-Pb法和Rb-Sr法资料（李坤英、罗远超），浙江的上侏罗统磨石山组Rb-Sr等时线年龄为140±14Ma，U-Pb法133Ma，而其K-Ar法年龄也只有124 Ma。延边的上侏罗统屯田营组Rb-Sr法等时线年龄为145±5Ma。可见我国东部晚侏罗世（135—150Ma）确实是重要的火山热液金矿成矿期。

还应提到，最近在吉黑东部发现有晚三叠世火山岩地层，并已在黑龙江东宁县的上三叠统罗圈站组火山岩中发现金矿化；此外在萝北的上白垩统火山岩，亦有金矿化线索，这两个时代火山岩中的金矿化现象亦应引起足够的重视。

2.成矿构造环境

从柏林等将我国东部中生代火山岩划分为四个火山岩带，即：内带（大兴安岭、阴山东段和燕山等地区）；中带（张广才岭；老爷岭及苏鲁皖境内的郯庐断裂带及其两侧地区）；外带（包括东南沿海的浙闽粤等地）以及那丹哈达岭带。目前已知的火山热液金矿床（点）在上述内、中、外三带均有分布，其中以中带为最多，也最重要。

众所周知，我国东部中生代火山岩发育于大大小小的中生代构造盆地中，这些盆地明显地受断裂控制，往往成为断陷盆地。按图1和表1所载，这些火山热液金矿床（点）显然毫无例外地分布于这些火山盆地中，而且还经常出现在各盆地的边缘部位。著名的团结沟金矿床产在乌拉嘎中新生代断陷盆地的东缘（图 2）；奈林沟金矿在铁匠营子火山盆地边部；东溪金矿在北淮阳断陷盆地南缘；铜井金矿在宁芜火山盆地等。正因为火山盆地多受断裂

原书缺页

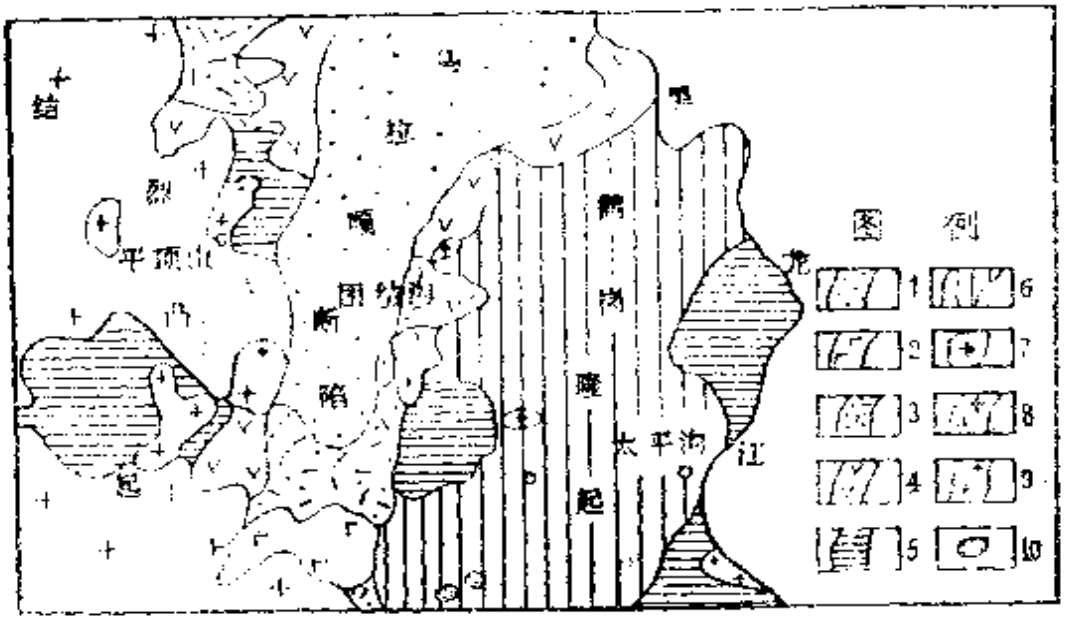


图2 团结沟一带区域地质略图

1—第三系上统孙吴组；2—第三系下统大罗密玄武岩；3—白垩系上统松木河组、下统渕淇河组；4—侏罗系上统宁远村组；5—元古界麻山群；6—元古界黑龙江群；7—燕山期花岗岩；8—华力西期花岗岩；9—元古代混合花岗岩；10—元古代超基性岩

控制，其中的金矿也多受断裂（或深断裂）的控制，一些金矿床正好产在断裂中及其旁侧。团结沟金矿出露在乌拉嘎深断裂的东侧；五风金矿处于断陷带和隆褶带的接壤部位，朝阳川—彩秀岭断裂在矿区西缘穿过；刺猬沟金矿有图们江南北向大断裂从矿区经过；东溪金矿南距磨子潭—晓天深断裂仅1.5km；其它金矿床（点）在构造上亦有类似的特点。通常，断裂或深断裂既控制整个盆地的沉陷，亦是火山岩浆和成矿热液的通道，因此才造成上述成矿的构造环境。

另一方面，与这些含金火山盆地毗邻的地质单元显然是隆起区，且往往是古老隆起区，多数由前寒武纪变质杂岩组成，少数为古生代褶皱基底。上述团结沟金矿东邻鹤岗隆起，其中元古界黑龙江群和麻山群变质岩系广泛发育；山西太那水和义兴寨两金

矿处在五台隆起内，是由太古界五台群变质杂岩组成的；安徽东溪金矿南邻大别山隆起，其古老岩层为太古界大别山变质岩系，北接震旦系佛子岭变质岩群。浙南闽北的一些火山热液金矿床（点）的周围为陈蔡群和建瓯群变质岩系，属前泥盆纪。吉林延边的火山热液金矿床（点）则产在上古生界（石炭—二叠系）褶皱基底之上，亦遭受了变质改造。同时上述这些古老变质岩系往往有较高的含金丰度，它们可能是金矿化的矿源层，这一点在下面还要谈到。

3.含矿火山岩共生组合及其岩石化学特征

由表1看，我国东部含金火山岩的共生组合主要是中性—中酸

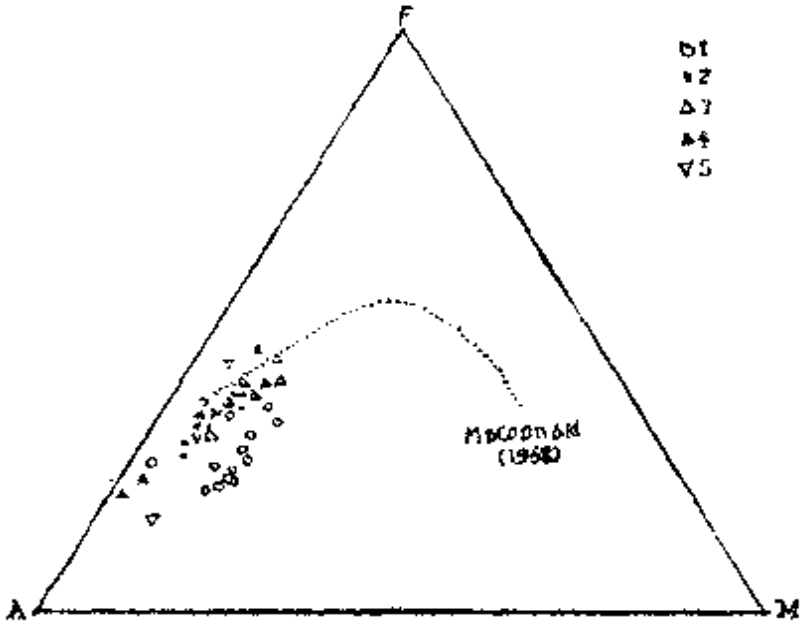


图3　几个金矿区火山岩－潜火山岩之AFM图解

1—团结沟；2—五凤；3—刺猬沟；4—东林沟；5—太那水

性岩石系列，即安山岩—英安岩—流纹岩及安山质—英安质或流纹质凝灰熔岩、凝灰角砾岩的组合，有少数为酸性或碱性火山岩系列。五凤、刺猬沟、东林沟、东溪等火山岩金矿均赋存于安山熔岩及其碎屑岩中。赋存在酸性火山碎屑岩中的是浙江八宝山金矿；江苏铜井金矿的含矿火山岩为碱性组合。产在潜火山相岩石中的

金矿，其含矿岩石则多为中酸性英安质岩石，在团结沟为英云斜长斑岩岩床，在太那水为英安斑岩岩颈，在金瓜石为英安岩岩株。就是在前述火山喷出岩中的金矿床（五凤等）中亦有潜火山相之安山质、英安质脉岩出露。

上述含矿火山岩和潜火山岩体的岩石化学性质均属钙碱性系列，其在AFM图解上（图3）各矿床火山岩投影点的分布较为集中，只碱质和铁质组分（A和F）稍有变化；其里特曼组合指数介于1—3之间，多数为1—1.8，均说明其为钙碱性岩型。在A·H·查瓦里茨基岩石化学图解上，其向量原点的分布多数位于埃特纳型变异曲线附近，属大陆内火山熔岩共生组合。就造岩元素氧化物含量来看，总的特点是富SiO_2，高碱（特别是钾）而贫铁镁。这种岩石化学特点与太平洋成矿带内近地表热液金矿之情况十分相近。

4.火山机构中金矿体的赋存部位

按已知的几十个火山热液金矿床（点）的资料，金矿体在火山机构中的赋存部位，可说是多种多样。从火山相来说，有的在

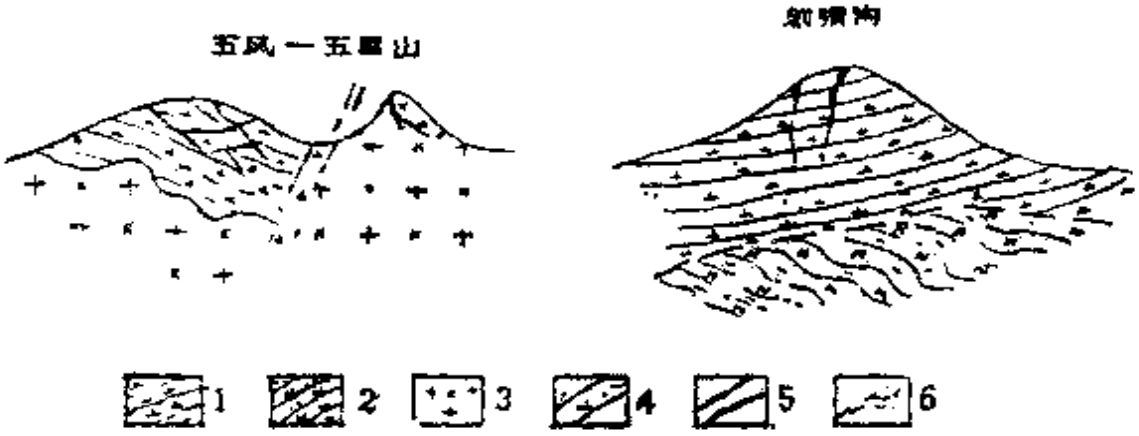


图4　五凤－五星山、刺猬沟金矿示意地质剖面图

（据吉林黄金地质大队，1977）

1—上侏罗统安山岩及安山质角砾熔岩；2—二叠系浅变质岩；3—燕山早期钾长花岗岩；4—破碎蚀变带；5—金矿脉；6—推断断层

喷出相熔岩之中，如奈林沟金矿；有的在喷出相火山碎屑岩中，如八宝山金矿；或者是既在火山熔岩又在火山碎屑岩之中，如五凤、刺猬沟(图4)、东溪金矿等（图6）在火山侵入相、即潜火山岩体中，金矿体的赋存部位又分为火山管道相或火山颈相，如太那水金矿和义兴寨金矿(图5)；有的在火山管道相旁侧的岩床中，如团

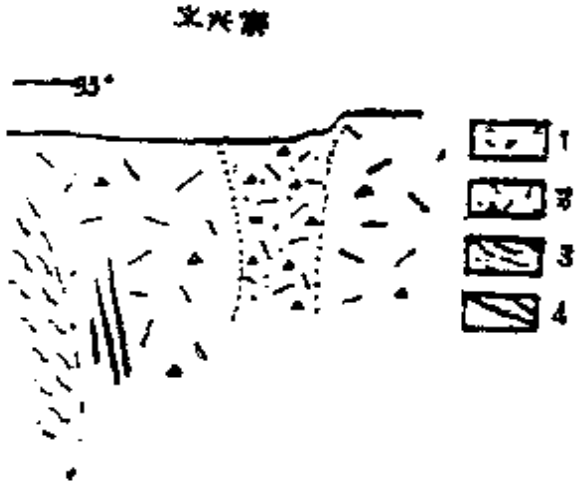


图5　义兴寨金矿7号脉横剖面图（据山西217地质队，1977）

1—流纹质角砾熔岩；2—流纹质含砾熔岩；3—黑云斜长片麻岩；4—金矿体

结沟金矿；还有的在具潜火山相性质的脉岩体中，如吉林汪清九三沟金矿。台湾金瓜石金矿的含矿潜火山英安岩岩株（图7），金矿体既在岩株内部，又在与围岩的接触带，进而产在周围的沉积岩中，主要是均处于同一含矿构造裂隙系统内。

这样，就决定了这类矿床产出于近地表环境中，因此常被称之为近地表金矿床。

三、火山热液金矿床地质特征

除了上述有关地质构造方面的特征外，这类火山热液金矿的矿床地质有哪些特点，或者反过来说具有哪些特点的金矿可以称之为火山热液型，总结已有矿床（点）的资料可以综述如下：

1.围岩蚀变类型

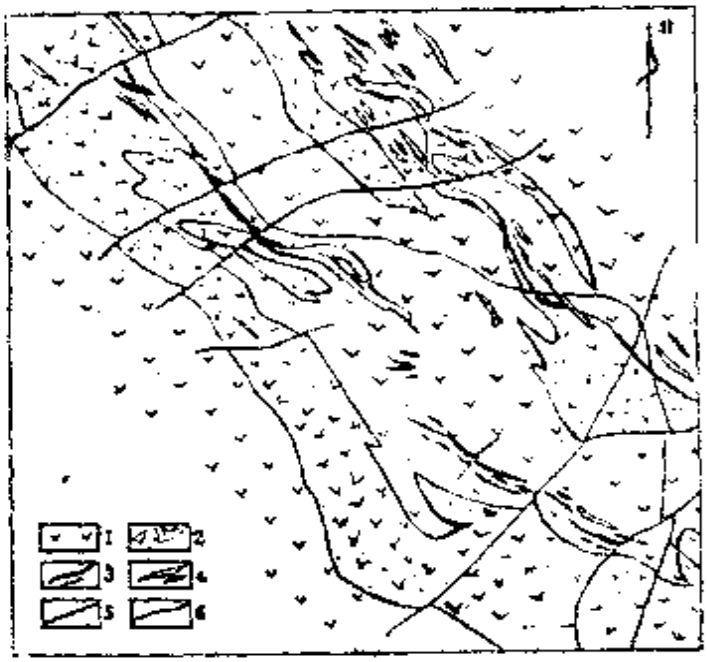


图6　东溪金矿地质略图（据安徽313地质队，1980）

1—安山岩；2—安山质火山碎屑岩；3—金矿体；4—石英脉；5—断层；6—地质界线

由前述可知，这类金矿床的含矿围岩多为中性—中酸性火山熔岩及其碎屑岩，或同类化学成分之潜火山岩体，因此其蚀变类型在各矿床（点）上的表现均十分相近，普遍地有青盘岩化、硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化、高岭土化以及冰长石化等。第三纪的金瓜石金矿还有明矾石化。其中比较突出的是青盘岩化、粘土化、玉髓状硅化及冰长石化。

青盘岩化是最普遍的，往往是强蚀变并作为特征的找矿标志。青盘岩化是上升的岩浆期后溶液在一定地区强烈作用的显示，属于低温条件下形成的绿泥石—绿帘石亚相。这类蚀变在我国东部火山热液金矿床（点）中均有显示，而且往往强度较大，即表现所谓面型特点。在团结沟矿区整个含矿斑岩体均遭受强烈青盘岩化改造，在地表以及露天开采场都很难找到新鲜岩石。在五凤和奈林沟矿区安山岩类的青盘岩化亦极广泛而强烈。

粘土化在火山热液金矿中亦较常见，包括高岭土化、蒙脱石

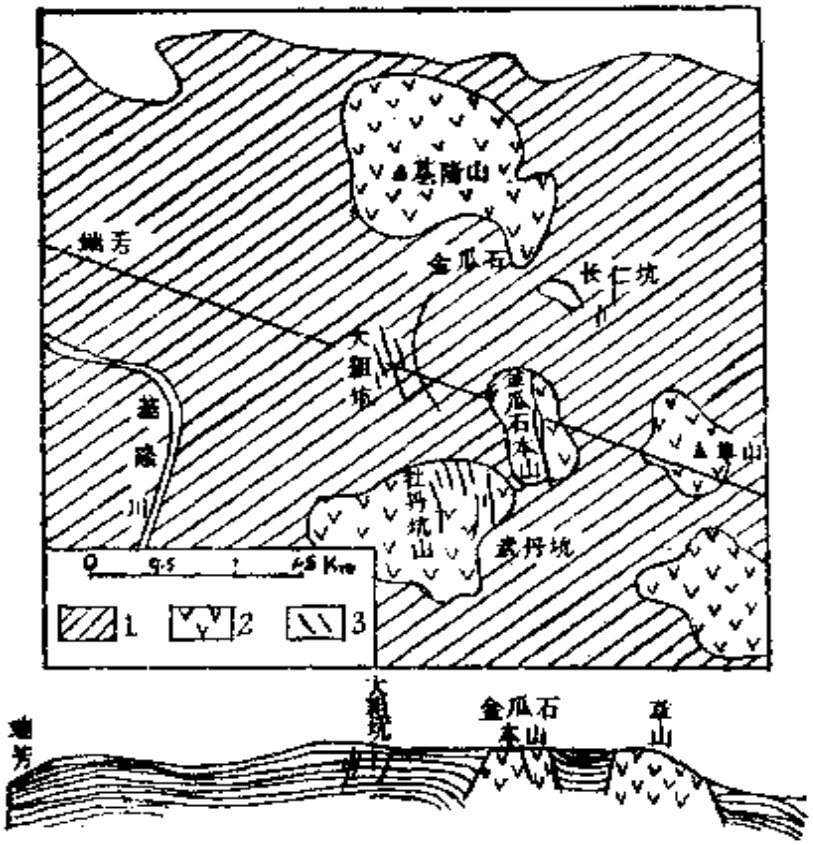


图7 金瓜石金矿地质简图
（据冯子道，1976）
1—中新世砂岩及页岩；
2—英安岩；3—金矿脉

化、迪开石化及水云母化等，它在矿床中常呈现浅色蚀变景象。

冰长石化在我国几个比较大的火山热液金矿床（如团结沟、五凤、刺猬沟、奈林沟）中均有发现。它往往与硅化产物同时出现，或含在金矿脉中。冰长石与金矿化有密切地成因联系，在苏联巴列依金矿床中，冰长石化出现在含金最富的矿体里。因而值得格外注意。其它一些金矿床（点）尚未见报导，可能是因为研究程度不够，尚未发现。

硅化、黄铁矿化和绢云母化在火山热液金矿中亦很常见，很发育，且与金矿化有密切关系，金常在硅化产物和黄铁矿化中赋存。特别应该提到火山热液金矿中，经常出现玉髓状石英、玉髓和蛋白石，这是有别于其它热液矿床的硅化蚀变的。

上述蚀变作用的发生并不是一次成功的，它随着成矿热液的多次活动而出现，因而这些蚀变现象往往具有叠加性质，从而表现出一定的分带性、对称性。在团结沟金矿，青盘岩化属面型蚀

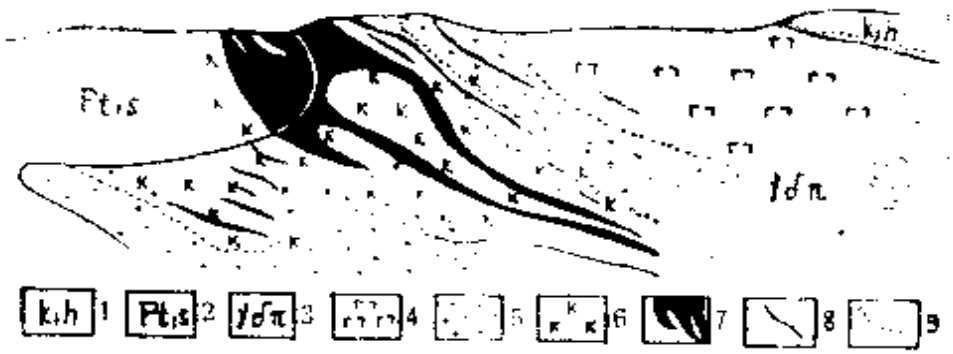


图8　五道沟金矿床围岩蚀变分带示意图（以100线为例）

（据冶金704队100线剖面图在201水平采场编制）

1—下白垩统海淇河组砂砾岩；　2—下元古界黑龙江群山咀子组云母石英片岩；3—英云斜长斑岩；4—青盘岩化带；5—高岭石化带；　6—钾长石化带；7—硅化带（矿体）；8—地质界线；9—蚀变界线

变，分布最广，粘土化在前者基础上出现，范围稍小；钾长石化是当含矿热液进一步变化钾质含量增高时形成的，钾的交代作用一方面是斑晶（黑云母和斜长石）的钾长石化，一方面是冰长石的析出；硅化（玉髓状石英）是最后产物，与金一起沉淀，因此硅化带一般就是矿体。这些蚀变分布区间是依次缩小的，因而表

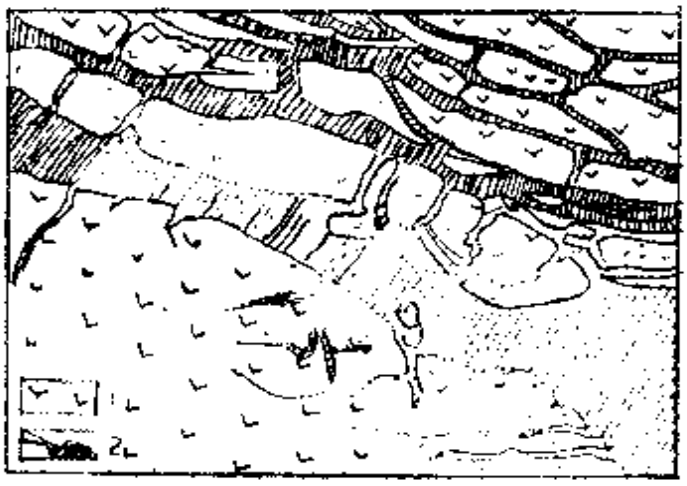


图9　五风金矿含金方解石石英网脉带

1—蚀变安山岩；2—含金方解石石英脉

现出一定的分带性（图8）。在五凤金矿，由矿体向外依次是：强硅化青盘岩带、绢云母化硅化青盘岩带、绿泥石化青盘岩带，而且上述三带在含金矿裂隙两侧对称分布。显然，这种蚀变景象也是含矿溶液多次活动叠加的结果。

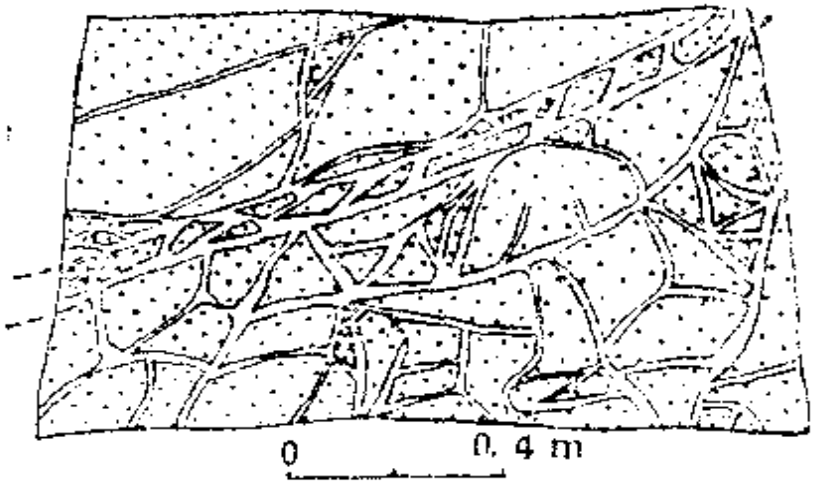


图10　团结沟英云斜长斑岩体中的节理裂隙

2.矿体形态和规模

由控矿构造裂隙的性质，决定了火山热液金矿矿体多呈脉状、网脉状、复脉状以至囊状。网脉和复脉状矿体通常赋存在张性一张扭性质的构造裂隙中，或者是含矿裂隙多次复活而造成的（图9、10、11）。矿囊在这类矿床中所见者，或者是由于处在断裂裂隙的交汇部位，或者是在不同岩性接触处，岩石因构造应力而破裂搓碎，于是形成膨大的容矿空间，遂成矿囊。五凤金矿床中所谓大开膛部位就是一大矿囊，它是该矿内NE向与NW向两组断裂带交叉地段，在构造上就成了弱化部位，多次的构造活动又扩大了其碎裂范围，于是由此而发育成矿囊；团结沟金矿床中的一号矿体也是一大矿囊，在该处是含矿的英云斜长斑岩体与黑龙江群结晶片岩的接触部位，片岩凸入斑岩体中，呈半捕虏状。这也是一种构造弱化带，它在构造应力作用下，斑岩和片岩一同破碎而角砾化。当含矿溶液上升至这一部位时，因速度骤减，压力减

小。又由于未破碎片岩层的阻隔而停积下来，从而形成矿囊（图8）。

这种囊状矿体在火山热液金矿中较为常见，故有人称其为浅成囊状热液矿床。显而易见，这种囊状金矿体具有巨大的经济意义，它往往占有一个矿床的二分之一以上的金矿储量，矿床规模亦较大，一般在中型以上。而且给矿的开采也带来了方便，有的甚至可以露天开发，如团结沟金矿。

3.矿物共生组合

这类矿床由于形成于近地表这样特定的地质构造环境，它的矿物共生组合中以低温矿物的大量出现为特点。如矿石矿物：低成色的自然金、银金矿、辉银矿、辉锑矿、深红银矿、金的碲化矿物（碲金矿等）、胶状黄铁矿、白铁矿以及雄黄、雌黄、辰砂等；脉石矿物有玉髓状石英、冰长石、方解石、铁白云石、玉髓、蛋白石、明矾石以及重晶石、沸石、萤石等。

此外常见一些像黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、石英等在较大的温度区间晶出的矿物。

自然金和银金矿一般在玉髓状石英、石英和金属硫化物中，呈镶嵌状、填隙状或脉状出现。

4.矿石结构构造

与矿物共生组合一样，这类矿床以发育低温低压条件下的结构构造为特点。如低温条件下稳定的胶体结构广泛发育，玉髓状石英组成微细层带，构成层壳结构。角砾状构造、梳状、栉状构造以及晶洞状构造、网状构造等普遍发育（图11）。

5.金的成色及矿石中的金银比值

我国目前已知火山热液金矿中的自然金绝大部分是属于低成色的（表2）。但它与苏联东北部的同类矿床相比，其成色略高一些，后者一般在532—700之间。另外有的矿床，如团结沟，自然金的成色变化较大，从642、828、883及930以上，在环太平洋岛

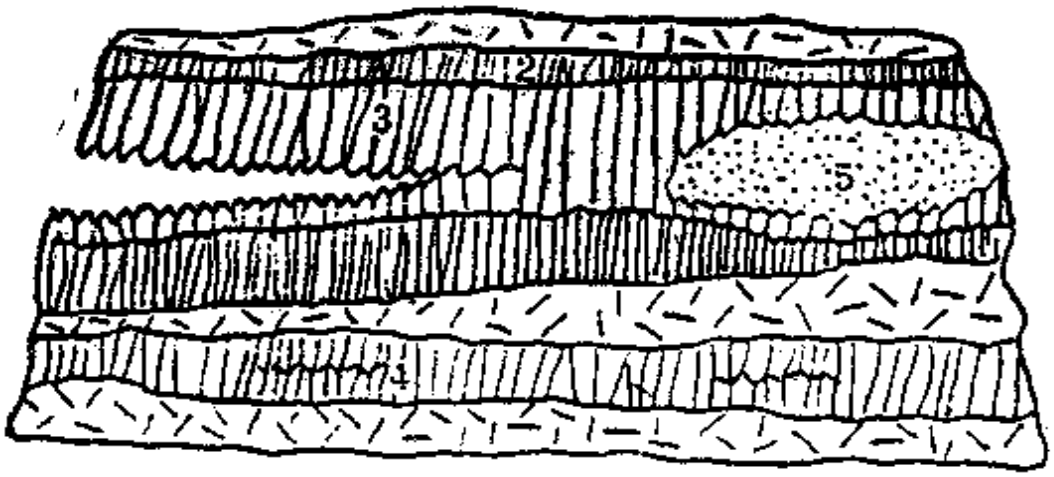


图11　奈林沟金矿床矿石素描

1—安山岩；2、3—第三阶段梳状石英脉；4—第四阶段含冰长石石英脉；5—窝子金

弧带内的第三纪金矿床中亦有见之，如日本的大江金矿床，自然金成色多数为900左右，少数为600，在万岁坑矿段则为800。出现高成色自然金可能受成矿作用中的某些复杂因素的影响，譬如有些矿床在成矿作用中尚经历过中温阶段等等。然而作为火山热液金矿床普遍存在低成色自然金这一特点还是应该肯定的。

表2　自然金成色

矿床	自然金成色			
团结沟	642	828	883	930
五凤	480	569	621	640
刺猬沟	680	780		
祁雨沟	早期	860	900	
	晚期	690	800	
八宝山	507	563	615	
金瓜石	—900			

金矿石的Au：Ag比值问题，一般认为火山热液金矿中含有较多的银，它常常是金的几十倍甚至近百倍。但从我国这类矿

床来看，却远小于这一数值，通常银只是金的几倍至十几倍，只是少数矿床中有一些分析数据较高（图12）。苏联东北部同类矿床中Au：Ag也只在1：20—1：30之间（范围是1：14—1：36）。



图12　五凤金矿床矿石之Au：Ag频数图

金矿石中的Au：Ag比值与自然金的成色有一定关系，同时也取决于矿石中银矿物含量的多寡。

6.成矿温度和压力

根据各种测温方法所得的数据来看，我国东部火山热液金矿主要是低温的；团结沟为170℃（有的资料是100℃）；五凤为180°C；刺猬沟为160—180°C；五星山为120—230°C（主要为160°C）；东溪为260°C……。同时也发现一些矿床尚经历过中温阶段，如团结沟、五凤、东溪等矿床，其成矿温度可达310—380°C，这在矿脉穿插关系和矿物共生组合上均可反映出来。但主要的成矿阶段，或者说金的富集是在低温阶段。

按矿物包裹体测温结果估算矿床形成时的压力，一般为230—250巴左右（据沈远超），从而推断矿床形成深度为0.5—1km；潜火山岩型金矿床最深也只有2km上下。团结沟地区上侏罗统火山岩厚度不超过2000m，延边地区上侏罗统屯田营组火山岩亦只厚1500m，因此可以设想，在团结沟、五凤、刺猬沟等金矿床形成时，其压力和深度都不大。

应当说对成矿温度和压力的研究还很不够。

四、火山热液金矿床形成的地质背景及成矿物质来源问题

1.我国东部中新生代火山活动的历史

我国东部在大地构造分区上属滨太平洋构造域，大部分处于它的外带——中生代构造带，或者说中新生代大陆边缘活动带。仅台湾省及其附近诸岛屿处于它的内带——新生代构造带。外带重叠于较老的不同时代的各大地构造单元之上。

滨太平洋构造域的形成，按板块观点，认为是太平洋与亚洲大陆之间沿西太平洋毕乌夫带强烈作用的结果。它开始于晚三叠世印支运动，以后又经历了燕山运动和喜马拉雅运动。在这三个构造运动时期均有火山岩系形成。其中晚三叠世火山岩因处于滨太平洋构造域发展的开始阶段，强度较小，分布范围尚仅局限于吉黑东部边缘，呈带状断续出露。在中侏罗世末期至早白垩世早期，是东亚滨太平洋燕山地槽的主要褶皱时期，也是中国东部大陆边缘活动主要的岩浆活动时期，从而形成了遍布整个东部的上侏罗统及下白垩统火山岩系，在晚白垩世也有少量中酸性及基性岩浆喷发活动。到了喜马拉雅期，在我国东部只有玄武岩浆喷发；仅在处于滨太平洋内带的台湾有轻微中酸性火山岩浆活动。

2.含矿火山岩与基底变质岩在化学成分上的联系

根据张德全和孙桂英的研究，我国东部中生代火山岩（亦包括侵入岩）的主要化学特征（如δ值、Na/K、FeO/MgO、Al′、τ值MnO）随基底变质岩的酸度和成分的变化而变化。他们认为，中生代岩浆岩成因模式不是单一的，但主要的是地壳重熔；并

认为在这一地区显生代地层之下是由这类基底变质杂岩组成的。而且使这些变质岩产生重熔的能源（动力）也是存在的。

鹤岗—嘉荫金矿化集中区之基底变质岩与中生代火山岩在化学成分亦有类似关系。

3.关于金的物质来源

我国东部火山热液金矿床中金的来源，可根据下列资料作一初步分析：

(1)对团结沟金矿区周围的古老变质岩和中生代火山岩的地球化学研究表明，无论是元古界黑龙江群变质岩系，还是中生代上侏罗统火山岩系，其金的丰度均较高，通常高出金在地壳中克拉克

表3　　团结沟、太平沟地区岩石微量分析结果

序号	地区	岩　性	样品数	平均含量 (g/t)	最高含量 (g/t)
1	团结沟	结晶片岩	10 3	0.004 0.33	0.24 0.33
2		英安岩类	6 6	0.007 0.048	0.04 0.07
3		英云斜长斑岩	25 11	0.019 0.073	0.04 0.134
4		玄武岩类	1 4	<0.01 0.06	0.09
5	太平沟	云母石英片岩	280	0.063	1.51
6		钠长片岩	149	0.061	0.97
7		绿泥片岩	86	0.042	0.64
8		石英岩	14	0.03	0.40
9		变粒岩	8	0.30	0.45
10		蛇纹岩	20	0.04	0.32

(据冶金704队和黑龙江省地质三队，1978)

表4　　中国东部火山热液金矿硫同位素组成（据王文义，1981）

序号	矿床（点）	样品数	δS^{34} 平均值X	δS^{34}变化范围	极　差	标准差	测定矿物
1	团结沟	45	−6.3	−34.2—+5.0	39.2	9.6	Py43Sb2
2	香炉碗子	5	+3.1	+2.5—+4.2	1.7	0.7	Py5
3	刺猬沟	1	−1.3				Py1
4	九三沟	15	+4.0	+2.4—+5.0	2.6	0.9	Py10、PO2
5	祁雨沟	1	−0.9				gn1、SP1、As1 Py1
6	铜　井	4	+3.3	+3.1—+3.6	0.5	0.2	Py2CP2

注：Py—黄铁矿；CP—黄铜矿；SP—闪锌矿；gn—方铅矿；PO—磁黄铁矿；As—毒砂；Sb—辉锑矿

值的5—10倍（表3）。其它一些地区古老变质岩亦有含金 较 高的层位，并与金矿化有成因联系。

(2)硫同位素资料：在做过硫同位素测定的几个金矿床中，除团结沟金矿床外，其硫同位素组成皆具有典型岩浆硫的特点，其变化范围为δs^{34} + 1 − 60‰，接近于陨石 硫的同位素组成。团结沟金矿的硫同位素组成变化范围较大，平均值为负值，且离散大。其重要原因是硅壳物质的混染，下述锶初始比可以作证；再者天水加入了成矿溶液，带进了轻硫。类似情况也见于苏联著名的巴列依金矿床中。

(3) 锶同位素初始比资料，最近有人测定了两个地 区 含金火山岩的锶同位素组成，延边地区上侏罗统屯田营组火山岩的锶同位素初始比为0.70503 ± 0.00009，（据罗远超,1980)浙江寿昌为0.7121 ± 0.0027，皂里为0.7089 ± 0.0021，寿昌皂里为0.7105 ± 0.0014，福建蒲城为0.7089 ± 0.0032（据李坤英，1980),如果将其投影在锶初始比与年龄值图解上，多数点落在玄武岩来源区与大陆壳来源区之间的过渡区内，表明这些中生代火山岩受到硅铝壳物质的强烈混染(图14)

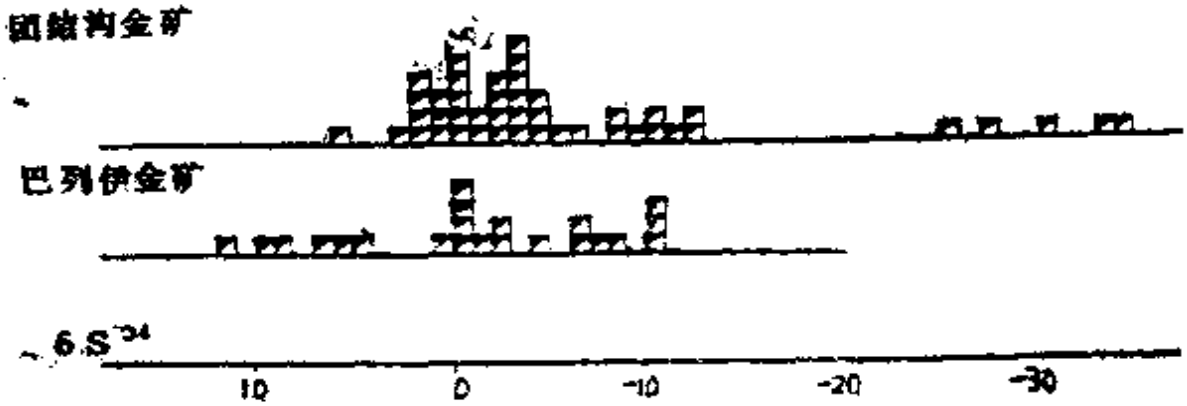


图13 团结沟金矿和巴列依金矿的硫同位素组成（据王义文1981）

综上所述，我国东部中生代火山岩在其组成中有大量硅铝壳物质的混染，基底变质岩作为金的矿源层在此过程中至少为火山热液金矿提供了部分来源，上述硫、锶同位素数据说明了这一点。

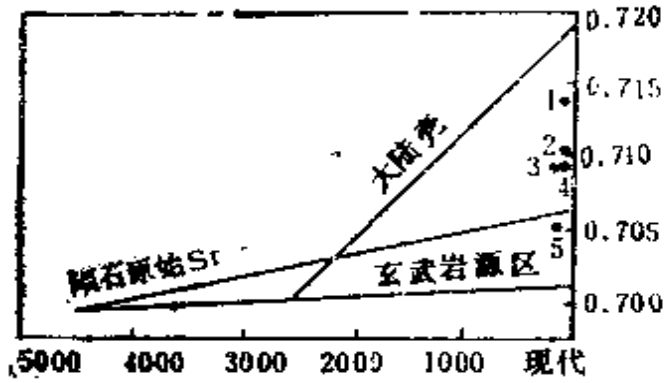


图14 上地幔及大陆壳锶的演化模式

1—浙江寿昌；2—浙江寿昌皂里；3—浙江皂里；4—福建蒲城；5—吉林延边

4.火山热液金矿在金成矿区中的分布

我国东部火山热液金矿在空间分布上均处在一定的金矿化集中区及金矿化潜在区内。金矿化集中区是指在一定的地质构造单元里存在多时代（期）多成因的金矿床组合，其根本原因可能在于区内存在着含金的矿源层。例如，团结沟金矿床产于嘉荫—鹤岗金矿化集中区。该区在元古界黑龙江群结晶片岩内，元古代混合花岗岩中和古生代花岗岩里均已发现原生金矿床或金矿化，另在震旦亚界东风山群含铁建造中亦伴生变质热液改造型金矿床。其中有的矿床含金品位很富（50—100g/t），且已开采（平顶山金矿）。团结沟金矿正是在这样的地质背景之下孕育而成的。在其后的白垩纪及新生代又形成含金砾岩层和遍布全区的砂金矿床。另据母瑞身等的资料，在东南沿海的浙南闽北地区，中生代火山热液金矿床（点）处于丽水—建瓯金矿化集中区，它们与建瓯群、陈蔡群中的变质热液金矿床及花岗岩中的岩浆热液金矿床相伴生。

5.火山热液金矿形成机制的设想

按前述有关资料，可以对我国东部中生代火山热液金矿的形成机制作初步设想，根据板块学说，在亚洲东部，中生代时有古

毕鸟夫带存在，大洋岩石圈的片断沿古毕鸟夫带下沉，它在深部熔融后上升，形成一整套钙碱性岩石这就是古岛弧的火山岩系。与此同时还有一上升熔岩流，它混染着大量壳层物质，形成大陆边缘的火山岩系。金在此过程中分别积聚在火山岩浆残液中，从而形成了金的矿化作用(图12)。

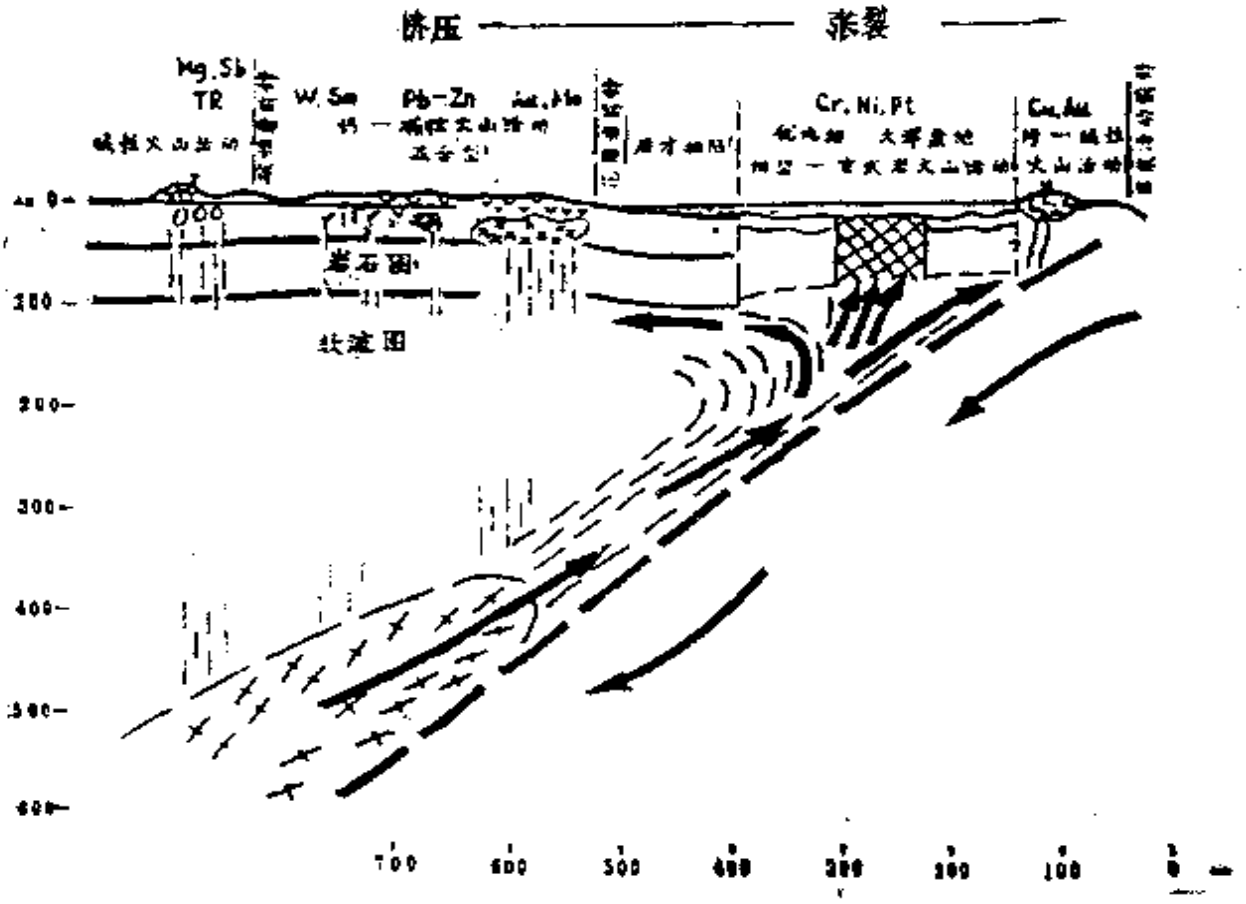


图15 与毕鸟夫带活动有关的构造岩浆分带和成矿分带
(据L.P.Zohenshajn等，1974)

五、火山热液金矿床的成矿条件和找矿方向

根据上述，可以对我国东部中（新）生代火山热液金矿的成矿条件作一简要总结，并进而探讨其找矿方向。

1.成矿条件 从地质背景上考虑，火山热液金矿的形成一般处于一定的金矿化集中区或潜在区，其中存在金的矿源层，有前中生代的金矿床或金矿化显示。

这类金矿在地质构造上产于中生代火山断陷盆地中，这种断陷盆地受断裂或深断裂控制。具有长期和多期活动的特点。

在火山机构的中心或其附近更有利矿床的形成。从前述可知，在火山管道或其岩枝中有大型矿床产出；即或产在喷出相中的金矿床亦位于近火山口地带，同时大量发育潜火山相之脉岩。

含金火山岩共生组合为中性—中酸性岩石，对赋存在喷出相之矿床以中性岩—安山岩类为常见，对含金的潜火山岩体则以英安岩或英云斜长斑岩居多。它们在化学成分上均属钙碱系列。

控矿构造往往为盆地边缘之断裂、破碎带或角砾岩带等。

具有典型的中低温火山热液蚀变，如青盘岩化、粘土化、硅化、黄铁矿化等等。

上述成矿条件从找矿角度来看，它们就是良好的标志。

2.找矿方向 在我国东部中生代火山岩系发育地区均应予以注意，特别是上侏罗统和下白垩统火山岩分布区。对上三叠统火山岩出露地带应亦注意找寻。

其中应特别加强工作的地段是：黑龙江省嘉荫—鹤岗地区，以期再找到团结沟型的矿床。在内蒙与黑龙江交界的大兴安岭北端更应加强普查，目前已经发现金矿点或矿化点。在吉林延边火山岩盆地应作过细地调查研究，寻找五凤—刺猬沟式的，甚至团结沟式的大中型矿床。辽宁与内蒙东部之中生代火山岩亦非常发育，同样应予注意。山西、山东及河南火山岩发育较差，规模较小，但这些地区之古老基底含金甚富，亦可望能有所突破，近年亦发现一些小型矿床和矿点。东南沿海之浙江、福建以及江苏、安徽应作为重点来进行工作，预计能较快地取得成果。

选自《金矿地质论文集》（1982）

吉林延边北部火山岩型金矿地质特征和成矿规律

刘文达　　方玉胜

（吉林省地矿局情报中心）　　（吉林省地矿局六调所）

延边北部火山岩型金矿经二十多年普查勘探工作，今已成为吉林省重要金矿基地之一。集多年地质普查勘探和科研的资料成果，汇成此文，供从事火山岩型金矿地质工作的同行们参考。不妥之处，敬请指正。

一．火山岩型金矿地质特征

（一）与成矿有关的火山岩特征

该区发育的一套晚侏罗世多旋回多阶段形成的英安岩—安山岩—玄武安山岩组合的大陆火山岩，属正常太平洋型钙碱性岩石系列。其主要岩石化学特征值：二氧化硅54—65%，镁铁总量5—13%，含镁系数20—40，全碱5—7.5%，钾比钠0.5—1(个别的>1)，里特曼指数1.5—3.3，皮科克指数58—60，久野指数8—24，氧化度一般0.36—0.65。主要造岩矿物有石英、长石（An30—50居多，低有序度），普通角闪石、次透辉石和单斜—紫苏辉石系列的辉石、铁镁橄榄石和贵橄榄石。岩石中的Au、Ag、Ni、Co、As、W等微量元素高出诺格拉多夫（1962）同类岩石的一倍至几十倍，Au随岩石中K_2O含量增高而增高，当SiO_2含量55—65%时岩石中微量Au呈现极大值。

金矿成矿和这套岩石中的氧化硅低、含镁系数高、钾比钠值大、氧化度较低。金及镍丰度值高的火山岩关系更密切。

（二）有利矿体（包括矿化带）赋存的构造类型

火山岩型金矿成矿除同一定类型的火山岩有关外，还受一定类型的火山构造控制。本区矿体赋存的主要构造类型如下：

1.赋存于火山管道中的矿体。按矿体赋存于火山管道中的部位不同：

（1）充填于火山颈内的次火山岩体与围岩（火山管道壁）的接触带上；

（2）由火山岩浆胶结的构造角砾岩内或其内外接触带上；

（3）单一或复合的次火山岩中的断裂裂隙内；

（4）火山浅成侵入岩体与围岩接触破碎带内。

2.矿体赋存于古火山口及其周围断裂裂隙中。包括：

（1）火山口和破火山口内部的锯齿状、菱形格子状、放射状和环（或弧）状断裂裂隙；

（2）火山口和破火山口周围各类岩石中的放射状、环形和弧形断裂裂隙；

（3）同火山口有关断裂与区域一定方向断裂的复合处及其交会处。

3.矿体赋存于有次火山岩充填的断裂裂隙带内。

（1）有次火山岩脉充填并沿基底背斜和向斜轴部分布的断裂裂隙；

（2）有次火山岩脉充填的区域上具一定方向的断裂破碎带；

（3）有次火山充填的岩层层间剥离带和层间断裂裂隙。

4.几种类型的火山构造和构造——火山构造相联合的或复合部位。

（三）围岩蚀变主要特征

本区不同类型火山构造单元中，围岩蚀变类型及其组合是不尽相同的。一般说来，在火山地垒构造中，近矿的围岩蚀变是硅化—绢云母化—黄铁矿化和绿泥石化—硅化—绢云母化、黄铁矿

化，远矿的围岩蚀变是钾长石化、黑云母化和阳起石化；在火山地堑构造中，近矿围岩蚀变是硅化—绢云母化—冰长石化—黄铁矿化和碳酸盐化—绢云母化—冰长石化—硅化—黄铁矿化，远矿围岩蚀变是青盘岩化。无论那类构造单元中的蚀变分带现象都不明显，但叠加现象显著。

矿化强度和矿体类型与围岩蚀变强度及蚀变带的形态有一定的关系。总的看来，蚀变的强度和规模与矿化的强度和规模是正相关的；沿断裂出现的线型蚀变带，多伴随有单脉状或复脉状金或铜金矿脉；沿火山管道、火山角砾筒和次火山岩体出现的面型蚀变带，常伴随有筒状、囊状、窝状和块状等细脉——浸染型铜金矿体；沿格子状断裂及几组断裂交会处出现的网状似面型蚀变带，常伴随有脉状和细脉—浸染状混合型铜金矿体。化学分析结果表明，蚀变岩石较未蚀变岩石含金量高数倍（表1），且愈近矿体的蚀变岩中，含金量愈高，显示成矿和围岩蚀变的同一性。

（四）矿体的主要特征

火山岩型金矿体的形态是比较复杂的，有单脉、复脉、网状脉等脉状矿体和浸染—细脉浸染状、扁豆状、囊状等形态复杂的矿体。产于火山地垒构造中的矿体多是不同形态的脉状矿体，产于火山地垒构造中多是形态复杂或混合形状的矿体。在火山口、破火山口和火山管道附近断裂裂隙中的多是单脉、复脉、网状脉等脉状矿体，而在火山管道、火山角砾筒、次火山岩体等内部或其接触带上多出现细脉浸染状和囊状、窝状、扁豆状等复杂形态的矿体，在有次火山脉充填的基底褶皱轴部大断裂带内易形成长度和深度大而宽度小的脉状矿体，在几组断裂交会处和断裂拐弯张开处则易形成厚大的矿柱或矿囊。很多矿体，尤其是脉状矿体，具分支复合、收缩膨胀、曲折弯拐、尖灭再现等现象。

矿体的产状、品位和规模等变化都较大。矿体厚0.1—几十米（一般1—几米），长几十—2000多米（一般几十—几百米），

表1　蚀变和未蚀变岩石中含金量对比表

矿区	岩石类型	金含量
小西南岔	闪长岩	0.020
	蚀变闪长岩	0.141
	闪长玢岩	0.060
	蚀变闪长玢岩	0.142
刺猬沟	安山质角砾熔岩	0.010
	蚀变安山质角砾熔岩	0.050
	强蚀变岩	0.180
	微蚀变安山岩	0.090
	蚀变安山岩	0.090
	强蚀变安山岩	0.190
五凤	安山岩	0.060
	蚀变安山岩	0.130
	强蚀变岩	0.220
杜荒岭	蚀变花岗闪长岩	0.588
	强蚀变岩	1.004

深几十—几百米。金品位1—几百克／吨，一般2—10g／t，银2—20g/t，铜0.3—0.6%。走向倾向拐弯明显，倾角陡，多在45°以上，侧伏角缓。

在火山地垒构造Ⅰ级正向构造单元内出现的矿体，多有次火山岩脉（体）伴生；而在火山地堑Ⅰ级负向构造单元中出现的矿体，则很少有次火山岩脉（体）相伴生。

（五）矿石的主要特征

1.矿石矿物组合

各种类型矿床普遍见到的矿物有银金矿、黄铜矿、方铅矿、

表2　单矿物分析结果表

构造单元		矿区	矿物	金含量 (g/t)	银含量 (g/t)
Ⅰ级	Ⅱ级				
火山地堑构造	复杂的破火山口	刺猬沟	黄铁矿	3.18	51.35
			石英	9.76	3.37
			方解石	0.425	1.43
		林子沟	黄铁矿	0.20	93.50
		五凤	黄铁矿	366.30	30.40
		五星山	黄铁矿	15.60	18.00
			方解石	0.38	0.40
			角闪石	0.50	0.70
	火山岩次带	白虎山	黄铁矿	1.20	14.00
			磁铁矿	0.14	0.20
			石英	0.03	0.20
	造山起构火隆带	杜荒岭	黄铜矿	10.80	106.67
			黄铁矿	54.07	73.33
		九三沟	黄铁矿	1.485	3.60
			毒砂	39.93	4.00
火山地垒构造	次火山岩带	小西南岔	毒砂	50.00	
			辉铂矿	30.00	
			磁黄铁矿	46.49	76.35
			黄铁矿	218.80	55.23
			黄铜矿	24.96	20.00
			胶黄铁矿	30.85	73.78

续表

构造单元		矿区	矿物	金含量 (g/t)	银含量 (g/t)
Ⅰ级	Ⅱ级				
火山地垒构造	次火山岩带	棉田	黄铁矿	30.00	8.00
			粗粒黄铁矿	4.47	
			细粒黄铁矿	66.80	
			黄铜矿	2.30	
			石英	1.18	1.40
			褐铁矿	17.00	1.40
		柳菜	黄铁矿	4.20	4.32
			黄铜矿	1.20	3.30
			石英	2.80	0.012
	火山穹隆构造	清金沟	黄铁矿	1.90	37.00
			角闪石	0.40	0.70
		趟子沟	黄铁矿	0.60	10.00
			黑云母	0.06	0.40

闪锌矿、黄铁矿、石英、方解石和绢云母。中—低温矿床中常见的矿物有金银矿、针碲金矿、碲金矿、铜金银矿、辉银矿、碲银矿、辰砂、冰长石和玉髓，中—高温矿床中常见的矿物有毒砂、磁黄铁矿、辉钼矿和自然金。在某些中—低温矿床或中—高温矿床中还见到斑铜矿、黝铜矿、胶黄铁矿、硫锑铅矿、辉铅铋矿、白铁矿、白钨矿、磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿、萤石、重晶石、明矾石、蛋白石、沸石、绿泥石、高岭石，阳起石，钾长石和黑云母。除个别矿床金属硫化物含量可达10—15%外，大多数矿床都不超过5%。

单矿物分析结果表明，黄铁矿、胶黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁

矿、毒砂等硫化矿物和石英、方解石等非金属矿物是含金的，硫化矿物含金量高于非金属矿物含金量（表2）。

除一些中高温矿床的矿物组合略显一定的分带现象外，绝大部分矿床的矿物组合都不具分带现象，但套生现象却普遍出现。

不同构造单元中的矿床矿物组合有一定的差别。如火山地堑Ⅰ级负向构造中的矿床，常见金银锑化物、冰长石、蛋白石、玉髓、辰砂等低温矿物组合，缺失高温矿物。火山地垒构造和火山地堑Ⅰ级正向构造中的矿床，常出现毒砂、磁黄铁矿、辉钼矿、白钨矿等高温矿物组合，缺失低温矿物。

2.矿石结构构造

矿石的结构构造与成矿阶段和成矿时的温压条件及围岩性质等有一定的关系，仅就成矿阶段来看，成矿早期常是自形、半自形、他形粒状结构和浸染、细脉浸染状构造等为主；成矿中期常是他形粒状、胶状、残余状、不等粒镶嵌、填隙等结构和块状、压碎状、条带状、细脉浸染状、梳状等构造；成矿晚期多出现微粒状、胶状、隔板状、镶嵌状等结构和块状、角砾状、晶洞状等构造。

从全区来看，产于火山地堑Ⅰ级负向构造中的矿床，普遍出现低温矿床常见的一些结构和构造；而产于火山地垒Ⅰ级正向构造中的矿床，普遍出现高温矿床常见的结构和构造。无论那类构造单元的矿床，其矿石结构都不显分带现象，但叠加现象很明显。

3.矿石化学成分和有用组分的赋存状态

矿石主要化学成分为金和铜，次要的银、钼和碲，其它成分列入表3中。不同构造单元的矿床，出现不同特征元素组合：火山地垒和火山地堑Ⅰ级正向构造中的矿床，常见有As、Mo、W；火山地堑Ⅰ级负向构造中的矿床，Te量高，Cu量低，As、Mo、W没有或含量很低。无论那类构造单元中的矿床，元素或

表3　矿石化学成分表

有用成分	微量成分	氧化物	其它
Au、Cu、Ag、Te、Mo、Pb、Zn	Bi、W、Sn、Hg、Ni、Co、Ga、Ge、In、Re	SiO_2、TiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、FeO、MnO、MgO、CaO、Na_2O、K_2O、P_2O、H_2O	S、As、Fe

表4　金成色对比表

区域	统计矿床数	矿床类型	金成色变化范围	金成色平均值
世界	31	中—深金矿	790—980	887
	34	近地表金矿	500—950	667
矿区	6	火山热液金矿	350—930	700

元素组合都没有明显的分带现象。

有用组分中的金呈自然金、银金矿、金银矿及其碲化物等，极少为不可见金。铜主要呈黄铜矿、次要为斑铜矿、黝铜矿、辉银铜矿等，少量以杂质形式赋于一些矿物中。银呈银金矿、辉银矿、银的碲化物、辉银铜矿、银黝铜矿和辉铅铋银矿等存在，少量以杂质形式赋于一些矿物中。

4.金的成色和金银比值

本区各类火山热液型矿床的金成色和金银比值，变化很大。成色在850—930之间，Au/Ag为0.01—2之间。

不同构造单元和不同成矿阶段的金成色和金银比值不同。火

山地垒Ⅰ级正向构造中的矿床比火山地堑Ⅰ级负向构造中的金矿床，金成色高，金银比值大。成矿早期阶段比成矿晚期阶段的金成色高，金银比值大，全区金的成色同世界近地表金矿的金成色相似（表4）。

金成色和金银比值，除同矿床在火山构造中的位置有关外，也同成矿时溶液的性质、温压等条件有关。当成矿时溶液的温压和pH值大时，金成色高，金银比值大，反之金成色低，金银比值小（表5）。因此用金成色和金银比值，可了解矿床形成时的物理化学环境。

表5　不同物理化学条件下金成色表

Ⅰ级构造单元	矿　区	金成色（平均值）	温度（°C）	酸碱度	氧化还原条件
复杂的破	刺猬沟	670	180	弱酸	弱氧化
火山口	五　凤	578	180	弱酸	弱氧化
构造火山隆起带	杜荒岭	734	225	弱碱	弱还原
次火山岩带	小西南岔	857	290	弱碱	弱还原

（六）成矿物理化学条件

1.初始温度和压力

含矿质和挥发分的气水溶液，从火山岩浆中分馏出来时，处于超临界状态，由于温度和压力的降低，而转变成含矿质的热水溶液。这个转变，受气水溶液含盐度的控制。它们的关系是：

t（临界温度）＝374＋920N（N溶液含盐度）

P（临界压力）＝219＋2620N

本区几个矿床中矿物包体溶液含盐度为5—8%。按上面经验

表6　成矿温度统计

方法 \ 矿区 均值(°C)		火山地堑构造			火山地垒构造				
		刺猬沟	五风—五星山	九三沟	小西南岔	东南岔	西大坡	清金沟	棉田
包体测温	均一	170	169	214	294	180		230	285
	爆裂	238	330		300	310	260	320	
硫同位素温度计		274	285	285	587		529		

公式算得刺猬沟和五风两矿床初始温度约400℃、初始压力约380巴，小西南岔矿床初始温度约500°C、初始压力约450巴。

2.成矿温度、压力和深度，综合本区矿床（点）围岩蚀变、矿物组合、高硫与硫矿物共存，矿石结构构造、固溶体分解结构、金成色和金银比、硫同位素地质温度计和矿物包体测温等结果，推算出成矿时的温度150—440°C（表6）、压力150—450巴、深度0.5—2.5km。一般的说，分布于火山地垒构造中比分布于火山地堑构造（主要是Ⅰ级负向构造）中的矿床，其成矿温度、深度等要大一些。

（七）矿石硫同位素及其分布特点

本区矿床（点）的$\delta S^{34}‰$值变化范围在－3.5—＋6之间，众值在－2.5—＋4.5之间（表7），离散度小，硫源集中，偏离度小，接近“铁陨石值”。故认为硫主要来自上地幔，但可能有少量壳层硫混入。硫同位素值在本区分布的特点是：

1.从硫同位素值的特征看出，以雪岭—里化大断裂为界，可分为东西两区：东区包括小西南岔、东南岔、白虎山、杜荒岭、九三沟等矿床（点），其$\delta S^{34}‰$值变化范围＋1.5—＋5.8，均值＋3.5，变异系数0.095—0.44，未出现负值；西区包括刺猬

沟、五凤—五星山、林子沟、清金沟、大沙金沟、棉田、柳菜等矿床（点），其δs^{34}‰值变化范围－3.4—＋2.9、均值＋2.2、变异系数－1.28—3.92，出现负值，离散度稍大于东区。

2.从构造类型和成矿条件看（表8），东区是相对构造隆起区，多数矿床（点）成矿时的深度、压力、温度、pH等值大而Eh值小，出现铜金共生的斑岩型和角砾筒型矿床（金低铜高，二者均可开采）；西区是相对构造沉降区，多数金矿床（点）成矿时的深度、压力、温度、pH值小，而Eh值大，常出现脉金型矿床（金高、铜低至不能回收）。火山地垒中和火山地堑中的δs^{34}‰值比较，东区全为正值，绝对值大，变化范围窄，多出现中高温火山热液型铜金矿床；西区为正负值，绝对值小，变化稍宽，多出现中低温火山热液型金矿床，较少有铜矿床。

上述区域分布表明，硫同位素比值，不但决定于硫源，而且成矿时的地质构造环境和物理化学条件对硫同位素分馏和均一化等都有一定的影响。

（八）成矿阶段

火山岩型金矿成矿，具多期多次的特点，这与火山活动多旋回多阶段有关。其中产于火山地堑构造中的矿床，成矿阶段更多更复杂（表9），能看出某些阶段形成的脉之间的穿插关系。

二、火山岩型金矿成矿规律

（一）矿床（点）的空间分布规律和特点

本区目前已发现的金、铜金矿床和矿点近40处，它们集中分布在汪青—金仓、延吉—珲春两条东西向深断裂带和百草沟—磨盘山、小西南岔—四道沟两条南北向大断裂圈定的火山地垒的边缘和外侧，形成一个宽1—10km的椭圆环形地带。在这一地带内的矿床（点）都有火山喷出岩和次火山岩分布，或只有次火山岩

表7　　硫同位素测定结果表

矿床（点） \ 结果	样数（个）	均值（δs^{34}‰）	众值（δs^{34}‰）	变化范围	标准差	变异系数	频率直方图
小西南岔	25	+4.1	+4.0—+5.5	+3.3—+4.8	0.39	0.095	
九三沟	27	+4.2	+4.0—+4.5	+2.4—+5.8	0.79	0.188	
东南岔	6	+3.7	>+4.0	+0.7—+5.8	0.61	0.44	
杜范岭	2	+2.7		+1.5—+3.8			
罐钢沟	5	−1.16	−1.3—+1.3	+3.4—+1.3	1.482	-1.284	
林子沟	9	−0.5	−2.7—−1.5	−2.7—+2.7	1.06	3.92	
五风—五星山	3	+2.3	+1.4—+2.7	+1.9—+2.9	0.53	0.23	
新田	4	+1.8		+1.6—+1.9	0.02	0.011	
梅田	2	+0.9		+0.4—+1.13			
白虎山	6	+2.9		+1.5—+4.4	1.04	0.358	
铜井	6	+3.6	+3—+4.0	+1.8—+4.7	0.888	0.245	
红旗岭	73	+2.0		+1.0—+3.0			
锦兴	300	+2.61		+0.00—+6.0			
							86420-2-4-6

群分布。因而说明金和铜金成矿，是严格受断裂构造—火山岩带控制的。

由于矿床（点）在火山机构中的位置、成矿时物化条件、成矿后构造干扰和剥蚀程度等差异，致使分布于火山地垒构造内和雪岭—里化大断裂以东的矿床（点）与火山地堑构造内和雪岭—里化大断裂以西的矿床（点）相比较，有以下不同的特点：东区金低铜高，铜金共生（都可单独开采），矿体形态复杂，以细脉浸染、复脉、网状脉为主，远矿围岩蚀变有黑云母化、钾长石化、阳起石化、近矿为绢云母化、黄铁矿化、硅化、矿石中特

表8　　成矿温度对比表

成矿温度	400　300　200　100　t°C
成矿阶段 / 矿床矿点	高温热液阶段 | 中温热液阶段 | 低温热液阶段
西大坡	
小西南岔	
杜荒岭	
荆猫沟	
清金沟	
棉田	
五凤	
位置	火山地垒构造 | 火山地堑构造

征元素和矿物组合是As—Mo—Bi和自然金、磁黄铁矿、毒砂、辉铋矿，金成色高，金银比值大，δs^{34}‰全为正值且绝对值较大；西区金高铜低，矿体形态简单，以脉状为主，远矿为青盘岩化，近矿为碳酸盐化、冰长石化、绢云母化、硅化，特征元素和矿物组合是Te、Hg和金银矿、金银碲化物，有时见辰砂，金成色和金银比值低且相差较大，δs^{34}‰为正负值，且绝对值小。

（二）成矿与火山活动的关系

从矿床（点）的位置看，火山地堑Ⅰ级负向构造中的矿体，

赋存于一、二、三旋回喷出中，一般未见次火山岩脉。而在火山地垒Ⅰ级正向构造中，普遍见到与矿脉空间一致和时间略早的基性次火山岩脉。上述情况说明成矿主要时期，是在火山喷发间歇期、末期和次火山岩成岩时期。

从含矿热水溶液的性质和岩浆中碱质演化趋势看，本区含矿热水溶液属“碱硅质水”，成矿过程中碱质起了很大的作用。本区火山岩浆，从早至晚又是向富碱（尤其钾）的方向演化。由此可推测主成矿期，应是火山活动三旋回末期。因而可以解释很多矿脉都与三旋回相关联的次火山岩脉伴生的原因。

（三）成矿与火山岩的关系

成矿与燕山早期一套中—基性火山岩有关。矿石中$^{32}S/^{34}S$接近“铁陨石值”，火山岩中的$^{87}Sr/^{86}Sr$初始比现代值（0.70503）也接近地幔岩的比值，表明矿石中的硫和锶有成因关系，均起自上地幔同一“母体”中。

由各类岩石中微量金统计表明，火山岩类比其它岩类高一个数量级（火山岩0.01—0.031ppm），（其它岩类0.002—0.006 ppm）是维诺格拉多夫（1962）基性岩均值的2.5—7.8倍。一、三旋回喷出岩和中—基性次火山岩，又比火山岩类均值高1—5倍。这一结果，为确定成矿母岩(或母岩浆)提供了重要的信息。

依据深成侵入岩类和火山岩类的特征元素的判别分析（表10），也说明成矿与燕山早期火山岩类有关。

据表10数据计算得：

判别函数式$y = -1.046 \times (Co + Ni) + 0.5323 \times Cu - 0.4221 \times Ag - 0.5358 \times Au$；

判别函数均值$\bar{y}_A = -1.5553$；

$\bar{y}_B = -1.9166$；

待判别函数值$\bar{y}_C = -2.4413$；

表9　　刺猬沟矿床成矿阶段和矿物生成顺序表

成矿期 / 矿物	热液期							表生期
	一阶段	二阶段	三阶段	四阶段	五阶段	六阶段	七阶段	
	冰长石石英脉	粗巨粒方解石脉	中—细粒方解石石英脉	细粒石英脉	乳白色粗晶方解石脉	玉髓微晶石英脉	中细粒方解石脉	
黄铁矿（Ⅰ）	———							
中粗晶石英（Ⅰ）	———							
冰长石	——							
粗—巨晶方解石（Ⅰ）		———						
石英（Ⅱ）			———					
中粒方解石（Ⅱ）			———					
明矾石				———				
黄铁矿（Ⅱ）			——	——				
辉银矿			——	——				
银金矿			～～	——				

续表

成矿期 / 矿物	热液期 一阶段 冰长石石英脉	二阶段 粗巨粒方解石脉	三阶段 中—细粒方解石石英脉	四阶段 细粒石英脉	五阶段 乳白色粗晶方解石脉	六阶段 玉髓微晶石英脉	七阶段 中细粒方解石脉	表生期
自然金			——					
黄铜矿			—	—				
黝铜矿				—				
闪锌矿				—				
方铅矿				—				
针碲金矿								
碲金矿								
粗晶方解石（Ⅱ）					▬			
微晶—玉髓石英						~~~		
中细粒方解石							▬	

续表

矿物 \ 成矿期	热液期							表生期
	一阶段	二阶段	三阶段	四阶段	五阶段	六阶段	七阶段	
	冰长石石英脉	粗巨粒方解石脉	中—细粒方解石石英脉	细粒石英脉	乳白色粗晶方解石脉	玉髓微晶石英脉	中细粒方解石脉	
黄铁矿（Ⅱ）								
褐铁矿								
孔雀石								

预测指标$y_0 = -1.7962$；

因为$\overline{y_A} > \overline{y_0} > y_B$、$\overline{y_C} < y_0$，所以C（含金脉体）归属B类母体（火山岩类）。

（四）成矿与构造的关系

1.基底深断裂带与铜金矿带和矿田的关系

活动时间长且期次多的深断裂带，是载有矿液的火山岩浆和含矿热水溶液活动的有利场所，因而沿深断裂带出现了三位一体的构造—火山—铜金矿带。

东西向深断裂带和南北向、北西向大断裂交叉部位，是火山活动的中心，也是火山热液活动的中心。因而出现若干圆形、扇形、弧形、环形展布的三位一体的断裂—火山—矿脉的矿田。

2.古火山口与铜金矿体的关系

火山口、破火山口、火山管道、火山角砾筒等是矿体赋存最有利的场所。围绕它们的放射状、环状或弧状、格子状的断裂裂隙和火山管道内外接触带，以及有次火山岩充填的一定方向的区域断裂带，是形成矿体的有利场所。

（五）矿床成因类型划分和成矿理想模式

1.成因类型划分

按照成矿物质来源、控矿的岩石和构造、成矿作用、围岩蚀变、矿体和矿石等特征判断，本区原生的金和铜金矿床是火山热液成因的，并初步划分两种类型七个样式列入表11中。

2.成矿理想模式

火山热液成矿作用，基本是围绕火山口进行的。因此，决定矿床或矿体的空间分布形式有两种：其一，以火山口或火山管道为中心，作向心形式展布；其二，沿着有次火山岩体（其中有些是喷出岩的根部，或充填于火山管道内岩体的分支）充填的一定方向的断裂带中展布。

表16　　原　始　数　据　表

岩类 / 特征元素 / 样号	A（深成侵入岩类）				B（火山岩类）				C（含金脉体）			
	平均含量（ppm）				平均含量（ppm）				平均含量（ppm）			
	Co+Ni	Cu	Ag	Au	Co+Ni	Cu	Ag	Au	Co+Ni	Cu	Ag	Au
1	36.37	73.33	1.00	0.0043	70.66	54.47	2.13	0.01	31.10	511.8	8.19	1.208
2	36.67	46.67	0.67	0.010	25.00	21.50	0.70	0.005	31.85	351.0	20.64	2.895
3	30.00	68.00	1.40	0.0066	98.15	73.63	1.00	0.005	65.00	125.0	10.45	0.197
4	30.00	16.67	1.00	0.005	81.34	77.69	1.12	0.019				
5					80.71	143.10	0.92	0.024				
6					67.49	73.57	0.86	0.013				
7					35.70	181.40	0.86	0.11				
8					30.00	35.00	1.06	0.028				

决定火山热液型金和铜金矿床（点）特点的，有下列主要因素：

（1）成矿作用特点　如显示中－高温特点的矿床（点），多出现在火山地垒Ⅰ级正向构造中，矿体赋存于火山管道及其周围断裂裂隙或次火山岩脉与围岩接触带内；显示中—低温特点的矿床（点），多出现在火山地堑Ⅰ级负向构造中，矿体赋存于火山口周围的断裂裂隙内。把上述两方面情况，结合成一个空间体，不难看出前者距火山喷口近而后者则远。

（2）剥蚀程度　火山地垒构造（尤其Ⅰ级正向的），是长期相对隆起区，剥蚀程度大，因此控矿的火山颈、火山管道及其周围的断裂裂隙和次火山岩体皆能裸露出来；而火山地堑构造（尤其Ⅰ级负向的），正好同上述情况相反，露出的只能是控矿的火山口及其周围的断裂裂隙或岩流岩被相中的断裂裂隙，把上面两种情况，结合成一个空间整体，同样可以看出不同构造单元的矿床有不同的特点（表12），表现为同成矿作用位置的深浅有关。

（3）多期次的火山活动　多旋回多阶段的火山活动，不但是成矿的有利因素，而且是造成成矿多阶段、围岩蚀变套生、矿石成分和结构构造多次叠加，成矿作用方式等特点的先决条件。只有连续多期次火山活动，才能多次启开断裂裂隙，使多次分馏的含矿热液得以多次地运移，充填贯入和聚集成矿。

虽然不同火山构造单元中的矿床有不同的特点，但总是受成矿溶液同一来源和成因，同一特性和作用过程所制约。基于此点，可把本区金和铜金成矿过程大致归纳如下：在火山喷发间歇期和期末，火山岩浆中分馏出的气水溶液，在成矿前期是一种温度400—500℃、压力380—450巴的含金和多种组分的碱性溶液，这种溶液一旦同导矿构造沟通，在压力差驱使下上升，进入运矿和容矿构造中，开始成矿。溶液中的金和其它金属元素，以络离子（$[AuS]^{1-}$、$[Au(HS)_2]^{1-}$、$[AgS]^{1-}$、$[Pb(HS)_4]^{2-}$…

表11　矿　床　成　因　分　类

矿床样式	金成色	标志矿物	矿体围岩	围岩蚀变	矿体类型	贮矿构造	控矿构造 Ⅱ级	控矿构造 Ⅰ级	成因类型	成矿方式	物质来源
猎狗沟金矿床	350～820	金和银的碲化物、辰砂、冰长石	主要为火山喷出岩	青盘岩化 碳酸盐化 硅化 绢云母化 冰长石化 黄铁矿化	单脉、复脉、网状脉、矿柱	放射状张和张扭、环形和弧形、菱形格子状等断裂裂隙	复杂的破火山口构造	火山地堑构造	中—低温火山热液	火山岩浆期后热液，以充填为主、充填交代为辅	
五凤—五星山金矿床											
清金沟金矿床	600～850	银金矿、镜铁矿、石墨	基底中花岗闪长岩、花岗质岩和变闪长岩	青盘岩化 碳酸盐化 硅化 绢云母化 黄铁矿化	囊状、脉状	火山颈及其周围断裂裂隙	火山构造穹窿	火山地垒构造			
棉田金矿床					单脉、复脉	有次火山岩脉充填的基底岩类中断裂破碎带	次火山岩带				
小西南沟铜金矿床	720～930	自然金、黄铁矿、磁辉钼矿、毒砂、白钨矿	基底变质岩、花岗闪长岩、次火山岩、喷出岩	钾长石化 黑云母化 阳起石化 绿泥石化 硅化 绢云母化 黄铁矿化	细脉浸染状	有次火山岩脉分布的基底背斜轴部断裂			中—高温火山热液		
西大坡金矿点					平行脉状	有次火山岩脉充填的基底向斜轴部断裂和层间裂隙					
杜荒岭铜金矿点					蚀变破碎带	火山角砾筒及其四周断裂裂隙	火山构造隆起带	火山地堑构造			

表12　不同构造单元矿床特征简表

I级火山构造	火山地堑构造	火山地垒构造
成矿温度	150—350°C	200—400°C
金成色	350—820	720—930
标志元素	Te、Hg	As、Bi、Mo、W
标志矿物	金银碲化物、冰长石、玉髓、蛋白石、辰砂	自然金、毒砂、磁黄铁矿、辉钼矿、辉铅铋矿
标志围岩蚀变组合	远矿青盘岩化、近矿碳酸盐化—绢云母化—硅化—冰长石化—黄铁矿化	远矿黑云母化、钾长石化、阳起石化、近矿绢云母化—硅化—黄铁矿化
控矿构造	远火山口的环状、放射状、格子状、锯齿状断裂裂隙	次火山岩带、火山管道、火山角砾岩筒和火山颈及其四周断裂裂隙
δS^{34}‰	−3.4— +2.9	+1.5—+5.8

…）形式，在碱性介质、强还原环境和二氧化硅凝胶的保护下，迁移和聚集。当环境改变，温压下降，伴随早期围岩蚀变，少量K、Na、Si、Fe等代入围岩和围岩组分进入溶液，使溶液性质改变，络合物开始解体，形成以低硫矿物为主的包括自然金的早期矿化。温压进一步下降，大量K、Na、Si、Fe等代入围岩，碱性溶液开始向酸性过渡，由S和HS组成络合物和SiO_2不稳定，形成主要成矿的中期阶段矿化，此时金难以类质同像形式混入金属硫化矿物和混入石英等非金属矿物的晶格之中，大部分呈游离状态扩散到上述一些矿物晶体裂隙中和晶体之间的间隙中，形成自然金、银金矿和金银矿等矿物，少部分与碲结成金的碲化

物。成矿过程的末期，金属元素已基本耗尽的溶液过渡到酸性和氧化环境，二氧化硅的溶解度增大，因而形成了以碳酸盐类矿物为主的末期阶段的矿石矿物组合。

参考文献略

选自《金银矿产选集》第五集（1986）

层控金矿床主要类型及其形成机理的探讨

张进容

（贵州省地质局科研所）

前　言

金产于许多不同的地质环境，因此，金矿常常在多种不同的岩石中发现。近年来由于广泛的沉积—改造矿床学的研究，纷纷表明许多具有较大规模的金矿床均与硅铝质沉积岩、泥质碳酸盐岩和变质岩密切相关，形成了时空分布最为广泛的矿床类型——层控金矿。

层控金矿床与传统的矿床不同，它是岩浆—热液矿床与沉积变质矿床（绿片岩阶段）之间的一类矿床，主要是以沉积改造矿床为主。层控金矿床与侵入岩无明显的联系，并由沉积岩或火山喷发沉积构成矿源层，提供其成矿的物质来源，其形成机理都经历有从原始沉积到后期不同阶段，不同地质作用的改造、富集、并具有成矿物质再迁移，再沉淀富集成矿的基本特点。本文将层控金矿主要归纳为四个亚类，并就矿床的地质特征及其成矿机理，与矿床形成规律，进行论述探讨。错误之处，还请多加指正。

层控金矿床主要类型地质特征及其成矿机理。

一、砾岩型金矿

砾岩型金矿是目前世界上储量和产量最大的金矿床，它占世

界金产量的60—70%，储量占50—65%。也称“兰德”型金矿床。

1.主要地质特征

时代均较老，亦产于前寒武纪地层中；矿床从属于一定的沉积层位，即金矿产区都在太古代地壳形成以后大陆上升的第一旋回中所形成的沉积体中，与赋存的砾岩产状一致。矿层层位稳定；矿层具多层性，每个含矿层都由不同的沉积岩和火山砾岩组成。

含矿砾岩层属于盆地边缘三角洲河床相及山麓冲积扇相。金、铀主要产于沉积盆地边缘，由边缘至中心逐渐减少。

矿物组分，主要是金、铀为主要组分。共生矿物组合主要为黄铁矿、自然金、沥青铀矿、碳铀钍矿、铱锇矿和少量钴镍铜锌铅的硫化物和砷化物，常见轻微热液蚀变，连续性和范围均不广泛。

2.矿床的形成机理

砾岩型金矿成因，50年代提出的后生热液和同生沉积变质说，曾争论很长时间。1968年克罗斯对雅柯宾娜矿也提出先沉积再变质的论点，在1976年层控手册中有篇题为“南非元古代沉积物中的层控金矿床”一文对这类的成矿作用机理作了系统介绍，据该文的分析，认为该类型中金的物质来源多来自下伏太古代老地层中的超镁铁质和铁镁质绿岩（年代>30亿年），经过长期风化剥蚀，在大陆条件下，于元古代时形成了五个沉积—火山盆地。因此南北地盾南部的金源丰富。该类型金矿，按其形成条件上的差别可分为两种类型：其一，产于河流冲积扇相与湖泊相的转变处。亦为维特瓦特斯兰德型；其二，是产于三角洲相到开阔海相的转变部位称为特兰斯瓦尔型，除了蚀源沉积地点之外，金的迁移和沉积方式，则提出了物理机械作用和生物作用并重的概念。综上所述，其成矿模式应为：太古、元古代物源

区含金物质，由于剥蚀等地质作用形成分散的金，其中部分粗粒碎屑金和重矿物以重力方式在河床中部分富集，细碎屑部分及溶解的金和藻类分解物质发生反应，即以机械化学或生物作用富集、沉淀下来形成矿源层或矿源层胚胎，再经过后期构造运动和热力作用，使成矿物质再活动，富集而成为矿床。

关于国内晚于寒武纪的含金砾岩，在寒武、二迭、白垩、第三纪均有实例。据近年来的资料报道，在河北栾县、蓟县一带，前震旦纪长城统底砾岩中，在四川摩天岭地区青川天煌一带前泥盆系变质凝灰砾岩层中均发现含金铀矿。至于中生代的侏罗、白垩纪含金砾岩在我国分布也较普遍，并多以山间盆地堆积为主，砾石分选性差，多为砂砾质胶结。因此，根据砾岩型金矿的地质特征和成矿机理认为，在我国南方的某省存在着有利的找矿前提，应加强其工作。

二、微粒型金矿，亦称卡林型金矿

微粒型金矿床，是60年代中发现的一种新的重要层控金矿床类型。在美国内华达州龙里县卡林金矿是该类型的典型矿例。目前该类型金矿产量占世界的5%，美国占22%。平均含金10g／t，经过三年的地质工作，矿石储量达1100万吨，110t黄金，1966年投产。以后在世界上一些国家如新西兰魏斯堡、加拿大、苏联等国家都找到了这一类型矿床或其线索。

1．“卡林”型金矿主要地质特征

矿化具有明显的层位控制。产于下志留纪罗伯茨山组灰岩中，与细粒碎屑岩共生。灰岩与粉砂岩受强烈蚀变。

区域构造，卡林金矿位于塔斯卡罗拉背斜顶部附近，罗伯茨山逆断层和许多使之错动的高角度断层，是卡林金矿床外围矿区林思构造窗的一部分。据Heris和Radeke（1976年）资料。卡

林金矿北约10km处有小型岩株及许多岩墙产出，时代为晚侏罗世—早白垩世。岩株成分为花岗闪长岩—石英闪长岩和闪长岩。岩墙为花岗闪长岩。喷出岩为流纹岩流和流纹英安岩流组成。流纹英安岩的年龄值为14Ma，属中新世产物，这个年龄值，正好同内华达中部最新一幕火山活动相吻合，这幕火山活动可能就是成矿系统的热源（Silberman和Mckee，1974）。

矿化主要在层内上部的泥质白云质粉砂岩中，矿化层与非金矿层除致密程度略有差异外，与顶底板围岩很难区分，主要靠化验圈定，但其主矿带的矿体与围岩的产状一致，成矿完全是受地层控制。

金主要呈微粒浸染状，呈显微或微型颗粒，一般为10—0.5um，很少达0.1mm，呈浸染状分散于硅化碳酸盐中，矿物共生组合除自然金以外，有石英、黄铁矿、雄黄、雌黄、辉锑矿、辰砂、以及Cu、Pb、Zn、Mo、Hg等硫化物。

2.矿床形成机理的探讨

（1）属侵入与火山喷发对矿源层的改造作用，金矿化广泛，有一定的层位。

（2）硫化矿物都是在区域变质作用过程中重新使矿源层中组分改造的结果。A.S.拉蒂克、R.O.莱伊、F.W·迪克逊（1980）自1976年至1980年对卡林金矿及外围林恩矿区进行地质和地球化学方面的研究，通过显微镜、x—射线、显微探针和电子扫描显微镜等手段，硫同位素和铅同位素资料反映，大多数元素均来自母岩（围岩），成矿时代为第三纪，矿石的氧化作用是通过正常低温低压水而发生的。矿石的矿物成份，有机碳约占百分重量0.25—0.30%，同于或略高于母岩，金常与汞、锑、砷伴生，在黄铁矿内呈表膜和裂隙充填式产出，少量金与有机碳伴生，极少数自然金呈微粒产于石英颗粒内部。据δS^{34}‰值判断

属于沉积来源，大多数元素来自围岩。

有明显的金、铜、铅、锌、银、砷、汞异常，有机质、粘土质、泥灰质也较高，可能是原始吸附金的标志。

矿化与围岩无明显的界限，上下都为无矿化的粉砂质岩，矿化向外便逐渐贫化消失。由此认为，该矿床系以沉积的矿源层或贫矿层作基础，通过火成侵入或喷发作用或其他地质作用提供了热源使原岩通过后期矿液改造再沉积而富集成矿。

综合上述，微粒型金矿成矿机理，由此认为：该矿床以沉积的矿源层作基础，通过火成侵入岩或喷发岩的作用提供了热源，使灰岩中的金为热液改造，在适宜的构造条件下再沉积富集成矿。另外有一些地区的微粒金物质来源来自围岩，是经过地下水作用在适宜的地质条件下富集成矿的。其δO^{18}‰证实如此。

微粒型金矿，是一种微粒金，或显微金，是一种新的重要的层控金矿床类型。在我国中南湖南衡东，及我国南方某省的金矿可能皆与卡林型相似。据有关资料报道，在碳酸盐岩中的微细浸染型金矿在我国南方某省等地均有发现。含金层位稳定，产于寒武系上统泥质白云岩、泥灰岩等碳酸盐岩层或下三迭统罗楼组、中三迭统新苑组砂岩、粘土岩中。矿区内小褶曲或断裂破碎带较发育，这有利于金的富集。含矿层与围岩产状一致，矿体围岩普遍硅化、辉锑矿化、黄铁矿化、褐铁矿化和不同程度的白云石化及方解石化。矿石的元素组合及矿物组合特征是：Au与As、Sb关系十分密切，Ba、Hg不稳定出现，但有时含量较高，矿物组合为金、辉锑矿、黄铁矿、毒砂序列。矿石中金的颗粒非常细微、金粒于粉砂岩颗粒间的水云母粘土胶结物中呈浸染状分布，粒径一般0.01μm，属超显微粒级的胶体金，主要容金矿物以水云母粘土为主，次为毒砂及黄铁矿。

另据《化学与工业》1979年第23期报道，在我国南方等省地的金矿，含金层位于三迭统下部，由长石石英砂岩、角砾状粘土

表 1　我国南方某省与湖南石峡和国外卡林型金矿地质特征对比表

类比项目	美国卡林金矿特征	湖南石峡汞金矿特征	我国南方某省等地金矿特征
矿床产出的地层岩性	下志留系罗伯茨山组暗灰色粉砂、砂质薄层白云质灰岩组成	湖南石峡汞金矿特征，上泥盆系余田桥组灰岩硅化为主要含矿层	上寒武统泥灰质白云岩、泥灰岩等碳酸盐岩层，及下三迭统罗楼组、中三迭统新苑组砂岩、粘土岩
主要控矿特征	1.矿化受层位控制（矿层与围岩靠化验圈定）为主。 2.构造控制（断裂）	褶曲按规模控制矿床，以区内三级构造（褶曲）为主要控矿构造。	小褶曲或断裂破碎带有利于金的富集、受层位控制。
矿体形态	不规则倾斜矿床，矿体与围岩产状一致	1.整合类型似层状、层间带状（为区内工业矿体） 2、裂隙控制的矿化	似层状、透镜状、矿体与围岩产状一致
金的赋存状态	呈浸染状分散于硅化碳酸盐岩层中，呈显微或微型颗粒，一般10—0.5、μm很少0.1mm	呈微细浸染，90%为次微胶体金，矿石中的胶体金以单体聚合和选择吸附形式存在、吸附金的物质有粘土和二氧化硅，碳和	呈微细浸染，可能是呈游离金或金的胶体质点吸附在水云母（粘土）表面，92%的金以游离状态存在于粉砂岩胶结物和粘土岩的水云母中。

续表

类比项目	美国卡林金矿特征	湖南石峡汞金矿特征	我国南方某省等地金矿特征
		有机物，褐铁矿	
矿石矿物组合	除自然金外，有石英、黄铁矿、雌黄、雄黄、辉锑矿、辰砂以及Cu、Pb、Zn、Mo、Hg等硫化物。	1.含辰砂、黄金的硅化致密块状矿石； 2.含辰砂、黄金、雌黄、雄黄的硅化角砾状矿石，有用矿物辰砂、雌黄，次为雄黄，辉锑矿，闪锌矿、黄铜矿等。	金、辉锑矿、黄铁矿、毒砂序列Au与As、Sb关系密切，Ba、Hg不稳定出现。
围岩蚀变	去碳酸盐化，泥化、硅化、钙化。	硅化（为主）、黄铁矿化、次为方解石化、白铁矿化。硅化基本控制了矿化分布。	硅化、辉锑矿化、黄铁矿化、褐铁矿化和不同程度的白云石化及方解石化、硅化控制矿体分布。

注：本表引自各有关文献综合编录。

岩、砂质粘土岩等组成，覆于下二迭统茅口组礁灰岩或硅化灰岩的侵蚀面上，缺失上二迭统及下三迭统，矿层顶界为断层接触。含金层的产状，形态及分布严格受古侵蚀面的控制。金矿是一种微细浸染型，其形成是经历了沉积作用及后期热液再改造富化作用。据物化探测试，其金矿化地段亦为锑、砷异常地区。这一地区的金矿其地质特征大体上与美国卡林及我国湖南石峡金矿相似，属微细浸染型(表1)。

三、绿岩型金矿

70年代以来美国发现了产于前寒武纪含铁石英岩中的霍姆斯塔克型金矿，规模巨大。苏联等也在绿岩带含铁石英岩建造中发现了这一类型金矿。该类金矿简称为绿岩型金矿。其绿岩化学成份以超铁镁或铁镁质为主，夹有燧石、碧玉，有时还有碳酸盐岩层的一套岩石，在成因上往往为海底火山喷发—侵入岩系，这种基性超基性火山喷发沉积岩系，经区域变质后，变质程度不同，但一般不超过绿片岩相，呈现以绿泥石、透闪石、角闪石为主的千枚岩、片岩或板岩，个别也可达到角闪岩相为黑云母片岩或斜长角闪片麻岩。该类型金矿，我国丹东四道沟金矿可能与其相似。

1.霍姆斯塔克及其类似矿床主要特点

矿床一般产于前寒武纪变质基性、超基性火山岩或变质基性火山沉积变质岩建造中，也产于含铁石英及其他富铁沉积岩和含铁沉积变质岩中。常在沉积岩或含铁沉积岩的富碳酸盐和硫化物的相带，矿床具有一定的层位。

矿物组合方面，硫化物及金主要呈浸染状散布于含铁沉积变质岩中，或细裂隙中。常见矿物有自然金、黄铁矿、磁黄铁矿等。矿化分布比较均匀而稳定。同位素研究表明$\delta O^{18}‰$比较稳定，与围岩一致，$\delta S^{34}‰$变化范围小，一般在+5.7—+9.4‰，

说明金与其它组分主要来自上地幔，属同生成因。矿床中 Au/As、As/S 的比值都较稳定，说明矿化与容矿层属同一地球化学背景。

2.矿床形成机理

据近年格罗斯、古德温的研究，霍姆斯塔克金矿的形成与海底基性火山喷发热液活动有关的矿床，为海底火山喷发化学沉积作用形成，是处于岩浆喷发和碎屑沉积之间的静止喷发阶段形成的雏型，然后再经变质改造，由变质热液迁移富集于褶皱脊部，属沉积—变质成因模式。霍姆斯塔克金矿成因模式，据索金斯等人(1974)资料、主要分三个阶段：

早期阶段，在基性海底火山喷发岩形成后由海水淋滤下渗在1500—500°C的温度变化区间，一方面可以溶解基性岩中的分散金成为可溶性金的氧化物，下面的高温溶液因上面温度较低，而向上对流。于是海底温泉携出的$AuCl_3$在海底形成含金的富铁容矿沉积岩，这种沉积岩层一般很薄，但分布很广，其中一部分所含的金、硫、砷、铁和氧化硅（燧石）可能被海底温泉带到局部凹地。因此，金、砷和硫在容矿层中的分布，视具体情况不同，而有一定变化，由比较均匀到很不均匀。

中期阶段，上覆的第二次火山喷发碎屑物沉积，形成较厚的含金富铁沉积岩系，这是在水下条件经反复火山喷发及火山喷发沉积作用形成的。表明在构造上处于一个稳定的环境，但这时一般没有金的活化转移作用。

后期阶段，随着后期强烈褶皱和变质作用，含矿层与围岩同时遭受构造变形，在褶皱脊部变厚，而翼部变薄，此时由于变质热液使含矿层中的金、砷、硫和氧化硅向褶皱的膨胀带迁移，形成鞍状、透镜状以至形成筒状矿体，若原始含金量较高时，即在褶皱翼部也能形成工业矿床。这也是它的沉积—变质成因模式。

四、与火山、次火山作用有关的金矿床

1.矿床主要特征

过去研究者较多注意的是金的产出形态，对于金的物质来源虽有不少讨论和研究，但尚未触及到它的根本来源——深部及上地幔。近年来国内外的许多资料表明，已知的大部分金矿就其物质来源说，主要是与火山岩、次火山岩有关。即物质来源于深部及上地幔的岩石与矿床，它们与金的关系都是特别明显的。但除火山岩、次火山岩金矿以外，从深部及上地幔来的物质，如斑岩铜矿、黄铁矿型铜矿、铜镍硫化物矿床等也应属于这一类型。从现有的国内外金矿工业类型中可以看出，人们的注意力主要集中于与中新生代火山岩有关的金矿，这当然是非常必要的，因为他们分布于沿太平洋火山带并有含银极富 的金矿。就 这些年 轻的火山、次火山岩而论，金矿在成因上与安山岩—英安岩有关。围岩蚀变主要为青盘岩化，金矿一般赋存于火山口、火山筒之中，矿物组合较其他类型复杂，有氧化物、硫化物、硫酸盐类、碲化物等，元素组合以富银为特点，A_g：Au＝50＋200：1矿体中金的分布极不均匀。

与火山、次火山作用有关的金矿，在其国内外均发 现 一 些大、中、小型矿床，如缅甸、菲律宾、朝鲜、日本、苏联及南美洲等地；在国内河南、黑龙江、辽宁、吉林、台湾等地，均有本类金矿。

2.成矿机理的探讨

控制成矿的主要因素是物质来源和地层控制，金和银等成矿组份的最初来源为海底火山。由于海底火山提供了成矿物质，从而构成了一套富含金、银和某些其他金属的“矿源层”。矿区内虽然岩层控制了矿体的产出部位和形态，但矿化最集中的地段则

常受次一级构造的制约。成矿作用过程是复杂的，自海底火山喷发作用带来成矿物质，复经海解进入沉积层后，从而形成了“矿源层”，但只有经过区域变质作用，并由这一作用产生的变质热液作用，使矿源层中的金属活化、聚集、转移，然后在有利物理化学和地质构造条件下重新沉积下来，方才最终形成了矿床。

结　　语

根据矿床时空分布的许多研究文献，本文归纳概述表明，层控金矿床不论从理论地质或经济地质角度评论，它已经是一种较大型的新型金矿床。在美国或世界金矿产量中已经占有重要的地位。就美国而言，如卡林金矿和科尔特兹金矿，更是成为增加金产量的主要矿床类型。就我国近年进行的金矿普查评价成果来看，层控金矿床无疑也具有十分可观的前景，潜力也十分广阔。如何进行理论研究与找矿实践相结合，进一步开创我国金矿地质的新局面，应是当务之急。科研必须面向经济建设。依据本文抛砖引玉的粗浅意见认为，必须重视含金层位分布，沉积改造的地质特征和伴生指示元素——砷、锑、汞、银的成矿地球化学行为等方面的综合研究。

找矿工作首先应化探工作先行，依据上述指示元素晕圈定层控金矿床的异常区。今后，对各亚类金矿床典型矿床成矿模式的研究，具有十分重要的扩大找矿的参考价值。总之，应用现代新方法、新技术和新手段进行层控金矿的深入研究，可能在找矿工作与成矿理论方面作出卓有成效的贡献。

本文在写作期间，承蒙廖士范、邓峰林、陈士杰三位高级工程师的指导修正，以及王正发同志的帮助，在此一并表示感谢！

选自《金银矿产选集》第三集（1985）

裂谷构造与中国金矿床

刘肇昌

（成都地质干部学院）

内容提要 本文以中国东部古裂谷环境中的岩金矿床为例，探讨金矿床形成与裂谷构造的关系。指出裂谷带是我国重要的金矿带，并以出现洋壳基底的和前寒武纪的裂谷环境最重要。阐述了我国裂谷带金矿床的主要类型，其形成都不同程度地与裂谷带特有的大量幔源基性岩浆活动有关，并且在成矿作用、矿床类型、矿石组合、同位素组成等方面随裂谷的演化而改变，裂谷封闭阶段是独立金矿床形成的主要时期。

裂谷是岩石圈伸展破裂形成的坳陷带，它是离散运动或具离散运动趋势的岩石圈板块构造，也是地球上可与造山带媲美的最宏伟的构造带。裂谷带在构造上的基本特征是浅部岩石圈伸展变薄和深部热地幔上涌，裂谷带的各种地质作用和成矿作用均与此特征有关。本文以中国（主要是东部地区）岩金矿床为例，探讨金矿床的形成与裂谷构造的关系。

一、中国的古裂谷环境

近年来我国在裂谷构造研究方面取得了很大的进展。已鉴别出的古裂谷环境，分布在从太古代到新生代的各个地质时期（图1）。

太古代绿岩—裂谷带，以华北地区的鞍山群、迁西群、集宁群、桑乾群、阜平群、太华群、胶东群、泰山群等为代表。这些地层的形成环境较难恢复，认识分歧很大，鉴于这些地层下部的超基性—基性火山岩群一致认为是形成于地球早期的大洋裂谷

带。绿岩群中部已在不少地方发现裂谷带特有的双峰火山组合及碱性玄武岩，而某些钙碱系列岩石可能是超基性—基性火山岩群在裂谷深部发生有水的部分熔融而形成。因此，我们将太古代绿岩带看作是太古代特有的绿岩—裂谷带，它具有许多与显生宙裂谷相同的和相异的特征。

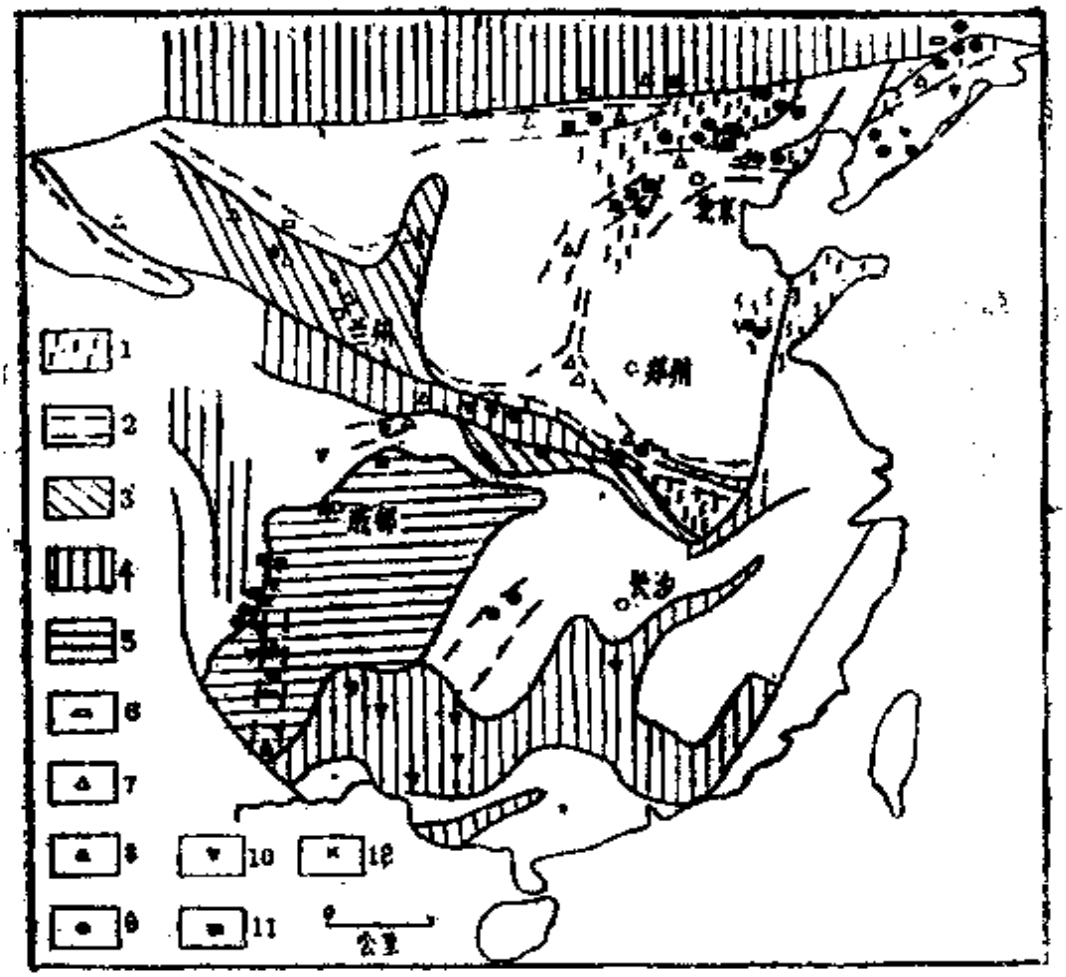


图1　中国部分地区古裂谷带金矿床分布略图

1—太古代绿岩—花岗岩区；2—元古代裂谷带；3—早古生代裂谷带；4—晚古生代（—三迭纪）裂谷带；5—中生代川滇裂谷系；6—岩浆型伴生金矿床；7—火山热液—沉积，喷气—沉积型伴生金矿床；8—火山热液—沉积独立金矿床；9—变质热液型金矿床；10—地下热（卤）水溶滤型金矿；11—砾岩金矿床（点）；12—岩浆热液型金矿化

表1 中国古裂谷带金矿床简表

成因	岩石组合	矿石组合	$\delta S^{34}‰$	成矿期	环境	实例
岩浆熔离	大陆层状基—超基性杂岩	Cu—Ni—Pt—Au	近于零	Pt_2, S—D	大陆裂谷	金川、会理
	蛇绿岩套堆积基—超基性杂岩	Pt—Au		海西	大洋裂谷	天山、内蒙、吉林
火山热液	细碧角斑岩	Cu (Pb、Zn) —Au	$\bar{X}=0.81—5.84$	Ar—Pz_1	大洋裂谷	红透山、刘山岩、拉拉厂、白银厂
		Fe—Cu—Au	8—11.1	Pt_2	陆间裂谷	大红山
喷气沉积	硅铁建造	Fe— (Co) —Au	$\bar{X}=2.3$, $R=22.2$	Ar—Pt	陆间裂谷拗拉谷	东风山、袁家村胡家峪、蔥子沟
	碳酸盐—碎屑岩	Cu—Co—Au	2.4—23.2	Pt_2		
变质热液	太古代绿岩带	Au—Cu、Pb、Zn	$\bar{X}=5.9$, $R=4.6$	Pt_1末	陆间裂谷拗拉谷、大洋裂谷封闭或	夹皮沟
		Au—Mo	$\bar{X}=-3.1$, $R=8.2$	Ar末		金厂峪
	细碧角斑岩	Au—Ag—Te	$\bar{X}=-1.4$, $R=14.2$	海西		头道沟

续表

成因	岩石组合	矿石组合	$\delta S^{34}‰$	成矿期	环境	实例
变质热液	含炭质凝灰质碎屑岩	Au	$\bar{X}=11.3$, $R=2.5$	Pt末	封闭后	四道沟
		Au—Ag—Pb—Zn	$-0.31—+5.1$	Pt或Pz末		银洞坡
		Au—As	$\bar{X}=-4.5$, $R=7.1$	海西		二道甸子
地下热（卤）水溶滤	碳酸盐	Au—方解石 Au—Cu—石英	$\bar{X}=8.1-11.43$ $R=4.8—12.4$	Pt，印支、燕山及喜山期	拗拉谷 陆间裂谷 大陆裂谷 封闭	双王、二台子、叫叟、马房沟
	细屑岩—碳酸盐	Au—As—Sb—Hg	$\bar{X}=12.05$ $R=7.9$			册亨、板其
沉积—改造	沉积砾岩	Au—U		Pt Mz+Kz	拗拉谷、大陆裂谷	滹沱群、长城群、嵩县、灌县
	红层	Cu—Au		J—K	大陆裂谷	会理鹿厂
岩浆热液	碱性花岗岩	U、Th、REE、Mo Cu、Pb、Zn、Au		J—K	大陆裂谷	冕宁

元古代是我国重要的裂谷活动期，中朝板块的北缘有以白云鄂博群和渣尔太群为代表的狼山—白云鄂博陆缘裂谷系，西南缘由北秦岭—中祁连—贺兰山构成秦祁贺三联裂谷系，南缘豫陕坳拉谷、北秦岭、北淮阳陆间裂谷构成秦豫淮三联裂谷系，中朝板块内部有下辽河、燕山—太行坳拉谷。南方的扬子板块西部，以大红山群、会理群为代表的地层形成在元古代康滇陆间裂谷带中。

古生代，在中朝板块北面出现了宏伟的蒙古大洋裂谷系，秦祁贺三联裂谷系在新的位置上继续发育。南方的下扬子坳拉谷、湘桂黔陆间裂谷系和扬子板块西南的特提斯大洋裂谷系的发生和发展，这些地区和秦岭陆间裂谷一起延续到三迭纪。

中新生代是我国又一次重要的裂谷活动期，以大型陆内裂谷系和大量小型陆内断陷盆地的发育为特征。例如，包括四川盆地、滇中盆地及其间的攀（攀枝花）西（西昌）转换拉张构造带在内的川滇中生代陆内裂谷系，包括松辽盆地、华北平原、江汉盆地在内的早新生代华夏裂谷系等。

二、裂谷带金矿床的主要类型（表1）

我国古裂谷带金矿床的主要类型有：

1. 裂谷深成岩浆活动有关的金矿床

以基性为主的幔源岩浆活动是裂谷岩浆活动的重要特征。这些幔源岩浆在陆壳（大陆裂谷）或洋壳（陆间裂谷、大洋裂谷等）岩浆房中，通过岩浆分异、熔离作用形成层状基性—超基性杂岩，伴有Cu—Ni—Pt—Au、Pt—Au等岩浆矿床。例如，中元古代秦祁贺三联裂谷系中的金川矿床，攀西带在中古生代裂前拱阶段的会理、朱布矿床，形成于古生代大洋裂谷带的天山玛纳斯、青布拉克、内蒙小南山、黄花滩、吉林红旗岭等矿床。

这些矿床的矿体赋存在超基性岩、基—超基性岩中，矿石为硫化物型，金与铜、镍、硫化物、铂族元素共生，主要以银金矿赋存于黄铜矿等硫化物中。金品位一般低于0.5g/t，但含金普遍，储量可达大、中型。

此外，还有与碱性花岗岩有关的金矿床。如攀西带的冕宁地区，燕山期碱性花岗岩、钾长花岗岩侵入震旦系灯影组白云质灰岩中，从岩体向外依次出现U、Th、REE、Mo—→多金属—→含金石英脉矿带（曾怡耕，1985）。

2．裂谷海相火山活动有关的金矿床

现代海底扩张脊上，已陆续发现大量含金的金属沉积物，它们是火山热液—沉积或喷气—沉积成因的，有硫化物型（加拉帕戈斯洋脊）、氧化物—硫化物型(红海阿特兰提斯）、氧化物型（东太平洋隆）等三种基本组合，可分别构成多金属矿床、Fe—Cu矿床及Fe—Mn矿床。古裂谷海相火山沉积岩系中，也有相应类型的含金的矿床。

（1）细碧角斑岩系中块状硫化物Cu（Pb Zn）—Au矿床。以伴生金出现的有：红透山（太古代绿岩带）、拉拉厂（元古代康滇陆间裂谷）、刘山岩（元古代北淮阳陆间裂谷）、红沟、白银厂（早古生代祁连陆间裂谷）白乃庙（早古生代蒙古大洋裂谷）等矿床，品位一般0.2—2.28g/t，规模可达大、中型。构成独立金矿床的有辽宁龙王庙太古代酸性火山岩中的金矿床和青海松树沟上奥陶统细碧玢岩中的金矿床，它们也可能受变质热液或岩浆热液的改造，含金1—5g/t。这些矿床的矿体为似层状、透镜状，矿石为细脉浸染状、块状，金多以自然金散布于黄铁矿、黄铜矿及脉石矿物中，δS^{34}平均值为0.81—5.84‰，属火山热液—沉积成因，矿质是幔源的。

（2）细碧角斑岩系中Fe—Cu—Au矿床。例如康滇元古代陆间裂谷带的大红山矿床，是以铁氧化物（磁铁矿）和铜硫化物

主体的矿床，金主要在贫铜贫铁矿体中，赋存于层凝灰岩和含火山物质的大理岩中，金品位0.1—0.38g/t，δS^{34}在8—11.1‰之间。

（3）条带状铝铁建造中的金矿床（霍姆斯塔克型）。这是国外近年发现的古老变质岩系中最大的沉积变质金矿床，在美、加、澳、印（度）等国都发现有金属储量800—1600t以上的特大型金矿床，均产于早元古代及太古代裂谷带中。我国已在内蒙、河北、鞍本、吕梁、太行以及秦岭、黑龙江等地的太古界、元古界地层中发现有此类矿床（点），但品位低，规模小。黑龙江东风山矿床中，99%的金矿体成层状、似层状、透镜状，产在条带状磁铁矿体底板的含锰硫化物层中，与铀矿体相伴产出、相互渐变，自然金赋存在金属硫化物及变质形成的锰硅榴石等矿物中，品位4—15g/t左右。δS^{34}平均值小（2.3‰），但变化范围大（R=22‰）。一般认为，原有矿床为火山喷气或喷泉沉积成因，变质过程中受到局部改造。

（4）火山沉积岩系中碳酸盐、碎屑岩层状Cu—Co—Au矿床。例如，中条山的胡家峪、篦子沟矿床，形成于元古代拗拉谷中，矿化发生在中元古界中条群中上部的大理岩及少数黑色片岩中。矿体顺层分布，呈似层状、透镜状，主要金属矿物为黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿。金品位0.19—0.49g/t，储量可达大、中型。δS^{34}为2.4—23.2‰，属火山喷气—沉积成因。

3．裂谷火山沉积变质岩系中变质热液金矿床

裂谷火山—沉积岩系中，火山热液—沉积和喷气—沉积作用直接形成的独立金矿床不多，但海底喷发作用形成的富金地层却分布很广。这些富金地层作为金源层，在裂谷封闭及其后的区域变质过程中，金活化转移，在有利地带形成数量多、规模大的变质热液型金矿床，储量约占我国岩金储量的1/3左右，具有重要意义，太古代绿岩带中变质热液金矿床就更为重要。主要类

型有：

（1）太古代绿岩区域变质热液金矿床。典型实例有吉林夹皮沟金矿床。金源层为太古代鞍山群三道沟组的变基性火山岩—斜长角闪岩（平均含金80ppb），主要经过吕梁期(19—16亿年)区域变质作用，矿质由强变质带向弱变质带的低压扩容带运移和集中，富集在石英脉和硅质带中，形成大型金矿床。矿石为少硫化物型Au—多金属组合或Au—黄铁矿组合，矿体呈脉状、扁豆状成群赋存在三道沟组中。矿石δS^{34}3.6—8.2‰，平均值+5.9‰。矿石铅同位素组成为古老异常铅，模式年龄20—24亿年，低于围岩，是围岩中放射铅参与成矿的结果。

（2）太古代绿岩动力变质热液金矿床。例如河北金厂峪金矿床。系由富金(平均71ppb)的太古代迁西群上川组斜长角闪岩，经太古代末阜平运动而强烈变形，形成一系列片麻岩剪切带，金富集于其中部压溶成因的条带分异岩中（由钠长石、石英组成），形成大型金矿床。矿石为少硫化物型Au—Mo组合。δS^{34}为−5.0—+3.2‰，平均−3.1‰。

（3）古生代细碧角斑岩中变质热液金矿床。例如吉林头道川金矿床。矿体赋存在下石炭统鹿圈屯组细碧玢岩及其凝灰熔岩、凝灰岩中，含金石英脉沿着与褶皱轴平行的裂隙带以及层间破裂面、片理面分布，矿石为少硫化物型Au—Ag—Te组合。δS^{34}为−7.5—+6.7‰，变质强区为正，弱区为负，反映了区域变质作用中硫迁移愈远，分馏愈强。

（4）含炭质凝灰质碎屑岩中变质热液金矿床。实例有丹东四道沟（Pt_1）、梵净山金厂（Pt_2）、河南桐柏银洞坡(Pt_3)吉林二道甸子(CP)等。含矿岩系均形成于大洋裂谷（吉林）、陆间裂谷（桐柏）坳拉谷（丹东）以及弧后扩张的边缘海盆地（梵净山）中，矿体赋存在优地槽系列的火山岩建造之上（如四道沟的辽河群盖县组）或之下（银洞坡的歪头山组）的炭质凝灰

质的千枚岩、片岩、板岩与变质粉砂岩、砂岩互层系中。这些富炭的凝灰质岩石富金（0.16—0.179g/t），区域变质产生富金热液，在层间褶皱、裂隙中形成细脉浸染状矿体。矿石为少—贫硫化物型，有Au—黄铁矿（四道沟）、Au—Ag—Pb—Zn（银洞坡）、Au—As（二道甸子）、Au—Sb—W（梵净山）等组合。δS^{34}的平均值从－4.5‰（二道甸子）变化到＋11.3‰（四道沟）。

4.裂谷沉积岩系中的金矿床

1．裂谷粗碎屑沉积岩系中的砾岩金矿床。著名的南非兰德金矿床是国外最典型的实例。矿床形成于南非前寒武纪裂谷带上的大型陆内裂谷盆地内，碎屑状自然金富含在早于20亿年的早元古代盆地边缘的冲积砾岩胶结物中，而砾岩的分布受盆地边界断裂所控制。我国已在华北地区元古界的五台群、滹沱群、长城群、白云鄂博群的底部砾岩中发现大量线索，在新生代及中生代的一些陆内裂谷盆地中也找到若干小型金矿床(点)（如河南嵩县、内蒙武川、湖南源麻、四川广元、灌县、云南元江、红河等）。

另外，在中生代裂谷红层铜矿中有伴生金。如会理鹿厂铜矿，含金在0.04—0.44g/t左右。

2．地下热（卤）水溶滤型金矿床。这是以美国卡林金矿为代表的很有前景的类型。卡林金矿在美国西部盆—岭省新生代陆内裂谷中形成的，区域构造控制尤为重要，一方面，在寒武纪到三迭纪，这里是由东部的冒地槽型陆架碳酸盐沉积和西部陆隆富金的优地槽型沉积构成的北美地盾西部被动大陆边缘，形成了金源岩和以后的储金岩。中生代科迪勒拉型俯冲造山作用使优地槽组合沿罗伯茨断层推覆到东部的冒地槽组合之上，而有利于金的淋滤；另一方面，中新世以后进入陆内裂谷阶段，裂谷带中的高热流、岩浆活动和高角度正断层活动导致地下水热液的广泛活动，

使优地槽组合中的金活化并运移到罗伯茨断层下盘的碳酸盐组合中，在含黄铁矿和炭质的、高孔隙率的灰岩、白云岩中形成微粒浸染型特大型金矿床。

我国已发现若干卡林型金矿床，其特点是：

（1）重要的矿带都分布在裂谷带。例如，川滇裂谷系西缘的董家沟、马房窝、广金坪矿床，湘桂黔陆间裂谷中的册亨、三都、叫曼、石峡等矿床，秦岭陆间裂谷东段的太白双王、镇安二台子、山阳等矿床以及元古代下辽河坳拉谷的凤城小北沟、大榆树、通化金厂等矿床（点）；

（2）矿化受层位和岩性控制，含矿层位主要是晚古生界及三迭系（D_{2+3}、C_2、P_2、T_{1+2}），其次为元古界，寒武系。围岩为具泥质、粉砂质夹层的碳酸盐系，矿化发生在硅化、黄铁矿化灰岩、凝灰质粘土岩、粉砂岩、钠长板岩中。它们形成时盆地中常有海底喷发活动，例如湘桂黔陆间裂谷南段的右江海底扩张带，自中泥盆世到中三迭世几乎各个世均有海底喷发活动，册亨、叫曼就在此扩张带附近。秦岭含矿的中泥盆统地层中，近年来也发现有海底基性喷发岩；

（3）矿体受层间断层控制，往往富集于层间断层角砾岩中，这些层间断层是在裂谷封闭时区域变形中形成的。四川董家沟、马房窝等矿床还受到裂谷西缘主要在喜山期活动的金河逆冲断层的控制，矿床在断层下盘的灯影组和中下泥盆统的白云岩、大理岩中，而断层上盘为富金的二迭系海相玄武岩，其中已发现变质热液金矿床；

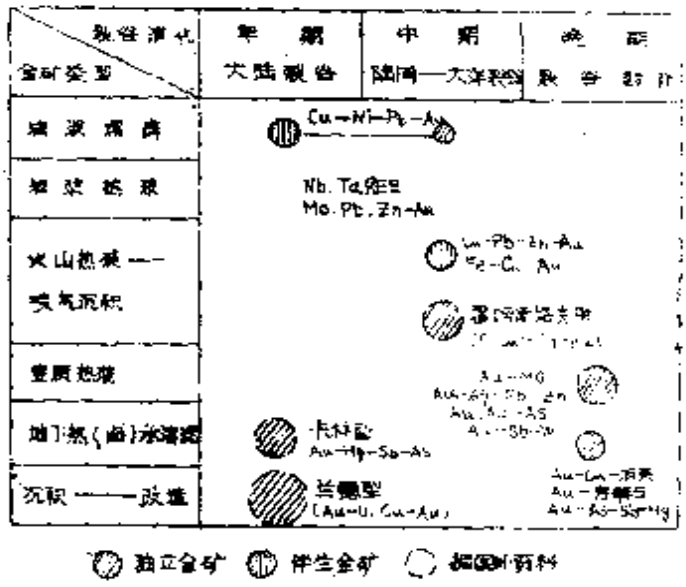
（4）矿石为微粒浸染状，黄铁矿和粘土类为载金矿物，有Au—方解石、Au—Cu—石英、Au—As—Sb—Hg等中低温组合，δS^{34}平均值在+9.71（双王）—+12.05‰（册亨板其）之间。一般认为是地下渗流热卤水溶液，在近地表氧逸度较高且变化较大条件下形成的，成矿温度200°C左右。

三、裂谷演化与金矿床

一般地说，裂谷将遵循裂前拱——→陆内裂谷——→初始离散（陆间裂谷、坳拉谷）——→海底扩张（大洋裂谷、被动陆缘）的方向演化。在这个过程中，岩石圈拉张的强度和扩张速率不断加大，热地幔愈益上涌，最后因种种原因而使裂谷封闭。裂谷的封闭可通过多种方式实现，一种是拉张停止，整体抬升，不发生褶皱变形，如中晚元古代的燕山—太行、豫陕坳拉谷；一种是经受挤压产生中等程度的褶皱变形，如海西—印支期湘桂黔陆间裂谷第三种受到强烈挤压，通过俯冲、碰撞而封闭，于是裂谷带转化为造山带，发生强烈褶皱，例如祁连山、秦岭、蒙古等褶皱带。

裂谷带金矿床的成矿作用与裂谷演化密切相关。为便于讨论，将裂谷演化划分成三个大阶段：早期，大陆裂谷阶段，包括裂前拱起和陆内裂谷盆地的发育；中期，陆间—大洋裂谷阶段，包括陆间裂谷、大洋裂谷以及伴随的坳拉谷、被动陆缘等盆地，它们都不同程度地出现了洋壳基底；晚期，裂谷封闭阶段。不同阶段金矿床的分布情况见表2。

表2　金矿床在裂谷演化中的分布



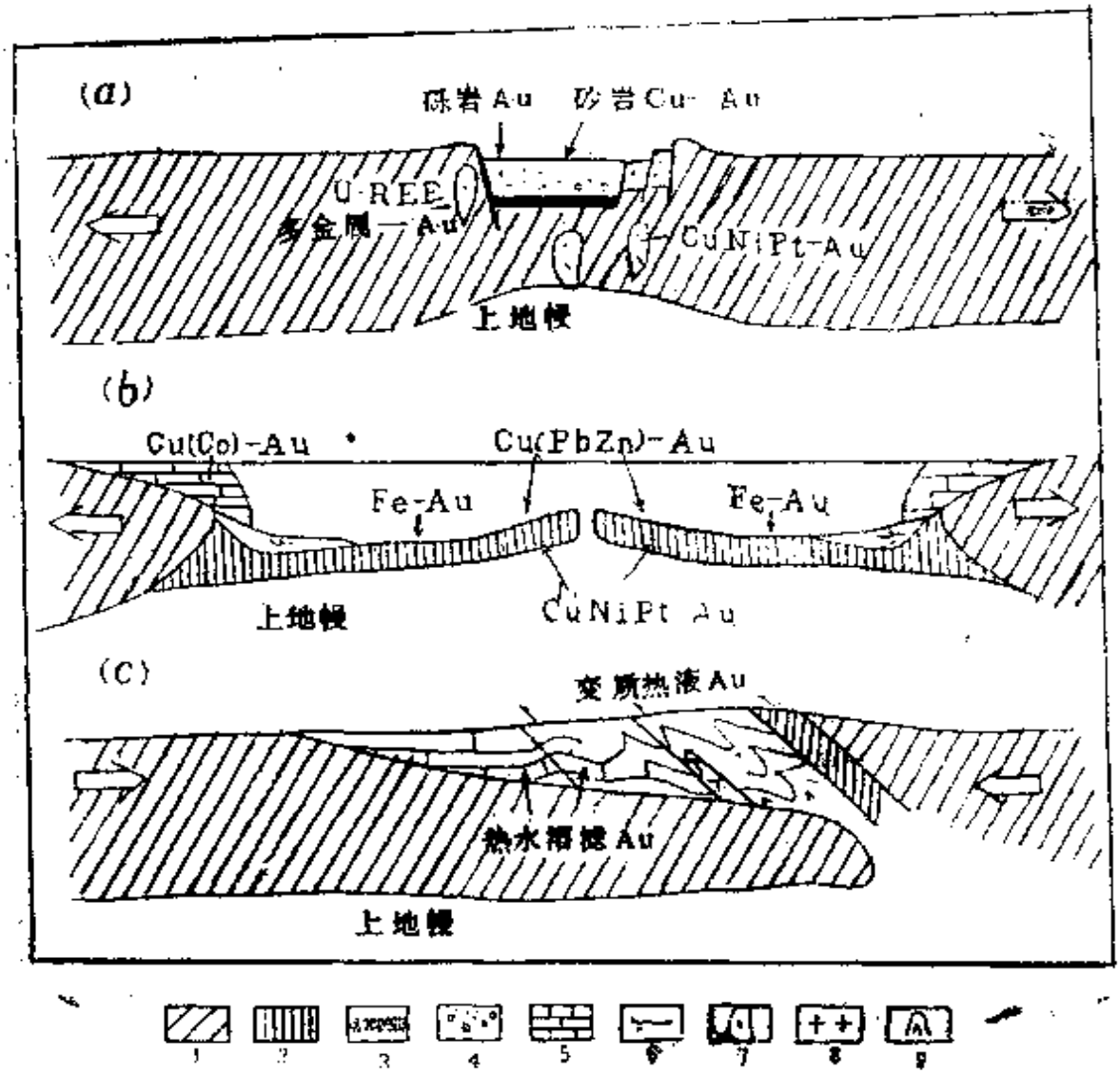


图2　裂谷演化中的金矿床

（a）早期，大陆裂谷阶段；（b）中期，陆间—大洋裂谷阶段；（c）晚期，裂谷封闭阶段。

1—大陆地壳；2—大洋地壳；3—陆相熔岩；4—砂砾岩；5—陆架碳酸盐—碎屑岩；6—陆隆浊积碎屑岩（富金）；7—碱性花岗岩；8—重熔花岗岩；9—大陆基性—超基性杂岩。

从表2及图2可以看到，金矿床的类型和成矿作用，在裂谷演化中作有规律的变化。在裂谷早期阶段，一方面在陆壳岩浆房中发生分异、熔离作用，形成大陆层状基性—超基性杂岩中的岩浆金

矿床。同时，伴随碱性花岗岩侵入，可形成岩浆热液型金矿床；另一方面断块活动使来自富金蚀源区的沉积物快速堆积，形成砾岩金（铀）及红层Cu—Au矿床。这个阶段还可以形成重要的热水溶滤型金矿床，象美国卡林金矿那样，不过，它的金源岩，贮金岩以及金源岩掩覆于贮金岩之上则是在裂谷发育前形成的，这种情况在图2上未予表示。

裂谷演化的中期阶段，出现了海底扩张带，除在扩张脊下洋壳岩浆房中形成产于蛇绿岩套堆积杂岩中的岩浆金矿床外，以与大规模海底喷发有关的火山热液—沉积、喷气—沉积金矿床及大量金源层的形成为特征，很有远景的霍姆斯塔克型金矿床就形成于此期间。裂谷发育的晚期，伴随裂谷封闭发生的变质、变形作用，形成各种变质热液型和地下热（卤）水溶滤型金矿床。就我国而论，裂谷的早期和中期阶段的金矿床基本上是伴生金，独立金矿床主要在晚期阶段形成，因此晚期阶段是我国裂谷金成矿的重要时期。

随着裂谷成矿作用的演变，裂谷金矿的矿石组合也作有规律的变化。就我国的金矿床来看，大致上早期主要是硫化物型Cu-Ni—Pt—Au、Pt—Au组合，中期是硫化物型Cu（Pb Zn）—Au、Fe—Cu—Au、Fe—Co—Au、Cu—Co—Au组合，晚期是少硫化物或贫硫化物型的Au—Ag—Pb—Zn、Au—Mo、Au—Ag—Te、Au—As—Sb—Hg及单金组合。从早期到晚期，矿石中硫化物的比例降低。与金相伴的主要金属元素，早期为Cu、Ni、Pt、中期Fe、Co、Cu、Pb、Zn，晚期除多金属元素外，出现了Ag、Te、Sb、Au、Hg。

矿石的硫同位素组成也作有规律的变化。大体上，早期大陆裂谷阶段，岩浆金矿和南非兰德砾岩金矿床都是近于零值的陨石值（金川，$-2.6-+3.1‰$）。中期陆间—大洋裂谷阶段，除大量火山源硫外还受到沉积环境影响，δS^{34}除大红山较高（+8-

11.1‰）外，基本上是低的正值而接近于陨石硫（矿床平均值为+0.81－5.84‰），但喷气—沉积变质型矿床的变化范围在20‰以上（东风山，－11.5－＋12.7，R＝22，篦子沟＋2.4－＋23.2，R＝20.8）。晚期裂谷封闭阶段的矿床，δs^{34}变化很大，矿床的平均值在－4.5‰到＋12.09‰之间，但同一矿床的变化范围在2.5‰到14.2‰之间，大多数在5‰到10‰之间。

四、结　　语

1.裂谷带是十分重要的金矿带，世界上著名的兰德型、霍姆斯塔克型和卡林型等特大型金矿床都形成于裂谷带。我国主要产金区的华北、东北各省，据不完全统计与裂谷构造有关的金矿床占总数的70%左右。若将裂谷岩系后期混合岩化形成的金矿床考虑进去，则将达到88%左右。因此裂谷带是找金的重要构造带。

2.我国裂谷带金矿床，以变质热液型最为重要，估计占全国岩金总储量的三分之一左右。其次为岩浆熔离、火山热液沉积、喷气沉积变质及地下热（卤）水溶滤型金矿床。加强裂谷带的研究，有可能找到更大规模的霍姆斯塔克型、卡林型及兰德型金矿床。

3.上述类型的金矿床，主要形成在陆间裂谷、拗拉谷、大洋裂谷等有洋壳基底的裂谷盆地中。这类环境在我国以太古代绿岩—裂谷带和元古代裂谷带最重要，是寻找变质热液型、霍姆斯塔克型等矿床的主要构造带，元古代拗拉谷的陆内地段可望找到兰德型金矿床。海西—印支期的陆间裂谷是地下热（卤）水溶滤型金矿的主要成矿地带。早古生代的裂谷带对于火山沉积岩系中的伴生金矿床，中新生代陆内裂谷盆地对于砾岩金矿床同样是不容忽视的。

在西南地区，要重视在康滇元古代陆间裂谷带的海相火山—

沉积岩，炭质凝灰质碎屑岩中寻找变质热液型和霍姆斯塔克型金矿床，昆阳群大营盘组硅铁建造及铁矿层底板黑色黄铁矿板岩的发现为找寻霍姆斯塔克型矿床提供了线索。在南盘江—右江海西印支陆间裂谷带的中、下三叠统以及上古生界地层中，在川滇裂谷系西缘金河逆断层下盘碳酸岩系中，是寻找地下热（卤）水溶滤型金矿床的有望地段。

4.裂谷带金矿床的形成，直接或间接地与幔源基性岩浆活动有关，尤其与海相基性喷发活动关系密切。因此，裂谷带金矿床的矿质主要是地幔提供的。即使沉积岩系中的金矿床，也是或与沉积同期载金的火山凝灰质有关，或与裂谷西侧存在富金的太古代绿岩带蚀源区有关(兰德型)。可见，幔源的基性岩浆是裂谷带富金的基本原因，而大规模的基性岩浆活动则是受裂谷带深部热地幔上涌和浅部岩石圈拉张的构造特征所决定，是裂谷带特有的。

5.裂谷带的金矿床，在成矿作用、矿床类型、矿石组合等方面，都随裂谷的演化而演变，反映了裂谷作用与矿床形成的有机联系。裂谷晚期封闭阶段的变质、变形作用，对于使分散的金聚集成矿和矿体的分布、形态等都起着控制作用。

选自《西南矿产地质》第一期（1987）

山金成矿的若干地质问题

郭　文　魁

（据录音整理，未经本人审阅）

这次参加会议，抱着学习的态度来的，并且在会议当中学到许多新的东西。现在我摆出来的资料，与会议上的东西相比，是“陈、旧、乱、套”，陈旧的东西。但是我们把称为陈旧的资料里做些分析，也可以吸收一些东西。现在我想把山金成矿的主要地质特征谈一下，这里前言先说几句话。我们中国的采金事业历史很悠久，河北藁城，公元前1600—1100年商朝遗址里面的14号墓，有金箔出土。最近我们到湖北去，看到随县战国时代出土的，公元前475—221年以前曾侯乙的陪葬物，不但有金箔，而且有金质的盖碗和长锭条，可见我国在3300多年以前早已经开始采金了。采矿的人民在长期实践中，曾将金矿分为山金与砂金两种。今天我称“山金”两个字就是根据古代分类里来的。还有李时珍在《本草纲目》里记载了，他的原话是“金有山金、砂金两种”。而且他还根据金的颜色来加以区别成色，叫作“七青八黄九紫十赤”，赤金就是足金，百分之九十九、九十八，那当然是在象砚盘一样的粉砂岩上面试的结果——条痕的颜色，山金就是现在我们知道的原生金矿。我们的古代不仅开始有了分类，而且还认识到据金的颜色来分它的成色，现在我们知道根据成色来判断金是老的还是新的。大家还记得古代丰富的采矿经验中一部分，其中有关于山金的一段话是：“上有丹砂者下有黄金”，这是在垂直分带上古代人早有觉察。实际上，现代在广西、贵州、南充等地找矿当中还普遍利用这一成矿规律，昨天听了湖北武当山的

报告里面讲的，表明这一规律还是实用的。我国过去的采金量曾一度得到可观的数量，其中有一段时间采金事业没有得到应有的重视，产量下降。近五年来在四个现代化的形势下，金的普查、勘探与开采工作又取得了较大的发展与成就。有关金矿的论文、论著尤其在分类方面，就是有关的贵金属专业会议中，起码有七种分类，这样对许多金矿床将肯定是起着应有的推进作用。

国外自70年代以来，也有不同的地质人员在不同的地区研究了月岩、月尘以及地表面的火成岩、沉积岩，特别是变质岩的含金量的变化，试图得出各种岩石的含金量的丰度。月岩主要是玄武岩，含金量的丰度差不多都是比较低的，但是月土里边就高了，而且从月土里捡出来的以铁质为主的尘埃含金量就比月岩中的玄武岩要高出百倍。所以这样看金是亲铁的大概问题不大。另外铁陨石远比石陨石含金量高，有些岩石虽然含金不高，但是变化区间很小，这个值得注意，象粗面岩等都是这样。玄武岩含金量有的很高，有的就很低，跳动很大。国外不但对岩石，而且对岩石中的矿物也做了一些工作，1960年斯坎诺瓦的辉长岩，这是一个真正没有蚀变的岩体，它里面各种矿物的含金量都差不多。到了阿尔泰的萨彦岭，主要含金矿物是长石，富金矿物是白云母。1971年，有人曾用中子活化法对各种矿物分析，从分析结果看，黑云母、角闪石的金含量相对要高一些。后来，又将各类载金矿物提纯，去掉了其中的含水矿物，象绿泥石、绿帘石、褐帘石等，重新进行分析，结果象黑云母、磁铁矿等的含金量就下降了很多。所以含水矿物中恐怕含金量要高一些，从上述情况看，一个是采样问题，一个是分析问题，中子活化分析是比较可靠的。所以一个样采了以后，用少量样品说明它的丰度究竟是多大，恐怕离丰度相差还是很远。到1972年，又对奈缪多的思尔伊瓦大岩体作了比较综合的分析。总的讲，铁镁质矿物含金量比硅铝质矿物高一些。可是在长英质岩石里面，石英与长石的含金量占

了全岩含金量的90%，岩石主要是由这两种矿物构成，黑色矿物很少，金主要是在这两种矿物中，与铁镁质没有什么关系，所以这里面就有些矛盾了。在岩浆分异过程中，残余熔体里面金是逐渐消耗的，因为黑色矿物里有，淡色矿物里有，最后在蚀变里面也是逐渐消耗的。但是有一点，如果有后期热流体的作用，铁镁矿物首先就破坏，析出来金，从而显示了水的作用的重要。根据矿床实际观察、计算推导、流包体的测定，相应条件的实验，探索了金在热流体中的性状、运移和沉淀的条件。最近大家都看到了，鲍威尔收集了全球，特别是当前产金量大的南非、加拿大地盾等绿岩带金矿里面的材料，写出了金与金矿床的地球化学的书，我们已经影印出来，大家已经有了，这本书对我国近年金矿床的研究起到了一定的影响。鲍威尔研究了后生金矿的结果，认为许多金矿石是在较低的温度条件下重新分配而成的。进入80年代人们又注意了火山作用与地热点对热水流体的影响，提出了所谓火山热液成矿的观点。太古代泥火山构造的东西，那里的泥火山结构依然还保存着，根据泥火山推断控矿断裂，结晶围岩，也可能是由于浅埋的火成活动所导致的地热梯度，而使溶液循环引起了大范围的硅化作用。就是金铀砾岩硅化的也很厉害，这个它有很多照片显示的很清楚，势必相应地影响了地下矿物的沉淀。有的人象毕尤思，还有美国矿床学的瑞斯，就认为前寒武的交代花岗岩通常不具备较大的金属矿床。1983年咱们国家会议上也提出了这个问题。因此，山金的形成似乎大多认为与热水流体有关。但这个流体究竟如何形成的，还是争论的问题。

一、山金矿的地质环境

与其它矿床一样，金矿体必须存在于一定的固态的地质体里面，这种地质体大致有的有层理或页理；有的呈块体，就是岩体

了；有的就是脉状的，如岩墙等。大部分如此，总是免不了这三种。而我国几乎所有的金矿区，容矿地质体都遭受过成矿前的构造，特别是断裂构造的影响。因此在内生成矿作用的时候，就必须要从沉积、岩浆、变质、构造以及热流体等等的因素综合地分析，才接近于成矿作用的客观分析。矿体围岩可分为容矿围岩、近矿围岩两种。容矿的岩石是由不同的岩石组成的。而含工业矿体的围岩是经后期不同程度改造的，如构造岩，或经热流体蚀变的交代岩，这叫近矿围岩。现在，我们首先从容矿围岩，即大的范围来讲。容矿围岩变化是比较大的，从太古界深变质的麻粒岩、角闪岩相，元古界的角闪岩、绿片岩相和弱变质的板岩，到震旦、寒武，泥盆、石炭、二叠、三叠纪等岩层，以致上侏罗统的火山岩。在这些岩石里，不同地区的不同岩石里都形成了容矿围岩。特别是大一些的金矿都位于华北地块南北缘，以及隆起和在太古界，元古界麻粒岩、角闪岩相的局部片岩相等岩石里。以前统称为变质杂岩。玲珑杂岩，以前王志成提的是胶东杂岩。玲珑的胶杂岩在1949年开始从胶东杂岩里分出花岗岩以外，其后又有郭家岭花岗岩的确定，比玲珑花岗岩还晚。另外，玲珑花岗岩是印支期的。这样就进一步明确了胶东成金区的地质环境。在1983年地质会议上，我看到了一份材料，经在辽宁的靖远、冀东、内蒙的南部等区域比较深入的研究，也使不少交代变质的杂岩体解体，提出了基性、中性熔岩和相应的深熔、重熔岩浆结晶的花岗岩以及分异出来的英云闪长岩等。英云闪长岩就是和板块构造有关的命名。在美国，是俯冲带最边上出现的一个岩石名字。各家所测定的同位素年龄可能有两个大期，一期为22—23亿年左右，还有一期是27—28亿年左右。有的还认为可能有超过30亿年的可能，如蒋渊明他就提出来。但是超过30亿年的，它的变质程度远远低于麻粒岩。那么小秦岭区的进一步研究，在斜长角闪岩里面，在陕西已经找到析离体构造，以及穿插熊耳群含金构造破碎带。这就使我们对不同地区的地质背景不同的认识

逐渐趋于一致。详细经过勘探与开采的金矿区都曾见到与金矿脉伴生的一些脉岩，也即在变质作用以后形成的脉岩，金矿的围岩却还是变质岩。这些脉岩与金矿的关系，是判断成金作用过程和成金时代的客观地质事实。现在，我举几个例子来说明一下。夹皮沟的几个矿区都有脉岩与矿脉伴生，在八家子、四道岔矿床，含金的石英脉常出现在石英正长斑岩的上、下盘，个别矿脉在岩脉的中间，那么正长斑岩就成为矿脉的容矿围岩。在三道岔矿床，有闪长岩与含金石英脉互相穿插，而正长斑岩与闪长玢岩被矿脉切穿，也就说矿脉生成在正长斑岩与闪长玢岩以后，正长斑岩的全岩K—Ar法年龄是 205—272Ma，测的人我 就不说了。 这样看二亿多与廿多亿就差了十多亿年，这是事实，第二例为位于营口一宽甸南缘的五龙背斜轴部五龙金矿，含金石英脉与各种脉岩产于黑云花岗片麻岩里面，花岗片麻岩同位素数 据为113Ma，脉岩主 要是 细粒闪长岩、花岗斑岩和煌斑岩，另外还有花岗闪长岩脉，其中煌斑岩最晚，含金石英脉常在闪长岩脉、花岗斑岩脉两侧，有的穿插了闪长岩脉，这表明是闪长岩脉以后形成的。小秦岭金矿主要产在斜长片麻岩和斜长角闪岩里，以及具有花岗质条带、条纹的混合岩的所谓太华群里，这个是角闪岩相、麻粒岩相的变质岩。这里还见有香肠状构造，显示了它具有蠕流变质状态。辉绿岩在这个区间分布较广，而细晶岩、花岗岩和正长岩脉主要分布在金矿区以内，这是小秦岭报告总结中专门指出来的一个问题。被石英脉穿切的伟晶岩脉的K—Ar法年龄（王秀璋测）是67Ma。石英脉中也有微斜长石，用Rb—Sr法测出来是28Ma，K—Ar 法 是 66 Ma，这个是勘探会议中有人报道过的。此外，也有人取金矿 脉中钠长石的K—Ar法，是156Ma，而Rb—Sr法相反是66Ma，不管怎么样，都是在这个区间里。所以从变质岩区里这几个大的、主要的金矿床来看，与金矿伴生的这些脉岩的年龄都是比较晚，有的是中生代的，有的是晚古生代的。以上资料表明，具有经济

价值的金矿脉的成矿作用，我们与其说与变质作用有关，勿宁说与矿体伴生的岩脉，在空间上、时间上的联系更为密切。王秀璋同志曾将这些太古、元古界古老变质岩系中的金矿，列入到海西、燕山期，看来是有一定的道理。这是在一些老的太古界变质岩系里的金矿是这种情况。以元古界的变质岩如砂板岩为容矿围岩的金矿，见于江南地轴、武当山区以及皖东等地区，在这些砂板岩里面总有火山岩的夹层，有的已经认为是细碧角斑岩、凝灰岩。元古界在湖南自下而上分为冷家溪及板溪两群。而板溪群又分为五强溪、马底驿上、下两组。含金石英脉从下到上的群组中都有发现，说明金矿化有穿层的特征。得到更多解释的是沃溪金矿床，发育于马底驿组的红色板岩里，现经几个专业组的研究，认为它是背斜鞍状构造，而实际是一个层间裂隙矿，所以沃溪金矿是产在马底驿组一种紫色板岩里，而受着背斜层间剥离的破碎带控制。其中含钙的绢云母板岩对成矿较为有利，绢云母是含水和钾的矿物。另一锡锑矿为陡倾斜的，大家已经看到了，穿切了地层，而且板岩里有花岗斑岩存在。还有的位于龙山群穹隆里面，产于江口组浅变质岩系的石英脉里面，这是实际情况。因此就整个湖南来讲，是一个东西向隆起。其它的容矿岩系有震旦系、寒武系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系等沉积岩层，分别见有不同地区的，岩性有砂岩、砂页岩、碳质泥岩、泥灰岩、灰岩、白云岩等等，不过矿体密集的地区常有断裂或火成活动。作为容矿围岩的未变质及弱变质火成岩，既有喷发相又有侵入相。参于喷发相特别是水下喷发相的火山沉积岩系的金矿以原地侵入相的为多。除了上述的前寒武纪有关的喷发岩外，我们会场里谈论最多的是下古生代，对此时代上还有争论。但是在寒武、奥陶或者志留纪等，水下喷发在西北是存在的，一直延到秦岭里来，部分断裂已经变为砾岩，亦有金矿床、矿点不断的发现。阿尔泰山的石炭系火山岩系里面，有含金石英脉出现。在我国西南的古生代末期到中生

代初期的玄武岩岩流，在二叠纪初期和早期，有水下喷发，这已经有很多证据证明是水下喷发。后来在康滇地轴的中段露出地面（南、北两段还没有露出来），形成了所谓基柱山的很完整的柱状节理，这里的柱状节理比任何教科书上介绍的都好。当然在（康滇地轴）两侧都还继续在水下，而且玄武岩还比较多，一直到三叠纪初期，特别是在它的西侧，以致于在地轴西部的边缘断裂带附近形成了中基性火山岩的一些绿岩带。这个“绿岩带”在桂林、西昌以致到冕宁、深远、丹巴这一带断续出现。沿着这个南北向绿岩带出现了一系列以茶铺子金矿为代表的金矿床。在玄武岩带的东侧与二叠系，三叠系灰岩交界的地带，象贵州西南部与广西接壤的地带，在碳酸岩中有不同的含矿类型产出。在海底喷发相，一个是在岩石本身附近，还有一些是在火山岩与碳酸盐交界的地方。也往往形成一些铜矿、黄铁矿，尤其是在黄铁矿里含金。现在我们在玄武岩东部很多地方，峨边、马边一直到滇东、黔西一带见到很多黄铁矿，在滇西大厂找到含金黄铁矿或金矿物。所以在这一带，二叠纪的水下火山喷发还是值得注意。中生代中酸性岩石及碱性岩石、火山熔岩、火山通道，也有金矿物出现。象团结沟大家都知道了，那是次火山岩。浙江龙泉金矿也在中酸性火山岩里面，当然龙泉现在还有争论，龙泉与治岭头是不是一个矿，因为治岭头在变质岩里头，它上面就是酸性熔岩，矿脉也可以穿到酸性熔岩里。碱性火山岩那就是南京铜井，它的通道里面都有矿脉出现。我国第三纪钙碱性英安质火山岩中破碎带内有台湾金瓜石金矿。看来火山岩从基性到酸性都有金矿的产出。侵入活动的岩石，从超铁镁质、中性到酸性，也都有金矿物出现。现在的资料看起来，以中性到酸性岩石产金较多。超铁镁岩石里的金矿，现在我所知道的有新疆的托里和云南的金厂。赋存于中酸性的闪长岩或花岗闪长岩，或两种斑岩里的金矿就比较多了。举几个例子，象水泉沟、二道沟、张弓岭小营盘、团结沟等。而产于高钾的酸性黑云花岗岩或花岗斑岩、

石英斑岩内的，有广东的信宜、七宝山，康滇地轴的西侧也有很多，还有胶东，如玲珑花岗岩是印支期高钾的花岗岩。这种金矿不仅产在基性岩、超基性岩本身里，而且出现在它分异的浅色岩石内。以这个海相火山岩伴生的侵入体以及侵入体分异以后，上面是层状磁铁矿，下面是斜长岩系，斜长岩就分出一些金矿。胶东容矿的玲珑黑云母花岗岩的主要矿物成分是钾长石，岩体大致分为内部、过渡和边缘岩相带。由内部到边缘，岩石成分中K与K／Na值是增高的，含金量内部是8ppb，过渡带是13ppb，边缘是25ppb，即随着钾质增高，含金量也是增高的，山金矿产多分布于岩体的内外接触带里，外接触带更多一点。从花岗岩到含矿破碎带，绢英岩化蚀变增强，钾质增多。做阳离子研究，钾长石变成白云母，又相继变为绢云母、水白云母，一直到高岭石。就是说钾是继续存在的，并由无水矿物到有水矿物，由高温有水矿物到低温有水矿物，一直到高岭石。金是在绢云母，也有是在水白云母带出现。我们再看看岩体里面的情况。经详细研究，主要工业矿体是在断层泥的下盘。在湖南也是这种情况，在隔挡层的下面。从上述说明，好多金矿主要集中在花岗岩边缘中低温热液系列含钾高的断裂里，所以钾与金有一定的相关性。

在火山岩的演化当中，成矿也有所显示。我们在宁芜的中段做工作的时候，宁芜地区的火山岩主要是玄武粗安质的岩石，这与铁矿有关。它向上演变为粗安岩以致到霞石粗面岩的响岩，就在响岩的地段才出现了铜井的金矿。在响岩附近，侵入岩也有所变化，譬如在宁芜中段玄武安山岩地区中的侵入岩大多是二长岩，而到了铜井侵入岩大部分是正长岩，这是我们国家的情况。在国外，中生代以后的变化更明显。这是斐济岛，经详细研究，该地新生代火山岩变化由拉斑玄武岩—钙碱性岩—安山粗面岩，金矿总是出现在安山粗面岩内。所以总结了下面的情况：晚始新世拉斑玄武岩是Pb、Zn比较多一些；而钙碱性岩是Cu多一些；到了

上新世一更新世橄榄安粗岩主要是金矿。所以说随着钾质的增多，金也在逐渐递变，这是在一个很短的时间里。现在我们看看我国七宝山的情况，金运移的距离远比其它成矿元素如Mo、Fe、Cu、Pb、Zn等远一些。总的说，地表所见资料，沉积岩、变质岩、岩浆岩等，都可成为赋存金矿的容矿围岩。在沉积岩、变质岩的金矿区，有的见到岩浆岩，有的矿体与之伴生；在中深变质相的金矿区里边，总是出现不同的岩浆脉岩。为什么贵州的西南部和广西的西部，有一些穹隆没有见到岩浆岩出现，对此下面还要谈到。

二、山金形成的构造特征

1.区域构造 我们国家与南非、加拿大、澳大利亚西部等国家不同。我国有三个大块体：一个是欧亚大块体，一个是喜马拉雅山，还有受濒太平洋影响的地段，在这三个大块体都有金出现。在西北部古亚洲这个单元区里，金矿主要分布为阿尔泰山、准葛尔的西部、天山、阴山。阴山肯定是一个很有远景的找金区，阿尔金山、祁连山已经有了金了，昆仑山也是值得注意的地方。第二是西南部，特别是喜马拉雅山构造单元里，三江褶皱断裂系里中间的地段，红河断裂带的两侧，还有很多已经有了矿的断裂带里，象湘琛中店断裂、甘孜里塘断裂、雅江颜原断裂以及康滇地轴两侧的丹巴渡口断裂都有金的产出，而龙门山以西有白川、里县、金川金矿区。西秦岭南侧有松潘、摩天岭，一直到大巴山的米仓山，一直是东西向过来。我们东部濒太平洋成矿单元里，正象会场大家所反映出来的：位于近东西向北西向的褶皱断裂带与北东、北北东大断裂交接的格架上。胶东、小秦岭从莫氏面深度来看，都是在莫氏面梯度带上，就是说有地幔岩上升的特点。而我们渤海湾，根据过去所测的莫氏面深度最浅，只有32km。而

向西北，涞源、涞水等很大一个区域，或者复土以上，或者沉积岩以下，都用钻孔打到了基性超基性岩，有千米深，说明那里也是一个基性超基性岩隆起区，并与渤海联成东西向隆起区。由近东西向与北北东向组成的构造格架，在南部象湖南地区也有所反映，那就是锑矿成矿带。就是这个近东西向的构造在我们西太平洋带，譬如象濒太平洋的闽浙火山岩带，它也有些隆起洼陷，那么金矿总是在隆起地带。象治岭头金矿，福建也是这样。不仅是我国如此，在苏联的西斯答拉岭（即我们以前的老爷岭），它是一个真正的新生代的北北东向的一个成矿地带，在这个带内它有几条东西向的成矿带（3—4条）。所以近东西向隆起洼陷构造在濒太平洋构造格架里显示出它对金矿的控制及影响。

2.矿区构造 在上述大型的构造骨架以外，在相对洼陷和相对隆起区，地壳表层的褶皱与断裂带是控矿的主要因素，在刚性或脆性的基底的断裂破碎容易认识，这个大家做野外工作都知道。如果一个基底断裂通过壳表层——这种仍然处于柔性状态的岩层时，那就不太容易认清，另外一种情况是，如果一些壳表层的褶皱，在某一地域一致的倾伏地区，这预示着该地基底有些断裂存在，这在长江中下游好多地方都有这一种现象。还有一种情况是壳表层表现为串珠状的隆起或串珠状的洼陷，也反映着基底有着比较大的断裂。对串珠状的隆起我们过去不认识，最初也只是提出一种设想，现在我们已经证实。譬如说在长江中下游洼陷里的鄂城、铁山、金山店等一系列的岩体，以前我们推断有基底断裂存在，现已经探矿工程证实。象这种隆起也是存在有基底断裂。因此，在龙山地表没有岩体，仅仅有江口组等小的隆起，它的上面布满了金锑矿床，证实至少是个热点，现在已发现有花岗斑岩。另一构造特征是随着背斜顶部的层间剥离而形成的鞍状矿脉，这也是一个很重要的控矿构造。最重要的控矿构造恐怕是剪切的断裂带，象夹皮沟是在挤压应力下所形成的北西向扭滑的断

裂所派生出来的一些片理或张裂，在这里面形成金矿；银洞坡的金矿也产生在挤压破碎带里面；小秦岭的金矿是产生在背斜翼部推复体的剪切带里面；玲珑金矿是产生扭动形成的剪切带里面。小秦岭我是在看了报告以后，把控矿构造恢复了一下，可能上盘是向上推的，昨天又参观了一下，从野外变质岩里看的一些小的拖曳褶皱也证明是这样。值得注意的是，这些大矿体都生在压应力下所形成的滑行剪切断裂带中。当然剪切性的要比张性的断裂触及的深度要大些。

第三种是矿脉构造。我国已知老的变质岩金矿脉都有糜棱岩及碎裂岩，带着这个问题对大湖的伟晶岩，以及切穿伟晶岩的石英脉作了一些初步的镜鉴工作。在伟晶岩里有两种微斜长石，一种是局部蚀变的条纹微斜长石，具有应力消光带；另一种是新生的微斜长石，在镜下和水一样，特别清楚，就是在双偏光下也可以看得到。因此微斜长石测出的年龄有两种，不算稀奇。特别是石英脉里面也有两种石英，其中早生的石英就有应力带状消光，而且受后期构造影响较为破碎；新生的石英没有应力消光，较为完整，并与绢云母伴生，就是绢云母石英脉。黄铁矿化主要与二期的新生石英脉有关，或充填于早期石英的裂隙中。所以说，第一次石英形成以后又破碎，又有一次石英脉形成，才产生了金矿化。而且这一次石英脉里有绢云母化了。另外我们在深部看到的所谓糜棱岩，把这个糜棱岩与嵩山石英岩加以对比，就可以知道不一样。嵩山石英是重结晶、再结晶的石英，云母和石墨等矿物都包含在石英里面，而且消光都是一致。而具糜棱结构的糜棱岩内，含有大量的磁铁矿及少量的黄铁矿。这些磁铁矿晶形都很完整，是糜棱岩化以后生成的，而磁铁矿里包含的石英具带状消光，所以磁铁矿的形成晚于石英，如果说磁铁矿是糜棱岩化以前形成的，它也一样要破碎。这里绢云母带中的绢云母具各种光性特征，所以也是一种后来的热水产物。这说明矿脉的构造很值得仔细研

究。这次参观大湖金矿时，沿矿脉的倾向向下发现有辉钼矿。因此金矿的下面可能有辉钼矿出现。会场上报告的小秦岭各矿区矿石的组份都有变化，有的含白钨矿较多，有的含铅锌矿多。它们究竟为什么变化如此？这些都值得我们进一步很好的研究一下。

总的来讲，上述金矿容矿围岩的构造特征，结合地层、矿脉等综合考虑，与围岩来讲，金矿的后生性是主要的，而且可能与热水流在构造破碎带中的运移有关。这样认识是不是可以？提出来供大家讨论。

三、金矿成因

1.金矿的物源问题 现在看来，金就是从地幔上来的，但也首先是钾离子上来。那么金离子呢？金本来是惰性的，一旦离子化以后，它的离子半径大，特别是与钾离子相近，就可以跑得很远。就象昨天栾老师文章里讲的，矿体可以远离岩体，其中在浅部的矿脉可以离岩体近一些，深一点就远离岩体，这都是可以解释的。

2.成矿溶液的运移问题 这是国外如谢尔巴克多夫等很早就研究的工作。他们认为大概有两种可能：一个是如果与氯离子（这是实验的结果，不是自然界的结果）结合成络合物的话，它是在酸性介质里可以运移得很远，温度高一些；如果是与硫离子结合成一种络合物的话，它是在碱性还原的条件下也可以运移的很远。对此我们国内好多人都应用这个实验结果。但是把金放在硝酸或硫酸里，它是不溶的，只有在离子化和氧化还原的条件下，它变化很快。大湖矿区的矿石中，是不是所有的黄铁矿都有金的存在。现在没有电子显微镜，看不出来。其它矿区做过详细的工作，有自然金存在。但一变成褐铁矿，就有 6—8μm 的金

看出来。那就是说，在氧化的过程中，即低铁变高铁，硫要由2价变4价、变6价的时候，才需要从别处夺离子，在夺的过程中，金也可变成离子相互聚集。因此那天有的同志在含铜的黑色铁帽里发现自然金，对此国外也有报道，即金在氧化的条件下可以运移增大。这是关于运移的问题。

3.矿源层问题 现在欧美认为绿岩是找金的矿源层，真正的绿岩有没有？所以他们把欧洲与南美产金最多地方的绿岩加以比较，详细用最高精度的测定方法，叫外热原子活化仪器测定，有放射性的原子活化来检查测定结果。大家知道，巴尔根岩体是产金的岩体，测定的结果，科马提岩、拉斑玄武岩等含金量跳动都很大。其中科马提岩跳动最大，从0.nppb到20个ppb；蛇绿岩、辉绿岩床等含金量的起点就高一些，起点是1个多ppb；最高是岩流：石英斑岩，一般达2－3ppb。诺热阿格斯的欣格诺铁镁质杂岩体，其各种岩类的含金量亦是跳动很大，但总的讲，起点高一些（1点多ppb），高点在25－13ppb；在滑石碳酸岩里要低一些。津巴布韦贝林圭绿岩带，这是大家目标集中的地方，它的跳动可厉害，那种带刺的（指鬣刺结构）科马提岩含金量很低，从0.nppb一直可以跳到很高，总的都很低，个别跳动很高。很有意思的是，岩层的表皮与岩层的内部差别很大。所以说，我们随便在里面采几个样，说它高、低，不能“定天下”，要做区域地球化学的工作以后，才能得出平均值。他们把它平均了，南非绿岩带98个样品含金量，背景值的平均值得到三点几个ppb，跳动很厉害，主要只有一个ppb（指都在ppb级），这是经过拉尔基因子处理以后得出来的。这样看起来，各类岩石跳动都很大。可以看出来，一个是蛇纹石化高一点，在南美蛇绿岩带里边，有一些是海洋中脊的岩石，含金量特高，达到二百多个ppb；还有是岩墙也高一些，岩枕的表层比内部高。这些事实都说明与海水接触的岩石比没有与海水接触的原岩要高。所以说，水在这里起了

很重要的作用，这点跟我们中国的金矿分析结果一样。

根据这几个原则，试图提出一些找矿的方向性原则意见：

第一，深断裂通过剪切破碎带，并长期有热变活动的地区，确定有热对流的区段，而显示有钾化、硅化的地带，是首先应注意的；

第二，是我国西南部古生代末期玄武岩，部分地区是海底的岩流，也有与之过渡的水成碳酸岩、凝灰岩等相应的沉积岩石组合，这种组合无论在国内外，都是在海底喷发岩中找金矿的一个标志；

第三，西藏地区缝合线上真正的蛇绿岩套中蚀变比较厉害的地方，也是值得注意的。

总的来讲，就是有火山活动又有侵入活动的地区，是值得我们注意的地区。这些火山岩不管是古老的，还是古生代以来的，都值得注意。

我的发言到此结束，谢谢大家！

注：文中提到的部分人名，国内外地名和地质体名称因无从查阅，只是谐音，未必准确。

选自《河南地质情报》第四期（1984）

原生大型金矿床的几个主要地质标志

张　建

（冶金部天津地质调查所）

为了生产大量黄金，各国都积极开展了金的找矿与勘探。在近些年我国已广泛地进行着这项工作，找到了几处大型金矿床，储量有了大幅度的增长。但与世界主要产金国相比，还很落后，并非是由于我国成矿地质条件差，而是因为找到大矿不多，苏联一个穆龙套金矿，年产黄金达80t，而南非产金一直居于领先地位，都是大型金矿床起决定作用的。

所谓大型金矿，各国理解不同，我国目前以金金属量10t以上为标准，偏低了。我认为应从其整体的经济价值来考虑，须与大型铜矿相当，它的范围应限于一个生产矿区，在一个矿带上可能形成几个或更多的矿区。具体地说须拥有50t金储量，才能达到大型的矿床。

大型金矿床的地质条件因类型不同有很大差别。国外有不少总结资料可以参考（表1），其储量之所以大，主要在于延深。显然，凡是延深不大的，则不易构成大矿床。

什么地质条件贮存大型金矿床，就是看到世界的规律性，更要结合我国的实际情况，才能发现成矿最有远景的地区。

为此，首先要了解我国金矿的一般地质情况。由于我国金矿类型比较多，分布很广，成矿地质条件又不尽相同，因而必须掌握金矿床分布的共同特点，归纳起来有三条：

1.区域地质条件首要的是含金背景值高的地层或地质体，特别是有古老的中基性火山岩（已变质）发育的地区；

表1　　国外延深金矿田和矿床的主要资料

矿田和矿床产地（国家）	矿体主要形态类型	H (m)	储量 (t)	P (t/m)
	产于绿片岩化和闪石化陆源火山岩岩层中的矿床			
科拉尔（印度）	脉带，细脉带，透镜体带	3500	700	0.20
莫罗一维洛（巴西）	细脉浸染矿带	3000	250	0.08
肯一莫托尔斯(津巴布韦)	矿脉，细脉带	2000	150	0.08
霍姆斯杰伊克（美国）	脉带，细脉状和浸染状矿体	1900	900	0.25* (0.47)
格洛布一费尼克斯（津巴布韦）	块状和树枝状矿脉	1500	120	0.08
利奥诺拉（澳大利亚）	矿脉	1500	80	0.06
芒特一马格内特（澳大利亚）	浸染状矿带和矿筒	1510	40—50	0.03
洛内利（津巴布韦）	矿脉，浸染矿带	1500	50—60	0.04
霍恩（加拿大）	管状和锥状浸染矿体	>1300	230	0.18
马德圣雷德一莱克（加拿大）	浸染矿带	1280	60	0.05
波尔基尤潘斯（加拿大）	矿脉带，细脉带和细脉状浸染矿带	1200	1550	0.25* (1.29)
布莱洛恩一帕伊奥尼尔（加拿大）	矿脉	1200	120	0.10
卡尔古利（澳大利亚）	浸染矿带，稀疏树枝状矿脉	1200	1050	0.25* (0.87)
诺斯曼（澳大利亚）	矿脉，细脉状矿体和浸染矿体	1000	120	0.12
奥布顿登（加拿大）	矿脉	1000	65—75	0.07

续表

矿田和矿床产地（国家）	矿体主要形态类型	H (m)	储量 (t)	P (t/m)
平　　均		1640	367	0.12
	产于砂质片岩岩层中的矿床			
亚山带（加纳）	块状矿脉	2000	450	0.22
普雷斯特阿（阿里斯通）（加纳）	块状矿脉	2000	200	0.10
		1400	700	0.20* (0.50)
本迪戈（澳大利亚）	鞍状矿脉			
马泽尔洛德（美国）	块状矿脉	1500	400	0.27
巴拉拉特（澳大利亚）	层状矿脉	1050	100—110	0.10
吉姆波（澳大利亚）	块状矿脉	1000	110—120	0.12
里弗通（新西兰）	块状矿脉	850-1000	63	0.08
平　　均		1430	290	0.16
	产于侵入体的内、外接触带的矿床			
克尔连德—莱克（加拿大）	块状矿脉，细脉带，网状矿脉	2100	700	0.30
上刚恩山系（澳大利亚）	块状矿脉，浸染矿体	1500	>100	0.07
格拉斯－瓦利—内华达—锡蒂(美国)	块状矿脉	1100	324	0.29
查尔特尔斯—塔乌艾尔斯(澳大利亚)	块状矿脉	1000	190	0.19
平　　均		1140	264	0.21

续表

矿田和矿床产地（国家）	矿体主要形态类型	H (m)	储量 (t)	P (t/m)
	产于小岩墙状岩株和岩床中的矿床			
圣安东尼奥（加拿大）	矿脉带，细脉状和网脉状矿脉	1500	40	0.03
马拉尔蒂克（加拿大）	浸染和细脉矿石带	接近1500	180	0.12
拉马克—锡格马（加拿大）	块状矿脉			
平　　均		1000	130	0.13
		1340	117	0.09
	产于破火山口火山房的矿床			
西尔维尔通—特卢里德（美国）	树枝状和块状矿脉	1300	220—240	0.18
克里普尔—克里克（美国）	块状矿脉	1000	600	0.60

注：*计算数据的平均值；H探矿工程确定出的矿化纵深范围；P矿床每加深1米时金储量增长值。

引自 Е.М.Некрасов（1980）：国外矿化垂直延深大的金矿床《Известия АН СССР》"Серия геол" 1980，№3，108－123。

2.与控矿有关的深大断裂构造；

3.与矿化活动有联系的热动力源或母岩——成矿前的岩浆岩。

具备以上三个条件的地区是找矿最有远景的。进一步要从这种成矿有利地区找出矿床的标志来。

（1） *含金背景值高的地层或地质体* 具有世界性的规律之一是：太古代大量基性火山岩和部分超基性火山岩的堆积为前寒武纪岩石中金属聚集的首要条件。变质后，中、基性火山岩为黑云母角闪石斜长片麻岩、斜长片麻岩、黑云母变粒岩、角闪片岩等组成的绿岩带，其中金丰度较高（有的达0.2g/t），而且成粒状的可见金。到元古代居统治地位的是沉积作用，为金属原始聚集的第二个条件，其中部分也有基性岩，如下震旦细碧角斑岩系，含金达0.1g/t。古生代褶皱区的泥盆系下石炭系变质的中、基性火山岩带也有稍高的金含量。

这些古老绿岩的地球化学组成与当今的基性一超基性岩含金量不同。现在洋壳的大洋中脊没有矿床，实际上矿床都集中在陆壳（包括其边缘地带）中。这可能是因为硅铝质地壳是外生—生物作用、变质作用和伴随着超变质作用的岩浆作用长期发育的产物，因而造成了各种大陆地壳的矿床。

（2） *在太古代绿岩或其混合岩化隆起的边缘凹陷区* 是生物活动与沉积作用最强烈的地带，其中炭质建造通常富含多种元素，如磷、锰、钒、银、金、铀、钼、稀土、锶等，是这些元素独一无二的地球化学堆积场所。因此，在炭质岩石中能形成富含金的黄铁矿矿床，而且往往最富的矿石产在含炭质最高的地段。在前寒武纪和显生宙建造的上述有机质中富含的多种元素成分惊人地一致，可能是生物化学作用的机制相同的缘故。

（3） *有利的成矿地质构造* 太古代绿岩台块中的凹褶带富含铁镁质的上古生代碳酸盐岩（或元古代含炭质大理岩），其中

可能有基性火山岩夹层，于碳酸盐岩中有层状含金黄铁矿、磁黄铁矿或其它含金硫化物矿床。

隆起区的太古代绿岩经混合岩化部分或地台区断陷盆地的火山岩或次火山岩中，须注意含金黄铁矿型矿床。

台背斜、槽背斜边缘断裂构造是成矿的通道或控矿的位置。在上述有利的矿源层或有利于金沉淀的断裂或层间裂隙发育区，特别自太古代以来曾多次继承性活动的断裂对成矿最有利。

（4）*在我国与金矿化关系密切的花岗岩类* 岩石有两大类：一为太古代变质岩在后期混合岩化的基础上于原地形成的混合岩或混合花岗岩；一为太古代—古生代变质岩基底断陷盆地边缘形成的钙碱性中—酸性岩浆岩（花岗质火山岩及次火山岩），是基底重熔再生的产物。

各种类型（地球化学类型和形态类型）的潜在含矿侵入体的结晶分异作用、喷气分异作用和去气作用的特点为评价其含矿性和局部预测含矿侵入体发育区内成矿元素和稀有元素浓度异常（包括工业品位的浓度异常）地段的形成条件提供了可能性。

去气作用的多阶段性是大部分内生金属矿床与之有关系的浅成侵入体的特点。在浅成侵入体的岩浆的挥发组分及与之有关的成矿元素和稀有元素多集中到侵入体顶部，形成浓度异常区，比其深部浓度增高2—5倍。

岩浆成因的浓度异常区可分为3类：岩浆阶段的、气成阶段的和热液阶段的。岩浆阶段的浓度异常区可再分为6种：①侵入体顶部浓度异常区；②岩浆分熔过程中产生的浓度异常地段；③侵入体围岩中的喷气晕；④爆发矿化角砾岩；⑤喷气在成矿前把成矿元素和稀有元素带到弱渗透带中而成的浓度异常地段；⑥围岩中的成矿前交代岩带。

侵入体围岩中的喷气晕多为中生代浅成侵入的喷气晕。晕中稀有元素和成矿元素的浓度异常等于背景值的2—3倍，如Li、F

最大浓度通常见于内接触带50—100m范围内。

结晶水的喷气晕在围岩中高（1.48%），花岗岩中较低（0.81%），离顶板1000m处水的含量达到最高值（2.19%），以后再下降。水量低的地带相当于黑云母角页岩区，接近于背景值时为水黑云母—白云母亚相。铅汞喷气晕远离侵入体。

爆发矿化角砾岩浓度异常区特别有意义，为近地表侵入体形成的。有的呈线状延伸，厚数百米，有的呈管状，其中可含有大量有用矿物，为开采对象，如Mo、Cu、Au等。

含矿侵入体岩浆期后阶段产生的浓度异常区可能是多次形成的，这不仅因为岩浆期后作用的发展是阶段的，而且由于潜在含矿侵入体中可能有若干个能够产生含矿喷气的岩浆源。不论气成阶段或热液阶段浓度异常区均出现在饱含挥发性组分的花岗岩浆的浅成侵入体。

（5）围岩蚀变 在金矿床中由于围岩受到交代改造作用，在裂隙通道附近发生了绢云母化、碳酸盐化，在中部带发生绿泥石化，在边缘部分发生碳酸盐化。在近矿交代岩中许多元素的含量都偏高，成矿元素中有金、砷、银、汞。矿体中与矿体共生的浓度异常区内的成矿元素的数量是可以对比的。

气成阶段和热液阶段成矿元素浓度异常区形成的强度和规模决定了潜在含矿侵入体的含矿量。一般情况下，气成阶段浓度异常区产在浅成侵入体岩钟接触面两侧的很窄的内外接触带。热液阶段浓度异常区则产在较宽阔的内接触带。

现在，我们再来研究世界各国延深很大的大型金矿床的特点及其地质标志。

1.产于绿岩带地区的金矿床 这类矿床的突出特点是由少量硫化物浸染和细脉浸染矿石组成的较厚的矿体。矿体主要呈交错带、层状和透镜状产出，最大厚度达几十米，我国金厂峪金矿就具有这个特点。这类矿床有时在平面图上呈延伸性不大而深度较

大的管状体，如加拿大霍恩矿床。金的分布较均匀，但含量较低，常为4—8g／t。从其规模和延展深度上都是最有远景的。

赋存这类矿床的破碎带、少数大断裂和片理化带都受到了矿化。这些含矿破碎带往往与控矿的大断裂带相连。

这类矿床主要是在区域变质作用之后形成的。在我国由于地台是不稳定的活化区，一个矿区常具多代成矿的特点，除金以外，铜铅锌等都有经济价值。

这类矿床尽管延伸很大（表1），但在垂直间隔内矿石的矿物成分保持恒定不变。均以黄铁矿浸染为主，其次是黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、较少量的硫锑银矿和斜方硫砷铜矿以及极少量的金碲化物的浸染。脉石矿物有石英、钠长石以及次要的碳酸盐矿物。

2.产于片岩类中的金矿床 矿化局限在轻度或中等变质的、挤压为褶皱的硅酸盐岩石中。其中典型的交错充填脉十分发育，脉中矿石有角砾构造，矿脉有清晰的直线接触带。

在这类矿床中，矿化在较狭窄的区域性纵向大断裂带里发育，并且矿化发生在延伸距离大，在水平方向和剖面上彼此连续交替的大量小型横向断裂系中为特征。有的呈多层鞍状矿脉，为窄背斜脊部大量剥离洞穴被充填的产物，如澳大利亚本迪戈矿床，鞍状矿脉依次层迭在垂深1400m的范围内。

3.产于侵入体内外接触带的金矿床 这类矿床的矿体产于大断裂（及其相伴的裂隙带）以及厚度较小而延伸长度大的断裂带中。所有这些含矿的断裂带主要集中在岩浆岩体呈直线延伸的、变形最剧烈而常呈纵向分布的接触带。矿体分布的最大深度可达2100—2300m，如克尔连德莱克矿床（表1）。含矿断裂为区域性断裂带的羽状断裂，延伸超过5km。具有厚大的（几m—30m）含金石英脉的含矿断裂带，呈束状矿脉带。金矿化发育比较均匀，不同深度的矿石成分非常稳定。在各中段的石英中都含有似

乎等量的硫化物，其中以黄铁矿为主，其次为赤铁矿、黄铜矿、辉铜矿、方铅矿和闪锌矿等。金的碲化物和其它金属的碲化物极少，而是以自然金存在于石英中。

4.产于岩墙状岩株和岩床中的矿床 其明显的特征是：矿化普遍发生在垂直走向或倾向并呈直线延伸、厚度较小的中、酸性岩墙状岩体的断裂中。当含金断裂进入层状围岩时即很快尖灭了，矿体也随之消失了。这种矿脉为典型梯状脉。矿体在空间分布受区域性大断裂带的控制。

5.产于破火山口的矿床 这类矿床除美国的克利普尔--克利克和西尔维尔通—特卢里德两个矿床以外，于美国、墨西哥、加勒比盆地和秘鲁、日本、苏联的远东、台湾省、菲律宾、印度尼西亚、新西兰、斐济岛等现在开采的60—70个矿化规模巨大的矿床，金矿化延展的深度距现在地表不过500—700m。

矿床的地质特征，主要是矿化发生在切割火山房的，或占据了火山房中放射状破裂带位置的含矿大断裂带中。

矿体弯曲状，沿隆起和侧翼部向上呈树枝状延伸的矿脉。其内部构造复杂多变，常被细脉带所代替。矿石为硫化物的或是金银的。后者以胶状、环状、带状和缟状等构造为主。其中含矿石矿物极少，不超过矿物基质总量的1%。

6.大型矿床的构造特点 主要的有下列几点：

（1）大多数深延矿床都产于地壳下部构造层。在地台活化区有些典型的，产于上部构造层（地台盖层的火山构造带）的近地表矿床。

（2）矿化出现在两种类型的破裂带：①含矿断裂带和与其连接的、延伸距离大的羽毛状破裂带；②延伸达几公里、彼此不断交替，赋存主向矿体的多组含矿断裂群。

（3）主矿体集中在一条或几条延伸长度最大的断裂带。

（4）位移总幅度不过几十至几百米的含矿断裂的古老堆

积作用和多次改造。

（5）矿化限于直线延伸的、厚度巨大的断裂带；成矿前的横向裂隙适度发育。

除总结上述情况外，还可以归纳大型金矿床有五个向深部显示矿化的主要地质标志。

第一种标志，也就是最主要的标志，是矿床没有明显的垂直构造分带和矿物分带。

第二种标志，是沿走向或倾向的容矿断裂和矿体内部结构构造和形态的变化不大，惟羽状矿化断裂带及其中的含矿岩枝随深度逐渐减少。

第三种标志，是大型矿化规模在长又宽的、以许多含矿断裂为特征的带，这些断裂构成了延伸几公里的裂隙系统。这种容矿裂隙系很可能是一些分散型断裂带，它反映在矿区的基底内还有明显的和更巨大的断裂带存在，它们对含矿溶液的流通起了通道作用。

第四种标志，是垂向上矿物的数量及相互间的比例的变化不大。在脉型矿床中，由于矿石的块状和浸染状构造作用的增加，角砾状、柱状、斑点状和带状等矿石构造则随深度略有降低。

第五种标志，是矿石中金含量随深度的变化，在矿床上部较高，中部均匀而稍低，下部则明显地降低。

选自《金银矿产选集》第一集（1984）

金矿床的新类型

徐国风

本世纪80年代以来，黄金储量达100t以上的金矿床至少新发现了6个，1980年12月在美国内华达州又发现了一个大型"卡林型"金矿床，储量达127t，金品位4.35g/t。1980年在日本九州鹿儿岛菱刈地区发现了一个大型的高品位火山岩型金矿床，储量120t，金平均品位高达80g/t。金银石英脉和细脉带产在白垩系—老第三系黑色页岩、砂岩和中新世至上新世的安山质火山岩中，矿石由石英、冰长石、方解石和金银矿物组成。1982年在巴布亚新几内亚发现了两个大型火山岩型金一银矿床，利海尔岛金矿储量达311t，波格拉金矿储量为287t。1980年8月在美国加利福尼亚州海岸山脉发现一个大型的诺克斯尔汞—银—金矿床，储量估计金100t以上、银100t以上、汞233t以上。汞、银、金综合矿体大部分与超基性岩相伴产出，其余则产于侏罗系、白垩系沉积岩和新生代火山岩中。最重大的发现是1981年在加拿大安大略省苏必利尔湖北岸东端找出储量高达597t、金品位4—16g/t的赫姆洛金矿床。它是产于太古代绿岩带上部黄铁矿化长英质变质火山—碎屑沉积岩中层控型浸染状金矿。

苏联前寒武纪地质学及地质年代学研究所Д·В.Рудквист和В.Б.Дагелайский1985年撰文"前寒武纪地区新矿石类型及其评价准则"强调不同年代和类型的绿岩带中产出之金矿床工业意义不同。早期陆台阶段（30—35亿年）的绿岩带金矿床规模较小，晚期断裂阶段（27—30亿年）的绿岩带中发育有最大的金矿床（27—28亿年的晚太古代形成）。关于太古代绿岩带中条带状

铁建造（BIF）内的金矿化，最新的研究认为在成因上与元古代铁硅质建造中的金矿化（霍姆斯塔克型金矿）类似，金最初受地层控制（来源于地层），后来的构造运动、变质作用和岩浆活动使之重新分配于有利的成矿部位形成矿体。澳大利亚学者G.N. Phillips，D.I.Groves，J.I.Martin等于1984年提出太古代绿岩带浊流沉积条带状铁建造中金矿床的成因模式。强调BIF中金的分布反映其构造位置和时间，矿化沉淀以陆台条件最为有利。在BIF中金矿化与黄铁矿、磁黄铁矿集合体共生，并且在氧化物相中几乎完全没有金矿产出。指出金矿化的构造控制具有重要意义，金矿化产于裂隙、晚期断裂或脉石英的沉淀场所内，建议把勘查工作的重点引向控矿的构造带。有意义的是，自然界存在着这样的现象，在BIF中有大型金矿床产出，与其共生的绿岩带有巨型金矿出现。如南非的Barberton山地、西澳大利亚的Magnet山地、加拿大安大略省Timmins地区的Carshaw和Malga矿床产出有储量达几十吨以上之BIF中大型金矿床，相共生的绿岩带就有巨型的石英脉型和浸染型金矿床产出。反之，在已发现巨型绿岩带金矿的地区（如除南非、澳大利亚、加拿大外还有巴西、津巴布韦、印度等）有可能找到太古代绿岩带内BIF大型金矿床。加拿大地盾西北部耶洛奈夫花岗—绿岩带BIF中80年代开始开采之Lupin金矿床也说明了这种对应关系。Lupin金矿床储量达53.8t，金品位为12.96g/t。矿体形态主要为层状，产在富含磁黄铁矿的磁铁石英岩中。近矿围岩蚀变微弱（硅化、绿泥石化、黄铁矿化等）。矿石主要由石英、磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、斜方砷铁矿、毒砂、自然金等组成。自然金多出现在磁黄铁矿和毒砂的边部或裂隙中。有的学者（如R·P·Foster和H.H. Красников）提出BIF中的大部分金是属于35亿年的，而28—26亿年的BIF中所产出的很少，但事实上并不完全如此。

占世界金矿储量一半以上的含金变质砾岩型金矿的研究，近年来也有较大的进展。南非Witwatersrand金—铀砾岩型金矿（兰德型金矿）在加拿大地盾、巴西地盾、非洲—阿拉伯地盾、印度地盾、芬兰地盾等陆续有所发现。如在靠近坦桑尼亚的赞比亚之姆波罗科索盆地发现的1km长的金—铀砾岩矿带。矿石分选差，赤铁矿和磁铁矿常见，含金0.3—0.5g/t、铀60—70g/t。近年来又新发现加纳Tarkwa变质砾岩型金矿，以富金无铀为特征。该金矿产于下元古界Tarkwa群下部砾岩带中，矿石平均含金2.5—3.5g/t，富矿含金14.6—28g/t。矿石主要由石英、赤铁矿，次由绢云母、电气石、金红石、锆石、自然金等组成，不含铀矿物。砾岩中砾石成分简单，为椭圆形玻璃状石英、角页岩、片岩和石英岩，胶结物为石英、赤铁矿和少量钛铁矿、磁铁矿、自然金，金的粒度小于150μm。在芬兰北部早元古宙 Kaarestunturi 建造中也有这种不含铀的变质砾岩型金矿产出。该处砾岩层厚0.5—2m，卵石以石英和碧玉铁质岩为特征。最富的部位为厚0.3m的透镜体，含金达22g/t，一般矿石品位为1.5—5g/t。自然金的粒度约为10μm，沉积在有牛轭湖的弯曲河床中。另还有一种以铀为主的砾岩型伴生金矿床。如加拿大的盲河埃利奥特湖区，就有这种含金的变质砾岩型铀矿（含钍和稀土元素较富）产出。

在简述以上几个重要金矿床类型的找矿新进展之后，现专门介绍以下七种新的金矿床类型。

1.赫姆洛型（Hemlo Type）金矿床——绿岩带上部长英质变质火山碎屑沉积岩中的层控浸染型金矿

赫姆洛金矿产于加拿大地盾苏必利尔构造省Wawa花岗—绿岩带东端。赋矿层位为晚太古代（28—26亿年）绿岩带之上部的Goliath火山—碎屑沉积建造中。整个绿岩带呈东西向展布，宽30km，长40km。矿床位于宽阔向斜构造的核部。向斜构造的

两翼为变质的镁铁质火山岩。基底岩石为太古代片麻岩，其上是变质基性火山岩（科马提岩）和中性火山岩系，往上为变质中酸性火山岩、火山碎屑岩、化学沉积岩和碎屑沉积岩。含矿地层属晚太古代Goliath建造，为绿岩带上部的火山—碎屑沉积岩组合。其下部以基性凝灰岩为主，夹有少量硬砂岩、长石砂岩和薄层含铁石英岩。顶部有一层玄武岩，中部为含矿层。含矿层为钙质粉砂岩、绢云母片岩、含铁硬砂岩、长英质凝灰岩、角砾凝灰岩等。矿体呈席状、产状较陡（倾角50—60°），延深超过1000m。赫姆洛金矿床由于是三个公司分段开发，最西被称为Williams矿床（实为矿段）、中为Golden grent矿床（矿段）、东为Corona矿床（矿段）。矿石由浸染状黄铁矿、自然金、重晶石、辉钼矿、辉锑矿、雌黄、雄黄、辰砂、毒砂等组成，接近矿体底部含重晶石较多。寄主岩矿石中有辉钼矿、辉锑矿、雄黄和浅绿色云母。金矿品位三个矿段由西至东依次为7.15g/t、8.74g/t和11.2g/t。金以微细粒自然金产出。很少有明金，有时可见金的碲化物独立矿物。赫姆洛金矿最大的特点是不同于南非等地太古代绿岩带金矿主要为含金石英脉产在绿岩带上部镁铁质岩石中，而是由浸染状矿石组成的层状矿体产在绿岩带的下部黄铁矿化长英质变质火山—碎屑沉积岩中。矿石成分也以含有相当数量的辉钼矿和少量雄黄、雌黄、辰砂为特征。储量高达597t的赫姆洛金矿的发现不仅在理论上完善了太古代绿岩带金矿的成矿模式，而且也在实用上提出了应在绿岩带上部重新查定其含金性、开拓新的找矿领域的重大实际问题。

2.诺克斯维尔型汞—银—金综合矿床

诺克斯维尔汞—银—金综合矿床位于美国加利福尼亚州纳帕县北端，系海岸山脉一系列同类矿床（别依克尔、皮卡邱、斯捷依通、奥特山、维尔布尔—斯普林格斯）中的一个。成矿作用与新生代构造岩浆活动有关。汞—银—金综合矿床与超基性岩相伴

产出，一部分产于侏罗系、白垩系沉积岩（硬砂岩、页岩、硅质灰岩、砾岩等）和新生代基性成分火山岩中。矿床产于沿超基性岩发育的似叶片状硅质—碳酸盐质交代岩中或直接产于靠近这种岩石的地段。矿体就是交代岩的碎裂化、片理化或角砾岩化的矿化带。交代岩由蛋白石、石英、方解石，少量冰长石和钠长石组成。主要矿石矿物为黑辰砂和辰砂，共生矿物有黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、闪锌矿、辉银矿、硫锑铜银矿、方铅矿、辉锑矿、针镍矿和金（呈细分散状态）。矿床规模巨大，适合于露天开采的黄金储量达到100t。诺克斯维尔型汞—银—金综合矿床的找矿准则和找矿标志为：

（1）存在着叠加在蛇绿岩杂岩体上且围岩为陆相火山岩地层的新生代构造岩浆活动带；

（2）广泛发育似叶片状镁碳酸盐成分的交代岩；

（3）有交代岩的碎裂化、片理化和角砾岩化带；

（4）有汞的异常晕和辰砂的天然重砂晕。看来，金矿化和汞矿化在空间上叠加是由于这两种元素的物理参数、迁移方式和途径都相同造成。因而在自然界还产出有富含汞的伴生金（银）矿床，如智利有长约500km的汞矿化带，赋存于中生代玢岩建造火山岩（安山岩、安山质凝灰岩和火山角砾岩）内。含金、银的汞矿体呈陡倾的石英脉产于硅化、绢云母化、泥化蚀变带内。矿脉由石英、方解石、重晶石、辰砂、黄铁矿、黄铜矿、自然金等组成。矿石含汞不超过0.1—1.3%、金不超过1—6g/t。综上所述，在太平洋汞矿带、中亚汞矿带和地中海汞矿带中寻找诺克斯维尔型综合金矿床和富汞伴生金（银）矿床是很有希望的。

3.火山岩或火山碎屑岩中的热泉型金矿床

热泉型金矿床是以产在火山活动区的火山岩或火山碎屑岩中、低品位、大储量为特征。近几年发现的这种热泉型金矿床以不产在碳酸盐建造沉积岩中与“卡林型”金矿床相区别。典型

的矿床是美国内华达州的Round Mt., Sulfer, Bodie, Hasbrouck peak和Pueblo Viejo等金矿床。这些金矿床产于破火山口边缘的断裂带（如Round Mt., Hasbrouck peak和Pueblo Viejo）或复杂的高角度断层区（如Bodie和Sulfer矿床），地表有温泉活动。矿体围岩以英安岩、凝灰岩、火山碎屑岩为主，还有少量湖泊沉积岩。围岩蚀变有硅化、冰长石化、绢云母化、泥化、明矾石化和青磐岩化。细脉浸染状矿石由黄铁矿、辉锑矿、自然金、辰砂、自然银、闪锌矿、毒砂、绿泥石、绿帘石、石英、冰长石、绢云母、高岭石、明矾石、玉髓自然硫等组成。矿石含金1.9g/t，银41g/t（Hasbrouck peak矿床），储量可大于76t（Round Mt.矿床）。Pueblo Viejo矿床矿石平均含金3.5g/t、银18g/t，黄金储量129.5t、白银储量666t。成矿时代为第三纪中期或更晚，年龄测定值为7.1—25Ma。成矿温度以150—200℃为主，流体包裹体盐度低，成矿流体主要由大气水组成。低品位、大储量的热泉型金矿床的找矿准则和找矿标志是：①复杂的陡倾构造、火山中心区、小湖盆地区等；②热泉活动的标志；③泥质蚀变（尤其是有明矾石和自然硫出现）；④石英网脉（特别是有玉髓出现）；⑤角砾岩化和硫化物细脉（黄铁矿氧化使航照彩色照片显示红棕色）。十分明显，这种低品位的细脉浸染状金矿石十分容易被人忽视。因此，今后寻找这类金矿床的潜在远景甚佳。

4.奥林匹克坝层控型铜—铀—伴生金矿床

奥林匹克坝层控型铜—铀—伴生金矿床位于澳大利亚南部博克斯拜丘陵区。层状、似层状、透镜状和脉状矿体产在中元古宙奥林匹克坝组和格林菲尔德组沉积岩中。够工业要求的矿石多赋存在奥林匹克坝组和格林菲尔德组靠下部的岩段内。奥林匹克坝组由下往上依次为下部花岗质角砾岩段（800m）、黑色赤铁矿段（150m，有矿化）、惠兰段复成分角砾岩（350m，强矿化）、

布鲁克斯段长英质火山岩碎屑角砾岩（300m，矿化）和上部花岗质角砾岩段（1000m，矿化）。格林菲尔德组则为硅化岩段（275m，强矿化）、赤铁矿角砾岩段（500m，矿化）和火山岩段（250m）。往上不整合地覆盖有上元古宙和寒武系沉积岩。铜、铀、金、银、稀土元素以及铁、氟等都比较集中地产在赤铁矿含量高的沉积岩中。矿化范围广达20km²，矿化垂直厚度几十米到350m。矿床至少有20亿吨矿石，平均含铜1.6%，U_3O_8 0.06%，金0.6g/t，此外还含银1—7g/t、镧0.02—0.18%、铈0.2—0.27%、钇0.0035—0.0135%、铁17.4—37.7%和氟0.9—1.5%，其中在1983年即求出工业储量4.5亿吨矿石，含括金储量270t、银2700t、铜11 000 000t、U_3O_8 360 000t。矿石由赤铁矿、斑铜矿、辉铜矿、黄铜矿、蓝辉铜矿、铜蓝、自然铜、硫铜钴矿、辉砷钴矿、黄铁矿、菱铁矿、磁铁矿、沥青铀矿、水硅铀矿、钛铀矿、氟碳铈矿、磷铝铈矿、萤石、自然金（粒度小于10μm）、自然银、石英、重晶石、富铁绿泥石、多硅白云母、金红石、锐钛矿等矿物组成。围岩蚀变以赤铁矿化、绿泥石化、绢云母（多硅白云母）化和硅化为主。奥林匹克坝铜—铀—伴生金矿床以寄主容矿岩为粗碎屑沉积岩（相当于砂岩）、铜—金—铁与铀—氟—TR相伴生、金属硫化物与高含量的赤铁矿共存和矿床具有时限层控特点为特征。矿床可能系含矿溶液进入巨大的湖盆地沉积而成，工业价值十分重要。

据报道，澳大利亚新生代河床钙质胶结砾岩中也有新型金—铀矿床产出。

5. 贵金属（金、铂族、银）页岩矿床

Henryk Kucha Dr.Eng 1983年报道波兰铜矿带有一种新型的贵金属（金、铂族、银）页岩综合矿床产出。Polish和Zechstein贵金属页岩矿床位于华沙市西南约6.7km处，贵金属综合矿床产区与汞银矿带重合（后者分布范围更大）。此两矿床

产于延伸几百公里的铜矿带中，每个矿区的面积不超过2—3km²。金—钯—铂—铋—钼矿化厚度约为0.4m，下伏厚层白色砂岩，上覆白云质页岩、白云岩和石灰岩。汞—银矿化与金—铂族矿化重合并往下加厚矿层约0.2m。狭义的贵金属页岩含金5—200ppm（单位下同）、钯10—120（有时高达1000）、铂10—370、铋100—200、钼260—4800、银2—1000（有时高达5780）以及磷0.5%、氟3—4%、硼0.2%和有机碳2.4—4.8%。矿石矿物共生组合由银金矿、砷钯矿（Pd_3As_2）、硫钼铜矿（$CuMoS_3$）、辉钼矿、硫铋铜矿、砷镍矿、辉砷镍矿、斜方砷镍矿、方钴矿、辉钴矿、斜方砷钴矿、留色铜蓝、铜蓝、蓝辉铜矿、磷灰石、方硼石、石英以及金和铂的有机化合物（金有机酸盐、硫金酸盐和铂烯烃族化合物）等组成。贵金属页岩系含有相当数量的伊利石、蒙脱石混合斑点的伊利石页岩（以1Md多型伊利石多于$2M_1$多型伊利石为特征），厚仅0.05—0.28m的沥青页岩（含金5—40ppm、钯10—80、铂>210、铋400—2000、钼200—760、汞200—1000、银2—580、镍80—420、钴40—360）。再往上为厚0.05m的含蓝辉铜矿之粘土质页岩（含金5—35ppm、钯30—80、铂8—210、铋150—600、钼260—720、汞200—800、银2—420、镍100—1500、钴60—1850）。据研究，推测该两矿床有两种成因的矿石：

（1）同生萨布哈模式的矿石——认为各种金属来源于盆地周围的陆地，金属在卤水中呈离子有机络合物形式迁移，

（2）后生渗流热卤水模式的矿石——认为上部蒸发岩的卤水透过页岩向下渗流溶解二迭统Zechstein层下部各种岩石中的有机物和金属，往下卤水增温并上升发生热卤水变质作用、催化氧化作用、循环作用等而沉淀各种硫化矿物、有机化合物和银金矿。推测在现今之贵金属矿层下部可能有金、铂等和独居石古砂矿存在。

6．灌蚀型残积砂金矿床

众所周知，一般残积砂金矿床是出露于地表的含金地质体

（岩石或矿石）在风化作用下崩解成为岩石碎块或矿物碎屑，其中易溶的和较轻的部分被地表水（富含游离氧）搬走，难溶的和较重的部分基本上在原地被保留下来形成残积砂金矿床。据B.Г.沙赫特诺夫和Ю.Б.苏米诺夫1979年报道，苏联北东部地区有一部分砂金矿床主要是受地下水（缺乏游离氧）的潜蚀作用形成的。这种潜蚀型砂矿形成于分水岭鞍部、近鞍部的侵蚀沟和新生代凹陷的基底。在分水岭近鞍部的侵蚀沟环境中，在土壤腐殖层和坡积—冲积碎石—粘土沉积物的下部有由地表水作用形成的冲积砂矿，它具有地表迳流水成因的特征标志（含矿层局限在卵石层剖面的下部且金粒的磨圆度较好）。潜蚀型残积砂矿呈雁状分布在上述冲积层的下面，往往是沿着岩石化学成分有所不同的界面展布。潜蚀型砂矿的特征是金粒的磨圆度不好，有棱角状、钩状和参差状形态并经常和石英连生（未解离）。大颗粒金的边部和凸起部位有变平的迹象。产于新生代凹陷基岩上的潜蚀型砂金矿的重砂之重组分中，除金和其他稳定矿物外，还有大量颗粒完好的毒砂和黄铁矿棱角状晶体赋存于基岩的残积层中。这只有当碎屑石英层受到缺乏游离氧的渗流水（地下水）的潜蚀作用才能形成。被潜水冲刷的层位系还原环境，可促使硫化矿物再生。石英碎屑的粒度甚大，不可能在长1000m、高零点几米的斜度河床底部被地表水流搬运。石英碎屑表层的上部稍被磨平、下部仍保存石英破碎面所具有的不平坦断口，石英常与金连生（未解离）。这种潜蚀残积砂矿不仅含金，而且还含有锡、铂、金刚石等有用矿物。

7.新生代泥质沉积物中层状微粒金矿床

外生金矿床一般是按照原始源区→风化壳→洪积—坡积砂矿→冲积矿→滨海砂矿→海洋砂矿链状系列演化。工业意义以冲积砂矿最大。事实上，迄今为止人们只对粗粒金的富集条件作了较充分的研究，而对微粒金（粒径小于0.01mm）的迁移方式和圈

沉条件实际上未作研究。В.П.Полеванов1984年指出微粒金迁移机制与粗粒金有本质上的差异。大家知道，粗粒金活动性较小，常在冲积物的底部富集成砂矿。粗粒金与原始源区关系密切，呈碎屑状进行一定距离的迁移、搬运，在水动力条件改变（携带力减弱）时沉淀成矿。然而，微粒金则可能呈溶液和胶体溶液状态搬运，也可能呈细分散相的悬浮物迁移，这就可以搬运很远。在沉积盆地中，微粒金分布在粗粒金的上面且一般的天然重砂取样不能取到微粒金样品。

在自然界，苏联雅库梯盆地内洪积物和冲积物中的泥质沉淀物含有相当数量的微粒金，而且金的含量与沉积物中高岭石和铁氢氧化物的含量正相关。在一个山间盆地内，冲积层中发育有典型的粗粒金砂矿。有意义的是，在冲积层之上2m的泥质沉积物（厚10m，含40%的粘土），其中含有相当数量的微粒金。这种微粒金在粘土中富集的现象可用高岭石、铁氢氧化物和氧化物能吸附金或经电化学作用或微粒机械沉积作用造成。因此，应该在山间盆地、滨海盆地和河流三角洲对新生代或第四纪泥质沉积物进行普查以寻找和发现这种新型的层状微粒金矿床。由于微粒金在粘土中分布非常均匀，普查勘探时可采用大面积的等网状布置勘查工作，以试金法或原子吸收光谱法化验矿石品位。在开采时可采用氰化法或其他化学方法提取金。

另据报道，澳大利亚博廷顿大型铝土矿矿山铝矿石含金3—3.5g/t，金储量达到80t以上。金为微粒金，粒度为0.005mm。矿石中粘土含量高，可推测系微粒金冲入海盆地与铝土矿一起沉积成矿。

近来还报道在美国加利福尼亚州地下富钾的热水中发现有金，含金达2g／t。若提取钾时回收80%的金，则可年产金2240t，相当于目前世界黄金产量的二倍。这也是一个十分值得注意的动向，故有必要重新评价地下富钾的热水。

表1　世界一些地区的原生金矿和砂金的产量及两者比值

(Сафронов, 1985)

地　区	黄金产量（t）		原生金产量／砂金产量
	原生金矿床	砂金矿床	
不列颠哥伦比亚	370	128	2.9
美国阿拉斯加州	455	406	1.1
美国加利福尼亚州	1010	1100	0.9
美国蒙他拿州	167	202	0.8
澳大利亚东部	2500	1240	2.0
澳大利亚维克多利州	860	645	1.3

表2　不同地质构造省的原生金矿和砂金的产量及两者比值

(Сафронбв, 1985)

地质构造省	面　积 10^6km^2	黄金产量（t）（到1970年止）		原生金产量／砂金产量
		原生金矿床	砂金矿床	
地盾区				
太古代地盾	16.8	9665	510	19.0
中生代地盾	5.8	1260	480	2.6
共　计	22.6	10925	990	11.0
褶皱区				
早新生代褶皱区	11.2	5890	4910	1.2
晚新生代褶皱区	20.7	9760	3395	2.9
共　计	31.9	15650	8305	1.9
总　计	54.5	26575	9295	2.9

最后在结束本文时附带介绍一下砂金矿床和同区岩金矿床的产量比关系问题。由表1采金实际资料可知，世界一些地区的原生

金矿和砂金的比值为0.8—2.9，平均为1.5。再由表2资料看出，原生金矿和砂金的比值地盾区（该比值平均为11.0）比褶皱区（该比值平均为1.9）大得多，而且地盾区每一百万平方公里平均至少产原生金483.4t、砂金43.8t，褶皱区每一百万平方公里平均至少产原生金490.0t、砂金260.4t，一般每一百万平方公里平均至少产原生金487.6t、砂金17.06t。由此可以估算黄金资源，如我国国土面积按这些平均值估算，寻找金矿资源的潜力是很大的。

选自《湖南地质》第三期（1986）

关于粤西南金矿区域地质特征的几点认识

宋近发

粤西南是我国南方重要的金成矿区，除河台大型金矿外，尚有新洲、合江、顿梭、庞西洞等矿床和大批矿点、矿化点。我队刚刚进入该区找矿，现仅根据有限的手头资料和局部野外调查所得，对西江流域及其以南、雷州半岛以北地区的金矿地质特征及有关问题谈几点粗略看法，有利于今后进一步研究，不当之处，敬请指正。

1．富金层位广泛分布。主要是震旦系和寒武系。震旦系为深变质混合岩、黑云母斜长片麻岩、角闪片岩、黑云母石英片岩、石英岩等；寒武系多为浅变质云母石英片岩、千枚岩、板岩、变质砂岩等，部分地区亦有变质程度较深的角闪片岩及混合岩。

罗定地区震旦系（前人称"泗纶群"）含金量为10—480ppb，高出地壳克拉克值3—137倍（据罗镇宽等）。

根据粤西南已知金矿区或矿点统计（据1977年《广东省矿区简况》），岩金矿中，产于震旦系中15个、产于寒武系中16个、产于燕山期花岗岩体中7个、产于花岗岩与寒武系接触带中3个、产于矽卡岩中1个、产于泥盆系桂头组中1个。产于下白垩统地层中2个。即震旦、寒武系中的岩金矿点占四分之三。

据野外观察，含硅质较高的（含硫化物）石英片岩、变质长石石英砂岩（如罗定苗滨区）、含炭质较多的炭质板岩（如信宜松树坑），对金矿形成更为有利。

2．区域变质作用和混合花岗岩化作用发育，对原岩中金的活化、聚集起很大作用，有时形成沉积－变质型金矿。

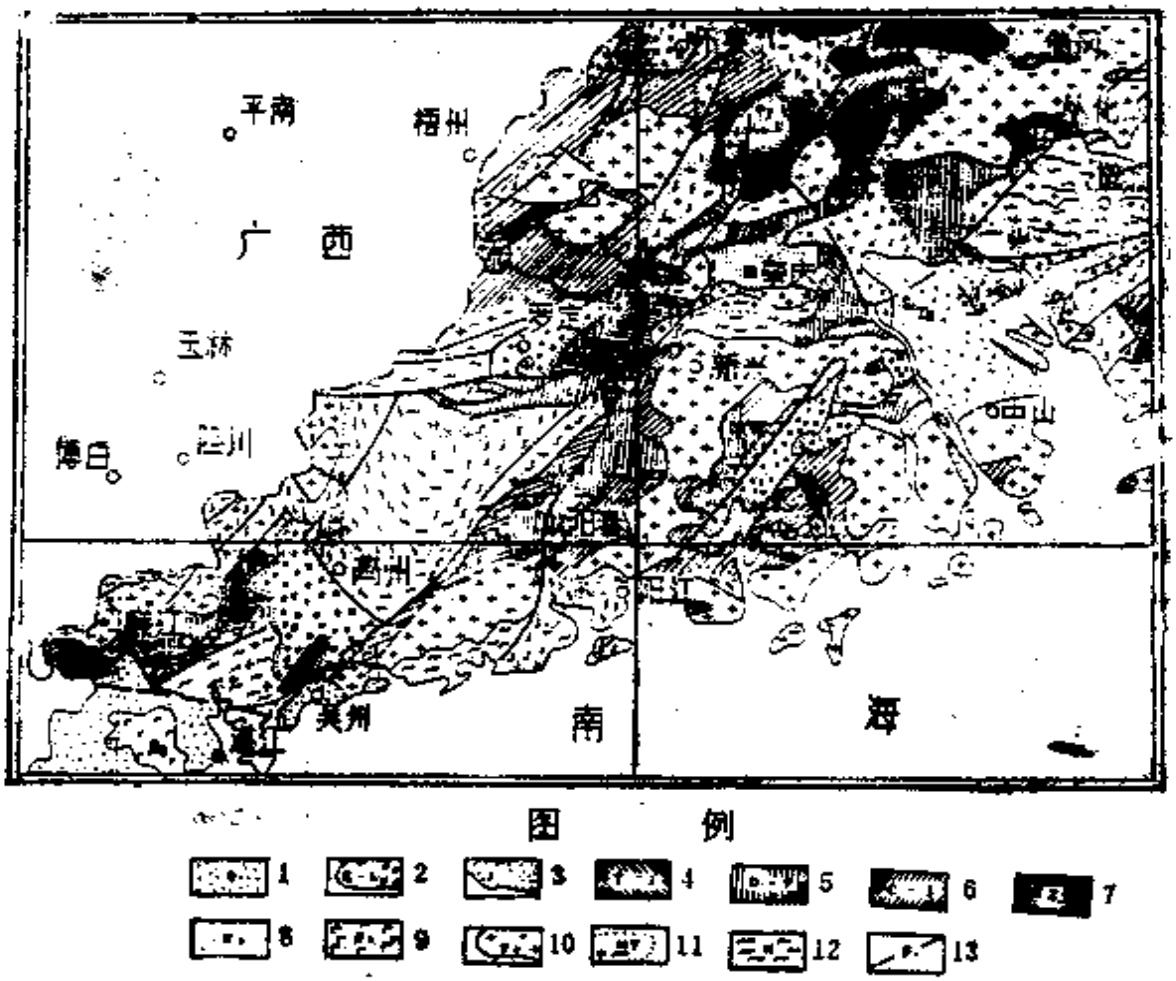


图 1　粤西南地质略图（1∶300万）

1—第四系；2—白垩－第三系；3—中或上侏罗统；4—上三迭－下侏罗统；5—上古生界；6—下古生界；7—震旦系；8—喜山期粗面岩；9—喜山期玄武岩；10—各期花岗岩类；11—混合花岗岩；12—混合岩；13—主要断裂

据南京大学杨树锋研究，第一期区域变质作用发生于寒武纪末（361±6Ma），属加里东期（郁南运动），形成浅变质绿片岩相，受褶皱造山运动控制。第二期区域变质作用形成角闪岩相，出现于海西—印支期（223.8±4Ma），紧接着发生了混合岩化作用（201—239Ma），空间上沿深大断裂带展布，受断块运动控制，形成规模宏大的断裂变质带。这些断裂变质带总体上控制了主要金矿带的展布。如四会—吴川断裂变质带、罗定

—云浮断裂变质带、云开大山变质杂岩带等（图2）。

一般区域变质和混合岩化程度高的地区比浅变质岩区对形成金矿更有利。金矿分布也多。

3。岩浆活动强烈、频繁，对金的活化、迁移、聚集起到良好作用，亦可提供金的新来源。金矿化往往形成于岩体或次火山岩体内外接触带。主要有：

（1）交代、改造型混合花岗岩体内外接触带。如那蓬岩体南缘。

（2）岩浆侵入型花岗岩内外接触带。如阳春尖山金矿点产于印支期黄洞岩体内接触带及外接触带中泥盆统桂头组地层中；廉江庞西洞银金矿、坡心金矿、勿曲金矿点等产于燕山期塘蓬岩体北缘内外接触带，而山祖金矿则位于其南东缘；廉江石头岭金

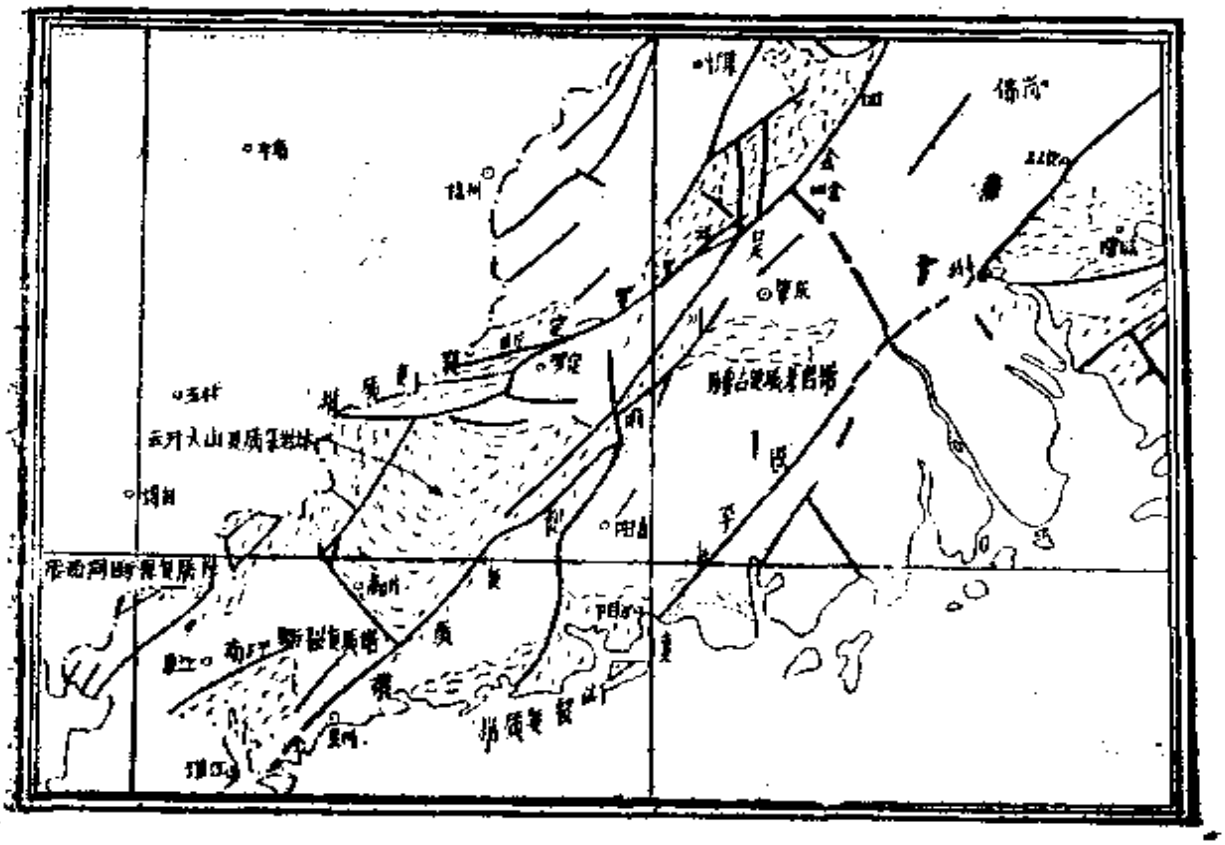


图2　粤西断裂变质带示意图（1:300万）

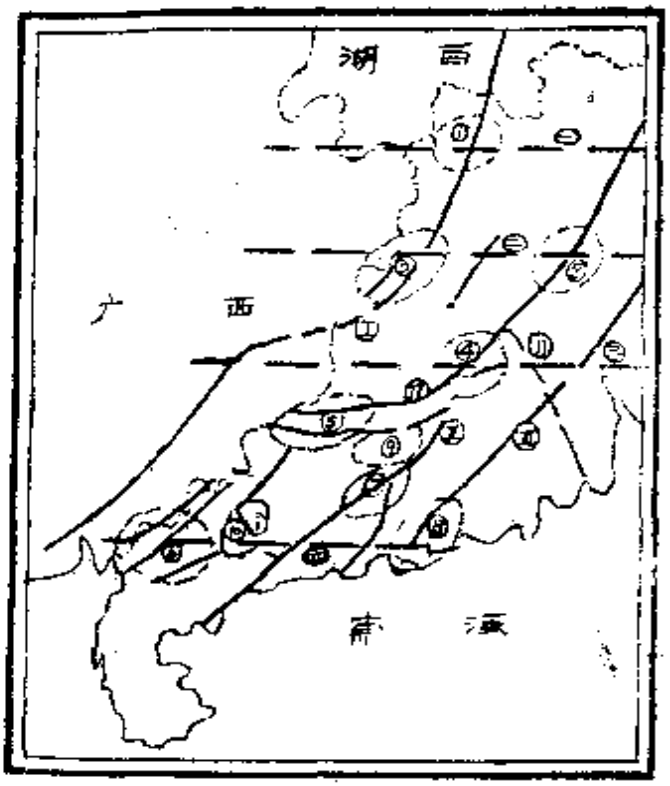


图 3　粤西断裂构造与金矿密集区关系示意图（1:400万）

矿产于印支期（？）桥头岩体东缘内外接触带及外带寒武系地层中，而以接触带中矿脉最富；阳春金垦、良洞金矿及阳江龙运岭金矿点产于燕山期塘口岩体东缘外接触带；阳江那料、合江、北惯等金矿产于燕山期新兴岩体南部东缘内外接触带中。

有时在岩体边部一些捕虏体或残留顶盘中金矿化更富集。

（3）燕山晚期一些酸性或超酸性花岗斑岩小侵入体附近。如廉江山祖金矿及信宜高州一带一些金矿点。

（4）次火山岩体（花岗斑岩）外接触带。如罗定连州、石径和高州林坑等金矿。罗定盆地南缘有一晚白垩世侵入的超浅成次花岗斑岩——八岭山岩体，含金石英脉及石英网脉退色蚀变带，即产于岩体西侧外接触带的下白垩统红色砂砾岩层中，呈南北向或北北东向展布，且愈近岩体矿脉愈富。

4．深大断裂带及其次级断裂控制了金矿的分布，特别是几

组区域性断裂构造带交汇、复合部位对成矿更为有利，形成金矿密集区（图3）。

（Ⅰ）区内北东或北北东向深大断裂带主要有三条：

Ⅰ.梅（州）怀（集）—博白断裂带（向南西延入广西）；

Ⅱ.四会—吴川断裂带；

Ⅲ.从化—广州—恩平—海陵断裂带。

（2）北东东向：Ⅳ．罗定（悦城—郁南）断裂带。

（3）东西向构造带主要有四条：

㈠大东山—贵东（—九连山）纬向构造带；

㈡怀集—佛岗—丰良纬向构造带；

㈢廉江—阳江纬向构造带；

㈣高要—惠来纬向构造带。

（4）北西向断陷带主要两条：

（i）茂名断陷带；

（ii）三水断陷带。

以东西向形成较早，地表构造形迹不明显，主要表现为控岩作用和断续分布的东西向断裂褶皱和变质带（如腰古断裂变质岩）。

北西向形成最晚，切割其他组构造，控制了中新生代盆地（特别是新第三纪含油、气或油页岩盆地）的形成和喜山期偏碱性火山活动。

北东和北东东向深大断裂带由一系列断裂裂隙破碎带、动力变质带所组成。表现出长期、多次活动，控制了变质作用、岩浆活动、沉积盆地形成及成矿作用的发育，也为金源层中金的活化、含金溶液的迁移和沉淀提供了良好的通道和场所。分别控制了四条金矿带的展布：

·连山—封（开）怀（集）—陆川—廉江金矿带

·清远—高要—阳春金矿带；

·恩平—阳江金矿带；

·罗定金矿带。

在深大断裂的旁侧及夹持地段，发育有一系列次级断裂，往往成为金矿的控矿或容矿构造。规模较大的有：封开地区的北东向金装断裂带；德庆地区的北东向北市—木格断裂带；四会高要地区的北东东贞山—禄步断裂带；罗定地区北东向宋桂（三家店）断裂带和东西向连州—古榄断裂带；信宜东部地区南北向或北西向钱排、白马、东田、花楼顶等断裂带；廉江化州地区的北东向庞西洞—文楼断裂带、古城—沙河断裂带、北东东向南圩—化州断裂带；阳春阳江地区河口—织篢断裂带等等。

北东向与东西向构造交汇、复合处，明显控制了金矿密集区的分布。如：①连山；②新洲；③封开怀集；④高要（河台金矿区是北东、北东东、东西向三组构造交汇复合部位）；⑤罗定；⑥廉江；⑦阳春；⑧阳江；⑨信宜钱排（为北东东与北东组构造夹持的三角地带）；⑩高州（北东与北西组交汇复合处）。

5. 多期多种成矿作用，形成了多种多样的金矿化类型。岩金、砂金、伴生金具全，有许多大、中、小型独立或以金为主的矿床分布（图4）。

（1）岩金主要有：

1）层控沉积变质型金矿。主要分布于罗定加益、泗纶、蓢滨等地区，矿脉产于一定的地层层位中，与地层产状一致，并随地层褶皱弯曲而弯曲。以金牛矿点为例，金矿体主要赋存于震旦系泗纶群下亚群d组的底部和上部（Z_{SL}^{d-1}，Z_{SL}^{d-5}），岩性为石英岩、黑云母斜长片麻岩夹角闪片麻岩、长石石英砂岩等，局部见磁铁矿条带。

此种类型成矿期较早，可能属于海西—印支期（？），矿区范围内也可见裂隙充填型、长英质岩脉型及走向糜棱岩带中的

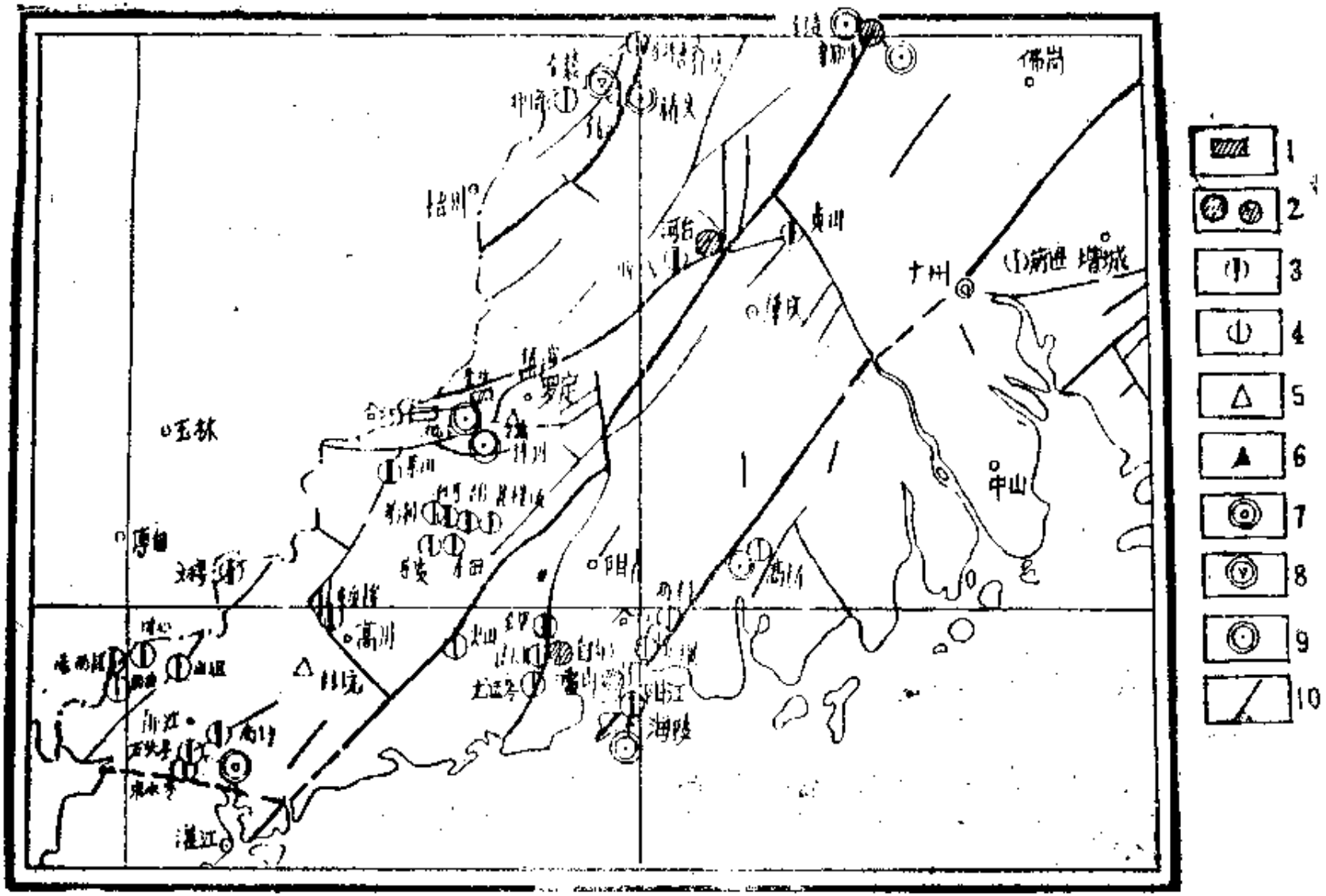


图 4　粤西南各类型代表性金矿床、矿点分布示意图（1:300万）

1—沉积变质型金矿；2—蚀变岩型金矿；3—硅化破碎带型金矿；4—石英脉型、硫化物石英脉型金矿；5—次火山岩型金矿；6—铁锰角砾岩型金矿；7—残坡积型砂金矿；8—冲积—冰碛型砂金矿；9—洪、冲积或冲积型砂金矿；10—主要断裂构造

金矿化，可能有变质热液及晚期渗滤液成矿作用迭加。

2）脉状热液型金矿。受断裂裂隙构造控制，包括变质热液、岩浆热液、渗滤热液等成矿作用。粤西南大部分岩金矿化属于此种类型，大体可分为：

①石英脉型和硫化物石英脉型。如封开县金鼓矿区，含金石英脉230多条，大多产在寒武系褶皱的轴部及两翼，有的矿脉直接产在因褶皱而张开的层间裂隙中（卫星沟平缓脉组）。

②构造蚀变岩型。包括硅化破碎带和硅化糜棱岩带。蚀变以硅化为主，少量绢云母、绿泥石化及硫化物。如高要河台金矿区，金矿体产于北东东向平行侧列的糜棱岩带内，严格受糜棱岩带控制。

实际上，有些矿区或矿点，由于构造的多次活动，往往石英脉和蚀变岩两种类型并存。如信宜合江活台金矿点，含金脉带宽十余米，由石英脉、硅化角砾岩带和硅化挤压破碎带所组成。有的上部为石英脉而下部为蚀变岩型。

脉状热液型金矿化往往位于印支—燕山期岩体的内外接触带，其成矿时代当属燕山期或燕山期为主成矿期。

3）火山岩或次火山岩型金矿化。区内主要是次花岗斑岩外接触带。金矿脉主要是石英脉型和退色蚀变破碎带型，产于下白垩统红色砂砾岩层中，从其与次火山岩体空间关系密切看，当与火山热液成矿作用密切相关，成矿期为燕山末至喜山期。如罗定连北金矿、石径金矿点及高州林坑金矿点。

4）铁锰质角砾岩型复成因金矿化。仅见于罗定连州黄胆岭一带。产于下白垩统底部角砾岩中，受不整合面（其下为奥陶纪灰岩）及砾岩组层间滑动和破碎带的控制，呈北东东或东西向展布。除金外（金品位较贫，但变化很大），还伴生有银、铁、锰及局部铀矿化，金的赋存状态尚不清楚。金矿的形成可能与早白

垩世古砂金富集于盆地底部角砾岩层中的沉淀作用、岩层形成后的风化作用及晚白垩世至喜山期的火山热液金矿化的迭加作用三者有关。

（2）砂金类型齐全，按中山大学地质系意见主要分为：

1）残积—坡积砂金矿，如廉江石头岭矿区；

2）洪积—冲积砂金矿，分布广，如英德金牛坪、信宜横岗、合江、双揭等；

3）冲积—冰碛砂金矿，如封开金装矿区；

4）冲积砂金矿，如罗定泗纶，化州罗江流域，阳江和恩平等地。

（3）伴生金主要有：

连南坪头岭铅锌矿（伴生金、银）；

云浮大降坪黄铁矿（伴生金、银）；

阳江黑石岗黄铁矿（伴生金、银）；

云浮茶洞毒砂矿（伴生金、银）。

6.岩金与砂金矿密切共生。

中山大学地质系据63个砂金矿统计有80%已追索和发现了原生金矿体。

7.火山岩型金矿化与铀矿化关系密切。

金矿化与铀矿化在矿源层、控矿区域地质背景和地质条件、成矿机制等方面有许多相似之处，但也存在一些差异性，这方面目前还研究得很不够。我国四大类型铀矿化，从广东情况来看，主要是火山岩型的金、铀矿化关系较为密切，往往相伴生。

粤西南四种铀矿化类型都有：

（1）花岗岩型：铀矿化主要产于富铀花岗岩体的内部，为单铀建造。如北界岩体中的73号矿点及其他点带；新兴岩体中的203 矿床和其他点和异常点带等。金矿化发生于岩体的边部及外接触带，如新兴岩体南部的那料、合江、北慷金矿点。

（2）炭硅泥岩型：如高要县三家村584、577等矿点，铀矿化产于奥陶—志留系地层中，未发现有金的富集。

（3）盆地砂岩型：铀矿化产于上白垩统—第三系红盆中的浅色砂岩中（如开平水口盆地中的162、172矿点等）或含有机质、炭质泥岩中（如顺德陈村盆地591、592等矿化点），均未发现有金的富集。

（4）火山岩型：

1）产于喜山期火山活动形成的火山盆地中的热液红色玉髓脉铀矿化和层控型产于偏碱性粗面质蚀变凝灰岩或火山角砾岩中的铀矿化，如南海县西樵山。其中有无金的富集不明。

2）与火山机构有关，产于火山颈相或超浅成次火山酸性岩体内外接触带的铀矿化点或异常点（图5）。如云浮县镇安附近地表出露面积不大的（小于0.2km²）火山颈相产物：中心部分为花岗斑岩或石英斑岩，边部为火山角砾岩，因含硫化物地表风化为铁帽，其中有铀矿化异常产出。这样的火山颈有多个，分布于罗定盆地南东侧，侵入于震旦或泥盆系地层中，金矿化情况未做工作。

罗定盆地南部八岭山次花岗斑岩体南缘有212、215、216等矿化点产出。与黄胆岭铁锰质角砾岩型金矿属同一构造带，铀矿化异常沿角砾岩带呈东西向展布，212矿化点还可见南北向含硫化物方解石沥青铀矿脉切穿砾岩带。次火山岩体内外接触带下白垩统红层中的退色蚀变带中也有铀异常分布。这些退色蚀变带呈北北东向，与石经、连北石英网脉蚀变带型金矿脉属同组构造裂隙，受火山热液蚀变，产生退色化、硅化或硅质充填（与金银关系密切）和红化（与铀关系密切）。

粤东平远－仁居盆地279铀矿床伴生有金、银、钼，和平县长塘火山盆地边部下车和高山英1599铀矿点发现有金矿化，潮安凤凰区金、铀矿化异常亦分布相伴，说明火山岩型金、铀矿化伴生不

是偶然现象，它们有相似的成矿机制，如都来源于深部；与火山

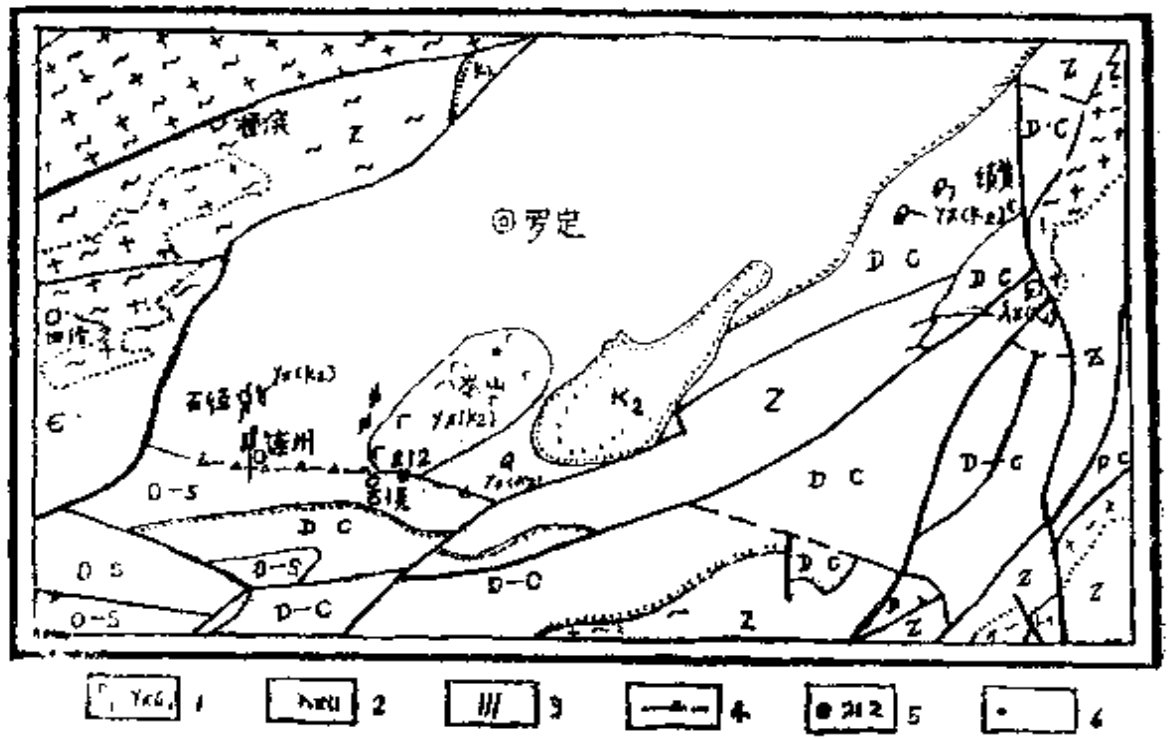


图 5　罗定盆地南部与次火山岩体有关的金铀矿化地质示意图

（1：50万）

1—晚白垩世次花岗斑岩；2—晚白垩世次石英斑岩；3—含金石英脉和石英网脉褐色蚀变破碎带；4—含金铁锰质角砾岩；5—铀矿化点及编号；6—铀异常点

热液（或火山热液加热的渗滤热液）的迁移、搬运有关；沉淀聚集场所都与火山机构所形成的构造有关等。但目前缺乏工作和研究。

另外，在高州、信宜一带混合岩区金矿脉附近也有较好铀异常点带，他们的关系尚不清楚。

8．粤西南金、铀地质工作程度都较低。

金矿除河台高村矿床、封开金装砂矿床、廉江庞西洞银、金矿床提交了勘探或初勘报告外，其余大都仅达普查、踏勘阶段，还有大批未进行地质工作的群众报矿点，面上区域金矿普查和化

探工作尚未系统进行。

铀矿普查工作程度低，还有大片空白区，揭露工作除新兴岩体中部外也很差。以佛山、肇庆地区为例，面积25000km²，其中概查面积17000km²，普查、详查仅5800km²(小于四分之一)，航放测量面积约8000km²（占三分之一），钻硐探约9.1万米（其中新兴岩体中部占7.5万米）。其余2万多平方公里地区工作程度更低。

所以说，粤西南地区铀矿工作应深入研究，运用成矿模式，根据区域地质方面的特点，选择重点地区开展二轮普查工作。金矿工作从上述区域地质方面的几点认识看，应加强力量，加快黄金开发工作。

世界巨型金矿床的地质特征及其启示

胡品美

近年来，国内外地质工作者在金矿普查找矿和勘探中，积累了丰富的实践经验和可贵的实际资料。在全球性的地质归纳对比的基础上，各国正在逐步建立各种类型金矿床的成矿模式。为了进一步推动我国生产建设事业的发展，我们在广泛的情报调研的基础上，对世界主要类型的最大的黄金矿床的成矿地质特征进行了总结。

人所周知，每一类型矿床都具有特定的地质、岩石、矿物、地球化学特征，通过不同类型黄金矿床生成的地质环境、金属富集作用过程和机制、成矿系列、区域内不同矿床的组合规律和不同类型矿床进行系统综合研究，分别建立了世界各种类型最大金矿床的成矿模式。这些模式虽然还是初步的，但它已经对指导普查找矿，特别是寻找新区或掩盖区的金矿床，起到很重要作用。在当前找金的新形势下，要求金矿地质工作者掌握每种类型的矿床模式，并且有意识地运用这些模式才能进行有效的勘查。同时，通过对属于某一类型的每个矿床反复进行详细的地质、地球化学研究，以及有关的某些理论、实验方面的基础研究，可以得出更精密的模式。

一、世界最大的砾岩型金矿床
——兰德金矿床

提要： 砾岩型金矿床是目前世界上储量和产量最大的金矿床。

最突出的例子是南非维特瓦特斯兰德砾金矿床，其产量占世界产产量的75%左右。目前，兰德型金矿在加拿大地盾、巴西地盾、非洲—阿拉伯地盾、印度地盾、芬兰地盾以及俄罗斯地台等各大洲均有发现，并有大矿和富矿，寻找砾岩型金矿床仍然是世界各国的重点。

南非维特瓦特斯兰德砾金矿，简称兰德金矿，是世界最大、最重要的金矿床又是世界上最重要的铀矿区。自1866年发现含金砾岩开始，至70年代共产金3.5万吨，品位变化范围7—20g/t，平均10g/t。南非黄金产量为世界第一位，1984年产量683.3t，占世界黄金总产量的59.5%。在过去的28年期间，29个矿山生产了4.3亿吨铀矿石。

南非有135个金矿山，38个正在生产。其中9个矿山产量大于300万吨/年；21个矿山产量在100—300万吨/年，1个50—100万吨/年，平均生产能力在20—30t。全部地下开采，开采深度达到4000m。在某些地段个别的层位沿走向连续采了70km，沿倾斜采了8km，南非各矿山黄金生产成本，金品位高的大矿山比小矿山低得多，有的高低相差五倍多。

兰德产金区，沿维特瓦特斯兰德盆地的四周产出，产金的盆地弧长有480km，盆地南北距离400km，产金面积达207万平方公里。含金砾岩构成几个矿带，矿层不下200余层，主矿层约10层，厚0.15—3.4m，矿带宽可达110km。主矿带沿着走向延伸190km。几个系的含金矿带沿走向延伸的总长度超过340km。矿床深部和浅部矿化都很稳定，3000m以下的金品位没有显著变化。

兰德金矿分布在南非地盾南部的卡普瓦尔稳定地块上，地块地质年龄为17.5—35亿年，由前寒武纪沉积—火山岩和花岗岩、绿岩组成。在卡普瓦尔稳定地块的太古代基底上有五个元古代沉积—火山盆地，它们是在大陆条件下形成的。关于其成因虽然争论

较多，但目前倾向于同生沉积说。到目前为止，该产金区太古代岩石中的金仅占1.77%，而元古代沉积物中金则占98.23%。

兰德金矿产在晚元古代的四个岩系中，自下而上有：庞格拉系、维特瓦特斯兰德系、文特斯道普系、特兰斯瓦系，其中维特瓦特斯兰德系是重要的金矿床的岩层，庞格兰系和文特斯道普系岩含金比较贫，元古代四个岩系采出金的价值见下表：

界	系	采出金价值（百万美元）
元古界	特兰斯瓦系	484
	文特斯道普系	0
	维特瓦特斯兰德系	31，577
	庞格拉系	1

在庞格拉系岩层中，金产于砾岩和页岩中，较普遍的共生矿物是黄铁矿；在维特瓦特斯兰德系岩层中，金赋存在砾岩、石英岩、页岩和藻层中，与黄铁矿和沥青铀矿共生；金矿在特兰斯瓦系岩层中出现在砾岩、页岩、粉砂质白云岩和白云岩中，与黄铁矿和黄铜矿共生。

兰德型金矿床的地质特征：

（1）在大地构造上，分布在地台区边缘坳陷区或沉降带；

（2）南非金矿产区成矿时代为元古代，是在太古代地壳形成以后，大陆上升的第一旋回中所形成的沉积物。南非重要含金岩系，地层年龄一般都大于20亿年。小于20亿年的年轻岩层中没有发现有经济价值的金矿；

（3）含金砾岩产在不整合于太古代、早元古代或中元古代之上的厚达数公里的岩系底部，但含矿层却很薄，沿走向延伸很远，多数矿床特别是最典型和最大的矿床都是相互隔离的，都

从属于一定的沉积层位，而不是从属于任何构造带；

（4）含金砾岩层之上多半为火山—沉积岩，两者之间呈明显的角度不整合关系；

（5）金矿化常与遭受变质作用的含矿岩—石英砾岩有关。砾石占70%，胶结物占30%；还有少量黄铁矿化的石英。砾石大小和滚圆度差别很大，大小由2—5cm，个别可达10cm以上。以金和铀为主的含矿胶结物，成份很复杂，并在砾岩不同层位中还有差异。除金和铀外，还有银、铂等元素；

（6）许多重要的工业层位沉积在下伏岩层的剥蚀面上，有时具明显的角度不整合。侵蚀面上常有一层富含碳质的粘土薄层。最富矿体常集中在含矿层位底部的侵蚀面上；

（7）重要的工业矿层中金（以及铀）主要集中在富含有机物的夹层中，其间虽无直接相关关系；但在多数情况下含工业品位的金时，也具有可观量的铀；

（8）元古代金矿化地质时代是藻类活动比较强烈的阶段。在南非产金区，金矿化在时间上的强度变化和藻的视丰度相互关系，虽然不能表现为1：1，因为金最大含量是维特瓦特斯兰德岩系，而藻的活动是在特兰斯瓦时期最盛。然而，在藻发育高峰的位置也出现一个金矿化峰。一般有利于发育藻环境的物理—化学—生物条件也利于把悬浮的金沉积下来，或者把溶液中的金沉淀下来。在卡普瓦尔稳定地块的元古代地壳上，产生层状金矿床的最合适环境是河和沉积区的分界地段。无论此分界面是河流和湖形成的，还是河流和开阔海形成的，都最利于藻的生长。据统计，在藻类或炭质层内金占金产量的40%，到2000年可能提高到80%；

（9）在含金层里，底部接触带富集显著。这种富集带是由旋回末期的风蚀作用引起的，而不是重力富集；

（10）大量的金矿物是自然金，仅有少量金产在硫化物内。金颗粒大小为5—10μm，有少量碎屑浑圆金片。大部分金在微裂隙中或呈不规则的连生体，可以置换其他多种矿物时析出。在砾岩胶结物中，还见有磁铁矿、钛铁矿、锐钛矿、锡石、锆石、铬铁矿、金红石和少量的黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、辉砂、方铅矿、闪锌矿等金属矿物。

对照我国的情况，虽然至今尚未发现如此特大型金矿，但矿化线索较多，很值得注意。首先要找太古界与元古界及元古界内的不整合面，而这种界面广泛出露在中朝准地台之上及其他地方。根据兰德型金矿地质特征，进行全球性地质归纳对比工作，重视各方面找矿线索，广泛开展兰德型金矿的普查找矿工作。目前，应注意：山西五台地区发育在滹沱群底部豆村亚群四集庄变质砾岩含金，矿化点22处，其中灵邱古潭沟、五台大古沟，代县中小嘴等较好，少数样品含金＞1g/t；内蒙二道洼、红山沟一带的太古界二道洼群底部砾岩含金，含金层厚达1m左右，品位较高；河北青龙、宽城、滦县和蓟县一带的五台群底和震旦系底部砾岩中发现含金矿点十多处。另外，在湖南雪峰古陆两侧、四川康滇地轴和广元、青川一带的底砾岩均发现含金区段。因此，今后加强这些地区的普查找矿，寻找矿化富集地段是极其必要的。

二、世界最大的老变质岩系中金矿床
——霍姆斯特克金矿床

按：老变质岩系中金矿床——霍姆斯特克型金矿床是近年国外查明很有发展前途的金矿床，约占世界金产量的13%。如果从世界黄金总产量中扣出元古代含金砾岩和新生代砂矿的金产量，则它至少占世界总产量的一半。可见，与老变质岩系有关的金矿，经济意义很大。加之，近年来，对老变质岩系中金矿的成因的新

认识（金最初受地层控制，后来的构造运动、变质作用和岩浆活动使之重新分配，在有利的部位形成矿体）显示了老变质绿岩带及其中金矿具有巨大的产金潜力，值得我们注意。此种类型金矿床多数规模较大，有的金储量在1000t以上。典型矿如美国南达科他州霍姆斯特克金矿床（>1000t），加拿大波丘潘金矿床（>1600t），西澳卡尔古利金矿床（>1200t），印度科拉尔金矿（>800t）。

霍姆斯特克金矿山位于美国南达科他州西部劳伦斯郡利德附近的黑山地区，是美国目前最大的产金区。该矿山已生产了110年，共开采金大于1000t，产量比卡林金矿大一倍。现有矿石储量1540万吨，平均品位9g/t，含少量Ag（Au：Ag为7—8：1），日处理矿石能力5000t，矿石年开采量140万吨。目前年产量占美国总产量30%以上，采深2700多米。在该水平之上，尚有保有储量近200t（品位在8—10g/t），此水平以下还有矿量。

利德地区的主要构造是一个圆丘，其核心由前寒武纪强烈变形的硬绿泥石岩组成。周围是古生代、中生代沉积岩地层，边上有侵入体，下部大部分是花岗岩体。

利德附近见有两种矿化类型：发育于前寒武系岩石中的霍姆斯特克型矿化；限于古生代岩系内第三纪交代矿化。霍姆斯特克矿化作用属于第一类。矿区位于强烈变形的前寒武纪霍姆斯特克建造的膨胀地带。矿体局限于霍姆斯特克建造的镁铁闪石或镁菱铁矿片岩强绿泥石化部分，附近有大量的石英脉和少量的磁黄铁矿、黄铁矿和毒砂。矿体富集于交错褶皱交切早期等斜褶皱轴的部分。

距利德东南约20英里的罗克福特矿区，在矿化类型和变质程度上类似于霍姆斯特克矿山，缺乏第三纪火山活动，但金矿化局限于霍姆斯特克建造之上相隔两个层位的弗拉格罗克建造的铁闪石—铁镁闪石段。

北部黑山地区见有第二种矿化类型——第三纪交代矿化。

美国霍姆斯特克金矿是典型的老变质岩系中金矿床，现简要介绍这类型金矿床的地质特征：

（1）成矿有利的构造部位是地台隆起边缘坳陷区，已知矿化层位较多，其中以元古界为最好。

（2）金矿床分布在各种成份的变质绿岩系内（结晶片岩、片麻岩、基性和酸性变火山岩、含铁碳酸盐和沉积岩）。例如，霍姆斯特克金矿床赋存于前寒武纪霍姆斯特克建造的镁铁闪石或镁菱铁片岩绿泥石化部分；加拿大安大略省波丘潘金矿产在太古代含铁碳酸岩中；澳大利亚西部卡尔古利金矿产于前寒武纪绿岩带内；印度科拉尔金矿产在前寒武纪深变质的燧石含铁碳酸岩中。

（3）大部分大型金矿床与含铁硅质岩成因上有关（但不是到处都成矿），特别是在磁异常变弱而砷增高的地段。此类（金—碳化物为主）矿床一般产于前寒武纪含铁石英岩及其他富铁沉积变质岩中，且证明这类矿床与含铁硅质岩有空间分布和成因上的联系。目前已查明不少地区含铁硅质岩石中金异常有增高趋势，但是构成工业矿床的主要还是在含铁的碳酸盐中，如霍姆斯特克金矿床主要产在磁异常变弱的含砷较高的地区；西澳卡尔古利地区金矿与前寒武纪早期绿岩带有密切空间伴生关系；印度南部迈索尔邦科拉尔金矿，为已有开采2000多年历史的老矿区，主要赋存在相当于经过深变质的连续的燧石—碳酸铁的同期地层中；苏联库尔斯克磁异常地区也发现有金。

（4）金矿床产在一定的褶皱断裂构造中和在背斜轴部或附近有利于成矿。例如，霍姆斯特克富矿产于交错褶皱交切早期等斜褶皱轴部，世界著名的该类型大金矿，都与断裂构造密切有关，因此矿体产状都很陡立，而且垂直延伸很深，如印度科拉尔金矿采深超过3200m，霍姆斯特克金矿采深达2700m以上，西澳卡尔古利地区的戈登逅尔金矿床延深1500m。

（5）金矿成矿作用，具有明显的层控性质。大多数大矿床在一定地层层位，交代母岩，延伸长，成因上与再次重新分配作用有关。如霍姆斯特克金矿床主要产于前寒武纪地层的霍姆斯特克建造中，少数产在该建造之上两个层位的弗拉格罗克建造中；如西澳卡尔古利金矿戈登迈尔金矿床的主要含矿围岩为戈登迈尔粗玄岩，拉伐顿区的斯弗尔德金矿主要含金层系为粗玄岩和玄武岩层间的碧玉质岩层，具有明显的层控性质。

（6）矿体多呈透镜状、扁豆状，次为层状、似层状。经常与铁矿层伴生，多产于铁矿层下部或底板，产状一致。

（7）组成矿石的金属矿物以致密的磁铁矿、磁黄铁矿、毒砂、黄铁矿、辉钴矿、红砷镍矿、自然金为其特征。少量黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等。脉石矿物为铁闪石、透辉石、石榴石、绿泥石、钠长石、黑云母和石英。

（8）金多以自然金状态产出，多半为浸染状分布，与硫化物关系密切。矿石经常伴生其他有益元素，如钴、砷、硫、镍等，有的可达工业要求，单独圈定矿体。

在我国至今没找到这类大规模矿床，但近几年来，由于注意和加强这一类型的找矿，发现一些良好线索。如山西岚县袁家村前寒武纪含铁硅质岩建造发现金，已探明六个矿体；陕西宁强县庄房里，产于碧口群地层中的大小不等的含铁石英岩扁豆体具金矿化，含金0.1—2.48g/t，最高11.25g/t；黑龙江东风山金矿，产于上元古界含铁硅质岩中的三条矿体，品位4.13—15.79g/t，最高21.65g/t；此外，在甘肃甘谷、山西太行山、中条山、吕梁山、河北围场克勒沟区、遵化塔头寺、内蒙乌拉特中后联合旗等地，含铁硅质岩建造比较发育，特别是过去已勘探完毕的铁矿床，其中没有进行伴生金的综合评价，更值得重新评价。总之，在我国寻找此类型金矿的前景可观。

三、世界最大的浸染型金矿床
——卡林金矿床

按： 浸染型金矿床是一种新的金矿类型，它于60年代初才发现。这类型金矿床虽然产量还不大，品位也较低，但它储量大、可露采，因此，从发展来看是有重要经济意义的。近二十年，分别发现了美国内华达州卡林、科特兹、金宝金矿床，澳大利亚的梯尔弗，多米加尼加的波布克·维周、西班牙的沙拉威，中苏边境附近的苏联乌兹别克加盟共和国的穆龙套等金矿床。因此，从世界范围看，此类金矿是很有远景的。

浸染型金矿是一种新的金矿类型，过去多被忽视，自从二十世纪60年代由于美国内华达州卡林金矿发现而发展起来的。以后，在此矿附近又陆续找到大小不等的20余个金矿，矿化带达960km。其中卡林和科特兹二个金矿现在尚有保有储量百吨以上，产量占美国总产量的25%左右。

卡林是浸染型金矿床的典型矿例，也是世界上最大的浸染型金矿床。该矿于1965年投产，为目前国外采金企业机械化、自动化程度最高的矿山。目前卡林金矿矿石储量2000—3000万吨，平均品位金7g/t，日产矿石2000t。该矿床是产于碳酸盐沉积岩中的浸染型金矿床，金呈浸染状产于下志留统罗伯茨山组顶部的硅化粉砂质白云质灰岩中，矿体厚度从几英尺至几十英尺不等，呈不规则层状顺层产出。金的粒度特别细，大部为次显微粒状（<0.5μm），主要与粘土和有机碳伴生，其次产于黄铁矿、石英表面或裂隙中。硫化物含量一般0.7—3%，很少超过5%。

卡林型金矿床是构造作用、火山作用和受岩浆加热的大气水互相作用的产物；具体地说是地槽基底隆起边缘坳陷区或准地台分布的碳酸盐岩地区，在由于地热形成的地下热水（包括卤水）

作用下，溶滤或活化围岩（矿源层）中的成矿物质，并随之沿岩层层间构造、破碎带和裂隙迁移（或渗滤），在碳酸盐或硅质岩层中有利构造部位富集成矿。

卡林型金矿床为产于含碳的碳酸岩内的近地表的、低品位的浸染型金矿床，其主要的地质特征概括如下：

（1）含矿岩系：岩性控制是卡林型矿化富集的重要因素。一般角砾岩化，薄层粉砂和白云质灰岩或钙质页岩最为有利。

脱钙地层增强了含矿溶液的渗透性。在卡林地区罗伯茨灰岩及其相伴随的薄层粘土，在碳酸盐遗失之后，则成为含矿溶液容易渗透的岩石。卡林矿体的矿化，通常发生在被交代的泥质到白云质粉砂岩内。在罗伯茨建造中，一种特殊的泥化作用形成的小泥化斑点的岩石，常含有大量的金。此泥化带有一个重要的硅化带为边界。在未风化地区的斑点，是浅灰色的蚀变。受风化作用的“斑点”，被含铁氧化物锈染成为暗红色。

在卡林地区，金在粘土中沉淀。小的粘土线流中产生金的自然富集，金的含量与矿石中定向粘土薄层含量之间有相关关系。定向粘土薄层成为浅成蚀变的通道，沿着它金被带入，而碳酸盐从岩石中被淋滤。金的沉淀作用发生在泥质粉砂岩的毛细孔隙中，因此，金与高岭土和细微云母相伴生。

（2）侵入岩：卡林型金矿与酸性—中性侵入岩几乎总是有空间关系，也很可能有成因上的联系。例如，格特切尔矿区内有90Ma的奥斯戈特花岗闪长岩岩株；卡林金矿区见有花岗闪长岩岩脉；科特兹金矿区内见有渐新统的流纹岩、白垩纪的正长岩岩颈和侏罗纪黑云母二长岩岩株；金亩矿区内见有99Ma的花岗岩和花岗岩有关的石英斑岩岩脉。

（3）断层：大部分卡林型金矿床都受高角度逆断层控制，在构造窗及其附近富集。例如，罗伯茨山逆断层是卡林矿区内主要构造，也是重要的控矿构造。虽然逆断层本身控制矿石的分布不

明显，但此断层在一很长时期内是运移溶液的通道。重要的矿石富集在罗伯茨山逆断层的利恩构造的东部边缘。

（4）“丰富的碳”：几乎所有卡林型矿床都产在深色岩石地区，这些地区富有有机碳质和碳氢化合物。由于有机碳质表面对金有物理吸附作用，因此，碳是金很好的沉淀剂。一般金与有机碳质紧密伴生，有机碳质往往与高品位金矿分布一致。

（5）矿物特征：金呈次微米—微米大小的颗粒。在氧化矿石内呈自然金状态，但在未氧化矿石内，次微米—微米的金颗粒都包含在黄铁矿颗粒外面，与黄铁矿一起是胶体溶液，或与含碳物质相结合。

最常见的硫化物有黄铁矿、雄黄、雌黄、辉锑矿和辰砂，还有少量的铜、铅、锌、钨和铜的硫化物。一般后者贱金属硫化物Cu、Pb、Zn与Au、As、Sb、Hg、W、Te和Se等元素无明显关系。例如，卡林金矿有两个成矿系列：一是与早白垩纪侵入体（121±5Ma）有关的早期贱金属—重晶石组合；二是近地表侵位的晚期低温Au—As—Hg—Sb组合。早期的矿化序列经济价值小，而晚期的金、雄黄、辰砂和辉锑矿序列成为重要的金矿床。

（6）热液蚀变：卡林型金矿床的含矿岩系几乎都有硅化、白云岩化、泥化（高岭土化和绢云母化）等热液蚀变作用。

（7）痕量元素：金的矿化作用几乎与As、Sb、Hg元素高异常（可能还包括W、Te、Se）有固定的相关关系。

（8）金与银比值：Au：Ag比率高，有的可高达10—30，甚至更高，可成为单独的金矿床。

（9）成矿条件：此类型金矿石是在温泉环境和浅成热液的低温、低压的参数条件，即大约在225°C和30巴压力下发生沉淀的。金矿溶液近于中性—弱碱性，金呈硫化物迁移。含矿组份虽然有的来自于岩浆源，但大部分可能从下伏岩系中淋滤出来。

卡林型金矿床的成因模式：

卡林型金矿床是中新世或更近代时期与地壳的张力、延展、断块断层、火山作用及与地热的高热流有关的一些作用相互影响而形成的。

角砾岩化的高角度断层是成矿作用重要因素，它是由初期的火成活动引起的。这种构造作用不仅在构造上为含矿岩系矿化作准备，而且也将侵入岩带入到有利的地层部位。成矿前岩脉通常沿高角度断层产出。

此类型矿化最有利的位置是薄层粉砂质和白云质灰岩或钙质页岩。含矿组份有的来自岩浆，大部分是从下伏岩系中淋滤出来。含有Al、K、Ba、Fe、As、Sb、Hg、W、Te、Se、Au和还原形式的S含矿溶液，沿着高角度断层，上升到地表附近的环境，在碳酸盐岩内的可渗透岩层内沉淀矿石物质。矿石沉淀发生在降温和降压条件下与含矿岩系发生交换反应，并且沸腾的含矿溶液可能上升到地表形成温泉。在沸腾期间产生的H_2O—H_2S蒸气转换成富H_2SO_2的液体，下降淋滤沉积岩中的碳酸盐岩，再重新将它们沉淀为晚期细脉。这些淋滤溶液的硫酸盐也可和Ba结合形成重晶石脉。最后，表生蚀变作用破坏硫化物和含碳物质，使许多金析出并重新分布。

在我国，卡林型金矿的找矿已经取得突破，但近十年来，找到了喜人的线索。如吉林金厂、河南坦头山、湖南石峡和衡东、四川董家沟、马房窝、广西金坪、云南金厂、陕西李家沟、二台子、双五、广西叫曼、贵州的板其等。

四、世界最大的砂金型矿床

——苏联远东和东西伯利亚地区砂金矿

按：砂矿由于易找、易采、易选、投资小、收效快。所以，古今中外，它一直是黄金的重要来源之一。近年来，一些采金较早的国家砂金产量已日趋下降，而一些国土面积较大、地质研究和开发程度不高的大国，砂金仍然是金的重要来源。例如，苏联东西伯利亚和远东的勒拿河、科累马河、叶尼塞河以及黑龙江北岸等地区；巴西亚马逊河流域；美国加利福尼亚州阿梅里坎河、斯瑟河和育巴河流域；蒙他拿州的弗吉尼亚西提、奥尔德—吉尔奇地区；加拿大育空地区和克伐克地区；澳大利亚的巴勒拉特、维多利亚地区；扎伊尔的基洛—莫托地区都有不少砂金矿。砂金矿的重要性，从短期看，可以开采低成本的金；从长远看，可以通过砂金来追溯和发现大规模的原生金矿。因此，重视砂金矿勘探对扩大和增加金产量有着现实意义，也有很大的潜在价值。

苏联是世界重要产金国之一，其储量和产量仅次于南非，占世界第二位。砂金占苏联金产量的70%左右，共有砂矿点300多处（其中较大的80多处），占金矿总数的四分之三。砂金主要分布在远东和东西伯利亚地区的马加丹、楚科特、雅库特、滨海边疆区和勒拿河、叶尼塞河等流域的上游地区以及中苏边境黑龙江流域。

马加丹州在70年代前期，马加丹州是苏联金矿储量、产量最大的地区，砂金产量居全国首位。目前有砂金矿山30—40处，主要分布在科累马上游盆地——亚戈德尔、苏苏曼和乌斯季奥姆楚格。

雅库特自治共和国是仅次于马加丹州的苏联第二个大砂金产

区。70年代初，黄金年产量曾达到30t左右，占全苏金产量的15%。主要产金区有阿尔丹、阿尔拉赫—云恩和乌斯季涅腊区。

伊尔库次克州，砂金主要集中在勒拿河上游的支流维季姆河右岸的博代博、阿尔捷莫夫斯克、克罗波特金，即著名的勒拿产金区。

此外，叶尼塞河流域和黑龙江下游也是重要的产金区。

1.苏联砂金矿的特征

（1）类型繁多。已知的工业砂金矿床有残积、坡积、冲积、湖泊和海滨砂矿等类型，而以冲积型砂矿分布最广，储量最大。这些冲积型砂金矿有与现代水系无关的阶地砂矿、埋藏砂矿；有与现代水系有关的砂矿。

（2）大部分砂金矿在基岩上或其附近形成宽30—300 m、厚1—7.6m的富矿线。砂矿品位变化很大，总的趋势是西伯利亚西部比东部砂金的品位要低些。如叶尼塞河砂金品位一般为0.3—2g/m³，东外贝加尔平均4g/m³，勒拿河流域更富些，常成三条或更多的富矿线。

（3）与现代水系无关的阶地砂矿、埋藏砂矿，在形成和分布上，构造因素有着重要意义。如勒拿产金区内含金最高是博代博复向斜。其中最大的金矿位于向斜坳陷和大复向斜内。背斜隆起上虽也有相当量的砂金矿，但其规模、品位远不及向斜（规模仅及向斜构造的几百分之一，品位仅及向斜构造的几分之一）。勒拿地区的砂金矿之所以非常富集，是由于新生代有利构造迭复在元古代构造上造成的。元古代复向斜的构造活动为形成容矿的断裂创造了有利的条件。

（4）以勒拿产金区为代表的西伯利亚埋藏砂矿，与第四纪的两次冰川活动有关，冰川沉积含金层深深地埋藏和保存下来，如勒拿区最富的博代博砂矿保存有几个含金层。每个阶地砂矿的富矿线变化很大，宽度可从10—200m，长度达几百米，平均

厚可达1m（最厚可达5m）。最深的富矿线复盖厚度平均达25m，有些剖面可达150m。在许多地区，金可渗透到基岩（砂岩和页岩）之下1m多深。

（5）与现代水系有关的砂金矿体的赋存部位，皆下伏于河谷冲积物的底部—下部砂砾石层和上复于河谷基岩上部风化物—含砂砾碎石层之中。矿体呈带状分布，产状平缓，与现代河谷近于平行。一般为单层矿，砂金矿体与含矿支谷汇合处，矿体较宽、分岔，其下端出现富矿地段。河谷开阔地前端，急转弯的前后端，皆能形成富矿地段。有侧源或低源补给时，其下端可形成富矿地段。

（6）一般砂金矿区，从矿体的首部到矿体的尾部变化不大。但矿体下部含金粒要比矿体上部的金粒大得多。金粒均呈粒状、板状、片状、鳞片状，亦有树枝状、链状、发状、勾状和不规则状。

2.勒拿区博代博河流域冲积砂金矿

勒拿区博代博河流冲积砂金区是维季姆—帕托姆高地境内的重要含金区。它是具有很大工业意义的苏联金矿区，从上世纪中叶至今一直在开采。

博代博河流域为元古代复向斜，其中赋存有丰富的砂金矿。它来源于附近背斜轴地带中的弱硫化物含金石英脉和细脉富集带。

就地形来看，博代博盆地是一个被切割得很深的低山。在河谷的埋藏地形中分谷底和阶地。博代博河谷中共有八个阶地。Ⅳ—Ⅷ级埋藏阶地的冲积层是在早第四纪和中第四纪前半叶形成的，而Ⅰ—Ⅲ级阶地的冲积物是在中第四纪后半叶形成的，埋藏砂矿形成时代为早、中第四纪。

在博代博河流域，工业价值最大的是冲积埋藏砂矿。这类砂矿除博代博河本身外，还见于其支流河谷中。阶地和深谷道中也

有埋藏砂矿。在主河谷中，深谷道中的砂矿比阶地砂矿富得多，相反，在支流河谷中，阶地砂矿比深谷道中的砂矿富些，储量也大些。金含量特别高的是第Ⅲ级阶地，它们既分布在主河谷中，也分布于支流中。

阶地砂矿的大小基本上取决于阶地面积。大部分阶地砂矿长达100m，宽度一般略小于阶地本身的宽度，埋深为10—40m。

河谷砂矿的宽度取决于深谷道的宽度。大部分谷道斜坡都是砂矿边缘。仅在河谷上游，砂矿宽度才小于谷道宽度，埋深平均为20—30m，局部为40—90m，少部分可达150m。

上述埋藏冲积砂金矿的厚度介于0.2—0.4m到3—5m之间。

含金层的类型：

（1）卵石层或漂砾卵石层：这种类型含金层中的金只是当充填物中的泥土存在时才形成重要富集。含金层的厚度往往取决于含细砾—泥质充填物的卵石层的厚度。泥土含量一般在含金层的下部增高，因此紧邻底岩上面的地方金含量也最高。另外，具有2—4个含金漂砾层的多层含金层及含金卵石层。含大漂砾的厚漂砾层和多漂砾层仅在博代搏河最顶部才开采，而含金卵石层在博代搏河流域的所有埋藏砂矿中有产出。

（2）碎石层：碎石层中的金富集在具细砾—泥质充填物的水平产出的碎石层中。碎石层的含金层厚度为0.5—2m。碎石层下部的含量最高。这类含金层是该流域砂矿中最常见的；这类碎石层特别常见于底岩较平坦的砂矿地段。

（3）底岩裂隙中金的富集：在卵石层和碎石层中金能渗入基岩裂隙中，这类型金的富集，一般渗到砂岩宽裂隙的深度最大（达1.5m）。在粉砂岩和页岩中有大量窄裂隙，金的渗入深度为30—40cm。在任何情况下，都是裂隙上部（10—50cm）金含量最高。

（4）底岩上的金富集：在底岩之上富集的金的突出特点是

其中以粗粒金为主。底岩之上的金既富集于平面上，也富集于坑、槽中。其成因与早先形成的其他类型岩层被再冲刷有关。这类含金形式比较少见，它见于多戈耳登砂矿，但这里往往在被淤泥或砂覆盖的基岩上能找到重达几公斤的狗头金。

我国幅员辽阔，砂金较多，其储量约占总储量的12%左右，例如，东北、内蒙、新疆、四川、湖南等地的砂金矿。东北三省的砂金矿多产在黑龙江、牡丹江、松花江、嫩江流域各支流的中、上游河谷，其中有些水系与苏联东南部的水系相连或有关。从我国地质构造、成矿环境和矿床特征来看，与苏联的砂金不仅有相似之处，而且分布于同一水系内。因此，抓好砂金地质勘探工作，对扩大金储量，增加金产量有着重要意义。

选自《金银矿床论文选集》第二集（1986）

浸染状金矿床

S.B.罗姆伯格

一、前言

自从60年代早期在内华达州东北部发现卡林矿床以来，浸染状金矿床已成为引人注目的勘查目标。在此以前，这类矿床虽为人们所知，但要进行有利可图的开采，却被认为品位太低或规模太小。金价低，加上缺乏从低品位原料中回收细粒金的技术，使这些矿床不具吸引力，但在金足够富集的岩脉和浸染体中重新出现过小规模的开采活动。实际上，某些浸染状金矿床就是通过研究历史上的开采矿区而发现的。

本文把浸染状金矿床定义为由热液作用产生的矿床，它们在不同成分的容矿岩石中含有具经济价值数量的细粒分散金，并至少在手标本范围内见不到对成矿作用的组构控制因素。除此以外，在规模、品位、结构、矿物组合、构造控制性质和程度、容矿岩石成分、与火成岩的共生关系、蚀变性质与程度以及其它因素等方面所见到的多样性使得难以对这些矿床更具体地下定义。金一般呈次显微状或显微状，但局部肉眼也可见到。这类矿床产出在各种时代的岩石中，但成矿作用通常可以和某些第三纪地质事件联系起来。

见到的多样性使得难以建立一个可应用于所有这类矿床的一般模式。此外，由于金与伴生的矿化现象具有细粒状性质，以及在确认如围岩蚀变等热液特征方面存在的困难，因此，这类矿床在

野外和室内研究起来都是困难的。但在这类矿床的成因方面必须考虑许多矿床存在的一些共同特征：

（1）一般存在硅化现象，在大多数沉积岩容矿的矿床中表现为似碧玉岩；

（2）在原生矿石中金与黄铁矿密切伴生；

（3）一般的贱金属如铜、铅、锌等含量异常低；

（4）矿石中存在数量明显的砷、锑、汞、铊。在下面讨论的成因模式中将把这些因素与其它被认为是这类矿床典型的共同特征（如同碳酸盐物质伴生）一起考虑进去。显然，后者并不是普遍存在的现象，而只限于某些沉积岩容矿的矿床。

在建立浸染状金矿床成因模式之前，需要综述一下这类矿床所表现的特征，重点将放在美国西部的矿床。其估算储量和品位列于表1。

二、容 矿 岩 石

一般认为热液矿床的容矿岩石在成矿过程中具有重要意义，因为它们是成矿溶液中被溶物质的化学源。在热液岩脉周围的蚀变岩中存在岩石与溶液之间物质交换的证据。然而，浸染状金矿床容矿岩石成分的多样性使它们在金的沉淀作用中不可能只有一种成因作用。大多数这类矿床的容矿岩石包括有早古生代沉积岩到晚第三纪火山岩。

在卡林金矿，金矿化大多产于志留系到泥盆系的罗伯茨山组上部250m内。此岩组由550—600m 的暗灰色薄层纹层状粉砂质白云岩与灰岩组成。矿石作为碳酸盐矿物（主要是方解石）的交代产物出现于薄层状泥砂质白云岩层上，而同样层位的球粒状硬砂岩看来对矿化不利。在杰里特坎尼翁金矿，主要的容矿岩石是奥陶系到志留系汉森溪组中部岩层，此段成矿有利的岩层由

表1

矿　床	*规模（百万吨）	品位（盎司/吨）
阿利盖特山	5.0	0.12
巴特尔山		
明尼—通博伊	3.9	0.09
福蒂图德	16.0	0.15
博列利斯	2.5	0.08
卡林	22.0	0.30
格切尔	4.4	0.28
杰里特坎尼翁	11.9	0.22
默丘尔	10.1	0.15
诺森伯兰	8.0	0.08
平森	3.2	0.16
朗德山	200.0	0.05

* 据历史产量与估算储量计算

90多米碳质泥晶灰岩与纹层状碳质白云质灰岩互层组成，渗透性较大的纹层状岩层更有利于金的矿化作用。在格切尔金矿，主要容矿岩石是寒武系普雷勃尔组中的灰岩层，该组由薄层砂质灰岩与含钙碳质页岩互层组成。在格切尔以南约8km的平森金矿，金矿化主要产在普雷勃尔组之上寒武系到奥陶系的科穆斯组，该组由薄层状碳酸盐岩和页岩组成，局部有规律地成互层或纹层状。在犹他州的默丘尔金矿，矿化出现于密西西比系（相当于C_1）下格列特布卢组上半部，金大多产于由泥状灰岩和粒状灰岩组成的默丘尔层中。

在阿利盖特山金矿，最主要的容矿岩石是135m 厚的密西西比系派勒特页岩的下部100m岩层，由薄层状钙质与碳质粉砂岩及泥岩互层组成，含矿层受暗灰色到灰黑色粉砂岩（局部夹灰岩薄透镜体）的控制。在内华达州的铜谷，金矿床赋含于中宾夕法尼

亚统（相当于C_{2-3}）巴特尔组下段底部30m的硅质与钙质砾岩内。砾石由次棱角状到次滚圆状燧石、石英岩及少量灰岩碎屑组成，砾径可达近70cm。砾岩充填物本来为钙质中粒砂岩，但由于变质作用而形成透闪石。

浸染状金矿床也赋存于火山岩中。内华达州朗德山金矿在中新世（破火山口）熔结流纹凝灰岩中出现大量的金。在内华达州霍索恩附近博列利斯金矿，中新世安山质火山岩中出现浸染状金。含火山岩金的矿点很多，不过大多显示强烈的构造控制，因而不被认为是浸染状矿床。按矿化的地球化学过程来说，在典型岩脉矿床与浸染矿床之间可能几乎没有差别。

三、构造控制

浸染状金矿床的构造控制可从区域范围和局部范围两方面来考虑。区域性构造起到火成活动定位的作用，火成活动提供了驱动热液系统所需的能源和地下机械作用所需的应力。

从局部范围来看，断裂作用作为成矿基本前提不仅对于形成溶液运移所必须的渗透性，而且对于形成矿物沉淀所必须的空间来说都有重要意义。与岩脉矿床不同，浸染状矿床的形成可能只依赖于成矿溶液能够渗透进容矿岩石中的程度和规模，而这又依赖于断裂作用的性质。这两种金矿产出方式在不少矿区都同时被发现，在这种地方岩脉占据的构造可能是浸染状矿化作用的供给系统。

断裂作用的类型也和容矿岩石有关，泥质沉积岩由直接应力在深部沿几个面产生塑性变形和破裂。与此相反，在地表或接近地表侵位的火山岩则经历脆性破裂，造成许多发育良好的开口断裂。这种断裂作用可能是由火成活动（如火口塌陷）产生的应力造成的，一般产生可渗透的火山角砾岩。因此，浸染状矿床一般

赋含在沉积岩中，脉状矿床赋含在火山岩中，这是不奇怪的。

内华达州卡林金矿带是一个走向北西包含有许多重要的浸染状与脉状矿床的矿带。此带可能向东南延伸到包括阿利盖特山金矿和伊利周围的矿床。此带的许多浸染状金矿床是在低角度倾斜的罗伯茨山冲断层上盘侵蚀出来的构造窗中揭露的。这是一条从东到西有明显位移的大断层带，它产生于泥盆纪至密西西比纪安特勒造山运动期间。在引起构造窗地区隆起的地质事件和金的矿化作用之间可能存在成因联系，因此，在这些构造窗中出现这些矿床不是偶然的。

默丘尔金矿位于东西走向的火成热液活动带中，此带包括宾汉斑岩铜矿床和帕克城贱金属与贵金属矿床。此带中—晚第三纪正断层和火成活动叠加在古生代地槽沉积岩系和局部存在中生代岩石的推覆体上。

从局部范围来看，虽然大多数金赋存于沉积岩中，在火山岩中较少，但在所有的矿床中都表现出矿化作用与断裂有强烈的空间联系。大多数断裂系统显示正常的位移，并在第三纪发育，有些可能是在中生代形成的，后来又重新活动。

在卡林金矿，金的矿化出现于罗伯茨山冲断层下盘的林恩构造窗中，金矿产于不同走向位移可达几百米的高角度正断层中或其附近。这种正断层活动的结果使罗伯茨山组上部岩层（正好在冲断层下面）产生大面积的破碎岩石。这类正断层被认为是将热液供给经构造作用处理过的容矿岩石的通道。沿罗伯茨山冲断层和相交正断层的组合运动可能产生特别有利的构造圈闭。在冲断层的上盘也局部出现矿化。类似的构造格局也出现于杰里特坎尼翁金矿，虽然其主要的容矿岩石有差别。

在格切尔和平森金矿，构造控制金矿化更为明显。该地区基本构造特征是发育一系列网状高角度正断层，金矿出现于各断层的角砾岩与断层泥中，单个矿体宽可达70m。在巴特尔山金矿，

一系列NW走向NE倾向的矿化正断层起着矿液渗入邻近砾岩中的通道作用。

在阿利盖特山金矿，矿化与构造关系不太清楚。该区岩石已褶皱成一系列南北走向的平缓褶皱，后来被一系列高角度正断层切割。然而矿化作用是在正断层活动之后，金矿与断裂的空间关系和成因关系还未搞清楚。

构造对第三纪火山中心金矿床的控制通常比较容易判明。在朝德山金矿，矿化作用位于托基马山脉南部的杰斐逊火山口中。此火山口是该区已确定的四个火山口之一，是在古生代变质沉积岩和白垩纪深成岩的基底上由于喷发大量流纹凝灰岩与流纹英安凝灰岩而发育的，矿化作用看来是沿火山口的一段构造边缘分布的，在那里后来出现火成活动的复苏。一条大型NW走向剪切带和伴生的扩张断裂叠加了一系列辐射状和同心状断裂（伴生有中心角砾岩）。看来岩脉状、网脉状及浸染状等矿化和这些强烈的断裂作用带有关。在搏列利斯金矿，对构造控制确定得没有这样清楚，据赖德（1984）认为金矿产于一条局部已矿化的NE走向断层带附近的角砾岩中。

四、与火成活动的关系

火成活动及其产物可能是金属、运载溶液以及驱动热液系统的热量等三要素的源泉。运载溶液迁移所需的断裂系统也可能是这种活动的产物。在有些矿化系统如斑岩铜矿床中，岩浆是这三种要素的重要来源。不过浅成低温热液贵金属矿化系统（浸染状金矿床代表其中一个亚类）看来以受过热的天水占优势。在这种情况下，金属必定来自溶液可能通过的任何物质，其中包括溶液来源地物质、容矿岩石或定位的火成岩，后者可能只提供驱动矿化系统的热量。

所有的浸染状金矿床都有某些深成岩或火山岩在其附近出现，但两者之间的成因关系仍是一个有很大争论的问题。火山岩容矿的矿床在成因上通常和其容矿岩石有关，即使火山活动历史很复杂，金的成矿作用可能发生在容矿岩石定位后很长一段时间。

在沉积岩容矿的矿床中火成岩的成因意义很不清楚，除了典型的金矿热液矿床以外，看来和这类成矿系统不会只有一种关系。相反，这类矿床出现于各种各样不同类型具有不同成分的火成岩环境中。巴特尔山金矿和默丘尔金矿出现于大型斑岩系统的外围地带。巴特尔山金矿位于铜谷主要铜矿床之南大约1500m，铜矿床和第三纪中期花岗闪长斑岩侵入体有关。浸染状金矿化出现于侵入体的接触变质带中，并至少在其中一个矿床出现该侵入体的岩墙。

在格切尔金矿和平森金矿，容矿的古生代岩石中有白垩纪花岗闪长岩岩体的侵入，部分深成侵入岩及横切的岩墙不同程度地蚀变成绢云母、绿泥石和粘土。在格切尔金矿，蚀变作用看来在矿的附近最为强烈。两个侵入体周围都有接触变质带，金矿床就在这些带中。根据空间关系和蚀变矿物确定金矿化时代为白垩纪。但据取自矿带中的磷灰石的裂变径迹研究，该区中新世也有一次重要的热事件。

在卡林金矿和杰里特坎尼翁金矿，周围地区都下伏有中生代深成侵入岩。不过这些侵入岩都被认为老于金矿化，虽然这些侵入岩的岩墙占据着卡林矿区的正断层。这些岩墙已蚀变，并沿更新的断裂断开。在卡林矿区发现有14Ma的第三纪火山岩，但在矿井中未揭露，这一火成活动被认为是驱动热液系统的热源。在杰里特坎尼翁矿区也出现过第三纪中期安山岩与流纹岩火山作用，不过这些岩石只出露于该矿区最东北的地段。在阿利盖特山金矿附近也出现第三纪流纹凝灰岩和玄武岩，但这些火山岩与矿

化的成因关系还不清楚。

在大盆地西部，大多数贵金属矿床都和不同的火山中心有关，受构造的强烈控制，通常划为岩脉型富矿。不过有几个矿床如朗德山金矿和博列利斯金矿，有大量的浸染状矿化现象。

五、矿石矿物与岩石

在卡林金矿，根据不同组份的相对丰度将原生矿划分为五个逐渐过渡的类型：①正常的；②硅质的；③黄铁矿型的；④碳质的；⑤含砷的。形成这些矿石的一个重要阶段就是迁移走碳酸盐容矿岩石中50%的原生方解石。这一成矿前提条件被认为是由热液在其演化的早期实现的，在形成矿液渗透所必需的岩石可渗性方面具有重要意义。不过对该矿床及其他矿床的岩石进行仔细检查，见到许多间距紧密的小断裂，显示角砾化外貌。

卡林金矿一半以上的矿石为正常类型，金与汞、锑、砷一起以黄铁矿颗粒上的表膜与颗粒中的裂隙充填物形式产出。在各类原生矿石中，金大多以黄铁矿上的薄膜形式产出。当碳、硅、氧和砷的含量增加分别形成碳质、硅质和含砷矿石时，可发现有少量金与这些组分伴生。在正常型矿石中有机碳含量约0.3%，但稍高于非矿化容矿岩石的含量；在黄铁矿型矿石中增加到0.9%；在碳质矿石中超过5%。碳以非晶质物质、碳氢化合物和有机物的分散粒状产出，也在碳氢化合物小岩脉与小岩层内产出。黄铁矿是最普通的硫化物，在黄铁矿型原生矿中达5—10%。在各类矿石中有少量雄黄和辉锑矿，但在碳质与含砷矿石类型中含量增加。这两类矿石在共生次序上是靠后的，它们含有与碳质物质伴生的金，并在雄黄脉中也含与黄铁矿伴生的金，砷含量0.5%至10%以上。含砷型矿石在稀少的硫化物与碳酸盐中通常不含大量的汞、锑与

铵。当硅氧量增加时，硅质型矿石代表正常型矿石与似碧玉岩之间的一种过渡类型。在这类矿石中，其中包括在石英颗粒中可以发现少量细粒金。

拉德克等描述了卡林金矿的酸性溶滤带和氧化带。他们认为酸性溶滤带是由H_2S氧化成硫酸产生的深成酸性氧化溶液造成的。H_2S是热液在深处在大约275℃沸腾时释放出来的。这大大超过了硫化物沉淀阶段（未发现沸腾迹象）的温度200℃。在溶滤带的形成过程中，形成了重晶石、硬石膏、石英和高岭石，移走了白云石、硫化物和有机碳。在沸腾阶段溶液的含盐量从大约相当于NaCl含量3%（重量）增加到差不多15%。在气相中CO_2可能是一个重要成分，因而此阶段在溶滤带的上面形成了方解石脉。最终这些矿石在侵蚀裸露的情况下，在正常的风化过程中被氧化。在杰里特坎尼翁、默丘尔、格切尔及其他碳酸盐容矿的矿床中，原生矿石很类似于卡林矿石。

在阿利盖特山矿区，多数矿石属于氧化型，由金、镜铁矿、黄钾铁矾、黄锑矿、针铁矿、石英、重晶石、方解石、石膏、明矾石及高岭石等组成。未氧化矿石含有碳质物质中的金，同时含有辉锑矿、黄铁矿、雌黄、雄黄和方解石等。氧化矿石被认为是深成热液的。

在巴特尔山矿区，金的矿化与上述情况不同，金产于砾岩的钙质基质中，没有碳质物质，未见含砷矿物。硫化物矿物有黄铁矿、磁黄铁矿及少量闪锌矿、方铅矿、白铁矿及黄铜矿。这些矿物在含透闪石基质中以浸染和交代物的形式产出。在矿带之外，黄铁矿比磁黄铁矿丰富，硫化物总含量小于2%；在矿带内，磁黄铁矿超过黄铁矿，硫化物总含量10—50%。金在浸染、交代及裂隙充填物中与这些硫化物伴生。

火山岩中的矿化在成分上与沉积岩中的矿化很不相同，但还是存在一些类似性，特别是在原生矿石中金与硫化物伴生，这一

点更是这样。在朗德山矿区，金在岩脉与浸染物中以黄铁矿中不相溶的小包体形式产出。在一些高品位岩脉中，自由金的产出与石英及黄铁矿存在密切的伴生关系。在岩脉中也有少量副矿物：萤石、雄黄、方解石、冰长石和明矾石。在博列利斯矿区、矿石已被酸性溶滤和氧化，不过有氧化前存在黄铁矿的证据。酸性溶滤的结果产生石英、重晶石、黄钾铁矾、明矾石和各种铁氧化物。

六、蚀变作用

在浸染状金矿床出现的最重要的蚀变类型是硅化。沉积岩容矿的矿床除巴特尔山矿区以外，蚀变作用已造成碳酸盐岩广泛被硅氧所交代，并形成似碧玉岩。这些似碧玉岩受构造控制，有时在深部变成石英脉带。似碧玉岩的存在是金矿化的极好标志，不过含金量不定，有的完全不含矿，有的每吨几盎司。由于似碧玉岩具有抗风化性，它们常形成山脊，因而可作为很好的找矿标志。在杰里特坎尼翁金矿，大约有40%的岩石是似碧玉岩，但只有10%为矿石品位的组成材料。火山岩中的矿床也显示广泛的硅化。朗德山矿化区中心有直立的强烈硅化带，在凝灰质沉积岩中硅化作用特别强烈，不过这种蚀变不伴随有金或黄铁矿。在博列利斯矿区，硅化也很强烈，容矿安山岩带完全变成了由石英和高岭石组成的岩石。

在浸染状金矿床中已确认的其它蚀变类型有脱钙、泥化及氧化等。在卡林、默丘尔、格切尔及阿利盖特山等矿区已确认方解石的早期迁移是容矿岩石为后期金矿化所作的重要准备。这种脱钙作用说明早期热液是酸性的，不过是在成矿前的。在成分上也不同于实际矿化溶液；而方解石脉的形成则出现于与深部酸性溶滤有关的矿化系统的浅部。

在许多浸染状矿床中确认有两期泥化蚀变。第一期和主要矿化期密切有关，形成不同比例（但少量）的高岭石和绢云母。第二期为更重要的泥化蚀变期，发生于热液系统浅部的酸性溶滤期间。见到的矿物成分变化有：硫化物和有机质的破坏，碳酸盐容矿岩石中白云石的迁移，高岭石及各种硫酸盐如硫酸铁、重晶石、硬石膏的形成等。这类蚀变作用可以伴随有大量石英的沉淀。由于碳酸盐有缓冲能力，这类泥化作用只在灰岩与白云岩容矿岩石中发育，并可能完全认不出来。在火山岩环境中，这类泥化作用导致容矿岩石的完全破坏，被高岭石、石英与少量明矾石及其他硫酸盐等的集合体所交代。

在上述泥化蚀变过程中，氧化作用有重要意义。在浸染状金矿床中表生氧化作用通常出现于空间上与现在侵蚀面或古侵蚀面有关的带中。在泥化蚀变过程中硫化物和有机碳被迁移，并形成各种铁、砷、锑氧化物。可能出现金的某些重结晶作用，可见金变得更为常见，其粒度可增加一个数量级以上。由于沿断裂有较大的渗透性，沿岩脉到较深处可发现表生氧化作用。这造成了表生氧化作用与深成氧化作用的相混，并导致关于金矿床形成中哪种作用更重要的重大争论。

根据空间分布与地球化学资料，推测表生氧化液形成了许多浸染状金矿床。这些氧化液是否实际上搬运过金，还是叠加在早期成矿事件上，仍有争论。此外，氧化作用可能发生在成矿系统的一个点上，而金在其他地方沉淀下来，阿利盖特山矿区已氧化岩石的空间分布说明深成氧化液在矿带发育的某些阶段已渗入其中。默丘尔和杰里特坎尼翁矿区深成氧化造成的矿物成分变化类似于表生氧化，不过在氧化带中一般出现残余的硫化物，金粒也增大。这说明氧化作用是叠加在早期与还原性较强溶液有关的矿化事件上的。

七、成因模式

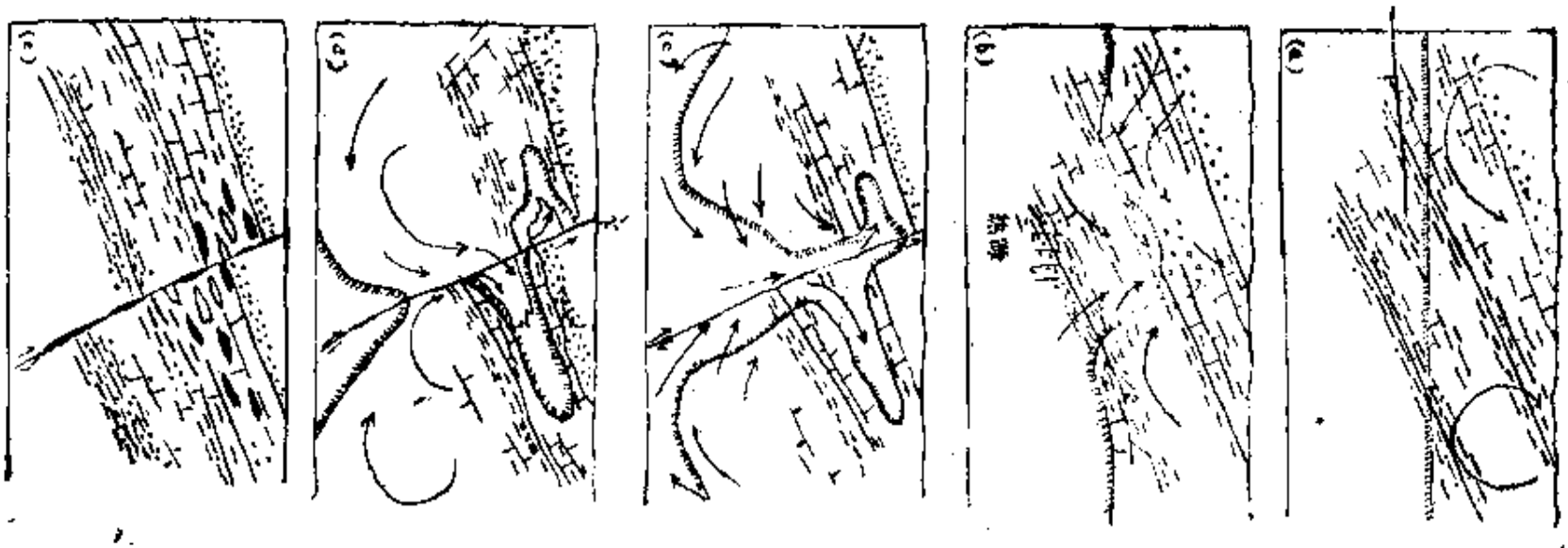
对于多数浅成低温热液岩脉型矿床建立的成因模式只能大体上应用于沉积岩容矿的浸染状矿床。这类模式都假设一个略为垂直的开放断裂系统，热液沿断裂上升，并由于在该系统中发生某些物理化学变化而出现沉淀。结果形成一个比较简单并预计有对称性的矿床，围绕各断裂或断裂带有一定的分带现象。这类模式还假设沸腾是矿床形成的一个重要过程。毫无疑问是金沉淀的有效机制。然而在沉积岩容矿的矿床中沸腾的证据并不多见，就是在经过详细的研究的卡林矿床，也只是在酸性溶滤阶段才发现有沸腾的证据。

要出现沸腾，热液系统必须向地表开放。虽然浸染状矿床的矿化许多是断裂控制的，但有些矿床在地层上和构造上所处的位置使当地不可能存在开放条件。与其说是简单的上升流，倒不如说根据势的分布，热液可能向各个方向迁移。影响热液流的因素很可能是在沉淀矿的部位之外形成的，而该沉淀部位可能是在一个大得多的热液流范围内的局部地球化学异常。

根据这类矿床迄今所收集的温度资料，看来地热梯度的增长（无论是区域的还是局部范围的）是矿化期间溶液迁移的驱动力。在这种热扰动之前，地下水和深部孔隙流体接近水均衡状态，渗透率和孔隙率一般随深度降低，但这要根据含水层的性质来定（图a）。在这样的条件下，深部孔隙水会有相当长的滞留时间，特别是在不渗透的页岩中，而浅部地下水则受到适当的补给，这还是要依据地层情况而定。从浅部补给系统变为深部静水状态可能是渐变的，中间有一个过渡混合带。在这种情况下，深部水与其储水场所之间将趋于化学平衡，而浅部水由于从大气得到补给而保持一定的氧化程度。深部的孔隙流体变得越来越具还

原性，特别是在储水岩石包含大量硫化物或有机碳的情况下更是这样。在这样的化学演化期间，这些流体会从岩石中溶滤出各种组份，与流体不断形成的还原性成分相一致。这样就得出了两个不同的地下水环境：深部还原溶液带和上覆的相对较氧化的溶液带。

当地热梯度从下开始增长时，两带之间界面将出现凸起（图b）。这些不规则的凸起将在岩石渗透性变大的地方（如沿断裂）发展起来。当增加更多的热量时，还原性孔隙流体羽状流在氧化带中沿断裂向上扩展。羽状流的形状受渗透性分布状况的控制，从可渗透岩石断裂处扩展开来，在遇到粘土岩及其他不透水层的地方则收缩（图c）。在地热梯度上升和地下水面隆起时，深部孔隙流体的受热可导致挥发分如CO_2和H_2S向上迁移进氧化性地下水环境中。这些挥发分将溶解，H_2S将氧化，局部形成酸性溶液。这些酸性水可能使碳酸盐岩局部溶解，这是容矿岩石为下一步金矿化所作的一个重要准备。当还原性孔隙流体继续迁移时，源岩必定得到来自下面、侧面或上面的补给，这要依据整个水文状况而定。溶液的迁移开始是缓慢的，补给可能缓慢到足以保持地下水的分带状况。该系统的发展速度可能在控制浸染状矿床规模和品位方面起重要作用。发展越慢，从还原带向上转移到容矿岩石中的金就越多。最终对流网络将发展到两带之间出现混合，源岩的补给中断，这是因为地下水不再向上迁移地热梯度，来自氧化带的占压倒优势的补给将切断深部源（图d）。后一情况将使氧化带重叠在早期还原带上。这整个过程将随着地热梯度的增大与缩小而发展与衰落，经过几十万年甚至几百万年，使这类矿床得以发育，并可能出现几次金的活动迁移与沉淀作用。同时构造作用、侵蚀作用、沉积作用以及火山活动也可以改变构造格局，进一步使矿化历史复杂化。此成因模式可同样应用于火山岩环境，但这样一些情况除外，即地热梯度较陡，事件发生



浸染状金矿床概化模式图

（a）—地热梯度增大前水文与地球化学的均衡状态；（b）—地热梯度增大，在断裂发生前挥发物迁移；（c）—地热梯度增大，伴随着断裂作用，出现流体迁移与浅部地下水的补给；（d）—由于氧化性地下水的侵入而切断深部源；（e）—结果形成断裂控制的局部氧化的浸染状金矿床。

在较短的期间，容矿岩石是裂隙化与角砾化的火山岩，浅部地下水的大量卷入等。

下面再将这类矿床独特的地球化学性质结合到模式中来。硅化的普遍存在是由于运载溶液向下转移大量热梯度所致。在溶液中控制SiO_2溶解度的主要因素是温度，特别是在浸染状金矿化作用典型的深度与压力下。石英具有前进溶解度，因此冷却是其沉淀的最合适的机制；相反，$CaCO_3$显示后退溶解度。这两种相反的化学过程结合起来，通过SiO_2饱和的冷却溶液，使石灰岩被石英交代，或形成似碧玉岩。冷却作用可能是由热量损耗于围岩或与较冷的地下水混合引起的。SiO_2是最容易溶于热液系统中的造岩成分之一，石英或其他形式SiO_2的沉淀对这类环境来说并不是罕见的。似碧玉岩或石英脉的存在不一定伴随有金或其他金属，不过它们的存在表明形成金矿床所必需的热液过程曾经出现过。

金与汞、砷、锑、铊等元素的伴生以及铜、铅、锌等一般贱金属的很少出现，都可以用深部源发生的过程来解释。当深部孔隙溶液与其围岩接近化学平衡时，变得越来越具还原性，特别是在含水层岩石含大量有机碳和硫化物的情况下更是这样。当这些溶液溶滤岩石时，进入溶液的只有那些有硫存在时氧化作用很弱的情况下才能溶解的成分。这些元素就是那些形成可溶性硫化物络合物的元素，如金、汞、砷以及可能还有锑和铊。还可能包括钡，因为钡不形成不可溶的硫化物，不可溶的是硫酸盐。因而在还原环境中钡是活动性的，在氧化条件下是不活动的，如重晶石说明钡存在于氧化带中。相反，那些形成不溶性硫化物并在氧化环境中成为可溶性氯化物络合物的贱金属元素则不会进入还原性孔隙流体溶液中。这样一来，金“组”元素与贱金属在深部源就出现分离。当溶液渗透到更为氧化的环境中时。被溶解的任何贱金属将变得更为可溶，因而也就不会沉淀下来。

总的来说，应用上述模式可以解释这类矿床所表现出来构造上的差异性和地球化学上的类似性这两个方面。还存在少数不能解释的特征，后来的重大地质事件也可掩盖后来的环境。此外，微量金属的情况目前只是推测性的，需要做更多的工作。

译自Geoscience Canada，1986，Vol.13，No.1，

（原文篇幅太长，译文作了部分删节）

译者　姚国伟　校者　石运前

选自《河南地质情报》第一期（1987）