

黄金科技丛书

金银矿产选集

第三集

冶金工业部黄金情报网
冶金工业部长春黄金研究所

一九八五年六月

62.6.1.1.1.1

前 言

为了进一步开展黄金地质找矿勘探工作和促进黄金地质成果的交流。冶金部黄金情报网继续编辑《金银矿产选集》第三集。该《选集》是第一、二集的继续。是以实用性、学术性、资料性为特点的学术专集。具有时代感、信息感。

《选集》主要内容有金银矿各种重要类型的矿床地质特征及成矿理论的论述；地质、地球化学和地球物理探查方法在找矿勘探中的应用以及典型金银矿床地质成矿特征等方面。

《选集》共收入论文36篇（包括对寻找金银矿具有重要参考价值的译文11篇）。

《选集》主编由冶金部黄金情报网地质站（吉林省有色金属地质勘探公司研究所）杜希明工程师负责，由于水平所限，不当之处，请批评指正。

冶金部黄金情报网

1985年6月

目 录

中国金矿与花岗岩的关系	张兆瑾 (1)
金矿床与花岗岩关系剖析	王义文 (7)
太华绿岩带中层控金矿的地质地球化学特征、成因及找矿方向	欧超人 (21)
层控金矿床主要类型及其形成机理的探讨	张进容 (29)
中国层控银矿床的类型	程景平 王秀璋 (35)
层控银矿床中自然金—银系列矿物形成条件的实验研究	樊文苓 (41)
试论金的成色及其地质意义	李铁公 (48)
关于金矿矿体体积计算中的问题	卢一峰 (57)
加热对金矿石中自然金的影响	宋坤玉 (61)
利用重力资料研究吉林东部深部构造及金、铜矿成矿远景区	齐云生 (80)
黄金发现史考略	郭贤才 (85)
西北地区金矿类型及找矿方向	刘连生 罗才让 (89)
辽宁五龙金矿床地质特征	周广学 赵玉福 (98)
河北涞源——平山一带金矿成矿地质条件初步探讨	徐光荣 汪学纯 薛太 琦 (112)
河北平泉某金矿床矿化特征及成因	杨廷 栋 (123)
山东胶东金矿的地质地球化学特征	王鹤年 周亚东 路远友 (130)
脉岩在热液金矿床成因研究中的意义——以山东胶东西北部金矿床为例	刘连登 姚凤良 孔庆存 宫润潭 (134)
山东胶东玲珑金矿田52号脉群成矿规律及其初步应用	孔 景 远 (142)
浙江古岛孤带特征及其对金矿成矿带的控制作用	胡桂明 罗镇宽 关康 (150)
浙江遂昌银坑山金银矿床地球化学异常特征	周俊法 (163)
上海张埭铜矿贵金属赋存状态和物质组成的研究	陈可睦 王锡岳 颜国森 (173)
江苏宁芜北段火山岩型金矿成矿特征	宁仁祖 刘道元 江建明 (179)
江苏漂水中生代火山热液金矿的蚀变与矿化	宁仁祖 江建明 张慧敏 丁桂春 丁洁华 (189)
试论广东省金矿主要成矿类型成矿特征和找矿方向	徐火盛 (198)
云南合庆含金、铅、锌矿区矿床的层控、相控特征及其找矿意义	戴福盛 (207)
澳大利亚西部金矿床中太古代含金流体的性质	

.....G.N菲利普 D.T格罗弗斯(215)	
木贼(木贼属)可作为金矿的间接找矿标志	
.....R.R克鲁克斯 J.霍尔兹比契和D.E赖安(234)	
金矿床中黄铁矿和毒砂的标型特征.....Г.Н加缅林(238)	
南非太古代绿岩带和欧洲阿尔卑斯古生代超铁镁质杂岩的上壳层岩中金的分布	
——及地球化学成矿意义.....R.萨格 M.迈耶 R.穆夫(245)	
某些金矿床定量预测评价.....И.Т.萨尔马策夫(273)	
在热液系统中金的远移和沉淀.....I.M.谢华(281)	
南非特兰士瓦省东部巴伯顿绿岩带内层状金矿床的变质特征.....K.J.梅丹(292)	
东霍尔加地区的地质构造及含金性	
.....Ю.В.里尔、萨拉赫·加谢姆(300)	
1982年津巴布韦黄金专业会议总结.....K.A.维温(306)	
印度尼西亚和马来西亚的一种特殊的低银金矿.....约翰·F.W鲍尔斯(314)	
朝鲜平安北道造岳金矿床矿体的特征.....申永治(322)	

中国金矿与花岗岩的关系

张兆瑾

(中国科学院海洋研究所)

金是贵金属矿产之一,在地壳内含量达 3.5 PPb ,它不但在陆壳内有,而且在洋壳和海水也有,同时在星球陨石中也含一些。金的比重为 19.3 ,质软延展性强,硬度小于 3 ,熔点 $2.5-3$ (1100°C)和易导电为特征。工业上金与银、铜、铅、锌等既能组成合金,又可作为装饰品,镀金、照像及化学上应用等等。作者就积累半世纪以来所目睹有关金矿地质论文报告和自己在野外调查所得,从金的地化性质与中国金矿分布说起,就几个重点和代表性地区论及金的产状与它共生矿物组合,再从它的形成条件与大地构造及岩浆岩的关系,接着研讨金矿生成时期与岩浆活动性质的影响,进一步论述中国金矿与花岗岩的关系,最后以几点初步认识作为本文小结。

一、金的地化性质及分布规律

地壳中金平均含量最好是用它与银的比例来研究。金在岩浆岩中大约每吨含一毫克。从地球化学观点看金是非常亲铁的元素,同时也是亲铜的元素,它在地壳中克拉克值为 $5 \times 10^{-7}\%$ 。它有时显著地被吸收在熔融的铁或铁合金中。在每吨混合陨石中含金 0.7 克,比岩浆岩平均值含量又大几百倍。自 1951 年由戈尔特贝格等人应用中子活化法测定许多种类陨石中的金含量为 1.44 PPM 。金在超基性橄榄岩中尖晶石内含有 0.2 PPM 。在基性辉长岩与石灰岩接触带中有金与含金毒砂产出。在高温热液黄铁矿及黄铜矿中以及磁黄铁矿与黄铁矿中,两者均与辉长岩伴生,含金量小于百万分之一。在安山岩及粗面岩等中性火山岩中的金,它的经济价值要大些,这一点可以我们台湾省台北金瓜石第三纪安山岩中所产金矿为例证。在这类矿床中,金部分以自然金状态出现,而部分的金与碲结合,而不与硒共生,且常与铋、锑、银、碲共生。金和银的离子半径接近一致,所以它们之间难舍难分。少数金矿床含有丰富的金碲化物,并不与安山岩、英安岩有关,而与响岩和粗面岩有关,美国科罗拉多州有其例。与深成岩有关热液矿床是以金与碲、铋、锑共生,常与中酸性闪长岩、石英闪长岩和酸性花岗岩一起产出。在正常情况下,金出现于花岗岩残余岩浆中。金在高温气化热液锡或钼矿床中有很少含量,一般只有百万分之 $0.1-5$ 。在石英脉中的金常与硫化物黄铁矿和毒砂伴生并经常出露地表,进一步受蚀而分散。

金有自然金,脉金、砂金之分,自然金含黄铁矿中,有时与毒砂、黄铜矿、黝铜矿

及辉锑矿共生，偶而与方铅矿，磁黄铁矿，辉锑矿组成连晶或生成包裹体。自然金一般含银、铜，偶而有铋、钼、钨。脉金以石英脉和方解石脉为常见。一般金含量以在石英脉中较高，而在方解石脉中含量低而不均匀。从形成温度上看，前者较后者为高。砂金不在本文讨论之列故不再赘述。

金的分布规律，从大地构造区来划分，中国若干重要金矿大部分布在地台或地盾区，也有一部分布于地槽区；有时地台与地槽接触边缘带亦有其分布。就造山运动时期而论，在我国有前震旦纪吕梁运动，加里东运动，海西运动，印支运动，燕山运动和喜山运动，其中以吕梁、燕山为最，重要喜山、海西及加里东次之，印支更次之。从各运动期内岩浆岩活动性质，成分及产状观之，和金矿生成有密切关系的有酸性及碱性深成侵入岩，如花岗岩，其产状一般为岩盘、岩瘤、岩株及岩钟均为产金之母岩，并常分泌金矿在岩体上部或两侧，甚至岩体突出之头端。若大块花岗岩岩基就不含或很少含金。中性火山岩类安山岩内含金在我国出现不多。近年来有若干新类型金矿床之提出如基性超基性岩中之金矿，含金绿岩带以及元古代含铁石英岩中之金矿，含金砾岩就不在本题涉及内容。

多年来作者从事地矿工作，除西藏外足迹遍及各省，为专任金矿而调查研究，未曾得到尝试，只因寻找其它矿产而通过金矿区才了解一些情况，仅仅是表层观察，而对其深入地下情况未经勘测详探不足以窥全貌。从我国广大地区中，原生金矿分布主要集中环太平洋西岸，据今所知一些比较重要的原生金矿概述如下：

(一)、东北区包括黑、吉、辽三省。黑省漠河盛产砂金，可能原生金矿上部经长期风化剥蚀消失。其它如小绥芬河及东宁一带也有出露。吉林、延吉、和龙、桦甸、通化和吉林一带，其中以夹皮沟和二道甸子为著称。辽宁多半集中辽东半岛南部古陆及其西部燕山东部边缘。

(二)、华北区主要分布在冀东，产地有围场，丰宁，隆化、滦平、承德、平泉，朝阳、赤峰、昌平、抚宁、遵化、临榆，迁安，唐山及昌黎等县，主要在长城内外，即燕山花岗岩体内或其侵入于古老变质岩地台活化区。

(三)，西北区原生金矿产地分散，新疆有南北二疆、北疆阿尔太山常与硫化金属矿共生；塔城哈图山含量不多。南疆塔里木盆地边缘如于阗、馮耆、吐鲁番。青海及宁夏地区，值得今后注意，甘陕两省产金地质条件具备，值得扩大勘测，如秦岭及祁连山值得今后加强工作。

(四)、中南区有河南灵宝小秦岭，湖北应山，大冶；湖南平江黄金洞，沅陵柳林叉，益阳、桃源以及会同等地。河南灵宝小秦岭；广东增城，云浮、恩平；广西贵县，苍梧及田东、田阳等县；其中以那坝比较著称。

(五)、西南区有四川冕宁麻哈脉金，茶铺子（绿岩带型），平武水泊（元古代含铁硅质建造），木里之洼里，懋功之绥靖，康定灯盏窝，丹巴喇叭沟及炉霍之章达。贵州之苗龙（绿岩带型）。云南墨江蒙自，中甸，维西、澜沧与马关等县。

(六)、华东区以山东招远地区东西分布带著称，从玲珑山以西迄三山岛海滨断续产出，掖县、平度、文登、平阳、即墨、临朐、淄川与蓬莱等县。江浙赣闽等省产金地区分散，尚需作今后详查，值得注意。

二、中国金矿产状与矿物共生组合

内生金矿。1、高温热液交代矿床内，金常以零星分散细小颗粒状出现于黄铁矿或黄铜矿晶体内，肉眼往往不见，仅在高倍显微镜下或电镜下见及。这种金矿常在石英脉中或砂卡岩内以交代体出现，形状常有它形晶及自形晶两种，但一般含量不多，且比较星散。共生矿物组合除自然金外，有磁黄铁矿，黄铁矿，毒砂；有时有黄铜矿，闪锌矿，辉钼矿。脉石有石英，电气石、钠长石，石榴子石，磷灰石等。2、中温热液矿床，这是金矿床中常见者，最富集的是含金石英脉。主要矿石矿物为自然金、黄铁矿，黄铜矿次之；有时有闪锌矿，方铅矿，黝铜矿。无论自然金及金的硫化物中都含有银。在这类矿床中金的生成在方解石、重晶石、白云石之前。3、低温热液矿床。1）产于第三纪安山岩，英安岩中：自然金是主要矿物，与黄铁矿，硫砷铜矿，黄铜矿，闪锌矿及辉银矿、菱锰矿共生，碲金矿及辉锑矿与汞矿偶见出现。脉石为石英，其次为方解石，有时有冰长石及重晶石，石英多为乳白色细粒与晶簇状。如台湾金瓜石。2）、产于燕山早期黑云母花岗岩株侵入体内石英脉中，金仅见与立方晶体黄铁矿共生，共生矿物比较单纯，间或见方铅矿及闪锌矿，一般自然金含量中等，如冕宁麻哈及木里洼里。3）、产于广西右江南岸之田东田阳一带石炭二叠纪灰岩破裂带内方解石脉中，主要自然金交代小型立方晶体黄铁矿中，一般肉眼不见，偶而见及散嵌于黄铁矿晶面上。自然金共生矿物单一，偶而有碲金矿及辉锑矿共生，晶簇石英亦有见及。

三、中国金矿形成条件与大地构造及岩浆岩的关系

据目前所知，原生（内生）金矿形成，主要考虑金从哪里来的？靠什么力量使它在地壳中聚集？大家知道，金在液体固体气体中经过各种分析，都有一定含量，然而在陆壳或洋壳下部地幔层中流体层内，金是占有一定位置的。在地幔层流体中含有不同种类的金属元素，由于液态分异和熔离及比重关系和离子半径大小以及吸附作用强弱，使金元素在流体内分离而出，或单独存在，或嵌入亲近其它元素内，因而随地下深处压力向上部岩层裂隙和空间穿入渗透或被岩层吸附。这些在地壳深处的液体，主要来自岩浆岩侵入地壳后带上的，当它在行径途中遇适当的温度和压力以及空间条件最适于它在溶液过饱和状态下，才沉淀晶出。如在碳酸盐围岩内最易交代而成矿囊或矿房。

从金矿在大陆地壳上分布看，无论地盾地块或地槽内以及地块与地槽接触带附近，也即在古老隆起或拗陷带内；隆起带往往以背斜为特征，拗陷带往往以向斜为主体。这些背斜和向斜动力主要来自水平运动，由于运动力量随时间长短而岩性有强弱之分，因而有时露出地表上部岩层弯曲剧烈，下部平缓；或下部深处褶皱剧烈而上部褶皱轻微平缓，由于水平运动随着时间和空间大不相同。褶皱轴向随地壳运动的地质年代而异，如前寒武纪的运动即吕梁运动，以后加里东运动，海西运动，印支运动，燕山运动以及喜山运动等等。轴向有东西，南北，东北、西南，或北北东—南南西，北北西—南南东以及北东东—南西西均有。一般认为东西向形成较老，南北向或北北东—南南西向较新，东北西南或西北东南向为不老不新时期，这种推断从断裂先后或褶皱方向而判别的。

但是这些方向皆由先褶皱后断裂或先断裂后褶皱而不同出现。一般地壳厚而岩性坚

脆的受上下垂直运动影响造成断裂，当垂直运动巨大而时间较长时，往往造成深大断裂带；当垂直运动微弱时，便形成浅小断裂。有时垂直运动忽大忽小而持续上升到地表，往往使岩层垂直空间造成扁豆式裂隙结构。甚至下端深部有断裂而上部消失；或下部深处无明显断裂，而上部断裂显著，这样造成的上下空间裂隙与时间所涉有紧密关系。只有强烈垂直运动才能引导地壳深处岩浆上升不断侵入岩层破裂空隙中，待其残余岩汁内分泌出金、碲或黄铁矿及其它硫化物金属矿物，不过这种情况要在温度和压力适当时候才实现。

究竟金矿从那种性质的岩浆带来呢？有人认为是深成的基性或超基性岩浆分异出来的，有人认为酸性或碱酸溶液带上来的，或有认为动力变质热液或混合岩化热液带来的，更有认为中酸性火山岩再生岩浆造成的。种种说法不胜枚举。从我国广大地区所见，一般金矿虽然生在古老变质岩地盾或地块内，但这个地块和地盾并不固定不变，它也经受过不同程度活化，因而在地台活化过程中多少会从地壳深处引进了金的元素而沉淀结晶，有好多不同性质不同时代的岩脉或岩墙插入是个很好证据。再从基性超基性岩经过变质成为绿岩，虽然在我国近年来找到绿岩带内有金矿，而且金的含量并不见高和广泛富集，我认为把金矿床划入工业类型的绿岩带理由不够充分。至于混合岩化热液金矿床，只能代表拼入片麻岩或片岩中后来侵入岩浆，作为金矿携入的重要线索。实际上金在混合岩内决不能认为是由混合岩化作用同时产生的。凭多年野外所见，金在中酸性花岗岩类小侵入体中或中酸性火山岩中，一般多在石英脉内产生，有时细石英脉含金经过多次动力挤压作用造成分散不均而有时富集细小片状颗粒金矿，这是普遍见及的，如东北桦甸及华北燕山，山东招掖，河南小秦岭，湖南西部以及川南麻哈和木里洼里等地，多为含金花岗岩侵入体中或其边缘产生，在中国含金量占过半。这些都是明显事实，证明我国金矿不少来自花岗岩的残浆而和它有密切关系，不过金矿本身生成时期有所不同罢了。

四、中国金矿生成时期与岩浆性质活动的影响

根据中国造山运动所形成时期，一般公认吕梁期为最老时期，而吕梁运动所产生的岩浆由其露出于地表现状看之，有深成酸性岩浆造成的岩盘，也有浅成酸性岩浆造成的岩株岩脉，在古老地块（地台）内露出不少基性或超基性岩墙和岩舌。无论酸性基性或超基性岩石以任何方式侵入不同地质时代的各种岩层内，忽多忽少均含不同成分的金矿。从金的含量来说，绝大多数含量不高，不够开采品位的要求；偶而也有达到品位要求的，限于分布面积局限性深感美中不足。

加里东运动后造成的岩浆岩据华中华南局部所见，主要为中粗粒花岗岩或花岗斑岩，以岩基或岩盘产出，一般不含金，即含之亦不够开采品位。

海西运动在我国各区分布比较广泛，但面积不均匀，产状也不同。一为基性岩浆喷出，主要为玄武岩，华北西南比较突出，这些玄武岩，究竟有无金矿元素，还未见到分析的数据。一为酸性侵入花岗岩，出露新蒙地区范围广泛。花岗岩体在内蒙古大部含金于地表部分被风化剥蚀掉，仅有砂金残留。在新疆北部则有含金及硫化金属的石英脉穿插于花岗岩破裂带中，金则成为附生矿物。不过在综合利用上仍有开发价值。

燕山运动在中国发生的时期比较长,分布范围广而受到影响的岩层比较多而剧烈,从侏罗纪中到白垩纪初均有多次出现。每次运动初为剧烈地水平运动,造成北北东南南西的褶皱轴向,有的是陡倾褶皱,有的是倒转褶皱,继而发生较大规模的断裂,从这些褶皱带和断裂带裂隙中带来酸性花岗岩浆,在燕山早期岩浆的残汁中,含金石英脉由构造控制形成大小粗细和长短不一的形状,有的呈板状,有的呈扁豆状,这些含金石英脉在不同围岩中形成单一的金矿,经常与黄铁矿伴生,事实证明金矿形成与黄铁矿离子交换有关,当其与多金属硫化物共生时常在中温中压情况下产生,而在高温高压下或在砂岩形成条件下则金的出露成为稀少的伴矿物,也即说明金的析出微弱。但燕山运动晚期火山岩虽在我国有大量分布,到目前找到金矿含量均低。

燕山运动中的金矿在中国典型的例子是台湾省金瓜石,它是和硫砷铜矿共生的,石英脉穿插在中新统后期,安山岩破裂带中。成生时期约在第三纪中新统后期。这种第三纪形成的金矿,尤其在中酸性火山岩中出现,到目前为止,在我国已有发现。此期矿床在日本亦有其例,不过这些金矿床有时与银及碲共生而在矽化围岩内石英脉中出现,少数地区金亦有与硫化金属矿共生的。

五、中国金矿与花岗岩浆活动的关系

苏美著名矿床学家和地球化学家如费尔斯曼,别捷赫琴,艾孟斯、林格仑等均认为一般金矿来自幔源深造岩浆入侵地壳之酸性花岗岩类残余岩浆分异产出,而非来自壳源之产物,这类深成酸性岩浆如果伸出地表便成为喷发火山岩。在中国境内从东北到西南或从东南到西北不同时代花岗岩侵入体尤其前寒武纪花岗岩侵入体的顶部及两侧或燕山早期花岗岩株、岩瘤或岩脉及其中石英脉都含相当量金矿或金银矿:有的在细脉中与细小立方晶体黄铁矿浸染或交代,有的在扁豆状石英脉体的边部。有时则稀少生于大石英脉内,在这种大石英脉中的石英,一般为乳白色,无油质光泽、松脆而不坚硬,证明生成温度压力较低。有些金矿直接生于碎屑花岗岩内,矽化甚强,金粒细小,肉眼不见,这是由于含金细小石英脉受了多次挤压所造成。在显微镜下观察,石英的外貌每多出现波纹状结构,在山东招远和掖县间之三山岛一带比较普遍。在焦家也见有类似现象,在玲珑及其东一带,在镜下观察,波纹状石英结构就不多见了,这说明西部三山岛一带水平运动发生较早而剧烈,而东部则以垂直运动继其后,因而金的晶体颗粒比较大些,且常与多金属硫化物共生,含量稍差,深度则视地区不同而异。在四川南部雅龙江西岸金矿以麻哈及洼里为著名,位康滇地轴边缘,花岗岩侵入其中,岩体褶皱断层较显著,在褶皱断裂孔隙内有大小石英脉不规则地和断续地侵入,脉中有时见到细粒金矿交替于黄铁矿晶面或散嵌其内,呈散嵌的在偏光显微镜下出现比较突出,如星点状金黄色光泽与黄铁矿反射色泽有显然差别。这两处产金主要为产在侵入于片岩麻岩层隆起两侧破碎带内细粒黑云母花岗岩中石英脉内,走向北北东,倾斜东南西北皆有,倾角比较大些。麻哈金矿与黄铁矿共生密切,黄铜矿、闪锌矿、方铅矿偶亦与之共生,只见含量分散不多。脉壁围岩蚀变以硅化为最强烈,有时绿泥石化绢云母化也不同程度存在。洼里金矿情况虽与麻哈相距不近,实际上只有一江之隔,共生于石英脉内仅与黄铁矿共生,而少见其它硫化矿物。石英脉细而多,且风化较烈为异。所以在洼里砂金比麻哈分布广泛些。至

于吉林二道沟与夹皮沟金矿，往昔曾亲临其地作走马看花一行，事隔多年，虽经旧法开采，而含金石英脉深度则不若近几年来经过详探为明瞭，不过共同点都认为石英脉愈大含金愈少。一般脉深度不若其在矽卡岩多金属硫化物含少量金矿的深，或者含钨钼矿或铜矿之深。但无论如何，这些花岗岩类岩浆主要出自侏罗白垩纪之间，早期残浆含金为主，越到晚期越少或缺失。前震旦纪吕梁花岗岩浆侵入于古老变质岩内含金亦占有广大地区，多半为含金细脉或碎脉，值得重视。至于二叠纪蒙古花岗岩虽在华北西北及东北断续出露，面积广阔，华南亦不乏其例，虽含金有限，未经有计划钻深取样分析，对含金评价，无法予报。

六、几点初步认识

上述泛论中国金矿与花岗岩的关系初步得出几点认识：

1、中国金矿大部分分布于古地盾，地块隆起边缘褶皱断裂带内混合岩化范围内，受构控层控影响多数在石英脉内出现。含金质量一般即不均匀又不见高。矿物组合简单，除金碲外，仅见黄铁矿晶体，而其它硫化物和氧盐罕见，混合岩化中所见侵入岩虽基中酸都有，与金密切共生的为浅成花岗斑岩，半花岗岩或细晶岩。这些酸性侵入体距地表不深即与花岗岩盘相接，含金量随深度逐次消失。在地槽区内，地壳活动频繁，岩浆不断从地幔上升，按比重和演化关系，先酸后基，酸者每呈岩基岩盘、岩株、岩瘤，浅者以岩脉岩墙或岩舌占有一定量金矿，这些金矿往往露出于岩盘顶部，岩株或岩瘤尖端，岩脉或岩墙的一侧，以中生代中后期当侏罗与白垩纪间的初期由花岗岩残浆形成金矿最为注目，含金一般丰富，可供开采。可采深度约达500米左右，其中够合格开采金矿可达十分之一以上。在燕山中晚期花岗岩浆中，金含量由主降次，成为含金多金属矿或铜金、镓金、钨钼金矿床，金在这些矿床开采中综合利用时可以设法提出。

金在热液矿床中以中低温热液充填浸染交代为最佳。金富集在断裂带交叉及弯曲强烈和矽化强处。

石英脉中的金，往往生在下盘，而石英脉愈细小含金愈多，当石英色泽灰白，质地坚致而无油腻光泽为找金最佳线索，如石英脉或方解石脉呈扁豆状有可能发现大小金包，金矿体一般在四五百米深处渐消。

金矿床与花岗岩关系剖析

王义文

(吉林省冶金地质勘探公司研究所)

金矿床与花岗岩的关系问题是一个重要而又有严重分歧的问题。本世纪早期的一些知名地质学家,例如,W.H.爱孟斯在其金矿床成因分类表中,将绝大多数内生金矿床与花岗岩侵入体联系起来,并按其形成的深度(或温度)分为岩浆分凝金矿床、伟晶岩金矿床、火成交代金矿床、高温热液金矿床、中温热液金矿床和低温热液金矿床等。这种传统观点认为,岩浆结晶分异作用导致了某些有色金属、贵金属和稀有金属在残余熔(溶)体中的富集,进而形成了各种各样从岩浆晚期到岩浆期后的一系列金矿床。这种传统的一元成矿论观点将复杂的花岗岩成因过程简单地归结为岩浆作用,将金矿化与花岗岩之间可能存在的空间关系,时间关系、物质来源关系和能量(热量)关系都用母子关系来解释,从而将金矿找矿范围局限于花岗岩侵入体周围不大的范围内,这当然具有某种局限性。

进入60年代后,随着多源成矿、变质成矿、卤水成矿、火山成矿及板块构造理论的兴起和某些新技术方法,例如同位素分析、包裹体温压和成分测定、成岩成矿实验、金的微量微区分析等的发展,国内外学者对若干著名金矿床与花岗岩的亲缘关系提出了异议。例如,R.W.Boyle (1961)对加拿大Yellowknife金矿区花岗岩体与金矿床的关系提出了新的解释。他认为矿区西部的花岗岩为绿岩系下面的沉积层,在造山运动末期发生花岗岩化的结果,由花岗岩化中心向外形成的温程梯度导致了绿岩带中的硫、二氧化碳和水等向低变质带迁移,剪切带的形成使成矿物质迁移的方向改变而向扩容带集中,从而引起围岩的绿泥石化、碳酸盐化和黄铁矿化等。围岩蚀变过程中释放出的二氧化硅、钾、铁、钙等元素和围岩中原先存在的金、银等向次级扩容带中聚集的结果即形成了含金石英—硫化物矿体。D.M.Rye等(1974)利用多种同位素方法证明了霍姆斯塔克金矿床在成因上与第三纪斑岩无亲缘关系(第三纪岩浆热液对早期地质历史中形成的金矿化有迭加作用),提出了该矿床的同生沉积(25亿年)、变质(16亿年)成矿模式。W.O.Kravinen (1978)提出了加拿大提敏斯地区金矿床的超基性岩碳酸盐化模式。对该地区斑岩体与金矿化的密切关系,作者作了如下解释:酸性岩的喷发和向高层位的侵入,广泛地喷气活动,使洋底上沿着岩石和水的界面上的各种岩石发生碳酸盐化,在远

* 广义的含义,相当于郭文魁先生称的类花岗岩。

离火山(喷气)口的地方还形成了一些沉积碳酸盐类岩石。这时金和其它一些元素首先富集在这些岩石中。在这同时,在斑岩中也形成了低品位的浸染状Mo—Au—Cu矿床。而按传统的后生成矿模式,这些与岩体关系密切,且具有矿化的斑岩是金矿的成矿母岩。W.H.Spence等(1980)提出了适用于北美广大地区的金的温泉喷气成因模式。A.S.Radtke等(1980)提出了卡林金矿的热液溶滤模式。B.A.Бурак(1975)则系统地提出了变质—热液金矿床的成因理论。

笔者于1973年曾根据夹皮沟地区地层与金矿化分布的密切关系、金属矿床的变质分带、某些变质成金矿建造的存在、显生宙花岗岩类岩石的含金性对地层有继承性、金矿体独特的原生晕特征等提出,夹皮沟金矿床具有明显的层控、多元和多期成矿的特点,属于与古老绿岩系有关的变质热液金矿床*。矿区北部大片出露的印支期花岗岩及其派生产物对在早期地质历史中形成的金矿化有明显的迭加改造作用,但并非是金矿化的成矿母岩。

层控矿床理论的兴起使金矿床成因研究系统化。上述变质扩容模式、热泉喷气模式、碳酸盐化模式和热液溶滤模式等皆可用层控矿床理论概括。但也不容否认,发育于古老变质岩系中的变质热液金矿床往往与古老混合花岗岩有密切的空间关系,而且在同一地区出露的显生宙花岗岩类岩石也往往含金(例如,夹皮沟、小秦岭金矿带);若干重要金矿床产于混合(再生)花岗岩体接触带或岩体内部断裂带中(例如山东胶东金矿区);某些中酸性小侵入体和次火山岩体中发育有脉状、浸染状和角砾岩筒状金矿化(例如,河北峪耳崖、洼子店、黑龙江团结沟和山东七宝山等金矿床);若干重要斑岩铜矿区同样亦是重要的产金区(例如,长江中下游和德兴斑岩铜矿区);花岗岩侵入体与碳酸盐岩石的接触带上可形成矽卡岩型金矿床(例如,山东铜井和金厂金矿床);某些金矿床环绕花岗岩侵入体呈环带状分布(例如,辽西金厂沟梁金矿区)。除此之外,在大多数金矿区几乎皆可见到金矿体与花岗岩类岩墙、岩脉有密切的空间和时间关系(图1—4)。

上述事实表明,金矿成矿作用具有明显的二重性特征,即一方面它与太古代绿岩带有着密切的亲缘关系,在其成矿史中表生富集作用占有重要地位,成矿作用具有明显的层控特征。这是由金的独特的地球化特性所决定的*。另一方面,金矿化与花岗岩之间又有着密切的物质来源、能量、空间和时间关系。相对而言,这是由一系列地区性或局部性因素所决定的。换言之,花岗岩作为一种巨大的改造营力,对金矿成矿作用的意义亦不容低估。在这个意义上讲,若干内生金矿床可称之为与花岗岩有关的层控矿床。正是上述这些表面上相互矛盾的事实和金矿化的这种二重性特征使关于金矿床成因的争论长期不得解决,而且日趋激烈。

花岗岩成因研究的进展、微量金测定技术的改进和同位素地质理论及测定技术的提高使我们有可能打破这一僵局。根据新的花岗岩成因分类方案,利用微量金和硫、氧、氢、碳、铅、铋等稳定同位素数据提供的信息,有可能对不同成因的花岗岩与金矿化的关系做出较确切的评价。

* 王义文:1974,夹皮沟金矿成因问题探讨,吉林冶金地质科技情报,第一期。

* 王义文:1982,我国层控金矿床的某些特征,东北地质科技情报,第二期。

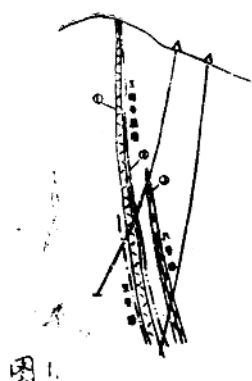


图1、含金石英脉与石英正长斑岩的关系（吉林八家子金矿剖面图）①石英正长斑岩；②含金石英脉；③含矿片理化带



图3、含金石英脉与花岗闪长玢岩的关系（吉林三道岔金矿坑道素描）①花岗闪长玢岩；②石英脉

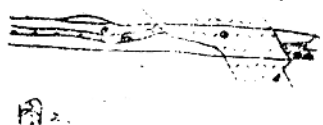


图2、含金石英脉与闪长玢岩、石英正长斑岩的关系（吉林夹皮沟金矿坑道素描）①含金石英脉；②闪长玢岩；③石英正长斑岩

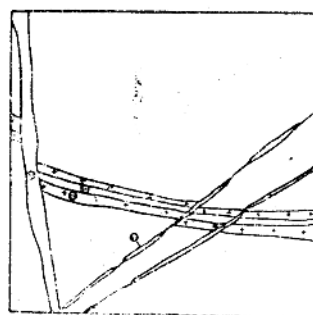


图4、含金石英脉与花岗细晶岩的关系（吉林二道沟金矿坑道素描）①含金石英脉；②花岗细晶岩；③碳酸盐脉

一、古老混合花岗岩与变质热液金矿床的关系（以夹皮沟金矿带为例）

这类花岗岩多为地台区古老基底岩石在区域变质—混合岩化过程中混合岩化作用发展到一定阶段的产物，与混合岩、变质岩为同一地质作用过程中的产物，三者呈渐变过渡关系。夹皮沟地区主要有两期，即24—26亿年的钠质混化岩化作用所形成的混合斜长花岗岩和17—19亿年的钾质混合岩化作用所形成的混合钾长花岗岩。后者构成了夹皮沟金矿区北西向弧形混合花岗岩带的主体。

金矿化与混合花岗岩的关系：

1、该区70—80%的金矿点和几乎所有已探明的金矿床皆沿北西弧形混合花岗岩带两侧分布，且主要分布于该花岗岩带的上盘（北东盘）三道沟组富镁铁质地层中，形成了矿源层（三道沟组下段）和混合花岗岩联合控矿的格局。垂直上述弧形金矿带，沿变质程度降低的方向（由南西向北东），金属元素呈有规律地分带，内带（南西侧）为Cu—Au带，中间带为Au带，外带（北东侧）为Au、Pb、Zn、Hg带。

2、金矿体皆赋存于混合岩化程度较低的地段。远离金矿体，围岩的混合岩化程度逐渐增高，且大致呈对称分布。例如，夹皮沟本区金矿床沿三北巷实测剖面，自新六号脉下盘向北，岩石依次出现的顺序为：片理化混合质细粒角闪岩、石英钾长混合质斜长

角闪岩、条痕状混合岩（局部为眼球状混合岩）、条带状混合岩。三道岔金矿床的近矿围岩为混合质斜长角闪岩，两侧为条痕状混合岩，再外则为均质混合岩。二道沟金矿床含金石英脉带赋存于石英奥长混合质细粒角闪岩中，向两侧逐渐过渡为条痕状混合岩（局部为均质混合岩），再向外（西侧）则为混合花岗岩。微量金测定结果表明，随着混合岩化程度增强，金的带出量增加，结果使由条痕状混合岩→均质混合岩→混合花岗岩的含量由0.035→0.003→0.002 PPM，显示有规律地降低。

3、鞍山群地层，混合花岗岩和矿石的硫同位素统计分析表明，前二者以 δS^{34} 接近陨石值和变异较小为特征，与我国太古代地层的硫同位素背景值一致。赋存于上述地层和混合花岗岩中的金矿床其矿石硫同位素特征与赋矿地层的背景值相似，较岩石硫富集 S^{34} 达1—4%，反映了变质—混合岩化过程中硫同位素的平衡分馏效应。

4、赋存于古老变质岩系中的金矿床，其矿石铅为古老异常铅，利用二次等时线计算的铅源年龄（ t_1 ）为33—34亿年，相当于鞍山群的沉积年龄，铅矿化年龄（ t_2 ）为18—16亿年。与区域上广泛发育的钾质混合岩化事件及北西向弧形混合花岗岩带的形成年龄相吻合。

5、板庙子金矿床 832 矿点，含金石英脉直接赋存于混合花岗岩中。王家店东山矿点混合花岗岩及混合岩之长英质脉体中皆含金。

地质观察和硫、铅同位素及微量金测定表明，夹皮沟金矿带其矿源层的形成可追溯到早太古代。晚太古代——早元古代的区域变质和混合岩化造成了金由高变质带向低变质带的迁移，18—19亿年北西弧形构造带和混合花岗岩的形成成为金的活化迁移创造了更为有利的条件，成矿物质向扩容带中大量聚集的结果形成了沿此花岗岩带上盘广泛分布的变质热液型含金石英脉。显生宙花岗岩继承了地层的含金性并迭加于前寒武纪矿化产物之上，形成了夹皮沟矿区金矿化错综复杂的局面。

矿源层不仅是变质热液金矿床赖以形成的物质基础，也是显生宙花岗岩含金的前提条件。夹皮沟地区显生宙不同期、不同成分的花岗质脉岩的含金性都稍高于金的克拉克值，但与其侵位地区的围岩相比较，大多数低于围岩的含金性。而且岩脉的含金性与围岩的含金性密切相关，围岩含金高时，岩脉含金也高（表一）。这就表明岩脉的含金性是在其侵位过程中继承围岩中金的的结果。由此可以得出结论，花岗岩并不具有过去所认为的那种普遍的含金专属性，花岗岩的含金性是由其侵位地区岩石的潜在含金性和其形成方式所决定的。

表一、夹皮沟矿区岩脉及其围岩的含金性 (g/t)

金 矿 床	酸 性 岩 脉	中 性 岩 脉	煌 斑 岩	围 岩
夹皮沟本区	0.040 (2)	0.017 (2)		0.030 (11)
八 家 子	0.032 (7)	0.018		0.022 (9)
三 道 岔	0.020			0.070 (7)
四 道 岔	0.007 (2)	0.005 (3)		0.007 (32)
二 道 沟	0.060	0.008 (2)		0.060 (32)
小 东 沟	0.018	0.032	0.006	
大 线 沟	0.001			

注：括号里面的数字为样品数

二、重熔花岗岩与岩浆热液金矿床的关系（以燕辽金矿带为例）

该类金矿床具有典型的岩浆期后热液矿床特征，而且与上述变质热液金矿床往往共处于同一构造单元中，由此形成了地台区边缘常见的金矿床类型组合。以燕辽金矿带为例简述其特点：

1、与金矿化有成因联系的花岗岩仅限于侵入结晶基底、与富金变质岩系（多为中、基性火山岩变质而成的斜长角闪岩）伴生，或沿深切基底断裂上侵到不同时代盖层中的花岗岩侵入体，其时代主要为燕山期。

2、金矿带多沿槽台分界断裂和隆起区两侧的深断裂呈东西向延伸，且有明显的分带性。地台或隆起区一侧以金矿化为主，伴有多金属矿化；地槽或拗陷区一侧以多金属为主，金少见；过渡带金和多金属矿化皆很发育。

3、环绕与成矿有关的花岗岩侵入体有矿化分带现象。一般岩体内部为细脉浸染状辉钼矿带，岩体顶部和边缘为含自然金黄铁矿细脉带，接触带和围岩裂隙中为含自然金石英脉带（例如柏杖子、金厂沟梁金矿）。岩体内部的金矿石亦具有一定的分带性，例如峪耳崖金矿，岩体中部为细脉浸染状矿化，边部为含金石英脉脉状矿化，近岩体顶部为含金不高的浸染状黄铁矿化。

4、矿石硫同位素组成以 δS^{34} 接近陨石值（ $\bar{x} = 0 \sim +4.6\%$ ）和变化范围小（极差 $R < 5.0\%$ ）、变异小（标准差 $\sigma < 2.0\%$ ）为特征。不同矿物间硫同位素达平衡状态，利用共生矿物对 δS^{34} 值之差计算的硫同位素平衡温度与利用其它方法获得的温度值基本一致。上述特征表明，该类矿床的硫系来自一个硫同位素组成均一，且与地球平均值一致的岩浆系统。证实了这些矿床的岩浆热液成因。

5、矿石铅同位素组成与古老变质岩系的岩石铅（斜长石、钾长石和全岩）和发育于古老变质岩系中变质热液矿床的矿石铅（方铅矿、黄铁矿）特征一致，而与正常现代铅不同。矿石铅单阶段模式年龄一般为8—19亿年，而与这些矿床有成因联系的花岗岩体却无例外地为燕山期产物。例如，金厂沟梁金矿区二长花岗岩、花岗闪长岩岩体的钾—氩年龄为122—188百万年（内蒙地质局第三地质队资料），矿石铅单阶段模式年龄为8亿年。峪耳崖金矿区含金花岗岩侵入于震旦系白云质大理岩中，岩体钾—氩年龄为146—160百万年，矿石铅单阶段模式年龄为15—16亿年。洼子店金矿赋存于八家山花岗岩边缘相中，岩体钾—氩年龄为89—100百万年，矿石铅单阶段模式年龄却为17亿年。柏杖子金矿含矿花岗岩钾—氩年龄为104百万年，外围闪长岩、花岗闪长岩和石英闪长岩钾—氩年龄为144—206百万年，而矿石铅单阶段模式年龄却为4—11亿年。值得注意的是，这些燕山期花岗岩的岩石铅（长石）也为古老铅。例如，金厂峪矿区的青山口黑云母闪长岩钾—氩年龄为196百万年，而长石铅为古老铅，单阶段模式年龄为14亿年（长春地质学院资料）。这类矿床中矿石铅及与其有关的花岗岩岩石铅的单阶段模式年龄与岩体成岩年龄之间的明显差别表明，矿石铅和岩石铅或者来源于下伏低 μ 值麻粒岩，或者在岩浆形成和侵位过程中继承了古老地层中的矿石铅。这两种可能性都表明了这类含金

花岗岩的重熔岩浆成因特征。

7、金矿带、矿田和矿床的分布与花岗岩带、岩体链和岩体分布上的一致性，加之含金石英脉、蚀变岩与花岗质岩脉、岩墙空间上的关系是如此密切，以致在很长的时间里都以花岗岩的成矿专属性来解释燕辽地区金矿床的成因。但微量金和稳定同位素研究却表明，所谓花岗岩的含金性是以其侵位地区的潜在含金性和花岗岩的形成和侵位方式为条件的，即只要具备了地层的潜在含金性，那末由于断裂活动造成的深部减压或地热异常形成的局部热点都可能造成深部含金源岩的重熔，由此形成了重熔含金花岗岩。而这些花岗岩由于其演化历史，成岩条件的差别在时代，矿物成分、岩石化学，付矿物和微量元素特征方面则可能千差万别。

地层的含金性不仅决定了重熔岩浆的含金性，而且对岩浆期后热液金矿床的形成具有直接控制作用。例如，金厂沟梁金矿区呈放射状环绕燕山晚期花岗岩闪长斑岩体分布的有百余条含金石英脉和蚀变带，分别赋于太古界小塔子沟组变质岩，晚侏罗系建昌组火山岩和海西期花岗岩中。由于围岩含金性的差别，不同围岩中金矿化的差别很大。太古界变质岩中的金矿脉多而富，构成大型金矿床。而其它围岩中的含金石英脉，品位较低，连续性较差。上述事实表明，即使是岩浆期后热液金矿床，其金属也可能部分地来自围岩。

三、交代—深熔花岗岩*与混合岩化热液金矿床的关系(以胶东金矿区招掖金矿带为例)

该类花岗岩与太古代基底上伴随区域变质作用而发育起来的混合花岗岩在构造和成分上皆很相似。但出露地区多限于濒太平洋带，受中生代板块俯冲带（或地台活化区）控制，多沿深大断裂发育，以交代作用为主要形成方式，局部具深熔特征。与区域变质岩之间既具有继承（成分和结构）及和谐过渡关系，又具有突变和不连续的现象。成岩时代为中生代。在胶东西部地区可进一步划分为：中粗粒黑云母花岗岩（栾家河花岗岩，沿栖霞复背斜轴部出露），片麻状黑云母花岗岩（玲珑花岗岩，分布于栾家河岩体两侧），钾长变斑片麻状花岗岩闪长岩（郭家岭岩体，沿栖霞复背斜北翼呈东西向断续分布）。三者为不同性质的原岩在统一的交代—深熔作用过程中不同阶段的产物。前者的深熔成因特征较明显，后二者的交代成因特征明显。

1、金矿床（点）皆赋存于混合花岗杂岩体与胶东群的接触带和岩体内部，受断裂和破碎带控制。金矿床以玲珑花岗岩为主要围岩，郭家岭花岗岩中金矿床很少，栾家河花岗岩中未见金矿床。金的富集与钾交代作用晚期广泛发育的硅化、绢云母化、黄铁矿化和碳酸盐化作用有密切关系。受构造性质和产出部位制约可形成含金石英脉和含金蚀变岩（黄铁绢英岩）两种类型的金矿化。

2、不同单位采用不同方法进行的微量金测定结果表明，胶东群底部（蓬莱组、鲁家山组）的某些层位（主要为中—基性火山岩变质而成的斜长角闪岩类岩石）金的丰度可达0.04—0.10克/吨，为该区金的矿源层（表二）。碱质交代作用过程中金由载体矿物中游离出来，向扩容带集中，致使变质岩石中的金含量随混合岩化程度增高而降低，玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩的金丰度接近金的克拉克值（0.003克/吨）。随着后期蚀变

* 本文统称其为混合花岗岩。

作用增强,花岗岩的含金量大幅度提高。

表二 山东胶东地区不同岩石的含金量

地区	地层	岩石名称	Au 平均含量及 样品数 (g/t)	资料来源
胶东西部	胶东群	胶东群变质岩	0.163 (21)	朱奉三等采样, 吉林 冶地所脉冲极谱法测 定, 灵敏度0.002g/t
		强混合岩化变质岩	0.075 (15)	
		玲珑混合花岗岩	0.003 (92)	
		郭家岭混合花岗岩	0.044 (14)	
胶东西林地区	胶东群 蓬~川组	斜长角闪岩	0.049 (5)	胡兆清、汪山采样, 山东省冶金地质勘探 公司研究所测定, 方 法及灵敏度不详
		斜长角闪片麻岩	0.007 (10)	
		斜长片麻岩	0.011 (7)	
		混合岩化斜长角闪岩	0.004 (4)	
		混合岩化斜长角闪片麻岩	0.006 (6)	
		浅粒岩、变粒岩	0.006 (7)	
		均质混合岩	0.005 (2)	
		混合花岗岩	0.006 (6)	
		混合伟晶岩	0.007 (2)	
胶东西部	胶东群	斜长角闪岩	0.124(不详)	据南京大学王鹤年 等, 测定方法及灵敏 度不详
		片麻状石英二长岩(郭家岭)	0.100(")	
		片麻状花岗岩(玲珑)	0.082(")	
		变斑状花岗岩(尚庄)	0.025(")	
胶东西部	胶东群	胶东群变质岩	0.024(不详)	据山东地质六队张润 璞等, 测定方法及灵 敏度不详
		玲珑花岗岩	0.016(")	
		尚庄花岗岩	0.037(")	
胶东莱阳	胶东群民山组	石英黑云母片岩	0.008	王国明采样, 吉林冶 地所脉冲极谱法测 定, 灵敏度0.002g/t
		角闪斜长片麻岩	0.002 (2)	
		斜长角闪岩	0.006	
		黑云大理岩	0.008	
胶东莱阳	胶东群富阳组	斜长角闪岩	0.004	同 上
		角闪云母片岩	0.002	
		黑云斜长片麻岩	0.004	