

胶东西北部北区和南区 金成矿条件与成矿信息对比^①

林文蔚 赵一鸣 赵国红 彭 聪

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京, 100037)

赵维刚

(山东地质矿产局第四地质队)

提 要 本文概述了胶东西北部地区金成矿控制因素,从基底建造、成矿构造条件、重熔岩浆作用、燕山期热事件强度、围岩蚀变、综合成矿信息等6类31个方面,系统对比了胶东西北部北、南两区金成矿条件的异同,指出这两区间存在着一定差异,从而导致金矿化特征和成矿潜能的不同。在此基础上划分了三个具有不同成矿特征的构造-岩区。提出了热液系统中水-岩反应和热液系统中水的收缩作用是导致金属成矿的根本原因。

关键词 胶东 金矿床 成矿条件 玲珑花岗质杂岩 重熔 水的浓缩作用

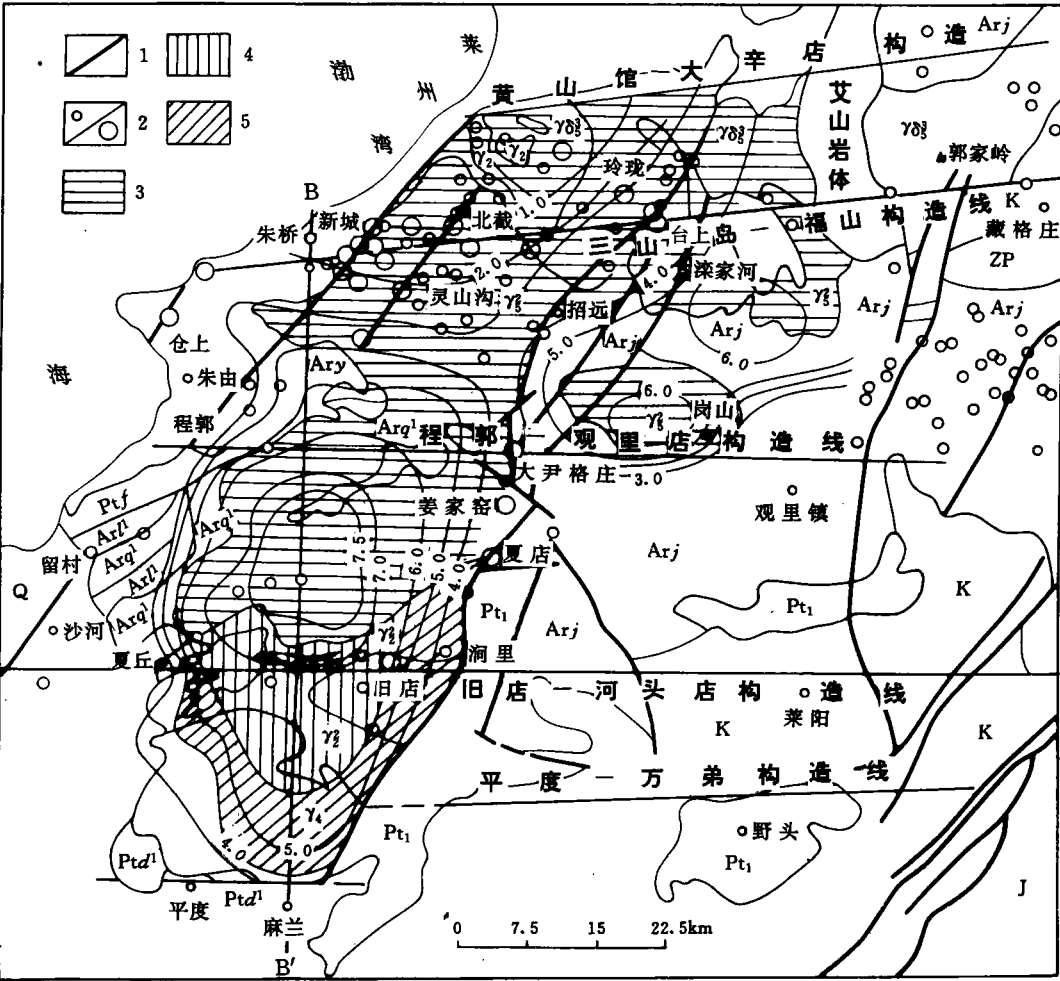
胶东西北部是我国金矿的重要产区,数以百计的金矿床分布于玲珑花岗质杂岩及其毗邻的胶东岩群^[1]和荆山群中。金矿化强度由北向南减弱,绝大多数金矿赋存于黄山馆—大辛店构造带与程郭—观里店构造带之间,沿三山岛—福山构造带展布(图1)。构成含金石英脉-蚀变岩型金成矿系列,向南逾越程郭—观里店构造带,“面”上的金矿减少,金矿主要沿北东向大型断裂展布,如分布于招平断裂的大尹格庄、夏店等矿床,夏店以南,特别是旧店以南只有一些中、小型金矿床,较大者唯知旧店矿区。为揭示胶东西北部招远—掖县—平度地区金矿矿化强度的空间变化,本文概略陈述了本区金成矿的控制条件,重点在于胶东西北部北、南两区金成矿特征、成矿潜能的对比。

1 胶东西北部金成矿的控制因素

1.1 基底建造对金矿的控制作用

胶东岩群和荆山群构成本区的变质基底,胶东岩群由下分为蓬乔组、民山组、富阳组。1986年胶东岩群现场讨论会推出了胶东岩群的五分方案,由下而上划分为唐家庄组、英庄乔组、齐山组、林家寨组、小庄组。胶东岩群之原岩主要由基性—中酸性火山熔岩、火山碎屑岩、凝灰岩

① 收稿日期 1997-01-09



Q—第四系;K—白垩系;Zp—上元古界蓬莱群;Ptf—元古界粉子山群;Pt₁—下元古界荆山群;Pt_{1d}—荆山群陡崖组;Arj—太古界胶东岩群;Arl—胶东岩群林家寨组;Arg—胶东岩群齐山组;Ary—胶东岩群英庄介组;Art—胶东岩群唐家庄组;r—花岗岩;rδ—花岗闪长岩;

1. 断裂、构造带(线) 2. 金矿床、矿点 3. 花岗岩熔融底界为唐家庄组 4. 花岗岩熔融底界为齐山组 5. 花岗岩熔融底界为胶东岩群上部(林家寨组);等值线表示岩体的厚度

表 1 胶东西北部地区地质略图

Fig 1. Geological sketch of northwestern Jiaodong Area

组成。属优地槽基性—中酸性火山岩夹部分粘土、泥砂质岩和少量碳酸盐的火山-沉积建造,在整体上显示出太古界绿岩建造的性质。胶东岩群的原岩建造与生成环境为金矿的孕育提供了良好条件,胶东西北部 77%的金矿和 93%的金储量蕴藏在胶东岩群分布区中,这显示出胶东

岩群分布区是金矿预测的首选靶区(表 1)。

表 1 胶东西北部地区金矿在各组地层中的分布

Table 1 Distribution of gold deposits in strata of the northwestern Jiaodong Area

	蓬乔组	民山组	富阳组	绿格庄组	野头组	陡崖组	其它	无层状岩石区
各组地层中金矿所占的比例(%)	26.42	43.40	7.55	1.89	5.70	1.0	3.8	9.4
已探明储量在各组地层中的分配(%)	19.31	74.14	0.21		0.13			6.21

胶东岩群变质岩种类繁多,但区内大、中型金矿中 84.4%以斜长角闪岩和片麻岩为围岩,在已探明的储量中,出现角闪石的围岩占 90%,这充分说明角闪质岩石组合和斜长片麻岩是金矿的有利围岩,也是最明显的找矿标志,这类岩石组合主要见于胶东岩群的中、下部层位。

不少学者对胶东岩群金丰度进行了测定,朱奉三、杨士望^[2]、王炳成^[3]、张韞璞^[4]、王鹤年^[5]、裘有守^[6]等认为胶东岩群中金丰度应在 $10 \times 10^{-9} \sim 20 \times 10^{-9}$ 。近年山东区测队、王来明等的测试结果显示胶东岩群金含量均在 2×10^{-9} 以下,有鉴于此一些学者提出一些新的模式来诠释胶东金矿的成矿机理。胶东岩群初始金含量的较准确厘定是待于进一步研究的课题,这种研究应结合胶东所发生的多次热事件中金的性状研究,采用全息地层(Holostratigraphy)的思路与方法。笔者基于对胶东岩群、荆山群的研究资料,认为胶东岩群是相对富金的地质体,为弥补样品数量较少的影响,我们以杨士望测定结果为基础,采用离散数据仿真技术,求得胶东岩群中金含量的众数为 6×10^{-9} ,金含量平均估计值为 12.29×10^{-9} (图 2)。

应该说明,在重熔岩浆作用中金能否富集成矿,除源岩中初始金含量外,尚决定于在重熔过程中金在熔体相、残留相、流体相中的分配。通过胶东岩群重熔过程的数学模拟,得出两个重要的判别标志:

(1)在由富金源岩重熔形成的花岗质岩体中,金的含量不是金矿生成的判别标志,对那些由富金源岩重熔形成的贫金岩体周边部(1~6Km)地区,不能放弃找矿工作。

(2)与重熔花岗质岩体同源的中—基性脉岩往往有高的金含量,是金矿找矿的直接标志。

胶东西北部展布有三个变质相,即角闪麻粒岩和二辉麻粒岩相构成高温地热背斜,向南、北两侧依次展布有角闪岩相和低角闪岩相。变质温度由高于 800℃ 降至 500℃ 以下。这种地热梯度驱使金向低角闪岩相迁移。区内 90% 以上的大、中型金矿分布于低角闪岩区。

23 件铅同位素测定结果呈现出两阶段铅的演化特征(图 3),其 $t_1 = 2955.96 \times 10^6 \text{a}$, $\mu_1 =$

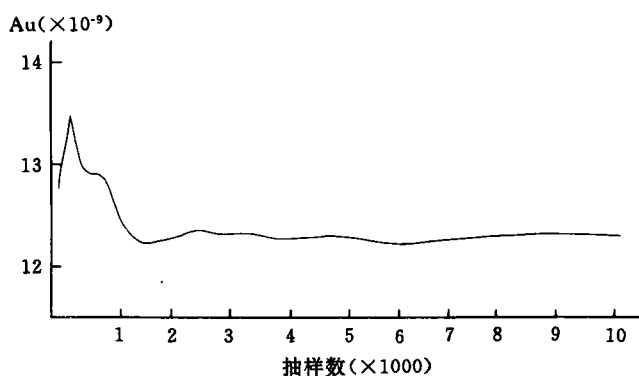


图 2 胶东岩群金平均含量与抽样次数曲线图

Fig. 2 Relationship curve between gold average content and sampling times

8.915, 各样品的 μ_2 值为 5.506~7.838, 它介于下部地壳铅与幔源铅之间, 直接指示出金的矿源与胶东岩群存在成因联系。

1.2 构造控岩、 控矿作用

东西向构造控制本区基底岩系的分布、岩浆岩的空间展布、岩源和成矿潜能, 并以此为基础划分出由北向南在成矿地质背景上不同的三个构造-岩区(详后)。北东向构造控制矿床的成列分布, 如三山岛—石埠断裂、黄县—掖县断裂、灵山沟—北戴断裂、

招远—平度断裂分别控制着三山岛—仓上、焦家—新城、灵山沟—北戴及玲珑—九曲、大尹格庄—夏店等金矿区。在北东向主干断裂中, 多分布有蚀变岩型金矿化, 而在它所伴生的扭张性构造中则产有石英脉型金矿化。

东西向构造对北东向构造的成矿作用施加重要影响, 同一条北东向构造当其穿越东西向构造时, 其成矿条件会发生显著变化, 因此对北东向构造的成矿作用评价, 应充分考虑到东西向构造的影响。

1.3 玲珑花岗质杂岩的控矿作用

玲珑花岗质杂岩是一个具有长期演化历史、多次交代-重熔、改造生成的复式岩体, 在元古代形成玲珑花岗岩的雏形, 而大规模重熔岩体的形成却发生在燕山期, 燕山期热事件促成玲珑片麻状花岗岩、郭家店花岗岩、郭家岭花岗岩的最终定位。玲珑片麻状花岗岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 $164.2 \times 10^6\text{a}$, 并受到 $134.9 \times 10^6\text{a}$ 的热扰动。郭家店花岗岩为 $162 \times 10^6 \sim 155.9 \times 10^6\text{a}$, 热扰动年龄为 $125 \times 10^6\text{a}$, 郭家岭花岗岩闪长岩三个 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄分别为 $136.8 \times 10^6\text{a}$ 、 $134.8 \times 10^6\text{a}$ 、 $118.9 \times 10^6\text{a}$, Rb-Sr 等时线年龄为 $131.9 \times 10^6\text{a}$ 。招平断裂在中生代的活化年龄为 $134.26 \times 10^6\text{a}$ 。胶东金矿石英中流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄为 $137.6 \times 10^6 \sim 126.5 \times 10^6\text{a}$ ^[8]。这些数据都说明招掖地区金成矿作用主要发生在燕山期, 并且流体包体中 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ (0.7111, 0.7104)与郭家店型、郭家岭型花岗岩 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ (0.7069, 0.7107)十分接近, 喻示出这两者间具有相同的物质来源。特别是郭家岭岩体的同位素年龄 $131.9 \times 10^6 \sim 136.8 \times 10^6\text{a}$, 招平断裂中白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄 $134.26 \times 10^6\text{a}$, 招掖矿带石英流体包体 Rb-Sr 等时线年龄 $126.5 \times 10^6 \sim 137.6 \times 10^6\text{a}$, 这三者相互洽合, 反映出侏罗纪晚期热事件对本区成岩成矿的深刻影响,

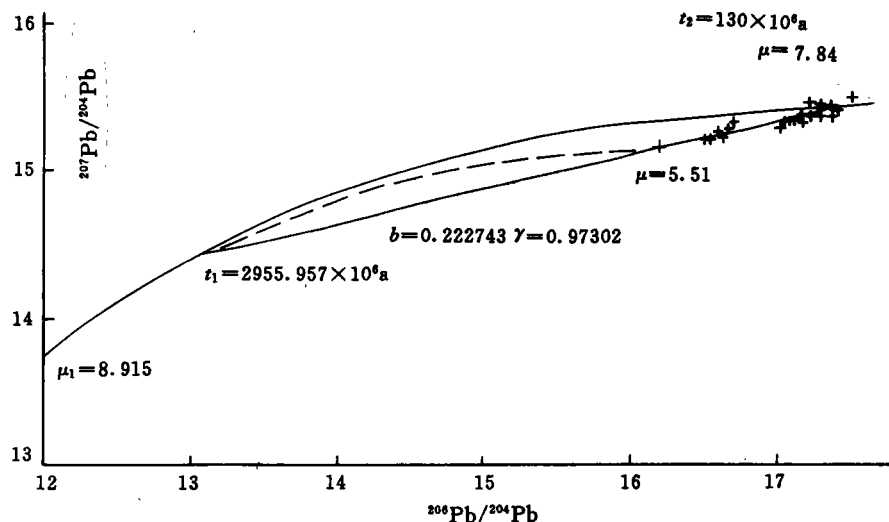


图3 胶东西北部地区两阶段铅图解

Fig. 3 Two-stage model of lead isotope of Northwestern Jiaodong Area

和成矿作用与成岩作用的相依关系。

为揭示玲珑花岗质杂岩对金成矿的控制,笔者对 16 条重磁剖面进行反演,确定了玲珑花岗岩的空间形态、源岩,建立了重熔岩浆作用的数学模拟模型^①,得出下述认识:①玲珑花岗质杂岩体重熔中心在郭家店一带,现存厚度约 7.5km,向北呈低角度超覆于胶东岩群之上,向南与围岩呈高角度接触,空间上形成北薄南厚的箕状岩体(图 1);②区内 85.7%的金矿产于岩体厚度小于 4km 的范围内,区域北部的岩体厚度的减薄区是矿源、水源、热源均优的找矿靶区;③由北而南玲珑花岗质杂岩熔融深度由胶东岩群的唐家庄组变为齐山组和林家寨组,这决定了玲珑花岗质杂岩随地理位置的不同,其源岩也不尽相同,总体上,由北部的胶东岩群下部岩系向南变为荆山群或粉子山群。由于花岗质岩石之源岩不同,造成各岩区金成矿潜能各异;④玲珑花岗质杂岩形成作用的数学模拟揭示出在源岩重熔过程中,源岩中 1/2 以上的金转入流体相中,因此重熔作用强度、源岩、熔浆中水含量都制约着玲珑花岗质杂岩的成矿潜能。

1.4 围岩蚀变的类型、强度对金矿化的控制

本区主要围岩蚀变有碱性长石化、黄铁绢英岩化、绢英岩化、硅化,其次为碳酸盐化,局部有绿泥石化。沿北东向断裂分布的黄铁绢英岩带、绢英岩带预示着焦家式(蚀变岩型)金矿的生成,在主干断裂的扭张性扩容带及其伴生的帚状、“人”状构造中常蕴藏石英脉型金矿化。在缺少含水蚀变矿物,仅有钾长石化和充填石英脉中,矿化往往较弱。

含矿流体运移过程中,通过水-岩反应,产生含矿流体的自浓缩是一种具有重要作用、普遍意义的成矿机理。人们通常把围岩蚀变现象作为重要的找矿标志,但对于围岩蚀变与金属矿化之间更本质的联系却很少研究,围岩蚀变对金属矿化只有单纯的指示作用?还是这两者间存在更深刻的必然联系?通过对各种交代建造和交代相的研究,笔者认为蚀变作用与金属沉淀间最本质联系是水-岩反应中流体相中自浓缩作用,按这一理论,在局部相对封闭的体系中,通过水-岩反应形成广泛的含水蚀变带,含矿溶液中的水以结构水、结晶水等各种形式消耗在蚀变带的形成中,造成残余含矿溶液的浓缩和金属矿质浓度大幅度地增高,经实验和计算证明,在体系中有 S、C、F 等挥发性组分参与时,其浓缩幅度可高达数百倍。如在溶液中仅有 10×10^{-9} 的金,经这种作用可浓缩达到 n. g/t,形成工业富集,关于这方面的研究成果将另文报导。

1.5 燕山期热事件的强度

大量的年龄资料和 H、O、Sr 等同位素数据一致说明本区金成矿发生于燕山期,并与玲珑花岗岩的重熔作用有关。区内燕山期热事件的强度由北而南减小,北部郭家岭岩体生成温度达 700℃ 以上,并形成了富水花岗质熔浆,南部燕山期热事件强度低,温度在 500℃ 以下,未形成独立的燕山期岩体。

1.6 地球物理、地球化学综合成矿信息

本区金矿化强度与区域重、磁场特征、天然重砂分布类型及金地球化学异常有直接关系,这些特征可做为区域成矿条件评价的重要标志。

2 胶东西北部南、北两区金成矿条件、成矿信息对比(表 2)

① 林文蔚,等. 玲珑花岗质杂岩的生成时代、空间形态、源岩及形成作用的数学模拟 矿物岩石学杂志,1997. 2)

表 2 胶东西北部南北两区金成矿条件、成矿信息对比

Table 2 Comparison of gold metallogenetic conditions and metallogenetic informations between northern part and southern part of the northwestern Jiaodon Area

成矿条件、成矿信息			胶东西北部的北部区	胶东西北部的南部区
基底岩系及其矿源性质	1	地层及岩性	由下而上分蓬乔组、民山组、富阳组,或唐家庄组、英庄乔组、齐山组、林家寨组。下部为黑云变粒岩、斜长角闪岩、二辉麻粒岩,夹超铁镁质岩;中部为黑云变粒岩、黑云斜长片麻岩、巨厚层状斜长角闪岩;上部为黑云变粒岩、黑云斜长片麻岩、角闪黑云变粒岩、浅粒岩、黑云片岩等。同位素年龄为 2407~2858Ma,多数为 2510~2628Ma。	荆山群及粉子山群。荆山群下部为矽线(蓝晶)石榴黑云片岩、片麻岩、大理岩、白云大理岩夹斜长角闪岩、片麻岩;中部为透辉变粒岩、黑云变粒岩、斜长透闪透辉岩、斜长角闪岩夹铁矿层,其上为大理岩、白云质大理岩;上部为含石墨变粒岩、片麻岩、矽线(蓝晶)石榴黑云片岩夹黑云变粒岩、长石石英岩。同位素年龄 1800~2500Ma。
	2	组金矿床(点)中的分布	胶东群中的金矿床(点)占已知矿床(点)总数的 77.37%,其中蓬乔组中矿床占 26.42%,民山组 43.40%,富阳组 7.55%。已探明储量的分布:蓬乔组占 19.31%,民山组 74.14%,富阳组 0.21%,胶东群分布区金矿储量占本区总储量的 93.65%。	荆山群、绿格庄组中矿床(点)占全区金矿床(点)的 1.89%,野头组为 5.7%,陡崖组 1%,荆山群中金矿床占全区矿床的 8.59%。已探明的储量占全区总储量的 0.13%。
	3	原岩建造	下部为夹有科马提岩的基性火山岩建造,中部为伴有正常沉积的中—中酸性钙碱质火山—沉积建造,上部为正常陆源碎屑沉积建造。碳酸盐建造不发育。	荆山群下部为陆源碎屑沉积,其上为海相碳酸盐建造;中部为间歇式基性、酸性火山岩及碎屑岩沉积,向上过渡为半深海相碳酸盐建造。陡崖组为含碳泥质—粉砂质沉积建造。整个荆山群是以碎屑—碳酸盐沉积为主夹少量火山物质的沉积岩系。
	4	构造环境	优地槽。它可能形成于类似现代板块构造中的海底—岛弧环境,从而形成拉斑玄武质火山岩及钙碱性火山岩建造。	生成于渐继僵化的残余弧或弧后盆地的环境,属不活动的残余海盆,形成类复理石建造。
	5	矿金的丰度及矿源性质	对胶东群金含量认识尚未统一,据现有资料估计:胶东群金平均含量约 12.3×10^{-9} ,蓬乔组约 22×10^{-9} ,民山组 7×10^{-9} ,富阳组 6×10^{-9} 。可呈单峰、双峰、三峰对数正态分布。大量的地质地球化学资料证明胶东群是本区金矿的主要矿源层。	金的丰度低于胶东群。其平均含量为:绿格庄组 2.28×10^{-9} ,野头组一段 6.36×10^{-9} ,野头组二段 2.28×10^{-9} ,陡崖组 1.83×10^{-9} 。荆山群不能单独构成本区金矿的矿源层,仅具有局部矿源意义。
	6	金变质相系及二次富集	莱西—平度—安丘一带构成高级变质的地热背斜,向南北两侧依次展布高角闪岩相和低角闪岩相。招掖矿带分布区主要为低角闪岩相,在变质作用的热梯度作用下和混合岩化作用中,成矿物质向低温带和混合岩化前峰迁移。本区 90%以上的大、中型矿床分布于低角闪岩相中。	莱西—平度—安丘一带出现角闪二辉麻粒岩相,形成温度约为 770~830℃,压力 $(6.36 \sim 6.45) \times 10^8 \text{Pa}$ 。其次为高角闪岩相,变质岩中金含量低,为金的贫化区。
	7	广角闪质岩石分布及其意义	本区金矿床以斜长角闪岩为围岩者占 51.1%,片麻岩为围岩者占 33.33%,变粒岩、片岩、黑云片岩为围岩占 15.55%。已探明金储量在角闪质岩石中的占 93.78%,片麻岩占 0.006%,无层状岩石出露区占 6.21%。角闪质岩石是本区最主要的金矿围岩,这种岩石在胶东群中占 31%,片麻岩类在胶东群占 19.6%。	荆山群中的角闪质岩石主要出现在野头组中。荆山群中角闪质岩石占 15.57%,在野头组中约占 54.5%(莱阳地区)

续表

控 矿 构 造 条 件	1	东西向构造控矿作用	a:东西向褶皱构造的控矿作用:栖霞复背斜控制本区构造的基本格架和变质地层、岩浆岩的分布。招掖金矿带位于该背斜北翼的属角闪岩相、低角闪岩相的胶东群分布区中,并受到焦家—玲珑背斜的控制。	栖霞复背斜之南翼出露不完整,并为中生代碎屑—火山碎屑岩所覆盖。广泛出露荆山群地层。
			b:包括本区北部的Ⅰ、Ⅱ两个岩区(“断块”),Ⅰ岩区以三山岛—福山构造带为中心分南北两个小区Ⅰ—1、Ⅰ—2,区内广泛出露胶东群下部地层,郭家岭、郭家店型岩体发育,岩体厚度1—6km,蚀变强烈。Ⅱ区北抵程郭—观里店构造线南达旧店—河头店构造线,岩体厚3.5~7km左右,矿化主要集中在大型断裂带中(表5—16)。	位于旧店—河头店构造线之南,出露荆山群、粉子山群,此区未形成完整的燕山期定位的岩体,出露有元古代及海西期二长花岗岩,重熔程度较低,除旧店外均为小型矿床或矿点。主要金矿化多沿旧店—南墅—河头店东西向构造带展布。
	2	北东向构造控矿作用	北东向构造甚发育,多呈弧形延伸,平面、剖面上均呈起伏波状,与次级断裂多呈“入”状组合,或伴有多次活动的帚状构造。北东向构造控制本区绝大多数大型、特大型中型矿床的分布。北东向构造;最终定位于燕山期的岩体;岩体厚度小于4km;岩体的超覆构造是十分优越的成矿条件。	北东向构造多平直、压扭特征明显,岩体厚度大,无或仅有弱的燕山期热事件,矿床(点)仅出现在少数断裂带中。
	3	招平断裂的性质	a:招平断裂北段形成玲珑帚状构造,断裂属压扭性,古应力值较南段为小,以脆性变形为主,塑性变形为辅,断裂带内多处形成张性的扩容空间,断裂带中经常出现碎裂岩,断裂带附近基、中性岩脉十分发育。	断裂主要表现为压扭性,断裂平直,以塑性变形为主,脆性变形为辅,糜棱岩、构造片岩发育,断裂带内及其附近中、基性脉岩不发育。
			b:北段为中生代郭家店花岗岩与胶东群的介线,控制大尹格庄、夏店、姜家窑等矿床。	南段为元古代二长花岗岩、海西二长花岗岩与荆山群的介线,断裂带内蚀变矿化显示不强(见第四章)。
	4	火成岩接触构造	玲珑花岗质杂岩呈大面积向北平缓超覆于胶东群之上,花岗岩与胶东群呈混合交代接触和构造接触。本区76%的金矿床产于岩体的接触带、岩体缓倾超覆区,产于陡倾区及过渡带的矿床仅占5%	花岗质岩体与周围地层多呈高角度接触,在其东侧通过招平断裂与荆山群呈构造接触。
	5	模导及矿、床容分矿布构造特点的规定	矿源浅,岩体厚度薄,多为3~4km以下、大中小型等各种断裂构造均可成为导矿、容矿构造,促成金矿床、矿点呈密集的“面型”分布,向南矿床渐趋集中在较大的断裂带中。	岩体厚度大,矿化只能集中在规模较大的断裂带中,或在其派生构造中定位,导矿构造的规模大。

续表

岩 浆 岩 条 件	1	岩体最终形成时代	元古代形成玲珑花岗质杂岩的雏形,嗣后经多期构造热事件的迭加改造,最终在燕山期形成滦家河、郭家店、郭家岭等岩体,同位素年龄为160~130Ma	燕山期未形成完整独立的大岩体(燕山晚期的岩株除外),崔召、旧店、云山等岩体为前燕山期产物,形成于元古代及海西期。
	2	岩体中包体、残留体特征	在上庄、北截、河东、魏家沟、朱家、官庄等地多见蓬介组1—3段斜长角闪岩、变粒岩等包体或残留体,在玲珑一带见有蓬介组、民山组斜长角闪岩、片麻岩残留体,罗台之东有大面积的胶东群(Arjy. Arjq)出露。岩体与它们呈海湾状接触,渐变过渡或断层接触。大型矿区中均有胶东群残留体出现,并常伴有伟晶岩	广泛见到荆山群、粉子山群残留体,岩体与围岩介面平直,与变粒岩等长英质粒状岩石接触呈岩性的渐变过渡,在两者的接触处未见金矿化的显著显示。
	3	重熔程度、成岩方式	重熔程度较高,岩体内部构造较均一,岩石块状构造明显。重熔过程中发生熔体相、残体相、流体相的分异,熔融温度在700℃以上。	以原地-半原地的成岩作用为主,交代作用,混合岩化强烈。重熔程度较低,云山岩体中有大量围岩残体,花岗岩化不彻底。
	4	矿床分布与接触的关系	金矿床主要分布于郭家岭型、郭家店型花岗岩岩外接触带的片麻状花岗岩中,常距接触带0.6~6km,主要集中在0.6~3km的范围内,产于接触带附近的矿床的约占全区矿床的60%。	在崔召、云山等岩体的接触带未形成工业规模的矿化,工业矿化主要位于旧店岩体中,与石英脉相伴随。
	5	重熔岩体的底介面,花岗岩之岩源	程郭一观里店之北花岗质杂岩底介面位于唐家庄组中,花岗质岩石之岩源以唐家庄组、英庄介组为主,程郭一观里店之南岩体底介为唐家庄组,岩源为唐家庄组、英庄介组、齐山组。	旧店—河头店构造线之南熔融底介面为胶东群上部,岩源为胶东群上部及荆山群、粉子山群。
	6	重熔作用与在流体相中富集	以胶东群中、下部为岩源的花岗质岩石(郭家岭型及郭家店型岩体)形成过程中,造成金在流体相、残体相、熔体相的再分配,重熔过程中地层中50%以上的金转移到流体相中,浓集系数可达7~12倍,特别是在郭家岭型花岗岩形成过程中金的富集更为明显。	岩源主要是含金量低的荆山群、粉子山群,在其花岗岩化(交代、部分重熔)过程中不能导致金在流体相中大规模富集。由于重熔程度低不能形成大范围、大规模相互连通的富金流体。
	7	含矿或近矿岩石组合	郭家店型(滦家河型)花岗岩+中、基性脉岩+暗色矿物包体+含金石英脉;郭家岭型岩体+富锰富水的交代岩+未熔的角闪岩+石英脉;脉岩、暗色矿物包体、硅质蚀变岩部分为重熔过程中的补偿产物。(第三章)	缺乏重熔花岗岩+中、基性脉岩+硅铝质水热交代岩的成矿标志组合。此区岩石重熔程度较低,中、基性脉岩相对不发育,硅铝质水热交代岩分布不广泛,且蚀变强度低。
	8	岩体厚度(地球物理方法测定)	岩体以郭家店为中心向北呈低角度超覆,产于岩体(视)厚度小于4km范围内的矿床占86%,本区特大型金矿均产于岩体厚度减薄的超覆带中。	无缓倾超覆区,岩体厚度均大于3km。
	9	淋滤剖面的垂向结构	玲珑花岗岩是呈“岩被”状覆于矿源层之上,两者呈低角度平缓接触,形成下部基性、上部酸性的双基度剖面,利于含矿流体的对流循环,含金流体随围岩条件的变化、物理化学条件的更异导致金的溶解或沉淀,促进矿化空间分带的进行,多种矿化类型均很发育,矿物成分复杂。	岩体下覆介面深度大,下覆岩系金的丰度较北部低,淋滤剖面较酸性且由下而上其基度变化不大,成矿以石英脉型矿化为主,矿物成分简单。
燕山期热事件强度	1	燕山期事件及成矿时代	燕山期热事件广泛强烈,促成郭家店、滦家河、郭家岭花岗岩的最终形成,重熔温度达700℃以上。蚀变矿物(绢云母)的同位素年龄为115~80Ma	受到燕山期热事件的影响,但未形成完整的重熔岩体,主要表现为钾长石化、黑云母化以及形成富锰的石榴石,温度在500℃以下,燕山期热事件的影响相对轻微。

续表

围 岩 蚀 变 及 矿 化 规 模	1	蚀变类型及其强度	“红化”、绢英岩化、黄铁绢英岩化、硅化,其次为碳酸盐化,局部有绿泥石化。受构造控制,呈线状延伸,蚀变强度大,水热蚀变矿物(绢云母、水白云母等)可高达30%以上,形成石英+绢云母+黄铁矿的组合。	“红化”(包括碱性长石化)、硅化、弱绢英岩化、弱黄铁绢英岩化,水热蚀变矿物(绢云母等)通常少于10%,矿化以充填石英脉型为主。
	2	蚀变分布	以黄铁绢英岩为中心向两侧依次为黄铁绢英岩化碎裂岩—绢英岩化花岗质碎裂岩—红化碎裂花岗岩—花岗岩。蚀变分带特征显著,但是各带中矿物成分和化学组成具有一定的依从和递变关系。	在含矿剖面中各带矿物组成变化明显,多呈阶跃形式,各带间的递变现象不明显。含矿剖面的横向变化主要受构造控制,如在宋戈庄产于裂隙中的绢英岩,绢云母含量高达29%,而与之相邻的钾长石交代岩中绢云母的含量不足1%。
	3	蚀变剖面岩石基度酸度的变化特征	形成宽大的蚀变带,在垂直蚀变带的延长方向上岩石相对电离势、岩石总基度呈规律变化,随交代作用的进行,岩石相对电离势(Y值)逐渐增高,岩石总基度值(ΔZr)相应减少,反映出交代剖面基性物质的依次带出、酸性组分增加,最终形成石英+绢云母的交代带。	各带间岩石总基度、相对电离势均不存在渐变过渡现象,各蚀变剖面的矿物组合主要取决于构造条件。
	4	蚀变带、矿化的规模和空间展布	焦家式金矿往往沿断裂构造发育数千米的蚀变带,单个矿体长数百米至千米,延深大,可达500米以上。玲珑式金矿脉往往成群出现,脉长达千米以上,但单个矿体长多在数十米至一、二百米之间。此区囊括本区全部特大型、大型金矿床。	矿化常为伴随钾化、硅化及石英脉的不规则状、透镜状矿体,空间连续性差,勘探工程难于控制,单个矿体储量小,蚀变岩型矿化不发育、规模小,单个矿体长仅数十米。除旧店矿区外,均为小型矿床或矿点。
	5	矿石特征	破碎带黄铁矿绢英岩蚀变岩型:矿石构造为浸染状、细脉浸染状、脉状构造为主,次有网脉状、角砾状交错脉状,偶见斑点状、块状、蜂巢状构造。含金石英脉型以块状、条带状、细脉浸染状构造为主,偶见脉状、角砾状、交错脉状及蜂巢状构造。	矿石以黄铁矿含金石英脉型为主,呈块状、浸染状、细脉状。黄铁矿蚀变岩型矿化在此区不占主要地位。
			矿石矿物成分复杂,特别是在蚀变岩型矿床中,矿石矿物为银金矿、自然金、黄铁矿、黄铜矿、内锌矿、方铅矿、磁黄铁矿、白铁矿、辉铜矿、黝铜矿、磁铁矿、斑铜矿、斜方辉铅铋矿、自然银等三十余种。	黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、银金矿、白铁矿、自然金等。矿石矿物相对简单。

续表

综 合 成 矿 信 息	1	重力场特征	位于重力梯度小于每公里 $2 \times 10^{-5} \text{m/S}^2$ 及鼻状区的矿床占全区矿床总数的80%，位于重力梯度为每公里 $2 \sim 4 \times 10^{-5} \text{m/S}^2$ 的矿床占14%。	招平断裂为重力梯度陡变带，重力梯度值为每公里 $5 \sim 6 \times 10^{-5} \text{m/S}^2$ 。
	2	磁场特征	金主要分布于低缓交变场以及与负磁场相伴生的中强—弱正磁场区，矿床往往定位在正负磁场交变处或其附近。	夏店特别是旧店以南为大面积负磁场区。
	3	天然重砂分布特征	主要重砂组合：金—黄铁矿型；金—黄铁矿—多金属型；金—黄铁矿—白钨矿型；金—黄铁矿—辰砂型；金—黄铁矿—泡铋矿型。其中金—黄铁矿型和金—黄铁矿—多金属型为主要组合，分布于招掖金矿带。	主要为金—黄铁矿型；金—黄铁矿—白钨矿型；金—铅族矿物异常。旧店地区以金—黄铁矿型为主，另有金—黄铁矿—白钨矿—铋矿物、金—黄铁矿—辰砂天然重砂组合。
			重砂异常在大范围内有空间分带现象，如毕郭岩体的重砂异常内带为金—黄铁矿型，外带为金—黄铁矿—白钨矿型、金—黄铁矿—泡铋矿型和金—黄铁矿—辰砂型	大面积的空间分带现象不明显。
			重砂异常面积达几十平方公里	异常规模小，通常均为数平方公里
			重砂异常与金地球化学异常一致，绝大部分是由大型蚀变带和矿床引起的。	大部分由小型硅化带、石英脉、石墨片岩等引起。
	4	金地球化学异常	异常强度：在留村、程郭、平里店—焦家—灵山、丛家、玲珑—丰仪、于家庄、大辛店等形成高值区、特高值区。在玲珑岩体南东接触带形成大尹格庄、夏店、齐山、观里、大霞址、马家窑、臧各庄、东石棚—大柳行等高值、特高值区，金含量在 10×10^{-9} 以上。	在1:20万金异常地球化学图上，仅旧店地区形成较完整的Au、Ag、As异常，面积 36.8km^2 ，衬度为4，浓度有外带、中带。其次为宋戈庄异常以及北大田、洞里、日庄等小型异常。1:5万水化学测量金异常面积通常在 10km^2 以下，较好的有战戈庄、大流河、洪山、泉北、旧店、大田等。
			异常面积：在招掖矿带大型、特大型矿床集中区异常面积可达数十至四百平方公里，异常在空间上连续或较连续，其浓度可高达 400×10^{-9} ，衬度10~60。	
			异常常具分带现象、浓度有外、中、内带之别	招平断裂以西金异常主要沿鸡冠山断裂呈北东—南西向分布，异常多数由规模不大的含金石英脉、硅化带及破碎带引起的，招平断裂以东的异常多由荆山群及产于其中的多金属矿化所引起的。
			异常与地层、岩体、构造、蚀变及矿化带所形成的地球化学背景一致	

3 胶东西北部金成矿构造-岩区的划分

依据变质基底特征、区域构造格架、玲珑花岗质杂岩的空间形态、岩源、金矿的分布和成矿特点,将本区由北向南划分三个金成矿的构造-岩区(表3)。每一岩区都有各自的金成矿特点,第Ⅰ岩区中金矿呈罗棋布,是本区最优成矿地段,第Ⅱ岩区大、中型矿床主要局限于大型断裂带及其附近,第Ⅲ岩区金矿以中、小型为主,较大矿床主要分布于Ⅱ、Ⅲ岩区交界处,沿旧店—河头店构造带以及西部的黑羊山—吉格庄分布、招平断裂的部分地段也有一定的成矿前景。

表3 胶东西北部金成矿构造-岩区
Table 3 Gold metallogenic tectonic-petrographic domains
in the northwestern Jiaodong Area

“断块”	位置	地层	花岗岩岩体				燕山期热事件强度	矿床(点)分布及其特点	矿床规模、成矿潜能
			岩体	岩体下底界	岩体厚度	岩源			
Ⅰ (Ⅰ-1 Ⅰ-2)	北抵黄山馆大辛店构造带,南至程郭观里店构造带。以三山岛福山构造带为中心,分北南两小区Ⅰ-1, Ⅰ-2(仓上一招远之南)	胶东群唐家岭组、英庄组、齐山组,大抵由西向东地层变新。	该地段北部出露郭家岭型、漆家河型及片麻状花岗岩,向南郭家岭型花岗岩消失。	唐家庄组(蓬乔组)。	此区岩体厚1~6km,北部小区1~3km,南部3~6km。	由唐家庄组、英庄组、齐山组组成。	强烈	囊括本区绝大多数特大、大型、中型矿床。小型矿床呈罗棋布,蚀变岩型、石英脉型矿化均发育。由北向南矿床数减少,向大型断裂中集中。	矿化规模大,是本区最重要成矿带。
Ⅱ	北抵程郭观里店构造带,南达旧店河头店构造带。	招平断裂以东为唐家庄组、英庄组、齐山组下段。招平断裂以西为齐山组、林家寨组,反映出招平断裂的逆冲性质。	仅见郭家店型黑云二长花岗岩、郭家岭型花岗岩不见。南部见云山、旧店岩体。	唐家庄组,南部重熔底界面为齐山组和林家寨组。	3.5~7km	由唐家庄组、英庄组、齐山组组成。齐山组比率较Ⅰ段增多。	强烈	玲珑岩体内矿床少,有经济价值的矿床局限于较大规模的断裂带中,特别是招平断裂中。	中、大型矿床均产于招平断裂带中,由北至南矿化规模减少成矿条件趋于不利。
Ⅲ	位于旧店河头店构造带与平度万第构造带之间。	荆山群及粉子山群	元古代混合花岗岩及海西期崔召、旧店岩体。	林家寨组	4~7km	胶东群上山部、荆山群、部分粉子山群。	弱,未形成完整的燕山期定位的岩体。但燕山区内有燕山期热事件显示。	沿招平断裂及派生构造分布,其次在大田—崔召断裂中也有金矿化显示,工业矿化集中在Ⅰ—Ⅱ段的交接区中。	除旧店外,均为小型及矿点。成矿条件远逊于中、北段。

参考文献

1. 程裕淇主编. 中国区域地质概论. 地质出版社, 1994, 517
2. 杨士望. 论胶东半岛西北部胶东群地层、金的矿源层和金矿床的层控性质. 地质找矿论丛, 1986, (2): 1~12; 1986, (3): 39~48
3. 王炳成. 胶西北金矿的控矿因素及与成矿的关系. 山东地质, 1991, (1): 74~87
4. 张祖璞. 胶东焦家式金矿地质特征及找矿模式. 国际金矿地质与勘探学术会议论文集. 东北工学院出版社, 358~362
5. 王鹤年, 等. 胶东金矿含金建造地球化学研究. 地球化学, 1988, (3): 195~207
6. 裘有守, 等. 山东招远—掖县地区金矿区域成矿条件. 辽宁科学技术出版社, 1988, 291
7. 姚凤良, 等. 胶东西北部脉状金矿. 吉林科学技术出版社, 1990, 234
8. 李华芹, 等. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用. 地质出版社, 1993, 126

COMPARISON OF GOLD METALLOGENIC CONDITIONS AND INFORMATION BETWEEN NORTH AND SOUTH PART OF THE NORTHWEST JIAODONG AREA

Lin Wenwei Zhao Yiming Zhao Guohong Peng Cong

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037)

Zhao Weigang

(The Fourth Geological Team BGMR, Shandong Province)

Abstract

The northwestern Jiaodong Area is an important gold metallogenetic belt in China. The essential mineralization controlling factors are basement formation, fault feature, spatial shape of Linglong granitic body, its thickness and source rock, intensity of thermal event of Yanshan period, type and intensity of rock alteration. Systematic comparison with mineralization-controlling conditions between northern part and southern part of the northwestern country Jiaodong indicates many differences between the two parts.

On the basis of geological background of gold mineralization and its intensity, the northwestern Jiaodong area can be divided into three tectonic-petrographic domains. Generally mineralization intensity turns to weak from the north part to the south part.

Key words: gold deposit metallogenetic condition Linglong granitic complex remelting