

招掖地区控制金矿床的三个 基础地质问题初析

滕培道

(山东省地质矿产局区调队)

招(远)掖(县)地区有着悠久的采金史。自从六十年代山东省地质局807队首次发现和评价了“焦家式”大型金矿床以来,该区的找金事业蓬勃发展,已探明的黄金储量居全国之首位。

招掖地区已知的金矿床大多集中分布于西起三山岛、东至玲珑的长约55公里、宽约15公里的近东西向成矿带上。出露岩石主要是玲珑片麻状花岗岩,其次为郭家岭斑状花岗闪长岩和玲珑中粗粒花岗岩,往东有晚太古一早元古代胶东群分布。北东向断裂为“焦家式”金矿的主要容矿构造。

本文试图从区域地质角度,对控制该区金矿床的三大基础地质问题进行分析。一般来说,招掖地区金矿受地层、火成岩体和构造三大控矿因素控制,即:

(1) 胶东群是金的原始矿源层;

(2) 玲珑岩体、郭家岭岩体是金的直接矿源体;

(3) 近东西向断裂和北东向断裂是招掖地区控制含金岩体及金矿床分布的重要定位构造。

尽管人们对以上三大控矿因素的认识已渐趋一致。但为什么已发现的金矿床大都集布于三山岛—玲珑近东西向成矿带上?它究竟受何种近东西向构造的控制?招掖地区除了这个已知的金矿带以外,是否还有相类似的找矿远景地带?本文拟在探讨招掖地区金的三大控矿因素的同时,试图对上述问题作初步的解析。

一、胶东群是金的原始矿源层

据已有资料,招掖地区胶东群金的平均丰度值为22.91ppb,相当于地壳中金的平均丰度值4ppb的5.7倍。在栖霞地区,部分“玲珑式”金矿直接产于胶东群中,其中马家窑金矿已达中型以上规模。因此认为胶东群是金的原始矿源层是有一定的依据。此外,在胶东群中高于地壳丰度值的还有Pb、Zn、Cu、Cr、Ni五个元素,其中前三种元素是招掖地区金矿床中最常见的伴生有益组分。因此,胶东群又可能是铜、铅、锌的原始矿源层。

二、玲珑岩体和郭家岭岩体是金的直接矿源体

招掖地区工业金矿床大都赋存于这两个岩体的断裂带中,且两岩体又具有较高的金丰度

值,因此将玲珑岩体、郭家岭岩体作为招掖金矿的直接矿源体。

根据现有资料^①、^②,诸岩体中以郭家岭斑状花岗闪长岩金的丰度值为最高,玲珑片麻状花岗岩金的丰度值居次,而玲珑中粗粒花岗岩金的丰度值最低。上述现象除了受花岗岩化以前的原岩含金量之多寡的影响外,与后期花岗岩成岩作用中金的活化迁移规律也有一定的关系。据研究,金有从高能带(热能、动能、位能、化学能等)向低能带迁移的习性^{〔1〕}。由于玲珑中粗粒花岗岩成岩温度较高,其中有一部分金在成岩过程中转移到玲珑片麻状花岗岩中,有些进入稍后结晶的郭家岭斑状花岗闪长岩内,还有的则迁移到成岩后的残余热液中,为金矿床提供矿质。至于在成矿作用中所消耗的金量,与现今我们所测到的各岩体金丰度值的关系,将在下面进行探讨。

目前对玲珑岩体、郭家岭岩体持较大争议的显然是有关两岩体的成因及时代问题。解决这些问题,是探索招掖地区金的成矿规律的关键之一。

(一) 关于玲珑岩体、郭家岭岩体的成因及时代

1. 玲珑岩体、郭家岭岩体的一般特征

玲珑岩体南起平度县城,向北经大泽山至掖县朱桥大致作北北东向展布,然后折向东到招远县城以东地区止(此段大致作近东西向延伸)。此外,在蓬莱县东黄家以北地区尚有零星分布(图1)。玲珑岩体主要由两种岩性组成:南段及北段以片麻状花岗岩为主,中段发育中粗粒花岗岩。另外,还有少量含石榴石(中)细粒花岗岩,因分布少,不予细述。

郭家岭岩体主要见于玲珑岩体的北段,大致作近东西向断续分布,主要为斑状花岗闪长岩(也有人称石英二长岩),部分为片麻状花岗闪长岩。

自六十年代以来,对于两岩体的形成时代有各种看法,如表1所示。

笔者认为,表1所列的不同见解,皆源于两岩体本身具有的特征:(1)具有古老的外貌(玲珑片麻状花岗岩)及较年轻的同位素年龄数据;(2)与围岩胶东群既有和谐的过渡关系(玲珑片麻状花岗岩),又有突变的“侵入”接触界线(玲珑中粗粒花岗岩、郭家岭斑状花岗闪长岩);(3)玲珑岩体中,片麻状花岗岩与中粗粒花岗岩之间亦存在着过渡和突变两种接触关系;(4)两岩体的空间分布既受近东西向构造控制(与胶东群区域展布方向基本一致),又受北东(或北北东)向构造的制约。

上述特征提示我们:试图用一种成岩方式和一个成岩阶段来解释看来是相互矛盾的事物,恐怕是难以取得满意结果。笔者认为,玲珑、郭家岭两岩体成因和时代之所以众说纷纭,关键也在于它们具有“三多”(即多来源、多成因、多阶段)的特点。

2. 玲珑岩体及郭家岭岩体的成因和时代探讨。

根据区域地质成果和多种测试数据得知:玲珑岩体经历了二种成岩方式和三个成岩阶段。郭家岭岩体可能脱胎于古老的玲珑岩体,属于由二个成岩阶段演化而成的再生岩浆型花岗闪长岩。分析如下:

①山东省地质局第六地质队和山东省地质局实验室,1983,山东招(远)掖(县)地区金矿床控矿地质条件和矿床地质特征的研究报告。

②张温璞、文子中,1983,山东焦家式金矿地质。

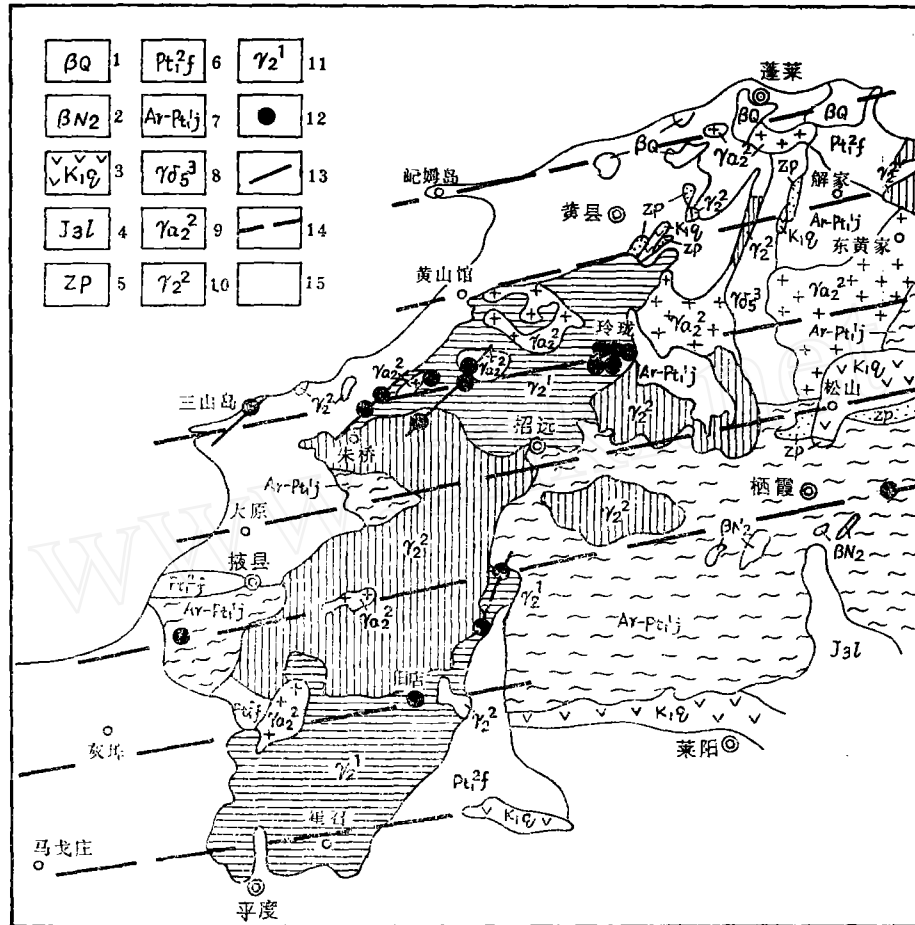


图1 招掖地区地质略图

1. 第四纪玄武岩; 2. 新第三纪玄武岩; 3. 下白垩统青山组; 4. 上侏罗统莱阳组; 5. 晚元古代蓬莱群; 6. 早元古代粉子山群; 7. 晚太古—早元古代胶东群; 8. 中生代燕山晚期艾山花岗闪长岩; 9. 早元古代郭家岭斑状花岗闪长岩; 10. 晚元古代玲珑中粗粒花岗岩; 11. 早元古代玲珑片麻状花岗岩; 12. 金矿床; 13. 与金矿有关的北东向断裂; 14. 金成矿带 (据原山东省地质局八〇五队、区调队资料编绘。与本文关系不大的资料已删除)

(1) 玲珑岩体形成于早元古代晚期胶东群遭受区域变质作用的后期——强烈混合岩化阶段,是部分胶东群地层花岗岩化的产物。此时形成的是玲珑片麻状花岗岩,主要受近东西向构造控制。同位素年龄大致相当于胶东群的变质年龄(17.21亿年)²³。

表1 玲珑岩体、郭家岭岩体时代划分沿革表(1960年以来)

时代	单位	山东八〇五地质队 (1967)	山东第六地质队 (1975)	南京大学王鹤年等 (1980)	山东省地矿局第六地质队和实验室 (1983)	本文 (1985)
中生代	燕山晚期	郭家岭石英二长岩			郭家岭斑状花岗闪长岩	
	燕山早期		郭家岭花岗闪长岩		玲珑片麻状花岗闪长岩 玲珑中粗粒花岗闪长岩	被改造的郭家岭斑状花岗闪长岩、被改造的玲珑中粗粒花岗闪长岩、被改造的玲珑片麻状花岗闪长岩
	印支期		玲珑黑云母花岗岩			
晚元古代	滦家河黑云母花岗岩(玲珑中粗粒花岗岩)		滦家河粗粒等粒花岗岩(玲珑中粗粒花岗岩)			郭家岭斑状花岗闪长岩、玲珑中粗粒花岗闪长岩
早元古代	玲珑片麻状花岗岩		玲珑片麻状黑云母花岗岩、郭家岭片麻状石英二长岩			玲珑片麻状花岗岩

(2) 粉子山群沉积之后,近东西向古断裂复活,强烈的构造活动(蓬莱运动)导致地下岩汁循断裂向上运移,选择交代了早先形成的部分玲珑片麻状花岗岩,生成具有再生岩浆成因的玲珑中粗粒花岗岩。部分偏中性的再生岩浆冷凝成郭家岭斑状花岗闪长岩。大多数与围岩呈侵入接触的岩体主要在这一阶段形成。

(3) 燕山运动早期,曾经是古老岩汁上升通道的近东西向断裂再次复活,新的富含一定矿质(如银)的岩汁循断裂再次向上运移,至地壳浅部转入随后活跃起来的许多北东向断裂之中,又一次选择交代了早先形成的玲珑岩体和郭家岭岩体,致使诸岩体同位素年龄值普遍较小(0.93—2.05亿年)^[1]。

此次交代作用使岩体中的造岩矿物在固态条件下受到广泛的改造,因而基本上仍保持着蓬莱运动再生岩浆侵位时的那种态势。

在交代作用的晚期,北东向断裂活动处于全盛时期,从岩体中运移出来的金、铜、铅锌及由岩汁携带来的银等矿质进入残余热液,使之成为浓度较高的矿液,它们贯入以北东向为主的断裂空间,在较深部位交代、沉淀了“焦家式”金矿;较浅部位则为“玲珑式”金矿所充填。这就是燕山期交代(改造)成岩期后金的主要成矿期。

(二) 剖析玲珑岩体、郭家岭岩体成因及时代的主要证据

1. 岩相及接触关系方面的证据

玲珑片麻状花岗岩古老的外貌及其与胶东群呈和谐的过渡关系表明,该岩体的生成时代可能不晚于(大致相当于)胶东群遭受区域变质作用的时间。

笔者在掖县仲院乡孙家以西1.5公里的采石场观察到玲珑岩体中具有相似矿物组分、但

具有不同结构和构造的三种花岗岩之间的穿插关系,发现片麻状中细粒二长花岗岩成岩最早;接着是中粗粒黑云母二长花岗岩呈 30° 方向贯入片麻状花岗岩中,两者接触界面清晰;最后,细粒含石榴石黑云母二长花岗岩又沿中粗粒花岗岩和片麻状花岗岩接触带侵入,它与后两种不同粒度的花岗岩均有较清晰的接触界面。上述现象为下列论点提供了事实依据:

(1) 招掖地区北东向断裂的多次活动诱发出多期岩浆活动;

(2) 假设早先形成的片麻状花岗岩被后来由岩汁选择交代作用生成的再生岩浆所侵位;

(3) 细粒含石榴石黑云母二长花岗岩的最后侵位,表明它形成时已有一定的外来成分的带入,应属于整个玲珑花岗岩演化过程中较晚期的产物,在整个玲珑岩体中它具有最高的金丰度值(23.3ppb);

(4) 交代成因的钾长伟晶岩分布于片麻状花岗岩中,其长轴大致平行片麻理分布,显示伟晶岩生成于花岗岩化晚期——与片麻状花岗岩系同一构造应力作用下的产物。

2. 岩石同位素年龄方面的证据

尽管用多种方法测定的许多样品同位素年龄值都显示玲珑岩体和郭家岭岩体具有较小的地质年龄(0.93—2.05亿年),但笔者认为,它只代表了最后一次成岩作用的时间。较老的成岩年龄或者被后来历次地质事件所消退,或者未被人们所重视。事实上人们已测定过侵入于胶东群底部的伟晶岩之K—Ar同位素地质年龄为17.75亿年²⁾,遗憾的是,该年龄值未被看作是元古宙岩浆活动的一次时间记录,仅被作为推断胶东群时代的一种间接依据。笔者认为,此类伟晶岩可视作与花岗岩化同期的产物,大致代表了玲珑片麻状花岗岩的年龄。此年龄值与胶东群的变质年龄(17.21亿年)相当接近,推断该数据是可信的。

3. 金矿石中铅同位素模式年龄方面的证据

根据招掖金矿矿石中 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值作图结果得知,该矿石铅为正常铅,模式年龄为6.54—8.99亿年,平均7.81亿年¹⁾,其年龄值与蓬莱运动的时间相当。该模式年龄可能意味着玲珑岩体和郭家岭岩体(金矿床的直接围岩)成熟于蓬莱运动期,并且它们与招掖地区金矿床存在着“直系血统”关系。

4. 地层方面的证据

粉子山群下部广泛分布的长石石英岩表明:当时本区已有花岗质岩石遭受剥蚀(尽管长英质矿物也可来自片麻岩等岩石,但这些岩石分布的局限性毕竟难以作为满足普遍发育的长石石英岩所需的唯一物源)。胶东群本身既无花岗岩类岩石,长石的性状又决定了它不可能远道而来,显然,较为合理的推断是:玲珑片麻状花岗岩曾经屹立在沉积粉子山群槽盆的古海岸。同样,蓬莱群下部出现的石英岩也提示古老的花岗岩曾再次遭受过剥蚀。假若招掖地区所有花岗岩体都为中生代以后的产物,那么对上述事实将如何解释呢?

5. 变质作用方面的证据

粉子山群的区域变质作用(包括刚沉积不久的蓬莱群的不均衡浅变质作用)表明,此次变质作用与蓬莱运动期间造就玲珑岩体、郭家岭岩体的再生岩浆活动这个重要热事件有成因联系。可以设想,当时粉子山群和蓬莱群曾有较大幅度的沉降,其变质程度的深浅受当时地层所处的深度和距热源体的远近所制约。可作对比的是,燕山期本区虽然也有相似的热事件发生,但上侏罗统莱阳组并无遭受区域变质的迹象,其原因可能在于那时已无大幅度的沉降

活动发生。

6. 矿物包裹体方面的证据

研究玲珑岩体、郭家岭岩体中矿物所含包裹体特征,从微观方面为论证不同成因花岗岩提供了可靠依据。据南京大学王鹤年等研究〔2〕,不同成因花岗岩中矿物所含包裹体的特征有显著区别:花岗岩化成因的岩石常含细小的、呈条带状或成层分布的气液包裹体,其形成温度小于500℃。玲珑片麻状花岗岩中所见的就是此类包裹体。在交代—再生岩浆成因的花岗岩中,除细小的气液包裹体外,还出现较大的熔体包裹体,这是鉴别岩浆成因花岗岩的重要标志,此类熔体包裹体在玲珑中粗粒花岗岩(如漆家河岩体)和郭家岭岩体中皆有发现。

三、近东西向断裂及北东向断裂是招掖地区控制含金岩体及金矿床分布的重要定位构造

在招掖地区常见一组呈北东东走向的大断裂,它们具有长期多次活动的特点,主要起着控岩、导矿的作用。与其伴生的北东向断裂,在发育时间上略有滞后,所达到的深度远不及前者,为一组数量较多的浅部贮矿构造。

据分析,自元古宙以来,近东西向断裂大致有五个活动期(每次皆有北东向断裂伴生),伴随着五次热事件。其中,前三期与含金岩体和金矿有成因关系。后两期虽属成矿后的构造—岩浆活动,但也可借鉴作为一种辅助的间接找矿标志。

现将招掖地区五期断裂构造活动简述如下:

(一) 早元古代晚期,近东西向构造已初具规模

胶东群沉积之后,近东西向构造(及伴生的北东向构造)伴随着区域变质及花岗岩化作用同步发育,它控制了玲珑片麻状花岗岩的空间分布——北段近东西向,南段因受后期构造影响呈北北东向展布。花岗岩中的胶东群残留体亦大致作近东西向排列。

(二) 晚元古代晚期近东西向断裂大规模活动

笔者认为,蓬莱运动是玲珑岩体和郭家岭岩体的重要成岩阶段。主要依据是:玲珑中粗粒花岗岩、郭家岭斑状花岗闪长岩的空间分布与蓬莱运动后期沉积于断陷盆地中的蓬莱群的平面展布(北东东)方向相吻合(图1)。蓬莱群断续出现于黄山馆—解家和大原—松山两个近东西向构造带上,上述两岩体亦大致发育于这两个构造带之间。显然,地层与岩体都受控于蓬莱运动时再次活动的近东西向断裂带。

(三) 燕山运动期间近东西向古断裂再次复活

燕山运动早期(或印支运动晚期),近东西向古断裂再次活动,新的岩浆活动使玲珑岩体、郭家岭岩体受到再改造的同时,贮存于岩体中的金及其它矿质被运移至渐趋活跃的北东向断裂之中,形成招掖—的带金矿。

早白垩世青山组火山岩作近东西向分布,以及在当今蓬莱群分布区往往能找到青山组火山岩踪迹等事实,显示了近东西向古断裂也是控制燕山晚期岩浆活动的主要构造。

(四) 新第三纪时的近东西向断裂活动

分布在栖霞以南地区的新第三纪玄武岩总体呈北东东向展布, 显示了近东西向断裂又一次控制了该区的岩浆活动。有趣的是, 单个玄武岩体的长轴通常多呈北东向延伸。这与招掖地区金矿床呈近东西向集布, 而金矿体大都贮存于北东向断裂中的构造格局十分相似。它从另一侧面反映了近东西向断裂和北东向断裂的主从地位和相互伴生的关系。

(五) 第四纪时近东西向断裂复活

发育于蓬莱一带的第四纪玄武岩近东西向展布的特点, 标志着较新的岩浆活动亦仍然受东西向断裂所制约。

四、招掖地区金矿床的控矿因素及找矿方向初析

(一) 金矿床的控矿因素

招掖地区金矿主要受含金的玲珑岩体、郭家岭岩体(金的直接矿源体)及近东西向(控矿)断裂和北东向(贮矿)断裂的双重控制。

1. 含金岩体控矿因素初析

已有资料表明: 在郭家岭斑状花岗闪长岩、玲珑片麻状花岗岩和玲珑中粗粒花岗岩三种岩石类型中, 金的丰度值是依次递减的。但招掖地区地质略图(图 1)显示, 已知金矿床出现于玲珑片麻状花岗岩中的几率较大, 而在玲珑中粗粒花岗岩和郭家岭斑状花岗闪长岩中出现的几率较小。据八〇五地质队不完全统计^③, 1:20万蓬莱幅内共有金矿点和矿化点约 200 处, 其中产于玲珑片麻状花岗岩体和深家河岩体(玲珑中粗粒花岗岩)中 164 处。郭家岭岩体中 34 处, 胶东群中 2 处。

招掖地区玲珑岩体和郭家岭岩体最初都是直接或间接地由胶东群演化而来, 因此其金的原始丰度值可能大体相当。后经多次交代(改造)作用, 诸岩体中金的丰度值就存在着一定的差异。然而, 成矿过程中金量带出的多寡才是决定现今残存于岩体中金丰度值高低的主要因素。在交代作用后期, 由于贮存于玲珑片麻状花岗岩中的金大多已转移到众多的金矿床中, 致使残存于该岩体中的金相对贫乏。与此相反, 其它岩体中产出的金矿床不多, 消耗的金也相对较少, 因而金的丰度值就显得相对地较高。由此推断: 玲珑片麻状花岗岩分布区, 是寻找“焦家式”金矿最有利的靶区。

2. 控矿构造初析

众所周知, 招掖地区的北东向断裂是“焦家式”金矿的主要容矿构造。但实践证明, 并非所有的北东向断裂中都有金矿贮存, 只有燕山期近东西向控矿断裂和北东向容矿断裂的复合部位才是“焦家式”金矿贮积的有利场所。尤其是沿那些在蓬莱运动古断裂基础上发展起来的燕山早期近东西向断裂, 找矿远景最大。

问题是近东西向断裂往往比较隐蔽, 难以识别。因此, 判别近东西向控矿断裂的确切位置, 是寻找新的金矿带的关键所在。笔者认为, 燕山早期的近东西向控矿断裂往往位于下白垩统青山组分布区靠近火山活动通道(断裂)一侧的近东西向延长线上, 特别当其附近有晚

③ 山东省地质局八〇五地质队, 1967, 1:20万蓬莱幅区域地质测量报告。

元古代蓬莱群作近东西向展布时,存在控矿断裂的可能性最大,从这个角度看,呈近东西向带状分布的青山组东、西延伸部位似可作为招掖地区寻找燕山期金矿床控矿断裂的一个间接标志。甚至新第三纪玄武岩作近东西向展布地带,也有可能作为寻找近东西向控矿断裂的一个间接辅助标志。

(二) 招掖地区金矿找矿方向

1. 金成(控)矿带的预测

根据上述观点,结合已知金矿及伴生有益组分等找矿信息(包括已知金矿床(点)、重砂和化探成果),大致可将招掖地区自北而南分出下列七个呈北东东向分布的金成矿带(图1):

- (1) 岫岛—蓬莱县金成矿带;
- (2) 黄山馆—解家金成矿带;
- (3) 三山岛—玲珑金成矿带;
- (4) 大原—松山金成矿带;
- (5) 掖县—栖霞县金成矿带;
- (6) 灰埠—旧店金成矿带;
- (7) 马戈庄—崔召金成矿带。

笔者注意到,诸成矿带有明显的等间距及对称性的分布规律:自三山岛—玲珑成矿带向南、北每隔15公里左右就出现(或予测)一个金成矿带。以三山岛—玲珑成矿带为轴线,在其南、北两侧相邻的大原—松山和黄山馆—解家两成矿带的东段均对称地出现蓬莱群和青山组;再向外,在掖县—栖霞县和岫岛—蓬莱县两成矿带的东段又对称地出现第四纪和新第三纪玄武岩。可见,近东西向成矿带和沉积、喷发旋回都与构造活动有明显的内在联系。

2. 主要找矿方向

不言而喻,在上述七个已知(或予测)的金矿带中,当以三山岛—玲珑金矿带成矿条件最佳。此外,除岫岛—蓬莱县成矿带无金矿直接线索外,其余各带皆有某些金的显示(包括重砂、化探异常)。

剖析招掖地区岩体和构造两大控矿因素后的结论是:在玲珑片麻状花岗岩分布区的近东西向控矿断裂和北东向容矿断裂的复合部位是寻找“焦家式”金矿最理想的场所。种种迹象显示,北部金成矿带中的工业矿床赋存部位较浅,有利于矿床的普查、勘探;南部成矿带中的工业金矿床相对较深,故发现和评价矿床的难度稍大,但同样具有较大的潜在远景,特别是灰埠—旧店金成矿带,找矿希望颇大。

参 考 文 献

- [1] 周明宝, 1983, 金矿成矿模式的探讨。《长春地质学院》学报, 第2期。
- [2] 王鹤年等, 1980, 胶东不同时代花岗岩矿物中包裹体特征。

DISCUSSION ON THE THREE BASIC PROBLEMS OF CONTROLLING
THE GOLD DEPOSITS IN THE ZHAOYUAN—YEXIAN REGION

Teng Peidao

(*The Regional Geological Survey Brigade, Shandong Bureau
of Geology and Mineral Resources*)

Abstract

The gold deposits in the Zhaoyuan-Yexian region are controlled by three basic factors: the stratigraphy (the Jiaodong Group), magmatic rocks and structures.

The Jiaodong Group spreading approximately in the E-W direction is characterized by high abundance of gold and, thus, is generally considered to be the source bed of the gold deposits.

It is probably the primary source material yielding the Linglong and Guojialing granitoid bodies.

The Linglong and Guojialing bodies also have a higher abundance of gold and are directly responsible for the gold deposits. The author suggests that the Linglong granites have undergone three stages of formation in two ways by illustrating the field evidence and laboratory results.

The initial body was formed in the Proterozoic and reworked during the late Indo-China and early Yanshan movements.

The Guojialing body was remolded from the old Linglong body and came into being in the late Proterozoic, but reworked in the late Yanshan movement.

The faults trending approximately in the E-W direction are the principal structures for ore-fluid transporting and gold ore controlling.

The accompanying NE-trending faults which were developed slightly later are shallow ore-hosting structures.

By the synthesis of the stratigraphic, structural and magmatic characteristics of the region, as well as the data obtained from the exploration of the gold deposits, the author proposed seven metallogenic belts of gold which extend near the E-W direction.

It is suggested that the intersections of the near E-W trending faults with NE-trending ones are the best places for the prospecting of the "Jiaojia type" gold deposits.