

试论胶东地区金成矿体系的统一

杨峰华, 张 均

(中国地质大学 研究生院, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 运用时间分析与空间分析相结合、宏观分析与微观分析相结合的方法, 通过对胶东众多金矿床的成矿背景、控矿因素、矿质来源、成矿作用过程和矿化产出特征等多方面的比较分析, 认为胶北隆起带与胶莱盆地都属于同一胶东金成矿体系。

关键词: 成矿体系; 结构分析; 胶莱盆地; 胶北隆起; 统一; 山东省

中图分类号: P612; P618. 51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2002) 04-0225-09

胶东地区是我国最重要的金矿产地之一, 其黄金储量和产量都占全国总量的 1/5 以上。对胶东地区金矿床各方面的研究资料已经非常丰富, 但针对目前已知地表矿床储量即将耗尽的情况而进行的对未知地域及深部成矿远景的预测分析还不够全面和成熟。本文结合野外实际工作认识及相关文献资料, 试图从近年来已引起普遍关注的成矿体系及其结构分析的角度对这一方面作一些探讨, 以期对胶东金成矿远景预测有所贡献。

1 成矿体系概念的提出

“成矿体系”是一个自然体系, 是在一定地域范围(成矿单元)内, 包括成矿地质背景、所有相关矿床(点)以及与成矿相关的所有地质要素和作用过程在时空上相互关联构成的一个具有成生联系和时空构型的成矿整体。其形成是各种致矿地质异常事件在时间和空间上组合、配置的最终结果。^[1]

成矿体系的本质内涵包括一定的地域范围(相当于独立成矿单元)内, 具有统一的基本成矿要素(如产出地域的同一性、成矿物源的同一性、矿化特征的相似性、控矿因素的组合物性、成矿演化的方向性等), 相近的成矿作用过程和相似的矿化产出特征等内容。

成矿体系分析是在成矿分析的基础上, 进一步

研究一定成矿单元内矿化的内在成生联系和时空配置关系。

一定的矿化集中区内的成矿客体经过长期的发展演化, 往往可以形成具有一定结构和功能的体系, 即区域成矿体系。将区域成矿体系作为一个有机的统一成矿整体, 用相应的方法与途径来厘定和表征, 并揭示其时空结构特征, 可大大深化对区域成矿规律的认识以及有效指导预测找矿和勘查评价。

2 胶东金成矿体系结构的分析

2.1 区域成矿地质背景

2.1.1 区域地质概况

研究区位于华北陆台东南缘, 中生代环太平洋板块作用的构造区。属于中朝准地台(Ⅱ级)的鲁东隆起(Ⅲ级), 包括胶北隆起、胶莱盆地(中北部)两个Ⅳ级构造单元。其周围以断裂构造为界, 东南部为五(莲)—荣(城)断裂, 西部为郯庐断裂, 北部为秦(皇岛)—威(海)断裂, 总体构成一三角形地块。胶东隆起区内地层以太古界胶东群为主, 占其全部出露地层的 70%, 其次为下元古界粉子山群, 晚元古界蓬莱群。胶莱盆地及其周边地带分布有太古界、元古界和新生界。太古界、元古界分布在盆地周边地带; 盆地基底主要为胶东群、荆山群及胶南群; 盆地盖层主要为一套白垩系的内陆河湖相—火山岩系, 其中以莱阳

收稿日期: 2002-04-01; 修订日期: 2002-08-16

基金项目: 国家“973”重大基础研究项目“大规模成矿作用与大型矿集区预测”资助。

作者简介: 杨峰华(1977-), 男, 浙江杭州人, 硕士研究生, 现就读于中国地质大学研究生院矿产普查与勘探硕士专业, 主要从事成矿理论与成矿预测、矿产资源经济评价与规划等方面的研究工作。

群、青山群分布最为广泛。岩浆岩广泛发育,尤以中酸性深成岩分布最广,约占整个基岩出露面积的 60%,分别形成于太古代、元古代及中生代,其成因有地幔分异、地壳重熔及混合交代等多种类型,中基性、超基性岩分布零星。与金矿关系密切的为晚元古代玲珑超单元及中生代燕山早期郭家岭超单元。

2.1.2 区域地球物理场特征

据有关资料显示,胶东地区在区域地球物理场上可分为北、南两个区,其重、磁场主要特征表征为:北部区,重力低、磁场平缓,重力值为 $-20 \times 10^{-5} \sim 0 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,磁场值为 $0 \sim 20 \text{ nT}$,该区对应胶北隆起;南部区,重力高、磁场正负相间分布,重力值为 $0 \times 10^{-5} \sim 20 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,磁场值为 $-50 \sim 50 \text{ nT}$,该区对应胶莱盆地^[2]。两区的南北分界线为:平度—招远—栖霞—桃村。分界线上重磁场都有显著的变化。

上述特征表明胶东地区深部构造以近 EW 走向为主,不同区域场的分界处就是延深大、延伸长的大规模断裂构造。莫氏面在南部相对隆起,比北部浅约 2 km,是造成南区重力场值升高的原因之一;胶莱盆地内保留巨厚的变质岩系是原因之二;北侧强烈的混合岩化作用,中生代大面积的岩浆侵入,使岩层的密度降低,剩余质量减少,而南部在中生代时期则沉积了较厚且密度较大的砾岩层是原因之三。

另外,区域重力场图(图 1)反映,蓬莱—牟平为重力高值区,重力场走向近 EW,场值大约 $10 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,但形态与胶莱盆地的重力场相似,如果没有胶北隆起岩浆岩的影响,则胶北隆起与胶莱盆地的重力场应基本相同。而且,航磁图上表现得更加明显,在非岩体出露区,磁场的形态完全一致。所以,可以说胶北隆起与胶莱盆地的基底是相同的,胶莱盆地是在太古—元古界老基底基础上成生和发展起来的中新生代盆地。

2.1.3 区域地球化学场及重砂异常特征

本区水系沉积物金的平均质量分数大约为 2.40×10^{-9} ,与金在全区地壳中的平均丰度接近。而且有数据表明,水系沉积物中金的丰度一般变化顺序是由胶东群→燕山中期岩体→粉子山群→燕山晚期岩体→中生代地层逐降的趋势^[3]。

据 1 20 万金地球化学图分析^[2],胶莱盆地内金元素总体质量分数相对胶北隆起为低,平均约 $1 \times$

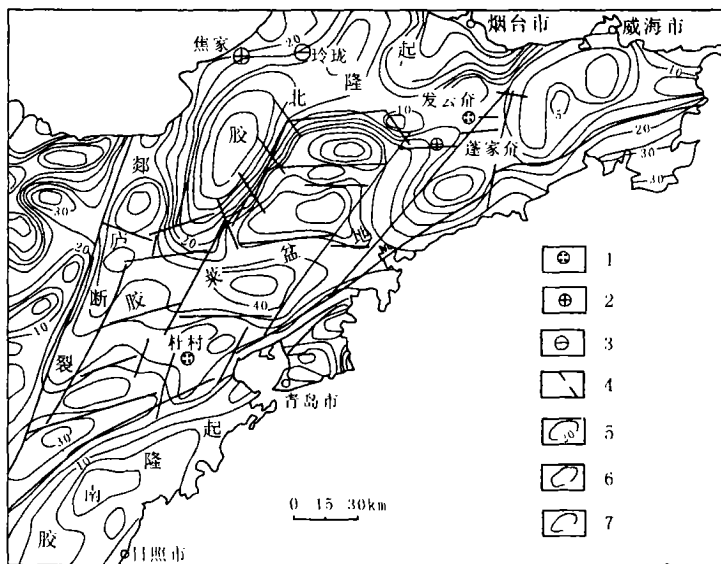


图 1 胶东地区布格重力异常示意图

(据刘玉强等, 1999)

Fig. 1 The gravitational anomaly sketch map in Jiaodong region

1. 蚀变砾岩型金矿 2. 破碎带蚀变岩型金矿 3. 含金石英脉型金矿
4. 解译断裂 5. 正毫伽等量线 6. 零毫伽等量线 7. 负毫伽等量线

10^{-9} ,这与胶莱盆地出露的地层金丰度低且与第四系覆盖密切相关,与重磁场是吻合的。但其地球化学场的分布有着较强烈的规律性,表现在金的高背景区基本集中在盆地东北缘、西北缘和西南缘, $w(\text{Au}) = 1.6 \times 10^{-9} \sim 2.5 \times 10^{-9}$,而东北缘 $w(\text{Au})$ 可达 3.0×10^{-9} 以上。这表明在这些地段存在变质老基底或莱阳群砾岩层的出露,或岩浆侵位高。结合剩余地球化学图还可以看出,盆地内金的分布极不均匀,局部异常呈罗棋布,但又主要分布在上述的金高背景区内,局部异常可达 $n \times 10 \times 10^{-9}$,表现了金的强烈局部富集。在高背景区内或局部异常内现已发现的金矿床有:蓬家乔、发云乔、宋家沟、郭城、沙旺、平度大庄子、五莲七宝山等。

胶东的重砂异常图表明,几乎所有重砂异常的分布主要集中在老基底和盆地的边缘部位。胶北隆起的重砂异常分布广泛且密度大,这与其金的克拉克值高是一致的。在胶莱盆地内,隐伏的基底影响着胶莱盆地重砂异常的分布,有些基底构造通过盆地并显示了相应的线性重砂异常,说明胶莱盆地是处在一个富金的隐伏基底的背景上。同样可以看到胶莱盆地、胶北隆起区岩体的边缘也都是重砂异常分布的区域,说明胶东地区的老基底、老基底的交代型岩体、基底构造是富金的变质岩基底,是富金岩体,是富金构造。

2.2 空间结构分析

2.2.1 金矿的分布特点

胶东地区目前已探明金矿床(点)达 250 多处,其中特大型金矿床(储量 50~100 t)9 处,大型金矿床(储量 20~50 t)14 处,中型金矿床 11 处,而大型、特大型金矿床的储量占总储量的 70% 以上。这些金矿床主要分布在 4 个成矿带中,从西到东分别是:招掖成矿带、栖霞—蓬莱成矿带和牟平—乳山成矿带以及南部的盆地边缘带(图 2)。

招掖成矿带:位于胶东西北部地区的招远、莱州境内,是 4 个成矿带中金矿储量最大的矿带,由 4 个亚矿带组成,即三山岛—仓上、焦家—新城、灵山沟—北截以及玲珑—九曲成矿亚带。主要金矿类型为焦家式、玲珑式以及介于二者之间的灵山沟式,矿床主要分布在玲珑花岗岩体内部及内外接触带中,控矿断裂主要为 NE-NNE 向压扭性断裂,主要矿床为:特大型(三山岛、新城、焦家、玲珑、大尹格庄、东风、台上、九曲金矿床),大型(仓上、河东、河西、北截、望儿山、界河、黑岚沟金矿床),中型(灵山沟、马塘、夏甸、蚕庄、旧店金矿床)。

栖霞—蓬莱成矿带:位于栖霞、蓬莱境内,该矿带的成矿条件较差,矿带内至今未发现大型、特大型金矿床。控矿断裂为 NNE 向,其次为 NW 向,围岩为胶东群变质岩,其深部为玲珑型花岗岩,主要矿床有:中型(马家窑、金冠顶、百里店、流口金矿床)以及部分小型金矿床。

牟平—乳山成矿带:位于牟平、乳山境内,纵贯胶东半岛南北。矿体赋存在昆崙山花岗岩及围岩变质片麻岩中。金矿床主要有:特大型(金青顶金矿床),大型(邓格庄、初家沟、福禄地、金牛山、唐家沟金矿床),中型(三甲金矿床)。这些金矿床由 7 条相间 4~5 km、大致平行、等距排列的压扭性 NNE 向断裂控制。

另外在牟平—乳山成矿带处于胶莱盆地边缘地段尚存在受 NW 向及近 EW 向断裂系统所控制的矿床(蓬家乔大型金矿床、发云乔中型金矿床等),本文为论述方便,将其归为“盆地边缘带”。

表面上看,几乎所有的金矿床都分布于胶北隆起区内,而胶莱盆地内并未发现有大中型的、数量和储量相当可观的金矿。所以曾经有不少人认为胶莱盆地内及其边缘地带并没有很好的找矿前景。然而,

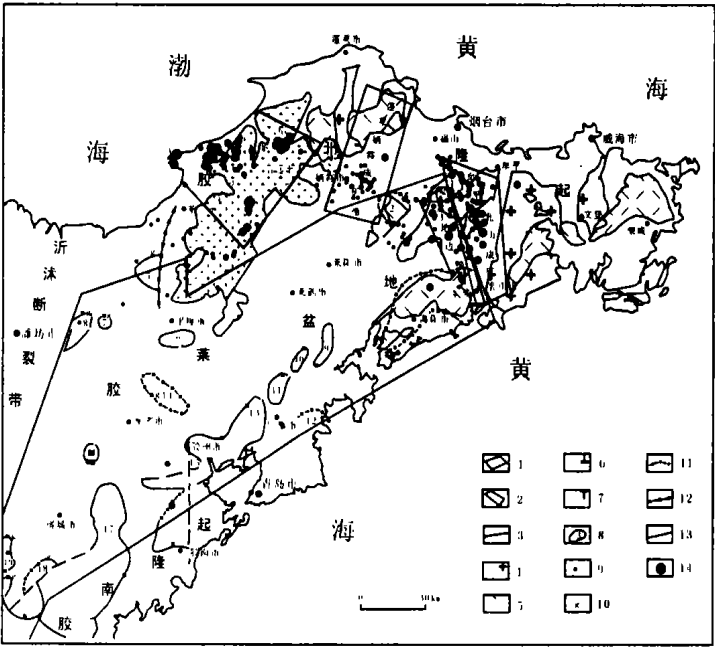


图 2 胶东地区金矿床及岩浆岩分布图

Fig. 2 The distribution of gold deposits in Jiaodong region
1. 胶莱盆地研究区 2. 金成矿带 3. 断裂 4. 交代重熔型花岗岩 5. 壳幔混合型花岗岩 6. 碱性花岗岩 7. 地幔交代型碱性花岗岩 8. 推测岩体及编号 9. 隐伏岩体及编号 10. 重力解译 11. 隐伏岩体上延 20 km 12. 隐伏岩体上延 12 km 13. 隐伏岩体上延 2 km 14. 金矿床

随着近些年有关区域物化探工作的进一步深入,我们发现胶莱盆地有着与胶北隆起区相类似的成矿条件。

2.2.2 胶莱盆地的“双层结构”

胶莱盆地的“双层结构”指的是其下部的基底和上部的盖层。我们已经由物探成果分析得出胶莱盆地的基底与胶北隆起区是相同的,并由化探成果分析得出,在变质岩基底分布区,金的地球化学背景较高,而且出露程度越高,金的地球化学背景则越高,

表 1 胶东主要地层中金元素地球化学参数统计^[2]

Table 1 The statistics of gold geochemistry parameters in Jiaodong's main strata $w_B/10^{-9}$

地质单元	金(剔除异常值)			金(未剔除异常值)		
	平均值	离差	变异系数	平均值	离差	变异系数
全省	1.56	0.59	0.38	2.99	18.52	6.20
王氏群	1.46	0.49	0.33	1.50	0.57	0.38
青山群	1.61	0.63	0.39	2.24	4.66	2.08
莱阳群	1.68	0.75	0.45	3.81	33.9	8.91
蓬莱群	2.03	0.73	0.36	2.88	2.72	0.94
粉子山群	2.38	1.30	0.55	2.90	2.63	0.91
荆山群	1.79	2.82	1.15	3.40	10.38	3.05
胶东群	1.80	0.95	0.53	4.47	11.88	2.65

且具有显著的局部富集现象。胶莱盆地盖层主要有第四系、下第三系、王氏群、青山群及莱阳群,由表 1 可以看出,莱阳群是富金和聚金的层位,其金丰度值、变异系数及叠加强度高出上部 $n \sim n \times 10$ 倍。门村—即墨一带东西两侧普遍分布有莱阳群地层。牟即断裂带内部莱阳群出露较浅,东北部出露的已是白垩纪底部的地层,其地层产状是 NE 走向,SE 倾向,因此该地段对寻找莱阳群砾岩层金富集体具有良好的层位与深度优势。另外,基底富金层位又是莱阳群砾岩层的物质来源,从这点意义上讲,莱阳群是基底矿源层的衍生矿源层,亦即胶莱盆地具有双矿源层的特点。

2.2.3 构造空间分析

刘玉强等^[2]通过综合解译,得出胶莱盆地的断裂构造比较发育(图 3),EW 向、NE 向、NW 向和 SN 向断裂组成基本格架,而且其格架特征与胶北隆起基本相同;盆地边缘的 NE、NNE 向断裂是深切基底的断裂构造,既控制盆地边缘,也伸入盆地,它们控制岩体(带)分布,是导岩、导矿的重要条件。其中,有多组断裂南北贯通,使胶莱盆地的基底与胶北隆起两者确实连通起来。这不但增加了胶莱盆地热能来源的通道,提供了使金组分活化迁移的能量,并使其有可能在适宜的空间富集成矿,而且提供了其基底成矿条件可与胶北隆起区的成矿条件相似的重要论据。

2.2.4 岩浆岩空间分析

胶东地区岩浆活动比较频繁,岩石种类多,分布范围广。胶东北部由西向东由玲珑—滦家河岩体、上庄—北截—纪山岩体、郭家岭岩体、昆嵛山—鹤山岩体、海阳岩体、伟德山岩体、龙须岛岩体、甲子山岩体、槎山岩体等组成,总体呈带、局部成片分布。前者受地壳隆起和 EW 向构造的隐形制约,后者则明显受断裂构造控制。岩石系列以片麻状花岗岩系列和斑状二长花岗岩系列为主,另外为富黑云母花岗岩系列。花岗质岩浆岩的产生与地幔局部隆起区上方的地壳部分熔融有关,先形成片麻状花岗岩系列,此后在这一系列的分布区内及其外围,侵入了斑状二长花岗岩系列岩体。已知金矿床和矿(化)点与片麻状花岗岩密切相关。

从物理场来看,本区岩浆岩密度较低,且由老到新磁性由弱变强。将重力场向上延拓后,呈带状分布的低值中心有向深部扩大合并的趋势,说明底部是一个大岩基。磁场总体低缓,反映该岩浆岩带多为古老岩体。局部的磁力高则反映了一些较新的岩体(后

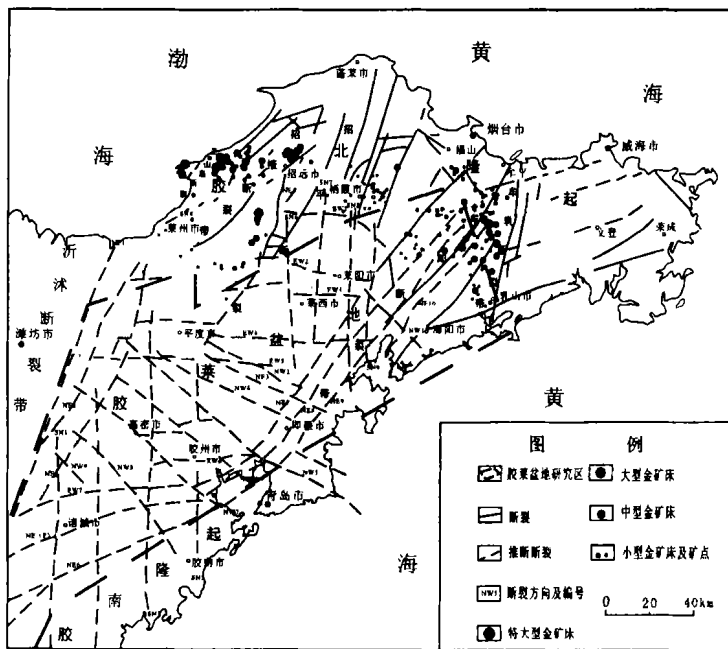


图 3 胶东地区构造分布

Fig. 3 The tectonic distribution in Jiaodong region

期侵入)。而地球化学异常和重砂异常则同时表现为异常幅值高、面积大,且多分布在岩体内接触带及边部地带。表明岩体对金富集的控制作用。

依据重磁场特点从胶莱盆地内共解译出 20 个岩体(图 2)^[2]。这些岩体从宏观上来看,在盆地东、西两侧和北部边缘明显受 NE 向断裂控制,或者分布在 NE 向与 NW 向或 EW 向断裂交汇处附近。主要有牟平—即墨岩带,它受牟平—即墨断裂控制,包括回里、土堆、牙山、穴坊、兴隆屯、东山坡、南泉、马家庄岩体。这些岩体为燕山晚期昆嵛山超单元、伟德山超单元和崂山超单元,以二长花岗岩类为主,另外有闪长玢岩、角闪闪长岩、二长斑岩等。金的指示元素异常、重砂异常与隐伏岩体的分布密切相关,岩浆岩发育的地方,异常的强度及规模就大。表明这些岩体不但在物质成分上与胶北岩体相似,其对金元素富集的作用也极为类似。

2.3 时间结构分析

2.3.1 区域地质发展史

据有关资料分析^[4],本区在区域地质发展中出现 4 个形成演化阶段:

(1) 太古宙古陆核形成阶段。在距今 2 600 ~ 3 000 Ma(U-Pb, Rb-Sr 同位素年代测定)期间,出现基性火山岩喷发,形成拉斑玄武岩、基性火山—沉积岩。经胶东运动—幕(2 500 Ma)区域变质作用形成角闪岩相变质带(局部出现麻粒岩相)。太古宙晚期,近 EW 向延长的古陆核已形成。陆核内流褶曲发育。

(2) 古元古代陆壳形成阶段。在距今 2 000 ~ 2 600 Ma 期间, 早期出现超镁铁质-铁镁质火山岩喷发, 这时太古宙陆核增生、扩大; 晚期沿陆核边缘出现沉积盆地, 形成粉子山群碳酸盐岩、粘土岩-碎屑岩相的沉积岩, 后经 幕, 形成绿片岩相-角闪岩相变质带。荆山群为塑性流变状同斜褶皱, 形成线性复式褶皱, 呈弧形分布。

(3) 新元古代陆台沉积阶段——盖层形成阶段。形成蓬莱群粘土岩、碎屑岩、碳酸盐岩沉积。后经蓬莱运动(800 ~ 600 Ma), 使蓬莱群地层 NWW 向的平缓滑褶皱及产状较陡立的折劈及膝折构造, 表明基底已固化和隆起; 蓬莱运动后, 陆核上升。

(4) 中生代地壳强烈活化——改造阶段。经过印支运动(230 ~ 180 Ma)、燕山运动(150 ~ 70 Ma), 古结晶基底经受活化-深熔。形成壳源深熔花岗岩, 花岗岩侵位, 结晶基底的金得以活化, 经深部流体与围岩水-岩交代, 形成金-围岩蚀变带。这时, 大陆及边缘地带形成断陷盆地, 出现白垩纪莱阳群陆相砂砾岩、紫红色砂页岩沉积。其后, 出现酸性、中-酸性火山岩、火山碎屑岩的喷发-沉积, 形成盆地盖层。

由上述可知, 在盆地形成以前(即在燕山运动及其以前)的地质发展史上, 胶东地区是一个演化整体, 此时, 后来成为盆地基底的那部分地块已经具备了与胶北隆起区一样的成矿地质条件。

2.3.2 构造在时间上的统一

胶东地区脆性断裂形成时代主要为燕山期, 并以燕山晚期最为强烈, 形成区域上规模较大的 NE、NNE 向断裂构造和不甚发育的 NW 向和近 SN 向断裂构造。其中, EW 向断裂构造形成在前寒武纪, 中生代再次强烈活动; NE 向切割 EW 向断裂而被 NNE 向断裂所切割, 其切割最新地质体为王氏群; NNE 向断裂在胶北隆起区最发育, 切割最新地质体是燕山晚期的侵入岩; NW 向断裂规模较小, 多限于 NE 向断裂之间, 切割最新地质体为崂山超单元; SN 向断裂切割最新地质体是伟德山超单元, 其活动在青山群形成之前。

根据对胶莱盆地物化探资料解译所推断的断裂构造(见图 3), 发现这些断裂构造的形成先后次序依次是 EW 向、NE 向、NW 向和 SN 向, 与上述胶东地区断裂形成的顺序基本一致。

2.3.3 岩体的延续性

胶莱盆地北缘及东北缘, 可见到有岩体出露(见图 2)。日庄—观里一带可见栖霞超单元岩体; 郭城—观水—崖子一带可见昆嵛山超单元岩体; 小纪镇—盘石店一带出露崂山超单元和伟德山超单元岩体。

而根据刘玉强等^[2]解译的隐伏岩体中, 回里岩体、桃村岩体、土堆岩体和招虎山岩体都分布于盆地的东北缘, 而且属于昆嵛山超单元、伟德山超单元和崂山超单元。由此可见, 隐伏岩体其实就是出露岩体的延续。说明它们在时空上是一致的。

2.3.4 金成矿年代及年龄分析

刘玉强等^[5]指出, 无论是产于胶北隆起中的焦家式和玲珑式金矿床, 还是产于胶莱盆地边部的蓬家乔和发云乔金矿床, 其主成矿阶段可能均属于早白垩世。

胶莱盆地是在走滑断裂控制下的 S 型拉分盆地, 而胶北地区在这一时期则是相对的隆起区。因此, 胶北隆起和胶莱盆地在晚侏罗世—早白垩世, 受同一构造应力场的作用, 形成一套互为联系的控矿构造、岩浆系统。在胶北隆起区, NE 向走滑断裂与 EW 向古构造系统的复合, 形成总体为 NNE 走向的开阔的 S 型主干断裂, 受同期岩浆作用的影响, 形成了东西成带、南北成串、近似等距、对应集中成片分布的焦家式和玲珑式等金矿床。而在胶莱盆地, 走滑断裂系统不但控制了盆地的形成和火山-侵入活动, 而且在盆缘断裂及其旁侧形成了蓬家乔式和发云乔式金矿床。由此可以推论, 胶东地区各种类型的金矿床可能属于同一个矿床组合。

大量同位素测年数据可以佐证以上结论。郭家岭型花岗岩是与焦家式和玲珑式金矿床成矿关系密切的花岗岩类侵入体, 据关康等^[6]在西澳大学所测得的该岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄, 金矿化被限定在 120 ~ 126 Ma 之间, 属早白垩世。由表 2 可以看出, 整个胶东半岛的不同成矿带、不同类型(破碎蚀变岩型、石英脉型、共生型、构造角砾岩型)的各种金矿床主成矿期都集中在 100.59(±1.96) ~ 136.86 Ma 之间, 都属于早白垩世。另外, 胶莱盆地内青山群中火山岩中的黑云母 K-Ar 年龄为 118.6 ~ 127.5 Ma^[7], 属早白垩世, 发云乔金矿产于青山群火山岩下部的莱阳群砾岩中, 故其成矿时代也可能为早白垩世。

2.4 矿床地质分析

前面已经论证了区域上各金成矿带在地质异常的分布、事件发生的时间、矿质的来源等方面具有较大程度的一致性。通过研究, 我们又发现, 各成矿带中的金矿床在其矿床地质中也存在着许多相似之处。表 3 是各成矿带中的代表性矿床在围岩蚀变、矿石组构、矿石成分以及成矿阶段的比较。由表可以看出, 虽然各金矿床矿体产出的构造部位、容矿岩石、矿体的具体形态及规模、产状等宏观的表象特征各

有不同, 但于一些较为本质的特征上却有着极大的 类同。

表 2 胶东地区主要矿床金成矿的同位素年龄数据

Table 2 Ore formation isotopic age of main Au deposits in Jiaodong area

成矿带	矿床名称	成矿同位素年龄			资料来源
		测试对象	测试方法	年龄值/ Ma	
招掖成矿带	焦家金矿	矿石中绢云母	K-Ar	106(± 2)	骆万成等(1987)
	玲珑西山金矿	矿石中绢云母	Rb-Sr 等时线	112(± 2)	骆万成等(1987)
	玲珑九曲金矿	蚀变绢云母	Rb-Sr 等时线	100. 74	张振海(1994)
	大尹格庄金矿	绿泥石	K-Ar	136. 86	周显强等(1995)
	灵山沟金矿	矿石中绢云母	Rb-Sr 等时线	115(± 5)	骆万成等(1987)
蓬栖成矿带	马家窑金矿	蚀变绢英岩	Rb-Sr 等时线	106. 14(± 4. 92)	张振海(1994)
		黄铁绢英岩	Rb-Sr 等时线	125. 8	霍建平(1998)
牟乳成矿带	金青顶金矿	绢云母	Rb-Sr 等时线	113. 1(± 4. 43)	张振海(1994)
	乳山金矿	绢英岩	K-Ar	113. 31	张振海(1994)
		绿泥石化岩石	Rb-Sr 等时线	107. 78	张振海(1994)
盆地边缘带	蓬家乔金矿	矿石中绢云母	Rb-Sr 等时线	100. 59(± 1. 96)	孙丰月等(1995)

表 3 胶东地区代表性金矿床地质特征比较

Table 3 Some geological characteristics of the typical Au deposits in Jiaodong region

矿床名称	焦家金矿	玲珑金矿	栖霞金矿	蓬家乔金矿	发云乔金矿
围岩蚀变	钾化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化	钾化、绢云母化、绢英岩化、硅化、黄铁矿化	黄铁绢英岩化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化	硅化、绢英岩化、黄铁矿化、绿泥石化、碳酸盐化	硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化
矿石结构、构造	晶粒结构、压碎结构、填隙结构、包含结构、以浸染状、脉状及斑点状构造为主	晶粒结构、填隙结构、致密块状、脉状构造	粒状、压碎结构、角砾状、条带状、浸染状、块状构造	晶粒结构、压碎结构、角砾状、浸染状、块状构造	填隙结构、浸染状、脉状构造
矿 主要金属 石 矿物	黄铁矿、自然金、银金矿	黄铁矿、自然金、银金矿	黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、银金矿、金银矿	黄铁矿、银金矿、次为方铅矿、闪锌矿	黄铁矿、含少量黄铜矿、闪锌矿等
成 非金属 分 矿物	石英、绢云母、方解石、斜长石、钾长石	石英、方解石、绢云母	石英、长石、绢云母	石英、长石、绢云母、方解石、白云石、绿泥石	石英、绢云母、长石、方解石
成矿阶段	(1) 石英-黄铁矿阶段; (2) 金-石英-多金属硫化物阶段; (3) 石英-碳酸盐阶段	(1) 石英-黄铁矿阶段; (2) 金-石英-多金属硫化物阶段; (3) 石英-碳酸盐阶段	(1) 黄铁矿-黑钨矿阶段; (2) (主) 石英-多金属硫化物阶段; (3) 石英-碳酸盐阶段	(1) 石英-黄铁矿阶段; (2) 石英-多金属硫化物阶段; (3) 碳酸盐阶段	(1) 黄铁矿-白色石英阶段; (2) 金-灰色石英-黄铁矿阶段; (3) 金-石英-硫化物阶段; (4) 石英-碳酸盐阶段

2. 5 微观分析

2. 5. 1 同位素分析

2. 5. 1. 1 氧同位素分析

本区 8 个代表性矿床石英氧稳定同位素值列于表 4。由表看出: (1) 区内金矿床的石英氧同位素值在较小的范围内变化, 均一化程度高, 其平均值与花岗岩类岩石的氧同位素较一致, 说明了流体的岩浆来源; (2) 各金矿虽然规模、产状、金丰度有较大差异, 但其氧同位素却基本一致, 反映各金矿床基本上是在相同的成矿条件下形成的。

表 4 胶东地区代表性金矿床氧同位素值比较

Table 4 (¹⁸O) value of the typical Au deposits

成矿带	金矿床	(¹⁸ O) / 10 ⁻³ (平均值)	资料来源
招掖成矿带	灵山沟金矿	9. 32 ~ 12. 43	宜昌所测定
	玲珑西山金矿	14. 2	据张理刚(1981) 平均
	大流口金矿	11. 01	
蓬莱—栖霞成矿带	金冠顶金矿	13. 27	地矿部矿床地质研究所
	马家窑金矿	13. 43	
	百里店金矿	13. 35	
牟乳成矿带	金青顶金矿	11. 1	李振江等(1999)
盆地边缘带	蓬家乔金矿	9. 2	文献[2]

2. 5. 1. 2 硫同位素分析

从胶东地区代表性金矿床硫同位素值的比较可以看出:(1)胶东群地层中硫同位素的 (³⁴S) 值略大于基性岩床的值($-4 \times 10^{-3} \sim +4 \times 10^{-3}$)^[10], 比基性岩更富集重硫, 说明中基性火山-沉积建造的胶东群形成后又相对富集了部分重硫;(2)各金矿床的矿石硫同位素值基本相同, 俱在 $6.7 \times 10^{-3} \sim 13.05 \times 10^{-3}$ 之间, 平均 8.64×10^{-3} , 离差系数 0.193, 均一化程度较高, 且与其围岩胶东群的值比较近似, 又与大气降水的硫同位素相同, 说明成矿流体是一种混合溶液, 在溶解地层硫、成矿元素及成矿过程中发生了

硫同位素均一化作用, 并使重硫相对富集。

2. 5. 1. 3 铅同位素分析

铅同位素的组成特点进一步证明了上述认识。表 5 显示:(1)金矿床矿石中的铅与老地层、岩浆岩的铅具有一致性和相似性, 说明它们具有同一的形成历史;(2)所有地质体的铅都是正常铅、古老铅;(3)将表 5 的数据投在²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb-²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 图上, 可以发现几乎所有的点都位于下地壳与造山带之间, 且主要位于地幔与造山带之间, 反映胶东群、花岗岩及金矿脉有着共同的深源性。

表 5 胶东地区代表性地质体铅同位素值比较一览表
Table 5 Pb isotope analysis of the typical Au deposits

成矿带	金矿床	$w(^{206}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{207}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{208}\text{Pb})/w(^{204}\text{Pb})$	模式年龄	资料来源
招掖成矿带	三山岛金矿	17.46	15.77	38.76	1004.61	王义文
	焦家金矿	17.20	15.46	37.81	870.26	长地院 姚凤良
	新城金矿	17.07	15.37	37.58	860.29	
	灵山沟金矿	17.21	15.43	37.73	833.07	
	玲珑西山金矿	17.29	15.48	37.86	830.45	武汉地院 刘石年
蓬莱—栖霞成矿带	百里店金矿	16.993	15.35	37.302	810	山东地矿局区调队
牟乳成矿带	马家窑金矿	16.58	15.26	36.99	1076	山东地矿局六队
	金青顶金矿	17.022	15.486	37.504	李振江等(1999)	
	邓格庄金矿	17.153	13.724	37.742	文献[4]	
盆地边缘带	三甲金矿	16.969	15.415	37.356	841.25~910	
	发云乔金矿	17.153	15.42	37.626		
岩浆岩	玲珑花岗岩	17.484	15.43	37.829	石连汉报告	
胶东群地层	斜长角闪岩	17.320	15.474	37.756	敬成贵论文	

2. 5. 2 成矿物理化学条件分析

综合各成矿带代表性金矿床的成矿温度、压力、盐度及 pH 值的数据, 得出:(1)各成矿带的金矿床成矿温度都比较近似, 在 150~350 之间, 平均 255.1, 离差系数 0.139, 均一化程度较高, 属中等成矿温度;(2)各矿床成矿压力数值虽变化较大, 但除金青顶金矿外主要都集中在 $400 \times 10^5 \sim 600 \times 10^5$ Pa 之间, 且各成矿带之间的差异并不明显;(3)盐度数值偏差较大, $w(\text{NaCl}) = 0.63\% \sim 38.84\%$, 属中低盐度, 体现了各矿床的成矿差异性;(4)酸碱度比较一致, 以微酸性为主。

3 统一的金成矿体系

综上所述, 胶东地区所有金矿床都处于同一个

金成矿体系, 其依据主要有:

- (1) 区域重力场图反映, 胶北隆起如果没有岩浆岩的影响, 则其重力场特征与胶莱盆地类似。
- (2) 区域地球化学场显示, 胶莱盆地金的高背景区基本集中在盆地东北缘、西北缘和西南缘, 表明在这些地段存在变质老基底或莱阳群砾岩层的出露, 或岩浆侵位高。重砂异常图也有类似体现。而且在盆地内, 隐伏的基底及有些基底构造影响着胶莱盆地重砂异常的分布, 显示了相应的重砂异常, 说明胶莱盆地是处在一个富金的隐伏基底背景上。而胶莱盆地、胶北隆起区岩体的边缘都是重砂异常分布的区域, 说明胶东地区存在着富金的变质岩基

底、富金的基底交代型岩体和富金构造。

(3) 从空间上看, 胶莱盆地基底有着与胶北隆起相似的成矿条件, 而其盖层中的莱阳群地层是又一个金矿源层; 有多条深大断裂纵向贯穿胶北隆起与胶莱盆地, 增加了胶莱盆地热能来源的通道, 提供了使金组分活化迁移的能量, 并使其有可能在适宜的空间富集成矿; 胶莱盆地的隐伏岩体在物质成分及其对金元素富集的作用与胶北隆起的岩体是一致的。

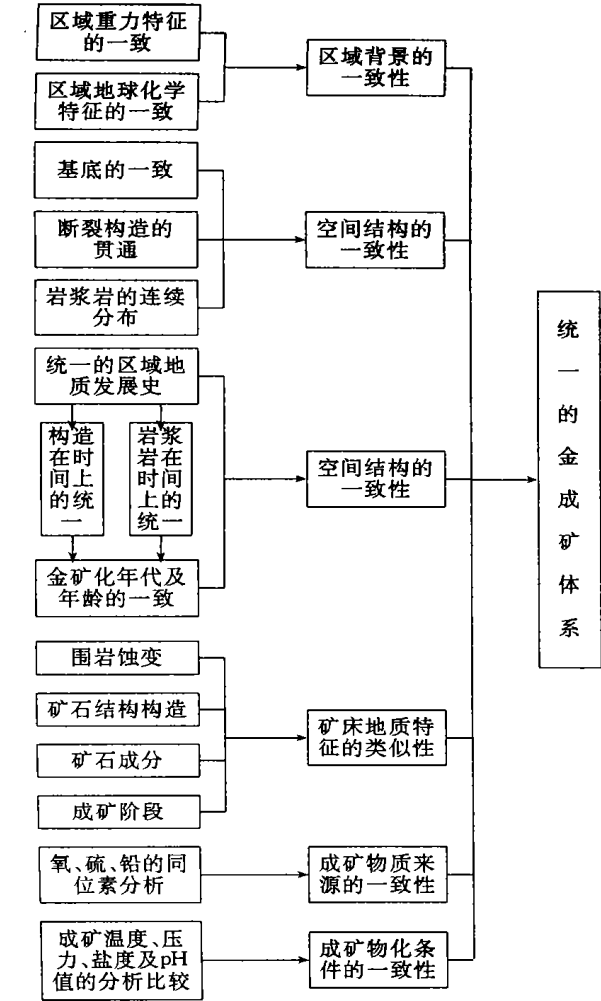


图 4 胶东金成矿体系结构分析图

Fig. 6 The structure analysis plot of gold ore-forming system in Jiaodong region

(4) 从时间上来看, 胶莱盆地基底的形成及其中隐伏构造、岩体的形成都是一致的; 而各成矿带中金成矿年代都集中在 100. 59(± 1. 96) ~ 136. 86 Ma 之间, 属于早白垩世。

(5) 各成矿带中代表性矿床在围岩蚀变、矿石组

构、矿石成分以及成矿阶段等矿床地质特征上有很大的相似性。

(6) 由氧、硫、铅同位素的研究比较来看, 各成矿带的金矿床不但在三类同位素数据上十分接近, 而且它们与胶东群、主要岩浆岩有着共同的深源性特点。

(7) 成矿温度、压力、盐度及 pH 值等数据的比较, 显示了各成矿带的金矿床在成矿物理化学条件上也有类似之处。

通过结构分析体系是成矿体系分析的最佳途径^[1]。以上各种分析, 可以由图 4 来反映。

把胶东地区所有金矿床的形成与演化建立在一个成矿体系上, 通过横向对比和撷取重要的地质信息, 并加以科学提取和重组, 用成矿体系理论的分析方法, 对本区深部及未知地带的金成矿远景预测将会有新的突破。本文得到导师张均教授的启发指点, 在此特表感谢!

参考文献:

[1] 张均. 成矿体系及其结构[J]. 矿产与地质, 2000, 14(1): 16-19.
[2] 山东省地质矿产信息中心. 山东省胶莱盆地 1: 20 万综合信息金矿成矿预测报告[R]. 济南: 山东省国土资源厅, 2000. 19-50.
[3] 山东省地矿局地球物理地球化学勘查大队. 山东省胶东地区综合地球物理地球化学信息编图与金成矿预测报告(1: 20 万)[R]. 济南: 山东省国土资源厅, 1989. 22-68.
[4] 杨敏之. 金矿床围岩蚀变带地球化学——以胶东金矿床为例[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
[5] 刘玉强, 杨东来, 黄太岭, 等. 山东胶莱盆地金矿床地质特征及找矿方向[J]. 矿床地质, 1999, (3): 196-206.
[6] 关康. 郭家岭型花岗岩地球化学系特征系与金矿化的关系[J]. 地质找矿论丛, 1997, 12(4): 1-8.
[7] 李守军. 综合地层学在山东省中生代地层研究中的应用[J]. 山东地质, 1998, 14(4): 31-36.
[8] 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(续)[J]. 地质找矿论丛, 1986, (3): 39-49.
[9] 邹为雷, 沈超远, 曾庆栋, 等. 蓬家乔金矿与发云乔金矿地质地球化学特征对比研究[J]. 黄金, 2001, 22(3): 1-6.
[10] 武汉地质学院. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1977. 122-130.
[11] 杨敏之, 吕古贤. 胶东绿岩带金矿地质地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 37-45, 65-80.
[12] 孙景贵. 初论胶东地区金矿成矿模式[J]. 矿床地质, 2000, 19(1): 26-35.

THE UNIFICATION OF GOLD DEPOSIT-FORMING SYSTEM IN JIAODONG REGION

YANG Feng-hua, ZHANG Jun

(The graduate institution of China university of geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Spatical-temporal and micro-macro analysis and analysis and correlation of ore-forming background, ore-control factors, ore material source, ore-forming processes and mineralization characteristics of the typical gold deposits in Jiaodong region show that Jiaobei upheaving belt and Jiaolai basin all belong to Jiaodong Au ore-forming system.

Key words: Au ore-forming system; configuration analysis; Jiaolai basin; Jiaobei upheaving zone; unification

欢迎订阅 2003 年《黄金科学技术》(双月刊)

《黄金科学技术》(双月刊) 1986 年创刊, 系由国家科委批准的综合性科技期刊, 国内统一刊号 CN 62-1112/TF; 国际标准刊号 ISSN 1005-2518。由山东黄金集团有限公司与中国科学院资源环境科学信息中心主办。本刊印刷版由科学出版社出版; 光盘版由《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社出版; 网络版由《中国期刊网》和《万方数据资源系统(ChinaInfo) 数字化期刊群》出版。本刊是《中国科学引文数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊。

为了使刊物内容最能反映当前我国黄金科技发展的水平, 推动我国黄金科学技术向前发展, 《黄金科学技术》将注重宣传报道我国及世界黄金科学技术的新理论、新思想、新技术、新方法、新产品、新介绍并进行学术交流等。

本刊设综述评述、地质找矿、采·选·冶技术、新技术、新方法、黄金经济信息报道等栏目。本刊适合黄金科研、企业、矿山技术部门及生产和管理人员、勘探和选冶工作者、黄金材料及金融工作者、大专院校有关专业师生阅读。

本刊将以理论性、知识性、实用性、时效性站在黄金科研与生产的最前列, 以较大信息量等特色为广大读者服务, 欢迎广大读者踊跃投稿、订阅。

本刊逢单月末出版, 48 页, 常年办理征订业务, 每期国内定价 6.00 元, 全年定价 36.00 元(含邮费), 本刊 2003 年国内外公开发行, 总发行处: 兰州市报刊发行局, 邮发代号: 54-123。需订单位和个人可从全国各地邮局订阅(或直接与编辑部联系)。

联系电话: (0931) 8277791 传真: (0931) 8275743 电子信箱: Hjkx@ns.lzb.ac.cn

地 址: 中国科学院资源环境科学信息中心; 兰州市天水路 342 号 邮 编: 730000