

山东胶莱盆地金矿床地质特征及找矿方向

刘玉强 杨东来 黄太岭 李 军 史 辉

(山东地质矿产勘查开发局, 济南)

提 要: 胶东是我国重要产金基地, 多年来已在胶北隆起寻找到破碎带蚀变岩型(焦家)和石英脉型(玲珑)金矿近千吨, 近年来又在胶莱盆地东北缘找到了蓬家乔和发云乔金矿床。蓬家乔金矿床产于具有滑脱拆离性质的盆缘断裂中, 发云乔金矿床则产于盆缘断裂上盘的莱阳群砾岩层间。初步的类比认为, 胶东地区的焦家式、玲珑式、蓬家乔式和发云乔式金矿是在早白垩世同一区域构造应力场下的产物, 它们可能属同一矿床组合。综合信息分析表明, 胶莱盆地周缘, 尤其是盆地的东北缘和西北缘, 蕴含着蓬家乔式和发云乔式金矿的找矿远景。

关键词: 地质特征 找矿方向 金矿 胶莱盆地

山东省是我国金矿探明储量和金产量的重要大省。50~60 年代以寻找石英脉型金矿(玲珑)为主, 60 年代末至 80 年代随着破碎带蚀变岩型(焦家)的发现, 先后在胶北隆起的招液、牟乳两个地区的三山岛-苍上、龙口-莱州、招远-平度、西林-陡崖、牟平-乳山五条断裂带上, 近 100 km 长的范围内发现几十个大型金矿床, 共探明近千吨金矿储量。每次新思路的出现都将引起新类型的发现并获得具大的金矿储量。近年来, 山东地质工作者认为胶莱盆地北侧盆缘断裂是找矿有利地带, 并在 1996 年提交了蓬家乔金矿(20 t)和郭城土堆金矿(6 t), 紧接着又发现早白垩世砾岩中也含矿, 并探明具有 12 t 金储量的发云乔金矿床(图 1)。新的发现, 又引起新的思考, 近期对资料重新认识后, 发现整个胶莱盆地周边的控盆盆缘断裂和盆内砾岩广大分布地区普遍具有金矿化, 因此推断胶莱盆地本身及其周边一定范围有其巨大的找矿前景。这是对山东金矿认识的又一次飞跃, 可能将形成一次新的找金突破。

1 矿床地质特征

1.1 蓬家乔金矿床

该矿床位于胶莱盆地东北缘(图 1)具有滑脱拆离性质的控盆盆缘断裂中(图 2、图 3)。该断裂在蓬家乔地区呈一向南凸出的弧形, 其西段走向北西西, 东段走向北东东, 显示为一宽 20~300 m 的剥离断层。断层的南部(上盘)是早白垩世莱阳群砂砾岩, 北侧则是下元古界荆山群变质杂岩及元古宙花岗岩。该断裂长 4 km 左右, 两端分别为北东向断裂所截。断裂破碎带内由碎裂岩化的古元古代荆山群石墨石英片岩、大理岩、长英质碎裂岩、黄铁矿化构造角砾岩组成。其间充填有多条煌斑岩脉及闪长岩脉。断裂倾向南, 浅部倾角陡(40°~50°), 向深变缓为 15°, 呈犁式。破碎带内普遍有硅化、绢英岩化、黄铁矿化、绿泥石化、碳酸盐化

第一作者简介: 刘玉强, 1957 年生, 硕士, 教授级高工, 一直从事找矿与勘探工作。邮政编码: 250013

1999-01-06 收稿, 1999-05-03 修改回

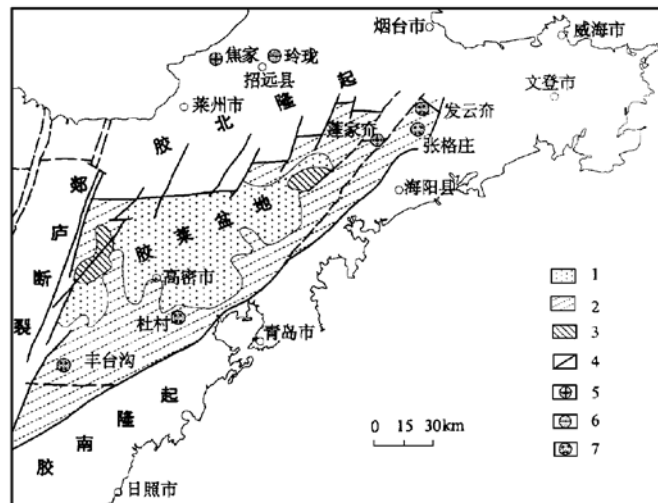


图 1 山东胶东地区构造分区及金矿分布略图

1—第四系；2—下白垩统；3—下元古界；4—断裂；5—破碎带蚀变岩型金矿；
6—含金石英脉型金矿；7—蚀变砾岩型金矿

Fig. 1. Geological sketch map of Jiaodong area in Shandong Province, showing tectonic divisions and distribution of gold deposits.

1—Quaternary; 2—Lower Cretaceous; 3—Lower Proterozoic; 4—Fault; 5—Altered rock type gold deposit in shattered zone; 6—Auriferous quartz vein type gold deposit; 7—Altered conglomerate type gold deposit.

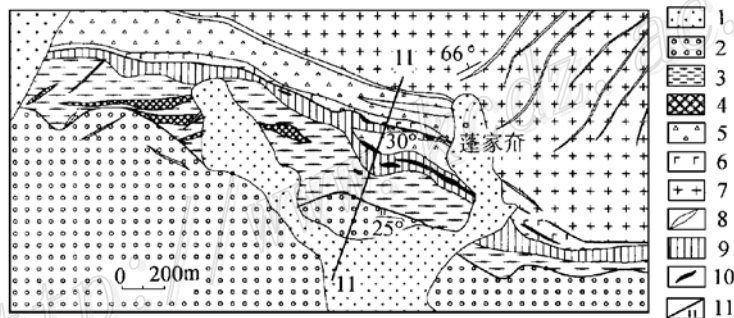


图 2 蓬家矿金矿区地质图

(据山东第三地质矿产勘查院资料修编)

1—第四纪砂、砂砾、含砾粘土；2—早白垩世莱阳群灰黄色砾岩；3~6—古元古代荆山群；3—石墨石英片岩；4—白云石大理岩；5—长英质碎裂岩；6—角闪闪长岩；7—元古宙弱片麻状二长花岗岩；8—闪长岩；9—黄铁矿化长英质构造角砾岩；10—金矿体；11—剖面线位置及编号

Fig. 2. Geological map of the Pengjiakuang gold ore district.

1—Quaternary sand, sandy gravel and gravel-bearing clay; 2—Grayish yellow conglomerate of Early Cretaceous Laiyang Group; 3~6—Paleoproterozoic Jingshan Group; 3—Graphite quartz schist; 4—Dolomite marble; 5—Felsic cataclasite; 6—Hornblende diorite; 7—Proterozoic weak gneissic monzonitic granite; 8—Diorite; 9—Pyritized felsic tectonic breccia; 10—Gold orebody; 11—Location and serial number of geological section line.

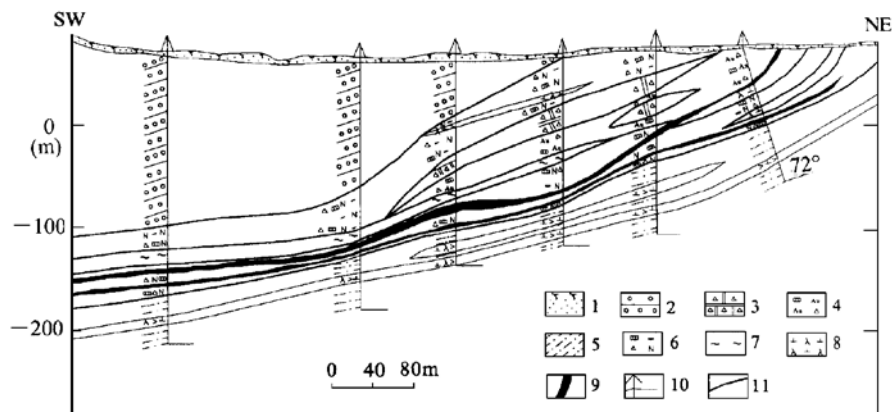


图3 蓬家乔金矿区11号勘探线地质剖面图

(据山东第三地质矿产勘查院资料修编)

1—砂质粘土；2—早白垩世莱阳群砾岩；3—碎裂白云石大理岩；4—含金黄铁硅化构造角砾岩；5—元古宙荆山群糜棱岩；6—黄铁矿长英质碎裂岩；7—揉皱石墨石英片岩；8—闪长玢岩；9—金矿体；10—钻孔位置；11—断层

Fig. 3. Geological section along No. 11 exploration line of the Pengjiakuang gold ore district.

1—Sandy clay; 2—Conglomerate of Early Cretaceous Laiyang Group; 3—Cataclastic dolomite marble; 4—Auriferous pyrite silicified tectonic breccia; 5—Mylonite of Proterozoic Jiangshan Group; 6—Pyrite felsic cataclasite; 7—Wrinkled graphite quartz schist; 8—Diorite porphyrite; 9—Gold orebody; 10—Location of drill hole; 11—Fault.

等蚀变，具工业意义的金矿体只存在于剥离断层中的黄铁矿化、硅化长英质碎裂岩段中，矿体上部直接与残存的石墨石英片岩接触。石墨石英片岩可能在成矿时提供热液隔挡，改变介质条件，并对金具吸附作用，此也为剥离构造产生的岩性薄弱部位。矿体产状与断裂构造带产状一致。已圈定金矿体6个，它们在平面和剖面上均呈透镜状，但沿断裂带蚀变矿化稳定连续。单矿体长300~400 m，厚0.39~19.45 m，最厚达30余米，已控制矿体最大倾斜延伸800 m，仍无尖灭趋势。矿体中金品位 $1.0 \times 10^{-6} \sim 26.80 \times 10^{-6}$ ，最高 38.9×10^{-6} 。矿体形态有一定的变化规律，沿走向每隔50~150 m出现一次膨缩，沿倾向每隔150~250 m出现一次膨缩，这种纵横方向上透镜体的变化规律对指导找矿具有重要意义。已探求矿石量600余万吨，金属量大于20 t，现正在露天开采。矿石的矿物成分较复杂，金属矿物主要为黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、银金矿等，脉石矿物为石英、长石、绢云母、方解石、白云石、绿泥石等。矿石结构为压碎结构、自形—半自形结构，主要构造有浸染状、角砾状、块状构造等。矿石中除含Au外，尚含Ag $1 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 、Cu 0.01%~0.1%、Pb 0.01%~0.08%、Zn 0.01%~0.05%、S 5%~15%等。矿石类型为黄铁矿长英质构造角砾岩型。

1.2 发云乔金矿床

该矿位于胶莱盆地东北缘北东向与北西向滑脱拆离断裂带上盘的早白垩世莱阳群砾岩中(图4、图5)。矿区东北和西北部为古元古代糜棱岩化的弱片麻状二长花岗岩和古元古代荆山群硅化大理岩残片。矿区南部广泛分布着早白垩世莱阳群砾岩。除北东与北西盆缘断裂之外，矿区内还发育不同方向的断裂。根据其于莱阳群地层的关系，这些断裂可分为顺层的(N-E向)和切层的(NNW和近SN向)两组。它们的走向延长一般在100 m左右，最长者近700 m，

破碎带宽一般不足 1 m, 由碎裂的各种岩石组成, 断面平直, 大多显示为左旋性质。沿这些断裂, 不但充填有各种方向的脉岩 (辉绿岩、闪长玢岩、煌斑岩脉等), 而且还分布着多个含金蚀变岩透镜体 (含金黄铁矿化绢英岩化砾岩)。地表砾岩浅黄色, 可略显大型交错层理, 砾径大小不一, 多 20~50 cm, 最大 1 m 左右, 颗粒支撑, 显示洪积扇砾岩特征。

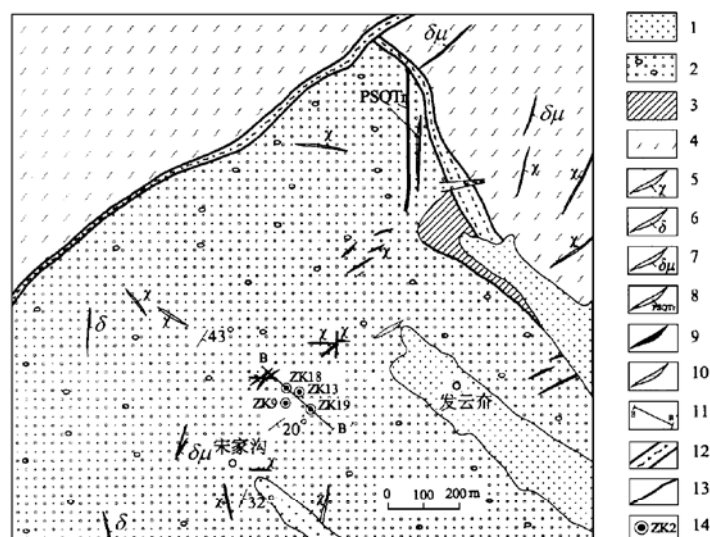


图 4 发云介金矿区地质图

(据山东第三地质矿产勘查院资料修编)

1—砂、砂砾、含砾粘土及亚粘土; 2—早白垩世杂色砾岩; 3—古元古代荆山群硅化大理岩; 4—弱片麻状二长花岗岩 (花岗质糜棱岩); 5—煌斑岩脉; 6—闪长岩脉; 7—闪长玢岩脉; 8—黄铁矿化绢英岩化碎裂岩; 9—含金黄铁矿化绢英岩化砾岩; 10—金矿体; 11—剖面线位置及编号; 12—断裂挤压破碎带; 13—断层; 14—钻孔及编号

Fig. 4. Geological map of the Fayunkuang gold ore district.

1—Sand, sandy gravel, gravel-bearing clay and mild clay; 2—Early Cretaceous varicolored conglomerate; 3—Silicified marble of Paleoproterozoic Jingshan Group; 4—Weak gneissic monzonitic granite (granitic mylonite); 5—Lamprophyre vein; 6—Diorite vein; 7—Diorite porphyrite vein; 8—Pyritized phyllic cataclasite; 9—Pyritized phyllic conglomerate; 10—Gold orebody; 11—Location and serial number of geological section line; 12—Fractured compressive shattered zone; 13—Fault; 14—Drill hole and serial number.

矿床中围岩普遍具硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化蚀变, 地表见多处含金的蚀变岩, 其主要分布于莱阳群砾岩中。钻探施工发现, 砾岩中的深部金矿化优于地表的金矿化。目前, 已在地表矿化较密集的矿区中部砾岩中施工了 15 个钻孔, 有 13 个钻孔见矿。并圈出矿体数个。矿体走向北东, 倾向南东, 倾角 10° 左右。单矿体最大长度 400 m, 斜深 600~700 m, 一般金品位 $1.0 \times 10^{-6} \sim 15.3 \times 10^{-6}$, 最高可达 70.44×10^{-6} , 位于矿床西南部的 ZK18、ZK9、ZK19、ZK13 孔所圈的矿体平均品位 8.49×10^{-6} , 平均厚 9.40 m。已控制金储量 12 t, 极具远景。该矿床中的金工业矿体全部呈似层状, 基本顺砾岩层间分布。该矿目前正在开采之中, 浅部采矿工程中高品位金矿体一般呈小规模囊状体, 这类矿囊总是顺着砾岩层间断续分布, 从而构成一个较大的金矿化体。但大部分的富金矿囊都受多条切层断裂控制。

在矿区中部莱阳群砾岩中施工的钻孔中,几乎所有的莱阳群砾岩都或多或少地具绢英岩化蚀变和浸染状黄铁矿化。采样分析表明,除主要的金矿层外,在不少钻孔中还有多个金的副矿层(最多的钻孔可达15层)。这些矿层与砾岩(非矿层)之间呈非自然边界,完全靠采样圈定。最下部的矿层见之于砾岩最底部,再往下则是滑脱拆离破碎带和盆地基底——荆山群变质杂岩(图5)。

矿石矿物成分较复杂,金属矿物主要有黄铁矿,少量方铅矿、黄铜矿、磁黄铁矿、自然金等矿物呈不规则粒状、片状、树枝状分布在砾岩中的胶结物内或黄铁矿和褐铁矿裂隙中,粒度一般在0.01~0.10 mm之间。大部分矿石明显具有定向组构,表现为绢云母、绿泥石片状矿物的定向排列,黄铁矿常沿片理面方向构成定向条带。脉石矿物与原岩成分相同。矿石类型为蚀变砾岩型。总之,发云乔矿床的矿体沿冲洪积扇相砾岩层间产出,金属矿物主要分布于填隙的胶结物中,显示其具一定的同沉积成因。但矿石的定向组构及富金矿囊受到切层断裂的控制,显示它们明显具后生成矿作用特点。

2 矿床类比和矿床组合

2.1 发云乔金矿床与南非维特瓦特斯兰德金矿床类比

胶莱盆地中发云乔金矿床与南非维特瓦特斯兰德金-铀砾岩超大型金矿床相比,二者在盆地形成过程,以及盆地基底地层、盆地形态、盆地沉积特点、含矿层分布、矿床特征、矿石类型、金属矿物组合、金的特征、主要蚀变矿物等方面都有可比性(表1)。但两者在盆地规模及成矿作用上有较大差别。兰德砾岩型金矿以同生沉积为主要特征,后期热液作用极弱,沉积和热液两大派一直争论,较有影响的“改进砂矿”说认为在成岩作用和区域变质作用期间,某些砾岩组分被活化和改造,沉积结构变得模糊,结果变成类似于热液成因的外貌^①。而胶莱盆地规模和沉积厚度明显小于兰德盆地。发云乔金矿成因复杂,除同生沉积成矿作用外,后生热液活动极强烈,可能以后生成矿

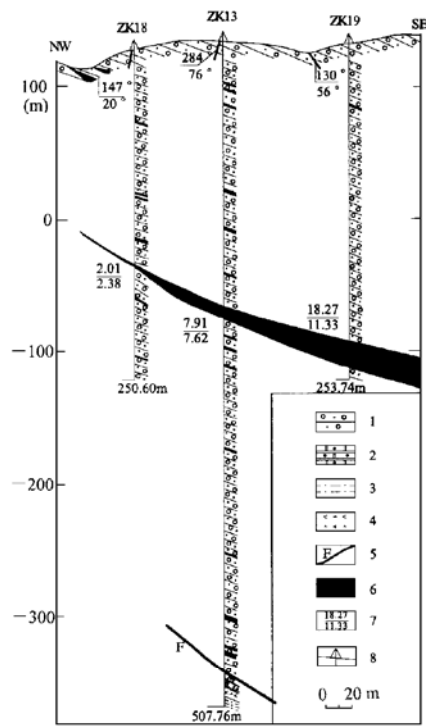


图5 发云乔矿区B-B'地质剖面图

(据山东第三地质矿产勘查院资料修编)

1—早白垩纪砾岩;2—硅化大理岩;3—糜棱岩;4—角闪闪长岩;5—断层;6—金矿体;7—矿体(分子:真厚度/m;分母:品位/ 10^{-6});8—钻孔

Fig. 5. B-B' geological section of the Fayunkuang gold ore district.

1—Early Cretaceous conglomerate; 2—Silicified marble; 3—Mylonite; 4—Hornblende; 5—Fault; 6—Gold ore-body; 7—Orebody (numerator: real thickness/m; denominator: grade/ 10^{-6}); 8—Drill hole.

① 史业新, 1986, 南非维特瓦特斯兰德金铀砾岩矿床, 内部资料

作用为主。需要说明的是，在胶莱盆地中找矿工作现在刚刚开始，随着勘查工作的深入，也许会发现新含矿层位。

表 1 兰德金矿与发云乔金矿床特征对比表

Table 1. Comparison between the Lande gold deposit and the Fayunkuang gold deposit

矿床	南非维特瓦特兰德	胶莱盆地发云乔
大地构造位置	开普瓦尔构造区(地台)中的兰德盆地,属深大断裂附近的古地台断块边缘	胶辽台隆中的胶莱盆地,属郯庐深大断裂带附近的古地台断块边缘
盆地基底	太古宙变质杂岩,以及花岗岩穹隆	太古-元古宙变质杂岩以及花岗岩
盆地形态	走向 NE,长轴 350 km,NW 向短轴 200 km	走向 NE,长轴 280 km,NW 向短轴 105 km
控盆的盆缘断裂	有同沉积特点,多期活动的正断层,具有下滑特点的深大断裂,盆内外高差大	NE 向走滑断裂系统,同沉积期为犁式正断层,后期又发生过多次活动,盆内外高差较大
盆地沉积特点	元古宇碎屑岩系,厚约 14 km。底部为碎屑岩和熔岩。下部为碎屑岩、石英岩。中部为火山熔岩、火山碎屑岩。上部为碎屑岩、火山岩	中生界碎屑岩系,厚>6 km。具拉分盆地沉积特点,下部为快速相变的页岩-砂砾岩组合(莱阳群),中部为火山岩组合(青山群),上部为红色砂砾岩夹富碱的中基性火山岩组合(王氏群)
含矿层分布	共 10 余层,均分布在冲积扇砾岩中。在砾岩层下部,特别碳质较多部位富集	在莱阳群底部砾岩中呈多层分布
矿体特征	趋向盆地边缘,不连续,平面为透镜状,长 10~10000 m,厚 0.01~10 m,延深大,金平均品位 10×10^{-6} 左右	盆地边缘,沿层不连续,平面为透镜状,长 50~400 m,厚 0.1~9 m,倾向延深大于 600~700 m。金平均品位 $1.0 \times 10^{-6} \sim 15.3 \times 10^{-6}$,常受断裂控制
矿石类型	含金-铀砾岩型或含金砾岩型	含金砾岩型
金属矿物组合	多达 77 种、复杂。主要有自然金、黄铁矿、沥青铀矿、毒砂、辉砷钴矿、方铅矿、磁黄铁矿、辉砷镍矿等,约占金属矿物的 99%	较复杂,主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、银金矿等
金的特征	细粒为主,0.005~0.5 mm,主要赋存于胶结物或呈细脉穿插在石英砾石中,分布不均匀	细粒为主,0.0022~0.1 mm,主要浸染在胶结物中或沿黄铁矿、石英晶隙与裂隙分布,不均匀
主要蚀变矿物	绢云母、绿泥石、硫化物	绢云母、绿泥石、石英、硫化物

2.2 与玲珑和焦家金矿床类比

简单的类比表明，焦家、玲珑、蓬家乔、发云乔金矿床，既存在着许多相同之处，但也存在着许多差异（表 2）。它们在围岩蚀变、矿石成分、矿化阶段以及矿石结构构造上，具有近似的特点。但在容矿岩石、矿体产状、矿石类型及矿化特征上，都存在着较大的差别。这种差别，可能与它们在区域构造中所处的部位不同有关。

焦家式和玲珑式金矿床是产于胶北隆起中的破碎带蚀变岩型和石英脉型金矿床。前者受控于北东向控矿主断裂，产于破碎带内蚀变岩中，矿体较稳定、形态较简单、规模大、品位低；后者则受控于北东向控矿主断裂下盘伴生、派生的低级别、低序次断裂，产于这类伴生或派生断裂内的石英脉中^[1]，矿体变化大、规模小、形态复杂，但品位较高。大多数研究者均认为，太古-元古宙富金变质地层、燕山期郭家岭超单元花岗岩类侵入体、以及北东向断裂构造系统，为焦家式和玲珑式金矿提供了初始矿源层、主要的含矿热液及导矿、容矿构造空间^[2,3]。发云乔式金矿床和蓬家乔式金矿床则是产于胶莱盆地边部，受控于盆缘断裂的蚀变砾岩型和破碎带蚀变岩型金矿床。后者位于盆地的外侧，矿体较稳定、形态较简单、规模大、品位稍低；前者产于盆内，矿体呈似层状顺砾岩层间分布，但富矿囊形态复杂、变化大、品位

高。对发云乔和蓬家乔金矿床而言,除太古-元古宙富金变质岩初始矿源层外(位于盆地底部和盆地外侧),莱阳群砾岩很可能是再生矿源层,因为盆地周边的太古-元古宙地层是冲洪积沉积砾岩的主要物质补给源,莱阳群的金的高丰度(参见后述)可能与此有关。早白垩世火山-侵入岩浆活动,可能为发云乔、蓬家乔金矿床提供了热源(两矿区中大量脉岩可能是这类岩浆活动的反映),控盆的盆缘断裂系统,则为发云乔、蓬家乔金矿床提供了导矿和容矿空间。同焦家与玲珑金矿床存在着差异一样,发云乔与蓬家乔金矿也存在较大的差异,前者的差异可能主要由于它们控矿构造的序次不同,后者的差异也可能缘于控矿构造的序次,即蓬家乔金矿直接受控于盆缘断裂,发云乔金矿则受盆缘断裂旁侧的层间构造控制。

表 2 焦家、玲珑金矿床与蓬家乔、发云乔金矿床对比表

Table 2. Characteristics of Jiaojia, Linglong, Pengjiakuang and Fayunkuang gold deposits

矿 床	焦 家	玲 珑	蓬家乔	发云乔
产出构造部位	胶北隆起 NE 向主控矿构造带内	胶北隆起 NE 向主控矿构造下盘伴生、派生低级别、低序次断裂中	胶莱盆地北缘,NW 向控盆的盆缘断裂带中	胶莱盆地东部,近盆缘断裂的早白垩世砾岩层中
容矿岩石	黄铁绢英岩化糜棱质碎粒岩、碎裂岩、构造角砾岩	石英脉或含黄铁矿石英脉	黄铁矿化长英质构造角砾岩	蚀变的冲洪积扇砾岩
矿体形态	简单带状	透镜状或豆荚状	单个矿体透镜状,多个矿体沿断裂构成稳定的带状	层状、似层状
矿体规模	长 1000 m,宽 3~10 m,延伸 1500 m 以上	长数百余米,宽多数小于 2 m,最大延伸 300 m	长 400 m,宽 9~38 m,延伸大于 800 m	长 400 m,宽 8~20 m,延伸大于 600 m
矿体产状	NEE 为主,其次 NE 走向,倾角 25°~42°	NE 走向,倾角 70°~85°	NWW 走向,倾角陡(40°~50°)下缓(15°)	近 NE 走向,倾角为 10°左右
矿化特征	浸染状连续矿化	散点状、细脉状不连续矿化	浸染状连续矿化	浸染状,偶见细脉状,不甚连续矿化
矿体品位/ 10^{-6}	5~10	10~20	5~10	1~15
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	晶粒状、填隙结构,致密块状、脉状构造	晶粒结构、压碎结构,浸染状、块状构造	填隙结构,浸染状、脉状构造
矿石类型	浸染状黄铁、绢英岩化花岗质碎裂岩型	含金黄铁矿石英脉型,少量含硫化物(Cu、Pb、Zn)石英脉型	黄铁矿长英质构造角砾岩型	含金蚀变砾岩型
矿石矿物成分	金属矿物:黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、自然金、银金矿、金银矿 非金属矿物:石英、绢云母、长石、方解石			
围岩蚀变	硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸岩化、绿泥石化			
矿化阶段	(1) 黄铁矿-白色石英阶段;(2) 金、灰色石英-黄铁矿阶段;(3) 金-石英多金属硫化物阶段; (4) 石英-碳酸盐阶段			
与太古-元古宙变质岩的关系	变质岩一般位于控矿断裂上盘,少数矿体分布其中	位于其中		残存在盆地基底
与侵入岩的关系	燕山期郭家岭超单元花岗闪长岩($120\times 10^6\sim 126\times 10^6$ a) ^[4]		可能与青山群火山岩($118.6\times 10^6\sim 127.5\times 10^6$ a)及同期的燕山晚期侵入岩有关	

已经发表的大量同位素测年数据表明,焦家和玲珑金矿的主成矿期为 $88 \times 10^6 \sim 135 \times 10^6$ a^[2,3,5]。郭家岭型花岗岩是与焦家和玲珑矿床成矿关系密切的花岗岩类侵入体,这一认识目前已被大多数学者所接受,根据关康等^[4]最近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 $120 \times 10^6 \sim 126 \times 10^6$ a 之间,属早白垩世。蓬家乔金矿床矿体主要受莱阳盆地盆缘断裂控制,其成矿年龄显然属白垩世,孙丰月等测得蓬家乔金矿的蚀变绢云母 K-Ar 年龄为 $(100.59 \pm 1.96) \times 10^6$ a (转引自沈远超等^[6]),也属早白垩世。胶莱盆地内青山群相当层位火山岩中黑云母的 K-Ar 年龄为 $118.6 \times 10^6 \sim 127.5 \times 10^6$ a^[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,其成矿时代也可能为早白垩世。上述数据表明,无论是产于胶北隆起中的焦家和玲珑金矿床,还是产于胶莱盆地中及盆地边缘的发云乔和蓬家乔金矿床,它们的主成矿期可能均属早白垩世。

2.3 胶东金矿矿床组合

前述数据表明,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早白垩世。正如沈远超等^[6]指出的那样,虽然不同学者对胶东地区中生代构造的运动方向有分歧,但他们(如马杏垣等,1991;李思田等,1990;刘若新等,1990;陈先沛等,1994)对区内北东向断裂系统在晚侏罗-早白垩世期间的走滑性质却是认同的。莱阳盆地是在走滑断裂控制下的 S 型拉分盆地^[6],而胶北地区则是在这一时期相对于莱阳盆地而言的隆起区。由此而言,胶北隆起和胶莱盆地在晚侏罗-早白垩世时期,受同一构造应力场的作用,形成一套互为联系的控矿的构造、岩浆系统。在胶北隆起区,北东向走滑断裂与东西向古构造系统的复合,形成总体为北北东走向的开阔的 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^[1]。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-侵入岩浆活动,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。由此我们可以进一步推论,胶东地区的焦家、玲珑、蓬家乔和发云乔式金矿床,可能属于同一个矿床组合。当然,这个矿床组合中还可能包括更多的矿床式。

3 胶莱盆地砾岩型金矿找矿方向

胶莱盆地位于郯庐深大断裂以东,是中朝地台的胶辽台隆中的胶北与胶南隆起间的胶莱坳陷(盆地)。其长约 280 km,最大宽 105 km,面积约 20000 km²,跨潍坊、青岛、日照、烟台、威海 5 个地市(图 1)。盆地形状为北东向的菱形,盆地边界多为平直的倾角 20°~50°缓倾的正断层,构成了似地堑式构造,堑内地层倾角多 10°~30°,局部可达 45°。由于盆地中心出现大量的北东向带状分布的偏碱性至酸性、中基性火山岩,因此在盆地基底肯定存在陡立的深断裂,此断裂带与盆地浅部出现的缓倾正断层,一起组成了负花状构造^[4]。

3.1 盆地充填序列

太古-元古宙的变火山-沉积岩系呈东西向分布并构成盆地基底,已有的研究结果认为其属胶东金矿的初始矿源层。盆内白垩纪沉积了三套碎屑岩,总厚度达 6000 余米:其下部莱阳群为一套灰色冲洪积砾岩,厚度 1500 m,是重要的赋矿层位,发云乔金矿赋存其中;中部青山群为一套中基性、中酸性火山岩夹砂页岩,厚 1600 m;上部王氏群为一套紫色粗碎屑岩系,

夹富碱的中基性火山岩组合,厚度约 3000 m。盆内与盆外隆起高差大,盆内砾岩呈低山丘陵、沟谷纵横,后期断层清晰可见,这些都说明在成盆时和成盆后,构造和岩浆频繁活动,盆内的砾岩孔隙、层间及断裂裂隙构造,为成矿热液提供了通道和赋存空间。

3.2 区域地球物理场特征

郯庐断裂带以东地区,在区域地球物理场上可分为北、中、南三个区,其重、磁场主要特征表现为(图6、磁场图略):

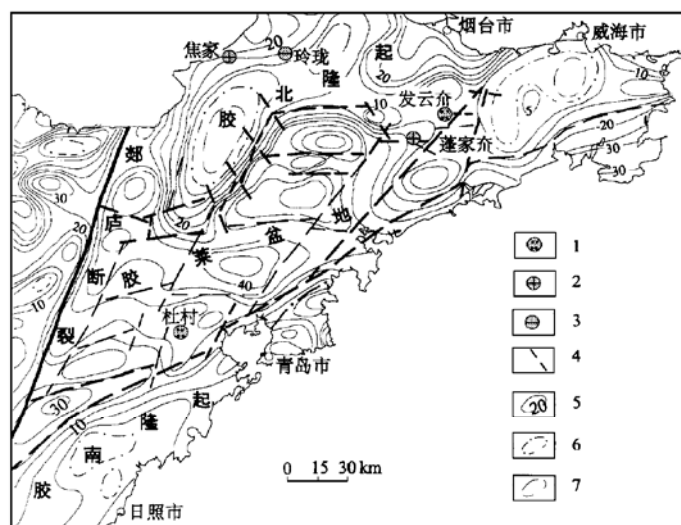


图6 山东胶莱盆地布格重力异常平面图

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—解释断裂; 5—正毫伽等量线;
6—零毫伽等量线; 7—负毫伽等量线

Fig. 6. Bouguer gravity anomaly map of Jiaolai basin, Shandong Province.

1—Altered conglomerate type gold deposit; 2—Altered rock type gold deposit in shattered zone; 3—Auriferous quartz vein type gold deposit; 4—Interpreted fault; 5—Positive milligal isocontour; 6—Zero milligal isocontour; 7—Negative milligal isocontour.

(1) 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。

(2) 中部区: 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。重磁场总体呈北东展布, 其内部分为多个重力和磁力局部异常区, 平面上大体呈东西等距排列。这些异常区重、磁基本对应。胶东布格重力异常平面图明显反映出, 胶莱盆地总体显示出: 在北东向的盆地内部, 有3个东西走向的次级盆地, 说明胶莱盆地具有北东向和东西向构造复合特点。航磁资料也反映这一构造格架。进一步研究次级构造分布、位置等特点, 对矿床定位有重要意义。物探综合解释图上(图7), 反映太古-元古宙变质地层在盆地底部还有残存, 岩浆岩体也有分布, 特别在靠盆缘的盆内其分布普遍而广泛并呈北东向展布。同时展示了盆内以北北东为主, 北西、东西向次之, 共同构成了网格状断裂构造系统。这些解释资料说明, 在胶莱盆地边缘和下部都有与胶北隆起成矿相同的

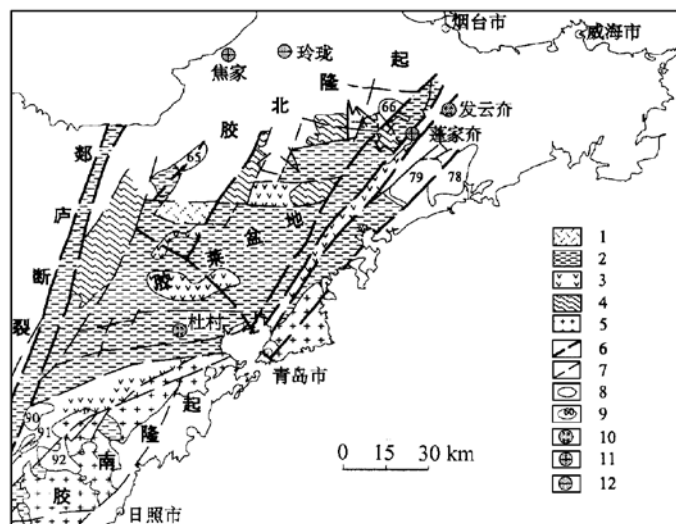


图 7 山东胶莱盆地综合解译图

1—新生代构造层；2—中生代无磁性构造层；3—中生代有磁性构造层；4—元古宙构造层；5—燕山期花岗质岩石；6—推断一级断裂；7—推断二级断裂；8—推断复式岩范围；9—推断岩体范围及编号；10—砾岩型金矿；11—破碎带蚀变岩型金矿；12—含金石英脉型金矿

Fig. 7. Composite interpretation map of Jiaolai basin, Shandong Province.

1—Cenozoic structural layer; 2—Mesozoic nonmagnetic structural layer; 3—Mesozoic magnetic structural layer; 4—Proterozoic structural layer; 5—Yanshanian granitic rock; 6—Inferred first-order fault; 7—Inferred second-order fault; 8—Limits of inferred multiple rock body; 9—Limits and serial number of inferred rock body; 10—Conglomerate type gold deposit; 11—Altered rock type gold deposit of shattered zone; 12—Auriferous quartz vein type gold deposit.

有利地质条件，即太古-元古宙老地层、构造（东西与北东向的构造复合）、热源（燕山期花岗岩侵入体）三位一体成矿条件。

（3）南部区：重力低、磁场跳跃。重力值为 $-20 \times 10^{-5} \sim 0 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ，磁场值为 $-200 \sim 200 \text{ nt}$ 。该区对应胶南隆起。

三分界处重、磁场有两个特点，一为规模巨大的重力梯度带，二为重、磁场特征在其两侧显著不同。三个不同区域场的分界处是延深大、延伸长的断裂构造，且岩浆活动强烈。莫氏面在中部区相对隆起约 2 km。中生代时期沉积了巨厚砂砾石层。

3.3 地球化学场特征

表 3 给出了鲁东地区各地层单元或岩浆岩单元金元素地球化学的统计参数^①。从表中可看出，正常地层或岩体中，金丰度值较高的地层和岩体有青山群、莱阳群、太古-元古宙各地层，晋宁期花岗岩及燕山期侵入岩。除荆山群外，其余者离差及变异系数均较小，表明在没有热液作用的情况下，不易形成有工业意义的矿体。有矿化作用加入时，各地层及单元的金含量发生不同程度的增高，以莱阳群、荆山群、胶东群、郭家岭超单元和玲珑超单元金含量

① 山东省地质调查研究院，1996，山东省 1:20 万地球化学总结

提高较多,均大于 2.99×10^{-9} , 离差和变异系数增加更大,特别是莱阳群和郭家岭花岗闪长岩增加最大,表明与金成矿有关的热液活动强度增大,胶莱盆地下部及边部普遍分布有莱阳群砾岩层,是寻找金矿的有利层位。

表3 鲁东地区各地层和岩浆岩单元金元素地球化学统计参数

Table 3. Geochemical statistical parameters of gold in various stratigraphic and magmatic rock units of eastern Shandong area

地层或岩浆岩单元		金(剔除奇异值) ^①			金(未剔除奇异值) ^①		
		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
白垩纪	王氏群	1.46	0.49	0.33	1.50	0.57	0.38
	青山群	1.64	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
元古宙	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
	胶南群	1.63	0.45	0.28	2.98	6.06	2.03
太古宙	胶东群	1.80	0.95	0.53	4.47	11.88	2.65
燕山期	崂山超单元	1.82	0.67	0.37	2.16	3.11	1.44
	伟德山超单元	1.50	0.64	0.43	1.64	0.99	0.60
	郭家岭超单元	1.76	0.57	0.32	9.91	36.9	3.72
印支期	宁津所超单元	1.86	0.86	0.46	2.12	1.33	0.62
	文登超单元	1.47	0.52	0.36	5.40	27.8	5.14
晋宁期	玲珑超单元	1.62	0.81	0.50	13.9	53.7	3.88
	荣成超单元	1.55	0.57	0.37	2.55	4.37	1.94
阜平期	栖霞超单元	1.38	0.45	0.33	2.00	3.61	1.81

① 变异系数=标准离差/平均值

因大部分被第四系覆盖,在小比例尺的金地球化学图上,胶莱盆地总体上显示为金元素的低值区。但其中的一些地区,如盆地的东北缘,因莱阳群砾岩裸露,燕山期花岗岩侵入体发育,从而显示为金元素的高值区。但无论是金元素的高值区还是金元素的低值区,都存在着一批金元素的异常,环绕着胶莱盆地边部分布,它们沿盆缘断裂构成一巨大的金异常环带。目前已发现的蓬家乔和发云乔金矿床产于盆地东北缘的金元素高值区的异常区中,而在盆地南缘的金元素低值区的异常中,最近在杜村、丰台沟已有了新的找矿发现,因此,金低值区中的异常查证,可能会导致新的找金突破。

3.4 胶莱盆地金矿找矿方向

蓬家乔、发云乔金矿的勘查实践表明,它们的区域性勘查标志可以概括为源、层、热、裂、晕。即:矿源——太古-元古宙变质岩系,含矿层——冲洪积扇相的莱阳群砾岩层,热源——燕山期花岗质岩浆活动,导矿和容矿盆缘断裂系统,地球化学晕——金元素地球化学异常及重砂异常。地球物理解释显示,胶莱盆地的基底为太古-元古宙变质岩系及花岗岩类侵入岩,盆内也存在着北东与东西向复合的构造系统。地质填图及钻探资料已证实,胶莱盆地周边不但发育多次活动的盆缘断裂系统,而且发育莱阳群砾岩、太古-元古宙变质岩系残片及燕山期花岗岩侵入体。沿盆缘断裂分布的金异常环带则进一步为我们指明了金矿的勘查方向。

通过地质、物探、化探、遥感和已知矿床(点)的综合信息分析,我们认为,胶莱盆地周边的盆地内、外侧,具有较好的找金前景。按照信息量的大小及其对找金的贡献程度,我们已在盆地的周边圈定了4个工作区(图8中I、II、III、IV)和6个靶区(A、B、C、D、E、F)。初步的研究认为,盆地东北及西北缘金矿化埋藏浅,且发育Au、Ag、Cu、Pb、Zn和As、Sb、Hg等多元素组合异常,显示了较好的找矿前景,可以优先布置矿产勘查工作。

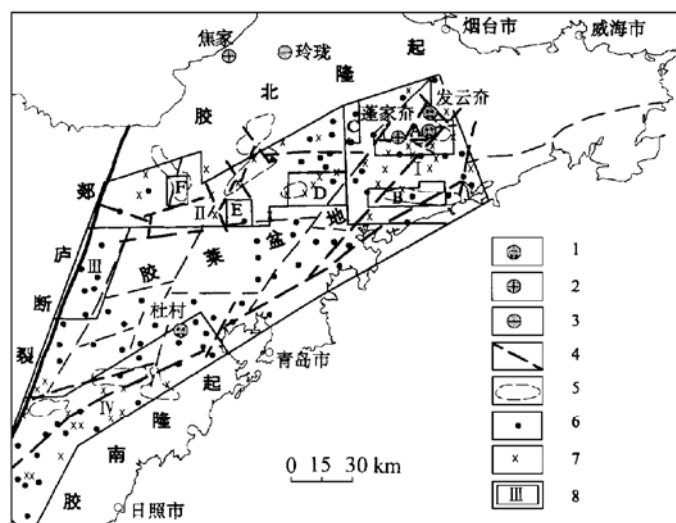


图8 山东胶莱盆地金矿综合信息

1—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—金预测单元; 6—金剩余异常中心;
7—重砂异常中心; 8—工区范围

Fig. 8. Integrated information map of gold deposits in Jiaolai basin, Shandong Province.

1—Conglomerate type gold deposit; 2—Altered rock type gold deposit in shattered zone; 3—Auriferous quartz vein type gold deposit; 4—Interpreted fault; 5—Predicted gold unit; 6—Center of residual anomaly of gold; 7—Center of placer anomaly; 8—Limits of working area.

参考文献

- 1 李宏骥. 胶东地区内生金矿的矿床类型及其构造控制与分布规律. 见: 山东省地质矿产局主编. 山东地质矿产研究文集. 济南: 山东科学技术出版社, 1996, 110~116.
- 2 常乃焕. 焦家式金矿特征. 见: 山东省地质矿产局主编. 山东地质矿产研究文集. 济南: 山东科学技术出版社, 1996, 117~127.
- 3 林文蔚, 赵一鸣, 赵国红等. 胶东西北部金矿控制因素. 矿床地质, 1997, 16 (2): 107~119.
- 4 关康等. 郭家岭型花岗岩地球化学系特征与金矿化的关系. 地质找矿论丛, 1997, 12 (4): 1~8.
- 5 谢宏远, 沈远超, 王岳军等. 山东三甲金矿的矿体变化特征及其找矿意义. 矿床地质, 1998, 17 (2): 165~171.
- 6 沈远超等. 山东蓬家金矿的基本地质特征及其找矿方向. 地质与勘探, 1998, 34 (5): 3~7.
- 7 李守军. 综合地层学在山东省中生代地层研究中的应用. 山东地质, 1998, 14 (4): 31~36.

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ORE-PROSPECTING TARGETS IN GOLD DEPOSITS OF JIAOLAI BASIN, SHANDONG PROVINCE

Liu Yuqiang, Yang Donglai, Huang Tailing, Li Jun, Shi Hui

(Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration, Jinan 250013)

Key words: geological characteristics, ore-prospecting target, gold deposit, Jiaolai basin

Abstract

Being a part of Jiaoliao antecline, Jiaodong peninsula comprises from north to south three second-order tectonic units, namely Jiaobei uplift, Jiaolai (depression) basin and Jiaonan uplift. In the past, a number of economic gold deposits were discovered in Jiaobei uplift, which can be roughly classified into altered rock type in the shattered zone (Jiaojia type) and quartz vein type (Linglong type). In recent years, the authors discovered Pengjiakuang gold deposit and Fayunkuang gold deposit on the northeastern margin of Jiaolai basin. The Pengjiakuang gold deposit occurs in epi-basin faults with decollement segregation character on the margin of Jiaolai basin, and the orebodies are consistent with faults in attitude and distributed discontinuously along faults in lenticular forms. Individual orebodies are 300~400 m in length, 0.39~19.45 m in thickness, and have gold grade of 1.0~26.8 g/t; native gold is disseminated in silicified, phyllic or carbonatized tectonic breccia, with proved gold reserves as high as 20 t. The Fayunkuang gold deposit occurs in conglomerate of Early Cretaceous Laiyang Group on the margin of Jiaolai basin, and the host rocks have been extensively subjected to silicification, pyritization, sericitization, carbonatization and chloritization. Orebodies stratoid in form occur gently (dip angle 10° or so) along interlayers of conglomerate. Individual orebodies have maximum length of 400 m, oblique extension of 600~700 m and gold grade of 1.0~15.3 g/t, with gold reserves 12 t. Mining practice reveals that gold-rich pockets are also controlled by several bed-cutting faults of different attitudes.

Comparative studies show that the principal ore-forming stages of Jiaojia type and Linglong type gold deposits in Jiaobei uplift and the Pengjiakuang and Fayunkuang gold deposits on the margin of Jiaolai basin might have exclusively occurred in Early Cretaceous. Being unexceptionally products of geological fluids formed by Late Mesozoic tectonomagmatic activities in Jiaoliao antecline, they belong to the same ore deposit association formed in the same tectonic environment and the same period.

An integrated evaluation of geological, geophysical and geochemical information on GIS platform suggests that Jiaolai basin is an area of fairly promising gold potential in Jiaodong peninsula. On the northeastern and northwestern margins of this basin, in particular, there exist excellent ore-hunting prospects for Pengjiakuang type and Fayunkuang type gold deposits.