

试论焦家式金矿

张裕之

焦家式金矿,又称之为破碎带蚀变岩型金矿,是近几年在胶东半岛发现的一个新类型金矿床。由于它的规模大,矿化稳定、集中,探采条件好,引起地质工作者的普遍重视。作者就焦家式金矿成矿地质条件作一初步分析,旨在促使这方面的讨论。

地质环境

焦家式金矿位于郯城—庐江断裂(山东境内称沂沭断裂)的东侧(图1),属新华夏系第二隆起带——胶东隆起区。区内最老地层为太古代胶东群,自下而上分为:①蓬莱组,岩石以黑云

母斜长片麻岩、黑云母变粒岩、斜长角闪岩组成,厚度8500余米;②民山组,岩石以黑云母变粒岩为主,夹斜长角闪岩、斜长角闪片岩,厚6270米;③富阳组,以黑云母片麻岩为主,夹磁石英岩,厚2700米。同位素年龄为17.21亿年。下元古界粉子山群是一套陆源碎屑海相沉积,岩石由黑云母片麻岩、二云母片岩、大理岩和石英岩组成。元古代的另一套地层是蓬莱群,浅变质,属砂质、泥质。碳酸盐建造,分布零星,呈角度不整合于粉子山群之上。区内缺失古生代地层,中生代地层仅局限于几个断陷盆地内。

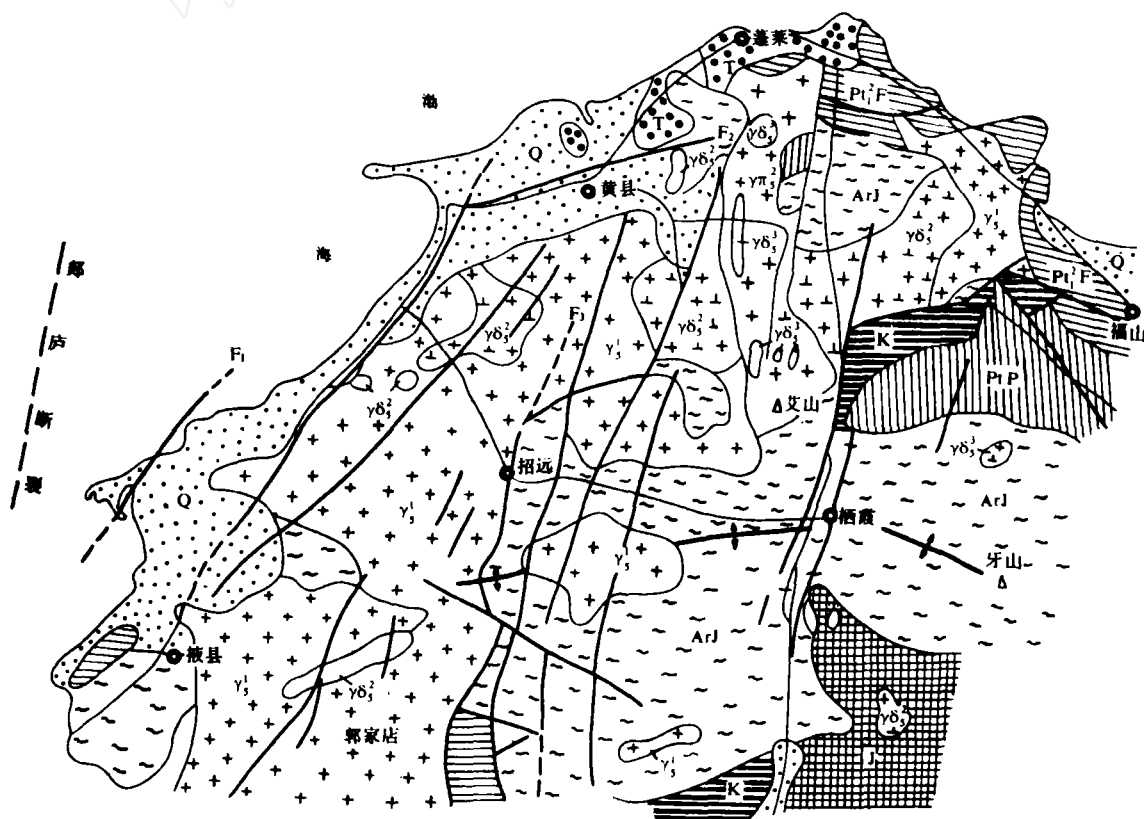


图1 胶东西北部地质略图

Q—第四系; T—第三系; K—白垩系; J—侏罗系; PtP—蓬莱群; Pt1f—粉子山群; ArJ—胶东群; $\gamma\delta_1$ —艾山花岗岩; $\gamma\delta_2$ —花崗斑岩; $\gamma\delta_3$ —郭家岭花岗岩; γ_1 —玲珑花岗岩; F₁—三山岛断裂; F₂—黄掖断裂; F₃—招平断裂

岩浆岩以中酸性花岗岩类岩石为主,玲珑花岗岩(γ_1^1)分布面积达2900余平方公里。由于成矿过程受东西向和东北向两大构造体系的控制,使岩体在黄县、招远、掖县、平度一带作“厂”字形岩基产出,与胶东群和粉子山群地层有侵入接触,也有和谐过渡,岩体中的老地层残留体具定向排列,与周围变质岩的片麻理产状基本一致。其次是郭家岭花岗闪长岩(γ_2^1)呈东西向侵入于玲珑花岗岩体中,岩石以富含角闪石和斜长石斑晶为特征。以上两种花岗岩的成因,根据我队和许多单位从岩体分布、岩石学、岩石化学和地球化学诸方面的研究结果,认为两者是属于同一成因不同阶段的混合岩化、花岗岩化的产物,唯郭家岭花岗闪长岩更具壳源深熔再生岩浆的特点,而且与焦家式金矿有密切的时空联系。

区内构造以东西向褶皱和东北向断裂最发育,轴向近东西的栖霞复背斜横亘全区,是本区形成最早的构造骨架。东北向构造是指新华夏系的一些断裂构造,属于郯庐断裂的次一级构造或派生构造,反接复合于东西构造带之上,在本区内形成一系列S型断裂,对焦家式金矿的形成起控制作用。

成矿条件

1. 金质来源 目前对这个问题认识不一,有主张金来源于胶东群地层;有主张来源于玲珑、郭家岭侵入体;也有主张两者兼而有之,现就以下事实提出几点看法:

第一个事实,焦家式金矿床的产生和分布几乎都限制在一个不太大的固定地区,形成条件一样。在成矿规律和预测找矿方面,我们认真研究了已知矿床的矿化条件之后,就矿床的成带分布,集中产出的特点,按照就矿找矿的原则,确实在已知矿床附近找到了许多盲矿体和新矿床。

第二个事实,根据测定胶东群地层的含量来看,该地层总厚度在17000米以上,岩石组合是黑云母变粒岩,占岩层总厚度的46.18%,含金0.023ppm,斜长角闪岩占31.02%,含金0.17ppm,黑云母片岩占19.64%,含金0.021ppm。其他岩石中金的含量略高于地壳的丰度值。总的来看,

胶东群变质岩中的金要比地壳丰度值高3~8倍。其他金属元素含量平均值是,Ag0.021ppm、Pb24ppm、Zn104ppm、Ti2337ppm,都比地壳丰度值高。出现这样一个金及多金属地球化学异常区,对形成金矿的物质来源是得天独厚了。

第三个事实,作为焦家式金矿的围岩——玲珑花岗岩和郭家岭花岗闪长岩,是出于不同地层,不同原岩,在同一混合岩化、花岗岩化阶段形成的时间先后不同的产物。玲珑花岗岩的原岩以黑云母变粒岩为主,郭家岭花岗闪长岩原岩是以斜长角闪岩为主。前者含金0.016ppm,后者含金0.037ppm,比地壳丰度值都高出5~10倍。还有一个值得注意的现象是,最近测得三山岛矿区矿石中铅同位素年龄为8.22亿年,但作为其围岩的玲珑、郭家岭岩体的K—Ar年龄和U—Pb年龄只有1.45~1.91亿年。显然此铅是来自地下古老基底地层。即在花岗岩形成过程中,经由热液环流溶解后带至地壳浅部,在含矿热液内沉淀下来。

第四个事实,焦家式金矿往往沿袭玲珑、郭家岭岩体与胶东群地层接触带内侧发育的断裂带分布,矿床总是与地层、岩体、断裂密切联系,息息相关。这绝非偶然,而是互为因果的。

以上事实说明,胶东群地层是焦家式金矿床矿质的主要来源地,混合岩化过程是金及其他成矿元素转化—迁移—轻微集中的第一个历程。

2. 岩浆(岩)条件 本区以花岗岩类岩石分布最广,作为金矿的直接围岩有玲珑花岗岩和郭家岭花岗闪长岩。

(1) 玲珑花岗岩 岩石分为片麻状黑云母花岗岩和中粗粒黑云母花岗岩,同位素年龄为1.77亿年。该岩体据原八〇七队三分队所测剖面资料表明,岩体与胶东群地层呈渐变过渡关系,即由胶东群的斜长角闪岩过渡为条纹条带状斜长角闪岩、黑云母钾长眼球状混合岩、花岗质混合岩、中粒黑云母花岗岩,具明显的混合花岗岩特征。片麻状黑云母花岗岩是该岩体的主体岩石,岩体边缘可见大量胶东群地层的残留体,产状与胶东群岩石的片麻理总走向基本一致。

岩石主要矿物为斜长石($An = 23 \sim 25$) 34.6%,钾长石(钾微斜长石 $2Al(-) = 78 \sim$

84°) 29.15% (其中三斜度大于0.8的钾长石居多), 石英30%, 黑云母5%。副矿物有磷灰石、独居石、锆石、褐帘石、石榴石、磁铁矿等。从岩体中心到边缘呈独居石—褐帘石—石榴石分布。岩石以交代结构、残余结构为主, 另有变晶结构、共结花岗岩结构。岩石构造由内向外, 由块状构造渐变为片麻状构造。矿物包裹体亦由熔体到气液包裹体。玲珑花岗岩含金0.016ppm, 且含金量由岩体内部向边缘递增, 分别为0.008→0.013→0.023ppm。与其伴生的Cu、Pb、Zn、Ag、Bi等也相应增高。

(2) 郭家岭花岗闪长岩 岩石主要为斑状花岗闪长岩。斑状结构, 斑晶由斜长石和角闪石组成, 基质为他形粒状结构。矿物成分有微斜长石 ($2V(-)=60\sim70^\circ$) 30%, 斜长石 ($An=19$) 31%, 石英23%, 角闪石12%, 黑云母3%。

副矿物有锆石、磷灰石、榍石、磁铁矿等, 多呈包裹体产出。在矿区内岩石受钾质交代作用明显, 有条纹长石斑晶生成。岩石中的石英包裹体以气相为主。岩石同位素年龄为1.45亿年。

岩体与围岩接触界线清楚, 矿物自形程度较高, K—Na—Ca三角图解上样点多数落在岩浆岩区, 岩石中含金0.037ppm。

岩石化学特征见下表。玲珑花岗岩 SiO_2 较一般花岗岩偏高, Fe_2O_3 与 FeO 比值低, 成岩深度不大。郭家岭花岗闪长岩 K_2O 含量显著增高, K_2O/Na_2O 高于同类岩石。 Fe_2O_3 与 FeO 比值小于1, 说明岩石是在还原条件下形成, 微量元素以Ti、V含量较高。总体看, 岩体相带明显, 化学成分由中心向边部, 酸性程度递减, 碱性组分增高, Rb—Sr同位素 Sr^{87}/Sr^{86} 为0.71832, 近于再生岩浆。

玲珑、郭家岭岩体化学成份表

岩体名称	样品个数	含量 (%)													总计
		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	CO_2	H_2O	
玲珑花岗岩 (γ_1^1)	11	73.40	0.13	14.50	0.16	1.60	0.016	0.27	1.33	4.09	4.13	0.052	0.078	0.51	98.67
郭家岭花岗闪长岩 (γ_2^2)	7	65.62	0.43	15.19	1.26	2.61	0.06	2.64	3.34	3.93	4.63	0.26	—	0.81	100.78

3. 构造条件 区内的东西向褶皱早在太古代就已孕育, 直至中生代更加强烈, 北东向的断裂构造亦是如此, 只不过中生代受新华夏系进一步归并和改造, 驱使其扩展和加深, 这是本区断裂构造发迹深而大的原因。

焦家式金矿床的产出, 通常是在东西向构造和北东向断裂交汇部位的北东向断裂的一侧, 呈带状分布。据目前查明的有三山岛断裂成矿带 (F_1)、黄(县)—掖(县)断裂成矿带 (F_2)、招(远)—平(度)断裂成矿带 (F_3)。其中黄(县)—掖(县)成矿断裂带规模最大, 矿化面积广, 矿床集中。带宽一般几十米至数百米。该带的黄山馆至朱桥段, 郭家岭花岗闪长岩小岩体频繁出露, 热液交代作用十分强烈。矿体与断裂的产状一致, 矿体多数赋存在断裂破碎带的主裂面以下,

由宽0.5~1米的断层泥分隔, 无疑这一构造面对含矿溶液沉淀, 起了十分明显的屏障作用 (图2)。断裂面的产状对矿体的控制作用亦很明显, 在剖面上如果是断面向北西倾斜时, 受南北挤压力作用, 断面展示舒缓的S型 (新城矿区), 压扭性, 在由陡变缓部位易于成矿 (图3)。在相同应力作用下, 断面向南东倾, 产生舒缓的反S型 (三山岛矿区)。往往是在由缓变陡处易于成矿 (图4)。在平面上看, 往往是断裂摆动幅度较大, 断裂带放宽的部位出现肥大矿体, 随断裂狭缩变窄矿体变薄而尖灭 (图5)。

总括说, 本区东西向构造及北东向断裂, 这两大构造体系对焦家式金矿床的形成具有一级控制作用。在两大构造多次强烈活动的影响下, 使玲珑、郭家岭这类刚性岩体产生一系列北东、北

北东向的S型断裂(胶西北“S”型构造)乃是本区金矿直接导矿和储矿的构造。

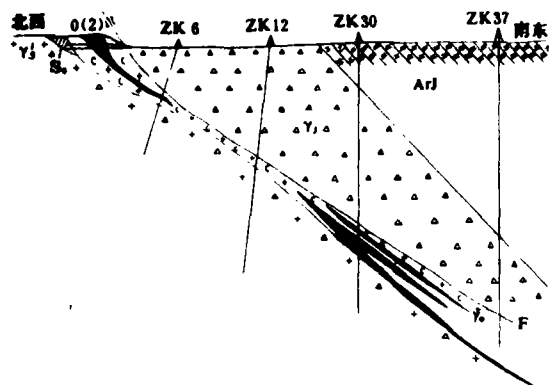


图2 下店金矿465勘探线剖面图
Yj—玲珑花岗岩; ZK—碎裂状花岗岩; Yj—花岗质碎岩;
ArJ—胶东群斜长角闪岩; Ss—蚀变片岩; O₂—矿体及矿晕

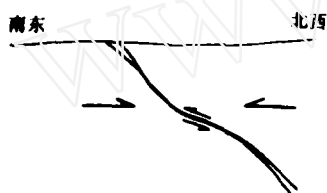


图3 新城金矿成矿裂隙
应力分析示意图

矿床实例

熊家式金矿已发现大小矿床(点)达数十处之多,现将其特征综述如下:

1. 规模、形态及产状 矿体赋存于断裂蚀变带内,与围岩没有明显的界线,只能用采样分析结果来圈定矿体。按产状形态可分为板状矿体(倾角在 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$);柱状矿体(倾角大于 40°)。矿体在三度空间上的变化是,板状矿体呈宽大的脉体,矿体长1000余米,宽数十厘米至十余米,延深800~1300米。厚度变化系数为110%。柱状矿体呈上窄下宽的喇叭状,侧伏产出,走向长100~300米,延深1000米左右,一般是延伸与延长之比为3:1。

2. 矿化 金矿物按其产出形态有两种:一为深金黄色,圆粒状,成色高。一为淡黄色,粒状、枝叉状多,脉状、叶片状、针状次之。它们

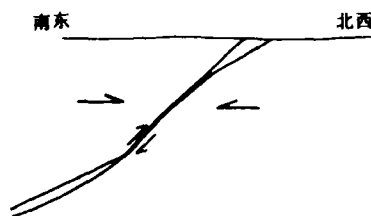


图4 三山岛金矿成矿裂隙
应力分析示意图

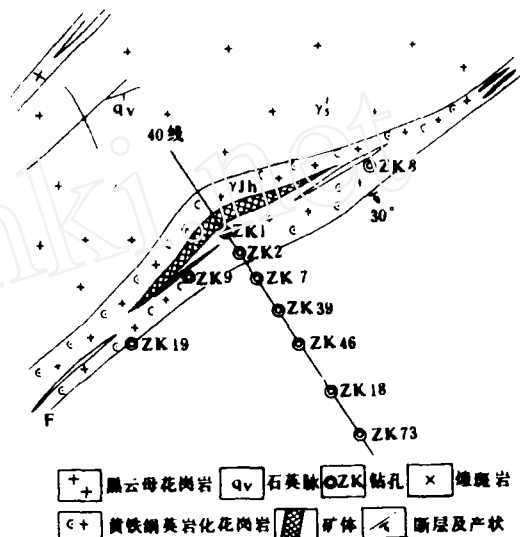


图5 三山岛金矿地质略图

多数富集于某些硫化物(黄铁矿、黄铜矿、方铅矿)的晶隙间。

3. 矿物组合 石英和绢云母是两种极为常见的脉石矿物。金属矿物有方铅矿、闪锌矿、毒砂、黄铜矿、斜方辉铅铋矿、磁黄铁矿、磁铁矿等。

4. 蚀变 有绢云母化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化,这几种蚀变往往叠加在一起,统称之为黄铁绢英岩化。

5. 品位和储量 金品位一般为7~10克/吨。分布不均匀,变化系数在130~150%之间。储量大到特大型。

6. 成因 本类型金矿赋存于区域性的北东向大断裂带内,围岩为花岗岩。矿体严格受断裂构造控制。矿石类型分为含金黄铁矿石英脉,含金石英多金属硫化物脉。据石英包裹体测温结果,成矿溶液温度为 $360\sim 485^{\circ}\text{C}$,压力为1000个大气压。由于温度高,内压大,热液扩散渗透力强,

使在成矿断裂的主裂面上、下,产生宽达数十米的蚀变岩带。整个蚀变范围亦即是金矿化空间。矿石与玲珑、郭家岭岩体以及胶东群变质岩具有类似的硫同位素组成和微量元素。胶东群变质岩是提供金质的重要源地,混合岩化、花岗岩化熔浆和热液活动是促使金矿物质(在高温状态下这种热液具有吸收成矿物质的能力,使自身成为含矿溶液)富集的直接因素。属再造岩浆期后热液型金矿。

成矿预测

1.隆起与拗陷之间的断裂构造以及燕山期玲珑、郭家岭侵入体三者最佳复合地区,是产生焦家式金矿矿化集中区的重要条件。

2.区域性的大断裂,尤其是连接两个不同构造体系长期活动的深断裂,对于金矿成矿带的形成起控制作用,如招掖地区的金矿,就是沿三山岛、黄掖、招平三条大断裂带分布。区域性的深断裂与派生的次级断裂汇合处是产生矿床的有利部位。

3.焦家式金矿无论是在热液成矿作用过程或是表生作用过程,Cu、Pb、Zn、Ag、Au、Bi等元素总是组合在一起,而与矿体、蚀变带的位置相吻合,故可视为近矿的指示标志。Cu、Pb、Zn三元素异常一般出现在矿化区外围,属于矿床的前沿晕。另外,矿化区中心成矿元素和伴生元素浓度相对增高,渗滤扩散作用加强,成晕规模

也较大,因而对此类矿床的预测,建立矿床、矿带的地球化学模式,查清成晕机制是至关重要的。

4.富含花岗岩出现强绢云母化、硅化、黄铁矿化的叠加是重要的矿化信息。

5.资源潜力估价,本区含矿地质体的最佳区域,即招远西北和掖县的东北部,面积约600平方公里,若以成矿深度4公里计,则含矿地质体体积为 $4 \times 6 \times 10^{11}$ 立方米。按平均含金量0.016ppm计算,金的总量是可观的,设想其中1%的金被富集形成矿床,就可以形成规模大于10吨以上的金矿床近百处,由此可见本区含金矿的前景是很大的。

结束语

综上所述,焦家式金矿的发现,不仅使山东省的黄金储量跃入全国首位,而且是勘探经济效益最佳、工业意义很大的一个有希望的新类型金矿,为此应进一步系统地开展基础地质研究工作,总结成矿规律,扩大找矿效果。

文内引用的一些测试数据,多数取自本队综合组的成果,插图由徐京平同志清绘,在此致谢。

主要参考文献

- [1] 南京大学地质系, 1979, 地球化学, 科学出版社
- [2] 长春地质学院, 1978, 矿床学
- [3] 范永香, 1982, 地质与勘探, 第5期
- [4] 山东地质局六队, 1981, 山东省构造体系与金矿分布规律说明书(未刊)

红透山铜矿床氧化带特征及其发育过程的探讨

东北工学院

周光宇

我国对硫化矿床氧化带的研究工作,过去在西北干旱地区和长江中下游一带进行的较多,在辽宁地区,则很少有人研究。

六十年代初期,辽宁红透山铜矿床,在小露天开采中,对地表的矿柱部分进行了剥离,矿床的氧化带、二次硫化富集带和原生带全部揭露出来。当时我们从地表往下对矿床各带做了全面观

察、取样及资料收集。近期,又在原有工作基础上,补充做了一些化验和鉴定工作。本文就是在这样两段工作基础上完成的。

矿区自然地理及地质概况

1.自然地理 本矿区位于中纬度地带,地貌上属于中山区。在风化剥蚀中,矿床周围未受切