

胶东谢家沟金矿床地质特征与成矿时代研究

辛洪波¹, 邓军², 曲晓明¹, 王建国², 胡世杰

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 中国地质大学, 北京 100038)

摘要: 对谢家沟金矿床进行的地质学、年代学研究表明, 矿石中的金主要以微细粒金包裹于黄铁矿、黄铜矿等矿物之中; 矿石绢英岩化强烈, 并伴有不同程度的钾化, 是典型的破碎蚀变岩型金矿床。对该金矿床进行系统的 K-Ar 法年代测定, 结果表明谢家沟金矿的成矿年龄为 105~130Ma, 与前人研究的胶东地区金矿的成矿年龄相一致, 说明它们是同一期岩浆热事件的产物, 都与区域性分布的郭家岭花岗岩的成岩时代相吻合, 二者具有成因上的联系。

关键词: 谢家沟金矿床; 破碎蚀变岩型金矿床; K-Ar 年龄; 郭家岭行花岗岩

中图分类号: P612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-2518(2006)03-0001-06

谢家沟金矿是胶东地区新发现的金矿成矿类型, 被命名为同韧性剪切带破碎蚀变岩型金矿, 金矿主要赋存于宽约 100m 的韧性剪切带的糜棱化花岗岩中。该金矿发现于 2002 年, 从 2002 年年底投产至今, 已发展成日选矿量达 3000t, 年黄金产量达 4 万两的大型矿山。谢家沟金矿的成矿环境与胶东其它金矿差别较大, 无论是焦家式破碎蚀变岩型金矿, 还是玲珑石英脉型金矿, 都是大型断裂构造控矿, 矿体主要位于深大断裂附近。而谢家沟金矿不存在大的控矿断裂, 矿体主要受一条北东向的韧性剪切带的控制, 这在胶东地区是首例, 它的发现必将引起胶东地区金找矿的又一高峰。所以对该金矿的研究工作就显得尤其重要, 本文将主要从矿床的地质特征和成矿年龄上进行探讨。

1 区域地质背景

胶东地区位于山东省东部, 胶西北则地处半岛西部, 其西侧与郯庐断裂带相邻。其特殊

的构造位置决定了胶西北的构造-岩相特征和成矿作用有别于山东其它地区(邓军, 1996)。

胶西北地层出露比较简单, 主要由太古代胶东群和元古代的粉子山群以及第四系所组成。胶东群主要岩性为黑云母变粒岩、斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩、片岩和大理岩等; 而粉子山群主体岩性为滑石片岩、蛇纹片岩、斜长角闪岩、角闪片岩、片麻岩等。(邓军, 1996)

胶西北出露的岩石主要有玲珑花岗岩、郭家岭型花岗岩、滦家河型花岗岩以及艾山花岗岩(图 1)。其中玲珑花岗岩是一套片麻状的黑云母花岗岩, 是燕山早期的产物, 玲珑花岗岩在 810℃, 1.5×100MPa, 水不饱和的条件下经 18% 的部分熔融可以转变成中粗粒二长花岗岩(曲晓明等, 1998)。郭家岭花岗岩是一套等粒状的二长花岗岩(姚凤良, 1990), 围绕该岩体的成因及其与金矿的关系一直争论不断。胡世玲等(1987)认为它们是由胶东群偏基性的斜长角闪岩类混合岩化形成的; 徐金方等

收稿日期: 2006-02-15; 修订日期: 2006-04-13

作者简介: 辛洪波(1977-)男, 博士, 助理研究员, 主要从事矿床地质学的研究。

(1989)通过暗色包裹体的研究提出了壳幔混合的证据;林景仟等(1992)则认为它们来自于地壳深层胶东群斜长角闪岩类的部分熔融。

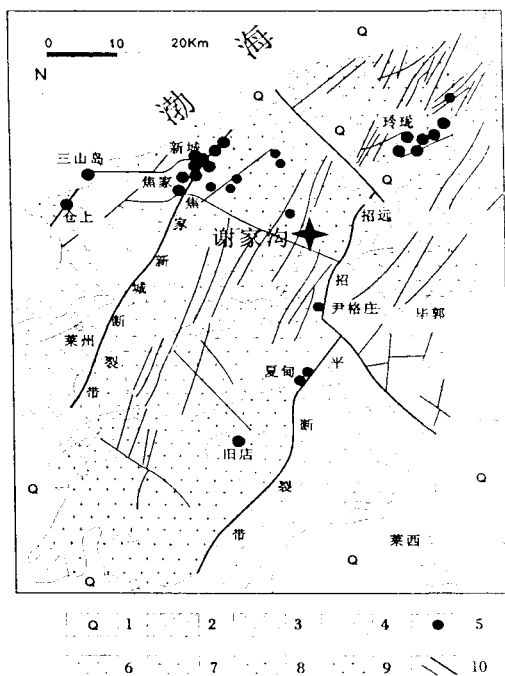


图1 胶西北地质简图(据山东地质六队,1992)

1. 第四系; 2. 蓬莱群; 3. 芬子闪群; 4. 胶东群;
5. 金矿床; 6. 艾山花岗岩; 7. 漆家河花岗岩;
8. 郭家岭花岗岩; 9. 玲珑花岗岩; 10. 主要断层

胶西北构造复杂,其中北北东向的断裂构造为主要的控矿构造,从东到西由三条主断裂所构成,包括三山岛断裂、焦家断裂和招平断

裂带(图1),它们控制了大部分金矿床的产出和规模。其中谢家沟金矿就受招平断裂带下盘的次级构造所控制。

2 矿床地质特征

谢家沟金矿床位于招远市南西约10km,区内地层仅见少量第四系,岩浆岩大面积出露,为玲珑黑云母花岗岩,脉岩广布,多南北向展布。

2.1 矿体特征

谢家沟金矿目前已发现多条矿体,其中储量最多、控制最好的是3号矿体,其储量占总储量的70%以上,主要由四条脉体所组成,该四条矿脉走向均为北东 $15\sim 20^\circ$,呈左行雁行式排列。单矿脉矿体厚度 $3\sim 15\text{m}$ 不等,品位 $4\sim 8\text{g/t}$,以蚀变岩型矿化为主。

2.2 矿石结构构造

谢家沟金矿矿石类型复杂多样,原生矿石有黄铁绢英岩型矿石、黄铁矿—黄铜矿绢英岩型矿石、多金属硫化物绢英岩(石英脉)型矿石,以及部分氧化矿石。矿石类型的复杂性决定了矿石结构构造的多样性。主要的矿石结构有自形粒状结构、半自形—它形粒状结构、细脉状结构、包含结构(图2)、交代残余结构(图3)等;矿石构造主要有脉状构造、浸染状构造、角砾状构造、蜂窝状构造等等。

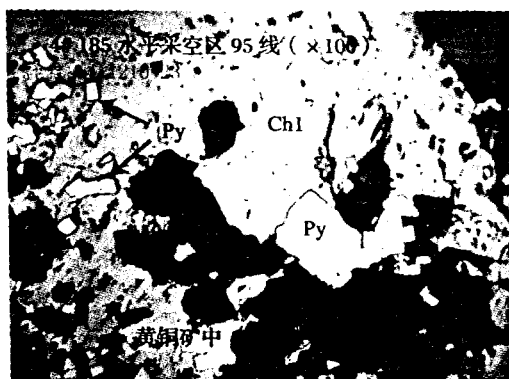


图2 黄铜矿中的包含的黄铁矿晶体

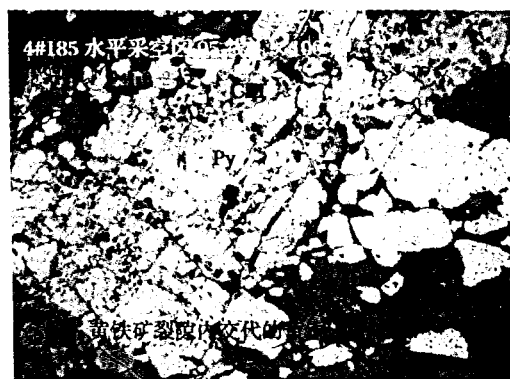
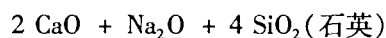
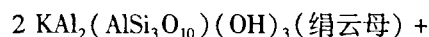
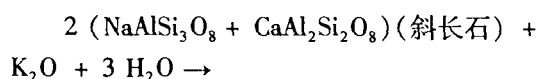


图3 黄铁矿被黄铜矿交代

2.3 围岩蚀变

谢家沟金矿的主要围岩蚀变类型有绢英岩化、硅化、黄铁矿化、钾化、碳酸盐化和绿泥石化。其中与成矿关系密切的是硅化和绢英岩化及黄铁矿化,主要分布于变形作用较强的地段。

绢英岩化是矿区重要的蚀变类型,程度不一,分布于整个构造岩浆带内,并与金成矿关系最为密切,具体的反应式可表示为:



2.4 矿化阶段与矿物共生组合

根据野外观察和室内显微镜下矿石矿物的穿插关系,可以把矿化作用划分为六个阶段(表1),其中金成矿期包括三个阶段:石英—黄铁矿阶段、石英—黄铁矿—黄铜矿阶段、石英—多金属硫化物阶段,后期叠加了一期石英—硫铁矿化作用,该阶段不形成金矿,只形成所谓的“硫带”。具体的矿化阶段和矿物共生组合见下表。

表1 谢家沟金矿床矿物生成顺序及成矿期次划分

矿物 及 生成顺序	矿化 阶段	金成矿期			石英—硫 铁矿阶段	石英—碳 酸盐阶段	表生氧 化阶段
		石英—黄 铁矿阶段	石英—黄铁矿 —黄铜矿阶段	石英—镉金属 硫化物阶段			
黄铁矿		■	■	■	■		
自然金		■	■	■			
黄铜矿			■	■			
方铅矿				■			
黝铜矿				■			
斑铜矿				■			
石英		■	■	■	■	■	
绢云母		■	■	■	■		
方解石						■	
绿泥石					■		
孔雀石							■
铜兰							■
褐铁矿							■

3 成矿时代研究

对于谢家沟金矿床,要直接获得其成矿年龄数据比较困难。虽然现代的测试分析技术在微区成分分析及含量检测方面较大的进展,但由于所选择样品的代表性与成矿期不一定完全一致,因此,根据岩石间的穿插关系间接地获得成矿年龄的范围似乎更能合理地反映成矿时代的信息。

3.1 样品

根据野外的实地考察研究,可以将谢家沟金矿床的岩浆岩分为两大类:一类是成矿期前的玲珑花岗岩、煌斑岩;另一类是成矿期后的闪长玢岩、辉石闪长岩、辉绿岩、正常斑岩、煌斑岩等。前者被矿体所切割,后者则切割矿体。其中,煌斑岩有两期,与矿体的相互关系在井下清晰可见。本文研究的年龄测试样品具体采自谢家沟金矿和小宋家矿化点的上述岩体岩脉中。在显微镜下从120个地质样品中挑选出蚀变和变形最弱的18个样品做K—

Ar法定年测试研究。

3.2 测试方法简介

考虑到适合这些样品的测试方法、测试周期以及经费上的考虑,本文采用K-Ar稀释法在中国石油勘探开发研究院实验中心进行测试,使用仪器为MM5400静态真空质谱仪。测试方法为样品在1500℃左右熔化的同时,加入

准确定量的 ^{38}Ar 稀释剂,测定混合稀释后的同位素比值($^{40}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$) $_m$ 以及($^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$) $_m$,求出样品的放射性成因 ^{40}Ar ,再根据样品的钾含量计算年龄值:

$$t = (1/\lambda) \ln[(^{40}\text{Ar}^*/^{40}\text{K})(\lambda/\lambda_e) + 1]$$

上式中, λ 是 ^{40}K 的总衰变常数,

表2 胶东谢家沟金矿岩石K-Ar年龄测试结果

样品编号	岩性	测试矿物	样品重量(g)	钾含量(%)	($^{40}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$) $_m$
4-1203-2	黑云母花岗岩	黑云母	0.01277	6.92	220.21127
4-1205-2	黑云母花岗岩	钾长石	0.01257	11.21	249.29630
04221	黑云母花岗岩	黑云母	0.01252	6.62	198.79732
04226	黑云母花岗岩	黑云母	0.01151	6.92	196.26330
04227	黑云母花岗岩	黑云母	0.01215	6.62	191.04539
03175	闪长玢岩	全岩	0.01268	3.18	85.57336
07192	闪长玢岩	全岩	0.01300	2.73	80.00670
3-1203-6	闪长玢岩	全岩	0.01291	2.83	84.80270
031413	闪长玢岩	全岩	0.01249	2.74	71.70833
02265	闪长玢岩	全岩	0.01304	3.09	88.47555
04017	辉石闪长岩	全岩	0.01317	2.36	63.22725
03187	辉石闪长岩	全岩	0.01324	2.41	67.38531
07022	辉绿岩	全岩	0.01330	3.22	87.32815
04015	辉绿岩	全岩	0.01257	3.21	77.78041
5-1204-6	煌斑岩	全岩	0.01282	2.34	67.93984
04025	煌斑岩	全岩	0.01297	2.47	79.04782
04292	煌斑岩	全岩	0.01367	2.74	85.00513
04031	正长斑岩	全岩	0.01384	3.16	83.45652
($^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$) $_m$	$^{40}\text{Ar}^*$ 含量(mol/g)	^{40}K 含量(mol/g)	$^{40}\text{Ar}^*/^{40}\text{Ar}$ (%)	$^{40}\text{Ar}^*/^{40}\text{K}$	年龄(Ma)
14.56066	1.574E-09	2.065E-07	90.86	0.0076221	126.63 ± 1.84
20.00062	1.875E-09	3.346E-07	93.63	0.0056045	93.96 ± 1.36
19.60484	1.471E-09	1.976E-07	92.00	0.0074473	123.82 ± 1.81
16.19446	1.552E-09	2.065E-07	90.48	0.0075165	124.93 ± 1.80
20.48445	1.460E-09	1.976E-07	91.99	0.007389	122.88 ± 1.77
32.31516	6.012E-10	9.491E-08	88.58	0.0063346	105.85 ± 1.56
30.18590	5.406E-10	8.148E-08	87.08	0.0066348	110.72 ± 1.62
31.30974	5.836E-10	8.447E-08	88.15	0.006909	115.15 ± 1.74
25.32551	4.815E-10	8.178E-08	83.17	0.0058873	98.58 ± 1.60
32.84760	6.064E-10	9.223E-08	89.08	0.0065751	109.75 ± 1.61
32.53820	4.089E-10	7.044E-08	84.93	0.0058044	97.23 ± 1.46
27.08463	4.243E-10	7.193E-08	83.21	0.0058981	98.75 ± 1.48
70.11308	6.192E-10	9.611E-08	94.09	0.0064432	107.61 ± 1.57
58.83028	5.756E-10	9.581E-08	92.53	0.0060076	100.54 ± 1.54
39.63454	4.691E-10	7.253E-08	88.20	0.0064271	108.08 ± 1.59
39.09608	5.482E-10	7.372E-08	89.60	0.0074355	123.63 ± 1.87
66.23810	5.833E-10	8.178E-08	93.69	0.0071332	118.77 ± 1.73
30.34790	5.310E-10	9.432E-08	87.64	0.0056298	94.38 ± 1.39

常数: $\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10}/\text{年}$ $\lambda\beta = 4.962 \times 10^{-10}/\text{年}$ $^{40}\text{K}/\text{K} = 1.167 \times 10^{-4}$

(该年龄数据在中国石油勘探开发研究院实验中心进行测试,使用仪器为MM5400静态真空质谱仪)

$\lambda = \lambda_e + \lambda_\beta = 5.543 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$; $^{40}\text{Ar}^*$ 为放射成因 ^{40}Ar 的含量。

3.3 结果与讨论

对谢家沟金矿床的 18 件样品的年龄测试结果见表 2。从结果可以看出,黑云母花岗岩的成岩时代最老,大约在 122 ~ 126Ma 之间,其次,从闪长玢岩、煌斑岩、辉绿岩、辉石闪长岩到正常斑岩,年龄逐渐变小。其中,煌斑岩存在两期作用,一期为 118 ~ 123Ma,另一期为 108Ma,这跟野外观察结果相一致,前者应该是成矿期的产物,而后者是成矿后的产物。

根据前人的研究结果,胶东玲珑黑云母花岗岩的成岩时代主要集中在 153 ~ 160Ma 之间(关康等,1997),而本文所测的黑云母花岗岩的成岩年龄远远低于前人的研究结果,作者认为这可能是本文所采用样品的新鲜度不够,样品遭受一定的蚀变致使放射性成因的 ^{40}Ar 有所丢失所造成的。

野外观察和年龄测试数据都表明,闪长玢岩是成矿后期的与矿化时间最接近的一期脉岩活动,所以可以将闪长玢岩的成岩年龄作为谢家沟金矿床金成矿系统成矿时间的上限,即五个闪长玢岩的年龄平均值: $107.65 \pm 1.65\text{Ma}$;至于成矿作用的下限,很明显应该是晚于黑云母花岗岩的结晶年龄,而早于成矿期煌斑岩的成岩年龄,但由于本次测试的花岗岩样品年龄数据不够准确,所以具体的下限时间有待于进一步的研究证实。不过根据成矿期煌斑岩的成岩年龄可以初步认为谢家沟金矿的成矿作用发生于 105 ~ 130Ma 之间,这与前人研究的胶东地区金的成矿时间相一致,应该属于同一成矿作用事件。

至于金成矿作用与郭家岭花岗闪长岩的关系,这是一个老生常谈的问题。根据前人在该地区开展的磁异常研究成果,证明在谢家沟—石城乔地区的深部存在隐伏的郭家岭花岗岩,而前人研究资料表明,郭家岭花岗岩的成岩时代为 126 ~ 130Ma(关康等,1997),这与本文所确定成矿作用时间的下限相吻合,说明它

们之间存在着一定的成因联系,郭家岭花岗岩为金矿成矿作用提供了物质和能量来源。

4 结论

(1) 谢家沟金矿床作为胶东地区新发现的金矿成矿类型,其蚀变作用与焦家金矿相类似,都是破碎蚀变岩型金矿,所不同的是它们的控矿构造有差别,谢家沟金矿不同于焦家金矿及胶东其它金矿的断裂构造控矿模式,而是受一条北东向的韧性剪切带的控制,这在胶东地区金矿找矿工作是一个比较大的突破。

(2) 在成矿时代上,本文做了比较详细的研究工作,将谢家沟金矿的成矿年龄圈定在 105 ~ 130Ma 之间,该成矿年龄与前人研究的胶东地区金矿化年龄基本一致,属于同一期岩浆热事件的产物。

(3) 谢家沟金矿的成矿年龄与郭家岭花岗闪长岩的成岩年龄非常接近,而且物探资料显示,在谢家沟矿区的深部存在高磁高密度的异常,说明在谢家沟矿区深部存在隐伏的郭家岭花岗岩(韦延光,2005),证明了谢家沟金矿的矿化作用与郭家岭花岗岩之间存在着直接的成因联系,不过,这还有待于进一步的研究加以证实或否定。

参考文献:

- [1] 邓军,徐守礼,吕古贤,等. 胶东西北部断裂构造与成矿作用研究[J]. 现代地质,1996,10(4):502-511.
- [2] 曲晓明,王鹤年,饶冰. 胶东金矿区两种花岗岩之间熔融再生关系的实验研究[J]. 地球科学-中国地质大学学报,1998,23(1):55-58.
- [3] 姚凤良,孔连登,孔庆存. 胶东西北部脉状金矿[M]. 吉林:吉林科学出版社,1990.
- [4] 胡世玲,王松山,桑海青,等. 山东玲珑和郭家岭岩体的同位素年龄及其地质意义[J]. 岩石学报,1987,21(3):83-89.
- [5] 徐金方. 山东岩浆岩研究四十年[J]. 山东地质情报,1989,64(3):25-31.
- [6] 林景仟,谭东绢,迟效国. 胶东半岛中生代花岗岩[M]. 北京:科学出版社,1992.

- [7] 关康, 罗镇宽, 苗来成, 等. 郭家岭型花岗岩地球化学特征与金矿化的关系[J]. 地质找矿论丛, 1997, 12(4): 1-8.
- [8] 关康, 罗镇宽, 苗来成, 等. 胶东招掖郭家岭型花岗岩锆石 SHRIMP 年代学研究. 地质科学, 1998, 33(3): 318-328.
- [9] Deng Jun, Yang Liqiang, Sun Zhongshi, etc. 2003. A metallogenic model of gold deposit of the Jiaodong granite - greenstone belt. ACTA GEOLOGICA SINICA, 1977(4): 537-546.
- [10] 韦延光. 2005. 山东招远市谢家沟—石城乔构造岩浆带金成矿系统研究[学位论文]. 北京: 中国地质大学地球科学与资源学院.

The Research on The Geological Feature and Mineralization Age of Xiejiagou Gold Deposit In Jiaodong Area

XIN Hongbo¹, DENG Jun², QU Xiaoming¹, WANG Jianguo²

(1. Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China;

2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The research on the geological feature and mineralization age of Xiejiagou gold deposit, shows that Au is mostly included in pyrite, chalcopyrite, etc. in the pattern of fine grain. The ores are strongly sericitized and silicified, and there is often potassic alteration of different degree. Therefore, it is a classic fracture - altered rock - type gold deposit. The result of systematic K - Ar age measurement on rocks of the gold deposit, indicates that the mineralization age of Xiejiagou gold deposit is 105 - 130Ma which is in accordance with the common Au - mineralization age of Jiaodong area. We can think that they are the result of the same magmatic event. The mineralization age is same as the rock - forming age of Guojialing granite, so there is maybe genetic relation between Au - mineralization and Guojialing granite.

Key words: Xiejiagou gold deposit, fracture - altered rock - type gold deposit, K - Ar age determination, Guojialing granite

· 专利介绍 ·

一种粗金提纯的方法

专利申请号: 03112144.6 公开号: CN1442498

申请日: 2003.04.11 公开日: 2003.09.17

申请人: 山东黄金集团有限公司焦家金矿

一种粗金提纯的方法, 属于金提纯技术领域。包括把含金 85 ~ 99.5% 品位的原料粗金铸造成金阳极板, 用纯金或钛板作阴极, 阴极用素烧陶瓷坩埚作隔膜, 用稀盐酸作电解液进行电解, 使金转化为金溶液, 控制溶液含金量或控制氧化还原电位, 用还原剂将金溶液还原为 1# 金粉。与电解提纯相比, 粗金品位范围放宽, 对原料的适应性大大增强; 流程积压大大减少。与粉化提纯相比, 减少了工艺过程, 由原来的粗金粉化、化学溶解合并为电化学溶解一步; 设备国产化, 大大节省了投资; 生产成本比粉化提纯大大降低。

一种低品位氧化金矿选矿方法

专利申请号: 03111966.2 公开号: CN1440837

申请日: 2003.03.12 公开日: 2003.09.10

申请人: 福建紫金矿业股份有限公司

本发明公开了一种能有效提高高含泥、含粗粒明金的低品位氧化金矿回收率的选矿方法, 该方法组合了堆浸、重选和炭浸三种工艺, 通过破碎、洗矿与分筛、二段破碎和先后两次分级, 粗颗粒矿不需磨矿直接进入堆浸系统, 细颗粒矿进入炭浸系统; 在分级机前设置了前置振动溜槽, 通过重选预收粗粒明金。该选矿方法克服了因含泥高影响堆浸渗透性的弊端, 缩短了堆浸浸出周期; 粗粒明金的预收遵循了能收早收的原则, 使选矿回收率较单一堆浸工艺有显著提高, 达到 80% 以上, 充分利用了宝贵资源。