

冀东太古代变质岩区金矿源层研究

李纪良

(河北省地矿局第二地质大队, 丰润县)

冀东太古界迁西群金厂峪组斜长角闪岩与金矿关系密切。其原岩可能为海底基性喷出岩。本区岩石Au的丰度、Au的溶滤试验、同位素和微量元素的特征研究结果表明, 金厂峪组斜长角闪岩是金的矿源层。

关键词: 冀东地区; 斜长角闪岩; 金的矿源层



地质·矿床

“矿源层”的概念,最初由C.L.Knight (1953) 提出, 1961年又由R.W.Boyle引入金矿论著解释前寒武纪内生金矿的成因。此后, 金的矿源层的研究引起了地质界的关注, 尤其是太古代变质岩区金的矿源层研究, 已成为金矿成矿和预测方面的重要课题。

区域地质背景

冀东地区位于华北地台燕辽沉降带冀东隆起。区内变质岩系广布, 构造运动、变质作用和岩浆活动强烈, 具有良好的成矿背景。

1. 地层与金矿的关系

本区地层主要为区域变质岩系, 分布面积达1万km²。地层由老至新划分为3个群, 即太古代界迁西群、卢龙群和下元古界朱杖子群(据于润林等, 1988)。

(1) 迁西群 由老至新划分为3个组: ①太平寨组, 主要由麻粒岩组成, 夹磁铁石英岩和石榴变粒岩, 厚约2750m。分布在迁西太平寨、东荒峪、遵化接官厅及迁安水厂等地。②金厂峪组, 以角闪质岩石为主, 岩性为斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩等, 夹薄层磁铁石英岩及黑云变粒岩, 厚约841m。

分布在迁西金厂峪、遵化马蹄峪、宽城锌尖和青龙三家子等地。该组地层为金的主要赋矿岩系, 是金的矿源层。其中斜长角闪岩的Pb—Pb年龄为3268Ma^[1]。③马兰峪组, 主要岩性为黑云变粒岩、石榴变粒岩夹磁铁石英岩。分布在遵化马兰峪、兴隆挂兰峪、迁安孙家店、步步川及平林镇等地。

(2) 卢龙群 由老至新划分为2个组: ①油粉店组, 以黑云变粒岩为主, 夹薄层磁铁石英岩, 分布在卢龙油粉店、阳山和部落岭等地, 厚约1697m。②石梯子组, 为黑云变粒岩夹磁铁石英岩(具工业意义), 底部为角闪变粒岩, 厚约1766m。分布在滦县石梯子、司家营和抚宁榆关等地。

(3) 朱杖子群 主要为浅变质岩系, 由变质砾岩、含砾变粒岩、变粒岩、片岩和磁铁石英岩组成, 分布在青龙河沿岸。

以上3个群变质程度不同, 迁西群太平寨组为麻粒岩相, 金厂峪和马兰峪组为高角闪岩相, 卢龙群为低角闪岩相, 朱杖子群为绿片岩—低绿片岩相。除朱杖子群外, 其余两群均遭受了不同程度的混合岩化。

区内金矿床(点) 200余处, 矿脉1300条(表1)。从宏观看, 金矿床(点) 大多产于迁西群金厂峪组斜长角闪岩中。金矿成矿带的分布, 也明显受控于金厂峪组。其中金

冀东地区不同岩体中含金矿脉的分布

表 1

岩石类型	矿脉条数	所占比例(%)
斜长角闪岩	1022	78.62
花岗岩	183	14.08
灰岩和砂岩	53	4.07
其他	42	3.23

冀东地区部分岩浆岩体同位素年龄

表 2

样号	岩体名称	测试对象	年龄(Ma)	资料来源
同8	都山花岗岩	黑云母	213.25	本文
同1	青山口花岗岩	黑云母	121.02	本文
同3	青山口花岗岩	长石	121.5	本文
同7	双树汀花岗岩	角闪石	187.8	本文
	峪耳崖花岗岩		149	冶金514队
	茅山花岗岩		138~170	河北远景区划
	响山花岗岩		98~100	河北远景区划
5085	贾家山花岗岩		199	孙大中等

注：均用钾-氩法测定。

厂峪、铍尖和三家子等大中型金矿，也都产于该组斜长角闪岩中。金厂峪组是主要赋矿岩系。

2. 岩浆岩体与金矿的关系

冀东地区岩浆活动频繁，从超基性至中酸性，从阜平期至燕山期均较强烈。超基性岩体有迁西的刘家沟岩体和遵化一带的超基性岩体群；中性岩体有柳各庄石英闪长岩体，该岩体南北向延长，片麻理发育，Rb—Sr全岩等时年龄为 2422 ± 410 Ma（据我队区调分队资料）和 2444 ± 33 Ma^[2]；酸性岩体有秦皇岛花岗岩、迁安片麻状花岗岩和诸多海西—燕山期花岗岩。秦皇岛花岗岩Rb—Sr全岩等时年龄为 2412 ± 52 Ma^[3]，迁安片麻状花岗岩Rb—Sr全岩等时年龄为 2213 ± 28 Ma^[4]，其他岩体年龄资料见表2，其中，中酸性岩体与金矿关系密切。

据统计，国内外约有75%的金矿附近都有花岗岩产出。本区岩体与金矿关系也十分密切，区内200余处金矿床（点）中，产于岩体内或其附近5km内的占66.5%。但研究表明，岩体不是成矿物质的主要供给者，岩

体的侵入只能对矿源层中Au的富集提供热能条件。理由是：①岩体的侵位年龄和矿石铅的铅源年龄相差较大，如峪耳崖矿区岩体只有149Ma，而矿石的铅源年龄却为1300~1600Ma；②相同或相近的岩体侵入到不同的围岩中其矿化程度不同，如同是燕山期花岗岩侵入到迁西群金厂峪组斜长角闪岩中，其岩体或周围就有金矿化（茅山岩体、青山口岩体等），而侵入到其他围岩中的岩体就没有发现金矿化（如响山、后石胡山岩体等）；③从岩体的含Au性来看，侵入到金厂峪组斜长角闪岩中的岩体含Au量高，如青山口花岗岩含Au12.57ppb（9件样品平均），都山斑状花岗岩为4.55ppb（13件样品平均），而侵入到其他围岩中的岩体含Au量却甚微，如秦皇岛花岗岩含Au仅1.33ppb（10件样品平均）。④岩浆侵入过程中产生的热能，能使矿源层中的Au活化、迁移、富集成矿。

3. 构造与金矿的关系

岩金矿大多数属于热液型矿床，所以构造与金矿的关系是密切的。冀东地区经历了漫长复杂的地质演化，发生了多次构造运

动,断裂十分发育,它们对本区金矿床(点)的控制明显。从区域看,东西向兴隆—青龙大断裂控制了整个冀东金矿集中区的分布,北东和北北东向压性、压扭性断裂控制了金城成矿带的分布。这些断裂,一方面是控岩断裂,控制成矿带中岩体的分布,另一方面它控制的区域断裂体系就是导矿构造及储矿构造。矿源层中的Au通过断裂活动和岩浆活动富集成矿。野外地质观察也表明,同一构造通过不同地层时,只有在金厂峪组斜长角闪岩中成矿。

由上可见,冀东地区的金矿床(点),在其形成过程中,迁西群金厂峪组斜长角闪岩是决定性的影响因素之一。

赋矿岩系的岩石学及 岩石化学特征

冀东地区金矿床(点)赋存于太古界迁西群金厂峪组斜长角闪岩中。作为赋矿岩系的斜长角闪岩,主要由斜长石和普通角闪石组成,次要矿物有石榴石、透辉石、紫苏辉石、黑云母和石英等。暗色矿物含量大于40%,中粗粒镶嵌变晶结构,斜长石牌号An30~47,消光角17~25°,角闪石多色性明显,Ng草绿,Nm黄绿,Np褐色。野外观察岩石为灰绿色、暗绿色,局部发育有长英质混合脉体。根据次要矿物可进一步分为透辉斜长角闪岩、二辉斜长角闪岩、石榴斜长角闪岩、紫苏斜长角闪岩和黑云斜长角闪岩等。这些岩石局部可见交代蚀变:长石被帘石化和绢云母化,暗色矿物被绿泥石化、纤闪石化,构造应力较强地区具较强的片理化,有的已转变为构造片岩或糜棱岩。

斜长角闪岩主要化学成分平均含量(%)为:SiO₂53.41,Al₂O₃14.58,Fe₂O₃+FeO 9.99,Na₂O3.41,K₂O1.67,CaO6.53,Na₂O/K₂O>1,平均2.04。在金厂峪矿区附近,斜长角闪岩中发现有变余枕状构造和残

余气孔状构造。在本区实测剖面中,经常见到磁铁石英岩赋存于斜长角闪岩中,这个层位相当于鞍山群的基性火山岩建造、沉积—火山建造的层序位置。另据河北区队1985年《区域地质志》资料,磁铁石英岩中 $\delta^{18}\text{O}$ 为+4~7%,与基性岩中 $\delta^{18}\text{O}$ +5.5~7.4%近似。说明斜长角闪岩可能是火山成因的,其原岩可能为海底基性喷山岩。

我们以区域变质作用是原岩在等化学条件下的变化为依据,对迁西群金厂峪组斜长角闪岩进行了化学全分析,并进行了图解投影。在尼格里值的 $(al+fm)-(c+alk)$ 与Si关系图解中,其原岩为火山岩区,在 al 与 alk 图解、 $(al-alk)$ 与 c 图解中,其结果大都落入基性火山岩区。因此,可以认为,作为赋Au岩系的金厂峪组斜长角闪岩,其原岩可能属于基性喷出岩,并形成于古海底环境。

金的矿源层分析

1. 变质岩系Au的丰度

笔者在参加本地区金矿科研工作时,系统地采集了变质岩系的微量Au分析试样,结果表明,金厂峪组斜长角闪岩平均含Au丰度为5.06ppb(55件样品),太平寨组、卢龙群、朱杖子群的含Au丰度均低于金厂峪组。与国外著名的太古代绿岩区含金丰度比较(表3),发现它们的含Au丰度是一致的。由此可以认为,冀东地区金厂峪组斜长角闪岩具备矿源层的物质条件。

2. 岩石中Au成矿的可能性

金厂峪组斜长角闪岩含Au丰度较高,但它能否用于成矿,则涉及它在岩石中的赋存状态。

一般认为,岩石中的Au可分为两类(据王安建),即易释放Au和不易释放Au。易释放Au主要是指赋存于造岩矿物颗粒之间或硫化物之中,在不很强的地质作用中就可以从岩石中释放出来并用于成矿的Au;不

易释放Au, 指固定在硅酸盐类或氧化物类矿物中, 不易或很难从岩石中释放出来的Au。显而易见, 对于提供Au并使富集成金矿的矿源层来说, 主要是指那些易释放Au而言。假若岩石所含Au都是不易释放的, 那么含量再高, 也不能成为Au的矿源层。

据高占林等对本区有关岩石中Au的赋存状态研究^[5], 通过对Au的易溶性实验表明: 在斜长角闪岩中, Au赋存在硅酸盐矿物颗粒之间, 以易释放的状态存在, 而花岗岩中的Au, 主要以不易释放的状态存在。因此, 斜长角闪岩中的Au, 具有活化、迁移并释放出来用于成矿的可能, 具备了作为矿源层的必要条件。

杨凯也对本区斜长角闪岩中的Au进行了研究^[6]。他采用的实验方法是溶滤斜长角闪岩中的Au (表4)。尽管该实验的精度值得商榷, 但实验结果至少表明, 斜长角闪岩中的Au能被热液活化、迁移富集成矿, 能够作为冀东地区Au的矿源层。

3. 同位素地质特征

从本区主要金矿的同位素组成及其一致性, 也说明矿源层的存在。金厂峪金矿103坑31线主矿化期石英脉和29线半复脉中的石英脉 $\delta^{18}\text{O}$ 为10.77~10.92‰, $\delta^{18}\text{O}$ 值主要集中在变质岩的范围内, 其平均值与变质岩一致。将其与国内外变质岩金矿中的氧同位素进行对比, 其 $\delta^{18}\text{O}$ 值相近 (表5)。

金厂峪组斜长角闪岩与国外绿岩含丰度对比

表 3

产 地	岩 石	样 数	丰度 (ppb)	资 料 来 源
冀东地区	斜长角闪岩	55	5.66	本文
西澳耶尔岗地区	绿岩	—	6.0	引自姚凤良, 1984
欧洲霍切格罗孙和克巴斯	绿岩	14	5.7	R.Sagear, 1982
南非	镁铁质岩石	64	6.9	R.Sagear, 1982
世界统计	绿岩、斜长角闪岩	425	7.1	R.W.Boyle, 1979

对斜长角闪岩中Au的溶滤结果

表 4

实 验 号	岩样Au丰度(ppb)	溶 液	W/R重量比	温度 (°C)	溶液中Au浓度 (ppb)
1-1	II 30-10	2MKCl:1.5M	3	200	0.04
1-2	斜长角闪岩	$\text{K}_2\text{CO}_3 = 1:1$	3	300	0.02
1-3	Au = 8	体积比	3	400	0.04
1-4			3	500	0.08
4-1	II 74-2	0.1MNa ₂ S	3	200	0.34
4-2	斜长角闪岩		3	300	0.86
4-3	Au = 20		3	400	1.12
4-4		1MKCl	3	300	0.13
4-5			3	400	0.78
4-6			3	500	2.96

注: 压力均为1kb。

金厂峪金矿与国外变质岩中金矿氧同位素对比值

表 5

矿 区	金 厂 峪	小 营 盘	张 全 庄	玲珑西山	国 外
石英的 $\delta^{18}\text{O}$ ‰	10.78~10.92	13.102~13.713	11.01~13.90	16.2~11.2	13.80
资料来源	本 文	胡小蝶	胡小蝶	王 燕	胡小蝶

铅同位素组成特征也说明上述认识的正确。区内金矿床(点)铅同位素组成比较均一, 8件样品 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.84\sim 16.71$, 平均16.0805; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.02\sim 15.49$, 平均15.23; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=35.662\sim 36.65$, 平均36.11。表明所有矿石铅同位素都很古老。

林尔为等^[1]在研究了冀东地区金矿床(点)的铅同位素之后认为, 本区金矿铅同位素组成, 介乎燕山期花岗岩和太古代变质岩(金厂峪组斜长角闪岩)的铅同位素之间, 构成了一条铅同位素混合线, 金矿床(点)在成因上与斜长角闪岩有关。矿石铅为古老异常铅, 第一阶段铀铅体系定位时间为3334Ma, 与斜长角闪岩的3268Ma变质年龄相近, 反映了矿石铅来自斜长角闪岩。作为示踪元素, 也反映了Au来自斜长角闪岩的可能性, 因此认为它是Au的矿源层。

4. 微量元素地球化学特征

黄铁矿和石英是广泛分布于金矿中的矿物。黄铁矿中Co/Ni值平均为0.54, Au/Ag值平均为0.96, Se/Te值平均为0.12, 显示了变质作用成矿的特点。另据李国富资料^[7], 金厂峪矿区斜长角闪岩中Co/Ni值为0.60, 这也与该区金矿中黄铁矿Co/Ni值相近。表明Au来自金厂峪组斜长角闪岩。

石英包裹体液相以富含 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 和 F^- 、 Cl^- 等为特征, Na^+/K^+ 值=1.18~8.36, 平均5.00, 与本区太古代变质岩系

Na^+/K^+ 值较高是一致的。

石英包裹体气相以较高的 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 值(0.07~2.92, 18个样平均为0.837)和具有一定的甲烷(CH_4)为特征。据D.M.瑞伊在霍姆斯塔克金矿研究的结果, 前寒武纪变质岩中金矿的石英包裹体中 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}=0.1\sim 1.8$, 并含一定量的甲烷, 这与本区情况相似。

5. 野外地质观察

我们对本区金矿床(点), 曾进行了详细的地质观察, 发现金矿床(点)几乎全都赋存在斜长角闪岩中; 区内金矿成矿带的分布也完全与金厂峪组斜长角闪岩一致; 同一构造带, 通过不同地层时, 只在金厂峪组地层中成矿; 相同或相近的花岗岩侵入到金厂峪组斜长角闪岩中, 往往才构成工业价值的金矿化。

综上所述, 笔者认为, 迁西群金厂峪组斜长角闪岩, 是冀东地区太古代变质岩区金矿的矿源层, 矿源层中的Au, 在受变质作用、岩浆活动和构造作用过程中, 活化、迁移, 富集成矿。

参考文献

- [1] 林尔为等, 长春地质学院学报, 1985, 第4期
- [2] 王凯怡等, 地质科学, 1987, 第2期。
- [3] 方占仁, 长春地质学院学报, 1986, 第4期。
- [4] 王凯怡等, 地质科学, 1983, 第4期。
- [5] 高占林等, 长春地质学院学报, 1987, 第1期。
- [6] 杨凯, 黄金, 1988, 第6期。
- [7] 李国富, 中国地质报, 1986年4月18日。

A Study on the Source Bed of Gold in the Archeozoic Metamorphic Rock Area in Eastern Hebei Province

Li Jiliang

Palagioclase hornblendite of the Archeozoic Qianxi Croup Jinchangyu Formation is closely associated with the gold mineralization in eastern Hebei province. Possibly the primary rock of palagioclase hornblendite is submarine basic extrusive rock. Results from a study on the abundance of the gold in rocks of this area, leaching test of gold, and features of isotopes and trace elements indicates that the palagioclase hornblendite of the Jinchangyu Formation is the source bed of the gold mineralization.