

文章编号 :1009 - 0258(2000)04 - 0033 - 06

新泰地区绿岩型金矿及其成因探讨

高长亮,王公运,吕振山,徐国民,张春池
(山东省第一地质矿产勘查院,山东 济南 250014)

摘要:通过对新泰地区花岗-绿岩带基本地质特征、金的初始丰度及其后生变化、花岗质岩石金含量的研究,探讨了火山喷发-沉积作用、变质作用、岩浆作用及构造作用对金的活化与迁移的影响。结合对区域地质背景及演化史的分析,认为该区绿岩型金矿具糜棱岩型和石英脉型两种类型,属多源多期热液充填型成因。

关键词:金矿;绿岩带;新太古代;糜棱岩型;石英脉型;山东新泰

中图分类号:P534.2;P618.510.2;P611.1+3

文献标识码:A

鲁西太古宙花岗-绿岩带是华北陆台上较典型的花岗绿岩区,大地构造位置处于中朝准地台鲁西断隆的徂徕-新甫山单断凸起区。按伍家善(1998)对中朝古大陆构造分区的意见^[1],该区绿岩带属吉-辽-鲁岛弧带新太古代代表壳岩系,而其中的花岗质岩石属吉-辽-鲁岛弧带新太古代花岗质岩。

1 花岗-绿岩带概况

区内新太古代绿岩带主要由泰山(岩)群雁翎关组、山草峪组和柳杭组组成(图1),它们以不同规模的包体残存于太古宙晚期花岗质岩石中,所占比例小于10%。绿岩带底部为超镁铁质-镁铁质科马提岩(具鬃刺结构, SiO₂含量44%~53%, MgO 大于

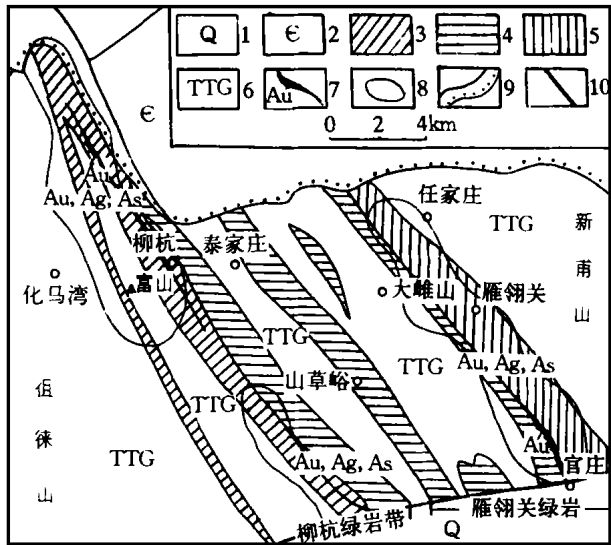


图 1 山东新泰花岗绿岩区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of granite - greenstone belt of Xintai in Shandong province
1—第四系;2—寒武系;3、4、5—泰山(岩)群柳杭组、山草峪组、雁翎关组;6—花岗岩;7—金矿化带;8—1.5万水系沉积物测量金异常(3×10^{-9});9—地质界线及不整合界线;10—实测断层

*收稿日期:2000-08-08; 修订日期:2000-12-15;编辑:游文澄

作者简介:高长亮(1960-),男,山东莱芜市人,高级工程师,一直从事地质矿产工作。

9%, TiO₂ 为 0.1% ~ 0.7%, K₂O 一般小于 0.2%), 下部为镁铁质火山岩, 上部为长英质杂砂岩。同位素地质年龄 2650 ~ 2800Ma。雁翎关绿岩带包括雁翎关组、山草峪组, 变余熔岩构造发育; 柳杭绿岩带包括柳杭组, 变质长英质火山碎屑岩和沉积岩较为发育。

区内侵入岩体主要为花岗质岩体, 包括 TTG 系列花岗岩的化马湾岩体(英云闪长岩)、富山岩体(奥长花岗岩)、任家庄岩体(奥长花岗岩)、秦家庄岩体(石英闪长岩)及雌山岩体(二长花岗岩)。TTG 系列花岗岩、石英闪长岩形成时代均为新太古代晚期或末期(2770 ~ 2550Ma), 属岛弧花岗岩。雌山岩体形成较晚(2550 ~ 2440Ma), 属碰撞花岗岩(伍家善, 1998)。据对以上岩体及其有成因联系的伟晶岩脉、细晶岩脉的含金性和时空关系的研究, 与金矿化关系密切的岩体应为任家庄岩体、富山岩体及雌山岩体。

区内构造主要有三次变形期^[2]: 第一期为塑性变形期, 全区发育, 表现为片、柱状矿物形成的片理(走向 320 ~ 340°) 与褶皱轴平行, 除褶皱转折端片理与层理交切外, 其他部位片理多与层理重合; 第二期为韧性剪切变形期, 主要发育在柳杭绿岩带(包括富山岩体), 剪切作用明显, 带内糜棱岩、糜棱岩化现象到处可见, a 型、b 型、ab 型褶皱发育; 第三期为脆性变形期, 主要表现为切割盖层的一系列脆性断裂。

2 金矿类型

新泰地区已发现的与绿岩带有关的金矿类型, 主要为产于韧性剪切带中的糜棱岩型金矿和产于剪切带扩容构造部位的石英脉型金矿。前者产于柳杭绿岩带, 与加拿大瓦瓦绿岩带中的赫姆洛金矿十分相似; 后者产于雁翎关绿岩带, 可与加拿大大奴湖省绿岩带中石英脉型金矿相比较。

2.1 产于韧性剪切带中的糜棱岩型金矿(柳杭金矿床)

柳杭(纸房)金矿产于柳杭绿岩带, 与国内南龙王庙金矿、排山楼金矿及国外加拿大赫姆洛金矿十分相似, 即金矿体呈层状、透镜状产于变质长英质火山碎屑岩和沉积岩中, 矿体产状与剪切带产状一致。矿化带严格受剪切带控制, 金以自然金为主, 呈浸染状分布, 富矿部位构造比较发育, 蚀变较为强烈; 赋矿岩石类型以绢英岩质糜棱岩为主, 次为绢云片岩质糜棱岩、二云片岩质糜棱岩及少量斜长角闪岩质糜棱岩、角闪质糜棱岩等; 矿石构造为浸染状、细脉状, 矿石结构为叶片状、乳滴状等; 有用矿石矿物主要为自然金、银金矿, 金属矿物以黄铁矿、磁黄铁矿为主, 次为黄铜矿、白钨矿、赤铁矿、磁铁矿、白铁矿、自然铜、毒砂、方铅矿、闪锌矿等, 总含量小于 3%; 非金属矿物主要为石英、斜长石、绢云母等, 次为黑云母、角闪石、绿泥石等, 总含量大于 97%; 金的成色约 950, 形态多数为不规则状、片状、长柱状、树枝状, 少数为八面体, 颗粒断面为 0.12mm × 0.03mm ~ 0.001mm × 0.001mm, 主要呈浑圆状或长柱状分布于石英裂隙或赋存于多金属硫化物中; 以金矿化带为中心, 围岩蚀变向两侧具分带性, 即由金矿化带 绢云母带 硅化带 多金属硫化物带 碳酸盐化带, 各带无明显界限, 呈渐变过渡, 并有部分相互重叠现象。该矿化带受控于平移型韧性剪切带, 主要由富山岩体(奥长花岗岩)及柳杭组角闪

岩质、变粒岩质的各类糜棱岩组成,矿物拉伸线理产状 $330 \sim 350^\circ$ $45 \sim 57^\circ$,宽数百米,长几十公里。其中糜棱岩最发育的膨胀带,是形成金矿体的有利构造部位。结合大比例尺物化探资料推测,矿体侧伏方向应与矿物拉伸线理一致,即向 NW 侧伏。

2.2 产于剪切带扩容构造部位中的石英脉型金矿(官庄金矿)

石英脉型金矿产于雁翎关绿岩带,即雁翎关组顶部,两侧围岩均为阳起石化斜长角闪岩。金矿体主要为含金石英脉(褐红色,石英多呈它形粒状集合体,少数呈团块状、透镜状和细脉状,见蜂窝状孔洞)。石英被不同程度的拉长,呈定向排列,定向裂纹、波状消光显著,粒径一般 $0.01 \sim 0.5\text{mm}$ 。金属矿物多为褐铁矿(呈黄铁矿假象),粒度 $0.05 \sim 0.3\text{mm}$,含量约 15%,分布于石英粒间或岩石裂隙中。自然金形状多样,一般为树枝状、结核状、不规则状,个别见八面体形。控矿构造为官庄韧性剪切带,其走向 $NW330^\circ$,长数公里,带内岩石片理发育,矿物显示压扁、拉长现象。该类型金矿在国内有夹皮沟、金厂峪、小营盘及小秦岭地区的多数金矿床^[3],国外有加拿大大奴湖省产于耶洛奈夫群绿岩的迪斯科佛(Discovery)、萨尔米塔(Salmita)、吞曲拉(Tundra)等金矿床,均具有较大经济意义。该类型金矿在鲁西地区主要见于新泰官庄,目前尚未发现工业矿床,故应注意其找矿工作。

3 金在花岗-绿岩带中的分布

3.1 金在绿岩带中的分布

关于金在绿岩带科马提岩中的初始丰度,有关资料指出:绿岩带原岩经受各种变质作用时,金被活化转移,而钯在蚀变过程中则保持其惰性^[4]。为确定超镁铁质和镁铁质原岩的金含量,R. R. Reays 采用新鲜苦橄岩的 Au/Pd 比值(即 k 系数)以及科马提岩 Pd 值来作为对比太古宙绿岩带中科马提岩的标准,并测得 k 值为 0.37。统计表明:柳杭绿岩带科马提岩金的丰度为 5.99×10^{-9} ,雁翎关绿岩带为 2.37×10^{-9} ,均高于南非巴伯顿绿岩带金的丰度(1.55×10^{-9})。

区内绿岩带主要岩石类型含金丰度统计结果表明:绿岩带及其主要岩石类型大致呈对数正态分布,两绿岩带中斜长角闪岩及柳杭组中绢云片岩、绢云石英片岩、二云片岩类为双峰式对数正态分布,反映了该类岩性与金矿化的密切关系^[5];柳杭组斜长角闪岩金的丰度值最高($\bar{X} = 7.9 \times 10^{-9}$, $G = 4.47 \times 10^{-9}$),次为绿片岩类($\bar{X} = 6.36 \times 10^{-9}$, $G = 4.41 \times 10^{-9}$)及二云片岩、绢云片岩类($\bar{X} = 6.21 \times 10^{-9}$, $G = 3.72 \times 10^{-9}$);变粒岩类中,柳杭组与山草峪组金含量相差甚微,但柳杭组变粒岩类离差、变异系数显著增大,反映柳杭组变粒岩类金的离散性大,有利于金的分散与集中。

3.2 金在花岗质岩石中的分布

区内花岗质岩体含金丰度较低,比胶东玲珑岩体($\bar{X} = 2.6 \times 10^{-9}$)^[6]、加拿大花岗一流纹岩($\bar{X} = 3 \times 10^{-9}$)等低 $1 \times 10^{-9} \sim 2 \times 10^{-9}$ 。富山岩体、任家庄岩体、雌山岩体含金算术平均值分别为 1.7×10^{-9} 、 0.95×10^{-9} 、 0.9×10^{-9} ,前者含金相对较高。富山岩体伴有大量细晶岩、石英闪长岩脉,任家庄岩体、雌山岩体则伴有较多伟晶岩脉。各类岩体金含量在对数频率分布直方图上,均呈双峰式结构,说明金的分布具多重性,且脉岩

中的含金丰度,皆高于其“母岩体”,其中侵入于柳杭绿岩带中花岗细晶岩含金最高,平均含量达 95.8×10^{-9} ,高于母岩 30 倍以上。伟晶岩脉和石英闪长岩脉金的平均含量为 $4 \times 10^{-9} \sim 13.5 \times 10^{-9}$,同样较其“母岩体”含量高。一般认为,大部分细晶岩脉、伟晶岩脉是相应深成岩体凝结后的残余岩浆沿着岩体或围岩的裂隙上升形成的,而残余岩浆往往富集有一定的金。

3.3 金的相关元素地球化学特征

新泰地区柳杭绿岩带中金矿化带及其顶、底板的岩石化学成分变化具以下规律性:金矿化带富集的元素,地表为 Ca, K, P, 深部为 Ca, Ti, Fe, Mg, Mn; 金矿化带亏损的元素,地表为 Na, Al, 深部为 Na, Al, Si, K, P。产生这种现象的原因,除了与原岩化学成分密切相关外,主要是由于在蚀变矿化过程中,随着金矿化的增强, Ca 始终为带入元素,而 Na, Al 为带出元素,其他元素则因地表与深部物理-化学条件的差异,而呈现不同程度的带出与带入,从而导致主元素的迁移与富集,并发生围岩蚀变,如绢云母化、硅化等。

柳杭金矿化带及其顶、底板微量元素 ($< 0.1\%$) 定量分析资料,经 R 型点群分析可知:无论是地表还是深部,金矿化带(含顶、底板)中金与锑总是呈显著正相关;地表金矿化带,在相关系数 $r = 0.4$ 的水平上,可分为 Au-Sb-As-B-Pb-Zn-Ag, Hg 和 Cu 三个点群;深部金矿化带,当 $r = 0.4$ 时,可分为 Au-Sb, As, Pb-Zn-Ag-Hg, B 和 Cu 五个点群。

4 地质演化及其对金的控矿作用

4.1 火山喷发-沉积阶段

新太古代早期(约 2800Ma)本区裂谷盆地形成,随着海盆的扩张与消亡到岛弧的形成与消亡,火山喷发-沉积作用形成了绿岩带原岩。雁翎关、柳杭绿岩带中的科马提岩含金初始丰度为 $2.37 \times 10^{-9} \sim 5.99 \times 10^{-9}$ 。柳杭绿岩带中长英质火山碎屑岩和沉积岩富含金,金矿化带受一定层位控制,反映了绿岩带原岩形成时,火山喷发沉积物就可能是富含金的初始矿源层。

4.2 变质作用阶段

鲁西绿岩带形成时间为 2800Ma 或更早,约 2700Ma 前后,地壳开始下沉并发生变质变形。2500Ma 或更晚,本区花岗-绿岩带在逐步被抬升回返大陆过程中,遭受多期变质变形:早期为角闪岩相,变质强烈而均匀(深 15~20km);晚期发育一系列韧性剪切带,变质作用不均一,达绿片岩相(退化变质,深 5~10km)。本区变质作用达到顶峰时 t 为 550~600, p 为 0.5~0.6 GPa;中期 t 为 450, p 为 0.4 GPa;然后演化到绿片岩相,其中柳杭绿岩带 t 为 400, p 为 0.3~0.4 GPa,而雁翎关绿岩带 t 为 400, p 小于或等于 0.2 GPa。综上所述,本区角闪岩相变质作用促使金的活化迁移,绿片岩相变质作用(退化变质)则是金等成矿元素富集的主要因素之一。

4.3 岩浆作用阶段

区内多期次的岩浆侵入活动,使得侵入岩广布,其中与金矿化关系密切的有任家庄岩体、富山岩体、雌山岩体(TTG系列花岗岩)。该类岩体在底辟侵位过程中所产生的热液活动,尤其是残余岩浆的期后热液,对矿源层金元素的活化与迁移富集势必产生重要

影响,因而是本区一次主要的金矿成矿作用。郭安林曾指出 TTG 花岗岩是由深部绿岩带部分熔融而形成的^[7],据此可认为雌山岩体为壳源花岗岩。本区柳杭组科马提岩中初始含金丰度为 5.99×10^{-9} ,富山岩体(奥长花岗岩)平均含金 1.7×10^{-9} ,其形成过程均伴随有金质的析出,从而为金矿化带的形成提供了热源及矿质。

4.4 构造作用阶段

本区构造作用主要分为三期:第一期构造作用代表了新甫山-徂徕山复向斜大型宽缓褶皱的形成,褶皱轴面走向与片麻理方向一致,变质作用达角闪岩相,对金质的活动迁移起重要作用,但压力、温度过高,金等元素难以富集沉淀;第二期构造作用主要形成一系列平行的平移型剪切带,在柳杭花岗绿岩带表现最为明显,局部剪切作用强烈地段可促使金质活化迁移,但由于剪切作用对岩石矿物的不均一性,因此形成了一系列剪切裂隙带,并使角闪岩相变质岩退变到绿片岩相,构成金等矿质富集沉淀的构造地球化学障,可见本期剪切构造控制了金矿带的展布,是金矿化带形成的定位因素;第三期为脆性构造,由黑云变粒岩 碎裂状黑云变粒岩 黑云变粒岩质碎裂岩,金平均含量依次为 59.5×10^{-9} (323 件) 31.64×10^{-9} (84 件) 15.2×10^{-9} (41 件);由斜长角闪岩 碎裂斜长角闪岩,金平均含量由 75.7×10^{-9} (347 件) 6.8×10^{-9} (21 件),说明该期构造作用对金矿化起分散作用。

地球化学障是含矿热液的浓度梯度极大值所在的地点,是地球化学环境骤然改变而使元素活动性急剧降低的地段,可形象地称之为地球化学“过滤器”。地球化学障的中上部,含矿热液经“过滤”沉淀了主成矿元素金及常量元素 Ca,以及微量元素 Sb,Ag,Pb,Zn 等(即矿体的中上部晕);头部地段经“过滤”而沉淀的元素为 Ca,K,P,As,Hg 和 B 等,其他元素则顺利通过地球化学“过滤”进入围岩中,形成围岩蚀变。本区剪切作用形成的一系列平移剪切带及其扩容带,即为含金热液的“过滤器”。

据上分析,构造作用为含金热液的流动与迁移提供了通路,韧性剪切带中由糜棱岩—超糜棱岩系列构成的一系列剪切裂隙带,是糜棱岩型金矿化带的定位因素,剪切带的扩容部位往往形成石英脉型金矿。

5 结语

综上所述,本区金矿形成经历以下几个阶段:金的初始矿源层形成阶段,即绿岩带源岩形成阶段;变质活化阶段,绿岩带原岩中金质初步活化迁移,局部形成高浓度带(高背景值区);岩浆作用阶段,绿岩带在下沉过程中,深部绿岩带选择性熔融改造形成 TTG 系列花岗岩及壳源二长花岗岩,金被大量活化迁出,形成富含金的矿液;沿构造迁移阶段,由变质或岩浆作用所产生的富含金的热液,源源不断地进入开放的构造系统,最终进入地球化学“过滤器”;含矿热液的“过滤”阶段,含矿热液源源不断的通过地球化学障,金及其相伴生的元素被有规律地进行分带性沉淀,局部地段可形成富矿体。由此可见,本区绿岩型金矿成因应属多源多期热液迭加“过滤”成矿,即多源多期热液充填型。

本文撰写中得到我院高级工程师赵凤江、迟洪纪、王天君的审阅指导,谨表谢意。

参考文献:

- [1] 伍家善,等. 中朝古大陆太古宙地质特征及构造演化[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [2] 高长亮. 山东新泰地区绿岩带金的地球化学特征[J]. 贵金属地质,1992,1(1):27-36.
- [3] 沈保丰,等. 华北陆台太古宙花岗岩-绿岩地体中金矿床类型和演化[C]. 见:关广岳主编,国际金矿地质与勘探学术会议论文集. 沈阳:东北工学院出版社,1989,135-136.
- [4] 真允庆. 论金矿床的矿源层问题[J]. 地质与勘探,1989,25(8):4-7.
- [5] 王鹤年,陈骏,汪耀,等. 胶东金矿含金建造的地球化学研究[J]. 地球化学,1989,15(3):202-207.
- [6] 裘有守,等. 山东招远-掖县地区金矿区域成矿条件[C]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1988.
- [7] 郭安林. 河南中部太古代登封花岗-绿岩地体中 TTG 质片麻岩与原岩关系及其地质演化的意义[J]. 地质论评,1988,34(2).

Study on Greenstone Type Gold Deposit and Its Origin in Xintai Area

GAO Chang - liang , WANG Gong - yun , LU Zhen - shan ,
XU Guo - min , ZHANG Chun - chi

(No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources , Shandong , Jinan 250014 ,
China)

Abstract : Through study on basic geological characteristics , gold primary abundance and its deutero-genic variation , and granites gold content in Xintai granitic greenstone belt , volcanic eruption - sedimentary , metamorphism , magmatism and tectonization effects to gold activation and transportation have been discussed. Considering the regional geological background and its evolution history , it is said that greenstone type gold deposit has two types as mylonite type and quartz - vein type , and it belongs to multi - sources and multi - stages hydrothermal - filling type gold deposit.

Key words : Gold deposit ; greenstone belt ; Neo - archean ; mylonite type ; quartz - vein type ; Xintai in Shandong province