

沈阳地质矿产研究所 编

中国东部 金矿地质研究文集

2 华北陆台北缘地区

地质出版社

目 录

赤峰-朝阳地区太古宙变质岩中金矿成矿规律	艾永德 王时麒 孙承志 (1)
一、区域成矿地质背景	(1)
二、金矿床类型和地质特征	(8)
三、金矿床的地球化学特征和金的成矿作用	(18)
四、金矿的成矿规律	(34)
参考文献	(38)
英文摘要	(39)
辽宁营口地区元古宙变质岩区金矿的成矿条件及预测研究	
.....余昌涛 贾斌 刘斌 彭明生 贾立学 余日生 何树鸿	(41)
一、区域地质背景	(41)
二、区域地球化学场特征及容矿变质岩系含金性	(43)
三、中生代花岗岩类特征及其含金性	(46)
四、金矿地质	(55)
五、金矿化的控矿构造及其特征	(67)
六、金矿分布规律及预测	(69)
七、结论	(70)
参考文献	(71)
英文摘要	(72)
辽北金矿化集中区金矿类型与形成条件及区域评价	
.....姚凤良 刘连登 戴仕炳	(74)
一、区域地质背景	(74)
二、太古宙绿岩带金矿	(79)
三、中生代重熔岩浆热液金矿	(88)
四、结论	(101)
参考文献	(101)
英文摘要	(102)

CONTENTS

The metallogenetic regularity of gold deposits in Archean metamorphic rock in Chifeng-Chaoyang districts

..... <i>Ai Yongde, Wang Shiqi and Sun Chengzhi</i>	(1)
1. Geological setting of regional minerogenesis.....	(1)
2. Types of gold deposits and geological characteristics.....	(8)
3. Geochemical characteristics of gold deposits and metalization	
.....	(18)
4. Metallogenetic regularity of gold deposits.....	(34)
References	(38)
English summary.....	(39)
Study on metallogenic condition and prognosis of gold deposit	

in Proterozoic metamorphic terrane in Yingkou district, Liaoning province.....

..... <i>Yu Changtao, Jia Bin, Liu Bin, Peng Mingsheng, Jia Lixue, He Shuhong and Yu Risheng</i>	(41)
1. Regional geological setting.....	(41)
2. Characteristics of regional geochemical field and the auriferous feature of host metamorphic rock series.....	(43)
3. Characteristics of Mesozoic granitoid and auriferous feature.....	(46)
4. Geology of gold deposit.....	(55)
5. Ore-controlling tectonics of gold mineralization and its characters	(67)
6. Distribution regularity of gold deposit and prognosiscate.....	(69)
7. Conclusion	(70)
References	(71)
English summary.....	(72)

Types, controlling factors and economic potentiality of the gold deposits in the north Liaoning gold concentration region, China

..... <i>Yao Fengliang, Liu Liandeng and Dai Shibing</i>	(74)
1. Regional geological setting.....	(74)
2. Archean greenstone belt gold deposits.....	(79)
3. Mesozoic remelting mesothermal gold deposits.....	(88)
4. Conclusion	(101)
Reference	(101)
English summary.....	(102)

Geological Publishing House:
Hepingli, Beijing
P. R. China

Shenyang Institute of Geology and
Mineral
Resources, CAGS:
Beiling Str. Shenyang,
Liaoning 110032
P. R. China

赤峰-朝阳地区太古宙变质岩中 金矿成矿规律^①

艾 永 德

(中国地质科学院矿床地质研究所)

王 时 麒

(北京大学地质学系)

孙 承 志

(内蒙古地质矿产局第三地质大队)

内容提要 本文详细地研究了赤峰-朝阳地区的太古宙变质岩系, 确立了本区属于太古宙花岗岩-绿岩带, 阐述了太古宙变质岩系的存在是本区金矿床形成的前提条件; 提出了本区的燕山期花岗岩类是太古宙变质岩基底重熔的花岗岩, 并认为它的侵入是本区金矿床形成的主要原因; 较深入地研究了本区的区域构造, 认为构造是本区金矿床形成的必不可少的因素; 详细地解剖了金厂沟梁、红花沟、莲花山、安家营子和柴胡栏子5个典型金矿床, 划分了本区的金矿床类型; 通过多种稳定同位素、稀土元素和流体包裹体地球化学等所提供的信息, 总结了本区金矿床的地球化学特征和金的成矿作用, 论证了本区金矿主要为岩浆热液型金矿床; 归纳了本区金矿的成矿规律, 提出了金矿床的成矿模型。

一、区域成矿地质背景

研究区位于北纬 $41^{\circ}15'$ — $42^{\circ}30'$ 和东经 $118^{\circ}00'$ — $121^{\circ}00'$ 范围内, 属于中朝准地台(习惯称华北地台)的北缘, 内蒙地轴的东段。它北以围场-赤峰-开原大断裂与内蒙兴安华力西褶皱带相隔, 南以隆化-黑里河-北票大断裂(习惯称承德-北票大断裂)与燕辽沉降带相分。金矿主要集中在华北地台和内蒙兴安华力西地槽两个I级构造单元的交界区。该区在地层上形成2个明显的分区。地台区长期隆起剥蚀, 广泛分布着太古宙一早元古代变质岩系。地槽区发育一套以浅海-海陆交互相为主、伴有一定火山岩的下古生代地层。本区在燕山构造运动的影响下, 产生了一系列的北北东-北东向隆起和断陷盆地, 在盆地中广泛发育火山岩-火山碎屑岩为主的中生代地层。

(一) 太古宙变质岩系

本区太古宙变质岩系主要分布在区内呈北东-南西向、自西向东近平行排列的铭山、马鞍山、努鲁儿虎山3个隆断带上(图1), 它是与金矿关系最密切的地层。

① 参加工作的有: 蔡爱莉、丁锦平、李荫清、崔文元、余靖安、伍程宇、于凤芝、赵宝林、邵占荣和张泽等。

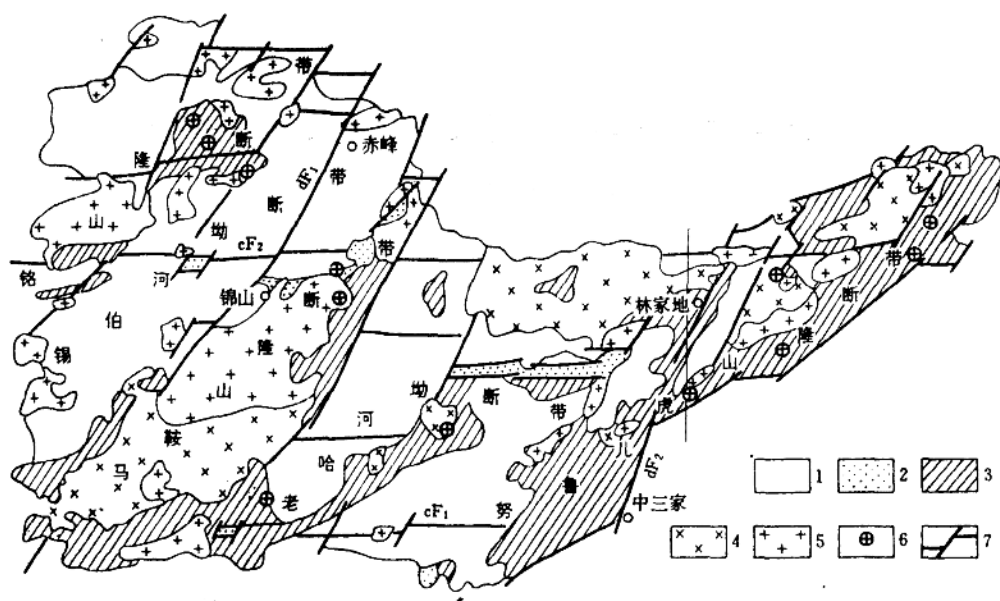


图 1 内蒙地轴东段块断构造及金矿床分布略图

Fig. 1 Schematic geological map showing fault-block structure and distribution of gold deposits in eastern sector of Inner Mongolian axis

1—中生代拗陷；2—后地槽裂陷；3—基底杂岩；4—碱性花岗岩；5—酸性花岗岩；6—金矿床；7—深断裂；CF₁—隆化-黑里河-北票断裂；CF₂—围场-赤峰-开原断裂；dF₁—赤峰-锦山斜断裂；dF₂—林家地-中三家斜断裂

本区地层的划分与邻区太古宇对比列于表 1 中。由表可见，除喀喇沁幅外，其余各幅均把本区太古宇二分。下部以片麻岩（有的含有麻粒岩）夹有磁铁石英岩为特征；上部以片麻岩、大理岩和少量片岩为特征。区内各段均以下部岩组出露广泛，而上部岩组仅在喀喇沁幅和建平幅内出露较多，其他地区出露极为零星。

表 1 本区与邻区太古宇划分对比表

Table 1 Correlation of Archean Erathem among this district and adjacent districts

朝阳幅 建平幅 (1967, 1968)		下洼幅 1:20万 (1967)		赤峰幅 1:20万 (1967)		喀喇沁幅 1:20万 (1967)		头道营子幅 1:5 万 (1980)		冀东地区 (1985)		本 文 (1990)	
建平群	大营子组	鞍山群	上岩组	前震旦系	大理岩组	前震旦系	下部岩组	鞍山群	热水组	太古宇	滦县群 迁西群	太古宇	大营子群 ? 建平杂岩
	小塔子沟组		下岩组		片麻岩组				长青组				

在前人工作的基础上，结合我们最近 3 年多的工作成果，把本区变质岩系分为建平杂岩（相当于原小塔子沟组）和大营子群，其依据有：

(1) 原岩建造不同。建平杂岩主要为各类侵入岩，以 TTG 岩石（英云闪长岩、奥长花岗岩和花岗闪长岩）为主，而大营子群为火山-沉积岩系；

(2) 变质程度不同。建平杂岩为麻粒岩相, 大营子群为低角闪岩相;

(3) 变形特征不同。建平杂岩多次变形, 呈紧密褶皱, 以塑性变形为主。大营子群变形期次少, 以脆性变形为主;

(4) 同位素年龄上的差别。这两组变质岩的共同点是均有大于2500Ma的TTG岩浆侵入岩。不同的是, 建平杂岩中包体已获得近2900Ma的数据, 估计大营子组不会出现这么大的年龄。

建平杂岩以含单斜辉石的各类片麻岩、麻粒岩、斜长角闪(辉石)岩为主, 夹有磁铁石英岩, 局部地区夹有大理岩。原岩主要为TTG岩石或相当于其喷出岩的等价物。其次为拉斑玄武岩、凝灰质粉砂岩, 局部地区夹有石灰岩。从变质程度、变质建造特征来看, 建平杂岩属于高级变质区地体。

大营子群以角闪斜长片麻岩、片岩、磁铁石英岩和大理岩为特征。其原岩主要为基性、中酸性火山岩、粉砂岩和石灰岩, 局部出露有TTG岩石。其原岩建造相当于绿岩带中上部。

除了太古宙变质岩以外, 本区尚有以火山岩为主的中生代地层, 属于广布在我国东南沿海濒太平洋区的大兴安岭-燕山火山岩带的一部分, 其覆盖面积达本区总面积的1/2以上, 构成锡伯河和老哈河拗断带。另外, 在3个隆断带亦可见一些小型中生代盆地(图1)。

以往本区在同位素地质年代学研究方面的资料几乎是一片空白。为了解决本区时代归属和地壳演化问题, 我们采集了一些供测年龄用的样品, 用微量锆石法、单颗粒锆石蒸发法和钐钕法测得了一批年龄数据。前两个方法的测定结果如表2和表3所示。钐钕法的4个样品均采自努鲁儿虎山隆断带南部长皋金矿床附近原小塔子沟组中。岩石类型为角闪石岩、单斜辉石角闪石岩、二辉斜长麻粒岩和含角闪橄榄二辉石岩。测试结果表明, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值范围为0.511347—0.513324, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 比值范围为0.12216—0.22046, 分布在令人比较满意的区间内。拟合的等时线相关系数 $R=0.9999$, 等时线年龄为 $2846.8\pm$

表 2 微量锆石法年龄测定结果
Table 2 Zircon micro-analyses dating

样品号	岩 石	采 样 地 点	点数	相关系数	年 龄 (Ma)	
					上交点	下交点
8H13	黑云角闪斜长片麻岩	铭山隆断带拉拉杆沟	5	0.999716	$2574.8^{+8.4}_{-7.7}$	
7Y138	角闪斜长片麻岩	马鞍山隆断带南端黄土梁村北	4	0.999805	$2479.0^{+1.6}_{-1.4}$	$735.9^{+95.3}_{-95.0}$
8D182	角闪黑云斜长片麻岩	努鲁儿虎山隆断带北部贝子府乡	5	0.991044	$2476.6^{+2.5}_{-1.4}$	$57.8^{+643.2}_{-647.5}$
811	黑云长英片麻岩	马鞍山隆断带中部楼子店	5	0.997981	$2579.0^{+117.2}_{-108.4}$	

表 3 单颗粒锆石²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb年龄
Table 3 Single grain zircon ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb dating

样品号	岩 石	采 样 地 点	测定 锆石数	数据组数	平均年龄 (Ma)
Ji-11	二辉斜长麻粒岩	建平北西10km烧锅杖子	4	247	2505 ± 3
Ji-2	紫苏花岗岩	长皋金矿南1km	3	193	2500 ± 2
Ji-12	紫苏花岗岩	建平北西10km烧锅杖子	2	154	2484 ± 3
			2	125	2502 ± 4

67.0Ma, ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 初始比值为0.509179 ± 0.000068, ΣNd^(T) = 5.48。

从上述 3 种方法测年龄的结果可以看出:

(1) 超基性-基性火成岩全岩的Sm-Nd年龄代表了岩石的形成年龄, 这与江情明等人在泰山地区获得的王福山片麻岩中镁铁质岩石的Sm-Nd年龄2700 ± 35 Ma相接近。

(2) 原岩为英云闪长岩的麻粒岩(Ji-11)中锆石U-Pb年龄为2505 ± 3Ma, 在马鞍山隆断带中部楼子店样品(811)和铭山隆断带拉拉杆沟样品(8 H3)用微量锆石法获得的上交点年龄分别为2574.8Ma和2579.0Ma, 表明在 2500—2600 Ma 时期有英云闪长岩的侵位。

(3) Ji-12和Ji-2样品中较自形锆石U-Pb年龄分别为2502 ± 4Ma和 2500 ± 2Ma, 反映了紫苏花岗岩的侵位年龄。

(4) Ji-12样品中被溶蚀的锆石U-Pb年龄为2484 ± 3Ma, 与 7 Y138 和 8 D182 样品的年龄2479.0Ma和2476.6Ma相接近。反映了本区变质年龄, 表明在 2400—2500 Ma晚太古变质期在整个华北地台普遍存在。

总而言之, 本区变质岩系属于太古宙无疑。从同位素测定年龄的结果看, 在2500—2600Ma间本区发生了较大规模的TTG系列火成活动, 2400—2500Ma间大规模面型的变质热事件发生。

根据野外产状、岩石的矿物组合和组构特征, 本区的变质岩可分为上壳岩和侵入岩。根据岩石的矿物含量、化学成分和组构特征, 本区的变质岩可分为7大类, 计有: ①暗色超镁铁质-镁铁质岩类; ②麻粒岩类; ③紫苏花岗岩类; ④片麻岩类; ⑤片岩类; ⑥磁铁石英岩类; ⑦大理岩类。每大类再根据矿物成分含量进一步细分具体岩石类型。

4年来共积累了本区90个不同岩石样品的主要化学元素、微量元素和稀土元素化学成分数据。根据室内外观察鉴定、主要元素、微量元素和稀土元素的特征, 对变质岩的原岩进行了恢复。其中暗色镁铁质-超镁铁质岩类中含角闪橄榄二辉石岩在多数恢复原岩图解中均落入火成岩区, 其岩石化学成分类似于橄榄质科马提岩。角闪石岩和辉石岩原岩为富镁的玄武岩类。斜长角闪岩、斜长辉石岩原岩多数为玄武岩, 少数为辉长岩。麻粒岩类中相当于基性成分的麻粒岩原岩相当于玄武岩类, 其余中酸性麻粒岩相当于TTG岩石或其喷出岩。紫苏花岗岩类原岩为花岗质侵入岩。片麻岩类多数属于TTG岩石或其喷出岩, 少数

为泥质粉砂岩。片岩类原岩主要为中酸性火山岩或火山凝灰岩和粘土质沉积岩。磁铁石英岩类原岩为硅铁质岩石。大理岩类原岩为石灰岩或白云质灰岩。

在前人工作的基础上,根据本专题的研究,把本区太古宙变质建造分为:①斜长角闪岩+麻粒岩建造,属典型的麻粒岩相。②(透辉)角闪斜长片麻岩+斜长角闪岩建造,属麻粒岩相。③角闪斜长片麻岩+斜长角闪岩建造,属麻粒岩相。④(黑云)角闪斜长片麻岩+大理岩建造,属低角闪岩相,局部为高绿片岩相。⑤(角闪)黑云斜长片麻岩建造,属低角闪岩相。

经与世界上绿岩带的对比和根据变质岩的同位素年龄、岩石组合、变质相和恢复原岩的研究,作者认为,本区和华北地台北缘的东西邻区一样,同属于苏必利尔式绿岩带(大于2500Ma)。

根据同位素年代学研究,华北地台北缘绿岩带的形成时间应为2800—3300Ma,并遭受一期2500—2600Ma变质热事件,相应应有2500Ma的TTG岩浆的侵入。本区测得的多是后二者的年龄。

根据本区变质岩的原岩恢复,对比绿岩带的理想地层剖面,本区应多属于绿岩带的中部层序,上、下部层序只是局部零星的出现。

(二) 区域构造

中生代以来,尤其是晚侏罗世—早白垩世,本区由于受太平洋板块的影响,以东西向构造为主体的先期构造格局,便转变为以与板块俯冲带基本平行的北北东—北东构造为主导。特别是断裂构造表现出异常的活动性。同时,早期存在的近东西向断裂构造复活,并有同向新断裂生成。它们一同对本区域产生相当明显的分割作用,最终形成一个典型的块断区。这是本区域现今所见的构造形态,是控岩控矿的重要因素。

1. 断裂构造

控制本区域构造格局和岩浆活动及成矿作用的断裂,可归纳为2向4带,即东西向的隆化—黑里河—北票断裂带(cF_1),围场—赤峰—开原断裂带(cF_2);北东—北北东向的赤峰—锦山断裂带(dF_1),林家地—中三家断裂带(dF_2)见图1。

(1) 围场—赤峰—开原断裂带:此断裂带位于内蒙地轴北缘。现今的展布状况,是内蒙地轴与内蒙地槽分界断裂带受中生代构造作用改造的结果。由复活及新生的多条断裂组成。南北宽约75km,东西长约200余公里。主断裂面位于北纬42°线附近,呈长短不一的断续表露和断续隐伏状延展。遥感影像清晰。重、磁延拓结果表明,此断裂下延深度大于10km,倾斜较陡,中段南倾,东段及西段北倾。

(2) 隆化—黑里河—北票断裂带:此断裂带位于内蒙地轴南缘。现今所见的展布状况,是内蒙地轴与燕山台褶带分界断裂带受中生代构造作用改造的结果。既有复活断裂,也有新生断裂。由表露及隐伏断裂组成。于赤峰市内南北宽约50km,东西长约150km。主断裂面位于北纬41°20'左右。遥感影像清晰,地表特征明显。重、磁延拓结果表明,其下延深度大于10km,倾斜较陡,西段北倾,东段南倾。

(3) 赤峰—锦山断裂带:此断裂带位于本区之西部。长达160km,宽约60km,由20余条表露断裂和5条隐伏断裂组成。表露断裂影像清晰。重、磁延拓表明,下延深度一般超过5km,最深可超过10km,除个别呈直立状外,大都呈北西或南东缓倾。

(4) 林家地—中三家断裂带:此断裂带位于本区之东部。长约150km,宽约50km,

由十余条主要表露断裂和4条隐伏断裂组成。表露断裂遥感影像清晰。重、磁延拓结果表明,下延深度一般为3—5km,最深者超过10km,呈北西或南东向陡倾,个别者呈直立状。

2. 块断区结构

由于上述两个方向断裂的交切,使本区域内前中生代地体一并被分割成若干块体。这些被自然切割而成的构造块体,是构成块断区的基本单位。但它们并非等大,而是大小各异,甚至出现有超小型块体。然而,却都是在相同级别构造作用下形成的,故均视为同一级别的基本单位。为了区别于“断块”一级的大型构造地体,又使之符合块断作用和便于块断区的系统描述,特引入“块断体”一词作为组成块断区的基本记述单位。

本块断区是由20个大小不一的似菱形块断体组合而成的一幅清晰的块断构造体系。由于各块断体在差异升降和左行推移作用下,形成总体呈北东向延伸的3个隆断带和两个拗断带,并以堑垒相间的形式展布。由西向东依次为:铭山隆断带、锡伯河拗断带、马鞍山隆断带、老哈河拗断带和努鲁儿虎山隆断带。组成3个隆断带的块断体有12个,组成两个拗断带的块断体有8个。这些自然划分的块体,构成了最佳的统计单元模型,它将为区域地质调查、矿产勘查和统计预测提供方便。

由于块断区的差异升降和来自南东方向的挤压,诸块断体内所产生的次级破裂往往成为良好的赋矿空间。

本次研究注意到了伴随变形作用而产生的韧性剪切作用,本研究区太古宙变质岩中至少存在3条韧性剪切带。它们是位于内蒙地轴南缘黑里河断裂之北的东西向韧性剪切带、位于马鞍山隆断带东缘八里罕-美丽河断裂西侧的北东向韧性剪切带和位于内蒙地轴北缘小牛群-姜家屯断裂东段南侧的东西向韧性剪切带。宽度约5—10km,长25—50km。作为韧性剪切作用标志中的糜棱岩、构造片岩发育,矿物的定向拉伸明显,变形残斑及拔丝构造常见,镜下常可见到石英波状消光、长石双晶弯曲等现象。

(三) 显生宙花岗岩类

本区自元古宙末期隆起以后,一直处于稳定状态,直至晚古生代晚期,由于西伯利亚地台与华北地台对接,才产生构造岩浆活动。特别是到了中生代,由于太平洋板块向欧亚板块的俯冲作用,使华北地台强烈活化,伴随有强烈的构造运动及岩浆侵入和火山喷发。强烈的燕山运动打破了元古宙以来的东西向构造格局,由于扭动而产生一系列北东向断裂,并引起呈北东向延伸的岩浆活动,在本区形成了上百个大小不等的花岗岩类侵入体,为本区金矿的形成提供了热源、成矿流体和有利的物理化学条件。

本区主要岩体的地质特征见表4。

本区除少数岩体(如红花沟岩体、丁家营子岩体)为浅成岩体外,绝大多数为深成岩体。大多数岩体为大小不等、形状各异的岩株,个别为岩墙(如柴胡栏子闪长岩体),它们与金矿关系最为密切,有的本身就是金矿的围岩(如安家营子岩体、梅林岩体)。而大岩基的内部及周围围岩则金矿化少见。大多数岩体与围岩呈明显的侵入关系,有的则见围岩有明显的烘烤现象(如红花沟岩体)。

花岗岩带的分布受构造控制明显,尤以北东向构造控制岩带的分布最为明显。岩体则主要受不同构造交汇和次级断裂控制。

本区岩体大多数为中酸性和酸性岩类。主要矿物成分为石英、钾长石和斜长石。次要矿物为黑云母、角闪石等。多数岩体副矿物组合为磁铁矿-磷灰石-榍石-锆石型,其他副

表 4 显生宙花岗岩体地质特征

Table 4 Geological characteristics of Phanerozoic
granitic bodies

岩体名称	主要岩石类型	形状产状	面积 (km ²)	类型	围岩关系	蚀变	年 龄 (Ma)	时代	有关金 矿床
对 面 沟	片麻状花岗岩、 花岗闪长岩、花 岗闪长斑岩	浑圆 形岩株	7	复式岩体	侵入太古 宙绿岩和 γ_2 花岗岩	钠长石化 钾长石化 绢云母化	121.5(K-Ar) 126.3(U-Pb) 127.9(K-Ar)	燕山期	金厂沟梁 二道沟 郝杖子
红 花 沟	花岗斑岩	不规 则状岩 株	14		侵入太古 宙绿岩和侏 罗系	绢云母化		燕山期	红花沟
安家营子	似斑状石英二 长岩、二长花岗 岩	长椭 圆状岩 株	75	复式岩体	侵入太古 宙绿岩和 γ_2 花岗岩	钠长石化 钾长石化	143(K-Ar) 130.7(K-Ar)	燕山期	安家营子
河 落 堡	黑云母花岗岩、 中细粒二长花岗 岩	不规 则状岩 株	35	复式岩体	侵入华力 西期闪长岩	钠长石化 绢云母化	156(U-Pb)	燕山期	热水
四 道 沟	花岗岩、花岗 闪长岩、二长花 岗岩	岩基	150	复式岩体	侵入晚侏 罗统	钾长石化 钠长石化	153.4(K-Ar)	燕山期	
铭 山	二长花岗岩、 花岗岩	岩基	470		侵入晚侏 罗统	绢云母化 绿泥石化		燕山期	索虎沟矿 点
梅 林	片麻状花岗岩、 黑云母花岗岩、 角闪花岗岩	浑圆 状岩株	37	复式岩体	被上侏罗 统覆盖	钠长石化 绿泥石化		华力西期	梅林

矿物如钛铁矿、褐帘石较少，或者仅在少数岩体出现，个别岩体见独居石、磷钇矿及钼石。岩石多具花岗结构，少数浅成岩体具斑状结构。

我们做了28个岩体193个岩石化学分析。把各岩体按本区3个主要侵入期（晚古生代、早侏罗世和晚侏罗世）分别计算其平均SiO₂含量，由老到新呈逐渐增高的趋势，岩石类型向酸性且稍偏碱性演化，分异指数也变大。在岩石化学成分的演化上，表现了一个钙碱性岩石的连续演化系列。把本区太古宙基性和中基性变质火山岩也投在上述变异图上，可以见到，花岗岩类主要化学成分变化曲线与太古宙变质岩基本上可以相互衔接反映它们二者在物质来源上的成因联系。

本区花岗岩类大多数属于铝过饱和类型花岗岩，少数属于正常类型花岗岩。其微量元素特征与华南同熔型花岗岩近似。其稀土配分模式曲线位于其主要源岩太古宙基性-中基性火山岩的模式曲线范围之内，多数位置略低于变质岩的平均值。

我们对8个岩体测定了铷同位素。把铷同位素初始值在Faure和Powell的铷同位素初始比值与年龄关系图上（图2），其中安家营子岩体、对面沟岩体、大尖山岩体、四道沟北岩体、喀喇沁岩体、大庙-鸡冠山岩体，即大多数岩体，特别是重要含矿岩体，落入大陆壳增长线之下，玄武岩源区之上这一区内，且多数靠近玄武岩源区，这些岩体的铷同位

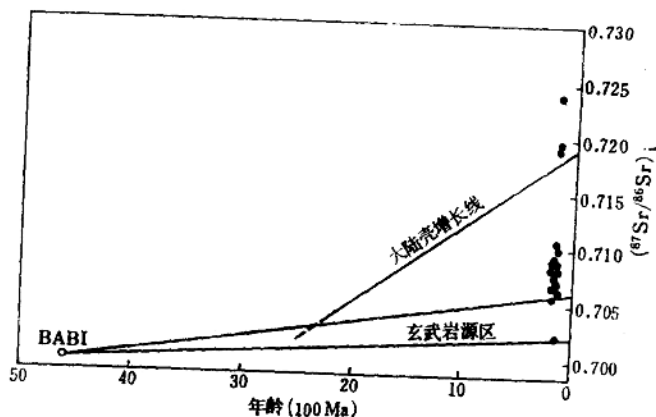


图 2 花岗岩类岩体 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值与年龄关系图
Fig. 2 Relationship between initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and ages of granitic bodies

素初始比为0.7058—0.7111, 属于中等偏低类。

综合上述花岗岩类各种特点, 结合本区地质特征和大地构造背景, 我们认为本区海西晚期和燕山期花岗岩类是太古宙变质岩系重熔的产物。现把其证据简要归纳如下:

(1) 本区花岗岩类主要元素氧化物构成一个连续的演化系列, 并与本区太古宙变质岩系中变质基性和中基性火山岩主要氧化物演化系列相衔接, 反映了本区花岗岩类在主要物质组分上对本区太古宙变质岩系的继承性和演化上的连续性。

(2) 本区花岗岩类岩石中微量元素特征与华南同熔型花岗岩相似, 反映其深成来源。

(3) 大多数花岗岩体稀土元素配分模式曲线与本区变质岩系中的基性-中基性火山岩的稀土元素配分模式曲线相似。

(4) 大多数岩体的锶同位素初始值落入玄武岩源区和大陆壳增长线之间的区域, 表明本区花岗岩的物质来源为变质岩基底的重熔。

二、金矿床类型和地质特征

赤峰-朝阳地区金矿点密布, 金矿床众多。在该区近20000 km²范围内, 已知金矿点近百处, 现已探明并正在开采的工业矿床有十几处。该区是我国重要的金矿化集中区之一。

该区金矿主要分布在围场-赤峰-开原深大断裂以南的地台区, 并集中产在由西到东的锦山、马鞍山和努鲁儿虎山3个北东向隆断带上。

本次研究中, 根据成矿地质背景的不同, 主要是根据金矿的容矿围岩类型的不同, 把本区金矿划分为3种类型, 类型的名称借用典型矿床的名称, 即金厂沟梁式、安家营子式和柴胡栏子式。其中金厂沟梁式按成矿特征的明显差异, 进一步划分为金厂沟梁亚式和红花沟亚式。

各类型金矿床的主要地质特征见表5。

(一) 金厂沟梁式金矿

金厂沟梁式金矿代表性矿床有金厂沟梁金矿、热水金矿、红花沟金矿和莲花山金

矿。此外,朝阳地区的郝杖子、东五家子、沙金沟、迷力营子和小塔子沟等众多小矿床也属此类型。容矿岩石为太古宇大营子群,主要围岩为角闪斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩、混合岩化角闪斜长片麻岩,即镁铁质较高的中基性变质岩。有关的岩体为中小型的酸性或中酸性岩体。矿化类型有石英脉型、蚀变带型及两者的混合型。成矿时代为燕山期。矿床规模主要为大中型,是目前本区占有储量最大的一类金矿床。

根据有些成矿特征的明显差异,将此类矿床分为2个亚类,即金厂沟梁亚式和红花沟亚式。其主要特征的差别是:红花沟亚式形成温度较低,矿化类型不发育蚀变带型。围岩蚀变主要发育青磐岩化、黄铁绢英岩化。矿石成分中出现较多的磁铁矿和硫盐等矿物。

1. 金厂沟梁金矿床

位于努鲁儿虎山隆断带中部15号块断体。该块断体南北界分别为东西向的福合元-奎德素断裂和小牛群-姜家屯断裂。东西界分别为北北东-北东向的南四家子-雷家营子断裂和林家地-中三家断裂。该块断体内出露的地层主要有太古宇,在矿区内主要岩性为斜长角闪片麻岩、角闪斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩及少量浅粒岩、斜长角闪岩、角闪岩和磁铁石英岩,局部有钾质或钠质花岗岩细脉沿片麻理或裂隙注入,构成各种构造形态的混合片麻岩。此外还有中生界侏罗系、白垩系及新生界第四系。侵入岩为华力西期和燕山期花岗岩类。

控制矿床的边界断裂南为车杖子-西马架子东西向断裂,西为贝子府-四家子北北东向盆缘断裂,东为乌拉山-大杖子北西向盆缘断裂,三者构成一个三角形。

矿区在6 km²范围内共有60多条矿脉,其中绝大多数赋存于变质岩系中,个别产于片麻状花岗岩及火山角砾岩中(图3)。矿脉主要受北西向和南北向两组断裂控制,倾向东或北东,倾角70°—90°。矿脉类型有石英脉型、蚀变带型和两者混合型^①。

矿石的矿物种类比较多,金属矿物以黄铁矿含量最多,约占金属矿物总量的90%。其他矿物有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿、金银矿物,此外尚有几种微量金属矿物,如辉铜矿、磁黄铁矿、蓝辉铜矿、斑铜矿、铜蓝、白铁矿等。脉石矿物以石英、绢云母为主,其次有绿泥石、碳酸盐等。表生氧化矿物有褐铁矿、孔雀石、蓝铜矿等。

对比一般中温热液金矿床黄铁矿的微量元素含量,本区黄铁矿中Ag、Cu、Pb、Zn、Co、Ni显著偏高,而Au、Se、As等元素显著偏低。Co/Ni>1,显示热液矿床特点,而Au/Ag<0.5,Se低,S/Se比值高,又与沉积型矿床黄铁矿相近。黄铁矿中Au与Cu、Bi与Ag,As与Cd等关系密切。

金在矿石中主要以自然金形式存在,形态多种多样,有浑圆状、麦粒状、角粒状、板片状、树叉状等。自然金的粒度粗粒金(0.5—0.1 mm)、中粒金(0.1—0.037 mm)和细粒金(0.037—0.01 mm)大约各占三分之一左右,小于0.01 mm的微粒金很少。

金矿物电子探针分析结果表明,本区金矿物基本上属银金矿,少量为自然金。金的成色707—942,平均为805。自然金的成色与形成深度有共消长关系,即形成深度大成色高,形成深度小则成色低。据俄罗斯远东地区91个内生金矿床的统计,其中51个中深和深成金矿床平均金的成色为886.7,40个浅成金矿床平均金的成色为647.3。据此,推测矿床的形成深度应为中等深度,约2 km左右。

① 内蒙古地质矿产局第三地质大队,金厂沟梁金矿地质特征,1983。

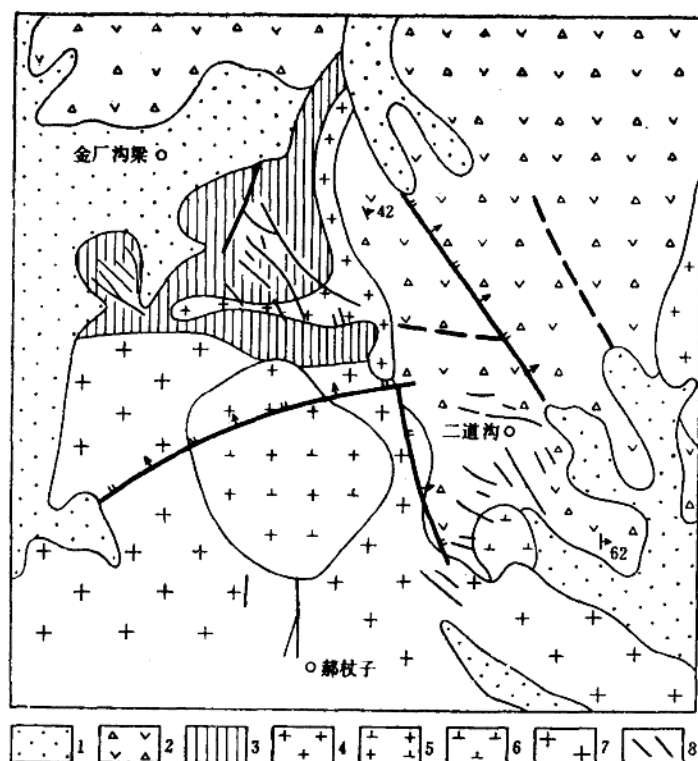


图 3 金厂沟梁矿区地质简图

Fig. 3 Schematic geological map of Jinchanggouliang ore district

1—第四系；2—侏罗系火山岩；3—太古宇大营子群片麻岩；4—燕山晚期花岗岩；5—燕山中期花岗岩闪长岩；6—燕山晚期闪长岩；7—华力西期花岗岩；8—含金石英脉

金矿物在矿石中的嵌布状态，据镜下观察有 3 种情况，即包体金、裂隙金和晶隙金。

矿石的结构类型有压碎结构、自形-半自形粒状结构、他形晶粒状结构、交代结构和乳滴状结构等，其中压碎结构特别发育。

矿石构造有块状构造、条带状构造、浸染状构造、细脉状构造、斑杂状构造和团块状构造等。

本矿床的围岩蚀变类型主要有绿泥石化、绢云母化、硅化、黄铁矿化、绿帘石化和碳酸盐化等。

2. 红花沟金矿床

位于锡伯河拗断带北部 4 号块断体内。该块断属于拗断带中相对上升块断体。北界为东西向舍路嘎河断裂，南界为东西向小牛群-姜家屯断裂，西界为北北东向张家沟-七家断裂，东界为北北东向赤峰-锦山断裂。该块断体内出露地层主要为太古宇、下古生界明安山群（上寒武统）及中生界上侏罗统、新生界第四系。太古宇为一套中深变质岩系，主要岩性有斜长角闪片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩和黑云斜长片麻岩，中间常夹有透镜状大理岩和石英变粒岩的透镜体。变质岩普遍遭受混合岩化作用，形成分枝状、条带状、条痕状等各种混合岩，局部有规模不一的混合花岗岩块。

矿区内由前述大断裂派生的次级断裂构造极为发育,按其产状可分为3组,即北西-北北西向、北东-北北东向和近东西向。这3组次一级的断裂中,都赋存金的矿化,其中尤以北西向一组矿化最好(图4)。

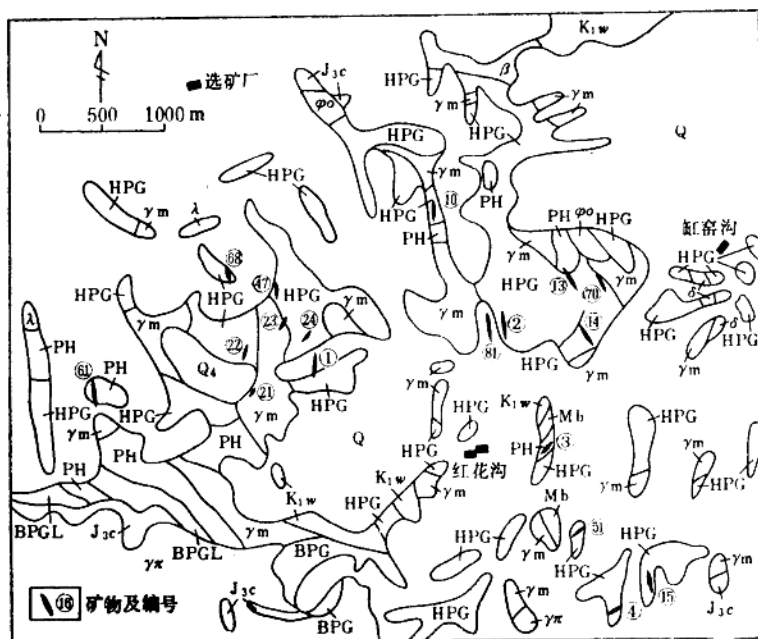


图4 红花沟金矿床地质图

Fig. 4 Schematic geological map of Honghuagou gold deposit

PH—斜长角闪岩; HPG—角闪斜长片麻岩; BPG—黑云斜长片麻岩; BPGl—含云母斜长变粒岩; Mb—大理岩; γm—混合花岗岩; J3c—上侏罗统凝灰砂砾岩; K1w—下白垩统酸性火山岩; Q—第四系; β—第三系玄武岩; γπ—燕山早期第三次侵入之花岗岩斑岩; φo—角闪石岩; δ—闪长岩; λ—流纹岩

该区侵入岩广泛出露,种类较多,以燕山期岩浆旋回最为发育。其中与金矿化有关系的岩体主要是位于南部的花岗岩斑岩,呈不规则的长条形产出,出露面积14 km²。区内脉岩发育,按时间的演化顺序是辉绿岩→闪长玢岩→粗安玢岩→正长斑岩→流纹斑岩,大体沿基性→中性→碱性→酸性方向演化。岩脉与矿脉密切伴生,处于同一构造系统,常常平行产出,有时脉岩直接作为矿脉的围岩。其中辉绿岩和闪长玢岩为成矿前脉岩,粗安玢岩大体与矿同时产出,正长斑岩和流纹斑岩是成矿后脉岩。

在红花沟矿区30 km²范围内,共发现大小石英脉及矿化蚀变带93条,有工业价值的为2、15和81号矿脉,另外,3、13、67号矿脉部分地段可供地方开采。含金石英脉主要产在太古宇建平群的角闪斜长片麻岩及混合岩中,有3组产状:①NNW向延展,倾向SW或NE,倾角75°至直立。有工业价值的矿脉均受此组构造裂隙控制,如2、15、81号矿脉。②NNE向延展,倾向东,倾角70°—75°,如1号脉。③呈NEE-NE向延展,倾向北,倾角60°,如3号脉。矿脉一般长200—300m,厚度变化大,15号和81号脉小于1m,2号脉宽度大于1m,最厚达3.5m。金品位变化也大。

本矿床矿石的矿物种类比较多,金属矿物以黄铁矿为主,约占硫化物总量的90%以上,其次有少量黄铜矿、方铅矿以及微量的闪锌矿。此外偶见磁黄铁矿、斑铜矿、辉铜矿等。

金矿物以自然金为主以及少量银金矿。矿床中还可见到少量的含铜、银和铅的硫盐矿物,如库辉铋铅矿($\text{Cu Pb Bi}_3 \text{S}_6$)、块辉.铅铋银矿($\text{Ag Pb}_2 \text{Bi}_3 \text{S}_7$)、针硫铋铅矿(Cu Pb Bi S_3)和锌(铁)砷黝铜矿($\text{Cu}_{10}(\text{Zn,Fe})_2 \text{As}_4 \text{S}_{13}$)等。非金属矿物则以石英为主,其次有绢云母、绿泥石、高岭石和碳酸盐。表生矿物有孔雀石、蓝铜矿、褐铁矿等。

本矿床中金矿物以自然金为主和少量银金矿,未发现碲金矿。根据电子探针分析结果可知,金的成色变化范围为776.9—935.6,平均值为866。据此推测本区金矿的形成深度应为中深成和深成。

自然金的形态有等轴粒状、片状、树枝状、发丝状等。粒径大小变化较大,石英脉中自然金粒径一般在0.01—0.05 mm之间,蚀变带中的自然金粒径多在0.01—0.03 mm之间,而氧化带中的金粒径较小,一般为0.001—0.003 mm,最大者为0.015 mm。

黄铁矿是本矿床最主要载金矿物,为贫硫的黄铁矿类型,对比一般中温热液金矿床,其Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Co、Ni显著偏高,而Se、As、Sb显著偏低。 $\text{Au/Ag} > 0.5$, $\text{Co/Ni} > 1$,显示热液矿床特点。而Se低,S/Se比值高又与沉积型矿床相似。

本区矿石结构类型有压碎结构、自形-半自形粒状结构、他形晶粒状结构、各种脉状、网脉状、溶蚀状、骸晶状交代结构、三角孔(方铅矿)结构等。矿石的构造有块状构造、浸染状构造、条带状构造、细脉状构造等。

本矿床的围岩蚀变发育在含金石英脉的两侧,主要蚀变类型有黄铁绢英岩化、绿泥石化、青磐岩化,局部发育碳酸盐化,偶见钾长石化和高岭石化。蚀变强度由矿化带的中部向两侧逐渐减弱。蚀变带宽度不大,在石英脉两侧幅宽不到1m,肉眼可辨别的蚀变带幅宽通常在15 cm左右。

3. 莲花山金矿床

该矿床位于铭山隆断带北部1号块断体内。该块断体北界为召苏河断裂(是围场-赤峰-开原断裂的一段),南界为舍路嘎河断裂,西界为北北东向黑山沟-六道沟门断裂,东界为北北东向张家沟-七家断裂。侵入岩为燕山期花岗岩类。除了与红花沟金矿床处于不同的块断体这一点之外,其余均与红花沟金矿床基本相同,不再赘述。

矿区范围约20 km²,南北狭长,东西较窄(图5)。共发现含金石英脉52条,可分为3种产状:①走向NNW,倾向NE或SW,倾角陡。如4、50、51号脉。②走向NW,倾向NE,倾角较陡。如1、13、38号脉。③走向NE,倾向NW,倾角较缓,如6号脉。本区具工业价值者为1、4、6、50、51号脉,其中最大者为4和6号脉。这些矿脉均为含金石英脉,产于混合岩化的角闪斜长片麻岩中。矿脉一般长200—700m,厚度变化较大,一般为0.3—1m,最厚达5m。矿脉延深100—200m,最深达400多米。矿石品位变化较大。

本矿床有含金磁铁矿石英脉和含金黄铁矿石英脉两种。矿石矿物成分比较简单。金属矿物以黄铁矿和磁铁矿为主,其次有黄铜矿、闪锌矿、方铅矿。金矿物以自然金为主,此外尚有少量斑铜矿、辉铜矿和辉银矿。脉石矿物则以石英和绢云母为主,其次有绿泥石、高岭石和碳酸盐,氧化带矿物以褐铁矿为主,并有少量孔雀石和蓝铜矿。

金在矿石中主要以自然金形式存在,形态多种多样,有浑圆状、片状、板状、细发状、枝网状和不规则状。金的最大粒径为1—0.01 mm,一般多在0.03—0.005 mm左右,最小为0.0025 mm。在磁铁矿中金矿物一般呈细粒状晶隙金或微细脉状的裂隙金,少量呈包体金;在黄铁矿中的金则呈微细或超微粒状包体金或在粗粒黄铁矿的显微裂隙中呈微细脉

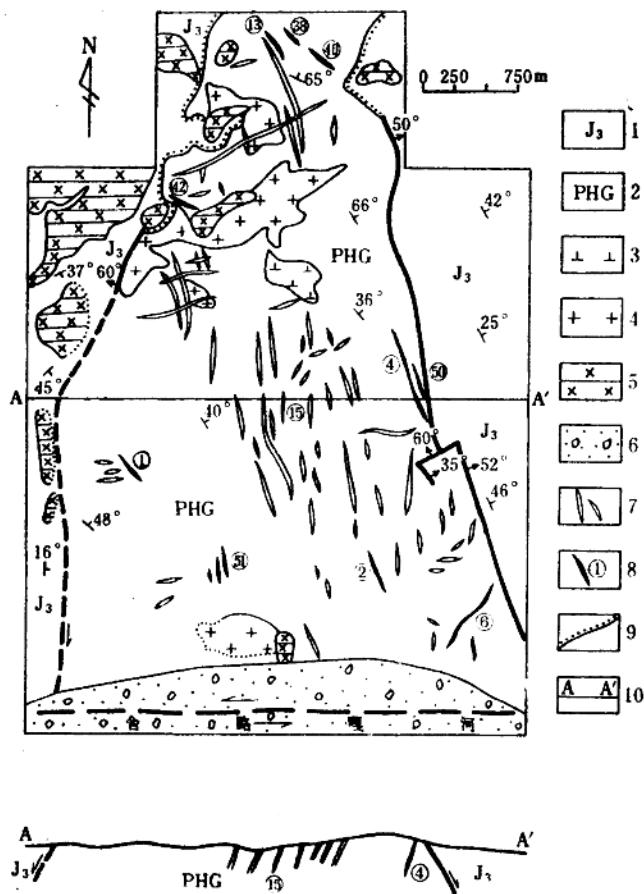


图 5 莲花山金矿床地质图

Fig. 5 Schematic geological map of Lianhuashan gold deposit

1—凝灰质砂砾岩；2—混合岩化斜长角闪片麻岩；3—闪长岩；4—混合花岗岩；5—玄武岩；6—残坡积层、冲积层；7—闪长粉岩和粗安斑岩脉；8—矿脉及编号；9—不整合界线；10—剖面线位置

状；在石英中的金含量较低，一般呈晶隙金或包体金产出，少量为裂隙金；金与黄铜矿和方铅矿等连生成细脉分布在粗粒黄铁矿裂隙中。

据电子探针对金矿物的分析结果，本区金矿物以自然金为主，其次是银金矿。金的成色变化范围是 746.8—945.0，平均为 874，反映了深成的特点。与磁铁矿共生的金成色最高（为 945—942），与黄铁矿共生的金较低（为 862），与黄铜矿共生的金成色最低（为 747）。这表明金的成色是随着温度的降低而降低的。

本区黄铁矿与一般中温热液金矿对比，其 Ag、Cu、Pb、Zn、Co、Ni 明显偏高，而 As、Sb、Se 明显偏低。Au/Ag 比值和 S/Se 比值较高。

本区矿石结构类型有自形-半自形晶粒状结构、他形晶粒状结构、交代溶蚀结构、骸晶结构、乳滴状结构、包含状结构等。矿石构造有块状构造、条带状构造、细脉浸染状构造等，矿床氧化带还发育蜂窝状构造。

本区围岩蚀变类型有青磐岩化、黄铁绢英岩化、绿泥石化，局部有碳酸盐化。蚀变带