

太行山北段金矿赋存规律研究

李 义 王玉富 张 祥

王 真 谭会民

(冶金部天津地质研究院)

区内金矿以产于变质岩系中的破碎带蚀变岩与石英脉复合型和石英脉型为主。赋存规律与变质岩原岩建造、韧性变形带及中生代的构造岩浆活动有关。

关键词: 太行山北段; 金矿; 韧性变形带; 构造岩浆活动; 赋存规律

太古宙阜平群出露于太行山北段, 构造上属华北地台山西台背斜阜平隆起, 区域上为一呈北东向延伸的穹状复合褶皱体(图1)。阜平群由一套中深变质的麻粒岩、角闪质岩、各种片麻岩、浅粒岩、大理岩及含磁铁矿或磁铁石英岩组成, 局部有混合

岩。阜平隆起内部褶皱形迹复杂, 断裂构造发育, 是经过多期变形改造的地体。

金矿地质特征简述

区内已知岩金矿床(点)有5种类型: ①破碎

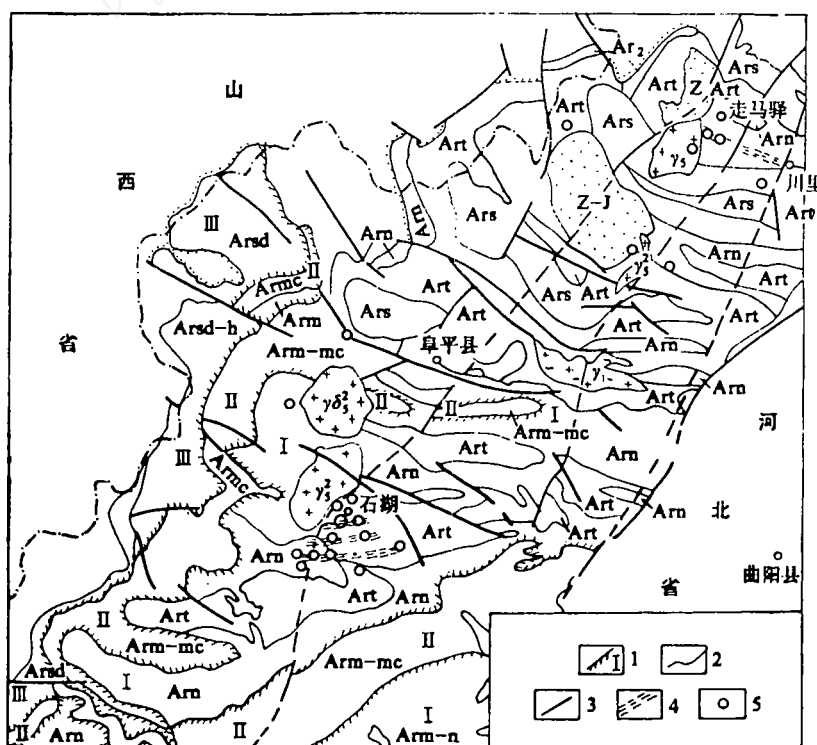


图 1 太行山北段区域地质图

Z-J—中上元古界及其以上盖层; Ar₂—太古宙五台群; Arsd-h—太古宙阜平群 四道河组、红土坡组未分; Arsd—阜平群 四道河组; Arm-mc—阜平群漫山组、木厂组未分; Arn—阜平群南营组; Art—阜平群 团泊口组; Ars—阜平群索家庄组; γ_5^2 —燕山期花岗岩; γ_5^1 —燕山期花岗闪长岩; γ_1 —晚太古代片麻状花岗岩; 1—原岩建造分区界线及编号; 2—地质界线; 3—断层; 4—韧性变形带; 5—金矿点

带蚀变岩与石英脉复合型；②石英脉型；③与浅成侵入体有关的多金属伴生金矿类型；④基性岩脉接触带型；⑤硅铁建造中的金矿化类型。其中①、②类是本区主要金矿类型，占区内已获金矿储量的95%。本文主要讨论这两类金矿的赋存规律。

破碎带蚀变岩与石英脉复合型和石英脉型金矿的矿体形态主要为脉状、透镜状、扁豆状，矿脉的长度一般几十至几百m，少数达千m以上，厚度变化较大，由0.1~20余m不等。

矿石构造多样，主要有角砾状、浸染状、块状、梳状等。

矿石矿物成分较简单，金属矿物主要为黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿，以及少量磁黄铁矿和蓝铜矿；金矿物主要是银金矿，少量含银自然金和金银矿；脉石矿物主要有石英、绢云母、绿泥石，少量方解石及部分围岩碎块。

金品位一般10g/t左右，最高53g/t。金的成色较低，平均659。普遍含银，一般几十至上百g/t。

围岩蚀变有黄铁绢英岩化、硅化、绢云母化、绿泥石化、钾化、碳酸盐化，次生蚀变主要是褐铁矿化，偶见矾化。

金矿赋存规律

1. 金矿赋存的地层建造特征和矿源层

(1) 金矿赋存的地层建造特征及原岩

性质 本区金矿的围岩为太古宙阜平群。阜平群经受了中深变质，其岩石种类较复杂，前人将其划分为7个组(表1)。阜平群经历了多期变形改造，伍家善等初步确定阜平群形成的底界年龄约在2800Ma(最大3000Ma)，顶界为2560Ma。关于阜平群的原岩建造性质，李义等(1983、1985)已进行过研究划分，基本上由3种原岩建造组成：

I. 以沉积岩为主体伴有基性火山岩的原岩建造。自下而上基性火山岩逐渐减少，而沉积岩增多，约有7个沉积旋回。经区域变质后形成角闪岩相为主，下部有麻粒岩相，相当于索家庄组、团泊口组、南营组。该建造是区内目前已知金矿的主要赋存层位。

II. 以碎屑岩为主体伴有碳酸盐岩的原岩建造。岩层中保留较好的韵律层理。区域变质后形成角闪岩相，相当于漫山组、木厂组。

III. 以下部基性火山岩较多，主要是碎屑岩和碳酸盐岩组成的原岩建造。变质后局部保留韵律层理，为角闪岩相，相当于四道河组、红土坡组。

本区主要金矿床(点)大都赋存在第I种原岩建造的中上部，即团泊口组、南营组，其变质岩石组合为：

团泊口组下部为黑云(角闪)斜长片麻岩夹斜长角闪岩、浅粒岩；中部以浅粒岩为主夹黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩，局部有磁铁石榴角闪变粒岩

太行山北段太古宙阜平群地层表 表 1

宙	群	组	岩 性
太古宙	阜平群	红土坡组	浅粒岩为主，夹薄层黑云斜长片麻岩，顶部有大理岩
		四道河组	顶部为斜长角闪岩、大理岩，上部浅粒岩夹片麻岩，下部片麻岩夹浅粒岩
		木厂组	大理岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩
		漫山组	二长浅粒岩、浅粒岩、夹黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩，顶部为大理岩
		南营组	上部：黑云角闪斜长片麻岩、夹黑云二长片麻岩，顶部有大理岩，中部：浅粒岩、黑云斜长片麻岩、夹磁铁石英岩，下部黑云二长片麻岩夹斜长角闪岩、浅粒岩
		团泊口组	上部大理岩，中部钾长浅粒岩夹黑云钾长片麻岩，下部黑云(角闪)斜长片麻岩夹少量浅粒岩
		索家庄组	上部斜长角闪岩，角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩，下部黑云斜长片麻岩，局部有麻粒岩

及硅线球粒浅粒岩；上部有杂色大理岩。南营组下部为黑云二长（斜长）片麻岩夹斜长角闪岩（底部有硅线球粒浅粒岩），中部为浅粒岩及黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩、磁铁石英岩等；上部黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩夹黑云二长片麻岩、大理岩等。

经原岩恢复，浅粒岩为砂质—长石砂岩，黑云斜长（二长）片麻岩为泥砂质—粘土质岩或火山沉积的凝灰岩，斜长角闪岩为基性火山岩，大理岩为泥灰岩，磁铁石英岩为硅铁质岩。

（2）金矿化与相应岩石地层在空间上的依赖性 区内已知金矿床（点）的分布与阜平群中特定的岩石地层有着明显的依存关系。据区内40余个金矿床（点）统计，产于团泊口组的占75%，南营组占8%，两者合计83%，而储量占95%以上。少数产于团泊口组与索家庄组的交界部位。而在阜

平群其他组中至今未发现好的金矿化显示。这种空间上的依赖性绝不是偶然的。由于金的地球化学性质不活泼，在成矿作用过程中，原生金的富集不可能迁移过远，所以大部分金矿床都分布在矿源层（团泊口组、南营组）范围之内，显示出自生自储的层控性质。这一点与冀东、胶东及国外产于老变质岩中金的情况相同。

（3）岩石地层中金丰度的信息 显然，太行山北段产于阜平群变质岩中的金矿化，无论是破碎带蚀变岩与石英脉复合型和石英脉型，都赋存在一定的岩石地层单元之中，而且与一定的岩性组合有关。因此研究地层中的含金性及其变化规律，可为查明控制金矿的因素提供必要的依据。为此，采集了岩石金丰度样品67个，包括了团泊口组和南营组中8种主要的岩石类型，各类变质岩中金及微量元素

团泊口组、南营组各类变质岩金（ppb）及微量元素含量（ppm）

表 2

岩石名称	Au	Ag	As	Bi	Hg	W	Mo	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	样品数
斜长角闪岩	4.57	0.1	1.34	0.13	0.027	3.12	1.91	42	28	79.3	41.2	64.3	17
黑云斜长片麻岩	8.1	0.1	1.68	0.15	0.03	2.41	3.33	30.3	22.8	82.9	19.2	33.2	22
黑云二长片麻岩	1.85	0.13	1.30	0.09	0.03	1.9	1.5	15.5	28.5	71.5	17	34	2
长英片麻岩	3.5	0.05	1.70	0.16	0.03	1.7	3.2	10	32	78	27.5	32.5	2
角闪斜长片麻岩	3.6	0.06	1.35	0.16	0.03	15.2	3.3	19	18	84	21.5	33	2
浅粒岩	8.5	0.08	1.61	0.15	0.03	2.36	3.59	14.7	35	56	13.6	18	15
变粒岩	3.63	0.13	1.41	0.25	0.03	2.53	2.75	12.3	21.3	66	17.7	11.9	6
含硅线球粒浅粒岩	7.9	0.09	1.7	0.16	0.03	1.4	2.2	17	16	15	10	20	1
平均值 ($\bar{X}$)	5.2												

由表2可知，7类变质岩中金的含量由高至低，依次是浅粒岩>黑云斜长片麻岩>含硅线球粒浅粒岩>斜长角闪岩>变粒岩>角闪斜长片麻岩>长英片麻岩>黑云二长片麻岩。各类变质岩中的金含量变化较大。如果将样品数近似地作为岩类的分布面积，则67个样品的平均值 $\bar{X}=5.2\text{ppb}$ ，那么具有异常金丰度的岩性是浅粒岩和黑云斜长片麻岩。

在成矿作用过程中，金含量的离散度（方差）可以分析金被活化迁移的程度。本区主要富含金的岩石黑云斜长片麻岩、浅粒岩中金含量的离散度都很大（表3），浅粒岩 $\sigma=12.21$ ，黑云斜长片麻岩 $\sigma=11.55$ ，表明其中金已局部活化。另外，野外观察也可证实，本区变质岩层经历了多次构造变形和热事件的影响，引起金活化迁移的条件是具备的。

黑云斜长片麻岩、浅粒岩金含量离散度

表 3

岩性	样品数	算术平均值 $\bar{X}$	方差	丰度范围
黑云斜长片麻岩	22	8.1	11.55	1.1~51
浅粒岩	15	8.5	12.21	1.1~40

各类变质岩中其他微量元素的特点是：Ag含量黑云二长片麻岩>变粒岩>黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩>含硅线球粒浅粒岩>浅粒岩>角闪斜长片麻岩>长英片麻岩。Co、Ni明显富于斜长角闪岩，Cu、Zn以斜长角闪岩和黑云斜长片麻岩较高，As在长英片麻岩、黑云斜长片麻岩以及浅粒岩中

较高。Bi、Hg、W、Mo变化不明显。

据16个铅同位素样品的分析结果(包括矿石铅、阜平群地层中的铅和花岗岩中的铅),矿石铅与阜平群变质岩中的铅同位素组成具有惊人的一致性, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 15.5602~16.7919, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 14.9539~15.6686, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 36.5283~38.0992,表明金与阜平群地层的源缘关系。

需要指出的是,以往对华北地台产于太古宙老变质岩中的金矿,普遍认为其矿质来源于一套由基性火山岩变质而成的斜长角闪岩,而本区却是一套以沉积岩为主夹火山岩的原岩建造,这是其特点之一。阜平群的成岩构造环境为大陆边缘次活动区,属于浅海—大陆斜坡沉积,从沉积类型和特点分析,当时海底地形可能较陡,形成了这样一套堆积速度相对较快的沉积物。团泊口组、南营组处于阜平群的下部,形成于沉积的初期,原始古陆壳上大量的含金丰度高的岩石,为矿源层的形成提供了充足的来源,而粘土质和泥砂质岩是携带金的良好媒介,所以团泊口组、南营组具有原始矿源层的客观条件。值得一提的是,这种以副岩系为主的矿源层对在华北地台寻找与老变质岩有关的金矿是一个重要启示。

2. 韧性变形带对金矿化的控制作用

阜平群的构造形变史可分为3个旋回,即阜平期主变形旋回、吕梁期和中生代燕山期的改造影响。在阜平期主变形旋回中形成近东西向的构造,在主变形后期局部地段形成了近东西向的韧性变形带,并且为矿源层中金的迁移和富集起了重要作用。

(1) 区内韧性变形带的展布和规模

就目前所知,在研究区内出露有南、北两条较大的韧性变形带(图1)。

南部韧性变形带出露于灵寿县的新开—石湖一带,称为新石韧性变形带,呈北东向($70^\circ\sim 80^\circ$)延伸,带宽近4km。该带自南而北分为新开、麻地沟、石湖沟掌3条近于平行的韧性断裂,其间夹有微弱变形的残留块体。新开韧性断裂发育在团泊口组和南营组地层中,西起丑泥口,东至野鸡铺,延长大于15km,南北宽500~800m;麻地沟韧性断裂主要发育在团泊口组地层中,东西长10km以上,南北宽近千m;石湖沟掌韧性断裂向西被麻棚岩体所截,往东延入阜平县境内,可见长度大于7km,宽度在500m以上,该韧性断裂发育在团泊口组地层中。

北部韧性变形带出露于唐县倒马关—川里—

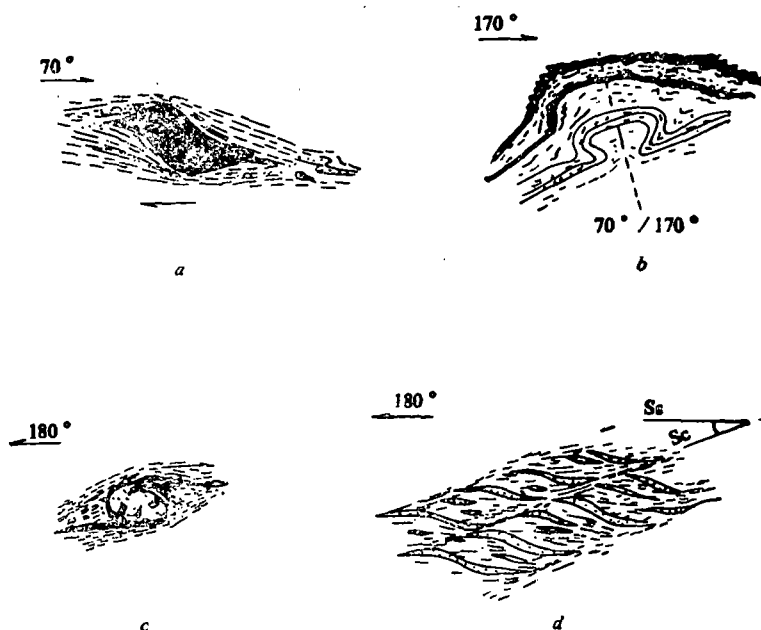


图2 韧性变形构造

a—旋转碎斑(石湖); b—鞘褶皱(石湖); c— δ 旋转碎斑(川里); d—大石峪 S_s 与 S_c 面里

带,称为倒马关—川里韧性变形带。该带呈东西向延伸,局部呈北西西($390^{\circ}\pm$)向。主要发育在团泊口组地层中。

韧性变形带中岩石变形强烈,并具特有的变形构造,如旋转碎斑、压力影、鞘褶皱、粘滞型香肠等(图2),镜下可见亚颗粒、波状消光、糜棱岩化等现象。关于韧性带的研究将另文论述,在此不赘述。

(2) 金矿化与韧性变形带产出的一致性 空间上,本区金矿化点的分布与韧性变形带有着密切的关系,多数金矿床(点)产于韧性变形带中及其附近,并沿韧性变形带呈带状分布。据统计,本区主要金矿类型——破碎蚀变岩与石英脉复合型 and 石英脉型金矿产于韧性变形带中的占70%左

右,如著名的石湖金矿床就产于南部韧性变形带中。此外尚有李家庄、恶石沟等10余个金矿点。产于北部韧性带的有大石峪等金矿点。

(3) 韧性变形带中成矿元素的富集作用 金矿化与韧性变形带在空间上产出的一致性,表明韧性变形确实对成矿元素的迁移富集起了重要作用,这在南部垂直韧性变形带的剖面上成矿元素的含量变化得到证实(图3)。由图3可以看出,韧性带中的金含量明显地高于非韧性变形地段,亦即在韧性带中金含量升高,达13.08~17.4ppb,在非韧性变形地段金含量则小于10ppb。需要指出的是,在石湖沟掌韧性带中金含量却大大降低。造成这种现象的原因是因为石湖金矿床产于此带,使得韧性带中的金运移到矿脉中沉淀,而麻地沟和新开韧性带中没

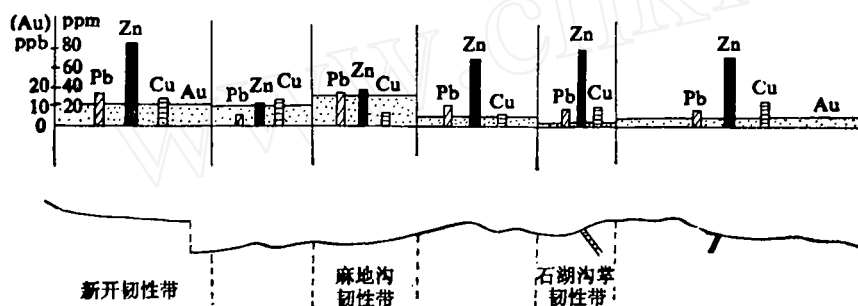


图3 新石韧性变形带金及微量元素变化图

有形成大的金矿脉,所以保持了高的金含量。

由此可见,韧性变形带在形成过程中使团泊口组、南营组已有较高金丰度的基础上得以初步富集。我们知道,矿源层中的金,或者存在于造岩矿物内部,或者存在于岩石孔隙或晶隙中。从成矿的演化来看,构造应力对元素集散的影响可分为两个过程,即赋存于造岩矿物内部的金迁移出来和这些从内部迁移出的金在构造应力作用下继续发生迁移。第一个过程已经在材料力学中得到证明,而且对剪力、压力、张力而言,剪力对这种迁移的影响最为显著。韧性变形带中的压力、温度比较高,形成以 H_2O 、 CO_2 为主要成分的变质流体,与金构成含金的变质流体,使分散的金开始富集,导致金从矿源层中迁出并进入韧性变形带。此时还不具备金沉淀的环境,但是初步富集是成矿的重要前提,并对尔后构造岩浆活动中金的再度富集而成为矿床有着直接的影响和控制作用。

3. 中生代的构造岩浆活动是金矿形成的重要条件

(1) 中生代的韧—脆性断裂控制矿体的产状和形态 前已述及,本区主要金矿类型在宏观上受韧性变形带的控制,但金矿脉的产出方向却大都表现为北东—近南北—北西向,这是中生代断裂构造活动所致,换言之,如果说韧性变形带使矿源层中的金得以初步富集的话,而最终使矿床或工业矿体定位的容矿构造则是中生代燕山期叠加在韧性变形带上或其附近的韧—脆性断裂构造中。众所周知,华北地台上中生代的构造活动非常发育,属本区第三变形旋回。这期构造以北东向的断裂为特点,并伴有强烈的岩浆活动,形成了北东向的构造岩浆带。这些韧脆性断裂为金矿脉提供了良好的容矿空间,而岩浆活动则为金的富集提供了热动力条件。

太行山北段岩浆岩化学成分(%)及含量(ppb)

表 4

样品号	岩石名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO
m-1	花岗岩(麻棚)	70.64	14.75	0.32	2.06	0.72	1.26	1.23
m-2	花岗岩(麻棚)	69.66	14.58	0.33	2.37	1.17	1.29	1.45
m-3	花岗闪长岩(麻棚)	70.75	14.09	0.31	2.56	0.54	1.41	1.38
m-4	花岗闪长岩(麻棚)	69.68	14.44	0.36	2.25	0.90	1.37	1.41
m-7	花岗闪长岩(麻棚)	68.53	14.97	0.42	1.56	1.12	1.72	1.79
C-1	花岗闪长岩(赤瓦屋)	65.50	15.88	0.49	3.50	1.53	1.85	2.09
C-2	花岗闪长岩(赤瓦屋)	68.90	14.62	0.45	2.94	1.44	1.53	1.93
C-3	石英闪长岩(赤瓦屋)	58.64	16.01	0.87	5.56	4.0	2.65	3.94
大-1	花岗岩(南城子)	67.94	14.66	0.43	2.59	1.3	1.95	1.72

样品号	岩石名称	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	CO ₂	Au
m-1	花岗岩(麻棚)	0.07	4.53	4.24	0.14	0.44	0.19	1.3
m-2	花岗岩(麻棚)	0.086	4.38	4.04	0.15	0.64	0.19	1.5
m-3	花岗闪长岩(麻棚)	0.086	4.53	3.86	0.12	0.47	0.11	1.8
m-4	花岗闪长岩(麻棚)	0.077	4.32	4.04	0.15	0.68	0.09	1.5
m-7	花岗闪长岩(麻棚)	0.087	4.53	3.84	0.17	1.22	0.30	1.2
C-1	花岗闪长岩(赤瓦屋)	0.089	3.37	4.41	0.22	0.4	0.09	1.0
C-2	花岗闪长岩(赤瓦屋)	0.099	3.88	4.02	0.16	0.61	0.11	1.5
C-3	石英闪长岩(赤瓦屋)	0.12	2.67	4.08	0.36	1.22	0.13	1.4
大-1	花岗岩(南城子)	0.093	4.28	3.84	0.28	0.23	0.36	2.0

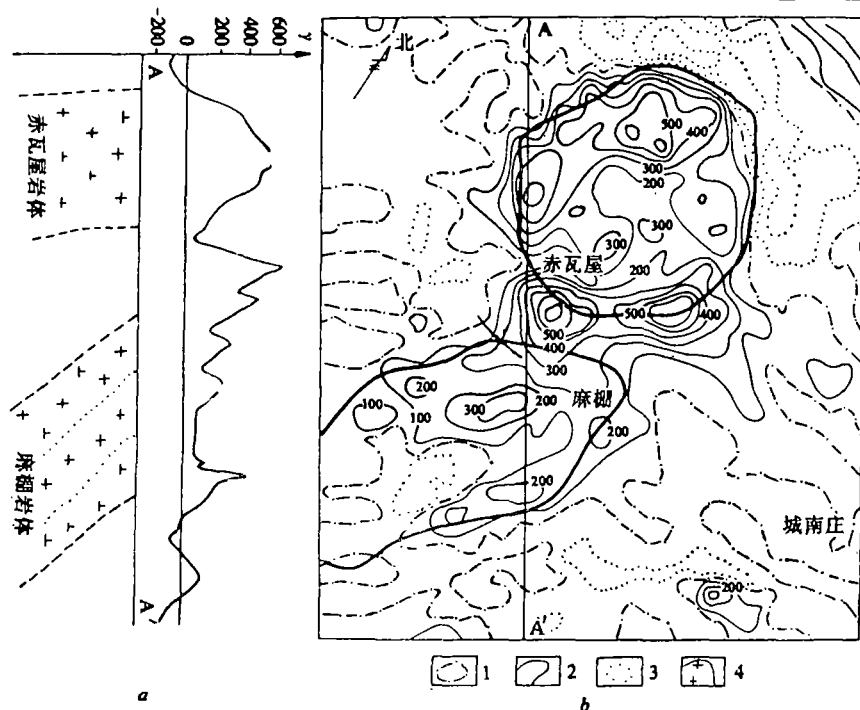


图 4 麻棚、赤瓦屋航磁剖面图 (a) 航磁平面图 (b)

1—γ零值线; 2—γ正值线; 3—γ负值线; 4—岩体及界线; A A'—剖面编号

这种韧—脆性断裂构造处于相对较低的温压环境, 与韧性变形带之间存在着物理化学梯度, 这种梯度会引起含金流体的迁移, 而进入韧—脆性断裂中, 使金沉淀成矿。这种容矿的韧—脆性断裂多为

次级构造,因产出部位不同而有所差别,在麻棚岩体东南侧主要呈近南北向、北西向,而大石峪一带则以北东向为主。

(2) 岩浆活动与成矿关系 区内岩体自南而北有麻棚岩体、赤瓦屋岩体、台峪岩体、南城子岩体。其中麻棚岩体曾获 $132 \pm 6\text{Ma}$ Rb-Sr等时线年龄,我们测得麻棚和赤瓦屋岩体的K-Ar法模式年龄分别为 $119.93 \pm 2.81\text{Ma}$ 和 $121.08 \pm 2.88\text{Ma}$,属燕山中期产物。这些岩体的出露面积都不大,为几十 km^2 ,与阜平群地层呈侵入接触关系。岩石类型为中酸性岩浆岩。麻棚岩体中心相为斑状花岗岩,过渡相为花岗闪长岩,边缘相为石英闪长岩。赤瓦屋岩体中心相为花岗闪长岩,边缘相为石英闪长岩。南城子岩体岩性与麻棚岩体类似。

岩体的化学成分(表4)可以看出,本区岩浆岩与我国和世界同类岩石的化学成分相似, SiO_2 含量介于花岗岩与花岗闪长岩之间, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 略高于我国酸性岩的平均含量。经计算,本区岩浆岩为正常系列的钙碱性岩, $\text{A/NKC} < 1.1$,在K—Na—Ca三角图上落于岩浆花岗岩范围内。稀土配分模式为向右倾斜的平滑型,Eu无明显异常, $\delta\text{Eu} 0.9$ 左右,显示出I型花岗岩的特征。

岩体的含金丰度为 $1.0 \sim 2.0\text{ppb}$,平均 1.46ppb ,大大低于我国同类岩石的平均含量,而且岩体的面积也不大,将其作为金的矿质来源是难以想象的。岩体的铅同位素组成 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} 16.2994 \sim 16.7919$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} 15.2051 \sim 15.6686$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} 36.5593 \sim 37.8585$,与矿石铅和阜平群变质岩中的铅同位素组成非常一致,显示了古老铅的特征,也反映了三者之间的亲缘关系。这表明本区花岗质侵入体是阜平群变质岩在地壳深部经重熔作用的产物,而在中生代燕山期侵位和定位的,它为金的再度迁移、富集成矿提供了热力条件。

本区破碎蚀变岩与石英脉复合型及石英脉型金矿床(点)大都分布在上述岩体的东南侧,在西北侧很少有好的矿化显示,赤瓦屋岩体周围矿化也不发育。通过航磁资料分析,这种空间上分布的规律是受岩体深部产状的影响所致。

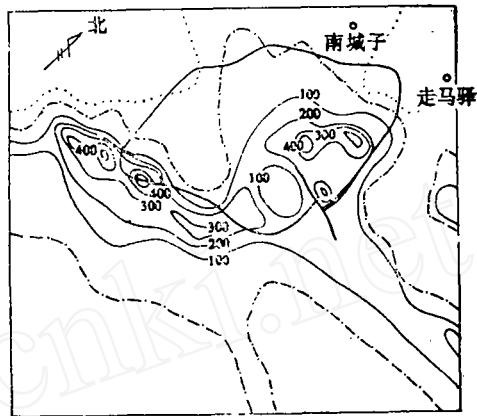


图5 南城子岩体航磁平面图

航磁平面图上(图4),麻棚岩体中部为磁性负值,向外磁性值增大,与岩体分带一致,其等值线北边紧密,向南东稀疏。在航磁剖面图上,岩体自北西南东表现为磁性值的平缓降低,而在西北部则梯度较陡,显然,麻棚岩体深部是向南东方向侧伏的。那么其东南侧恰好处于岩体隐伏部位的上方,断裂发育,受热影响大,所以金矿化发育。

赤瓦屋岩体在航磁平面图上呈不规则的环状,上延200m,400m高值中心点无位移,形态变化不大,剖面上对称性好,说明此岩体呈筒状向下延伸,对周围的热影响弱,矿化不发育。

据航磁资料分析(图5),南城子岩体是由南东向北西方向超覆的,其东南侧也处于岩体隐伏部位的上方,所以金矿化多发育在岩体东南侧。

Mode of Occurrence of Gold Mineralizations at the Northern Section of Taihang Mountains

Li Yi Wang Yufu Zhang Xiang

Wang Zhen Tan Huimin

Gold mineralizations in the study area mainly of quartz vein or composite quartz vein types, are located in fractured altered rocks of metamorphic rock series. Their mode of occurrence are closely related to the primary rock formation of metamorphic rocks, the ductile deformation belt and the Mesozoic tectonic magmatic activities.