

小秦岭地区太华群中矿源层的形成及其演化

阎 军

(地矿部西安地质矿产研究所)

摘要 以区域性构造变形变质的分析为基础,例举了大量岩石地球化学和同位素地质资料,论证小秦岭地区太华群中矿源层的存在。提出了矿源层从原始矿源层到初级、高级衍生矿源层的形成及其演化模式的新认识,并且探讨了各阶段矿源层的成矿特性。

关键词 小秦岭, 太华群, 原始矿源层, 衍生矿源层

太华群是华北古陆核的重要组成部分,后经多期变形变质作用,成为中、高级变质片麻岩系。但太华群做为小秦岭地区金的矿源层,长期以来一直是众多地质学家争议的焦点。本文以构造演化为线索,在前人工作的基础上,例证太华群中矿源层的地质依据,探讨太华群中矿源层的演化规律。

作者简介:阎军,男,29岁,1984年毕业于武汉地质学院地质力学系,1990年毕业于西安地质学院研究生部。现在西安地质矿产研究所从事构造地质学研究工作。(陕西·西安)

收稿日期:91-04-04

表 2 龙首山地区震旦系与邻区及有关地区对比

地区	新 疆	甘肃—内蒙	甘肃—内蒙	宁 夏	湖 北	
地层	库鲁克塔格	北 山	龙 首 山	贺 兰 山	三 峡	
上覆地层	下寒武统	下寒武统	下寒武统	下寒武统	下寒武统	
震 旦 系	上	汉戈尔乔克组			灯 影 组	
	统	育肯沟组	红山口群	烧火筒群	罗 圈 组	陡山沱组
		特瑞爱肯组	上岩组	上岩组	上段	南 沱 组
	下	照壁山组	下岩组	中岩组	下段	莲 沱 组
统	贝义西组		下岩组			
下伏地层	青白口系	青白口系	蓟 县 系	蓟 县 系	前震旦系	

本文系 1 : 5 万区调成果,经作者修改而成。不足和谬误在所难免,请不吝赐教。

(参 考 文 献 略)

1 太华群中的矿源层

1.1 岩石地球化学特征

1.1.1 金的区域背景值：据王定国（1981）、王亨治（1982）以及河南省地矿局地质调查大队和地质研究所等单位测试结果，本区金的区域背景含量为 $0.71(\times 10^{-9})$ — $0.24(\times 10^{-9})$ 之间，即低于地壳金的丰度值。

1.1.2 岩石地球化学特征：太华群主要为一套中深变质岩系，受到混合岩化作用，岩相及厚度变化剧烈。从区域上看，太华群分下、中、上三组：下部大月坪组为黑云母斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、混合岩及变粒岩，原岩以沉积碎屑岩为主，夹中、基性火山岩；中部板石山组为大理岩、石英岩夹片麻岩及片岩；上部洞沟组、秦仓沟组、桃峪组以角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩为主，夹磁石英岩，原岩为基性火山岩及沉积碎屑岩，自下而上为一个中基性—基性火山喷发旋回。据Rb—Sr等时线测得太华群年龄为 2411Ma — 2549Ma （林宝钦，1989）。

太华群金丰度值低于地壳克拉克值，但变化系数不大。Cu、Pb、Zn、Sr等元素丰度与地壳克拉克值相当或略低（表1）。与邻区太古代、中元古代地层比较（表2），金丰度与变质程度呈负相关。如刘家山、灞源地区太华群变质程度一般为绿片岩相、角闪岩相，金丰度值高于小秦岭地区太华群的角闪岩相，说明太华群原岩可能为富金建造，变质作用使岩石中金含量降低。随着混合岩化强度的增加，岩石中Au、Cu、Zn、V、Ni等元素丰度均不同程度降低（表3），说明后期变质作用是金丰度值降低的重要因素。

表1 小秦岭地区太华群中微量元素含量

地层	样品 个数	Au($\times 10^{-9}$)		变异 系数	其他元素含量($\times 10^{-6}$)							
		含量	标准差		Pb	Cu	Zn	V	Ni	Ti	Ba	Sr
桃峪组	18	2.10	2.01	0.96	44.48	83.13	84.69	156.39	48.61	1350	886.50	291.61
秦仓口组	24	1.90	2.09	1.10	43.82	74.63	73.45	108.54	18.25	1866.67	1008.33	213.33
三关庙组	95	2.38	1.90	0.80	30.07	44.37	64.58	103.65	25.88	1717.51	1619.84	340.15
洞沟组	64	1.44	1.18	0.82	10.44	58.51	49.38	104.55	26.07	1881.46	1173.44	287.41
板石山组	33	1.51	0.92	0.61	8.67	31.58	23.76	73.49	23.48	1087.88	842.85	45.45
大月坪组	24	1.13	0.77	0.68	12.13	64.79	32.92	120.65	33.11	1741.95	1204.17	45.83
太华群 总平均	258	1.86	1.64	0.88	23.08	53.66	54.87	105.73	27.17	1660.02	1263.01	246.81

据晁媛，1986。

上述资料表明，各岩组中微量元素丰度值有一定的变化，但其总趋势是以板石山组为界显示出两个不完整的地球化学旋回。

1.2 矿源层同位素地质特征

1.2.1 硫同位素特征：图1表明， $\delta^{34}\text{S}\%$ 值变化范围全部落在变质岩区，并在下部岩套石英脉中 $\delta^{34}\text{S}\%$ 值多为较小正值，近于玄武岩范围，与太华群下部双峰式岩套原岩性质相似。潼关505号脉和401号脉分布于洞沟组和三关庙组中，原岩为一套沉积岩系。

1.2.2 铅同位素特征：矿体中金经常与方铅矿共生，故可以铅同位素做为金的示踪剂，

$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 坐标图 (图 2) 上方铅矿数据点位置明显呈线性, 标志着方铅矿中的铅为异常铅。方铅矿中放射成因铅来自地层, 示踪了矿床中金元素来自太华群。

表 2 区域微量元素对比

样品来源	小秦岭金矿田 (全区平均)	骊山 太华群	韩城 涑水群	刘家山 太华群	灞源 太华群 (?)	中元古地层	地球 克拉克值
样品数	258	17	21	12	9	20	
Au	1.86	6.13	3.01	3.65	3.34	2.28	3.50—4
Pb	23.08	22.65	9.86	28.70	29.60	20.19	12.50—20
Cu	53.66	69.18	49.81	100.95	65.73	25.05	47—100
Zn	54.87	48.24	28.32	25.0	6.67	34	40—200
V	105.73	131.21	109.45	130.58	84.88	506	90—200
Ni	27.17	29.53	29.49	32.69	14.67	13.10	58—200
Ti	1660.02	1564.71	1400	1191.67	955.56	982.75	4400—6100
Ba	1263.01	564.71	859.86	608.33	877.78	860.70	425—650
Sr	246.81	45.29	95.24	250.83	187.78	170.00	126—400

据晃援, 1989; 金的单位为($\times 10^{-9}$), 其余为($\times 10^{-6}$)

表 3 太华群主要岩石中微量元素含量

岩石名称	样品数	Au	Pb	Cu	Zn	V	Ni	Ti	Ba	Sr
黑云斜长片麻岩	110	2.17	25.90	53.06	57.01	110.73	22.06	1780.91	1822.08	286.55
角闪斜长片麻岩	9	1.64	39.98	57.59	42.76	168.89	27.78	3034.09	1606.33	246.11
斜长角闪岩	43	1.79	23.63	85.71	101.21	214.90	63.51	2870.73	738.53	355.12
混合岩化黑云母斜长片麻岩	11	1.45	22.13	50.48	38.18	56.45	29.36	1190.91	1590.51	518.18
混合岩	31	1.73	12.35	30.90	24.18	56.45	8.71	1197.74	1527.65	166.13
混合片麻岩	16	1.25	12.19	30.13	9.38	30.94	4.38	1006.25	2000.88	50.00
长石石英岩	17	1.41	6.35	37.25	14.4	25.00	9.41	670.59	1106.71	58.82
浅粒岩	9	1.24	17.68	39.04	36.85	40.00	2.50	925.00	2687.5	300.00
磁铁石英岩	4	—	162.25	20.33	247.25	62.38	39.95	—	1040.00	95.00

据晃援资料, 1989; 金的单位为($\times 10^{-9}$), 其余为($\times 10^{-6}$).

1.2.3 氢同位素特征: 本区含金石英脉含金石英包裹体中氢同位素变动范围很小, δD 值为 -76.6% — -79.1% , 与标准水流体的 δD 比较, 氢同位素特征与变质水相当。

1.3 矿源层的形成和演化

矿源层的演化是伴随构造变形发展而发展的有序过程, 构造变形的一次次叠加使得原始矿源层逐步发展到有序程度较高的衍生矿源层。本区太华群至少经历了 3 期较强烈的构造变形, 早期为深构造层次下的粘塑性构造变形, 在区域上普遍发育; 中期为中、深构造层次下的韧性剪切变形, 仅发育在太华群的南缘; 晚期为中、浅构造层次下的脆—韧剪切构造变形, 是叠加在韧性剪切带之上而发育的。

1.3.1 原始矿源层的形成: 岩石常量元素为 Si、Al、Fe 组合; 微量元素为 Ba、Ni、Co、V、Cu、Zn 等组合。各矿源层及不同类型岩石元素组合近于一致性, 反映了陆源供应物近于一致。但从下部矿源层到上部矿源层 Ca、Na、Pb 递减而 K 递增, 说明下部以偏基性岩为供应源, 故矿源层具有由富铁碳酸盐向富铁硅质建造演化的趋势。

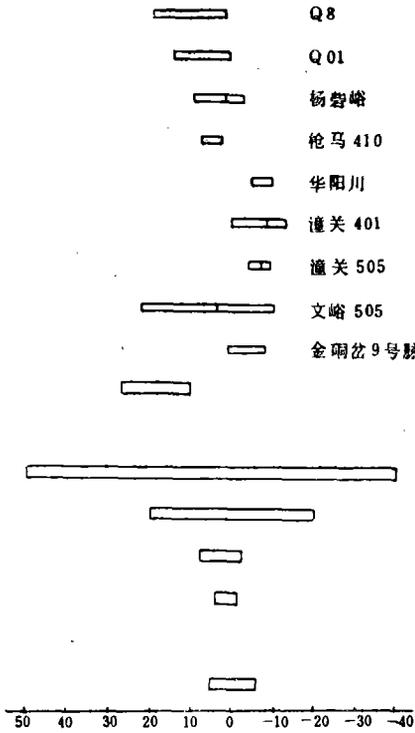


图1 小秦岭地区主要矿脉δ⁴³S‰值变化范围
(据林宝钦, 1989)

量下降, 流体中含金量增高(因部分易活化金从固相进入孔隙液体中)(B·A·布良克, 1984)。本区富含金的原始矿源层, 在早期区域性粘塑构造变形作用过程中, 不仅发生了构造置换, 且所发生的区域性变质使岩石中的金被活化、迁移、重新分配, 形成金元素具活化迁移特性的初级衍生矿源层。这可说是小秦岭地区金富集成矿过程中必备的条件。

Al、Ba、Fe、Mn 在各类岩石中的分配具有一定的沉积分异现象, 碎屑岩中富集 Al、Ba, 向泥灰岩过渡, 逐渐富集 Fe、Mn。这种分异序列属典型的化学-生物化学沉积环境。岩石中 Sr 含量、Sr/Ba 值均小于 1 (表 1), 富含碳质, 反映了沉积环境为海湾—泻湖沉积。化学-生物化学作用所形成的地层化学障使 Au、Cu、Cr、Co、Ni、Mn、V 等成矿元素富集形成原始矿源层。

1.3.2 矿源层的演化: 本区金在岩石中背景含量基本一致, 但平均含量有明显差异。这种分配性, 与原始岩石含金丰度有关, 也受后期构造变形变质的叠加影响。研究表明, 在区域变形变质中元素活化迁移主要表现为重新分配, 就近迁移, 平均含量不仅不会显著升高, 且还会降低(栾世伟, 1987)。各种沉积物中金从未石化的沉积物→弱变质岩石→强变质岩石, 其含量总趋势是随着沉积物的变质程度增强金含量下降。其原因是在沉积物变质程度增强过程中, 固相中含金

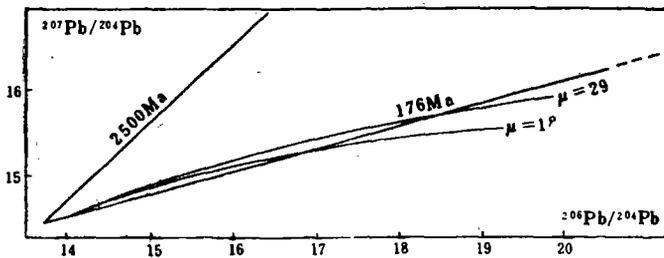


图2 小秦岭地区方铅矿²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb—²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb坐标
(据林宝钦, 1989)

2 高级衍生矿源层的存在

高级衍生矿源层是矿源层演化过程中高级阶段的产物, 金等成矿元素高度活化, 并有一定的富集, 是形成剪切带型动力蚀变岩金矿的必要条件。位于太华群西南边缘的葫芦沟金矿

区的围岩就是本区存在高级衍生矿源层的具体实例。

2.1 岩石地球化学特征及原岩恢复

矿区出露的太华群秦仓沟组, 被韧性剪切带切割成透镜状, 韧性剪切变形的构造十分发育。主要岩石类型有: ①斜长角闪岩, 零星分布, 常成夹层出现。岩石为深绿—绿色, 中粒变晶结构。主要矿物为普通角闪石、斜长石、石英, 副矿物为锆石、褐帘石、磁铁矿等; ②角闪斜长片麻岩, 分布广泛, 大部分已遭受不同程度的混合岩化。岩石呈绿灰色, 粒状变晶结构, 块状或片麻状构造。其中暗色矿物含量小于 50%, 主要为普通角闪石和黑云母。浅色矿物为斜长石、石英, 副矿物为锆石、磷灰石、磁铁矿; ③黑云母角闪斜长片麻岩, 其成分与角闪斜长片麻岩相似, 但黑云母含量较高, 片麻理定向性更明显。

根据岩石化学全分析数据(表 4), 利用 H·L·谢缅年柯(1966)的 A—C—Fm 图解(图 3)判断原岩的岩石化学特征, 可以看出, 矿区变质岩投影点落在 II + III 和 IV 亚组, 即铁镁铝硅酸盐亚组、正变质的碱土—铝硅酸盐岩亚组和铝土质基性岩亚组。其中一部分岩石中的锆石呈自形粒状, 另一部分中的锆石呈次圆状、浑圆状, 具有一定的磨圆。这表明其原岩为一套基性火山岩夹碎屑岩建造。国内外的许多资料表明, 该建造具较好的含金性, 进一步说明太华群中富金原始矿源层的存在。

2.2 微量元素特征及数学地质分析

2.2.1 微量元素特征: 从表 5 可看出, 金在矿区秦仓沟组上岩性段中最富集, 高出地壳克

表 4 变质岩类岩石化学全分析结果

层位	岩性	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	Ig
E402	黑云母角闪斜长片麻岩	59.20	15.12	0.12	0.92	5.12	4.62	4.00	0.11	3.48	3.22	0.22		2.29
IB128	斜长角闪岩	46.90	17.75	0.96	3.63	7.27	7.88	5.64	0.18	3.00	1.42	0.48	2.84	2.94
JB139	斜长角闪片麻岩	55.90	19.83	0.69	1.60	4.10	4.86	2.69	0.14	4.14	4.60	0.36	1.60	1.76

表 5 秦仓沟组与三关庙组微量元素含量对比

地层	秦仓沟组		三关庙组		地层	秦仓沟组		三关庙组	
	上段	下段	第六段	克拉克值		上段	下段	第六段	克拉克值
样品数	74	64	30		样品数	74	64	30	
Au	0.0827	0.0143	0.0015	0.0035	Ti	2591.73	2223.588	1347.36	6400
Ag	0.0961	0.1819	0.0313	0.075	Mn	1029.73	1028.64	561.133	1300
As	2.8311	4.3421	1.3467	2.20	Co	14.959	11.953	9.30	25
Sb	1.4135	16.7118	1.740	0.62	Ni	17.2712	11.6563	9.2667	90
Bi	0.5135	0.3828	0.1867	0.0043	Cr	34.3376	31.2344	19.40	110
Cd	0.7405	1.4391	1.190	0.15	V	79.3378	42.984	27.633	140
Zn	116.986	182.00	57.467	94	Pb	78.6891	238.2188	29.60	12
Be	1.5162	1.4406	1.0933	1.30	Mo	19.377	56.70	0.7067	1.3
Cu	32.8108	24.8437	20.567	63					

表 4、表 5 均据王相资料, 1984; 元素含量单位: ($\times 10^{-6}$)。

拉克值20倍, Ag则在下岩段含量较高。Pb、Mo在矿区围岩秦仓沟组含量较高, Pb高出地壳克拉克值2—14倍, Mo则高出6—50倍。从各层位来看, 矿区秦仓沟组上岩性段Au、Ag、As、Sb、Bi、Cd、Zn、Mo高于克拉克值, 以Au最高; 下岩性段Au、Ag、As、Sb、Bi、Cd、Zn、Pb、Mo也都高于克拉克值, 以Pb、Ag、Cd最高。与区域秦仓沟组对比, 元素分配特征相近。

2.2.2 微量元素相关分析: 该区两个母岩体微量元素之间相关系数谱系图(图4)表明, 各岩层中元素相关性与元素组合特征并不一致。

秦仓沟组上岩性段Au与Mn、Bi相关性最好, 与Ni、Cr、Ti、Co、V、Cd、Be、Mg、Bi等深源元素呈正消长关系, 这种组合表明金与深源元素关系密切; 下岩性段, Au与Ag、Mo相关性较好。热液型元素组合包括Au、Mo、Pb、Bi、Cu、As、Sb等。

综上所述, 本区金主要与深源元素有关, 即来源于太华群基性火山岩。后期的剪切构造变形作用, 岩石发生变质, 金被活化、富集, 使金又与热液型元素联系在一起。

2.3 同位素地质依据

矿区的硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 为+14.8‰—-19.2‰, 平均值为-6.2‰, 非常接近火山成因的硫同位素成分, 这表明与之相伴的金等成矿元素来自于太华群中的火山岩。脉石英的 $\delta^{18}\text{O}$ 变化范围较宽, +6.44‰—+13.44‰, 多数大于8‰, 接近变质岩中石英的 $\delta^{18}\text{O}$ 值, 可见热液来源于变质围岩——衍生矿源层。

2.4 矿源层的更高级演化

初级衍生矿源层的更高级演化, 是伴随本矿区韧性剪切带发育而发展的。中期的韧性剪切变形, 在太华群南缘产生了大规模的推覆型韧性剪切带, 剪切带切穿了处于初级衍生矿源层阶段的太华群, 形成可渗透通道, 从而使岩石液相中的金向此聚集, 同时剪切作用摩擦生热提高了化学反应速度, 使金等元素进一步活化, 以至形成具有高度活化、并有一定富集的高级衍生矿源层。晚期的脆—韧性剪

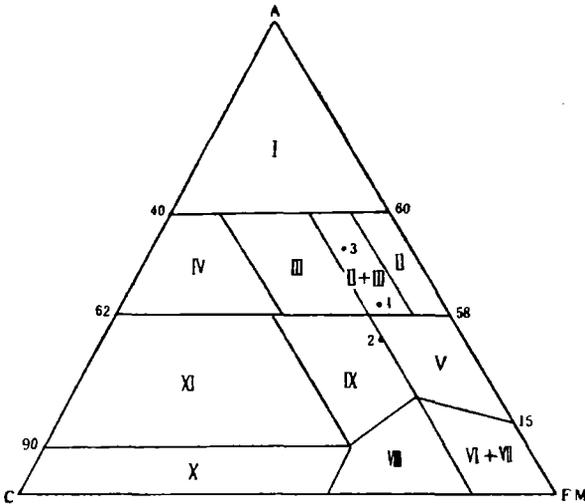


图3. A—C—Fm图解

I. 铝硅酸盐岩亚组; II. 铁镁铝硅酸盐岩亚组; III. 正变质的碱土—铝硅酸盐岩亚组; IV. 钙铝硅酸盐岩亚组; V. 铝土—镁—铁—硅质岩亚组; VI. 铁—硅质岩亚组; VII. 正变质的镁质超基性岩亚组; VIII. 正变质的碱土—铝土质超基性岩亚组; IX. 正变质的碱土—铝土质基性岩亚组; X. 碱土—钙质系列的钙质—碳酸盐岩亚组; XI. 碱土—钙质系列的铝土—钙质岩亚组; 1、2、3分别为E402、JB128、JB139三个岩石样品的投影点

切成矿断裂带的一系列成矿作用, 使矿源层演化走完最后的历程, 形成了有序度较高的动力蚀变岩型金矿床。

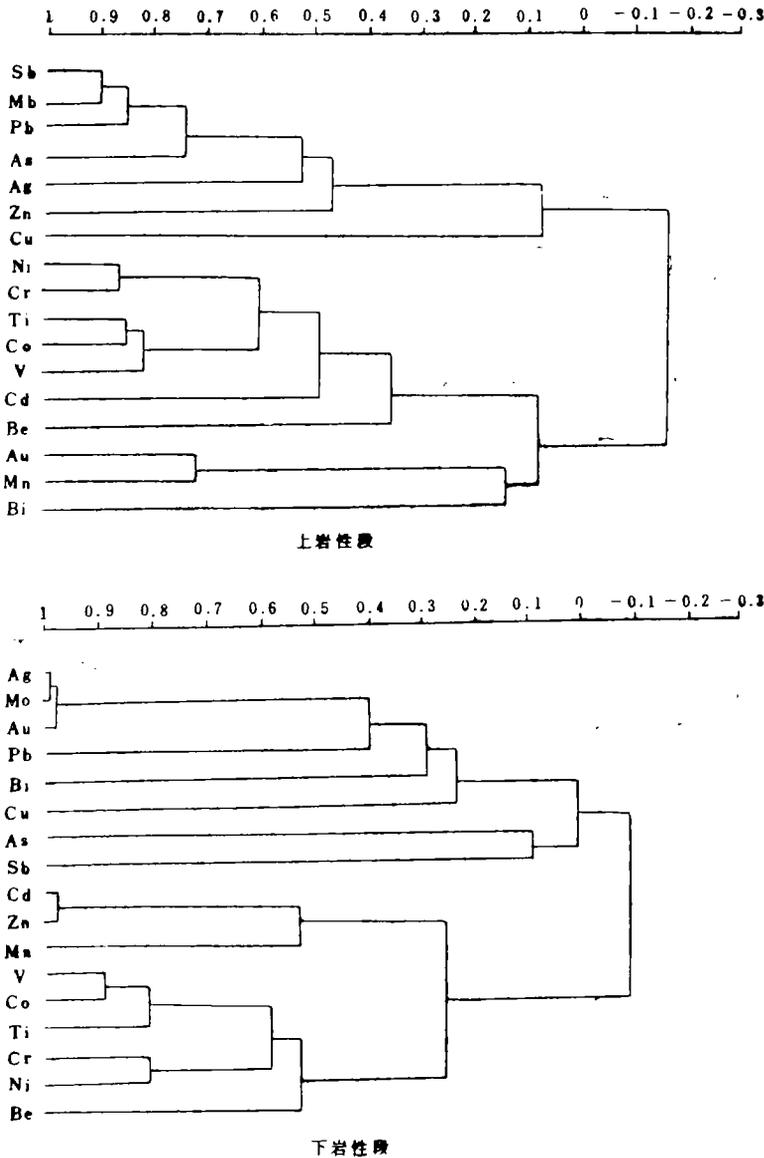


图 4 秦仓沟组 17 个元素相关系数谱系图

3 结 论

太华群原始金有两个主要来源：①某种特定沉积环境下形成的富金建造；②含金较高的基性、中基性的火山岩系。这种不均匀的分配特征，是导致太华群各组岩层含金性不同的主要原因。太华群做为小秦岭地区含金矿源层，有两方面的含义：①原岩为一套富含金的火山—沉积建造；②后期的构造变形热动力变质作用，使金等元素活化、迁移、富集，形成衍生矿源层。初级衍生矿源层是粘塑构造变形的产物，高级衍生矿源层是韧性剪切变形变质的产物，也是矿源层发展到最高级阶段动力变质矿床的必要条件。

宁夏南华山—西华山大型韧性剪切带特征

阎志强 李天斌

(宁夏地矿局区域地质调查队)

摘要 地处北祁连山东段的南华山—西华山大型韧性剪切带,发育于中元古界变质岩系中。在中、晚元古代曾发生两期大规模推覆剪切作用,早期为自南东向北西的低角度顺层(片)剪切,晚期大体为由南向北的中角度推覆。测试资料表明,其形成于地壳中、深层次中高压构造环境,推测与板块间的挤压—俯冲有关。该剪切带的发现及初步研究表明,南华山—西华山—黄家洼山一线可能存在一条中、晚元古代板块聚合带。

关键词 宁夏,南华山—西华山,韧性剪切带,中、晚元古代,板块聚合带

南华山—西华山(以下简称南—西华山)韧性推覆剪切带,位于北祁连山东段。呈北西向(约 305°)带状展布于宁夏海原县南华山、西华山,向西延至甘肃省黄家洼山,几乎包括了一线排列的3个断块山山体。宽5 km—8 km,长逾100 km(图1)。剪切带发育于中元古界长城系、蓟县系中,这是一套遭多期变形变质的绿片岩相—绿帘角闪岩相变质岩,受强烈韧性剪切作用,多发生不同程度糜棱岩化。初步研究认为,该韧性剪切带为西华山(可能还有黄家洼山)金矿化的重要控矿因素之一。

第一作者简介:阎志强,男,48岁,1962年从北京地质学校毕业,成都地质学院进修结业。地质工程师,现在宁夏地矿局区域地质调查队从事区调工作,任分队长、技术负责。(宁夏·贺兰)

收稿日期:1991—05—24

参 考 文 献

- 1 涂光炽等.中国层控矿床地球化学.科学出版社,1984
- 2 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所编.中国金矿主要类型区域成矿条件文集(豫陕小秦岭地区).地质出版社,1989
- 3 栾世伟等.金矿地质及找矿方法.四川科学技术出版社,1987
- 4 宫同伦.论动力成矿作用.西安地质学院学报,1987,9(11)
- 5 杨开庆.论地壳物质构造的运动调整作用.地质力学研究所所刊,1986(6)
- 6 胡正国.太古宙岩石中金富集的地球动力学条件.地质与勘探,1988,24(6)
- 7 胡正国、钱壮志.陕西潼峪金矿床的形成机理.地质学报,1990(2)
- 8 涂怀奎.秦巴山区金矿分布及金矿层与金活化的讨论.矿产与地质,1990(3)
- 9 阎军.陕西洛南葫芦沟剪切带型金矿的构造变形特征及动力成矿作用模式研究.西安地质矿产研究所所刊,1991,第31号