

鄂西北地区武当山群 地球化学及金银含矿性评价

汪东波 张本仁 马振东

(中南工业大学地质系) (中国地质大学(武汉)地球化学系)

提 要 本文系统地介绍了武当山群的层序、分布、时代、岩石组合及常、微量元素地球化学特征,阐述了地层金银含矿性评价的地球化学准则,进行了武当山群金银含矿性的评价。研究表明武当山群挡鱼河组上亚组及杨坪组为有利金银矿化产出的地层,它们控制着区内的金银矿化。

关键词 鄂西北 武当山群 地球化学 金银含矿性评价 金银矿化。

1 区域地质简介

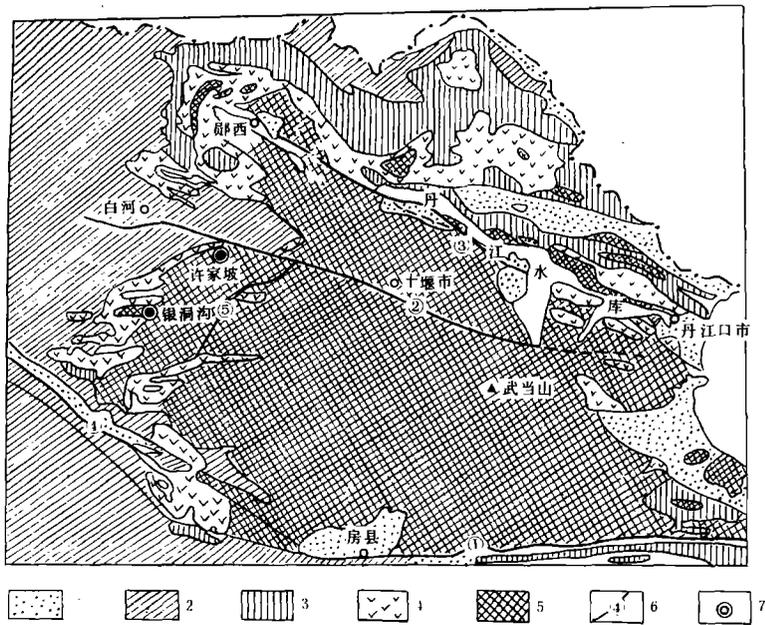
鄂西北地区位于扬子地台北缘中段南秦岭印支褶皱带,南以青峰断层与扬子地台为界,北为秦岭地槽褶皱系,西南为北大巴山加里东褶皱带,东同南襄盆地为邻。出露于区内的武当山群由李捷、朱森(1930)命名,此后对其层序划分及归属众说纷纭。武当山群分布范围北起汉江北岸郧均一带,西至郧西马鞍山及竹山得胜一带,东抵南襄盆地,南达青峰断裂,构成了武当隆起主体(图1)^①。区内除广泛分布的武当山群外,尚有上古界耀岭河群及震旦系灯影组和古生界、中生界出露。

区内岩浆活动自中元古代以来十分强烈,中晚元古代期间,强烈的火山活动形成了区内武当山群和耀岭河群主体。岩浆侵入活动从中元古代到中生代皆有发育,但以加里东期基性—超基性侵入活动最为强烈。区内缺少长英质岩浆的侵入活动。

区内主体断裂构造有NWW向的公路断裂,NW向的西郧断裂,近东西向的青峰断裂和NW向的房竹断裂及NE向的茅塔断裂。受构造运动的影响,武当山群变火山岩同步褶皱,形成多组不同方向的紧闭线状褶皱^②。同时武当山地区还发育有韧性剪切带,剪切作用引起武当山群的糜棱岩化(周骏华,王寿琼,1990)。

矿产资源在区内十分丰富,从七十年代开始,湖北省第五地质队在区内发现了产于武当山群中的竹山银洞沟Au—Ag—Pb—Zn矿床,许家坡Au—Ag—Te矿床,产于耀岭河群中的白岩

^① 湖北省地质五队,武当山地区武当山群贵多金属成矿地质特征研究,1986



图例说明:1. 中新界;2. 古生界;3. 震旦系上统;4. 耀岭河群;5. 武当山群;6. 断层及编号;7. 金银矿床。①青峰断裂;②公路(十堰—白河)断裂;③两郧断裂;④房竹断裂;⑤茅塔断裂

图1 区域地质简图(据湖北省第五地质大队资料简化,1986)

Fig. 1 Regional geological sketch map

沟金矿等一批贵多金属矿床。此后湖北地质五队,湖北省区测队和中科院等地质科研单位对区内的武当山群的时代、层序、构造背景及其中的典型矿床进行了详细的探讨,获得了一些可贵的认识。但是对武当山群的地球化学及形成演化同金银矿化间的关系缺乏深入细致的研究。因此系统地研究武当山群的常、微量元素地球化学及同金银矿化的关系对区内金银矿产的勘查将会起到战略性的指导作用,必将极大地推动区内的找矿勘探工作,丰富和发展区内金银成矿理论。

2 武当山群的地层分析

武当山群是区内最老的地层,上覆地层为上元古界耀岭河群基性火山岩,含冰碛砾凝灰质粉砂泥岩等。武当山群从下至上可以划分出楼台组、挡鱼河组和杨坪组,每组又均可划分出两

个亚组^①(表1)。从表1可以看出武当山群主要为基性—酸性火山岩浆喷发沉积而成,在喷发间歇,形成了快速堆积的火山碎屑沉积岩,碎屑沉积岩等,具复理石建造特征。武当山群已发生变质作用,其变质程度达绿片岩相。

表1 武当山群的层序及岩性^②

Table 1 The rock sequence of Wudangshan Group

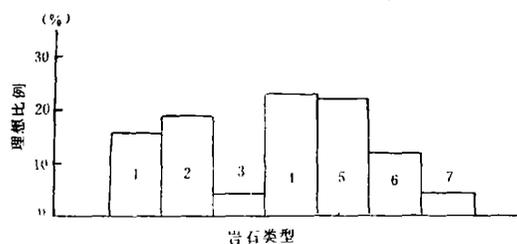
界	群	组	亚组	地层代号	厚度(米)	主要岩性
上元古界	耀岭河群			Pt ₃ y ₁	429~1100	变细碧岩、变细碧玢岩、泥质粉砂岩、含冰碛砾凝灰质粉砂质泥岩和角斑质火山碎屑岩等
中上元古界	武当山群	杨坪组	上亚组	Pt ₂₊₃ Y ₂	0~690	变凝灰质泥质粉砂岩为主,含炭、磷、黄铁矿。
			下亚组	Pt ₂₊₃ Y ₁	0~2102	变凝灰质砂岩、泥质粉砂岩、变粉砂质泥岩等。
		挡鱼河组	上亚组	Pt ₂ d ₂	10~994	变石英角斑质火山岩、碎屑岩系列
			下亚组	Pt ₂ d ₁	88~890	变条带状基性火山岩、变斑岩和变凝灰质泥质粉砂岩
		楼台组	上亚组	Pt ₂ l ₂	108~2495	变凝灰质长石砂岩、变泥质粉砂岩、绢云变粒岩、黑云变粒岩等
			下亚组	Pt ₂ l ₁	未见底	变石英角斑质晶屑凝灰岩等

同位素地质年代学研究^{③④⑤⑥}表明:杨坪组的铅同位素模式年龄变化范围为850~1261.5Ma,挡鱼河组的铅同位素模式年龄多为1200~1300Ma,最老的年龄为1454Ma,上述研究说明武当山群属中上元古界。

通过对武当山群进行马尔柯夫链分析,我们可获得组成武当山群的各种岩石的极限概率,

- ① 湖北省地质五队,武当山地区武当山群贵多金属成矿地质特征研究,1986
- ② 吴贤奎等,湖北省竹山银洞沟金银矿床,贵金属矿产,1988
- ③ 湖北省地质五队,武当山地区武当山群贵多金属成矿地质特征研究,1986
- ④ 湖北省区域地质矿产调查所,竹山幅,谷城幅1:20万区测报告(送审稿),1986
- ⑤ 汪东波,扬子地台北缘中段中上元古界形成演化及金(银)矿床地球化学研究,中国地质大学(武汉)博士学位论文,1989
- ⑥ 刘丛强,鄂西北竹山银洞沟铅锌—银矿床地球化学与成矿机理研究,中国科学院地球化学研究所硕士学位论文,1984

从极限概率即可求得各类岩石所占的理想比例(图2)。从图2可以看出武当山群主要由变酸性火山岩(变石英角斑质凝灰岩等)、变基性火山岩和变沉积岩(变凝灰质长石砂岩+变凝灰质粉砂岩、粉砂质泥岩+绢云石英钠长片岩)组成。



图例说明:1. 变石英角斑质凝灰岩;2. 变凝灰质长石砂岩;3. 绢云变粒岩;4. 绢云石英钠长片岩;5. 变凝灰质粉砂岩、粉砂质泥岩;6. 条带状基性火山岩;7. 变石英角斑岩

图2 武当山群中各种岩石所占的理想比例

Fig. 2 Theoretical ratio of various kinds of rock of Wudangshan Group

3 武当山群地球化学

地层地球化学的研究以地球化学系统的物质之质、量及其时间演化为立足点。它从元素的丰度、共生关系和历史演变三个方面综合考虑地层中元素的集散规律^①。它还可以提供区域地质演化历史、元素在地质体中的行为以及各时代地层的元素丰度等基础地球化学信息和资料,为研究区域构造演化史、成矿规律和地层对比提供主要依据^{②③}。因此,本文对武当山群的常量元素地球化学进行了系统的研究。

武当山群火山岩常量元素地球化学研究表明^{④⑤},同全球基性火山岩和酸性火山岩的成份(维诺格拉多夫, A. P., 1965)相比,武当山群基性火山岩具有富 Fe_2O_3 、 Na_2O 、贫 K_2O 、 MgO 、 FeO 、 TiO_2 的特征,而酸性火山岩则具有富 Fe_2O_3 、贫 CaO 、 P_2O_5 的特征。在 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 图解上,武当山群基性火山岩介于玄武岩和碱性玄武岩之间,属拉斑玄武岩系列;酸性火山岩落在英安流纹岩和流纹岩系列,属钙碱性火山岩系列。武当山群杨坪组砂岩、粉砂岩的主要化学

① 於崇文,南岭地区区域地球化学,矿物岩石地球化学通讯,(3)1987

② 汪东波,扬子地台北缘中段中上元古界形成演化及金(银)矿床地球化学研究,中国地质大学(武汉)博士学位论文,1989

③ 唐元骏等,地层地球化学研究的思想和方法,矿物岩石地球化学通讯,(3)1987

④ 湖北省地质五队,武当山地区武当山群贵金属成矿地质特征研究,1986

⑤ 汪东波,扬子地台北缘中段中上元古界形成演化及金(银)矿床地球化学研究,中国地质大学(武汉)博士学位论文,1989

组份为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ 2~6%, TiO_2 0.40~0.80%, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 0.15~0.25, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 0.28~1.90(多集中在0.70附近), $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}$ 1.82~6.01, 同形成于活动大陆边缘的砂岩成份(Bhatia, M. R., 1983; Roser, B. P., et al, 1986)十分接近。

相对于基性岩的元素丰度(黎形, 1976; Turekian, K. K., and Wedepohl, K. H., 1961; 维诺格拉多夫, A. P., 1962), 武当山群挡鱼河组下亚组变基性火山岩明显富集 Th, Y, 贫 Ti, Cr, Co, Ni, V, P, 而 Cu, Pb, Zn, As, Sb 的丰度与之相当(表 2)。挡鱼河组上亚组变酸性火山岩的元素丰度同上部地壳元素丰度(Taylor, S. R., and McLennan, S. M., 1985)相比, 具有富集 Th, Y, Ti, V, Mn, As, Sb, Bi, 贫 Sr, Ba, La, Zr, Zn, Cu, Pb, Be, Nb, Rb 的特征。杨坪组构成了武当山群上部之类复理石建造, 从表 1 可以看出杨坪组变凝灰质砂岩、粉砂岩等的元素丰度同上部地壳成份相比, 富集 Ba, Th, Y, Zr, Ti, V, Mn, Cu, As, Sb, 贫 Sr, La, Pb, Zn, Be, Nb, Rb, Sn 等元素。

表 2 武当山群中主要岩石类型微量元素丰度(ppm)

Table 2 Trace elements abundance of main kinds of rock of Wudangshan Group(ppm)

层位及岩性	样品数	Ba	Sr	Th	La	Y	Zr	P	Ti	Co	Ni	V
杨坪组变凝灰质砂岩、粉砂岩等	29	572	121	35.7	23.3	28.1	206	399	5340	11.9	14.3	103
挡鱼河组上亚组变酸性火山岩	31	496	110	13.7	18.3	26.6	157	343	3228	10.1	12.6	73.9
挡鱼河组下亚组变基性火山岩	36	297	281	5.3	16.4	28.2	148	760	4570	25.1	41.0	183
上地壳(Taylor, S. R., 等, 1985)		550	350	10.7	30	22	190	—	3000	10	20	60

接上表

Mn	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Be	Nb	Rb	Sn
694	37.9	12.2	65.0	5.2	0.31	0.13	1.8	13.6	62.5	1.9
762	20.0	9.5	59.7	4.3	0.23	0.15	1.4	7.2	56.8	1.3
1033	44.8	9.3	65.6	4.3	0.23	0.09	1.6	7.3	27.2	1.2
600	25	20	71	1.5	0.2	0.13	3	25	112	5.5

为系统了解武当山群各组的元素组合特征, 笔者分别对武当山群挡鱼河上、下亚组及杨坪组进行了 R 型因子分析(表 3. 4. 5)。从表 3 可以看出挡鱼河组下亚组基性火山岩中的元素构成了六个因子组合。因子 F_1 反映的是岩浆活动的因子组合, 这反映出在岩浆作用过程中, 随 MgO、CaO、Fe、Co、Ni 的增加, SiO_2 等降低, 这正是基性岩浆演化的特征。因子 F_2 较为合理的解释是细碧岩化的影响, 随细碧岩化的发生, Na_2O 代入, Al_2O_3 、 K_2O 相应减少。 F_3 因子代表的是钛铁氧化物副矿物(钛铁矿、金红石等)引起的元素组合, F_4 、 F_5 、 F_6 是较为次要的硫化物组合。挡鱼河组上亚组变酸性火山岩中的元素构成了四个较为主要的因子(表 4), F_1 为岩浆活动而引起的因子组合, 在酸性岩浆演化过程中, SiO_2 同 MgO、Fe、Ti、Co 等呈反消长关系。因子 F_2 、 F_3 可以理解为岩浆作用过程中, 受各元素间地化性质的差异性及类质同像控制而形成的特定组合。因子 F_4 为亲硫元素组合, 它构成了区内成矿元素的因子组合。杨坪组变沉积岩中的元素构

成了如下的因子组合(表5)。F₁可能构成了碎屑岩沉积过程的元素组合,随沉积分选性增强, SiO₂升高, MgO、CaO降低, Na₂O的升高可能同海水引起的蚀变有关。F₂主要是因 La、Rb、Zr、Ba、Pb同K的地球化学性质的相似,引起类质同像而构成的元素组合, F₃、F₄系挥发性元素组合, F₅、F₆构成了区内成矿元素组合。

表3 挡鱼河组下亚组变基性火山岩方差最大因子载荷

Table 3 Varimax factor solution of meta-basic Volcanic rock of Lower Dangyuhe Formation

F ₁ :	(+)MgO、CaO、Fe、Zr、Co、Cu、Mn、Ni、V、(-)Sn、Th、La、Nd、Y、SiO ₂
F ₂ :	(+)Na ₂ O、(-)Al ₂ O ₃ 、K ₂ O、Nd、Rb、Ba、Be、La、F
F ₃ :	(+)Fe、Ti、Pb、Y、Mn、P、Sr、Zn
F ₄ :	(+)As、Sb
F ₅ :	(+)Ag、Cu
F ₆ :	(+)Bi、Zr

表4 挡鱼河组上亚组变酸性火山岩方差最大因子载荷

Table 4 Varimax factor solution of meta-felsic volcanic rock of Upper Dangyuhe Formation

F ₁ :	(+)SiO ₂ 、(-)MgO、CaO、Fe、Ti、Pb、Be、Co、Cu、Mn、P、Sr、V、Zn、F
F ₂ :	(+)K ₂ O、Rb、Ba、(-)Na ₂ O
F ₃ :	(+)Nb、Y、Zr、La、Sn
F ₄ :	(+)Au、Ag、Bi
F ₅ :	(-)Sb、Y、As
F ₆ :	(-)Sr、Th、Ni、Cr
F ₇ :	(-)B
F ₈ :	(-)Al ₂ O ₃

表5 杨坪组变沉积岩方差最大因子载荷

Table 5 Varimax factor solution of meta-sedimentary rock of Yangping Formation

F ₁ :	(+)MgO、CaO、Ti、Cr、Nb、Y、Zr、Be、Co、La、Mn、Ni、P、Sr、V、Zn、(-)Bi、SiO ₂ 、Na ₂ O
F ₂ :	(-)La、Rb、Zr、Ba、Be、Pb、K ₂ O
F ₃ :	(-)Hg、F
F ₄ :	(-)B、Th、As
F ₅ :	(-)Au、Sb、Cu
F ₆ :	(-)Na ₂ O、Al ₂ O ₃ 、(+)Ag

随着板块构造理论、岩石学和微量元素地球化学理论的发展,人们逐渐认识到微量元素同岩石成因及成岩构造背景间的密切关系。作者利用 Pearce, J. A. (1973, 1982, 1984), Ritmann, A. (1973), Mullen, E. D. (1983)、都城秋穗等(1975)、Meschede, M. (1986)、Bhatia, M. (1983)和 Roser, B. P. 等(1986)等提出的成岩构造环境地球化学判别图解,结合稀土元素地球化学研究,对鄂西北地区中上元古界(武当山群+耀岭河群)的成岩构造环境进行了系统的论证^{①②}。研究表明:武当山群基性火山岩明显兼具岛弧拉斑玄武岩和大洋中脊玄武岩的特征,酸性火山岩属钙碱性岛弧火山岩。武当山群火山岩的稀土丰度及参数同岛弧火山岩类似。杨坪组变凝灰质砂岩、泥质粉砂岩的化学组成及稀土组成均表明其成岩背景为活动大陆边缘或大陆岛弧。耀岭河群基性火山岩属板内玄武岩、形成环境为陆缘裂谷。鄂西北地区中晚元古代期间经历了从岛弧向陆缘裂谷转化的演变历程。武当山群是中晚元古代时期武当古岛弧活动期的产物。

4 武当山群金银含矿性评价

4.1 武当山群同金银矿化的关系

现已查明,武当山群是区内金银矿床(点)的赋矿围岩,鄂西北地区较重要的金银矿床(点)中,除郧西白岩沟金矿产在耀岭河群中外,余皆产在武当山群中,其中较为重要的有竹山银洞沟大型 Au—Ag—Pb—Zn 矿、中小型郧县许家坡 Au—Ag—Te 矿。银洞沟矿床的围岩为武当山群挡鱼河组上亚组变石英角斑质凝灰岩,许家坡矿床的赋矿围岩为杨坪组变凝灰质粉砂岩、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩。除上述矿床外,尚有青龙庙、倪家坪等 Au—Ag 多金属矿化点也产在武当山群中,这表明武当山群对区内金银矿化起到明显的控制作用。查明区内金银矿床的矿化规律以及产生这些规律的原因,对指导鄂西北地区金银矿床的找矿勘探将起到重要的推动作用,而查明这些规律的基础和出发点就是开展对武当山群金银含矿性的评价。

4.2 地层金银含矿性评价的地球化学准则

开展地层金银含矿性评价时,不仅要从金银丰度予以考,还要注重结合地质背景、金银的变化、分布型式、赋存状态以及同其它微量元素间的关系。笔者以地球化学理论为基础,通过对扬子地台北缘中段中上元古界金银含矿性的实例研究^③,系统地提出了地层金银含矿性评价的地球化学准则:a. 由于所研究的地质体曾遭受过变质作用等的影响,因此地层中金银丰度的绝对高低不是决定矿化的唯一因素,但不可否认,较高的金银丰度是产生金银矿化的一个有利因素。b. 当地层中金银分布较均匀时,金银含量波动起伏较小,不利于金银矿化,此时反映地层中金银总体含量平均水平的算术平均值 X_a 同反映总体集中含量水平的几何平均值 X_g 较接

① 汪东波,扬子地台北缘中段中上元古界形成演化及金(银)矿床地球化学研究,中国地质大学(武汉)博士学位论文,1989

② 汪东波,武当山地区中上元古界成岩构造环境的地球化学论证,大地构造与成矿学,待发表,1990

③ 同①

近, X_g/X_a 较大;反之当地层中金银分布不均匀时,金银起伏波动较大,有利于金银矿化,此时 X_g 明显低于 X_a ,此时 X_g/X_a 较小;因此地层中金银较小的 X_g/X_a 是有利金银矿化的标志。c. 根据地球化学基本定律(Vistelius, 1960),并考虑到金分布的高度不均一性,得出若地层中金的分布和对数分布为多峰偏态分布,银为多峰偏态和对数正态—正偏分布时,则该地层为有利金银矿化产出的地层。d. 在全体金银中,易释放金银(同硫化物、有机质有关的金及吸附金银)比例越高,则该地层就越可能是有利金银矿化产出的地层。e. 地层中的金银及有关元素常构成一特定的元素组合,若该元素组合同区域上金银矿床的矿化元素组合一致,则可以认为该地层可能是有利金银矿化的地层。这是因为矿化作用过程中,萃取地层中的成矿元素,由于地球化学继承性,保留了地层中元素的组合特点。

4.3 武当山群金银含矿性评价

表 6 给出了武当山群各组中金银的丰度,从表中可以看出相对于地壳和上地壳中金的丰度,武当山群各组的金丰度均偏低,这同其普遍遭受变质作用有关。但我们从中仍可获得一些信息,如表 6 所列,挡鱼河组上亚组和杨坪组的金丰度相对较高,而 X_g/X_a 较小,说明金在其中的非均一性分布,挡鱼河组下亚组和楼台组中的金丰度明显偏低,而 X_g/X_a 较大,说明金在其中的分布较均匀。同上地壳银丰度对比,挡鱼河组上亚组的银丰度略高,而杨坪组中银丰度与之相当,而两组的 X_g/X_a 均较小,说明银在上述地层中的不均匀分布和一定的富集。

表 6 武当山群中金银的丰度(ppb)

Table 6 Abundances of gold and silver of Wudangshan Group(ppb)

组(亚组)	岩性	Au				Ag			
		N*	Xa	Xg	Xg/Xa	N	Xa	Xg	Xg/Xa
杨坪组	变沉积岩类	73	1.05	0.76	0.72	58	47	40	0.85
挡鱼河组上亚组	变酸性火山岩类	65	1.17	0.76	0.66	68	53	34	0.64
挡鱼河组下亚组	变基性火山岩	46	0.73	0.52	0.71	73	26	24	0.92
楼台组	变石英角斑质凝灰岩等	33	0.59	0.54	0.92				
上地壳	Taylor, S. R. 等 (1985)		1.8				50		
地壳			3.0				80		

* N—测定样品数

为研究武当山群中金银含量变化及波动起伏状况,以揭示其中隐函的一些地球化学信息,笔者对武当山群中金银的分布进行了初步探讨(图 3)。从中可以看出:武当山群杨坪组和挡鱼河组上亚组中金的分布和对数分布型式皆显示出多峰偏态分布之特征(图 3-a, c),而银的分布则表现为多峰偏态分布,对数分布为正态分布(图 3-b, d)。楼台组中金的分布为偏态,且在低值区间的出现频率较高(图 3-g),对数分布近似为正态—正偏分布。挡鱼河组下亚组中金的分布及对数分布皆显示出随含量升高其出现频率呈单调递减之趋势,而银的分布表现为偏态—正偏之特征,无多峰出现,对数分布略具负偏之特征。

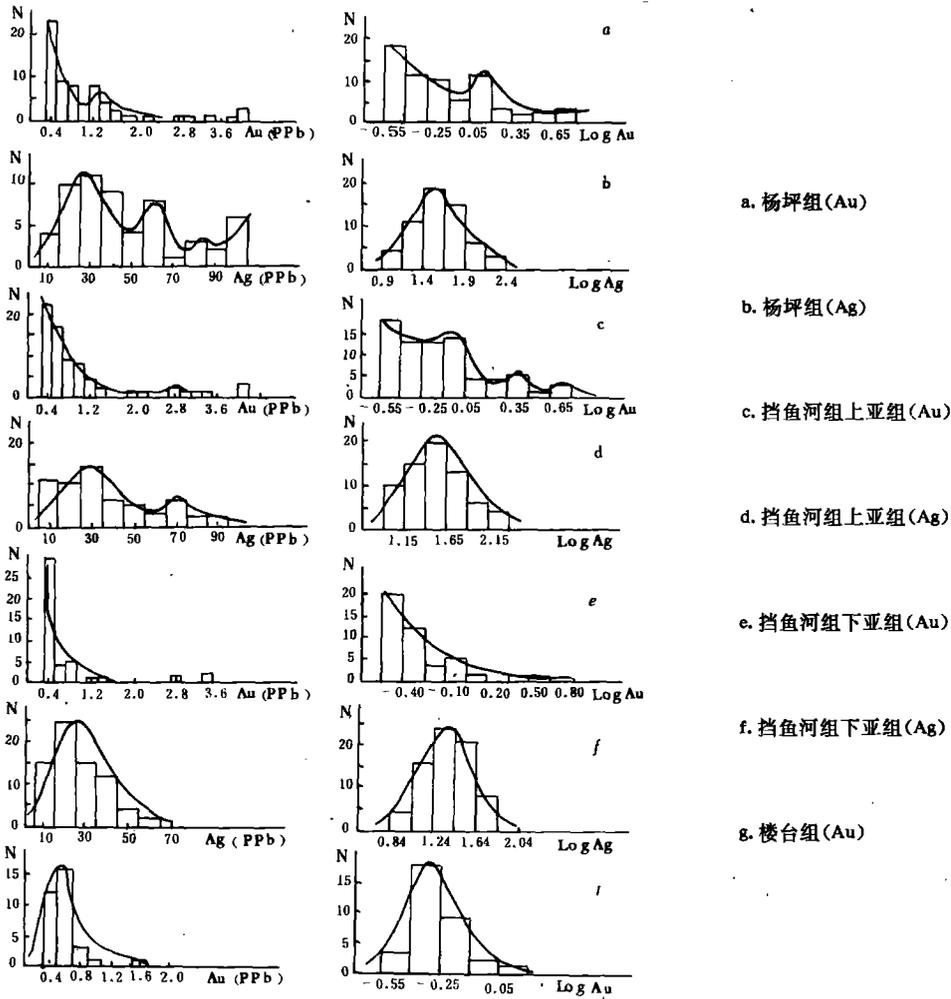


图 3 武当山群中金银的分布型式

Fig. 3 Distribution patterns of Au and Ag in rock units of Wudangshan Group

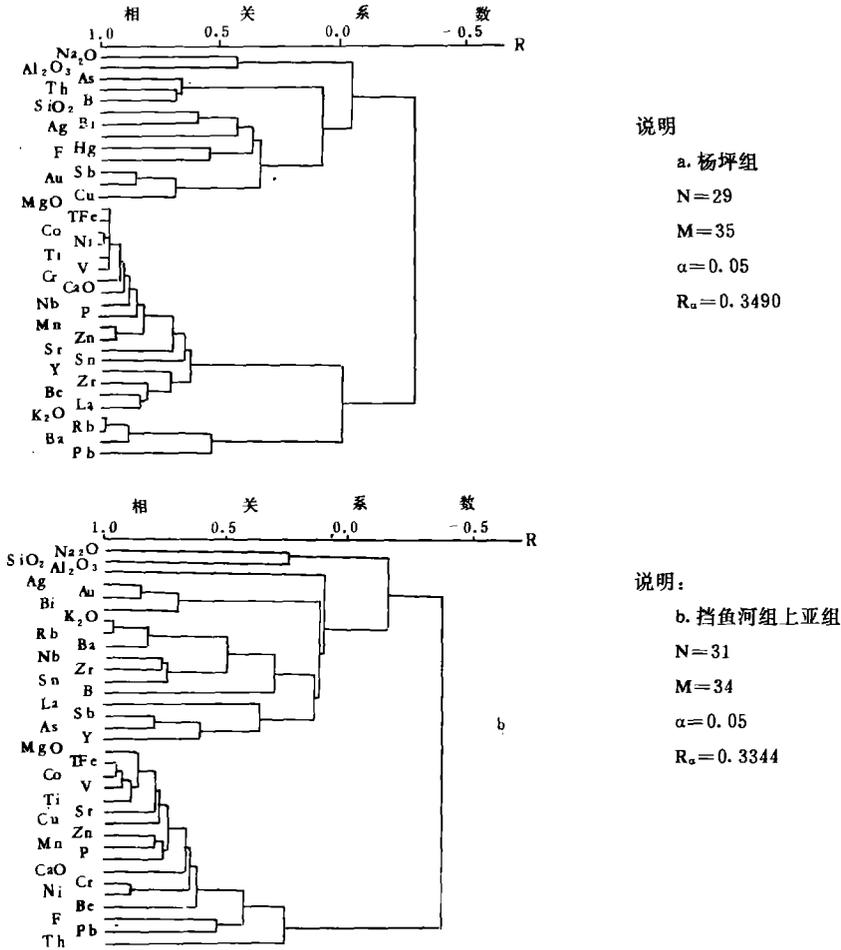


图 4 武当山群元素 R 型聚类分析谱系图
Fig. 4 Elements R-type cluster analysis of Wudangshan Group

R 型聚类分析的结果(图 4)揭示了武当山群中各组元素间的关系及金银形成的元素组合。从图 4-a 可以看出武当山群挡鱼河组上亚组中化学元素可划分出两大组合:a. Ag、Bi、Au (K₂O、Rb、Ba、Nb、Zr、Sn、B、La、Sb、As、Y);和 b. MgO、TFe、Co、V、Ti、Sr、Cu、Zn、Mn、P、CaO、Cr、Ni、Be、F、Pb、Th。杨坪组(图 4-b)中化学元素亦聚类成两组:a. Cu、Au、Sb、F、Hg、Ag、Bi、SiO₂,

b. MgO、TFe、Co、Ni、V、Cr、CaO、Nb、P、Mn、Zn、Sr、Y、Zr、Be、La。上述聚类分组有一个共同的特点。在图 4-a 中 Au、Ag、Bi 等亲硫元素组合在一起,图 4-b 中 Au、Ag 同 Cu、Sb、F、Hg、Bi 等挥发性元素和亲硫元素密切相关,它们同区域上的矿化元素组合(Ag、Au、Te、Bi、Sb、Pb、Zn……)极其吻合。在图 4-b 中,Au、Ag、同 SiO₂ 在同一组中,说明矿化同 SiO₂ 的转移(硅化)有关,从区内银金矿化同石英脉共同产出可予以佐证。挡鱼河组下亚组的元素分组十分混乱(图略),且没有一个包括 Ag、Au 在内的同矿化元素组合相近的元素组合。

由于武当山群已遭受变质作用,因此其中易释放金银和不易释放金银所占的比例已不能代表未变质前(或用于成矿前)各相中的比例,但仍可从某些线索予以推论。在挡鱼河组上亚组和杨坪组中可发现少量硫化物(手标本和薄片),其中主要为黄铁矿,说明金银有可能以硫化物相出现,R 型因子分析和聚类分析表明在上两组中,Au、Ag 同 Bi、Sb、Hg 等亲硫元素关系密切,也说明金银可能以硫化物相存在。前面已经指出杨坪组含硫、磷、炭(表 1),这说明杨坪组中的金银可能同有机碳有一定的关系。综上可以看出挡鱼河组上亚组和杨坪组中易释放金银占有比较高的比例。之所以将硫化物相和有机炭中的金银视为易释放金银是因为一旦同成矿流体相遇,极易与之反应,硫化物的分解将提供可以转移金、银的还原硫,形成金银—硫络合物,弱碱—中性的溶液将保证这种络合物的稳定性。

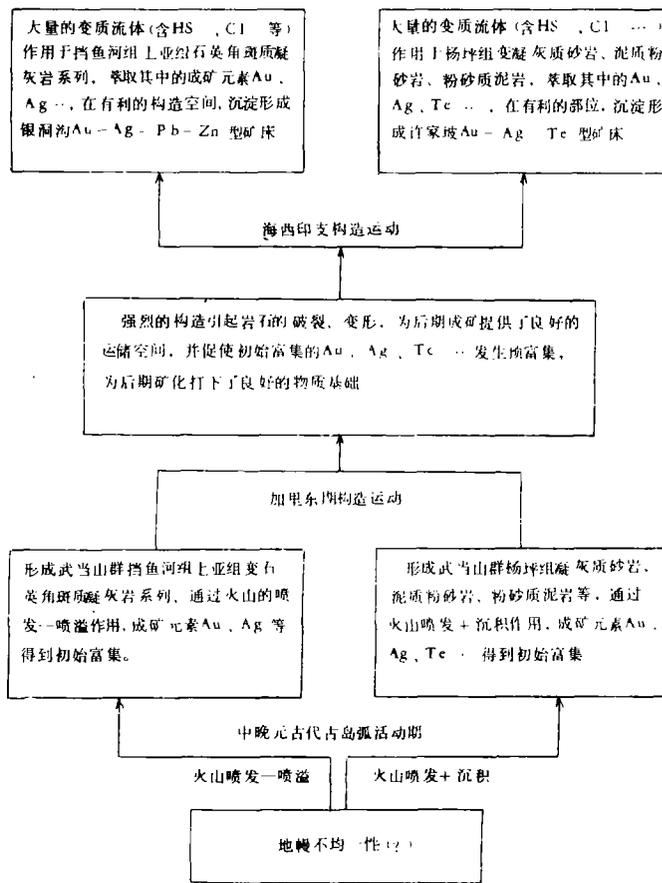
根据上述对武当山群中各类岩石的金银丰度,变化(Xg/Xa)、分布型式、元素组合和赋存状态的研究,参照地层金银含矿性评价的地球化学准则,可以看出武当山群挡鱼河组上亚组变石英角砾质凝灰岩和杨坪组变凝灰质砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为有利于金银矿化产出的层位。

5 成矿模式讨论

区内金银矿化皆经历了一个漫长的地质过程,金银矿化的发生同区域地壳演化间有着密切的联系,区域地壳演化的进程及形式控制金银矿化的类型及发生。在阐述鄂西北地区武当山群中金银成矿模式前还有必要补充如下地质地球化学事实^{①②}:a. 稳定同位素地球化学研究表明区内重要的银洞沟金银铅锌矿和许家坡金银碲矿的硫具有深部来源特征,矿石铅同位素组成落在造山带演化曲线附近,武当山群的成岩构造环境为岛弧,这表明武当山群挡鱼河组上亚组和杨坪组不仅为有利于金银矿化产出的地层,而且在矿化过程中确曾提供了成矿物质金银。b. 流体包裹体及氢氧同位素地球化学研究表明成矿流体以变质水为主,成矿流体中阴离子以 HS⁻、Cl⁻ 为主,它们对金银有较强的络合能力。c. 银洞沟和许家坡矿床皆发生强烈的、大面积的围岩蚀变(硅化、碳酸盐化、黄铁矿化、绢云母化等)标明曾有大量的成矿流体参与成矿,大量的流体对初始富集了金银的围岩有效萃取是形成矿化的必要条件。d. 银洞沟矿床产在一短

① 湖北省地质五队,武当山地区武当山群贵金属成矿地质特征研究,1986

② 汪东波,扬子地台北缘中段中上元古界形成演化及金(银)矿床地质地球化学研究,中国地质大学(武汉)博士学位论文,1989



似的矿化历程。大约在中元古代晚期,强烈的岛弧期火山喷发—沉积作用,形成了近火山机构处的挡鱼河组上亚组石英角斑质凝灰岩和其后在远离火山机构处形成了杨坪组凝灰质粉砂岩和泥质粉砂岩。在其形成过程中,金银等已在其中发生了初始富集,形成一潜在有利矿化的地层;加里东运动期间,初始富集的金银得到进一步富集;印支运动期间,赋存在挡鱼河组上亚组和杨坪组中的金银在大量的变质流体的循环作用下,成矿流体中的 HS^- 、 Cl^- 等同金银形成稳定的络合物,将金银从上述层位中萃取转移出来,在有利的构造空间发生沉淀,形成了重要的银铜沟 Au—Ag—Pb—Zn 矿床和许家坡 Au—Ag—Te 矿床。

承蒙湖北省鄂西北地质矿产调查所周骏华、吴贤奎、王寿琼、罗斌、刘兴义高级工程师、张子才、王宗合、罗裕组工程师等大力协助,特表谢忱!

参考文献

- [1]景毅等,马尔柯夫过程在地学中的应用,地质出版社,1985
- [2]於崇文等,南岭地区区域地球化学,地质出版社,1987
- [3]刘英俊等,元素地球化学,科学出版社,1984
- [4]赵伦山等,地球化学,地质出版社,1988
- [5]汪东坡,金丰度与金矿化的潜在关系,《桂林冶金地质学院学报》,9(3)1989
- [6]余金生等,地质因子分析,地质出版社,1985
- [7]Hoefs, J., Stable isotope geochemistry, 2nd edition, Springer—Verlag, 1980
- [8]Bhatia, M. R., Plate tectonics and geochemical composition of sandstone, The Journal of Geology, 91(6)1983
- [9]Roser, B. P., and Korsch, R. J., Determination of tectonic setting of sandstone—mudstone suites using SiO_2 content and $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ratios, The Journal of Geology, 94(5)1986
- [10]Taylor, S. R., and McLennan, S. M., The continental crust: its composition and evolution, Blackwell Scientific Publications, 1985
- [11]Sanger, R. and Meyer, M., Gold distribution in Archaean granitoids and supracrustal rocks from Southern Africa; a comparison, Godl'82, the geology, geochemistry and genesis of gold deposits, edited by R. P. Foster, 1984

THE GEOCHEMISTRY AND APPRAISAL OF GOLD—SILVER BEARING ABILITY OF WUDANGSHAN GROUP IN HUBEI PROVINCE

Wang Dongbo

(Department of Geology, Central South University of Technology)

Zhang Benren, Ma Zhendong

(Department of Geochemistry, China University of Geosciences)

ABSTRACT

The distribution, sequence, geological age, petrological combination and geochemical characteristics of major and trace elements of Wudangshan Group are discussed. And its gold (silver) ore bearing ability is systematically appraised, and the geochemical appraisal methods also has been explained in this paper.

Wudangshan Group is chiefly composed of meta—basic volcanic rock, meta—felsic volcanic rock and meta—sedimentary rock. The meta—basic volcanic rock is comparatively rich in Fe_2O_3 , Na_2O , Th, Y, and poor in K_2O , FeO, TiO_2 , Cr, Co, Ni, V, P; whereas, the meta—felsic volcanic rock is comparatively rich in Fe_2O_3 , Th, Y, Ti, V, Mn, As, Sb, Bi, and poor in CaO, P_2O_5 , Sr, Ba, La, Zr, Cu, Pb, Zn, Be, Nb, Rb. The meta—sedimentary rock of Yangping Formation of Wudangshan Group is comparatively rich in Ba, Th, Y, Ti, V, Mn, Cu, As, Sb, and poor in Sr, La, Pb, Zn, Be, Nb, Rb, Sn, Zr, and has similar characteristics to graywack in active continental margin. Factor combination of chemical elements of various formations of Wudangshan Group are corresponding to magmatic evolution trend, isomorphism and alteration.

Because of higher abundance of gold and silver, lower Xg/Xa , poly—peak skew distribution and logarithm normal or logarithm normal skew distribution of silver, higher ratio of accessible gold and silver, forming special element combination (including gold and silver) being similar to mineralizing elements combination in the area. Yangping Formation and Upper Dangyehe Formation of Wudangshan Group can be regarded as favourable strata to gold and silver mineralization in the area.

In addition, the metallogenetic model of gold and silver of Wudangshan Group in the area also has been given in this paper.