

陕西镇坪牛头店黑色岩系区 Ag 异常成因探讨

李普涛, 温志亮, 李宗会

(中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要:陕南北大巴山地区黑色岩系发育, 其中圈定出了一批 Ag、Mo、V、As、Sb 等多元素综合异常, 且 Ag 元素异常规模大、强度高, 具分带, 但银矿找矿工作一直没有得到突破。在对区内黑色岩系及新发现银矿(化)体分析研究的基础上, 对 Ag 元素异常成因进行了探讨, 认为: ①下寒武统鲁家坪组(黑色板岩、硅质岩)是 Ag 元素的初始富集层位, 该套黑色岩系中 Ag 与 Mo、V 元素为同组元素, 且富集过程一致, 显示其富集过程具深海冷水沉积特征。②次生淋滤作用是 Ag 元素叠加富集的主要成矿作用, 在一些 Ag 异常区内易发生淋滤作用的有利地带, 会形成次生淋滤型的银矿床。

关键词:大巴山; 镇坪县; 黑色岩系; 化探异常

中图分类号: P618. 51; P618. 61 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-6248(2015)04-0141-07

The Causes of Ag Element Geochemical Anomaly for Black Rock Series in Niutoudian Area, Zhenping County, Shaanxi Province

LI Putao, WEN Zhiliang, LI Zonghui

(Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: The black rock series are well developed in North Daba mountains of Southern Shaanxi, where the geochemical anomalies of Ag, Mo, V, As and Sb elements have been delineated. Although the geochemical anomalies of Ag element often have largescale and high strength, with the characteristics of a ring shaped, but the prospecting work of Ag deposit has no breakthrough. On the basis of analyzing and researching the newly discovered silver body in black rock series of this area, the cause of geochemical anomalies of Ag elements has been discussed in this paper. The results suggest that, ① The Lujiaping Formation of Lower Cambrian (black shale, siliceous rocks) is the initial concentration of Ag element. Ag serves as the same group with Mo and V elements in the black rock series, all of them had experienced the same enrichment process, showing the deposition characteristics of deep-sea cold water. ② Secondary leaching is the main mineralization for stacking and enrichment of Ag element. The secondary leaching were easily happened in some favorable zones within the geochemical anomalies of Ag element to form the silver deposit.

Keywords: North Daba Mountains; Zhenping County; black rock series; geochemical anomaly

收稿日期: 2015-02-15; 修回日期: 2015-07-08

基金项目: 陕西省地勘基金项目(61200901017)

作者简介: 李普涛(1982-), 男, 陕西户县人, 地质工程师, 硕士, 从事地质矿产勘查工作。E-mail: 5745812@qq.com

陕南北大巴山一带黑色岩系中的 Ag 元素异常普遍显示较好,且分布广泛,能否在这种黑色岩系中发现具有较大规模的工业银矿体,一直是该区找矿工作的热点和难点(庄汉平等,1997)。近年来,开展的矿产地质调查项目(李普涛等,2014)中,在镇坪县牛头店镇唐家垭子一带新发现的钼-钒多金属矿床中发现了伴生的银矿(化)体。在黑色岩系中发现的沉积型钼钒银矿体,不但是在该区找矿工作的一个重大突破,而且具有十分重要的研究意义(叶杰等,2000;黄艳丽等,2008;张复新等,2009;施春华等,2011)。笔者结合找矿实践,对镇坪县牛头店镇一带震旦—奥陶系黑色岩系分布区的 Ag 元素富集规律和异常原因进行探讨,为该区地质找矿工作提供参考和指导。

1 地质、地球化学特征

1.1 区域地质、地球化学特征

研究区位于南秦岭—北大巴山加里东裂谷带的平利穹隆构造的南缘东部(图 1)。以红椿坝—曾家坝同沉积断裂带为界,断裂以北属于紫阳—平利复式

组(Qby_l)和中新元古界武当岩群(Pt₂W),为一套变质的火山岩系、火山沉积岩系及砾岩;盖层主要为一套震旦—奥陶系的黑色岩系。基底及盖层普遍发育区域变质作用,形成的岩石以片岩、板岩为主。

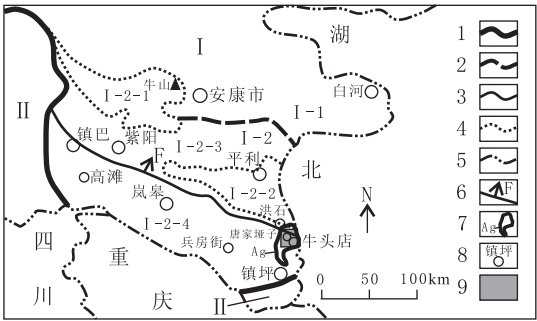
晋宁运动形成的平利隆起(耀岭河岩组(Qby_l)和武当岩群(Pt₂W))作为基底,在基底周边的扬子地台北缘的边缘海沉积形成了震旦—奥陶系的黑色岩系(陕西区域地质志,1989;徐强等,2001)。平利隆起(基底)中的 Mo、V、Ag 等元素呈低背景分布,而隆起周边黑色岩系(盖层)中的 Mo、V、Ag 等元素呈极高背景分布。区域上,在镇坪县洪石—牛头店一带发育的 1:20 万 Mo、V、Ag 等综合异常环绕平利隆起南缘呈环带状(图 1),在震旦—奥陶系黑色岩系中分布(图 1)。

1.2 研究区地质、地球化学特征

1:2.5 万水系沉积物测量圈定的 NHs-11 甲₂₋₂类异常(推测可能找到中型规模矿床的异常)位于镇坪县牛头店镇唐家垭子一带(图 2)。该异常主要为 Mo、V、Ag 元素的综合异常,异常面积为 4.41km²,异常中心主要成矿元素最高强度为:Mo 为 231.00×10⁻⁶,V 为 3644×10⁻⁶,Ag 为 ×10⁻⁹,异常元素均三级浓度分带特征,分布形态十分相似,强度高、规模大。

在 NHs-11 甲₂₋₂类异常的基础上,最终在唐家垭子发现钼钒银多金属矿床(图 2)。唐家垭子矿区总体表现为倒转的单斜地层,倾向北东,走向北西—南东(图 2、图 3)。红椿坝—曾家坝同沉积断裂带从唐家垭子矿区经过,该断裂带由 5 条断裂(F1—F5)组成(图 2);断裂带内断层泥、碳化带较发育,呈北西走向;断面波状起伏,产状 35°~55°∠20°~60°,局部倾向陡,具有不对称的褶皱构造发育,指示断层的右行走滑性质。

红椿坝—曾家坝同沉积断裂将唐家垭子矿区地层分为紫阳—平利地层小区和高滩—兵房街地层小区(图 2、图 3)。紫阳—平利地层小区位于矿区北部,包括:青白口系耀岭河岩组(Qby_l)绢云钠长绿泥片岩;震旦系陡山沱组(Z₁d)绢云绿泥片岩、含碳硅质板岩;震旦系灯影组(Z₂dn)泥质、白云质灰岩。高滩—兵房街地层小区位于矿区中南部,包括:下寒武统鲁家坪组第 1 段(Є₁l¹)含碳硅质岩,鲁家坪组第 2 段(Є₁l²)灰岩夹钙质板岩,鲁家坪组第 3 段(Є₁l³)钙质粉砂质板岩,鲁家坪组第 4 段(Є₁l⁴)



1. 一级构造单元界线;2. 二级构造单元界线;3. 三级构造单元界线;4. 四级构造单元界线;5. 省界;6. 红椿坝—曾家坝断裂;7. 1:20 万 Ag 元素异常范围;8. 地名;9. 研究区位置示意图;I. 秦岭造山带;II. 扬子板块;I-1. 南秦岭印支褶皱带;I-2. 北大巴山加里东褶皱带;I-2-1. 牛山复背斜;I-2-2. 平利复背斜;I-2-3. 紫阳—平利复式背斜;I-2-4. 高滩—兵房街复式向斜

图 1 研究区综合地质图

Fig. 1 Comprehensive geological map of research area

背斜隆起带(紫阳—平利地层小区),断裂以南属于高滩—兵房街复式向斜褶皱带(高滩—兵房街地层小区)。区内基底主要为中元古界青白口系耀岭河岩

1.3 唐家垭子钼钒银多金属矿体特征

在唐家垭子矿区内新发现钼钒银多金属矿化带 4 条,共圈定矿体 11 个(图 2)。矿体产于下古生界寒武纪鲁家坪组($\in_1l$)(图 2、图 3),矿化带(矿体)与地层展布方向一致,主要受地层层位控制。矿层顶、底板岩性与赋矿地层层位一致(图 2),倾向 $25^{\circ}\sim75^{\circ}$,倾角 $37^{\circ}\sim53^{\circ}$ 。与围岩整合接触(图 3)。

Ⅲ-5 矿体位于唐家垭子矿区中部,为目前发现规模最大的钼钒银多金属矿体;含矿地层为鲁家坪组第 3 段($\in_1^3$),岩性为灰-黑色钙质粉砂质板岩。初步控制矿体长 890m,其中与 Mo、V 伴生的银矿体厚度达 2.0m,品位为 $146\times10^{-6}\sim685\times10^{-6}$ 。

主要矿石类型为含碳板岩型(图 4),风化面为灰色,新鲜面为黑色,致密结构、块状构造;呈薄层状分布于板岩中,单层厚度 0.2~0.3m。



图 4 含碳板岩型矿石照片
Fig. 4 Carbonaceous slate rock specimen of ore

表 1 唐家垭子 V-V' 号岩石地质地化剖面 Mo、V、Ag 元素含量表

Tab. 1 Mo、V、Ag content of V-V' geological and geochemical section in Tangjiayazi area

地层时代	地层岩性	样品数量	Mo	V	Ag
八卦庙组第 2 段($\in_2b^2$)	灰岩夹板岩	11	28	157	171
	泥灰岩	2	3	58	89
八卦庙组第 1 段($\in_2b^1$)	灰岩	4	1	33	59
	钙质粉砂岩	4	15	300	250
	粉砂质板岩	4	94	1 298	390
鲁家坪组第 5 段($\in_1l^5$)	钙质板岩	8	37	635	723
鲁家坪组第 4 段($\in_1l^4$)	硅质岩	16	7	651	315
鲁家坪组第 3 段($\in_1l^3$)	钙质板岩	1	940	1 529	2 000
鲁家坪组第 2 段($\in_1l^2$)	含碳硅质板岩	7	84	1 750	2 403
鲁家坪组第 1 段($\in_1l^1$)	灰岩夹钙质板岩	5	151	1 643	4 436
灯影组(Z_2dn)	白云质灰岩	6	93	625	1 438
陡山沱组(Z_1d)	绢云绿泥片岩	5	4	137	389
	含炭硅质板岩	10	104	955	587
耀岭河岩组(Qbyl)	钠长绿泥片岩	6	1	280	102

注:①元素含量为 10^{-6} 。②元素含量为该组地层所采样品总数的含量平均值。③元素地化参数比值为该组地层元素含量平均值的比值。
④测试方法为半定量光谱法,测试单位为陕西地质矿产勘查开发局测试中心,2010 年。

2 黑色岩系中 Ag 的初始富集

2.1 寒武系鲁家坪组(黑板岩、硅质岩)是 Ag 初始富集层位

NHs-11 甲₂₋₂类异常区内地层以震旦—寒武系黑色岩系为主(图 2),该异常呈北西—南东向展布,同地层的分布范围和展布方向一致,初步表明本区 Mo、V、Ag 异常的分布受黑色岩系控制。

V-V'号岩石地质地化剖面贯穿唐家垭子矿区南北(图 2、图 3),比例尺为 1:2 000,长度约为 1.6km,共采集岩石化探样品 89 个。该剖面地层中 Mo、V、Ag 元素含量见表 1。可以看出,在寒武系鲁家坪组(Є₁)地层中 Mo、V、Ag 元素都同时呈高值异常。

因此,根据 NHs-11 甲₂₋₂类异常的分布范围和地层中 Mo、V、Ag 元素的含量特征,本区 Ag 元素的异常和分布受到震旦—寒武系的黑色岩系地层的控制,寒武系鲁家坪组(黑板岩、硅质岩)是 Ag 元素的初始富集层位。

2.2 黑色岩系中 Ag 初始富集探讨

根据研究区地质地球化学特征,对在牛头店镇一带实施的 1:2.5 万水系沉积物、1:1 万土壤以及 1:1 万和 1:2 千岩石地化剖面测量工作所选择的 Mo、V、Ag 等元素作为分析对象,以元素含量的相关系数作为依据,进行 R 型聚类分析,并绘制谱系图(图 5)。

由图 5 可以看出:水系沉积物样品中 Ag 与 Mo、V 相关性可达到 0.80(图 5a);土壤样品中 Ag 与 Mo、V 相关性可达到 0.73(图 5b);岩石样品中 Ag 与 Mo、V 相关性可达到 0.93(图 5c)。3 种类型化探样品元素的 R 聚类分析都表明:Ag 与 Mo、V 的相关性很好,属于同组元素。

唐家垭子钼-钒多金属矿的成因为还原性浅海盆地相的沉积形成(任涛等,2007;李赛赛等,2009;刘军威,2011;陈高潮等,2011;李普涛等,2014)。Ag 与 Mo、V 的相关性很好,属于同组元素。表明 Ag 与 Mo、V 的富集和成矿过程可能相同,反映了 Ag 富集的沉积成因属性(庄汉平等,1997),这也是造成本区黑色岩系分布区 Ag 元素含量的高背景值和异常的根本原因。

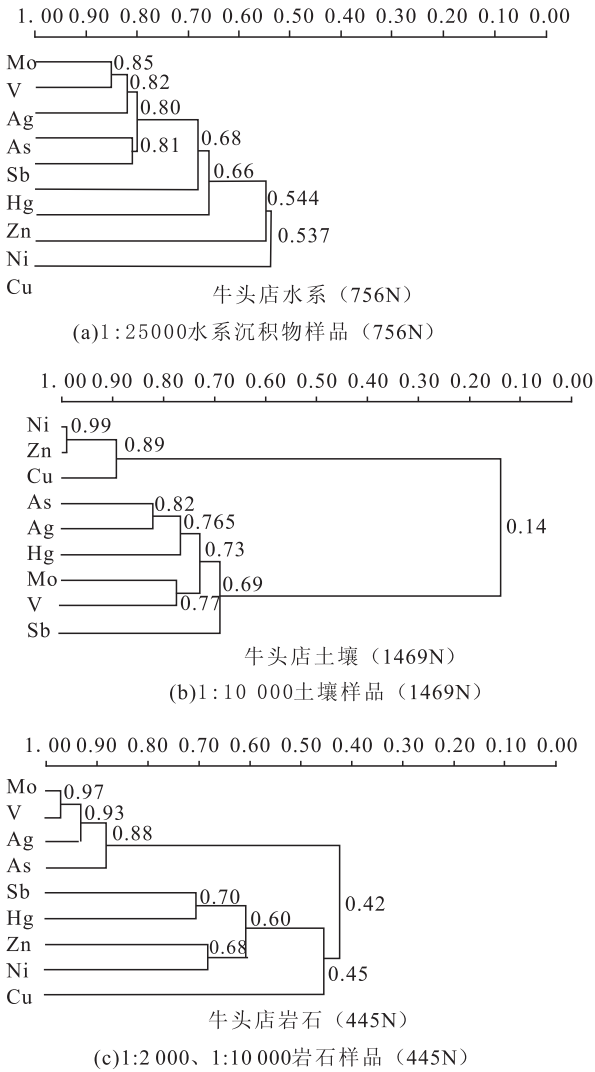


图 5 牛头店一带 14 种成矿元素 R 聚类谱系图

Fig. 5 Reluster analysis of 14 kinds of ore-forming elements

3 黑色岩系中 Ag 的叠加富集——次生淋滤作用

尽管在唐家垭子矿区探槽 TC0-1 中的Ⅲ-5 号矿体中发现了与 Mo、V 伴生的银矿体(图 2),但在相邻和深部的探矿工程中却未发现银矿(化)体。这表明虽然在沉积成因黑色岩系中易形成大面积、高背景值的 Ag 异常,却难形成较大规模的银矿床。

为了研究本区 Ag 异常及矿化的成因,在唐家垭子矿区Ⅲ-5 号矿体探槽 TC0-1 中发现的银矿体中采集了矿石物相样进行分析。样品类型为灰黑色

含碳钙质板岩(图 4),物相分析结果见表 2。

表 2 唐家坪子钼钒银矿石的银物相分析结果表
Tab. 2 Agelement phase analysis result of Tangjiayazi ores

样品编号	TC0-1WX4	
	质量(g)	比例(%)
银盐中的银	0.014 8	10.9
铁锰氧化物吸附银	0.092 8	68.4
自然银	0.003 6	2.7
硫化银	0.011 4	8.4
矿物包裹银	0.013 1	9.7
总银	0.135 7	100

注:测试方法为化学定量法,测试单位为中国地质调查局西安地质调查中心,2010 年。

根据《元素地球化学》(刘英俊等,1984)的解释:内生作用形成的银矿物,在表生条件下,易被空气中的游离氧或被溶于循环地表水的氧所氧化;比较大的单价阳离子易被下渗的地表水向下带出,在地下水水面以下的胶结带或次生富集带重新沉淀,易形成 Ag 的次生富集带;次生富集带里的 Ag 以金属银(自然银)、硫化物(辉银矿)、锑化物以及各种 Ag 的含硫盐等形式存在。

铁锰氧化物(铁帽)中的 Ag 则以卤化物及含 Ag 的黄钾铁矾残留下来。若基岩含 Ag 量较高或有银矿化现象,则基岩上的富含有机质的土壤中 Ag 含量就高。Ag 在土壤中的活动和沉淀主要受铁、锰水化作用沉淀和介质的 pH 值影响,氧化还原电位 Eh 仅起间接作用。因此,酸性条件下的银盐,在富含有机物及铁、锰的土壤中,Ag 极易形成富集。根据统计,沉积岩中含 Ag 最高的是黑色页岩、硫化物板岩及含碳质和磷酸盐质页岩。博莱(1968)研究发现,沉积岩中的 Ag 优先富集于黄铁矿物中,Ag 的次生富集也与富 K 的黏土矿物和铁的水化物及 Mn 的氧化物伴生,并且这种富集的成因似乎不可能是岩浆和热液作用(刘英俊等,1984)。

由表 2 可以看出:铁锰氧化物吸附 Ag 占样品中 Ag 元素含量的 68.4%,是 Ag 元素富集的主要形式。探槽 TC0-1 中的银矿体在地形上位于较高处的山坡部位,而相邻探槽和深部钻孔均未见到 Ag 矿(化)体,这表明:该银矿体的形成很可能是在地形有利地段的断裂破碎带,因易发生经淋滤作用,造成

Ag 元素的富集并成矿。因此,本区的黑色岩系(寒武系鲁家坪组)分布区若存在较高背景值的 Ag 元素异常,则在易发生次生淋滤作用的有利地带,往往会形成 Ag 元素的叠加富集,这是本区形成 Ag 矿(化)的主要原因。

4 结论

(1)Ag 异常的控制因素。Ag 异常的分布范围及地层含量特征表明其受到震旦—寒武系的黑色岩系地层的控制,尤其是寒武系鲁家坪组(黑色板岩、硅质岩)是 Ag 元素的初始富集层位。

(2)Ag 的富集成因及找矿方向。Ag 与深海冷水沉积成因的 Mo、V 元素属于同组,其富集过程一致。本区的黑色岩系(尤其是寒武系鲁家坪组)分布区若存在较高背景值的 Ag 元素异常,则在易发生次生淋滤作用的有利地带,往往会形成 Ag 元素的叠加富集,这是本区形成 Ag 矿(化)的主要原因。

参考文献(References):

庄汉平,卢家烂,傅家谟,等. 白果园黑色岩系型银(钒)矿床沉积古环境与银(钒)初始富集[J]. 地质论评,1997,43(4):373-380.

ZHUANG Hanping,LU Jialan,FU Jiamo,et al. Paleoenvironment and Preliminary Enrichment of Ag (and V) in the Baig-uoyuan Black shale Series-Hosted Ag(-V) Deposit[J]. Geological Review,1997,43(4):373-380.

李普涛,温志亮,赵民,等. 陕西镇坪地区唐家坪子钼钒多金属矿床地质特征与成因[J]. 地球科学与环境学报,2014,36(4):45-54.

LI Putao,WEN Zhiliang,ZHAO Min,et al. Geological Characteristics and Genesis of Tangjiayazi Mo-V Polymetallic Deposits in Zhenping Area of Shaanxi[J]. Journal of Earth and Enviroment,2014,36(4):45-54.

叶杰,范德廉. 黑色岩系型矿床的形成作用及其在我国的产出特征[J]. 矿物岩石地球化学通报,2000,19(2):95-102.

YE Jie,FAN Delian. Characteristics and Mineralization of Ore Deposits Related to Black Shale Series[J]. Bulletin of Mineralogy,Petrology and Geochemistry,2000,19(2):95-102.

黄艳丽,秦德先,邓明国,等. 黑色岩系多金属矿床的研究现状与发展趋势[J]. 地质找矿论丛,2008,23(3):

- 177-180.
- HUANG Yanli, QIN Dexian, DENG Mingguo, et al. Reserch and Development of Black Rock Serise Polymentic Deposits[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2008, 23(3): 177-180.
- 张复新, 王立社, 侯俊富. 秦岭造山带黑色岩系与金属矿床类型及成矿系列[J]. 中国地质, 2009, 36(3): 694-704.
- ZHANG Fu-xin, WANG Lishe, HOU Junfu. Black rock series, types of ore deposits and ore-forming systems in Qinling orogenic belt[J]. Geology in China, 2009, 36(3): 694-704.
- 施春华, 曹剑, 胡凯南, 等. 华南早寒武世黑色岩系 Ni-Mo 多金属矿床成因研究进展[J]. 地质论评, 2011, 57(5): 718-730.
- SHI Chunhua, CAO Jian, HU Kai, et al. A Review on Origin of Ni-Mo Polymetallic Deposits in Lower Cambrian Black Rock Series in South China[J]. Geological Review, 2011, 57(5): 718-730.
- 陕西省地质矿产局. 陕西省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989: 1-690.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Shaanxi Province. Shaanxi Regional Geology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989: 1-690.
- 徐强, 翟刚毅, 杨志华, 等. 东秦岭南带沉积盆地性质和演化[J]. 矿物岩石, 2001, 21(3): 27-33.
- XU Qiang, ZHAI Gangyi, YANG Zhihua, et al. Property and Evolution of Sedimentary Basin in the Southern Belt of East Qinling[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2001, 21(3): 27-33.
- 任涛, 樊忠平, 原莲肖, 等. 南秦岭东段早寒武世黑色岩系金钒成矿特征与找矿方向——以夏家店矿床为例[J]. 西北地质, 2007, 40(2): 85-94.
- REN Tao, FAN Zhongpiny, YUAN Lianxiao, et al. Metallogenic Characteristics and Prospecting Target of Au-V Deposits in Early Cambrian Black Rock Series in the Eastern South Qinling: A Case Study of the Xiajiadian Deposit[J]. Northwestern Geology, 2007, 40(2): 85-94.
- 李赛赛, 魏刚锋, 聂江涛, 等. 陕西省商南县湘河地区钒矿成矿特征及成因[J]. 地球科学与环境学报, 2009, 31(3): 236-244.
- LI Saisai, WEI Gangfeng, NIE Jiangtao, et al. Metallogenic Characteristics of V Ore Deposit in the Xianghe Area of Shangnan County in Shaanxi Province and Its Genesis[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2009, 31(3): 236-244.
- 刘军威. 陕西夏家店金钒矿床特征与控矿因素分析[J]. 西北地质, 2011, 44(2): 102-109.
- LIU Junwei. Ore Body Characteristics and the Controlling Factors of Shaanxi Xiajiadian Gold-Vanadium Ore Region[J]. Northwestern Geology, 2011, 44(2): 102-109.
- 陈高潮, 张清盛, 孔文年, 等. 南秦岭东段下寒武统黑色岩系钒矿成矿地质背景浅析[J]. 西北地质, 2011, 44(4): 50-57.
- CHEN Gaochao, ZHANG Qingsheng, KONG Wennian, et al. Mineral Characteristics and Exploration Prospect of Vanadium Deposit of Lower Cambrian Black Rock Series in South Qinling East Segment[J]. Northwestern Geology, 2011, 44(4): 50-57.
- 刘英俊, 曹励明, 李兆磷, 等. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 320-325.
- LIU Yingjun, CAO Liming, LI Zhaolin, et al. Element Geochemistry[M]. Beijing: Science Publishing House, 1984: 320-325.