

湘西北镍钼矿床成矿特征与成因^①

鲍正襄 万榕江 包觉敏

(湘西地勘五队)

摘 要 湘西北镍钼矿床产于寒武系下统木昌组黑色岩系底部的含磷岩性序列中。含矿岩系具有热水沉积和生物化学沉积的地球化学特点。成矿是在有机质(生物地球化学)参与下发生的。矿床是微生物成矿和热水沉积双重作用的结果。

关键词 湘西北 镍钼矿 热水沉积 微生物成矿

中图分类号 P618.63 P618.65

第一作者简介 鲍正襄,男,高级工程师,1933年生,1955年毕业于南京大学地质系,长期从事金属矿床普查勘探与找矿研究工作。通讯地址:湖南省湘西自治州乾州新建路4号,湖南地质勘查公司湘西地勘5队,邮政编码:416007。

0 引言

湖南西北部的张家界和慈利等地的镍钼矿床,赋存于寒武系下统木昌组黑色岩系中。矿带长约80km,宽15km,它是我国沉积型镍钼矿床的潜在成矿区,同时也是我国沉积型铂族元素(PGE)矿床的主要产区,具有较为独特的成矿特征与成因。

1 区域构造地质背景

本区位于扬子准地台东南缘的上扬子台褶带与江南地轴的结合部位。沉积建造的分布明显受NEE向深大断裂控制。在区域上,容矿的黑色岩系与寒武系沉积物展布方向一致。北面以花垣—慈利深大断裂为界,南缘为上元古界板溪群中的NEE向四都坪—龙潭河断裂围限。容矿的黑色岩系受NEE—SWW向古丈—慈利断陷盆地控制。该断陷盆地内沉积了一套下寒武统黑色岩系,湘西北镍钼矿床即赋存于其中的木昌组底部含磷岩性序列中。

在地层分区上,本区早寒武世基本上属于武陵山过渡区。区域构造主要为古丈复背斜之北西翼上次级天门山复式向斜,镍钼矿床集中分布于该复式向斜的倾没部位(图1)。区内岩浆活动微弱,仅在矿带西南侧的古丈龙鼻嘴一带相当于下震旦统江口组内夹有橄辉玄武岩、辉绿岩及橄辉辉石岩体(床),从构造位置和岩石化学特征分析表明其代表弧后盆地的火山活动产物。

2 矿床地质特征

2.1 含矿岩系层序

以张家界市后坪镍钼矿床为例,由老至新:

^① 收稿日期:2000-09-05

下伏上震旦统灯影组白云质灰岩、白云岩。

假 整 合

(1)磷块岩及硅岩。下部一般为磷块岩,见有“微古植物”化石和海绵骨针等,厚0.04~0.6m,含 P_2O_5 21.46%,稀土元素(R_2O_3)0.056%。上部为含磷硅岩、硅岩间夹硅质结核层,厚度一般厚0.10~0.32m,含大量黄铁矿。

(2)含磷结核层。为含磷结核的鳞片状碳质页岩,一般厚0.05~0.20m。部分结核具环带状构造,其外壳常包有黄铁矿和镍钼矿的薄膜。本层一般含Ni 0.06%~1.25%,Mo 0.045%~2.5%, V_2O_5 0.28%~1.6%。

(3)镍钼层(金属层)。由黄铁矿、镍钼硫化物与碳泥质、白云质、重晶石、硅质等胶结而成,形态及厚度变化较大。大部分呈单层覆盖于含磷结核层之上。厚0~0.75m,一般0.05~0.10m,含Ni 0.17%~7.03%,Mo 0.35%~8.17%, V_2O_5 0.07%~1.48%。

(4)碳质页岩(贫矿层)。以碳泥质白云质碳质页岩为主,次为碳泥质白云质与含白云质碳质页岩,厚0.05~2.4m,一般0.06~0.20m,含Ni 0.012%~1.6%,Mo 0.025%~2.55%, V_2O_5 0.08%~1.25%。

(5)粉砂质碳质页岩夹薄层泥质硅岩。厚3~5m, Ni、Mo含量均小于0.05%。

2.2 矿体形态、产状

镍钼层主要为透镜状、扁豆状,个别为似层状,极少数为特殊的筒状,一般呈单层或两层间或多层覆盖于磷块岩或含磷结核层之上,与下伏和上覆岩层呈连续过渡沉积关系,局部地段超覆于灯影组之上。矿层长10~200m,最长1500m(桃坪矿床似层状矿体),平均厚0.24~1.23m。而筒状特富矿体直径仅30~40cm~40~50cm。

按照镍钼硫化物的产出部位、特征及含矿性,可划分为富矿层(包括金属层)和贫矿层两种类型。

(1)富矿层。由白云质、粉砂质、磷质等鳞片状碳质页岩、镍钼胶状硫化物“碎屑”呈稠密状或稀疏状浸染而成,其间夹1~2层薄而连续的金属层。矿层中黄铁矿占8%~10%,硫化镍矿物2%~3%,钼集合体2%~5%,碳泥质+石英80%~85%。矿层厚0.20~0.70m,含Ni 0.5%~2%,Mo 0.5%~3.0%, V_2O_5 0.5%~1.25%。其间所夹金属层中黄铁矿占35%~40%,硫化镍矿物5%~15%,钼集合体15%~25%,碳质、硅泥质结核约40%,厚2~12cm,含Ni 3%~5%,Mo 5%~10%, V_2O_5 0.13%~1.29%。此外,在后坪矿床一种由碎屑矿石构成的筒状矿体,含Ni高达16.76%,Mo 2.17%, V_2O_5 0.224%。

(2)贫矿层。为白云质或粉砂质碳质页岩、含密集或较密集的线理状黄铁矿和少量硫钼矿细碎

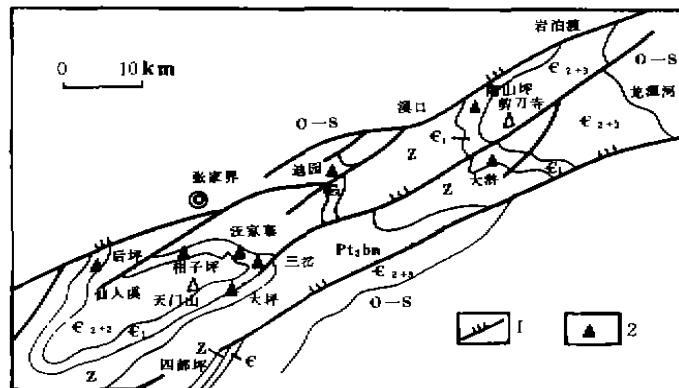


图1 湘西北钨钼矿床区域地质略图

Fig. 1 Sketch map showing the regional geology and Ni-Mo deposits distribution in northwestern Hunan

O-S 奥陶系-志留系, E_{2-3} 中上寒武统, E_1 下寒武统,

Z 震旦系, Pt_{3bn} 板溪群, 1 断层, 2 钨钼矿区(床)

屑稀疏浸染组成。在近富矿层部位的局部地段偶见含镍黄铁矿。矿石中黄铁矿占 7%~10%, 硫化镍矿物 <1%, 钼集合体 1%, 碳泥质等 85%~90%。矿层厚 0.6~3.0m, 一般含 Ni 0.05%~0.33%, 最高 1.6%, Mo 0.025%~0.37%, 最高 2.55%, V_2O_5 0.08%~0.24%, 最高 1.25%。

2.3 矿石物质成分

2.3.1 化学成分

矿石化学成分主要为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 和 MgO 、 CaO 、 P_2O_5 以及 Corg、S 等(表 1), 有机质含量高是其化学成分的重要特征。矿石中有益组分除 Ni、Mo 外, 还含有铂族元素(PGE)、稀土元素(REE)、Se、V、Au、Ag 等, 特别是 Pt、Pd、REE、Se、V 等具有一定的经济意义。

表 1 矿石化学成分及伴生元素(10^{-2})

Table 1 Chemical compositions and associated elements of the ores

矿床	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	Corg	S	H_2O	灼失
柑子坪 ^①	40.27	0.57	7.80	6.31	0.03	2.43	11.89	0.37	2.47	5.36	8.69		3.41	17.54
天门山地区 ^② (金属层)	19.37	0.11	2.51	14.41 ^④	0.04	2.00	13.01	0.07	0.60	6.84	5.78	16.44		
天门山地区 ^③	32.31	0.08 ^⑤	5.49	4.20 ^⑥	0.003 ^⑦	6.45	8.30	0.18	2.44	6.56	8.58	17.63		4.02 ^⑧
矿床	Ni	Mo	V_2O_5	Cu	Pb	Zn	Se	U	pt	pd	Os	Ru	Au	Ag
柑子坪 ^①	0.436	0.498	0.344	0.031	0	0.0853	0.019	0.021	0.0328	0.0686	0.0005	0.0005	0.51	5.43
天门山地区 ^② (金属层)	16020	38250	4360	773	76	2108	1486	361	0.22	0.25			0.16	12.6
天门山地区 ^③	3.01	3.48	0.32	0.090	0.001	0.002	0.280	0.060	0.282	0.32	0.073	0.005	0.34	7.20

注: ①据湖南地质 405 队(1973); ②据孙一虹(1987); ③据梁有彬等(1995); ④TFe 含量; ⑤ CO_2 含量; ⑥Ti 含量; ⑦Mn 含量。天门山地区(金属层)Ni—Ag 为光谱定量分析, 单位: $\cdot 10^{-6}$ 。

2.3.2 矿物成分

矿石矿物成分复杂。金属硫化物主要为黄铁矿、辉钼矿、二硫镍矿、辉镍矿、辉砷镍矿, 次要矿物为砷黝铜矿、闪锌矿、含银自然金以及黄铜矿、白铁矿、方铅矿等。非金属矿物主要为有机质污染的粘土矿物, 其次为胶磷矿、白云石、石英粉砂、次要矿物为隐晶质石英、玉髓、绢云母、方解石、电气石、锆石、锡石、榍石、白钛石, 少量或微量重晶石、石墨、沥青、磷灰石、菱镁矿、萤石。

含镍矿物主要为二硫镍矿(NiS_2)、辉镍矿(Ni_3S_4)和辉砷镍矿($NiAsS$), 少量或微量针镍矿(NiS)和紫硫镍铁矿(Fe, MnS_4)、硫镍铁矿和含镍黄铁矿等。镍集合体(微晶及胶状混合物), 经电子探针分析, 确定其化学成分为 MoS_2 (辉钼矿)^①, 它一般与黄铁矿、二硫镍矿紧密共生, 与不规则状沥青质混杂在一起。

2.4 矿石类型与组构

区内镍钼矿石种类繁多, 其空间分布多互为过渡, 无绝然界线。根据其结构构造可划分为五类, 即:

(1)角砾(竹叶)状矿石。为柑子坪—汪家寨矿区主要矿石类型之一^①, 磷结核、辉钼矿和硫化物主要呈角砾(竹叶)状、拉长的眼球状; 硫化物与辉钼矿互相混杂, 或硫化物成为辉钼矿、磷质角砾

① 湖南地质 405 队, 湘西×××沉积型镍钼多金属矿床物质组分特征和地球化学探讨, 湖南地质科技情报, 1973(1)

(竹叶)体的胶状壳。

(2)“碎屑”状矿石。为后坪矿区分布最广的矿石类型,本质上与角砾状矿石类似,其“碎屑”以金属硫化物为主,由磷质、白云质、粉砂质、碳泥质等胶结,呈大小不一的球形、椭球形、为规则状。矿物组分与角砾状矿石类似。

(3)碎屑(结核)条带状矿石和条带状矿石。前者矿石中的硫化物呈碎屑(结核)状,由碳泥质、白云质、粉砂质胶结呈“条带状”,分布于白云质、碳质页岩与碳泥质白云岩中。后者主要由条带状的铁、镍、钼硫化物组成,其中硫化物高达60%~80%。

(4)浸染状矿石。区内分布较普遍,属贫矿石。硫化物及磷质、碳泥质物呈不规则粒状分布,矿物颗粒多呈棱角碎屑状,粗细不一。

(5)结核状矿石。属常见矿石类型,系由硫化物沉积与磷结核沉积叠加而成。硫化物呈星点状、斑点状、不规则状分布在结核间隙中或围绕结核呈环带纹层。

区内镍钼矿石由于其矿物组分和结构构造类型不同,含矿性也有差别(表2)。矿石中主要金属硫化物常构成胶状构造和条带状构造,其中条带由胶状硫化物组成,即黄铁矿呈胶状,二硫化镍矿为胶状球粒,集合体也为胶状,辉钼矿为典型的偏胶体沉积等。可见胶状构造是本区镍钼矿床的重要特征。

表2 矿石多元素分析结果($\times 10^{-4}$)

Table 2 Ore types and their elements associations

矿床	矿石类型	Ni	Mo	V ₂ O ₅	Ru	Pt	Pd	Os	Y ₂ O ₃	U	Se	Ge	Au	Ag
后坪	条带状矿石(1)	3.06	6.80	0.53	0.0206	0.20	0.33	0.275	0.010		0.10	0.001	0.25	8.0
	角砾(竹叶)状矿石(1)	2.74	3.47	0.10		0.60	0.22		0.019	0.093	0.08	0.0012	0.26	10.4
	碎屑状矿石(3)	1.26	1.02	0.51	0.0023	0.104	0.28	0.055	0.017	0.054	0.029	0.014	0.38	15.1
柑子坪	浸染状矿石(1)	0.08	0.17	0.08	0.0004			0.008	0.005	0.023	0.021			
	条带状矿石(9)	3.02	5.49	0.55		0.17	0.17				0.16			
	角砾(竹叶)状矿石(2)	4.079	4.34	0.242		0.18	0.18				0.20		0.5	
柑子坪	碎屑状矿石(1)	0.438	0.65	0.077		0.067	0.10							

①据湖南地质405队,1973。括号内数字为样品数。

3 矿床成因

3.1 地层(岩性)—岩相古地理反映的同生沉积成因证据

湘西北镍钼矿床位于扬子区外缘之武陵折断束的古丈—慈利断陷盆地中。该断陷盆地是在晚元古代裂谷盆地的基础上发育起来的,地壳的拉张裂陷作用延续至早寒武世早期,沉积了一套含硫化物和有机质高的硅、泥质岩石组合。矿床无例外地赋存于下寒武统木昌组黑色岩系统底部的含磷岩系中。矿床成矿层位及部位稳定,相邻矿层可作岩石柱状剖面对比,其成矿元素与共(伴)生元素在地层的分布及空间变化与地层—岩石组合一致,具有同生沉积矿床地质特征。

本区在早寒武世早期处于洞庭古陆西北边缘陆棚区,武陵海海底隆起的东段。其沉积相属台地前缘斜坡相,自西北向东南分为3个区^[1]:①西北部为含碳、粘土质硅岩相区;②中部为含碳、磷、白云质粘土岩相区;③东南部为含碳、粘土质硅岩相区(图2)。早寒武世木昌期是镍钼钒成矿期,这一时期的沉积物乃遵循上述岩相分界线,即镍钼层主要集中分布于中部相区的东南缘,而且下伏地层必须是灯影组白云岩类,一旦该组岩性相变为硅岩即留茶坡组时,则无镍钼层之存在,取代它

的则是层状—似层状的钒矿床^[2]。说明本区镍钼矿床的形成与岩相—岩性的依存关系。

在 天门山 一带, 灯影组白云岩上界面, 呈弱喀斯特化起伏面, 可能为一个沉积间断面或侵蚀作用的界面。界面间未见任何顺层构造活动迹象, 说明镍钼层产于凸凹不平的古基底地形上。灯影组上界面凹凸不平的地形, 控制着大多数镍钼层的分布, 同时也决定了矿体的形态。矿层在凹部沉积, 在凸部矿层变薄或缺失, 形成互不相连的似层状、透镜状或扁豆状。

3.2 含矿岩系化学组成反映的热水沉积特征

(1) 柑子坪矿床硅岩五件样品常量元素的化学成分比较接近于 Watanabe(1970) 的热水沉积成因硅岩的化学成分组成, 与我国西秦岭等的硅岩化学成分相似, 在 Al—Fe—Mn 三角图解中落在热水沉积硅岩区^[3]。但也不能排除与生物化学作用有关的硅岩的形成可能性, 如从硅岩的构造看, 除条带状、块状构造外, 还见到一种球粒硅岩, 它可能与生物活动有关, 其极富含 P_2O_5 (达 5.65%) 也可旁证。而从成矿学来看, 在本区作为热水沉积(成矿)标志之一的硅岩, 其与镍钼层的富集并无必然联系, 二者在空间上可以共存但不同步增长。因为镍钼层并不富集在硅岩中, 矿体也不是矿化了的硅岩。相反, 无论是下伏地层还是含矿岩系中, 当相变为硅岩或是硅岩数量增多, 反而对镍钼层的富集不利, 甚至根本不会出现镍钼层。

(2) 本区木昌组底部含矿岩系主要特征与 Bostrom(1983) 等提出的现代热水沉积物与古代热水沉积岩的判别值相对照, 其中 Fe/Ti 、 $Fe + Mn/Ti$ 值一般均大于 20 (唯桃坪矿床的镍钼层与碳质页岩小于 20), 基本反映其热水沉积特征。但 $Al/(Al + Fe + Mn)$ 值(0.03~0.53)既有小于 0.35 (热水沉积) 的, 也有半数样品大于 0.35 (正常海相沉积) 的。研究表明, Fe 、 Mn 、 Al 等主要元素的含量对于区分热水沉积物与非热水沉积物具有重要意义^[4]。本区木昌组含矿岩系中的 $Al/(Al + Fe + Mn)$ 值涵盖了从接近纯热水沉积(0.01)到纯远洋生物沉积(0.60), 因此具有多成因的特点。

(3) 含矿岩系中镍钼层的 Al_2O_3 和 TiO_2 高于磷块岩及硅岩。 Al 、 Ti 是稳定元素, 在细粒陆缘沉积中含量高, 是水成沉积物的有用指标。而硅岩中绝大部分 SiO_2 是以微晶石英和玉髓形式出现, 并具有高硅、高磷特征。表明区内含矿岩系具有热水沉积与正常海相沉积双重特征。

(4) 通过对湘川地区上震旦统一寒武统硅岩的锶同位素特征研究表明^[5], 硅岩样品中的 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 为 0.70955, 高于同期海水值, 更高于地幔源火山岩值, 这种现象的产生有两种可能: 一是硅岩中较高的 $(^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ 反映形成硅岩的物质中有陆源碎屑物质; 二是海底火山物质提供部分锶和钼。这两种提供 Sr 来源的途径都有可能存在, 反映该地区硅岩形成的物质来源亦具有多源特点。

3.3 微生物成矿证据

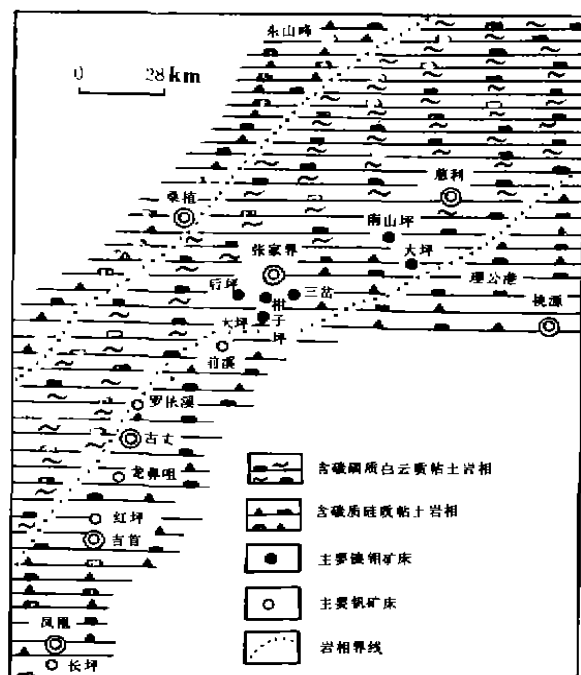


图 2 湘西北地区早寒武世早期(镍钼钒富集期)岩相分区略图(据丁传谱等)

Fig 2 Rock facies division in the early age of Early Cambrian Epoch in northwestern Hunan

湘西北下寒武统木昌组黑色岩系中发现大量的“微古植物”化石、放射虫、海绵骨针等,还保留着丰富的海底低等生物的有机残体,这表明在木昌组沉积物中菌、藻类得到了空前的繁衍。微生物对镍钼多元素的富集有着十分重要的作用。

研究发现,本区含矿岩系与镍钼层中出现大量海绵骨针堆积体、细菌结构、似细菌结构、显微球粒具放射结构和环边结构、生物结构等菌藻类矿化^[6],这是微生物参与成矿过程的直接标志。碳质页岩中见到的沥青斑点及金属层中经常见到的沥青微层、辉钼矿富含有机质等,也间接佐证了生物在富集镍钼多元素过程中所起的重要作用。此外,镍钼层中见到的镍卟啉和钼卟啉乃是十分稳定而分布又广的有机化合物,一般认为来源于生物的沉积作用。

3.4 有机质的成矿作用信息

大量化学分析资料表明,含矿岩系及镍钼层普遍含有有机碳, Corg 含量变化在 5.78% ~ 9.74% 之间,并含有大量沉积黄铁矿。一般认为,有机碳含量反映了有机质的含量^[7],而有机质在成岩过程中的损失是相当惊人的。据傅家模(1983)的研究认为,成岩过程中有机质损失约 80%。据此推测本区含矿岩系及镍钼层中有机质含量是相当高的。而由沉积有机质通过不同方式富集起来的金属非金属元素,如 Ni、Mo、V、Cu、Zn、Se、Pt、Pd、Au、Ag、Ba、P、REE 等,将随有机质的消耗而更加富集,其中成矿元素的相对富集程度高于地壳丰度值的数十倍至数万倍。可见有机质在镍钼多元素搬运、络合、富集和沉淀,矿化的形成和保存中都起着重要作用。此外,本区镍钼层的形成,磷、镁两元素也起了一定的作用。

3.5 微量元素所反映的成因信息

(1)Ba 指示剂。据天门山地区黑色岩系微量元素化学分析结果, Ba 含量一般为 0.03% ~ 0.06%,最高 0.12% (镍钼层)。中南工业大学测试中心(ICD)的资料也表明, Ba 不仅在矿石中表现出明显地富集,在围岩中也明显地富集,说明 Ba 元素的区域地球化学行为比较活跃。一般认为,钡的显著富集是现代洋底热液沉积物的重要特征。但本区钡的赋存状态除可见少量的重晶石赋存于含 Ni、Mo 的含白云质碳质页岩外,在一些含 Ba 很高的碳质页岩中,未见钡的独立矿物,可能有大量的 Ba 分散在粘土矿物中,这与喷流成因的硅岩往往含有层状重晶石相悖。

(2)半金属元素 As。As 在镍钼层中的富集趋势十分明显,达 0.06%,相当于正常海相沉积页岩(13×10^{-6})的 46 倍。据电子探针分析,柑子坪辉钼矿含 As 4.24%。此外,区内常见的砷黧铜矿也富含 As,而围岩中富集的 As 与黄铁矿有关。As 的地球化学性质表明,本区 As 的大量富集可能与热水作用有关。

(3)分散元素 Se。Se 在镍钼层中的富集趋势特别明显,达 0.280%,为地壳丰度的 5.6 万倍。而在围岩中 Se 含量较低。本区富 Se 的硫化物主要是镍钼硫化物。电子探针分析,辉钼矿含 Se 1.1% ~ 1.7%,辉砷钼矿含 Se 0.2%,辉钼矿含 Se 0.2% ~ 0.4%。此外,由含矿岩系 54 件样品微量元素相关分析表明^[8], Ni 与 Mo、Se 和 Fe 等为正相关;元素 R 因子分析获得的 3 个元素团中,第一个为 Ni、Mo、Fe、S 和 Se 等;R 型群分析变量元素可分为四个大群,第三个群中的 Se 与 Mo 关系密切。这些都说明本区 Se 的富集与 Ni、Mo、Fe 等有关。

总之,在湘西镍钼矿床中含有 20 余种有益组分和微量元素,这是一组复杂而特殊的元素组合,既有 Ni、Fe、V、Cr、PGE 等典型的基性超基性岩的元素组合,又有 U、P、K、Na、REE 等酸性岩的特征元素,从而表明木昌组底部含矿岩系在沉积成岩过程中,既有酸性岩、基性超基性岩的元素组合,又有陆源碎屑物质存在,说明本区黑色岩系及其镍钼层具多源性。

3.6 稳定同位素组成提供的成因信息

硫同位素组成测定结果,镍钼层中 $\delta^{34}\text{S}$ 这 $-17.2 \times 10^{-3} \sim -6.7 \times 10^{-3}$, 平均 12.4×10^{-3} (7

件样品),具有生物硫特征。研究表明,某些厌氧性的微生物还原细菌,能将硫酸盐中高价硫(S^{6+})还原呈低价硫(S^{2-})。在这一生物化学作用过程中,其放出的 H_2S 则为形成金属硫化物矿床提供了必不可少的硫源。而围岩中黄铁矿 $\delta^{34}S$ 为 $+3.1 \times 10^{-3} \sim +23.9 \times 10^{-3}$, 平均 $+13.5 \times 10^{-3}$ (4件样品),属无机还原作用的产物。硅岩的氧同位素测定结果, $\delta^{18}O$ 在 $17.3 \times 10^{-3} \sim 20.9 \times 10^{-3}$ (李有禹, 1995), 平均 19.98×10^{-3} (4件样品), 比较接近于美国阿拉斯加 De Long 山海底喷流沉积的硅岩氧同位素组成,也和我国秦岭凤太铅锌矿床硅岩氧同位素相一致,具有热水沉积特征。

3.7 稀土元素地球化学特征提供的成矿信息

区域镍钼层及围岩的稀土元素含量的地球化学特征表明^[9]: ①含矿岩系中 REE 总量较高, LREE/HREE 值从 0.82~1.90, δ_{Ce} 值为 0.37~0.87, Ce 元素有一定的亏损; ②在稀土元素中 Y 含量均高于其它稀土元素含量,尤其在磷块岩中 Y 含量占总稀土的 41.2%, 而碳质硅页岩中 Y 含量仅占总稀土的 20.1%, 显示该元素从下往上变低及和磷、钇的相关关系; ③镍钼层的 $\Sigma REE >$ 磷块岩 $\Sigma REE >$ 硅质页岩 ΣREE ; ④镍钼层和围岩的 δEu 和 δCe 均 < 1 , 属铕和铈亏损型; Sm/Nd 值 0.18~0.21, 属轻稀土富集型; $\Sigma Ce / \Sigma y$ 值在磷块岩中较小, 碳质页岩最大, 显示底部相对富集重稀土, 上部富集轻稀土; ⑤在稀土元素球粒陨石标准化型式图中, 镍钼层、含磷结核碳质页岩和碳质硅质页岩的稀土配分曲线的铈和铕都有一个明显的谷, 尤其镍钼层和碳质硅质页岩亏 Ce 更明显, 这与海水的稀土配分相一致; 其配分曲线向右倾斜表明, LREE/HREE 具有海底喷流物质稀土元素原有的特征; 而在磷块岩的稀土配分曲线上则为较平坦的右倾曲线。上述特征表明区内含矿岩系稀土来源可能是多源的。

4 成矿机制

综上所述, 湘西北下寒武统木昌组黑色岩系为原生沉积的产物, 具多源性, 包括陆源、热水来源及远源火山源。镍钼矿带沿花垣—慈利深大断裂内侧作 NEE 向带状延伸, 主要分布于古丈—慈利断陷盆地中, 矿床则集中分布于天门山向斜东西二端的倾伏部位。下伏地层为上震旦统灯影组白云岩类, 含矿岩系为下寒武统木昌组黑色岩系底部的厚度不大的含磷岩系, 镍钼层赋存于灯影组上界古剥蚀面的凹凸不平的地形上, 其产状、形态、分布及规模均受到古基底地貌的控制。可以认为, 原始沉积盆地是一种富含微生物的沉积环境, 这些微生物群与海底喷流通道有关, 海底热水交换作用为微生物的活动提供了良好的环境, 这种环境使嗜热细菌大量繁殖与聚集, 微生物群又起了吸取、吸附、聚集、还原成矿元素的作用。

随着同沉积构造活动驱动海底热水喷流作用带来的 Ni、Mo、Cu、Zn、Se 等元素, 在微生物作用下, 金属离子更加浓集。于是在厌氧海相沉积物中, 细菌将硫酸盐还原为 H_2S , H_2S 进一步与 Fe、Ni、Mo 以及 Cu、Zn、Se 等离子反应形成硫化物沉淀。在沉积成矿之后, 成岩化作用使有益元素得到进一步富集, Ni、Cu 等金属离子可以交代原生沉积的黄铁矿和生物残体, 或遇有 H_2S 溶液生成后生的晶粒状镍、铜、锌等硫化物。由此不难看出, 生物和生物地球化学作用对湘西北镍钼多元元素的富集起了至关重要的作用^[10]。矿床属于生物地球化学沉积矿床的范畴, 具有微生物成矿作用与海底热水同沉积作用的双重特征。

5 区域找矿方向与前景

在扬子准地台滇、黔、川、湘、鄂坳陷区的寒武系黑色岩系中, 广泛发育着我国沉积型镍钼—铂族元素(PGE)矿床(化)。它们都是在据认为形成于最终变为被动边缘的大陆裂谷演化过程早期的局部盆地中沉积的。其分布范围, 西南起自云南沾益, 向东北经贵州织金、遵义, 四川汉源, 湖南张

家界、慈利,湖北宜昌,东至浙江诸暨,在长达千余公里的范围内,下寒武统富含黄铁矿和磷、碳、硅质的黑色岩系,一般都具有寻找镍钼矿的地质前提。然而也不是所有的地区都能找到镍钼矿床的,它必须具备特定的成矿地质条件,即由深大断裂形成的断陷盆地构造之成矿环境;下伏地层为弱喀斯特化或角砾化的白云岩或白云灰质岩;含矿岩系为含磷岩系且发育齐全;顶板岩层为含云质碳质页岩;所夹硅岩层数、厚度不能过多、过大;含矿层具有一组复杂而特殊的元素组合同时并富集或伴生铂族元素以及稀土元素等。

与湘西毗邻的鄂西南地区,也早在70年代初期于黄陵背斜的南翼和北翼发现了与湘西北镍钼矿床同层位的下寒武统水井沱组黑色岩系中的钼钒矿床,其成矿的地质特征与湘西北镍钼矿床基本相似^①,主要金属矿物为黄铁矿、硫钼矿、次为黄铜矿、闪锌矿、白铁矿,微量二硫镍矿(?)、硬锰矿、磷锰铁矿、磷铁矿等。矿石化学分析含Ni 0.011%, Mo 0.067%, V_2O_5 0.86%, Pt 0.007×10^{-6} , Pd 0.037×10^{-6} 等。另外,近些年来在黄陵背斜东南部的石碑附近,发现下寒武统水井沱组氧化带内的镍钼矿化,含矿层由硅质磷矿层、粘土层(矿层)和棕色页岩组成,矿层厚度0.7~5m,分布范围很广,规模较大^[11]。所作试验样品含Ni 0.640%~1.529%, Mo 1.15%~3.71%, Pt 0.21×10^{-6} ~ 0.22×10^{-6} , Pd 0.31×10^{-6} ~ 0.42×10^{-6} 等。这些资料为进一步在鄂西南地区尤其是黄陵背斜两翼的下寒武统黑色岩系寻找镍钼矿提供了重要线索。虽然鄂西南区域成矿地质条件和湘西北镍钼矿地质条件相比,二者不尽相同,但在含矿层位、含矿岩系岩石组合、地质构造及沉积环境等方面存在许多相似之处。因此,在鄂西南地区找到与湘西北类似的镍钼矿也不是没有可能的,尤其是在相当于含钒层位和部位的岩性段,当 V_2O_5 含量降低(Ni、Mo与 V_2O_5 在一定程度上呈反消长关系^[2]),而其它成矿条件又具备的地段,是寻找镍钼矿的有利地段。

成文过程中,参考了湖南地质405队及本队历年地质勘查报告,在此深表谢意。限于学识和经历,尤其是对鄂西南区域地质情况知之甚少,文中谬误难免,恳请专家和同仁点拨指正。

参 考 文 献

- 1 丁传谱等. ××山地区早寒武世牛蹄塘组镍钼多元素富集层形成条件的初步探讨. 中南矿业学院学报, 1978(1)
- 2 鲍振襄. 湘西北地区镍钼钒多金属矿床及金银矿化的地质特征与成矿条件. 地质找矿论丛, 1990, 5(3)
- 3 李有禹. 湘西北下寒武统黑色页岩伴生元素研究新进展. 矿床地质, 1995, 14(4)
- 4 徐跃通. 鄂东南晚二叠世大隆组层状硅质岩成因地球化学及沉积环境. 桂林工学院学报, 1997, 17(3)
- 5 唐世荣等. 湘川地区上震旦一下寒武统硅岩的钨同位素特征. 桂林工学院学报, 1998, 18(1)
- 6 范德顺等. 黑色岩系成岩成矿过程中的生物地球化学作用. 岩石学报, 1991, (2)
- 7 I. D. Saxby. 有机质在矿床成因中的重要作用. 层控矿床与层状矿床, 第二卷. 地质出版社, 1980
- 8 孙一虹. 湘西北下寒武统碳质页岩岩石学、岩石化学和地球化学研究. 湖南地质, 1986, 5(1)
- 9 梁有彬等. 湘西北天门山地区镍钼矿床铂族元素富集特征及成因探讨. 地质找矿论丛, 1995, 10(1)
- 10 鲍正襄等. 湘西北钒矿床地质特征及成因. 湖北地矿, 1998(2)
- 11 王彤. 鄂西石碑寒武系底部氧化带中钼镍赋存状态的初步研究. 地质实验室, 1993, 9(4)

(下转 32 页)

① 中南冶金地质研究所. 湖北某地下寒武统黑色岩系中钒钼赋存状态的初步研究. 湖北冶金地质, 1979(1)

- 2 谭秋明. 湖北阳新南部硅化蚀变岩中石英的矿物学研究. 湖北地质, 1997, 2
- 3 谭秋明. 潜山地热井观察电缆表层水垢的物质成分分析. 湖北地矿, 1999, 1
- 4 郭光裕, 侯宗林. 热泉型金矿床成矿模式及成矿远景评价. 天津科学技术出版社, 1993
- 5 丁锦惠. 英山—蒲圻断裂带及其地热成矿远景评价. 湖北地质, 1990, 1

REGIONAL DISTRIBUTION AND GENESIS OF THE GOLD BEARING SILICATED ROCKS IN SOUTHERN HUBEI

Tan Qiuming

(*Hubei Institute of Geosciences*)

Abstract This paper expounds the regional distribution, occurrence features and silication ages of the gold bearing silicated rocks in southern Hubei. Based on the comprehensive analysis on H-O isotope compositions, microelements distribution, hydrothermally-alteration of geothermal water, residual fossils, rock structures and cathodoluminescence data, it is advanced that the silicated rocks resulted from the hydrothermally-alteration of the geothermal circulation water and concurrently magmatic hydrothermalism.

Key words southern Hubei gold-bearing silicated rock distribution genesis

(上接 21 页)

METALLOGENIC CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE Ni-Mo DEPOSITS IN NORTHWESTERN HUNAN

Bao Zhengxiang Wan Rongjiang Bao Juemin

(*Fifth Party of Geology of Western Hunan*)

Abstract Ni-Mo deposits in northwestern Hunan occur in the P-bearing lithologic sequence at the bottom of Muchang Formation, Lower Cambrian Series. The geochemical characteristics of the ore-bearing rock system show hot-water sedimentary and biochemical sedimentary. The organic matter (biochemistry) has participated in the metallogenesis. The ore deposits are formed by the dual origin of microbiomineralization and hot-water sedimentary.

Key words northwestern Hunan Ni-Mo deposit hot-water sedimentary microbiomineralization
