

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

鲍振襄

(中国有色金属工业总公司长沙地勘局 245 队)

提 要 湘西北地区镍钼钒多金属矿床赋矿层位为下寒武统木昌组。可划分为两种岩性组合序列,分别赋存镍钼矿床和钒矿床,并伴生金银矿化,还蕴藏着极其丰富的石煤资源,是湘西北有色及贵金属潜在的成矿区域。属沉积型矿床,而成岩化作用使其成矿物质进一步富集。

关键词 湘西北 镍钼钒矿床 金银矿化 成矿条件

自五十年代末在湖南西北部下寒武统黑色岩系中发现镍钼钒多金属矿床以来,于慈利、大庸等地已初步查明了多处镍钼矿床,近年来又陆续探明了一批钒矿产地。随着本区找矿工作的深入,矿床中伴生的金银矿化又引起了人们的瞩目。

该多金属矿带长达 180km,宽 5—40km,东北延伸到湖北境内,西南进入贵州省,它是我国南方镍钼多金属及贵金属资源潜在的成矿区,又是钒矿的重要产区,更蕴藏着极其丰富的石煤资源^①。因此,本区黑色岩系具有重要的经济意义,也是当前地质界的热门研究课题之一。

一、区域地质环境

本区位于扬子准地台湘黔川鄂古拗陷区东南侧。在地层分区上,在早寒武世时基本属于武陵山过渡区,杨子型生物较多,江南型的较少。区内地层缺失石炭系、第三系和中泥盆统,二叠系发育不全,其余从震旦纪到新生代各时代地层均有出露。

区域构造为一北东向的复式背斜褶皱,轴部地层为元古界板溪群浅海相浅变质碎屑岩,但褶皱构造的两翼地层不对称,局部被白垩系超覆。

区内岩浆活动微弱,仅在古丈龙鼻咀一带相当于下震旦统江口组内夹有橄榄玄武岩、辉绿岩及橄榄辉石岩体,从构造位置和岩石化学特征分析表明,代表弧后盆地的火山活动产物。

镍钼钒矿床主要集中分布于花垣—保靖—大庸深大断裂两侧(图 1),其中镍钼矿床位于古丈复背斜之北东端倾伏部位,钒矿床则位于古丈复背斜北西翼,赋矿层位均为下寒武统木昌组(旧称牛蹄塘组)^①。该组是本区寒武纪最早的一个地层单位,在湘西北分布甚广,与下伏地层上震旦统灯影组呈整合接触关系,以其含磷结核层作为寒武纪底界的标志。

①湖南省地矿局区调队,《湖南地层》,1986

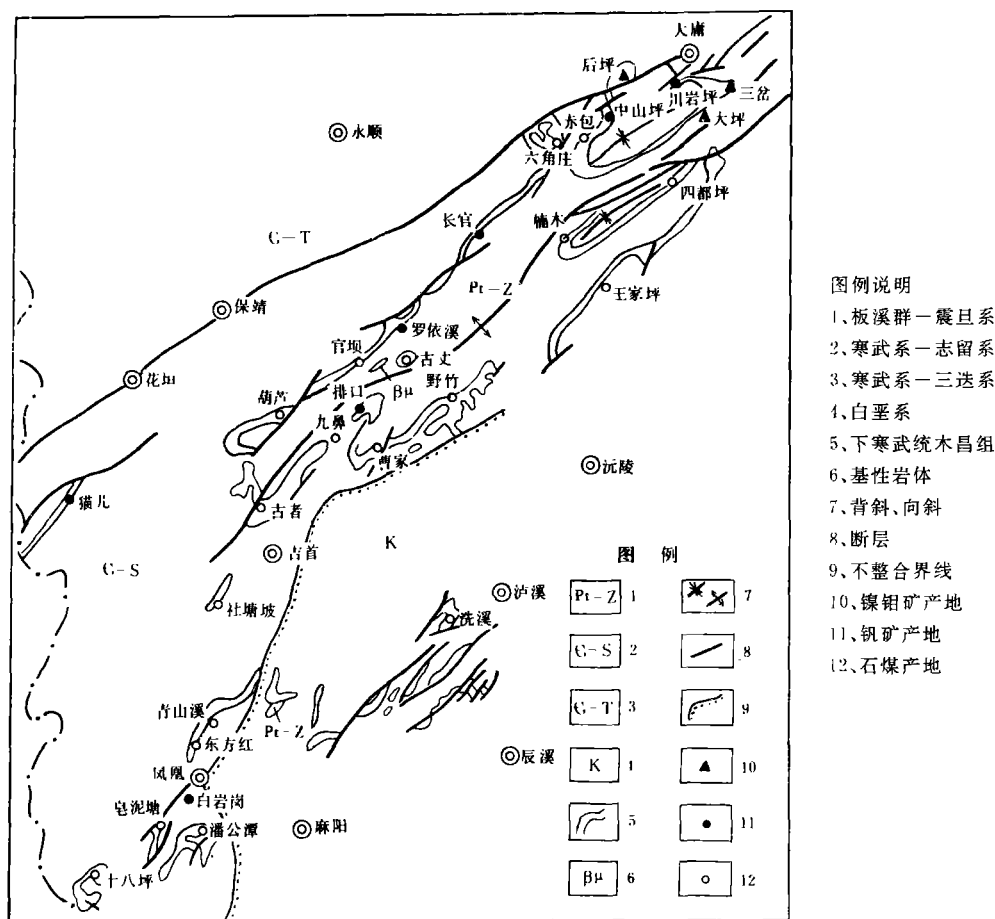


图1 湘西北镍钼钒矿床区域地质略图

Fig. 1 Schematic geological map of Ni—Mo—V ore deposits in the Northwest Hunan Province

二、赋矿岩系的岩层组合

湘西北地区镍钼钒多金属矿床主要赋存于木昌组底部。赋矿岩系是一套富含有机质和黄铁矿的硅泥质黑色页岩(包括碳质页岩、黑色页岩、碳泥质硅质岩和硅质岩等),简称“黑层”(下同)。有两种岩性组合序列,分别赋存不同的矿床组合。一种是含磷岩系→碳质页岩→黑色页岩,为镍钼矿层岩性组合序列,镍钼富集在该序列的含磷岩系中^[2];另一种是碳质页岩(或含磷结核)夹硅质岩(或互层)→碳质页岩→黑色页岩,为钒矿层岩性组合序列,钒主要富集在该序列的碳质页岩夹薄层硅质岩及含磷结核层中。分述如下:

(一) 镍钼矿床岩性组合序列

以大庸后坪矿床为例。

下伏地层 上震旦统灯影组白云岩^②

——整合——

赋矿地层 下寒武统木昌组。根据含矿性、岩性之不同,一般可分为上、中、下三部分。除本组底部岩性变化较大外,均由碳质页岩、黑色页岩夹薄层硅质岩或互层组成。地层厚度变化较大,如处于武陵海隆起部位的后坪、杆子坪等地沉积厚度仅 25~48m,而在此二区的两侧,沉积厚度增大至 125~148m。以马洞—余家—朱家湾一线为界,分为南北两区,自下而上岩层划分和组合为:

1、下部 含矿岩系

(1) 含磷层

北区以磷块岩、含磷硅质岩夹薄层碳质页岩及含磷结核层为主,为镍钼矿层的直接底板,富含磷(P_2O_5 21.46%, 10 件)和稀土元素(Re_2O_3 0.056%, 12 件)等,厚 0~1.5m。在磷块岩中见原始光面球胞、绞面球胞等“微古植物”化石及海棉骨针等。

南区为薄层硅质岩夹粉砂质硅质页岩及少量硅质结核,为钒矿层的直接底板,厚 0.6~5.7m。

(2) 含磷结核碳质页岩

北区为含磷结核碳质页岩,系含镍钼层,岩性较稳定,厚 0.05~0.5m。

南区为含硅质结核的粉砂质碳质页岩,结核层 2 层,其间为较厚之粉砂质炭质页岩及硅质碳质页岩,局部夹碳质白云岩透镜体。为钒矿层的主要赋存部位。厚 0.50~1.06m。

(3) 镍钼富集层(金属层)

北区为似层状、小扁豆体(筒状)、薄层状和线理状产出之镍钼富集层,最厚 0.8m,一般 0.1~0.2m(相邻的天门山矿床厚 0.2~0.7m)。

(4) 碳质页岩

北区为碳质页岩、含白云质碳质页岩、白云质碳质页岩、碳泥质白云岩,含 $C_{有机}$ 8~12%,夹薄层状,线理状镍钼矿层(次镍钼矿层),最厚 5.60m,一般 0.1~2m。

南区本层相变为粉砂质碳质页岩,厚 2.2~3.7m。

(5) 粉砂质碳质页岩夹薄层泥质硅质岩

本层含 $C_{有机}$ 8~10%,自北向南增厚,薄层泥质硅质岩增多,为镍钼矿层顶板,厚 3~12m。

2、中部 黑色页岩

中层状,含少量黄铁矿结核。下部含碳质较高(石煤层),上部黑色页岩,顶部见一层厚 0.18~0.35m 的黑色结晶泥质白云岩透镜体。本层厚 13.6~28m。

3、上部 含碳页岩、白云质页岩

^①本组岩性在大庸—慈利以南相变为硅质岩,称留茶坡组

黑色含碳水云母页岩与白云质含碳水云母页岩互层,夹深灰色泥质白云岩。厚约 10~77m 不等。

上覆地层 下寒武统杷榔组页岩

(二) 钒矿床岩性组合序列

本区钒矿床岩性组合序列与镍钼矿床大同小异,差别主要在木昌组底部的合矿岩系。以永顺中山坪矿床为例,含钒岩系的岩性组合自下而上为:

1、底部为薄层硅质岩间夹少量含硅磷结核页岩,其上局部见厚 0.1~0.2m 的泥质白云岩,厚 0.5~1.5m,含 V_2O_5 0.53~0.78%。

2、含磷结核碳质页岩夹硅质岩,见大量藻化石,厚 1.0~4.9m,含 V_2O_5 0.90~2.29%,是钒矿床的主要赋存部位。

3、薄—中层状含粉砂质页岩,偶夹泥质白云岩扁豆体,厚 1.5~2.0m,含 V_2O_5 0.22~0.56%。

4、含磷结核的黑色页岩夹少量硅质岩,厚 2.0~2.5m,含 V_2O_5 0.54~0.75%。

(三) 镍钼矿层与钒矿层之关系

上述镍钼矿层岩性序列与钒矿层岩性序列均为连续沉积,镍钼钒成矿部位相当,并可作地层柱状剖面对比(图 2)。在空间上,镍钼矿层与钒矿层呈相变关系,因此它们可以在同一矿区出现不同矿石组合的矿床。一般说来,镍钼矿层由含磷结核板状、鳞片状碳质页岩,板状碳质页岩,白云质、粉砂质碳质页岩,碳磷质白云质小透镜体贫矿石和各类富矿石组成。各种贫、富矿石在空间上厚度、部位变化很大,形成各种矿层组合,一般厚度 0.30—1.50m。而钒矿层岩相厚度较稳定,厚 0.50—4.30m,最厚 7.33m。主要由板状页岩夹板状硅质岩、碳泥质页岩及含磷结核等组成。

三、矿床地质特征

(一) 矿体产出特征

湘西北地区镍钼多金属矿床产出部位变化较大,但主要赋存于木昌组底部厚度不大的含磷岩系中,其次为产于磷块岩之上和直接覆于灯影组之上者。矿层主要呈缓倾斜的似层状,次为透镜状和扁豆体(群)状及筒状等,与围岩大体整合产出。矿体主要由含磷结核层和镍钼层组成,其次由“含碎屑”条带状镍钼矿的碳泥质白云岩或白云质碳质页岩组成。较大的似层状矿体长 200~700m,透镜状、扁豆状矿体长 10~200m;平均厚 0.24~1.00m,含 Ni 0.28~1.03%,Mo 0.35~0.97%。

钒矿体主要呈缓倾斜的层状、似层状延伸(图 3)。其规模之大、产状形态之稳定远超过同

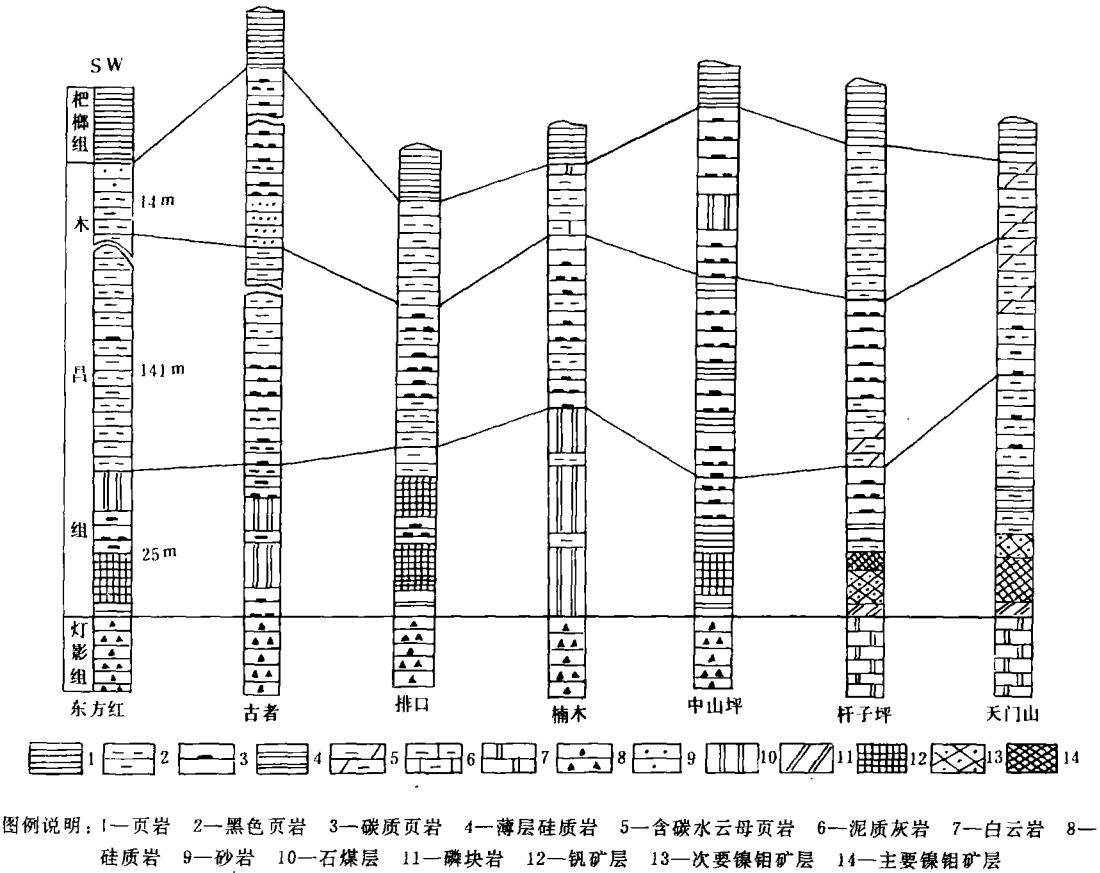


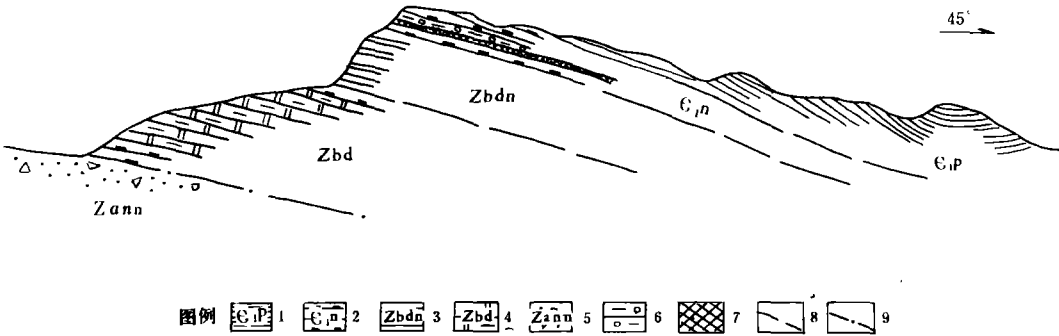
图2 湘西北地区镍钼钒矿层柱状对比图

Fig. 2 Columnar of ore bearing horizon in the Northwest Hunan Province

层位的镍钼矿床。走向长600~2800m,延深大于600m,与围岩整合产出,一般无明显界线。矿体主要由碳质页岩、薄层硅质岩和含磷结核碳质页岩组成。一般只有一层矿(其间无夹石),直接覆于留茶坡组之上或距其顶界面0.4~3.7m范围内,仅古丈排口见到两层矿,上层矿距留茶坡组顶界面2.91~8.93m,两层矿间隔0.96~4.96m。矿体平均厚1.65~2.45m,厚者6.3~7.5m,含 V_2O_5 0.90~1.50%,最高2.29%。品位与厚度变化均稳定,变化系数分别为7~23%和114%。

(二) 矿石物质成分

1、化学成分 矿石的化学成分见表1。在镍钼矿床中,矿石的化学成分主要为 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO 及 Na_2O 、 K_2O 等,有益组分除Ni、Mo、V外,并含一定量的Cu、Pb、Zn、U、以及铂族和贵金属Pt 0.20~0.25g/t、pd 0.26~0.325g/t、Os 0.08~0.181g/t、Ru 0.04g/t、Au 0.40g/t等。但钒矿石中有益组分较单一。且比较起来,钒矿石中 SiO_2 、 Al_2O_3



图例说明：1—把榔组页岩 2—木昌组碳质页岩 3—留茶坡组硅质岩 4—陡山沱组泥质白云岩
5—洪江组 6—含磷结核层 7—钒矿层 8—地层界线 9—假整合接触线

图 3 古文排口钒矿地质剖面图

Fig. 3 Geological section of Paikou V-ore deposit

平均含量分别高于镍钼矿层约 3 倍和 9 倍；Fe₂O₃、CaO 含量则低于镍钼矿层。这是由于钒矿层中薄层硅质岩夹层（或互层）较多，和含粘土矿物较高，以及含铁硫化物、碳酸盐矿物较低之故。镍钼矿层中 P₂O₅ 含量高于钒矿层，表明镍钼矿层中水体营养度高和生物繁茂。

表 1 湘西北等地镍钼钒多金属矿床矿石主要化学成分及有用组分(%)

Table. 1 Chemical composition of Ni—Mo—V ore deposits in the Northwest Hunan Province

矿床名称	样数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	灼减	Ni	Mo	V ₂ O ₅	P ₂ O ₅	U
大庸镍钼矿①	10	22.74		1.40	8.77		1.26	8.74	0.57	1.67			2.52	2.68	1.09	5.36	0.05
大庸镍钼矿②	15	40.27	0.57/7	7.80	6.31/12	0.03/3	2.43	11.89	0.37	2.47	3.41/3	17.54	0.436/14	0.498	0.344	5.44/10	0.021
慈利镍钼矿②	2	36.19		8.66	14.20		1.02	3.01	0.07	3.69			1.30	1.20	0.50	1.96	0.007
大庸钒矿①	2	50.65		3.64	1.77		1.24	5.52	0.80	2.95			80 **	1560 **		5.52	
凤凰东方红钒矿③	2	75.80		6.78	1.835 *		0.74	1.01						0.015	1.44	1.12	0.007
湖北走马坪钒矿④	1	67.97		7.36	2.5 *		0.94	0.70					0.011	0.067	0.86	0.493	< 0.02

表中 * —TFe；* * —分析单位 ppm，0.57/7—平均含量/样数。

①据陈南生等（1982）；②据湖南省地质局实验室（1972）；③据刘金山（1989）；④据中南冶金地质研究所（1979）。

2、矿物成分 本区镍钼钒多金属矿床、尤其是镍钼矿床的矿物成分相当复杂。矿石中金属硫化物主要为黄铁矿、硫钼矿、二硫镍矿、辉镍矿、辉砷镍矿及针镍矿，次为砷黝铜矿、闪锌矿、含银自然金，以及黄铜矿、方铅矿、紫硫镍矿、硫铁镍矿等①。脉石矿物主要为粘土质、胶磷

①湖南地质局 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》，1973 年第 1 期。

矿、白云石、沥青和石英粉砂,次为隐晶石英、玉髓、白云母、方解石、电气石、锆石、锡石、榍石、白钛石等。

(三)元素赋存状态

镍钼矿石中含镍矿物有方硫镍矿(Vaesite)^① NiS_2 、辉镍矿(Polydymite) Ni_3S_4 、辉砷镍矿、针镍矿等,以方硫镍矿为主,约占60%,为胶状球粒,集合体也为胶状,或与胶状黄铁矿连生,呈不规则的粒状或条带状,包裹嵌生于硫钼矿和碳质鲕粒状小结核的边缘呈环带状^②;电子探针分析其化学成分是: Ni 47.2%, S 52.8%。次为辉镍矿,约占镍矿物的20%,为胶状球粒,多与方硫镍矿连生,呈不规则的粒状或条带状,分布于方硫镍矿的中间部位,或呈粒状嵌生于方硫镍矿的颗粒间;电子探针分析其化学成分是: Ni 54.4%, Fe 2.3%, S 38.4%。其基本产出形式有二:即以高度富集的层状或微层形式为主(所谓“金属硫化物层”),次为围绕磷质—碳泥质结核成皮壳状构成结核的外壳。镍主要赋存于硫(砷)化物内,部分呈类质同像混入物分散在黄铁矿中。

含钼矿物主要为胶硫钼矿(Jordisite)^③ MoS_2 ,为典型的偏胶体沉积,一般呈竹叶状、眼球状、条带状和小鳞片状,内部常包裹多量胶状、球状、粒状的硫化物;电子探针分析其化学成分是 Mo 46.40%, Fe 1.8%, S 4.9%;单矿物分析,其中 Mo 16.50%, Ni 2.60%, SiO_2 11.25%, Al_2O_3 1.55%, Fe_2O_3 14.85%, V_2O_5 0.31%。胶硫钼矿中混有大量杂质,特别是沥青质,钼主要以硫化物存在,一部分可能分散在有机质、碳沥青中。

钒矿石主要由碳质页岩夹硅质岩或互层及含磷结核层组成。测试资料表明,有用矿物主要为含钒水云母(即含钒伊利石),其含量根据不同矿石类型而定。其次为有机碳(可见沥青质)、石英、玉髓,还有极少量高岭石、磷灰石、白云石、方解石、黄铁矿等。据化学分析,钒主要含在碳质页岩中。如古丈排口矿床,平均含 V_2O_5 1.16%的矿石中,碳质页岩含 V_2O_5 1.5%,硅质岩仅0.36%,表明钒主要与粘土类岩石有关。据本区钒矿石电渗析分析,其速度常数 K 值很低,为 $4.6 \times 10^{-4} \sim 2.76 \times 10^{-4}$ ^[3],接近或小于钒钛磁铁矿中钒的 K 值(4.15×10^{-4})。表明钒不是以吸附状态存在于页岩中,而是呈类质同像混入物存在于水云母中。此外还有少量硫钒铜矿和钒钼矿等。据报道,湖北某产于扬子区外缘的钒矿床,矿石经X射线衍射鉴定表明,含钒黑色页岩的粘土矿物主要是伊利石,计算的钒的配分约占80%。差热分析结果表明,钒在伊利石晶格中以 V^{3+} 或 V^{4+} 置换八面体层中的 Al^{3+} 的形式存在。伊利石是黑层型钒矿提取钒的主导矿物^[4]。凤凰东方红钒矿检测结果,亦证实含钒粘土矿物为伊利石,钒在矿石中可能以类质同像形式产于伊利石的晶格中。

①中国科学院地球化学研究所1972年定名为“二硫镍矿”。现据《英汉地质词典》

②湖南冶金地质245队,对湘西某地镍钼多金属矿床成矿特征的几点看法。《湖南冶金地质》,1973年第3期

③中国科学院地球化学研究所1972年定名为硫钼矿。现据《英汉地质词典》

表 2 湘西北镍钼钒多金属矿床不同矿石类型主要组分及伴生组分

Table. 2 Ore types and their element—associations of Ni—Mo—V ore depositss in the Northwest Hunan Province

矿名	床称	矿石类型	样数	Ni	Mo	V ₂ O ₅	Se	Ga	U	Y ₂ O ₃	Au	Ag	Ru	Pt	Pd	Os
镍钼矿	天门山区	竹叶状	2 ^①	4.08	4.34	0.24	0.201	0.001						0.18	0.18	
		条带状	1 ^①	3.06	6.80	0.53	0.10			0.01	0.25	8.00	0.0206	0.20	0.33	0.273
			9 ^②	3.02	5.49	0.55	0.16		0.029					0.17	0.17	
		碎屑状	4 ^①	1.63	1.63	0.41	0.0425	0.001	0.064	0.017	0.34	13.53	0.0028	0.27	0.26	0.055
			1 ^②	0.44	0.65	0.08								0.07	0.10	
		浸染状	1 ^①	0.08	0.17	0.08	0.0021		0.023	0.005						0.008
钒矿	中山坪排口	含磷硅	14	0.023	0.018	1.19	0.0064					9.62				
		碳质页岩	9		0.0053	1.02	0.0038					5.24				

注：①后坪；②麻家峪(据湖南省地矿局 405 队)
Ni—Y₂O₃ 分析单位为 %；Au—Os 分析单位为 g/t；V—未检出。

(四)矿石类型及主要特征

1、镍钼矿石 按矿石构造之不同可分为 5 类：(1)“竹叶状”矿石。磷结核、胶硫钼矿和硫化物主要成竹叶状、拉长的眼球状、硫化物与胶硫钼矿互相混杂，或硫化物成胶硫钼矿、磷质竹叶体的胶状壳。系主要矿石类型之一，含 Ni 0.45~4.92%，Mo 0.72~6.24% (表 2)。(2)“碎屑”条带状矿石。金属硫化物呈碎屑状，由碳泥质、白云质、粉砂质胶结成条带状，分布于白云质碳质页岩与碳质白云岩中。此类矿石也较常见，含 Ni 0.16~5.20%，Mo 0.19~3.52%。(3)条带状矿石金属硫化物占 60~80%，与碳泥质、鲕粒状结核层呈相间的条带产出，即常称的“镍钼金属层”或“富矿层”。含 Ni 1.22~8.49%，Mo 1.28~12.27%。(4)浸染状矿石。金属硫化物及碳泥质物均呈不规则粒状分布，矿物颗粒多呈棱角状，粗细不一。分布普遍，属贫矿石。含 Ni 0.08%，Mo 0.17%。(5)结核状矿石。金属硫化物与磷结核沉积叠加而成。硫化物呈星点状、不规则状分布在结核间隙中，或围绕结核成环带纹层。属常见矿石类型，含 Ni 0.92~3.21%，Mo 1.54~5.28%。

2、钒矿石 根据矿物成分和结构构造主要可分为 3 类：(1)含磷结核层钒矿石，由含量不等的磷结核球粒和碳泥质页岩组成，含 V₂O₅ 0.95~1.0%。(2)硅质板状钒矿石，由板状碳质页岩夹板状硅质岩和碳质、白云质或泥质页岩组成，系常见矿石类型，含 V₂O₅ 0.99~1.50%。(3)碳质页岩钒矿石，主要由板状碳质页岩组成，间夹薄层硅质岩，为主要矿石类型，含 V₂O₅ 1.0~2.0%。上述钒矿石中，据东方红钒矿床资料，均含有大量藻化石和沥青质。

表 3 湘西北某镍钼矿矿石组合分析结果

Table. 3 Chemical analysis of ores in Ni—Mo—V ore deposits distributed in the Northwest Hunan Province

样 号	Ni	Mo	V ₂ O ₅	Se	Pt	Pd	Os	Au	Ag	Ti	As	P ₂ O ₅	U	R ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Sc ₂ O ₃
42		0.30	0.464	0.187	0.017	0.04	0.0076	0.4		0.00018		3.73	0.013	0.041	0.012	
45	0.336	0.325	0.348	0.0205	0.02	0.06	0.015	0.4		0.00016		4.94	0.017	0.05	0.016	
48	0.330	0.34	0.393	0.0187	0.02	0.06	0.0092	0.5		0.00019		5.58	0.021	0.049	0.016	
I	0.373	0.468	0.346	0.017	0.05	0.083	0.018	0.5	3.5			7.26	0.019		0.015	
II	0.462	0.478	0.196	0.021	0.05	0.07	0.018	0.5	8.5			4.32	0.023		0.015	
III	0.384	0.388	0.407	0.017	0.017	0.07	0.017	0.7	0			7.33	0.023		0.015	
8	0.418	0.530	0.241	0.0143	0.02	0.06	0.022	0.67			0.163	4.23	0.022	0.037		0.006
11	0.289	0.40	0.312	0.0115	0.02	0.06	0.022	0.5			0.137	4.20	0.017	0.035		0.005
14	0.316	0.75	0.402	0.02	0.01	0.06	0.026	0.5			0.183	6.88	0.029	0.043		0.004
17	0.666	0.65	0.237	0.0245	0.04	0.093	0.028	0.4			0.207	5.91	0.020	0.034		0.004
22	0.41	0.523	0.339	0.0235	0.05	0.063	0.0242	0	4.0	0.0002	0.147		0.018	0.04	0.01	0.001
25	0.684	0.478	0.312	0.0262	0.08	0.10	0.024	0	5.0	0.0002	0.185		0.028	0.057	0.017	0.0026
28	0.434	0.783	0.21	0.0235	0.04	0.073	0.024	0	5.0	0.0006	0.182		0.022	0.04	0.013	0.0017
31	0.664	0.582	0.344	0.0183	0.068	0.087	0.032	0	7.0	0.0001	0.046		0.016	0.049	0.017	0.0033
34	0.333	0.469	0.607	0.0189	0.04	0.05	0.022	0	5.0	0.0006	0.109		0.02	0.044	0.022	0.0021

表中 Pt、Pd、Os、Au、Ag 分析单位为 g/t，余为 %。（据湖南省地质局实验室，1972）

(五)伴生元素及其共生组合关系

区内镍钼钒多金属矿床特别是镍钼矿床中的伴生元素是十分复杂的（表 3）。其中镍钼矿床中的伴生元素可分成三组：第一组与 Ni 相关的，包括 Ni、Mo、Se、Re、Pt、Pd、Au、Os 等，其中 Ni 与 Mo 含量成明显的正相关关系，Se、Pt、Pd 随 Ni 含量的增高而增高，Re 随 Mo 含量增高而增高（据 23 件化学分析样计算的 Re—Mo 相关系数为 0.72）；第二组与 P 有明显正相关，包括 P—U—稀土元素等；第三组其它元素，如 V₂O₅、Au、Ag 等，其中 Ni、Mo 含量与 V₂O₅ 多呈反消长关系，高的 Au、Ag 含量多见于 Ni—Mo 层内。

(六)金银矿化

在湘西北镍钼钒多金属矿床里，较普遍地见有沉积型伴生金银矿床（化）^{〔5〕}。比较说来，似乎镍钼多金属矿床里金矿化较强，常构成含金的镍钼硫化物层。一般含 Au 0.4~0.7g/t，当镍钼与黄铁矿密集组成金属硫化物薄层时，含 Au 可达 2.49g/t。金以含银自然金（Ag 7~15%、Au 85~93%）形式出现，粒径 0.01~0.05mm。另在湖北走马坪钒（钼）矿床中，金矿化厚达 24m，含 Au 0.03~0.38g/t，最高 7g/t。金属矿物主要为自然金、黄铁矿、辰砂、辉锑矿、砷黝铜矿等。而银似乎在某些钒矿床中矿化较强（表 4），如在中山坪矿床有一段长 1000m 的钒矿层中，含 Ag 12.5~16.25g/t，平均 13.69g/t，并含 Se 0.018%。

据报道^①,本区产于木昌组的银矿化自下而上可划分为5个岩性段:①硅碳质页岩段,富集钒、铀。含Ag 5~20g/t;②磷质岩段,以磷为主,含Ag n~10余g/t;③含多金属硫化物碳质页岩段,以镍、钼、铜、钒为主,含Ag 0.4~23.6g/t(慈利大浒);④碳质页岩夹薄层硅质岩段,以钒、石煤为主,含Ag 4.33~47.33g/t;上述①—④岩性段大致相当于本区镍钼钒多金属矿床的含矿岩系;⑤含碳水云母粘土岩段,含银很低。本区黑层中的银矿化呈层状、似层状产出,银主要呈含银自然金出现,一般含Ag 3.5~27.7g/t,少量样品达130~786g/t。大庸天门山镍钼多金属矿区含Ag 6~21g/t,平均7g/t;后坪含Ag 12.15g/t。

下寒武统黑层在我国南方分布十分广泛,其金的丰度值也很高。如湖北峡东水井沱组金的丰度为30~380ppb,广西桃花金矿区黑层含Au 32.5ppb,广东封开金鼓金矿区黑层含Au 13ppb^②,湘西慈利一带镍钼多金属硫化物层含Au 400ppb,花垣—大庸—慈利深大断裂的南北两侧Au平均丰度6.6ppb。这些均表明无论是在我国南方,还是在湘西北地层的黑层中均存在着金银异常。从区域地球化学特征来看,本区从北西向南东,各种矿床、矿点、矿化异常有从Ni、Mo、V、As到Pb、Zn、Hg、Sb至Au、Ag、Cu这样一个地球化学分带异常^{〔6〕}。这种元素分带系列,与Au、Ag元素的成矿系列和矿床共生组合系列都是相当吻合的。因此是一个十分重要的地球化学现象,它预示着本区有潜在的金银矿床(化)存在的可能,所以很有必要对本区黑层中金银矿化的经济意义进行重新评估。

四、成矿地质条件探讨

(一)地层—岩石条件

本区及邻区镍钼钒多金属矿床无例外地赋存于扬子区外缘寒武系最早的一个地层单位——下寒武统木昌组。因此,木昌组地层是镍钼钒矿床成矿的基本条件。该类矿床成矿层位及部位稳定。相邻矿层可作地层—岩石柱状剖面对比(图4),属于较典型的沉积型镍钼钒多金属矿床。黑层中黄铁矿结核的硫同位素几乎没有什么分馏作用($\delta^{34}\text{S}$ 值17.3‰);而镍钼层中的黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为负值(-10.7‰),表明成矿作用与生物作用有关。

区内镍钼钒矿床虽然都赋存在木昌组底部,然各有其特点。一般来说,镍钼富集层主要赋存于木昌组底部磷结核层之上的黑色碳质白云质页岩或粉砂质页岩中,而含磷结核层之下为磷块岩和下伏地层灯影组白云岩。当灯影组白云岩相变为留茶坡组黑色厚层块状硅质岩时,木昌组底部以夹黑色碳质页岩的薄层硅质岩、碳质页岩夹(或互层)薄层硅质岩间或有硅、磷质结核时,则有利于钒矿层的形成。看来,本区镍钼矿层与钒矿层是随着下伏地层和含矿岩系的相变而发生矿相的变化,或者说是同期异相产物。

①杨舜全等,湖南省银矿类型及其地质特征,《湖南地质科技情报》,1988年第4期。

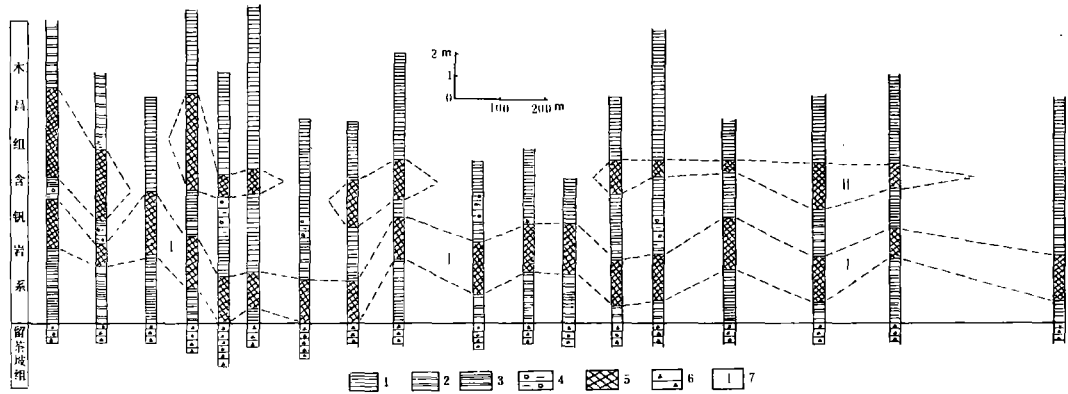
②陈继明,黑色岩系中的金矿化《贵州地质科技情报》。1989年第3期。

表 4 湘西北等地木昌组钒矿床(化)的银含量

Table. 4 Ag contents in V—ore deposits (occurrences) within Muchang Formation

采样地点		样数	含 Ag 量(g/t)	
			变化区间	平均值
永 顺		6	7.75~17.92	12.31
古 丈	烂泥田	5	10.08~15.19	13.44
	白 岩	2	8.26~15.34	11.80
	老屋场	4	2.99~12.62	9.18
	龙鼻咀	2	4.15~7.93	6.04
泸溪		2	5.30~10.08	7.69
大 庸		8	1.83~13.73	5.75
凤凰长坪		2	1.25~2.84	2.05
沅陵箭头湾		2	6.31~24.43	15.37
辰溪谭家场		2	9.08~10.87	9.98

由中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究院分析(1987)



图例说明：1、黑色页岩 2、薄层硅质岩 3、硅质岩与黑色页岩互层 4、含结核黑色页岩
5、钒矿层 6、硅质岩 7、矿层编号

图 4 古丈排口下寒武统木昌组钒矿层柱状图

Fig. 4 Columnar of V—ore horizons in the lower Cambrian Muchang Formation

(二)古地理条件

震旦纪后期，湘西北地区明显地分为两个大的岩相区，其分界线约从大庸田坪、四都坪向东北至桃源理公港附近，基本上与花垣—大庸—慈利深大断裂位置一致。此线以北是以碳酸

盐岩为主的白云岩相区(称灯影组),以南以硅质岩为主的硅质岩相区(称留茶坡组)。沿此线间曾见到两者过渡现象。

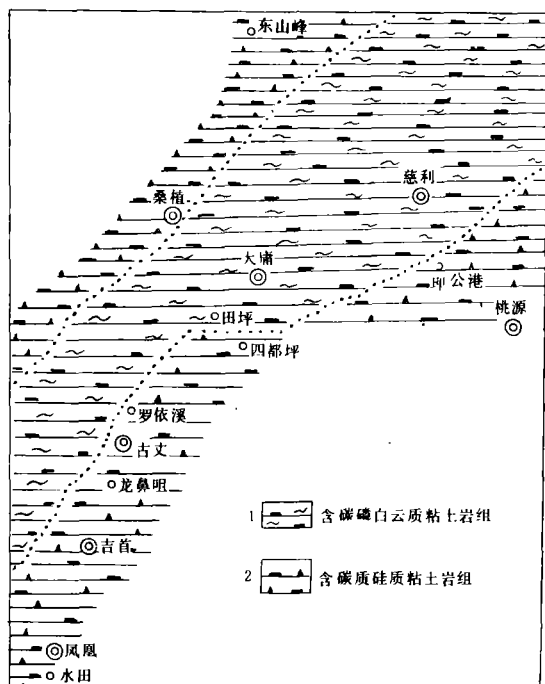
本区在早寒武世早期处于洞庭古陆西北边缘陆棚区,武陵海海底隆起的东段。其沉积相自西北至东南分3区^①,即(1)西北部为含碳、粘土质硅质岩相区,(2)中部为含碳、磷、白云质粘土岩相区,(3)东南部为含碳、粘土质硅质岩相区(图5)。镍钼富集层主要分布在中部含碳、磷、白云质粘土岩相区的南缘,而钒矿层则主要富集在中部相带的东南缘或接近东南部含碳、粘土质硅质岩相区内。其富矿部位常位于基底凹陷区内或凹陷与微凸起的过渡部位。从时间上说,矿床形成于晚震旦世灯影期(或留茶坡期)之后,早寒武世木昌期底部磷块岩或薄层硅质岩沉积期后。从空间上说,镍钼矿层主要分布在晚震旦世灯影期白云岩相区;而钒矿层则主要分布在留茶坡期硅质岩相区,这在湖南的北部、中部等地的钒矿床也都如此。

由沉积岩相及其沉积物——黑层中富含有机质、黄铁矿、并普遍见有海棉骨针、藻类和“微古植物”化石及水平层理(纹)等,说明湘西北地区早寒武世木昌期岩相古地理环境为浅海一半深海区,镍钼钒多金属元素贵金属元素及稀土元素等,是在温暖潮湿的古气候条件下形成的淡化海的产物,并反映出地壳活动相对处于宁静的滞流海盆地的强还原环境。而镍钼钒不同矿物组合的矿床,乃是其同沉积期的不同相变产物。

(三)地球化学—生物化学条件

范德廉等人据本区镍钼矿层中有机碳的含量变化指出:“从磷块岩到镍钼多元素富集层 $C_{\text{有机}}$ 含量猛增近10倍。沉积环境的这种突然改变是多元素富集的重要因素。”^[7]。丁传谱等人(1976)结合实地观察并进一步分析了木昌组岩石化学成分及有用元素含量后认为:镍钼金属层的形成除生物起了重要作用外,镁磷二元素起的作用同样重要。这可从本区主要是硫磷质矿石和碳磷质白云质矿石得到说明。

对钒的沉积,粘土矿物起了重要作用。如湖北某钒钼矿床钒矿石含 Al_2O_3 高达7.16%(东



图例说明: 1、含碳磷白云质粘土岩组 2、含碳质硅质粘土岩组

图5 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. 5 Rock facies diviation during the early Cambrian Period in the Northwest Hunan Province

^①丁传谱等,湖南省大庸县天门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。中南矿冶学院地质系,1976

方红钒矿为 6.78%), 从扩散分离试验所做多元素化学分析结果, 在 V_2O_5 与 Al_2O_3 、 K_2O 关系图上, V_2O_5 与 Al_2O_3 、 K_2O 呈正相关关系, 说明钒与粘土矿物密切相关^①。后经张爱云(1989)进一步研究证实, 这种粘土矿物就是含钾伊利石(即含钒伊利石)。

还需强调指出, 在湘西北镍钼钒多金属矿床成矿过程中, 生物作用至关重要。这可由本区寒武系底部常见大量藻类化石、海棉骨针、“微古植物”化石等得到证实。典型的矿例如凤凰东方红钒矿床, 矿石中含有丰富的有机碳(沥青, 10%左右)和碳质绿色素(1.16~2.85ppm), 特别是其中的烷类、三萜贴是细菌和陆缘有机质有价值的生物标志化合物^[8]。矿层中发现大量藻类生物也证明了有机碳属生物成因的, $P-U-V-Ni-C_{有机}$ 元素组合的显著相关特征表明, 钒是与生物化学富集作用有直接关系的。由于沉积物中富含有机质和胶状粘土矿物, 因而具有较强烈的吸附金属阳离子的能力从而利于富集成矿。可以说, 湘西北地区镍钼钒多金属矿床是在有机质(生物化学)参与下发生成矿作用的。

本区镍钼钒多金属矿床成矿物质来自陆源, 也可能有火山源的; 后者由湘西北地区木昌组底部多处发现火山凝灰岩得到旁证。

(四)成矿元素的成岩再富集

湘西北木昌组的黑色页岩、碳质页岩主要是水云母页岩, 绢云母含量很少, 这是成岩作用的主要标志。主要赋矿岩石——含钒碳质页岩中, 以吸附状态和金属有机化合物状态存在的、及生物体中释放出来的钒, 在成岩化作用过程中, 以 V^{3+} 形式进入伊利石(水云母)晶格中置换 Al^{3+} 而形成类质同像, 即含钒伊利石(即含钒水云母)。富镍钼的泥状沉积物在成岩化作用过程中, 镍钼等金属离子可以交代原生沉积的黄铁矿和生物残体; 或遇到 H_2S 溶液生成后生的晶粒状镍、铜、锌等硫化物。从而使黑层中的成矿元素得到进一步富集

该类矿床中伴生的金银矿化, 也与黑层本身的沉积成岩作用是分不开的。这除了黑层中金丰度是各类岩石中最高者外, 还与黑层中含有大量的有机质有关。由于有机质对金具有强烈的吸附作用, 它能将可溶性络合物还原成自然金。此外, 经查定的几种金属有机化合物——镍卟啉、钒卟啉等, 它们可能生成 1 价和 3 价的氧化态的有机化合物, 而有利于金(银)的富集作用, 故本区黑层中伴生金银矿化的产生, 也很可能与初始沉积阶段之淡化海环境有关, 也与沉积期后成岩化作用使其进一步富集有关。

总之, 湘西北地区下寒武统木昌组赋存着多种有用金属, 除镍钼特别是钒形成一定规模的矿床外, 还共生或伴生磷、铀、金、银、铂、钨、钼、钨、铼、铈等贵金属和稀土金属等。此外, 尚蕴藏着极其丰富的石煤资源。所以, 深入开展湘西北地区黑层中的有色、贵金属和稀土元素的地质找矿与研究工作大有作为。

成文过程中, 参考和引用了湖南省地矿局 405 队和我队有关资料, 深表谢意。

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 年第 2 期。

参 考 文 献

- [1]包正湘等,湘西北石煤地质及煤质特征,湖南地质,7(3)1988
- [2]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,5(1)1986
- [3]陈南生等,我国南方下寒武统黑色岩系及其中的层状矿床,矿床地质,2(2)1982
- [4]张爱云等,黑色页岩型矾矿提钒的主导矿物,地球科学——中国地质大学学报(武汉),14(4)1989
- [5]鲍振襄,湖南共生与伴生金的赋存状态及分布规律,地质找矿论丛,4(4)1989。
- [6]刘金山、湘西北地区金矿成矿地质条件和找矿方向分析,湖南地质,6(4)1987
- [7]范德廉等,某地下寒武统镍钼多金属元素黑色页岩的岩石学及地球化学,地球化学,(3)1973
- [8]刘金山,凤凰县东方红钒矿床地质特征和矿床成因探讨,湖南地质,8(4)1989。

GEOLOGICAL FEATURES AND METALLOGENIC CONDITION (INCLUDING Au, Ag MINERALIZATION) OF Ni—Mo—V ORE DEPOSITS IN THE NORTHWEST HUNAN PROVINCE

(215 team, Changsha prospecting bureau, China Nonferro—metal industrial Co.)

Abstract

Ni—Mo—V ore deposits are distributed along the southeast side of Xiang (Hunan) — Qian (Guizhou) — Chuna (Sichuan) — E (Hubei) palaeo — depression of Yangtze peneplatform as a metallogenic belt (180Km long) in the northwest Hunan Province. This area is a potential target for Ni—Mo (including Au and Ag) polymetal deposits as well as the main productive area of V—ore in China and it is also abundant with stone coal.

Poly—metal ore deposits mainly occur in the blackshale at bottom of Muchang Formation. The ore — bearing shale is riched in carbon and pyrite and fossils of alga and micro palaeoplant can be seen. There are two kinds of rock associations in which poly—metal ore deposits are discovered i. e、 Ni—Mo ore deposits in C — and — P — bearing rocks and dolomitic rocks; V — ore deposits in carboniferous rocks, argillite and silicious rocks. These two rock associations are the different sedimentary facies of the same synsedimentary metallogenic period of the early Cambrian. Au, Ag mineralizations are spatially and temporally related to the poly — metal deposits. Biogenic activity played an important role in concentration of ore materials during diagenesis under shallow — semishallow sea water and relatively quiet sedimentary environment and humid climate.