

我国南方下寒武统 黑色岩系及其中的层状矿床

陈南生 杨秀珍 刘德汉 肖学军

(中国科学院地球化学研究所)

范德康

王连芳

(中国科学院地质研究所)

(国家地震局地质研究所)

下寒武统黑色岩系广泛分布在我国云南、贵州、四川、湖南、湖北、广西、广东、江西、浙江、安徽和陕西十一个省、区，在河南、河北、山西、新疆、甘肃和江苏六个省、区也有所出露。黑色岩系中赋存有很厚的石煤层、磷块岩矿床和镍、钼、钒、铜、铀多元素金属矿床。这种矿床组合是沉积矿床的新类型，在成矿时代和形成过程方面都具有独特之处。

工作过程中得到滇、黔、湘、赣、浙、陕各省有关地质队和实验室同志们大力支持和帮助。承蒙中国科学院地球化学研究所和地质研究所有关实验室承担各种分析测试，工作中还得到叶连俊、卢衍豪、袁耀庭、丁传谱教授的热心指导和帮助，谨表深切谢意。

一、黑色岩系岩石类型及元素平均含量

1. 岩石类型

下寒武统底部的黑色岩系是指有机炭较高（一般为5—10%，有时达20%或更高）的硅、泥质岩石。它包括黑色炭质页岩（简称黑色页岩）；黑色炭泥质硅质岩、黑色炭质硅岩和黑色硅岩（简称黑色硅岩）；黑色炭泥质细粉砂岩（简称黑色粉砂岩）。当这些岩石含有机炭达15%左右，发热量达800大卡/公斤，作为燃料时，我们称之为石煤。因此，在黑色岩系中包含有相当数量的石煤。黑色岩系各类岩石的化学成分见表1。黑色岩系中各岩类化学成分区别在于 SiO_2 、 Al_2O_3 和 K_2O 的含量变化。黑色页岩 SiO_2 的含量为55—60%，黑色硅质岩和黑色粉砂岩 SiO_2 的含量一般在70%左右，而黑色硅岩 SiO_2 的含量则大于80%。这四类岩石中 $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O}$ 的含量与 SiO_2 的含量呈反消长关系。

黑色页岩细分为黑色炭质白云质页岩（照片1）、黑色炭质粉砂质页岩和黑色炭质硅质页岩。划分的主要依据是在显微镜下观察岩石中的石英粉砂、白云石及尘点状硅、泥质的不同比例。这些岩石常常是含镍、钼、铜、铀多元素金属矿床的围岩或含矿层。黑色炭泥质岩又可以依结构不同而细分为黑色条纹状炭泥质硅质岩（照片2）和黑色炭泥质硅质岩。前者微粒石英聚集呈条纹状构造，后者硅质呈尘点状与炭泥质混杂在一起。黑色硅岩（照片3）主要

我国南方下寒武统黑色岩系各类岩石平均化学成分 (%)

表 1

岩石类型 \ 元素含量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	V ₂ O ₅	Ni	Mo	U	C (有机)
黑色页岩	56.35	12.27	5.02	0.66	0.27	1.56	0.31	7.08	0.32	0.015	0.036	0.004	—
黑色炭泥质白云质页岩	55.60	10.04	4.30	0.71	3.11	3.30	0.23	6.35	0.22	0.025	0.031	0.005	8.76
黑色条纹状炭泥质硅质岩	70.04	4.56	1.97	0.33	0.62	0.74	0.11	3.71	0.15	0.067	0.018	0.003	9.24
黑色炭泥质硅质岩	70.25	9.52	3.05	0.36	0.42	1.07	0.20	1.71	0.10	—	—	—	—
黑色硅岩	88.56	1.13	0.35	0.64	0.31	0.38	0.09	2.39	0.19	0	0.007	0.001	—
黑色钙质硅岩	68.25	1.54	0.34	0.29	10.31	0.58	—	2.48	—	—	—	—	7.70
黑色高炭质硅岩	68.91	2.32	0.85	0.25	0.33	0.60	—	2.12	0.31	0.006	0.024	—	18.70
黑色炭泥质细粉砂岩	70.12	11.39	2.89	1.36	1.15	1.71	0.11	2.72	0.19	0.006	0.003	0.001	5.6

由尘点状硅质和炭泥质组成。这种岩石有时含有较高的钙质，有时含有较高的有机炭，故亦可细分为黑色硅岩、黑色炭质钙质硅岩和黑色高炭质硅岩。黑色硅岩与钒矿床关系密切，它常成为钒矿床的顶底板和夹层，或本身就是质量较差的钒矿层。黑色炭泥质粉砂岩(照片4)主要由细粉砂状石英组成，有时有少量棱角状、港湾状、锯齿状斜长石和微斜长石晶屑，这些晶屑与火山作用有关。

2. 黑色页岩中的微量元素

我国南方下寒武统黑色页岩中的微量元素含量因地而异，有时在同一地区因岩相及矿物相不同而有区别(表2)。总的看来，黑色页岩中钴、铅、铈、锰、镓和锆等元素的含量较低，一般低于页岩中各该元素的平均值，只有个别样品高于该平均值。钛和锆有时低于，有时高于页岩的平均值。铜、钇、铈、钡、钒、镍、钼等元素的含量超过页岩中各该元素平均值的几倍到几十倍。从而看出，早寒武世是我国南方多元素富集的重要成矿时代。

根据岩石学、矿物学的研究和数理统计的结果，考虑到元素地球化学性质，我们把黑色岩系中的元素作如下分组：

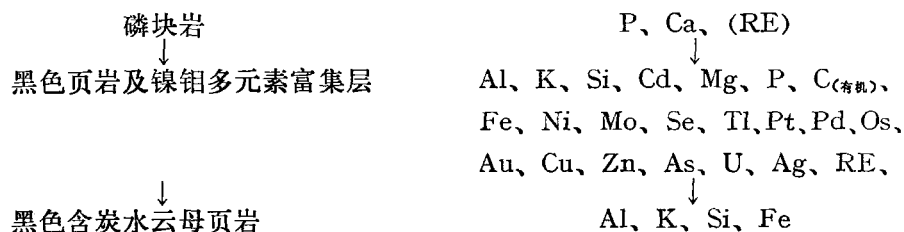
1) 亲硫和亲生物元素：铁、钴、镍、钼、铜、锌、硫、砷和部分钒。它们主要以硫化物及硫砷化合物形式出现。

2) 亲石元素：硅、铝、钒、钡、铈、镓、铬、钇、铈等。它们主要以硅酸盐、硫酸盐和氧化物出现。

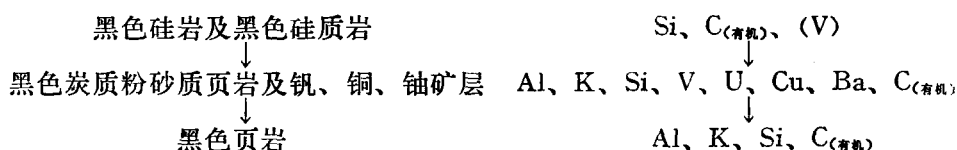
3) 亲碳酸元素：钙、镁。它们主要以碳酸盐出现。

3. 岩性序列、元素演化及含矿特征

我国南方下寒武统黑色岩系中存在着两种不同的岩性序列、元素组合和元素演化类型。一种是镍、钼复杂多元素组合，它的岩性序列和元素演化是：



另一种是钒、铜、铀多元素组合，它的岩性序列和元素演化是：



我国南方下寒武统各地黑色页岩中的微量元素 (ppm)

表 2

地区及岩石	Co	Pb	Mn	Sr	Ca	Zr	Ti	Cr	Zn	Cu	Y	Yb	Ba	Ag	V	Mo	Ni
湘 西	9	12	44	111	4	80	1450	125	—	187	80	30	1520	1	417	160	160
湖 南	7	27	10	230	22	170	3100	230	—	230	160	15	5500	3	25	23	80
江 西	3	6	40	40	6	70	3020	97	92	83	34	1	2220	0.3	395	58	72
浙 江	6	11	—	160	—	—	900	—	175	54	100	7	165	—	364	64	120
云 南	10	100	300	—	20	1000	10000	291	450	187	210	—	1500	8	7000	12	—
陕 西	3	24	160	—	8	505	5500	129	16	100	2	0.3	2338	2	1900	26	60
页岩平均值*	19	20	850	300	19	160	4600	90	95	45	26	2.6	580	0.07	130	2.6	68
黑色炭质粉砂质页岩 (钒矿床围岩)	6	19	10	130	5	90	810	170	—	130	80	24	3900	1	510	90	120
黑色炭质粉砂质页岩 (镍、钼矿床围岩)	10	20	18	100	4	104	1280	267	—	370	100	80	990	1	450	125	163
黑色炭质白云质页岩 (镍、钼矿床围岩)	11	4	19	125	3	44	1070	65	—	157	60	13	306	0.5	306	184	215

* 据K.K.图雷基安等, 1961

二、黑色岩系中的各类层状矿床

下寒武统黑色岩系中自下而上分布着磷块岩矿床，镍、钼、钒、铜、铀多元素金属矿床和石煤层。它们在我国南方地理上分布见图1和图2。

(一) 磷块岩矿床

下寒武统黑色岩系底部磷块岩矿床在我国南方各省分布很广。根据矿体形态和矿石结构、构造可以划分为厚层状磷块岩矿床、透镜状磷块岩矿床和结核状磷块岩矿床。

1. 厚层状磷块岩矿床

厚层状磷块岩矿床的含磷岩系厚度一般为50—100米，工业磷块岩矿层厚度可达10—20米。含矿围岩一般由粉砂质页岩和碳酸岩组成。矿体产于白云岩和页岩之间。白云岩常含硅质条带或团块，页岩中含炭质和黄铁矿较高。矿层主要为厚层状。该矿床主要分布在康滇古陆以东，属扬子沉积区的昆明、昆阳、晋宁、华宁、峨边、雷波、沾益和德泽等地。一般为大型或巨型磷块岩矿床。

2. 透镜状磷块岩矿床

透镜状磷块岩矿床矿体厚度小于10米，一般只有1—2米，有时尖灭或过渡为含磷结核黑色页岩、黑色粉砂质页岩和黑色硅质岩。矿体产于白云岩之上。矿体呈透镜状或薄层状。一般只形成中小型磷块岩矿床。这类矿床主要分布在属于过渡带的黔东南、湘西、湘南、浙西

北等地。

3. 结核状磷块岩矿床

结核状磷块岩矿床的含矿围岩一般为黑色炭泥质硅质岩和黑色粉砂质页岩。矿层厚度不大,很少具有工业意义。主要分布在属于过渡带和江南沉积区的湖南、湖北、江西、浙江、广东和广西等地。

以上三种类型磷块岩主要由胶磷矿和少量碳磷灰石组成。矿石结构主要为球粒状,胶结物和充填物为碳酸岩、玉髓、粘土和炭质。

我国南方下寒武统黑色岩系中各种类型磷块岩的化学成分和微量元素含量见表3和表4。

我国南方下寒武统各种类型磷矿石的主要化学成分(%)

表3

地区、矿石类型	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅
云南昆阳厚层状磷矿 ^①	15.79	1.41	1.61	40.84	2.92	25.70
云南地区厚层状磷矿 ^①		1.86	2.72	40.71	3.95	27.01
云南德泽透镜状磷矿 ^①	36.85	1.88	2.22	28.55	0.39	21.17
四川汉源透镜状磷矿 ^②	28.63	3.61	5.90	29.71	1.29	21.91
湖南大庸透镜状磷矿	15.88	0.92	0.56	7.05	0.15	30.10
浙江诸暨透镜状磷矿	9.39	5.43	0.25	20.75	2.96	23.20
湖南新宁透镜状磷矿 ^①	23.00	4.65	4.22	23.50	4.36	22.90
湖南慈利透镜状磷矿 ^①	22.50	1.06	2.14	34.80	2.14	25.65
云南德泽结核状磷矿 ^①	45.45	2.57	2.74	16.23	0.84	16.25
湖南大庸结核状磷矿	38.22	1.79	3.26	11.53	0.70	11.80
江西南山结核状磷矿 ^③	11.63			12.70	0.39	22.87
浙江诸暨结核状磷矿	5.73	22.0	0.36	15.40	0.39	11.80
厚层状磷矿床	7.90	1.64	2.14	40.76	3.44	26.36
透镜状磷矿床	22.61	2.93	2.59	24.06	1.87	24.17
结核状磷矿床	25.26	8.79	2.12	13.98	0.58	15.68

①据广西邻省磷矿资料汇编(1975.9);

②据四川地质(1975);

③据江西赣西北地质队资料整理。

从表3和表4可以看出厚层状磷块岩矿床P₂O₅的含量比较高,一般大于25%,CaO+MgO的含量也比较高,一般大于40%,而SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃的含量比较低,一般小于20%。这类矿石属低硅碳酸岩型磷矿石。透镜状磷块岩矿床P₂O₅的含量一般在20~30%,CaO+MgO的含量一般在10~40%,SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃的含量一般在15~40%。这类矿石属硅泥型磷矿石。结核状磷块岩矿床P₂O₅的含量比较低,一般在10~20%,CaO+MgO的含量也比较低,一般在10~20%,而SiO₂+Fe₂O₃+Al₂O₃的含量比较高,一般在30~50%。在微量元素方面,透镜状和结核状矿床以富镍、钼、钒、铜、铀、镱等元素为特征。

磷块岩矿床在地理分布上由西向东有明显的变化,在扬子沉积区,靠近康滇古陆的东侧主要分布一些大型和巨型碳酸岩型的厚层状磷块岩矿床(在昆阳磷矿)。向东推移,在过渡带只有中或小型的硅泥型透镜状磷块岩矿床。再向东移,在江南沉积区只有结核状磷块岩矿床。

我国南方下寒武统各种类型磷矿石的微量元素含量 (ppm)

表 4

	Ni	Mo	V	Cu	Pb	Zn	Sr	Ba
云南昆阳厚层状磷矿①	10—100	10—100	10—100	10—100		10—100	1000	1000
云南德泽透镜状磷矿	100	14	11	42	180	14	871	686
贵州织金透镜状磷矿	50	10	200	200	500	700	300	500
湖南大庸透镜状磷矿	140	360	670	49	43		650	4125
浙江诸暨透镜状磷矿②	300	600	400	12	350	80	200	8000
江西南山结核状磷矿		20	5000	20	30			1000
浙江诸暨结核状磷矿	10	20	500	20	30			50
湖南大庸结核状磷矿	390	1880	2900	118	42	24	660	2380
厚层状磷块岩矿床	50	50	50	50		50	1000	1000
透镜状磷块岩矿床	148	246	275	76	268	199	505	3328
结核状磷块岩矿床	200	640	2800	53	34	24	660	1143

	Mn	Ti	Y	Yb	Zr	Be	Co	Cr	Ga
云南昆阳厚层状磷矿①	500	700				10—100	10—100	10—100	
云南德泽透镜状磷矿	334	284	83	18	7	3		11	2
贵州织金透镜状磷矿	2000	70						30	
湖南大庸透镜状磷矿	93	40	175	78	5	1		290	1
浙江诸暨透镜状磷矿②	200	7000		<10	<100	<10		<100	<10
江西南山结核状磷矿							10		
浙江诸暨结核状磷矿									
湖南大庸结核状磷矿	24	580	200	62	24	2	2	462	1
厚层状磷块岩矿床	500	700				50	50	50	
透镜状磷块岩矿床	657	1849	129	34	21	5		95	3
结核状磷块岩矿床	24	580	200	62	24	2	6	462	1

①据广西邻省磷矿资料汇编, 1975.9.

②据王执均, 地质与勘探, 1981.4.

(二) 镍、钼、钒、铜、铀多元素金属矿床

我国南方下寒武统镍、钼、钒、铜、铀多元素金属矿床, 根据其元素组合和成因类型又可以划分为镍、钼多元素矿床、钒矿床和沉积再造型铜、钼、钒、铀多元素矿床三种类型。

1. 镍、钼多元素矿床

镍、钼多元素矿床主要分布在属于过渡带和部分扬子沉积区的湖南大庸、慈利, 浙江的诸暨、富阳、桐庐、云南的德泽, 贵州的织金和四川的汉源等地。含矿围岩一般为黑色白云质页岩和黑色粉砂质页岩为主。含有大量黄铁矿和磷、炭、泥质。矿体厚度不大, 富矿体一般只有1米左右, 矿体形态为薄层状、透镜状和扁豆状。大庸和慈利镍、钼富矿层厚0.1~0.6米, 主要由炭泥质、白云质、石英粉砂(80~85%), 黄铁矿(5~10%), 镍矿物(1~3%), 钼矿物(2~5%)组成。矿石品位Ni=0.4~0.6%, Mo=0.5~0.7%。在富矿体中常夹有1~3层, 厚几厘米到十几厘米的镍、钼多元素金属硫化物层, 该层由镍的硫化物(5~10), 硫钼矿集合体(10~30%), 胶状、球粒状黄铁矿(40~50%)及磷质、硅质、炭泥质、石英粉砂和白云石组成。矿石品位较高, Ni=1~5%, Mo=1~20%, V₂O₅=0.5~2%。矿石按结构、构造可以划分为条带状矿石(照片5)、碎屑状矿石、碎屑条带状矿石、结核

状矿石和浸染状矿石五种, 其中以前三种为主。主要镍矿物有二硫镍矿、辉镍矿、辉砷镍矿、针镍矿、紫硫镍铁矿和含镍黄铁矿。主要钼矿物为硫钼矿。另外还有闪锌矿、黄铜矿、黝铜矿、砷黝铜矿、辉铜矿、铜蓝、方铅矿、含银自然金。各地镍、钼多元素金属硫化物层平均化学成分见表5。从表5中可见镍、钼多元素金属硫化物层中以镍、钼、钒、铜、磷、铀等元素的含量比较高。

此外, 在镍、钼多元素金属硫化物层中含有较高的铂族和贵金属元素(表6)。

我国南方下寒武统镍钼多元素金属硫化物层平均化学成分(%)

表5

	样品数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	P ₂ O ₅	Ni	Mo	Cu	Zn	U	Co	Pb	C _{有机}
云南德泽 ^①	11	24.15	4.40	17.21	1.24	9.08	0.89	0.86		6.25	2.50	2.52	0.21	3.73		0.02	0.02	6.95
贵州织金	1	13.65	0.53	23.03	0.23	1.49	0.50	0.70	0.44	1.50	2.90	3.87	0.16	0.89	0.02		0.10	
湖南大庸	10	22.74	1.40	8.77	1.26	8.74	0.57	1.67	1.09	5.36	2.52	2.68	0.07	0.30	0.05			
湖南慈利 ^②	2	36.19	8.66	14.20	1.02	3.01	0.07	3.69	0.50	1.96	1.30	1.20	0.07	0.03	0.007	0.01	0.15	
浙江诸暨	3	27.02	1.86	5.22	2.99	16.6	0.21	0.73	0.68	1.66	0.08	0.01			0.015			
平均	27	24.74	3.37	13.69	1.35	7.78	0.45	1.58	0.68	3.35	1.86	2.06	0.13	1.24	0.023	0.01	0.09	

①据云南地质局实验室;

②据湖南地质局实验室

我国南方下寒武统镍钼多元素硫化物层中贵金属元素含量(克/吨)

表6

地 区	样 品 数	Pt	Pd	Os	Ru	Au
贵州织金	1	0.21	0.26	0.113	0.004	0.70
湖南大庸	10	0.25	0.325	0.181		
湖南慈利	2	0.20	0.26	0.08	0.004	0.40
平均	13	0.22	0.28	0.125	0.004	0.65

镍、钼多元素矿床一般为中小型矿床, 具有一定工业意义。

2. 钒矿床

钒矿床主要分布在属于过渡带和江南沉积区的湖南、湖北、江西、浙江和广西等省区。较有名的钒矿床有岳阳新开塘钒矿、均县杨家堡钒矿等。钒矿床的含矿围岩及钒矿层主要为黑色含钒粉砂质页岩、黑色含钒硅质岩和黑色含钒磷结核页岩。矿层厚度大, 一般为10~20米, 层位稳定, 主要为层状和似层状矿体。各地钒矿床的平均化学成分和微量元素含量见表7和表8。各地钒矿石的品位比较稳定, V₂O₅的含量一般在1~2%, 在钒矿石中伴生有镍、钼、铜、铅、锌、铀和银等元素。

对钒矿石中主要钒矿物进行了初步研究, 各地钒矿石电渗析分析, 其速度常数K值均很低, 为 $9.21 \times 10^{-5} \sim 4.62 \times 10^{-4}$ (表9), 接近或小于钒钛磁铁矿中钒的K值。因此, 钒不是呈吸附状态存于页岩中, 而是呈类质同象存在于水云母中。此外, 我们对含钒水云母进行了X光衍射和红外光谱分析, 进一步证明钒矿石中的钒主要赋存在水云母中。另外还有少量硫钒铜矿和钒卞琳。钒矿床规模大, 经常形成大型或巨型矿床, 具有较大的工业意义。

3. 沉积再造型铜、钼、钒、铀多元素矿床

我国南方下寒武统钒矿石平均化学成分 (%)

表 7

	样品数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	P ₂ O ₅
湖南大庸	2	50.65	3.64	1.77	1.24	5.52	0.80	2.95	1.24	5.52
江西南山、八都	6	56.31	5.87	6.07	1.31	1.70	0.13	2.33	2.61	0.70
江西皈大	6	79.14	6.94	0.70	2.01	0.65	0.35	2.74	1.62	0.23
浙江开化	1	57.59	14.26	4.63	2.48	1.99	0.22	5.40	0.66	0.20
陕西紫阳	4	51.90	5.33	2.97	1.86	0.63	0.29	2.01	1.55	0.46
平 均	19	59.12	7.21	3.23	1.78	2.10	0.38	3.09	1.54	1.44

我国南方下寒武统钒矿石微量元素含量 (ppm)

表 8

	样品数	Ni	Mo	Cu	Pb	Zn	U	Sr	Ba	Mn	Ti	Y	Yb	Zr	Be	Co	Ag	Cr
湖南大庸	2	80	1560	25			41	1550	2000	10	925	50	100	250	1	5		243
江西南山、八都	6	283	85	767	23	2177	130	130	933	30	950	50	5	233	2	12	37	583
江西皈大	6	50	42	12	15				1350	10	933	20	2	83	2	2		495
浙江开化	1	120	5600	10			20	10	500		2000	100	10					
陕西紫阳	4	180	238	508	70	550	86		2250	48	2175	100	10	450	4	5	5	325
平 均	19	143	1505	264	36	1364	69	420	1409	22	1397	64	25	254	2	6	8	414

沉积再造型铜、钼、钒、铀多元素矿床主要分布在属于过渡带和江南沉积区的湖南和浙江省。这类矿床的矿源层一般是含铜、钼、钒、铀等元素的黑色粉砂质页岩、黑色硅质岩。在沉积过程中,铜、钼、钒、铀、镭等元素被有机质、粘土和磷质吸附,在还原条件下,由于

黑色含钒页岩、硅质岩电渗析 表 9

地 区	K 值
赣 东 北	9.21×10^{-5}
赣 西 北	2.64×10^{-4}
湘 西	4.62×10^{-4} 2.76×10^{-4}
湘 中	1.12×10^{-4} 2.18×10^{-4} 1.57×10^{-4} 2.82×10^{-4} 1.66×10^{-4}
浙 西	1.90×10^{-4}
钒钛磁铁矿	4.15×10^{-4}

$$K = \frac{1}{t} \ln \frac{C}{C-X}$$

C = 矿石中原始含钒量

X = 电渗量

C - X = 时间为 t 时中室的矿石钒含量

K = 电渗析速度常数

于硫化氢的作用,形成黄铜矿、辉铜矿、硫钼矿、铀黑和硫镭矿等原生矿物,这些矿物一般以分散状态赋存于黑色岩系中,它们的品位一般不能形成单独矿床、只有在下列作用下才能形成中一小型工业矿体:

(1) 由于次生风化淋滤作用,在构造破碎带附近形成工业矿体。如湖南叙浦 301 矿区铀钼矿床、黔阳罗翁铜矿床、安化天井山钒铜矿床都是在上述条件下形成的。

(2) 由于后期花岗岩浆的侵入,使下寒武统底部黑色岩系中的金属元素活化,在构造有利部位富集成矿。如浙江诸暨矽卡岩型和石英脉型钼矿床。

镍、钼、钒、铜、铀多元素金属矿床在我国南方分布有一定的规律,镍钼多元素矿床主要分布在过渡带和部分扬子沉积区,而钒矿床和沉积再造型铜、钼、钒、铀矿床主要分布在江南沉积区和过渡带。

(三) 石煤层

我国南方下寒武统石煤层主要分布在江南沉积区和过渡带, 它常与钒矿床和沉积再造型铜、钼、钒、铀矿床共生。石煤层的地理分布范围有三个带(按卢衍豪同志的划分):

1. 黔东南—浙西北一带。石煤层呈北东—南西向分布在浙西北、皖南、赣东北、湘中、湘南、湘西、桂北、黔东南地区, 全长1600公里, 最宽达500公里。
2. 陕西紫阳、平利和镇坪一带。主要呈北西—南东向分布, 椭圆形盆地长140公里, 宽50公里。
3. 安徽滁县—全椒一带。

石煤是一种劣质腐泥无烟煤, 它是由低等菌藻类生物死亡以后, 在还原条件下堆积而成。石煤中有机炭含量一般在10—20%, 发热量为1000大卡/公斤。部分石煤在热变质或区域变质作用过程中形成热变煤, 天然焦和炭沥青, 有机炭含量可增加到40—50%, 发热量达5000大卡/公斤。石煤层主要为含炭质较高的黑色炭质页岩、黑色炭质硅质岩和黑色粉砂岩。石煤层中常伴生有多种有用元素, 如镍、钼、钒、铜、铀、镱、银和磷等, 这对于石煤的综合利用十分有利。

三、黑色岩系中层状矿床的形成条件

我国南方下寒武统黑色岩系中多种层状矿床是在一定的古环境、古地理和古气候条件下形成的。

(一) 黑色岩系中层状矿床形成条件

1. 厚层状磷块岩矿床形成于非补给性的浅海盆地中。当时地壳活动相对比较稳定, 气候较为干燥, 处于较氧化的条件, 水动力条件较为动荡, 一般为碳酸岩—碎屑粘土岩相。透镜状和结核状磷块岩矿床一般形成于较深水的非补给性盆地。当时地壳缓慢沉降, 气候温暖湿润, 沉积环境属半还原—还原条件, 水动力条件较为平静, 一般形成在白云质—粘土岩相和硅质—粘土岩相的过渡带。

2. 镍钼多元素矿床的形成条件比较特殊, 它一般形成于非补给性的封闭性的浅海盆地中。当时地壳活动相对稳定, 气候温暖湿润, 沉积速度十分缓慢, 生物十分发育, 有机质十分丰富。沉积环境属还原—强还原条件, 一般为白云质—粘土岩相。

3. 铜、钼、钒、铀多元素矿床和石煤层的形成条件基本相同于结核状磷块岩矿床的形成条件。

黑色岩系中多种层状矿床一般分三个阶段形成, 首先形成磷块岩矿床, 接着形成了镍钼多元素矿床, 最后是铜、钼、钒、铀多元素矿床和石煤层。

(二) 黑色岩系的成矿作用

黑色岩系中含有大量的有机炭, 这些有机炭主要由低等菌藻类生物死亡以后, 在还原条件下而保存下来。在石煤层中见有海绵骨针(照片6)和蓝绿藻, 在硅岩中见有硅质藻, 在硅质白云岩中见有迭层藻和硅质藻, 在灰岩中见有钙球藻。生物对层状矿床的重大作用主要表现为:

1. 低等生物本身可以吸收某些元素组成生物体的组织, 这些生物死亡后沉入海底堆积

起来,因而使某些元素得到富集。部分磷块岩矿床中的磷和石煤层中的炭质就是生物的堆积体。

2. 低等生物死亡后分解出氨基酸和卟啉等有机物,这些有机物与金属可以形成有机金属络合物和金属卟啉化合物而迁移,在温度、压力和酸碱度发生变化时,这些络合物和化合物发生解离,放出金属元素,这样也可以使某些元素得到富集。

3. 低等生物死亡后,在分解过程中消耗大量的氧,放出硫化氢气体。此外,海水中硫酸还原细菌在还原海水中硫酸根离子时也放出硫化氢气体,这样就造成海底为一种酸性的强还原环境,金属元素在这种条件下很容易与硫化氢化合成金属硫化物沉淀。看来,我国南方下寒武统底部镍、钼多元素金属硫化物矿床的形成就是上述作用的结果。

此外,黑色岩系中粘土矿物对成矿也起了较大作用。下寒武统底部钒矿床的形成足以说明这一点。粘土在搬运过程中吸附了钒,在成岩作用过程中,钒取代三价铝加入粘土矿物骨架形成含钒水云母。目前钒矿床中的钒矿物主要由含钒水云母所组成这一事实也证明了这一点。

参 考 文 献

- 〔1〕 卢衍豪等 1979 中国寒武纪沉积矿产与“生物—环境控制论”(3—57) 地质出版社
- 〔2〕 叶连俊 1959 中国磷块岩形成特点矿石类型及远景评价(1—39) 科学出版社
- 〔3〕 叶连俊等 1981 沉积岩石学研究(论文集)(1—21) 科学出版社
- 〔4〕 范德廉等 1981 沉积岩石学研究论文集(23—44) 科学出版社
- 〔5〕 范德廉等 1973 地球化学(143—159)

LOWER CAMBRIAN BLACK ARGILLACEOUS AND ARENACEOUS ROCK SERIES IN SOUTH CHINA AND ITS ASSOCIATED STRATIFORM DEPOSITS

Chen Nansheng, Yang Xiuzhen, Liu Dehan and Xiao Xuejun

(Institute of Geochemistry, Academia Sinica)

Fan Delian

(Institute of Geology, Academia Sinica)

Wang Lianfang

(Institute of Geology, National Seismological Bureau)

Abstract

Widespread in more than ten provinces of south China is the Lower Cambrian black argillaceous and arenaceous rock series, which consists of black carbonaceous shale (termed black shale for short hereafter), black carbon argillo-siliceous rocks, black carbonaceous silicostone and black silicostone (termed black silicostone for short hereafter) and black carbon-argillaceous siltstone. The Ni, Mo, V, Cu, U, Ba, Ag, P contents of this series are usually several to decades of times higher than their average values in shales.

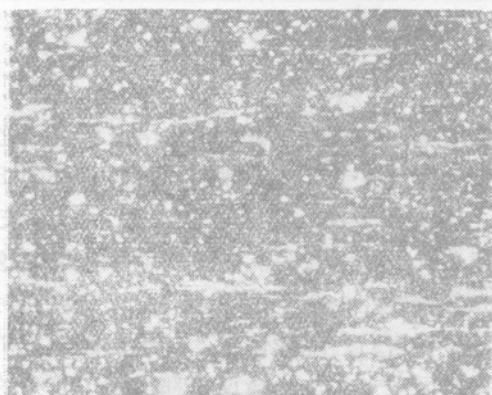
Based on the lithological sequence, element association and evolution, this series can be divided into two types. The first type is characterized by Ni, Mo multimetal element association and the lithological sequence phosphorite → black shale and Ni, Mo multimetal element concentrated layers → black carbon-argillo-siliceous rocks → black carbonaceous hydromica shale. The second type is characterized by V, Cu, U, Ba multimetal element association and the lithological sequence black silicostone and siliceous rocks → black arenaceous shale and vanadium ore layer → black shale.

There occur a variety of deposits in this series, such as phosphorite deposits, Ni-, Mo-, V-bearing multimetal element deposits and "stone coal" deposits. According to ore composition, textures and structures, the phosphorite deposits fall into three types, i. e. thick-bedded, lenticular and nodular phosphorite deposits. The Ni-, Mo-, V-bearing multimetal element deposits can be subdivided into Ni-, Mo-bearing multimetal element deposits, vanadium deposits and sedimentary-transformed Cu-, U-, Cd-bearing multimetal element deposits in

terms of their element association and ore genesis. As for the stratiform deposits in this series, three minerogenetic stages have been recognized, i. e. the stage of the formation of phosphorite deposits, that of the formation of Ni-, Mo-bearing multimetal element deposits and that of the formation of V-, Cu-, U-, Cd-bearing multimetal element deposits and "stone coal" deposits.

There is ample evidence that low organisms played an important part in the mineralization. Their contributions were; (1) low organisms themselves could take up some elements to form tissue of their bodies which were then to become part of the source of "stone coal" and phosphorite deposits; (2) low organisms would decompose into such organic matters as amino-acid and porphyrin after their death which later combined with some metallic elements, producing organic-metallic complexes and metal-porphyrin compounds. These compounds were inherently very unstable and readily decomposed, losing metallic elements which were probably to be accumulated afterwards; (3) the decomposition of organisms would consume a lot of oxygen and release hydrogen sulphide. There also existed another factor facilitating the release of hydrogen sulphide, i. e. the reduction of sulfate radical by sulfate-reducing bacteria in sea water. Thus an acid and highly reductive environment would be formed at the sea floor where metal ions easily combined with hydrogen sulfide, forming metal sulfides. The Ni-, Mo-, Cu-, and Fe-bearing sulfide deposits in the Lower Cambrian basal part of south China are products of these processes.

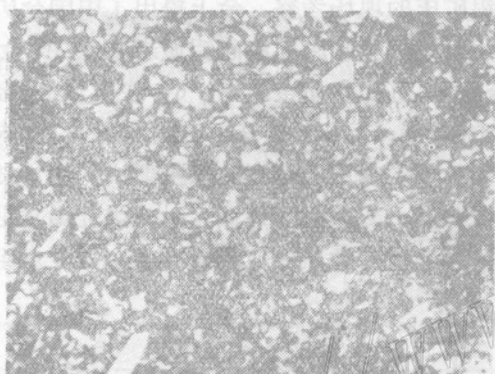
Our studies indicate that Lower Cambrian black argillaceous and arenaceous rock series in south China and its associated stratiform deposits occur generally in the basal part of a big sedimentary cycle, i. e. the initial period of a transgression, or in the finely detrital-siliceous formation between two carbonate formations, formed in a humid climatic zone between two arid climatic zones. As regards the environment of deposition, we suggest that Lower Cambrian black argillaceous and arenaceous rock series and its associated stratiform deposits (excluding thick-bedded phosphorite deposits) were mainly formed in a restricted and nonsupplemental sea basin of stagnant shallow water containing abundant low organisms and organic matters and dominated by calm hydrodynamic conditions, where reductive-highly reductive conditions prevailed under which the dolomitic-siliceous-clay facies were formed.



照片 1

黑色炭质白云质页岩。薄片，单偏光， $\times 44$ 。

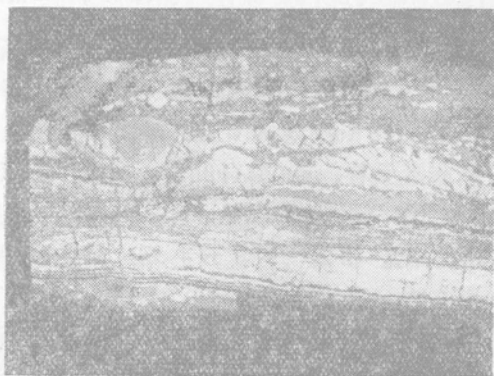
照片 2

黑色条纹状炭泥质硅质岩。薄片，单偏光， $\times 80$ 。

照片 3

黑色硅岩。薄片，正交， $\times 330$ 。

照片 4

黑色炭泥质粉砂岩。薄片，正交， $\times 132$ 。

照片 5

条带状锑铅矿石。光片，单偏光， $\times 2$ 。

照片 6

含海绵骨针含炭水云母页岩。薄片，单偏光， $\times 24$ 。