

铝硅酸盐早在含铁矿物沉积的同时已有沉积,但较集中的沉积还是形成在水铝石富集前夕。当进行至中晚期时,蒸发作用使碱性质点 $Al(OH)_3$ 浓缩,积水变浅又使空气氧化面下移,介质条件演变为中性,弱还原,铝的胶溶体趋于净化,凝聚强度增大,从而形成铝土矿沉积。以上是垂直化学分异沉积过程。

与垂直化学分异沉积的同时,还进行着相应化学序列的水平化学分异作用。在准平原内,伴随着成矿流体向聚积盆地汇集过程,水平化学分异作用由边缘向中心进行。所以,阶地一般有更多的铁聚积,代表早期分异沉积的岩性特征。到晚期则导致铝于盆地中央有高度的聚积,这就是反映古凹地地形特点的透镜状铝土矿体,在腹部往往有又厚又富的矿石,甚至占据了整个铁铝层空间位置。前面按铁铝层平均化学成分中铝氧饱和程度划分的硅铝组、铝组、富铝组各垂直化学剖面,就相当于已经过良好水平化学分异作用的一个单独聚积盆地的边缘相、过渡相、中心相的各位置(图5)。局部由于受水动力影响,或在末期沉积环境劣化,可产生成矿流体的机械加入和受冲蚀。如铝土矿中有时夹粘土矿层,矿层顶部贫化甚至有冲刷再沉积等现象。继铝土矿沉积之后的正常相序是上石炭统泥炭沼泽相(薄煤层),不稳定时为流动湖盆相(砂质页岩),再后才为

迅速入侵的海水所淹没。

豫西G层铝土矿成矿模式如图6。

结 论

1. 豫西中石炭统含G层铝土矿、高铝粘土矿、铁质粘土岩等沉积共生组合的铁铝层,其物源主要成分Fe、Si、Al及Ti来自基底中一下奥陶统碳酸盐岩古风化壳;次要成分S、Ca、Mg、Na、K来自附近结晶古陆;有部分Si自古陆带入。故铁铝层属于基底碳酸盐岩古风化壳再沉积成因。

2. 铁铝层沉积过程始终伴随着水平与垂直的两种化学分异作用,结果形成元素的化学沉积分异序列: $S^{2-} \rightarrow Fe^{2+} \rightarrow Si \rightarrow Al, Ti$;主要矿物垂直分带:黄铁矿 $\rightarrow$ 菱铁矿 $\rightarrow$ 高岭石 $\rightarrow$ 水硬铝石;岩性序列:黄铁矿粘土岩 $\rightarrow$ 菱铁矿粘土岩 $\rightarrow$ 高铝粘土矿 $\rightarrow$ 铝土矿。

3. 铝土矿成矿与富集条件:基底碳酸盐岩有漫长的侵蚀时期,侵蚀厚度大,古风化壳成熟度高;成矿原始物质组合,即基底碳酸盐岩酸不溶物平均成分铝氧饱和程度高, $Al_2O_3/SiO_2 = 1$ 或2时,可望形成优质铝土矿;铁铝层沉积过程有良好的化学分异作用;有利的古地貌条件——内陆准平原岩溶型洼地。

文内插图由吴佩芳同志清绘,谨此致谢

黔西层控菱铁铅锌矿床及其同位素特征

贵州冶金地质二队 唐森宁

贵州西部目前已探明大中小型菱铁矿床各一个,中型铅锌矿床一个。该区矿点星罗棋布,亟待进一步评价和工作。

该区铁矿,五十年代认为是铁帽型矿床。六十年代认为菱铁矿和铅锌矿均属低温热液交代充填矿床。七十年代以来,又先后提出了沉积改造和多源多次成矿的观点。

本文在综合了该区菱铁矿、铅锌矿同位素特征的基础上,结合矿床地质特点,就成矿物质来源、矿床成因进行了初步探讨,祈能有助于这类

矿床的研究,提高并加快普查评价效果和速度。

矿床地质特征

1. 含矿地层与岩相—古地理简述

含矿地层 该区从志留系至二迭系均有菱铁矿产出,而具有工业意义的集中在泥盆系(赫章)和石炭系(水城)。铅锌矿则赋存在石炭系、二迭系,已知矿床产于石炭系(水城及赫章)(表1)。

岩相—古地理 该区在加里东运动后位于黔中古陆与康滇古陆所环抱的滇黔海湾,属局限一

黔西菱铁矿铅锌矿地质表*

表 1

系	统	组	厚度 (米)	岩 性	含 矿 区		地 层 对 比			
					菱 铁 矿	铅 锌 矿	区域	赫章	水城	普安
二迭系	下统	梁山组		灰黑色粉砂质泥岩、粉砂岩、页岩			P ₁			
	石炭系	马平群	843	浅灰色厚层灰岩夹紫灰色瘤状灰岩、紫红色及绿色页岩		上石桥	C _{1mp}		C ₁	
炭系	下统	黄龙群	400 1 500	浅灰色厚层灰岩夹燧石灰岩及白云岩		杉树林、 中型	C _{2hn}		C ₂ C ₃	
		摆佐组	500 1 700	上部灰白色厚层致密灰岩夹白云岩、白云质灰岩；下部浅灰色中至厚层白云岩、灰岩及绿色页岩	观 音 山	上石龙一带	C _{1b}		C ₂ C ₃	
	统	大塘组	1492	上部灰色中至厚层灰岩夹白云岩及燧石灰岩、硅质岩；下部浅灰色中厚层泥质灰岩、泥灰岩与黑色页岩互层；底部黑色页岩夹石英砂岩及1~6层无烟煤，页岩普遍含菱铁矿结核或透镜体	响 水 河、 水 槽 子	田湾子矿化	C _{1d}		C ₂	C _{1d}
		岩关组	563	灰黑色中厚层灰岩夹燧石灰岩、泥灰岩，时夹黑色页岩、硅质灰岩、薄层砂岩			C _{1s}		C ₂	C _{1y}
泥盆系	上统	尧梭组		铁矿山为灰岩夹白云岩	代化组泥质条带灰岩	普 安	D _{3y}	D ₃		D _{3d}
		望城坡组		白云质、泥质条带灰岩夹白云岩	桑郎组硅质页岩		D _{3w}	D ₃		D _{3s}
	中统	独山组		鸡窝寨段灰岩、白云岩		赫章铁矿山	D _{2d}	D ₂ D ₃ D ₄		D _{2s}
		章地组		宋家桥段紫红色砂页岩夹白云岩、灰岩	罐子窑组上段灰黑色燧灰岩、泥质灰岩、白云质灰岩；下段深灰至黑色薄至中厚层泥灰岩、泥岩夹白云岩、灰岩		D _{2d}	D ₂		
				鸡泡段白云岩		菜园子1、2号矿脉	D _{2d}	D ₂ D ₃ D ₄		
		邦寨组		上部灰色薄至中厚层石英砂岩、泥质砂岩；下部灰白色至深灰色石英砂岩，含铁砂质页岩夹砂质白云岩，含1~6层鲕状绿泥石菱铁矿及鲕状赤铁矿		赫章大而贫沉积铁矿	D _{2b}	D ₂		
	下统	龙洞水组		顶部白云质砂岩；浅灰至灰色泥质灰岩及白云质灰岩；底部浅灰色中厚层细粒砂岩		菜园子B ₂ 、B ₃ 似层状矿	D _{2f}	D ₂ D ₃ D ₄		

* 据贵州冶金地质二队、10

系	统	组	岩性	含矿区		地层对比			
				菱铁矿	铅锌矿	区域	赫章	水城	普安
志留系	下统	舒家坪组	上部黄白至黄灰色砂质页岩、细砂岩、白云质砂岩；下部灰色泥质白云岩夹灰岩			D _{1s}	D _{1s}		
		丹林群	上部灰褐色中厚层含铁质石英砂岩；下部灰白至灰黄色中至厚层石英砂岩，局部夹钙质泥灰岩			D _{1dn}	D _{1dn}		
	志留系	区	上部灰绿及黄绿色页岩、砂质页岩、泥质粉砂岩；下部紫红色页岩、砂质页岩夹灰色薄层至中厚层细粒石英砂岩			S			

* 据贵州冶金地质二队、108队、113队、112队整理。

半开阔多湾海。

赋矿的特点是：①菱铁矿、铅锌矿矿体围岩皆为碳酸盐类岩石，一般为泥晶—粉晶白云岩及灰岩；②水动力不强的滞流带，常见碳酸盐岩具平行层面的条带或层理；③变盐度为主的生物化石少而简单；④矿体及围岩见黄铁矿及少量碳质的还原—半还原环境。

2.构造控矿特征 据主要结构面力学性质分析，斜跨全区的北西向构造，属区域性东西向压应力作用下，于晚古生代初期形成，中生代末期

定型。该区菱铁矿、铅锌矿矿床产于北西向构造带内的背斜（包括某些特定的单斜）或背斜近轴部的两翼，矿体常呈雁行状排列，成群成组出现。

3.火成活动 该区有两种火成岩，一是玄武岩，具两次喷发期，即峨嵋山玄武岩和下石炭世玄武岩；另一是辉绿岩，侵入于海西期及燕山期（表2）。

4.矿床特征

矿物组成 菱铁矿床以菱铁矿为主，风化后为褐铁矿；铅锌矿床以闪锌矿、方铅矿为主。两

辉绿岩同位素年龄测定

表 2

编号	采样单位	产地及地质特征	$\frac{A_{40}}{K_{40}}$	年龄值 (百万年)
22-007	冶金部地质所	草海，近C ₁₀ 底部辉绿岩	0.0075	121
-007	"	"	0.0073	121
-016	贵州冶金地质二队	南屯，近C ₁₀ 底部辉绿岩	0.0073	121
017	"	"	0.0170	270
-018	"	"	0.0146	231
-015	贵州108地质队	白岩灰C ₁₀ 底部辉绿岩	0.0170	270
-019	"	普安欧场辉绿岩	0.0089	146
-025	"	水城鸡公山辉绿岩	0.0167	266
	"	水城黄家大山（C _{2nm} ）辉绿岩		151

者脉石矿物皆以方解石、白云石为主。

矿石结构构造 菱铁矿石主要有交代、粒状镶嵌、生物（生物残余）等结构；具层状、条带状、缝合线、块状、浸染状、脉状、晶洞及角砾

等构造。铅锌矿石具交代、熔蚀、粒状、脉状或充填等结构；呈条带状、块状、晶洞及角砾状等构造。

围岩蚀变 两种矿床的围岩蚀变均简单而轻

微，常见碳酸盐化（白云石化及方解石化）和少量重晶石化、硅化。

矿体形态、产状 赫章菱铁矿体呈层状、似层状及脉状。产状平缓，倾向南西，倾角20°左右（图1）。水城菱铁矿体呈陡脉状产出，倾向

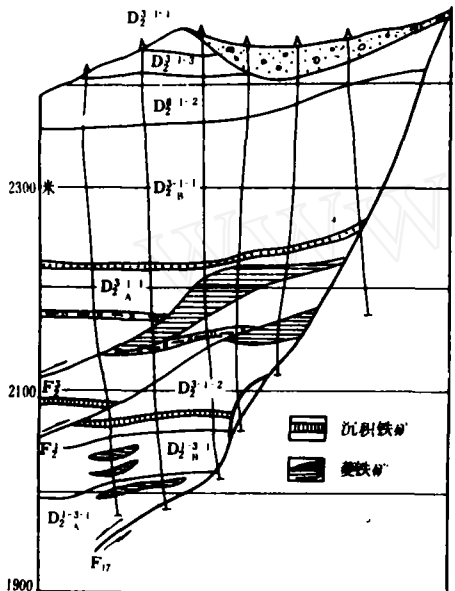


图1 赫章菜园子菱铁矿 A79剖面略图
(据 113 队整理)

北东，倾角65~90°，局部倒转，矿体有分枝复合，形态、产状变化大（图2）。水槽子及响水河为透镜体，不具工业意义。铅锌矿体呈脉状产出，倾向南西，倾角陡（70~80°），局部形态、产状变化也大（图3）。

由上述特征可见，该区矿床既显示沉积特点，又有某些“热液”特点；不同矿床各有侧重，统归于层控矿床。

同位素测定及其特征

该区菱铁矿、铅锌矿分别测定过铅同位素 9

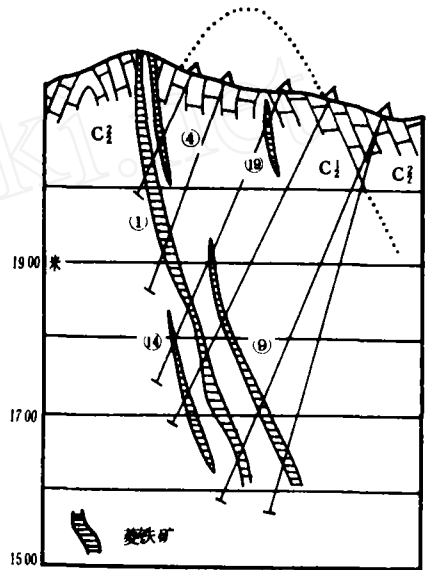


图2 水城观音山菱铁矿 22-22' 剖面略图
(据勘探资料整理)

件，硫同位素64件，碳、氧同位素各 8 件。

1. 铅同位素的测定及其认识 铅同位素组成测定结果见表3。 ϕ 值计算采用Doe 公式: $\phi = (y - b_0) / (x - a_0)$, $x = Pb^{206} / Pb^{204}$, $y = Pb^{207} / Pb^{204}$, $a_0 = 9.307$, $b_0 = 10.294$ 。从卡龙三角模式图（图4）可见，该区多属J型铅，有少数正常

铅同位素组成测定结果（据 108 队整理）

表 3

样号	产地及地质特征	铅同位素组成								ϕ 值	Doe 年龄 (亿年)
		Pb^{204}	Pb^{207}	Pb^{208}	Pb^{206}	Pb^{207}	Pb^{208}	Pb^{206}	Pb^{207}		
y 3003	杉树林黄龙群白云岩中脉状铅矿体方铅矿	1.37	25.12	21.04	52.47	18.335	15.357	38.299	1.19	0.5608	-
26坑	"	1.53	24.96	21.07	52.62	18.488	15.607	38.977	1.18	0.58122	1.04
N2001	灰岩中					18.619	15.742	39.345	1.18	0.58507	1.59
N2002	"					18.542	15.716	39.264	1.18	0.58699	2.91
23-7	响水河 C1 大塘组灰岩中菱铁铅矿体中	1.34	25.25	21.08	52.33	18.842	15.731	39.052	1.20	0.57069	0.93
23-7-14	"	1.33	25.27	21.27	52.12	19.030	15.992	39.187	1.19	0.58785	2.92
菜铅 7797	菜园子 D1 ² 白云岩中细脉状方铅矿					18.507	15.701	39.100	1.20	0.58818	2.92
Pb27	普安					18.360	15.670	39.210	1.18	0.59381	2.98
Pb28	"					18.330	15.720	39.020	1.17	0.55702	-

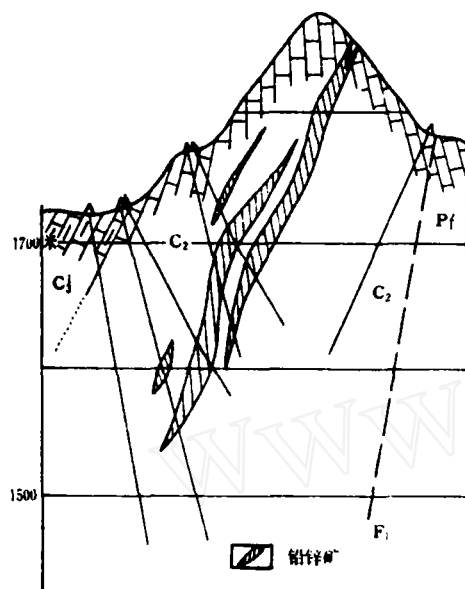


图3 水城杉树林铅锌矿12-12'剖面图
(据勘探资料整理)

铅，而无铀铅及钍铅。卡龙计算值见表4。

2.硫同位素测定及其认识 不同矿区(段)、不同矿种、不同硫化物的硫同位素组成变化见表

5.硫同位素测定(表6)及组成分布情况见图5。普安铅锌矿硫同位素 δS^{34}_{00} 相对变化在6.53~9.05,变化范围为5.20~-3.85,可与基性岩床及岩浆热液矿床类比。水城杉树林铅锌矿硫同位素 δS^{34}_{00} 相对变化在1.43~2.98,变化范围为10.51~16.99,属蒸发岩类,富重硫(S^{34}),菱铁矿矿床硫同位素组成呈跳跃式分布(δS^{34}),相对变化在19.88~33.00,变化范围为17.18~-15.52。

卡龙计算值 表4

序号	样号	原 值			卡龙计算值		
		206	207	208	206	207	208
1	26坑	18.19	15.61	38.98	25.30	21.36	53.34
2	X001	18.62	15.71	39.31	25.26	21.36	53.38
3	X002	18.51	15.72	39.26	25.22	21.38	53.10
4	23-7	18.81	15.73	39.05	25.59	21.37	53.04
5	23-7-14	19.00	15.99	39.19	25.61	21.56	52.83
6	集铅7797	18.51	15.71	39.10	25.25	21.13	55.33
7	Pb ₂	18.36	15.67	39.21	25.07	21.10	53.53
8	Pb ₂₈	18.33	15.72	39.02	25.08	21.51	53.10
9	Y3003	18.34	15.36	38.30	25.47	21.33	53.19

硫同位素组成变化表

表5

地 区	矿区(段)	矿 物	样数	变 化 范 围		备 注
				δS^{34}_{00}	相 对 变 化	
水 城	水槽子	方铅矿	2	-8.50 ~ 8.82	0.32	
	"	闪锌矿	1	-3.10		
	观音山	黄铁矿	4	17.48 ~ -15.52	33.00	菱铁矿体
	"	"	3	2.29 ~ 20.19	17.90	围 岩
	杉树林	"	1	16.99 ~ 14.67	2.32	铅锌矿体
	"	方铅矿	5	13.40 ~ 10.51	2.89	"
	"	闪锌矿	6	16.30 ~ 11.87	1.13	"
	"	黄铁矿	1	5.50		围 岩
赫 章	吊水岩	"	6	16.45 ~ 6.55	23.00	菱铁矿体
	"	"	2	9.45 ~ 17.88	27.33	围 岩
	铁矿山	"	1	11.42		菱铁矿体
	"	"	1	10.10		围 岩
	菜园子	黄铜矿	2	8.39 ~ 8.31	0.08	菱铁矿体
	"	黄铁矿	3	9.11 ~ 13.29	22.10	"
	"	"	5	11.59 ~ -20.72	32.31	围 岩
普 安	罐子窑	"	2	4.67 ~ -15.21	19.88	菱铁矿体
	"	方铅矿	1	-2.66		"
	"	闪锌矿	1	0.23		"
	"	黄铁矿	1	17.12		围 岩
	顶头山	方铅矿	7	4.49 ~ 3.85	8.34	铅锌矿体
	"	闪锌矿	5	5.20 ~ 1.70	6.90	"

该区选择了5对矿物硫同位素进行成矿温度计算(表7)与包裹体测温结果(表8)大体相同。

3.氧、碳同位素测定及其特征 氧、碳同位素研究程度较差,仅搜集观音山吊水岩8件样品

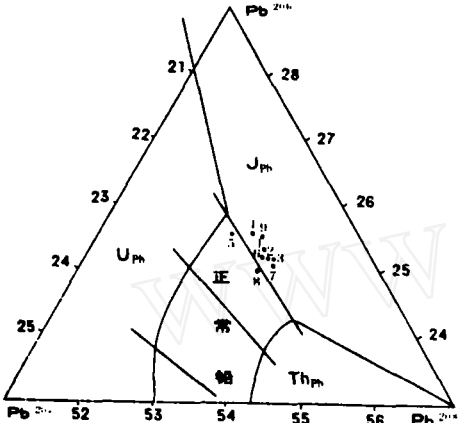


图4 卡龙三角形模式图

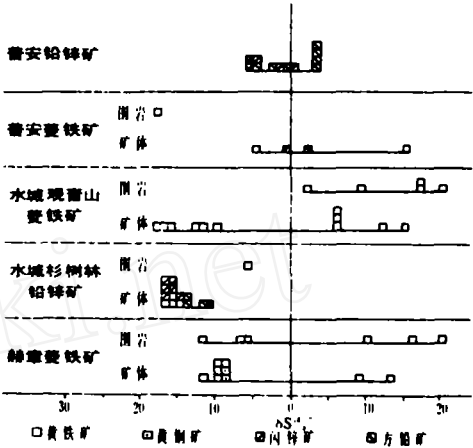


图5 硫同位素组成分布图

(观音山菱铁矿包括响水河、水槽子吊水岩菱铁矿;
赫章菱铁矿包括铁矿山及菜园子)

硫同位素测定结果

表8

编号	矿物	采样位置	$\delta S^{34}, \text{‰}$	编号	矿物	采样位置	$\delta S^{34}, \text{‰}$
8	方铅矿	水槽子菱铁矿体上盘(C ₁ d)	-8.82	106	黄铁矿	杉树林C ₁ 地表面泥质灰岩	5.50
78-4	"	"	-8.50	S2904	"	铁矿山菱铁矿体	11.45
"	闪锌矿	"	-3.10	S2888	"	铁矿山D ₁ '白云质灰岩	10.10
6	黄铁矿	观音山6号菱铁矿ZK ₄₆	-15.52	-2	黄铜矿	菜园子1号菱铁矿脉	8.39
7	"	"2050坑	17.48	-4	"	菜园子1号菱铁矿脉	8.31
9	"	吊水岩ZK ₀₃	16.45	-3	黄铁矿	菜园子1号菱铁矿脉	-9.88
VII10	"	观音山1950坑7号菱铁矿体	11.44	-520	"	菜园子II3似层状菱铁矿体	7.85
7876	"	观音山1790坑3号菱铁矿体	-12.30	-499	"	菜园子1号菱铁矿脉	-13.29
17-8	"	观音山CK257地表白云岩	-20.19	-530	"	菜园子II2似层状菱铁矿体	9.11
27013	"	观音山44线CK270灰岩	-17.16	-460	"	菜园子1号菱铁矿脉顶板	11.60
5	"	观音山地表C ₁ 地层	-2.29	-490	"	菜园子2号菱铁矿脉底板	-16.81
Q-001	"	吊水岩ZK ₀₁ 菱铁矿体	-6.02	-518	"	菜园子II3似层状菱铁矿顶板	6.79
Q002	"	吊水岩ZK ₀₂ "	-6.55	-0	"	菜园子D ₁ '围岩	-11.00
Q-003	"	吊水岩ZK ₀₄ 围岩	9.45	-433	"	菜园子1号菱铁矿脉底板	-20.72
Q005	"	吊水岩ZK ₀₃ 菱铁矿体	12.04	-502	"	沉积鲕状赤铁矿石	3.43
Q006	"	吊水岩ZK ₀₆ 菱铁矿体	-6.01	S02	"	普安Q1号菱铁矿体	-15.21
Q004	"	吊水岩ZK ₀₄ 围岩	-17.88	S04	"	"	4.67
7818	"	吊水岩ZK ₁₂ 菱铁矿体	15.30	S03	方铅矿	"	-2.66
4	"	杉树林W _T 31铅锌矿体	15.94	S06	闪锌矿	普安Q5号菱铁矿体	0.24
1	"	杉树林1690坑铅锌矿体	15.84	S01	黄铁矿	普安Q ₁ 泥灰岩	17.10
No001	"	杉树林铅锌矿体	16.99	IG06	方铅矿	普安202坑铅矿体	-3.68
W _T 26	"	杉树林W _T 26铅锌矿体	14.67	-07	"	普安201坑铅矿体	2.10
2	方铅矿	杉树林1690坑铅锌矿体	10.51	j01	"	普安D _{3d} 铅锌矿脉	4.57
11	"	杉树林1690坑铅锌矿体	11.53	08	"	普安主坑C ₁ 方铅矿体	0.95
78-79	"	"	13.40	j03	"	普安C ₁ 铅锌矿脉	-3.85
78-80	"	"	13.40	j04	"	普安C ₁ 方解石脉中方铅矿	-3.67
3	闪锌矿	杉树林1690坑铅锌矿体	14.87	IG08	闪锌矿	普安主坑闪锌矿脉	4.65
12	"	杉树林1600坑铅锌矿体	16.08	S13	"	普安C ₁ 铅锌矿体	-1.70
78-64	"	"	16.10	S11	"	普安条带状灰岩中铅锌矿	5.03
7865	"	"	15.60	09	"	普安D _{3d} 闪锌矿石	5.20
7866	"	"	15.90	10	"	"	-0.85
7859	"	"	16.30				

硫同位素矿物对成矿温度计算

表7

矿物对编号	采样地点	$\delta S^{34}, ‰$			成矿温度 计算, °C
		黄铁矿	闪锌矿	方铅矿	
78-4闪, 78-4方	水槽子II号菱铁矿		-3.10	-8.50	110
3闪, 2方	杉树林1690铅锌矿体		14.87	10.51	155
1黄, 3闪	"	15.84	14.87		283
1黄, 2方	"	15.84		10.51	145
12闪, 11方	"		16.08	11.53	147

计算公式: $T(^{\circ}C) = [A/(\delta S^{34}, ‰ B - \delta S^{34}, ‰ C)]^{1/2} - 273$

式中B、C分别代表矿物对:

常数A 黄铁矿-方铅矿 = 9.3×10^5 ,

A 黄铁矿-闪锌矿 = 3×10^5 ,

A 闪锌矿-方铅矿 = 8×10^5 。

包裹体测温结果 表8

矿区(段)	测温矿物	采样位置	测温结果, °C
水槽子	黄色菱铁矿	II号矿体	292
观音山	"	山T 1850, 3号矿体	282
吊水岩	"	R R' 钻孔	292
观音山	方解石	山T 1864	200
观音山	重晶石	山T 1790	240
杉树林	闪锌矿	1600采场	264
"	"	"	285
"	"	"	290
"	"	"	305
"	方解石	"	275
"	白色方解石	"	255
菜园子	灰色菱铁矿		165
"	黄色菱铁矿		165
猴厂	闪锌矿	三猴洞	220
"	"	"	220
"	方解石	"	140
"	重晶石	大猴洞	85~130

分析结果(表9)。据尤里研究, 氧同位素在石炭纪灰岩中 $\delta O^{18} = 23 \sim 25‰$ 。本区灰岩、泥质灰岩 $\delta O^{18} = 21.50 \sim 25.82‰$, 平均24.18‰, 属海相沉积碳酸盐岩。菱铁矿 $\delta O^{18} = 23.09 \sim 23.49‰$, 平均23.31‰, 亦属海相沉积产物。本区灰岩、泥质灰岩 $\delta C^{13} = 3.81 \sim 5.40‰$, 相对变化为1.59; 菱铁矿 $\delta C^{13} = -0.85 \sim 0.52‰$, 相对变化为1.37, 均属海相沉积碳酸盐类。利用基思和韦伯提出的方程对本区灰岩、泥灰岩及菱铁矿进行了计算(表10): $Z = a(\delta C^{13} + 50) + b(\delta O^{18} + 50)$, 式中 $a = 2.048$, $b = 0.498$ 。计算结果Z值全部大于120, 亦说明本区灰岩、泥灰岩、菱铁矿(包括灰

氧、碳同位素测定* 表9

编号	样名	$\delta O^{18}, ‰$	$\delta C^{13}, ‰$
Q5-1	灰岩	25.82	3.85
Q5-3	泥质灰岩	24.75	3.81
Q5-4	"	21.59	4.41
Q5-5	"	23.64	4.67
Q5-6	菱铁矿	23.09	0.52
Q5-8	灰岩**	25.11	5.40
Q5-9	菱铁矿	23.49	0.37
Q5-12	"	23.35	-0.85

* 北京大学测定。

** 菱铁矿中灰岩夹层。

表10

编号	样品名称	Z值(计算)	注
Q5 1	灰岩	148	菱铁矿体中夹层
Q5 3	泥质灰岩	147	
Q5 4	"	147	
Q5 5	"	149	
Q5 6	菱铁矿	140	
Q5 8	灰岩	150	
Q5 9	菱铁矿	139	
Q5 12	"	137	

岩夹层) 均属海相沉积。现将本区各矿床同位素特征综合如表11。

成因类型及成矿模式初探

该区菱铁矿、铅锌矿矿床有如下四种成因类型: ①岩浆热液矿床, 如普安铅锌矿(有人将此类型矿床归属于层控矿床, 因其赋存于一定的层位中); ②再造矿床: 如观音山菱铁矿及杉树林铅

同 位 素 特 征			对 应 矿 区
铅同位素	卡龙三角形模式图	正常铅 异常铅	响水河菱铁矿, 普安铅锌矿 赫章、响水河、普安菱铁矿, 杉树林铅锌矿
硫同位素	分 布 特 征		普安铅锌矿 杉树林铅锌矿 赫章、水城(观音山、吊水岩)、普安菱铁矿
	成 矿 温 度	矿物对计算温度	低温110, 149 中温283
		包裹体测温*	低温165 中温287, 280 高温305
氧、碳同位素	δO^{18} δC^{13}	沉积成因 海相沉积碳酸盐岩	吊水岩菱铁矿 吊水岩菱铁矿

* 为便于与同位素矿物对计算的成矿温度对比, 故将包裹体测温结果也列于此。

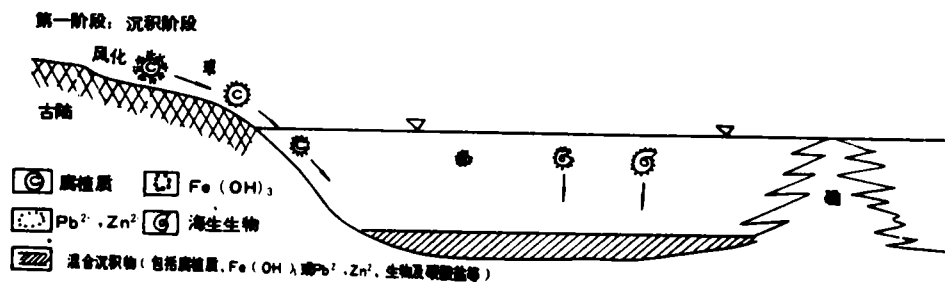


图6 成矿模式——第一阶段示意图

第二阶段：叠加、改造及再造阶段

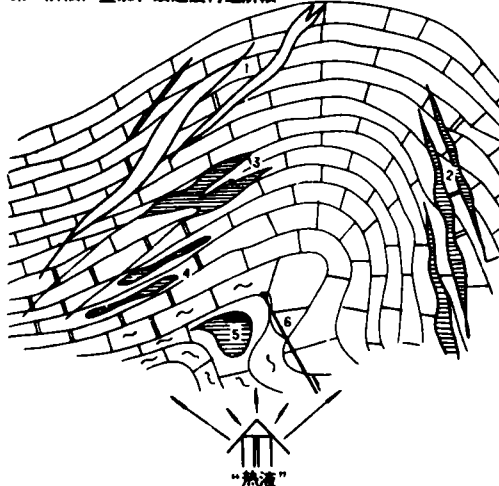


图7 成矿模式——第二阶段示意图

1—杉树林再造式铅锌矿; 2—观音山再改造菱铁矿; 3—菜园子“沉改”式菱铁矿; 4—菜园子“沉积叠加”式菱铁矿; 5—普安“沉积叠加”式菱铁矿; 6—普安铅锌矿

锌矿; ③沉积改造矿床: 如赫章菜园子脉状菱铁矿; ④叠加沉积矿床: 其一是同矿种叠加, 菱铁矿矿床有铁质及热力叠加, 如赫章层状、似层状菱铁矿; 其二是异矿种叠加, 如水城响水河菱铁矿被后期含铅锌矿液及热力叠加形成菱铁铅锌矿。

根据前述矿床特征及同位素资料分析, 认为本区成矿可分为两个阶段:

第一阶段——沉积阶段 在泥盆纪、石炭纪

时期,气候温暖潮湿,由于古陆风化剥蚀,铁质以氢氧化铁的形式在腐植质吸附作用下,经长途搬运,在适宜的环境下凝聚、沉淀。至陆源成矿物质供应终止,被上覆物质覆盖;在成岩阶段,封闭系统中氢氧化铁脱水还原,形成菱铁矿。

卡龙三角形模式图显示,本区主要存在正常铅,矿床硫同位素组成具塔式分布,表明存在岩浆热液。这是铅锌成矿物质的主要来源。石炭纪时期,在腐植质吸附作用的保护下,铅锌以离子形式搬运和沉积,造成上、中、下石炭世地层铅锌矿化、矿点分布广泛(图6)。此外,海生生物吸附及海底火山胶体吸附共沉,也是成矿的一种途径。

本区泥盆—石炭纪是一个半封闭的多湾海盆地,构成了有利的成矿环境。

第二阶段——叠加、改造、再造阶段 燕山运动本区构造轮廓基本定型。北西向深大断裂继承性的发展,形成了一系列同一方向的构造和有利的容矿空间。与此伴生的火成及热液活动影响于第一阶段形成的铁、铅锌矿,是成矿物质叠加、活化迁移及再沉淀的主要条件。

总之,本区菱铁矿、铅锌矿富矿的形成,沉积作用是基础,后期“热液”叠加、改造与再造是矿床加富的条件。叠加沉积、沉积改造及再造作用地区,是本区寻找富矿的有利地区。因此,在本区系统地开展较大比例尺的岩相古地理及构造研究,对各主要矿点进行同位素等测定及新技术新方法的应用,是加快矿点评价、寻找富矿的重要手段。

阳储岭钨钼矿床成岩成矿的热力学条件探讨及地质意义

陈炳才 卢宇

在岩矿工作中主要是应用热力学的原理,以实验或计算的方法定量回答矿物(矿物组合)或岩石(矿石)形成的物理化学条件,从而达到解释有关地质现象的目的。在阳储岭斑岩钨钼矿床研究的基础上,笔者以热力学为工具,对有关成岩成矿的某些物化条件作了探讨,并介绍了有关计算方法。

成岩热力学条件

(一) 杂岩体的成岩温度

1. 斜长石地温计的应用 M. Kodo(1970)提出应用斜长石斑晶与共存熔浆(基质)平衡的原

理,用计算公式求岩浆岩的淬火温度。据阳储岭杂岩体具有浅成—超浅成岩的特点,岩石具有斑状结构,因此可运用斜长石地温计求得石英闪长岩、花岗闪长岩和花岗闪长斑岩的侵位温度近似值。现选用Kodo提出的四个公式中的一个,并以花岗闪长岩为例进行计算。

$$P = 1000 \text{ 巴}, \ln \lambda / \sigma + 1.29 \times 10^4 \phi' / T \\ = 11.14 \times 10^{-3} T - 17.67 \quad (1)$$

式中 $\lambda = X_{Na} \cdot X_{Si} / X_{Ca} \cdot X_{Al}$ (基质), $\sigma = X_{Al} / X_{An}$ (斑晶), $\phi' = X_{Ca} + X_{Al} - X_{Na} - X_{Si}$ (基质), $X_{Na}, X_{Ca}, \dots$ 为相应成分的克原子分数。

克原子分数计算结果如表1。

阳储岭花岗闪长岩 $X_{Si}, \dots$ 计算表

表1

氧化物	重量 %	斑晶 An_{40} 的 化学成分	15% 斜长石斑晶 的化学成分, %	基质成 分, %	基质成分 原子数	克原子 分数 x
SiO_2	66.70	58.15	8.72	57.98	966	$x_{Si} = 0.74$
Al_2O_3	15.22	26.57	3.98	11.24	220	$x_{Al} = 0.18$
CaO	3.09	8.35	1.25	1.84	32	$x_{Ca} = 0.02$
Na_2O	3.59	6.92	1.04	2.55	82	$x_{Na} = 0.06$
总计					1300	