

金矿参考资料汇编

第六集

吉林省冶金地质勘探公司研究所

一九八一年

前 言

为了适应我国黄金地质找矿勘探和科研事业发展的需要和促进黄金地质科研成果的交流，我所继续汇编了《金矿参考资料》第六集。在此汇编中共收集了21篇文章。汇编包括三部分内容：

第一部份为金矿床硫、铅同位素特征和金矿床在区域构造上的分布及成因上的探讨和有关金（砂金）矿床的勘探方法等；第二部份为典型金矿床成因和对含金石英脉评价等；第三部份为译文介绍西澳金矿地质和金矿床的成因以及金的地球化学等。

本汇编的组稿、选编、核校工作由我所地质工程师杜希明同志负责。刘丽萍同志参加了此项工作。汇编中的附图由我所绘图组清绘。由于我们的水平所限难免有错漏之处，请批评指正。

1981年7月

目 录

中国金矿床硫同位素分布的某些特征	1
我国金矿床铅同位素的某些特征及其矿床成因意义	25
对我国内生金矿在区域构造上的分布和成矿时代的初步分析	39
板块构造与金的成矿作用	49
我国砂金类型和分布特征探讨	59
中国砂金类型划分及砂金来源与原生金矿关系的简要讨论	65
中国内生金矿成因类型划分讨论	73
变质热液型金矿地质特征及成因探讨	86
试论金矿的找矿与勘探	101
金矿地质采样、加工、化验方法的探讨	131
含金矿石矿物的工艺标型特征研究	142
湖南桃源沃溪金、锑、钨矿床成因及成矿机理研究	150
谈谈“双向受压”构造区与含金石英脉矿床	161
脉石英含金性评价的矿物学标志	173
西澳地盾耶尔岗地块太古代绿岩带与金矿地质基本特征	176
澳大利亚西部砷——金共生关系及其在金的找矿勘探中的应用	216
南非元古代地层中的金矿床	222
金矿床的成因	233
金——多金属建造中碳酸盐成分特征作为隐伏矿化的指标	259
热液中金、银浓度的实验资料	263
在浅成条件下侵入体结晶时，金的矿物平衡	272

中国金矿床硫同位素分布的某些特征

“中国重要类型金矿床”专题组

执笔: 王义文

(吉林省冶金地质勘探公司研究所)

本文为“中国金矿床同位素地质学研究”专题1980年年度报告之一。该专题自1977年开展工作以来,已积累了我国黑龙江、吉林、辽宁、河北、内蒙、山东、河南、安徽、浙江、湖南、广西、陕西、青海、新疆、湖北及四川等16个省(区)136个金矿床(点)1402个矿石硫同位素数据,133个岩石付矿物硫同位素数据和一大批矿石铅及同位素年龄数据。考虑到近几年已先后提交了6篇有关这个专题的论文^[1-6],而且该专题在81年度还要继续进行,故本文不拟去重复在上述论文中已讨论过的一些论点。

下列三个方面将是本文的重点:

- 1、统计计算和正理我国已有金矿床和各种地质体的硫同位素数据,以便兄弟单位从事金矿床地质工作的同志们参考。
- 2、对在80年度进展较大的一些地区和问题进行讨论,同时对一些有疑点的矿床和问题也提出来,以便在今后工作中共同注意。
- 3、探讨利用硫同位素进行金矿床评价的可能性。

中国主要金矿床硫同位素组成示于图1中,136个金矿床(点)硫同位素组成的统计数字列入表1中。

表1 中国金矿床矿石硫同位素组成表

序号	矿床(点)	样品 数目	δS^{34} 平均值 $\bar{X}$	δS^{34} 变化范围	极差 R	标准差 σ	测定矿物
1	团结沟	45	-6.3	-34.2~+5.0	39.2	9.6	Py43, Sb2
2	东风山	43	+2.3	-11.5~+10.7	22.2	3.0	Py26, Po17
3	八车力	7	+2.1	+0.9~+4.0	3.1	1.4	Py3, gn4
4	24号桥	3	+4.3	+3.1~+5.7	2.6	1.3	gn3
5	三道沟二区	8	+1.5	+0.6~+2.8	2.2	0.7	Py8
6	金城洞	9	+3.0	+0.3~+4.3	4.0	1.4	Py8, gn1
7	积水洞	13	+3.8	+3.3~+4.8	1.5	0.3	Py13
8	西崂子	2	+5.1	+4.2~+6.0	1.8	1.3	Py2
9	溜河	1	+3.5				Py1
10	小金沟	1	+5.9				Py1

续表 1

序号	矿床(点)	样品 数目	δS^{34} 平均值	δS^{34} 变化范围	极差 R	标准差 σ	测定矿物
11	海沟	25	-6.8	-14.1~-0.3	13.8	3.4	Py15, Po1, gn9
12	南八家子	1	+4.2				gn1
13	四道岔	18	+5.8	+3.2~+7.1	3.9	0.9	Py16, gn2
14	夹皮沟本区	10	+5.9	+3.6~+8.2	4.6	1.6	Py6, Cp2, gn2
15	八家子	3	+6.7	+6.7~+6.8	0.1	0.1	Py3
16	二道沟	43	+5.2	+1.5~+9.0	7.5	2.0	Py35, Sp4, gn4
17	三道岔	65	+6.0	+2.3~+11.9	9.6	1.2	Py54, Cp5, gn6
18	头道岔	2	+4.8	+4.5~+5.1	0.6	0.4	Py1, Cp1
19	大线沟	5	+5.2	+4.9~+5.8	0.9	0.4	Py5
20	小北沟	4	+6.9	+5.8~+7.4	1.6	0.7	Py2, Cp2
21	小东沟	3	+6.4	+5.4~+6.9	1.5	0.9	Py3
22	板庙子	9	+7.0	+5.0~+9.6	4.6	2.0	Py9
23	苇沙子	8	+6.5	+4.0~+11.8	7.8	6.2	Py6, gn2
24	红旗沟	19	+9.8	+2.2~+12.4	10.2	2.4	Py19
25	会全栈	1	-5.4				gn1
26	王家店	1	+3.3				gn1
27	金厂沟	8	+2.5	-0.4~+5.6	6.0	2.5	Py7, Po1
28	二道甸子	53	-4.5	-8.3~-1.2	7.1	1.5	po38, As7, py6, gn1, sp1
29	头道川	12	-1.4	-7.5~+6.7	14.2	3.0	Py12
30	弯月	3	-3.0	-3.3~-2.6	0.7	0.4	Py2, Cp1
31	东柳树	1	+0.5				gn1
32	小西南岔	28	+3.6	+2.1~+4.6	2.5	0.7	cp19, py4, po4, sp1
33	香炉碗子	5	+3.1	+2.5~+4.2	1.7	0.7	Py5
34	赤卫沟	1	-1.3				Py1
35	九三沟	15	+4.0	+2.4~+5.0	2.6	0.9	py10, po2, gn1, sp1, As1
36	线金厂	6	+5.4	+3.4~+8.9	5.5	2.2	Py5, gn1
37	棉花堡子(7)	17	+2.3	+0.5~+4.2	3.7	1.1	Py13, Po4
38	孙家沟	1	+3.6				Py1
39	五龙	38	+2.0	+0.9~+3.5	2.6	0.7	Py33, Po5
40	M12异常区	13	+6.3	+1.6~+9.9	8.3	2.5	Py13
41	吕家堡子	6	+5.7	+2.4~+12.2	9.8	3.7	Py3, gn2, Sp1
42	白云	8	-3.5	-8.5~+1.6	10.1	4.2	Py8
43	四道沟	35	+11.3	+10.1~+12.6	2.5	0.6	Py35
44	吴家堡子	16	+8.0	+5.8~+9.3	3.5	1.8	Py10, Sp4, gn2

续表 1

I 类

序号	矿床(点)	样品 数目	δS^{34} 平均值 $\bar{X}$	δS^{34} 变化范围	极差 R	标准差 σ	测定矿物
45	限子	3	+9.1	+7.8~+9.9	2.1	1.1	Py1, gn2
46	于家堡子	1	-1.7				gn1
47	王家东沟	7	+4.5	+3.1~+7.5	4.4	1.5	Py5, Po1, gn2
48	大安	11	+9.6	+1.7~+14.5	12.8	4.1	Py8, Cp2, As1
49-1	柏丈子(z)	5	+10.1	+9.2~+10.8	1.5	0.7	Py5
49-1	柏丈子(r)	5	+0.8	-0.5~+1.4	1.9	0.7	Py5
50	金厂峪	24	-3.1	-5.0~+3.2	8.2	1.4	Py24
51	老米沟门	23	-0.1	-1.5~+0.4	1.9	0.7	Cp10, gn7, Py6
52	三家	19	+1.1	-0.9~+4.4	5.3	1.3	Py11, Cp5, gn2Sp1
53	苗丈子	10	+3.2	-0.3~+4.2	4.7	1.3	As8, Py2
54	峪耳崖	46	+2.7	+1.6~+4.5	2.9	0.5	py39, po4, cp2, gn1
55	洼子店	38	+2.1	-0.1~+3.4	3.5	0.9	py30, gn3, cp3, sp2
56	王营	25	+2.3	+0.9~+5.8	4.9	1.1	Py25
57	小营盘 ⁽¹⁰⁾	9	-10.5	-13.1~-7.8	5.3		
58	马户沟	2	+2.4	+1.6~+3.1	1.5	1.1	Sp1, gn1
59	迷力营子	2	+2.1	+1.2~+3.0	1.8	1.3	Py1, gn1
60	金厂沟梁	2	-0.3	-0.4~-0.1	0.3	0.2	Py1, Cp1
61	二道沟(辽)	1	-3.3				Py1
62	小塔子沟	3	+4.6	+4.5~+4.8	0.3	0.2	Py2, Cp1
63	沙金沟	1	+1.5				gn1
64	安家营子	4	+1.1	+0.3~+2.1	1.8	0.9	Py4
65	杨寨峪	28	+2.7	-0.4~+4.5	4.9	1.5	Py28
66	金洞岔	3	+1.1	+0.1~+2.2	2.1	1.1	Py3
67	文峪	4	+2.4	-1.1~+4.4	5.5	2.5	Py3, gn1
68	灵湖	6	-1.4	-7.0~+5.3	12.3	4.9	Py6
69	蒿岔峪	10	-5.8	-9.3~+1.3	10.6	3.7	Py7, gn3
70	抢马峪	1	+4.7				Py1
71	池峪	1	+4.2				Py1
72	康山	7	+4.1	+0.1~+6.3	6.2	2.6	py4, cp1, sp1, gn1
73	祁雨沟	1	-0.9				Py1
74	九平沟	9	+8.7	+5.3~+11.6	6.3	2.1	Py8, cp1
75	二台子 ⁽¹⁶⁾	10	+11.6	+6.1~+18.5	12.4		
76	太洞沟	1	-0.7				Py1
77	围山 ⁽²⁴⁾	20	+3.7	+0.1~+5.2	5.1		py12, gn5, sp3

续表 1

序号	矿床(点)	样品 数目	δS^{34} 平均值 $\bar{X}$	δS^{34} 变化范围	极差 R	标准差 σ	测定矿物
78	松树南沟	17	+5.9	-0.2~+9.5	9.7	2.8	Py13, gn4
79	金山沟	3	+1.4	-0.7~+3.5	4.2	2.1	Py3
80	托里	8	-1.9	-7.0~+1.1	8.1	2.8	Py5, As3
81	齐求	4	+1.0	+0.6~+1.4	0.8	0.3	Py1, As2
82	玲珑	85	+6.7	+4.9~+8.5	3.6	1.4	py79, cp2, gn2, sp1, po1
83	龙虎斗	1	+6.8				Py1
84	丛家	5	-2.0	-3.8~-0.1	3.7	1.7	Py4, Cp1
85	栾家河	2	+2.4	-1.3~+6.0	7.3	5.2	Py2
86	东曲家	1	+4.9				Py1
87	原瞳	1	+5.3				Py1
88	草沟头	1	+6.3				Py1
89	灵山沟	9	+7.4	+6.4~+8.8	2.4	0.8	Py1, Cp2
90	黄埠岭	22	+7.8	+7.0~+8.8	1.8	0.5	Py20, Cp2
91	北截	4	+9.1	+7.6~+9.7	2.1	1.0	Py4
92	王家沟	1	+9.2				Py1
93	洼孙家	1	+6.8				Py1
94	陈家	1	+9.3				Py1
95	河东	1	+10.0				Py1
96	望儿山	2	+8.5	+6.9~+10.0	3.1	2.2	Py2
97	新城	13	+9.5	+7.9~+10.7	2.8	1.0	Py12, Cp1
98	龙埠	1	+9.8				
99	焦家	7	+10.1	+8.7~+10.6	1.9	0.8	Py7
100	三山岛	4	+12.1	+11.0~+12.6	1.6	0.3	Py4
101	唐家沟	7	+7.7	+6.9~+8.5	1.6	0.6	Py7
102	金青顶	6	+8.3	+6.6~+9.1	2.5	0.9	Py4, Cp2
103	三甲	8	+7.8	+6.5~+9.2	2.7	0.8	Py7, Cp1
104	掖县城东	1	+3.7				Py1
105	西林	1	+6.0				Sp1
106	铜井	4	+3.3	+3.1~+3.6	0.5	0.2	Py2, Cp2
107	马山	49	+6.5	+4.9~+10.4	5.5	1.8	py26, py14, As4, sp3, gn2
108	遂昌	2	+1.9	+1.3~+2.5	1.2	0.8	Py2
109	西冲	10	-12.8	-14.3~-9.7	4.6	1.6	Sb8, Py2
110	黄金洞	6	-6.6	-8.2~-5.6	2.6	0.9	Py3, As3
111	符竹溪	4	-5.3	-7.3~-3.1	4.2	1.8	Py2, Sb2

续表 1

序号	矿床(点)	样品 数目	δS^{34} 平均值 $\bar{X}$	δS^{34} 变化范围	极差 R	标准差 σ	测定矿物
112	沃溪	17	-2.2	-4.0~+2.2	6.2	1.6	py11, sb4, sp1, gn1
113	柳林叉	3	-0.9	-4.8~+1.5	6.3	3.5	Py3
114	合心桥	4	+1.9	-0.7~+4.6	5.3	2.2	Py2, Sb2
115	板溪	23	+5.1	+3.3~+7.3	4.0		Sb18, As3, Py2
116	沧浪坪	4	+7.0	+6.8~+7.2	0.4	0.2	Py4
117	漠滨	9	+7.9	+6.0~+9.2	3.2	1.2	Py6, As2, gn1
118	龙山	10	+0.4	-2.1~+4.6	6.7	2.3	sb6, As2, Py1, cp1
119	丰家湾	1	+13.0				Sb1
120	下苏溪	2	-24.8	-32.3~-17.2	15.1	10.7	Py1, Sb1
121	庵堂冲	2	+0.1	-0.8~+1.0	1.8	1.3	Sb2
122	龙洞	1	+1.0				Sb1
123	梓溪	1	+12.8				Sb1
124	王家冲	1	-4.4				Sb1
125	刘家湾	1	+8.5				Sb1
126	花岩冲	1	+1.1				Cp1
127	饮兴***	6	-6.9	-8.2~-2.1	6.1	2.2	Py6
128-1	桃花**	7	+2.1	+0.4~+3.1	2.7	0.7	Py7
128-2	桃花***	11	-4.0	-7.3~+1.1	8.4	2.9	Py11
129	六岭**	13	+2.7	+1.3~+6.2	4.9	1.3	Py13
130	古袍**	13	+3.8	-0.4~+8.0	8.4	1.9	Py11, Cp2
131	古济冲**	5	+6.0	+4.7~+7.0	2.3	1.2	Py5
132	马房窝	4	+8.1	+4.7~+9.5	4.8	2.3	Py4
133	张全庄	3	-2.3	+0.1~+3.5	3.4		
134	鸡笼山	7	+3.7	+0.9~+6.1	5.2	2.0	py2, co1, gn1, sp1
135	新立	7	-2.2	-2.9~-1.2	1.7	0.6	Py7
136	老座山	6	+4.7	+4.3~+5.3	1.0	0.3	As4, Py2
总计		1402					

注: Py—黄铁矿, Cp—黄铜矿, Sp—闪锌矿, gn—方铅矿, Po—磁黄铁矿,
As—毒砂, Sb—辉锑矿

* 49—2 为采自柏丈子金矿花岗岩中样品。

** 为桂林所测定结果。

*** 为地化所测定结果。

一、与太古代绿岩带有关的变质热液金矿床

该类矿床以太古代绿岩带为矿源层，区域变质(混合岩化)作用为成矿的主要营力，后来的构造—岩浆活动对早期形成的金矿化往往有显明的改造和再造作用。

国外太古代绿岩带一般是指同位素年龄大于27亿年的一套以富镁为特征的变质火山(沉积)岩系。根据鞍本、吉中、冀东和冀北一带的同位素年龄和矿石铅同位素资料，我国几个主要产区太古代绿岩带的年龄大于27亿年当为无疑。在此时期，当时大气中缺乏游离氧，形成硫的高价化合物(SO_2 、 SO_4^{2-} 等)的可能性较小，而且生物活动微弱，故当时不大可能发生硫的大规模分馏。这一点已为太古界地层中硫化物的硫同位素组成(图2)及鞍山群地层中某些沉积—变质铁、铜矿床和变质热液金矿床的硫同位素组成所证实(图3、表2)

表二 辽东半岛鞍山群地层中某些矿床的硫同位素组成

地层时代	矿床	样品数目	δS^{34} $\bar{X}$ (‰)	δS^{34} 变化范围(‰)	极差R (‰)	标准差 σ	资料来源
Ar1	红透山铜矿	49	+0.8	-1.3~+2.6	3.9	0.8	本文
Ar2	棉花堡子铁矿	19	+1.5	-6.5~+4.2	10.7	2.8	[7]
Ar1	歪头山铁矿	8	-2.1	-3.9~+0.1	4.0	2.5	"
Ar2	南芬铁矿	25	-0.4	-4.2~+3.7	7.9	2.4	"
Ar3	弓长岭一矿区(铁矿)	5	-0.5	-1.5~+0.1	1.6	0.7	"
Ar3	弓长岭二矿区(贫铁矿)	10	+0.6	-2.8~+4.4	7.2	1.9	[8]
Ar3	弓长岭二矿区围岩	6	+6.5	+4.7~+9.5	4.8	1.5	"
Ar3—Pt1	五龙金矿	38	+2.0	+0.9~+3.5	2.6	0.7	本文

由图2、图3及表2可见，尽管在有些矿床中(棉花堡子、南芬)没有将与后期热液活动有关的硫化物剔除出去，但这些矿床的 δS^{34} 平均值 $\bar{X}$ 偏离陨石值仍不超过 $\pm 2\%$ ，而且变化范围与离散程度都不太大，极差 $R=1.6\sim 10.7$ ，标准差 $\sigma=0.7\sim 2.8$ 。

与太古代绿岩带有关的变质热液金矿床的硫同位素组成与上述太古界地层中的未发生明显分馏的硫化物和沉积—变质铁、铜矿床相似。根据龙岗—牡丹岭，营口—宽甸、燕山和小秦岭四个金矿成矿带32个金矿床的统计资料，除个别矿床外，大多数矿床 $\bar{X}=0.0\sim +7.0$ ， $R<10$ ， $\sigma=0.1\sim 2.5$ 。这类矿床的硫同位素特征已在“我国主要类型金矿床同位素地质学研究”和“中国东北部主要金矿床同位素地质学研究”两文中详细讨论过。这次仅补充了下述几个矿床的一些数据。

1、海沟金矿，过去认为该矿床与夹皮沟一带的金矿床相似，金矿化与鞍山群上部三道沟组地层的变质—混合岩化作用有关。根据近年来吉林省地质局黄金地质调查所的资料^[9]，认为该矿床产于两个大地构造单元之间的深大断裂带(古洞河断裂)中，矿化与呼兰群(青龙村群)的变质—混合岩化有关。该矿区共测定矿石硫同位素样品25个，皆以富集 S^{32} 为特征， $\bar{X}=-6.8$ ， $R=13.8$ ， $\sigma=3.4$ 。混合花岗岩与闪长玢岩中的硫化物也以富集 S^{32} 为特征，表明其与金矿化有成因关系。夹皮沟以东至海沟地区呼兰群斜

长角闪岩断续出露,沿呼兰群地层与海西(印支)花岗岩接触带可望找到与海沟相似的金矿床。

2、红旗沟、苇沙子金矿床赋存于所谓的呼兰群大理岩中,同位素年龄测定发现,与大理岩成互层的云母石英片岩有1645百万年的年龄值,侵入于该地层中的伟晶岩年龄为1618和1652百万年。这套地层与下伏的鞍山群三道沟组地层呈断层接触,变质程度较低、碳酸盐成分增加,似乎可与通化地区的老岭群对比。因此这两个矿床应划入元古代沉积-变质(再造)矿床中。与海沟金矿相反,这两个矿床以富集 S^{34} 为特征, $\bar{X}=+6.5\sim+9.8$, $R=7.8\sim10.2$, $\sigma=2.4\sim6.2$,与下节将提及的辽、吉两省元古界地层中金属矿床的硫同位素特征完全一致。这类赋存于碳酸盐层中的金矿床,具有明显的层控特征,在成因上与海底火山喷气及热水溶滤作用有关,在后来的变质过程中遭受到不同程度的改造或两造,这类矿床在夹皮沟地区应有较大的远景。

3、小营盘金矿赋存于崇礼-赤城大断裂以南,燕山沉降带北缘谷咀子组地层中,已测得该组地层的年龄为1553百万年。金矿石 δS^{34} 全为负值($-13.1\sim-7.8$)。根据河北地质局第二地质大队的资料^[10],“该矿床大部分赋存于侵蚀基准面以上,普遍受氧化,故主要为氧化矿石类型。”根据我们对金厂峪金矿的统计资料^[4],遭溶蚀及褐铁矿化的黄铁矿 $\bar{X}=-4.4$ (12个样品),轻微或未遭受溶蚀及褐铁矿化的黄铁矿 $\bar{X}=-1.8$ (12个样品)。即在矿石氧化过程中, δS^{34} 明显偏向负值。故推测小营盘金矿原生硫同位素组成应更接近陨石值,即其矿源层仍为太古代绿岩带。

4、小秦岭金矿带之灵湖金矿位于五里村-安家窑背斜北翼太华群变质岩系中。矿石 δS^{34} 以变化范围大和略偏向负值为特征, $\bar{X}=-1.4$, $R=12.3$, $\sigma=4.9$ 。另一特点是含金石英脉与伟晶岩,辉绿岩的硫同位素组成截然不同。伟晶岩(3个样品) $\bar{X}=+8.8$,辉绿岩(2个样品) $\bar{X}=+4.1$ 。根据沈阳地矿所姜信顺的资料,该矿床氧化深度大,因此坑内的黄铁矿几乎全变成褐铁矿,仅有残留体状“黄铁矿”。石英脉中出现重晶石也表明氧逸度升高。上述情况可能是造成矿石 δS^{34} 变化大的主要原因。嵩岔峪金矿硫同位素组成与灵湖金矿相似,且更富集 S^{32} , $\bar{X}=-5.8$, $R=10.6$, $\sigma=3.7$ 。造成这种情况的原因,可能也与矿石的氧化作用有关。

矿床、火成岩体和地层硫同位素特征的对比研究可以为解决成矿物质来源及成矿机制问题提供直接的证据。新获得的一些数据进一步证实,与太古代绿岩带有关的变质热液金矿床矿石硫同位素组成受地层和变质相带控制,矿石硫主要来自围岩。龙岗-牡丹岭金矿带夹皮沟-海沟地区的统计结果(图4、5)表明:鞍山群地层 δS^{34} 以接近陨石值为特征(绿岩带的证据之一)。相家店组地层 $\bar{X}=+2.7$, $R=7.3$, $\sigma=2.7$ 。三道沟组地层 $\bar{X}=+2.3$, $R=7.3$, $\sigma=2.1$ 。中、上鞍山群平均 $\bar{X}=+2.5$, $R=7.9$, $\sigma=2.3$ 。产于上述地层中的15个金矿床, $\bar{X}=+3.0\sim7.0$, $R=0.1\sim9.6$, $\sigma=0.1\sim2.0$ 。矿石硫同位素组成与围岩一致,且略重。

夹皮沟地区显生代花岗岩类侵入体可分为三期,其钾-氩等时线年龄分别为266,182和126百万年^[4]。属第一期的三道沟花岗岩闪长岩体,黄铁矿 δS^{34} 为+4.4。属第二期的四道岔花岗岩 δS^{34} 为+3.5,桦树林子黑云母斑状花岗岩则为+8.1。上述花岗岩类侵入体对区域变质过程中形成的金矿化往往具有明显的改造和再造作用,金矿化与上述

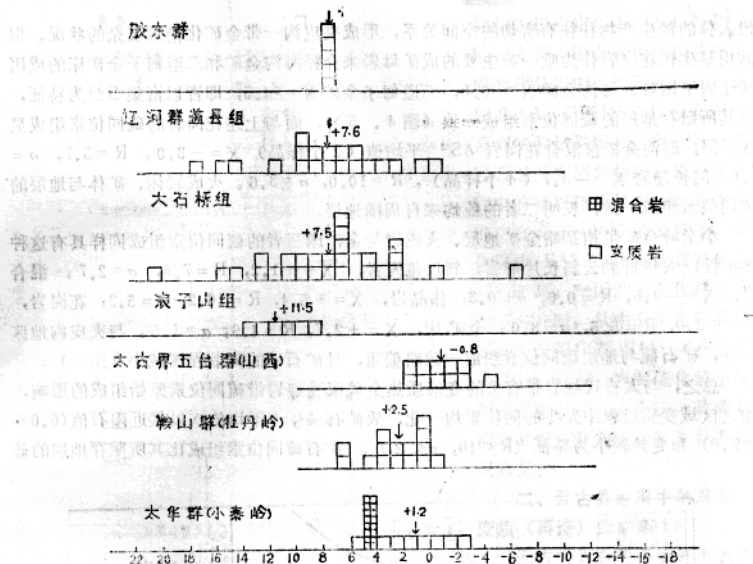


图2 我国前寒武纪地层中硫化物的硫同位素组成

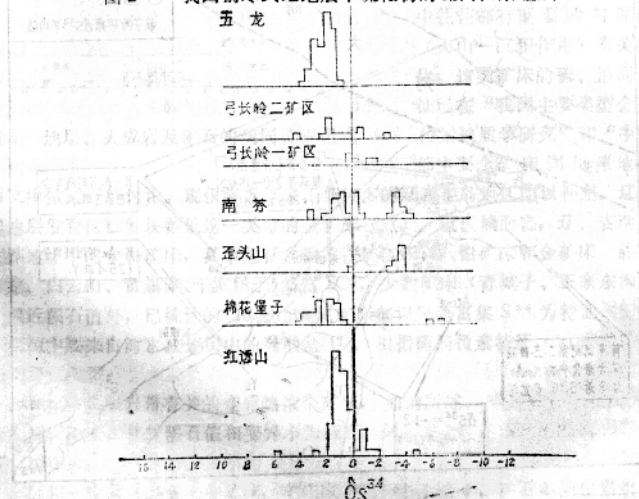


图3 辽东半岛铁、铜、金矿床的硫同位素组成

侵入体的派生产物往往有密切的空间关系,形成夹皮沟一带金矿化错综复杂的状况。但欲用显生代花岗岩作为唯一或主要的成矿母岩来解释海沟金矿和二道甸子金矿床的成因则迁到了困难。海沟金矿 $\bar{X} = -6.8$, 二道甸子金矿 $\bar{X} = -4.5$, 即皆以富集 S^{32} 为特征, 与其所赋存地层的硫同位素组成一致 (图 4、5), 而与上述花岗岩的硫同位素组成显然不同。海沟金矿区混合花岗岩 δS^{34} 平均值 (2 个样品) $\bar{X} = -3.0$, $R = 5.7$, $\sigma = 4.0$ 。闪长玢岩 $\bar{X} = -4.7$ (4 个样品), $R = 10.0$, $\sigma = 3.6$ 。火成岩体、矿体与地层的硫同位素组成一致, 表明二者的硫均来自周围地层。

总之,与太古代绿岩带有关的变液质热金矿床受绿岩带硫同位素原始组成的影响,加之区域变质过程中发生的同位素均一化,故矿石 δS^{34} 平均值 $\bar{X}$ 以接近陨石值(0.0~+7.0)和变异较小为特征($R < 10$, $\sigma < 2$)。矿石硫同位素组成比其所赋存地层的硫

图4 夹皮沟金矿带同位素地质图

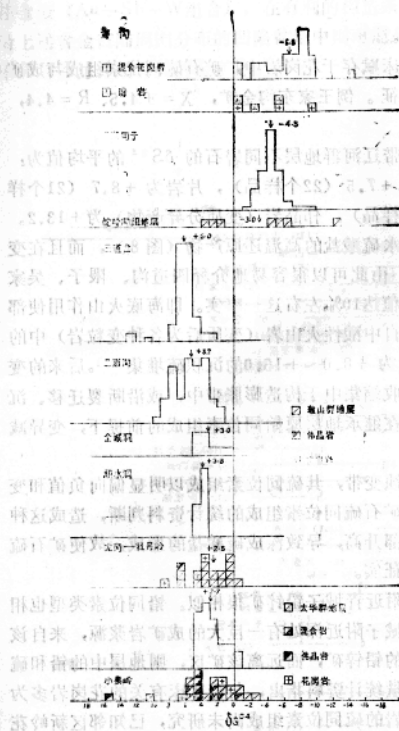


图5 地层、火成岩及矿石的硫同位素组成

同位素组成富集 S^{34} 达 1.7~3.5%，变质—混合岩化作用晚期形成的伟晶岩中 S^{34} 更富(图5)。正如 В. А. ГРИНЕНКО 根据一系列实验结果所指出的^[11]，“当岩石经受变质作用时，岩石硫化物中的硫以硫化氢的形式被带出，在高于 100℃ 的温度下，硫化氢中 S^{34} 的含量比黄铁矿和磁铁矿高。”“因此当硫化物在高温下分选时，从中分离出的硫总是富集重同位素 S^{34} （甚至达 4%），而与分离时硫化氢呈气相还是液相无关。”这一效应对前寒武纪变质热液金矿床具有普遍意义。

二、元古界地层中的沉积—变质（再造）金矿床

元古代为金的重要外生成矿期。太古代古陆周围的凹陷盆地中往往都有重要的与沉积作用（火山—沉积作用）有关的金矿化。这类矿床的硫、铅同位素特征已在“我国主要类型金矿床同位素地质学研究”和“中国东北部主要金矿床同位素地质学研究”两文中做过详细讨论。现仅将近年来工作较多的辽东半岛地区加以补充。辽东半岛辽河群地层发育区已发现数处这一类型的金矿床（点）。就区域而言，辽、吉两省赋存于元古界地层中的金属矿床，其中包括含铜黄铁矿矿床、锌、铅矿床和金矿床，除个别矿床（古龙、白云山、黄旗寨、于家堡子）略富 S^{32} ，少数矿床（青城子、王家东沟、秦家堡子）接近陨石值外，已统计的 30 多个金属矿床都以显著富集 S^{34} 为特征（图 6），表明矿石硫主要来自海水或地层中的硫酸盐^[12]。根据硫同位素特征，辽东半岛的金矿床可分为个三类型：

- 1、与太古代绿岩带有关的变质热液金矿床，如前所述，矿床赋存于鞍山群地层中，硫同位素组成以接近陨石值和变异小为特征。例五龙金矿， $\bar{X} = +2.0$ ， $R = 2.6$ ， $\sigma = 0.7$ （图 3）。
- 2、沉积—变质（再造）金矿床，矿床赋于辽河群地层中，矿石硫同位素组成受地层层位控制，往往以远离陨石值和富集 S^{34} 为特征。例四道沟金矿， $\bar{X} = +11.3$ 、

$R = 2.5$, $\sigma = 0.6$ 。限子金矿, $\bar{X} = +9.1$ 。

3、再生—重熔岩浆热液金矿床, 矿床赋存于花岗岩中, 矿石硫同位素组成与成矿母岩一致, 以接近陨石值和变异较小为特征。例王家东沟金矿, $\bar{X} = +4.5$, $R = 4.4$, $\sigma = 1.5$ 。

根据统计资料(图7), 草河口向斜一带辽河群地层不同岩石的 δS^{34} 的平均值为: 变粒岩为 $+7.5$ (9个样品), 大理岩为 $+7.5$ (22个样品), 片岩为 $+8.7$ (21个样品)。白云矿区蚀变片岩为 $+15.2$ (9个样品), 伟晶岩(变质分异产物)为 $+13.2$ 。上述数据表明辽河群地层中的硫主要为海水硫酸盐的高温还原产物(图8), 而且在变质过程中 S^{34} 进一步趋向富集和均一化。由此可以很容易地解释四道沟、限子、吴家堡子等金矿床矿石硫 δS^{34} 正向偏离陨石值达10%左右这一事实。即海底火山作用使部分海水硫酸盐还原, 这种富 S^{34} 的硫与来自中酸性火山岩(变质后为各种变粒岩)中的地幔硫混合, 即可形成辽河群地层中 δS^{34} 为 $+8.0 \sim +15.0$ 的沉积硫堆积^[13]。后来的变质作用和构造—岩浆活动使成矿物质沿层收缩集中于构造膨胀带中, 或沿断裂迁移、沉积形成脉状矿化, 在这一过程中硫同位素在继承地层原始同位素组成的前提下, 变异减小且使 S^{34} 进一步富集^[4]。

白云山金矿床的矿体为一些含金硅钾蚀变带, 其硫同位素组成以明显偏向负值和变异较大为特征。根据区域地层和金属矿床矿石硫同位素组成的统计资料判断, 造成这种情况的可能原因为该矿床形成时氧逸度局部升高, 导致深成硫酸盐的形成, 故使矿石硫化物的 δS^{34} 偏向负值。是否如此, 尚待证实。

王家东沟金矿床的硫同位素组成与其附近青城子铅锌矿很相似。铅同位素类型也相同。根据长地院林尔为付教受的意见, 青城子附近深处有一巨大的成矿岩浆源, 来自该成矿母岩的硫和重金属形成了青城子一带的铅锌矿, 而远离该矿区, 则地层中的铅和硫上升为成矿物质的主要部分。国内外的大量统计资料指出, 与金矿床有关的花岗岩多为再生—重熔产物。对王家东沟金矿区花岗岩的硫同位素组成尚未研究, 已知邻区新岭花岗岩一个黄铁矿样品的 δS^{34} 为 $+3.4$, 白云山矿区蚀变闪长岩为 $+5.8$ (2个样品), 与王家东沟金矿一致。考虑到该金矿矿石铅模式年龄为 6 亿年^[15], 大于成矿母岩的钾—氩年龄, 故推测金矿化与重熔—再生岩浆活动有关。

一个大型含金区往往具有不止一种类型的金矿化。太古代绿岩带金矿发育的含金古陆周围往往发育有元古代层状金矿, 而发育于该地区的显生代花岗岩类岩体亦往往具有含金性。金矿化的这种明显的继承性已为国内外若干矿区的实际资料所证实, 辽东地区又提供一例。

与辽东半岛地区类似, 湘西地区的金矿床其硫同位素组成亦具有明显的层控特征, 即地层层位对矿床的硫同位素组成具专属性。例赋存于冷家溪群地层中西冲金矿, $\bar{X} = -12.8$, 板溪群马底驿组地层中的一些矿床, $\bar{X}$ 接近于 0, 而赋存于五强溪组地层中的金矿床, 例如漠滨金矿, $\bar{X} = +7.9$ 。上述特征表明矿石硫的富集为地层中的沉积(火山沉积)硫沿层集中的结果。后来的区域变质和火成活动对早先形成的矿化往往具有明显的改造和再造作用, 形成所谓切层脉。故这类矿床应称为沉积(火山沉积)—变质(再造)金矿床。由这些区域性含金的古老地层重熔(断裂重熔)而形成的中、酸性岩体也往

往含金 (Au—Sb—W 组合)，在有利的构造条件下则形成重熔岩浆期后热液金矿床。沿上述含金古陆周围分布的凹陷盆地中则可能分布着更年轻的沉积—变质（再造）金矿床和与渗滤作用有关的金矿床。

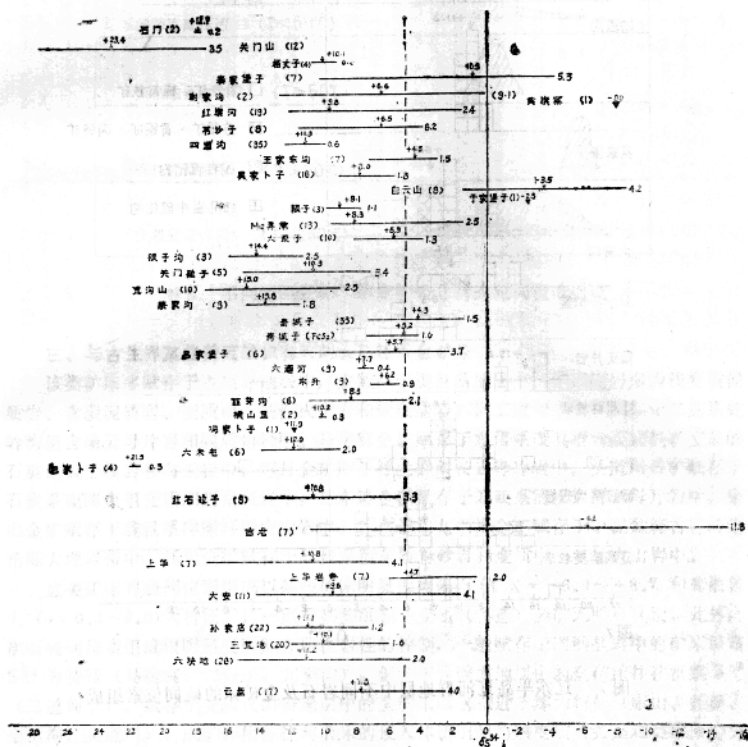


图 6 辽、吉地区元古界地层中金属矿床的硫同位素组成

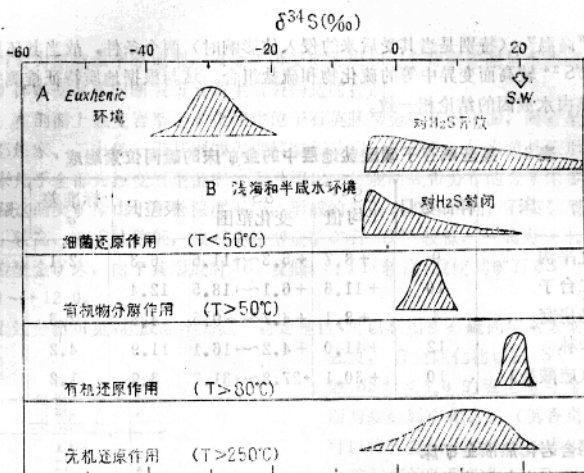


图8 不同还原条件下形成的硫化物的硫同位素组成

三、与古生界某些特定层位有关的变质热液金矿床

该类矿床多赋存于古生界地层中，少数产于震旦系地层中。矿床围岩多为浅变质泥质岩、含碳泥质岩、变质中—基性火山岩和碳酸盐岩。例二道甸子金矿赋存于二迭系蛇岭沟组含碳云母片岩和碳质角岩中。马房窝金矿赋存于志留系茂县群含菱镁铁矿变晶的石英绢云千枚岩和白云岩中。弯月金矿产于呼兰群斜长云母片岩中。头道川金矿赋存于石炭系鹿圈屯组变质细碧角斑岩中。桂东诸金矿赋存于寒武系清溪亚群云母片岩中。康山金矿赋存于震旦系群熊耳群安山岩中。二台子和九平沟金矿赋存于中泥盆统古道岭组角砾大理岩带中。托里金矿赋存于石炭系凝灰质粉砂岩和变质中—基性火山岩中。

这类矿床的硫同位素组成以某些矿床明显偏离陨石值 $\bar{X} = -6.9 \sim +8.7$ 和离散较大 ($\sigma = 0.4 \sim 3.0$) 为特征。这一点与某些沉积—变质(再造)金矿无明显区别。此外，矿石硫同位素组成很明显受所赋存层位岩性的控制，一般赋存于碳酸盐岩中的矿床以富 S^{34} 为特征(马房窝、二台子、九平沟)，但产于含碳质地层中的金矿床往往富集 S^{32} (二道甸子)。赋存于变质火山岩地层中的金矿床以 $\bar{X}$ 接近于零为特征(康山、托里、金山沟、头道川)。成矿作用往往与后来的侵入体所引起的热变质有关是这类矿床的另一特点。在较大的温度梯度下，成矿物质向低温扩容带迁移，在这一过程中往往使矿体稍富 S^{32} 。例如二道甸子金矿，围岩 δS^{34} 平均值为 -3.0 ，而矿石 δS^{34} 平均值为 -4.5 ，矿石硫较围岩“轻”1.5‰(图5)。

二台子、九平沟和马房窝金矿的硫同位素组成与美国卡林金矿很相似^[26]，以 $\bar{X}$ 较高和离散中等为特征(表3)。在一个对硫酸盐封闭的体系中或在高温条件下硫酸盐的还原作用可以造成这种结果(图8)。在地层中渗流的热卤水符合上述“封闭”(因硫酸盐