

司徒铺白钨矿床及其含矿溶液和岩体成因探讨

刘希禹

地质概况

司徒铺白钨矿区位于沅山杂岩体西北部岩体之内缘。矿(脉)带呈北北东向展布,距岩体与围岩之接触带数至数百米。矿区南北两端分别以倒皮垄和肖家冲两条区域性断裂为界。矿区面积约8 km²,从南至北,由杨家垅、牛喜仑—仑上和麻竹冲三个矿段组成。

1. 地层 从老到新,矿区出露地层有:

板溪群五强溪组(Ptbnw) 为一套砂岩、砂质页岩、页岩和火山碎屑岩组成的复理石建造。

震旦系下统江口组(Z_{1j})、湘锰组(Z_{1x})、洪江组(Z_{1h}) 由碎屑岩组成。

震旦系上统金家洞组(Z_{2j})、留茶坡组(Z_{2l}) 由硅质、炭质页岩夹碳酸盐类岩石组成。

寒武系小烟溪组(C_{1x})、探溪组(C_{2t}) 为一套深灰色泥灰岩、泥质条带灰岩、灰岩等,下部见黑色炭质板岩、板状页岩夹薄层硅质岩。

2. 岩浆岩 室内外研究表明,矿区岩体可明显分为两个阶段三次侵入。第一阶段第一次侵入($\gamma_1^{(1)}$)为粗粒—中粗粒似斑状黑云母花岗岩,呈残留顶盖式产出,分布于矿区东北部和西部边缘(图1)。第二阶段第一次侵入($\gamma_2^{(1)}$)为中粒—中粗粒黑云母二长花岗岩,与 $\gamma_1^{(1)}$ 呈侵入接触,分布广泛,并延至矿区外围。第二阶段第二次侵入($\gamma_2^{(2)}$)为细粒二云母二长花岗岩,呈小岩滴状,分布零星,见于 $\gamma_2^{(1)}$ 岩体中。

岩体钾氩法同位素年龄为190~206百万年。一组细粒黑云母二长花岗岩铷锆法年龄为194百万年。由此可见,矿区岩体当属印支晚期。

矿区侵入岩矿物及其含量表

表1

岩石名称		粗粒—中粗粒似斑状黑云母花岗岩	中粒—中粗粒黑云母二长花岗岩	细粒二云母二长花岗岩
侵入期次		$\gamma_1^{(1)}$	$\gamma_2^{(1)}$	$\gamma_2^{(2)}$
矿物含量, %	石英	28.9	33.4	35.3
	钾长石	27.5	30.8	31.5
	斜长石	23.9	28.5	25.5
	黑云母	9.0	5.6	4.6
	白云母	< 1	1.7	3.1
	角闪石	0~4	0	
斑晶	成分含量, %	正、中微斜条纹长石 8~15	正、中微斜条纹长石 1~3	黑云母、石英 斜长石、钾长石 <0.3
斜长石特征	牌号(核心+边部)	43~30~19	35~26~16	17
	环带构造	性质发育程度 环数 5~10, 最多40	正向较发育 3~5 最多10	一般无同左
	双晶	钠式, 卡钠式	同左	同左
	测定样品数	5	6	3

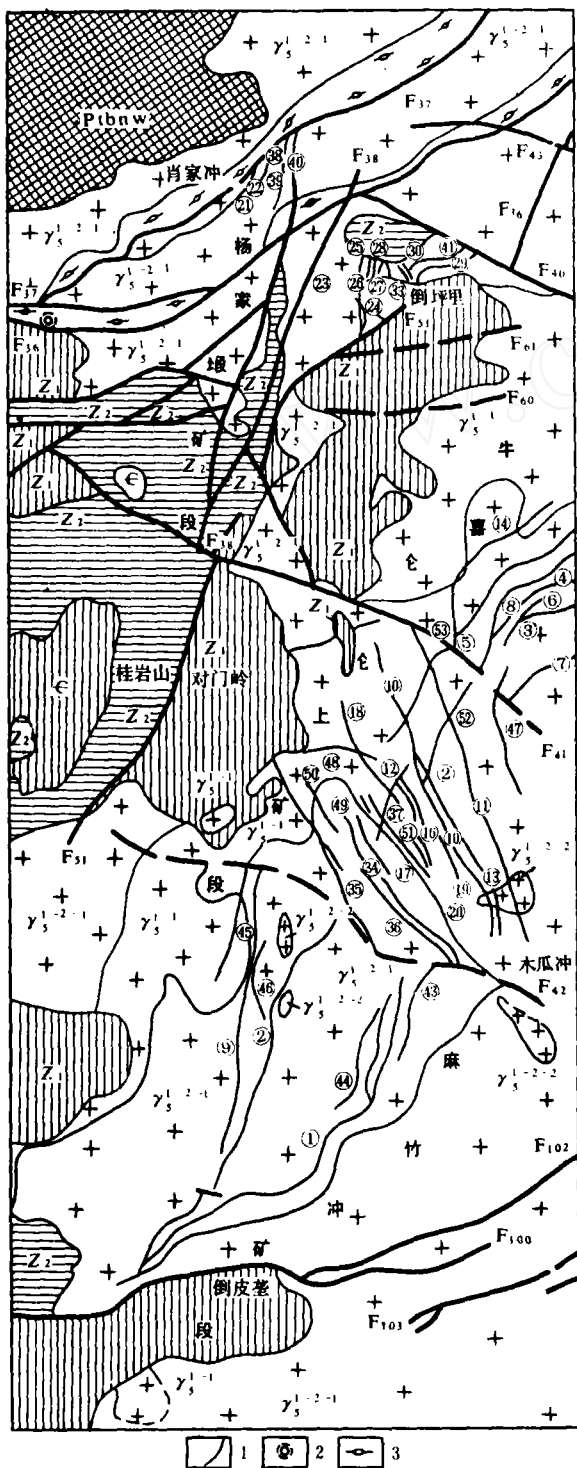


图1 司徒铺白钨矿区地质平面草图
 ϵ_1 —下寒武统; Z_2 —上震旦统; Z_1 —下震旦统;
 Ptbnw—板溪群五强溪组; γ_2^{1-2-1} —细粒二云母二长
 花岗岩; γ_2^{1-2-1} —中粒黑云母二长花岗岩; γ_2^{1-2-1} —粗
 粒斑状黑云母二长花岗岩; F_{40} —断层及其编号;
 ①—含白钨矿石英脉及其编号; 2—热液石英岩;
 3—糜棱岩

此外, 矿区还见有少量细粒花岗岩、细晶岩和伟晶岩等晚期岩脉。

3. 构造 矿区内断裂构造较为发育。在矿区南部近东西向的倒皮垄区域性断裂与北部北东向肖家冲区域性断裂之间, 有 F_{40} 、 F_{41} 、 F_{42} 三条北西向断裂, 将矿区分为四块。含矿裂隙可分为北东、北西、近南北和北北东向四组 (见图1)。

矿床特征 本矿床为一易选的云英岩—石英脉型白钨矿床。矿石物质成分简单, 有用矿物为白钨矿, 主矿体均呈脉状产出。矿脉可分为白钨矿云英岩石英脉型、含白钨矿电气石石英脉型和绢云母石英脉型三种。前者为矿区的主要矿化类型, 构成工业矿体。迄今矿区已发现含白钨矿石英脉数十条, 具一定工业价值。

根据矿物共生组合和含矿石英脉包裹体均一法测温资料, 存在两个温度区间, 一是 $280 \sim 337^\circ\text{C}$, 另一是 $200 \sim 250^\circ\text{C}$, 主要成矿期是 285°C 。矿床成因应属高—中温热液云英岩—石英脉型。

岩浆岩的岩石学和岩石化学特征

矿区内各次侵入岩的主要造岩矿物及其含量见表1。

根据岩石中石英、钾长石、斜长石百分含量, 投入图2中均落在3b区, 即属二长花岗岩。各类侵入岩的岩石学特征如下:

1. 粗粒—中粗粒似斑状黑云母花岗岩 (γ_2^{1-2-1}) 岩石为灰白色, 块状、似斑状构造。斑晶主要为自形钾长石和钠长石, 一般 $0.5 \sim 5 \times 3 \text{ cm}$, 最大 $3 \times 9 \text{ cm}$ 。斑晶分布均匀, 岩体边缘斑晶变小。基质由半自形的斜长石、黑云母和他形钾长石、石英组成。

2. 中粗粒—粗中粒黑云母二长花岗岩 (γ_2^{1-2-1}) 岩石具全晶质半自形粒状结构, 块状、似斑状构造。主要由石英、斜长石和黑云母组成。岩石中偶见电气石, 个别情况下可见电气石伟晶岩小透镜体。斑晶含量一般在 $1 \sim 3\%$, 主要为自形钾长石 (卡氏双晶、钠长石双晶发育), 斑晶大小一般为 $2 \times 0.8 \sim 4 \times 1.0 \text{ cm}$, 最大者可达 $7 \times 3 \text{ cm}$ 。斑晶中普遍见斜长石、黑云母和石英等包裹体, 有时沿钾长石环带分布

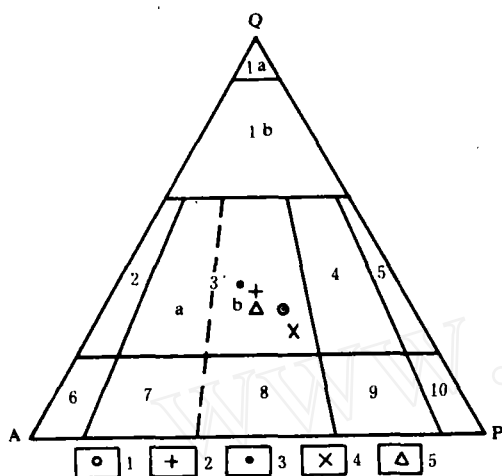


图2 矿区侵入岩Q—A—P投影图

(按国际地科联的分类)

岩石分类名称: 2—碱长花岗岩(钠长花岗岩、斜长石英花岗岩); 3—花岗岩, 3a—钾长石花岗岩, 3b—二长花岗岩; 4—闪长花岗岩; 5—英闪岩(英云闪岩)、斜长花岗岩

图例: 1— T_1 侵入岩; 2— T_2 侵入岩; 3— T_3 侵入岩; 4—流山岩体(T_4); 5—芙蓉山岩体(T_5)

矿区各期次侵入岩之化学成分特征表

表2

岩石类别	T_1	T_2	T_3	华南花岗岩值	戴里值	黎彤值	维诺格拉多夫值	燕山、印支期岩石值
样品数	7	15	10	108/166*		318	530	7
SiO ₂	70.51	72.19	74.19	69.99/72.29	69.21	70.40	71.00	72.26
TiO ₂	0.31	0.22	0.16	0.39/0.28	0.41	0.31	0.34	0.23
Al ₂ O ₃	14.40	14.05	13.60	14.42/13.69	14.41	14.48	14.30	13.51
Fe ₂ O ₃	0.40	0.69	0.69	1.23/0.90	1.98	1.38	1.54	0.90
FeO	2.57	1.88	1.59	2.34/2.05	1.67	1.77	1.85	1.77
MnO	0.039	0.030	0.030	0.07/0.08	0.12	0.08	0.05	0.07
MgO	0.96	0.68	0.40	1.00/0.59	1.15	0.94	0.74	0.51
CaO	1.97	1.47	0.89	2.34/1.37	1.93	1.93	1.82	1.30
Na ₂ O	2.90	2.89	3.02	3.16/3.09	3.48	3.77	3.62	3.27
K ₂ O	4.24	4.44	4.49	4.05/4.76	4.23	3.79	4.02	4.71
H ₂ O ⁺				0.51/0.67	0.85	0.65	0.75	0.55
P ₂ O ₅	0.13	0.11	0.080	0.14/0.13	0.30	0.18	0.15	0.09
CO ₂						0.32		
a	12.3	12.5	12.6	* 华南花岗岩平均值, 系根据中国科学院地球化学研究所《华南花岗岩的地球化学》资料; 此栏分数值中分子为二长花岗岩值, 分母为黑云母花岗岩值。				
c	2.4	1.7	1.0					
b	6.3	5.8	5.5					
S	79.0	80.0	80.9					
a'	30.5	40.7	50.7					
f'	44.1	40.1	37.4					
M'	25.4	19.2	11.9					
n	51.0	49.7	50.6					
φ	5.4	9.8	10.4					
t	0.3	0.2	0.16					
Q	31	33.3	35.6					
a/c	5.13	7.35	12.6					

3. 细粒二云母二长花岗岩 ($7\frac{1}{2}^{\circ}\text{N}$) 岩石呈深灰色, 花岗细晶结构, 块状构造。主要由钾长石、斜长石、石英、锂云母、黑云母和白云母等组成。黑、白云母含量呈反消长关系。矿物粒径一般为0.5~2 mm。

各期次侵入岩的岩石化学特征见表2。由表2可见: ①矿区第一阶段侵入体的化学成分与戴里、黎形和华南二长花岗岩的平均值相比, 大体相似。第二阶段侵入体的化学成分则比戴里、黎形和维诺格拉多夫值偏酸性, 尤以第二阶段第二次侵入体更为明显: 表现为 SiO_2 含量高, TFeO , MgO 和 CaO 值偏低。第二阶段第一次侵入体的化学成分与华南黑云母花岗岩平均值相比, 大体相近。②矿区花岗岩, 尤其是第一阶段和第二阶段第一次的侵入体, Na_2O 和 Fe_2O_3 含量比上述

各家均偏低, 均属铝过饱和系列。③由早期到晚期, 矿区花岗岩的化学成分变化有一定规律。其中, SiO_2 , K_2O 和 Fe_2O_3 递增; Na_2O 在第二阶段第一次侵入体中变化不大, 甚至有降低的趋势, 而在第二次侵入体中则有所增加。 TiO_2 , FeO , MgO , CaO , MnO , Al_2O_3 和 P_2O_5 则逐渐下降。

含矿流体 (溶液) 的同位素组成及流体类型

1. 含矿流体的稳定同位素组成

氧同位素 在矿区三个矿段的主要矿脉 (带) 共采集石英样12件, 进行 δO^{18} 测定和 $\delta\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}^{18}(\text{‰})$ 计算 (表3)。

表3中 XO_2 、 XO_5 之 $\delta\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}^{18}$ 出现负值, 可能是晚期或成矿后期雨水混入所致。

矿区氧同位素测定及 $\delta\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}^{18}$ 计算结果表

表 3

样品号	矿脉号	测定矿物	δO^{18} 测定结果, ‰	测定之均一温度, $^{\circ}\text{C}$	$\delta\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}^{18}$ 计算结果, ‰	$\delta\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}^{18}$ 平均值
XO_2	1	石英	+10.8	205	-0.49	
XO_1	3	石英	+11.3	337	+5.52	+5.621
XO_3	1	石英	+12.7	278	+4.94	
XO_4	3	石英	+12.7	337	+6.92	
XO_7	23	石英	+13.9	285 ²	+6.47	
XO_8	23 ²	石英	+12.2	285	+4.71	
XO_9	23	石英	+13.0	285	+5.46	
XO_{10}	23	石英	+13.5	285	+6.05	
XO_{12}	23	石英	+12.5	285	+5.07	
XO_6	电气石石英脉	石英	+13.8	285	+6.30	
XO_{11}	电气石石英脉	石英	+12.2	285	+4.77	
XO_5	晚期无矿石英脉	石英	+5.3	205	-5.99	

注: 测定者——地质矿产部宜昌矿产地质研究所同位素室。

计算公式—— $1000\ln\alpha_{\text{石英-水}} = 3.26 \times 10^{-3} T^{-2} - 2.98$ (据贝克尔, 1976)。

①绢云母化含钨石英脉。②23号脉——电气石石英脉, 无测温结果, 均以矿区最佳均一温度

285 $^{\circ}\text{C}$ 代替, 其余各脉均为测定值。测温数据未做压力校正。③采样时, 原矿区定为56号脉。

氢同位素 矿区共采取氢同位素测试样品2件, 进行了包裹体水 δD 测定 (表4)。

硫同位素 矿区共采取各主要矿脉和围岩硫同位素样品13件, 进行了硫同位素测定 (表5), 并与天然硫化矿中 $\delta\text{S}^{34}(\text{‰})$ 进行了比较 (图3)。

2. 矿区含矿流体 (溶液) 的类型

矿区含矿流体与各类已知含矿流体稳定同位素对比见图4、表6。由图表可见, 本矿区氢、

矿区 δD 测定结果表

表 4

样品号	测定矿物	包裹体中 $\delta\text{D}(\text{‰})$ 测定结果
80207 (XO_7)	石英	-50.9*
80209 (XO_9)	石英	-66.0

测定结果系地质矿产部宜昌矿产地质研究所同位素室提供。

* 相对SMOW。

矿区主矿脉及部分围岩硫同位素测定表

表 5

样品号	矿脉号	岩 性	测定矿物	$\delta S^{34}(\text{‰})$	S^{32}/S^{34}
XS ₁	1	含白钨矿化黄铁矿毒砂石英脉	黄铁矿	2.51	22.164
XS ₂	1	晚期含黄铁矿石英脉	黄铁矿	- 3.23	22.292
XS ₃	1	含黄铁矿白钨矿石英脉	黄铁矿	3.31	22.147
XS ₄	1	含黄铁矿白钨矿石英脉	黄铁矿	1.20	22.193
XS ₅	1	含黄铁矿白钨矿石英脉	黄铁矿	- 1.15	22.246
XS ₆	1	含白钨矿化黄铁矿毒砂石英脉	黄铁矿	- 2.68	22.280
XS ₇	23	含白钨矿化黄铁矿石英脉	黄铁矿	1.524	22.186
XS ₈	23	含白钨矿黄铁矿云英岩化石英脉	黄铁矿	0.805	22.202
XS ₁₀	围岩	含黄铁矿长英角岩	黄铁矿	18.42	21.818
XS ₁₁	围岩	含黄铁矿细粒长英角岩	黄铁矿	0.055	22.221
XS ₁₂	23*	含白钨矿黄铁矿云英岩化石英脉	黄铁矿	4.725	22.116
XS ₁₃	围岩	碎裂化含黄铁矿长英角岩夹灰岩	黄铁矿	8.34	22.036
XS ₁₄	5	含白钨矿黄铁矿云英岩化石英脉	黄铁矿	3.05	22.152

测试者：湖南省地质科学研究所同位素室。

* 原矿区定为56号脉。

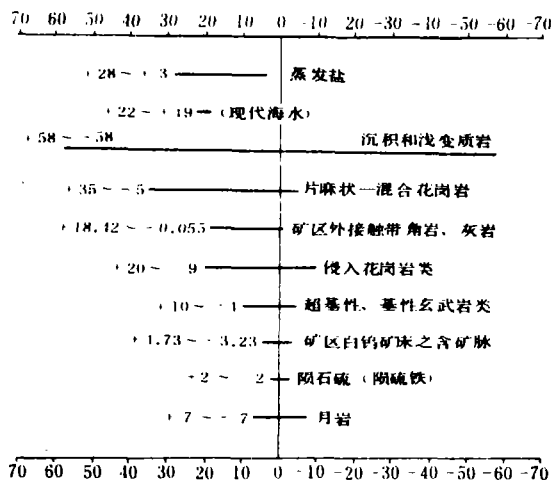


图 3 矿区及某些天然硫化物中 $\delta S^{34}(\text{‰})$ 对比
(据 Hoefs, 1973 修改)

氧、硫等同位素组成与原生岩浆水流体和混合岩浆水流体十分相近。岩体中锶同位素值高于原生岩浆水 (表 7)。原生岩浆水流体 Sr^{87}/Sr^{86} 初始值为 0.703, 矿区测定值为 0.7236。矿区石英中 $\delta O^{18}(\text{‰})$ 亦较高, 原生岩浆水流体为 6 ~ 12‰, 矿区测定值为 11.3 ~ 13.9‰, 平均 12.5‰。

根据 Megarilz 等 (1978) 的测试结果, 将某些火成岩和沉积岩中 $\delta O^{18}(\text{‰})$ 和 Sr^{86}/Sr^{86} 比值投入图 5。已获得的资料表明, 矿区花岗岩物质来自大陆沉积物; 含矿流体属混合岩浆水。

参照 B. W. 查佩尔等 (1974) 和徐克勤教

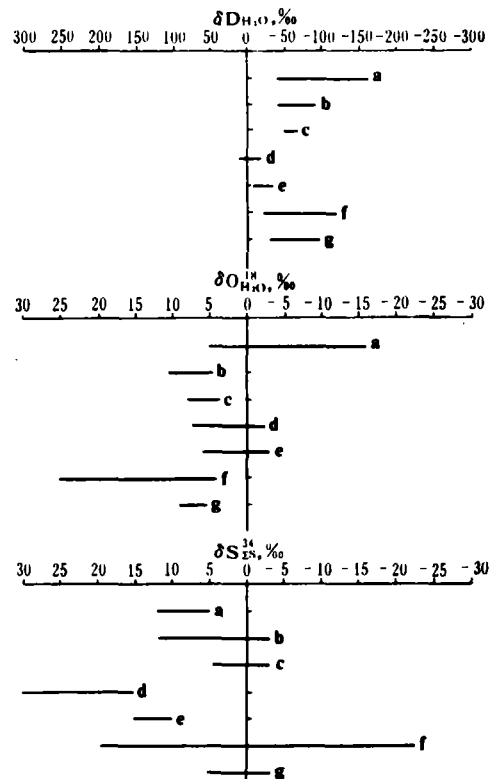


图 4 矿区与若干已知含矿流体稳定同位素组成对比
(据张理刚, 1980, 修改)

a—雨水来源的含矿溶液; b—混合岩浆流体;
c—矿区混合岩浆水含矿溶液; d—海水来源的溶液; e—原生水来源的溶液; f—变质水来源的溶液; g—原生岩浆流体

矿区含矿流体类型及若干已知含矿流体稳定同位素组成对比表*

表 6

含 矿 流 体 (溶液) 类型	$\delta D, \text{‰}$ (SMOW)	$\delta O_{H_2O}^{18}, \text{‰}$ (SMOW)	$\delta S_{15}^{34}, \text{‰}$ (CDT)
雨水溶液	-160 ~ -40	-17 ~ +5	+5 ~ +12
混合岩浆水流体	-90 ~ -40	+5 ~ +10.5	-3 ~ +12
海水溶液	-20 ~ +10	-2 ~ +8.0	+15 ~ +30
原生水溶液	-35 ~ -5	-3 ~ +6.0	+10 ~ +15
原生岩浆水流体	-100 ~ -30	+6 ~ +9	-3 ~ +5
变质水溶液	-120 ~ -20	+4 ~ +2.5	-20 ~ +22
司徒铺矿区含矿溶液	-66 ~ -50.9	+4.94 ~ +6.92	-3.23 ~ +1.725

* 据张理刚, 同位素地质学 (1980), 修改。

矿区铷锶样品测定结果表 表 7

样品号	岩 石	Rb ⁸⁷	Sr ⁸⁶	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶
		微克原子/克		
rH ₂₁	细粒花岗岩	1.1450	0.04890	0.79098 ± 0.00066
rH ₂₃	细粒花岗岩	1.1915	0.02048	0.88450 ± 0.00072
rH ₂₆	细粒花岗岩	1.0396	0.02987	0.79391 ± 0.00039
rH ₃₆	细粒花岗岩	0.89245	0.06879	0.75886 ± 0.00001

测定者: 地质矿产部宜昌矿产地质研究所同位素室。

采用常数: $\lambda_{Rb^{87}} = 1.42 \times 10^{-11} \text{年}^{-1}$, $t = 194 \text{mg}$,

相关系数 (r) = 0.9994, $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.7236$ 。

授 (1981) 分别对澳大利亚东南部和中国南岭花岗岩的研究, 司徒铺矿区花岗岩与改造型(S 型)花岗岩相当。根据铷同位素, 氢、氧、硫稳定同位素资料等分析, 矿区花岗岩物质来源应属陆壳

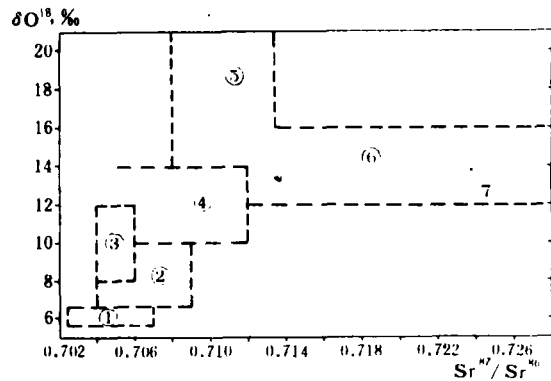


图 5 矿区 $\delta O^{18}\text{‰}$ 、 Sr^{87}/Sr^{86} 与某些已知

火成岩、沉积岩对比图

(据 Magarits 等, 1978)

①幔源物质; ②蚀变海洋玄武岩源; ③蛇绿岩玄武岩源;
④地槽沉积物 (暗色岩) 源; ⑤深海沉积物源; ⑥大陆
沉积物源; ⑦司徒铺矿区测定值 (矿脉中石英), $\delta O^{18}\text{‰}$ 为
12.5‰, 花岗岩中 Sr^{87}/Sr^{86} 为 0.7236

沉积物经深部 (局部) 重熔产生的岩浆侵入而成。

参加此项专题研究的有钟九思、喻水纯、蒋中和和周雪品等同志, 因此, 它是集体劳动的结晶。最后向提供各项资料的有关同志表示感谢。