

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

冀东遵迁滦地区变质杂岩 的氧同位素初步研究

崔文元 郑淑蕙

(北京大学地质学系)

本文对冀东遵(遵化县)迁(迁西、迁安县)滦(滦县)一带前震旦纪变质杂岩中一些共生矿物的氧同位素进行研究,讨论了与其有关变质作用温度、变质相和富铁矿成因等问题。

一、地质概况

工作区位于燕山东段,西起遵化,东经迁西、太平寨,往南经迁安、卢龙至滦县一带。

区内出露前震旦系为迁西群(桑干群)和单塔子群。从北到南变质程度由深到浅,即由麻粒岩相经绿帘角闪—角闪岩相到绿片—绿帘角闪岩相。分别划为三个地区:司(司马营)马(马城)长(长凝)地区、张庄—杨山地区和遵迁地区(图 1)。

司马长地区变质岩系为单塔子群白庙子组较上部层位。本区变质岩类型及其重要矿物共生组合以及按硅酸盐分析数据算出的 ACF 值列于表 1,根据表 1 编制的 ACF 图如

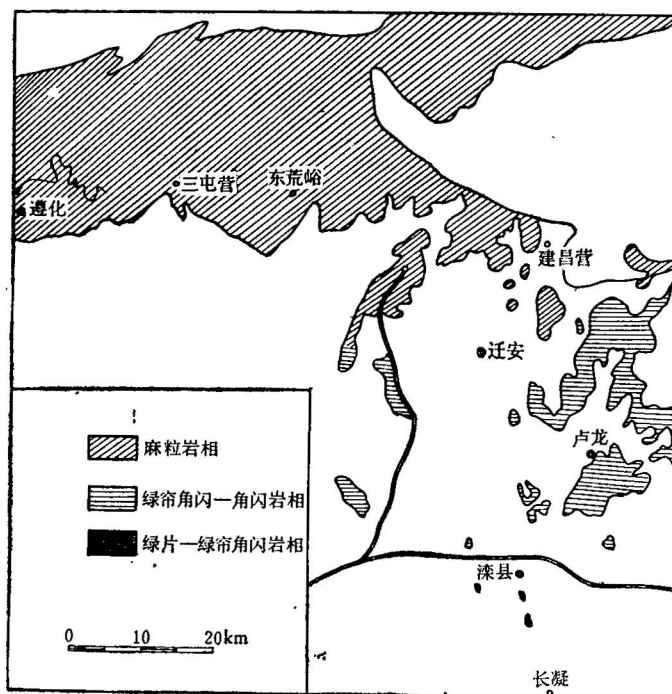


图 1 冀东遵迁滦一带变质相的分布略图

图 2。由表 1 和图 2 可见本区应属绿片岩相顶部到绿帘角闪岩相底部。其中马城的变质岩变质程度较深，其主要矿物共生组合和由硅酸盐分析值算出的 ACF 值如表 2，根据表 2 编制的 ACF 图如图 3。由表 2 和图 3 可见，该区已达到角闪岩相。

表 1

顺序号	样 号	岩石名称	主要矿物共生组合	ACF 值		
				A	C	F
1	7A-大9-12	黑 云 变 粒 岩	更长石-黑云母-黝帘石-石英	34.3	21.7	44
2	大-17-0	黑 云 变 粒 岩	更长石-黑云母-石英	30.6	6.9	62.5
3	7A-大9-5	角闪黑云变粒岩	中(更)长石-黑云母-普通闪石-石英			
4	7A-X4-1	石榴黑云变粒岩	更长石-石榴石-黑云母-石英			
		混合岩化普通闪石				
5	7A-大9-6		普通闪石-石英-磁铁矿			
6	7A-大9-8	磁 铁 石 英 岩	透闪石-阳起石-磁铁矿-石英			
		透 闪-阳 起 磁 铁				
		石 英 岩				
7	7A-S ₃₆₈ -5	蓝透闪磁铁石英岩	蓝透闪石-石英-磁铁矿			

表 2

顺序号	样 号	岩石名称	主要矿物共生组合	ACF 值		
				A	C	F
1	7A-M ₄₀ -14	黑云变粒岩	中长石-黑云母-石英			
2	7A-M ₉₆ -3	透辉角闪岩	斜长石-普通闪石-透辉石-磁铁矿	19.7	27.6	52.5
3	7A-M ₉₆ -4	镁铁闪石岩	斜长石-镁铁闪石-透辉石			

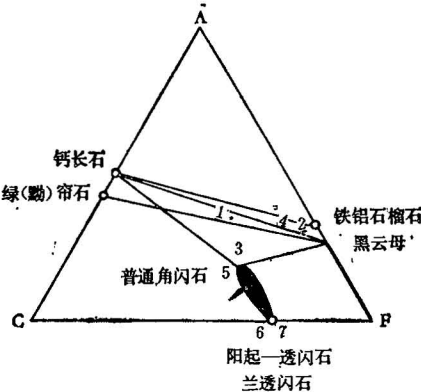


图 2 绿片—绿帘角闪岩相 ACF 图

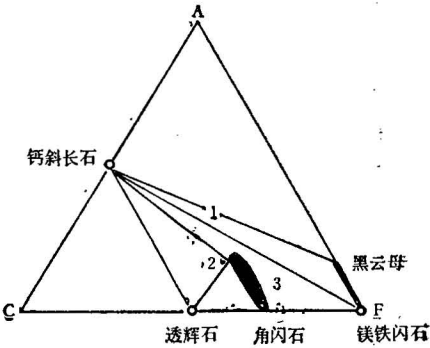


图 3 角闪岩相 ACF 图

张庄—阳山地区出露的变质岩系为单塔子群白庙子组。该区主要岩石类型及其主要矿物共生组合与司马长地区类似，其区别为透闪石-阳起石消失，而镁铁闪石、透辉石、铁铝榴石和普通闪石大量出现，在曹庄子一带出现了矽线石。根据矿物共生组合本区属绿帘角闪岩相，曹庄子一带为角闪岩相。

遵迁地区变质岩系属迁西群，主要岩石类型和主要矿物共生组合及由硅酸盐分析数

据而计算出的 ACF 值如表 3。根据表 3 而编制的 ACF 图如图 4。因本区紫苏辉石大量出现,故已为麻粒岩相,但退变质作用非常明显。

表 3

顺序号	样 号	岩石名称	主要矿物共生组合	ACF 值		
				A	C	F
1	7B-W-硅	矽线斜长片麻岩	矽线石-石榴石-斜长石-石英	49.59	3.84	46.58
2	7B-W-15	黑云紫苏片麻岩	黑云母-紫苏辉石-斜长石-石英	25.8	21.2	53.0
3	7A-B ₁ -1	紫 苏 麻 粒 岩	斜长石-紫苏辉石-黑云母-石英	27.7	18.4	53.9
4	7B-W-13	紫 苏 麻 粒 岩	斜长石-紫苏辉石-石英			
5	7C-Z-17	次透辉斜长角闪岩	斜长石-次透辉石-普通闪石	21.8	40.2	38.0
6	7B-W-9	斜长角闪辉石岩	紫苏辉石-斜长石			
7	7C-X-4	斜 长 角 闪 岩	普通闪石-斜长石	17.6	28.9	53.5
8	7C-X-17	斜 长 辉 石 岩	紫苏辉石-次透辉石-斜长石			
9	7B-W-11	磁 铁 石 英 岩	紫苏辉石-石英-磁铁矿			

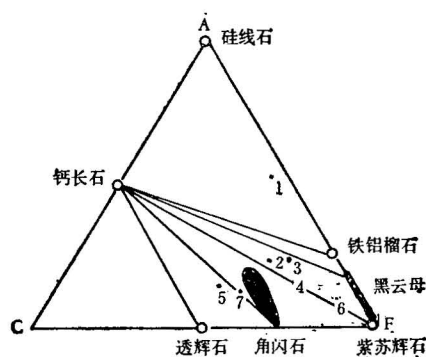


图 4 麻粒岩相 ACF 图

二、分析方法

氧同位素的分析方法系采用五氟化溴法^[1]。硅酸盐或磁铁矿在真空中与五氟化溴加热后析出氧气,直接将该氧气用西德 MAT-CH₃ 型质谱计进行分析,用双进样法求得氧同位素比值。样品的氧同位素比值用 δ 表示:

$$\delta O_{\text{样品}}^{18} = \left[\frac{(O^{18}/O^{16})_{\text{样品}}}{(O^{18}/O^{16})_{\text{标准}}} - 1 \right] \times 1000$$

实验室工作标准采用钢瓶氧气,经质谱校正系数校正,将分析结果换算为相对于标准平均海洋水 (SMOW) 的 δO^{18} 值。质谱分析精度为 0.1—0.2‰,产率均在 98% 以上。

磁铁矿、石英等样品均用磁选、电磁选、重液选等方法分离后,在双目镜下进行挑选,经化学分析,磁铁矿、石英的纯度在 98% 以上。

三、分析结果

表 4、5、6 分别为各变质相变质岩和混合岩中石英氧同位素、磁铁矿氧同位素和角闪

表 4 各变质相石英 δO^{18} 值的数据

样 号	变 质 相	岩 石 名 称	$\delta O^{18}(\%)$
7C-X-18	麻粒岩相	磁铁石英岩	13.59
7C-X-21	麻粒岩相	混合岩化磁铁石英岩	12.77
7C-Z-2	麻粒岩相	长英片麻岩	12.75
7A-B-1	麻粒岩相	紫苏斜长麻粒岩	12.38
S-N-1	麻粒岩相	磁铁石英岩	12.52
7C-X-1	麻粒岩相	片麻状混合岩	12.57
7C-X-3	麻粒岩相	片麻状混合岩	12.17
7B-D-5	绿帘角闪—角闪岩相	磁铁石英岩	15.51
7B-C-Fe	绿帘角闪—角闪岩相	透辉磁铁石英岩	15.78
S-Fe-2	绿帘角闪—角闪岩相	磁铁石英岩	16.59
7A-Y-18 ₍₄₎	绿帘角闪—角闪岩相	混合岩化石榴磁铁石英岩	13.85
7A-Y-28	绿帘角闪—角闪岩相	条带状混合岩	13.66
7A-P-3	绿帘角闪—角闪岩相	阳起石化磁铁石英岩	10.20
N ₂₆ -3	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	16.15
N ₂₆ -7	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	18.59
S ₁₂ -1	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	18.84
7A-S ₃₆₈ -11	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	18.59
7A-大 9-1	绿片—绿帘角闪岩相	肉红色片麻状混合岩	11.73
7A-大 9-6	绿片—绿帘角闪岩相	混合岩化普通闪石磁铁石英岩	9.79
7A-大 9-10	绿片—绿帘角闪岩相	混合岩化石英岩	9.74

石、石榴石氧同位素的数据。各表中样品是按变质程度由高到低的顺序排列的。混合岩类样品放在所产出变质相的后面。磁铁矿样品,除按变质相降低顺序排列外,钻孔中,无论是富矿还是贫矿都是按取样深度由浅到深的顺序排列的。

表 5 各变质相磁铁矿 δO^{18} 值的数据

样 号	变 质 相	岩 石 名 称	$\delta O^{18}(\%)$	取样深度 (米)
7C-X-18	麻粒岩相	磁铁石英岩	4.66	地表
7C-X-21	麻粒岩相	混合岩化磁铁石英岩	5.29	地表
7C-2-7	麻粒岩相	透辉角闪岩	6.04	地表
7B-W-1	麻粒岩相	磁铁石英岩	5.94	地表
水-4	麻粒岩相	磁铁石英岩(富矿)	7.46	距地表 4—8
水-4A	麻粒岩相	磁铁石英岩	5.53	4—8
水-5	麻粒岩相	紫苏磁铁石英岩(富矿)	6.51	4—8
水-5A	麻粒岩相	磁铁石英岩	5.47	4—8
7B-D-5	绿帘角闪—角闪岩相	磁铁石英岩	7.35	地表
7B-C-Fe	绿帘角闪—角闪岩相	透辉磁铁石英岩	6.75	地表
S-Fe-2	绿帘角闪—角闪岩相	磁铁石英岩	6.38	地表
N ₁₀ -1	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	4.97	265
N ₁₀ -2	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	2.87	283
N ₁₀ -3	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	1.36	292
N ₁₀ -4A	绿片—绿帘角闪岩相	碳酸盐绿泥磁铁富矿	0.24	295

续 表 5

样 号	变 质 相	岩 石 名 称	$\delta O^{18}(\%)$	取样深度 (米)
N ₁₀ -4 B	绿片—绿帘角闪岩相	碳酸盐绿泥磁铁富矿	-0.01	295
N ₁₀ -5	绿片—绿帘角闪岩相	透闪磁铁石英岩	-0.15	300
N ₁₀ -6	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	4.41	410
N ₁₀ -7	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	4.88	420
N ₁₀ -8	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	5.48	429
N ₁₀ -9	绿片—绿帘角闪岩相	透闪磁铁石英岩	5.92	4.39
		混合岩化普通闪石		
7A-大9-6	绿片—绿帘角闪岩相		4.80	地表
7A-大31-10	绿片—绿帘角闪岩相	磁铁石英岩	1.57	地表
		混合岩化斜闪磁铁石英岩		

表6 角闪石和石榴石 δO^{18} 值的数据

样 号	变 质 相	岩 石 名 称	矿物名称	$\delta O^{18}(\%)$
7B-D-11	角闪岩相	磁铁角闪透辉岩	普通闪石	9.59
7B-C-8	角闪岩相	斜长角闪岩	普通闪石	8.66
7C-b-24	角闪岩相	斜长角闪岩	普通闪石	9.71
7A-M96-3	角闪岩相	斜长角闪岩	普通闪石	7.46
7A-Y-32	绿帘角闪岩相	斜长角闪岩	普通闪石	7.81
7A-P-3	绿帘角闪岩相	阳起石化磁铁石英岩	阳 起 石	6.06
7A-Y-18(4)	绿帘角闪岩相	混合岩化石榴磁铁石英岩	石 榴 石	10.17
7A-Y-20	绿帘角闪岩相	混合岩化黑云变粒岩	石 榴 石	10.21
7A-Y-20(混)	绿帘角闪岩相	混合石榴长英脉体	石 榴 石	9.72

四、讨 论

(一) 变质作用的温度

近年来应用共生矿物对氧同位素组成差值来测定地质温度日益广泛。在常用氧同位素地质温度计中,石英-磁铁矿物对是最灵敏的。我们根据 R. H. Becker 等^[2]的石英-磁铁矿物对的氧同位素分馏曲线,测定各变质相的变质作用温度。R. H. Becker 确定的共生 $\delta O^{18}_{(\text{石英})} - \delta O^{18}_{(\text{磁铁})}$ 与温度关系如表 7,测得的各变质相变质作用温度如表 8。

表 7

$\delta O^{18}_{(\text{石英})} - \delta O^{18}_{(\text{磁铁})}$	+28.97	+20.32	+14.94	+11.34	+8.87	+5.50
温度(°C)	100	200	300	400	500	727

我们用 X 射线衍射仪测定各变质相斜长石 $d_{131}-d_{131}$ 值,用化学分析方法测出斜长石 An 含量,根据斜长石 $d_{131}-d_{131}$ 对温度关系图,导出了各变质相的温度。根据本区各变质相的矿物共生组合和实验矿物学资料对比也确定了各变质相的温度。上述两种方法确定的

表 8

样 号	变 质 相	δO^{18} (‰)		$\delta\text{O}^{18}(\text{石英}) - \delta\text{O}^{18}(\text{磁铁})$	温度(℃)
		石 英	磁 铁 矿		
7C-X-18	麻粒岩相	13.59	4.66	8.93	492
7C-X-21		12.77	5.29	7.48	582
7B-D-5	绿帘角闪岩相	15.51	7.35	8.16	535
S-Fe-2	到角闪岩相	16.59	6.38	10.21	440
7B-C-Fe		15.78	6.75	9.03	490
N ₂₆ -3	绿片到绿帘	16.15	5.14	11.01	410
N ₂₆ -7	角闪岩相	18.59	6.66	11.93	385

温度与氧同位素矿物对测定的温度对比如表 9。

表 9

温度 (℃) 方法 变 质 相	石英-磁铁矿氧 同位素温度计	矿物共生组合与 实验矿物学对比	斜长石温度计
麻粒岩相	492—582	750—850	410—460
绿帘角闪—角闪岩相	440—535	~500	400—450
绿片—绿帘角闪岩相	385—410	370—500	~400

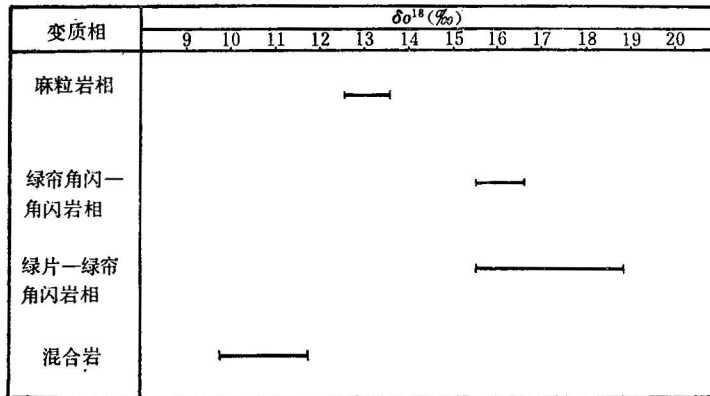
由表 9 可见，绿片—绿帘角闪岩相和绿帘角闪—角闪岩相用不同方法测定的结果基本上是一致的。而麻粒岩相用氧同位素温度计和斜长石温度计方法测得结果都低于麻粒岩相的温度。根据大量岩石薄片镜下观察表明，未受混合岩化影响的麻粒岩相地区的岩石，紫苏辉石转变为石榴石、角闪石等现象很普遍，说明本区退变质作用并不都是由混合岩化作用引起的。麻粒岩相氧同位素温度计测得的结果比麻粒岩相变质作用温度低得多，这可能反映了退变质作用温度和混合岩化作用的温度。

(二) 石英 δO^{18} 值变化规律

所分析的石英样品，尽管是从不同时代和不同时期变质作用形成的变质岩中分离出来的，但就其原岩类型来说，基本上都是中酸性火山岩及与其有成因关系的硅铁质岩石，也就是说原岩类型是近似的，那么变质前岩石 δO^{18} 值亦应近似。经变质后，受变质程度不同等影响，石英等矿物 δO^{18} 值发生了变化。

从表 4 和根据表 4 绘制的图 5 中可看出石英 δO^{18} 值变化的规律性。

1) 未受混合岩化和混合热液影响的岩石及矿石，其石英 δO^{18} 值随变质级的降低而增高。属于前一种情况的岩石，麻粒岩相四个样品的石英 δO^{18} 值在 12.38 到 13.59‰ 范围内变化，其平均值为 12.85‰；绿帘角闪岩相到角闪岩相三个样品，石英 δO^{18} 值介于 15.51 到 16.59‰，其平均值为 15.96‰；绿片—绿帘角闪岩相四个样品石英 δO^{18} 值在 15.54 到

图5 各变质相石英 δO^{18} 值变化范围

18.84‰ 范围内变化；这和希腊 Naxos 地区石英 δO^{18} 值变化规律是一致的^[3]。

2) 在麻粒岩相中，混合岩中石英 δO^{18} 值 (7C-X-1, 7C-X-3) 和未受混合岩化岩石中石英 δO^{18} 值近似，这可能在重熔混合岩化过程中未进行过氧同位素的交换作用。

3) 在绿帘角闪岩相-角闪岩相和绿片-绿帘角闪岩相中，以交代为主形成的各类混合岩中石英 δO^{18} 值明显低于相邻未受混合岩化岩石中的石英 δO^{18} 值 (表4和图5)。根据10个不同类型混合硅酸分析数据，用巴尔特化学计算法求出单位岩胞中元素的原子数，得出混合岩化作用过程中元素活动的基本趋势是 K、Na、Si 增加，Ca、Mg、Fe、Al、Ti 等元素降低。在元素带进和带出过程中氧同位素也一定进行了大量的交换，使石英 δO^{18} 值降低。从各类混合岩中石英 δO^{18} 值来看，在 9.74 到 11.73‰ 范围内变化，推断在混合岩化过程中，可能有地表水参加的混合热液与变质岩进行了氧同位素的交换作用。

(三) 磁铁矿 δO^{18} 值变化规律

根据表5和以前研究，该地区磁铁矿 δO^{18} 值的数据，可得出各变质相中磁铁矿 δO^{18} 值的变化规律如下：

1) 未蚀变的磁铁贫矿，随变质级的增高其 δO^{18} 的平均值略有增高的趋势。麻粒岩相贫矿中的磁铁矿 δO^{18} 值在 4.66 到 6.04‰ 范围内，4 个样品平均值为 5.40‰。在绿帘角闪—角闪岩相中贫矿的磁铁矿 δO^{18} 值在 6.38 到 7.35‰ 范围内，3 个样品的平均值为 6.82‰。在绿片—绿帘角闪岩相中，基本上未受蚀变影响的贫矿中的磁铁矿 δO^{18} 值在 4.41 到 5.92‰ 范围内，5 个样品的平均值为 5.13‰。

2) 富铁矿中磁铁矿 δO^{18} 值的变化由于其成因不同而出现了不同情况。

根据野外观察，在麻粒岩相磁铁石英岩中，发现厚约 1—1.5 厘米富矿夹层，出露长度断续约 10 米左右，该夹层与磁铁石英岩贫矿一样，层理非常明显，属沉积变质成因。为了对比，在该夹层中取了两个样品 (水-4 和水-5)，其磁铁矿 δO^{18} 值分别为 7.46‰ 和 6.51‰，平均值为 6.99‰。基本与相邻贫矿近似，这是因为它们成因相同的缘故。

在绿片—绿帘角闪岩相中，富矿和贫矿中磁铁矿 δO^{18} 值变化较复杂。为便于找出

其规律性,以表 5 中 N_{10-1} 至 N_{10-9} 的数据为例,编制成图 6。又根据所分析样品的光、薄片镜下观察,确定为混合热液富矿和受蚀变贫矿中磁铁矿,经测定分析 δO^{18} 值在 2.87 到 -5.50% 范围内,22 个样品的平均 δO^{18} 值为 -2.38% (数据见表 10)。

从图 6 可明显看出,富矿中磁铁矿 δO^{18} 值很低,随着远距富矿(向上或向下)而贫矿中磁铁矿的 δO^{18} 值渐增,一直到接近本区贫矿中磁铁矿的 δO^{18} 值。从这些事实出发,并观察到该钻孔中富矿附近及富矿本身有明显蚀变现象,可推断在磁铁矿富集过程中,热液到达地方与围岩发生了局部的氧同位素的交换,

使磁铁富矿和受蚀变的磁铁贫矿中磁铁矿 δO^{18} 值降低,但富矿和蚀变的贫矿与围岩并未达到氧同位素的平衡。又考虑到在绿片—绿帘角闪岩相中各类混合岩中石英 δO^{18} 降到 9.74—11.73‰ 范围,比该变质相未受混合岩化岩石中的石英 δO^{18} 值低得多,故推断

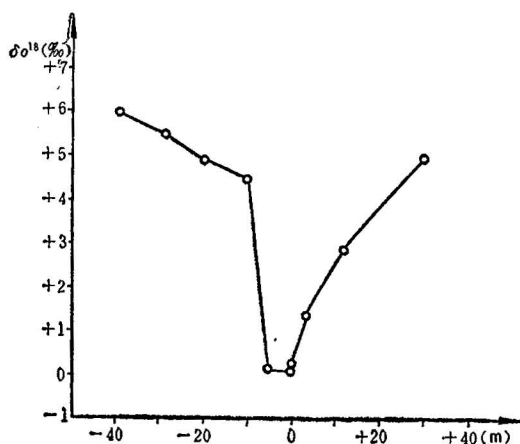


图 6 199 孔贫铁矿中磁铁矿 δO^{18} 值随距富铁矿距离不同的变化关系

(纵座标— δO^{18} 值; 横座标—钻孔深度与富矿距离。富矿位置为 0, 向上为正, 向下为负)

表 10 富矿和受蚀变贫矿中磁铁矿 δO^{18} 值数据

样 号	矿 石 名 称	变 质 相	δO^{18} (‰)
N_{10-2}	磁铁石英岩	绿片— 绿帘角 闪岩相	2.87
N_{10-3}	磁铁石英岩		1.36
N_{10-4A}	碳酸盐绿泥磁铁富矿		0.24
N_{10-4B}	碳酸盐绿泥磁铁富矿		-0.01
N_{10-5}	透闪磁铁石英岩		-0.15
S_2-3	黄铁矿化透闪磁铁石英岩		0.08
S_2-4	阳起磁铁富矿		-4.10
S_2-5	绿泥石化磁铁石英岩		-1.72
大 ₁₆ -4	磁铁石英岩		-2.83
大 ₁₆ -5	透闪磁铁石英岩		-4.59
大 ₁₆ -8	碳酸盐化磁铁石英岩		-2.71
大 ₁₆ -9	磁铁石英岩		-2.73
大 ₁₆ -10	碳酸盐磁铁富矿		-3.73
大 ₁₆ -11	绿泥磁铁富矿		-4.04
大 ₁₆ -12	绿泥碳酸盐磁铁富矿		-4.47
大 ₁₆ -13	磁铁石英岩		-2.89
大 ₁₆ -14	黄铁矿化磁铁石英岩		-4.31
大 ₁₆ -15	透闪磁铁石英岩		-4.58
大 ₁₆ -16	绿泥石化磁铁石英岩		-5.50
大 ₁₆ -17	碳酸盐绿泥磁铁富矿		-5.49
大 ₅₅ -2	绿泥磁铁富矿		-2.35
大 ₅₅ -3	绿泥磁铁富矿		-0.77
平 均			-2.38

引起贫矿富集的热液是有地表水参加的混合热液作用的结果。本区混合岩化作用广泛发育,富矿体周围有明显的围岩蚀变现象,并严格地受构造裂隙控制。因此,从地质特征看,这些富矿也是混合热液成因的。

(四) 闪石和石榴石 δO^{18} 值的变化

由表 6,普通闪石 δO^{18} 值在 9.59 到 7.46‰ 范围内变化,随变质级增高略有增高的趋势。7A-P-3 样品中的阳起石,呈脉状切穿围岩,是混合热液作用生成的,其 δO^{18} 值为 6.06‰,是分析闪石样品中最低的。我们在卢龙阳山地区发现混合岩化石榴黑云变粒岩中的混合脉体,也有颗粒较大的石榴石。我们分别采集了基体中石榴石 (7A-Y-20) 和脉体中石榴石 (7A-Y-20 混),两者相距不到 3 米,但其 δO^{18} 值却相差 0.50‰,脉体中石榴石 δO^{18} 值降低,也说明混合岩的脉体在混合岩化过程中进行过氧同位素的交换。

五、结 论

综上所述,我们的初步结论如下:

- 1) 用石英-磁铁矿矿物对氧同位素温度计测定的温度,除麻粒岩相可能因退变质作用影响偏低外,其他各变质相与用别的方法所得结果基本上是一致的。
- 2) 随变质程度的增高,石英 δO^{18} 值明显地降低。
- 3) 随变质程度的增高,磁铁矿和角闪石的 δO^{18} 略有增高的趋势。
- 4) 以重熔作用而形成的混合岩,其中石英和磁铁矿 δO^{18} 值与周围未混合岩化岩石同种矿物比较,其 δO^{18} 值变化不大。而以交代作用为主的混合岩和受混合热液影响的岩石,石英和磁铁矿等矿物 δO^{18} 值都显著降低。

参加本项工作的还有王时麒、魏菊英、许晋、周锡煌等和北京大学地质学系地球化学专业冀东队学生,文内插图由许鉴儒清绘,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 郑淑惠、莫志超、魏菊英: 岩石、矿物和水中氧同位素分析方法。化学通报, 1980 年第 1 期。
- [2] Becker, R. H. and Clayton, R. N., 1976, Oxygen isotope study of a Precambrian banded ironformation. Hamersley range western Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40, 1153.
- [3] Rye, R. O. Schuiling, R. O. Rye, O. M. and Jomen, J. B. H., 1976, Carbon, hydrogen and oxygen isotope studies of the regional metamorphic complex at Naxos. Greece *ibid*, 40, 1031.

OXYGEN ISOTOPE PRELIMINARY STUDIES OF THE REGIONAL METAMORPHIC COMPLEX IN THE ZUNHUA-QIANAN-LUANXIAN AREA, EAST HEBEI

Cui Wen Yuan Zheng Shuhui

(Department of Geology, Peking University)

Abstract

The present paper studies the oxygen isotope of some of the mineral assemblages

from the Presinian metamorphic complex in the Zunhua-Qianan-Luanxian area, east Hebei with discussion of related metamorphic temperature, metamorphic facies and the genesis of rich iron-ores. The Presinian rocks exposed in this area are of Qianxi group (Sangan group) and Dantazi group, which are widely distributed. The metamorphic grade increases northward, ranging from rocks of the green-schist to epidote-amphibolite facies in the south, through those of the epidote-amphibolite to amphibolite facies, to those of the granulite facies in the north. The dominant types of the granulite facies are gneisses, hypersthene-plagioclase-granulite, plagioclase-amphibolite (pyroxenite) and itabirite, which those of the others are biotite-granulite* and also itabirite and plagioclase-amphibolite.

The formation temperature of various metamorphic facies has been determined on the basis of the difference in δO^{18} values between the quartz and magnetite mineral pairs. The formation temperature for the granulite facies is 492—582°C, that for the epidote-amphibolite to amphibolite facies is 440—535°C, and that for the green-schist to epidote-amphibolite facies is 385—410°C. That the value for the granulite facies is lower than that usually accepted may be explained by the retrogressive metamorphic effect suffered by the rocks concerned. But the temperature of the other metamorphic facies are, however, just the same as that determined by other methods.

Judging from the data of oxygen isotope analysis it appears that the δO^{18} values of quartz tend to decrease distinctly while those of the magnetite and hornblende tend to increase slightly, as the metamorphic grade increases in the area.

The δO^{18} values of quartz and magnetite in migmatite formed by anatexis do not change appreciably in comparison with those of the same minerals in unmigmatized country rocks, while the migmatization in which replacement predominates and the action of thermal fluid tend to decrease the values δO^{18} of quartz and magnetite remarkably.

* A term provisionally proposed by Cheng Yuqi (Cheng Yuchi) and his colleagues in 1972, for rocks corresponding to the Moine granulite of Scotland and leptyte of Scandinavia. please refer to the English text of their paper entitled "The Pre-Sinian of Northern and Northeastern China" appeared in the 1973 volume of "Acta Geologica Sinica", published in August, 1972 in Beijing (Peking), China.