

我国主要超镁铁岩蛇纹石化水的 非大洋成因*

——(L-C)蛇纹岩的D/H和 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$

杨凤英 康志勤 戎 合

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

主题词 δD $\delta^{18}\text{O}$ 蛇纹石化作用 大陆蛇绿岩杂岩型 大洋型 超镁铁岩

提 要 本文对贺根山、鲸鱼、东巧、罗布莎、玉石沟等地超镁铁岩中(L-C)蛇纹岩标本的氢、氧同位素组成进行了分析,其变化范围为: $\delta\text{D} = -101 \sim -146$, $\delta^{18}\text{O} = 1.0 \sim 7.5$ 。产生蛇纹石化作用时平衡计算水的氢、氧同位素为:330℃时 $\delta\text{D} = -77 \sim -122$, $\delta^{18}\text{O} = 1.4 \sim 7.9$; 200℃时 $\delta\text{D} = -67 \sim -112$, $\delta^{18}\text{O} = -1.3 \sim 5.2$ 。根据大洋型(L-C)蛇纹岩和大陆蛇绿岩杂岩型(L-C)蛇纹岩的氢、氧同位素组成特征来看,本文所研究的蛇纹岩明显地属于大陆蛇绿岩杂岩型蛇纹岩。蛇纹石化时平衡计算水的氢、氧同位素特征表明水的成因类型为大气降水型地下水,而非大洋水。本文中超镁铁岩的蛇纹石化作用发生在超镁铁岩侵位于大陆壳之后,即超镁铁岩的蛇纹石化作用发生于大陆环境,而非大洋环境,而且超镁铁岩在侵位于陆壳之后的最初阶段应为新鲜的地幔岩石。

近年来由于深部地质学和地球物理学的飞跃发展,取得了大量关于上地幔物质组成及演化状况的资料,证实了超镁铁岩是上地幔的重要组成部分,因此超镁铁岩的形成与演化是当前研究深部地质的核心问题之一。

我国超镁铁岩虽然不多,但出露面积也达4500 km²,主要分布于内蒙、新疆、西藏、祁连、秦岭等地。除藏南超镁铁岩带外,绝大部分超镁铁岩都经历了较强烈的蛇纹石化作用,原生造岩矿物多呈残晶存在。在许多地区超镁铁岩已转变为仅保留原岩结构的蛇纹岩,因此蛇纹岩是超镁铁岩晚期演化的产物,是岩石圈的重要组成部分,而蛇纹石化作用也应属于地幔岩石后期演化过程中的重要地质事件之一。

对蛇纹石化作用及其产物——蛇纹岩的研究已有近100年的历史。从本世纪初开始蛇纹石化作用的机制、岩石学与矿物学特征、体积的变化以及水的来源等一直是被关注的问题^[1],特别是蛇纹石化水的来源在某种意义上与原岩类型有关。Wenner和Taylor^[2,3]对各种超镁铁岩中的蛇纹岩进行同位素研究,证实了大洋型蛇纹岩与大陆蛇绿岩杂岩(造山带蛇绿岩)型蛇纹岩的氢、氧同位素组成极不相同,前者的 δD 值远大于后者的 δD 值。

* 本文为国家自然科学基金委员会资助项目的部分内容。

本文旨在分析国内几个主要地区超镁铁岩中(L-C)^①蛇纹岩水的氢、氧同位素,讨论蛇纹石化水的性质与来源,确定蛇纹岩的类型以及蛇纹石化时超镁铁岩所处的地质环境。关于这些问题的研究在国内几乎未见报导。

1 大气降水与洋水的特点

氢、氧是各种成因类型水中丰度最高的元素,在与岩石作用的过程中,在水岩作用时发生同位素交换与分馏。研究不同地质环境中水同位素组成特征可以为讨论各种地质事件和为研究蛇纹石化水的性质及有关问题提供重要信息。

水的成因类型很多,各具特征性同位素组成,但根据 Wenner 和 Taylor^[2,3]的研究结果,蛇纹石化水主要来源于大气降水(天水)和洋水(海水),因此我们主要对大气降水和洋水的氢、氧同位素特征作一粗略说明,以便于讨论。

1.1 大气降水

大气降水的氢、氧同位素变化很大($\delta D \approx +50$ — -450 (或 -350), $\delta^{18}O = +10$ — -50)并且二者之间存在一定的线性关系(按克雷格方程分布) $\delta D = 8 \delta^{18}O + 10$ ^[4]。大气降水的 δD 和 $\delta^{18}O$ 值与地理位置(海拔高度与纬度)有直接关系。在大气降水与岩石(矿物)相互作用过程中,发生氢、氧同位素平衡交换作用,平衡交换后的大气降水中一般不再保留原有的氧同位素组成,在 δD 对 $\delta^{18}O$ 坐标图上出现偏离大气降水线的“ ^{18}O 漂移”^[5],这是大气降水的显著特点之一。

1.2 洋水

现代洋水的氢、氧同位素组成变化很小, $\delta D \approx 0$, $\delta^{18}O \approx 0$,故一般采用标准平均海水(SMOW)来标定氢、氧同位素组成。关于洋水同位素组成在地质时间内的稳定性问题非常重要,这是讨论水成因类型的关键。根据国外国内同位素地质学家的资料^[4-6],普遍认为在不同地质时代中洋水氢、氧同位素的波动范围不超过 $\delta D \approx 0$ — -10 和 $\delta^{18}O \approx 0$ — -1 ^[2-6]。对于前寒武纪洋水的氢、氧同位素组成是有争议的,但无论如何,绝大多数同位素学专家^[2-6]都有资料证实在整个显生代时期内洋水的氢、氧同位素组成变化很小,或者说接近于0。洋水与洋底岩石发生同位素交换时,由于洋水的量与被作用的岩石相比几乎是无限的,故这种交换对洋水同位素组成影响甚微。洋水 δD 与 $\delta^{18}O$ 接近于0;洋水 δD 与 $\delta^{18}O$ 从寒武纪到现代的稳定性;洋水量对岩石的无限性构成了洋水的三大特点,与其他成因类型的水有明显的区别。这就是我们讨论蛇纹石化水成因类型的基础。

2 我国主要超镁铁岩中蛇纹岩水的 δD 与 $\delta^{18}O$

2.1 样品的选择与测定

根据蛇纹岩的岩石学、矿物学特征和实验岩石学资料的证实,在 100°C — 500°C (或 50°C — 600°C)和任何压力范围内,在水的作用下超镁铁岩(主要由橄榄石和辉石组成)很

① (L-C) 蛇纹岩指主要由利蛇纹石—纤蛇纹石(lizardite-chrysotile)组成的蛇纹岩。

容易发生水化作用而生成蛇纹岩。在这一过程中原生造岩矿物橄榄石和斜方辉石逐渐转变为纤蛇纹石（包括利蛇纹石）和绢石。对蛇纹岩矿物学的研究表明，组成网格状结构的纤蛇纹石、利蛇纹石和绢石应为超镁铁岩最早期或较早期的蛇纹石化作用的产物，而叶蛇纹石、绿泥石和含铬绿泥石等则为较晚期的产物。

鉴于上述情况，我们从贺根山、鲸鱼、唐巴勒、东巧、罗布莎、玉石沟、太平溪超镁铁岩中选用了纯橄岩和斜辉橄橄榄岩中具网格状结构（个别样品保留原生矿物残晶）的（L-C）蛇纹岩作为测定氢、氧同位素组成的样品（照片1—6），目的在于测得早期参与蛇纹石化作用水的 δD 与 $\delta^{18}O$ 值，并便于同Wenner和Taylor的（L-C）蛇纹石化水的数据进行对比。

在测定蛇纹岩水的 δD 和 $\delta^{18}O$ （实为（L-C）蛇纹石羟基中的 δD 与 $\delta^{18}O$ ）之前，先对样品进行120℃以上的处理，目的在于排除岩石中的吸附水。样品均在MAT-251质谱仪上测定并用平均标准海水（SMOW）计算 δD 和 $\delta^{18}O$ 值，二者的精度分别为 $\pm 2\%$ 和 $\pm 0.2\%$ 。

2.2 各种蛇纹岩中水的氢、氧同位素特征与对比

本文对选用样品进行了岩石中水的 δD 和 $\delta^{18}O$ 测定并将获得的数据列于表1。为了便于对比，在表1中还列出了Wenner和Taylor^[2,3]的不同类型蛇纹岩中有代表性的氢、氧同位素数据。

表1 蛇纹岩中（L-C）蛇纹石的 δD 和 $\delta^{18}O$
Table 1 δD and $\delta^{18}O$ of (L-C) serpentines from serpentinites

	样品编号	岩石类型	δD	$\delta^{18}O$	产地
本文样品	H-1	网格状结构蛇纹岩（原岩为 ϕ_2 ）	-125	7.5	贺根山
	J-1	同上	-101	7.2	鲸鱼
	T-E II-7	网格状结构蛇纹岩（原岩为 ϕ_1 ）	-109	5.9	唐巴勒
	T-2	同上	-117	1.0	唐巴勒
	D-2	轻微叶蛇纹石化的网格状结构蛇纹岩（原岩为 ϕ_1 ）	-146	4.1	东巧
	L-1223	网格状结构蛇纹岩（原岩为 ϕ_1 ）	-137	7.1	罗布莎
	Y-5	网格状结构蛇纹岩（原岩为 ϕ_2 ）	-106	4.9	玉石沟
	T _p -III-1	局部叶蛇纹石化网格状蛇纹岩	-106	4.8	太平溪
大岩陆杂蛇岩绿型	Y-sp	蛇纹石化橄榄岩中蛇纹岩	-150	4.4	Yalakam
	J-1	蛇纹石化橄榄岩中蛇纹岩	-109	4.9	Josephine Co
	81-NC-62	蛇纹石化斜辉橄橄榄岩	-84	9.0	New Caledonia
	C-27	（未注明）	-130	6.3	Canyon M.
大洋型	Ch-19-10-2	蛇纹石化橄橄榄岩	-58	3.6	Puerto Rica Trench
	All-32-8-80	蛇纹石化橄橄榄岩	-59	6.1	大西洋中脊 43°N
	All-20-26-118	蛇纹石化橄橄榄岩糜棱岩	-43	4.6	大西洋中脊 1°N
	All60-9-3	含绢石的网格结构蛇纹岩	-35	3.3	大西洋中脊 22°S

本文样品由矿床地质研究所同位素研究室李延河、万德芳（ $\delta^{18}O$ ）和蒋少勇、孙莉（ δD ）测定。

从表1可以看出，我国一些地区超镁铁岩中（L-C）蛇纹岩的氢、氧同位素组成的范围为：

$$\delta D = -101 \text{--} -146 \quad \delta^{18}O = 1.0 \text{--} 7.5$$

Wenner 和 Taylor 比较早地对各种超镁铁岩中 (L-C) 蛇纹岩进行了同位素研究, 也比较早地使用了术语“大洋型”和“大陆蛇绿岩杂岩型”蛇纹岩, 并指出二者在氢、氧同位素组成上有明显的差异:

大洋型 (L-C) 蛇纹岩	$\delta D = -35 \text{--} -68$	$\delta^{18}O = 0.8 \text{--} 6.7$
大陆蛇绿岩杂岩型 (L-C) 蛇纹岩	$\delta D = -80 \text{--} -149$	$\delta^{18}O = 1.8 \text{--} 9.2$

大洋型蛇纹岩样品均采自大西洋中脊的蛇纹石化橄榄岩, 而大陆蛇绿岩杂岩型样品均出现在大陆造山带蛇绿岩的超镁铁岩中。

根据上述两类不同蛇纹岩的 δD 与 $\delta^{18}O$ 值, Wenner 等提出: 受热的洋水参与了海底蛇纹石化作用, 从而形成大洋型蛇纹岩; 而大陆蛇绿岩杂岩型蛇纹岩则是由发生过氧同位素交换的大气降水型地下水和超镁铁岩作用的产物。将本文中所有数据投于图 1, 则蛇纹岩的氢、氧同位素成分点均落于大陆蛇绿岩杂岩型蛇纹岩区或称阿尔卑斯型 (L-C) 蛇纹岩区。

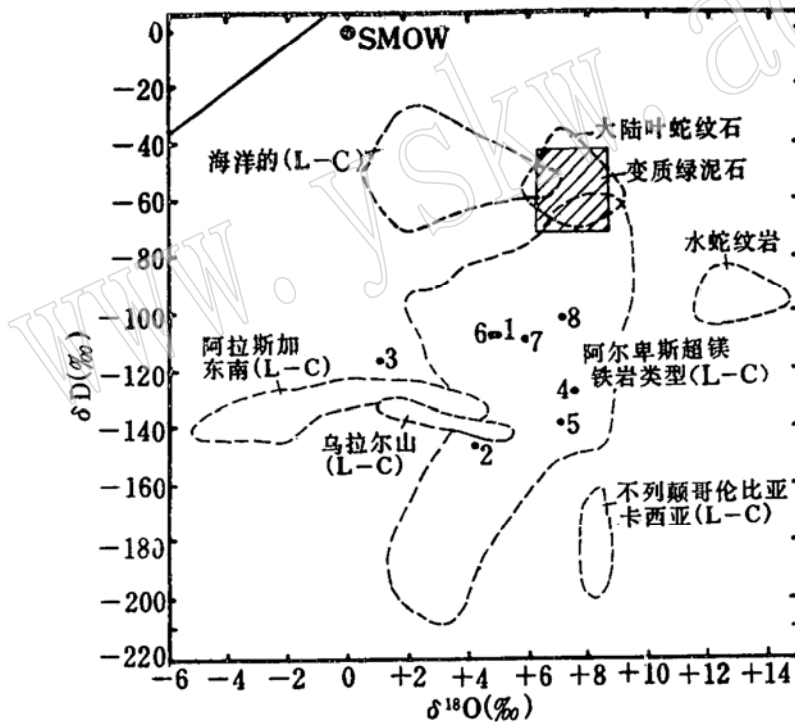


图 1 本文中 (L-C) 蛇纹岩的 δD — $\delta^{18}O$ 图 (根据 Wenner 和 Taylor, 1973)

Fig. 1 δD — $\delta^{18}O$ diagram of (L-C) serpentinites from present work (after Wenner and Taylor, 1973)

- 1—玉石沟 (L-C) 蛇纹岩; 2—东巧 (L-C) 蛇纹岩
- 3—唐巴勒 (L-C) 蛇纹岩; 4—贺根山 (L-C) 蛇纹岩
- 5—罗布莎 (L-C) 蛇纹岩; 6—太平溪 (L-C) 蛇纹岩
- 7—唐巴勒 (L-C) 蛇纹岩; 8—鲸鱼 (L-C) 蛇纹岩

综上所述, 不论从表 1 还是从图 1 上都可看出, 国内主要超镁铁岩的蛇纹岩均属大陆蛇绿岩杂岩型, 其中的水则明显具有大气降水的性质。

3 与蛇纹岩平衡计算水的成因类型

3.1 与蛇纹岩平衡水的 δD 和 $\delta^{18}O$

前面已经提到,当水与超镁铁岩接触时很容易产生蛇纹石化作用。根据同位素地球化学原理,在这一过程中必然产生同位素交换和同位素分馏。因此我们在蛇纹岩样品中测得的同位素组分只能代表按一定的分馏系数进入矿物羟基中的同位素组分,而不能代表发生蛇纹石化作用时参加反应的水的氢、氧同位素组成。实际上我们更需要对后者进行讨论,而后者的同位素组成必需通过对矿物羟基中的 δD 和 $\delta^{18}O$ 计算才能获得。

3.2 分馏值的选择

计算平衡水是一比较复杂的问题。首先要找到该矿物在不同温度下的分馏值。图2绘出了平衡分馏因素与绝对温度倒数的关系。图2中虚线是根据Wenner与Taylor估算的经验分馏值绘制的。实线是坂井^[6]用最小二乘法处理的数据,后者更多的考虑了OH在晶体场中的振动问题。为了尽量全面地考虑问题,我们使用坂井和Wenner曲线分别计算了平衡水的氢、氧同位素组成。

3.3 温度的选择

从图2可以看出,温度对同位素分馏的影响较大,故温度对分馏值来说是重要参数。

Wenner和Taylor将由蛇纹石—磁铁矿 $^{18}O/^{16}O$ 分馏得到的温度称为“估算温度”,未经样品实测的温度称为“假设温度”。他们所测定的蛇纹石化温度为 $100^{\circ}C-315^{\circ}C$,有的高达 $460^{\circ}C$ 。实验岩石学资料也证明蛇纹石化的温度为 $100^{\circ}C-500^{\circ}C$ (也有人认为是 $50^{\circ}C-600^{\circ}C$)。我们所采用的温度是实测温度。从保留蛇纹石化气液包体的铬尖晶石中测得(刘淑春,1985)十几个温度数据,数值基本相似(最高为 $360^{\circ}C$,最低为 $320^{\circ}C$)。我们取平均值 $330^{\circ}C$ 。这一温度值是在东巧测得的,因此用于东巧蛇纹岩自然合理,但笼统用于其他地区则有不妥之处。故我们在计算平衡水时采用 $330^{\circ}C$ (实测温度)和 $200^{\circ}C$ (假设温度)分别计算,得出两套数据以供全面参考与讨论。

3.4 关于(L-C)蛇纹石中原始同位素的保存问题

在蛇纹石化过程中,首先形成的是(L-C)蛇纹石。这种蛇纹石形成后,其中的稳定同位素组成能否保存至今是个关键问题。因为在计算与蛇纹石平衡水(蛇纹石化时的水)时,需要利用(L-C)蛇纹石中的 δD 与 $\delta^{18}O$ 。

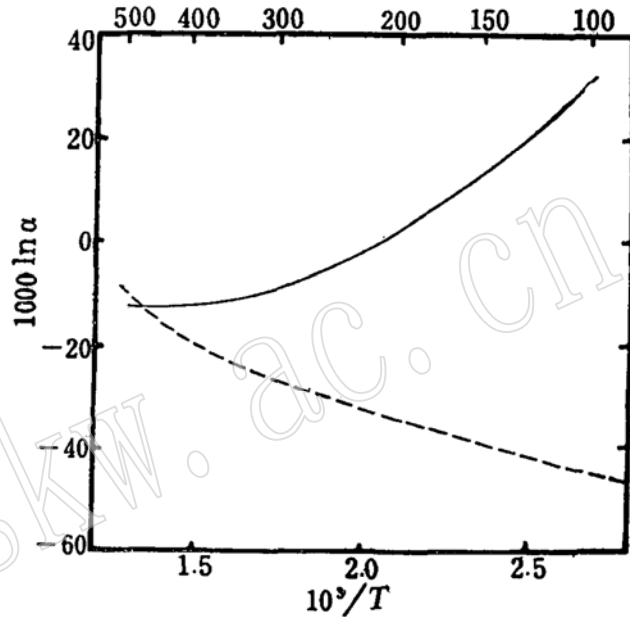


图2 蛇纹岩-水的D/H分馏与温度的关系图
Fig. 2 Relation diagram between fractionation D/H of serpentine-water and temperature

关于这一问题, Wenner 和 Taylor 根据天然矿物中氢、氧同位素的保存情况和同位素交换实验的资料^[3]认为, 大多数 (L-C) 蛇纹石样品的同位素组成能代表它们形成时所得到的同位素值, (L-C) 蛇纹石一旦形成, 可能就不再发生地表温度下的任何大量晚期同位素交换^[3]。在大量高温水作用下, 也可能产生一定量的同位素交换, 但影响不大。

3.5 蛇纹石化平衡计算水的氢、氧同位素组成

蛇纹石化平衡计算水 δD 和 $\delta^{18}O$ 是根据蛇纹岩中水的同位素组成, 按 330°C 和 200°C 两种温度分别计算的。 δD 值按坂井^[6]和 Wenner 的分馏值 (图 2) 分别查出两个 $1000 \ln \alpha$ 值, 再根据公式 $\delta A - \delta B \cong 1000 \ln \alpha_{A-B}$ 进行计算, 得出与蛇纹岩平衡水的 δD 值范围 (表 2)。而 $\delta^{18}O$ 是根据矿物—水氧同位素分馏系数与温度的关系式^[5]: $1.56 \times 10^6 T^{-2} - 4.7$ 按 T 为 330°C 和 200°C 计算出两套蛇纹石化平衡水的 $\delta^{18}O$ 值:

$$\delta^{18}O = 1.4 - 7.9 (330^\circ\text{C}); \quad \delta^{18}O = -1.3 - 5.2 (200^\circ\text{C})$$

表 2 330°C 和 200°C 时与 (L-C) 蛇纹石平衡计算水的 δD 值

Table 2 δD of calculated waters in equilibrium with (L-C) serpentines at 330°C and 200°C

样品编号	按 H. 坂井等分馏曲线 (1981)		按 D.B. Wenner 等分馏曲线 (1973)		D. B. Wenner 分类 (1973)
	330°C	200°C	330°C	200°C	
H-1	-114	-126	-101	-91	与大陆蛇绿岩杂岩型 蛇纹岩平衡水的 δD 值 变化范围: $\delta D \approx -35 - -115$
J-1	-90	-102	-77	-67	
T-E II-7	-98	-110	-85	-75	
T-2	-106	-118	-93	-83	
D-2	-135	-147	-122	-112	
L-1223	-126	-138	-113	-103	
Y-5	-95	-107	-82	-72	与大洋型蛇纹岩平衡 水的 δD 值变化范围: $\delta D \approx +5 - -30$
T _p -III-1	-95	-107	-82	-72	
变化范围	-90 - -135	-102 - -147	-77 - -122	-67 - -112	

表中部分数据由矿床地质研究所李延河协助计算。

从表 2 可以看出, 不论按哪种分馏值计算, 也不论按 330°C 还是 200°C 计算, 与蛇纹岩平衡水的 δD 值变化范围均与大洋型蛇纹石化水的 $\delta D = +5 - -30$ 不同, 而与大陆蛇绿岩杂岩型蛇纹石化水 $\delta D = -35 - -115$ 相符, 即平衡水与大陆蛇绿岩杂岩型蛇纹石化的平衡水相近。

从上述资料可以看出国内几个重要地区超镁铁岩的蛇纹石化作用不是发生于大洋环境, 而是侵位于大陆之后发生的。这与国外有些学者的结论不同^[8], 他们认为类似的蛇纹石化作用发生于大洋环境, 发生在超镁铁岩侵位之前或同时, 但后来的同位素资料和本文资料都不支持这一结论。

从图 3 可以看出, 不论按哪种方法和温度计算后的水 (即参加蛇纹石化作用的水) 的成分均与洋水成分 (图 3 中的 SMOW 点 $\delta D \approx 0$, $\delta^{18}O \approx 0$) 相差甚远。从蛇纹石化计算水 (图 3 中的 1—8 点) 在大气降水线上的 δD 值来看, 计算水的 $\delta^{18}O$ 向图 3 横座标的右方漂移了一个很大的数值, 这种“氧漂移”可能是大气降水通过围岩时 (在蛇纹石化之前)

已产生了 ^{18}O 的交换。所以我国一些地区超镁铁岩蛇纹石化时水的成因类型应为发生了 ^{18}O 交换的大气降水型地下水。

4 结论

(1) 本文中的蛇纹石化作用明显地发生在超镁铁岩侵位于陆壳之后的大陆环境，而非大洋环境。也就是说，超镁铁岩在侵位于陆壳之后的最初阶段是未蛇纹化石（未经海水作用）的新鲜地幔橄榄岩。

(2) 本文所研究的 (L-C) 蛇纹岩具有较低的 δD 值 (-101--146)，因此与 Wenner 和 Taylor 划分的类型相比(表 3)，本文中的 (L-C) 蛇纹岩应属于大陆蛇绿岩杂岩型蛇纹岩。

(3) 与蛇纹石平衡的计算水（也即参加蛇纹石化作用的计算水）的氢同位素组成特征表明，本文中蛇纹石化的平衡计算水属于大陆蛇绿岩杂岩型蛇纹石化平衡计算水(表 4)，其成因类型为经过氧同位素交换的大气降水型地下水。

(4) 本文中不同地区超镁铁岩蛇纹石化平衡计算水的 δD 值与各自所在地区的现代大气降水等值线的数据基本相符。

(5) 洋水（海水）对本文中超镁铁岩的蛇纹石化作用几乎没有或只有微不足道的影响。

由于资料所限，笔者仅通过部分氢、氧同位素资料对国内一些蛇纹岩和蛇纹石化作用进行了

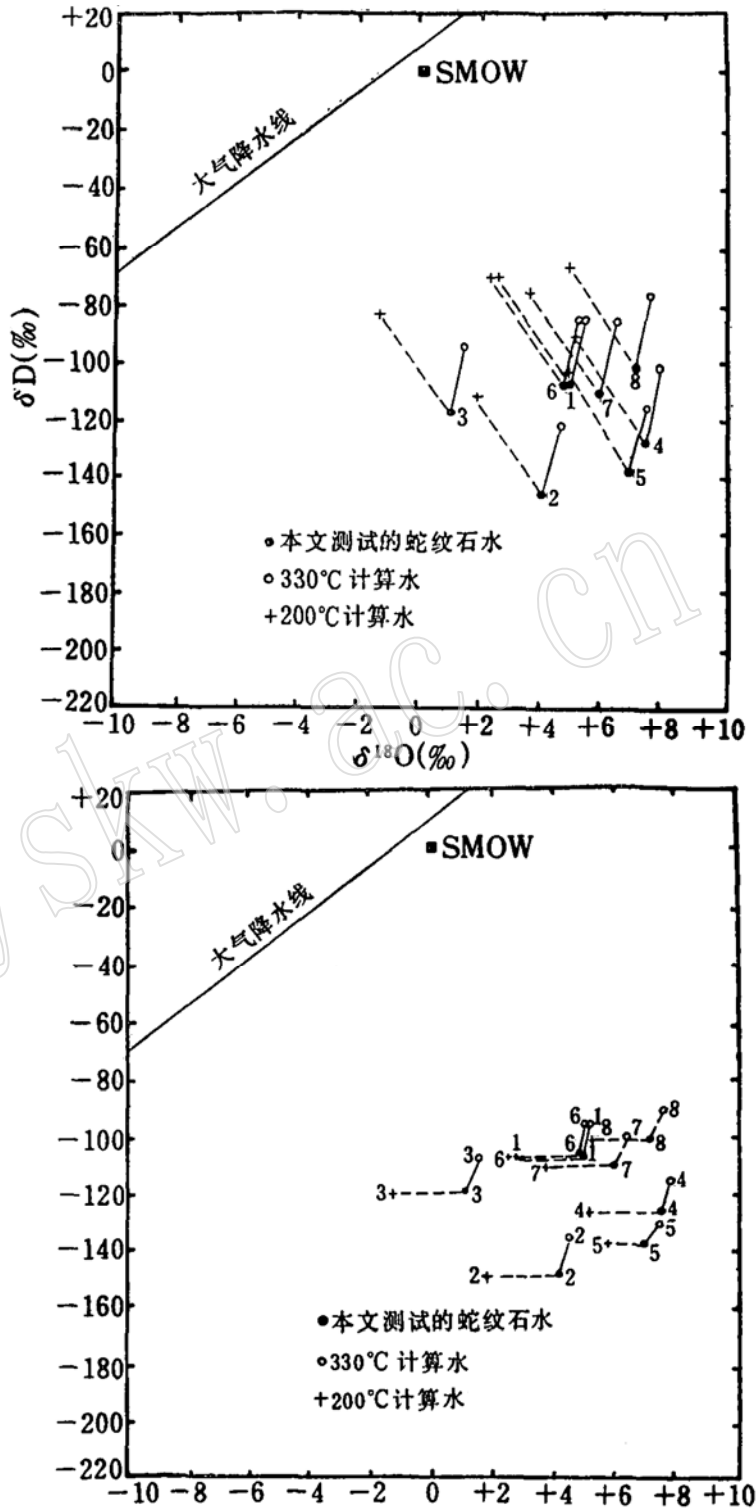


图 3 330°C、200°C 时与蛇纹岩平衡的计算水的 δD 和 $\delta^{18}\text{O}$ 图

Fig. 3 δD vs $\delta^{18}\text{O}$ plot showing calculated waters in equilibrium with serpentinites at 330°C and 200°C

上图是按 Wenner 计算出水的 δD 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值而绘制的；

下图是按坂井分馏值计算的 δD 和 $\delta^{18}\text{O}$ 而绘制的；

1—8 为样品产地(详见图 1)

表 3 各类型蛇纹岩 δD 值对比

Table 3 Comparison between δD of various type serpentinites

类 型	各 类 蛇 纹 岩 的 δD 值						
	0	-40	-80	-120	-160	-200	-240
大洋型	_____						
大陆蛇绿岩杂岩型	_____						
大陆型 (包括层状和其他类型)	_____						
本文样品	_____						

表 4 与各类型蛇纹岩平衡计算水的 δD 值对比

Table 4 Comparison between δD of calculated waters in equilibrium with various type serpentinites

类 型	平 衡 计 算 水 的 δD 值							
	+10	0	-20	-40	-60	-80	-100	-120
大洋型	_____							
大陆蛇绿岩杂岩型	_____							
本文样品	按 H. 坂井分馏曲线							
	按 D. B. Wenner 分馏曲线							

初步研究。与地幔橄榄岩蛇纹石化相关的许多其他问题诸如：蛇绿岩型超镁铁岩曾长期处于洋壳之下，为什么洋水对超镁铁岩的作用不明显（橄榄岩对水的反应极为敏感）；围岩和通过围岩的地下水的性质对大陆环境中蛇纹石化作用的影响等作者将另文进行研究和讨论。

参 考 文 献

- 1 Штейнберг Д С, Чащухин, Серпентинизация Ультрабазитов, Изд. Наука, Москва, 1977, 5—36.
- 2 Wenner D B, Taylor H P, Jr. Oxygen and hydrogen isotopic studies of the serpentinization of ultramafic rocks in oceanic environments and continental ophiolite complexes, Am. Jour. of Science, 1973, 273 (3): 207—237.
- 3 Wenner D B, Taylor H P, Jr. D/H and $^{18}O/^{16}O$ studies of serpentinization of ultramafic rocks. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 1974, 38(8): 1255—1283.
- 4 丁悌平. 氢氧同位素地球化学. 北京: 地质出版社, 1980. 57—69.
- 5 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用. 西安: 陕西科学技术出版社, 1985. 54—151.
- 6 同位素地质学. 李桂如译. 北京: 地质出版社, 1981. 4—6.
- 7 Mordeckai Magaritz, Taylor H P. Oxygen and hydrogen isotopic studies of serpentinization in the Troodos, ophiolite complex, Cyprus. *Earth and Planetary Science Letters*, 1974, 23 (1): 2—8.
- 8 Bailey E H, Blake M C, Jr and Jones D L. On-land Mesozoic oceanic crust in California coast ranges, U. S. Geol. Survey Prof. 1970. Paper 700-C. C 70-C 80.

**Non-oceanic origin of Waters in the Serpentinization of
Some Ultramafic Rocks from China——D/H and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$
of Waters in Serpentinites**

Yang Fengying Kang Zhiqin Rong He

(Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037)

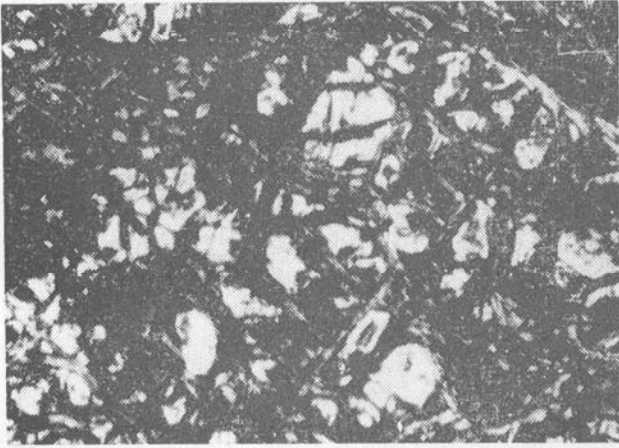
Key words: δD ; $\delta^{18}\text{O}$; serpetinization; continental ophiolite complexes; oceanic environments; ultramafic rocks

Abstract

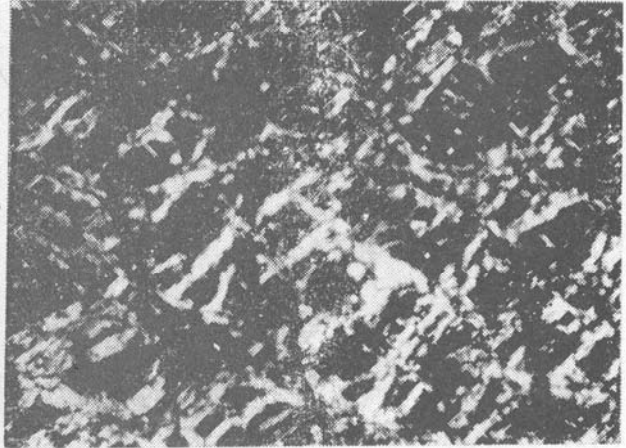
Hydrogen and oxygen isotopic compositions were measured on some (L-C) serpentinite samples of ultramafic rocks from Hegenshan, Jingyu, Dongqiao, Luobusha in China: $\delta\text{D} = -101 \text{--} -146$, $\delta^{18}\text{O} = 1.0 \text{--} 7.5$. Estimates of the isotopic compositions of waters, that produced the serpentinization of ultramafic rocks in the present work range: $\delta\text{D} = -77 \text{--} -122$, $\delta^{18}\text{O} = 1.4 \text{--} 4.9$ at 330°C .

According to difference of isotopic compositions (Wenner, D. B. and Taylor, H. P., 1973) between oceanic (L-C) serpentines ($\delta\text{D}_R = -35 \text{--} -68$, $\delta^{18}\text{O}_R = +0.8 \text{--} 6.7$; $\delta\text{D}_W = +5 \text{--} -30$, $\delta^{18}\text{O}_W = -2 \text{--} +3$) and (L-C) serpentines of continental ophiolite complexes ($\delta\text{D}_R = -80 \text{--} -149$, $\delta^{18}\text{O}_R = 6.3 \text{--} 9$; $\delta\text{D}_W = -35 \text{--} -115$, $\delta^{18}\text{O}_W = -7 \text{--} +18$) serpentines ullustrated in this paper evidently belong to the latter.

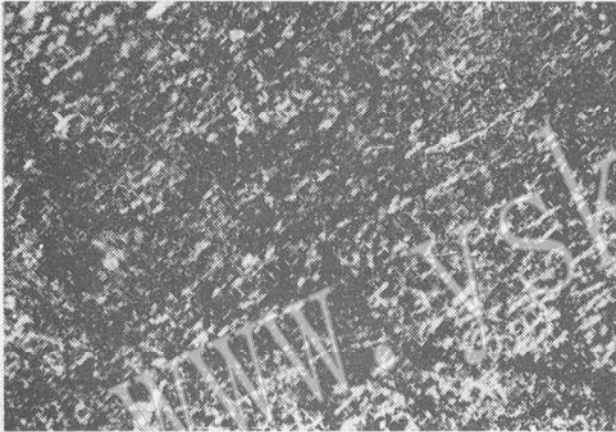
The characteristics of isotopic compositions of waters involved in such serpentinization suggest, that waters in (L-C) serpentinites ullustrated in this paper probably formed from hot meteoric ground waters. The peridotites may only become heavily serpentinised after their emplacement in a continental environment.



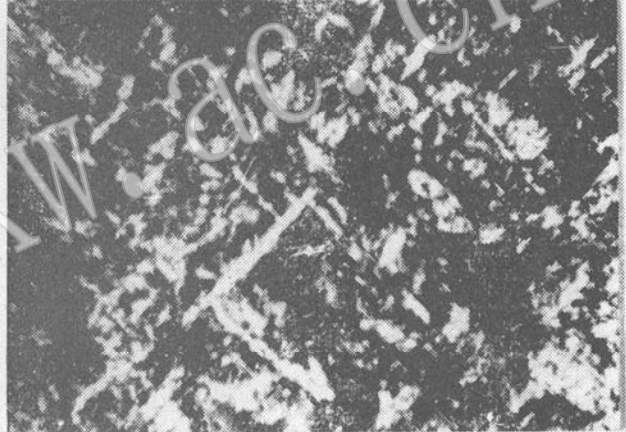
照片1 网格状结构蛇纹岩(原岩为 φ_2),
具橄榄石残晶,视野长2.4mm, +,
产地:贺根山



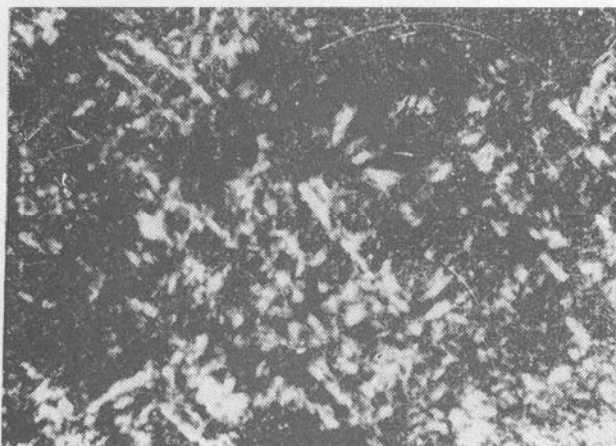
照片2 网格状结构蛇纹岩(原岩为 φ_1), 视野
长度2.4mm, +, 产地:唐巴勒



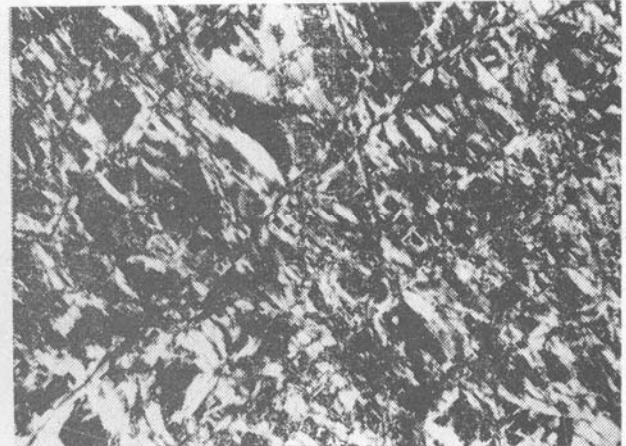
照片3 受应力作用后的网格状结构蛇纹岩(原
岩为 φ_1), 视野长度3.9mm, +,
产地:罗布莎



照片4 网格状结构蛇纹岩(原岩为 φ_2),
视野长度2.44 mm, +, 产地:玉石沟



照片5 网格状结构蛇纹岩(原岩为 φ_1), 视
野长度2.4 mm, +, 产地:太平溪



照片6 网格状结构蛇纹岩(原岩为 φ_1), 视
野长度2.4mm, +, 产地:东巧