

中国地质科学院

天津地质矿产研究所所刊

第 23 号

地质出版社

中 国 地 质 科 学 院

天津地质矿产研究所所刊

第 23 号

地 质 书 局 出 版

目 录

“太古界大理岩”的成因探讨.....	蒋永年 (1)
蓟县—平谷长城系地质年龄数据新 知及年代格架讨论.....	陆松年 张学祺 黄承义 刘文兴 (11)
熊耳群火山岩系金矿的特征及含金性.....	任富根 李增慧 高亚东 赵嘉农 丁士应 (25)
熊耳群火山岩系中金矿硫、铅同位素组 成特征和金矿成矿模式的讨论.....	任富根 李增慧 高亚东 赵嘉农 丁士应 (37)
迁安紫苏花岗岩成分类型及成因.....	戴凤岩 (49)
利用粒度分析资料判断沉积环境的新方法.....	王长尧 蒋明媚 刘仲秋 (61)
内蒙古壕赖沟太古代火山成因硅铁建造的地球化学证据.....	高 劼 (71)
广东坂潭冲积砂矿重矿物的富集模式.....	王正铤 刘福来 (87)
贵州紫云猴场马平组的珊瑚化石新资料兼论石炭—二叠系界线	丁蕴杰 (97)
湖北鹤峰白果坪陡山沱组微古植物群.....	孙淑芬 瞿乐生 (125)
贵州普安龙吟地区石炭二叠系牙形石及其意义.....	赵松银 (141)
〔报道〕	
天津地质矿产研究所1988年科研活动概况.....	(159)
天津地质矿产研究所1988年度在所外刊物上发表的论文统计表.....	(163)
〔书评〕	
《河南东秦岭北坡中—上元古界》是一本有诸多发现和独到见解的科技新书.....	(162)

中国地质科学院
天津地质矿产研究所所刊
第23号

责任编辑：刘菊如 张恩鹏
地质出版社出版发行
(北京和平里)
地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)
新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：10.5 铜版页：8 页 插页：16 页 字数：250000
1990年6月北京第一版 1990年6月北京第一次印刷
印数：1—1735册 国内定价：6.35元
ISBN7-116-00628-1/P.533

“太古界大理岩”的成因探讨

DISCUSSION ON THE GENESIS OF SOME “ARCHEAN MARBLES”

蒋永年

内容提要 根据矿物的成因信息论证,在太古代铁建造和与超基性岩有关的铁矿床中零星分布的“大理岩”,是钙质辉石、斜辉闪石和石英(铁建造中)热液交代蚀变的产物,不属于沉积变质成因类型。本文结论支持前人曾提出的太古界不存在沉积变质大理岩的论点。

一、前言

前人曾多次提到华北陆台太古代含铁变质岩系及侵入其中的超基性岩中有零星分布的“大理岩”,并作为地层层序中的一个岩类来描述。实际上,在这种“大理岩”中只是碳酸盐矿物(方解石和白云石),与一般大理岩中主要矿物组成一致,而在矿物组合、结构、构造以及碳酸盐等矿物所提供的成因信息等方面,都证明它们是超基性岩、(斜辉)阳起磁铁矿石岩和斜辉磁铁矿石岩经热液蚀变的产物。

本文研究内容只涉及河南舞阳赵寨庄、辽宁本溪歪头山和冀东迁安脑峪门一水厂矿区三个地区。应该在此提及的是,早在1974年作者在冀东野外工作期间就已提出本区的碳酸盐问题。因当时重视不够,未予工作。更为遗憾的是,标本早已散失,已无条件深入研究。故对冀东地区目前只能就镜下所见^①加以讨论。

二、“大理岩”的分布和产状

1. 河南舞阳赵寨庄 此处的“大理岩”见于上太华群赵寨庄组下部,与超基性岩有关的铁矿床中,作为铁铝榴金云更长片麻岩的夹层产出。因本矿是盲矿,故对该“大理岩”分布和产状的细节了解很少。

2. 辽宁本溪歪头山 歪头山铁矿南采区224、260、272平台的第三层铁矿底部(斜辉)阳起磁铁矿石岩中或铁矿与石英岩交界处有一种矿物组合:碳酸盐(白云石和方解石)+磁铁矿+阳起石(少量),前人定名为“大理岩透镜体”或“磁铁白云质大理岩”。该“大理岩”分布零星,沿走向延续不远即为(斜辉)阳起磁铁矿石岩所代替。它们之间的关系,前人往往以相变来解释。

3. 冀东迁安脑峪门一水厂 在迁安脑峪门,混合片麻岩上部有一条暗黄绿色至灰黑

① 部分冀东的切片是高凡提供的。

色岩石。局部露头所见,最外部为绿色岩石,内部则以碳酸盐矿物为主。1974年野外观察时,人们对其成因的认识很不一致。有的认为是沉积变质作用形成的大理岩,并把它作为太古代存在大理岩的一个例证,有的(包括作者)认为它是基性、超基性岩经热液蚀变的产物。

另外,冀东迁安水厂一带有12种矿物组合:碳酸盐+磁铁矿+石英(少量),有的磁铁矿石岩中星散分布着碳酸盐矿物,对其成因的认识也不一致。有的根据碳酸盐团块(不同于脉状)星散分布而确认其为沉积成因,而作者则认为其形成机制与辽宁本溪歪头山的“大理岩”类同。不同之处只在于本区热液蚀变较弱,残留石英较多,因而有的基本上保持磁铁矿石岩的面貌。

三、“大理岩”的矿物组合和矿物特征

如前所述,作者认为这些“大理岩”是碳酸盐蚀变岩。现按蚀变岩的原岩分别讨论。

(一) 由超基性岩及其有关矿石^①蚀变而成的大理岩

这些实例见于河南舞阳赵案庄矿区和冀东迁安脑峪门。这些“大理岩”是超基性岩及其有关矿石的蚀变产物。主要依据如下:

1. 矿物组合特点

一般来说,这些“大理岩”的矿物组成主要有方解石、白云石、蛇纹石、磁铁矿(Ⅰ、Ⅱ)、角闪石(残留体),有时有绿尖晶石。上述矿物,大部分是蚀变过程中形成的,如方解石、白云石、蛇纹石、磁铁矿(Ⅱ);其它是原岩中未经蚀变的矿物(磁铁矿Ⅰ、绿尖晶石)或蚀变残留体(角闪石)。因此,矿物组合中的矿物种属及其含量既取决于原岩的矿物组成,也取决于蚀变程度。

2. 主要矿物的基本特征

(1) 方解石和白云石 根据矿物的化学分析资料及镜下所见某些特征,这些矿物是超基性岩及与其有关矿石(如橄榄辉石磁铁矿石)蚀变的产物,其中以方解石为主,白云石次之。

① 形态和物性 矿物颗粒粗大,大者直径可达0.5cm,这与一般大理岩的糖粒状结构不同。据镜下所见,常呈不规则的短柱状体,很像钙质辉石的晶体轮廓。有的呈长柱状,间或可见到角闪石的蚀变残留体(图版-1)。它们多呈“孤岛”状分布,也有彼此交接的情况,但接触界线极不规则,从未出现大理岩中碳酸盐矿物按三面角镶嵌的结构。因此,它不像沉积变质大理岩中的碳酸盐矿物。

标本呈灰白色,有的带红、褐色调。镜下一般为无色。具闪突起。干涉色高级白。有的切面上可见到钙质辉石的两组解理遗迹,交角为 93° 和 87° (图版-2, 3),有的切面可见到角闪石蚀变残留体。这些特点和前面提到的结构特征均说明这些碳酸盐矿物是钙质辉石

① 赵案庄铁矿属于与超基性岩有关的岩浆矿床。铁矿石蚀变常形成蛇纹石-碳酸盐-磁铁矿组合。如碳酸盐量多,前人也称为“大理岩”。

和钙质闪石蚀变的产物。

② 化学成分特点

常量元素 两个方解石和一个白云石的化学分析结果见表1(No. 1—3)。方解石的共同特点是MgO含量高。白云石的MgO含量偏低, CaO含量偏高。据X射线衍射分析, 该样品不纯, 其中混入部分方解石, 这可能是该矿物化学成分中MgO偏低和CaO偏高的原因。此外, 这三个样品含 Cr_2O_3 均为0.001%这可能说明形成它们的物质成分来自岩浆成因的钙镁硅酸盐矿物, 即由钙镁硅酸盐矿物蚀变而成的。

稀土元素 一个方解石(83B-118M)的稀土元素丰度和稀土元素分配型式见表2和图1, 其特点如下:

a. 方解石的 $\Sigma\text{REE}=136.33\text{ppm}$, 该值比石灰岩或大理岩中的 ΣREE 高得多。据前人资料, 石灰岩的 $\Sigma\text{REE}=0.12-12\text{ppm}$, 安徽霍丘周油坊的含磁铁白云石大理岩(83BZ-489)的 ΣREE 为17.13ppm。可见本文的方解石不具备沉积或沉积变质的成因特征。

b. 富LREE, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}=21.46$ 。Eu亏损比较显著, $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.59$, 故其

表1 方解石和白云石的化学分析

Table 1 Chemical compositions of calcite and dolomite

序 号 样 号 组 份 名 称	1*	2*	3*	4	5	6	备 注
	83BZ-116M	83BZ-120M	83B-118M	79A-43	84B-53M	84B-60M	
	方解石	白云石	方解石	白云石	白云石	白云石	
TiO ₂	0.00	0.01	0.00	—	—	—	产出岩石
Fe ₂ O ₃	0.25	0.34	0.29	—	—	—	1.方解石蚀变岩, 河南舞阳王道行ZK 1501
FeO	0.50	0.93	0.29	0.87	1.58	1.41	
MnO	0.46	0.46	0.22	0.037	0.084	0.056	
ZnO	—	—	—	0.14	0.30	0.10	2.白云石蚀变岩, 河南舞阳王道行 ZK 1501
MgO	4.31	15.59	3.38	20.37	20.28	20.64	
CaO	49.67	37.34	51.67	32.19	31.15	31.08	
CO ₂	44.24	45.73	43.78	47.28	46.63	46.39	3.蛇纹方解磁铁矿石, 河南舞阳八台赵案庄
总 和	99.43	100.40	99.645	100.887	100.024	99.676	
N _o	1.6657	—	1.6838	1.6842	1.6827	1.6834	
N _e	1.4950	—	1.5102	—	—	—	4.碳酸盐蚀变岩, 歪头山南区236平台
N _d	2.735	2.867	2.806	—	—	—	
Fe ³⁺	0.0064	0.0080	0.0072	—	—	—	5.碳酸盐蚀变岩, 歪头山南区224平台
Fe ²⁺	0.0139	0.0245	0.0080	0.0224	0.0412	0.0368	
Mn	0.0129	0.0124	0.0062	0.0069	0.0022	0.0015	6.碳酸盐蚀变岩, 歪头山南山矿石堆
Zn	—	—	—	0.0031	0.0069	0.0023	
Mg	0.2123	0.7351	0.1672	0.9349	0.9418	0.9610	No.1—3天津地质矿产研究所岩矿测试室分析, No.4—8岩矿测试研究所夏月莲分析
Ca	1.7589	1.2656	1.8383	1.0623	1.0401	1.0405	
C	1.9962	1.9752	1.9848	1.9882	1.9838	1.9790	* 含Cr ₂ O ₃ 0.001%

表 2 方解石、白云石和白云石大理岩的稀土元素分析

Table 2 REE compositions of calcite, dolomite and dolomite marble

样 号	名 称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
83B-118M	方 解 石	40.39	63.19	8.68	16.71	2.81	0.48	2.04
84B-60M	白 云 石	8.79	6.50	1.20	4.26	0.73	0.35	0.61
83BZ-489	白云石大理岩	2.60	2.52	0.61	2.21	0.45	0.29	0.67

样 号	名 称	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
83B-118M	方 解 石	0.36	1.43	0.30	0.79	0.15	0.85	0.15	9.37
84B-60M	白 云 石	0.11	0.47	0.08	0.21	0.03	0.15	0.02	2.58
83BZ-489	白云石大理岩	0.06	0.67	0.15	0.39	0.07	0.32	0.12	5.44

注: 83B-118M和84B-60M 系湖北地质矿产局中心实验室分析;

84BZ-489据李增慧 (1984)

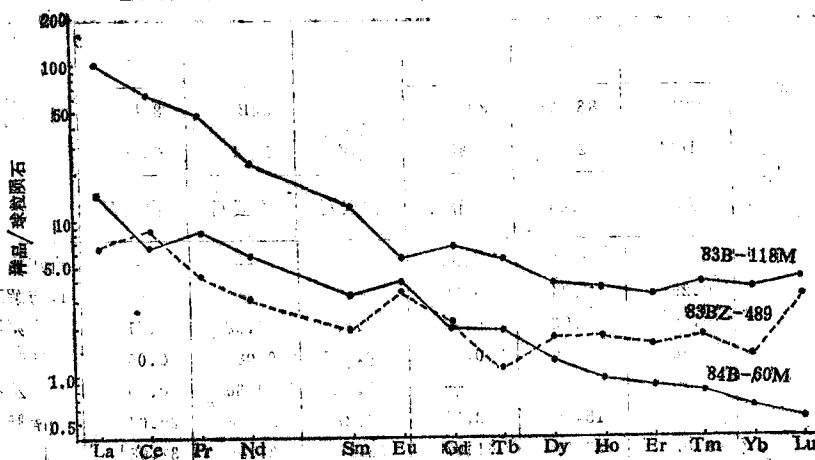


图 1 方解石、白云石和白云石大理岩的稀土元素分配型式

(白云石大理岩据李增慧, 1984)

Fig. 1 REE distribution patterns of calcite, dolomite and dolomite marble

分配型式与安徽霍丘周油坊白云石大理岩的稀土元素分配型式不同, 而与本区超基性岩和矿物的稀土元素分配型式类似⁽¹⁵⁾。按本文方解石的稀土元素特征与岩浆分异作用有一定的关系。在岩浆分异过程中, 可能分离出富含斜长石的基性岩, 以致随后形成的超基性岩及后期热液富含LREE, 亏损Eu。当这种热液交代钙质辉石和钙质闪石, 形成的方解石也就富含LREE, Eu呈负异常。

在Yb/Ca-Yb/La图解⁽²⁾上投点于AB线之下。该点位于岩浆成因区的外缘, 但未进入热液成因区(图2)。这意味着该方解石具有特殊的成因特点, 它既不是岩浆成因的碳酸岩的组成矿物, 也不是标准的岩浆期后热液作用的产物, 当然更与沉积变质作用无关。如结合镜下所见钙质辉石的解理遗迹和角闪石的蚀变残留体(见前述)一并考虑, 可以推断

方解石是钙质辉石和钙质闪石热液蚀变的产物, 物质成分主要来自钙质辉石和钙质闪石, 成矿机制却是热液的。

(2) 蛇纹石 这是碳酸盐矿物的伴生矿物, 其含量与蚀变前原岩的矿物组成有关。蛇纹石多呈鳞片状集合体, 其周边分布着尘埃状或细粒磁铁矿, 围成浑圆的短柱状体 (蛇纹石按橄榄石成假像), 这是橄榄石蛇纹石化的特点 (图版-4), 故可确定原岩的矿物组成之一是橄榄石。

(3) 磁铁矿 主要见于与超基性岩有关的矿石中。据镜下观察, 磁铁矿有两个世代: 世代 I 为较粗的粒状或粒状集合体。世代 II 呈尘埃状和细粒状, 它们是原生硅酸盐矿物 (如橄榄石) 蚀变 (蛇纹石化) 的析出物。众所周知, 橄榄石蚀变析出的铁质常以磁铁矿的型式分布在原矿物晶体的边缘。

化学成分中的 TiO_2 , MgO , Al_2O_3 , V_2O_5 的含量分别高于沉积变质磁铁矿的相应含量。另外, $\text{NiO} > \text{CoO}$ 。上述矿物形态、化学成分等特点都说明大部分磁铁矿是原岩 (或原矿石) 的组成矿物, 部分磁铁矿是原硅酸盐矿物的蚀变析出物。

(4) 钙质闪石 呈蚀变残留体存在于碳酸盐矿物中, 这由柱状体及两组解理 (交角为 56° 和 124°) 得到证实。这种钙质闪石在角闪岩成因图中处于超基性岩及相应正变质钙质闪石成因区, 这就说明部分碳酸盐矿物是超基性岩中的钙质闪石蚀变而成的。

(5) 绿尖晶石 这是产于基性岩, 尤其是超基性岩中的一种副矿物。它是贫硅富镁和含铝的岩浆结晶作用形成的。在赵家庄和脑峪门的超基性岩中均有分布, 但作为与碳酸盐的伴生矿物则仅见于脑峪门“大理岩”中。由于绿尖晶石和蛇纹石的存在, 从而有理由推断, 脑峪门“大理岩”是由超基性岩蚀变而成的, 即碳酸盐矿物是超基性岩中的钙质辉石和钙质闪石蚀变的产物。

(二) 由 (斜辉) 阳起磁铁矿石岩和斜辉磁铁矿石岩蚀变而成的“大理岩”

这些实例分别见于辽宁本溪歪头山和冀东迁安水厂矿区。有的“大理岩”呈黑、白相间的条带状构造, 几乎与磁铁矿石岩的构造没有什么区别, 这就成了某些人提出的沉积变质大理岩的证据之一。但作者认为, 这种“大理岩”是 (斜辉) 阳起磁铁矿石岩经热液蚀变的产物。条带状构造只是 (斜辉) 阳起磁铁矿石岩的构造遗迹。其依据为:

1. 矿物组合特点

组成该“大理岩”的主要矿物是碳酸盐 (以白云石为主, 方解石次之) 和磁铁矿。此外, 还有一定的阳起石 (主要见于歪头山“大理岩”中)、磷灰石和石英 (主要见于水厂“大理岩”中)。矿物组合中的矿物种属和含量与原岩的矿物组成和蚀变程度都有关系。

2. 主要矿物的基本特征

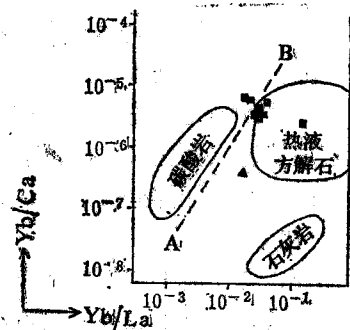


图2 方解石的Yb/Ca-Yb/La图解
(据H. V. Maravich和G. Morteani, 1980)

Fig. 2 Yb/Ca-Yb/La diagram for calcite

AB—为区别岩基碳酸岩与热液的方解石的分界线; ▲—本文方解石

(1) 白云石 根据化学分析和镜下观察,“大理岩”中的碳酸盐矿物以白云石为主,方解石次之。

① 形态和物性 白云石的颗粒粗大,直径可达0.5cm。镜下白云石呈团块状或短柱状体,颇似辉石的晶体轮廓。有的呈长柱状。分布零乱,不具备一般大理岩中碳酸盐矿物按三面角镶嵌的结构。白色,有的有褐色污染。干涉色高级白。闪突起。除菱面体解理外,在某些切面上可见到钙质辉石的两组解理(交角为 93° 和 87°)和阳起石的一组细而密集的解理遗迹(图版-5, 6),有的切面还可见到阳起石的蚀变残留体。以上种种现象充分证明了白云石(和部分方解石)是钙质辉石和钙质闪石蚀变的产物。

② 化学成分特点

常量元素 表1列出三个白云石(No. 4—6)的化学分析结果。化学成分比较简单,接近纯白云石的化学成分,只有少量的 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 和 Zn 代替 Mg 。这些离子参加晶格,对白云石的比重、折射率和晶胞参数产生一定的影响。

稀土元素 一个白云石(84B-60M)的稀土元素丰度和稀土元素的分配型式见表2和图1。其特点如下:

a. $\Sigma\text{REE}=20.51\text{ppm}$, 该值高于石灰岩的稀土丰度,与安徽霍丘周油坊磁铁白云石大理岩的稀土元素丰度接近,但比河南舞阳赵寨庄热液蚀变的碳酸盐者低得多(见前面)。这种差异可能与稀土元素来源不同(包括原矿物和热液)有关。

b. LREE富集, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}=11.21$, 故为一由左向右倾斜的曲线,此与前人报道的热液成因白云石的稀土元素分配型式类似。

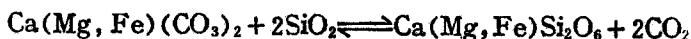
c. 具有显著的Eu正异常,这与河南舞阳赵寨庄铁矿热液蚀变方解石的Eu负异常不同。这种差异可能与本区热液作用过程中优先蚀变一个Eu异常的矿物相有关。从区域来看,混合岩化作用比较广泛、强烈,混合岩化作用后期形成的混合热液可能对斜长石的影响较大,使牌号高的斜长石转变为牌号低的斜长石,析出的 Ca 和与其伴生的 Eu^{2+} 。由于 Eu^{2+} 的析出,使混合热液富含 Eu^{2+} 。当这样的热液与钙质辉石和钙质闪石作用时, Eu^{2+} 以类质同象方式参加白云石晶格,从而使白云石具有明显的Eu正异常。

(2) 石英 多见于冀东迁安水厂的“大理岩”中。不等粒状,形态极不规则。按成因分两个世代,世代I是交代残留的。这种石英颗粒形态因碳酸盐交代而极不规则,常呈港湾状(图版-7)。世代II系蚀变作用析出、但未排出的 SiO_2 再晶出的产物。这种石英显示较弱的光性。由此可见,石英含量与蚀变程度有直接的关系。

(3) 阳起石 主要见于歪头山“大理岩”中。阳起石经热液蚀变为碳酸盐(以白云石为主)。但由于它的稳定性高于钙质辉石,故常有蚀变残留体。这说明“大理岩”中的部分碳酸盐是阳起石经热液蚀变形成的。

四、交代蚀变作用

众所周知,无论超基性岩(包括与其有关的铁赋石)还是(斜辉)阳起磁铁石英岩和斜辉磁铁石英岩中的钙质辉石和钙质闪石,在偏碱性热液作用下,容易发生交代蚀变。碳酸盐矿物就是常见的一类蚀变矿物。如以钙质辉石为例,则蚀变可能按下式进行:



从反应式可以看出, 如原岩为超基性岩, 则钙质辉石蚀变成白云石的同时, 应有 SiO_2 析出。如原岩是(斜辉)阳起磁铁石英岩或斜辉磁铁石英岩, 则在蚀变为“大理岩”的过程中, 除了析出上述的 SiO_2 外, 还涉及大量石英的溶失问题。关于石英溶失, 前人做了不少研究工作。潘之明(1978)①指出, 西北地区不同时代的花岗岩在碱性热液作用下, 硅离子大量带出, 钙和二氧化碳带入, 形成大量方解石, 占据原先石英的位置, 仍保持花岗岩的结构特征。王联魁等(1980)②做过实验研究, 他们指出, 淋滤去硅最有利的条件是 $t=500^\circ\text{C}$, $p=100\text{MPa}$, $\text{pH}=8.3$, 淋滤 SiO_2 达 3g/l , 高于铁数十倍至百倍。从区域考虑, (1) 河南舞阳赵案庄铁矿是与超基性岩有关的岩浆矿床, 推测在玄武岩浆分异后期, 可能存在岩浆期后热液阶段。(2) 三个地区的混合岩化作用很普遍, 可能出现混合热液。无论岩浆期后热液还是混合热液, 具备上述的淋滤去硅条件是可能的。因此, 超基性岩在这种热液作用下, 钙质辉石和钙质闪石蚀变为碳酸盐, 排出反应中析出的 SiO_2 。至于(斜辉)阳起磁铁石英岩和斜辉磁铁石英岩与热液作用, 除了钙质辉石和钙质闪石蚀变为碳酸盐外, 碳酸盐还交代石英, 而原岩中的石英被热液溶解、排出, 原石英的位置被碳酸盐矿物占据。显然石英是否完全被热液交代或残留多少, 则与热液交代作用的程度有关。据作者的资料, 热液交代石英的程度可分为三种情况: (1) 如交代蚀变作用强烈, 则原岩中的石英几乎完全被碳酸盐交代, 形成“磁铁白云质大理岩”, 故仍具有黑、白相间的条带状构造。很明显, 这种条带状构造是(斜辉)阳起磁铁石英岩的构造遗迹(图版-8), 而不应将其作为“磁铁白云质大理岩”沉积变质成因的依据。歪头山矿区所见的即属于这种类型。(2) 如热液交代蚀变作用极弱, 一般只是原岩中的钙镁硅酸盐矿物蚀变为碳酸盐(以白云石为主), 几乎全部或大部分石英仍保留在原岩中, 形成碳酸盐化斜辉磁铁石英岩。冀东迁安水厂斜辉磁铁石英岩中有碳酸盐团块零散分布, 按其成因应属于这种类型。(3) 如热液交代蚀变程度介于上述两者之间, 除了钙质辉石蚀变为碳酸盐外, 还有部分石英被碳酸盐交代。但是, 由于交代作用不彻底, 石英多呈残晶状(图版-7)。因此, 这些碳酸盐不是沉积变质成因的, 而是热液交代的产物。

以前, 有人提出太古界不存在沉积变质成因的大理岩, 但未能进一步研究、证实, 本文所得的结论支持这一论点。遗憾的是, 本文涉及的实例不够多, 似有以点代面之嫌。因此, 今后仍需广泛收集有关资料, 加以验证。

(1989年1月14日收到, 薛淑芸编辑)

参 考 文 献

- [1] 蒋永年、陈男华, 河南舞阳赵案庄铁矿的成因探讨, 中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊, 第16号, 1986。
- [2] Maravic, H. V. and Morteani, G., Petrology and geochemistry of the carbonatite and syenite complex of Lueshe (N. E. Zaire), Lithos, 3, pp.159-170, 1980.

① 潘之明, 碳酸盐矿物对石英的交代作用(摘要), 第二届矿物岩石地球化学学术会议论文, 1978。

② 王联魁、张宝贵、程景平, 鞍山本溪一带前寒武纪铁矿地质与地球化学特征, 1980。

DISCUSSION ON THE GENESIS OF SOME "ARCHEAN MARBLES"

Jiang Yongnian

Abstract

In Archean iron formation and iron deposit related to ultrabasic rock, there is such a mineral association: carbonate (calcite and dolomite) $\pm$ magnetite $\pm$ actinolite $\pm$ serpentine $\pm$ quartz. It is named marble by some geologists when the carbonate content is rather high, and described as a kind of rock type in stratigraphic sequence. However, the so-called marble is different in some respects from sedimentary one.

According to the genetic information of minerals, the author considers that the so-called marble was derived from the hydrothermal metasomatic alteration of the ultrabasic rocks (Zhaoanzhuang and Naoyumen) and the iron formation (Waitoushan and Shuichang). This has been confirmed by the genetic characteristics of carbonate minerals, such as irregular short prisms (pseudomorphs after Ca-pyroxene), trace of Ca-pyroxene cleavages, REE distribution characteristics, and some relict minerals. Thus, the possibility of forming sedimento-metamorphic marble is ruled out.

图版说明

Explanation of Plate

1. 方解蚀变岩。方解石(深灰色、短柱状——假象)系由镁铁硅酸盐矿物变来。角闪石(柱状、具一组密集解理)为蚀变残留体。(+)， $\times 80$, 83BZ-116M(3)，河南舞阳赵寨庄矿区

Calcite altered rock. Calcites (dark grey, short prismatic—pseudomorph) are derived from the ferromagnesian silicate minerals. Hornblendes (prismatic, closely spaced cleavages) are relict portion. (+), $\times 80$, 83BZ-116M(3), Zhaoanzhuang mining area, Wuyang County, Henan Province

2. 蛇纹方解磁铁矿石。方解石具两组解理，交角为 93° 和 87° ，是钙质辉石蚀变的产物。(+)， $\times 80$, 83B-118M，河南舞阳赵寨庄矿区

Serpentine-calcite-magnetite ore. Calcite, with cleavages in two directions at angles of 93° and 87° , is formed from the alteration of Ca-pyroxene. (+), $\times 80$, 83B-118M, Zhaoanzhuang mining area, Wuyang County, Henan Province

3. 蛇纹方解蚀变岩。方解石呈灰色，具两组解理，交角为 93° 和 87° ，是钙质辉石蚀变的产物。蛇纹石(圆柱状)按橄榄石成假象。(+)， $\times 250$, F-2(2)，冀东迁安脑峪门

Serpentine-calcite altered rock. Calcite, grey, with cleavages in two directions at angles of 93° and 87° , are formed from the alteration of Ca-pyroxenes. Serpentine (round prisms) are pseudomorphs after olivines. (+), $\times 250$, F-2(2), Naoyumen, Qianan County, Eastern Hebei Province

4. 蛇纹方解蚀变岩。方解石灰色或浅灰色。纹蛇石呈叶片状集合体, 按橄榄石成假象。 (+), $\times 63$, F-2(6), 冀东迁安脑峪门

Serpentine-calcite altered rock. Calcite is grey or light grey in colour. Serpentine (foliated aggregate) are pseudomorphs after olivines. (+), $\times 63$, F-2(6), Naoyumen, Qianan County, Eastern Hebei Province

5. 碳酸盐蚀变岩。白云石 (灰色) 是普通辉石和阳起石蚀变的产物, 这由原矿物的解理遗迹所证实, 前者具有两组解理, 交角为 93° 和 87° , 而后者具有一组细而密集的解理。 (-), $\times 250$, 84B-60M(3), 辽宁本溪歪头山矿区

Carbonate altered rock. Dolomite (grey in colour) are formed from the alteration of augite and actinolite. This may be confirmed by the cleavage traces of the original minerals, the former has cleavages in two directions at angles of 93° and 87° and the latter has fine and closely spaced cleavages in one direction. (-), $\times 250$, 84B-60M(3), Waitoushan mining area, Benxi County, Liaoning Province

6. 碳酸盐化斜辉磁铁石英岩中的白云石 (灰色, 具两组解理, 交角为 93° 和 87°) 是钙质辉石蚀变形成的。 (-), $\times 250$, Q86044(5), 冀东迁安水厂

Dolomites (grey, with cleavages in two directions at angles of 93° and 87°) occurring in clinopyroxene-magnetite quartzite (partially subjected to carbonatization) are formed from the alteration of Ca-pyroxene. (-), $\times 250$, Q86044(5), Shuichang, Qianan County, Eastern Hebei Province

7. 碳酸盐化斜辉磁铁石英岩。灰色高突起粒状白云石系钙质辉石蚀变和碳酸盐交代石英形成的。石英因受碳酸盐交代而呈熔蚀晶。 (-), $\times 63$, Q86044(4), 冀东迁安水厂

Clinopyroxene-magnetite quartzite (partially subjected to carbonatization). Dolomites (grey, high relief and grained) are formed from both the alteration of Ca-pyroxene and the replacement of quartz by carbonatization. Being subjected to metasomatism, the quartz crystals are mainly corroded crystals. (-), $\times 63$, Q86044(4), Shuichang, Qianan County, Eastern Hebei Province

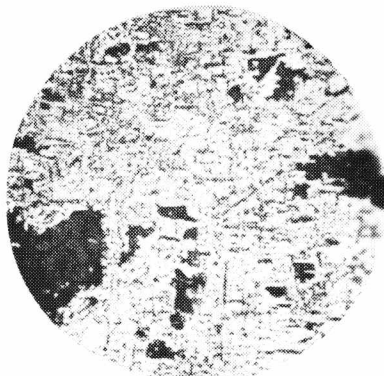
8. 碳酸盐蚀变岩。条带状构造, 是斜辉阳起磁铁石英岩蚀变形成的。手标本, 84B-60M, 辽宁本溪歪头山矿区

Carbonate altered rock, with banded structure, is formed from the alteration of clinopyroxene-actinolite quartzite. Hand specimen. 84B-60M, Waitoushan mining area, Benxi County, Liaoning Province

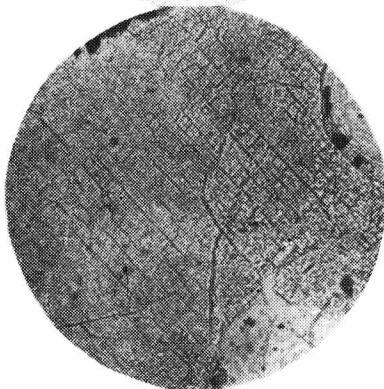
图 版



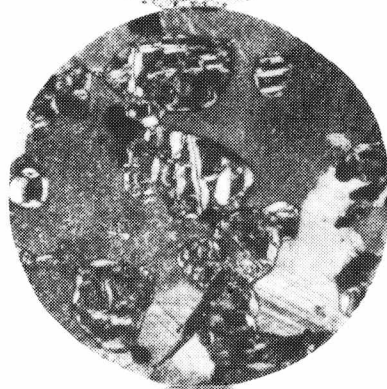
1



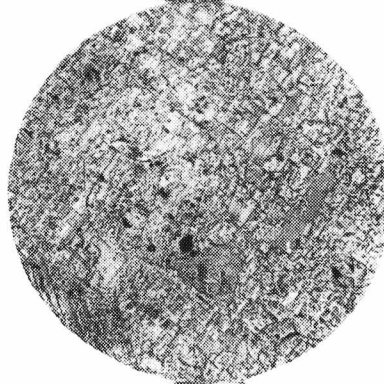
2



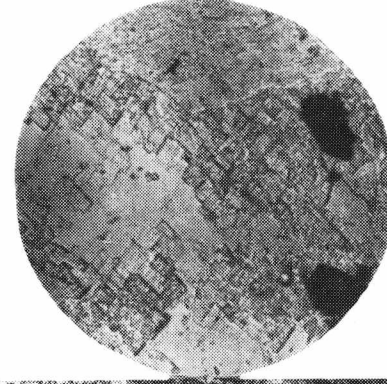
3



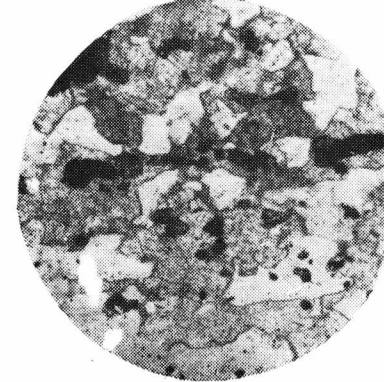
4



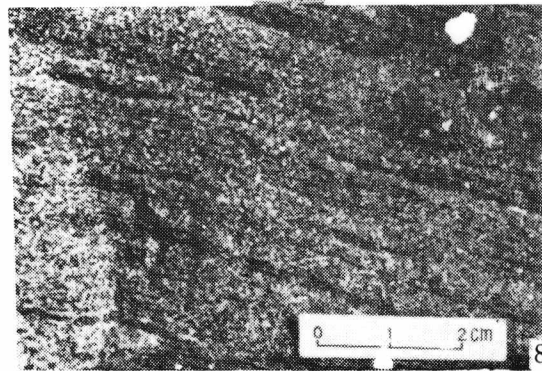
5



6



7



8

蓟县—平谷长城系地质年龄数据新知及年代格架讨论

NEW ISOTOPIC AGES AND GEOCHRONOLOGIC FRAMEWORK OF CHANGCHENG SYSTEM IN JIXIAN AND PINGGU COUNTIES

陆松年 张学祺 黄承义 刘文兴

内容提要 依据新获得的长城系同位素地质年龄数据, 讨论其地质年代构造格架。

长城系包括常州沟、串岭沟、团山子、大红峪、高于庄五个组。样品来自蓟县串岭沟组、平谷团山子组、大红峪组 and 蓟县大红峪组。串岭沟组中伊利石的Pb-Pb等时线年龄为 1705 ± 42 Ma, 团山子组中部的富钾粗面岩Rb-Sr全岩等时线年龄为 1606 ± 19 Ma, 大红峪组下部的富钾粗面岩Rb-Sr全岩等时线年龄为 1585 ± 41 Ma, 蓟县大红峪组火山岩中锆石U-Pb下交点年龄 1487 ± 14 Ma。据此, 推断长城系底界年龄不超过1800 Ma。

蓟县中、上元古界剖面, 以其露头良好、出露完整、变质极浅、构造简单、化石丰富而蜚声于国内外地质界。该剖面自下而上包括长城系、蓟县系和青白口系, 总厚约9200 m。传统上将常州沟组、串岭沟组、团山子组、大红峪组和高于庄组归入长城系, 但作者之一曾对高于庄组的归属提出异议^[6], 认为从盆地构造演化阶段和地层接触关系, 拟将高于庄组置于蓟县系。但本文仍采用1982年晚前寒武纪地层分类命名会议的决议^[3], 将高于庄组隶属于长城系。

蓟县剖面同位素年代学的研究, 已有30年的历史, 积累了上百个年龄数据, 其中有相当一部分涉及到长城系。工作做得较多的包括钟富道、于荣炳等。70年代中期, 钟富道等利用当时国内的测试条件和方法, 提供了蓟县剖面下部地层的沉积岩年龄, 为建立我国晚前寒武纪地质年表做了有意义的工作。

由于长城系的地质年龄直接影响我国早—中元古代界线年龄的判定, 因而引起学者们的关注。1977年以前, 在钟富道尚未发表串岭沟组Pb-Pb年龄时, 依据早前寒武纪变质年龄资料, 晚前寒武纪底界年龄(即长城系底界年龄)推定为1700 Ma^[1]。1977年钟富道发表了串岭沟组1922 Ma的Pb-Pb年龄数据^[2]的后来陈毓蔚又加以补充修正, 认为该数据可靠, 因而推定长城系底界年龄为1950 Ma或2000 Ma。晚前寒武纪分类命名会议(北京, 1982)决定, 以1900 Ma作为长城系底界年龄^[3]。80年代以来, 李顺智等^[10]、于荣炳等^[4]、叶伯丹等^[11]、王启超等都报道过蓟县及邻区长城系的年龄数据, 并分别选定 1680 ± 50 Ma或1650 Ma作为长城系底界的参考年龄。不同作者对同一构造区内的同一地层系统的底界年龄, 所取数值从2000—1650 Ma, 时差高达350 Ma, 反映了这个问题的复杂性。

前人所有涉及直接判定地层年龄的同位素测年数据, 除高于庄组方铅矿Pb-Pb模式年龄外, 测定对象主要为沉积岩全岩。本文以伊利石单矿物的Pb-Pb年龄、火山岩的Rb-Sr

和锆石U-Pb一致线年龄,共取得4个测年新数据。下面先介绍这些新的测定结果,然后讨论长城系地层年代的可靠性。测年样品均由张学模生前设计和采集,其他作者参与了研究并完成了该项工作。本文既是该项工作的总结,也是对张学模的深切悼念。

一、新的同位素年龄测定结果

新的同位素测年结果,包括蓟县串岭沟组黑色含粉砂伊利石页岩中伊利石单矿物的Pb-Pb等时线年龄,平谷团山子组和大红峪组中富钾火山熔岩的Rb-Sr全岩等时线年龄及蓟县大红峪组锆石U-Pb一致线年龄(图1)。文中采用的放射性衰变常数为: $\lambda^{238}\text{U}=1.55125 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$, $\lambda^{235}\text{U}=9.84850 \times 10^{-10} \text{年}^{-1}$, $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}=137.88$, $\lambda^{87}\text{Rb}=1.42 \times 10^{-11} \text{年}^{-1}$, $^{85}\text{Rb}/^{87}\text{Rb}=2.59265$ 。

1. 串岭沟组伊利石单矿物Pb-Pb等时线年龄

样品采自蓟县城北道古峪村至团山子村一线,大致呈SEE-NWW向展布,延长约5km。共采集4个样品,岩性为含粉砂伊利石页岩,属于串岭沟组上部层位,样品严格控制在该组范围内。样品经天津地质矿产研究所沉积岩实验室提纯,通过X-衍射测定粘土矿物主要为伊利石,但提纯的纯度不够,仍有极少量石英粉残存于粘土矿物中(图2,表1)。

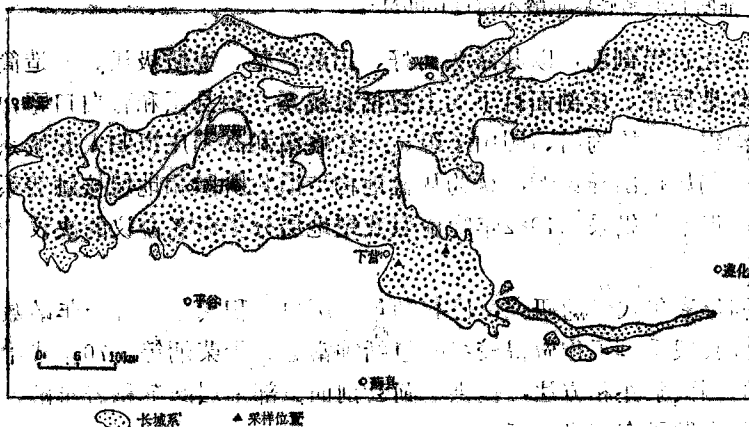


图1 蓟县—平谷一带长城系分布及采样位置图

Fig. 1 The map showing distribution and samples of the Changcheng System in Jixian and Pinggu Counties

前人曾报道过常州沟组、串岭沟组页岩全岩的Pb-Pb等时线年龄。由于页岩中除包含同生粘土矿物外,还含有先前的陆源碎屑,这必然影响了全岩Pb-Pb等时线的年龄。为避免陆源碎屑的影响,从串岭沟组粉砂质岩中提取了较纯的粘土矿物——伊利石。尽管从理论上讲,这些伊利石仍不能排除来自陆源区的可能性,但作为粘土矿物的伊利石,由于有很强的吸附能力,无论是自生的同沉积矿物,或是陆源矿物沉积,它们与海水中的铅同位素,通过相互交换而与海水达到平衡。因此,沉积岩中纯的粘土矿物有可能反映沉积过程中海水的铅同位素比值。

根据9个伊利石单矿物的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值,制作了Pb-Pb等时线(图3,

表 1 串岭沟组粘土矿物X-衍射结果

Table 1 Diagram showing X-ray diffraction for clay in shale of the Chuanlinggou Formation

样 品 号	提纯的粘土矿物	混生矿物	样 品 号	提纯的粘土矿物	混生矿物
Z 81010	伊利石	少量石英	Z 81018-1	伊利石, 少量蒙脱石	少量石英
Z 81011	伊利石	少量石英	Z 81018-2	伊利石	少量石英
Z 81012	伊利石	少量石英	Z 81018-3	伊利石	少量石英
Z 81013	伊利石	少量石英	Z 81019	伊利石	少量石英
Z 81017	伊利石	少量石英			

表2), 获得了一条线性关系好、布点合理的等时线, 其相关系数为0.9995, 等时线年龄为 $1705 \pm 42\text{Ma}$ 。该年龄值代表了串岭沟组上部地层含粉砂伊利石页岩的沉积时代。

2. 团山子组Rb-Sr全岩等时线年龄

样品采自平谷城北苏子峪剖面团山子组中部的富钾安山粗面岩。该火山岩层厚约3m, 具绳状流动构造, 赋存于白云岩层间。样品沿走向采集, 保证其等时性。

测试结果见表3和图5。该组样品的线性关系良好, 误差范围小, 等时线年龄值为 $1606 \pm 19\text{Ma}$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7047 \pm 0.002$ 。

3. 大红峪组火山岩Rb-Sr全岩年龄和锆石U-Pb一致线年龄

样品采自平谷苏子峪剖面(图4), 该剖面大红峪组火山岩层厚度大, 露头新鲜。按刘文兴的划分, 该区火山岩共有四个喷发旋回。测年样品采自第一套喷发旋回的火山熔岩层, 岩性以富钾粗面岩为主, 自下而上采集。由于同期火山喷发的时间是短暂的, 仍可保证样品的等时性。测试结果见表4和图6。该等时线如同团山子组火山岩Rb-Sr全岩等时线一样, 样品点在等时线上分布合理, 线性关系好, 误差范围小。等时线年龄值为 $1495 \pm 41\text{Ma}$, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7049 \pm 0.0077$ 。

大红峪组锆石样品采自蓟县城北下营附近的棉花峪沟内。从70kg的富钾粗面岩中分选出0.2g的锆石单矿物, 按大于120目、大于134目、大于240目和小于240目四个粒级进行测定。

根据分析结果(表5, 图7), 大红峪组锆石U-Pb一致线上交点年龄为 $3530 \pm 20\text{Ma}$, 下交点年龄为 $1487 \pm 10\text{Ma}$ 。对此年龄的解释是个比较复杂的问题。按常规判断, 锆石U-Pb一致线上交点年龄, 通常代表锆石结晶时代, 而下交点年龄是代表锆石结晶后受后期地质事件影响的年代。采自大红峪组富钾粗面岩中的锆石, 其形态和颜色多种多样。从形态看, 除双锥发育的自形晶外, 尚有受到“圆化”的浑圆状锆石; 锆石颜色以淡棕色为主, 尚有紫色、紫红色和几乎无色的锆石颗粒。这说明锆石的来源可能是比较复杂的。除在火山岩喷发过程中从岩浆中直接结晶的锆石外, 不排除岩浆在上升过程中从早前寒武纪变质基底中捕获了一部分变质锆石。

从测试结果看, 所有样品都接近下交点, 亦表明锆石中存在继承铅。在火山岩中含有深源锆石, 这已被许多研究者所证实。在这种情况下, 锆石的U-Pb比值集中在下交点附

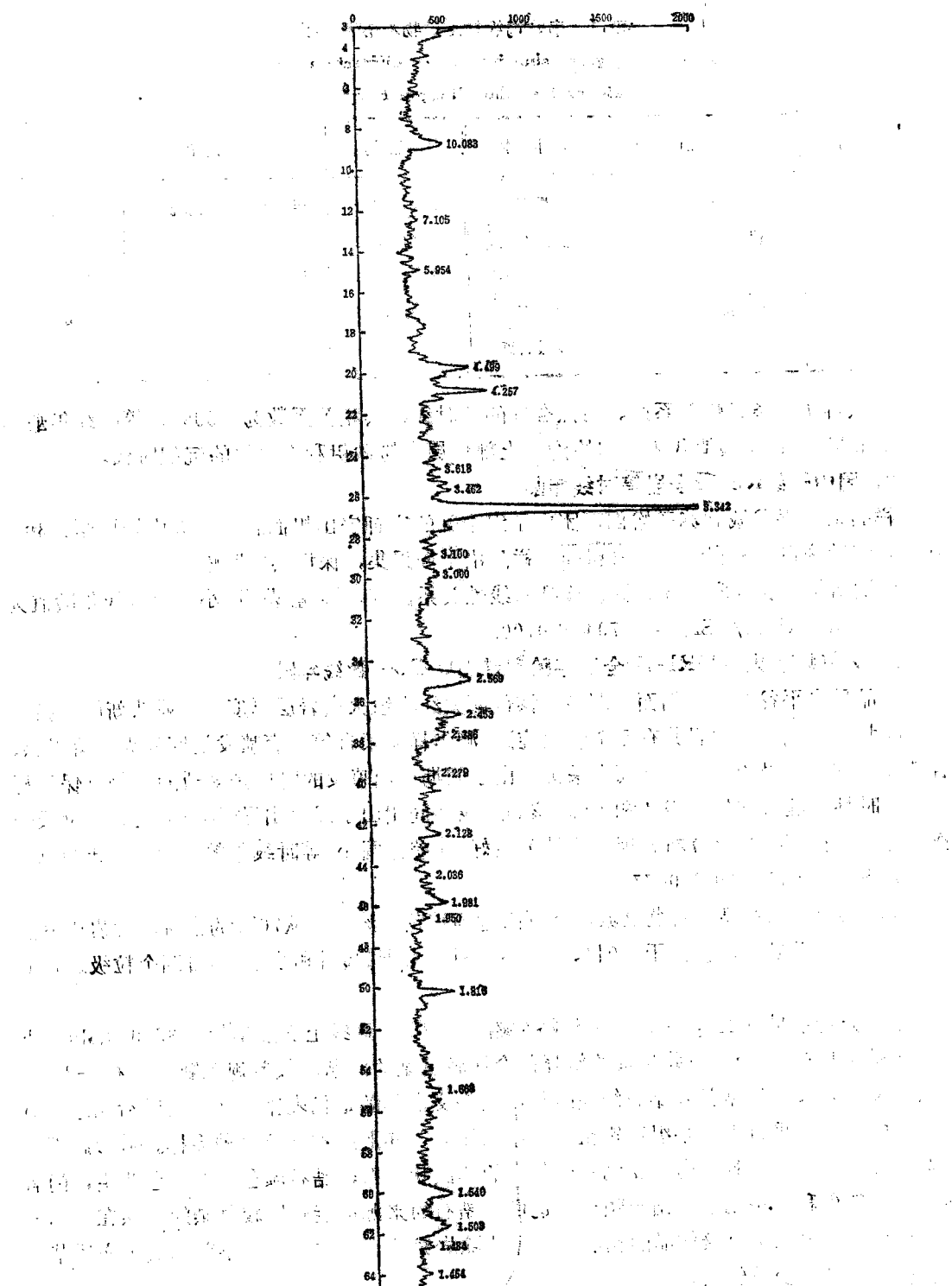


图 2 串岭沟组Z81010号X-衍射结果

Fig. 2 Diagram showing X-ray diffraction for illite (Z81010) of the Chuanglingou Formation