

易县麦饭石* 中沸石的发现及其意义

徐 惠 清

(河北地质学院)

主题词: 易县麦饭石; 沸石; 次生显微海绵状结构

提 要: 易县麦饭石系黑云母石英二长岩, 属新开发的一种食品原料矿产资源。麦饭石主矿物长石的解理、裂隙、空洞中赋存有沸石及其它粘土矿物, 构成一种独特的次生显微海绵状结构。按其次生矿物种类、集合体形态和大小、产出方式和部位, 划分出叶片状、脉状、斑点状、环带状和囊状等五种类型。次生显微海绵状结构是麦饭石所特有的、区别于一般中酸性火成岩的主要特征, 是决定麦饭石的物理化学性质和其健身益寿功效的主要因素, 并可作为麦饭石重要的地质判别标志之一。

易县麦饭石矿床位于太行山东麓北段。大地构造位置属燕山构造带与太行山构造带的复合部位。

矿区地层●由太古界阜平群片麻岩系、中元古界南口群高于庄组白云质灰岩和白云岩及第四系组成(图1)。主要构造有矿区北部的北东向正断层。燕山期花岗闪长岩、黑云母石英二长岩和酸性、中性岩脉与太古界、中元古界呈侵入接触关系。

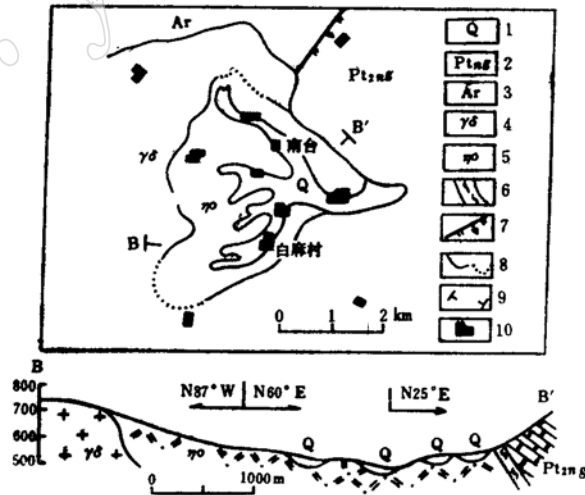


图1 易县麦饭石矿床地质略图

Fig.1 Sketch geological map of the Yixian maifanlite deposit

(据张玉松, 1987, 略简化)

- 1—第四系; 2—中元古界南口群高于庄组; 3—太古界阜平群; 4—燕山期花岗闪长岩;
5—麦饭石矿体; 6—接触变质带; 7—正断层; 8—实测及推测地质界线;
9—剖面线位置; 10—村庄

* 易县麦饭石 (YMS) 系黑云母石英二长岩。根据《麦饭石鉴定标准》, 经省级鉴定, 已确认为麦饭石, 可作为食品原料矿产资源。

● 张玉松, 1987, 河北省易县麦饭石研究报告, pp.2—4.

一、易县麦饭石的岩石学和岩石化学、地球化学特征

(一) 易县麦饭石的产状和岩石类型

易县麦饭石属石英二长岩类, 岩体呈岩株状, 平面上略呈三角形产出, 地表出露面积约 10km^2 (图1), 风化壳深度 10m 左右。其矿物组成、岩石组构比较均一, 相带不明显, 仅局部略有变化, 其中常见酸性、中性岩脉 (图2) 和早期岩体捕虏体。

易县麦饭石一般特点是: 新鲜面呈肉红、灰红色, 块状构造, 二长结构。风化面呈灰红、黄褐色、混杂有灰白、黄白色“麦饭粒”状斑点, 破碎后犹如握聚的“麦饭团”。易县麦饭石的主要矿物为中长石、条纹长石, 次要矿物为角闪石、黑云母、石英, 副矿物为磷灰石、锆石、榍石、磁铁矿。次生变化有绿泥石化、绿帘石化、高岭石化、沸石化等。

中长石 ($An=30\%$, $Np' \wedge (010) = 15^\circ$) 呈自形-半自形板状、柱状, 聚片双晶发育, 有的可见环带结构, 有的边缘出现钠长石窄边。中长石晶体间隙充填有他形条纹长石, 或厚板状条纹长石中嵌布有中长石, 构成典型的二长结构。中长石颗粒一般 $2.49 \times 1.25\text{mm}^2$, 个别大者为 $8.32 \times 1.95\text{mm}^2$, 小者 $0.72 \times 0.39\text{mm}^2$, 含量约 45% 。

条纹长石呈他形粒状、厚板状, 表面尘土状, 具条纹结构, 隐约可见钠长石嵌晶, 形态多呈不规则的叶脉状、蠕虫状, 属隐微纹长石。条纹长石中少数为交代反条纹长石^[1], 钾长石嵌晶为较规则的自形短柱状, 沿更长石 ($An=17\%$, $Np' \wedge (010) = -5^\circ$) 解理分布。条纹长石颗粒大小不一, 大者 1.65mm , 小者 0.34mm , 一般 0.97mm 。含量约 25% 。

石英呈他形不规则状、树枝状、细脉状, 沿条纹长石、中长石、角闪石等解理裂隙充填交代, 可见角闪石之交代残余及分离出的磁铁矿。石英颗粒大小不一, 一般 0.36mm 。含量 5% 左右。

角闪石呈褐色, 柱状, 普遍绿泥石化、绿帘石化, 含有较多的磷灰石包裹体。角闪石颗粒大小较均匀, 一般 $0.76 \times 0.47\text{mm}^2$ 。含量 10% 左右。

黑云母呈片状、条状, 或不规则状, 含有较多磷灰石包体。普遍发育有绿泥石化, 并伴有磁铁矿析出。云母片大者 $1.7 \times 0.7\text{mm}^2$, 小者 $0.1 \times 0.03\text{mm}^2$, 一般 $0.67 \times 0.26\text{mm}^2$ 。含量约 5% 。

副矿物磷灰石、锆石、榍石、磁铁矿多以包体分布于暗色矿物和长石中。

易县麦饭石具典型的二长结构, 按其碱性长石、斜长石和石英含量, 投入中性、中酸性侵入岩定量矿物分类图中, 投影点落入石英二长岩区^[2]。

(二) 易县麦饭石的岩石化学及地球化学特点

易县麦饭石及我国二长岩类的岩石化学成分如表1所示。

易县麦饭石与我国同类岩石化学成分相比, SiO_2 、 TiO_2 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 K_2O 、 P_2O_5 偏

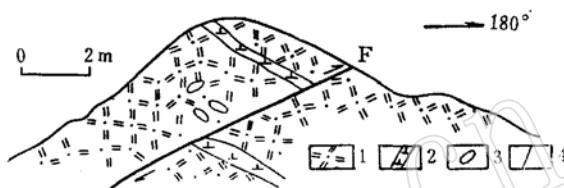


图2 建城司东公路边麦饭石中中性岩脉剖面
Fig.2 Geological section of an intermediate dyke in the maifanlite body east of Jianchengsi village
1—麦饭石; 2—中性岩脉; 3—捕虏体; 4—断层

表 1 易县麦饭石及我国二长岩的岩石化学成分(wt%)

Table 1 Chemical composition of Yixian maifanlite and monzonite in China

序 号 成 分	1	2	3	4	5
SiO ₂	61.5	56.32	62.13	58.51	58.99
TiO ₂	0.96	1.29	0.41	0.59	0.76
Al ₂ O ₃	15.63	19.93	16.94	17.93	18.27
Fe ₂ O ₃	5.06	2.70	2.62	3.02	2.78
FeO	1.47	4.12	1.86	1.95	2.64
MnO	0.077	0.03	0.11	0.12	0.10
MgO	1.57	1.09	1.64	1.56	1.43
CaO	2.32	6.37	4.09	5.86	5.44
K ₂ O	4.06	2.86	3.76	3.99	3.54
Na ₂ O	3.67	3.85	5.39	5.08	4.77
P ₂ O ₅	0.31	—	0.19	0.26	0.15
总 计	96.63	98.61	99.14	98.87	98.87

注：1.易县麦饭石(由地科院测试所分析，1986)；2.广东大连山二长岩；3.河北邯邢地区二长岩；4.山西紫金山二长岩(2-4均引自邱家骥《岩浆岩岩石学》，1985)；5.广东大连山、河北邯邢地区、山西紫金山二长岩平均值。

高，而Al₂O₃、FeO、MnO、CaO、Na₂O偏低。Al₂O₃ > CaO + K₂O + Na₂O，属铝过饱和类型。经计算所得的里特曼指数为3.23，分异指数为72.9，以及在Q-Ab-Or，K-Na-Ca三角图上投影结果，都说明易县麦饭石是岩浆结晶分异的钙碱性系列岩石。

易县麦饭石的微量元素、放射性元素和稀土元素含量综合于表2、表3内。

表 2 易县麦饭石的微量元素(ppm)

Table 2 Trace elements in Yixian maifanlite (in ppm)

元 素	V	Co	Cr	Ni	W	Mo	Bi	Cu	Pb	Zn	As	Sb*	Hg**
含 量	106.5	14.74	63.79	21.03	19.3	<4.0	10.0	18.44	20.65	88.79	0.2	0.86	10.4
元 素	Li	Be	Rb*	Cs*	Ta	Nb	Sc	Sr	Ba	Cd	Ga	Ge	Se
含 量	12.24	1.31	97.1	2.07	<10.00	23.66	9.77	678.8	1007.9	<1.0	18.08	1.00	<0.05

注：由地科院测试所分析。

* 由中科院高能所核技术应用研究部用中子活化分析方法测定。

** 含量为ppb。

表 3 易县麦饭石的稀土元素及放射性元素含量(ppm)

Table 3 REE and radioactive elements in Yixian maifanlite (in ppm)

元素	La	Ce	Pr*	Nd	Sm	Eu	Ga*	Tb	Dy*	Ho*	Er*	Tm*
含量	56.800	95.400	10.571	49.300	7.090	1.860	4.516	0.580	3.355	0.664	1.664	0.219

元素	Yb	Lu	ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	δEu	δCe	U	Th	Th/U
含量	1.280	0.210	233.5	221.02	12.48	17.69	1.05	0.86	0.90	8.85	9.83

注：由地科院测试所分析。

* 经球粒陨石标准化后计算的内插值。

易县麦饭石浸泡后溶出的常量和微量元素有三十余种,其中对人体有益的二十余种,如Fe、Mg、Zn、Cu、Mn、Co、Ge等。而有害的As、Hg、Pb及放射性元素含量低,其含量在人体允许范围内^①。

二、易县麦饭石主矿物的次生孔隙、次生特征矿物 ——次生显微海绵状结构与健身益寿之功效

(一) 主矿物的次生孔隙、次生矿物——次生显微海绵状结构的特征

笔者通过对易县麦饭石矿区的野外观察、麦饭石薄片的详细镜下研究,首次发现了麦饭石主矿物长石的次生孔隙中,充填有大量的沸石等矿物,构成一种多孔状次生结构。

易县麦饭石主矿物中长石、条纹长石解理裂隙发育,其中中长石尤为明显而普遍,多沿裂隙、解理或裂隙与解理交汇处形成次生空洞或孔隙,并被沸石和粘土矿物充填。沸石矿物种类主要为菱沸石和其它沸石矿物。菱沸石在薄片无色透明,低突起、晶簇状,菱面体解理发育,可见菱形切面,干涉色灰色,对称消光,二轴晶,光轴角较小(照片1)。其它沸石矿物无色透明,糙面不显,呈柱状或纤维状,折光率低于树胶,干涉色一级灰至二级低,平行消光,负延性,二轴晶正光性,光轴角中等。沸石占次生矿物的30—55%。粘土矿物有伊利石,约占25—40%,蒙脱石约占20—30%。差热分析和X射线分析图谱如图3、4。笔者将麦饭石主矿物长石中广泛分布的、被多孔的次生矿物(主要是沸石)充填的次生孔隙称为“次生显微海绵状结构”。这种结构是麦饭石所特有,而区别于一般同类岩石。麦饭石的上述特殊结构,与日本对麦饭石进行的粉末法X射线分析结果⁽³⁾相近。他们发现一般同类岩石的X光衍射图象是近乎直线的小起伏,而麦饭石却具有数不清的峰点,众多的峰点,特别是最突出的各个峰点,都表示存在多种晶体结构的矿物相。

按次生矿物种类、集合体形态和大小、分布特点、部位,易县麦饭石主矿物长石的次生显微海绵状结构可划分出以下几种类型:

1. 次生矿物沸石、伊利石沿解理呈细小的长柱状或叶片状分布于长石中(照片2),叶片一般长0.025mm,宽0.005mm。

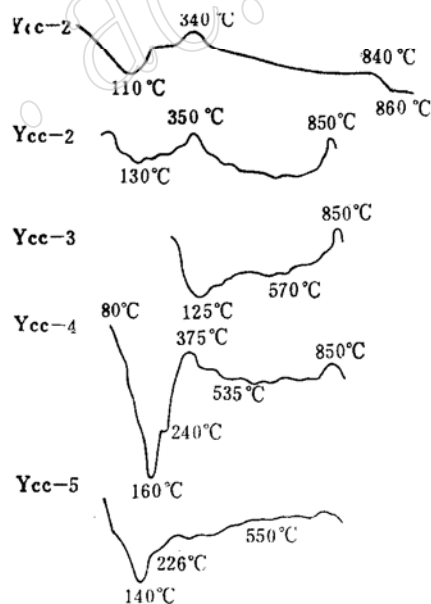


图3 易县麦饭石中菱沸石差热分析图谱
Fig.3 Differential thermal curve of chabazite in Yixian maifanlite

Ycc-2: 低温110—130°C有一吸热谷,
840—850°C为一放热峰,为菱沸石特征;
Ycc-3: 850°C有一明显的放热峰,为菱沸石,
粘土矿物可能为蒙脱石、伊利石;
Ycc-4: 为Ca-蒙脱石和菱沸石;
Ycc-5: 同Ycc-4,仅含量少;
注: 由中国地质科学院 冯宝华分析。

① 张玉松, 1987, 河北省易县麦饭石研究报告, p. 58.

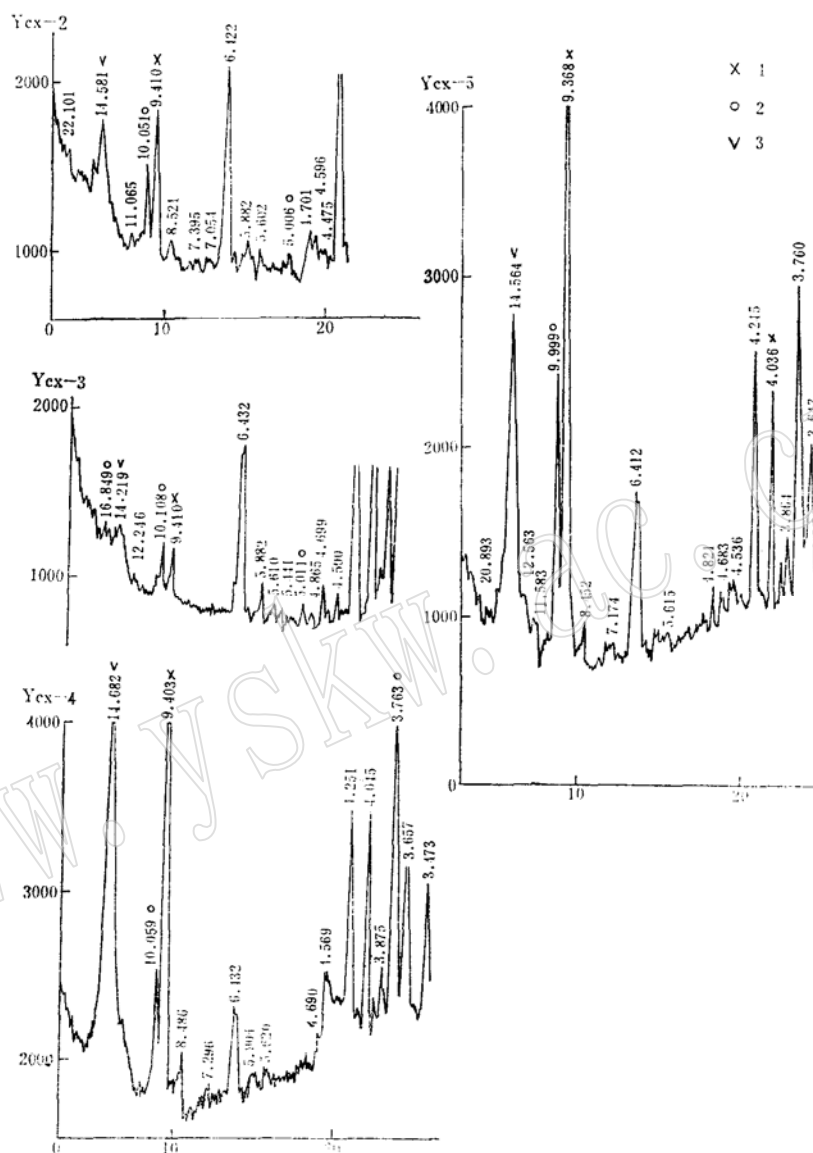


图4 易县麦饭石X射线衍射图谱

Fig.4 X-ray spectrogram of Yixian maifanlite

Yex-2: 1—沸石 (占次生矿物的40%); 2—蒙脱石; 3—伊利石

Yex-3: 1—沸石 (占次生矿物20%); 2—蒙脱石 (次之); 3—伊利石为主

Yex-4: 1—沸石 (占50%); 2—蒙脱石 (30%); 3—伊利石为主

Yex-5: 1—沸石 (占次生矿物的60%); 2—伊利石 (占30%); 3—蒙脱石 (占10%)

注: 由河北地质学院邵殿信分析, 分析条件: CuKα, 40kV, 100mA, DS 1°, SS 1°, RS 0.15mm, 步宽0.02°, 探测器S.C.

2. 次生矿物沸石、伊利石沿裂隙或解理定向分布, 呈平行脉状或条带状 (照片3), 脉一般长0.04mm, 宽0.005mm。

3. 沸石矿物及少量粘土矿物为放射状集合体, 呈斑点状散布于长石次生孔隙和裂隙中

(照片4), 矿物集合体大小一般0.01mm。

4. 次生沸石、粘土矿物呈放射状、条状、束状分布于长石颗粒的边缘, 构成一个明显的环带(照片5), 环带宽一般0.05mm。

5. 次生沸石、粘土矿物呈放射状、束状、条状等, 聚集成蜂窝状、囊状体分布于长石颗粒内部中心、边部解理裂隙发育处或交叉部位(照片6), 大小不一, 大者0.5mm, 小者0.02mm, 一般0.38mm。

(二) 长石次生显微海绵状结构与麦饭石理化性质、功效的关系

麦饭石是一种健身益寿的天然药用矿石。《本草纲目》中曾有详细记载。如“麦饭石处山溪中有之, 其石大小不等, 或如拳、或如鹅卵, 或如盏, 或如饼, 大略如握聚一团麦饭, 有粒点如豆如米, 颜色黄白……”“气味甘温, 无毒。主治一切痼疽发背⁽³⁾”。但遗憾的是数百年来, 我国对麦饭石矿产资源的开发利用和研究几乎中断, 直到本世纪70年代末, 80年代初, 随着国外“麦饭石热”的兴起, 相继在我国也出现了麦饭石热潮, 发现了几十处麦饭石矿点和矿床, 其开发应用研究也取得了重大进展。

据当前的麦饭石研究现状和水平, 虽然尚不能确切地提出关于麦饭石的定义, 已确认的天津蓟县麦饭石、中华麦饭石、易县麦饭石与《本草纲目》中的麦饭石是否属同一岩石类型, 亦难作出判定。可是, 现有的研究成果却表明, 它们在医疗、卫生保健、食品饮料、环境保护等方面的应用中确有显著功效, 并且将其归因于麦饭石所特有的理化性质, 如浸溶、吸附—离子交换、调节(水的pH值、硬度)、抑菌性能⁽³⁾①等, 这已为大量的实验所证实。因此, 麦饭石已成为稀有珍贵的矿产资源②。

但是, 麦饭石作为一种有经济意义的特殊岩石或矿床, 其基础理论研究。尤其是地质学的研究则是相当薄弱的。诸如决定麦饭石理化性质、功效的特征矿物、组构、区别于一般同类岩石的成岩—成矿机理的研究, 几乎无人问津。可喜的是1987年国家地震局地壳应力研究所, 对易县麦饭石的研究较以往的其它一些麦饭石的确认工作, 取得了一些新进展, 他们明确地提出: “麦饭石的性质固然取决于其中含有的蒙脱石、伊利石(水云母)等特征矿物, 例如蒙脱石有广泛的吸附作用。”“然而这些特征矿物的含量在麦饭石中占的比例是小的, 麦饭石中主要矿物斜长石、钾长石、石英等所占比例是很大的, 因而麦饭石的性质必然与这些主要矿物的变化有关③”。

笔者不仅在易县麦饭石中发现有沸石及主矿物具次生显微海绵状结构, 而且在已经国家确认的辽宁阜新、北票和天津蓟县麦饭石薄片中也观察到有类似的结构。因此, 无论从麦饭石薄片镜下观察, 抑或据电镜扫描和X射线分析, 都已充分说明麦饭石是多孔的、海绵状或珊瑚礁状⁽³⁾的一种特殊的遭受次生变化的岩浆岩, 这种多孔性与长石的次生显微海绵状结构密切相关。笔者认为麦饭石的有益的理化性质及其功效, 主要就是由长石次生显微海绵状结构所起的特殊作用决定的。兹做如下初步分析:

1. 麦饭石或主矿物长石具多孔性, 因而表面积特别大, 可以持久地保持其吸附作用的性能。同时由于其多孔, 可以使水易于流通。渗透进长石中, 以促进和加速水同麦饭石主矿物

① 核工业部北京三所、天津南开大学, 1987, 麦饭石鉴定标准。

② 黑龙江商学院、中华麦饭石系列食品开发研究课题组, 1986, 中华麦饭石系列食品开发研究技术报告。

③ 张玉松, 1987, 河北省易县麦饭石研究报告, p. 57—60。

的反应,可以较多地溶出对人体有益的微量元素,吸附有害的元素和杂质。

2. 长石显微海绵状结构中充填沸石、粘土矿物。不同的矿物其特性各异,例如粘土矿物蒙脱石,为含水层状硅酸盐矿物,晶格中由于异价离子置换而产生的负电荷,具吸附阳离子和极性有机分子的能力。晶层间可能存在的阳离子 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 K^{+} 、 H^{+} , 它们在一定的条件下可以互相取代,发生离子交换^[4]。沸石矿物晶体结构中, $[(Si, Al)O_4]$ 四面体以角顶相互联结,形成架状硅铝氧骨干。结构中存在更为宽阔的空洞和孔道,被 Na^{+} 、 K^{+} 、 Ca^{2+} 和水分子——沸石水所占据,因而具有明显的阳离子交换能力。由于空洞中水分子可自由出入而不破坏晶体结构,脱水的沸石在适当条件下,还可重新吸水。当水分子被驱除后,还可吸附其它物质分子 (NH_3 、 CO_2 、 H_2S 等),直径比孔道小的分子,可以进入孔洞;比孔道大的分子不能进入,即对不同大小的分子起到筛选作用^[5]。由于上述特点,使其具有离子交换性能,吸附性能,较大的比表面积等,而促进化学反应(脱铝—解硅—吸钙)^[4]。因而沸石可以除去某些有害杂质,除去硬水中的Ca,而起到净化、软化的作用。沸石矿物与蒙脱石相比,前者具有更强的离子交换能力和吸附性。因此,在麦饭石主矿物孔隙中的沸石,是决定其理化性质、药用价值的重要因素。有资料认为斜发沸石、丝光沸石和蒙脱石组成的各类矿石,对 NH_4^{+} 、 K^{+} 均具有较强的交换作用^[4]。根据上述分析,麦饭石矿石的质量,可能与长石的次生结构类型及不同类型的组合有关。关于这一点,笔者还准备进一步工作。

由于麦饭石富含有人体所需的微量元素和其主矿物长石特有的次生显微海绵状结构等特点,而赋予麦饭石有益的理化性质和功效,它既不同于一般同类岩石,也不同于完全由沸石或蒙脱石所组成的矿石。因此,长石中沸石矿物的存在和其特殊的次生显微海绵状结构,可作为麦饭石的地质判别标志之一。

三、结束语

麦饭石是一种新开发的食品原料矿产资源。随着科技进步和人类社会的发展,其开发应用前景将会日益扩大。毋庸置疑,在我国加速麦饭石的开发利用和研究,对增强人民的身体素质,提高健康水平,必将产生积极的作用,从而带来重大的社会效益和经济效益。因此,当前急待加强对这种具有特殊经济意义的新的非金属矿床类型——麦饭石的基础地质和基础理论研究工作。

易县麦饭石中沸石矿物的发现和次生显微海绵状结构的研究,对于揭开麦饭石的奇特功效的奥妙和开发利用以及找矿评价工作可能都具有重要意义。

工作过程中,得到白宜真教授、冯宝华副研究员的指导和帮助,谨致衷心的感谢。

参考文献

- [1] 王德滋, 1975, 光性矿物学。上海人民出版社, pp.105—180。
- [2] 邱家骧等, 1985, 岩浆岩岩石学。地质出版社, pp.131—133。
- [3] 李连春、文成峰, 1987, 保健药石——麦饭石。南开大学出版社, pp.3-5、13—19。
- [4] 赵东甫等, 1986, 非金属矿床。地质出版社, pp.206—207、235—236。
- [5] 潘兆橐等, 1984, 结晶学及矿物学, 下册。地质出版社, p.200。

The Discovery of Zeolite in the Yixian Maifanlite and Its Significance

Xu Huqing

(Hebei College of Geology)

Key words: Yixian maifanlite; zeolite; secondary microspongy texture

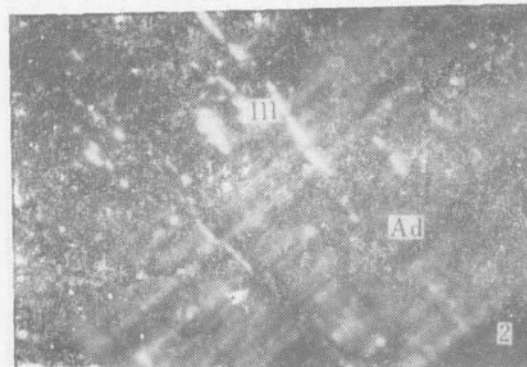
Abstract

The Yixian maifanlite (YMS), a biotite-quartz monzonite, is a newly found mineral resource for food industry. It possesses the following characteristics: (1) existence of varied trace elements which are beneficial to human health; (2) fairly good functions of leaching, ion absorption and exchange, adjusting of pH and hardness of water and bacteria-inhibition; (3) Unique role in medical treatment and health care. It has thus been widely used in such aspects as medicine and health care, food and beverage, and environment protection.

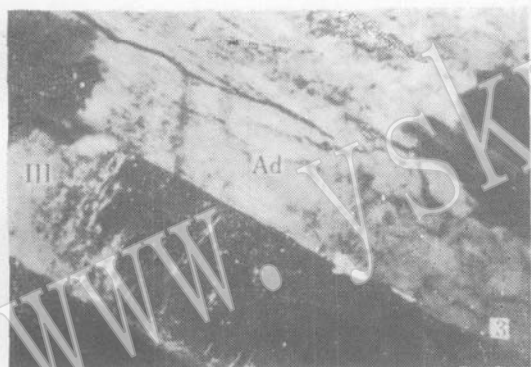
For the first time the author has noticed that a large quantity of zeolite occurs in cleavages, openings and cavities of feldspar, a dominant mineral of the rock. In addition, the author has also named the densely-distributed secondary cavities of the feldspar filled with specific porous zeolite and clay minerals as secondary microspongy texture, which, on the basis of its secondary mineral composition, shapes and sizes of mineral aggregates and its modes of occurrence, can be further divided into bladed, veinlike, spotted, ringlike and pockety types. The author holds that the secondary microspongy texture is a distinctive character of maifanlite, by which maifanlite is distinguished from common intermediate-acidity igneous rocks. This texture might be a major factor responsible for the beneficial physicochemical effects of maifanlite as well as its medicohealth care function. It can also be taken as an important geological discriminant criterion of maifanlite.



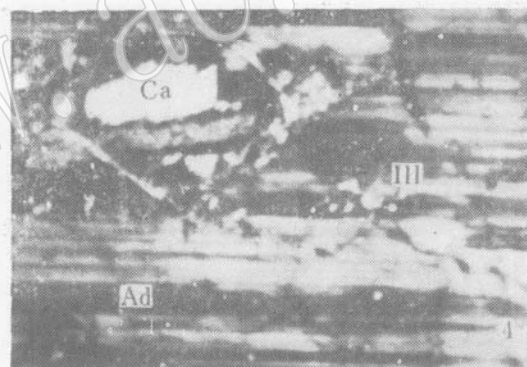
照片 1. 中长石(Ad)中的菱沸石(Ca) 单偏光
×200



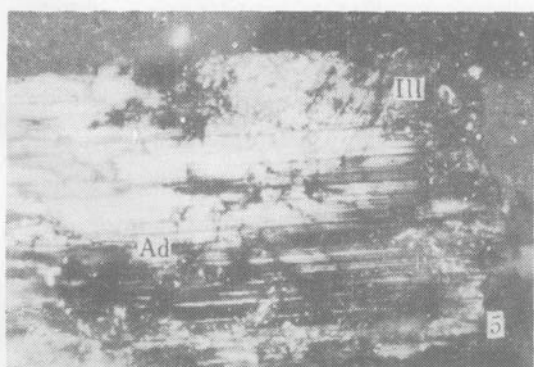
照片 2. 沸石、伊利石(III)沿中长石(Ad)解理、
裂隙呈长柱状或叶片状分布 正交偏光
×200



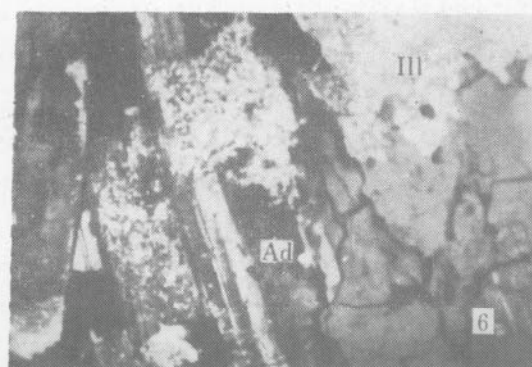
照片 3. 沸石、伊利石(III)沿中长石(Ad)解理、
裂隙呈平行脉状或条带状分布 正交偏
光 ×100



照片 4. 中长石(Ad)次生孔隙中的菱沸石(Ca)和
斑点状的沸石、粘土矿物(III) 正交偏光
×100



照片 5. 沸石、粘土矿物(III)沿中长石(Ad)颗粒
边缘呈环带状分布 正交偏光 ×100



照片 6. 沸石粘土矿物(III)聚集成蜂窝状、囊状分
布于中长石(Ad)中 正交偏光 ×100