

浏阳式菊花石的特征及其地质找矿意义

刘德镒

(湖南地质科学研究所)

菊花石是天青石矿物在岩石中呈三度空间发育的放射状集合体。白色或微带黄色色调,半透明,因状如菊花故得名。湖南浏阳是盛产此珍贵石雕工艺品原料之地,故名浏阳式菊花石^①。浏阳菊花石已有一百多年的开采历史,在 1915 年巴拿马国际博览会上荣获金奖。但在矿物学上的进一步认识,以及在地质学上把它作为一种找矿标志来加以重视,却是近几年的事。

它赋存于华南二叠纪碳酸盐岩中,与世界上稀缺的海泡石粘土同属一个层位,密切共生,因而成为华南寻找海泡石的一个重要宏观标志。其分布如图 1 所示。

一、地质产状

浏阳式菊花石均赋存于二叠纪燧石灰岩、砾状灰岩、含海泡石泥灰岩和 Ca-Mg 质页岩及其风化的粘土岩中。

1. 湖南省浏阳县永和镇的菊花石

本菊花石矿区为一轴向近东西向的向斜构造,向斜轴部由上二叠统龙潭组,下二叠统茅口组、栖霞组组成。岩层产状平缓,倾角一般 1—10 度。向斜北翼为中上石炭统壶天群,南翼则被一区域性东西向的逆冲断层所破坏,使之与震旦纪含磷岩石接触。

本区菊花石赋存于下二叠统栖霞组上段的深灰色、灰黑色钙镁质页岩、薄层含生物化石泥灰岩、泥晶岩透镜体(俗称“瘤状灰岩”)等所组成的一套碳酸盐岩中。含菊花石岩段一般厚度 20—40m。

菊花石形态各异,大小不等(花直径 2—20cm),分布不均(剖面上每平方米内有 1 朵—5 朵,个别地方有 10 朵)。

① 梁荣桂等:“湖南省浏阳县永和海泡石矿”。湖南地质增刊 I, 1985。

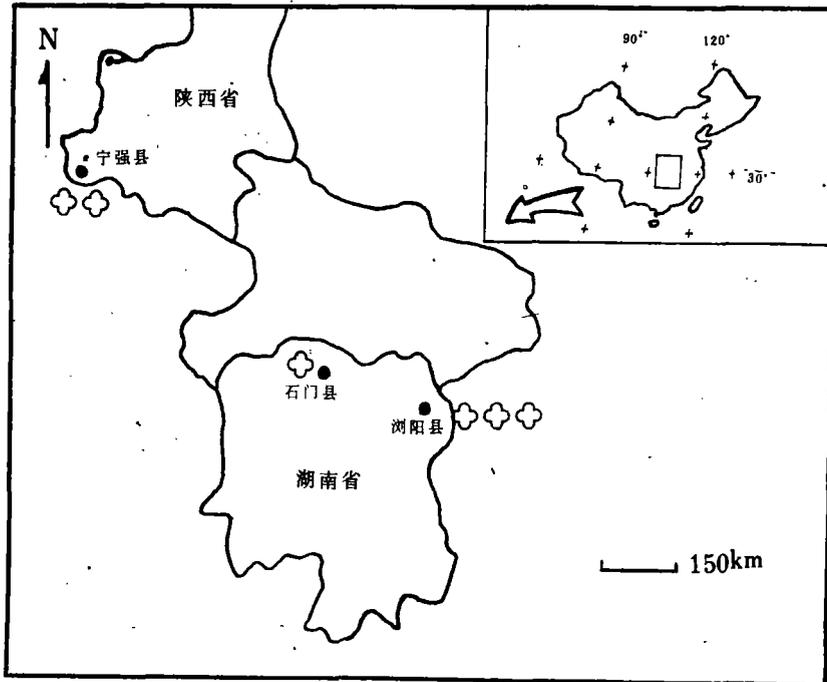


图1 华南浏阳式菊花石分布略图

图中花形号示菊花石,1朵—少见;2朵—中等;3朵—常见

Fig. 1. Sketch map showing the distribution of Liuyang-type chrysanthemum-stone from South China indicated by the flowers.

One flower indicates that chrysanthemum-stone is rare; two flowers moderate and three flowers common.

2. 湖南省石门县陈家湾的菊花石^①

区域构造属湘西北复式向斜构造东南缘的龙阳湾倒转向斜南翼。菊花石产在下二叠统栖霞组中。其岩性也为含海泡石 Ca-Mg 质页岩、泥灰岩、瘤状灰岩。仅在下部浅灰色厚层含沥青质燧石灰岩中见到少量菊花石。

3. 陕西省宁强县的菊花石

陕西南强县巴山区的关口坝、照壁山、毛坎河灰岩岭一带的二叠纪砾状灰岩、厚层燧石灰岩(臭灰岩)中均有菊花石。本区近东西向小型向斜翼部由二叠纪灰岩组成,产状平缓、倾角较小,核部由三叠纪灰岩组成。向斜呈封闭状。地表露头菊花石均已风化, SrSO₄ 流失,被玉髓交代,成为硅质菊花石。露头上每平方米内有菊花石 1—3 朵,花朵直径 3—15cm 不等。

二、矿物学特征

1. 物理性质和矿物成分

菊花石由花芯和花瓣组成,均为白色,有时带淡黄色调。花芯细粒状或胶状,花瓣斜方柱状,柱面夹角 70—75°,花瓣以花芯为中心,在三度空间内向外作放射状排列(照片 1 和 2)。半透明,玻璃光泽。硬度 3—3.5。比重 4.0。性脆。

^① 贺林风等,“湖南省石门县陈家湾海泡石矿床地质特征”。湖南地质增刊 1, 1985。

经岩石薄片和 x 射线衍射分析,菊花石及其围岩的矿物成分如表 1 所列。花芯核心为石英,外形呈胶状,可能由玉髓或燧石重结晶而成。花瓣则由天青石组成,这种天青石常发育成斜方柱状,纵切面为板状(照片 3),解理发育,与围岩呈参差状接触,并常包含有少量泥灰岩或 Ca-Mg 质页岩的显微碎块(照片 3);斜方柱状菊花石花瓣的横切面近似平行四边形或菱形(照片 4)。菊花石的围岩有 Ca-Mg 质页岩、泥灰岩、燧石灰岩和砾状灰岩等。表 1 仅列举了 Ca-Mg 质页岩的矿物成分,而泥灰岩、燧石灰岩和砾状灰岩的矿物成分则均以方解石为主。

表 1 菊花石及其围岩的矿物成分

Table 1 Mineral compositions of chrysanthemum-stone and its wall rocks

样 品		矿 物 成 分
新鲜 菊花 石	花瓣	天青石,含少量方解石
	花芯部位	天青石,含少量石英和方解石
	花芯核心	石英
	花瓣间的 Ca-Mg 质页岩	距花芯 5cm 处
距花芯 2cm 处		方解石 36%,海泡石 22%,白云石 18%, 石英 11%,富镁蒙脱石 9%,天青石少量
风化 菊花 石	花瓣(空心斜方柱体)	石英,含少量天青石和滑石
	花芯部位	石英,高岭石,滑石,含针铁矿及少量蒙脱石
	周围的粘土(距花芯 2—5cm),	滑石 75%±,石英 15%±,含少量蒙脱石

分析方法:粉晶 x 射线衍射分析

仪器实验条件:Dmax III 型 x 射线衍射仪,铜靶辐射

分析者:湖南省地质实验研究中心 刘仕子,制样人:笔者。

实验时间:1985.5

特别值得指出的是,浏阳和宁强两地的菊花石多数均遭受风化及交代改造作用,成为风化菊花石,其各部位的矿物组成如表 1,与新鲜菊花石的成分差别甚大。在浏阳还可见到从镁质粘土(海泡石和滑石)中脱落出来的硅化“菊花球”,其质颇坚,劈开后,花芯部位为空洞,其中有少量土红色粘土和细砂粒状物质,以及肉眼可辨的胶状石英颗粒,大小约 1—3mm;花瓣成空心斜方柱,且易碎成小段。泥灰岩中有的菊花石已全部硅化,成为硅质菊花石(照片 4)。

2. 化学成分

表 2 列举了菊花石及其围岩的化学成分。从表中不难看出,未风化的菊花石花瓣几乎全由 SrSO_4 组成,为相当纯的天青石单矿物;花芯部位以 Sr 为主,且含有一定量的 Si,而花芯核心则以 Si 为主。遭受强烈硅化的风化菊花石,无论花瓣还是花芯,其化学组成均为 SiO_2 。

表1 菊花石及其围岩的化学成分(重量%)

Table 2 Chemical compositions of chrysanthemum-stone and its wall rocks (wt%)

名称 项目	浏阳菊花石					宁强菊花石		
	未风化			已风化		未风化		已风化
	花瓣(1)	花瓣(2)	Ca-Mg 质页岩 ^① (围岩)	花瓣	粘土 (围岩)	花瓣	砾状灰岩 (围岩)	花瓣
SiO ₂	1.33		29.56	98.85	59.34		5.90	98.80
TiO ₂			0.07		0.24		0.03	
Al ₂ O ₃			2.43		7.94		0.41	
Fe ₂ O ₃			0.67		2.93		0.27	
FeO			0.27		0.10		0.17	
CaO	0.73	0.04	26.19		2.19	0.04	50.30	
MgO	0.10	0.11	12.15		21.04	0.10	1.88	
MnO			0.03		0.13		0.02	
K ₂ O			0.38		0.58		0.06	
Na ₂ O			0.32		0.22		0.30	
BaO	0.05	0.13				0.15		
SrO	55.94	56.10				56.05		
SO ₃	42.14	42.98				43.15		
P ₂ O ₅			0.13		0.06		0.04	
CO ₂			20.59		1.11		41.18	
有机质			0.63		0.26		0.24	
H ₂ O ⁻			6.61		3.04			
合计	100.29	99.36	100.03	98.85	99.28	99.49	100.80	98.80
分析方法	化学	探针	化学	探针	化学	探针	化学	探针

^①两个样平均。测试单位：湖南省地质实验研究中心，化学分析者：化学一室薛则尧等

测试时间：1985年

探针分析者：盛兴上。

三、共生岩石、环境和成因

与菊花石共生的岩石为二叠纪的一套碳酸盐岩，主要有 Ca-Mg 质页岩、泥灰岩、砾状灰岩（瘤状灰岩）和燧石灰岩（臭灰岩）以及镁质粘土和粘土岩。所谓 Ca-Mg 质页岩，即泥质含量较高的含生物屑泥晶灰岩，且具页理构造。下面概要介绍这些沉积物的简单特征，并对沉积环境进行初步分析。

(1) 与菊花石共生的岩石，颜色一般较深，通常为灰色、深灰色或灰黑色。常含有少量有机质（沥青质），黄铁矿含量虽然不多，但颇常见，有的生物腔孔亦被黄铁矿充填。这些都表明了当时处于还原的沉积环境。

(2) 这些岩石都含有一定量（浏阳特别丰富）的海相钙质生物化石，计有腕足类、有孔虫、筴科、珊瑚、头足类、三叶虫、苔藓和藻类等。其特点是门类较多，分布较广、丰度变化较大、破碎也

较厉害,而且有的生物碎屑长轴顺层排列。这些都反映了当时的浅海环境(海水很浅)。

(3)这些岩石多为泥晶结构、含生物泥晶结构。其岩石类型主要有:含生物泥(或微)晶灰岩、泥(或微、细)晶灰岩和含白云质泥(微)晶灰岩等。这些都反映了当时低能和中低能的沉积环境。

(4)在野外露头 and 钻孔岩心中均未见到潮上带的沉积构造,因此反映了其沉积环境为潮下带。

(5)岩石薄片 of 均未见到粗的陆源碎屑物,就是粉砂级石英也少见。说明当时作为物源区的古陆、古岛已准平原化,且以化学风化为主,为沉积盆地不断补给 Sr。

(6)生物的大量死亡,天青石(SrSO_4)的发育,从一个侧面反映了水体含盐度较高。而碳酸盐的沉积本身就反映了碱性介质的特点。

(7)正如本文第1节中所述,这三个菊花石产地所处的构造背景,均为小的向斜构造,且封闭较好。说明了当时为小型、封闭一半封闭海湾或泻湖环境。

要形成独立的 Sr 矿物——天青石(SrSO_4),则要求 Sr^{2+} 的浓度有 22 毫克/升(恩格尔哈特,1977)。海水中锶的来源,一方面是由陆地化学风化补给,另一个重要的方面就是有机体的生命作用效应。罗宾·巴瑟斯特(1971)曾强调指出,Sr 的浓集与生物作用有关,大量生物体的存在,可使海相沉积物中的 Sr^{2+} 浓度增加到 1000—8000ppm。在上述环境的海水中, Sr^{2+} 浓度完全可能高出正常海水(含 Sr^{2+} 浓度=8.1 毫克/升)2—3 倍(徐兴国,1984),已大于 SrSO_4 析出的浓度(22 毫克/升)。此外,在厌氧细菌作用下产生 H_2S ,而在喜氧细菌作用下, H_2S 又变成了足以形成天青石的 SO_4^{2-} 。由此可见, SrSO_4 的形成,生物化学作用是非常重要的,前述三个菊花石产地的直接围岩中都有较多的生物化石,特别是浏阳最丰,因而该处的菊花石最盛便是佐证。

另外,浏阳式菊花石是碳酸盐沉积物成岩作用早期的产物。在野外露头上,常看到菊花石花瓣受其旁侧泥灰岩中生物化石(如腕足、珊瑚)的阻挡而不发育,菊花石穿切微层理;薄片中天青石柱状晶体与围岩参差接触,并包含有围岩和生物碎屑的现象(参见照片3)。被碳酸盐泥封存的含 Sr^{2+} 海水,在成岩作用期间,其 Sr^{2+} 的浓度可比正常海水高出 15 倍。恩格尔哈特(1979)曾报道过,在加拿大西部盆地,寒武纪到第三纪沉积的孔隙溶液中, Sr^{2+} 含量可达 108 毫克/升(恩格尔哈特, V, 1977)。

据此,可以推导出浏阳式菊花石的如下形成过程:(1)首先沉淀的碳酸盐(方解石)灰泥中,残存海水的 $\text{Sr}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ 比值增大, Sr^{2+} 浓度增高,并逐渐达到一个高丰度值。(2) CaCO_3 沉淀中止后,当生物作用以及其它局部因素有利时,分散在软泥和孔隙水中的 Sr^{2+} 与 SO_4^{2-} ,以胶体态凝聚的 SiO_2 为中心,形成 SrSO_4 雏晶,随后逐渐发育成花瓣(按天青石的结晶习性,沿 a 轴发育,而成为斜方柱),形成了菊花石。(3)锶在风化作用中为活动性阳离子,其元素的水迁移系数 K_x 介于 0.1—1 间,属迁移能力强的元素(南京大学地质系,1979),所以,菊花石很容易受风化淋滤形成空洞或被 SiO_2 交代,成为风化菊花石或硅化菊花石,存在于碳酸盐围岩中。

四、地质找矿意义

图 2 示湖南省浏阳县 ZK4702 钻孔岩心剖面岩性、粘土矿物及其含量和沉积环境。孔深 68m 以下为下二叠统栖霞组第二岩性段浅海相厚层灰岩;孔深 2—68m 为下二叠统栖霞组第

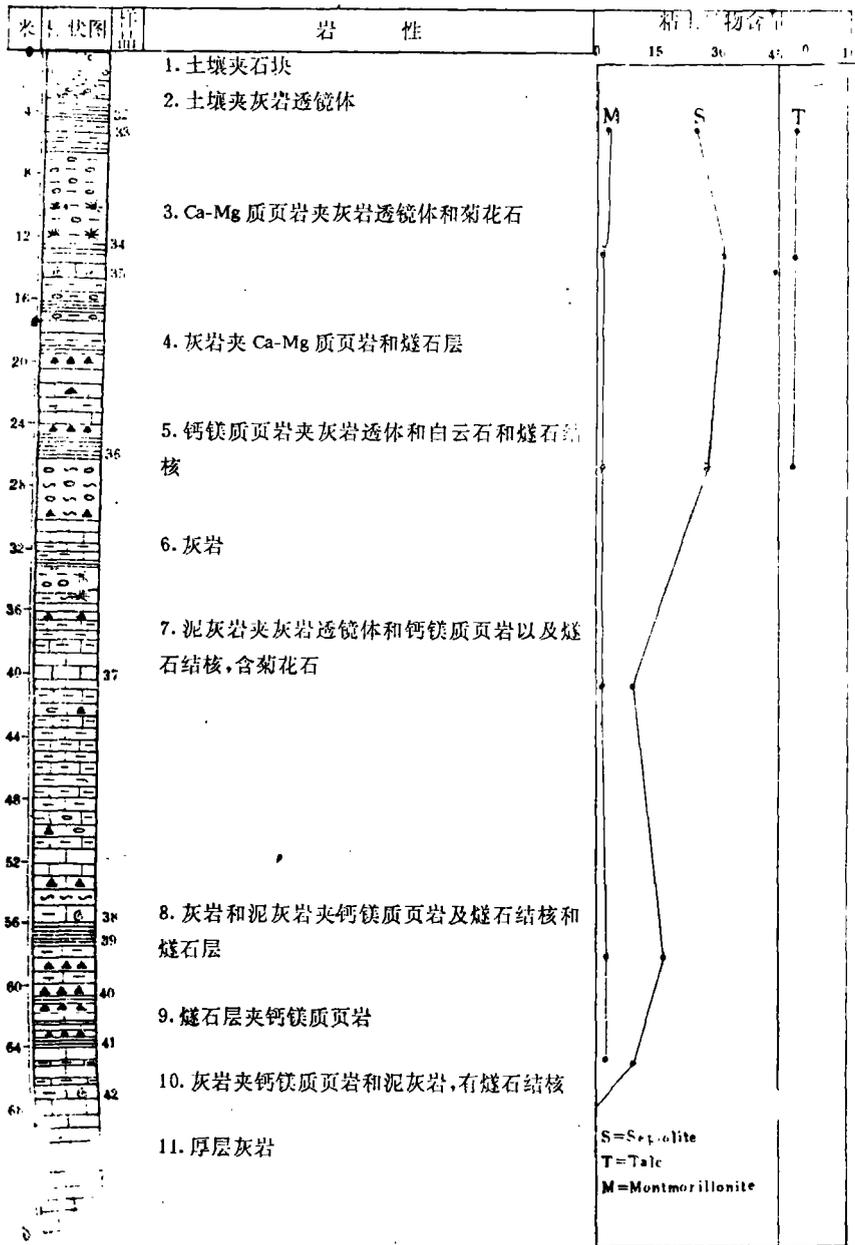


图 2 湖南浏阳菊花石在岩芯上的分布和海泡石含量

S=海泡石, T=滑石, M=蒙脱石, 均由 x 射线分析测定
 分析者: 湖南省地质实验研究中心 刘仕子(1985)

Fig. 2. Distribution of Liuyang-type chrysanthemum-stone from Hunan in the cores and the content of sepiolite.

S=sepiolite; T=talc; M=montmorillonite.

三岩性段泻湖相泥灰岩、Ca-Mg 质页岩,夹燧石结核和透镜体。特别值得注意,在 9—12m 岩心中见 4 朵菊花石,在 32—36m 处有 2 朵菊花石。实际上此岩性段 60 多米均为含花(菊花石)层(直径为 11cm 的岩心很难处处碰见菊花石)。岩心顶部近地表有 2m 厚的第四纪残坡积物。从图中不难看出,含花层就是含海泡石层位。

图 3 说明菊花石在露头剖面上的分布(陕西北强县),不难看出含花层也就是含海泡石层。

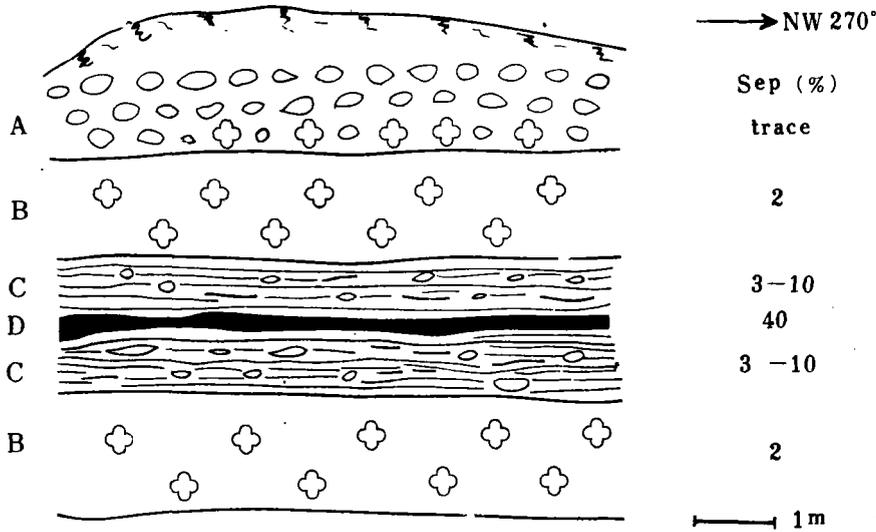


图 3 显示菊花石在露头上分布的草图(陕西省,宁强县)

在含菊花石层位中有海泡石存在。

A:砾状或瘤状灰岩; B:燧石灰岩; C:Ca-Mg 质页岩夹灰岩透镜体或燧石; D:海泡石粘土。

Sep:海泡石,trace:痕量(海泡石测试方法和测试者同图 2)

Fig. 3. Sketch map showing the distribution of chrysanthemum-stone on the outcrops (Ningqiang County, Shanxi Province).

Sepiolite is present in the chrysanthemum stone-containing horizons.

A=pebbly or nodular limestones; B=cherty limestones;

C=calcareous-magnesian shale intercalated with limestone lenticles or chert;

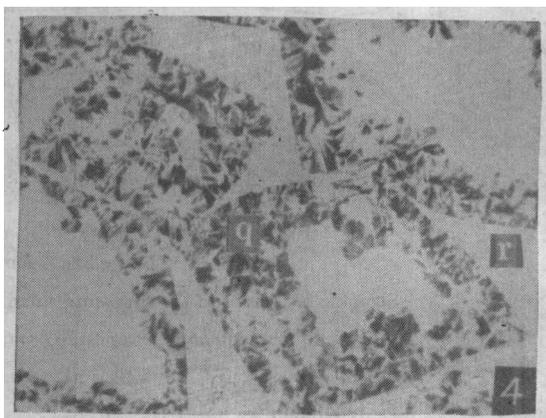
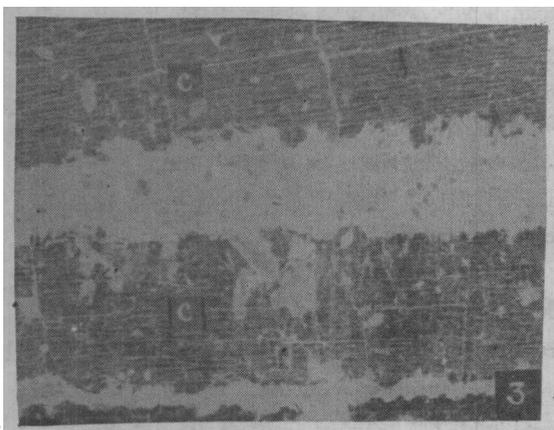
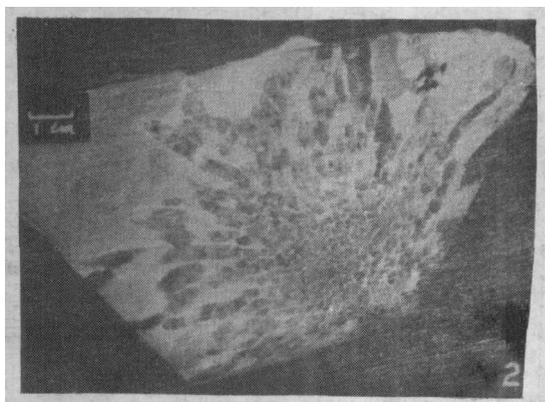
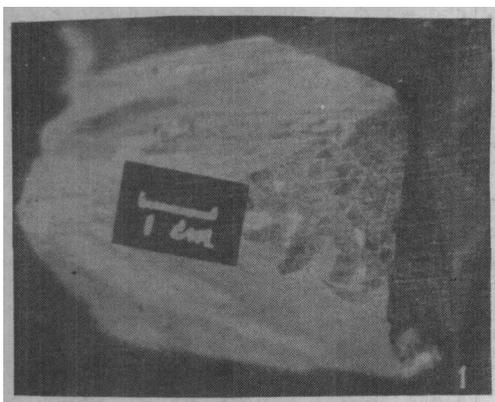
D=sepiolite clay.

湖南省石门县陈家湾菊花石亦与海泡石产在同一层位。

在野外露头上,菊花石很易识别,而与其共生的海泡石是一种含水的镁硅酸盐粘土矿物,其化学组成的理论值为:SiO₂=55.65%,MgO=24.89%,H₂O⁻+H₂O⁺=19.46%。它是一种很细小的纤维状矿物,需在 3000 倍电子显微镜下才能观察到它的纤维状晶体(照片 5)。所以菊花石是沉积型海泡石存在的一个重要宏观标志。而菊花石的核心为燧石(SiO₂),表明了当时水体中 SiO₂ 过饱和,凝聚为燧石;菊花石的花瓣为天青石(SrSO₄),而硫酸盐的沉淀说明水体盐度较高。所以菊花石本身的组成(千万注意,菊花石不等于天青石)就暗示了当时水体为 SiO₂ 过饱和及盐度较高的环境。这正是海泡石形成所必须的环境条件(Isphording1972)。另外,Be、Mg、Ca、Sr、Ba 是化学元素周期表上第二族主族元素,都是碱土金属,亲石元素。它们有很多相同或相近似的性质,因此决定了它们在自然界中分布的相依关系,或以类质同象存在于同一矿物中,或以不同的矿物形式而密切共生。

必须指出的是,湖南另外三个海泡石产地的含矿层位中,却没有发现菊花石分布,其原因是这些地方的灰岩、泥灰岩和 Ca-Mg 质页岩中生物化石含量不多,表明当时环境水介质中 Sr^{2+} 和 SO_4^{2-} 的浓度还未达到 $SrSO_4$ 晶出的程度。因此,菊花石作为沉积型海泡石存在的一个宏观标志,其逆定理不一定成立,即有海泡石出现的地方,不一定都有菊花石分布。

野外工作期间曾得到湖南 402 队吴宝华和罗福廷工程师,陕西宁强巴山区和县领导的帮助。湖南地质实验研究中心刘仕子工程师进行 x 射线衍射分析。笔者在此一并鸣谢。



照片说明

照片 1、菊花石。灰色,长轴状矿物为天青石,黑灰色围岩为泥灰岩。岩光片。

照片 2、菊花石。照片示天青石的斜方柱状晶体及其横切面。磨光面为未通过芯中心的弦切面。

照片 3、菊花石花瓣。矿物成分为天青石(C),泥灰岩围岩呈灰黑色。薄片,单偏光,×40。

照片 4、风化菊花石花瓣为空心斜方柱。矿物成分为石英(q)。中心的不规则空洞(黑色)是 $SrSO_4$ 流失所致。泥灰岩围岩已硅化成尘点状燧石(r)。薄片,正交偏光,×100。

照片 5、与菊花石同一层位产出的海泡石粘土。照片示海泡石的纤维和纤维状集合体,单个纤维长度为 1μ 左右,纤维集合体为扇状。扫描电镜照片,放大倍数 10000。

EXPLANATIONS OF PHOTOS

1. Chrysanthemum-stone. The grey long columnar mineral is celestine. The blackish grey wall rock is marl. Polished section.
2. Chrysanthemum-stone. The cross section of a rhombic prismatic celestine crystal is shown in the photo.
3. The petals of chrysanthemum-stone. The mineral composition includes celestine(c). Marl as the wall rock is greyish black. Thin section, plane-polarized light, ×40.
4. The weathered petals of chrysanthemum-stone in the form of hollow rhombic prisms. The mineral composition includes quartz(q). The irregular cavities at the centre (black) are attributed to the loss of $SrSO_4$. Marl as the wall rock has been siliconized to dust-like chert (r). Thin section, cross-polarized light, ×100.
5. Sepiolite clay occurs in the same horizon as chrysanthemum-stone. The fibers and fibrous aggregates of sepiolite are shown in the photo. A single fiber is about 1μ in length. SEMP, ×10000.

主要参考文献

- [1] 罗宾、巴瑟斯特, 1971, 碳酸盐沉积及其成岩作用。(中译本)地质出版社, 1977。
- [2] 恩格尔哈特: 沉积物和沉积岩的成因。地质出版社, 1977。
- [3] 南京大学地质系: 地球化学(修订本)。科学出版社, 1979。
- [4] 徐兴国: 从锶的地球化学特征探讨天青石矿床的成因类型及找矿方向。地质论评, 30卷2期, 1984。
- [5] Isphording, W. C., 1972, Discussion of the Occurrence and Origin of Sedimentary Palygorskite-Sepiolite Deposits. Clay Minerals, Vol. 21, p. 393, 1973.

Characteristics and Geological Significance of Liuyang-Type

Chrysanthemum-Stone from Hunan Province

Liu Deyi

(Hunan Institute of Geological Sciences)

Abstract

The Liuyang-type chrysanthemum-stone which is named after chrysanthemum and native to Liuyang County, Hunan Province is a kind of mineral flowers composed of radial aggregates of celestite and occurs in Permian carbonate rocks in South China.

The chrysanthemum-stone consists of pistils and petals; the mineral compositions of pistils include colloidal quartz and fine-grained celestite, and the petals are made up of rhombic macro-prisms of celestite only. Quartz is thought to be the product of silicified replacement for pistils and petals. The rocks associated with this type of chrysanthemum-stone include Ca-Mg shale, marl, pebbly or nodular limestone and cherty limestone. The chrysanthemum-stone was formed in closed or semi-closed bay environments during early diagenesis.

The chrysanthemum-stone is a kind of valuable stone for carving handicraft articles. It is remarkable that it is often closely associated with sedimentary sepiolite. Therefore it may serve as an important indicator for prospecting sedimentary sepiolite clay deposits.