

沉积鲕石和尿路结石若干 特征的对比研究*

宋天锐

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

沈绍基 殷延林

(北京医科大学泌尿外科研究所, 北京 100034)

张丽彦

(北京矿冶研究总院, 北京 100044)

主题词: 沉积鲕石 尿路结石 热发光

提 要: 本文从仿生学的思路出发, 将几种沉积鲕石、核形石、结核等从其结构、成分和形成条件等方面与四种常见尿路结石进行对比研究。认为这些产物虽然发生在自然界或人体内两种截然不同的环境中, 但是在研究其形成机理时, 彼此有许多可以互相借鉴之处。沉积鲕石、核形石的分层结构和再结晶交代现象等, 可以对比应用于尿石的形成和发育机理的解释; 同时, 尿路结石形成理论中的局部过饱和以及取向附生学说, 也可引进于沉积鲕石、核形石和结核的形成理论中。此外, 本文首次介绍了热发光方法研究沉积鲕石和尿路结石的成果, 并认为这一研究方法仍有继续深入探讨其应用范围的潜力。

0 前言

沉积鲕石和尿路结石出现在非常不同的环境中, 前者是自然界一种沉积作用的结果, 后者是人体中一种病理现象, 表面看起来二者是没有联系的。但是, 对沉积鲕石和尿路结石的若干重要特征进行对比研究后, 根据若干相同和不同的特征, 对于沉积鲕石和尿路结石的形成机理的解释互相有所启示, 这就是本文的出发点。

1 名词释义

沉积学上所谓的鲕石, 最先出自鲕状石灰岩, 由于其中含有大量鱼子大小的颗粒, 于是将这些颗粒称为鲕粒或鲕石。在沉积学中一般限定鲕石的直径大小在 2 mm 以下^[1,2], 大于 2 mm 的分别称为: 豆状、葡萄状、肾状或团状等, 而这些较大的个体可由 2 mm 至 10 mm 或

* 国家自然科学基金委员会生命科学部资助项目, 编号: 39070806
本文于1993年7月12日收到, 1994年1月30日改回。

更大的、包括结核成因的个体。在尿路结石的微观描述中,大多也将结石的分层结构称为鲕状结石^[3],但是按尿路结石的大小,绝大多数病状明显的结石都是大于2mm的,有些结石在10mm以上,按沉积学上的划分应属豆粒或结核之类,然而,尿石的分层结构和鲕粒的鲕层是十分相似的,只是因果关系不同。

2 沉积鲕石、结核和尿路结石的成分

2.1 沉积鲕石和结核类

为了与尿路结石对比,列出常见沉积鲕石类的矿物和化学组成:钙质鲕石——文石或方解石(CaCO_3)、钙质核形石——文石或方解石(CaCO_3)、磷质核形石——磷灰石 $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})]$ 、铁质豆粒——鲕绿泥石 $[(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mg}, \text{Al})_6 \cdot (\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{O}, \text{OH})_6]$ 、菱铁矿球粒——菱铁矿(FeCO_3)、黄铁矿-菱铁矿球粒——菱铁矿和黄铁矿(FeCO_3 - FeS_2),还可出现肾状、球状、团块状菱铁矿或黄铁矿结核等。除此以外,还可以见到锰质结核——硬锰矿等($\text{MnO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)、铝土质豆粒——三水铝石或一水铝石($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)、高岭土团块——高岭石 $[(\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot (\text{OH})_8)]$ 、硅质结核——蛋白石或石英($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}, \text{SiO}_2$)。应该指出的是:沉积鲕石除了单一成分组成的外,也有复合成分组成的^[3]。

2.2 尿路结石

尿石中草酸钙约占80%—84%,包括二水草酸钙($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)和一水草酸钙($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$);磷酸钙约占6%—9%,包括羟基磷灰石 $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \cdot (\text{OH})_2]$ 、碳酸磷灰石 $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4 \cdot \text{CO}_3\text{OH})_6(\text{OH})_2]$ 和二水磷酸氢钙($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)等;磷酸镁铵、鸟粪石($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)约占6%—9%;尿酸($\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$)约占6%—10%;胱氨酸 $[\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}]_2$ 约占1%—2%。尿石[如黄嘌呤($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2\text{N}_4$)]和碳酸钙结石(CaCO_3)小于1%。不少结石是由数种成分复合组成的,尽管其绝对含量可以很少^[4,5]。

2.3 鲕石、尿石的核心成分和鲕层成分比较

沉积的鲕石、核形石以及结核等的核心成分和鲕层成分变化是很复杂的,沉积鲕石包含硅质碎屑核心时,则 SiO_2 在核心含量高,鲕层 CaO 含量高;如果鲕石的核心是由介壳或壳屑组成(图版I, 1、2、3),则核心和鲕层都是以 CaO 为主;如果鲕石已经白云石化,则其核心成分和鲕层成分均一化,其中 CaO 与 MgO 的比值差别不大;如果核形石在白云石化前发生硅化,常常能够保留钙质蓝—绿藻丝体的细胞构造假像,因而,在核心部分几乎全部是 SiO_2 ,而周边为众多白云石晶体, Ca 、 Mg 成分增高。尿石和沉积鲕石不同,其主要成分是有有机盐类,但是一般其核心和鲕层的无机成分也有差别,多数草酸钙尿石都包含有磷酸钙核心(图版II, 6、7)。至于胱氨酸和尿酸结石,虽然其中主要是有机元素C、H、O、N等,无机元素含量极少,但是在电子探针分析中,胱氨酸中的 S_2O_5 仍十分敏感。S含量在外层相对较多,在核心中较少,是因为核心中包含有一些含P、Si、Mg的杂质。而Ca的含量在核心中比外层中多一倍,可能是由于尿液中含Ca很多所致。总之,无论是沉积鲕石或尿石,当其结晶和再结晶增强、晶体增大时,由于受均一化作用的影响,核心和鲕层化学成分的区别变得不十分明显,例如再结晶的方解石鲕石、白云石交代的方解石鲕石和胱氨酸及尿酸结石往往都具有较大的晶体。有趣的是磷酸镁铵结石的核心和外层的对比,从红外光谱曲线来看,磷酸镁铵结石和

天然沉积的鸟粪石是完全相同的(见图3a),其核心的化学成分是相近的,但是外层的化学成分则不同,磷酸镁铵尿石的外层CaO急剧增加,交代了MgO,这是因为尿液中Ca非常多导致的(表1),核心中MgO含量可达20%以上,而外层被CaO交代后,MgO含量降至5%。

表1 若干沉积鲕石和尿路结石电子探针分析无机成分相对含量对比表
Table 1 Relative inorganic contents of some sedimentary oolites and urolith stones (electron microprobe analyses)

化学成分	沉积鲕石类						尿路结石类							
	方解石鲕石		白云石化鲕石		硅化核形石		草酸钙结石		胱氨酸结石		磷酸镁铵结石		尿酸结石	
	核心	鲕层	核心	鲕层	核心	外层	核心	鲕层	核心	外层	核心	外层	核心	外层
CaO	92.52	93.44	58.23	58.48	—	60.75	68.50	92.54	0.06	0.14	28.11	54.26	—	—
MgO	1.56	1.03	37.84	38.29	—	37.71	3.60	0.06	1.65	—	20.83	5.22	—	—
SiO ₂	0.17	—	0.99	0.70	99.78	1.29	1.43	—	1.50	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	0.82	1.00	0.52	0.45	—	—	24.37	6.84	1.99	—	51.06	40.52	—	—
S ₂ O ₃	0.40	0.08	0.27	—	—	—	—	—	94.61	99.86	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	0.20	0.22	0.06	0.01	—	—	0.36	0.12	0.15	—	—	—	—	—
MnO ₄	0.19	0.38	—	—	—	—	1.74	0.45	0.02	—	—	—	—	—
Na ₂ O	3.12	3.51	1.97	1.98	—	0.25	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₂ O	0.29	0.25	0.12	0.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

分析者:北京矿冶研究总院 张丽彦;“—”,无机元素痕量以下不可测

3 鲕石、结核和尿石的形态和结构

3.1 沉积鲕石和结核类

真正的鲕石原始形态是球粒状的,但是由于均匀或不均匀的滚动或承压,可出现多种形态(图版I, 1, 2)。王英华等将鲕石的形态分为:球形鲕、椭球鲕、变形鲕和破裂鲕四种^[6],这都是指的单鲕,如果将复鲕的形态考虑在内,可出现哑铃状、葫芦状等(图版I, 5)。正常的鲕石可具有几十层鲕层,虽然其中心可包含石英碎屑、生物介壳或壳屑等,但是鲕层的矿物组成是相同的。球粒和豆状颗粒以及更大的结核类其形态有椭球状、半球状和扁平状(图版II, 1、2、3、4),但是分层结构和成分各异。

3.2 尿路结石

大多数经手术取出或非创伤排出的尿石直径都大于2 mm,手术取出的可大至数十毫米,其形态以椭球状居多,有一些表面光滑,而有一些其表面非常不光滑,还常出现糙皮状、毛刺状、棘皮状甚至鹿角状分叉,一般都是由于二水草酸钙结晶体习性引起的。尿石结构的内部多数都具同心环层,或称鲕层。沈绍基根据52例结石的结构观察^[9],认为可划分为粒晶层、致密鲕层和复合鲕层三种类型;又据61个病人手术取出或排出的结石统计,一种成分含量在90%以上者32例,其中包括草酸钙的29例(90.6%),尿酸的2例(6.3%),磷酸钙的1例(3.1%);含两种以上成分的混合结石29例,其中以草酸钙和磷酸钙结石居多,可占86.2%,其余为含尿酸和磷酸镁铵的结石^[10]

4 形成作用和发育阶段

4.1 鲕石、核形石、结核

4.1.1 鲕石和核形石类

自然界的鲕状石灰岩中的鲕石是形成于动荡的海水环境中^[11,12]，因此，鲕石的类型（如：真鲕、假鲕和表面鲕等）的产生条件与海水动荡的能量有关（图1, A, a, b）。现代巴哈马岛附近可观察到鲕石的形成情况，鲕层是在核心的表面受饱和的含CaCO₃的温暖海水包围而成，鲕层生长不能悬浮而降到底部时，则鲕层生长也就停止了，再一次受到较大的海水振荡又悬浮到海面时，又再一次生长鲕层，所以许多鲕层是多次悬浮、下沉的结果。鲕石受到强风暴或静压力时，在可塑状态下形成破裂鲕、压扁鲕或偏心鲕（图1, e, f, g），但是在实验室中也曾在静水环境下人工合成了鲕石^[13]，这就为许多复鲕的形成的解释提供了证明，尤其是湖泊中的泥灰质岩石，复鲕出现的机会较多，很可能是在静水条件下形成的（图版 I, 5, 图1, h）。鲕层形成的最初阶段是文石（斜方柱状的CaCO₃），再结晶成为方解石（三方晶系的CaCO₃）。但在扫描电镜下观察，鲕层表面仍可看到文石柱状晶形的假像（图版 I, 3, 4, 图1, n, o）。进一步再结晶的鲕石可成为放射状鲕粒，其形成阶段类似球状结核（图1, l, n, p, 图版 II, 1）；最后则再结晶成为单晶鲕石（图1, q）。

核形石往往是由藻类的蓝-绿藻体在动荡水中缠绕而成（图1, c, d），一般和鲕石的大小相近，但也常成为多个核形石的聚合体或较大的个体（图版 II, 4, 图1, j, k）。

4.1.2 结核类

结核类中除了球粒状结核的大小和鲕石相近外，一般的豆粒、葡萄状和肾状结核都比鲕石大得多，而且外形不太规则。结核和鲕粒形成条件的区别是：鲕石形成于水体中，结核则是在沉积物的成岩作用中形成。因此，结核的形成及其发育阶段长，而且其本身成分的交代置换也可多样化^[15-17]，例如菱铁矿的球状结核中心可包含黄铁矿（图版 II, 1）；泥灰质结核的中心可包含方解石、石英、磷灰石等，这是成岩阶段多次交代作用的产物（图版 II, 3）；菱铁质结核的外壳层往往较快固结，如果不发生裂缝则内部包含的水份干涸后，形成了“隔板状”构造并与外壳内壁脱离（图版 II, 2）；有的“汤团”状结核可包含石膏、白云石和方解石等多层结构，这些分层结构反映了蒸发条件下不同盐类的饱和程度。总之，结核的形成不决定于水动力条件，而是一些元素通过粒间水交代置换积聚而成的。尿路结石形成的速度比结核快得多，但是，其再结晶、交代等机理有相似之处。

4.2 尿路结石

尿石形成于尿液中，尽管在肾、输尿管以及膀胱中的尿量各不相同，但在某些溶质过饱和和情况下形成结石，可与海水中鲕石、核形石或结核在局部过饱和情况下产生的机理进行对比。正常人在一般膳食情况下，每昼夜排出溶质47—65克，其中约一半是尿素，约1/4是NaCl，其余1/4为各种有机和无机成分^[18]（表2）。

尿液中的水份约占95%—97%，这刚好和海水中除了3.5%的溶解盐类外的水份（96.5%）相同，现将海水的成分列出作一对比（表3）。

尿路结石形成的过程主要取决于人体机能生理和病理因素，而且与人的生活饮食和气候

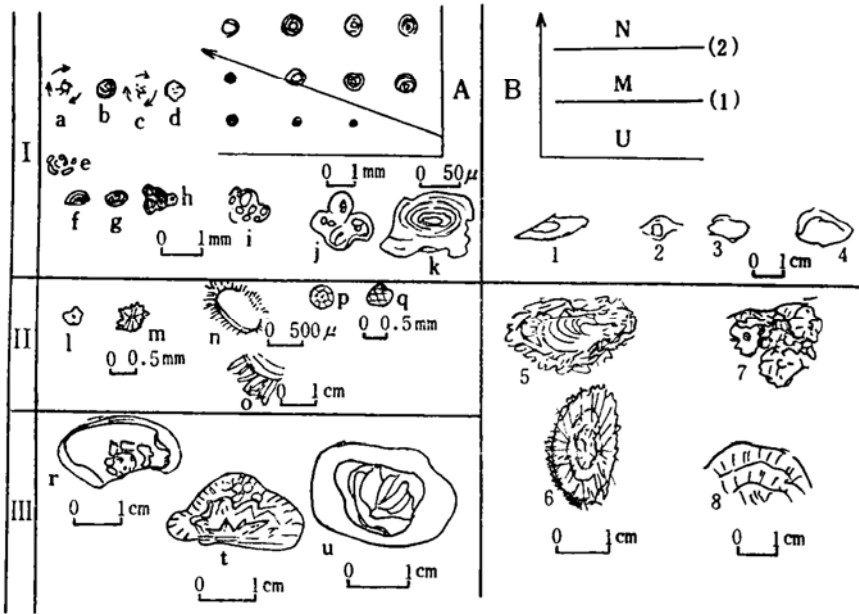


图 1 沉积鲕石、核形石、结核和尿路结石的形成条件和形态差异对比图

Fig. 1 Differences in formation conditions and shapes between sedimentary oolites, oncolites, concretions and urolith stones

A—沉积鲕石形成条件与水动力条件关系。箭头指向水动力增强，实心为鲕核大小，环层表示 鲕层（按 Ca-ozzi 原图简化）⁽²⁾，B—尿路结石的形成条件：U—非饱和区；M—亚稳区；N—生成区，（1）饱和线；（2）生成线，箭头指向活度积增加（按Robertson和Rak的晶体过饱和学说）⁽³⁾；I—鲕石、核形石、结石形成阶段；II—鲕石、球状结核、结石再结晶阶段；III—结核、结石进一步生长、交代阶段，a—悬浮鲕核，b—鲕层形成，c—悬浮藻丝体，d—核形石形成，e—破裂鲕，f—偏心鲕，g—压扁鲕，h—复鲕，i—核形石结合体，j—硅化核形石，k—藻丝体缠绕的核形石，l—球状结核颗粒，m—球状结核再结晶，n—方解石具文石假像围绕介形虫壳体生长，o—文石假晶柱状体顶部再结晶为三方系方解石，p—鲕石再结晶为放射鲕并具原始鲕层残迹，q—鲕石再结晶为单晶方解石，r—泥灰质结核多层结构，内部包含石英、方解石、磷灰石多次交代产物，t—“汤团”结核，内部包含石膏、白云石、方解石多次交代产物，u—菱铁矿结核，外壳固化后，内部逐渐脱水成为“隔板状”核心并与壳壁脱离。1—草酸钙结石；2—磷酸镁铵结石；3—尿酸结石；4—胱氨酸结石；5—草酸钙结石具磷灰石核心；6—再结晶的草酸钙结石；7—磷酸镁铵结石具尿酸核心；8—草酸钙结石的鲕层状构造

表 2 一昼夜正常人尿液的主要成分及其含量 (1200g)

Table 2 Main components of urine in a whole day and night (1200 g) for a healthy person

成 分	含 量 (g)	成 分	含 量 (g)
尿 素	20	无机SO ₂₋₄	0.8
尿 酸	0.6	NaCl	7
马 尿 酸	0.6	Na ⁺	4
肌 肝	1.64	K ⁺	2
磷 酸 盐	1	Ca ²⁺	0.2
柠 檬 酸	0.3	Mg ²⁺	0.15
草 酸	0.015	Cl ⁻	7

等外部因素有关，相互关系比较复杂，有人认为尿石成份的活度积、生成积和饱和时的活度积之间的关系是重要的因素（图1. B），图中，U代表非饱和区，M代表亚稳区，N代表生成

表 3 海水主要组分存在形式及所占比重^{*(19)}

Table 3 Modes of occurrence and percentages of major components of sea water

元 素	浓 度 (%)	存在形式	占总盐分的百分数
Cl	19.386	Cl ⁻	55.30
Na	10.764	Na ⁺	30.76
Mg	1.293	Mg ²⁺ , MgSO ₄	3.69
SO ₄	2.709	SO ₄ ²⁻	7.74
Ca	0.413	Ca ²⁺ , CaSO ₄	1.18
K	0.399	K ⁺	1.14
合 计	34.964		99.81

* 各组分浓度基于盐度为35‰而得出

区；(1)代表饱和时的活度积；(2)代表生成积；如果尿液的活度积增加(箭头所指方向)到亚稳区以上时，则尿石就可以形成并生长。此外，还有抑制缺乏、取向附生和感染成结石核心等其他的尿路结石形成理论^[20]。

尿石在尿液中形成的初始阶段和沉积鲕石是十分类似的，但是逐渐生长、发育和再结晶很迅速，容易长成个体较大而且外形颇不规则的结石，这些特点与结核相似。以四种常见的尿石——草酸钙尿石、磷酸镁铵尿石、尿酸尿石和胱氨酸尿石为例(图1-B, 1、2、3、4)，外形也多不规则，而且再结晶和交代作用很明显，尤其是鲕状结构的草酸钙尿石再结晶现象最为突出，一水草酸钙常交代二水草酸钙，有时可交代磷酸钙核心(图版II, 5、6、7)。

尿石的显微结构包括许多环层，这种分层结构与鲕石相似，然而，尿石在形成过程中滚动即使出现，也是低能量的，决不可能与鲕石在海浪震荡下的滚动能量相比，因此，尿石鲕状结构的形成更接近于核形石、球状结核或静水鲕及复鲕的形成机制。一般说来，鲕状尿石的形成常需要有一个较宽裕的腔，如膀胱或有梗阻的肾盂；另外，需要有不间断的过饱和及成份有些变动的尿的供应。核形石在形成之前常有藻丝体的存在，而尿石也可以细菌、异物或感染产物为核心^[21]。

5 几种沉积鲕石和尿路结石的热发光性

5.1 沉积鲕石

三种沉积鲕石都具有非常特征的差热分析反应(图2)，方解石鲕石(图2a)的热分解吸热谷出现在913℃是很标准的。热释光出现驼峰式双峰也与已有的文献资料一致^[19]。白云石交代的鲕石具双吸热谷，分别是821℃和914℃(图2b)，热释光曲线为单高峰，可与方解石鲕石明显区分。硅化的核形石具有石英和白云石层环，热分解反应在578℃(图2c)，为 α -石英向 β -石英转变所产生的反应；808℃和844℃两个吸热谷是残余白云石的分解反应，其热发光曲线表明，硅质的热发光性比方解石和白云石小得多。

5.2 尿路结石

磷酸镁铵、草酸钙、尿酸和胱氨酸等四种尿路结石的红外光谱分析结果是有代表性的

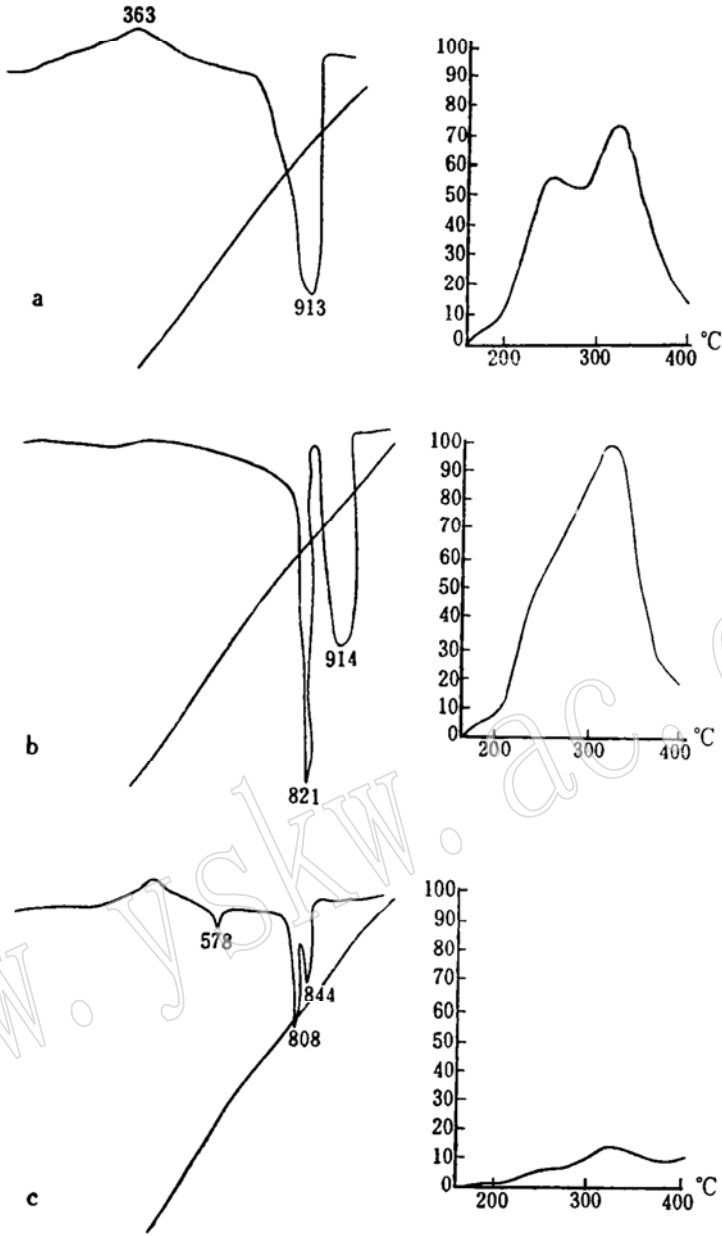


图 2 三种沉积鲕石的差热分析* (左) 和热释光曲线** (右)

a—方解石鲕石；b—白云石鲕石；c—硅质交代的核形石

* 分析者：须湘官，中国地质科学院地质研究所

** 分析者：宋天锐，中国地质科学院地质研究所（使用南京地矿所热释光仪）

Fig. 2 Differential thermal curves* (left) and thermoluminescent curves (right) of three kinds of sedimentary oolites

a—Calcite oolites; b—Calcite oolites replaced by dolomite; c—Calcite oncolites replaced by silica with dolomite rings

表 4 四种尿路结石的红外光谱数据

Table 4 Infrared spectral data of four urolith stones

结石名称	谱 带 位 置 (cm^{-1})												
磷酸镁铵	3462	3239	2960	2922	2329	1653	1466	1430	1016	872	761	694	603
	569 461 439 297 cm^{-1}												
草酸钙	3488	3436	3340	3253	3057	1614	1459	1360	1314	1097	1032	950	886
	780 661 598 572 516 418 269 cm^{-1}												
尿酸	3093	3012	2820	2705	2615	2029	1670	1586	1480	1431	1397	1347	1305
	1222 1121 1025 991 876 784 744 705 655 618 572 520 473												
	393 286 272 cm^{-1}												
胱氨酸	3026	2967	2913	2745	2674	2582	2090	1653	1618	1582	1481	1405	1379
	1335 1305 1265 1254 1192 1124 1089 1039 962 873 846 777 745												
	674 615 539 452 391 328 cm^{-1}												

(表 4, 图 3)

四种尿路结石的热释光曲线各不相同(图 4), 其中磷酸镁铵结石热释光最强(图 4a), 在 200°C 附近突然增高, 然后平缓发展; 草酸钙结石热释光较弱(图 4b), 从 300°C 开始慢慢起步; 尿酸结石在 400°C 以内几乎没有热释光现象(图 4c); 胱氨酸结石的热释光也很微弱, 只是在接近 400°C 时稍有反应。总之, 尿路结石的热释光曲线是尾部上扬式, 与沉积鲕石的

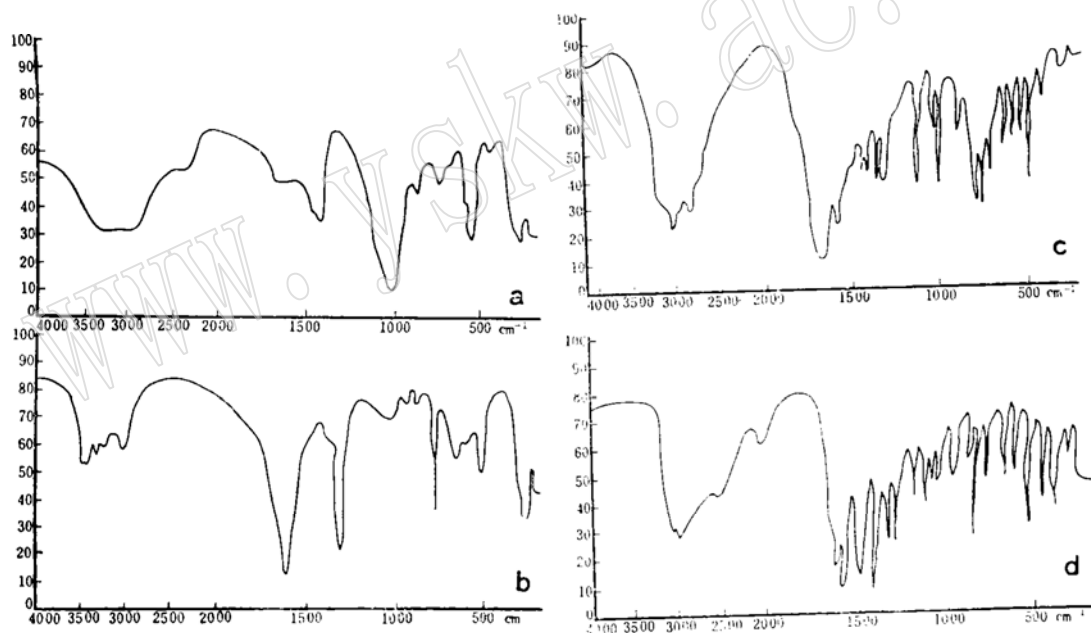


图 3 四种常见尿路结石的红外光谱曲线*

a—磷酸镁铵结石; b—草酸钙结石; c—尿酸结石; d—胱氨酸结石

* 分析者: 郭立鹤, 中国地质科学院矿床所

Fig. 3 Infrared spectra of four urolith stones

a—Struvite stone; b—Whewellite stone; c—Uric acid stone; d—Cystine stone

中部凸起式曲线明显不同，这种现象可能与尿结石中的有机组份在400℃以上出现燃烧有关。

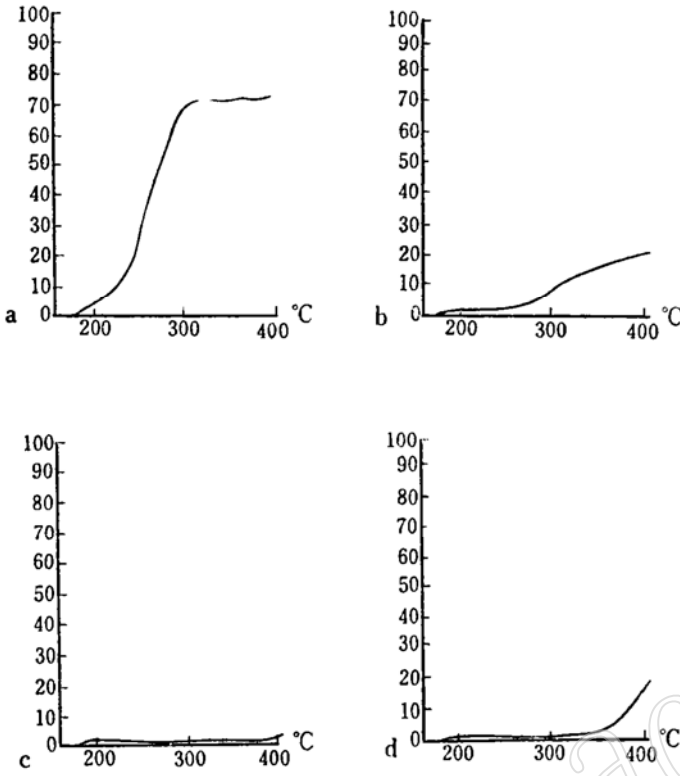


图 4 四种尿路结石的热释光曲线

a—磷酸镁铵结石；b—草酸钙结石；c—尿酸结石；d—胱氨酸结石

分析者：宋天锐，中国地质科学院地质研究所（使用南京地矿所热释光仪）

Fig. 4 Thermoluminescent curves of four urolith stones

a—Struvite stone; b—Whewellite stone; c—Uric acid stone; d—Systine stone

6 结论

1. 沉积鲕石、核形石和结核等与尿路结石的若干特征有异同之处，可作为探讨其形成机理的依据。

2. 沉积鲕石和核形石的细微特征，如：鲕层等，可类比于尿石的鲕状结构；而静水鲕石、核形石和结核的形成过程与尿石的形成和再结晶-交代过程有更多的类似性。

3. 尿石形成时受活度积、局部过饱和、抑制因素和取向附生的影响等理论，也能引入沉积鲕石、核形石和结核的研究工作中，应用仿生学解释自然界的若干沉积现象。

4. 本文首次应用热发光方法研究沉积鲕石和尿路结石，认为热释光仪和热释光方法对于研究鲕石和尿石的成份、再结晶和交代作用等方面可发挥作用，并可进一步探索这种方法的应用范围和潜力。

参 考 文 献

- 1 布拉特 H, 米德顿 G V, 穆雷 R C. 沉积岩成因. 冯增昭等译. 北京: 科学出版社, 1978. 300—302.
- 2 Carozzi A V. *Microscopic Sedimentary Petrology*. New York: Krieger Publishing Company, 1972. 480—485.
- 3 沈绍基, 何家扬, 赵洪琦, 栾清和. 偏光显微镜对泌尿结石的观察. 中华泌尿外科杂志, 1982, 3(2): 82—84.
- 4 王权威, 吴阶平主编. 肾脏病学. 北京: 人民卫生出版社, 1987. 475—681页.
- 5 何家扬, 沈绍基, 刘国栋. 尿石结构的偏光显微镜和扫描电镜观察. 中华泌尿外科杂志, 1984, 22(8): 493—495.
- 6 王英华主编. 中、下扬子区海相碳酸盐岩成岩作用研究. 北京: 科学技术文献出版社, 1991, 26—54.
- 7 王英华等. 鲕粒结构变化与成岩作用性质和强度关系. 沉积学报, 1983, (2): 73—83.
- 8 杨承运, 卡罗兹 A V. 碳酸盐岩实用分类及微相分析. 1988. 北京: 北京大学出版社, 158—180.
- 9 沈绍基, 曹覆诚, 章绍舜, 秦怡忠. 泌尿系统结石的结构和尿中成分的关系. 中华泌尿外科杂志, 1988, 7(3): 147—149.
- 10 沈绍基, 吴阶平, 夏同和, 李树礼, 徐建社. 肾结石形成过程中肾病理和超微结构的变化. 中华泌尿外科杂志, 1986, 7(1): 10—20页.
- 11 冯增昭等. 华北地台早古生代岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1990. 160—180.
- 12 宋天锐. 新疆库车盆地第三纪形成的陆-海过渡碳酸盐岩. 沉积学报, 1984, 2(3): 48—59.
- 13 赵震, 王亚烈, 臧广才. 静水人工合成鲕石及蓟县震旦亚界中的鲕状岩. 见: 周明鉴, 沙庆安主编. 沉积学和有机地球化学学术会议论文选集. 北京: 科学出版社, 1984. 84—88.
- 14 彭媛. 广西有孔虫藻核形石. 岩相古地理, 1992, (2): 41—43.
- 15 宋天锐, 乔秀夫. 辽宁金县寒武纪早期生物矿化迹象. 矿床地质, 1992, 11(4): 359—366.
- 16 宋天锐, 张丽彦. 第三纪砾壳灰岩中发现方铅矿及其矿化作用方面的意义. 地球化学, 1987, (2): 161—166.
- 17 Song Tianrui and Zhang Liyan. Discovery of galena in Tertiary Pebbly coquina and its implication in mineralization. *Chinese Journal of Geochemistry*, 1988, 7(3): 252—258.
- 18 北医教材编写组. 全国高等医药院校试用教材. 北京: 人民卫生出版社, 1978. 410—411.
- 19 赵其渊等编. 海洋地球化学. 北京: 地质出版社. 1989. 10—11.
- 20 何家扬, 刘国栋, 沈绍基. 感染石的成分和结构. 中华泌尿外科杂志, 1985, 6(3): 165—166
- 21 倪师军, 金景福, 贾全泰. 302铀矿床石英、萤石和方解石的热释光垂直分带. 矿物岩石, 1992, 12(4): 103—108.

A Comparative Study of Some Characteristics of Sedimentary Oolites and Urolith Stones

Song Tianrui

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Shen Shaoji, Yin Yanlin

(Institute of Urology, Beijing Medical University, Beijing 100034)

Zhang Liyan

(Beijing Institute of Mining and Metallurgy, Beijing 100044)

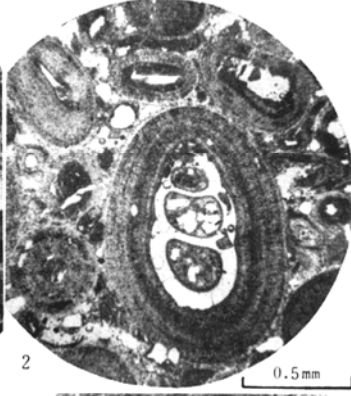
Key words: sedimentary oolite; urolith stone; thermoluminescence

Abstract

Based on the train of thought of bionics, the present paper, by utilizing sedimentary oolites, oncolites and concretes, has made a comparative study on structures, composition and formation conditions of four common urolith stones. It is considered that although these materials are produced in quite different environments in nature or in human bodies, there are many aspects which are useful in explaining their formation mechanisms. The structure of oolite layers and the recrystallization and replacement of concretes can be used to make comparative explanation of the formation mechanism and growth genesis of urolith stones. In addition, the theory of local supersaturation and epitaxy in the urolith growth hypothesis can also be introduced into the formation theory of sedimentary oolites, concretes and oncolites. In fact, urolith stones at the incipient formation stage is quite similar to sedimentary oolites, while the recrystallization and replacement of concretes resemble the late stage growth of urolith stones. The thermoluminescent effects of sedimentary oolites and urolith stones are also shown for the first time in this paper. It is demonstrated in this paper that calcareous, dolomitic and siliceous oolites and oncolites can be distinguished not only by differential thermal curves but also by thermoluminescent curves. What is more, struvite, whewellite, uric acid and systine urolith stones might be recognized by infrared absorption curves and by thermoluminescent curves as well. Therefore, a new approach to oolites and urolith stones has been developed with the thermoluminescence method.



1

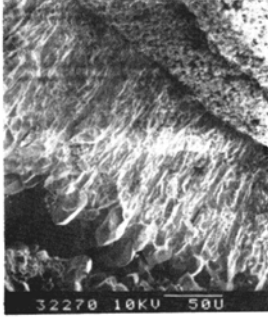


2

0.5mm



3

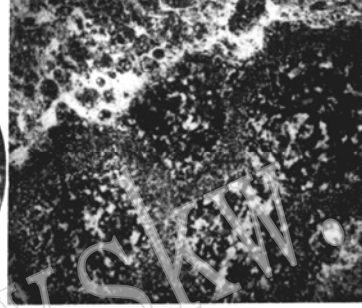


4



5

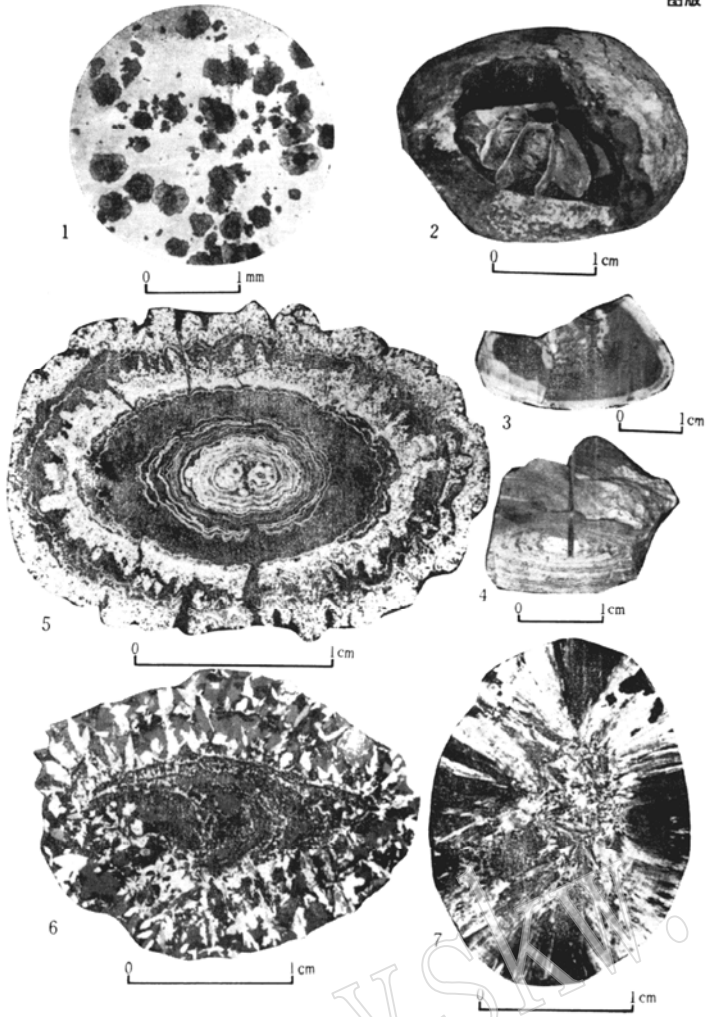
0 1mm



6

0 1mm

www.yskw.ac.cn



www.ysw.ac.cn

图版说明

图版 I

1. 核心由壳屑组成的真鲕（中心）和由石英颗粒构成的假鲕（上方）。
2. 核心由有孔虫壳体组成的真鲕。
3. 介形虫壳体外鲕层的原始成分为文石纤晶，全部为垂直壳壁生长。
4. 介形虫壳壁周围垂直生长的文石已再结晶为方解石，顶部可见到由斜方柱状的文石晶体假像转变为三方晶系的方解石。
5. 由四个大小不等的鲕石组成的复鲕。
6. 四个大小不等的核形石颗粒，经过交代作用，由方解石变为白云石，又由白云石变为硅质，并保留有白云石残余物。

图版 II

1. 球粒状菱铁矿结核，核心为黄铁矿。
2. 菱铁矿结核内的隔板构造与结核壳壁脱离。
3. 泥灰质结核的内部由多期交代作用产生出方解石、石英和磷灰石，结核壳为泥灰质。
4. 扁平状核形石结核，由钙质藻丝体分层缠绕而成。
5. 膀胱结石断面全貌，它是围绕两个核心呈层状生长而成，实物大小为2.7cm，显示同心层状鲕层结构，其成分为一水草酸钙、尿酸、胶磷矿和磷酸镁铵，成分在结石的层纹中呈交替分布，无明显周期性变化。
6. 具磷酸钙核心的晶粒状草酸钙结石，二水草酸钙的菱形晶体已变为一水草酸钙，只保留原晶的假像，黑色部分为基质和磷灰石。
7. 放射状再结晶的草酸钙结石，中心包含磷灰石物质，出现脱水空洞。