

南沙砗磲的宝石学特征与结构研究

陈泽津¹, 苟智楠²

1. 天津国土资源和房屋职业学院, 天津 300270

2. 天津市产品质量监督检测技术研究院, 国家金银饰品质量监督检验中心 (天津), 天津 300384

摘要: 本文采用宝石学显微镜、偏光显微镜、扫描电子显微镜等技术, 对南沙砗磲样品的宏观和微观结构等方面进行研究。南沙砗磲与碳酸钙类矿物的宝石学性质接近, 外观常呈黄色、白色或黄白条带相间。南沙砗磲具有层状结构, 层与层之间的分界面呈波浪状, 并具有纤维结构。这主要是由于内部文石晶体颗粒排列的方式、定向、紧密程度的不同而引起的。南沙砗磲具有由文石片晶平行堆积而形成的层状结构, 文石片晶层层堆积最终形成文石板层, 其排列的方式会影响砗磲的光泽。

关键词: 砗磲; 南沙群岛; SEM

中图分类号: O439

文献标识码: A

文章编号: 1002-1442(2021)03-0018-08

The Study on Gemology Characteristic and Structure of Tridacna from Nansha Island

CHEN Zejin¹, GOU Zhinan²

1. Tianjin Land Resources and House Vocational College, Tianjin 300270

2. Tianjin Product Quality Inspection Technology Research Institute, National Testing Center for Gold and Silver Jewelry, Tianjin 300384

ABSTRACT: In this paper, gemological microscopy, polarized microcopy, SEM are used to study the gemological characteristics of tridacnas from Nansha island, including macrostructure, and microstructure. Nansha Tridacna is similar to calcium carbonate in gemological properties, and its appearance is usually yellow, white or yellow-white bands. Nansha Tridacna has a layered structure, and the boundary between layers shows a prominent wavy and fibrous structure. It is mainly due to the way of the internal aragonite crystal particle arrangement, orientation and the degree of compactness. Nansha Tridacna has a layered structure formed by parallel stacking of aragonite lamellae. The stacking of aragonite lamellae eventually forms aragonite lamellae. The arrangement of these lamellae affects the luster of Tridacna.

KEY WORDS: aragonite; Nansha Island; SEM

收稿日期: 2021-04-15, 接受日期: 2021-04-26

作者简介: 陈泽津 (1990-), 男, 从事宝玉石鉴定与加工教学工作, Email: 1206988131@qq.com。

前言

砗磲多分布于太平洋、印度洋海域，特别是在印尼、马来西亚、缅甸、菲律宾等热带海域，我国海南省及南海诸岛也有分布^[1]。

虽然许多学者一直在从事对砗磲的研究，但是大多是围绕生物学、环境分析、古气温等方面展开，在宝石学方面的研究较为薄弱^[2]。对砗磲宝石学特征的研究有助于从宝石学的角度了解砗磲，开启砗磲在宝石学领域的新探索，完善对砗磲多方面的研究，也有助于完善有机宝石的研究资料^[3]。此外，砗磲饰品逐渐得到广大消费者的认可，市场发展前景良好，对砗磲的宝石学特征研究以及质量评价有助于规范砗磲市场，推动有机宝石市场、乃至整个珠宝市场的发展。

本文在查阅大量前人文献研究结果的基础上，以采自南海南沙群岛的砗磲为研究对象，对其常规宝石学特征以及结构进行分析研究。

1 样品描述与宝石学基本性质

1.1 样品描述

南沙砗磲最典型的特点就是具有黄色和白色的条带，这是其他产地的砗磲所不具备的，其他产地的砗磲大多颜色单一（如黄岩砗磲）^[4]。本文所使用南沙砗磲样品共 5 件（图 1），样品大多数以乳白色为主，局部有黄色或白色条纹，个别样品淡黄色条纹较宽，半透明至微透明，弱玻璃光泽至蜡状光泽，其中淡黄色部分透明度和光泽普遍强于乳白色部分。

样品 NS-T-1 为不规则形状的原石块体，黄色条带以一定角度穿插在白色条纹中，且与白色部分条带具有不同方向的层状结构排列；样品 NS-T-2 为短圆柱状的原石块体，具有白色条带；样品 NS-T-3 与 NS-T-4 为成品珠子，NS-T-3 有白色条带，NS-T-4 具有黄白条带；样品 NS-T-5 为成品珠子，有明显黄色条带，乳白色部分可分为透明度不同的两部分，透明度较低的部分可见清晰的白色条带。

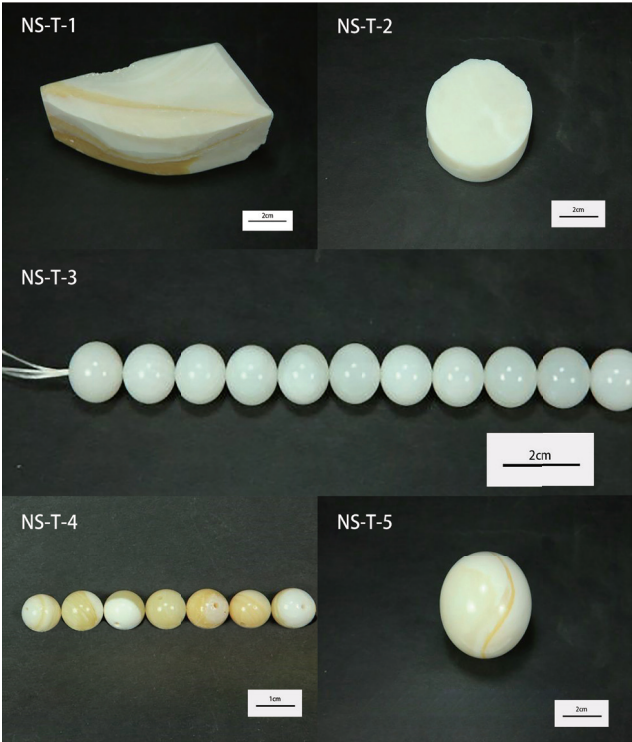


图 1 南沙砗磲样品

Fig.1 Nansha Tridacna samples

1.2 常规宝石学性质

1.2.1 折射率

砗磲属于有机类宝石，折射油易对其产生污染，破坏其结构，在鉴定中一般不测试折射率数据。出于研究需要，本文对样品的折射率进行了测试。其中，样品 NS-T-1 和 NS-T-2 属于原石样品，因未抛光，表面较为粗糙，在折射仪上无法读出清晰的数据，只可见一条模糊的线，约为 1.55。样品 NS-T-3、NS-T-4 和 NS-T-5 均为抛光成品，采用点测法，测得样品折射率大致在 1.53~1.62 的范围内，这与碳酸钙类矿物的标准折射率 1.48~1.65 相符合^[5]。

1.2.2 相对密度测试

宝石的相对密度与组成宝石的化学元素的原子量和原子之间排列的紧密程度有关^[5]。

本文选取了样品 NS-T-3 和 NS-T-4 中各 3 颗珠子（其他样品体积过大）进行了静水称重法测试。最终测得：NS-T-3 相对密度为 2.80~2.81，NS-T-4 相对密度为 2.86~2.88，这与前人的研究结果 2.7~3.0 大致相符^[6]。样品 NS-T-3 的相对密度普遍略低于 NS-T-4 的相对密度，可能是由于黄色条带与白色条带内部排列的紧密程度不同。

1.2.3 紫外荧光发光性

对所有样品进行了测试观察并拍照。由图 2 可知砗磲样品在紫外荧光灯下整体呈蓝白色荧光，长波下具有较强的蓝白色荧光，短波下稍弱。说明砗磲中激发紫外荧光的成分基本相同。

南沙砗磲样品在紫外光下可见清晰的条带，不同层之间具有颜色相近但强度不同的荧光，不透明条带部分的荧光较透明部分弱（这种现象在 5 个样品中均可见到）。在同时具有黄色和白色的样品（NS-T-1、NS-T-4 和 NS-T-5）中，黄色部分的荧光强于白色部分，且黄色部分呈现较强的蓝白色荧光，而白色部分整体发暗，呈歪状。这种

荧光现象推测可能是由于黄色部分和白色部分所含的元素种类与含量存在差异。不同颜色的砗磲在紫外荧光下发光差异的具体原因还有待进一步的研究。

2 南沙砗磲的结构特征

2.1 宝石显微镜下观察

本文分别选取了样品 NS-T-3 和 NS-T-4 中具代表性的珠子各 1 颗，在宝石显微镜下采用顶光照明和暗域照明方式，对砗磲样品的宏观结构特征进行

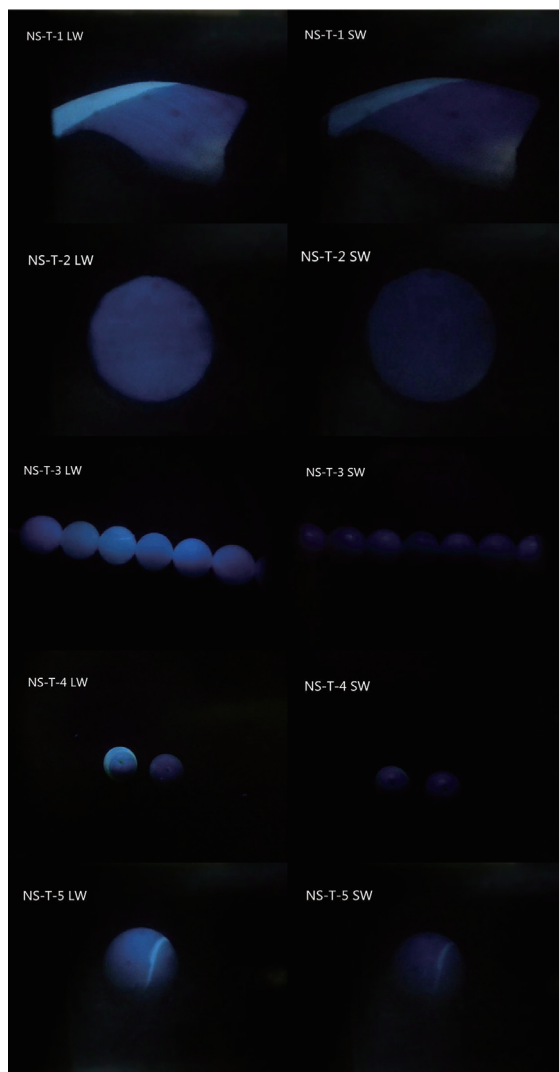


图 2 南沙砗磲样品的紫外荧光特征图
Fig.2 Ultraviolet fluorescence characteristics of Tridacna samples from Nansha

观察并拍照。其结构特征如图 3、图 4 所示。

图 3 中可观察到, 样品 NS-T-3 具有典型的层状结构, 不同层之间排列整齐, 但层间距不一致。图 4-a 中, 可以清楚对比样品黄色部分和白色部分透明度的差异, 结合图 4-d, 发现黄色部分中存在断续的线状排列, 且黄色部分和白色部分层状排列的方向具有明显差异, 近于垂直。从图 4-c 可以看到, 该砗磲珠子白色部分透明度不高, 层状结构不明显, 可看到细小断续的呈波浪状的线状排列。在图 4-d 中, 黄色部分和白色部分交融在一起, 层状结构较为明显, 且纹理较粗。

结合肉眼观察, 样品 NS-T-3 结构较为简单, 整体透明度较好, 层状结构明显且较为平直。样品 NS-T-4 结构较为复杂, 整体可分为三类: 第一类,

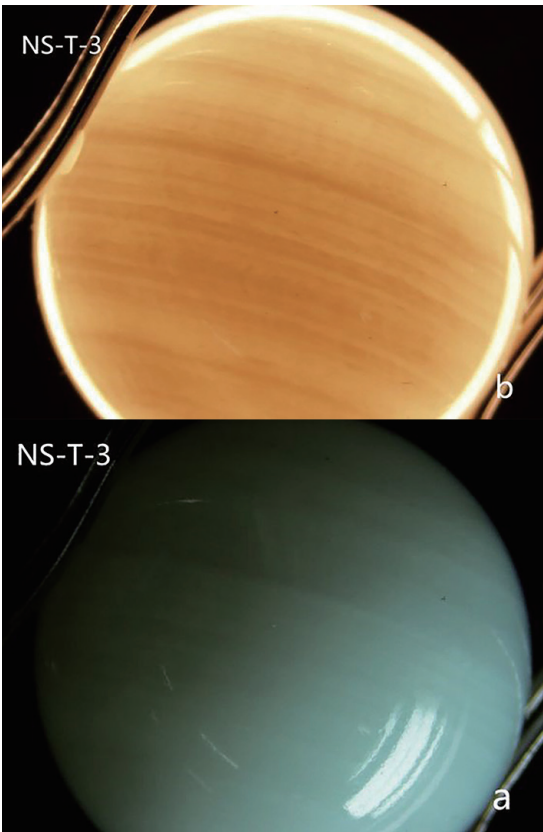


图 3 南沙砗磲 NS-T-3 在宝石学显微镜下的结构特征图
(a 为顶光照明, b 为暗域照明)

Fig.3 Structural pictures of NS-T-3 under gemological microscope
(a: top light illumination; b: dark field illumination)

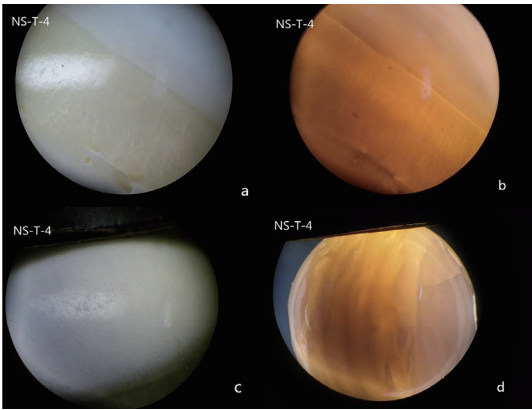


图 4 南沙砗磲 NS-T-4 在宝石显微镜下的结构特征图
(a 和 c 为顶光照明, b 和 d 为暗域照明)

Fig.4 Structural pictures of NS-T-4 under gemological microscope
(a&c: top light illumination; b&d: dark field illumination)

黄色部分和白色部分呈区域状, 完全分隔开; 第二类, 黄色部分和白色部分交织在一起, 共同构成层状结构; 第三类, 黄色呈均匀分布。第一类样品的白色部分多不透明, 层状结构不明显, 呈如图 4-c 所示的结构。黄色部分有的呈均匀状, 有的具透明度相近的黄白条带, 此部分层状结构均不明显。第二类样品的层状结构整体较第一类明显, 白色部分透明度也高于第一类珠子, 如图 4-c 和 4-d 所示, 不同颜色部分层状结构排列方向不同, 不同颜色条带间距差异也较大。第三类样品黄色均匀分布, 透明度较高, 层状排列较不明显。

2.2 偏光显微镜下观察

本文仅将具有典型结构的原石样品 NS-T-1 制成薄片, 选取 NS-T-1 上具有黄白相间条纹并两两相互垂直的三个部位, 分别标号 NS-T-1-1、NS-T-1-2 和 NS-T-1-3。

由图 5 可见砗磲具有明显的层状结构。图 6 中的组成矿物呈现高级白干涉色。镜下观察光学薄片时, 无色文石的闪突起十分明显, 干涉色为高级白, 柱状切面、平行消光; 方解石在薄片下虽同样为无色、明显闪突起和高级白干涉色, 但其呈现斜消光^[7]。图 7 表明砗磲的层状结构的分界面呈波浪状。而且, 样品 NS-T-1-1 和 NS-T-1-2 中白色部分的层状平面凹

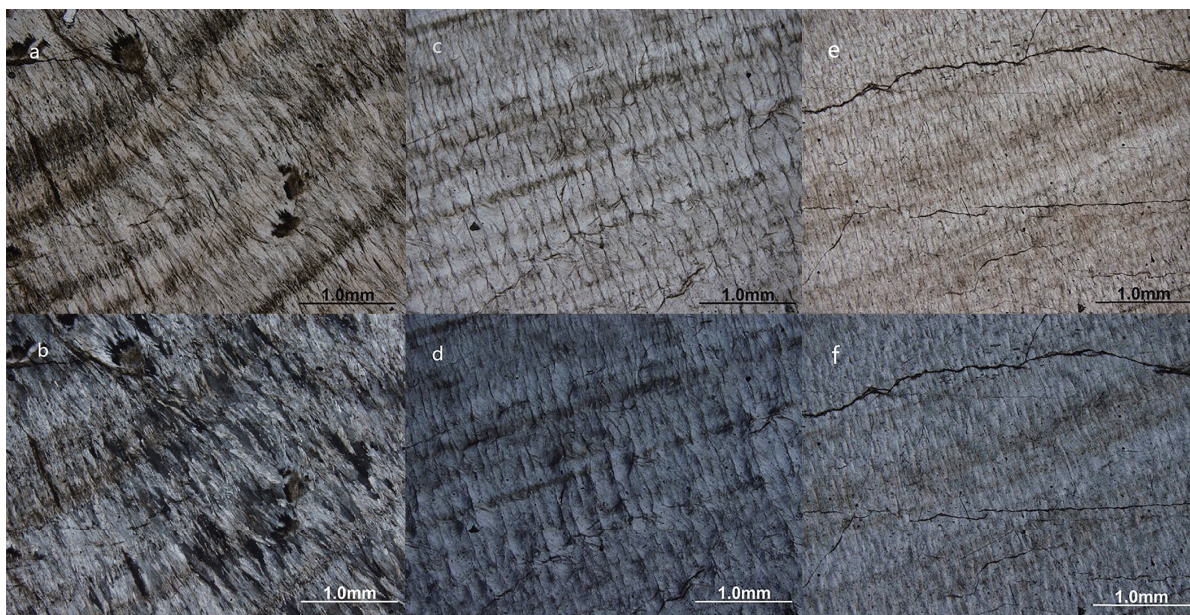


图5 南沙砗磲 NS-T-1 偏光显微镜下特征 (上为单偏光, 下为正交偏光)

Fig.5 Characteristics of NS-T-1 under microscopical polarization (up: single polarized; down: orthogonal polarized)

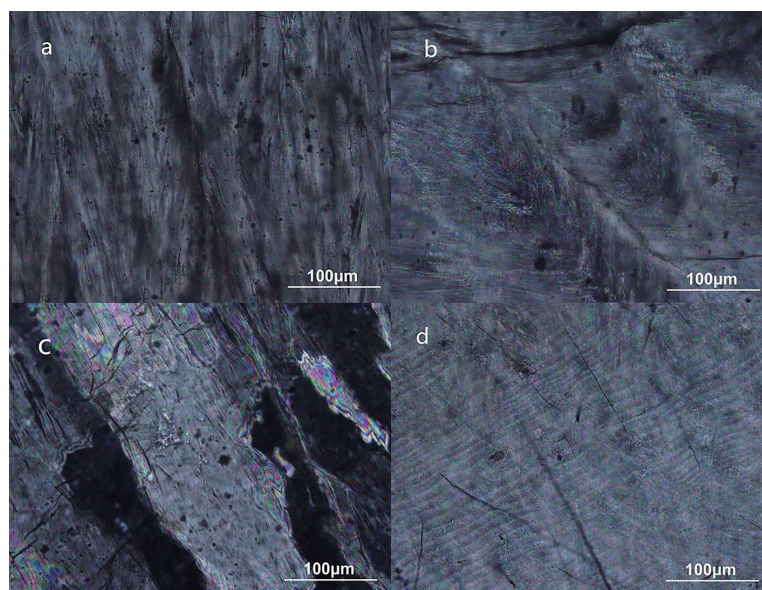


图6 南沙砗磲 40× 正交偏光镜下特征 (a 为 NS-T-1-1, b、c 为 NS-T-1-2, d 为 NS-T-1-3)

Fig.6 Characteristics of Nansha Tridacna under 40× orthogonal polaroscopy

(a: NS-T-1-1;b&c: NS-T-1-2;d: NS-T-1-3)

凸不平的现象比样品 NS-T-1-3 中明显, 且清晰可见纤维状结构。这主要是由于内部文石晶体颗粒排列的方式、定向、紧密程度的不同而引起的, 并且这会对砗磲的力学性质产生影响。

此外, 通过观察图 6-b 和 6-c, 并结合图 7-c 和 7-d, 可发现切片 NS-T-1-2 中黄色部位和白色部位文石排列方向存在明显的差异, 白色部位层状结构更为明显。这可能是由于生长过程中受到外界环境作用改

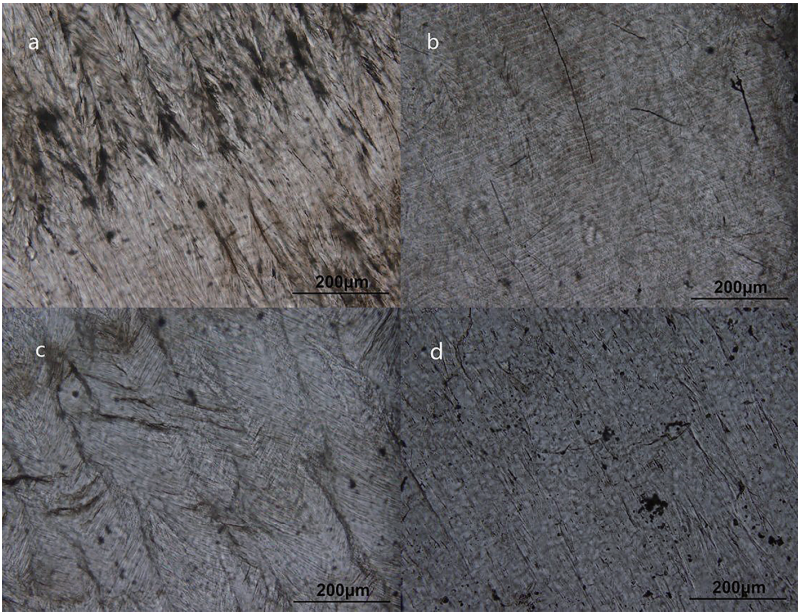


图 7 南沙砗磲 20× 单偏光镜下特征 (a 为 NS-T-1-1, b 为 NS-T-1-3, c、d 为 NS-T-1-2)
Fig.7 Characteristics of Nansha Tridacna Tridacna under 20× unipolarized light (a: NS-T-1-1; b: NS-T-1-3; c&d: NS-T-1-2)

变了文石晶体的结晶方向，结晶方向的差异导致了砗磲的层状结构。砗磲的黄色部分在紫外—可见光吸收光谱的 360nm 处有吸收峰，由于 CDOM（有色可溶性有机物）也具有此吸收带，有学者推测黄色是因为含有这种有机物造成的^[8]。据此推测，在砗磲的成长过程中，外界环境的变化会引起某些元素或者有机物种类、含量的变化，从而导致其颜色的改变。

2.3 扫描电镜

选取南沙砗磲样品 NS-T-1 中的黄色部分和白色部分进行切块，将样品小块沿断面进行喷金制样，在扫描电镜下观察其表面的形貌特征。实验采用 EVO 18 Sepcial Edition 型号的扫描电镜，工作电压为 15.0~20.0kV。

图 8 给出了南沙砗磲黄色部分的表面微形貌特征，由图可见在低倍放大（60×，110×）时，能够看到明显的呈台阶状平行排列的显微结晶层，每一层的边缘均呈曲线状，类似于地图上的“等高线”，这主要是由大量文石板片层状堆积的结果。其纹理间距基本相

等，约为 10μm。在高倍放大下（960×），文石片晶清晰可见，排列规则、致密，间距约为 5μm，形状大约为六边形、不规则多边形等。充填在文石片晶之间的黑色有机物使得文石片晶的界限更加清晰。

图 9 为南沙砗磲白色部分的表面微形貌特征，同样可以观察到类似于“等高线”的文石板片平行堆积结构。但在高倍放大（960×）下，文石片晶形态不清晰，大小不一，排列不规则，层间错乱，且层间还充斥有较多剥落的文石碎屑颗粒。

综上观察结果，在扫描电镜下，砗磲样品均可以观察到呈台阶状的碳酸钙结晶层，每层都是由文石片晶平行紧密堆积而形成。文石片晶大多数以六边形、不规则形状出现，有机物包裹在文石片晶周围，文石片晶层层堆积，无数的文石片晶堆积最终形成文石板层，即宏观可见的层状结构。

砗磲的光泽是由光的反射所引起的，是各个文石板层对光综合作用的结果^[9]。因此，砗磲的结构对光泽有重要的影响。砗磲表面微形貌对光泽的影

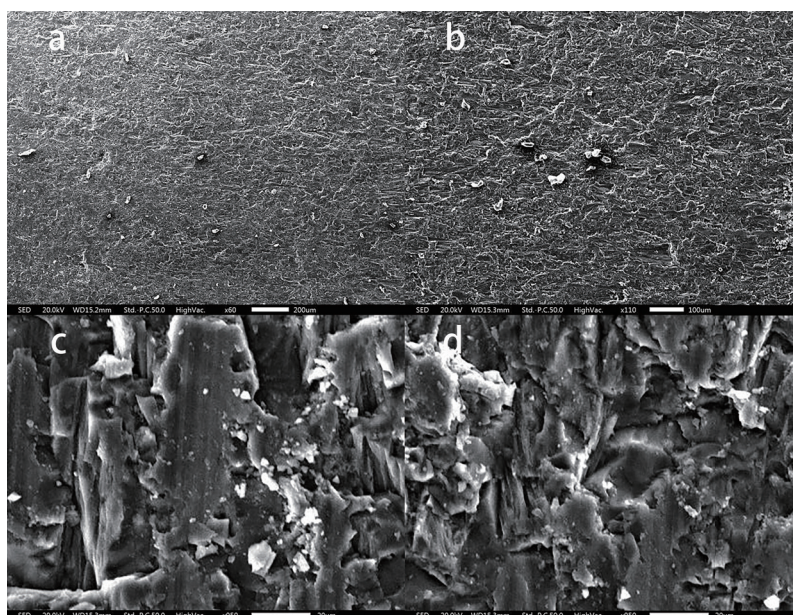


图 8 南沙砗磲样品黄色部分的表面扫描电镜图

Fig.8 Surface scanning electron microscopy of the yellow part Nansha Tridacna

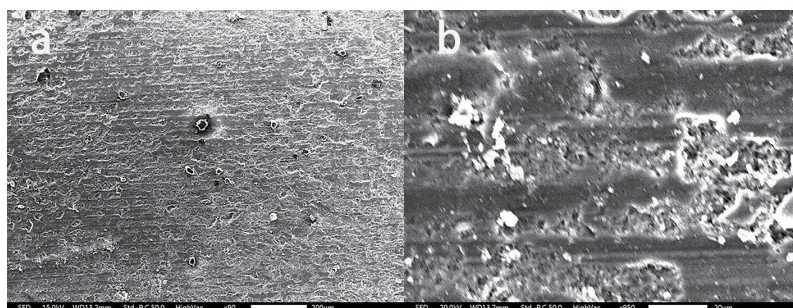


图 9 南沙砗磲样品白色部分的表面扫描电镜图

Fig.9 Surface scanning electron microscopy of the white part Nansha Tridacna

响主要与文石的结晶度、排列规则程度和排列层间距有关。文石形状规则，层表面平整，会增强光的反射，从而提高光泽；文石片晶排列越致密，则其间充填的有机物越少，越有利于减少对光的吸收，提高光泽^[10]。经 SEM 实验观察，南沙砗磲样品的黄色部分文石片晶排列紧密，形状规则，这有利于光在层间的反射而增强光泽；白色部分文石片晶排列较为疏松、紊乱，层间还充斥有较多剥落的文石碎屑，增加了光的漫反射，从而降低了光泽和透明度。

3 结论

本文对南沙群岛 5 个砗磲样品进行了常规宝石学测试，并利用宝石学显微镜、偏光显微镜、扫描电镜等对样品的宏观和微观结构等方面进行了研究，得到如下结论：

(1) 南沙砗磲与碳酸钙类矿物的宝石学性质接近，外观常呈黄色、白色或黄白条带相间，弱玻璃光泽至蜡状光色，半透明至微透明，折射率为 1.53~1.60，相对密度为 2.80~2.88。南沙砗磲在紫外荧光灯下整

体呈蓝白色荧光,长波下具有较强的蓝白色荧光,短波下稍弱,说明砗磲中激发紫外荧光的成分基本相同。而且,在紫外光下可见砗磲清晰的条带,不同层之间具有颜色相近但强度不同的荧光,不透明条带部分的荧光较透明部分弱。在同时具有黄色和白色的样品中,黄色部分的荧光强于白色部分,且黄色部分呈现较强的蓝白色荧光,而白色部分整体发暗,呈歪状。

(2) 南沙砗磲具有层状结构,其层状结构的分界面呈波浪状。而且同一样品上不同排列方向的层状平面呈现不同的起伏特征及纤维结构,这主要是由于内部文石晶体颗粒排列的方式、定向、紧密程度的不同而引起的。

(3) 南沙砗磲具有呈台阶状的碳酸钙结晶层,每层都是由文石片晶平行紧密堆积而形成。文石片晶大多数以六边形、不规则形状出现,有机物包裹在文石片晶周围,文石片晶层层堆积,无数的文石片晶堆积最终形成文石板层。此外,文石的结晶度、排列规则和致密程度会影响砗磲的光泽。文石形状越规则,层表面越平整,越会增强光的反射,从而提高光泽;文石片晶排列越致密,则其间充填的有机物越少,越有利于减少对光的吸收,提高光泽。

参考文献 / REFERENCE

- [1] 王祯瑞,齐忠彦.南海的双壳类软体动物[M].北京:科学出版社,1960: 51-55.
- [2] 蔡英亚,刘桂茂.中国南沙群岛的双壳纲贝类[J].湛江海洋大报,2004,24(1): 1-8.
- [3] 周勤,王玉芬,姜秀凤.砗磲研究现状及在我国南海开展养殖的前景[J].热带海洋学报,2014,33(2): 87-93.
- [4] 李朝阳.砗磲的宝石学特征及市场开发[J].超硬材料工程,2009,21(2): 59-61.
- [5] 余晓艳.有色宝石学教程[M].北京:地质出版社,2009: 27-96.
- [6] 金旺.海洋之宝:砗磲[J].珠宝科技,2000,(4): 39.
- [7] 常丽华,陈曼云,金巍,等.透明矿物薄片鉴定手册[M].北京:地质出版社,2010: 177-178.
- [8] 罗跃平.“金丝砗磲”研究初探[J].宝石和宝石学杂志,2010,12(3): 39-40.
- [9] 罗慧君.江西淡水有核养殖珍珠宝石学及矿物学特征研究[D].中国地质大学(北京),2013.
- [10] 夏静芬,钱国英,陈亮,等.珍珠粉和贝壳粉的化学成分和结构特征分析[J].化学研究与应用,2010,22(11): 1467-1471.