

文章编号 1001-8166(2006)10-1008-06

海绵骨针特性及其仿生学研究

王晓红^{1,2}, 王毅民^{1*}

(1·国家地质实验测试中心,北京 100037;2·北京大学环境学院,北京 100871)

摘要 海绵是生长在海洋或淡水环境中的一种最简单的多细胞生物,3 个主要海绵纲中有 2 个纲的海绵其主要骨架与支撑是玻璃纤维状的硅质骨针。近年来,人们发现了硅质海绵骨针独特的微结构及良好的光纤特性,特别是指出了这些特性给人类带来制造光纤的新思路,并很快引起了科学家对其结构、特性、生长机制与调控的生物学、生物矿学和仿生学的广泛研究兴趣。评述了海绵骨针内部结构和光学特性的发现、海绵骨针研究的热点领域及研究意义,并简要介绍了海绵骨针的国内外研究概况及主要工作。

关键词 海绵骨针;生物矿化;微构造;光纤;仿生学
中图分类号 Q13 **文献标识码** A

20 世纪 80 年代中我国曾对采自南海海绵骨针的微结构、光导特性和化学组成进行过多方面的测试。20 世纪 90 年代中,意大利的科学家发表了发现海绵骨针具有光导特性的论文^[1,2]。2003 年贝尔实验室的科学家在 *Nature* 杂志撰文指出了海绵骨针的独特构造和光导特性可能对人类改进光纤制造工艺,改善光纤性能提供有益启示之后^[3],引起国际上的广泛关注,我国科学界媒体也及时作了连续报道^[4,5]。本文将简要介绍这方面的研究概况及其意义。

1 海绵及海绵骨针

海绵(Marine Sponge)是地球上最古老、最简单的多细胞水生动物,也是一种营固着生活的动物,常附着在岩石、贝壳、木质结构、介壳或其它水生植物上。寒武纪是海绵最繁盛的时代^[6],经数亿年的演化,通常认为现今的海绵主要有:寻常海绵(Demospongiae)、六射海绵(Hexactinellida)和钙质海绵(Calcarea)三个纲。海绵是由体内(也常伸出体外)的硅质或钙质纤维状物——“骨针”(Spicule)支撑

的。骨针性质及其骨架结构是海绵分类的主要依据。小的骨针(微骨针)只有几微米长,而大骨针直径可达 8 mm、长达 3 m。有研究表明,有些海绵的骨针重量占整个海绵干重的 75%^[7,8]。

早在 1859 年就有关于海绵及其骨针的论文,甚至详细说明了海绵的分裂及骨针的形成^[9,10]。其后,人们关注和研究的主要是有实用价值的海绵及其提取物,而对于骨针的研究甚少。直到 20 世纪八九十年代,科学家从分子生物学角度研究骨针的微结构与生长机制,特别是科学家发现了这种被称为“生物玻璃纤维”的良好光学特性之后,才掀起了对骨针纳米结构、光学特性及生长机制与调控的仿生学研究热潮^[3,11]。

2 海绵骨针研究的热点及意义

2.1 结构和组成

海绵的结构早为人们所熟知,称作“偕老同穴”(Euplectella aspergillum)的六射海绵,其建造精美绝伦,被誉为“维纳斯花篮”(Venus' Flower Basket)(图 1),骨针的外观虽然也晶莹剔透,却并不引人注

收稿日期 2006-04-21,修回日期 2006-08-24.

* 基金项目 国家自然科学基金项目“一种深海‘玻璃光纤’状物的基本特性及仿生学探索”(编号 50402023)资助.

作者简介 王晓红(1969-),女,山西沁县人,研究员,主要从事分析化学和海洋地球化学研究. E-mail: wxh0408@sina.com

* 通讯作者 王毅民(1941-),男,河西南官人,研究员,主要从事地质材料分析技术研究. E-mail: wym7852@yahoo.com.cn

目。然而,近年来揭示的骨针内部的微观构造却令科学家们大为惊奇!

20世纪70~80年代,科学家从生物学角度了解了骨针具有有机轴丝的基本构造^[12,13],而当人们发现了其光学性能之后,便很快引起了对其微结构及特性的研究兴趣^[2,14]。

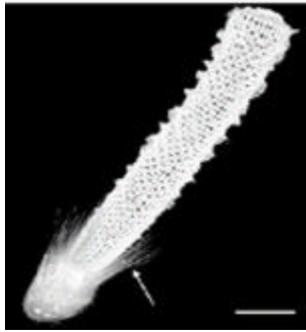


图1 “维纳斯花篮”^[3]
Fig. 1 Venus' flower basket^[3]

美国贝尔实验室的 Aizenberg 博士等^[15]利用扫描电子显微镜(SEM)系统研究了海绵 Euplectella 的整个骨架结构,发现了骨针复杂的内部结构,其基本构件是一根根的针状体,而这些针状体是由一层层同心圆状的硅薄层及有机质芯(中心丝)构成(图2)。进一步研究表明,海绵的整个骨架是由硅纳米颗粒围绕中心丝通过分级(七级)机制自组装而成。这种分级机制形成的海绵骨架克服了玻璃物质(SiO_2)的脆性,具有较大的硬度和较好的稳定性。海绵体还利用伸出体外的成束根须骨针(basalia)附着在海洋底质或其他物体上。

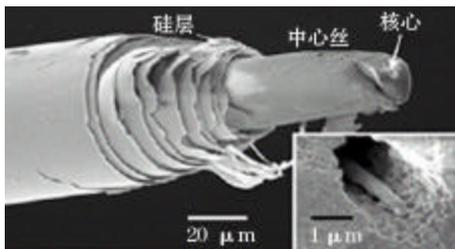


图2 海绵骨针的微结构^[11]
Fig. 2 The micro-structure of sponge spicule^[11]

美国加州大学的 Weaver 等^[16]利用 SEM 和原子力显微镜(AFM)研究了甘桔荔枝海绵(Tethya aurantia)硅质骨针的环状结构,同样发现骨针是由纳米颗粒沉积而成。他们还利用核磁共振(NMR)

研究了不同温度条件下骨针的热效应,认为骨针的环形层反应的是硅纳米颗粒聚合程度的差异,而不是其间包裹有机质(贝尔实验室的结果)。

海绵骨针的主体成分是无定型 SiO_2 ,而骨针的中心丝(芯)是一种有机物,其主要成分是硅蛋白(Silicatein)。美国加州大学用氢氟酸溶解骨针外层的硅质层获得了蛋白丝^[8]。

意大利的 Gianluca Croce 等^[17]利用同步辐射小角度 X 射线散射(SAXS)、SEM、热重力分析(TGA)、微扫描量热器(DSC)、傅立叶红外光谱(FTIR)以及分子模拟等多种手段研究了寻常海绵纲的三种海绵骨针样品和六放海绵纲的一个海绵骨针样品中硅蛋白丝的内部结构并测定了骨针的有机物质含量。寻常海绵纲的三种海绵骨针中有机组分约15%,六放海绵纲的一种海绵骨针中有机组分约10%。

2.2 光学及其他特性

早在1994年 Gaino 等^[1]就发现,硅质骨针束能收集微弱的光沿其硅质管传输给与海绵共生的海藻,供其进行光合作用。Cattaneo-Vietti 等^[2]进一步指出了取自南极的一种长的海绵骨针具有光纤作用。21世纪初,美国贝尔实验室^[3,12]则更系统地研究了六放海绵纲拂子借科借老同穴属一种 Euplectella aspergillum 的骨针的光学性能及其结构之间的关系。发现其光导性能非常类似于商业光纤的性能,可有效的连接光纤网络。他们用干涉法研究了骨针不同位置(根部、中间和顶端)的干涉图,计算了其折射率。发现不同位置的折射率虽有变化,但都有一个高折射率核心(图3)。他们认为利用骨针这种折射率分布不均一的特点(核心高,覆层低),可制成单模或多模光纤。德国的一个研究小组^[18]则根据海绵骨针具有独特的分层结构以及折射率变化,成功地将一激光束从六放海绵纲拂子介海绵 Hyalonema sieboldi 骨针的一端传到了另一端,证实了骨针的光导性能(图4)。另外,贝尔实验室的科学家^[11]还检验了骨针的柔韧性,称它耐弯,甚至打结也不会断裂。

最新的研究还发现,六放海绵纲一种海绵 Hyalonema sieboldi 的长骨针传导光时具有选择性,只有615~1310 nm 波长的光可以通过,传输效率为60%。因而,这些骨针可作低通和高通滤波器用于光接收系统^[19]。

2.3 生长和生物矿化机制

海绵骨针的生长机制和生物矿化过程一直是海

绵骨针研究中最活跃的领域。早在 19 世纪中就揭示了海绵及骨针的生长;20 世纪 80 年代后从细胞生物学角度对其微结构和特性之间的关系以及生物矿化过程作了大量研究工作;从 20 世纪 90 年代末科学家则开始从分子生物学角度来研究骨针的生长、沉积过程及调控机制。

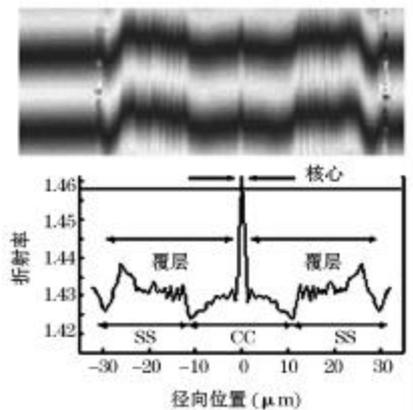


图 3 海绵骨针的折射率^[23]

Fig. 3 The refractive index of sponge spicule^[23]



图 4 海绵骨针的光传输实验图^[18]

Fig. 4 The experiment to transmit light through sponge spicule^[18]

研究已表明,海绵骨针的生长主要是由轴丝中的硅蛋白(基因)控制的,因此轴蛋白丝的组成和结构以及如何控制骨针生长的研究成为多个研究小组的研究热点。Shimizu 等^[9]首次鉴别出海绵 *Tethya aurantium* 其骨针轴蛋白丝的主要成分为硅蛋白 silicatein、和。美国加州大学的 Cha 等^[21]研究了硅蛋白催化合成 SiO_2 的分子机制。认为在常温、常压和中性 pH 条件下合成纳米结构 SiO_2 时,硅蛋白既是水解和聚合反应的催化剂,又充当分子模板。

另外, Garrone 等^[22]研究认为,胶原蛋白对骨针的生长起重要作用。它是一种细胞外基体蛋白质,具有三维螺旋结构可形成小纤维,由此生成的微纤维作为粘合剂将骨针粘合在一起。Krasko 等发现 Fe^{3+} 可以诱导海绵 *Suberites domuncula* 细胞团的繁

殖和刺激骨针的生长。

有关海绵骨针生长和生物矿化机制的研究近年来已取得了较大进展^[23,24],但是控制骨针生长(尺寸和结构)的确切机制以及影响因素还有待深入研究。人类所能培养的骨针的大小和种类还是十分有限的。

2.4 仿生学

目前,具有光电和半导体性能的金属氧化物(氧化钛和氧化镓等)都是在非自然(高温、高真空和腐蚀环境)条件下合成的。显然,这种生产模式不符合当今的环境观念。而神奇的海洋生物在完全自然的环境条件下,将自然界普遍存在的 Si 和 O 建造出比人造光纤具有更好性能的材料,这就为人类在环境友好条件下合成高性能电子和光学材料指出了一条新的仿生技术途径。加州大学圣巴巴拉分校的研究小组^[25]已利用从海绵骨针中提取的硅蛋白作模板,在中性和低温条件下成功催化合成了无定形 TiO_2 。最近,他们合成了与海绵骨针蛋白丝作用相似的、表面具有催化作用和分子模板双重作用的分子层,仿生合成了金属镓氢氧化物(GaOOH)和氧化物($-\text{Ga}_2\text{O}_3$)半导体材料^[26]。

2.5 研究意义

光纤是当今信息传输的主要载体,人类联系的纽带。然而,当今光纤的制造工艺是超自然的(高温、高洁净环境)。完全在自然条件下生长的海绵骨针具有人造光纤的基本功能而又有一些更优异的性能^[11],这将为人类探索性能更加优良的光纤和“环境友好”的制造工艺提供重要启示。

自工业革命以来,人类以其特有的方式,向地球开战,索取资源,给人类自身带来巨大利益,促进了社会、经济和科技的快速发展,同时也给人类共同生活的地球环境带来污染,生态环境遭到破坏,严重影响着人类社会的持续发展。改变当今人类的生产、生活方式,发展循环经济,建设节约型和谐社会,走与自然和谐相处,社会经济可持续发展之路已是当今的世界潮流。

2003 年,以“仿生学的科学意义与前沿”为主题的第 220 次香山科学会议,提出了我国发展仿生科技的 5 大研究方向和 10 个优先领域,以促进其快速发展^[27]。生物经亿万年的进化成就了能适应各自不同生存环境的优秀性状、品质,使其自身并与自然环境和谐生存、发展,也为人类科技的发展提供了取之不尽的知识宝库和设计理念。仿生材料和“环境友好”制造业是人类技术发展的必然。

3 国内外研究概况

3.1 国外

目前,美国、德国、意大利和西班牙等国都有一些研究小组在从事海绵骨针的结构、生物矿化以及仿生学等方面的研究工作,并取得重要研究成果。美国加州大学圣巴巴拉分校的 Morse 研究小组,开展了海绵骨针的纳米结构特征、生物矿化的分子机制、遗传学控制机理等多方面的研究工作并着手仿生制备了具有光电和半导体性能的纳米金属氧化物材料,这些研究得到了多方面的有力支持^[8, 16, 21, 25, 28]。美国贝尔实验室的 Aizenber, G. J 研究小组的相关研究也十分活跃,有关海绵骨针的微结构(分级自组装机制)、光导性能及其它机械性能等方面的研究成果在 *Nature* 和 *Science* 杂志上发表后引起广泛关注,德国雷根斯堡大学的研究侧重在海绵骨针的光导性能^[19],而美因兹大学则着力研究了控制海绵骨针生长的基因^[29]及 Fe^{3+} 在骨针生长过程中的特殊功用^[30]。意大利的 Piemonte Orientale 大学^[17]也在海绵骨针结构特征和中心轴蛋白丝构造方面开展了研究,西班牙的巴塞罗那大学在海绵骨针的生物矿化机制研究方面取得重要进展^[31]。

3.2 国内

我国对海绵的研究从 20 世纪 70 ~80 年代初就开始了,但主要是海绵在我国海域的分布及分类学方面^[32],近年则侧重其生物活性及天然药物研究^[33, 34]。张卫^[35] 2003 年在调研 17 种期刊的基础上,给出了详细的综述。

国内有关海绵骨针的研究只是近几年的事。张卫研究小组从 2001 年开始与德国美茵兹大学合作,通过“欧盟第五框架计划”核心计划项目——硅生物技术开展了离体培养合成纳米生物硅(骨针)的

研究工作^[36]。

我们小组的研究工作是从海绵骨针结构、特性和成分研究开始的。1986 年,在一次海洋调查中,从我国南海获取了一束较大的海绵骨针:呈微扭曲状,似马尾,有 20 多根,每根长约 90 cm,直径从底端(断裂状)到顶端约 0.3 ~0.5 mm,无色、透明(图 5)。随后对该样品进行了一系列的室内研究,包括:光学显微镜观察其微结构,发现了其精美的 17 层同心圆结构(图 5)、X 射线衍射分析确定为无定型 SiO_2 、电子探针测定了其主成分为 SiO_2 、用 Lund 大学(瑞典)的扫描核探针(SNM)检测了痕量杂质和在北京玻璃研究院观测了其导光性能及热效应。这是我国对海绵骨针结构与性能的初次研究,但研究工作未能持续深入。贝尔实验室的相似工作 2003 年在 *Nature* 杂志发表后,有关研究工作才在国家自然科学基金支持下加紧进行。这包括寻找新的和新鲜的样品来源,用最新的微区原位分析技术,包括扫描和透射电镜等图象技术、电子探针和同步辐射等无机成分分析技术、激光拉曼等有机成分分析技术,获得了更好的微结构图像和新的无机成分信息,核心物和层间物的物质组成及节点的微构造和其它基本特性以及光学性能研究亦在进行中。

4 结 语

海绵骨针微结构研究较早,而其光学特性的发现与研究却是近 10 多年的事,特别是 2003 年以来文献量快速增长。短短几年间,在海绵骨针微结构、特性及生物技术和仿生学研究领域已相当活跃,仅在 *Nature* 和 *Science* 杂志上发表的论文就已有 4 篇,而我国在这方面基本上还是空白。我国虽在海绵、生物硅培养和生物矿化研究方面已有了一些不错的研究工作^[37],但从研究深度与广度上与国外仍存在



图 5 中国南海海绵骨针

Fig.5 The sponge spicule from the Southern China Sea

(a) 单根骨针原样照片 (b) 微结构

(a) Photo of a single spicule (b) Micro-structure

较大差距。因此,尽快了解和掌握国外已有的成果,引进和学习先进的技术方法和思想理念,充分利用我国资源,发挥自身优势,才能快速接近国际水平,作出我们的成果。

致谢:感谢中国地质科学院地质研究所王崇友研究员、王金星研究员、中国地质科学院矿产资源研究所陈克樵研究员、周健雄研究员、北京玻璃研究院在南海骨针研究所所给予的大力支持,也感谢中国科学院海洋研究所李锦和研究员、中国科学院大连化学物理研究所金美芳研究员、曹旭鹏博士在研究样品和资料方面的支持。

参考文献(References):

- [1] Gaiino E, Sarà M. Siliceous spicules of *Tethya seychelensis* (Porifera) support the growth of a green alga: A possible light conducting system [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1994, 108: 147-151.
- [2] Cattaneo-Vietti R, Bavestrello G, Cerrano C, et al. Optical fibres in an Antarctic Sponge [J]. *Nature*, 1996, 383: 397-398.
- [3] Sundar V C, Yablon A D, Gazul L L, et al. Fibre-optical features of a glass sponge [J]. *Nature*, 2003, 424(21): 899-900.
- [4] Luo Xia. "Natural optical fibre" from Deepsea is Better [N]. *Science Times*, 2003-09-18. [罗夏. 深海"天然光纤"更胜一筹 [N]. *科学时报*, 2003-09-18.]
- [5] Zhang Qinghua. 2008: to use the optical fiber produced by ourselves [N]. *Science Times*, 2003-09-19. [张庆华. 2008: 用上自己研制的光纤 [N]. *科学时报*, 2003-09-19.]
- [6] Dai Yongding. *Biomimeticology* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994. [戴永定. 生物矿物学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.]
- [7] Levi C, Barton J L, Guillemet C, et al. A remarkably strong natural glassy rod-the anchoring spicule of the monaxonial sponge [J]. *Journal of Material Science Letter*, 1989, 8: 337-329.
- [8] Shimizu K, Cha J, Stucky G D, et al. Silicein: Cathepsin L-like protein in sponge biosilica [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1998, 95: 6234-6238.
- [9] Lieberkuhn N. Beitrage zur Anatomie der Spongen [J]. *Archiv fur Anatomie und Physiologie*, 1859, 376-403.
- [10] DeLage Y. Embryogenie des eponge [J]. *Archives de Zoologie Experimentale*, 1892, 10: 345-498.
- [11] Aizenberg J, Sunder V C, Yablon A D, et al. Biological glass fibers: Correlation between optical and structural properties [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, 101(10): 3358-3363.
- [12] Shore R E. Axial filament of siliceous sponge spicules, its organic component and synthesis [J]. *Biological Bulletin*, 1972, 143: 689-698.
- [13] Simpson T L, Langenbruch P F, Scalera-Liaci L, et al. Silica spicules and axial filaments of marine sponge *stellatagubii* (Porifera Demospongiae) [J]. *Zoomorphology*, 1985, 105(6): 375-382.
- [14] Sankaya M, Fong H, Sunderland N, et al. Biomimetic model of a sponge-spicular optical fiber-mechanical properties and structure [J]. *Journal of Materials Research*, 2001, 16: 420-428.
- [15] Aizenberg J, Weaver J C, Thanawala M S, et al. Skeleton of *Euplectella* sp.: Structural Hierarchy from the Nanoscale to the Macroscale [J]. *Science*, 2005, 309: 275-278.
- [16] Weaver J C, Petrasanta L I, Hedin N, et al. Nanostructural features of dem sponge biosilica [J]. *Journal of Structural Biology*, 2003, 144: 271-281.
- [17] Croce G, Frache A, Mianesio M, et al. Structural characterization of siliceous spicules from marine sponges [J]. *Biophysical Journal*, 2004, 86: 526-534.
- [18] Mijler W E G, Schröder H C, Wiens M, et al. Traditional and modern biomedical prospecting: Part II-the benefits [J]. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2004, 1(2): 133-144.
- [19] Mijler W E G, Wendt K, Geppert C, et al. Novel photoreception system in sponges? Unique transmission properties of the stalk spicules from the hexactinellid *Hyalonema sieboldii* [J]. *Biosensors and Bioelectronics*, 2006, 21: 1149-1155.
- [20] Crick R E. *Origin, Evolution and Modern Aspects of Biomineralization in Plants and Animals* [M]. New York: Plenum Press, 1989.
- [21] Cha J N, Shimizu K, Zhou Y, et al. Silicatein filaments and subunits from a marine sponge direct the polymerization of silica and silicates in vitro [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1999, 96: 361-365.
- [22] Garrone R. Collagène, spongine et squelette minéral chez l'éponge *Haliciona rosea* [J]. *Journal of Microscopy*, 1969, 8: 581-598.
- [23] Uriz Maria-J. Mineral skeletogenesis in sponges [J]. *Canadian Journal of Zoology*, 2006, 84: 322-356.
- [24] Mijler Werner E G, Belikov Sergey I, Tremel Wolfgang, et al. Siliceous spicules in marine demosponges (example *Suberites domuncula*) [J]. *Micron*, 2006, 37: 107-120.
- [25] Sumrell J L, Yang W, Kisailus D, et al. Biocatalytically templated synthesis of titanium dioxide [J]. *Chemistry of Materials*, 2003, 15: 4804-4809.
- [26] Kisailus D, Truong Q, Amemiya Y, et al. Self-assembled bifunctional surface mimics an enzymatic and templating protein for the synthesis of a metal oxide semiconductor [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, 103(15): 5652-5657.
- [27] Du Jiawei. Life sciences and bionics [J]. *Chinese Bulletin of Life Sciences*, 2004, 16(5): 317-323. [杜家纬. 生命科学与仿生学 [J]. *生命科学*, 2004, 16(5): 317-323.]
- [28] Cha J N, Stucky G D, Morse D E, et al. Biomimetic synthesis of ordered silica structures mediated by block copolypeptides [J]. *Nature*, 2000, 403: 289-292.

- [29] Krasko A , Lorenz B , Batel R , et al. Expression of silicatein and collagen genes in the marine sponge *Suberites domuncula* is controlled by silicate and myotrophin [J] . *European Journal of Biochemistry* , 2000 , 267 : 4 878-4 887 .
- [30] Krasko A , Schröder H C , Batel R , et al. Iron induces proliferation and morphogenesis in primmorphs from the marine sponge *Suberites domuncula* [J] . *DNA and Cell Biology* , 2002 , 21 (1) : 67-80 .
- [31] Uriz M J , Turon X , Becerro M A . Silica deposition in Demosponges : Spiculogenesis in *Crambe crambe* [J] . *Cell and Tissue Research* , 2000 , 301 : 299-309 .
- [32] Li Junhe . Sponges of marine fouling organisms in China waters [J] . *Studia Marina Sinica* , 1986 , 26 : 73-116 . [李锦和 . 中国海域污着生物中的海绵 . [J] *海洋科学集刊* , 1986 , 26 : 73-116 .]
- [33] Xue Song , Zhao Quanyu , Zhang Wei , et al. Research of natural products from Chinese sponge [J] . *Natural Product Research and Development* , 2003 , 15 (4) : 359-368 . [薛松 , 赵权宇 , 张卫 , 等 . 中国海绵天然产物的研究 [J] . *天然产物研究与开发* , 2003 , 15 (4) : 359-368 .]
- [34] Xue Song , Zhang Haitao , Wu Peichun , et al. Study on bioactivity of extracts from marine sponges in Chinese sea [J] . *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* , 2004 , 298 : 71-78 .
- [35] Zhang Wei , Xue Song , Zhao Quanyu , et al. Biopotentials of marine sponges from China oceans : Past and future [J] . *Biomolecular Engineering* , 2003 , 20 : 413-419 .
- [36] Qu Yi , Zhang Wei , Li Hua , et al. Cultivation of marine sponges [J] . *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* , 2005 , 23 (2) : 194-198 .
- [37] Guo Zhongnan , Wang Lijun , Chen Xia , et al. Synthesis of the needle-like silica nanoparticles by biomimetic method [J] . *Chemical Journal of Chinese Universities* , 2000 , 21 (6) : 847-848 . [郭中满 , 王荔军 , 陈霞 , 等 . 生物矿化合成纳米针状 SiO_2 [J] . *高等学校化学学报* , 2000 , 21 (6) : 847-848 .]

An Introduction to the Study on Natural Characteristics of Sponge Spicules and Bionic Applications

WANG Xiao-hong^{1,2}, WANG Yi-min¹

(1. National Research Center of Geoanalysis, Beijing 100037, China ;

2. College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract : Sponges are one kind of the simplest multi-cellular organisms that live in both fresh-water and marine environment. Among the three classes of sponges, two of which produce silicified spicules as their body support. In recent years, peculiar micro-structure and high fiber-performance are found in sponge spicules. While the growth mechanisms of sponge spicules that live in ambient temperature and pressure was thought to be a new bionic way to produce optical-fiber. Therefore, these new discoveries have drawn increasing efforts worldwide to study the biology and biomimetic of sponge spicules and their bionic applications. Through studying the structure, the characteristic, the growth mechanism and mediation in sponge spicules, scientists are learning a new biotechnological route to produce electronic and optical nano-materials in an environmentally benign way. In this contribution, we review the major findings in the study of the micro-structure and optical performances in sponge spicules, and then discuss the progress and significance of studying sponge spicules.

Key words : Sponge spicules ; Biomimetic ; Micro-structure ; Fiber ; Bionics.