

红条毛肤石鳖齿舌的磁性研究*

赵见高 温戈辉 刘传林¹⁾ 刘承华¹ 詹文山

(中国科学院物理研究所磁学国家重点实验室和中国科学院凝聚态物理中心, 北京 100080)

¹⁾(烟台大学生物化学系, 烟台 264005)

(1999 年 1 月 8 日收到; 1999 年 1 月 18 日收到修改稿)

研究了红条毛肤石鳖(*Acanthochton rubrolinestus* LISCHKE)齿舌的磁性及其中磁性粒子的结构, 并且讨论了磁性粒子在齿舌中生成的取向性和磁晶各向异性.

PACC: 8740; 7550G

1 引 言

生物磁学日益受到人们的重视, 除磁场对生物体的影响, 用磁性手段研究生命现象等工作外, 生物体本身具有的磁性粒子也已被不少研究者所关注. 如关于向磁性细菌的研究^[1], 关于家鸽的研究^[2], 甚至关于人脑的研究^[3], 本文的研究对象是在海岸生存的石鳖类的齿舌, 它具有很强的磁性, 人们曾对这一现象作过若干研究^[4], 对齿舌的磁性粒子生长成熟过程也有过仔细的分析^[5], 本文则从磁学的角度对齿舌作了初步的研究.

2 实验方法

将石鳖的齿舌洗净后自然风干, 选择其中较完整的 17 根, 共重 22.7 mg, 用超导量子干涉器(SQUID)磁强计测量磁滞回线; 将若干齿舌辗细, 用磁铁吸出其中的磁性粒子作粉末 X 射线衍射测定其结构; 并用扫描电子显微镜和能谱分析仪对样品作了形貌观察和成分分析, 为了保证导电性, 防止电荷积累, 样品表面蒸镀了一层 5 nm 厚的 AuPd 合金膜; 另外, 还将四根平直的齿舌片段将舌面平行地平粘在盖玻片上, 再用磁转矩仪测量了齿内磁性晶粒的取向性.

3 结果与分析

图 1 为石鳖齿舌的扫描电镜外貌图, 可以看到在舌宽方向对称而整齐地排列了若干列不同形状的“齿”, 舌尖部分齿色较深, 舌根部分较浅.

按图 2 的 X 射线衍射结果可以看出, 磁性的主要来源是具有尖晶石结构的 Fe_3O_4 铁氧化物粒子, 图 2(a)为衍射谱, (b)为标准尖晶石结构的 Fe_3O_4 衍射谱.

对较完态的 17 根齿舌测得的室温磁滞回线示于图 3, 其矫顽力为 400 kA/m, 饱和磁

* 国家自然科学基金(批准号: 19874078)资助的课题.

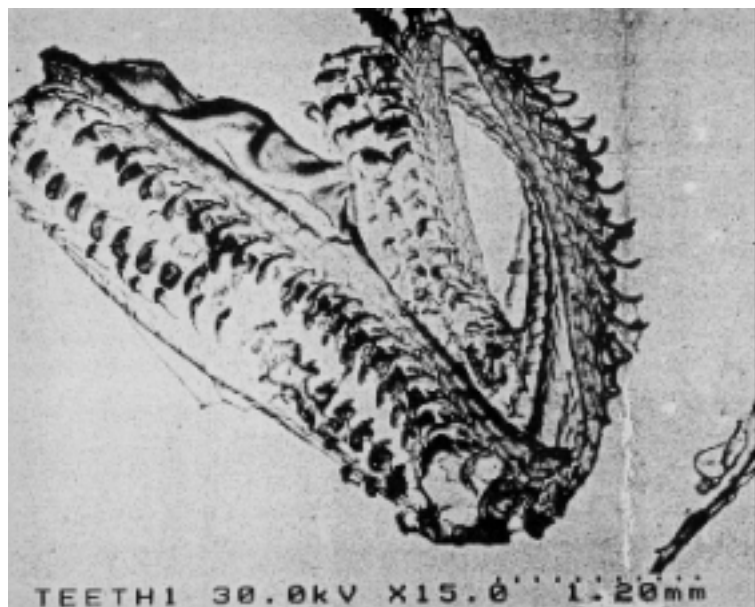
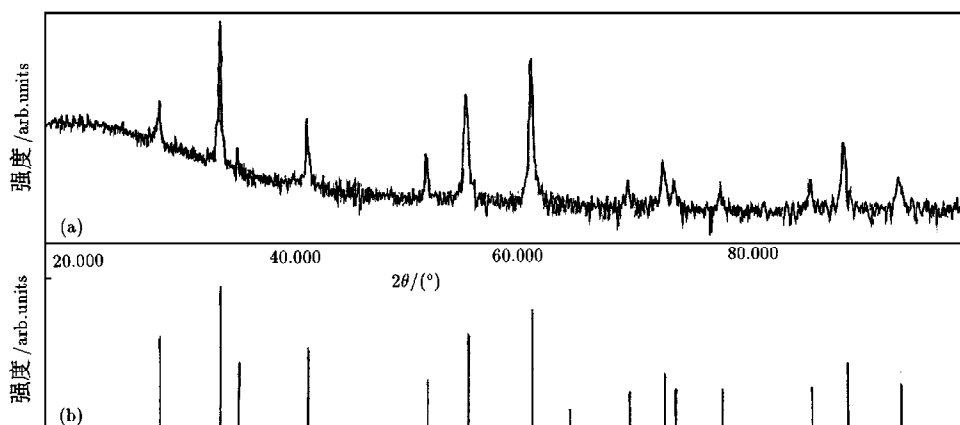


图 1 石鳖齿舌的外貌

图 2 (a)齿舌中磁性粒子的 X 射线衍射谱 (b) Fe_3O_4 尖晶石结构标准的 X 射线衍射谱

化强度为 $0.37 \times 10^{-3} \text{Am}^2$ (0.37 emu), 因此平均每根齿舌的磁化强度为 $0.022 \times 10^{-3} \text{Am}^2$, 若按 Fe_3O_4 的标准磁化强度数据对此作估计, 可以求出每根齿舌中 Fe_3O_4 微粒的净含量可达 0.237 mg , 几乎占齿舌重量的 17% , 而磁性微粒的总体积约为 0.05 mm^3 . 这是一个很大的数值, 因为生物体中的磁性粒子常常是以 50 nm 的尺度而存在的, 这是一个既大于超顺磁性临界尺寸, 又小于单畴临界尺寸的非常合理的尺度, 如果按 50 nm 的尺度来估计, 则每根齿舌中将应含有千亿颗 Fe_3O_4 的纳米颗粒, 这含量比目前所知的所有含磁性纳米颗粒的生物都高.

这些纳米粒子在生物机体中是随齿舌的生长成熟过程而逐步在各列齿中充填生成

的,而且并非是均匀分布充填的,这从图 4 中
 可以见到,图 4(a)为近舌根部分齿表面形
 貌,明显可见内部磁性粒子排列具有取向性
 的团聚,导致表面形貌的方向性.但对磁性粒
 子充填量很大的、“成熟了”的舌尖部分,这种
 表面形貌的取向性就消失,如图 4(b)所示.

这种取向性不仅表现在粒子形貌排列的
 方向性,而且表现在粒子生长的磁各向异性,
 这从齿舌的磁转矩曲线可以明显看出,图 5
 是舌面法向与磁场在同一平面的磁转矩曲
 线,表现出单轴各向异性的特征,也就是说,各
 齿内的磁性晶粒虽很多,但都是整齐排列
 的,从而宏观上表现出垂直于舌面的单轴各
 向异性.

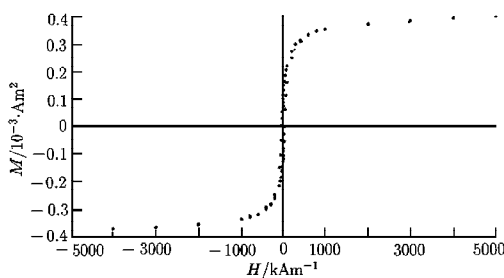


图 3 17 根齿舌测得的磁滞回线

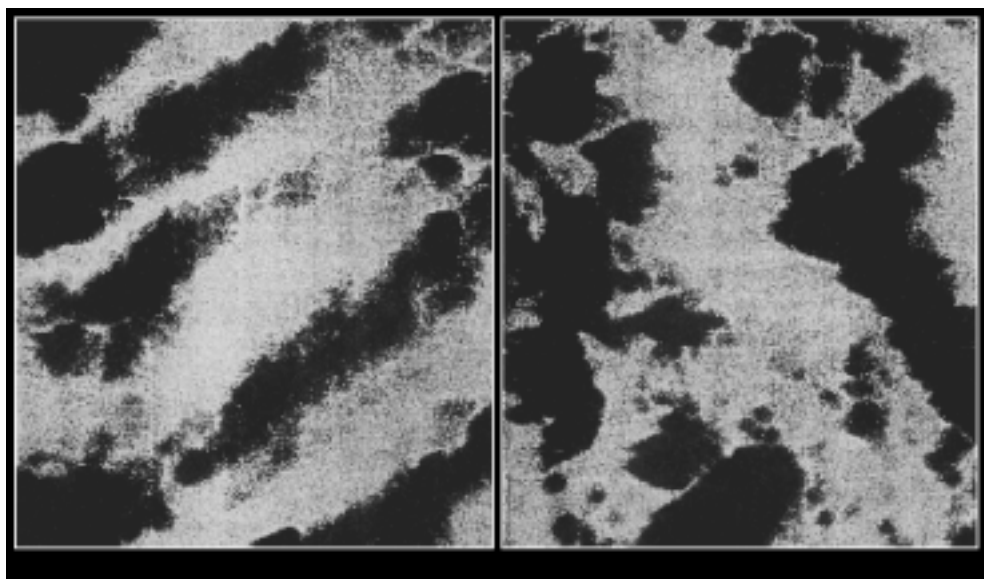


图 4 (a)磁性粒子生长“未成熟”的舌根部分,表面形貌反映出方向性 (b)“成熟的”舌尖部分齿表面形貌不存在方向性

4 结 论

对石鳖齿舌的结构和磁性的初步研究表明,每根齿舌平均含 0.2 mg 的 Fe_3O_4 尖晶石结构磁性粒子,这些粒子在生物机体中是逐步地充填生成的,充填初期是有方向性的,非均匀的,并且所有粒子均有序排列,呈现为垂直于舌面的单轴各向异性的易磁化轴.

工作中得到了王超英、韩宝善,宁太山和刘淑琴的大力帮助,在此表示感谢.

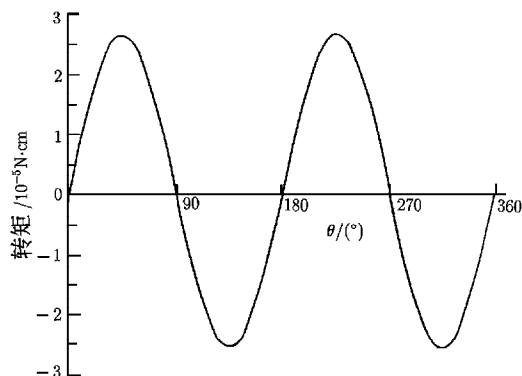


图 5 齿舌面法向与磁场在同一平面时测得的磁转矩曲线

- [1] R. Blakemor, *Science*, **190**(1975), 377; R. P. Blakemore and R. B. Frankeal, *Sci. Am.*, **245**(1981), 58.
 [2] C. Walcott and R. P. Green. *Science*, **184**(1974), 180.
 [3] J. L. Kirschvink *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **89**(1992), 7683.
 [4] H. A. Lowenstam, *Science*, **156**(1967), 1373; C. W. Li, T. S. Chin *et al.*, *IEEE Trans.*, **MAG-25**(1989), 3818.
 [5] T. G. St Pierre *et al.*, *Proc. R. Soc. Lond.*, **B228**(1986), 31.

STUDY ON THE MAGNETIC PROPERTIES OF THE RADULA OF CHITON ACANTHOCHTON RUBROLINESTUS LISCHKE*

ZHAO JIAN-GAO WEN GE-HUI LIU CHUAN-LIN¹⁾ LIU CHEN-HUA¹⁾ ZHAN WEN-SHAN

(State Key Laboratory for Magnetism, Institute of Physics and Center for Condensed Matter Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

¹⁾(Department of Bio-chemistry, Yantai University, Yantai 264005)

(Received 8 January 1999; revised manuscript received 18 January 1999)

ABSTRACT

The magnetic properties of the radula of chiton *acanthochton rubrolinestus lischke*, and the structure of magnetic particles contained in such radula have been studied. The morphology, orientation and magnetic anisotropy of these magnetic particles in chiton are discussed.

PACC: 8740; 7550G

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 19874078).