

文章编号: 1006-6616 (2017) 01-0135-06

磁化率各向异性的原理及应用实例

张淑伟^{1,2}, 杨振宇³, 王喜生¹, Maria T Cioppa⁴,
乔彦松¹, 霍俊杰², Edgardo Cañón-Tapia⁵, 赵越¹

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 太原理工大学矿业工程学院, 太原 030024;

3. 首都师范大学, 北京 100048;

4. Department of Earth and Environmental Sciences, University of Windsor, Windsor, ON N9B 3P4, Canada;

5. CICESE, Department of Earth Sciences, P. O. Box 434843, San Diego, CA 92143, USA)

摘要: 磁化率各向异性 (AMS) 在地质领域中的应用极为广泛, 可以用来研究古流向造成的磁性矿物的定向排列, 以及构造应力作用引起的岩石内磁性矿物的定向重结晶、定向排列及韧性变形。本文介绍了 AMS 的基本原理和参数, 并介绍了前人及作者应用 AMS 详细分析研究了二个实例: (1) 以假多畴 (MD) 高钛磁铁矿为主要载磁矿物的玄武岩样品的 AMS 变化及其对构造运动的响应; (2) 以 MD 磁铁矿为主要载磁矿物的湖泊沉积物样品在沉积过程中 AMS 变化。AMS 可以灵敏地检测样品中磁性矿物的定向排列, 因此在地质领域中具有很好的应用前景。

关键词: 磁化率各向异性; 磁铁矿; 玄武岩; 湖泊沉积物; 岩石磁学

中图分类号: P318

文献标识码: A

磁化率各向异性 (AMS) 在地质领域中的应用极为广泛^[1]。这主要是因为 AMS 容易测量、经济迅速、灵敏度高、无破坏性并且信息量丰富。AMS 可近似看成一个对称二阶张量, 用磁化率椭球表示, 椭球的 3 个主要磁化率轴分别用特征向量 K_1 , K_2 , K_3 表示。把 3 个主要磁化率轴结合起来, 即可以获得 AMS 参数, 例如: 平均磁化率 (K_m)、各向异性度 (P_j)、形状参数 (即扁率 T)、磁面理 (F)、磁线理 (L), 利用这些参数, 可以判别磁性矿物颗粒的形状和定向排列。产生 AMS 的因素可以是沉积作用、岩浆流动造成的磁性矿物的定向排列^[2], 也可以是构造应力作用引起的岩石内磁性矿物的定向重结晶、定向排列及韧性变形。本文首先介绍 AMS 测量的基本原理, 并在此基础上, 介绍应用 AMS 进行观察研究的 2 个实例: ①以假单畴—多畴 (PSD-MD) 的高钛磁铁矿为主要载磁矿物的喷出岩体 (玄武岩) 的 AMS 变化及其对构造运动的响应; ②以多畴 (MD) 磁铁矿为主

要载磁矿物的湖泊沉积物样沉积过程中的 AMS 变化。

1 磁化率各向异性的原理、测量和参数

天然岩石样品通常含有铁磁、顺磁、反磁矿物, 每个矿物颗粒都对磁化率和 AMS 有贡献^[3-5]。在弱磁场中, 大多数岩石样品的感应磁化强度大小与样品在磁场中的方向有关, 这种岩石具有磁各向异性。磁各向异性与岩石中的磁性矿物颗粒及其排列方向有关。磁各向异性一般是指磁晶各向异性和形状各向异性。磁晶各向异性是指沿矿物晶格某个方向矿物更容易磁化, 而形状各向异性是说各向异性与磁性矿物颗粒形状有关。在以含铁硅酸盐矿物、反铁磁矿物 (例如: 钛赤铁矿)、铁磁性磁黄铁矿为主要载磁矿物的岩石中, 晶格优先取向 (磁晶各向异性) 占优势, 而形状

收稿日期: 2016-12-06

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (41204052); 国家博士后基金项目 (2014M550780); 山西省自然基金项目 (20140111032-2); 山西省回国留学人员基金项目 (2014-021)

作者简介: 张淑伟 (1973-), 女, 博士, 岩石磁学和环境磁学专业, 从事环境磁学和古气候变化研究。E-mail: zhangshuwei@163.com

各向异性不占优势^[4~5]。若岩石的主要载磁矿物是磁铁矿或钛磁铁矿，则 AMS 与形状各向异性紧密相关，对于 PSD/MD 磁性颗粒，最大磁化率主轴 (K_1) 平行于颗粒的几何长轴。虽然颗粒间相互作用^[6]或者分布各向异性^[7]会有影响，但是最近的研究表明，形状各向异性依然起主导作用^[8~10]。

AMS 通常是在一个弱的交变感应磁场中 ($\leq 1\text{ mT}$)，用捷克斯洛伐克生产的卡帕桥系列仪器 (灵敏度 $2 \times 10^{-8}\text{ SI}$)，对一个给定的样品用手动 (15 个方向) 或自动 (64 次) 的方式进行磁化率测量^[11]。前人研究^[11~13]介绍了多个描述 AMS 的参数：

①平均磁化率 $K_m = (K_1 + K_2 + K_3) / 3$ ，主要指示磁性矿物种类和浓度。

②各向异性度定量揭示磁化率主轴的相对长度，计算公式为：

$$P_j = \exp \sqrt{2((\eta_1 - \eta)^2 + (\eta_2 - \eta)^2 + (\eta_3 - \eta)^2)}$$

其中： $\eta_1 = \ln K_1$ ， $\eta_2 = \ln K_2$ ， $\eta_3 = \ln K_3$ ， $\eta = (\eta_1 + \eta_2 + \eta_3) / 3$ 。

③形状参数指示磁化率椭球形状，计算公式为：

$$T = (2(\eta_2 - \eta_3) / (\eta_1 - \eta_3)) - 1$$

其中： $-1 \geq T \leq 1$ 。

④ $L = K_1 / K_2$ ， $F = K_2 / K_3$ ， $E = L / F = K_2^2 / (K_1 \cdot K_3)$ 。

AMS 的变化主要由 P_j 和 T 来体现， P_j 和 T 是较为普遍应用的 AMS 参数，更多 AMS 参数可参照 Cañón-Tapia 等的研究^[14]。

2 磁化率各向异性图的解释

目前表示磁化率各向异性的图有二种：①表示磁化率椭球的形状变化，例如：费林图 (L - F)，磁化率各向异性度-椭球形状参数 (P_j - T) 图；②表示磁化率主轴方向的图。本文将对这两种图加以详尽总结，并提出在应用时应注意的诸多问题。

2.1 表示磁化率椭球形状变化的图

2.1.1 费林图 (L - F)

如图 1a 所示，竖直轴指示线理 (L)，水平轴指示面理 (F)，这类图能够提供磁化率椭球形状变化，以及线理和面理的发育程度等信息。如果 $E > 1$ ，即样品点在直线 $E = 1$ 上方，线理发育，是拉长椭球，形状趋向于雪茄；反之，如果 $E < 1$ ，即样品点在直线 $E = 1$ 下方，面理发育，是扁平椭球，状似圆煎饼；样品点离直线 $E = 1$ 越远，距 L

轴或 F 轴越近，说明样品中磁性颗粒越形似雪茄状或者煎饼状椭球。样品点与原点之间的距离大小代表磁化率各向异性度，而原点则代表各向同性的一个样品点。

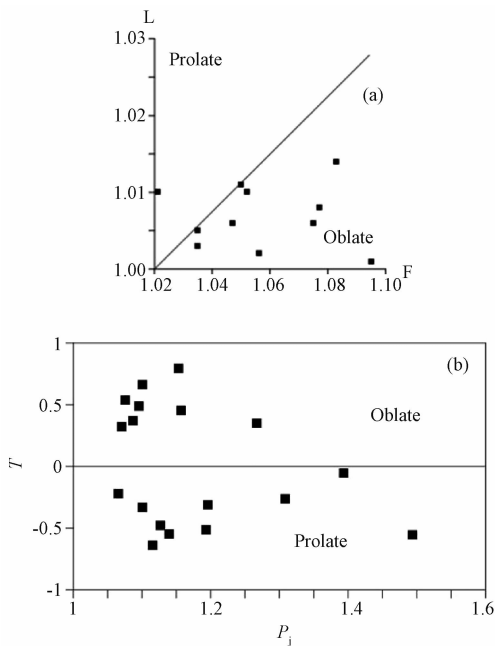


图 1 费林图 (a) 和磁化率各向异性-椭球形状参数图 (b)^[15]

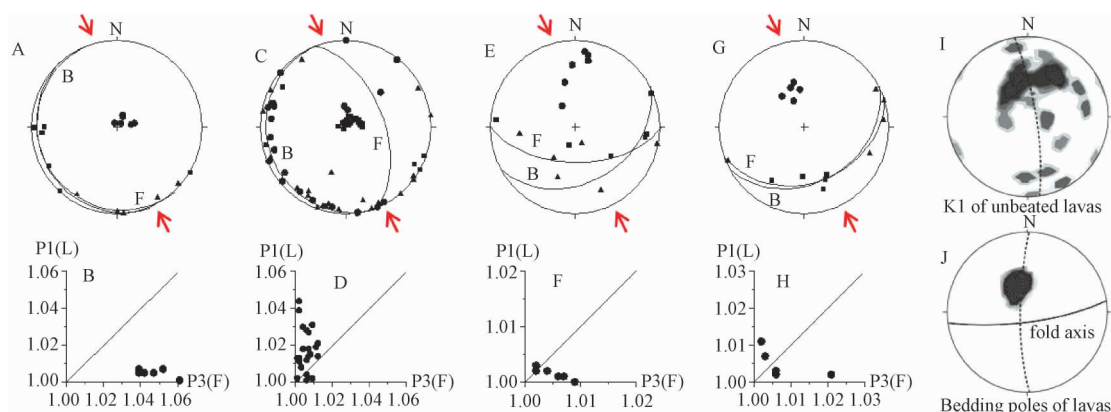
Fig. 1 Flinn (L-F) and P_j -T diagrams

2.1.2 磁化率各向异性-椭球形状参数图 (P_j - T)

如图 1b 所示，竖直轴指示扁平率 (T)，水平轴指示磁化率各向异性度 (P_j)，如果样品点在水平轴上方，即 $T > 1$ ，代表扁平椭球；若样品点在水平轴下方，即 $T < 1$ ，代表拉长椭球；接近水平轴 (T 接近 0) 的点，代表拉长/扁圆的三轴椭球体颗粒；而 $T = 0$ ，表示标准圆球磁颗粒。 P_j - T 在后面实例中进行描述。

2.2 表示磁化率主轴方向变化的图

AMS 主轴的方向通常用立体投影图 (下半球) 显示，这种图能够显示 AMS 主轴倾角大小，容易区分三轴、扁平、拉长椭球形状，也能够提供解理面、层面、斜坡和古流水的方向等信息^[10]，所以得到了广泛应用。如图 2a，2c，2e，2g 所示的等面积投影图，加热的石灰岩样品 (见图 2a) 显示典型的沉积磁组构，最小轴 K_3 竖直，最大轴 K_1 伸展，中间轴 K_2 平行于水平面，属于“正常磁组构”。相反，未加热的石灰岩 (见图 2b) 显示“反常磁组构”，最小轴 K_3 和中间轴 K_2 平行于水平面，而最大轴 K_1 指示竖直拉伸。



K_1 —方框; K_2 —三角; K_3 —实圆心; F —片理面; B —层面; 红箭头—挤压应力方向

A-D—未加热和加热 (580 °C) 石灰岩样品的等面积投影图和费林图; E-H—未加热和加热 (580 °C) 玄武岩样品的等面积投影图和费林图;

I, J—受南北向挤压构造应力的玄武岩样品磁化率各向异性最小轴的等密度曲线 (I) 和这些玄武岩体的层面法线等密度曲线 (J)

图 2 磁化率各向异性图^[15]

Fig. 2 Anisotropy of magnetic susceptibility Map

3 磁化率各向异性对区域构造应力响应变化的实例

变形的岩石内部因受应力作用会使磁性矿物定向排列, 引发 AMS 特征和参数的变化, 并反映出一定的规律性。通过研究这些 AMS 的特征变化, 可以达到研究构造运动的目的。例如: 西伯利亚泰米尔半岛南部泰米尔湖附近的火成岩和沉积岩在晚三叠—早侏罗受到南北向构造挤压应力而形成褶皱^[16-19], 本文以其石灰岩 (见图 2a、2c) 和玄武岩 (见图 2e、2g) 为例, 用等面积投影图阐述构造应力引起的有关 AMS 的变化。

石灰岩在自然沉积过程中产生的是原生的扁平椭球磁组构 (见图 2a、2b), 因为在 580 °C 加热 2 小时, 去掉了反常磁组构的影响, 呈现的是原生的扁平椭球磁组构。而在图 2c 中, 因受南北 (NS) 向挤压应力影响, 片理面发生旋转, 从与层面平行的方向旋转到垂直方向, 最小轴 K_3 指示其所受应力与层面平行, 而最大轴 K_1 与层面垂直, 导致次生的反常磁组构; 同时其扁平的磁化率椭球逐步变成拉长磁化率椭球 (见图 2d)。

玄武岩岩浆喷出后沿层面流动, 冷却后产生的是原生的扁平椭球磁组构, 片理面与层面大致平行 (见图 2e、2f), 在 580 °C 加热 2 小时, 去掉了反常磁组构, 而呈现原生的扁平椭球磁组构。因受南北 (NS) 向挤压应力影响, 片理面发生旋转, 初始位置与层面不完全平行, 旋转后与层面

平行, 最小轴 K_3 指示其应力而与层面垂直, 而最大轴 K_1 与层面平行 (见图 2g)。图 2i 和 2j 分别表示泰米尔半岛南部玄武岩体的 AMS 的最小轴 K_3 及其层面法线的等密度曲线图, 最小轴 K_3 与其层面法线大致方向相同, 平行于构造挤压应力方向, 而垂直于褶皱轴延伸方向^[19]。

上述玄武岩和石灰岩在定位形成之后遭受南北挤压应力而发生的变形近似脆性变形, 这样在变形过程中岩层厚度可以假设保持相对稳定^[20], 因此可以用层面校正来更好地帮助研究岩石中磁性矿物颗粒的定向排列^[17-19,21]。层面校正就是用层面走向和倾角来进行有关计算, 使岩层面水平。在层面校正后, 正常磁组构的最小轴 K_3 垂直, 这些岩石揭示的是变形之前的原生磁组构^[19,22]。

磁化率椭球与应变椭球可以完全对应, 磁化率最小轴 K_3 可以指示最大应力方向, 最大磁化率方向 K_1 与最大拉伸方向平行。但是很多情况下有偏差, 例如: 多期的或两组以上的同等发育的构造。Borradaile 等^[3]指出, 大部分变质岩的磁化率各向异性或反映其有限应变方向, 或反映同期的结晶主应力方向; 磁化率各向异性可反映韧性剪切带的应变方向和新构造环境中的应力方向。Henry 等^[22]指出: 如果岩石中只有一种面状构造, 或者叠加组构中具有一种非常清晰的优势面状构造, 则磁面理 (包含 K_1 和 K_2 的平面) 与此面状构造一致。如果有两组或者两组以上同等发育的面状构造, 磁面理则是这两种不同面理构造的混合, 居于中间方位。总之, 磁化率量值椭球与应变椭

球之间关系，需要加深研究。

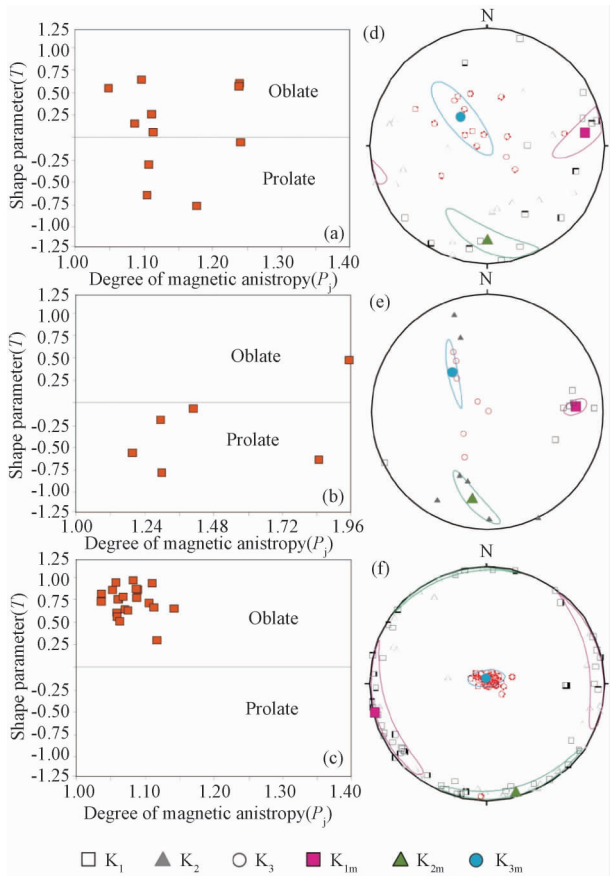
4 磁化率各向异性用于研究古湖泊沉积环境和古水流向实例

用磁化率量值椭球体的主轴方位和磁面理倾向分析研究古流向已经取得了较好的效果。在未发生变形的沉积岩中，AMS 可以用来重建原始水流方向。当水流速度小于 1 cm/s，其最大轴 K_1 指示流向，片理面向上游倾斜；当水流速度中等或稍大于 1 cm/s，最大轴与水流方向垂直^[23~24]，在这种情况下，磁性颗粒以扁平磁化率椭球为主，它们呈叠瓦状倾斜排列并且能够指示流向，最小轴 K_3 的倾斜方向是流向。然而，在低能量水流或静水中，例如在封闭的湖泊或环礁湖中，由于重力作用，大多数片状矿物颗粒平行层面分布，其长边平行流向。本文以山西宁武天池干海湖泊沉积物为例，分析研究全新世以来干海湖泊演化和沉积环境变化。

干海湖泊沉积物从上到下可以分为上、中、下 3 层。上层厚约 0.8 m，主要是泥炭、草炭和富含有机质的泥，平均粒径 20.03 μm ，属于全新世中晚期。中层厚约 2.6 m，是富含有机质的黑泥和浅灰色黏土，平均粒径 9.96 μm ，植物叶子频繁出现，属于全新世中期。下层厚约 0.55 m，主要包括中细粒沙，平均粒径 15.18 μm ，并且多见扁圆和有棱角的砾石，属于全新世早期。上层和中层之间存在转换层。

上层沉积物（全新世中晚期）的磁化率各向异性特征：最小轴 K_3 分布虽然有些分散，但总体聚集在北北西方向，暗示了干海湖水流向南南东方向，最大轴 K_1 垂直水流方向分布（见图 3d）；磁化率各向异性度 P_j 数值高、变化大（见图 3a），拉长的磁化率椭球，以及较大的沉积物粒度都暗示了全新世中晚期干海湖水不稳定、能量较高，向南南东方向排出。转换层沉积物（全新世中晚期）的磁化率各向异性特征与上层沉积物类似（见图 3b、3e）。

中层沉积物（全新世中期）的磁化率各向异性特征：最小轴 K_3 垂直于层面，最大轴 K_1 和中间轴 K_2 平行于层面分布（见图 3f），磁化率各向异性度 P_j 数值低、变化小（见图 3c），扁平的磁化率椭球，以及较小的沉积物粒度都暗示了全新世中期湖泊处于稳定、低能量湖水环境。



a, b, c—上层、转换层、中层的磁化率各向异性-形状参数图；
d, e, f—各层的等面积投影图

图3 干海湖泊磁化率各向异性图

Fig.3 Anisotropy of magnetic susceptibility Map of Dry lake

下层沉积物（全新世早期）的磁化率各向异性特征：最小轴 K_3 稍微偏离垂直方向 10° — 30° ，最大轴 K_1 和中间轴 K_2 偏离水平面 10° — 20° ，分散聚集在西偏南方向，磁化率各向异性度 P_j 数值低、变化小，扁平的磁化率椭球，以及较小的沉积物粒度都暗示了全新世中期湖泊处于稳定、低能量湖水环境。然而，该层沉积物粒度较大，并含有大量粗的物质，如砾石和鹅卵石，这就暗示当时干海处于动荡的沉积环境，没有稳定的水流方向，在这种环境下，较低的 P_j 数值并不代表低能量的湖水环境。

虽然磁化率量值椭球能够用于确定研究古水流方向及风向、沉积环境，区分风成和水成次生黄土，但是由于沉积物中磁性颗粒可受重力、埋藏深度所带来的压力、生物扰动、降水淋滤等因素影响，原生沉积物的 AMS 可能被重新改造^[2]，导致磁化率主轴方位发生改变，使 AMS 的应用受到限制。

此外, 磁化率量值椭球还能够用于研究岩浆的侵位过程及侵位机制、判定岩浆流动方向和火山口位置等; 在热液矿脉中流体循环研究, AMS 已经被用来做预测性的找矿工具; 通过研究对比变形和未变形沉积物或者岩石的磁各向异性特征和古地磁学特征, AMS 也可以用于辅助重建已经发生地震区域的地层时代顺序^[25]。应用 AMS 进行地学研究, 对 AMS 数据进行统计和可靠性检验是非常必要的。

5 结论

本文的研究表明, 应用 AMS 可以有效确定湖泊的古水流向, 并进而研究古湖泊的沉积环境的变化, 应用 AMS 也可以研究其对区域构造应力响应变化。磁化率量值椭球对沉积环境变化、湖泊的古流方向、区域构造应力作用反应很灵敏, 也可以反映古气候变化。基于以上优点, AMS 在岩石磁学和古地磁学中具有广泛的应用前景。

致谢 所有测量在加拿大温莎大学古地磁实验室和中国地质科学院地质力学研究所古地磁实验室完成, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] CAÑÓN-TAPIA E. Factors affecting the relative importance of shape and distribution anisotropy in rocks: theory and experiments [J]. *Tectonophysics*, 1997, 340: 117 ~ 131.
- [2] 张拴宏, 周显强. 磁化率各向异性地学应用综述 [J]. *地质论评*, 1999, 45 (6): 613 ~ 620.
- [3] BORRADAILE G J, JACKSON M. Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS): Magnetic petrofabrics of deformed rocks [J]. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*, 2004, 238: 299 ~ 360.
- [4] JACKSON M. Anisotropy of magnetic remanence: a brief review of mineralogical sources, physical origins, and geological applications, and comparison with susceptibility anisotropy [J]. *Pure and Applied Geophysics*, 1991, 136 (1): 1 ~ 28.
- [5] RAPOSO M I B, BERQUÓ T S. Tectonic fabric revealed by AARM of the proterozoic mafic dike swarm in the Salvador city (Bahia State): São Francisco Craton, NE Brazil [J]. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 2008, 167: 179 ~ 194.
- [6] CAÑÓN-TAPIA E, WALKER G P L, HERRERO-BERVERA E. The internal structure of lava flows-insights from AMS measurements (I): Near-vent a' a. [J]. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 1996, 70: 21 ~ 36.
- [7] HARGRAVES R B, JOHNSON D, CHAN C Y. Distribution anisotropy: The cause of AMS in igneous rocks? [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1991, 18: 2193 ~ 2196.
- [8] GAILLOT P, DE SAINT-BLANQUAT M, BOUCHEZ J L. Effects of magnetic interactions in anisotropy of magnetic susceptibility: Models, experiments and implications for igneous rock fabrics quantification [J]. *Tectonophysics*, 2006, 418: 3 ~ 19.
- [9] GRÉGOIRE V, DARROZES P, GAILLOT P, et al. Magnetite grain shape fabric and distribution anisotropy vs rock magnetic fabric: A three-dimensional case study [J]. *J. Struct. Geol.*, 1998, 20 (7): 937 ~ 944.
- [10] TARLING D H, HROUDA F. The magnetic anisotropy of rocks [M]. London: Chapman & Hall, 1993: 1 ~ 217.
- [11] ELLWOOD B B. Flow and emplacement direction determined for selected basaltic bodies using magnetic susceptibility anisotropy measurements [J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1978, 41: 254 ~ 264.
- [12] JELINEK V. Characterization of the magnetic fabric of rocks [J]. *Tectonophysics*, 1981, 79: 63 ~ 67.
- [13] HROUDA F. Magnetic anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics [J]. *Geophys. Surv.*, 1982, 5: 37 ~ 82.
- [14] CAÑÓN-TAPIA E. AMS parameters: Guidelines for their rational selection [J]. *Pure and Applied Geophysics*, 1994, 142: 365 ~ 382.
- [15] ZHANG S W. Magnetic anisotropy of igneous rocks from the Taimyr peninsula, Arctic Russia. Unpublished M. Sc Thesis, University of Bergen. 132 pp.
- [16] INGER S, SCOTT R A, GOLIONKO B G. Tectonic evolution of the Taimyr Peninsula, northern Russia: Implications for Arctic continental assembly [J]. *Journal of the Geological Society*, 1999, 156: 1069 ~ 1072.
- [17] WALDERHAUG H J, EIDE E A, SCOTT R A, et al. Palaeomagnetism and ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology from the South Taimyr igneous complex, Arctic Russia: A Middle-Late Triassic magmatic pulse after Siberian flood-basalt volcanism [J]. *Geophys. J. Int.*, 2005, 163: 1 ~ 17.
- [18] 张淑伟, WALDERHAUG H J, 杨跃俊, 等. 俄罗斯北部泰米尔半岛褶皱带岩床和玄武岩岩石磁学及磁各向异性 [J]. *科学通报*, 2008, 53 (2): 229 ~ 237.
- ZHANG Shu-wei, WALDERHAUG H J, YANG Yue-jun, et al. Rock magnetism and magnetic anisotropy in folded sills and basaltic flows: A case study of volcanics from the Taimyr Peninsula, Northern Russia [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2008, 53: 759 ~ 767.
- [19] ZHANG S W, CAÑÓN-TAPIA E, WALDERHAUG H J. Magnetic fabric and its significance in the sills and lava flows from Taimyr fold-belt, Arctic Siberia [J]. *Tectonophysics*, 2011, 505: 68 ~ 85.
- [20] ROBERT D, HATCHER J R. Structural geology: Principles, concepts, and problems. Merrill Publishing Company and A Bell & Howell Information Company, Columbus Toronto London Melbourne.
- [21] DE WALL H, WARR L N. Oblique magnetic fabric in siderite-

- bearing pelitic rocks of the Upper Carboniferous Culm Basin, SW England: An indicator for paleo-fluid migration? [J]. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 2004, 238: 493 ~ 507.
- [22] HENRY B, PLENIER G, CAMPS P. Post-emplacement tilting of lava flows inferred from magnetic fabric study: the example of Oligocene lavas in the Jeanne d'Arc Peninsula (Kerguelen Islands) [J]. J. Volcanol. Geotherm. Res., 2003, 127: 153 ~ 164.
- [23] REES A I. The use of anisotropy of magnetic susceptibility in the estimation of sedimentary fabric [J]. Sedimentology, 1965, 4 (4): 257 ~ 271.
- [24] ELLWOOD B B. Sample shape and magnetic grain sizes: two possible controls on the anisotropy of the magnetic susceptibility variability in deep-sea sediments [J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1979, 43: 309 ~ 314.
- [25] LAKSHMI B. V., SATYANARAYANA K. V. V., BASAVIAH N., GAWALI P. Anisotropy of magnetic susceptibility of earthquake-affected soft sediments: example from Ther village, Latur, Maharashtra, India [J]. Current Science, 2015, 108 (4): 708 ~ 712.

ANISOTROPY OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY: THEORY AND CASE STUDIES

ZHANG Shu-wei^{1,2}, YANG Zhen-yu³, WANG Xi-sheng¹, Maria T Cioppa⁴,
QIAO Yan-song¹, HUO Jun-jie², Edgardo Cañón-Tapia⁵, ZHAO Yue¹

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081, China;

2. College of Mining Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

3. College of Resources, Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China;

4. Department of Earth and Environmental Sciences, University of Windsor, Windsor, ON N9B 3P4, Canada;

5. CICESE, Department of Earth Sciences, P. O. Box 434843, San Diego, CA 92143, USA)

Abstract: Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) has been widely utilized to study orientation of magnetic minerals due to the paleo-flow, and direction of magnetic minerals or their recrystallization caused by tectonic stress. We presented the AMS principle and parameters, and studied AMS changes in: (1) two basalt samples (unheated and heated) that have experienced tectonic deformation, with multidomain (MD) titanomagnetite as dominant magnetic minerals, and this is from a previous study; (2) lake sediments that are majorly characterized by MD magnetite. The results show that AMS can sensitively investigate orientation of magnetic minerals.

Key words: anisotropy of magnetic susceptibility (AMS); magnetite; basalt; lake sediment; rock magnetism