

古地磁学在沉积学中的应用及其前景

方国庆

(中国科学院兰州地质研究所)

本文依据古地磁学的基本原理,结合沉积学的研究,在参阅国内外文献资料的基础上,谈谈古地磁学在沉积学研究中的应用及前景,供大家参考。

1. 古纬度测量

古地磁研究可以为古地理环境分析提供定量的古纬度值,这是其它方法难以做到的,也是沉积学应用古地磁较为成熟的一种方法。用古地磁方法可以简便迅速地得到定量的古纬度值及其长期变化。将岩石样品进行退磁分析处理,得原生磁化方向,就能获磁倾角 I 和磁偏角 D ,依据公式 $\text{tg}I = 2\text{tg}P$,即可求出古纬度 P 值。

现有的资料表明,特殊类型的沉积相,重要的矿产,如油页岩、磷块岩的形成都是在一定的古纬度范围内。因此,利用古地磁方法研究沉积岩形成时的古纬度就可以对资源的分布进行预测。1985年,白云虹等在对塔里木板块晚古生代地层的古地磁研究时,曾依据古纬度资料,指出塔里木盆地在晚古生代处于有利于石油生成的古地理纬度,推测上古生界很可能成为塔里木盆地的有利生油层位。这与现今塔里木盆地高产油气井的存在极为相符,证实了古地磁研究的推论。

2. 岩相古地理编图

板块构造的进展、地体理论的兴起以及 GSGP 计划的执行,要求编制第三代古地理图。要求在以活动论为基础的第二代古地理图上把大陆变形和地体概念等现代知识综合体现出来,不但要表现出主要大陆块体的运动,还要表现出漂移的地体(一些较小的重要地体——10 000km²±,也应包括进去)、大洋地台、洋中脊、断裂带、岛链与岛弧及海沟的运动以及陆块和其它地壳单元的相应形变。要完成这一工作,必须要有相对定量的古纬度资料做为基础,以了解地块、地体等的位移,确定地史时期板块运动的总体方向和速率,研究板块的扩张增生幅度。

在美国,以芝加哥大学 A. M. Ziegler 教授为首的全球古地理图集的编制工作从1975年就已开始,在根据古地磁资料研究古板块运动的同时,利用古纬度,古气候,古生物地理资料进行全球范围内的岩相古地理图的编制。

在我国,也有人利用古地磁方法进行古地理编图。华北地台西缘白垩系临城组,由于各剖面岩性差异较大,又不能横向追索,难以对比,长期以来争论很大。地矿部石油地质大队

的熊永旭等^①利用古地磁方法在该区开展工作,他们编出各剖面的磁倾角,磁偏角曲线图进行对比,并结合古纬度值,划分出同期和非同期沉积。据以上结论,编出临城组的沉积古地理图,并得出临城组的综合厚度为96m,取得良好的效果。

相信在不久的将来,以古地磁数据为基础而编制的岩相古地理图将会取代现在使用的以固定论为主导思想编制的岩相古地理图。

3. 成岩作用的研究

由于不同的磁性矿物的居里点、热稳定性等磁性特征不同,因此可以通过热退磁检验识别沉积岩中磁性矿物的类型。

原生的磁性矿物和成岩过程中形成的磁性矿物的磁性特征亦不相同,据此可以通过化学退磁、交变退磁、热退磁方法确定它们的原生性和次生性。更详细的分析可以确定化学剩磁的时代,即次生磁性矿物的形成时代,因而有可能确立成岩事件以了解次生孔隙的形成,粘土矿物的自生成因和砂岩层序的染红等。

1986年,英国 A. Turner 用古地磁方法研究了西班牙三叠系的河流红层层序。详细的分析表明该岩石主要有二种磁成分:一个年龄为三叠纪原生剩磁;另一个大概为布容正向期,即在过去70万里里获得的,其磁性载体为微晶赤铁矿。推测砂岩中的白云石胶结物发生溶解并向溶液中释放出铁离子,接着发生孔隙充填的微晶赤铁矿的沉积作用,使岩石发生红色染色。由于碳酸盐溶解作用造成 pH 值升高,生成自生高岭石,而这些过程都发生在过去70万里里。

在了解沉积岩所经受的古地温及其演化历史方面,古地磁有其独特的作用。预计这方面的工作在成岩作用的研究中将被采用。对于沉积岩,一般说来所经受的温度不高于居里点,如高于此点,磁性矿物的磁性将被破坏,通过热退磁研究可提供沉积岩所经受温度的最大值。这一点对含油气盆地中生油岩的评价很有意义。

毫无疑问,古地磁方法的引进,将会加深我们对成岩作用的了解和认识。

4. 沉积物磁化率与沉积环境

近年对磁化率各向异性研究受到重视,进展较快,在构造、气候等方面的应用取得显著的效果。磁化率在岩石中不同方向其大小不一,即为磁化率各向异性。它主要取决于岩石内磁性颗粒的形态、性质、排列方式等。

利用沉积物磁化率解决沉积环境的原理是:磁性颗粒沉积时,一方面受当时古地磁场的磁力影响;同时又受流水剪切力的作用;其最后位置还受颗粒大小、沉积位置的坡度等因素的制约。所以磁组构就能反映出沉积环境,尤其是沉积水动力条件。从50年代至今,英国学者对磁组构与沉积环境的关系进行了深入的研究,做了大量的天然和人工沉积岩(物)的分析和实验,探寻利用磁组构推测沉积环境的可行性,尝试解决沉积速率和水流速率,识别浊流沉积,区别静水和流动水环境等。由于这一研究难度大,目前尚无重大进展。

5. 古水流流向的测定

前已述及,磁性矿物沉积时,一方面受当时古地磁场的磁力影响,同时又受流水剪切力的影响,主要在这两种力的作用下使颗粒转动,控制颗粒排列方式,因而影响磁性组构

^① 熊永旭等, 1987, 应用古地磁方法对华北盆地西缘白垩系进行对比划分的研究, 第三届古地磁学术讨论会论文摘要集。

的特征。据此可以根据磁组构的研究恢复古水流流向。实验结果指出,在静水条件下,剩磁和磁化率最大轴方向基本一致,且都反映古地磁方向。当有流水作用时,可认为剩磁方向和磁化率最大轴方向都偏离了真正的古地磁方向。1970年, N. Hamilton 等曾研究过各种沉积条件下的磁组构特征,并把磁组构揭示的古水流方向与其它方法和标志所揭示的古水流方向进行了详细的对比,证实了用磁组构特征研究古流向的可行性。1983至1986年, M. Noel 在研究英国 Dersyshre 附近的洞穴沉积物时,详细地研究了流动水条件下沉积物剩磁的保存、古水流向的测定、古地磁场方向修正等方面的问题,认为古地磁方法可以测定古水流方向。1987年, M. W. Hounslow 详细研究了南英格兰下侏罗统 Bridport-Yeovil 砂岩的磁性特征,识别出云母和绿泥石为主要磁性矿物,认为磁化率可以测定古流向,并且认为生物扰动对磁化率方向影响不大。在我国,国家海洋局第一海洋研究所的丛有滋、高恒庆、李培英等^①近年致力于沉积岩磁化率各向异性与古环境、古水流方面的研究,认为通过岩石(包括松散沉积物)磁化率各向异性的测量和统计分析,可以揭示古水流流向及沉积动力环境特征,根据古水流流向,可以确定古砂堤的延伸方向。1986年,他们对黄河口岸地区潮间带的现代沉积物进行了磁化率各向异性测量分析,并对滩面的沉积水动力环境进行了系统的测量分析。结果表明,沉积物磁化率各向异性与沉积水动力环境之间存在密切的关系,即沉积物磁化率长轴方向受水流流向的控制,从而根据磁化率椭球体的形态,分析出泥砂的搬运方向。1989年,他们又研究了水流方向与砂堤走向及磁化率椭球体、长轴方向的对应关系,认为河漫滩、河道内的砂体延伸方向与水流方向一致,与磁化率椭球体、长轴方向垂直;海滨、湖滨处的砂体延伸方向与水流方向垂直,与磁化率椭球体长轴一致。1988年,中国科学院兰州地质研究所卢伟等人^②用古地磁方法对准噶尔盆地周缘侏罗系的古水流流向进行了研究,取得较好的效果。

用古地磁方法对岩芯进行定向,被认为是它的一大用途。1989年,谢锦龙、方大钧等^③在总结松辽盆地中生代古地磁的研究时,认为统计野外露头剖面的磁倾角,求出平均磁倾角,平行对比于盆地内部岩芯的磁倾角,可以确定岩芯地下的真实产状,据此可以测定岩芯的古水流流向,获得盆地覆盖区的古水流流向资料。

6. 其他方面

磁性地层学的原理是应用地层生成的特定阶段的地磁极性和相近的磁化率来作为地层划分对比的标志。目前磁性地层学已较为完善,是第四系地层划分对比的重要手段,对古生界、中生界地层的划分有时可达到米的精度。这一点对区域范围内难以找到标志层的沉积地层对比提供了很好的手段,对沉积速率、同沉积断裂的研究、同期异相的识别,推断沉积中心及其转移等方面将会有所帮助。

全球磁场突变与大规模的生物灭绝和特殊的沉积岩的形成有着密切的对应关系。通过对全球磁场的突变研究可以预测和发现特殊沉积层的存在。

古地磁学在沉积学研究应用中有其独到之处,虽然很多方面仍处于摸索阶段,但其前

① 丛有滋,高恒庆,1987,沉积物磁化率与沉积环境测量分析,第三届古地磁学术讨论会论文摘要集。

② 丛有滋,李培英,1989,沉积岩磁化率各向异性与古水流,古砂堤对应关系的研究,第四届全国古地磁学术会议论文摘要汇编。

③ 卢伟,彭作林,1988,古地磁在准噶尔盆地油气地质研究中的应用,(内刊)。

④ 谢锦龙,方大钧,1989,古地磁在松辽盆地石油勘探中的应用,第四届全国古地磁学术会议论文摘要汇编。

景是相当乐观的。古地磁学作为一门迅速发展的新兴学科,其内涵还远没有被发掘出来。随着古地磁学在沉积学中的深入研究,不仅可以丰富沉积学的内容,而且对开拓古地磁学的新领域具有积极意义。

主要参考文献

- 徐世浙, 1982, 古地磁学概论, 地震出版社。
- 费琪, 1984, 全球板块构造与古地理, 地质科技情报, 2期。
- Ballet, o., Coey, J. M. D. & Burke, K. J., 1985, Magnetic properties of sheet silicates; 2:1:1 layer minerals. *Phys. Chem. Minerals*, Vol. 12, pp. 370—378.
- Hamilton, N. & King, R. F., 1964, Comparison of the bedding errors of artificially and naturally deposited sediments with those predicted from a simple model, *Geophys. J.*, Vol. 8, pp. 370—374.
- Hamilton, N. & Rees, A. I., 1970, The use of magnetic fabric in paleocurrent estimation, in: *Paleogeophysics* (Ed. by S. K. Runcorn), pp. 445—464, Academic press, London.
- Hounslow, M. W., 1985, Magnetic fabric arising from paramagnetic phyllosilicate minerals in mudrocks, *J. Geol. Soc. London*, Vol. 142, pp. 995—1006.
- Hounslow, M. W., 1987, Magnetic fabric characteristics of bioturbated wave-produced grain orientation in the Bridport-Yeovil Sands (Lower Jurassic) of southern England, *Sedimentology*, Vol. 34, pp. 117—128.
- Hrouda, F., 1982, Magnetic anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics, *Geophys. Surveys*, Vol. 5, p. 37—82.
- Noel, M., 1983, The magnetic remanence and anisotropy of susceptibility of cave sediments from Ager Pilwedd, South Wales, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, Vol. 72, pp. 557—570.
- Noel, M., 1986, The paleomagnetism and magnetic fabric of sediments from Peak Cavern, Derbyshire, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, Vol. 84, pp. 445—454.
- Owens, W. H. & Bamford, J., 1976, Magnetic, seismic and other anisotropic properties of rock fabrics, *Phil. Trans. R. Soc. A*, Vol. 283, pp. 55—68.
- Rees, A. I., 1970, Magnetic properties of some canyon sediments, *Mar. Geol.* Vol. 9, pp. 12—16.
- Rees, A. I. & Woodall, W. A., 1975, The magnetic fabric of some laboratory deposited sediments, *Earth planet. Soc. Lett.*, Vol. 25, pp. 12—123.
- Rees, A. I., Brown, C. M., Hailwood, E. A. & Riddy, P., 1982, Magnetic fabric of bioturbated sediment from the Northern Rockall Trough: comparison with modern currents, *Mar. Geol.*, Vol. 46, pp. 161—173.
- Schmidt, V. A., 1982, Magnetostratigraphy of sediments in Mammoth Cave, Kentucky, *Science*, Vol. 217, pp. 827—829.
- Tucker, P., 1980, A grain mobility model of post-depositional realignment, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, Vol. 63, pp. 149—163.