

用质子磁力仪测定岩(矿)石标本几个问题

樊金生, 张云明, 郭文波, 王晓燕

(西北有色地质勘查局物化探总队, 陕西西安 710068)

摘要:在前人研究的基础上, 针对用质子磁力仪进行岩(矿)石标本磁性参数测定和计算过程中遇到的测定位置含糊不清、 T_0 取值单位不正确、标本面的编号混乱以及出现负磁化率等问题, 从最初对磁秤法测定磁参数高斯位置的定义和公式推导过程入手, 从原理上分析了质子磁力仪与磁秤法测定磁参数的不同之处, 对质子磁力仪标本测定时的高斯第一位置和高斯第二位置、标本面的编号、测定顺序、地磁场的取值单位等进行明确说明, 同时对视磁化率出现负值的原因进行分析, 并提出了相应的改进措施, 对今后用质子磁力仪进行岩(矿)石标本磁性参数测定和计算有一定的帮助。

关键词:质子磁力仪; 标本磁性测定; 高斯第一位置; 高斯第二位置; 高斯单位制(CGSM); 国际单位制(SI)

中图分类号: P631.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2012)02-0250-03

用质子磁力仪测定岩(矿)石标本的磁性, 前人已作过不少研究和试验^[1-3], 与用磁秤和无定向磁力仪比较, 这种方法具有操作简单、快速、准确的特点。但由于其测量的是磁场总强度 T , 磁化场是 T_0 , 而不是 Z_0 ; 加之过去磁法勘探使用高斯单位制(CGSM制), 而现在使用的是国际单位制(SI制)。对于这些变化, 在《地面高精度磁测规范》(DZ/T 0071-93)^[4]中没有明确, 其中所规定的方法和计算公式是从早期的磁秤法移植过来的, 对测定位置、计算磁化率时地磁场的单位说明都存在含糊不清之处, 导致实际生产中标本磁参数测定、计算常出现错误。笔者根据前人对磁参数测定方法的经验和研究, 结合生产中遇到的问题, 就质子磁力仪进行岩石标本磁性测定中容易出现的问题和解决的具体方法进行探讨, 便于今后正确进行磁参数测定、计算。

1 几个重要的问题

用质子磁力仪测定岩矿石标本磁性, 常存在以下几个问题。

(1) 用质子磁力仪进行标本磁性测定时, 由于观测参数不再是垂直分量, 而是总场, 高斯第一或第二位置标本如何放置存在不同的理解。由于对高斯第一或第二位置界定不清, 所用计算公式张冠李戴。

(2) 测定定向标本时, 定向标本的采集、方向、标本面标注不正确, 导致错误的结果。

(3) 虽然一般教科书和规范中均给出了磁参数计算公式, 但由于 CGSM 制与 SI 制的差异和习惯, 在计算过程中, 地磁场场强度的单位常发生错误, 导致计算结果出现错误数值。

(4) 视磁化率计算值常出现较多的负值, 与岩矿石磁性一般规律不符。

2 问题的探讨

2.1 关于高斯第一位置和高斯第二位置

由于观测点与标本相对位置不同, 磁参数计算公式也不同, 因此, 搞清高斯第一位置和高斯第二位置对磁参数标本测定非常重要^[5]。什么是高斯第一位置和高斯第二位置, 根据标本和磁系的位置关系, 把测定标本磁轴延长线上一点的磁场的位置叫第一位置, 把测定标本磁轴中垂线上一点磁场的位置叫第二位置。在磁秤法中, 观测的是磁场的垂直分量 Z_0 , 即高斯第一位置是把标本放在磁系的正下方, 使标本中心与磁系中心在同一铅垂线上, 而高斯第二位置则是把标本放在仪器的侧面, 保持标本中心与磁系中心在同一水平面内。而质子磁力仪测量的是磁场总强度 T , 不再只是垂直分量 Z_0 , 存在地磁场 T_0 方向的影响, 测定时, 磁参数标本的摆放位置也不应该像磁秤法那样简单, 质子式磁力仪测定法必须根据地磁场 T_0 方向与垂直场 Z_0 的不同, 重新考虑标本放置位置。实际上这不是一个很复杂的问题, 只要把现在的地磁总场 T_0 看作是过去的垂直场

Z_0 就可以了,只是磁化场不再是垂直向下的,在我国是向北倾斜的。

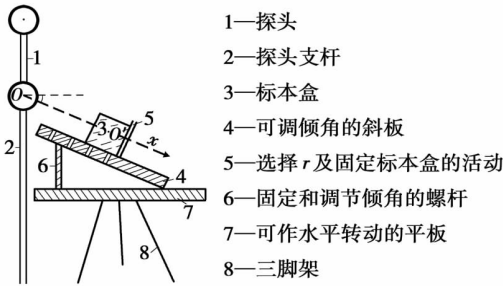


图 1 文献[4]中的图 C1

文献[4]中指出:“用 CSC-61 磁秤脚架作支撑,其上置两块活动的(带无磁合页)平板,一块水平放置并固定在架上,另一块倾斜可调,使交角与当地磁倾角相等,并使倾向朝北,置于下探头北侧”;“可采用高斯第一位置测定,如图 1 所示,也可采用第二位置测定,使标本架上倾斜板面垂直于地磁场 T_0 的磁力线,并使标本盒位于探头筒的正东(西)面。盒中心与探头中心等高”。这样表述对高斯第一位置和第二位置含混不清,若同指高斯第一位置或高斯第二位置,有互相矛盾之处。笔者分析,图 1 所示应是高斯第一位置,前一段文字描述可能是高斯第一位置,后一段文字描述则应是高斯第二位置。但教科书^[6]中高斯第二位置测定法给出的装置要求倾斜板面的倾角应与当地地磁倾角 I_0 一致,这又与“采用第二位置测定,使标本架上倾斜板面垂直于地磁场 T_0 的磁力线”相矛盾。对高斯第二位置来说,如果放置标本的倾斜板面的倾角与当地地磁倾角 I_0 一致还是垂直于地磁场 T_0 的磁力线,对定向标本计算磁偏角和磁倾角也是不同的,也会导致错误的计算结果。因此,高斯第一、第二位置应强调说明。

高斯第一位置应是,标本置于下探头北侧,使放置标本的斜板面与水平面交角和当地磁倾角相等,探头中心与标本盒中心连线平行,倾向朝北,记录面为地磁场方向的盒面号,如图 2 左。

高斯第二位置应是,标本盒位于探头筒的正东(西)面,使标本架上倾斜板面平行于地磁场 T_0 的磁

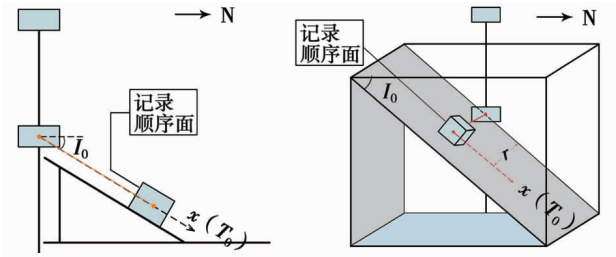


图 2 高斯第一位置(左)和高斯第二位置(右)

力线,并使盒中心与探头中心等高,记录面为地磁场方向一侧的盒面,如图 2 右。

2.2 关于标本面的编号顺序

文献[4]中规定,标本盒面的编号“按左螺旋系统规定 x 轴向东, y 轴向北,2 轴向下,在 3 个轴向的正向盒面分别标以 2、4、6;在 3 个盒的负面上分别标以 1、3、5,当将这标本盒置于上述标本架倾斜面上, z 轴与地磁场 T 方向一致”;“对于定向标本,应使其东、北、下方向分别与标本盒 x 、 y 、 z 轴正方向一致”,记录号“按向上盒面的号码”。应注意的是,这些与过去教科书中和习惯是不一样的,一是坐标系不一致,二是标本盒面标号不同。这样,计算定向标本的磁偏角、磁倾角的公式也是不一样的。因此,如果采用文献[4]中的计算公式,则必须按上述规定来做,就是:东方向为 x 轴,北方向为 y 轴,垂直方向为 z 轴;标本盒面顺序东面为 2,西面为 1,北面为 4,南面为 3,下面为 6,上面为 5,如图 3。记录面为靠近地磁场进入面(见图 2)。

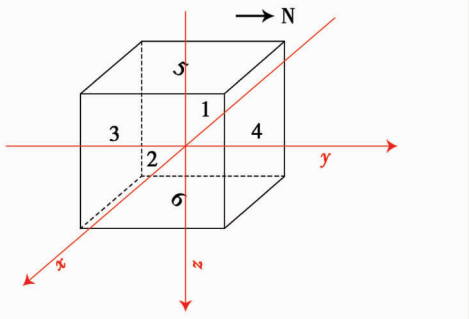


图 3 标本面编号顺序

2.3 关于磁标本计算公式中地磁场的取值

文献[4]给出了计算高斯第一位置时磁化率的公式

$$\{ \kappa \}_{10^{-6} \times 4\pi \text{ SI}} = \frac{5r^3}{3T_0} \cdot \frac{1}{V} \left[\left(\frac{n_1 + n_2}{2} - n_0 \right) + \left(\frac{n_3 + n_4}{2} - n_0 \right) + \left(\frac{n_5 + n_6}{2} - n_0 \right) \right],$$

式中, r 为标本中心到探头中心距离; V 为标本体积; T_0 为当地总磁场值。

这个公式是在 CGSM 单位制下推导转化过来的。 $n_0 \sim n_6$ 是观测的磁感应强度,它们在 CGSM 单位制中,应为高斯(Gs), T_0 在 CGSM 单位应是奥斯特($1 \gamma = 10^{-5} \text{ O}$),这样计算出的磁化率应为 CGSM 制的量纲。按习惯, $n_0 \sim n_6$ 单位取 γ ($1 \text{ nT} = 1 \gamma = 10^{-5} \text{ Gs}$), T_0 单位取奥斯特(O),则视磁化率单位为 10^{-5} (CGSM),但原公式前边系数中本来有一个 $1/2$ 系数,可以变成 5×10^{-6} (CGSM),也就是 $5 \times 10^{-6} \times 4\pi$ (SI)。因此,正确的做法是: T_0 的单位为 O(1 O

$= 10^5 \text{ nT}$) (例如,假设本地磁场为 $50\,000 \text{ nT}$,则应用 0.5 O), $n_0 \sim n_6$ 单位取纳特(nT),计算出来的视磁化率单位就是 $10^{-6} \times 4\pi$ (SI)。这样的好处是计算数值与原来 CGSM 单位制是一致的,便于对磁性强弱的判断习惯。对高斯第二位置来说也是一样的。如果不明白公式的来历,常会认为两者取同一单位,结果计算值很小;若再除以 $10^{-6} \times 4\pi$,以为就化为公式中要求的单位($10^{-6} \times 4\pi \text{ SI}$)了。实际上这两种结果都是不对的,文献[4]中是一个特定公式,要用上述正确单位值进行计算。

2.4 关于视磁化率出现的负值

岩矿石的视磁化率除抗磁性物质为负外(但值很小,绝对值一般小于 $50 \times 10^{-6} \text{ SI}$,大部分应为正值。实际测定中常会出现负值。分析原因,一是标本磁性太弱,标本产生的磁场不能引起大于 $\pm 1 \text{ nT}$ 的变化,观测值已不可靠,用第一位置测定时读数不满足 $[(n_1 + n_2)/2, (n_3 + n_4)/2, (n_5 + n_6)/2] \geq n_0$ 或用第二位置测定时读数不满足 $[(n_1 + n_2)/2, (n_3 + n_4)/2, (n_5 + n_6)/2] \leq n_0$ 的条件;二是标本离探头中心距离太小,已不满足公式推导时把标本看作是磁偶极子的条件($r \gg L$),还存在由于标本离探头太近,探头的激励磁场对标本的磁化等问题;三是标本盒方向和位置放置不准确,特别在地磁倾角较大地区,标本盒往往难于与倾斜板面贴紧,造成相对方向两个次方向不一致。因此,除在测定过程中要选择合适的测定位置、合适的标本与探头的距离、标本中心与盒中心严格一致、准确稳定地放置标本外,测定过程中,在满足观测数据可靠的前提下,标本中心与探头中心的距离尽量大一些,测量延迟尽量也大一些(2 s 以上),以减小探头极化磁场的影响。要随时注意观测值是否合理、满足相应位置的条件,分析找出原因,及时进行重新测量,排除不合理的数据。此外,在非定向标本测定时,不要考虑标本与地磁场倾角的关系,直接放到水平板上进行观测,这样的好处是使标本容易准确、稳定放置,可以

简单推算对于非定向标本两者是等效的。在文献[7]中,甚至规定不管是定向非定向标本,都可采用水平放置的方式,并有相应的计算公式,可参照所述方法进行磁参数测定,这里不再赘述。

3 结语

岩矿磁参数测定工作是磁法勘探中重要的一个环节,看起来并不十分复杂,但要获得合理、可靠的测定数据,并不容易。要做好此项工作,应注意如下几点。

(1)正确确定质子磁力仪标本测定的高斯第一位置和高斯第二位置,选择相应的公式进行计算。

(2)对磁性定向标本的测定,应正确标定标本面的编号。

(3)按规范[4]中的公式计算磁参数是,地磁场 T_0 的单位为奥斯特。

(4)对视磁化率出现负值改进措施:一是测定时读数一定要满足第一、二位置的条件,二是标本离探头中心距离满足公式推导时把标本看作是磁偶极子的条件($r \gg L$),同时要避免探头的激励磁场对标本的磁化的影响;三是标本中心尽量与标本盒中心一致,且标本盒中心始终保持在探头中心的中轴线(T_0 方向)上。

参考文献:

- [1] 李才明,李军,周拓宇.用质子磁力仪测定岩(矿)石标本磁参数时应注意的问题[J].矿物岩石,2004,24(1):105-107.
- [2] 陈可明.用 CHR-2 型核子旋进式磁力仪测定磁参数的方法[J].物探与化探,1983,6(2):98-104.
- [3] 成正国.用 MP-4 高精度质子磁力仪测定岩(矿)石标本磁性[J].物探与化探,1992,16(2):150-152.
- [4] DZ/T 0071—93 地面高精度磁测规范[S].
- [5] 长春地质学院磁法教研室.磁法勘探[M].北京:地质出版社,1979:113-120.
- [6] 管志宁.地磁场与磁力勘探[M].北京:地质出版社,2005:77-82.
- [7] SY/T 5771—2004 地面磁法勘探技术规程[S].

SOME PROBLEMS CONCERNING THE MEASUREMENT OF THE MAGNETIC PROPERTIES OF ROCK SPECIMENS WITH PROTON MAGNETOMETER

FAN Jin-sheng, ZHANG Yun-ming, GUO Wen-bo, WANG Xiao-yan

(Geophysical and Geochemical Exploration Corporation, Northwest Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Xi'an 710068, China)

TEM FORWARD AND INVERSION
OF ARBITRARY SHAPE LOOP SOURCE IN LAYERED MEDIA

LI Jian-ping¹, LI Tong-lin², ZHANG Ya-dong³

(1. School of Geological Science & Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China; 2. School of GeoExploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China; 3. Exploration Department of Changqing Oil Field, Xi'an 710000, China)

Abstract: The EM field of arbitrary shape loop can be regarded as EM field with the summation of many horizontal electric dipoles; therefore, as long as we work out the horizontal electric dipoles of the EM field and add them up, we can get the EM field of the arbitrary shape loop. The key of this method is the division of electric dipoles in arbitrary shape loop. In this paper, according to distance from the measuring point to the line of loop, each line of loop is divided into many small pieces with each piece satisfying the condition of horizontal electric dipole, and then numerical integration of horizontal electric dipole is carried out. In this way, the EM field of the whole loop can be obtained. Tests show that this method can not only reduce calculation amount but also improve calculation precision.

Key words: TEM field; arbitrary shape loop source; forward and inversion; loop division; horizontal electric dipoles

作者简介: 李建平(1980-),男,讲师,2008年毕业于吉林大学地球探测与信息技术专业,博士学位,主要从事地球物理正反演研究。



上接 252 页

Abstract: Determination and calculation of magnetic parameters of rocks and minerals are faced with some problems such as ambiguous location determination, incorrect units of T_0 , ID confusion of specimen surface and negative magnetic susceptibility. On the basis of previous studies and starting with determination of Gauss position using mechanical magnetometer and formula derivation, this paper first analyzed the difference in principles between proton-type magnetometer and mechanical magnetometer, and then clearly explained Gauss first position, Gauss second position, the number of specimens surface, the order determination and unit of geomagnetic field. The cause of negative magnetic values were also analyzed and the measures for improvement were put forward. The results obtained can be of some help to the determination and calculation of magnetic parameters of rocks and minerals.

Key words: proton-type magnetometer; determination of magnetic parameters; Gauss first position; Gauss second position; Gauss system of units (CGSM); International System of Units (SI)

作者简介: 樊金生(1964-),男,陕西扶风人,物探高级工程师,1985年毕业于桂林冶金地质学院地球物理系,一直从事地球物理勘查和研究。