

微型计算机 在古地磁学中的应用

陈显尧 著

4

地 质 出 版 社

P. 18.4

CXY

微型计算机在古地磁学中的应用

陈 显 尧 著

TW=5/12

地 质 出 版 社

0104

微型计算机在古地磁学中的应用

陈显尧 著

*

责任编辑:陈军中、曹玉

地质出版社出版发行

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:850×1168 1/32 印张:6.125 字数:160,000

1989年7月北京第一版·1989年7月北京第一次印刷

印数:1-905册 国内定价:2.35元

ISBN 7-116-00211-1/P·189

前 言

古地磁学是地学领域中一门新兴的边缘学科。它在复活大陆漂移学说、证实海底扩张现象及建立全球性的板块构造理论中发挥了巨大作用。

随着古地磁学应用领域的扩大和研究程度的加深,大量数据处理工作是人工无法胜任的。为此,某些古地磁学研究工作开展较早的国家。如美国、澳大利亚、英国等,都不同程度地利用微型计算机开展了古地磁学数据处理及自动成图方面的研究工作,从而在提高数据处理效率、保证运算结果可靠程度等方面均取得令人满意的效果。

八十年代初期,国内古地磁学的发展面临着越来越多的数据有待处理的问题。本书的主要内容就是作者在国内广泛应用的IBM-PC系列微型机上开发成功的古地磁数据处理及自动成图系统软件。

本书介绍了微型计算机操作知识主要是为古地磁学工作者提供实用程序。只要读者能够在阅读过程中结合上机实习,就可以利用书中所提供的程序去进行常规的古地磁数据处理。

书中依次介绍了古地磁学常规数据处理中所涉及的有关数学问题、IBM-PC系列微型机的MS-DOS操作系统以及为提高程序的运行速度所采用的编译工具。重点介绍了两个各有特色的古地磁

数据处理和自动成图系统软件的操作运行,这些系统中的大部分程序已在不同的古地磁实验室经过实际数据的运行考验。所有的源程序,均为首次公开发表,在附录中提供给读者使用。

在作者从事软件研制和本书编写过程中,得到了中国科学院地质所刘椿同志、中国地质科学院力学所马醒华同志和地矿部物化探研究所林存山同志的热情关心和帮助,在此一并表示谢意。

古地磁数据处理的计算机化,在我国还是起步不久的新课题。由于作者在古地磁学及计算机软件方面的知识水平所限,书中难免有错误和不足之处,还请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 古地磁数据处理中的有关数学问题.....(1)

- 一、 太阳罗盘定向数据处理(1)
- 二、 样品退磁数据的自动成图(3)
- 三、 剩磁平均方向、古纬度、古地磁极位置及统计精度计算与成图(4)
- 四、 参考点的古纬度(7)
- 五、 同时代各采样点等权平均地磁极位置(7)
- 六、 磁性地层序列的自动成图(7)
- 七、 磁化矢量与地极位置及其误差的投影方法(8)

第二章 微型计算机的操作使用.....(10)

- 一、 磁盘(11)
- 二、 启动 DOS(12)
- 三、 DOS 键盘命令(13)
- 四、 行编辑程序(EDLIN)(23)
- 五、 BASIC 源程序编辑和运行(29)

第三章 源程序的编译.....(36)

- 一、 BASIC 源程序的编译(36)
- 二、 FORTRAN 源程序的编译(38)
- 三、 8087 协处理器的应用(40)

第四章 古地磁数据处理及屏幕图形系统(BASICA)(44)

- 一、 系统概况(44)
- 二、 系统的运行(45)

第五章 古地磁数据处理及打印绘图系统(FORTRAN)(76)

- 一、 CHEN1.EXE(太阳罗盘定向数据处理)(76)
- 二、 CHEN2.EXE(样品退磁数据处理与成图)(77)

三、 CHEN3. EXE(采样点古地磁参数的统计计算和成图)	
.....	(79)
四、 CHEN4. EXE(求参考点的古纬度)	(83)
五、 CHEN5. EXE(求等权平均古地磁极位置)	(84)
六、 CHEN6. EXE(极移曲线在乌尔夫网上投影)	(85)
附录一、古地磁数据处理及屏幕图形系统(中文)	(87)
附录二、古地磁数据处理及屏幕图形系统(英文)	(126)
附录三、古地磁数据处理及打印图形系统(FORTRAN)	(164)

第一章 古地磁数据处理中的有关数学问题

古地磁工作包括野外采集定向岩石标本与室内样品退磁、测试两个阶段。野外古地磁标本的定向工具可以采用太阳罗盘或磁性罗盘。标本采回之后,为了消除在地层形成之后的漫长地质史中叠加的次生剩磁,在实验室内要对样品进行全温度谱的热退磁或交变磁场清洗,从而获得可靠的原生剩磁信息。根据同一采样点某年代地层所有标本的剩磁矢量的平均方向及采样点的地理经、纬度,就可以通过计算求得该地在该地质年代的古纬度、古地磁极的位置。为了便于古地磁结果的对比及解释,有时还需要推算出同一陆块内某一参考点的古纬度和某地质年代不同陆块等权平均古地磁极的位置。

在古地磁工作全过程中所涉及的电算课题及它们的数学内容,大致有以下几部分。

一、太阳罗盘定向数据处理

使用太阳罗盘对古地磁标本进行定向是提高野外定向精度的一项重要措施,尤其是在磁性强的地层中采集标本,它是唯一可靠的定向手段。

太阳罗盘定向的天文学原理如图 1-1 所示。图中 M 为标本采集点, Az 为所需计算的太阳射影方向与地理北的夹角, V 、 G 为采样地点的纬度、经度。 R 为太阳赤纬, Q 为格林时角,两者均可从紫金山天文台编制的天文航海年历中查得。

$$AH = Q - G \quad (\text{地方时角})$$

由球面三角公式可知:

$$\text{天顶角 } L_{SOM} = \arccos(\sin V \sin R + \cos V \cos AH \cos R) \quad (1)$$

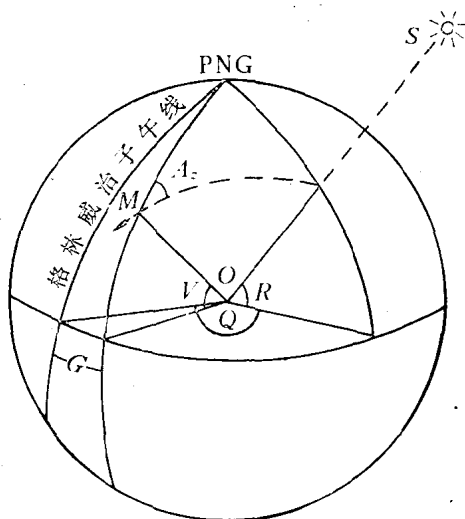


图 1-1 太阳罗盘定向的天文学原理图

$$\frac{\sin Az}{\cos R} = \frac{\sin AH}{\sin \angle SOM} \quad (2)$$

故

$$Az = \arcsin \left(\frac{\sin AH}{\sin \angle SOM} \cos R \right), \quad (3)$$

又

$$\sin R = \sin V \cos \angle SOM + \cos V \sin \angle SOM \cos Az \quad (4)$$

所以

$$\cos V \sin \angle SOM \cos Az = \sin R - \sin V \cos \angle SOM \quad (5)$$

$$\cos Az = \frac{\sin R - \sin V \cos \angle SOM}{\cos V \sin \angle SOM} \quad (6)$$

$$Az = \arccos \left(\frac{\sin R - \sin V \cos \angle SOM}{\cos V \sin \angle SOM} \right) \quad (7)$$

据式(3)、(7)计算出的 Az 角为两个, 然后可按表 1-1 中的采样季节和时间来判断 Az 所应该在的象限, 从而求得 Az 角的唯一真值。

表 1-1 中的 HT 为采样时的时间读数

表 1-1

$[HT - \frac{(116 - G)}{15}] > 12$		$[HT - \frac{(116 - G)}{15}] < 12$	
秋分→春分 ($M=0$)	春分→秋分 ($M=1$)	春分→秋分 ($M=1$)	秋分→春分 ($M=0$)
0°—90°	90°—180°	180°—270°	270°—360°

取得 Az 角值后, 将它与在野外太阳罗盘上直接读出的采样面或地层层面的倾向(或走向)与太阳射影方向的夹角 S 相加, 就最后计算出标本采样面或地层层面的倾向(或走向)值 P 。

本文编制的电算程序可根据太阳罗盘定向读数直接计算出太阳射影方向与地理北的夹角, 进而得到样本采样面或地层层面的倾向(或走向)值。

二、样品退磁数据的自动成图

样品退磁结果通常绘制成三种图件, 即剩磁矢量正交投影图、强度相对变化图及矢量方向变化在乌尔夫网上的投影图。

古地磁样品在不同温度或交变场强条件下, 其剩磁方向与强度都会发生变化, 可以用剩磁矢量正交投影图或矢量方向变化在乌尔夫网上投影图表示这一变化全过程, 从中提取原生剩磁的可靠信息。

剩磁矢量正交投影图包括 X - Y 分量关系曲线, 它与 X 轴的交角表示剩磁矢量在任意采样面坐标下的偏角 D 。还包括 $H = \sqrt{X^2 + Y^2}$ 值与 Z 分量的关系曲线, 它与 $\sqrt{X^2 + Y^2}$ 轴(在图上与所标的 Y 轴相重合)的交角表示剩磁矢量在任意采样面坐标下的倾角 I , 所以它比目前仍在广为使用的 Z - Y 曲线更为直观和方便。

在剩磁矢量方向乌尔夫网投影图中, 当矢量的倾角为正时, 用字符“■”来表示; 为负时, 用字符“○”来表示。

在古地磁资料解释中,时常要利用剩磁强度相对值随温度或场强变化来判断样品中磁性矿物的阻挡温度、剩磁的稳定性。

为了从样品的退磁数据中获得更加直观的与原生剩磁相关的信息,近年来还要求提供剩磁矢量在不同温度区间的强度微分谱线图。

在古地磁室内工作中,并不是所有经过退磁的样品都能有效地提供原生剩磁的可靠信息,即使对同一块样品的退磁数据,不同的古地磁工作者有时还会得出不同的原生剩磁方向值。为了免除退磁数据解析中的主观因素,要求计算机依据给定的指标(如 α_{95} 值、矢量最大差角等)对不同退磁温度的剩磁矢量或差矢量进行主方向族的分析。从而客观地得到主矢量的分布,剔除那些不合格的样品,使最终参与采样点统计的数据建立在客观可靠的基础上。

三、剩磁平均方向、古纬度、古地磁极位置 及统计精度计算与成图

古地磁数据处理中的重要内容之一就是计算出某一采样点内各标本的平均剩磁方向,古纬度、古地磁极位置及统计精度。层面座标下各标本剩磁方向和平均方向在乌尔夫网投影图,古地磁极位置及其置信椭圆在乌尔夫网或斯密特网投影图。

通过室内加热或交变场的清洗,最终获得每块标本的原生剩磁偏角 D 和倾角 I 。然后经公式(8)——(10)和(17)——(19)分别进行采样面和地层层面座标校正,计算出原始水平状态下岩石的剩磁矢量方向。

$$X = \cos D \cos I$$

$$Y = \sin D \cos I$$

$$Z = \sin I$$

$$X_1 = X \cos S \cos L - Z \cos S \sin L - Y \sin S \quad (8)$$

$$Y_1 = X \sin S \cos L - Z \sin S \sin L + Y \cos S \quad (9)$$

$$Z_1 = X \sin L + Z \cos L \quad (10)$$

式中: S ——采样面的倾向值

L ——采样面的倾角

$$R_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2} \quad (11)$$

$$D_1 = \operatorname{tg}^{-1} (Y_1/X_1) \quad (12)$$

$$I_1 = \sin^{-1} (Z_1/R_1) \quad (13)$$

$$X_2 = \cos D_1 \cos I_1 \quad (14)$$

$$Y_2 = \sin D_1 \cos I_1 \quad (15)$$

$$Z_2 = \sin I_1 \quad (16)$$

$$X_3 = Z_2 \sin M + Y_2 \sin W \cos M + X_1 \cos W \cos M \quad (17)$$

$$Y_3 = Y_2 \cos W - X_2 \sin W \quad (18)$$

$$Z_3 = Z_2 \cos M - Y_2 \sin W \sin M - X_2 \cos W \sin M \quad (19)$$

式中: W ——地层倾向值

M ——地层倾角

$$X_2 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2 + Z_3^2} \quad (20)$$

$$I_2 = \sin^{-1} (Z_3/R_2) \quad (21)$$

$$D_2 \operatorname{tg}^{-1} (Y_3/X_3) + W \quad (22)$$

$$X_4 = \cos D_2 \cos I_2 \quad (23)$$

$$Y_4 = \sin D_2 \cos I_2 \quad (24)$$

$$Z_4 = \sin I_2 \quad (25)$$

如果同一采样点有 N 块标本, 它们的平均剩磁方向 D_3, I_3 为:

$$X_5 = \sum_{i=1}^N X_4 \quad Y_5 = \sum_{i=1}^N Y_4 \quad Z_5 = \sum_{i=1}^N Z_4$$

$$R_3 = \sqrt{X_5^2 + Y_5^2 + Z_5^2} \quad (26)$$

$$D_3 = \operatorname{tg}^{-1} (Y_5/X_5) \quad (27)$$

$$I_3 = \sin^{-1} (Z_5/R_3) \quad (28)$$

根据采样点的经度 G 、纬度 V 及剩磁平均方向 D_3, I_3 , 可求得地层形成时代所处的古纬度 (PV) 并计算出当时地磁极的位置 (G_1, V_1)。

$$PV = \operatorname{tg}^{-1}(\operatorname{tg} I_3/2) \quad (29)$$

$$V_1 = \sin^{-1}(\sin V \cos P + \cos V \sin P \cos D_3) \quad (30)$$

其中: $P = 90^\circ - PV$ (称古余纬度)

$$B = \sin^{-1}(\sin P \sin D_3 / \cos V_1) \quad (31)$$

$$G_1 = G + B \quad (32)$$

$$G_1 = G + 180 - B \text{ (当 } \cos P < \sin V \sin V_1 \text{ 时)}$$

为了检验上述计算结果的可靠程度, 古地磁资料还应包括下列有关精确度方面的参数。

精度参数:

$$K = (N-1)/(N-R_3) \quad (33)$$

$$95\% \text{ 置信圆: } \alpha_{95} = 140^\circ / \sqrt{KN} \quad (34)$$

置信椭圆:

$$\delta p = \frac{1}{2} (1 + 3 \cos^2 P) \times \alpha_{95} \quad (35)$$

$$\delta m = (\sin P / \cos I_3) \times \alpha_{95} \quad (36)$$

需要指出的是, 由于测量仪器类型和工作习惯的差别, 各家在野外采集古地磁标本的定向方式有所不同, 目前国内最为常见的定向方式为表 1-2 所示两种。

表 1-2

定向面 参 数 类 别	采 样 面		地 层 层 面	
	<i>S</i>	<i>L</i>	<i>W</i>	<i>M</i>
1	倾向	倾角	倾向	倾角
2	左手走向	倾角	倾向	倾角

书中的 BASIC 语言程序适用于第一类定向方式, FORTRAN 语言程序适用于第一和第二两种定向方式。

另外, 在野外有时用手工采集标本, 然后在室内用台钻垂直于采样面钻取标准尺寸的样品。当采样面就是地层层面时, 则仅须

进行地层倾向校正,即剩磁在原始水平状态下的偏角为 $D+W$ 值。

四、参考点的古纬度

通过已知的古地磁极位置 (G_1, V_1) , 推求同一陆块上某一参考点 (G, V) 在相同地质时期的古纬度。这种换算在综合解释中经常要用到。

方法概述如下:

已知某参考点的经度 G , 纬度 V , G_1, V_1 为通过古地磁研究所得的某一地质年代的古地磁极的经度和纬度。 VR 为同一地质年代该参考点所应在的古纬度。

$$VR = \arcsin[\sin V_1 \sin V + \cos V_1 \cos V \cos(G_1 - G)] \quad (37)$$

五、同时代各采样点等权平均地磁极位置

推求同一地质年代在不同采样点所得古地磁极位置的等权平均值,这在古地磁资料的综合解释中是常遇到的。

求各采样点等权平均地磁极位置 (GA, VA) 的公式:

$$GA = \operatorname{tg}^{-1}(\Sigma \cos V_i \sin G_i / \Sigma \cos V_i \cos G_i) \quad (38)$$

$$VA = \operatorname{tg}^{-1}(\Sigma \sin V_i / [\Sigma \cos V_i \cos G_i]^2 + (\Sigma \cos V_i \sin G_i)^2)^{\frac{1}{2}} \quad (39)$$

六、磁性地层序列的自动成图

当将古地磁方法应用于第四纪地质、海洋和钻孔岩芯的研究及制作磁性地层表时,要求电算程序能把不同深度(长度)的磁偏角、倾角和磁化率的变化绘成连续曲线并在磁性剖面柱状图上分别标出采样点深度和地磁极倒转位置。

七、磁化矢量与地极位置及其误差的投影方法

在古地磁资料的解释中,有时只考虑磁化方向而不涉及强度,人们就可以用单位矢量来表示磁化方向。在单位球面上,单位矢量与球面有一交点,该点的位置可以用来表示磁化方向。

为了在平面上表示磁化方向,时常使用乌尔夫网(等角投影),乌尔夫网的半径 R 与倾角 I 的关系为: $R = C \times \text{tg}(45^\circ - I/2)$

式中 C 是决定图网尺寸的一个常数,当 $I = 0^\circ$ 时, $C = R$, 可见 C 值就是最大外圆($I = 0^\circ$)的半径。

当 $I = 30^\circ$ 时,

$$R = C \times \text{tg}(45^\circ - 30^\circ/2) = C \times 0.2679$$

圆周角以正上方 N 为起点,按顺时针方向等分成 360° ,表示磁化矢量的偏角。

通常当倾角为正值时,用实心圆点表示矢量方向,当倾角为负值时,用空心小圆表示矢量方向。

乌尔夫网在古地磁工作中还可以用来表示地磁极位置及其误差范围,这时网外圆的 360° 等分代表地磁极经度,半径代表纬度。

本章第三节中已叙述过,地磁极位置可由剩磁平均方向 D_s, I_s 按公式(29)——(32)求得。显然,平均剩磁方向的误差也决定了地磁极位置的误差。剩磁方向的误差用 95% 的置信圆的角半径 α_{95} 表示。磁倾角的误差所引起的磁余纬的误差 δ_p 如式(35)所示:

$$\delta_p = \frac{1}{2} (1 + 3 \cos^2 p) \alpha_{95}$$

式中 P 为磁余纬,即地磁极位置和采样点之间的角距离, δ_p 位于通过地极位置与采样点的大圆面上。

磁偏角的误差所引起的地磁极位置对上述大圆面的偏离角距离 δ_m 如式(36)所示:

$$\delta_m = (\sin P / \cos I_s) \times \alpha_{95}$$

同样的 α_{95} 所引起的地磁极位置误差 δ_p, δ_m 是不相同的, $\delta_m > \delta_p$, 所以表征地极位置的误差是一个 95%

的置信椭圆, δ_m 为椭圆的长轴角距离, δ_p 是椭圆的短轴角距离。

95%置信椭圆在单位球面上的姿态, 以地极位置为中心不是任意的, 它的短轴 δ_p 必须落在通过地极位置与采样点的大圆面上。

绘制 95%置信椭圆在乌尔夫网上的投影要注意以下几点:

椭圆以地磁极位置所在点 (G_1, V_1) 为中心;

δ_m, δ_p 在乌尔夫网上的投影长度推算如下: 先对 $R = C \times \lg(45^\circ - V_1/2)$ 求微分

$$\frac{dR}{dV_1} = -\frac{1}{2} \times C \times \frac{1}{\cos^2(45^\circ - V_1/2)}$$

$$\delta_m, \delta_p \text{ 在乌尔夫网上的投影长度为 } \delta_m \times \frac{dR}{dV_1}, \delta_p \times \frac{dR}{dV_1};$$

投影椭圆的短轴必须在地磁极点 (G_1, V_1) 和采样点 (G, V) 的连线上。

第二章 微型计算机的操作使用

用微型计算机进行古地磁数据的处理成图,首先要学会微型计算机的操作使用,即熟悉与掌握微型机的操作系统。所谓操作系统是计算机的主要软件之一。由于微型机的主要外存储器是磁盘,所以它的操作系统常被简称为 DOS(Disk Operating System),即磁盘操作系统。

在品种繁多的微型机中,美国 IBM 公司(国际商业机器公司)开发成功的 IBM-PC 系列微型机,及与其完全兼容的国产 0520 系列微型机,以其硬件功能齐全、软件种类丰富得到了广泛应用。本章所介绍的内容就是 IBM-PC 系列微型机的操作系统——MS-DOS。

MS-DOS 是一个功能十分全面的软件,它主要是对 IBM-PC 微型机进行文件管理的设备管理。

对计算机而言,文件是指一组存储在物理介质中的信息(程序、数据),在微型机中这种物理介质就是磁盘。文件管理就是负责建立、修改、读、写、检索及删除各类文件。设备管理就是负责各种 I/O(输入/输出)的驱动运行,如显示器、键盘、磁盘、打印机、异步通讯器等。

随着 IBM-PC 机型号更新,相应的 MS-DOS 也逐步推出不同的版本,它们之间的关系及所支持的外存如下:

DOS1.1 IBM-PC 机(软盘)

DOS2.0 IBM-PC/XT 机(软盘、硬盘)

DOS3.0 IBM-PC/AT 机(高密度软盘、硬盘)

它们之间是逐级向上兼容。

由于 IBM-PC/XT 及其兼容机在我国应用最为广泛,所以本文主要介绍 MS-DOS2.0。