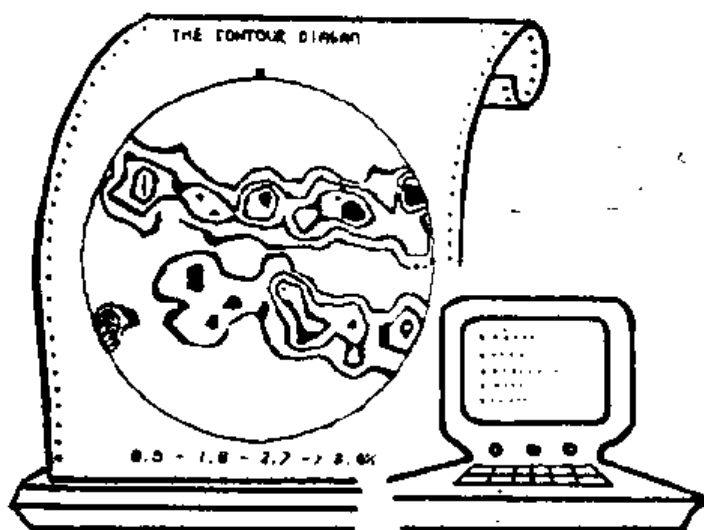


地质构造解析中的 微型计算机方法

汤经武 杨学敏 编著



成都地质学院

地质构造解析中的 微型计算机方法

汤经武 杨学敏 编著

成都地质学院

内 容 简 介

本书针对中小尺度构造和显微构造常见的解析内容,较系统地介绍了微型计算机在数据处理、绘图和构造应力分析方面的10种应用方法。全书共分三章:第一章,计算机在构造地质学中应用的简史和现状;第二章,计算和绘图的基本原理;第三章,微型机在地质构造解析中的初步应用。

本书通俗、简明、实用和自成体系,可作为高等院校地质类有关专业高年级学生和研究生教材,亦可作为地质工作者、研究人员的参考书。

地质构造解析中的 微型计算机方法

编 者 汤经武 杨学敏

责任编辑 刘明斌 袁顺生

*

发 行 成都地质学院出版发行组

印 刷 成都地质学院印刷厂

*

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 5

字数: 106,000 印数: 1—2000册

一九八六年六月印刷

前 言

构造地质学的研究正朝着宏观与微观相结合，研究手段由定性向定量变革的方向发展。作为重要研究方法之一的构造解析日渐受到构造地质学家们的重视。在运用这种方法时，为了摆脱繁琐枯燥的数据整理、耗时伤神的手工绘图和是是非非的定性分析，国内的地质工作者已注意运用计算机的先进技术，并发表了一些文章，介绍这方面的情况，但还缺乏比较系统的介绍计算机在构造解析中应用的论著。

本书力图总结近几年来科研和教学实践经验，切合我国实际，就微型计算机和便携式袖珍计算机在中、小尺度和微尺度构造解析方面最常见的应用方法，作比较系统的介绍。

全书共分三章：第一章扼要的介绍国内外计算机在构造地质学中应用的简史和现状。第二章，根据空间解析几何及赤平极射投影的有关原理，结合地质，归纳并推导出一套计算机计算和绘图的基本公式。它既避免了枯燥的公式推导，方便自学，又为进一步钻研、探索新的应用方法提供了阶梯。第三章，对适用于节理、断层、褶皱和显微构造解析的十种应用方法的原理、功能、效率、框图、操作方法、资料收集和实例作了具体的介绍，为了训练的需要，还编了练习题。最后，对微型计算机在构造地质方面应用的趋势作了简要的展望。为方便自学，书末列出了主要的参考文献。附录中的上机主要步骤，可供未学过微型机的同志参考。

本书既可作为高等院校地质类有关专业高年级学生及研究生的教材（40学时左右），也可供广大野外地质人员及研究人员参考。

应当指出，本书所用的资料，大都是编者和江富华老师共同的科研成果。徐开礼副教授、朱璋森副教授在百忙中对本书进行了认真的审核，并提出了不少宝贵意见。刘明斌同志对本书的定稿和出版给予了热情的帮助。罗中流工程师精心绘制了全部插图。院科研处、地质系给予了支持。应用数学系计算数学教研室和矿产系地质数据处理研究室在用机方面提供了方便。对于以上各方的帮助和支持，在此一并鸣谢！限于编者业务水平和时间仓促，书中错漏难免，请读者指正。

编者 1985.12.

目 录

第一章 计算机在构造地质学中

应用的简史和现状 (1)

一、应用的简史..... (1)

二、应用的现状..... (3)

(一) 褶 皱..... (3)

(二) 节 理..... (4)

(三) 断 层..... (6)

(四) 矿田和矿床构造..... (7)

(五) 组 构..... (8)

(六) 应变测量..... (10)

(七) 大型构造的模拟..... (11)

(八) 构造观察结果的存贮和整理..... (11)

第二章 计算和绘图的基本原理 (13)

一、矢量与线状构造..... (13)

(一) 直角坐标系中的线状构造与矢量..... (13)

(二) 线状构造之间的夹角..... (14)

二、矢量与面状构造..... (15)

(一) 直角坐标系中面状构造与矢量的对应 关系..... (15)

(二) 面状构造之间的夹角..... (16)

(三) 面状构造之交线..... (16)

(四) 两相交面状构造的角等分面..... (17)

三、线状构造与面状构造的关系.....	(19)
(一) 线状构造与面状构造的夹角.....	(19)
(二) 线状构造在面状构造上的侧伏角.....	(19)
(三) 线状构造所决定的平面.....	(20)
四、线状构造和面状构造的旋转.....	(20)
(一) 绕直立轴的水平旋转.....	(21)
(二) 绕水平轴直立翻转.....	(21)
(三) 绕倾斜轴旋转.....	(23)
五、绘图的基本原理.....	(25)
(一) 吴氏网.....	(26)
(二) 施氏网.....	(27)
本章公式索引及符号规定.....	(30)

第三章 微型机在地质构造解析 中的初步应用 (32)

一、求解面状构造或线状构造的优势方位.....	(32)
(一) 基本原理.....	(33)
(二) 功能与效率.....	(36)
(三) 程序框图及操作说明.....	(36)
(四) 资料收集.....	(38)
(五) 实 例.....	(40)
二、利用擦痕对节理自动配套.....	(40)
(一) 基本原理.....	(41)
(二) 功能与效率.....	(44)
(三) 程序框图及操作说明.....	(44)
(四) 资料收集.....	(45)
(五) 实 例.....	(45)
三、根据共轭剪节理计算并绘制主应力轴方 位图.....	(48)
(一) 基本原理.....	(49)

(二) 功能与效率.....	(50)
(三) 程序框图及操作说明.....	(51)
(四) 资料收集.....	(52)
(五) 实 例.....	(54)
四、绘制节理走向玫瑰花图.....	(54)
(一) 基本原理.....	(54)
(二) 功能与效率.....	(56)
(三) 程序框图及操作说明.....	(57)
(四) 资料收集.....	(58)
(五) 实 例.....	(58)
五、根据断层派生小构造恢复断层应力状态.....	(59)
(一) 基本原理.....	(59)
(二) 功能与效率.....	(62)
(三) 程序框图及操作说明.....	(63)
(四) 资料收集.....	(68)
(五) 实 例.....	(69)
六、褶皱轴面及枢纽的求解.....	(75)
(一) 基本原理.....	(75)
(二) 功能与效率.....	(75)
(三) 程序框图及操作说明.....	(76)
(四) 资料收集.....	(77)
(五) 实 例.....	(77)
七、褶皱枢纽的π圆图解.....	(78)
(一) 基本原理.....	(79)
(二) 功能与效率.....	(80)
(三) 程序框图及操作说明.....	(80)
(四) 资料收集.....	(81)
(五) 实 例.....	(81)
八、褶皱位态的自动分类.....	(83)
(一) 基本原理.....	(83)
(二) 功能与效率.....	(85)

(三) 程序框图及操作说明·····	(85)
(四) 资料收集·····	(86)
(五) 实 例·····	(86)
九、岩石结构资料处理和成图的自动化·····	(89)
(一) 基本原理·····	(89)
(二) 功能与效率·····	(92)
(三) 程序框图及操作说明·····	(93)
(四) 资料收集·····	(95)
(五) 实 例·····	(95)
十、利用方解石双晶面及光轴资料求解主应	
力 (C、T) 方位·····	(101)
(一) 基本原理·····	(101)
(二) 功能与效率·····	(104)
(三) 程序框图及操作说明·····	(105)
(四) 资料收集·····	(106)
(五) 实 例·····	(106)
结 语 束·····	(114)
主要参考文献·····	(116)
附录 I 野外测量卡及上机卡·····	(123)
附录 II 第三章练习题及思考题·····	(137)
附录 III 上机主要步骤·····	(149)

第一章 计算机在构造地质学中 应用的简史和现状

一场以信息技术为核心的技术革命正在兴起，它较之历史上以往任何技术革命更为波澜壮阔。其突出的特点是以信息技术推动各项事业的发展。其目的是实现人脑与电脑的结合，最大限度地开发人的智力资源；信息和物质及能源成为人类社会依靠的三大支柱；通过计算机使人手延伸转向人脑延伸；计算机化信息化的实现使人们更多地利用旧有经验和现代情报基础上研究分析未来。在这场风暴中，地质工作及地球科学如其它行业一样，受到了猛烈的冲击。赶上这个潮流，并用崭新的信息技术迅速武装自己，使我国的地球科学跻身于世界之林，实在是刻不容缓了。

一、应用的简史

在地质学上首先应用计算机的是地球物理学；其次是沉积岩石学，地层古生物和水文地质。在石油、天然气勘探中，用以处理分析数量庞大的地球物理及勘探测试的数据。1958年Krumboir和Slöss首先在地质杂志上发表了地质计算程序，使地质学应用计算机成为现实。之后，Whitten于1969年^{(63)*}，小川克朗于1972年，对计算机在地质领域中应用的现状进行

* 文内[]号系参考文献——编者注

了评价,但都未直接涉及在构造方面的应用。Whitten认为:“很少有人开发计算机用于构造地质学的潜在能力”。

七十年代,由于数学地质学的兴起和计算机的发展,有关专业机构和杂志的创立,学术活动的增多,在国外,已使计算机渗透到构造地质学领域中来。1979年10月,在美国纽约州叙拉古大学召开了数地专家为主的一次学术会议。Whitten^[11]系统总结了1969~1979年计算机在构造地质学中的应用的趋势,所列文献281篇,占该会议十六个课题论文及所列文献总数的35%。他指出七十年代在以下四个方面取得了不少进展:

- (1) 构造观测结果的存贮和整理;
- (2) 根据系统观测结果综合分析构造特征;
- (3) 构造形态特征的描述;
- (4) 构造要素空间变化的制图和分析。

他认为:“计算机应用对构造地质学,不再是一个与众不同的学科分支”。在国外,由于1972~1977年的国际地球动力学计划的实施,海洋扩张及板块学说的巨大成就,强烈刺激着构造地质学研究必须大力使用计算机,以处理获得的大量构造信息,并使之由原来定性为主的科学转向定量的科学。在我国这一时期,由于十年动乱的影响,还处于尝试和探索的阶段。王柏钧,李德清^[12](1982)曾在“数学地质在构造地质中的应用”一文中作了简要的回顾。

七十年代末以来,随着中小型计算机,特别是微型机的崛起,在我国主要地质科研单位和高等地质院校,已开始较多地结合构造地质研究,用各种计算机处理构造数据、自动绘图、进行应力场分析和建立构造形成的数学模型,在计算机应

用方面迈出了可喜的一步。随着国内外人员交流和学术活动的增多,有关数地专业及其全国和地区学术机构的建立,我国计算机在构造方面的应用出现了良好的势头,特别是小构造、显微构造和超显微构造研究向定量方面发展,更助长了这一势头。

二、应用的现状

本节简要介绍计算机在构造地质学各个方面应用的现状和实例。

(一) 褶皱

为了掌握褶皱形态的三维特征,特别是在变质岩区褶皱构造的研究中,进行褶皱要素的系统测量,或用人工赤平投影方法进行图解和有关计算等,其步骤十分繁琐。Whitten (1969) 在他的综述中引用了大量用于绘制和分析 β 图以及 π 图的计算机方法的论文。例如*: Lam (1969) 和 Arpart (1970) 发表了关于 β 图的 FORTRAN 程序。以后 Tocher (1979) 给出了计算机怎样继续输出上述图件的圆滑等直线的程序。Cheshire 等 (1978) 概述了一个关于计算圆锥状褶皱构造要素的经验的非线性的计算机方法。国内杨学敏等^[51] (1984, 1985) 编制了求解褶皱轴面及枢纽、褶皱 π 组 构图和褶皱位态分类图的 BASIC 程序。

为了反映褶皱在横剖面 and 地下的形态及其变化, Wray (1973) 提出一个绘制弯曲构造表面和断裂构造横剖面图的 FORTRAN 程序, Langenburg 等 (1977) 在比利时 亚尔丁的 50 平方公里地区内, 用计算机方法绘制出贯穿五个均匀区

* 文中未加脚注的文献均取自^[11]——编者注

段的构造剖面。Kruhl(1978)发表了一个有效的计算机程序,用来解决苏格兰前寒武纪石英岩中强烈变形的波状层理的构造复杂性。在石油构造研究中利用地震资料,用计算机勾绘构造等值线图。国内外在这方面已有十几年的历史,小川克朗(1972)、B.M.阿隆诺夫^[13](1977)的文章和专著中都有具体的介绍。后者谈到“阿特拉斯”型绘图仪可以和任何型号的计算机联机,在苏联广泛应用,其作图的误差不大于0.4mm。国内俞全宏^[15](1980)在M—160 II计算机上亦绘制出构造等值线图,网状立体图等地质图件,系统介绍了绘制等值线图程序的各种功能。

利用小型褶皱构造要素,恢复褶皱形成的应力轴方位,我国地质工作者在这方面进行了探索,顾悦^[10](1978)、毛健全^[5](1981)、刘肇昌^[17](1982)根据赤平投影原理,给出了求褶皱形成时应力轴方位的计算方法和数学公式。

为了对褶皱形成机制进行研究,人们将实验室和野外结合起来,探索和建立褶皱的各种数学模型。在苏联,Vikhert(1967, 1973)等人发展了关于褶皱描述和分类的概率模型。George等(1975)在摘要中提到计算弹性,粘性,粘弹性和塑性褶皱模型的对比,并认为在比较浅的褶皱作用过程中,最后的流变特征可能占优势。在日本,我国龙学明^[18](1984)用有限单元法,在大型计算机上成功地模拟了日本新潟南部长岗新第三系盆地及褶皱形成的过程,不同时代应力和应变的图象。

(二) 节理

在矿区构造、构造应力场和工程地质研究中,节理长期以来都受到人们的重视,但由于野外观测统计和室内整理分

析方面存在工作繁琐,绘图耗时和某些理论问题(如共轭剪切角^[21]等),给小构造的深入研究带来不少困难。最近十几年,随着计算机应用的渗入,给人们带来了不少方便,并将节理研究由定性推向定量。

关于节理赤平投影分析的计算机程序,早在六十年代末和七十年代初,国外文献就有所介绍。例如Venter等(1974)关于节理极点方位资料的数字分析;Jeran等(1970)用FORTRAN 程序对煤层断裂和剥理等进行赤平投影分析。Bock(1971)分析了节理间距(频率和方位)和岩层厚度之间的关系。Borrmann(1972)介绍了一种关于统计分析断裂和节理方位资料的程序。近几年,不少人在节理统计分析方面继续探讨,例如,Shepherd(1979)对新南威尔士西部煤田中主节理的形成,进行了原始数字模型的分析;Gaziev^[64](1979)介绍了岩块中节理研究的概率方法。在苏联^[19]已广泛应用M.B.格佐夫斯基提出的利用共轭节理测定古构造应力场的方法,已编制的计算应力轴坐标的程序与现行图解法相比,可大大加快和简化以及获得测定应力轴方位的数据。

在国内,为了绘制节理有关图件,索书田^[20]、顾佛^[21](1979)给出了在DJS—6机上绘制密度图的计算程序;周晓嘉^[22](1981)用BD—200语言在DJS—18机上亦编制了绘制节理等密图的计算程序;杨学敏等^[23](1982)发表了在微型机上编绘极点投影图和计算极密产状的BASIC程序,该图兼具人工节理极点图和等密图的双重功能;汤经武等^[24](1983)编制了根据共轭节理绘制主应力轴方位图的BASIC程序;之后,他们^[25](1984)又利用节理擦痕,在微型

机上编制了节理自动配套的 BASIC 程序, 文扑^[28] (1984) 在 PC—1500 袖珍机上, 编制了绘制节理倾向玫瑰花图的基本程序。

(三) 断层

十几年来, 板块构造学说的风行、深部构造的研究和遥感手段的广泛使用, 对断层研究的构造信息日益增加, 因而对计算机的应用提出了新的要求。

Podwysocki (1973) 研究出根据遥感图象分析和识别断层型式的计算机方法。Kowalik (1975) 将空间试验室和陆地卫星图象识别出的线性构造与宾夕法尼亚中北部实际的节理方位进行了比较。Correa 等 (1976) 根据地球资源开发技术卫星 1 号图象的光学的付里叶分析对加利福尼亚的线性构造特征进行了分析。不少人讨论了根据航片对线性构造进行各种计算机辅助分析, 例如, Fanley (1979) 关于 Catawaba 山的断裂模型; Virginia 等 (1975) 关于阿拉伯地盾, Karroo 盆地和北威尔士某些古生代褶皱的岩石的断裂系统的分析。

在研究断层的地下特征方面亦作了不少工作, 例如, James (1968, 1970) 采用最小二乘法与不连续函数的方法, 应用于俄克拉荷马某些油田的地下资料分析, 发现那里存在高角度断层的充分证据。Attch 和 Whitten (1979) 发表了一个推广这种方法的 FORTRAN 程序, 并根据地下资料计算一条或多条断层的落差。Peikert (1970) 介绍了一个关于计算机图解系统, 用以说明地下断层构造。

在断层应力分析及其有关图件绘制方面, Serra (1973) 介绍了一个在特定地壳边界条件下关于应力分析和绘制可能

的断层轨迹图的程序。Szumilas (1977) 简介了为评价复杂断层地区而设计的构造制图的计算机系统, 其研究切合当地实际。

在断层形成机制方面, 不少人作出了努力, 例如, Kosloff (1976) 关于断层有限宽度的蠕变带模式; Miyatake (1977) 模拟断层作用过程的动力学; Rodgers等人(1977)的冲断层机制; Stein等(1979)关于断层带扩展的分析; Wickham等(1979)对各种断层作用模型的研究; Stearns (1978) 研究了一个模拟厚的、均匀的、各向同性的连续岩块变形期产生的断层图形。

国内在这方面也做了一定工作, 如刘承祚^[27] (1978) 介绍了断裂形成机制的定量研究和应力场的定量分析及断裂的统计方法, 他结合我国1500条主要断裂进行了统计分析, 得出两组X型断裂与皮尔逊II型曲线族对比, 其结论与张文佑的学说十分符合。张树森^[28] (1981) 利用矢量分析研究了辽宁的大地构造, 发表了矢量分析的 BASIC 程序。汤经武等^[29] (1985) 利用断层派生小构造, 给出了求解断层应力状态的 BASIC 程序, 并给叠加断裂的分析^[30] 提供了定量手段。

(四) 矿田和矿床构造

目前, 在研究矿田和矿床构造时, 用计算机进行数学分析的方法已得到广泛的应用。研究的范围逐步从石油、天然气构造扩展到金属矿产的矿田和矿床构造。

Kontorovich等(1971)根据模型识别算法, 用计算机方法预测了西伯利亚地台西部石油构造的生产能力。Ghez和Janot (1974) 描述了统计基岩岩块裂隙油储体积的方法。在Branisa等人(1975)和Jones等人的论文摘要中谈到相干

式图解仪(相干勘探)作为一种仪器,在石油勘探中可以由大的计算中心直接控制,也可以由矿区勘探工作者使用的计算机远距离控制。

在模拟矿田、矿床构造应力场方面,国内近年来作了不少工作。万天丰、陈明佑等^[31](1978, 1983)对安徽马鞍山铁矿田平面构造应力场进行了研究,在DJS—6机上给出了ALGOL—60程序。雷世和^[32](1982)用应力趋势面分析和有限单元法构造应力场数字模拟对皖南某铜矿的控矿构造进行了研究,其电算结果与实际吻合。周济元等^[33](1982)以浙江建德铜矿为例,在系统研究矿床地质基础上,对构造应力场和矿液运移进行了数学模拟,能与实际较好吻合。杨龙等^[34](1982)应用线性地质统计分析在推断铀矿控矿构造方面进行了成功的尝试。吴冲龙^[35](1984)应用有限单元法对辽宁阜新断陷煤盆地构造应力场的演化进行了数学模拟,效果良好。苏联学者Г.Ф.雅可甫列夫等^[19](1982)指出,数学模型的优点在于“它是按实际的地质规模建立的,是为具有实际平均参数的环境建立的,以及在考虑上覆岩石重力作用下建立的。除此以外,数学模型具有较高的灵活性,可以使其不断变化,且可以用计算机很快得到各种变化数字解的结果”,“由于进行了模拟,可以查明应力绝对值及其符号在拉伸区、挤压区及各种断裂发育区(应力方向或类型)的空间分布”。

(五) 组构

近年来,由于材料科学用于解释岩石变形,如在微型构造和晶体组构等方面有了快速的发展,电镜和透射电镜开始为其服务。因此,大量微观和超微观的构造信息为计算机拓