

地质应变分析

—— Rf/ϕ 技术手册

[英] Richard J. Lisle 著

陆仲家 译

施行觉 校



中国科学技术大学出版社

地 质 应 变 分 析

—— R_f/ϕ 技术手册

[英] Richard J. Lisle 著

陆仲家 译 施行觉 校

中国科学技术大学出版社

1991·合肥

内 容 简 介

本书简述了测定岩石应变的 R_f/ϕ 方法及其理论基础、数据收集与处理、作图、应用等,并给出了大量可供查阅的 R_f/ϕ 标准图。

本书可供广大地质工作者使用,并可供地质专业学生作为构造地质学的教学参考书。

Geological Strain Analysis —A Manual for the R_f/ϕ Technique

Richard J. Lisle

Pergamon Press, 1985

地 质 应 变 分 析 — R_f/ϕ 技术手册

[英] Richard J. Lisle 著
陈仲家 译 施行觉 校

中国科学技术大学出版社出版
(安徽省合肥市金寨路 96 号 邮政编码: 230026)
中国科学技术大学印刷厂印刷
安徽省新华书店发行

开本: 787×1092/16 印张: 6.25 字数: 154 千
1991 年 2 月第 1 版 1991 年 2 月第 1 次印刷
印数: 1—1200 册
ISBN 7-312-00228-5/P·4 定价: 3.40 元

译 者 的 话

在构造地质学研究渐趋定量化的发展过程中,很多确定变形岩石中应变的技术得到了发展。本书所介绍的是由 J. G. Ramsay 创立,并经 D. Dunnet, A. Siddans 和 R. J. Lisle 发展的测定岩石应变的 R_f/ϕ 技术。这种方法可以用来测定含有椭圆形包体(碎屑、颗粒、团块等)的岩石的应变。

本书共分七章。第一章简述了应变分析的意义、用途以及利用 R_f/ϕ 方法作应变分析的优点;第二章论述了 R_f/ϕ 方法的理论基础;第三章介绍了供 R_f/ϕ 分析用的数据的收集和 R_f/ϕ 作图方法,并对分析过程中所需要的数据量进行了有益的探讨;第四章叙述了应用标准曲线确定应变率的方法和步骤;第五章介绍的是 R_f/ϕ 方法的扩展,即根据岩石中物理性质不均匀的物体,而不是以简单标示物包体作 R_f/ϕ 分析的新方法;第六章提供了一套标准变形网图谱,读者可以根据图谱用图解方法选择相当于标准网上的 R_f 值,读出变形的轴率和方位;第七章展示的是标示物从 R_i, θ 转变成 R_f, θ 过程中的轨迹图象。书中还附有作 R_f/ϕ 分析时常用的 14 个基本公式和由不对称初始组构产生的对应的 R_f/ϕ 图象。

本书是一本介绍 R_f/ϕ 方法的手册。书中不仅论述了 R_f/ϕ 方法的原理,而且介绍了 R_f/ϕ 方法的具体步骤;所提供的一套标准图谱,不仅内容丰富、对于确定应变来说是必不可少的,而且是在一般地质文献中无法得到的。

这本手册既可作为地质专业大学生,研究生学习《构造地质学》的参考读物,也是一本对广大地质工作者,特别是对从事构造应变分析的研究人员来说十分有价值的参考书。

在本书翻译出版过程中,得到了合肥工业大学资源与环境科学系徐嘉炜教授的热情支持和中国科学技术大学地球物理教研室黄培华、徐果明、席道瑛、徐文骏、施行觉、王华俊等同志的大力资助。对来自以上各方面的支持与帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

限于译者水平,书中错误或不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

陆仲家

1989年9月于中国科学技术大学

符 号 表

R	椭圆的轴率,即长轴的长度 / 短轴的长度($R, 1.0$)
ε	$\frac{1}{2} \ln R$
R_i	椭圆应变标示物初始的(即未变形的)轴率
R_f	椭圆应变标示物最终的(即已变形了的)轴率
R_s	应变率,即应变椭圆的两个主应变之比
$\varepsilon_i, \varepsilon_f, \varepsilon_s$	$\frac{1}{2} \ln (R_i, R_f, R_s)$
θ	初始(即未变形)状态下标示物的长轴与最大拉伸方向之间的夹角
ϕ	最终(即已变形)状态下标示物的长轴与最大拉伸方向之间的夹角
θ', ϕ'	与最大拉伸方向不一致的参考线所夹的跟 θ, ϕ 等值的角
V	包体的粘滞性与全岩系统的粘滞性比 $\mu_{\text{包体}} / \mu_{\text{全岩}}$
H	一组椭圆标示物的 R_f 的调和平均值
$\bar{\phi}, \bar{\phi}'$	分别为 ϕ, ϕ' 角的向量平均值

目 录

译者的话	(I)
符号表	(IV)
1 绪 论	(1)
1.1 应变分析	(1)
1.2 应变分析的用途	(1)
1.3 作为应变标示物的椭球体	(2)
2 R_f/ϕ 方法的理论基础	(3)
2.1 被动椭圆标示物的变形	(3)
2.2 具有相同初始偏心率的标示物组	(4)
2.3 具有相同初始方位的标示物组	(6)
3 数据收集	(8)
3.1 R_f/ϕ 分析的适用材料	(8)
3.2 作 R_f/ϕ 测量	(9)
3.3 要求的数据量	(10)
3.4 绘制 R_f/ϕ 数据图	(11)
3.5 三维应变	(11)
4 应用标准曲线确定应变率	(12)
4.1 引言	(12)
4.2 对称性测试	(12)
4.3 θ 分布测试	(15)
4.4 低 R_c 颗粒的 θ 分布测试	(18)
4.5 假定对称 θ 分布的去应变过程	(18)
4.6 相对于层理的初始对称组构	(20)
4.7 其他曲线的吻合准则	(20)
5 R_f/ϕ 方法的扩展	(22)
5.1 引言	(22)
5.2 包体和基质的粘滞性对比	(22)
5.3 压溶变形	(24)
5.4 各向异性标示物的变形	(24)
5.5 用于非均匀变形岩石的 R_f/ϕ 方法	(24)
6 标示物变形网	(25)
7 不同粘滞性比的纯剪切变形轨迹	(76)
附录1 基本 R_f/ϕ 公式	(87)
附录2 由不对称初始组构产生的对称 R_f/ϕ 图象	(88)
参考文献	(89)

1 绪 论

1.1 应 变 分 析

构造地质学涉及岩石的变形现象。地质应变分析是一门定量地研究地质形变的构造地质学分支学科。应变分析工作者设计并应用一些方法以计算大量岩石生成后所经受的变形现象。

在大多数情况下,由于要分析的岩石都已在过去遥远的变形时期发生了形变,所以我们只能观察到已处于变形状态的岩石。我们见不到未经变形的岩石这一事实影响了应变分析,因为应变分析需要对岩石变形前后的几何形态进行比较。其实,我们忽略了未变形时的岩石状态也能完成有关岩石变形的计算工作,因为处于变形岩石中的某些物体在形变作用以前的形态和几何排列是已知的或可以假设的。被称为应变标示物的物体就提供了应变分析的原始资料。这些物体包括化石、变质岩中的颗粒、沉积岩中的碎屑和沉积构造。在尺度上,大的标示物可以大到用来推论大陆规模变形的火山中心的变形排列(Windley 和 Davies 1978),小的可以小到用来估算应变时封闭在石英颗粒中的金红石针状体的破裂形态(Mitra 1978)。应变标示物形式多样,但其共同点不外乎它们要么能记录到由于地质应变所造成的线段之间的角度变化,要么能记录到线段长度方面的变化。

存在于构造岩中的天然应变计是多种多样的,所以我们可以设想出很多不同的方法去分析它们。虽说企图对应变资料进行计算的历史可以追索到上个世纪的中期,但是,真正把这种应变分析作为构造地质学领域中的一门分支学科只是最近 20 年的事。这一学科之所以能引起人们广泛的兴趣并在技术上得到迅速的发展则与 J. G. Ramsay 有关定量构造地质学《岩石的褶皱与断裂》一书的出版有关,该书清楚地论述了应变分析方法的基本原理。

1.2 应变分析的用途

如果想要重建岩体原有构造的几何形态,那么了解有关构造岩中的应变状态是重要的。应变分析可以为恢复地层的厚度(Ramsay 1969)、恢复沉积盆地和构造的原来形态,即为去除由褶皱作用造成的变形(例如 Oertel 1974, Schwerdtner 1977, Cobbold 1980) 提供所需要的基础资料。Ragan 和 Sheridan(1972), Sparks 和 Wright(1979) 还用应变分析恢复了火山岩层的原始固结厚度。应变强度的估算有助于对岩石变形时的流变性质的研究。通过研究应变强度所依赖的诸如颗粒大小这类显微构造参数,可得出关于应变控制变形机制的有用推论,如 Evans 等(1980), Etheridge 和 Vernon(1981), Lisle 和 Savage(1983) 都提供过有关这些推论的例子。此外,应变资料还有助于说明众多地质构造的发展模式。例如,关于次生叶理和晶体组构起源的讨论,就建立在它们与岩石有限形变有关的假设上。

1.3 作为应变标示物的椭球体

应变分析涉及到资料的转换,即把由应变标示物提供的长度变化和角度变化资料转变成更容易理解应变状态的表示方法——应变椭球体。应变椭球体是一个假想嵌在岩石中经机械被动变形而形成的球体。它直观地显示了应变的强度及其三维特征。显然,理想的应变标示物最初应是一个球形物体,它们最终的形状和方位则可由这个应变椭球体直接描绘出,而且标示物“分析”法是琐细的。这种简单的分析方法已用于某些标示物(如鲕粒),但是球形物体的稀少又意味着这种方法在使用过程中会有很大的局限性。好在大量的标示物在变形以前具有近似椭球的形状,所以依据这类标示物构思出的数据处理方法,就会有非常广泛的用途。

既然这些标示物在变形以前就具有了偏心率,因此它们变形后的形状就不能直接反映出应变椭球的形状,因为它们的最终轴率和方位是构造作用前的偏心率(通常称为“形状因素”)与迭加应变的共同反映。

Ramsay(1967, p. 202—211)发明了用这种标示物作应变分析的方法。他从理论上指出,具有相同初始偏心率而方位不同的一组椭球状标示物,如果按它们的轴率(R_f)和方位 ϕ 作图,将会显示出一种特征的图象。在 R_f/ϕ 图上由标示物所显示的图象是应变椭球形状和标示物初始偏心率的函数。Ramsay的 R_f/ϕ 方法可以将初始形状的影响和构造应变造成的影响区别开来。

Dunnet(1969)曾对这种方法及其用于不同岩石类型时的具体实施过程作过综合描述。

现已发表了100多篇关于应用这一技术的文章,这表明 R_f/ϕ 技术已成了最广泛使用的方法。对各种应变技术进行研究、比较的结果也表明(Hanna及Fry 1979, Siddans 1980, Percevault及Cobbold 1982, Paterson 1983) R_f/ϕ 技术是计算构造应变最可靠的方法之一。

这本手册中所介绍的技术基本上是Ramsay-Dunnet方法,但也结合了Lisle(1977b)提出的改进意见。

2 R_f/ϕ 方法的理论基础

2.1 被动椭圆标示物的变形

我们把正在变形的一个椭球体的均匀变形作为一种模型,那么它的行为就能被说成是被动的(图 2.1)。经过应变率为 R_s 的应变以后,原椭圆(R_i, θ)变成了由下列公式给出的具有 ϕ 方位和 R_f 形状的椭圆:

$$\tan 2\phi = \frac{2R_s(R_i^2 - 1)\sin 2\theta}{(R_i^2 + 1)(R_s^2 - 1) + (R_i^2 - 1)(R_s^2 + 1)\cos 2\theta} \quad (2.1)$$

$$R_f = \left[\frac{\tan^2 \phi (1 + R_i^2 \tan^2 \theta) - R_s^2 (\tan^2 \theta + R_i^2)}{R_i^2 \tan^2 \phi (\tan^2 \theta + R_i^2) - (1 + R_i^2 \tan^2 \theta)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

这些公式由 Ramsay (1967, p. 205—209) 所推导,与这五个变量(R_i, θ, R_s, R_f 和 ϕ) 有关的其他公式均列在附录 1 中。

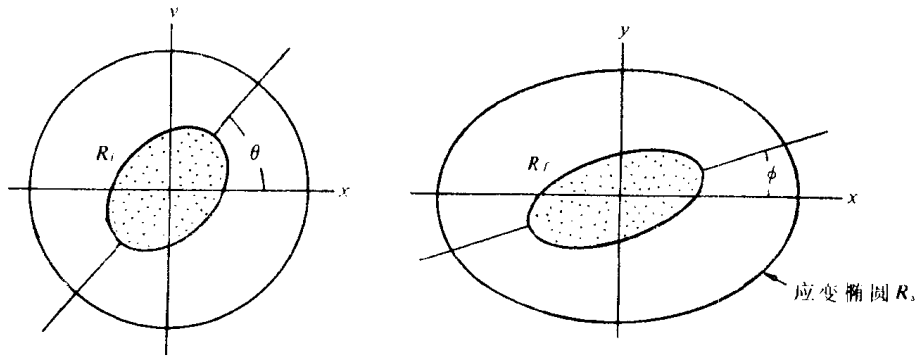


图 2.1 椭圆形标示物的应变

应变结果,椭圆的长轴向着最大的拉伸方向(x 轴)旋转,即 $\theta > \phi$ 。对于遵循 Harker 公式旋转的被动线,同样也是正确的:

$$\tan \phi_{\text{line}} = \tan \theta_{\text{line}} \cdot \frac{1}{R_s} \quad (2.3)$$

即

$$\tan 2\phi_{\text{line}} = \frac{2\tan\theta_{\text{line}}}{R_s - \frac{1}{R_s}\tan^2\theta_{\text{line}}} \quad (2.4)$$

重新整理公式 2.2 并将其与公式 2.4 相比较,可导出:

$$\tan 2\phi = \frac{2\tan\theta}{\frac{R_i^2}{R_s^2 - 1} \left[\left(R_s - \frac{1}{R_s}\tan^2\theta \right) - \frac{1}{R_i^2} \left(\frac{1}{R_s} - R_s\tan^2\theta \right) \right]} \quad (2.5)$$

由于公式 2.4 是公式 2.5 当 R_i 接近无穷大时的极限,因此我们能得出如下的结论:被动线响应外加应变的旋转方式类似于一个初始轴率非常大的椭圆的旋转方式。在第四章中,当我们讨论相对于层理和平面上的椭圆标示物旋转时,这一点就变得非常重要了。

2.2 具有相同初始偏心率的标示物组

一组初始形状相同而初始方位不同的椭圆,变形以后成了 R_f 和 ϕ 不同的椭圆(图 2.2)。

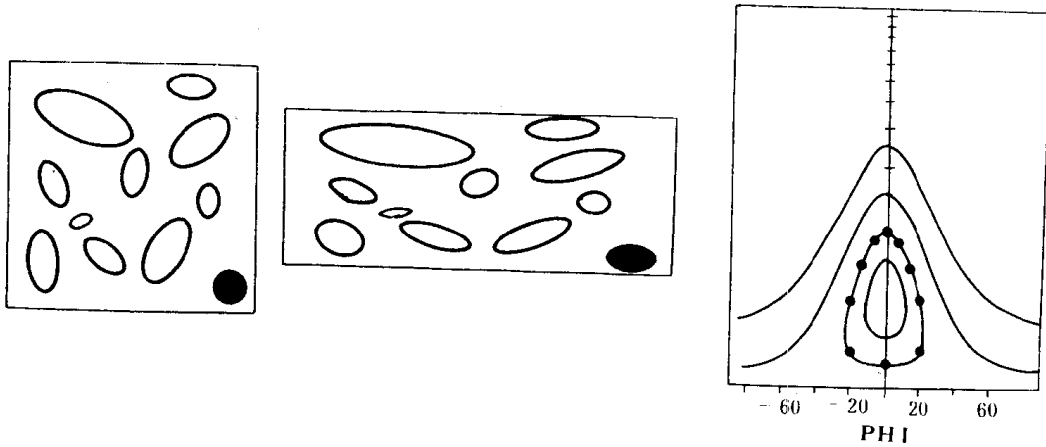


图 2.2 具有相同 R_i 的标示物

如果把属于这样的一组变形标示物画在 $R_f-\phi$ 图上,它们就确定了一条由下式给出的曲线

$$\cos 2\phi = \frac{\left(R_f + \frac{1}{R_f} \right) \left(R_s + \frac{1}{R_s} \right) - 2 \left(R_i + \frac{1}{R_i} \right)}{\left(R_f - \frac{1}{R_f} \right) \left(R_s - \frac{1}{R_s} \right)} \quad (2.6)$$

式中 R_i 和 R_s 为常数。在图 2.2 中画出了几条这样的曲线。它们证明 R_i 为常数的一组椭圆将显示出最终形状确定范围。极端形状 ($R_{f\max}, R_{f\min}$) 的轴率是 R_i 和 R_s 的简单的积或商,因为它们

由这些形状平行或垂直迭加而得出的结果。

$$R_{f\max} = R_s R_i$$

$$R_{f\min} = \text{the greater of } \frac{R_s}{R_i}, \frac{R_i}{R_s}$$

图 2.3 示出了如何根据 R_i 和 R_s 确定极端标示物形状的大小。

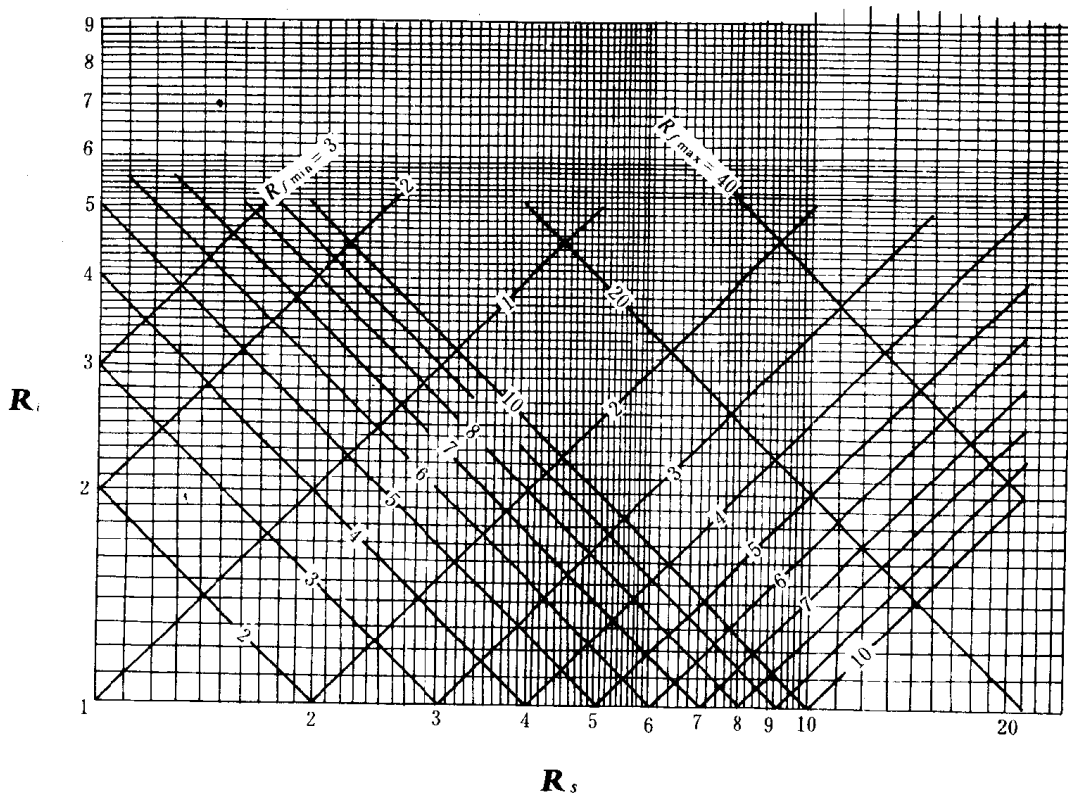


图 2.3 一组变形标示物的最大和最小轴率

图 2.2 中的某些 R_i 曲线跨越了有限的 ϕ 值范围, 表明变形标示物方位有一定的扩展。方位扩展的最大角度间隔称为波动 (Cloos 1947, Ramsay 1967, p. 207), 该角度 ($2\phi_{\max}$) 的大小由下式求得

$$\sin 2\phi_{\max} = \frac{R_i - \frac{1}{R_i}}{R_s - \frac{1}{R_s}} \quad (2.7)$$

这个公式相当于 Dunnet (1969) 用轴率表达的公式 3.2。当 $R_i > R_s$ 时, $2\phi_{\max}$ 为 180° , 即波动不受限制。对式 2.6 微分并使其等于零, 就可得到具有方位 $\phi_{\max}$ 标示物的 R_i 值:

$$R_{f\phi_{\max}} = \frac{R_s + \frac{1}{R_s}}{R_i + \frac{1}{R_i}} + \left[\left(\frac{R_s + \frac{1}{R_s}}{R_i + \frac{1}{R_i}} \right)^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.8)$$

图 2.4 示出了如何根据 R_i 和 R_s 确定具有极端方位 的标示物的形状和方位。

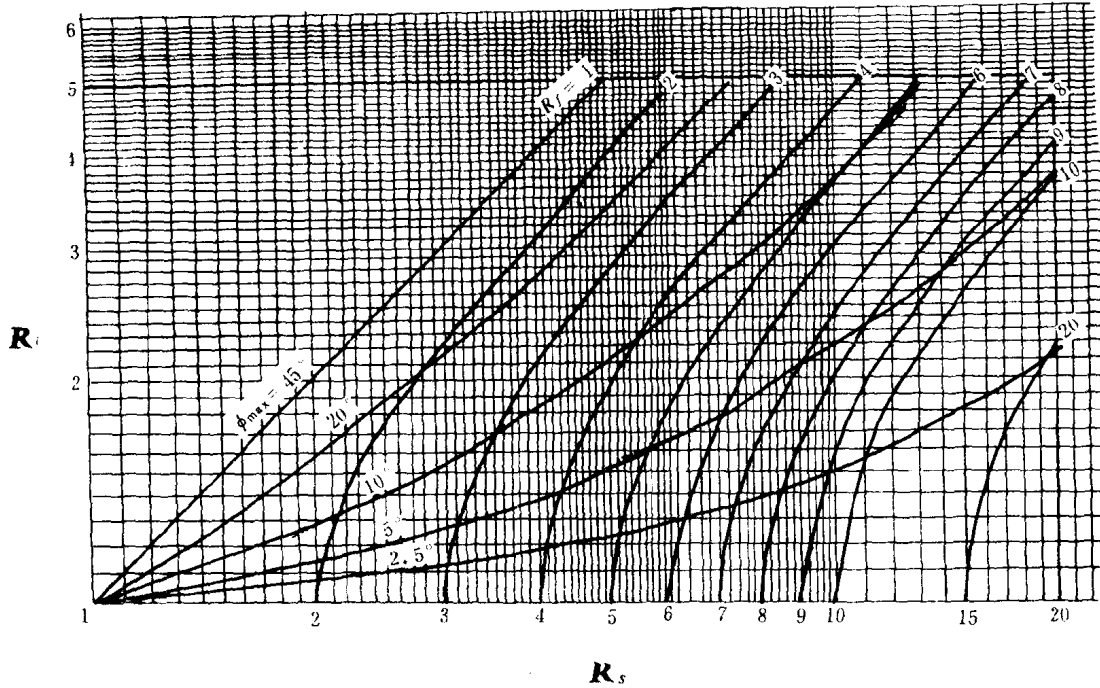


图 2.4 具有极端 ϕ 角的标示物的 R_i 和 ϕ

2.3 具有相同初始方位的标示物组

具有相同初始方位(图 2.5)的标示物在 R_i/ϕ 图上构绘出的曲线叫做 θ 曲线(Lisle 1977b)。改变全组的初始方位值就可产生一个 θ 曲线簇,这些曲线均从点($\phi = 0, R_i = R_s$)辐射出。将适当的 R_s 和 θ 值代入下式就可以画出这些曲线(Lisle 1977b)。

$$R_i = \left[\frac{\tan 2\theta (R_s^2 - \tan^2 \phi) - 2R_s \tan \phi}{\tan 2\theta (1 - R_s^2 \tan^2 \phi) - 2R_s \tan \phi} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.9)$$

利用下列公式可画出 $\theta = 45^\circ$ 的曲线

$$R_i = \left[\frac{\tan^2 \phi - R_s^2}{R_s^2 \tan^2 \phi - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Dunnet \& Siddans (1971)}$$

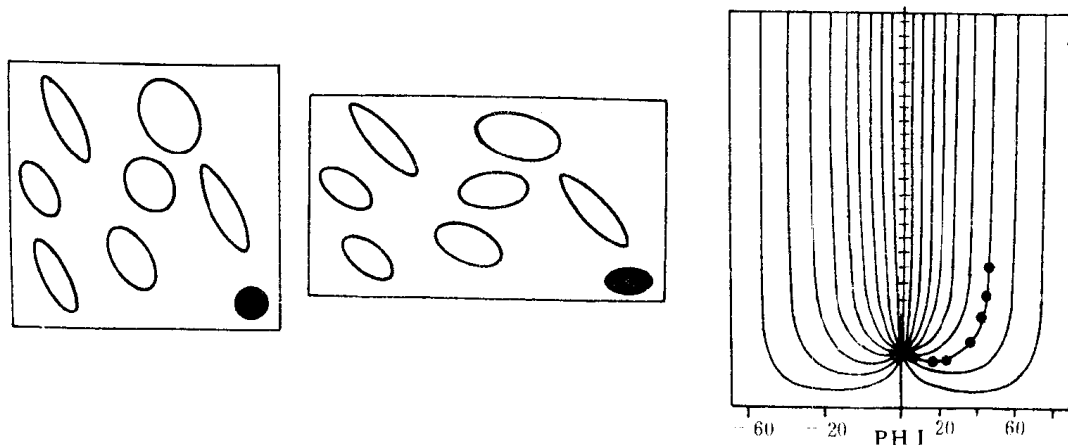


图 2.5 具有相同 θ 的标示物

当 $\theta > 45^\circ$ 时,微分式 2.9 并使 $\frac{dR_f}{d\phi} = 0$ 可得到 ϕ 值为极小值的曲线,即

$$\tan\phi_{\min R_f} = \frac{1}{2R_s} [\tan 2\theta (R_s^2 + 1) \pm (\tan^2 2\theta (R_s^2 + 1)^2 + 4R_s^2)^{\frac{1}{2}}] \quad (2.10)$$

当把 R_s 曲线簇和 θ 曲线簇画在一起时,它们就在 R_f/ϕ 图上形成了一种网,即第六章中的“标示物变形网”。我们能够看到,这种网的形状随着应变率变化而变化,当 $R_s = 1$ 时它成为矩形网。在这些图上我们可以读出一个个有初始参数 R_s 和 θ 的物体的变形特征 (R_f, ϕ) , 反之亦然。因此,如果我们把这种网迭覆在 R_f/ϕ 数据簇上,就能够通过大量对应于网上的 R_s 值得到“去除应变作用”的岩石的轴率和方位。

R_f/ϕ 方法的基本特点是,通过应用第六章中的标准网,用图解的方法反复去除标示物的应变,直至该组标示物显示出和我们所假设的存在于未变形岩石中的 R_s 和 θ 分布最相一致的复原状态为止。

3 数 据 收 集

3.1 R_f/ϕ 分析的适用材料

R_f/ϕ 方法的主要优点是它能对广泛的岩石类型作应变估算。应用这种方法时,岩石中必须要有椭圆形、次椭圆形或平行四边形的包体,而且这些包体的边界在变形期间始终附着于相同的物质点上。在变形期间或变形之后边界穿过岩石的包体则不合作应变标示物。例如由颗粒增生或破碎而成的新形态的颗粒就不合作应变标示物。

尽管受到这一限制,但是这种方法已证实了它自身的普遍适应性,许多类型的岩石都能使用这种分析方法。表 3.1 是根据不同岩性所完成的分析汇编。在这些已发表的分析成果中,还包括了这种方法用于特殊岩石类型时有用的补充细节。

表 3.1 R_f/ϕ 技术的应用

碎屑岩	Brun and others(1981),Chaudhuri and Pal(1980),Deramond and Rambach(1979),Dunnet(1969),Gay(1969),Hutton(1979),Kelly and Max(1979),Le Corre and Le Theoff(1976),Mukhopadhyay and Bhattacharya(1969),Roy and Faerseth(1981),Stauffer and Burnett(1979),Stephens(1975).
断层角砾岩	Kligfield and others(1981),Tobisch and others(1979)
鲕状岩	Boulter(1976),Dunnet(1969),Hanna and Fry(1979),Pfiffner(1980),Ramsay and Huber(1983),Tan(1976).
核形石	Kligfield and others(1981).
石英颗粒	Law and others(1984),Maincktelow(1981),Marjoribanks(1970),Mukhopadhyay(1973).
片麻岩中的石英聚集体	Jensen(1984),odling(1984).
黑云母/白云母聚集体	Gray and Durney(1979).
堇青石晶体和假变晶	Brun and others(1981),Robin(1977).
长石碎屑	Borradaile(1979).
黄铁矿	Sen and Mukherjee(1972).
杏仁体	Ribeiro and others(1983).
基性火山岩中的球粒	Barr and Coward(1974).
俘虏体	Coward(1976).
浮石和增长的火山砾	Bell(1981),Boulter(1983),Roberts and Siddans(1971),Sparks and Wright(1979).
石香肠	Sen and Mukherjee(1972).
脉石和管状物	Geiser(1974),Vvheeler(1984).
板岩中的结核	Martin—Escorzei and Martin—Montalvo(1980).
粉碎圆点	Graham(1978),Siddans(1979).
龟裂	Harvey and Ferguson(1981).

3.2 作 R_f/ϕ 测量

测量应在露头的接合面、手标本上的裂开面或薄片等平面上进行。还应仔细地记录这些平面相对于地理参考方位的状态。如果企图确定三维应变,那么,通常就要取三个平面(见 3.5 节)。如果这些平面的方位能任意选择,比如手标本上的切面,那么最好选择那些相互正交或接近正交的平面(见 Owens 1984)。

轴率和方位的测量能直接在岩石表面、照片或画出的标示物轮廓线上进行。Paterson(1983)对这些不同的方案作过比较,结果发现单个颗粒的边缘在照片上难以辨别。为此,Elliott(1970),Milton 和 Chapman(1979)曾利用砾岩的侵蚀面进行测量;Mukhopadhyay(1973)和 Tan(1976)曾用显微机械台和测微镜在薄片中进行 R_f 和 ϕ 测量;Dunnet(1969)曾直接把薄片放在放大器下,制成大的照片进行测量。换句话说就是把薄片投影到纸上也能得到大的标示物轮廓线。

要测量 R_f , 就必须测量长短轴的大小并计算其比例。对于那些并非理想的椭圆, Holst(1982)取其最大的尺寸作为主长轴,把垂直于主长轴的最长一条轴作为主短轴。Dunnet(1969)还曾把矩形、菱形和梨形颗粒的面积换算成相等面积的椭圆,然后测量这些椭圆的轴。

Roder(1977)注意到,能内切于平行四边形的椭圆是唯一的,因此,包括多边形在内的多种形状都能被用作 R_f/ϕ 方法的应变标示物。图 3.1 画出了各种不同的,甚至连它们初始形状都不清楚的物体,但它们均包含了与应变椭圆有关的信息,因此,在这种方法中它们也能起到应变标示物的作用。

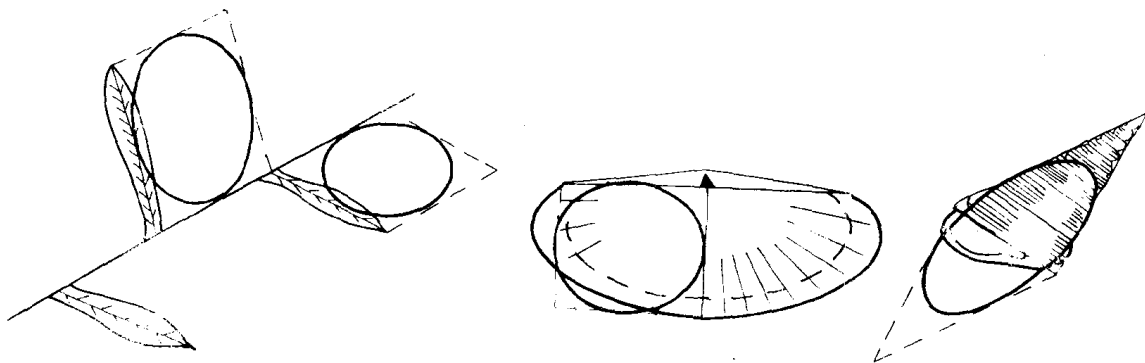


图 3.1 能起椭圆应变标示物作用的不同形状的物体

Harrey 和 Ferguson(1981)提出过如何将单一的椭圆分配给任一凸多边形,并利用这种椭圆对泥裂多边形进行应变分析的方法。

非极的椭圆形的长轴方向,能用相对于平面上一条参考线的角度($+90^\circ \sim -90^\circ$)来表示。该角称为 ϕ 角。在一般情况下,可以很方便地选择标示物优选方位的总体方向作参考线。成对的 ϕ 值和相应的 R_f 值应列表,以便作图。

在自动化测量过程中, R_f 和 ϕ 能由标示物轮廓线上的若干点的座标直接计算。Paterson(1984)利用了四个这样的点并提出了计算 R_f 和 ϕ 的相关方程。Siddans(1976)用数字化

将每个标示物进行了多点处理。计算机能从这许多点中只选择出椭圆形的轮廓线,而抛弃那些非椭圆形的部分。然而,对于使用非标准的椭圆形状的标示物所引起的误差却知之甚少,对于可接受的非椭圆度所作的限制仍然是有点任意性的。

当存在不同岩性的包体时,在分离数据和分析每个包体时应特别小心。应避免从不均匀变形样品中提取标示物。因为在这种样品中长轴优选方位的方向沿采样区域显著地变化。大量的研究表明标示物的形状与它们的大小有关。这说明了经标示物的非被动应变响应,而且在以长轴和短轴为坐标的图上明显地可见到这一点(见 Ramsay 1967, p. 193, Elliott 1970)。图 3.2 以不同的比例图解了不同变形机理影响体积的两种可能类型:由结晶-塑性变形所形成的标示物大小与形状呈正相关(图 3.2a);在经受过压溶变形的岩石中,标示物的大小与形状呈负相关(图 3.2b)。在体积效应明显的地方,不同体积的颗粒应分别地加以分析。

3.3 要求的数据量

用这种方法只要对 10 个样品进行测量就可以估算出应变,但如有更多的样品时可对该方法中的有关假设加以验证。Dunnet(1969)认为标示物的最少数量应取决于堆积物中物体的偏心率。例如对于鲕粒,他认为至少需要 30—40 个,而象卵石这类更偏心的标示物则需 60—100 个。

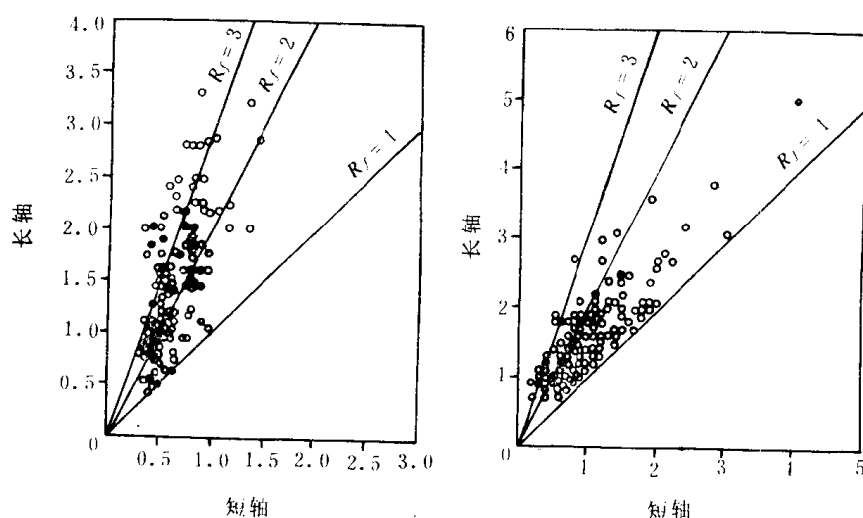


图 3.2 与应变标示物体积有关的形状(R_f)

(a) 法国 Anger 塑性变形的石英颗粒(数据 Bouchez 1977) (b) 压溶变形的石英颗粒威尔士 Aberystwyth 粗砂

这里所讲的不同方法无论在初始偏心率高的还是低的形状中工作得都同样好。目前发明的当代技术可对相当宽的范围内的样品数进行处理。对于大样品,能进行较精确的测试。各种不同测试所要求的样品最少个数分别是 10, 25, 50 和 100。Borradaile(1984)曾研究了 R_f/ϕ 技术样品最佳数问题,他发现,当样品数增加到 50 个左右时,该技术灵敏度显著地改进,但当样品数超过 75 个以后进一步的改进就变得很不明显了。

3.4 绘制 R_f/ϕ 数据图

把标示物点在 $R_f-\phi$ 图上。为了便于将由 R_f/ϕ 数据对得出的点的分布与第六章中的标准曲线进行对比,必须将轴的比例作如下处理:在 ϕ 轴上取 1cm 代表 10° ,在 R_f 轴上取 12.5cm 为对数单位。具有这些比例尺的图纸是很有用的(即 Chartwell D. 5521)。数据应画在透明薄膜或透明纸上。

3.5 三 维 应 变

根据应变率可以计算应变椭球的方位和轴率,而应变率又是由很多通过岩石的平面所确定的。通过二维应变数据组合以建立椭球的计算,请读者参阅 Ramsay(1967, p. 142—149), Shimamoto 及 Ikeda(1976), Oertel(1978), Miller 及 Oertel(1979), Milton(1980), Siddans(1980) 和 Owen(1984) 的有关文章。

尽管确定主平面的方位并不总是一件容易的事,但如果测量只是在应变椭球的主平面上进行的话,那么计算是非常简单的。