

中国地学院士文库
国家“十五”重点图书

本书出版得到 教育部“211工程” 资助
中央统战部华夏英才基金

地质系统的复杂性

(下 册)

於崇文 编著

地质出版社

· 北 京 ·

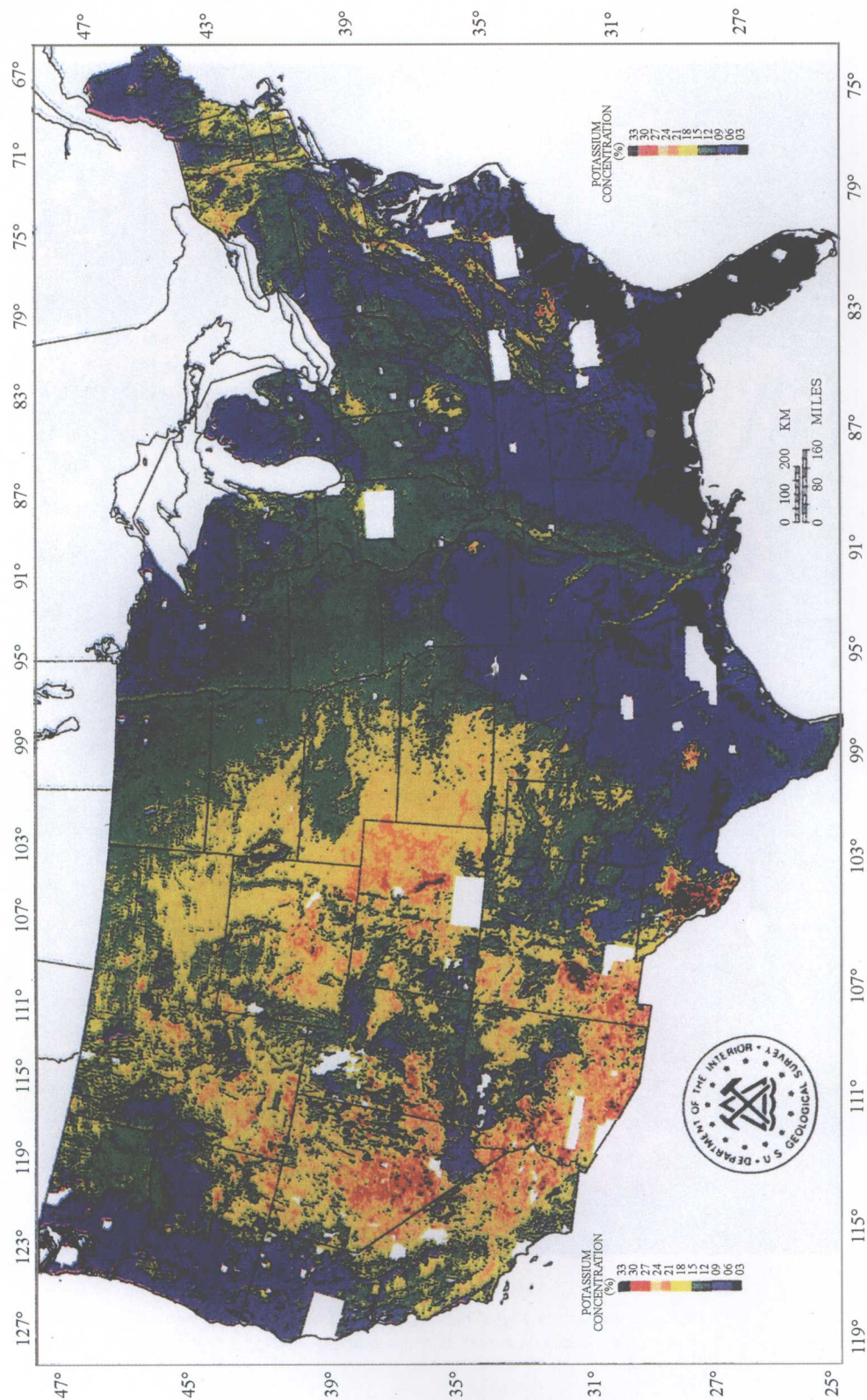


图 12-15 美国风化层中的 K 元素的丰度分布

(据 Duval, 1990)

用航空 γ 射线能谱测量法测定。美国东部测线间距多数为 10km, 西部为 5km

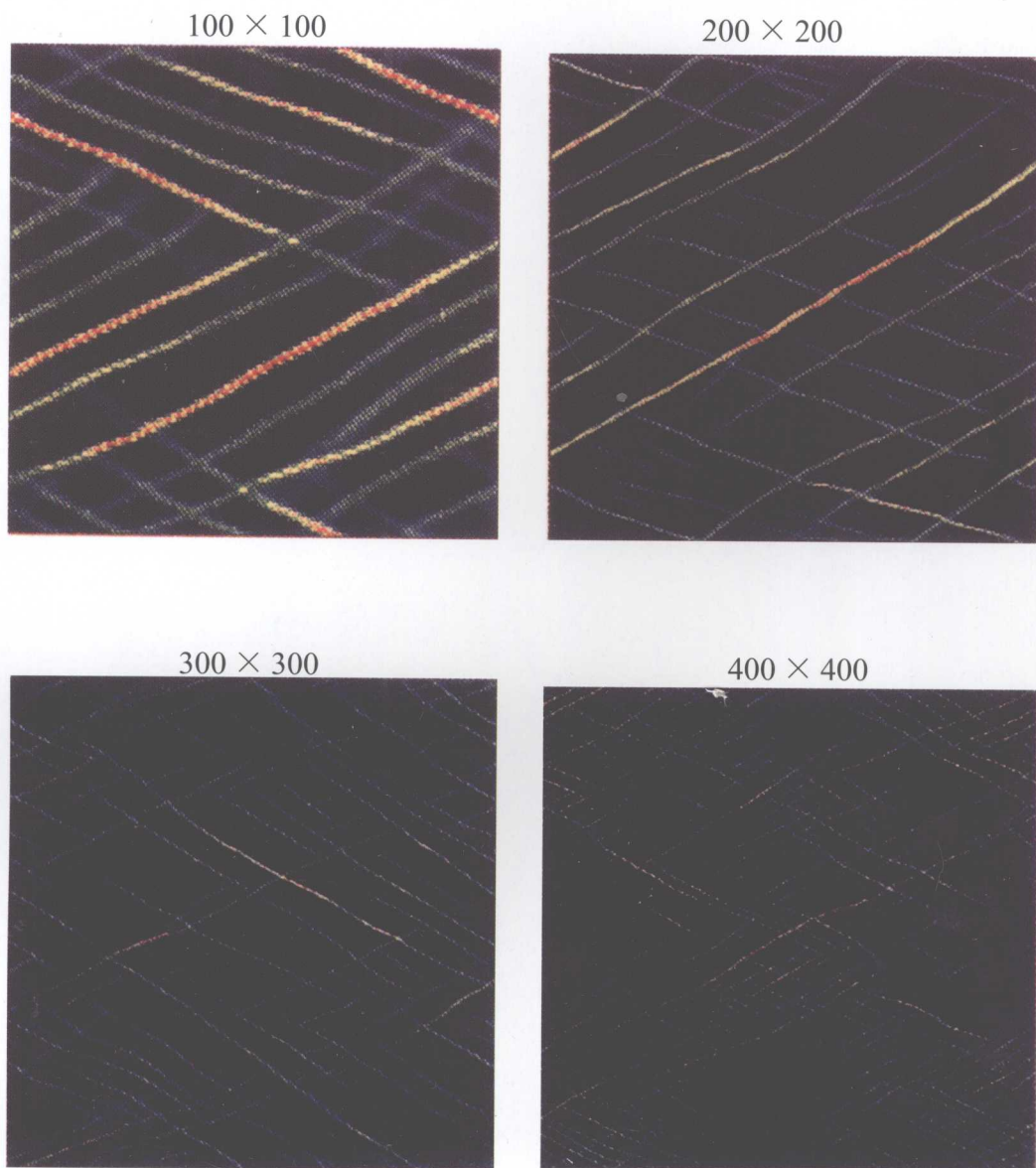


图 14-25 具有不同格子大小 L 的系统的剪切应变速率快照

(据 Poliakov, Herrmann, 1994)

格子大小不同的系统: 左上 (100×100), 右上 (200×200), 左下 (300×300), 右下 (400×400)。

物理参数: $\phi=40$, $\psi=0$, $c=0$, $\lambda=\mu$, Poisson 比 $\nu=0.25$, $R=10^{-9}$

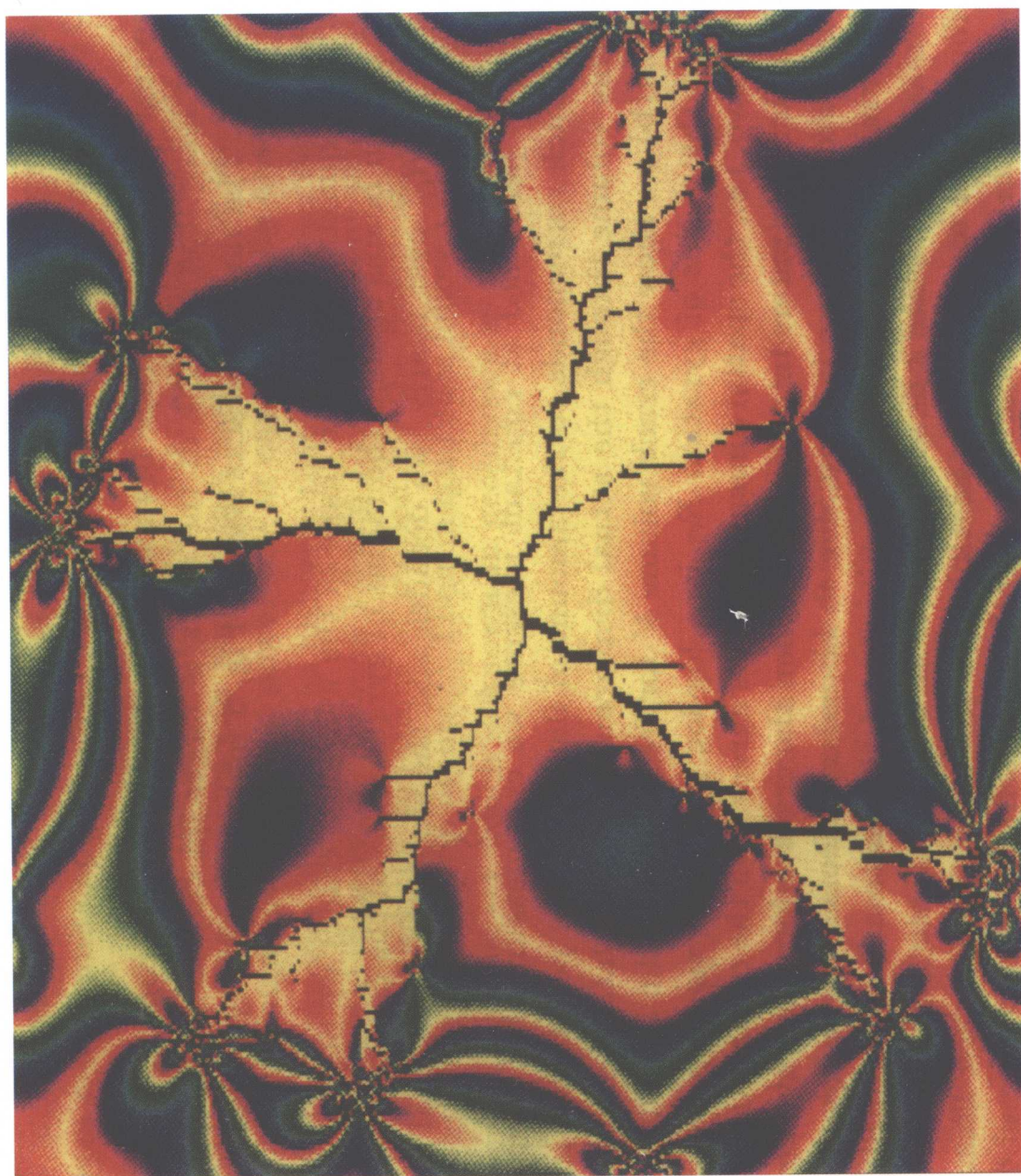


图 14-29 用横梁模型对水力断裂进行数值模拟所获得的典型断裂

(据 Herrmann 等, 1996)

在具有螺旋外部边界的 250×250 点位的正方格上施加定常的压力。在张力下所有横梁以相同的概率断裂。断裂含有 2200 个断梁。不同的颜色表示静应力场对角元素的差异

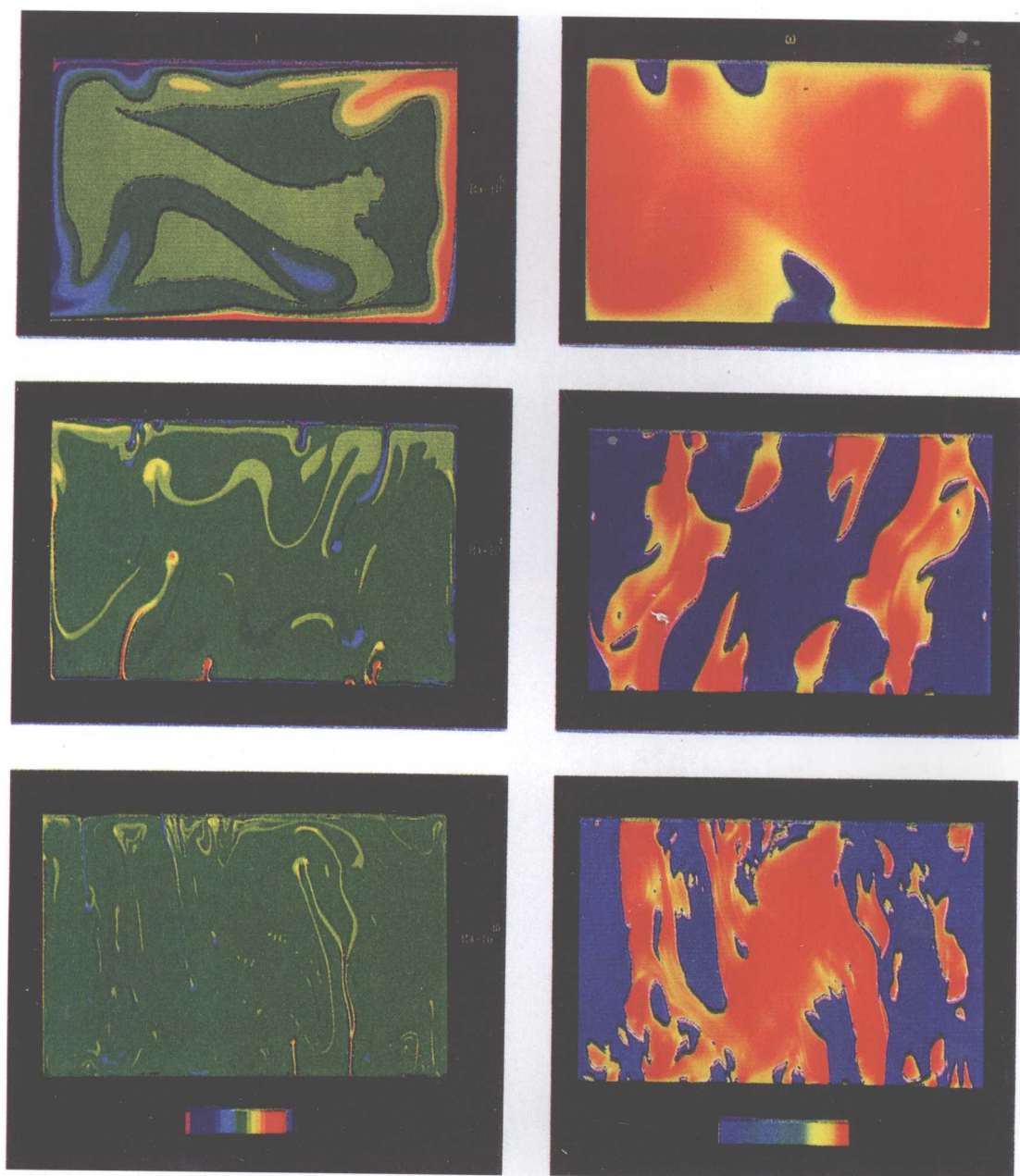


图15-14 横纵比为1.8的箱内, 在 $Ra=10^6$, 10^8 和 10^{10} 牛顿情态下,
底部加热对流的温度(T)场和涡旋(ω)场

(据 Yuen, Malevski, 1992)

这些快照摄于若干轮对流之后。所采用的格栅点是对 $Ra=10^6$: 160×48 ; 对于 $Ra=10^8$: 400×140 ; 对于 $Ra=10^{10}$: 800×70 。温度色标线性地划分为25个区间, 涡量的绝对值用对数作图, 并且分别用红色和蓝色表示正、负涡旋场。涡旋场的大小随 Ra 而增大。对于 $Ra=10^{10}$, 最大涡量值(ω)为 $O(10^7)$; 对于 $Ra=10^6$, 涡量值为 $O(10^4)$ 左右; 对于 $Ra=10^8$, 涡量值为 $O(10^5)$ 。小值 ω 用色标的中部表示

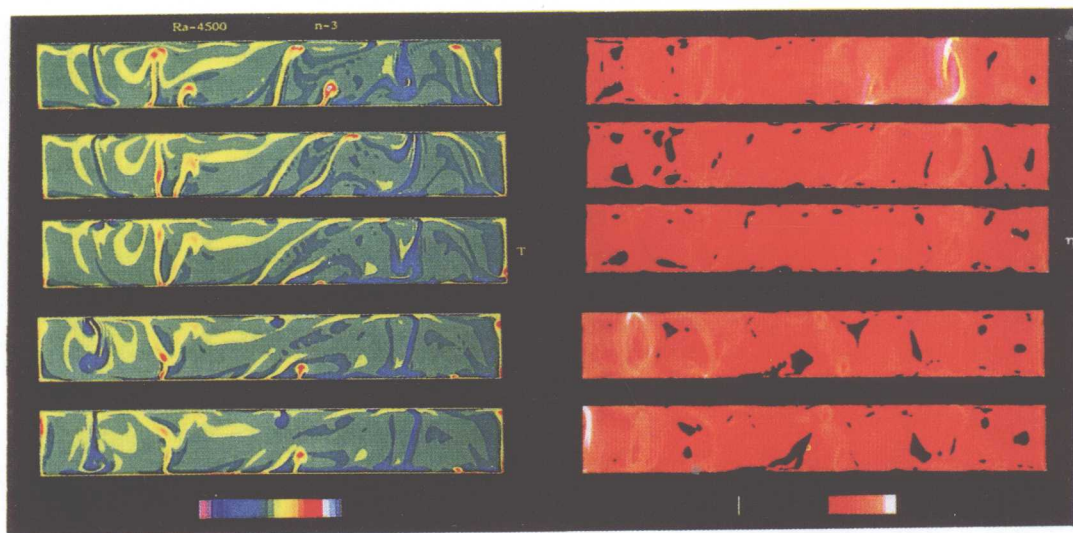


图 15-19 在 $Ra' = 4500$ (非牛顿情态) 的情况下, 温度场和粘滞性场的演化
(据 Yuen 等, 1992)

时间 $t = 0.00238, 0.00241, 0.00254, 0.00267, 0.00273$. 温度的色标同图 15-14. 粘滞性场用对数值表示. 色条用对数标度作线性划分, 并且分别用白色和黑色表示低和高粘滞性

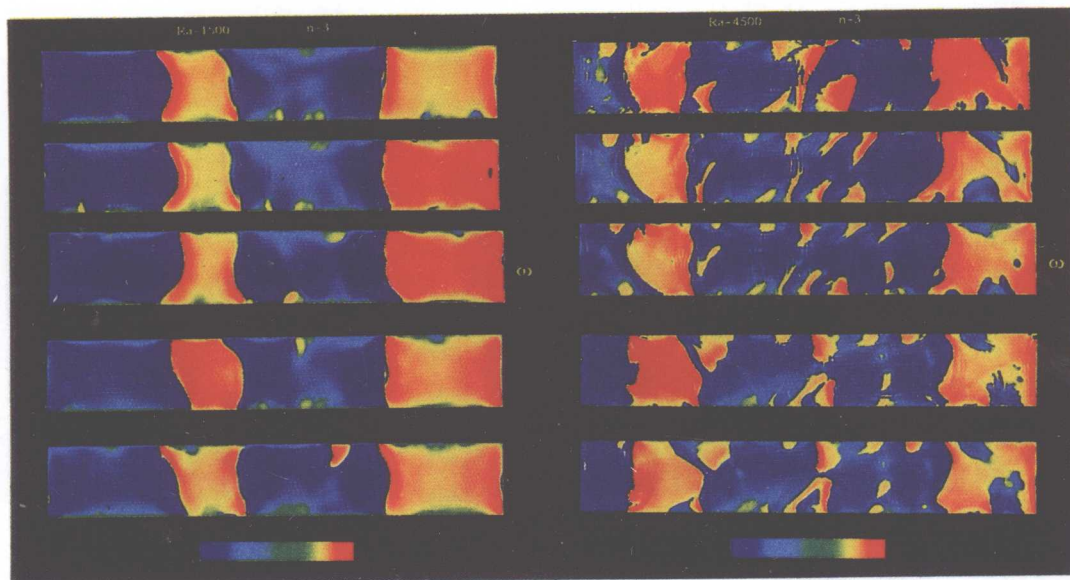


图 15-20 非牛顿对流的涡旋场的时间演化
(据 Yuen 等, 1992)

$Ra' = 1500, 4500$, 分别产生 13 和 23 的时间平均 Nu 值. 涡量 (ω) 的对数用图 15-14 中色条的相同惯例展示. 对于 $Ra' = 1500$ 和 4500 的最大涡量 (ω) 值分别为 $O(10^4)$ 和 $O(10^5)$. 对于 $Ra' = 1500$ 的时间 t 是 0.00363, 0.00476, 0.00554, 0.00615, 0.00754. 对于 $Ra = 4500$ 的时间 t 在图 15-19 中给出

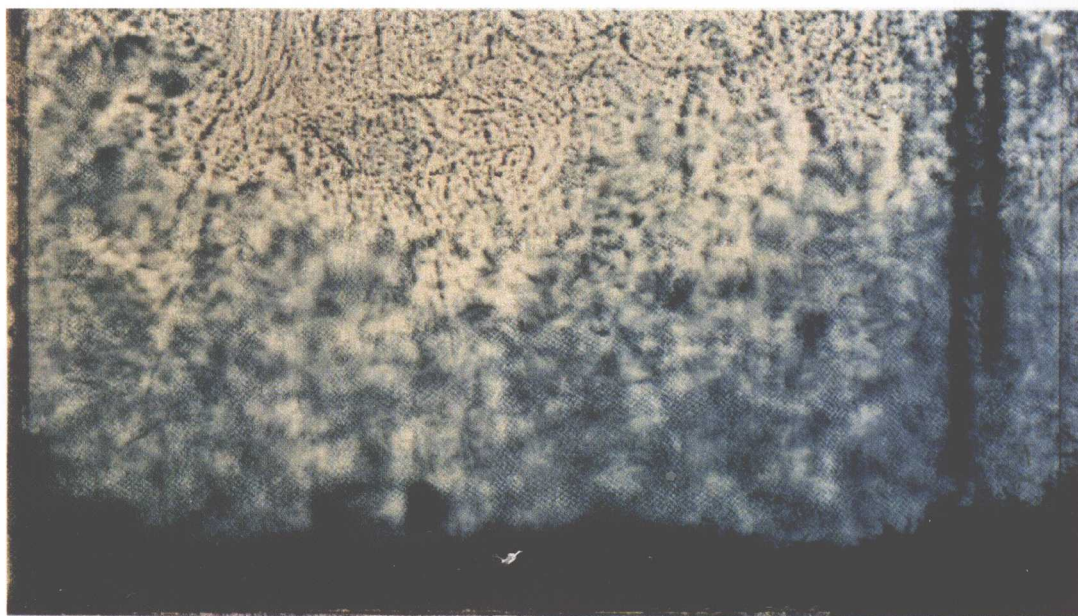


图 17-7 初始较重 KNO_3 水溶液层的残余液体恰恰达到与其上面流体的相同密度并且与其混合
(据 Huppert, 1986)



图 17-12 在 Rhum 的 Hallival 地方，一个已经完全固结的岩浆房，包含着由于正文中所描述和图 17-11 中所表示的过程所形成的分层
(C. H. Donaldson 摄像)

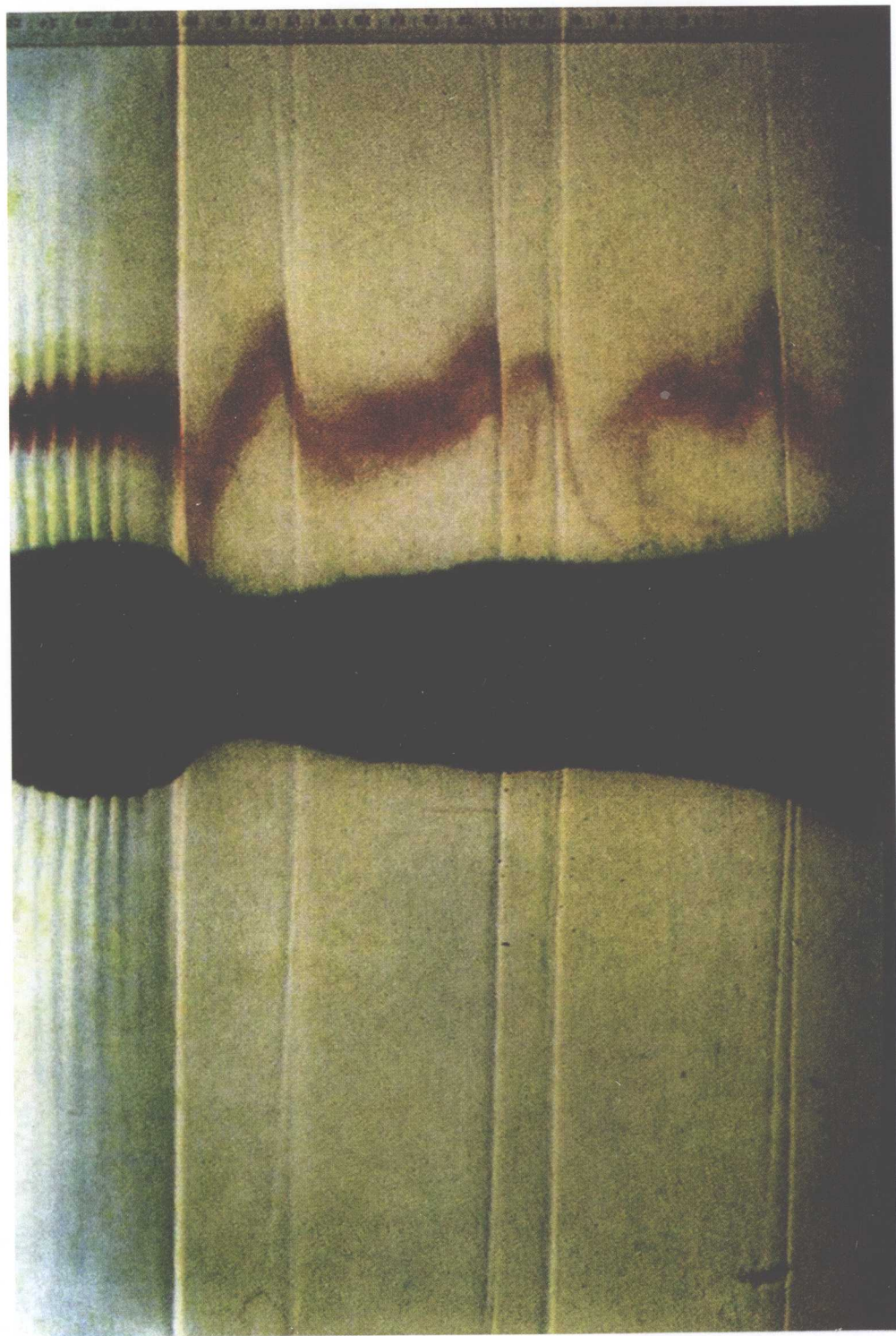


图 17-27 在一个中心竿子处 Na_2CO_3 水溶液冷却 22 小时
(J.S.Turner 摄像)

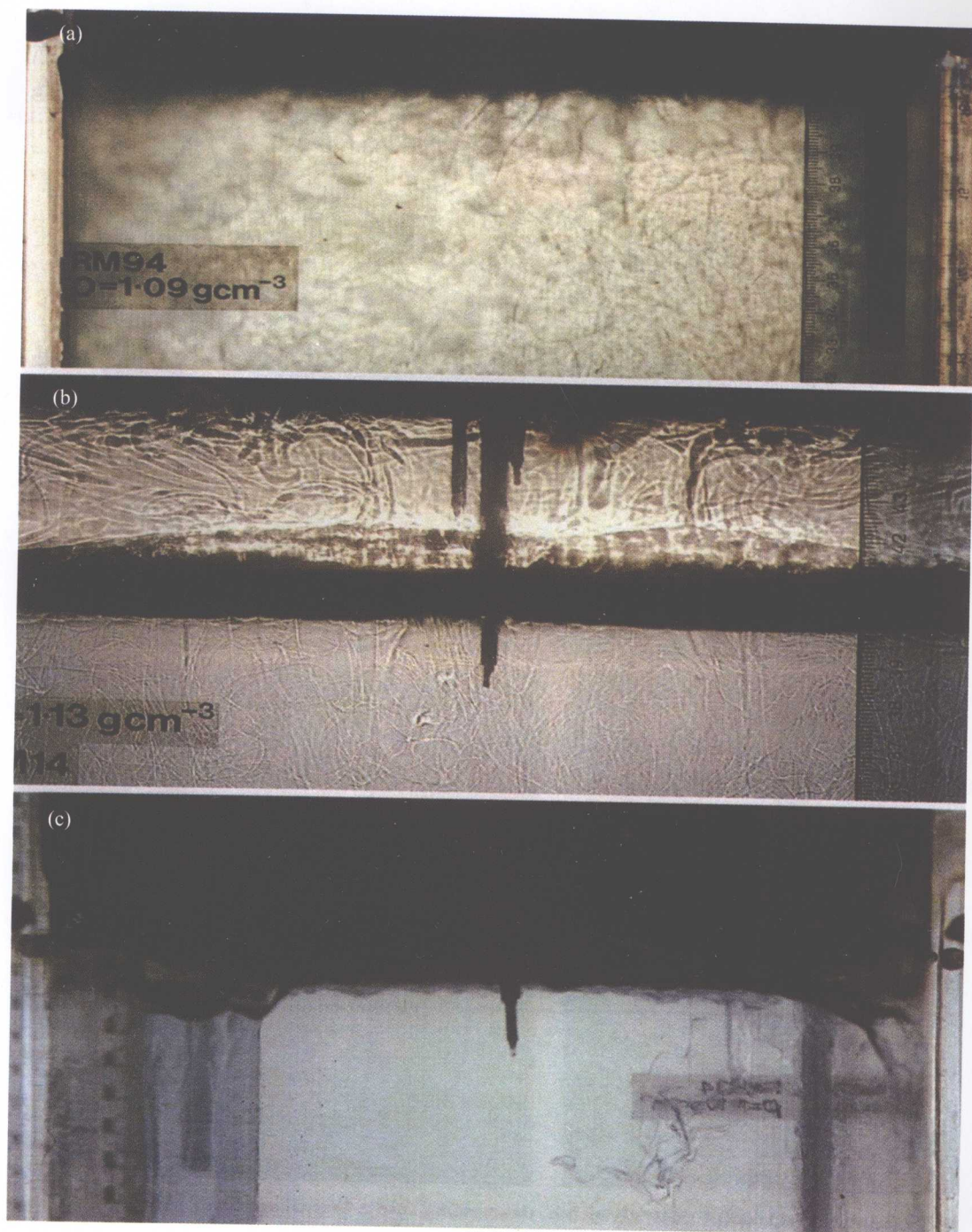


图 17-29 用热流体熔融一个蜡顶

(据 Happert, 1986)

(a) 熔体密度大于流体密度; (b) 熔体密度大于流体密度;

(c) 依赖于温度, 熔体密度大于或小于流体密度

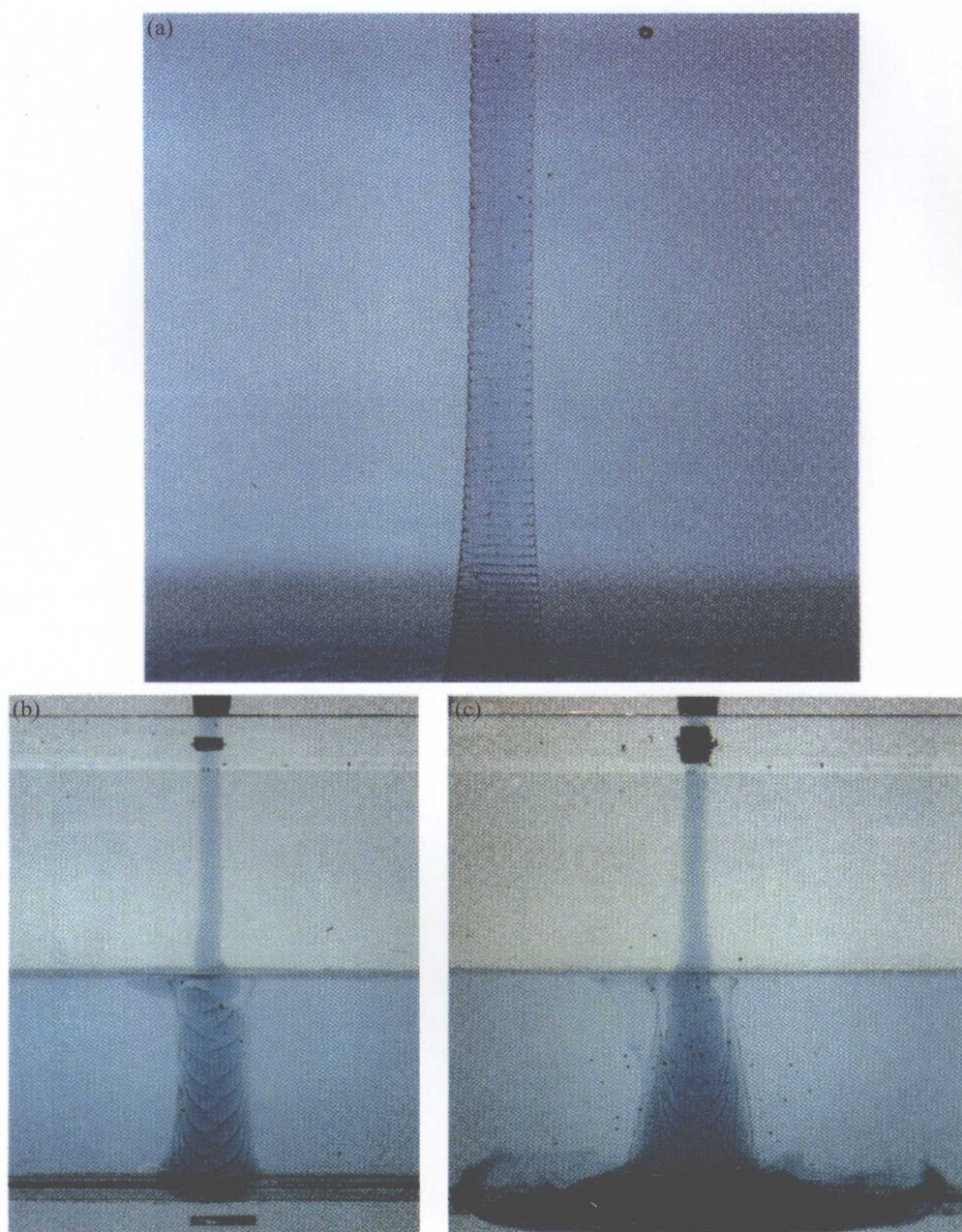


图 17-32

(a) 一个纯甘油的细条下沉到被甘油混染较少的较重的层之上较轻的水和甘油层中时，在自由表面处（恰好在照片以上）发生振荡，并且振荡以出奇的规则性持续到上部层中。
 (b) 和 (c): (a) 中甘油的源点下降到自由表面以下，界面处的不稳定性持续到下部层中

(据 Happert, 1986)

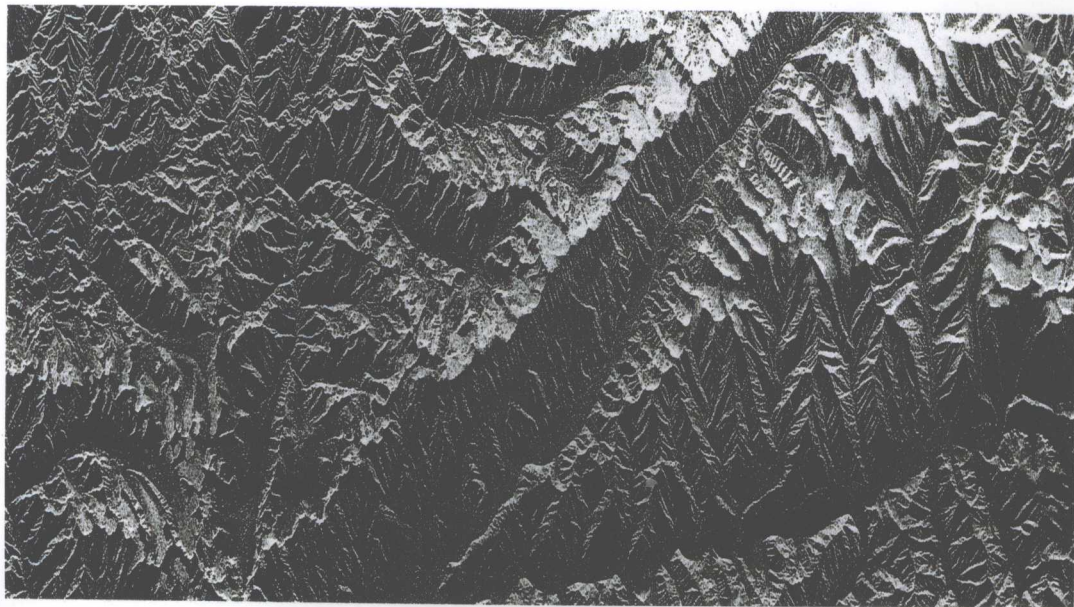


图 18-65 康西瓦主干断裂一部分的航天飞机 X-SAR 图像
(据郭华东, 1999)

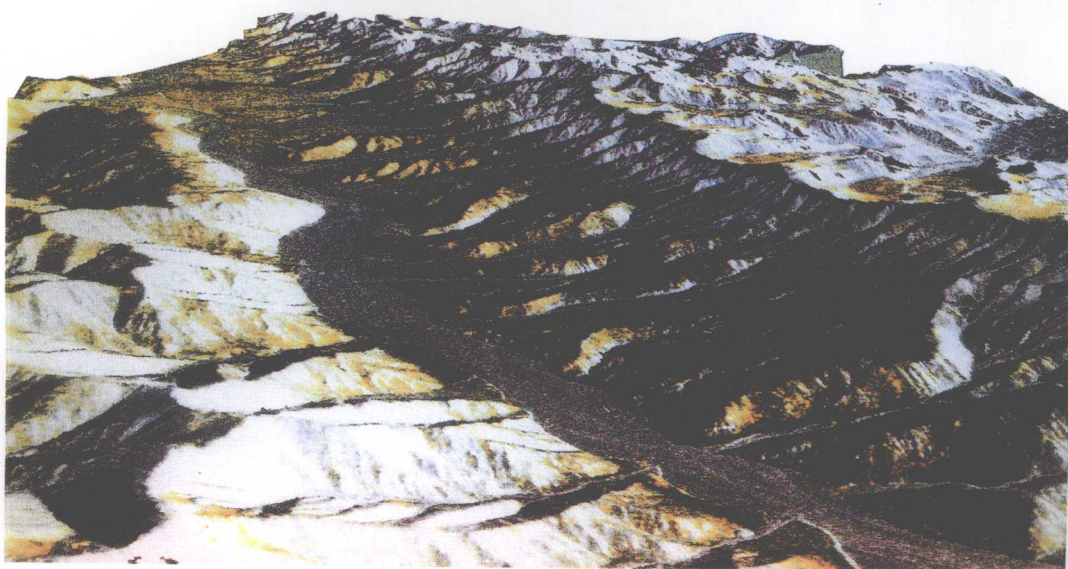


图 18-66 康西瓦东部的干涉 SAR 三维图像
(据郭华东, 1999)

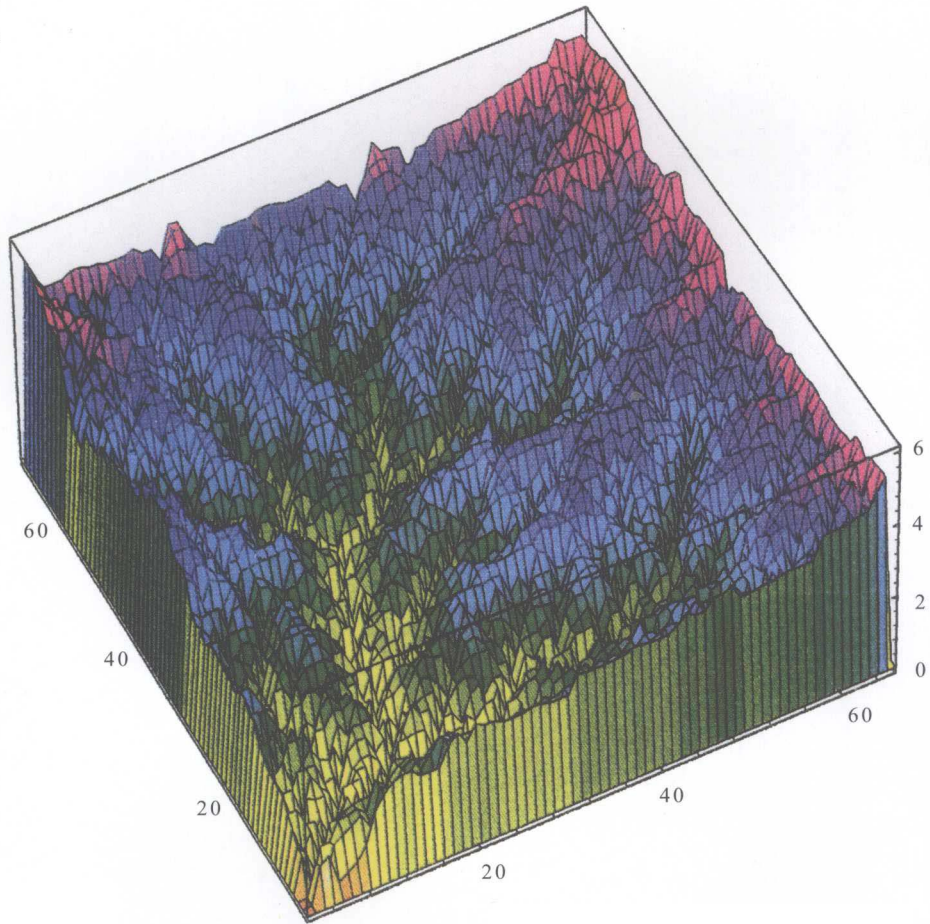


图 18-70 与图 18-69 中的河流网络相对应的自组织分形景观
(据 Rigon 等, 1994)

目 录

(上 册)

第一篇 总 论

第一章 地质系统的复杂性——概述	(3)
第一节 引 言	(3)
一、地质科学的简单回顾与展望	(3)
二、地质现象的本质与核心	(5)
三、地质系统的基本问题	(13)
四、地质科学的复杂性理论	(18)
五、复杂性研究的方法论	(18)
六、地质科学的基本领域及其相应的重大基础地质问题与基础理论问题	(18)
地质科学的复杂性理论:	
地质作用的自组织临界过程动力学——地质系统在混沌边缘分形生长	(19)
第二节 自组织临界性、瞬态混沌、混沌边缘和弱混沌	(19)
一、自组织临界性	(19)
二、瞬态混沌	(20)
三、混沌边缘	(20)
四、弱混沌	(20)
第三节 多组分的相干与协同及时-空斑图与化学波的形成	(21)
一、化学波和时-空斑图	(21)
二、斑图形成的范式——反应-扩散系统	(21)
三、多组分的相干、协同与时-空斑图以及化学波的复杂性与多样性	(22)
第四节 演化过程的分形动力学	(23)
第五节 混沌、时间混沌与时-空混沌	(24)
一、噪声与混沌	(24)
二、走向时间混沌	(25)
三、走向时-空混沌	(26)
第六节 作用的时-空结构	(26)
一、长程时-空关联与连通	(27)

二、分形时-空与标度相对性原理	(28)
三、时-空混沌结构	(31)
四、弱混沌拟序结构	(34)
第七节 分形生长动力学	(37)
一、自组织临界性产生的分形生长斑图类型	(38)
二、Laplace 型分形生长的动力学	(39)
三、渗流生长	(42)
四、扩散和流体力学分形生长的弱混沌动力学	(49)
五、分形生长的理论分析	(51)
第八节 自孤子和复杂性之源	(53)
一、自孤子	(53)
二、复杂性之源	(54)
第九节 有限大小标度理论	(55)
一、引言	(55)
二、关联	(56)
三、有限大小标度	(56)
若干重大基础地质问题研究	(58)
第十节 地球的结构与动力学	(58)
一、地球和类地行星的起源和内部结构	(58)
二、地球不同壳层的化学成分、性质和流变学	(60)
三、地球动力学过程的定位和强度	(61)
四、板块构造	(63)
五、岩石圈板块运动的理论模型与机制	(64)
第十一节 地球物质成分的复杂性与多样性	(65)
一、核合成理论与地球物质的原始多组分性	(65)
二、化学元素的自组织与元素的“岩石圈丰度”	(66)
三、量子地球化学与化学元素的共生组合	(66)
第十二节 地球物质结构的复杂性与多样性	(67)
一、扩散限定反应	(67)
二、扩散限定聚结	(67)
三、矿物的结构——以矿物环带构造的振荡分带为例	(68)
第十三节 地壳的变形	(68)
一、碎裂作用的分形理论与混沌地质构造	(68)
二、地壳变形的分形性	(69)
三、岩石圈结构化的自组织临界性	(69)
四、大规模大陆岩石圈变形	(71)
五、造山运动的驱动机制	(72)
第十四节 深层地球动力学	(72)

一、地幔对流	(72)
二、岩浆孤子与岩浆的起源、运移及侵位或喷发	(73)
三、岩浆双扩散对流和固结的相互作用动力学	(74)
第十五节 地层沉积过程的时间结构	(75)
一、时间序列的马尔科夫过程分析 (静态研究)	(75)
二、沉积旋回的动力系统分析 (动力学研究)	(75)
三、地层序列的分形和多重分形分析 (复杂性研究)	(76)
第十六节 广义地质作用动力学	(77)
第十七节 地质学场的时-空结构	(78)
一、地质学场的连续介质模型与地质学场的一般研究方法	(78)
二、地质学场的随机场理论 (静态) 与局域化耗散结构理论 (动态) 分析	(78)
三、场量时-空幂律分布的原因及其形成的动力学机制 (复杂性研究)	(79)
第十八节 地质系统围限效应的强度对系统演化进程的制约	(80)
第十九节 地质系统演化过程的分形动力学 (崩塌动力学)	(81)
一、极值动力学	(81)
二、阈动力学	(82)
参考文献	(83)

第二篇 地质科学的复杂性理论: 地质作用的自组织临界过程动力学 ——地质系统在混沌边缘分形生长

第二章 自组织临界性、瞬态混沌、混沌边缘和弱混沌	(93)
第一节 自组织临界性	(93)
一、一维沙堆模型的最小稳定性	(94)
二、二维和三维沙堆模型的自组织临界性	(95)
三、闭边界条件下的计算机模拟	(97)
四、空间展布与时间演化 (由平坦表面逐渐建立并达到平稳临界态)	(100)
五、自组织临界态的稳健性	(101)
六、开边界条件下的计算机模拟	(103)
七、结论	(104)
第二节 瞬态混沌	(106)
一、趋近奇怪吸引子的瞬态混沌	(107)
二、离开奇怪排斥子的瞬态混沌	(108)
三、临界慢化	(109)
四、瞬态过程与系统的规模	(110)
五、局域不稳定性与全局稳定性	(111)
第三节 混沌边缘	(113)
一、元胞自动机的普适类	(113)

二、混沌边缘·····	(119)
第四节 弱混沌·····	(123)
一、稳定性与混沌·····	(124)
二、动力学有序与混沌·····	(126)
三、结论·····	(139)
第五节 地质科学的复杂性理论：地质作用的自组织临界过程动力学 ——地质系统在混沌边缘分形生长·····	(140)
参考文献·····	(141)
第三章 多组分的相干与协同及时-空斑图与化学波的形成 ·····	(143)
第一节 化学波与斑图·····	(143)
一、引言·····	(143)
二、线性稳定性分析·····	(145)
第二节 斑图形成的范式——反应-扩散系统·····	(151)
一、二组分系统的斑图形成·····	(151)
二、二维的斑图形成·····	(157)
三、斑图选择和时-空“湍流”·····	(158)
第三节 Turing 斑图·····	(159)
第四节 多组分的相干、协同与时-空斑图以及化学波的复杂性与多样性·····	(161)
一、动力学模型的建立·····	(162)
二、不稳定性和波的传播·····	(165)
三、参与物种数的增加与时-空斑图以及化学波的复杂性与多样性·····	(167)
参考文献·····	(171)
第四章 演化过程的分形动力学 ·····	(173)
第一节 演化过程的共性和规律·····	(173)
第二节 系统演化的极值动力学·····	(174)
第三节 系统通过自组织而趋于临界态——自组织临界过程·····	(175)
第四节 自组织临界性是崩塌动力学的分形动力学吸引子·····	(176)
一、崩塌-间断平衡的时-空分形动力学·····	(176)
二、崩塌-间断平衡的串级分形谱系结构·····	(178)
三、平稳律·····	(185)
四、Levy 飞行·····	(186)
参考文献·····	(186)
第五章 混沌，时间混沌与时-空混沌 ·····	(188)
第一节 噪声与混沌·····	(188)
一、噪声·····	(189)
二、混沌·····	(190)
三、时间混沌、空间混沌与时-空混沌·····	(191)
第二节 走向时间混沌·····	(194)
一、分岔·····	(194)