



变质构造岩的构造分析

F. J. 特纳 L. E. 韦斯

地质出版社

1477/28

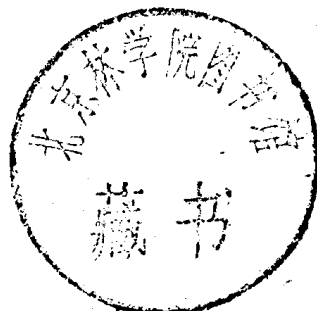
变质构造岩的构造分析

F. J. 特纳 著
L. E. 韦斯

周金城 张绍宗 宋鸿林 译校



北林图 A00069749



233883

地质出版社

内 容 提 要

“构造分析”作为研究变形变质岩石构造的一种手段是对常规构造研究方法的补充,亦称“构造岩石学”和“岩组学”。本书以变质构造岩为线索系统检阅了这一领域的成败得失,是岩组学问世以来的一次阶段性总结。全书共分三部分,计十五章。第一部分全面介绍了构造岩组的概念和各种规模组构的几何描述方法。第二部分扼要叙述了应力-应变理论,提供了几种常见构造岩矿物和岩石变形性状的丰富实验资料。第三部分论述了组构资料的解释原理,尝试地提出了作者对各种规模组构的解释,其中特别强调了运动图 and 对称在建立组构与运动、应变或应力之间关系时的重要意义。本书可供从事构造地质、区域地质和变质岩工作的地质人员参考。

Francis J. Turner and Lionel E. Weiss
**STRUCTURAL ANALYSIS
OF METAMORPHIC
TECTONITES**

International Series In The Earth Sciences 1963

变质构造岩的构造分析

F. J. 特纳 著
L. E. 韦斯

周金城 张绍宗 宋鸿林 译校

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1978年9月北京第一版·1978年9月北京第一次印刷

统一书号: 15038·新253·定价1.90元

序

1930年,布鲁诺·桑德(Bruno Sander)在他的名著 *Gefügekunde der Gesteine* (岩石组构)一书中,曾对变形岩石的组构、组构分析的新式几何方法和组构运动学解释的基本原理作过意义深远的讨论。自那以后,特别是第二次世界大战以来,桑德的方法曾在许多国家被采用,试图藉此阐明变质岩的构造,而且已获得了不同程度的成功。这方面的一个最成功的例子是关于苏格兰高原重复褶皱作用的性质和几何特征的研究——此项研究现在仍在进行。在美国,通过实施关于岩石和矿物实验变形的广泛计划——最初是在以诺夫夫人(E. B. Knopf)为主席的国际科学基金会的赞助下拟订的——已提出了一些新的可能性。现在是对天然变形岩石之构造或组构所涉及的有关概念和方法以及最适合进行组构分析的程序作重新估价的时候了。这就是本书的主题。本书开始先对构造分析这一领域作些一般介绍,然后分三部分展开讨论:第一部分介绍构造岩组构的概念和为各种规模的组构分析所提出的方法;第二部分旨在提供有关的应力-应变理论和实验资料的基础知识;第三部分——必然是尝试性的,特别是允许尔后加以修正——涉及到对构造资料所作的一些可能的运动学和动力学解释。

本书的对象是熟悉野外地质学、构造地质学和岩石学基本概念和方法的毕业生和地质工作者。构造分析是对变形岩石常规野外研究和显微研究的补充。可以指望它能揭示变形所产生的构造的几何性质,因而也能为进行变形过程的动力学和运动学推论提供资料。但是它不能代替地层学研究和广泛的构造研究。而且,这个领域中有许多问题,特别是在组构解释方面,目前还是有争论的。为了明确起见,我们宁肯冒主观武断的风险,以第一人称直陈己见;不过,所有这样的意见都是尝试性的,允许尔后加以修正。

同关于构造分析的所有其它著作中一样,本书对几何资料也借助于等面积投影来处理。这种投影方法和其用途在第一部分将作全面介绍。书中大部分投影图和相应的方位图采用了统一的大小。

本书未附综合性文献目录,代之的是提到了大量参考文章,这些文章涉及到一些经典作家——特别是桑德——的著作和主要是英文的近期出版物。它们之被选择,是为着说明和引伸本书所总结的概念和资料。

F.J.特纳(Francis J. Turner)

L.E.韦斯(Lionel E. Weiss)

目 录

第一章	构造分析的范围	5
	历史背景	5
	构造分析	6
	对称的意义	9
	本书的范围	9

第一篇 构造岩组构及其几何分析

第二章	变形地质体的内部构造排列：构造岩组构	13
	地质体及其等级	13
	均匀的和不均匀的地质体	13
	地质体的组构	16
	各向同性组构和各向异性组构	26
	构造岩组构的概念	27
	构造岩组构的对称	31
第三章	组构资料的图解处理	34
	构造分析的资料	34
	构造分析中的等面积投影	36
	方位图的意义	47
	组构资料的旋转	49
	构造分析的一般程序	55
第四章	小型构造分析——描述性的	56
	一般任务	56
	小型构造与小型组构	56
	小型构造分析的方法	57
	面状构造	66
	线状构造	73
	褶皱	75
	伴生小型构造间的相互关系	89
第五章	大型构造分析——描述性的	104
	目的	104
	大型构造岩岩体	104
	大型构造	104
	大型组构	106
	大型褶皱和褶皱系的分析	111

	线理的大型分析.....	135
	小型褶皱的大型分析.....	137
	大型域的均匀性和对称.....	142
第六章	显微构造分析——描述性的.....	143
	一般任务.....	143
	定向薄片的制备.....	144
	旋转台操作程序.....	145
	显微可见的组构要素和显微域.....	150
	优选方位的显微分析.....	157
	显微亚组构与小型亚组构和构造的关系.....	184
	一般性结论.....	186

第二篇 岩石的变形：理论和实验

第七章	应力和应变.....	189
	引言.....	189
	应力.....	189
	有限应变.....	192
	应力与应变之间的关系：流变状态.....	200
第八章	矿物和岩石的实验变形.....	206
	问题的说明.....	206
	格里格斯、汉丁及其同事们的方法.....	207
	岩石和矿物的脆性破裂.....	208
	矿物和岩石的延性行为.....	213
	蠕变.....	221
	几种矿物和岩石的实验行为.....	227
	实验资料在构造岩研究中的应用.....	230
第九章	实验变形岩石和矿物的显微组构，预测、观察和推论.....	232
	引言.....	232
	一般的理论预测.....	232
	金属的变形、重结晶和优选方位.....	235
	关于刚性颗粒在流动介质中定向问题的实验.....	238
	实验变形方解石和大理岩的显微特征.....	240
	其它实验变形岩石的显微组构.....	254
	实验资料在天然构造岩研究中的应用.....	257

第三篇 构造岩组构的解释

第十章	构造岩组构的解释——原理.....	261
	引言.....	261
	直接组分运动和间接组分运动.....	261

	构造岩组构的均匀变形·····	262
	变形分析·····	271
	构造岩组构的解释·····	272
	均匀变形过程中被动标志的变换·····	280
	运动图的运动学轴·····	282
第十一章	显微亚组构的解释：构造岩矿物的优选方位·····	286
	引言·····	286
	一般解释·····	286
	几种矿物的优选方位·····	290
	结论·····	316
第十二章	叶理（片理）和线理的解释·····	317
	一般问题·····	317
	叶理和线理与运动和平均应变的基本关系·····	317
	叶理和线理的一般组合：详细的动力学和运动学解释·····	319
第十三章	构造岩中的褶皱作用：褶皱——不均匀构造——解释·····	331
	引言·····	331
	同心褶皱和相似褶皱中的不均匀变形·····	331
	曲滑褶皱作用·····	333
	滑褶皱作用、剪切褶皱作用和流动褶皱作用·····	338
	构造岩中褶皱作用的一般性运动学模型·····	342
	叠加褶皱作用·····	348
第十四章	构造岩中的褶皱作用：褶皱系的解释·····	354
	一般问题·····	354
	褶皱系的运动学性质·····	354
	褶皱前线理型式的运动学意义·····	360
	复杂褶皱的图解展平·····	363
	均匀褶皱系和平均应变·····	367
	构造岩中褶皱作用的流变学研究·····	367
第十五章	构造分析的发展趋势·····	371

第一章 构造分析的范围

历史背景

一个多世纪以来，地质学家已经图示和记录了天然变形岩石的一些比较突出的构造特征，讨论了它们可能具有的动力学意义。他们的注意力特别集中在面状构造上，这种构造有片理、劈理或叶理等不同名称，也特别集中在叶理化岩石中的某些矿物——如云母和角闪石——显示一定程度平行排列的明显趋势上，这种趋势在现代术语中叫做优选方位状态。关于片理这种面状构造，有些作者认为，它是起因于垂直压应力的作用，而另一些作者则认为，它是沿片理面的剪切所致。威斯康星学派的地质学家把“流劈理”看作是，变形岩体中的最大应变面。关于片岩中云母和角闪石的优选方位，那时人们对受压重结晶或板状体在塑性应变基质中的旋转这样一些过程，在其演化中的相对作用作了大量推测。围绕诸如此类的问题，在十九、二十两个世纪交替的几十年中，众说纷纭、莫衷一是。但是，那时已清楚地知道，许多变质岩群以其叶理和线状构造的方位具有高度规律性为其特征，这暗示了变形过程有某些相应的规律性。此外，人们在叶理化和褶皱的岩石中还逐渐认识到，在叶理（劈理）和层理之间普遍存在一些简单几何关系。那时这些关系已被查明，并成功地用来解决过一些构造问题。

1911年至第二次世界大战这段时期，桑德和施密特（W. Schmidt）在奥地利提出的一些新方法、新概念，使变形岩石的研究来了一次革新。这些新方法、新概念于1930年综合发表，战后作了修正和充实。桑德的著作是现代构造岩石学的科学基础。1933年诺夫把它向说英语的地质学家作了介绍。桑德方法本质上是，在某一特定域内对岩石所有可测量要素的方位及其相互间的几何关系进行统计分析。关于这些构造要素，其中某些——层理、劈理、褶皱轴、线理等——可在野外测定，另些如角闪石柱体的长轴、云母片的{001}解理或石英颗粒的光轴之类，可在室内测定。每种构造要测定许多单个要素，它们的产状要标绘在一个适宜的投影面上，于是在累积标绘图上出现了规律性方位显示的分布趋势。桑德及其追随者证实，构造要素几何排列的高度表现一般是遍及整个变形岩体。他们发现这种排列可用构造岩组构这一概念来表达。更为特殊的是，各种构造要素的方位型式，倾向于遵守一种共同的对称。桑德强调对称，把其作为天然变形岩石的基本特征，这多半是他对构造地质学作出的一项最富创见、最有意义的贡献。他假设，构造的对称受母岩构造各向异性的对称和变形涉及的作用力、应力以及内部运动各自所具对称的影响，据此，他对岩石构造作出了他的解释——当然属于推测范围。

本书提到的许多概念和方法主要根据桑德。对于他的概念中的某些，书中根据岩石变形的最近实验和野外研究成果作了修正，另一些则已被废弃。本书采用的包含许多新发现的示例，是引自英文出版物。虽然我们不认为自己已经通晓桑德的原理，但他对本书的深远影响每位读者都能一目了然。对于书中误归桑德的或在翻译其著作过程中误译了的任何观点或概念，我们负全责。

在变形岩石现代构造分析中，与褶皱几何性质和构造在褶皱轴方向上的持续性有关的概念日见重要。这些概念特别是由瑞士学派地质学家提出的。后来，麦金太尔 (D. B. McIntyre) 在苏格兰高原一个小地区内，通过用这些概念解释孟阴 (Moinian) 和达尔拉德 (Dalradian) 两个相邻岩体的构造关系，把它们向说英语的地质学家作了介绍。在此以前很久，菲利普斯 (F. C. Philp) 在这个高原一个大得多的地区内，就曾应用桑德方法对孟阴岩体中线理以及伴之出现的石英和云母方位的运动学意义作过阐述。在这样一些研究和苏格兰地质调查所高原学派长期以来形成的那种正规构造制图优良传统的鼓励下，伦敦帝国大学的地质学家，起初以里德 (H. H. Read) 为首，后来以萨顿 (J. Sutton) 为首在苏格兰高原把详细构造制图和统计分析作了卓有成效的结合。通过他们的工作，为该区沉积堆积层及其下伏基底，揭示了一幅遭受深成变质作用和重复变形的内容无比广泛的图景。因为这个缘故，在讨论野外领域的构造分析时，我们将随意引用帝国大学地质学家所发表的论文。这些论文强调的与其说是矿物颗粒的优选方位，不如说是褶皱（简单的和复杂的）、叶理和线理的几何特征。

在构造分析中，构造解释这一方面已经日益受到岩石变形实验研究成果的影响。这些实验是在与天然变质环境一致的温度、压力下进行的。美国已经作了这些实验研究的大部分，这主要是在诺夫影响下开始的。格里格斯 (D. T. Griggs) 在哈佛实施过一项实验变形计划，这项计划最初致力于研究大理岩、方解石和石英。第二次世界大战以后，这项计划又在加利福尼亚大学地球物理学院继续进行。过去十年中，汉丁 (J. Handin) 及其同事在得克萨斯州休斯敦谢尔 (Shell) 研究所实施了一项类似的补充计划，这项计划旨在研究另一些岩石的变形行为，如白云岩、石英砂之类。通过这些研究，在强度、延性、蠕变、矿物和岩石的流动机制、优选方位型式的演变以及应力、应变与岩石组构之间的相互关系这样一些课题上，增添了大量资料。这些资料澄清并扩充了我们对构造岩组构成因的认识，同时使我们更清楚地知道如何进行构造岩的构造分析——特别是在显微规模上——可以解决变形变质问题。此外，这些资料还使奥地利学派那个解释原理的某些方面，如组构对称的意义等，得到了证实和巩固。这个原理的其它方面，特别是有关构造岩矿物优选方位形成机制的那些方面，没有得到实验证实，必须摒弃。

桑德所提出的构造分析总是要求把野外研究与显微研究结合在一起。今天比三十年前对野外观察到的褶皱及与之有关的叶理和线理更加强调。构造岩矿物优选方位分析是一项更进一步的改进，它能澄清根据野外资料作出的推论，还可建立构造岩矿物演变与构造演变之间的关系。这样揭示的变形进程，应当与矿物和岩石在有地质意义的条件——高围压、高温和低应变速度——下实验测试的变形行为相一致。

构造分析

定义和目的 本书研究范围德语通常说 *Gefügekunde der Gesteine*。这个短语译成英文有岩组学、构造岩石学和构造分析三种不同译法。遗憾的是，现在前两个术语带上了显微研究的含义，而这并不是桑德的本义。桑德把所有岩体，不管其大小，都视为各向同性的或各向异性的单元，这些单元的内部构造要素一般显示有规律的空间排列。构造地质学家的一个目的就在于，研究和解释单元体内构造的这种排列规律性，而所涉及的单元体，

就大小而论，可从包含数百个矿物颗粒的集合体直至一个造山带的主部。

构造分析一语在本书中与桑德的 *Gefügekunde der Gesteine* 同义。它涉及到两个不同的研究程序。首先是研究和描述处于现存状态的岩体，除了在野外根据较差的露头界线圈定的岩体之外，尽可能避免使用推断和外推法。其次是对描述资料作成因解释，设法重建所讨论岩体的构造演变过程。

应当强调指出，变形岩石的构造分析是地层学研究和其它常规地质方法的补充。例如，在苏格兰高原，传统地质制图和后来由皮奇 (Peuch)、霍恩 (Horne)、贝利 (Baily) 以及其它一些人进行的出色构造综合，为该区揭示了一幅长期沉积、随后发生加里东变形变质的广阔图景。现在，同一地区的构造分析又在其复杂性至今未被怀疑的变形史的细节上增添了新资料。加里东造山带这一部分的地层史和构造史最终将根据这种资料加以修正。

构造分析的因素 变形岩石的构造复杂性部分得自原岩——火成岩、沉积岩和变质岩——具有的性质，部分得自变形过程。影响变形岩石构造复杂性的主要因素如下：

1. 原岩的内部构造排列和与之相关的物理性质。
2. 变形期间作用在岩体上的外力和表面牵引力。
3. 由岩体对外力的反作用引起的内应力。
4. 岩体内部存在的位移、应变、旋转和不同域的差异运动。应力正是由于这些因素而消失或减小到流动极限 (flow threshold) 以下的某个值。
5. 变形后岩体的内部构造排列和与之相关的物理性质。

桑德强调过把这些影响因素分别具体化的必要性，还强调过必须划清岩体所出现之几何、物理性质 (上面第 5 条) 和根据第 1—4 条对这些性质所作成因解释两者之间的界线。一个变形岩体的几何资料共同构成一种性质，这种性质与一个晶体的对称和构造相似。不同观察者在同一岩体上工作，应当得出相同的可再现的几何资料。但是几何资料的解释，例如重建变形过程涉及的内部运动或外力，则必定是比较带推测性的。相同几何资料由不同地质学家来解释，即使依据相同的经实验证实的流动和变形理论，也可能得出迥然不同的结论。

几何分析、运动分析和动力分析 概述 对于变形几何资料既可作运动解释又可作动力解释。物理学家对这两种解释作了明确区分。例如，克拉克马克斯韦尔 (Clerk Maxwell) 在论及一个系统的运动时写道：

到此，我们一直在纯几何方面研究一个系统的运动。我们说明了在不考虑物体间相互作用所产生的任何运动状态的情况下，如何研究这样一个系统——无论其多么任意——的运动。

按这种方式研究运动的理论叫做运动学 (Kinematics)。当考虑物体间的相互作用时，这种关于运动的科学叫做运动力学 (Kinetics)；而当把注意力特别放在运动的起因——力上时，那种关于运动的科学叫做动力学 (Dynamics)。

从几何资料中，地质学家可以指望大量获得变形岩体内不同域相对运动的知识。不考虑在有关域间起作用的物理因素，这些知识可以用纯运动学概念——应变、旋转、直移等——来表达。幸而，经受畸变或改造的岩体，从母岩继承下来一些构造特征 (褶皱层、变形鲕粒等)，这些特征一般有一些标志，根据这些标志大可对变形作运动推论。地质资料的动力解释一般比较含糊。目前，对于变质期间处于流动状态下的岩体的物理状态，知

道的很不完备, 因此, 虽然可以从运动学角度推断流动型式, 但要想重建有关的力和应力总有点冒险。

这样看来, 变形岩体的全构造分析分为三个方面——几何的、运动的和动力的。下面我们对这三方面分别进行讨论, 先讲基础概念可靠性高的, 后讲低的。

几何分析或描述性分析 几何分析是直接测量和观察变形体的几何的和物理的特征。如果以后的分析是纯运动学的, 那么, 只须要测量和观察几何特征; 但如果以后要作动力学分析, 则弹性、延性之类物理性质就将起重要作用。理想的几何分析是描述性的, 没有推测的。

运动学分析 运动学分析是根据几何分析提供的资料, 设法重建变形期间发生在岩体内的运动——应变、旋转、平移等等。这种分析可按下列两种方式进行:

1. 直接根据运动学概念可以解释变形体的几何特征, 这些运动学概念是基于这样一个经验假设, 即变形体内部几何排列的性质反映着复晶体变形期间必然出现的差异位移、旋转和应变所表现的几何排列。桑德把这些相对运动形迹通称为变形运动图 (movement picture) (P265) 页。在评价运动图时, 对称原理具有极大的重要性。

2. 把变形体出现的最终状态与某种假设的初始状态相对比, 提出一条运动发育轨迹。但是, 即使根据相同观察结果和有关初始状态的相同假设, 也有可能得出不只一种运动学重建方案。举例来说, 假设沉积岩层初始呈水平平面状, 要由此而形成一倾伏平卧褶皱至少有如下三条任选的发育轨迹

- a. 先围绕一水平轴形成褶皱, 然后这一水平轴再发生倾斜。

- b. 岩层先发生倾斜, 然后再围绕一倾斜轴弯曲。

- c. 褶皱和轴的倾斜在一次变形中同时形成。这第二种运动学分析的正确程度, 取决于对初始状态所作假设的完善程度。根据已知种属变形化石的形状可以可靠地估计应变。这时, 假设应变鲕粒变形前呈球形是合理的, 而假设变形卵石初始呈球形则很少这样作, 等等。变质岩中的多种似层理 (layering) 和叶理最初几乎肯定呈平面状, 而继承性沉积层理变形前必然是大体水平的。

动力学 (包括运动力学) 分析 动力学分析旨在重建地质体内的应力, 重建内应力的反作用力, “外力”或“强置力”和表面牵引力或体力。只有对边界明确的、内部构造与地壳中相邻岩体不同的岩体, 才能有效地进行这种分析。例如在苏格兰, 位于高原边界 (Highland Boundary) 断层和孟阴冲断层之间的那个岩体就是这样的岩体; 这个岩体是由孟阴和达尔拉德变形岩石所组成。又或如在加里福尼亚, 最终或许有可能设法对内华达山西部山前地带进行运动力学分析。

在岩体变形是固态流动产物的情况下, 应变的动力学解释依赖于该岩体的流变状态, 于是出现了这样一些问题: 流动本质上是弹性行为还是塑性行为 (不可逆的)? 考虑到许多地质应变率极其缓慢, 岩体的行为在普通实验经验范围内, 是象塑性固体还是更象粘性液体? 再者, 想到岩体显示“粘性”行为的可能性, 要能在所观察的规模上产生应变, 须要在漫长地质时期内施以多大的应力? 如此等等。这些问题至今尚无确定无疑的答案, 因此相应地, 岩石构造的动力学解释仍是有争论的、带推测性的。

对 称 的 意 义

桑德在他论述 *Gefügekunde der Gesteine* 的全部著作中, 反复强调了岩石构造全对称的首要意义, 把其作为运动分析的一个关键。由于在世界许多地区开展了构造分析, 由于室内实验提供了应力与应变的和应变与构造的对称关系的资料, 所以构造分析的成因意义已日益显露出来。最近, 佩特森和韦斯对这个概念作了修正和引伸, 他们的结论将在本书后面章节加以探讨。桑德认为, 在构造对称中反映了应变和运动的对称, 这个观点在佩特森和韦斯所讨论的意义上是一种对称分析 (Symmetry argument), 对此, 他们写道:

所谓对称分析, 意思是根据相关量的对称关系推论未知量的对称……

这样来研究对称, 在研究可供作全分析的资料不充分的现象时, 能够作出某些最初步的推论。因为这个原因, 对称分析在地质学中——那里, 过去物理影响的定量资料常常不能得到, 且没有对所讨论岩石的物理性质进行定量测量——被援用了。相反, 在物理学中, 一种现象各个方面的定量资料都能在实验室中得到, 因此, 对称关系通常未被明确讨论, 但是, 在其比较全面的定量描述中隐含着这些关系。

在对称分析和量纲分析之间可以找到相似之处。量纲分析表明, 在任一由所研究现象有关物理量构成的方程式中, 量纲在方程式两边必须相同, 这一原理在没有物理量的全面关系时常常被用到。类似地, 也有一些控制这些量对称的一般性原理……因此, 为了能给地质现象作出某些结论, 即使其全部细节未知也能作到这点, 桑德在构造分析中所使用的对称原理可以视为对称分析在地质上的应用。

对地质体进行运动学和动力学分析, 可以应用何种对称原理, 用它有什么局限性, 这些将在讨论构造资料解释的章节里看到。在那些章节里, 我们要再次强调构造对称的重要性, 它确是构造解释的一个关键。

本 书 的 范 围

本书的内容, 是对变质期间发生了变形的岩石中的构造作描述性分析和解释——在各种规模上, 从显微域到一张地质图表示的范围。为了尽可能把论据和推理区别开来, 我们按如下三篇叙述了材料:

第一篇主要叙述构造岩组构几何特征的观察以及测量、记录和表示这些特征的方法。

第二篇主要介绍与构造岩问题有关的实验资料。

第三篇基本是解释性的, 并特别根据已发表的例子, 略述了一些解释构造岩组构固有特征的运动学和动力学意义的流行理论。

我们的主要目的是:

1. 论证几何资料统计分析 (用投影方法), 在建立各种规模变形岩体中存在的内部几何性和物理性排列中的应用。
2. 整理和总结有关矿物和岩石应变的实验资料。
3. 根据实验和物理理论, 论证在研究岩体几何特征和变形史时应用几何资料的可能性。

一个地区的变形史只是其总地质史的一个方面。因此, 本书涉及的也只是地质研究的一个方面。这个方面, 虽然其自身是完整的, 但它所提供的资料, 最终必须要由比较传统的地质研究所作的推论给予补充。

第 一 篇

构造岩组构及其几何分析

第二章

变形地质体的内部构造排列： 构造岩组构

地质体及其等级

地质体 桑德在他论述构造分析的两大卷著作的标题中，使用了地质体这一术语。这个术语广泛用于地质学中，它是泛指为不限大小的研究或评论而选择的任何体积的岩石。既然这样，不管是加里福尼亚内华达山的巨大深成花岗岩体，还是苏格兰高原界于孟阴冲断层和高原边界断层之间的变质岩体；不管是包裹在蛇纹岩中大小只有几英寸的阳起石片岩结核，还是组成一块砂岩薄片的石英颗粒集合体，所有这些都是地质体。有些地质体，如上面列举的那些，具有构造或成分上的一致性，并有自然形成的界面；另一些地质体，如出露在一张地形图所限范围内的岩石，是用非地质标准圈定的。

地质体的等级 为了研究方便，地质体可以按其“绝对”大小划出几个范围，一个范围叫一个等级。不同的等级须要的研究手段不同。在此采用如下四个等级：

1. 亚显微级：这一级地质体很小或颗粒极细，以至无法用光学方法来研究。观察和分析它们要用X光法。构造分析的X光法虽然已广泛用于研究单晶，但至今尚未用来研究岩石一类的晶体集合体。

2. 显微级：这一级地质体如薄片或磨光面之类，用显微镜可以方便地对其进行全面研究。

3. 小型级：这一术语我们已经作过介绍，它所包括的地质体通过直接观察（用或不用低倍镜）就能在三度空间进行有效研究。其大小可从手标本到大而连续的露头。

4. 大型级：这一级地质体很大或出露极差，以至不能直接对其进行全面研究，只能借助小型地质体观察结果的综合和根据这些结果进行外推作间接研究。它们的大小可从孤立露头组成的露头群到可制图的最大岩体。

许多完整的地质研究涉及的只是三个较大等级上的观察结果。虽然这三个等级的研究手段不一，但地质研究的目的却一样，亦即都是确定所研究地质体的构造、组分，如果有可能还要确定它的发展史。

均匀的和不均匀的地质体

均匀性 (Homogeneity) 的概念 在几何方面，构造分析涉及的是地质体几何性构造的内部排列关系，这种排列关系可通过观察地质体的一些容易接近的部分和在这些部分之间进行外推来确定。在作这种外推之前，重要的是必须确定地质体内部排列关系上的空

间一致性。均匀性这一概念完美地表达了这种一致性。

严格均匀的地质体 一个地质体如果从中任取的两个方位相同、体积相等的单元或样本在内部排列关系上也相同的话^①，那么它是严格均匀的。单晶或化学组分一致、未经变形的玻璃被认为是最接近严格均匀的，而且它们的均匀性还反映在折射率或密度之类物理性质的一致性上。

统计均匀的地质体 因为不连续性是物质的基本特征，所以事实上严格均匀性是不存在的。一个晶体只有在其样本大于包含在晶体格架中的组分及构造上的不连续体的场合，才能认为是均匀的；甚至一块玻璃也只有在其样本明显大于其中局部生长的离子团——不完善的晶核——的场合，才可认为是均匀的。因此，实际上一个地质体只有在各个样本都大于每一样本内部有代表性分布的那些构造不均匀体的场合，才能在统计意义上说它是均匀的。这样的样本被认为是统计上相同的，而它所代表的那个地质体是统计均匀的^②。如果把标本分小，小到足以看出小样本间的构造差别，那么，这个地质体在较小规模上看可以是不均匀的。为了证明一个从小规模上看是不均匀的地质体在大规模上看是均匀的，通常，必须对比这个地质体的一些大规模上的样本。

上述关系清楚表现在岩石一类晶质集合体中。两块等大的细粒深成岩的手标本，之所以可以认为具有相同的几何特征和物理特征，是因为从统计观点看在每块标本上每种按相同统计方式排列的矿物具有相同的数目。但是，同样岩石的一个小块，如直径几毫米的一块，如果把其分小，小到每部分只含几个矿物颗粒，那么，这个小块就是不均匀的。这是因为在分小后的规模上，这种岩石要显著表现出不连续性，如图2—1所示。

因为在物质世界中没有严格的均匀性存在，所以这里使用“均匀的”这一术语来描述那些在某一特定规模上是统计均匀的地质体。这种用法意味着，所研究的地质体的较小部分可能是不均匀的；还意味着这个地质体可能是一个均匀的或不均匀的更大地质单元的组成部分。

构造的均匀性 一个地质体就其各种特征或物理性质而言，可以是均匀的或不均匀的。在各种特征或物理性质当中，最明显的是有关组分和构造的特征。在此，我们主要关心的是构造的均匀性，这种均匀性意味着，就岩体的所有可能具有的构造特征来说，都具有均匀性，但这样的均匀性不易确定。当说一个岩体的构造均匀性已被确定时，这一般是就其一些特定几何特征而言，如果考虑另外的几何特征，则这种均匀性可能消失。举例来说，一个大的水平层状沉积岩体，当其任一部分在层理的几何性质上与任一其它部分统计相同时，那么就其层理而言，这个岩体可以被认为是构造均匀的。但同是这个岩体，就其层理面上的细沟或凹模（flute cast）之类线状构造而论，又可能是构造不均匀的，原因在于这些线状构造在岩体内发育程度不同，方位从一部分到另一部分有很大变化。

如果一些岩体在一定规模上看不是个个都是均匀的，那么，它们的整体就是不均匀的。任意圈定的最大型岩体，在其整体规模上是不均匀的，虽然它们可以被细分成一些均匀的部分。此外，甚至那些组分上实际是均匀的大岩体，如某些深成花岗岩体，也可以是

① 当一物体的两个相等且相似的部分——内含互相平行，互相连通的对应线——不能根据质的任何差别互相区分时，这个物体被认为是“均匀的”。

② 佩特森和韦斯对统计均匀性定义如下“当一个物体的任一体积单元内，平均内部结构与大小不小于所研究规模的所有其它体积单元的平均内部结构时，此物体被认为在一定规模上是“统计均匀的”。