

构造地震

地壳运动

藤田至則 鈴木尉元 编



● 地 质 学 版 社

40025

构造 地震 地壳运动

藤田至則

鈴木尉元

编

龙学明 译

刘海阔 校

地 质 出 版 社

地球科学講座

第8卷

構造地質

藤田至則

鈴木尉元

昭和57年5月10日初版 3刷発行

构造 地震 地壳运动

藤田至則

鈴木尉元 編

龙学明 译

刘海阔 校

*

责任编辑：殷维翰

地质出版社出版发行

(北京西四)

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：6.75字数：168,000

1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷

印数：1—1970册 国内定价：2.75元

ISBN 7-116-00323-1/P·281

扉 照 说 明

扉照1(a) 中部中新统槻木郡與基底花岗岩的高角度斜交不整合。人站立的附近是垂直的不整合面，左侧为中生代花岗岩，右侧不整合面附近为花岗岩的角砾岩，右上侧还可见巨大角砾，并渐移为夹有粉砂岩的砂岩。（宫城县角田市丸森车站西侧，参照正文18页）

扉照1(b) 上新统瀬户群陷落盆地边缘分佈的边缘基底砾岩。人站立的位置是中生代花岗岩，其前方约50厘米处为垂直的不整合面，右侧为巨大的花岗岩角砾。（岐阜县瑞浪市稻津町，参照图1—11，由陶土团体研究会提供）

扉照2(a) 中新世三浦群初声层中的共轭正断层系，属正文图2—14的B断层系（神奈川县三浦市松轮）。

扉照2(b) 中新世三浦群三崎层中的共轭逆断层及切割它的新期正断层，分别属正文图2—14的A断层系和C断层系（神奈川县三浦市诸磯）。

扉照3 发育于渐新一中新统对州群中的对称褶皱（长崎县上对马町比田勝南南东约1300米的海岸。长浜春雄提供）。

扉照4 系魚川—静岡构造线。老第三纪的瀬户川群（左上）沿系魚川—静岡构造线（从右上至左下）上冲于中新统栲形山层（右下）之上。本区域的构造线为逆断层，夹20厘米厚断层粘土，倾角 48° 左右。瀬户群倾角约 50° ，栲形山群近于垂直（山梨县南巨摩郡早川町新倉。参照正文图8—1。竹内敏晴提供）

扉照5 比例模型实验装置。由油压电子控制系统控制水平活塞—1，2，和垂直活塞—3的运动，推动模型变形。变形速度可从0.8毫米/分到10毫米/秒连续变化（地质调查所丸井制作所。参照正文106页）。

序 言

构造地质学是研究地球表层（地壳）构造及其运动规律的地质学分支，它和研究组成地壳的岩石及其发展规律的岩石学，分别构成地质学的两大支柱。构造地质学不仅和研究地球物理规律的地球物理学有着不可分割的关系，而且和研究地球化学规律的地球化学有着密切联系。近年来，有人主张把这四个分支学科融合成一个体系，名为地球学（geonomy），其原因可能就在于此。这样做虽然可以，但是国内外的构造地质学的现状，比之还有相当距离。本书仍以构造地质学自身的体系为基础，以教科书形式编写。

作为教科书，本因论述国内外公认的构造地质学各派观点，但这些观点实际上是由各学术流派所特有的完全不同的地球观的具体表述。本书限于篇幅将不予阐述，有关这方面的内容，请参考下列著作：《地球科学入门》（山下，1967，国土社）；「日本の構造地質学研究」《日本の地質学》（山下、藤田、垣見，1968，日本地質学会）；「深部構造研究の歴史的概観と現状について」，（鈴木，1970，地質ニュース，No. 188，189；《地質構造の形成》*（植村、水谷，1979，岩波書店）。

鉴于最近国内外构造地质学界板块构造说盛行，并涉及到日本的地质构造及构造运动这一根本问题，本书不得不论及这方面的观点。

根据板块构造假说，以海沟和岛弧为特征的日本列岛，正位于太平洋板块和菲律宾板块的俯冲带上，至少自古生代以后，日本列岛的一切地质构造及其运动都可用俯冲板块及其运动来解

* 原著误为《地層の変形》——译者注。以下凡未加“释者注”者，均为原注。

释。然而，本书基于“日本列岛的地质构造及地壳运动是发生在包括部分大陆在内的区域性断块的上部或其边缘部分，是深及地幔和地核的深部变动的结果”的假说为主导。因此，与其说日本列岛的地质构造及其运动原因是板块俯冲，不如说日本列岛的地质构造和板块俯冲带都是由于地球深部变动的结果。

为使读者了解本书的宗旨，试将本书的特点列举如下：

1. 地层单位中包含着时间和空间因素，它们在构造地质学系统化中起着决定性作用。但以此为内容的构造地质学著作却是非常罕见的。本书的第一章就论述有关这方面的问题。

2. 作为构造地质学主体部分的岩层和岩体变形及其运动理论在第二、第三章里讨论。各章中涉及的所有素材都取自日本列岛，并尽可能明确地表达著者们辛勤劳动获得的认识和理论，这是本书的编写方针。

3. 岩浆活动过程中的构造地质学规律非常重要，但在本丛书的《地壳·岩石·矿物》（牛来，1968）中已经论述，故在本书的第四章中只作适当补充。

4. 第五章是实验构造地质学，主要论述相似实验和数学模拟实验的构造解析法。著者们热衷于沉积盆地、断层、褶皱、火成岩体等形成机制的实验，并以之制成各种模型，但也强调野外调查获得的假说对实验起决定作用的重要性。

5. 日本列岛位于环太平洋造山带的一角，至今构造运动仍很活跃，积累了大量的测量学的、地球物理学的各种观察资料。这些资料中不仅可以找到解明构造运动机制的钥匙，而且这些资料的系统化，是为向地球学过渡，奠定了重要的基础。从“现在是过去的钥匙”的将今论古说出发，也具有的重要意义，研究这个侧面的构造地质学虽然已经发展新构造地质学，但在本书第六、第七章中主要论述作者们的独立理论体系。

6. 第一章到第七章的内容主要论述不同构造形态及其相关的运动，并且是以个别的、特殊的构造地质学法则为前提。而在第八章、第九章中主要论述的内容包括比较一般的构造形态及其

运动等，例如造山带和地台等方面的内容。但因作者们能力所限，书中对构成日本列岛基底的前寒武系未能论及；同时对占地球表层三分之二的大洋地壳构造及其运动也全未提及，有待今后在修订本中予以补充。

本书虽是《地球科学讲座》丛书的一个分册，但初期计划中未曾列入，和其它分册多少有不协调及重复之处，请读者原谅。

本书的编著计划是在1976年1月的构造地质研究会上确定的。其后经作者等共同执笔，最后由藤田、铃木统一编辑而成。编者独断取舍修改了不少图表，并使作者们的部分原稿也未能和读者见面。

为使本书作为《地球科学讲座》丛书刊行，麻布大学的大森昌卫先生和信州大学的山下昇先生给予了极大支持。原稿的执笔阶段还得到新潟大学植村武、广岛大学原隋夫、东北大学生出庆司、东京大学南云昭三郎诸位先生的各种帮助。本书的编辑自始至终还得到共立出版社编辑部古川昭政先生的关照。著者们向以上诸位致以真诚的谢意。

藤田至則

鈴木尉元

1981年2月

目 录

第一章 地层和地壳运动	1
第一节 地层的划分	1
1. 纹层和粒级层	2
2. 层系和单层	2
3. 段和组	5
4. 群和超群	5
第二节 地层和升降运动	6
1. 沉降运动的单元	6
(1) “将棋倒”单元层	6
(2) “将棋倒”构造	10
2. 地层的岩相和升降运动	13
3. 不整合和升降运动	15
第三节 沉积盆地的发生、发展和消亡	16
1. 发生期	16
2. 发展期	19
3. 消亡期	19
第二章 断裂	21
第一节 断裂形态	21
1. 断层	21
(1) 断层和断层面的形态	21
(2) 断层的变位	24
2. 节理	27
3. 劈理	28
(1) 叶理的种类	29
(2) 劈理和应变椭球体	30
(3) 小变形构造	31
第二节 断裂的形成机制	33

1. 共轭断层和主应力	33
2. 断裂系	36
3. 断层的成长过程	37
4. 变位规模的频度分布	38
第三节 断裂的成因和构造过程	41
1. 地壳的弯曲和重力断层	41
2. 穹状隆起和断陷的形成	42
3. 高角度逆掩断层和沉积盆地的形成	42
第三章 褶皱	45
第一节 褶皱形态	45
1. 褶皱形态和规模	45
2. 褶皱的形态要素	46
3. 褶皱的剖面形态	47
4. 褶皱的平面形态	48
第二节 褶皱的形成机制	49
1. 地层的变形过程	49
2. 褶皱的类型	50
3. 基底运动	54
4. 深部褶皱	56
第三节 褶皱形成的主要构造因素	58
1. 褶皱的分布	58
2. 褶皱的时期	61
3. 褶皱的成因	62
第四章 岩浆岩体的形态及其与地质构造的关系	67
第一节 岩浆岩体的形态	67
1. 火山性一次火山性岩体	68
(1) 火山体	68
(2) 侵入岩体	68
2. 深成岩体	73
(1) 花岗岩深成岩体	73
(2) 超基性岩体及其近缘的基性深成岩体	78
第二节 岩浆岩体和地质构造的关系	81

1. 受断裂控制的喷出岩体和侵入岩体	81
(1) 火山岩体	81
(2) 次火山性侵入岩体	83
(3) 深成岩体	84
2. 岩浆的喷出和侵入形成的地质构造	85
(1) 破火山口	85
(2) 穹隆构造和背斜构造	86
第三节 岩浆的发生和上升	86
1. 深部断裂的形成与岩浆的发生	86
2. 岩浆的上升与岩浆库的形成	87
第五章 实验构造地质学	91
第一节 实验构造地质学的历史回顾与研究课题	91
第二节 实验构造地质学的研究方法	92
第三节 地质构造的形成实验	96
1. 沉积盆地形成机制的模拟实验	96
2. 断层形成机制的模拟实验	98
3. 隆曲褶皱形成条件的模拟实验	100
4. 岩浆作用和地壳变形的模拟实验	103
(1) 底辟穹隆的模拟实验	103
(2) 火山性穹隆的模拟实验	104
第四节 实验构造地质学的问题及今后的任务	106
第六章 新构造运动	108
第一节 新构造运动的类型	108
1. 翘曲运动	109
2. 断块运动	112
3. 活褶皱	115
4. 活断层	117
5. 垂直运动和水平运动的关系	121
第二节 和地震及火山活动相关的地壳变动	124
1. 与地震相关的地壳变动	124
2. 与火山活动相关的地壳变动	127
第三节 新构造运动的特征	128

第七章 地震发生的地质学条件	130
第一节 地震发生的场所	130
1. 地震带	130
2. 地震发生的规律性	134
3. 深源地震面	136
第二节 地震和地壳变形	137
1. 断块运动和地震	137
2. 地震体积的意义	140
3. 变形的强烈程度和地震的规模	142
4. 起震应力与断层的形成	144
5. 断层分布的直交性	148
第三节 地震发生论	149
1. 板块构造说的地震发生论	149
2. 断块构造说的地震发生论	150
第八章 地壳和地幔构造	152
第一节 地壳的构造单元	152
1. 地壳构造单元的划分依据	152
2. 大陆地壳	153
(1) 地盾	153
(2) 地台	155
(3) 地槽-造山带	155
(4) 断陷槽	156
(5) 准地台(地洼)	156
(6) 岛弧和陆弧	157
(7) 大裂谷	158
3. 大洋地壳	158
(1) 边缘海	159
(2) 海沟和海槽	159
(3) 海岭和海隆	159
(4) 大洋盆地	160
第二节 日本列岛构造区的划分及其特征	161
1. 构造发展阶段的划分	161

2. 基底构造	163
3. 本州构造区	164
4. 日高、四万十地槽区和广岛变动区	168
5. 绿色凝灰岩地槽区和岛弧变动区	172
第三节 地幔的构造	173
1. 地幔构造的地区性差异	173
2. 地幔的低速层	175
3. 岛弧的地幔构造	176
第九章 构造运动的机制	178
第一节 构造运动的发展过程	178
1. 地槽和造山带的位置	178
2. 地槽的发展过程	178
(1) 发生期	179
(2) 发展期	181
(3) 消亡期	182
3. 地台变动的特征	182
4. 构造运动的时空法则	183
第二节 构造运动的机制	185
1. 区域构造运动	185
2. 地槽和造山带的构造运动	192
第三节 现代构造地质学的任务	194
1. 大陆漂移的问题	194
2. 表层构造和深部构造的关系	197
3. 地幔和地壳的关系	198
4. 地壳和地幔的构造	200

第一章 地层和地壳运动

在研究各地质时期的构造运动时，必须对组成地球表层岩石的时、空规律表现最明显的地层结构进行详细的研究。

地层中所见的二维空间几何形态是研究其变形过程的重要基础。地层构成的沉积盆地中，内涵的时、空诸形态，是解明地质时代中各种变动的重要素材。如果把地质构造比为地球表层的骨骼，那么，地层的结构就可比作它的皮和肉，如果后者不明，那么也不可能讨论前者。

第一节 地层的划分

层理面和不整合面等地层原生构造，由于其几何学特征，对恢复变形生成的后生构造有着重要的作用，特别是地层的岩相和厚度是测定第三纪以前升降运动和恢复变形构造的重要线索，它与作为第四纪升降运动重要标志的阶地、水准点、三角点的变动意义相当。

研究物质从母岩风化、侵蚀、再经水和空气等介质的搬运、分选，直到在水底或地表堆积的全过程，并把它们系统的理论知识称为沉积论。在搬运过程中，常有来自地下的火山喷出物及地球外的天体物质混入，或者构成单独的沉积物，这些过程自然也作为沉积论的研究对象。

沉降运动，也就是造就沉积物堆积场所的运动，对于沉积物的堆积及向地层的转化有着重要作用；母岩分布区的隆起运动对沉积物的供给又起着重要的作用。我们把研究与地层形成过程有关的时空法则的地学分支称为地层学或狭义地层学。如把上述的沉积论合并进来则称为沉积学或广义的地层学。

表 1—1 地层的划分和命名

(井尻、藤田,1949)

单位系统	名 称	特 征	与生物分 类的比较
大单位 ↑	超群、 组、段、 单层	二个以上群的组合，代表一个沉积盆地或地槽中的堆积层 二个以上组的组合，一般上下限为不整合关系 二个以上段的组合 二个以上单层的组合 地层划分的最小单位，上下以层理面为介	纲、目、科、属、种
↓ 小单位	层系 纹层	纹层的组合，上下界面不清楚 组成地层的物质颗粒集合体	亚种、品种 细胞、组织

根据地层的结构和构成物质（岩相）将地层分类如下（表1-1）。

1. 纹层和粒级层

地层中可以看到物质的特殊排列单元，其中最基本的单元是纹层（井尻，1950）。纹层表现出沉积物在被介质搬运过程中，岩石或矿物颗粒沉积在水底或地表时的状态。另一类是自下而上沉积物颗粒逐渐变细的层，称为粒级层。在若干纹层构成的纹层系中可以见到粒级层。

根据纹层和上下层面的平行或斜交关系，可把纹层分为平行纹层和斜交纹层（图1—1、2）。在细粒层中（粘土层、粉砂层），肉眼无法区分纹层和细粒层，但用显微镜或软X线透射可发现有同样的构造。

2. 层系和单层

层系一般由纹层和粒级层组成，但层系间的界面一般不明显，不同形态纹层组的界面、纹层和粒级层的界面，也就是层系的界面，所以层系在水平方向上延续不长。

若干层系构成一个单层，单层的上下由层理面形成界面。一

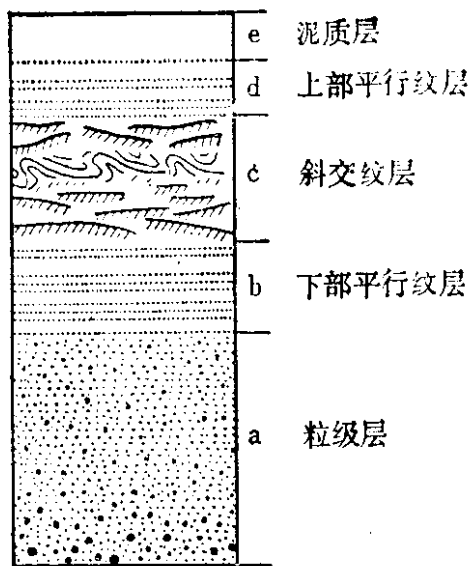


图 1—1 复理石型沙泥互层的单层构造 (Bovma 1962)
砂岩、泥岩自上而下由粒级层，下部平行纹层、斜交纹层，上部平行纹层、泥质层构成

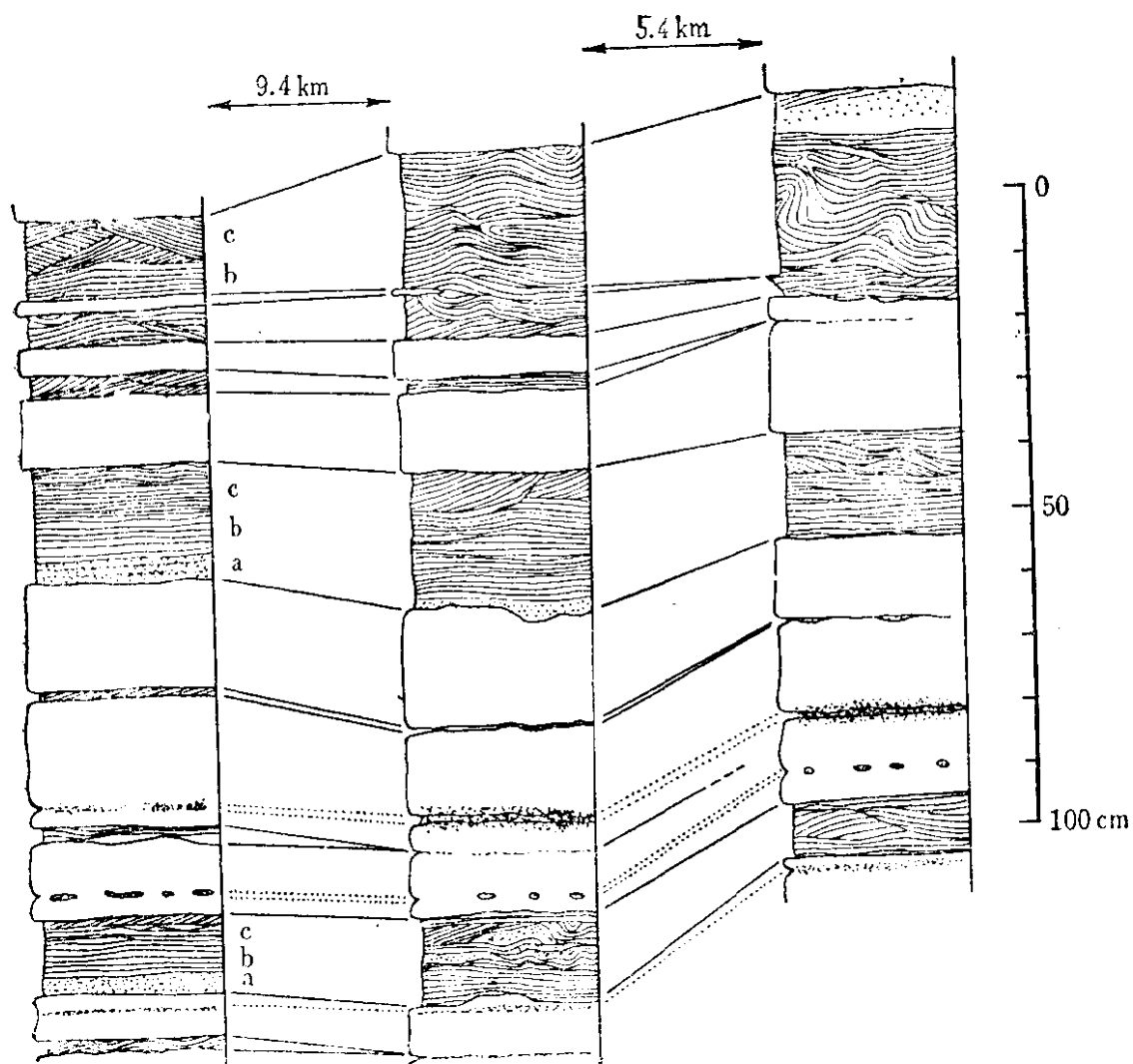


图 1—2 单层的厚度和内部构造的关系
(Hiriyama and Nakajima, 1977)

砂岩单层的厚度一变薄，下位的粒级层 (a) 和平行纹层 (b) 就不发达

一般而言，单层沿水平方向逐渐尖灭。层理面表示其下单层堆积以后曾遭受水流和风雨的剥蚀其上再出现沉积新单层的过程而形成上、下单层间的界面。层理面所显示的沉积物的若干间断意义，根据巴雷尔 (Barrell, 1917) 的论证，并尻 (1950) 称为关于层理形成的巴雷尔法则。

某个单层的上层面剥蚀程度与其上位单层的粒度有关 (图1—3)。一般是构成上位单层沉积物的粒度越大，其下位层的剥蚀程度也越大。但这种剥蚀作用不是无限制地进行的，而是根据搬运沉积物的水流及沉积物本身的情况而变化的，这一事实也为层理面上经常留有遗迹化石 (trace fossil) 和底面印痕 (sole mark) 所证明。特别是遗迹化石的存在说明生物在那里生存的期间，水底或者地表面未曾受到剥蚀，并且，遗迹化石还可判定地层的上下层位，底面印痕还可判定携带构成单层沉积物的水流方向。

二次世界大战以后有关纹层的认识和成因假说相继出现，大

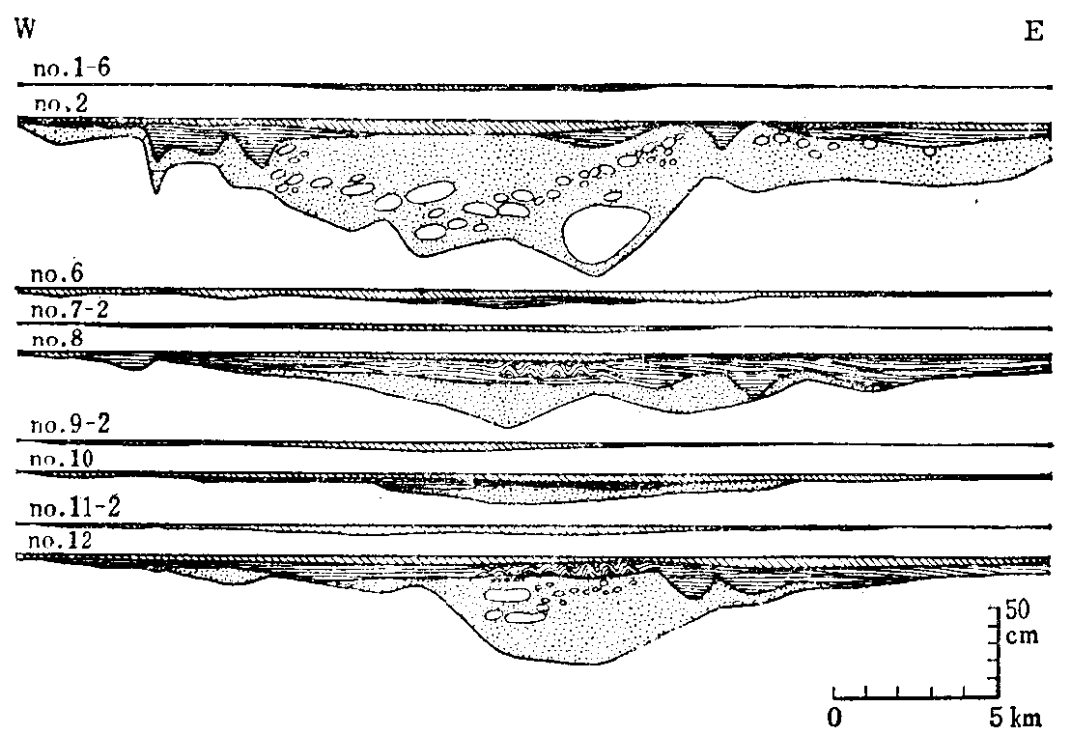


图 1—3 砂岩单层的层厚和岩相的关系 (平山、中岛, 1977)

砂岩单层增厚，则刻蚀下位的泥岩层，并具巨大泥砾。点线表示粒级层，水平线表示平行细层，斜线表示斜交细层

大促进沉积学的发展，根据博马（1962）的研究，一个单层可以划分为图1—1所示的a—e五个类型的单位（相当于纹层），有关它们形成机制的讨论，就是上述研究的例子之一。这种单层自下而上呈粒级层、下部平行层、斜交层、上部平行层、泥质层的顺序排列。有时a—e层中也有某层缺失的情况。克温（Kuenen, 1950）等提出假说指出，这种单层内的层系是沿大陆棚斜坡海底谷向下滑动的一个浊流团块，在半深海—深海分离沉积而成。他们把这类岩层称为浊流层。但也有人（Scoot, 1964；平山、中嶋, 1973）主张，浊流层中也有不是由于上述原因生成，而是由于底流作用分别生成的层系。因此，有关这一现象并不是只用一种假说就能解决的具体问题，有待今后在查明地层沉积环境的基础上解决。

3. 段*和组**

段是自下而上几乎看不出有规律相变的单一岩相的单层或单层组合，但也有岩相在垂直方向上呈韵律变化的情况。

组是自下而上，岩相呈规律变化的若干段的组合，在垂向上的相变化一般是下位粗粒，中位细粒，上位再次出现粗粒占优势的变化。

无论段和组都是岩相相同的单层集合体，这些岩相类似的单层集合体，在水平方向上不一定连续，一般多为不同岩相的单层在水平方向呈渐变关系。

4. 群（group）和超群（complex, super group）

群是上下以不整合面为界面的地层单位。群也和组类似，也有自下而上相变化的倾向。不整合的接触关系在水平方向上常可变为整合接触。所以群的上、下界面就不只限于不整合面，这种既不叫群也不称组的地层单位称之为亚群。

因为群的上、下是以不整合面为界，可以推测，群在沉积前

*、** 根据原著中各种情况，一般都合译为“层”，作为比“群”小一级的单位——译注。