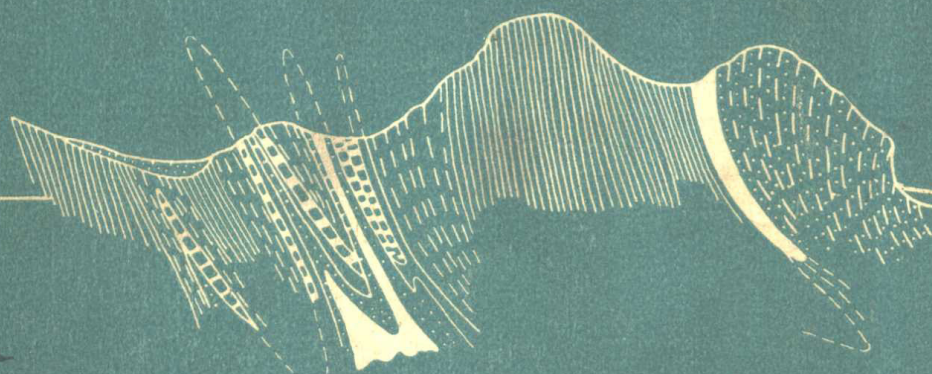


构造地质学

[苏联] Г.Д. 阿日吉列 著

泰其玉等译



中国工业出版社

构造地质学

（第四版）

地质出版社



地质出版社

构造地质学

〔苏联〕Г.Д. 阿日吉列 著

秦其玉等 译

馬 謹等 校

中国工业出版社

本书较为广泛地利用了許多研究者的資料和結論，对岩石变形的物理力学原理、褶皱成因、褶皱和劈理的关系、断裂变动的成因、侵入体的构造及其构造地质位置和构造岩分析方法等作了较为詳細的論述。全书共分九章，可作为构造地质、区测、岩矿工作者在生产、科研及教学工作时的重要参考資料。

本书由秦其玉、施央申、俞鴻年、夏邦栋及徐秉涛等同志翻譯，馬謹、馬宗晋、邓超东、钟大賚及李康等同志校。

本书所有插图及地名均根据原书原图譯印。

Г. Д. Ажгирей
СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ
Издательство
Московского университета 1956

* * *
构造地质学

秦其玉 等譯
馬 謹 等校
*

地质部地质书刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*
开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $25^{1/4}$ ·插頁18·字數479,000

1966年3月北京第一版·1966年3月北京第一次印刷

印數0001—3660·定价(科六)**3.70元**

*
統一書号：15165·4253（地质-363）

前 言

苏联大规模的地质工作使得地球科学各个学科中（其中包括构造地质学）积累了空前未有的大量新资料。苏联文献中现有为数不多的构造地质学著作很快地陈旧了。虽然，其中也有包括着大量实际资料 and 重要理论性结论的优秀著作。

其次，R. 维里士 (Williams) 和 B. 维里士 (Williams)、C. 莱斯 (Leith)、M. 毕令斯 (Billings) 的著名构造地质学教程，由于缺少统一的理论基础，虽然包含着许多宝贵的实际资料，已经不能满足苏联地质学家们的需要了。在这些书中可以遇到许多概念上的混淆，部分十九世纪的概念与现代观点相矛盾。

这就是作者试图给予构造地质学课程及与之相关的若干理论问题作出新的阐述的原因。

构造地质学是地质科学中研究地壳岩石产状形态及其成因的重要部分。它所得出的结论被广泛地用来解决许多理论上的和实际上的问题。地质测量和找矿、矿床学和勘探、工程地质学和水文地质学、沉积岩、相和建造的学说、地史学和地貌学——这就是经常应用构造地质学结论的学科的不完全的列举。构造地质学的资料对研究大地构造学理论问题的探讨特别重要。

另一方面，没有解释地球构造外貌发育的主要特征及其历史规律的一定大地构造学理论作为基础，就无法研究并进一步发展构造地质学。

假使不持有一定的理论大地构造学观点，就不可能合理地研究褶皱、断裂和岩浆岩体的构造。这正是构造地质学及作为其理论基础的大地构造学发展的辩证统一。

本书所采纳的大地构造学观点的主要特点如下：

1. 假设引起构造运动和相应变形的直接原因是多种多样的。因此，也承认存在着许多成因上独立的构造运动类型。采纳构造运动原因的多样性并不意味着在它们之间深刻的联系就不存在了。毫无疑问，随着科学的发展，所有确实存在的联系都将被查明。然而，当前主要由于存在着一种把构造现象看作基本上由一种原因引起的不正确倾向，大多数地质学家就对构造现象原因多样性问题本身的提法不习惯了。因此，运动的各种成因类型间也就没有相应地划分界限，而它们之间的联系也还没有研究。

2. 根据上述一切，应当从那些追求万能地解释所有主要构造运动类型成因的意义上抛弃片面的大地构造学假设：E. 哈尔曼 (Haarman) 的重力构造成因假设、B.B. 别洛乌索夫 (Белоусов)、R. 王-别麦林 (Wan-Bemmlen) 和 Лж. 乌姆布格劳夫 (Umbgrove) 的振荡运动假设，以及 Лж. 卓理 (Джолли)、P.H. 陶勃 (Трауб)、O. 安勃费勒尔 (Ampfever)、Э. 克拉乌斯 (Краус)、B. 鲍温 (Бови)、阿·魏格纳 (Wegner) 等人的假设。但是，应当考虑到，几乎所有这些假设都包含有合理的概念，那是必须利用的。

3. 根据大量实际资料，认为在地壳中特别在造山带中普遍存在着水平挤压构造力。

IV

此外，在有事实依据的范围内说明在地壳个别地区存在水平拉伸力。

4. 在已知的范围内存在垂直的、半径向的构造力以及与之相关的典型的运动和构造形态。但是，在地槽区内的褶皱变形和许多断裂变形与半径向构造力没有直接关系。

设想局部的、从属的重力构造运动是发育的。

认为重要的构造运动类型和岩浆活动间存在紧密的联系。

提请读者注意的是这本构造地质学与其它类似的著作本质的差别在于它详细地论述了岩石变形的物理力学原理、褶皱成因、褶皱和劈理的关系、断裂变动的成因、侵入体的构造及其构造地质位置和构造岩石分析方法。

由于在写书时广泛地利用了其他研究者的资料和结论，所以本书在很大程度上是集体经验的反应。只要可能，作者都尽力在每个地方指出某个结论的出处。但是，在编写大量材料的时候，可能有疏忽和不确之处，对它们的所有指正我都将感激地接受并加以考虑。

由于完全体会到要以全面而目标明确的阐述来编写构造地质学原理的复杂性，因而，我们认为，讨论将有助于消除我们尚未觉察到的许多缺点。

手稿全部或部分是经过 Н.С. 沙茨基 (Шатский)、П.Н. 克鲁泡特金 (Кропоткин)、А.В. 哈巴科夫 (Хабаров)、Я. Б. 弗里德曼 (Фридман)、Е. Н. 柳斯齐赫 (Люстих)、В. В. 别洛乌索夫、А. А. 博格丹诺夫 (Богданов)、Г. П. 戈尔什可夫 (Горшков)、П. Ф. 伊凡金 (Иванкин)、В. М. 谢尔吉耶夫斯基 (Сергиевский) 阅读过，他们提出了许多宝贵的意见，大部分意见在手稿最后校订时都被考虑到了。Е.П. 勃隆斯 (Брунс)、А.В. 培克 (Пэк)、В.М. 克列依捷尔 (Крейтер)、В.П. 林加尔金 (Ренгартен)、С. С. 舒尔茨 (Шульц)、М.В. 穆拉托夫 (Муратов)、Н.О. 勃洛特 (Брод)、Б.П. 别里柯夫 (Беликов) 等许多地质学家对书中所研究的一些问题提出了一系列的建议。

作者值此向所有提及名字的、以及对协助消除书中缺点和出版此书的同志们和同事们致谢。

目 录

前言

第一章 緒論	1
第二章 岩石的变形	9
第三章 岩石的层理、不整合及間断	54
第四章 褶皱 (形态学)	90
第五章 褶皱的形成及其主要成因类型	129
第六章 岩石的可劈性和节理	188
第七章 断裂变动	222
第八章 岩浆岩体	271
第九章 构造岩及其研究方法 (岩組分析)	332
結論	355
附注	356
参考文献	359
俄华术语对照	387

第一章 緒 論

学 科 的 內 容

构造地质学研究地壳中岩层基本构造形态、岩层产状的破坏和构造形态的成因。构造地质学在这个基础上制定了构造分析的方法。

构造^①这个术语在构造地质学中广义上是指主要由于构造运动而产生的岩层的空间分布及其产状变动。

构造地质学是大地构造学(地质学科中較大的科目)的組成部分。大地构造学^②可以被认为是地壳变形,使地壳变形的运动及运动发展规律的科学。

某些学者所提出的大地构造学作为整个地球构造的科学这个定义是不能被采纳的,因为大地构造学和它所具有的方法不能解决整个地球构造的问题。研究者只有综合运用地球物理、大地构造、天体物理和原子物理诸方法才有可能研究整个地球构造,而目前地球物理也许起着主导作用。当然,大地构造学学科的局限性并不意味着地壳构造及其发展规律的研究可以脱离地球物质结构及其发展规律的研究。

形态的研究——形态的分析在一切自然历史科学中都起着巨大的作用。不研究具体的形态就不可能正确而深刻地揭露自然现象和自然过程的规律并阐明其发展的历史。

研究岩层产状形态和这些形态(岩石变形)成因的构造地质学(структурная геология)乃是在构造地质学(тектоническая геология)中形态的方面。构造地质学制订了许多构造分析方法(沙茨基, 1947 a),在目前地质学家的实际工作中得到了广泛的应用。

构造地质学这门科学的特点是注意形态和基本构造形态形成的机理问题,研究岩石变形的方式和变形后的构造表现。在分析地质构造的成因时利用弹性理论、塑性理论和强度理论方面的物理方法来研究岩石变形。这一点使构造地质学从大地构造学其它部分中划分出来。

对规模巨大的大陆和海洋复杂地质构造的形态、成因和发展历史的研究,以及对引起构造成因力的来源和性质的阐明,组成了大地构造学这门课程。

根据上述特征把构造地质学从大地构造学中划分出来不言而喻是人为的,目的是为了引起对基本构造形态和它的形成机理及一般地壳变形机理的注意。

构造地质学与大地构造学是有机联系着的。对基本构造深刻的研究永远应当建立在大地构造研究及其概念的基础上,即同整个地壳和它的大块地区构造的形态、形成历史发展规律的研究紧密联系着。如同大地构造学本身一样,构造地质学在阐明构造形成规律性时广泛地应用历史分析法。构造地质学与大地构造学的有机联系在本书中许多地方表现出

① 构造 “структура” 来自拉丁字 “structura” 表示结构、位置、顺序。

② 构造 “тектоника” 来自希腊字 “τεχταίνωμαι” 构造。

来，讀者將不止一次有可能确信，构造地质学許多最重要的問題都是从大地构造学一般理論观点出发来解决的。

构造和构造形态的規模(等級)

构造地质学中所研究的主要的基本构造是层理、褶皱、节理和断裂构造。主要的基本构造形态是层、褶皱、裂縫，以及位移幅度显著的断裂变动（正断层、平移断层、逆掩断层、推覆构造）等。它們又可以由規模較小的构造单元形成或者是較大构造形态的組成部分。关于构造或构造形态規模(等級)的概念有助于分析地壳各种构造单元相互間的关系。

最高級（最小）的地质构造是許多岩石的結構和构造。在岩石学中結構的定义是岩石中造岩矿物的形态、空間分布和相互关系。在几十年以前，岩石的結構只是岩石学家研究的对象；构造地质学家很少过問。然而，事实上岩石的結構和构造經常很清楚地反映出岩石的构造变形。因此，当前显微构造的研究成为构造地质学不可缺少的部分，并独立成为專門章节，叫岩組学（或构造岩石学）。

表示造岩矿物集合体的形态特点、空間分布和相互关系的岩石的构造也是岩組学研究的对象。

較大規模(等級較低)的构造形态是地壳基本构造形态——岩层、褶皱、裂縫、断层，以及属于这組的具有特殊結構和产状的岩浆体。它也以組成要素加入更大的构造形态中，这种更大的构造形态是褶皱、裂縫系統、断裂变动系統等綜合体所形成的。

最大規模构造形态代表着地壳最大单元——山系和洼地、大陆地块和海盆——的結構和相互关系。

地质构造概念的运动学和动力学含意

我們把形成地质构造的現象分成两个方面：

(1) 具有一定方向并反映着过程运动方向的运动。变形——岩石形态的改变——就是这种运动的结果。

(2) 一定方向作用的力，該力引起运动并反映过程的动力学。

倘若我們在各种情况下既知道构造形成的运动学現象，又知道其动力学現象，那末我們关于地质构造及其所固有的規律的概念就会更加完善。很遺憾，我們在构造地质学中常常滿足于闡明构造的运动現象。由于不同的力接連地和并列地引起形成类似的构造，所以动力現象便不明不白。我們在地质研究时通常能观察到的只是运动的结果，因为我們所研究的引起构造的力老早就停止作用了。

运动学的描述尽管有其局限性，但实践証明，它能闡明地壳构造所固有的許多規律性。研究变形运动学在这方面具有很大的意义。将来，特別随着大地构造理論的发展，就会愈来愈可能确定地质构造形成的动力环境。

地壳的基本构造單元

在着手对变形和变形所形成的基本构造形态的研究及其研究方法的研究之前（这就是

构造地质学本身的研究对象)，即使是一般特征，也必须熟悉一下大地构造学关于地壳基本构造单元和构造运动主要类型的理论结论。这些概括是使我们能更好地理解基本构造形态的形成条件所必需的。

地壳在其构造运动和地质构造的特性、性质方面是各种各样的。可以分出下列各基本构造单元。

地台是地壳上稳定的很少活动的地区，它的基底是由复杂地被挤成褶皱并深受侵蚀的古代岩层组成。构成陆块核部的原生前寒武纪地台是由花岗岩质岩体参予并强烈变质的岩石所形成。前寒武纪地台上较晚的岩浆作用通常是由规模不大的不定期的侵入作用和大的、有时巨大的喷出作用以及玄武岩质岩床所构成。

在很多情况下，组成地台下构造层的变动过的岩石被几乎水平产出的岩石盖层覆盖。这些沉积层的厚度不同，由不大至2500—4000米，构成了地台的上构造层。

地槽区是地壳上的伸长地带，它的特点是活动性特别强烈并且多样，垂直方向位移的速度和幅度很大（阿尔汉格尔斯基，沙茨基等人，1937；阿尔汉格尔斯基，1941）。此外，还应当补充的是，它的水平位移作用显然被低估了。

地槽区在构造运动过程中被切割成各个地区，它们大致沿着地槽总走向或与走向成锐角延伸。每个地区是以主要在一个方向发育的运动为其特征的。各个地区运动中的差异使地槽区分成一系列的不同等级的洼地（**地向斜**，地槽谷或复理石谷）和相对的隆起（**地背斜**）。

每个最大等级的地槽区或各别地槽在其发育的开始阶段由于总的趋势是凹陷，所以都经历了以碎屑和火山产物堆积为主的时期（E. 奥格 Haug, 1900；别切尔 Бечер, 1933；阿尔汉格尔斯基等人，1937）。由此可见，地槽内，在组成基础或基底的古老岩石即下构造层之上沉积着厚度很大的岩层，后者构成了上构造层。同时在某些上升最大的地背斜中可以发生下构造层的古构造格架被侵蚀的现象。

在最大等级的地槽区或各别地槽发育的下一阶段经受着最强烈的构造变形（**造山作用**）和大量酸性花岗岩质的侵入体侵入。

地槽内的造山作用通常伴随着由毗邻地槽区的地台发育而成的**边缘拗陷**的形成，以及在地槽区内形成**山间拗陷**。与地槽内造山运动的产生同时，边缘拗陷和山间拗陷充填了厚度很大的碎屑沉积。

由强烈构造变形所形成的山岳褶皱区不止一次地失去活动性，并转化成地台。山岳褶皱区在以后很长的相对构造静止阶段中为剥蚀作用所夷平，可以沉向海平面下不深的地方，因此在被侵蚀切割的古老岩层上沉积着大部分厚度小和中等的陆缘海沉积物。在后来新的最大构造应力阶段原先的地槽区变成了**复活活动带**，在这个带内造山作用又复活了。地槽区和复活活动带之间造山作用的根本区别是决定于没有变质的、成岩作用浅的年青沉积层的厚度。前者的厚度有几千米，后者年青的沉积层的厚度只几百米，上千米的较少；而基底的变质岩石位于地表附近，并在厚度很小的年青岩石起着微弱作用的情况下，作为变形作用的主体。

在一些情况下，复活活动带的山岳可能是不大的，如果该带活动性小的话（现代的烏

拉尔山脉)；而在另外一些情况下，它們从外表形态上与現代地槽山岳沒有区别，而代表着强烈的活动带(天山，阿尔泰，薩彥岭等等)。在复活活动带发育的阶段，岩浆作用能够有相当强烈的表現。可以引用苏格兰境内加里东格兰扁地槽的复活山脉內許多第三紀侵入作用为例。

海盆是第三类型地壳基本构造单元(彭契柯夫斯基 Бончковский, 1948; 克魯包特金, 1953)。海盆的性质和构造了解得很少，因此在构造地质学中我們不得不撇开它不談。

地壳的构造运动

地壳上一切主要构造类型都是由构造运动产生的。大地构造学研究这种构造运动及其成因。关于这方面这儿仅作初步的概述。

在很长时期內，把构造运动分成造陆运动和造山运动^①，即形成大陆的运动和形成山脉的运动。

造陆运动是地壳在垂直方向进行緩慢的、长期的上升或下降(罗蒙諾索夫, 1757, II, 1086; 吉尔伯特Gilbert, 1890)。假若这种运动的幅度很大，則下降地区为大海淹没变为海底；反之，上升运动的地区，如果上升运动相当大，就会变成陆地升出海面。

許多地质学家认为，造陆运动具有下列特殊的特征：(1)它分布在地球表面很大的空間內；在地台上、在地槽区內以及海盆里；(2)它无力改变地壳的构造。

造山运动具有下列不同于造陆运动的典型特征：(1)它属于活动性很大的狭长地带——地槽区；(2)它引起地壳的褶皱和断裂，在地貌上表现为山系的形成；(3)明显表现出断续性为其特性。它只在若干历史时期內表現出来，标志着地球內部物质发展过程中的飞跃。

最近許多地质学家不再把构造运动分为造陆运动和造山运动了。照他們看来(哈尔曼, 1930; 捷加耶夫Тетяев, 1934、1941; 別麦林, 1936; 哈茵, 1938a; 別洛烏索夫, 1948; 穆拉托夫 1949)，构造运动最主导的形式是振盪运动，分布在整個地球表面上，并在地球发育的所有时期中表現出来。

这种运动的性质和强度有很大的变化：第一，在時間上，第二，取决于这种运动在地台上发育，还是在地槽区发育等等。在地质文献中有时可以見到把振盪运动和造陆运动混为一談情况，結果就把这一問題搞糊涂了。上述大多数地质学家都把过去认作是造山运动的列入了振盪运动。他們认为，由于振盪运动发育而产生了褶皱运动、断裂运动和岩浆运动。

批判地研究了属于构造运动类型問題的事实后，就不能不得出这样的結論：这两种广泛采用的主要构造运动分类是十分不够的，因为它不符合构造运动实际上的多样性。此外，就振盪运动这个术语而言，应当說，即使从形式上說也应当坚决不用它。这个术语不可避免地会引起那些与力学和物理的振盪运动相关的运动規律的概念，而后者的运动規律并不符合于地壳垂直移动的实际規律。波状运动这个术语也用的不成功。

① 大陆——来自希腊字 ἡπειρος 和成因——γένεσις，——山 ὄρος。

根据积累的大量的实际资料，即使是非常表面的，也了解到究竟那些构造运动具有独立的意义，并且应当作为具有相当特殊的性质和发展规律的基本类型划分出来。

首先让我们来研究一下很少改变地壳构造的一类运动，这种运动经常总称为造陆运动。在大陆的巨大空间内及发育着岛弧的海盆部分广泛地分布着缓慢的、长期的、垂直方向的构造运动，其特征是每个这样的地区（地带）或地段在地壳发展史很长时期内运动方向的稳定性，有时以纪计算，有时以整个代计算（Г.Ф. 米尔琴克 Мирчинк；沙茨基，С.С. 索波列夫 Соболев；舒尔茨；乌姆布格劳夫；海斯 Van Hise 等多人）。地壳主要的上升地区或主要的下降地区的运动规律、条件、特别是运动加速或延缓的原因和运动方向的转变目前还很少有研究。因此不能不指出，把类似的运动都投入振盪运动的圈子里，在研究实际运动规律方面起着极坏的作用，因为所谓振盪运动的特性和规律是他们毫无根据硬加上的，尤其是对问题的研究程度造成一种假象。

上面所提到的缓慢的、长期的这种类型的运动有一个特点表现得非常清楚，即与山岳和地槽盆地有关系。这些地区继承了正的或负的运动方向，而这个方向是近似的符合于该地区在遭受真正的造山变形时所具有的运动性质。大多数地质学家没有把这种运动从造陆运动中划分出来。实际上这种运动乃是后继运动（继承从前较强烈表现的运动），并极其广泛地分布在地台和复活活动带内。这种运动和造山运动之间通常的密切关系提供了足够的理由来推断，引起两种运动的原因是类似的，但后继运动的强度与造山运动相较显然弱的多。

另一类型的构造运动引起在大陆地区和群岛地面的周期性、区域性的海侵和海退，并且制约着与大洋基面相对的大陆地块的高低位置（奥格，阿尔汉格尔斯基，施蒂勒，别切尔，穆拉托夫等人）。严格地说，只有这样的运动可以称为造陆运动，而正是关于这种运动和这种运动按照怎样的规律发展目前了解得最少。如果根据与在高加索和喀尔巴阡的巨大上新统上部褶皱变形一致的俄罗斯地台的前阿克恰套很高的位置和其它一些类似事实判断，造陆运动在成因上与造山运动也是相关的。不过，这里的关系相当复杂，不是直接的，因为这种类型的运动既清楚地重迭在正的后继运动上，又清楚地重迭在负的后继运动上，不受后继运动方向的影响。

导致大陆上阶地台阶形成的构造运动和海洋陆棚地区的层理构造值得专门进行研究。哈因（1939）继 А. 葛利普（Grabau）和 Лж. 乌姆布格劳夫之后把这种运动称作颤动（осцилляция）。但是为什么要把这种运动与颤动相提并论尚不够清楚。同样不了解，颤动是不是运动的独立类型或就是造陆运动本身的表现形态。

根据 Ш. 戴别列（Депере）、Б.Л. 李奇柯夫（Личков）、Г.Ф. 米尔琴克、М.С. 什维佐夫（Швецов）、Л.Н. 鲍特温金娜、Н.Б. 瓦索耶维奇（Вассоевич）等人的资料相当清楚地表明了这种运动与后继运动无关，并有广泛的区域性分布，应当把它划分为运动的特殊类型，这种运动也许应当称为造阶地运动或造层运动（террасообразующие или слоеобразующие движения）。

那末，在所谓振盪（或者，如果用另一术语——造陆）运动中就可辨认出性质和发展规律明显不同的构造运动。

必須指出，认为山岳的隆起和山前坳陷及山間盆地的沉降也归之于振盪运动是没有足够根据的。虽然不能否认，根据所有資料，在上述狭义上講，造陆运动本身和造阶地——造层运动，不仅在地台区遇到，而且也在地槽区遇到。然而，这种运动只迭加在地槽区独立的造山运动上。

現在来談一談造山运动。造山运动的独立性和特殊的規律性非常清楚地表現在褶皱体系明显的直线性上，直线性反映出造山运动与深断裂的关系。苏联地质学家（В.А.尼古拉耶夫，А.Н.查瓦里茨基，Н.С.沙茨基，А.В.裴伟，П.Н.克魯包特金等人）对深断裂概念的研究卓有成效。近来，积累了大量关于沿着深断裂带水平位移起很大作用的資料（В.別切爾，В.А.尼古拉耶夫，Е.А.庫茲涅佐夫 Кузнецов，В.В.卡里茨基 Галицкий，В.Н.奧格尼夫 Огнев，П.Ф.伊凡金，А.卓里費 Джоллифе，М.赫爾 Хилл，Т.戴勃利 Дайбли，Г.納爾曼 Веллман等人）。

从这些資料看，极端的观点未必能促进进一步研究构造运动，按照这种观点，振盪运动即使不是唯一的，也是决定地壳构造（其中包括地壳的最活动带）基本特征的主要原生地壳运动。

只要深入分析一下世界地质图上深断裂分布的情况，就可以了解，沿着深伏断裂的运动在地壳的构造形成过程中具有怎样的意义了。那些把一切构造运动都归之于振盪运动的地质学家們是不应当忽視这点的。在深断裂带附近大多数第一級构造是呈边幕状分布的，还有其它許多資料說明巨大的水平构造运动。各种不同时代的岩浆侵入体和金属成矿带呈带状分布，很清楚是位于广闊的深断裂带。

因此，不仅理論任务而且各种矿产地区分布的預測的重要实际任务都坚定地要求确定不同成因的垂直构造运动及水平构造运动和沿着深断裂的运动之間的真正关系。当然，也不能因此而陷入另一极端，把地壳上一切重大构造运动都与深断裂联系起来。

包括弧度很大的地壳弯曲（地壳褶皱）的造山运动，地槽褶皱及逆断层和逆向-逆掩断层运动的生成——这个运动伴随着山地隆起的形成及山間和山前洼地的沉降——皆与深断裂带上部物质总的上升有着密切的联系（А.海穆 Heim，В.別切爾，П.Н.克魯包特金等人）。这种运动的規律性肯定地不同于本来的造陆运动和造阶地——造层运动的規律性。

因此必須指出，很多地质学家把形成現代山系——天山、阿尔泰、薩彥岭等等——的造山运动都归之于造陆运动。大家知道，这种山系的岩石变形不是褶皱作用，而是大背斜頂部的弯曲和大岩块沿着逆断层的运动。倘若承认这个概念，就不能不得出只是不能把褶皱作用归之于造陆作用的結論。

但是，鉴于下面第二章闡明的岩石变形的規律，这种观点是不能成立的。地槽的褶皱作为塑性变形的表現只是岩石变形的一种，而这种岩石是相当柔軟的。假設压固很好的并曾經受过一次褶皱作用的岩石代替輕微变质岩石受到变形，那末它进一步变形就会另一种样子了——发生大背斜頂部的弯曲，断裂和断裂运动。

这就是說，仅仅根据一种特征——变形的类型——把一种与另一种岩石变形割裂开来是不正确的。大地构造学中許多資料都肯定地指出，类似在第三紀末和第四紀在天山发生的造山运动及形成地槽类型强烈的褶皱作用的造山运动（如晚第三紀在高加索），完全由类似的构造力引起的，都应当在同等程度上属于造山运动。

已談过的垂直方向和水平方向构造运动的主要类型被不正确地、人为地归结成两种类型——造陆运动和造山运动，或归之于振盪运动就更糟了，这里只有一个重要的构造运动类型。

近年来，深钻証明，沿着陡削的和稍緩的（ $60-65^\circ$ ）正断层系統最广泛地分布着地壳的大型沉降。这种运动沒有名称，根据下述原因应当称其为上迭运动。

石油普查进行的深钻提供的记录資料証明，在地壳相当大的、好几公里遭受拉伸的情况下沉降是沿着正断层形成的。沙茨基的“上迭凹槽”与貝加尔湖与上萊因河型地塹以及东非裂谷都属于这种构造范围之内。地中海、黑海和里海型，以及墨西哥湾型等凹陷大概也应当属于此类。

分析了为大的正断层所围绕的凹陷形态和形成历史后，表明它們与造山运动时由两侧挤压而形成的构造（隆起和洼地）是沒有依賴关系的。后面的这些构造形态是以逆断层的发育为特征，沿着它們产生几公里甚至几十公里的地壳收縮。費尔干納、納伦和其它許多在天山的山間洼地，北高加索的山前凹陷及其它的类似构造就是如此。

在地壳拉伸条件下形成的凹陷既不能归之于造陆运动，也不能归之于造山运动。在拉伸条件下地壳的运动有其固有的发展規律，因此它应当被划分出来作为构造运动的一个独立的类型来研究。

有兴趣的是：在所有其它运动类型中，作为一个自身独立的上迭运动却特別强烈地发育在不久前曾經受过最强烈的造山变形的地区中。但是，上迭运动只具有局部性质，因为它所引起的洼地是发育在隆起的旁边，而隆起的继续形成又是与造山作用有关的。

上迭运动与深源地震之間沒有关系，这也突出表明上迭运动和造山运动根本的原則的區別。大家知道，上迭构造形态的巨大山系——东非、紅海和巴力斯坦地塹正如同貝加尔-科索高尔地塹一样，沒有深震源地震伴生。（B. 古天別尔格 Гутенберг 和 K. 李希特 Рихтер）。

这一概述表明，关于构造运动主要类型的問題是多么复杂和沒有研究成熟。随着資料的积累，构造运动的多样性会愈来愈明显，从而从这种多样性中可以看出，沒有成因类型的分类，研究全部現代和古代构造运动的一切企图愈益明显地不能令人滿意。

为了探討地质理論和实践把构造运动最重要的类型进行合理的分类乃是今天苏联地质学家的迫切任务。

构造地质学与其它地质学科的关系及其实际意义

构造地质学与地质科学的許多分枝学科有着关系，和它們一起发展，并回答了这些学科許多理論上和实际上的問題。

地质制图的目的是全面研究地壳的地质构造、矿产在地壳上的分布及产出条件，目前不研究制图区的地质构造是不可思議的。沒有构造要素的地质图只不过表示填图区地面上各种岩石的分布。只有和研究地质构造結合起来地质制图才能够：(a)实现對深层和被年青沉积覆盖地区的岩石产状的預測；(б)在这个基础上正确地解释該地区的地层；(в)确定該地区的构造运动和形成历史；(г)闡明矿床产出的条件，甚至它們分布上和成因上的本

质特点，因为矿产的形成往往和一定的构造联系着的。

地貌学与大地构造学及构造地质学有着直接的关系。地表上地形的形成是由地壳的构造运动与外生作用的相互作用所决定的。因为地壳的构造直接影响着剥蚀作用的性质和方向，所以在地貌研究时应当广泛地利用构造地质学的资料。

地层学和相的学说：地层学家和沉积岩石学家把沉积物形成过程的最重要的结论与这样的基本情况联系起来，即沉积物的堆积在很大程度上决定于冲刷区和沉积物沉积盆地底部的构造运动。倘若不注意构造运动特有的规律，就不可能正确地描绘不同成分的沉积物和相的地理分布及形成的历史顺序。

岩石学与地壳的构造及地壳运动的学说有着直接的关系。熔融物质的产生看来是某种类型的构造运动引起的。此外，具有一定产状形态的岩浆岩本身是地壳构造单元之一，这就一方面作为构造地质学研究的对象，另一方面又作为岩石学本身研究的对象。

矿床学根据大地构造学的资料（其中也包括地质构造学的资料）得出了许多最重要的理论，因为构造破裂是把许多含矿溶液（或者与许多矿产生成相关的岩浆）从深处引导到地壳上部地区的主要通道。另一方面，矿体富集的主要因素之一就是地质构造，后者乃是矿化的空间。在普查和勘探煤矿床、石油矿床和天然气矿床方面研究地壳构造的意义也不小。许多盆地里的煤田都经过构造变形。煤层被挤成褶皱，并被断层所破坏，而要进行合理的勘探，正如有要进行合理的开采一样，只有仔细研究构造才有可能。第一，石油和天然气的分布有时依赖于断裂和变动带的位置，这些地方是碳氢化合物从深处迁移并在地壳上部聚集的通道。第二，大多数石油和天然气矿床都生在良好的地质构造中。背斜褶皱的穹部常常是这种良好的构造。

由此可见，根据构造地质学的资料可以预测矿床在地壳上的分布及许多矿体的形态，这正是构造地质学的重大的实际意义所在。

普查——勘探和采矿学常常利用构造地质学的资料，因为矿体的形态及其变动与构造现象有着直接的关系。勘探坑道、钻孔的布置、矿床的开采法在很多地方都决定于对矿床构造的了解。

水文地质和工程地质的研究是与构造地质学紧密地联系着的。含水层和不透水层的位置、沿着大断层系统和基岩的裂缝中地下水的运动——所有这些水文地质资料都是在构造地质研究时获得的。就工程地质而言，除了关于地壳岩层产状形态的最重要资料外，构造地质所获得的岩层节理的资料也具有很重大的意义。

* * *

这一概述表明，构造地质学与地质科学的其它学科有着如此多种多样的联系。一切地质学科都广泛地利用它的结论，但另一面，那些结论本身又影响着构造的概括。大地构造学和地质构造学的巨大意义在于它们几乎与所有的地质学科都有着密切的相互关系。显然，目前对大地构造学和构造地质学没有深刻的认识就不可能解决地质学的大多数理论问题和实际问题。

第二章 岩石的变形

基本定义

組成物体质点的相互位置的改变称为变形，物体形状的改变可以是变形的結果。物体发生变形时，可以沒有显著的体积改变，但也可以有显著的体积改变。

变形可以由作用在物体上的外部机械力引起，也可以由其他的因素引起，例如，温度的变化、与体积改变有关的相的变化、磁化现象（磁感应效应）或电荷的出现（压电效应）。发生在物体内部并且力求与外力作用相平衡的内力称做弹性力。我們把作用在单位横截面积上的弹性力的值称为应力，它表示弹性力的强度。

在地质文献中，有时不正确地将外力称之为应力（стресс）。这个术语在物理、数学及工程科目中当作俄语词（напряжение）的同义词应用的，因此，在地质学中，对于术语“стресс”不正确的应用应该停止了。А. В. 培克（1939）指出，对于压力（давление）这一术语也常常不正确地应用着，有些地质学家赋予压力以能够使得岩石变形之力的意义。例如，可以遇见这样的说法：“褶皱是由来自南面的构造压力作用所引起”。压力是一种作用在单位面积上的力，而且是与其大小相等、方向相反的弹性力相对抗的。压力也是与其所加予的物体的弹性内力相平衡的应力，因此也就不能引起地质学家感兴趣的变形了。只有超过物体弹性内力的外力才能导致物体形状不可复原的形变，所以当我們描述或分析岩石变形的时候，不应当使用压力这个术语。

变形种类

弹性变形、塑性变形及断裂变形

假使变形随着引起变形的力（应力）的除去而消失，则这种变形称作弹性变形。弹性变形量是与引起变形的应力的 σ 大小成正比，而且，在一般情况下，与力（应力）作用在变形物体上的时间无关。

确定应力与弹性变形之间存在正比关系的虎克定律对于单轴的拉伸可用最简单的公式表示如下：

$$\sigma = E \times \epsilon,$$

式中 σ ——应力， ϵ ——相对伸长， E ——该物质不变的比例系数——第一类弹性模量。

所谓塑性变形是在变形力作用停止（取消）以后的剩余变形，这种剩余变形中物质沒有发生显著的破坏（图版 I，1）。这种不可复原的变形不仅与引起变形的力成比例，同时也与该力作用在变形物体上的时间长短成比例（参看后面——蠕变）。后者对于正确地理解地壳中变形发生和发展的条件具有重大的意义，在地壳上，我們经常碰到一些在很长时期的

构造力作用下形成的变形。

弹性变形和塑性变形过程随着它们发展而导致物质的根本破坏，这种过程与作用力的增加有关，或者，在塑性变形时与作用力的持续时间有关。

物质的破坏是一种变形方式，研究这种变形，对于地质学家特别重要，因为他们不得不常常与或多或少破坏了的有裂缝的岩石接触（图版 I，2）。

我们将要称这一类变形为断裂变形。有些学者称这一类变形为脆性变形。不过后面这个术语对于概括断裂变形的特点是不适用的，因为物质的破坏也常常与塑性变形有关。

滞 后 现 象

我们所讨论的三类变形在自然界中是不能完全独立存在的。实际上变形几乎总是具有混合的特征，并且很可能是相互重迭的两种甚至三种变形的总和。根据广泛分布的滞后现象^①（гистерезис）就很容易确信这一点。

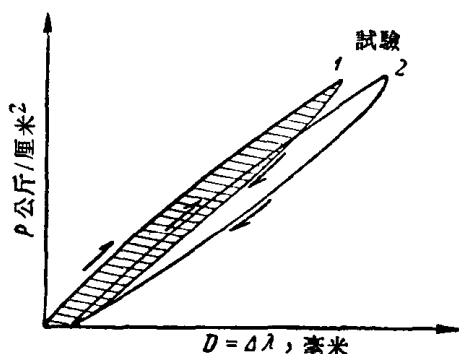


图 II—1 滞后。根据力 P 几次加上后再去除的标本伸长图表确定。横线条所标出的滞后圈是 P 力第一次加上和其后的去除所作用的

假使将使物体变形的力的数值画在纵坐标轴上，而将变形的大小（例如，变形试样长度的增加）画在横坐标轴上，则可发现，反映力与变形之间关系的曲线，在力（载荷）增长的情况下与表示该物体在力减少（卸载）时的曲线是不符合的。两条曲线形成了一定的圈子。在对于同一物体再进行一次试验时，虽然保持了与前一次的试验完全相同的条件，而我们所得到的圈子却仍不同于前一次试验所得到的圈子（图 II—1）。

滞后圈的形成是与变形体中出现的剩余的不可复原的塑性变形或断裂变形有关。因此，物体或其个别部分，在取消变形力时，不能完全恢复到原来的形状。滞后圈包围着一定面，其面积的大小乃是消耗在不可复原的变形上的功。可见，塑性变形和断裂变形需要不可逆地耗费动能，这动能是用于在变形物体颗粒的不可复原的移动上。

所讨论过的滞后现象证实了变形的综合性。在一般情况下，物质的破坏，正如 Я.Б. 弗里德曼（1943）所指出，变形是由三个依次发生并且相互重迭的过程所组成：（а）弹性变形—— Y （б）塑性变形—— Π ，（в）破坏（物质分裂）—— P 。

强度理论研究伴随着变形种类改变的从变形的一个阶段过渡到另一个阶段的条件、塑性变形开始的条件（ $Y \rightarrow \Pi$ ）和破坏开始的条件；对于粘性破坏是 $\Pi \rightarrow P$ ，而对于脆性破坏则是 $Y \rightarrow P$ ，这在下面将要加以阐明。

物质由 $Y \rightarrow \Pi$ 、 $\Pi \rightarrow P$ 和 $Y \rightarrow P$ 过渡时的状态称为临界（критические）状态或极限（предельные）状态，它们符合于变形曲线上的弯曲处或特征点。有关这些极限状态的各

① 在固体力学中把变形体加载曲线与卸载曲线的不相符现象称为 гистерезис（希腊字“滞后”）。

② 对于由 $Y \rightarrow \Pi$ 的过渡条件曾详细地被研究过，特别在苏联学者 Н.Н. 达威登科夫（Давиденков，1938）、И. Н. 米罗柳博夫（Миролюбов，1938）及 И. А. 奥丁格（Одинг，1938）的著作中。