

大地構造学基本問題

下 冊

B. B. 別洛烏索夫 著

地質出版社

大地構造学基本問題

下田 昌

東京大学地質学研究所

東京大学出版会

大地構造学基本問題

下 冊

B. B. 別洛烏索夫 著

本書系根據蘇聯科學院通訊院士 B. B. 別洛烏索夫所著“大地構造學基本問題”一書譯出。

中譯本分上、下兩冊出版，本書即一冊。

參加本書翻譯工作的有：

第五篇第十八、十九、二十、二十一、二十二章——張文佑譯；
第二十三章——蔡炯、范嘉松譯；第六篇——吳偉譯；第七篇——劉鴻允、應思淮譯；第八篇第三十一、三十二章——石岩寒譯；第三十三章——江克一譯；第三十四章、第九篇——徐章曼譯。

由於本書譯者較多，所以譯名不太統一，為了使讀者不至把同一名詞作不同理解，我們把其中主要的譯名作了統一，如 платформа（陸台，地台）統一成“陸台”，инверсия（迴返，迴轉）統一成“迴返”。這些譯名是否正確，尚希地質界展開討論。

大地構造學基本問題 下冊

著者 B. B. 別洛烏索夫
譯者 張文佑等
出版者 地質出版社

北京宣武門外永光寺西街3號
北京市書刊出版業營業許可證出字第050號

發行者 新華書店
印刷者 地質印刷廠

北京廣安門內教子胡同甲32號

編輯：周裕濂 技術編輯：李璧如 校對：曹次民

印數(京)1—5,100冊 1957年10月北京第1版

開本31"×43¹/₂" 1957年10月第1次印刷

字數310,000字 印張15²/₃₂ 插頁2

定價(10)1.90元

目 錄

第 五 篇

褶 皺 構 造 运 动

第十八章 关于固定形变的概念	7
形变与应力	8
第十九章 全形褶皱机理的一些問題	31
褶皱作用中岩層“能干性”的問題	32
岩層挤成全形褶皱的机理的要素	35
关于形成定向結構的机理	43
第二十章 在時間上和空間上的全形褶皱的形成。褶皱帶和 陸台	49
緩慢的褶皱作用呢还是短促的褶皱幕?	49
全形褶皱的时期和幕	53
第二十一章 全形褶皱的發展史及其与振盪运动的联系	57
褶皱幕在地槽內的迁移	57
地槽內以振盪运动为背景的褶皱發展的基本特点	63
第二十二章 褶皱作用的动力学問題，褶皱作用力的方向	69
全形褶皱的形成条件	69
地壳內物質沿層面的重新分配是褶皱作用的基礎	75
一些方法上的意見	87
第二十三章 断續褶皱和中间褶皱的形成条件	89
形成断續褶皱时潜伏地形的作用	89
形成断續褶皱的力的方向	91
断續褶皱在時間上的發展特点	92
断續褶皱的形成过程与地壳振盪运动的相互关系	94
断續褶皱形成过程中的力学改造作用	102
底辟穹窿的形成条件	104

斷續褶皺的移動 112

斷續褶皺頂部的塌陷現象 114

斷續凹槽 114

與斷續褶皺成長有關的地表的現代變形 116

斷續褶皺與全形褶皺的統一性 119

中間褶皺的形成條件 120

第六篇

斷裂構造運動

第二十四章 固體破壞物理理論的若干資料 124

第二十五章 構造斷裂形成的機理 134

 自然環境中發生裂割和切割時形成的斷裂 134

 拉伸斷裂 134

 壓縮斷裂 150

 切變斷裂 155

第二十六章 斷裂變動形成的構造條件 160

 拉伸 160

 壓縮 180

 切變 192

 斷裂變動的伴生現象 195

 斷裂運動的近代呈現 200

第二十七章 斷裂構造運動在地球構造總的發展中的地位 205

第七篇

岩漿活動和大地構造作用

第二十八章 侵入的岩漿活動 211

 岩基 211

 裂隙侵入體和熱液礦脈 218

 層狀侵入體 221

 “小型”侵入體 222

分散的注入体	226
第二十九章 噴出的岩漿活动	227
第三十章 岩漿活动及其發展条件概述。若干地球化球問題	232
岩漿活动过程的一般規律	232
若干地球化学問題	238

第 八 篇

整个大地構造發展过程及現代大地構造概述

第三十一章 关于大洋的構造本性	247
对大洋構造本性的两种观点	247
大洋構造的研究方法	248
水深測量法在研究大洋構造上的应用	249
大洋的構造本性	255
第三十二章 整个大地構造發展过程概述	262
第三十三章 大地構造分区原則	269
不同比例尺、不同目的和不同原則的大地構造圖	274
按構造發育类型的分区	276
第三十四章 地球上現代地質構造的簡述	283
欧洲	283
亞洲	307
非洲	313
北美洲	314
中美洲和南美洲	319
澳洲	321
大洋	321

第 九 篇

大地構造發展过程的起因

第三十五章 最重要的几个大地構造假說	321
收縮說	327

均衡說	332
布契尔的脉动說	333
奥勃魯契夫和烏索夫的脉动說	335
放射性旋迴說	336
大陸漂移說	338
岩漿流說	342
重力褶皺作用說	343
波動說	344
岩流層說	346
放射性迁移說	349
第三十六章 構造过程起因的現代概念	353
作为地球發展基礎的物質分異作用	354
地球物質的分異过程对大地構造所產生的結果	360
几个結論	364
参考文献	367

第五篇

褶皺構造運動

第十八章 关于固体形变的概念

在本篇和以后的各篇將研討在構造力作用下岩石中所產生的力学过程。这些过程首先表现为形变，即地質体的形狀或体積的改变，其次表现为岩石的破坏，形成構造裂縫或断裂。

在構造力的影响下，岩石既可經歷彈性形变，也可經歷塑性形变。在地壳結構中只記錄下不可逆的塑性形变。属于岩石塑性形变表现的，首先是褶皺作用——層狀岩石中最普通的形变表现。

在轉入專門構造問題討論之前，必須熟悉（即使是最簡略地和最初級地）属于岩石之列的固体形变的現代理論資料。但是这个为正确了解地壳內形变產生条件所必需的理論資料，远不足以解决由討論褶皺構造所引起的全部構造的和物理的問題，其原因就在于：目前对塑性形变研究得还不夠充分，还是片面的。在物理和技術科学中，塑性形变的理論問題几乎僅和局部的实用問題，主要的是和金屬方面的問題相联系；如所周知，金屬在結構和特性方面頗不同于岩石。

并且實質上，在物理学和技術科学中，主要的是研究微量形变。而在地質环境中，岩石却常遭受大規模的、与各岩体在空間上的顯著相对移动相联系的形变。

形变介質的不均匀性对于構造形变有着重大的意义。例如：沉積岩由層理所表现的不均匀性使其塑性形变出現为褶皺作用。但在物理学和技術科学中，不均質体的形变討論得很少，并且只能应用于某些

特殊的、与構造环境很少相同的場合。

还必须指出引起地壳中岩石形变的外力的不定性：地質学家僅观察到形变的結果，并且不得不根据这种观察結果來推断作用力的性質。重要的是，影响地質环境中形变过程的有多种因素（这些因素是：形变的延續時間、溫度、在湿度影响下岩石性質的改变，在形变时岩石内部結構的改变等等）。

由上述可得出結論：在問題的現时情况下，不可能基于唯一充分嚴密而詳細的塑性形变理論來描述或即使來划分褶皱过程。这样的理論就是对于極簡單的事例也还没有拟定。但是現代形变理論的个别材料仍然可能用以解决地質構造問題。这些材料在本章中也要論述。在編寫本章时，曾利用了不同的参考文献（Губкин, 1946, 1947; Иванов, 1948; Пешль, 1948; Ужик, 1950; Филоненко等, 1949; Фридман, 1946; Шрейнер, 1950; 等等）。

为了更進一步發展我們关于構造形变机理^①的概念，就要求加強專門性的試驗和理論研究工作。这就是科学中的一門新分科——構造物理学的領域。

形 变 与 应 力

处于外部机械力作用之下的固体經受着形变，即体積改变或体積与形狀的改变。形变有賴于作用力的大小和方向，也还有賴于形变物体的性質，并且可能是極为多样的。可是我們發現，形变的类型尽管多种多样，但物体每个基本部分的任何形变，都可归結为两个基本形变类型的总合：一方面是挤压和引張，另一方面是剪切（圖152, a, б, в）。

如果物体各部形变相同，程度也相等，則称为均匀形变，如果形变的大小和性質从物体的一部分向另一部分改变，則称为非均匀形变。

① механизм一字在本書上册中曾譯为机构，現參照技術界所定的譯名在下册中一律改为机理——編者註。

作为非均匀形变的有弯曲和扭轉（圖 152, ϵ, δ ）。弯曲形变基本上可近似地簡化为物体不同部分的不同引張和挤压。扭轉基本上近似于剪切，其大小随距离扭轉柱軸的远近而不同（圖 152, δ ）。在另外的場合中，可以看到挤压—引張和剪切的非均匀形变的总合。但在測定物体每一部分的引張—挤压和剪切形变的大小时，可以用任一复合形变來說明。

引張—挤压形变以相对拉長的量 ϵ 表示，引張为正数，挤压为負数（圖 152, ϵ, δ ）。因此，

$$\epsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\lambda}{l_0},$$

式中

- l_0 ——物体原始長度；
- l_1 ——物体形变以后的長度；
- λ ——绝对拉長。

对于均匀形变，变量 ϵ 在每点都是相等的。

剪切形变由原始直角的变量來測定（圖 152, θ ）。对于微小形变，这个变量可用剪力角的切綫值來表示。

选取三个相互垂直的方向，就可以把任一均匀形变想象成是沿三个相互垂直方向的三个引張—挤压的結果。

当形变力量增大到某种限度之前，固体物質受到彈性形变。当形变力量更进一步增大时，在一般場合下，彈性形变就变为塑性形变。因此，塑性形变跟随着彈性形变，并且如我們以后所看到的，塑性形变与彈性形变密切联系。

固体物体給予变形力量以一定的反抗。这种反抗証明，在变形过程中，物体內發生内部反应力。結果如彈性理論所示，形变物体的任一單位体積，都处于引張—挤压或剪切的相互平衡力的作用下。为了便于研究这些内力起見，我們就任意选取物体内部限定單位体積的小面積來考查它們的作用。

一般講來，一切力量的合力可以和我們所任意选取的面積成任一角度。但這個合力總可分解為兩個分力：垂直於單位面積的和平行於單位面積的。屬於單位面積的合力、垂直分力和水平分力分別叫作合應力、正應力和切應力（圖153）。

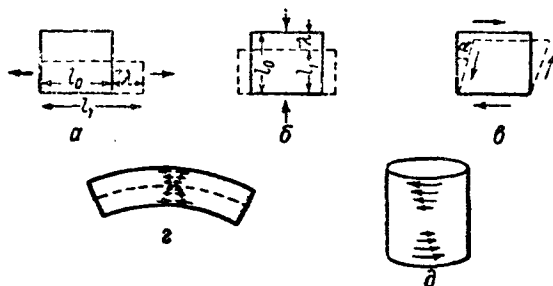


圖 152. 形變的各種型式

a —引張； b —擠壓； c —剪切； d —彎曲； e —扭轉

均質體中，作用於任一單位面積一點上的正應力和切應力，決定着該單位面積的應力狀態。假如均質體受到均勻形變，則物體各點的應力狀態相等，於是我們就得到均勻應力形態。假如各點的應力狀態不同，那末它就是不均勻的。我們為了簡單起見，在以後的例子裏，都是指均質體均勻形變時所發生的應力狀態。

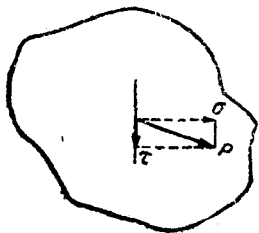


圖 153. 合應力 (P)，正應力 (σ)，切應力 (τ)

在物體的某一形變作用之下，正應力與切應力之間的比例將隨着我們所選取的單位面積的方位而不同。例如，假若物體受到引張，那末垂直於引張軸的小面積上的正應力將最大，而切應力在這個場合中就不存在。在平行於引張軸的小面積上，既沒有正應力，也沒有切應力，而在介於中間位置的小面積上，正應力和切應力則同時存在，但二者之間的比例不等。

彈性理論指出，在任何物體形變里的每一點上都可求得三個這樣互相垂直的小面積，該三個小面積上只有正應力作用而沒有切應力作用。為了說明該點的應力狀態，這三個正應力已完全足夠了。這些正應力稱為主應力，而它們所作用的方向就是應力主軸。在均質體中，它們同時是形變主軸。

在非均勻形變中，主軸的方向是隨地不同的。在均勻形變的均質體中，各點的主軸相互平行，因此這種物體的應力狀態就完全以一個三主應力系統為特徵。

找出主軸具有很大意義：假如這樣選取坐標系，使坐標軸和主軸相合，把所有作用的力描繪成沿這三個軸的合力，那末應力狀態的說明就大為簡化。

圖 154 表示均質體受到均勻的三面引張。圖中所表示的力的方向，垂直於平行六面體的面，與主軸相合；在垂直於它們的小面積上只有正應力作用，它們可完全表示出物體的應力狀態。假如我們選取任何另外的小面積，那末我們一般就必須把切應力也包括到應力狀態的說明中。

在一般場合中，主正應力的大小是各不相同的。可以區分為最大的、中等的和最小的主應力。同時把張應力當作正的，而把壓應力當作負的。其中一個或兩個主應力可能等於零。假如只有一個主應力不等於零，那末我們就得到單軸的或綫狀的應力狀態。例如細金屬絲的縱向拉長便是這樣一個狀態。假如主應力中只有一個等於零，這種應力狀態就叫作雙軸的。金屬薄片在其平面中的力的作用下所產生的形變，就是雙軸應力狀態的實例。假如應力作用於正方柱體，垂直於稜角之一並沿整個柱面固定不變，則這樣的應力狀態也可認為是雙軸的。在這種場合，我們可以用垂直稜角剖開的薄片來代替方柱以進行研究，因為任何這樣的一個薄片，不管它是從物體任何一部分剖開，其應力狀態總是相同的。這就是立體問題可歸結為平面問題的典型事例。在以後分析地質構造形成的機理時，為了簡便起見，我們將主要

地採用平面問題的方法。

在三個主應力都不等於零的場合，我們便得到三軸的或立體的應力狀態。

我們現在來看一看看在各種不同應力狀態下，隨着小面積方位的改變，正應力和切應力之間有怎樣的聯繫？在所有場合，我們都是指均勻應力狀態和正平行六面體的微小形變。

先從單軸應力狀態開始談起，當只有一個主應力存在，就引起沿一個軸的引張或擠壓（圖 155）。在拉長細金屬絲的時候，我們就大致得到這樣的應力狀態。

用 σ 表示任一小面積上的正應力； σ_1 表示物體橫斷面上的正應力，橫斷面垂直於引張力或擠壓力； τ 表示任一小面積上的切應力； α 表示所選取的小面積與橫斷面之間的夾角。那末，在引張場合中的任一小面積上，正應力值就決定於公式：

$$\sigma = \frac{\sigma_1}{2} (1 + \cos 2\alpha),$$

而切應力值就將等於：

$$\tau = -\frac{\sigma_1}{2} \sin 2\alpha.$$

從這些公式得知：最大正應力 σ_{\max} 產生在 $\alpha=0$ 的時候，即在單軸引張時橫斷面上的正應力最大，或 $\sigma_{\max}=\sigma_1$ 。

在同一小面積上的切應力等於零。因此，最大正應力 σ_{\max} 就是主應力，它在均質體中很顯然是沿形變的主軸方向而作用的。

由同樣的公式得知最大切應力產生在 $\alpha=45^\circ$ 的時候，即它發生在和主軸成 45° 交角的小面積上。彈性理論確立了切應力的交互定律，根據這個定律，兩個互成 90° 交角的小面積上的切應力，其值相等。由此可在所有向引張軸傾斜成 45° 角的小面積上看到最大切應力。在單軸應力狀態下，這些小面積就合成為雙圓錐（圖 156）。

在單軸引張時，最大切應力的大小和最大正應力的大小之間有下

列关系:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_{\max}}{2}$$

在單軸挤压时，具有最大正应力和切应力的最小面積的位置也有同样的关系，但公式内的正应力应该带有負号。

假如两个主应力同是正号或同是負号，則双軸应力状态可以是同号的；假如一个主应力是挤压，而另一个是引張，則双軸应力状态就是異号的。假設我們有一个同是正号的（引張）双軸应力状态（圖 157）：用 σ_1 和 σ_2 表示主应力，而且 $\sigma_1 > \sigma_2$ 。这时候最大正应力將發生在垂直最大引張力作用方向（即最大引張軸）的小面積上，并將等于

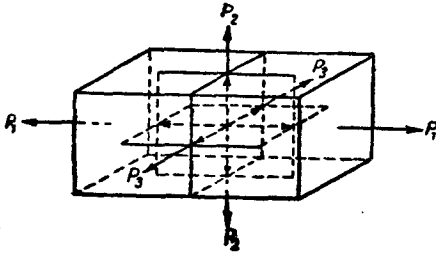


圖 154. 平行六面体三面引張的示意圖



圖 155. 引張时的正应力和切应力的示意圖



圖 156. 圓柱体單軸引張时的最大切应力圓錐

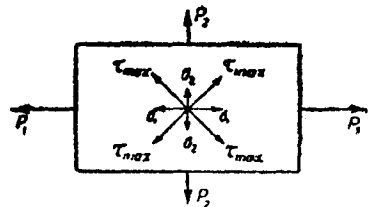


圖 157. 双軸引張时，主应力和最大切应力的分布

σ_1 。而最大切应力則發生在平分主正应力小面積之間夾角的小面積上，也就是發生在与主軸成 45° 角的小面積上。在这种場合，这些最小面積的总合就構成相交的平面。

双轴引張的最大切应力的大小决定于:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

挤压应力应当用负号表示。这时带有正应力和切应力極值的小面積的位置是不变的。

由最后一个公式可以看出: 假如两个主应力相等, 那末一般說來就沒有切应力出現。例如在沿着平面內的两个互相垂直的軸受同等挤压力的薄片, 就沒有切应力。当主正应力的值或符号不同时, 才有切应力出現。

圖158, a 表示三軸应力状态。三个应力用 σ_1 , σ_2 和 σ_3 來表示。假定 $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, 即 σ_1 是最大主应力, σ_2 是中等主应力, σ_3 是最小主应力。

在这种場合下, 最大正应力顯然將出現在垂直于最大主应力 σ_1 的小面積上。

最大切应力將限定在两个互相垂直的小面積里, 这两个小面積平分具有主正应力最大值和最小值的小面積之間所夾的直角。

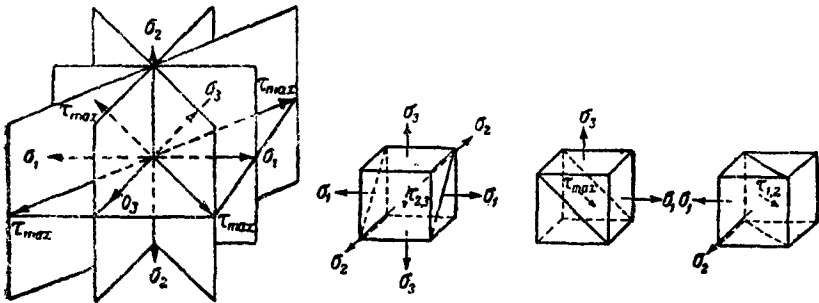


圖158. 左圖表示三軸引張时的主应力和最大切应力;
右圖表示与不同組正应力相联系的切应力

这时最大切应力的大小是:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

在平分主应力面間其他兩角的小面積上，切应力可用下列形式表示（圖158,6）：

$$\tau_{1,2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}; \quad \tau_{2,3} = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}.$$

由上述可知，只有当主正应力符号不同或大小不等时，才有切应力出現。在任何两个主应力相当的时候，依存于它們的切应力也就消失；而在流体靜压或引張时，其中所有主正应力都相等，因此切应力也就一般不存在。

在本篇末尾，我們还要討論在研究区域構造时关于确定应力主軸位置的問題。如果在十分近似的程度上可以把岩石的形变成分看成是均質的話，并且把它們的应力和形变的主軸也可看成是同一的話，則在許多場合确定应力主軸的位置是遇不到多大困难的。例如用肉眼或顯微鏡所看出的岩石中的卵石或顆粒的压扁情况以及礦物的排列方位都可給我們指出引張和挤压主軸的位置。如果岩石不能当作均質的來看待，則結論就比較不易得到。但是在那些場合下，即岩石中的各个非均質成分呈不規則排列，并且数量很多，則根据統計結果就可認為：形变軸的平均位置近似应力軸的位置。可是如果非均質成分（如晶体）一开始就呈規則排列，則形变主軸便不和应力主軸一致，因而应力軸的确定也就非常困难。

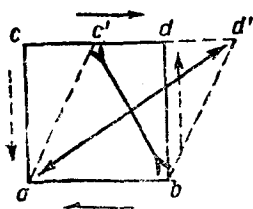


圖 159. 薄片的切变； a — d' —最大拉長軸； c' — b —最大縮短軸

如果观察証明，岩石所遭受的不是挤压或引張而是別种作用（“荷載”），便產生另一种性質的困难。例如，在最簡單的場合中与力偶相当的切应力，就是一种極為广泛傳布的構造“荷載”。圖 159 表示在这些力的作用下的直角形薄片。这个薄片代表任一塊岩石，介于平行移动而方向相反的兩地段之間（例如一層岩石介于兩層平行地而反方向地移动的岩石边界之間）。通常在这种場合，圖上就說明着一个力