

褶皺形成構式的若干問題

И. В. 基里洛娃著

科學出版社

И. В. КИРИЛЛОВА
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ
МЕХАНИЗМА СКЛАДКООБРАЗОВАНИЯ
(в связи с изучением внутренней структуры
складчатых толщ)
АН СССР

褶皱形成模式的若干问题

(鉴于对褶皱岩层内部构造的研究)

И. В. 基里洛娃著

俞鴻年 施央申 夏邦棟 李行健等譯

徐秉濤等校

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 号

科学出版社上海印刷厂印刷 新华書店总經售

*

1958 年 7 月第 一 版

書号: 1267 字數: 93,000

1958 年 7 月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

(總) 1-1,268

印張: 3 3/4

定价: (10) 0.70 元

內 容 提 要

本書根据苏联科学院地球物理研究所著作集第6卷133号 [Труды геофизического института № 6 (133)] 譯出。首先論述了对研究褶皺形成構式的基本問題的看法, 变形構式的現代概念, 褶皺岩層內部構造要素、內部構造各要素之間的相互关系的分析以及褶皺形成过程中变形發展構式的某些結論; 同时作者对自己所研究的地区也做了区域地質構造的闡述。

本書可供地質学家的参考。

目 录

I. 引言	1
II. 文献概述	3
1. 各个研究者对褶皱形成構式的基本问题的看法	3
2. 变形構式的现代概念	12
III. 各观察区地質構造簡述	15
1. 特里阿列特褶皱区的东部沉陷(第比里斯——姆茨赫特区)	16
2. 阿洪背斜	20
3. 横越高加索主脉之描述	22
4. “帕烏克”山口	33
IV. 褶皱岩層内部構造要素的描述	34
1. 节理	35
2. 劈理	57
(1) 平行于層面的劈理	58
(2) 与層面成角度相交穿过岩層的劈理	61
(3) 各类劈理之間的相互关系	75
3. 褶皱	76
4. 小断层	87
V. 内部構造各种要素之間的相互关系	92
1. 裂縫与劈理	93
2. 裂縫与小断层	94
3. 裂縫与褶皱	94
4. 劈理与小断层	95
5. 劈理与褶皱	95
6. 小断层和褶皱	96
VI. 褶皱岩層内部構造要素的分析及有关褶皱形成过程中 变形發展構式的某些結論	96
1. 褶皱	96
2. 裂縫	100
3. 劈理	106
4. 小断层	109
結論	110
参考文献	115

I. 引言

研究者們一開始發現岩層產狀的破壞現象，以及對褶皺進行最初描述後，就已對褶皺和其他破壞現象的成因問題感到興趣了。

長久以來，人們就想根據那些表示較大地區的地質構造運動和反映在與大量岩石運動相當的不同走向的大規模的破壞現象來解決這些問題。由於顯微鏡的發展，以及礦物定向的一定規律性的發現，產生了研究岩石顯微構造的顯微構造學（микротектоника）。

那些顯微鏡觀察所不及的、同時在地質圖上又為地質測量一般比例尺所不能反映出來的中間形態（промежуточные формы），過去研究得很不完全。但是，正是這些中間形態對於褶皺形成構式的認識有着極為重要的意義，因為呈現在研究者眼前的它們的規模，乃是自然的而且完全是觀察得到的，以致使研究者得以看到構造中某些細節間的相互關係。

這裏要論述的是小褶皺、裂縫、劈理和小斷層，將它們合併在一起統稱為褶皺岩層的內部構造要素。

1944年，本文作者在B. B. 別洛烏索夫教授領導下，曾研究了姆茨赫塔和季戈米兩個背斜之後（姆茨赫塔和梯比里斯地區庫拉河右岸）。結果便在褶皺和節理相互關係上發現了某些規律性^[13]。

於是，作者便被邀參加了研究褶皺形成構式的問題，這一研究工作也是在B. B. 別洛烏索夫教授的指導下，在蘇聯科學院理論大地構造研究所（ИГГ АН СССР）理論大地構造實驗室和莫斯科奧爾忠尼啓則地質勘探學院普通地質教研室內并驅進行的。

近几年，在索契和圖亞普謝地區（1945年）及在伏耶諾-奧賽

金沿綫地区(1946年)进行了野外观察工作,除了有关节理資料外,还提供了相当丰富的有关不調和的小褶皺和劈理方面的資料,从而大大地扩大了研究范围。

如上所述,对于褶皺形成的动力作用等問題的研究,是以別洛烏索夫教授为首的,包括作者与 Н. А. 罗查諾娃 (Розанова) 和 А. В. 戈里亞切夫 (Горялесь) 一起集体进行的。这一工作的結果,于1947年春天曾叙述在以“褶皺形成構式基本問題”为題的綜合报告中。以后,在莫斯科自然科学工作协会公报内發表了別洛烏索夫教授的作了某些縮減的同名論文,此文是在其它参加者合作下写成的^[2]。

虽然作为上述論文依据的材料颇为完全,而且是由許多研究者所搜集的,但絕不能認為褶皺形成構式和动力作用的基本問題已完全介決了,而只是对这方面的某些問題和我們研究工作的初期阶段作一总结而已。

当然,更不能認為本著作能完全解决这些問題。

作者編著本文的基本任务是,將所累积的有关褶皺岩層内部構造要素的材料加以系統化,和揭示褶皺岩層内部構造要素在發育、联系和相互关系方面的基本規律,从而去闡明褶皺形成过程中岩層物質运动的机械作用和历史。

作者在上述著作內所有基本的理論体系作总的划分时,因限于篇幅,只能引証其基本結論(本書第11—12頁),讀者欲想較全面的了解,可参考原著。

材料的研究工作是在別洛烏索夫教授指导下进行的。他經常給予作者以極為寶貴的意見和指示,这里作者特向他表示深切的謝意。

同时,作者借此机会对在本文編写过程中参加討論和幫助編写的實驗室工作人員,以及積極参加野外材料搜集的大学生采集員們,表示感謝。

II. 文献概述

由于專著题目涉及了相当广泛的局部問題,因此,欲对以前的研究作出一个总的概述是有一定困难的。

褶皱形成过程的構式及其某些細节,很早以前便引起了地質学家的注意,除了作專門研究以外,在探討一般地質問題时,亦不止一次地涉及了此問題。岩石和其它的物質变形,曾經作过詳細地研究,并被闡述在有关的文献中。因为塑性变形構式在本文中仅起着一般的輔助作用,而不是單独的研究对象,所以,我們只在本概述的第二部分对有关此問題的現代概念,作一極為簡短的綜合介紹。在篇幅众多,但亦又是很短的第一部分內將闡述有关褶皱岩層內部構造要素及褶皱形成構式的主要的和最有意义的著作。因此,文献概述便分为两个部分。

1. 各个研究者对褶皱形成構式的基本問題的看法。
2. 变形構式的現代概念。

1. 各个研究者对褶皱形成構式的基本問題的看法

自从文献中一开始对弯曲、褶皱及类似的岩層層位变动进行描繪和純几何描述时起,这些破坏現象便时刻地吸引起了观察者的注意。随着地質学研究实际意义的增長,地質学家的兴趣范围也扩大了。研究者们从对褶皱几何形态的观察,轉为研究褶皱構造的細节和創造有关某些構造形态形成構式及一般褶皱形成構式的假說。

構造研究和有关褶皱形成过程的現代概念的历史,可以作为一个單独的研究题目。几乎所有过去的極大部分的研究工作成果,均在各种概括性的著作中^[19,20],以及許多較為全面的有关普通地質学、动力地質学、構造地質学和大地構造学的指南中^[17,21,35,43,52,57,63,65]均有所述叙。

在本概述中將要提到的是直接與本專著的基本問題有關的一些著作，也就是將要提到有關褶皺岩層內部構造要素的形態和分析的著作，即描述發育在較大構造形態基礎上的小褶皺、裂縫、劈理和小斷裂的著作。

由於在研究過程中沒有採用顯微鏡方法，因此許多關於構造岩石學和顯微構造分析方面的著作，並沒包括在本概述內。

在十九世紀，專門從事於褶皺形成構式研究的，幾乎全是外國地質學家。其中值得提出的有謝德日維克 (Sedgwick, A.)^[58]。沙爾普 (Sharpe)^[59]，亭達爾 (Tyndall)^[64]，海姆 (Heim, A.)^[52]，多勃雷 (Daubtée)^[48]，別克爾 (Becket, G.F.)^[40] 和凡·海茲 (Van Hise)^[55] 的許多眾所周知的著作。

到了二十世紀，外國在這方面的著作，就帶有局限性了，大部分多趨向於從形式上來描述各種小構造的形態，而對其生成條件缺少全面的分析。

此類著作的作者有 H. 和 E. 克羅斯 (Cloos)^[45,46]、紹爾茨 (Scholtz)^[62]、謝爾邦、希爾斯 (Shethon E. Hills)^[53] 和許多其它作者^[39,43,49,66]。

目前，蘇聯學者在更為正確的方法學基礎上很有成效的研究着褶皺形成構式問題。

H. II. 赫拉斯科夫 (Херасков) 的著作具有很大意義，他在吉沙爾山脈^[37] 西南端地質構造概要一文中說道：“在該區內可見有許多大小不一的褶皺，這是一個連續不斷的褶曲群，其中包括從幅度在幾米以內，不超越任何一個薄層的彎曲，直到幅度在 100, 1000 米以上，包括整個岩系的背斜”。此種褶皺在大背斜軸部的消失處或局部傾伏處特別發育。作者將侏羅紀石灰岩層的褶皺看作為適應於古生代斷層——褶皺岩塊複雜構造地形的相當堅硬的岩系。在石灰岩下伏的、比較具塑性的侏羅紀砂質粘土岩層內，這種適應情況表現在厚度的急劇變化和局部的岩層平移錯斷中。

在各种不同岩層內發現有沿着塑性岩層的岩層滑動現象和斷裂褶皺。

Г. Д. 阿日吉列依 (Ажгирей) 在关于褶皺構式的論文^[1]內分析了現有的有关褶皺形成假說, 并發表意見說, 他所認為應該称为表壳褶皺 (складки коры) 的基底褶皺, 乃是阿尔卑斯类型山脉和天山类型山脈的一种主要的变形形态。

他的基本結論如下:

1. 岩石的彈性变形仅限于局部的構造範圍內, 但在整个大的区域的主要範圍內不易表达彈性应力, 而是塑性变形。

2. “表壳褶皺”(与其直接有关的、同时形成的構造斷裂) 是地球表面上構造的一种最普遍的形态表現。

3. 除了很少的例外, 一般类型的褶皺仅見于“表壳褶皺”發育处。

其次, 他还作了褶皺構造的成因分类表。

А. А. 博格达諾夫 (Богданов)^[6] 在对伊申拜区構成孔谷沉积層的主要物質进行描述时确定了在硬石膏-石膏复盖層內有十分复杂的位移和褶曲存在。所附的岩心标本的照片說明了斷裂与柔性小褶皺相結合的这些破坏作用的結果。这些在薄層粘土和硬石膏之間的腸子狀硬石膏 (кишечный ангидрит) 夾層的剧烈褶曲, 以及說明在硬石膏刺穿作用下, 在較厚砂岩內剪切面形成的标本, 便是很有意义的例子。

М. В. 穆拉托夫 (Муратов)^[22] 在研究高加索大山脈南坡的一个复理石地帶的相当复杂的地質構造时, 划分出了若干彼此被巨大逆掩斷層所分开的構造复合体 (тектонические комплексы)。

这里广泛地發育着强烈的小褶皺, 和与其相伴生的許多小逆掩斷層, 同时这些小規模变形構造的性質取决于它們所存在的岩層的岩性。

А. В. 裴偉 (Пейве) 在“北烏拉尔鋁礬土帶構造”一文中, 例

舉了在圖里約陷 (турбинский прогиб) 泥盆紀似復理石薄層沉積層內的許多很有興趣的層間小褶皺的例子^[30]。

A. B. 派克 (Пэк)^[28,29]認為片理是在岩石形成或變化過程中發生層流運動情況下所形成的面平行構造或綫平行構造。定向構造按其產生的方式劃分為顆粒形体定向構造和顆粒結構定向構造。

因此,片理面的產生可能是由於下述結果:

1. 顆粒形体定向是由於 1) 沉積, 2) 顆粒生長, 3) 機械變形, 4) 結晶作用承襲先已形成的平面, 5) 斷裂裂縫的填充結果。

2. ——顆粒結構定向。

作者在其著作中例舉了北吉爾吉斯阿克秋斯 (Ак-Тюс) 礦區片麻岩和片理化花崗岩構造分析的結果。

A. A. 博格達諾夫^[4]在薩克馬拉河 (Сакмара) 流域石炭紀復理石的泥質頁岩內發現有斜交劈理存在, 而劈理面的傾斜緩於層理面傾斜。作者以背斜內部同時受到擠壓而使扇形劈理發生皺曲來解釋劈理的這種位置。

有關岩石裂縫方面的參考文獻是相當豐富的, 因為岩石的裂縫對於解決許多實際問題有着重要意義, 如建築材料和其它礦產的開采, 地下水的開發, 山地坑道的掘進等等。可是由於上述的情況, 很大一部分著作都具有比較狹窄的實用性質。

有關岩漿岩裂縫方面的許多著作沒有包括在本概要內, 因為我們把主要的注意力是放在作為層狀褶皺岩層內部構造要素的裂縫上面。

上面已經預先說明, 在本著作內這個術語的含意基本是指層內裂縫 (внутрипластовые трещины), 即指發生在一個層內或其中不大一組地層內的裂縫。必須指出, 作這樣的劃分實際上幾乎是初次, 而在所有以前的研究中, 對裂縫這一術語有着比較廣泛的

解释,既包括小的層內裂縫,亦包括产生大的断裂和在其中的岩脉。据許多發表的著作和手稿来看,在搜集有关裂縫的材料时,往往要进行大量的測量工作,即要在某个岩層或大的地質構造的分布地区(有时是整个比較复杂的地区),对大量的裂縫进行測量。在整理了这些資料后,便分出了裂縫系統的主要方向。

目前,已有的对裂縫的整理方法基本上是統計的方法,如果对一些小的变化略去不計的話,可以归結为兩三种方法。最老的方法是編制裂縫的走向或傾斜的圖解和玫瑰圖——統計具有相同傾斜或走向方位角的裂縫数量的方法。第二种方法是相当新的,可是却流行得很快。这个方法的實質是把裂縫面的極点繪到赤平投影網(吳尔福網——сетка Вульфа)上,測出裂縫分布的密度,通过联接裂縫等密度綫的方法,划分出主要的裂縫系統,并定出最大密度所在;这些圖表,既考虑到了裂縫的方位角,又考虑到了裂縫的傾角。此外,还編制一种上面繪有裂縫要素的裂縫分布圖;在这种圖上一般不計算裂縫的分布密度。哈巴科夫(Хабаков)的方法与众不同,根据他的方法,这个或那个地段內該走向的裂縫分布密度,以比例尺表示在裂縫符号上、走向綫的長度上。

有关裂縫的著作分为几个方面,其中有些著作純粹屬於理論性質,試圖根据各种各样的力学理論定出裂縫在岩石內形成的主要方向[33,41,44,56,63,65]。

大部分著作是結合区域地質構造来研究裂縫,而且根据对裂縫的分析来确定作用力的方向。也有某些不同于这类的著作,它們的目的是根据对裂縫的研究来解决某一大部分与开采方面有关的实际問題[9,10,27,56]。論述裂縫的研究方法和分类的著作为数極小。

因为專著的篇幅有限,不能詳細地介紹有关裂縫方面的所有著作,所以在概要內仅叙述其中最重要的。

A. B. 派克^[27]在談到裂縫構造学和矿山地質学关系的同时,

把裂縫划分为下列兩種类型：

1. 和褶皺作用有成因联系的裂縫：

- a. 在褶皺作用时服从于变形一般情况的裂縫；
- b. 与个别褶皺形成作用直接有关的裂縫。

2. 和褶皺作用沒有直接联系，而是以后叠置在其上的裂縫（正断層）。

此外，不管其規模大小及在成因上与那些構造运动有关的所有裂縫均可划分为張力裂縫（трещины разрыва）和剪切裂縫（трещины скалывания）。剪切裂縫在平面和剖面上均呈直綫，并能十分稳定地延續很远，無論在穿过極緻密的或極軟的岩層时，不会产生很大的偏向。

張力裂縫極少能追索到很远，并且很快地便尖灭了。在不同种类的岩石中張力裂縫的方向，沿走向或沿傾斜均有調整現象。

Е. Е. 查哈罗夫（Захаров）^[9] 在研究尼基托夫矿床的地質構造时，根据矿田地質構造發育的順序划分出下列的構造要素：

1. 裂縫——褶皺形成过程中在構成矿田的沉积岩層内出現的二个裂縫系統，其特征是沿着这些裂縫沒有位移現象。

2. “主要的”（ведущие）裂縫——構造面，沿着这些構造面在砂岩岩層内發生了層内位移，而且多数是沿着層理面發生的；这些面的走向和傾斜与岩層的走向和傾斜完全一致，傾角有时也与岩層的傾角相同，但通常較陡。

3. 傾斜較緩和較陡的断裂——構造裂縫，沿这些裂縫發生了垂直層理的移动，裂縫系統控制着矿化的局部性和性質。

Н. С. 沙特斯基（Шатский）^[38] 断定，俄罗斯陆台的全部地層均被構造裂縫（压力裂縫）所破坏。这些裂縫通常具有陡峻的傾斜（75—90°），它們既切穿結晶基底的前寒武紀岩石，又切穿沉积盖層岩石。岩石愈是致密，断裂則表現得愈清楚，此外，断裂的数目从老岩層到新岩層一般是逐減的。

尽管裂縫的走向極其錯綜复杂,可是对裂縫的系統整理証明,裂縫組成兩個系統:一个是斜交系統,包括一系列北西方向和北东方向的裂縫;另一个是正交系統,包括一系列几乎是緯度和經度方向的裂縫。其中主要以斜交系統的裂縫系列的發育占优势。

В. Н. 帕夫林諾夫 (Павлинов)^[26] 在描述皮亞蒂戈爾斯克附近侵入体構造时指出,对于結晶岩体每个个别地段來說,都存在着由三个或三个以上系列組成的一定的裂縫系統。

个别的裂縫系統完全可与一般的裂縫系統相比較。他还描述了頂板沉积層的裂縫,在侵入体附近强烈錯动地方,岩石發生剧烈的裂縫化,破碎和角礫化。岩石內劈理極為發育。在距角礫化帶稍远的地方,沉积岩層具有規律性的断裂系統。这些断裂由那些沿着傾斜和走向分布的裂縫和由于層間滑动結果而形成的裂縫所組成。在別什套山的上白堊紀石灰岩內追索到外生的、具阶梯狀断裂的、不均勻的層狀滑动痕迹。

П. Е. 奧夫曼 (Оффман)^[25] 指出,在蒂曼長垣区域内,相同岩石內垂直走向的裂縫發育得很不均勻。

垂直裂縫和傾斜裂縫并非到处都發育,而似乎是局部性地互相交替。

在某些地方被裂縫所破碎的岩石伴有不大的位移,而在另一些地方任何显著的位移都見不到。在露头的个别地段見到,穹形的形成是由于个别岩塊受裂縫分割而成阶梯狀分布所致。在矿井內見到岩石破碎成無數的小塊体,而且这些小塊体經常發生相互位移。同时發現位移的一定規律性,表現为这些小塊体在一定方向內發生隆起或者相反的下降。作者認為“裂縫的产生是由于在古老的断裂上,与塊体的垂直运动有关的撓曲形成时岩層內部应力增長的結果……”他接着說:“撓曲是沿着發育在較古老的断裂上的,不断增長的裂縫帶而形成的”。

苏联地質学家們在对矿田和矿床的構造进行分类的同时,划

分出了褶皺彎曲構造,受斷層破壞而控制的斷裂位移構造,裂縫構造,而後者又划分为:

- (1) 剪切裂縫;
- (2) 張力裂縫;
- (3) 同時形成的張力和剪切裂縫;
- (4) 由于扭曲結果而產生的複雜的裂縫;
- (5) 發生在劈理發育帶和岩石破碎帶的裂縫,和複合構造。

許多地質學家主要是用了統計的方法來研究裂縫,并根據所確定的裂縫系統定出作用力的方向。

作用力的方向而且往往是其本身的構造幕,通常與每對共軛的裂縫系統相適應。作用力一般應該是指切綫的作用力。

對於大多數研究煤的裂縫的著作來說,其特點是對劈理術語運用得不確切,它們所認為的劈理就是指煤內的裂縫。

Г. А. 伊凡諾夫 (Иванов)^[10] 在研究煤內裂縫的同時得出結論說,應該將外生裂縫和內生分裂區分開來。前者是在外力作用(構造力)的影響下產生的,而且,在一般的壓縮之下,主要是剪切裂縫。

後者是在煤物質本身內的內部應力作用下產生的張力裂縫,這種內部應力,乃是由于變質作用過程中煤物質體積, (總之是長度)發生收縮而引起的。

在 А. М. 奧夫琴尼科夫 (Овчинников)^[24] 的著作中,按與岩層產狀的關係,把主要的裂縫系統划分为橫裂縫(Q)、縱裂縫(S)、層面裂縫(L)和斜交裂縫(D);確定出了它們之間的某些年代關係。

在本著作內和在早期的著作中一樣,作者敘述了整理裂縫的方法問題。

大致地瀏覽一下以前的、有關褶皺形成和裂縫構式方面的著作後,可發現它們的基本結論如下:

已經确定了岩石力学的不一致性,而發現構造作用的表現形式决定于岩石的特性。确定了褶皱和裂縫产生原因的共 同性,和裂縫的分布与作用力分布的联系性。

已經闡明,劈理是受組成岩石的矿物的定向所控制的,并且根据其不同成因特点划分出了各种不同的类型(流劈理、剪切劈理)。

对闡明褶皱和片理的年代关系作了尝试,发现了片理發育的多級性 (многостепенное развитие)。可是这种多級性正如变形性質的其它許多变化一样,可以用引起变形發生的切綫力位置的多 次变化来加以解釋。

从 1944 年起,莫斯科地質勘探学院普通地質教研室的 Н. А. 罗查諾娃及苏联科学院理論大地構造研究所大地構造實驗室的工作人員 И. В. 基里洛娃和 А. В. 戈里亞切夫在別洛烏索夫教授指导下同时对褶皱形成的構式和动力作用問題进行了研究。研究結果于 1947 年春季經整理后發表在“褶皱形成的構式基本問題”的著作內^[2]。應該認為这本著作乃是根据对各种現象廣泛的綜合觀察的研究来解决褶皱形成的構式問題的最初尝试。

著者等認為,應該把褶皱形成作用看作为許多作用的复杂总和,可是这些作用彼此之間具有着規律性的联系,一般表現为發育在地壳非均質性介質內的塑性变形現象。

褶皱形成的基础是方向平行于褶皱軸面和垂直于褶皱樞紐的塑性流动。这个方向符合于变形橢球体的長軸,在这一主流上塑性物質进行順層或确切些說,層內的重新分布。这种現象,在塑性較大的岩石內表現得更為强烈,因此,正是塑性物質在褶皱形成作用中起着主导的作用。

岩層內的重新分布現象在構造上表現为岩層在褶皱轉折处厚度的增大,而且翼部厚度的减小,以及不協調現象,它之所以产生是由于層理,即容易滑动的面存在之故。

在变形过程中所發育起来的物質运动的各种型式,导致矿物

各种不同定向的产生。这些定向便表现在劈理和裂缝上面。劈理的类型和性质决定于变形的塑性程度,而且由于这种塑性的改变,它们在时间上和空间上均发生改变。

首先产生的劈理是动力劈理,也就是順層 (последний) 劈理。

平行于軸面的主要劈理是在变形的塑性最大的流动时期形成的,这个劈理以一般的平面切穿極大部分的岩層,并且在岩層的間界綫上可看到有頓挫 (интердигитации) 現象。由此可以看出,岩層在該阶段是在滑动極为分散,而且在岩層之間範圍內滑动不集中的条件下發生变形的。

当时可能产生橫劈理,繼而进入到較小的塑性运动阶段,这些运动,集中在少数的平面上,因此一个岩層沿着另一个岩層的滑动,就具有更大的意义了,扇形劈理,就是在这个阶段形成的。

滑动的进一步集中导致剪切裂缝的形成和沿着这些裂缝發生以逆掩断層或平移断層形式出現的运动。

2. 变形構式的現代概念

虽然彈性和塑性变形的概念流傳很普遍,但我們認為 还是有必要簡略的談一下,关于变形作用的現代概念,談的内容和在最近出版的綜合性著作中所描述的一样,从这些著作中可以例举的有庫茲涅佐夫 (Кузнецов) 的“固体物理”^[15] 以及郝文科 (Хоувинк) 的“物質的彈性、塑性和結構”^[54]。

当引起变形的力消除以后就完全消逝的变形称为彈性变形。从極小的負荷开始一直到所謂彈性極限的某些界限,变形作用都是受虎克定律控制的;“力——变形”在圖表上表现为直綫綫段。

当超过彈性極限时,变形就成为塑性变形,并在应力去除后,不能看到变形的完全消失。在圖表上用以表示塑性变形範圍的綫段和橫坐标形成一个極小的角度,說明当应力稍有增加时,变形則显著的增加。

接着是曲綫向下弯曲,意味着物体的进一步变形已經是在愈来愈弱的应力作用下进行,直到在强度極限点內物体發生破裂为止。

然而假如注意到塑性变形过程中标本橫切面的变化,而且重新計算应力时考虑到每一时刻标本真正的橫切面,那末曲綫的形式將会有若干变化。曲綫向下弯曲消除了,而且从彈性極限以外直到物体破裂,“应力——变形”曲綫虽已不受綫形規律控制但仍是一直在上升的。在强度極限十分接近于彈性極限时物質状态称之为脆性状态。当强度極限和彈性極限間の間隔增大时,物質的塑性便也增加,也就是出現某些地段,在这些地段內受应力作用的物体可以处于塑性状态而不遭致破坏。

下面概略地介紹一下各种物質的变形作用。在沒有变形的物体內有着分子間引力和排斥力的力場,力場內部的应力等于零。当外力施加到物体上时,則分子間力場便將受到破坏并可获得数值与施加于物体的外应力相等的內应力。

如果分子間的位移不大,那末,在引起破坏的应力去除后,由于在分子間力場破坏时所得到的位移能力,物質原来的構造(繼而物体的形狀)能得以恢复。在这种情况下所涉及的已經是彈性变形了。

在受到外加的热运动影响位移显著的情况下,質点可能处在能量上比較有利的新的状态下,將会产生所謂弛懈作用(релаксация)——物体內部应力的减小(消失)作用。外部应力和內部应力之間的平衡状态將發生破坏,为了保持其平衡起見,必須增加标本的長度,直到內部应力恢复了它的数值而重新与外部应力平衡为止。在弛懈作用延續的情况下,整个作用將不止一次地重复进行,而且物質也將处于流动状态,即变形也將是塑性的。

弛懈作用或塑性变形的構式在非晶質体内表现为个别原子或分子状态的改变,而在晶体內表现为許多彼此有关的原子或分子