

矿田与矿床的构造

〔苏联〕B.M.克列特尔 著

中国工业出版社

矿田与矿床的构造

〔苏联〕B.M.克列特尔 著

冯 祖 钧 译

中国工业出版社

本书系统地叙述了内生矿床（主要是热液矿床）的构造控制。从成矿区划与区域构造的关系谈起，进而谈到矿田构造、矿床构造乃至矿柱构造。在本书的首尾数章，还简要地引述了一些变形构造的力学原理，成矿作用中及成矿后的构造破坏，以及研究矿田与矿床的构造的某些重要的野外室内工作方法。

本书除了对一般地质勘探工作者，尤其是搞金属矿床的同志们是一本重要的参考书外，对于各地质院系的师生在研究与学习矿床学时，也不失为一有价值的参考书。

本书插图及地名根据原书译印。

В.М. Крейтер
СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ
И МЕСТОРОЖДЕНИЙ
Госгеолтехиздат Москва • 1956

* * *

矿田与矿床的构造
馮祖鈞 译

*

地质部地质书刊编辑部編輯（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $8 \frac{1}{8}$ · 字数 223,000

1958年8月原地质出版社北京第一版

1966年2月北京新一版·1966年2月北京重排本

1966年3月北京第一次印刷

印数0001—2,800·定价(科五) 1.20元

*

统一书号: 15165·4255 (地质-365)

目 录

绪 言	1
第一章 弹性、塑性与强度的理论中的基本概念与实验	7
1. 概 論	7
2. 材料力学的基本数据	10
3. 岩石的物理-力学性质简述	16
4. 塑性变形	20
5. 实验工作	23
第二章 区域构造与成矿区划	36
1. 某些一般的地质概念	36
2. 成矿区划和区域构造	44
3. 矿田在成矿区划范围内的分布	67
第三章 矿田构造	71
1. 决定变形性质的基本因素	71
2. 构造发展的历史次序和岩墙的作用	78
3. 矿田构造的基本类型	82
第四章 矿床构造	148
1. 构造的一般概念、定义与分类	148
2. 褶皱构造	151
3. 断裂移位构造	167
4. 裂隙构造	179
5. 劈理（和微裂隙）构造	203
6. 管状的和复杂的构造	209
7. 其他的矿床构造和矿床形态	211
第五章 矿柱构造	214
1. 矿柱构造的初步资料与分类	214
2. 矿柱构造的 14 种类型的简要描述与举例	216
第六章 成矿作用中的和成矿后的构造运动	234

IV

1. 成矿作用中的构造运动·····	234
2. 成矿后的构造运动·····	238
第七章 对野外工作和室内工作的某些实际指示 ·····	246
1. 显微构造分析概論和实际运用·····	246
2. 对矿田和矿床的褶皱构造的观察·····	252
3. 断裂移位变形的研究·····	259
4. 裂隙构造的研究·····	263
5. 劈理构造的研究·····	275
参考文献 ·····	276

緒 言

現在的這份作品曾經早為斯米爾諾夫 (С.С.Смирнов) 院士所設想过。他曾委托作者來編写它，并打算把它列入于“有关金属矿床的学說的新观念”这部两卷集的集体著作中。本书中有相当大一部分写成于1948年，被斯米爾諾夫命名为“区域的和局部的构造与金属矿床”。由于种种技术上的原因这份作品沒有及时完成，而是在1954—1955年間才加以修正、补充新材料并最后定稿。

构造方面的事实材料是本书主要的和最有价值的部分，这些材料乃是作者和一群年輕的苏联地质学家在野外搜集的，他們之中大部分曾經是莫斯科地质勘探学院和莫斯科有色金属与金学院的研究生。

在研究內生矿床的变形构造时，研究者面临着必須闡明的两个不可分割的問題：（1）变形构造的成因和（2）成矿溶液利用这些构造作为矿液上升、矿液分散和容納矿液的空隙的情况。构造地质学解决第一个問題，找矿勘探地质学通常来解决第二个問題。

本书基本上是企图用來說明第二个問題的，而順便也解释一下构造的成因。

这类工作無論追求任何具体的目的，首先它总是应当依靠用基本的地质方法，即地质测量所进行的野外研究。这种方法可以称为地质-历史的方法，到处都能应用：在各种比例尺的地质测量时，在矿山地下坑道的編录过程中，对于專門的地质工作等等。不过在解决构造問題时，单只靠地质观察一方面是不够的，因为它們不能給予在時間上分析变形的不同过程的可能性，也不能給予研究我們所感兴趣的这一点上地壳的变形的可能性。因此

还必须研究变形的机理，亦即研究地壳中的物理现象与过程。

内生矿床的位置控制与成因的问题要求分析许多处于相互作用中的问题，将它们彼此隔离开来是不可能理解的。探讨矿床的成因，以及矿床与矿田的控制构造，就要求分析围岩，侵入体的形态、性质和形成深度，成矿溶液的温度、压力、成分与浓度等。

在本书中只提出了比较狭窄的任务：主要是从构造对于成矿沉积的影响的观点来探讨问题，因为内生矿床的位置控制和形态是与构造有关系的。当考虑到构造对于内生矿床、主要是热液矿床的找矿与勘探的实践所起的独特的作用时，则问题的这种提法是可以容许的。

现在，构造地质学很注意简单构造的形态学和形成的机理，因此构造地质学不仅需要利用地质-历史分析的方法（即地质学的方法），而且也需要利用变形的物理研究方法，即弹性、塑性与强度的理论。抑或有必要提到，地壳乃是某种材料的介质，固体物理的方法对于它的研究是完全适用的。近来，在这个方向上的地质学家们的著作受到了尖锐的评击。地质学中的整个“力学分析”受到来自古列维奇（Г.И.Гуревич）（1954）方面的特别尖锐的和根据最少的批评。“力学分析”一语加上括号是意味着为地质学家们所利用的固体物理的所有问题。作者本人（1956）、彼克（А.В.Пэк）（1955）和其他的地质学家们都曾给予古列维奇以相应的回答。地质学家们需要在构造地质学中发展与深入采用弹性、塑性与强度的理论，并尽可能把变形物体物理方面的专家吸引到自己的工作中来。现在还需要顾及到在构造地质学中除了地质学的方法外，也要采用另外两种方法：（1）显微构造分析和（2）裂隙构造分析（主要利用关于变形椭球的概念）。这些方法在很多地区、很多年来都是得到赞许的。这些方法的采用界限与可能性在本书中都可以看得出来的。

为了在构造地质学中运用精确科学的方法而进行的斗争开始于十九世纪中叶，并且未必有任何人能够阻止这一进步的方向。

每一位地质学家都将欢迎如果能提出另一些在理論上更有根据而且能給予很大的实用效果的方法来代替上述的方法。目前我們在地质学中利用弹性和塑性的理論来解释复杂的自然現象时，往往不能对提出来的問題得到滿意的解答，但这只是說明精确科学在地质学中的采用是很复杂的，它要求更进一步的理論工作和补充以有目的的野外观察，同样也要求多次的实驗。决不能够証明在現代的研究工作中只有“自然主义方法”才适于应用，也就是仅仅局限于在测量时对变形的地质观察，就像百余年前所作的一样。

斯米尔諾夫写道：“应用地质学就是构造地质学”——他从而強調了后者巨大的实际作用。当然，我們应当改进这门科学的方法，其中包括精确科学的方法在內。循此途径就有可能解决变形成因的基本問題或者預見（預言）到它們的解决。不仅必須力求有关地壳內的变形成因的問題的具体解决，同样重要的是使每一位研究者都学会用这类概念去“构思”，据此地质学家就能以固体物理学武装起来。

在本书中将簡要說明某些苏联地质学家在变形构造的地区所作的詳細地质工作，以及某些可以作为例証的外国矿床的构造方面的資料。除此而外，还要探討一系列的新的构造問題、建議和观察結果，例如，关于构造的带状分布，关于沿剪切裂隙的有次序的运动，关于节理面，关于大錯距移位构造的“附属”裂隙組以及其他等等。

作者在进行研究工作时常常要依靠弹性和塑性理論的基本結論，同时也利用很方便的地质綜合，即变形椭球的形式。尽管采用精确科学的方法，即便是基本的形式，来解决构造地质問題的途径显然是合理的，但某些苏联的地质学家不乐意理会这些，并宣称自己“不承认”变形椭球等等。这是从誤解而开始的。別利茨基（А.А.Белицкий）（1949）企图証明，在立体应力状态中，当主正应力和大約以 45° 角而成对的分布于正应力兩側的切应力起着作用时，将形成好像反映出最大切应力的六組裂隙。仅只沿

着其中的一对可以发育成裂隙，因为它重合于最大切应力的方向。无论从理论上或从实验上，六组裂隙是不可能证明的。因此，随便“否定”了变形椭球的别利茨基的理论前提就是不正确的，更不要谈他对庫茲涅茨煤田（Кузбасс）的裂隙的可疑的解释了。很奇怪，别利茨基的主张也会受人支持，就中有柯西金（Ю. А. Косыгин），此后，变形椭球在某些地质学家那里就彻底“失宠”了。

对于地壳变形的研究应当采取工程师用来研究金属、混凝土、石材的变形的那些方法中的许多方法来处理。重要的区别之一在于地质学家所要解决的乃是相反的问题。应当认为在地壳中发生着塑性与弹性的变形已被证明。当从应用力学的观点来对待局部的地质构造时，需要力求解决所观察到的变形的成因方面的问题。目前在研究这一问题时基本上还只限于对地质测量时所观察到的岩石中的各种运动加以确定，亦即只限于对作用的运动学的探讨。为了了解岩石的弹性现象以及超过弹性极限的破裂现象，地质学家可以借助于应用弹性理论（材料力学）。为了了解岩石的塑性现象，可以借助于塑性理论，这在地质学中有自己的方法——构造岩石学的方法。在推断关于岩石的破坏时，采用强度理论是有重大帮助的。

在地质工作中很少采用上述方法的原因何在呢？有这样几种原因。基本原因之一应当认为是在高等学校中分配于讲授这些方法的学时数是沒有的或者不多的。第二个原因是某些地质学家由于这种或那种原因竭力避免采用精确科学的方法。第三，这些方法不能在实际地质工作中广泛运用的基本障碍或许是在于采用它们往往不能得到确切的解答。这是由于地质学家们所研究的变形现象太复杂了，特别是因为它们经过了多次的重复。岩石经受的变形阶段愈多，愈难取得确切的解答，亦即在褶皱带内的岩石愈老，则问题愈复杂，因为岩石经历了两个或若干个地壳变动的时期。把应用力学的原理应用于岩石变形的困难就其本身可以这样理解：如果工程师用金属或岩石的试样会得到不确定或不明白的

解答，那么地质学家对于解决相反的問題，在許多原始資料是可疑的或不明确的情况下，会得到不确定的解答乃是十分自然的。

但能不能根据上述的原因就拒絕采用上述的方法呢？这只有在那种情况下才可以允許，即在地质学家的武庫中具有更好的方法时。然而这些方法是沒有的，所以脱离了弹性、塑性和强度的理論地质学家的深入工作在目前是不可思議的。

采用上述方法的野外及室內工作的經驗，在所有的场合，对于了解所研究的区段的地质情况都曾提供了有价值的結論或材料。假使不能确定变形成因的确切的解决，那么也可以取得該区段地壳的地质发展史的某些有价值的資料。总而言之，已經花費的工作在所有的实践场合中都証明是有效的。

在构造地质学中应用力学方法的深入利用，預示这一門最重要的地质学科将具有广大的前途。可以相信，在将来不仅能确定各种不同的变形类型，而且能說明它們的成因，但主要的还是能够預报在这种或那种地质环境中所預期的变形的性质。即使在現在裂隙构造的分析往往不仅能提出变形的情形，而且能帮助解释該区段地壳在地史剖面中的一般的地质发展情况。

对于在这里未作說明或說明得不够的許多构造地质学領域中的理論問題，需要参考下列書籍：彼克的“裂隙构造与构造分析”，1939年；毕令斯（M.P. Billings）的“构造地质学”，1949年（俄文譯本）；和費尔拜恩（H.W. Fairbairn）的“构造岩石学”，1949年（俄文譯本）；尽管在后两书的譯本上具有某些不能令人滿意之点。

因为在构造地质学中利用精确科学的数据方面还存在着分歧和反对意見，所以本书以專門的一章（第一章）来介紹这一类工作。这一章的任务是扼要的說明为地质学家們所感兴趣的現代的弹性和塑性理論的概念，也包括实验部分在內。

在变形成因方面的許多理論的与实际的問題将在后面几章中与說明主要問題的同时加以叙述。据我們看来，用这种办法能更好地体现理論与实际概念的協調一致。

本书全部取材于苏联地质学家們在苏联国土上所进行的研究工作，而外国的資料則利用得很少。

近年来在国外的出版物中，在矿床的构造方面有两本有价值的书籍：

1. Ore deposits as related to structural features, 1942年，紐豪斯 (W.H.Newhouse) 主編。在論文集中叙述了全世界的 60 个大矿床的构造。这些綜合性的論文是由紐豪斯、洛維林 (Lovering) 和巴特勒 (Batler) 所編写的。

2. Structural geology of Canadian ore deposits, 1948年，是对加拿大的一些矿床及其构造的简要描述。

当然，这两本书是值得对矿床构造有兴趣的苏联地质学家們所注意的。

当本书已将写好的时候，出現了一部有价值的集体著作“矿田和矿床构造研究問題”，苏联科学院地质科学研究所汇报，162期；我們只能部分的利用到它。

感謝沃尔弗松 (Ф.И.Вольфсон)、凱科娃 (Т.М.Кайкова)、德魯日宁 (А.В.Дружинин) 和涅夫斯基 (В.А.Невский) 亲切的供給簡图和插图，也感謝馬卡洛娃 (А.Е.Макарова) 帮助准备和整理全部著作。

本书的科学編輯由出版社委托卢金 (Л.И.Лукин) 担任，为此作者向他表示深刻的謝意，特别是为了他对本书的图表作了补充。

第一章 弹性、塑性与强度的 理論中的基本概念与实验

1. 概 論

地壳在这种或那种力的影响下而变形。变形通常由外来的机械力加之于物体而引起，較少由溫度的改变和其他的因素而引起。

所謂变形是指物体（或其某一部分）的形状或大小的改变而质量并没有改变^①。地壳中的变形首先分为弹性变形与剩余变形。

弹性是固体在与內力的发生有关的物理作用的影响下而改变自己的形状与体积，而且当这些作用消失后又能完全恢复原始状态的性质。相应的，固体在物理作用消失后能恢复到原始状态的变形称之为弹性变形。弹性总是有极限的。如果超出弹性极限，則剩余变形起了作用，亦即在引起变形的作用消失以后也不会完全的或部分的消除的变形。

物体中发生的、力图平衡外力作用的內力称之为弹性力。作用于横断面的单位面积上的，并能表明弹性力的强度的弹性力的值称之为应力。应力这一术语仅只在那种情况下，假如內力是均匀的分配于所探討的断面上时才能使用。在断面上的力不均匀的分配的情况下，內力对断面的关系应当以平均应力这一术语来表示。

在地质学中必須考虑到，在野外調查时研究与观察变形是可能的，但确定外力作用的方向与强度是很困难的，甚至常常是不

^① 基本的定义都是逐字逐句引用苏联科学院技术通报委员会1952年出版的第14期：“弹性理論、材料的力学性质与结构力学的試驗的术语”。

可能的。因此多半只能寻求构造问题的运动学上的解决，而非动力学上的解决。

应用的弹性理论是研究外力和由它所引起的变形与应力之间的依从关系。这门科学要处理真实材料（金属、混凝土、岩石等等）。岩石在实验上研究得还很差。认为岩石常常是经受弹性变形是有根据的。物体的弹性变形与其中应力的发生有关，当引起这种应力的作用消除以后，应力亦随之而消失。应用的弹性理论所研究的主要变形计有：拉伸、压缩、剪变形（剪切）、扭转、弯曲。

在地壳中扭转乃是复杂的变形，它实际上是归结于压缩变形与拉伸变形，但在自然环境中要确定原来的力场是足够困难的。所有其他上述的变形在本书中都部分的加以探讨（在弯曲一部分中只引用了比较少的材料和数据）。

剩余变形在地壳中的分布不比弹性变形少，而是比它更多，剩余变形本身又可分为塑性变形与脆性变形。

塑性变形应理解为没有由力的因素作用结果而形成的材料连续性的宏观破坏的剩余变形。与此相反，物体在这种条件下被破坏而不具有可辨别的塑性变形的那种变形则称之为脆性变形。

对于地质现象来说，不仅想像塑性变形是重要的，而且想像粘滞性流动、屈服（текучесть）和蠕变（ползучесть）也是同样重要的。

粘滞性流动所指的是材料的剩余变形的增长，材料在荷重之下的这种为类似过冷液体的行为。粘滞性流动已研究得相当好，因为这是水力学的范畴。材料的塑性变形在时间上发生的增长而不关系到应力的增加者称之为屈服。材料的塑性变形在力的作用下（这种力的作用小于能在通常期限的试验中引起剩余变形的力的作用）在时间上发生的缓慢的增长称之为蠕变。在长时间的作用下，那些排列于对外力作用的方向最有利之处的颗粒最先起塑性变形。结果一部分荷重开始作用于邻接的弹性变形的颗粒并且把它们吸引到塑性变形中来；例如金属的蠕变过程就是这样实现

的。蠕变分为三个阶段：（1）初期的，不确定的蠕变，（2）确定的蠕变，（3）第三个阶段，在这一阶段中，变形的速度急剧增加，并由于变形的局部不均匀性的结果而发生破坏。

搞清楚蠕变对了解某些地质现象是颇为重要的；同时需要考虑到蠕变有时很依赖于外介质。外介质的主动作用会引起强烈的蠕变。这种主动作用改变塑性变形的大小与弹性变形的大小之间的对比关系，这些变形是符合于该外介质和它的向着用减小弹性变形而来增大塑性变形的方面起作用的时间的。

强化（упрочнение）或硬化（наклеп）是塑性变形所引起的材料的性质与状态的改变（构造、性质、剩余应力状态等等的改变）。这一现象在地质学中很重要。在塑性变形的初期阶段变形物质的强度表现出显著的增大。强度增大的原因之一乃是晶格的弯曲或者畸变而阻碍了继续的层间滑动。另一种理论证明，当晶格破坏时，由于出现了阻碍滑动的晶体的碎片，在滑动面上便产生了材料的强化。经过若干时间，强化的材料由于松弛（отдых）而重新取得原先的性质。“松弛”的实质乃是由于原子的热运动而校正了晶格中的畸变，不过这种校正是需要时间的。增高温度可以较快的得到材料的松弛，因为原子在这种情况下能较快的重新取得稳定平衡的位置。

脆性变形在地壳中的分布不比塑性变形少，而是比它更多。脆性变形发生于当强度不能再起影响的时候，这时候材料失去了在一定的条件与极限之内能承受这种或那种作用而不被破坏的属性。可惜破坏的性质与外貌还没有研究过，因为对工程师们来说重要的是破坏开始的时刻而不是它的一般外貌。同时，断裂（разрыв）应理解为拉伸之下的破坏；切断（срез）和剪切（скалывание）——表示由材料的一部分对另一部分的平移断开而引起的破坏。裂割（отрыв）^❶应理解为在破坏表面的法线方向上被破坏物体的各部分彼此分散之下的破坏。

❶ 在地质学家们中往往使用“断裂”这一术语。

2. 材料力学的基本数据

学者虎克早在 1661 年就已经察明了杆的伸长与加于其上的荷重之间存在着正比关系，而伸长与横断面面积之间存在着反比关系。在一般情况下，当试样上的荷重未达一定极限时，伸长正比于张力 P 、试样的长度 l 并且反比于横断面面积 F 。这些试验数据呈下列比例关系：

$$\Delta l = \frac{Pl}{EF},$$

式中 E ——对不同的材料而不同的比例系数，称为弹性模数或杨氏模数；

Δl ——长度的增量并称为杆对张力 P 的绝对伸长；

$\frac{\Delta l}{l}$ ——称为相对伸长并以 ε 表示之；以公斤/厘米² 计的应力用 σ 表示之。

考虑到 $\sigma = \frac{P}{F}$ ，则虎克定律可以写成：

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}, \quad \text{或} \quad \sigma = \varepsilon E.$$

杆在拉伸或压缩的作用下，除了经受纵向变形外还要经受横向变形。相对横向变形 ε_1 与相对纵向变形 ε 之比的绝对值称为泊

松系数 (μ)，亦即 $\mu = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon}$ 。除了弹性模数 E 以外，这一比例关系

乃是材料的弹性性质的最重要的特征。这两个系数 E 和 μ 充分的表达出所有的均质材料的弹性性质。

真正的多晶质和非晶质物体的变形的机理乃是固体物理学中最重要的和最困难的问题之一。在大多数多晶质物体中，其中也包括岩石在内，个别的结晶颗粒都杂乱的排列着。因而，我们在任何的方向好像都看到一样的晶体配列，而相应的，非均质的标志好像消失了。这就是说，虽然个别晶体的晶格往往是非均质

的，但作为多晶体的岩石实际上却是均质的。岩石的这种表面上的均质称为似均质（квазиизотропия）。通常甚至在一立方厘米界限以内就可以把岩石当作似均质的。因此杨氏模数和泊松系数也能说明大多数岩石的弹性性质。

不过需要记住，在许多沉积岩内观察到平面上的（在一个岩层内部）似均质性质，但就层层交互的岩石的整体来说在该情况下是不能称为似均质的。

杨氏模数是测定材料抗弹性变形的强度的指标并以单位面积上的公斤数来计量。在单轴压缩之下以无名数来测定的岩石的泊松系数，荷重时等于 0.35—0.48，释重时等于 0.35—0.30。 μ 的数值对于混凝土是 0.08—0.18，对于铸铁（平均的）是 0.25。计算说明，在弹性变形时岩石依据 μ 的值而表现得有所不同。譬如，当 $\mu=0.5$ 时不发生岩石体积的改变，当 $\mu<0.5$ 时在拉伸的情况下通常发生体积的增大，在压缩的情况下通常发生体积的减小。 μ 在地质学中的实际意义是很大的。

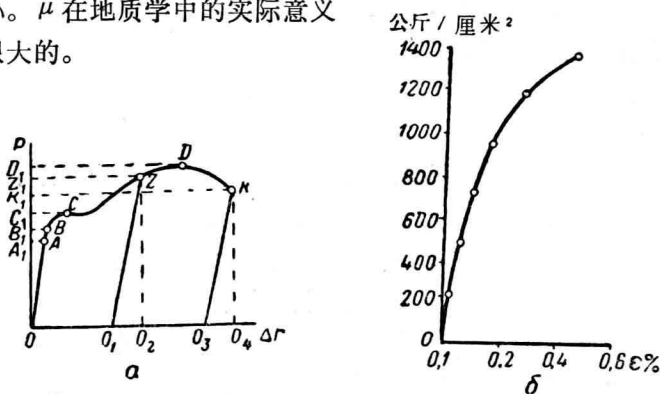


图 1 a—软钢试样拉伸图（根据别利亚耶夫 Н. М. Беляев）；

б—脆性材料拉伸图

变形可以是弹性的或剩余的，而材料（在普通温度下）可以是脆性的或塑性的。脆性材料（石材、混凝土、铸铁）在一超过弹性极限的很小的剩余变形时即被破坏；而在塑性材料方面破坏发生于相当大的剩余变形之后（少量碳素钢、铜等等）。

图 1a 所引用的图解表明軟鋼的变形（拉伸）。纵座标軸表示荷重，横座标軸表示变形。在到 A 点（称为比例极限）之前变形与荷重成比例而发生。此后变形的发展加快，而在纵座标 OC_1 之处材料“屈服”了——这就是屈服极限。接着在材料的变形中形成了某种障碍（强化或硬化）而且需要增加荷重才能得到繼續的变形。D 点符合最大的荷重。超过了它仅只引起不大的剩余变形的应力称为弹性极限（B 点）。弹性极限与比例极限是这样的接近，以至于通常认为它們是重合在一起的。最大荷重所引起的应力（D 点）称为强度极限或暂时强度。此后不增加荷重变形就一直进行到断裂，断裂在图解上相当于 K 点^①。

某段的伸长对该段的原始长度的比，用来当作材料的塑性的量度的，称之为剩余相对伸长并以百分数表示之。例如，对于碳素鋼剩余相对伸长变动于 8 到 28% 之間。

剩余相对收縮用来作为塑性的评价。

如果原始断面为 F_0 ，而由于变形的結果所形成的“頸”的断面为 F_1 ，則相对收縮为

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \cdot 100.$$



图 2 斜交压力方向的断面上的正应力与切（剪切）应力

对于脆性材料拉伸图則完全是另一种样子。图中只看到极微的剩余变形，而破坏就突然发生了。一般說来这些材料都不善于服从虎克定律。在图 16 上引用了脆性材料的拉伸图。图上可以看出当荷重增加时伸长进展得相当慢，而且材料的破坏很快就发生了。脆性材料抵抗压縮比抵抗拉伸要好得多。然而在自然环境中，考虑到地质作用的长期性，則一般說来需要討論的不是关于脆性的和塑性的材料，而是关于材料的脆性的和塑性的状态。对

① 在理論上，A 点与 K 点之間的曲綫应当是直綫形，平行于横座标軸。但实验所得到的曲綫却由于“頸”的出現而使之向下弯轉，“頸”就是試样的断面由于拉伸的結果而縮小。