
关于岩石力学讲义

岩石的变形特征

主要内容

第一节 概述

第二节 单轴压缩下的岩石变形特征

第三节 三轴压缩下的岩石变形特征

第四节 岩石的流变特性

第一节 概述

□ 岩石变形的概念

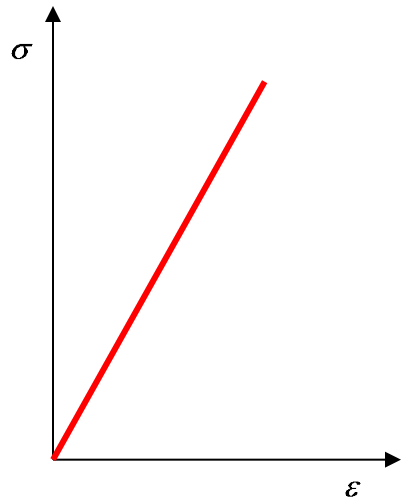
岩石的变形：是指岩石在任何物理因素作用下形状和大小的变化。工程最常研究的是由于力的影响所产生的变形。

□ 岩石变形对工程的影响

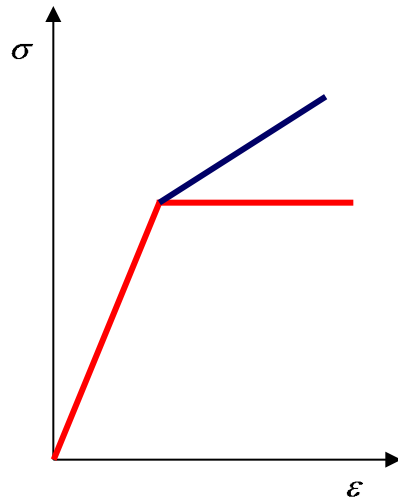
坝建在多种岩石组成的岩基上，这些岩石的变形性质不同，则由于基岩的不均匀变位可以使坝体的剪应力和主拉应力增长，造成开裂错位等不良后果。如果岩基中岩石的变形性质已知并且在岩基内此性质的变化也已确定，那么在坝施工中可以采取必要措施防止不均匀变形。

1.材料的变形性质

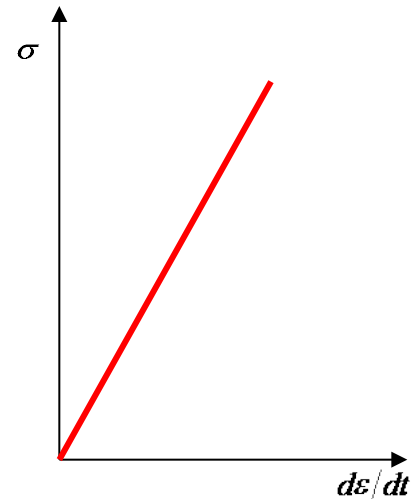
按照岩石的应力-应变-时间关系，可将其力学属性划分为弹性、塑性和粘性。



弹性



塑性



粘性

弹性变形的概念

弹性：一定的应力范围内，物体受外力作用产生变形，而去除外力后能够立即恢复其原有的形状和尺寸大小的性质。

- 产生的变形称为弹性变形
- 具有弹性性质的物体称为弹性介质
- 弹性按其应力和应变关系又可分为两种类型
 - 应力和应变呈直线关系—即线弹性（虎克型弹性、理想弹性）
 - 应力应变呈非直线的非线性弹性

塑性变形的概念

塑性：物体受力后产生变形，在外力去除后不能完全恢复原状的性质。

- 不能恢复的那部分变形称为**塑性变形**，或称永久变形、残余变形。
 - 当物体既有弹性变形又有塑性变形，且具有明显的**弹性后效**时，弹性变形和塑性变形就难以区别了。
 - 在外力作用下只发生塑性变形，或在一定的应力范围内只发生塑性变形的物体，称为塑性介质。
-

粘性与流变

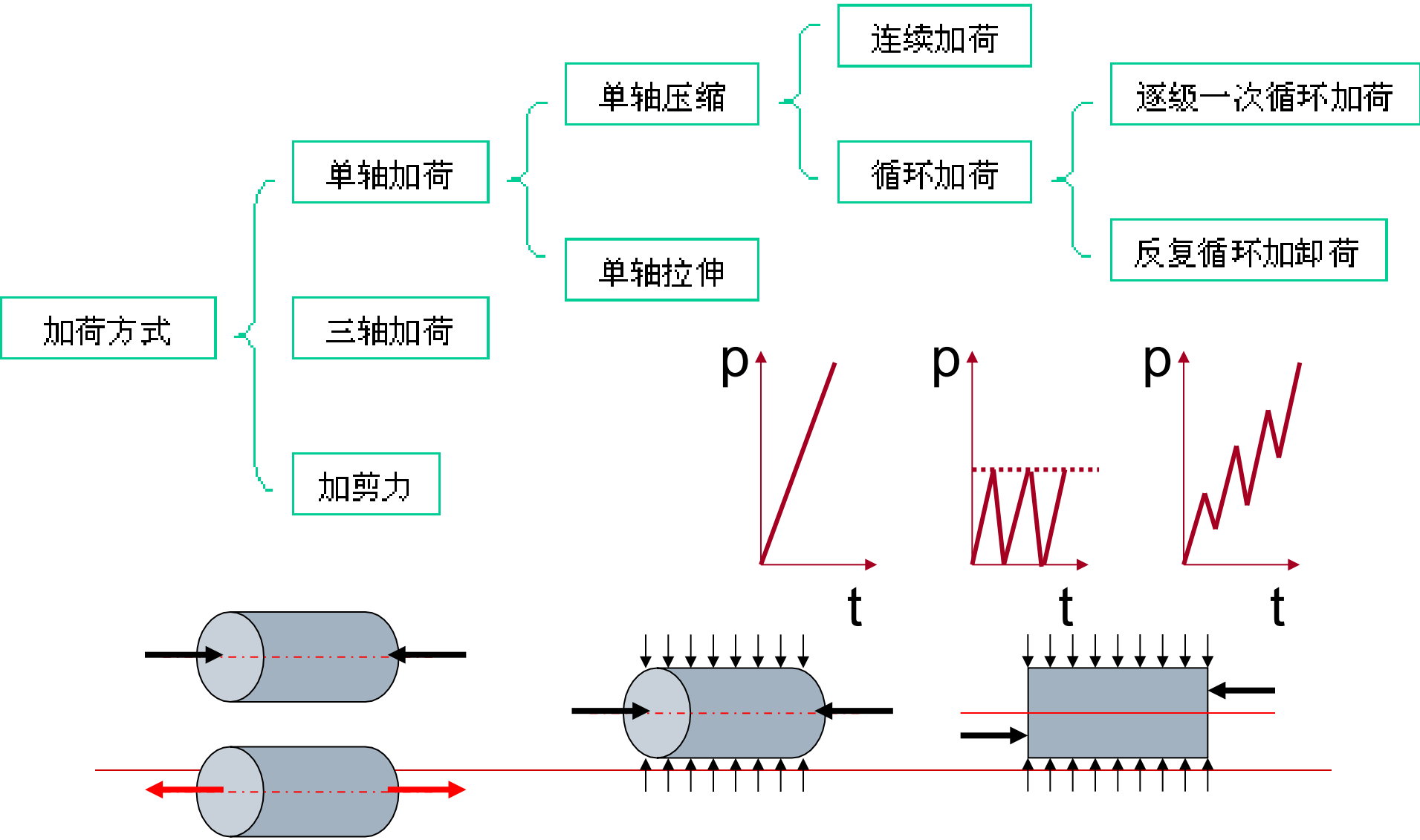
粘性(viscosity)：物体受力后变形不能在瞬时完成，且应变速率随应力增加而增加的性质，称为粘性。应变速率随应力变化的变形称为流动变形。

流变(rheology)：材料的应力、应变随时间变化而变化的现象。

岩石变形的表示方法

- 岩石的变形特性常用弹性模量 E 和泊松比 μ 两个常数来表示。
 - 如果把岩石当作弹性体，用 E 、 μ 来描述岩石的变形特性是足够的。
 - 但实际情况说明，仅仅用这些弹性常数来表征岩石的变形性质是不够的，因为许多岩石的变形是非弹性的，即荷载卸去后岩石变形并不能够完全恢复。特别是在现场条件下岩石有裂隙、破碎层理岩，粘土夹层等，大多数岩体不是完全弹性的，对于这类岩石为了表征岩石的总的变形，常用变形模量 E_0 和侧胀系数 μ_0 。
-

2. 岩石力学实验



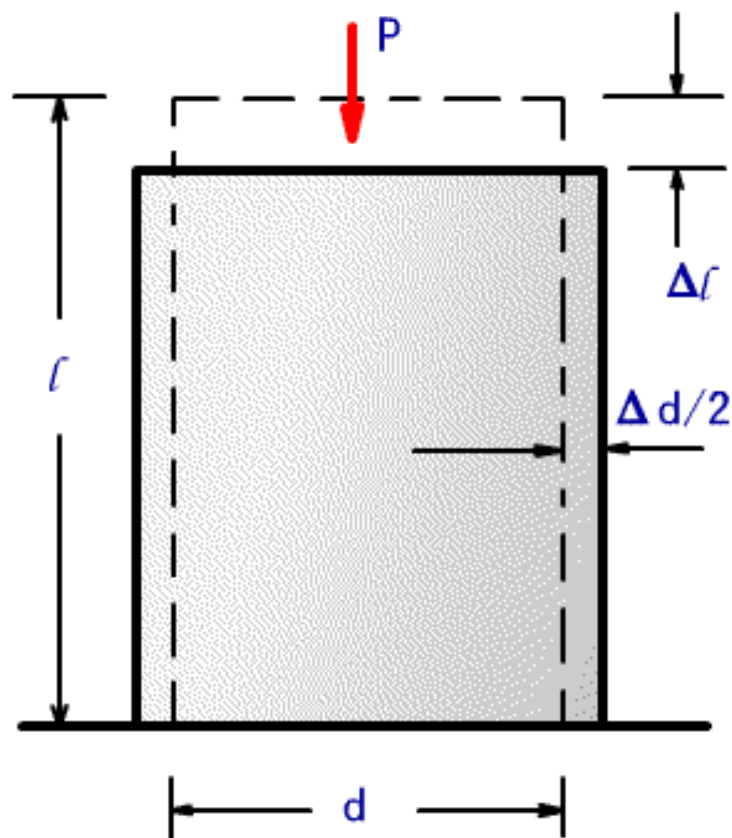
第二节 单轴压缩条件下的岩块变形

1. 单轴抗压试验
2. 连续加荷方式单轴压缩条件下的岩块变形
 - 1) 变形阶段的划分
 - 2) 变形参数
 - 3) 峰值前的变形机理
 - 4) 峰值后变形阶段
3. 循环加载方式单轴压缩条件下的岩块变形

1. 单轴抗压实验



单轴实验下岩石的变形



岩石单轴试验时的变形

试件横截面积 $A = \frac{\pi d^2}{4}$

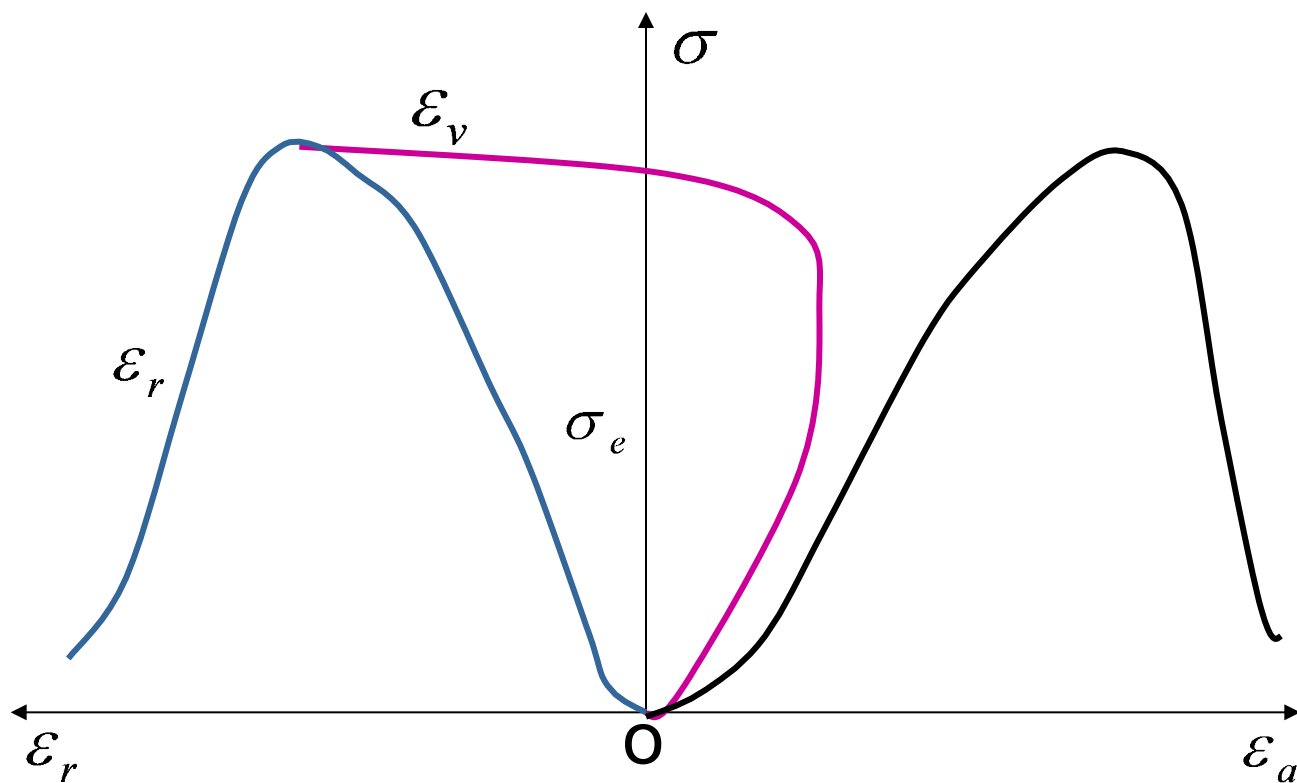
试件轴向应力 $\sigma = \frac{P}{A}$

试件轴向应变 $\epsilon_y = \frac{\Delta l}{l}$

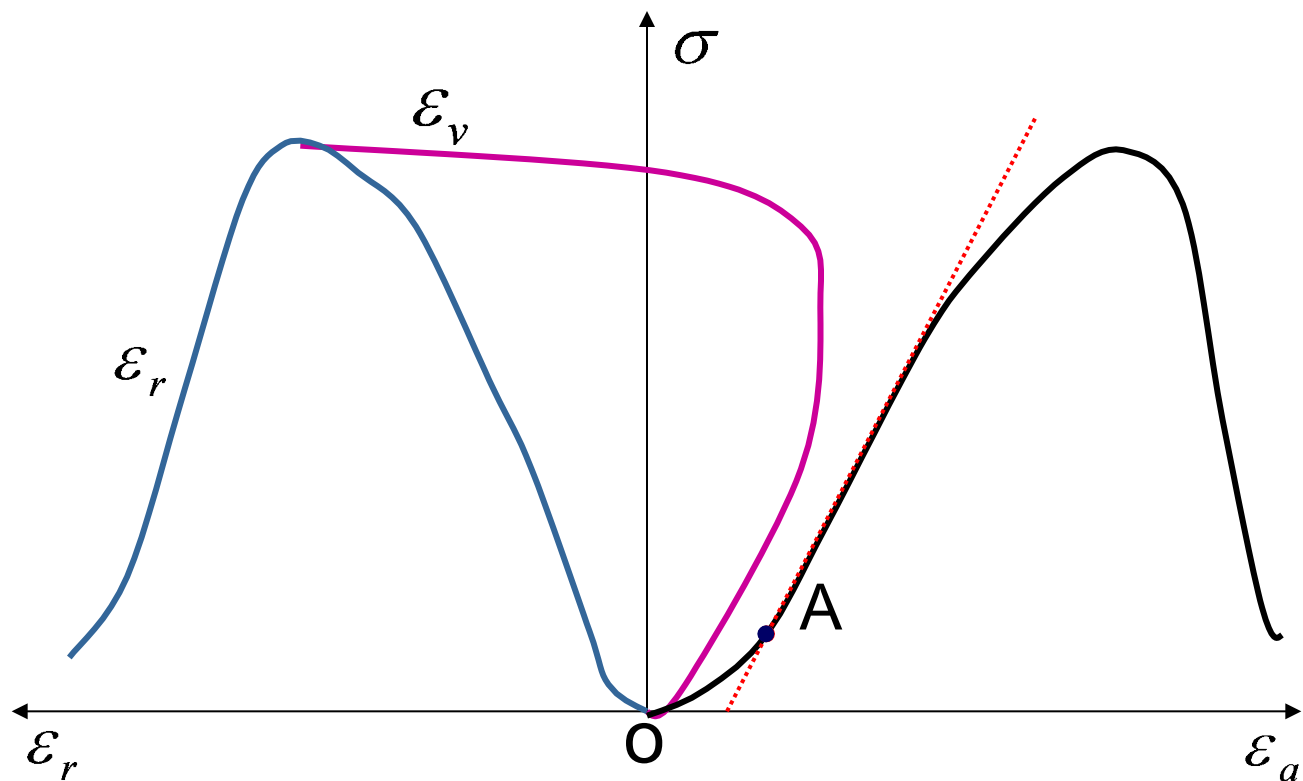
试件侧向应变 $\epsilon_x = \frac{\Delta d}{d}$

2.连续加荷方式单轴压缩条件下的岩块变形

典型的岩石应力-应变曲线：

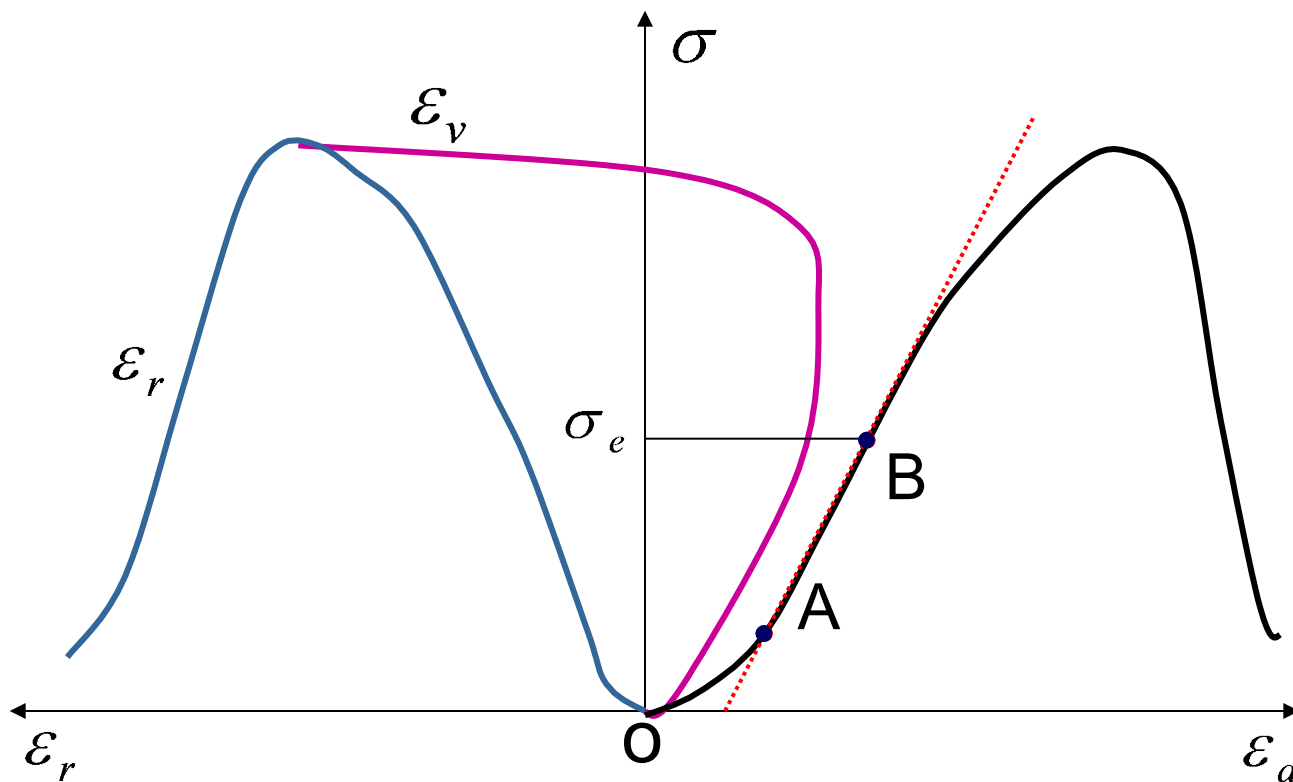


1) 变形阶段的划分—几个概念



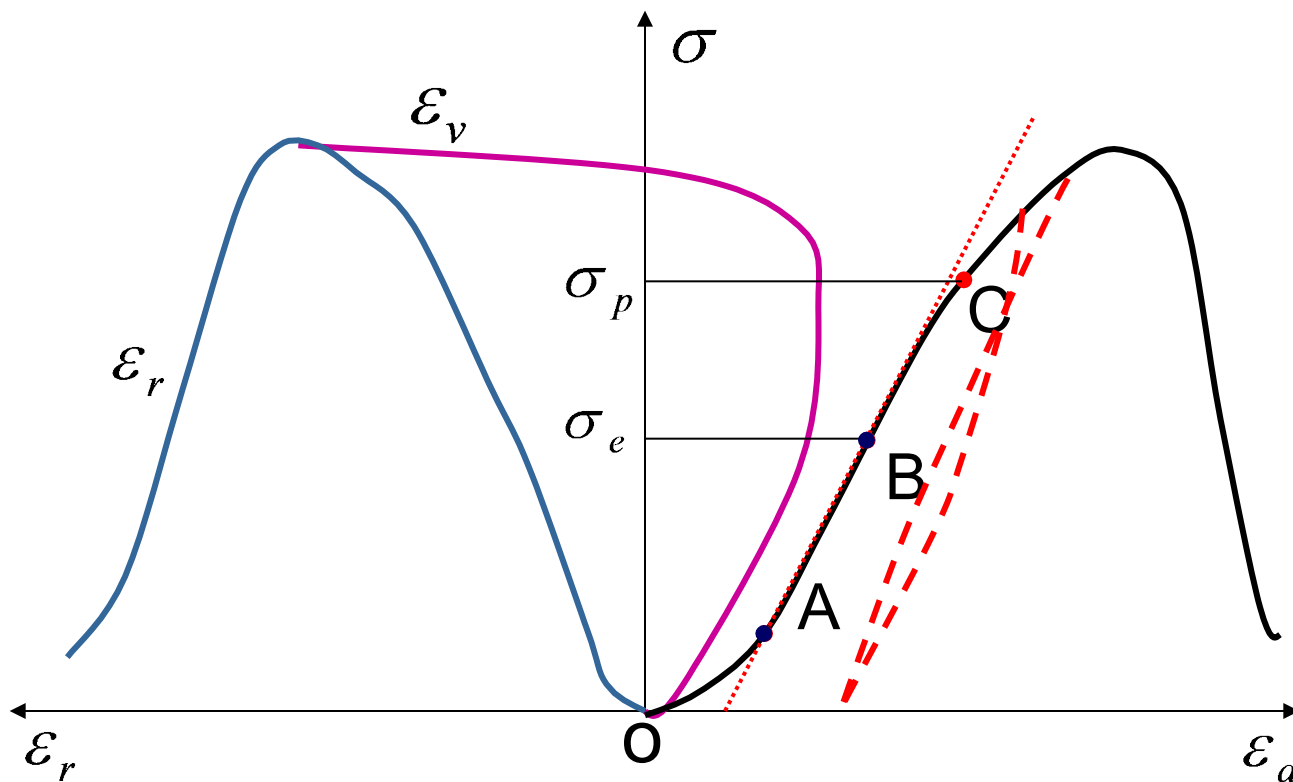
空隙闭合应力：单轴压缩状态下使岩石中的空隙闭合的最下应力。

1) 变形阶段的划分—几个概念



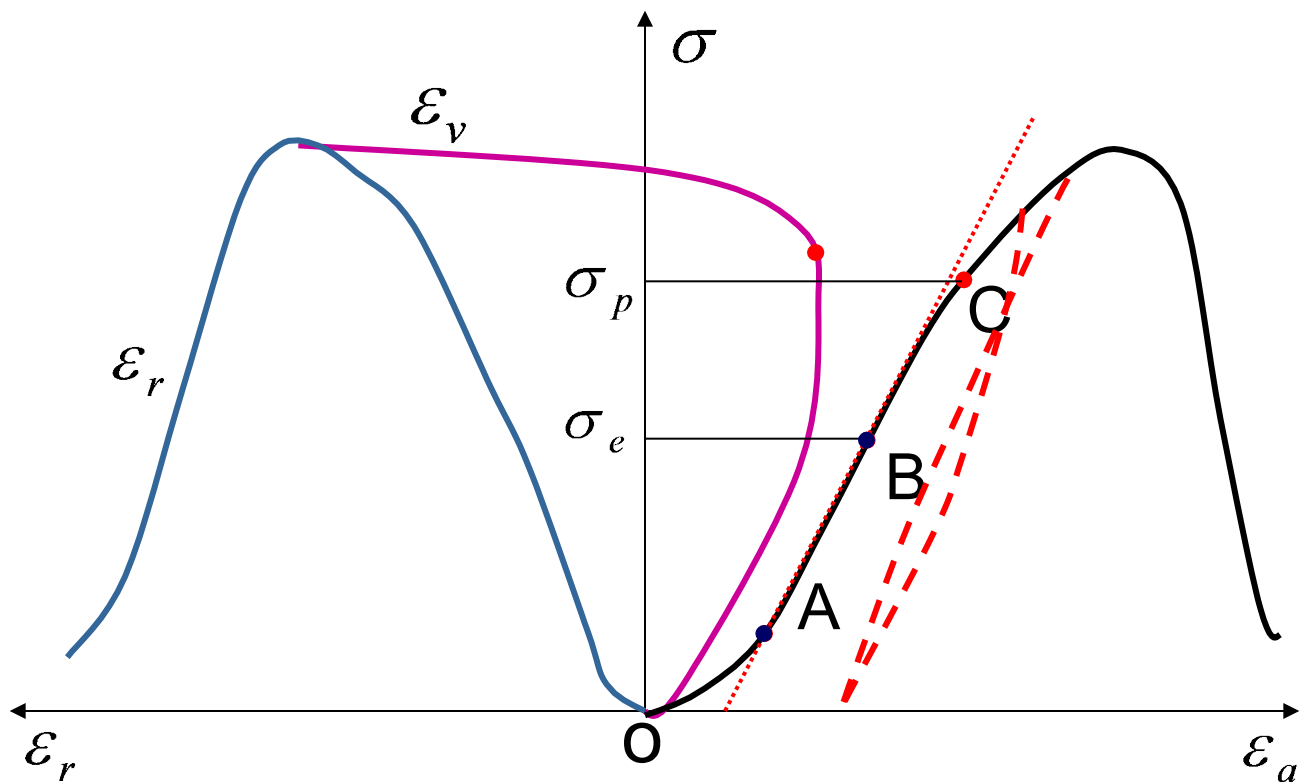
比例弹性极限或弹性极限：应力-应变曲线保持直线关系的极限应力

1) 变形阶段的划分—几个概念



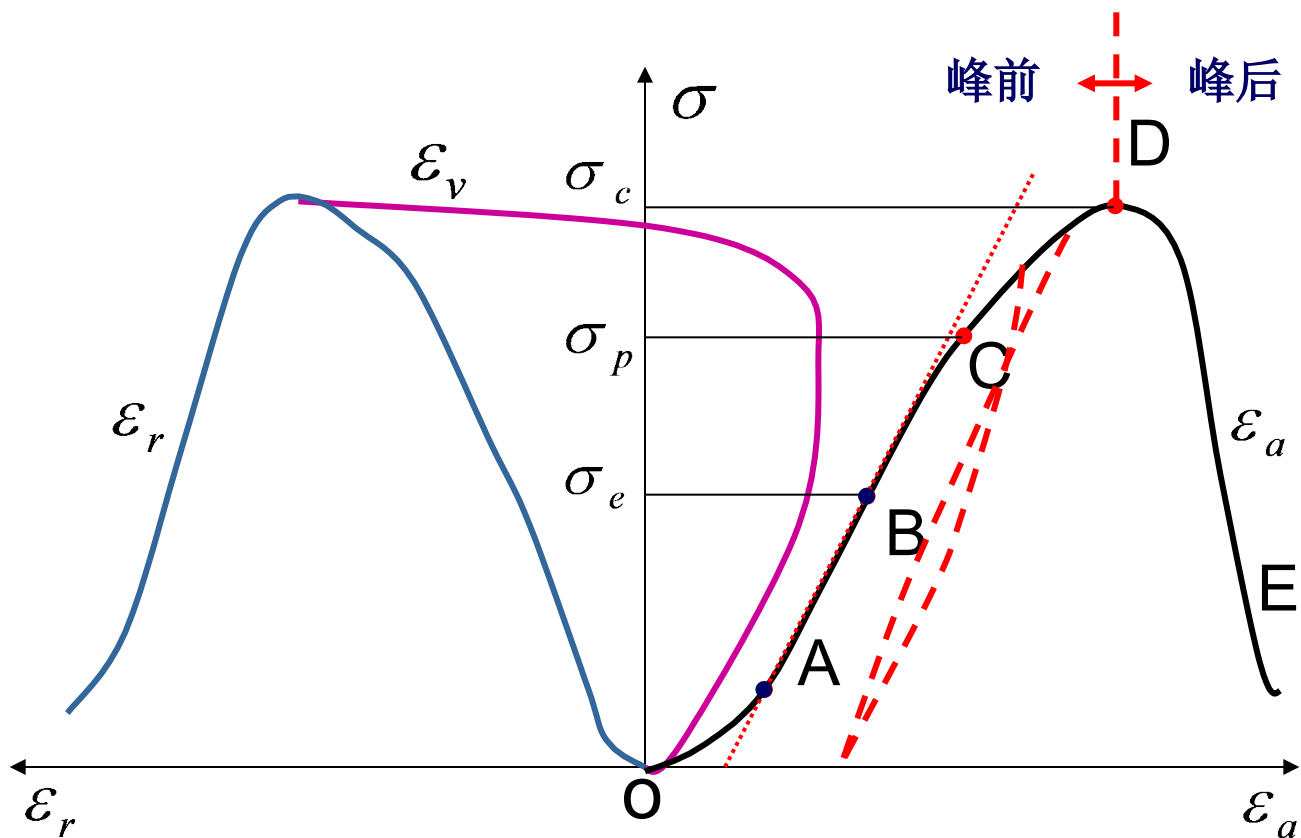
屈服应力：单轴压缩状态下岩石出现塑性变形的极限应力

1) 变形阶段的划分—几个概念



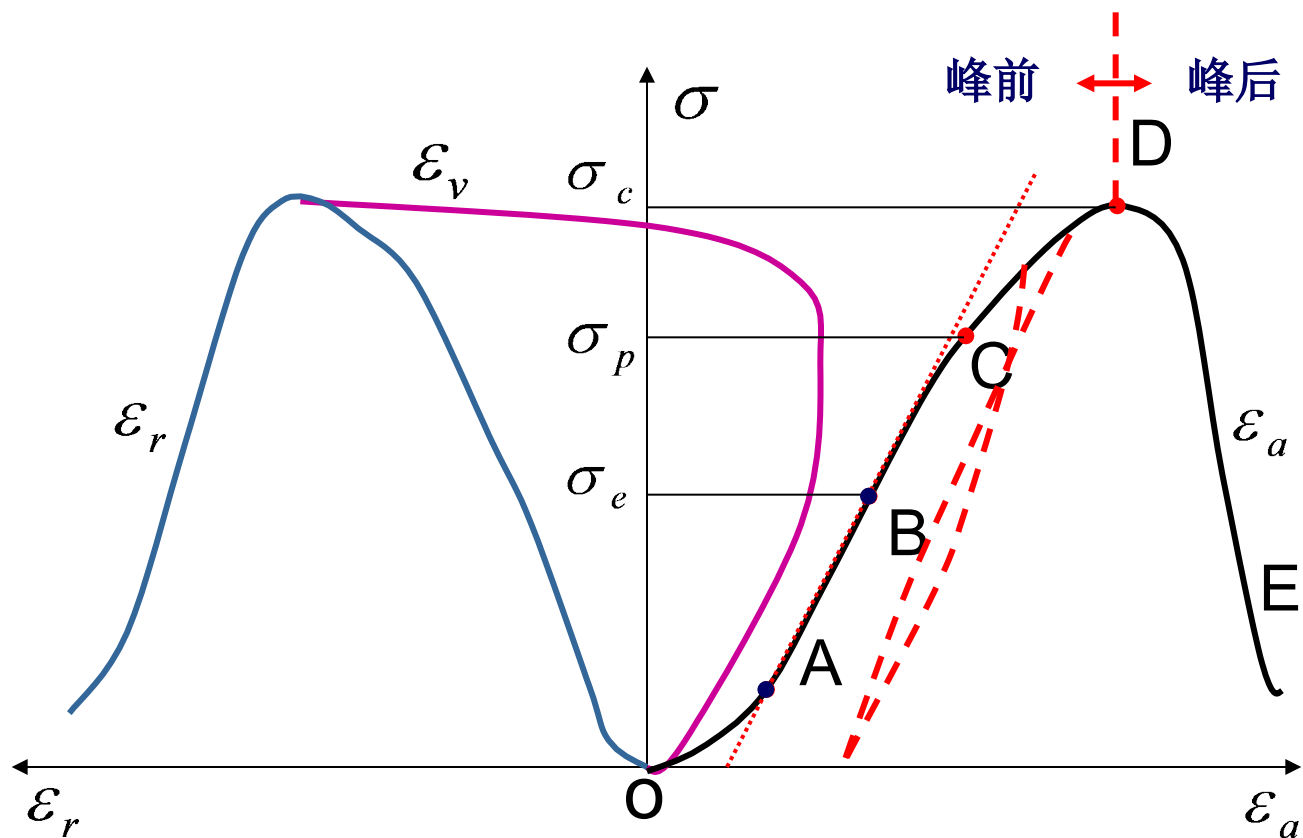
扩容：压缩应力下岩石体积出现膨胀的现象称为岩石扩容。

1) 变形阶段的划分—几个概念



峰值强度：单轴压缩下岩石所能承受的最大应力称为峰值强度。

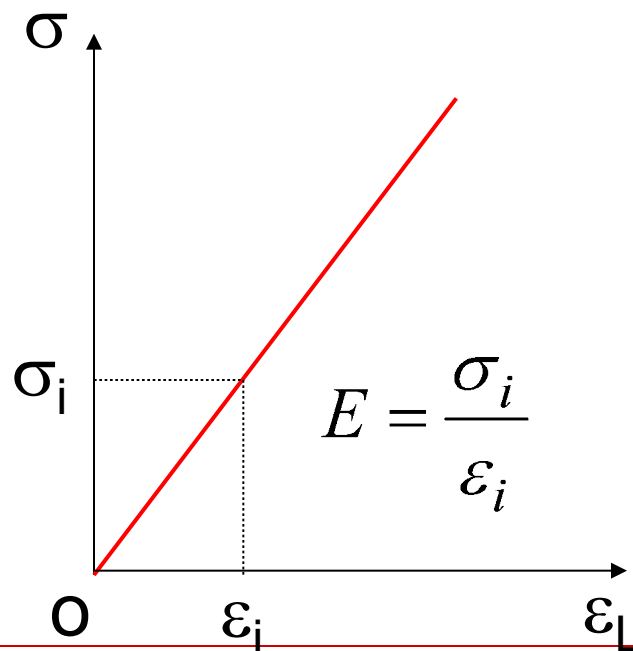
1) 变形阶段的划分—五个阶段



- ① 空腔压密阶段(OA) ② 弹性变形阶段(AB) ③ 微裂隙稳定发展阶段(BC)
④ 微裂隙非稳定发展阶段(CD) ⑤ 破坏后阶段(DE)

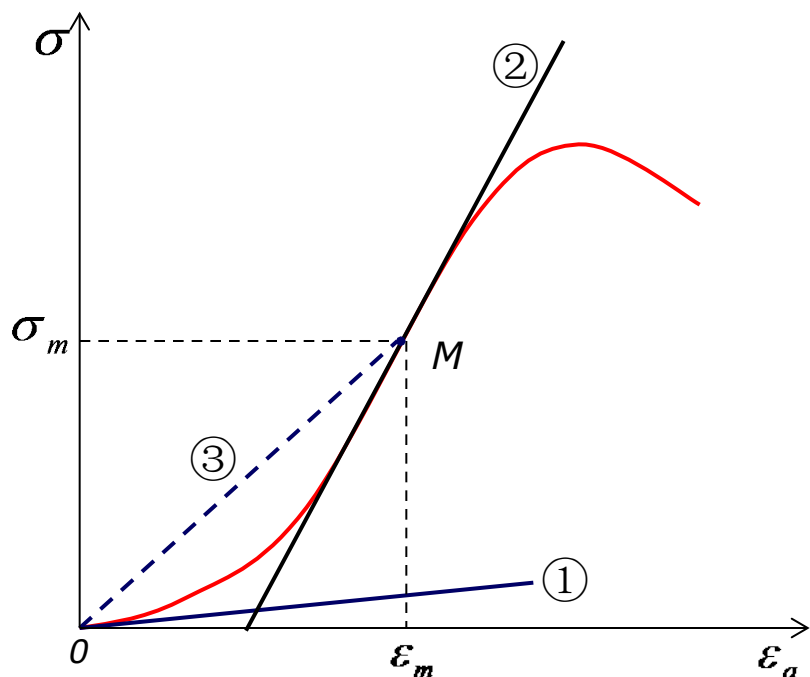
2) 变形参数

变形模量 (modulus of deformation)是指单轴压缩条件下，轴向压应力与轴向应变之比。应力-应变曲线为直线型，这时变形模量又称为弹性模量。



2) 变形参数：应力-应变关系不成直线

岩石的变形特征可以用以下几种模量说明：



① 初始模量：曲线原点处切线斜率

$$E_i = \left. \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \right|_{\varepsilon=0}$$

② 切线模量：曲线上任一点处切线的斜率

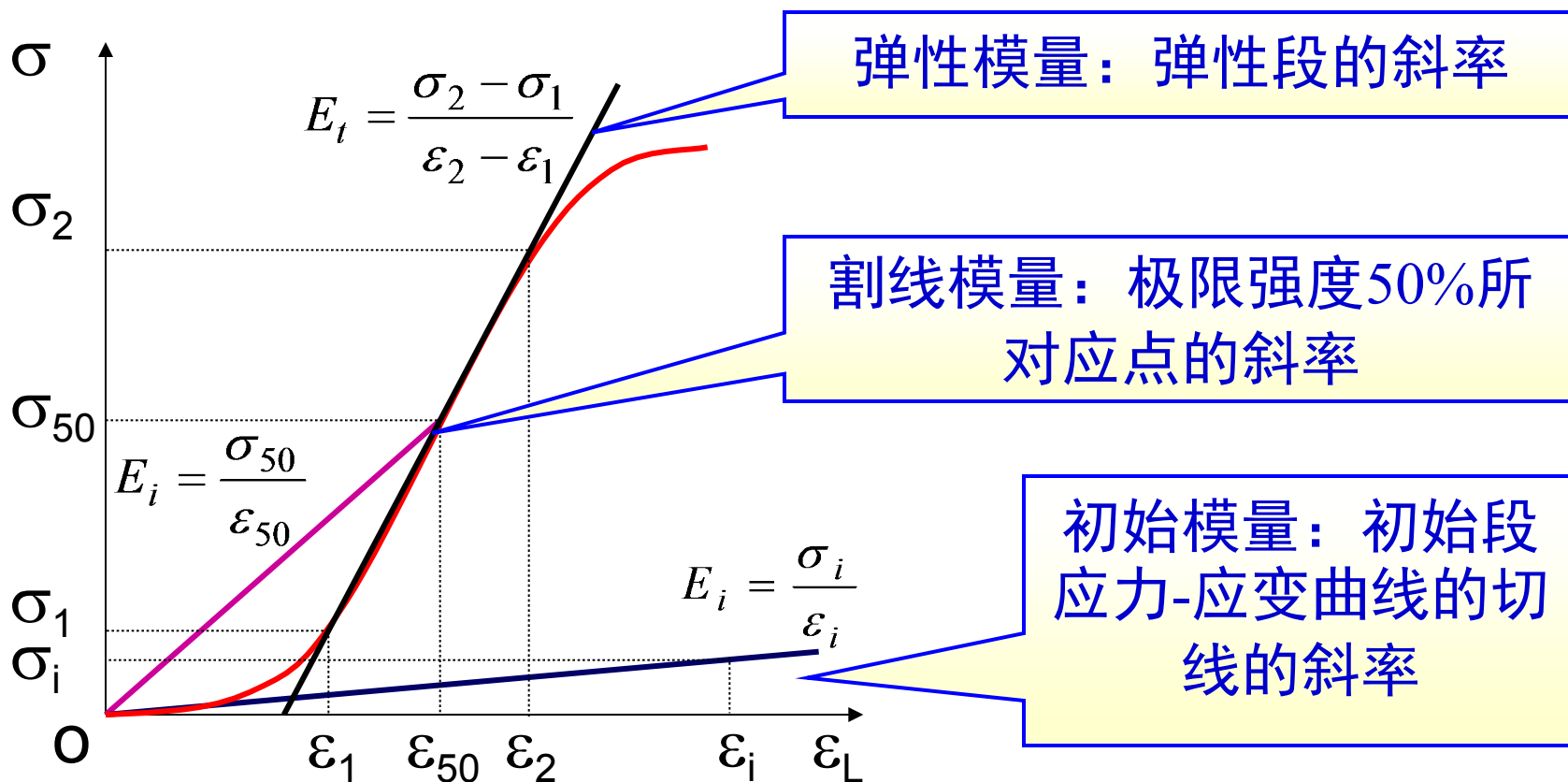
$$E_t = \left. \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \right|_{\varepsilon=\varepsilon_m}$$

③ 割线模量：曲线上某点与原点连线的斜率

$$E_s = \frac{\sigma_m}{\varepsilon_m}$$

2) 变形参数

变形参数的一般确定方法：实验数据分析



变形参数测定的动力法

设岩石为均质、各向同性、弹性体，则弹性波在岩体介质中传播的纵波速度和横波速度可以用下列公式表示：

纵波速度：

$$V_p = \sqrt{\frac{E_d}{\rho} \frac{(1 - \mu_d)}{(1 + \mu_d)(1 - 2\mu_d)}}$$

横波速度：

$$V_s = \sqrt{\frac{E_d}{\rho} \frac{1}{2(1 + \mu_d)}}$$

变形参数测定的动力法

根据上述两个式子可以推导得出由纵横波速度表示的动态弹性模量和泊松比：

$$\mu_d = \frac{\left(V_p^2 / V_s^2 \right) - 2}{2 \left[\left(V_p^2 / V_s^2 \right) - 1 \right]}$$

$$E_d = 2 \left(1 + \mu_d \right) \rho V_s^2$$

与实验室内测得的静态弹性模量和静态泊松比相比：

$$E_d > E \text{ (差值25\% - 30\%)} \quad \mu_d < \mu$$

3) 峰值前的变形机理

- **米勒(Miller)根据岩石的应力-应变曲线随着岩石的性质有各种不同形式的特点，采用28种岩石进行了大量的单轴试验后，将岩石的应力-应变曲线分成6种类型**

弹性关系

弹-塑性

塑-弹性

塑-弹-塑性

塑-弹-塑性

弹-塑-蠕变性

3) 峰值前的变形机理

类型 I：弹性关系—是一直线或者近似直线，直到试样发生突然破坏为止。**典型岩石：玄武岩、石英岩、白云岩以及极坚固的石灰岩。**

类型 II：弹-塑性—在应力较低时，近似于直线；应力增加到一定数值后，应力-应变曲线向下弯曲变化，且随着应力逐渐增加，曲线斜率也愈来愈小，直至破坏。**典型岩石：石灰岩、泥岩、凝灰岩。**

3) 峰值前的变形机理

类型III：塑-弹性—应力较低时，曲线略向上弯，应力增加到一定数值逐渐变为直线，直至试样破坏。**典型岩石：花岗岩、片理平行于压力方向的片岩以及某些辉绿岩。**

类型IV：塑-弹-塑性—压力较低时，曲线向上弯曲；压力增加到一定值后，曲线就成为直线；最后，曲线向下弯曲；曲线似S形。**典型岩石：大理岩、片麻岩。**

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/915000112234011201>