

# Basic Theory On The Acting Science And Its Application

Wang Chang Yi  
Peng Lai City Bureau Of Land And Resources  
Email: wyc59528@126.com

## Abstract

The acting Science is involves the change of role and the science of law. Study reveals the natural development of the widely observed in the evolution process of unity and the law of the unity of opposites. According to the role, is the most fundamental laws of natural unity and the unity of opposites between change phenomenon and its control factors of unity and the law of the unity of opposites. The law of the unity has brought people to solve various problems of theory and application method. Role theory applicable scope is very broad, many problems or difficulties can learn under the guidance of basic theory on the role properly solved. Through examples, this paper expounds on the role of learning basic theory applied in scientific reasoning, practice, scientific research and application of scientific prediction, etc.

## Keywords

the acting Science; unity; the unity of opposites; Scientific reasoning; Practical application; Scientific research; scientific prediction

**Subject Areas** Math & Physics

## 作用学基本理论及其应用

王昌益  
蓬莱市国土资源局  
Email: wyc59528@126.com

收稿日期：2017年2月9日；发布日期：2017年2月10日

## 摘要

作用学是涉及作用与变化关系规律的科学。作用学揭示了自然发展演化进程中普遍遵守的统一和对立统一规律。根据作用学，自然统一和对立统一的最基本规律是变化现象与其控制因素之间的统一和对立统一规律。这一统一规律给人们带来了解决各种问题的理论与应用方法。作用学理论的适用范围非常广泛，许多问题或难题都可以在作用学基本理论指导下得到正确解决。本文通过实例论证了作用学基本理论在科学论证、实践应用、科学研究和科学预测等方面的应用方法。

## 关键词

作用学；统一；对立统一；科学论证；实践应用；科学研究；科学预测

## 1、序言

现有的力学理论，在有些基本的科学概念认识问题上存在着模糊。例如，力的本质含义是什么？什么叫作用？什么叫作用量？作用与变形之间存在怎样的直接关系规律？物体在作用控制下产生的位移增量与变形增量

之间存在怎样的统一关系规律? .....对于这一系列的基本问题,在力学理论都存在一定的模糊性。由于有些基本问题存在模糊性,从而造成有些应用理论出现混乱现象。目前的应用力学理论很多,但是,很多应用力学理论对其阐述的基本问题似乎也不是很清楚。例如,胡克定律作为弹性力学的理论基础,阐述的是弹性变形与弹性作用和弹簧弹性之间的关系规律。然而,胡克定律阐述的弹性概念并不是很清楚,不能正确回答什么是弹性,不能给出度量弹性的正确标准。再如,达西定律作为渗流理论的基础,涉及渗流量与其控制因素之间的关系问题,但达西定律不能正确认识控制渗流运动的因素,不能给出控制渗流运行条件特性确定正确的度量值。又如,应力-应变理论阐明的是变形与其控制因素之间的关系规律,但其理论公式对变形与其控制因素之间的关系规律描述不是很清晰,适用范围较小。应力 $\sigma$ 是代表控制变形的主导因素;但应变 $\varepsilon$ 不能代表变形量,应变可被看做是一种不太恰当的、度量材料性质特征的参数;弹性模量 $E$ 也不代表变形量,也不代表控制变形的因素,只是引入的一种参数,被定义为“产生单位应变而需要施加的应力”。虽然不能说力学的应力-应变关系理论是错误的,但总觉得有些绕,它不能直接表达作用与其控制因素之间的客观关系规律。因此,笔者认为,力学和应用力学存在一定的认识缺陷。这些缺陷在实际应用中主要表现为适用性差。这里举几个例子来说明如下:

**例证一:**机械波的波动现象属于弹性变形现象。问机械波与其控制因素之间的关系规律是什么?对于这个问题,胡克定律不适用,应力-应变理论也不适用,用这些理论推导不出波动与其控制因素之间关系的直接方程。

**例证二:**物体变形由作用控制,但根据胡克定律、应力-应变理论都不能推导出变形与其控制作用之间的直接关系方程。

**例证三:**爆破与爆破下的变形之间存在直接关系函数,但根据力学理论推导不出其直接关系函数。

**例证四:**运动位移与变形位移都是在作用控制下产生的,但是,根据力学定律很难推导出运动位移、变形位移与作用之间关系规律的统一方程。

**例证五:**滑坡现象是在作用控制下发生的自然现象,但根据力学定律很难推导出滑坡与其控制作用之间直接关系的理论方程。

**例证六:**地震、火山是地球在作用控制下发生的地壳运动现象,它们与其控制因素之间存在直接关系规律,但根据力学定律很难推导出地壳运动与其控制因素之间的关系方程。

**例证七:**爆破往往构成露天矿滑坡现象的直接控制作用,但根据力学定律与方法很难推导出爆破与露天矿滑坡现象之间直接关系的理论方程。

**例证八:**流体作用能使受作用物产生各种各样的变形,但根据力学理论很难推导出流体作用与变形之间直接关系的理论方程。

总之,理论与实际存在的微小偏差直接规定其理论的适用性。应力-应变理论模型没有考虑客观统一、对立统一规律,从而导致它的直接应用性不足,适用范围很狭窄。因此,在认识自然统一、对立统一规律基础上,探索建立能够描述自然发展演化普遍遵守的统一和对立统一规律的、适用范围广阔的理论,是科学发展的趋势与要求。最近30年多来,笔者对此进行了探索,创立了作用学基本理论和其应用方法。

## 2、作用学的基本理论

作用学基本理论包括如下几个内容:

### 2.1 作用现象理论

作用现象理论讨论作用的客观本质。历史上出现了两种关于作用的思想学说:神作用说和自然力作用说。神作用说如上帝作用说:“上帝造物、上帝支配事物发展演化的思想学说”,自然力作用说主要是指力学理论关于“四种自然力产生自然作用”的思想学说。为了论证上述两种作用学说的正确性,探索作用的本质,作用学在前人天文学、物理学、力学、数学、哲学和地球科学等理论基础上进一步讨论了作用现象发生的原因、过程和结果。

为了探索作用现象发生的根源,作用学引入了物质关系理论。作用学认为,作用现象发生的根本原因在于物质的差异存在、差异运动。天然的物质关系决定了作用现象将在何时何地发生的必然结果。作用通常代表作用物对受作用产生的影响、支配、控制、改变等等现象。由于差异存在、差异运动导致了作用现象的发生。

作用现象理论主要确定了作用现象、作用量、作用力三个概念的基本含义,给出了作用量、作用力和作用时间三者之间的关系方程:

$$F = \frac{A}{t}。$$

式中， $F$  表示作用力； $A$  表示作用量； $t$  表示作用时间。

作用量是度量作用现象的量，等于作用物体在作用时间内产生作用的量。作用量一般等于作用物体或作用物质的动量。如果作用物的质量是  $m$ ，运动速度是  $v$ ，那么，它对受作用面产生的作用量就是  $A = mv$ 。如果运动速度是  $u = v + at$ ，那么，作用量就是  $A = m(v + at)$ 。作用力是指作用物在单位时间对受作用面产生的作用量。即

$$F = \frac{dA}{dt} = \frac{dm(v + at)}{dt} = ma。$$

作用现象理论主要回答了为什么变形随着作用时间的延长而增大的问题，解决了运动、作用和变化三个基本现象的统一关系问题。由于作用时间越长，作用量越大，所以，作用时间越长，变形量越大。运动量、作用量和变化量三者之间的统一关系规律是自然发展演化的最基本规律，是人们认识问题、解决问题的基本尺度。

## 2.2 物质关系理论

物质关系理论主要讨论物质与物质之间的关系，包括静止关系、运动关系、作用关系和变化关系以及物质相互作用现象发生的原因和条件问题。

度量物质关系的量与度量运动、作用和变化三个基本现象的量有着很大差别：物质关系量由相关质量和它们之间的距离产生，所以，研究物质关系必须根据物质关系和物质关系变化以及物质关系变化与运动、作用、变化现象之间的统一关系规律确定其度量值。

物质关系也是不断变化的，但控制物质关系变化的原因不仅是作用，而且，运动和运动的变化都能导致物质关系变化。动态的物质关系规律决定了作用现象的发生，而运动、作用和变化三个基本现象又构成了控制物质关系变化现象发生的原因。

物质关系变化经常表现为受作用控制，但物质关系变化不一定非要有作用控制不可，物质关系变化可由物体自身的自由运动引起，与作用毫无关系。不过，只要有作用现象发生，就会有物质关系变化现象发生。

物质关系理论建立的主要目的是探索作用现象发生的根本原因，但物质关系理论涉及的自然规律却非常广泛。

## 2.3 质空关系理论

为了探索作用现象的基本规律，作用学引入了质空关系理论。质空关系理论的核心内容是：物质与空间合成物体。在物体内存在两种最基本的成分：物质和空间。其中，物质是存在，代表各种客观实在，是各种客观实在的泛称；空间是虚空，代表虚无，是不存在。由于物体由虚实两种成分组成，所以，物体自身包含了最基本的对立统一规律：物质和空间对立统一于物体。这种对立统一的基本规律可用定量方法来表达：物体内的物质所占有的空间叫物体的实部，记为  $V_T$ ；物体内被空间站有的部分叫虚部，记为  $V_F$ ；物体占有的空间就是体积，称为物体整体存在的空间，记为  $V$ 。因此，质空关系统一方程为

$$V_T + V_F = V。$$

物体与物体在本质上的差别首先决定于它内部物质和空间特性的差别。为了度量物体与物体在本质上的差别，作用学引入了虚度和实度概念。在度量物体的本质特性时，虚度是指物体内部空间的占有率，记为  $E$ ；实度是指物体内部物质的占有率，记为  $T$ 。虚度和实度的基本计算公式分别为

$$E = \frac{V_F}{V} \text{ 和 } T = \frac{V_T}{V}。$$

虚度和实度都是度量物体性质的标量，但是，它们代表的含义却绝然相反，分别代表物体正反两方面的特性，它们相互对立。又由于它们度量的都是同一个物体的特性，所以，两者又有着天然的统一关系规律。这种对立统一的基本规律用定量方法来表达就是：虚度加实度等于 1。即

$$E + T = 1。$$

物质和空间的对立统一规律是大自然中一切对立统一规律现象产生的基础，构成了大自然发展演化的最基本规律。这种对立统一规律在实际问题的解决、科学研究和科学预测中有着极其重要的应用价值。事实上，物理学中用于定量研究所有自然现象的量，如运动量、作用量和变化量，都由虚量和实量合成。如动量等于质量与速度之积，其中，质量是实量，速度属于虚量；再如作用力等于质量与加速度之积，也由实量和虚量合成；变化量也用实量与虚量之积来度量。科学概念和科学量的确定受大自然自身具备的基本规律控制，并不是科学家可以随意创造的。

## 2.4 作用对立统一理论

当物体受作用时，它的物质和它的空间同时受作用。由于不同物体内部的物质关系、质空关系不同，并且它们与外界的质空关系也会存在差异，从而导致它们在相同作用下的变化状况出现差异。根据质空关系对立统一规律，在接触作用现象中，由于受作用面上既分布有物质、又分布有空间，所以，当受作用面接受作用时，其中的物质和空间同时接受作用。受作用面上的物质接受的作用量叫实作用量，记为  $A_T$ ；而受作用面上的空间接受的作用量叫虚作用量，记为  $A_F$ ；两者之和等于作用量，即

$$A_T + A_F = A。$$

空间在作用面上的占有率叫受作用面的虚度，记为  $E$ ；物质在作用面中的占有率叫受作用面的实度，记为  $T$ ；两者之间的关系式为

$$T + E = 1。$$

在研究作用现象时，实度是指作用面对作用量的接受率；虚度是指作用面对作用量的不接受率。在研究变化现象时，实度是指作用面的不可改变程度；虚度是指受作用面的可以变动或可以变形的程度。虚作用量与作用量、虚度之间的关系方程为

$$A_F = EA；$$

实作用量与作用量、实度之间的关系方程为

$$A_T = TA。$$

这就是作用对立统一规律的核心内容。

根据作用对立统一理论，力由虚力和实力合成。因此，作用对立统一规律可用其力学形式来表述如下：

力等于虚力加实力；虚力等于虚度乘力；实力等于实度乘力；虚度加实度等于 1。即，将虚力定义为作用物体在单位时间产生的虚作用量，记为  $F_F$ ；将实力定义为作用物体在单位时间产生的实作用量，记为  $F_T$ ；那么，表述作用对立统一规律的力学方程组为

$$\begin{cases} F = F_T + F_F \\ F_T = TF \\ F_F = EF \\ T + E = 1 \end{cases}$$

如果用应力来代表作用现象的量，那么，该方程组可写成

$$\begin{cases} \sigma = \sigma_T + \sigma_F \\ \sigma_T = T\sigma \\ \sigma_F = E\sigma \\ T + E = 1 \end{cases}$$

在作用现象中，由于虚度和实度都随时间变化而变化，所以，作用学引入了实度变化率和虚度变化率两个新概念，分别结为 $\alpha$ 和 $\beta$ 。假设初始实度为 $T_0$ ，终止实度为 $T_t$ ，初始虚度为 $E_0$ ，终止虚度为 $E_t$ ，变化时间为 $t$ ，那么，实度的变化率为

$$\alpha = \frac{T_t - T_0}{t};$$

虚度的变化率为

$$\beta = \frac{E_t - E_0}{t}.$$

实度变化率和虚度变化率之间也存在对立统一规律，即

$$\alpha + \beta = 0.$$

事实上，不仅在接触作用现象中存在虚实作用问题，而且在各种作用现象中都存在虚实作用问题。虚作用现象实际上泛指一切物体对空间产生作用的现象，如占有空间、屏护，再如构筑空间、挖陷阱、诱导、设计谋等现象，都属于虚作用现象。实作用现象还泛指一切实物对实物进行作用的现象，如靠动量排除它物质、靠实力进行正面攻击等等现象。

四种自然作用现象实际涉及多物质参与的虚实作用合成问题，也涉及物质关系变化规律问题，涉及屏护、辐射冲击等作用现象。因此，四种自然作用并不是最基本的作用现象，而都属于虚实作用合成的、涉及多物质作用关系的作用体系，都不是简单的作用现象。

作用的对立统一规律实际上也是自然事物发展演化遵守的基本规律。由于变化，包括运动变化和变形，都是在作用控制下产生的，所以，变化与作用之间存在直接关系方程。也就是说，虚实作用方程都可以直接转化为描述变化规律的方程。例如，虚作用方程 $F_F = EF$ 可以通过理论推导直接转化为线性变形方程

$$x = \int_0^t \frac{A_F}{m} dt = \int_0^t \frac{EAdt}{m}.$$

式中， $x$ 表示线性变形量； $m$ 表示作用物体的质量。虚作用方程 $F_T = TF$ 可以通过理论推导直接转化为线性变形方程

$$x = \int_0^t \frac{A - A_T}{m} dt = \int_0^t \frac{(1 - T)Adt}{m}.$$

总之，变化现象遵守作用对立统一规律，作用的对立统一规律是自然发展演化遵守的最基本规律。

作用学基本理论还有其他一些内容，在此不进行一一阐述。

### 3、作用学基本理论的应用

作用学基本理论主要用于解决科学论证、实际问题的解决、科学研究和科学预测领域。

#### 3.1 科学论证

作用学的科学论证方法来源于最基本的作用学思想方法和作用学关于作用和变化规律描述的对立统一规律方程组，叫自然发展演化基本规律方程组。根据作用学思想方法和方程组，针对理论或定律描述的问题进行分析，如果理论或定律与方程组描述的自然规律一致，那么，该理论或定律就是正确的；如果不一致，那么，该理论或定律就存在不科学性问题。

这里通过实例来说明如下：

**例 1：**胡克定律认为，弹性力等于弹性系数与弹性变形之积，即 $R = -kx$ 。式中， $R$ 表示弹性力， $x$ 表示弹性位移， $k$ 表示弹性系数。请论证胡克定律的科学性。

**论证：**根据作用学，弹性变形由外作用量引起，并由作用量驱使、由弹性变形体的弹性变形条件共同控制生成。而胡克定律确定的弹性变形公式只涉及弹性力和弹性变形两个量，不涉及引发弹性变形的的外作用力，对控制弹性变形的作用认识缺乏完整性。从这一角度来看，胡克定律的科学性不足。

根据作用对立统一理论，弹性变形量与作用力  $F$ 、弹性力  $R$ 、弹性位移  $x$ 、弹簧的可变形性质特征值  $E$ 、生成外作用的作用物体的质量  $m$  之间的关系式为

$$x = \int_0^t \left[ \int_0^t \frac{(F + R)dt}{m} \right] dt = \int_0^t \left( \int_0^t \frac{EFdt}{m} \right) dt。$$

通过二次微分，得

$$\frac{d^2x}{dt^2} = a = \frac{F + R}{m} = \frac{EF}{m}$$

进而通过整理得出弹性力与变形加速度  $a$ 、触发作用力  $F$ 、弹性恢复力  $R$ 、作用质量  $m$ 、虚度  $E$ 、实度即弹性系数  $T$  之间的统一关系方程：

$$R = -(1 - E)F = -TF = ma - F。$$

这与胡克定律式  $R = -kx$  不同。由于胡克定律式的左侧是弹性力，其右侧是弹性位移与系数之积，并不是当量关系，所以，论证结果认为，胡克定律缺乏科学性。论证完毕。

**例 2：**论证应力-应变理论的科学性。

**论证：**在胡克定律基础上，针对压缩或拉伸变形，力学实验引入了应力、应变和弹性模量概念，建立了描述应力-应变关系的理论公式，即， $\sigma = E\varepsilon$ 。其中，应力是指单位受作用面接受的作用力，应变则指压缩或伸长变形量与原有长度之比，也就是指单位长度的变形量，即  $\varepsilon = \Delta L/L$ ；弹性模量是被引入的参数，被定义为“产生单位应变而需要施加的应力”。

根据作用学，变形涉及的关键问题是变形与其控制因素之间的关系问题。应力-应变理论研究的核心问题是变形问题，所以，应力-应变理论讨论的核心内容是变形与其控制因素之间的关系问题，涉及到的物理量关键是变形量和控制变形的应力和变形材料的性质。应力与变形之间的关系式为

$$a = \frac{E\sigma}{\rho}$$

式中， $a$  表示变形加速度，代表变形；应力  $\sigma$  表示应力，代表作用因素； $E$  表示材料的可变形程度，代表控制变形的内因； $\rho$  表示单位面上的作用质量即作用物质密度。可见，变形与其控制因素之间存在直接关系规律。

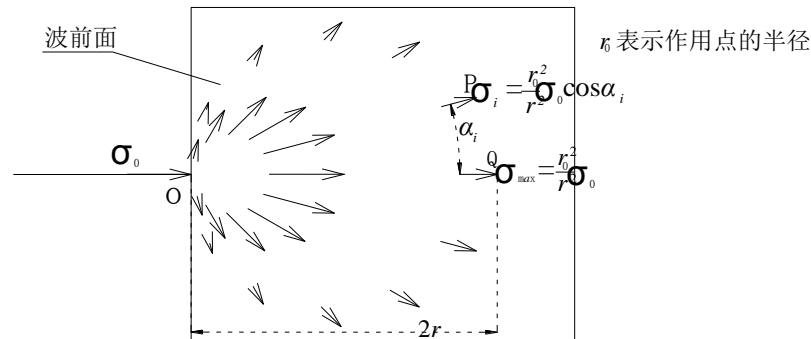


图1 应力的传递分配规律示意图

然而，应力-应变关系式涉及的并不是变形与其控制因素之间的关系问题，而是应力与应变之间的关系问题。应变不能代表变形。变形有其独特的规律，主要受作用传递规律控制。如图 1 所示，无论什么作用条件下，变形体内每一点的应变都不是相同的，这主要决定于内应力的传递与分配规律。内应力一般以波的形式从作用点向波前面传递，其应力的传递分配方程为

$$\sigma = \frac{r_0^2}{r^2} \sigma_0 \cos \alpha。$$

式中， $\sigma_0$  表示作用点受的应力； $\sigma$  表示受作用体内部任意点接受的应力； $r_0$  表示受作用点的半径； $r$  表示波前面的半径； $\alpha$  表示  $\sigma$  与  $\sigma_0$  两方向线之间的夹角。内应力  $\sigma$  导致生成的变形量是

$$x = x_0 + \int_0^t \left( \int_0^r \frac{Er^2_0\sigma_0 \cos\alpha}{r^2\rho} dt \right) dt = x_0 + \int_0^t \left[ \int_0^r \frac{(1-T)r^2_0\sigma_0 \cos\alpha}{r^2\rho} dt \right] dt ,$$

式中， $x$  表示任意点的变形量； $x_0$  表示任意点的初始变形量； $E$  和  $T$  分别表示应变点的可变与不可变性质。通过二次微分，得

$$a = \frac{Er^2_0\sigma_0 \cos\alpha}{r^2\rho} = \frac{(1-T)r^2_0\sigma_0 \cos\alpha}{r^2\rho} .$$

式中， $a$  表示任意点的变形加速度。因此，在变形体内所处的位置不同，其变形量不同。由此得出结论：应变的度量公式  $\varepsilon = \Delta L / L$  具有不合理性。事实上，在压缩和拉伸变形体内任意一点的应力和变形位移加速度也普遍遵守作用和变形的传递分配规律，差别只是波前面的面积大小不同，从而导致应力传递分配规律出现差异。如图 2 所示，压应力或拉应力在杆状物体内的传递与分配规律可用如下函数来表达：

$$\sigma = \frac{S_0}{S} \sigma_{0\max} \cos\alpha ,$$

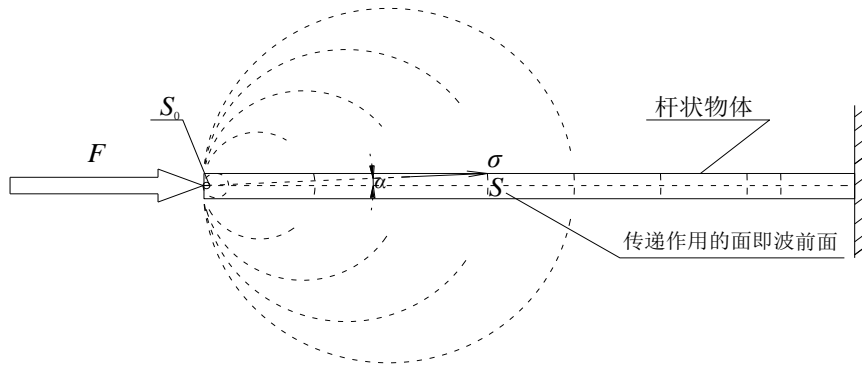


图2 压应力或拉应力传递分配规律示意图

式中， $\sigma_{0\max}$  表示作用点处的最大应力； $S_0$  表示作用点处应力的分布面积； $S$  表示作用传递生成的波前面的面积； $\sigma$  表示波前面上的应力； $\alpha$  表示  $\sigma$  与力  $F$  之间的方向角。杆状物内任意点的变形加速度为

$$a = \frac{E\sigma}{\rho} = \frac{S_0}{\rho S} E\sigma_{0\max} \cos\alpha .$$

式中， $a$  表示任意点的变形加速度； $E$  表示任意点的可变形程度。可见，变形与其控制因素之间的关系并不是应力-应变关系理论所确定的那种关系，即变形与其控制因素之间的关系不是公式  $\sigma = E\varepsilon$  所描述的那种关系。

应力-应变关系理论中的应变概念认为，变形体内任何一点的变形量都是相等的，即，物体内的应变到处都一样，都是  $\varepsilon = \Delta L / L$ ，其实，受作用体内各点的变形量都不相同，各点的变形加速度是  $a$ ，而不是  $\varepsilon$ 。

应力-应变理论的不切实际性问题主要出现在研究的目标不是整体考虑变形与其控制因素之间的关系，而是片面讨论应力与压缩变形率或拉伸变形率之间的关系。然而，由于应力并不是平均变形率的决定因素，应力与变形率之间不存在直接关系函数，所以，应力-应变关系理论似乎偏离了主题。

总之，应力-应变关系理论对作用与其控制因素之间关系规律的描述缺乏准确性，科学性不足。证毕。

例 3：论证达西定律的科学性。

论证：达西定律给出来的渗流运动方程式为  $q = k \frac{H-h}{L} S$ ，其中， $H$  表示渗流断面上游的水位， $h$  表示渗流断面下游的水位， $S$  表示渗流断面的面积， $L$  表示渗流距离， $k$  表示渗流系数。

根据作用学，控制渗流运动的因素主要是作用和渗流环境的性质。其中，控制渗流运动的作用由上游补给源流体流量、重力产生，渗流环境的性质是指渗流率或滞流率。渗流量的大小  $q$  值主要决定于补给流量  $Q$  和渗流率  $E$  的大小。假设流体的密度是  $\lambda$ ，渗流时间是  $t$ ，重力加速度是  $g$ ，上游或供水源的分布面积是  $S_h$ ，那么，控制渗流运动的作用量是

$$A = \int_0^t \lambda \left[ \frac{Q^2}{S} + Qgt + (H-h)S_h g \right] dt;$$

渗流运动的实际动量为  $I_t = \int_0^t \frac{\lambda q^2}{ES} dt$ ，该动量等于虚作用量，即

$$A_F = \int_0^t \frac{\lambda q^2}{ES} dt;$$

渗流受的阻碍作用量是  $A_R = -\int_0^t \lambda(H-h)S_h g dt$ 。该作用量等于流体受的实作用量的负值，即

$$A_T = \int_0^t \lambda(H-h)S_h g dt;$$

又因为

$$\begin{cases} A = A_T + A_F, \\ A_T = TA, \\ A_F = EA, \\ T + E = 1. \end{cases}$$

所以，

$$A_F = \int_0^t \frac{\lambda q^2}{ES} dt = \int_0^t E\lambda \left[ \frac{Q^2}{S} + Qgt + (H-h)S_h g \right] dt,$$

$$A_T = \lambda(H-h)S_h g dt = \int_0^t T\lambda \left[ \frac{Q^2}{S} + Qgt + (H-h)S_h g \right] dt.$$

由此得到描述渗流运动规律的方程组

$$\begin{cases} q = E\sqrt{Q^2 + SQgt + S(H-h)S_h g}, \\ \Delta h = H - h = \frac{TQ^2 + TSQgt}{SS_h g(1-T)} = \frac{TQ^2 + TSQgt}{ESS_h g}. \end{cases}$$

可见，补给流的动量和它受的重力作用是渗流运动动力的根本来源，渗流量和水位是这一根本动力生成的产物。渗流量、水位差、补给流量、渗流通道的通率和不通率、渗流断面面积、水位分布面积所有物力量之间存在着固有的统一关系规律。水位差 ( $\Delta h = H - h$ ) 并不是控制渗流量的主导因素，渗流量与渗流距离  $L$  不存在必然联系。也就是说，无论渗流距离大还是小，只要渗流率小，渗流量就小，与渗流距离无关。如果考虑从长度为  $L$  的渗流通道流出的流量，那么，式中的  $E$  代表渗流通道整体的渗流率，在  $L$  长度范围内各断面的平均渗流



率为  $e = \frac{E}{L}$ 。但达西定律认为，控制渗流运动的动力来源是水位差，并且，在达西定律中出现了关系较远的渗流距离和系数  $k$ ，而有些关系密切的物理量应该在公式中出现但却没出现，因此，达西定律并不是描述渗流量与其控制因素之间关系规律的完美方程。证毕。

总之，作用学基本理论包含着自然发展演化事件中普遍具有的基本规律，所以，作用学基本理论可以直接用于论证理论或定律的科学性。

### 3.2 实践应用

在日常生活或日常工作中，人们经常会遇到一些与作用 and 变化有关的问题，这些问题都可以根据作用学基本理论来解决。作用学的应用方法主要由作用对立统一方程组确定，但其基础是能够正确认识作用、虚作用和实作用。一般来说，虚作用量等于虚度与作用量之积，并且，虚作用量还等于作用质量与作用物体在作用过程中的实际运动量，即

$$A_F = EA = mv_t,$$

式中， $A_F$  表示虚作用量， $A$  表示作用量， $E$  表示虚度， $m$  表示作用物体的质量或作用物质量， $v_t$  表示作用物在作用中的实际运动速度即末速度；而实作用量等于实度乘作用质量，还等于阻碍作用量的负值，即

$$A_T = TA = -A_R = m(v_0 - v_t),$$

式中， $A_T$  表示实作用量， $A$  表示作用量， $T$  表示虚度， $m$  表示作用物质量， $v_0$  和  $v_t$  表示作用物的始末运动速度；而作用量只是等于它用于作用的动量，即

$$A = m(v_0 + at).$$

式中， $m$  表示作用物质量， $v$  表示作用物质的初速度， $a$  表示作用物质用于作用的加速度， $t$  表示作用时间。基于力学，人们对力、阻力和合力概念比较熟悉。作用量、虚作用量和实作用量与力、阻力和合力之间的关系式分别为

$$A = \int_0^t F dt, \quad A_T = -\int_0^t R dt \quad \text{和} \quad A_F = \int_0^t P dt.$$

式中， $F$ 、 $R$  和  $P$  分别表示力、阻力和合力。这里的合力仅等于力与阻力之合。只要掌握了这些概念和它们的相互关系，就可以根据作用对立统一规律来解决各种与作用 and 变化相关的应用问题。这里通过实例来说明如下：

**例 1:** 研究物体产生的作用量或作用力及受作用物的变形性质。例如，一个质量为  $m$ 、从高度为  $H$  的高空点处自由落下的物体对地面形成冲击作用，假设冲击作用时间是  $t$ ，请问该物体对地面产生的冲击作用量是多少？如果冲坑深度是  $h$ ，请问地表地层的虚度即可变性质是多少？

**解:** 根据力学，物体在空中下落的时间是  $t_0 = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ ，落体对地面产生作用时的初速度为

$v_0 = gt_0 = \sqrt{2Hg}$ ，所以，根据作用学，落体对地面产生的冲击作用量是

$$A = m(v_0 + gt) = m(\sqrt{2Hg} + gt).$$

由于冲坑深度为  $h$ ， $h = \int_0^t \frac{EA dt}{m} = \int_0^t E(\sqrt{2Hg} + gt) dt = E\left(\sqrt{2Hg}t + \frac{1}{2}gt^2\right)$ ，所以，地表地层的虚度为

$$E = \frac{h}{\sqrt{2Hg}t + \frac{1}{2}gt^2}.$$

**例 2:** 计算流体对过流断面的作用力。

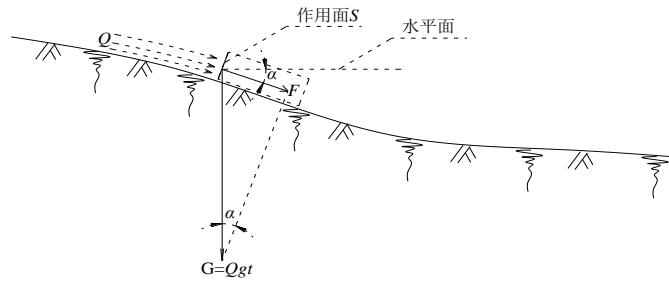


图3 流体对作用面产生的作用力分析图

分析：根据作用学基本理论，流量为  $Q$  的流体对受作用断面  $S$  产生的作用力为

$$F = \rho \left( \frac{Q^2}{S} + Qgt \sin \alpha \right)。$$

式中， $F$  表示流体对受作用面产生的作用力； $Q$  表示流体在作用前一定距离远处的流量； $\rho$  表示流体的密度； $S$  表示流体的横断面面积； $g$  表示重力加速度； $t$  表示作用前流体的加速运动时间； $\Delta t$  表示流体对受作用面  $S$  产生作用的时间； $\alpha$  表示流体运行路线的倾角。 $F$  表示流体对受作用面产生的作用力； $Q$  表示流体在作用前一定距离远处的流量； $\rho$  表示流体的密度； $S$  表示流体的横断面面积； $g$  表示重力加速度； $t$  表示作用前流体的加速运动时间； $\alpha$  表示流体运行路线的倾角；如图 3 所示。

如果流体对断面  $S$  的作用时间是  $\Delta t$ ，那么，断面接受的作用力是

$$F = \rho \left[ \frac{Q^2}{S} + Qg(t + \Delta t) \sin \alpha \right]。$$

例 3：一个长度为  $L$ 、横断面面积为  $s = ab$ 、密度为  $\rho$  的物体在流量为  $Q$ 、密度为  $\lambda$  的流体中存在，如图 4 所示，请计算物体所受的作用力。

解：根据作用学，物体在任意时刻接受流体作用的作用力是

$$F = \lambda \left( \frac{Q^2}{S} + Qgt \sin \alpha \right) L。$$

式中， $F$  表示流体对受作用体产生的作用力； $\lambda$  表示流体的密度； $S$  表示流体的横断面面积； $g$  表示重力加速度； $\alpha$  表示流体运行路线的倾角； $t$  表示流体对物体作用的时间； $L$  表示受作用体的受作用长度。可见，流体对物体产生的推动力是很大的。

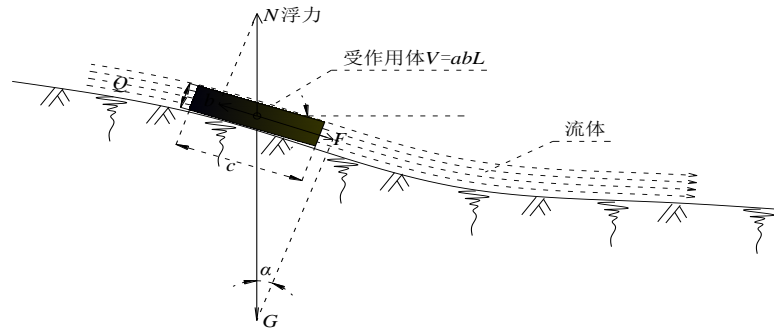


图4 流体对受作用体产生的作用力分析图

物体除了受流体驱动作用以外，它还接受重力和浮力作用。物体的质量是  $m = \rho abL$ ，那么，它接受的重力是  $G = mg$ ，而它在流体运动方向上的重力分量是  $G_1 = mg \sin \alpha$ ；物体接受的浮力为  $N = \lambda abLg$ ，它在流体运动方向上的浮力为  $f = -\lambda abLg \sin \alpha$ 。所以，驱使物体运动的推动力的总和为

$$F = \lambda \left( \frac{Q^2}{S} + Qg \sin \alpha \right) L + \rho abLg \sin \alpha - \lambda abLg \sin \alpha。$$

可见，在流体中存在的物体接受的作用力比较复杂。物体在流体中如何运动还受其运行环境的性质控制。假设物体的可运行程度即虚度为  $E$ ，那么，它的运动加速度为

$$a = \frac{EF}{m}。$$

例 4：已知某建筑物桩基持力层以上地层在作用强度为 100 公斤的锤击测试作用强度下表现出的虚度为  $E_1 = 80\%$ ，持力层深度为  $h$ ，请合理设计桩基每班次的施工工作量。

解：根据作用学基本理论，在桩基施工中，在机械锤击作用强度  $F$  下，地层的虚度  $E$  与测试虚度  $E_1$  之间的相互换算关系为

$$E = \frac{(F - 100) + 0.8 \times 100}{F}。$$

所以，在每次锤击作用下的桩柱下沉量为

$$x = \int_0^t \left( \int_0^{\Delta t} \frac{EFdt}{m} \right) dt。$$

假设每班次的有效锤击次数为  $N$ ，那么，每班次将产生打桩进尺

$$L = Nx \text{ 米，}$$

将产生打桩根数为

$$n = \frac{L}{h} = \frac{Nx}{h}。$$

因此，对该打桩工程每班次的工作量可设计为  $n$  根。

总之，作用学基本理论可用于一些与作用 and 变化有关的问题的解决。

### 3.3 科学研究

由于作用学基本理论给出了研究问题的基本方法，所以，在科学研究与试验中，作用学基本理论可以直接用于一些科学难题的解决。这里通过实例分析来说明如下：

**例 1：**研究作用控制下产生的运动位移和变形位移之间的统一关系规律。

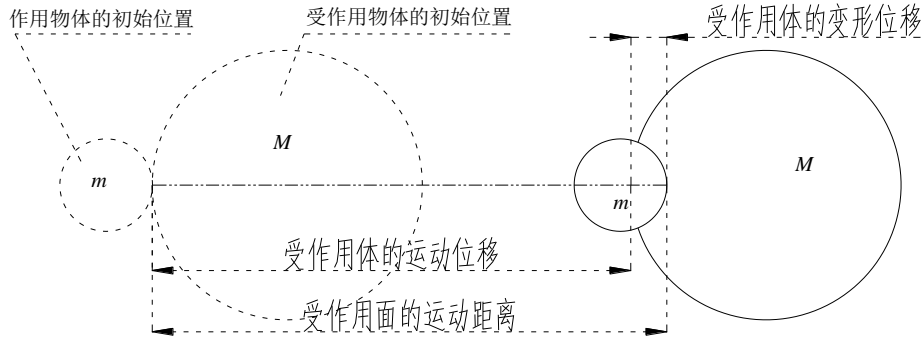


图5 受作用面位移、受作用体位移、受作用体变形三者关系示意图

**研究分析：**如图 5 所示，受作用质量  $M$  在作用质量  $m$  的作用下既产生了位移，也产生了变形。已知作用质量  $m$  的运动初速度是  $v_0$ ，它的末速度是  $v_t = 0$ ，它在作用时间  $t$  内产生的位移总量是  $x$ ；受作用质量  $M$  的初速度是  $u_0 = 0$ ，它整体的可动程度是  $E_1$ ，它的可变形程度是  $E_2$ 。根据作用学基本理论，在该现象中的作用量是

$A = mv_0$ ，作用物  $m$  在作用中的实际运动速度是  $v_t = \frac{dx}{dt}$ ， $m$  产生的虚作用总量是  $A_F = Emv_0 = m \frac{dx}{dt}$ 。其中，一部分虚作用量用于支配受作用物体整体位移，即，假设受作用物体整体的运动位移是  $x_1$ ，则有

$$A_{F1} = E_1mv_0 = m \frac{dx_1}{dt};$$

另一部分虚作用量支配受作用物体产生变形位移，即假设变形位移是  $x_2$ ，则有

$$A_{F2} = E_2mv_0 = m \frac{dx_2}{dt};$$

由于  $A_F = A_{F1} + A_{F2}$ ，所以，运动位移和变形位移之间存在统一关系规律，即

$$x = \int_0^t \frac{A_F dt}{m} = x_1 + x_2 = \int_0^t \left( \frac{A_{F1} + A_{F2}}{m} \right) dt = x_1 + x_2。$$

从图 5 中可以看出：运动位移实际上是受作用体整体的位移增量，变形位移是受作用点在受作用物体内部的位移增量。

此外，在该实例中，作用物产生的实作用量是

$$A_r = Tmv_0 = mat。$$

式中， $a$  表示作用物的减速度。作用物的位移损失量为

$$\Delta x = \frac{1}{2} at^2。$$

**例 2：**建立岩石爆破变形与其控制因素之间关系的理论方程。

**分析研究：**炸药爆炸产生的作用为辐射型作用。根据作用学，爆炸产生的作用是作用在以爆炸源点为中心的球面半径上，作用量由波前面逐一向传递。一般来说，装药量决定了爆炸作用量的大小。假设单位装药量产生的作用量为  $\delta$ ，那么，装药量  $q$  的岩石爆破作用量为

$$A = \delta q,$$

该作用量平均分布在半径为  $r$  的受作用波前球面上。即任意爆炸冲击波阵面受的作用强度为

$$\sigma = \frac{\delta q}{4\pi r^2}。$$

根据作用学，假设任意波前面的虚度即可变形程度为  $E$ ，那么，波前面的变形量与其控制作用之间关系的理论方程为

$$\Delta s = \int_u^t \frac{E \delta q dt}{4\pi r^2 \rho}。$$

式中， $\Delta s$  表示岩石内任意点的变形位移， $E$  表示任意点的虚度， $s$  表示爆破中心点与任意点之间的距离， $u$  表示表示爆破作用传递的速度， $t$  表示爆破作用量传递的时间。

岩石爆破变形在空间上的差别主要受被爆破岩石的外围物质与空间环境控制，环境对各个方向的虚度值予以改变。如图 6 所示，爆炸中心与岩石和岩石外部空间的关系存在很大差异，这决定了任意波前面上任意点  $P$  的虚度值。虚度值也是各向异性的，但对任意点来说，其虚度最大值的方向是爆破冲击作用的方向。在爆破研究中只考虑该方向的虚度。变形性质差异可用空间坐标进行分析。在变形现象研究中，我们必须清楚：在变形体内，不同点受的作用不同，变形性质不同，从而导致不同点的变形量不同。

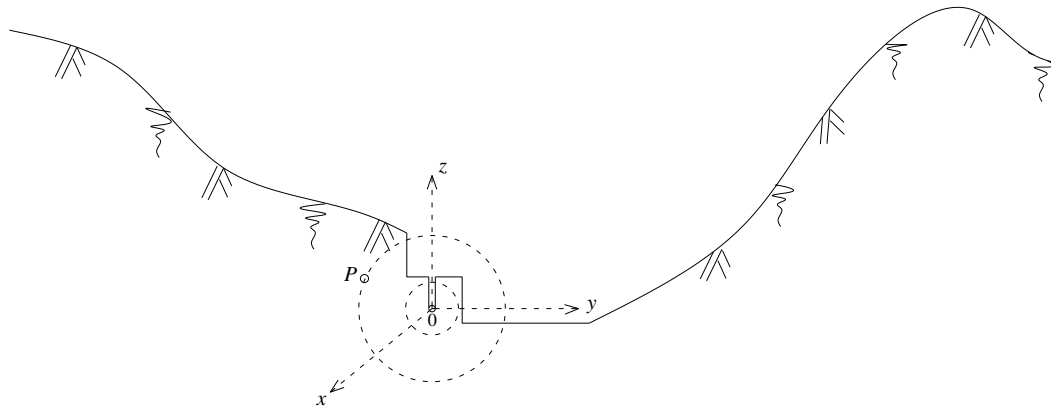


图6 爆破中心点与周围岩石和空间之间的关系示意图

在理论上，岩石的爆破变形规律具有统一性，但对不同岩石来说其变形有独特的规律，需要通过试验测试研究来掌握。

总之，作用学基本理论可以用于解决可种各样的科学难题。

### 3.4 科学预测

作用学基本理论可以用于科学预测研究。科学预测的基本原理是作用与变化的对立统一规律。由于随着作用时间延长，事件运行的性质不断变化，所以，可以根据其性质的变化规律来预测其未来状态。

#### 3.4.1 材料的使用寿命预测

材料使用寿命预测的前提条件：①必须搞清楚材料在使用中所受的作用情况，给出计算材料在使用中所受作用量的函数式；②必须搞清楚材料在使用中的性质变化状况，给出计算材料性质变化的函数式；③必须准确掌握材料极限变形标准，清楚材料在什么极限变形情况下不能保证安全使用。

材料在使用中所受的作用函数可通常用一般式来表述，即

$$A = \int_0^t (F_0 + \delta t) dt ;$$

式中， $F_0$  表示初始作用力； $\delta$  表示力的变化率， $t$  表示使用时间。

材料的虚度与其变化率之间的一般关系式为

$$E_t = E_0 + \beta t ;$$

式中,  $E_0$  和  $E_t$  分别表示始末虚度值;  $\beta$  表示虚度变化率,  $t$  表示使用时间。

极限变形量的确定可通过两种方法获取: ①在实际使用中通过观测来获得标准; ②通过实验来获得标准。

材料的使用寿命预测方程主要根据如下方程导出:

$$x = \int_0^t \left[ (E_0 + \beta t) \int_0^t \left( \frac{\sigma_0 + \delta t}{\rho} \right) dt \right] dt。$$

式中,  $x$  表示应力产生的变形量;  $E_0$  表示始末虚度值;  $\beta$  表示虚度变化率;  $\sigma_0$  表示变形体内的初始应力;  $\delta$  表示应力的变化率,  $t$  表示材料的使用时间。

材料的使用寿命也可根据虚度变化公式直接预测。一般来说, 当材料的虚度值达到极限量时, 材料不再适合使用了。因此, 只要测得初始虚度  $E_0$  值, 然后, 在通过实验测得极限虚度  $E_{\max}$  值和虚度变化率  $\beta$  基础上, 根据虚度变化式直接计算材料的可用时间, 即

$$t = \frac{E_t - E_0}{\beta} = \frac{E_{\max} - E_0}{\beta}。$$

式中,  $t$  就是材料的使用寿命。下面举例说明材料使用寿命的预测方法:

**例:** 某塑料制品是一种生活用器具, 通常用于盛放一些日用品, 偶尔也在运输物品中充当箱盒, 具备一定的承载力。该塑料制品在刚出厂时, 在作用强度为 50 公斤/米<sup>2</sup> 的作用条件下不产生明显变形。通常, 该塑料制品承载的作用强度一般不超过 50 公斤/米<sup>2</sup>, 所以, 它满足使用要求。但随着使用时间的延长, 因受作用量不断增大, 它要产生一些变形, 并且, 因受风吹日晒, 它的性质发生了很大改变。通过实验测试, 该制品在正常使用与保养条件下, 它的虚度变化率为  $\beta = 12\%$  / 年, 在 50 公斤/米<sup>2</sup> 的测试力下它保持可用性的极限虚度值为 90%, 请问该塑料制品的可用年限是多少?

**解:** 根据题意,  $E_0 = 0, E_{\max} = 60\%, \beta = 1.5\%$  / 年, 所以, 该塑料制品的使用寿命为

$$t = \frac{90\%}{12\% / \text{年}} = 7.5 \text{ 年}。$$

**答:** 该塑料制品的使用寿命是 7.5 年。

### 3.4.2 地质灾害预测

地质灾害如滑坡、地面塌陷、地震、火山等自然灾害。控制这些灾害事件发生的主要因素也是驱动作用和变体的性质, 所以, 地质灾害事件的发生遵守作用对立统一规律。因此, 可以根据作用与变化的统一和对立统一规律来进行地质灾害预测。这里通过实例来说明地质灾害的预测方法如下:

**例 1:** 滑坡预测。

**滑坡预测的基本方法分析:** 控制滑坡现象发生的作用主要是滑坡体自身的重力作用和大气降水所形成的坡流产生的作用两种。其中, 重力等于滑坡体质量  $m$  与重力加速度  $g$  之积, 即,  $G = mg$ 。重力作用贯穿在整个滑坡孕育、发展与发生过程之中。降雨破流量与降雨密度即单位时间单位水平面降雨量之间的关系可由如下函数表示:

$$Q = kSq,$$

式中,  $Q$  表示滑坡体所在位置的坡流量;  $q$  表示单位时间单位水平面的降雨量;  $S$  表示汇水面积;  $k$  表示坡流率。破流量  $Q$  对滑坡体产生的作用力为

$$P = \lambda \left( \frac{Q^2}{S_d} + Qgt \sin \alpha \right) V。$$

式中， $P$  表示坡流对滑坡体产生的作用力； $g$  表示重力加速度； $t$  表示坡流时间，近视等于降雨时间； $\alpha$  表示坡流方向角； $\lambda$  表示坡流的物质密度，由于坡流中含有泥、砂、石等物质，所以， $\lambda \neq 1$ ； $V$  表示滑坡体体积。滑坡体所受驱动力的总和为

$$F = mg \sin \theta + \lambda \left( \frac{Q^2}{S_d} + Qgt \sin \alpha \right) V。$$

式中， $\theta$  表示滑坡角； $S_d$  表示坡流断面面积。

滑坡体在驱动力  $F$  控制下的可定性用虚度来度量。在初始时刻，滑坡体处于稳定状态，没有出现滑移现象，其虚度为  $E_0 = 0$ ；由于长期受作用，滑坡体开始产生极其微小的滑动现象，然后随着时间的推移，在间歇变化的作用控制下，滑坡速度间歇式地增大，其虚度值间歇式增大；当作用量积累到一定程度时，滑坡变形增加到极限值，滑坡面全面贯通，虚度值增大到极限值，即  $E_t = E_{\max}$ ，此时，滑坡灾害现象发生。

滑坡运动的理论方程为

$$x = \int_0^t \left\{ \int_0^t (E_0 + \beta t) \left[ g \sin \theta + \frac{\lambda}{m} (Q^2 + Qgt \sin \alpha) V \right] dt \right\} dt。$$

通过二次微分，得

$$a = (E_0 + \beta t) \left[ g \sin \theta + \frac{\lambda}{m} (Q^2 + Qgt \sin \alpha) V \right]，$$

式中， $a$  表示滑坡运动加速度。通过对滑坡体受作用和运动现象的长期观测和天气降雨预报获取解方程需要的已知量，然后代入方程进行计算，就可以提前预测滑坡灾害将会发生的时间。

**例 2:** 地震预测研究的定量方法。

地震也是在作用和地壳性质两种因素控制下发生的地质灾害现象。因此，地震的定量预测，其关键也是确定控制地震发生的作用量和地层性质。解决地震定量预测问题的关键在于确定计算地震发生时间的已知量。

一般来说，控制地震发生的作用力等于地壳整体所受的重力之和，由这个重力之和转化为岩浆流体的液压，岩浆液压在局部地区形成向地球表面方向的压力，迫使局部地壳从缓慢变形到突然破裂，进而造成地震灾害现象发生。因此，地壳所受的重力之和可被视为已知量。控制地震发生的作用力可用如下方程来表达：

$$F = kMgt。$$

式中， $M$  表示地壳的质量； $g$  表示重力加速度； $t$  表示岩浆生成、积累、运移时间； $k$  表示地下岩浆的生成系数。

地震发生地点处地壳的虚度可通过长期探测手段获得。如图 7 所示，地壳的虚度用两种方法来计算：

①根据地壳厚度变化来计算虚度：

通过探测获得地震可能发生地点的初始地壳厚度  $h_0$  和即时厚度  $h_t$ ，然后，根据公式

$$E = \frac{h_0 - h_t}{h_0}$$

来计算地壳的虚度。式中， $E$  表示地壳的虚度，该虚度含义与力学中的应变概念相同。

②通过探测获得地壳新生破裂尤其是新生反张裂的长度  $l$  值和地壳的厚度  $h$  值，然后，根据公式

$$E = \frac{l}{h}$$

来计算地壳的虚度值。

地震运动方程，也即地壳运动方程为

$$x = \int_0^t \left( \int_0^t \frac{EkMgt dt}{m} \right) dt。$$

由于  $E_t = E_0 + \beta t$ ,  $E_0$  和  $E_t$  分别表示始末虚度值,  $\beta$  表示虚度变化率,  $t$  表示地震孕育、生成与发展的时间, 所以, 地震运动方程的完整形式为

$$x = \int_0^t \left[ \int_0^t \frac{(E_0 + \beta t)kMgtdt}{m} \right] dt。$$

式中,  $m$  表示地震运动的物质质量, 等于上涌岩浆的瞬间运动质量;  $x$  表示地壳变形距离。通过长期观测获得数据, 然后, 根据该方程进行定量分析, 人类就可以提前获得地震灾害将在何时何地发生, 其破坏强度有多大。

#### 4、小结

通过以上讨论可以看出: 作用学是涉及作用与变化基本关系规律的科学。作用学揭示了自然发展演化进程中普遍遵守的统一和对立统一规律。根据作用学, 自然统一和对立统一得最基本规律是变化现象与其控制因素之间的统一和对立统一规律。这一统一规律给人们带来了解决各种问题的理论与应用方法。作用学理论的适用范围非常广泛, 许多问题或难题都可以在作用学基本理论指导下得到正确解决。本文通过实例论证了作用基本理论在科学论证、实践应用、科学研究和科学预测等方面的应用方法。

#### 参考文献

- [1] 干洪. 力学学科的发展现状与 21 世纪展望[J]. 安徽建筑大学学报, 2001, 9(2):1-6.
- [2] 胡海昌. 弹性力学的变分原理及其应用[M]. 科学出版社, 1981.
- [3] 龙述尧. 弹性力学问题的局部 Petrov-Galerkin 方法[J]. 力学学报, 2001, 33(4):508-518.
- [4] 张鸿庆. 弹性力学方程组一般解的统一理论[J]. 大连理工大学学报, 1978(3):23-47.
- [5] 王昌益, 孙洁; 作用学概论; 《城市建设》; 2010.03 下旬刊 总第 59 期, 31
- [6] 王昌益, 对作用生成地下热能现象的认识, 《科技博览》, 2009 年 4 期;
- [7]王昌益, 贺可强; 作用的对立统一规律在滑坡研究中的应用; 《青岛理工大学学报》;
- [8]王昌益, 贺可强; 论地下水运动规律及其研究方法; 《青岛理工大学学报》; 2010 年 02 期
- [9]华东水利学院. 《弹性力学问题的有限单元法》[J]. 力学学报, 1974(4):15.
- [10]杨桂通. 弹性力学简明教程[M]. 清华大学出版社, 2013.
- [11]黄廖山. 固体力学发展趋势之我见[J]. 海峡科学, 2003(9):1-2.
- [12]李和娣主编. 固体力学进展及应用: 庆贺李敏华院士 90 华诞文集[J]. 北京, 2007.



- [13] M.A. Садовский, 董务民, 程屏芬. 地震预报问题明显说明了固体地球物理学的现状和发展[J]. 力学进展, 1982, 12(2):98-99.
- [14] 李爽, 谢礼立. 地球科学--固体地球物理学:近场问题的研究现状与发展方向[J]. 中国学术期刊文摘, 2007(11):3-3.
- [15] 焦荣昌. 地球动力学的现状与发展(1)[J]. 海洋地质信息通报, 1995(12):2-3.
- [16] 李家春. 现代流体力学发展的回顾与展望[J]. 力学进展, 1995(04):442-450
- [17] 刘建军, 裴桂红. 我国渗流力学发展现状及展望[J]. 武汉工业学院学报, 2002(3):99-103.
- [18] 周济福. 渗流力学研究的现状和发展趋势[J]. 力学与实践, 2007, 29(3):1-6.
- [19] 郑哲敏, 张涵信. 21 世纪初的力学发展趋势[J]. 学会, 1995, 25(4):433-441.
- [20]. 刘慈群, 郭尚平. 关于计算渗流力学问题[J]. 力学进展, 1983(1).
- [21] Chang Yi Wang, Ben Jun Wang, Shu Zun Jiang. Theory of the Ultimate Beating Capacity Calculation; 《EARTH SCIENCE RESEARCH(加拿大)》, Vol.1, No.1 February 2012