

The Basic Principle of Action science

Wang Changyi

Penglai Land Resources Bureau of Shandong Province

Email: wyc59528@126.com

Abstract

There are theoretical defects in mechanics, and lack of scientificity and applicability. In order to further improve the basic theory, the author began to study the basic theory and its application technology in the 1980s. The basic science principle and its many application scientific methods and principles are determined by the action science. This article introduces some of the content.

Keywords

Key words: action; fundamental law; mechanics; defects

Subject Areas Math & Physics

作用学基本原理

王昌益

中国山东蓬莱国土资源局

Email: wyc59528@126.com

收稿日期：2018年4月27日；发布日期：2018年5月3日

摘要

力学存在理论缺陷，缺乏科学性和应用性。为了进一步完善基础理论，笔者从上个世纪80年代开始研究创立了作用学基本理论及其应用技术。作用学确定了最基本的科学原理及其众多的应用科学方法与原理。本文介绍了其中的部分内容。

关键词

作用学；基本定律；力学；缺陷

1 序言

力学的完善始于牛顿定律和力学基本定律，其完善与发展过程历经了 300 多年历史。然而，由于科学历史时期的局限性给力学带了一些致命的缺陷。这些缺陷包括研究问题的立足点局限、基本概念不正确、基本认识缺乏全面完整性、基本定律存在认识缺陷甚至存在定量关系错误等等诸多方面。这些缺陷所带来的后果也是非常严重的：不能确立统一、完整的基

本科学理论体系，导致基本科学门类众多，产生割裂自然规律现象；不能正确确立完善的科学研究方法，使得科学观测研究、实验研究、实际问题和科学预测研究总是存在偏差；在许多实际问题解决中都缺乏适用性，导致许多科学难题的产生。为了消除力学缺陷、建立更完善、更具有适用性的基本科学理论体系，从 1980 年前后开始，笔者通过大量研究，建立了作用学理论体系，给出了一系列超越力学的科学定律。本文着重介绍这些科学定律的基本内容。

2 作用学基本定律

2.1 基本现象定律

在自然界或宇宙中存在的最基本现象有三个：运动（包括存在）、作用和变化。

运动是指物质在自身动量控制下改变空间位置的现象，也就是力学的惯性运动现象。度量运动现象的量叫运动现象的量，作用学将其定义为运动质量与其运动距离之积，即

$$\Phi = ml = mvt。$$

式中， Φ 表示运动量； L 表示运动距离； m 表示运动物质量； v 表示运动速度； t 表示运动时间。

最基本的作用现象是指运动物质对其在运行中所遇到的它物质构成接触作用、使其运动发生改变或内部关系发生改变的现象。基本作用就是通常所说的接触作用。

由于基本作用不仅涉及物质与物质之间的相互作用关系，而且涉及物质与空间之间的相互作用关系，所以，仅涉及物质与物质之间关系的作用定义是片面的。因为，参与作用的往往是物体，物体是由物质与空间组合而成的组合体，物体的物质和物体的空间同时参与作用。因此，完整的作用定义应该是：质空组合体在其动量支配下对它所遇到的它质空组合体予以冲击、进行改造等等现象称为作用。若考虑占有空间、屏护等现象也属于作用现象，那么，作用的含义更广阔。屏护现象超出了基本作用概念范畴，涉及第三者或多者关系。所以，广义的作用概念包含多物质间的相互关系。由于屏护也是通过接触作用来实现的，并考虑作用概念含义的明确与清晰，作用学仅将接触作用现象定义为作用。

作用是因为差异存在、差异运动而造成的相互对立、相互联系、相互影响、相互冲突、相互改变、相互制约等现象。作用是变化、新的存在、新的运动与新的质空关系或新的物质组合关系状态形成的原因；作用是差异存在与差异运动的结果。作用发生在：①物质与空间之间，②物质与物质之间，③物体与物体之间。不仅物体对物体的改变现象是作用，而且，物体或物质占有空间的现象也是作用，物体对空间的改造也是作用；不仅克服阻力、排除障碍是作用，躲闪与屏护也是作用。然而，最基本的作用现象是物体与物体之间的接触作用，如推、拉、冲撞、碰撞等等都是最基本的、只发生在两者之间的作用现象，其它一些作用如吸引、排斥等都是在基本作用现象基础上形成的作用假象，不是单单涉及两者关系的简单现象。作用是针对作用物体而言的，只属于作用物体，是因为作用物体具有对受作用物体构成作用的动量存在才会发生的作用现象，而不是因为别的原因造成发生的现象。作用现象的量叫作用量，记为 A ；单位时间产生的作用量叫力，记为 F ；两者之间的关系为

$$A = Ft。$$

式中， t 表示作用时间。该关系规律被称为**作用的量力关系定理：作用量等于力乘作用时间**。作用现象仅由作用物的运动引起，作用量仅由运动着的作用物的动量直接产生，作用物对受作用物之所以能形成作用，就是因为它有动量，所以，作用量就等于作用物用于作用的总动量。即，设作用物的质量是 m ，运动速度是 v ，那么，作用量

$$A = mv。$$

动量控制物质自身运动，也控制它对所遇到的它物质予以作用的现象发生。

变化现象包含的内容比较多。最基本的变化现象是指质点在作用物的动量控制下改变空间位置的现象，产生惯性运动量和运动增量（加速运动量）。广义的变化包括各种自然变化现象，如变形、质空关系和物质关系变化现象、振动、波动、流体运动、渗流运动、化学反应、裂变、聚变、生物生长等等现象。

变化现象的量叫变化量。由于变化现象与运动、作用之间具有统一关系，而且关系极其密切，所以，变化现象的度量必须考虑与运动量、作用量之间的统一。作用学将基本变化现象的度量值确定为受作用物的运动变化量，记为 $\Delta\Phi$ 。根据作用学，如图 1 所示，基本变化量分三种：变化量、实变化量和虚变化量。其中，变化量等于作用物用于作用的运动量，其量等于在作用时间内、作用物的运动总量，即

$$\Delta\Phi = mvt = At = \int_0^t \left(\int_0^t Ftdt \right) dt。$$

式中， m 表示作用质量； v 表示 m 的初速度； t 表示作用时间； A 表示作用量； F 表示作用力。如果初速度是 $v = v_0 + at$ ， a 表示加速度，那么，

$$\Delta\Phi = \int_0^t m(v_0 + at)dt = \int_0^t A dt = \int_0^t \left(\int_0^t Ftdt \right) dt。$$

实变化量是指作用现象实际使受作用物产生的变化量，又叫响应变化量，记为 $\Delta\phi$ ，其量等于受作用质点的动量增量对作用时间的积分，即

$$\Delta\phi = \int_0^t m'(u_t - u_0)dt = \int_0^t \left(\int_0^t m'a'dt \right) dt = \int_0^t A_r dt = \int_0^t \left(\int_0^t F_r t dt \right) dt。$$

式中， m' 表示受作用质点的质量； u_0 和 u_t 分别表示受作用质点的始末运动速度； a' 表示受作用质点的运动加速度； A_r 度量受作用质点实际接受的作用量； F_r 度量受作用质点实际接受的作用力； t 表示作用时间。虚变化量是指受作用质点应该产生、但实际未产生的变化量，又叫未响应变化量，记为 $\Delta\psi$ ，即

$$\Delta\psi = \Delta\Phi - \Delta\phi。$$

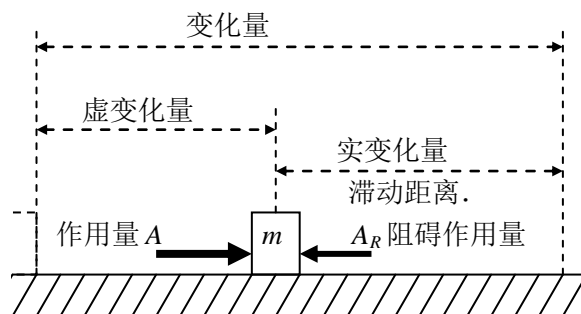


图 1 变化量与虚、实变化量关系示意图

其他不属于基本变化现象的复杂变化现象涉及的定律或原理将在后文逐一进行阐述。

2.2 自然辩证法基本原理

自然辩证法基本原理是一切事物发展变化普遍遵守的基本原理，可用于指导解决各种实际问题，并且自然确定了一种用于科学研究的科学方法。该原理的基本内容是：

作用现象一般有两个组成部分，分别叫虚作用现象和实作用现象。其中，虚作用现象是指在作用现象中没有产生实际作用效果的虚假作用现象，一般代表作用物体占有受作用物体的空间的现象。受作用物体的空间包括内部空间、外部空间和整体占有的空间。纯粹侵占空间的现象完全属于虚作用现象。虚作用现象属于对受作用物的空间予以作用的现象。实作用现象是指在作用现象中实际发生的、具备真实作用结果的作用现象，代表作用物排除障碍、克服阻力的真实作用现象，其作用的结果是使受作用物产生动量增量。

度量作用现象的量叫作用量，记为 A ；度量虚作用现象的量叫虚作用量，记为 A_F ；度量实作用现象的量叫实作用量，记为 A_T 。

作用的自然辩证法原理：作用量等于虚作用量加实作用量；虚作用量等于虚度乘作用量；实作用量等于实度乘作用量；虚度加实度等于 1。其数学表达式为

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

这被称为作用、变化现象中的对立统一规律方程组。采用力学形式表达为

$$\begin{cases} F_F + F_T = F \\ F_F = EF \\ F_T = TF \\ T + E = 1 \end{cases}, \quad F = \frac{A}{t}。$$

这一原理不仅确立了自然现象发展演化的基本规律和统一规律，而且，更重要的是，这个原理确定了研究解决各种问题的统一方法，确立了大一统的科学理论，各种科学问题都可以根据这个方程组确定的基本原理及其确定的科学方法进行解决。

对立统一规律方程组中各个物理量的科学与客观含义：

作用量 A 一般等于作用物用于作用物的动量。如果作用质量为 m 、 m 的运动速度为 $v = u_0 + a_0 t$ ，那么， $A = m(u_0 + a_0 t)$ ， a_0 表示作用物受的、所研究作用现象以外的其它驱动作用而生成的加速度，叫作用物的初始运动加速度。

实作用量 A_T 是由排除障碍的作用现象产生的一部分作用量，一般等于阻碍作用量的负值，等于作用物在作用时间内的动量损失量，即

$$A_T = -A_R = -\int_0^t F_R dt = \int_0^t F_T dt = TA = A - A_F = m[(u_0 + a_0 t) - u_t]。$$

式中， A_R 表示由阻碍作用面上的物质产生的阻碍作用量； F_R 表示由阻碍作用面上的物质产生的阻力； F_T 表示实作用力； t 表示作用时间； u_t 表示作用物的末速度； F_F 表示虚作用力。这个方程包含了牛顿第三定律中的基本内容：实作用量等于阻碍作用量的负值，即实作用量与阻碍作用量大小相等、方向相反。

虚作用量 A_F 是由作用物侵占受作用物的空间产生的一部分作用现象，其值等于作用物在作用时间内产生的剩余动量，即

$$A_F = A - A_T = mu_t = EA = \int_0^t F_F dt。$$

T 和 E 分别是度量变体性质或变化环境性质物理量，都具有广泛的客观含义，后文将根据各个方面问题进一步说明。

由于实作用总是与不变化量、滞变量、不响应变量相对应，虚作用量总是与变化量、变化响应量相对应，所以，自然辩证法基本原理不仅是基本作用的量关系原理，也是用于描述变化现象的基本原理，可以直接用于指导研究解决各种作用与变化关系问题。自然辩证法基本原理就是一条用于科学研究的尺子，首先指导人们理清楚各种作用及其相应带来的变化现象之间的统一关系、确定各种作用量或作用函数、各种变化量或变化函数，然后根据具体问题要求找到解决问题的方法，最后通过研究与计算使得问题得到最终解决。

自然辩证法原理给出了超大统一理论，确定了大一统的科学研究方法，这一大统一理论与方法是对自然发展演化最基本的统一规律的高度概括，可以用于指导各类问题的解决。例如，作用产生虚作用和实作用两种基本现象的理论，用于解决渗流问题时能指导人们直接看到“在控制渗流的作用现象中，虚作用产生渗流量，实作用产生水位增量”的基本规律，用于解决变形问题时可以直接引导人们看到“虚作用产生变形量，实作用产生抗变量并导致作用物变化”的规律，用于解决军事问题时可以引导人们直接看到“虚作用产生侵入空间、被侵略者忍受掠夺、欺压，实作用导致反侵略作用并使侵略者损兵折将乃至灭亡”的规律，用于经济研究可以引导人们看到“畅通的经济运行产生繁荣社会气象，滞行的经济运行导致各种邪恶现象产生”的基本规律。

2.3 作用学应用科学原理

a、变形与作用关系定律

受作用物体的变形位移量 x 与驱动作用量 A 成正比，与驱动力 F 成正比，与虚度（可变形程度） E 成正比，与作用时间 t 成正比，与实度（不可变形程度） T 成反比。它们之间的确切关系函数为

$$x = \int_0^t \frac{EA}{m} dt = \int_0^t \frac{(1-T)A}{m} dt = \int_0^t \left(\int_0^t \frac{EF}{m} dt \right) dt = \int_0^t \left[\int_0^t \frac{(1-T)F}{m} dt \right] dt。$$

在变形现象中一般存在一对相互对立统一的子现象：变形与抗变形。所以，要全面描述变形规律，就必须同时描述变形和抗变形两种基本现象与规律。作用学通常用一个方程组来描述变形现象，即，

$$\begin{cases} x_b = \int_0^t \frac{EA}{m} dt, & \text{变形方程;} \\ x_k = \int_0^t \frac{TA}{m} dt, & \text{不变形或抗变形方程。} \end{cases}$$

式中， x_b 表示变形位移； x_k 表示不变形位移。

作用与变形之间的关系并不是胡克定律、应力-应变理论所表述的那种带有人为规定性的量关系，而是遵守最基本的对立统一关系规律的作用学量关系。

b、运动变化与变形统一定律

运动变化是指运动状态改变现象，包括运动速度和运动方向改变的现象；变形是指受作用物体内部物质关系或质空关系改变的现象。力学没有阐明运动变化与变形之间的统一规律。但是，在实际问题中，人们经常遇到运动变化和变形两种现象并存的情况，所以，不清楚运动变化与变形之间的统一规律是不能满足实践需要的。更重要的是：不解决这个统一问题，要进行科学预测是很困难的。

如图 2 所示，在变化现象中产生的运动位移 x_1 和变形位移 x_2 之和等于变形面的位移 x （位移变化总量）。这被称为运动变化与变形统一关系定律。即

$$x = x_1 + x_2。$$

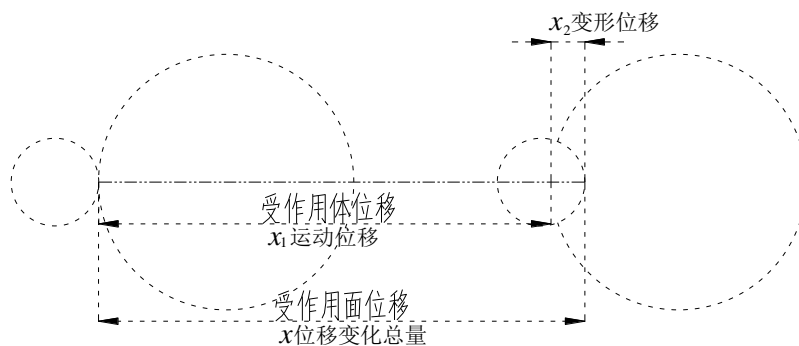


图2 受作用面位移、受作用体位移、受作用体变形三者关系示意图

其中，

$$\begin{cases} x_1 = \int_0^t \left(\int_0^t \frac{E_1 F}{m} dt \right) dt, \\ x_2 = \int_0^t \left(\int_0^t \frac{E_2 F}{m} dt \right) dt, \\ x = \int_0^t \left[\int_0^t \frac{(E_1 + E_2) F}{m} dt \right] dt. \end{cases}$$

式中， F 表示控制变化的驱动作用力； E_1 表示受作用物体整体可改变位置而产生运动增量的程度； E_2 表示受作用物体可改变形态的程度，即受作用面可以侵入占有其内部空间的性质参数； m 表示作用物质量； t 表示作用和变化时间。

c、流体作用与变化规律

流体运行也遵守最基本的科学与客观规律。控制流体运行的驱动作用来自于流体的初动量、重力作用、后续流体的推动作用或水位差压力作用。如果流体流量为 Q ，断面面积为 S ，那么，流体对 S 产生的驱动作用量为

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

其驱动力为

$$F = \rho \left[\frac{Q^2}{S} + Qgt + S_s(H-h)g \right]。$$

式中， S_s 为水头分布面积； g 为重力加速度； ρ 为水的密度； t 为作用时间； $(H-h)$ 为水位差。

流体对物体产生的作用量：流量为 Q 的平稳流体对断面为 S 、长度为 L 的物体产生的作用力为

$$F = \frac{\rho Q^2 L}{S}。$$

渗流作用与变化关系规律：

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = \int_0^t \left\{ \int_0^t T \rho \left[\frac{Q^2}{ES} + Qgt + S_s(H-h)g \right] dt \right\} dt, \quad \text{滞流方程;} \\ x_2 = \int_0^t \left\{ \int_0^t E \left[\frac{Q^2}{ES} + Qgt + S_s(H-h)g \right] dt \right\} dt, \quad \text{渗流方程。} \end{array} \right.$$

式中， x_1 和 x_2 分别表示滞流位移（未生成位移）和渗流位移； E 表示渗流断面的虚度（孔隙度或渗流率）； T 表示渗流断面的实度（阻流率）； t 表示流体运行时间； H 和 h 分别表示 S 面前后的水位高度； S_s 表示 H 的分布面积(水平面积)；流体的密度是 ρ ； g 表示重力加速度。

根据该方程中的渗流方程，可推导出渗出流量 q 与各种控制因素之间的关系方程：

$$q = \sqrt{E \left[Q^2 + ESQgt + ESS_s(H-h)g \right]}。$$

可见，渗流运动受制于流量、重力、水位差、水头面积、渗流通道的畅通性或堵塞性。如果不考虑重力和水头压力，那么，渗流量 q 与补给流量 Q 之间的关系为

$$q = \sqrt{EQ}。$$

也就是说,控制渗流量的最主要因素是作用和渗流通道的畅通性质,作用因素包括补给流量、重力、水头压力、蓄水面积、渗流时间等因素,畅通性质决定于孔隙度即虚度和渗流段面面积。这与达西定律等现代渗流力学理论存在很大矛盾。达西定律的数学表达式为

$$q = k \frac{(H - h)}{\Delta L} S。$$

达西定律认为,渗出流量 q 与水头高度 $\Delta H = H - h$ 成正比,与“渗透系数 k ”成正比,与渗流断面面积 S 成正比,与渗流运行距离 ΔL 成反比。但是,在作用学研究过程中,通过大量的渗流实验研究证明:控制渗流运行的驱动力来自补给流量产生的运行动量和重力对水的驱动作用,而水头来自阻滞、滞流量,属于补给流量中的一个部分;不过,当水头生成之后也会产生驱动渗流运行的压力,与流体动量和重力共同驱动渗流运动;渗透系数 k 是一个不存在的物理量,没有实际意义;渗流运行距离 ΔL 与渗流量之间不存在必然联系。例如,装在容器中的水位无论多高,容器的厚度无论多么薄,只要容器不破裂、没有渗出通道,就不会产生渗流量。根据作用学实验研究结果证明:水头即水位差与其控制因素之间的关系规律由下列方程确定:

$$\Delta H = H - h = \frac{T(Q^2 + ESQgt)}{E^2 SS_s g}。$$

d、虚、实度研究方法 with 原理

控制自然体发展演化的因素主要有两个,它们分别是控制作用和自然体的性质。其中,作用仅指控制其变化的主导作用或主动作用;自然体的性质包括两方面因素:自然体自身的性质和自然体变化环境的性质。自身性质又分两种:分别是有利于变化或发展演化的性质和不利于变化或发展演化的性质,分别叫虚度和实度,分别记为 E 和 T 。变化环境的性质也有有利于变化或发展演化的性质与不利于变化或发展演化的性质两种性质,也分别被称为虚度和实度,也分别记为 E 和 T 。在实际问题研究中,变体自身性质与环境的性质常常是不分的,

但在有的情况下需要区分对待。当变体既有运动增量又有变形增量时，就需要区分研究控制变体整体运行的环境性质和控制变形的自身性质。

自然体，即自然变体，简称变体，它的自身性质和它存在与运行环境的性质特性一般需要显现在接受作用、产生变化的过程与结果之中。长期以来，人们始终没有为变体的性质确定正确的度量值，直到作用学产生之后，世界上才有了统一描述变化性质的虚度和实度概念及其统一取值和度量方法。

虚度和实度的客观含义都非常广泛。虚度泛指软度、弱度、可塑性程度、不耐磨程度、不耐压程度、不耐拉程度、不耐弯程度、不耐剪切程度、不耐破裂程度、可变形程度、可延展程度、畅通程度、通率、可渗透程度、松散度、孔隙裂隙度、破裂度、导电程度、导热程度、入射率等等；实度泛指硬度、刚度、弹性度、耐磨程度、耐压程度、耐拉程度、耐弯程度、耐剪切程度、耐破裂程度、不可变形程度、不可延展程度、不可通行程度、不可渗透程度、密实度、完整度、阻滞率如阻水率和电阻率、反射率等等。

变体的虚度和实度都因作用强度、作用方向、作用方式的不同而改变。因此，要测试变体的性质，需要确定统一的作用强度、统一的作用方向和统一的作用方式。一般来说，**作用强度越大，变体的虚度越大，实度越小；反之，作用强度越小，变体的虚度越小，实度越大。**但是，在作用相同条件下，松散、软弱体的可变形程度即虚度值大，不可变形程度即实度值小；反之，密实、强硬体的虚度小，实度大。

若通过实验来测试变体的虚度和实度，可以通过各种超载作用来实现。下面介绍各种测试方法与原理：

①变体的承载能力与测试力、变体变形性质之间的关系原理

变体的极限承载能力 σ_{\max} 等于变体的实度 T 与测试力 F 之积与测试作用面积（探头与变体间的接触面积） S_0 之比，等于1减其虚度值所得之差、乘测试力 F 所得乘积与测试作用面积 S_0 之比。即

$$\sigma_{\max} = \frac{T \times F}{S_0} = \frac{(1-E)F}{S_0}。$$

②静压条件下变体变形性质测试原理

静压探测条件下，驱使探头在变体中运动的作用有重力和加载力，这两个力使探头产生重力加速度 g 和驱动加速度 a_0 ，而探头在变体中的实际运动加速度是 a_t ，根据这三个量可以直接求出变体的虚度和实度，即

$$E = \frac{a_t}{a_0 + g}, \quad T = 1 - E = 1 - \frac{a_t}{a_0 + g}。$$

式中， $a_0 = \frac{(M+m)g}{m} - g = \frac{Mg}{m}$ ； m 为探杆质量； M 为加载质量。

③自由下落锤击探杆、将探头打入变体的变体性质测试方法与原理

设重锤自由下落的高度是 h ，探杆被打入变体的深度是 x ，冲击作用时间（也是变形时间）是 t ，那么，探杆在作用时间内应有的自由下落距离是

$$l = \int_0^t \left(\sqrt{2hg} + \int_0^t g dt \right) dt；$$

而其虚度（即可变形程度）为

$$E = \frac{x}{l} = \frac{x}{\int_0^t \left(\sqrt{2hg} + \int_0^t g dt \right) dt}；$$

其实度为

$$T = 1 - E = 1 - \frac{x}{\int_0^t \left(\sqrt{2hg} + \int_0^t g dt \right) dt}。$$

④等冲量锤击、将同型号探头打入变体内一定深度的性质测试原理

被测变体的实度等于等变形深度锤击数与完全密实体等变形深度所需锤击数之比值，即

$$T = \frac{N}{N_0}；$$

式中， T 为变体的实度； N 表示被测变体特定深度变形所需要的实际锤击数； N_0 表示完全密实物体的等深变形所需击数。

被测变体的虚度为

$$E = 1 - T = 1 - \frac{N}{N_0}。$$

⑤金刚石电钻测试变体性质的方法原理

用相同动力的金刚石电钻探测变体的变形性质和承载力时，被探测变体被打 2mm 深度所用的时间 t 与最密实体被打 2mm 深度所用的时间 t_0 之比等于被探测变体的实度。即，被探测变体的实度是

$$T = \frac{t}{t_0};$$

变体的虚度为

$$E = 1 - T = 1 - \frac{t}{t_0}。$$

e、变体性质变化研究方法与原理

作用学将制约变化的变体性质和变化环境的性质统一归结为可变性和不可变性，并分别为之确定了统一度量值，分别统称为虚度和实度，为统一研究各种变化现象及其统一规律开辟了科学研究的新天地。

一般来说，随着时间的推移，作用量和变化量不断增大，相应的变体性质和变化环境的性质也会发生改变。为了度量变体性质和环境性质变化现象，作用学引入了虚度变化率和实度变化率的概念。

虚度变化率是指虚度随作用时间改变的速率，也就是可变化性质特征值随作用和变化时间改变的速度，记为 β 。如果将初始时刻 t_0 时的虚度记为 E_0 ，将终止时刻 $t_t = t$ 时的虚度记为 E_t ，变化时间为 $\Delta t = t - t_0 = t$ ，那么，虚度变化率为

$$\beta = \frac{E_t - E_0}{t}。$$

如果虚度变化率 β 为正数，即 $\beta > 0$ ，那么，变体的可变性质特征值或变化环境的可运行性质特征值在作用控制下不断增大，即虚度值在作用控制下不断增大；如果虚度变化率 β 为负数，即 $\beta < 0$ ，那么，变体的可变性质特征值或变化环境的可运行性质特征值在作用控制下不断减小，即虚度值在作用控制下不断减小；当 $\beta = 0$ 时，虚度值在作用条件下保持不变，即变体的性质和变化环境的性质保持不变。

实度变化率是指实度因作用和变化时间延长、数值大小不同而改变的速率，记为 α 。若始末实度分别为 T_0 和 T_t ，那么，

$$\alpha = \frac{T_t - T_0}{t}。$$

研究性质变化也就是研究虚实度变化。研究变体性质变化规律的一般方法与原理是：在相同作用条件下和相同变化环境条件下，对变体施以不同大小的作用强度，令其变化，分别测定其变化性质参数，然后，根据公式计算其虚度变化率和实度变化率。

f、灾变运行一般规律及其防治基本原则

作用学研究结果表明，控制一些灾害现象发生的主要因素有两个：作用因素和性质因素。

作用因素由作用物的初始动量、作用物携带的初始驱动力、环境中运行物质对作用物产生的驱动力产生，包括一切驱动作用物运行、产生作用的动力因素。所有作用因素合成的主动作用力常常随时间延续不断发生变化。所以，假设初始力为 F_0 ，力的变化量为 $\Delta F = \delta t$ ，那么，在作用时间 t 内产生的作用力为

$$F = F_0 + \delta t，$$

在作用时间 t 内产生的作用量为

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

如果灾变运行环境的性质为

$$E = E_0 + \beta t，$$

那么，灾变点的运行方程为

$$x_y = \int_0^t \frac{EA}{m} dt = \int_0^t \frac{(E_0 + \beta t)(F_0 + \delta t)}{m} dt。$$

式中， m 表示灾变质量。

灾变现象也不是随意可以发生的。在自然环境中也总是存在着阻止灾变事件发生的制约因素。假设阻止灾变事件发生的制约程度（实度）为 $T = T_0 + \alpha t$ ，那么，灾变事件的滞行方程为

$$x_z = \int_0^t \frac{TA}{m} dt = \int_0^t \frac{(T_0 + \alpha t)(F_0 + \delta t)}{m} dt。$$

因此，灾变事件一般用包含其运行和滞行两种对立统一现象在内的方程组来描述，即

$$\begin{cases} x_y = \int_0^t \frac{EA}{m} dt = \int_0^t \frac{(E_0 + \beta t)(F_0 + \delta t)}{m} dt, \\ x_z = \int_0^t \frac{TA}{m} dt = \int_0^t \frac{(T_0 + \alpha t)(F_0 + \delta t)}{m} dt. \end{cases}$$

如果人类要防治灾害发生，那么，就需要极大限度地减小驱动灾变的作用量或作用力，同时要极大限度地减小灾变的可运行性质参数即虚度 E 值，相应也就极大限度地增大了灾变的不可运行性质参数即实度 T 值。即，要确保灾变事件不发生，那就必须确保

$$\begin{cases} A = \int_0^t F dt = \int_0^t (F_0 + \delta t) dt \text{ 值尽量小,} \\ F = F_0 + \delta t \text{ 值尽量小,} \\ E = E_0 + \beta t = 0, \\ T = T_0 + \alpha t = 1. \end{cases}$$

g、平衡与失衡问题研究的作用学方法与原理

根据作用学研究实验结果，虚度和实度不仅能度量变形性质和物质流通环境性质，还可以直接用于度量失衡程度和平衡程度。即，平衡和失衡规律也被包含在作用、变化现象中的对立统一规律方程组

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

之中。根据该方程组，度量平衡现象的量就是实度函数

$$T = \frac{A_T}{A},$$

度量失衡现象的就是虚度函数

$$E = \frac{A_F}{A}。$$

经过 37 年来的研究发现，研究平衡和失衡现象的基本方法有两种：一是理论法，二是函数法。理论法是根据方程 $T = \frac{A_T}{A}$ 和 $E = \frac{A_F}{A}$ ，首先分别确定作用量 A 的函数、实作用量 A_T 的函数和虚作用量 A_F 的函数，然后代入方程，从而直接获得平衡与失稳函数，或直接计算平衡稳定程度值和失稳程度值。函数法是将方程 $A_F = EA$ 变形为受作用点的不平衡运动与其控制因素之间的关系方程，然后在这个关系方程中找到平衡函数和失稳函数，最后根据需要通过计算获得平衡稳定程度和失稳程度数值。

下面通过实例进一步阐明该方法原理：

例：如图 3 所示，杠杆在支点 O 处的支承力 N 、 P 点处的重力 $G_1=mg$ 和 Q 点处的重力 $G_2=Mg$ 的共同作用下转动， $OP=b$ ， $OQ=c$ ，请分析 P 点的平衡稳定性，计算其平衡稳定性特征值，给出其失稳条件。

分析：如图 3 所示，杠杆 PQ 整体三点受作用，作用点分别位于 O 、 P 、 Q 三点，其作用力分别为 N 、 G_1 、 G_2 ，杠杆在这 3 个力作用下不变形，所以，该杠杆可被视为刚体。下面根据作用学理论加以分析如下：

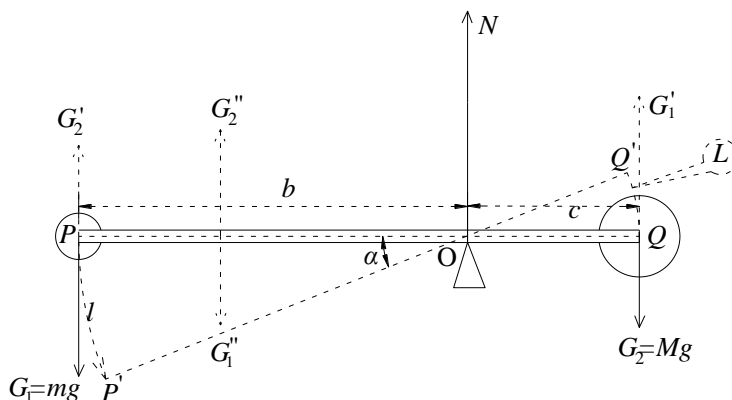


图3 转动、物质、空间、时间、运动、作用、变化统一关系示意图

点 Q 和点 P 两点处的作用力 G_1 和 G_2 都属于偏心作用，是不平衡作用，它们分别产生转动减量和转动增量。这两点的作用对转动的控制是通过作用量的传递与合成来实现的。这种传递与合成遵守特有的规律：作用于杠杆上任意一点的作用力同时传递给杠杆上每个受作用点，作用于杠杆上不同点的作用力在任意点上的传递量相互合成、共同支配该点的运行。

如图 4 所示，作用于 P 点的作用力 G_1 传递到 Q 点变为 G'_1 ， G'_1 与作用于 Q 点的作用力 G_2 共同控制 Q 点的运行。根据作用学，假设 Q 点的位移是 L_1 ，则有 Q 点的运行方程

$$L_1 = \int_0^t \left[\int_0^t \frac{(G_{21} - G'_{11}) dt}{M} \right] dt = \int_0^t \left[\int_0^t \frac{\left(Mg - \frac{b}{c} mg \right) \cos \alpha dt}{M} \right] dt = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{bm}{cM} \right) gt^2 \cos \alpha。$$

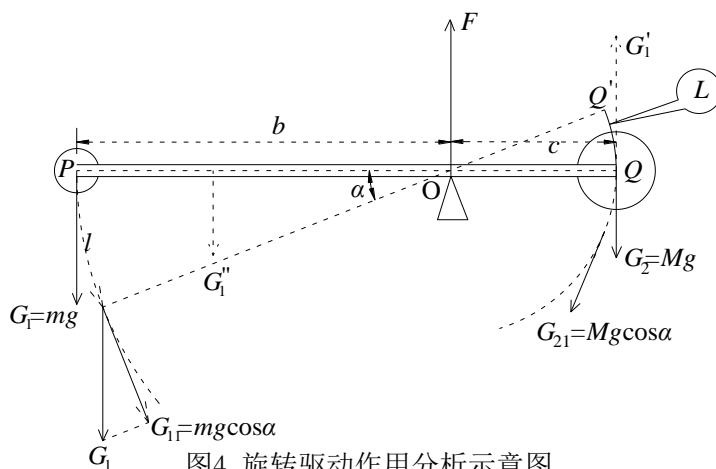


图4 旋转驱动作用分析示意图

Q 点受作用平衡分析：根据方法二，在上述 Q 点位移方程中出现的 $\left(1 - \frac{bm}{cM} \right)$ 描述 Q 点的失稳程度，即式

$$E_1 = 1 - \frac{bm}{cM}$$

是描述 Q 点的失稳函数，而 $\frac{bm}{cM}$ 度量 Q 点的稳定程度，即

$$T_1 = \frac{bm}{cM}$$

是描述 Q 点平衡稳定性质的函数。 E_1 和 T_1 分别构成了 Q 点动与不动性质评价的判据，作用学称之为虚度和实度，这两个参数是 Q 点质空关系特性描述的综合参数。根据

$$E_1 = 1 - \frac{bm}{cM} \text{ 和 } T_1 = \frac{bm}{cM}，$$

当 $m = M$ 、 $b = c$ 时， $E_1 = 0$ ， $T_1 = 1$ ；说明 Q 点受作用平衡， Q 点没有位移余地；当 $E_1 \neq 0$ ， $T_1 \neq 1$ 时， Q 点受作用不平衡，必然产生不平衡位移。

可见, Q 点位移受多因素控制, 这些因素包括物质量 m 和 M 、空间量 b 和 c 、倾斜角度 α 、时间 t 、重力加速度 g 以及运动、作用和变化三个基本现象, 所有这些因素共同控制了 Q 点的运行。

根据作用学的平衡与失稳理论, 即根据方法一, 作用于 Q 点的被动力即阻止 Q 点绕 O 点旋转的制约力 $G'_1 = \frac{b}{c}mg \cos \alpha$ 与作用于 Q 点的主动力即支配 Q 点绕 O 点旋转的驱动力 $G_2 = Mg \cos \alpha$ 之比值等于度量 Q 点平衡稳定性的实度, 即

$$T_1 = \frac{\frac{b}{c}mg \cos \alpha}{Mg \cos \alpha} = \frac{bm}{cM};$$

根据作用学失稳理论, Q 点的失稳程度 E_1 等于 1 减 Q 点的稳定程度 T_1 , 即

$$E_1 = 1 - T_1 = 1 - \frac{bm}{cM}。$$

可见, 通过方法一获得的虚度和实度函数与通过方法二获得的虚度和实度函数是完全相同的。

同理, 作用于 Q 点的作用力 G_2 传递到 P 点变为 G'_2 , 与 P 点的作用力 G_1 共同控制 P 点的旋转运行, P 点的运行方程为

$$L_2 = \int_0^t \left[\int_0^t \frac{(G_{11} - G'_{21})}{m} dt \right] dt = \int_0^t \left[\int_0^t \frac{\left(mg - \frac{c}{b}Mg \right) \cos \alpha dt}{m} \right] dt = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{cM}{bm} \right) g t^2 \cos \alpha。$$

P 点受作用平衡分析: 根据方法二, 在 P 点的运行方程中出现的 $T_2 = \frac{cM}{bm}$ 代表阻止 P 点运行的制约因素产生的制约性参数, 相当于 P 点的实度, 即不可运行程度, 它是评价 P 点稳定性的重要指标。而该式中 $E_2 = 1 - \frac{cm}{bM}$ 表述 P 点的失稳程度或不稳定程度, 就是 P 点的虚度。 E_2 是评价 P 点失稳特性的指标。

根据方法一, 同样可获得稳定函数 $T_2 = \frac{cM}{bm}$ 和失稳函数 $E_2 = 1 - \frac{cm}{bM}$ 。

h、硬度测试方法与原理

根据作用学, 硬度属于度量材料性质的一种指标, 被包含在作用学的实度概念之中。硬度的测试也必须通过作用与变形实验手段来实现。即, 对材料施以一定强度的测试应力, 然后, 测定一定作用强度下产生的变形深度或测定一定作用强度下产生一定变形量所需要的变形时间, 最后, 根据作用学的硬度公式计算材料的硬度。硬度计算公式有如下几种:

①硬度等于实作用量 A_r 与作用量 A 之比，等于实作用力 F_r 与作用力 F 之比，即

$$T = \frac{A_r}{A} \times 100\% = \frac{F_r}{F} \times 100\% ;$$

②硬度等于阻碍作用量 A_R 的负值与作用量 A 之比，等于阻力 R 的负值与力 F 之比，即

$$T = \frac{A_r}{A} \times 100\% = \frac{-R}{F} \times 100\% ;$$

③硬度等于 1 减软度，等于 1 减变形量 x 与参数 l 的比值，参数等于测试时间 t 内测具的空行距离 l ，即

$$T = (1 - \text{软度}) \times 100\% = \left(1 - \frac{x}{l}\right) \times 100\% ;$$

④硬度等于一定测试力作用下材料产生一定变形量所需要的时间与 t 与最硬材料在同等作用条件下产生等量变形量所需要的时间 t_0 之比，即

$$T = \frac{t}{t_0} \times 100\% .$$

i、地震预测方法与原理

控制地震发生的主要因素是作用和地壳性质。要预测地震，首先需要搞清楚地震与作用 and 地壳性质之间的关系规律。地震发生的时间、地点和强度都需要通过观测研究和科学计算来给出。

地震发生时间与其控制因素之间的关系式：

$$t = \frac{v - v'}{v\beta}$$

或

$$t = -\frac{v - v'}{v\alpha} .$$

式中， t 表示地震发生的时间； v 表示存在于地下深处、推动地壳运动的岩浆的即时运动速度； v' 表示震点地壳在地下岩浆烘烤、推动作用下的变形速度； β 表示震点地壳性质的变化率，

$\beta = \frac{h'}{ht}$ ； α 表示震点地壳的抗变形性质的变化率，也叫反抗变形的能力的变化率或变化率的

反量， $\alpha = -\beta = -\frac{l}{ht}$ ； h 和 h' 分别表示上覆地层的初始厚度和终止厚度。

j、爆破变形研究方法原理

各个方向的爆破作用与爆破变形之间关系都是

$$x = \int_0^t \left(\int_0^t \frac{E\sigma dt}{\rho} \right) dt。$$

爆破作用面上受作用点的位移增量（包括波动距离和震动距离）与它受的作用应力 σ 和它的虚度 E 值成正比：质点受的作用应力 σ 和可动性指数 E 值大，它的位移增量就大。在工程爆破中之所以形成爆破漏斗，其关键在于在爆破漏斗方向上的虚度大。

爆炸与岩石变形之间的作用学关系：

$$\text{根据作用对立统一方程组} \begin{cases} A_F + A_T = A \\ A_F = EA \\ A_T = TA \\ E + T = 1 \end{cases} \text{ 得出，爆炸产生的冲击膨胀作用在波前面上任意}$$

质点的作用强度即应力 σ 产生实作用强度和虚作用强度两个量，分别记为 σ_T 和 σ_F ，确定三者

$$\text{之间的关系方程组} \begin{cases} \sigma_F + \sigma_T = \sigma \\ \sigma_F = E\sigma \\ \sigma_T = T\sigma \\ E + T = 1 \end{cases} ; \text{ 其中，} T \text{ 表示波前面上任意质点的实度，即不可改变性质；}$$

E 表示波前面上任意质点的虚度，即可被改变性质。

根据 $\sigma_F = E\sigma$ ，可以确定波前面上任意质点的波动方程，即爆炸作用与爆炸变形、运动之间统一关系规律描述的一般方程为

$$y = \int_u^x \left[\int_u^x \frac{E(\sigma + \rho gt) dt}{\rho} \right] dt ;$$

式中， ρ 表示波前面上的物质密度， σ 表示波前面上质点受的爆炸作用强度， x 表示波源与波前之间的距离， u 表示波速， t 表示冲击波的波动时间， g 表示重力加速度， E 表示质点的虚度；

爆炸与变形之间关系规律研究的方法：

装药在岩层中爆炸时，爆破变形与其控制因素之间的一般关系规律方程为

$$V = \iint \left(\int_{\frac{x}{u}}^t \frac{E\alpha dt}{\rho} \right) dS; \text{ 式中, } \iint dS \text{ 表示对波前面的受作用面 } S \text{ 进行面积积分; 装药在无限介质}$$

中爆炸时，爆破变形与其控制因素之间的一般关系规律方程为 $y = \int_{\frac{x}{u}}^t \frac{E\alpha dt}{\rho}$ 。

在爆破变形现象中，有一部分质点会在瞬间被抛出、做抛物运动，其运动曲线方程为

$$l = \int_0^t \left[\int_0^t \frac{E(\sigma + \rho gt) dt}{\rho} \right] dt。$$

装药在岩层中爆炸时，爆破变形与其控制因素之间的一般关系规律方程为

$$V = \iint \left[\int_0^t \left(\int_0^t \frac{E\alpha dt}{\rho} \right) dt \right] dS; \text{ 装药在无限介质中爆炸时, 爆破变形与其控制因素之间的一般关系}$$

$$\text{规律方程为 } V = \iint \int_{\frac{x}{u}}^t \left[\int_{\frac{x}{u}}^t \frac{E(\sigma + \rho gt) dt}{\rho} \right] ddS。$$

k、露天矿滑坡与爆破关系研究方法 with 原理

露天矿滑坡与爆破关系是直接的。爆破构成了驱动露天矿滑坡的直接作用，属于一种加载作用，而不仅仅构成一种影响因素。各种作用共同合成了支配露天矿滑坡运动的驱动作用。控制露天矿滑坡还是不滑坡的主要因素主要是作用因素和露天矿边坡物质的可滑动性质与不可滑动性质因素。滑坡判据不能用冲击波的波动频率、加速度等等数据来代替。

露天矿滑坡预测方法与步骤：

第一步，认识露天矿滑坡基本规律：根据作用学，滑坡运动与其控制因素之间的关系可用如下方程式表述：

$$x = \begin{cases} \int_0^t \frac{EA \sin \theta}{m} dt, & \text{滑坡体的运行方程, } x \text{ 等于运行距离} \\ \int_0^t \frac{TA \sin \theta}{m} dt, & \text{滑坡体的稳定方程, } x \text{ 等于滞动距离} \end{cases}$$

式中， m 表示滑坡体的质量； A 表示驱动滑坡体运动的主动作用量； E 表示滑坡体的可滑程度，即活动性指数，也叫虚度； T 表示滑坡体的不可滑程度，即稳定性指数，也叫实度； θ 表示滑坡角，即滑面倾角； t 表示滑坡体存在的时间，即滑坡现象孕育、发展、发生时间；其中， $A = Ft$ ， F 表示驱动滑坡体运动的主动作用力。

第二步，测量控制露天矿滑坡的作用量；包括滑坡体的初动量 $A_0 = mv_0$ 、重力产生的作用量 $A_1 = mgt$ 、爆破产生的作用量 $A_2 = m_z I_0$ ；式中， m 表示滑坡质量， v_0 表示滑坡初速度， A_0 表示因滑坡质量运动而构成的滑坡驱动作用量，等于滑坡体的动量， m_z 表示爆破所用炸药的质量， I_0 表示单位质量炸药产生的最大动量。

第三步，确定露天矿边坡的虚度与作用之间的关系：

A、露天矿边坡物质可滑性指数与作用量之间的一般关系规律，根据作用学得出虚度与作用量和虚作用量之间的一般关系式为 $E = \frac{A_F}{A}$ ，即边坡物质的虚度为 $E = \frac{(M+m)a}{(M+m)g} = \frac{a}{g}$ 、边坡物质的实度（抗滑动指数）为 $T = 1 - E = 1 - \frac{(M+m)a}{(M+m)g} = 1 - \frac{a}{g}$ ；式中， M 表示滑体的质量， a 表示滑动加速度。

B、确定露天矿边坡虚度变化和实度变化的一般规律，虚度变化率与实度变化率之间的关系式是一种对立统一关系，即 $\alpha + \beta = 0$ 或 $\alpha = -\beta$ ； α 表示边坡实度变化率， β 表示边坡虚度变化率；

第四步，确定露天矿边坡虚度和实度变化率：

A、测定边坡在特定作用强度条件下的虚度和实度变化规律，B、测定边坡在不同作用强度条件下的虚度和实度变化规律，C、对不同性质的边坡地层性质及其变化率进行测试研究；

第五步，研究露天矿爆破与滑坡之间的关系：

A、爆破与滑坡之间的一般关系规律，及露天矿爆破与露天矿滑坡之间的关系方程，即

(1) 作用于滑体上的爆破作用量 A_2 与露天矿滑坡之间的关系方程为

$$l = \int_0^t \frac{E(A_1 + A_2) \sin \theta}{m} dt,$$

(2) 不在滑坡体上的爆破作用与滑坡之间的关系方程为

$$l = \int_0^t \frac{E(A_1 + A_2 \cos \varphi) \sin \theta}{m} dt,$$

式中， l 表示滑坡现象的位移距离， φ 表示爆破产生的爆破冲击作用合量 A_2 与其对滑坡体构成作用的作用分量 A_2' 之间的夹角。

B、确定露天矿爆破与滑坡之间的关系：

首先，在露天矿边坡或边坡附近打炮眼、装药爆破，观测边坡物质的变化；再确定滑坡面、滑坡角、滑坡质量，观测滑坡位移、滑坡体受作用时间；然后，计算滑坡体接受的各种驱动作用量和驱动作用合量；计算滑坡体在爆破前后的虚度和实度，并计算爆破前后虚实度的变化率；计算滑坡体的极限抗滑强度；给出放炮装药量的极限数值；最后，根据工程地质资料和采矿设计计算预测可能出现滑坡灾害的时间、位置和强度，确定防范措施。

如果有大气降水，这些运动的水还将对滑坡体产生作用，并改变滑面的可滑动性和不可滑动性；由此可得大气降水产生的驱动作用量

$$A_3 = S_S q^2 t,$$

式中， q 为降雨流量， t 为时间， S_S 为滑坡体分布的水平投影面积。

如果有车辆和行人在边坡上运行，需进行统计并计算其作用量

$$A_4 = \sum_{i=1}^n m_i g t_i, \quad (i=1, 2, \dots, n),$$

式中， m_i 表示任意车辆的质量， t_i 表示任意车辆对边坡的作用时间；

在受爆破影响条件下，边坡滑坡体受的作用总量是

$$A = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = m v_0 + m g t + \frac{m_c I_0 S}{4 \pi r^2} + S_S q^2 t + \sum_{i=1}^n m_i g t_i。$$

滑坡时间 t 与滑坡体接受的驱动作用力 F 、实作用力 F_T 、滑坡角 θ 、虚度变化率 β 、滑坡质量 m 之间的关系式为

$$t = \frac{T_0 - \frac{F_T}{F \sin \theta}}{\beta}。$$

1、采空区地面塌陷预测原理

基本规律与方程：采空区在开采中的塌陷变形或运动方程

$$x = \int_0^t (E_0 + \beta t)(v_0 + g t) dt$$

式中, x 表示采空区塌陷量, E_0 表示初始虚度值, β 表示虚度的变化率, t 表示塌陷时间, v_0 表示初始塌陷速度, g 表示重力加速度;

定量预测方法:

首先, 塌陷运动的破坏性强度可根据上覆地层作塌陷运动的动量来确定, 塌陷动量等于虚作用量, 即

$$I = EA = E \left[m_0 v_0 + \int_0^t \Delta S h \rho g t dt \right]$$

式中, I 表示塌陷动量, E 表示上覆地层的虚度, A 表示控制采空区的作用量, m_0 采空区的初始塌陷质量, ΔS 表示采空区的增大速度, h 表示上覆地层的厚度, ρ 表示上覆地层的密度;

然后, 根据上述采空区塌陷定量预测方程, 得出采空区塌陷预测研究的基本方法为,

- i、测量采空区大小、采空区形成速度、采空区上覆地层质量包括体积和密度;
- ii、测量采空区塌陷变形速度、加速度、采空区塌陷地层的虚度;
- iii、研究虚度的变化率;
- iv、计算采空区上覆地层出现危险虚度和危险动量的时间以及危险动量的大小;
- v、通报预测研究成果, 确定合适的采空区设计方案和防范塌陷事故的实施措施。

当采面刚刚开始采掘时, 由于采空区很小, 采空区没有下沉变形, 其初始虚度值 $E_0 = 0$ 、初始塌陷变形速度 $v_0 = 0$, 所以, 若从采面开始采掘时开始研究采空区塌陷, 那么, 采空区的塌陷方程可简化为

$$x = \int_0^t \beta g t^2 dt = \frac{1}{3} \beta g t^3。$$

当虚度达到危险虚度值 E_{\max} 时, 其塌陷动量即危险塌陷动量为

$$I_{\max} = E_{\max} A = E_{\max} \left[m_0 v_0 + \int_0^t \Delta S h \rho g t dt \right] = Mat。$$

由此可知，危险塌陷动量越大，其破坏性越大。

m、作用学的机械原理

根据作用学，物质运行都可以被看作是一种波动。物质波动与其控制作用之间的一般关系式为

$$y = \int_0^r \frac{E(I_0 + Ft)}{m} dt。$$

式中， y 表示波动质点运动的曲线距离； r 表示波源与波前之间的距离； u 表示波的传播速度； I_0 表示波动质点的初动量； F 表示波动质点接受的驱动力； E 表示波动质点运行环境的性质； m 表示波动质点的质量。

根据作用学，可以根据需要将自然物质或质点的运动进行拆分成两个部分或多个部分，从而达到合理利用自然能或减灾、防灾的目的。

根据作用学，通过设置一定的装置，让装置对波动物质或质点进行作用，便可以将自然运动拆分为机械运动部分和剩余自然运动部分。这种拆分的基本原理是：设置一定装置，让自然动量部分转化为有用的机械作用，从而加以利用。

下面通过实例来说明拆分原理的应用方法：

拆分原理应用举例 1：高层建筑节省土地，具有一定的优越性。但是，高层建筑也有弊端：居住人口较多，楼层过高，一旦发生火灾，居民逃生困难，外部救助也很困难。为了防止意外，可以考虑设置逃生设施。这种设施可以根据波动拆分原理来制作。具体做法举例说明如下：

根据波动拆分原理，安装一种自动下落装置，将重力控制下的自由下落运动看做是一种波动，将其拆分为转动和直线运动。其中，直线运动供居民逃离火灾楼层、安全迅速降落到楼外地面；转动部分用于制动、控制下落速度稳定、不至于因为加速度太大而坠落地面、造成人身伤害。具体设置通过图 1 来说明。

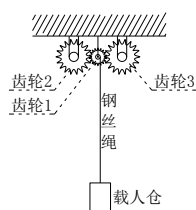


图1 高层楼火灾救急设施工作原理示意图

图 1 中的载人舱为自动下落重物，它的运行受重力和钢丝绳的束缚力控制；钢丝绳缠绕在齿轮 1 的中心轴上，其上端固定在轴承上，钢丝绳长度大于楼层与地面的高度；齿轮 1 与轴承构成一体，随着轴承的旋转而旋转；齿轮 1 的功能：将载人舱下落位移或波动位移转化为旋转位移；齿轮 2 和齿轮 3 分别与齿轮 1 咬合，其功能是用于产生阻碍作用力，它们能够产生足够的阻碍作用量，可以将自由落体的下落运动转化为波动，将加速下落运动转化为近似的直线运动，主要起减速作用。由于齿轮与齿轮的咬合具有断续性或间歇性，所以，载人舱的下落变成了波动形式，并且，其振动与下落运行被分割开了。当高层楼发生重大火灾事故时，居民可以迅速进入预先安装好的逃生舱，快速逃离火灾现场。

如果用一种具有振动功能的振动赛来代替齿轮 2 和齿轮 3，也可以产生同样的效果。如图 2 所示，用振动塞 1 和振动赛 2 代替齿轮 2 和齿轮 3，同样可达到拆分逃生舱降落运动为旋转振动和直线下落两部分的目的。

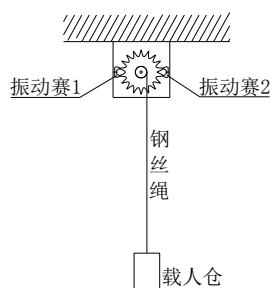


图2 用振动赛代替阻力齿轮说明图

齿轮 2 和齿轮 3 与振动塞 1 和振动赛 2 的功能都是将直线运动转化为振动或波动的辅助设置。载人舱的运动方程即波动方程为

$$L = \int_0^r \frac{E(I_0 + Gt)}{m} dt。$$

式中， L 表示载人舱降落距离； r 表示载人舱降落始点与具体降落位置之间的距离； u 表示降落速度； I_0 表示载人舱初始动量； G 表示载人舱接受的重力； E 是度量载人舱运行条件的参数； m 表示载人舱的质量。

根据拆分原理，还可以根据需要进一步将下落运动进行拆分，再增加自动控制阀，如图 3 所示。该控制阀将下落运动进一步拆分为一个自动阻滞运动，一旦上部控制系统失灵，下落速度增大，自动控制阀将自动打开，产生制动作用，阻止载人舱快速下滑。当速度平稳、消除危险后制动阀自动关闭、停止工作。自动控制阀由速度传感器和特制的电控制动阀完成，电力由制动齿轮旋转产生。

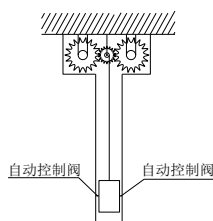


图3 下落速度自动控制阀示意图

拆分原理应用举例 2: 研究自然能的利用率。自然能包括很多能量，河流、洋流、风流、阳光、地热等运行的能量都属于自然能。人们一般只能利用这些自然能的一小部分。为了提高这些自然能的利用率，可以考虑将这些能量拆分为机械能和流失能两个部分，即将其运动拆分为机械运动和流失运动两个部分。这样拆分的目的主要是为了提高自然能的利用效率。应用历史悠久的涡轮机对流体能的利用效率不是很高。拆分利用部分和流失部分，可以将机械与流体之间的相互作用关系认识清楚，以至于能够找到最佳的自然能量利用方案。

一个位于偏远地区的村庄，其供电条件较差，但是，村庄附近有一条小何，水流量较小，河流深度较浅，水流动力较小，安装涡轮机发出的电量不足、不能满足全村电力供应需要。

为了提高水流动力利用效率，增大发电量，根据动力拆分原理采取如图 3 所示措施来设置大电机的动力系统。

如图 4 所示，河流发电机驱动叶轮断面设为直线型，并设置活动加长部分。其中，固定叶轮部分最大吃水深度为 a ，活动加长叶轮部分最大程度等于其整体长度。按照图中设置，发电装置的动力将提高数倍。因为其受作用面积增大为

$$S = a + 3b。$$

图中叶轮设置为 8 个，如果设置再增加 1 倍，驱动力还将增大。叶轮材料可以选择木质的或密度较小的其它材料。

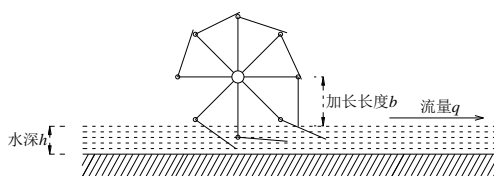


图4 流体能利用率提高方案之一示意图

阿基米德浮力定律指出浮力等于浮体排开液体的质量，而对流体产生的推力没有进行定量研究。根据作用学，流体对物体产生的推动力与流量有关，与物体的大小有关。其一般关系为

$$F = \rho V \frac{q}{S}。$$

式中， ρ 表示流体密度； V 表示物体浸水体积； q 表示流体流量； S 表示水流断面面积。

m、输电导线舞动机理和防治方法与原理

如图所示，导线上点舞动加速度与比例系数 $\frac{b'}{b}$ 成正比，与风对导线的作用强度成正比，与导线跨度长 l 成正比，与最大舞动点的可舞动性程度 E_M 值成正比，与导线接受的舞动驱动力 F 成正比，与导线密度 ρ 成反比。即

$$a = \frac{E_B E_M F}{\rho} = \frac{b'}{b} \frac{E_M F}{\rho}。$$

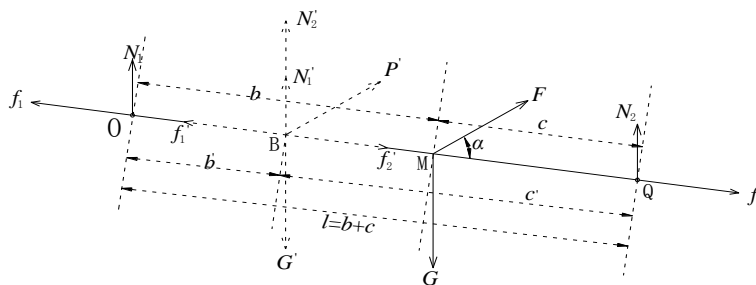


图5 导线受作用分析示意图

式中， E_M 和 E_B 分别表示在 M 处单位导线质量 ρ 接受的驱动力 F 的控制下点 M 和点 P 的可舞动性质参数； $b = OM$ ； $b' = OB$ ；。其中， E_M 代表最大舞动点的可舞动程度，它的取值与空行段导线长度、导线自身的弹塑性、强度、质量等因素都有关系。

输电导线上任意点的平衡稳定方程、失稳舞动方程分别为

$$x_{1t} = \int_0^t \left[v_{10} + \int_0^t \frac{(b-b') T_M F dt}{b \rho} \right] dt \text{ 和 } x_{2t} = \int_0^t \left(v_{20} + \int_0^t \frac{b' E_M F dt}{b \rho} \right) dt。$$

式中， x_{1t} 表示导线上任意点的舞动损失量，即因受阻力而消除的舞动位移量； x_{2t} 表示导线上任意点实际舞动的位移变量； v_{10} 表示导线上任意点的初始滞销舞动速度，即被平衡力消除的舞动速度； v_{20} 表示导线上任意点的初始舞动速度； F 表示控制舞动的驱动力； ρ 表示任意舞动点的舞动质量； T_M 表示最大舞动点的不可舞动性质参数； E_M 表示最大舞动点的可舞动性质参数； t 表示舞动时间。

舞动原理：导线上任一点的舞动位移 x_{2t} 与比值 $\frac{b'}{b}$ 成正比，与最大舞动点的可舞动性质参数 E_M 成正比，与驱动舞动的作用力 F 成正比，与导线线密度 ρ 成反比。

导线变形与导线舞动、微风振动之间的关系规律：导线变形与作用之间的一般关系方程为

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

式中， x 表示导线的变形位移； E 度量导线的可变形性质，其含义是可变形程度； F 表示控制导线变形的主动作用力； ρ 表示导线的线密度。

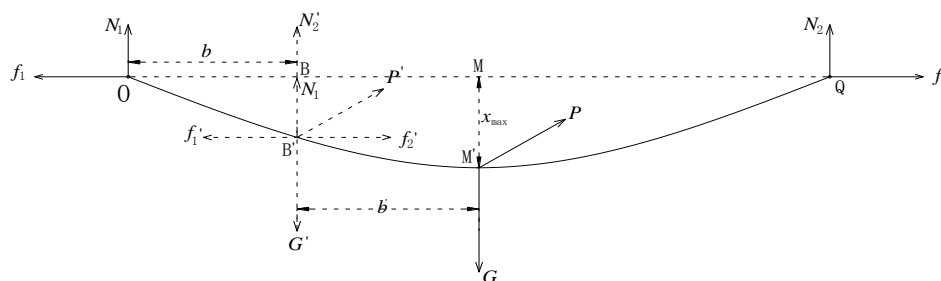


图6 输电导线受作用与变形分析示意图

如图 6 所示，导线因为受作用而变形，产生下垂弯曲现象。按照力学可以基本认识导线受如下几种作用力：输电导线是在在风力 P 、重力 G 以及支承力 N_1 和 N_2 、拉力 f_1 和 f_2 的共同控制下发生变形，但不清楚这些力究竟是怎样导致变形的。按照作用学理论，OQ 段导线上各点都接受风力 P 、重力 G 、支承力 N_1 和 N_2 、拉力 f_1 和 f_2 的同等作用，但是，这些作用力被分为两种类型：驱使导线变形的主动力和阻止导线产生变形的被动力。

主动力：对变形或变化现象具有驱引性的作用力被称为主动力。风力 P 和重力 G 都是导致导线变形的主动力；在图 6 中的 0 点与 M 点之间，拉力 f_2 被看做是主动力；在图 6 中的 M 点与 Q 点之间，拉力 f_1 被看做是主动力。即控制导线产生变形位移的主动力合量为

$$F = P + G + f_2 \text{ 或 } F = P + G + f_1。$$

被动力：对变形或变化只产生被动的制约性作用的力被称为被动力。在图 4 中的 0 点与 M 点之间，支承力 N_1 和 N_2 、拉力 f_1 被看做是被动力；在图 6 中的 0 点与 M 点之间，支承力 N_1 和 N_2 、和 f_2 被看做是被动力。

在研究变形或其他变化现象过程中，被动力在函数式中一般不出现，它们构成控制变形或变化现象的制约因素之中，被包含在虚度或实度参数之中。按照作用学关于作用在导线上的传递与合成规律，束缚段导线整体接受的主动作用力和其上各个部分接受的主动作用力都是 F 。

导线上任意点 B 的变形位移 $x = \overline{BB'}$ 与各种控制因素之间的关系方程为

$$x = \int_0^t \left[\int_0^0 \frac{E_B(G+P+f_2')dt}{\rho} \right] dt = \int_0^t \left[\int_0^0 \frac{E_B(G+P+f_2)}{\rho} \right] dt = \int_0^t \left[\int_0^0 \frac{b}{b+b'} \frac{E_M(G+P+f_2)}{\rho} \right] dt。$$

式中， x 表示导线上 B 点的变形位移； E_B 表示 B 点的可变形程度； E_M 表示 M 点的可变形程度，代表最大变形位移点的可变形程度； G' 、 P' 和 f_2' 分别表示导线上 B 点处单位质量导线接受的三个主动作用力； G 、 P 和 f_2 分别表示两个束缚点 O 和 Q 之间的导线段整体接受三个主动作用力（重力、风吹力和拉力）； b 和 b' 分别表示 OB 和 BM 两线段的长度；如图 6 所示。

通过二次微分可以得到任意点变形位移加速度与各种因素之间的关系式

$$a = \frac{b}{b+b'} \frac{E_M(G+P+f_2)}{\rho}。$$

可见，输电导线的变性规律与振动规律基本相同。要消除输电导线的变形量，以便更有利于消除微风振动现象，必须增大导线抵抗弹性变形和永久性变形的能力，尽可能确保空架在空中的导线不产生任何变形量。总之，变形防治也是输电导线微风振动防治研究中的重要课题。

防舞措施：

i、根据方程防舞方程和舞动方程 $x_{1t} = \int_0^t \left[v_{10} + \int_0^t \frac{(b-b')}{b} \frac{T_M F dt}{\rho} \right] dt$ 和 $x_{2t} = \int_0^t \left(v_{20} + \int_0^t \frac{b'}{b} \frac{E_M F dt}{\rho} \right) dt$ 中的不可舞动函数 $T = \frac{b-b'}{b}$ 和可舞动函数 $E = \frac{b'}{b}$ ，当 $b' = b$ 时， $b-b' = 0$ ，导线的不可舞动性质特征值达到最小值即 $T = 0$ ；可舞动性质特征值达到最大值，即 $E = 1$ ；当 $b' = 0$ 时， $b-b' = b$ ，导线的不可舞动性质特征值达到最大值即 $T = 1$ ；可舞动性质特征值达到最小值即 $E = 0$ 。要防止舞动，可通过减小导线上任意受作用点与束缚作用点之间的距离 b' 的办法来实现。减小 b' 值，实际上就是要求使任意受作用点都被束缚在不可舞动的作用点上。也就是说，如果输电导线的各个点都被束缚在风吹不动的桥梁一类刚性物体上，那么，它将在风的作用下保持不舞动状态。

ii、根据方程 $a'_1 = \frac{E_B E_M P}{\rho} = \frac{b'}{b} \frac{E_M P}{\rho}$ 和导线舞动基本规律（导线上点舞动加速度与比例系数 $\frac{b'}{b}$ 成正比，与风对导线的作用强度成正比，与导线跨度长 l 成正比，与最大舞动点的可舞动性系数 E_M 值成正比，与导线密度成反比。）可以考虑通过拉紧输电导线、保持导线始终呈直线状态、增大不可舞动性质参数 T 值、减小可舞动性质参数 E_B 值和 E_M 值、增大导线密度等方法来实现消除导线舞动的目标。这种方法要求导线的强度高、束缚点的束缚强度大。

iii、采用通过设计、安装刚性的、不惧摆动性输电线路系统来实现摆脱舞动现象的措施。

3 结束语

综上所述，作用学确定了最基本的科学原理及其众多应用科学原理，本文介绍了其中的重要内容。限于篇幅，关于微观物理学领域的应用、生物学研究领域的应用等等都没有进行阐述。限于笔者学浅习少，难免会有认识错误，望读者多提宝贵意见，在此表示最诚挚的感谢！

参考文献

- [1] 王昌益, 孙洁. 滑坡预测的作用学原理[J]. 城乡建设, 2010(2):183-183.
- [2] 王昌益, 贺可强. 作用的对立统一规律在滑坡研究中的应用[J]. 青岛理工大学学报, 2009, 30(3):27-33.
- [3] 李永尧. 有关平衡的几个基本问题[C]// 中国兵工学会分析力学讨论会. 1985.
- [4] 阮文. 《力学》课程教学改革的探讨与实践[J]. 技术物理教学, 2010, 18(3):14-15.
- [5] 王昌益, 孙洁. 作用学概论[J]. 城乡建设, 2010(9):315-318