

A Scientific Method of Study Determined by the Laws of Nature

Changyi Wang¹, Yaohui Wang²

¹Bureau of Land and Resources of Penglai City, Shandong, China

²Computer Science and Technology Major 1805114, Changchun University of Science and Technology, China

Email: wyc59528@126.com

Received: May. 17th, 2019, published: May. 21th, 2019

Abstract

The scientific method is determined by the laws of nature. This paper quantitatively expounds the laws of the unity of natural evolution and the unity of opposites and their definite scientific research methods.

Keywords

The Laws of Nature, Scientific Research Methods, Unity, the Unity of Opposites

由自然规律确定的科学研究方法

王昌益¹, 王耀慧²

¹蓬莱市国土资源局, 蓬莱市, 中国

²长春理工大学, 长春市, 中国

Email: wyc59528@126.com

收稿日期: 2019年5月17日; 发布日期: 2019年5月21日

摘要

科学方法由自然规律确定。作用学定量阐述了自然演化统一与对立统一规律及其确定的科学研究方法, 并通过实例阐述了其具体应用方法。

关键词

自然规律, 科学研究方法, 统一, 对立统一

1. 引言

本文简要介绍一种由自然规律确定的科学研究与应用方法。最近 40 年来,我国科学技术出现了突飞猛进的发展,产生了大量世界领先的优秀科学理论与技术研究成果,作用学^[1]新理论就是其中之一。作用学由王昌益先生于上个世纪 80 年代创立。由自然规律确定的科学方法构成了作用学的核心内容。由于经济条件受限,作用学体系目前还尚未出版,仅仅部分内容流传于网络,所以,对作用学的整体内容还很少有人了解。由于作用学的应用范围很广、应用价值很大,所以,在此向大家简要介绍其部分核心内容,希望能够使大家受益。

2. 作用学阐述的几项重要的自然规律简介

2.1. 作用的量力统一规律[1]

作用是指自然界中存在的各种作用现象的统称,代表一客体对另一客体构成作用的现象,如一质点对另一质点的碰撞现象。作用量是指作用现象的量,代表作用客体对受作用客体构成作用的作用总量,是作用时间内作用物对受作用物产生作用的度量值;力是指单位时间或瞬间产生的作用量,属于作用速度,是瞬间作用量大小的度量。如果作用量是 A ,作用力是 F ,作用时间是 t ,那么,作用的量力统一关系式为

$$F = \frac{A}{t}。$$

这就是作用的量力统一规律的基本含义。

2.2. 质空关系统一与对立统一规律[1]

物质是一切客观存在的泛称,小到看不到的光辐射物质微粒、大到天体乃至宇宙,所有客观存在统称为物质。空间是一切虚空的泛称,在宇宙中的虚空区域、各种天体内外的虚空地带、各种物体内外外的虚空范围统统成为空间,凡是虚空无物的场所都是空间,空间的本质就是什么都不存在,是虚空。物质与空间的含义是相反的,但是,物质与空间总是构成客体。构成客体的物质与空间之间存在统一关系,这种统一关系就是质空统一关系。如果一个客体内部存在的物质占有的空间量为 V_T ,虚空的量为 V_F ,那么,两者之和等于该客体的体积 V 。即

$$V_F + V_T = V。$$

V_F 叫该客体的空量, V_T 叫该客体的实量, V 就是该客体的量。这种统一规律实际上就是对立统一规律,构成了自然界中一切对立统一规律存在的基础。

很显然,空量和实量的大小都由客体的量的大小和客体的客观性质所决定。客体的量是 V ,若客体的空度是 E ,实度是 T ,那么,客体的虚量为

$$V_F = EV,$$

实量为

$$V_T = TV。$$

虚度和实度分别代表客体的两种不同性质,如空间含有率与物质含有率、松散度与密实度、裂隙孔隙度与密实度、破碎度与完整度等等,从不同角度来认识客体时,其性质参数代表的含义差异很大,但是,两者之间的基本关系规律不变。即虚度与实度之间的对立统一关系规律总是不变。虚度与实度之间

的对立统一关系规律由以下方程表达：

$$E + T = 1。$$

以上所述就是物质与空间之间的统一与对立统一关系规律的基本内容，可由如下方程组来完整表述：

$$\begin{cases} V_F + V_T = V \\ V_F = EV \\ V_T = TV \\ E + T = 1 \end{cases}。$$

这一质空关系统一规律构成了统一的科学理论与统一的科学应用方法建设的基础。因此，这种被人们视而不见、听而不闻的自然基本规律是非常重要的。

2.3. 作用现象的对立统一规律[1]

作用现象不仅存在最基本的统一规律，而且存在对立统一规律。由于客体内部和外部都分别存在物质和空间，所以，当客体接受作用时，它便将作用一分为二，形成两种基本的作用现象，分别被称为虚作用和实作用。虚作用是指作用物对受作用空间产生作用的现象，实作用是指作用物对受作用物质产生作用的现象。如在接触作用现象中，作用物同时对受作用面上的物质和作用面上的空间产生作用，从而产生了实作用和虚作用现象。因此，在一个基本的作用现象中总是存在虚作用和实作用两种现象。虚作用实际上是指受作用面事实上没有接受的作用，如拳头打在了空中，不存在接受拳头作用的受作用体或受作用物质。实作用实际上是指受作用物质实际接受的那部分作用。假设作用物体对受作用体产生的作用量是 A ，受作用面上物质接受的作用量部分为 A_T ，受作用面上空间接受的作用量部分为 A_F ，那么，三者之间的基本关系式为

$$A_T + A_F = A。$$

虚作用量和实作用量的大小分配决定于受作用面或受作用体的性质。质空组合体，即物体，其接受作用的性质一般有两种：虚度和实度。从作用角度来看，虚度和实度分别代表不接受作用程度、不接受作用率和接受作用率、接受作用的程度，但从不同问题角度来看，虚度和实度的含义差别很大。例如，如在研究渗流问题时，虚度代表渗流率或孔隙度，实度代表阻水率或密度；在研究固体的接触作用时，虚度代表软弱度或松散度等，实度代表坚硬度或不可排除程度等。无论在实际问题怎么不同，度量接受作用性质的参数只有虚度和实度两种。实作用量与作用量之间的分配关系，主要决定于受作用物的实度和虚度分配比例。即，实作用量与虚作用量分别与作用量之间的关系式为

$$A_F = EA \text{ 和 } A_T = TA。$$

虚度与实度之间的统一关系式为

$$T + E = 1$$

可见，基于质空关系统一基本规律产生的虚实作用对立统一规律与质空关系对立统一规律是相同的。即，作用的对立统一规律可由如下方程组来表达：

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

由于在目前国内外科学界人们的头脑意识中还不存在作用量的概念，只有力的概念，即，在目前人们的头脑意识中，力就是作用和作用量的统称，所以，这里将作用的对立统一规律用力的对立统一方程组来表述如下：

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

式中， F_F 表示虚作用力； F_T 表示实作用力； F 表示作用力。其中，虚作用力等于单位时间产生的虚作用量；实作用力等于单位时间产生的实作用量，即

$$F_F = \frac{A_F}{t}, \quad F_T = \frac{A_T}{t}。$$

这就是作用对立统一规律的核心内容。这一规律很简单，很普通，也很普遍，可是，在西方力学思想掩盖与阻止下，这个规律总是被忽视，总是被视而不见、听而不闻，有史以来，从来没引起任何人的重视。然而，这一规律极其重要，构成了指导人们认识客观自然、解决各种生产、科研、科学预测的重要基础之一。

2.4. 变化现象的对立统一规律[1]

与作用对立统一规律相对应，变化也有对立统一规律。变化是指客体在作用控制下改变运动、改变内部组合关系、变形等现象，也包括事态改变现象，还包括质空关系和物质关系变化现象。就客体变化现象而言，主要包含其空间的变化和其物质的变化两种基本现象。一个客体变化现象的量的总称叫变化量，记为 B ；其中，其空间变化现象叫虚变化，虚变化现象的量叫虚变化量，记为 B_F ；其物质变化现象叫实变化，实变化现象的量叫实变化量，记为 B_T 。虚变化量与实变化量之间的分配比例主要决定于客体的虚度和实度性质，其中，虚度决定于变体的空间特性，实度决定于变体的物质特性，虚度和实度的取值与作用对立统一规律中虚度和实度的取值相对应。由于变化现象中的虚度和实度分别与作用现象中虚度和实度含义相对应或相等，所以，变化现象中的虚度和实度也分别记为 E 和 T ，因此，变化的对立统一规律也用对立统一方程组来完整表述，即

$$\begin{cases} B_F + B_T = B \\ B_F = EB \\ B_T = TB \\ E + T = 1 \end{cases}。$$

这就是变化的对立统一规律。变化的对立统一规律也构成了指导人们解决实际问题的重要基础。

2.5. 变化与作用间的统一规律[1]

在自然界中，作用与其控制作用之间总是相对应与统一的。由于变化总是由作用引起与控制，因此，变化量总是等于其控制作用量，即，式

$$B = A$$

总是成立。

由作用与变化间的统一规律所确定，作用对立统一方程组中的方程与变化对立统一方程组中的方程

要想对应，即，由作用对立统一方程组与变化对立统一方程组合成一组新的对立统一方程组：

$$\begin{cases} B_F + B_T = B = A = A_F + A_T = A \\ B_F = EB = A_F = EA \\ B_T = TB = A_T = TA \\ E + T = 1 \end{cases}。$$

该方程组中的恒等式

$$B_F + B_T = B = A = A_F + A_T = A, \quad B_F = A_F \text{ 和 } B_T = A_T$$

能够给实际问题的研究与解决带来极大方便。

这就是变化与作用之间的统一规律。这一规律更是长期被忽视的最基本的自然规律，人们对之更是视而不见、听而不闻。然而，这一规律也是十分重要的。

2.6. 材料性质变化规律[1]

随着时间的推移，在作用控制下，材料的性质往往是在不断变化的。作用学定义两个度量材料性质的物理量，分别叫虚度和实度。设初始虚度为 E_0 ，终止虚度为 E_t ，变化时间为 t ，则有虚度的变化率为

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

同理，设初始实度为 T_0 ，终止实度为 T_t ，变化时间为 t ，则有实度变化率为

$$\alpha = \frac{T_t - T_0}{t}。$$

材料性质变化遵守的基本规律是

$$\alpha + \beta = 0。$$

这一规律的推导：

$$\alpha + \beta = \frac{T_t - T_0}{t} + \frac{E_t - E_0}{t} = \frac{(T_t + E_t) - (T_0 + E_0)}{t} = \frac{1 - 1}{t} = 0。$$

材料性质包括很多内容，如塑性、刚性、韧性、延展性、脆性、松散性、孔隙性、含水性、电性、活动性、稳定性等等，在研究不同问题时，材料性质的含义存在很大差异，但统一来看，度量材料性质的参数只有两种基本类型，分别统称为虚度和实度。虚实度变化规律在科学预测中的应用价值很大。

自然规律有很多，但最重要的是以上几个基本规律。掌握了以上几个基本规律，就等于掌握了最佳的科学研究方法，就能够轻松解决各种各样的生产、科研与科学预测难题。

3. 由自然规律确定的科学研究方法

前面讨论了几个涉及自然统一与对立统一的基本规律，这几个规律不仅能够直接用于指导我们从事各种生产、科研与科学预测实践活动，而且更重要的是：这些规律表述了由自然规律确定的科学研究与科学应用方法。这里着重阐述这种由自然规律确定的科学方法与步骤如下：

3.1. 根据质空对立统一规律认识客体

客体变化不仅决定于作用，而且受其自身性质控制。在研究客体变化或演化现象时，应首先根据客

体自身存在的质空对立统一于物体的规律来对其进行观测研究, 研究其内部的物质与空间及其相互之间的对立统一关系, 确定其质空对立统一基本规律, 为进一步研究其变化规律奠定基础。即, 在研究变化现象时首先要根据物质与空间对立统一于物体的方程组

$$\begin{cases} V_F + V_T = V \\ V_F = EV \\ V_T = TV \\ E + T = 1 \end{cases}$$

进行初步的量化研究, 掌握其质空关系统一规律。认识物体, 实际上就是认识其内部的物质与空间两种组分及其相互关系, 也需要认识其中的物质种类、分布状态、活动性、相互关系等基本规律。

3.2 根据作用的量力统一规律来全面认识控制客体的作用规律[2]

作用力可以是不变量, 但是, 随着作用时间的持续, 作用量不断增加。在测量客体受作用时, 既要测量确定作用力, 也要确定作用量。因此, 在实际变化现象的研究中, 首先必须根据测量数据和具体的作用规律确定作用函数。作用函数的一般式为

$$A = A_0 + \int_0^t F dt。$$

在实际问题研究中, 作用函数将因作用物质、作用方式等方面的差异而不同, 所以, 作用函数必须根据具体问题来具体分析、按实际情况来确定。

根据作用学, 作用物质的动量与动量增量能合成一个对受作用物产生作用的作用量, 因此, 在实际问题中可以通过测量作用物质的初动量与外力导致其生成的动量增量来确定。例如, 落体对地面产生的作用量, 由初动量与重力合成, 其作用函数为

$$A = mgt_0 + mg\Delta t。$$

式中, A 为落体对地面产生的作用量; m 为落体质量; g 为重力加速度; t_0 为落体从高空下落到地面的时间; Δt 为落体对地面作用的时间。

作用可由很多种不同物质产生, 除了固体物质外, 气体、液体、电磁物质等等都能够产生作用, 各种不同物质产生的作用其作用函数不同。如水流对断面产生的作用量由水流初动量、重力、滞流水压力共同生成, 其作用函数为

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

式中, $A_1 = \int_0^t \frac{Q^2}{S} dt$ 是渗流量 Q 自身的动量, 是 Q 对断面 S 产生的冲击作用量; $A_2 = \int_0^t Qgt dt$ 是重力对渗流量 Q 产生的作用量, 也是断面 S 受作用的一个动力来源; $A_3 = \int_0^t S_s(H-h)g dt$ 等于滞流水体对断面 S 产生的作用量。可见, 流体产生的作用与流量 Q 、水位差 $(H-h)$ 、水位分布面积 S_s 、渗流断面面积 S 都有关系。

与力学方法不同, 作用学研究作用的方法主要是找出产生作用的物质, 然后, 根据已有知识、通过实际测量来确定其作用函数。作用的量力关系规律研究, 其主要任务是单独研究控制变化现象发生的驱

动作用规律。驱动作用可以是一种，也可能有多种。当控制变化的驱动作用有多种时，需要根据作用的叠加原理来建立一个统一的作用函数。

3.3. 根据作用对立统一规律研究控制变化的虚实作用规律

根据作用对立统一方程组，在获得作用函数前提下，我们可以直接确定虚作用和实作用函数。例如，控制渗流的作用函数为

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

根据作用对立统一方程组

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

中的方程 $A_F = EA$ 和 $A_T = TA$ ，可以直接获得虚作用函数

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

和实作用函数

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

有了这两个函数之后，可以通过实验测量获得其中的参数、通过计算，就可以获得虚作用量和实作用量值。只要在实际问题中所测得的参数不出问题，其计算结果就不会有错。虚实作用函数构成了研究变化规律、解决实际问题的重要基础之一。对立统一方程

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

永远构成一个恒等式。

3.4. 根据变化对立统一方程组研究变化对立统一规律

变化对立统一方程组指引人们在实际问题中通过实际测量研究获得变化、虚变化和实变化函数。

在具体的变化现象研究中，一般是首先确定虚变化函数和实变化函数，之后获得变化函数。虚变化量等于受作用物质在其受作用和变化过程中的实际动量，例如，在变形现象中，受作用面的位移速度即变形速度与作用质量之积就等于虚变化量，即

$$B_F = mv_t ,$$

式中， B_F 为虚变化量； m 为作用质量； v_t 为受作用面的位移或变形速度。相应，在变形现象中，受作用面的滞变速度与作用质量之积等于实变化量，即

$$B_T = mu_t ,$$

式中, u_t 表示受作用面的滞变速度。根据变化对立统一方程组
$$\begin{cases} B_F + B_T = B \\ B_F = EB \\ B_T = TB \\ E + T = 1 \end{cases},$$
 得变形现象的变化量为

$$B = B_F + B_T = mv_t + mu_t。$$

再如, 在渗流现象中, 虚变化量等于渗流动量, 即

$$B_F = \int_0^t \frac{q^2}{ES} dt,$$

式中, q 表示渗流量; 实变化量等于水位上升速度与滞流水体质量之积, 等于滞流水压力对作用时间的积分, 即

$$B_T = \int_0^t S_s (H - h) g dt。$$

因此, 根据变化对立统一方程组

$$\begin{cases} B_F + B_T = B \\ B_F = EB \\ B_T = TB \\ E + T = 1 \end{cases},$$

可以获得变化量与虚实变化量建的统一方程

$$B = B_F + B_T = \int_0^t \frac{q^2}{ES} dt + \int_0^t S_s (H - h) g dt。$$

在实际问题中, 通过测量或探测公式中的物理量, 就获得了由变化对立统一规律确定的方程。有了这些变化方程, 就有了研究解决实际问题的基础。

3.5. 根据作用与变化间的统一规律研究实际问题[3]

作用与变化间的统一规律确定了作用与变化间的定量关系恒等式, 为实际问题的解决带来了极大方便。例如, 渗流运动中的虚、实变化函数分别为

$$B_F = \int_0^t \frac{q^2}{ES} dt \text{ 和 } B_T = \int_0^t S_s (H - h) g dt,$$

其中的虚、实作用函数分别为

$$A_F = \int_0^t E \left[\frac{Q^2}{S} + Qgt + S_s (H - h) g \right] dt \text{ 和 } A_T = \int_0^t T \left[\frac{Q^2}{S} + Qgt + S_s (H - h) g \right] dt,$$

根据作用与变化关系对立统一方程组, 可以得到如下两个恒等式:

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

和

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

有了这两个恒等式，在实际问题中可以通过实测研究或是及勘探研究，获得一定数量的已知量，代入方程、进行计算分析，求解未知量，最终使问题得到解决。这种由自然规律确定的恒等式可以化为最简形式，从而使问题最大限度地得以简化。

很显然，自然规律只是规定了解决实际问题的方法，问题是否能够得以解决，还有大量的实测或探测研究与分析研究工作得做。

3.6. 根据虚实变化规律解决科学预测问题[4] [5]

预测工作需要取得虚实度变化率参数，需要一定的观测或探测研究时间，其方法由自然规律确定，其主要任务是观测或探测与分析计算研究。

4. 自然科学方法的应用

自然科学方法可以应用于解决各种实际问题，具有普遍适用意义。为了便于理解与掌握自然科学方法，这里通过实例来进一步阐明其实际应用方法如下：

例 1：一个重量为 100 公斤的重物，从 10 米高空处自由落到地面，对地面表土层构成了冲击作用，使地面形成一个冲坑。冲坑深度为 0.22 米，冲击作用面积为 0.02 米²，冲击作用时间为 0.005 秒。请分析地表地层的实度和承载能力。

分析与计算：根据题意，已知地表地层受的探测力是 $F = m \left(\frac{v_0}{t} + g \right)$ ，作用物质量是 $m = 100$ 公斤，

重物下落时间是 $t_0 = \sqrt{\frac{2 \times 10}{9.8}} = \sqrt{\frac{200}{98}}$ 秒，重物对地表地层产生作用的时间是 $t = 0.05$ 秒，重物对地表地层构成冲击作用时的初速度是 $v_0 = gt_0 = \sqrt{196} = 14$ (米/秒)，冲坑深 $x = 0.22$ 米，冲击作用面积 $s = 0.02$ m²，冲击力是

$$F = m \left(\frac{v_0}{t} + g \right) = 100 \times \left(\frac{14}{0.05} + 9.8 \right) = 28980 \text{ 公斤米/秒}^2 \approx 2957 \text{ 公斤}。$$

在冲击作用时间内，重物应该产生的自由下落距离是

$$\Delta h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 = \sqrt{196} \times 0.05 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times 0.05^2 \text{ 米} = 0.71225 \text{ 米}；$$

根据自然科学方法，地表地层的虚度是

$$E = \frac{x}{\Delta h} = \frac{0.22}{0.71225} \approx 0.30888030888 = 30.888030888\%；$$

地表地层的实度是

$$T = 1 - E = 1 - 0.30888030888 = 0.69111969112 = 69.111969112\%；$$

地表地层的极限承载力为

$$F_{\max} = \frac{TF}{s} = \frac{0.69111969112 \times 2957}{0.02} = 102182 \text{ (公斤/米}^2\text{)}。$$

也就是说，该地表地层的最大承载力是 102.182 吨/米²。

例 2: 如图 1 所示, 一个脆性的杆状物体, 在驱动力 F 、阻力 R_1 和 R_2 的共同控制下断裂, 断裂变形的时间是 t 。力的大小不变化, 在变形过程中, A 点和 B 点不变化, 杆状物 B 点处的性质在变化, 即, 当杆状物断裂点的虚度从 $E_0 = 0$ 变为 $E_t = 0.35$ 时, 杆状物突然断裂, 在断裂前, 杆状物上 C 点的加速度从 $a = 0$ 变为 0.05 米/秒, A 、 B 点处于静止状态。假设 $F = ma$, C 点的运动初速度等于 0 , 请分析杆状物体抗折性质。

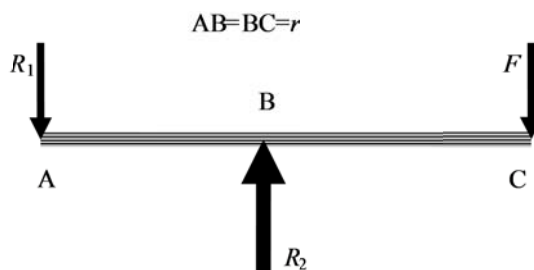


Figure 1. Diagram of initial stress and changing state of the bar
图 1. 杆件初始受力和变化状态图

解: 由题意知, 在如图所示的作用条件下, 在极限变形范围内, C 点处的极限虚度值是 $E = 0.35$, 极限实度是 $T = 0.65$ 。如果超过这个极限值, 杆状物完全断裂。因此, 杆状物抗弯折变形的极限强度是

$$T_{\max} = 0.65。$$

根据自然科学方法, 变形与力之间的关系式是

$$x = \int_0^t \frac{E_t A}{m} dt = \int_0^t \left(\int_0^t \frac{E_t F}{m} dt \right) dt,$$

最大弯折角度是

$$\theta_{\max} = \frac{x_{\max}}{AB} = \frac{x_{\max}}{r}$$

由这个例子可知, 虚度性质还与作用点的位置有关。如果将力的作用点从 C 点移到 D 点, 如图所示, B 点实度增大, 虚度减小。即,

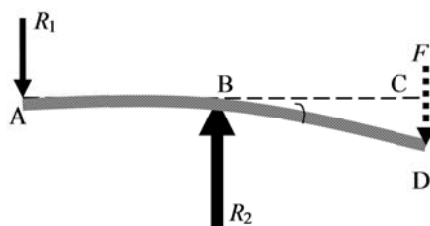


Figure 2. Schematic diagram of bar deformation
图 2. 杆件变形示意图

由于力臂变小, $E = \frac{x}{\frac{1}{2}at^2}$ 值减小。

例 3: 研究试件在垂向静压力下的变形规律。如图所示, 在作用力(分布在作用面上)控制下, 受作用面 S 位移产生的变形量为

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

式中， E 表示受作用体的虚度(可变形性质特征指数)； m 表示作用质量(产生驱动力 F 值的作用物体的质量)。

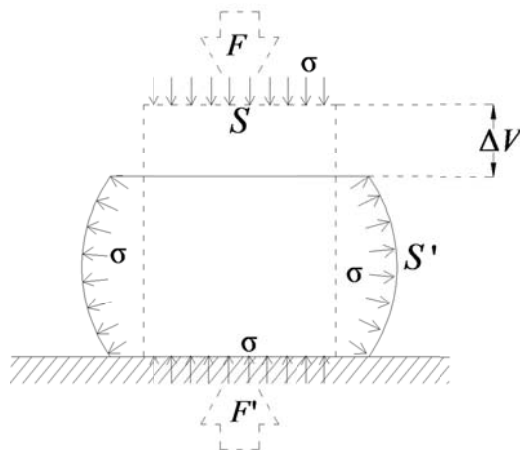


Figure 3. Schematic diagram of the relationship between the effect and deformation of the extruded specimen

图 3. 对象挤压试件受作用与变形关系规律示意图

例 4： 研究受作用体内部变形规律。

如图所示，在对向作用下，材料内部每个点的变形位移都是不一样的，但是，规律性非常强。那么，这种规律是怎样的？过去是无人能够表达清楚的，但是，根据自然方法可以清楚阐明这一规律。请见如下表述：

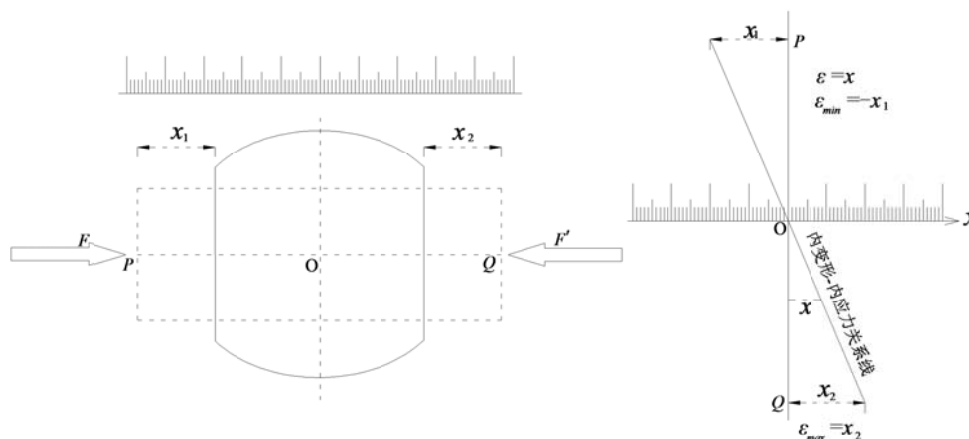


Figure 4. Displacement and area diagram of each point on PC straight line in the compression deformation body

图 4. 压缩变形体内 PC 直线上各点的位移及区县图

如图所示，对向挤压变形以变形试件的中心为核心产生。变形试件中只有核心点 O 为不变点，没有位移，其它各点都有变形位移，并且，位于不同位置处的各个点的变形位移都不相同，但都是按照一定规律分布的。这些规律有如下几方面：

压缩位移规律：

点 P 在压缩作用下产生的压缩位移为

$$x_{\max} = \int_0^t \left(\int_0^t \frac{E_{pm} \sigma dt}{\rho} \right) dt$$

式中, $x_{\max}$ 表示点 P 的压缩位移量; E_{pm} 表示点 P 的压缩虚度; σ 表示点 P 受的压缩应力, $\sigma = F_1/S$, S 表示压缩作用力的作用面面积; ρ 表示产生应力的作用质量, $\sigma = F_1/S$; m 表示产生作用力 F_1 的作用物体的质量。点 P 的压缩虚度 E_{pm} 是压缩变形体内的最大压缩虚度值, 它与力学的压应变的概念相当, 即

$$E_{pm} = \frac{2x_{\max}}{L} = \varepsilon。$$

式中, ε 表示力学中的压应变。

通过理论研究和反复实验证明: 位于点 O 与点 P 连线上、介于点 P 与点 O 之间的各点, 其压缩虚度与点 P 的压缩虚度之间的关系式为

$$E_p = \left(1 - \frac{2l}{L} \right) E_{pm}。$$

式中, E_p 表示位于 PO 线段上任意受作用点的压缩虚度; E_{pm} 表示作用点 P 的压缩虚度; L 表示试件的原有长度; l 表示 PO 线段上任意一点与 P 点之间的距离。其中, 比值 $2l/L$ 被叫做抗压缩性质的位置变化系数, 记为 α_p , 即

$$\alpha_p = \frac{2l}{L}。$$

从 P 点向 O 点传递, 压缩应力 σ 中的虚应力由 $\sigma_F = E_{pm} \sigma$ 变为

$$\sigma_F = E_p \sigma = \left(1 - \frac{2l}{L} \right) E_{pm} \sigma = \left(1 - \frac{2l}{L} \right) \frac{2x_{\max}}{L} \sigma。$$

在 PO 线段上的任意点的压缩位移量为

$$x = \int_0^t \left(\int_0^t \frac{\sigma_F dt}{\rho} \right) dt = \int_0^t \left[\int_0^t \left(1 - \frac{2l}{L} \right) \frac{E_{pm} \sigma dt}{\rho} \right] dt。$$

式中, x 表示任意点的压缩位移量。当 $l = 0$ 时, 变形点的压缩位移取得最大值, 相应, 压缩虚度取得最大值; 当 $l = L/2$ 时, 压缩位移取得最小值, 相应, 压缩虚度取得最小值。在 P 点与 O 点之间, 位于 PO 线段周围的各个试件内部受作用点, 其压缩变形量可以根据变形式 x 进行分析。即, 介于过质心 O 点的横断面与 P 点所在的外作用断面之间, 试件内部任意点的压缩位移量是

$$x' = -x = -\int_0^t \left[\int_0^t \left(1 - \frac{2l}{L} \right) \frac{E_{pm} \sigma dt}{\rho} \right] dt。$$

式中, l 表示试件内任意受作用、位移点与对向挤压作用面即 Q 点所在的外作用面之间的垂直距离。由于对向挤压力大小相等、方向相反, 所以, 作用于 P 点的应力与作用于 Q 点的应力也大小相等、方向相反。

拉伸位移规律:

在压缩作用控制下, 在垂直于压缩作用方向上, 试件产生拉伸变形或膨胀变形。最大拉伸位移点位于过质心 O 点且过 M 和 N 点的横断面与试件侧面的交线上, 最小拉伸位移点位于试件质心。试件中内应力作用点的可拉伸性质质量值被称为拉伸虚度。拉伸虚度、应力、拉伸位移三者之间的关系式为

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

式中， y 表示拉伸位移； E_L 表示应力作用点的拉伸虚度； σ 表示拉伸应力； ρ 表示产生应力的质量。

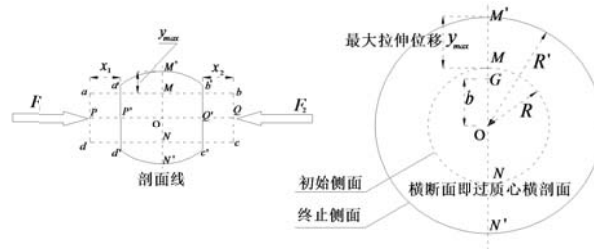


Figure 5.5 Cross-sectional view of the center of mass crossing

图 5. 过质心的横断面示意图

如图所示，试件是圆柱形的，垂直于外力作用方向线试件的横断面的半径是 R ，在过试件质心的横断面上的拉伸应力作用点 G 与试件质心之间的距离为 b ，那么，该点的拉伸虚度为

$$E_{Ly} = \frac{b}{R} E_{Lm}。$$

式中， E_{Ly} 表示垂直于外力且过质心的横断面上任意受作用点的拉伸虚度； E_{Lm} 表示试件中的最大拉伸虚度，

$$E_{Lm} = \frac{y_{\max}}{R}。$$

式中。 $y_{\max}$ 表示变形试件体内的最大拉伸位移； b 表示位移点 G 与质心点 O 之间的距离。比值 b/R 被称为最大垂向拉伸断面上拉伸虚度随位置变化而变化的变化系数，即 $\beta_y = b/R$ 。在作用方向上，拉伸虚度也随着内应力作用点与外力作用面之间的距离变化而变化，其变化规律由公式

$$\beta_x = 2l/L$$

确定。式中， L 表示试件的原有长度； l 表示拉伸位移点与外力作用面之间的距离。

试件内任意点的拉伸虚度为

$$E_L = \beta_x \beta_y E_{lm} = \frac{2bly_{\max}}{R^2 L}。$$

试件内部任意点的拉伸位移为

$$y = \int_0^t \left(\int_0^t \frac{2bly_{\max} \sigma dt}{\rho} \right) dt = \int_0^t \left(\int_0^t \frac{2bly_{\max}}{R^2 L} \sigma dt \right) dt。$$

压缩条件下试件体内的剪切变形规律：

如图 3 所示，在压缩作用条件下，变形体内任意质点的拉伸位移与压缩位移的合成量等于该质点的实际位移；该质点所接受的拉伸应力与压缩应力的合量等于该质点接受的合应力。根据以上讨论，控制试件内部任意点产生压缩位移的虚应力是

$$\sigma_{Fx} = \left(1 - \frac{2l}{L} \right) \frac{2x_{\max} \sigma}{L}；$$

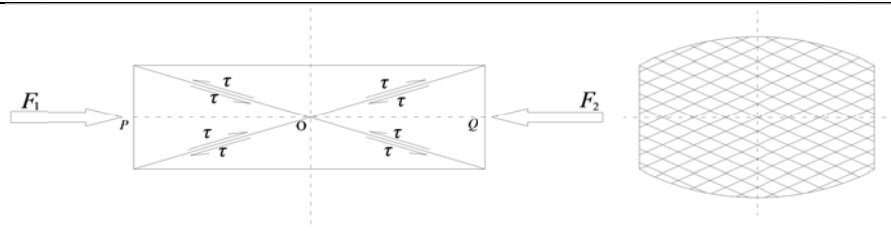


Figure 6.5 Schematic diagram of shear action in compression deformation body

图 6. 压缩变形体内的剪切作用示意图

控制任意点产生拉伸变形的虚应力是

$$\sigma_{Fy} = \frac{2bly_{\max}}{R^2 L} \sigma。$$

这两个虚应力都作用于同一个内部变形点，并且，两者相互垂直。因此，这两个虚应力合量的大小

$$\sigma_F = \sqrt{\sigma_{Fx}^2 + \sigma_{Fy}^2} = 2\sigma \sqrt{\left(1 - \frac{2l}{L}\right)^2 \left(\frac{x_{\max}}{L}\right)^2 + \left(\frac{bly_{\max}}{R^2 L}\right)^2} = \rho a。$$

式中， ρ 表示试件内任意内变点的质量； a 表示任意内变质量 ρ 的位移加速度总量。 σ_F 是控制试件内部任意点位移的虚应力合量。 σ_F 在剪切变形方向上的分量为

$$\sigma_{F1} = 2\sigma \cos \varphi \sqrt{\left(1 - \frac{2l}{L}\right)^2 \left(\frac{x_{\max}}{L}\right)^2 + \left(\frac{bly_{\max}}{R^2 L}\right)^2} = \rho a。$$

式中， φ 表示 σ_F 的方向线与剪切方向线之间的夹角。在垂直于剪切方向上的相邻两个质点的虚应力的分量之向量差等于在它们之间产生剪切变形的相对剪切虚应力。如果将相邻两点的虚应力分量分别记为 σ_{Fi} 和 $\sigma_{F(i+1)}$ ，那么，它们之间的剪切虚应力为

$$\tau_F = \sigma_{F(i+1)} \cos \varphi_{(i+1)} - \sigma_{Fi} \cos \varphi_i。$$

剪切点的剪切位移为

$$l_\tau = \int_0^t \left\{ \int_0^t \left[\frac{\sigma_{F(i+1)} \cos \varphi_{(i+1)} - \sigma_{Fi} \cos \varphi_i}{\rho} \right] dt \right\} dt。$$

可见，剪切只是一种变形体内的质点关系变化现象。在对向相等的压缩作用条件下，物体变形主要表现为物体内受作用点相对于质心的位移或关系变化现象。

压缩试件内的张裂变形和内作用规律：

在等力对压作用下，在受压缩试件中的张裂变形轨迹由拉伸应力和材料的可变形性质两种因素控制。根据上述式 11，控制压缩变形试件体内任意点的拉伸应力中的虚应力为

$$\sigma_{Fy} = \frac{2bly_{\max}}{R^2 L} \sigma。$$

在拉伸作用方向线上，控制任意两质点之间分裂的虚应力等于两质点虚应力之向量差。即，假设两质点各自的虚应力分别为 σ_{Fyj} 和 $\sigma_{Fy(j+1)}$ ，那么，两质点之间的分裂位移与差量

$$\Delta \sigma_{Fy} = \sigma_{Fy(j+1)} - \sigma_{Fyj}。$$

直接相关。即任意两质点之间的分裂位移即距离增量为

$$\Delta y = \int_0^t \left[\int_0^t \left(\frac{\sigma_{Fy(j+1)} - \sigma_{Fyj}}{\rho} \right) dt \right] dt。$$

这个分裂位移构成了张裂变形量。可见，在过质心、垂直于压缩作用方向线的切面上，位于质心同侧的两个质点，在作用控制下的分裂位移较小，但初始距离越远，分裂应力越大，分裂位移越大；位于质心两侧的两个质点之间的分裂位移较大，并且，它们的初始距离越大，它们之间的分裂位移就越大。

通过该实例分析可知，材料内部变形规律性很强，但是，在现有科学理论基础上，人们无法认识这些规律。

例 5：研究流体运动变化规律。

流体变化的规律性也是非常强的，这里介绍渗漏与运行规律如下：

流体渗漏变化规律：

当流量为 Q 的流体经过一个长度为 L 、孔隙均匀分布的通道运行时，它的流量将会因为渗漏而逐渐减小。设通道渗漏率为 E_s 。如果这段通道长度有 n 个长度单位，那么，就将其划分为 n 个通道分段。即 $n = L/l$ ， l 表示通道的单位长度。当流体流经第一个分段时，它的流量 Q 因为渗漏而产生两种流量：运行流量和渗漏流量。流经第一个分段时，补给流量 Q 减小为 $q_{y1} = (1 - E_s)Q$ ，流量 q_{y1} 的下标 y 表示运行，下标 s 表示渗漏性质， E_s 表示 L 段通道的渗漏孔隙率，即渗漏率，在新理论中统称为虚度，故此称之为渗漏虚度，下标 1 表示第一分段。由于通道的渗漏性质相同，所以，渗漏虚度 E_s 被看作是常数。当流经第二个渗漏分段时，流量进一步减小为 $y_{y2} = (1 - E_s)q_{y1} = (1 - E_s)^2 Q$ ；流经第三个分段时，流量再度减小变为 $q_{y3} = (1 - E_s)y_{y2} = (1 - E_s)^3 Q$ ；...；依次类推，流经第 n 分段时，流量变为 $q_{yn} = (1 - E_s)^n Q$ 。将这些分段的流量数据排列起来，便构成了一组等比数列，称之为通道的运行数列。即

$$(1 - E_s)Q, (1 - E_s)^2 Q, (1 - E_s)^3 Q, \dots, (1 - E_s)^n Q$$

该运行数列的通项公式

$$q_{yn} = (1 - E_s)^n Q$$

描述的是：在任意时刻，流量 Q 通过任意分段的剩余流量与通道的渗漏性质和补给流量之间的关系规律。

该运行数列的求和公式为

$$Q_{yF} = \frac{(1 - E_s) \left[1 - (1 - E_s)^n \right]}{E_s} = \frac{E_y (1 - E_y^n)}{1 - E_y}$$

式中， E_y 表示运行性质参数。该公式描述的是：在任意时刻，整个具有渗漏性的通道段产生的渗漏流量与补给流量和渗漏性质之间的关系规律。

与流体运行规律相对应，各个分段产生的渗漏损失流量数据也构成了一组等比数列，叫运行通道的渗漏数列。

渗漏数列数据的分析与来源如下：

第一分段产生的渗漏流量是 $q_{s1} = E_s Q$ ；

第二分段的渗漏流量为 $q_{s2} = E_s q_{y1} = (1 - E_s) E_s Q$ ；

第三分段的渗漏率为 $q_{s3} = E_s q_{y2} = E_s (1 - E_s)^2 Q$ ；...；

依次类推，第 n 分段的渗漏率为 $q_{sn} = (1-E_s)^{(n-1)} E_s Q$ 。

因此，渗漏数列也为等比数列：

$$E_s Q, (1-E_s) E_s Q, (1-E_s)^2 E_s Q, \dots, (1-E_s)^{(n-1)} E_s Q。$$

该渗漏数列的通项公式

$$q_{sn} = (1-E_s)^{(n-1)} E_s Q$$

描述的是：通道中任意单位长度的即时渗漏流量与通道的渗漏性质和补给流量之间的关系规律。

该渗漏数列的求和公式

$$Q_{yF} = \frac{E_s Q [1 - (1-E_s)^n]}{1 - (1-E_s)} = [1 - (1-E_s)^n] Q$$

描述的是：任意时刻，在长度为 L 的渗漏通道内产生的渗漏流量与渗漏性质和补给流量之间的关系规律。

由公式可知，渗漏流量并不因为通道的渗漏孔隙均匀而保持各个不同位置都一样，相反，随着位置变化渗漏流量相应变化。渗漏程度即渗漏虚度随空间位置变化而改变的现象，叫渗漏性质的空间变化率或渗漏虚度变化率，记为 β_s 。渗漏虚度变化率等于流体运行 终点处的渗漏虚度与其起点的渗漏虚度之差与起始点之间的距离之比，即

$$\beta_s = \frac{(1-E_s)^n - E_s}{L} = \frac{E_s^n E_s}{L}。$$

根据上述渗漏现象中存在的数学规律，可由数学函数直接解决渗漏测量问题。测量方法如下：第一，测量源头流量 Q 和终端流量 β_s ；第二，建立数学方程，分析计算结果。这种方法简便、实用，能使看似复杂的渗漏问题简化为一个简易问题，从而提高了解决实际问题的效率。

二、流体运行变化规律

流量为 Q 的流体进入长度为 L 的运行通道，从起点 O 流动到终点 P 。由于受通道阻滞作用，致使流量 Q 产生了两种流量：运行流量 Q_y 和滞流流量 Q_z 。由于通道性质是均匀的，所以，度量通道畅通性的虚度和度量通道阻滞性质的实度都被视为常数，分别记为 E_z 和 T_z (下标 Z 表示阻滞性质)。若将通道按照度量单位划分为 n 个分段， $n = L/l$ ， l 表示运行通道的单位长度，那么，流体在每个分段中都分别产生不同的运行流量和滞流流量。

一段段：流量 $Q_{y1} = E_z Q$ ，滞流量 $Q_{z1} = T_z Q = (1-E_z) Q$ ；

二段段：流量 $Q_{y2} = E_z Q_{y1} = E_z^2 Q$ ，滞流量 $Q_{z2} = T_z Q_{y1} = (1-E_z) E_z Q$ ；

三分段：流量 $Q_{y3} = E_z Q_{y2} = E_z^3 Q$ ，滞流量 $Q_{z3} = T_z Q_{y2} = (1-E_z) E_z^2 Q$ ；

依次类推，进入第 n 分段时：流量 $Q_{yn} = E_z^n Q$ ，滞流量 $Q_{zn} = (1-E_z) E_z^{(n-1)} Q$ 。

可见，流体在阻滞作用控制下的运动变化规律与流体在渗漏条件下的运动变化规律具有一致性，即，在阻滞条件下，流体流经各个阻滞分段中产生的运行数据和滞流数据也排列为等比数列，即，阻滞条件下流体的流量变化数列即运行数列为

$$E_z Q, E_z^2 Q, E_z^3 Q, \dots, E_z^n Q；$$

流体的滞流数列为

$$(1-E_z)Q, (1-E_z)E_zQ, (1-E_z)E_z^2Q, \dots, (1-E_z)E_z^{(n-1)}Q$$

根据这两组等比数列规律，可以通过简单的观测掌握流体的运行变化规律，为流体运动科学研究提供了方便。

流体运行流量数列的通项 $Q_{ym} = E_z^n Q$ 表达流体在任意时间、任意地点的通行流量；该运行数列的和

$$Q_{yF} = \frac{E_z(1-E_z^n)Q}{1-E_z}$$

表示在任意时刻，整个运行通道中处于运行状态的流量。由此可知，通过整个运行通道到达终点 P 的流量是 $Q_{ym} = E_z^n Q$ 。

流体滞流流量数列的通项 $Q_{zn} = (1-E_z)E_z^{n-1}Q$ 表达在任意时间、任意地点处，流体流通中被阻滞、被延缓通行的滞流流量；该滞流数列的和为

$$Q_{zT} = \frac{(1-E_z)(1-E_z^n)}{1-E_z}Q = (1-E_z^n)Q$$

表示在任意时刻，整体运行通道产生的阻力延缓流体运行的滞流流量。

可见，一般的流体运行变化问题也可以应用数学方法直接解决。其测量研究方法也是：先确定补给流量和终端流量以及度量系统性质的常数，再根据数学公式进行分析计算，解决实际问题。

在既有渗漏、又受阻滞环境下，流体变化规律的测量研究方法：

流体在均质环境中运行，既有渗漏，又有阻滞。在这种情况下，它的运行变化同样有规可循。

设流体的初始流量是 Q ，其运行距离为 L ，其在通道中运行时的通率为 E ，渗漏率为 E_s ，阻滞率为 E_z ，那么，从 O 点流动到 P 点，在阻滞和渗漏并存条件下流体的运行数列为

$$Q, EQ, E^2Q, E^2Q, \dots, E^{n-1}Q;$$

渗漏数列为

$$E_sQ, E_sEQ, E_sE^2Q, \dots, E_sE^{n-1}Q;$$

阻滞数列为

$$E_zQ, E_zEQ, E_zE^2Q, \dots, E_zE^{n-1}Q。$$

阻滞和渗漏共同构成的流量损失量也排列成等比数列，称为流量损失数列，即

$$(E_s + E_z)Q, (E_s + E_z)EQ, (E_s + E_z)E^2Q, \dots, (E_s + E_z)E^{n-1}Q。$$

如果将由渗漏和阻滞共同产生的流量损失率记为 T ，即 $T = E_s + E_z$ ，那么流量损失数列可表述为：

$$TQ, TEQ, TE^2Q, \dots, TE^{n-1}Q。$$

该数列的通项公式

$$Q_{Tn} = TE^{n-1}Q$$

表示在通道 OP 段任一点处，在瞬间产生的流量损失量。该等比数列的求和公式

$$Q_T = \frac{T(1-E^n)}{1-E}Q$$

表示 OP 段通道整体产生的瞬间流量损失量；如果流体连续流动，那么，在 $\Delta t = t$ 时间段，通道 OP 整体产生的流量损失量总计为

$$Q_n = \frac{T(1-E^n)}{1-E} Q t。$$

由此可知，在通道中任意位置通行的流量可由运行数列的通项公式 $Q_{Fn} = E^n Q$ 来描述。

综上所述，流体运行变化，可以根据数学公式进行测量研究，其方法是：测量获取补给流量、终端流出流量和通道性质参数，然后根据数学公式进行计算研究，最终获得问题的答案，使问题得到解决。该方法可以省略问题解决的中间过程，避免测量多余的中间变量，并根据数学公式能直接确定中间变化过程与规律。

5. 与现有科学方法相比，自然科学方法的优越性

与现有科学方法相比，自然科学方法具有很大优越性。现有科学方法不完全是由自然规律确定的方法，往往是掺杂人为规定性的方法，不能统一适用于指导各种实际问题的解决，有的方法基本是由人为确定的方法。如参数引入法就是一种完全由人为规定的科学方法，应用这种方法经常产生严重错误的研究结果。例如，胡克定律、达西定律、应力-应变理论都是应用参数引入法建立的定律或公式，都是完全脱离客观规律的东西。胡克定律和应力-应变理论都是涉及作用与变形之间关系的理论，都应该完整阐明作用与变形之间的统一关系规律，但是，胡克定律中不存在代表作用现象的物理量，只有代表变形的位移和代表“弹性作用”的弹性力，用一种没有客观意义的胡可系数将两个量联结起来确定为胡克定律式，没有考虑两者之间在客观上是否存在直接的等量关系，没有考虑量纲统一问题，显示了定律存在的严重错误问题；应力-应变关系式与此类似，是用“弹性模量”将应力与应变联结为等式，没有考虑应力与应变之间是否存在直接的统一等量关系，没有考虑量纲统一是客观规律问题。应力可以被看作做事代表作用现象的物理量，但应变不代表任何现象，根本不能当作是代表变形现象的物理量，应变只是一个客观上可以从测得的参数，不能代表变形现象，在应力与应变之间添加系数、建立公式，其公式显然是代表作用与一个可测参数和一个不可测、客观上不存在的参数三者之间的关系式，是客观上不存在的关系式，没有任何科学价值，是严重错误的“公式”。应力-应变关系理论将应变看作是代表变形现象的物理量，认为应变与应力成正比，理论观念也不正确，实际上，变形位移量与作用力成正比，同时还与作用时间的平方成正比，与可变程度(可变性质)参数成正比，与作用质量成反比，变形规律就是作用、变形、变体性质三者之间的统一规律，也是质空关系变化与作用间的统一规律，应力-应变关系理论不能正确描述这一规律。达西定律本是关于流体的运动与其控制因素之间的统一规律，但实际上给出来的只是水位压力与渗流量之间的人为定义关系式，并不是关于渗流运动与其控制因素之间的关系式。达西定律的建立也是采用了参数引入法：是通过在水头压力与渗流距离的比与渗流断面面积之积与渗流量之间添加系数的方法建立了达西定律式，没有查清渗流与其控制因素之间的客观统一规律。控制水渗流的作用量由渗流的动量、重力作用量、滞流压力产生的作用量三者合成，研究渗流规律主要是研究作用量与渗流之间的统一关系规律，而不是达西定律涉及的内容：渗流距离与渗流量之间不存在关系；滞流水位是滞流作用导致生成的，反过来又构成控制渗流运动的驱动作用动力中的一部分，即，水位压力既是作用的产物，又是驱动动力，但是，不能将水位压力看作是控制渗流运动的主导因素；渗流断面与渗流量大小存在之积关系，但不能通过在水位差与渗流量比值与断面面积之积与渗流量之间添加系数的方法建立公式、然后就将该公式看作是描述渗流规律的定律，由于这种公式表达的关系在客观上不存在，从而使其添加的系数在客观上不存在。

自然科学方法有客观规律确定，直接阐明哪些物理量之间存在统一关系和直接的等量关系，也同时阐明了那些物理量之间不存在直接的等量关系，使我们在科学研究中少走弯路、避免错误。由于自然科学方法遵守自然的统一与对立统一规律，能指导人们建立与客观规律一致的恒等式，恒等式可以化为最简形式，所以，自然科学方法能给实际问题的解决带来极大方便，使观测研究程序大大简化。自然科学方法运用的是自然最基本的统一与对立统一规律，适用于各种各样不同的实际问题，不像力学定律那样具有不适用性。自然科学方法涉及宏观和宏观各种物质关系变化问题，不仅适用于宏观科学领域，而且适用于微观、超微观物质变化问题研究。自然科学方法不仅适用于解决自然科学问题，也统一适用于军事、社会、经济等领域的实际问题研究与解决。自然科学方法构成了一个超大统一的科学方法，对之予以全面掌握极其重要。

6. 结语

通过以上介绍可以看出：科学研究方法并非是由科学家确定的，而是由自然规律确定的。由自然规律确定的科学方法能够指引人们正确认识和解决各种实际问题，给人类从事生产与科研实践带来了极大方便。

参考文献

- [1] 王昌益,孙洁. 作用学概论. 城市建设.2010, (9)
- [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] 王昌益, 贺可强. 论地下水运动规律及其研究方法[J]. 青岛理工大学学报, 2010, 31(2):93-101.
- [4] 王昌益, 孙洁. 滑坡预测的作用学原理[J]. 城乡建设,2010(2):183-183.
- [5] 王昌益, 苏炜. 关于露天矿滑坡预测[J]. 汉斯预印本, 2017, 2(1): 1-16.