

## Materials Flexural Properties Research New Methods

Wang Chang-yi

Penglai City Bureau of Land and Resources, Shandong, Penglai 265600,China

Email: 15963568068@126.com

---

### Abstract

Material bending properties belong to one of the contents of the material properties of theory study. Material properties theory as a system science from the 1650 s, after 360 years of development to now, has obtained many significant progress, however, due to science and history, role to control the deformation of the material and the material of the relationship between the nature of the problem, has not been fully resolved. The main decision theory in the study of traditional method often produce do not tally with the actual formula parameters are introduced and theoretical problems. In the method to solve the parameters not scientific of the problems of material properties of the material properties of flexural new theories and new methods. The new method will bring new progress in materials science research.

### Keywords

material bending properties; method parameters are introduced; the new theory and new method; the new progress

**Subject Areas:** Chemistry & Materials

---

## 材料抗弯性质研究新方法

王昌益

蓬莱市国土资源局, 山东 蓬莱 265600

Email: 15963568068@126.com

收稿日期: 2016年5月3日; 发布日期: 2016年5月4日

---

### 摘要

材料抗弯性质研究属于材料性质理论研究课题中的内容之一。材料性质理论作为一门系统的科学从17世纪50年代产生, 经过360多年的发展到现在, 已经获取了许多重大进展, 然而, 由于科学历史原因, 关于控制材料变形的作用和材料的性质之间的关系问题, 一直没有得到完全解决。这主要决定于传统理论研究中的引入参数法经常产生与实际不符的公式和理论问题。在解决参数引入法给材料性质研究带来的不科学性问题上产生了材料抗弯性质研究的新理论和新方法。新方法将给材料科学研究带来新的进展。

### 关键词

材料抗弯性质; 引入参数法; 新理论和新方法; 新的进展

## 一、引言

材料抗弯性质研究属于材料性质理论研究课题中的内容之一。材料性质理论作为一门系统的科学从 17 世纪 50 年代产生, 经过 360 多年的发展到现在, 已经获取了许多重大进展, 然而, 由于科学历史原因, 关于控制材料变形的作用和材料的性质之间的关系问题, 一直没有得到完全解决。这主要决定于传统的一种科学研究方法——引入参数法经常产生与实际不符的公式和理论问题。在解决参数引入法给材料性质研究带来的不科学性问题中产生了材料抗弯性质研究的新理论和新方法。新方法将给材料科学研究带来新的进展。

### 1 材料性质理论发展历史概述及传统材料性质理论缺陷

材料性质理论以材料力学体系为代表, 主要研究材料受力与变形之间的关系问题。材料力学从思想萌芽到理论体系完善再到其分支科学的产生与发展, 经历了很漫长的历史时期。

公元 127—200 年, 中国科学家郑玄阐述了弹性规律。公元 1638 年, 意大利科学家伽利略发表了《关于力学和局部运动的两种新科学的对话和数学证明》。公元 1678 年, 英国科学家虎克给出了《虎克定律》, 为西方材料力学的发展奠定了基础。公元 1773 年, 法国科学家库克讨论了《梁的弯曲问题》。公元 1744 年, 瑞士科学家欧拉给出了《压杆临界载荷》。1826 年, 法国科学家纳维编著了《材料力学》, 标志材料力学理论体系的建立。1896 年瑞士孟汗太因铁路桥因 Hangjia 压杆失稳而倒塌, 促使稳定理论的产生与发展。随着生产发展的需要, 十九世纪末期以来, 材料力学出现了一些新的分支, 如结构力学、弹性力学、塑性力学、结构矩阵力学、有限元法、断裂力学、实验力学等。

1980 年以后, 在中国产生了《作用学》思想, 为材料力学性质研究开辟了新的道路。作用学引入了度量变形物体性质的两个新参数, 分别叫做虚度和实度。其中, 虚度是指变体的可变程度; 实度是指变体的不可变程度或抗变化程度。到了 21 世纪初, 作用学理论应用到了工程地质勘探研究之中, 获取了巨大进展。2012 年, 作用学研究者王昌益在加拿大的《EARTH SCIENCE RESEARCH》杂志上发表了《论地基极限承载力的计算方法》, 为工程地质勘探研究与发展拓宽了道路。

传统材料性质理论对材料的抗弯性质缺乏足够的认识, 目前, 度量抗弯性质的参数选择是根据传统力学的强度理论将抗弯强度作为衡量材料抗弯性质的指标。实际上, 抗弯性质有多种指标, 如抗弯程度、可弯程度、瞬间抗弯能力、长时间抗弯能力都是度量材料抗弯性质的指标。最主要的是, 根据传统理论没办法预测材料在什么情况下会弯曲到什么程度。因此,

传统抗弯理论与测试方法都是不完善的。

具体来说,在传统理论力学、应用力学、实验力学基础上,能够通过实验来确定材料的抗弯强度,即能确定抵抗瞬间作用量的极限值,也就是在保持一定变形限度范围内能够抵抗最大作用力的极限值。但是,由于缺乏作用量概念,同时缺乏度量材料抗弯性质的正确标度概念,难以通过实验确定材料抵抗作用量的极限值,难以确定材料抗弯或可弯程度标度值,即难以确定弯折变形中材料的虚度和实度。所以,传统抗弯理论与测试方法存在一定缺陷。

传统材料性质理论缺陷产生的主要原因在于传统理论中的引入参数法。引入参数法的缺陷在于:在不明确客观规律条件下,引入一个参数,将两个不存在直接关系规律的物理量联结起来,给出一个公式,然后用于研究问题、解决问题。例如,胡克定律用胡可系数将弹性力与弹性位移联结起来,建立了胡克定律式,给出了与客观规律不符的定律和公式。弹性位移的量纲是米,而弹性力的量纲是公斤米/秒<sup>2</sup>,弹性位移与弹性力之间不存在这种胡克关系。应力-应变理论在胡克定律基础上在应力与应变之间引入弹性模量,也是这种参数引入法使应力-应变理论产生了不科学性。胡可系数、弹性模量都不是代表材料可变程度或不可变程度的参数,不是客观存在的参数,只能算是人为参数,不具备客观意义,没有实用价值。因此,在今后的材料科学研究中,改进科学研究方法至关重要。

## 2 材料弯折性质研究新方法的理论基础

传统材料科学理论缺陷反映出了自然科学基础理论对自然发展演化基本规律认识的不足。因此,要想改变这一现实,首先必须从认识自然发展演化最基本规律入手,全面认识控制自然发展演化的作用规律,进而深入认识自然的动态统一规律、获取科学研究的统一方法。

上个世纪 80 年代,在我国产生了作用学。作用学揭示了自然事物发展演化普遍遵守的统一规律,并建立了描述自然发展演化规律的最基本方程组,为材料弯折性质研究奠定了基础。自然事物发展演化普遍遵守的统一规律如下:

自然发展演化遵守的最基本规律是作用的统一与对立统一规律。作用的统一与对立统一规律是:控制事物发展变化的作用量产生两个作用量,分别叫实作用量和虚作用量。即实作用量加虚作用量等于作用量。控制实作用量和虚作用量分配比例的是受作用物体的客观性质特征指数,分别被叫做实度和虚度。即,实作用量等于实度与作用量之积;虚作用量等于虚度与作用量之积。实度与虚度等于 1。这个基本规律的数学表达式为

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

式中，A 表示主动作用量；E 为虚度；T 为实度； $A_F$  表示虚作用量； $A_T$  表示实作用量。其中， $A = Ft$ ；F 表示作用力；t 表示作用时间。

材料弯折性质研究的方法与理论内容创立的理论基础就是上述自然事物发展演化普遍规律描述的方程组。

### 3 材料弯折性研究新方法

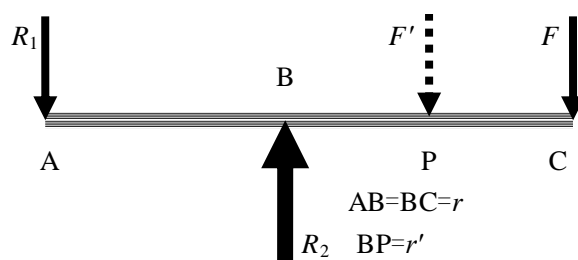


图 1 弯折实验中作用状态示意图

弯折是一类特别的作用方式，其变形表现是特殊的，其相应的性质特征与其它作用方式下表现出来的性质特征也有很大区别。在弯折变形现象中，弯折变形量或变形速度与变形点的位置有关。如图 1 所示，作用力 F 作用在杆状物体一端的 C 点上；A 点只受约束作用，其约束力即阻力为  $R_1$ ；B 点也只是接受一种被动的约束阻力，其值为  $R_2$ ；在 B 点与 C 点之间，杆状物上任意点 P 接受的不平衡弯折作用驱动力通过传递获得，其值为  $F' = \frac{r}{r'} F$ ；在 B 点与 C 点之间，杆状物上的任意点 P 接受的来自阻力  $R_1$  的传递量为  $R'_1 = \frac{r}{r'} R_1$ ；在 B 点与 A 点之间，任一点 P 也受两个力，其值分别为  $R'_1 = \frac{r}{r'} R_1$  和  $F' = \frac{r}{r'} F$ 。同时，由杆状物体本身性质决定生成的一种力，叫抗弯折力，记为  $f$ 。P 点处的抗弯折力用  $f'$  表示。除了以上力以外，P 点还接受一种通过传递而得到的一对能够互相抵消的平衡力，其大小分别为  $R'_2 = \frac{r}{r'} R_2$  和  $W' = R'_1 + F' = \frac{r}{r'} (F + R_1)$ ，这两个力的和总是等于零，即  $W' = R'_2 + F' = 0$  总是成立。驱使 P 点形成弯折位移的动力主要由  $F'$ 、 $R'_1$  和  $f$  共同产生。根据作用学，P 点在弯折作用控制下遵守两个基本方程：

①不平衡运动方程

$$F'_F = E'F' = E' \frac{r}{r'}(F - R_1) = F' + R'_1 + f = \frac{r}{r'}(F - R_1) + f = m'a' ;$$

式中,  $F'_F$  表示 P 点接受的虚作用力;  $E'$  表示 P 点在弯折变形中表现出来的虚度, 即可弯折程度;  $F'$  表示 P 点接受的弯折作用驱动力;  $f$  表示杆状物体自身产生的抵抗弯曲变形的一种阻力;  $m'$  表示 P 点处杆状物体的受作用和位移质量;  $a'$  表示  $m'$  的位移加速度;  $F'_F$  使  $m'$  产生位移动量。

②克抗作用方程

$$F'_T = T'F' = T' \frac{r}{r'}(F - R_1) = -(R'_1 + f) = -\left(\frac{r}{r'}R_1 + f\right);$$

式中,  $F'_T$  表示 P 点接受的实作用力;  $T'$  表示 P 点在弯折变形中表现出来的实度, 即不可弯折程度;  $F'_T$  用于克服抗弯阻力, 与  $f$  抗衡。

正因为接受的这种特殊的作用状态, 才造就了杆状物体变形的特殊性和其性质的特殊性。在作用控制下, 杆状物体上除了有约束的 A 点和 B 点保持原位不变外, 其它点都在这个不平衡作用控制下形成变形位移, 但各个不同点的变形位移量大小都被特定大小的不平衡作用量限制。如果力  $F$  值不变, 作用点位置 C 改变了,  $r$  值相应改变, 杆状物体的弯曲变形状态将发生改变。所以, 弯曲试验必须考虑作用点与变形之间的关系。

当作用力很小时, 杆状物体不发生弯曲变形; 稍大些时只产生可恢复的弯曲变形; 当作用力大到一定程度时, 材料产生不可恢复的永久变形即塑性变形; 再大将会产生破裂或断裂变形。在测试中一般要逐渐加载到破裂或断裂变形为止。如果杆状物在作用下产生的弯折变形是可以恢复的, 即应力消除后, 弯折变形随即消失, 那么, 就说弯折变形是弹性弯折变形。弹性弯折变形的极限值叫弯折变形的弹性极限, 记为  $x_{\max}$ ; 产生弯折变形弹性极限的力叫弯折变形弹性极限力, 记为  $F_{\max}$ ; 产生弯折变形弹性极限值时的虚度是弹性弯折变形范围内允许产生弯折变形的最大程度, 称为弹性弯折虚度的极限值, 记为  $E_{\max}$ 。当弯折力超过  $F_{\max}$ 、虚度超过  $E_{\max}$  时, 弯折变形不再可以恢复了。不能恢复原状的弯折变形为塑性弯折变形。只要在超过弹性极限、产生塑性弯折变形、但仍保持杆状物体整体性、不出现断裂破

坏, 都产生塑性弯折变形。产生最大塑性弯折变形的力叫弯折变形塑性极限力。当弯折应力超过该力时, 杆状物体将出现断裂破坏。本发明的测试一般要逐渐加载到超载破坏程度的作用力。

i、弯折作用条件下脆性杆状材料的虚度和实度的测量方法

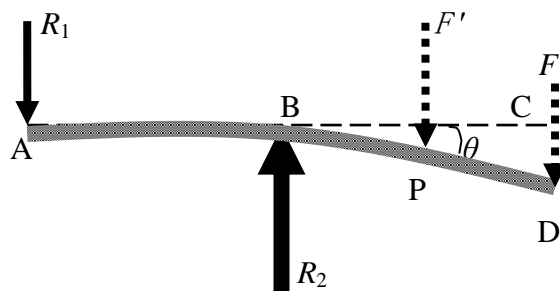


图2 弯折变形示状态意图

根据作用学, 杆状物体上任意受作用点 P 接受的虚力  $F'_F$  与力  $F'$  之间的关系式为  $F'_F = E'F'$ 。其中, 系数  $E'$  表示材料任意弯折点的可运动程度, 叫虚度。该虚度值的测量方法如下:

根据不平衡运动方程式

$$F'_F = E'(F' + R'_1) = E' \frac{r}{r'} (F - R_1) = F' + R'_1 + f = \frac{r}{r'} (F - R_1) + f = m'a',$$

测量杆状物体上任意一点 P 的变形位移  $x'$  或变角即 BP 与 AC 两条直线线段之间的夹角  $\theta$ 、变化时间  $t$ , 获得 P 点的位移速度、加速度变量; 然后, 确定在无任何阻力条件下, 式  $F' = m'a$  中的  $a$  值将是多大; 最后, 根据公式

$$E' = \frac{a'}{a} \text{ 或 } E' = \frac{2\theta r'}{at^2}$$

来求得虚度  $E'$  值。式中,  $a'$  表示 P 点的实际位移加速度;  $a$  表示 P 点仅在作用力  $F'$  控制下自由运动、不接受任何阻力条件下的运动加速度。

据作用学, 杆状物体上任意受作用点 P 接受的实力力  $F'_T$  与力  $F'$  之间的关系式为  $F'_T = T'F'$ 。其中, 系数  $T'$  表示材料上任一点 P 的不可动程度或抗弯程度, 叫实度。实度值根据公式  $T' + E' = 1$  来求得, 即实度为

$$T' = 1 - E' = 1 - \frac{a'}{a} \text{ 或 } T' = 1 - E' = 1 - \frac{2\theta r'}{at^2}.$$

该方法适合研究脆性材料在弯折作用下表现出来的性质。脆性材料对力的传递规律遵守方程  $F' = \frac{r}{r'} F$ 、 $R'_1 = \frac{r}{r'} R_1$  所揭示的作用传递规律。

### ii、抗弯强度的测量方法

根据作用学，材料的抗弯强度就是指杆状材料任意点 P 处质量  $m'$  抵抗弯折作用力的极限值。即材料 P 点的极限抗弯强度的计算公式为

$$F'_{\max} = T'F'.$$

根据该公式，逐渐加载，一直加载到杆状物体出现极限变形为止。当极限变形量出现时的加载力  $F$  就等于材料的极限抗弯强度。

在传统力学基础上也能够确定材料的最大抗弯折力。但是，力学不考虑不同作用点、不同变形点的最大抗弯折力之间的统一与差异。

由于物质成分相同、但粗细不同的杆状物，其抗弯表现不同，所以，为了测试数据具有对比性，必须计算单位横截面的抗弯能力数据。单位横截面的抗弯能力为  $\sigma'_{\max} = \frac{T'(F' + R'_1)}{S}$ 。式中， $S$  表示杆状物体的横截断面面积。

### iii、弯折变形中杆状材料弯折材料性质差别的研究方法

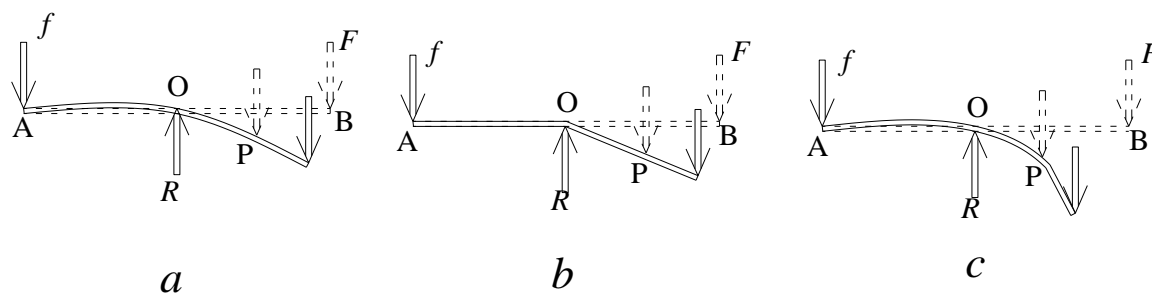


图3 弯折变形状态示意图

在弯折变形实验中可以看到许多不同变形状态，如图 3 中的  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三种变形状态有着明显差别。这种差别现象的出现关键在于杆状物上各点处的性质存在差别。





设相邻两点的虚度分别为  $E'_i$  和  $E'_{i+1}$ ，那么，差值  $\Delta_i = E'_{i+1} - E'_i$  就是度量相邻两点的虚度差异量。如果  $\Delta_i = 0$ ，那么，两点的性质没有差别；如果  $\Delta \neq 0$ ，但杆状物体在作用弯折控制下生成的任意虚度差等于常数，即  $\Delta_i = \text{常数}$ ，那么，杆状物在弯折作用下各点的虚度构成均差变化；如果出现了某一个差值明显大于其它差值，那么，该处是薄弱点，也可能是强势点。突变点即断裂点将出现在这里。

据研究，在实验中出现的性质差别可以通过杆状材料弯曲曲线上相邻点的切线之间的夹角  $\theta_i$  来表现出来。这里将叫做弯曲切线增量角。当虚度值均匀变化时， $\theta_i = \text{常数}$ ；当断裂点出现时， $\theta_i$  值就会突然剧增。在断裂现象出现之前，薄弱点或断裂点的切线增量角也会大于其它切线增量角。为此，本发明引入了如下公式来计算杆状物体上各处虚度的变化量：

$$\Delta E' = \frac{\theta_i}{C}.$$

其中， $C = \text{常数}$ ，可根据情况选择  $C = 90^\circ$ 、 $C = 180^\circ$  或  $C = 360^\circ$ 。脆性材料选择  $C = 90^\circ$ ；可弯性很大的材料选择  $C = 360^\circ$ ；可弯性一般的材料选择  $C = 180^\circ$ 。

#### iv、材料抵抗弯折作用量能力的测量方法

弯折变形不仅与作用力有关，与弯折作用量的大小也有关。作用量  $A$  与力  $F$  之间的关系式为  $A = Ft$ 。 $t$  表示弯折变形时间。当力仅能使杆状物体产生极其微小的弯折变形时，人们察觉不到弯折变形。随着作用时间延长、作用量的增大，弯折变形才会显现出来。所以，在工程实践中还有必要测定作用量与弯折变形之间的关系。弯折变形量与作用量之间的关系式为

$$x = \int_0^t \frac{EAdt}{m};$$

式中， $m$  表示作用物体的质量； $A$  表示作用量， $A = Ft$ ， $F$  表示力； $t$  表示作用时间。缓慢弯折变形的发展状态是在弯折作用持续进行、弯折作用量不断积累过程中完成的。因此，研究作用量与弯折变形之间关系的过程就是研究缓慢弯折变形的过程。其测量方法与步骤：通过实验测定在一定力的作用下材料产生极限变形量的时间，根据公式  $A = Ft$ ，通过测量记

录控制弯折作用的力  $F$  和其作用时间  $t$ , 计算确定产生极限弯折变形所需要的最大作用量  $A_{\max}$  值, 该值就是材料抵抗弯折作用量的能力度量指标。

一种材料抗弯性质的测量方法所使用的测试仪器, 包括在底座上由支撑杆支撑有待测物体, 在待测物体中部挂有加载砣; 在支撑杆上设有自动计时器。

## 5 结论

总之, 根据作用学, 结合实验研究, 本文确立了弯折作用、弯折变形、杆状材料性质之间关系研究的新方法与新理论, 解决了目前度量抗弯性质的参数选择不科学、抗弯理论与测试方法不完善问题, 为更科学选择抗弯材料奠定了良好基础。具体来说, 本文解决了传统理论中没有解决的问题有两个: ①、材料抵抗作用量的极限值的测量问题; ②材料虚度和实度及其变化规律的测量问题。

## 参考文献

- [1] 程守珠, 江之永. 普通物理学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1981.  
(CHENG shou-zhu,JIANG zhi-yong.Ordinary physics[M].Beijing:People's Education Press,1981)
- [2] 王昌益, 孙洁. 作用学概论[J]. 城市建设, 2010(3):315-318.  
(WANG Chang-yi,SUN Jie. Generality of Role Theory[M]. City Construction, 2010(3):315-318.
- [3] 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.  
(ZHENG Zhe-min, ZHANG Han-xin. Mechanical development trend at the beginning of twenty-first Century [J]. Xuehui, 1995 25 (4) :443~441. (in Chinese))
- [4] 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.  
(WANG Chang-yi,HE Ke-qiang. The application of the law of the unity of opposites in the study of landslide [J]. Journal of Qingdao Technological University, 2009 30 (3) :27~33. (in Chinese))
- [5] NEW MARK N M, SIESS C P, VIEST I M. Test and analysis of composite beams with incomplete interaction [J]. Experimental Stress Analysis, 1951, 9(6): 896-901.
- [6] HIGGINS C, MITCHELL H. Behavior of composite bridge decks with alternative shear connectors [J]. Journal of Bridge Engineer, 2001, 6(1):17-22.

[7] LI GUO-QIANG, LI XIAN-HUI. Study on a novel steel-concrete composite beam[C]//ICASSc09/IJSSD/IStructE Asi-aPacific Forum Sixth International Conference on Advances in Steel Structures. 2009.