

# 类比法在力学教学中的运用

徐杏华

(孝感学院 土木建筑工程系,湖北 孝感 432000)

**[摘要]** 类比法是根据两类对象之间在某些方面的类似或相同,推断它们在其它方面也可能类似或相同的逻辑思维方法。文章阐述了类比法及其在科学研究中的作用,结合理论力学和材料力学教学实际,对如何运用类比法作了一些探讨,并指出了类比法的局限性。

**[关键词]** 类比法;教学;理论力学;材料力学

**[中图分类号]** TU311-4

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1005-2909(2004)02-0048-03

## Application of analogy method in mechanics teaching

XU Xing-hua

(Department of Civil Engineering, Xiaogan University, Xiaogan 432000, China)

**Abstract:** The thesis expounds the definition of analogy and its effect on scientific research. Combined with the teaching practice of theoretical mechanics and material mechanics, it makes an inquiry into how to apply the analogy and points out the limitations of analogy.

**Key words:** analogy method; teaching; theoretical mechanic; materials mechanics

### 一、类比法及其作用

类比法是根据两类对象之间在某些方面的类似或相同,推断它们在其它方面也可能类似或相同的逻辑思维方法。它是立足于已有知识的基础之上,进一步认识事物的一种有效的试探性方法,它有助于我们冲破学科和专业的界限,摆脱由于专业分工带来的束缚,常常可以在专业外的学科中提出科学预言、科学假说和做出科学成就。在科学史的历史长河中,有许多重大成果就是用类比法发现或发明的。

德布罗意用类比法提出了物质波的新思想。德布罗意在对比力学和光学理论的研究中,发现有许多深刻的相似之处。如光的运动服从最短光程原理(费尔玛原理),力学质点运动也服从于最小作用量原理(莫泊丢原理),而这两条原理的数学形式极其酷似。因此使他意识到这两门科学实际上是相通的。而当光学中的新发现——光的量子性(波粒二象性)得到证明之后,马上引起他的类比联想:物质(粒子)的波动性是不是也是可以设想的。他不但根

据类比推理提出了物质波的假说,而且还进一步通过类比提出物质波的定量显示——德布罗意关系式。这些在不久的电子衍射等实验中均获得了精彩的验证,从而为量子力学的创立奠定了坚实的理论基础。

卢瑟福用类比法提出了原子结构行星模型的科学假说。卢瑟福在研究原子结构时注意到原子与太阳系之间的相似性。第一,在原子中有一个仅占原子体积极小部分(约十万分之一),但具有原子质量绝大部分(99.97%)的核,而核外电子只有极小的质量。这正如太阳作为太阳系的中心,它具有太阳系总质量的99.87%,但只占太阳系空间的极小部分。第二,原子核与电子之间的吸引力满足库仑定律,即  $F = \frac{Kq_1q_2}{r^2}$  (其中  $F$  表示电作用力,  $q_1$  和  $q_2$  表示两个点电荷的电量,  $r$  表示它们之间的距离,  $K$  为比例常数)。太阳与行星之间的作用力遵从牛顿万有引力定律,即  $F = G \frac{m_1m_2}{r^2}$  (其中  $F$  表示引力,  $m_1$  和  $m_2$  表

• [收稿日期]2004-04-11

[作者简介]徐杏华(1966-),男,湖北孝感人,孝感学院讲师,从事基础力学研究。

示两个物体的质量,  $r$  表示两物体之间的距离,  $G$  为万有引力常数)。两种作用力都服从与距离的平方成反比的规律, 根据两个系统之间的相似性和太阳系的另一特征, 即行星环绕太阳运行, 卢瑟福推测在原子系统中电子环绕原子核旋转。后来这种推测同样获得了验证。总之, 卢瑟福的原子结构行星模型推翻了英国物理学家汤姆逊的均质原子结构模型, 使人类对原子结构的认识向前推进了一大步。

欧立希用类比法成功研制了“六〇六”合成药。欧立希是德国年轻的医生和细菌学家, 希望研制出既不伤害人体组织, 又能有效杀死细菌的药物, 他进行了大胆的联想和类比, 他联想到有机染料渗入菌体后着色的情况。有些染料在发生作用时具有选择性, 它能使有机组织的某些部分染色, 而不使其他部分染色, 联想到既然有机染料能不被某些有机体的细胞所吸收, 而能被其他细胞吸收, 如果把这种染料与那些能使病菌致死的基团结合, 那么就可能研制出一种只杀死病菌, 而又不伤害人体细胞组织的药物, 经过一系列试验和研究, 终于研制出了杀死病菌又不伤害人体组织的“六〇六”药物, 开创了人类合成特效药的新纪元。现在世界各国许多专家, 在研制杀死癌细胞的药品时, 基本研究方法仍然是联想类比法。

科学史上还有无数事例证明, 类比法是促进认识不断深化的创造性方法, 是沟通新旧知识的纽带, 是强化认识的助推器。人们接受新知识, 往往重视递进式的联系, 而忽视平行扩展式的联系。大学生在学校接受的是分门别类的学科教育, 各门理论纯粹又纯粹。应该说, 分门别类的学科教育本是人类的一大进步, 但它同时也日渐显示出消极的一面。传统的工科教育不知不觉地把学生的注意力束缚在专业领域, 甚至思维方式和解决问题的方法也专业化了。著名教育家怀特说: “在中小学阶段, 学生在精神上是埋头在书桌上; 在大学里, 他应该站起来环顾四周……。”现代科学纵向进展速度明显减缓, 学科之间横向联系逐渐加强, 因此作为一名大学力学教师, 要使学生“站起来”, 仅仅注重知识的传授是不够的, 我们要多加思考, 注重知识的横向联系, 把传授知识、培养能力、陶冶科学志趣融为一体, 研究和总结科学的思维方法, 自觉地运用到课堂教学中去, 类比法就是其中之一。

## 二、类比法在力学教学中的运用

在理论力学教学中, 由于学生对平动的物理量

和公式有比较深刻的理解, 因此我们在讲授定轴转动的物理量和规律时可与平动进行类比。现列表如下:

线量	定轴转动的角量
位移 $x$	角位移 $\theta$
速度 $v = \frac{dx}{dt}$	角速度 $\omega = \frac{d\theta}{dt}$
加速度 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$	角加速度 $\epsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$
质量 $m$	转动惯量 $J$
力 $F = ma$	力矩 $M_z = J_z \epsilon$
动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$	转动动能 $E_k = \frac{1}{2}J\omega^2$
功 $dw = Fdx$	力矩的功 $dw = Md\theta$
功率 $P = Fv$	功率 $P = M_z \omega$
动量 $K = mv$	角动量 $L = J_z \omega$

在材料力学教学中, 许多地方都可运用类比法。

### 1. 引入新概念时运用类比法

为了说明压杆丧失稳定的实质, 需要了解杆件平衡状态的稳定性。图 1 中三种情形可用图 2 进行类比。小球在 A、B、C 三个位置虽然都可以保持平衡, 但这些平衡状态对干扰的反映能力不同。若有一微小干扰力使小球离开原来的平衡位置, 而当干扰力消失时, 图(a)小球能回到原来的平衡位置, 称为稳定的平衡状态, 图(b)小球不能回到原来的平衡位置, 是不稳定的平衡状态, 图(c)小球将在新的位置保持平衡, 称为临界平衡状态。小球的平衡状态从稳定变到不稳定, 是与曲面从凹变到凸有关, 压杆的平衡状态从稳定变到不稳定, 是与杆上受到的压力大小有关。

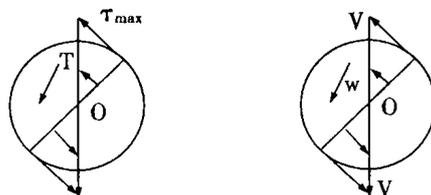


图 1

截面惯性矩的概念可与理论力学中转动惯量类比, 现列表如下:

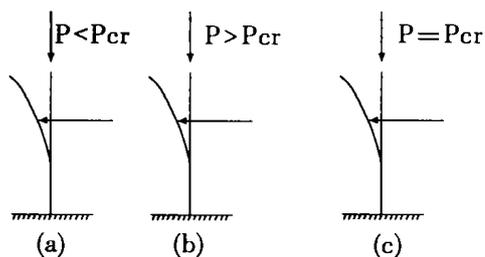


图 2

转动惯量 $J = \int \rho^2 dm$	图形对轴惯性矩 $I_x = \int y^2 dA$
平行移轴公式 $J_z = J_c + mh^2$ ( $z$ 为形心轴)	平行移轴公式 $I_{x1} = I_x + Ah^2$ ( $z$ 为形心轴)
回转半径 $\rho = \sqrt{\frac{J}{m}}$	惯性半径 $i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$

2. 记公式和物理规律时运用类比法

轴向拉压杆横截面上的正应力  $\sigma = \frac{N}{A}$ , 扭转轴横截面上剪应力  $\tau_{max} = \frac{T}{W_p}$ , 弯曲梁横截面上正应力  $\sigma_{max} = \frac{M}{W_z}$ , 用类比法可写成一个统一公式, 应力 =  $\frac{\text{内力}}{\text{相应截面几何性质}}$ 。

圆轴扭转时横截面上剪应力分布规律可与定轴转动刚体内各点线速度分布规律类比, 如图 3 示。

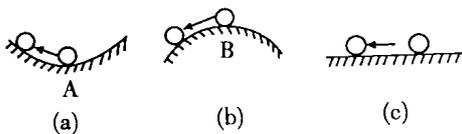


图 3

3. 讲解例题时运用类比法

例: 作图 4 示结构中 CD 梁的弯矩图。各杆 EI = 常数, 立柱 AB 截面面积  $A = \frac{I}{l^2}$ 。

这是一次超静定问题, 关键在于建立一个补充方程, 我们可以将 AB 杆比拟成一根弹簧, AB 杆的压缩量也即 A 端的竖向位移, 利用它与 CD 梁中点的竖向位移相等这一位移条件, 从而求得问题的解决。

4. 复习总结时运用类比法

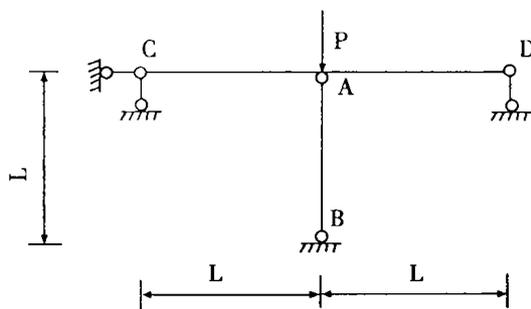


图 4

梁的剪力  $V =$  截面一侧梁上所有横向外力的代数和, 弯矩  $M =$  截面一侧梁上所有外力对该截面形心的力矩代数和。那么轴向拉压杆和扭转轴的内力是否也可写成同样的式子呢? 通过类比, 不难得出肯定的回答。轴力  $N =$  截面一侧所有轴向外力的代数和, 其中背离截面的力记为正, 指向截面的力记为负; 扭矩  $T =$  截面一侧所有绕轴线的力偶矩的代数和, 其中符号用右手螺旋法则确定, 大拇指背离截面的力偶矩记为正, 否则为负。

三、类比法的局限性

上面列举了科学史上成功运用类比法的典型事例, 也联系自己教学实际谈了如何运用类比法。但应该注意到, 类比法是一种由特殊到特殊的逻辑思维方法, 它推出的结论往往带有一定的不可靠性, 这是因为进行类比的两个对象除了有相似的一面外, 还有差异的一面。用类比法推出的结论是否正确, 最终要接受实践的检验。

[参考文献]

- [1] 谢芝馨. 新编工程力学学习指导书[M]. 北京:机械工业出版社, 2002.
- [2] 国家教委社会科学研究与艺术教育司. 自然辩证法概论[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [3] 蒋沧如. 理论力学[M]. 武汉:武汉工业大学出版社, 2001.
- [4] 陈心典、袁耀良. 材料力学[M]. 上海:同济大学出版社, 2000.
- [5] 刘卫. 类比法在材料力学教学中的运用[J]. 华北航天工业学院学报, 2001, (1): 5-7.
- [6] 袁希娟、龚耘. 浅谈类比法[J]. 河北理工学院学报, 2003, (1): 84-88.

(责任编辑: 欧阳雷梅)