

## 结合弹性力学方程体系的人文素质教育

张伟伟 太原科技大学力学系

2016年习近平总书记在高校思想政治工作会议上指出：“要用好课堂教学这个主渠道，思想政治理论课要坚持在改进中加强，提升思想政治教育亲和力和针对性，满足学生成长发展需求和期待，其他各门课都要守好一段渠、种好责任田，使各类课程与思想政治理论课同向同行，形成协同效应。”<sup>[1]</sup> 以此掀起了课程思政教学的序幕。许多学者提出以自然科学课程为例，可以挖掘其人文精神和科学精神，结合科技史来挖掘课程自身内涵与意义<sup>[2]</sup>。本文尝试以弹性力学方程体系为依托，将建立方程时所表现的微元体外部受力、内部变形，以及内外关系三个方面对应于唯物辩证法内因外因基本原理，挖掘出人在品性培养、为人处世方面所应该遵循的基本规律。为此，本文首先对弹性力学的基本方程体系进行概述，然后分别从平衡方程、几何方程，以及物理方程三个方面出发，提炼出其所蕴含的为人处世和品性修养方面的启示意义，最后以系统论的观点探讨如何恰当地处理好外部和内部因素，以达到“在价值传播中凝聚知识底蕴，在知识传播中实现价值引领”的育人价值目标。

### 1 弹性力学的方程体系

弹性力学课程是力学、土木、机械等工科专业的基础专业课程，它以研究完全弹性体在受外载荷或者温度作用时物体的应力和变形为目标，解决工程中的强度、刚度、稳定性问题。与前期课程《材料力学》相比，弹性力学以微元体为研究对象，从严密的数学理论出发，设出基本力学量，然后建立起弹性力学的理论体系，并利用数学解析方法或数值方法在特定边界条件下进行求解。由于微元体可以组成任意形状的结构，弹性力学就突破了材料力学以细长结构为研究对象的限定。从弹性力学的基本理论体系的建立过程来看，也可以看作是设未知量、列方程、求解三个步骤<sup>[3]</sup>。具体而言，先在物体上任选一点，并以该点为基准点，沿着坐标方向各取一个微增量  $dx$ 、 $dy$  和  $dz$ ，构造出一个微元体，如图 1 所示。

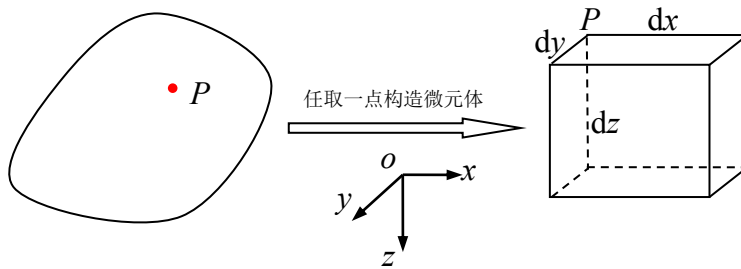


图1 从物体中任取一点构造微元体

利用微元体上与P点相邻的三个微面可以定义出应力分量，考虑剪应力互等定理，独立应力分量一共有6个，分别为 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{zx}$ 。同时，利用与P点相邻的三条棱边，也可以定义出6个应变分量，分别为 $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{zx}$ 。而描述P点位移，可分解为三个位移分量 $u, v, w$ <sup>[4]</sup>。在材料力学中，强度问题主要是通过应力、应变来解决的，刚度问题是对最大位移量的控制，稳定性问题的核心是确定结构失稳的临界载荷，载荷换算到内力上，就可以用应力来表示<sup>[5]</sup>。也就是说只要求出物体上任意点的应力、应变和位移，就可以解决工程上的强度、刚度、稳定性问题，又由于前述P点是物体上的任意点，因此P点的解在物体上具有遍历性，代表的是物体上每一点的解。因此，只要求出该点处的6个应力分量、6个应变分量和3个位移分量（共15个量）就可以解决工程中的强度、刚度、稳定性问题。

我国古代数学家刘徽在《九章算术·方程章注》中说<sup>[6]</sup>，“程，课程也。群务总杂，各列有数，总言其实，令每行为率。二物者二程，三物者三程，皆如物数程之，并列为行，故谓之方程。”其中，“二物者二程，三物者三程”求两物的数列两个方程，求三物的数就列三个方程。显然，有几个未知数，就需要列几个方程。弹性力学的方程体系与中学阶段所学的方程思想具有相似性，也是有多少个未知数，就可以列出多少个方程。弹性力学中15个未知量就需要列15个方程，如上所示，有平衡方程3个，几何方程6个，以及物理方程6个，恰好15个方程构成封闭方程组<sup>[5]</sup>，其中包含了偏微分方程，如公式(a)~(c)。

平衡方程从形式来看，表示了微元体所受外力的关系，从力学内涵上来讲，确保了微元体外部受力平衡。几何方程从形式上看，等号左边的应变分量有6个，而等号右边的位移分量只有3个，由3个量确定6个量，这6个量必然不能是完全独立的，它们之间一定存在某种关联，这种关联在弹性力学中被称作变形协调（在力法求解中会用到变形协调方程）。从力学内涵上来讲，几何方程表明物体真实变形的应变分量必须满足协调性，否则材料就可能发生断裂、不连续等不可思议的变形方式。物理方程从形式上来看，左边是表示物体内部变形的应变分量，右边是表征微元体外部受力的应力分量，直观地看

物理方程贯通了微元体的外部受力和内部变形，表明微元体的外部受力和内部变形要保持一致。将此三类方程放在系统论的观点下审视，弹性力学表达了这样的观点：微元体在变形过程中首先外部受力要平衡（平衡方程），其次是内部变形协调（几何方程），最后要内外贯通、保证外部受力和内部变形的一致性（物理方程）。如果将弹性力学基本方程所表现的思想抽象至哲学层面，我们在为人处世、寻求自身发展时，同样也需要关注外部平衡、内部协调、内外一致这样三个方面，只有这样，才能达到学习愉悦、生活祥和、终获成功的目的。下面我们将从弹性力学方程出发，分别讨论弹性力学基本方程在我们日常的生活、学习中具有哪些启示意义值得我们学习。

$$\text{平衡方程:} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + f_x = 0 \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + f_y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + f_z = 0 \end{array} \right. \quad (\text{a})$$

$$\text{几何方程:} \quad \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \\ \gamma_{xy} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}, \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}, \end{array} \right. \quad (\text{b})$$

$$\text{物理方程:} \quad \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)] \quad \gamma_{yz} = \frac{2(1+\mu)}{E} \tau_{yz} \\ \varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \mu(\sigma_z + \sigma_x)] \quad \gamma_{zx} = \frac{2(1+\mu)}{E} \tau_{zx} \\ \varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)] \quad \gamma_{xy} = \frac{2(1+\mu)}{E} \tau_{xy} \end{array} \right. \quad (\text{c})$$

## 2 弹性力学方程体系的启示意义

### 2.1 平衡方程的启示

俗话说：“一个篱笆三个桩，一个好汉三个帮。”一个人想要获得成功，就必须找到支撑成功的外部条件。在现实社会中，成功不是终点，成功只是向更高目标奋斗的阶段性平台，而任何平台都不能凭空飞起，都需要一定的支撑才能成为平台，并且平台必须在外力支撑下保持平衡。为了更加形象地说明外部平衡，我们绘出图 2 所示的结构图，图中平台表示一个人的成功，下面的立柱代表成功所需要得到的支撑。就一个人所面对的外部环境而言，可以依赖的外部支撑条件大概来源三个方面：第一家庭，第二同学或同事，第三社会，正好对应于平衡方程的三个方向。很显然，图 2 中的三个支撑无论失去哪一个，平台都会因失去平衡而发生倒塌。人要想获得好的发展平台就必须认清这三方面的支撑条件，夯实支撑基础，构筑高平台。

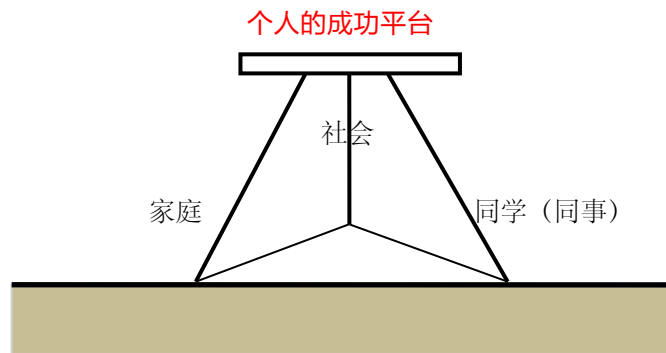


图 2 个人发展的外部支撑条件

在现实社会中，有的人相对封闭，只和家人、同学（或同事）来往，有时办一件事一想到要和陌生人打交道，就打了退堂鼓，这实际上就是自己断了社会支撑，发展平台很容易失去平衡而倒塌。来自于同学（或同事）、家人的支撑就更加重要了，家人和同学、同事（有时）具有不可替代性，往往也是给你最为直接和关键帮助的人，更加不能缺少。平衡条件给予我们的第一个启示，就是在生活中绝对不能把自己封闭起来，要积极地与周围环境交流、沟通，只有彼此交流、沟通，才能获得最多的支撑。自我封闭将意味自己的外部支撑将不再存在，如果将图 2 中的支撑去掉，个人必将轰然坍塌，一些走向极端的人大多都是自我封闭，不擅于与人沟通。此外，如果把每个人都视为组成社会的微元体，所有人都接受别人的支撑，同时也去支撑别人，这样我们就得到另一启示，你付出多大的力去支撑别人，也将会受到多大力来支撑自己。这就要求我们要具有合作的素养。

### 2.2 几何方程的启示

几何方程描述物体变形时要满足变形协调，人发展过程中也要确保内在协调。人的内在协调，就要求志向与行动要相互协调一致，不能心存大志，却每天都游手好闲。印度电影《摔跤吧！爸爸》中讲述

了退役摔跤手辛格训练自己的两个女儿成为世界摔跤冠军的故事，电影依据摔跤手马哈维亚的真实故事改编，具有一定的真实性。对于两个女儿而言，虽然她们得到了父亲的外在支持，但她们内在的素质起着重要的决定作用。观察她们成功的内在条件，也可以形象地画出她们成功的内在支撑结构图，如图3所示，她们信念坚定、训练刻苦并具有较强的自制能力，就是她们成功的三个内在要素。

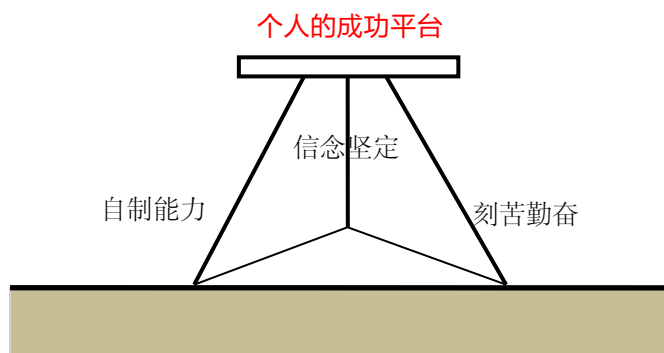


图3 个人发展的内部支撑条件

有的人理想美好，但就是自制力差、不愿意吃苦，自身的行动和理想不匹配，很容易造成个人性情暴躁，就是内在不协调的典型。在学习中，有的同学平时不学习，考试的时候还希望要高分，就只能作弊。社会上存在的一些不公平、不合理的作弊现象都可视为社会系统变形不协调的例子。协调是一种社会向美好发展的必然，寻求不协调只能暂时蒙蔽眼睛，随着不协调程度积累得越来越厉害，弹性力学中不协调意味着物体撕裂，对于个人发展不协调则意味着个人与社会的撕裂，团队的不协调则会导致团队与社会的撕裂。这无论对于个人还是团体都是灾难性的，不协调范围越大破坏力也越大，同时积累的时间越久破坏力也会增大。因此，内部协调，一方面说明发展中要注重协调，将个人的理想与行动一致起来，获得最佳的自身发展方式。对于团队而言，保持团队内部的协调性就更加重要，团队的理想与个体的行动协调、以及个体之间协调，是一个团队健康发展的首要条件。另一方面，要尽量让那些不协调暴露出来，尽早释放，将破坏降低到最小。

### 2.3 物理方程的启示

物理方程描述了微元体变形与外力的一致性，借助于物理方程微元体的外部受力和内部变形取得了统一性，这是真实和恰当的内外关系。设想物体如果具有变形的自我意识，如果外力给了材料向左的力，材料非要向右变形，那么这种材料一定无法在当前的外部环境下存在。这启示我们要学会分析自身所处的环境，并能分析出环境所能给予自身的外部支撑，并依托外部支撑条件来确定自己奋斗的目标和方式，顺势而为才能获得成功。在大学里，经常有的同学所学专业不是自己的第一志愿，甚至有的同学本来选的是文科专业，却给调剂到了理工科专业，由于专业的不遂人意，从内心抵触所学的专业，逃避本专业的学习。但是对于个人而言，从决定接受调剂那一刻起，外界支撑条件都以培养该专业素养为目标，如

果否认这些支撑条件，将不得不另寻其他支撑条件。在这种情况下，要想获得成功所需要付出的往往是别人的双倍，甚至多倍。因为，对于乐于接受该专业的同学而言，外部支撑条件都是现成的，利用好就可以。不喜欢自己专业的同学想在别的专业领域取得成功就必须创造外部支撑条件，先要去寻找，再说服对方支撑自己，再入门、求学，并利用好对方的支撑，这一系列的操作绝对需要凭借超乎常人的智商和情商，否则就不可能完成。

物理方程所表达的内外一致性不仅说明外力可以改变物体内部变形，同时物体内部变形也可以改变外部受力，对应到人的发展上，说明外部环境固然可以影响内在变化，同样内在变化也可以改变外部环境。在信贷领域一个普遍的现象就是越没钱的人越难以借到钱，当从外部不能获得资金支持时，就只有努力发展自己，把自己变成有钱人，只要自己变有钱了，外部资金支持就会自动出现来支撑你的进一步发展。这就是内在努力改变外部支撑条件的例子。这也启示我们在外部支撑条件不足时，应该首先锻炼自身的内在素养，只要内在素养达到一定的条件，外部支撑就会自然出现。毛泽东曾在《矛盾论》中强调任务内因是事物发展的根本，外因是事物发展的条件<sup>[7]</sup>，充分说明了内因才是事物发展的根本原因。当我们羡慕别人得到优质的外部支撑条件时，也要意识到与之相匹配的内在根本。如果没有内在根本，即便获得外部条件，那也只是一时的繁荣假象，不会引起事物发展的根本变化。具体到一个人，外部条件对于个人成才固然重要，但如果缺乏外部成才条件时，也完全不必气馁，根据事物内在和外部条件表现出的一致性，只要练好内在素养，等时机成熟外部支撑条件也会随之出现。

唯物主义辩证法的内因外因基本原理认为，在事物变化发展中，内因和外因同时存在，缺一不可。内因是事物发展的根据，外因是事物变化发展的条件。弹性力学基本方程所描述的物体变形完全可以利用内因外因基本原理解释，同时基本方程进一步给出了物体变形时，只有满足外部因素平衡、内部变形协调、内外统一时，物体才能连续一致的变形，当不满足弹性力学基本方程时，物体将会发生断裂、不连续等不可思议的变形。与内因外因原理相比，弹性力学基本方程描述了一种“协调、真实、美好”的事物发展，而内因外因原理则是对一切事物的总结，可以是真实、美好的、也可以是虚假、卑劣的。可以认为，弹性力学基本方程特定条件下的内因外因基本原理，指出了事物要向好的方向发展时所需要满足的条件。

### 3 总结

在高校教育中，用好课堂、用足课堂，确保育人工作贯穿教育教学全过程，也即要把知识传授和价值引领相结合贯穿在整个教育教学的全部过程中。本文通过弹性力学以微元体为研究对象构建的平衡方程、几何方程、物理方程说明物体在变形过程中所遵循的外部平衡、内部协调、内外贯通三方面的基本规律，并对应于唯物主义辩证法内因外因基本原理对开展人文素质教育进行了探讨。自古以来，人类就向包罗万象的大自然学习，向各类动植物学习，衍生出了仿生学，人类不仅学会了各种生活技能，还开发了许多当代的先进技术。自然科学中的原理不乏诸如协作、和谐、共赢的例子，如果我们采用仿生学

的研究方式,将人的品行和为人处世准则对应于自然科学中的基本原理,也可以比拟出促使人在发展过程中如何获得协作、和谐和共赢的基本准则,这就是自然科学知识与人的品质培养的结合,在一定程度上体现出了思政课程在人文素质培养上的价值。

### 参考文献

- [1] 邱伟光. 课程思政的价值意蕴与生成路径[J]. 思想理论教育, 2017, (7): 10-14.
- [2] 张威. 高校自然科学课程体现思政价值的意蕴及路径探索[J]. 国家教育行政学院学报, 2018, (6): 56-61.
- [3] 张伟伟, 田锦邦. 弹性力学的三段式教学方法[J]. 力学与实践, 2017, 39(2): 191-195.
- [4] 徐芝纶. 《弹性力学》(第5版). 高等教育出版社. 2016.3.
- [5] 刘鸿文. 材料力学(第6版). 高等教育出版社. 2017.7.
- [6] 王慧. 《九章算术》中的二元一次方程组[J]. 中学生数理化(七年级数学)(配合人教社教材), 2015, (4).
- [7] 金守庚. 内因和外因[J]. 哲学研究, 1981, (5): 12-18.