



周恒,福建浦城人,流体力学家,中国科学院院士。曾任天津大学研究生院院长,亚洲流体力学委员会副主席、国务院学位委员会第四届学科评议组力学学科评议组召集人,国家教委工程力学专业指导委员会主任委员。现为天津大学教授。主要从事流动稳定性、层流到湍流的转换和湍流的研究,曾获国家自然科学二等奖。

卷首语 Foreword

科技导报 2013, 31 (3)

“老”学科如何开展基础研究

要重视基础研究,是很多科学家的共识。但何为基础研究,却可能没有共识。量子力学打破了经典物理的局限,开辟了物理的新领域,当然是基础研究的重大成果。但如果限制在原学科,特别是“老”学科,如何开展基础研究是很多学科要面对的问题。例如,力学这样的“老”学科,如何开展基础研究?以下以流体力学为例做些分析,但并不奢望对其他学科也适用。

每门学科都有其最基本的规律,力学的最基本规律是牛顿三大定律。这三大定律并不是牛顿凭空想出来的,而是在很多人对很多物体运动研究的基础上提炼出来的。即寻找广泛适用的基本规律是从对具体事物的研究开始的。

任何科学都要针对一种理想化模型来表达其基本规律。力学最基本的理想化模型就是质点,一切宏观物体都可以视为由很多质点组成。但仅限于此是远远不够的。针对流体的运动,就在质点模型的基础上依次发展出连续介质、理想流体、黏性流体等模型及相应的力学方程。针对新对象提出新模型,是力学基础研究应有之义。例如,如有新的非牛顿流体,就要相应地提出其理想化模型,找到其本构方程等。

不管是哪一学科,基础研究的最终目的都是提供能定量说明或预测该领域实际问题的方法或规律。

20世纪初,航空等新兴工程技术的出现,向力学提出了诸如飞机的升力和阻力的计算等新问题。虽然原则上有了黏性流体运动方程,就可以通过对它求解解决这些问题。但是在当时,这是无法实现的。德国的 Prandtl 通过对实际流动的观察,提出了一个新的流体运动模型,即边界层模型,从而得以对黏性流体运动方程做简化,使得上述问题得以解决。由于这一模型对很多现实的流体运动都适用,对流体力学的发展具有重大的影响,被认为是流体力学基础研究的最重要成果之一。Prandtl 也被称为现代流体力学之父。

力学是物理的一部分。鉴于 Prandtl 在流体力学上的贡献,他曾两次被提名为诺贝尔物理学奖候选人,但都没有获奖。诺贝尔物理奖委员会给出的理由是:“流行于那里(指流体力学领域)的特殊条件是,控制所观察到的现象的定律是如此复杂,使得不可能从它们推导出该现象。对于那些不能或不愿等到数学方法足够完善,以使得今天不可能的变为可能的人,那就必须发展至少能解决某些特殊情况的近似计算方法。这类近似计算方法的典型例子就是 Prandtl 的边界层理论和飞机理论。显然,这类工作一般不会导致‘物理领域的发现或发明’”,因而不能授予诺贝尔物理学奖。

这一意见虽然否决了授予 Prandtl 诺贝尔奖,但对力学基础研究的性质却做了恰如其分的描述。即当一时还无法用数学方法直接由基本规律推出有关现象时,寻找有效的“近似的算法”就是重要的基础研究。

寻找近似的算法,在相当长的时间里,是通过针对某一类流动,提出简化的物理模型而实现的,如 Prandtl 的边界层模型。对目前还不能直接从基本方程出发计算的不少重要问题如湍流、燃烧、流体噪声等,研究者也正在这样做。

近年来,由于计算机和计算技术的发展,使得对某些问题可以通过直接求 Navier-Stokes 方程的数值解而解决。数值解也是一种近似解,因而解决数值解中的问题,如网格生成、提高格式精度等也是流体力学的基础研究。

有了足够多针对某一类问题的定量结果后,有可能提炼出一些该类问题中的规律性的结果,如跨声速飞机设计中的无激波机翼理论和面积率等。这也是基础研究要做的。

所以,如果不是像量子力学那样跳出了原学科而得到新的基本规律,而是在原有的学科内,且该学科的最基本的规律已知,则其基础研究可能主要就是上述3个方面。

但无论哪一种基础研究,都不可能脱离具体的对象,而只从一个抽象的模型出发。提出简化模型,必须能反映问题的本质,否则就不会有真正的价值。例如,长期以来,以均匀各向同性湍流为模型做湍流研究被认为是流体力学的重要基础研究之一,但它迄今没有对解决实际湍流问题起到实质性的作用,就是因为该模型没有反映真实湍流的实质(详情请见笔者和张涵信合写的“号称经典物理留下的世纪难题‘湍流问题’的实质是什么?”一文,刊登在《中国科学》中文版 2012 年第 1 期上)。

基础研究的价值,在很大程度上取决于所选择的研究对象的重要性。在非线性水波理论中有一个结果,从数学上看和非线性光学中的一个结果是一样的,而且先于光学做出来。但光学的成果后来得了诺贝尔物理学奖,而水波的则没有。可能就是因为光学中的结果对激光技术的发展有重要意义,而激光技术的重要性是显然的。航空航天技术的重要性也是无可怀疑的,因此针对航空航天技术发展的需求寻找合适的近似算法以及一些规律性的结果就是流体力学的重要基础研究方向。几十年来其成果已系统化而且形成了很多新的力学分支就是证明。

通常所说的基础研究和应用基础研究在力学这样的“老”学科里实际上并没有一个清晰的分界线。往往在开始时针对某一具体问题开展的应用基础研究,积累到一定程度时会转化为适用于一类问题的基础研究成果。

周恒

(天津市南开区卫津路 92 号天津大学,天津 300072)