



评析谈庆明的近作《Dimensional Analysis》

鲁晓兵

中国科学院力学研究所, 北京 100190

量纲分析是解决实际问题的一个有力工具, 不仅可以用来合理地简化及处理问题, 而且可以导出新知识、获得新信息. 越是新现象、新问题、复杂的问题, 越能体现量纲分析的优越性.

谈庆明的近作《Dimensional Analysis》在 2011 年由 Springer 出版社出版, 中国科学院力学研究所樊菁所长特地要求所图书馆购置两本. 该书的中文版在 2005 年由科学出版社出版. 现在的英文版是中文版的修订和扩充版. 当新书在今春到了所里, 樊菁所长非常高兴, 马上把新书信息发布在所的网页上. 近几年, 一方面看到所里好几位研究生, 因为听过谈庆明老师的“量纲分析”课, 在学位论文工作中尝到了运用量纲分析的甜头; 另一方面也看到, 不少发表在期刊上的论文却屡屡出现因为不懂量纲分析而产生的大小错误. 有感于此, 我觉得很有必要对这本书做点介绍, 特别需要指出本书与同类书相比所具有的特点.

(1) 许多讨论量纲分析的书把量纲混淆为单位, 认为量纲分析就是 Π 定理, 这是基本概念性质的错误. 这本书从释题开始, 对标题“量纲分析”中“量纲”和“分析”两个词语做了简洁而明确的定义.“量纲”乃是一个量的种类属性, 用以区分这个量属于这一类还是那一类.“分析”一词的内涵则分为两个层次: 简单的分析就是做比较分析, 只有同类量才可以进行比较, 不属于同一类别的量是不能比较的; 复杂的分析就是做因果分析, 给出现象或问题中的因变量(果)和自变量(因)之间的函数关系. 在研讨这种函数关系时, 无论自变量、因变量乃至函数关系的表述, 在本质上必然是无量纲的. 正是基于这一本质, 像钱学森那一代老科学家, 他们当时用的是“无量纲分析”的说法, 而不叫“量纲分析”.

(2) 以往讨论量纲分析的著作往往从 Buckingham(1914) 导出的 Π 定理出发, 本书的作者把量纲分析的发展史溯源到 Fourier(1822) 的贡献. Fourier 在他的经典著作《热的解析理论》中提出的量纲齐次性原则, 即描述现象的方程中的各项必须具有同一个量纲. 把这一原则应用到牛顿定律, 确定了力的量纲, 即质量与加速度的乘积, 从而把几何学中的维度概念推广到物理学中, 形成量纲这一概念. 这一原则也是后来 Buckingham(1914) 导出 Π 定理的基础, 当然也是比较分析和因果分析的基础.

(3) 正如郑哲敏先生在序言中指出的: “该书的特点是列举而且详细介绍了量纲分析在力学领域里多方面的应用, 从形式上看, 量纲分析的原理和方法似乎很简单, 其实不然, 因为量纲分析实际上是一种观察和思考问题的观点. 需要了解充分的实例并经过自身的实践才能真正掌握其精神实质的深刻理解.”

作者在本书中采用案例分析的方法来说明量纲分析的应用, 一共包括 4 方面的案例, 即: (1) 常用案例; (2) 基本案例; (3) 经典案例和 (4) 前沿案例. 在经典案例部分, 作者介绍了两个经典案例, 一个是 Taylor 等在 20 世纪 40 年代关于美国爆炸第一颗原子弹的 TNT 当量的估算; 另一个是开创近代力学的鼻祖 Prandtl 的边界层理论. 这两个案例充分说明力学大师面对复杂问题时, 如何在众多影响因素中, 运用量纲分析和量级分析相结合的手段, 抓大放小, 进行合理的简化, 最后得到满意的结果. 在前沿案例部分, 作者又给出了一系列前沿研究的结果, 例如郑哲敏领衔的有关断裂、硬度以及煤与瓦斯突出机理等方面运用量纲分析得

到的结果. 作者通过这些案例充分说明量纲分析是解决复杂问题的通用而有力的方法或手段, 以及在不同的问题中如何根据问题的物理实质, 抓住关键因素, 确定反映问题本质特征的无量纲量及因变量和自变量间的关系.

(4) 本书的最后一章“数学模拟的规整化”相当精彩, 也可以说是画龙点睛. 作者通过列举的案例, 说明分析和研究一个问题, 关键是要找出问题所固有的合适的单位系统. 如果不对问题的物理实质进行中肯的剖析, 轻易选择某些量形成单位系统, 最后就会得到似是而非的结果. 反之, 选好单位系统, 就会事半功倍. 这一章还与第一章首尾呼应, 本书从量纲和单位出发, 最后又回到了单位和量纲.

(5) 作者在第一章引用了我国力学界前辈钱学森先生在 1980 年出版的《土岩爆破文集》“写在前面”中的一段话: “由于爆炸力学要处理的问

题远比经典的固体力学或流体力学要复杂, 似乎不宜一下子想从力学基本原理出发, 构筑爆炸力学理论. 近期还是靠小尺度模型实验, 但要用比较严格的无量纲分析, 从实验结果总结出经验规律. 这也是过去半个世纪解决工程科学问题行之有效的力学研究方法”. 钱学森先生在力学学会成立 25 周年的理事会扩大会议上所做的开幕词中有一段话: “从力学的发展历史来看, 为工程技术服务而发展起来的行之有效的力学方法也可以用来为发展自然科学服务. 比如说无量纲方法, 相似律方法, 我自己也有点体会.” 这是老一辈科学家的经验总结, 充分说明量纲分析的重要性, 尤其在理论还不成熟的领域.

看来, 今天我们还很有需要在力学界, 甚至在整个科学界对量纲分析做点启蒙和普及的工作. 介绍谈庆明这本很具特色的书就是其中的一部分.

REVIEW OF 《DIMENSIONAL ANALYSIS》

LU Xiaobing

Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China