

书评

《涡运动理论》评介

吴介之

美国匹纳西大学空间学院

涡动力学, 即涡量和旋涡的动力学, 是整个现代流体力学的一个主要支柱. 狭义地讲, 涡旋动力学讨论集中涡的运动和相互作用; 广义地讲, 涡动力学涵盖了整个有旋流体的动力学及其对无旋流的作用 (如涡声). 著名理论家 Saffman (J Fluid Mech, 1981, 106: 49) 指出, 倘若没有涡量, 流体 (应指不可压) 无穷多自由度的独特性质将丧失殆尽, 流体力学将无非是产生流动的固体运动的柔性延拓. 所以, Batchelor 的著名教材《An Introduction to Fluid Dynamics》(1967) 一改 Lamb 的经典著作《Hydrodynamics》的安排, 开宗明义把不可压粘性有旋流动作为整个流体力学的核心. 为适应这一现代认识, 90 年代以来国内外相继出现了几本涡运动力学专著和高级教材. 例如, 按狭义观点讨论的有:

Saffman P G. Vortex Dynamics. Cambridge Univ Press, 1992;

Green S I, ed. Fluid Vortices. Kluwer Academic Publishers, 1995;

按广义观点讨论的有:

吴介之, 马晖扬, 周明德. 涡动力学引论. 北京: 高等教育出版社, 1993;

Lugt H J. Introduction to Vortex Theory. Vortex Flow Press, 1996.

但是, 为使流体力学工作者 (不只是学生) 从传统的“Lamb 模式”和四五十年代形成的以无粘势流为核心的高速气体动力学中跳出来, 进入当代流体力学的思考方式, 需要更大的努力. 其中十分必要的一环, 就是出版一本尽可能普及的浓缩教材, 使尽可能广的读者尽早理解涡运动的重要地位和基本内涵. 董秉纲、尹协远和朱克勤三位教授编著的《涡运动理论》1994 年由科学技术大学出版社出版, 适应了这种要求, 起到了这种作用. 它独具特色, 是一本难得的好书.

本书的选题本身就是一个成功. 它说明作者对流体力学的发展趋势有敏锐的观察, 对传播涡动力学知识的必要性和迫切性有清楚的认识. 涡动力学涉及的内容很广, 大部分内容都包含从基础到前沿的大跨度, 理论、实验和计算结果极多, 同时流体力学的未知难题 (尤其是湍流中的涡结构与相互作用) 又大都集中于此. 如何在流体力学基础教材和涡动力学专著之间建立桥梁, 可以说比写一本专著还难. 这也是笔者自己在十几年涡动力学教学中一直探索而未尽成功的问题. 本书作者做到了这一点.

作为国内外第一本这一层次的教材, 作者们无先例可循. 只能从原始材料中取舍提炼. 我们看到的这本书, 各章的选题和每章内容的选取, 既是简洁的、必要的, 又是现代的, 包含了

若干具有基础意义的新进展。书中所用的理论工具，国内流体力学专业高年级本科生和低年级研究生都可掌握（顺便提一下，美国一般大学同类专业的研究生中，只有个别极优秀的才会用这些工具）。这里反映了作者举重若轻的功力，丰富的教学经验和编著时的精心构思。这种简洁适用的特色，在我所看到的迄今国内外有关著作中是唯一的。

值得指出的是，本书从涡量场的运动学和动力学入手，从涡量的产生到旋涡的形成及其运动和相互作用，包括面涡、涡索、线涡和点涡系，并讨论了地球物理涡和涡方法，这是一个完整的正确思路。它反映了涡运动自身演化的规律，很有助于把握涡动力学的物理本质。这种整体思路也是判断一本书水平高低的标准之一。本书之后的两本著作（Green 主编的专著和 Lugt 的高等教材），甚至 Saffman 1992 年的专著，在这方面也还有所欠缺。

笔者希望这本书能成为我国众多流体力学专业的选修教材或主要参考。还希望作者考虑出适当扩充的第二版，并对此提几点建议仅供参考。

(1) 除少数章节需根据出版后的进展更新内容外，增加三四章非数学的物理概述，分别讨论涡与固体的相互作用（这里需要典型实例。除圆柱绕流外，很可讨论升力如何来自机翼不对称边界层中的净涡量——一架巨型飞机竟能被这点净涡量托上天）；涡的稳定性、感受性、破裂和控制（也需要典型实例）；以及没有涡就没有湍流、没有涡就没有流体声音这种涡与湍流和噪声之间的本质关联。另一方面，个别只有纯理论兴趣的内容可以删去。这样，本书会使读者更深切地感到涡运动与周转自然界和工程技术的密切关系。

(2) 除在前言和第 1.1.4 节中阐明涡动力学的重要性外，如能对每节具体内容加入对问题物理本质及其意义的少量精辟说明，将会有画龙点睛之效。有些理论结果，需指出它们的局限性甚至非物理性（如精确涡旋解的动能和角动量发散问题）及其根源。

(3) 收入一些典型的观察、实验和计算图片。通常，流体运动是看不见的，这给一些初学者（乃至高年级研究生）带来很大困难。但作为流体运动的肌腱，涡往往是“看得见”或易于显示的，十分有助于把形象思维和逻辑思维结合起来，何乐而不为。生动的图片是教材的一个有机部分，在这方面公认做得最好的是 Lugt 的书。

(4) 收入一些习题。这是一项需要长期积累的工作，但 Lugt 也做到了，他的习题可供参考，但还可扩充。