

俄罗斯数学  
教材选译

# 连续介质力学

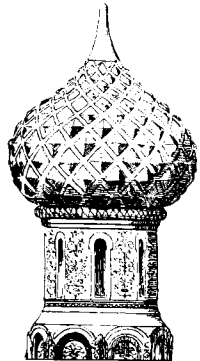
(第一卷) (第6版)

□ Л. И. 谢多夫 著

□ 李植 译



高等教育出版社  
Higher Education Press



俄罗斯数学  
教材选译

033/16

:1

2007

● 数学天元基金资助项目

# 连续介质力学

(第一卷) (第6版)

Л. И. 谢多夫 著

李植 译



高等教育出版社  
Higher Education Press

图字: 01-2007-3073 号

МЕХАНИКА СПЛОШНОЙ СРЕДЫ

Л. И. Седов

Лань, 2004

Originally published in Russian under the title

Continuum Mechanics

Copyright © 2004 by L. I. Sedov

All Rights Reserved

### 图书在版编目 (CIP) 数据

连续介质力学. 第1卷: 第6版 / (俄罗斯)谢多夫著;  
李植译. —北京: 高等教育出版社, 2007.9

ISBN 978 - 7 - 04 - 022155 - 8

I. 连… II. ①谢… ②李…

III. 连续介质力学—高等学校—教材 IV. 033

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 141066 号

策划编辑 郑轩辕 责任编辑 郑轩辕 封面设计 王凌波

责任绘图 朱 静 责任印制 韩 刚

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
		网上订购	<a href="http://www.landraco.com">http://www.landraco.com</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		<a href="http://www.landraco.com.cn">http://www.landraco.com.cn</a>
印 刷	北京民族印刷厂	畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×1092 1/16	版 次	2007年9月第1版
印 张	26.75	印 次	2007年9月第1次印刷
字 数	540 000	定 价	49.00 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22155-00



## 谢多夫

Л. И. Седов

(1907—1999)

俄罗斯力学家。1907年11月生于顿河罗斯托夫。1931年毕业于莫斯科大学，1936年获得技术科学副博士学位，1937年获得数理科学博士学位。从1937年起担任莫斯科大学力学数学系教授，1946年当选为苏联科学院通讯院士，1953年当选为院士。曾经获得社会主义劳动英雄称号、列宁勋章（6枚）等许多荣誉称号和奖章。主要研究领域涉及连续介质力学、流体力学、空气动力学和相对论，著有专著《流体力学和空气动力学平面问题》、《力学中的相似方法与量纲理论》、《连续介质力学引论》和教材《连续介质力学》（共2卷）。

# 《俄罗斯数学教材选译》序

---

从上世纪 50 年代初起,在当时全面学习苏联的大背景下,国内的高等学校大量采用了翻译过来的苏联数学教材.这些教材体系严密,论证严谨,有效地帮助了青年学子打好扎实的数学基础,培养了一大批优秀的数学人才.到了 60 年代,国内开始编纂出版的大学数学教材逐步代替了原先采用的苏联教材,但还在很大程度上保留着苏联教材的影响,同时,一些苏联教材仍被广大教师和学生作为主要参考书或课外读物继续发挥着作用.客观地说,从解放初一直到文化大革命前夕,苏联数学教材在培养我国高级专门人才中发挥了重要的作用,起了不可忽略的影响,是功不可没的.

改革开放以来,通过接触并引进在体系及风格上各有特色的欧美数学教材,大家眼界为之一新,并得到了很大的启发和教益.但在很长一段时间中,尽管苏联的数学教学也在进行积极的探索与改革,引进却基本中断,更没有及时地进行跟踪,能看懂俄文数学教材原著的人也越来越少,事实上已造成了很大的隔膜,不能不说是一个很大的缺憾.

事情终于出现了一个转折的契机.今年初,在由中国数学会、中国工业与应用数学学会及国家自然科学基金委员会数学天元基金联合组织的迎春茶话会上,有数学家提出,莫斯科大学为庆祝成立 250 周年计划推出一批优秀教材,建议将其中的一些数学教材组织翻译出版.这一建议在会上得到广泛支持,并得到高等教育出版社的高度重视.会后高等教育出版社和数学天元基金一起邀请熟悉俄罗斯数学教材情况的专家座谈讨论,大家一致认为:在当前着力引进俄罗斯的数学教材,有助于扩大视野,开拓思路,对提高数学教学质量、促进数学教材改革均十分必要.《俄罗斯数学教材选译》系列正是在这样的情况下,经数学天元基金资助,由高等教育出版社组织出版的.

经过认真选题并精心翻译校订,本系列中所列入的教材,以莫斯科大学的教材为

主,也包括俄罗斯其他一些著名大学的教材.有大学基础课程的教材,也有适合大学高年级学生及研究生使用的教学用书.有些教材虽曾翻译出版,但经多次修订重版,面目已有较大变化,至今仍广泛采用、深受欢迎,反射出俄罗斯在出版经典教材方面所作的不懈努力,对我们也是一个有益的借鉴.这一教材系列的出版,将中俄数学教学之间中断多年的链条重新连接起来,对推动我国数学课程设置和教学内容的改革,对提高数学素养、培养更多优秀的数学人才,可望发挥积极的作用,并起着深远的影响,无疑值得庆贺,特为之序.

李大潜

2005年10月

# 译者序

---

本书作者 Л. И. 谢多夫的名字对国内许多读者来说并不陌生, 其代表作《力学中的相似方法与量纲理论》的中译本早在 1982 年就由科学出版社出版. 现在, 他的另外一本享誉世界的著作《连续介质力学》(共 2 卷) 的中译本由高等教育出版社出版, 这对相关专业的学生、教师和研究人员来说无疑是一件喜事.

作为俄罗斯科学院院士和莫斯科大学流体力学学派的领袖, Л. И. 谢多夫在大量从事科学研究和社会活动的同时仍然极其重视教育工作, 在他的学生中有 4 位院士、50 多位博士和 130 多位副博士<sup>1)</sup>. Л. И. 谢多夫曾经多次表示, 在所获得的所有职位和称号中, 他最看重莫斯科大学教授的头衔, 在他的西装上总是别着一枚莫斯科大学授予的荣誉徽章. 这本书就是 Л. И. 谢多夫多年来教学工作的结晶. 正是在他的推动下, 从 20 世纪 60 年代开始, 连续介质力学成为莫斯科大学力学数学系力学专业和数学专业的必修课, 整个课程体系也相应发生了根本变革, 逐渐形成了以理论力学、连续介质力学和控制力学这 3 门必修课为核心的力学专业新教学计划并沿用至今. 实际教学效果表明, 这样的新教学计划反映了学科的发展趋势, 对培养掌握现代化知识体系的高级人才功不可没.

本书是专门为力学专业大学生编写的教材, 重点讲述如何建立连续介质的数学模型. 作者是建立连续介质数学模型的大家, 他的经验和思路很好地融合在全书的内容里. 全书材料的取舍和叙述方式都经过作者的精心设计. 在译者看来, 书中独具特色的部分一是对张量本质的介绍和自然而严谨的处理方法, 二是对连续介质热力学的简要介绍, 三是对问题提法的全面论述. 此外, 读者可以看到, 书中有大段的文

---

<sup>1)</sup> 俄罗斯的副博士 (кандидат наук) 学位相当于我们通常所说的博士 (Ph. D.) 学位, 而俄罗斯的博士 (доктор наук) 学位则是更高一级的学位, 一般要求学位获得者在相关领域具有非同寻常的贡献.

字(而不是公式)详细地从各个角度甚至从哲学层面上论述建立数学模型的本质、意义、假设和方法,这也是此书明显有别于其他教材的地方。因此,把这本书介绍到中国来具有重要意义。

在 20 世纪 90 年代在莫斯科大学力学数学系留学期间,译者作为一名力学专业的本科生完整地上过由 E. B. 洛马金教授主讲的连续介质力学课程。课程持续 3 个学期,主要内容与 Л. И. 谢多夫的《连续介质力学》基本一致。译者至今还清晰地记得当时上课记笔记、课后仔细阅读这本教材并与笔记内容进行对照的情景。初次学习连续介质力学这样的课程无疑有一定困难,但 Л. И. 谢多夫的教材对译者很有帮助。当时的感觉是,这门课和教材都很难,但是经过仔细思考可以接受和掌握。译者在后来的研究和教学中又多次阅读过这本书的相应章节,例如在北京大学为力学专业学生讲授流体力学时,尤其是在介绍张量和建立流体模型时主要参考了这本书的讲法,取得了很好的教学效果。这本书的可贵之处在于,对学生而言,书的内容丰富而经典,有一定难度但又不是高不可攀;对教师而言,这是一本可以常置案头的参考书。这就是此书多年来能够不断再版并被译为多种文字的根本原因,译者相信其中文版同样能够在很长一段时期内使读者受益。

译者在留学期间与 Л. И. 谢多夫院士建立了很好的私人关系。Л. И. 谢多夫曾经多次表示,虽然他的《连续介质力学》已经被翻译为英文、法文、日文和越南文,但一直没有中文版是一件非常遗憾的事情,因为中国是一个大国,有众多的科技人员和大学生。他相信这本书对中国科技界是有用的参考书,因此,他委托译者来翻译《连续介质力学》。1999 年秋天,在译者回国后不久,Л. И. 谢多夫院士以 92 岁高龄辞世。惊闻噩耗之余,译者发誓要精心完成他的遗愿。在一些准备工作之后,从 2002 年起,译者开始认真地进行翻译工作。历经 6 年辛苦工作,第一卷终于付印,希望能够得到广大读者的认可。2007 年是 Л. И. 谢多夫的百年寿辰,谨以此书纪念这位为科学和教育事业做出重大贡献的科学家!

本书涉及物理、数学等领域的大量专业术语,译者尽可能使术语的翻译规范化,但也遇到了大量困难。困难之一是中文术语本身就不统一,在不同领域有不同的习惯和用法。译者主要使用全国自然科学名词审定委员会公布的《力学名词 1993》、《物理学名词 1996》和《数学名词 1993》(以下统一简称为《名词》)和相应国家标准作为翻译标准,同时还参考了科学出版社出版的《物理学词典》等工具书和词典,以及其他一些俄文书的中译本。不过,考虑到学科的特点和译者所掌握的一些文献中的使用习惯,仍有个别名词没有按照国家标准翻译,例如在张量分析中广为使用的协变和逆变(《名词》中为共变和反变),量纲分析中的无量纲量(在国家标准为量纲一的量),等等。原书使用的个别术语已经过时,译者一般依照原文翻译,但在该术语第一次出现时在脚注中注明其标准名称,例如热力学中的内能现在改为热力学能;少量没有按照原文直接翻译的名词则在脚注中加以说明。此外,激波和冲击波(击波)都是表示突跃压缩的术语,译文采用前者,因为这是流体力学中更为常见的用法,尽管



俄文 ударная волна 从字面上直接翻译就是冲击波。书后的人名译名对照表是由译者添加的。

中文版完全保持了原书的排版风格,尤其是小标题的样式与原书一致,这被认为是原书的一个有益于阅读的重要特点。除了改正一些印刷错误和明显的疏漏,译者还增加了一些注释并重新制作了索引。为了便于读者查阅书中引用的俄文文献,译者尽可能找到相应中文版或英文版并将其列在俄文文献之后。由于原书历经多次修订和增补,部分公式的编号出现多种形式(例如用带撇号的数字或用字母表示),所以在中文版中按照形式统一的原则对正文中的公式编号进行了调整,并且去掉了那些不被前后文引用的编号。此外,译者还对个别表示同一个量的不同符号进行了统一化处理。总之,上述变化使中文版更加规范,也使读者更加容易掌握本书的内容。

译者非常感谢莫斯科大学力学数学系的 М. Э. 埃格利特教授的大量无私帮助,她不但不厌其烦地回答了关于本书的方方面面的问题(包括俄文理解的问题),还专门写了中文版序。М. Э. 埃格利特教授是 Л. И. 谢多夫院士的学生,是连续介质力学领域的著名学者,长期讲授连续介质力学、流体力学等课程,曾经多次参加本书俄文版的编辑和修订工作。由她撰写的序言特别有助于读者认识本书的意义。

译者的导师 Н. Р. 西布加图林教授在生前一直关心本书的翻译工作并提出了一些具体建议,他的儿子 И. Н. 西布加图林博士为本书版权问题的解决提供了大量帮助,译者在此对 Н. Р. 西布加图林教授表示深深的怀念,对 И. Н. 西布加图林博士表示感谢。

在翻译过程中,译者得到了北京大学力学系的许多同事和学生的帮助。陈国谦教授和黄克服副教授一直支持和鼓励译者的翻译工作,苏卫东副教授对部分内容提出了具体建议,博士研究生杨延涛认真阅读了前 5 章译文并提出了一些文字上的意见,译者对他们深表感谢。

人工晶体研究所的晶体学专家黄朝恩教授仔细检查了附录一的译文并提出了许多重要的意见和建议,译者特别感谢他的帮助。

译者还要感谢高等教育出版社的帮助。编辑郑轩辕博士仔细审阅了全部译文并提出了大量恰当的修改建议,编审张小萍女士对最终的译稿提出了一些有价值的建议,他们在最大程度上完善了译文的质量。

最后,译者恳请广大读者对译文中不够准确甚至错误的地方予以指正。

李植

北京, 2007 年 8 月

# 中文版序

---

近年来, 由于计算机的普及和数值方法的广泛发展, 如何在数学上提出问题成为头等重要的事情, 这要求我们能够用数学方法描述所研究的现象, 即建立其数学模型. 经典的连续介质模型和它们所能够描述的效应是在流体力学、水力学、弹性力学、塑性力学、蠕变力学、材料力学等连续介质力学分支中进行研究的. 然而, 实际应用越来越经常要求力学领域的工程和研究人員能够建立复杂连续介质的新模型, 能够研究复杂的物理和化学过程, 能够提出并解决关于各种介质在新条件下的物理行为的新问题. 因此, 我们不仅要理解连续介质力学中的个别已知的具体模型和规律, 而且要理解连续介质力学基本概念和定律本身的意义. 正是由于上述原因, 连续介质力学才从一系列单独的专门学科中独立出来, 而连续介质力学课程也被许多大学列为必修课程.

本书是连续介质力学领域的杰出学者、俄罗斯科学院院士、国立莫斯科大学教授 Л. И. 谢多夫所著连续介质力学教材的中译本, 该教材在俄国得到了广泛使用. Л. И. 谢多夫发表了 200 多篇学术论文, 撰写了多部专著和教材, 其中最为著名就是本书和《力学中的相似方法与量纲理论》<sup>1)</sup>, 后者已经出版 10 次, 被译为多种语言. 在 20 世纪 60 年代, Л. И. 谢多夫是理解在力学专业大学生教学计划中引入连续介质力学课程的必要性和重要性的最初几个人之一. 他率先为莫斯科大学力学数学系学生讲授连续介质力学, 该课程持续 3 个学期, 包括 70 次讲座. 此后, 这一课程成为莫斯科大学力学数学系力学专业学生的传统课程, 而为数学专业学生讲授时则删减部分内容. 现在奉献给读者的这套两卷本教材就是基于该课程的授课内容撰写的.

---

<sup>1)</sup> Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. 10-е изд. Москва: Наука, 1987 (俄文第八版的中译本: Л. И. 谢多夫. 力学中的相似方法与量纲理论. 沈青, 倪锄非, 李维新译. 北京: 科学出版社, 1982).

本书是连续介质领域的基本教材之一, 俄文版已经出版 5 次, 英文版已经出版 2 次, 此外还有其他语言的一些版本。

本书的主旨不仅在于描述连续介质的经典模型和规律, 而且在于阐明建立数学模型的一般基础, 使读者能够理解最前沿的问题。在第一卷中首先引入了一些基本概念, 用来在数学上描述连续介质的平衡和运动, 并且描述方法与介质的具体性质无关。这些概念是: 对时间的物质导数 (随体导数), 有限应变张量, 小应变张量, 应变率张量, 应力张量, 等等。在这一部分中有非常重要的一节专门解释张量的概念。在引入张量时, 基矢量被明确地写在张量的记号中。这种定义方法有助于更深刻地理解张量的本质和运算法则, 尤其是在使用曲线坐标系的时候。由于热力学在建立连续介质模型时起重要作用, 在第一卷中还有一章专门讲述连续介质热力学。书中给出了普适的物理守恒定律, 并由此导出了相应微分方程和包括激波条件在内的间断面条件。引入了经典的流体模型和弹性体模型, 详细讨论了连续介质与电磁场的相互作用。第一卷最后一章论述提出具体问题的共同基础, 其中包括量纲分析、现象的相似和模拟。

第一卷的附录是作者的 2 篇论文, 其中研究非线性张量函数理论的附录一具有特别重要的实际价值。

第二卷论述了连续介质的具体模型——理想流体、黏性流体、弹性介质和塑性介质, 研究了流体力学、空气动力学、弹性力学、塑性力学和裂纹理论的基本问题和一般规律, 给出了提出具体问题并进一步求解的一些实例。这里值得特别强调关于非线性弹性力学的部分内容。

书中没有用于自学的练习和习题。如果读者希望通过求解习题来加深对课程的理解, 可以参阅由 Л. И. 谢多夫的一些同事和学生合编的《连续介质力学习题集》<sup>1)</sup>, 其中包含 1000 余道题目。该习题集可以看作是对 Л. И. 谢多夫的这套教材的补充。

对力学、数学和物理学专业的大学生、研究生以及工程师和研究人员来说, 本书无疑是一本有用的参考书。

М. Э. 埃格利特

莫斯科, 2007 年 7 月

<sup>1)</sup> Механика сплошных сред в задачах. Т. 1, 2. Под ред. М. Э. Эглит. Москва: Московский лицей, 1996 (Eglit M. E., Hodges D. H., eds. Continuum Mechanics via Problems and Exercises. Parts I, II. Singapore: World Scientific, 1996).

# 第一版序节录

---

为了认识自然和解决许多迫切的工程问题,需要建立大量新的模型,以便深入而更加细致地描述微观的和宏观的、力学的乃至一般而言物理学的对象、相互作用和现象.

经验和科学的内在本质表明,无论是物质结构问题、天体力学问题,还是关于生物体、有机体和无机体中的复杂相互作用的重要性质的各种问题,其答案在许多情况下关系到我们的某些普适的一般的概念、观念、定律、原理和方法.

为了研究物理场的行为,为了研究气体、等离子体、液体和可变形固体的运动和平衡,目前已经积累了大量科学信息,发展了相应理论,并取得了许多实验结果.

明确地提出一般原理并建立各种理论与所观察到的效应之间的内在联系,这有助于更深刻地理解科学发展的实际状态,正确地评价已经取得的和正在发展的科学成就,自如地驾驭所获得的丰富的信息.所有这一切都是科学进一步发展的基础,因而是非常必要的.

由我们引入并使用的那些概念和关系式只有在某些模型的范围才具有确定而准确的意义,因为模型就是为了科学地描述和研究我们所关心的若干类实际现象而建立起来的.在阐述力学和物理学的基本原理时遵循上述原则是有益的,我们必须明确地强调这一点.空间、时间、力、温度、熵等基本概念无不如此.众所周知,牛顿力学在量子力学所描述的某些相互作用中毫无意义,仅有牛顿力学也远不足以描述复杂的现代连续介质模型中的力学相互作用.熵和温度这些“普适”概念在分析力学模型中既无意义也无用处.

因此,脱离模型就不能讨论那些基本的概念和规律,无论模型的涉及面是宽还是窄,也无论模型已经被明确引入、可能被引入还是以隐含的、潜在的方式存在于理论和实验观察中.如果忽视这一点,过分地推广并脱离问题的本质,在讨论力、熵等

概念的意义时就可能出现纸上谈兵的情况。在一些正确引入的确定模型下,既可以实现必要的明确性,也容易消除出现的误解。但是自然,所有模型都只是近似地在某一方面反映实际情况,所以模型的精确化和复杂化,建立新模型或在已知的意义下简化已有模型是关系到科学进步的不断进行的过程。

显然,无论从已有的应用来说,还是从将来的研究和应用前景来说,学习力学对学生而言都有特别的好处。

因此,在高等院校的教学中引入连续介质力学课程,并把它作为热力学、电磁场理论、流体力学、空气动力学、弹性力学、塑性力学、蠕变力学等物理学和力学分支的共同基础,其必要性在最近一些年已经明显地显现出来。尽管物理学和力学的上述分支初步看来各不相同,但它们的共同点和不可分割的联系使我们不得不把这些分支看作一个统一的整体。

本连续介质力学教程就是在上述观点下,根据作者多年来在国立莫斯科大学授课的讲义写成的,最初曾经在 1966—1968 年在小型胶印机上印刷出版。

本书由 2 卷组成。第一卷讲述普适的数学方法和概念以及热力学和电动力学的基本原理。作者希望,对热力学和电动力学原理的简要叙述并非仅对力学领域的专家才有益处。在第一卷中还建立了基本物理方程、强间断面附加关系式以及初始条件、边界条件和其他一些条件,此外还给出了近似方法的一些重要性质,例如与问题的线性化相关的一些性质。总之,第一卷为建立具体的连续介质模型打下了基础,还揭示了用来提出具体问题的典型概括方法。

第二卷研究流体力学、空气动力学、弹性力学和塑性力学的具体模型和理论,并在经典模型的范围内给出了一些典型问题的解,建立了对多种运动和过程都成立的一些最重要的规律。

本书之所以在叙述时采用以演绎为主的风格并对材料进行相应选取和安排,是为了尽量给出连续介质运动理论的逻辑框架,并达到以下主要目的:利用最少的实际信息和实际应用价值最重要的一些最简单的实例,为读者创造适宜的环境来详尽地理解连续介质力学原理的本质,使读者了解在连续介质运动中出现的一些主要的已知效应。换言之,我们尽量用最少的必要信息使读者获得最多的理解。

本教程不包含流体力学和固体力学中的某些非常重要的分支,因为除了一般的连续介质力学课程,还有一些后续专业课程和其他文献更加详细地发展了相应理论。例如,书中不涉及下列问题:液体和气体的平面运动理论,气体的非正常运动理论,液体表面重力波理论,更加详细的量纲分析与力学相似理论,边界层理论,湍流,详细的塑性力学和蠕变力学,等等。

B. B. 罗赞采娃和 M. Θ. 埃格利特在我的课上记录的笔记是本教程的原形;在撰写和编辑全书的过程中,我们进行了卓有成效的讨论,正是在他们的大力协助下,内容才得以完善。我特别感谢 B. B. 罗赞采娃和 M. Θ. 埃格利特,他们的大量工作保障了本教程的出版。在撰写流体力学和弹性力学平面问题的相应章节时分别得到

了 B. П. 卡尔利科夫和 Д. Д. 伊夫列夫的大量帮助, 我对此深表感谢.

在撰写和编辑关于气动机械和水力机械一般理论的部分时, 我得到了 Г. М. 巴姆-泽利科维奇、Г. Ю. 斯捷潘诺夫和 А. Я. 切尔克兹的许多帮助, 我真诚地表示感谢.

在准备本教程最初的胶印版本时, Е. И. 斯韦什尼科娃和我的其他许多同事和学生完成了大量工作, 我也非常感谢他们的帮助.

连续介质力学的参考文献列于第二卷最后.

Л. И. 谢多夫  
莫斯科, 1968 年 12 月

## 第四版序

---

在本教程最初几版问世后的 10 年时间内, 连续介质力学的一系列基本理论取得了显著的进展. 因此, 在本教程的新的第四版中补充了一些内容, 完善了多处文字的表述, 还从方法论的角度给出了一些说明, 这应当有助于在现代水平上更清晰地理解和掌握问题的本质.

例如, 使用本教程讲授连续介质力学的经验表明, 通过书中所采用的明确引入基矢量的方式来定义矢量和张量的概念, 这完全符合问题的本质, 因而不但不会引起任何困难, 反而特别有助于读者和学生在最短时间内正确而全面地掌握大量几何、物理和力学理论的本质.

根据所需要的详细程度, 在书中不仅强调了引入随体坐标系和完全任意的观察者参考系的必要性, 还强调了与此相关的自然定律协变性的概念. 值得再一次指出, 力学和物理学的基本方程相对于以任意方式运动和变形的任意参考系具有协变性, 并且这种性质不是像某些人认为的那样只对广义相对论中的相应坐标系才成立, 它对牛顿力学中的坐标系也同样成立. 必须加以注意的仅仅是关于时间和空间的相应一些公设以及在某些情况下 (如在牛顿力学中) 选取出来的一些参考系, 例如全局的或局部的惯性系, 这些参考系不仅被用来建立方程和提出问题, 而且被用来引入类似于“绝对加速度”的一些物理量. 在相对论中也可以借助于局部固有惯性参考系的选取来引入类似的物理量, 在一些个别实例中还可以像在牛顿力学中那样利用全局参考系来引入类似的量.

例如, 如果把绝对加速度和按照定义具有重要物理意义的所有对时间的导数都通过任意运动的参考系中的相应一些量表示出来, 则牛顿力学中的所有方程都将具有协变形式. 对于相对于惯性参考系的加速度矢量, 需要使用公式

$$\mathbf{a}_{\text{abs}} = \mathbf{a}_{\text{rel}} + \mathbf{a}_{\text{con}} + \mathbf{a}_{\text{add}}, \quad (1)$$

式中  $\mathbf{a}_{\text{rel}}$  是所研究的物质点  $M$  相对于任意的运动参考系的加速度矢量,  $\mathbf{a}_{\text{con}}$  是运动参考系中的在给定时刻与点  $M$  重合的点  $M'$  相对于惯性参考系的加速度矢量, 而  $\mathbf{a}_{\text{add}}$  是因为点  $M$  的相对运动速度以及牵连运动的涡张量和应变率张量而产生的附加的广义科里奥利加速度矢量. 在一般情况下, 牵连坐标系在这里起主要作用<sup>1)</sup>. 在个别实例中, 例如在平面运动或直线运动等情况下, 一般公式 (1) 中的矢量可能在专门选取的坐标系中具有特别的形式.

在使用公式 (1) 和标量、矢量、张量特征量的类似公式的时候, 无论是在相对论中, 还是在牛顿力学中, 所有方程都具有协变形式. 其含义是, 对于每一个给定的现象, 所有物理关系式都能够在任意选取的坐标系中借助于同样一些张量公式写为一种普适的形式. 这些公式含有度规张量的分量, 度规张量的分量是坐标的函数, 而坐标在使用不同坐标系时是各不相同的.

不过, 相对论、牛顿力学以及一般任何理论中的协变性并不意味着不同观察者都以完全相同的方式感受物理现象. 在任何参考系中用展开的分量形式具体写出的协变方程与所研究的现象和固定的观察者都有密切的关系, 这些方程还强烈地依赖于所使用的具体坐标系! 这不仅体现在理论中, 而且体现在观察者所获得的实验结果中.

除了协变性的概念, 还可以引入形式不变性的概念, 这时用分量形式展开写出的所有方程对于彼此相对运动的、与不同坐标系相联系的不同观察者而言是完全相同的. 换言之, 我们所讨论的是使所提出的物理关系式的所有数值函数保持不变的一些坐标变换. 在一般情况下, 只有一些专门的变换才满足形式不变性.

众所周知, 在牛顿力学中, 伽利略—牛顿变换在全局具有形式不变性; 在狭义相对论中, 洛伦兹变换在全局具有形式不变性<sup>2)</sup>; 在广义相对论中, 任何有限的洛伦兹变换仅在四维伪黎曼空间中每一点的局部具有形式不变性.

实践表明, 上述讨论对于构建介质和场的各种模型是有益的.

目前, 在宏观热力学教材中已经包含了不可逆过程和非平衡过程的一些新的模型, 因为我们必须重新认识已有的传统和概念. 有鉴于此, 在本教程第一版和此前的其他版本中, 在相应一些地方给出了更加明确的说明. 在本书这一版中, 在某些表述中补充了一些新的更加详细的说明.

A. Г. 库利科夫斯基和 M. Э. 埃格利特参加了这类讨论, 他们非常成功地为一莫斯科大学的学生讲授了连续介质力学课程 (并且对热力学和其他一些章节做出了重要的创造性贡献). 这一版中的部分改进内容就反映了他们的一些建议.

作为力学和物理学的分支, 磁流体力学和电流体力学最近一些年来获得了广泛

<sup>1)</sup> 参见: Седов Л. И. О сложении движений относительно деформируемых систем отсчета. ПММ, 1978, 42(1): 175—177 (Sedov L. I. On the addition of motions relative to deformable reference systems. J. Appl. Math. Mech., 1978, 42(1): 181—184).

<sup>2)</sup> 伽利略—牛顿变换和洛伦兹变换具有不同的公式, 这些公式在笛卡儿坐标系中非常简单, 也容易在任何坐标系中写出这些公式.



发展和大量应用. 本书对电动力学中有关建立有质动力矩方程和建立磁流体力学模型、电流体力学模型的部分进行了大量补充.

在第二卷中扩展了在考虑有限变形和各种应力张量的条件下建立非线性弹性体模型的一般热力学理论.

在第二卷第八章 §19 中也进行了相应补充, 这一节研究液体中的气泡和蒸汽泡在考虑液化和气化时的非定常运动理论. H. C. 哈别耶夫为此提供了重要帮助, 我在此深表感谢.

在第二章 §5 中补充叙述了费米坐标的构造方法.

在第一卷 382—385 页给出了基本变分方程的一个新的解释, 该方程可以视为广义的能量变分方程; 在 370 页对张量函数的概念进行了推广.

就像在前面几版的出版过程中那样, B. B. 罗赞采娃和 M. Э. 埃格利特为编辑和检查全文付出了大量劳动, A. Г. 库利科夫斯基也进行了大量工作, 我对他们深表谢意.

Л. И. 谢多夫

莫斯科, 1982 年 9 月