

土木工程 材料的本构方程

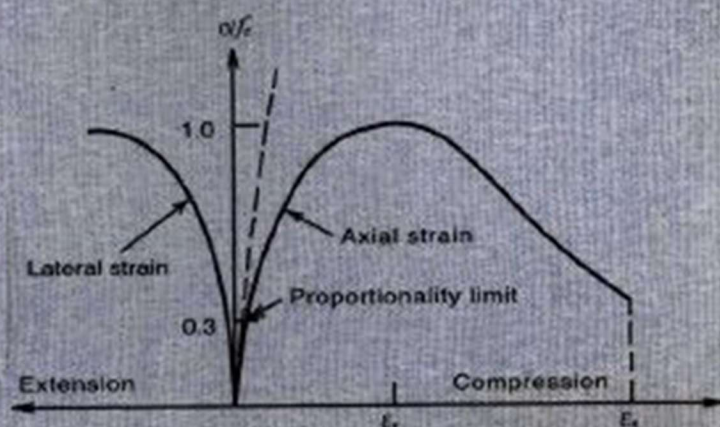
(第二卷 塑性与建模)

[美] 陈惠发 著

余天庆 王勰文 刘再华 译

刘西拉 韩大建 校译

华中科技大学出版社



土木工程材料的本构方程

(第二卷 弹性与建模)

[美]陈惠发 A. F. 萨里普 著

余天庆 王勋文 译

刘再华 校译

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料的本构方程(第二卷 塑性与建模) [美]陈惠发 著.
余天庆 王勋文 刘再华 译. —武汉:华中科技大学出版社,2001 年
5 月

ISBN 978-7-5609-2388-8

I. 土… II. ①陈… ②余… ③王… ④刘… III. 土木工程-
工程材料-本构方程 IV. TU5

土木工程材料的本构方程

[美]陈惠发 著

(第二卷 塑性与建模)

余天庆 王勋文 刘再华 译

责任编辑:佟文珍

封面设计:刘 卉

责任校对:蔡晓璐

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山

邮编:430074

电话:(027)87545012

录 排:华中科技大学出版社照排室

印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:787mm×960mm 1/16 印张:29.75 插页:2 字数:450 000

版次:2001 年 5 月第 1 版 印次:2009 年 6 月第 2 次印刷 定价:49.80 元

ISBN 978-7-5609-2388-8/TU·22

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

作者简介

照
片

陈惠发(W. F. Chen) 1959 年获台湾成功大学学士学位,1963 年获里海大学(Lehigh University)结构工程硕士学位,1966 年获布朗大学(Brown University)固体力学博士学位.他在普渡大学工作期间,曾荣获该校土木工程 George E. Goodwin 杰出教授头衔并任土木工程学院结构工程系系主任.现任美国夏威夷大学工学院院长.

陈教授学识渊博,多年来他热情、耐心和友好地与他的学生们在每个研究项目中密切合作,享有很高的声誉.陈教授不仅是一位学术成就卓著的世界知名的科学家,而且他对推动学术活动和土木工程教育事业更是不遗余力.他在过去的 30 年中培养了 45 名博士.他培养的硕士、博士遍及世界各大洲.他曾赴世界各地讲学,多次应邀来中国访问和讲学.陈教授热爱祖国,对大陆和台湾的土木工程学术发展给予了极大的关心和支持.他不局限于研究自己擅长的结构力学,而且把它拓展到岩土工程.他将土的塑性概念非常成功地应用于承载力、地压力和边坡稳定的研究,对岩土工程也作出了很多贡献.他于 20 世纪 80 年代出版的著作《土和混凝土的本构方程》已将塑性理论引进于土木工程的实际应用之中.陈教授的许多专著已译成中文出版,其中《梁柱分析与设计》(科技图书股份有限公司,台北,1994—1995 年;人民交通出版社,北京,1996 年)堪称为稳定理论经典之作,《混凝土结构工程施工过程安全分析》(1991 年)、《钢框架高等分析:理论、计算机程序及应用》(1993 年)、《极限分析与土体塑性》(人民交通出版社,北京,1995 年)和《钢框架稳定设计》(上海世界图书出版公司,上海,1999 年)等著作已在中国广泛发行,对我国的土木工程学科和高等教育事业的发展作出了重要贡献.

陈教授是美国结构稳定研究执行委员会委员,1997 年当选为美国土木工程学会(American Society of Civil Engineers)荣誉会员.他是 6 种杂志的编委,也是海洋工程结构委员会、高层钢结构委员会的顾问,中国大学发展研究会的顾问,他还是 20 多部著作和 500 篇科技论文的作者或合作者.

陈教授获得了很多荣誉和奖励,其中包括美国土木工程学会 Shortridge Hardesty 奖, Raymond C. Reese 研究奖金和美国钢结构学会 T. R. Higgins 奖.1995 年他当选为美国工程院院士,1997 年当选为 ASCE 荣誉会员,1998 年当选为台湾科学院院士.

译者简介

照
片

余天庆 教授,享受国务院颁发的政府特殊津贴的专家。他 1952 年就读于武汉大学,1956 年毕业于华中工学院,在该校执教 30 多年。1987 年至今,他在湖北工学院任教授,他是东北大学和武汉水利电力大学兼职教授,湖北省振动工程学会副理事长、湖北省暨武汉市力学学会常务理事兼固体力学专业委员会主任委员和湖北省现代设计法常务理事,中国《水利学报》第六届编委。

余教授在大学长期从事数学、力学的教学和研究工作,擅长于材料的本构关系、损伤理论、断裂力学及其在工程中的应用的研究。他已指导博士、硕士研究生数十名。1983—1985 年他应邀在法国居里夫妇大学从事损伤理论研究工作,1995 年应邀在日本名古屋大学讲授损伤理论及其应用,1996 年在美国密西根大学、乔治·华盛顿大学和普渡大学访问和讲学。

他在金属与非金属材料的损伤与断裂理论研究方面取得了很多成果,他主持的“工程材料与结构的损伤理论基础及应用研究”科研项目获 2000 年湖北省自然科学二等奖。他在国内外发表论文数十篇。由国防工业出版社出版了他的著作《损伤理论及其应用》、《工程材料与桥梁结构的力学性能测试》和《固体材料力学》,由华中理工大学出版社出版的著作《张量分析及演算》获中南地区大学出版协会第五届优秀教材一等奖。

照
片

王勋文 1967 年 9 月生,1985—1989 年在焦作工学院(原河南焦作矿业学院)矿山建设专业学习,获学士学位。1989—1992 年在武汉理工大学(原武汉工业大学)工程力学系学习,获硕士学位。1992—1996 年元月在铁道部科学研究院学习,获桥梁与隧道工程专业博士学位。毕业后在铁道部科学研究院从事土木工程的研究、设计和咨询工作,1999 年被评聘为副研究员。具有全国一级注册结构工程师执业资格证书、建设部和人事部颁发的注册监理工程师执业证书、铁道部监理工程师执业证书和交通部专业监理工程师证书。

王勋文博士参加了两项工程设计、两项科学研究和一项科学试验,先后在国际、国内会议和杂志上发表了 9 篇学术论文,还参加了三峡工程西陵长江大桥(任南岸监理站长)、宁波大榭跨海公铁两用大桥(监理项目负责人)、北京西直门立交桥改扩建工程(任副总监)和宜昌长江公路大桥(任副总监)等建设和咨询工作。

照
片

刘西拉 1963 年清华大学土木系毕业,获优秀毕业生奖章,1965 年清华大学工程结构研究生毕业.1982 年获美国 Purdue 大学硕士学位,1985 年获哲学博士学位.

1992 年至 1998 年任清华大学土木工程系主任.现任中国土木工程学会副秘书长、常务理事,兼国际合作与交流工作委员会主任、学术工作委员会副主任,中国土木工程学会工程可靠度委员会主任委员,全国建筑物鉴定与加固标准技术委员会副主任委员,英国结构工程师学会(IStructE)副主席、资深会员(Fellow),国际建造研究理事会(CIB)常务委员会委员,世界工程组织联合会(WFEO)中国委员会委员,清华大学土木工程系主讲教授、上海交通大学责任教授、博士生导师,国家一级注册结构工程师,英国特许结构工程师.

1985 年获美国 ASCE 的 Raymond C. Reese 科研奖,1988 年被中国土木工程学会评为全国优秀中青年科技工作者.1989 年被评为北京市优秀教师.1991 年被国家表彰为“有突出贡献的留学回国人员”.1994 年被国家科委任命为国家攀登计划“重大土木与水利工程安全性与耐久性的基础研究”首席科学家.1998 年被美国 Florida 大学授予 Rinker 杰出学者称号.1999 年被法国 Pascal 大学授予名誉博士学位.五次获国家及部委科技进步奖.发表论文及研究报告 250 余篇,著作有 4 部.

照
片

韩大建 1963 年北京大学固体力学专业毕业.毕业后到华南理工大学土木工程系任教至今.其中 1980 年至 1984 年赴美国 Purdue 大学土木工程系留学并获硕士和博士学位.1986 年晋升教授,1990 年经国务院学位委员会批准为博士生导师.长期以来从事结构工程的教学和科研工作,其研究领域在基础研究方面——结构非线性分析及混

凝土本构理论,计算结构力学;在应用研究方面——近年来着重结合广东省的大型桥梁工程项目开展研究.发表学术论文 80 多篇,在国外出版学术专著两部,参加纂写另两部专著中各一章.另参译译著 3 部.学术任职有广东省土木建筑学会副理事长、广东省空间结构学会副理事长、中国力学学会计算力学专业委员会委员、清华大学结构工程开放实验室学术委员会委员、国家教委第四届科学技术委员会工程技术二部学部委员等.

内 容 简 介

《土木工程材料的本构方程》分一、二两卷,第一卷为弹性与建模,第二卷为塑性与建模.本书是一本发展弹塑性基础理论、深入探讨土木工程材料本构方程的理论专著,也是一本把弹塑性理论、有限元计算方法与近代计算机科学结合的著作,还是一本将弹塑性理论与工程实际应用相结合的好书.

第二卷共分四篇:第一篇介绍塑性的基本概念和塑性理论;第二篇讲述金属的塑性理论及应用;第三篇论述混凝土的塑性及应用;第四篇讲述土体塑性及应用,并列举了许多工程应用的实例.近年来,塑性理论及其在混凝土和土力学中的应用方面有了许多新的进展,本书将这些内容写进了第二卷(塑性和建模)的有关章节中.这是首次向教师、研究生、工程师和研究人员介绍建立土木工程材料本构方程的系统知识,以便他们能够跟踪这个领域的最新进展.

本书对力学工作者、土木工程师和研究人员将给予有益的帮助,同时可作为有关专业的研究生的教材.

译者前言

1996年,我赴美访问和讲学,在普渡大学受到了陈惠发教授的热情接待.我的两本著作《损伤理论及其应用》和《张量分析及演算》受到了陈教授的关注,从中发现陈教授和我在学术上的共同兴趣之一是研究材料的本构关系,因而奠定了我们就此书的合作基础.陈教授慷慨、无偿地转让了版权,并促进了 Elsevier 出版社与华中科技大学出版社就此书翻译出版的全面合作.在此,我们向陈教授致以衷心的感谢.

这套书共分两卷,即第一卷《弹性与建模》和第二卷《塑性与建模》.第一卷的第一版 1982 年由纽约 Wiley 科学交流出版社出版,5 年就销售完了.第二卷的编写工作作者经历了 12 年的时间.在此同时,作者还对第一卷的全部内容又进行了审查,并在许多地方作了改进,这些改进基于作者过去 12 年里在普渡大学等地讲课积累的经验,也包含了许多同行和学生提出的建议.

本书第一版的第一卷《弹性与建模》出版后,塑性理论及其在混凝土和土力学中的应用方面有了许多新的进展,作者已将这些内容写进了第二卷《塑性与建模》的有关章节中.本书是首次向教师、研究生、工程师和研究人員介绍建立土木工程材料本构方程的系统知识,以便他们能够跟踪这个领域的最新进展.两卷书于 1994 年出版,在阿姆斯特丹、伦敦、纽约、东京同时发行.美国好几所大学和世界一些发达国家的大学,以及中国清华大学等有关专业都在用此书作为研究生和大学高年级学生的教材,同时还在研究部门和工程技术部门广泛流传.此书的中译本出版表达了作者和译者为促进中国土木工程发展和为中国读者服务的共同心愿.

关于本书的翻译、编辑和出版工作,有两点需要说明:(1)原著采用的单位大部分是英制单位,如果按中国法定计量单位要求,书中许多计算结果和图表都要重算和更改图的坐标和形状,这样不仅麻烦而且容易出错.因此保留了原著所用的单位;(2)本书采用了原著中矢量、张量和矩阵及其运算的表示方法,其原因还是为了保持原著的准确性,因此书中矢量、张量、矩阵等均未排黑斜体,而保留了 $()$ 、 $[]$ 、 $\{\}$,特此说明.

本书的翻译出版过程中,我和陈教授保持着密切联系,及时讨论了原著中的少数勘误问题,并作了更正.陈教授为出版这部中文版译本,提供了经费资助,在此再一次向陈教授致以敬意和感谢.

本书的翻译和出版工作历时 3 年.第一卷由华中科技大学刘再华教授

中 译 本 序

我的《Constitutive Equations for Engineering Materials》第一、第二两卷书出版后,受到了美国和世界各国学者和读者的关注,尤其是中国的教授和研究生.为此我高兴地为这本书的中译本作序.

中国实行改革开放政策 20 年以来,工程与技术得到了高速发展. 21 世纪将把我们带入一个知识与信息为基础的新时代. 土木工程在发展国家基础建设中起到了重要作用,基础建设的发展提高了全中国人民的生活质量. 同时,土木工程还促进了全世界科学技术的进步.

我深信未来的土木工程的研究和教育的方向是“**土木工程基础结构综合寿命模拟**”,其中包括设计、建造、保养、退化、修复和破坏. 主要的挑战是力学、材料与计算机的综合应用和证明这些结论是可靠的. 工程材料的本构方程在“**模拟**”中起着核心的重要作用. 我过去 35 年多的许多研究工作就包含着力学、材料与计算机的综合应用. 这本书的中译本出版,将会训练许多中国的科学工作者成为高水平的研究人员和实践者,他们将在更复杂的科学模拟领域中起着领先作用,使目前的技术状态提高到先进水平,并在土木工程中得到有效的应用.

余天庆教授从 1983 年起就在法国居里夫妇大学从事工程材料本构关系和损伤理论的研究工作,他的著作《损伤理论及其应用》和《张量分析及演算》,体现了他的数学与力学方面的学术造诣. 余教授来美国访问和讲学,融合了我们学术上的共同兴趣. 在余教授的主译和主持下,及时将这本力学与材料相结合的书译成中文出版的重要性不可低估. 就土木工程界而言,建模和模拟对于设计、建造和评估现有材料和新材料的有效性是一种经济而有效的途径. 土木工程材料本构方程这本书的翻译,对中国读者来说,她将帮助大学教师和学生创新专业知识,为在 21 世纪发展土木工程基础结构综合寿命模拟方面给予基础训练.

余教授根据这两卷书的内容,建议中文版书名为《土木工程材料的本构方程》,我认为中译本的书名充分表达了全书的内容和特征,也说明了译者对此书的深刻理解和他们的学术造诣. 感谢余天庆教授和他的合作者为我与中国读者之间架起了一座学术交流和友谊的桥梁,感谢我以前的学生刘

西拉教授和韩大建教授校译第二卷所给予译者的支持和帮助,赞赏华中科技大学出版社为出版此书的优质、高效合作精神,并致谢意.

陈 惠 发

1999 年 4 月于

普渡大学

美国 印地安那州

西拉菲耶特市

第二版前言

这两卷书中,第一卷的第一版于1982年由纽约 Wiley 科学交流出版社出版,5年就售完了.第二卷的编写经历了12年时间.在此同时,作者又对第一卷的全部内容进行了审查,并在多处作了小的修改,如改正错误、提高一些图形的质量以及在前三章的后面增加了新的习题.这些改进是由于我们过去12年里在普渡大学和别的地方讲课积累了经验,也归功于许多学生和读者提出有益的建议和更正.

自从第一卷《弹性与建模》编写之后,塑性理论及其在混凝土和土力学问题中的应用方面有了许多新的进展,这些内容现在都反映在第二卷《塑性与建模》的后面四章中.现在首次同时出版这两卷书的时机已到来,借此机会通过这两卷书向工程师和研究工作者介绍有关内容和背景材料的基本知识,以便他们能够跟踪这个领域的最新进展.第一卷新版的编排与第一版相同,第二版形式和编排接近第一版.

陈惠发

1993年7月

美国 印地安那州

西拉菲耶特市

前 言

本书是《土木工程材料的本构方程》两卷书中的第二卷. 第一卷阐述了建立在弹性原理基础上的金属、混凝土和土体的应力-应变模型等内容, 同时, 对这些模型如何应用于工程实际的情况进行了说明. 本卷则把基于弹性的应力-应变模型扩展到塑性范围, 并构成了工程应用所需的基于塑性的模型. 同第一卷的叙述方法一样, 先讲述用于土木工程必要的塑性理论知识; 然后再讲用于金属、混凝土和土体的本构模型; 同时还对用计算机进行数值求解时必要的方法进行了说明; 并且给出了结构和岩土工程应用中大量有代表性问题的有限元解.

对于那些在土木工程领域还不够专业化的土木工程师来说, 他们亟须懂得这些数学模型, 并应用这些模型解决工程实际问题, 以适应高速发展的土木工程用计算机求解的需要. 这两卷书就是希望能满足这方面的需要. 本书既可作为并且已经用作为学生的教材, 也可作为自学者的参考书和从业者的工具书和研究人员的参考书.

本卷的编写方法和第一卷一样, 首先介绍有关塑性的基本理论, 然后用这些基本理论所建立的模型模拟工程材料的力学性能. 为此, 本卷分为四个部分: 第一部分讲塑性的基本概念; 第二部分讲金属的塑性及其应用, 其中包括对塑性的经典理论及其在金属结构中的应用进行了全面的、综合的论述. 我们假定读者学习了第一卷弹性的基本概念中描述的基本应力分析概念, 则第一、二部分将适用于每周 3 学时的一個学期的课程. 第一部分和第二部分中的前五章是向第三、四部分更复杂问题的一个过渡, 第三、四部分主要研究混凝土和土工材料.

第三部分主要是讲混凝土的塑性, 第四部分讲土的塑性, 目前对这些课题的研究成果较多, 我们给出了较完整的理论和应用结果, 读者在进行推理及应用上不会有什么困难, 只是在极少的情况下, 一些最后结果的给出没有完整的推导, 但是, 我们通常都给出必要的参考书目和能找到这些推导的论文. 因此, 用于第三、四部分的时间非常灵活, 取决于读者考虑各种问题的背景和兴趣. 在第六章至第九章中, 我们还介绍了另外一些课题的研究情况和参考资料, 这些课题的详细论述有的省略了, 有的只作了极简要介绍.

如同前面第一卷提到的一样, 本书中给出的许多内容引用的资料相当新颖, 因此, 在该领域的标准参考书目中找不到. 实际上, 普渡大学在过去的 12 年进行的工程材料本构方程的研究工作为本书提供了很好的背景, 本书

大量引用了在该项目研究计划的各个阶段研究的技术报告和博士论文. 资助这项工作的有: 国家科学基金会、Exxon 产品研究公司、普渡研究基金会、联邦公路管理局及核防护研究部门.

在本书的撰写过程中, 大量引用了我以前学生的博士学位论文的许多内容. 他们是: 混凝土塑性领域的研究者 S. S. Hsieh(1981), D. J. Han(韩大建)(1984), Y. Ohtani(1987), E. Yamaguchi(1987) 和 M. Aboussalah(1989) 及土的塑性领域的研究者 A. F. Saleeb(1981), E. Mizuno(1981), C. J. Chang(1981), M. F. Chang(1981), W. O. McCarron(1985) 和 T. K. Huang(1990). 他们对本书的贡献功不可抹!

陈 惠 发

1993 年 7 月

印地安那州

西拉菲耶特市

符 号 表

下表给出的是本书用到的主要符号. 所有的符号在第一次出现时都给出了定义. 具有多种意义的符号, 在使用时我们将会给出明确的定义, 并根据上下文通常能看出其正确的意义, 以免混淆.

应力和应变

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	主应力
σ_{ij}	应力张量
s_{ij}	应力偏张量
σ	正应力
τ	剪应力
$\sigma_{\text{oct}} = \frac{1}{3} I_1$	八面正应力
$\tau_{\text{oct}} = \sqrt{\frac{2}{3} J_2}$	八面剪应力
$\sigma_m = \sigma_{\text{oct}}$	平均正应力(静水应力)
$\tau_m = \sqrt{\frac{2}{5} J_2}$	平均剪应力
s_1, s_2, s_3	主应力偏量
$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$	主应变
ϵ_{ij}	应变张量
e_{ij}	应变偏张量
ϵ	正应变
γ	工程剪应变
$\epsilon_v = I'_1$	体积应变
$\epsilon_{\text{oct}} = \frac{1}{3} I'_1$	八面正应变
$\gamma_{\text{oct}} = 2 \sqrt{\frac{2}{3} J'_2}$	八面工程剪应变
e_1, e_2, e_3	主应变偏量

不变量

$$I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$$

应力张量的第一不变量

$$J_2 = \frac{1}{2} s_{ij} s_{ij}$$

$$= \frac{1}{6} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2] + \tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2$$

应力偏张量的第二不变量

$$J_3 = \frac{1}{3} s_{ij} s_{jk} s_{ki}$$

应力偏张量的第三不变量

$$\cos 3\theta = \frac{3\sqrt{3}}{2} \frac{J_3}{J_2^{3/2}}$$

式中的 θ 是图 5.13 中类似定义的角度

$$I'_1 = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = \epsilon_v$$

应变张量的第一不变量

$$\rho = \sqrt{2J_2}$$

图 5.12 中定义的偏长度

$$\xi = \frac{1}{\sqrt{3}} I_1$$

图 5.12 中定义的静水长度

$$J'_2 = \frac{1}{2} e_{ij} e_{ij}$$

$$= \frac{1}{6} [(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + (\epsilon_y - \epsilon_z)^2 + (\epsilon_z - \epsilon_x)^2] + \epsilon_{xy}^2 + \epsilon_{yz}^2 + \epsilon_{zx}^2$$

应变偏张量的第二不变量

材料参数

$$f'_c$$

单轴压缩圆柱体的强度 ($f'_c > 0$)

$$f'_t$$

单轴拉伸强度

$$f'_{bc}$$

等双轴压缩强度 ($f'_{bc} > 0$)

$$E$$

杨氏模量

$$\nu$$

泊松比

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

体积模量

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

剪切模量

$$c, \phi$$

Mohr-Coulomb 准则中的内聚力和摩擦角

$$\alpha, \kappa$$

Drucker-Prager 准则中的系数

$$\kappa$$

纯剪切中的屈服(破坏)应力

其他

$\{ \quad \}$	矢量
$[\quad]$	矩阵
C_{ijkl}	材料刚度张量
D_{ijkl}	材料柔度张量
$f(\quad)$	破坏准则或屈服函数
x, y, z 或 x_1, x_2, x_3	笛卡尔坐标
δ_{ij}	克朗内克(Kronecker) 符号
$W(\epsilon_{ij})$	应变能量密度
$\Omega(\sigma_{ij})$	余能密度
$l_{ij} = \cos(x'_i, x_j)$	x' 和 x 轴之间夹角的余弦(见 1.11 节)
ϵ_{ijk}	1.10 节中定义的置换张量

引 言

从一般的形式来讲,一个固体力学问题在每一时刻的求解必须满足:

- (1)平衡或运动方程;
- (2)几何条件或应变和位移的协调;
- (3)材料的本构方程或应力-应变关系.

当考虑平衡(或运动)时,我们可以将一个物体内部的应力与体力和作用在物体表面的外力联系起来. 对于一个无限小的单元体,有 3 个与应力张量的 6 个分量相关的平衡方程. 在线性问题中,这些方程不含应变和位移;在非线性问题中,它们通常含有应变和位移. 在动力问题中,平衡方程被运动方程所代替,并含有位移对时间的二阶导数. 这些就是第一组方程.

当考虑几何条件或运动学时,我们可以将物体内部的应变与物体的位移联系起来. 有 6 个根据 3 个位移表示应变张量的 6 个分量的运动方程;它们是众所周知的应变-位移关系式. 这些就是第二组方程.

显然,平衡方程和运动方程与组成物体的特定材料无关. 这些材料的影响由第三组方程——本构方程来表示. 它们描述了应力-应变关系. 在最简单的情况下,它们是用应力分量表示应变分量的 6 个等式,反之亦然. 如果它们是线性的,那就是众所周知的虎克定律.

6 个应力分量、6 个应变分量和 3 个位移分量由 3 个平衡方程、6 个运动方程和 6 个本构方程联系起来. 物体内部这 15 个应力、应变和位移未知量由表示自然规律的 15 个方程决定.

很久以来,由于虎克定律简单,变形固体力学一直依赖线弹性虎克定律来描述材料的性质. 大家知道,绝大多数工程材料,如金属、混凝土、木材、土和岩石,对于实际加载的全过程都不是线弹性的. 事实上,这些材料的实际行为是相当复杂的,当加载的条件不同时表现出各种不同的性能. 所以为了将简单的数学模型应用于实践,更进一步的理想化是有必要的.

没有一个数学模型能够在所有情况下完全地描述真实材料复杂的行为. 每一种材料模型只是针对某种现象,抓住它们必要的性质而忽略实际应用中认为不重要的东西. 所以当被忽略的影响因素变得重要时,这种本构模型存在着应用的局限性. 例如,虎克定律在结构和岩土工程中成功地描述了结构或地基在短期加载条件下的一般性质,但却不能描述在接近极限强度条件下结构或土与结构相互作用的性质和强度,这是因为在这种荷载水平下,塑性变形影响占主导地位,而弹性变形的重要性很小.