

CAE分析大系

# ABAQUS有限元分析 从入门到精通

◎ 刘展 主编  
◎ 钱英莉 副主编



1GB 的有声教学视频

配套完整的模型文件

科研与工程一线 的实战案例

SimWe 论坛倾力推荐!



● 全部案例源文件

● 图书 + 微信订阅号 + SimWe 论坛 = 可沟通交流的生态系统教程

微信 (iCAX) 立体化阅读支持



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

CAE分析大系

ABAQUS 有限元分析

从入门到精通

◎ 刘展 主编

◎ 钱英莉 副主编

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

CAE分析大系 : ABAQUS有限元分析从入门到精通 /  
刘展主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2015. 6  
ISBN 978-7-115-38852-0

I. ①C… II. ①刘… III. ①有限元分析—应用软件  
IV. ①O241.82-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第088462号

## 内 容 提 要

本书分为模块介绍和应用实例两部分,将相关理论、工程分析经验与例题相结合,向读者诠释了 ABAQUS 的基本功能、应用领域及具体操作方法。

书中详细介绍了 ABAQUS 的几何建模,网格划分,分析步、相互作用、载荷与边界条件,分析与后处理及优化等模块的常用功能和使用技巧。在此基础上,较为全面地讲解了 ABAQUS 最新版本的工程实例,包括材料力学特性方面的分析、接触分析、动力学分析、材料破坏分析、耦合分析及 ABAQUS 与其他应用软件的联合使用。将基本操作、INP 文件的解读和相关理论知识相结合,使读者能较全面地了解并掌握 ABAQUS,不仅知其然,还能知其所以然。

本书深入浅出,既适用于初学者,也适用于具有一定 ABAQUS 使用经验的读者。随书提供所有案例的数据库文件、INP 文件和 IGB 有声讲解视频,可作为 ABAQUS 软件的教材、培训用书,也可作为 ABAQUS 的提高和进阶的参考书,适合于各领域的工程技术人员。

- 
- ◆ 主 编 刘 展  
副 主 编 钱英莉  
责任编辑 杨 璐  
责任印制 程彦红
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
固安县铭成印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 20  
字数: 595 千字 2015 年 6 月第 1 版  
印数: 1-3000 册 2015 年 6 月河北第 1 次印刷

---

定价: 49.80 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

## 主 编

**刘 展**，博士，副教授，四川大学力学系副主任，哈佛医学院/麻省总医院骨科部顾问（Consultant），哈佛大学Research Fellow。使用ABAQUS进行了十余年的科研工作，主持包括国际自然科学基金在内的纵向/横向项目十余项，发表相关科研论文100余篇，担任国内外多本杂志的编委和审稿专家；主编和参与编写著作4本，包括主编《Abaqus 6.6基础教程与实例详解》。

## 副主编

**钱英莉**，四川大学工学博士，成都飞机设计研究所高级工程师。从事生物力学研究和固体力学方面的有限元分析工作，发表相关科研论文30余篇，参与编写著作2本，具有扎实的理论基础和解决复杂工程问题的丰富实践经验。

## 编 委

**张远理**，2007年考入四川大学工程力学系，现于四川大学攻读博士学位，使用ABAQUS进行科研工作多年，发表相关论文10余篇，曾参与编写《Computational Biomechanics of the Musculoskeletal System》书籍。

**许贤超**，2009年考入四川大学工程力学系，现于四川大学攻读硕士学位，从大三起就使用ABAQUS进行科研工作。

**王 振**，就读四川大学建筑与环境学院工程力学系，从大二起使用ABAQUS进行有限元分析工作。2014年9月保送到清华大学，将于2015年9月起开始攻读固体力学博士学位。

**谢晒明**，2009年7月获北京航空航天大学飞行器设计与工程（航天工程）专业工学学士学位，2011年7月获得清华大学航空工程领域专业工程硕士学位，现为成都飞机设计研究所工程师，长期从事复合材料设计与计算固体力学方面的研究与应用工作，具有丰富的工程经验。

**李秉霖**，就读于四川大学力学科学与工程系，在校期间参加多项科研工作，目前主要感兴趣的研究方向为生物力学与计算力学。

**蔡宗远**，博士，2010年毕业于台湾大学，现任职于美国哈佛医学院/麻省总医院骨科部讲师。累计已发表29篇SCI期刊文章，另有10篇SCI文章在审查中；100篇国际会议论文，其中10篇论文荣获最佳或优秀论文奖。参与编写骨科临床教科书《The Adult Hip》。担任3本绩优SCI期刊（Journal of Biomechanics, Medical Physics, PLoS One）的审稿人（Reviewer）。现任美国骨科研究学会会员（Active Member of Orthopaedic Research Society）。

**姚 杰**，2009年考入北京航空航天大学生物医学工程专业攻读博士学位，师从樊瑜波教授。在攻读博士学位期间参与8项国家自然科学基金、科技部科技支撑项目和横向课题。发表SCI论文4篇，EI论文2篇。

**莫中军**，北京航空航天大学生物医学工程专业博士，师从樊瑜波教授，擅长于生物系统建模与仿真。发表SCI论文7篇、EI论文1篇、核心期刊论文1篇，国际会议论文摘要5篇；曾参与编写《Computational Biomechanics of the Musculoskeletal System》；参与国家自然科学基金项目6项、科技部支撑计划3项。曾获香港理工大学研究基金支持，以访问学者身份进行为期一年的交流学习。

# Preface

## 序一

20世纪力学学科对科学技术最大的贡献之一，便是有限元技术。有限元技术已成为工程科学技术各领域最重要的数值试验手段，替代了大量传统试验，并成为传统试验难以企及的极端环境下工程问题研究的主要技术。作为一种著名的有限元技术商业软件，ABAQUS应用广泛，通用性强，拥有大量的用户群，其分析结果具有较高的准确性和可信度，并能够胜任从相对简单的线性分析到诸多复杂的非线性问题。

本书涉及ABAQUS的核心功能和较高阶应用，有针对性地结合实例介绍了几何建模，网格划分，分析步骤、相互作用、载荷与边界条件，分析与后处理，优化等。书中详细讲解了6个方面的案例，涉及包含超弹性材料、复合材料在内的材料力学特性方面的分析，包含过盈装配、齿轮啮合等的接触分析，板材冲压成型、跌落等的动力学分析，包含裂纹扩展、切削等的材料破坏分析，包含流固耦合、热固耦合在内的耦合分析。另外，本书还介绍了ABAQUS与MIMICS、Hypermesh、ANSYS、MATLAB等应用软件的联合使用。

刘展博士是我的博、硕士研究生，他多年从事生物力学建模与仿真研究，具有十多年的有限元分析经验，使用ABAQUS进行了大量的科研工作，目前承担国家自然科学基金项目，发表了较多相关科研论文。本书其余编者中也有几位是我的博/硕士生，他们均有较深厚的有限元技术基础和经验。该书无论对于初学者，还是具有一定ABAQUS使用经验的读者，都有很高的参考价值。



樊瑜波，长江学者特聘教授  
北京航空航天大学生物与医学工程学院 院长  
生物力学与力生物学教育部重点实验室 主任  
2014年11月于北京

非常高兴看到这本书的出版。这本书通过具体的流程描述告诉读者如何应用ABAQUS软件解决形形色色的工程实际问题，不仅让你知其然，还让你知其所以然，同时，还会让你在阅读中体会CAE在产品新研发中所能发挥的独特价值。

ABAQUS作为CAE仿真工具，在航空航天领域得到了广泛应用。其强大的非线性仿真、多场耦合以及与众多其他CAE工具软件的协同工作能力为解决复杂工程实际问题提供了强有力的工具和方法。不少的中国企业在从制造型向自主创新型企业的转变过程中，为了提高生产研发质量，缩短研发周期，节约研发成本，让CAE技术在企业的研发体系建设中扮演了越来越重要的角色。ABAQUS作为CAE家族成员的佼佼者，不少企业在推进ABAQUS的应用成熟度中受益匪浅，从基于零部件级的仿真向子系统级、系统级以及强化设计/预测/协同的过程迈进。

钱英莉博士是成都飞机设计研究所的高级工程师，具有深厚的理论背景，对ABAQUS的研究很深入也很投入，更重要的是她具有使用ABAQUS解决复杂工程问题的实战经验。另外，本书几位作者均来自国内外知名高校和研究所，他们在各自领域的实践经验的分享使得本书具有更高的视野和广阔性。作为一个在飞行器研发领域从事计算机辅助工程（CAE）工作20多年的老兵，为他们对这本书投入的热情以及智慧的分享深受鼓舞。本书必将得到从事产品研发的CAE工程师的共鸣和欢迎，也必将成为即将启程ABAQUS之旅的工程师或正在学习使用ABAQUS的学生们的生动指南。

许泽

成都飞机设计研究所副所长 许泽研究员

2014年秋于成都

# Preface

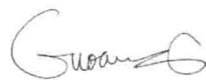
## 序三

有限元技术不仅是一种有效地解决复杂结构力学问题的方法，还可以解决诸多的耦合场问题。ABAQUS是一个目前应用比较广泛的通用有限元分析软件，具有很高的知名度和广泛的用户群，其分析结果具有较高的准确性和可信度，能够胜任从相对简单的线性分析到诸多复杂的非线性问题的解决。

本书先从模块介绍入手，选用具有针对性的实例介绍了几何建模，网格划分，分析步骤、相互作用、载荷与边界条件，分析与后处理，优化等；然后结合相关理论和工程实际详细讲解了6个方面的案例，涉及包含超弹性材料、复合材料在内的材料力学特性方面的分析，包含过盈装配、齿轮啮合等的接触分析，板材冲压成型、跌落等的动力学分析，包含裂纹扩展、切削等的材料破坏分析，包含流固耦合、热固耦合在内的耦合分析。另外，本书还介绍了ABAQUS与MIMICS、Hypermesh、ANSYS、MATLAB等应用软件的联合使用。

刘展博士具有十多年的有限元分析经验，使用ABAQUS进行了大量的科研工作，已发表相关科研论文近百篇。刘博士现在麻省总医院/哈佛医学院骨科生物工程实验室做访问学者，他主要的科研方向是运用ABAQUS等数值分析软件进行人体腰椎间盘的动力学分析，考虑到腰椎间盘结构的非均匀性、材料的非线性以及大变形等特性，本研究具有相当的挑战性。

本书的几位作者均来自国际知名高校和研究所，充分发挥了各自的专业特长，将丰富的科研和实践经验，融入各方面的案例中，使读者既能掌握软件操作和输入文件（INP文件）的含义，又能了解相关的理论基础。无论是初学者，还是具有一定ABAQUS使用经验的读者，都能够从本书中获得知识和帮助。



Guoan Li, Ph.D.

Director, Orthopaedic Bioengineering Lab.

Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School

Boston, MA

USA

2014年11月11日于哈佛大学

# Preface

## 前言

本书主要由我（刘展）的科研团队及钱英莉高工和谢晒明工程师编著，将相关理论、工程分析经验与多方面的例题相结合，能满足各类读者的需求。在我出国期间，钱英莉博士协助我督促各位编者，花费了大量的精力，保证了书稿的进度。我在哈佛大学做访问学者期间，结识了这里的科研人员蔡宗远博士，他给予了我很多帮助，并乐意参与到书稿的编写工作中，使本书的编者队伍如虎添翼。另外，师弟姚杰博士和莫中军博士为本书提供了很好的建议，并参与了二次开发部分的编著。本书编者充分发挥各自的专业特长，将丰富的科研和实践经验，融入各方面的案例中，使读者既能掌握软件操作，又能了解相关的理论基础知识。

### ▣ 本书特色

本书分为模块介绍和应用实例两部分，将相关理论、工程分析经验与例题相结合，向读者诠释了ABAQUS的基本功能、应用领域及具体操作方法。

- 本书由国内外知名高校的科研人员和研究所的工程师编写，基础与工程实例并重，适合各类读者。
- 将相关理论和工程分析经验融入到各方面的例题中，使读者不仅知其然，也知其所以然。
- 基础部分将各功能模块进行整合，分别以一个例子为主线进行各组功能模块的讲解，使读者能在做例题的过程中逐步熟悉各功能模块。
- 工程实例比较全面，除了材料力学特性、接触、动力学等常规分析类型外，还包括材料破坏分析和耦合分析，另外，本书还涉及ABAQUS与建模软件（CATIA、MIMICS）、网格划分软件（Hypermesh）、其他有限元软件（ANSYS）及MATLAB等的配合使用。
- 每个案例都配备其INP文件的解读，帮助读者能读、会读、读懂INP文件。
- 提供所有ABAQUS数据库文件，模块介绍和工程案例均配备有声视频讲解，帮助读者更好地进行学习。

### ▣ 读者对象

本书既适用于初学者，也适用于具有一定ABAQUS使用经验的读者，可作为力学、机械、土木工程等相关专业的高年级本科生和研究生的ABAQUS入门教材、教师教学培训参考书，也可作为工程师或科研人员提高ABAQUS使用技能的工具书。

### ▣ 主要内容

本书主要分为两篇：第一篇为ABAQUS的模块介绍，由第1章~第6章组成；第二篇为ABAQUS应用实例，由第7章~第12章组成，每章均包括ABAQUS操作详解、技巧和问题阐述、INP文件解读、相关的基础理论和视频讲解等。

第1章 初识ABAQUS。简要介绍ABAQUS的功能、主要模块、文件系统和基本操作。

第2章 几何建模。以铰链支座为例，详细讲解如何使用Part模块和Sketch模块进行建模，Assembly模块进行部件的装配，以及Property模块进行材料属性和截面特性的赋予。

第3章 网格划分。以含孔的槽为例，详细介绍单元类型和种子的设置，如何采用自由、扫掠和结构化网格划分技术进行网格划分，以及检查网格质量和网格优化的方法；另外，以带孔方板为例讲解自适应网格划分的步骤。

第4章 分析步、相互作用、载荷与边界条件。分别以混凝土板的配筋、炮弹穿甲、铰链类型的连接器为例介绍多种分析步、相互作用和载荷的施加方式。

第5章 分析与后处理。介绍常规分析作业、网格自适应过程、耦合分析作业、优化作业的创建和管理；结合实例介绍Visualization模块中各种图形的显示、曲线图和表格的输出以及基于PYTHON语言的后处理的二次开发。

第6章 优化。以类扳手金属零件为例，详细讲解Optimization模块的操作及优化作业的创建和分析。



第7章 材料力学特性专题。结合实例详细讲解弹塑性分析、超弹性材料的大变形分析、复合材料平板稳定性分析，并初步介绍UMat的使用。

第8章 接触分析。介绍典型的接触分析实例——螺栓过盈装配；结合CATIA和HyperMesh，介绍加速齿轮组和减速齿轮组的建模、网格划分和分析；结合MIMICS的自动附材质功能，介绍髋关节的接触分析实例。

第9章 动力学分析。首先介绍结构动力学的相关理论，以石拱桥的模态分析及动力响应为例介绍线性动力学分析，以此为基础，对非线性动力学案例进行讲解，如板材冲压成型和手机跌落。

第10章 材料破坏分析实例。破坏方面的案例一直是有限元分析的难点，本章详细讲解板的裂纹扩展、切削分析和复合材料粘接剂的破坏，使读者了解破坏分析的操作和技巧。

第11章 耦合分析。以管道流为例介绍流固耦合分析，并对比刚性管和弹性管的结果差异；介绍飞机机翼结构的热固耦合分析。

第12章 ABAQUS与ANSYS、MATLAB的联合使用。介绍ANSYS数据库文件如何导入到ABAQUS进行分析，以及使用MATLAB进行INP文件的编辑。

## ▣ 章节分工

全书框架和案例选择由刘展完成。本书第1章由刘展、王振编著，第2章由张远理、刘展、李秉霖编著，第3章由张远理、刘展编著，第4章由许贤超、刘展编著，第5章由王振、刘展、莫中军编著，第6章由谢晒明、钱英莉、刘展编著，第7章由许贤超、谢晒明、钱英莉、刘展、姚杰、王振、李秉霖编著，第8章由钱英莉、许贤超、王振、刘展编著，第9章由张远理、王振、许贤超、刘展、李秉霖编著，第10章由张远理、谢晒明、钱英莉、刘展编著，第11章由张远理、钱英莉、刘展编著，第12章由蔡宗远、张远理、许贤超、刘展、钱英莉编著。全书由刘展、钱英莉统稿。

## ▣ 统一技术支持

读者在学习过程中遇到困难，可以通过我们的立体化服务平台（微信公众服务号：iCAX）联系，我们会尽量帮助读者解答问题。此外，在这个平台上我们还会分享更多的相关资源。微信扫描下面二维码就可以查看相关内容：

微信公众服务号：iCAX

如果读者无法通过微信访问，也可以给我们发邮件：iCAX@dozan.cn。

本书的配套资源可以到：[www.zhiliaobang.com](http://www.zhiliaobang.com) 下载。



## ▣ 致谢

衷心感谢樊瑜波教授、Guoan Li教授、许泽研究员等的悉心指导和成都道然科技有限责任公司邀请。特别感谢作者家人一直以来的支持，并谨以此书献给所有关心、关怀、关爱我们的人！

刘展

2014年11月15日于波士顿

## 第一篇 模块介绍

第1章 初识ABAQUS	13	3.1.2 扫掠网格划分技术	39
1.1 ABAQUS简介	13	3.1.3 结构化网格划分技术	41
1.2 ABAQUS的主要模块及功能	13	3.1.4 网格划分技术小结	42
1.3 ABAQUS 6.13的新功能	15	3.2 单元类型	43
1.3.1 ABAQUS/CAE的新功能	15	3.2.1 单元库	43
1.3.2 ABAQUS/Viewer的新功能	16	3.2.2 几何阶次	43
1.3.3 ABAQUS/Standard的新功能	16	3.2.3 单元族	44
1.3.4 ABAQUS/Explicit的新功能	16	3.2.4 单元控制	44
1.3.5 ABAQUS/CFD的新功能	17	3.3 布置种子	46
1.4 ABAQUS的文件系统	17	3.3.1 布置全局种子	46
1.5 ABAQUS的基本操作	18	3.3.2 布置局部种子	46
1.5.1 ABAQUS/CAE的启动	18	3.4 划分网格	47
1.5.2 ABAQUS/CAE的用户界面	18	3.4.1 采用自由网格划分技术划分四面体 网格	47
1.5.3 ABAQUS中鼠标的使用	20	3.4.2 采用扫掠网格划分技术划分六面体 网格	48
1.5.4 ABAQUS的坐标系	20	3.4.3 采用结构化网格划分技术划分六面体 网格	48
1.5.5 ABAQUS对自由度的约定	20	3.4.4 划分区域网格	48
第2章 几何建模	21	3.5 检查网格质量	49
2.1 部件模块 (Part) 和草图模块 (Sketch)	21	3.6 网格优化	50
2.1.1 创建右支座部件	21	3.6.1 选择合适的网格划分参数	50
2.1.2 创建铰链部件	24	3.6.2 编辑几何模型	50
2.1.3 部件的导入与修复	25	3.6.3 编辑网格模型	51
2.2 装配模块 (Assembly)	25	3.7 自适应网格划分	52
2.2.1 复制部件实体	26	3.7.1 问题描述	52
2.2.2 创建装配件	27	3.7.2 模型的建立与分析	53
2.2.3 装配件内各部件实体的定位	28	3.7.3 自适应计算过程的INP文件说明	56
2.2.4 合并/剪切部件实体	30	第4章 分析步、相互作用、载荷与边界条件	59
2.3 特性模块 (Property)	32	4.1 概述	59
2.3.1 定义材料属性	32	4.1.1 分析步模块 (Step)	59
2.3.2 创建并赋予截面特性	35	4.1.2 相互作用模块 (Interaction)	61
2.3.3 Special菜单	36	4.1.3 载荷模块 (Load)	62
第3章 网格划分	38		
3.1 网格划分技术	38		
3.1.1 自由划分网格划分技术	39		

4.2 混凝土板的配筋.....	63	7.1 问题描述.....	101
4.2.1 创建分析步.....	63	7.1.2 创建部件.....	101
4.2.2 设置约束条件.....	65	7.1.3 创建材料属性.....	102
4.2.3 设置载荷和边界条件.....	65	7.1.4 装配部件.....	104
4.3 炮弹穿甲.....	66	7.1.5 设置分析步.....	104
4.3.1 创建分析步并定义输出.....	67	7.1.6 定义接触.....	105
4.3.2 创建接触和刚体约束.....	68	7.1.7 定义荷载和边界条件.....	105
4.3.3 创建边界条件和速度场.....	69	7.1.8 网格划分.....	106
4.4 连接器.....	69	7.1.9 分析及后处理.....	107
4.4.1 创建分析步.....	70	7.1.10 弹塑性比较.....	109
4.4.2 创建连接器和约束.....	71	7.1.11 INP文件及说明.....	110
4.4.3 创建边界条件.....	73	7.2 超弹性材料.....	113
<b>第5章 分析与后处理.....</b>	<b>74</b>	7.2.1 问题描述.....	113
5.1 分析作业模块 (Job).....	74	7.2.2 创建部件.....	114
5.1.1 创建与管理分析作业.....	74	7.2.3 设置材料属性.....	115
5.1.2 网格自适应过程.....	77	7.2.4 定义装配件.....	116
5.1.3 耦合分析作业.....	77	7.2.5 创建分析步.....	117
5.1.4 优化作业.....	78	7.2.6 定义相互作用.....	117
5.2 可视化模块 (Visualization).....	79	7.2.7 定义载荷和边界条件.....	119
5.2.1 无变形图与变形图的显示.....	79	7.2.8 网格划分.....	119
5.2.2 云图显示.....	80	7.2.9 提交作业.....	120
5.2.3 矢量/张量符号图显示.....	82	7.2.10 后处理.....	121
5.2.4 材料方向图显示.....	83	7.2.11 模型的INP文件.....	123
5.2.5 数据图表的显示及输出.....	83	7.2.12 Uhyper子程序.....	125
5.2.6 ABAQUS后处理的二次开发.....	86	7.3 复合材料平板稳定性计算.....	127
参考文献.....	88	7.3.1 问题描述.....	127
<b>第6章 优化.....</b>	<b>89</b>	7.3.2 创建几何部件.....	127
6.1 问题描述.....	89	7.3.3 网格划分和生成有限元部件模型.....	129
6.2 创建几何部件.....	90	7.3.4 定义复合材料属性和铺层查询.....	130
6.3 网格划分和生成有限元部件模型.....	92	7.3.5 装配部件.....	133
6.4 定义材料属性.....	93	7.3.6 创建分析步.....	134
6.5 装配部件.....	94	7.3.7 创建载荷和边界条件.....	134
6.6 创建分析步.....	94	7.3.8 提交计算分析.....	135
6.7 创建参考点及连接关系.....	94	7.3.9 结果后处理.....	135
6.8 创建载荷和边界条件.....	95	7.3.10 屈曲载荷计算.....	137
6.9 优化设置.....	96	7.3.11 INP文件说明.....	139
6.10 提交分析作业及后处理.....	100	7.4 用户材料子程序UMAT.....	140
		7.4.1 用户材料子程序 (UMAT).....	140
		7.4.2 在ABAQUS中使用子程序.....	142
		<b>第8章 接触分析.....</b>	<b>145</b>
		8.1 螺栓过盈装配.....	145
		8.1.1 问题描述.....	145
		8.1.2 创建几何部件.....	145
		8.1.3 定义材料属性.....	147
		8.1.4 装配部件.....	148
<b>第二篇 应用实例</b>			
<b>第7章 材料力学特性专题.....</b>	<b>101</b>		
7.1 弹塑性分析.....	101		

8.1.5	网格划分	149	9.3.7	定义边界条件和载荷	200
8.1.6	创建分析步	150	9.3.8	划分网格	201
8.1.7	定义相互作用	151	9.3.9	分析及后处理	202
8.1.8	创建载荷和边界条件	153	9.3.10	INP文件解读	203
8.1.9	提交计算分析	154	9.4	手机跌落分析	206
8.1.10	结果后处理	154	9.4.1	问题描述	207
8.1.11	INP文件解读	155	9.4.2	创建部件	207
8.2	多齿轮的啮合	157	9.4.3	定义材料属性	209
8.2.1	问题描述	157	9.4.4	装配部件	211
8.2.2	CATIA创建齿轮模型	158	9.4.5	创建分析步并设置结果输出	212
8.2.3	HyperMesh划分网格	158	9.4.6	定义相互作用关系	213
8.2.4	ABAQUS中导入模型	161	9.4.7	创建载荷和边界条件	214
8.2.5	设置材料属性	161	9.4.8	网格划分	215
8.2.6	创建分析步	162	9.4.9	提交分析作业	217
8.2.7	定义相互作用	162	9.4.10	INP文件解读	219
8.2.8	创建载荷和边界条件	163	参考文献		220
8.2.9	提交分析作业	163	第10章 材料破坏分析实例		221
8.2.10	模型的INP文件	163	10.1	板的裂纹扩展	221
8.2.11	设置加速齿轮	165	10.1.1	问题描述	221
8.2.12	结果后处理	165	10.1.2	创建部件	222
8.3	髋关节的接触分析	166	10.1.3	定义材料属性	222
8.3.1	案例背景	166	10.1.4	装配部件	225
8.3.2	问题描述	166	10.1.5	创建分析步并设置结果输出	226
8.3.3	ABAQUS中生成体网格	167	10.1.6	定义相互作用关系	228
8.3.4	Mimics中赋予单元的材料参数	167	10.1.7	创建载荷和边界条件	229
8.3.5	模型的整合	168	10.1.8	网格划分	231
8.3.6	定义接触	169	10.1.9	提交计算	232
8.3.7	设置分析步	170	10.1.10	结果显示	232
8.3.8	定义载荷和边界条件	171	10.1.11	带孔钢板对裂纹扩展的影响	233
8.3.9	提交分析作业	173	10.1.12	INP文件解读	236
8.3.10	结果后处理	173	10.2	切削分析	237
8.3.11	INP文件说明	175	10.2.1	问题描述	238
第9章 动力学分析		181	10.2.2	创建部件	238
9.1	结构动力学简介	181	10.2.3	定义材料属性	239
9.2	石拱桥的模式分析及动力响应	183	10.2.4	装配部件	243
9.2.1	拱桥结构的模式分析	183	10.2.5	创建分析步并设置结果输出	243
9.2.2	石拱桥的动力响应分析	188	10.2.6	定义相互作用关系	244
9.2.3	INP文件解读	193	10.2.7	创建载荷和边界条件	246
9.3	板材冲压成型分析	194	10.2.8	网格划分	247
9.3.1	问题描述	195	10.2.9	提交计算	249
9.3.2	创建模型部件	195	10.2.10	结果显示	249
9.3.3	定义材料属性	196	10.2.11	INP文件解读	250
9.3.4	装配部件	198	10.3	复合材料L型元件黏接剂破坏仿真	252
9.3.5	定义分析步	199	10.3.1	前言	252
9.3.6	定义相互作用	199	10.3.2	问题描述	254

10.3.3	创建几何部件	255	11.1.13	INP文件说明	281
10.3.4	网格划分和生成有限元部件模型	257	11.2	热固耦合分析	284
10.3.5	定义复合材料属性和铺层查询	260	11.2.1	问题描述	284
10.3.6	装配部件	262	11.2.2	创建部件	286
10.3.7	创建分析步	262	11.2.3	定义材料属性	287
10.3.8	创建载荷和边界条件	262	11.2.4	装配部件	289
10.3.9	提交分析作业	263	11.2.5	创建分析步并设置结果输出	289
10.3.10	结果显示	263	11.2.6	创建载荷、边界条件及预定义场	290
10.3.11	INP文件说明	265	11.2.7	网格划分	293
	参考文献	267	11.2.8	提交计算	294
			11.2.9	结果显示	295
			11.2.10	INP文件解读	296
<b>第11章</b>	<b>耦合分析</b>	<b>268</b>	<b>第12章</b>	<b>ABAQUS与ANSYS、MATLAB的联合使用</b>	<b>298</b>
11.1	流固耦合分析	268	12.1	ABAQUS与ANSYS的联合使用	298
11.1.1	问题描述	268	12.1.1	导入模型	298
11.1.2	创建模型	269	12.1.2	查看模型	301
11.1.3	创建部件	269	12.1.3	提交作业	303
11.1.4	定义材料属性	270	12.1.4	后处理	303
11.1.5	装配部件	272	12.1.5	INP文件说明	303
11.1.6	创建分析步并设置结果输出	272	12.2	ABAQUS和MATLAB的联合使用	305
11.1.7	定义相互作用关系	273	12.2.1	网格节点的自动映射	305
11.1.8	创建载荷和边界条件	274	12.2.2	分析步和载荷工况的自动分割	313
11.1.9	网格划分	275		参考文献	320
11.1.10	提交计算	276			
11.1.11	结果显示	277			
11.1.12	刚性管内液体流动的流固耦合分析	278			

CAE分析大系

ABAQUS 有限元分析

从入门到精通

◎ 刘展 主编

◎ 钱英莉 副主编

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

CAE分析大系 : ABAQUS有限元分析从入门到精通 /  
刘展主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2015. 6  
ISBN 978-7-115-38852-0

I. ①C… II. ①刘… III. ①有限元分析—应用软件  
IV. ①0241.82-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第088462号

## 内 容 提 要

本书分为模块介绍和应用实例两部分,将相关理论、工程分析经验与例题相结合,向读者诠释了 ABAQUS 的基本功能、应用领域及具体操作方法。

书中详细介绍了 ABAQUS 的几何建模,网格划分,分析步、相互作用、载荷与边界条件,分析与后处理及优化等模块的常用功能和使用技巧。在此基础上,较为全面地讲解了 ABAQUS 最新版本的工程实例,包括材料力学特性方面的分析、接触分析、动力学分析、材料破坏分析、耦合分析及 ABAQUS 与其他应用软件的联合使用。将基本操作、INP 文件的解读和相关理论知识相结合,使读者能较全面地了解并掌握 ABAQUS,不仅知其然,还能知其所以然。

本书深入浅出,既适用于初学者,也适用于具有一定 ABAQUS 使用经验的读者。随书提供所有案例的数据库文件、INP 文件和 IGB 有声讲解视频,可作为 ABAQUS 软件的教材、培训用书,也可作为 ABAQUS 的提高和进阶的参考书,适合于各领域的工程分析师。

- 
- ◆ 主 编 刘 展  
副 主 编 钱英莉  
责任编辑 杨 璐  
责任印制 程彦红
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
固安县铭成印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 20  
字数: 595 千字 2015 年 6 月第 1 版  
印数: 1-3000 册 2015 年 6 月河北第 1 次印刷

---

定价: 49.80 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

## 主 编

**刘 展**，博士，副教授，四川大学力学系副主任，哈佛医学院/麻省总医院骨科部顾问（Consultant），哈佛大学Research Fellow。使用ABAQUS进行了十余年的科研工作，主持包括国际自然科学基金在内的纵向/横向项目十余项，发表相关科研论文100余篇，担任国内外多本杂志的编委和审稿专家；主编和参与编写著作4本，包括主编《Abaqus 6.6基础教程与实例详解》。

## 副主编

**钱英莉**，四川大学工学博士，成都飞机设计研究所高级工程师。从事生物力学研究和固体力学方面的有限元分析工作，发表相关科研论文30余篇，参与编写著作2本，具有扎实的理论基础和解决复杂工程问题的丰富实践经验。

## 编 委

**张远理**，2007年考入四川大学工程力学系，现于四川大学攻读博士学位，使用ABAQUS进行科研工作多年，发表相关论文10余篇，曾参与编写《Computational Biomechanics of the Musculoskeletal System》书籍。

**许贤超**，2009年考入四川大学工程力学系，现于四川大学攻读硕士学位，从大三起就使用ABAQUS进行科研工作。

**王 振**，就读四川大学建筑与环境学院工程力学系，从大二起使用ABAQUS进行有限元分析工作。2014年9月保送到清华大学，将于2015年9月起开始攻读固体力学博士学位。

**谢晒明**，2009年7月获北京航空航天大学飞行器设计与工程（航天工程）专业工学学士学位，2011年7月获得清华大学航空工程领域专业工程硕士学位，现为成都飞机设计研究所工程师，长期从事复合材料设计与计算固体力学方面的研究与应用工作，具有丰富的工程经验。

**李秉霖**，就读于四川大学力学科学与工程系，在校期间参加多项科研工作，目前主要感兴趣的研究方向为生物力学与计算力学。

**蔡宗远**，博士，2010年毕业于台湾大学，现任职于美国哈佛医学院/麻省总医院骨科部讲师。累计已发表29篇SCI期刊文章，另有10篇SCI文章在审查中；100篇国际会议论文，其中10篇论文荣获最佳或优秀论文奖。参与编写骨科临床教科书《The Adult Hip》。担任3本绩优SCI期刊（Journal of Biomechanics, Medical Physics, PLoS One）的审稿人（Reviewer）。现任美国骨科研究学会会员（Active Member of Orthopaedic Research Society）。

**姚 杰**，2009年考入北京航空航天大学生物医学工程专业攻读博士学位，师从樊瑜波教授。在攻读博士学位期间参与8项国家自然科学基金、科技部科技支撑项目和横向课题。发表SCI论文4篇，EI论文2篇。

**莫中军**，北京航空航天大学生物医学工程专业博士，师从樊瑜波教授，擅长于生物系统建模与仿真。发表SCI论文7篇、EI论文1篇、核心期刊论文1篇，国际会议论文摘要5篇；曾参与编写《Computational Biomechanics of the Musculoskeletal System》；参与国家自然科学基金项目6项、科技部支撑计划3项。曾获香港理工大学研究基金支持，以访问学者身份进行为期一年的交流学习。



# Preface

## 序一

20世纪力学学科对科学技术最大的贡献之一，便是有限元技术。有限元技术已成为工程科学技术各领域最重要的数值试验手段，替代了大量传统试验，并成为传统试验难以企及的极端环境下工程问题研究的主要技术。作为一种著名的有限元技术商业软件，ABAQUS应用广泛，通用性强，拥有大量的用户群，其分析结果具有较高的准确性和可信度，并能够胜任从相对简单的线性分析到诸多复杂的非线性问题。

本书涉及ABAQUS的核心功能和较高阶应用，有针对性地结合实例介绍了几何建模，网格划分，分析步骤、相互作用、载荷与边界条件，分析与后处理，优化等。书中详细讲解了6个方面的案例，涉及包含超弹性材料、复合材料在内的材料力学特性方面的分析，包含过盈装配、齿轮啮合等的接触分析，板材冲压成型、跌落等的动力学分析，包含裂纹扩展、切削等的材料破坏分析，包含流固耦合、热固耦合在内的耦合分析。另外，本书还介绍了ABAQUS与MIMICS、Hypermesh、ANSYS、MATLAB等应用软件的联合使用。

刘展博士是我的博、硕士研究生，他多年从事生物力学建模与仿真研究，具有十多年的有限元分析经验，使用ABAQUS进行了大量的科研工作，目前承担国家自然科学基金项目，发表了较多相关科研论文。本书其余编者中也有几位是我的博/硕士生，他们均有较深厚的有限元技术基础和经验。该书无论对于初学者，还是具有一定ABAQUS使用经验的读者，都有很高的参考价值。



樊瑜波，长江学者特聘教授  
北京航空航天大学生物与医学工程学院 院长  
生物力学与力生物学教育部重点实验室 主任  
2014年11月于北京