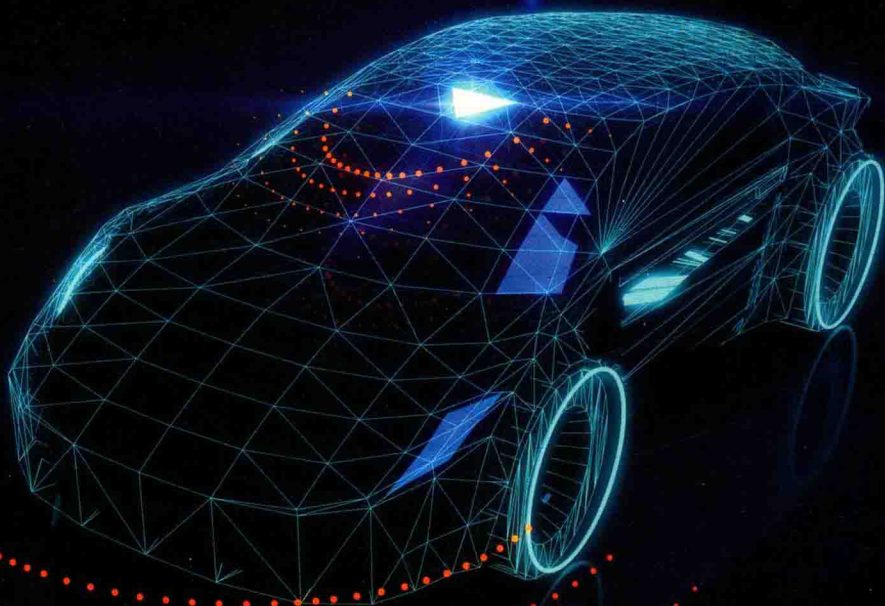


ABAQUS



ABAQUS

分析之美

江丙云 孔祥宏 等著
树西 苏景鹤

23位作者阐述分析之美 | 40讲详解工程实例SOP | 50+位行业大师倾情推荐 | 1000+位读者多行业实时互动



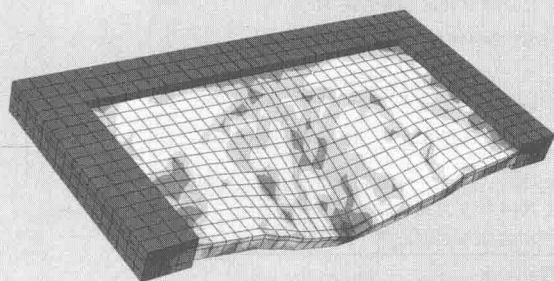
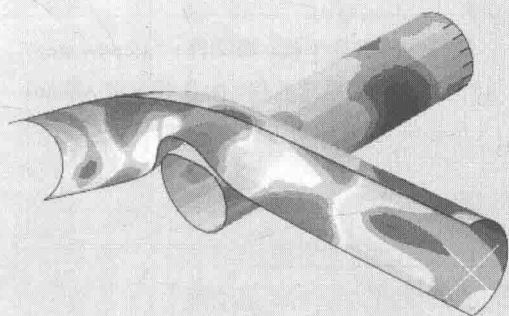
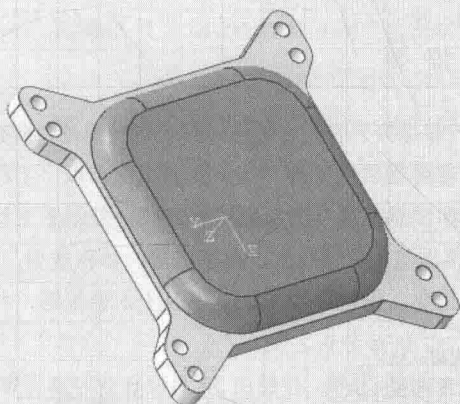
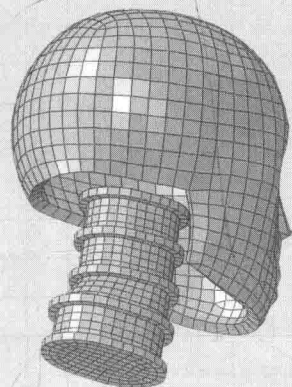
中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

ABAQUS 分析之美

江丙云 孔祥宏 等著
树 西 苏景鹤



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

ABAQUS分析之美 / 江丙云等著. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2018.9
ISBN 978-7-115-48510-6

I. ①A… II. ①江… 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(2018)第118057号

内 容 提 要

本书坚持“工程需分析”的工匠精神,心怀“分析即是美”的人文情怀,删除空洞理论,摒弃传统“理论介绍→实例讲解→软件操作”的编撰套路,采用读者更容易接受的“基于典型实例,以‘工程目的→分析思路→操作流程→结果判读’为主线,穿插知识点和注意事项”的新颖讲解方式,着眼于工程中亟待解决的问题进行分类阐述,如接触收敛,复材强度,跌落碰撞,焊接仿真,薄板成形,体积成型,循环载荷,联合仿真,CEL仿真,热流固耦合,参数优化,非参优化,子程序和GUI,以及土木建筑等,并提供了完善的分析解决方案,以使读者感受CAE的魅力,享受Abaqus分析之美。

全书由23位CAE行业顶尖大咖倾力编写,历时3年5易其稿,并经由50余位行业专家评审和Abaqus原厂监制。涉及内容由编委会与1000余位网友互动交流后确定,力求提供读者最需要的工程技术知识、案例与经验。

本书提供配套模型源文件和视频讲解,读者可扫描前言或封底二维码进行下载。源文件+“step by step”操作视频+QQ群+“iCAX”和“CAETube”公众号等,构成可及时沟通交流的系统教程,为具有一定Abaqus基础的汽车、机械、电子、航空及土木等领域的工程师和科研人员提供CAE学习方法。

-
- ◆ 著 江丙云 孔祥宏 树 西 苏景鹤 等
责任编辑 杨 璐
责任印制 陈 犇
 - ◆ 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>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 32.5 插页: 1
字数: 971千字 2018年9月第1版
印数: 1—3 000册 2018年9月河北第1次印刷
-

定价: 108.00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: 京东工商广登字 20170147号

目录

第 01 部分

接触收敛 015

- 第1讲 网格划分和单元编辑 / 江丙云 / 016
- 第2讲 汽车球销安全分析 / 谢卫亮 / 030
- 第3讲 钢管缩孔下料长度分析 / 谢卫亮 / 039
- 第4讲 螺纹啮合接触分析 / 龙逢兵 / 049
- 第5讲 螺栓预紧接触分析 / 罗元元 / 070
- 第6讲 垫片密封接触分析 / 武跃维 / 080

第 03 部分

跌落碰撞 166

- 第13讲 电子连接器跌落分析 / 唐晓楠 / 167
- 第14讲 金属管高速碰撞分析 / 江丙云 / 180

第 02 部分

复材强度 093

- 第7讲 浅析Cohesive单元分析 / 孔祥宏 / 094
- 第8讲 复合材料分析入门 / 孔祥宏 / 104
- 第9讲 复合材料层压板强度分析 / 顾亦磊 孔祥宏 / 119
- 第10讲 USDFLD子程序复合材料强度分析 / 顾亦磊 孔祥宏 / 131
- 第11讲 UMAT子程序复合材料强度分析 / 孔祥森 孔祥宏 / 139
- 第12讲 VUMAT子程序复合材料冲击损伤分析 / 孔祥森 孔祥宏 /

第 04 部分

焊接仿真 193

- 第15讲 铝合金TIG焊接分析 / 树西 / 194
- 第16讲 激光填丝钎焊分析 / 树西 / 203
- 第17讲 温度诱导氢扩散分析 / 树西 / 211

第 **05** 部分

薄板成形 216

第18讲 汽车S轨冲压成形和失效分析 / 王雯 江丙云 / 217

第19讲 高强度钢板热冲压成形分析 / 贺斌 / 246

第 **07** 部分

循环载荷 285

第22讲 法兰循环载荷塑性硬化分析 / 姜叶洁 刘向征 / 286

第 **06** 部分

体积成型 261

第20讲 线束压接成型分析 / 姚伟 / 262

第21讲 圆盘锻压成型分析 / 江丙云 / 270

第 **08** 部分

联合仿真 298

第23讲 水箱注塑成型和结构强度联合分析 / 江丙云 / 299

第24讲 水壶吹塑成型和结构强度联合分析 / 王雯 江丙云 / 309

目录

第 09 部分

CEL仿真 324

第25讲 橡胶密封圈CEL大变形分析 / 树西 / 325

第26讲 洗衣机滚筒CEL旋转分析 / 王雯 / 333

第 11 部分

参数优化 378

第30讲 连接器正向力参数化分析 / 罗元元 / 379

第31讲 笔盖插入力参数化分析 / 苏景鹤 / 393

第 13 部分

子程序和GUI 430

第34讲 一个杆单元的有限元世界 / 孔祥宏 / 431

第35讲 Dload子程序动态轴承载荷分析 / 苏景鹤 / 444

第36讲 Dflux的焊接热分析 / 苏景鹤 / 450

第37讲 六边形蜂窝结构自动建模开发 / 贾利勇 / 459

第 10 部分

热流固耦合 343

第27讲 氧传感器热应力分析 / 张鹏 / 344

第28讲 汽车刹车片热力耦合分析 / 陈东 / 352

第29讲 汽车防抱死系统流固耦合分析 / 江丙云 / 368

第 12 部分

非参优化 400

第32讲 飞机起落架扭力臂的拓扑优化分析 / 顾仲 / 401

第33讲 风力涡轮机轮轴的形状优化分析 / 江丙云 姚伟 / 422

第 14 部分

土木建筑 467

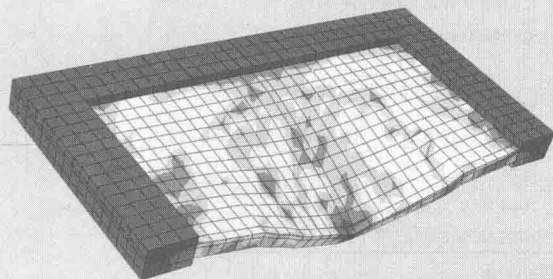
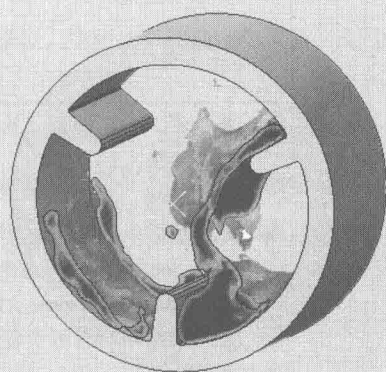
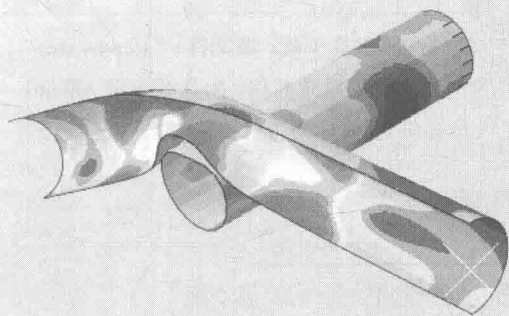
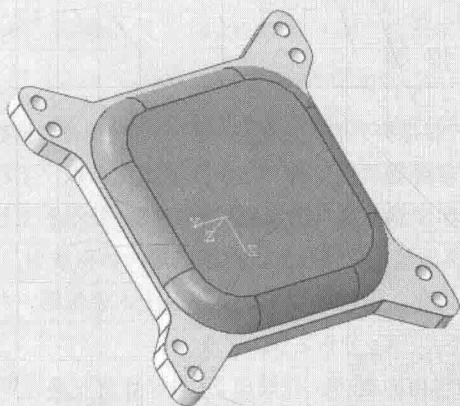
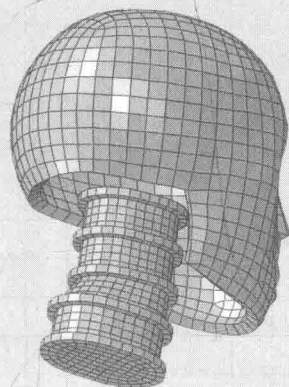
第38讲 钢筋混凝土框架柱子的失效分析 / 范光召 李潇然 / 468

第39讲 新型桩基与地下连续墙组合码头结构分析 / 王琰 / 488

第40讲 深层岩石的水力压裂仿真分析 / 陈佳敏 / 507

ABAQUS 分析之美

江丙云 孔祥宏 | 等著
树 西 苏景鹤



人民邮电出版社
北京

主编

- 江丙云** 上海交通大学博士，CAETube创始人，从事电子、汽车零部件和新能源Pack轻量化设计，以及注塑/冲压-结构联合仿真工作；编著有《ABAQUS工程实例详解》和《ABAQUS Python二次开发攻略》等。
- 孔祥宏** 工学博士，毕业于南京航空航天大学，现就职于上海卫星工程研究所，从事卫星结构设计与分析工作；编著有《ABAQUS工程实例详解》等。
- 树西** 哈尔滨工业大学博士，哈尔滨万洲焊接技术有限公司技术总监，国际焊接工程师，研发有新型搅拌摩擦焊接、智能焊接和增材制造等设备。
- 苏景鹤** SimWe论坛资深版主，硕士毕业于西安交通大学，从事CAE工作10余年，爱好程序设计，编著有《ABAQUS Python二次开发攻略》等。

编委（按拼音排序）

- 陈东** 广汽研究院车身工程部副部长，在白车身和内外饰领域具有17年工作经验，开发整车项目10余款。
- 陈佳敏** 北京星辰北极星科技有限公司创始人，从事Abaqus GUI二次开发工作，主要研究的仿真领域有石油工程、岩土工程和金属加工工艺等。
- 范光召** 清华大学结构工程研究所攻读博士学位，主要从事建筑结构抗震、高性能构件的研究工作。
- 顾亦磊** 硕士毕业于西北工业大学飞行器设计专业，就职于上海卫星工程研究所，历任多个型号卫星的结构系统主任设计师，精通ABAQUS卫星复材分析。
- 顾仲** 东南大学研究生，多年从事CAE优化分析研究工作，开发和设计过多款GUI应用程序。
- 贺斌** 博士毕业于大连理工大学，擅长ABAQUS的结构分析、冲压分析和热力耦合分析，现主要从事新能源汽车Pack开发的相关仿真工作。
- 贾利勇** 硕士，帝国理工学院访问学者，主要从事飞机结构设计和复材结构分析工作，精通ABAQUS子程序开发及Python二次开发，编著有《ABAQUS GUI程序开发指南：Python语言》。
- 姜叶洁** 硕士毕业于湖南大学，于广汽研究院从事汽车CAE分析工作8年。
- 孔祥森** 硕士毕业于上海航天技术研究院飞行器设计专业，就职于上海卫星工程

研究所，卫星结构主任设计师，负责多项航天产品的仿真、开发与研制工作。

刘向往 硕士，从事汽车CAE分析工作13年，参与研发10余款车型，现任车身分析科科长。

龙逢兵 精通ABAQUS、Dyna和HyperWorks，从事结构碰撞分析工作10余年；2004年毕业于南京航空航天大学，目前就职于上汽依维柯红岩商用车有限公司。

罗元元 高级结构分析工程师，ABAQUS资深培训师，毕业于武汉大学，10余年世界500强企业机电产品分析经验，编著有《ABAQUS工程实例详解》。

唐晓楠 毕业于四川大学，目前在金发科技任产品支持工程师，主要从事结构分析和模流分析工作，具有7年CAE经验。

王 雯 南京航空航天大学研究生，从事CAE结构分析工作多年，擅长冲压成形分析，二次开发有钣金成形GUI。

王 琰 硕士毕业于河海大学，现就职于中交第四航务工程勘察设计院，从事港口工程设计工作，具有5年ABAQUS水利水运工程分析经验。

武跃维 硕士毕业于西北工业大学，主要研究方向为热传导的数值分析计算，现从事CAE求解器开发工作。

谢卫亮 毕业于河北工程大学，目前在金江机械有限公司任职产品开发经理，开发设计汽车悬架摆臂总成与转向拉杆总成产品。

姚 伟 就职于世界500强公司，从事CAE仿真分析工作，擅长机电产品结构强度分析、温升分析和信号完整性仿真分析。

张 鹏 毕业于浙江理工大学，从事CAE工作6年，现就职于博郡新能源汽车公司，主要从事结构强度、疲劳和优化工作。

评委（按拼音排序）

白 锐 达索SIMULIA亚太区战略发展总监

鲍益东 南京航空航天大学机电学院 副教授

曹金凤 《ABAQUS 有限元分析常见问题解答》作者、青岛理工大学理学院力学教研室主任、副教授

曹 鹏 清华大学博士后、青海大学三江源学者

陈昌萍 厦门海洋职业技术学院 校长、博士生导师

陈 雷 重庆长安汽车股份有限公司 产品开发二部内外饰所 副所长（原内外饰CAE室室主任）

- 程亮** WELSIM仿真软件创始人、博士
- 杜显赫** SimWe论坛资深版主、清华大学 博士
- 范铁钢** 中国石油天然气管道科学研究院有限公司材料所 博士
- 高绍武** 达索SIMULIA高级技术经理 博士
- 高照阳** 上海德沪涂膜设备有限公司 技术总监、博士
- 胡明** 浙江理工大学机械与自动控制学院 副院长、教授、博士生导师
- 黄霖** 美敦力上海创新中心 首席科学家、博士
- 黄诗尧** 福特汽车工程研究（南京）有限公司 材料&制造 研究员、博士
- 黄在伟** 深圳市银宝山新科技股份有限公司 产品开发总监
- 金晶** 巴斯夫（中国）有限公 CAE亚洲区经理
- 李保罗** 深圳比克动力电池有限公司 CAE经理
- 李大永** 上海交通大学 教授、博士生导师
- 李建** 欧特克软件（中国）有限公司 Moldflow产品技术经理
- 李娟** 浙江吉利控股集团有限公司 CAE主任工程师
- 李礼** 联合仿真专家
- 李萌葵** 国家“千人计划”创新人才特聘专家 教授
- 李伟国** 泰科电子(上海)有限公司 CAE主任工程师
- 李岩** 青岛海尔模具有限公司 CAE经理
- 林丽** 大北欧通讯设备（中国）有限公司 仿真专家
- 刘敏** 上汽集团上海捷能汽车技术有限公司 CAE资深主管
- 刘明建** vivo维沃移动通信有限公司 开发三部 CAE经理
- 刘笑天** 长城汽车传动研究院电驱动设计部 CAE分析组组长
- 龙旦凤** 美的中央空调先行研究中心 仿真专家、博士
- 聂文武** 潍柴动力上海研发中心计算分析所 结构分析主任工程师
- 欧相麟** 金发科技股份有限公司 技术经理
- 欧阳汉斌** 南方医科大学 基础医学院、博士
- 祁宙** 上海毓恬冠佳汽车零部件有限公司 新事业部经理
- 沈新普** 《基于ABAQUS的有限元分析和应用》作者、中国石油大学（华东）特聘教授、博士
- 石亦平** 《ABAQUS有限元分析实例详解》作者、北京金风科创风电设备有限公司 总工程师助理、博士
- 谭慧明** 河海大学港口海岸及近海工程学院 副教授
- 谭景磊** GE航空工程部 主管工程师

唐礼冬 富士康科技集团工程分析课 课长
陶明川 德尔福派克电气系统有限公司 CAE资深工程师
万 龙 哈尔滨万洲焊接技术有限公司 董事长兼技术经理
汪昌盛 博士、上海理工大学机械工程学院 讲师
王 康 番禺得意精密电子工业有限公司 CAE经理
魏先潘 宁波舜宇光电信息有限公司 CAE高级工程师
杨 洁 中国汽车工程学会轻量化部 部长、汽车轻量化技术创新战略联盟 副秘书长
杨良波 金发科技有限公司车用材料事业本部 技术经理
姚永汉 DS SIMULIA Tosca优化设计 技术支持
姚宗撰 DS SIMULIA二次开发技术支持、博士
叶 豪 温州医科大学数字化医学研究所实验技术专家
殷黎明 昆山嘉华精密工业有限公司 技术总监
张 磊 清华大学土木水利学院 博士
张 健 广汽研究院 仿真主管工程师

总统筹

姚新军 成都道然科技有限责任公司/CAE技术大系总策划

序一

有限元分析作为一项主要的计算机辅助工程（CAE）技术，已广泛应用于产品创新设计、制造过程分析及工艺参数优化等，成为企业创新、科研攻关的重要元素，其原因一方面得益于界面友好和功能强大的有限元软件的发展，另一方面也离不开包括本书编著者在内的一大批有限元分析技术传播者的贡献。

江丙云是我的博士研究生中勤奋并刻苦钻研的学生之一，有限元软件应用和写作是他做学位课题研究之余的两个主要爱好。他曾任职于世界500强企业，专职从事工程分析工作，也担任过Abaqus软件技术支持工程师，具有丰富的有限元分析经验和突出的工程应用能力，能将许多成果与工程实际进行紧密结合。

好的工程参考实例，可以让人正确地掌握有限元分析技术，在解决实际问题时减少盲目摸索，从而达到事半功倍的效果。Abaqus作为国际知名的有限元分析软件，具有丰富的案例和行业交流群，有利于促进有限元分析技术的应用。

本书将Abaqus操作流程与工程分析经验充分结合，涉及接触计算、复合材料、结构强度、流固耦合、成型过程、参数优化及子程序开发等内容，针对工程实例详细描述其问题及解决方案，展现有限元分析之美。

本书编者均来自知名高校和各大行业的CAE领域，他们充分发挥各自的专业所长，将丰富的科研和实践经验融入各行产品的设计、分析和优化中。相信本书的出版能够对从事CAE分析的工程师和高校科研人员提供帮助，并为有限元技术在中国的应用做出一点贡献。



李大永 教授

2017年12月于上海交通大学

序二

“工业4.0”和“中国制造2025”的提出，要求产品和零部件的设计越来越复杂和精密，进一步要求产品性能的预测更加精准和快速，同时对于现今产品的制造也迫切需要更多的新型加工方式。无论是产品性能的提前预测还是加工制造的可行性评估，人们都没有太多经验可供参考，必须采用更为先进的有限元分析（CAE）方法，以提高产品性能和优化生产工艺。

计算机技术和数值方法的突飞猛进，也助力了有限元技术的普及应用，使其已成为一种解决结构、流体、热和工艺等问题的必备方法。Abaqus为一套功能强大的大型通用有限元软件，其承载并集合众多分析能力于一身，解决问题的范围从相对简单的线性分析到许多复杂的非线性问题，特别是在结构力学领域，具有很高的知名度和广泛的用户群，分析结果具有极高的精准性和可靠性，能够为新材料的力学行为提供充分分析，为复杂产品的细节提供全面设计，为新型工艺的制造提供灵活解决方案。

江丙云、孔祥宏、树西、苏景鹤、贾利勇、陈佳敏和罗元元等众多作者在行业内都具有较高的人气，他们撰写的《ABAQUS工程实例详解》《ABAQUS Python二次开发攻略》和《ABAQUS GUI程序开发指南》等图书在行业内具有较高的销量和参考价值，他们录制的视频教程在微信、微博等新媒体上具有较高的观看人次，他们无私的奉献为CAE的普及和推广尽到了绵薄之力。我认识他们多年，他们都是相当认真、负责和严谨之人。我三年前就知道他们在编著本书，了解到新书的恢宏和作者团队的强大，同时也得知有众多汽车主机和零部件工厂的领导参与了审稿和点评，更加期待新书的出版上市。

我不久前收到全书书稿，认真翻阅后更加确定了本书值得推荐。本书结合了作者多年工作经验，完全基于工程实际案例，各自发挥所长，从实际问题描述、分析思路、操作方法和结果判读等方面，详细讲解了Abaqus/CAE、Abaqus/Standard、Abaqus/Explicit、Abaqus/CFD和Abaqus/ATOM等模块，在接触收敛，复材强度，跌落碰撞，焊接成型，土木建筑，参数和非参优化，以及子程序和GUI等上的应用，特色非常鲜明，书中介绍的一些解决实际问题的技巧，相信能够为读者实际问题提供一些思路。

高绍武

高绍武 博士

达索SIMULIA高级技术经理

2017年冬于上海汇亚大厦

前言

企业和高校中广泛应用的Abaqus被认为是最强的通用有限元软件，没有“之一”，其力学分析能力未逢棋手。

本书从2015年开始筹备，以“形散神不散”的核心思想，汇聚了23位Abaqus天团成员，历时3年倾力编著，并由50余位行业专家对各章节进行分别审稿和点评，以及1000多位网友互动。

请关注公众号“iCAX”和“CAETube”，下载和观看本书配套模型和视频。

本书特色

- 本书5易其稿，历时3年，23位作者参编，50余位行业专家审稿，原厂监制；时刻保持与同行深入交流，编写出读者最需要的内容。
- 本书坚持“工程需分析”的工匠精神，心怀“分析即是美”的人文情怀，删除空洞理论，详解必备核心知识。
- 本书着眼于工程中亟待解决的问题进行分类阐述，并提供完善的解决方案，以使读者在学习中享受分析之美。
- 本书选取与工程实际紧密贴合的行业典型实例，与那些重演帮助文档案例的图书有较明显区别。
- 本书采用的许多行业案例，市面上Abaqus类书籍鲜有涉及，如复合材料、焊接成型、联合仿真、CEL仿真、参数优化和土木建筑等。
- 本书摒弃传统“理论介绍→实例讲解→软件操作”的编撰套路，采用读者更容易理解的“基于典型实例，以‘工程目的→分析思路→操作流程→结果判读’为主线，穿插知识点和注意事项”的新颖方式。
- 本书提供全部模型文档和视频讲解文件，读者可边看视频边操作；同步依托微信群、公众号和小程序等，构成可及时沟通交流的生态系统。

本书主要面向具有一定基础的Abaqus工程师和科研人员，可帮助汽车、机械、电子、航空和土木等领域相关人员学习CAE方法并享受分析之美。

主要内容

本书依据工程领域和热门知识点，分为14部分，共计40讲内容。

第1部分，接触收敛，由第1~6讲组成。包括Abaqus的网格划分和非线性引入接触收敛类工程实例，如汽车球销、螺纹啮合、螺栓预紧和垫片密封等。

第2部分，复材强度，由第7~12讲组成。以Cohesive单元的应用引入复材分析，详细讲解复合材料层压板的强度分析方法，如USDFLD、UMAT和VUMAT子程序等。

第3部分，跌落碰撞，由第13~14讲组成。采用显式动力学分析方法，详细讲解电子产品的跌落分析及高压线的高速碰撞分析。

第4部分，焊接仿真，由第15~17讲组成。通过3个案例，详细讲解铝合金TIG的焊接、激光填丝钎焊及温度诱导氢扩散等分析。

第5部分，薄板成形，由第18~19讲组成。以汽车S轨的冷冲与高强度钢的热冲为例，详细介绍如何运用Abaqus对钣金件进行成型性能分析和失效判断。

第6部分，体积成型，由第20~21讲组成。针对金属大变形，以线束压接和圆盘锻压为例，详细讲解其分析过程和注意要点。

第7部分，循环载荷，由第22讲组成。以法兰循环卸载为例，详细介绍了如何在软件中使用循环载荷进行金属材料的加工硬化分析。

第8部分，联合仿真，由第23~24讲组成。以注塑-结构、吹塑-结构联合分析为例，详细介绍如何将制造工艺仿真与结构强度分析进行联合，以使分析结果更加接近实际。

第9部分，CEL仿真，由第25~26讲组成。采用CEL方法处理橡胶大变形和流固耦合，详细讲解橡胶密封和洗衣机搅拌过程的分析。

第10部分，热流固耦合，由第27~29讲组成。采用Abaqus多物理场能力，讲解氧传感器的热应力、汽车刹车片的热力耦合，以及汽车防抱死系统的流固耦合等。

第11部分，参数优化，由第30~31讲组成。以连接器正向力分析和笔盖插入力分析为例，详细介绍了参数化设计方法和关键字编写流程。

第12部分，非参优化，由第32~33讲组成。以飞机起落架扭力臂和风力涡轮机轮轴为例，详细讲解了非参优化中最为重要的拓扑和形状两种优化方法。

第13部分，子程序和GUI，由第34~37讲组成。以杆单元为例演示了Abaqus强大的脚本功能，以Dload动态轴承载荷和Dflux焊接热分析为例，讲解了Abaqus优秀的子程序分析能力，并通过GUI实现六边形蜂窝结构的自动建模。

第14部分，土木建筑，由第38~40讲组成。以钢筋混凝土框架、桩基与地下连续墙组合码头结构和深层岩石为例，详细讲解了其分析流程和失效判断等。

技术支持

本书配套模型和视频，读者可关注“iCAX”和“CAETube”公众号，以及QQ群“CAE分析之美（234253423）”，进行下载和观看，在学习过程中如遇到困难，也请与我们联系。



如果读者无法通过微信和QQ访问，那么可以给我们发送邮件，Email: CAETube@caetube.com。

致 谢

非常感谢上海交通大学李大永教授和达索SIMULIA高级技术经理高绍武博士百忙中为本书作序，以及杨洁部长、李萌蘖教授、沈新普教授、鲍益东副教授、曹金凤副教授、殷黎明总监等前辈的悉心指导。

此外，编者在编写中得到了季湘樱、杜显赫、姚宗撰、曹鹏、杨丽红和陈晓豫等朋友，以及富士康工程分析小伙伴们的鼎力相助，在此一并致谢。也非常感谢家人和朋友的大力支持，王琰尤其感谢周喆女士的相伴相随；谨以此书献给所有关心、关怀和关爱我们的人！

虽然编者已对本书仔细检查多遍，力求无误，但由于水平有限，书中欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正，以供修订之借鉴。

编委会

2018年6月于上海