

跟高手学软件

土木工程常用软件应用入门丛书

ABAQUS

结构工程分析及实例详解

王玉镯 傅传国 编著

中国建筑工业出版社

跟高手学软件

土木工程常用软件应用入门丛书

ABAQUS 结构工程分析 及实例详解

王玉镯 傅传国 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

ABAQUS结构工程分析及实例详解/王玉镯等编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2010

(土木工程常用软件应用入门丛书)

ISBN 978-7-112-11772-7

I. A… II. 王… III. 建筑工程-结构分析-应用软件, ABAQUS
IV. TU3-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 012463 号

本书运用 ABAQUS 有限元软件对建筑工程的常见实例进行详细剖析, 介绍了 ABAQUS 在混凝土梁、混凝土柱、钢梁、钢柱和节点等构件及相应结构的分析方法, 以及复杂的建模、分析计算过程和后处理的技巧。

本书的内容从建筑工程的实际出发, 侧重于 ABAQUS 的实际操作和工程问题的解决, 教会初学者如何根据问题的特点来选择 ABAQUS 的相应功能, 寻求解决问题的最佳答案。同时书中给出了一些小提示对初学者容易犯的错误进行解释, 并给出了解决问题的方法。

本书主要面向土木建筑领域 ABAQUS 软件的初学者和中级用户, 包括土木工程专业的高年级本科生、研究生以及从事结构设计的工程师。

* * *

责任编辑: 刘瑞霞

责任设计: 赵明霞

责任校对: 兰曼利

跟高手学软件 土木工程常用软件应用入门丛书 ABAQUS 结构工程分析及实例详解

王玉镯 傅传国 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14½ 字数: 358 千字

2010 年 3 月第一版 2010 年 3 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-11772-7

(19026)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

ABAQUS 是世界上最先进的大型通用有限元分析软件之一，它具有丰富的材料本构模型和平易近人的开发平台。它广泛应用于机械制造、石油化工、航空航天、汽车交通、国防军工、水利水电、土木工程、生物医学、电子工程、能源、地矿、造船以及日用家电等行业和科学领域。ABAQUS 在技术、品质和可靠性等方面具有卓越的声誉，可以对工程中复杂的线性和非线性问题进行分析计算。自从 ABAQUS 进入中国以来，越来越多的企业、高校和科研院所开始使用 ABAQUS 进行产品的研发和研究。

随着我国经济快速发展，建筑业得到了空前的鼎盛，尤其是近年来奥运会、世博会、亚运会等大型会议在中国的召开，为大型场馆的建设提供了良好机遇。同时在建设和使用过程中遇到了大量的工程技术问题，这些技术问题的解决一方面依赖于材料技术和施工技术水平的提高，另一方面依赖于对所遇到问题的深层次认识。ABAQUS 有限元程序就是提高对这些技术问题深层次认识的强有力工具。

本书主要讲述 ABAQUS 有限元软件在建筑行业中的基本应用，主要包括 ABAQUS 的基本操作要领和型钢梁、型钢柱、钢框架、混凝土简支梁等基本构件和节点温度场的分析过程。

本书主要是由王玉镯、傅传国编著。参加本书编著的人员还有王慧敏、赵全斌、于德帅、刘晓鹏、刘池等，其中于德帅还参加了部分文字工作，本书在编著过程中得到了清华大学博士后王广勇的指点与帮助，在此表示深深的谢意。在本书的编著过程中，参考了 SIMWE 仿真科学论坛和中国钢结构论坛 ABAQUS 板块中的大量资料，在此表示感谢。并真诚祝愿 SIMWE 仿真科学论坛和中国钢结构论坛越办越好，并为更多人解疑答惑。编写此书参考了很多文献和 ABAQUS 帮助文件，特向各位作者致谢。另外，本书的出版得到了中

国建筑工业出版社和 ABAQUS 在北京代表处等单位的大力支持，在此表示衷心的感谢。

ABAQUS 有限元软件是一个非常庞大的体系，笔者在这方面的学习和应用也就是四五年的时间。由于作者水平有限，如果本书能为读者学习 ABAQUS 提供一点帮助，笔者也就深感荣幸了。同时，由于时间匆忙，书中的错误和疏漏之处难免，敬请各位专家和广大读者批评指正，并欢迎通过电子邮件 (yuzhuowang@126.com) 与笔者进行交流。

目 录

第 1 章 ABAQUS 简介	1
1.1 ABAQUS 总体介绍	1
1.2 ABAQUS 的发展历史	1
1.3 ABAQUS 的组成及功能简介	2
1.3.1 ABAQUS/Standard 模块	2
1.3.2 ABAQUS/Explicit 模块	3
1.3.3 ABAQUS/CAE 模块	4
1.3.4 其他模块	5
1.4 ABAQUS 帮助文件	6
1.4.1 ABAQUS 帮助文件的内容	6
1.4.2 如何使用 ABAQUS 帮助文件	7
1.5 ABAQUS 在中国应用现状	7
1.6 ABAQUS6.8 版新增或改进的功能	7
本章小结	8
第 2 章 ABAQUS 的基本使用方法	9
2.1 ABAQUS 基本分析过程	9
2.2 ABAQUS/CAE 主窗口介绍	10
2.3 基本实例操作	11
2.3.1 问题描述	11
2.3.2 启动 ABAQUS/CAE	12
2.3.3 创建三维模型	13
2.3.4 创建材料和截面属性	15
2.3.5 定义装配件	16
2.3.6 设置分析步	16
2.3.7 定义荷载和边界条件	18
2.3.8 划分网格	20
2.3.9 提交分析作业	23
2.3.10 后处理	24
2.3.11 退出 ABAQUS /CAE	28
2.4 ABAQUS/CAE 模块 (Modules) 功能简介	29
2.4.1 Part (部件) 模块	29
2.4.2 Property (特性) 模块	30

2.4.3	Assembly (装配) 模块	32
2.4.4	Step (分析步) 模块	33
2.4.5	Interaction (相互作用) 模块	35
2.4.6	Load (荷载) 模块	37
2.4.7	Mesh (网格) 模块	38
2.4.8	Job (分析作业) 模块	39
2.4.9	Visualization (可视化) 模块	41
2.4.10	Sketch (绘图) 模块	41
2.5	ABAQUS 中常用命令介绍	42
2.6	ABAQUS 中常用命令和常用文件	44
2.6.1	cae 文件 (模型数据库文件) 和 jnl 文件 (日志文件)	44
2.6.2	Inp 文件	45
2.6.3	odb 文件	48
2.6.4	dat 和 msg 文件	48
2.6.5	sta 文件	49
2.6.6	f 文件	49
2.7	单元及划分网格基本方法	49
2.7.1	ABAQUS 单元特性	49
2.7.2	实体单元	52
2.7.3	壳单元	56
2.7.4	梁单元	57
2.7.5	桁架单元	58
2.7.6	刚性体	59
2.7.7	网格划分技术	60
2.7.8	划分网格算法	61
	本章小结	62
第 3 章	ABAQUS 在钢结构中的应用	64
3.1	利用壳单元对型钢梁分析	64
3.1.1	创建部件	64
3.1.2	创建材料和截面属性	65
3.1.3	定义装配件	65
3.1.4	设置分析步	66
3.1.5	定义荷载和边界条件	66
3.1.6	划分网格	66
3.1.7	提交分析作业	67
3.1.8	后处理	67
3.1.9	数值比较	67
3.2	多层多跨框架分析	70

3.2.1	问题描述	70
3.2.2	启动 ABAQUS/CAE	70
3.2.3	创建部件	70
3.2.4	创建材料和截面属性	71
3.2.5	定义装配件	74
3.2.6	设置分析步	75
3.2.7	定义荷载和边界条件	76
3.2.8	划分网格	78
3.2.9	提交分析作业	79
3.2.10	后处理	80
3.2.11	不同加载点框架分析	82
3.3	钢柱特征值屈曲分析	85
3.3.1	问题描述	85
3.3.2	启动 ABAQUS/CAE	85
3.3.3	创建部件	85
3.3.4	创建材料和截面属性	86
3.3.5	定义装配件	87
3.3.6	设置分析步	88
3.3.7	定义荷载和边界条件	89
3.3.8	划分网格	91
3.3.9	提交分析作业	92
3.3.10	后处理	92
3.4	钢框架节点分析	94
3.4.1	问题描述	94
3.4.2	启动 ABAQUS/CAE	94
3.4.3	创建部件	94
3.4.4	创建材料和截面属性	97
3.4.5	定义装配件	99
3.4.6	设置分析步	101
3.4.7	划分网格	101
3.4.8	定义约束	103
3.4.9	定义荷载和边界条件	105
3.4.10	提交分析作业	108
3.4.11	后处理	108
3.5	桥面板特征值屈曲分析	111
3.5.1	问题描述	111
3.5.2	启动 ABAQUS/CAE	111
3.5.3	创建部件	111
3.5.4	创建材料和截面属性	113

3.5.5	定义装配件	114
3.5.6	设置分析步	114
3.5.7	定义荷载和边界条件	114
3.5.8	划分网格	117
3.5.9	提交分析作业	117
3.5.10	后处理	119
	本章小结	121
第4章	ABAQUS在混凝土结构中的应用	123
4.1	混凝土简支梁分析	123
4.1.1	问题描述	123
4.1.2	启动 ABAQUS/CAE	123
4.1.3	创建部件	123
4.1.4	创建材料和截面属性	127
4.1.5	定义装配件	130
4.1.6	设置分析步	134
4.1.7	定义约束	134
4.1.8	定义荷载和边界条件	136
4.1.9	划分网格	137
4.1.10	提交分析作业	138
4.1.11	后处理	139
4.1.12	超筋梁分析	142
4.1.13	少筋梁分析	145
4.1.14	三种破坏形式结果比较	147
4.2	混凝土单向板受力分析	148
4.2.1	问题描述	148
4.2.2	启动 ABAQUS/CAE	149
4.2.3	创建部件	149
4.2.4	创建材料和截面属性	151
4.2.5	定义装配件	152
4.2.6	设置分析步	154
4.2.7	定义约束	155
4.2.8	定义荷载和边界条件	155
4.2.9	划分网格	156
4.2.10	提交分析作业	157
4.2.11	后处理	158
4.3	混凝土柱受力分析	163
4.3.1	问题描述	163
4.3.2	启动 ABAQUS/CAE	163

4.3.3	创建部件	163
4.3.4	创建材料和截面属性	166
4.3.5	定义装配件	167
4.3.6	设置分析步	168
4.3.7	定义约束	168
4.3.8	定义荷载和边界条件	169
4.3.9	划分网格	170
4.3.10	提交分析作业	170
4.3.11	后处理	170
4.4	火灾作用下的混凝土梁温度场分析	173
4.4.1	问题描述	173
4.4.2	启动 ABAQUS/CAE	174
4.4.3	创建部件	174
4.4.4	创建材料和截面属性	175
4.4.5	定义装配件	177
4.4.6	设置分析步	178
4.4.7	定义约束	178
4.4.8	定义荷载和边界条件	182
4.4.9	划分网格	183
4.4.10	提交分析作业	184
4.4.11	后处理	184
4.4.12	四面受火梁的分析	186
4.5	钢筋混凝土剪力墙受力分析	189
4.5.1	问题描述	189
4.5.2	启动 ABAQUS/CAE	190
4.5.3	创建部件	190
4.5.4	创建材料和截面属性	193
4.5.5	定义装配件	195
4.5.6	设置分析步	196
4.5.7	定义约束	196
4.5.8	定义荷载和边界条件	197
4.5.9	划分网格	199
4.5.10	提交分析作业	200
4.5.11	后处理	200
	本章小结	203
第 5 章	ABAQUS 常见问题解决方法及常见操作集锦	204
5.1	常见错误信息和解决办法	204
5.1.1	材料定义错误	205

5.1.2	命名格式错误	206
5.1.3	刚体接触面位置错误	206
5.1.4	单元面积异常	207
5.1.5	刚体定义错误	207
5.1.6	未定义集合名称	207
5.1.7	单元严重扭转	208
5.1.8	内存设置太小	208
5.1.9	系统异常	208
5.1.10	输出参数过多	208
5.1.11	不收敛	209
5.2	常见警告信息	209
5.2.1	数值奇异	209
5.2.2	负特征值	210
5.2.3	零主元	211
5.2.4	变形速度过快	211
5.2.5	塑性变形过大	211
5.2.6	公共节点	212
5.2.7	单元质量	212
5.3	常用的 CAE 界面操作	212
5.3.1	前处理阶段	216
5.3.2	后处理阶段	217
	本章小结	219
	参考文献	219

第 1 章 ABAQUS 简介

1.1 ABAQUS 总体介绍

随着工业发展和计算机仿真技术的不断提高，CAE 技术越来越受到大家的关注，而有限元方法正是 CAE 领域中最成熟的分析手段之一，在各个工业领域发挥着巨大的作用。ABAQUS 作为国际上最先进的大型通用有限元软件之一，具有惊人的广泛的模拟性能。其庞大的求解功能，以及非线性力学分析能力均达到世界领先水平。ABAQUS 具有强大的计算功能和广泛的模拟能力，它拥有大量不同种类的单元模型、材料模型、分析过程等。无论是分析一个简单的线弹性问题，或者是一个包括几种不同材料、承受复杂的机械和热载荷过程以及变化接触条件的非线性组合问题，应用该软件计算分析都会得到令人满意的结果。ABAQUS 能够驾驭非常庞大的高度非线性问题，并走在了世界的前列。因此，国内外的专家学者逐渐把 ABAQUS 作为研究工程科学的工具和桥梁，并将其逐渐应用到机械、热工、土木等领域。

ABAQUS 拥有丰富的、可模拟任意几何形状的单元库。并拥有各种类型的材料模型库，可以模拟各种典型工程材料，例如金属、橡胶、高分子材料、复合材料、钢筋混凝土、可压缩超弹性泡沫材料以及土壤岩石等地质材料。ABAQUS 具有强大的功能，使用起来非常简单易于上手，界面也相当友好。复杂问题可以通过选项块的不同组合很容易地模拟出来。例如，对于复杂多构件问题的模拟是通过把定义每一构件的几何尺寸的选项块与相应的材料性质选项块结合起来。在大部分模拟计算时，甚至是高度非线性问题，用户也只需提供一些工程数据，像结构的几何形状、材料性质、边界条件及载荷工况就可以获得较好的模拟结果。在一个非线性问题分析时，ABAQUS 能自动选择相应载荷增量和收敛限度，不仅能够选择合适的参数，而且能连续调节参数以保证在分析过程中得到精确解。因此，用户通过准确地定义参数就能得到很好的模拟结果。作为通用模拟工具 ABAQUS 除了能解决大量结构（应力 / 位移）问题，还可以模拟其他工程领域的许多问题，例如热传导、质量扩散、热电耦合分析、声学分析、岩土力学分析（流体渗透 / 应力耦合分析）及压电介质分析。因此在各国的同业界以及研究机构中均被广泛使用，行业可覆盖汽车、船舶、电子、航空、航天、军工、国防、建筑、机械、材料、能源以及民用工业等。

1.2 ABAQUS 的发展历史

ABAQUS 软件公司最初由三个人（即 Hibbitt, Karlsson 和 Sorensen 博士）于 1978

年成立，逐渐发展成全球知名的有限元软件公司，在北美、欧洲、亚太地区有 40 多个分公司或代表处。2005 年 5 月，前 ABAQUS 软件公司与世界知名的在产品生命周期管理软件方面拥有先进技术的法国达索集团合并，共同开发新一代的模拟真实世界的仿真技术平台 SIMULIA。目前，ABAQUS 是达索 SIMULIA 公司（原 ABAQUS 软件公司）的产品。达索 SIMULIA 公司是世界知名的计算机仿真行业的软件公司，成立于 1978 年，其主要业务是为世界上最著名的非线性有限元分析软件 ABAQUS 进行开发、维护及售后服务。

SIMULIA 包括 ABAQUS 和 CATIA 的分析模块等，它把人们从以往不相关的仿真应用，带入到协同的、开放的、集成的多物理场仿真平台。通过卓越的技术、出众的服务，工程师和科学家可以方便地利用仿真结果去检验产品的质量，加快产品的创新，并减少资源的消耗。达索公司不断吸取最新的分析理论和计算机技术，领导着全世界非线性有限元技术和仿真数据管理系统的发展。

1.3 ABAQUS 的组成及功能简介

ABAQUS 有两个主要的分析模块：ABAQUS/Standard 和 ABAQUS/Explicit，以及一个全面支持求解的图形用户界面，即人机交互前后处理模块——ABAQUS/CAE (Complete ABAQUS Environment) 组成。此外，ABAQUS 对某些特殊问题还提供专用模块来加以解决。

ABAQUS 被广泛地认为是功能最强的有限元软件，可以分析复杂的固体力学、结构力学系统，特别是能够驾驭非常庞大复杂的问题和模拟高度非线性问题。ABAQUS 不但可以作单一零件的力学和多物理场的分析，同时还可以作系统级的分析和研究。ABAQUS 的系统级分析的特点相对于其他的分析软件来说是独一无二的。由于 ABAQUS 优秀的分析能力和模拟复杂系统的可靠性使得 ABAQUS 被各国的工业和研究所广泛地采用。ABAQUS 产品在大量的高科技产品研究中都发挥着巨大的作用。

1.3.1 ABAQUS/Standard 模块

ABAQUS/Standard 是一个通用分析模块，它能够求解领域广泛的线性和非线性问题，包括静力、动力、热、电磁、声，以及复杂的非线性、物理场耦合分析等。ABAQUS/Standard 提供一个动态载荷平衡的并行稀疏矩阵求解器，能够实现多达 16 个处理器的并行运算，可以应用于各种类型的分析。

ABAQUS/Standard 还提供一个并行的 Lanczos 特征值求解器，在大规模模型中可以快速有效地提取多阶特征值，是线性动力学分析的重要工具，包括瞬态响应、谐波响应、随机响应以及地震响应谱分析，ABAQUS/Standard 还有一个复特征值求解器，可以实现对非对称系统或带阻尼的对称系统的复特征值提取。

1. 解决各种实际问题

ABAQUS/Standard 为工程师和分析专家提供强有力的工具来解决许多工程问题：从

线性静态、动态分析到复杂的非线性耦合物理场分析。结合使用 ABAQUS/Standard 与 ABAQUS/Explicit，利用两者的隐式和显式求解技术，可以让更多实际问题获得求解。

2. 精确、可靠的分析

分析一项工程问题所使用工具的质量，极大地影响该问题求解的可靠性和质量。在所有支持的计算机平台上，ABAQUS/Standard 的每一个版本，都进行一整套完整的测试；包括 13000 次的回归测试以及对许多客户模型的测试。此外，ABAQUS/Standard 有最好的行业技术支持和完备的手册作后盾，用户完全可以放心地使用该产品。

3. 开发高效求解技术

对于绝大多数复杂问题的求解来说，高效可靠的求解过程是非常重要的。ABAQUS/Standard 提供并行的稀疏矩阵求解器。该求解器对各种大规模计算问题都能十分可靠地快速求解。不仅如此，ABAQUS/Standard 还包含许多新颖的求解技巧来提高求解速度。

4. 改进现有工作流程

业内领先的 ABAQUS/Standard 分析能力，与现有前后处理器的兼容能力结合，使 ABAQUS 常常成为用户的唯一选择：用户可以把他们所有的有限元分析需求全部集成在 ABAQUS 中进行求解。ABAQUS/Standard 不仅可以在现有的工作流程中方便地使用，还可以借助它强大的功能显著地改进现有的工作流程。

1.3.2 ABAQUS/Explicit 模块

ABAQUS/Explicit 可以进行显式动态分析，适用于求解非线性动力学问题和准静态问题，特别是模拟短暂、瞬时的动态问题，如跌落、爆炸、冲击等。另外，对于处理接触条件高度非线性的准静态问题也非常有效，例如模拟制造过程（如高温金属轧制、板冲压等）和能量吸收装置的缓慢挤压过程等。

ABAQUS/Explicit 可以实现基于域的并行计算，可以使用子模型技术，在大变形问题中，可以使用 ALE (Arbitrary Lagrangian Eulerian) 自适应网格技术来避免求解过程中的网络畸变。保证求解的顺利进行。

1. 求解复杂的非线性问题

ABAQUS/Explicit 是求解复杂非线性动力学问题和准静态问题的理想程序，特别是用于模拟冲击和其他高度不连续事件。ABAQUS/Explicit 不但支持应力/位移分析，而且还支持完全耦合的瞬态温度-位移分析、声固耦合分析。ABAQUS/Explicit 与 ABAQUS/Standard 有机的结合，使求解能力更加强大和灵活。任意的拉格朗日-欧拉 (ALE) 自适应网格功能可以有效地模拟大变形非线性问题，例如金属成形。

2. 使用的可靠性

ABAQUS/Explicit 的开发有着严格的质量监控，它是同类软件中唯一同时达到了 ISO 9001 和美国国家标准协会/美国机械工程师协会 (ANSI/ASME) 颁布的核工业质量保证程序 NQA-1 规范要求的软件。为了保证在工业生产中使用该产品的可靠性和高质量，ABAQUS/Explicit 的每一个版本都经过了一系列广泛的测试，包括超过 3500 个回归测试和许多对用户模型的测试。

3. 精确、可靠的分析

ABAQUS/Explicit 恰当地运用力学知识和算法，能使问题得到有效的、精确的解答。这就保证了相同的问题在不同的计算机平台上或者当计算机的处理器个数不同时都能得到相同的结果。此外，ABAQUS/Explicit 拥有最好的工业技术支持和最完备的用户指南，使用户在使用该软件时信心十足。

4. 开发高效求解技术

ABAQUS/Explicit 为用户提供了高效模拟各类问题的技术。在各种处理器上 ABAQUS/Explicit 显示出强大的并行处理能力。ABAQUS/Explicit 拥有全面的处理接触问题的功能，能够模拟模型里许多部件之间复杂的接触和相互作用，并且显著地削减运算时间。其他功能，如质量缩放和重启动，使 ABAQUS/Explicit 成为有效地模拟复杂问题的工具。

ABAQUS/Standard 与 ABAQUS/Explicit 的主要区别见表 1-1。

ABAQUS/Standard 与 ABAQUS/Explicit 的主要区别

表 1-1

不同点	ABAQUS/Standard 分析模块	ABAQUS/Explicit 分析模块
单元库	提供了广泛的单元库	为显示分析提供了广泛的单元库，是 ABAQUS/Standard 单元库的子集
分析程序	通用和线性扰动分析程序	通用分析程序
材料模型	提供了广泛的材料模型	允许失效的材料模型
接触分析	强大的解决接触问题的能力	更适用于非常复杂的接触模拟
求解技术	无条件稳定的，基于刚度矩阵的求解技术	有条件稳定的，显式积分求解技术
磁盘内存需要	存在大量的迭代步，故需求较大	相对较少

1.3.3 ABAQUS/CAE 模块

1. 快速地创建高质量的模型

熟悉现代 CAD 系统的用户欣赏基于特征的、参数化建模方法所带来的高效性和灵活性。ABAQUS/CAE 是唯一提供这种几何建模方法的有限元前处理程序。用户能够创建参数化几何体如：拉伸、旋转、扫略、倒角和放样。同时也能够由各种流行的 CAD 系统导入几何体，并运用上述建模方法进行进一步编辑。

2. 全面支持 ABAQUS 的分析功能

ABAQUS/CAE 支持广泛的 ABAQUS 分析功能并且为初学者和经验丰富的用户提供人机交互的使用环境。熟悉的 ABAQUS 分析概念，如分析步、接触、约束和预设条件等，能够通过操作简便的界面得以实现。ABAQUS/CAE 还提供了完全的后处理和可视化功能，即使最大规模的 ABAQUS 分析结果也可以高速、高质量地进行绘图。

3. 混合建模方法的使用

在实际的分析过程中，几何体和网格体往往共同存在于模型中，ABAQUS/CAE 通过混合建模方法能够非常容易地处理这种情况。用户可以处理基于几何体的数据，同时也可以处理导入纯的节点和单元数据，这些数据没有任何几何拓扑关系。接触、载荷以及边界条件能够施加在几何体上或者直接施加在单元的节点、边或面上。这种允许几何体与网格

体混合使用的建模环境，为用户分析特定问题提供了最佳的灵活性。

4. 流程化和自动化处理

ABAQUS/CAE 建立在一个开放的可拓展的平台之上，这使得用户可以对成熟的工作流程进行二次开发。从基本的宏功能和重放文件到完全集成的企业级应用，ABAQUS/CAE 提供了一个丰富的工具包来自动化处理各种任务和流程，并容易将 ABAQUS 的有限元分析功能向更广阔的用户群推广。

ABAQUS/CAE 是 ABAQUS 的交互式图形环境，利用它能够有效地创建、编辑、监控、诊断和后处理现今的 ABAQUS 分析过程，ABAQUS/CAE 将建模、分析、工作管理以及结果显示集成于一个一致的、使用方便的环境中，使初学者易于学习，而经验丰富的用户工作效率会更高。ABAQUS/CAE 提供了一个广泛的、全面的有限元建模交互环境，将各种功能集成在模块以及工具箱中，用户界面具有互动性、一致性和直观性；同时还提供最好的 ABAQUS 求解器的概念，如分析步、接触和摩擦、截面特性、材料和幅值曲线等，在用户界面中都非常直观；另外，通过便利的工具可以检测分析过程，再加上一系列完整的结果可视化功能，ABAQUS/CAE 用户能够方便地生成、解释和交流分析结果。使用 Python 脚本语言和 GUI 工具包，可以实现自定义的菜单对话框以及实现自动化处理各种任务流程。本书中实例的绝大部分工作均基于 ABAQUS/CAE 完成。

1.3.4 其他模块

ABAQUS 除了上面三个基本的常用模块之外，还有一系列专用的分析模块，分别介绍如下：

(1) ABAQUS/Design: ABAQUS/Design 是一个可选择的附加产品，用于设计灵敏度分析 (DSA)。设计灵敏度用于预测设计发生变化时对结构响应产生的变化，可以提供“立即再分析”或“假设分析”来进行优化设计。

(2) ABAQUS/Aqua: ABAQUS/Aqua 的一系列功能可以附加在 ABAQUS/Standard 中应用。它偏向于模拟海上结构，如海洋石油平台。它的功能包括模拟波浪、风荷载及浮力的影响。

(3) ABAQUS/Viewer: ABAQUS/Viewer 是 ABAQUS/CAE 的子集，它只包含了可视化的后处理功能。

(4) ABAQUS/Foundation: ABAQUS/Foundation 提供 ABAQUS/Standard 中有关线性静态分析和动态分析的功能。

(5) Fe-safe/Fe-Safe: Fe-safe/Fe-Safe 模块的一系列功能可以附加在 ABAQUS/Standard 和 ABAQUS/Explicit 上应用，使用它的目的是通过疲劳分析预测部件和系统的寿命。

(6) ABAQUS for CATIA V5: ABAQUS for CATIA V5 为用户提供了完全集成在 CATIA V5 的使用环境中的 ABAQUS 求解器，使 CATIA 用户无需离开 CATIA 环境就能方便地进行有限元分析。

(7) ABAQUS Interface for MSC. ADSMS: ABAQUS 和 ADSMS/Flex 软件接口，可以导入 ADSMS 模型中的部件进行有限元分析并将结构返回到 ADSMS。

(8) ABAQUS Interface for MOLDFLOW: ABAQUS 和注塑模拟软件 MOLDFLOW

之间的接口，可以基于 MOLDFLOW 分析得到的注塑成型后的材料性质和残余应力分析进行有限元分析。

1.4 ABAQUS 帮助文件

1.4.1 ABAQUS 帮助文件的内容

ABAQUS 具有一套详尽的帮助文件，如图 1-1 所示，常用手册如下：

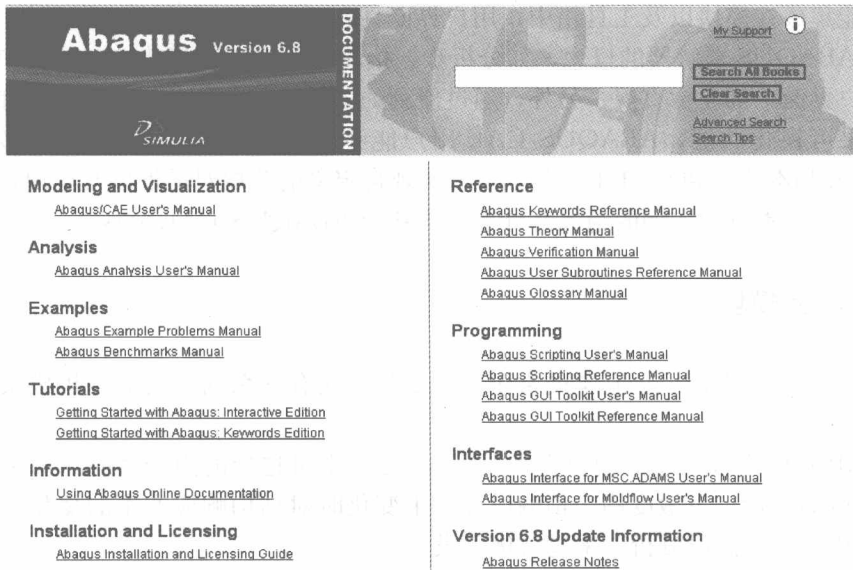


图 1-1 ABAQUS 中的帮助文件

1. ABAQUS Analysis User's Manual (ABAQUS 分析用户手册)
这是最常用的 ABAQUS 手册，包含对 ABAQUS 的所用功能，包括单元、材料模型、分析过程、输入格式等内容的完整描述。
2. ABAQUS/CAE User's Manual (ABAQUS/CAE 用户手册)
该手册详细说明了如何运用 ABAQUS/CAE 生成模型、提交分析和后处理，对初学者学习 ABAQUS 非常有用。
3. ABAQUS Keywords Reference Manual (ABAQUS 关键词参考手册)
该手册提供了对 ABAQUS 中全部关键词的完整描述，包含对其参数和数据行的说明，对于编写 *.INP 文件有很大的帮助。
4. ABAQUS Example Problems Manual (ABAQUS 实例手册)
该手册包括丰富而详细的 ABAQUS 分析实例，通过这些实例来演示线性和非线性的方法和结果，每一个例题的说明中都包含了对单元类型和网格密度的讨论。用户在进行一个从前从没有尝试过的操作时，可以参考相应的实例学习。用户还可以从安装目录中提取