

# Python语言 在Abaqus中的应用

◎ 曹金凤 王旭春 孔亮 编著

Python语言基础

Abaqus中的脚本接口

快速建模

自动后处理\访问输出数据库

监控分析作业\参数分析\优化分析

内附光盘



ABAQUS CAE 工程师系列丛书

# Python 语言在 Abaqus 中的应用

曹金凤 王旭春 孔 亮 编著



机械工业出版社

本书详细介绍了 Python 语言基础知识、Python 语言与 Abaqus 脚本接口的关系以及编写脚本实现各种功能,包括快速建模、访问输出数据库、对外部数据进行其他后处理和部分高级处理功能。通过大量的实例脚本和详细的注释,为读者提供编写、调试脚本和开发专有模块的方法,帮助读者提高解决复杂问题的能力。

本书共包含 6 章内容,分为两部分:第一部分即第 1 章,介绍了 Python 语言编程的基础知识,为后面 5 章奠定基础;第二部分为第 2 章~第 6 章,分别介绍了 Abaqus 脚本接口、编写脚本快速建模、编写脚本访问输出数据库、编写脚本进行其他后处理、脚本的高级处理功能等内容。对于每一章节,都尽可能地通过实例介绍编写脚本的技巧和注意问题。书中内容从实际应用出发,文字通俗易懂,深入浅出,读者不需要具备很深的编程功底,即可轻松掌握 Python 语言在 Abaqus 中的各种应用。

本书主要面向 Abaqus 软件的中级和高级用户,对初级用户也有一定的参考价值。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

Python 语言在 Abaqus 中的应用/曹金凤,王旭春,  
孔亮编著. —北京:机械工业出版社,2011.7  
(ABAQUS CAE 工程师系列丛书)  
ISBN 978-7-111-35155-9

I. ①P… II. ①曹… ②王… ③孔… III. ①软件工  
具—程序设计 IV. ① TP311.56

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 124140 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:孔 劲 责任编辑:孔 劲

版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧

封面设计:赵颖喆 责任印制:杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2011 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·22.25 印张·548 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-35155-9

ISBN 978-7-89433-043-7 (光盘)

定价:48.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

策划编辑:(010)88379772

销售一部:(010)68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 序 言

如何看《Python 语言在 Abaqus 中的应用》这本书？如果只是看到她是在介绍一种算法语言及其在一个软件上的应用，那就低估了这本书的意义。

其实，Abaqus 作为国际著名的计算力学软件，其功能是开放的，它可以面对不同层次的用户群，除了大量的使用该软件基本功能的工程界朋友，还有一部分希望扩充其功能的学术界朋友。后者实际上具有在 Abaqus 平台上进行软件二次开发的需求。

从这一点出发阅读这本书，读者会感受到：这是一本帮助我们如何进行软件二次开发、怎样使用相关语言的参考工具。

回顾自己研发计算力学软件的经历，深感这类图书对从事软件开发工作的重要性。1978 年之后，我在大连理工大学师从钱令希院士进行结构优化理论、方法和软件的研究，跟随钟万勰院士在自主研发的国产软件上进行程序开发。1998 年之后至今，在北京工业大学带领年轻学者们在 MSC. Nastran 等多个国际著名软件上面，进行了结构优化程序的二次开发，现在已经获批了 40 多个软件著作权。

尽管前后两阶段所依据的力学分析平台不一样，但是两种工作是有共性的：其一，我们每个人只能开发一部分功能的程序，软件开发必须在承认他人的工作上进行，换句话说，每个人的研发不管是基于哪个软件的模块，都应当视它为可信赖的黑箱；其二，不管我在前期所用的“结构化 Fortran 语言”，还是后期常用的“PCL (Patran Command Language) 语言”，都是一种方便实用的语言，否则在二次开发中期望它具有的可扩充性、可移植性、可解释性、可嵌入性等，就不复存在。

从个人的上述经验看 Abaqus 软件和 Python 语言，曹博士的这本书是一本重要的参考手册，适合在高水平计算力学软件上进行某些功能开发者的需求。众所周知，Abaqus 是水平很高、深受用户欢迎的计算力学软件之一，Python 语言因为方便性被昵称为“胶水语言”。

我还想顺便谈一个体会：同 50 年前有限元方法出现的时代相比，现在有了大量有效的计算力学软件。既然已经有了大家公认的很多优秀分析平台，研究者不应再奋力去开发具有竞争力的新软件了，而应当把精力花在基于这些平台进行二次开发上面了。从科学技术共同体的角度去思考，这应当是如今计算力学软件研发的最佳策略。

人们以往总是从工程应用上理解有限元方法出现的巨大意义，其实在它出现的半个世纪之后，我们应当从学科发展的角度予以考察，这就是说：有限元的出现与发展，带动了大多数学科实现了从 2 到 3 的跃变。具体来讲，就是原本只有“理论”和“实验”两个方面的理工科学科，现在出现了“数值”的第三个方面。可以把“理论”比喻为车辆或飞行器的主体，而“实体实验”和“数值实验”则是左、右轮或两翼。

在数值实验的研发软件工程方面，不应再把注意力集中在不断搭建新的分析平台上，而应当利用好大家公认的平台，进行新功能的二次开发。作为长期从事结构优化设计和智能结构最优控制的研究者，我恳请大家特别要在结构与多学科优化的二次开发上多下功夫，不辜负时代对我们的期望。

相信曹金凤博士的这本书对有志于从事力学和多学科软件二次开发的中青年学者，是会大有裨益的。曹金凤从硕士论文阶段接触和使用 Abaqus 软件以来，八年如一日，锲而不舍，这是继她与石亦平博士合著《ABAQUS 有限元分析常见问题解答》之后的又一本书。如果说第一本书是使用软件时可以翻阅的手册，那么本书则是欲进行软件二次开发的用户可以借鉴的文档。

曹金凤博士不仅勤奋、刻苦，坐得住冷板凳，而且心地善良、敬孝师长、友悌同仁、关爱后辈。在这里，衷心祝愿她学术上取得更大进步。

隋允康  
于北京工业大学

## 序 言 二

2008年，有幸和曹金凤博士一起撰写了《ABAQUS有限元分析常见问题解答》一书，写作过程中，时时可以感受到曹博士的勤勉、敬业、严谨、诚恳和深厚的专业素养。认真地写一本专业书是一件很辛苦的工作，这样一本40万字左右的专业书，至少需要大约1年左右的时间来完成，要每天努力挤出所有可能挤出的时间，总共1000个小时以上的工作量，而这之前的专业知识积累和创造素材的准备，就难以数计了。

当年开始与曹博士合作写书时，我曾谈起过自己写书的感受：“开始的3个月斗志昂扬，创作激情高涨；接下来的3个月开始感觉平淡，只是凭惯性在完成写作计划；之后的3个月是创作难度最大的高级篇部分，像拔河一样全靠咬牙坚持；最后3个月的收尾阶段，已经是看见Word文档就头晕恶心，完全要靠责任心和毅力来完成最后的仔细校对和修改”。

2008年曹博士写完那本书后，完整体会了这4个阶段，也是深有同感，我估计她几年内不会有兴趣再写第2本书了。当她2010年年初说起要写一本关于Abaqus二次开发和Python语言的书时，我多少还是吃了一惊。关于编程语言的书写起来就更枯燥，需要介绍的内容更琐碎，如果想写出一本简明、清晰、易懂、吸引人的编程指南，确实需要下一番大工夫。

十几年前在学校时，我学过不少编程语言，当时流传最广、最受读者好评的经典编程指南是谭浩强先生的《C语言程序设计教程》，其内容深入浅出，简单易学。细读曹博士的这本新作，仿佛又找回了当年看谭浩强先生著作时的感受，全书结构清晰，层次分明，编排有序，详略得当，实例详尽，文字流畅，行文风格与她的上一本书《ABAQUS有限元分析常见问题解答》一脉相承，特色鲜明，与现有的Python语言书籍相比，自有其独到之处。目前市场上关于Python语言或关于Abaqus的书籍很多，但把二者结合在一起的，还很少见。

关于Python语言，我在这里摘录几段“百度百科”上面的相关介绍：

“Python的创始人为Guido van Rossum，1989年圣诞节期间，Guido为了打发圣诞节的无趣，决心开发一个新的脚本解释程序，之所以选中Python（大蟒蛇）作为程序的名字，是因为他是一个名为Monty Python的飞行马戏团的爱好者。Python语言的这个“蟒蛇”标识确实起到了令人过目不忘的广告效果。”

“Python最大的优点是简单易学，其语法不像其他编程语言那样复杂。阅读一个良好的Python程序就感觉像是在读英语一样，它使你能够专注于解决问题而不是去搞明白语言本身。”

“Python也被称为是一门清晰的语言。因为它的作者在设计它的时候，总的指导思想是：对于一个特定的问题，只要有一种最好的方法来解决就好了。这在由Tim Peters写的Python格言里面表述为：‘There should be one-and preferably only one-obvious way to do it.’”

“Python具有脚本语言中最丰富和强大的类库，足以支持绝大多数日常应用。在实际开发中，Python常被昵称为胶水语言，这不是说它会把手指粘住，而是说它能够很轻松地把用其他语言制作的各种模块（尤其是C/C++）联结在一起。”

“也许最初设计 Python 语言的人并没有想到今天 Python 会在工业和科研上获得如此广泛的使用。著名的自由软件作者 Eric Raymond 在他的文章《如何成为一名黑客》中，将 Python 列为黑客应当学习的四种编程语言之一，并建议人们从 Python 开始学习编程。对于那些从来没有学习过编程或者并非计算机专业的编程学习者而言，Python 是最好的选择之一。”

“Python 的优点还包括可扩充性免费、开源、高级语言、可移植性、解释性、面向对象、可扩展性、可嵌入性等等……”。

看到这里，不知各位读者的感受如何，我自己是感觉跃跃欲试，希望马上冲到 Python 的广阔天地里去遨游了。如果您也有同感，那么请您准备好纸、笔、计算机和一杯香茶，开始细读这本书，让曹博士带领您走入这个 Python 的奇妙世界。

探索未知世界的强烈渴望，是千百年来人类进步的原动力。如果在不久以后，您成功地创造了一段世界上独一无二的 Python 代码，为您的 Abaqus 开发出来了一个新界面或新功能，那么我们会衷心地为您感到高兴。

最后想再提醒您一句，希望您现在正在阅读的是书店买来的正版书籍。如果您觉得书太贵，建议您去“当当网”之类的网上书店去购买 7~8 折的正版书，而不要花钱去支持那些非法出版商的盗版行为。

如果您正在阅读的是网上下载的电子书，那么请您至少不要再去主动发布和传播这些文档。在网络时代，我们对于获取免费的网上资源已经感到习以为常。事实上，如前面所说，创作一本书要花费大量的心血，付出艰辛的努力，我们希望您能尊重作者的辛勤劳动，在此我们对您的支持表示衷心的感谢！

石亦平  
于德国

# 前 言

Abaqus 软件是国际公认的大型通用非线性有限元分析软件之一，广泛应用于机械制造、石油化工、航空航天、汽车交通、土木工程、国防军工、水利水电、生物医学、电子工程、能源、地矿、造船以及家用电器等工业和科学研究领域。Abaqus 软件在技术、品质和可靠性等方面具有卓越的声誉，可分析工程中各种复杂的线性和非线性问题。

1997 年，清华大学庄茁教授以其敏锐的眼光和超强的前瞻性将 Abaqus 软件引入国内，取它山之石，助科研和工程分析之力。近年来，随着用户使用 Abaqus 软件分析问题能力的逐步提高，软件中提供的功能已经不能满足需要。由于 Abaqus 软件为用户提供了专门的二次开发接口，包括用户子程序（User Subroutine）和 Abaqus 脚本接口（Abaqus Scripting Interface，使用 Python 语言编写），因此越来越多的用户开始转向二次开发，即站在较高起点的 Abaqus 软件平台之上，开发算法、研究用户单元和材料本构模型，避免研究工作的重复。

笔者初次接触 Python 语言就被其强大的功能、简单易学性所吸引。虽然越来越多的用户已经开始使用 Python 语言编写脚本，遗憾的是，目前尚没有一本正规的“Abaqus 脚本接口与 Python 语言”的出版物供读者查阅，用户只能“啃”Abaqus 用户帮助手册。

2009 年，笔者与石亦平博士合作出版了《ABAQUS 有限元分析常见问题解答》一书，陆续收到国内外的大量读者来信，部分读者强烈建议出版关于 Abaqus 脚本接口方面的书籍。鉴于此，笔者斗胆决定写作《Python 语言在 Abaqus 中的应用》一书，希望能够为广大用户解决实际问题提供帮助和借鉴。

本书共 6 章内容，可以分为两部分：第一部分为第 1 章，介绍了 Python 语言的基础知识，为后面 5 章的学习奠定基础；第二部分为第 2 章~第 6 章，依次介绍了 Abaqus 脚本接口、快速建模、访问输出数据库、进行其他后处理及高级处理功能等内容。

## 读者对象

本书主要面向 Abaqus 软件的中级和高级用户，对初级用户也有一定的参考价值。

在开始学习本书前，假设读者已经掌握了 Abaqus 有限元分析的基础知识，熟悉 Abaqus/CAE 的操作界面，了解 Abaqus 建模、提交分析和后处理的基本方法。如果在 Abaqus/CAE 中建模时遇到问题，可以在机械工业出版社出版的《ABAQUS 有限元分析常见问题解答》一书中得到详尽的解答。《ABAQUS 有限元分析常见问题解答》一书在全国各大书店都有销售，在网络上搜索“ABAQUS 有限元分析常见问题解答”，就可以找到很多家购书网站。

## 本书特色

◇ 为了便于学习 Python 语言在 Abaqus 中的各种应用，第 1 章详细介绍了 Python 语言编程的基础知识，为后面章节的学习奠定基础。

◇ 本书内容从实际应用出发，文字通俗易懂，深入浅出，读者不需要具备很深的理论知识，即可轻松地掌握 Python 语言在 Abaqus 中应用的各种编程技巧。



◇ 本书介绍了大量实例脚本的编写思路和方法，并对每行代码做了详细讲解。对于编写过程中可能出现的问题、应该避免的错误做法都通过“提示”的方式提醒读者注意。

◇ 为了方便读者学习，随书光盘中给出了大量实例的 Python 脚本文件、INP 文件和 ODB 文件。将光盘中的脚本文件复制到计算机上，运行这些实例脚本后将实现特定功能。在实例脚本的基础上，读者可以通过修改或添加代码来满足自己的不同需要。

◇ 为了便于讲解各行代码的含义，在每行代码的开始位置，笔者使用阿拉伯数字标识，而脚本源代码中这些标识都是不存在的。

◇ 本书中 Python 语言选用的是 2.6 版本，随书光盘的文件夹 \chapter1\1.1\ActivePython-2.6.5.12-win32-x86.msi 提供了从 Python 语言官方网站上下载的正版 Python 2.6 软件。

☆ **注意：**本书内容基于 Windows 操作系统下的 Abaqus 6.10 版本，其他版本 Abaqus 的操作界面可能有所不同，书中的实例脚本对于不同 Abaqus 版本可能需要进行小的修改。

☆ **注意：**随书光盘中的 CAE 模型均在 Abaqus 6.10 版本下生成，只能使用 Abaqus 6.10 及以上版本的 Abaqus/CAE 才能打开。为了方便持有不同版本的读者学习本书，随书光盘同时提供了 INP 文件供提交分析作业，命令为：`abaqus job = job_name interactive`。

## 本书约定

◇ 如无特别说明，“单击”表示对鼠标左键进行操作。

◇ 本书采用了 Abaqus 操作界面的科学计数法格式。例如， $4e9$  表示  $4 \times 10^9$ 。

## 致谢

本书的写作与出版得到了山东省高等学校科技计划项目 (J11LE04)、国家自然科学基金项目 (50979037) 和山东省自然科学基金杰出青年基金项目 (JQ201017) 的资助，在此表示衷心的感谢。

本书写作过程中，得到了北京工业大学隋允康教授和德国 Schaeffler 公司石亦平博士的大力支持和帮助，并在百忙之中为本书撰写了序言。在本书即将出版之际，向他们表示深深的谢意。同时，感谢 Abaqus 北京代表处白锐经理和各位工程师给予的各种支持和帮助。

衷心感谢中国矿业大学 (北京) 姜耀东教授给予的大力支持、鼓励、帮助和指导。

特别要感谢中国石油大学 (北京) 焦中良博士提供了由他开发的实时读取 Abaqus/CAE 命令的软件 `Python_Reader`，并放在随书光盘中供广大读者学习。

编写本书的过程中，笔者参考了一些专门介绍 Python 语言的书籍和 Abaqus 6.10 帮助文档，感谢这些作者的辛勤劳动。

特别感谢曹本良、李瑞欣和青岛前湾集装箱码头有限责任公司梅叶先生对笔者工作的无私奉献和支持。同时感谢“Abaqus 青岛培训中心”和青岛理工大学理学院“数值计算与应用研究所”的同事和清华大学周丽娜博士的帮助和支持。此外，感谢机械工业出版社各位编辑的辛勤工作，在你们的辛勤劳动下，拙作才能够在第一时间与读者见面。

目前，国内专门介绍“使用 Python 语言对 Abaqus 进行二次开发”的书籍甚少，写书过程中笔者时刻警醒自己，尽最大所能将内容介绍清楚，让读者真正学会编写 Python 脚本。

但是，使用 Python 语言进行二次开发本身就是一项庞大的课题，将它与功能强大的 Abaqus 软件联合进行开发，变得更加复杂。笔者深感无法在一本只有几百页的书中将所有的内容都介绍到。如果本书能够为读者在学习、科研或项目实施过程中提供一点思路和一些帮助，笔者就将感到非常欣慰和快乐。由于水平有限，书中错误和纰漏之处在所难免，敬请各位专家和广大读者批评指正，并欢迎通过电子邮件 [bonny.cjf@163.com](mailto:bonny.cjf@163.com) 与笔者交流。

**作者**  
**于青岛**

# 目 录

序言一

序言二

前言

第0章 导言：千里之行，始于足下 .....	1
——写给读者的话 .....	1
0.1 简单实例 .....	2
0.2 Abaqus 脚本编程的优势 .....	8
0.3 学习方法 .....	10
0.4 如何看待本书 .....	12
0.5 心愿 .....	12
第1章 Python 语言基础 .....	13
1.1 简介 .....	14
1.1.1 Python 语言的特点 .....	14
1.1.2 运行 Python 脚本 .....	16
1.2 开发工具 .....	19
1.2.1 PythonWin 开发工具 .....	19
1.2.2 Abaqus 中的 Python 开发环境 (PDE) .....	20
1.2.3 EditPlus 编辑器的 Python 开发环境配置 .....	21
1.3 基础知识 .....	26
1.3.1 编码规则 .....	26
1.3.2 数据类型 .....	33
1.3.3 变量和常量 .....	37
1.3.4 运算符和表达式 .....	41
1.3.5 文件类型 .....	43
1.4 内置数据结构 .....	45
1.4.1 元组 (tuple) .....	45
1.4.2 列表 (list) .....	49
1.4.3 字典 (dictionary) .....	54
1.4.4 序列 (sequence) .....	58
1.5 结构化程序设计 .....	60
1.5.1 条件语句 (if...elif...else) .....	60
1.5.2 循环语句 (while, for...in) .....	62
1.6 函数、模块和包 .....	66
1.6.1 函数 (function) .....	67
1.6.2 模块 (module) .....	74
1.6.3 包 (package) .....	83
1.7 面向对象编程 .....	86

1.7.1 类和对象 .....	86
1.7.2 属性和方法 .....	88
1.7.3 继承 (inheritance) .....	97
1.7.4 多态性 (polymorphism) .....	100
1.8 输入/输出 .....	101
1.8.1 文件 .....	102
1.8.2 存储器 .....	105
1.9 异常和异常处理 .....	106
1.9.1 使用 try...except 语句测试异常 .....	108
1.9.2 使用 raise 语句引发异常 .....	109
1.9.3 自定义异常 .....	110
1.9.4 使用 try...finally 语句关闭文件 .....	111
1.10 本章小结 .....	113
<b>第2章 Abaqus 脚本接口 .....</b>	<b>117</b>
2.1 Abaqus 脚本接口简介 .....	119
2.1.1 Abaqus 脚本接口与 Abaqus/CAE 的通信 .....	119
2.1.2 命名空间 (namespace) .....	120
2.1.3 Abaqus 中的各种脚本接口 .....	122
2.1.4 运行脚本的方法 .....	122
2.1.5 创建脚本的方法 .....	124
2.2 Abaqus 脚本接口基础知识 .....	128
2.2.1 使用《Abaqus Scripting Reference Manual》 .....	129
2.2.2 Abaqus 脚本接口中的数据类型 .....	135
2.2.3 面向对象编程与 Abaqus 脚本接口 .....	141
2.2.4 异常和异常处理 .....	144
2.3 在 Abaqus/CAE 中使用脚本接口 .....	149
2.3.1 Abaqus 对象模型 .....	149
2.3.2 复制和删除对象 .....	159
2.3.3 指定区域 .....	161
2.3.4 指定视口中的显示对象 .....	164
2.4 实例 .....	165
2.5 本章小结 .....	173
<b>第3章 编写脚本快速建模 .....</b>	<b>177</b>
3.1 交互式输入 .....	178
3.1.1 getInput (...) 函数 .....	178
3.1.2 getInputs (...) 函数 .....	179
3.1.3 getWarningReply (...) 函数 .....	181
3.2 创建材料库 .....	182
3.2.1 录制宏 (macro) .....	183
3.2.2 通过录制宏来创建材料库 .....	184
3.3 创建插件程序 .....	190
3.3.1 简介 .....	190
3.3.2 使用 RSC 对话框构造器创建对话框 .....	191

3.3.3 创建并运行内核脚本	196
3.4 本章小结	200
<b>第4章 编写脚本访问输出数据库</b>	<b>201</b>
4.1 简介	203
4.1.1 三组概念	203
4.1.2 使用对象模型编写脚本	205
4.2 输出数据库对象模型	206
4.2.1 模型数据	206
4.2.2 结果数据	210
4.3 从(向)输出数据库读取(写入)数据	212
4.3.1 打开(创建)输出数据库	213
4.3.2 读取(写入)模型数据	214
4.3.3 读取(写入)结果数据	221
4.3.4 读取(写入)场输出数据	223
4.3.5 读取(写入)历史输出数据	226
4.3.6 设置默认的显示变量	229
4.4 计算 Abaqus 得到的分析结果	230
4.4.1 数学运算规则	230
4.4.2 有效的数学运算	231
4.4.3 粗略计算	232
4.4.4 结果转换	233
4.5 实例	234
4.5.1 读取节点信息和单元信息	234
4.5.2 读取场输出数据	236
4.5.3 创建输出数据库并添加数据	238
4.5.4 查找 Mises 应力的最大值	241
4.5.5 计算位移增量	246
4.5.6 计算平均应力	247
4.6 提高脚本执行效率的技巧	249
4.7 本章小结	250
<b>第5章 编写脚本进行其他后处理</b>	<b>253</b>
5.1 自动后处理	254
5.1.1 简介	254
5.1.2 实例	255
5.2 外部数据的后处理	262
5.2.1 简介	262
5.2.2 实例	262
5.3 本章小结	274
<b>第6章 脚本的高级处理功能</b>	<b>275</b>
6.1 监控分析作业	276
6.1.1 简介	276
6.1.2 实例	277

---

6.2 优化分析	279
6.2.1 简介	279
6.2.2 实例	280
6.3 调试脚本	287
6.3.1 跟踪法	287
6.3.2 异常抛出及确认	287
6.3.3 通过输出语句或注释发现异常	288
6.3.4 使用 Python 调试器	288
6.3.5 智能开发环境 (IDE)	289
6.3.6 Abaqus 中的 PDE	294
6.4 查询数据	302
6.5 本章小结	309
<b>附录</b>	<b>311</b>
附录 A Python 语言中的保留字	312
附录 B Python 语言中的运算符	312
附录 C Python 语言中的常用函数	313
附录 D 中文索引	315
附录 E 英文索引	325
附录 F 本书中用到的方法 (函数)	334
附录 G 本书中用到的模块	338
<b>参考文献</b>	<b>340</b>

# 第 0 章 引言：千里之行，始于足下

——写给读者的话

## 本章内容

- ※ 0.1 简单实例
- ※ 0.2 Abaqus 脚本编程的优势
- ※ 0.3 学习方法
- ※ 0.4 如何看待本书
- ※ 0.5 心愿

20 世纪 60 年代, Ray W. Clough 教授在发表的论文《The Finite Element in Plane Stress Analysis》中首次正式提出有限单元法。此后,有限单元法的理论得到迅速发展,并广泛应用于各种力学问题和非线性问题,成为分析大型复杂工程结构的强有力手段。

随着计算机的迅速发展,有限单元法中手工无法完成的大量计算工作可以借助于计算机快速实现,这就是计算机辅助工程(CAE)。经过半个多世纪的发展,CAE 技术作为一门新兴的学科已经逐渐走下“神坛”,成为各大企业设计新产品不可缺少的重要环节。传统的 CAE 技术主要指分析计算,包括:数值分析、结构与过程的优化设计、强度与寿命评估、运动/动力学仿真等。现在,随着企业信息化技术的不断发展,CAE 软件在提高工程/产品的设计质量、降低研发成本、缩短研发周期等方面都发挥了重要作用。

但是,科研工作者或企业中的 CAE 工程师更希望根据自身需要开发某一专门领域的模块、函数及界面等。例如,对于从事轮胎分析与从事岩土分析的 CAE 工程师,他们所研究的对象、关心的问题、建模的方法、材料的属性、单元类型、接触设置等方面都相差悬殊,虽然 Abaqus 软件能够分析这两类问题,但很多情况下不能够满足某些特殊需要。如果把有限元软件比喻为“巨人”,此时就需要站在巨人的肩膀上前进,即利用 Abaqus 提供的各种接口进行二次开发。在众多的有限元分析软件中,Abaqus 软件提供的二次开发接口具有很大优势,它提供了两种接口:

1) 用户子程序接口(User Subroutine)。该接口使用 Fortran 语言进行开发,主要用于自定义本构关系、自定义单元等。常用的用户子程序包括(V)UMAT、(V)UEL、(V)FRIC 及(V)DLOAD 等。

2) Abaqus 脚本接口(Abaqus Scripting Interface)。该接口是在 Python 语言的基础上进行的定制开发,它扩充了 Python 的对象模型和数据类型,使 Abaqus 脚本接口的功能更加强大。一般情况下,Abaqus 脚本接口主要用于前处理(例如,快速建模)、后处理(例如,创建和访问输出数据库)、自定义模块(例如,自动后处理模块)等。

第 0.1 节将以一个大家最熟悉的简单实例,说明使用 Abaqus 脚本接口进行二次开发的优点,引领读者进入 Python 编程的“奇妙世界”。

## 0.1 简单实例

读者对图 0-1 所示的悬臂梁模型肯定非常熟悉,它是 Abaqus 6.10 帮助文档中给出的最简单实例。笔者希望通过该实例,让大家体会到使用 Python 语言进行脚本编程的优点。

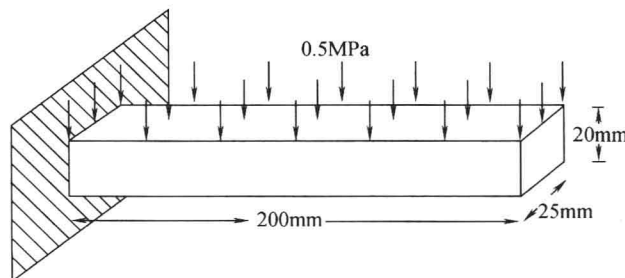


图 0-1 悬臂梁模型



随书光盘下列文件夹 \ chapter 0 \ simple\_beam\_Example.py 提供了实例脚本的源代码，请读者按照下列步骤运行该脚本：

1) 将该脚本文件复制到工作目录中。

2) 单击【开始】→【程序】→【Abaqus 6.10-1】→【Abaqus CAE】→【Run Script】(见图 0-2)，将弹出如图 0-3 所示的对话框。在 Abaqus/CAE 的 File 菜单下，选择 Run Script...，也可以弹出如图 0-3 所示的对话框。

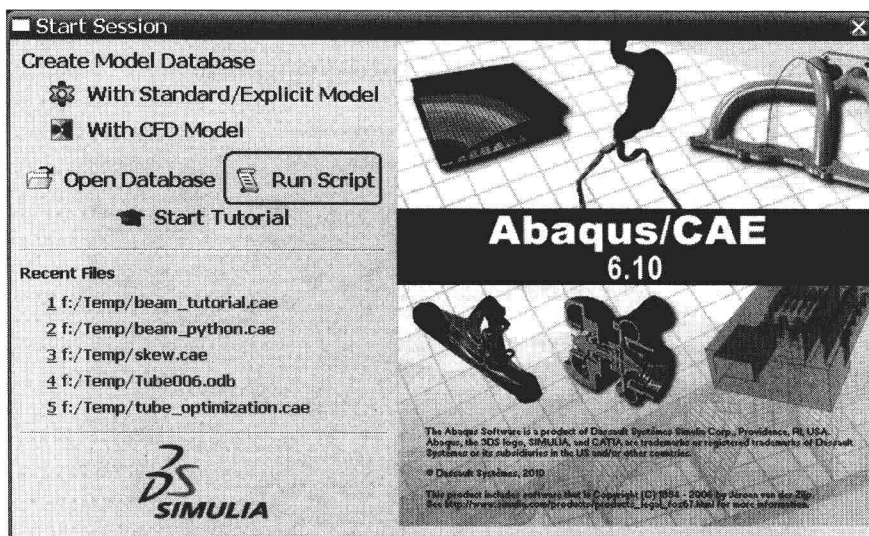


图 0-2 在 Start Session 对话框中运行脚本

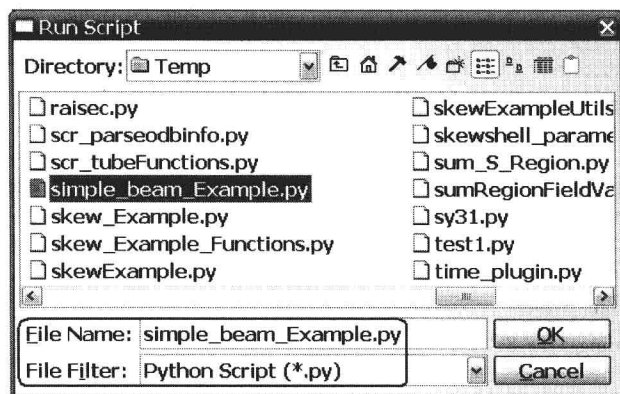


图 0-3 在 Run Script 对话框中选择脚本

3) 选择文件 simple\_beam\_Example.py 后，单击 OK 按钮，将开始运行脚本。

4) 在 Abaqus/CAE 的信息提示区将给出脚本的运行信息，如图 0-4 所示。分析完成后，视口中将给出如图 0-5 所示的 Mises 云图。同时，在工作目录下还将自动输出 Mises 应力云图的 PNG 格式文件 Mises.png。

此时，不知道广大读者感觉如何？如果在 Abaqus/CAE 中建模分析，需要依次选择各个模块，并在不同的对话框、标签页下输入数据，然后单击多次按钮才能够完成分析，而 Py-