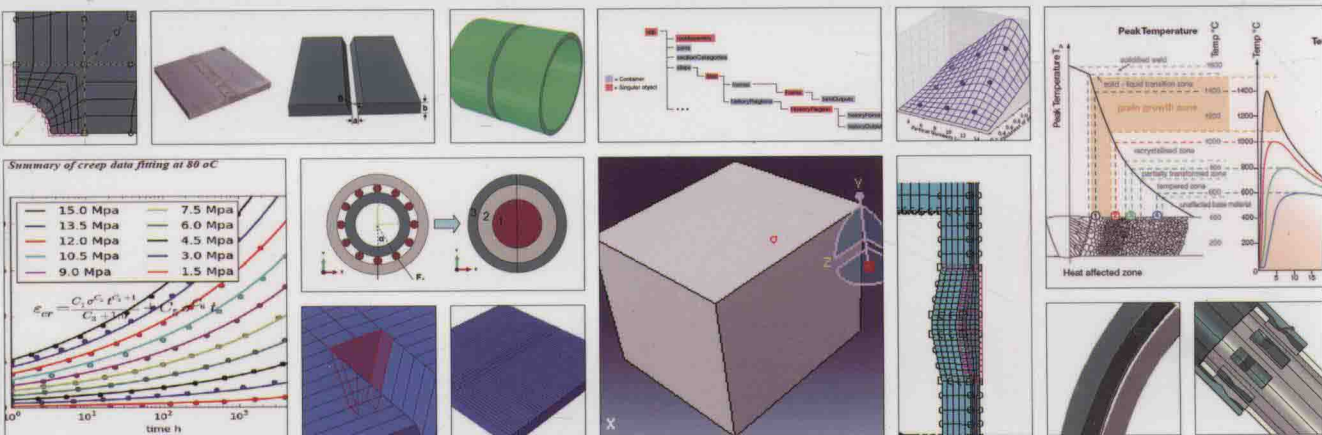


CAE分析大系

ABAQUS Python 二次开发 攻略

© 苏景鹤 江丙云 编著



第一本 ABAQUS 原厂推荐的二次开发图书

第一本 全实例 ABAQUS/Python 程序的图书

第一本 面向解决工程实际问题的图书



- 全部案例源代码
- 图书 + 微信订阅号 + QQ 群 + 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



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

CAE分析大系



ABAQUS Python 二次开发 攻略

◎ 苏景鹤 江丙云 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

ABAQUS Python二次开发攻略 / 苏景鹤, 江丙云编著

— 北京: 人民邮电出版社, 2016. 4

(CAE分析大系)

ISBN 978-7-115-41453-3

I. ①A… II. ①苏… ②江… 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(2016)第033801号

内 容 提 要

本书是作者结合自己多年 Abaqus 使用经验, 在汲取国内外大量资料的基础上编写的一本 Python 二次开发知识点笔记。内容涉及开发环境的搭建、Python 基础语法知识、Abaqus Python API 讲解, 并在最后以实例展示的方式详细阐明了二次开发的流程和方法。本书可以帮助正在使用 Abaqus 进行仿真分析工作的工程师或者科研人员学习 Abaqus Python 二次开发方法, 同时对熟悉 Abaqus 二次开发流程的读者也有一定的借鉴价值。

◆ 编 著 苏景鹤 江丙云

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>

北京天宇星印刷厂印刷

◆ 开本: 787 × 1092 1/16

印张: 19.75

字数: 557 千字

2016 年 4 月第 1 版

印数: 1 - 2 500 册

2016 年 4 月北京第 1 次印刷

定价: 59.80 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: 京东工商广字第 8052 号

第一部分 引言

第 1 章	Abaqus 二次开发简介	12
1.1	为什么是 Python	12
1.2	Python、FORTRAN 与 Abaqus	13
1.3	基于 Python 二次开发	14
第 2 章	Python 能力确认	17
2.1	测试程序	17
2.2	程序运行结果	22
第 3 章	脚本的运行与开发环境	23
3.1	Abaqus 中脚本的运行	23
3.1.1	命令区 KCLI (Kernel Command Line Interface)	23
3.1.2	CAE-Run Script	24
3.1.3	Abaqus Command	24
3.1.4	Abaqus PDE	25
3.2	选择自己的 Python 开发环境	26
3.2.1	Abaqus PDE	26
3.2.2	IDLE	27
3.2.3	Notepad++	28
3.2.4	EditPlus	29
3.2.5	选择合适的编程环境	32

第二部分 Python 基础

第 4 章	Python 数据类型与操作符	34
4.1	基本数据类型	34
4.2	列表、元组和字符串	36
4.2.1	列表 (list)	36
4.2.2	元组 (tuple)	38
4.2.3	字符串 (str)	40
4.2.4	列表、元组和字符串的关系	42
4.3	字典	43
4.4	集合	45
4.5	操作符	46
4.5.1	赋值操作符	46

4.5.2	数字类型的操作符	46
4.5.3	序列类型的操作符	48
4.5.4	字典和集合的操作符	50
第 5 章	表达式和流程控制	51
5.1	表达式和程序执行流程	51
5.2	分支语句 if-else	52
5.3	循环语句	54
5.3.1	while 循环语句	54
5.3.2	for 循环语句	55
5.4	中断和退出	58
5.4.1	break 语句	58
5.4.2	continue 语句	59
5.5	特殊语句 pass	60
第 6 章	函数	61
6.1	定义函数	61
6.2	函数中的参数传递与调用方法	63
6.3	几个特殊的函数关键字	64
6.3.1	Lambda 关键字与匿名函数	64
6.3.2	Map 关键字与批量化函数操作	66
6.3.3	Reduce 关键字和求和	67
6.3.4	Filter 关键字和条件选择	67
第 7 章	对象和类	69
7.1	对象	69
7.2	类	70
7.2.1	如何定义类	70
7.2.2	如何使用类	71
7.2.3	子类、父类和继承	72
7.2.4	几个特殊的实例属性和类方法	74
7.3	模块和包	75
7.3.1	模块	75
7.3.2	模块的路径搜索	76
7.3.3	名称空间	77
7.3.4	包	78
第 8 章	文件和目录	79
8.1	文件读写操作	79

8.2	目录操作.....	82	第三部分 Abaqus/Python 基础	
8.3	文件的压缩和备份.....	85	第 12 章 Abaqus Script 入门	
8.4	综合实例.....	87	12.1 GUI 操作 Vs rpy 脚本日志	
第 9 章	异常处理	89	12.2 对脚本进行简单的二次开发	
9.1	Python 中常见的异常.....	90	第 13 章 Abaqus/Python 基础	
9.2	自定义异常.....	92	13.1 Abaqus/Python 中的数据类型	
9.3	使用异常.....	93	13.1.1 符号常值 (SymbolicConstants)	
9.4	再看异常处理的作用	95	13.1.2 布尔值 (Booleans)	
第 10 章	常用 Python 扩展模块介绍	96	13.1.3 特有的模型对象	
10.1	NumPy 和高效数据处理.....	97	13.1.4 序列 (Sequences)	
10.1.1	创建数组.....	98	13.1.5 仓库 (Repositories)	
10.1.2	数组操作.....	99	13.2 Abaqus/Python 的对象的访问和创建	
10.1.3	数组运算.....	100	13.2.1 对象的访问.....	
10.1.4	线性代数.....	100	13.2.2 对象数据的修改	
10.2	SciPy 与数值计算.....	101	13.2.3 对象的创建.....	
10.2.1	插值.....	101	13.3 Abaqus/Python 中的主要对象概况	
10.2.2	拟合.....	101	13.3.1 Abaqus 中的 Session 对象.....	
10.2.3	极值问题.....	102	13.3.2 Abaqus 中的 Mdb 对象	
10.3	Matplotlib 和图表绘制	103	13.3.3 Abaqus 中的 Odb 对象.....	
10.3.1	二维点线数据绘制	104	第 14 章 Session 对象的使用	
10.3.2	辅助散点和线图绘制	105	14.1 Viewport 及其相关对象	
10.3.3	简单三维数据可视化	107	14.2 Path 对象.....	
10.4	Xlrd/xlwt 与读写 Excel.....	109	14.3 XYData 对象	
10.4.1	读取 Excel 文件.....	109	14.4 XYCurve 和 XYPlot 对象	
10.4.2	写入 Excel 数据.....	109	14.5 writeXYReport 和 writeFieldReport 函数	
10.5	Reportlab 和 PDF	110	第 15 章 Mdb 对象的使用	
10.6	联合使用类库.....	111	15.1 Model 类与有限元模型的建立.....	
第 11 章	Python 编程中的效率问题	114	15.1.1 Sketch 和 Part 对象	
11.1	时间成本优化.....	114	15.1.2 Material 和 Section 对象.....	
11.1.1	使用内建函数 (built-in Function)	114	15.1.3 Assembly 对象	
11.1.2	循环内部的变量创建	115	15.1.4 Step 对象.....	
11.1.3	循环内部避免不必要的函数调用	117	15.1.5 Region 对象.....	
11.1.4	使用列表解析.....	118	15.1.6 Constraint 和 Interaction 对象	
11.1.5	尽量减少 IO 读写	118	15.1.7 Mesh 函数	
11.1.6	使用优秀的第三方库	119	15.1.8 BoundaryCondition 和 Load 对象	
11.1.7	其他.....	120	15.2 Job 命令	
11.2	空间成本优化.....	120	第 16 章 Odb 对象的使用	
11.2.1	使用 xrange 处理长序列.....	120	16.1 Odb 对象中模型数据.....	
11.2.2	注意数据类型的使用	121	16.1.1 Material 对象.....	
11.2.3	使用 iterator	122	16.1.2 孤立网格数据信息	

16.1.3 集合对象.....	182	20.2.1 理论分析.....	244
16.2 Odb 对象中结果数据的读取.....	184	20.2.2 有限元模拟.....	245
16.2.1 场变量数据的处理.....	186	第 21 章 优化问题	249
16.2.2 历史变量数据的处理.....	189	21.1 水下圆筒的抗屈曲设计.....	249
16.3 Odb 数据文件的写入.....	190	21.1.1 问题的描述.....	249
16.3.1 已有模型添加特定数据.....	190	21.1.2 参数化模型.....	250
16.3.2 生成完整的 Odb 对象.....	192	21.1.3 优化策略.....	251
第 17 章 几个常见问题	195	21.1.4 求解与结果.....	254
17.1 几何和网格元素的选择.....	195	21.2 过盈配合设计.....	258
17.1.1 内置的选择函数.....	195	21.2.1 问题描述.....	258
17.1.2 基于特征的筛选方法.....	197	21.2.2 参数化模型建模.....	258
17.2 几何元素的特征操作.....	199	21.2.3 优化策略与结果.....	263
17.3 具有集合性质的对象.....	201	21.3 笔盖的插入力的确定.....	268
17.4 监测任务运行过程和结果.....	204	21.3.1 问题描述.....	268
17.5 交互式输入与 GUI 插件.....	206	21.3.2 参数化模型建模.....	268
17.5.1 交互输入.....	207	21.3.3 优化策略与结果.....	273
17.5.2 GUI 插件制作.....	208	第 22 章 分析之间的数据传递	277
第四部分 应用实例		22.1 数据传递方法之 InitialState.....	277
第 18 章 悬链线问题	218	22.1.1 数据传递前的准备.....	277
18.1 悬链线的方程.....	218	22.1.2 Standard 数据导入 Explicit 的步骤.....	278
18.2 利用 Abaqus 分析悬链线曲线特征.....	221	22.1.3 数据导入实例: 冲压成型分析.....	279
18.2.1 建立分析脚本.....	221	22.2 数据传递方法之 Map solution.....	284
18.2.2 确定合适的初始拉伸量.....	223	22.2.1 Map solution 使用格式.....	284
18.2.3 拉伸刚度的影响.....	224	22.2.2 数据映射实例: 拉拔成型.....	287
第 19 章 扭力弹簧的刚度	227	第 23 章 Python 和子程序	295
19.1 扭力弹簧的理论分析公式.....	227	23.1 Fortran 基本用法.....	295
19.2 利用 Abaqus 分析扭力弹簧.....	229	23.1.1 Fortran 基本语法.....	295
19.2.1 梁单元模拟扭力弹簧.....	229	23.1.2 Fortran 程序实例.....	296
19.2.2 实体单元模拟扭力弹簧.....	234	23.2 Python 处理子程序的一般方法.....	297
19.3 结果对比.....	236	23.3 实例: Dload 动态轴承载荷.....	299
第 20 章 圆角处网格研究	238	23.3.1 滚子间力的分布.....	299
20.1 带孔薄板.....	238	23.3.2 Hertz 接触理论.....	300
20.1.1 理论分析.....	238	23.3.3 Dload 子程序模板.....	301
20.1.2 模型计算.....	239	23.3.4 Python 建模程序.....	303
20.2 台阶板倒角处的应力.....	244	23.4 实例: 基于 Dflux 的焊接热分析.....	305
		23.4.1 焊接分析热源类型.....	306
		23.4.2 Dflux 子程序模板.....	307
		23.4.3 焊接自动化分析脚本.....	309
		参考文献	316

CAE分析大系

ABAQUS Python 二次开发 攻略

◎ 苏景鹤 江丙云 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

ABAQUS Python二次开发攻略 / 苏景鹤, 江丙云编著

— 北京: 人民邮电出版社, 2016. 4

(CAE分析大系)

ISBN 978-7-115-41453-3

I. ①A… II. ①苏… ②江… 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(2016)第033801号

内 容 提 要

本书是作者结合自己多年 Abaqus 使用经验, 在汲取国内外大量资料的基础上编写的一本 Python 二次开发知识点笔记。内容涉及开发环境的搭建、Python 基础语法知识、Abaqus Python API 讲解, 并在最后以实例展示的方式详细阐明了二次开发的流程和方法。本书可以帮助正在使用 Abaqus 进行仿真分析工作的工程师或者科研人员学习 Abaqus Python 二次开发方法, 同时对熟悉 Abaqus 二次开发流程的读者也有一定的借鉴价值。

◆ 编 著 苏景鹤 江丙云

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>

北京天宇星印刷厂印刷

◆ 开本: 787 × 1092 1/16

印张: 19.75

字数: 557 千字

2016 年 4 月第 1 版

印数: 1 - 2 500 册

2016 年 4 月北京第 1 次印刷

定价: 59.80 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: 京东工商广字第 8052 号

随着计算机性能的飞速发展，有限元作为工程应用领域的重要方法，在许多行业尤其是制造业中得到了广泛的应用。每一个成功的设计都离不开有限元分析的数据支持，它能确保轻便、稳定、高效和安全的设计。

计算机技术和商业有限元软件的迅速发展，直接推动了有限元分析在设计中的使用。当前工业界常用的 Abaqus、ANSYS 等软件无论在界面易用性还是求解器效率方面都愈趋成熟，工程师可以迅速地借助软件实现分析任务。随着设计活动对有限元分析的需求越来越大，有限元分析也变得越来越常规，分析任务也越来越繁重。对企业来说，与其增加资源（人力财力）来满足日益增长的分析需求，不如想办法定制自动化分析流程，帮助使用者提高分析的效率。

达索的 Abaqus 软件为使用者提供了这样的可能——使用 Python 脚本语言实现分析的自动化。利用它使用者可以简化某些重复性操作，定制特定的分析流程以提高工作效率，甚至于进一步和其他软件结合使用拓展 Abaqus 的使用场景。本书中作者结合自己几年的 Abaqus 使用经验，采用语言 API 讲解 + 实例说明的方法来介绍 Abaqus/Python 使用过程中比较有意思的一些知识点，希望能帮助读者进入 Abaqus/Python 的领域。

本书正文中提到的附件内容已作为资源提供下载，点击进入 <http://read.zhiliaobang.com/book/39> 即可下载。

☒ 统一技术支持

读者在学习过程中如遇到困难，可以通过我们的立体化服务平台（微信公众号号：iCAX）与我们联系，我们会尽量为读者解答问题。此外，在这个平台上我们还会分享更多的相关资源。使用微信扫描下面的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，邮箱是 iCAX@dozan.cn。

感谢西澳大学田英辉老师和 SIMULIA 中国区总监白锐先生于百忙中为本书作序。此外本书的撰写过程得到了许多朋友和前辈的支持，如石亦平博士、沈新普教授、梁琳站长、隋洪涛总经理、高绍武博士、姚新军先生、陈玮先生等，在此一并谢过。

由于作者水平有限，本书难免有错误和不足之处，恳请读者批评指正，以供今后修订时借鉴。

作者

2016年2月10日于南京

Abaqus 是大型通用有限元程序包，拥有强大的非线性分析能力。Abaqus 的雏形始于 1978 年成立的 HKS 公司（三位创造人 Hibbitt、Karlsson 和 Sorensen 名字的首字母），当时的版本只有约 15000 行的 Fortran 代码，可以使用 4 种单元进行分析。Abaqus 最早期的产品只有隐式求解器 Abaqus/Standard，显式求解器 Abaqus/Explicit 于 1991 年推出，实现了与 Abaqus/Standard 的无缝集成和相互传递数据。2002 年年底 HKS 公司改名为 Abaqus 公司，于 2005 年为 Dassault Systèmes 公司所并购，现为公司力推的 Simulia 产品。

Abaqus 求解器是采用 input file（扩展名为 inp）驱动的，输入文件基于 keywords。早期的 Abaqus 没有前后处理器，需要手写输入 input file，也可借助于第三方软件进行，这对复杂几何模型具有很大的局限性。Abaqus 于 1999 年推出了 Abaqus/CAE 这一集成分析环境，使得这一局面得到了极大改善。Abaqus/CAE 基于现代 CAD 理念和 feature 建模概念，采用 Part 生成 Assembly，可以高效实现几何模型构建并生成有限元网格。Abaqus/CAE 可将生成的模型在后台生成 input file，并提交给 Abaqus/Standard 或 Abaqus/Explicit 求解器。Abaqus/CAE 可以实时监测求解器运行情况，并提供了多种灵活方便的方式对分析结果进行后处理。需要说明的一点是 Abaqus/CAE 并不是支持 Abaqus 求解器的所有的 keywords，目前仍有少数功能需要手动修改 input file 来实现，这也说明 Abaqus/CAE 仍在持续发展中，对求解器 keywords 的支持在不断的增强。

Python 是一个独立的程序语言，其语法简洁而清晰。Abaqus/CAE 采用 Python 作为脚本语言，和微软的 Excel 等 Office 软件采用 VBA 作为后台脚本是很类似的。当用户打开 Abaqus/CAE 时，会自动实时产生一个 replay 文件（扩展名为 rpy），里面几乎记录每一步的操作。事实上，当用户保存 Abaqus/CAE 模型时，都会有个 journal file（扩展名为 jnl）产生，里面是生成 CAE 模型所需的 Python 脚本代码。Journal file 清晰明了，可作为蓝本进行 Python 脚本程序开发。Abaqus/Python 有着巨大的潜力，使用 Python 脚本不但可以减少很多 Abaqus/CAE 前后处理的重复性工作，大大提高效益，更重要的是还可以程序化实现原本手动不太可能做的事情。

我和作者苏景鹤素未谋面，于 2012 年相识于虚拟的网络空间，当时我正开发大变形有限元分析方法，基于 Map solution 采用网格重划技术遇到了一些问题，景鹤丰富的 Abaqus/Python 知识给我提供了不少技术支持，更令我难忘的是他的侠骨热肠。承蒙景鹤不嫌我知识浅陋，邀我为本书作序，在读完初稿后我欣然同意。在目前并不多的系统地介绍 Abaqus/Python 的教程中，本书以笔记的形式娓娓道来，不尚八股教条，可以看出本书是作者大量使用 Python 脚本开发程序的经验总结。我相信本书将十分有助于初学者进入 Abaqus/Python 程序开发的殿堂，对有一定基础的用户也很有参考价值。

田英辉

2016 年 2 月 22 日

西澳大学 天鹅河畔

非常高兴看到这本《CAE 分析大系——Abaqus Python 二次开发攻略》的出版，并有幸受邀作序。

众所周知，有限元技术早已成为工程和科学技术领域最为重要的数值分析方法之一。Abaqus 以其分析复杂工程力学、驾驭庞大求解规模和强大的非线性分析功能，在众多有限元软件中得以突出，成为国际上公认的优秀大型通用有限元软件。

目前，已经有很多优秀的通用软件分析平台，比如 Abaqus，基于这些平台进行二次开发比开发全新的专用软件更加快速高效。Python 语言作为脚本语言具有可扩充性、可移植性、解释性、面向对象、可扩展性和可嵌入性等优点，再加上其丰富和强大的类库，无论是网络编程，或是大数据处理，甚至是科学计算等领域都可以看到 Python 语言的应用足迹。因此在众多的二次开发脚本语言中，Abaqus 挑选 Python 作为其官方的脚本语言。基于 Python 实现 Abaqus 二次开发功能，毋庸置疑是一种完美的组合。

令人感到欣喜的是，最近几年市面上关于 Abaqus 的书籍层出不穷，水平越来越高，这与早几年大家只能参考庄茁老师、石亦平博士撰写的寥寥几本水平较高书籍的情况相比已经大为改观。作者此前参编的 Abaqus 教程在广大读者中的口碑非常不错，实用性很高，此次得知作者再接再厉编撰完成此书时，惊于其毅力坚韧，写一般专业书就需要很大的毅力和长久的坚持，更何况编程的枯燥与琐碎；同时也欣慰于有这么一本帮助用户学习使用 Python 进行 Abaqus 二次开发的书终于出版。目前关于 Abaqus 二次开发的书少之又少，此书的出版正好填补了这方面的空缺。

作者苏景鹤先生与江丙云先生均是 SimWe 论坛资深版主。苏先生自硕士毕业后一直从事结构分析与优化相关工作，有丰富的有限元分析经验，业余爱好程序设计，尤其是 CAE 软件二次开发；而江先生具有超过 6 年的世界 500 强企业有限元分析经验，精通 Abaqus 结构分析。该书是两位作者宝贵经验的总结，相信读者一定能从该书受益。

本书作者充分发挥各自专业特长，结合自己的 Abaqus 使用经验和论坛交流心得，采用“API 讲解 + 实例说明”的方法，将原本枯燥的 Abaqus 二次开发知识点娓娓道来。书中涵盖内容丰富、讲解清晰、结构严谨、理论结合实践，相信这本书对从事 Abaqus 二次开发的科学研究或者工程应用人员一定大有裨益。



白锐

SIMULIA 中国区总监

2016年3月于上海

Abaqus 提供了全面的二次开发接口，掌握 Abaqus 二次开发技术将会大大提升使用者的应用水平，国内很多使用者迫切期待学好此技术。本书作者结合其多年 Abaqus 使用和二次开发经验，详细介绍了二次开发的技术。本书难易结合、由浅入深、重点突出、案例典型，且作者把自己多年二次开发经验融入到了书中，是一本值得期待的学习 Abaqus 二次开发的好书。

达索 SIMULIA 南方区 高级经理 高绍武 博士

Abaqus 在各个仿真领域都日益得到越来越广泛的应用，特别是其开放的二次开发功能。本书系统详尽、深入浅出，在有限篇幅内，全面清晰地介绍了 Python 的编程方法和二次开发的关键要点，读者借助此优秀的 Abaqus/Python 教程，能够快速学习并掌握其强大功能。相信无论是 Abaqus 初学者，还是其资深用户，都会从本书有所收获，在仿真领域取得更大的成就。

北京金风科创风电设备有限公司 总工程师助理 石亦平 博士

作为 Abaqus 二次开发的工具语言，Python 具有强大的功能，用户使用 Python 编制的子程序不仅能够实现若干批处理自动化操作，还能够通过这些子程序实现许多超出 Abaqus 基本功能的行为模拟。本书很好地阐述并总结了应用 Python 进行 Abaqus 模型分析的二次开发技术，并给出了相关实例，对相关工程技术人员具有很好的参考价值。

北方工业大学 特聘教授 沈新普 博士

总版主苏景鹤和版主江丙云是 SimWe 仿真论坛里最让人敬佩的专业技术大咖，对工程数值模拟技术和工具应用有独特见解，他们的实战经历足以表明此书值得我们期待。毋庸置疑，这是一本在实践中总结的精华教程，如果你想深入玩转 Abaqus，此书是必读之作。

SimWe 仿真论坛 创始人 梁琳 站长

二次开发是中国 CAE 技术发展的重要方向之一，它既满足了不同用户的特色需求，又对原有软件技术进行了深入和拓展。本书作者将 Abaqus 二次开发方面的优秀应用经验与读者分享，必将帮助后来者少走弯路、提高学习效率。非常感谢作者的分享精神，也期待更多同行分享自己的优秀经验，共同推动中国 CAE 技术的发展速度。

海基科技 副总裁 隋洪涛 博士

基于 Python 的前后处理及 GUI 开发是 Abaqus 非常有特色的一项高级应用技术。本书从 Python 的编程基础起步，全面介绍了与数值计算和结果可视化相关的 NumPy、SciPy 及 Matplotlib 等扩展模块，并基于众多实例对面向 Abaqus 的 Python 脚本和 GUI 开发进行了介绍。本书可作为 Abaqus/Python 二次开发的入门和进阶教程，读者能由此掌握 Python 这一强有力的工具，发挥出 Abaqus 更大的效能。

美敦力上海创新中心 首席科学家 黄霖 博士

在达索任职时，时常有用户要求推荐 Abaqus 书籍，我一般建议“参考 Abaqus 手册，既系统又全面”，但是英文阅读并不适合大多数工程师。随着 Abaqus 越来越广泛的应用，相关的中文书籍也逐渐多了。看了初稿后，觉得《ABAQUS Python 二次开发攻略》一书超出了我的预期，非常期待这本新书早日上市，给广大的仿真同仁带来帮助。这本内容丰富、充实的二次开发书，不只对初学者实用，对于很多资深工程师也是非常好的参考书。

德尔福（上海）动力推进系统有限公司 王飞 博士

不同于市面上一些翻译帮助文件的软件教材，本书从编程思路、操作技巧和结果讨论出发，采用“API 讲解 + 实例说明”的方法将 Abaqus 二次开发知识点由浅入深地娓娓道来，令人眼前一亮，对提升仿真工程师的专业能力和二次开发水

平大有裨益。

上海澎睿信息技术有限公司 技术总监 李礼

目前市面上鲜有关于 Abaqus 二次开发的书籍，本书正好弥补了这一空缺，是学习 Abaqus 二次开发的好帮手。全书内容丰富，讲解条理清晰，并考虑到读者 Python 功底的不同，有针对性地编排了章节内容，既有编程的基础知识，也有丰富的与工程实际相关的各种实例，将枯燥的二次开发写得通俗易懂。

上海捷能汽车技术有限公司 刘敏

Abaqus 在中国已有广泛的用户基础，能为广大的 Abaqus 用户提供一本高质量的参考书是作者多年来一直追求的目标。本书详细介绍了 Python 语言及其在 Abaqus 二次开发中的应用，读者在学习 Python 和 Abaqus 的同时，可以掌握二次开发的技能，提高工作效率。作为 Abaqus 的老用户，本人从本书中获取了很多新知识，希望广大读者也能从中获益。

上海冠一航空工业技术有限公司 高级结构强度工程师 孔祥宏 博士

本书作者长期从事专职 CAE 工作，并作为 SimWe 仿真论坛版主多年，在 Abaqus 的应用和二次开发方面具有丰富的经验。本书结合 Python 语言和工程实例，详细讲解了 Abaqus/Python 的二次开发，对于我们公司来说，能够帮助开发易于客户操作的前后处理界面及其相关材料模型。对于广大读者而言，也将是一本难得的二次开发教程。

巴斯夫（中国）有限公司 CAE 助理经理 曾乐

“工欲善其事，必先利其器”，Abaqus 二次开发高效实用，但掌握起来难度很大，作者将多年的学习和实践心得整理成册以飨广大的 CAE 工作者，其深厚的理论功底结合实际工程的经验，以专题的形式为我们呈现解决问题的思路、方法，尤其针对工程中常见的棘手问题，如参数优化、扭力弹簧和数据传递等，提供了行之有效的解决方案。

潍柴动力上海研发中心计算分析所 聂文武

Abaqus/Python 语法简洁、功能强大，对于数据的预处理和提取有“独门绝技”：第一，“化繁为简”，直接通过 Python 脚本来生成 INP 文件，简便灵活；第二，“去粗取精”，对分析结果进行自动过滤和提取，高效准确。本书作者将多年的实战经验无私地总结出来，为广大 CAE 爱好者尤其 Abaqus 使用者提供了非常宝贵的参考资料，甚是难得。

上海普利特复合材料股份有限公司 CAE 技术经理 祁宙

本书将 Python 语言在 Abaqus 二次开发中的高效与便捷完美体现，全书章节编排环环相扣，语言生动形象，理论概念清晰易懂，实例讲解细致入微，充分表明了作者具有多年的 CAE 实践经验，以及对二次开发详尽深入的理解。

SimWe 仿真论坛资深版主 清华大学 航天航空学院 杜显赫

Python 作为 Abaqus 的接口语言是完美的选择，熟练掌握 Abaqus/Python 二次开发就可以定制自动化分析流程，尤其体现在运用 Abaqus 的前后处理模块，可以提高分析效率、降低分析成本。该书贴近读者，由浅入深地分三部分详实介绍 Python 基础、Abaqus/Python 基础和工程实例。作者结合多年经验有的放矢地指引读者更好地提高二次开发能力。

研发埠仿真论坛讲师 上海交通大学 余燕 博士

本书通俗易懂，与具体实例紧密结合，把仿真工程师从枯燥的程序语句中解放出来，是一本真正适合读者使用的二次开发书籍。当读者“进入”本书，会不断被 Abaqus/Python 的强大魅力所吸引，迸发出强烈的学习欲望。

上海卓宇信息技术有限公司 技术经理 李保罗

当进行二次开发工作时，难以找到合适的书籍帮助寻找解决问题的灵感。有幸能够研读此书，此书的一些例子，完全可以直接拿来用到自己的项目中。作者花费了很多的时间和精力，挑选了最接近实际工程的案例，深入浅出地讲述了 Abaqus 二次开发的过程和方法。从我个人参考使用的情况来看，此书是一本非常有用的工具书，值得推荐。

泰科电子家电事业部 全球技术分析工程师 李伟国

第一部分 引言

第 1 章	Abaqus 二次开发简介	12
1.1	为什么是 Python.....	12
1.2	Python、FORTRAN 与 Abaqus.....	13
1.3	基于 Python 二次开发.....	14
第 2 章	Python 能力确认	17
2.1	测试程序.....	17
2.2	程序运行结果.....	22
第 3 章	脚本的运行与开发环境.....	23
3.1	Abaqus 中脚本的运行.....	23
3.1.1	命令区 KCLI (Kernel Command Line Interface)	23
3.1.2	CAE-Run Script.....	24
3.1.3	Abaqus Command.....	24
3.1.4	Abaqus PDE	25
3.2	选择自己的 Python 开发环境	26
3.2.1	Abaqus PDE	26
3.2.2	IDLE	27
3.2.3	Notepad++	28
3.2.4	EditPlus	29
3.2.5	选择合适的编程环境	32

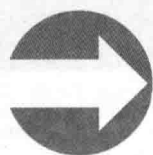
第二部分 Python 基础

第 4 章	Python 数据类型与操作符	34
4.1	基本数据类型.....	34
4.2	列表、元组和字符串	36
4.2.1	列表 (list)	36
4.2.2	元组 (tuple)	38
4.2.3	字符串 (str)	40
4.2.4	列表、元组和字符串的关系	42
4.3	字典.....	43
4.4	集合.....	45
4.5	操作符.....	46
4.5.1	赋值操作符.....	46

4.5.2	数字类型的操作符	46
4.5.3	序列类型的操作符	48
4.5.4	字典和集合的操作符	50
第 5 章	表达式和流程控制	51
5.1	表达式和程序执行流程	51
5.2	分支语句 if-else	52
5.3	循环语句.....	54
5.3.1	while 循环语句	54
5.3.2	for 循环语句	55
5.4	中断和退出.....	58
5.4.1	break 语句.....	58
5.4.2	continue 语句	59
5.5	特殊语句 pass.....	60
第 6 章	函数.....	61
6.1	定义函数.....	61
6.2	函数中的参数传递与调用方法	63
6.3	几个特殊的函数关键字	64
6.3.1	Lambda 关键字与匿名函数.....	64
6.3.2	Map 关键字与批量化函数操作	66
6.3.3	Reduce 关键字和求和	67
6.3.4	Filter 关键字和条件选择.....	67
第 7 章	对象和类	69
7.1	对象.....	69
7.2	类.....	70
7.2.1	如何定义类.....	70
7.2.2	如何使用类.....	71
7.2.3	子类、父类和继承	72
7.2.4	几个特殊的实例属性和类方法	74
7.3	模块和包.....	75
7.3.1	模块.....	75
7.3.2	模块的路径搜索	76
7.3.3	名称空间.....	77
7.3.4	包.....	78
第 8 章	文件和目录.....	79
8.1	文件读写操作.....	79

8.2 目录操作.....	82
8.3 文件的压缩和备份.....	85
8.4 综合实例.....	87
第9章 异常处理	89
9.1 Python 中常见的异常.....	90
9.2 自定义异常.....	92
9.3 使用异常.....	93
9.4 再看异常处理的作用.....	95
第10章 常用 Python 扩展模块介绍	96
10.1 NumPy 和高效数据处理.....	97
10.1.1 创建数组.....	98
10.1.2 数组操作.....	99
10.1.3 数组运算.....	100
10.1.4 线性代数.....	100
10.2 SciPy 与数值计算.....	101
10.2.1 插值.....	101
10.2.2 拟合.....	101
10.2.3 极值问题.....	102
10.3 Matplotlib 和图表绘制.....	103
10.3.1 二维点线数据绘制.....	104
10.3.2 辅助散点和线图绘制.....	105
10.3.3 简单三维数据可视化.....	107
10.4 Xlrd/xlwt 与读写 Excel.....	109
10.4.1 读取 Excel 文件.....	109
10.4.2 写入 Excel 数据.....	109
10.5 Reportlab 和 PDF.....	110
10.6 联合使用类库.....	111
第11章 Python 编程中的效率问题	114
11.1 时间成本优化.....	114
11.1.1 使用内建函数 (built-in Function).....	114
11.1.2 循环内部的变量创建.....	115
11.1.3 循环内部避免不必要的函数调用.....	117
11.1.4 使用列表解析.....	118
11.1.5 尽量减少 IO 读写.....	118
11.1.6 使用优秀的第三方库.....	119
11.1.7 其他.....	120
11.2 空间成本优化.....	120
11.2.1 使用 xrange 处理长序列.....	120
11.2.2 注意数据类型的使用.....	121
11.2.3 使用 iterator.....	122
第三部分 Abaqus/Python 基础	
第12章 Abaqus Script 入门	124
12.1 GUI 操作 Vs rpy 脚本日志.....	124
12.2 对脚本进行简单的二次开发.....	133
第13章 Abaqus/Python 基础	135
13.1 Abaqus/Python 中的数据类型.....	135
13.1.1 符号常值 (SymbolicConstants).....	135
13.1.2 布尔值 (Booleans).....	135
13.1.3 特有的模型对象.....	136
13.1.4 序列 (Sequences).....	136
13.1.5 仓库 (Repositories).....	137
13.2 Abaqus/Python 的对象的访问和创建.....	138
13.2.1 对象的访问.....	139
13.2.2 对象数据的修改.....	140
13.2.3 对象的创建.....	140
13.3 Abaqus/Python 中的主要对象概况.....	141
13.3.1 Abaqus 中的 Session 对象.....	142
13.3.2 Abaqus 中的 Mdb 对象.....	143
13.3.3 Abaqus 中的 Odb 对象.....	145
第14章 Session 对象的使用	146
14.1 Viewport 及其相关对象.....	147
14.2 Path 对象.....	152
14.3 XYData 对象.....	153
14.4 XYCurve 和 XYPlot 对象.....	154
14.5 writeXYReport 和 writeFieldReport 函数.....	157
第15章 Mdb 对象的使用	160
15.1 Model 类与有限元模型的建立.....	161
15.1.1 Sketch 和 Part 对象.....	162
15.1.2 Material 和 Section 对象.....	166
15.1.3 Assembly 对象.....	167
15.1.4 Step 对象.....	169
15.1.5 Region 对象.....	170
15.1.6 Constraint 和 Interaction 对象.....	171
15.1.7 Mesh 函数.....	172
15.1.8 BoundaryCondition 和 Load 对象.....	173
15.2 Job 命令.....	176
第16章 Odb 对象的使用	177
16.1 Odb 对象中模型数据.....	178
16.1.1 Material 对象.....	178
16.1.2 孤立网格数据信息.....	178

16.1.3 集合对象.....	182	20.2.1 理论分析.....	244
16.2 Odb 对象中结果数据的读取.....	184	20.2.2 有限元模拟.....	245
16.2.1 场变量数据的处理.....	186	第 21 章 优化问题	249
16.2.2 历史变量数据的处理.....	189	21.1 水下圆筒的抗屈曲设计.....	249
16.3 Odb 数据文件的写入.....	190	21.1.1 问题的描述.....	249
16.3.1 已有模型添加特定数据.....	190	21.1.2 参数化模型.....	250
16.3.2 生成完整的 Odb 对象.....	192	21.1.3 优化策略.....	251
第 17 章 几个常见问题	195	21.1.4 求解与结果.....	254
17.1 几何和网格元素的选择.....	195	21.2 过盈配合设计.....	258
17.1.1 内置的选择函数.....	195	21.2.1 问题描述.....	258
17.1.2 基于特征的筛选方法.....	197	21.2.2 参数化模型建模.....	258
17.2 几何元素的特征操作.....	199	21.2.3 优化策略与结果.....	263
17.3 具有集合性质的对象.....	201	21.3 笔盖的插入力的确定.....	268
17.4 监测任务运行过程和结果.....	204	21.3.1 问题描述.....	268
17.5 交互式输入与 GUI 插件.....	206	21.3.2 参数化模型建模.....	268
17.5.1 交互输入.....	207	21.3.3 优化策略与结果.....	273
17.5.2 GUI 插件制作.....	208	第 22 章 分析之间的数据传递	277
第四部分 应用实例		22.1 数据传递方法之 InitialState.....	277
第 18 章 悬链线问题	218	22.1.1 数据传递前的准备.....	277
18.1 悬链线的方程.....	218	22.1.2 Standard 数据导入 Explicit 的步骤.....	278
18.2 利用 Abaqus 分析悬链线曲线特征.....	221	22.1.3 数据导入实例: 冲压成型分析.....	279
18.2.1 建立分析脚本.....	221	22.2 数据传递方法之 Map solution.....	284
18.2.2 确定合适的初始拉伸量.....	223	22.2.1 Map solution 使用格式.....	284
18.2.3 拉伸刚度的影响.....	224	22.2.2 数据映射实例: 拉拔成型.....	287
第 19 章 扭力弹簧的刚度	227	第 23 章 Python 和子程序	295
19.1 扭力弹簧的理论分析公式.....	227	23.1 Fortran 基本用法.....	295
19.2 利用 Abaqus 分析扭力弹簧.....	229	23.1.1 Fortran 基本语法.....	295
19.2.1 梁单元模拟扭力弹簧.....	229	23.1.2 Fortran 程序实例.....	296
19.2.2 实体单元模拟扭力弹簧.....	234	23.2 Python 处理子程序的一般方法.....	297
19.3 结果对比.....	236	23.3 实例: Dload 动态轴承载荷.....	299
第 20 章 圆角处网格研究	238	23.3.1 滚子间力的分布.....	299
20.1 带孔薄板.....	238	23.3.2 Hertz 接触理论.....	300
20.1.1 理论分析.....	238	23.3.3 Dload 子程序模板.....	301
20.1.2 模型计算.....	239	23.3.4 Python 建模程序.....	303
20.2 台阶板倒角处的应力.....	244	23.4 实例: 基于 Dflux 的焊接热分析.....	305
		23.4.1 焊接分析热源类型.....	306
		23.4.2 Dflux 子程序模板.....	307
		23.4.3 焊接自动化分析脚本.....	309
		参考文献	316



第一部分

引言

在引言部分我们将 Abaqus 二次开发推荐给读者，内容主要包括：

- Abaqus 二次开发体系的简介；
- 不同的读者应该如何对待本书；
- 常用的几种开发环境的搭建。