

SIMULATION SYSTEM DESIGN IN BIG DATA AGE

—Research on Simulation System Optimization of Horizontal Directional Drilling pipeline

大数据时代的仿真系统设计

——水平定向钻管道铺设优化仿真系统研究

夏换 焦如义 艾志久 夏拓◎著



大数据时代的仿真系统设计

——水平定向钻管道铺设优化仿真系统研究

SIMULATION SYSTEM DESIGN IN BIG DATA AGE

——Research on Simulation System Optimization of Horizontal Directional Drilling Pipeline

夏 换 焦如义 艾志久 夏 拓 著

内容摘要

本书在前一部著作《水平定向钻管道铺设数值仿真理论与技术》的基础上,围绕水平定向钻仿真系统的设计开发和计算后海量数据的处理等问题,开展了程序设计和软件开发工作。书中通过对前一部著作仿真模拟成果的总结,针对一些共性的数据和模型进行了归纳总结和实验,最后在对其大量计算结果数据的整理分析基础上对各个应用模块进行了开发,其中包括导向孔钻进过程中的钻头轨迹偏移效应模块开发、孔壁稳定性力学仿真模块开发、管道回拖过程力学仿真模块开发等。通过典型的工程案例对所开发的软件模块进行了验证。读者在本书中不仅可以领悟工程问题力学模型的提炼过程及解决方法,还可以更深入地了解 Python 语言在 ABAQUS 中的开发应用。

本书在一定程度上反映了水平定向钻管道穿越仿真技术人员如何进行专业学习与职业培训,以及在穿越施工仿真计算中所采用的独特思路,不仅可为即将从事水平定向钻管道穿越设计及施工的年轻技术工作者以及从事计算仿真软件开发的专业人员在专业提高上提供可借鉴之处,亦可为该领域的高等院校师生提供真实素材。既可用于课堂教学也可用于相关的案例讨论,有助于提高学生解决工程、软件开发问题的能力。

图书在版编目(CIP)数据

大数据时代的仿真系统设计——水平定向钻管道铺设优化仿真系统研究/夏换,焦如义,艾志久,夏拓著. —武汉:中国地质大学出版社,2016.5

ISBN 978-7-5625-3560-7

I. ①大…

II. ①夏…②焦…③艾…④夏…

III. ①水平定向钻机-管道铺设-仿真系统-系统设计-研究

IV. ①TE922

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 065792 号

大数据时代的仿真系统设计
——水平定向钻管道铺设优化仿真系统研究

夏换 焦如义 著
艾志久 夏拓

责任编辑:徐润英

责任校对:周旭

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮编:430074

电话:(027)67883511 传真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经销:全国新华书店

http://www.cugp.cug.edu.cn

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

字数:260 千字 印张:10

版次:2016 年 5 月第 1 版

印次:2016 年 5 月第 1 次印刷

印刷:武汉中远印务有限公司

印数:1—500 册

ISBN 978-7-5625-3560-7

定价:50.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

水平定向钻技术是一种典型的非开挖管道穿越施工工艺,其被广泛地应用于石油天然气管道在穿越河流、公路等特殊情况下的穿越工程。水平定向钻穿越技术对环境和交通的危害和影响较小,铺管效率高,施工成本低,在社会应用中取得了较好的社会效益和经济效益。针对水平定向钻的力学数值仿真是一门集合了水平定向钻工艺、力学、数值计算、数学等多学科的边缘科学,其可以通过对从现实物理现象中抽象出的力学模型,通过计算机数值计算求解,获取物理场的时空分布。在本书中作者希望使用应该还算不上大数据的大数据对博士后阶段的成果进行一些总结,为后面进行非开挖数据计算和挖掘的学者抛砖引玉。

在本书的撰写过程中得到了刘宝琛院士、白世武教授级高工的精心指导;得到了中国石油天然气管道科学研究院江勇、韩涛、刘厚平,贵州财经大学蔡绍洪教授、缪坤和教授、陈建中教授、张文专教授、杨滋荣教授,西南石油大学胡坤副教授的帮助和宝贵意见,在此一并表示衷心感谢。同时感谢参与本书部分代码编写工作的研究生刘旭、汪爽、胡文礼、付必伟、王希、龙江、张攀等。

本书的出版得到了贵州财经大学、贵州省科学技术基金(黔科合J字[2015]2027号),贵州省教育厅“125”重大科技专项资助项目(黔教合重大专项字[2012]011号),国家自然科学基金(61463009)的联合资助。

在本书的撰写过程中,作者尽可能把大数据、系统仿真、软件开发进行融合,争取以全新、全面的信息呈现给读者。书中存在的错误和不足之处,欢迎读者批评指正。

著 者
2016年3月

目 录

第一篇 理论篇

第 1 章 水平定向钻穿越仿真程序开发方法简介	(3)
§ 1.1 ABAQUS 软件	(3)
§ 1.2 ABAQUS/CAE	(3)
§ 1.3 ABAQUS 参数化设计方法	(4)
§ 1.4 脚本程序设计	(6)
第 2 章 水平定向钻管道穿越仿真软件设计	(10)
§ 2.1 定向钻穿越仿真软件架构	(10)
§ 2.2 数据库设计	(12)
§ 2.3 程序 GUI 设计	(25)

第二篇 回拖过程计算篇

第 3 章 多地层导向孔钻进轨迹预测仿真模块开发	(29)
§ 3.1 多地层导向孔钻进轨迹预测仿真模块入口	(29)
§ 3.2 前处理	(30)
§ 3.3 模型查看	(32)
§ 3.4 计算控制	(34)
§ 3.5 模型创建部分代码分析	(36)
第 4 章 管道穿越回拖入土猫背吊装仿真模块开发	(41)
§ 4.1 回拖入土猫背吊装仿真模块入口	(41)
§ 4.2 前处理	(42)
§ 4.3 模型查看	(44)
§ 4.4 计算控制	(47)
§ 4.5 模型创建部分代码分析	(49)
第 5 章 台阶处管道回拖仿真模块开发	(52)
§ 5.1 模块界面及操作介绍	(53)
§ 5.2 前处理部分操作	(53)
§ 5.3 模型控制部分操作	(55)
§ 5.4 计算控制部分操作	(58)
§ 5.5 模型创建部分代码分析	(60)
第 6 章 管道回拖绞盘效应仿真模块开发	(64)
§ 6.1 模块入口	(64)
§ 6.2 前处理	(65)
§ 6.3 模型查看	(68)

§ 6.4	进行计算	(68)
§ 6.5	计算结果查看	(69)
§ 6.6	模型创建部分代码分析	(70)
第 7 章	管道回拖孔壁稳定性仿真模块开发	(73)
§ 7.1	模块入口	(73)
§ 7.2	前处理	(74)
§ 7.3	模型查看	(77)
§ 7.4	计算控制部分操作	(78)
§ 7.5	计算结果查看	(79)
§ 7.6	模型创建部分代码分析	(80)
第 8 章	动态水位作用下回拖孔眼稳定性仿真模块开发	(85)
§ 8.1	模块进入方式	(85)
§ 8.2	模型的前处理	(87)
§ 8.3	模型的计算控制	(90)
§ 8.4	模型后处理	(91)
§ 8.5	模型创建部分代码分析	(92)
第 9 章	管道回拖钻杆螺纹粘扣仿真模块开发	(95)
§ 9.1	模块入口	(95)
§ 9.2	前处理	(96)
§ 9.3	模型查看	(101)
§ 9.4	计算控制	(103)
§ 9.5	模型创建部分代码分析	(104)

第三篇 回拖力计算篇

第 10 章	回拖载荷影响因素分析及减阻措施	(115)
§ 10.1	回拖载荷影响因素分析	(115)
§ 10.2	管道回拖作业减阻措施分析	(115)
§ 10.3	回拖载荷理论分析	(116)
第 11 章	经典回拖力计算模型	(118)
§ 11.1	GB 50424 回拖力公式	(118)
§ 11.2	卸荷拱土压力计算法	(119)
§ 11.3	净浮力回拖力计算公式	(119)
§ 11.4	绞盘计算法	(120)
§ 11.5	GB50268—2008 回拖力计算法	(121)
§ 11.6	美国燃气管道研究会的计算方法(AGA)	(121)
§ 11.7	回拖力经典计算模块	(122)
第 12 章	水平定向钻穿越管道回拖过程超长距离回拖力计算模型	(130)
§ 12.1	净浮力	(130)
§ 12.2	管道外部回拖阻力计算	(130)

§ 12.3	泥浆回拖阻力计算模型	(130)
§ 12.4	AB段、CD段以及EF段计算模型	(132)
§ 12.5	BC段、DE段阻力计算模型	(132)
§ 12.6	回拖载荷预测模型	(134)
§ 12.7	超长距离仿真计算模块	(134)
§ 12.8	超长距离仿真部分代码分析	(135)
第13章	刚度绞盘理论计算法	(138)
§ 13.1	刚度绞盘效应机理	(138)
§ 13.2	弯曲管道微元段力学模型及平衡方程	(138)
§ 13.3	弯曲管道受力模型及边界条件	(139)
§ 13.4	刚度绞盘公式	(140)
§ 13.5	回拖力计算公式	(140)
§ 13.6	关键点回拖力计算	(143)
§ 13.7	回拖力取值分析	(144)
§ 13.8	刚度绞盘计算模块	(145)
§ 13.9	刚度绞盘部分代码分析	(146)
主要参考文献		(149)

第一篇 理论篇

第 1 章 水平定向钻穿越仿真程序 开发方法简介

§ 1.1 ABAQUS 软件

ABAQUS 是一套功能强大的工程模拟有限元软件,其可以解决从相对简单的线性分析到许多复杂的非线性问题。ABAQUS 包括一个丰富的、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,可以模拟典型工程材料的性能,其中包括金属、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和岩石等地质材料。作为通用的模拟工具,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,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)及压电介质分析等。

ABAQUS 为用户提供了广泛的功能,且使用起来又非常简单。大量的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选项块与相应的材料性质选项块结合起来。在大部分模拟中,甚至对高度非线性问题,用户只需提供一些工程数据,如结构的几何形状、材料性质、边界条件及载荷工况。在一个非线性分析中,ABAQUS 能自动选择相应载荷增量和收敛限度。其不仅能够选择合适参数,而且能连续调节参数以保证在分析过程中有效地得到精确解。用户通过准确的定义参数就能很好地控制数值计算结果。

ABAQUS 由 ABAQUS/Standard 和 ABAQUS/Explicit 两个主要的分析模块组成。

ABAQUS/Standard 是通用分析模块,它能够求解领域广泛的线性和非线性问题,包括静力、动力、热和电问题的响应等。ABAQUS/Explicit 是用于特殊目的的分析模块,它采用显式动力有限元列式,适用于像冲击和爆炸这类短暂、瞬时的动态事件,对分析加工成形过程中改变接触条件的这类高度非线性问题也非常有效。

而 ABAQUS/CAE (Complete ABAQUS Environment)是 ABAQUS 的交互式图形环境,用它可方便而快捷地构造模型,只需生成或输入要分析结构的几何形状,把它分解为便于网格化的若干区域,并为几何体赋予物理和材料特性、荷载以及边界条件。

§ 1.2 ABAQUS/CAE

ABAQUS/CAE 是完整的 ABAQUS 运行环境,它为生成 ABAQUS 模型、交互地提供和监控 ABAQUS 作业及评估 ABAQUS 模拟结果提供了一个风格简明、一致的界面。ABAQUS/CAE 分为若干个功能模块,每一个模块定义了模拟过程的一个逻辑方面,如定义几何形状、定义材料性质和生成网格等。通过完成一个功能模块进入下一个模块,逐步地建立计算模型。建模完成后,ABAQUS/CAE 生成一个可提交给 ABAQUS 分析工具的输入文件。

ABAQUS/Standard 或 ABAQUS/Explicit 读入由 ABAQUS/CAE 生成的输入文件,进行分析计算,将计算过程的信息发送回 ABAQUS/CAE,以便用户对作业过程进行监控,并生成输出数据库。最后,用户可使用 ABAQUS/CAE 的可视化模块读入输出数据库,观察并分析计算结果。用户在使用 ABAQUS/CAE 的同时会产生一个 ABAQUS/CAE 命令执行文件(replay file),该文件记录了用户建模的每一个操作过程。

一个完整的 ABAQUS/Standard 或 ABAQUS/Explicit 分析过程,通常由前处理、求解计算及后处理三个明确的步骤组成。

1.2.1 前处理(ABAQUS/CAE)

在前处理阶段需要定义物理问题的模型,并生成一个 ABAQUS 输入文件。通常采用 ABAQUS/CAE 或其他前处理程序生成输入文件。

1.2.2 模拟计算(ABAQUS/Standard 或 ABAQUS/Explicit)

模拟计算阶段使用 ABAQUS/Standard 或 ABAQUS/Explicit 求解输入文件中所定义的数值模型,通常以后台方式运行。完成一个求解过程所需时间可以从几秒到几天不等,所需时间取决于分析问题的复杂程度及所使用的计算机的运算能力。

1.2.3 后处理(ABAQUS/CAE)

一旦完成了模拟计算并获得了位移、应力或其他计算变量后,就可以对计算结果进行评估。评估通常可以通过 ABAQUS/CAE 的可视化模块或其他后处理软件在图形环境下交互进行。可视化模块可以将读入的二进制输出数据库中的数据结果以多种方式显示出来,包括彩色等值线图、动画、变形图和 X-Y 曲线图等。

§ 1.3 ABAQUS 参数化设计方法

1.3.1 参数化设计方法介绍

参数化设计方法主要用于基本结构形状相同但是具体模型的尺寸参数有较小变动的情况。常见的参数化方法分为以下几种:

(1)代数法。代数法是指把尺寸的约束转化为联立方程组,通过求解该方程组,从而得到满足尺寸约束的解,其中定义的任何尺寸约束均可以作为操作几何形体的参数。通过修改这些参数,求出受影响的约束方程,从而获得满足新定义约束的几何模型。代数法是 ABAQUS 等软件常采用的方法。

(2)人工智能法。人工智能法通过推理机制逐步实现物体几何模型的构造。通过使用存放在库中的一些简单的由条件和结论构成的规则进行推理,系统提取约束,把这些约束作为事实,然后与规则的条件进行匹配,推出一些中间结论,再以这些中间结论为事实继续推理,最终求出所有特征点,并用于构造几何图形。该方法具有表达直观、简洁的优点,但是存在系统庞大、速度慢、无法处理循环约束等问题。

(3)直接操作法。采用直接操作法,设计者可以直接修改图形的内部状态。用图形来表示

所有目标,这样设计者就可以通过直接控制点来修改目标的位置、方向和大小等。目标的成员会自动继承父目标的属性和操作。同时允许用户在层次结构中指定目标的几何结构,而目标之间的约束是通过局部坐标系与整体坐标系之间的关系来指定的。这种方法虽操作简单、直观,但要求对所构造物体概念清晰,并且适合自顶向下的概念设计。

(4)语言描述法。语言描述法是使用语言描述图形的方法。用户首先需要使用造型语言定义带有参数的体素,然后用这些体素来描述几何图形。同样,也可以先绘制体素,系统自动生成几何体的描述语言,继续修改描述语言中的某些参数,实现新的体素的生成。该方法适合于描述标准件及当某一零件多次出现或具有一定规律的情况。这种造型语言基于参数零件的关系图,其中包括数据定义和操作语言两部分。其关系图的内部表示可以与其他 CAD 应用程序再编译,基本思想如下:

几何参数的参数化:几何参数的参数化指的是将几何参数用参数名、常数或表达式来表示。其中表达式包括参数名、常数、数学函数、数学操作符、逻辑操作符、比较操作符和几何函数。若系统要求输入几何参数,用户则可以输入常数、参数名或表达式。

点的参数化:通过参数化顶点的坐标或应用相关函数可以实现点的参数化。

曲线参数化:将曲线离散化,然后通过控制这些离散点实现对曲线的模拟。

1.3.2 ABAQUS 参数化设计方法

ABAQUS/CAE 实现用户程序的方式包括两种,分别是通过执行用户编辑的内核脚本和调用自定义图形用户界面来完成。前者是将原本 ABAQUS/CAE 中各个功能模块的任务用程序来编写,实现建模、网格划分和模拟等过程,同时建立模型的所有数据和方法。所有内核程序将不再依赖于图形用户界面,独立运行;调用图形用户界面的方法也是基于前者的基础上,因为图形用户界面和内核之间存在着信息交互机制,同时参数化方法应用其中。

通过自定义的图形用户界面输入参数,对于用户而言是极为简便的方式。它通过进程间通信协议(IPC)把内核命令传递给内核过程,然后由内核过程解释并执行相关的所有内核命令。如果内核命令触发异常,系统会自动将该异常反馈到图形用户界面中以便及时纠正。

ABAQUS/CAE 使用 IPC 协议实现内核进程与图形用户界面进程之间的通信。例如,用户通过图形用户界面可以查询模型中所有 Part 的名称或是载荷的值,同时当内核中出现值的变化后也向图形用户界面告知,以便图形用户界面自行更新。ABAQUS/CAE 使用图形用户界面工具包中包括的窗口构件、消息和图形用户界面的更新过程,最终实现和图形用户界面进程通信。如果当前窗口或对话框中的组件状态发生变化,选择对话框就需要更新。图 1-1 表明当通过对话框输入数据时内核进程和图形用户界面进程之间的通信过程。

在 ABAQUS/CAE 自带的标准图形用户界面下,通过标准对话框、按钮、下拉菜单等标准组件可以获得用户的参数值。通过 ABAQUS 二次开发的图形用户界面同样可以实现参数化,并且需要设计自定义的交互机制。以上两种界面和 ABAQUS 内核之间的交互都是基于图 1-1 所示的交互机制。其中的内核命令进程(Kernel Process)是所有 ABAQUS/CAE 用来执行模型操作的所有数据和方法,如几何模型的创建和网格的划分等。内核进程的实现过程是独立于图形用户界面进程(GUI process)而运行的。而将内核进程与界面联系起来的关键就在于交互机制的设计,这是对 ABAQUS 进行二次开发的关键环节。

在 ABAQUS 参数化设计方法中的所有方法,包括构造函数在内,要求至少指定一个参

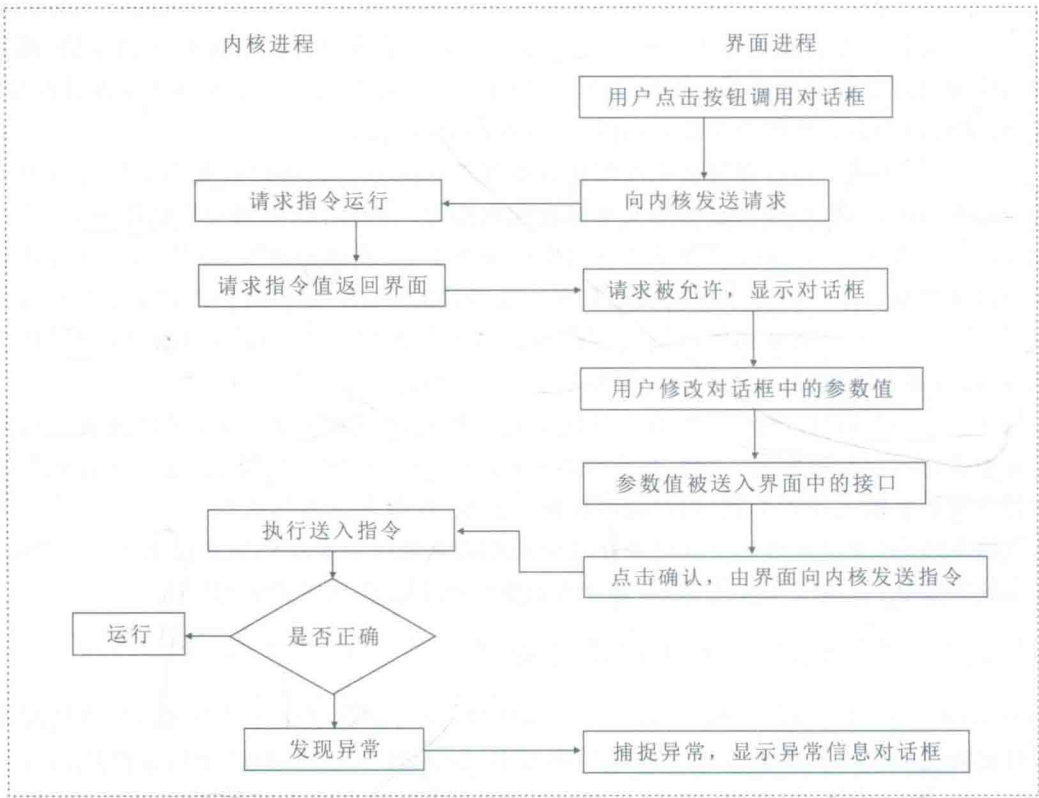


图 1-1 内核进程与图形用户界面进程间的交互

数。该参数代表的是要调用其方法的类的对象。人们常把其称为“类实例对象”。但由于该技术容易造成混淆, 所以将任何方法的第一个参数都称为“对象引用参数”, 或简称“对象引用”, 而且该方法必须通过对象引用来访问从属于类的属性以及其他方法。

§ 1.4 脚本程序设计

1.4.1 Python 语言介绍

Python 是一种容易学习且功能强大的程序语言。它既可以用于独立的程序, 也可以用于脚本程序, 且适用于各种领域。Python 语言含有高效率的数据结构, 是一种简单但效果非常明显的面向对象程序设计语言。它和其他的面向对象编程语言一样, 具有参数、列表表达式、函数、流程控制(循环与分支)、重复执行指令以及用户程序等。Python 优雅的语法及动态类型识别, 加上解释性的本质, 使其成为一种能在多种功能、多种平台上撰写脚本及快速开发的理想语言。Python 语言具有以下几个显著的特点:

(1) 面向对象。面向对象程序设计为结构化和过程化程序设计语言增加了新的活力, 这些语言中的数据和逻辑关系都是程序设计中不可分割的元素。面向对象程序设计允许将特定的行为、特性和功能与将要处理的数据或它们所代表的数据关联在一起。Python 语言面向对象

的特性是与生俱来的。在 Python 程序员看来,凡事都是对象。对象是编程语法中部分暴露在表面的代码的封装单元。它们可以被再次使用而且可以移植。面向对象语言不用实际了解任何关于对象内部如何工作的问题,就可以很容易地扩展和使用其他程序的内部函数。

(2)适应性强。Python 语言可以根据项目的不同再增减代码,增加新的或者现有的 Python 元素,按自己的想法重复使用编写好的代码。Python 语言鼓励简洁的代码设计风格、高水平的结构设计、把多个组件捆绑到一起的做法,这些特点能够在软件开发项目向广度和深度发展的同时,有效地缩短开发时间。

(3)可扩展性强。Python 具有强大的扩展性。如果知道如何写 C 程序语言,就可以很容易在 Python 的解释器中加入新的内建函数或者是模块。这样做的好处是可以让程序中的关键部分的速度调到最快,或者是连接 Python 到二进制的程序库。编程者也可以把 Python 解释器嵌入到用 C 语言编写的应用程序中,然后 Python 就编程该应用程序的扩展或是商业化的语言。

(4)可移植性强。能够运行 Python 语言的计算机平台相对广泛,例如 Unix、Windows、Macintosh、OS/2 以及 DOS 等。Python 的应用平台如此广泛,使它在计算机领域中快速地发展壮大。事实上,Python 是用 C 语言编写的,由于 C 语言的可移植性,所以 Python 能够工作在具有 C 语言编译器和通用操作系统接口的任何类型的系统上。

(5)快速建模。与 BASIC 语言相比,Python 的优势也相当明显。Python 语言与那些自我包容和灵活性较少的编程语言不同,它有许多联系其他系统的不同接口,而且功能足够强大也足够健壮,因此即使单独使用 Python 语言也完全可以建立起一个系统的整个模型。当然,用传统的编译语言也能够建立同样的系统模型,但 Python 语言在工程方面的简单性使编程者在完成同样的工作时显得游刃有余。此外,人们已经为 Python 语言开发出很多外部开发库,因此无论应用程序准备干什么用,都可能已经有人在这一条路上走过了。这时候,只需要将这些外部开发库拿过来自行调配一番,就可以实现所需要的功能。

在 Python 中,面向对象编程主要有两个主题:类和实例。类是对象的定义,而实例是“真正的实物”,它存放了类中所定义的对象的具体信息。类是一种数据结构,编程者可以用它来定义对象,后者把数据值和行为特性融合在一起。类是现实世界的抽象的实体以编程形式出现,实例是这些对象的具体化。可以类比为类是蓝图或者模型,用来产生真实的物体(实例)。如果说类是一种数据结构定义类型,那么实例则声明了一个这种类型的变量;换言之,实例是有生命的类,就像设计完一张蓝图后,就是设法让它成为现实。实例是那些主要用在运行时期的对象,类被实例化得到实例,该实例的类型就是这个被实例化的类。

1.4.2 Python 与 ABAQUS 的关系

ABAQUS 脚本接口即是一个基于对象(Object)的程序库。脚本接口中的每个对象都拥有相应的数据成员(Data)和函数,对象中的函数专门用来处理对象中的数据成员。在 Python 中,这些函数被称为相应对象的方法(Method),用来生成对象的方法被称为构造函数(Constructor),在对象被创建后,可以使用该对象提供的方法来处理对象中的数据成员。特别还可以使用 setValues()方法来修改对象中的数据成员。

在 ABAQUS 和面向对象编程语言中,“对象”都是一个非常重要的概念。模型对象由下面几个部分组成:

- (1) 每一个 ABAQUS 脚本对象都包含其自身的方法和数据成员。
- (2) 对象之间关系的定义。这些关系构成了不同模型对象之间的层级结构。

ABAQUS 对象模型是指 ABAQUS 脚本接口中的各种对象类型之间的层次结构和相互关系。ABAQUS 脚本接口对 Python 语言的扩展,主要体现在一系列的 ABAQUS 对象类型,以及基于这些对象的方法(Method)。ABAQUS 大约定义了 500 个对象类型。这些对象类型之间的关系比较复杂。一般将这些对象类型分为进程对象(Session)、模型数据库对象(Mdb)和输出数据库对象(Odb Objects)三类。

其中,Session 对象用来定义 Viewport、远程队列及用户定义的视图等。Mdb 对象保持模型空间中的对象。Mdb 对象包括 Model 对象、Step 对象等。而 Model 对象又包含 Part 对象、Section 对象、Material 对象、Step 对象等。Model 对象类型几乎包含了建模编程所需要的所有对象类型,是需要主要考虑的数据类型。

ABAQUS 对象模型中的 Container 可以是“仓库”,也可以是“序列”,比如 Steps Container 是一个参考,其包含分析过程中所有的 Step。Singular Object 也是对象,但是其不包含相同类型的其他对象,如 Session 对象和 Model 对象,在 ABAQUS 的对象模型中它们是唯一的。ABAQUS 脚本接口正是利用 Python 语言通过对模型的方法和数据的调用及操作来实现用户化的。

1.4.3 ABAQUS 脚本接口与 ABAQUS/CAE 的通信

ABAQUS 脚本接口可以实现 ABAQUS/CAE 中的所有功能,二者之间的通信关系如图 1-2 所示。用户可以通过图形用户界面(GUI)、命令行接口(CommandLineInterface)和脚

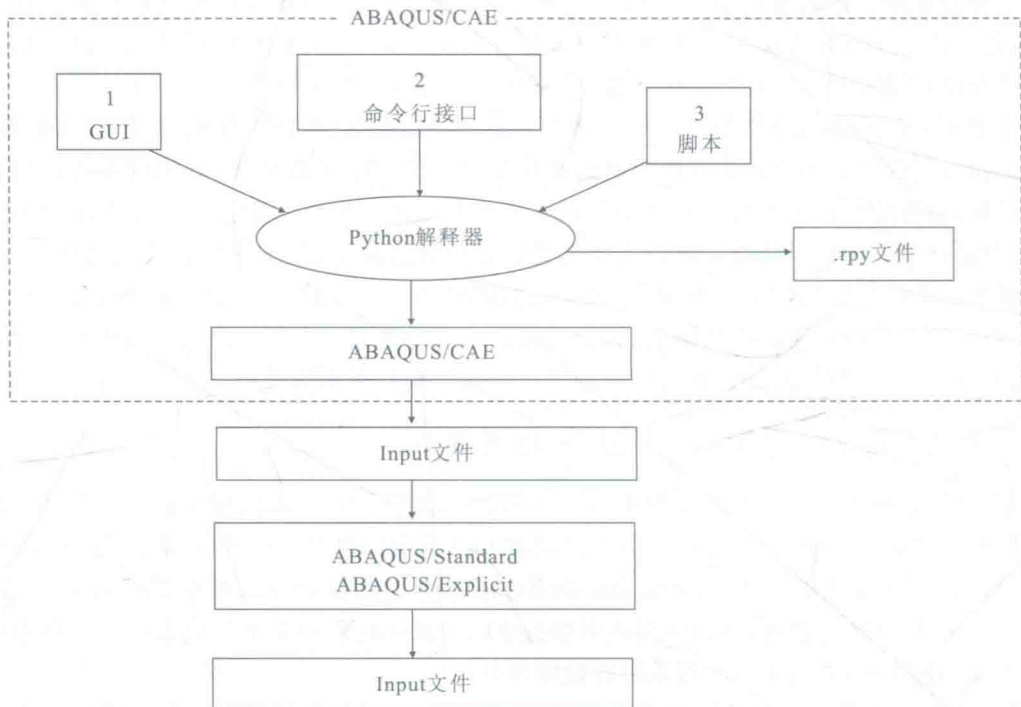


图 1-2 ABAQUS 脚本接口与 ABAQUS/CAE 的通信关系

本来执行命令。所有的命令都必须经过 Python 解释器才能进入到 ABAQUS/CAE 中执行,同时生成扩展名为 .rpy 的文件。进入到 ABAQUS/CAE 中的命令将转换为 inp 文件,在经过 ABAQUS/Standard 隐式求解器或 ABAQUS/Explicit 显示求解器进行分析,最后得到输出数据库(ODB)文件,可以进行各种后处理(如变形图、等值线图、动画等)操作。

从图 1-2 中也可以看出,除了编写脚本之外,ABAQUS 脚本接口命令还可以通过下列两种方式之一传送给 ABAQUS/CAE 内核。

(1)图形用户界面(GUI)。例如单击对话框中的 OK 或 Apply 按钮后,GUI 将自动生成一条脚本命令。使用宏管理器(Macro Manager)也可以录制脚本命令接口,并保存在宏文件中。

(2)单击窗口下方命令按钮来显示命令行接口。

1.4.4 脚本文件的调用方式

软件开发过程中,需要将模块计算参数设置过程编写为 ABAQUS 脚本,通过利用 ABAQUS 进程调用计算脚本完成计算参数设置、Inp 文件生成、计算后处理等功能。可以使用以下方式来运行 ABAQUS 脚本。

1.4.4.1 启动 ABAQUS/CAE 的同时运行脚本

如果从 ABAQUS 命令行窗口中执行脚本,可以利用以下命令实现:

```
Abaqus cae script= myscript. py
```

```
Abaqus cae startup= myscript. py
```

其中,myscript. py 为脚本文件名。利用以下命令可以在启动 Abaqus/Viewer 的同时运行脚本:

```
Abaqus viewer script= myscript. py
```

```
Abaqus viewer startup = myscript. py
```

1.4.4.2 不启动 ABAQUS/CAE 而直接运行脚本

如果不启动 ABAQUS/CAE 而直接运行脚本,则使用以下命令:

```
Abaqus cae noGUI = myscript. py
```

其中,myscrip. py 表示脚本文件名称。使用下列命令,可以不启动 Abaqus/Viewer 而直接运行脚本:

```
Abaqus viewer noGUI = myscript. py
```

若脚本的功能是实现自动前后处理,通常不启动 ABAQUS/CAE,这样有助于节省计算机内存。脚本运行结束的同时,ABAQUS/CAE 内核也将终止运行。此方法的一大不足在于:在脚本运行过程中无法与使用者实现交互,也无法对分析作业进行监控。

1.4.4.3 其他脚本运行方式

除了上面两种利用命令行方式运行 ABAQUS 脚本之外,还可以采用其他运行方式,如在 ABAQUS/CAE 中运行脚本、利用 File 菜单加载脚本等。

第 2 章 水平定向钻管道穿越仿真软件设计

§ 2.1 定向钻穿越仿真软件架构

水平定向钻穿越仿真计算软件采用 ABAQUS 作为力学计算引擎,开发独立用户操作界面完成穿越工艺过程中力学仿真计算。软件包括以下几个主要部分:

- (1)数据库。主要包括核心模块参数数据库以及工艺参数数据库等。
- (2)仿真计算模块。包括 GUI 界面及其与数据库、计算引擎间的通讯模块。
- (3)脚本模块。包括各仿真模块的模板脚本文件的生成及调用。

2.1.1 软件开发及运行环境

水平定向钻管道穿越仿真计算模块开发基于 Windows 系统,采用面向对象编程语言 C# 进行软件界面开发,数据库系统基于 Microsoft Sql Server2005,计算引擎采用 ABAQUS6.12 版本,仿真脚本采用 Python2.6 实现。详细软件环境如下:

(1)操作环境。考虑软件操作环境的易用性,本软件开发环境选用 windows 操作系统,兼容操作环境包括 Windows xp、Windows2000、Windows 2003、Windows 7 以及 Windows 8。

(2)数据库环境。考虑到后期数据增长需求,本软件数据库系统采用 Sql Server2005 进行开发。采用单一数据库系统以降低数据冗余及后期数据维护成本。

(3)计算机硬件环境。由于力学仿真计算涉及到密集的 CPU 操作,对计算资源要求较高;同时仿真计算中形成较大的结果文件,因此需要较大的硬盘容量。另外,计算过程中还需要较大的内存需求。最小计算机硬件需求及推荐需求如表 2-1 所示。

表 2-1 计算机系统需求

计算机组件	最小需求	推荐需求
内存	1 GB	8 GB 或以上
处理器	AMD Athlon 64 X2 或 intel Core 2 Duo	AMD Opteron 6000 系列, Intel Core i7 或 Intel Xeon 5600 系列
显卡	AMD Radeon with 512MB 或 NVIDIA GeForce with 512MB	AMD FirePro V5800 及以上
硬盘空间	1 GB	1GB 用于软件安装 更多空间用于仿真计算

2.1.2 软件数据流程

定向钻穿越仿真软件(后简称“仿真软件”)工作流程如图 2-1 所示。其中主要数据流程为: