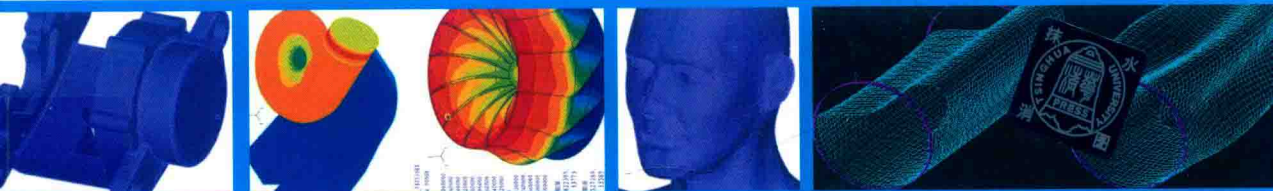


ADINA

分析基础与工程实践

高霖 费根胜 王明振 徐新瑞 著

ADINA Analysis Basic and Practical Engineering Application



清华大学出版社

重庆文理学院学术专

ADINA 分析基础与工程实践

高霖 费根胜 王明振 徐新瑞 著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书基于软件建模流程角度进行讲解,包括软件安装、前处理、后处理、实际工程应用和警告错误提示五大部分内容。本书的最大特点是注重数值模拟分析的过程性、操作性和实用性,面向读者设计了多个实际工程案例,涵盖了最新版 ADINA 软件的主要技术功能,可以满足初学者入门学习和有一定基础者进一步学习的需求。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

ADINA 分析基础与工程实践 / 高霖 等著. —北京:清华大学出版社, 2017
ISBN 978-7-302-47401-2

I. ①A… II. ①高… 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(2017)第 124538 号

责任编辑:王 军 李维杰

装帧设计:牛静敏

责任校对:曹 阳

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24 字 数:615 千字

版 次:2017 年 7 月第 1 版 印 次:2017 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:79.80 元

产品编号:073914-01

前 言

ADINA 是一款大型商业有限元和有限体积综合仿真分析软件,其突出的非线性和多场耦合功能已被全球范围内广大用户所熟知。但是由于我国缺少关于 ADINA 软件的中文参考资料,从而使得广大初学者以及潜在用户学习 ADINA 软件倍感吃力。近年来,市面上尽管已经出版了几本介绍 ADINA 软件应用基础与案例的中文书籍,但相比于其他大型商业有限元软件(例如 ABAQUS、ANSYS 等)来说,现有的 ADINA 软件参考书无论是在内容讲解方面,还是在工程实例介绍方面都缺乏多样性和差异性,并且已出版的书籍都是基于 ADINA 软件旧版本平台来讲解 ADINA 的功能,没有涉及新版本的新增功能,基于软件旧版本的书籍也不方便用户学习和使用新版本的 ADINA 软件。综上,有必要出版一本基于软件新版本(ADINA 9.1),详细介绍 ADINA 功能和工程应用案例的书籍。

● 主要内容

本书基于软件建模流程角度进行讲解,包括软件安装、前处理、后处理、实际工程应用和警告错误提示五大部分内容。前处理、后处理部分结合笔者多年的使用经验,详细讲解了 ADINA 软件的理论和应用基础、软件使用技巧和参数设置的真实意义;实际工程应用部分给出了 ADINA 软件在土木工程、石油化工工程、航空航天工程以及机械工程等专业领域内的诸多应用案例,并且所提供的全部案例均来自于实际工程;软件警告错误提示部分列出了 ADINA 软件在操作和应用过程中经常出现的警告和错误提示,并扼要给出了对应警告和错误提示出现的原因和解决方法。通过本书的学习,可以使用户快速地掌握软件使用的核心技术和方法,根据理论和基础知识的理解并结合工程实际案例,更好地使用 ADINA 软件来解决实际研究问题。

● 面向对象

本书主要面向 ADINA 软件的初级用户和中级用户,对于高级用户也具有较高的参考价值。本书可以作为理工科院校师生学习 ADINA 软件的教材,也可以作为科研工作者和工程技术人员使用 ADINA 软件的参考资料。本书免费提供实际工程应用案例的几何模型、网格模型、计算模型、命令流文件、计算结果图片和动画,以方便用户学习和建模。如有需要,可联系邮箱 ADINA_CQWU@163.com。

● 分工与致谢

重庆文理学院建筑工程学院土木工程系高霖负责本书全面工作,并统筹全稿。全书章节分工如下:第 1、第 7、第 8 章由高霖执笔,第 2、第 9、第 10 章和附录由费根胜执笔,第 5 和第 6 章由王明振执笔,第 3 和第 4 章由徐新瑞执笔。同时,对参与本书编辑、设计和校对的清华大学出版社的王军等编辑表示感谢。

本书的完成还要感谢以下基金项目的支持:重庆文理学院学术专著出版资助项目、重庆

市教育委员会科学技术研究项目资助(KJ1601132)、国家自然科学基金资助(51678544)以及重庆文理学院校级引进人才项目(R2015JJ06)。

鉴于编者水平有限,书中难免会有错误和纰漏之处,敬请各位专家和广大读者批评指正。若有问题,请发邮件到 ADINA_CQWU@163.com,我们会及时更正以便再版时更好地为读者服务。

编者

于重庆文理学院红河 B 区格物楼

目 录

第一部分 软件功能概述和安装

第 1 章 ADINA 软件简介	2
1.1 软件概述	2
1.2 ADINA 软件模块功能介绍	3
1.2.1 ADINA-AUI 前后处理模块	3
1.2.2 ADINA-Structures 结构计算 分析模块	3
1.2.3 ADINA-CFD 流体计算分析 模块	4
1.2.4 ADINA-FSI 流固耦合分析 模块	5
1.2.5 ADINA-Thermal 热分析模块	5
1.2.6 ADINA-TMC 热力耦合分析 模块	5
1.2.7 ADINA-EM 电磁场计算模块	6
1.3 ADINA 软件安装	6
1.3.1 软件单机版安装方法	6
1.3.2 软件网络企业版安装方法	8
1.3.3 软件网络教育版安装方法	11

第二部分 软件前处理

第 2 章 前处理基础功能介绍	14
2.1 软件前处理界面	14
2.2 区域 Zone 的作用	15
2.3 软件文件类型	15
2.4 前处理文件的读入和保存	17
2.4.1 前处理文件的读入	17

2.4.2 前处理文件的保存	19
2.5 内存分配与硬盘要求	19
2.5.1 ADINA-AUI 内存分配	19
2.5.2 软件结构场计算分析时的 内存分配	20
2.5.3 软件流场计算分析时的 内存分配	22
2.5.4 硬盘要求	22
2.6 命令流建模和批处理计算	23
2.6.1 前处理命令流	23
2.6.2 批处理计算	33
第 3 章 ADINA 几何建模功能	36
3.1 软件中的坐标系	36
3.1.1 Global System(整体坐标系)	36
3.1.2 Local Coordinate System (局部坐标系)	37
3.1.3 Skew System(斜坐标系)	37
3.1.4 Geometry Triads(几何 坐标架)	38
3.1.5 Result Transformation System (结果转换坐标系)	38
3.2 Native 几何建模方式	39
3.2.1 创建点和删除点	39
3.2.2 创建线和删除线	39
3.2.3 创建面和删除面	40
3.2.4 创建几何体和删除几何体	40
3.3 Parasolid 几何建模方式	40
3.3.1 建立和删除几何体	40
3.3.2 切割面(Section Sheet)	41

3.3.3	Parasolid 体的修饰	41	4.4.2	结构模块初始条件和边界 条件类型	88
3.3.4	Parasolid 体的布尔运算	41	4.4.3	流体模块载荷类型与施加 对象	89
3.3.5	对 Parasolid 体的其他操作	42	4.4.4	流体模块边界条件类型和 初始条件	92
3.4	两种几何建模方式的共用 操作	43	第 5 章	ADINA 有限元计算模型 的建立	106
3.4.1	几何变换	43	5.1	网格划分	106
3.4.2	空间函数	43	5.1.1	建立单元组和设定单元 类型	106
3.4.3	面链接(Face Link)	45	5.1.2	为几何模型设定网格密度	108
3.4.4	几何域(Domain)	45	5.1.3	划分几何模型网格	108
3.4.5	几何尺度测量(Measure)	46	5.1.4	网格节点的连续与不连续	110
第 4 章	材料、载荷和边界条件	47	5.1.5	节点耦合检查方法	115
4.1	结构场材料本构模型	47	5.2	网格粘接、约束方程和刚性 连接	117
4.1.1	弹性材料本构模型	47	5.2.1	粘接网格	118
4.1.2	塑性材料本构模型	49	5.2.2	约束方程	118
4.1.3	热相关材料本构模型	52	5.2.3	刚性连接	119
4.1.4	蠕变材料本构模型	54	5.3	设定接触	120
4.1.5	变参数(Creep Variable)蠕变 材料本构模型	56	5.3.1	设定接触控制参数	120
4.1.6	岩土材料本构模型 (Geotechnical)	56	5.3.2	建立接触组	122
4.1.7	橡胶和泡沫(Rubber/Foam) 材料本构模型	59	5.3.3	建立接触面和接触对	126
4.1.8	混凝土材料本构模型	62	5.4	求解控制参数	127
4.1.9	其他材料本构模型	64	5.4.1	结构模块求解控制参数	128
4.2	流场材料本构模型	65	5.4.2	流体模块求解控制参数	139
4.2.1	不可压缩/轻微可压缩/低速 可压缩材料本构模型	66	5.4.3	流固耦合求解控制参数	144
4.2.2	高速可压缩流体材料本构 模型	72	5.5	流体建模过程中的一些关键 技术	147
4.3	单元类型和单元组	75	第三部分	软件后处理	
4.3.1	结构模块单元类型和单元组	75	第 6 章	ADINA 软件后处理功能	160
4.3.2	流体模块单元类型	82	6.1	读入计算结果文件	160
4.4	载荷类型和边界条件	82			
4.4.1	结构模块载荷类型与施加 对象	83			

6.1.1	完全方式载入计算结果文件	160
6.1.2	快捷方式载入计算结果文件	161
6.1.3	载入多场耦合计算结果文件	162
6.2	云图和等值线图	162
6.2.1	显示云图和等值线图	162
6.2.2	修改编辑云图和等值线图	163
6.2.3	删除云图和等值线图	165
6.2.4	保存云图和等值线图	165
6.3	矢量图和切片图	166
6.3.1	显示矢量图和切片图	166
6.3.2	修改编辑矢量图和切片图	168
6.3.3	删除矢量图和切片图	168
6.4	绘制曲线图	168
6.4.1	绘制路径曲线图	169
6.4.2	绘制时间曲线图	170
6.5	动画和列表	171
6.5.1	制作并保存动画	171
6.5.2	列表	174
6.6	后处理中其他计算结果的提取	176
6.6.1	后处理中结果转换坐标系的使用	176
6.6.2	应力线性化功能	178
6.6.3	后处理中流体总压和动压的提取	181
6.6.4	提取通过某一个横截面的体积流量和质量流量	183
6.6.5	绘制流体域的流线图	185

第四部分 实际工程应用

第 7 章	ADINA 软件在土木工程中的应用案例	188
7.1	塔架牛腿的仿真计算分析	188

7.1.1	物理背景	188
7.1.2	工程实例知识点	189
7.1.3	前处理建模	189
7.1.4	生成求解文件并进行求解	196
7.1.5	计算结果后处理	197
7.1.6	工程实例小结	199
7.2	逆作法深基坑开挖过程仿真计算分析	199
7.2.1	物理背景	199
7.2.2	工程实例知识点	202
7.2.3	前处理建模	202
7.2.4	初始模型求解计算	212
7.2.5	初始模型计算结果后处理	213
7.2.6	计算参数设置并生成求解文件	214
7.2.7	模型求解计算	215
7.2.8	计算结果后处理	217
7.2.9	工程实例小结	225
7.3	地铁下穿隧道开挖仿真计算分析	225
7.3.1	物理背景	225
7.3.2	工程实例知识点	226
7.3.3	前处理建模	227
7.3.4	初始模型计算结果后处理	238
7.3.5	重启动计算模型参数设置	240
7.3.6	重启动模型计算结果后处理	240
7.3.7	工程实例小结	242

第 8 章 ADINA 软件在石油化工工程中的应用案例

8.1	钻井隔水管涡激流固耦合仿真计算分析	243
8.1.1	物理背景	243
8.1.2	工程实例知识点	244
8.1.3	前处理建模	244

8.1.4	结构模型前处理建模	252	9.1.7	工程实例小结	315
8.1.5	流体模型前处理建模	255	9.2	新型航空发动机某零部件流固耦合计算分析	315
8.1.6	保存模型文件并生成流体模型求解文件	263	9.2.1	物理背景	315
8.1.7	调用流固耦合求解器进行求解	264	9.2.2	工程实例知识点	316
8.1.8	计算结果后处理	264	9.2.3	建立结构和流体几何模型	316
8.1.9	工程实例小结	268	9.2.4	建立流固耦合结构模型	318
8.2	螺杆泵三维流固耦合仿真计算分析	268	9.2.5	建立流固耦合流体模型	323
8.2.1	物理背景	268	9.2.6	流固耦合求解	326
8.2.2	工程实例知识点	269	9.2.7	流体稳态流固耦合计算结果(第 12 次计算结果)	328
8.2.3	结构模型前处理建模	269	9.2.8	建立瞬态流固耦合计算的结构模型	328
8.2.4	流体模型前处理建模	279	9.2.9	建立瞬态流固耦合计算的流体模型	329
8.2.5	调用自适应网格流固耦合求解器	286	9.2.10	调用流固耦合求解器进行瞬态流固耦合求解	330
8.2.6	计算结果后处理	287	9.2.11	第一次流体网格重构流体模型的建立	330
8.2.7	工程实例小结	290	9.2.12	第一次流体网格重构结构模型的建立	332
8.3	跨断层埋地管道非线性有限元仿真计算分析	290	9.2.13	调用流固耦合求解器进行求解	332
8.3.1	物理背景	290	9.2.14	计算结果后处理	333
8.3.2	工程实例知识点	290	9.2.15	工程实例小结	334
8.3.3	前处理建模	291	9.3	电子插针非线性仿真计算分析	335
8.3.4	计算结果后处理	298	9.3.1	物理背景	335
8.3.5	工程实例小结	299	9.3.2	工程实例知识点	336
第 9 章	ADINA 软件在航空航天工程中的应用案例	300	9.3.3	前处理建模	336
9.1	机翼高速可压缩流固耦合计算分析	300	9.3.4	保存模型、生成求解文件并进行求解	339
9.1.1	物理背景	300	9.3.5	计算结果后处理	340
9.1.2	工程实例知识点	301	9.3.6	工程实例小结	341
9.1.3	结构模型前处理建模	301			
9.1.4	流体模型前处理建模	305			
9.1.5	流固耦合求解	310			
9.1.6	计算结果后处理	311			

第 10 章 ADINA 软件在机械工程中的应用案例 342

10.1 压缩机动力系统非线性仿真计算分析 342

10.1.1 物理背景 342

10.1.2 工程实例知识点 343

10.1.3 前处理建模 343

10.1.4 保存模型、生成求解文件
并进行求解 349

10.1.5 计算结果后处理 349

10.1.6 工程实例小结 351

10.2 压力容器非线性仿真计算分析 351

10.2.1 物理背景 351

10.2.2 工程实例知识点 352

10.2.3 前处理建模 352

10.2.4 保存模型、生成求解文件并
进行求解 356

10.2.5 计算结果后处理 356

10.2.6 工程实例小结 358

10.3 夹具扫频仿真计算分析 359

10.3.1 物理背景 359

10.3.2 工程实例知识点 360

10.3.3 初始设计夹具的前处理
建模 360

10.3.4 初始设计夹具计算模型的
保存和求解 361

10.3.5 初始设计夹具计算结果
后处理 362

10.3.6 在结果后处理中定义激励
载荷并提取结果 362

10.3.7 最终设计夹具建模和计算
求解 365

10.3.8 最终设计夹具计算模型
保存和求解 367

10.3.9 最终设计夹具计算结果
后处理 368

10.3.10 在最终设计夹具计算结果
中定义激励载荷并提取
结果 368

10.3.11 工程实例小结 369

附录 软件警告错误提示 370

参考文献 374

第一部分

软件功能概述和安装

第1章

ADINA软件简介



1.1 软件概述

ADINA 是英文单词 Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis 的首字母缩写，中文名称为“自动动态增量非线性分析”。由此可知，ADINA 软件开发的初衷是用来解决高度复杂的非线性工程问题。随着计算机硬件和有限元理论的发展以及工程实际问题的需要，ADINA 软件开发了多场耦合功能，该功能在众多有限元软件中最为强大，并且软件的各个模块均由一家公司开发，操作计算界面统一，这些都为 ADINA 软件在多场耦合工程中的应用提供了极大优势。

ADINA 软件的最初版本发布于 1975 年，至今已有 40 多年历史。1981 年 ADINA 非商业软件进入中国市场，为有限元在中国的应用起到了很好的推动作用，解决了大量复杂的线性和非线性工程问题。ADINA 的源代码是 Public Domain Code，目前市面上很多商业有限元软件都是在 ADINA 基础代码上开发的。1986 年，K.J. Bathe 博士在美国成立 ADINA 公司，开始了其商业化的发展历程，其成立的目标是使 ADINA 成为被广泛应用的大型商业有限元求解软件，力求软件的求解能力、可靠性和求解效率全球领先。

经过 30 多年的商业化发展，ADINA 已经成为近年来发展最快的有限元软件以及全球最重要的非线性和流固耦合求解软件，它被广泛应用于各个行业领域的工程仿真分析和科学研究，包括机械制造、材料加工、航空航天、汽车、土木建筑、电子电器、国防军工、船舶、铁道、石化、能源等。一直以来，ADINA 在计算理论和求解问题的广泛性方面处于全球领先地位，尤其针对非线性、动力学、流固耦合等复杂问题具有强大优势，被业内人士认为是非线性有限元发展方向的代表。

ADINA 软件不仅可以求解多种单物理场的工程问题，基于其多物理场耦合求解功能还可以求解多种物理场耦合问题，求解的类型包括：流固耦合(FSI)、热力耦合(TMC)、流固热三场耦合(TFSI)、多孔介质流固耦合(PFSI)、多孔介质热流固耦合(TPFSI)、结构-孔隙压力耦合(多孔介质)、结构和电场耦合(压电)、热电耦合(焦耳热)、流体-传质耦合和电磁流固耦合等。



1.2 ADINA 软件模块功能介绍

ADINA 是一个全集成系统,所有分析模块使用统一的前后处理器 ADINA-AUI,用户界面 ADINA User Interface(AUI)易学易用,友好的交互式图形界面能实现所有建模和后处理功能。ADINA 可以用来处理线性、非线性、静力学、动力学、电磁、热、热力耦合、流固耦合、流固热耦合、焦耳热、压电分析、电磁流体耦合和电磁流固耦合等多方面的问题,特别是在非线性、动力学和多场耦合方面具有明显的优势。

ADINA 系统包含以下 7 个模块:

- ADINA-AUI: 前后处理器,包括 ADINA-M 建模模块,采用 Parasolid 标准;
- ADINA-Structure: 结构计算分析模块,静力分析、动力分析、线性分析和非线性分析;
- ADINA-Thermal: 温度场求解模块;
- ADINA-CFD: 流体力学求解模块;
- ADINA-EM: 电磁场求解模块;
- ADINA-TMC: 热力耦合、压电分析和焦耳热分析求解模块;
- ADINA-FSI: 流固耦合、流固热耦合、多孔介质流固耦合等多场耦合求解模块。

1.2.1 ADINA-AUI 前后处理模块

ADINA-AUI 对全部 ADINA 分析程序提供统一的前后处理,ADINA-AUI 采用友好的交互式图形界面实现所有建模和后处理功能,其 90% 的功能可以通过图标来实现,同时提供了 undo 和 redo 功能,在错误操作后可以通过 undo 进行恢复。ADINA 提供多种网格划分器,除常见网格划分外,对复杂模型能进行自动六面体网格划分,还提供了 Glue Mesh 功能,用于对不同的网格进行粘接,此外还具有自适应网格重划分功能。在接口方面,能直接读入各种 CAD 类型文件,如 Pro/E 和基于 Parasolid 核心的实体(Unigraphics、SolidWorks 和 Solid Edge 等软件)生成的几何模型。为方便用户使用和操作,ADINA 不但可以与 I-DEAS、AutoCAD、PRO/E、UG 等软件实现无缝链接,而且还可以与 PATRAN、HYPERWORKS、ANSA、FEMAP 等软件相互交换有限元模型数据。

1.2.2 ADINA-Structures 结构计算分析模块

ADINA 的结构计算分析模块有其独特之处。其他软件在进行结构分析时,往往包含几个独立的计算分析包:线性计算分析包、非线性计算分析包、隐式计算分析包和显式计算分析包。而 ADINA 的结构计算只包含一个统一的结构模块,能够求解线性、非线性、静力学、动力学的各种问题,同时隐式求解和显式求解统一地包含在 ADINA 的结构模块中;并且在同一个工程问题中,能够方便地自动进行转换。例如一个充满液压力油的高压容器罐受到高速

物体撞击的工程问题，高压容器充满液压油的过程是一个准静态的过程，要用隐式求解器来进行求解，而高速物体撞击高压容器又是一个瞬间的过程，要用显式求解器来进行求解。对于这样的工程问题，在 ADINA 中可以通过参数设置，让软件在用隐式求解器求解完液压油充满高压容器的过程后，自动采用显式求解器来对高速物体撞击高压容器的过程进行求解，这个自动转换功能为用户在进行结构计算求解时带来了很大方便。

ADINA 的结构计算分析模块可用来求解线性、非线性、稳定性、动力学等多方面的问题，特别是在非线性及动力学等方面具有明显的优势。ADINA 材料模型种类丰富，包括常见的线弹性、弹塑性、粘弹、蠕变、生物肌体材料、损伤材料模型等。对于橡胶材料，软件也提供了多种本构模型，如 Mooney-Rivlin 材料本构、Orgen 材料本构、Sussman-Bathe 材料本构、Arruda-Boyce 材料本构和 Eight-Chain 材料本构，还提供了泡沫材料本构 Hyper-foam，在 ADINA 环境下进行材料开发也非常方便。在 ADINA 中几乎任何种类的材料都可以考虑破坏。软件提供了最大主应力、最大剪切应力、塑性应变等多种常规破坏判据和 7 种复合材料专用失效准则。对于非线性接触，ADINA 提供了多种接触处理技术，包括约束函数法、Lagrangian 乘子法、刚性目标面算法、线段分割法(Segment Method)、罚函数算法、基于时间积分法(软件新版本算法)等。接触分析定义简单而且计算速度快，不需要定义接触单元，不需要人工控制接触面刚度，自动迭代满足界面的运动和动力方程，精度高，计算稳定。同时摩擦系数可以随压力或其他参数的变化而变化，可以符合很多工程的实际情况。在动力学方面提供瞬态动力学分析、模态分析、谐波响应分析、响应谱分析、随机振动分析等。除了可以考虑整个部件级的接触模态外，还可以分析固液耦合体的特征模态和频率(例如考虑水的附加质量和刚度对水下工作结构振动频率的影响)。此外，还同时具有显式和隐式时间积分算法，两种算法可以独立分析不同问题，也可以联合求解同一复杂问题的不同工序。

ADINA 软件也提供了土木和建筑工程中常用的材料本构模型，如 Drucker-Prager 材料本构、Cam-Clay 材料本构、Mohr-Coulomb 材料本构、专用混凝土材料本构、LUBBY2 徐变材料本构、多孔介质材料本构和曲线描述材料本构等。为了更方便地处理土木和建筑工程问题，软件还提供了多种特殊处理方法：Rebar 单元可以处理混凝土中的钢筋、预应力钢筋及预应力损失问题，钢筋单元在软件计算时能够自动生成，不需要单独划分网格，软件能够自动地处理钢筋与混凝土之间的关系；单元生死可以处理模型中物质的添加或删除，该功能可以用于隧道开挖、基坑开挖、桥墩浇筑等施工过程分析，同时单元生死功能可以让死去的单元刚度线性变化，更加符合实际工程问题；多孔介质算法可以用来求解井点降水和固结沉降等问题。

1.2.3 ADINA-CFD 流体计算分析模块

ADINA-CFD 是流体计算分析模块，该模块可以求解稳态流动问题，也可以求解瞬态流动问题。它提供了两种离散方法：有限元法和控制体积法(有限体积法)，使用这两种方法可以解决各种流体工程问题，如 2D 或 3D、牛顿流体或非牛顿流体、不可压缩流体、微可压缩流体、低速可压缩流体、高速可压缩流体、层流或湍流、稳态流动或瞬态流动、传热传质分

析等。

另外, ADINA-CFD 模块还提供了多种特殊的算法, 如壁面边界、移动壁面、自由表面、表面张力、VOF 多相流、GAP 边界、滑动界面(Sliding Mesh)、热传递对流、热传递辐射、相变界面、一致流边界、风扇边界等, 这些特殊的算法可以用来解决许多复杂的工程问题, 如模拟波浪、海洋中船舶稳定性问题、旋转机械和压缩机内部的流体流动问题等。

1.2.4 ADINA-FSI 流固耦合分析模块

ADINA-FSI 是全球领先的流固耦合求解器, 能将 ADINA 结构和 ADINA 流体功能完全融合在一起, 而且计算速度很快。由于 ADINA 的结构和流体求解器都是同一家企业的产品, 因此 ADINA-FSI 可以很容易地将 ADINA-Structures 和 ADINA-CFD 功能融合在一起, 实现流体和结构耦合的高级分析, 兼具迭代耦合和直接耦合两种算法。在 ADINA 的流固耦合分析中, 可考虑自由液面运动、移动壁面以及耦合现象中的气蚀、相变等极为复杂的工程问题; 可考虑空气中或水下结构物的运动、接触、碰撞乃至材料发生破坏等现象; 当流体区域发生变化时可考虑网格重划分或跟随网格处理技术。

ADINA 是全球唯一提供直接耦合算法的计算平台, 其原理是通过数学一致化处理, 将流场方程组(质量守恒方程、动量守恒方程、能量守恒方程)和结构方程组(静力平衡方程、几何方程、本构方程)组合成单一的计算机可以进行计算的数值方程, 由软件对一个系统方程进行求解。该种算法只需要对一个系统方程的收敛状态进行判断, 其原理与迭代耦合算法有本质区别。其优势是: 该种耦合算法是流固耦合的完善解决方法, 适用于任何难度的耦合问题, 尤其对于薄壳结构, 不仅能够克服迭代耦合方法不收敛的问题, 而且可以提高计算精度。

在 ADINA 软件流固耦合求解过程中, 结构模型可以包含任意材料本构, 可以考虑材料破坏和各种非线性(几何非线性、材料非线性和状态非线性); 流体模型中可以设置不可压缩、微可压缩、低速可压缩和高速可压缩流体参与流固耦合, 也可以进行稳态和瞬态的流固耦合, 还可以考虑多相流的流固耦合。ADINA-FSI 求解器除了可以进行双向耦合外, 也可以进行单向耦合。对于某些问题, 例如瞬态问题, 可以先通过单向耦合求解流体模型稳态方程, 然后将流体稳态计算结果作为流体瞬态计算的初始条件, 瞬态流固耦合求解不仅能够顺利获得计算结果, 而且可以提高计算精度和计算效率。

1.2.5 ADINA-Thermal 热分析模块

ADINA-T 温度模块适用于固体和结构, 具有强大的温度和热流分析能力。可以考虑 2D 或 3D 导热、辐射换热、对流换热; 可以做稳态和瞬态分析; 具有考虑时间和温度相关材料特性、潜热效应、单元生死等多种功能, 此外还可以联合 ADINA-Structures 做热-力耦合分析。

1.2.6 ADINA-TMC 热力耦合分析模块

ADINA-TMC 热力耦合分析模块主要用于全耦合热-力问题。对于这类问题, 热分析结果

影响结构,反之结构计算结果也影响传热计算。热-力耦合问题兼具迭代耦合和直接耦合两种算法,同时还能够考虑下述影响因素:材料塑性变形引起的内部热生成;接触物体之间的热交换;接触面之间摩擦引起的表面热生成等。在 ADINA 8.8 以后的新版本中,为了方便建模计算分析,热模型和结构模型均在 ADINA-Structures 模块中进行,但是在计算求解时,需要调用 ADINA-TMC 的热力耦合求解器。在 ADINA 软件中,压电分析和焦耳热分析也是通过调用 ADINA-TMC 求解器来实现的。

1.2.7 ADINA-EM 电磁场计算模块

ADINA-EM 模块提供基于 $E-H$ 和 $A-\varphi$ 计算理论方法求解电磁场以及电磁场与热、结构或流体的耦合问题。在科学界和工程界,电磁学是一个非常重要的领域,尤其是当电磁效应与固体、流体流动耦合时。电磁学有很多重要的应用:电动机、炉子或烤箱加热、医疗器械、电磁开关、电磁泵或电磁制动器、波导器件、天线、输电线路、电磁铸造、金属零件无损检测等。该模块可以求解静电场、静磁场、直流传导、时域谐波、涡电流、交流传导等,同时软件还可以计算耦合温度的电磁场、耦合流体的电磁场、耦合结构的电磁场等。ADINA-EM 被完全集成在软件系统平台中,像其他模块一样,它的前后处理也是在 ADINA-AUI 中完成的。



1.3 ADINA 软件安装

本书基于 ADINA 9.1 版本来介绍 ADINA 软件功能和实际工程应用案例,同时 ADINA 9.1 的安装方法与之早先版本有很大的不同,本节详细讲解 ADINA 9.1 软件基于不同类型 License 的安装方法。

ADINA 软件包含 3 个版本:分别是 Windows 版、UNIX 版和 Linux 版本,可以安装在微机、工作站或巨型机上。由于大部分用户都使用 Windows 系统,尤其是在 Windows 64 位系统被开发并推广后,所以本节仅介绍 ADINA 软件在 Windows 版本平台上的安装方法。ADINA 软件的 Windows 版本又分为教育网络版、企业网络版和单机版,它们各自的安装方法和功能限制具有一定的差别。

1.3.1 软件单机版安装方法

如果系统是 Windows 7、Windows 8 或 Windows 10,必须以管理员身份登录。在安装软件之前,确认计算机带有网卡,同时安装有 TCP/IP 协议。以下是软件单机版安装顺序:

- (1) 把 ADINA 9.1 安装光盘放进光驱,自动弹出 ADINA 软件安装对话框。如果没有出现安装对话框,进入光盘后双击 Setup.exe 可执行程序;
- (2) 从安装对话框中选择 Install ADINA System 9.1 选项,弹出图 1-1 所示对话框;
- (3) 连续单击“Next”按钮,直到出现图 1-2 所示对话框时,选择软件安装的目录,默认

安装目录为 C:\ADINA91(用户可以选择其他安装目录), 本安装过程采用默认安装目录;

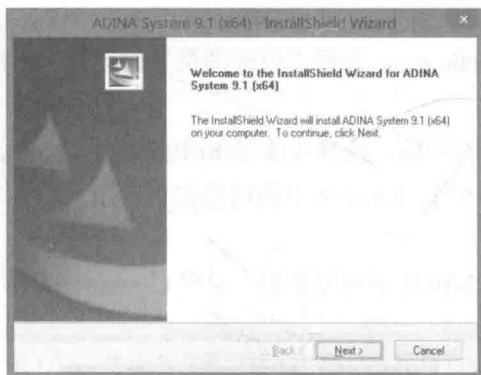


图 1-1 ADINA 软件安装对话框

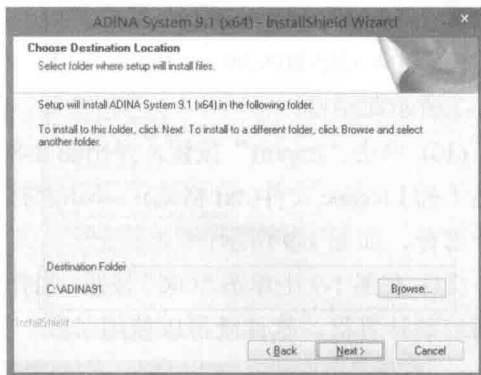


图 1-2 软件安装目录对话框

(4) 单击“Next”按钮, 弹出图 1-3 所示对话框, 单机版安装选中 Typical 单选按钮;

(5) 连续单击“Next”按钮, 直到出现图 1-4 所示对话框, 单机版安装选中 Node-Locked 单选按钮。然后单击“Next”按钮, ADINA 程序开始安装;

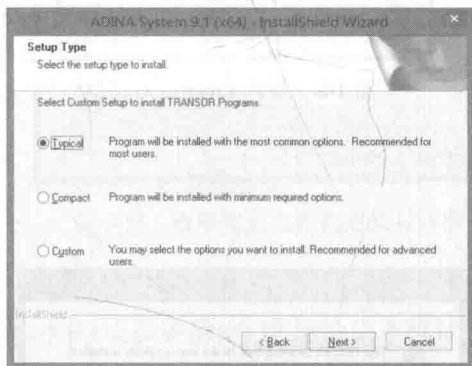


图 1-3 软件单机版安装的选项选择对话框

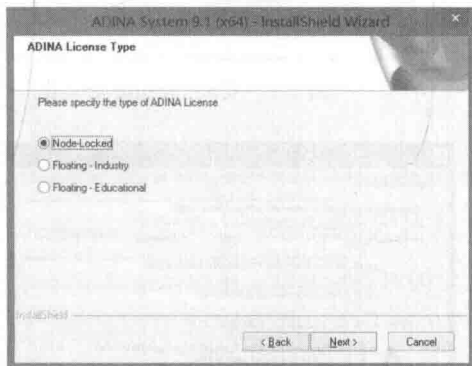


图 1-4 Node-Locked 选项对话框

(6) 程序安装过程中, 出现图 1-5 所示对话框, 等待程序安装;

(7) 当程序安装完成以后, 弹出图 1-6 所示对话框, 单击“Finish”按钮完成程序安装;

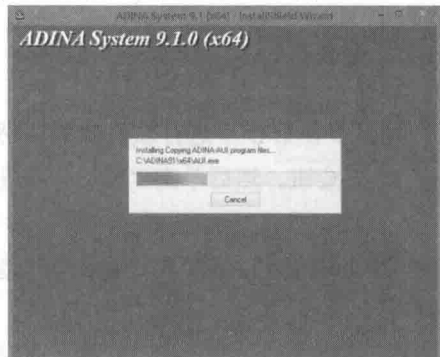


图 1-5 安装过程对话框

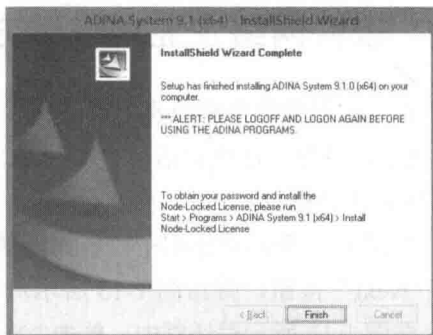


图 1-6 软件安装完成对话框