

ANSYS原厂策划 万水精心出品

ANSYS核心产品系列

ANSYS®



万水ANSYS技术丛书

ANSYS SpaceClaim 直接建模指南与 CAE前处理应用解析

王伟达 黄志新 李苗倩 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

ANSYS SpaceClaim 直接建模指南与 CAE 前处理应用解析

王伟达 黄志新 李苗倩 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

ANSYS SpaceClaim 软件是“仿真引领研发”层级中不可或缺的几何前处理工具，能够通过直接建模技术提高创建、处理、更新、重建几何效率，提高 CAE 模型真实性，加快仿真分析循环迭代次数，是推动仿真体系应用成熟度升级的关键步骤之一。

本书是国内第一本关于 SpaceClaim 软件的专业学习用书，是作者基于软件帮助文件，结合自身项目经验，梳理编辑出的一套简洁明了、方便易学的软件入门工具书，图文并茂地讲解了 SpaceClaim 软件的各类操作及应用案例。相信该书对工程师快速上手软件、提高前处理应用水平大有裨益。

本书工程实例丰富、讲解详尽，内容安排循序渐进、深入浅出，适合理工院校土木工程、机械工程、力学、电子工程等相关专业的高年级本科生、研究生及教师使用，同时也可以作为相关工程技术人员从事工程研究的参考书。

图书在版编目（C I P）数据

ANSYS SpaceClaim直接建模指南与CAE前处理应用解析 / 王伟达, 黄志新, 李苗倩编著. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2017.2

(万水ANSYS技术丛书)

ISBN 978-7-5170-4996-8

I. ①A… II. ①王… ②黄… ③李… III. ①计算机仿真—系统建模—应用软件 IV. ①TP391.92

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第002941号

责任编辑: 杨元泓 张玉玲

加工编辑: 张天娇

封面设计: 李 佳

书 名	万水 ANSYS 技术丛书 ANSYS SpaceClaim 直接建模指南与 CAE 前处理应用解析 ANSYS SPACECLAIM ZHIJIE JIANMO ZHINAN YU CAE QIANCHULI YINGYONG JIEXI
作 者	王伟达 黄志新 李苗倩 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 16.5印张 396千字
版 次	2017年2月第1版 2017年2月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	41.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

序 一

我国正处于从中国制造到中国创造的转型期，经济环境充满挑战。由于 80% 的成本在产品研发阶段确定，如何在产品研发阶段提高产品附加值就成为了制造企业关注的焦点。

在当今世界，不借助数字建模来优化和测试产品，新产品的的设计将无从着手。因此越来越多的企业认识到工程仿真的重要性，并在不断加强应用水平。工程仿真已在航空、汽车、能源、电子、医疗保健、建筑和消费品等行业得到广泛应用。大量研究及工程案例证实，使用工程仿真技术已经成为不可阻挡的趋势。

工程仿真是一件复杂的工作，工程师不但要有工程实践经验，还要掌握多种不同的工业软件。与发达国家相比，我国仿真应用成熟度还有较大差距。仿真人才缺乏是制约行业发展的重要原因，这也意味着有技能、有经验的仿真工程师在未来将具有广阔的职业前景。

ANSYS 作为世界领先的工程仿真软件供应商，为全球各行业提供能完全集成多物理场仿真软件工具的通用平台。对有意从事仿真行业的读者来说，选择业内领先、应用广泛、前景广阔、覆盖面广的 ANSYS 产品作为仿真工具，无疑将成为您职业发展的重要助力。

为满足读者的仿真学习需求，ANSYS 与中国水利水电出版社合作，联合国内多个领域仿真行业实战专家，出版了本系列丛书，包括 ANSYS 核心产品系列、ANSYS 工程行业应用系列和 ANSYS 高级仿真技术系列，读者可以根据自己的需求选择阅读。

作为工程仿真软件行业的领导者，我们坚信，培养用户走向成功，是仿真驱动产品设计、设计创新驱动行业进步的关键。



ANSYS 大中华区总经理

2015 年 4 月

序 二

道无术不行，术无道不久。

中国“制造立国、创新强国”的道路已然明确，全社会“万众创业、大众创新”的风气已逐渐形成。科技领域也不断报出惊喜成果，高能激光、高超音速飞机、量子通讯、粒子物理、高性能计算、水稻种植等科技领先国际，令国人振奋。

然而，还应警醒地意识到，与西方发达国家相比，我们在很多领域还存在很大差距。特别是在工业自动化、智能化控制方面，我国的自主研发还处在起步阶段。

我们的科研人员不缺才智、不缺精神，缺的是先进的研发手段以及在此基础上形成的精确、高效的研发流程。

工欲善其事，必先利其器。

当今，研发早已不再是天马行空、即兴发挥的任性试错，而是在科学方法和精确工具的强大支撑下逐渐成为精细、自动的工业化过程。

ANSYS SpaceClaim 软件是“仿真引领研发”层级中不可或缺的几何前处理工具，能够通过直接建模技术提高创建、处理、更新、重建几何效率，提高 CAE 模型真实性，加快仿真分析循环迭代次数，是推动仿真体系应用成熟度升级的关键步骤之一。

道在日新，艺亦须日新，新者生机也。

借助于全新的直接建模软件——ANSYS SpaceClaim，工程师在 CAE 分析工程中既可以无视几何来源，高效地建模、修模，又能够保持参数化建模过程的隐藏约束条件，灵活定义参数优化变量，还可以通过 ANSYS Workbench 与结构、流体、电磁等模块实现数据准确的双向互动，从而让 CAE 前处理更真实地应用于仿真实验，使仿真实验的数值解更接近物理试验的实测值。

本书是国内第一本关于 SpaceClaim 软件的专业学习用书，是作者基于软件帮助文件，结合自身项目经验，梳理编辑出的一套简洁明了、方便易学的软件入门工具书，图文并茂地讲解了 SpaceClaim 软件的各类操作及应用案例。相信该书对工程师快速上手软件、提高前处理应用水平大有裨益。

本书作者就职于安世亚太科技股份有限公司，从事 CAE 相关工作 7 年，熟悉多款主流 CAE 软件，参与过国家重大专项、国家自然科学基金、北京市科委等多个结构仿真项目，积累了多种工业产品关于 CAE 前处理、隐/显式算法、材料非线性分析、优化设计等方面的经验。



安世亚太科技股份有限公司总裁

2016 年 10 月

前 言

随着仿真科学的发展和计算机技术的升级,CAE 效率提升的瓶颈已不再是计算机硬件水平和 CAE 求解器效率,而是 CAE 前处理效率。当今仿真项目的大型化和精密化,对 CAE 前处理的要求更为苛刻,尤其是对几何前处理的完备性、细节恰当等效及优化迭代等环节。加之几何模型的复杂性和数据来源的多样化,几何前处理的工作量更大。因此,提高几何前处理效率面临诸多挑战:如何无缝读取不同 CAD 格式以准确转换几何数据;如何快速处理点云数据以重建实体模型;如何基于设计图纸高效创建三维几何模型;如何对已有的几何模型灵活设置参数以实现优化分析;如何在实体—梁—壳之间快速切换;如何便捷简化或细化几何模型以用于 CAE 分析;如何保持几何模型与 CAE 模型的关联性以方便设计变更与模型复核等。

基于直接建模技术的 SpaceClaim 软件均能解决以上难题。SpaceClaim 软件作为一种直观的 CAD 交互方式,具备其独到的优势,包括无视几何来源、中性几何模型参数化、不必担心模型修改后重建失败、无需考虑错综复杂如迷宫般的历史特征关系等。自 2014 年 ANSYS 公司收购 SpaceClaim 软件后,经过多年的优势整合,SpaceClaim 为几何前处理乃至 CAE 前处理提供了全新且高效的解决方式,如几何特征的批处理、仿真结果的重建和修改、几何模型与 CAE 模型关联的参数、子模型边界互动等功能,从而大幅提升 CAE 效率。

本书作为市面上仅有的 SpaceClaim 软件书籍,基于 ANSYS SpaceClaim 17.0 中文界面,以介绍直接建模功能和分享 CAE 前处理全新解决方式为背景,共分为 5 章:第 1 章介绍 ANSYS 产品体系和 ANSYS Workbench 平台;第 2 章详细介绍 SpaceClaim 软件的交互界面、个性化选项及提高效率的快捷方式;第 3 章阐述在从无到有的建模过程中涉及工具的功能及相关操作步骤,包括设计、详细、测量等选项卡的内容;第 4 章分为两方面内容,一方面是在从有到改的修复模型过程中,梳理对边、面、体等常见几何模型的检查及处理方法;另一方面分类讲解在 CAE 前处理过程中的常见情况,如实体模型快速抽梁、抽壳并实现共节点,对流体和电磁分析创建并自动更新内外场,快速创建梁—实体、梁—壳、壳—实体及实体—实体子模型,与 ANSYS Workbench 关联参数、几何、坐标等互动等;第 5 章以实例的形式介绍通用 CAE 前处理的操作步骤,实例一逐步介绍如何通过二维图纸快速创建三维模型;实例二用多种方法对比讨论简化几何模型的便捷方式,如批量删除圆角、圆孔等特征;实例三以实体球罐为例,说明如何抽壳和抽梁,并将实体—壳—梁三类几何同时导入 ANSYS Workbench;实例四以流体热分析为例,说明如何快速创建灯泡的内外流场,并实现流场的自动更新;实例五以三角面片的重建为例,说明从碎到整的逆向重建几何的常规方法;实例六以普通零件为

例，说明如何对三维几何实现尺寸注释；实例七以创建花瓶为例，说明曲面造型的方便实现和互动。实例源文件可以添加微信公众号获取下载链接。

希望本书能够帮助读者更系统地掌握 SpaceClaim 直接建模技术，扩展 CAE 前处理的思路。欢迎读者通过微信公众号或邮箱关注 SpaceClaim 的最新应用。

微信公众号：SpaceClaim

新浪微博：<http://weibo.com/spaceclaim>

电子邮箱：spaceclaim@sina.com



微信公众号二维码

王伟达
2017年2月

目 录

序一
序二
前言

第1章 ANSYS 软件概述	1	2.3.4 选择	34
1.1 ANSYS 软件简介	1	2.3.5 靠齐	34
1.2 ANSYS Workbench 平台及模块	3	2.3.6 单位	35
1.2.1 Workbench 平台界面	4	2.3.7 钣金	36
1.2.2 菜单栏	4	2.3.8 浏览	37
1.2.2.1 文件菜单	4	2.3.9 高级	38
1.2.2.2 视图菜单	6	2.3.10 导入/导出	39
1.2.2.3 工具菜单	7	2.4 面板操作	41
1.2.2.4 单位菜单	8	2.4.1 结构	41
1.2.2.5 扩展包菜单	8	2.4.2 图层	43
1.2.2.6 帮助菜单	8	2.4.3 选择	45
1.2.3 工具箱	8	2.4.4 组	47
1.2.4 项目管理页面	9	2.4.5 视图	48
1.2.4.1 系统和单元格	10	2.4.6 选项	49
1.2.4.2 页面连接	14	2.4.7 属性	51
1.2.4.3 弹出菜单	15	2.5 快捷方式	51
1.3 ANSYS SpaceClaim 功能特点	17	2.5.1 鼠标手势	51
1.3.1 直接建模	18	2.5.2 快捷键	53
1.3.2 二维用户到三维建模的最佳选择	18	2.5.3 组合快捷键	54
1.3.3 丰富的数据接口	19	2.5.4 自定义快捷键	55
1.3.4 三维几何模型建立功能	20	第3章 当建模变得“直接”——ANSYS	
1.3.5 适合于 CAE 仿真的 CAD 模型修改	22	SpaceClaim 建模指南	56
1.3.6 逆向工程的极佳选择	24	3.1 引言	56
1.3.7 辅助制造的利器	25	3.2 视图模式	57
第2章 ANSYS SpaceClaim 使用简介	26	3.3 建模	57
2.1 引言	26	3.3.1 选择	58
2.2 交互界面	27	3.3.2 草图	60
2.3 SpaceClaim 选项设置	32	3.3.2.1 草图模式	62
2.3.1 常用	32	3.3.2.2 草绘创建工具	64
2.3.2 细节设计	32	3.3.2.3 草绘编辑工具	67
2.3.3 外观	33	3.3.2.4 布局	70

3.3.3 拉动	71	3.4.1 组合	95
3.3.3.1 向导	71	3.4.1.1 向导	95
3.3.3.2 选项	72	3.4.1.2 选项	96
3.3.3.3 拉伸面	73	3.4.1.3 合并实体	96
3.3.3.4 转动面	73	3.4.1.4 合并面	97
3.3.3.5 转动边	74	3.4.1.5 合并封闭面	97
3.3.3.6 拔模表面	75	3.4.1.6 合并面和平面	97
3.3.3.7 扫掠面	75	3.4.1.7 面切割实体	98
3.3.3.8 螺旋面	77	3.4.1.8 实体切割实体	98
3.3.3.9 圆角	78	3.4.1.9 实体或平面分割曲面	98
3.3.3.10 全圆角	78	3.4.1.10 曲面分割曲面	99
3.3.3.11 变半径圆角	79	3.4.1.11 实体中删除封闭的体	99
3.3.3.12 倒角	80	3.4.2 拆分体	99
3.3.3.13 延伸边	80	3.4.2.1 向导	99
3.3.3.14 突出边	81	3.4.2.2 选项	99
3.3.3.15 复制边	82	3.4.2.3 表面拆分实体	100
3.3.3.16 旋转边	82	3.4.3 拆分面边	101
3.3.3.17 缩放体	83	3.4.3.1 向导	101
3.3.4 移动	83	3.4.3.2 选项	101
3.3.4.1 向导	84	3.4.3.3 UV 拆分面	101
3.3.4.2 选项	85	3.4.3.4 一点拆分面	102
3.3.4.3 移动对象	86	3.4.3.5 两点拆分面	102
3.3.4.4 旋转实体	86	3.4.4 投影	102
3.3.4.5 分解装配体	87	3.4.4.1 向导	103
3.3.5 融合	87	3.4.4.2 选项	103
3.3.5.1 向导	87	3.4.4.3 边到实体	103
3.3.5.2 选项	88	3.4.4.4 注释文本	103
3.3.5.3 面之间进行过渡	89	3.4.4.5 线投影到实体表面	104
3.3.5.4 边之间进行过渡	89	3.5 创建	104
3.3.5.5 点之间进行过渡	89	3.5.1 平面	105
3.3.6 调整面	90	3.5.1.1 向导	106
3.3.6.1 工具	91	3.5.1.2 构建平面	106
3.3.6.2 曲面造型	91	3.5.1.3 钉住平面	107
3.3.7 参数化	92	3.5.1.4 修改平面属性	108
3.3.7.1 尺寸参数化	92	3.5.2 轴	108
3.3.7.2 位置参数化	92	3.5.3 空间点	109
3.3.7.3 参数间函数	93	3.5.4 局部坐标系	109
3.3.7.4 表达式	93	3.5.4.1 形心局部坐标系	110
3.4 相交	94	3.5.4.2 临时点局部坐标系	110

3.5.5 阵列	111	3.8.1 检查	131
3.5.5.1 向导	112	3.8.1.1 实体属性	132
3.5.5.2 线性阵列	112	3.8.1.2 截面属性	133
3.5.5.3 圆形阵列	113	3.8.1.3 计算投影面积	133
3.5.5.4 填充阵列	114	3.8.2 干涉	133
3.5.5.5 编辑阵列	115	3.8.2.1 相交边	133
3.5.6 壳体	115	3.8.2.2 相交体积	134
3.5.6.1 向导	116	3.8.3 质量	134
3.5.6.2 创建壳体	116	3.8.3.1 法线	135
3.5.6.3 编辑壳体	117	第4章 当 SpaceClaim 遇上 ANSYS——CAE	
3.5.7 偏移	117	前处理应用	136
3.5.7.1 向导	117	4.1 引言	136
3.5.7.2 选项	117	4.2 几何接口	137
3.5.7.3 创建偏移关系	118	4.2.1 导入	137
3.5.7.4 取消偏移关系	118	4.2.2 导出	139
3.5.8 镜像	118	4.3 几何前处理	140
3.5.8.1 向导	119	4.3.1 检查	141
3.5.8.2 选项	119	4.3.1.1 检查	141
3.5.8.3 镜像对象	120	4.3.1.2 剖面	142
3.5.8.4 创建镜像关系	120	4.3.2 点	147
3.5.8.5 删除镜像关系	120	4.3.2.1 工作点	147
3.6 装配	120	4.3.2.2 点焊	148
3.6.1 组件	122	4.3.3 边	150
3.6.2 对齐组件	123	4.3.3.1 分割边	150
3.6.3 定向组件	123	4.3.3.2 额外边	151
3.7 工程图纸	124	4.3.3.3 拟合曲线	152
3.7.1 注释	124	4.3.4 面	152
3.7.1.1 创建	125	4.3.4.1 拼接/分离	153
3.7.1.2 编辑	126	4.3.4.2 填补	154
3.7.1.3 可见性	127	4.3.4.3 合并/拆分	157
3.7.1.4 格式	127	4.3.4.4 压印	159
3.7.1.5 指引线	127	4.3.4.5 重复	160
3.7.1.6 尺寸注释	128	4.3.4.6 替换	161
3.7.2 符号	129	4.3.5 体	162
3.7.2.1 基准符号	129	4.3.5.1 孔	162
3.7.2.2 表面粗糙度符号	129	4.3.5.2 圆角	162
3.7.2.3 中心线	130	4.3.5.3 干涉	164
3.7.2.4 螺紋	130	4.3.5.4 三角面片	165
3.8 测量	131	4.3.6 梁	166

4.3.6.1	线或边转梁	167	4.5.5	场互动	202
4.3.6.2	实体抽梁	169	4.5.6	二维分析	203
4.3.6.3	变更横截面	170	第5章	模型处理实例解析	206
4.3.6.4	查看截面属性	170	实例一	基于2D图纸创建3D模型	206
4.3.6.5	编辑截面轮廓	171	1.	拉动创建垫片	207
4.3.6.6	调整方向	171	2.	旋转生成销轴	210
4.3.6.7	自动延伸梁	173	3.	拉动创建底座	212
4.3.6.8	手动延伸梁	174	4.	创建其他零件	215
4.3.6.9	延伸后修正	175	5.	移动组装	216
4.3.6.10	自定义截面	175	实例二	几何模型前处理	217
4.3.7	壳	178	1.	填充凸台	218
4.3.7.1	面转为壳	178	2.	批量删除圆角	218
4.3.7.2	实体手动抽壳	179	3.	批量删除圆孔	221
4.3.7.3	实体自动抽壳	180	4.	删除相贯圆角	222
4.3.7.4	延伸面/焊缝	180	5.	小结	223
4.3.7.5	法向调整	181	实例三	结构分析的抽梁壳	224
4.3.8	场	183	1.	抽梁	225
4.3.8.1	外场	183	2.	抽壳	226
4.3.8.2	内场	185	3.	共享拓扑	229
4.3.8.3	过渡接头	186	4.	小结	230
4.3.9	子模型	188	实例四	流体分析的抽场	231
4.4	共享拓扑	189	1.	创建内流场	231
4.4.1	设置	190	2.	创建外流场	232
4.4.2	检查	191	3.	更新外流场	235
4.5	其他前处理	194	实例五	三角面片文件重建	237
4.5.1	参数互动	196	1.	抽取草图	237
4.5.1.1	尺寸参数化	196	2.	旋转拉伸截面重建实体	241
4.5.1.2	位置参数化	197	3.	偏差分析	242
4.5.2	集合互动	197	4.	小结	244
4.5.3	材料互动	198	实例六	工程图纸——尺寸注释	244
4.5.4	坐标互动	200	实例七	曲面造型——花瓶	249

ANSYS 软件概述

1.1 ANSYS 软件简介

ANSYS 软件是融结构、热、流体、电磁和声学于一体的大型通用 CAE 分析软件，广泛应用于石油化工、土木工程、能源、核工业、铁道、航空航天、机械制造、汽车交通、国防军工、电子、造船、生物医学、轻工、地矿、水利、日用家电等工业及科学研究中。

ANSYS 公司成立于 1970 年，总部位于美国宾夕法尼亚州的匹兹堡，是世界 CAE (Computer Aided Engineering) 行业著名的公司之一。四十多年来，ANSYS 公司一直致力于仿真软件的开发及仿真咨询服务，为全球工业界所广泛接受，并拥有了全球最大的用户群体。许多国际化大公司均采用 ANSYS 软件作为其设计分析标准和主要的分析、技术交流平台。ANSYS 公司在世界范围内有很高的声誉和业界广泛认可的服务支持能力。

在四十多年的发展过程中，ANSYS 不断改进提高，功能不断增强，目前最新的版本已发展到 18.0 版本。ANSYS 软件所提供的 CAE 仿真分析类型非常全面，而且这些分析类型具有耦合特性（相关性）。在整个 CAE 行业，ANSYS 系列软件的优势是全方位的，主要体现在以下几个方面：

(1) 宽广的分析范畴。

ANSYS 系列软件全面涵盖了通用结构力学、高度非线性结构动力学、计算流体动力学、计算电磁学、多物理场耦合分析、协同仿真平台、行业专用软件体系等领域，具备完整的 CAE 产品体系。

(2) 强大的耦合场分析功能。

在耦合场分析方面，ANSYS 系列软件能提供一个既满足各领域要求又能相互进行耦合分析的 CAE 软件系统，而不仅局限于某一学科领域的分析。ANSYS 软件充分体现了 CAE 领域的发展趋势，即融结构、热、流体、电磁于一体的多物理场耦合仿真的功能。ANSYS 的软件产品不仅涵盖了 CAE 通用的结构、传热、流体、电磁等通用领域，也有针对行业特点的专业化产品软件。其独一无二的耦合场分析技术：CFX、Fluent 和 ANSYS 的结构模块，能方便地

实现流固耦合计算。

(3) 方便易用的协同仿真平台。

全新的 ANSYS Workbench 协同仿真平台，为用户提供了参数化分析、CAD/CAE 双向参数驱动、自动定义接触和装配、高效优化设计等独一无二的最新 CAE 技术。目前已经在国内外企业中得到了广泛应用，并成为新一代 CAE 软件平台的标准。

最新版本的 ANSYS 软件充分体现了 CAE 领域的发展趋势：首先，通过开发或并购最先进的技术，将其集成到一体化可定制仿真平台中，使工程师能够高效地执行复杂的多物理场仿真工作；其次，提供系统服务，用以管理仿真进程和数据。这样，工程师和产品开发人员就能集中精力进行产品设计、完善产品质量，而不必为软件使用和数据搜索花费过多时间。其融结构、热、流体、电磁、声学于一体的多物理场耦合仿真的功能集中代表了用于“虚拟样机”的 CAE 技术；与 CAD 软件无缝的几何模型传递接口是 CAD/CAE 整体化的发展方向；在网络中各种计算机软硬件平台上的自动浮动使用方便了用户。

ANSYS 软件从 1971 年开始的 2.0 版本发展到今天的 18.0 版本，从用户交互图形界面到计算模块、应用数值方法和计算优化都有了巨大的改进。经过多年的发展，ANSYS 逐渐成为国际国内分析设计技术交流的平台。ANSYS 独具特色的多物理场结合的分析技术和涵盖优化设计等技术在内的一体化处理技术充分体现了 CAE 领域的最新发展成就。在国际上，它是第一个通过 ISO9001 质量认证的分析设计软件，是美国机械工程师协会 (ASME)、美国核安全局 (NQA) 及其他近 20 种专业技术协会认证的标准分析软件。在国内，ANSYS 第一个通过了中国压力容器标准化技术委员会认证，并在国务院 17 个部委推广使用，目前在国内有着庞大的用户群。

在机械结构、流体力学、电磁场的 CAE 应用领域里，ANSYS 软件的产品都是本领域出色的产品之一。

结构力学 CAE 分析方面：ANSYS Mechanical、ANSYS LS-DYNA 等。

流体动力学 CFD 分析方面：ANSYS Fluent、ANSYS CFX 等。

电磁场 CAE 分析方面：ANSYS Maxwell、ANSYS HFSS 等。

(1) ANSYS Mechanical 高级结构力学分析及热分析。

作为 ANSYS 的核心产品之一，ANSYS Mechanical 是顶级的通用结构力学仿真分析系统，在全球拥有广大的用户群体，是世界范围应用最为广泛的结构 CAE 软件。ANSYS Mechanical 提供了结构分析的完整工具，具有一般静力学、动力学和非线性分析能力以及复合材料、断裂、疲劳、优化等分析功能。除了提供常规结构分析功能外，强劲稳健的非线性、独具特色的梁单元、高效可靠的并行求解、充满现代气息的前后处理是其主要特色。ANSYS Mechanical 除了提供全面的结构、热、压电、声学以及耦合场等分析功能，还创造性地实现了与 ANSYS 新一代计算流体动力学分析程序 Fluent 和 CFX 的双向流固耦合计算。它全面集成于 ANSYS 新一代协同仿真环境 ANSYS Workbench，易学易用。

(2) ANSYS LS-DYNA 通用高度非线性显式动力学分析。

ANSYS LS-DYNA 是一个显式通用非线性动力分析有限元程序，可以求解各种二维、三维非线性结构的高速碰撞、爆炸和金属成型等非线性问题。软件功能齐全，可求解涉及几何非线性（大位移、大转动和大应变）、材料非线性（200 多种材料动态模型）和接触非线性（50 多种）的瞬态动力学问题。它以 Lagrange 算法为主，兼有 ALE 和 Euler 算法；以显式求解为

主, 兼有隐式求解功能; 以结构分析为主, 兼有热分析、流体—结构耦合功能; 以非线性动力分析为主, 兼有静力分析功能 (如动力分析前的预应力计算和薄板冲压成型后的回弹计算)。ANSYS LS-DYNA for Workbench 基于 ANSYS Workbench 下新的使用环境, 包括前处理模块、求解模块、后处理模块。

(3) ANSYS Fluent 计算流体力学软件。

ANSYS Fluent 采用计算流体动力学 (CFD) 的数值模拟技术, 为全球范围内各个行业的工程师提供流体问题的解决方案。它丰富的物理模型使其应用广泛: 从飞机气动到锅炉燃烧, 从鼓风机到玻璃制造, 从血液流动到半导体生产, 从洁净室到污水处理工厂的设计等。另外, 软件强大的模拟能力还扩展了其在旋转机械、气动噪声、内燃机和多相流系统等领域的应用。ANSYS Fluent 完全集成在 ANSYS Workbench 环境中, 并允许用户适当调整集成功能, 轻而易举地快速应对一些特殊的挑战。

(4) ANSYS CFX 专业的流体力学分析。

ANSYS CFX 作为采用全隐式耦合算法的大型 CFD 软件, 算法上的先进性、丰富的物理模型和前后处理的完善性使其在结果精确性、计算稳定性、计算速度和灵活性上都有优异的表现。除了一般工业流动以外, ANSYS CFX 还可以模拟诸如燃烧、多相流、化学反应等复杂流场。ANSYS CFX 集成到 ANSYS Workbench 环境中使用, 增加了其在工程仿真上的应用面, 效率达到了新的高度。

(5) ANSYS Maxwell 低频电磁场仿真。

ANSYS Maxwell 是工业界领先的电磁仿真软件, 能满足机电产品工程师的仿真设计需求, 提升高品质产品设计能力。它包含二维和三维的瞬态磁场、交流电磁场、静磁场、静电场、直流传导场和瞬态电场求解器, 能准确计算力、转矩、电容、电感、电阻和阻抗等参数, 并且能自动生成非线性等效电路和状态空间模型, 用于进一步的控制电路和系统仿真, 实现上述组件在考虑了驱动电路、负载和系统参数后的综合性能分析。

(6) ANSYS HFSS 高频电磁场仿真。

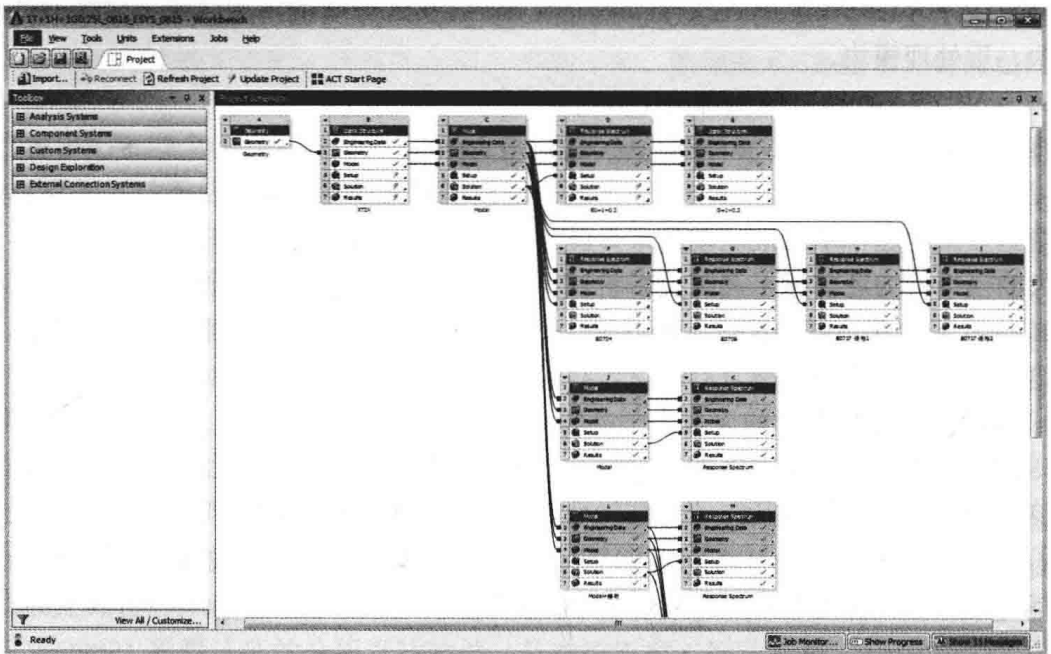
ANSYS HFSS 作为三维结构全波电磁场仿真的标准和核签工具, 是现代电子设备中设计高频/高速电子组件的首选工具。HFSS 能够在用户最少干预的情况下, 对直接关系到电子器件性能的电磁场状态进行快速精确的仿真。针对一个组件或子系统、系统以及终端产品在电磁场中的性能及其相互影响, ANSYS HFSS 可以分析整个电磁场问题, 包括反射损耗、衰减、辐射和耦合等。另外, ANSYS HFSS 也是行业标准的电磁仿真工具, 特别针对射频、微波以及信号完整性设计领域, 是分析任何基于电磁场、电流或电压工作的物理结构的绝佳工具。

1.2 ANSYS Workbench 平台及模块

ANSYS Workbench 整合了所有主流仿真技术及数据, 在保持多学科技术核心多样化的同时建立了统一的仿真环境。在 ANSYS Workbench 环境中, 用户始终面对同一个界面, 无需在各种软件工具程序界面之间频繁切换。所有仿真工具只是这个环境的后台技术, 各类仿真数据在此平台上交换与共享。

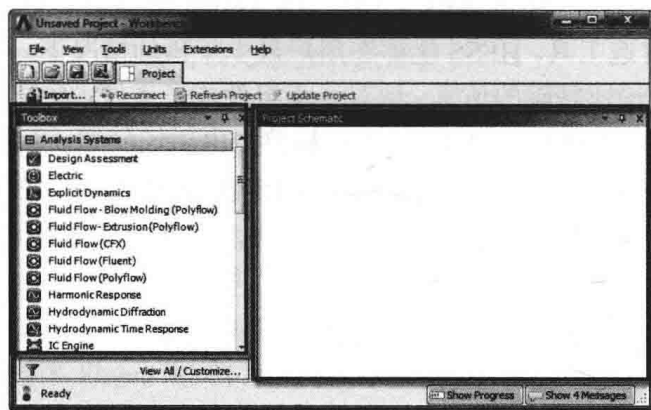
如下图所示, ANSYS Workbench 能显示并管理项目工作流程。在 ANSYS Workbench 中, 可以采用分析系统的方式建立一个分析项目。一个分析项目中可以包含多个分析系统, 并以分

析流程图的形式连接各个分析系统。用户可以使用 ANSYS Workbench 中的固有分析系统，也可以使用第三方集成的分析系统，以扩展 ANSYS Workbench 自身的分析功能。



1.2.1 Workbench 平台界面

ANSYS Workbench 界面主要由菜单栏、工具箱、项目管理页等组成，如下图所示。由于分析类型、使用界面或者工作状态的不同，用户看到的窗口显示、表格、图表等不同。例如，在项目管理页面中建立分析项目或者一个分析类型，只需从工具箱中拖曳或者双击相应的图标即可完成，用户也可以通过右键使用关联菜单来完成一个追加项目的操作。用户各种操作的结果都可以反映在项目管理页面中，并显示已建立的分析类型之间的连接关系和数据联系。



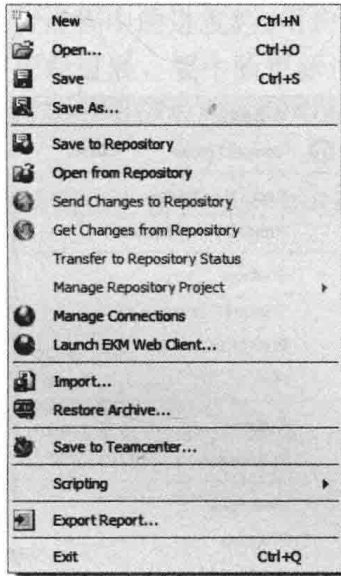
1.2.2 菜单栏

1.2.2.1 文件菜单

File 菜单中的主要选项如下：

New: 建立一个新的工程项目。在建立新工程项目之前，Workbench 软件会提示用户是否

需要保存当前的工程项目。



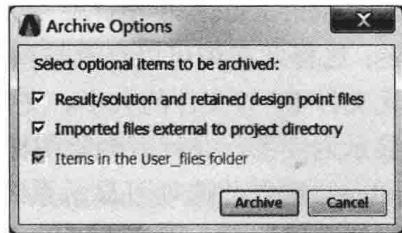
Open: 打开一个已经存在的工程项目，同样会提示用户是否需要保存当前的工程项目。

Save: 保存一个工程项目，同时为新建立的工程项目命名。

Save As: 将已经存在的工程项目另存为一个新的项目名称，系统将提示用户指定名称和文件位置。

Import: 导入以前版本的文件并将其转换为当前版本的文件。用户还可以使用此选项导入多个以前版本的文件并组合成一个项目管理文件。

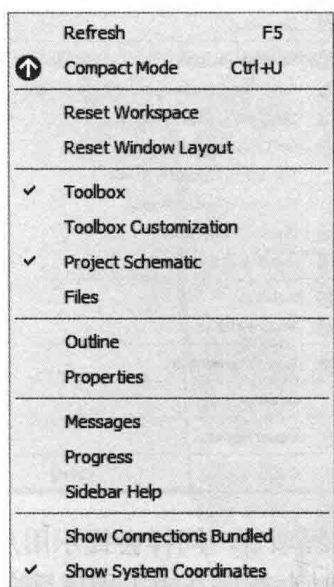
Archive: 将工程文件存档，单击 Archive 命令后，先在如下左图所示的 Save Archive 对话框中单击“保存”按钮，然后在如下右图所示的 Archive Options 对话框中勾选所有选项并单击 Archive 按钮将工程文件存档。存档文件可以保存为 Workbench 项目存档文件 (.wbpz) 或 Zip 文件 (.zip)。



Restore Archive: 恢复先前生成的存档文件。用户选择要还原的项目存档后，系统将提示用户指定还原文件名称和所在位置。在存档文件中提取后，项目将在 ANSYS Workbench 中打开。用户还可以通过使用解压程序手动解压存档文件，然后打开 .wbpz 文件。

Scripting: 使用此选项可以记录用户的操作流程、执行日志或脚本，或者打开 Python 命令窗口。

1.2.2.2 视图菜单



View 菜单可以控制窗口布局，主要选项如下：

Refresh (快捷键 F5): 更新视图。

Compact Mode (快捷键 Ctrl+U): ANSYS Workbench 提供紧凑模式，以帮助管理窗口。当处理一个复杂项目时，涉及多个应用程序，在 ANSYS Workbench 界面中管理不同的应用程序窗口会很困难。紧凑模式只允许用户查看显示项目的状态，而隐藏 ANSYS Workbench 其他的组件，包括工具箱、菜单栏、工具栏，并将 Workbench 界面压缩为一个小图标置于操作系统桌面上。

Reset Workspace: 将当前工作区布局恢复为默认设置形式。

Reset Window Layout: 恢复原始窗口布局。

Toolbox: 单击 Toolbox 命令来选择是否隐藏左侧的工具箱面板。

Toolbox Customization: 单击 Toolbox Customization 命令来选择是否显示 Toolbox Customization 模块。该功能允许用户自定义最左侧的工具箱，可以选择最常用的分析系统，也可以增添其他的分析系统。

Project Schematic: 单击此命令来确定是否显示项目管理窗口，建议此项一直打开。

Files: 选择此视图可以查看与项目关联的所有文件列表。用户将能够看到文件的名称和类型、单元文件 ID 与文件的大小、文件的位置和其他关联信息。缺少的文件或从项目中删除的文件将显示为红色，并标有删除图标。

Outline: 选择此选项可显示系统的提纲窗口。提纲窗口的数据一般用于参数管理、设计优化和材料数据管理。用户也可以通过双击参数设置栏或设计优化系统查看提纲窗口。

Properties: 用户可以查看系统、单元和链接的属性。要查看属性时，鼠标右键单击，从级联菜单中选择“属性”选项。

Messages: 此选项启动信息视图，用户可以查看如错误和警告信息、求解信息、状态信息