

第一本ANSYS Icepak正式中文学习用书

ANSYS Icepak

电子散热基础教程

■ 王永康 编著

ANSYS Icepak
DIANZI SANRE
JICHU JIAOCHENG



随书附光盘一张



国防工业出版社
National Defense Industry Press

ANSYS Icepak 电子散热 基础教程

王永康 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书将电子热设计分析的基本概念与 ANSYS Icepak 热仿真实例紧密结合,对 ANSYS Icepak 的基础操作进行了系统的讲解说明,通过大量原创的分析案例,向读者全面介绍了 ANSYS Icepak 电子热分析模拟的方法、步骤。全书共 9 章,详细讲解了 ANSYS Icepak 的技术特征;ANSYS Icepak 建立热仿真模型的方法;ANSYS Icepak 的网格划分;ANSYS Icepak 热模拟的求解及后处理显示;ANSYS Icepak 常见技术专题案例等。

另外,本书附带有 DVD 光盘,内容包括部分章节实际操作的视频资料,以及相关的案例模型及计算结果,这些资料对读者学习、使用 ANSYS Icepak 软件将有很大的帮助。

本书适合于作为电子、信息、机械、力学等相关专业的研究生或本科生学习 ANSYS Icepak 的参考书,也非常适合进行电子散热优化分析的工程技术人员进行学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS Icepak 电子散热基础教程/王永康编著. —

北京:国防工业出版社,2015. 1

ISBN 978-7-118-09860-0

I. ①A… II. ①王… III. ①电子元件—有限元分析—应用软件—教材 IV. ①TN6-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 004911 号



开本 787×1092 1/16 印张 28 字数 701 千字

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 78.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

作者简介



王永康，2007年毕业于北京科技大学工程热物理专业，硕士研究生；现任安世亚太科技股份有限公司ANSYS Icepak产品经理；工作至今，做过数十个电子产品热设计优化的咨询项目；擅长电子产品热设计培训、ANSYS Icepak软件基础培训、ANSYS Icepak软件高级培训、电子产品热设计导航培训、电子产品热设计优化咨询等等。

E-mail:321524166@qq.com

前 言

当前,很多高校的电子类理工科专业均将 CFD 理论作为选修或必修的专业课,但是学习了理论课程后,要想将其用于指导电子散热的优化设计,还需要熟练地掌握相关的 CFD 软件。

ANSYS Icepak 软件是由世界著名的 CAE 供应商 ANSYS 公司针对电子行业开发的一款专业电子散热优化分析软件,利用 CFD 的理论,可快速对各类电子产品进行散热模拟。目前,ANSYS Icepak 广泛应用于我国航空航天、机车牵引、电力电子、医疗器械、汽车电子及各类消费性电子产品等领域;涉及的工业品包括:通信机柜、手机终端、笔记本计算机、变频器、变流器、LED、IC 封装、光伏逆变器等。

当前,市面上关于 ANSYS Icepak 的中文学习书籍、资料都很少,如何快速系统地掌握 ANSYS Icepak 软件,并将其用于指导电子散热的实际工程中,是很多电子工程师、结构工程师面临的难题。

本书以 ANSYS Icepak 15.0 为平台,共 9 章,全面系统介绍了 ANSYS Icepak 在电子散热工程中的模拟步骤,并配备了部分实际导航案例,旨在帮助读者掌握 ANSYS Icepak 的各项操作,各类面板设置等。各章节具体内容为:第 1 章为 ANSYS Icepak 的概述及工程应用、Icepak 软件的热模拟流程、Icepak 软件的模块组成等;第 2 章为 ANSYS Icepak 所涉及的电子热设计基础理论,以及 CFD 热仿真的基础知识;第 3 章为 ANSYS Icepak 的技术特征及 Icepak 用户界面的详细讲解;第 4 章为 ANSYS Icepak 建立热仿真模型的详细说明,包括 Icepak 基于对象自建模、三维 CAD(以下简称为 CAD)几何模型、EDA 模型导入 Icepak 的讲解,并列举了相应的建模案例;第 5 章为 ANSYS Icepak 的网格划分设置说明,系统地整理了 Icepak 划分网格的原则及技巧,使用了部分案例讲解网格划分的操作;第 6 章为 ANSYS Icepak 相关物理模型的讲解说明;第 7 章为 ANSYS Icepak 求解计算的相应设置说明,包括判断求解计算收敛的方法,对求解计算进行压缩删除等讲解;第 8 章为 ANSYS Icepak 所有后处理显示的讲解说明;另外,还讲解了 ANSYS Workbench 环境下专业后处理软件 CFD-post 的部分后处理命令等;第 9 章主要是针对工程中常见的电子热仿真专题进行了系统的讲解说明,本书在编写过程中参考了 ANSYS Icepak 的帮助文件,在此表示感谢。

本书是多人智慧的集成,中国电力科学研究院电力电子所刘智刚高级工程师;北京理工雷科电子信息技术有限公司结构部经理陈智勇、付军工程师;天津工业大学电气工程与自动化学院张建新博士;北京航天自动控制研究所七室刘兵工程师;北京全路通信信号研究设计院有限公司张义芳工程师;国营第 785 厂第三研究所结构室张宇主任,王道远主任等参与了本书部分案例的编写工作,作者向所有参与和关心本书出版的朋友致以诚挚的谢意!

由于时间仓促,加之 ANSYS Icepak 所涉及的行业范围很广,以及作者水平有限,书中的错误及不足之处,还恳请所有读者批评指正。所谓条条大路通罗马,本书相应的案例只是讲解某一种或几种方法,如读者有更好的方法,可来信或网上进行交流。

王永康

于安世亚太科技股份有限公司

2014 年 9 月 27 日

目 录

第 1 章 ANSYS Icepak 概述	1
1.1 ANSYS Icepak 概述及工程应用	1
1.2 ANSYS Icepak 与 ANSYS Workbench 关系	3
1.2.1 ANSYS Workbench 平台介绍	3
1.2.2 ANSYS Workbench 平台的启动	4
1.2.3 ANSYS Workbench 的界面 (GUI)	5
1.2.4 WB 对 Icepak 的作用	7
1.3 ANSYS Icepak 热仿真流程	8
1.3.1 建立热模型	8
1.3.2 模型的网格划分	10
1.3.3 求解计算设置	11
1.3.4 后处理显示	11
1.4 ANSYS Icepak 模块组成	12
1.5 ANSYS Icepak 机箱强迫风冷热仿真	15
1.5.1 实例介绍	15
1.5.2 建立热仿真模型	16
1.5.3 网格处理	19
1.5.4 求解相关设置	20
1.5.5 后处理显示	22
1.6 某 LED 自然冷却模拟实例	24
1.6.1 实例介绍	24
1.6.2 建立热仿真模型	25
1.6.3 划分网格	28
1.6.4 求解基本设置	31
1.6.5 后处理显示	33
1.7 本章小结	36
第 2 章 电子热设计基础理论	37
2.1 电子热设计基础理论原理	37
2.1.1 热传导	38
2.1.2 对流换热	38
2.1.3 辐射换热	39

2.1.4 增强散热的几种方式	39
2.2 电子热设计常用概念解释	40
2.3 电子热设计冷却方法及准则方程	42
2.3.1 自然冷却	43
2.3.2 强迫对流	46
2.3.3 TEC 热电制冷	47
2.3.4 热管散热	48
2.3.5 电子设备热设计简则	49
2.4 CFD 热仿真基础	49
2.4.1 控制方程	50
2.4.2 ANSYS Icepak 热仿真流程图	51
2.4.3 基本概念解释	52
2.5 本章小结	53
第3章 ANSYS Icepak 技术特征及 GUI 详解	54
3.1 ANSYS Icepak 详细技术特征	54
3.2 ANSYS Icepak 启动方式及选项	64
3.2.1 ANSYS Icepak 的启动	64
3.2.2 选项设置说明	65
3.3 ANSYS Icepak 工作目录设定	67
3.4 ANSYS Icepak 的用户界面(GUI)详细说明	68
3.4.1 ANSYS Icepak 用户界面 GUI 介绍	68
3.4.2 主菜单栏	69
3.4.3 快捷工具栏	79
3.4.4 模型树	80
3.4.5 基于对象模型工具栏	82
3.4.6 编辑模型命令面板	82
3.4.7 对齐匹配命令	84
3.4.8 图形显示区域	86
3.4.9 消息窗口	87
3.4.10 当前几何信息窗口	87
3.5 模型编辑面板 GUI	87
3.6 用户自定义库的建立使用	90
3.7 其他常用命令操作	94
3.7.1 常用鼠标键盘操作	94
3.7.2 常用热键操作	94
3.7.3 单位管理	95
3.8 本章小结	95

第4章 ANSYS Icepak 热仿真建模	96
4.1 ANSYS Icepak 建模简述	96
4.2 ANSYS Icepak 基于对象自建模	99
4.2.1 计算区域 Cabinet	99
4.2.2 Assembly 装配体	101
4.2.3 Heat Exchanger 换热器	103
4.2.4 Opening 开口	104
4.2.5 Periodic Boundaries 周期性边界条件	107
4.2.6 Grille 二维散热孔、滤网	108
4.2.7 Source 热源	112
4.2.8 PCB 电路板	114
4.2.9 Plate 板	116
4.2.10 Enclosures 腔体	120
4.2.11 Wall 壳体	121
4.2.12 Block 块	125
4.2.13 Fan 轴流风扇	133
4.2.14 Blower 离心风机	139
4.2.15 Resistance 阻尼	141
4.2.16 Heatsink 散热器	144
4.2.17 Package 芯片封装	150
4.2.18 建立新材料	156
4.3 ANSYS Icepak 自建模实例	157
4.4 CAD 模型导入 ANSYS Icepak	163
4.4.1 DesignModeler 简介	163
4.4.2 DesignModeler 常用命令说明	167
4.4.3 ANSYS SCDM 模型修复命令	171
4.4.4 CAD 模型导入 ANSYS Icepak 命令	177
4.4.5 CAD 模型导入 ANSYS Icepak 步骤、原则	187
4.4.6 ANSYS Icepak 自带的 CAD 接口	187
4.5 CAD 几何模型导入 ANSYS Icepak 实例	191
4.6 电子设计软件 EDA 模型导入 ANSYS Icepak	198
4.6.1 EDA-IDF 几何模型导入	198
4.6.2 EDA 电路布线过孔信息导入	201
4.6.3 EDA 封装芯片模型导入	203
4.7 本章小结	206
第5章 ANSYS Icepak 网格划分	207
5.1 ANSYS Icepak 网格控制面板	207
5.1.1 ANSYS Icepak 网格类型及控制	208

5.1.2	Hexa Unstructured 网格控制	211
5.1.3	Mesher - HD 网格控制	215
5.2	ANSYS Icepak 网格显示面板	219
5.3	ANSYS Icepak 网格质量检查面板	222
5.4	ANSYS Icepak 网格优先级	225
5.5	ANSYS Icepak 非连续性网格	228
5.5.1	非连续性网格概念	228
5.5.2	非连续性网格的创建	230
5.5.3	Non - Conformal Meshing 非连续性网格划分的规则	232
5.5.4	非连续性网格的自动检查	235
5.5.5	非连续性网格应用案例	238
5.6	Mesher - HD 之 Multi - Level 多级网格	239
5.6.1	Multi - Level (M/L) 多级网格概念	240
5.6.2	多级网格的设置	240
5.6.3	设置 Multi - level 多级级数的不同方法	242
5.7	ANSYS Icepak 网格划分的原则与技巧	243
5.7.1	ANSYS Icepak 网格划分原则	243
5.7.2	确定模型多级网格的级数	244
5.7.3	网格划分总结	245
5.8	ANSYS Icepak 网格划分实例	246
5.8.1	强迫风冷机箱	246
5.8.2	LED 灯具强迫风冷散热模拟	248
5.8.3	液冷冷板模型	251
5.8.4	强迫风冷热管散热模拟	254
5.9	本章小结	258
第 6 章	ANSYS Icepak 相关物理模型	259
6.1	自然对流应用设置	259
6.1.1	自然对流控制方程及设置	260
6.1.2	自然对流模型的选择	261
6.1.3	自然对流计算区域设置	261
6.1.4	自然冷却模拟设置步骤	262
6.2	辐射换热应用设置	264
6.2.1	Surface to Surface (S2S) 辐射模型	265
6.2.2	Discrete Ordinates (DO) 辐射模型	266
6.2.3	Ray tracing radiation model 光线追踪法辐射模型	268
6.2.4	三种辐射模型的比较与选择	269
6.3	太阳热辐射应用设置	270
6.3.1	太阳热辐射载荷设置	270
6.3.2	太阳热辐射瞬态载荷案例	273

6.3.3	热模型表面如何考虑太阳热辐射	275
6.4	瞬态热模拟设置	276
6.4.1	瞬态求解设置	276
6.4.2	瞬态时间步长 Time step 设置	279
6.4.3	变量参数的瞬态设置	283
6.4.4	求解的瞬态设置	289
6.5	本章小结	290
第 7 章	ANSYS Icepak 求解设置	291
7.1	ANSYS Icepak 基本物理模型定义	291
7.1.1	基本物理问题定义设置面板	292
7.1.2	基本物理问题定义向导设置	298
7.2	自然冷却计算开启的规则	301
7.3	求解计算基本设置	303
7.3.1	Basic settings 求解基本设置面板	303
7.3.2	如何判断热模型的流态	304
7.3.3	Parallel settings 并行设置面板	304
7.3.4	Advanced settings 高级设置面板	307
7.4	变量监控点设置	308
7.4.1	直接拖拽模型	308
7.4.2	复制粘贴	309
7.4.3	直接输入坐标	310
7.4.4	模型树下建立监控点	311
7.5	求解计算面板设置	311
7.5.1	General setup 通用设置面板	312
7.5.2	Advanced 高级设置面板	314
7.5.3	Results 结果管理面板	316
7.5.4	TEC 热电制冷模型的计算	317
7.5.5	恒温控制计算	318
7.6	ANSYS Icepak 计算收敛标准	319
7.7	ANSYS Icepak 删除/压缩计算结果	322
7.8	本章小结	324
第 8 章	ANSYS Icepak 后处理显示	325
8.1	ANSYS Icepak 后处理说明	325
8.2	ANSYS Icepak 自带后处理显示	328
8.2.1	Object face 体处理	329
8.2.2	Plane cut 切面处理	336
8.2.3	Isosurface 等值面处理	339
8.2.4	Point 点处理	341

8.2.5	Surface probe 探针处理	341
8.2.6	Variation plot 变量函数图	342
8.2.7	History plot 瞬态函数图	343
8.2.8	Trials plot 多次实验曲线图	344
8.2.9	Transient settings 瞬态结果处理	345
8.2.10	Load solution ID 加载计算结果	347
8.2.11	Summary report 量化报告处理	347
8.2.12	Power and temperature limits setup 处理	351
8.2.13	保存后处理图片	352
8.3	Post 后处理工具	352
8.3.1	Post 后处理面板 1	353
8.3.2	Post 后处理面板 2	353
8.3.3	Post 后处理面板 3	354
8.3.4	Post 后处理面板 4	355
8.4	Report 后处理工具	356
8.5	CFD-post 常用后处理工具	363
8.5.1	CFD-post 的打开方式	363
8.5.2	CFD-post 的界面说明	364
8.5.3	ANSYS Icepak 计算结果加载至 CFD-post	366
8.5.4	创建 Location 位置	367
8.5.5	CFD-post 常用后处理命令 1	370
8.5.6	CFD-post 常用后处理命令 2	373
8.5.7	Variables 变量面板	375
8.5.8	Expressions 表达式面板	377
8.5.9	Table 图表工具	377
8.5.10	曲线变化图	378
8.5.11	Report 报告	379
8.5.12	其他后处理工具	380
8.5.13	多工况的计算结果比较	381
8.6	本章小结	383

第9章 ANSYS Icepak 热仿真专题 384

9.1	ANSYS Icepak 外太空环境热仿真	384
9.2	异形 Wall 热流边界的建立	389
9.2.1	圆柱形计算区域的建立	389
9.2.2	异形 Wall 的建立	391
9.3	热流—结构动力学的耦合计算	394
9.4	ANSYS Siwave 电—热流双向耦合计算	399
9.5	PCB 板导热率验证计算	405
9.6	ANSYS Icepak 参数化/优化计算	410

9.6.1 参数化计算步骤	410
9.6.2 Design Explorer 的参数化功能	416
9.6.3 优化计算步骤	419
9.7 轴流风机 MRF 模拟	425
9.8 机箱系统 Zoom-in 的功能	428
9.8.1 Profile 边界说明	429
9.8.2 Zoom-in 功能案例讲解	430
9.9 ANSYS Icepak 批处理计算的设置	432
9.10 本章小结	435
参考文献	436

第 1 章 ANSYS Icepak 概述

【内容提要】

本章将重点介绍 ANSYS Icepak 的发展、基本功能及工程应用背景;ANSYS Icepak 与 ANSYS Workbench 之关系;ANSYS Icepak 电子热仿真模拟的步骤流程;ANSYS Icepak 软件包的基本组成及模块说明;另外,使用了一个强迫风冷机箱和一个 LED 自然冷却散热的热仿真算例,详细介绍了 ANSYS Icepak 模拟电子产品强迫风冷及自然冷却的基本步骤和过程。

【学习重点】

- 了解 ANSYS Icepak 的工程应用;
- 了解 ANSYS Icepak 与 ANSYS Workbench 的关系;
- 掌握 ANSYS Icepak 进行电子散热的流程、步骤;
- 掌握 ANSYS Icepak 的模块组成及各模块的作用、功能;
- 熟悉本章中的两个简单算例,了解相应的设置。

1.1 ANSYS Icepak 概述及工程应用

ANSYS 公司是世界著名的 CAE 供应商,经过 40 多年的发展,已经成为全球数值仿真技术及软件开发的领导者和革新者,其产品包含电磁、流体、结构动力学三大产品体系,可以涵盖电磁领域、流体领域、结构动力学领域的数值模拟计算,其各类软件不是单一的 CAE 仿真产品,而是集成于 ANSYS Workbench 平台下,各模块之间可以互相耦合模拟、传递数据,因此,使用 ANSYS 数值模拟软件,用户可以将电子产品所处的多物理场进行耦合模拟,真实反映产品的 EMC 分布、热流特性、结构动力学特性等。目前,ANSYS 系列软件被广泛应用于各类电子产品的研发流程中,很大程度上提高了产品的研发进程。

Icepak 软件(版本 4.4.8)于 2006 年被 ANSYS 收购,并入旗下,随之 ANSYS 公司开发了与 Icepak 相关的各类 CAD、EDA 接口,当前最新的版本是 ANSYS Icepak 15.0。本书基于 ANSYS Icepak 15.0 进行介绍讲解,与之前的各个版本相比较,此版本在很多方面做了较大改进。

ANSYS Icepak 15.0 是 ANSYS 系列软件中针对电子行业的散热仿真优化分析软件,目前在全球拥有较高的市场占有率,电子行业涉及的散热、流体等相关工程问题,均可使用 ANSYS Icepak 进行求解模拟计算,如强迫风冷、自然冷却、PCB 各向异性导热率计算、热管数值模拟、TEC 制冷、液冷模拟、太阳热辐射、电子产品恒温控制计算等工程问题。

ANSYS Icepak 15.0 与主流的三维 CAD 软件(Catia、Autodesk Inventor、Pro/Engineer、Solidworks、Solid Edge、Unigraphics 等)具有良好的接口,同时,Icepak 可以将主流的 EDA 软件(Cadence、Mentor、Zuken<CR5000>、Altium Designer、Sigriety)输出的 IDF 模型及 PCB 板的布线过孔文件导入 Icepak 进行模拟计算;与此同时,ANSYS Icepak 具有丰富的物理模型,其使用 ANSYS Fluent 作为求解器,具有鲁棒性好、计算精度高等优点。目前,ANSYS Icepak 在我国航

空航天、机车牵引、消费性电子产品、医疗器械、电力电子、电气、半导体等行业有着广泛的应用,如图 1-1 所示。

例如,航空航天方面的应用包含:

- 机载电子控制机箱热分析;
- PCB 单板散热分析;
- 卫星控制系统热分析;
- 雷达控制系统热分析;
- 芯片散热分析等方面的模拟分析;
- 与 ANSYS 的电磁软件进行电磁—热流耦合模拟;
- 与 ANSYS 的结构动力学软件进行热流—结构力学的耦合模拟。



图 1-1 ANSYS Icepak 应用范围

ANSYS Icepak 在电子散热仿真及优化方面主要有以下特征:

- 基于对象的自建模方式,快速便捷建立热模型;
- 丰富多样的电子器件库并支持用户自定义库;
- 快速稳定的求解计算;
- 自动优秀的网格技术;
- 与 CAD 软件/EDA 软件有良好的数据接口;
- 与电磁/结构动力学软件可以进行多场耦合模拟;
- 丰富多样化的后处理功能等。

另外,ANSYS Icepak 能够仿真的物理模型主要包含以下几方面:

- 强迫对流、自然对流模型;
- 混合对流模型;
- PCB 板 Trace 以及导体的焦耳热计算;
- 热传导模型、流体与固体的耦合传热模型;
- 丰富的辐射模型(半立方体法、自适应模型、Discrete Ordinates 模型、Ray Tracing 模型);
- PCB 各向异性导热率计算;
- 稳态及瞬态问题求解;
- 多流体介质问题;
- 风机非线性 $P-Q$ 曲线的输入;
- IC 的双热阻网络模型;
- 太阳辐射模型;

- TEC 制冷模型；
- 模拟轴流风机叶片旋转的 MRF 功能；
- 电子产品恒温控制计算；
- 模拟电子产品所处的高海拔环境等。

1.2 ANSYS Icepak 与 ANSYS Workbench 关系

1.2.1 ANSYS Workbench 平台介绍

ANSYS Workbench(以下简称 WB)实际上是 ANSYS 多个产品或功能应用的仿真管理平台,在此平台下,ANSYS 旗下的多个仿真模拟工具可以互相交替耦合,实现各种物理场仿真数据的传递。另外,在 WB 平台下,一方面可以将常用 CAD 软件的几何模型通过接口导入 ANSYS 的模拟工具,另一方面,通过几何接口 Geometry Interface,也可实现 CAD 软件与 CAE 软件几何数据的双向传递。

WB 中包含多个软件模块,各模块实现不同的功能,如表 1-1 所列。

表 1-1 ANSYS Workbench 主要模块的组成及描述

模块名称	模块功能描述
Geometry	CAD 模型的导入接口,适合于 ANSYS Icepak、CFD 软件、结构软件、电磁分析软件
Icepak	针对电子行业,耦合 CFD(计算流体动力学)和传热计算的软件
Fluent	通用 CFD 计算分析软件
CFD-Post	针对 ANSYS 系列软件(ANSYS Icepak、Fluent、CFX 等)的专业后处理软件
Static Structural	静态结构动力学分析软件
HFSS	高频电磁分析软件
Maxwell	低频电磁分析软件

为了模拟电子产品真实的多物理场环境,得到产品真实的多场特性分布,ANSYS 公司开发了各软件的数据传递接口,用户必须依靠 ANSYS WB 才能进行多场耦合。典型的 ANSYS WB 多场耦合工作流程示意图如图 1-2 所示。

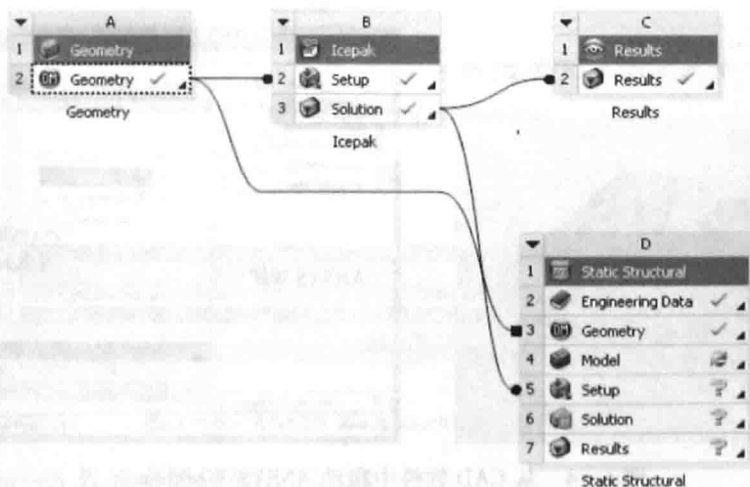


图 1-2 ANSYS WB 多场耦合工作流程图

从图 1-2 中可以清楚看到, ANSYS WB 平台下进行 Icepak 热流—Structural 结构动力学耦合模拟的工作过程。

(1) 拖动 A2 至 B2, 可以通过 Geometry (DM) 将 CAD 模型传递给 ANSYS Icepak, 在 ANSYS Icepak 中计算该产品的散热特性, 得到温度、速度、压力等的计算结果;

(2) 拖动 B3 至 C2, 可将 ANSYS Icepak 的计算结果传递导入给 CFD-Post (Results) 模块, 用户可在此模块中进行专业的后处理显示;

(3) 拖动 A2 至 D3, 可通过 DM, 将 CAD 模型导入 Static Structural 结构动力学模块, 拖动 B3 至 D5, 将 Icepak 计算的温度结果作为结构动力学的热载荷, 可计算此 CAD 模型的热变形、热应力分布等。

1.2.2 ANSYS Workbench 平台的启动

常用启动 ANSYS WB 的方法主要用以下两种。

1. 单击“开始”菜单, 在“所有程序”中选择 ANSYS15.0→Workbench15.0 命令, 如图 1-3 所示, 即可启动 ANSYS Workbench15.0。

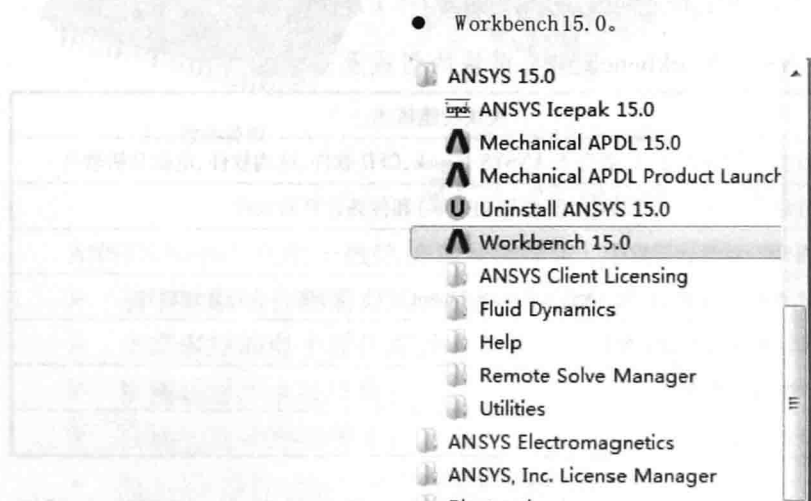


图 1-3 ANSYS Workbench 启动

2. 从 CAD 软件系统中启动 ANSYS Workbench, 如图 1-4 所示。

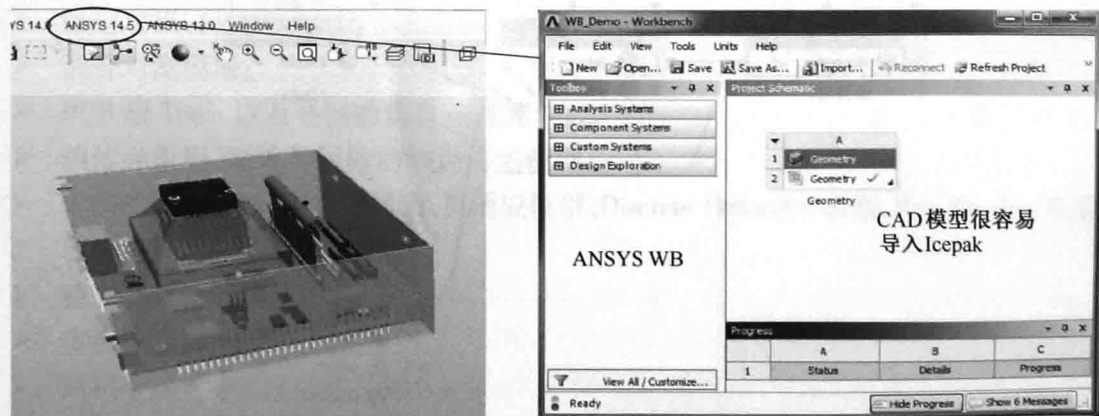


图 1-4 从 CAD 软件中启动 ANSYS Workbench