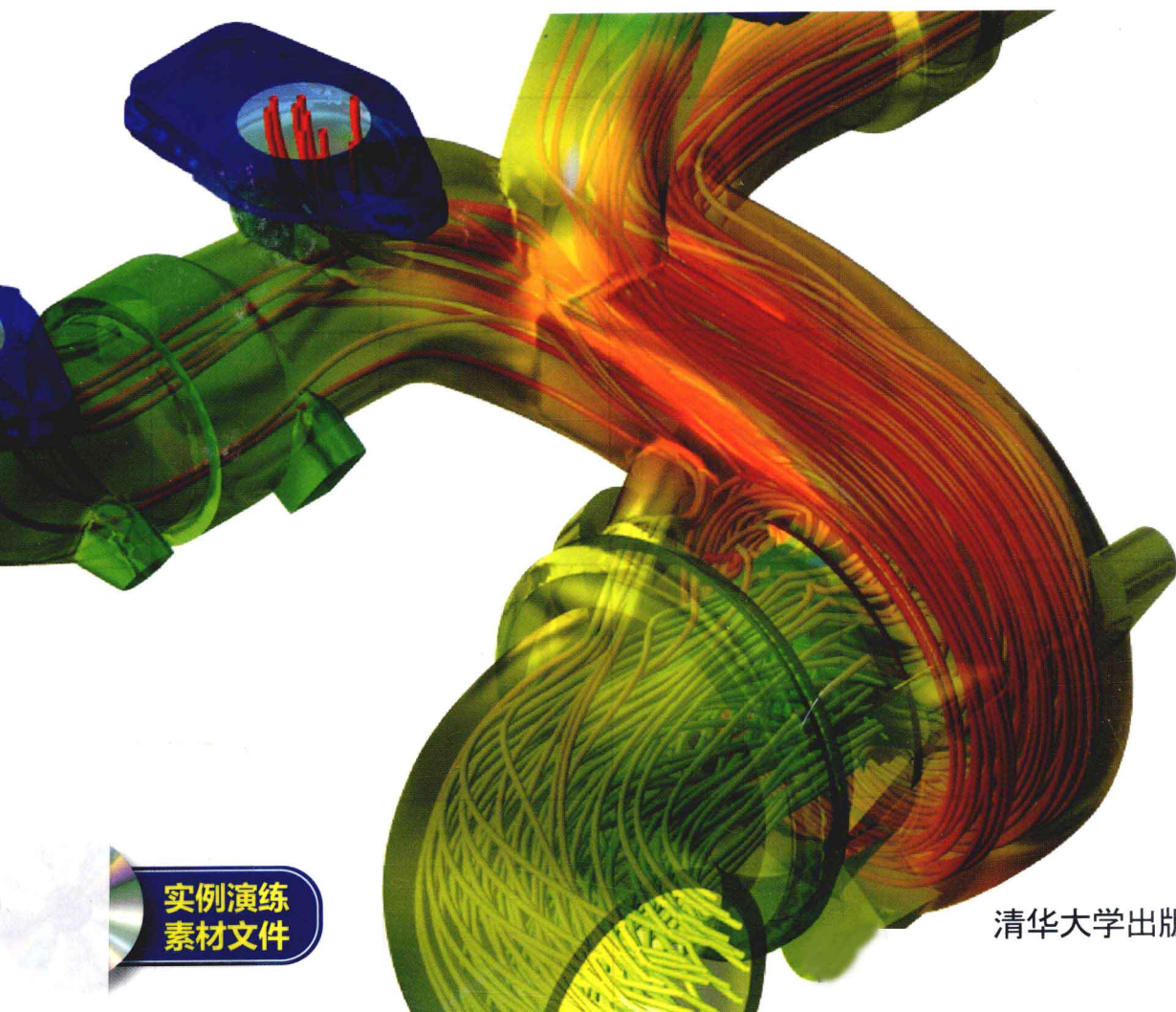


ANSYS ICEM CFD

从入门到精通

丁源 王清 编著

- 集网格划分基础、计算流体力学基础、有限元知识、软件技术、工程案例于一体
- 高质量网格的划分、ICEM常见问题的解决以及网格在CFD计算中的常见应用
- 网格划分手段代表当今计算流体力学在仿真技术发展中的最新应用成果



实例演练
素材文件

清华大学出版社

CAX工程应用丛书

ANSYS ICEM CFD

丁源 王清 编著

从入门到精通



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

ICEM CFD 是目前国际上比较流行的商用网格划分软件,划分的网格可以用于流体和结构仿真模拟计算等多种工程问题。本书由浅入深地讲解了 ICEM CFD 网格划分的各种功能,详细地讲解 ICEM CFD 进行网格划分特别是结构化网格划分的方法。全书共分为 12 章,包括计算流体的基础理论与方法、创建几何模型、二维网格划分、三维网格划分、结构化网格划分、非结构网格划分、网格边界等功能介绍,针对每个 ICEM CFD 可以解决的网格划分问题进行详细的讲解,并辅以相应的实例,使读者能够快速、熟练、深入地掌握 ICEM CFD 软件。

本书结构严谨,条理清晰,重点突出,非常适合广大 ICEM CFD 初中级读者学习使用;也可作为大中专院校、高职类相关专业,以及社会有关培训班的教材;同时也可以作为工程技术人员的参考用书。

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

ANSYS ICEM CFD 从入门到精通/丁源,王清编著. —北京:清华大学出版社,2013.1

(CAX 工程应用丛书)

ISBN 978-7-302-30691-7

I. ①A… II. ①丁… ②王… 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(2012)第 278452 号

责任编辑:王金柱

封面设计:王 翔

责任校对:闫秀华

责任印制:李红英

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 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:190mm×260mm 印 张:29.25 字 数:749 千字
(附光盘 1 张)

版 次:2013 年 1 月第 1 版

印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3500 册

定 价:59.00 元

产品编号:048050-01

ICEM CFD 是一款计算前处理软件,包括从几何创建、网格划分、前处理条件设置等功能。在 CFD 网格生成领域,优势更为突出。

ICEM CFD 提供了高级几何获取、网格生成、网格优化以及后处理工具以满足当今复杂分析对集成网格生成与后处理工具的需求。ICEM CFD 14.0 是一个很好、很强大的网格划分软件,它是目前 ANSYS 公司推出的最新版本,较以前的版本在性能方面有了一定的改善,克服了以前版本中一些不尽如人意的地方。

1. 内容介绍

全书共分为 12 章,依次介绍了计算流体力学与网格划分基础、ICEM CFD 软件简介、创建几何模型、二维平面模型结构网格划分、三维模型结构网格划分、四面体网格自动生成、棱柱体网格自动生成、以六面体为核心的网格划分、混合网格划分、曲面网格划分、网格编辑和 ICEM CFD 在 Workbench 中的应用。

第 1 章 介绍了计算流体力学与网格划分基础知识,讲解了计算流体力学的基本概念,介绍了常用的网格划分商用软件,让读者可以掌握计算流体力学的基本概念,了解目前常用的网格划分商用软件。

第 2 章 介绍了 ICEM CFD 软件的结构和网格划分过程中所用到的文件类型,让读者可以掌握 ICEM CFD 的基本概念。

第 3 章 介绍了 ICEM CFD 几何建模的基本过程,最后给出了运用 ICEM CFD 几何模型处理的典型实例,让读者可以掌握 ICEM CFD 的几何模型创建、导入和修改的使用方法。

第 4 章 结合典型实例介绍了 ICEM CFD 二维平面结构化网格生成的基本过程,让读者可以掌握 ICEM CFD 的二维平面结构化网格生成的使用方法。

第 5 章 结合典型实例介绍了 ICEM CFD 三维模型结构化网格生成的基本过程,让读者可以掌握 ICEM CFD 的三维模型结构化网格生成的使用方法。

第 6 章 介绍了 ICEM CFD 四面体网格自动生成的基本过程,最后给出了运用 ICEM CFD 四面体网格自动生成的典型实例,让读者可以掌握 ICEM CFD 的四面体网格自动生成的使用方法。

第 7 章 结合典型实例介绍了 ICEM CFD 棱柱体网格生成的基本过程,让读者可以掌握 ICEM CFD 的棱柱体网格生成的使用方法。

第 8 章 结合典型实例介绍了 ICEM CFD 以六面体为核心的网格生成的基本过程,让读者可以掌握 ICEM CFD 的以六面体为核心的网格生成的使用方法。

第 9 章 结合典型实例介绍了 ICEM CFD 处理混合网格生成的基本过程。通过本章的学习,读者可以掌握 ICEM CFD 混合网格生成的使用方法。

第 10 章 介绍了 ICEM CFD 曲面网格生成的基本过程,最后给出了运用 ICEM CFD 曲面网格生成的典型实例,让读者可以掌握 ICEM CFD 的曲面网格生成的使用方法。

第 11 章 介绍了 ICEM CFD 网格编辑的基本过程,最后给出了运用 ICEM CFD 网格编辑的典型实例,让读者可以掌握 ICEM CFD 的网格编辑的使用方法。

第 12 章 通过典型实例介绍了 ICEM CFD 在 Workbench 中应用的工作流程,让

读者可以掌握 ICEM CFD 在 Workbench 中的创建、网格划分方法以及不同软件间的数据共享与更新。

配套光盘提供了本书中所有例子的源文件，读者可以使用 ICEM CFD 打开源文件，根据本书的介绍进行学习。

2. 主要特色

本书的编写具有以下特色：

- 内容详略得当。本书作者将十多年的 CFD 经验结合 ICEM CFD 软件的各项功能模块，从点到面将基本知识详细地讲解给读者。
- 信息量大。本书包含的内容全面，读者在学习的过程中不应只关注细节，还应从整体出发，了解 CFD 的分析流程，需要关注它包括什么内容，注意些什么细节。
- 结构清晰。本书结构清晰、由浅入深，从结构上主要分为基础部分和案例部分两大类，在讲解基础知识的过程中穿插对实例的讲解，在综合介绍的过程中也同步回顾重点的基础知识。

3. 本书作者

本书主要由丁源、王清编著，郑明辉、何嘉扬、张杨、周文华、丁学英、黄利、张小勇、李秀峰、吕广宪、王清、唐明明、吴永福、孙万泉、丁金滨、刘力、陈磊、黄利等也参与了本书的编写，在此一并表示感谢。虽然作者在编写过程中力求叙述准确，但由于水平有限，书中欠妥之处在所难免，希望广大读者和同仁能够及时指出，共同促进本书质量的提高。

4. 技术支持

若读者在学习本书过程中遇到难以解答的问题，可以直接发邮件到编者邮箱，编者会尽快给予解答。

编者邮箱：comshu@126.com

编者

2012.10

目 录

第 1 章 计算流体力学基础与网格概述.....	1
1.1 计算流体力学基础.....	1
1.1.1 计算流体力学的发展.....	1
1.1.2 计算流体力学的求解过程.....	2
1.1.3 数值模拟方法和分类.....	3
1.1.4 有限体积法的基本思想.....	4
1.1.5 有限体积法的求解方法.....	6
1.2 网格概述.....	7
1.2.1 网格划分技术.....	7
1.2.2 结构化网格.....	8
1.2.3 非结构化网格.....	10
1.3 常用的网格划分软件.....	12
1.3.1 Gridgen.....	12
1.3.2 Gambit.....	12
1.3.3 Hypermesh.....	12
1.3.4 Tgrid.....	13
1.3.5 ICEM CFD.....	13
1.4 本章小结.....	13
第 2 章 ICEM CFD 软件简介.....	14
2.1 ANSYS ICEM CFD 简介.....	14
2.1.1 ICEM CFD 特点.....	14
2.1.2 ICEM CFD 文件类型.....	16
2.2 ICEM CFD 的用户界面.....	16
2.3 ICEM CFD 基础知识.....	20
2.3.1 软件基本操作.....	20
2.3.2 ICEM CFD 工作流程.....	20
2.3.3 网格生成方法.....	21
2.3.4 块的生成.....	30
2.3.5 网格输出.....	35
2.4 ANSYS ICEM CFD 实例分析.....	36
2.4.1 启动 ICEM CFD 并建立分析项目.....	36

2.4.2	导入几何模型	36
2.4.3	模型建立	37
2.4.4	网格生成	39
2.4.5	网格编辑	40
2.4.6	网格输出	41
2.5	本章小结	41
第 3 章	几何模型处理	42
3.1	几何模型的创建	42
3.1.1	点的创建	42
3.1.2	线的创建	44
3.1.3	面的创建	45
3.2	几何模型的导入	46
3.3	几何模型的修改	47
3.3.1	曲线的修改	47
3.3.2	曲面的修改	47
3.3.3	刻面清理	48
3.3.4	几何修补	49
3.3.5	几何变换	49
3.3.6	几何删除	50
3.4	阀门几何模型修改实例分析	50
3.4.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	50
3.4.2	导入几何模型	51
3.4.3	模型建立	51
3.5	管道几何模型修改实例分析	52
3.5.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	52
3.5.2	导入几何模型	52
3.5.3	模型建立	53
3.5.4	网格生成	55
3.6	本章小结	56
第 4 章	二维平面模型结构网格划分	57
4.1	二维平面模型结构网格概述	57
4.2	三通弯管模型结构网格划分	57
4.2.1	导入几何模型	58
4.2.2	模型建立	58
4.2.3	创建 2D 块	59
4.2.4	分割块	60

4.2.5	删除块	61
4.2.6	块的几何关联	61
4.2.7	设定网格尺寸	64
4.2.8	预览网格	65
4.2.9	网格质量检查	65
4.2.10	网格的生成	66
4.2.11	网格输出	66
4.2.12	计算与后处理	67
4.3	汽车外流场模型结构网格划分	69
4.3.1	导入几何模型	69
4.3.2	生成块	70
4.3.3	网格生成	74
4.3.4	网格质量检查	76
4.3.5	网格输出	76
4.3.6	计算与后处理	77
4.4	变径管流模型结构网格划分	79
4.4.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	79
4.4.2	创建几何模型	79
4.4.3	创建 Block	82
4.4.4	定义网格参数	85
4.4.5	网格生成	86
4.4.6	导出网格	87
4.4.7	计算与后处理	88
4.5	导弹二维模型结构网格划分	90
4.5.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	91
4.5.2	创建几何模型	91
4.5.3	创建 Block	94
4.5.4	定义网格参数	97
4.5.5	网格生成	99
4.5.6	导出网格	100
4.5.7	计算与后处理	101
4.6	本章小结	105
第 5 章	三维模型结构网格划分	106
5.1	三维模型结构网格生成流程	106
5.2	Block (块) 创建策略	107
5.2.1	Block (块) 的生成方法	107
5.2.2	Block (块) 的操作流程	108

5.2.3	O-Block 基础	111
5.3	管接头模型结构网格划分	114
5.3.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	114
5.3.2	导入几何模型	115
5.3.3	模型建立	115
5.3.4	生成块	118
5.3.5	网格生成	121
5.3.6	网格质量检查	127
5.3.7	网格输出	127
5.3.8	计算与后处理	128
5.4	管内叶片模型结构网格划分	131
5.4.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	131
5.4.2	导入几何模型	132
5.4.3	模型建立	132
5.4.4	生成块	135
5.4.5	网格生成	141
5.4.6	网格质量检查	142
5.4.7	网格输出	143
5.4.8	计算与后处理	144
5.5	半球方体模型结构网格划分	147
5.5.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	147
5.5.2	导入几何模型	148
5.5.3	模型建立	148
5.5.4	生成块	150
5.5.5	网格生成	153
5.5.6	网格质量检查	155
5.5.7	网格输出	155
5.6	弯管部件模型结构网格划分	156
5.6.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	156
5.6.2	导入几何模型	156
5.6.3	模型建立	157
5.6.4	生成块	160
5.6.5	网格生成	167
5.6.6	网格质量检查	167
5.6.7	网格输出	168
5.6.8	计算与后处理	169
5.7	水槽三维模型结构网格划分	171
5.7.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	171

5.7.2	导入几何模型	171
5.7.3	模型建立	172
5.7.4	生成块	174
5.7.5	网格生成	177
5.7.6	网格质量检查	178
5.7.7	网格输出	178
5.7.8	计算与后处理	179
5.8	本章小结	181
第 6 章	四面体网格自动生成	182
6.1	四面体网格概述	182
6.1.1	四面体网格生成方法	183
6.1.2	四面体网格生成流程	183
6.2	阀门模型四面体网格生成 I	184
6.2.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	184
6.2.2	导入几何模型	184
6.2.3	模型建立	184
6.2.4	网格生成	187
6.2.5	网格质量检查	191
6.2.6	网格输出	191
6.3	阀门模型四面体网格生成 II	192
6.3.1	启动 ICEM CFD 并打开分析项目	192
6.3.2	删除原先网格设置	192
6.3.3	网格生成	193
6.3.4	网格质量检查	195
6.3.5	网格输出	195
6.3.6	计算与后处理	196
6.4	弯管部件四面体网格生成实例	198
6.4.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	198
6.4.2	导入几何模型	199
6.4.3	模型建立	199
6.4.4	网格生成	202
6.4.5	网格质量检查	204
6.4.6	网格输出	205
6.4.7	计算与后处理	206
6.5	飞船返回舱模型四面体网格自动生成	209
6.5.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	209
6.5.2	导入几何模型	209

6.5.3	模型建立	210
6.5.4	定义网格参数	213
6.5.5	网格生成	214
6.5.6	导出网格	216
6.5.7	计算与后处理	217
6.6	本章小结	221
第 7 章	棱柱体网格自动生成	222
7.1	棱柱体网格概述	222
7.1.1	棱柱体网格生成方法	222
7.1.2	棱柱体网格生成步骤	223
7.2	水套模型棱柱体网格生成	223
7.2.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	223
7.2.2	导入几何模型	223
7.2.3	模型建立	224
7.2.4	网格生成	224
7.2.5	网格编辑	226
7.2.6	生成棱柱网格	227
7.2.7	网格输出	231
7.3	阀门模型棱柱体网格生成	231
7.3.1	启动 ICEM CFD 并打开分析项目	232
7.3.2	网格检查	232
7.3.3	生成棱柱网格	232
7.3.4	网格编辑	234
7.3.5	网格输出	236
7.3.6	计算与后处理	236
7.4	弯管部件棱柱体网格生成	239
7.4.1	启动 ICEM CFD 并打开分析项目	239
7.4.2	网格检查	239
7.4.3	生成棱柱网格	239
7.4.4	网格编辑	242
7.4.5	网格输出	243
7.4.6	计算与后处理	243
7.5	本章小结	247
第 8 章	以六面体为核心的网格划分	248
8.1	以六面体为核心网格概述	248
8.2	机翼模型 Hexa-Core 网格生成	249

8.2.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	249
8.2.2	导入几何模型	249
8.2.3	模型建立	249
8.2.4	网格生成	252
8.2.5	网格输出	258
8.2.6	计算与后处理	258
8.3	管内叶片 Hexa-Core 网格生成.....	261
8.3.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	261
8.3.2	导入几何模型	261
8.3.3	模型建立	262
8.3.4	网格生成	265
8.3.5	网格输出	267
8.3.6	计算与后处理	268
8.4	弯管部件 Hexa-Core 网格生成.....	271
8.4.1	启动 ICEM CFD 并打开分析项目	271
8.4.2	网格生成	271
8.4.3	网格输出	273
8.4.4	计算与后处理	273
8.5	巡航导弹模型 Hexa-Core 网格生成.....	277
8.5.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	277
8.5.2	导入几何模型	277
8.5.3	模型建立	277
8.5.4	定义网格参数	279
8.5.5	网格生成	280
8.5.6	导出网格	285
8.5.7	计算与后处理	286
8.6	飞艇模型 Hexa-Core 网格生成.....	291
8.6.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	291
8.6.2	导入几何模型	291
8.6.3	模型建立	291
8.6.4	定义网格参数	293
8.6.5	网格生成	294
8.6.6	导出网格	297
8.6.7	计算与后处理	297
8.7	本章小结	302
第 9 章 混合网格划分		303
9.1	混合网格概述	303

9.2	管内叶片混合网格生成.....	304
9.2.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目.....	304
9.2.2	导入几何模型.....	304
9.2.3	分割模型.....	304
9.2.4	模型建立.....	306
9.2.5	生成四面体网格.....	309
9.2.6	生成六面体网格.....	310
9.2.7	合并网格.....	312
9.2.8	网格质量检查.....	314
9.2.9	网格输出.....	314
9.2.10	计算与后处理.....	315
9.3	弯管部件混合网格生成.....	318
9.3.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目.....	318
9.3.2	导入几何模型.....	318
9.3.3	分割模型.....	318
9.3.4	模型建立.....	319
9.3.5	生成四面体网格.....	323
9.3.6	生成六面体网格.....	324
9.3.7	合并网格.....	327
9.3.8	网格质量检查.....	329
9.3.9	网格输出.....	329
9.3.10	计算与后处理.....	330
9.4	本章小结.....	333
第 10 章	曲面网格划分.....	334
10.1	曲面网格概述.....	334
10.1.1	曲面网格类型.....	334
10.1.2	曲面网格生成流程.....	335
10.2	机翼模型曲面网格划分.....	335
10.2.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目.....	335
10.2.2	导入几何模型.....	335
10.2.3	网格生成.....	336
10.2.4	网格编辑.....	341
10.3	圆柱绕流曲面网格划分.....	342
10.3.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目.....	342
10.3.2	建立几何模型.....	342
10.3.3	网格生成.....	347
10.3.4	网格质量检查.....	348

10.3.5	网格输出	349
10.3.6	计算与后处理	349
10.4	半圆曲面曲面网格划分	352
10.4.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	352
10.4.2	建立几何模型	352
10.4.3	生成块	354
10.4.4	网格生成	356
10.4.5	网格质量检查	357
10.5	冷、热水混合器曲面网格划分	357
10.5.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	358
10.5.2	建立几何模型	358
10.5.3	定义网格参数	361
10.5.4	生成网格	361
10.5.5	导出网格	363
10.5.6	计算与后处理	363
10.6	二维喷管曲面网格划分	366
10.6.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	366
10.6.2	建立几何模型	366
10.6.3	定义网格参数	369
10.6.4	生成网格	369
10.6.5	导出网格	372
10.6.6	计算与后处理	372
10.7	本章小结	375
第 11 章	网格编辑	376
11.1	网格编辑基本功能	376
11.2	机翼模型网格编辑	384
11.2.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	384
11.2.2	导入几何模型	384
11.2.3	网格生成	385
11.2.4	网格编辑	386
11.2.5	网格输出	390
11.2.6	计算与后处理	391
11.3	导管模型网格编辑	394
11.3.1	启动 ICEM CFD 并建立分析项目	394
11.3.2	导入几何模型	395
11.3.3	模型建立	395
11.3.4	生成块	397

11.3.5	网格生成	399
11.3.6	网格编辑	401
11.3.7	网格输出	403
11.3.8	计算与后处理	404
11.4	弯管部件网格编辑	405
11.4.1	启动 ICEM CFD 并打开分析项目	406
11.4.2	网格编辑	406
11.4.3	网格输出	407
11.4.4	计算与后处理	407
11.5	本章小结	411
第 12 章	ICEM CFD 在 Workbench 中的应用	412
12.1	弯管的稳态流动分析	412
12.1.1	启动 Workbench 并建立分析项目	412
12.1.2	导入几何体	414
12.1.3	划分网格	415
12.1.4	边界条件	418
12.1.5	初始条件	420
12.1.6	求解控制	420
12.1.7	计算求解	420
12.1.8	结果后处理	422
12.1.9	保存与退出	423
12.2	三通管道内气体流动分析	424
12.2.1	启动 Workbench 并建立分析项目	424
12.2.2	导入几何体	425
12.2.3	划分网格	426
12.2.4	边界条件	431
12.2.5	初始条件	434
12.2.6	求解控制	434
12.2.7	计算求解	435
12.2.8	结果后处理	436
12.2.9	保存与退出	438
12.3	子弹外流场分析实例	438
12.3.1	启动 Workbench 并建立分析项目	438
12.3.2	导入几何体	440
12.3.3	划分网格	441
12.3.4	边界条件	447
12.3.5	初始条件	448

12.3.6 计算求解	449
12.3.7 结果后处理	450
12.3.8 保存与退出	451
12.4 本章小结	451
参考文献	452

第 1 章 计算流体力学基础与网格概述

↓ 引言

计算流体动力学分析 (Computational Fluid Dynamics)，常简称为 CFD，其基本定义是通过计算机进行数值计算，模拟流体流动时的各种相关物理现象，包含流动、热传导、声场等。计算流体动力学分析广泛应用于航空航天器设计、汽车设计、生物医学工业、化工处理工业、涡轮机设计、半导体设计等诸多工程领域。

本章将介绍流体动力学的基础理论，计算流体力学基础和常用的 CFD 软件。

↓ 学习目标

- ★ 掌握流体动力学分析的基础理论
- ★ 通过实例掌握流体动力学分析的过程
- ★ 掌握计算流体力学基础知识
- ★ 了解常用的 CFD 软件

1.1 计算流体力学基础

本节介绍计算流体力学一些重要的基础知识，包括计算流体力学的基本概念、求解过程、数值求解方法等。了解计算流体力学的基本知识，有助于理解 ICEM CFD 软件中相应的设置方法，是做好工程模拟分析的根基。

1.1.1 计算流体力学的发展

计算流体动力学是 20 世纪 60 年代起伴随计算科学与工程 (Computational Science and Engineering, 简称 CSE) 迅速崛起的一门学科分支，经过半个世纪的迅猛发展，这门学科已经相当成熟了，一个重要的标志是近几十年来，各种 CFD 通用软件的陆续出现，成为商品化软件，服务于传统的流体力学和流体工程领域，如航空、航天、船舶、水利等。

由于 CFD 通用软件的性能日益完善，应用的范围也不断的扩大，在化工、冶金、建筑、环境等相关领域中被广泛应用，现在我们利用它来模拟计算平台内部的空气流动状况，也算是在较新的领域中的应用。

现代流体力学研究方法包括理论分析、数值计算和实验研究三个方面。这些方法针对不同的角度进行研究并相互补充。理论分析研究能够表述参数影响形式，为数值计算和实验研究提供了有效的指导；试验是认识客观现实的有效手段，可验证理论分析和数值计算的正确性；计算流体力学通过提供模拟真实流动的经济手段补充理论及试验的空缺。