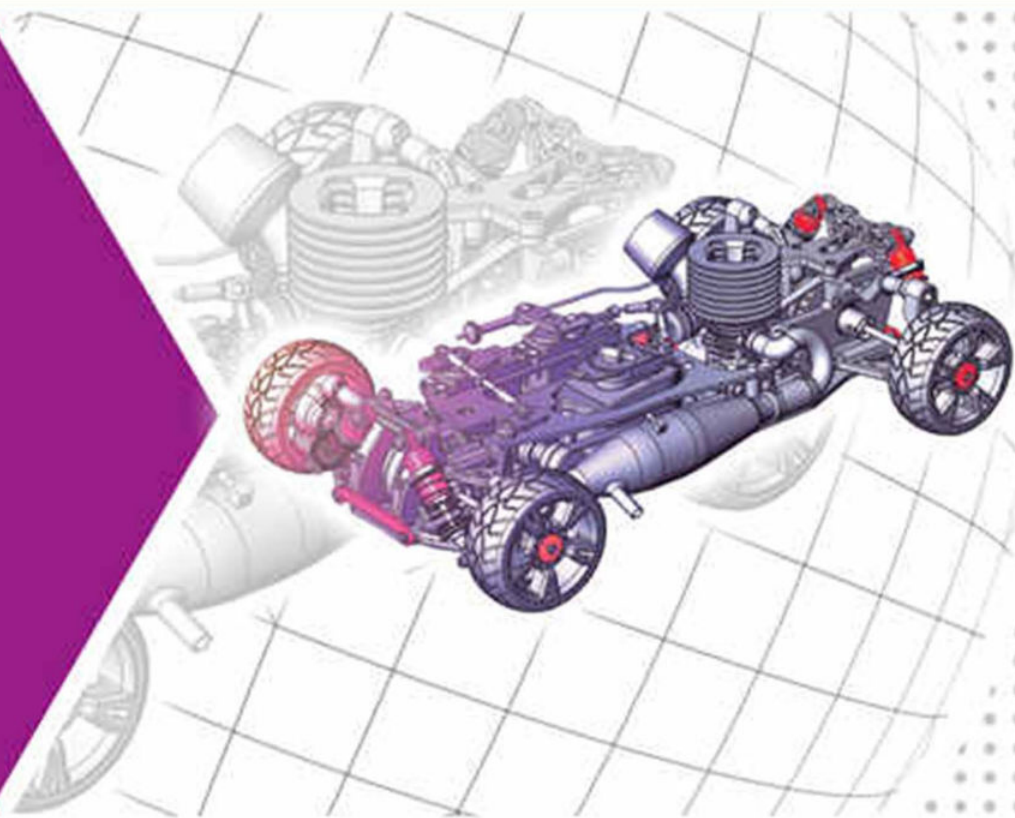


普通高等教育工程软件应用系列教材

HyperMesh

实用工程技术

◎ 田建辉 主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育工程软件应用系列教材

HyperMesh 实用工程技术

主 编 田建辉

副主编 孙金绢 韩兴本

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书介绍了 HyperMesh 在有限元分析中的应用。全书以 HyperMesh 软件的操作过程为主线,以模型面板的创建顺序及软件的特征演示为主要内容,最后结合 ANSYS 软件的导入过程进行求解对接及工程实例演练。全书主要内容包括 HyperMesh 概述、几何清理、一维(1D)单元操作、二维(2D)网格划分、三维(3D)网格划分、Analysis 界面功能、“Tool”菜单功能、Post 界面功能、与 ANSYS 软件对接。

本书可作为工程力学专业和机械工程专业本科生的专业课教材,也可作为机械设计制造及其自动化、机械设计及理论、机械电子工程等专业本科生高年级及研究生教材,也可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校的机电一体化、数控技术及应用、机械制造及自动化等专业的教材,还可作为相关工程技术人员的参考资料或培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

HyperMesh 实用工程技术 / 田建辉主编. —北京:北京理工大学出版社, 2020. 1
ISBN 978-7-5682-8142-3

I. ①H… II. ①田… III. ①有限元分析-应用软件-教材 IV. ①O241. 82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 022635 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 399 千字

版 次 / 2020 年 1 月第 1 版 2020 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 48.00 元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

计算机辅助分析是以多种学科的理论为基础，以 CAE 技术及其相应的软件为工具，通过有限元方法来分析和解决问题的一门综合性技术。仿真分析作为信息时代除理论推导和科学试验之外的第三类新型科研方法，其技术及相关成果广泛应用于工业产品的研究、设计、开发、测试、生产、培训、使用、维护等各个环节。

本书以 HyperMesh 13.0 软件的操作过程为主线，以模型面板的建立顺序及软件的特征演示为主要内容，最后结合 ANSYS 软件的导入过程进行求解对接及工程实例演练。全书主要内容包括 HyperMesh 概述、几何清理、一维（1D）单元操作、二维（2D）网格划分、三维（3D）网格划分、Analysis 界面功能、“Tool”菜单功能、Post 界面功能、与 ANSYS 软件对接。本书对于有限元的初学者和研发人员来说，具有较好的理论指导和实践操作的帮助。

本书具有如下特色：

- 作为机械工程专业研究生的专业课教材，突出专业性，重点讲解机械工程专业课相关的有限元高级理论、技术、工具和应用。内容选择尽量集中凝练，突出关键内容，以期以点带面，除了通过课程学习使研究生掌握核心的、必需的高级专业知识外，还能对以后的知识和学习起到辐射作用。

- 突出实用性和实践性，注重理论与实践的结合，将知识的阐述与功能强大的专业工具及工程应用结合在一起，使用户除了具有高级理论知识之外，还具有对工程问题的解决方法、手段和能力。

- 突出综合性，从工程应用的实际出发，从多个角度和层面分析工程问题，并注意内容组织的系统性。

- 突出先进性，体现专业领域的最新发展。

- 编写方式采用渐进性，强调通俗易懂，由浅入深，并力求全面、系统和重点突出。

本书可作为机械设计制造及其自动化专业、工程力学专业、数学专业的研究生教材，也可作为高等职业学校、高等专科学校、成人院校的机电一体化、工程力学、机械制造及自动化等专业的教材，还可作为有限元分析工程技术人员和研发人员的参考资料或培训教材。

本书的编写得到了西安工业大学教务处教材建设项目立项支持和西安工业大学 CAE 工程应用分析室团队的支持。本书由西安工业大学田建辉教授主编，负责内容规划和统稿。第 1~6 章由西安工业大学田建辉教授编写；第 7 章由西安工业大学韩兴本老师编写；第 8、9 章由西安工业大学孙金娟老师编写。在本书的编写过程中，西安工业大学的肖坎、景国权、张鸿睿等研究生参与了资料的收集、整理和编写工作，在此一并表示感谢！

由于作者水平和经验有限，书中疏漏在所难免，恳请读者提出宝贵意见，我们会在适当时机进行修订，在此深表谢意！

编 者

第 1 章 HyperMesh 概述	(1)
1.1 HyperMesh 简介	(1)
1.1.1 HyperMesh 软件版本简介	(1)
1.1.2 HyperMesh 支持的文件格式及软件类型	(2)
1.2 HyperMesh 工作界面	(2)
1.3 用户界面	(3)
1.3.1 HyperMesh 菜单栏	(4)
1.3.2 HyperMesh 工具栏	(4)
1.3.3 HyperMesh 标签区	(11)
1.3.4 HyperMesh 颜色选项对话框	(11)
1.3.5 HyperMesh 主菜单	(15)
1.4 文件操作与 CAD 对接	(21)
1.4.1 文件打开与保存	(21)
1.4.2 HyperMesh 与 CAD 的对接	(24)
1.5 模型组织管理	(25)
1.6 模型显示控制	(29)
1.7 HyperMesh 的快捷键	(30)
第 2 章 几何清理	(32)
2.1 节点和曲线	(32)
2.2 曲面及体的拓扑关系	(33)
2.3 几何创建及编辑功能	(34)
2.3.1 几何创建 (Creating Geometry)	(34)
2.3.2 几何编辑 (Editing Geometry)	(38)
2.3.3 几何查询 (Querying Geometry)	(41)
2.4 模型导入和几何清理	(42)
2.5 创建和编辑实体	(46)

第 3 章 一维 (1D) 单元操作	(50)
3.1 基本单元的创建	(51)
3.1.1 梁单元的创建	(51)
3.1.2 杆单元的创建	(53)
3.1.3 刚性单元的创建	(54)
3.1.4 质量单元的创建	(57)
3.1.5 弹簧单元的创建	(59)
3.1.6 接触单元的创建	(60)
3.2 模型连接管理	(65)
3.2.1 模型连接及其术语	(65)
3.2.2 连接工具: Connectors 及其二级面板	(66)
3.3 HyperBeam	(71)
3.3.1 HyperBeam 界面介绍	(71)
3.3.2 梁截面信息导入/导出	(75)
3.3.3 HyperBeam 调出梁截面	(76)
3.3.4 HyperBeam 计算梁截面属性	(77)
第 4 章 二维 (2D) 网格划分	(80)
4.1 基于点、线、线组的单元创建	(81)
4.1.1 分离的节点与线创建网格	(81)
4.1.2 样条线生成的曲面上的单元创建	(83)
4.1.3 线段生成的曲面上的单元创建	(84)
4.1.4 拉伸命令创建单元	(85)
4.1.5 旋转命令创建单元	(87)
4.1.6 使用“line drag”命令创建单元	(88)
4.1.7 使用“elem offset”命令创建单元	(90)
4.2 自动网格划分与单元检查	(91)
4.2.1 automesh 网格划分	(91)
4.2.2 2D 单元质量检查	(102)
4.3 2D 单元的编辑	(106)
4.3.1 编辑单元	(106)
4.3.2 节点替换	(109)
第 5 章 三维 (3D) 网格划分	(111)
5.1 3D 实体创建及实体网格创建	(111)
5.1.1 实体映射	(112)
5.1.2 线性实体	(115)
5.1.3 实体网格创建	(115)
5.1.4 多层板、壳单元的创建	(119)
5.2 曲面创建及网格划分	(119)

5.2.1	拖动创建	(119)
5.2.2	旋转创建	(120)
5.2.3	线拖动创建	(121)
5.3	四面体网格划分	(122)
5.3.1	标准四面体网格划分	(122)
5.3.2	直接四面体网格划分	(123)
5.3.3	四面体网格剖分流程管理 (TetraMesh Process Manager)	(124)
5.3.4	四面体网格划分实例	(134)
5.4	CFD 网格划分	(141)
5.4.1	CFD 用户配置	(141)
5.4.2	一般工作流程	(142)
5.4.3	网格划分	(142)
5.4.4	CFD Tetramesh 面板	(144)
5.5	CFD 网格划分实例	(149)
第 6 章	Analysis 界面功能	(167)
6.1	分析设置总览	(167)
6.1.1	什么是分析的设置问题	(167)
6.1.2	前处理后的整体结果	(168)
6.1.3	总体步骤	(168)
6.2	载荷类型定义及添加	(170)
6.2.1	载荷类型	(170)
6.2.2	约束创建与修改	(171)
6.2.3	方程的创建与修改	(172)
6.2.4	力的创建与修改	(173)
6.2.5	实例介绍	(178)
6.3	实体的创建与修改	(195)
6.3.1	实体创建	(195)
6.3.2	实体编辑	(195)
6.4	控制卡片	(195)
第 7 章	“Tool” 菜单功能	(220)
7.1	“Tool” 菜单的总体介绍	(220)
7.2	实体管理及定位	(221)
7.2.1	装配实体	(221)
7.2.2	移动、复制实体	(222)
7.2.3	沿向量的实体移动	(223)
7.2.4	沿向量的实体旋转	(224)
7.2.5	实体尺寸更改	(224)
7.2.6	实体映射	(225)
7.2.7	实体投影	(225)

7.2.8	隐藏实体	(227)
7.2.9	编号与重新编号	(227)
7.2.10	节点定位	(228)
7.2.11	坐标轴转换定位	(228)
7.3	通过数据库对实体操作	(229)
7.3.1	寻找实体	(229)
7.3.2	删除实体	(230)
7.3.3	统计实体	(230)
第 8 章	Post 界面功能	(232)
8.1	单元消隐	(233)
8.2	云图	(234)
8.3	标题	(237)
8.4	变形图	(238)
8.5	向量图	(239)
8.6	疲劳分析	(239)
第 9 章	与 ANSYS 软件对接	(241)
9.1	HyperMesh 与 ANSYS 的接口	(242)
9.2	利用 HyperMesh 为 ANSYS 建立分析模型	(243)
9.2.1	有限元模型的组成	(243)
9.2.2	分析模型创建步骤	(243)
9.3	利用 HyperMesh 为 ANSYS 创建模态分析模型	(243)
9.3.1	输入模型数据文件	(244)
9.3.2	定义材料属性	(245)
9.3.3	定义单元属性	(246)
9.3.4	定义约束	(248)
9.3.5	创建载荷步	(249)
9.3.6	创建控制卡片	(249)
9.3.7	输出模型文件	(252)
9.4	利用 HyperMesh 为 ANSYS 创建静力分析模型	(252)
9.4.1	输入模型数据文件	(252)
9.4.2	定义材料属性	(253)
9.4.3	定义单元属性	(253)
9.4.4	定义约束	(254)
9.4.5	定义载荷	(258)
9.4.6	创建控制卡片	(259)
9.4.7	输出模型文件	(259)
参考文献	(260)

HyperMesh 概述

本章内容

本章主要介绍 HyperMesh 用户界面，通过实例介绍 HyperMesh 的基本操作步骤。

学习目的

熟悉 HyperMesh 界面，为用户更好地应用 HyperMesh 解决实际问题打下基础。

1.1 HyperMesh 简介

随着现代机械装备研发技术的不断发展，兴起了一个专门的学科——计算机辅助工程 (Computer Aided Engineering, CAE)。由于其强大的仿真功能，CAE 在工业中越来越重要，计算机仿真成为产品上市前必需的环节。而在现代机械装备的研发与激烈的市场竞争中，有限元模型规模日益增加，网格划分要求越来越严格，产品研发周期缩短，因此，一部分传统的有限元前后处理器已经远远不能满足这些新的要求。

在 CAE 工程技术领域，HyperMesh 最著名的特点是它强大的有限元网格划分前处理功能。一般来说，CAE 分析工程师在有限元模型的建立、修改和网格的划分上花费了大量的时间，而真正的分析求解时间则消耗在计算机工组站上，所以采用一个功能强大，使用方便灵活，并能够与众多 CAD 系统和有限元求解器进行方便的数据交换的有限元前后处理工具，对于提高有限元分析工作的质量和效率具有十分重要的意义。

1.1.1 HyperMesh 软件版本简介

HyperMesh 13.0 是一个高性能的有限元前处理器，它能让 CAE 分析工程师在高度交互

及可视化的环境下进行仿真分析工作。与其他的有限元前后处理器相比，HyperMesh 的图形用户界面易于学习，特别是它支持直接输入已有的三维 CAD 几何模型和已有的有限元模型，并且导入的效率和模型质量都很高，可以大大减少很多重复性的工作，使得 CAE 分析工程师能把更多的精力和时间投入分析计算工作中。在处理几何模型和有限元网络的效率与质量方面，HyperMesh 13.0 具有很好的速度、适应性和可定制性，并且模型规模没有软件限制。其他很多有限元前处理软件在读取一些复杂的、大规模的模型数据时需要很长时间，并且很多情况下并不能够成功导入模型，这样后续的 CAE 分析工作就无法进行；而如果采用 HyperMesh 13.0，其强大的几何处理能力使其可以很快地读取结构非常复杂、规模非常大的模型数据，从而大大提高 CAE 分析工程师的工作效率，也使得很多应用其他前后处理软件很难或者不能解决的问题变得迎刃而解。

1.1.2 HyperMesh 支持的文件格式及软件类型

HyperMesh 支持目前全球通用的各类主流三维 CAD 平台，用户可以直接读取 CAD 模型文件而不需要其他的数据转换。其支持的 CAD 文件格式见表 1-1。

表 1-1 HyperMesh 支持的 CAD 文件格式

CATIA	UG	Pro/E	Parasolid	PDGS
SolidWorks	IGES	STEP	STL	Tribon
VDAFS	DXF	ACIS	JT	

HyperMesh 和主流的有限元计算软件都有接口，可以在高质量的网格模型基础上为各种有限元求解器生成输入文件，或者读取不同求解器的结果文件。其支持的有限元计算软件见表 1-2。

表 1-2 HyperMesh 支持的有限元计算软件

OptiStruct	ABAQUS	Madymo	Permas	RADIOSS
Nastran	HyperForm	PamCrash	Moldflow	N-Code
Dytran	HyperXtrude	MARC	Fluent	MotionSolve
ANSYS	LS-DYAN	Ideas	StarCD	

工程师还可以在 HyperMesh 中采用 User Profiles 为不同的求解器制定相应的建模环境，也可以采用 Tcl/Tk 或命令行语言为 HyperMesh 添加更多的接口，以满足工程师二次开发软件和程序需要。

1.2 HyperMesh 工作界面

本节主要介绍 HyperMesh 13.0 用户界面。HyperMesh 工作界面包括标题栏、菜单栏、工具栏及标签区，其具体工作界面如图 1-1 所示。

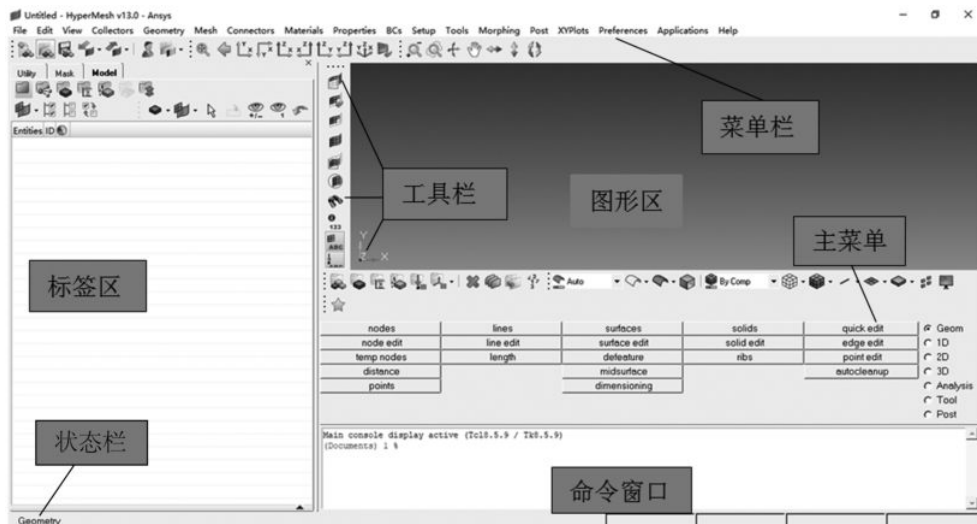


图 1-1 HyperMesh 工作界面

(1) 标题栏：位于整个 HyperMesh 工作界面顶端，主要用来显示 HyperMesh 版本信息与当前文件名称。

(2) 菜单栏：位于标题栏下部，单击下拉菜单弹出下一级菜单选项，由此可以进入 HyperMesh 不同的功能模块。

(3) 工具栏：位于图形区周围，包含常用功能的快捷键，用户可以自定义工具栏的位置。

(4) 标签区：提供多种专业工具。

(5) 图形区：位于标题栏下部，主要用于模型的显示。在图形区域也可以实现模型的实时交互显示控制，还可以进行对象的选择。

(6) 主菜单：按照功能分为 7 组子菜单，每次只能显示其中一个。

(7) 命令窗口：用户可以在命令窗口直接输入命令来代替用户界面的操作。在默认情况下命令窗口不显示，可以在“View”菜单下进行设置。

(8) 状态栏：位于工作界面最下方，左端显示当前所打开的主菜单，默认情况下为“Geometry”。右端的 3 个区域分别显示了当前调用的库文件、组件集和载荷集，默认情况下 3 个区域为空白。用户在使用软件的过程中，任何错误信息或者警告信息都会在状态栏中显示，其中错误信息为红色标识，警告信息为绿色标识。

1.3 用户界面

本节主要对 HyperMesh 用户界面进行详细介绍，主要内容包括：

- (1) HyperMesh 菜单栏。
- (2) HyperMesh 工具栏。
- (3) HyperMesh 标签区。

- (4) HyperMesh 颜色选项对话框。
- (5) HyperMesh 主菜单。
- (6) HyperMesh 计算器。

1.3.1 HyperMesh 菜单栏

菜单栏位于标题栏下方，主要用于实现 HyperMesh 的多种功能，大多数的菜单选项都直接指向软件的各种功能面板，如图 1-2 所示。

File Edit View Collectors Geometry Mesh Connectors Materials Properties BCs Setup Tools Morphing Post XYPlots Preferences Applications Help

图 1-2 HyperMesh 菜单栏

在软件菜单中，每一个下拉菜单都包含了一组完成某些特定功能的选项，其具体说明如下：

- (1) File (文件)：包括载入、保存、输入和输出文件等功能，其中使用“Open”命令可以一次编辑一个模型，使用“Import”命令可以在当前进程中添加新的模型。
- (2) Edit (编辑)：包括隐藏、删除及查找对象等功能。
- (3) View (视图)：改变模型的视角、光线、可见性和标签域项目的位置及其他功能选项。
- (4) Collectors：包含创建与重命名等功能。
- (5) Geometry (模型)：包含模型的编辑和清理工具。
- (6) Mesh (网格)：包含一系列的网格划分工具。
- (7) Connectors (连接)：包含创建、编辑、释放和操作各种类型的连接工具。
- (8) Materials (材料)：包含用于创建与编辑材料卡片及其分配给各个组件等功能选项。
- (9) Properties (属性)：包含用于创建与编辑属性卡片及其分配给各个组件等功能选项。
- (10) BCs (边界条件)：包含一些边界条件的工具，如力、压强、约束等。
- (11) Setup (建立)：包含模型的材料、接触面等属性的工具。
- (12) Tools (工具)：包含变形、旋转、平移、复制和缩放对象等功能。
- (13) Morphing (变形)：对网格对象进行创建、编辑、变形等操作。
- (14) Post (后处理)：查看仿真的结果。
- (15) XY Plots (XY 图)：创建仿真变量和结果的图表。
- (16) Preference (个性化)：包含一些用户配置文件、全局选项和键盘按键设置等功能。
- (17) Application (应用)：快速进入软件平台的其他项目。
- (18) Help (帮助)：进入在线帮助系统。

1.3.2 HyperMesh 工具栏

HyperMesh 工具栏主要包含一些比较常用操作的按钮。每一个工具栏都可以根据用户使

用习惯拖动至工具栏区域的任意位置，或者浮动在 HyperMesh 应用窗口的任意位置。

本节主要介绍 HyperMesh 专用工具栏，其主要包含 Standard（标准工具栏）、Standard-Views（标准视图工具栏）、ViewControls（视图控制工具栏）、Display（显示工具栏）、Collectors（组件工具栏）、Visualization（标准显示工具栏）。

1. Standard（标准工具栏）

Standard 标准工具栏如图 1-3 所示。



图 1-3 Standard 工具栏

Standard 工具栏按钮应用功能具体说明见表 1-3。

表 1-3 Standard 工具栏按钮应用功能

一级按钮	二级按钮	鼠标箭头指向显示	执行功能
		New Model	加载新的模型
		Open Model	打开已有模型，替换原来进程中的模型数据
		Save Model	保存模型数据
		Import Model	加载模型
		Import Solver Deck	打开加载面板
		Import Geometry	输入几何模型
		Import Connectors	输入组件
		Export Model	输出模型
		Export Solver Deck	输出求解模型
		Export Geometry	输出几何模型
		Export Connectors	输出组件

2. StandardViews (标准视图工具栏)











StandardViews 标准视图工具栏如图 1-4 所示。



图 1-4 StandardViews 工具栏

StandardViews 工具栏按钮应用功能具体说明见表 1-4。

表 1-4 StandardViews 工具栏按钮应用功能

按钮	鼠标箭头指向显示	执行功能
	Fit Model	在图形区适应模型
	Previous View	退回前一步
	XY Top Plane View	XY 上平面视图
	XY Bottom Plane View	XY 下平面视图
	XZ Left Plane View	XZ 左平面视图
	XZ Right Plane View	XZ 右平面视图
	YZ Rear Plane View	YZ 后平面视图
	YZ Front Plane View	YZ 前平面视图
	Isometric View	等轴测视图
	Reverse View	返回视图

3. ViewControls (视图控制工具栏)

ViewControls 视图控制工具栏如图 1-5 所示。



图 1-5 ViewControls 工具栏

ViewControls 工具栏按钮应用功能具体说明见表 1-5。

表 1-5 ViewControls 工具栏按钮应用功能

按钮	鼠标箭头指向显示	执行功能
	Zoom In/Out	放大/缩小视图
	Circle/Dynamic Zoom	放大视图
	Dynamic Rotate/Spin	移动模型视图
	Pan/Center Model	定位模型中心
	Rotate Right/Left	左右旋转模型视图
	Rotate Up/Down	上下旋转模型视图
	Rotate Clockwise/ Counter Clockwise	旋转视图

4. Display (显示工具栏)

Display 显示工具栏如图 1-6 所示。









图 1-6 Display 工具栏

Display 工具栏按钮应用功能具体说明见表 1-6。

表 1-6 Display 工具栏按钮应用功能

按钮	鼠标箭头指向显示	执行功能
	Mask	打开“Mask”面板，执行隐藏功能
	Reverse Elements/All	处于当前显示的 collectors 中所有单元的显隐状态进行反向操作
	Unmask Adjacent Elements/ Surfaces	显示与当前显示单元相邻的一行单元
	Unmask All	显示当前显示的 collectors 中的所有对象
	Mask not Shown/Unmask Shown	隐藏当前显示的 collectors 中的位于当前图形区窗口之外的所有对象
	Spherical Clipping/ Hidden Line Panel	设定圆心和半径，从而对模型进行球形裁切来执行隐藏和显示功能

续表

按钮	鼠标箭头指向显示	执行功能
	Find	打开“Find”面板
	Display Number	打开“Numbers”面板
	Display Element Handles	单击切换单元的显隐状态，该功能也可以通过“Perference” → “Graphics”实现
	Display Load Handles	单击切换载荷的显隐状态，该功能也可以通过“Perference” → “Graphics”实现
	Change Load Vector (Tip/Tail) at Application Point	改变载荷方向
	Display Fixed Points	单击切换硬点的显隐状态，该功能也可以通过“Perference” → “Graphics”实现

5. Collectors (组件工具栏)

Collectors 组件工具栏如图 1-7 所示。



图 1-7 Collectors 工具栏

Collectors 工具栏按钮应用功能具体说明见表 1-7。

表 1-7 Collectors 工具栏按钮应用功能

按钮	鼠标箭头指向显示	执行功能
	Assemblies	打开“Assemblies”面板
	Components	打开“Components”面板
	Materials	打开“Materials”面板
	Properties	打开“Properties”面板
	Load Collectors	打开“Load Collectors”面板
	System Collectors	打开“System Collectors”面板