

高等学校规划教材·航空、航天与航海科学技术

PLANNING TEXTBOOKS FOR HIGHER EDUCATION



CATIA软件在飞机三维外形设计中的应用

张玉刚 喻天翔 孙中超 等 编著

- Aircraft
- FlightDeck (FlightDeck.1)
- Cabin (Cabin.1)
- AfterBody (AfterBody.1)
- Wing (Wing.1)
- Tail (Tail.1)
- Empennage (Empennage.1)
- Rectification (Rectification.1)
- Nacelle (Nacelle.1)
- Applications



西北工业大学出版社

高等学校规划教材·航空、航天与航海科学技术

CATIA 软件在飞机三维外形设计中的应用

张玉刚 喻天翔 孙中超 等 编著

西北工业大学出版社

西安

【内容简介】 本书以计算机辅助设计软件 CATIA V5 为基础,以飞机总体设计过程中涉及的三维曲面外形绘制为主线,以一个民机总体设计方案为案例,详细介绍了飞机机身、机翼、尾翼、整流罩、发动机及短舱的三维外形设计过程和飞机外形整体装配方法。各部分内容既有其特点,又相互联系。

本书可供高等院校的教师、研究生以及高年级的本科生使用,也可供从事飞行器总体设计工作的工程技术人员使用,还可作为自学 CATIA 软件曲面设计的实用教程。

图书在版编目(CIP)数据

CATIA 软件在飞机三维外形设计中的应用 / 张玉刚等
编著. — 西安:西北工业大学出版社,2019.3
高等学校规划教材. 航空、航天与航海科学技术
ISBN 978-7-5612-6455-3

I. ①C… II. ①张… III. ①飞机-外观设计-计算机辅助设计-应用软件-高等学校-教材 IV. ①V22-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 018247 号

CATIA RUANJIAN ZAI FEIJI SANWEI WAIXING SHEJI ZHONG DE YINGYONG

CATIA 软件在飞机三维外形设计中的应用

责任编辑:何格夫	策划编辑:何格夫
责任校对:张友	装帧设计:李飞
出版发行:西北工业大学出版社	
通信地址:西安市友谊西路 127 号	邮编:710072
电话:(029)88491757, 88493844	
网址:www.nwpup.com	
印刷者:兴平市博闻印务有限公司	
开本:787 mm×1 092 mm	1/16
印张:18.375	
字数:482 千字	
版次:2019 年 3 月第 1 版	2019 年 3 月第 1 次印刷
定价:60.00 元	

如有印装问题请与出版社联系调换

前 言

在飞机设计领域,常用的总体设计软件有 AAA,RDS,CAVSIM 和 APP,气动分析软件有 Fastran,Fluent,cfd++,cart3d,PANair 和 vsaero,飞机力学分析软件有 Patran/Nastran,Dytran,Ansys,LS-DYNA,Abaqus,Adams,Virtual.Lab 和 Amesim。在进行气动分析和力学分析时,需要建立飞机的实体模型用于计算输入,常用的飞机辅助设计软件有 CATIA,NX(原名 UG),Creo(原名 Pro/E)和 SolidWorks。其中,CATIA 软件源于航空航天工业,是业界无可争辩的“领袖”。一些国际著名公司(如波音、空中客车等飞机制造公司,奔驰、宝马、克莱斯勒等汽车制造公司)都将 CATIA 作为其主流软件。国内主要的飞机研究所和飞机制造厂也选用了 CATIA 软件,中国第一汽车集团有限公司(简称“一汽集团”)、东风汽车集团有限公司(简称“二汽集团”)、上海汽车集团股份有限公司(简称“上海大众集团”)等 10 多家汽车生产企业都选用 CATIA 软件作为新车型的开发平台。CATIA 软件在航空航天、汽车领域的主流地位不断增强。同时,CATIA 软件也大量地进入了其他(如机车、通用机械、家电等)行业。

目前已出版了很多关于 CATIA 软件使用方面的书籍,设计实例多以工业上常用的零件为对象进行介绍,尚未见到介绍飞机三维外形辅助设计的专业书籍。本书以某型民机初步总体方案为蓝本,详细介绍飞机三维外形的设计过程。全书主要内容如下:

第 1 章介绍 CATIA 软件的主要功能,三维罗盘和特征树的概念和操作方法,三维对象的视角变换操作方法等。

第 2 章和第 3 章介绍零件设计与装配设计涉及的二维草图、曲线曲面、三维实体、装配结构和部件约束等建模功能。

第 4 章简要介绍某型民机的初步总体设计方案,包括总体布局、机身(机头、中机身、机尾)设计、机翼设计、平尾设计和垂尾设计等,为后续的外形设计工作提供参数依据。

第 5 章对飞机机身三维外形设计过程进行详细的介绍,包括机头设计要求、形状参数、眼位和视界、三维外形绘制和外形曲面质量分析等内容。

第 6 章介绍飞机机翼三维外形设计过程,包括机翼形状参数、翼型参数、翼型导入方法、机翼三维外形绘制、翼尖小翼绘制和外形曲面质量分析等内容。

第 7 章对飞机垂尾和平尾三维外形设计过程进行介绍,包括形状参数、基本翼绘制和翼尖

处理等内容。

第 8 章介绍翼身整流罩的三维外形设计过程,包括形状参数、参考基准和外形设计等内容。

第 9 章对发动机短舱三维外形设计过程进行简单的介绍,包括发动机参数、短舱形状参数、短舱外形绘制和吊挂外形绘制等内容。

第 10 章介绍飞机三维外形装配方法和部件站位约束建立过程。

附录给出 CATIA 软件常用命令列表。

本书第 1 章至第 3 章由喻天翔、刘敬一等人编写,第 4 章至第 7 章由张玉刚、宋坤苓等人编写,第 8 章至第 10 章由孙中超、贾洁羽等人编写,全书由张玉刚统稿。在编写本书的过程中,得到了西北工业大学航空学院各位领导和同仁的大力支持,在此深表感谢。同时,感谢西北工业大学出版社编辑给予的大力协助。

书中使用的民机设计方案以“西工大大客联合工程队”提出的方案为蓝本,感谢宋笔锋、吕震宙、李栋、李亚智、崔卫民、喻天翔、左英桃和宣建林等人在方案设计过程中所做的工作。此外,感谢陕西飞机工业(集团)有限公司靳宏斌研究员在飞机外形设计方面所做的工作。

为简化飞机三维外形建模过程,便于介绍主要思路,本书对一些具体设计要求和规则没有涉及,比如文件的命名规则、边界条件约束和复杂局部外形设计等。更详细的设计要求等可参考 HB 7755—2005, HB 7756—2005, HB 7795—2005 等行业标准规范。

写作本书曾参阅了相关文献资料,在此,谨向其作者深表谢忱。

限于学识和经验,书中难免有不当和疏漏之处,恳请各位读者指正。

编著者

2018 年 11 月

目 录

第 1 章 飞机辅助设计软件简介	1
1.1 CATIA 软件概况	1
1.2 CATIA 软件主要功能	2
1.3 CATIA 软件基本文件类型	10
1.4 CATIA 界面及操作	11
1.5 小结	13
第 2 章 零件设计	14
2.1 草图设计.....	14
2.2 零件设计模块.....	23
2.3 曲线曲面设计模块.....	41
2.4 小结.....	64
第 3 章 装配设计	65
3.1 创建装配结构功能.....	66
3.2 改变部件位置功能.....	70
3.3 创建装配约束功能.....	72
3.4 小结.....	77
第 4 章 某型民机初步总体设计方案	78
4.1 设计指标.....	78
4.2 总体布局.....	79
4.3 机身设计.....	81
4.4 机翼及尾翼设计.....	83
4.5 小结.....	92
第 5 章 飞机机身三维外形设计	93
5.1 机头设计.....	93
5.2 机身机尾设计	138

5.3 小结	152
第 6 章 飞机机翼三维外形设计	154
6.1 机翼形状参数	154
6.2 翼型导入方法	156
6.3 机翼设计	177
6.4 小结	208
第 7 章 飞机尾翼三维外形设计	209
7.1 垂尾设计	209
7.2 平尾设计	235
7.3 小结	243
第 8 章 整流罩三维外形设计	244
8.1 整流罩形状参数	244
8.2 整流罩设计	245
8.3 小结	263
第 9 章 发动机短舱三维外形设计	264
9.1 发动机选型	264
9.2 短舱设计	264
9.3 短舱三维外形绘制	267
9.4 小结	277
第 10 章 飞机三维外形装配	278
附录 CATIA 软件常用命令列表	282
附录 A 通用命令	282
附录 B 零件设计模块常用命令	282
附录 C 曲线曲面设计模块常用命令	284
附录 D 装配设计模块常用命令	286
参考文献	288

第 1 章 飞机辅助设计软件简介

当前主要的三维设计软件有法国 Dassault Systèmes 公司的 CATIA 和 SolidWorks、德国 Siemens 公司的 NX(原名 UG)和 SolidEdge、美国 PTC 公司的 Creo(原名 Pro/E)和美国 Autodesk 公司的 Inventor 等。在航空领域, CATIA 软件已在飞机辅助设计软件中占有非常重要的地位。本章主要介绍 CATIA 软件。

1.1 CATIA 软件概况

CATIA 软件全称 Computer Aided Tri - dimensional Interactive Application,是由法国达索系统(Dassault Systèmes)公司开发的用于计算机辅助设计(Computer - Aided Design, CAD)、计算机辅助制造(Computer - Aided Manufacturing, CAM)、计算机辅助工程(Computer - Aided Engineering, CAE)和产品生命周期管理(Product Lifecycle Management, PLM)等的一体化软件,它涵盖了产品开发的全过程,提供了完善无缝的集成环境。

CATIA 软件的第一个版本是 1977 年由法国马塞尔·达索飞机制造公司(Avions Marcel Dassault, 1990 年改名为达索飞机制造公司(Dassault Aviation))开发并辅助用来进行“幻影”战斗机的设计工作。1981 年达索飞机制造公司成立达索系统附属公司,并与美国国际商业机器(International Business Machines, IBM)公司签署了合作协议,IBM 公司在计算机的软件工具包中包含 CATIA 作为三维辅助设计软件,与当时非常有名的二维辅助设计软件 CADAM(美国洛克希德(Lockheed)公司开发,1992 年被达索系统公司收购)一起捆绑销售。1984 年美国波音(Boeing)公司使用 CATIA V3 作为主要的三维计算机辅助设计工具。1996 年, CATIA 软件从 IBM 的 AIX 操作系统平台扩展移植到 IRIX, SunOS 和 HP - UX 等操作系统。1998 年发布 CATIA V5 版本, CATIA 软件能够在 UNIX 和 Windows 系统上运行。

CATIA 软件在航空航天领域的应用非常广泛,美国波音公司、欧洲空中客车公司(Airbus)、英国航空航天公司(BAE)、法国赛峰集团(Safran)、加拿大庞巴迪公司(Bombardier)、巴西航空工业公司(Embraer)、美国沃特飞机工业公司(Vought)、意大利奥古斯塔威斯特兰(AgustaWestland)直升机公司、美国贝尔直升机公司(Bell)和中国中航工业集团公司等研发的飞机相关产品的设计均使用了 CATIA 软件。

CATIA 软件源于航空航天工业,是业界无可争辩的“领袖”。波音公司使用 CATIA 软件研发了波音 777 系列飞机和波音 787 系列飞机,欧洲战机公司(英、德、意和西班牙 4 国合作)的台风(Typhoon)战斗机、达索公司的阵风(Rafale)战斗机、庞巴迪公司的环球快车(Global Express)公务机、贝尔公司的 V - 22 鱼鹰(Osprey)倾转旋翼机和印度的 LCA 轻型作战飞机等,也使用了 CATIA 软件作为计算机辅助设计工具,中国研制的 JH - 7A 飞机是世界上使用

CATIA V5 平台研制成功的第一款飞机。

CATIA 软件除了在航空航天领域的应用外,在汽车、造船、通用机械、家电和建筑等行业的应用也在不断地增强。一些国际著名公司(如宝马、保时捷、迈凯伦和克莱斯勒等汽车制造公司)都将 CATIA 软件作为他们的主流软件。国内一汽集团、二汽集团和上海大众集团等 10 多家汽车生产企业也都选用 CATIA 软件作为新车型的开发平台。

1.2 CATIA 软件主要功能

1.2.1 机械设计解决方案(Mechanical Design)

机械设计解决方案提供了从概念设计阶段到详细设计阶段涉及的零件设计、钣金设计、框架结构设计、装配设计、模具设计、工艺设计、焊接设计和工程制图等 18 个模块。用于辅助产品设计过程,加快开发流程。下面针对概念设计常用的模块功能进行简单介绍。

1.2.1.1 零件设计(Part Design, PDG)

零件设计模块为三维机械零件设计提供了众多功能,可以满足从简单零件到复杂零件设计的各种需求。零件设计主要采用基于草图(Sketch)和特征(Feature)的方法进行设计,通过特征树(Specifications)实现特征的管理,此外还可以使用实体间布尔操作来实现复杂零件设计。

对具有复杂曲面外形的零件,可以先通过曲面设计模块建立控制曲面,再生成需要的零件外形。零件设计模块和曲面设计模块可以同时使用进行混合建模。

零件设计过程可以通过参数化实现对零件关键参数的控制,方便后期进行修改。通过知识工程模块可以建立更加复杂的公式、规则和检查等实现对复杂零件的参数控制。

设计的零件模型可以通过装配设计模块嵌入到装配环境中,与其他零件一起构成装配体。可以在可控制关联性的装配环境下进行草图设计和零件设计,在局部三维参数化环境下添加设计约束。

CATIA 软件保存零件模型的文件格式为 CATPart 格式,此外还可输出 STP 格式的数据文件。

1.2.1.2 装配设计(Assembly Design, ASD)

装配设计模块可以使用自顶向下(Top-down)或自底向上(Bottom-up)的方式进行产品的定义和管理,与零件设计模块一起实现了装配设计和单个零件设计之间的协同。

装配设计模块通过特征树管理产品的逻辑组成关系,通过零件间的机械约束实现装配关系的定义。设计人员可以移动产品的任何组成单元的空间位置,以方便检查零件间的装配关系,也可以通过爆炸图查看产品的装配逻辑关系。分析功能可检查产品所有组成单元间的空间位置是否发生干涉,或者间隙是否超过了限制范围。

如果产品中包含多个相同的零件或组件,那么通过复制或阵列实例的方式可以快速地重复应用需要的零件或组件。例如,仅需要一个螺栓零件模型即可通过复制实例方式实现产品中所有需要此规格螺栓零件进行的装配,当后期需要修改螺栓规格时,只需要修改螺栓零件模型的数据即可实现所有实例的更新。

设计人员也可以在装配环境下对产品进行设计修改,比如打孔和分割等操作。通过产品

清单表(Bill of Material, BOM)可得到所有组成零部件的相关信息。装配模块可以为工程绘图模块、电子样机分析模块和结构分析模块等提供基础模型。

CATIA 软件保存产品装配模型的文件格式为 CATProduct 格式,此外还可输出 STP 格式的数据文件。

1.2.1.3 工程绘图(Drafting, GDR/IDR)

工程绘图模块分为创成式工程绘图(Generative Drafting, GDR)和交互式工程绘图(Interactive Drafting, IDR)两种方式。

创成式工程绘图方式可以利用零件模型或产品装配模型生成相关联的工程图,可以非常方便地实现绘制多视图的工作,并且可以自动生成尺寸标注。设计人员可以建立与零件材料规格说明相关联的剖面线,可以进行基于标准的附加信息和注释等后处理。采用创成式工程绘图方式可使设计人员并行地进行产品设计和工程绘图工作。

交互式工程绘图方式类似于传统的产品设计工程绘图过程, CATIA 软件集成了多种创建点、直线和曲线的功能,可实现任意复杂的二维图形的绘制。集成化的二维交互作图功能与高效的补充注释功能从两方面进一步丰富了创成式工程绘图功能,它为用户提供了更加容易和流畅的从二维设计过渡到三维设计方式的转变过程。

CATIA 软件保存工程绘图的文件格式为 CATDrawing 格式,此外还可输出 DXF 和 DWG 格式的数据文件。

1.2.1.4 线架和曲面设计(Wireframe and Surface, WSF)

线架和曲面设计模块主要用于在零件设计的初始阶段,生成曲线和曲面类结构元素,作为复杂零件外形设计的控制或补充。曲线和曲面类结构元素的构造方法与零件设计模块的使用方式类似,可基于特征建立任意复杂的曲面外形,可使用曲率分析方法检查曲面的质量。

通过与零件设计模块混合调用,可快速实现曲面模型和实体模型之间的转换。可以通过参数化实现对曲线、曲面类结构元素关键参数的控制,方便后期进行修改。通过公式、设计表和法则等可以快速方便地修改设计方案。

线架和曲面设计模块包含了曲面设计涉及的最常用的基本命令,包含了其他外形设计与风格造型所需的基本功能。曲面模型与实体模型可同时保存到 CATPart 格式文件中,也可将曲面模型输出为 IGS 标准曲面格式,与其他软件进行数据交换。

1.2.1.5 钣金件设计(Sheetmetal Design, SMD)

钣金件设计模块使用基于模型特征的技术方法专门进行钣金零件设计,包括许多标准的设计特征,如加强筋、压印和扫掠特征等。允许设计人员在钣金零件的非展开表示和展开表示之间实现并行工程。SMD 可以直接从草图或已有实体模型开始,也可以与之前和之后的 CATIA 其他应用模块(如零件设计、装配设计和工程绘图生成模块等)结合使用,因此加强了设计的上游和下游之间的信息交流与共享。

1.2.1.6 凹凸模设计(Core and Cavity Design, CCV)

凹凸模设计模块使设计人员能够快速和经济地设计模具加工和生产中所使用的凹模和凸模。CCV 可进行模具凹凸模的关联性定义,评估零件的可成型性、加工可行性和凹凸模模板的详细设计。它的技术标准(是否可用模具成型)可以决定零件是否可以被加工,允许设计人员在凹凸模曲面上填补技术孔、识别分模线和生成分模曲面。

1.2.2 外形设计与风格造型解决方案(Shape Design & Styling)

CATIA V5 提供了一系列强大易用的工具用于创建、修改各类曲面产品,从结构曲面到自由曲面。机械设计、曲面设计以及造型设计均可使用这些功能生成高质量的曲面外形,涉及创成式外形设计、自由曲面设计和逆向工程等模块。

1.2.2.1 创成式外形设计(Generative Shape Design,GSD)

创成式外形设计模块在线架和曲面设计模块功能基础上,集成了一些高级曲面操作功能,能够比较高效地实现曲面设计。本模块可快速地设计更为复杂的曲面外形,能够进行二维平面与三维曲面之间的特征映射。与线架和曲面设计模块相同,本模块能够同零件设计模块进行混合设计。

创成式外形设计模块提供了一套广泛的工具集,以建立并修改用于复杂外形和混合造型设计中的曲面。可根据基础线架与多个曲面特征组合,设计复杂的满足要求的曲面外形。它基于特征的设计方法,提供了高效、直观的设计环境,包括的智能化工具和法则(law)功能,允许用户对设计方法和技术规范进行捕捉和重用。

1.2.2.2 自由曲面设计(Freestyle Shape,FSS)

自由曲面设计模块提供了大量基于曲面的实用工具,允许设计人员快速生成具有特定风格的外形及曲面。交互式外形修形功能可使设计人员更为方便地修改、光顺和修剪曲线和曲面。模块包含多种曲线曲面诊断工具,可以实时检查曲线曲面的质量。模块支持 NURBS 和 Bezier 曲面的数学表达,因而设计人员可直接地处理修剪后的曲面,同时保持与基础曲面外形的关联性,可高效地实现从二维平面曲线构型到三维曲面外形模型的生成过程。

1.2.2.3 数字化外形编辑(Digitized Shape Editor,DSE)

数字化外形编辑模块可以方便快捷地导入多种格式的点云文件,包括 Ascii,Atos,Cgo,iges 和 stl 等十余种格式,还提供了数字化数据的输入、整理、组合、坏点剔除、截面生成、特征线提取和实时外形质量分析等功能,对点云进行预处理后,可使用快速曲面重建模块(Quick Surface Reconstruction,QSR)生成曲面。

1.2.2.4 实时渲染(Real Time Rendering,RT1)

实时渲染模块可以让设计师对其设计应用色彩渲染效果和材料规格进行说明。用户可以通过手工绘制,直接修改已输入的数字化图像或在系统提供的库中选择进行纹理生成。可以管理材料库和零件应用之间的关联。

1.2.3 产品综合解决方案(Product Synthesis)

产品综合解决方案提供了完整的设计协同检查等手段,提供了最先进的高级电子样机检查及仿真功能,知识工程产品能帮助设计人员获取并重复使用已有的设计经验,以优化整个产品生命周期。

1.2.3.1 电子样机漫游设计(DMU Navigator,DMN)

DMN 使设计人员可以通过最优化的观察、漫游和交流功能实现高级协同的 DMU 检查、打包和预装配等。提供的大量工具(如添加注释、超级链接、制作动画、发布及网络会议功能)使得所有涉及 DMU 检查的团队成員可以很容易地进行协同工作。高效的三维漫游功能保证了在整个团队中进行管理和选择 DMU 的能力。DMN 指令自动执行和用可视化文件快速加

载数据的功能大大提高了设计效率。批处理模式的运用进一步改善了存储管理。借助与其他 DMU 产品的本质集成,使完整的电子样机审核及仿真成为可能,满足设计人员处理任何规模电子样机(如轿车和飞机等大型装配体)的需求。

1.2.3.2 电子样机空间分析设计(DMU Space Analysis, SPA)

SPA 使用先进的干涉检查与分析工具、高级的断面分析工具、测量工具、距离分析工具和三维几何对比工具等进行最佳的 DMU 校验。SPA 以交互式或以批处理方式进行碰撞、间隙及接触等干涉检查计算,并得到更为复杂和详尽的分析结果。距离分析和三维几何模型对比工具能够分析比较三维几何模型并将结果进行可视化显示。运用剖面观察器,设计人员可以对计算结果进行剖视,并在剖面上进行测量以便更进一步地了解并评估被比较对象之间的差异。SPA 通过与 CATIA 目标管理器(COM)的集成,还能够进行质量和惯性等物理性质的测量及计算。SPA 先进的校验功能,保证其能够处理电子样机审核及产品总成过程中经常遇到的问题,能够对产品的整个生命周期(从设计到维护)进行考察。

1.2.3.3 电子样机运动机构模拟设计(DMU Kinematics Simulator, KIN)

KIN 通过调用大量已有的多个种类的运动副或者通过自动转换机械装配约束条件而产生的运动副,对任何规模的电子样机进行运动机构定义。通过运动干涉检验和校核最小间隙来进行机构运动分析。KIN 可以生成运动零件的轨迹、扫掠体和包络体以指导未来的设计。它还可以通过与其他 DMU 产品的集成做更多复杂组合的运动仿真分析,能够满足从机械设计到功能评估的各类工程设计人员的需要。

1.2.3.4 电子样机装配模拟设计(DMU Fitting Simulator, FIT)

FIT 用来定义、模拟和分析装配过程和拆卸过程,通过模拟维护修理过程的可行性(安装/拆卸)来校验原始设计的合理性。FIT 可以产生拆卸预留空间等信息以便于将来的设计修改,还可以帮助标识和确定装配件的拆卸路径。FIT 所提供的模拟和分析工具可以满足产品设计、再生利用、服务和维护等各部门的具体要求,直观显示、仿真和动画制作等功能为销售、市场和培训等部门提供了有益的帮助。

1.2.3.5 电子样机优化设计(DMU Optimizer, DMO)

DMO 能够生成零件或装配件的几何描述替代体,以减少模型数据量,或更好地满足特定应用的特殊要求。通过只保留外部描述的方式,生成数据量少而表达精确的零件或装配件。在与供应商交流时仅提供零件简单的外形信息,保护商业技术机密。零件外形信息还可以转换成体积信息来做 DMU 仿真分析。通过运动包络体或计算剩余空间大小的方法可以很方便地得到下一步设计的可用空间。对这样生成的模型很容易进行管理,设计人员可以保存,并在对 DMU 进行检查和分析时重新调用。

1.2.3.6 人体模型构造(Human Builder, HBR)

HBR 在虚拟环境中建立和管理标准的数字化“虚拟”人体模型,以在产品生命周期的早期进行人机工程的交互式分析。HBR 提供的工具包括人体模型生成、性别和身高百分比定义、人机工程学产品生成、人机工程学控制技术、动作生成及高级视觉仿真等。HBR 与 HAA(人体行为分析)、HME(人体模型测量编辑)及 HPA(人体姿态分析)结合起来可以生成更高级的人体模型,得到更详尽的分析结果,使设计更符合人机工程学对舒适性、功能性及安全性的要求。这些产品的结合可以为设计人员提供人机工程设计详细的解决方案。

1.2.3.7 人体行为分析(Human Activity Analysis, HAA)

作为 HBR 的辅助模块, HAA 可以对处于虚拟环境中的人机互动进行特定的分析。HAA 的优点在于能够精确地预测人的行为。它提供了多种高效的人体工程学分析工具和方

法, 可以全面分析人机互动过程中的全部因素。

1.2.3.8 人体模型测量编辑(Human Measurements Editor, HME)

HME 允许设计人员通过大量的先进人体测量学工具生成高级的用户自定义的人体模型。该模型根据指定的目标人群, 可以用于评价设计与其目标的吻合程度。HME 能够满足专业人机工程分析师和技术支持维护工程师等不同设计人员的需要。

1.2.3.9 人体姿态分析(Human Posture Analysis, HPA)

HPA 可以定性和定量地分析人机工程学上的各种姿态。人的整个身体及各种姿态可以从各个方面被全面系统地反复检验和分析, 以评定操作的舒适性, 并可以与已公布的舒适性数据库中的数据进行比较, 来检查、记录和重放人体全身或局部的姿势, 确定相关人体的舒适度和可操作性。界面友好的对话框提供了人体模型各个部位的姿势信息, 颜色编码技术可以通过使用不同的颜色标记, 快速发现有问题的区域, 重新做出分析, 并进行姿态优化。HPA 允许设计人员根据自己的实际应用, 建立起自己的舒适度数据库, 来满足不同的需要。

1.2.3.10 知识工程顾问(Knowledge Advisor, KWA)

KWA 可以将隐式的设计转化为嵌入整个设计过程的显式知识。用户通过定义特征、公式、规则和检查(例如产品的尺寸、重量和制造成本等), 可以在早期的设计阶段就考虑到各种因素的影响。

1.2.4 分析与仿真解决方案(Analysis & Simulation)

分析与仿真解决方案提供了零件及其装配体的应力、屈曲和频率响应等有限元仿真分析功能。可根据已有的实体模型或曲面模型进行网格划分, 并且可以输出网格数据供其他分析软件使用。

1.2.4.1 创成式零件结构分析(Generative Part Structural Analysis, GPS)

本模块拥有先进的前处理、求解和后处理的能力, 为产品设计人员和分析工程师提供了一种简便的应用和分析环境, 允许设计者对零件进行快速的、准确的应力分析和变形分析。GPS 所具有的明晰的、自动的模拟和分析功能, 使得在设计初级阶段, 就可以对零部件进行反复多次的设计和分析计算, 从而达到改进和加强零件性能的目的。作为分析运算的核心模块, GPS 集成了一系列的、更高级的、可定制的、专业级的分析求解工具, 可以使设计人员很好地完成机械零件性能评估中所要求的应力分析、振动分析和接触分析。实体部件、曲面部件和线框结构部件等都可以在 GPS 中实现结构分析。在一个非常直观的环境中, 用户可以对零件进行自动的应力分析(包括接触应力分析)和模态频率分析。GPS 自适应技术支持应力计算时的局部细化, 对于计算结果也提供了先进的分析功能, 例如实时动态剖面。

创成式零件结构分析可以带给用户对设计进行有限元分析预校验的能力。通过专为设计人员提供的简单易学的界面, 设计者可以容易理解分析计算结果, 进行初级的机械及振动分析。借助颜色编码的图形功能, 可以直观地显示变形、位移和应力。该产品还可以根据实际零件的工作状况对分析零件添加约束条件。

1.2.4.2 创成式装配件结构分析(Generative Assembly Structural Analysis,GAS)

本模块继承了GPS核心模块提供的所有功能,允许设计人员直接对装配进行定义,可以直接调用通过ASD模块定义的装配连接来进行分析。GAS自动地完成以下过程:对每个零件自动划分网格,然后将不能匹配的网格通过独特的组合机制自动连接。可以实现对各种类型装配件结构的应力分析和振动分析,而且通过在多部件之间建立起来的良好的连接关系,使得在整个的分析过程中,模型中各个特定的装配关系可以得到完美的体现。

1.2.4.3 Elfini 结构分析(Elfini Structural Analysis,EST)

本模块提供了可以满足分析专家需求的高级分析选项。EST继承了GPS的所有功能。同时,它进一步给出了更多的分析类型和补充选项,扩展了GPS功能,以便进行更为高级的前、后处理和分析解算。EST通过与GAS结合使用,既能够对零件进行结构分析,也可以对装配件进行结构分析。作为一个集成化的模块,EST结合CATIA V5其他设计模块,提供了完全相关的分析规范,设计上的变化会直接反映到分析结果的变化,因此可以快速完成高质量的设计。

1.2.4.4 变形装配件公差分析(Tolerance Analysis of Deformable Assembly,TAA)

本模块提供了一套基于单个零件公差,运用变形与装配分析,对钣金件进行装配公差分析预测的工具,能够预测钣金零件焊接体(螺钉连接或铰接)的公差一致性,分析预测过程中会充分考虑装配中的产品、流程和资源等因素。TAA可以直接应用到设计阶段,帮助设计者确定或验证装配流程(例如装配次序或焊接/铆接次序等)、相应的装配公差、钣金结构件的几何外形与各种属性值(例如厚度和材料等)。同样可以应用到生产制造阶段,用来发现一些需要纠正的流程错误,而且可以结合灵敏度分析来组织加工过程(例如增加一些新的定位装置和修改焊接次序)。TAA与CATIA V5其他分析环境相集成,使设计人员不仅能够分析单个零部件的影响,而且能够考虑整个装配过程中发生的变形,从而为零件优化设计和装配工艺优化提供反馈,使产品进行全面质量改进成为可能。

1.2.5 设备与系统工程解决方案(Equipment & Systems Engineering)

在产品设计中集成并交换电气产品的设计信息。提供各种系统设备的建置、管路和电线的配置以及电子零件配置等功能。

1.2.5.1 系统空间预留设计(Systems Space Reservation,SSR)

本模块可以优化电气系统的布线和布局,提供了一种高效低成本的方法,用于为管线和电缆设计预留空间,以及进行审查和验证。SSR定义包括组件和通道的空间预留网络,并隔离这些空间预留网络。整个过程可以通过简单直观的用户界面来完成,能把传统的二维布置图和三维设计建模功能结合起来。还可自定义曲面连接通道,通道可随时在自由空间动态生成。这一强大的功能使设计人员可以在通道的任意不同界面形状之间转换,例如从圆形截面到矩形截面。作为集成的可扩展的模块,SSR保证了从概念设计的空间预定到基本设计的布线及设备放置之间的无缝连接。

1.2.5.2 系统布线设计(Systems Routing,SRT)

本模块可以在概念设计早期就根据所有要求来优化布线设计,可以优化管道系统、传输系统、风管系统、电缆系统及排水管道系统等各种专业系统的布局,使系统规划人员可以为最终的功能以及详细布置预留必要的合适的空间。SRT允许完全地定义一个零件或一个布线设

计,然后将其演化为真实的几何体或零件。这种“演化”能力使设计人员能够自由以自己的进度进行系统布局的详细设计,并能最大程度地利用前人已有的设计成果。SRT 可以从概念设计到厂房维护阶段对系统组成进行强有力且灵活有效的管理,也可以从概念设计到详细设计阶段不断地迭代其布局定义,以优化产品。

1.2.5.3 管线设计(Tubing Design, TUB)

本模块主要进行管线及管线系统的物理形状设计和管理。特点是二维原理图三维设计相集成,通过把功能原理图的信息(如数据和设计意图)自动传递到三维详细设计,可以优化设计流程。两个设计阶段的集成确保了在详细设计阶段能够捕捉设计意图。原理图驱动的设计方式可以在三维设计时自动调用管线和零件,从而动态地保持了原理图与三维设计的一致性。设计人员可以加注释并验证模型、查询数据和生成相应的报告。TUB 提供有丰富的功能用于快速查询设计信息,并产生相关报告信息。通过与 PDM 集成,可提高企业的生产效率,缩短产品开发周期。

1.2.5.4 管路设计(CATIA Piping Design, PIP)

本模块提供完整的工具用于创建、修改和分析管路设计,并进行建档和管理。该工具主要用于创建能捕获所有适当设计信息和意图的智能化管路布置,自动放置弯管、弯头、三通和减压阀等标准部件,这种智能化的管路设计功能可使设计人员更高效地实现设计过程并对设计内容进行验证。PIP 功能驱动的设计可确保设计意图在任何修改中得到贯彻,与设计规则引擎的集成可实现设计过程的自动化,并可确保企业的标准在整个设计过程中得到很好的贯彻。

1.2.5.5 电气导线布线设计(Electrical Wire Routing, EWR)

本模块根据电气信号的功能定义,在数字化样机中进行电缆布局的定义和管理,专门用于电气系统的物理形状设计,允许设计人员在虚拟环境下解决复杂布线问题,同时使链接物理电气系统与其功能性定义成为可能。针对电缆布线的广泛性,EWR 提供了线束的三维设计功能,设计人员可以在虚拟环境,特别是在虚拟维护操作过程中随意提取物理电缆的功能性用途。

1.2.5.6 电气线束安装设计(Electrical Harness Installation, EHI)

本模块是一个专门用于在三维虚拟环境下进行电气装置物理形状设计的产品,自然地,电气设计从机械设计环境开始,然后二者完全集成。在三维环境和电气装置之间可以很方便地进行关联,也可以很方便地修改。EHI 提供了一系列带有几何及电气属性的标准件,可以在机械装配中进行线束设计,因此可以得到完整的包含电气系统的三维电子样机。由于与机械装配的集成,电气线束可以连接在电气设备上,也可以连接在机械部件上。设计人员可以充分享受电气设计与机械装配完全集成带来的益处。

1.2.5.7 电气线束展平设计(Electrical Harness Flattening, EHF)

本模块可以将 EHI 创建的三维线束展平,并产生相关的二维工程图,以进行检查和归档。EHF 提供了一整套工具来根据位置处理线束的不同线段以得到多种解决方案,允许设计人员根据线段的刚性情况来决定是展开,还是继续保留原始弯曲形状。而 EHI 所定义的三维机械约束关系仍然保留,因此该线段的弯曲半径和长度仍是被约束的。

1.2.6 加工解决方案(Machining & Simulation)

本模块提供面向车间的加工解决方案。包含从两轴到五轴的加工编程的能力,并且支持

快速原型功能通过对数控机床的实体建模、组装和整机模拟,实现数控加工过程的仿真。

1.2.6.1 高级加工设计(Advanced Machining,AMG)

本模块可在单一平台下很方便地进行 NC 编程,在加工那些复杂的三维零件(例如:轿车引擎盖和飞机翼肋等)时,可以提供的加工操作涵盖了铣削加工中包括固定轴加工在内的从 2 轴半到 5 轴的所有加工流程。CATIA V5 系列数控加工设计模块已经为设计人员提供了一整套加工编程方法。除此以外,AMG 还引入了多轴侧刃轮廓加工方法和高级的多轴加工方法。

1.2.6.2 车削加工设计(Lathe Machining,LMG)

本模块用来方便地定义 3D 轴类(旋转类)零件在立式或卧式车床上进行 2 轴车削和点位加工的 NC 程序,提供了高级的自动化和知识重用功能。特别针对所有类型的轴类零件,可满足机加工行业和装配行业,以及需要进行车削加工的所有行业的需求。对于 CAM 加工中心,LMG 特别偏重于产品的易用性和高水平的加工能力,因此可以作为车间一级的独立产品使用。

1.2.6.3 多轴曲面加工设计(Multi - Axis Surface Machining,MMG)

本模块能够在多轴模式下方便地定义加工三维零件复杂曲线曲面的 NC 程序。MMG 采用多轴曲面加工操作,配置包括倾斜轴线在内的各种不同的刀具轴线机制,可以选择多种刀轴策略,包括刀轴的动态倾斜以防止碰撞,快速生成刀具轨迹,并可将刀具轨迹生成、仿真(材料切除)和编辑紧密地联系在一起。MMG 特别适合于曲面外形的电子样机及模具加工仿真,以 5 轴联动的加工提供高质量的曲面。另外,MMG 也能满足原型加工、5 轴切削及特种切削的要求。5 轴加工能够保证加工的快速和精确。MMG 的易学易用及强大的加工能力使它既可以作为一个单独产品在 CAM 加工中心的某一车间使用,也非常适合于整个 CAM 加工中心。

1.2.6.4 2 轴半曲面加工设计(Prismatic Machining,PMG)

本模块采用 2 轴半铣及钻孔加工技术,简单方便地定义和管理 3D 零件 2 轴半铣切和点位加工的 NC 程序,提供了高级的加工知识重用的功能,支持高速切削技术。刀具可以直接调用外部刀具库。PMG 特别针对工装和平面类零件(棱柱件),简单易用和广泛适用性的加工能力使其特别适用于车间一级的 CAM 加工中心。

1.2.6.5 3 轴曲面加工设计(3 Axis Surface Machining,SMG)

本模块用来定义和管理 3 轴 NC 程序,专门针对于 3 轴加工技术,面向三维几何体。可以很容易地定义 3 轴铣切加工和钻孔操作,可以生成、仿真(材料切削)和分析刀具轨迹。基于图形对话框的直观的用户界面可以快速地进行刀具轨迹定义。实时周期更新技术(Instant Cycle Update Technology)可以快速更新刀具轨迹。高速铣削技术支持所有的操作,刀具可很容易地在刀具库中创建和存储。通过一个集成的后处理器,SMG 可以生成包括从刀具轨迹定义到 NC 代码生成的整个加工过程。车间加工文档可以生成为 HTML 格式文件,与其他 CATIA V5 设计模块紧密相关,它能够有效地进行设计修改和管理。SMG 特别适用于工、模具加工等方面的需求;同时也适用于其他曲面加工流程,如原型加工等;还可以独立运用于以 CAM 为中心的加工车间,非常适合于要求高质量和短周期的大型制造企业。

1.2.7 工厂设计解决方案(Plant)

厂房布置设计(Plant Layout,PLO)可以优化企业的生产设备布置和厂房布置,从而优化

生产过程、生产效率和产品输出。PLO 擅长于工厂设施的空间组成设计,主要用于处理“空间利用”和厂房内设备的布置问题,可实现快速的厂房布置和厂房布置的后续工作,方便快捷地生成总体布局,同时也便于下游设计的修改与完善。它也提供由传统的二维布局图到三维布局图的转换功能。它的智能性可以帮助厂房设计者与系统布置设计组在设备还未安装或还未运送至厂房之前便可确定有关厂房的布置安排,发现并解决生产流程问题。不仅可使设计人员迅速地完成任务,还可显著提高设计质量。利用 CATIA V5 集成的设计环境,企业可拥有一个完全满足自身对制造环境所有需求的最佳解决方案。

1.3 CATIA 软件基本文件类型

CATIA 文档主要分为 8 类,其后缀扩展名分别为. CATPart,. CATProduct,. CATDrawing,. CGR,. CATProcess,. CATAnalysis,. Catalog 和. CATSystem。

1.3.1 基本模型文件

基本模型文件的后缀扩展名为. CATPart,用于建立零件模型和理论外形模型(可以包含实体结构、曲面结构和其他知识工程信息),也可用于工程分析和工艺文件的生成。

1.3.2 装配模型文件

装配模型文件的后缀扩展名为. CATProduct,用于通过基本模型文件生成组部件模型。装配模型文件中还可以包含其他装配模型文件。利用装配模型文件可进行空间、运动分析或生成各种工艺文件。

1.3.3 简化模型文件

简化模型文件的后缀扩展名为. CGR,用于简化基本模型文件与装配模型文件,加快模型的调用速度,以便于数字样机(DMU)的生成。

1.3.4 二维图样文件

二维图样文件的后缀名为. CATDrawing,用于生成和存贮 CATIA 的二维工程图样。

1.3.5 工艺文件

工艺文件的后缀名为. CATProcess,用于存贮 CAM 的加工工艺过程,可以包含产品/流程/资源(PPR)结构,即 Product(产品或模型,可以是单独的 CATPart,也可以是 CATPart 组成的 CATProduct)、Process(如数控加工工艺等)和 Resource(加工中用到的企业资源,如刀具、机床等)。

1.3.6 强度分析文件

强度分析文件的后缀扩展名为. CATAnalysis,用于存贮 CATIA 工程分析模拟的文档。