

“十二五”国家重点图书出版规划项目

AVIATION MANUFACTURING ENGINEERING HANDBOOK

航空制造工程手册

(第2版)

数字化制造

《航空制造工程手册》总编委会 主编

航空工业出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

航空制造工程手册

(第2版)

数字化制造

《航空制造工程手册》总编委会 主编

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本手册共分为 11 章。主要内容有基于模型定义 (MBD) 技术及应用, 产品数据管理与协同制造, 数字化工艺设计, 数字化制造技术, 数字化检测, 数字化试验与试飞, 数字化制造组织管理。本手册重点介绍了现代飞机设计制造技术, 纳入了新工艺、新技术、新工具、新方法, 并对数字化定义、产品数据管理、数字化设计、数字化制造技术在现代飞机设计、制造中的应用情况及发展方向进行了介绍。

本手册供从事飞机数字化制造相关工作人员对数字化技术基本知识、业务过程等内容的普及, 有较高的参考和学习价值; 也可作为飞机设计和制造相关专业师生的学习参考书。

图书在版编目 (C I P) 数据

航空制造工程手册. 数字化制造/《航空制造工程手册》总编委会主编. --2 版. --北京: 航空工业出版社, 2016.9

ISBN 978 - 7 - 5165 - 1087 - 2

I. ①航… II. ①航… III. ①航空工程 - 制造 - 手册
②数字技术 - 应用 - 航空工程 - 制造 - 手册 IV.
①V26 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 208190 号

航空制造工程手册 (第 2 版)

数字化制造

Hangkong Zhizao Gongcheng Shouce (Di 2 Ban)

Shuzihua Zhizao

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010 - 84936597 010 - 84936343

三河市华骏印务包装有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2016 年 9 月第 2 版

2016 年 9 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 39.75

字数: 993 千字

印数: 1—2000

定价: 160.00 元

再版说明

我国航空工业要加速发展，跨入世界先进行列，并在全球市场竞争中赢得有效的市场份额，需要根据市场需求快速更新、快速生产出优质优价、可靠长寿的产品，这需要有先进的航空制造工程系统作为赢得市场竞争的技术基础和保障。发达国家始终以优先发展航空制造工程，提高航空工业基础能力和创新能力作为确保市场竞争优势的既定方针。没有先进的制造工程系统，难以形成核心竞争力，航空制造工程系统已成为市场竞争的重要基础和技术支撑。

1993—1998年出版的、基本覆盖航空制造工程各专业学科、由32个分册组成的《航空制造工程手册》汇集了航空工业40年来所取得的成果，对“九五”、“十五”以及“十一五”期间强化基础、提高能力，加速制造技术和航空工业的发展起到了积极的推动作用。但对于目前世界航空工业高速发展的新形势，新技术、新设备、新材料、新工艺的不断涌现，尤其是我们面临着更繁重的高新工程和新型号研制任务，要使得我国航空工业的生产能力得到长足的发展，有必要对“十一五”以来的航空制造技术进行全面的梳理和总结。

鉴于此，2007年起，在全行业对《航空制造工程手册》各分册相关技术发展、航空新产品对相应制造技术的需求等进行了全方位的调研工作，筛选出急需的分册修订，并视情对各分册分期、分批进行修订工作，以满足“十二五”以及未来航空工业对先进制造技术的需求。

《航空制造工程手册》第2版的修订工作采用以原各分册参编单位为主，同时根据目前航空工业的各类产品的分工，补充擅长该类制造技术的企事业单位作为参编单位。集全行业之力，根据各制造技术的急需程度，组织航空工业全行业的制造工程技术方面的专家，分期、分批逐步完成《航空制造工程手册》第2版的再版工作。

对于《航空制造工程手册》第2版各分册的编写体例，基本保持第1版风

格，具体内容的修订仍坚持求实、求新、求精、求是的基本原则。对于目前制造技术仍然适用的技术内容予以保留；对于已过时或会逐渐淘汰的技术予以删除；对于已基本成熟的新技术给出可实际操作技术数据、工艺；对于有借鉴作用的先进制造技术予以前瞻性描述。并对原版中的疏漏、图表的清晰度进行了修正。

目前，航空工业任务繁重，《航空制造工程手册》第2版的出版必将为航空工业的加速发展给予有力的技术支撑。

**《航空制造工程手册》第2版总编委会
2010年11月**

前 言

《航空制造工程手册·数字化制造》第1版自1995年1月发行以来，深受广大读者的欢迎。经过近20年的时间，先进的数字化技术已经广泛应用于航空制造业的各个方面，而且近几年发展迅速并对各国的先进制造行业产生了深远的影响。但是数字化技术的普及还有待深入、提高，尤其是我国的航空数字化制造技术与欧美一些国家、日本相比还有较大的差距。应当大力开展航空数字化制造技术的研究开发，使数字化制造技术普遍应用于航空制造工业，并不断改进完善传统的制造工业。这是我国制造业发展的大势所趋，国家、企业和从业于制造业的各类人员都应给予高度重视。而飞机制造技术、工艺、材料和设备也在不断地发生变化，基于此，本手册编委会在第1版计算机辅助制造工程的基础上结合现代航空制造技术的发展重点对飞机数字化制造技术进行了补充和完善，为飞机制造人员提供更多、更实用的技术参考。

由于飞机制造技术发展迅速，原有飞机制造工艺方法、工艺技术已不能全面适应新一代航空工业发展的需要，因此《航空制造工程手册·数字化制造》第2版以飞机制造过程为主线对第1版计算机辅助制造工程的内容及结构做了较大调整，更符合现代飞机数字化制造的需要，新的内容更加实用，章节从原来的14章调整为11章。第1章数字化制造概述对数字化制造的技术体系及数字化制造的发展历程进行了介绍，用系统工程的思想描述了制造阶段涉及的技术和业务流程。第2章数字化制造的应用环境从硬件、系统软件及软件工程几个方面进行了介绍。第3章数字化制造标准体系及编码重点对满足现代飞机数字化制造需要的数字化制造标准体系框架，包括数字化基础标准、数字化设计标准、数字化制造标准、数字化检测标准、数字化仿真与试验标准、数字化管理标准、数字化支撑标准、数字化技术标准及数字化制造信息编码体系进行了介绍。第4章基于模型定义(MBD)技术及应用对基于模型的定义技术、基于模型定义的数据组织管理方法、基于模型定义的模型特殊定义要求、基于模型的装配关系定义、基于模型定义技术的应用做了详细介绍。第5章产品数据管理与协同制造从并行协同的数字化研制过程和并行协同的数据管理技术两个方面进行了介绍。第6章数字化工艺设计对主要的新工艺设计技术及方法进

行了介绍，包括工艺布局、协调及容差分配、BOM 构建与管理、工艺模型设计、计算机辅助工艺过程设计、工艺仿真及工装设计。第7章数字化制造技术重点介绍了适应现代飞机的数字化制造技术在机械加工、钣金、复合材料、飞机装配中的应用。第8章数字化检测介绍了数字化几何测量和数字化无损检测新的检测方法。第9章数字化试验与试飞对试验数据及试飞数据管理进行了介绍。第10章数字化制造组织管理对企业资源计划、制造执行系统、供应链管理、客户关系管理、项目管理及制造资源数据库进行了介绍。第11章数字化系统集成描述了集成框架、标准及技术。

《航空制造工程手册·数字化制造》第2版经过航空工业设计制造技术人员的辛勤努力即将出版，但因时间、水平有限，在编写的过程中有些技术可能已经发生了一些变化，在本手册中还来不及更新，文中如有不妥之处，衷心希望同行专家与读者批评指正，为今后的修订提供依据，以求进一步完善和提高。

《航空制造工程手册·数字化制造》第2版分编委会

2014年11月

《数字化制造》分编委会组成名单

主 编 帅朝林

常务副主编 许旭东

副 主 编 (按姓氏笔画排列)

王 滨 文友谊 刘 洪 李本军 余志强 陈 嵩
陈雪梅 胡究明 彭江涛 董 斌

编 委 (按姓氏笔画排列)

王世兵 兰睿欣 刘 娟 杨 扬 杨 健 邹光勇
赵 力 舒奎理

编写人员 (按姓氏笔画排列)

丁苏煜 尹华彬 王丹莉 付 杰 白 雪 刘 敏
刘爱民 孙 炜 成金涛 毕利文 吴兴江 张 越
李光俊 李驻波 李彩林 杨 成 肖菊香 陆静妮
陈向东 陈茂川 陈清良 欧阳森山 郑 权 姜 红
钟 华 唐勇军 唐晓东 徐 龙 徐梦雅 高 朗
盛小银 章 文 阎玉红 黄 晖 蒋 森 谢桂华
褚少彬 漆贯奇 谭书伦 魏 娟

《航空制造工程手册》 总编委会、顾问及办公室组成名单

主 任 何文治

副 主 任 (按姓氏笔画排列)

马业广	王云机	王敬堂	方裕成	刘多朴	朱伯贤
任家耕	李成功	李哲浩	李章由	吴复兴	易志斌
郑作棣	杨彭基	张 彤	张士元	张钟林	周家骐
周砥中	周晓青	金德琨	姚克佩	顾元杰	徐秉铨
徐培麟	郭景山	程宝渠	屠德彰		

常务副主任 马业广

顾 问 (按姓氏笔画排列)

马世英	于 欣	于志耕	于剑辉	王英儒	冯 旭
杨 墉	杨光中	陆颂善	枉云汉	罗时大	荣 科
邴少安	董德馨	程华明	廖宗懋	颜鸣皋	戴世然

委 员 (按姓氏笔画排列)

马业广	王广生	王云机	王国成	王喜力	王敬堂
方学龄	方裕成	刘多朴	刘树桓	刘盛东	刘瑞新
关 桥	朱伯贤	孙国壁	任家耕	严世能	何文治
何恂晋	李成功	李秋娥	李哲浩	李章由	李德澄
杜昌年	沈昌治	陈于乐	陈 进	陈积懋	陈德厚
余承业	杨彭基	吴志恩	吴复兴	张 彤	张 夏
张士元	张幼桢	张灵雨	张纯正	张钟林	张增模
周家骐	周砥中	周晓青	易志斌	郑作棣	林更元

林泽宽	林敦仪	金慧根	金德琨	国 岩	赵仲英
胡四新	胡建国	姜淑芳	姚永义	姚克佩	郝命麒
顾元杰	郭景山	晏海瑞	唐荣锡	唐瑞润	徐秉铨
徐培麟	常荣福	戚道纬	崔连信	屠德彰	程宝渠
熊敦礼	戴 鼎				

常 委 (按姓氏笔画排列)

马业广	王云机	何恂晋	李成功	李哲浩	吴复兴
郑作棣	周家骐	戚道纬	崔连信	屠德彰	戴 鼎

办公室主任 戚道纬

办公室副主任 (按姓氏笔画排列)

刘树桓 姜淑芳 崔连信

办公室成员 (按姓氏笔画排列)

丁立铭	王偌鹏	刘树桓	刘瑞麟	邵 箭	陈 刚
陈振荣	宋占意	张士霖	林 森	段文斌	贺开运
姜淑芳	莫龙生	徐晓风	戚道纬	崔正山	崔连信

序

我国航空工业已走过了四十余年的历程，从飞机的修理、仿制到自行研制，航空制造工程得到很大的发展。在航空高科技产业的大系统中，航空制造工程是重要的组成部分之一。航空工业，就其行业性来讲，属于制造业范畴。航空制造工程的技术状况，是衡量一个国家科学技术发展综合水平的重要标志。航空制造工程的发展水平，对飞机的可靠性和使用寿命的提高、综合技术性能的改善、研制和生产成本的降低、甚至总体设计思想能否得到具体实现等均起着决定性作用。

航空制造工程已成为市场竞争的重要基础，要发展航空工业、并有效地占领市场，不仅要不断地更新设计，开发新产品，更重要的是要具备一个现代化的航空制造工程系统。在发达国家中，均优先发展航空制造工程，很多新工艺、新材料、新设备、新技术都是在航空制造工程中领先使用的，因此必须从战略高度予以重视，并采取实际而有效的措施加速它的发展。编写《航空制造工程手册》，就是为实现航空制造工程现代化的战略目标，在制造工程领域进行的基础性工作。

四十年来，我国航空工业积累了大量经验，取得了丰硕的成果，特别是改革开放以来，开阔了视野并有可能汲取更多的新科技信息。但是如何将这些容量浩繁、层次复杂、学科众多的科学技术和经验汇集起来，使之成为我国航空工业、乃至国家的珍贵财富，是一项具有重大实用价值和长远意义的任务，为此航空航天部决定组织全行业的力量，统一计划、统一部署完成这项极其复杂的规模巨大的系统工程。大家本着继往开来的历史责任感和紧迫感，从1989年开始组织航空工业全行业制造工程方面造诣至深的专家、教授、学者，经过几年的努力陆续编写出版了这套基本覆盖航空制造工程各专业各学科的包括三十二个分册、几千万字的《航空制造工程手册》。

编好这套手册是一项十分艰巨的工作。大家始终坚持求实、求新、求精、求是的原则，在确保鲜明航空特色的前提下，在总体内容上强调实用性、综合性、成套性；在表达形式上，以技术数据、图形表格、曲线公式为主；阐述扼要，结论严谨，力求使手册成为一部概念准确、数据可靠、文字简洁、编排合理、查阅方便，能为广大从事航空制造工程的科技人员提供有益指导和参考的工具书。

首次组织编纂大型手册，缺乏经验，还由于过去资料积累基础比较薄弱，新技术发展迅速和深度广度不断增加，使这项工作带有相当程度的探索性，因之错误与不足之处实为难免，恳切希望广大读者给予指正。对在这套手册编写过程中给予支持的单位和付出辛勤劳动，提供资料，参与编写，评审，出版的同志们表示衷心感谢。由于我国航空制造工程与世界水平尚存在较大差距，这套手册出版之后，还有不断求新、完善的必要，《航空制造工程手册》总编委会及其办公室是常设机构，将努力收集新的科技信息及这套工具书使用的情况和意见，为今后的修订提供依据，以求进一步完善和提高。

何文治

1992年8月28日

目 录

第 1 章 数字化制造概述	1	2.3.2.2 中间件平台	28
1.1 数字化制造的概念	1	2.3.2.3 数据处理平台	31
1.2 数字化制造的技术体系	1	2.3.2.4 运维管理平台	37
1.3 数字化制造的发展历程	3	2.3.2.5 安全管理平台	39
第 2 章 数字化制造的应用环境	5	2.3.3 语言	41
2.1 概述	5	2.3.3.1 汇编语言	41
2.1.1 网络环境	6	2.3.3.2 C/C++ 语言	44
2.1.2 硬件环境	7	2.3.3.3 C#/ .Net 语言	55
2.1.3 软件环境	7	2.3.3.4 Java 与 JavaEE	57
2.1.4 信息安全环境	8	2.3.3.5 JavaScript	66
2.1.4.1 数字化制造信息安全 模型	8	2.3.3.6 可编程控制器	68
2.1.4.2 数据及信息安全典型 实施方案	11	2.4 软件工程	69
2.1.5 技术环境	12	2.4.1 软件工程原理与原则	69
2.1.6 协同环境	14	2.4.2 软件需求分析方法	69
2.2 硬件	15	2.4.3 软件设计开发方法	69
2.2.1 计算机类型	15	2.4.4 软件测试	72
2.2.2 外部设备	17	2.4.5 软件维护	72
2.2.2.1 输入设备	17	2.4.6 软件质量保证	73
2.2.2.2 输出设备	18	2.4.7 软件工具	73
2.2.3 存储设备	18	第 3 章 数字化制造标准体系及 编码	75
2.2.3.1 磁存储器	19	3.1 数字化制造标准体系框架	75
2.2.3.2 光存储器	20	3.1.1 需求和建设原则	75
2.2.4 网络与通信设备	20	3.1.2 体系框架主要内容	75
2.2.5 数字化制造设备	23	3.1.2.1 体系框架	76
2.3 系统软件	23	3.1.2.2 数字化基础标准	76
2.3.1 操作系统	23	3.1.2.3 数字化设计标准	77
2.3.1.1 Unix 操作系统	24	3.1.2.4 数字化制造标准	77
2.3.1.2 Linux 操作系统	25	3.1.2.5 数字化检测标准	77
2.3.1.3 Windows 操作系统	26	3.1.2.6 数字化仿真与试验 标准	78
2.3.2 支持软件	27	3.1.2.7 数字化管理标准	78
2.3.2.1 云计算平台	27	3.1.2.8 数字化支撑标准	78

3.1.2.9	信息技术标准	79	4.2.3.3	机加件 MBD 建模的 要求	97
3.2	数字化制造信息编码体系	79	4.2.4	铸件与锻件的 MBD 定义要求	98
3.2.1	信息分类的基本原则和方法	80	4.2.4.1	锻件分类	98
3.2.1.1	分类的基本原则	80	4.2.4.2	锻铸件的 MBD 定义 要求	98
3.2.1.2	分类的基本方法	80	4.2.5	钣金件的 MBD 定义要求	99
3.2.1.3	分类方法的选择	80	4.2.5.1	建模要求	99
3.2.2	信息编码的基本原则和方法	81	4.2.5.2	非标准开口	99
3.2.2.1	编码的基本原则	81	4.2.5.3	变弯曲角度和半径过渡 要求	99
3.2.2.2	信息编码的基本方法	82	4.2.5.4	展开模型	100
3.2.3	信息分类编码体系表	82	4.2.6	标准件类零件的 MBD 定义 要求	100
3.2.4	信息编码系统设计说明书	84	4.2.6.1	标准件的主要具体 要求	100
3.2.5	信息交换的代码保证形式	84	4.2.6.2	零件尺寸	100
3.2.6	信息编码注册	84	4.2.6.3	标准件的属性	101
第4章	基于模型定义技术及应用	85	4.2.7	装配件的 MBD 定义要求	101
4.1	基于模型定义技术概述	85	4.2.8	复材构件的 MBD 定义要求	102
4.1.1	数字化定义技术的发展 历史	85	4.2.8.1	复材构件 MBD 定义的 一般原则	102
4.1.2	MBD 数据集的基本内容 和要求	87	4.2.8.2	复材构件 MBD 定义的 一般要求	103
4.1.3	MBD 数据集的基本内容	88	4.2.8.3	三维模型的要求	103
4.1.3.1	MBD 基本概念定义	89	4.2.8.4	复材构件数字化定义 的组织管理	105
4.1.3.2	数据集标识符	89	4.2.8.5	铺层展开	106
4.1.3.3	MBD 设计模型的基本 要求	89	4.2.9	导管类零件的 MBD 定义 要求	106
4.1.3.4	MBD 设计技术与传统设计 的比较	90	4.2.9.1	导管建模的 MBD 要求	106
4.2	基于模型的定义技术	91	4.2.9.2	导管模型的检查及 协调性要求	107
4.2.1	MBD 数据集的定义内容	91	4.3	基于模型定义的数据组织管理 方法	108
4.2.1.1	MBD 数据的分类及其 关系	92	4.3.1	MBD 数据集工程注释的分类 组织	109
4.2.1.2	MBD 数据集定义完整性 要求	92			
4.2.1.3	数据集的构成	93			
4.2.2	与 CATIA V5 相关的规定	96			
4.2.3	机械加工件的 MBD 建模要求	96			
4.2.3.1	机加件的分类	96			
4.2.3.2	机加件 MBD 定义的一般 原则	97			

4.3.1.1	标准说明	109	4.6.2.3	三维模型轻量化技术 及其应用	137
4.3.1.2	零件注释	110	第5章 产品数据管理与协同制造		141
4.3.1.3	标注说明	111	5.1 并行协同的数字化研制 过程		141
4.3.1.4	标准件	113	5.1.1	飞机研制模式	141
4.3.1.5	材料描述	113	5.1.2	并行协同的组织形式	142
4.3.2	对称件和替代件	114	5.1.2.1	航空产品组织结构	142
4.3.3	MBD 数据集的管理信息 定义	116	5.1.2.2	并行协同研制团队的 组建	143
4.4	基于模型定义的模型特殊 定义要求	117	5.1.3	并行协同的数字化研制模式	144
4.4.1	MBD 数据集中的基准数据	117	5.1.3.1	横向协同研制模式	144
4.4.1.1	外部参考元素	117	5.1.3.2	纵向协同研制模式	144
4.4.1.2	外部参数	118	5.1.4	并行协同的数字化研制过程	147
4.4.1.3	构造几何和其他数据	119	5.1.4.1	飞机研制过程	147
4.4.1.4	发布数据	119	5.1.4.2	数字化研制过程	148
4.4.2	连接孔	119	5.1.4.3	数字化研制过程控制	150
4.4.3	焊接要求	120	5.2 并行协同的数据管理技术		151
4.4.4	关键特性	121	5.2.1	并行协同环境及体系	152
4.4.5	辅助类的特殊定义要求	122	5.2.2	并行协同数据管理技术基础 功能	153
4.4.5.1	MRB 零部件	122	5.2.2.1	并行协同文档管理	153
4.4.5.2	辅助视图文档	123	5.2.2.2	并行协同产品结构 管理	159
4.5	基于模型的装配关系定义	123	5.2.2.3	工装管理	167
4.5.1	连接定义	124	5.2.2.4	并行协同管理协同 功能	168
4.5.1.1	连接定义的基本要求	124	5.2.3	构型管理和基于构型管理的 工程更改技术	169
4.5.1.2	连接定义的主要内容	126	5.2.3.1	构型管理概述	169
4.5.1.3	连接定义的其他要求	128	5.2.3.2	构型管理目标及要求	170
4.5.2	垫片定义	129	5.2.3.3	构型管理工程更改 技术	170
4.5.3	密封定义	130	5.2.4	并行协同的工作流管理技术	174
4.5.4	装配数据集定义的其他要求	131	5.2.4.1	工作流	174
4.6	基于模型定义技术的应用	133	5.2.4.2	工作流管理	174
4.6.1	MBD 技术的应用框架体系	133	5.2.4.3	工作流协同管理	175
4.6.2	MBD 技术在飞机制造过程中 的应用示例	135			
4.6.2.1	装配工艺仿真在生产 现场的应用	135			
4.6.2.2	工装及产品的数字化 测量	136			

5.2.4.4 并行协同工作流程 整合	176	6.4.5 复材工艺模型设计	217
第6章 数字化工艺设计	177	6.5 计算机辅助工艺过程设计	219
6.1 工艺布局	177	6.5.1 概述	219
6.1.1 概述	177	6.5.2 支持三维模型的 CAPP 系统	220
6.1.2 布局原则	180	6.5.2.1 支持三维工艺设计的 必要性	220
6.1.3 工艺布局方法	182	6.5.2.2 支持三维模型的的实现 方式	220
6.1.4 工艺布局评估	186	6.5.2.3 支持三维模型的 CAPP 的 优势	221
6.1.4.1 Delmia/Quest 仿真软件	186	6.5.3 CAPP 系统的功能	221
6.1.4.2 Witness 仿真软件	189	6.5.3.1 零件工艺过程设计	221
6.2 协调及容差分配	191	6.5.3.2 装配工艺过程设计	229
6.2.1 数字化协调技术	191	6.5.3.3 其他工艺文件设计	235
6.2.1.1 工艺装备协调	191	6.5.3.4 统计汇总	239
6.2.1.2 机加零件协调	192	6.5.3.5 CAPP 与 CAD/CAM 的 集成	241
6.2.1.3 钣金零件协调	192	6.5.3.6 CAPP 工艺决策系统	242
6.2.1.4 部件装配协调	192	6.5.4 CAPP 与 PDM 的集成应用	245
6.2.1.5 部件对合协调	193	6.5.4.1 工艺数据的传递	245
6.2.2 基于数字化的容差分配	194	6.5.4.2 工艺文件的电子审签	246
6.2.2.1 概述	194	6.5.4.3 工艺文件的版本和有效性 控制	247
6.2.2.2 基于 eM-TolMate 软件 进行容差分析流程	195	6.5.4.4 工艺文件的更改控制	247
6.3 BOM 构建与管理	198	6.6 工艺仿真	247
6.3.1 BOM 的概念	198	6.6.1 计算机仿真技术概述	247
6.3.2 BOM 分类与构成	199	6.6.1.1 产品数字化仿真分类	249
6.3.3 BOM 重构	200	6.6.1.2 数字化仿真的一般 要求	249
6.3.3.1 PBOM 重构	200	6.6.1.3 工艺过程仿真	251
6.3.3.2 MBOM 构建	200	6.6.2 钣金加工过程仿真	254
6.3.3.3 BOM 重构示例	201	6.6.2.1 仿真目的	254
6.3.4 BOM 的发放与维护管理	203	6.6.2.2 仿真环境	254
6.3.4.1 PBOM 发放与维护管理	203	6.6.2.3 仿真流程	255
6.3.4.2 MBOM 发放与维护管理	203	6.6.2.4 仿真前准备	255
6.4 工艺模型设计	203	6.6.2.5 仿真过程	255
6.4.1 工艺模型概述	203	6.6.2.6 仿真结果评估	256
6.4.2 机加工工艺模型设计	203	6.6.2.7 仿真输出	257
6.4.3 钣金工艺模型设计	206		
6.4.4 装配工艺模型设计	209		
6.4.4.1 装配工艺模型结构	211		
6.4.4.2 装配工艺模型内容	212		

6.6.3 复合材料工艺过程仿真	257	6.8.5 焊接工艺基础数据库	296
6.6.3.1 工艺仿真的目的	257	6.8.6 复合材料工艺基础数据库	298
6.6.3.2 工艺仿真流程	257	6.8.7 装配工艺基础数据库	300
6.6.3.3 仿真前的准备	257	6.8.8 工艺基础数据库集成应用	303
6.6.3.4 模型分析	258	6.8.8.1 与 CAPP 系统接口	303
6.6.3.5 复合材料的仿真过程	258	6.8.8.2 与钣金仿真软件 PAM-STAMP 接口	304
6.6.3.6 仿真结果分析评估	259	6.8.8.3 与钣金仿真软件 ABAQUS 接口	304
6.6.3.7 仿真结果输出	259	6.8.8.4 与复材仿真软件 PAM-FORM 接口	305
6.6.4 装配工艺过程仿真	259	6.8.8.5 与复材仿真软件 PAM-RTM 接口	305
6.6.4.1 装配工艺过程仿真 技术	259	6.8.8.6 与焊接仿真软件 SYSWELD 接口	306
6.6.4.2 装配干涉的仿真	260	6.8.8.7 与 PDM 系统的集成 接口	307
6.6.4.3 装配顺序的仿真	262	6.8.8.8 与 ERP 系统的集成 接口	307
6.6.4.4 人机工程仿真	262	6.8.8.9 与设备管理系统的集成 接口	308
6.6.4.5 工艺布局仿真	263	6.8.8.10 与 CAD/CAM 系统的 集成	308
6.6.5 仿真数据管理	264	6.8.8.11 与企业门户进行用户 集成	309
6.6.6 虚拟现实	267	第 7 章 数字化制造技术	310
6.6.6.1 虚拟现实技术概述	267	7.1 数字化制造在机械加工中的 应用	310
6.6.6.2 虚拟现实的关键技术及 软硬件要求	268	7.1.1 机械加工数字化制造工作 流程	310
6.6.6.3 虚拟现实技术的分类	270	7.1.2 数字化制造中选择机加零件的 原则	318
6.6.6.4 虚拟现实系统中的 数据流	271	7.1.3 机械加工数字化制造设备	319
6.6.6.5 虚拟现实技术的应用	272	7.1.4 数字化制造在铣削加工中的 应用	321
6.7 工装设计	277	7.1.4.1 数字化铣削的适用 范围	321
6.7.1 概述	277	7.1.4.2 数字化铣削的工艺 设计	323
6.7.2 工装设计指令	277		
6.7.3 工装设计要求	278		
6.8 工艺基础数据库	289		
6.8.1 工艺基础数据库概述	289		
6.8.2 工艺基础数据库管理系统	289		
6.8.2.1 数据库智能构建功能	289		
6.8.2.2 工艺基础数据库用户 管理	290		
6.8.2.3 工艺基础数据维护	290		
6.8.2.4 工艺基础数据审签	290		
6.8.3 切削工艺基础数据库	290		
6.8.4 钣金工艺基础数据库	294		