

钣金件数字化制造数据库 工程技术应用案例集

刘闯 著

*B*anjinjian Shuzihua Zhizao Shujuku
Gongcheng Jishu Yingyong Anliji



國防工業出版社

National Defense Industry Press

钣金件数字化制造数据库 工程技术应用案例集

刘 闯 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

发展钣金件数字化制造数据库工程技术的目的在于以工艺数据库为载体实现钣金件的高效、高质量制造。本书首先对钣金件数字化制造数据库工程技术的组成和特征进行了分析,对各项技术成果进行了介绍,对技术推广应用的内涵和方式进行了简要说明,分别对钣金件工艺过程知识库工程技术、整体壁板数字化展开建模工程技术、框肋零件橡胶囊液压成形数字化制造工程技术、型材零件拉弯成形数字化制造工程技术的应用案例进行了详细的说明。

本书主要面对航空制造企业钣金件制造工程技术人员,为航空制造企业钣金件数字化制造技术体系构建和具体的制造数据定义提供解决方案,也可作为飞行器制造工程专业高年级本科生专业知识学习和研究生科研的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

钣金件数字化制造数据库工程技术应用案例集 / 刘
闯著. — 北京:国防工业出版社, 2016.1
ISBN 978-7-118-10172-0

I. ①钣... II. ①刘... III. ①钣金件-计算机辅助
制造-数据库-案例 IV. ①TG38-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 159381 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 11¼ 字数 272 千字

2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 36.00 元

(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

前 言

钣金件是飞机机体的主要结构件,具有品种项数多、所用材料多、工艺方法多等特点。钣金件塑性成形是一个复杂的多变量系统,很难用机理分析或系统辨识的方法获得足够精确的数学模型来对成形过程中材料性能、毛料、模具几何参数、加载方式、作用力、摩擦、润滑等诸因素的作用及相互关系定量求解。目前技术条件下,解决钣金件制造工程问题的有效技术工具是承载标准数据、经验知识、试验数据、生产实例等内容的钣金件数字化制造数据库,数字化制造技术也正在侧重从信息技术应用向信息资源综合利用的纵深方向发展,大规模生产、共享和应用数据的时代正在开启。为适应钣金件制造周期不断缩短和质量不断提高的要求,钣金件制造正在由经验型、反复试错模式向高效、精确制造模式发展。目前,企业普遍引进了先进钣金成形硬件设备,迫切需要建立积累和重用制造知识的有效技术手段。

钣金件数字化制造数据库工程技术是以数据库为核心的现代制造技术,属于先进航空制造技术的代表,是一门综合性很强的技术,主要有基础数据库、典型工艺数据库和模型定义的使能工具软件等,是贯穿工艺性分析、工艺设计、模型定义、工装设计、成形加工全过程的一套技术体系,通过知识库对各种数字量精确定义,对质量和生产效率的提高往往表现出超常规的作用,可以大幅度强化制造基础,显著地提高设计效率、设备利用率和生产效率。针对航空产品钣金件制造中普遍存在的经验依赖、反复试错和手工操作量大等实际问题,钣金件数字化制造数据库工程技术推广应用采用以成果转化为主,辅以咨询服务、技术指导和培训的方式,把钣金件数字化制造数据库工程技术应用于企业钣金件制造,把工艺知识渗透到钣金件制造能力的各个要素中去,构建先进钣金件制造技术体系,强化航空企业钣金件制造的数据管理、重用、定义和应用的技术基础,显著提升钣金件数字化制造技术的能力和综合水平,从而实现钣金件制造的硬实力与软实力的协调发展,满足我国新一代飞机研制和生产对高质量、高可靠性钣金件的需求。

本书对钣金件数字化制造数据库工程技术及在飞机产钣金件制造中的应用案例进行了详细的论述。第1章介绍了钣金件数字化制造技术的开发背景、组成及推广应用方式,第2章详述了钣金件工艺过程知识库及制造指令智能设计工具的应用案例,第3章详述了整体壁板展开建模技术应用案例,第4章详述了框肋零件橡皮囊液压成形数字化制造技术应用案例,第5章详述了型材零件拉弯成形数字化制造技术应用案例。

本书由刘闯主持编写并负责统稿,书中成果是西北工业大学钣金件数字化制造技术研究团队多年来集体智慧的结晶,各具体应用案例的主要参写者如下:整体壁板零件展开建模技术案例由张贤杰、陈辉、刘婷参与编写;钣金件工艺过程知识库及制造指令智能设计工具的应用案例由贺剑、凌铁章、范玉斌、常婷、熊杰参与编写;框肋零件橡皮囊液压成形数字化制造技术应用案例由杨忆湄、谭浩、路骥安、刘婷参与编写;型材零件拉弯成形数

字化制造技术应用案例由雷湘衡、董伟、徐龙参与编写。吴红兵、刘学参与了校对工作。

本书在钣金件数字化制造技术方面的开发和应用工作得到了国防基础科研钣金件数字化制造相关项目、国家 863 项目“复杂零件制造模型定义与优化”(编号:2007AA04Z139)、国家自然科学基金项目“制造工艺知识领域变粒度重用方法研究”(批准号:51005185)、国家自然科学基金项目“制造模型及其状态生衍规律研究”(批准号:51275420)的支持。本书所列出案例的成形加工部分是在中航工业洪都公司、沈阳飞机工业(集团)有限责任公司开展的,得到了企业制造工程部、钣金厂、模线所、工装所、信息工程部等各相关部门的大力支持,在此表示衷心的感谢!

钣金件数字化制造数据库工程技术应用的实践性很强、涉及面广、技术细节较多,由于作者水平和工程经验所限,书中难免存在不足和疏漏,恳请广大读者批评和指正。

作者

2015 年 10 月

目 录

第 1 章 钣金件数字化制造数据库工程技术及推广应用概述	1
1.1 钣金件数字化制造数据库工程技术开发背景	1
1.2 钣金件数字化制造数据库工程技术概述	2
1.2.1 钣金件数字化制造数据库工程技术组成	2
1.2.2 钣金件数字化制造数据库工程技术特征	4
1.3 钣金件数字化制造数据库及应用工具	9
1.3.1 钣金材料性能数据及应用工具	9
1.3.2 钣金工艺基础信息库及应用工具	12
1.3.3 钣金工艺过程知识库及应用工具	16
1.3.4 橡皮囊液压成形工艺知识库及应用工具	19
1.3.5 喷丸成形工艺知识库及应用工具	23
1.3.6 拉弯成形工艺知识库及应用工具	24
1.4 钣金件数字化制造专业使能软件工具集	29
1.4.1 整体壁板展开建模工具	29
1.4.2 框肋零件弯边展开工具	35
1.4.3 框肋零件回弹补偿工具	37
1.4.4 型材零件回弹补偿工具	39
1.5 钣金件制造数据库工程技术推广应用概述	40
1.5.1 推广应用的内涵	40
1.5.2 推广应用的方式	41
第 2 章 钣金件工艺过程知识库工程技术应用案例	42
2.1 钣金件工艺过程知识库工程技术概述	42
2.1.1 技术组成	42
2.1.2 运行流程	43
2.1.3 技术指标	48
2.1.4 应用概述	48
2.2 案例:钣金件工艺过程知识库及智能设计工具与中航工艺过程规划 (CAPP)的集成应用	49
2.2.1 钣金件工艺过程知识精细化与移植	49
2.2.2 钣金件工艺过程知识库及智能设计工具与企业 CAPP 系统的	

集成	54
----------	----

第3章 复杂整体壁板零件展开建模工程技术应用	63
------------------------------	----

3.1 成果及应用概述	63
3.1.1 技术组成	63
3.1.2 运行流程	64
3.1.3 技术指标	67
3.1.4 应用概述	67
3.2 案例1:复杂外形、变厚、带筋机翼整体壁板零件展开建模	67
3.2.1 实例整体壁板零件结构特点分析	67
3.2.2 零件控制面展开与特征线映射	68
3.2.3 零件板坯模型结构要素快速重构	68
3.2.4 零件板坯模型检测	75
3.2.5 应用结果分析	78
3.3 案例2:大型超临界机翼整体壁板零件展开建模	81
3.3.1 零件结构特点分析	81
3.3.2 零件控制面展开与特征轮廓线/基准线映射	82
3.3.3 零件板坯模型结构要素重构	82

第4章 框肋零件橡皮囊液压成形数字化制造工程技术应用案例	85
------------------------------------	----

4.1 成果及应用概述	85
4.1.1 技术组成	85
4.1.2 制造流程	85
4.1.3 技术指标	89
4.1.4 应用概述	90
4.2 案例1:凸弯边、带端头下陷零件橡皮囊液压成形数字化制造	92
4.2.1 零件结构特点分析	92
4.2.2 零件数字化展开	93
4.2.3 零件成形工艺模型定义	94
4.2.4 零件成形模具设计与制造	98
4.2.5 下料、淬火、成形与检测	99
4.3 案例2:多下陷零件橡皮囊液压成形数字化制造	100
4.3.1 零件结构特点分析	100
4.3.2 零件数字化展开	101
4.3.3 零件成形工艺模型定义	102
4.3.4 零件成形模具设计与制造	106
4.3.5 下料、淬火、成形与检测	107
4.4 案例3:凸凹结合弯边零件橡皮囊液压成形数字化制造	108
4.4.1 零件结构特点分析	108

4.4.2	零件数字化展开	109
4.4.3	零件成形工艺模型定义	110
4.4.4	零件成形模具设计与制造	114
4.4.5	下料、淬火、成形与检测	114
4.5	案例4:带加强槽类零件橡皮囊液压成形数字化制造	117
4.5.1	零件结构特点分析	117
4.5.2	零件数字化展开	117
4.5.3	零件成形工艺模型定义	119
4.5.4	零件成形模具设计与制造	122
4.5.5	下料、淬火与成形	123
4.6	案例5:异向弯边类零件橡皮囊液压成形数字化制造	125
4.6.1	零件结构特点分析	125
4.6.2	零件数字化展开	126
4.6.3	零件成形工艺模型定义	127
4.6.4	零件成形模具设计与制造	133
4.6.5	下料、淬火、成形与检测	134

第5章 型材零件拉弯成形数字化制造工程技术应用 136

5.1	技术概述	136
5.1.1	技术组成	136
5.1.2	运行流程	137
5.1.3	技术指标	143
5.1.4	应用概述	143
5.2	案例1:变曲率、无下陷 L 型材拉弯成形数字化制造	144
5.2.1	型材零件结构特点分析	144
5.2.2	型材零件回弹补偿工艺模型定义	145
5.2.3	型材零件拉弯成形与数字化检测	148
5.3	案例2:等曲率、带下陷 T 型材拉弯成形数字化制造	149
5.3.1	型材零件结构特点分析	149
5.3.2	型材零件回弹补偿工艺模型定义	150
5.3.3	型材零件拉弯成形与数字化检测	152
5.4	案例3:变曲率、多下陷 L 型材拉弯成形数字化制造	153
5.4.1	型材零件结构特点分析	153
5.4.2	型材零件回弹补偿工艺模型定义	154
5.4.3	型材零件拉弯成形与数字化检测	157
5.4.4	型材零件回弹补偿方法的改进	158
5.5	案例4:等曲率 L 型材拉弯成形数字化制造	160
5.5.1	型材零件结构特点分析	160
5.5.2	型材零件回弹补偿工艺模型定义	161

5.5.3	型材零件拉弯成形与数字化检测	163
5.6	案例 5:变曲率、带有局部截面突变的 L 型材拉弯成形数字 化制造	164
5.6.1	型材零件结构特点分析	164
5.6.2	型材零件回弹补偿工艺模型定义	165
5.6.3	型材零件拉弯成形与数字化检测	168

第1章 钣金件数字化制造数据库 工程技术及推广应用概述

数字化是现代制造技术发展的核心所在,数字化主要包括信息的数字化表达和处理。由于钣金塑性成形的特性,设计模型数字量的直接移形并不能实现钣金件精确制造,毛坯展开形状、回弹补偿量、工艺参数等数据决定了钣金件是否能够精确成形。由于成形机理的复杂性,成形过程中诸因素的作用及相互关系难以用足够精确的数学模型定量求解,钣金件成形制造是知识密集的过程,钣金件制造数据库是高效、高精度钣金件制造技术的核心载体。本章分析了以知识库为核心的钣金件数字化制造技术组成,介绍了重用知识的钣金件数字化制造数据库及其应用工具和模型定义的钣金件数字化制造专业使能软件工具。

1.1 钣金件数字化制造数据库工程技术开发背景

钣金件是构成飞机的主要结构件,占机体结构件总数量的50%左右,占生产准备工作量的20%左右。因此,钣金件制造技术是航空产品研制和生产能力的基础。高、精、尖航空产品的钣金件制造向现有钣金件制造工艺、装备和系统的极限性能不断提出新的挑战,迫切要求定量认识和掌握制造活动的本质规律。通过综合运用信息与计算技术、知识工程和科学实验等手段,将与钣金件、过程、装备相关的几何量、物理量、物理过程以及人的经验与技能等均需离散化表示为可由计算机处理的数据和模型,进行制造过程的预测、仿真和优化,再传递至生产现场驱动设备完成工装和钣金件制造,才能实现对钣金件成形、成形过程的定量主动控制。因此,数字化是发展高效精确钣金件制造技术的必然选择。

然而,对于钣金件数字化制造技术的认识并不统一。实现钣金件精确制造的基础是钣金件工艺过程数据的定量计算和准确描述,驱动数控设备完成零件成形。钣金成形过程的有限元模拟是钣金件数字化制造技术体系中的一个要素,但不能将钣金件数字化制造等同于成形过程数值模拟。在影响钣金件制造质量的诸多因素中,能够完全定量把握的并不多,承载标准数据、经验知识、试验数据、生产实例等内容的制造数据库是解决工程问题的有效技术工具。有限元模拟软件可以买到,但作为企业知识积累和重用平台,决定了企业核心竞争力的制造数据库是不可能买来的。从工程应用角度看,钣金成形模拟技术可用于帮助人们深入了解钣金成形过程,进行工艺过程趋势的预测,而要解决钣金件工艺稳定性和成形精度的问题,需要构建以工程数据库为载体的技术体系,通过对工艺知识的管理和重用来精确定义钣金件工艺、工装与加工的参数和模型。因此,钣金件数字化制造数据库是先进钣金件制造技术的核心载体。

从一定意义上说,建立成体系的工程化制造数据库,就是建立核心竞争力,就是建立实现高效、高质量、高可靠性制造的技术体系基础。波音公司、空中客车公司等代表世界先进航空制造技术先进水平的企业,目前已在全球范围建立起庞大的飞机零部件生产供应体系,并能够使各供应商为其生产出符合适航标准的零部件,其中关键原因是经过多年积累均建立起了完善的各类制造工艺数据库,在钣金件外包生产中,不仅提供了零件数模,还给出了根据制造数据库所定义的毛坯数模、回弹补偿模型等数据,从而可使产品供应商按数据库系统提供的标准和技术规范来生产零部件,同时保持其核心技术的保密性。我国航空制造企业在为这些企业做转包生产中已清醒地认识到这一点,但通常只能按外方提供的工艺条件生产,却始终无法获取更多的相关数据。

我国航空工业的高效、精确钣金件数字化制造技术只能立足于自主研发、自我发展。飞机钣金件具有品种项数多、所用材料多、工艺方法多等特点,钣金数字化制造所涉及的技术也非常多。经过型号产品研制的推动和国防基础科研项目的支持,钣金件数字化制造技术研究已取得重要突破,针对橡皮囊液压成形、拉弯成形、喷丸成形等典型钣金件制造工艺,以钣金工艺数据库为核心,围绕知识重用和制造模型定义两条主线开展了研究,在工程上开发了拥有自主知识产权的钣金件制造数据库服务平台和专业使能软件工具,并在航空制造企业内开展了推广应用。

1.2 钣金件数字化制造数据库工程技术概述

1.2.1 钣金件数字化制造数据库工程技术组成

高效、高质量是制造技术追求的永恒主题。钣金件数字化制造数据库工程技术是基于计算机及网络软硬件环境和数控加工设备与工装,以钣金件制造数据库为核心,以钣金件制造工艺过程信息的数字化定义、管理和应用为主线,通过智能化钣金件制造数据库服务平台、专业应用软件工具以及数字化制造的标准规范的集成化应用,实现在数字空间中对各类钣金件制造模型、工艺过程、工艺装备、设备等各种信息给予全面、快速、精确的描述、规划、控制,从而实现钣金件的高效和精确制造。

钣金件数字化制造数据库工程技术总体架构如图 1-1 所示,分为环境层、数据层、应用层和门户层 4 个层次。

(1) 环境层:包括硬件环境、数据库服务环境 and 应用服务环境。环境层是在企业现有硬件条件的基础上,通过网络和计算机软硬件环境建设和数控成形设备的集成应用,为钣金件数字化制造提供物理基础。通过制定钣金件数字化制造标准规范保障钣金件数字化制造过程的运作,包括钣金件制造数据定义、管理、应用和交换的标准和在各类工艺中集成应用的规范。

(2) 数据层:包括钣金件制造知识和生产数据两类数据的存储。在钣金件数字化制造中,制造数据和信息具有多样性特点,如实体模型、工艺指令、数控程序、专家知识、标准规范等类型,在数据库设计过程必须考虑各种信息的分类和各自的特点,为这些种类繁多

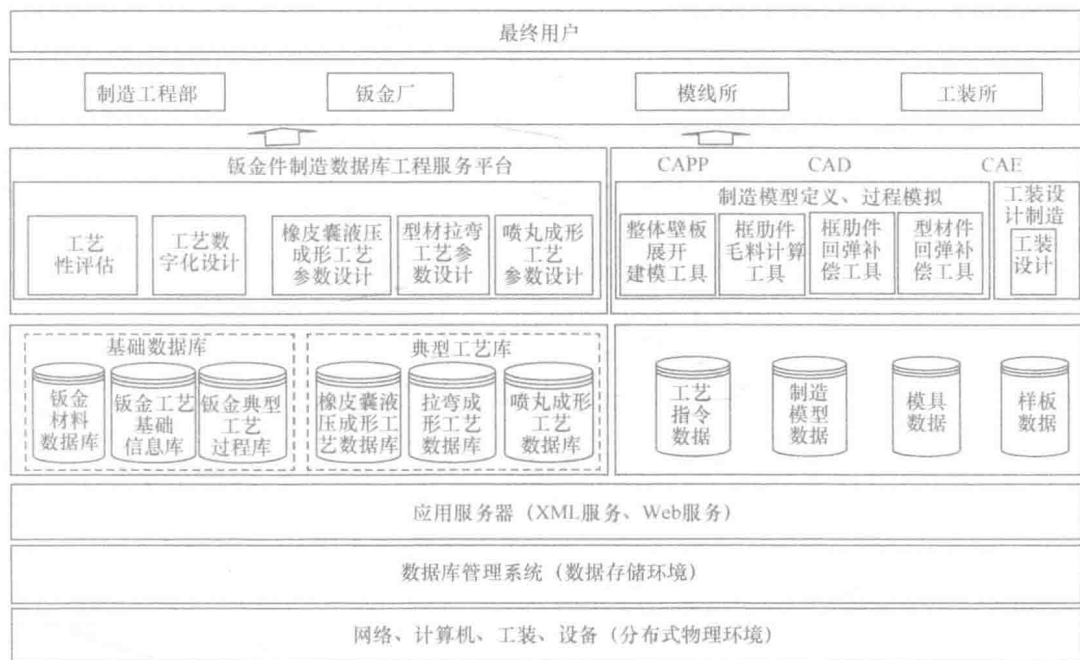


图 1-1 钣金件数字化制造数据库工程技术体系结构

的数据类型安排合理的组织、存储和管理机制。钣金件制造过程中的信息分为两类：第一类是产品生产数据，主要包括制造指令、制造模型和工艺装备；第二类是钣金件制造知识，主要包括材料性能数据、典型工艺过程、工艺参数设计知识等。通过建立各类信息模型及数据库进行存储，实现基于单源钣金件制造数据的应用和不断发展。

(3) 应用层：包括钣金件制造知识的重用和模型定义。针对钣金件制造知识重用，不断拓展其数据量和应用范围，构建钣金件制造数据库服务工具，支持工艺性评估、制造指令设计和各类参数设计；针对典型件模型定义，开发数字化展开、回弹补偿等专用软件工具，使应用层覆盖钣金件过程的各类业务活动，实现制造模型定义、制造指令设计、工装设计、成形仿真的数字化、智能化和集成化。

(4) 门户层：包括钣金件制造各部门的最终用户。虽然不同的企业中钣金件制造的业务部门划分及分工有所不同，但涉及的业务活动基本相同。通过划分基本的业务活动，建立具有不同职责和权限的最终用户，提供统一钣金制造的“门户”服务与业务活动入口。

如表 1-1 所示，钣金件数字化制造数据库工程技术主要包括钣金件数字化制造的基础数据库及应用工具、工艺数据库及应用工具和模型定义专业应用软件工具 3 大类共 10 项专用技术。3 项基础数据库、3 项工艺数据库及其应用工具以 B/S 架构采用 J2EE 平台开发，以基于 Web 的钣金件数字化制造数据库服务平台作为运行环境；整体壁板展开建模、框肋毛料计算、框肋零件回弹补偿计算、型材件回弹补偿工具 4 项模型定义专用使能软件工具以 CATIA V5 R18 为运行环境。

表 1-1 钣金数字化制造数据库工程技术成果

序号	成果类型	成果名称	功能与技术指标
1	3 项基础数据库	钣金材料性能数据库	2 字头和 7 字头铝合金数据、铝锂合金数据、挤压型材规格数据,用于工艺参数设计和工艺性分析
2		钣金工艺基础信息库	钣金件零件、成形过程和工艺资源方面的术语以及设备、资源选择知识,用于构造工艺流程设计知识和工艺性分析
3		钣金工艺过程知识库	典型钣金零件、工序和工艺流程及零件工艺流程设计知识,用于制造指令设计
4	3 项工艺数据库	橡皮囊液压成形工艺知识库	工艺模型参数设计知识、成形加工参数设计知识和成形模具参数设计知识及服务工具
5		喷丸成形工艺知识库	成形加工参数设计知识及服务工具
6		拉弯成形工艺知识库	工艺模型参数设计知识、成形加工参数设计知识和成形模具参数设计知识及服务工具
7	4 项专用使能软件	整体壁板展开建模工具	零件外形曲率小、带有长桁、口框等结构要素的整体壁板的快速展开建模
8		框肋件毛料计算工具	变曲率外缘线、变截面 L 形框肋弯边展开快速计算
9		框肋件回弹补偿工具	变曲率外缘线、变截面 L 形弯边框肋零件分析计算与补偿后型面重构
10		型材件回弹补偿工具	变曲率外缘轮廓、变角度截面(5°之内)型材零件分析与补偿后轮廓线重构

1.2.2 钣金件数字化制造数据库工程技术特征

钣金件数字化制造数据库工程技术是将钣金件制造的数据、过程和系统进行定量描述与分析,以制造数据的重用为关键技术手段,钣金件数字化制造是将计算模型、仿真工具和科学实验应用于制造装备、制造过程和制造系统的定量描述与分析,对制造全过程中的复杂物理现象和信息演变过程进行定量计算、模拟及控制;结合科学实验,揭示制造活动乃至产品全生命周期过程中的科学规律;提高制造装备的自律性和适应性,实现对制造过程和产品性能的预测和有效控制;增强制造系统的可维护性和制造信息的可重用性;促使制造活动由部分定量、经验的试错模式向全面数字化的计算和推理模式转变,实现基于科学的高性能制造。数字化、智能化和集成化是钣金件数字化制造数据库工程技术的主要特征。

1. 以数字化为核心

数字化是制造信息的表达、管理和应用的数字化。钣金件制造包括工艺性分析、制造模型设计、制造指令设计、工艺参数设计、成形模具设计、数控指令生成、质量检测等,各阶段使用和产生不同的信息,采用钣金件制造数据库进行存储。在钣金件数字化制造数据库中,钣金件制造要素信息是钣金件制造过程产生的数据(表 1-2),钣金件制造知识是

体现钣金件制造技术能力的数据库。各类钣金件制造数据由于其模型表现不同,采用不同的管理方法。对于结构化的钣金件制造信息和知识由钣金工艺数据库系统管理,对于非结构化的工艺数模和工装数模采用产品数据管理系统进行管理。

表 1-2 钣金件数字化制造生产数据分类

序号	业务活动	产生的数据	格式	说明	使用知识举例
1	工艺性分析	分析结论	描述文本	记录工艺性分析的结果	机床设备、材料成形极限
2	工艺指令设计	制造指令	专用表单	零件制造的生产性文件	典型工艺过程、工艺参数实例
3	成形模具设计	工装订货单	专用表单	驱动成形模具设计制造的文件	
		模具设计制造工作单	专用表单	确定模具结构,指导模具设计制造的文件	模具材料、典型结构
		成形模具模型	CAD 模型	三维模型	参数设计知识
4	制造模型设计	工程数据申请单	表单	驱动样板设计制造与工艺模型定义的文件	
		回弹补偿模型	专用格式 CAD 模型	确定工艺模型参数的文件	回弹预测知识
		毛坯模型	CAD 模型	三维模型和二维模型	中性层系数、展开修正值
		样板模型	CAD 模型		样板设计知识
5	数控编程	数控指令	专用格式	驱动机床设备的文件	
6	检验规划	检测模型	CAD 模型		
		检测计划	专用表单		

钣金件设计模型信息准确地描述了零件的最终形状和尺寸,面向下料、成形、检验等工序,定义该工序下工艺参数设计、工装设计、设备控制所需的中间工序件模型,才能解决设计信息向工艺过程延拓的矛盾。由设计模型向制造工艺链延拓而生成的模型在本书中称为制造模型,由相互联系的多个中间工序件状态模型组合而成。面向制造过程的制造模型包括工件模型和工艺模型两类:工件模型反映工序所成形出的工件形状,可直接用于下料、成形、检验;工艺模型是在工件模型的基础上修正回弹、加工变形、热变形等之后的模型,可直接用于工装的设计和数控编程,难点不仅在于各工序要达到的状态,更在于如何预测工艺变形量并在中间工件模型中补偿。制造模型表达的钣金件各阶段几何模型,为整个数字化制造体系中钣金件模型的传递和形状控制提供一致的、精确的数据。

2. 以智能化为关键

智能化是制造知识以数字化形式的表达和使用。飞机钣金件制造独特性在于其专业性,本质在于成形过程的难度。数字化制造中的知识重用框架如图 1-2 所示,钣金件数字化制造技术不但要解决零件制造模型、工艺和工装等信息的数字化表达,更重要地还要

解决如何使用已有知识设计这些模型,即除了建立“数字化”定义手段、使用计算机辅助工程设计系统辅助设计工作之外,研究开发“智能化”设计方法,通过知识重用方法的支持,发挥信息处理数字化的精确、快速等特点。因此,智能化是发展高效、精确钣金件制造技术的关键一环。

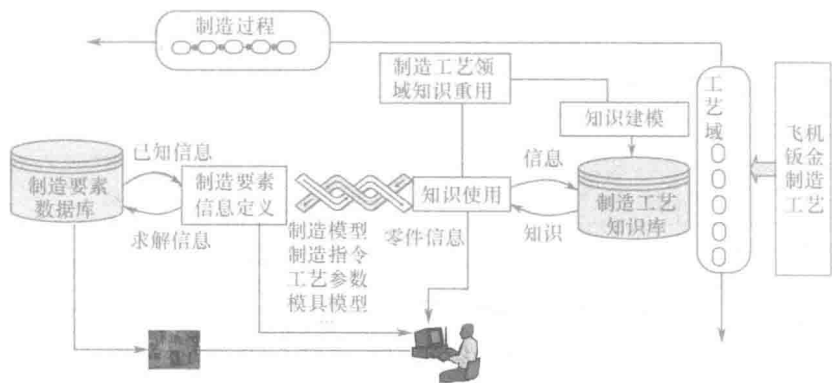


图 1-2 数字化制造中的知识重用框架

飞机钣金零件类型多、所用材料种类多、工装品种多、成形方法多、影响成形的因素多。按材料品种分类有板材、型材和管材三类零件;按功能分类有框肋、蒙皮、壁板、长桁、加强支柱等,不同类型的零件又有不同的结构。常用的成形方法有橡皮囊液压成形、蒙皮拉形、喷丸成形、拉弯成形、落压成形、滚压成形、闸压成形、冲压成形、手工成形等十几种,每一类零件可用的成形方法达几种。零件、工艺及工装三类基本要素包含毛坯数模、成形件数模、制造指令、工艺参数、成形模具等多种。制造模型、工艺和工装的设计信息和知识是由钣金零件种类和成形工艺等因素共同决定的,每种钣金零件对应着几种成形工艺,而每种成形工艺对应着各类制造要素信息,因此,钣金件制造信息和知识种类多。对于制造知识而言,钣金件成形过程的特点使其具有经验性描述、构成因素多、数量丰富、内容模糊等特性,对于每类制造业务活动均开发相应的知识推理方法,从而实现钣金件制造的智能化。飞机钣金件制造工艺领域知识分类体系如图 1-3 和表 1-3 所示。

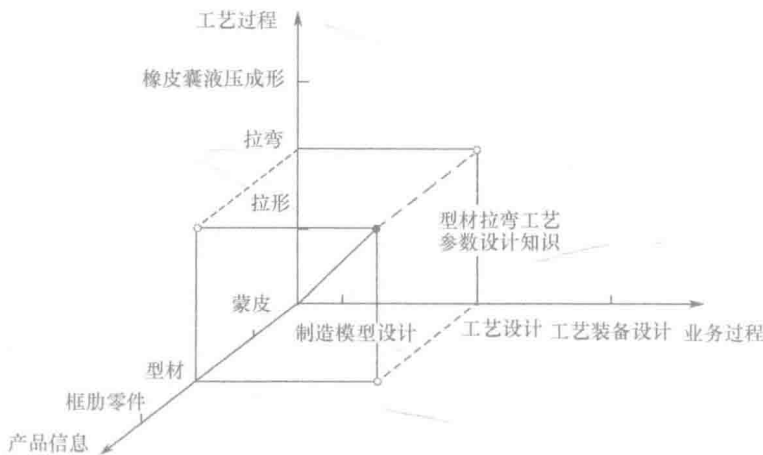


图 1-3 飞机钣金件制造工艺领域知识分类体系

表 1-3 钣金件数字化制造知识分类

按应用分类	按内容分类	按要素或工艺分类	知识组成	知识应用
工艺基础知识	制造要素分类及其关系	钣金零件	从零件材料、功能、结构、管理等方面特征进行分类描述	知识建模
		工艺过程	从工艺类型、工艺方式、工艺参数、工艺缺陷等相关方面描述	
		工艺资源	从机床设备、工艺装备、工艺文件、工种等资源的概念进行描述	
		基型知识		工序设计
	制造要素标准数据	几何数据	减轻孔等零件结构要素的标准数据	工艺性分析
		材料数据	铝合金材料数据	知识建模、工艺参数设计和工艺性分析
			铝锂合金材料数据	
			型材规格数据	工艺参数设计
工艺过程规划知识	典型制造要素信息	典型零件	零件特征、工艺性问题及修正方案	构造工艺知识和工序
		典型操作	工艺过程单元的典型数据	
		典型流程	工序模块、工艺流程	
		工艺资源数据	机床设备、工艺装备和工艺文件的实例数据	
	工艺流程设计知识	工艺流程设计知识	生产用制造指令数据	工艺流程设计
	加工参数设计知识	橡皮囊液压成形加工参数设计知识	加工操作知识、工艺参数选择知识	加工过程参数及操作设计
		喷丸成形工艺参数设计知识	喷丸基础数据、设备性能试验数据、试件喷丸成形试验数据	
		型材拉弯成形加工参数设计知识	拉弯工艺参数、拉弯操作过程参数	
制造模型设计知识	下料工序模型设计知识	框肋零件弯边展开等知识	弯边展开计算所需的各项数据	展开计算参数
		型材毛料长度确定知识	板弯型材截面形状、中性层位置系数 K	
	成形工艺模型设计知识	框肋零件橡皮囊液压成形回弹修正知识	弯边回弹角经验知识、下陷加深知识	回弹补偿参数计算
		型材零件拉弯成形回弹修正知识	各种截面型材试验数据	
工艺装备设计知识	成形模具设计知识	橡皮囊液压成形模具设计知识	模具方案、选材等设计知识	成形模具总体和概要设计
		型材拉弯成形模具设计知识	模具方案等总体设计知识	

3. 以集成化为方法

钣金件制造系统由工艺设计系统、工装设计系统、钣金工艺数据库系统、车间管理系统和数控机床设备等软件、硬件设备和不同角色的人员组成。集成不是简单的连接,是经过统一规划设计,分析原制造系统各组元之间的作用和相互关系并进行优化重组而形成有机整体的过程。对于钣金件制造系统,以钣金设备、计算机系统的互联实现计算机硬件与软件之间的网络化,以信息集成实现制造信息传递、获取和转换的自动化,以知识集成实现知识在制造全过程中应用的智能化,以过程集成实现各类制造业务活动的并行化,以人/组织的集成实现制造的协同化。钣金件制造生产数据定义流程如图 1-4 所示。钣金零件数字化制造中,各种信息均以数字形式表达和存储,通过网络在钣金制造的工艺、生产等各业务部门内传递和交换。从以传统的模拟量为载体向以数字量为载体的制造模式变革,主要表现为:面向制造过程对零件信息进行二次定义,作为工艺和工装设计的依据,实现钣金件数字化制造的信息集成和过程集成,从而建立以数字量定义、传递与控制为主的技术体系;对制造知识进行建模和使用,与现有计算机辅助工程设计系统集成应用,作为信息定义的支撑,实现钣金零件制造的知识集成,从而建立钣金件制造知识表达、应用和不断积累的智能化制造方式。

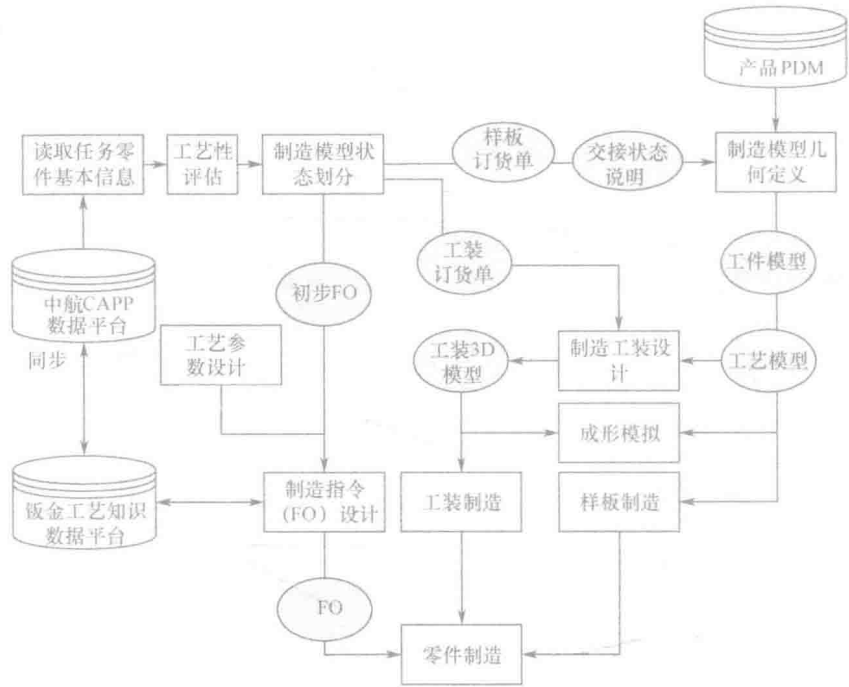


图 1-4 钣金件制造生产数据定义流程

在钣金件制造数据定义上,集成钣金件制造数据库,建立数据共享服务平台和转换接口,打通钣金件制造数据集成应用数据流;在钣金件制造数据应用上,横向上集成钣金件毛坯展开与工艺模型定义、工装模具数字化设计、成形工艺设计、成形过程仿真分析、工装