

# 制造资源数据库结构设计及在航空产品协同研制中的应用

## Research on Structure of Manufacturing Resource Database and Application in Aviation Product Collaborative Manufacturing

中航工业北京航空制造工程研究所 王湘念 符刚 杨威 钟佳涛

**[摘要]** 对航空产品协同研制中所涉及的制造资源的分类和制造资源数据库的总体结构进行了研究,确定了制造资源数据库应用系统的基本功能和数据库的数据范围,给出了数据库的应用场景和应用方式。

**关键词:** 制造资源 协同研制 数据库

**[ABSTRACT]** The classification of manufacturing resource and the architectural structure of the manufacturing resource database (MRD) are focused on, which support the collaborative manufacturing process. It confirms the basic functions and the data range of the manufacturing resource database system. The application strategy of the MRD is discussed.

**Keywords:** Manufacturing resource Collaborative research Database

制造是人类从事生产和生活的基本活动。制造的基本涵义是与产品加工、装配有关的工艺过程,广义的

制造是将可用的资源(物质、能量、信息)转化为可供人们利用或使用的产品的过程<sup>[1]</sup>。产品的制造过程形态各异、类型众多,其基本要素可抽象为产品、工艺过程和制造资源3个要素,材料在制造资源的支持下通过制造活动转化为可供人们使用的产品,实际的制造过程是这3个要素相互耦合作用的结果<sup>[2]</sup>。这些制造资源包括了面向制造过程的相关元素,如硬件资源、软件资源、技术资源、人力资源、信息资源等。

随着信息化技术的广泛应用,产品设计与制造的信息传递形式发生了重大变化,以设计图纸为载体的设计数据表达方式已逐渐被产品数字化模型所取代,并形成了基本的数字化技术发展框架<sup>[3]</sup>。在航空产品研制领域,基于模型的定义(Model Based Definition, MBD)技术在新型航空产品研制中的应用日趋广泛,数字化设计、数字化制造、数字化管理等已经成为航空产品研制的主要支撑技术,而制造资源在数字化设计、制造和管理过程中的作用也越来越体现出来。图1为经过整理

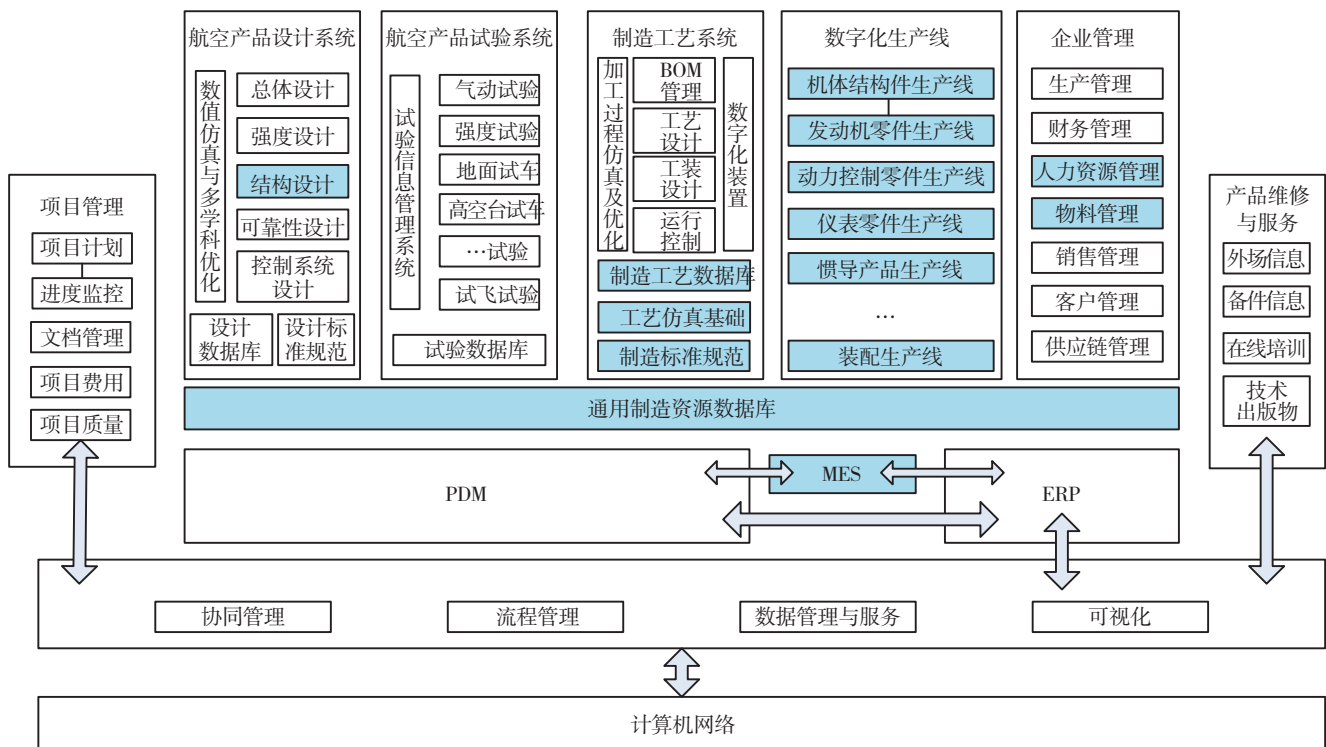


图1 航空产品数字化研制基本体系

Fig.1 Architecture of digital manufacturing for aviation products

的航空产品数字化研制基本体系,其中深色框中内容为制造资源的应用范畴。

制造资源数据库将制造资源通过数据库的形式进行归集,为数字化设计、制造和管理提供相关数据支撑,是制造过程数字化系统集成的重要环节,其数据的合理性、准确性、及时性对整个产品研制的进度及生产交付周期有直接影响。制造资源数据库的建立和应用对保证数字化设计、制造、管理过程中充分利用企业的现有制造资源,提高研制生产效率,降低成本,增加竞争力具有非常重要的实际意义。

## 1 制造资源分类及其数据库总体结构

针对航空产品研制过程,在制造资源数据库总体结构设计时将制造资源数据的范围设定为硬件资源、软件资源、技术资源及人力资源等,重点考虑硬件资源、软件资源和技术资源,其基本内容见图2。

硬件资源主要包括加工设备、刀具/工具、工装夹具等实物;软件资源主要包括工艺设计的软件工具、工艺及工装设计优化的软件工具、支持工程数据存储的数据库及管理系统等数据处理条件;技术资源主要包括制造资源编码数据、工艺规范清单及索引、材料加工性能、制造方法/知识等技术基础条件;人力资源则带有各类

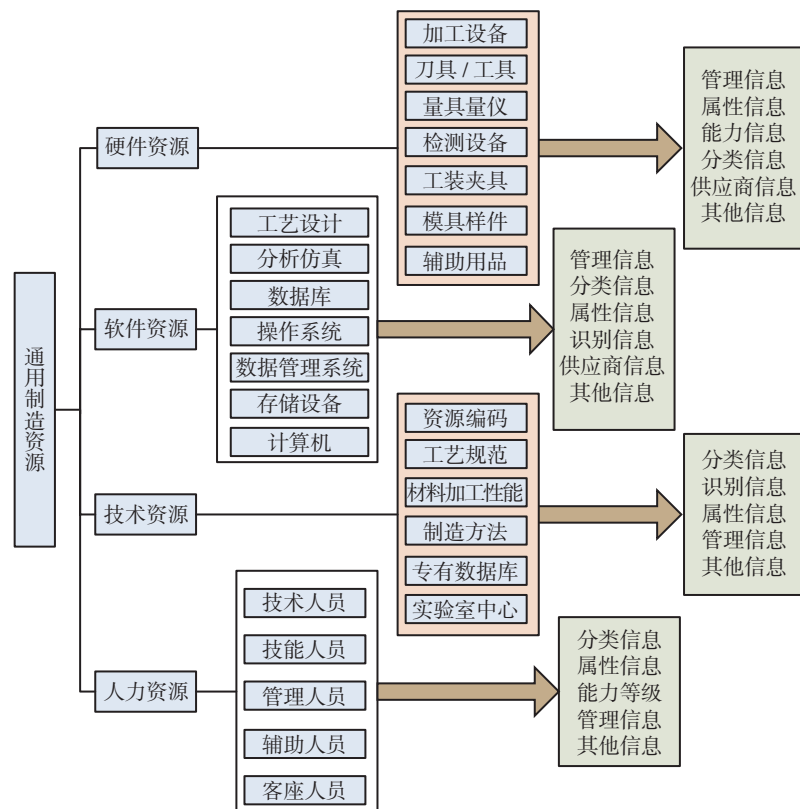


图2 制造资源数据库的数据范围及基本内容

Fig.2 Data range and basic make-up of the MRD

工程人员技术专长、技术等级等信息。

每一类资源信息都包括管理信息、属性信息、分类信息、供应商信息等,其中属性数据是数据结构设计时的关键内容,由于产品研制涉及的工艺众多,不同工艺所涉及的制造资源属性有所不同,需结合具体对象确定。

制造资源数据库系统分为数据库应用和数据库管理两个层次,此外,考虑到集成应用,针对不同的应用系统需开发相应的集成接口。

数据库管理是针对数据维护而言的,主要功能是完成数据输入、规范化处理、数据存储、数据维护等操作。

数据库应用是针对数据用户而言的,主要功能是数据入库和数据使用,数据库的应用过程就是根据用户要求,为用户提供经过有效组织的资源数据集并展示给用户,用户通过规则的表格视窗得到需要的数据。数据库应用系统又称为视图系统,其基本功能组成见图3。

## 2 制造资源数据库体系结构与资源数据表达

制造资源数据库系统在体系结构上采用服务器/客户结构,在服务器端和客户端分别建立数据中心和数据应用视图,采用网络化分布式结构对数据库进行使用和维护,网络中的每一个结点根据授权可以处理相关数据库中的数据、执行资源视图应用,采用分布式应用可满足制造资源数据的维护及扩展要求。

根据制造资源数据库总体结构规划的有关数据要求,数据库中需要保存的数据有3个方面:

(1) 制造资源的基础数据:如硬件资源、技术资源、软件资源中各子类的属性数据和状态数据;

(2) 围绕基础数据库应用所需要的各类信息,如维护模板配置、基础分类配置表、数据访问视图、数据访问模板等;

(3) 制造资源管理系统功能实现所需要的各种信息,如用户信息、权限信息、部门信息等。

制造资源数据库数据表的构成如图4所示。

基础数据表是制造资源数据表达的中心,针对不同的制造资源具有不同的属性数据,在不同的时间内具有不同的状态(资源在一定时间是否可用)。属性数据是一系列描述资源特性的物理值,有定性和定量两种形式,制造资源属性数据及其主要

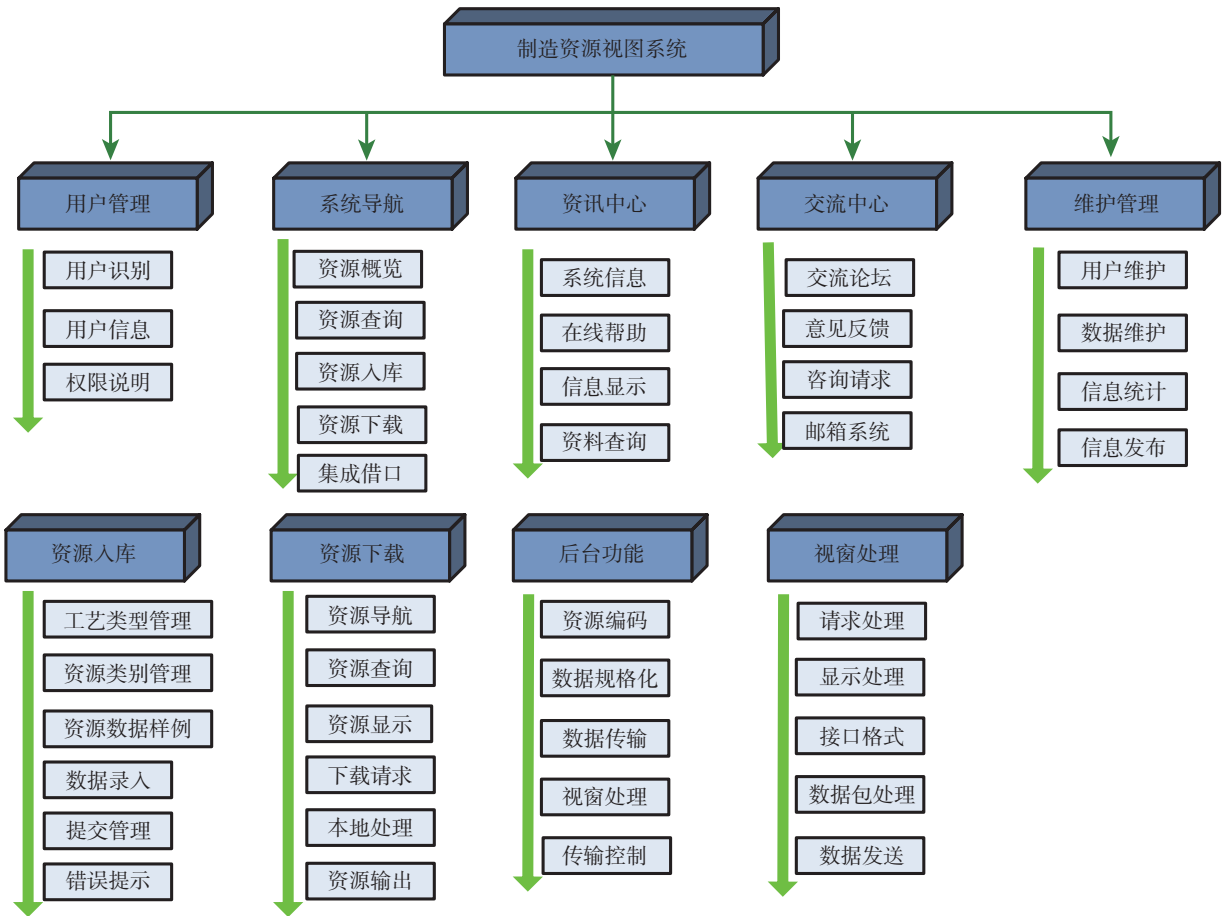


图3 制造资源数据库应用系统（视图系统）基本功能组成

Fig.3 Basic functions of the manufacturing resource database system (view system)

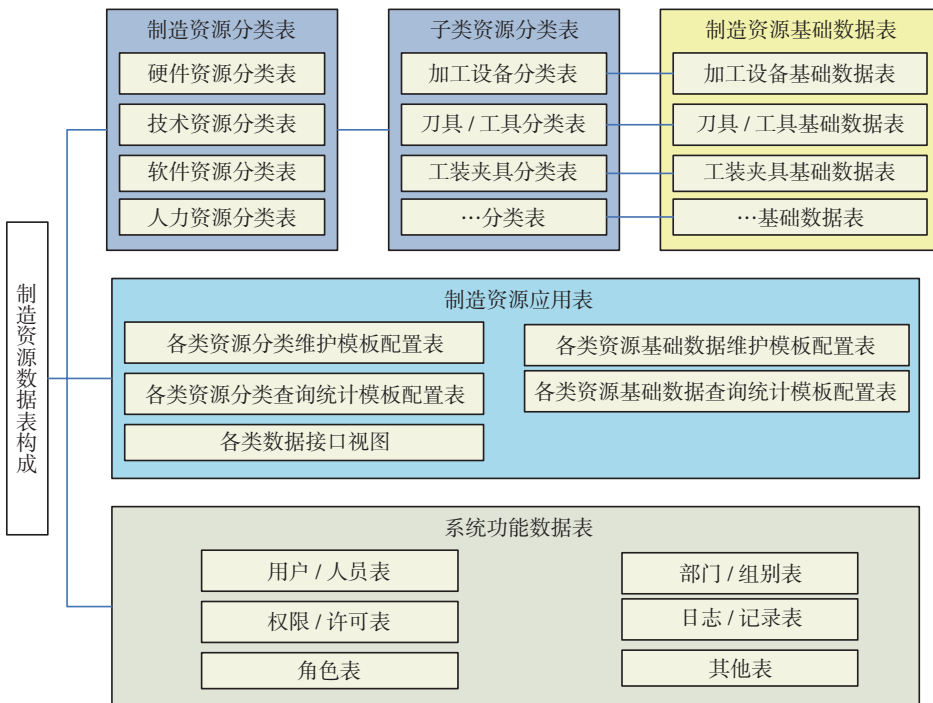


图4 制造资源数据库数据表的构成

Fig.4 MRD data table

含义见表1。

### 3 制造资源数据库在航空产品协同研制中的应用分析

航空产品的研制过程是一个协同过程,为此制造资源数据库应能够在产品协同研制平台上应用。航空产品协同研制平台运行在行业专网上,对制造资源数据实现集中管理、应用和维护。

制造资源数据的应用分为一般查询和协同应用两个层面。一般查询以屏幕显示、文本文件为基本方式,主要为管理协同平台应用提供数据;协同应用则以符合协议要求的数据传输、接口调用为基本方式,主要用于技术协同平台应用

表1 制造资源主要属性数据说明

序号	信息类型	具体属性信息
1	分类信息	制造资源依据某些分类标准的分类或为便于管理所定义的分类
2	管理信息	制造资源的标识、命名、制造商、厂家编号、所属单位
3	性能(属性)信息	规格型号、组成、特征参数、性能参数等技术属性信息
4	能力信息	加工范围、加工能力等技术属性信息
5	随机资料信息	制造资源附带的技术资料编目,必要时对应具体的资料文档
6	供应商信息	厂家/供应商代码、名称、组织机构代码等厂家/供应商信息
7	系统管理信息	提交时间、提交单位、提交人、处理状态、审核人、审核时间等管理信息

(如 CAD/CAM 集成、制造系统集成等)。为了便于使用,可通过协同研制平台将制造资源数据库映射(或下载)到相关参研单位的局域网中,形成中心库和本地库。

根据目前航空产品的研制过程及组织方式,制造资源数据库的应用场景主要包括研制管理、制造运行、设计过程和协同应用。

(1) 研制管理。

研制管理是针对航空产品研制过程而进行的,主要是依据设计部门输出的模型,确定合适的产品制造资源及单位。制造资源数据库用于对制造能力评估提供支持,应用主体是产品研制管理办公室人员。研制管理场景下的制造资源数据库应用见图 5。

设计、制造、管理及用户代表根据产品的设计模型及制造要求,分析评估实现该成品制造所需的制造资源,寻找那些资源可以支持研制,确定产品主体分工及主承研单位,规划产品制造计划,完成产品包分解、总体进度计划安排。对制造资源数据库的使用通过视图系统以查询为主要操作。

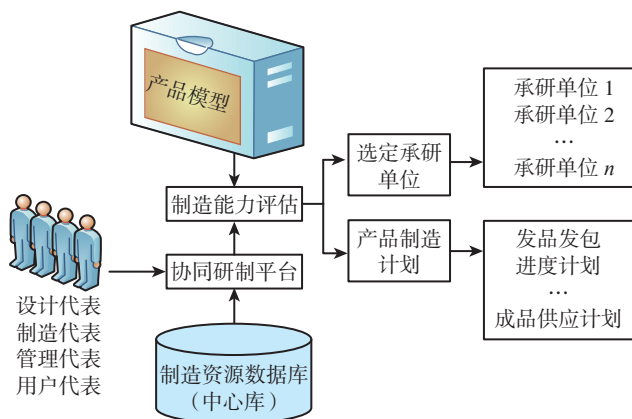


图5 制造资源数据应用于研制管理场景

Fig.5 Application strategy of MRD in manufacturing management

(2) 制造运行。

生产现场是应用制造资源的主要场所,制造资源数据库用于对制造执行系统提供支持,应用主体是制造车间(如数控车间、钣金车间等)。制造运行场景下的制造资源数据库应用见图 6。

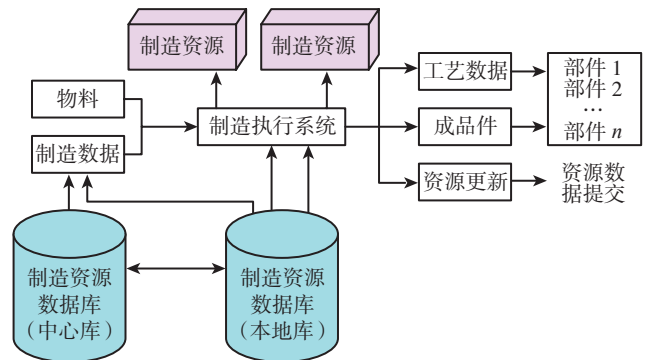


图6 制造资源数据库应用于制造运行场景

Fig.6 Application strategy of MRD in manufacturing

通过制造执行系统的组织和控制,对现场制造资源进行有效使用,最终形成零件、成品及部件等,同时,反馈制造资源状态数据,对制造资源数据不断更新与补充。

制造运行过程对制造资源数据库的使用设计两个层次:制造资源数据库(中心库)、本地制造资源数据库。两个层次的制造资源数据库支持制造数据的生成,同时,通过制造执行系统及车间制造过程运行情况,跟踪并反馈制造资源状态,对制造资源数据进行更新、修正。

(3) 设计过程。

不同的产品结构对制造资源的需求是不完全相同的,设计过程必须根据现有制造条件、制造可行性进行产品零部件的设计,而工艺设计的重点内容之一规划对制造资源的选择和使用。在这一过程中,制造资源数据库用于支持产品结构设计及优化、工艺设计及优化,应用主体是设计部门(如结构设计部、工艺设计部等)。设计过程场景下的制造资源数据库应用见图 7。

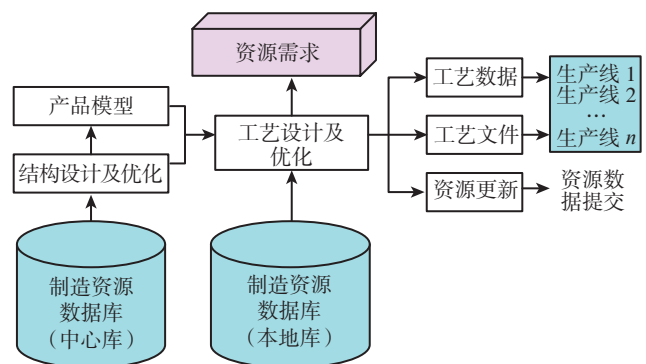


图7 制造资源数据库应用于设计过程场景

Fig.7 Application strategy of MRD in design procedure

结构设计人员可以通过制造资源数据库(主要是中心库)获取制造资源能力并据此改善设计结构(例如整体结构的规格约束、制造方法约束、制造精度约束等);工艺设计人员通过制造资源数据库确定具体使用的制造资源,形成工艺数据、工艺文件供不同的生产线使用,同时也不断对制造资源进行完善更新,使制造资源型谱不断完善和优化。

(4) 协同应用。

在数字化设计制造过程中,协同是实现产品快速设计与制造的基本手段。制造资源数据库用于支持产品设计数据生成、产品分包协作,应用主体是采用设计制造综合集成系统的各参研单位(包括设计单位、制造单位)。

协同应用的第一个方式是产品结构设计及制造工艺协同。如图8所示,在制造资源数据库的支持下,从产品初步设计开始,工艺部门便开展由粗放到精确的工艺数据准备,当产品结构设计完成时,零件工艺、装配工艺、工装设计也基本同步完成,将设计数据、工艺数据进行集中打包发放,共同进入制造执行过程,此时的应用主体是设计部门、工艺部门、工装部门,这个过程涉及制造资源数据库(两个层次)的查询、请求、调用和协作,这也是近几年基于全三维信息模型的设计制造综合集成技术研究和发展的重点。

协同应用的第二个方式是制造企业的制造过程协同。如图9所示,制造企业承担相应产品包制造任务后,由于自身资源占用、故障或匮乏等原因,可能会产生二次分包,可通过制造资源数据库,寻找、确认可承担分包产品的承担单位,共同完成产品包的制造任务,此时的应用主体是产品包任务承担单位。

4 结束语

制造资源数据库是航空产品研制数字化协同平台的重要支持环境,可以支持零件结构优化、加工工艺优化、生产线运行、企业协同等过程。由于航空产品制造过程涉及众多的工艺方法(如切削加工、金属成形、焊接、热处理与表面处理等),每种工艺方法及其工作过程涉及不同类型的制造资源,因此,制造资源数据库包括了结构与材料工艺性能库、制造方法库、资源编码库、工艺规范库、加工设备库、刀具/工具库、工装夹具库、量

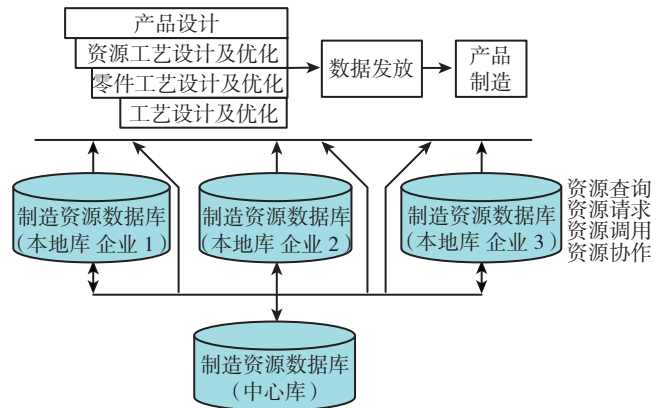


图8 制造资源数据库于产品结构设计与制造工艺协同场景  
Fig.8 Application strategy of MRD in product structure design and manufacturing process plan coordination

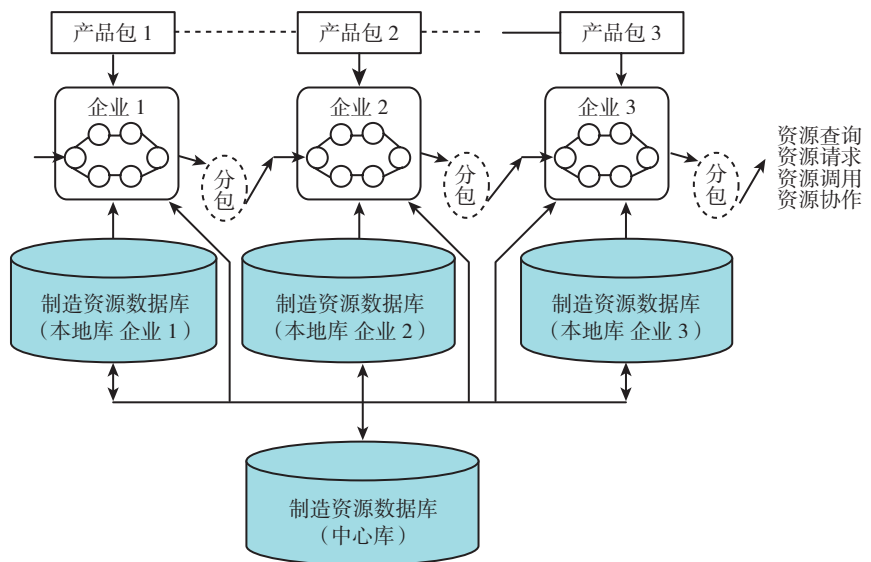


图9 制造资源数据库应用于制造过程协同场景  
Fig.9 Application strategy of MRD in manufacturing procedure coordination

具量仪库、模具样件库、测量设备库等各类子库,这些子库的开发与应用可参照本文所叙述的方法实施。

制造资源的准确定义是数据库建设的关键,在数据库建设中必须根据工艺方法进行提炼和定义。另外,制造资源数据库的建设与应用是一项长期的工作,资源数据的收集与入库是数据库应用的基础,需要建立规范化的格式和过程来保证数据的有效性。

参考文献

[1] 苏春. 数字化设计与制造. 北京: 机械工业出版社, 2009.  
[2] 杨海成. 数字化设计制造技术基础. 西安: 西北工业大学出版社, 2007.  
[3] 李山, 张光星. 航空发动机数字化制造技术的应用现状与发展趋势. 航空制造技术, 2009(7):66-69.

(责编 良辰)