

基于 MBD 技术的零件参数化工艺设计及应用

撰文 / 洛阳电光设备研究所 蒋华锋

一、引言

近年来，我国制造业迅速发展，特别是航空工业，广泛采用了 MBD 技术用于产品研发和制造。随着产品零件的标准化程度越来越高、精度越来越高、生产批量越来越大，以及工艺周期不断缩短，如何提高三维设计及生产效率成了企业关心的问题。

根据以往的经验，企业如果能在产品设计和制造过程中重用已有成熟的设计及制造资源，就可以提高设计速度和产品生产质量。特别是在那些产品及其零部件系列化、标准化程度较高，生产批量较大的企业，设计和制造资源重用是一种提高工艺准备工作质量、减少工艺准备工作量、缩短工艺准备周期的有效方法。

AMESim 软件是法国 IMAGINE 公司推出的专门用于液压机械系统建模、仿真及动力学分析的软件。对于液压壳体装配，常规的建模方法是在清楚地了解系统结构和工作原理的基础上，利用 AMESim 自身丰富的元件应用库逐个进行各个部件的建模，最终对照原理图将各个部件组合成完整的系统。但是液压壳体装配结构复杂，各个部件间的连接关系错综交错，常规的系统建模方法费时费力，且仿真模型的正确性以及与原理图的一致性均难以保证。使

用内部管路设计系统设计的液压壳体装配中，已经包含了元件信息和元件连接关系信息，系统调用 AMESim API 可以将液压壳体装配直接转化为 AMESim 仿真模型（图 4）。

四、结语

使用 KBE 思想指导液压壳体装配的设计，将液压壳体装配的设计流程和设计知识软件化，使设计开发的自动化程度大大提高，将设计人员从繁琐的程序化的设计工作中解脱出来，专注于创新性设计，能有效节约设计成本，同时使企业的设计知识积累标准化，有助于设计质量的提高。

基于 KBE 思想开发的内部管路设计系统，集成企业的知识和资源，与液压壳体装配类型的产品设计过程契合程度高。使用成熟的 NX 二次开发工具开发完成，系统稳定性好，后期的工作集中在系统数据管理和系统功能扩展等方面。IM

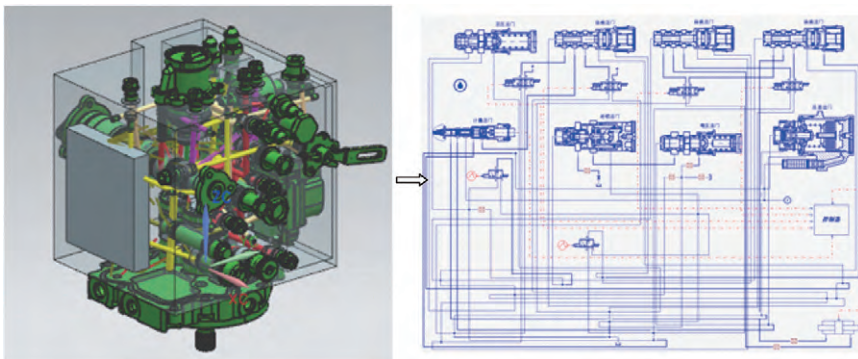


图 4 Amesim 仿真模型输出示意

本文基于西门子 NX 软件平台，开发了一种基于 MBD 技术的零件参数化工艺系统，来实现零件设计及制造资源的快速重用。下文将介绍具体的原理及实现方法。

二、零件参数化工艺设计的原理

经过分析，企业内部的系列化零件一般都由各类相对固定的结构组合而成，如图 1 所示。该实例零件由外圆柱、轴向孔、环槽、径向圆孔、径向长条孔、偏心斜孔和倒角 / 圆角等特征构成，这些特征均对应了一种典型成熟的加工方法，则可视这些特征为典型特征。即该实例零件为典型特征组合而成。因此，设计人员可通过典型特征组合的建模方法来完成零件设计。

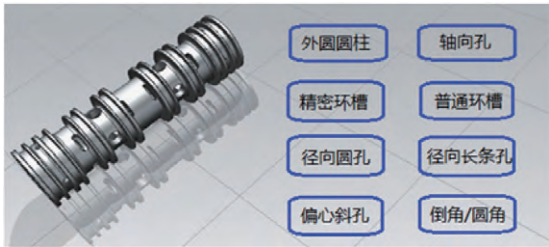


图 1 实例零件的特征构成

由典型特征组合而成的零件，就使得在工艺设计阶段可通过特征识别技术，将每个典型特征定义为一道典型工序，则一个零件可快速分解成为多道工序，再通过工序模型的参数化驱动，快速创建工序模型，进而完成 MBD 工艺编制工作。本文基于 MBD 技术的参数化工艺设计流程如图 2 所示。



图 2 参数化工艺设计流程图

图 2 中涉及到了如下几个关键技术，这些技术均通过软件开发的方法得以实现。

(1) 梳理出同系列零件的典型结构，建立典型结构特征库和工艺资源库。

(2) 使用面向制造的设计方法 (DFM)，开发特征建模工具，使同类零件设计和工艺标准化，减少重复劳动，并使设计零件具备加工性能。

(3) 采用特征识别和参数化工艺方法，快速识别出零件最适合的工艺，实现相似零件工艺的快速设计。

三、典型结构特征库和加工资源库

通过产品梳理，将形状和工艺路线相似的典型结构特征加以整理，形成典型特征库。特征库分为三维 MBD 模型库及工艺加工资源库。每个典型特征均对应了一个典型工序，并且为每个典型工序建立了配套的加工方法和工艺资源，保证后期快速调用。如图 3 所示。

序号	典型特征类型	特征参数	工艺类型	工艺资源
1	圆柱外圆	直径D 长度L	车	车床A 刀具A
2	轴向孔	直径D 长度L	钻	车床B 夹具B
3	精密环槽	内径D 宽度W	车	数控 车床C
4	径向圆孔	直径D 深度H	铣	数控 铣床A
5	径向长条孔	长度L 宽度W 深度H	铣	数控 铣床A
6	偏心斜孔	直径D 深度H 角度α	铣	铣床C 工装C

图 3 典型结构特征库和加工资源库

四、典型特征建模工具

利用特征建模技术实现参数化工艺设计，是目前 DFM 的实现途径之一。有学者认为：“特征建模技术被认为是 CAD/CAM 集成的关键技术，它的应用分为两大类：一类是特征造型，以特征为一特定单位参与几何造型；另一类是特征识别和提取，即从已有的 CAD 模型中用一定手段提取特征信息。采用特征技术可建立完善的零件信息模型，为 CAD/CAPP/CAM 和 CIMS 的集成奠定基础。” 本文从实际应用的角度出发，基于 NX 平台开发了典型特征建模工具，如图 4 所示，所有的特征资源从典型结构特征库中提取，方便设计人员快速进行典型特征建模。当典型特征库扩充之后，特征建模工具也能实时显示新的内容。由特征建模工具创建的模型，在参数化工艺设计阶段可以实现特征无缝识别。该工具使得设计人员可以通过简单的特

征组合得到完整的零件模型，且设计人员所使用的对象不再是简单的几何图素，而是具有功能要素和携带工艺信息的特征。



图 4 典型特征建模工具

五、零件 MBD 参数化工艺设计

由特征建模工具创建的设计模型，其每个特征均在数据库中对应了相应的加工方法，可以通过特征识别的方式进行提取，即每个特征均为一个典型工序。工艺人员通过对典型工序进行编排，可以生成一整套工艺规程。通过不断的积累，可以将具有代表性的工艺规程定义为典型工艺。因此，基于典型特征的典型工艺是参数化工艺工作的基础。

1. 特征识别及对比

用典型特征建模工具创建的零件，使用典型特征识别功能，可以快速将所有的典型特征识别出来。从零件模型中识别典型特征后，软件自动与加工资源库中该典型特征的优选参数进行比对，对于非优选参数或超出现有加工极限的特征显示出来，引导设计确认是否更改。当特征对比完全通过后，说明当前所设计的零件具有成熟的加工方法，可保证精度要求（图 5）。

2. 由典型特征编排工艺路线

根据特征识别结果，与典型加工资源库中的典型工艺类型进行比对，若存在典型工序，则进行分析。某一类特征可能对应多个加工方法，通过某一特征（如总长或长径比）限定，自动优选适宜的加工方法。在工艺资源库中的每一工序配备有对应的工艺参数（数控设备：程序、刀具清单、装夹方案、检测要素；手动设备：装夹方案、加工方式及一般性要求），并提供列表（刀具清单表、工装清单表、检验表、程序包），对比后可快速添加入当前工序中，并支持修改。



图 5 典型特征识别与对比

本文开发了由参数化工艺设计系统根据识别出的典型特征和对应的典型工序来搭建工艺路线，如图 6 所示。



图 6 编排工艺路线

对话框中可以对工序进行编排，对于特种工艺或其他不涉及到工序模型的工艺，可以在中间添加新工序。完成编排后，系统自动在 NX 中生成工艺结构，并对工序的模型文件进行编码指派，如图 7 所示。



图 7 生成工艺结构

3. 工序模型自动生成

在进行零件 MBD 工艺设计时，工序模型的生成是非常耗时的一个环节。由于设计人员建模水平参差不齐，就使得工艺人员无法使用自动化方法快速完成工序模型修改，这对工艺人员的 NX 使用水平也提出了较高的要求。而使用典型特征建模工具完成零件设计后，就使得利用软件开发快速生成工序模型成为了可能。

本文通过开发，在原有设计模型的基础上，用软件来完成对工序模型的修改和创建。过程如下。

- (1) 将设计特征导入所有的工序 part 文件中。
- (2) 利用在工艺路线设计中的工序号来判断哪些典型特征属于哪道工序。
- (3) 当前工序只保留当前工序号及前面所有工序的特征，其后所有的特征自动删除。

例如，15 工序的模型，需要删除 15 工序以后所有的特征。由于使用特征建模工具创建的各典型特征之间没有父子关系，所以可以方便地删除与本工序无关的特征，而不会影响零件的正常更新。图 8 所示为利用软件快速生成的工序模型。

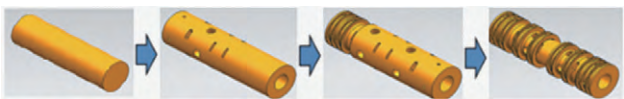


图 8 工序模型自动生成

4. 加工余量及 PMI 标注

零件的设计基准和加工基准无法从特征级别获取到，均需要设计人员和工艺人员依据自己的知识和零件的实际形状进行定义。工艺人员定义好每道工序的加工基准后就可以对工序模型进行三维 PMI 标注和加工余量设置。本文在特征建模阶段已经预埋了加工余量的值，并将值设为 0。在工艺数据资源库中，每类典型特征均对应了若干优选的加工余量，设计人员只需要结合毛坯尺寸值，从数据库中选择优选加工余量，将加工余量的值赋给工序模型，即可完成工序模型的重新生成（图 9）。

5. NX CAM 加工仿真

由于每道工序所使用的工艺资源信息，如设备、刀具及切削参数等信息已经在工艺路线设计阶段从工艺资源库中自动获取，故在使用 NX CAM 在进行加工仿真时，可以直接调用这些工艺资源。在加工仿真阶段，本文开发的参数化工艺设计系统表现了如下的优点。

- (1) 系统自动录入与典型特征对应的工艺资源和加工

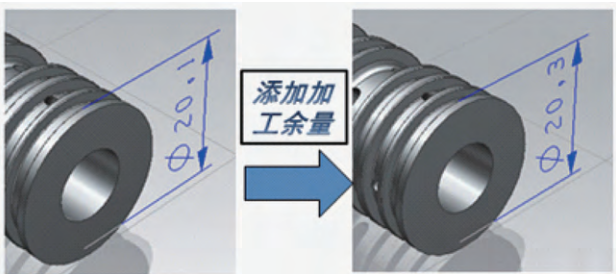


图 9 加工余量和 PMI 标注

参数，减少数据的重复输入，提高编程效率。

- (2) 典型工艺加工资源库中固化了被实践验证过的最佳工艺参数的应用，提升了加工品质。

- (3) 提取加工资源库中的信息，也提高了数控编程的标准化。

使用 NX CAM 生成的 NC 代码，可以通过企业的 DNC 系统传递给现场加工中心，进而完成基于 MBD 技术的零件加工（图 10）。

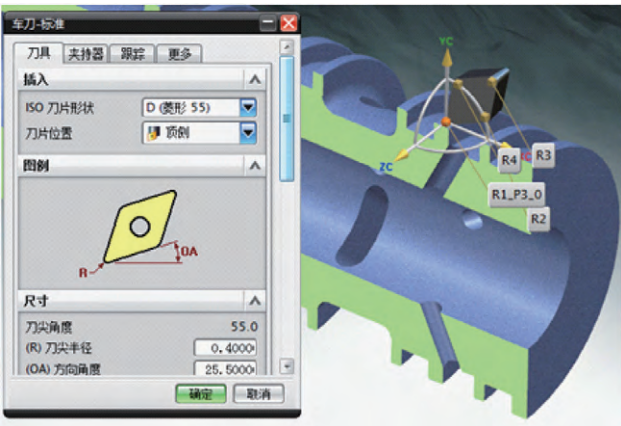


图 10 零件 CAM 加工

六、结语

本文提出的基于 MBD 技术的零件参数化工艺设计方法，其核心在于利用以往的最佳实践和经验来解决新问题。在 NX 平台下开发的特征建模工具和参数化工艺系统经过实际使用后，提高了系列化零件的设计、工艺和加工效率。今后通过对企业典型特征库的不断积累和扩充，还可形成企业内部的典型零件工艺数据库，将更能缩短零件的设计和生