

基于 MBD 的 三维结构化工艺设计应用

中车戚墅堰机车有限公司信息管理部 谢利

随着数字化设计技术与制造技术的推广应用，企业在产品研发中大多实现了三维设计，大幅度提高了企业的设计效率、研发及创新能力，越来越多的制造企业逐步从二维设计模式过渡到全三维设计模式。但是，大多数企业的工艺仍然是基于二维图纸，三维设计数据和设计意图无法有效传递和充分利用，工艺人员无法享受三维设计带来的便利性，数据缺乏关联，由此造成设计与工艺脱节，还需进行三维向二维的转换，并以二维图纸作为交付物，已经成为产品三维协同研制的短板和瓶颈。

实施三维结构化工艺设计，建立适应三维结构化工艺设计标准规范，基于企业 PDM 系统开发三维结构化工艺设计工具和管理系统，继承设计的信息（EBOM 和带三维标注 MBD 模型等），开展 EBOM/PBOM/MBOM 调整、

三维结构化工艺编制，并在 PDM 系统中进行工艺业务过程和工艺数据的管理，推进设计、工艺协同工作，提高工艺工作效率和工作质量。

一、三维结构化工艺数据组织

设计部门在 PDM 系统中以产品结构树（EBOM）为核心进行产品设计数据组织和管理的模式得到企业的广泛认可和深入应用。工艺部门从工艺设计和管理角度出发，围绕企业工艺设计和生产制造的主线——产品制造树（MBOM）进行工艺数据组织和管理。

1. 基于 PDM 系统的设计工艺一体化

工艺要继承设计信息，共享设计数据，进行基于 MBD 的结构化工艺设计，企业应建立基于 PDM 系统的设计工艺

不同轴承刚度和刚性支撑下的临界转速。

（3）利用公式法和“CMD-Rotor 7 转子系统动力学分析软件”分别分析了“转子——轴承”系统的临界转速，将分析结果与有限元法进行了对比，证明了有限元法模型的可信度，并指出考虑弹性支撑对实际临界转速设计的重要性。

（4）通过有限元法证明了增加轴承径向刚度对提高系统临界转速具有重要作用，并根据实际工作要求，获得了轴承径向刚度需大于 $3 \times 10^7 \text{N/m}$ 的设计指标。IM

企业在成功应用 PDM 系统进行产品设计数据管理的基础上, 基于 PDM 系统开发 MBOM 编辑器和结构化工艺设计系统, 实现基于 MBD 模型的三维结构化工艺设计, 实现设计、工艺数据统一管理, 系统框架如图 1 所示。



2. 基于 MBOM 的三维结构化工艺设计与管理

[illegible]

图 2 各类工艺数据之间的关联关系

3.EBOM/PBOM/MBOM 转换

◎ 生产技术准备人员在 PDM 系统中基于 EBOM，应用 BOM 编辑器进行 PBOM 初始化、PBOM 设计和 PBOM 签审，通过签审后发布公司级工艺路线，系统将根据行程分工自动进行 MBOM 设计任务和工艺设计任务的派发。

◎ 各专业工艺师接收到 MBOM 设计任务后, 基于发

通过在系统中构建完整的 MBOM, 将物料信息、制造结构信息和工艺路线等数据集集成发布给 ERP 系统, 一方面有利于实现物料按工位投放的精益制造管理模式, 另一方面确保基于单一数据源实现向 ERP 发布数据的准确性、一致性。

二、工艺模型设计

◎ 模型继承关系：工艺模型继承设计模型，下一工序的工序模型继承前道工序的工序模型，并直接编辑从设计模型继承的三维标注信息。

◎ 三维模型可编辑性和多样化展现：三维工序模型和工艺文件的可编辑性、与可编辑模型关联的轻量化模型，以及 PDF 文件的表示。

1. 机加工三维工艺模型设计

[illegible]

图3 机加工工序模型设计

工序模型的变化有参数变化和拓扑结构变化两种情况。参数变化反映了加工余量的变化,对应工序的粗加工—半精加工—精加工,可使用 Creo 族表功能。拓扑结构变化反映零部件加工部位发生变化,对应加工方法改变,可对工序模型使用 Creo 柔性建模功能进行设计。

工序变化可能使多态模型链中工序模型自动更新失效,需重新建立相关的模型间引用复制关系以及重新构建去材特征。

对于不涉及当前工序加工(即不进行三维标注)的几何对象,可以对当前工序模型采用特征抑制、模型修剪和剖切等方法进行简化。

在 3D 情况下,任何修改必须在 3D 模型上进行,需建立三维工艺模型设计标准规范,选择一种效率、数据有效性和审批兼顾的规范化方法。

数控加工三维工艺模型最好使用中差建模,可不进行三维标注。研究开发三维模型检查工具,对三维模型质量进行评估,同时提高产品设计人员工艺知识,使设计模型可直接重用。

2. 成形(铸造、锻造和钣金等)三维工艺模型设计

成形工艺主要以模具作为零件成形的工装,包括铸造、锻造和冷冲等,其中多次成形存在零件的多态模型和对应的多套模具模型。

3. 装配三维工艺模型设计

不涉及零件模型本身的拓扑结构改变而仅仅是零组件方位发生变化,对于大装配三维模型一般需要进行轻量化处理。无需关注零件模型细节,可直接采用轻量化模型进行工艺设计和拆装仿真。

三、基于 MBOM 的三维结构化工艺设计

由“所见即所得”的卡片式编制方式转变为以 MBOM 为核心的“结构化”工艺编制方式,支撑基于 MBD 的三维工艺规程设计、基于二维图样的二维工艺规程设计模式整合,同时实现所有工艺数据的一体化和关联化管理,结构化工艺文件的组织形式如图 4 所示。

为适应国内制造企业工艺设计和管理的需要,基于 PDM 系统 Windchill 的工艺模块 MPMLink,开发三维结构化工艺设计系统,支持离散性制造企业所有工艺类型的三维结构化工艺设计,包括组装类工艺设计、机加类工艺设计、

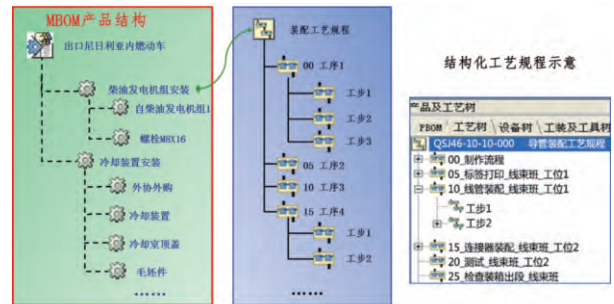


图 4 结构化工艺文件的组织形式

焊接类工艺设计、铸造类工艺设计、锻造类工艺设计、热处理类工艺设计、探伤类工艺设计和通用类工艺设计等。

1. 开发三维结构化工艺设计系统

由于不同企业工艺方法和工艺水平个性差异较大,通用的三维工艺设计系统难以满足制造企业的不同需求,基于 PDM 系统设计工艺一体化平台,结合企业特点,开发三维结构化工艺设计系统。基于 MBOM 根据工艺任务开展三维结构化工艺设计,建立产品工艺结构树,每个自制零部件对应一个结构化工艺(如机加工工艺、组装工艺、热工工艺等)。根据加工或装配工艺要求在工艺下建立工序,并与所需的资源(如工序模型、设备、工装、作业指导书和检验指导书等)建立关联,使三维数据贯穿设计、工艺和制造全过程。结构化工艺设计如图 5 所示。

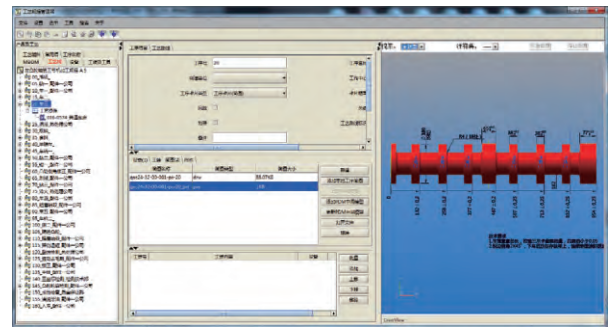


图 5 结构化工艺示例(机加工)

建立结构化工艺,精细到工序、工步的版本和权限控制,自动提取工艺路线和工位物料传递给 ERP 系统和 MES 系统;工艺人员与设计人员在统一的平台,统一的界面、统一的库中并行作业,有利于提高数据重用率和工艺设计效率。

2. 三维结构化工艺设计

当工艺师在基于 PDM 系统的设计工艺一体化平台接收到工艺设计任务后,启动三维结构化工艺设计系统,基于

MBOM 创建结构化工艺规程, 创建工序和工步, 选择设备、工装及工具(工装、刀具、检具、量具、工艺器具)、工艺辅料等工艺资源关联至工序、工步, 根据需要从 PDM 系统或本地选择相应的工艺简图(支持工艺模型、二维图、图片和三维仿真动画等)和工艺附件关联至工序、工步, 如图 5 所示。

在装配三维结构化工艺设计中, 工艺设计编辑器支持基于 MBOM 节点的三维可视化模型以复制/粘贴的方式为工序、工步进行“消耗式零部件分配”, 如图 6 所示。对已经分配过的零部件, 通过颜色和提醒机制进行提醒, 避免零部件重复分配和漏分配等问题。

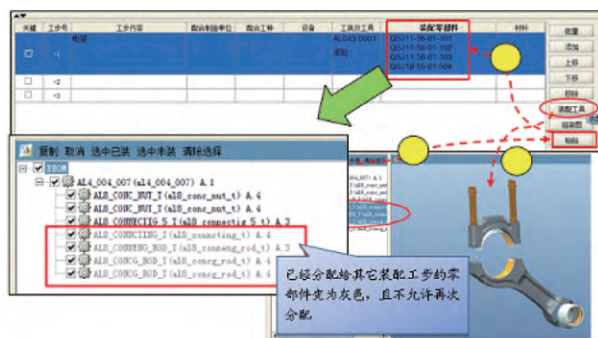


图 6 装配三维为结构化工艺零部件消耗式分配过程示意

在装配三维结构化工艺设计中, 将制作的装配仿真动画集成检入至工艺编辑器, 系统自动将装配仿真动画与工序/工步关联, 如图 7 所示。

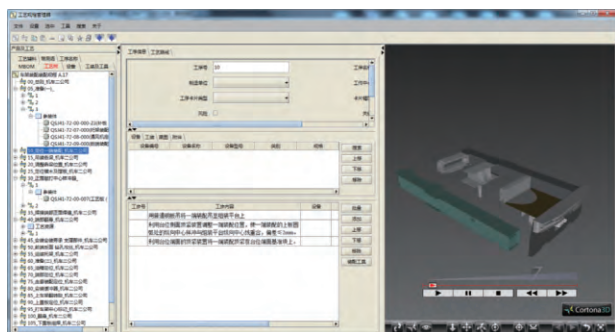


图 7 结构化工艺示例(装配)

3. 三维结构化工艺文件发布

当结构化工艺设计完成后, 调用三维结构化工艺设计编辑器中定义各种工艺类型的模板进行预览, 输出基于 WEB(网页)形式的交互式工艺规程, 如图 8 所示, 用于现场无纸化终端应用, 可方便的进行模型旋转、剖切和测量,

查看三维标注, 播放工艺仿真动画。

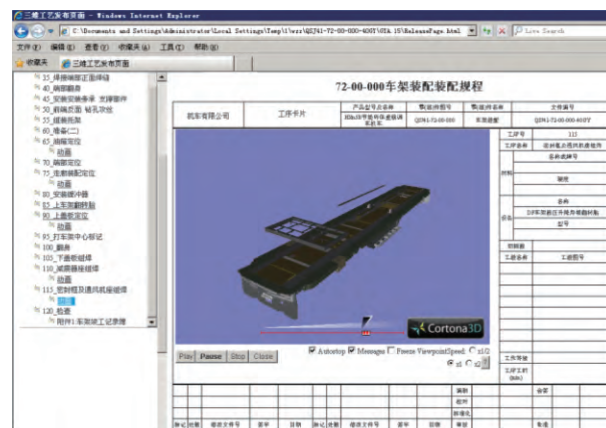


图 8 WEB 形式的交互式工艺规程页面示意

针对三维结构化工艺规程, 同时可以将三维模型固定在某一视图、工艺仿真固定在某一画面, 输出生产制造要求的二维工艺规程, 采用 PDF 格式, 如图 9 所示, 并可打印下发。

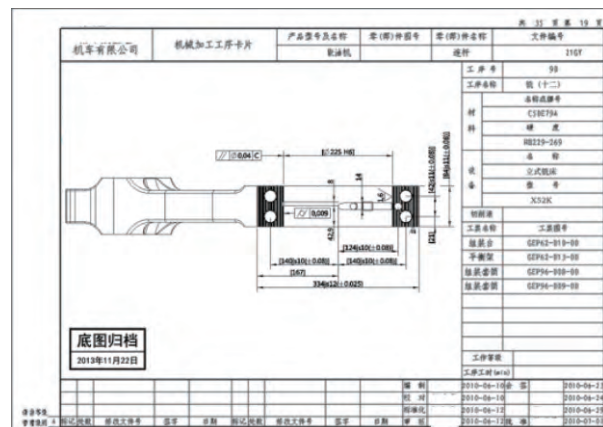


图 9 PDF 形式的二维工艺规程页面示意

4. 无纸化终端浏览三维结构化工艺

开发应用于生产现场的无纸化终端系统, 基于零部件编号、工艺规程编号、工艺规程编号+工序号方式检索, 查找存放在 PDM 系统中的零部件模型、三维结构化工艺规程等, 并通过内嵌流程进行浏览。

四、制定三维结构化工艺设计与管理标准规范

企业现有的标准规范都是针对二维图、“所见即所得”的卡片式工艺设计的, 缺乏工艺模型和结构化工艺设计的设计标准规范和约束。因此, 企业需要针对产品特点, 结合所应用的 CAD 工具、三维工艺设计系统(基于 PDM 系统的

表 1 三维结构化工艺设计和管理相关标准规范

序号	标准名称
1	三维工艺设计术语与定义
2	PDM 系统三维工艺文件模板编制及应用规范
3	三维工艺模型设计规范
4	三维工装设计规范
5	基于 Creo 模型检查规范
6	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 1 部分 通用要求
7	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 2 部分 机加工
8	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 3 部分 管路
9	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 4 部分 铸造
10	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 5 部分 焊接
11	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 6 部分 备料
12	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 7 部分 数控零件
13	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 8 部分 装配
14	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 9 部分 线缆
15	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 10 部分 工艺资源管理
16	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 11 部分 签审规定
17	PDM 系统结构化工艺规程设计规范 第 12 部分 更改规定
18	三维虚拟装配仿真设计规范
19	数控加工仿真规范
20	PDM 系统 MBOM 设计规范
21	PDM 系统与 ERP 接口规范

设计工艺一体化平台），区分不同工艺类型，研究三维结构化工艺设计标准规范，统一企业三维结构化工艺设计环境，高效率地接收设计的三维模型，规范工艺模型设计、结构化工艺编制，为企业全三维工程化应用奠定基础。笔者所在企业在三维结构化工艺设计和管理中建立了标准规范，如表 1 所示。

五、结语

三维结构化工艺是一种全新的技术，更是一种全新的管理模式，必然会受到传统二维工艺思维和工艺习惯的阻碍，更是企业产品研制模式的变革。要从二维思维中跳出来，逐步向三维思维转变，建立基于三维的、结构化的工艺标准规范是关键，同时还需要从决策和管理层进行推进。

基于 PDM 系统进行三维结构化工艺设计与管理，工艺直接接收和重用三维设计模型，MBD 模型贯穿企业设计、工艺和制造等产品生命周期的过程，实现企业一体化产品设计和工艺设计，保证设计工艺制造一体化管理，保证设计工艺数据的一致性和关联性，显著提升企业产品研制水平和工作效率。IM

《智能制造》杂志征稿通知

一、征文范围

1. 数字化设计与制造
 2. 智能设计理论、方法及系统
 3. 自动化与现代制造系统
 4. 机器人技术及应用
 5. 虚拟设计与虚拟样机
 6. 网络化控制与制造技术
 7. 绿色设计与绿色制造中的智能技术
 8. 智能加工、智能检测与控制
 9. 数字企业与数字化工厂
 10. 制造系统建模、运行、控制、优化与调度
 11. 先进制造模式与战略
 12. 制造信息与知识处理
 13. 数控技术与数字化装备
 14. 现场总线与无线传感网技术
- 注：以上内容范畴仅供参考，围绕智能制造全领域，具体题目

请自拟。

二、论文遴选、刊录出版和基本要求

1. 《智能制造》编辑部组织编委会有关专家，对投稿进行审查、遴选，择优刊登。审查遴选期限为自编辑部收到稿件后的三个月。对于刊登的论文，编辑部提供正式录用通知。
2. 论文内容必须是作者未正式发表过的研究成果，论文主题与智能制造相关，投稿作者须恪守学术道德规范，文责自负，严禁一稿多投及中途撤稿。论文字数 4000 ~ 7000 字。
3. 论文应包括以下项目：论文题目；作者简介（200 字以内，包括姓名、工作单位、通信地址、电话、手机、电子信箱等）；中文摘要、关键词、标题和正文、参考文献。

三、编辑部投稿联系方式

联系人：张友苹
联系电话：010-68993880-293
邮箱：imchina@idnovo.com.cn