

基于 PDM 的三维工艺设计与管理

撰文 / 北京航天长征科技信息研究所 赵鹏 徐志良 朱祎兰

本文分析了三维工艺设计与管理中存在的问题，提出了基于 PDM 的三维工艺设计与管理系统的整体框架，研究了基于 PBOM 的工艺数据管理方法，论述了 PDM 环境下的三维机加、装配等工艺设计和工艺输出方法等。

随着数字化设计与制造技术的广泛应用，三维 CAD/CAM 技术日益普及。在产品研发部门，大都实现了三维产品设计，在生产制造现场也大量采用了自动化数控设备。然而，工艺规划设计部门的工艺设计手段仍然还是主要基于二维图纸，上游三维设计数据和设计意图不能得到有效的传递和充分的利用。二维图纸传递到生产现场，制造人员不得不基于二维图样重新解读设计意图，影响产品的研制周期及质量。传统二维工艺设计已经成为了产品三维协同研制的短板和瓶颈。本文研究了基于 PDM 系统的三维工艺设计和管理，为产品一体化协同研制提供思路和方法。

一、三维工艺设计与管理系统框架

随着三维数字化设计技术在产品研制中的普及，基于 PDM 的三维产品设计数据管理及技术状态控制也得到深入的应用。在 PDM 系统中，以产品结构树（EBOM）为核心的产品数据组织和管理模式也得到广泛的认可。然而，当前大多 PDM 系统管理的 product 数据主要为设计数据，工艺设计主要在独立的工艺设计系统中开展，工艺数据也大多在工艺设计系统中管理。这就给一体化的产品协同研制和统一的产品研制数据管理带来不少的麻烦。由设计更改产生的数据一致性问题的，往往导致产品的技术状态控制复杂度增加，甚至有时出现失控的状态。

利用 PTC 公司的 PDM 系统 Windchill，实现设计、工艺数据的统一管理，并在此基础上实现基于模型的三维工艺设计。三维工艺设计与管理系统的框架如图 1 所示。

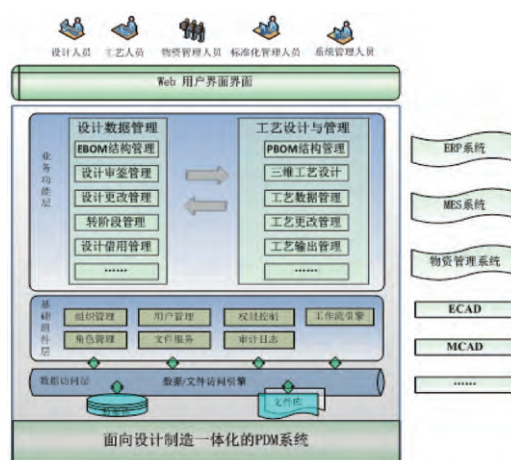


图 1 基于 PDM 的三维工艺设计与管理系统的框架

二、基于 PBOM 的工艺数据管理

1. PBOM 创建

设计部门在 PDM 系统中产生产品结构树 EBOM，并基于 EBOM 实现设计数据的组织和管理。工艺部门需要从工艺的角度，按照工艺分工和工艺资源的组织将 EBOM 转换为工艺结构树 PBOM，PBOM 的创建示意图如图 2 所示。

工艺规划员利用 PDM 系统提供的三维可视化环境，通过复制、粘贴等方式直接利用设计零组件对应的三维模型重构成部件初始 PBOM 结构。在初始 PBOM 基础上，通过以下操作方式，形成最终的 PBOM 结构。

(1) 按照外协件、外购件、成品件、工艺组合件等工艺类型，调整 PBOM 结构。

- (2) 重新分割零部件数量。
- (3) 添加为方便制造的虚拟子装配。
- (4) 添加制造或装运过程中所需部件和消耗品。
- (5) 依据其它工艺意图调整 PBOM 结构。

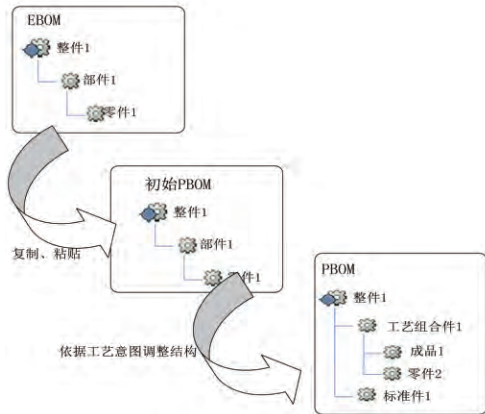


图2 PBOM 的创建示意图

PBOM 可视化编制界面如图3所示。将EBOM 重构生成PBOM 以后，需要在PDM 系统中建立EBOM 和PBOM 的内部数据关联关系。工艺工程师能够直接依据PBOM 查看到零件设计时产生的三维模型及基本的设计属性信息，对于PBOM 表中无对应的设计零件，需要在PBOM 相应节点的属性上明确标识。

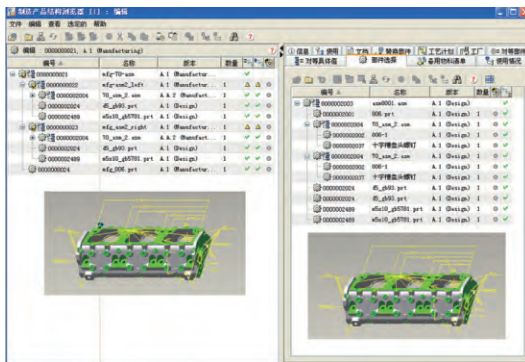


图3 PBOM 可视化编制界面

基于EBOM 与PBOM 的内部关联关系，实现两个BOM 之间的符合性对比分析，检查EBOM 中所有零组件项和数目是否在PBOM 存在，并在界面中用不同的符号标识差异之处，避免EBOM 到PBOM 重构过程中人为的失误。EBOM 和PBOM 的可视化对比界面如图4所示。

2. 基于 PBOM 的数据关联管理

基于PBOM，需要添加工艺制造所需的属性信息，例

图4 EBOM 和 PBOM 的可视化对比

如工艺路线、材料定额及工艺参数等数据，最终构建满足工艺制造需要的工艺结构树，并以该结构树为核心组织相关工艺信息。基于PBOM 的工艺数据管理，如图5所示，为与零部件相关的工艺规划、工序/工步、三维工艺模型、动画、工艺资源（车间部门、工装、夹具、设备和辅料）、工艺文件、工艺任务和工艺更改对象等相关的工艺数据都能与对应PBOM 节点进行可视化的关联管理。



图5 基于PBOM 的工艺数据管理

在工艺设计的过程中需要用到资源，包括厂房、机床、刀量具、型架和工人技能等，都将在系统中进行管理。建立工艺资源的分层、分类结构，构建统一的工艺资源基础数据库。建立工艺资源与其它工艺信息对象（例如工序、工步对象）之间的关联关系，并对工艺资源和工序/工步之间关联关系的约束进行管理。工艺资源管理示意图如图6所示。

3. PBOM 审签

PBOM 的产品结构和相关属性信息可以在PDM 系统进行电子审签和分发。PBOM 审签分发流程图如图7所示。

工艺设计人员通过系统可以方便过滤出一个产品中负责工艺设计的零组件列表，接着开始工艺规程等工艺文件的编制工作。工艺审签和分发示意图如图8所示。

通过上述的过程，可以取消原来纸质零组件工艺分工表的审签发放方式，改用基于PDM 平台的PBOM 审签和

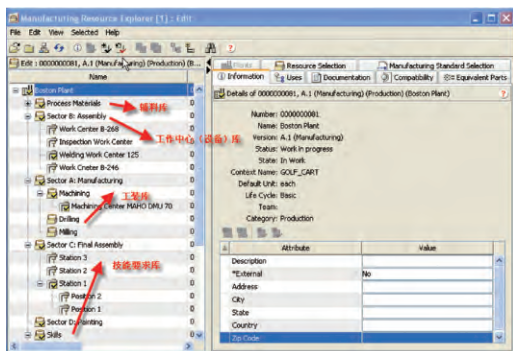


图6 工艺资源管理示意图

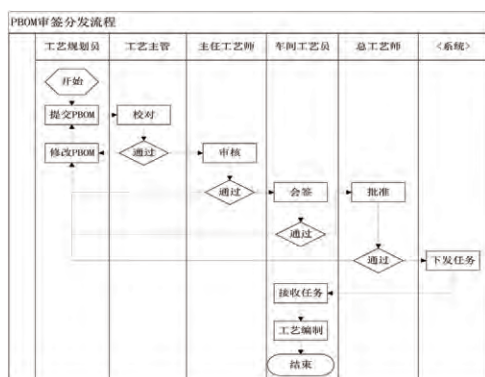


图7 PBOM 审签分发流程图

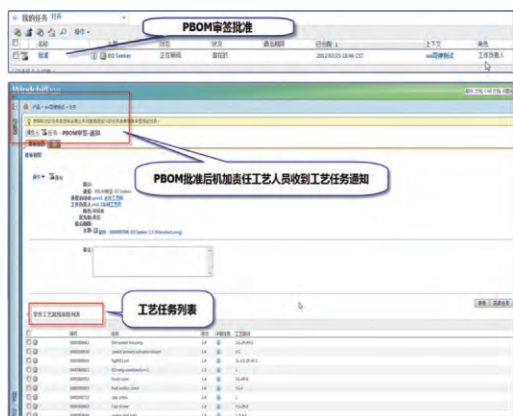


图8 工艺审签分发示意图

任务发放。

4. PBOM 更改

当 EBOM 结构和关联的设计模型产生设计变更，需要将变更信息传递到 PBOM。由于 EBOM 与 PBOM 内部相互关联，通过 PDM 系统的工艺计划浏览器，在 PBOM 上将突出显示与设计变更节点相关的工艺节点。工艺规划员可以据此判断 PBOM 是否需要更改。如果需要更改，需要进行 PBOM 变更审签和分发，变更审签流程与 PBOM 审签流程

类似。PBOM 更改后，依据工艺需要，进行后续的工艺设计变更。

三、三维工艺设计

当 PBOM 审签完成并分发后，车间工艺设计员在自己的任务列表中，接收到一个工艺设计具体任务。工艺员打开具体任务，可以看到需要进行工艺设计的三维模型，可以利用 CAD 轻量化工具对模型进行浏览、测量，以消化理解设计意图，方便进行工艺设计方案的确定。

1. 机加工工艺设计

车间工艺员在工艺计划浏览器中，进行具体工艺的设计，如图 9 所示。基于 PBOM 创建工艺计划，为工艺计划添加工序，并且为每道工序确定具体操作的三维模型、工艺设计的具体描述、所需要的工艺资源（机床、卡具、材料、刀具、辅助材料和技能工人等）和工时定额等。

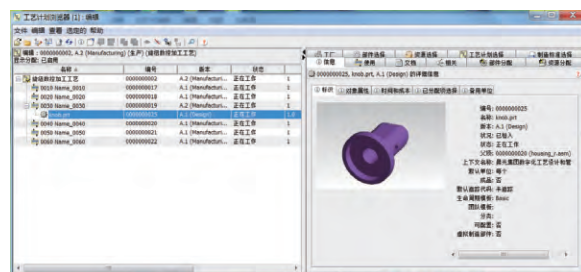


图9 机加工工艺设计示意图

通过工艺规程编辑器进行详细工艺设计。如图 10 所示，工艺员可以在工艺规程编辑器中使用标准工艺，实现工艺设计重用，也可以将某个工艺计划保存为标准工艺。

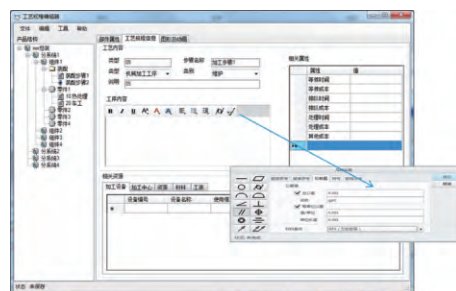


图10 详细工艺设计示意图

2. 装配工艺设计

针对装配工艺，在工艺规划浏览器中直接定义工艺，利用 CAD 轻量化工具查看相关模型，初步确定工艺方案，将装配模型、资源和文档等分配给具体工序，如图 11 所示。

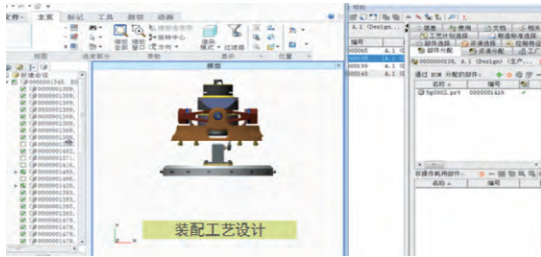


图 11 装配工艺设计示意图

生成装配工艺卡片，完成装配动画的设计，并把装配动画设计结果嵌入到装配工艺卡中，如图 12 所示。



图 12 装配工艺卡编制

现场作业工人可以直接点击激活装配插图，完成装配动画的播放，快速了解整个装配过程。

3. 工艺输出

利用 PDM 系统的模版管理功能，对工艺规程和工艺卡片模板进行管理。当工艺设计完成后，可以将工艺数据按照特定模版发布为 PDF 格式文件。

按照用户配套工艺文件表格定制要求，定制用户需要的各种表格。工艺模板如图 13 所示，PBOM 上挂接的所有零部件按照表格格式输出工艺需要的各种文件。包括标准件表、机加件表、钣金件表、铸造件表、锻造件表、电缆表、管路表、复合材料表和装配件表等。



图 13 工艺模板示意图

由于所有工艺数据均以结构化数据或者文件的形式存在 PDM 系统中，针对不同类型的工艺输出需求，PDM 支持均可以按照模板生成相关的规程或者工艺报表，如图 14 所示。

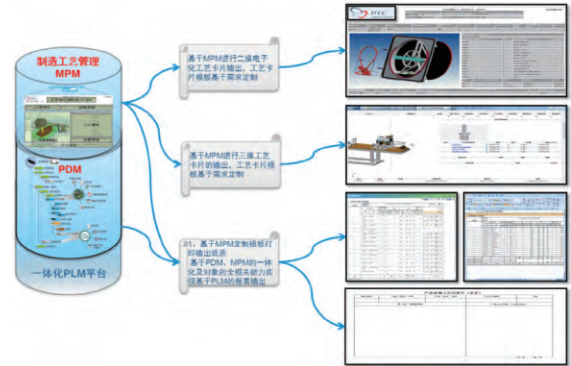


图 14 工艺规程及报表输出示意图

针对采用全三维设计的型号工艺，根据制造厂的三维工艺卡片输出要求构建三维工艺卡片输出模板，包括机加工、装配、数控、钣金、焊接、锻造、电装和热表等，用于现场无纸化应用。

针对三维工艺规程，同时可以输出制造要求的二维工艺规程，并可打印下发。

针对工艺报表输出，可以在工艺文件通过批准后，一次性输出相关报表，并关联在 PBOM 节点上，同工艺文件一起执行批次管理。报表的种类及格式需要满足制造厂的工艺报表种类要求，如外购件汇总表、铸锻件汇总表、工艺状态表、工艺分工表、热处理 / 表面处理 / 关重件零件清单和材料统计表等。

四、结语

基于 PDM 的三维工艺设计与管理，有利于实现一体化产品设计和工艺设计，保证设计工艺一体化管理，保证设计工艺数据的一致性和关联性。

通过 PDM 系统与 ERP 及 MES 的集成，将三维工程图、工艺规程通过链接的方式传递至 MES 中，实现车间现场的生产指令、PMI 信息的全数字量传递，实现三维工艺信息的生产现场应用、外厂加工与试验应用能力，最终提高产品质量和生产效率。IM