

并行工程产品开发过程的建模方法学^[1]

清华大学自动化系, 北京 100084 彭毅 吴祚宝 张珂殊 熊光楞

摘 要 在并行工程中, 为了实现产品开发过程的集成、并行和最优化, 首先要建立能够充分反映产品开发过程各方面信息的产品开发过程模型。通过对模型的仿真分析和优化, 指导产品开发过程的实施。本文首先提出了并行工程产品开发过程模型是集成多视图模型, 随后提出了采用集成多视图建模理论的并行工程产品开发过程建模、分析和管理的的方法学框架。

关键词 并行工程 产品开发过程 建模 管理 集成多视图建模 建模方法学

引 言

并行工程^[1]是集成地、协同地设计产品的系统化工作模式。因为并行工程产品开发过程 (Concurrent Engineering Product Development Process-CEPDP) 是系统化工作模式的集中体现, 其研究受到广泛重视。目前文献中明确给出 PDP 定义的尚不多见, 此处引用的定义^[2]反映了对 CEPDP 一般的认识层次: “产品开发过程是对某产品从 (形成) 概念到生产开始这一特定 workflow 的一种既定方式 (defined way), 它要求生成考虑到直至产品废弃的整个产品生命周期中有关产品和生产的信息”。由此定义可以看出, 首先, CEPDP 针对广义的设计阶段, 制造阶段不在其中; 其次, CEPDP 以 workflow 为描述对象; 对其他因素 (如生成的产品信息) 的考虑是隐含的。此定义将并行工程的研究侧重点限制于广义的设计阶段是与并行工程的出发点相符的, 以对 CEPDP 这一层次的理解为背景, 对其研究基本采用 workflow (workflow) 的形式描述。由此派生出多种描述任务顺序、串行并行和逻辑关系的工作流方法, 如美国西弗吉尼亚大学的并行工程研究中心 (CERC) 提出的五类活动描述法^{[3][4]}和美国空军阿姆斯特朗实验室 (Armstrong Lab.) 提出的 IDEF3 方法^[5]以及 Kusiak 的矩阵分析再造工程^[6]等。在这些方法中, 建立 CEPDP 的过程是一次性的, 只要事先用 workflow 描述, 就可以按照执行, 取得效果。由于 CEPDP 可事先描述, 因此过程中的任务是否并行、并行程度也可以事先确定。CEPDP 与开发阶段的组织和工作方式、产品设计中涉及的设计、工具和人力、资金等资源以及产品本身的信息组织方式之间似乎没有必然的联系, 仅在少数研究中^[3]采用了部分项目管理的关键路径思想。

我们认为, 将 CEPDP 等同于 workflow 是不全面的。因为在并行工程的工作模式中, workflow 难以反映产品开发中的全部重要信息, 例如:

- workflow 难以描述设计更改和再版时对工作流的改动
- workflow 难以描述因资源欠缺造成的任务拖延;
- workflow 模型难以估算一种 CEPDP 是否最优;
- workflow 模型对同一产品在不同组织模式和开发环境下效率不同难以解释。

workflow 模型是管理领域事务过程再造工程 (Business Process Reengineering-BPR) 的主要技术手段。在

本文受 863CIMS 主题资助, 项目号: 863-511-03-0142

本文收稿日期: 1996-05-09

它提出之前，项目管理（project Management）的项目估价和评审技术（Project Evaluation and Review Technique- PERT）是对项目管理的有效方法，它可以通过对项目任务的时间与资源进行平衡消除瓶颈，缩短项目时间。但是此方法不能处理 CEPDP 这一类存在反馈和条件分支等复杂任务关系的项目。而处理反馈和条件分支正是 workflow 管理擅长的。不过，项目管理的优势在 workflow 管理中并没有继承下来。

将项目管理和 workflow 管理的优势结合起来，是本文建立 CEPDP 模型的基本思路。但是由于在 CEPDP 中涉及的广义资源众多，而且象人力资源的组织已经成为并行工程重要的研究内容。同时，由于产品开发的创造性，workflow 本身也是不断变化的。因此，对 CEPDP 建模必须要对产品 and 产品开发活动进行更本质和更全面的分析。这就是我们采用集成多视图建模方法^[7]进行 CEPDP 建模研究的出发点。

1. CEPDP 的集成多视图模型

在本文中，我们对 CEPDP 进行如下新的定义：

并行工程的产品开发过程是跨学科群组在计算机软硬件工具和网络通讯环境的支持下，由能反应一类产品开发活动的合理信息流动关系及组织、资源和逻辑制约关系为框架，以特定的产品开发（从概念形成到制造开始）的实际资源和约束为背景，以全方位考虑该产品及其产品生命周期信息，缩短产品开发时间，提高产品质量为目标，由产品开发管理人员设计的动态可变的开发任务流程。

在此定义中，跨学科群组和支持环境是并行工程能够顺利实施的基本保障。在此条件下，由一类产品本身决定的开发活动的信息流动关系、组织、资源和逻辑制约关系基本可以由产品信息视图产品开发系统的功能视图、组织视图、资源视图和一系列约束规则加以描述。其中，产品信息视图描述的是产品的零部件组成关系、产品零部件的设计信息（如造型、工艺方案、设计图纸、工装方案等）和产品的中间形态及相关设计信息（如毛坯和半成品等）。功能视图描述的是产品开发各项活动的功能，输入输出信息，以及必需的控制信息和支持机制。组织视图描述组织结构、活动分工、权限分配和责任定义。资源视图描述的是资源的分类和资源的内部关系。约束规则描述的是在上述视图中难以描述的各种约束。这几种视图在 CEPDP 建模中的重要性在于，如果缺乏其中某一部分信息，在产品开发过程的分析、监控和调度中都会因信息不全而难以进行。上述视图通过采用集成多视图建模方法的集成，就可以得到 CEPDP 的模型框架，模型框架的定义有助于其在类似产品中的通用性。对特定的产品开发而言，只要将具体的信息、组织、资源和逻辑制约赋值给 CEPDP 模型框架，则可以形成特定 CEPDP 模型。

集成多视图的 CEPDP 模型由于反映了产品及其开发过程的多方面信息，因此模型可用于监控和调度 CEPDP。这也就是 CEPDP 模型重要的动态性。也正是单独的功能模型、信息模型 workflow 模型甚至动态模型难以实现的。国外在 CEPDP 研究中也有采用动态模型的尝试^[8]，但是由于没有种种其它模型的信息补充，孤立的动态模型只能分析 CEPDP 中简化的状态，难以处理复杂的真实 CEPDP。

2. CEPDP 的建模方法

在计算机软硬件环境的支持下，可以采用图 1 的体系结构建立 CEPDP 的模型。

图中的产品数据管理 PDM 是基于数据库管理系统的一种产品开发应用支持系统，它可以管理反有与产品相关的信息（如零件信息，配置信息，产品结构信息等）和产品开发过程信息（如用户、设备、工具、workflow、项目组织、权限等），是实现 CEPDP 集成必要的框架支持系统。

www.cnki.net

图 1 CEPDP 建模体系结构

产品开发管理人员通过统一的人机界面和产品数据管理 PDM 的支持下，可以生成 CEPDP 模型的产品信息视图、过程功能、组织视图和约束规则，并可以按集成多视图建模方法将其按面向对象的策略集成为 CEPDP 模型框架。该框架可以在添加特定产品信息具体产品开发过程资源信息和逻辑约束后形成 CEPDP 模型，CEPDP 模型可以在执行前通过仿真和优化达到初步最优。监控 CEPDP 模型的执行就是不断根据产品开发的现实情况调整过程的工作流。达到动态最优。具体步骤如图 2 所示：

由于 CEPDP 的特点，其模型的仿真和优化也应与这些特点相对应。

首先，CEPDP 的优化应包含以下内容：

缩短产品开发时间是优化的主要目标，在资源允许的条件下，应尽量增大产品开发活动的并行度。

在计算机集成环境的支持下，对各项开发活动可以进一步分割成更细的阶段。可以有控制地在各阶段完成后向设计下游预发布信息。阶段点的设定必须优化。

在 CEPDP 中，按照一定的评价指标评价过程状态是否最优。

由于 CEPDP 的复杂性，优化方法只能解决过程中比较稳定的问题。而在大多数情况下，需要采用建模—仿真—分析—优化模型的技术路线。CEPDP 仿真可以在信息集成的基础上用于初步确定 CEPDP，也可以根据不同的仿真策略研究不同产品开发条件（产品结构、信息流向、组织方式、资源配置、约束规则）对 CEPDP 的影响。

CEPDP 的仿真和优化针对的还是 CEPDP 模型本身，而 CEPDP 建模的目的是对 CEPDP 进行管理，或称监控和调度。这也就是 CEPDP 的动态执行过程。

www.cnki.net

图 2 CEPDP 建模工具工作流程图

3. CEPDP 模型的动态执行

CEPDP 模型不是孤立的。在执行过程中，需要得到以下的支持：

(1) 集成的产品数据管理 (PDM)：在上一节中已有解释。

(2) 过程监控和项目协调板技术：过程模型的执行必须进行监控，以保障过程按照最优的方向进展。项目协调板应包括：实际约束的管理，过程的实时监控调度和冲突仲裁。详细内容见 [9]。

(3) 质量功能部署 (QFD) 决策支持 [9] 和 CEPDP 评价体系：要对过程的优劣进行评价，传统开发过程的评价体系难以奏效，而必须建立新的与并行工程相适应的评价体系。依赖质量功能部署的决策支持和更加广义的 CEPDP 评价体系，可以在生成 CEPDP 模型时对其进行初步的仿真分析和优化。更加关键的是，在 CEPDP 模型的执行和监控调度中，必须依赖该评价体系。

在上述技术和工具的支持下，CEPDP 模型的动态执行过程是：

- (1) 根据实际产品的结构和资源配置、人员组织及特殊的逻辑约束对 CEPDP 模型框架进行实例化；
- (2) 模型的仿真运行，得到初步的开发过程计划；
- (3) 初步开发计划的优化；
- (4) 开发计划的实施和过程监控（计划与实际的对比）；
- (5) 在出现计划与实施的分歧时，由开发管理人员借助主评价体系对此进行评价，在项目协调板支持下指定初步决策，改变 CEPDP 模型；
- (6) 对新的 CEPDP 模型进行仿真和优化，更改 CEPDP 计划后转至步骤 4。

这样, 通过 CEPDP 模型的动态执行, 就可以动态保持 CEPDP 的最优。

4. 结论

本文阐述了并行工程的产品开发过程的本质是集成的多视图模型, 其建模过程可以在集成多视图建模理论的指导下, 通过在功能模型、组织模型、资源模型和约束规则基础上建立 CEPDP 模型框架, 进一步具体化为 CEPDP 模型的方法进行。模型的动态执行可以监控和调度 CEPDP。按照项目的进展, 并配合 863CIMS 重大关键项目“并行工程”的实施, 具体的 CEPDP 建模工具开发目前正在进行。

参 考 文 献

1. Winner R J, et al. The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition. Institute for Defense Analysis, IDA Report R-338, 1988.
2. Warschat J, Bernades S, Stanke A. Guideline for the realization of a CSE organization in a company. Proc. of the International Workshop on Concurrent/ Simultaneous Engineering Frameworks and Applications. Lisbou: April 1995.
3. Palmer B, et. al. Modeling the Concurrent Engineering Process. DICE report, Contract No. MDA 972-88-C-0047.
4. Palmer B, et. al. Measuring the Management of A Process. DICE report, Contract No. MDA972-88-C-0047.
5. Mayer R J, et. al. Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) IDEF3 Process Description Capture. Method Reprot, Armstrong Laboratory, May 1992.
6. Kusiak A, et. al. Reengineering of Design and Manufacturing Processes, Computer ind. Engng. 1994, 26 (3): 521.
7. Zeigler B P. Multifaceted Modeling and Discrete Event Simulation. Academic Press, London and Orlando, 1984.
8. Kusiak A, Yang H H. Modeling Design Cycles with Stochastic Petri Nets. ASME PEd, 1992, Vol. 59: 375.
9. 彭毅等. 863/ CIMS 重大关键项目“并行工程”管理与质量分系统初步设计报告, 1995. 6.

A Methodology for Concurrent Engineering Product Development Process Modeling

Peng Yi Wu Zuobao Zhang Keshu Xiong Guangleng

Tsinghua University, Beijing, 100084

Abstract To realize integraton, concurrence and optimization in concurrent engineering, while workflow model is insufficient, a concurrent engineering product development process (CEPDP) model which include integrated multi-view of the product development process is necessary. Through simulation and optimization of the model, the implementation of the product development process can be directed. The paper identifies the CEPDP model to be a multi-viewed model with its dynamic essence. The structure and the working flowchart of CEPDP modeling, analysis and management prototype are also presented.

Keywords Concurrent engineering Product development process Modeling
Methodology Multi-viewed modeling.