

一种面向并行工程的统一产品 BOM 模型*

汪 洋^{1,2}, 刘晓冰¹

(1. 大连理工大学 CIMS 中心, 辽宁 大连 116024; 2. 安庆师范学院 计算机与信息学院, 安徽 安庆 246011)

摘要: 为解决传统的串行演化过程中各种 BOM 之间的不一致性问题, 提出一种面向并行工程的统一产品 BOM 模型。该模型重构组织结构, 建立面向并行工程的组织体系; 重构 BOM 过程, 构建并行的 BOM 应用架构; 分析产品生命周期所涵盖的 BOM 信息, 提出集成化 BOM 信息模型, 该 BOM 信息模型由物料项信息模型、产品结构信息模型和零件信息模型三个模型构成。实际项目应用表明, 提出的面向并行工程的统一产品 BOM 模型是有效可行的。

关键词: 并行工程; 统一产品 BOM 模型; 组织重构; BOM 过程重构; 集成化 BOM 信息模型

中图分类号: TH166 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2010)08-2984-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2010.08.045

Unified product BOM model oriented to concurrent engineering

WANG Yang^{1,2}, LIU Xiao-bing¹

(1. CIMS Center, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China; 2. Dept. of Computer & Information, Anqing Teachers College, Anqing Anhui 246011, China)

Abstract: In order to solve the problem of inconsistencies between various BOMs in traditional serial evolution process, this paper proposed a unified product BOM model oriented to concurrent engineering. Through changing organizational structure, established an organizational structure for concurrent engineering. Through the reconstruction of BOM flow, built a parallel BOM application framework. This paper proposed an integrated BOM information model by analyzing BOM information in product life cycle. It was composed of three models: item information model, product structure information model and part information model. An applied project demonstrates that the model is feasible and effective.

Key words: concurrent engineering; unified product BOM model; organization reconstruction; BOM flow reconstruction; integrated BOM information model

0 引言

物料清单(bill of material, BOM)是实现企业生产信息在各部门间传递的重要工具和纽带^[1]。传统的串行 BOM 演化过程如图 1 所示, 经市场预测和客户订单驱动, 由产品设计人员进行产品设计形成设计 BOM(engineering BOM, EBOM), 再由工艺设计人员在设计 BOM 的基础上进行工艺分解得到工艺 BOM(process BOM, PBOM); 然后由车间工艺员根据工艺 BOM 并结合实际制造过程中的装配和制造、详细设计工艺流程、制造工艺、装配工艺等信息形成制造 BOM(manufacturing BOM, MBOM); 质量控制部门根据产品制造 BOM 对质量的要求, 描述各种自制零部件、外协件以及采购件的质量要求、质量检测和质量控制标准, 形成指导生产质量控制和检查的质量 BOM(quality BOM, QBOM); 财务管理部门根据制造 BOM 中自制件、外协件和采购件的信息, 追加企业的管理费用、设备折旧费用后计算出产品及零部件的最终成本, 形成成本 BOM(cost BOM, CBOM); 采购部门根据制造 BOM 中零部件的外购和外协信息, 制定产品的外购件、外协件的 BOM 清单, 形成采购 BOM(buying BOM, BBOM); 销售部门根据销售计划和客户需

求信息, 确定企业的销售 BOM(order BOM, OBOM)。BOM 串行地贯穿了企业设计、工艺、制造、财务、质量保证、采购、销售等职能部门, 多种 BOM 分散存储, 各自维护, 造成数据的交叉与重叠, 降低了数据管理的正确性、完整性和一致性, 严重影响企业产品设计、生产和管理等过程的集成和工作效率, 增加了生产成本。延长了开发周期。

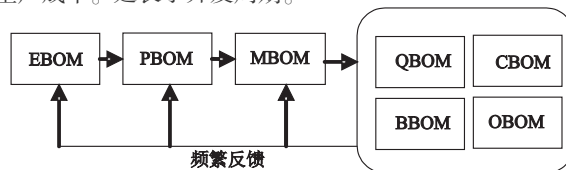


图1 传统的串行产品BOM演化流程

针对上述问题, 文献[2~4]通过映射方法、文献[5,6]通过集成方法、文献[7,8]通过变形方法来实现 BOM 数据的完整性和一致性维护。这些方法都从不同角度、在不同程度上满足了管理的一些要求, 但仍然不能从根本上解决问题。

本文采用并行工程的思想, 提出一种面向并行工程的统一产品 BOM 模型, 该模型通过构建面向并行工程的组织体系、BOM 应用架构和集成化 BOM 信息模型, 使各 BOM 在计算机网络和分布式技术的协同环境支持下共享统一的集成化 BOM

收稿日期: 2010-01-17; 修回日期: 2010-03-04 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70572098); 安徽省教育厅高等学校青年教师科研计划资助项目(2008jq1099)

作者简介: 汪洋(1979-), 男, 安徽枞阳人, 访问学者, 讲师, 硕士, 主要研究方向为 CIMS、先进制造技术与模式、ERP/MES 等(wyattdenise@163.com); 刘晓冰(1956-), 男, 吉林长春人, 主任, 教授, 博导, 主要研究方向为 CIMS、先进制造技术与模式、ERP/MES 等。

信息模型,实现 BOM 数据的正确性、完整性和一致性。

1 面向并行工程的统一产品 BOM 模型

并行工程的主要内容包括组织重构、过程重构,全生命周期集成化产品信息模型^[9]。本文提出的面向并行工程的统一产品 BOM 模型也遵循并行工程的核心思想和主要内容,从重构组织结构、重构 BOM 过程、构建产品生命周期的集成化 BOM 信息模型这三个方面进行深入研究。

1.1 组织重构——面向并行工程的组织体系

并行工程的核心内容之一是组织重构,强调及早考虑下游活动对产品的影响,强调各个活动并行交叉进行,强调系统集成与整体优化。要构建面向并行工程的统一产品 BOM 模型,应该将传统的 BOM 部门负责制变为跨部门多学科团队。团队首先划分任务,任务的承担者是角色,功能部门以角色的形式完成任务,功能部门的个人被定义成成员,每个角色可以由一个成员担任,也可以由多人完成。一个企业级的团队成员包括团队领导者、设计、工艺、制造、市场、计划、财务、质量保证、采购、销售、售后人员,还包括供应商和客户,其组织体系如图 2 所示。这是一种动态的组织形式,其中每一个空心圆都代表集成团队里的一个角色,一个角色可以由多个人员承担,一个人员也可以承担多个角色。每一条横线都代表一个产品(项目)团队。

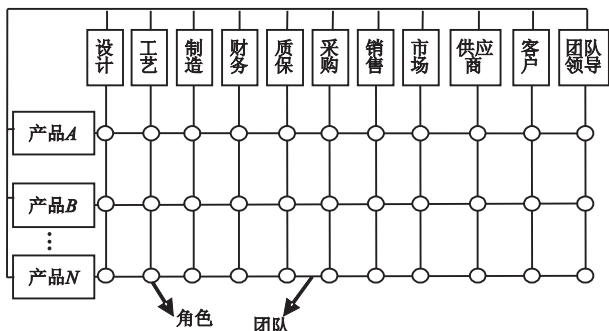


图2 面向并行工程的组织体系

1.2 BOM 过程重构——面向并行工程的 BOM 应用架构

改革传统的串行 BOM 过程,将 EBOM、PBOM、MBOM、CBOM、QBOM、BBOM、OBOM 不再串行演化,而是在计算机网络和分布式技术的支持下,共享能覆盖全生命周期 BOM 信息的集成化 BOM 信息模型。集成化 BOM 信息模型是一个逻辑上统一、物理上分布的源数据,存放了产品生命周期中所需的所有 BOM 信息。各职能部门既要从中获得相关的 BOM 信息,也要将产生的或修改的 BOM 信息存入集成化 BOM 信息模型中。这种方式避免了不同 BOM 之间各自为政、相互重复的现象,保证了 BOM 数据的一致性;并且通过实施协同工作,以便能够在产品设计的早期阶段就考虑产品开发过程中诸多因素的影响,达到提高质量、降低成本、缩短周期的目的。面向并行工程的 BOM 应用架构如图 3 所示。

1.3 面向并行工程的集成化 BOM 信息模型

面向并行工程的集成化 BOM 信息模型要覆盖产品生命周期中的应用而定义的所有 BOM 数据,使之能够满足面向产品并行开发各阶段对 BOM 信息共享和交换的需要,主要包括物料项基本信息、文档信息、产品结构信息、形状信息、精度信息、

工艺信息、装配信息、材料和热处理信息、技术信息^[10]。

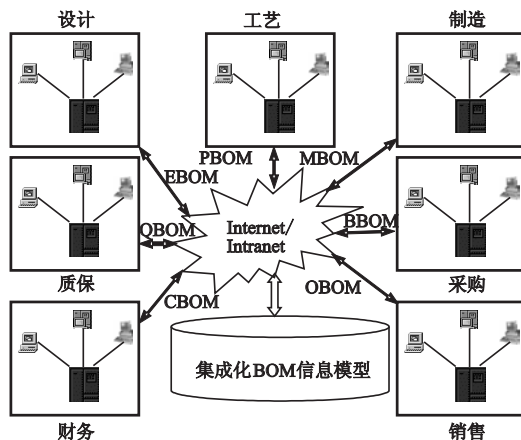


图3 面向并行工程的BOM应用架构

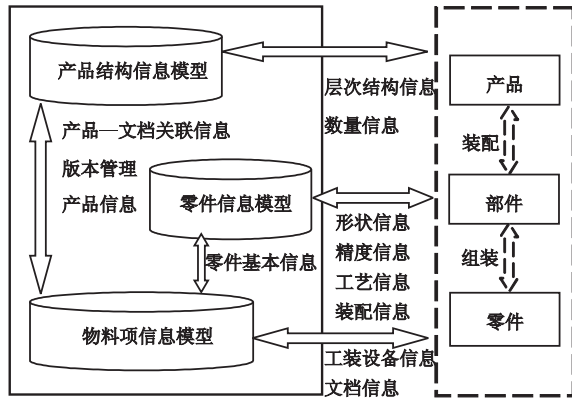
产品全生命周期中涉及到的产品、零部件、毛坯、原材料、工装(包括夹具、刀具、量具、辅具、模具等)、设备(包括各种切削机床、电加工设备、热处理设备、加工中心、车间、工段等)以及重要的消耗品、辅料统称为物料项,物料项基本信息用来描述物料项的基本属性,如产品/部件/零件编号、名称、类别、状态、计量单位等。产品结构信息描述产品零部件之间的层次与隶属关系。文档信息描述全生命周期涉及的全类文档,包括零件三维实体模型、零件二维图纸、产品外观图、装配图、零部件图、产品明细表、汇总表、设计要求、产品设计说明书、技术说明、操作手册、有限元分析结果、各种工艺卡片、工序图、NC 代码文件等。版本信息描述产品、部件、零件、文档动态变化情况。管理信息用于描述产品、零部件的管理信息,包括库存属性、物理属性、成本管理属性、采购属性、总计划属性、提前期属性、订单属性、主计划和 MRP 属性组。形状信息描述零件几何形状。精度信息描述零件的几何形状和尺寸的误差,包括尺寸公差、几何公差和表面精度要求。工艺信息描述自制零件加工工艺过程信息,如工艺规程、工序、工步、工时定额、材料定额等。装配信息描述零部件之间装配关系的信息。材料和热处理信息描述零件材料、热处理工艺等。技术信息描述零件的技术要求和特性表等。

通过上述分析,集成化 BOM 信息模型可由物料项信息模型、产品结构信息模型、零件信息模型三个模型组成,其组成结构如图 4 所示。左侧实线框图表示集成化 BOM 信息模型,其中物料项信息模型是基础,将涉及的所有物料项形成单一物料项源,将各种与物料项有关的数据作为物料项的属性,通过单一物料项源来进行统一管理,提供完整、一致的物料项信息;产品结构信息模型存储由零件—部件—产品的制造装配的层次结构信息,并将产品/部件/零件与文档信息关联起来,提供版本管理;零件是企业设计、装配、制造、管理的基本单元,为了满足零件信息、制造信息和装配信息的一致性、惟一性和共享性的要求,必须要构建零件信息模型,零件信息模型是整个模型的核心部分,提供零件形状、精度、工艺、装配、材料等信息。右侧虚线框图表示实际产品形成过程,由集成化 BOM 信息模型提供所需相关信息。

1.3.1 物料项信息模型

基于面向对象的建模思想,把所有物料项进行归类,分为产品类、零部件类、中间件类、原材料与毛坯类、资源类和文档类六大类。其中中间件类比较特殊,是为了那些在设计 BOM

中不出现,但在实际生产中既要制造又要储存的中间部件而独立设置的;零部件类可实例化为零件类和部件类;原材料与毛坯类可实例化为原材料类和毛坯类;资源类可以实例化为工装资源类和设备资源类。集成化 BOM 信息模型的物料项信息模型如图 5 所示。



集成化BOM信息模型 实际产品形成过程
图4 面向并行工程的集成化BOM信息模型的组成结构图

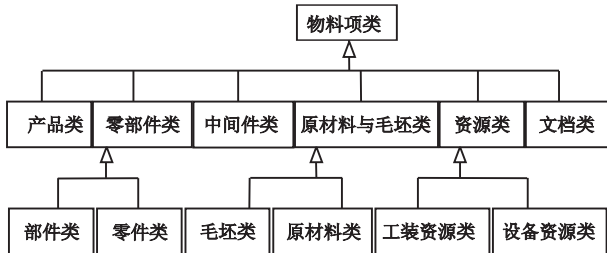


图5 集成化BOM信息模型的物料项信息模型

1.3.2 产品结构信息模型

产品结构表示了从最低层次一直到产品层的各个层次的零部件结构。将产品按照部件进行分解,部件再进一步分解成子部件和零件,直到零件(或毛坯、原材料)为止,由此形成的分层树状结构称为产品结构。在产品结构树中根节点一般代表产品,枝节点代表部件或零件,叶节点分别表示零件或毛坯、原材料。产品结构信息模型主要包括产品结构层次关系、产品/部件/零件—文档关联关系和版本管理关系。文件夹用来实现对各种不同文档的分类管理,产品/部件/零件与文档不直接发生联系,而是通过文件夹作为桥梁将产品/部件/零件与文档进行关联。集成化 BOM 信息模型的产品结构信息模型如图 6 所示。

1.3.3 零件信息模型

从前面分析可知,面向并行工程的集成化 BOM 信息模型不仅包括几何、拓扑等基本的形状信息,还包括大量的工程语义信息,如工艺信息、装配信息、精度信息和材料信息等,基于特征的零件模型具有较高的抽象层次,能很好地关联零件的形状信息和工程语义信息。

基于特征的集成化 BOM 信息模型的零件信息模型如图 7 所示。零件信息模型由零件层、特征层和几何/拓扑层三层组成。零件层主要反映零件的总体信息,特征层是一系列的特征子模型(管理特征、形状特征、精度特征、工艺特征、装配特征、材料特征、技术特征)及其相互关系;几何层反映零件的点、线、面的几何/拓扑信息。其中,零件的几何/拓扑信息是整个模型的基础,特征层则是零件模型的核心,特征层中各种特征子模型之间的相互联系反映了特征间的语义关系。

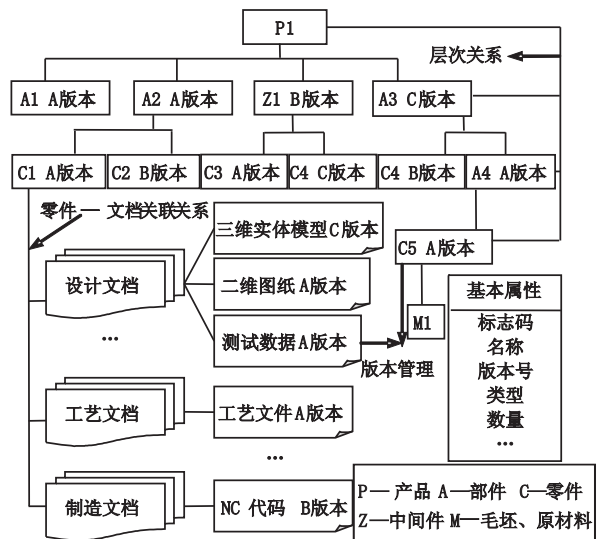


图6 集成化BOM信息模型的产品结构信息模型

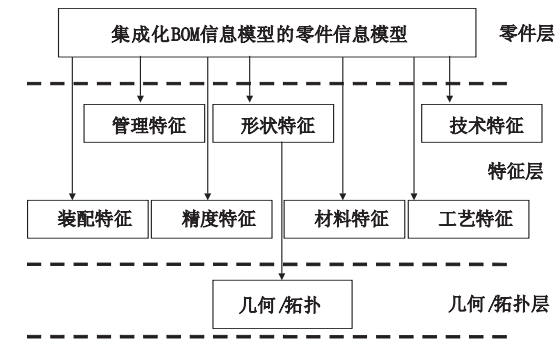


图7 集成化BOM信息模型的零件信息模型

2 应用实例

本文模型在某动力股份有限公司 CIMS 应用示范工程项目中进行了实际应用,并取得了较好的效果。该动力股份有限公司在实施企业信息化过程中,经营与决策管理系统采用 Oracle 公司的 ERP 软件为工具,实现了产品生产环节中资源的控制和管理,设计分系统则利用以 UG II 为主的 CAD/CAM 软件、TH-CAPP 为主的 CAPP 软件为工具,实现了产品开发过程的 CAD、CAPP 化,该公司引进 TiPDM 产品,有效地实现 3C 之间的集成,并对产品全生命周期与产品相关的数据予以管理。在现阶段,ERP 系统所需的制造 BOM 仍通过设计人员根据 CAD 图纸手工方式输入,而且还要定期进行 BOM 一致性的维护,不仅消耗大量人力物力,而且 BOM 准确性很难得到保证。

针对该示范工程的实际需要,结合本文提出的面向并行工程的统一产品 BOM 模型,按 1.1 节组成了多学科、多功能的产品集成团队协同工作,按 1.2 节重构了 BOM 流程,按 1.3 节构建了产品生命周期的集成化 BOM 信息模型,建立了面向并行工程的统一产品 BOM 模型,基本实现了 PDM 系统 EBOM 与 ERP 系统 MBOM 之间信息集成与交互。

本文以该公司某基本型柴油机生产为例说明信息集成过程。集成化 BOM 系统从 TiPDM 系统中提取该基本型柴油机的 EBOM 信息经过信息处理,主要有层次结构变换、添加中间件、确认装配顺序、添加部件装配工艺信息、零件的加工工艺信息、生产管理信息等,形成统一的集成化 BOM (下转第 2990 页)

```

component TLR1 <version = 3, location = \\SCM\\TLR1>
  // 版本没有变化,还是已有的版本
  // 接口和实现体规约省略
end TLR1
component TsemLR1 <version = 3, location = \\SCM\\TsemLR1>
  // 版本没有变化,为已有的版本
  //接口和实现体规约省略
end TsemLR1
component TLR1 Manager <version = 1> { //新生成的一个版本
provides:
  getLr1States; getLr1SematicRules;
references:
  TLR1, TsemLR1
instances:
  lr1 :TLR1 <version = 3>;
  semLr1 :TsemLR1 <version = 3>;
end TLR1 Manager}

```

3 结束语

构件化软件开发中,对软件体系结构实施重构能改善体系结构的质量,如易演化性。本文研究了在构件化软件开发中利用构件间的演化依赖关系以及构件本身的逻辑依赖关系,通过聚类辅助软件体系结构实施重构的方法,并以编译器为例说明了本方法的有效性。

参考文献:

[1] PHILIPPS J, RUMPE B. Refinement of information flow architectures [C]//Proc of the 1st International Conference on Formal Engineering Methods. 1997:203-212.

[2] GARCIA J, POPESCU D, EDWARDS W, et al. Identifying architectural bad smells[C]//Proc of the 13th European Conference on Soft-

ware Maintenance and Reengineering. Washington DC: IEEE Computer Society, 2009:255-258.

[3] CRITCHLOW M, DODD K, CHOU J, et al. Refactoring product line architectures[C]//Proc of the 1st International Workshop on Refactoring: Achievements, Challenges, and Effects. 2003:23-26.

[4] MÁRCIO R. Recommending refactorings when restructuring variabilities in software product lines [C]//Proc of the 2nd Workshop on Refactoring Tools, in conjunction with the Conference on Object Oriented Programming Systems Languages and Applications. 2008.

[5] BOURQUIN F, KELLER R K. High-impact refactoring based on architecture violations [C]//Proc of the 11th European Conference on Software Maintenance and Reengineering. Washington DC: IEEE Computer Society, 2007:149-158.

[6] 钟林辉, 谢冰, 邵维忠. 扩充 CDL 支持构件演化模型的方法研究 [J]. 软件学报, 2002, 13(增刊): 138-142.

[7] TZERPOS V, HOLT R C. ACDC: an algorithm for comprehension driven clustering [C]//Proc of the 7th Working Conference on Reverse Engineering. Washington DC: IEEE Computer Society, 2000: 258-267.

[8] MANCORIDIS S, MITCHELL B, CHEN Y, et al. Bunch: a clustering tool for the recovery and maintenance of software system structures [C]//Proc of the 15th International Conference on Software Maintenance. Washington DC: IEEE Computer Society, 1999:50-59.

[9] DOVAL D, MANCORIDIS S, MITCHELL B. Automatic clustering of software systems using a genetic algorithm [C]//Proc of International Conference on Software Technology and Engineering Practice. Washington DC: IEEE Computer Society, 1998:73-91.

[10] 钟林辉. 构件化软件开发中演化信息的获取和应用技术研究 [D]. 北京: 北京大学, 2007.

(上接第 2986 页)信息。当 ERP 系统需要该基本型柴油机的 MBOM 时,可直接由集成化 BOM 系统调用并获取。某基本型柴油机的集成化 BOM 信息的一个示例如图 8 所示。

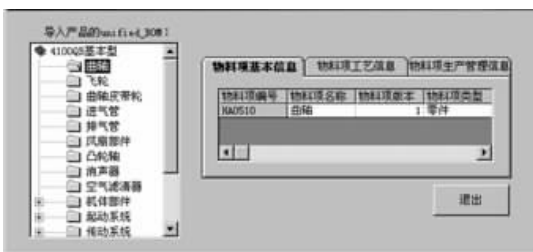


图8 某CIMS项目中集成化BOM信息示例图

3 结束语

本文针对企业实践中突出存在的 BOM 不统一问题,提出了面向并行工程的统一产品 BOM 模型。通过变革组织结构和重构 BOM 流程,建立了面向并行工程的组织体系,构建了并行的 BOM 应用架构,各 BOM 在计算机网络和分布式技术的协同环境支持下共享集成化 BOM 信息模型,并从物料项信息模型、产品结构信息模型、零件信息模型三方面详细阐述了集成化 BOM 信息模型。通过某 CIMS 应用示范工程实际应用,说明本文提出的面向并行工程的统一产品 BOM 模型可行、有效,可以较好地解决 BOM 数据正确性、完整性、一致性问题。

参考文献:

[1] 闫崇京, 廖文和, 宋燕, 等. 基于多色图的物料清单建模研究 [J]. 信息与控制, 2009, 38(1): 121-122.

[2] 刘晓冰, 黄学文, 马跃, 等. 面向产品全生命周期的 XBOM 研究 [J]. 计算机集成制造系统 CIMS, 2002, 8(12): 983-987.

[3] 魏志强, 王先逵, 吴丹, 等. 基于单一数据源的产品 BOM 多视图映射技术 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2002, 42(6): 802-805.

[4] 黄学文, 范玉顺. BOM 多视图和视图之间映射模型的研究 [J]. 机械工程学报, 2005, 41(4): 97-102.

[5] 赵岩, 莫蓉, 常智勇, 等. 扩展型制造物料清单视图构建及其演绎机制 [J]. 中国机械工程, 2007, 18(19): 2334-2339.

[6] 袁平鹏, 陈刚, 董金祥. BOM 一致性维护 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(1): 83-86.

[7] MATIAS J C H, GARCIA H P, GARCIA J P, et al. Automatic generation of a bill of materials based on attribute patterns with variant specifications in a customer-oriented environment [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 199(1): 431-436.

[8] XIONG M H, TOR S B, KHOO L P, et al. A Web-enhanced dynamic BOM-based available-to-promise system [J]. International Journal of Production Economics, 2003, 84(2): 133-147.

[9] 熊光楞. 并行工程的理论与实践 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.

[10] 郁鼎文, 陈恩. 现代制造技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.