

文章编号: 1000-582X(2003)01-0112-04

# PLM 系统中的设计变更管理实现

王宁, 郭钢, 代红

(重庆大学机械工程学院, 重庆 400044)

**摘要:**指出了设计变更的主要原因包括功能缺陷、设计错误、结构改进、用户需求改变、产品质量问题、产品开发的条件改变等,分析了设计变更中变更流程、变更执行和文档管理等要素的特点及其相互联系,论述了设计变更管理与 PLM(Product Life Cycle Management)系统的关系,认为 PLM 系统是实施设计变更管理的基础,设计变更过程是一个具有生命周期的过程。阐述了设计变更管理的详细过程,指出设计变更管理的主要目的是降低变更成本、提高变更效率和减少变更错误,提出了以 PLM 系统为基础,以变更过程为主线的设计变更管理策略。

**关键词:**设计变更; PLM; 变更生命周期; 变更流程; 变更发布

**中图分类号:** F273

**文献标识码:** A

产品生命周期管理 (PLM—Product Life Cycle Management),它不仅是一套应用系统和具体的解决方案,而且是战略性的思想方法,应用于管理整个产品在虚拟企业范围内如何协同地工作的一套协调方法。PLM 系统使产品生命周期的所有组成部分能够协调一致的工作,使企业能够很好的配置整个企业的技术、专家意见、知识和经验并将这些资源应用到产品生命周期的每一个主要的阶段,降低产品开发成本,缩短产品上市时间,增强企业的竞争力<sup>[1]</sup>。在产品生命周期中,工程变更是一项必要的、经常性的活动,设计变更是在产品开发设计阶段的变更,是整个工程变更生命周期的一部分,所谓设计变更,可以理解为当某个产品或相关文档已经处于发放状态时,对该产品或相关产品、文档进行的修改。通过 PLM 系统管理设计变更的数据,控制设计变更的过程,可以做到缩短设计变更周期,降低设计变更成本,减少变更错误,实现质量管理工程体系的“变更过程的可追溯”。

产品数据在其整个生命周期中要经历三种状态的转变:设计状态、预发布状态和发布状态。设计状态是指正在设计中的产品数据的状态;预发布状态是指已完成设计但尚未归档的产品数据的状态;发布状态是指已归档产品数据的状态<sup>[2]</sup>。设计变更针对的是预发布状态和发布状态的产品数据,OMG 组织 (Object Management)从流程的角度来考察设计变更,它认为设计

变更是一种流程,该流程由四个阶段组成:设计变更问题的提出、设计变更申请、设计变更执行和设计变更影响的传播。由于变更预发布或发布状态的产品数据,不仅会影响生产准备和零部件库存等方面的工作,而且还有可能影响已生产或正在生产的产品,延长产品的开发周期,增加产品开发成本,这与快速响应市场的需求是相违背的。因此,设计变更管理的主要目的是通过研究设计变更的起因,理顺设计变更与产品开发、生产管理等方面的关系,通过有效管理和控制设计变更达到减少变更次数、缩小变更影响范围和降低变更成本的目的。由于设计变更过程本身具有生命周期,因此,可以通过 PLM 对设计变更进行整个过程的管理。

## 1 设计变更的意义和目的

### 1.1 设计变更的主要原因

产品在开发过程中存在着各种不确定因素,如市场变化、产品定位和需求分析不准确、产品开发手段和支持工具不完善等,不可避免地都要变更产品数据。产品数据指的是与产品相关的所有数据,包括产品图、工艺文件、BOM (Bill of Material)表和说明书等。产品开发过程中的设计变更是不可避免的,一般地,早期的变更影响面窄、代价小,后期的变更影响面宽、代价大。

一般认为,产品开发过程中设计变更的主要原因

• 收稿日期: 2002-09-22

作者简介:王宁(1977-),男,河南安阳人,重庆大学硕士生。主要从事产品数据管理的研究。

如下:

- 1) 因功能方面的要求或制造方面的原因变更产品设计;
- 2) 产品设计中的错误;
- 3) 产品的部件结构发生变化(增、减、替换零部件);
- 4) 用户需求发生变化或错误地理解了用户需求;
- 5) 产品存在质量问题;
- 6) 开发过程中当初设定的条件,例如竞争商品的状况、可以利用的开发资源等发生了变化;
- 7) 成本大幅度的提高,超过了预定值或从降低成本、提高市场竞争力方面提出了新的要求;
- 8) 希望设计出更有利于生产、检验、试验、使用和维护的产品;
- 9) 国家从健康、安全、环保等方面提出了新的要求;
- 10) 为了弥补开发工作的延误,对计划进行了变更等;
- 11) 产品开发流程不合理,需要进行变更。

## 1.2 设计变更管理的目的

设计变更管理的主要目的是保证产品数据在变更前后,即变更过程中,使用部门能及时得到准确的产品数据,避免因使用老版本或变更中的数据而出差错。具体说来包括:

- 1) 变更产品的规格;
- 2) 改进设计中的缺陷;
- 3) 降低成本;
- 4) 缩短设计的开发、生产周期;
- 5) 不影响生产、不影响交货期;
- 6) 解决相关变更。

因此,从产品数据的版本管理入手研究设计变更是很有意义的,这方面比较典型的研究有 Krishnamurthy 和 Law<sup>[3]</sup>提出的产品设计文档的版本树模型。版本树的根节点是原始设计文档,以后每次变更后的版本都是变更前版本的子节点,同一版本经历不同变更形成不同版本,因此,文档的版本结构是树状结构,而不是线性结构。由于每个版本都记录了变更的理由,以及与上一个版本的差别等信息,这样就可以很容易地查到文档的版本状况、版本之间的差别等信息。这种方法的缺点是没有与相应的文档管理系统结合,是被动的、针对设计人员的系统,没有主动控制文档的变更,因而数据难以得到及时更新。

设计变更方法的研究与具体企业的实际情况密切相关,随企业产品的复杂程度、生产组织方式和开发周期等因素而变化,在一个企业行之有效的方法到另一个企业可能行不通,因此研究主要针对具体企业进行。Tal Cohen 和 Robert E. Fulton 提出用 C-FAR 方法

(Change FAVORable Representation methodology)来跟踪和评估设计变更<sup>[4]</sup>。该方法建立在以 EXPRESS 建模语言,表达产品信息的基础上。EXPRESS 模型已经表达了实体、实体属性和实体之间的联系,他们扩展了 EXPRESS 语言,表达实体的影响面和修改代价,以表达和传播变更,并定性地分析变更的影响。这种方法的缺点是必须用 EXPRESS 语言表达产品信息模型,而实际应用中很少有企业用 EXPRESS 模型表达产品信息。K J Balcerak 和 B G Dale 提出了根据设计变更的影响分类和紧急程度分级<sup>[5]</sup>,通过采用不同的流程和优先级从总体上缩短变更周期,并通过设计变更委员会加强对关键设计变更的管理。K J Balcerak 和 B G Dale 主要对设计变更进行定性研究,并给出了相应的分类和分级方法,但并没有提及具体实现和实施效果。

## 2 设计变更的全生命周期控制

产品变更过程是一个不断重复的业务过程,该过程覆盖了企业的多个部门。对一个零件的变更除了涉及产品设计部门以外,还与工艺装备设计、工艺过程规划、制造、成本核算、采购、销售以及用户都有关系,借助于 PLM 系统在一个自动的过程中进行变更。必要时,可以在任何时候,以同样的质量重复这一过程。

设计变更过程的生命周期管理要求对设计变更进行过程控制,容许进行合乎要求的变更,而禁止进行不必要的变更。在产品设计过程中进行变更的控制,本身就是控制时间和成本的好办法,因为每一次变更均要费时耗力,不只是会延误工期,更可能对设计带来新的附加的错误。所以原则上是除非设计已经不能满足设计要求,否则就别去变更设计。控制设计变更的一个理由,便是约束一下设计师的创造力,使设计保持在预算成本和时间要求之内。其实,设计人员在各个设计评审之前,都拥有对解决技术要求的充分的自由度,在这期间,对未完成的设计结果,除了按计划要求完成外,无必要进行设计变更控制<sup>[6]</sup>。

因为变更工作必须始终与企业质量管理的要求保持一致,以便符合 ISO9001 的要求,所以,基于 PLM 系统的变更 workflow 管理模块具备一个包括以下元素的规则库:

- 1) 变更建议;
- 2) 变更评审;
- 3) 变更申请;
- 4) 变更许可;
- 5) 变更任务单;
- 6) 变更说明;
- 7) 变更执行;
- 8) 变更发放;
- 9) 变更通知。

图 1 表示了一个设计变更管理流程的例子<sup>[6]</sup>。

第一个步骤通常是描述变更建议。变更过程的发起者可以是某个员工、某个小组或某个部门。首先,需

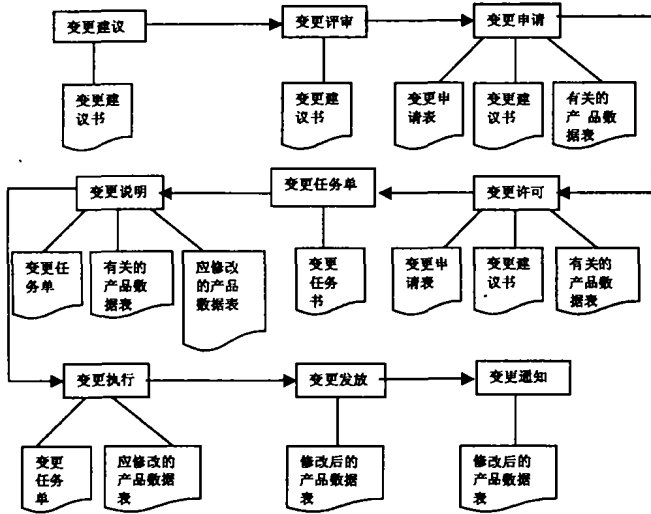


图1 设计变更控制图

要编制一份变更建议书,在变更建议书中,对建议的变更内容或变更原因进行了详细的说明。利用变更建议书和信息分配表,变更过程的发起者便可以启动产品变更的过程。变更流程管理模块将变更建议书按照信息分配表发送给有关的PLM系统用户。这是一种完成特定任务的委员会的工作方式,变更过程的发起者是该委员会的召集人。委员会会议的结果是一些支持、修正或反对发起者建议的意见。如果该变更建议得到了委员会的肯定,变更过程的发起者就要提出一份正式的变更申请表(或称设计变更请求表, ECR, Engineering Change Request)。此时,变更过程的发起者利用PLM系统填写一份电子表格,并将与该变更申请表有关的产品数据(业务对象和数据对象)填写在一张表中。通过变更流程管理模块,变更过程的发起者将变更申请表、产品数据表和变更建议书一并提交给下一个步骤,即变更许可(仲裁)。在该步骤中,对变更申请表的格式进行检查,并将所提交的文档资料送交有关职能部门进行检查和批准。变更申请是变更管理的一个子过程。

如果一个或几个职能部门反对由变更过程发起者所提出的产品变更建议,则仲裁者便将变更申请表和反对意见一起返回给变更过程的发起者。该变更流程至此结束。如果有关的各个职能部门都同意变更建议,则仲裁者同样也将变更申请表和同意的意见一起返回给变更过程的发起者。这样,就可以利用图1所示的变更任务单(或称设计变更单, ECO, Engineering Change Order)继续执行下一个过程步骤。从原则上说,设计变更过程是一个独立的工作流,其第一个重要任务是编制变更说明。在这个过程步骤中需要进行因

果分析,即研究如果对产品数据表中的某些数据进行了修改以后,将会对其他的产品信息产生怎样的影响。接下来就可以执行具体的变更任务了。

各个职能部门的有关人员通过电子邮件得到工作任务。他们能够找到所需变更的对象并对其进行修改。变更工作结束以后就需要执行检验和发放过程。发放过程包括设计发放和制造发放。在对产品检验以后,变更流程管理模块赋予被变更对象一个新的变更标记,重新将其存入档案库并打上标记“冻结”,同时分发变更通知书或发放通知书,至此,设计变更的生命周期结束。

### 3 设计变更在PLM系统中的实现

#### 3.1 PLM系统中涉及设计变更管理的模块及关系

对预发布或发布状态产品数据的变更,变更又可能影响到其它产品数据和使用这些数据的人员和组织,因此,设计变更管理任务主要是对变更流程、变更控制和产品数据及它们之间联系的控制和管理,其目的是提高设计变更效率、减少变更错误和降低变更成本。

PLM系统中的 workflow 管理模块、文档管理模块、变更管理模块实现了设计变更的全过程。

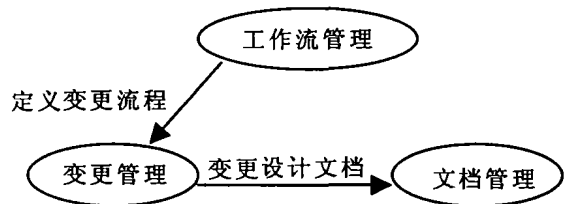


图2 PLM系统中三个模块之间的关系

由工作流定义模块定义变更流程,包括任务划分,指定角色,任务流转条件,输入输出文档。变更管理模块按照具体项目指定变更流程上任务的具体执行人员,确定任务时间计划。文档管理模块根据变更管理冻结变更文档,通知文档引用人员或部门,并在新版本的文档归档后向引用人员或部门发放文档。

#### 3.2 PLM系统中设计变更管理的全过程

图3显示了PLM系统中设计变更管理的全过程。

设计文档归档到归档信息库后,设计文档被发放到加工制造部门进行加工制造,在制造过程中发现设计问题,由相关人员写下问题报告,提出变更请求(ECR),变更请求按照变更流程传送到变更委员会,变更委员会根据变更请求及问题报告进行变更成本评估,成本评估包括在制品的成本,变更对市场的影响

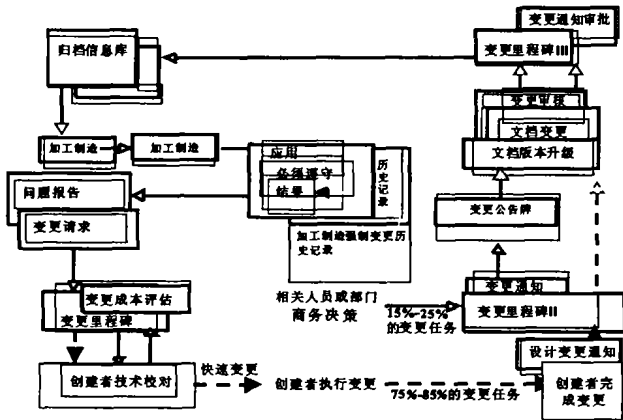


图 3 设计变更的全生命周期管理

等,这是设计变更的第一个里程碑,如果决定不进行变更,则变更流程就此停止,产生评估结果报告归档。

如果变更评估结果决定进行变更,则变更流程将设计文档传送到文档创建者,由文档创建者对文档进行校对,确认设计问题后,执行变更,创建者完成变更工作量的 75% ~ 85%,创建者完成变更工作后,其他相关人员和部门根据变更结果进行商务决策,这是设计变更的第二个里程碑,变更后的文档和决策结果交由变更委员会根据变更量的多少决定变更后文档的版本,这是设计变更的第三个里程碑。新版本的文档和变更通知经过审核后归档并向相关人员和部门发布。

整个变更过程所产生的数据由 PLM 系统进行管理,以后对变更数据可进行追溯。

## 4 结 论

在产品生命周期中,设计变更是一项必要的、经常性的活动,通过对设计变更进行全生命周期的控制管理,降低变更成本、提高变更效率和减少变更错误。笔者主要对设计变更产生的原因,设计变更的过程进行了细致的描述,并对设计变更在 PLM 系统中的实现进行了探讨,在具体实施某个企业的设计变更管理时,还会遇到很多困难,如数据的控制权、组织障碍。这些问题都是在变更时首先应该考虑的。在实施某企业的设计变更管理时,可参考本文所提出的方法。

## 参考文献:

- [1] 魏莹,企业信息化解决方案应从 PDM 或 PLM 着手[J].机械工人,2002,(7):7-8.
- [2] 童秉枢,李建明.产品数据管理(PDM)技术[M].北京:清华大学出版社,2000;
- [3] KRISHNAMURTHY K, LAW K H. Change management for collaborative engineering[J]. Computing in Civil Engineering, 1995,(2):1 110-1 117.
- [4] COHEN T, FULTON R E. A data approach to tracking and evaluating engineering changes[A]. ASME design engineering technical conference[C]. Atlanta, GA, 1998.9, DETC98/EIM-5682, 13-16.
- [5] BALCERAK K J, DALE B G. Engineering change administration: the key issues[J]. Computer-Integrated Manufacturing Systems, 1992,5(2):125-132.
- [6] (德)约瑟夫·萧塔纳.制造企业的产品数据管理.北京:机械工业出版社,2000.

## Realization of Engineering Change in PLM System

WAN Ling, GUO Gang, DAI Hong

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** It is pointed that the main reasons of engineering change including the shortcoming of the product, the wrong design, the improvement of the product structure, the change of the customers' requirement, the quality of the product, the condition change of the product, etc.. All the factors and their relations related to engineering change management are analyzed. Such factors as the changing process and the product lifecycle management are discussed in detail. After analyzing the relation between engineering change management and product lifecycle management, the object of engineering change management and its difference is put forward. The basic aim of engineering change management is to develop change ratio of products with lower cost and less error. It is argued that effective product lifecycle management is fundamental to engineering change management. A model of implementation of engineering change management is provided according to the previous analysis.

**Key words:** engineering change; PLM; changing lifecycle; changing process; engineering change release

(责任编辑 张小强)