

支持并行工程的航发叶盘约束管理系统

北京航空航天大学 段海波^{**} 樊孝华 马 枚 杨晓光

【摘要】 为解决航发研制过程由串行到并行的转变而引起的问题,全面表达和维持航发研制过程中各多功能小组及小组成员间应满足的关系,本文分析了航发研制中的约束网络层次结构,建造了一个支持并行设计的约束管理系统,并以整体叶盘为例,创建了叶盘约束网络,应用于整体叶盘的建模系统,模拟多功能小组协同工作,在设计阶段就反映下游活动的需求,保证设计一次成功。这项工作为在航发研制中应用并行工程提供了支持工具。

主题词: 航空发动机 管理科学 并行控制 约束

分类号: TB21 TH186

1 并行工程环境下航发研制过程中的约束管理

产品研制过程是研制者将环境中的物质、能量和信息不断转移物化到研制对象中的过程。其中存在许多固有的关系,包括研制者对研制对象的认识程度和环境对研制对象的限制,我们称之为约束。在传统的串行研制方法中,约束的满足是以设计改动量大、周期长、成本高为代价的,且真正满足的只是全部约束的一部分。而旨在提高产品的时间、质量、成本和服务等方面竞争力的并行工程方法大大扩展了满足约束的范围,使设计者尽早考虑产品全生命期的各种需求,避免大返工。并行工程采用团队工作方式:研制人员按多功能小组划分,每个小组包括设计、制造及销售等与产品全生命期有关的各部门人员。结果,设计时必须处理多功能小组间及小组成员间存在的大量约束关系。为充分体现并行工程的效益,使产品研制顺利进行,必须建立一种产品研制的约束管理系统来形式化地表示约束及其层次关系,及时判断约束各方的相互影响,减少违约次数,及时通报违约信息并在必要时提供有效的冲突仲裁方案。

并行工程环境下,航空发动机研制过程中的约束可划分为以下层次:

(1) 多功能小组间的约束:航发研制有总体、风扇、压气机、燃烧室、涡轮等多个多功能小组,这些小组可能采用异构的软硬件环境异地工作,如何建立、维持小组间的约束,以保证小组间协调工作是并行工程要解决的首要问题。

(2) 多功能小组内各部门间的约束:组建多功能小组是并行工程的核心内容。设计、工艺、材料、装配及用户等部门间存在大量的约束关系(图1),有效处理这些约束关系是体现并行工程效益的基本保证。

(3) 多功能小组内单个部门(如设计部门)内部的约束:小组内设计人员各有分工,对同一设计对象或其中某一属性,不同分工人员的设计目标不同,约束内容也不同,随着设计细化,它

们之间必然产生冲突。尽早全面考虑这些约束是减少大的设计返工的有效手段。

(4) 单个人员对应的约束: 设计人员可将设计对象的属性间关系用约束网络表示, 以提高设计效率。设计约束中的结构约束和加工约束中的几何约束可分为自身约束和关系约束(图 1)。前者是指特征及其属性之间关系的约束; 后者是两个或两个以上相关特征之间的约束关系。

以上 4 个层次的约束和相关的研制对象及其属性构成一个约束网络, 由于产品生命周期中的某一领域有其自身所关心的实体和属性, 它们构成一个约束集合, 各领域约束集合之间有重叠的部分, 即共同关心的实体和属性, 所以确定这些变量时, 涉及多个领域的约束, 产生了领域间约束冲突和协调的问题。将约束网络按照一定规则划分为一系列的约束集合是实现约束网络层次结构的有效方法^[1]。约束集合是一组有逻辑联系的约束, 可对应一个多功能小组、一个部门或单个研制人员等。这样, 整个约束网络被划分成一系列相互之间有约束关系或继承关系的约束集合。

2 叶盘约束网络

考虑部分设计约束和加工约束, 本文建立了航空发动机整体叶盘的约束网络(图 2), 用于叶盘三维参数化特征建模系统^[2], 保证整体叶盘结构设计的合理性和机械加工的可行性。整个约束网络共有 19 个约束集合、269 个约束和 121 个变量。除根约束集合与叶盘零件约束集合外, 其中 17 个约束集合分别与叶盘特征约束集合(如文献[2]图 3 所示)对应, 每个约束集合包括约束集合链表、约束链表和变量链表。目前只考虑了

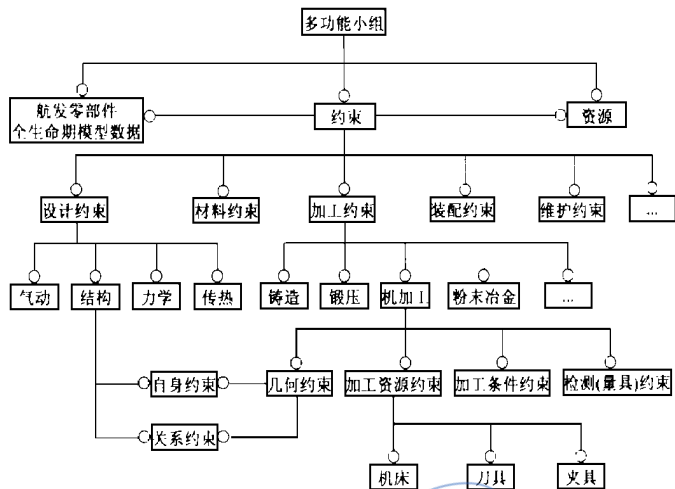


图 1 EXPRESS-G 表示的多功能小组内的约束

整体叶盘零件设计中的结构约束(如基盘形状的确定, 第一类叶盘特征^[2]在基盘特征上的位置约束等)和加工中的几何约束(刀具或加工条件等可制造性因素对结构设计的约束, 如均布孔

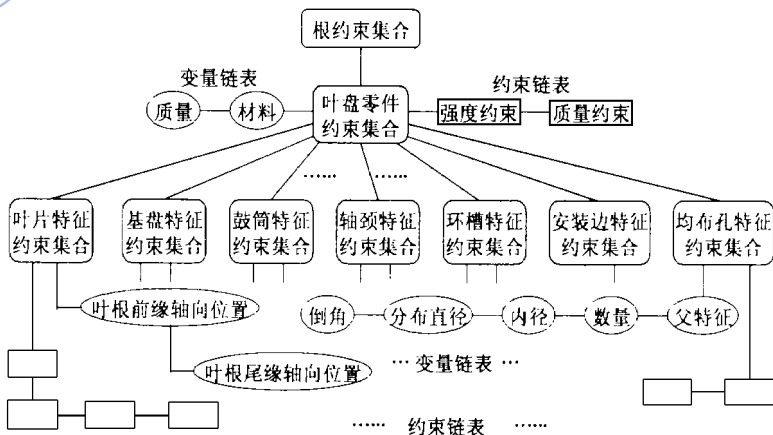


图 2 叶盘约束网络示意图

整体叶盘零件设计中的结构约束(如基盘形状的确定, 第一类叶盘特征^[2]在基盘特征上的位置约束等)和加工中的几何约束(刀具或加工条件等可制造性因素对结构设计的约束, 如均布孔

在安装边上的径向位置要适中, 基盘辐板的厚度不能过薄等), 所以并未严格按图 1 所示, 将设计约束同加工约束分开。若要建立单元体或部件级的约束网络, 由于设计特征和工艺特征映射的复杂性, 为减少约束的冗余, 应将设计约束同加工约束分开表达。

3 叶盘约束管理系统

约束管理系统由 5 个部分构成(图 3): (1) 约束管理核心调用。这是整个系统的核心, 所有对约束网络和规则库的操作必须通过它来进行。其功能包括约束集合、约束和变量的创建、修改、删除和检索, 约束网络的加载、存盘、检查和删除, 错误处理以及动态管理。它可动态检查变量的有效性, 在运行过程中重新替换整个约束网络, 且由用户决定在何时何地检查约束。(2) 基于 OSF/MOTIF (工作站的图形界面标准) 的约束管理器。这是系统功能在用户一级的集成, 主要提供对规则库的离线管理功能。(3) 语法分析器。在约束的创建和修改过程中进行语法检查。(4) 解释执行器。系统运行中调用用户接口函数, 对有关约束进行解释执行和判断。(5) 用户变量接口函数。它为用户工作空间和约束网络建立起实际的变量映射关系。

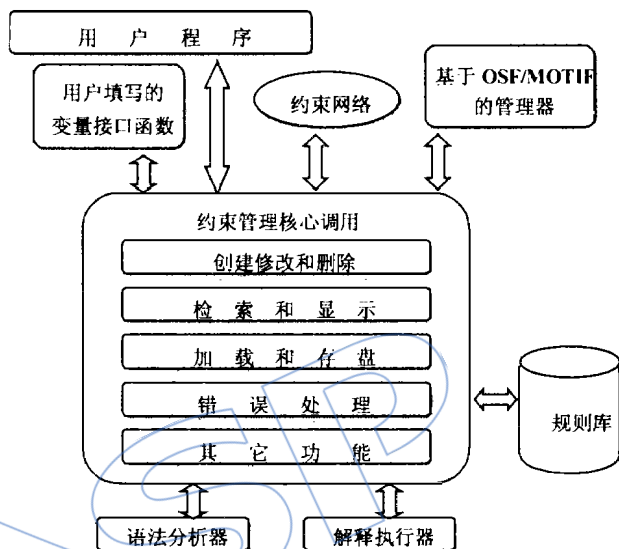


图 3 约束管理系统的结构框图

用户在建立好映射关系后, 即可对变量赋值, 系统马上对整个约束网络进行检查, 如有约束违反情况便立即报告, 指出错误所在或提出修改建议。这类似于设计师和工艺师共同协商时的情形, 他们不必对设计提出一个最优解, 只是根据各自领域知识作出评价, 改正设计错误或不满足工艺的地方。

4 结 论

本文分析了约束管理在并行工程中所起的重要作用和并行工程环境下航发研制过程中约束网络的层次结构, 建造了一个支持并行设计的通用约束管理系统, 创建了叶盘约束网络, 应用于叶盘特征建模系统, 为在航发研制中应用并行工程提供了支持工具。目前, 此约束管理系统还未考虑冲突的检测与解决; 叶盘约束网络以设计和加工中的几何约束为主, 未考虑其它约束; 对于整机或部件的约束网络还应考虑不同设计阶段约束内容的不同。

参 考 文 献

- 1 Dechter R. Network - Based Heuristics for Constraint- Satisfaction Problem. Artificial Intelligence, 1988, 34: 1- 38
- 2 马枚, 樊孝华, 杨晓光. 并行工程环境下基于约束的叶盘结构建模与分析. 航空动力学报, 1998, 13(4): 413- 417

(责任编辑 王震华)

A CONSTRAINT MANAGEMENT SYSTEM OF AEROENGINE BLISK SUPPORTING CONCURRENT ENGINEERING

Duan Haibo, Fan Xiaohua, Ma Mei, Yang Xiaoguang

(4th Dept. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

ABSTRACT

In order to solve the problems caused by transition from sequential engineering to concurrent engineering in aeroengine research and development, to give the overall representation and sustain the comprehensive relationship among the multifunctional teams and the team members, the hierarchic structure of constraint network in the research and development of an engine was analysed, and a general constraint management system for supporting concurrent design has been developed. The system imitates the collaborative work of multifunctional teams and considers the needs of follow-up activities simultaneously in the design stage. As an example, a blisk constraint network of a given turbofan engine has been worked out for the blisk feature modeling system. This work provides a supporting tool for application of the concurrent engineering to the aeroengine research and development.

Key Words Aircraft engines Management science Concurrent control Constraints

STUDY ON CONCURRENT ENGINEERING MODEL FOR PIPING

Chen Zhiying and Ma Mei

(4th Dept. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

ABSTRACT

A method for concurrent engineering model transformation namely formark method is provided. A series designing model can be transformed into a concurrent model by the method. The mark method as a math tool can be used to transform the complex series piping model into an administrative level model. All the tasks directly related to piping can be newly marked and arranged for coordinative work according to concurrent engineering concept. Then the concurrent piping model is built. The time efficiencies of the series and the concurrent models are analyzed and compared. It is shown that the concurrent model with multi-level, in addition to CAD technology and process management, can route a new pipe system successfully for a developing engine only once. It will cut down the development time and costs.

Key Words Aircraft engines Pipeline system Computer aided design Modeling

DAMPING CHARACTERISTICS OF METAL RUBBER DAMPER ON ROOT OF CANTILEVER BEAM

Deng Jianbo, Zhu Zigen, Li Qihan, Zhao Jie

(4th Dept. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

ABSTRACT

An experimental investigation on application of the Metal Rubber to vibration reduction of the cantilever beam has been carried out. Therefrom the engineering application field of the Metal Rubber damping material is expanded. The parameters such as the materials of metal wire, the pressing density of the Metal Rubber and directions of the lo-