2012 年 8 月 北京航空航天大学学报 August 2012
第38卷 第8期 Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics Vol. 38 No. 8

基于特性关联的产品工程更改传播

杨 帆 唐晓青

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100191)

摘 要: 从特性关联入手分析并讨论更改传播,提出产品设计中特性关联单元的类型划分,论述特性关联单元的更改传播特征,进而归纳出更改传播的方式、更改传播展开过程以及特性在传播过程中的行为特性. 所提出的工程更改传播过程模型为产品设计工程更改方案优化和传播风险评估提供了模型基础. 通过气缸设计更改实例对提出的理论进行了初步验证.

关 键 词: 工程更改; 更改传播; 特性关联; 更改传播方式; 更改传播过程模型

中图分类号: TH 122

文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2012)08-1032-08

Propagation of engineering change based on characteristic linkage perspective

Yang Fan Tang Xiaoqing

(School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: The propagation of change from characteristic linkage perspective was analyzed. The characteristic relations were categorized into two types, and their propagation features were discussed. Two modes of change propagation were elicited and the process model of change propagation was proposed. The model provides a basis for the optimization of change solutions and evaluation of propagation risk. A case study coming from an example of cylinder design was provided to validate the propagating mechanism.

Key words: engineering change; change propagation; characteristic linkage; modes of change propagation; process model of change propagation

产品工程更改是指根据产品功能和性能定义对产品结构、装配、材料和工艺等方面进行的修改. 在产品设计过程中,通过持续的工程更改消除设计错误,融合新的设计需求,实现产品设计的最终目标. 由于产品设计过程的复杂性,工程更改具有多方面的管理属性. 例如根据更改发生的偶然性,可将工程更改分为"有意更改"(intentional)和"无意更改"(unplanned)2 种类型[1];在民用构型管理标准中,根据更改的影响程度将工程更改分为大改和小改[2]等.

由于产品构成呈现出多维度、多关联等特点,对产品局部环节或特性的更改,可能触发一系列连锁的关联更改[3],即形成"更改传播". 更改传播将对产品原有的内外在关联关系施加扰动,从而引发性能、质量、可靠性、成本等多方面的风险. 如果能够在进行工程更改之前对更改传播的路径、程度、范围和风险进行分析,并据此展开更改方案的优选与优化,将有助于降低、阻断或防范工程更改的风险,提升工程更改的质量. 产品工程更改及其传播路径分析作为产品设计更改研究的重要方面,引起国内外学者的关注. 文献[4]采用有向依赖图描述设计参数与目标参数之间的因果关系,用于预测设计参数的更改对目标参数的影响. 文献[5]用 EXPRESS 模型描述实体对象之间的

收稿日期: 2011-04-14; **网络出版时间**: 2011-11-02 09:28

网络出版地址: www.cnki.net/kcms/detail/11.2625.V.20111102.0928.001.html

基金项目: 国家 863 计划资助项目(2009AA04Z165)

作者简介: 杨 帆(1984 -),男,山西长治人,博士生,yangfan@me.buaa.edu.cn.

关系,并用属性相关矩阵表达不同实体的属性间相关关系,通过矩阵运算计算某实体属性更改传播到其他实体属性的影响. 文献[6]基于设计结构矩阵和图论,提出了一种通过零件聚类和分级来预测更改传播影响的方法. 文献[7]采用设计结构矩阵描述组件间的更改依赖关系,引入风险和可能性的概念来预测更改传播的影响大小. 上述研究从不同角度在更改传播定义、更改传播建模及更改传播路径的搜索与评价等方面形成了有价值的研究成果.

产品设计中的关联关系是更改传播的媒介,因此产品设计关联模型的构建是更改传播研究的前提. 本文试图从特性关联的角度研究产品工程更改传播. 为了梳理产品设计中存在的多维度、多层次特性关联关系,首先提出新的特性关联关系类型划分用于构建结构化的特性关联模型. 接着分析了特性关联模型中更改传播的特征、传播方式和传播过程,为更改传播路径的描述及更改传播路径搜索算法的开发奠定基础.

1　特性关联模型

在文献[8]中给出了特性的定义:特性是从对象组中表征和区分一对象的决定性的性质. 从特性维度构建的产品设计关联模型称为特性关联模型.

1.1　特性关联单元

产品设计中的特性关联关系总的可归纳为 2 种类型,分别为由物理定律确定的特性关联关系及由设计人员设定的特性关联关系.

1.1.1　映射关系单元及其传播特征

物理定律所确定的特性关联关系反映了特性间存在的本质联系,本文称为映射关系,对应的特性关联单元称为映射关系单元. 在这种关系中存在一个非独立的象特性,其取值由其余可自由变化的原象特性根据客观的物理规则确定. 例如一个零件的形变作为象特性无法自由改变,其取值总是由作为原象特性的几何尺寸、零件的受力及零件的材料特性按照材料力学公式确定. 映射关系可以表示为 $y=f(\boldsymbol{X})$,其中 y 为象特性,$\boldsymbol{X}=(x_1, x_2, \cdots, x_i, \cdots, x_n)$ 为原象特性构成的向量,f 为关系的具体形式. 映射关系单元的表示方法及示例如图 1 所示.

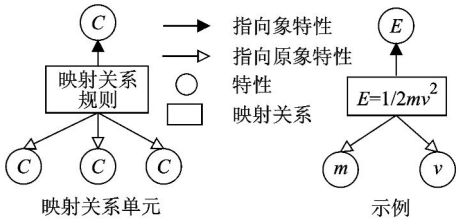


图 1　映射关系单元表示及其示例

映射关系的更改传播特征为:当原象特性更改时,由于原象特性之间互相独立,其余原象特性不受影响,而根据关联规则,象特性相应的发生更改;当象特性需要更改时,其更改不能直接实现,而需要转化为原象特性的更改,由于原象特性存在多个,因此需要选择对哪个原象特性进行更改,如图 2 所示,灰色表示发生更改的特性. 2 类更改的区别是:原象特性作为独立变量,可以“自由”的进行更改,象特性作为非独立变量,其更改不能“直接”实施,必须通过原象特性的更改而“间接”地实现. 例如,刚度的大小决定于构件的形状、尺寸和所选用的材料. 当构件的材料变化时,构件刚度随之更改,但构件的形状和尺寸作为独立变量不受影响. 而当构件刚度需要更改时,其更改不能直接进行,而必须转化为对构件形状、尺寸或材料的更改.

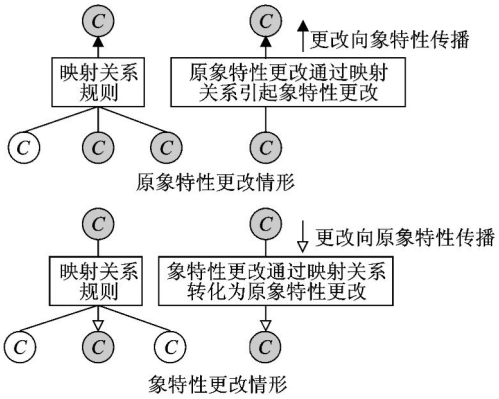


图 2　映射关系单元的更改传播特征

1.1.2　约束关系单元及其传播特征

设计人员所设定的特性关联关系是为了实现结构的组合、功能的联接、性能的保证、接口的匹配而由设计人员建立起来的人为联系,其实质是人为建立的特性间约束,本文称为约束关系,对应的特性关联单元称为约束关系单元. 例如为了实现气缸活塞杆的缓冲要求活塞杆的动能小于缓冲腔室内空气绝热压缩所能吸收的压缩能,为了实现轴孔的过盈配合要求轴的外径略大于孔的内径等. 约束关系可以表示为 $g(\boldsymbol{X})\geqslant 0$,其中 $\boldsymbol{X}$ 为特性向量,g 为关系的具体形式,$g(\boldsymbol{X})$ 的取值反映了特性关联关系的状态,由于 $\boldsymbol{X}$ 中的特性可自由变化,$g(\boldsymbol{X})$ 的取值可能满足约束,也可能不满足约束. 约束关系单元的表示方法和示例见图 3.

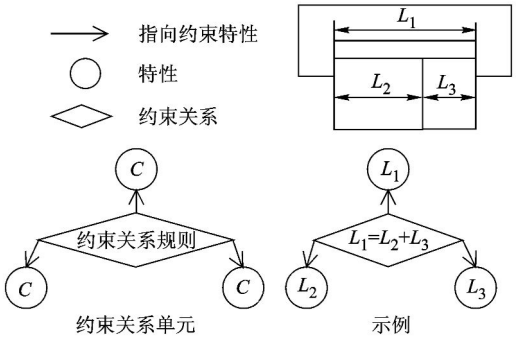


图3 约束关系单元的表示及示例

约束关系的更改传播特征为:在更改之前,特性的关联状态与预定的关联状态一致,当一端特性发生更改后,更改使得当前的特性关联状态与预定的关联状态不一致,这时需要对约束关系中的其它特性进行更改,使更改后的特性关联状态与预测的特性关联状态一致,如图4所示. 例如,轴和孔之间保持配合关系,当轴的外径发生更改时,轴外径和孔内径间的关联状态与预设的配合要求不一致,这时需要相应的更改孔的内径才能保证与预设的关联状态相一致.

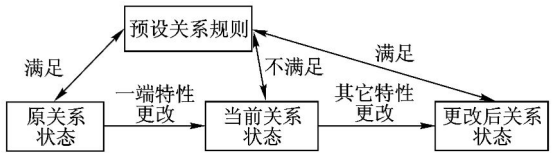
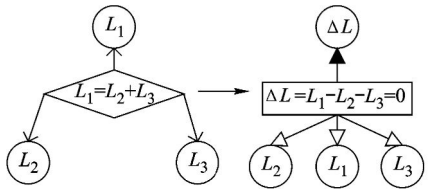


图4 约束关系单元的更改传播特征

1.1.3 约束关系单元向映射关系单元的转化

映射关系中的特性是内在相关的,不以人的意志为转移. 约束关系中的特性是不相关的事物,正是人类通过对自然规律的把握把它们联系起来,实现了特定的功能和行为. 如果把约束关系中反映特性关联关系状态的 $g(\boldsymbol{X})$ 用一个变量 y 表示,即构造一个新变量 y 作为象特性,$\boldsymbol{X}$ 作为原象特性,则约束关系可以表示为 $y=g(\boldsymbol{X})\geqslant 0$,与映射关系具有同样的表达形式,如图5给出的示例.



a 约束关系单元 b 映射关系单元

图5 约束关系单元向映射关系单元的转化

把约束关系单元转化为映射关系单元时,其更改传播的分析过程相应发生改变. 例如在图5的示例中,当 L_1 发生改变时,图5a的分析过程为 L_1 发生更改,为保证约束关系的成立,需要选择对 L_2 或 L_3 进行更改. 图5b的分析过程为:原象特性 L_1 的改变使象特性 ΔL 的取值发生变化,但设计要求 ΔL 的取值为0,为了保证 ΔL 的取值,需要选择对原象特性 L_2 或 L_3 进行更改. 2种表示方法的传播分析过程对比如图6所示,灰色表示发生更改的特性. 可以发现,把约束关系转化为映射关系后,更改传播分析的步骤增多了一步.

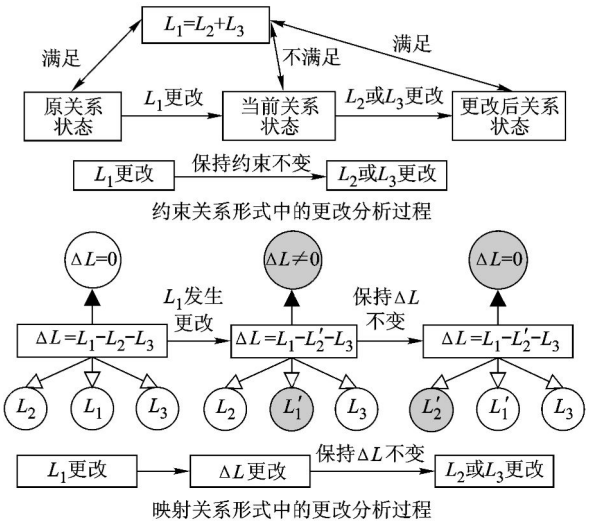


图6 转化前后更改传播分析的差别

1.2 模型总体构成

对比映射关系单元与约束关系单元的更改传播特征可以发现,在映射关系单元中,象特性更改与原象特性更改具有不同的性质,因此映射关系是一种具有方向性的特性关系. 本文称象特性所在端为映射关系单元的上端,原象特性所在端为映射关系单元的下端. 映射关系单元可以看作上端象特性经过映射、分解、配置、传递、派生等转化为下端的原象特性. 在约束关系单元中,各个约束特性从更改传播分析的角度观察具有同等的地位,因此约束关系是一种无方向性的特性关系.

在产品设计中,某些特性可能同时属于多个特性关联单元,特性关联单元因此互联在一起构成特性关联模型. 由具有方向性的映射单元和无方向性的约束关系单元组成的特性关联模型在结构上是混杂的,单纯由映射关系单元组成的特性关联模型则具有清晰的层次结构. 因此,在本文后续的研究中,统一的把约束关系单元归并为映射关系单元,从而简化整体特性关联模型,使模型由单一的映射关系单元组成,从而更有利于模型的结构化表达和分析处理.

在特性关联模型中,一些特性在作为某个特性单元象特性(显然一个特性只能是一个特性关联单元中的象特性)的同时又是某些特性关联单

元的原象特性,从而具有双重身份,一些特性则只是象特性或原象特性. 这些只具有单重身份的特性构成特性关联模型的边界.

特性关联模型把具有不同设计含义的特性间关联关系通过具有统一格式的映射关系单元整合在一起,并具有清晰的层次结构,为基于特性的更改传播分析奠定了良好的模型基础.

1.3　特性的分类

在特性关联模型中,根据特性所处的层次,可以把特性分为如下 3 类:

1) 基础特性,是设计师可以直接调控的特性参数,位于特性关联模型的底层,是构筑整个产品设计的基础,包括几何参数(直径、行程、壁厚、长宽)、材料性质(材料弹性模量、材料许用应力、弹簧刚度)、环境参量(气压、空气流速、温度)、安装方式、安全系数等.

2) 目标特性,反映了产品设计需要满足的功能要求和性能要求. 例如发动机的功能要求包括其输出功率、排量、速度特性,性能要求包括其安全性、紧凑性,气缸的功能要求是其输出力,性能要求包括其缓冲特性、活塞杆稳定性、缸壁抗弯曲等. 产品设计的目标特性无法直接实现,而是需要通过设计过程映射分解为其它特性. 不同的目标特性往往具有不同的映射分解层次. 根据目标特性的取值特点,可以把目标特性分为望大、望小、望目 3 种特性.

3) 过渡特性,作为基础特性与目标特性之间的纽带描述了基础特性到目标特性的作用过程和作用机理,是具体产品设计知识的反映.

产品设计过程中遇到的更改主要是目标特性更改和基础特性更改. 目标特性更改对应了客户需求的更改,由于目标特性经过多层映射分解由底层基础特性的取值设定,其更改因此需要通过基础特性的更改间接实现. 基础特性更改对应了产品实体结构的更改,其更改可以直接进行,但由于基础特性与上层特性之间的联系,其更改会影响到上层特性.

2　更改传播过程

2.1　更改传播方式

根据映射关系的更改特征,可以得出 2 种更改传播方式.

1) 当原象特性更改时,象特性会随之更改,这种传播可通过关联关系直接分析得出. 由于发生更改的特性及其更改量值可以直接获取,本文称之为直接更改传播. 直接更改传播由客观的映射关系决定,是一种客观传播.

2) 当象特性更改时,由于其更改无法直接实现,需要转化为原象特性的更改. 在特性关联单元中往往存在多个原象特性,这时需要设计人员通过决策分析选择出对哪些原象特性进行更改. 由于发生更改的特性及其更改量值需要引入设计人员的人为决策,本文称之为决策更改传播. 决策更改传播由人的主观选择确定,因此是一种主观传播.

2.2　更改传播过程模型

2.2.1　更改传播过程分析

在特性关联中,初始的特性更改通过特性关联单元引起新的特性更改,新的更改特性又通过特性关联单元进一步引起其它特性更改,该过程以特性关联为媒介不断进行,形成特性更改传播. 在一定条件下,更改传播终止,产品设计进入一个新的稳定平衡状态.

更改传播过程的本质是更改传播路径的搜索过程,设计人员通过直接更改传播确定某个特性更改造成的直接影响,通过决策更改传播选择对哪些特性进行更改从而改变传播路径的走向. 结合上文对更改传播方式的讨论,可得图 7 所示的更改传播过程模型,灰色表示发生更改的特性.

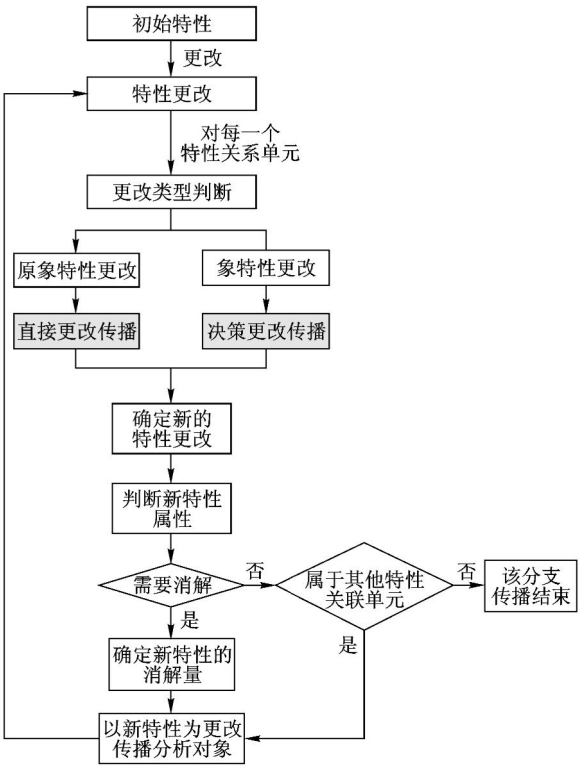


图 7　更改传播过程模型

设计人员首先根据更改需求确定需要更改的特性,形成初始特性更改. 发生更改的特性可能属于多个特性关联单元,从而通过特性关系影响其

他特性. 这时需要遍历该特性归属的每一个特性关联单元,根据特性关系判断具体的更改情形. 根据上文对更改传播方式的介绍可知,一些特性的更改属于直接更改传播,另外一些特性的更改属于决策更改传播. 在确定新更改的特性之后,需要结合新特性的属性分析更改的进一步传播. 首先判断该特性的更改是否需要消解,这里的消解是指需要引入主动的更改来消除或减少该特性的更改——在特性关联中,某些特性的取值要求不能改变,或者不能偏离其理想取值太远,当其他特性的更改引起该特性的取值变动时,设计人员需要引入主动的更改措施,使该特性恢复原状态. 如果新特性需要消解,则需要确定该特性的消解量,并以该特性为分析对象分析其导致的进一步更改传播. 如果不需要消解,继续判断该特性是否属于其他特性关联单元. 如果属于,则需要以该特性为新的分析对象,分析该特性在其他特性关联单元中引起的更改传播;如果不属于,则该分支传播结束. 当所有的分支更改传播结束时,初始特性引起的整体更改传播结束,产品设计进入一个新的稳定平衡状态.

通过更改传播过程的描述可知,更改传播具有客观和主观两重属性,更改传播路径是客观传播路径和主观传播路径的混合. 客观性是指某些特性的更改传播是可以直接确定的,设计人员无法改变;主观性是指某些特性的更改传播需要设计人员的决策,同时主观决策的引入改变更改传播的走向. 更改传播的主观性允许设计人员通过决策的改变进行多次搜索,从而得到不同的更改传播路径,并通过路径的评价和优选从中选出最优路径,如图 8 所示. 更改传播路径本质上是一个可行的更改方案,因此又可称为更改方案路径.

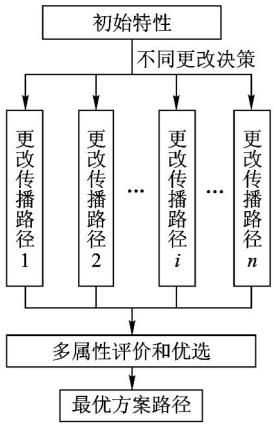


图 8 更改传播路径的多次搜索和优选

在更改传播过程中,可能遇到某些需要更改的特性无法进行更改,例如某些特性的取值被冻结,这时更改传播无法继续进行,该次传播搜索失败. 在极端条件下,产品设计中存在大量更改限制,无论设计师如何进行决策的调整,也无法实现某个特性的更改,这时称现有的产品设计无法兼容更改需求.

2.2.2 *更改传播行为特性*

1) 耦合性. 一个特性所属的特性关联单元越多,该特性更改引起的其他特性更改越多,其造成的更改扩散也越大. 本文定义一个特性所属的特性关联单元数量称为该特性的耦合性. 耦合性的强弱反映该特性的更改扩散能力.

2) 衰减性. 传播的衰减特性可以用象特性增量与原象特性增量之间的关系说明. 假设某映射关系可以表示为 $y=f(\boldsymbol{X})$,其中 y 为象特性,$\boldsymbol{X}$ 为原象特性组成的特性向量. 则象特性 y 与某个原象特性 x_i 的增量之间的关系可以用式(1)表示.

$$\mathrm{d}y = \frac{\partial f(\boldsymbol{X})}{\partial x_i}\mathrm{d}x_i = f'_{x_i}(\boldsymbol{X})\,\mathrm{d}x_i \tag{1}$$

$f'_{x_i}(\boldsymbol{X})$ 表示了 x_i 与 y 之间的传播衰减特性,主要分为以下几种情况:

① 当 $f'_{x_i}(\boldsymbol{X})$ 较小时,关联特性的更改减小,称更改传播衰减.

② 当 $f'_{x_i}(\boldsymbol{X})$ 较大时,关联特性的更改增大,称更改传播增强.

③ 当特性间关系满足式(2)时,关联特性只在一定的条件下发生更改,称更改传播条件更改. 例如,当 2 个尺寸特性之间的约束为相容约束时,被包含的特性只有增大到一定程度时才会破坏约束.

$$\left.\begin{aligned} \Delta x_i < M \quad \Delta y = 0 \\ \Delta x_i > M \quad \Delta y = f'_{x_i}(\boldsymbol{X})\Delta x \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

更改传播的衰减行为特性说明更改在特性关联中的传播是动态变化的,较小的更改可能在经过某个特性关联之后得到放大,成为较大的更改波动;而较大的更改也可能通过多次衰减,最后的更改影响变得很微弱. 更改传播的衰减性可用于指导更改传播路径的决策. 在进行决策更改传播时,选择对衰减大的特性进行更改,可以用较少的更改量实现更改的目标.

更改传播过程模型为基于特性关联的更改传播路径搜索、评价和优选提供了指导框架. 在实际的分析过程中,该模型还需要与 PDM 系统的工程更改管理流程规范相结合,确保在正确的条件下和充分的信息基础上展开分析. 同时,所进行的一系列更改应该通过 PDM 的版本控制功能进行记录,保证设计文件的一致性、完整性和可追溯性.

3　实　例

本文以单作用预伸型气缸设计为例,分析其特性关联模型的构建,并讨论其中存在的更改传播过程. 单作用预伸型气缸的原理图如图 9 所示. 在未输入气压的状态下,复位弹簧使活塞处于推出状态. 当输入气压时,气体压力推动活塞,带动负载. 通过交替地输入和排放气体压力,实现活塞的往复运动.

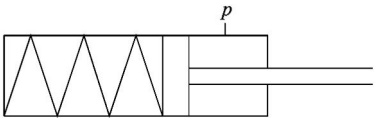
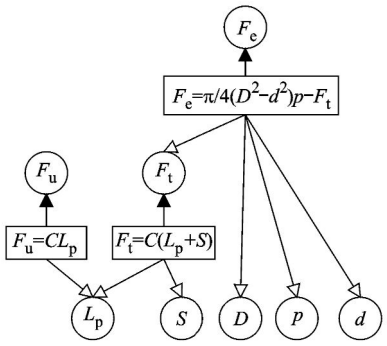


图 9　单作用预伸型气缸原理图[9]

3.1　特性关联模型的构建

以气缸的理论输出力 F_e 为设计目标,在气缸平均工作压力 p、最大负载 F、安装长度 L 不变的前提下,进行气缸各参数的设计. 根据文献[9]给出的气缸设计过程及设计公式,进行气缸设计特性关联关系的提取和特性关联模型的构建.

根据气缸的理论输出力公式,气缸的输出力等于气体产生的压力减去弹簧产生的反力,同时在预作用型气缸中,存在弹簧产生的预先复位力,因此其设计对应的特性关联模型如图 10 所示.



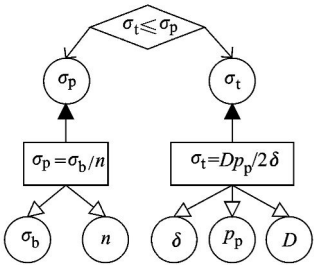
F_u—弹簧预先复位力;F_e—理论拉力;F_t—弹簧力;L_p—弹簧预压缩量;S—活塞行程;C—弹簧刚度;d—活塞杆直径;D—缸径;p—气缸工作压力.

图 10　气缸输出力的特性关联模型

壁厚的设计反映了气缸的安全性要求,即气压不能使气缸的形状发生变化,其本质是气压产生的应力要小于设计人员给出的应力约束值,其设计对应的特性关联模型如图 11 所示.

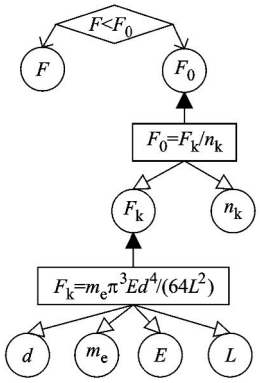
压杆稳定性反映了气缸的安全性,即活塞杆不能在干扰力的作用下发生弯曲,其本质是活塞杆实际承受的负载力要小于设计人员给出的负载力约束值,其设计对应的特性关联模型见图 12.

气缸进排气口的设计要求通过进气口的气体排量等于气缸正常工作时的排量要求,其设计对应的特性关联模型如图 13 所示.



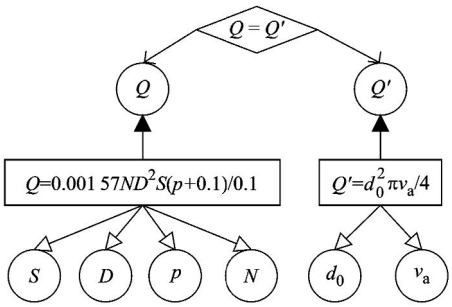
D—缸径;δ—实际缸筒壁厚;σ_b—缸筒材料抗拉强度;σ_p—缸筒材料许用应力;p_p—试验耐压力;σ_t—筒壁实际应力;n—安全系数.

图 11　气缸壁设计的特性关联模型



F_k—纵向弯曲极限力;n_k—稳定性安全因数;E—材料弹性模量;F_0—理论轴向极限力;m_e—末端因数;L—气缸的安装长度;d—活塞杆直径;F—最大轴向压力.

图 12　气缸压杆稳定性设计的特性关联模型



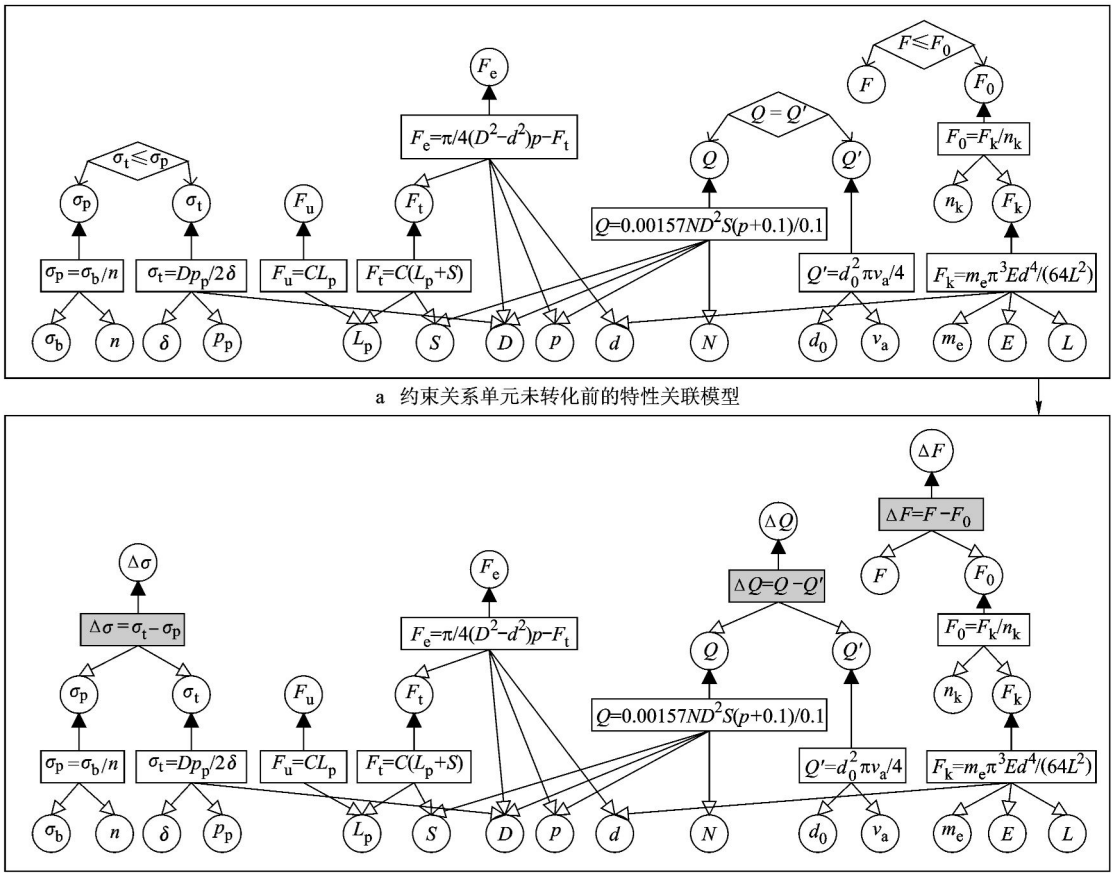
Q—平均耗气量;N—气缸每分钟往返次数;v_a—空气流经进排气口速度;d_0—进排气口当量直径;p—气缸工作压力;S—活塞行程;D—缸径;Q'—供气量.

图 13　气缸进排气口设计的特性关联模型

组合上述特性关联子模型可得总的特性关联模型如图 14a 所示. 把约束关系单元转换为映射关系单元,使该模型由单一的映射关系单元组成,得到的特性关联模型如图 14b 所示.

3.2　更改传播分析

假设根据新的更改需求,气缸要在具有较多干扰力的环境中工作,因此需要增大压杆稳定性



a 约束关系单元未转化前的特性关联模型

b 约束关系单元转化为映射关系单元后的特性关联模型

ΔQ—消耗供给量差值;ΔF—轴向力差值;$\Delta\sigma$—应力差;灰色表示转化后的特性关系形式.

图 14 总体特性关联模型

安全因素 n_k 的取值使其具有更高的稳定性,这时需要分析 n_k 更改引起的更改传播.

根据特性关联模型可知,n_k 的增大首先导致理论轴向极限力 F_0 的减小,F_0 的减小进一步导致实际轴向负载 F 与 F_0 差值 ΔF 的增大从而超出 $\Delta F<0$ 的限制. 为了保证 $\Delta F<0$,需要通过主动更改减小 ΔF 取值. 由于轴向负载 F 作为设计约束不可改变,因此只能改选增大活塞杆的纵向弯曲极限力 F_k. 根据 F_k 为象特性的映射关系分析可知,可供调整的特性包括杆的弹性模量 E、活塞杆直径 d、守安装方式 m_e 及安装长度 L. 上述特性的更改都可以提高 F_k 取值. 经过综合决策,弹性模量 E 的更改要求更换杆材料,需要较高的成本,气缸的安装方式 m_e 及安装长度 L 在现有设计条件下不允许改变,因此选择调整活塞杆直径 d. 根据 d 所属的特性关联单元进一步分析可知,d 的增大导致气缸理论输出力 F_e 减小,但 F_e 的取值不允许改动,这时需要引入主动更改措施保持 F_e 不变. 根据 F_e 为象特性的映射关系分析可知,可供调整的特性包括缸径 D、气缸平均工作压力 p 和复位弹簧被压缩时的弹簧力 F_t. 经过综合决策,p 的取值不允许改变,对压缩弹簧的调整以及增大缸径 D 都需要较高的设计代价. 这里选择增大缸径 D,分析 D 所属的特性关联单元可知,D 增大会引起缸壁所受应力 σ_t 及气缸排量 Q 的增大. σ_t 的增大会导致 $\Delta\sigma$ 的减小,但气缸的壁厚的取值比理论壁厚取值大很多,因此其影响可以忽略. Q 的增大则导致 ΔQ 的增大. 为了保持 ΔQ 为零,需要通过主动更改减小 ΔQ 取值,可以选择降低 Q 或提高 Q'. 经过综合决策,可用来调整 Q 的相关特性都不允许改变,因此选择提高 Q',并进一步确定为提高气缸进排气口的当量直径 d_0. 由于 d_0 不属于其它特性关联单元,更改传播终止,这时气缸设计达到一个新的稳定平衡状态,最终得到的一个更改传播路径如图 15 所示.

通过上述的实例分析可以发现,特性更改在传播过程中存在直接更改传播和决策更改传播,决策更改传播使得更改传播的路径不唯一. 例如,在提高活塞杆的纵向弯曲极限力 F_k 及气缸的理论输出力 F_e 时,存在多种特性更改选择. 案例同时表明耦合性强的特性往往导致较大的更改扩散,例如气缸直径 D 具有较强的耦合性,对它的

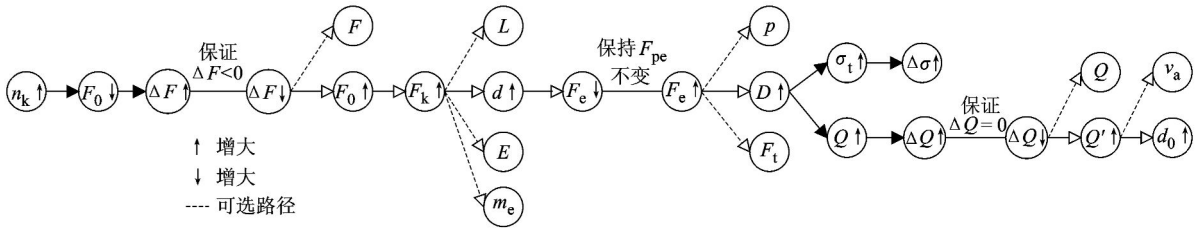


图 15　n_k 增大时的更改传播路径

更改会涉及较多的特性关联单元,从而造成较大的更改扩散.

4　结 束 语

本文从特性关联的角度分析更改传播,提出产品设计中的特性关联关系可归纳为映射关系单元和约束关系单元 2 种类型. 讨论了它们的更改传播特征,并进一步指出约束关系单元可归并为映射关系单元,从而得到由单一映射关系单元组成的特征关联模型. 接着讨论了在特性关联模型中更改传播的 2 种方式,更改传播的详细展开过程,以及特性在更改传播过程中所具有的行为特性. 本文提出的更改传播过程模型为更改传播路径搜索算法的开发奠定了理论基础,并有利于后续更改传播影响分析和风险评价的研究.

参考文献 (References)

[1] 朱全敏,熊光楞,辜承林. 并行工程中工程更改的管理及应用实例[J]. 计算机工程与应用,2002(12):221 - 223
Zhu Quanmin, Xiong Guangleng, Gu Chenglin. Management of engineering change and its applied examples on concurrent engineering [J]. Computer Engineering and Applications, 2002 (12):221 - 223 (in Chinese)

[2] 王庆林,余国华,王睿. 构型管理[M]. 上海:上海科学技术出版社,2010:241 - 242
Wang Qinglin, Yu Guohua, Wang Rui. Configuration management [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2010:241 - 242 (in Chinese)

[3] Eckert C, Clarkson P J, Zanker W. Change and customisation in complex engineering domains [J]. Res Eng Design, 2004, 15(1):1 - 21

[4] Ollinger G A, Stahovich T F. Redesginit: a model-based tool for managing design changes [J]. Journal of Mechanical Design, 2004, 126(2):208 - 216

[5] Cohen T, Navathe S B, Fulton R E. C-FAR, change favorable representation[J]. Computer-Aided Design, 2000, 32(5):321 - 338

[6] 何睿,唐敦兵,薛建彬. 基于设计结构矩阵的工程变更传播研究[J]. 计算机集成制造系统,2008,14(4):656 - 660
He Rui, Tang Dunbin, Xue Jianbin. Engineering change propagation based on design structure matrix [J]. Computer Integrated Manufacturing System, 2008, 14(4):656 - 660 (in Chinese)

[7] Clarkson P J, Simons C, Eckert C M. Predicting change propagation in complex design[J]. Journal of Mechanical Design, 2004, 126(5):788 - 797

[8] GB/T 10091.1-1995 事物特性表定义和原理[S]
GB/T 10091.1-1995 Tabular layouts of article characteristics definitions and principles[S] (in Chinese)

[9] 成大先. 机械设计手册:气压传动[M]. 5 版. 北京:化学工业出版社,2010:90 - 96
Cheng Daxian. Hand book of mechanical design: pneumatic transmission [M]. 5th ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2010:90 - 96 (in Chinese)

(编　辑:文丽芳)