

# 基于PDM的定制产品设计方案优化研究

李 力 程国平

(武汉理工大学 管理学院 湖北 武汉 430070)

**摘 要** 在 MC 模式下,面对客户的个性化需求,我们通常借助 QFD 完成由需求向定制产品设计方案转换,但是一个现实的矛盾是,在无限的个性化需求与有限的定制产品配置方案之间,如何确定现实的产品配置方案,以最大限度地满足客户需求。基于完善的 PDM,从准确获取客户需求意愿的角度入手,对照定制产品方案集,借助权的最小方法以及 TOPSIS 算法,探讨了从个性化需求到产品设计方案的数量转化方法。

**关键词** PDM;TOPSIS;产品配置;QFD

中图分类号:F273

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2006)03-0137-02

## 0 前言

从以产定销到狂热追逐消费者需求的流行,市场需求以及消费者购买行为从根本

时要负责厂房搬迁,产品 a 以及产品 b 生产线的技术改造 3 个项目,公司在此基础上成立了 3 个项目组分别负责各自项目的进度和成本控制。公司现阶段的战略目标是在 3 年内产值翻两翻,形成完整的产品线,但由于现有的厂房及设施已经无法满足生产的需要,因此,厂房的扩建和搬迁项目将拥有更高的优先权,获得更多的财务及人力资源的支持。另外就 a 类产品和 b 类产品的市场分析看,a 类产品的客户大部分为工业客户,产品的销量比较稳定,而 b 类产品由于是建筑材料类产品,客户多为工程及私人客户,随房地产业的发展需求增加很快,对于通过技术改造扩大生产能力的要求更为迫切,因此 b 类产品的生产线的技术改造项目拥有比 a 产品项目高的优先权。

## 3 结论及未来的研究

上述分析表明,项目组织同一般企业组织一样,受多个权变因素的影响,而项目组织的绩效好坏取决于其结构与这些权变因

意义上决定了企业的市场行为。大规模定制思想的产生已有几十年的历史了,但在实施过程中企业始终无法逾越高额的定制成本,消费者在漫长的等待时间面前也逐渐失去

素的适应程度。就技术改造项目来说,项目文化、项目获得的授权程度以及项目的战略选择这 3 个因素的作用最为突出,如何在职能型的制造企业中推行技术改造项目,关键就是要提高项目组成员对于项目的认同度,提高领导对于项目的认同度以得到更大程度的授权以及更有效的协调好战略与项目间资源分配的问题。

在将来的研究中,我们希望能通过进一步分析,得出这些权变因素与技术改造项目组织结构的重要特征间的相关度,以确定技术改造项目组织应该具有什么样的结构特征,为技术改造项目组织设计起到指导性作用。

参考文献:

- [1] 李查德·L·达夫特.组织理论与设计[M]沈阳:东北财经大学出版社,2002.
- [2] P.Lawrence and J.Lorsh. Organization and Environment:Managing Differentiation and Integration[M]Harvard University press,1967.
- [3] 美 杰·克·吉多.成功的项目管理[M]北京:机

械工业出版社,2004.

了耐心。一个影响定制响应速度的关键环节就是定制产品设计。产品配置的概念给了我们启示,为此我们必须利用已经拥有的产品模块设计方案,依托完善的 PDM 系统对企

- [4] 俞红.项目管理及其组织结构[J]商业经济与管理,2004(9).
- [5] 托马斯·卡明斯.组织发展与变革精要[M]北京:清华大学出版社,2003.
- [6] Handy.C.B. Understanding Organisation.Penguin,1982.
- [7] 吴培良.组织理论与设计[M]北京:中国人民大学出版社,1998.
- [8] Terence J.Cooke-Davies and Andrew Arzymanow. The maturity of project management in different industries:An investigation into variations between project management model[J] International Journal of Project Management 2003 21.
- [9] 张猛.谈网络时代的工程项目管理[J]建筑经济,2004(2).
- [10] 卢勇.大型工程建设的信息沟通与虚拟组织环境[J]基建优化,2000(8):4-8.
- [11] 何清华.大型工程项目集成化项目控制信息系统的研究[J]同济大学学报,2000(6).
- [12] 仲秋雁.中国企业 ERP 实施关键成功因素的实证研究[J]中国软科学,2004(2):73-78.

(责任编辑 曙 光)

收稿日期:2005-12-05

作者简介:李力(1976-)男,武汉理工大学博士研究生,研究方向为管理信息系统、电子商务;程国平,男,武汉理工大学教授、博导。

业产品开发过程中产生的各种历史数据进行管理,根据客户个性化需求的 QFD 转化机制,将产品结构中的零部件按照一定的条件进行重新编排,得到该条件下的特定的产品结构。这是一个典型的定制化配置过程,其中的相关条件称为配置条件,用各种不同的配置条件形成产品结构的不同配置,得到不同的个性化的定制产品。这将大大提高定制产品设计的速度,减少设计成本。

PDM 系统将所有与产品相关的信息和产品开发过程集成起来,创造出一种透明度很高的虚拟环境,能适应复杂多变的变型设计的个性需求,进行产品设计的数据管理和过程控制。它是支持基于关系型产品模型的快速变型设计的数据平台。将 QFD 的转化功能与 PDM 系统集成起来使用,将大大提高定制产品设计的效率。

然而客观地讲,采用 PDM 系统支撑 QFD 转换机制,就扩充定制产品方案空间的角度而言,通过企业历史产品数据汇集共享,不断丰富产品数据库,可以在一定程度上扩展产品配置中模块化的组合空间集。但是,对任何一个企业而言,一个现实的问题是产品数据库丰富程度有限,可利用的模块并不多,而客户提出的个性化需求在可预见的时期内将是无限扩张的。因此客户提出的定制产品的定制程度通常需要产品设计相关人员的妥善处理,即在客户的理想产品与企业设计人员可利用的产品配置设计资源的虚拟产品方案集间寻求一种最优方案,以尽可能地满足客户的个性化需求。

### 1 需求与产品配置转化内容分析

用 PDM 系统将企业以前的设计的不同形态的产品零部件模块资源有序地整合在一起,为当前进行的定制设计中的产品配置过程提供图形、文字、数据等方面的支持。通过 QFD 实现对这些资源的再次利用,按面向对象的产品模型进行信息重组和变型配置设计,重用企业产品信息资源,进行快速变型设计,是提高大规模定制设计速度的有效手段。在产品开发过程中,即从抽象的概念到具体的结构物化过程中,存在大量蕴含在物化过程中的信息,对这些隐式信息进行抽象和归纳,可以得到多种关系,这是得到变形设计、定制多样化的基础。但是通过向上产品配置变换设计可获得的定制方案集

将是有限的,该集中元素的多寡取决于可再次利用相关模块的数量,也即 PDM 中相关数据的丰富程度。这就形成了有限的定制产品配置方案与无限的客户个性化需求之间的冲突。

这种矛盾可简单地描述为,一方面是客户就某产品的特征、重要属性按照自己的意愿提出的满足个性化需求的近乎完美的理想产品;另一方面是相关企业产品数据库的有限资源、可利用的制造能力所能提供的可供顾客选择的现实方案集,表现为有限的虚拟产品。一种出路在于为顾客的理想产品提供最接近的定制产品,是实施 MC 战略的相关企业在有限资源的情况下最大可能满足顾客需求的一种可行的办法,也就是在有限的 PDM 数据以及模块的基础上最优化产品配置。

通过一定手段(信息平台等)辅之以适当的引导方法,简单准确地收集顾客需求信息,对设计出最佳定制方案极为重要。QFD 可以作为 MC 相关企业分析顾客需求的重要工具。在利用 QFD 确定定制方案的过程中,企业必须处理好两个重要环节。一是关于顾客需求和相关权的确定信息必须真实地来自于顾客或与顾客接触的相关界面部门,确定权的难点在于,顾客通常对精准的数值并没有概念,或决定时比较困难,但是权的确定涉及定制过程的设计、制造方案的取向。二是如何实现代表客户个性需求的理想产品与相关企业能力范围内可提供的有限方案间的最大程度的接近。这里采用一种权的最小平方方法与 TOPSIS 相结合的模式来分别解决这两个问题,并形成从需求到最优化的一体化转换。

### 2 模型构建

#### 2.1 精准地确定在 QFD 转换中关于顾客需求特性的相关性

如何确定权?企业的客户与市场部门并不是一开始就十分清楚每个目标属性应该加多大的权,一种常用、易操作的办法是成对比较,然后再确定权,这种比较可能不精确、不一致。比如,决策相关主体的客户虽然认为某个属性较第二个目标属性重要 2 倍,第二个又比第三个重要 2 倍,但普通用户可能并没意识到或并不认为第一个目标属性较第三个目标重要 6 倍。这就需要一定的

方法对目标的成对比较结果集进行适当的处理,最后形成一组权。

这里可以采用一种权的最小平方方法来对相关数据进行处理。把目标属性的重要性作成对比较,如目标有  $n$  个,共需比较  $C_n^2 = n(n-1)/2$  次。将第  $i$  个目标属性对第  $j$  个目标属性的相对重要性的估计值计作  $\alpha_{ij}$ ,并认为近似地这就是属性  $i$  的权  $w_i$  和属性  $j$  的权  $w_j$  的比较值  $w_i/w_j$ 。 $n$  个目标属性成对比较的结果用矩阵  $A$  表示,得到:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

如果网上客户或市场人员等决策人对  $\alpha_{ij}$  的估计一致,则有:

$$\alpha_{ij} = 1/\alpha_{ji}; \quad \alpha_{ij} = \alpha_{ik} \cdot \alpha_{kj}$$

此外决策人总会估计  $\alpha_{ii} = 1, i = 1, 2, \dots, n$  的估计不一致,则只有:

$$\alpha_{ij} = w_i/w_j$$

由于只是近似相等,一般  $\alpha_{ij}w_j - w_i$  的值并不一定为 0,可以选择一组权  $\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$  使平方误差的和最小,以实现最终确定的权组客观地反映客户的真实意图,即:

$$\min \left\{ Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\alpha_{ij}w_j - w_i)^2 \right\}$$

上式中的权受约束于:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (1)$$

$$w_i > 0, i = 1, 2, \dots, n$$

用拉格朗日乘子法解此有约束的优化问题,则对应的拉格朗日函数为:

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\alpha_{ij}w_j - w_i)^2 + 2\lambda \left( \sum_{i=1}^n w_i - 1 \right)$$

将上式对  $w_k$  微分,得到:

$$\frac{\partial L}{\partial w_k} = \sum_{i=1}^n (\alpha_{ik}w_k - w_i)\alpha_{ik} - \sum_{i=1}^n (\alpha_{ik}w_j - w_k) + \lambda = 0$$

$$K = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

(1)式和(2)式构成了  $n+1$  个非齐次线性方程组,有  $n+1$  个未知数  $\lambda, w_1, \dots, w_n$ ,可求得一组唯一的解,上式写成矩阵形式为:

$$BW = M \quad (3)$$

(3)式中  $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T, M = [w_1, \lambda, 2,$

$$B = \begin{pmatrix} \dots & \lambda_n^T \\ \sum_{i=1}^n \alpha_{i1}^2 + n - 1 & -(\alpha_{12} + \alpha_{21}) & \dots & -(\alpha_{1n} + \alpha_{n1}) \\ -(\alpha_{21} + \alpha_{12}) & \sum_{i=2}^n \alpha_{i2}^2 + n - 1 & \dots & -(\alpha_{2n} + \alpha_{n2}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -(\alpha_{n1} + \alpha_{1n}) & -(\alpha_{n2} + \alpha_{2n}) & \dots & \sum_{i=1}^n \alpha_{in}^2 + n - 1 \end{pmatrix}$$

2.2 实现代表客户个性需求的理想产品与相关企业能力范围内可提供的有限方案间最大程度的接受

通过上面的处理,比较准确地确定了客户产品需求中各特征属性的权组  $W=[w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ ,下面的工作就是要基于这样一种需求认知,确定各特征属性的工程技术参数以及最终的方案,它需要工程技术人员与市场部门人员的共同合作。按 TOPSIS 算法,其具体步骤为:

第一步:设定定制产品的各属性目标对应的决策矩阵为 A:

$$A = \begin{matrix} & \text{属性 1} & \text{属性 2} & \dots & \text{属性 m} \\ \begin{matrix} \text{方案 1} \\ \text{方案 2} \\ \dots \\ \text{方案 n} \end{matrix} & \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1m} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

从上面的矩阵构造规范决策矩阵,其中的元素  $z_{ij}$  为:

$$z_{ij} = y_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2} \quad i=1, \dots, n \quad j=1, \dots, m$$

第二步:基于上面确定的权向量构成加权的规范决策矩阵,其中的元素  $x_{ij}$  为:

$$x_{ij} = w_j z_{ij} \quad i=1, \dots, n \quad j=1, \dots, m$$

$w_j$  是第  $j$  个属性的权  $w_1, w_2, \dots, w_m$ 。

第三步:确定理想产品方案解和负理想解:

$$X^+ = \{(\max_{ij} |j \in J) \min_{ij} |j \in J\} | i=1, \dots, n\} = \{x_1^+, x_2^+, \dots, x_m^+\}$$

$$X^- = \{(\min_{ij} |j \in J) \max_{ij} |j \in J\} | i=1, \dots, n\} = \{x_1^-, x_2^-, \dots, x_m^-\}$$

上式中的  $J$  是代表客户希望最大化的效益型目标集,而  $\bar{J}$  是代表客户希望尽量减小的成本型集。

第四步:计算距离,包括到理想解的距离以及到负理想解的距离。

$$S = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^+)^2}$$

$$S = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_j^-)^2} \quad i=1, 2, \dots, n$$

第五步:计算每个方案到理想解的相对接近程度。

$$C_i = S / (S + S_i) \quad 0 \leq C_i \leq 1 \quad i=1, 2, \dots, m$$

第六步:排序并确定方案的优先次序。

### 3 一个算例

首先求权,设市场部门收集的客户就某类洗衣机的产品信息,在对相关产品的特征属性作成对比较以后得到矩阵 A 为:

	价格	能耗	噪音	容积	颜色
价格	1	1/3	1/2	1/4	1/5
能耗	3	1	2	1	1/2
A=噪音	2	1/2	1	1/2	1/2
容积	4	1	2	1	1
颜色	5	2	2	1	1

采用权的最小平方方法,构成矩阵 B:

$$B = \begin{pmatrix} 58 & -3.333 & -2.5 & -4.25 & -5.2 \\ -3.333 & 9.361 & -2.5 & -2.0 & -2.5 \\ -2.5 & -2.5 & 16.25 & -2.5 & -2.5 \\ -4.25 & -2.0 & -2.5 & 6.313 & -2.0 \\ -5.2 & -2.5 & -2.5 & -2.0 & 5.540 \end{pmatrix}$$

由此求得的权向量为:

$$W^T = [0.0682, 0.2113, 0.1177, 0.2767, 0.3261]$$

其次,完成定制产品工程数据的优化过程,根据市场定制需求的 5 个关键属性,设已知基于 PDM 数据库中参照 QFD 转换可提供的产品定制方案为 4 种(以及对应属性的工程参数)以及由其组成的属性决策矩阵 A,按前面的模型分以下几步完成定制产品方案的定型。

第一步:构造规范决策矩阵 A:

	价格	能耗	噪音	容积	颜色
方案 1	0.621	0.648	0.376	0.674	0.421
方案 2	0.518	0.519	0.301	0.289	0.301
方案 3	0.373	0.324	0.752	0.481	0.662
方案 4	0.455	0.454	0.451	0.481	0.542

第二步:构造加权的规范决策矩阵 B:

	价格	能耗	噪音	容积	颜色
方案 1	0.0424	0.1369	0.0442	0.1865	0.1373
方案 2	0.0353	0.1097	0.0354	0.0799	0.0981
方案 3	0.0254	0.0685	0.0885	0.1331	0.2159
方案 4	0.0310	0.0959	0.0530	0.1331	0.1767

第三步:确定理想解和负理想解:

$$X^+ = \{0.0254, 0.1369, 0.0354, 0.1865, 0.2159\}$$

$$X^- = \{0.0424, 0.0685, 0.0885, 0.0799, 0.0981\}$$

第四步:计算各方案到理想方案的距

离:

$$S_1=0.0809, S_2=0.1030, S_3=0.1017, S_4=0.0783$$

$$S_1=0.1398, S_2=0.0676, S_3=0.1304, S_4=0.1056$$

第五步:计算对理想方案的相对接近程度:

度:

$$C_1=0.633, C_2=0.396, C_3=0.562, C_4=0.574$$

由此得出方案的最后排序为:1, 4, 3, 2, 也即第一种产品定制配置方案最能满足用户需求。

### 4 结论

快速响应市场个性化需求、提供高质量的产品根本性地取决于产品设计阶段个性化需求向产品配置方案的转化。基于完善的 PDM, 成功解决 QFD 转化过程中的现实矛盾——无限的个性化需求与有限的定制产品配置方案——是长期制约大规模定制高效实施的重要问题。借助权的最小平方方法以及 TOPSIS 算法, 给出一个从个性需求到产品方案的一贯制定量转化方法能解决代表客户个性化需求的理想产品集到可利用定制产品配置方案集的映射。

参考文献:

- [1] 顾新建等. 网络化制造范式和我国的网络化制造战略[J]. 中国工业经济, 2001(1): 30-34.
- [2] 徐晓飞等. 动态联盟企业组织方法体系[J]. 计算机集成制造系统——CIMS1999, 5(1): 7-12.
- [3] 陈剑等. 虚拟企业构建与管理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [4] 陈廷. 决策系统[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [5] Kenneth Preiss. Mass, Lean, and Agile as Static and Dynamic Systems[M]. Perspectives on Agility Series, Agile Forum Volume PA95-04, 1995.
- [6] Gunasekaran A. Agile Manufacturing: Enablers and an Implementation Framework. International Journal of Production Research, 1998, 36(5): 1223-1247.

(责任编辑: 高建平)