

文章编号: 1006-5911(2010)07-1472-08

# 复杂语言信息环境中顾客需求重要度的确定方法

王晓暾, 熊伟\*

(浙江大学 管理学院, 浙江 杭州 310058)

**摘要:** 针对产品开发中顾客表达的多粒度多语义, 以及语言变量和不确定语言变量共存的复杂情况, 提出了一种复杂语言信息环境下质量屋中顾客需求重要度的确定方法。采用非平衡语言评估标度集, 来表征通过市场调查获得的多粒度混合型的顾客语言评价信息; 对多粒度语言信息用转换函数进行一致化处理, 继而提出基于相对理想点的混合型语言变量处理方法, 以确定顾客需求的基本重要度。同时考虑顾客需求的水平提高率、Kano分类以及产品的“卖点”等市场竞争性评估信息, 对所得顾客需求基本重要度进行适当修正, 确定出顾客需求的最终重要度。通过某玻纤产品的开发实例, 验证了所提方法的可行性和有效性。

**关键词:** 质量功能展开; 顾客需求; 重要度; 语言变量; 不确定语言变量; 多粒度; 产品设计

**中图分类号:** F273.2      **文献标志码:** A

## Importance ratings determining of customer requirements in complex linguistic information environment

WANG Xiao-tun, XIONG Wei\*

(School of Management, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

**Abstract:** Customers' judgments in the early stage of new product development were often presented with multi-granularity linguistic information, and mixed with certain and uncertain linguistic variables. To deal with this problem, a method was proposed to determine the importance ratings of the customer requirements in Quality Function Deployment (QFD) under complex linguistic information environment. Customers' linguistic assessment information obtained from market investigation was represented by suitable linguistic terms. Some transformation functions were used to unify the multi-granular linguistic labels into a uniform linguistic label set. Then, a method based on the relative ideal solution was presented to process the mixed types' linguistic variables, and the fundamental importance of the customer requirements was determined. Furthermore, the market competitiveness information such as the improvement ratio, the Kano's category of the customer requirements, and the "sale points" were also considered to correct the fundamental importance so as to determine the final importance ratings of the customer requirements. Finally, the feasibility and the effectiveness of this method were illustrated by a real-world case of fiberglass product.

**Key words:** quality function deployment; customer requirements; importance ratings; linguistic variables; uncertain linguistic variables; multi-granularity; product design

## 0 引言

质量功能展开(Quality Function Deployment, QFD)是一种顾客驱动的产品设计方法, 是将顾客

需求转换为产品设计过程的一系列技术规范。而以市场为导向, 以顾客需求为依据, 确保在产品的研发、设计和制造等阶段听到顾客的声音, 在开发初期就对产品的质量和适用性实施全方位保证的系统方

收稿日期: 2009-10-23; 修订日期: 2010-03-11。Received 23 Oct. 2009; accepted 11 Mar. 2010.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(90718038); 浙江省自然科学基金资助项目(Y7080086)。**Foundation items:** Project supported by the National Natural Science Foundation, China(No. 90718038), and the Zhejiang Provincial Natural Science Foundation, China(No.

法,是系统工程思想在产品开发中的具体体现<sup>[1-3]</sup>。大量的实际应用表明,QFD能在一定程度上缩短产品的研发周期,增强内部沟通,提升产品质量,提高顾客满意度,并最终提升企业绩效<sup>[2]</sup>。

质量屋(House of Quality, HOQ)是QFD的核心工具,借助HOQ,用户需求能在产品开发的各个阶段(包括产品规划、设计和制造)被充分地传递和交流<sup>[3]</sup>。在构建HOQ的过程中,获取顾客需求并对其进行价值排序是一个关键步骤,它对技术特性重要度的确定、技术特性目标值的设定以及后续的资源配置决策起着重要作用。在获取相关顾客需求并准确计算其优先排序的基础上,厂商可以有的放矢地设计和开发能满足顾客需求的产品,进而获得更大的竞争优势<sup>[4]</sup>。

然而,随着社会经济系统的日益复杂,进行产品开发时所面对的各种信息往往具有不确定、不精确和不完备等特点,从而凸显了采用精确数字形式的传统QFD的不足。在顾客需求基本重要度的确定方面,传统的数字标度法通常很难提供准确的信息<sup>[5]</sup>。此外,常规方法(如层次分析法、联合分析法和网络分析法等)要求顾客对每一对顾客需求进行两两比较<sup>[6-7]</sup>。让顾客进行这样“精确”和“重复”的判断,既耗时又不现实,故其可行性不大。模糊集理论可以较为准确地刻画QFD的内在模糊性<sup>[8-10]</sup>,因此用模糊集理论来改进QFD分析结果的研究成为热点<sup>[11]</sup>。用模糊集表达顾客意见具有一定优势<sup>[12]</sup>,但也存在一些问题:首先,应用模糊理论需要事先确定隶属函数,而这通常是基于专家的经验判断,存在一定的主观性和不确定性<sup>[13]</sup>。为了简便,许多研究者常选择三角形、梯形或钟形等较为简单的模糊数,而很少评判其选择的合理性和恰当性<sup>[14]</sup>;其次,用模糊集理论来表征QFD中的语言信息,并依据模糊集的扩展原理进行运算和分析,都不可避免地涉及解模糊化的问题,存在丢失决策信息的可能<sup>[15-16]</sup>。这两方面因素使得应用模糊集理论来确定基本重要度,在某些情况下可能是不准确的。粗糙集理论也可用于对不确定环境中的顾客需求进行排序<sup>[17]</sup>,但不太适用于需求条目众多的复杂产品。此外,由于决策者的背景和知识水平各异,决策的结果倾向于基本不一致而非基本一致<sup>[18]</sup>,而当前利用粗糙集理论来确定顾客需求重要度的研究均未考虑顾客意见不一致的群决策情况。这些因素都使得用粗糙集理论确定顾客需求重要度有时可能存在偏差。

实际上,由于客观事物的复杂性和不确定性以及人类思维的模糊性,产品开发决策者难以用精确数值给出评判,而往往直接用语言信息的形式来反映其自身的偏好<sup>[15,19-26]</sup>。直接用语言变量<sup>[19]</sup>表征QFD中主观而不确定的信息,既能合理地体现判断的模糊性,又能最充分地利用决策信息。模糊集理论在处理主观而不确定的顾客语言时,需先将语言变量转换为模糊数再进行运算,而在得到最后结果时又需解模糊化,这样既可能丢失决策信息,又使计算变得繁琐复杂。其实,这种转换并非必要。近年来,最新发展的语言信息决策理论可以方便地直接对语言变量进行计算,且求解过程中不会丢失决策信息<sup>[20-26]</sup>。文献[15]和文献[16]在将语言变量引入QFD的研究中做了有益的尝试。其中,文献[15]构建了一个基于语言变量的QFD模型,但该文的不足在于仅假设顾客所采用的都是确定型语言变量,且粒度相同;文献[16]研究了基于二元语义理论<sup>[20]</sup>的顾客需求重要度的确定问题。虽然该方法在集成语言信息的过程中不易丢失决策信息,但在处理多粒度语言信息的过程中,要依赖模糊集和模糊量化算子,存在一定的主观性,且该方法计算较为繁琐,也会影响其实用性<sup>[21]</sup>。

现实的产品开发决策大多是群体决策问题,而受限于经验和知识背景,以及产品本身的复杂程度等主客观因素,并非所有的决策者都能给出确定型语言变量形式的偏好信息。有些决策者给出的偏好信息可能是不确定语言变量形式,如某项需求“至少是‘较重要’的”<sup>[22-23]</sup>。因而决策者提供的评估信息可能是包含语言变量和不确定语言变量的混合型语言信息<sup>[24]</sup>。同样,受上述因素的影响,不同决策者往往采用多样化的语义粒度来表达其偏好信息,这使得产品开发中各种信息的呈现形式更加复杂,处理也更加困难。因此,产品开发时要综合考虑各方面的意见,就存在着以多粒度和混合型语言变量为特征的复杂语言信息的处理问题。

为此,本文提出了多粒度混合型语言信息环境中顾客需求重要度的排序方法。首先利用近年来最新发展的非平衡语言评估标度来表示顾客评价信息;鉴于所得顾客评价信息的多粒度,以及语言变量和不确定语言变量共存的复杂特征,先用粒度转换函数进行一致化处理,继而基于逼近理想解的排序方法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)的思想,提出一种混合

型语言变量处理方法,用以确定顾客需求基本重要度。最后,根据上述顾客需求基本重要度,结合市场竞争性分析结果,得到顾客需求的最终重要度。

## 1 语言信息决策理论预备知识

语言评估标度是语言决策的基础。常见的两种标度的语言术语下标基本上是对称而均匀分布的<sup>[15-16, 20-21]</sup>,形式较为单一且缺乏合理的理论依据,已不能满足决策理论的发展和实际应用的需要。在现实生活中,诸如群体协商、项目评价、新产品开发投资等过程中,尤其是评分体系中,非平衡的语言信息经常出现<sup>[25-26]</sup>。文献[25]对平衡和非平衡语言评估标度进行对比研究发现,在相同的相似度阈值条件下,后者的群体一致性程度明显高于前者,且后者在达成群体一致方面所需的迭代次数也更少,因此也更实用。

实际上,在 QFD 的研究和应用中非平衡语言信息并不鲜见。例如在评价顾客需求与技术特性相关关系或技术特性自相关关系时,常采用“1, 3, 9”的标度来表示“弱、中、强”关系<sup>[1, 27]</sup>,其间距并不均匀,本质上也是一类非平衡语言信息。因此,本文采用文献[25]给出的以零为中心对称、且术语个数为奇数的非平衡语言评估标度进行研究:

$$S^{(k)} = \left\{ s_a^{(k)} \mid \alpha = 1 - k, \frac{2}{3}(2 - k), \frac{2}{4}(3 - k), \dots, 0, \dots, \frac{2}{4}(k - 3), \frac{2}{3}(k - 2), k - 1 \right\}. \quad (1)$$

式中:  $s_a^{(k)}$  表示语言术语,特别地,  $s_{1-k}^{(k)}$  和  $s_{k-1}^{(k)}$  分别表示决策者实际使用的语言术语的下限和上限,  $k$  为正整数,语言术语集的势为  $2k-1$ ,且  $S^{(k)}$  满足条件:

①若  $\alpha > \beta$ , 则  $s_a^{(k)} > s_b^{(k)}$ ; ②存在负算子  $\text{neg}(s_a^{(k)}) = s_{-a}^{(k)}$ , 特别地,  $\text{neg}(s_0^{(k)}) = s_0^{(k)}$ 。

为便于计算和避免决策信息丢失,在离散语言标度集  $S^{(k)}$  的基础上,定义一个拓展的连续性语言标度集  $\bar{S}^{(k)} = \{s_a^{(k)} \mid \alpha \in [-t, t]\}$ , 其中  $t(t \geq k)$  是一个充分大的自然数。若  $s_a^{(k)} \in S^{(k)}$ , 则称  $s_a^{(k)}$  为本原术语; 若  $s_a^{(k)} \in \bar{S}^{(k)}$ , 且  $s_a^{(k)} \notin S^{(k)}$ , 则称  $s_a^{(k)}$  为虚拟术语。一般地,虚拟术语仅出现在计算中。

定义 1 对任意两个语言术语  $s_{\alpha_1}^{(k)}, s_{\alpha_2}^{(k)} \in \bar{S}^{(k)}$ ,  $\lambda \in [0, 1]$ , 其运算法则定义如下:

$$(1) s_{\alpha_1}^{(k)} + s_{\alpha_2}^{(k)} = s_{\alpha_2}^{(k)} + s_{\alpha_1}^{(k)} = s_{\alpha_1 + \alpha_2}^{(k)}.$$

$$(2) \lambda s_{\alpha_1}^{(k)} = s_{\lambda \alpha_1}^{(k)}.$$

定义 2<sup>[22]</sup> 定义  $s^{(k)} = [s_{\alpha}^{(k)}, s_{\beta}^{(k)}]$ , 其中  $s_{\alpha}^{(k)}, s_{\beta}^{(k)} \in$

$\bar{S}^{(k)}$ ,  $s_{\alpha}^{(k)}$  和  $s_{\beta}^{(k)}$  分别为上下限。则称  $s^{(k)}$  为不确定语言变量。定义  $S^{(k)}$  为所有不确定语言变量的集合。

定义 3<sup>[22]</sup> 对任意两个不确定语言术语  $s_1^{(k)} = [s_{\alpha_1}^{(k)}, s_{\beta_1}^{(k)}]$ ,  $s_2^{(k)} = [s_{\alpha_2}^{(k)}, s_{\beta_2}^{(k)}]$ ,  $\lambda \in [0, 1]$ , 其运算法则定义如下:

$$(1) s_1^{(k)} s_2^{(k)} = [s_{\alpha_1}^{(k)}, s_{\beta_1}^{(k)}] [s_{\alpha_2}^{(k)}, s_{\beta_2}^{(k)}] = [s_{\alpha_1 + \alpha_2}, s_{\beta_1 + \beta_2}^{(k)}].$$

$$(2) \lambda s_1^{(k)} = [\lambda s_{\alpha_1}^{(k)}, \lambda s_{\beta_1}^{(k)}] = [s_{\lambda \alpha_1}^{(k)}, s_{\lambda \beta_1}^{(k)}].$$

定义 4 设  $s_{\alpha}^{(k)}, s_{\beta}^{(k)} \in \bar{S}^{(k)}$ , 则称

$$d(s_{\alpha}^{(k)}, s_{\beta}^{(k)}) = \frac{|\alpha - \beta|}{2k - 1} \quad (2)$$

为语言变量  $s_{\alpha}^{(k)}$  和  $s_{\beta}^{(k)}$  的分离度。其中  $2k-1$  是非平衡语言评估标度集的势。显然,  $d(s_{\alpha}^{(k)}, s_{\beta}^{(k)})$  越小,  $s_{\alpha}^{(k)}$  和  $s_{\beta}^{(k)}$  就越接近, 偏差也越小。特别地, 若  $d(s_{\alpha}^{(k)}, s_{\beta}^{(k)}) = 0$ , 则  $s_{\alpha}^{(k)} = s_{\beta}^{(k)}$ 。

定义 5<sup>[25]</sup> 设  $s_1^{(k)} = [s_{\alpha_1}^{(k)}, s_{\beta_1}^{(k)}]$ ,  $s_2^{(k)} = [s_{\alpha_2}^{(k)}, s_{\beta_2}^{(k)}]$   $\in \bar{S}^{(k)}$  为两个不确定语言变量, 则称

$$d(s_1^{(k)}, s_2^{(k)}) = \frac{1}{2(2k - 1)} (|\alpha_1 - \alpha_2| + |\beta_1 - \beta_2|) \quad (3)$$

为不确定语言变量  $s_1^{(k)} = [s_{\alpha_1}^{(k)}, s_{\beta_1}^{(k)}]$  和  $s_2^{(k)} = [s_{\alpha_2}^{(k)}, s_{\beta_2}^{(k)}]$  的分离度。其中  $(2k-1)$  是语言评估标度集的势。

## 2 多粒度混合型语言信息的处理方法

### 2.1 多粒度多语义信息的一致化

在产品开发的群决策中, 受限于经验、知识结构, 以及产品本身的复杂程度等主客观因素, 各决策者所采用的语义粒度不尽相同, 因此有必要对各标度所表达的语言决策信息进行一致化。设  $\bar{S}^{(k_1)} = \{s_{\alpha}^{(k_1)} \mid \alpha \in [1 - k_1, k_1 - 1]\}$  和  $\bar{S}^{(k_2)} = \{s_{\beta}^{(k_2)} \mid \beta \in [1 - k_2, k_2 - 1]\}$  为任意两个给定的连续性非平衡语言标度集, 则定义它们间的转换函数<sup>[25]</sup>为:

$$F: S^{(k_1)} \rightarrow S^{(k_2)}, \quad (4)$$

$$\beta = F(\alpha) = \alpha \frac{k_2 - 1}{k_1 - 1}, \quad (5)$$

$$F^{-1}: S^{(k_2)} \rightarrow S^{(k_1)}, \quad (6)$$

$$\alpha = F^{-1}(\beta) = \beta \frac{k_1 - 1}{k_2 - 1}. \quad (7)$$

利用式(4)~式(7), 可将决策者给出的多粒度语言信息一致化。例如, 将语言术语标度集  $S^{(3)}$  转

换为  $S^{(4)}$ , 可得  $\beta = F(\alpha) = \alpha \frac{4-1}{3-1} = \frac{3}{2}\alpha$  则有  $s_{-2/3}^{(3)} \rightarrow$

$s_{-1}^{(4)}$ , 其余可类似求得。

在进行一致化处理时, 可选择使用频率最高的术语集为基本语言术语集, 通过转换函数将其余语言信息以基本语言术语表示。

### 2.2 混合型语言信息的处理方法

产品开发团队的决策参与者受主客观因素的影响, 所提供的评估信息也可能是包含语言变量和不确定语言变量的混合型语言信息。为此, 设  $R = (v_{ij})_{m \times n}$  为包含语言变量和不确定语言变量的混合型语言决策矩阵, 其中  $v_{ij}$  为决策者  $DM_i (i = 1, 2, \dots, m)$  根据非平衡语言评估标度  $S^{(k)}$  对顾客需求  $CR_j (j = 1, 2, \dots, n)$  的重要度评估值。不失一般性, 设  $v_{ij} \in S^{(k)} (i = 1, 2, \dots, h, j = 1, 2, \dots, n)$ , 即  $v_{ij}$  为确定型语言变量; 且  $v_{ij} = [v_{ij}^L, v_{ij}^R] \in S^{(k)} (i = h+1, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$ , 即  $v_{ij}$  为不确定语言变量。  $v_j = \{v_{1j}, v_{2j}, \dots, v_{mj}\}$  为对应于顾客需求  $CR_j (j = 1, 2, \dots, n)$  的重要度向量。用 TOPSIS 理论排序时, 既考虑到离最优值越接近越好, 同时也考虑到与最劣值越远越好<sup>[7, 23-24]</sup>, 因此也可用来对混合型语言信息进行排序处理。基于 TOPSIS 的思想, 可以定义顾客需求重要度向量的正负相对理想点分别为  $P^+ = (P_1^+, P_2^+, \dots, P_m^+)^T$  和  $N^- = (N_1^-, N_2^-, \dots, N_m^-)^T$ , 其中:

$$P_i^+ = \max\{v_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, h;$$

$$P_i^+ = [P_{i^+}^L, P_{i^+}^R] = [\max\{v_{ij}^L\}, \max\{v_{ij}^R\}],$$

$$i = h + 1, \dots, m. \quad (8)$$

$$N_i^- = \min\{v_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, h;$$

$$N_i^- = [N_{i^-}^L, N_{i^-}^R] = [\min\{v_{ij}^L\}, \min\{v_{ij}^R\}],$$

$$i = h + 1, \dots, m. \quad (9)$$

HOQ 中顾客需求的基本重要度可以通过顾客需求重要度向量  $v_j$  与相对理想点之间的贴近系数  $CC_j$  来体现,  $CC_j$  的计算过程如下:

首先, 根据两个语言变量的分离度式(2)和式(3), 分别计算各顾客需求重要度向量  $v_j$  与正负相对理想点之间的距离:

$$D_j^+ = \sum_{i=1}^m \rho d(v_{ij}, P_i^+), j = 1, 2, \dots, n; \quad (10)$$

$$D_j^- = \sum_{i=1}^m \rho d(v_{ij}, N_i^-), j = 1, 2, \dots, n. \quad (11)$$

式中  $\rho$  为决策者  $DM_i (i = 1, 2, \dots, m)$  的权重, 可通过投票表决法获得<sup>[28]</sup>。

基于式(10)和式(11), 各顾客需求重要度向量

$v_j$  与相对理想点之间的贴近系数可由下式求得:

$$CC_j = \frac{D_j^-}{D_j^- + D_j^+}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (12)$$

根据贴近系数的大小对顾客需求进行排序, 贴近系数  $CC_j$  越大, 该顾客需求重要度就越高。进而确定 HOQ 中相应顾客需求  $CR_j$  的基本重要度

$$w_j = \frac{CC_j}{\sum_{j=1}^n CC_j}. \quad (13)$$

### 3 多粒度混合型语言信息环境中顾客需求重要度的确定方法

基于上述理论分析, 下面给出多粒度混合型语言信息环境中 HOQ 顾客需求重要度确定方法的详细步骤。

步骤 1 确定顾客需求基本重要度。

(1) 收集顾客对某产品的需求  $CR_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 。邀请顾客投票表决, 得到决策者自身  $DM_i (i = 1, 2, \dots, m)$  的权重  $\rho$ , 并请顾客对各需求的重要程度进行评判, 得到初始的多粒度混合型语言决策矩阵  $R' = (v_{ij}')_{m \times n}$ 。

(2) 根据式(4)~式(7)对多粒度的语言评价信息进行一致化处理, 得到粒度一致的混合型语言决策矩阵  $R = (v_{ij})_{m \times n}$ 。

(3) 列出顾客需求  $CR_j$  的重要度向量  $v_j$ , 根据式(8)和式(9)得到顾客需求重要度的正相对理想点  $P^+$  和负相对理想点  $N^-$ 。

(4) 依式(10)和式(11)计算各顾客需求重要度向量  $v_j$  与正负相对理想点之间的距离  $D_j^+$  和  $D_j^-$ 。

(5) 根据式(12)计算各顾客需求重要度向量  $v_j$  与相对理想点之间的贴近系数  $CC_j$ , 依式(13)可得顾客需求  $CR_j$  的基本重要度  $w_j$ 。

步骤 2 确定顾客需求基本重要度的修正因子。

考虑市场竞争性评估信息, 并对顾客需求基本重要度进行适当修正, 是对企业改进产品意愿和努力程度的体现, 这样得到的顾客需求最终重要度更为合理<sup>[6, 16-17]</sup>。

(1) 通过市场竞争性分析, 确定顾客需求  $CR_j$  的水平提高率  $IR(CR_j) = (TQ_j/PQ_j)$ , 其中  $TQ_j$  为目标质量水平,  $PQ_j$  为当前质量水平。

(2) 通过调查, 确定顾客需求  $CR$  的 Kano 因子系数  $KC(CR_j)$ 。根据 Kano 理论, 顾客需求可分为魅力型、一维型、基本型、无关型和反向型需求<sup>[29]</sup>。通常主要关注前三类需求, 若  $CR$  为魅力型需求, 则

$KC(CR_j) < 1$ ; 若  $CR_j$  为一维型需求, 则  $KC(CR_j) = 1$ ; 若  $CR_j$  为基本型需求, 则  $KC(CR_j) > 1$ 。QFD 团队可根据市场调查结果将所有顾客需求依 Kano 模型中的类型划分, 进而选择恰当的  $KC(CR_j)$  值。简便起见, 可用 0.8, 1.0 和 1.5 分别表示魅力型、一维型和基本型需求。

(3) 对顾客需求  $CR_j$  基本重要度的修正也须考虑“卖点”的概念<sup>[8, 17, 27]</sup>。通常“卖点”定义为顾客需求对产品销售额的影响程度, 将顾客需求  $CR_j$  的“卖点”记为  $SP_j$ 。一般按“强、中、弱”可将  $SP_j$  分为三个等级, 分别赋以数值 1.5, 1.2 和 1.0。

根据上述分析, 可得顾客需求基本重要度的修正系数

$$RV_j = IR(CR_j) \times KC(CR_j) \times SP(CR_j), \quad (14)$$

则顾客需求基本重要度的修正因子

$$r_j = \frac{RV_j}{\sum_{j=1}^n RV_j}. \quad (15)$$

**步骤 3 计算顾客需求最终重要度。**

结合顾客需求基本重要度及其修正因子, 得到顾客需求的最终重要度, 即最终重要度 = 基本重要度 × 修正因子。经规范化处理得

$$FIR(CR_j) = \frac{w_j \times r_j}{\sum_{j=1}^n (w_j \times r_j)}. \quad (16)$$

式中:  $FIR(CR_j)$  为顾客需求  $CR_j$  的最终重要度,  $w_j$  为顾客需求基本重要度,  $r_j$  为  $CR_j$  基本重要度的修正因子。

**4 应用实例**

玻纤产品是一类典型的顾客定制式产品, 可广泛应用于制造各类型材、管道、船体、汽车部件等。某玻纤生产企业为提高其玻纤产品的质量和竞争力, 并成功为一家高规格终端产品制造商供货, 运用

QFD 理论来进行玻纤产品开发。通过两次前往某终端产品制造商的生产基地和实验室深入调研, 最终获得该制造商对玻纤产品的 7 项顾客需求: 渗透速度快 ( $CR_1$ )、玻纤含量高 ( $CR_2$ )、短切性好 ( $CR_3$ )、顺畅性好 ( $CR_4$ )、在树脂中的分散性好 ( $CR_5$ )、含水量低 ( $CR_6$ )、与树脂的界面相容性好 ( $CR_7$ )。

**4.1 顾客需求基本重要度的确定**

在本研究中, QFD 团队由 1 名市场人员、3 名研发技术人员和 1 名终端客户代表组成。由于玻纤产品的特殊性, 各人对其熟悉程度和认识不同, 在评价时往往采用不同的语义粒度和语言变量形式。为说明问题和简便起见, 设专家  $EP_1$  采用的非平衡语言标度集为  $S^{(3)} = \{s_{-2}^{(3)} = \text{很不重要}, s_{-2/3}^{(3)} = \text{不重要}, s_0^{(3)} = \text{一般重要}, s_{2/3}^{(3)} = \text{重要}, s_2^{(3)} = \text{很重要}\}$ ; 专家  $EP_2, EP_3$  和  $EP_5$  采用的非平衡语言标度集为  $S^{(4)} = \{s_{-3}^{(4)} = \text{非常不重要}, s_{-4/3}^{(4)} = \text{很不重要}, s_{-1/2}^{(4)} = \text{不重要}, s_0^{(4)} = \text{一般重要}, s_{1/2}^{(4)} = \text{重要}, s_{4/3}^{(4)} = \text{很重要}, s_3^{(4)} = \text{非常重要}\}$ ; 而专家  $EP_4$  采用的非平衡语言标度集为  $S^{(5)} = \{s_{-4}^{(5)} = \text{极其不重要}, s_{-2}^{(5)} = \text{非常不重要}, s_{-1}^{(5)} = \text{不重要}, s_{-0.4}^{(5)} = \text{稍不重要}, s_0^{(5)} = \text{一般重要}, s_{0.4}^{(5)} = \text{稍重要}, s_1^{(5)} = \text{重要}, s_2^{(5)} = \text{非常重要}, s_4^{(5)} = \text{极其重要}\}$ 。且专家  $EP_1, EP_2$  和  $EP_5$  在评价时采用确定型语言变量, 而专家  $EP_3$  和  $EP_4$  则采用不确定型语言变量。

基于上述非平衡语言标度集, 5 位专家给出的顾客需求重要度评判结果如表 1 所示。

表 1 即为多粒度混合型语言决策矩阵  $R' = (v_{ij}')_{m \times n}$ ,  $m = 1, 2, \dots, 5$ ,  $n = 1, 2, \dots, 7$ 。考虑到专家  $EP_2, EP_3$  和  $EP_5$  都采用非平衡语言标度集  $S^{(4)}$  来提供其评价信息, 这里选  $S^{(4)}$  作为基本非平衡语言标度集, 则用式(4)~式(7)对上述语言信息进行一致化处理, 可得粒度一致的混合型语言决策矩阵  $R = (v_{ij})_{m \times n}$ , 如表 2 所示。

表 1 初始的顾客评价信息

	$CR_1$	$CR_2$	$CR_3$	$CR_4$	$CR_5$	$CR_6$	$CR_7$
$EP_1$	$s_{2/3}^{(3)}$	$s_{2/3}^{(3)}$	$s_{-2}^{(3)}$	$s_0^{(3)}$	$s_2^{(3)}$	$s_{-2/3}^{(3)}$	$s_0^{(3)}$
$EP_2$	$s_3^{(4)}$	$s_{4/3}^{(4)}$	$s_{-1/2}^{(4)}$	$s_{1/2}^{(4)}$	$s_{4/3}^{(4)}$	$s_{-4/3}^{(4)}$	$s_0^{(4)}$
$EP_3$	$[s_0^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}]$	$[s_{1/2}^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}]$	$[s_{-3}^{(4)}, s_{-4/3}^{(4)}]$	$[s_{-1/2}^{(4)}, s_{1/2}^{(4)}]$	$[s_0^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}]$	$[s_{-3}^{(4)}, s_{-1/2}^{(4)}]$	$[s_{-4/3}^{(4)}, s_{-1/2}^{(4)}]$
$EP_4$	$[s_2^{(5)}, s_4^{(5)}]$	$[s_1^{(5)}, s_2^{(5)}]$	$[s_{-2}^{(5)}, s_{-1}^{(5)}]$	$[s_0^{(5)}, s_{0.4}^{(5)}]$	$[s_{0.4}^{(5)}, s_1^{(5)}]$	$[s_{-5}^{(5)}, s_{-2}^{(5)}]$	$[s_{-0.4}^{(5)}, s_{0.4}^{(5)}]$
$EP_5$	$s_{4/3}^{(4)}$	$s_3^{(4)}$	$s_{-4/3}^{(4)}$	$s_0^{(4)}$	$s_{1/2}^{(4)}$	$s_{-1/2}^{(4)}$	$s_{-1/2}^{(4)}$

表 2 一致化处理后的顾客评价信息

	$CR_1$	$CR_2$	$CR_3$	$CR_4$	$CR_5$	$CR_6$	$CR_7$
$EP_1$	$s_1^{(4)}$	$s_1^{(4)}$	$s_{-3}^{(4)}$	$s_0^{(4)}$	$s_3^{(4)}$	$s_{-1}^{(4)}$	$s_0^{(4)}$
$EP_2$	$s_3^{(4)}$	$s_{4/3}^{(4)}$	$s_{-1/2}^{(4)}$	$s_{1/2}^{(4)}$	$s_{4/3}^{(4)}$	$s_{-4/3}^{(4)}$	$s_0^{(4)}$
$EP_3$	$[s_0^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}]$	$[s_{1/2}^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}]$	$[s_{-3}^{(4)}, s_{-4/3}^{(4)}]$	$[s_{-1/2}^{(4)}, s_{1/2}^{(4)}]$	$[s_0^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}]$	$[s_{-3}^{(4)}, s_{-1/2}^{(4)}]$	$[s_{-4/3}^{(4)}, s_{-1/2}^{(4)}]$
$EP_4$	$[s_{3/2}^{(4)}, s_3^{(4)}]$	$[s_{3/4}^{(4)}, s_{3/2}^{(4)}]$	$[s_{-3/2}^{(4)}, s_{-3/4}^{(4)}]$	$[s_0^{(4)}, s_0^{(4)}]$	$[s_0^{(4)}, s_{3/4}^{(4)}]$	$[s_{-3}^{(4)}, s_{-3/2}^{(4)}]$	$[s_{-0.3}^{(4)}, s_{0.3}^{(4)}]$
$EP_5$	$s_{4/3}^{(4)}$	$s_3^{(4)}$	$s_{-4/3}^{(4)}$	$s_0^{(4)}$	$s_{1/2}^{(4)}$	$s_{-3}^{(4)}$	$s_{-1/2}^{(4)}$

基于表 2, 可列出各项顾客需求的重要度向量:

$$\begin{aligned}
 v_1 &= \{s_1^{(4)}, s_3^{(4)}, [s_0^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}], [s_{3/2}^{(4)}, s_3^{(4)}], s_{4/3}^{(4)}\}; \\
 v_2 &= \{s_1^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}, [s_{1/2}^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}], [s_{3/4}^{(4)}, s_{3/2}^{(4)}], s_3^{(4)}\}; \\
 v_3 &= \{s_{-3}^{(4)}, s_{-1/2}^{(4)}, [s_{-3}^{(4)}, s_{-4/3}^{(4)}], [s_{-3/2}^{(4)}, s_{-3/4}^{(4)}], s_{-4/3}^{(4)}\}; \\
 v_4 &= \{s_0^{(4)}, s_{1/2}^{(4)}, [s_{-1/2}^{(4)}, s_{1/2}^{(4)}], [s_0^{(4)}, s_0^{(4)}], s_0^{(4)}\}; \\
 v_5 &= \{s_3^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}, [s_0^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}], [s_0^{(4)}, s_{3/4}^{(4)}], s_{1/2}^{(4)}\}; \\
 v_6 &= \{s_{-1}^{(4)}, s_{-4/3}^{(4)}, [s_{-3}^{(4)}, s_{-1/2}^{(4)}], [s_{-3}^{(4)}, s_{-3/2}^{(4)}], s_{-3}^{(4)}\}; \\
 v_7 &= \{s_0^{(4)}, s_0^{(4)}, [s_{-4/3}^{(4)}, s_{-1/2}^{(4)}], [s_{-0.3}^{(4)}, s_{0.3}^{(4)}], s_{-1/2}^{(4)}\}.
 \end{aligned}$$

根据式(8)和式(9)得到顾客需求重要度的正负相对理想点分别为:

$$\begin{aligned}
 P^+ &= \{s_3^{(4)}, s_3^{(4)}, [s_{1/2}^{(4)}, s_{4/3}^{(4)}], [s_{3/2}^{(4)}, s_3^{(4)}], s_3^{(4)}\}; \\
 N^- &= \{s_{-3}^{(4)}, s_{-4/3}^{(4)}, [s_{-3}^{(4)}, s_{-4/3}^{(4)}], [s_{-3}^{(4)}, s_{-3/2}^{(4)}], s_{-3}^{(4)}\}.
 \end{aligned}$$

在本案例中, 五位专家投票表决得到决策者自身的权重  $\rho = (0.10, 0.20, 0.15, 0.30, 0.25)^T$ 。继而用式(10)和式(11)计算各顾客需求的重要度向量  $v_j$  与正负相对理想点之间的距离:

$$\begin{aligned}
 D_1^+ &= 0.093, D_2^+ = 0.124, D_3^+ = 0.551, D_4^+ = 0.331, D_5^+ = 0.216, D_6^+ = 0.645, D_7^+ = 0.389; \\
 D_1^- &= 0.589, D_2^- = 0.558, D_3^- = 0.132, D_4^- = 0.352, D_5^- = 0.467, D_6^- = 0.038, D_7^- = 0.297.
 \end{aligned}$$

由式(12)求得各顾客需求重要度向量  $v_j$  与相对理想点之间的贴近系数:  $CC_1 = 0.863, CC_2 = 0.818, CC_3 = 0.193, CC_4 = 0.515, CC_5 = 0.683, CC_6 = 0.055, CC_7 = 0.433$ 。

继而, 通过式(13)可得规范化的顾客需求基本重要度  $w_j = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7) = (0.242, 0.230, 0.054, 0.145, 0.192, 0.015, 0.122)$ 。

#### 4.2 顾客需求基本重要度的修正及最终重要度的确定

针对上述 7 项顾客需求进行调查, 最终得到玻纤产品的市场竞争性评估数据如表 3 所示。其中:  $KC$  表示顾客需求的 Kano 分类,  $M, O$  和  $A$  分别表示基本型、一维型和魅力型顾客需求,  $CP_1$  和  $CP_2$  表示竞争对手的质量水平。根据式(14)和式(15), 可得顾客需求基本重要度的修正因子(如表 3 右侧第二列)。依据式(16), 可得顾客需求的最终重要度向量  $FIR(CR_j) = (0.310, 0.294, 0.041, 0.111, 0.157, 0.012, 0.075)$ 。根据这 7 项顾客需求的最终重要度, 可得其优先排序:

$$CR_1 > CR_2 > CR_5 > CR_4 > CR_7 > CR_3 > CR_6。$$

可见,  $CR_1$  浸透速度快和  $CR_2$  玻纤含量高是最重要的两个顾客需求。该排序结果较好地反映了玻纤产品的特点, 将上述结果反馈至该企业的市场、销售和研发中心等相关部门进行二次调研, 结果得到认可。为使本企业的产品在竞争激烈的市场中脱颖而出, 并成为某高规格终端产品制造商的供应商, QFD 团队必须对那些拥有更大的最终重要度的顾客需求给予更多考虑和资源, 保证优先满足这些需求。

表 3 市场竞争性评估数据

	$w_j$	$PQ_j$	$CP_1$	$CP_2$	$TQ_j$	$IR(CR_j)$	$KC$	$KC(CR_j)$	$SP(CR_j)$	$r_j$	$FIR(CR_j)$
$CR_1$	0.242	3	4	5	5	1.67	M	1.5	1.0	0.203	0.310
$CR_2$	0.230	3	5	5	5	1.67	O	1.0	1.5	0.203	0.294
$CR_3$	0.054	5	4	5	5	1.00	M	1.5	1.0	0.122	0.041
$CR_4$	0.145	4	4	4	5	1.25	O	1.0	1.2	0.122	0.111
$CR_5$	0.192	3	5	4	5	1.67	A	0.8	1.2	0.130	0.157
$CR_6$	0.015	5	5	5	5	1.00	M	1.5	1.0	0.122	0.012
$CR_7$	0.122	5	5	5	5	1.00	O	1.0	1.2	0.097	0.075

## 5 结束语

产品开发时,由于人们的知识结构、经验和背景等各不相同,所给出的评价和判断往往是粒度各异且语言变量和不确定语言变量混杂的复杂语言信息。因此,本文聚焦于解决产品开发中这一新的且较为典型的群决策问题,并提出一种复杂语言信息环境中顾客需求重要度确定的系统而可操作的方法。借助近年来最新发展的语言信息决策理论,在不将语言变量转换为模糊数的情况下,直接进行“词计算”,从而最大限度地利用了决策信息,避免了信息的丢失。首先,采用非平衡语言标度集来表征通过市场调查获得的顾客语言评价信息;其次,用多粒度语言信息转换函数进行一致化处理,继而提出基于 TOPSIS 思想的混合型语言变量处理方法来确定顾客需求的基本重要度;最后,结合顾客需求的基本重要度,以及水平提高率、Kano 因子系数和产品的“卖点”等市场竞争性评估信息,确定出顾客需求的最终重要度,进而对 HOQ 的顾客需求进行优先排序。通过某玻纤产品的开发实例表明,本文所提方法逻辑清楚,计算简便易行,既能充分体现顾客语言的模糊和不确定性,又能合理有效地利用决策信息,从而保证了结果的合理性和有效性。进一步地,语言变量可用于 HOQ 中顾客需求与技术特性相关关系、技术特性自相关关系的表达以及技术特性重要度的确定,这些都是将来值得研究的内容。

### 参考文献:

- [1] AKAO Y. Quality function deployment[M]. Tokyo, Japan: JUSE Publishing Company, 1996.
- [2] CHAN L K, WU M L. Quality function deployment: a literature review[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(3): 463-497.
- [3] HOUSER JR, CLOUSING D. The house of quality[J]. Harvard Business Review, 1988, 66(3): 63-73.
- [4] TANG J F, FUNG R Y K, XU B D, et al. A new approach to quality function deployment planning with financial consideration[J]. Computer and Operation Research, 2002, 29(11): 1447-1463.
- [5] TEMPONIC, YEN J, TIAO W A. House of quality: a fuzzy logic-based requirements analysis[J]. European Journal of Operational Research, 1999, 117(2): 340-354.
- [6] LI Yanlai, TANG Jiafu, YAO Jianming, et al. Progress of researches on building house of quality[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2009, 45(2): 280-293 (in Chinese). [李延来, 唐加福, 姚建明, 等. 质量屋构建的研究进展[J]. 机械工程学报, 2009, 45(2): 280-293.]
- [7] WU Jianlin, SHI Qin, SHEN Xiaoxiang. Using AHP and TOPSIS for prioritization in QFD[J]. Systems Engineering and Electronics, 1999, 21(10): 41-45 (in Chinese). [吴剑琳, 石琴, 沈小祥. 在质量功能展开中应用层次分析法和理想点法进行量化计算和排序[J]. 系统工程与电子技术, 1999, 21(10): 41-45.]
- [8] YANG Mingshun, LIN Zhihang. Method to determine importance of customers' requirements in QFD[J]. Journal of Management Sciences in China, 2003, 6(5): 65-71 (in Chinese). [杨明顺, 林志航. QFD 中顾客需求重要度确定的一种方法[J]. 管理科学学报, 2003, 6(5): 65-71.]
- [9] LIU C H, WU H H. A fuzzy group decision-making approach in quality function deployment[J]. Quality and Quantity, 2008, 42(4): 527-540.
- [10] ZHANG Z F, CHU X N. Fuzzy group decision-making for multi-format and multi-granularity linguistic judgments in quality function deployment[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(5): 9150-9158.
- [11] CARNEVALLI J A, MIGUEL P C. Review, analysis and classification of the literature on QFD—types of research, difficulties and benefits[J]. International Journal of Production Economics, 2008, 114(2): 737-754.
- [12] CHE Ada, LIN Zhihang, GAO Guojun. An improved quality function deployment model—fuzzy quality function deployment[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 1998, 18(4): 131-135 (in Chinese). [车阿大, 林志航, 高国军. 改进的质量功能配置模型——模糊质量功能配置[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(4): 131-135.]
- [13] JIN Y C. Advanced fuzzy systems design and applications[M]. Heidelberg, Germany: Physica-Verlag, 2003.
- [14] LI H, AZARM S. An approach for product line design selection under uncertainty and competition[J]. Journal of Mechanical Design, 2002, 124(3): 385-392.
- [15] WANG S Y. Constructing the complete linguistic-based and gap-oriented quality function deployment[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(2): 908-912.
- [16] LI Zhaoling, GAO Qisheng. Importance of customer requirements in quality function deployment based on two-tuple linguistic[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2009, 15(6): 1202-1206, 1214 (in Chinese). [李朝玲, 高齐圣. 质量功能展开中基于二元语义的顾客需求重要度的确定[J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(6): 1202-1206, 1214.]
- [17] LI Yanlai, TANG Jiafu, PU Yun, et al. Final importance ratings determining of customer requirements in quality function deployment[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2007, 13(4): 791-796 (in Chinese). [李延来, 唐加福, 蒲云, 等. 质量功能展开中顾客需求最终重要度的确定方法[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(4): 791-796.]
- [18] SAATY T L. Decision-making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary[J]. European Journal of Op-

- erational Research, 2003, 145(1): 85-91.
- [19] ZADEH L A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning( Part I ) [J]. Information Sciences, 1975, 8(3): 199-249.
- [20] HERRERA F, MARTÍNEZ L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2000, 8(6): 746-752.
- [21] CHEN Yan, FAN Zhiping, CHEN Xia. A method for group decision-making based on linguistic judgment matrices with different granularities [J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2007, 28(7): 1057-1060 (in Chinese). [陈岩, 樊治平, 陈侠. 一种基于不同粒度语言判断矩阵的群决策方法 [J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2007, 28(7): 1057-1060.]
- [22] XU Z S. Uncertain linguistic aggregation operators based approach to multiple attribute group decision making under uncertain linguistic environment [J]. Information Sciences, 2004, 168(1/2/3/4): 171-184.
- [23] LIU Y, FAN Z P. A method for group decision-making based on multi-granularity uncertain linguistic information [J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(5): 4000-4008.
- [24] XU Zeshui. Multiple attribute decision making based on different types of linguistic information [J]. Journal of Southeast University: English Edition, 2006, 22(1): 134-136.
- [25] XU Zeshui. An interactive approach to multiple attribute group decision making with multigranular uncertain linguistic information [J]. Group Decision and Negotiation, 2009, 18(2): 119-145.
- [26] HERRERA F, HERRERA-VIEDMA E, MARTÍNEZ L. A fuzzy linguistic methodology to deal with unbalanced linguistic term sets [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2008, 16(2): 354-370.
- [27] XIONG Wei. Quality function deployment [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005 (in Chinese). [熊伟. 质量机能展开 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.]
- [28] BODILY S E. A delegation process for combining individual utility functions [J]. Management Science, 1979, 25(10): 1035-1041.
- [29] LOFGREN M, WITTELL L. Two decades of using Kanó's theory of attractive quality: a literature review [J]. Quality Management Journal, 2008, 15(1): 59-75.

#### 作者简介:

王晓敏(1984-),男,甘肃天水人,博士研究生,研究方向:质量工程与管理、产品设计与开发管理, E-mail: wangxt84@gmail.com;  
+ 熊伟(1963-),男,江苏常州人,教授,博士生导师,研究方向:质量工程与管理、新产品研发管理等, E-mail: zjuquality@yahoo.com.cn.