

应用 QFD 方法确定概念设计中综合评价指标权重

苑彩云、王永山、檀润华

河北工业大学机械学院 天津 300130

摘要：概念设计综合评价中评价指标权重的确定是影响评价结果客观准确性的一个重要方面，权重中的确定方法有很多，大致可分成主观赋权法、客观赋权法、组合赋权法。本文介绍了 QFD 中用质量屋确定权重的方法，并应用质量屋对新型坐便器坐垫概念设计阶段各评价指标确定权重，客观准确地反映用户需求和各个指标的相对重要程度。

关键词：概念设计、评价、权重、QFD

中图分类号：

文献标识码：

1. 前言

符合市场需求的产品创新设计是企业竞争力的源泉。产品设计过程的核心是四个阶段：产品需求分析、概念设计、技术设计及详细设计^[1]。创新设计的关键阶段是概念设计。概念设计阶段是要产生多个原理解，并进行综合评价选定一个或几个可行的原理解。因此，评价是概念设计的一个重要环节。

一个新产品概念设计阶段的综合评价，是在满足用户需求的基础上，为实现产品目标和满足约束，制定技术、经济、安全、外观、环境和管理等方面的准则，由于各评价指标对总目标的重要程度不同，还必须确定它们的权重。评价指标的确定和评价指标权重的确定是影响评价结果客观准确性的两个最重要的问题。

权重，它的基本性质决定其值为随机模糊数，且分配不是唯一的。权重的分配反映了各指标对总目标的重要程度。目前关于权重的确定方法有数十种之多，这些方法根据计算权数的原始数据的来源不同，大致可分成以下几类^[2,3]：

(1) 主观赋权法 原始数据主要由专家根据经验主观判断得到，其方法有专家调查法、二项系数法、环比评分法、层次分析法（AHP）等，其共同特点是各评价指标的权重是由专家根据自己的经验和对实际问题的判断主观给出的。专家不同，得出的权重系数也不同。主观赋权法的主要缺点是主观随意性较大，优点则是专家可以根据实际问题，合理的确定各指标权重系数之间的排序，不至于出现指标系数与指标实际重要程度相悖的情况。

(2) 客观赋权法 原始数据来自于评价矩阵的实际数据，切断了权重系数主观性的来源，使系数具有绝对的客观性。其方法包括：主成分分析法、熵值赋权法与均方差法。客观赋权法的缺点是确定的权重系数有时与实际相悖，优点则是权重系数的客观性强，可避免人在评价中的主观片面性。

(3) 组合赋权法 由于主、客观赋权法各有优缺点，人们又提出的一种综合方法——组合赋权法。组合赋权法又可分为线性加权组合法与乘法合成归一化法两类，但它们也不完善，乘法合成归一法仅适用于指标分配较均匀的情况，线性赋权法确定的权数则不一定合理。

本文介绍了 QFD 中用质量屋确定权重的方法，并应用质量屋对新型坐便器坐垫概念设计阶段各评价指标确定权重，客观准确地反映用户需求和各个指标的相对重要程度。

国家自然科学基金资助项目（50175025） 天津市重点项目（003804611）

2. 用 QFD 方法确定权重^[4-7]

2.1 QFD 方法

质量功能配置 QFD 是一种系统性的规划与决策方法，是将用户和市场对产品性能的要求转化为设计要求、零部件特性、工艺要求、生产要求的多层次演绎分析方法。QFD 的核心是质量屋（图 1 所示）。传统的 QFD 方法有两种：瀑布式分解过程模型和 Akao 模型。QFD 方法的实质是将质量屋的顶部横排的条款解释为技术、经济、安全、外观、环境和管理等方面可执行的计划来满足对应的需求。瀑布式分解过程是第一张表顶排的“技术措施”就变成了第二张表的“需求”，第二张表中的顶排则变为更加具体的技术细节。就这样表格不断被派生出来，直至企业的每一部分均被落实了有关的具体任务为止，用户的要求也就被布置到整个的企业中去了。Akao 模型是根据具体产品、行业选择适合的配置，将用户需求布置下去。

在将用户需求逐步展开和转换的过程中，质量屋的主要作用有两个：一是将用户需求通过质量功能配置得到产品的各技术措施，二是用用户需求重要度和用户需求与技术措施之间的关系来推理产品技术措施的权重。这样客观准确地反映了各个要素的重要程度，为概念设计阶段的综合评价确定了评价指标和指标的权重。

对于新产品的概念设计，为保证设计质量，将用户需求归类、提炼并转化为需求质量（CR），从需求要素中抽取技术措施（DR）。将需求质量与技术措施构成质量屋，根据用户需求质量的重要度（DI）和需求质量与技术措施的关系矩阵（PM），转化需求质量权重（RDW），确定技术措施权重（W）。根据产品的构成，从技术措施出发，分析抽出要实现技术措施产品应具备的基本功能，以及实现基本功能应具有的基本机构。同样做出技术措施与功能、功能与机构质量屋，将用户需求逐步、综合地布置下去，同时确定了各个技术措施、功能、机构的权重。

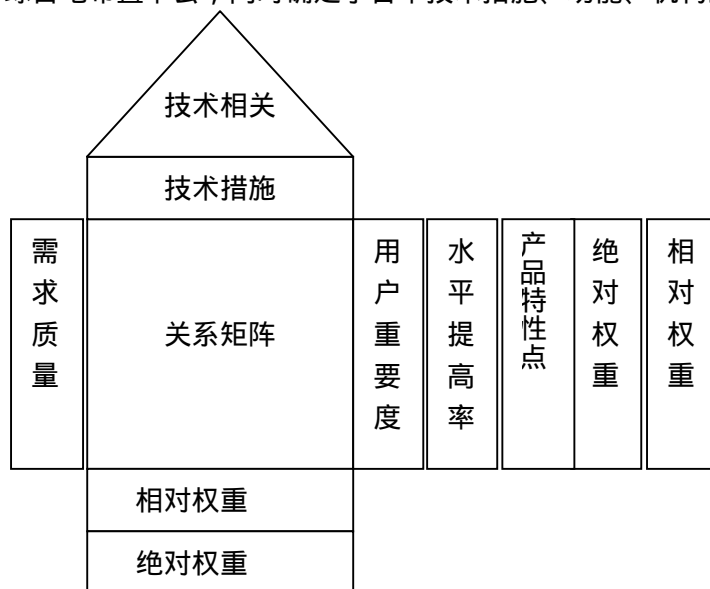


图 1 质量屋的结构

2.2 质量屋及其参数

设有 m 个需求质量（CR）和 n 个相应的技术措施（DR），其中用户需求质量重要度 $DI = (d_i)_{m \times 1}$ ：

d_i 第 i 个需求质量重要度；关系矩阵 $PM = (R_{ij})_{m \times n}$ ： R_{ij} 为第 i 需求质量与第 j 个技术措施间的相
关关系量化值；产品特性点 $PI = (p_i)_{m \times 1}$ ： p_i 为第 i 个需求质量产品特性点；水平提高率
 $LI = (l_i)_{m \times 1}$ ： l_i 为第 i 个需求质量的水平提高率；需求质量绝对权重 $DW = (dw_i)_{m \times 1}$ ： dw_i 为第 i 个
需求质量的绝对权重；需求质量相对权重 $RDW = (rw_i)_{m \times 1}$ ： rw_i 为第 i 个需求质量相对权重；技术
措施绝对权重 $AT = (at_j)_{1 \times n}$ ： at_j 为第 j 个技术措施绝对权重；技术措施相对权重 $W = (w_j)_{1 \times n}$ ： w_j
为第 j 个技术措施相对权重。以上各量之间有以下关系：

$$dw_i = d_i \times p_i \times l_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$rw_i = dw_i / \sum_{i=1}^m dw_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$at_j = \sum_{i=1}^m (rw_i \times R_{ij}) \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$w_j = at_j / \sum_{j=1}^n at_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

3. 应用举例^[8-11]

目前广泛使用的坐便器坐垫并不卫生，容易引起皮肤疾病的传染，因此一直受到人们的广泛关注。尤其在大型宾馆、饭店、学校、医院等公共场合，人员复杂，如何保持坐便器坐垫的卫生至关重要。普通坐便器坐垫卫生问题一般是通过定期消毒来保证的，这种方法并不十分理想。设计小组通过多种手段进行用户问卷调查，获取用户需求和希望，决定对普通坐便器坐垫进行改进设计，将以一种随时都能保持卫生、安全可靠、操作方便、美观舒适、价格适中的新型坐便器坐垫提供给用户，既满足用户需求，又可提高产品的市场竞争力。

新型坐便器坐垫的设计，实际上是一种新设计，首先应用 QFD 方法进行概念设计，同时确定各级综合评价指标和指标权重。使设计指标和指标权重客观的反映用户需求的重要性。设计小组分析、归纳、整理用户需求将其分成五大类即可靠性、性能、成本、使用和服务，确定用户需求重要度，从用户需求抽取技术措施，建立需求质量与技术措施质量屋（表 1）。根据产品构成，建立技术措施与功能（表 2）、功能与机构（表 3）质量屋。从用户重要度出发，根据关系矩阵从表 1 中获得技术措施权重，表 2 获得功能权重。再根据功能权重，从表 3 获得机构权重。这样将表 1 中的用户需求配置到机构中去。表 1—3 中，采用以下值表示两个参数的相关程度：

强相关 =5

一般相关 =3

弱相关 =1

不相关 =0

表1 用户需求与技术措施质量屋

		技术措施													用户重要度	本公司现状	公司改进计划	水平提高率	产品特性点	绝对权重	需求权重
		体积	高度	标准化程度	可安装性	保持清洁程度	可制造性能	自动化程度	电路形式	对坐便器结构影响	绝缘处理措施	服务网点	销售网点	故障保护							
可靠性	故障率低	0	0	1	3	5	3	5	3	1	3	3	0	5	4.2	4	4.1	1	1.2	5.0	6.4
	耐潮耐腐蚀性	1	1	0	0	5	3	3	3	3	3	3	0	3	3.2	3	3.2	1.1	1	3.5	4.5
	使用寿命	0	0	3	3	5	5	3	3	3	3	5	0	5	3.6	3.4	3.6	1.1	1.2	4.8	6.2
性能	外型美观	5	5	3	1	0	3	0	3	5	1	0	0	1	4.0	3.7	4.2	1.1	1.2	5.2	6.7
	卫生性好	3	3	0	0	5	3	5	3	3	3	1	0	1	4.7	3.2	4.7	1.5	1.5	10.6	13.7
	自动化程度高	1	1	0	1	5	3	5	5	3	3	1	0	3	4.5	3.0	4.5	1.5	1.5	10.1	13.1
	舒适性好	3	3	1	1	5	3	3	1	3	5	3	0	3	3.7	3.2	4.0	1.3	1.5	7.2	9.4
成本	价格适中	1	1	3	1	5	3	5	3	5	3	3	5	3	4.0	4.3	3.8	0.9	1	3.6	4.7
	节电	3	3	1	0	3	5	5	5	3	3	1	0	3	3.5	4.0	3.7	0.9	1	3.2	4.1
使用	操作方便	1	1	1	3	3	3	5	3	5	3	1	0	3	3.8	3.7	4.0	1.1	1.2	5.0	6.5
	使用安全	1	3	1	3	5	1	3	3	3	5	1	0	3	3.9	3.8	4.3	1.1	1.5	6.4	8.3
	通用性好	3	3	5	5	1	5	1	1	5	1	1	1	1	4.5	4.5	4.5	1	1.2	5.4	7.0
服务	维修方便	1	1	3	1	3	3	3	3	5	3	3	0	1	3.2	3.2	3.4	1.1	1.2	4.2	5.5
	供货及时	0	0	3	1	1	5	3	3	5	1	3	5	1	3.0	3.0	3.0	1.0	1	3.0	3.9
技术措施权重		179	195	151	161	391	326	363	302	356	301	187	50	284							
相对权重%		5.5	6.0	4.7	5.0	12	10	11	9.3	11	9.3	5.8	1.6	8.8							

表 2 技术措施与功能质量屋

	使用者 对能量 断续控 制	提供能 量	消耗能 量产生 运动	产生旋 转运动	变 旋 转 运 动 为 特 定 曲 线运动	变曲线 运动为 旋转运 动	使 用 者 对 运 动 断 续 控制	关联	权重
体积	3	1	5	5	5	5	3	3	5.5
高度	3	1	5	5	3	3	3	3	6.0
标准化程度	3	1	3	5	3	3	3	3	4.7
可安装性	5	1	5	5	5	5	5	5	5.0
保持清洁度	5	3	5	5	5	5	5	3	12
可制造性能	1	1	1	1	3	3	3	5	10
自动化程度	5	3	5	55	5	5	5	5	11
电路形式	5	3	3	5	5	5	5	1	9.3
对坐便器结构 影响	5	3	5	5	3	3	5	3	11
绝缘处理措施	3	3	3	3	1	1	3	1	9.3
服务网点	3	1	1	1	1	1	3	1	5.8
销售网点	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6
故障保证	3	3	3	3	3	3	3	1	8.8
权重	371.8	211.2	364.6	392.6	350.6	350.6	391.8	277.4	
相对权重%	13.7	8.1	13.4	14.4	12.9	12.9	14.4	10.2	

表 3 功能与机构质量屋

	驱 动 机 构	减 速 机 构	卷料机 构	剪 断 机 构	供料机 构	控制机 构	张 紧 机构	权重
用户对能量断续控制	3	1	1	1	1	5	3	13.7
提供能量	5	3	3	1	3	5	0	8.1
消耗能量产生运动	5	5	5	3	3	3	1	13.4
产生旋转运动	5	5	3	0	3	5	3	14.4
变旋转运动为特定曲 线运动	3	3	5	3	5	3	3	12.9
变曲线运动为旋转运 动	3	3	5	3	5	3	3	12.9
用户对运动断续控制	3	3	3	1	3	5	1	14.4
关联	3	3	3	3	3	3	3	10.2
权重	371.8	328.2	351	184.4	324.2	401.2	192.7	
相对权重%3	17.3	15.2	16.3	8.6	15.0	18.6	9.0	

4 . 结论

综合评价是概念设计中的一个重要内容，评价指标权重的确定关系到结果的客观准确性。质量

功能配置 QFD 是一种系统性的规划与决策方法，本文应用 QFD 方法中的质量屋确定概念设计综合评价指标权重，客观准确地反映了用户需求和各项指标的重要程度，并在实例中进行应用。

参考文献

- [1] 檀润华等. 产品设计过程模型、策略与方法综述 [J]. 机械设计, 2000, 17 (11): 1-3.
- [2] 余国燕, 郑时雄, 黄平. 复杂工程设计综合评价系统研究 [J]. 机械科学与技术, 2001, 20 (1): 4-9
- [3] 王明涛. 多指标综合评价中权重系数确定的一种综合方法[J]. 系统工程, 1999, 17 (2): 56-61
- [4] 林志航, 车阿大. 质量功能配置研究现状及进展—兼谈对我国 QFD 研究与应用的看法[J]. 机械科学与技术, 1998, 17 (1): 119-121.
- [5] 马健, 唐晓青. 质量功能配置及其在机械制造行业中的应用 [J]. 制造技术与机床, 1997, 10 : 16-18
- [6] 岑咏霆. 模糊质量展开 [M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1999.
- [7] 李飞, 徐成贤. QFD 技术中设计需求间依赖关系的线性规划处理[J]. 系统工程理论与实践, 2000, (7): 27-30
- [8] 檀润华等. 自底向上的适应性设计过程模型 [J]. 机械工程学报, 2000, 36 (1): 20-23.
- [9] 檀润华等. 概念设计中的功能方法树 [J]. 机械科学与技术, 2000, 19 (4): 563-565.
- [10] 苑彩云, 檀润华, 曹东兴, 段国林. 质量功能配置下的快速夹紧装置概念设计[J]. 计算机集成制造系统_CIMS, 2002, 8(3) : 239-242
- [11] 王永山, 基于 QFD 及 TRIZ 的产品概念设计及相关软件开发 [D]. 天津: 河北工业大学硕士论文, 2002.1
- [12] D. Maffin. Engineering Design Models: context, theory and practice [J]. Journal of Engineering Design, 1998, 9 (4): 315-327.
- [13] P.J. Newcomb, B. Bras, D.W. Rosen. Implications of Modularity on product Design for the Life Cycle [J]. ASME, Journal of Mechanical Design, 1998, 120 (3): 483-490.
- [14] L. A. Dixon, J.S. Colton. An Anchoring Adjustment Process Model for Redesign [J]. Journal of engineering Design, 1998, 9 (4): 297-314.
- [15] N. Kalargeros, J. X.. Gao. QFD: Focusing on its Simplification and Easy Computerization Using Fuzzy Logic Principles [J]. Int. J. Of Vehicle Design, 1998, 19 (3): 315-325.
- [16] 宋德强等. 汽车 QFD 分析 [J]. 汽车工程, 1998, 20 (2): 108-112.
- [17] 孙建广. 基于 QFD 的逆变电源设计 [D]. 天津: 河北工业大学硕士论文, 2000.5.
- [18] 商建东, 陈康宁. 质量驱动的产品设计质量模糊评价及方案决策方法研究 [J]. 中国机械工程, 2000, 119 (12): 1394-1398.