

定费条件下的最优武器装备开发方案

王江为^a, 郭新河^b

(军事经济学院 a. 装备经济管理系; b. 军队审计系, 武汉 430035)

摘要:为进一步优化装备经费管理,提高武器装备质量与性能,针对武器装备开发过程中的质量、性能与费用间的关系,提出以用户需求为首要目标,将“费用”这一关键因素作为重要制约条件,运用QFD法,优化整合用户需求,提炼武器装备特性指标,构建并求解目标矩阵,制定限费理念下最优武器装备系统开发决策方案。

关键词:定费;武器装备;QFD

本文引用格式:王江为,郭新河.定费条件下的最优武器装备开发方案[J].四川兵工学报,2014(12):71-73.

中图分类号:E257

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2014)12-0071-04

Optimal Development Project about Weapon Equipment of Research Based on the Condition of Fixed Fee

WANG Jiang-wei^a, GUO Xing-he^b

(a. Department of Equipment Economic Management; b. Department of the army audit, Military Economics Academy, Wuhan 430035, China)

Abstract: To further optimize the management of equipment funds, improve the weapons and equipment quality and performance, according to relationship quality, performance and cost of the development process of weapon equipment, based on the concept of fixed fee to user needs as the first goal and an important factor into the user's needs, using the method of quality function deployment(QFD), the optimization of integration of user requirements, refining equipment characteristic index, build and solve the targets matrix, construct and solve a target matrix, and obtain the optimal weapon equipment development decision project under the concept of limit fees.

Key words: fixed fee; weapons and equipment; QFD

Citation format: WANG Jiang-wei, GUO Xing-he. Optimal Development Project about Weapon Equipment of Research Based on the Condition of Fixed Fee[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(12):71-73.

随着军事装备技术的迅猛发展,武器装备在性能不断提高的同时,其费用也在大幅度增长,致使我们不得不综合考虑武器装备的质量、性能与费用间的关系^[1]。特别是在当前,高技术武器装备开发经费有限,供需矛盾十分突出,在此状况下实行武器装备限费设计与开发,就显得极为重要了。

基于定费理念下的武器装备开发,突出强调用户(军队武器装备管理与使用部门,下同)的经济可承受性,它把用户的费用要求同武器装备系统的各项功能需求一样作为系统开发的一项重要指标输入,要求在给定费用水平(限费)下获得用户满意度最高的武器装备系统。这儿的用户满意度是

用户对武器装备系统包括其开发费用在内的各项功能需求获得满足的综合评价,而用户的需求却在武器装备开发中不具有可操作性,需要通过科学的方法对其进行转化。把用户需求转化为对应的武器装备系统设计特性指标,从而可以通过武器装备系统特性指标的优化设计来提高用户的满意度^[2]。

面对复杂的用户需求和武器装备特性指标体系,武器装备开发者难以迅速有效地对武器装备系统各特性指标的优化设计做出决策,为此,对限费条件下的武器装备开发决策进行了研究,通过对武器装备系统各项特性指标的优化来获

收稿日期:2014-08-20

作者简介:王江为(1973—),男,副教授,主要从事装备经济管理研究;郭新河(1965—),男,副教授,主要从事装备审计研究。

取最优的武器装备设计方案,以满足用户对武器装备系统的最大化需求。

1 以用户需求为牵引,提炼完备的武器装备特性指标体系

高新武器装备的开发,特别强调用户在武器装备开发全过程中的参与作用,以用户需求为牵引,实现用户需求到武器装备设计过程中特性指标的转换,使得武器装备开发人员能够通过优化武器装备指标特性的设计来实现用户需求的满足。

在此,引用 Shigeru Mizuno 博士提出的质量功能配置 (quality function deployment, QFD)^[3] 来实现这个转换。该法综合运用系统工程思想,把用户对武器装备的需求进行多层次的演绎分析,转化为对武器装备在设计、制造、工艺、装配、费用等环节中的各相关特性指标的详细要求,在满足用户需求的前提下,全面考虑武器装备研制进度、性能、成本、服务、环境的关系,实现最优化。

QFD 通过质量屋 (house of quality, HOQ) 这一工具把用户的需求体现到武器装备设计中去,它一般由 11 个模块组成^[4],如图 1 所示。

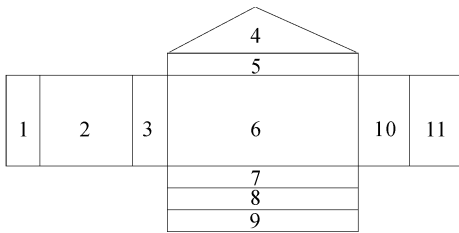


图 1 武器装备系统 HOQ 结构

各模块的主要功能与内涵如下:

第 1 个模块,用户需求指标。包括现在需求和潜在需求,可以从武器装备的功能、可靠性、维修性、保障性、费用等因素着手进行度量,用 $CR_i (i=1, 2, \dots, m)$ 表示第 i 个用户需求。

第 2 个模块,用户需求重要性评判矩阵。衡量不同用户需求指标之间的相对重要性,可采用 1~9 标度法对其两两对比打分。用 $c_{ij} (i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, m)$ 表示用户需求 CR_i 与 CR_j 之间的相关系数。

第 3 个模块,用户需求权重。用以表示各项用户需求指标的重要性程度,其值由用户需求重要性评判矩阵确定,这里记为 w_i 。

第 4 个模块,武器装备特性指标自相关矩阵。它表征了武器装备某一特性指标对其他特性指标所产生的影响,一般用强相关、弱相关、不相关、弱冲突关系、中等冲突关系和强冲突关系来进行描述。

第 5 个模块,武器装备特性指标。是武器装备系统为满足用户需求所必须予以保证的武器装备系统特性参数,是用户需求得到满足的手段和措施。

第 6 个模块,用户需求与武器装备特性指标相关性矩阵。是用户需求到武器装备特性指标之间的一种映射关系,它反映了两者之间的相关程度,也可采用 1~9 标度法来表示。

第 7 个模块,武器装备特性指标权重。用以描述武器装备系统各特性指标对用户需求满足程度大小,其值为用户需求与武器装备特性指标相关性矩阵和用户需求权重联合确定。

第 8 个模块,特性指标与费用相关性系数矩阵。表明了武器装备各特性指标与装备费用之间的相互关系,它一般是各个 CERs (cost estimation relations) 的参数值,可通过统计回归予以估测。

第 9 个模块,各特性指标取值约束。是由某种优化性能指标推导出来的,是优化问题所必须要满足的功能要求建立的,是根据武器装备优化决策的实际情况所规定的各个特性指标所必须遵守的取值范围及其对应的约束条件。

第 10 个模块,同类武器装备对比。是用户现有武器装备以及其他类似武器装备生产单位的相关武器装备对用户需求满足对比。

第 11 个模块,用户需求的目标值和门限值。是用户各项需求所期望满足的程度和最低可承受限度。

2 以用户需求为基础,创建武器装备特性指标重要度评价

武器装备特性指标重要度的评价,一定要以用户的需求为基础,从用户模糊的描述中,对特性指标进行整合,然后让专家进行评判,以获取最有说服力的武器装备特性指标重要度评价。

2.1 整合提炼用户需求,形成有效用户需求集

用户根据自己客观需要以及通过对现有武器装备系统的对比分析,会提出诸多需求,这些需求往往缺乏系统性、精确性描述,多采用一些诸如使用寿命长、安全性能好、价格费用低等模糊语言进行描述,而且存在大量的冗余,因此,需要对用户需求进一步整合提炼。

设 $CR^0 = \{cr_1^0, cr_2^0, \dots, cr_{m_0}^0\}$ 为初始用户需求集,其中 $cr_i^0 (i=1, 2, \dots, m_0)$ 为用户需求,判断用户需求 cr_i^0 和 cr_j^0 之间在所包含内容上是包容关系、交叉关系还是独立关系,对存在包容关系的用户需求,把被包容的用户需求合并到包容需求中,对存在交叉关系的用户需求,去掉彼此间的交集后,和用户一道对其进行重新定义^[5]。处理后的用户需求只存在以下 4 种基本关系:①互斥关系,指需求 cr_i^0 和 cr_j^0 (部分或全部)不能被同时满足;②不相关关系,指需求 cr_i^0 、 cr_j^0 的不满足均不会给彼此造成任何影响;③负相关关系,指需求 cr_i^0 、 cr_j^0 中一个满意度得到提高会导致另一个满意度的下降;④正相关关系,指需求 cr_i^0 、 cr_j^0 中一个满意度得到提高会引起另一个满意度也随之提高。对存在相斥关系的用户需求,可进行进一步整理,把它们提交给用户,由用户做出最终取舍决

策,这样就形成了整理后用户需求集 $CR^1 = \{cr_1^1, cr_2^1, \dots, cr_{m_1}^1\}$,其中 $cr_i^1 (i = 1, 2, \dots, m_1)$ 为整理后的用户需求。

2.2 确定用户需求权重,构建相对重要度矩阵

对初步整理后的用户需求采用 $l \sim 9$ 打分法对其相关性进行打分。其中 1、5、9 分别对应弱正相关关系、中等正相关关系和强正相关关系, -1、-5、-9 则对应弱负相关关系、中等负相关关系和强负相关关系,0 对应不相关^[6]。形成用户需求相关关系矩阵,可据此确定用户需求相关性重要程度。与其他用户需求相关性程度越高的用户需求相对越重要,反之则越不重要。以此为基础对用户需求进行两两对比打分,以确定不同用户需求间的相对重要程度,可以得到相对重要度矩阵 W_R :

$$W_R = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1i} & \dots & w_{1m_1} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2i} & \dots & w_{2m_1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_{i1} & w_{i2} & \dots & w_{ii} & \dots & w_{im_1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_{m_11} & w_{m_12} & \dots & w_{m_1i} & \dots & w_{m_1m_1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, $w_{ij} \in [1, 9]$; $w_{ij} = 1/w_{ji}$; $w_{ii} = 1$ 。对其利用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)^[7] 求解并进行一致性检验后,可得用户需求重要度向量 $w_R^0 = (w_1^0, w_2^0, \dots, w_{m_1}^0)$,且

$\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。进一步和用户协调,根据 w_R^0 对用户需求的重要度排序,把一些不重要的需求剔除出用户需求集,形成最终用户需求集 $CR = \{cr_1, cr_2, \dots, cr_m\}$,并对其重要性两两对比进行重新打分得到新的用户需求重要度向量 $w_R = (w_1, w_2,$

$\dots, w_m)$,满足 $\sum_{i=1}^m w_i = 1$,按权重大小对其排序,可以获得武器装备系统的关键性能参数,其个数可根据用户需求确定,既不能过多,也不能过少。

2.3 凝捻系统特性指标,赋予并确定适当权重

根据已确定的用户需求,通过召集来自武器装备系统寿命周期各阶段的专家集思广益的获得相应的武器装备特性指标集, $CI^0 = \{ci_1^0, ci_2^0, \dots, ci_{n_0}^0\}$,其中 $ci_i^0 (i = 1, 2, \dots, n_0)$ 为武器装备特性指标。这些特性指标要保证与用户需求相关,并能充分地覆盖用户需求。此外,确定特性指标时要努力避免与武器装备的特定结构发生关系,为后继的附件设计拓展更大的设计空间。

所获得的初始武器装备特性指标集中,各特性指标之间所包含的内容同样存在包容、交叉和独立等关系,需要对存在包容关系和交叉关系的武器装备特性指标进行合并提炼,去除冗余信息。去除冗余后的武器装备特性指标集中,在相关性方面也存在着互斥关系、不相关关系、负相关关系和正相关关系,对具有互斥关系的武器装备特性指标进行取舍后,武器装备特性指标的取舍除了相关性分析外,还要综合考虑相关单位的综合技术实力、市场环境和可用资源等方面的约束,得到整理后的武器装备特性指标集 $CI = \{ci_1, ci_2, \dots, ci_n\}$ 。

同用户需求一样,武器装备特性指标间也存在着相关关系,对其仍采用 $l \sim 9$ 打分法,分值代表着 2 个特性指标间的相关程度,其中 1、5、9 分别表示弱正相关、中等正相关和强正相关,若分值为负值,则代表 2 个特性指标间的负相关程度,这样形成自相关矩阵为 $C^0 = (c_{ij}^0)_{n \times n}$, c_{ij}^0 为指标 c_{ii} 与 c_{ij} 相关系数。对 C^0 进行规范化处理形成新的相关性矩阵 $C = (c_{ij})_{n \times n}$,使得 $c_{ij} \in (-1, 1]$ 。其中 $c_{ij} = c_{ji}$, $c_{ii} = 1$ 。 $c_{ij} = 0$ 表示 2 个特性指标相互独立, $c_{ij} > 0$ 表示 2 个特性指标正相关, $c_{ij} < 0$ 表示 2 个特性指标负相关,且 $C = C^T$ 。

不仅如此,用户需求与武器装备特性指标间也存在交互作用,需要对它们之间的相关性做出判断。针对每一项用户需求与整理后的武器装备特性指标间的相关性进行打分,得到一个反映用户需求与武器装备特性指标间的相关关系矩阵 $W_{RC} = (w_{ij}^{RC})_{m \times n}$,进而可确定武器装备系统各特性指标对用户需求的满足程度

$$RS = W_{RC} \cdot C \quad (2)$$

所以,武器装备各特性指标对用户需求的相对重要性为

$$v' = w_R \cdot RS \quad (3)$$

在式(3)所得向量中,若有负值表示其所对应的特性指标不能有效满足用户需求,需剔除此特性指标或赋以最小值,然后对 v' 中所有大于零的元素进行归一化,便可求得武器装备系统各特性指标的权重

$$v_i = v'_i / \sum_{i=1}^n v'_i \quad (4)$$

3 以用户需求为目标,制定限费理念下武器装备开发决策

继续对质量屋中的内容进行分析计算,利用统计回归分析法可以计算出武器装备系统各特性指标与费用之间的相关性参数^[8](图 1 中第 8 个模块), $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, $a_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 为武器装备各特性指标与费用之间的相关性参数, a_0 为武器装备系统的固定常数费用;根据武器装备系统开发客观情况确定各个特性指标的可能取值范围(图 1 中第 9 个模块),用户各项需求所期望满足的程度和最低可承受限度(图 1 中第 11 个模块)。

至此,就可以对给定武器装备费用目标(G)条件下的武器装备系统最优开发方案进行决策,以最大化满足用户需求,此决策问题可转化为约束最优化问题:

$$\max F(X) = v \cdot X = \sum_{i=1}^n v_i x_i \quad (5)$$

$$\text{其中} \begin{cases} a_0 + A \cdot X \leq G \\ B_1 \leq X \leq D_1 \\ B_2 \cdot \overline{RS} \leq X \leq D_2 \cdot \overline{RS} \end{cases}$$

式中: X 为武器装备系统特性指标值向量; $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 为第 i 个特性指标值; B_1, D_1 分别为特性指标的下限值 and 上限值所组成的向量; B_2, D_2 分别为用户需求的最低可承受限度值和目标值所组成的向量; \overline{RS} 为规范化后的 RS 矩阵。

- (41):4464-4474.
- [5] Yonghan Ju, So Young Sohn. Patent-based QFD framework development for identification of emerging technologies and related business models: A case of robot technology in Korea [J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2014(4): 10-31.
- [6] Majid Azadi, Reza Farzipoor Saen. A combination of QFD and imprecise DEA with enhanced Russell graph measure: A case study in healthcare [J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2013(41): 281-291.
- [7] Monica Leba, Andreea Cristina Ionica, Eduard Edelhauser. QFD-Method for eLearning Systems Evaluation [J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2013(83): 357-361.
- [8] 林志航. 产品设计与制造 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [9] 赵武, 张颖, 石贵龙. 质量功能展开(QFD)研究综述 [J]. *世界标准化与质量管理*, 2007(4): 56-60.
- [10] 简麦田, 曹岩. QFD 中“质量屋”的系统开发及应用 [J]. *现代制造技术与装备*, 2008(2): 12-14.
- [11] 刘玉敏, 张晓丽, 徐济超. 顾客满意度测评的质量功能展开方法 [J]. *系统工程理论与实践*, 2004(9): 20-27.
- [12] 马怀宇, 孟明辰. 基于 TRIZ/QFD/FA 的产品概念设计过程模型 [J]. *清华大学学报: 自然科学版*, 2001(11): 56-59.
- [13] 钟诗胜, 吴惠霞, 王琳. 基于 QFD 和公理化设计的模块划分方法研究 [J]. *机械设计与制造*, 2013(1): 98-100.
- [14] 王增强, 李延来, 蒲云, 等. 基于 QFD 和前景理论的产品规划方案选择方法 [J]. *机械工程学报*, 2013(4): 174-183.
- [15] 刘金林, 曾凡明, 涂皓. QFD 和 TRIZ 集成理论在舰船动力装置概念设计中的应用 [J]. *大连海事大学学报*, 2013(4): 86-90.
- [16] 杨龙, 严振华, 王明哲. QFD 与 Sobol' 法在武器装备需求分析中的应用 [J]. *舰船电子工程*, 2012(3): 107-109.

(责任编辑 杨继森)

(上接第 73 页)

对式(5)进行求解,便可求得最优武器装备系统开发方案。若此时所求武器装备特性指标过于概括,可采用上述方式,对其做进一步细化分解,求取系统更低一级的特性指标,使其更加具有可操作性和可实现性。

4 结束语

总之,高技术武器装备随着未来战争形态的发展,其开发费用还会大幅度增长,以用户需求为首要目标,将“费用”这一关键因素作为重要制约条件,融入用户需求之中,加强武器装备全过程成本控制,对其进行限费开发,以此确定最优武器装备开发方案,将是我军武器装备进一步发展的必由之路。

参考文献:

- [1] 郭会中. 构建我军武器装备限费设计模式新议 [J]. *装备*

- 指挥技术学院学报, 2004, 15(4): 27-31.
- [2] 黄训江. 以费用为独立量的装备寿命周期费用评价与管理 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [3] 杨明顺. 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.
- [4] 王美清. 产品设计中的用户需求与产品质量特征映射方法研究 [J]. *机械工程学报*, 2004, 40(5): 136-140.
- [5] 翟丽. 质量功能展开技术及其应用综述 [J]. *管理工程学报*, 2000, 14(1): 52-60.
- [6] 果增明, 李明. 我军武器装备限费设计研究 [D]. 武汉: 军事经济学院, 2011.
- [7] 甘茂治, 康茂治, 高崎. 军用装备维修工程学 [M]. 2 版. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [8] 任建甲. 假目标配置数量模型及其效费比分析 [J]. *指挥控制与仿真*, 2012, 34(8): 23-25.

(责任编辑 杨继森)