

基于 Fuzzy 理论的油罐车设计评价研究

耿丽¹ 杨延璞^{2*} 杜微²

(东莞市永强汽车制造有限公司¹, 东莞 523000; 西北工业大学工业设计研究所², 西安 710072)

摘要 通过比较各种常用设计评价方法的优劣,结合油罐车设计的特点,选择数学分析类评价方法并运用 Fuzzy 理论将设计的主观性因素量化为客观性指标,在确定油罐车设计指标的基础上,建立了油罐车方案评价的数学模型,克服了评判的主观性,实现了对油罐车方案的科学评价。研究表明,此模糊评判方法科学有效合理。

关键词 油罐车设计 Fuzzy 理论 设计评价

中图分类号 U469.61; **文献标志码** A

产品设计是一项创造性的综合信息处理活动,是设计师感性思维的表达,它融合功能、美学、人机元素为一体,通过具体的载体表现出来。在设计过程中,产品设计的方案需要通过评价进行筛选,以产生有价值的方案进行进一步的设计。设计评价可以提高设计的质量,避免设计上的盲目性,及时发现设计中的问题并改进设计,缩短设计周期。但由于产品设计的综合性、复杂性和概念边界的不确定性,一些模糊的设计指标如“造型美观”、“安全人机”等无法定量对其进行评价,且评价的结果也通常采用“很好”、“较好”、“一般”、“较差”、“很差”等程度不同的模糊评语来描述^[1]。设计质量的评判因人而异,因此需要引入科学合理的评价方法对设计结果进行评判。

设计评价方法的研究由来已久,目前常用的评价方法有经验性评价方法、数学分析类评价方法、实验评价方法和面向应用领域的设计评价方法^[2]。经验性评价方法适用于方案不多、问题不复杂时,根据经验进行粗略分析和评价,如淘汰法、排队法、点评价法等;数学分析类评价方法将感性的设计指标进行量化,通过构建数学模型进行分析、推导、计算,是一种量化的评价分析工具,常用的有评分法、技术经济法、模糊评价法等;实验评价方法通过

模拟实验或样机试验对方案进行评价,在对方案重要环节把握不大时,可以通过虚拟现实技术进行三维模拟或快速成型制造技术打印样机进行试验评价;面向应用领域的设计评价技术是一种面向后续应用领域的设计方法,主要有产品生命周期评价、面向制造设计、面向装配设计、面向成本设计等。

通过比较发现,常用的评价方法中经验性评价方法只能进行粗略评价和分析,且受制于评价者的经验,评价结果偏主观;实验评价方法得到的评价参数准确,但是代价较高;面向应用领域的设计评价技术主要用于协同设计中的可行性评价。综合分析,数学分析类评价方法的实现简单方便,能够快速有效地对产品设计方案进行评价,得到客观准确的评价结果。

数学分析类评价方法包括评分法、数理统计法、模糊评价法、层次分析法等,例如李成提出了评分法在产品设计评价中的应用^[3],吴通等提出了群决策方法在产品设计评价中的应用^[4],周宪等利用 ASP 技术和模糊评价理论构建了网络评价系统^[5],杜鹤民等提出了基于 Fuzzy AHP 的 CBT 飞机维护系统评价^[6]。此外,陈胜男等提出了设计评价标准的指数概念^[7],朱永梅等提出面向稳健设计的产品分阶段评价体系研究^[8]。模糊综合评价是对受多种因素影响的事物做出全面评价的一种十分有效的多因素决策方法,其特点是评价结果不是绝对地肯定或否定,而是以一个模糊集合来表示。为寻求合

理量化评价因素及有效合成评价结果,同时结合油罐车产品设计的特点,本研究选择基于 Fuzzy 理论的模糊评价方法对油罐车概念方案设计进行评价研究。

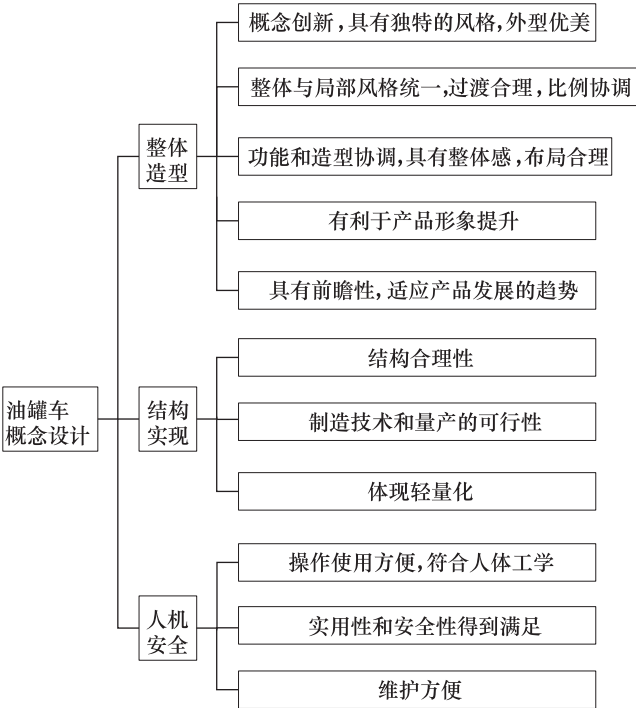


图1 油罐车概念设计指标体系

1 Fuzzy 评价模型的原理

1.1 评价的指标体系

评价指标是对设计对象的详细描述。根据产品设计的重心和侧重点不同,评价指标可以分为技术性评价指标、经济性评价指标、社会性评价指标和审美性评价指标等^[3]。根据不同产品的特点和设计风格,同时也为了提高评价效率,可以选择最能够反映本设计特色和水平的几个方面作为评价指标。

油罐车设计作为产品设计的组成部分,其特点在于底盘采用各底盘厂家生产的专用底盘,罐体采用椭圆形或圆矩形结构,两端封头,多采用恒定截

面或变截面罐状体,根据吨位不同分为单车和半挂车。罐体内部独立分仓,舱内有防波板,外部设有入孔、卸油软管、软管箱、爬梯、走台等附件。由于油罐车车头和底盘部分属于采购件,较难进行造型上的变化,而罐体由于技术和功能的限制,形态设计改变成本较高。因此在对油罐车进行方案设计时,可将其分解为卸油箱、软管箱、保险杠、侧护栏、扶梯、走台、挡泥板等附件进行设计,主要考虑附件的功能、人机、与整车的协调性等因素。通过对设计目标的分析,本研究制定油罐车设计的评价指标体系如图1所示。

1.2 评价结果的隶属性

隶属性是指一个元素属于一个集合的程度。隶属性可以用[0,1]上的一个值表示,所取得的值越接近1,表示隶属程度越强,所取得的值越接近0,表示隶属程度越弱。隶属性函数遵循最大隶属性原则。

1.3 Fuzzy 评价的数学模型

假设采用单一指标描述一评价目标,设影响该目标的指标集为U:

$$U = \{u_1, u_2, \cdots, u_n\}。$$

设评判专家对该目标所下的评语集为V:

$$V = \{v_1, v_2, \cdots, v_m\}。$$

每个指标对应每个评语都有一定的数量关系,即U和V合成的模糊关系,可用矩阵A表示:

$$A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{mn} & \cdots & a_{mj} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}。$$

其中: $a_{ij}(i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n)$ 表示第*i*个评价因素所获得的第*j*个评语。

由于各评价指标在评价总目标中相对重要程度不同,由专家评判后赋予各指标不同的权数,这些权数形成U上的模糊子集W:

$$W = \{w_1, w_2, \cdots, w_m\}, \text{其中: } \sum_{i=1}^m w_i = 1。$$

表 1 油罐车方案设计评价打分表(方案一)

一级指标	二级指标 U	评语描述 V				
整体造型	概念创新,具有独特的风格,外型优美 $u_1(0.15)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
	整体与局部风格统一,过渡合理,比例协调 $u_2(0.1)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
	功能和造型协调,具有整体感,布局合理 $u_3(0.1)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
	有利于产品形象提升 $u_4(0.1)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
	具有前瞻性,适应产品发展的趋势 $u_5(0.05)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
结构实现	结构合理性 $u_6(0.14)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
	制造技术和量产的可行性 $u_7(0.105)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
	体现轻量化 $u_8(0.105)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
人机安全	操作使用方便,符合人体工学 $u_9(0.0675)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
	实用性和安全性得到满足 $u_{10}(0.0525)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5
	维护方便 $u_{11}(0.03)$	很好 v_1	较好 v_2	一般 v_3	较差 v_4	很差 v_5

模糊评价即是将评价指标集合 U 上的模糊子集 W 通过模糊关系 A 转化为评语集合 V 上的模糊子集 B 。当模糊评判矩阵 A 与权重 W 已知,则可建立综合评判模型 B :

$$B = W \times A = \{w_1, w_2, \cdots, w_m\}$$
$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{mn} & \cdots & a_{mj} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} = \{b_1, b_2, \cdots, b_n\}。$$



图2 方案一

2 油罐车设计的模糊评价

结合油罐车的设计方案,针对油罐车设计质量的评价指标为: $U = \{u_1, u_2, \cdots, u_n\} (n = 11)$,评语集为 $V = \{(\text{很好 } v_1), (\text{较好 } v_2), (\text{一般 } v_3), (\text{较差 } v_4), (\text{很差 } v_5)\}$ 。结合该产品的特点,采用专家打分法确定该产品设计各评价指标的评价权重 $W = \{0.15, 0.1, 0.1, 0.1, 0.05, 0.14, 0.105, 0.105, 0.0675, 0.0525, 0.03\}$,构建设计评价计分表如表 1 所示。



图3 方案二

对油罐车设计的评价团队由某特种车辆制造公司随机抽取的技术人员、营销人员和用户共 20 人构成,针对油罐车设计的两款方案(如图 2 和图 3 所示)采用表 1 进行打分。打分统计结果如表 2 和表 3 所示。

表 2 油罐车方案一打分统计表

指标 U	评语 V					权重 w
	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	
u_1	10/20	6/20	2/20	2/20	0	0.15
u_2	8/20	3/20	6/20	2/20	1/20	0.1
u_3	11/20	3/20	4/20	2/20	0	0.1
u_4	10/20	7/20	2/20	1/20	0	0.1
u_5	12/20	5/20	3/20	0	0	0.05
u_6	5/20	7/20	3/20	2/20	3/20	0.14
u_7	6/20	6/20	4/20	3/20	1/20	0.105
u_8	4/20	3/20	8/20	4/20	1/20	0.105
u_9	11/20	5/20	3/20	1/20	0	0.0675
u_{10}	12/20	2/20	4/20	2/20	0	0.0525
u_{11}	7/20	3/20	6/20	2/20	2/20	0.03

表 3 油罐车方案二打分统计表

指标 U	评语 V					权重 w
	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	
u_1	7/20	5/20	5/20	2/20	1/20	0.15
u_2	7/20	4/20	7/20	2/20	0	0.1
u_3	12/20	3/20	2/20	2/20	1/20	0.1
u_4	11/20	4/20	3/20	2/20	0	0.1
u_5	10/20	8/20	1/20	1/20	0	0.05
u_6	8/20	9/20	3/20	0	0	0.14
u_7	7/20	4/20	7/20	2/20	0	0.105
u_8	5/20	4/20	6/20	4/20	1/20	0.105
u_9	9/20	7/20	3/20	1/20	0	0.0675
u_{10}	6/20	5/20	7/20	1/20	1/20	0.0525
u_{11}	11/20	4/20	3/20	2/20	0	0.03

根据表 2 可得方案一的模糊评判矩阵 A ：
则可得方案一的综合评判模型 B 为：
 $B = W \times A = \{0.416, 0.248, 0.196, 0.102, 0.038\}$ 。

对方案一的评价结果是:41.6% 的人认为很好, 24.8% 的人认为较好,19.6% 的人认为一般,10.2% 的人认为较差,3.8% 的人认为很差。

同理可得方案二的综合评判模型 B 为
 $B = W \times A = \{0.409, 0.260, 0.222, 0.088, 0.021\}$ 。

$$A = \begin{bmatrix} 10/20 & 6/20 & 2/20 & 2/20 & 0 \\ 8/20 & 3/20 & 6/20 & 2/20 & 1/20 \\ 11/20 & 3/20 & 4/20 & 2/20 & 0 \\ 10/20 & 7/20 & 2/20 & 1/20 & 0 \\ 12/20 & 5/20 & 3/20 & 0 & 0 \\ 5/20 & 7/20 & 3/20 & 2/20 & 3/20 \\ 6/20 & 6/20 & 4/20 & 3/20 & 1/20 \\ 4/20 & 3/20 & 8/20 & 4/20 & 1/20 \\ 11/20 & 5/20 & 3/20 & 1/20 & 0 \\ 12/20 & 2/20 & 4/20 & 2/20 & 0 \\ 7/20 & 3/20 & 6/20 & 2/20 & 2/20 \end{bmatrix}。$$

对方案二的评价结果是:40.9% 的人认为很好, 26.0% 的人认为较好,22.2% 的人认为一般,8.8% 的人认为较差,2.1% 的人认为很差。

根据此评价结果,若按照“很好”的标准来选择,则方案一略优于方案二;但若从“一般”及以上来评判,则方案二优于方案一。根据不同的标准,则可对方案进行客观选择。

3 结论

产品设计的主体性决定了每个人对设计方案评价的主体性与随意性,直观的观察判断难以客观准确地对方案进行评价。借鉴 Fuzzy 理论构建客观、科学的评价体系用于油罐车设计方案评价中,能够取得较为客观、准确的结果。实例证明,此方法适用于产品设计评价,是一种客观科学合理有效的评价方法。

参 考 文 献

1 金海明,王以华,许锦泓,等. 工业产品造型设计评价的探讨. 包装工程,2007;28(7):15—152

2 简召全. 工业设计方法学. 北京:北京理工大学出版社,1995: 189—190

3 李 成. 评分法在产品设计评价中的应用. 河北理工大学学报 (自然科学版),2009;31(2):34—48

4 吴 通,周 宪,陆长德,等. 群决策方法在产品设计评价中的应用. 航空计算技术,2008;38(4):90—93

5 周 宪,余隋怀,黄 婷,等. 面向委托设计的多目标网络评价系统. 科学技术与工程,2006;6(12):1723—1725

6 杜鹤民,余隋怀,初建杰,等. 基于 FuzzyAHP 的 CBT 飞机维护系统评价. 航空制造技术,2009;18:96—99

8 朱永梅,王明强,芦新春. 面向稳健设计的产品分阶段评价体系研究. 机械设计与制造,2007;11:212—214

7 陈胜男,潘 荣. 工业设计评价标准的指数型量化研究. 浙江理

Research on Evaluation of Oil Tank Design Based on Fuzzy Theory

GENG Li¹, YANG Yan-pu^{2*}, DU Wei²

(Dongguan Yongqiang Vehicles Manufacturing Co. , Ltd¹. , Dongguan 523000 , P. R. China ;
Institute of industrial design , Northwestern Polytechnical University² , Xi ' an 710072 , P. R. China)

[Abstract] By comparing the pros and cons of common methods of design evaluation , combined with the characteristics of oil tank design , the conversion of subjective factors to quantitative index is realized by using Fuzzy theory , which is a method of mathematical analysis . On the basis of oil tank design index having been defined , an evaluation model is established to overcome the subjectivity of judges and achieve the scientific evaluation for oil tank design . The result shows that this fuzzy evaluation method is scientific , effective and reasonable .

[Key words] oil tank design fuzzy theory design evaluation

(上接第 6759 页)

Analysis of Ultimate Load-carrying Capacity of Strengthening Steel-concrete Composite Beam Using Carbon Fiber

RONG Xue-liang¹, HUANG Qiao^{1,2}

(School of Transportation Science and Engineering , Harbin Institute of Technology¹ , Harbin 150090 ,
P. R. China ; Institute of Bridge Engineering , Southeast University² , Nanjing 210096 , P. R. China)

[Abstract] Carbon fiber is a kind of optimal materials for bridge maintenance and reinforcement . Design method of strengthening steel-concrete composite bridges using carbon fiber was studied . Characteristic of bridge reinforcement under load and phasing of stress features were considered , and calculation method of ultimate limit state was suitable for existing bridge design code . Ultimate strain of carbon fiber in ultimate limit state is firstly established based on plane-section assumption and strain-lag of carbon fiber . Then computational scheme and calculation method of flexural capacity in positive moment area and negative moment area for strengthening steel-concrete composite beam using carbon fiber are established respectively , which is reference for design of bridge strengthening .

[Key words] steel-concrete composite bridges carbon fiber strengthening ultimate limit state ultimate strain