

DOI: 10.3969/j.issn.1001-3881.2010.05.041

## 基于 QFD 的静电涂油机产品概念设计

王哲<sup>1</sup>, 尹强<sup>2</sup>, 高全杰<sup>1</sup>, 陈庭贵<sup>1</sup>

(1. 武汉科技大学机械自动化学院, 湖北武汉 430081; 2. 红林机械厂第九研究室, 湖北孝感 432000)

**摘要:** 作为一种面向顾客需求的产品开发设计方法, 品质机能展开 (QFD) 是一种将顾客需求信息合理而有效地转换为产品设计开发各阶段的技术目标和作业控制规程的方法。以静电涂油机为研究对象, 建立基于 QFD 的产品设计方案, 运用 FMEA 和 FTA 方法对产品进行了初步的可靠性分析, 提高了产品的可靠性, 并用 QFD 方法对涂油机关键零部件进行初步的功能配置, 为涂油机详细设计提供参考。

**关键词:** 产品概念设计; 品质机能展开; 静电涂油机; 层次分析法

**中图分类号:** TH122 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3881 (2010) 5-133-5

Product Conceptual Design of Electrostatic Oiler Based on Quality Function Deployment  
WANG Zhe, YIN Qiang, GAO Quanjie, CHENG Tinggui

(1. College of Machinery and Automation, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei 430081, China; 2. The Ninth Research Office of the Honglin Machinery Factory, Xiaogan Hubei 432000, China)

**Abstract:** As a customer oriented product design method, quality function deployment (QFD) lays emphasis on carrying out the effective plans in the early stage of product conceptual design, thus it can reduce the product's cost and enhance the demand-oriented product development consciousness. Taking the electrostatic oiler as study object, product design scheme was built based on QFD. The preliminary reliability analysis of the product was carried on to take the potential faults into account in the design stage by using the FMEA and FTA method, and the reliability of electrostatic oiler is enhanced. The preliminary function configuration was made on key parts of electrostatic oiler based on QFD.

**Key words:** Product conceptual design; Quality function deployment (QFD); Electrostatic oiler; Analytic hierarchy process

在市场竞争越演越烈的当今社会, 以产品为主导的卖方市场正转变为买方市场。产品质量标准不再按是否满足使用要求来评价, 而是看能否满足客户的需求以及是否具有快速的市场反映速度。QFD 作为一种面向顾客需求的产品开发设计方法, 强调在产品早期概念设计阶段进行有效的规划, 从而使产品成本降低, 提高面向顾客需求的产品开发意识。

作者以某课题组所生产的静电涂油机为研究对象, 将层次分析法与 QFD 相结合, 提出了相应的功能分解模型, 以顾客满意程度为总体目标, 建立了递阶层次结构, 改善了分解的精确性和判断的一致性。在确定产品设计方案后, 运用失效模式效应分析 (FMEA) 和故障树分析 (FTA) 方法对产品进行了初步的可靠性分析, 在设计阶段考虑到产品潜在的故障。把 QFD 技术深入到静电涂油机的零件配置阶段, 根据产品规划阶段的关键技术措施对涂油机的涂油刀梁、二次雾化装置等关键零部件进行了初步的功能配置, 为涂油机以后的详细设计奠定了基础。

### 1 基于 QFD 的概念设计模型

对于机械新产品的概念设计, 为保证设计质量, 应将用户需求归类、提炼并转化为需求质量, 从需求要素中抽取质量要素, 将要求质量与质量要素构成质量屋。根据产品的构成, 从用户需求出发, 分析抽出实现要求质量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。综合质量与构成要求, 建立机构与质量要素质量屋, 将用户需求逐步、综合地布置下去。对于新产品设计, 能实现每一种基本功能的机构概念, 即原理方案有多种, 再对各种方案进行评价, 选择效用价值高的方案为最佳方案。

在涂油机新产品的概念设计过程中, 通过质量屋的建立和瀑布式逐步分解, 将顾客需求转化为技术要求再到零部件特征。该概念设计过程的入口是市场顾客需求分析, 后续过程是详细设计, QFD 在此阶段的应用主要涉及到产品规划和零部件配置两个重要阶段, 在零件配置阶段, 作者采用层次分析法来选择最佳设计方案, 用 FMEA 和 FTA 法进行了初步的可靠性分析。该过程模型如图 1 所示。

收稿日期: 2009-02-13

基金项目: 国家重点新产品计划 (2006GRD10004); 湖北省自然科学基金项目 (2004ABA005)

作者简介: 王哲 (1960-) 男, 副教授, 硕士, 研究方向为冶金设备设计与强度分析。

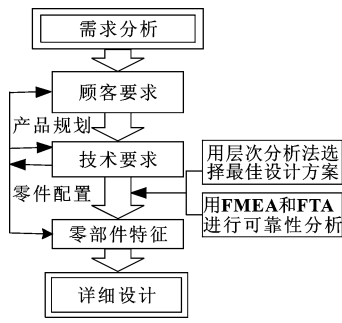


图 1 基于 QFD 的概念设计模型

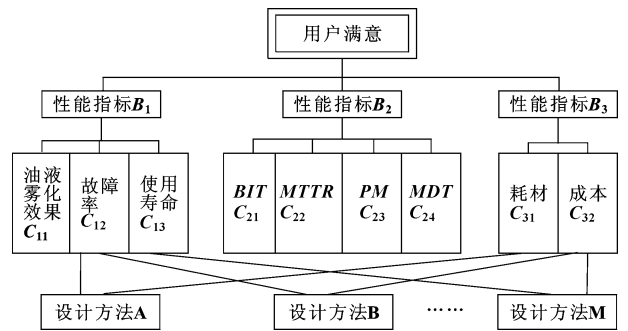


图 2 静电涂油机设计方案层次关系

## 2 静电涂油机的产品设计开发方案

### 2.1 层次结构模型

层次分析法是用于解决多层次多准则决策问题的一种实用方法，能够很好地处理多准则决策问题。它把一个复杂问题按各因素隶属关系由高到低表示为有序的递阶层次结构分层排序，通过人们的判断，对每个层次、元素确定相对重要性，进行比较排序，最后把各层次定量关系联系起来，得到总排序作为决策依据，层次分析法还能够统一处理决策中的定性和定量关系。

对涂油机产品开发设计方法的评价最终体现在实现产品的功能特性及其经济性指标上，为了避免在综合评价中同一类型的指标重复及由此而产生的失误，对同一类型的指标只选择其一。

影响产品设计方法选择的指标可归结为：性能指标、技术指标、经济指标三大方面（主准则层）和 9 项具体指标（子层次），最底层即为待评价层和待比较的设计方法，其评价指标内容如下：

**性能指标**，指产品的现实质量特性值，是评价产品功能实现程度的指标。它包括油液雾化效果、故障率、使用寿命。

**技术指标**，指评价设计方案、满足设计要求和技术性要求的程度，评价指标包括机内自动检测（BII）、维修性（MTTR）、预防性维修（PM）、保障性（MDT）。

**经济性指标**，主要是围绕设计方案的经济效益进行评价，包括方案成本、利润、实施的费用和资金回收等，其中成本主要包括外购件、材料费用、工资支付、加工、装配、试验等费用。

根据上述分析，可以建立对产品设计方法评价的多级分层结构指标体系，见图 2

### 2.2 结构分析

#### (1) 确定判断矩阵

图 2 中所示的产品设计方法的层次分析结构，用不同方法设计的产品对 9 个具体指标的权重分配不同，作者采用 1~9 标度构造各层的判断矩阵，见表 1~4。

表 1 A-B 判断矩阵

A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	W
B <sub>1</sub>	1	2	2	0.49
B <sub>2</sub>	1/2	1	2	0.31
B <sub>3</sub>	1/2	1/2	1	0.20

表 2 B-C<sub>1</sub> 判断矩阵

B	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	W
C <sub>11</sub>	1	2	4	0.57
C <sub>12</sub>	1/2	1	2	0.29
C <sub>13</sub>	1/4	1/2	1	0.14

$$\lambda_{\max} = 3.001 \quad CI^1 = 0.0005$$

$$RI^1 = 0.58 \quad CR = 0.09\% < 10\%$$

表 3 B-C<sub>2</sub> 判断矩阵

B	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>23</sub>	C <sub>24</sub>	W
C <sub>21</sub>	1	2	3	4	0.47
C <sub>22</sub>	1/2	1	2	3	0.28
C <sub>23</sub>	1/3	1/2	1	2	0.16
C <sub>24</sub>	1/4	1/3	1/2	1	0.09

$$\lambda_{\max} = 4.031 \quad CI^2 = 0.01$$

$$RI^2 = 0.90 \quad CR = 1.11\% < 10\%$$

表 4 B-C<sub>3</sub> 判断矩阵

B	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>	W
C <sub>31</sub>	1	3	0.75
C <sub>32</sub>	1/3	1	0.25

$$\lambda_{\max} = 2 \quad CI^3 = 0$$

$$RI^3 = 0 \quad CR = 0 < 10\%$$

下面按方根法求该矩阵的最大特征根  $\lambda_{\max}$  和随机一致性比率 CR

将矩阵中各行元素按行相乘，即：

$$K_1 = 1 \times 2 \times 2 = 4, \quad K_2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2 = 1;$$

$$K_3 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 2 = \frac{1}{4}$$

计算各个  $K_i$  的  $n$  次方根  $\bar{W}_i$  ( $n$  为矩阵的阶数，这里  $n=3$ )，即：

$$\bar{W}_1 = \sqrt[3]{K_1} = \sqrt[3]{4} = 1.587; \quad \bar{W}_2 = \sqrt[3]{K_2} = 1;$$

$$\bar{W}_3 = \sqrt[3]{\frac{1}{4}} = 0.630$$

对向量  $W = [\bar{W}_1 \ \bar{W}_2 \ \bar{W}_3]^T = [1.587 \ 1 \ 0.63]^T$  正规范化, 即:

$$\sum_{i=1}^3 \bar{W}_i = \bar{W}_1 + \bar{W}_2 + \bar{W}_3 = 1.587 + 1 + 0.630 = 3.217$$

$$W_1 = \frac{\bar{W}_1}{\sum_{i=1}^3 \bar{W}_i} = \frac{1.587}{3.217} = 0.49, \quad W_2 = 0.31, \quad W_3 = 0.20$$

则所求特征值  $W = [0.49 \ 0.31 \ 0.20]^T$

计算判断矩阵的最大特征根  $\lambda_{max}$ , 即:

$$AW = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.49 \\ 0.31 \\ 0.20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.51 \\ 0.955 \\ 0.60 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{(XW)_i}{W_i} = \frac{1}{3} \left[ \frac{1.510}{0.49} + \frac{0.955}{0.31} + \frac{0.60}{0.20} \right] =$$

3.054

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3.054 - 3}{3 - 1} = 0.027$$

$$RI = 0.58 \quad CR = \frac{CI}{RI} = 4.7\% < 10\%$$

(2) 确定排序向量及一致性检验

由以上判断矩阵, 利用方根法分别计算各判断矩阵的排序向量  $W$  和最大特征根  $\lambda_{max}$ , 同时计算一致性指标  $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$  及随机一致性比例  $CR = \frac{CI}{RI}$  其中,  $R$  是判断矩阵的平均随机一致性指标,  $n$  是判断矩阵的阶数。

(3) 对目标层的总排序和总一致性检验 目标层的权重计算及总排序 (表 5)。层次总排序一致性检验计算如下:

$$CI = \sum_{i=1}^3 B_i CI^i = 0.49 \times 0.0005 + 0.31 \times 0.01 = 0.003$$

$$RI = \sum_{i=1}^3 B_i RI^i = 0.49 \times 0.58 + 0.31 \times 0.9 = 0.563$$

$$\text{则 } CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.003}{0.563} = 0.5\% < 10\% \text{ 满足一致性要求。}$$

表 5 目标层总排序

	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$C_{24}$	$C_{31}$	$C_{32}$
$B_1$	0.49	0.57	0.29	0.14					
$B_2$	0.31			0.47	0.28	0.16	0.09		
$B_3$	0.20							0.75	0.25
目标权重	0.279	0.142	0.068	0.146	0.087	0.049	0.028	0.150	0.05
排序	1	4	6	3	5	8	9	2	7

静电涂油机产品设计方案优化是一个复杂的决策问题, 常可拟出多个可行设计方案而各有优缺点, 从中选择最优方案就成为作者所要解决的问题。

某校生产的 WGY- 型涂油机技术性能与工艺参数如下:

(1) 机组速度: 30 ~ 200 m/m<sup>2</sup>

(2) 涂油宽度: 1 000 mm

(3) 涂油量: 单面涂油量 0.5 ~ 2.5 g/m<sup>2</sup>, 可单面或双面涂油, 涂油量连续可调; 当机组速度改变时仍然保证涂油量恒定;

(4) 涂油质量: 目测钢板表面, 不能有明显的油膜不均匀以及丝状油膜。机组启动后, 钢带涂油不均匀范围不超过 500 mm

(5) 工作方式: 三班连续工作制; 涂油刀梁便于更换, 更换时间不超过 15 min

经过考察调查论证, 现提出 3 个比较好的改造设计方案:

(1) 方案 A 涂油效果达到单面涂油量 1.0 g/m<sup>2</sup>, 故障率指标 MIBF 达到 40 000 h 使用寿命达到 8 年; 每台价格降至 60 万元。

(2) 方案 B 故障率指标 MIBF ≥ 50 000 h 使用寿命达到 8 年; 故障检出率达到 99.7%; 维修性指标 MTTR 达到 2 h

(3) 方案 C 涂油效果达到单面涂油量 1.0 g/m<sup>2</sup>; 故障检出率达到 99.8%; 预防性维修指标 PM 达到每年 2 次; 减少涂油机生产中的耗材成本。

静电涂油机设计方案, 要求达到用户满意的性能指标是:

油液雾化效果  $C_{11}$ 、故障率  $C_{12}$ 、使用寿命  $C_{13}$ 。

要求达到的技术指标是:

$BII(C_{21})$ 、 $MTTR(C_{22})$ 、 $PM(C_{23})$ 、 $MDT(C_{24})$ 。

要求达到的经济指标是:

耗材 ( $C_{31}$ )、成本 ( $C_{32}$ )。

基于实现以上各项指标的设计方案有 A B C 三种, 邀请 10 位专家利用德菲尔法对上述不同设计方法进行评分, 评分时要求对作者提出的结构模型中的 9 项指标分别打分, 并规定每项指标采用 10 分制。评价的结果见表 6 表中各项指标的得分为 10 位专家对该项指标评价的累计得分。通过计算可以得出设计方案 A B C 的综合得分, 从表 6 可以看出设计方案 A 综合得分为 83.1, 方案 B 综合得分为 82.6 方案 C 综合得分为 81.9 因此可以认为, 采用方案 A 效果较好。

表 6 方案评价结果

方案	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$C_{24}$	$C_{31}$	$C_{32}$	综合得分
A	0.279	0.142	0.068	0.146	0.087	0.049	0.028	0.150	0.05	83.1
B	88	84.5	80	78	78.2	77	86	82	87	82.6
C	82	85	80	83	82	80	84	83.2	83	81.9

根据层次总排序的结果 (表 6), 涂油机改造设

计方案的优先顺序为方案 A 方案 B 方案 C 说明方案 A 是当前条件下最优的改造设计方案。层次分析法是解决类似问题的一种实用方法。对于涂油机设计中的其他定性指标,在一定条件下可将其再分成多层次进行判断,以加强方案选择因素的全面性。

### 2.3 可靠性分析

在确定产品设计方案、完成初步设计后,应对产品进行可靠性分析。它能促使企业考虑产品中潜在的故障,并通过设计需求控制、工艺控制和产品质量检验来控制它。常用的可靠性分析方法有两种:故障模式效应分析(FMEA)和故障树分析(FTA)。FMEA是从可靠性角度对已完成的设计进行详细评价,对潜在的故障按其影响程度确定等级,并根据需要提出改进设计的意见,完善设计工作。它的特征为:用表格的形式表示,从低层次开始,逐步向高层次分析。FTA则是追寻不希望发生事件起因的逻辑分析方法。它从不希望的故障(不安全事件)向原因分析,把系统分解为树形图,从而对多重故障进行逻辑的、定量的评价。

FMEA分析产品中每一个潜在的故障模式,确定其对产品所产生的故障影响,根据故障分析,进一步针对故障原因和失效机理采取预防和纠正措施,从而提高产品的可信性。FMEA的主要作用为:检查系统设计的正确性;确定故障模式的原因;对系统的可信性、安全性予以评价,并标识出其薄弱环节;为系统的维修性分析、保障性分析及检测性分析提供信息;为确定纠正措施的优先顺序提供依据。FMEA包括故障模式分析、故障原因分析、故障后果分析、严酷度、故障发生频度预测、检测难度分析及补偿措施分析等,最终根据综合分析的结果,找出系统中的缺陷和薄弱环节,并制定和实施各种改进与控制措施,以提高产品的可靠性。

如果某一故障模式出现就会使产品出现故障,则这种故障模式称为单点故障,FMEA应附单点故障表。对单点故障的措施是设计评审的重要内容。如针对涂油机“涂油不均”这一故障模式,典型的FMEA报告的表格如表7所示。

表 7 针对“涂油不均”的 FMEA表

产品名称	故障模式	故障原因	故障后果	危害性分析		
				危害度数	频数	不易检测
整机	涂油不均	1. 涂油刀梁阻塞	影响涂油效果	6	3	1
		2. 导板磨损弄脏		3	6	2

经分析,第一种原因的危害度数为18,第二种原因的危害度数为36,第二种原因导板的磨损弄脏更应引起设计人员的警觉,应采取必要的措施加以解决。

断,改进使用维修方案。FTA也是事故调查的一种有效手段。FTA在产品的设计过程中,对可能造成系统故障的各种因素进行分析,画出逻辑框图,从而确定系统故障原因的各种可能组合方式或其发生概率,以便计算系统故障概率,并采取相应的纠正措施,提高系统可靠性。

在实际工作中,以此方法分析实际发生的问题,收效很大。例如:对新产品的关键件、重要件进行确定,对易产生故障的件进行确定,将这些件的故障作为分析的目标(顶事件),分析系统中的各个层次、各种因素的影响,进而有针对性地提出改进措施。

问题:涂油不均匀。利用FTA法分析的故障树如图3所示。

由以上故障树可知,所有的底事件都为其最小割集,为薄弱环节,在设计中采取如下措施:

- (1) 对于涂油刀梁,保证合适的刀口斜角、刀尖厚度、刀口缝隙参数,刀梁内腔油路采用多重分布式;
- (2) 提高运输辊道的刚度和联接的牢固性、可靠性、维护性、绝缘性;
- (3) 防锈油须满足特殊的性能指标范围。

通过以上措施,可明显改善涂油效果。

对以上原因可以采取的补偿措施如下:

- (1) 加强涂油刀梁的结构设计,如合理选取刀口斜角、刀尖厚度及刀口缝隙参数,合理布置刀梁内腔油路分布。
- (2) 更改导板的材料,提高耐磨性和绝缘性。
- (3) 改善油液特性。

故障树(Fault Tree)是一种特殊的树状逻辑因果关系图。它用一系列符号描述各事件之间的因果关系。在产品的设计过程中,通过对造成产品故障的各种可能因素(包括硬件、软件、环境、人为因素……)的分析,画出故障树,从而确定造成产品故障原因的各种可能组合方式,在有条件掌握故障原因发生概率的情况下,计算产品故障率,据此采取相应的纠正措施,以提高产品的可靠性。

FTA是系统安全性和可靠性分析的一种工具。在产品的设计阶段,FTA可帮助判明潜在的系统故障模式和灾难性危害因素,发现可靠性和安全性薄弱的环节,以便改进设计。在生产使用阶段可帮助故障诊

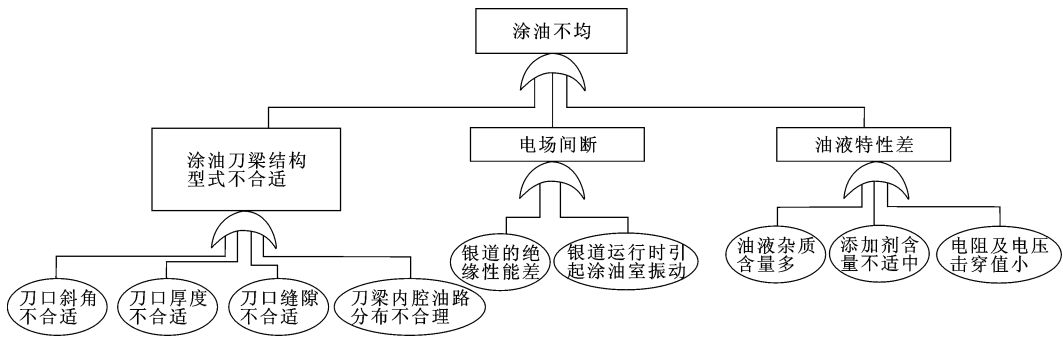


图 3 故障树

FMEA及 FTA方法是行之有效的分析方法, 其不仅适用于产品的设计分析, 亦适合工艺设计分析、设备能力分析等, 可广泛用于各技术职能部门。设计分析应与产品的设计工作同步进行, 这有助于及时发现设计中的薄弱环节, 为改进措施先后顺序的安排提供依据。设计分析应由主管设计人员进行, 因为设计人员对自己设计的产品最了解, 亦最有责任。设计人员应对分析结果进行跟踪与分析, 以验证其正确性和改进措施的有效性, 然后修正、完善设计分析, 不断积累并归档为后继人员提供宝贵的工程财富。

2.4 零件的配置矩阵

在完成方案选择和可靠性分析后, 就可开始完成零件配置矩阵的工作。零件配置矩阵的几个基本组成部分为:

(1) 技术需求, 它们是从产品规划矩阵中选择的、转移到零件配置矩阵的技术需求及其目标值, 是矩阵的“什么”。

(2) 关键零件特征, 一般根据待配置的技术需求和其经验来决定零件配置矩阵的关键零件特征, 它

们是矩阵的“如何”。

(3) 技术需求与关键零件特征的关系矩阵, 用一组符号来表示技术需求与关键零件特征的关系强弱程度。

(4) 关键零件特征的技术规范, 零件配置矩阵如图 4 所示。为简单起见, 作者从产品规划矩阵中选择了 4 个技术需求——油液雾化效果、故障率、使用寿命、价格作为零件配置矩阵的“什么”。

对于图 4 所示的零件配置矩阵, 对于涂油机而言, 选择涂油刀梁、涂油柜、防锈油、导板移动机构、二次雾化装置作为需要配置到工艺规划阶段的关键零件特征。图中选用特定符号, 表示诸用户的要求质量与产品质量要素之间关系强弱的程度。如◎表示强关系, ○表示中等关系, △表示弱关系, 空白表示无关系。QFD方法通过加权评分把质量要素的重要度予以量化, 其方法为对关系符号给分。例如: ◎量化为 9 分, ○量化为 3 分, △量化为 1 分, 空白不给分 (量化为 0)。

关键零部件特征			涂油刀梁				涂油柜		防锈油				导板移动机构	二次雾化装置
产品质量要求	目标值	重要度	刀口斜角	刀尖厚度	刀口缝隙	刀梁内腔油路	外形尺寸	绝缘性	电导率	运动黏度	表面张力	击穿电压	移动速度	铁丝与刀尖距
油液雾化效果	≤2.5 g/m <sup>2</sup>	20.3	◎	◎	◎	○	△	○	○	○	○	○		◎
故障率	≥2 500 h	20.6			○	△		○	△	△				○
使用寿命	≥3 年	10.5			○	△		○	△	△				○
价格	≤100 万元	6.6	○	○	○	○	○	△					○	△
零件特征目标值	25°			与静电电压呈函数关系, 保证无现象	0.1~0.2 mm	多重分布式	700 mm×2 000 mm 小于 2 600 mm×	良好	0.2~0.4 μs/cm	10~20 mm <sup>2</sup> /s	28~30 dyn/cm	≥30 kV/2.5 m	快速移出更换刀梁的时间 Δ10min	与静电电压呈函数关系, 考虑涂油室
绝对权重			202.5	202.5	295.8	111.8	40.1	160.8	92	92	60.9	60.9	19.8	282.6
相对权重			12.5	12.5	18.2	6.9	2.5	9.9	5.7	5.7	3.8	3.8	1.2	17.3

图 4 零件配置矩阵

(下转第 129 页)

层流变化为紊流。图 5 的速度分布可以清楚的看到阀内紊流状态, 紊流流动不规则性导致阀内压力的分布不均匀, 图 6 图 7 所示二维、三维截止阀的压力分布云彩图看出, 红色区域处的压力的峰值, 分别达到了 512 505 Pa 512 660 Pa

2.3.2 条计算出了管道中液压冲击最大值为 2.419 MPa, 该冲击发生在截止阀处, 加上截止阀正常流动时的紊流产生的压力值 (图 6、7) 实际截止阀内的

表 4 管径压缩后截止阀参数

公称压力 /MPa	公称通径 /mm	试验压力 /MPa		尺寸 /mm							质量 /kg
		壳体	密封	L	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>s</sub>	b-f	H	
4.0	DN32	6.0	4.4	180	135	100	78	66	18-2	302	11.8

#### 4 结论

(1) 传统设计计算得出系统参数后, 采用现代设计方法, 大型有限元分析软件 ANSYS 的计算流体力学 (CFD) 分析模块, 对系统的危险区域进行模拟, 精确得出稀油站危险区域流体的速度流迹和压力分布, 为液压元件的设计制造提供了依据。同时该方法可作为其他液压系统的设计依据, 提高了液压系统的设计精度和优化液压系统。

(2) 系统管径压缩至 DN32 后, 油泵仍为额定流量 125 L/min 额定压力 1.0 MPa 的双螺杆泵。因此系统流量维持不变; 管径压缩后可以通过调节安全阀确定润滑点的使用压力。因此, 优化后的系统能保证对 C5101 A/B 往复式压缩主机的供油压力和流量。

(3) 管径优化前后系统不发生流态改变, N50 机械油在系统主管道上层流, 流向改变和阀门处是紊流。主管道上的层流状态使系统保持稳定, 阀门紊流状态发生处的压力峰值和系统液压冲击产生的压力峰值, 通过提高截止阀公称压力的方法能克服压力大的问题, 该优化过程是可行的。

(4) 管径优化的意义: 系统管径从的 DN40 降到了 DN32 稀油站体积缩小, 结构紧凑, 生产制造成本大大降低。按照该方法设计制造出 XYZ-125 稀油站整体质量降低了 30%, 生产成本降低了 25%, 在现场工作状态良好。

#### 参考文献:

【1】成大先. 机械设计手册单行本润滑与密封 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004  
 【2】张利平. 液压气动系统设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997  
 【3】龚曙光. ANSYS 基础应用及范例解析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003  
 【4】刘仕平. 液压与气压传动 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003  
 【5】詹友刚. Pro/ENGINEER 中文野火版教程 [M]. 二版. 北京: 清华大学出版社, 2008

压力峰值为液压冲击与紊流产生压力的和, 即:

$$p_{\text{峰值}} = p_{\text{液压冲击}} + p_{\text{紊流}}$$

式中:  $p_{\text{液压冲击}} = 3.047 \text{ MPa}$

$$p_{\text{紊流}} = 512 660 \text{ Pa} \approx 0.513 \text{ MPa}$$

所以,  $p_{\text{峰值}} = 3.047 + 0.513 = 3.560 \text{ MPa}$  截止阀

的最高压力可达到 3.560 MPa, 管径缩小后的截止阀公称通径 DN32, 通过提高公称压力的方法可以解决管道中压力问题, 选择截止阀的参数见表 4。

【6】Skousen P L. Valve Handbook [M]. Second Edition. The China Petrochemical Press, 2005

【7】莫解华. 机械设计基础 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2006

(上接第 137 页)

在 QFD 瀑布分解过程“下游”的工艺规划阶段中工艺规划矩阵的开发步骤同零件配置矩阵基本类似, 而质量控制规划 (又称制造规划) 阶段中的 QFD 矩阵各个企业差别很大, 几乎没有形成一个比较规范的格式, 在此不再详述。

#### 3 结束语

作者研究的内容是将 QFD 技术引入到静电涂油机的概念设计中。该模型在抓住 QFD 的实质“以市场为导向, 以顾客需求为依据”的基础上, 简化了 QFD 过程, 为我国企业运用 QFD 技术提供了有效的方法。在方案优化选择中, 将层次分析法与 QFD 相结合, 提出了相应的功能分解模型, 以顾客满意程度为总体目标, 建立了递阶层次结构, 改善了分解的精确性和判断的一致性。在确定产品设计方案后, 运用 FMEA 和 FTA 方法对产品进行了初步的可靠性分析, 在设计阶段考虑到产品中潜在的故障。作者还初步尝试了把 QFD 技术深入到静电涂油机的零件配置阶段, 根据产品规划阶段的关键技术措施对涂油机的涂油刀梁、二次雾化装置等关键零部件进行了初步的功能配置, 为涂油机以后的详细设计奠定了基础。

#### 参考文献:

【1】王哲, 王家青, 肖涵, 等. QFD 技术在静电涂油机设计中的应用 [J]. 机床与液压, 2005(3): 40-42  
 【2】王哲. 基于层次分析法的静电涂油机产品设计方案 [J]. 湖北工业大学学报, 2005 20(3): 37-39  
 【3】尹强. 基于 QFD 的产品概念设计方法及其在静电涂油机设计开发中的应用 [D]. 武汉: 武汉科技大学, 2004  
 【4】陈庭贵. QFD 技术中质量评判体系及其在冶金设备中的应用 [D]. 武汉: 武汉科技大学, 2004