

汽车发动机性能的模糊综合评价方法

毛彩云, 吴慕春, 陆华忠

(华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642)

摘要:基于模糊综合评价方法,建立了以发动机的经济性、动力性、环境友好性等性能为主要对象的发动机性能评价指标体系,并建立了模糊综合评价模型.以 Visual Foxpro 为开发平台,设计了交互性能良好的计算机辅助评价系统.实例分析验证,评价模型和评价系统方便、可靠、实用,为汽车运用技术人员科学客观地评价发动机性能提供了基础.

关键词:发动机性能;综合评价;模糊集;计算机辅助评价系统

中图分类号:U270.14

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2010)03-0109-04

Fuzzy Synthesis Evaluation Methods on the Performance of Automobile Engine

MAO Cai-yun, WU Mu-chun, LU Hua-zhong

(College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract:Based on the fuzzy synthesis evaluation methods, A set of evaluation indices was constituted, which were mainly concerned with the engine fuel economics, dynamics and environmental friendliness. Fuzzy evaluation models of the engine performances were established. A computer aided evaluation system was designed in Visual Foxpro. The evaluation model and system are convenient, reliable and practical, providing a basis for the automobile engineers to evaluate the engine performances.

Key words:engine performance; synthesis evaluation; fuzzy set; computer aided evaluation system

发动机的技术状况是发动机性能的综合体现,是发动机品质的总和.每台发动机在使用中的寿命消耗历程就是整体性能的变化过程,这种变化必然会通过发动机的性能参数反映出来,有丰富实践经验的技术人员综合这些参数的变化情况可以判断其性能的优劣.但是实际使用人员的经验是参差不齐的,这就使发动机性能综合评价增加了随意性和盲目性.

发动机作为汽车和工程机械的动力,综合评价其整机性能时,要考虑多方面因素,如基本参数、动力性能指标、经济性能指标、排放性能指标等.由于评价目标较多,而评价目标一般不能同时最优,往往相互矛盾,需对其整机性能进行综合评价.同时,发

动机技术状况的评价又具有模糊性.

模糊数学自1965年创立以来,由于对传统精确数学进行了延伸和发展,可以对某些客观事物中存在的亦此亦彼的模糊现象进行分析,显示了其广泛的应用前景^[1].近年来,在汽车及发动机性能评价及诊断领域,模糊诊断与评价得到了广泛的应有,目前的研究主要集中于模糊模型的建立^[2]、发动机故障的诊断^[3-4]和发动机性能的评价^[5-7]等方面.

本文以发动机的经济性、动力性、排放性、振动、噪声等性能为研究对象,基于模糊综合评价方法,建立了发动机性能综合评价模型,并开发了发动机性能综合评价系统.为车辆使用人员、技术服务人员等科学地判断发动机的技术状况提供基础.

1 发动机性能综合评价模型的建立

1.1 评价指标集

综合评价一台发动机性能的好坏,通常是对其动力性、经济性、排放性等方面进行评价. 本文建立了以发动机功率,最大扭矩,加速时间,有效燃油消耗率,HC、NO_x、CO 排放以及噪声等为评价指标的发动机性能综合评价指标集(图1).

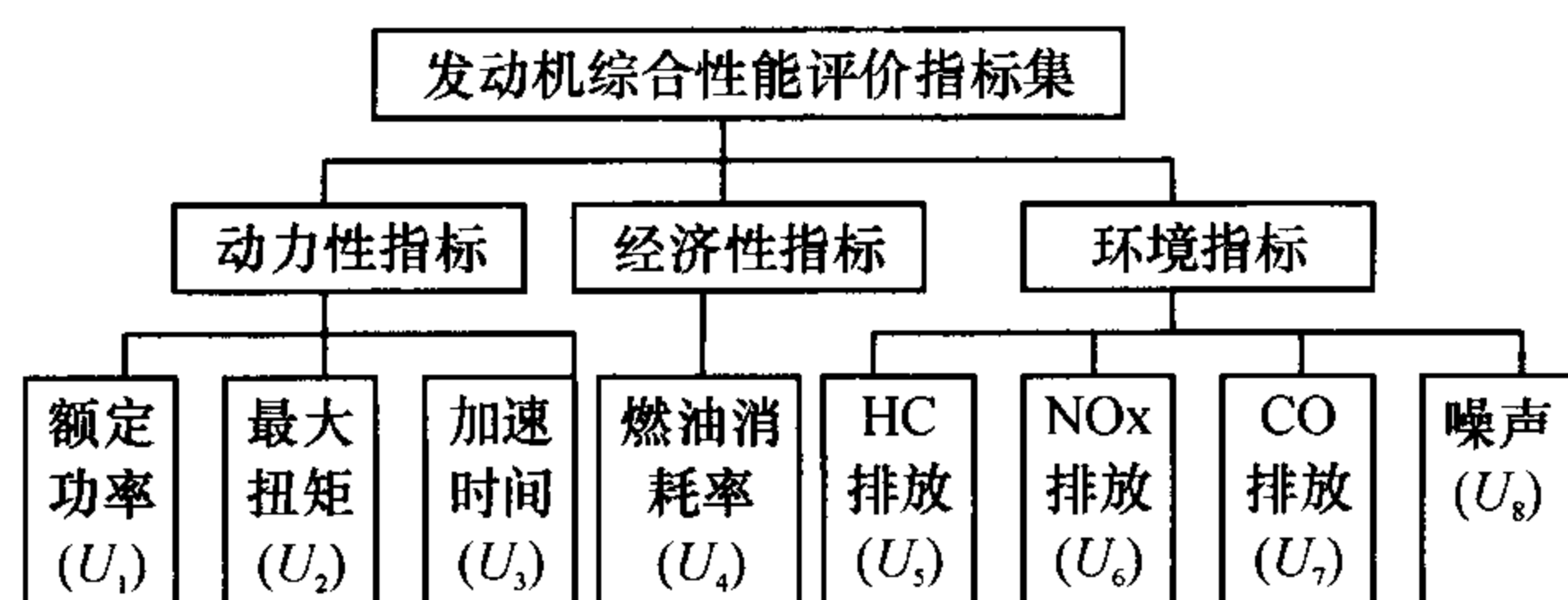


图1 发动机综合性能评价指标集

Fig. 1 The evaluation index set of engine performance

发动机性能综合评判因素集即指标空间记为 U , $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$. 这里 $m = 8$, $U_1, U_2, \dots, U_8$ 分别为额定功率、最大扭矩、加速时间、有效燃油消耗率、HC 排放、NO_x 排放、CO 排放和噪声.

若 Y_i 表示 U_i 的标准参数值, 则发动机的各个指标的标准参数定义为一个标准参数集, 表示为:

$$Y_i = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}. \quad (1)$$

若 X_i 表示 U_i 的测量值, 则将发动机的各个指标的检测参数定义为一个评价指标参数集, 表示为:

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}, \quad (2)$$

式中: X 为检测指标参数的集合, $X_1 \sim X_m$ 为检测参数, m 为检测参数的数目, 这里 $m = 8$.

1.2 各指标权重的确定

基于模糊集理论,应用模糊变换原理,采用成对比较法及层次分析法(AHP法),在专家及检测人员自身打分的基础上,建立数学模型,确定各影响因素的权重.

引入对比函数 $f(x, y)$ 表示对总体而言 x 比 y 的重要程度,若 $f(x, y) > 1$,说明 x 比 y 重要; $f(x, y) < 1$,说明 y 比 x 重要. 具体赋值如表 1.

对于指标空间 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$. 若 2 个指标两两相比较, 对总体目标而言的重要性确定下来, 就可以对每 2 个指标相比较时进行赋值, 各个指标相比较的数值就可以得到指标权重的判断矩阵 A .

表 1 因素对比赋值表

Tab. 1 Factor comparison assignment sheet

因素 x, y 相比较	$f(x, y)$	$f(y, x)$
x 与 y 同等重要	1	1
x 比 y 稍微重要	3	1/3
x 比 y 明显重要	5	1/5
x 比 y 十分重要	7	1/7
x 比 y 极其重要	9	1/9
x 与 y 处于上述两相邻判断之间	2, 4, 6, 8	1/2, 1/4, 1/6, 1/8

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mm} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

式中, $a_{ji} = 1/a_{ij}$, 取值如表 1. 根据判断矩阵 A , 采用和法计算权向量, $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$,

$$w_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^m a_{kj}}, \quad (4)$$

式中: $m=8, i=1, 2, \cdots, 8$.

1.3 评价等级、模糊关系矩阵的建立

采用 $V = \{\text{优秀, 良好, 中等, 低劣}\}$ 来表示发动机性能评价的 4 个等级. 对各个性能等级给出相应等级系数. 定义等级系数集 $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$.

为表示检测参数对各性能等级的隶属程度,引入左半梯形分布隶属函数.

$$f(x; a, b) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x - a}{b - a} & a \leq x \leq b, \\ 1 & b < x \end{cases} \quad (5)$$

式中, a 、 b 为相邻的 2 个等级.

采用图解法求出各个指标的隶属度 r (图 2).

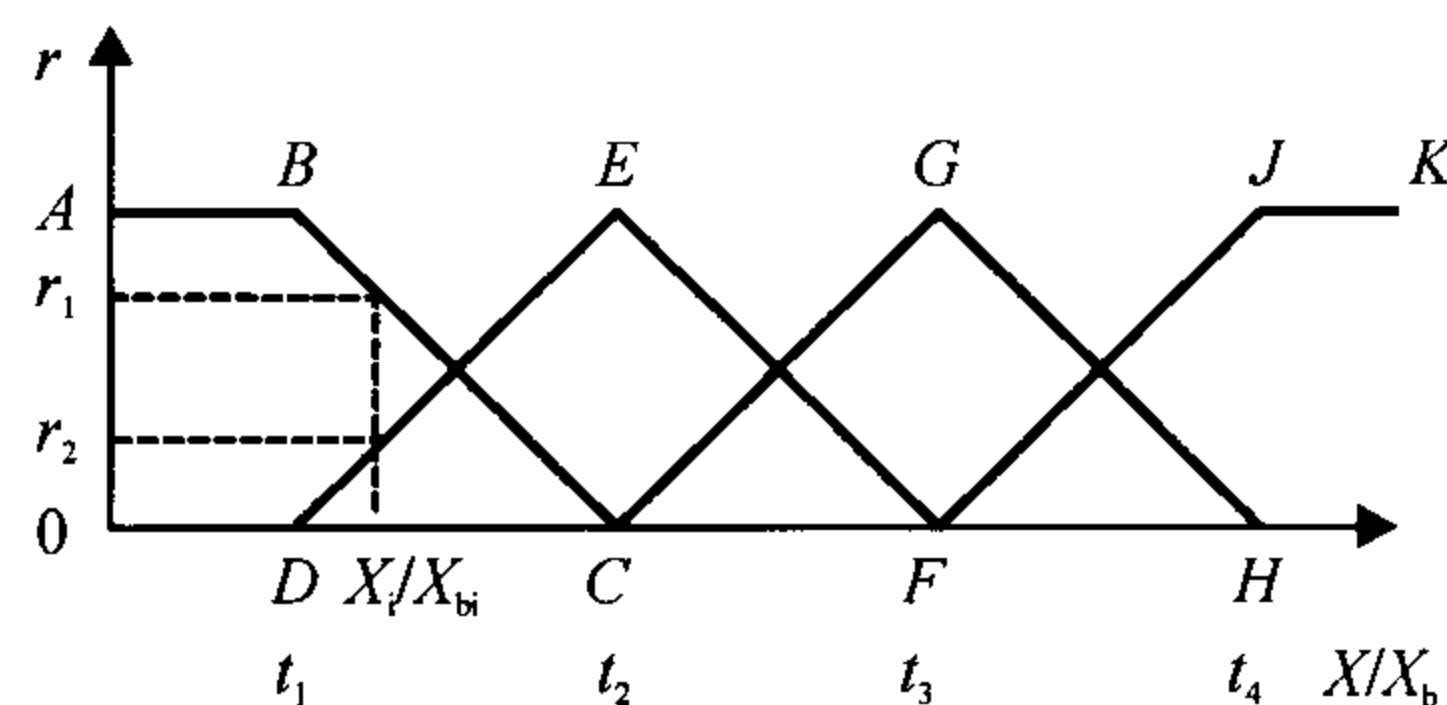


图 2 左半梯形分布图

Fig. 2 The distribution graph about the left side of trapezoid

当 X/X_b 的值落在横轴的某一位置时,由折线 ABC 得到的 r 为 r_1 ,由折线 DEF 得到的 r 为 r_2 ,由折线 CGH 得到的 r 为 r_3 ,由折线 FJK 得到的 r 为 r_4 . 对每个指标运用图解法,都可以得到 4 个评价等级的 4

个隶属度. 8 个指标分别得到的 4 个隶属度, 转化为二维数组就可以得到矩阵 R .

$$R = (r_{ij})_{m \times p} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mp} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

式中: $p=4$.

1.4 综合评判

根据以上建立的 $\langle U, V, R \rangle$ 评判空间, 再根据模糊矩阵合成运算, 得出综合评判结果向量 Y , 由 $Y = \{y_1, y_2, \cdots, y_p\}$ 中各分量值的大小即可综合判定发动机性能的优劣. 本文采用加权平均型计算综合评判结果, 即

$$Y = \{y_1, y_2, \cdots, y_p\} = WR = \left\{ \sum_{i=1}^m w_i r_{i1}, \sum_{i=1}^m w_i r_{i2}, \cdots, \sum_{i=1}^m w_i r_{ip} \right\}. \quad (7)$$

由 $Y = \{y_1, y_2, \cdots, y_p\}$ 中各元素值的大小来综合评价发动机性能的优劣.

2 系统设计

采用 Visual Foxpro 开发平台, 设计开发了发动机综合性能评价系统, 系统结构如图 3 所示. 本系统建立特定型号发动机的标准性能参数数据库, 当把

对某型号发动机测出的参数输入数据库中, 与数据库中的标准参数进行比较, 经过 $\langle U, V, R \rangle$ 数学模型的计算, 得出一组综合评判结果向量 Y , 根据各分量大小就可以对其性能进行综合判定. 因此, 实践应用中, 一般只要把对某一型号的发动机先进行检测, 得到检测出来的发动机性能参数数据, 输入到评价系统中, 就能得出发动机性能综合评价结论.

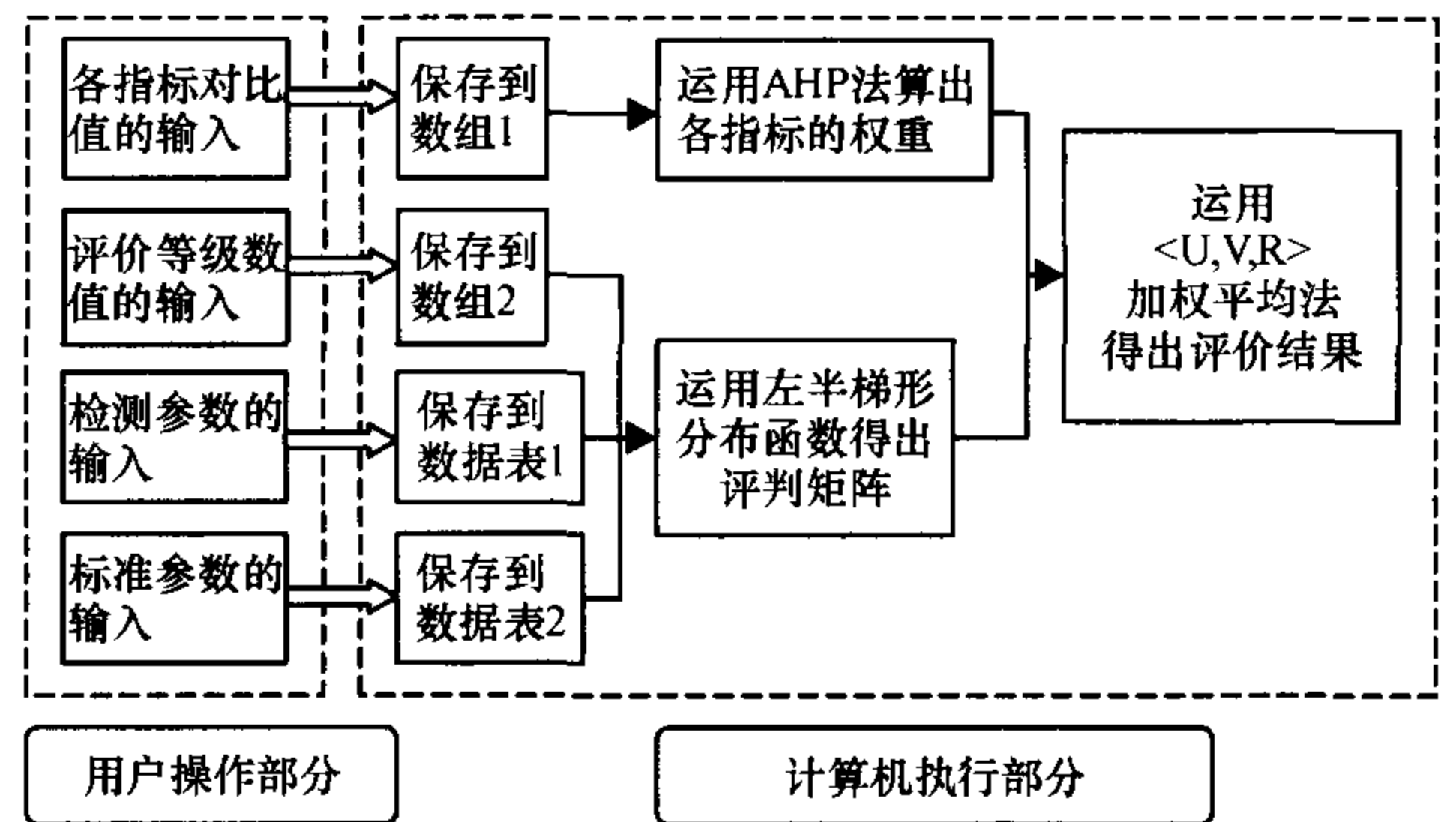


图 3 系统结构设计图
Fig. 3 The sketch of system structure

3 应用实例

以北京吉普汽车有限公司生产的 C498QA 直列四缸多点电喷汽油机为例, 应用本文的模糊评价模型对发动机进行了综合评价. 发动机各指标的标准参数和检测参数如表 2 所示.

表 2 C498QA 主要指标参数
Tab. 2 The main parameter index of C498QA

指标	行程 /mm	缸径 /mm	压缩比	比质量	额定功率 ¹⁾ / kW	最大扭矩 ²⁾ / (N · m ⁻¹)	加速 时间/s	平均有效 压力/MPa
标准参数	81	98.4	8.6	1.84	83	180	6.0	0.91
检测参数	81.1	98.5	8.61	1.90	75	150	7.6	0.85

1) 转速为 5 000 r · min⁻¹; 2) 转速为 3 200 r · min⁻¹.
加速时间是转速从 1 000 r/min 提高到 4 000 r/min 的时间. 环境指标满足 GB18352. 2—2001 和欧

Ⅲ标准, 现以欧Ⅲ标准为各指标的标准参数值, 噪声标准值为 60 dB. 如表 3 所示.

表 3 C498QA 其他指标参数
Tab. 3 The other parameters of C498QA

指标	升功率/ (kW · L ⁻¹)	最低有效燃料消耗率 /(g · kW ⁻¹ · h ⁻¹)	HC/ (g · kW ⁻¹)	NOx/ (g · kW ⁻¹)	CO/ (g · kW ⁻¹)	噪声/dB
标准参数	33.2	285	0.2	0.15	2.3	60
检测参数	32.8	300	0.25	0.21	2.4	68

将以上参数输入评价系统交互界面, 如图 4 所示. 点击“评价按钮”, 如发动机单项指标超标, 系统会弹出警告窗口, 如图 5 所示, 点击“确定”即可得出综合评价结果, 如图 6 所示. 若用户需要打印评价的

结果, 可以单一击“打印”按钮. 就可以打印出此型号发动机的标准性能参数和检测参数以及各指标的达标情况.

C4980A	75.00	300.00
	150.00	
81.10	7.60	
98.50	0.85	0.25
8.61		0.21
1.90	32.80	2.40
2.50		68.00

评价 返回

图4 检测参数录入窗口

Fig. 4 The data input interface of inspection parameters

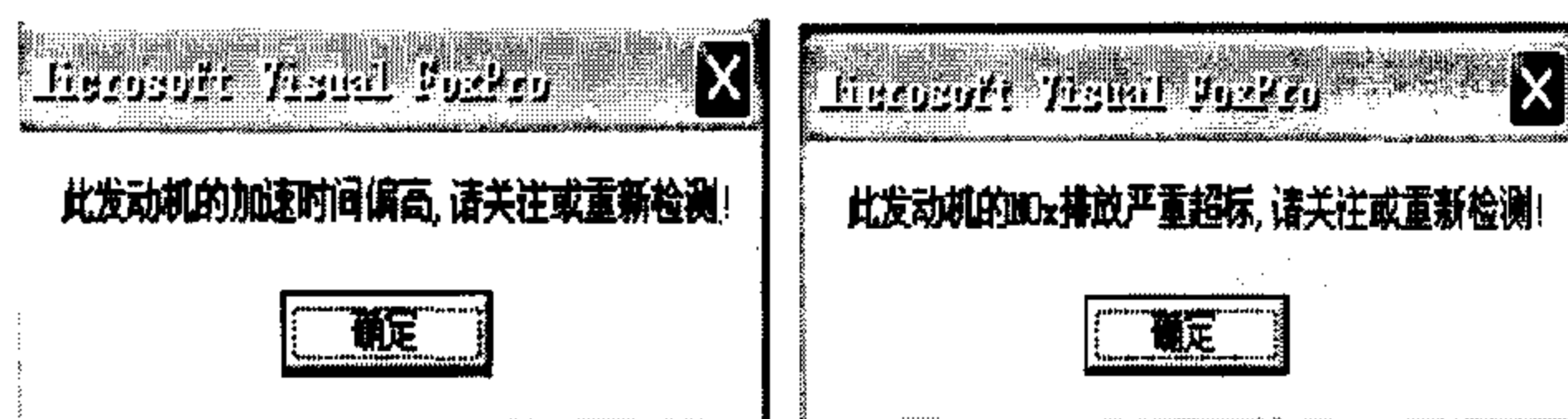


图5 系统警告窗口

Fig. 5 The warning interface

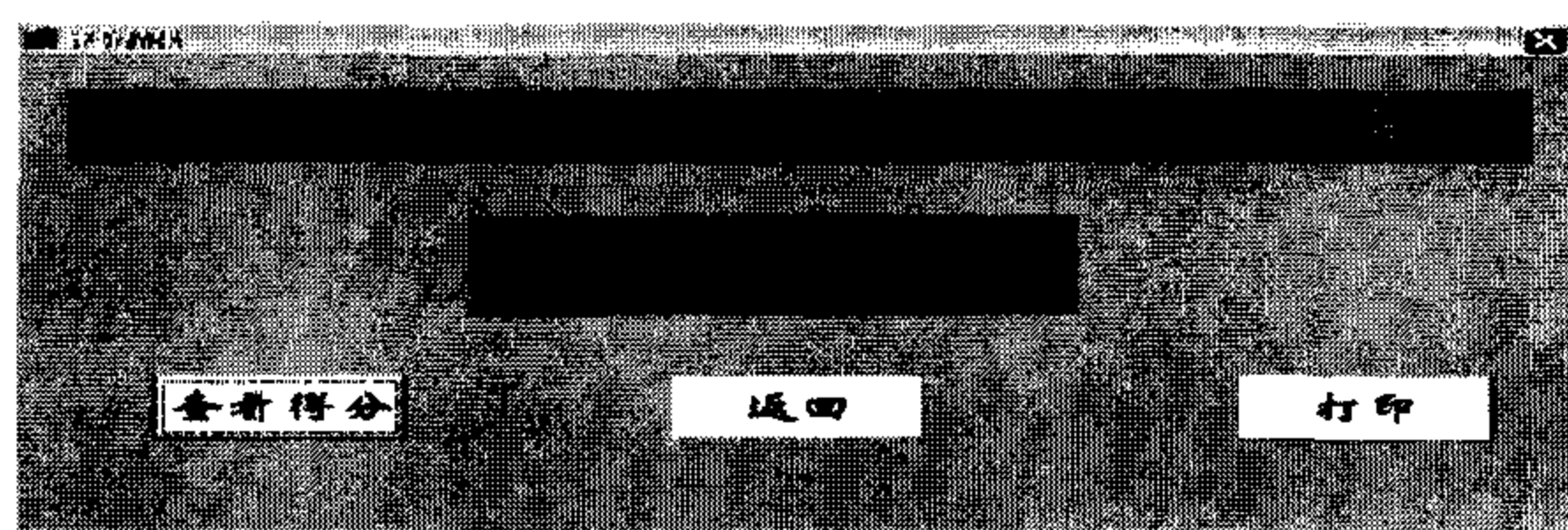


图6 评价结果窗口

Fig. 6 Evaluation result interface

4 结论

通过对发动机性能影响因素的分析,对比各指标对发动机性能的影响程度,确定了发动机额定功率、最大扭矩、加速时间、有效燃油消耗率、HC 排放、NO_x 排放、CO 排放及噪声作为综合评价发动机性能的指标集。

采用模糊数学综合评判和决策的方法,实现发动机性能的综合评价。采用模糊数学 $\langle U, V, R \rangle$ 模

型,对指标集权重的分配采用层次分析法(AHP法),评判运算时采用加权平均法,从而得出性能综合评价结论。

基于普通软件 Visual Foxpro 设计平台,开发设计了发动机性能辅助诊断系统,实例分析表明,系统使用方便快捷。

参考文献:

- [1] 彭祖赠,孙韞玉. 模糊数学及其应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2000:122-149.
- [2] 毕小平,张更云,韩树,等. 一种诊断车辆发动机技术状况的模糊模型[J]. 内燃机学报,2000,18(4):12-15.
- [3] 朱金光. 汽车故障诊断的模糊综合评判方法[J]. 工程技术. 2007(5):83-84.
- [4] 周立其. 汽油发动机故障模糊诊断数据库专家系统的研究[D]. 杭州:浙江农业大学工程学院,1998.
- [5] 柴保明,吴炳胜,王祖讷. 发动机整机性能的综合评价[J]. 内燃机学报,2002(1):67-68.
- [6] 陆明,王耀华,史长根. 内燃机综合性能指标的一种加权评价法[J]. 解放军理工大学学报:自然科学版,2000,1(4):19-24.
- [7] 杨靖,李克. 内燃机使用性能评价新方法[J]. 客车技术与研究,2003,25(5):4-6.

【责任编辑 周志红】