

装甲车辆柴油机整机性能的综合评价

张永锋 骆清国

(装甲兵工程学院机械工程系 北京 100072)

摘要：柴油机整机性能评价对现有柴油机选型和新型柴油机论证、设计和评估具有指导意义。为了科学、系统、客观地对装甲车辆柴油机整机性能进行综合评价，在全面考虑它的各个性能评价指标的基础上，根据其具体使用要求提出了13个主要性能指标作为它的综合评价指标。详细介绍了加权综合评价法，通过综合赋权确定出了各指标权重，并采用该方法对不同装甲车辆柴油机的整机性能进行了综合评价。这种评价方法是一种有效的、广泛应用的定量分析方法。从所举实例看，它对评价和比较各种装甲车辆柴油机整机性能的优劣有着直观的可比性，得出的结论正确、可信，且物理意义明确，能够表明装甲车辆柴油机各个性能指标的综合效果。这为柴油机整机性能的定量综合评价提供了一种新的思路。

关键词：装甲车辆 柴油机 性能 加权综合评价

中图分类号：TK463

0 前言

柴油机整机性能评价是典型的多目标、多变量综合评价问题。要科学、系统、客观地对柴油机整机性能进行综合评价，就必须建立一个能够反映柴油机整机性能的多方面、多层次、科学的评价方法。目前，国内学者多采用模糊综合评价方法对柴油机性能进行综合评价，且取得了一定的成果^[1-3]。为了科学、系统、客观地对装甲车辆柴油机整机性能进行综合评价，在深入研究和全面分析它的各个性能评价指标后，综合考虑其各种使用要求，利用加权综合评价法来对装甲车辆柴油机整机性能进行了定量综合评价。它能够对现有装甲车辆柴油机整机性能的优劣提供系统、科学、客观的评价；能够为新型装甲车辆柴油机的论证、设计和评估提供先进的、实用的定量分析和综合评价。

1 装甲车辆柴油机性能评价指标

通过深入研究和全面分析装甲车辆柴油机各个性能评价指标^[4]，根据它的具体使用要求，提出了以下13个主要性能指标作为装甲车辆柴油机的综合评价指标。

(1) 平均有效压力：表征柴油机动力性、结构合理性和制造完善性的重要指标。

(2) 活塞平均速度：表征柴油机工作强度的重

要指标。

(3) 单位体积功率：表征柴油机结构紧凑性的指标。

(4) 升功率：从柴油机有效功率出发，对其气缸工作容积的利用率做出总的评价，也是衡量柴油机强化和完善程度的指标。

(5) 燃油消耗率：表征柴油机经济性的指标，对装甲车辆后勤供应有重要影响。

(6) 机油消耗率：表征柴油机经济性的指标。

(7) 适应性系数：表征柴油机适应性好坏的指标。

(8) 平均故障间隔时间：表征柴油机可靠性的指标。

(9) 首次大修时间：表征柴油机耐久性的指标。

(10) 比质量：表征柴油机轻巧程度的指标。

(11) 扭振振幅：对柴油机本身及传动系统各部件的工作稳定性、寿命及装甲车辆的观察、瞄准和射击均有着很大的影响。

(12) 噪声：对装甲车辆的隐蔽性和乘员的作战能力有重要影响。

(13) 排气烟度：对装甲车辆战场上的隐蔽性有重要影响。

2 加权综合评价法

在对某一工程的设计中，通常需要对各种不同的设计方案进行评价，以确定最优方案。当一个设计方案的各项指标都相应地高于另一个设计方案时，方案的优劣非常分明。然而当一个方案与另一个方案相比，众指标之间优劣交错时，这就需要综

合评价。在系统工程中常用价值分析的方法来评价系统的优劣,而加权综合评价法则是一种有效且广泛应用的方法^[5]。加权综合评价法就是通过指标权重评定、指标数据标准化处理和综合评价值的计算与评价,将多项指标综合成一个能从整体上衡量方案相对优劣的单一评价指标,以此来确定出最优方案。下面以德国主战坦克的 TBD834 柴油机,英国挑战者主战坦克的 CV12TCA-1200 柴油机和法国 AMX40 主战坦克的 UDV12X1100 柴油机为例,运用加权综合评价法对其整机性能进行综合评价。

2.1 指标数据标准化

指标数据标准化,就是用一定的方法将原始数据转化成量纲为一、同级、正向可加的标准数据(同级——统一各指标大小悬殊的原始数据的数量级;正向——将各类型的指标数据都转化成越大越好的极大型标准数据)。

(1) 指标分类。不同类型的指标数据转换的公式不同。指标大体上可分为极大型指标(数值越大越好的指标)和极小型指标(数值越小越好的指标)。

(2) 数据转换。设有 m 个方案, j 项指标, d_{ij} 为原始数据, m_j 为标准数据, M_j 和 m_j 分别为第 j 项指标的最大值和最小值,则极大型指标数据转换为

$$m_j = \frac{d_{ij}}{M_j} \quad i=1,2,\dots,m, \quad j \text{ 极大型} \quad (1)$$

极小型指标数据转换为

$$m_j = 1 + \frac{m_j}{M_j} - \frac{d_{ij}}{M_j} \quad i=1,2,\dots,m; \quad j \text{ 极小型} \quad (2)$$

2.2 指标权重的确定

确定指标权重,就是相对量化各评价指标对某一工程总体性能优劣的影响程度。指标越重要,其权重就越大。对权重进行归一化处理,使之介于 0~1 之间。确定权重的方法有主观赋权、客观赋权和综合赋权三种。

(1) 主观赋权。主观赋权是根据人们的主观判断来评定各项指标的权重。评定的方法用“环比比例评分法”。其推算过程分五步(表 1)。

表 1 装甲车辆柴油机各指标权重的确定

序号	评价指标	环比基数 s_0	环比评价价值 s_j	权重评分值 W'_{ij}	权重值 W_{ij}
1	平均有效压力	10		173.61	0.258 9
2	活塞平均速度	10	6	104.16	0.155 3
3	单位体积功率	10	10	104.16	0.155 3
4	升功率	10	5	52.08	0.077 6
5	燃油消耗率	10	8	41.67	0.062 1
6	机油消耗率	10	10	41.67	0.062 1
7	适应性系数	10	8	33.33	0.049 7
8	平均故障间隔时间	10	10	33.33	0.049 7
9	首次大修时间	10	10	33.33	0.049 7
10	比质量	10	5	16.67	0.024 9
11	最大扭矩振幅	10	10	16.67	0.024 9
12	噪声	10	6	10.00	0.014 9
13	排气烟度最大值	10	10	10.00	0.014 9

第一步,排列评价指标。

将方案的各个评价指标根据经验按照权重从上往下排列,即最上面的指标所占权重最大,最下面的指标所占权重最小。

第二步,确定环比基数 S_0 。

为了比较方便,一般取环比基数 S_0 为 10。

第三步,评定环比评分值 S_j 。

将第二个指标与第一个指标进行比较,得出环比评分值 S_j (S_j 是根据经验对第二个指标相对于第一个指标的重要性按照 0~10 进行量化的,即 10 表示同等重要,0 表示微不足道)。然后顺次下一个指标与上一个指标进行比较,得出全部的环比评分值。

第四步,计算权重评分值 W'_{ij} 。

最后一个指标的环比评分值即为它的权重评

分值,其他指标的权重评分值按下式计算

$$W'_{ij} = W'_{i,j+1} \frac{S_0}{S_{j+1}} \quad (3)$$

第五步,进行归一化得到权重 W_{ij} 。

$$W_{ij} = \frac{W'_{ij}}{\sum_{j=1}^n W'_{ij}} \quad j=1,2,\dots,n \quad (4)$$

用“环比比例评分法”评定装甲车辆柴油机各指标的权重如表 1 所示。为使权重评定准确,应注意发挥集体智慧的作用。通过集体的讨论分析,能做到取长补短、集思广益,最终把对问题的认识统一到客观、公正的立场上,准确地定出权重。集体评定有集中评定和分散评定两种形式,分散评定的权重比较客观、准确。一般来说,影响面大且涉及

范围广的指标，宜采用分散评定的形式。

(2) 客观赋权。客观赋权是依据各指标的标准数据直接推断各指标的权重。采用的方法是“熵值法”此法是根据各方案之间指标数据的差异程度来确定权重的方法^[6]。如各方案的某项指标数据相差很大，则其权重相差亦越大。其推算过程分三步。

第一步，将标准数据 m_j 转化为比重值。

$$P_{ij} = \frac{m_j}{\sum_{i=1}^m m_j} \quad i=1,2,\dots,m; \quad j=1,2,\dots,n \quad (5)$$

第二步，计算各指标的熵值

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad j=1,2,\dots,n \quad (6)$$

式中 $k = \frac{1}{\ln m} \quad 0 < e_j < 1$

第三步，推算权重 W_{2j} 。

由上式可知，第 j 项指标的数据差异越小， e_j 则越大；相反，数据差异越大， e_j 越小。另一方面，如果第 j 项指标的数据差异大，表明对方案比较的作用就大，其权重应定的大一些；相反，权重则定的小一些。因此，权重与熵值应该是互补关系，即 $W'_{2j} = 1 - e_j$ ，归一化得到

$$W_{2j} = \frac{W'_{2j}}{\sum_{j=1}^n W'_{2j}} \quad j=1,2,\dots,n \quad (7)$$

其中三种装甲车辆柴油机的性能评价指标值如表 2 所示。

表 2 三种装甲车辆柴油机的性能评价指标值

评价指标	指标类型	TBD834	CV12TCA-1200	UDV12X1100	主观赋权的权重	客观赋权的权重	综合赋权的权重
平均有效压力 p_m /MPa	极大型	1.97	1.79	1.57	0.258 9	0.012 9	0.063 4
活塞平均速度 v_m /(m · s ⁻¹)	极大型	10.73	11.65	10.83	0.155 3	0.002 3	0.006 8
单位体积功率 P_v /(kW · m ⁻³)	极大型	482	452	354	0.155 3	0.025 1	0.073 9
升功率 P_l /(kW · L ⁻¹)	极大型	37.78	34.32	32.8	0.077 6	0.040 6	0.059 8
燃油消耗率 b_e /(g · kW ⁻¹ · h ⁻¹)	极小型	207	226	211	0.062 1	0.002 3	0.002 7
机油消耗率 b_{oil} /(g · kW ⁻¹ · h ⁻¹)	极小型	2	2	3	0.062 1	0.049 1	0.057 8
适应性系数 k	极大型	1.69	1.452	1.364	0.049 7	0.012 5	0.011 8
平均故障间隔时间 T_R /h	极大型	600	300	700	0.049 7	0.165 8	0.156 3
首次大修时间 T_G /h	极大型	4 000	800	2 000	0.049 7	0.524 5	0.494 5
比重量 G_w /(kg · kW ⁻¹)	极小型	1.88	2.277	2.47	0.024 9	0.019 5	0.009 2
最大扭矩振幅 f /(± °)	极小型	0.2	0.234	0.4	0.024 9	0.119 4	0.056 4
噪声 L_j /dB(A)	极小型	112	113	110	0.014 9	0.000 3	0.000 1
排气烟度最大值 B	极小型	3	3	4	0.014 9	0.025 7	0.007 3

(3) 综合赋权。主观赋权与客观赋权各有其优缺点。主观赋权概念清楚，简单易行，但受到主观因素的干扰；客观赋权推算严密，评价客观，但权重随着指标数据的变化而变化，失之稳定。因此，在确定权重时采用了综合赋权(表 2)。它是一种综合主、客观赋权的结果而确定权重的方法。设对第 j 项指标主、客观赋权的权重分别为 W_{1j} 、 W_{2j} ，则综合赋权的权重可按下式计算

$$W_j = \frac{W_{1j}W_{2j}}{\sum_{j=1}^n W_{1j}W_{2j}} \quad j=1,2,\dots,n \quad (8)$$

由此在一定程度上克服了主、客观赋权的不足。

2.3 综合评价值的计算与评价

确定了指标权重，并将指标数据标准化后，就可以计算衡量系统总体性能优劣的综合评价值。适用于总体性能评价的计算方法是线性加权法和。

设第 i 个方案的综合评价值 E_i 是该方案各指标标准数据的线性加权和

$$E_i = \sum_{j=1}^n W_j m_{ij} \quad i=1,2,\dots,m \quad (9)$$

据此，就可以看出各方案的优劣， E_i 最大的即为最优方案。

3 应用实例

通过应用上面的加权综合评价法，基于综合赋权对三种装甲车辆柴油机的整机性能进行了综合评价，通过计算得出的三种装甲车辆柴油机整机性能指标标准数据的线性加权和如表 3 所示。

表 3 三种装甲车辆柴油机整机性能的综合评价值

柴油机	TBD834	CV12TCA - 1200	UDV12X1100
综合评价值	0.977 1	0.491 1	0.658 1

4 结论

从三种装甲车辆柴油机整机性能的综合评价值

可以看出, TBD834 柴油机的整机性能最好, 明显好于 CV12TCA-1200 柴油机和 UDV12X1100 柴油机, UDV12X1100 柴油机的整体性能又好于 CV12TCA-1200 柴油机, 这为评价装甲车辆柴油机整机性能的好坏提供了正确、可信的依据。用加权综合评价指标作为装甲车辆柴油机整机性能的综合评价指标, 其主要优点如下。

(1) 物理意义明确, 表明了装甲车辆柴油机各个性能指标的综合效果。

(2) 评价指标是无因次量, 在数值上不受单位的影响。

(3) 有特定的数值范围(0~1 之间)。

(4) 综合可比性好。

柴油机整机性能的综合评价是一项十分复杂和困难的系统工程, 它涉及柴油机性能的多个方面。要科学、系统、客观地对其整机性能进行综合评价, 必须建立一个能够科学、综合地反映其系统整体性能的评价方法。运用加权综合评价法对柴油机整机性能进行评价, 只是对柴油机整机性能进行系统、科学、客观评价的一种尝试。随着科学理论的发展及人们对柴油机性能认识水平的不断深入和提高, 科学、客观、综合地评价柴油机整体性能的评价体系将日趋完善。

参 考 文 献

- [1] 郝强, 朱梅林. 内燃机性能的模糊评估方法[J]. 内燃机学报, 1995, 13(3): 217-223.
- [2] 熊鹰, 陈国华. 发动机总体方案的模糊综合评价[J]. 华中理工大学学报, 1999, 27(7): 77-79.
- [3] 蔡家明. 内燃机综合性能的模糊评价方法[J]. 上海工程技术大学学报, 2004, 18(3): 260-263.
- [4] 张均享. 高机动性运载车辆动力系统[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2000.
- [5] 张京明, 周金宝, 卫修敬. 汽车动力传动系统加权综合评价指标的探讨[J]. 汽车技术, 1995, 26(5): 11-13.
- [6] 李海军, 毕小平. 基于熵值法的履带车辆动力舱热工况的综合评价[J]. 装甲兵工程学院学报, 2004, 18(4): 59-62.

COMPREHENSIVE EVALUATION OF DIESEL ENGINE PERFORMANCE FOR ARMORED VEHICLES

ZHANG Yongfeng LUO Qingguo

(Department of Mechanical Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072)

Abstract : Comprehensive evaluation of diesel engine performance can provide an effective guidance for the selection of existing diesel engines and the reasoning, design and evaluation of new diesel engines. In order to scientifically, systematically and objectively evaluate diesel engine performance of armored vehicles, thirteen main performance targets are put forward as comprehensive evaluation targets according to its specific operating requirements, based on an all embracing evaluation of the diesel engine performance. The method of weighted comprehensive evaluation is introduced detailedly and the weights of various targets are determined by comprehensive defined weight. The diesel engine performance of different armored vehicles is evaluated comprehensively using this method. This method is an effective, widely applicable and quantificational method. The example cited proves that this method compares intuitively the advantages and disadvantages in the evaluation of the diesel engine performance of different armored vehicles, with the results obtained valid and dependable. It has definite physical meaning and can indicate comprehensive effect of each performance target of different diesel engines. It provides a new method for quantificationally and comprehensively evaluating diesel engine performance.

Key words : Armored vehicles Diesel engine

Performance

Weighted comprehensive evaluation

作者简介: 张永锋, 男, 1978 年出生, 博士研究生。主要研究方向为装甲车辆动力传动系统性能仿真。

E-mail: dongxyz001@126.com