

# 装甲车辆发动机环境影响因素指标分析

张会奇, 陈春良, 毕占东, 刘峻岩

(装甲兵工程学院, 北京 100072)

**摘要:**为综合评估环境因素对装甲车辆发动机技术状态及使用寿命的影响,分析了装甲车辆发动机环境影响因素,构建了环境影响因素指标体系,选取相关性分析方法对指标体系进行优化约简,应用层次分析法对约简后的指标权重进行定量计算,得出空气含尘量因素对发动机的使用影响最大,其次为空气温度、大气压力和负荷变化、维护保养因素影响最小的结论。

**关键词:**装甲车辆发动机; 环境影响因素; 指标优化; 相关性分析; 层次分析法

**DOI:**10.7643/issn.1672-9242.2013.05.026

**中图分类号:** E911      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2013)05-0119-04

## Analysis of Environmental Influence Factor Indexes on Armored Vehicle Engine

ZHANG Hui-qi, CHEN Chun-liang, BI Zhan-dong, LIU Jun-yan

(Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

**Abstract:** The influencing factors of environment on armored vehicle engine technical state and service life were analyzed. The influencing factors index system was established, which was optimized and reduced by using the relativity analysis method chosen. The weight values of the indexes were calculated quantificationally by AHP. It was concluded that the dust quantity has the most significant influence on the engine; the next significant factors are air temperature, air pressure, and loading; the maintenance factor is the least significant.

**Key words:** armored vehicle engine; environmental influence factor; index optimizing; relativity analysis; AHP

装甲车辆作为地面作战的主战装备,其使用环境复杂多变。装甲车辆发动机是装甲车辆的动力源,发动机在使用过程中,其性能、可靠性、寿命以及维护保养规范,受不同环境条件的影响也不同。近年来,国内对该领域的研究较多,但缺乏相对系统、全面的研究与评价。文中在分析装甲车辆发动机环境影响因素的基础上,应用相关性分析方法对初步构建的发动机环境影响因素指标体系进行优化约

简,采用层次分析法(AHP)对装甲车辆发动机环境影响因素指标权重进行定量计算,为发动机技术状态及使用寿命的综合评估研究奠定基础。

## 1 装甲车辆发动机环境影响因素分析

装甲车辆发动机环境影响因素是指影响装甲车辆发动机工况及使用寿命的外界环境因素,主要包

收稿日期: 2013-05-31

作者简介: 张会奇(1981—),男,山东临沂人,讲师,博士生,主要从事装备保障与运用方面的研究。

括气候环境、地理环境和人机环境等3部分。

### 1.1 气候环境因素分析

气候环境对装甲车辆发动机工况及使用寿命的影响因素主要有气温、空气密度、气压、湿度等。

1) 低温对发动机的影响(低温通常特指高寒地区的气温,即全年超过3个月时间的月极端最低气温在 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的地区<sup>[1]</sup>)。起动困难,低温会引起起动阻力矩增大、起动力矩减小和燃烧条件变坏。功率下降,燃料消耗率增加,磨损加剧,故障增多。试验表明,当冷却液温度由 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下降到 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,发动机有效功率减小约4%,燃油消耗增加约50%;发动机在冷却液温度为 $50\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下运转的磨损量为 $90\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下的2~3倍。

2) 高温对发动机的影响。发动机容易过热,发动机功率下降,燃料效率增加。

3) 空气密度对发动机的影响。空气密度随温度升高而减小,随相对湿度增大而减小,空气密度下降,进入发动机气缸内的空气量减少,导致燃料燃烧情况变坏,发动机功率下降,并使燃料消耗率增加。

### 1.2 地理环境因素分析

地理环境对装甲车辆发动机工况及使用寿命的影响因素主要有海拔、空气含尘量以及道路状况等。

1) 海拔对发动机的影响。随海拔的增加,气温、气压和空气密度下降,导致发动机燃料燃烧不完全,功率下降,燃料消耗率增加;同时,由于后燃严重,排气温度增高,易造成发动机过热。

2) 空气含尘量对发动机的影响。空气含尘量高,空气滤、机油滤的保养周期缩短,机件磨损加剧,故障增多。空气滤一般在 $8\sim 10\text{ h}$ 即需要保养清洗,机油滤的保养周期缩短 $1/2$ ,约为 $20\sim 25\text{ h}$ 。

3) 道路状况对发动机的影响。装甲车辆在行驶过程中,不同路面上的行驶阻力和附着力存在较大差异,导致发动机的负荷和功率消耗程度不同。行驶阻力越大,发动机负荷越重,附着力越小,发动机功率消耗也越大。

### 1.3 人机环境因素分析

人机环境对装甲车辆发动机工况及使用寿命的影响因素主要有驾驶水平、负荷变化、维护保养

程度等。

1) 驾驶水平对发动机的影响。装甲车辆发动机工况很大程度上受驾驶员驾驶水平的影响,驾驶员对路面情况处理不准,操作熟练程度差,都会影响发动机的正常工作。

2) 负荷变化对发动机的影响。发动机负荷的变化与驾驶员驾驶水平、道路状况有关,发动机长时间负荷过重,会导致发动机磨损严重,寿命缩短。

3) 发动机维护保养程度对发动机的影响。装甲车辆维护保养制度严格落实,发动机能够及时得到维护保养,有利于发动机性能的充分发挥。

## 2 指标体系的建立及约简

### 2.1 环境影响因素指标体系初步建立

根据装甲车辆发动机环境影响因素分析,初步建立发动机环境影响因素指标体系,如图1所示。

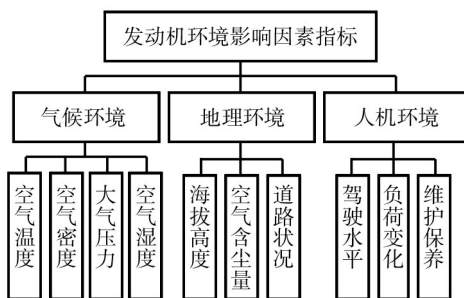


图1 发动机环境影响因素初级指标体系

Fig. 1 Elementary engine environmental influence factor index system

由图1可知,装甲车辆发动机环境影响因素指标体系包括3个一级指标和10个二级指标,指标数量过多容易造成定量评估模型维数高,求解困难等问题。由此,需要对指标体系进行优化和约简,剔除指标体系中冗余的、不重要的指标,形成约简的新指标体系。

### 2.2 指标约简方法选取

指标优化和约简的方法主要有相关性分析法<sup>[2]</sup>、灰色关联度法<sup>[3]</sup>、粗糙集属性约简法<sup>[4]</sup>,以及主成分分析法<sup>[5]</sup>等,各种方法具有不同的特点和适用性,见表1。

表1 指标约简方法比较分析

Table 1 Comparison and analysis of index reduction methods

| 序号 | 方法名称     | 数据依赖程度 | 计算工作量 | 多指标适应性 | 约简指标可信性 | 性质     | 约简指标物理意义 |
|----|----------|--------|-------|--------|---------|--------|----------|
| 1  | 相关性分析法   | 一般     | 较小    | 较强     | 较强      | 定性定量结合 | 有        |
| 2  | 灰色关联度法   | 较强     | 较大    | 较强     | 一般      | 定量     | 有        |
| 3  | 粗糙集属性约简法 | 较强     | 较大    | 较弱     | 一般      | 定性定量结合 | 有        |
| 4  | 主成分分析法   | 较强     | 较大    | 较弱     | 一般      | 定量     | 无        |

通过分析表1可知,灰色关联度法、粗糙集属性约简法、主成分分析法对指标样本数据的依赖性较强,数据计算工作量较大,可采用相关性分析法对样本数据量较少、部分指标之间具有一定关联性的指标体系进行优化和约简。

### 2.3 环境影响因素指标体系约简

装甲车辆发动机各环境影响因素间的相关关系如图2所示。

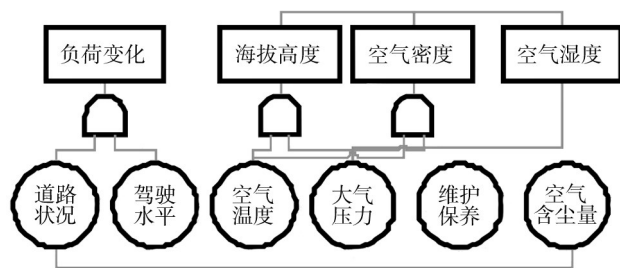


图2 发动机环境影响因素相关性分析

Fig. 2 Relativity analysis of engine environmental influence factors

1) 负荷变化因素可由道路状况和驾驶水平2个因素决定。如在道路状况(主要指地形状况)复杂、驾驶水平较低的情况下,发动机负荷变化剧烈,磨损加重。

2) 海拔高度因素对发动机的影响可由空气温度和大气压力2个因素表示。空气温度和大气压力随海拔高度的升高而下降,导致发动机功率和燃油经济性下降。

3) 空气密度因素可由空气温度、大气压力以及空气湿度等3个因素决定。空气密度随温度升高而减小,随空气湿度的增大而减小,在相对湿度为50%时,空气温度从20℃上升到80℃,空气密度将由 $1.2 \text{ kg/m}^3$ 下降至 $0.9 \text{ kg/m}^3$ 。

4) 空气湿度因素对发动机的影响主要体现在空气密度和大气压力2个方面。

5) 空气含尘量因素与道路状况的路面质量、土壤成分有关,在道路状况因素只考虑地形状况的情况下,可作为独立影响因素。

通过以上相关性分析,装甲车辆发动机环境影响因素中相对独立的主要有道路状况、驾驶水平、空气温度、大气压力、维护保养,以及空气含尘量等6个因素。负荷变化、海拔高度、空气密度、空气湿度4个因素对发动机的影响可由该6个因素体现,约简后的指标体系如图3所示。



图3 约简后发动机环境影响因素指标体系

Fig. 3 Environmental influence factor index system of engine after reduction

## 3 装甲车辆发动机环境影响因素指标权重计算

文中采用层次分析法(AHP)确定指标权重,AHP方法是由美国著名运筹学家T.L.Saaty教授提出的一种定性与定量相结合的决策分析方法,它通过比较判断矩阵两两比较的方式确定层次中诸因素的相对重要性,综合主观判断以确定决策诸因素相对重要性总的顺序<sup>[6]</sup>。比较判断矩阵中元素 $d_{ij}(i,j=1,2,\dots,6)$ 表示因素 $i$ 与因素 $j$ 的相对重要度数值,其含

义见表2。

表2 比较判断矩阵元素数值含义

Table 2 Meanings of comparative judgment matrix element values

| 数值      | 表示含义                          |
|---------|-------------------------------|
| 1       | 因素 <i>i</i> 与因素 <i>j</i> 同等重要 |
| 3       | 因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 稍微重要 |
| 5       | 因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 明显重要 |
| 7       | 因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 强烈重要 |
| 9       | 因素 <i>i</i> 比因素 <i>j</i> 极端重要 |
| 2,4,6,8 | 重要程度介于相邻奇数之间                  |
| 倒数      | 对比对象前后对调的结果                   |

依次对比图3中各影响因素重要程度,建立比较判断矩阵,得:

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/2 & 2 & 2 & 4 \\ 1/2 & 1 & 1/4 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 1 & 4 & 4 & 6 \\ 1/2 & 1 & 1/4 & 1 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1 & 1/4 & 1 & 1 & 2 \\ 1/4 & 1/2 & 1/6 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

应用和积法求出判断矩阵 $D$ 的排序权向量,得 $w_b = [0.21 \ 0.11 \ 0.40 \ 0.11 \ 0.11 \ 0.06]$ ,对判断矩阵 $D$ 进行一致性检验,判断矩阵 $D$ 特征根 $p = 6.01$ ,一致性指标 $C.I. = 0.002$ ,查表得平均随机一致性指标 $R.I. = 1.24$ ,一致性比例 $C.R. = 0.0016 < 0.1$ ,判断矩阵的一致性可以接受。装甲车辆发动机环境影响因素指标权重见表3。

表3 装甲车辆发动机环境影响因素指标权重值

Table 3 Index weight values of armored vehicle engine environmental influence factors

| 序号 | 指标名称  | 指标性质 | 权重值  |
|----|-------|------|------|
| 1  | 空气温度  | 气候环境 | 0.21 |
| 2  | 大气压力  | 气候环境 | 0.11 |
| 3  | 空气含尘量 | 地理环境 | 0.40 |
| 4  | 道路状况  | 地理环境 | 0.11 |
| 5  | 驾驶水平  | 人机环境 | 0.11 |
| 6  | 维护保养  | 人机环境 | 0.06 |

## 4 结论

1) 装甲车辆发动机在使用过程中,受气候环境、地理环境、人机环境等影响,其中,空气温度、大气压力、空气含尘量、道路状况、驾驶水平、维护保养等6个因素相对独立,是主要环境影响因素,其权重值分别为 $[0.21, 0.11, 0.40, 0.11, 0.11, 0.06]$ 。

2) 空气含尘量因素对发动机使用状况的影响较大,其次为空气温度、大气压力、道路状况和驾驶水平,维护保养因素的影响较小。

3) 指标优化和约简方法中,灰色关联度法、粗糙集属性约简法、主成分分析法对指标样本数据的依赖性较强,数据计算工作量较大,对于样本数据量较少、指标之间具有一定关联性的指标体系,可采用相关性分析法进行优化和约简。

## 参考文献:

- [1] 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: 516—519.
- [2] 黄晓英, 张剑芳. 物流模数与集装单元化参数相关性分析[J]. 包装工程, 2009(2): 111—112.
- [3] 杨帆, 张征, 吕连宏, 等. 基于灰色关联聚类的地下水评价指标优化研究[J]. 环境工程, 2008(增刊): 304—309.
- [4] 李远远, 云俊. 基于粗糙集的指标体系优化及评价方法研究[J]. 浙江大学学报(理学版), 2010(4): 411—415.
- [5] 曹艳华. 装甲装备自主式保障关键技术研究[D]. 北京: 装甲兵工程学院, 2012.
- [6] 许树柏. 实用决策方法——层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.