

# 轻型柴油载货车辆传动系参数优化的评价指标研究

张京明 邹本琴 孟庆和  
(哈尔滨工业大学) (山东工程学院)

**摘要** 对轻型柴油货车传动系参数优化中的评价指标进行了研究。根据车型的使用特点,把载荷工况引入了优化的评价指标中,从统计分析的角度,确定载荷工况系数;利用价值原理,从整车性能对比中得到动力性和燃料经济性的权系数。对实车进行了匹配选择。结果表明,方法可行。

**关键词** 传动系参数 评价指标 价值分析 载荷工况系数 权系数

车辆动力传动系匹配的任务之一是传动系参数的优化,在车辆设计中,当发动机总质量、质量分配、空气阻力、轮胎滚动阻力等确定后,如何合理地选择车辆传动系参数,以保证最佳的动力性和燃料经济性是非常重要的。本文建立了新的加权综合评价指标,旨在探索新的方法,调整车辆动力性和燃料经济性的关系,更加合理地优选轻型车传动系参数。

## 1 评价指标的建立

研究中发现,轻型载货车辆的实际载荷情况差别很大。不同的装载质量对车辆燃料经济性的影响明显<sup>[1]</sup>。装载不足,会使燃料消耗量增加。同样,载荷的变化也会影响动力性能。所以,考虑到载荷工况对动力性、经济性的影响,建立传动系参数优化的评价指标为

$$F(x) = \sum_{i=1}^N a_i \left[ k_1 \frac{T_i}{T_0} + k_2 \frac{Q_i}{Q_0} \right]$$

式中  $F(x)$ ——评价指标;  $T_i$ ——某一载荷工况下的动力性指标,为起步换档加速时间, s;  $Q_i$ ——某一载荷工况下的经济性指标,为多工况油耗, L/100 km;  $T_0$ ——同类型国外车辆的动力性指标,为起步换档加速时间的众数值, s;  $Q_0$ ——同类型国外车辆的经济性指标,为多工况油耗的众数值, L/100 km;  $k_1, k_2$ ——动力性、经济性权系数 ( $k_1 + k_2 = 1$ );  $a_i$ ——某一载荷工况的系数,定义为载荷工况系数;  $N$ ——载荷工况数。

## 2 参数值的确定

### 2.1 载荷工况系数 $a_i$ 的确定

#### 1) 载荷工况的选取

车辆实际运用过程中,载货量是个变量。取决于车型、用户以及道路状况等。根据掌握

收稿日期: 1998-04-13

张京明, 讲师, 威海市文化西路2号 哈尔滨工业大学(威海)汽车工程学院汽车系, 264209

的资料, 结合具体情况, 以 4 种载荷工况——空载、半载、3/4 载和满载进行分析研究。

2) 系数  $a_i$  的确定

即确定四种载荷工况的概率值(按归一化处理  $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1$ )。在车辆运输业中, 车辆载重量利用指标是表示车辆载重(客)能力有效利用程度的指标。包括载重量利用率和实载率。实载率可以综合表明车辆行程和载重量两方面的利用程度, 是里程利用率与载重(客)量利用率之乘积。它较全面地评价车辆结构和企业运输组织不同时, 车辆有效利用程度。据资料调查分析<sup>[2]</sup>, 统计得到的平均实载率为  $\epsilon = 60.375\%$ , 载重利用率  $\gamma = 110.25\%$ 。根据统计得到的实载率和载重量利用率(吨位利用率)可得货运车辆的里程利用率  $\beta = \epsilon/\gamma = 54.76\%$ , 即有近一半的行程相当于空车运行。

以上是对车辆运输部门统计分析。作为厂矿企事业单位非营运货车来说, 满载工况所占的概率就更低了。同时运输部门所用的货运车辆基本是中型和重型车。对于本文讨论的轻型载货车辆来说, 考虑其实际用途和使用条件, 可以认为其满载工况所占的概率低于运输部门满载工况所占的概率。由此, 取满载工况的概率值  $a_4 = 0.4$ 。

空载情况据抽样调查, 全国载货车辆空驶率为 47.9%。根据轻型载货汽车的使用特点<sup>[4]</sup>, 文中空载工况的概率值确定为  $a_1 = 0.4$ 。

考虑到车辆载荷工况的多变性, 为使模型接近实际情况, 分别取半载和 3/4 载工况的概率为  $a_2 = a_3 = 0.1$ 。

2.2 同类型国外车辆的指标分析

1) 百公里油耗

百公里油耗是重要的性能指标。44 种国外柴油车的百公里油耗<sup>[3]</sup>分段统计见表 1。由表 1 可见, 该指标的最大众数值分布在 7~ 8L/100 km 和 10~ 11L/100 km 区间内。鉴于该指标的重要性, 文中取值按下式计算

$$Q_0 = \sum_{k=1}^N f(\eta_k) \cdot Q_s(\eta_k)$$

式中  $N$  —— 数值分段数;  $f(\eta_k)$  —— 第  $k$  段油耗中的百分比;  $Q_s(\eta_k)$  —— 第  $k$  段油耗的平均值, L/100 km。

由上式计算表 1 中数据的值  $Q_0 = 9.1\text{ L}/100\text{ km}$ 。

2) 起步连续换档加速时间指标

对国外 13 种轻型柴油车辆的起步连续换档加速时间指标( $v = 0 \sim 80\text{ km/h}$ )进行了计算。结果见表 2。从统计评估的角度来说, 代表性尚不足, 但仍可表征其概貌。由表 2 分析车辆起步连续换档时间的分段统计见表 3。可知  $0 \sim 80\text{ km/h}$  的加速时间最大众数值  $T$  在  $30 \sim 40\text{ s}$  之间。考虑到我国的实际情况<sup>[4]</sup>, 文中取该项指标的最大众数  $T_0 = 40\text{ s}$ 。

表 1 百公里油耗统计表

Tab 1 The statistics of fuel consumption per 100 km

数值分段 $L \cdot (100\text{ km})^{-1}$	分段含量 /种数	分段含量占总量 比例/%
6~ 7	1	2.3
7~ 8	9	20.4
8~ 9	3	6.8
9~ 10	5	11.4
10~ 11	12	27.3
11~ 12	12	27.3
12	2	4.5
合计	44	100

表 2 国外轻型柴油车辆起步加速时间

Tab 2 The statistics of starting acceleration time

车型	戴娜	卡布尔	神鹰	奔马	五十铃	埃尔夫	大发	德尔塔	马自达	马自达	奔马	埃尔夫	德尔塔													
	p-	BU	K- MC	30- K	FB100	NPR	250	N- V	P- V79	P- W	N- W	P- FE	PNKR V59													
$T_s$	24	88	30	91	41	39	35	62	44	39	40	72	38	29	31	98	29	97	32	79	35	9	32	21	52	95

2.3 动力性经济性指标权系数  $k_1, k_2$  的确定

定量地确定  $k_1, k_2$ , 事实上非常困难。作者试图从系统的综合评价出发, 利用价值分析方法, 定性地评定一个系统或不同系统之间指标优劣, 从而确定动力性经济性指标权系数  $k_1, k_2$ 。众所周知, 轻型载货车辆与轻型客车(中巴)是轻型车辆中的主要车型, 它们的三化程度很高, 轻型车辆传动系的优化匹配, 必须考虑到二者的异同, 方能获得事半功倍的效果。

1) 基本原理

价值是一个综合的概念, 在系统分析中可将其理解为“有用性”, “重要性”或“可接受性”。它包含有很多元素, 各个元素称为价值因素。对于一个系统, 它的输出就是它的价值因素, 称之为评价因素。系统的评价因素主要有性能、可靠性、寿命、重量、适应性、技术水平、组织生产的连续性、外观及能量消耗等。即解决综合评价问题时, 要确定的主要目标。对于这些目标, 可根据系统所处的实际环境来评定它们的顺序(序值), 给予评价系数加以权衡。通过权衡, 进而求出系统的综合评价价值。对各方案进行比较, 确定最佳方案。

评价目标的重要性用评分法作“一对一”比较, 重要的一方得一分, 次要的为零分; 然后把各个评价目标得分累加, 再将车辆的动力性指标与经济性指标进行总体比较。

2) 确定轻型载货车辆动力性经济性指标权系数  $k_1, k_2$

通过轻型载货车辆与轻型客车的总体比较, 确定  $k_1, k_2$ 。轻型货车与客车性能指标评价结果见表 4。由表 4 可见, 对于轻型货车,  $k_1 = 2, k_2 = 3$ , 归一化处理  $k_1 = 0.4, k_2 = 0.6$ ; 对于轻型客车,  $k_1 = 7, k_2 = 6$ , 归一化后  $k_1 = 0.538, k_2 = 0.462$ 。

表 4 轻型货车与轻型客车性能指标评价

Tab 4 The evaluation of light truck performance index

评价目标	动力性		评价目标	经济性	
	轻型货车	轻型客车		轻型货车	轻型客车
最高车速	0	1	等速油耗	1	0
最大爬坡度	1	0	多工况油耗	0	1
直接档动力因数	0	1	加速油耗	0	1
直接档加速能力	0	1	市区公路使用油耗	0	1
起步加速能力	0	1	干线公路使用油耗	1	0
最低稳定车速	0	1	山区公路使用油耗	1	0
超车能力(加速系数)	0	1	发动机最小比油耗	0	1
比功率	0	1	油耗曲线凹度	0	1
比扭矩	1	0	怠速油耗	0	1
合计	2	7	合计	3	6

### 3 评价指标应用的结果分析

基于以上工作, 对某轻型载货车辆优选适当的传动系参数(变速器各档速比及主减速比), 并施以变速器档间速比间隔和整车性能(动力性、经济性)的约束。采用约束变尺度优化方法, 进行多方案匹配优化。结果见表 5, 各方案的整车性能与原车对比见表 6。

由表 6 知, 方案 1, 档位型式与原车相同。多工况油耗比原车降低了 3.9%, 原地起步加速时间比原车改善了 0.22%, 其它的动力性指标略有下降, 但符合使用要求。

方案 2, 在档位数不变的情况下, 保持主减速比不变, 仅对变速器参数进行优选, 且最高档为直接档。多工况油耗比原车降低了 16.1%, 原地起步加速性能比原车降低了 3.56%。动力性指标除最高车速下降了 16.3% 以外, 其它指标都比原车好。对于轻型载货车辆, 最高车速范围为 85~ 120 km/h, 该方案的最高车速为 87.9 km/h, 略低一点, 但也基本符合要求。

方案 3, 对主减速比和变速器参数都进行了优化。多工况油耗比原车降低了 14.5%, 最大爬坡度、最大动力因数都比原来提高了 7%~ 8.5%。该方案直接档动力因数下降了 4.5%。如果适当改进发动机(如提高转速)或选用新的发动机, 上述缺陷不难克服。实际上, 整车综合性能比原车提高了。

表 5 传动系参数优化结果

Tab 5 The parameter optimization of powertrain

名称	主减速比	变速器各档速比				
		$i_{g1}$	$i_{g2}$	$i_{g3}$	$i_{g4}$	$i_{g5}$
原方案	6.67	5.568	2.832	1.634	1	0.814
方案 1	6.664	5.494	2.797	1.615	1	0.84
方案 2	6.67	5.591	3.704	2.184	1.4	1
方案 3	6.443	6.187	3.87	2.212	1.4	1

表 6 传动系参数优化结果计算分析

Tab 6 The analysis of powertrain parameter optimization

名称	最高车速 $/\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	最大爬坡度 /%	最大动力因数	最大动力因数 (直接档)	起步加速性能 /s	多工况油耗 $/\text{L} \cdot (100 \text{ km})^{-1}$
原方案	104.99	29.27	0.275	0.044	53.58	11.06
方案 1	104.04	28.86	0.271	0.044	53.46	10.63
变化量/%	- 0.9	- 1.4	- 1.45	0	+ 0.22	+ 3.9
方案 2	87.9	29.49	0.276	0.044	51.67	9.28
变化量/%	- 16.3	+ 0.75	+ 3.60	+ 3.56	+ 16.1	
方案 3	91	31.75	0.295	0.042	52.09	9.46
变化量/%	- 13.3	+ 8.5	+ 7.3	- 4.5	+ 1.66	+ 14.5

在优选传动系参数方案中, 有些动力性指标有所下降, 这是由于所用发动机属低速柴油机的缘故, 加权综合评价指标系数选取中又偏重燃料经济性, 使得在优化的过程中牺牲一些动力性, 来提高燃料经济性。补救的办法之一是在变速器中设置超速档, 适应高速公路行驶对车辆车速的要求。

## 4 结束语

1) 轻型载货车辆的实际载荷差别是很大的, 故优化传动系参数时, 在提出动力性燃料经济性加权统一的观点中引入了载荷工况, 以使优化的结果更加接近于车辆的实际使用情况。利用价值分析方法, 根据不同车型, 从整体上进行指标的一对一比较, 确定出车辆动力性燃料经济性指标的权系数。根据调查结果, 确定了载荷工况的类型, 并运用统计分析的方法得到各种载荷工况的概率。使评价指标可求。

2) 对某轻型载货车辆传动系参数优化后表明, 燃料经济性明显好于优化前的结果, 尽管某些动力性指标在满足使用条件的基础上有所下降。但从整体上看, 优化是成功的。说明了所建立的评价指标正确, 约束条件合理, 选择的优化方法可行。因此, 将轻型货车的实际工况引入优化的评价指标中是合理的。

3) 该方法可应用于农用运输车和其它车型。为进一步匹配合理的传动系参数打下了基础。

### 参 考 文 献

- 1 Andrew W, Phillips Ice Development and use of a vehicle powertrain simulation for fuel economy and performance studies SA E900619, 1990 896~ 907
- 2 陈唐民 汽车运输学 北京: 人民交通出版社, 1988 12
- 3 黄大恭 130 系列轻型载货汽车技术水平的评估和发展探讨 SA EC-8701011, 1987. 5: 67~ 77
- 4 国家统计局编 中国(91)统计年鉴 北京: 中国统计出版社, 515p

## Evaluation Indexes of Parameter Optimization in the Powertrain of Light Diesel Trucks

Zhang Jingming

Zou Benqin Meng Qinghe

(Harbin University of Technology, Weihai)

(Shandong Institute of Technology)

**Abstract** The evaluation indexes of parameter matching optimization in automobile powertrain were studied. The load conditions were leaded into optimization target. From the view of statistic analysis, the load condition coefficient was obtained. The weight coefficients of dynamics and fuel consumption were received by using the value principle and comparing the automobile performance. The matching selection was applied on the actual vehicle.

**Key words** powertrain parameter, evaluation index, value analysis, coefficient under different loads, weight coefficient