

某款整车动力性经济性分析及优化

拓海东 贺翀 康艳伟

海马汽车有限公司

摘要：动力性和燃油经济性是车辆性能的重要评价指标。本文利用 GT-ISE V2016 软件建立整车仿真模型，进行动力性、经济性计算。基于此模型，本文对原有主减速比进行优化。从而提供合适的主减速比实现整车对动力性和经济性的不同需求。

关键词：动力性 经济性 GT-ISE V2016 优化

ABSTRACT: Dynamics and fuel economy are two important evaluation indexes of the vehicle performance. The vehicle model was established by GT-ISE V2016 in this paper, which was calculated the vehicle performance and fuel consumption. Based on this model, We changed the final ratio. Which provided the suitable final ratio to achieve the vehicle on the dynamic and economic needs.

Key words: Performance Fuel Economy GT-ISE V2016 Optimization

1 概述

动力性和燃油经济性是车辆性能的重要评价指标。汽车的整车性能不仅取决于其装载的发动机性能，还需要一个与之合理匹配的传动系。整车与动力总成的匹配，是各个厂家关注的问题。传统的动力总成匹配一般采用试验的方法，其缺点是周期长、花费高。仿真的优势在于计算周期短、可重复性高，利用仿真模拟计算对样车进行改造和优化不仅可以缩短开发周期，还可以大大节约开发经费。

本文是以某款车型为基础，通过仿真计算得到整车的动力性及经济性结果，然后对主减速比进行优化，从而提供不同的主减速比实现整车对油耗和动力性的不同要求。

2 基本理论

2.1 经济性评价指标

燃油经济性通常用等速燃油经济性表示，即等速行驶 100km 所消耗的燃油量，单位为 L/100km。车辆等速燃油消耗量计算方法：

$$Q_s = \frac{Pb}{1.02u_a\rho g} \quad (1)$$

式中， Q_s —等速燃油消耗量，L/100km； P —阻力功率，kW； u_a —车速，km/h； b —燃油消耗率，g/kWh； ρ —燃油密度，kg/L。

循环工况的百公里燃油消耗量表示为：

$$Q_s = \frac{\sum Q}{s} \times 100 \quad (2)$$

式中， Q_s —百公里燃油消耗量，L/100km； $\sum Q$ —所有过程的油耗量之和，L； s —整个循环的行驶距离，km。

2.2 动力性评价指标

2.2.1 功率平衡

汽车行驶时，驱动力和行驶阻力互相平衡，同时发动机功率与汽车行驶的阻力功率也总是平衡的。

$$F_t = F_f + F_w + F_i + F_j \quad (3)$$

即

$$\frac{T_{tq} i_g i_o \eta_t}{r} = Gf \cos \alpha + \frac{C_D A}{21.15} u_a^2 + G \sin \alpha + \delta m \frac{du}{dt} \quad (4)$$

功率平衡方程式：

$$P_e = \frac{1}{\eta_t} \left(Gf \cos \alpha + \frac{C_D A}{21.15} u_a^2 + G \sin \alpha + \delta m \frac{du}{dt} \right) \frac{u_a}{3600} \quad (5)$$

而发动机转速与车速的关系为：

$$u_a = 0.377 \frac{rn}{i_g i_o} \quad (6)$$

式中， F_t —驱动力，N； F_f —滚动阻力，N； F_w —空气阻力，N；
 F_i —坡度阻力，N； F_j —加速阻力，N； T_{tq} —发动机扭矩，Nm；
 i_g —变速器传动比； i_o —主减速比； η_t —传动系效率
 r —车轮滚动半径，m； f —滚动阻力系数； α —道路坡度角；
 C_D —空气阻力系数； A —迎风面积， m^2 ； u_a —车速，km/h；
 δ —旋转质量换算系数； $\frac{du}{dt}$ —加速度， m/s^2 ； P_e —发动和记功率，kW。

2.2.2 加速时间计算

初速度加速到末速度，其中各工况参数可由下列公式求得：

$$n_{ei} = \frac{u_i i_o i_k(k)}{0.377 R_k} \quad (7) \quad F_w = \frac{C_D A u_a^2}{21.15} \quad (8)$$

$$F_t = \frac{T_{ei} i_o i_k(k) \eta_t}{R_k} \quad (9) \quad a_t = 9.81 \frac{F_t - F_w - fG_a}{\delta G_a} \quad (10)$$

$$T_{ei} = T_{e \max} \frac{T_{e \max} - T_p}{(n_p - n_M)^2} (n_M - n_{ei})^2 \quad (11)$$

$$u_{i+1} = u_i + 3.6 a_i \Delta t \quad (12) \quad s_{i+1} = s_i + \frac{u_i \Delta t}{3.6} + 0.5 a_i \Delta t^2 \quad (13)$$

式中， T_e —发动机扭矩，Nm； $T_{e \max}$ —发动机最大扭矩，Nm；
 T_p —发动机额定功率对应扭矩，Nm； n_M —发动机最大扭矩对应转速，rpm；
 n_p —发动机额定功率对应转速，rpm； a_i —加速度， m/s^2 ；

n_{ei} - 各档发动机转速, rpm;

u_i - 各档车速, km/h;

F_t - 车辆驱动力, N; F_w - 空气阻力, N Δt - 计算所取时间间隔, s;

u_i, u_{i+1} - 第 i 个时间间隔前后车速, km/h;

s_i, s_{i+1} - 第 i 个时间间隔前后行驶距离, km;

A - 迎风面积, m^2 ;

C_D - 空气阻力系数。

2.2.3 最大爬坡度

最大爬坡度应满足:

$$T_{e\max} \geq \frac{G_a r (f \cos \alpha_{\max} + \sin \alpha_{\max})}{i_o i_{k1} \eta_t} \quad (14)$$

式中, G_a - 车重, N; r - 轮胎滚动半径, m; f - 轮胎滚动阻力系数;

$\alpha_{\max}$ - 最大爬坡角; η_t - 传动系效率; i_{k1} - 车辆一档速比;

i_o - 主减速比; $T_{e\max}$ - 车辆最大牵引扭矩, Nm。

3 模型建立

3.1 整车边界条件

表 1 整车参数表

参数	数值	单位
整车整备质量	1135	kg
半载质量	1360	kg
满载质量	1510	g
迎风面积	-	m^2
轮胎滚动半径	-	mm
轴距	-	mm
动力系统传动效率	-	-
发动机类型	1.0TGDI	-
变速箱类型	6MT	-
变速箱速比	-	-
主减速比	3.824	-
滑行曲线	-	-

3.2 模型建立

根据提供的主要参数, 建立整车模型如下图 1 所示。

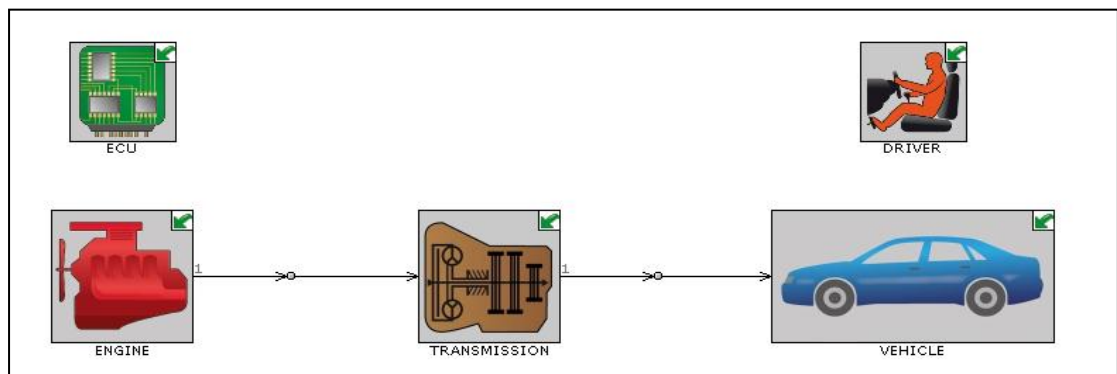


图 1 整车计算模型

4 计算结果

4.1 整车动力性计算结果

基于以上边界条件和模型，整车动力性计算结果如下图 2 所示。

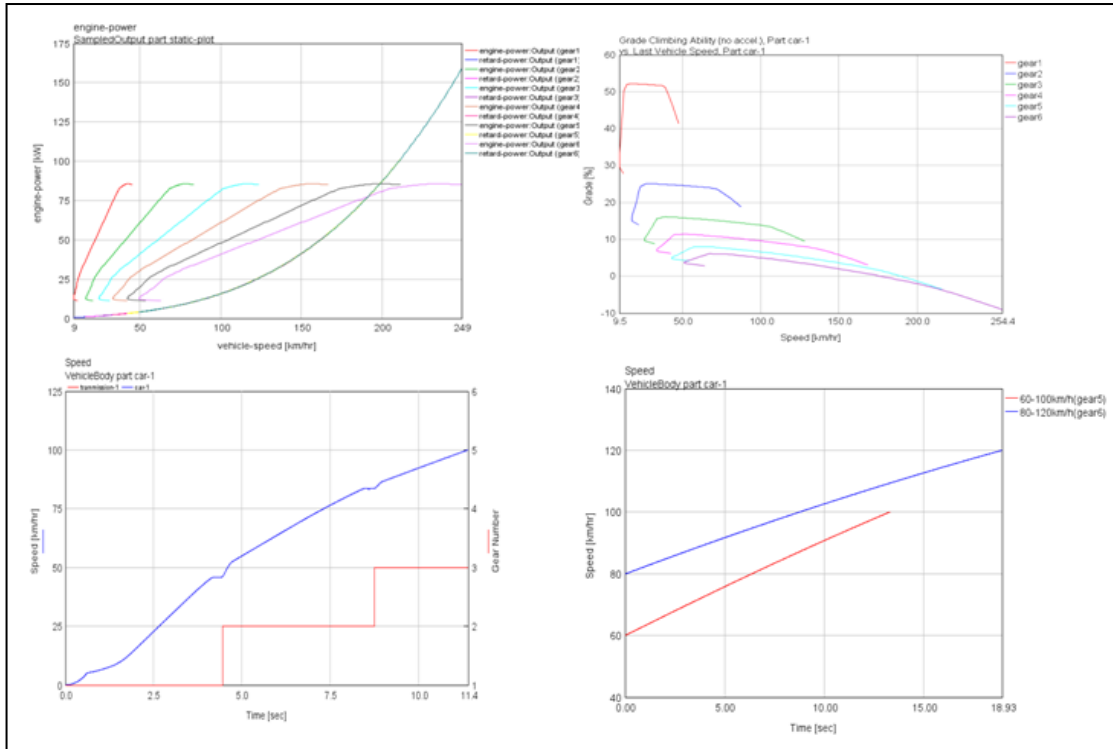


图 2 动力性计算结果

由上图看出，整车最高车速为 5 档 198km/h，最大爬坡度 $>40\%$ ，百公里加速 11.4s，五档 60km/h 加速到 100km/h 超越加速时间为 13.29s，六档 80km/h 加速到 120km/h 超越加速时间为 18.93s。

4.2 整车油耗计算结果

整车 NEDC 油耗为 5.58L/100km，NEDC 工况如下图 3 所示。

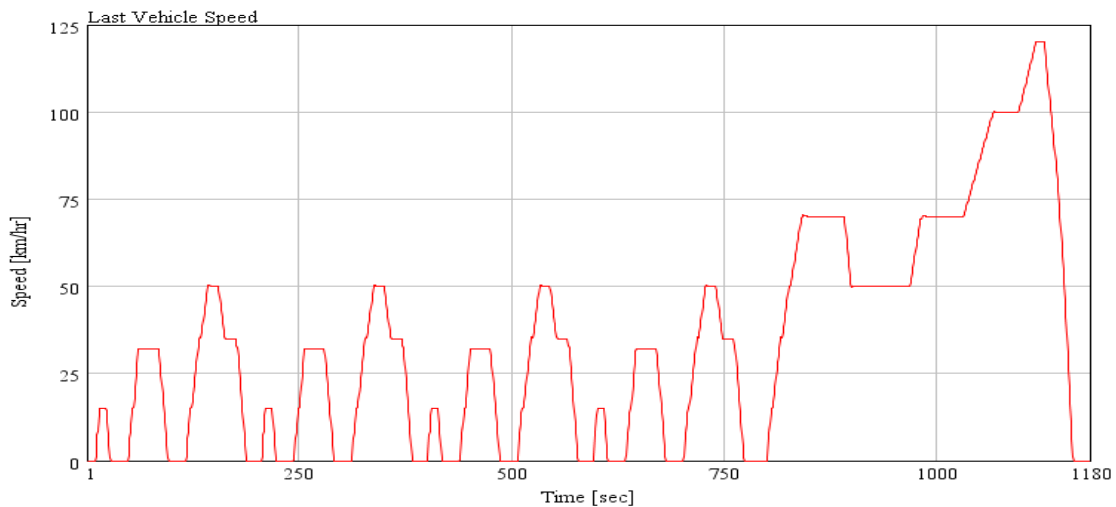


图 3 NEDC 工况

5 主减速比优化

本次仿真是在原主减速比基础上，每隔 0.2 计算一个新的主减速比。具体主减速比如下表 2 所示。

表 2 主减速比方案

方案	主减速比
原方案	3.824
方案一	3.424
方案二	3.624
方案三	4.024

根据上述三种方案的主减速比，进行了动力性经济性计算，计算结果如下表 3 所示。

表 3 计算结果

序号	指标	原方案	方案一	方案二	方案三
1	0-100km/h 加速	11.4	11.7	11.6	11.2
2	最高车速 km/h	198 (五档)	195 (五档)	197 (五档)	197 (五档)
3	最大爬坡度	>40%	>40%	>40%	>40%
4	五档加速 60-100km/h	13.29	15.49	14.28	12.45
5	六档加速 80-120km/h	18.93	22.75	20.64	17.49
6	NEDC 工况油耗	5.48	5.32	5.39	5.57

由以上计算结果可以看出，如果整车偏重经济性，主减速比可以选择方案一，如果整车偏重动力性，主减速比可以选择方案三，如果想在动力性和经济性之间选择一个平衡，可以选择原方案或方案二。

6 结论

1 运用 GT-ISE V2016 建立模型，满足实际工程的需要，可以为后续整车与动力总成的匹配提供参考；

2 主减速比的大小对整车性能影响很大，应根据整车对动力性和经济性的不同需求，选择合适的主减速比。

7 参考文献

- [1] Gamma Technologies. GT-SUITE. Control tutorials, 2009.
- [2] Gamma Technologies. GT-SUITE. Vehicle Driveline and HEV Tutorials, 2009.
- [3] 余志生. 汽车理论. 北京：机械工业出版社，2010.