

基于传动效率的汽车动力性和经济性敏感度分析

徐俊芳 周舟

(中国汽车工程研究院股份有限公司, 重庆, 400039)

摘要：利用 GT-SUITE-MP 软件建立汽车动力性和经济性计算分析模型，采用正交试验设计方法进行试验设计，用回归分析方法对试验结果进行统计分析，研究了主减速器及变速箱传动效率对动力性及经济性影响。结果表明传动效率对动力性和经济性的影响均不明显；相比变速箱传动效率，主减速器传动效率的影响较明显。主减速器传动效率提高 4%，动力性大约可提高 4%，经济性可提高 1.8%

关键词：动力性；经济性；传动效率；试验设计；敏感度；

Effects of transmission efficiency on power performance and fuel economy

Xujunfang Zhouzhou

(China Automotive Engineering Research Institute, Chongqing, 400039)

Abstract: The model of power performance and fuel economy was established by GT-SUITE-MP. The method of orthogonal design was applied in the DOE. The results were analyzed with regression analysis to study the effect of transmission efficiency on power performance and fuel economy. The results show that the effects on power performance and fuel economy are not obvious. In comparison with gearbox, the effect of final drive efficiency is more evident. The power performance can improve by 4%, and fuel economy can improve by 1.8%, as the efficiency raise by 4%.

Keywords: power Performance; Fuel economy; Transmission efficiency; DOE; sensitivity

1 前言

仿真技术在汽车领域应用越来越广泛，除了其计算方便、效率高等优势外，较高的仿真准确性也尤为重要。那么，如何才能高效地保证仿真的准确度？除了模型自身的精度外，仿真参数的影响至关重要。

仿真所需的参数较为复杂，一些参数可通过设计直接获得，另外一些参数则需要通过试验才能够获取。这些参数，尤其是不确定性参数对仿真结果都会有一定程度的影响。明确了这些参数的影响程度，在仿真分析的过程中就要慎重考虑对结果影响程度较大的参数的取值，而对于影响程度较小的参数，若无法获取其参数值的情况下，则可根据经验进行估计。这样既不会影响仿真的准确度，又可以避免很多的麻烦。此外，从研发生产的角度，在明确了影响程度较大的因素后，可对这些参数加强研究，以最小的代价保证性能最优。

因此,分析参数对仿真结果的影响程度即仿真的灵敏度是十分必要的,本文采用 DOE 分析方法。

DOE分析及优化技术具有设计灵活、计算方便、试验次数少、可靠性高、适应面广等优点,被广泛应用于汽车的优化设计中。在汽车动力学分析上,把影响汽车动力性经济性的各种因素参数化,利用 DOE分析方法优化各个参数找到合理的设计组合。例如在汽车传动比优化研究中^[1],利用 GT-drive软件建立动力性经济性仿真模型,通过 DOE方法得出在满足动力性约束条件下经济性最佳的各档传动比。

DOE方法还可用于敏感度分析中,以判断各个因素对目标函数的影响程度。例如,运用 DOE对齿轮副进行强化,从中分析出齿轮的压力角、螺旋角、齿顶高系数对齿轮强度的影响程度和影响敏感度^[2]。在动力性经济性仿真敏感度方面,目前 DOE方法的应用还没有相关的文献。

本文将 DOE方法应用到动力性经济性敏感度分析中,以汽车动力性和经济性指标为响应变量,分析传动效率对其的影响程度。

2 DOE基本过程

DOE分析方法是基于统计学原理的一种分析方法。包括 3 个阶段:制定试验计划,即方案设计;实验计划的实施,即进行试验;实验结果统计分析^[3]。

在方案设计阶段,针对要解决的问题确定出相应的试验因素和试验目标。试验因素确定以后,要选出合适的试验水平。根据因素个数、水平个数等因素综合选择试验方案。

试验计划的设计与实施阶段,确定总的试验次数,能包含试验目的所需要的尽可能多的信息,并保证分析试验结果的正确性和统计的精度。试验采用随机化方法,监控试验计划的要求得到试验,并准确记录试验结果。

试验结果的统计分析阶段,根据记录的试验数据,进行整理,计算统计假设检验中的统计量和模型中各个参数的估计量。对统计分析的结果做出科学而符合实际的解释,并提出建议。

3 基于 DOE的仿真敏感度分析

3.1 方案设计

将汽车动力性和经济性的评价指标作为试验设计的指标,经过初步的计算和分析,选择 0-100km/h加速时间作为动力性的评价指标,NEDC工况下的百公里油耗作为燃油经济性的评价指标。

选择主减速器和变速器各个档位的传动效率作为试验设计因素。为了使可控因素因素固

定在较为成熟的水平，在设计因素水平时考虑了它们的取值范围，以使试验结果具有工程的实用价值。本次 DOE分析过程选择了 6 个因素，每个因素 2 个水平。则试验因素水平如表 1。

表 1 试验设计因素水平表

因素（传动效率）	变量	水平 1	水平 2
主减速器	A	0.95	0.99
1档	B	0.95	0.99
2档	C	0.95	0.99
3档	D	0.95	0.99
4档	E	0.95	0.99
5档	F	0.95	0.99

由于设计的因素较多，设计时采用正交试验设计的方法。设计一个 6 因素、2 水平的正交矩阵，得到 8 个试验。

3.2 试验实施

根据整车参数在 GT-SUIT-IP中建立动力性和经济性计算模型，将上述试验方案输入到 DOE模块中进行 DOE设置。则得到如下结果。

表 2 DOE分析试验结果

试验	因素水平组合	(0-100km/h加速时间)	NEDC油耗 (L/100km)
1	A1B1C1D1E1F1	17.0344	5.56343
2	A1B1C2D2E2F2	16.4913	5.46363
3	A1B2C1D2E2F1	16.5731	5.53727
4	A1B2C2D1E1F2	16.6311	5.47779
5	A2B1C1D2E1F2	16.0602	5.38605
6	A2B1C2D1E2F1	16.1172	5.4365
7	A2B2C1D1E2F2	16.1885	5.37195
8	A2B2C2D2E1F1	15.6895	5.44159

3.3 回归分析

回归设计是在多元线性回归的基础上用主动收集数据的方法获得具有较好性质的回归方程的一种试验设计方法。试验中建立的动力性及经济性指标随传动效率之间的定量表达式

为回归方程，用一个多项式表示，即 $y = B_0 + \sum_j B_j x_j + \sum_j B_{jj} x_j^2 + \sum_{i < j} B_{ij} x_i x_j$ ，式中： x_j 为各个因素变量， y 为试验指标。求出各项回归系数 B ，如表 3 所示。

表 3 回归方程回归系数表

变量名称	系统名称	因素值 (动力性)	因素值 (经济性)
B0	Constant	16.3487	5.4598
B1	Final	-0.3345	-0.0508
B2	Gear1	-0.0769	-0.0026
B3	Gear2	-0.1154	-0.0049
B4	Gear3	-0.1435	-0.0026
B5	Gear4	0	-0.0074
B6	Gear5	0	-0.0349
B12	Final* Gear1	0.0018	—
B13	Final* Gear2	0.003	—
B14	Final* Gear3	0.0066	—
B15	Final* Gear4	0	—
B16	Final* Gear5	0	—
B23	Gear1* Gear2	-0.001	—
B24	Gear1* Gear3	0.0023	—
B34	Gear2* Gear3	0.001	—

根据上述回归系数可以得到回归方程，通过回归方程，如果令其中 5 个因素为定值 则可以预测另外一个因素的影响趋势，如图 1 图 2 所示。

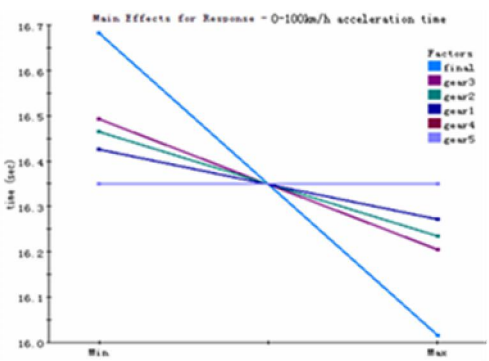


图1 因素对动力性指标的影响趋势图

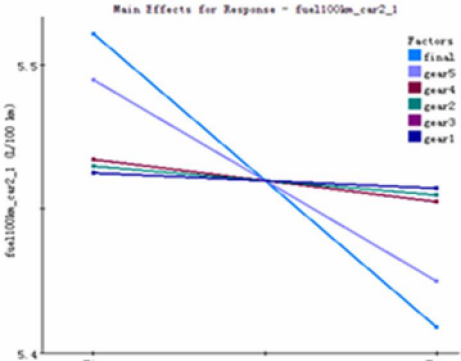


图2 因素对经济性指标的影响趋势图

从上述回归方程和影响趋势图可以得出以下结论：1) 对动力性而言，影响程度从大到

小,依次是主减速器效率、3档效率、2档效率、1档效率。由于在此计算案例中,0-100km/h加速过程未用到4档和5档,故这两档的传动效率对动力性没有影响;2)对经济性而言,影响程度从大到小,依次是主减速器效率、5档效率、4档效率、2档效率、3档效率、1档效率;3)相对经济性而言,传动效率对动力性的影响较明显。

4 结论

以动力性经济性敏感度分析为例,介绍了DOE分析的方法和流程,利用正交试验设计方法进行试验设计,用回归分析方法对试验结果进行统计分析,得出传动效率对动力性和经济性的影响均不明显,相比之下,主减速器传动效率的影响较明显。主减速器传动效率提高4%,动力性大约可提高4%,经济性可提高1.8%。由此可见,在设计过程中,要提高车辆的动力性和经济性,从传动效率上加以突破较难。

参考文献

- [1] 赵永坡,靳玉涛,吕晓明.应用DOE功能对汽车传动比优化仿真[J].北京汽车.2009,6
- [2] 张勇.变速器齿轮强化[J].现代零部件.2008,6
- [3] 孙宏图,王天灵,宋希庚.基于DOE的汽车动力传动系统参数优化设计方法,CDAJ公司2008中国区用户年会论文集,2008
- [4] 余志生.汽车理论[M].北京:机械工业出版社.2000,1