

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2018.02.002

高原环境下 AMT 汽车动力性换挡规律分析

王宇翔¹, 林 富², 胡明辉¹

(1.重庆大学 机械传动国家重点实验室,重庆 400044;2.重庆长安新能源汽车有限公司,重庆 401120)

摘 要:针对内燃机汽车性能受高原地区海拔高度的影响,在分析海拔高度的改变对发动机性能影响的基础上,建立整车动力传动系统仿真模型,分析高原环境下 AMT 汽车动力性换挡规律。通过对最佳动力性换挡规律控制参数进行修正,提出了基于不同海拔高度的动力换挡规律制定方法,并进行了仿真验证。仿真结果表明:在高原行驶环境下,采用所提出的高原环境动力性换挡规律,明显改善了 AMT 汽车在高原环境行驶时的动力性能,提高了汽车高原环境适应能力。

关键词:AMT;汽车;高原环境;最佳动力性换挡;换挡规律

中图分类号:U461.2

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2018)02-010-11

Analysis on the dynamic gear shift schedule of AMT vehicles in plateau environment

WANG Yuxiang¹, LIN Fu², HU Minghui¹

(1. State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, P.R.China;
2. Chongqing Chang'an New Energy Vehicle Ltd., Chongqing 401120, P.R.China)

Abstract: In the plateau area, the performance of internal combustion engine vehicles will be affected by the altitude. Based on the analysis of the fact that engine performance changes with the altitude, a simulation model of AMT vehicles' power transmission system is established, and the dynamic gear shift control schedule of AMT vehicles in plateau environment is studied. By modifying the control parameters of the optimal-power shift schedule, the formulation method of dynamic shift schedule based on different altitudes is proposed and simulated. The simulation results show that the proposed plateau dynamic shift schedule can acclimatise AMT vehicles to the plateau environment, and improve the dynamic performance of AMT vehicles obviously.

Keywords: AMT; automobile; plateau environment; optimal-power shift; shift schedule

中国地域辽阔,拥有着世界上面积最大的高原地域^[1-2]。高原环境下气候条件的变化导致汽车动力性下降,要保证在此环境下汽车的性能,需在兼顾汽车经济性的同时,重点考虑其动力性^[3]。目前,改善高原环境汽车动力性的方法主要有两种,一种是改进发动机性能,另一种是调整传动系统相关控制参数来改善动力传动系统的性能,从而改善动力性^[4]。为了解决发动机在高原环境下适应性差的问题,Han 等^[5]建立发动机零

收稿日期:2017-09-02

基金项目:国家自然科学基金项目(51675062);重庆市应用开发计划重大项目(cstc2015yykfc60004)。

Supported by the National Natural Science Foundation of China (51675062) and the Major Application Development Project in Chongqing(cstc2015yykfc60004).

作者简介:王宇翔(1993—),男,重庆大学硕士研究生,主要从事车辆动力传动及其综合控制研究。

胡明辉(联系人),男,重庆大学副教授,博士生导师,(E-mail)hu_ming@cqu.edu.cn。

维预测燃烧模型,提出调整不同海拔高度下喷油参数的解决办法。朱振夏^[6]从供油和进气两个方面寻求提高柴油机高原功率的方案,在仿真与实验相结合的基础上,分析了供油、进气参数随海拔高度变化的控制规律。在改善动力传动系统性能方面,莫飞^[7]阐明了军用越野车在高原环境行驶时对其动力性、经济性产生影响的因素,同时基于 AVL-Cruise 软件建立起车辆动力传动系统模型,并对动力传动系统进行选型和参数匹配设计。刘瑞林^[8]根据柴油机与液力变矩器的匹配理论指出:在高原条件下,整车所有原设计匹配点的转速和转矩会发生改变,以通过调整发动机与液力变矩器之间的传动比或液力变矩器有效直径的方法来改善整车性能。但是在分析动力传动系统对高原环境下汽车整车性能影响时,很少有学者从改善换挡规律的角度,去考虑提高高原环境下的整车动力性能。

换挡控制是影响汽车传动系统性能的重要因素,需根据外界环境适时改变,以此来获得良好的整车性能^[9]。针对 AMT 汽车在平原环境下的换挡控制研究,已有诸多学者^[10-13]分析其换挡规律、换挡品质等,并基于不同换挡控制策略进行相应工况下的试验。但在高原气候环境下,海拔高度的改变会影响发动机的性能,此时发动机与变速器的匹配会发生改变,换挡规律也需进行相应修正,以此来提高整车动力性。笔者以某款 AMT 汽车为研究对象,仔细分析并考虑了海拔高度的改变对其发动机性能的影响,在最佳动力性换挡规律的基础上,基于不同海拔高度重新制定了动力性换挡规律,并对所制定的高原动力性换挡规律进行了仿真分析,以期提高整车性能。

1 高原环境下的发动机性能分析

1.1 发动机仿真模型建立

高原环境下整车行驶过程中发动机会出现动力性性能下降的现象,因此有必要对其进行分析。由于无法满足搭建高原环境台架的实验条件,故选用物理建模^[14]的方法分析高原环境对发动机性能的影响。使用 GT-Power 软件建立发动机模型,如图 1 所示,对 AMT 汽车高原环境性能进行仿真,得到相应仿真结果,对比分析发动机经济性、动力性参数随海拔改变而变化的规律。这里对发动机性能进行简化分析,重点研究其外特性下的相关规律。

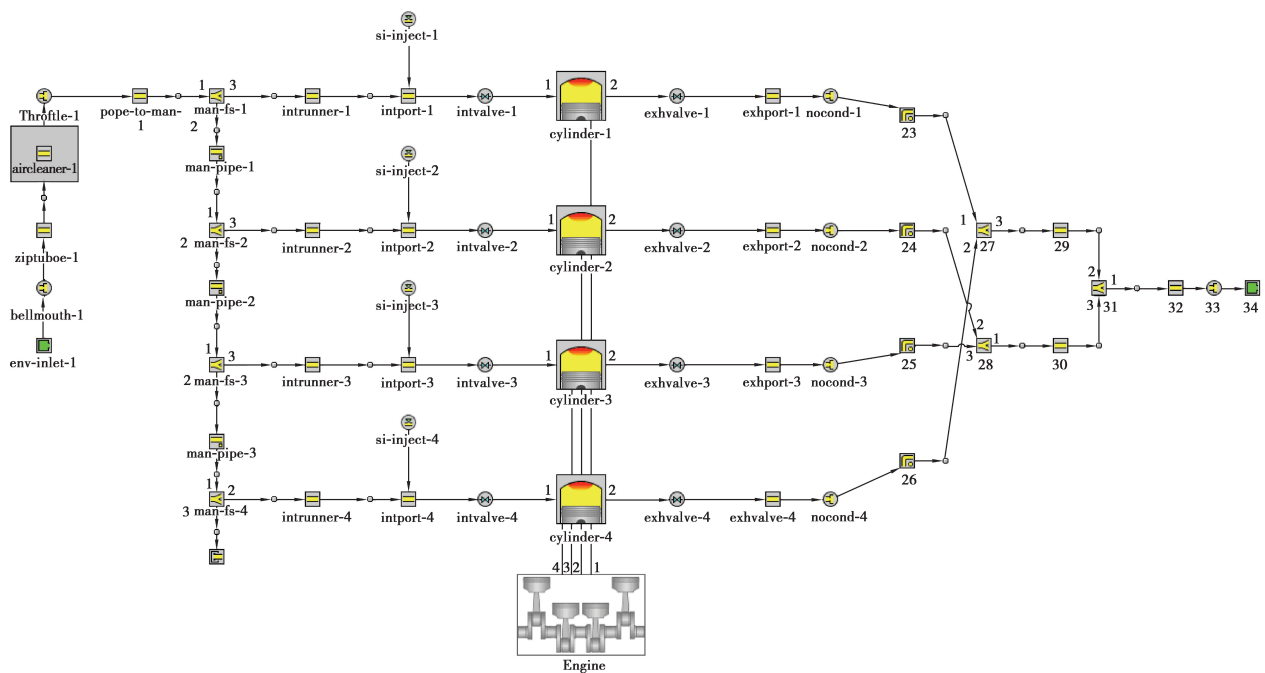


图 1 发动机模型

Fig.1 The model of engine

1.2 高原环境影响因素分析

汽车性能在高原气候环境下主要受到大气压力和环境温度因素的影响,它们随海拔高度的变化关系如表 1 所示^[15-16]。

表 1 环境温度和相对大气压力随海拔高度变化的关系

Table 1 The relationship between ambient temperature and relative atmospheric pressure with the change of altitude

海拔高度/m	环境温度/℃	相对大气压力
4 000	0	0.59
3 000	5	0.68
2 000	10	0.77
1 000	15	0.88
0	20	1.00

1.2.1 大气压力影响下发动机性能变化

海拔高度的改变造成大气压力、环境温度的变化,从而影响到发动机性能。采用控制变量法,即在环境温度保持一定时,随海拔高度的变化仅大气压力发生改变。根据表 1 中对应关系,在建立的发动机仿真模型中,输入 0~4 000 m 不同海拔高度下的大气压力,得到外特性下相应扭矩和油耗数据,如图 2、图 3 所示。

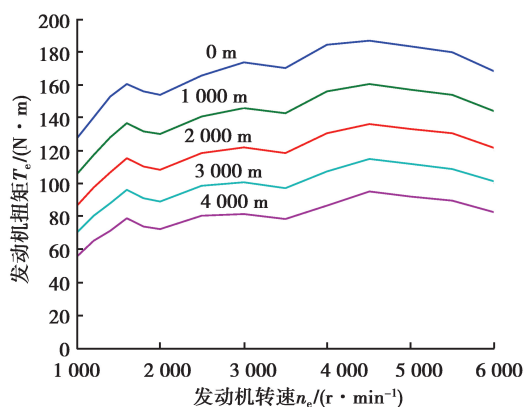


图 2 发动机扭矩随大气压力变化趋势

Fig.2 Change of engine torque at different atmospheric pressure

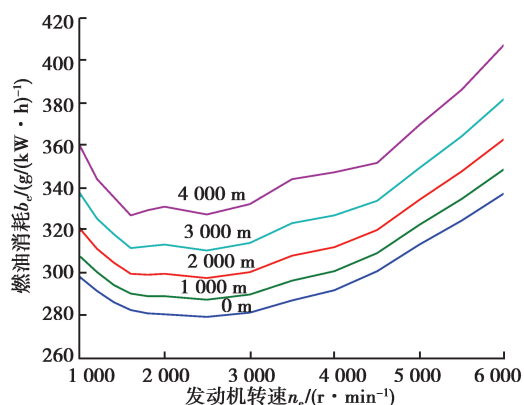


图 3 发动机油耗随大气压力变化趋势

Fig.3 Change of engine power at different atmospheric pressure

从不同大气压力下的发动机扭矩曲线图中可以看出,随着转速的升高,发动机扭矩先增后减,不同海拔高度下,扭矩曲线变化趋势基本不变,发动机扭矩均是在转速约为 4 600 r/min 时达到最大值。随着海拔逐渐升高,大气压力下降,发动机的进气量明显减少,燃烧环境恶化,直接造成其动力性能下降。海拔高度每增加 1 000 m,发动机扭矩输出值平均降低约 16%。

根据不同大气压力下的发动机油耗曲线图可以看出,当发动机转速逐渐升高时,燃油消耗率先缓降后缓升,油耗曲线趋势不随海拔高度发生变化,均是在发动机转速大约为 2 600 r/min 时,燃油消耗率达到最小值。当海拔高度逐渐升高时,大气压力降低,发动机燃油消耗率随之增加,直接造成经济性能下降。海拔高度每增加 1 000 m,燃油消耗率平均增加 4% 左右。

1.2.2 环境温度影响下发动机性能变化

当海拔逐渐升高时,环境温度会受影响而下降,保持标准大气压不变,分析不同海拔高度下发动机性能随环境温度的变化。鉴于不同温度下的性能指标比较接近,用图形表示会较模糊,故采用表格列出相关数

据。根据表 1 中对应关系,在建立的发动机仿真模型中,输入 0~4 000 m 不同海拔高度下的环境温度,得到外特性下相应发动机扭矩和油耗数据,如表 2 和表 3 所示。

表 2 发动机扭矩随环境温度变化趋势

Table 2 Engine torque under different ambient temperature

转速/ (r · min ⁻¹)	$T_e / (\text{N} \cdot \text{m})$				
	20 °C	15 °C	10 °C	5 °C	0 °C
1 000	128.42	128.93	129.47	130.02	130.56
1 200	141.52	142.46	143.45	144.50	145.59
1 400	153.52	154.12	154.72	155.34	155.98
1 600	162.04	162.91	163.76	164.58	165.37
1 800	156.64	157.32	157.99	158.67	159.34
2 000	155.41	156.35	157.31	158.33	159.38
2 500	167.42	168.57	169.72	170.89	172.10
3 000	176.90	178.51	180.14	181.46	182.77
3 500	172.14	173.43	174.76	176.08	177.45
4 000	187.71	189.50	191.41	193.36	195.36
4 500	189.42	190.98	192.57	194.18	195.78
5 000	186.08	187.76	189.49	191.27	193.11
5 500	182.54	183.98	185.75	187.28	188.66
6 000	170.19	171.25	172.38	173.55	174.70

表 3 发动机油耗随环境温度变化趋势

Table 3 Engine fuel consumption under different ambient temperature

转速/ (r · min ⁻¹)	$b_e / (\text{g} \cdot (\text{kw} \cdot \text{h})^{-1})$				
	20 °C	15 °C	10 °C	5 °C	0 °C
1 000	297.35	297.16	296.96	296.75	296.57
1 200	290.83	290.62	290.38	290.14	289.87
1 400	285.54	285.33	285.05	284.82	284.57
1 600	281.85	281.60	281.33	281.17	280.80
1 800	280.45	280.20	279.95	279.77	279.48
2 000	279.90	279.65	279.38	279.11	278.83
2 500	278.80	278.49	278.20	277.88	277.58
3 000	280.32	279.95	279.59	279.23	278.89
3 500	286.15	285.87	285.53	285.16	284.72
4 000	291.05	290.58	290.12	289.65	289.17
4 500	299.82	299.42	299.02	298.61	298.23
5 000	312.22	311.81	311.39	310.99	310.58
5 500	323.74	323.30	322.85	322.41	321.98
6 000	336.14	335.43	334.81	334.19	333.58

根据表中发动机扭矩和油耗数据不难看出,当海拔升高且大气压力不变时,环境温度降低,扭矩略微增加,油耗则略微下降。海拔每升高 1 000 m 时,扭矩增加值在 0.6% 左右,燃油消耗率也只降低了约 0.3%,变化幅度均很小。因为环境温度降低会增大进气空气密度,有效充气效率会提高,发动机燃烧过程较为充分,发动机性能得到优化。对比分析后得出,在不同海拔高度下,相对于大气压力而言,环境温度的改变对发动机性能造成的影响较小。因此这里重点考虑不同海拔高度下大气压力变化的影响,同时兼顾高原环境下随海拔升高,环境温度降低的变化特点。

1.3 不同海拔高度下发动机的燃油消耗率和输出扭矩

海拔高度在 1 000~4 000 m 时的发动机燃油消耗率如图 4 所示,从上至下分别是海拔高度为 4 000, 3 000, 2 000, 1 000 m 时发动机燃油消耗率曲线。根据图 4 可以发现,不同海拔高度曲线的变化趋势基本相同,均随海拔的升高,环境温度值和大气压力值发生下降,发动机燃油消耗率相应增加。

发动机在海拔高度 1 000~4 000 m 时的稳态输出扭矩如图 5 所示,从上至下依次是海拔高度为 1 000~4000 m 时的稳态输出扭矩曲线。与图 4 类似,从图 5 中可以发现,不同海拔高度发动机输出扭矩的变化趋势基本相同,均在海拔升高的影响下,环境温度值、大气压力值的下降使得发动机输出扭矩降低。由于高原环境下需重点考虑 AMT 汽车动力性,因此这里重点考虑海拔高度对发动机动力性能的影响。

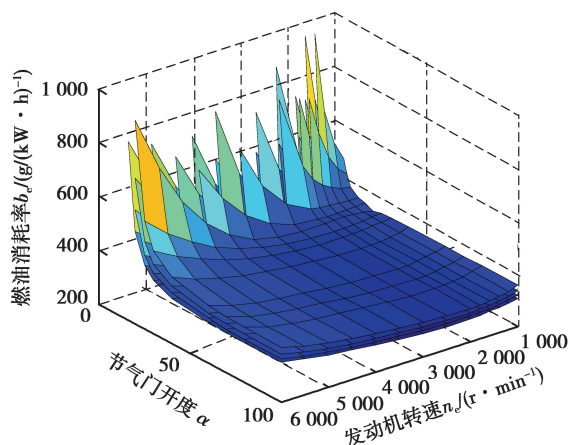


图 4 各海拔高度下发动机燃油消耗率

Fig.4 Engine fuel consumption at different altitude

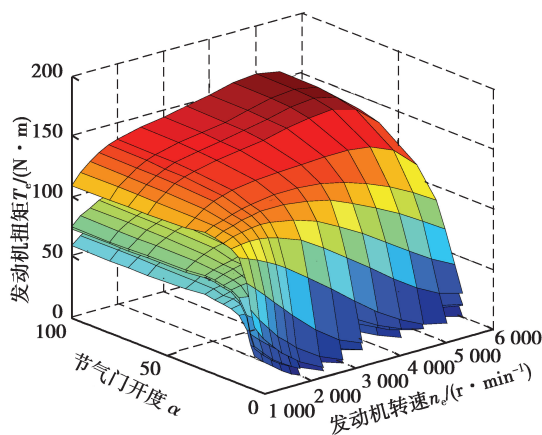


图 5 各海拔高度下发动机输出扭矩

Fig.5 Engine torque at different altitude

2 高原环境下整车动力性与经济性分析

2.1 整车动力传动系统模型建立

笔者以某 AMT 车型为研究对象,根据系统动力学分析,用 Simulink/stateflow 建立了 AMT 车辆传动系统仿真系统总体模型,如图 6 所示。所建立的动力传动系统模型包括变速器模型、换挡控制判断模块、整车动力学模型等^[17]。各模块相互独立,互不影响,可根据需要对各模块进行修改与参数设置。在此仿真模型的基础上,实现汽车动力性和经济性的仿真分析,同时用来对比验证不同换挡规律影响下的汽车性能,据此制定本文中高原环境动力性换挡规律。

2.2 高原环境整车经济性仿真

整车经济性仿真采用最佳燃油经济性换挡规律^[18],将发动机模型在高原环境不同海拔高度下得到的数据输入到整车模型中,对整车经济性进行仿真分析。汽车的燃油经济性能通常用百公里燃油消耗量作为评价指标,在 ECE+EUDC 循环工况^[19]下进行仿真得到汽车行驶过程中各海拔高度下的百公里燃油消耗量,如表 4 所示,随着海拔的升高,汽车的百公里油耗不断上升。

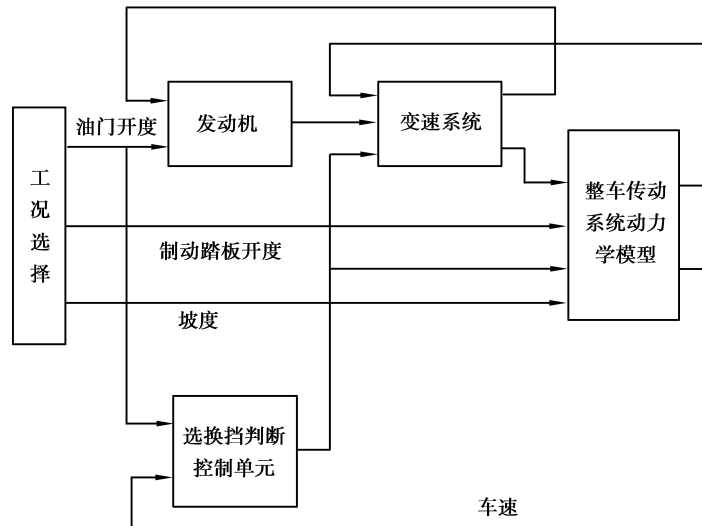


图 6 AMT 汽车动力传动系统仿真模型

Fig.6 transmission simulation model of AMT vehicle

表 4 经济性能对比

Table 4 Comparison of economic performance

海拔高度/m	百公里油耗/(L·100 km) ⁻¹	燃油消耗量/mL
4 000	8.39	928
3 000	8.06	883
2 000	7.83	856
1 000	7.35	812
0	7.24	793

2.3 高原环境整车动力性仿真

以最佳动力性换挡规律^[20]为基础,考虑到整车模型中影响高原环境发动机性能的因素,对汽车在高原环境 1 000~4 000 m 下行驶的动力性进行仿真分析。即将发动机模型中在高原环境不同海拔高度下得到的数据输入到整车模型中,采用最佳动力性换挡规律,对整车动力性进行分析。仿真环境设定为无风条件下汽车行驶在良好平直路面上,节气门开度均设置为 100%。如表 5 所示,从各个海拔高度下整车动力性能参数表可以看出,随着海拔的升高,汽车动力性能出现一定程度的下降。海拔每升高 1 000 m,最高车速持续下降,加速性能依次降低,百公里加速时间逐渐增加,发动机性能的下降对整车动力性有很大影响。

表 5 动力性能对比

Table 5 Comparison of dynamic performance

海拔高度/m	最高车速/(km·h ⁻¹)	百公里加速时间/s
4 000	159	35.16
3 000	175	20.88
2 000	190	16.52
1 000	204	13.56
0	217	11.36

上述整车经济性和动力性仿真结果表明,整车动力性和经济性会随海拔高度的变化而变化,故需要根据高原环境条件变化制定不同的换挡控制规律,从而达到改善汽车高原环境性能的目的。

3 高原环境下动力性换挡规律制定与仿真分析

3.1 不同海拔高度动力性换挡规律制定

高原环境下,应重点考虑汽车动力性,故在平原环境下的最佳动力性换挡规律基础之上,通过调节其两个控制参数(换挡车速和对应的节气门开度),使汽车能充分适应海拔变化的高原环境,从而获得更佳的动力性能。

通常来讲,因高原环境导致扭矩与功率有损失的情况下,为获得良好的动力性,需调节升挡曲线朝高车速方向偏置。同时,节气门开度一般也会较大,为避免降挡频繁导致舒适性降低的问题,需调整降挡曲线朝大油门开度方向偏置。在此分析基础上,可以考虑将最佳动力性换挡规律中的升挡规律车速乘以系数 k_α ,同时将降挡规律中的节气门开度乘以系数 k_β 来研究汽车动力性能变化。需注意的是,海拔高度发生改变时,发动机转矩和功率的损失不尽相同。海拔逐渐升高,发动机性能随之降低,制定换挡规律时需调整的偏缩量也就有所不同,故需要基于不同海拔高度制定相应的换挡规律来满足汽车动力性要求。

高原环境动力性换挡规律修正参数如表 6 所示,根据海拔高度调节修正参数,海拔高度低于 1 000 m 时,保持最佳动力性换挡规律不变;海拔 1 000~4 000 m 时,修正参数随海拔高度而变化,4 000 m 以上参数不再改变。

表 6 换挡规律修正参数

Table 6 Amended coefficient of shift schedule

海拔高度/m	k_α	k_β
$\leq 1\ 000$	1.00	1.00
(1 000, 2 000]	1.10	1.05
(2 000, 3 000]	1.15	1.10
(3 000, 4 000]	1.20	1.15
$> 4\ 000$	1.20	1.20

通过进气压力传感器测量高原环境大气压力值,依据高原环境下海拔高度和大气压力的对应关系得到当前海拔高度值。再根据所处海拔高度确定不同相应修正参数,以采用最佳动力性换挡规律或所制定高原动力性换挡规律,如图 7 所示。针对 1 000~4 000 m 不同海拔高度,依表 6 查出所需修正参数,得到修正后相应的换挡点,修正后的高原动力换挡规律如图 8 所示。

3.2 不同海拔高度高原动力性换挡规律仿真

在进行整车动力性仿真时,将发动机模型在高原环境不同海拔高度下得到的数据输入到仿真模型中,根据所提出的制定方法,得到相应的仿真结果。仿真环境设定为无风条件下汽车行驶在良好平直路面上,节气门开度均设置为 100%,同时海拔高度不发生突变。在 1 000~4 000 m 不同海拔高度下,对比分析最佳动力性换挡规律和高原换挡规律。

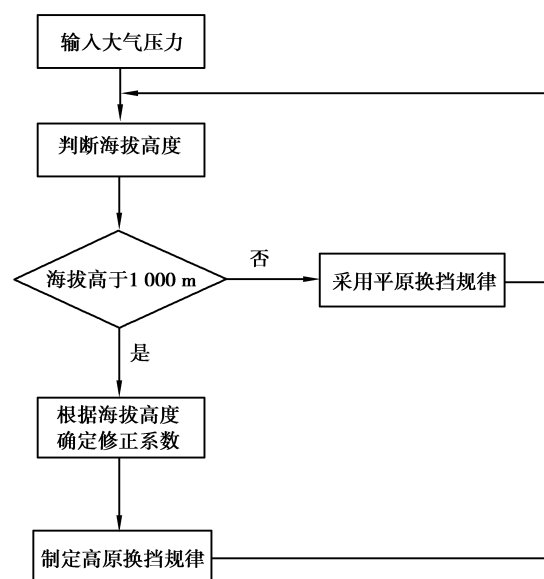


图 7 高原动力性换挡规律制定

Fig.7 The formulation of dynamic shift schedule under different altitude

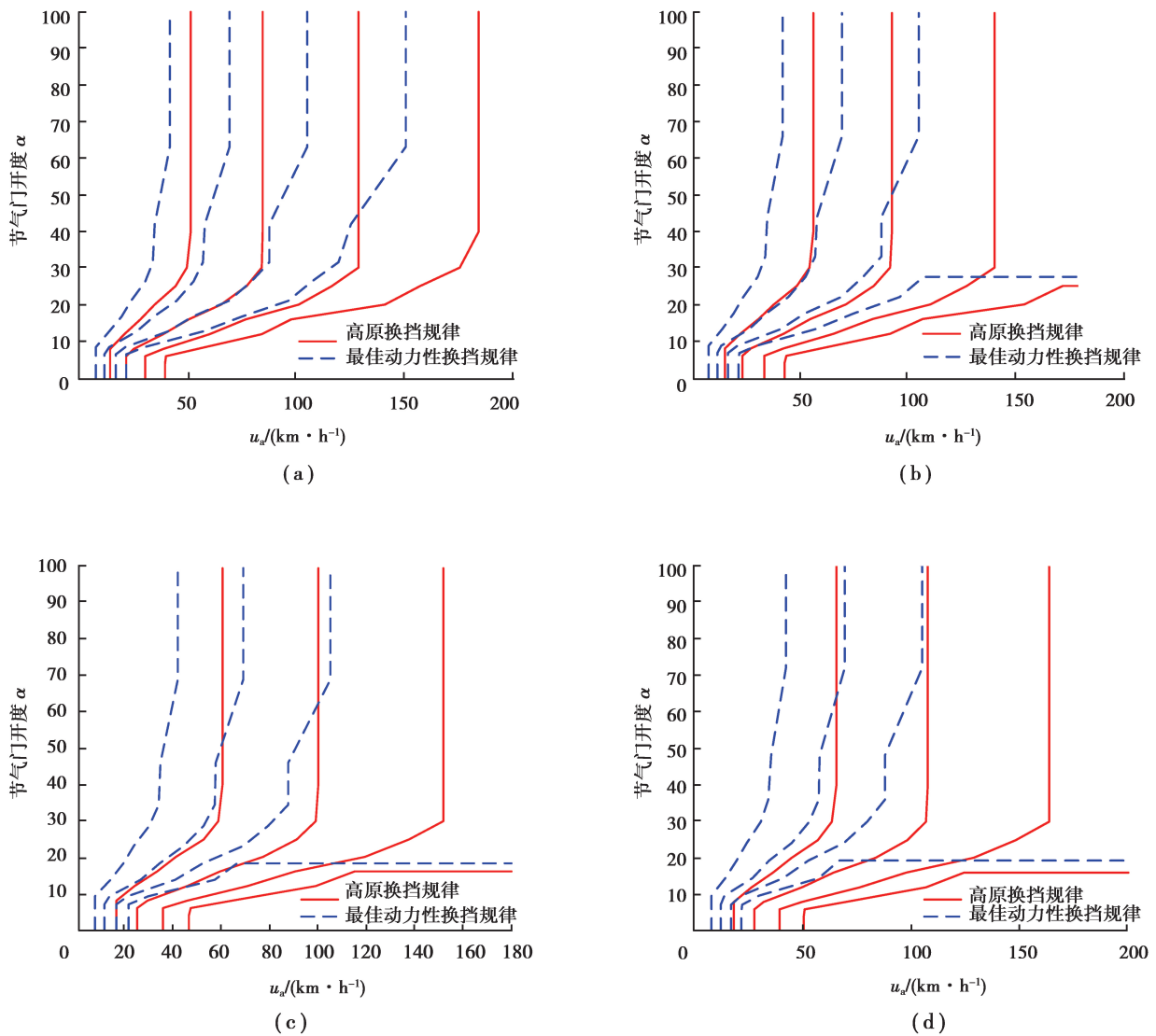


图 8 换挡规律对比

Fig.8 Comparison of shift schedule

3.2.1 加速性能仿真分析

如图 9 所示,(a)~(d)依次为海拔高度 1 000~4 000 m 时,高原换挡规律和最佳动力性换挡规律下,汽车从 0 加速到 100 km/h 的加速时间对比分析。从图中可以发现,使用高原动力换挡控制策略后,1 000 m 时加速时间从 13.56 s 缩短到 13.2 s,2 000 m 时加速时间从 16.52 s 缩短到 15.96 s,2 000 m 和 3 000 m 时也分别缩短了 0.72 s 和 0.6 s。原因在于变速器换挡时间被延迟,汽车被限制在低挡位的行驶时间变长,能够充分利用低挡位行驶时动力性能良好的特点,加速性能明显得到提高。

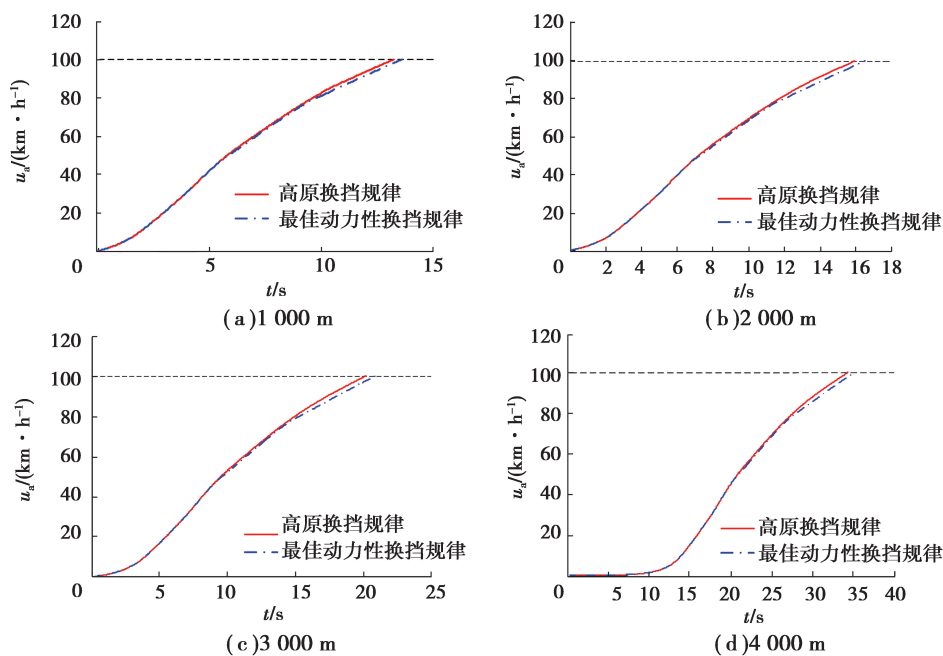


图 9 不同海拔高度加速性能对比

Fig.9 Comparison of accelerating performance at different altitude

3.2.2 最高车速仿真分析

如图 10 所示, (a)~(d) 依次为海拔高度 1 000~4 000 m 时, 高原换挡规律和最佳动力性换挡规律下, 汽车所能达到的最高车速对比分析。从图中可以发现, 采用所制定的高原动力性换挡规律后, 1 000 m 和 2 000 m 时最高车速基本不变, 但是在 3 000 m 时从 175 km/h 提高到 181 km/h, 4 000 m 时从 159 km/h 提高到 169 km/h。由最高车速仿真结果可以看出, 采用高原换挡规律后, 随着海拔高度增加, 汽车最高挡位被限制, 在低挡位行驶的时间变长, 汽车能更好地利用低挡位时的动力性, 获得更好的整车动力性能, 汽车的最高车速也得到提升。

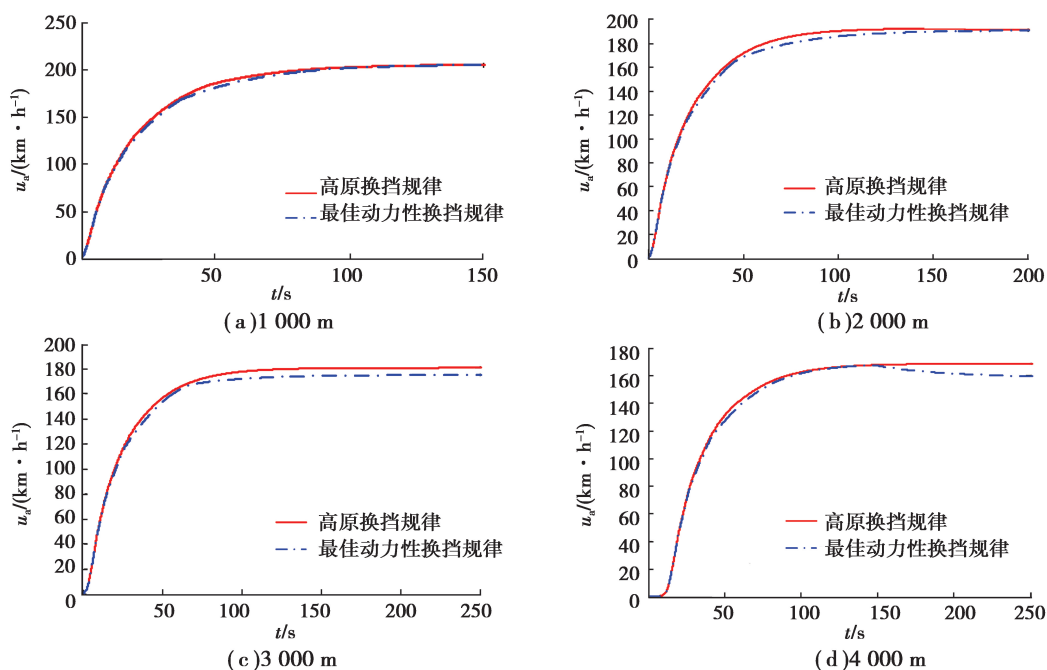


图 10 不同海拔高度最高车速对比

Fig.10 Comparison of maximum speed at different altitude

4 结 论

使用GT-Power建立起发动机模型,获得发动机在高原环境不同海拔高度下的扭矩和油耗数据。建立整车模型,针对汽车在高原环境行驶时性能会下降的问题,把环境因素对发动机性能的影响考虑到整车模型中,以最佳动力性换挡规律为基础,提出了基于不同海拔高度的动力性换挡规律制定方法,对1 000~4 000 m不同海拔高度换挡规律进行了分析,并对比仿真验证其可行性。但笔者仅通过优化换挡规律来改善高原环境AMT汽车性能,综合考虑改善发动机性能及换挡规律,将是今后研究方向。

参考文献:

- [1] Zhang H L, Zhuge W L, Zhang Y J, et al. Study of the control strategy of the plateau self-adapted turbocharging system for diesel engine[C]//SAE International Powertrains, Fuels and Lubricants Congress[S.L.]: SAE, 2008.
- [2] Wang S J, Chen J B, Zhang J Z, et al. Development of highway constructing technology in the permafrost region on the qinhai-tibet plateau[J]. Science in China Series E: Technology Sciences, 2009, 52(2): 497-506.
- [3] 刘振军.基于人-车-路环境下的汽车电控机械自动变速智能控制研究[D].重庆:重庆大学,2005.
LIU Zhenjun. Research on intelligent control of AMT in driver-vehicle-road environment[D]. Chongqing: Chong qing University, 2005. (in Chinese)
- [4] 黄诚.高原地区AMT汽车换挡控制策略研究[D].重庆:重庆大学,2016.
HUANG Cheng. Research on gear shift control strategy of AMT vehicle in plareau region[D]. Chongqing: Chongqing University, 2016. (in Chinese)
- [5] Han K. Calibration for fuel injection parameters of the diesel engine working at plateau via simulating[J]. Advances in Mechanical Engineering, 2014(1): 110-121.
- [6] 朱振夏.增压柴油机高原环境下的供油与进气调节研究[D].北京:北京理工大学,2015.
ZHU Zhenxia. Investigation on parameters adjustment of fuel-supplying and air-intaking systems for diesel engines working at plateau environment[D]. Beijing: Beijing institute of Technology, 2015. (in Chinese)
- [7] 莫飞.高原地区军用越野汽车动力传动系统匹配设计[D].西安:长安大学,2014.
MO Fei. Matching design of plateau military off-road vehicle driving system[D]. Xian: Chang'an University, 2014. (in Chinese)
- [8] 刘瑞林.高原环境适应性研究[M].北京:北京理工大学出版社,2012.
LIU Ruilin. Research on environmental adaptability of plateau[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology press, 2012. (in Chinese)
- [9] 孙冬野,秦大同.基于人-车-路环境下汽车无级自动变速传动的智能控制[J].中国机械工程,2005,16(4):357-360.
SUN Dongye, QIN Datong. Intelligent control on continuously variable transmission in driver-vehicle-road environment[J]. China Mechanical Engineering, 2005, 16(4): 357-360. (in Chinese)
- [10] 陈泳丹,席军强,陈慧岩,等.混合动力公交客车自动机械变速器最优换挡决策[J].重庆大学学报,2013,36(10):27-34.
CHEN Yongdan, XI Junqiang, CHEN Huiyan, et al. Optimal shift decision of automated manual transmission for hybrid electric transit bus[J]. Journal of Chongqing University, 2013, 36(10): 27-34. (in Chinese)
- [11] 胡建军,胡宏奎,伍国强,等.重型商用车AMT自动控制策略及试验分析[J].重庆大学学报,2010,33(6):31-41.
HU Jianjun, HU Hongkui, WU Guoqiang, et al. Automatic control strategy and its test analysis for the heavy truck AMT[J]. Journal of Chongqing University, 2010, 33(6): 31-41. (in Chinese)
- [12] Tseng C Y, Yu C H. Advanced shifting control of synchronizer mechanisms for clutchless automatic manual transmission in an electric vehicle[J]. Mechanism & Machine Theory, 2015, 84: 37-56.
- [13] Zhu X Y, Zhang H, Xi J Q, et al. Robust speed synchronization control for clutchless automated manual transmission systems in electric vehicles[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2015, 229(4): 424-436.

- [14] 周燕,商高高,何建清.基于四参数的汽车发动机外特性模型[J].机械设计与制造,2011(10):148-149.
ZHOU Yan, SHANG Gaogao, HE Jianqing. External characteristic model for engine of automobile based on four parameters[J]. Machinery Design&Manufacture, 2011(10): 148-149. (in Chinese)
- [15] 孙才新,蒋兴良.海拔 4 000m 以上短间隙交流放电特性及电压校正[J].中国电机工程学报,2002,22 (10):116 -120.
SUN Caixin, JIANG Xinliang. Ac discharge performance and voltage correction of short air gaps in 4000m and above alititude districts[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(10): 116-120. (in Chinese)
- [16] 郑卫国,田建震.西藏高原环境对装甲车辆动力性能的影响[J].装备指挥技术学院学报,2008,19(5):113-116.
ZHENG Weiguo, TIAN Jianzhen. Influences of tibet plateau on the armored vehlcle power performmance[J]. Journal of the Academy of Equipment Command & Technology, 2008, 19(5): 113-116. (in Chinese)
- [17] Hong K S, Yang K J, Lee K I. An object-oriented modular simulation model for integrated gasoline engine and automatic transmission control[J]. International Journal of Ecology & Environmental Sciences, 1999, 37(3): 93-104.
- [18] 郑磊,郭孔辉.自动变速器换挡规律的图解方法[J].吉林大学学报(工学版),2009(S1):5-9.
ZHEN Lei, GUO Konghui. Graphic method on automatic transmission shift schedule[J]. Journal of Jilin University (Engineering and technology Edition), 2009(S1): 5-9. (in Chinese)
- [19] An F, Earley R, Green-Weiskel L. Global overview on fuel efficiency and motor vehicle emission standards: policy options and persperctives for international cooperation [J/OL]. (2011-05-13) [2017-09-13]. [http:// www. docin. com/p-431933696.html](http://www.docin.com/p-431933696.html).
- [20] Dong Y H, Yin C J. Optimal Torque control Strategy of Electric Transmission Driver Based on AMT During Gear Shift[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2009, 43(2): 217-221.

(编辑 张 苹)