

探究如何提升 PHEV 纯电续航里程

李平, 卢生林, 雷志, 张献洋

(奇瑞汽车股份有限公司, 安徽 芜湖 241007)

摘要: PHEV 是最新型的节能环保插电式混合动力汽车, 它在传统燃油车的基础上增加了外接充电功能, 由于需要外接充电及纯电行驶, 电池能量及电机输出功率必须具备相应条件。文中分析了影响纯电续航里程的因素, 主要从电机效率、变速箱效率、行驶阻力三方面探讨了提升纯电续航里程的方法。

关键词: 汽车; 插电式混合动力汽车(PHEV); 续航里程; 纯电行驶

中图分类号: U469.72

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)06-0001-04

国家关于汽车行业节能减排政策的实施促使各大汽车主机厂纷纷研发新能源汽车。而在当前形势下, 受纯电续航里程及充电时间的限制, 在短时间内纯电动汽车还不能像燃油车一样方便、实用。插电式混合动力汽车(PHEV)是现在油电过渡时期较好的折中方案, 它在传统燃油车的基础上增加外接充电功能。但由于需要外接充电及纯电行驶, 其电池能量及电机输出功率等必须具备相应条件。此外, 纯电续航里程还与电机效率、变速箱效率、行驶阻力等息息相关。

1 纯电续航里程的定义及重要性

插电式混合动力汽车的纯电续航里程是指车辆在充满电后可连续行驶达到的最大里程。它除和纯电汽车一样有电池组外, 还可靠发动机提供动力驱动, 既可解决人们对续航里程的忧虑, 又能降低污染, 提高燃油经济性, 一举三得。

2 影响纯电续航里程的因素

(1) 行驶环境。与传统燃油车一样, 风向、风力、道路条件、交通状况等都是影响插电式混合动力汽车纯电续航里程的因素。

(2) 滚动阻力。汽车越重, 行驶时所承受的滚动阻力越大, 而插电式混合动力汽车相比传统燃油车在重量上增加 10%~15%, 主要增加的部件有电池、电机及各类混动车辆控制器等, 减少车辆在行驶时的阻力可在一定程度上提升其纯电续航里程。

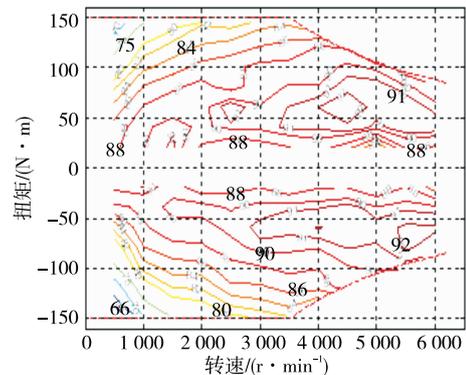
(3) 技术、成本等因素。零部件供应商的能力有限, 主机厂从整车开发角度考虑, 必须带动零部件供应商的能力共同提升, 通过对关键零部件效率的

最大化利用来提升纯电续航里程, 如电机效率、变速箱效率等。

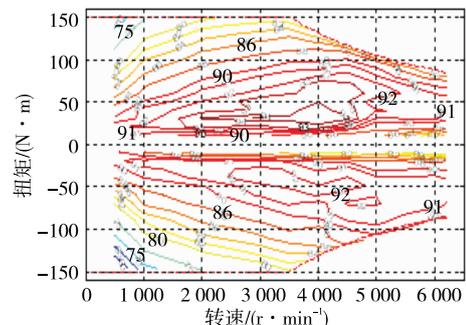
3 提升纯电续航里程的措施

3.1 提高电机效率

纯电行驶时, 电机转速与车速成正比, 在成本、质量不变的情况下, 首先考虑电机效率最大化利用。以某车型为例, 如图 1 所示, 为追求最佳效果, 不断在实车上进行调整验证, 通过调整转速与扭矩, 将整体效率由原来的 86.5% 提升到 86.9%。在转速 500



(a) 原电机效率



(b) 提升后电机效率

图 1 提升电机效率示例(单位: %)

~3 500 r/min、扭矩 $\leq 100 \text{ N}\cdot\text{m}$ 范围内,电机效率提升1.9%,在电动模式下,低负荷效率提升非常明显。效率提升前后效率差异见表1、表2。

3.2 提高变速箱效率

在成本、质量不变的情况下,首先考虑优化油泵

的结构尺寸,减小油泵排量。以某车型为例,老油泵的排量为19.3 mL/r,优化后油泵的排量为16.76 mL/r,两者排量相差2.54 mL/r。各工况下优化前后油泵测试数据对比见表3。

从表3可看出:40℃条件下,泵速为500 r/min、

表1 原电机效率差异对比

扭矩/ (N·m)	不同转速(r/min)下的效率差异/%									平均 值/%
	500	1 000	2 000	3 000	3 500	4 000	4 500	5 000	6 000	
20	4.3	2.3	5.6	5.8	5.9	4.8	4.9	6.8	0.9	4.6
40	2.3	1.8	3.1	2.8	2.5	3.2	1.4	1.5	-0.2	2.0
60	0.2	0.4	1.9	2.2	1.8	1.4	0.7	1.0	0.3	1.1
80	-0.2	0.1	0.8	1.7	1.3	1.8	0.7	-0.5	-1.3	0.5
100	-0.2	0.2	0.3	0.2	0.9	0.3	0.0	-0.8	-3.8	-0.3
120	0.0	-0.1	0.1	0.0	0.0	-2.0	-1.5	-2.3	-3.8	-1.1
140	1.2	0.4	-0.6	-0.7	-1.1	-2.1	-3.8	-2.3	-3.8	-1.4
150	-0.3	-0.1	-0.4	-1.6	-2.6	-2.1	-3.8	-2.3	-3.8	-1.9

表2 提升后电机效率差异对比

扭矩/ (N·m)	不同转速(r/min)下的效率差异/%									平均 值/%
	500	1 000	2 000	3 000	3 500	4 000	5 000	6 000		
-20	0.1	1.1	4.1	3.3	4.3	1.8	0.3	3.7	2.3	
-40	0.9	1.7	0.5	2.0	1.3	0.8	1.8	0.9	1.2	
-60	0.3	-0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	-0.6	-0.2	-0.1	
-80	0.1	-1.4	-0.4	-1.6	-0.1	0.6	0.8	0.2	-0.2	
-100	-1.9	-2.2	-0.5	-1.1	-0.5	-0.7	-0.6	-1.1	-1.1	
-120	-1.4	-1.9	-1.1	-1.8	-1.5	-0.7	-0.7	-2.8	-1.5	
-140	-4.6	-2.0	-1.8	-3.1	-2.0	-0.5	-2.0	-2.8	-2.4	
-150	-3.1	-2.4	-1.4	-2.7	-2.4	-0.5	-2.0	-2.8	-2.2	

表3 各工况下优化前后油泵测试数据对比

出口压 力/MPa	泵速/ (r·min ⁻¹)	40℃下扭矩/ (N·m)		80℃下扭矩/ (N·m)		出口压 力/MPa	泵速/ (r·min ⁻¹)	40℃下扭矩/ (N·m)		80℃下扭矩/ (N·m)	
		老油泵	优化后 油泵	老油泵	优化后 油泵			老油泵	优化后 油泵	老油泵	优化后 油泵
0.5	500	3.4	2.6	2.9	2.4	1.0	2 500	6.8	5.5	5.4	4.6
	1 000	3.6	3.1	3.1	2.5		3 000	7.1	5.7	5.9	4.6
	1 500	4.2	3.5	3.3	2.6		3 500	7.7	6.0	6.3	4.9
	2 000	4.6	3.7	3.6	2.8		4 000	7.9	6.3	—	—
1.0	500	4.8	4.4	4.5	4.0	2.0	500	8.3	7.4	8.9	8.7
	1 000	5.3	4.5	4.6	4.0		1 000	8.8	7.5	8.4	7.0
	1 500	5.9	4.9	4.7	4.0		1 500	9.1	7.9	8.1	7.3
	2 000	6.3	5.0	5.1	4.2		2 000	9.6	8.0	8.3	7.4

续表 3

出口压 力/MPa	泵速/ (r · min ⁻¹)	40 °C 下扭矩/ (N · m)		80 °C 下扭矩/ (N · m)		出口压 力/MPa	泵速/ (r · min ⁻¹)	40 °C 下扭矩/ (N · m)		80 °C 下扭矩/ (N · m)	
		老油泵	优化后 油泵	老油泵	优化后 油泵			老油泵	优化后 油泵		
2.0	2 500	10.1	8.1	8.7	7.4	4.0	1 000	15.2	13.7	15.2	15.0
	3 000	10.3	8.5	9.2	7.6		1 500	15.2	13.8	15.4	13.1
	3 500	10.7	8.7	9.2	7.7		2 000	15.6	14.0	15.3	13.6
	4 000	10.9	9.3	—	—		2 500	16.0	13.9	15.4	12.9
	500	11.9	10.9	—	—		3 000	16.3	14.4	15.4	13.2
3.0	1 000	12.0	10.4	12.2	10.5	3 500	16.8	14.7	16.3	13.4	
	1 500	12.4	10.8	11.9	10.1	4 000	17.2	15.0	—	—	
	2 000	12.7	10.8	11.5	10.3	1 500	20.0	22.6	20.3	20.5	
	2 500	13.1	11.1	11.7	10.4	2 000	20.4	18.8	20.1	17.6	
	3 000	13.3	11.4	12.2	10.5	2 500	21.0	18.5	21.8	17.4	
4.0	3 500	13.8	11.5	12.5	10.5	5.0	3 000	21.1	18.9	20.1	17.4
	4 000	14.1	12.2	—	—		3 500	21.3	18.8	—	—
	800	15.8	13.9	16.8	16.3		4 000	21.6	18.9	—	—

出口压力为 0.5 MPa 时,老油泵的扭矩为 3.4 N · m,优化后油泵的扭矩为 2.6 N · m,降低 0.8 N · m;80 °C 条件下,泵速为 3 000 r/min、出口压力为 5.5 MPa 时,老油泵的扭矩为 20.1 N · m,优化后油泵的扭矩为 17.4 N · m,降低 2.7 N · m。优化后油泵的扭矩平均减小约 1.5 N · m。

3.3 行驶阻力优化

主要从轮胎、制动器、起动力矩三方面进行行驶阻力优化。

3.3.1 轮胎优化

传统轮胎由于添加了有致癌作用的橡胶配合剂,随着胎面磨损散发到空气中,对环境造成极大威胁,被称为“黑色污染”。

使用低滚阻轮胎,对节油和减少污染会产生巨大作用,同时可增加纯电续航里程。以某车型的轮胎为例,普通轮胎的滚阻系数为 9.6%,低滚阻轮胎的滚阻系数为 8.5%,采用低滚阻轮胎,行驶阻力平均降低 12 N,降幅明显(见图 2)。

3.3.2 制动器优化

制动器由制动钳、摩擦片、制动盘等组成,正常摩擦片的回位只能靠制动盘甩动力。在制动钳的基础上增加摩擦片回位弹簧(插入摩擦片的背板中)后,摩擦片的回位可依靠制动盘甩动力和弹簧力两个力,回位弹簧主要给摩擦片一个向外的推力,从而

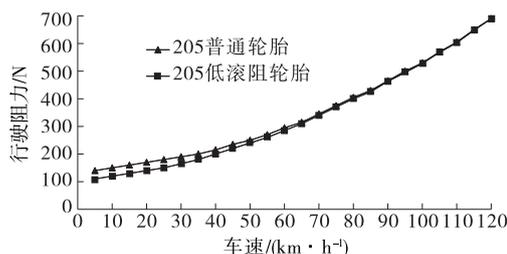


图 2 普通轮胎与低滚阻轮胎行驶阻力对比

减小摩擦片与制动盘的拖滞力。某车型增加回位弹簧前后的拖滞力矩对比见图 3,机械阻力对比分别见图 4,起动力矩对比见表 4。

由图 3、图 4、表 4 可知:1) 增加回位弹簧后,拖滞力矩整体降幅明显,单只拖滞力由 ≤4 N · m 降低到 ≤3.5 N · m,降低 0.5 N · m。2) 原状态平均整车机械阻力为 180.7 N,增加回位弹簧后为 178 N,平均整车机械阻力降低 2.7 N;原状态平均制动器机械阻力为 13.5 N,增加回位弹簧后为 10.8 N,平均制动器机械阻力降低 2.7 N,且在低速(5~80

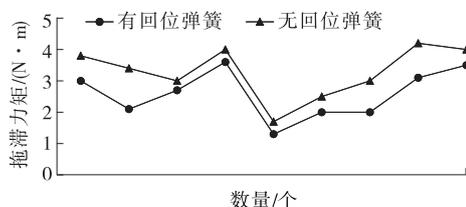
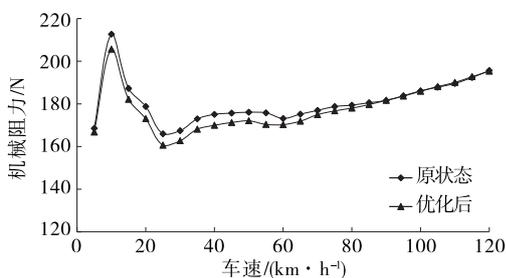
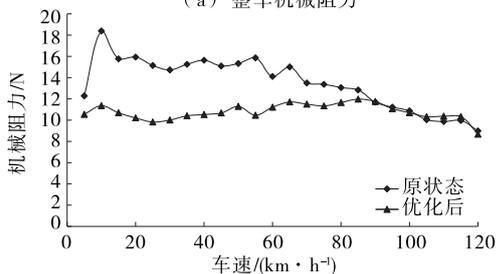


图 3 增加回位弹簧前后拖滞力矩对比



(a) 整车机械阻力



(b) 制动器机械阻力

图4 增加回位弹簧前后机械阻力对比

表4 增加回位弹簧前后起动力矩对比 N·m

测试部位	整车起动力矩		制动器起动力矩	
	原状态	优化后	原状态	优化后
左前	9.0	5.0	4.5	0.5
右前	9.3	5.0	4.8	0.5
前轴	18.3	10.0	—	—

km/h)时降幅明显,平均降低 4.1 N。3) 增加回位弹簧后起动力矩降幅明显,整车起动力矩降低 8.3 N·m。

4 结语

该文主要针对续航里程有限的车辆,通过不断实车测试调整电机转速与扭矩来提升电机效率;通

过优化变速箱油泵结构尺寸减小油泵排量,从而减小扭矩来提升变速箱效率;通过采用低滚阻轮胎降低行驶阻力及优化制动器,在制动钳的基础上增加摩擦片回位弹簧,从而减小摩擦片与制动盘的拖滞力。通过测试,上述三项措施均可提升续航里程 1%~2%。

参考文献:

- [1] 李锦,徐兆坤,许建昌.浅谈 PHEV 的发展现状及趋势[J].上海汽车,2009(2).
- [2] 张雄飞,何天明,张献伟.新型混合动力汽车(PHEV)技术简介[J].城市车辆,2008(8).
- [3] 周磊,罗禹贡,杨殿阁,等.混联式混合动力车多能源动力控制系统的开发[J].机械工程学报,2007,43(4).
- [4] 王润才,何仁,俞剑波,等.基于遗传算法的插电式串联混合动力汽车动力参数优化[J].中国机械工程,2013,24(18).
- [5] 舒红,秦大同,胡明辉,等.轻度混合动力汽车再生制动能量管理策略[J].机械工程学报,2009,45(1).
- [6] 朱晓,杨情操,徐文斌.轮胎滚动阻力对汽车燃油经济性的影响分析[J].上海汽车,2016(7).
- [7] 车兆华.插电式混合动力电动城市客车的最佳纯电动模式续驶里程研究[J].客车技术与研究,2013(1).
- [8] 唐瑜亮.纯电动汽车动力性分析和续驶里程研究[J].客车技术与研究,2013(1).
- [9] 陈万吉,李孟良,梁晶晶,等.基于经济效益分析的插电式混合动力汽车最佳纯电动续驶里程研究[J].科学技术与工程,2016,16(14).
- [10] 葛坚.插电式混合动力汽车复合电源系统研究[D].洛阳:河南科技大学,2015.

收稿日期:2018-03-14

关于假冒杂志网站和邮箱的声明

目前互联网上出现以《公路与汽运》杂志名义建立的官方网站和投稿邮箱,它们盗用“公路与汽运”的名称,非法向外征稿并收取审稿费、版面费,严重损害了本刊的权益和声誉。为避免广大作者和读者上当受骗,本刊郑重声明:1) 本刊没有官网,也从未以任何方式授权其他单位和个人在互联网上建立网站,互联网上以“公路与汽运”名义建立的网站都是假冒的,此类网站上发布的信息及由此造成的一切后果均与本刊无关。2) 本刊唯一的投稿邮箱是 gongluyuqiyun@163.com,除此之外的任何以本刊名义设立的邮箱都是假冒的。本刊目前没有收取审稿费。3) 本刊强烈谴责这种假冒《公路与汽运》杂志名义、损害本刊和作者、读者权益的违法行为,并保留依法追究其法律责任的权利。

特此声明。