

整车电平衡的计算及验证

赖建文, 苏秀花, 王 坚

(柳州五菱新能源汽车有限公司, 广西 柳州 545007)

摘 要: 整车电平衡是指车辆供电系统与耗电系统电能的产生与消耗达到稳定的状态, 在某些恶劣条件下, 也可以允许蓄电池短时放电。本文介绍整车电平衡的计算原则、供电系统的匹配计算以及整车电平衡的测试原理、方法及结果。

关键词: 整车; 电平衡; 电源系统; 耗电系统

中图分类号: U462; U463.63

文献标志码: A

文章编号: 1006-3331(2023)04-0045-04

Calculation and Verification of Vehicle Electric Power Balance

LAI Jianwen, SU Xiuhua, WANG Jian

(Liuzhou Wuling New Energy Automobile Co., Ltd., Liuzhou 545007, China)

Abstract: The power balance of the vehicle refers to the state of the production and consumption of the electric energy of the vehicle power supply system and the power consumption system. Under certain harsh conditions, the battery can also be allowed to discharge in a short time. This paper introduces the principles of the vehicle power balance calculation, the corresponding power supply system calculation, and the theory, methodology and results of the testing of the vehicle power balance.

Key words: vehicle; power balance; power supply system; power consumption system

目前, 汽车整车电平衡设计主要采用经验公式估算, 没有充分研究车辆电器系统之间的关系, 也缺少试验数据支持, 且每个主机厂的计算方法和评价标准各有不同。本文提出整车电平衡的计算原则, 阐述电器电平衡计算的方法及标准; 并通过分析不同工况下各电气设备的动态参数, 验证整车电平衡设计的合理性, 在保证系统安全、可靠的前提下, 为产品的成本优化提供数据支持与整改建议^[1]。

1 整车电平衡计算

1.1 整车电平衡计算原则

目前行业内对于整车电平衡计算的原则只是要求发电机必须在绝大多数运行工况下, 能够给各用电设备提供足够的电能, 同时又能保证给蓄电池充电即可。本文从兼顾使用和成本角度出发, 按本企业标

准, 对电平衡的计算原则提出以下具体要求:

1) 发电机的额定输出电流应在整车最大负载工作电流的 1.2~1.5 倍之间。

2) 发动机怠速时, 发电机输出电流应为其额定电流的 55%~80%。

3) 车辆怠速高负载运行时, 蓄电池容量 SOC 降至 60% 的时间至少为 40 min, 即:

$$C_{20} \times (0.9 - 0.6) \div I_b \times 60 \geq 40 \quad (1)$$

式中: C_{20} 为蓄电池容量; I_b 为放电电流。

4) 发动机怠速高负载时, 蓄电池的放电电流 I_b 应不大于该蓄电池 20 小时率电流的 6 倍, 即:

$$I_b \leq 6 \times C_{20} \div 20 \quad (2)$$

5) 必须有足够的电能储备, 保证车辆在正常运行或驻车停放一段时间后仍可以起动及工作, 即:

$$I_a \leq C_{20} \times (0.9 - 0.65 - d \times T) \div (T \times 24) \quad [2] \quad (3)$$

收稿日期: 2023-02-17。

第一作者: 赖建文 (1978—), 男, 工程师; 主要从事新能源汽车关键技术及汽车电气的研究工作。E-mail: laijianwen@wuling.com.cn。

式中: T 为允许驻车的时间, 一般为 42 天; d 为蓄电池每天的自放电率, 一般为 1‰; I_a 为整车静态电流, 一般要求小于 20 mA。

1.2 蓄电池容量计算

蓄电池容量偏小时, 会影响车辆的驻车时间, 而长期的深度放电, 也会大大影响蓄电池的寿命; 蓄电池容量偏大时, 会影响布置空间, 同时也会导致质量过剩和成本增高。

1) 按式(4)计算蓄电池的额定容量:

$$C_{20} = C \times P \div U^{[2]} \quad (4)$$

式中: C 为配电系数, 本文取 620~810; P 为起动机额定功率; U 为车辆的电压等级。

2) 根据式(3)的变形计算蓄电池容量, 即:

$$C_{20} \geq I_a \times (T \times 24) \div (0.9 - 0.65 - d \times T) \quad (5)$$

3) 蓄电池的低温起动电流通常指在环境温度 $-17.8 \sim 28.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下, 发动机正常启动所需的电流值, 满足汽车在低温环境下的冷启动电能需求也成为蓄电池匹配的重要依据^[3]。一般根据起动机特性曲线图进行估算, 该电流值应大于起动机输出特性曲线上功率最大点对应的起动电流, 同时小于功率曲线与力矩曲线交点对应的电流^[4], 如图 1 所示。

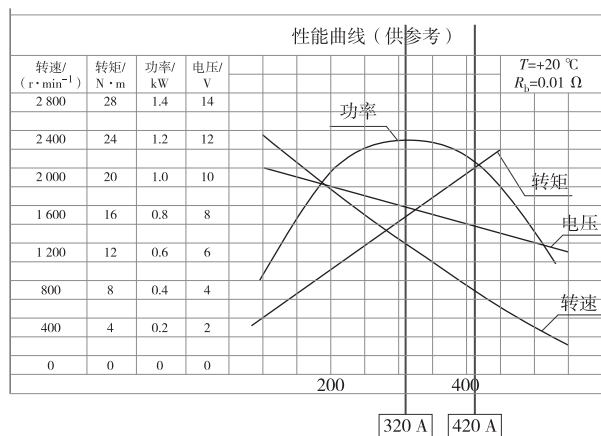


图 1 起动机特性曲线图

1.3 发电机功率与整车耗电量的匹配计算

1.3.1 整车电气负荷分类及典型用电工况

整车用电设备可以分为连续工作制、短时工作制和随机工作制 3 种^[5]。连续工作制主要包括点火系统、燃油系统、行驶系统、仪表灯等; 短时工作制主要包括灯光系统、雨刮系统、电喇叭等; 随机工作制主要

包括电动门窗、空调系统、ABS 及其他用电器。

汽车在行驶过程中几种较为典型的用电工况大致可分为平常日间、平常夜间、冬季日间、冬季夜间、冬季雪夜、夏季日间、夏季夜间、夏季雨夜^[6]。根据车辆的实际运行状态, 以最符合国内城市工况的 WLTC 工况作为标准工况, 在最初的设计中, 按车速不大于 50 km/h 作为该工况的计算标准。

1.3.2 用电设备等效负荷计算

为分析计算方便, 通常需要引入用电设备的使用频度系数 μ 。各用电设备 μ 与环境气候密切相关, 其中 μ_s 是与夏季相关的频度系数, μ_o 是与季节气候无关的频度系数, μ_w 是与冬季相关的频度系数^[7], 各厂家对频度系数的定义都基本相同。

先按照式(6)计算加权功率 P_s , 再按照式(7)计算用电设备等效电流 I_s 。

$$P_s = P \times \mu \quad (6)$$

$$I_s = P_s \div U \quad (7)$$

式中: P 为用电设备额定功率; μ 为各用电设备的使用频度系数; U 为发电机或 DC/DC 的标称输出电压。

根据用电工况、频度及用电设备等效负荷计算公式计算整车在不同季节和环境下的用电量, 某车型的计算结果见表 1。

表 1 某车型用电功率汇总表 (电压等级 14 V)

用电工况	功率/W	电流/A
平常日间	522.62	37.33
平常夜间	723.66	51.69
冬季日间	751.24	53.66
冬季夜间	952.28	68.02
冬季雪夜	964.04	68.86
夏季日间	1 186.9	84.78
夏季夜间	1 387.9	99.14
夏季雨夜	1 498.1	107.01

1.3.3 发电机的主要参数确定

1) 以某车型为例, 该车蓄电池容量 C_{20} 为 100 Ah, 轮胎半径为 0.328 6 m, 发动机怠速转速为 750 r/min, 怠速开空调转速为 850 r/min, 发电机皮带轮与发动机曲轴皮带轮的传动比为 52 : 136。查看该车型发电机的特性曲线图, 得出该车型发动机在怠速

工况及开空调时的输出电流分别为 75 A 和 82 A。

2) 从表 1 可知,该车型在冬季雪夜及夏季雨夜的整车耗电量分别为 68.86 A 和 107.01 A,蓄电池放电电流 I_b 等于整车耗电量减去发电机输出电流值,得出蓄电池在冬季雪夜的放电电流 I_b 为-6.14 A,处于充电状态。而夏季雨夜的放电电流 I_b 为 25.01 A,按式(1)计算夏季雨夜蓄电池的连续放电时间为 72 min,编制怠速工况下电源系统输出表见表 2。

表 2 怠速工况电源系统输出表

车辆运行环境	发电机输出电流/A	整车耗电量/A	蓄电池放电电流/A	蓄电池允许放电时间/min
冬季雪夜	75	68.86	-6.14	-
夏季雨夜	82	107.01	25.01	72

2 整车电平衡验证

2.1 测试原理及方法

整车电平衡测试的关键在于工况的设计和选择^[8]。而为了评价整车电平衡的测试效果,则需评估供电能力与负载消耗量之间的匹配合理性,故在测试过程中,应记录发电机、蓄电池等供电系统的电压电流信号^[9],怠速时蓄电池的放电时间等。

1) 按照图 2 正确连接 CSM 模块的电压测试探针和电流传感器,并将温度贴片接入前舱、乘客舱等关键位置。

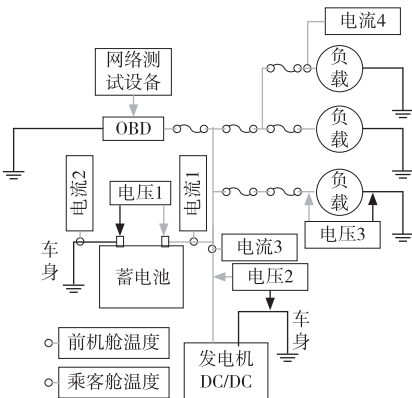


图 2 电平衡测试原理图

2) 试验工况的选择上,各厂家的怠速工况和高速工况测试方案大体相同,而电平衡试验的关键在于城市工况的选择,城市工况的选择越合理,越能反映

车辆在实际道路中的表现^[10]。该测试工况应包含夏季雨夜和冬季雪夜,试验过程中的换挡应速度平稳,实际车速与工况设定车速的偏差不应超过±3 km/h,并按不同的频度系数表打开相应的电器负载,测试时间 60 min,以 WLTC 工况作为测试工况,工况曲线如图 3 所示。

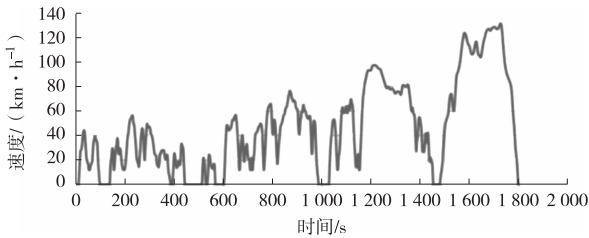


图 3 WLTC 工况图

2.2 测试结果

夏季雨夜时,蓄电池最小充电电流为 1.69 A,蓄电池 SOC 变化率为 4.82%,怠速空调时,蓄电池放电电流为 10.95 A,蓄电池 SOC 变化率为-7.3%;冬季雪夜时,蓄电池最小充电电流为 2.02 A,蓄电池 SOC 变化率为 3.02%,怠速暖风时,蓄电池放电电流为-1.79 A,蓄电池 SOC 变化率为 1.19%。车辆满足电平衡测试的评价标准,测试结果见 3。

表 3 电平衡测试结果(WLTC 工况)

环境	性能指标	评价值	实测值
夏季雨夜	蓄电池平均电压/V	>12.9	13.73
	蓄电池最小充电电流/A	>0	1.69
	蓄电池 SOC 变化率/%	>0	4.82
怠速空调	蓄电池放电电流/A	<电池 20 小时率电流的 6 倍	10.95
	蓄电池 SOC 变化率/%	>40 min 后,SOC 变化<30%	-7.3
冬季雪夜	蓄电池平均电压/V	>12.9	13.89
	蓄电池最小充电电流/A	>0	2.02
	蓄电池 SOC 变化率/%	>0	3.02
怠速暖风	蓄电池放电电流/A	<电池 20 小时率电流的 6 倍	-1.79
	蓄电池 SOC 变化率/%	>40 min 后,SOC 变化<30%	1.19

3 结束语

本文通过一套电平衡的设计原则及计算方法,在研发的初期阶段得出供放电系统较佳的配合参数,并通过后期的试验验证电平衡设计的有效性。在未来

的设计和验证中,可以应用仿真软件更好地模拟整车电气性能,并对各项指标参数进行修正,从而得到更精准的数值;而工况的模拟也应能进行更多参数的修正,使车辆的运行更接近客户所需要的实际工况,进而更准确地分析电源系统的效率及寿命,使车辆电源系统的设计达到最优状态^[11]。

参考文献:

- [1] 习璐颖,徐艳强,周平. 纯电动汽车整车动态电平衡设计及验证测试[J]. 电工技术,2022,21(2):6-9.
- [2] 聂石启. 客车整车电量平衡计算[J]. 客车技术与研究,2019,41(1):38-41.
- [3] 刘保国,马全海,杜浪东. 一种汽车铅酸蓄电池匹配计算方法[J]. 汽车实用技术,2019(13):61-63.
- [4] 刘德生,胡定辉,张百山,等. 汽车电平衡的设计计算与验证方法[J]. 汽车电器,2014(1):1-9.
- [5] 王景松,孙李璠,孙强,等. 纯电动汽车电平衡计算[J]. 汽车电器,2019(4):8-13.
- [6] 张明森. 汽车的电量平衡计算[J]. 汽车电器,2010(10):10-16.
- [7] 朱勤,饶洪宇,王程. 汽车电源系统电平衡设计和路试分析[J]. 内燃机与配件,2017(19):3-5.
- [8] 杨森. 客车电平衡试验方法及评价标准研究[D]. 长春:吉林大学,2018.
- [9] 安永岭,端木琼,王子龙,等. 基于某款车型的整车电平衡验证测试[J]. 汽车电器,2015(7):63-66.
- [10] 仲秦,张承彬,毛艺,等. 基于某混动车型的整车电平衡测试[J]. 时代汽车,2021(5):101-103.
- [11] 白树立,杨新明,柳萧,等. 电平衡计算方法及其在整车试验中的应用[J]. 汽车电器,2017(6):39-42.