

文章编号:1000-8055(2012)07-1532-05

微型纯电动汽车动力舱风冷散热研究

徐晓明, 赵又群

(南京航空航天大学 能源与动力学院, 南京 210016)

摘 要: 微型纯电动汽车的进风口可以布置在多个位置, 将进风口布置在微型纯电动汽车动力舱前端, 研究这种进风方式的散热效率; 不同进出风模式是否可以改善动力舱的散热性能也是一个值得关注的问题. 研究表明: 电池组发热量、车外环境温度及进风温度对动力舱内的温度影响较大, 进风口数目及动力舱进风速度对其影响较小; 当进风温度低于环境温度时, 增加进风口数目和提高车速可以提高散热性能, 当进风温度高于环境温度时, 减少进风口数目和降低车速可以提高散热性能. 上述结论为微型纯电动汽车动力舱散热方案实施提供了参考依据.

关 键 词: 纯电动汽车动力舱; 风冷; 进出风模式; 散热; 电池组

中图分类号: V231.1

文献标志码: A

Research on wind cooling disperse heat of micro electric vehicle power cabin

XU Xiao-ming, ZHAO You-qun

(College of Energy and Power Engineering,

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Air-inlet of micro electric vehicle can be arranged in a plurality of positions. It is worth researching whether the air-inlet arranged in the front of micro electric vehicle power cabin can improve disperse heat efficiency. It is also important to choose a finer air-inlet & air-outlet pattern to improve disperse heat efficiency. The results indicate that the temperature of power cabin is affected evidently by the battery heat, environment temperature and air-inlet temperature, whereas is affected less by air-outlet pattern, number and speed of the air-inlet; when the intake air temperature is lower than the ambient temperature, increasing the number of air-inlet quantity and vehicle speed can improve the cooling performance, and when the intake air temperature is above the ambient temperature, reducing the number of air-inlet quantity and vehicle speed can improve the cooling performance. Then the reference basis for choosing disperse heat project was provided.

Key words: electric vehicle power cabin; wind cooling;
air-inlet and air-outlet patterns; disperse heat; battery

微型纯电动汽车的进风口可以布置在多个位置, 这将直接影响到风冷散热效率. 近年来, 随着

CFD(computational fluid dynamics)技术飞速的发展^[1-9], 采用数值模拟方法分析微型纯电动汽车

收稿日期: 2011-08-23

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2297.V.20120801.1438.201207.1532_013.html

基金项目: 江苏省普通高校研究生科研创新计划 (CX11_0182)

作者简介: 徐晓明(1982—), 男, 浙江杭州人, 博士生, 主要从事汽车空气动力学、新型动力与电动汽车研究.

E-mail: xuxiaoming3777@163.com

动力舱热流场特性,可得到空间的流场和温度场的分布,进而指导动力舱的优化设计.潘宏斌等^[10]通过仿真软件对混合动力客车的电池包散热进行了仿真分析;Rami S 等^[11]比较了近年来新兴的相变化材料(PCM)冷却方法与传统的空气冷却方法的效果;Paul N 等^[12]则是对燃料电池汽车分别使用空冷和油冷的散热效果进行了比较.

COMSOL Multiphysics 软件被当今世界科学家称为“第一款真正的任意多物理场直接耦合分析软件”,它可以与 Matlab 无缝集成,通过 Matlab 命令可生成自动计算窗口,使快速计算成为可能.

本文在不同进风速度和温度下,对微型纯电动汽车动力舱几种典型进出风模式热流场特性进行研究分析,期望为动力舱散热方案实施提供参考依据.

1 计算条件和自动计算窗口

1.1 数学控制方程组

控制方程组如下:
连续方程

$$\nabla \cdot \mathbf{V} = 0 \tag{1}$$

动量守恒方程

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} = -\frac{\nabla p}{\rho} + \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 \mathbf{V} \tag{2}$$

能量守恒方程

$$\rho \cdot c_p \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial \tau} + u \cdot \frac{\partial z}{\partial x} + v \cdot \frac{\partial \tau}{\partial y} + w \cdot \frac{\partial t}{\partial z} \right) = \lambda \cdot \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \tag{3}$$

式中 $\mathbf{V}$ 为速度矢量, p 为压力, c_p 为比定压热容, λ 为黏度, ρ 为空气密度, 1.205 kg/m^3 , μ 为空气动力黏度.

1.2 计算条件

进风口设在动力舱前端,速度进口边界条件,进风速度和温度视具体算例给定;出口为压力出口边界条件,数值为标准大气压(101 325 Pa)^[13];计算域为整车,汽车壁面与环境作热交换处理,传热系数为 $5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$;车外环境温度也视具体算例给定.

1.3 自动计算窗口

图 1 为 Matlab 自动计算窗口,本文共有 6 种进出风模式.



图 1 自动计算窗口

Fig. 1 Automatic calculation of the window

2 车外环境温度 20℃ 时计算分析

2.1 动力舱进风温度 15℃

表 1 为进风温度为 15℃ 的计算结果,图 2 为进风速度 30 m/s 时,三口下出风模式的温度场分布,考虑不同进风速度,电池组最高温度为 24~25℃,电池组表面平均温度为 17~18℃,可见增加进风口数目和提高车速可以改善自然进风散热性能.

表 1 车外环境温度 20℃,进风温度 15℃ 计算结果
Table 1 Results obtained when exterior ambient temperature was 20℃, air inlet temperature was 15℃

模式	进风口数	温度计算 $t/^\circ\text{C}$	进风速度(车速) $V/(\text{m/s})$		
			10	30	50
上出风模式	一口	电池组最高温度	25	24	24
		表面平均温度	18	18	17
	二口	电池组最高温度	24	24	24
		表面平均温度	17	17	17
	三口	电池组最高温度	24	24	24
		表面平均温度	17	17	17
下出风模式	一口	电池组最高温度	24	24	24
		表面平均温度	18	17	17
	二口	电池组最高温度	24	24	24
		表面平均温度	17	17	17
	三口	电池组最高温度	24	24	24
		表面平均温度	17	17	17

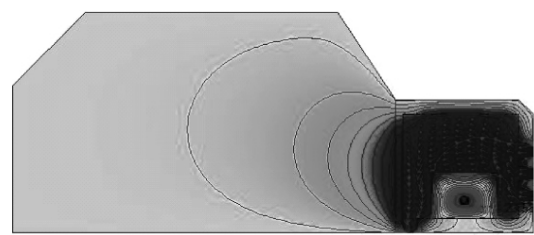


图 2 下出风模式-三口-进风速度 30 m/s-温度场分布
Fig. 2 Down-outlet mode of wind-three paths-wind speed was 30 m/s-temperature field distribution

2.2 动力舱进风温度 25℃

表 2 为进风温度为 25℃ 的计算结果,考虑不同进风速度,电池组最高温度为 28~29℃,电池组表面平均温度为 22~23℃,可见减少进风口数目和降低车速可以改善自然进风散热性能.

表 2 车外环境温度 20℃,进风温度 25℃ 计算结果
Table 2 Results obtained when exterior ambient temperature was 20℃,air inlet temperature was 25℃

模式	进风口数	温度计算 $t/^\circ\text{C}$	进风速度(车速) $V/(m/s)$		
			10	30	50
上出风模式	一口	电池组最高温度	28	28	28
		表面平均温度	22	23	23
	二口	电池组最高温度	28	29	29
		表面平均温度	23	23	23
	三口	电池组最高温度	28	29	29
		表面平均温度	23	23	23
下出风模式	一口	电池组最高温度	28	28	28
		表面平均温度	23	23	23
	二口	电池组最高温度	28	29	29
		表面平均温度	23	23	23
	三口	电池组最高温度	29	29	29
		表面平均温度	23	23	23

3 车外环境温度 30℃ 时计算分析

3.1 动力舱进风温度 25℃

表 3 为车外环境温度 30℃,进风温度 25℃ 时的计算结果,考虑不同进风速度,电池组最高温度为 34~35℃,电池组表面平均温度为 27~28℃.

3.2 动力舱进风温度 35℃

表 4 为车外环境温度 30℃,进风温度 35℃ 时

的计算结果,考虑不同进风速度,电池组最高温度为 38~39℃,电池组表面平均温度为 32~33℃.

表 3 车外环境温度 30℃,进风温度 25℃ 计算结果
Table 3 Results obtained when exterior ambient temperature was 30℃,air inlet temperature was 25℃

模式	进风口数	温度计算 $t/^\circ\text{C}$	进风速度(车速) $V/(m/s)$		
			10	30	50
上出风模式	一口	电池组最高温度	35	34	34
		表面平均温度	28	28	27
	二口	电池组最高温度	34	34	34
		表面平均温度	27	27	27
	三口	电池组最高温度	34	34	34
		表面平均温度	27	27	27
下出风模式	一口	电池组最高温度	34	34	34
		表面平均温度	28	27	27
	二口	电池组最高温度	34	34	34
		表面平均温度	27	27	27
	三口	电池组最高温度	34	34	34
		表面平均温度	27	27	27

表 4 车外环境温度 30℃,进风温度 35℃ 计算结果
Table 4 Results obtained when exterior ambient temperature was 30℃,air inlet temperature was 35℃

模式	进风口数	温度计算 $t/^\circ\text{C}$	进风速度(车速) $V/(m/s)$		
			10	30	50
上出风模式	一口	电池组最高温度	38	38	38
		表面平均温度	32	33	33
	二口	电池组最高温度	38	39	39
		表面平均温度	33	33	33
	三口	电池组最高温度	38	39	39
		表面平均温度	33	33	33
下出风模式	一口	电池组最高温度	38	38	38
		表面平均温度	33	33	33
	二口	电池组最高温度	38	39	39
		表面平均温度	33	33	33
	三口	电池组最高温度	39	39	39
		表面平均温度	33	33	33

4 车外环境温度 40℃ 时计算分析

4.1 动力舱进风温度 35℃

表 5 为车外环境温度 40℃,进风温度 35℃ 时

的计算结果,考虑不同进风速度,电池组最高温度为 44~45℃,电池组表面平均温度为 37~38℃.

4.2 动力舱进风温度 45℃

电池组的理想工作温度一般在 20~40℃之间,研究电池组在其上限温度附近工作也是有必要的,表 6 为车外环境温度 40℃时,进风温度为

表 5 车外环境温度 40℃,进风温度 35℃ 计算结果

Table 5 Results obtained when exterior ambient temperature was 40℃,air inlet temperature was 35℃

模式	进风口数	温度计算 $t/℃$	进风速度(车速) $V/(m/s)$		
			10	30	50
上出风模式	一口	电池组最高温度	45	44	44
		表面平均温度	38	38	37
	二口	电池组最高温度	44	44	44
		表面平均温度	38	37	37
	三口	电池组最高温度	44	44	44
		表面平均温度	37	37	37
下出风模式	一口	电池组最高温度	44	44	44
		表面平均温度	38	37	37
	二口	电池组最高温度	44	44	44
		表面平均温度	37	37	37
	三口	电池组最高温度	44	44	44
		表面平均温度	37	37	37

表 6 车外环境温度 40℃,进风温度 45℃ 计算结果

Table 6 Results obtained when exterior ambient temperature was 40℃,air inlet temperature was 45℃

模式	进风口数	温度计算 $t/℃$	进风速度(车速) $V/(m/s)$		
			10	30	50
上出风模式	一口	电池组最高温度	48	48	48
		表面平均温度	42	43	43
	二口	电池组最高温度	48	49	49
		表面平均温度	43	43	43
	三口	电池组最高温度	48	49	49
		表面平均温度	43	43	43
下出风模式	一口	电池组最高温度	48	48	48
		表面平均温度	43	43	43
	二口	电池组最高温度	48	49	49
		表面平均温度	43	43	43
	三口	电池组最高温度	49	49	49
		表面平均温度	43	43	43

45℃时计算结果,考虑不同进风速度,电池组最高温度为 48~49℃,电池组表面平均温度为 42~43℃.

5 结 论

通过计算分析,可以得出以下结论:电池组发热量、车外环境温度及动力舱进风温度对微型纯电动汽车动力舱内的温度影响较大,出风模式、进风口数目及进风速度对其影响较小;当进风温度低于环境温度时,增加进风口数目和提高车速可以提高散热性能,当进风温度高于环境温度时,减少进风口数目和降低车速可以提高散热性能.

参考文献:

[1] 谷正气. 汽车空气动力学[M]. 北京:人民交通出版社,2005.

[2] Kiziel R,Lateef A,Sabbah R,et al. Passive control of temperature excursion and uniformity in high-energy Li-ion battery packs at high current and ambient temperature [J]. Journal of Power Sources,2008,183(1):370-375.

[3] Taymaz I. An experimental study of energy balance in low heat rejection diesel engine[J]. Energy, 2006, 31 (2/3): 364-371.

[4] Takabayashi T. Effects of the solar reduction glass on the car occupant thermal comfort by a numerical simulation [R]. SAE Paper 012791,2003.

[5] 徐晓明,赵又群. 造型和离地间隙对轿车气动性能影响的研究[J]. 航空动力学报,2009,24(2):292-295.

XU Xiaoming, ZHAO Youqun. Effect of models and ground clearance on aerodynamic characteristics of car[J]. Journal of Aerospace Power, 2009, 24 (2): 292-295. (in Chinese)

[6] Bipin L,Sandeep S,Bahram K. Simulation of the flow-field around a generic tractor-trailer truck [R]. SAE Paper 2004-01-1147,2004.

[7] Kent E,Michael P,Thomas G. Ford GT-automobile aerodynamics updating a legend[R]. SAE Paper 2004-01-1254, 2004.

[8] Luca A, Vincenzo M, Pier P. A CFD-FEM approach to study wing aerodynamics under deformation[R]. SAE Paper 2004-01-04,2004.

[9] Basara B,Przulj V,Tibaut P. On the calculation of external areodynamics[R]. SAE Paper 2001-01-070,2001.

[10] 潘宏斌,赵家宏,冯夏至,等. 仿真分析技术在镍氢电池模组结构优化设计中的应用[J]. 机械工程学报, 2005, 41 (12):58-61.

PAN Hongbin,ZHAO Jiahong,FENG Xiazhi,et al. Use of simulation technology on the construction design of nickel hydride metal piles[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering,2005,41(12):58-61. (in Chinese)

[11] Rami S,Kizilel R,Selman J R,et al. Active vs passive thermal management of high power lithium-ion packs: limita-

- tion of temperature rise and uniformity of temperature distribution[J]. Journal of Power Sources, 2008, 182(2): 630-638.
- [12] Paul N, Dennis D, Khalil A, et al. Modeling thermal management of lithium-ion PNGV batteries[J]. Journal of Power Sources, 2002, 110(2): 349-356.
- [13] Lanifrit M. Best practice guidelines for handling automotive external aerodynamics with FLUENT[C] // FLUENT's Second Biennial European Automotive CFD Conference. Frankfurt; EACC, 2005: 29-30.