



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110135024 A

(43)申请公布日 2019.08.16

(21)申请号 201910349438.3

(22)申请日 2019.04.28

(71)申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72)发明人 陈凯 余逸琦 侯竣升 陈逸明
吴伟 汪双凤

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 裴磊磊

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

H01M 10/613(2014.01)

H01M 10/6563(2014.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图2页

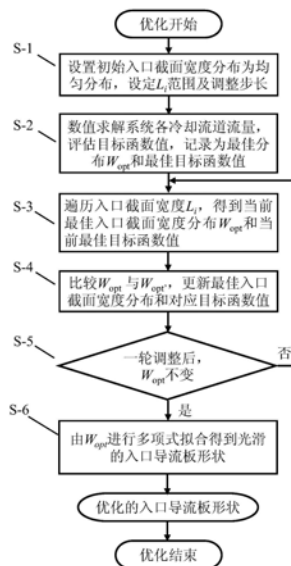
(54)发明名称

一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法

(57)摘要

本发明公开了一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,所述方法从均匀的主流道截面宽度分布出发,数值求解风冷系统的冷却流道流量,从远离入口或出口的冷却流道出发往入口或出口方向,通过依次调整每个主流道截面宽度,选出使系统目标函数最优的流道截面宽度。假设每个主流道截面宽度调整一次为一轮调整,通过反复多轮调整,不断逼近最佳截面宽度分布。当一轮调整中,目标函数值不再变化时,调整过程中记录的最佳目标函数值对应的主流道截面宽度分布为最佳分布。最后,由得到的最佳截面宽度分布,通过多项式拟合得出最终光滑的导流板形状。本发明具有优化过程简单、性能指标好、扩展性好、实用性强等优点。

CN 110135024 A



1. 一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

S-1 根据风冷系统的总体积设置冷却流道下端对应的主流道截面宽度 L_i ,将其初始值设为均匀值 L_0 ,设定 L_i 的范围为 $L_{\min} \leq L_i \leq L_0$,每步调整主流道截面宽度的步长为 ΔL ;

S-2 连接每条冷却流道对应的主流道截面端点形成折线型导流板,采用数值方法计算此时风冷系统中每个冷却流道的流量,评估该风冷系统的目标函数值,记录此时主流道截面宽度分布 $W = \{L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_N\}$ 为最佳分布 W_{opt} ,其中 N 为冷却流道的个数,最佳分布 W_{opt} 对应的目标函数值为最佳的目标函数值;

S-3 从远离入口或出口的冷却流道开始往入口或出口方向,遍历冷却流道 i ,依次得出每个冷却流道 i 对应主流道截面宽度的最佳值,具体操作如下:当优化第 i 个冷却流道对应的主流道截面宽度时,在其他主流道截面宽度不变的情况下,以 ΔL 为步长在给定范围 $[L_{i+1}, L_0]$ 内遍历 L_i 的值,形成不同的截面宽度分布,特别地,当 i 为1时, L_1 的遍历范围为 $[L_{\min}, L_0]$;针对每个分布,连接每个主流道截面端点形成新的折线型导流板,并采用数值方法评估每个分布对应风冷系统的目标函数值,从中选出目标函数值最优的截面宽度分布为当前最佳分布 W_{opt} ,对应的目标函数值为当前最佳目标函数值;

S-4 当步骤S-3得到的当前最佳分布 W_{opt} 对应的目标函数值优于记录的最佳目标函数值,则将当前最佳分布 W_{opt} 记为最佳分布,对应的目标函数值记为最佳目标函数值;

S-5 步骤S-3~S-4记为一轮截面宽度分布调整,回到步骤S-3,进行新一轮的截面宽度分布调整,直到最佳截面宽度分布 W_{opt} 在一轮调整中不再发生变化时,优化过程结束,此时记录的最佳分布 W_{opt} 为最终的优化结果;

S-6 由优化得到的最佳截面宽度分布,通过多项式拟合得到光滑的导流板形状,即为最终的优化导流板形状。

2. 根据权利要求1所述的一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,其特征在于:所述风冷系统导流板形状优化的目标函数包括冷却流道流量的最小值、冷却流道流量的差值和冷却流道流量的标准差。

3. 根据权利要求1所述的一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,其特征在于,所述冷却流道流量的最小值公式为:

$$Q_{\min} = \min_{i=1}^N (Q_i)$$

其中, Q_{\min} 为冷却流道流量的最小值, Q_i 为第 i 个冷却流道内的流量, N 为冷却流道的个数。

4. 根据权利要求1所述的一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,其特征在于,所述冷却流道流量的差值计算公式为:

$$\Delta Q_{\max} = \max_{i=1}^N (Q_i) - \min_{i=1}^N (Q_i)$$

其中 ΔQ_{\max} 为冷却流道流量的差值, Q_i 为第 i 个冷却流道内的流量, N 为冷却流道的个数。

5. 根据权利要求1所述的一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,其特征在于,所述冷却流道流量的标准差计算公式为:

$$\sigma_Q = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2}{N}}$$

其中, σ_Q 为冷却流道流量的标准差, Q_i 为第 i 个冷却流道的流量, N 为冷却流道的个数, \bar{Q} 为冷却流道流量的平均值。

一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及动力电池风冷系统导流板形状优化领域,具体涉及一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法。

背景技术

[0002] 随着社会的发展,自然界化石燃料日趋枯竭和环境污染形势日益严峻,传统的燃油汽车越来越难以适应时代的发展需求。符合可持续发展的新能源汽车作为传统汽车的有效替代,受到世界范围内的重视。目前,电动汽车是技术发展较为成熟的新能源汽车,而动力电池是电动汽车运行的关键。动力电池在工作过程中产生大量的热,容易引起电池组热点温度较高和整体温差较大等问题。这些问题将影响电池的性能、使用寿命,进而决定电动汽车的整车性能。因此,能否有效地对动力电池组进行散热,降低其热点温度和温差,成为发展电动汽车的关键。风冷系统由于结构简单和成本较低,发展较为成熟,往往成为目前电池热管理系统的最佳选择。并行风冷系统是常见的动力汽车风冷系统。该系统中,空气通过并行流道分别对每个电池进行冷却,容易保证冷却空气初始温度的一致性。但简单的并行结构难以保证各冷却流道的流量一致,从而导致各流道的冷却性能出现差异,不利于解决上述动力电池组的温差问题。为解决上述问题,学者们致力于通过改变风冷系统的局部或整体结构来提高系统的冷却性能,调整措施包括调整冷却流道的间距、改变空气进出口的位置、设计导流板的角度、增设通风口等。然而,大部分设计在提高风冷系统的同时,可能引发风冷系统体积增大、系统功耗增加等问题,从而阻碍系统性能的全面提高。

发明内容

[0003] 本发明的目的是针对现有技术的缺点与不足,提供了一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,具有优化过程简单、性能指标好、扩展性好、实用性强等优点。

[0004] 本发明的目的可以通过如下技术方案实现:

[0005] 一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,所述方法包括以下步骤:

[0006] S-1根据风冷系统的总体积设置冷却流道下端对应的主流道截面宽度 L_i ,将其初始值设为均匀值 L_0 ,设定 L_i 的范围为 $L_{\min} \leq L_i \leq L_0$,每步调整主流道截面宽度的步长为 ΔL ;

[0007] S-2连接每条冷却流道对应的主流道截面端点形成折线型导流板,采用数值方法计算此时风冷系统中每个冷却流道的流量,评估该风冷系统的目标函数值,记录此时主流道截面宽度分布 $W = \{L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_N\}$ 为最佳分布 W_{opt} ,其中 N 为冷却流道的个数,最佳分布 W_{opt} 对应的目标函数值为最佳的目标函数值;

[0008] S-3从远离入口或出口的冷却流道开始往入口或出口方向,遍历冷却流道 i ,依次得出每个冷却流道 i 对应主流道截面宽度的最佳值,具体操作如下:当优化第 i 个冷却流道对应的主流道截面宽度时,在其他主流道截面宽度不变的情况下,以 ΔL 为步长在给定范围 $[L_{i+1}, L_0]$ 内遍历 L_i 的值,形成不同的截面宽度分布,特别地,当 i 为1时, L_1 的遍历范围为 $[L_{\min}, L_0]$;针对每个分布,连接每个主流道截面端点形成新的折线型导流板,并采用数值方

法评估每个分布对应风冷系统的目标函数值,从中选出目标函数值最优的截面宽度分布为当前最佳分布 W_{opt} ,对应的目标函数值为当前最佳目标函数值;

[0009] S-4当步骤S-3得到的当前最佳分布 W_{opt} 对应的目标函数值优于记录的最佳目标函数值,则将当前最佳分布 W_{opt} 记为最佳分布,对应的目标函数值记为最佳目标函数值;

[0010] S-5步骤S-3~S-4记为一轮截面宽度分布调整,回到步骤S-3,进行新一轮的截面宽度分布调整,直到最佳截面宽度分布 W_{opt} 在一轮调整中不再发生变化时,优化过程结束,此时记录的最佳分布 W_{opt} 为最终的优化结果;

[0011] S-6由优化得到的最佳截面宽度分布,通过多项式拟合得到光滑的导流板形状,即为最终的优化导流板形状。

[0012] 进一步地,在调整过程开始时,根据风冷系统的总体积设置初始的冷却流道对应的截面宽度分布为均匀分布。

[0013] 进一步地,所述风冷系统导流板形状优化的目标函数包括冷却流道流量的最小值、冷却流道流量的差值和冷却流道流量的标准差。

[0014] 进一步地,所述冷却流道流量的最小值公式为:

$$[0015] \quad Q_{\min} = \min_{i=1}^N(Q_i)$$

[0016] 其中, Q_{\min} 为冷却流道流量的最小值, Q_i 为第*i*个冷却流道内的流量, N 为冷却流道的个数。

[0017] 进一步地,所述冷却流道流量的差值计算公式为:

$$[0018] \quad \Delta Q_{\max} = \max_{i=1}^N(Q_i) - \min_{i=1}^N(Q_i)$$

[0019] 其中 ΔQ_{\max} 为冷却流道流量的差值, Q_i 为第*i*个冷却流道内的流量, N 为冷却流道的个数。

[0020] 进一步地,所述冷却流道流量的标准差计算公式为:

$$[0021] \quad \sigma_Q = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2}{N}}$$

[0022] 其中, σ_Q 为冷却流道流量的标准差, Q_i 为第*i*个冷却流道的流量, N 为冷却流道的个数, \bar{Q} 为冷却流道流量的平均值。

[0023] 本发明与现有技术相比,具有如下优点和有益效果:

[0024] 1、本发明提供了一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,优化过程简单,在优化过程中,主要有两个关键技术步骤:一是根据已有主流道截面宽度分布计算风冷系统的各冷却流道流量;二是逐步调整每个截面宽度。整个优化过程实施简单,不含复杂的计算方法。

[0025] 2、本发明提供了一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,性能指标好;由于系统入口冷却空气流量一定,通过调整导流板的形状可以改变冷却流道间的流量分布,而导流板形状受到主流道截面宽度分布的影响。本发明专利通过调整每个截面宽度,调整该截面对应的冷却流道内的流量,从而提高冷却流道间冷却能力的一致性,达到降低电池组热点温度和温差的目的。

[0026] 3、本发明提供一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,对于截面宽度的优化准则仅涉及冷却流道内的流量,与风冷系统的结构、冷却空气和电池的物性、电池的产热功率等无关。因此,所涉及的优化方法可扩展至类似问题的求解,包括非均匀产热和非均匀热导率的电池、不同的冷却空气流量、系统出口导流板形状的优化等,具有良好的扩展性。

[0027] 4、本发明提供一种面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法,与现有技术相比,不需要增加系统体积和改变电池布局,仅需调整导流板形状,具有较强的实用性,可用于指导电池热管理风冷系统的优化设计,达到提高系统散热性能、降低电池组温度和减小电池组温差的目的。

附图说明

[0028] 图1为本发明实施例面向电池热管理的风冷系统导流板形状优化方法的流程图。

[0029] 图2为本发明实施例优化过程中动力电池风冷系统(折线形导流板)的示意图。

[0030] 图3为本发明实施例优化后动力电池风冷系统(曲线形导流板)的示意图。

具体实施方式

[0031] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0032] 实施例:

[0033] 本实施例考虑如图2所示的动力电池空气冷却系统,进口宽度和出口宽度均为20mm,电池尺寸为16mm×65mm×151mm,电池个数为12个,形成13个冷却流道,冷却流道间距为3mm,电池的热容为1337J/(kg·K),密度为1542.9kg/m³,热导率为1.05(k_x)、21.1(k_y)、21.1(k_z)W/(m·K),进口冷却空气温度为298.15K,流量为0.015m³/s。采用如图1所示流程的方法对电池热管理风冷系统的入口导流板形状进行优化,优化目标为冷却流道流量标准差的极小化。具体步骤如下:

[0034] S-1根据风冷系统的总体积设置冷却流道下端对应的主流道截面宽度 L_i ,将其初始值设为均匀值 L_0 ,设定 L_i 的范围为 $L_{\min} \leq L_i \leq L_0$,每步调整主流道截面宽度的步长为 ΔL ;

[0035] S-2连接每条冷却流道对应的主流道截面端点形成折线型导流板,采用数值方法计算此时风冷系统中每个冷却流道的流量,评估该风冷系统的目标函数值,记录此时主流道截面宽度分布 $W = \{L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_N\}$ 为最佳分布 W_{opt} ,其中 N 为冷却流道的个数,最佳分布 W_{opt} 对应的目标函数值为最佳的目标函数值;

[0036] S-3从远离入口的冷却流道开始往入口方向,遍历冷却流道 i ,依次得出每个冷却流道 i 对应主流道截面宽度的最佳值,具体操作如下:当优化第 i 个冷却流道对应的的主流道截面宽度时,在其他主流道截面宽度不变的情况下,以 ΔL 为步长在给定范围 $[L_{i+1}, L_0]$ 内遍历 L_i 的值,形成不同的截面宽度分布,特别地,当 i 为1时, L_1 的遍历范围为 $[L_{\min}, L_0]$;针对每个分布,连接每个主流道截面端点形成新的折线型导流板,并采用数值方法评估每个分布对应风冷系统的目标函数值,从中选出目标函数值最优的截面宽度分布为当前最佳分布 W_{opt} ,对应的目标函数值为当前最佳目标函数值;

[0037] S-4当步骤S-3得到的当前最佳分布 W_{opt} 对应的目标函数值优于记录的最佳目标

函数值,则将当前最佳分布 W_{opt} 记为最佳分布,对应的目标函数值记为最佳目标函数值;

[0038] S-5步骤S-3~S-4记为一轮截面宽度分布调整,回到步骤S-3,进行新一轮的截面宽度分布调整,直到最佳截面宽度分布 W_{opt} 在一轮调整中不再发生变化时,优化过程结束,此时记录的最佳分布 W_{opt} 为最终的优化结果;

[0039] S-6由优化得到的最佳截面宽度分布,通过多项式拟合得到光滑的导流板形状,即为最终的优化导流板形状,如图3所示。

[0040] 本实施例选取冷却流道流量的标准差极小化作为优化目标,冷却流道流量的标准差计算公式为:

$$[0041] \quad \sigma_Q = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2}{N}}$$

[0042] 其中, σ_Q 为冷却流道流量的标准差, Q_i 为第*i*个冷却流道的流量, N 为冷却流道的个数, \bar{Q} 为冷却流道流量的平均值。每次宽度调整大小(ΔL)设为1mm。优化前第1~13个冷却流道对应的入口流道截宽度均为20mm,优化后,第1~13个流道的主流道截面宽度如下表1所示:

[0043] 表1优化后不同流道截面宽度

[0044]

流道编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
宽度 (mm)	20	20	18	15	13	12	9	8	6	5	4	3	2

[0045] 针对优化后的宽度分布,采用6次多项式进行拟合,得到入口导流板的多项式表达式为:

$$[0046] \quad y = 2605 * x^6 - 1862 * x^5 + 513.4 * x^4 - 68.76 * x^3 + 4.402 * x^2 - 0.001677 * x - 0.02137 \text{ (mm)}$$

[0047] 研究发现,优化前后电池组的热点温度分别为336.4K和332.0K,优化后热点温度下降了4.4K;二者对应的电池组温差分别为9.7K和2.7K,温差减小了72%。另一方面,优化前后系统对应的进出口压差分别为47.3Pa和59.4Pa,优化后的系统功耗相比优化前相比,仅增加了26%。该实例验证了本发明对于风冷系统导流板形状优化的有效性。

[0048] 以上所述,仅为本发明专利较佳的实施例,但本发明专利的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明专利所公开的范围内,根据本发明专利的技术方案及其发明专利构思加以等同替换或改变,都属于本发明专利的保护范围。

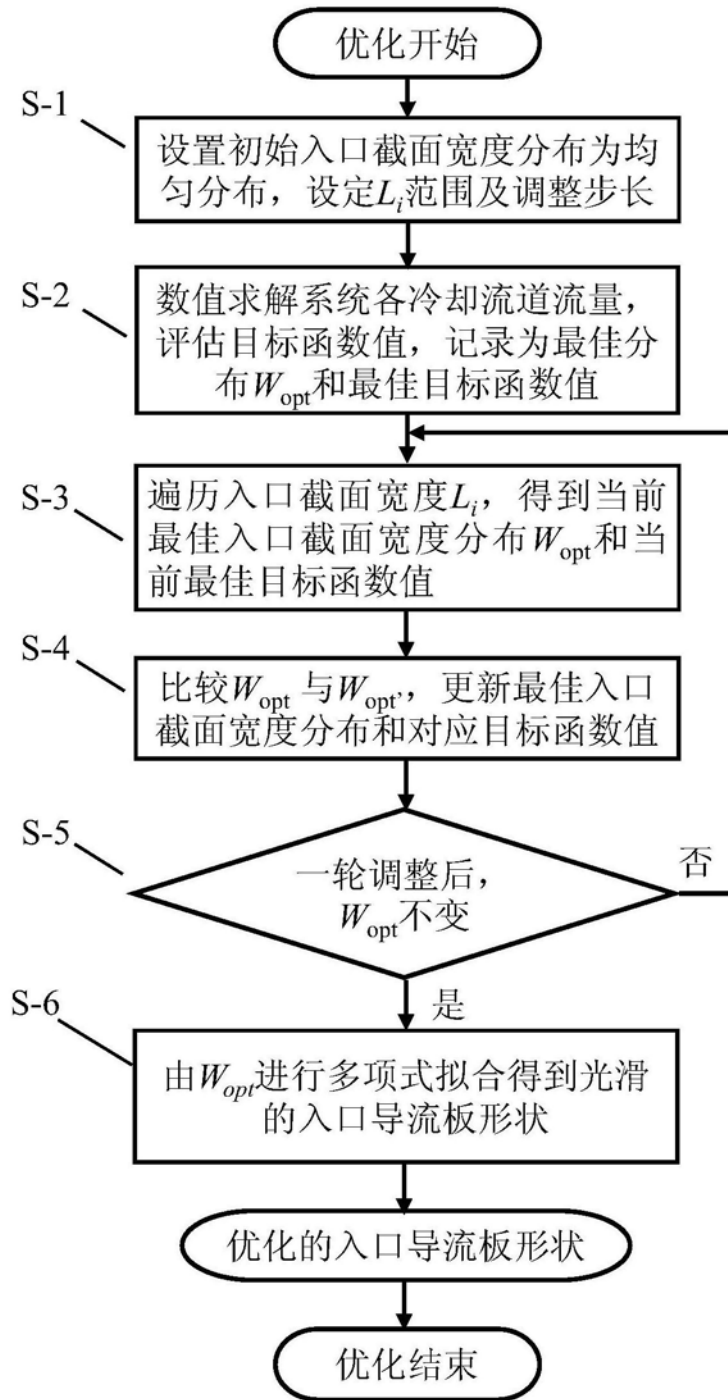


图1

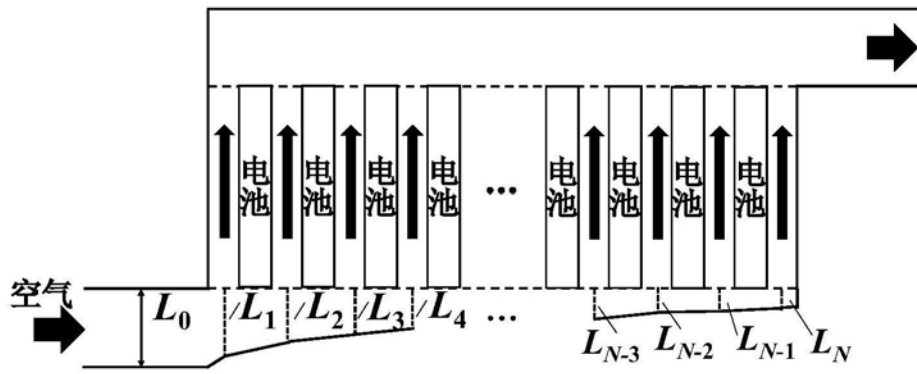


图2

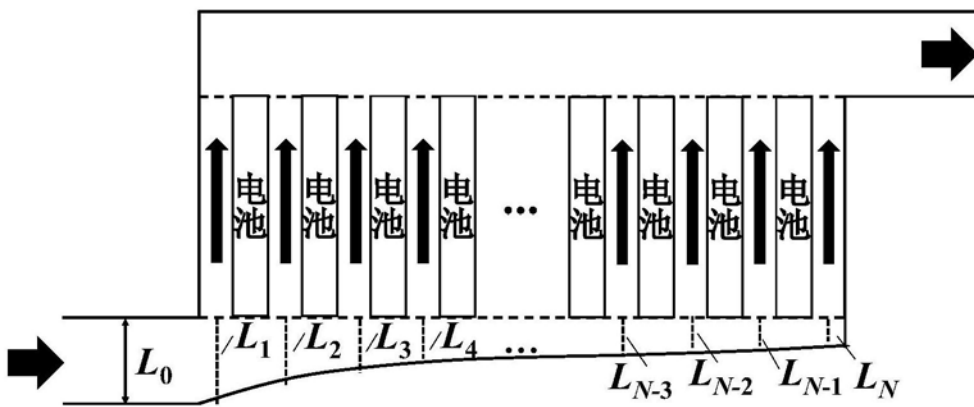


图3