



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110119548 A

(43)申请公布日 2019.08.13

(21)申请号 201910350012.X

(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 侯竣升 余逸琦 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)

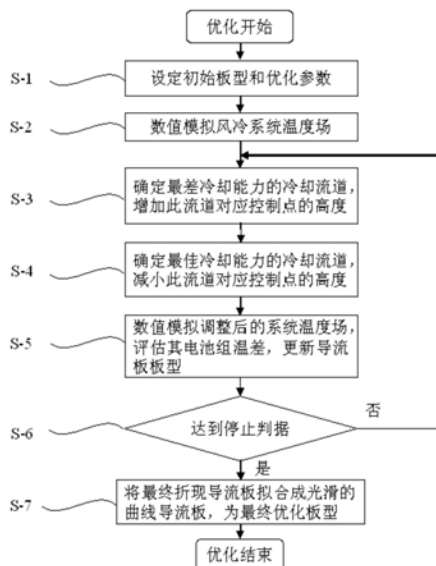
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法

(57)摘要

本发明公开了一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,从给定的导流板板型出发,通过数值方法计算风冷系统的温度场,分析每个电池的温度,确定最佳和最差冷却能力的冷却流道位置,然后减小前者对应的导流板控制点高度,并增加后者对应的导流板控制点高度;每次进行导流板控制点高度调整后,均采用数值方法计算温度场,从而进行下一次控制点高度调整,并在调整过程中记录最佳电池组温度及其对应控制点高度分布;当控制点调整步数达到设定步数或者电池组温差不再随着调整而减小时,控制点高度调整阶段结束;针对记录的最佳控制点高度分布,通过多项式拟合得出光滑的曲线导流板板型,即为最终的优化导流板板型。



1. 一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

S-1 给定风冷系统导流板初始板型,其中,入口宽度为 W_{in} ,每条平行冷却流道中心向下垂直映射到导流板的点记为控制点,控制点到流道进口的距离称为控制点高度,从系统入口出发至远离入口的方向,控制点高度记为 L_1 、 L_2 、 \dots 、 L_i 、 \dots 、 L_N 、 L_{N+1} ,其中, N 是电池个数,给定控制点的调整次数、控制点每步高度调节的大小 Δh 和控制点高度最小值 L_0 ;

S-2 通过数值方法计算初始风冷系统电池的温度分布,计算电池组温差,将此时控制点高度分布对应的导流板板型记为最佳板型,同时将此时的温差记为最佳温差;

S-3 确定最差冷却能力的流道,若最差冷却能力流道的控制点高度为 W_{in} ,则寻找次差冷却能力的流道,重复上述过程,直到找到控制点高度小于 W_{in} 的流道为止;若选定流道的控制点高度 $L_i > (W_{in} - \Delta h)$ 时,将 L_i 改为 W_{in} ,否则将 L_i 改为 $(L_i + \Delta h)$;

S-4 确定最佳冷却能力的流道,若最佳冷却能力流道的控制点高度为 L_0 ,则寻找次佳冷却能力的流道,重复上述过程,直到找到控制点高度大于 L_0 的流道为止;若选定流道的控制点高度 $L_i < (L_0 + \Delta h)$ 时,将 L_i 改为 L_0 ,否则将 L_i 改为 $(L_i - \Delta h)$;

S-5 通过步骤S-3和S-4得到新的导流板板型,再次使用数值方法计算风冷系统温度场,若得出的电池组的温差比记录的电池组最佳温差更低,则将当前的导流板形状记为最佳板型,此时的电池组温差记为最佳温差;

S-6 若控制点高度调整次数达到给定次数或者电池组的温差不再随控制点高度的改变而减小时,停止调整,否则返回步骤S-3;

S-7 根据得到的优化后的控制点高度分布,采用多项式拟合将最佳折线板型拟合成光滑的曲线导流板板型,即为最终的最佳导流板板型,优化结束。

2. 根据权利要求1所述的一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,其特征在于:在优化过程开始前,风冷系统入口导流板的初始板型能够是任意形状。

3. 根据权利要求1所述的一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,其特征在于:风冷系统入口导流板板型优化的目标是电池组温差的极小化,其中电池组温差计算公式如下所示:

$$\Delta T_{\max} = \max_{i=1}^N(T_{\text{ave},i}) - \min_{i=1}^N(T_{\text{ave},i})$$

其中 ΔT_{\max} 为电池组温差, $T_{\text{ave},i}$ 为第 i 个电池的平均温度, N 为电池的个数。

4. 根据权利要求1所述的一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,其特征在于,确定最佳冷却能力流道的方法为:电池数为 N 个,流道数为 $N+1$ 个,控制点也为 $N+1$ 个,根据计算得出的温度场,找出平均温度最低的电池,其电池编号记为 N_b , $1 \leq N_b \leq N$;对比 N_b-1 和 N_b+1 号电池平均温度:若 N_b-1 号电池平均温度比 N_b+1 号电池平均温度更低,则最佳冷却能力的流道编号为 N_b ;若 N_b+1 号电池平均温度比 N_b-1 号电池平均温度更低,则最佳冷却能力的流道编号为 N_b+1 ;特别的,当编号 $N_b=1$ 的电池平均温度最低时,调整的控制点编号为1;当编号 $N_b=N$ 的电池平均温度最低时,调整的控制点编号为 $N+1$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,其特征在于,确定最差冷却能力流道的方法为:电池数为 N 个,流道数为 $N+1$ 个,控制点也为 $N+1$ 个,根据计算得出的温度场,找出平均温度最高的电池,其电池编号为 N_w , $1 \leq N_w \leq N$;对比

N_w-1 和 N_w+1 号电池平均温度:若 N_w-1 号电池平均温度比 N_w+1 号电池平均温度更高,则最差温度场的流道编号为 N_w ;若 N_w+1 号电池平均温度比 N_w-1 号电池平均温度更高,则最差冷却能力的流道编号为 N_w+1 ;特别的,当编号为 $N_w=1$ 的电池平均温度最高时,调整的控制点编号为2;当编号 $N_w=N$ 的电池平均温度最高时,调整的控制点编号为 N 。

6. 根据权利要求1所述的一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,其特征在于:当需要增加的控制点高度 L_i 等于 W_{in} 时,寻找次差冷却能力的流道进行调整;当需要增加的控制点高度 $L_i > (W_{in} - \Delta h)$ 时,将此条流道对应控制点高度调整为 W_{in} 。

7. 根据权利要求1所述的一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,其特征在于:当需要减小的控制点高度 L_i 等于 L_0 时,寻找次佳冷却能力的流道进行调整;当需要减小的控制点高度 $L_i < (L_0 + \Delta h)$ 时,将此条流道对应控制点高度调整为 L_0 。

一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电池热管理风冷系统导流板板型优化领域,具体涉及一种基于控制点高度调整的动力电池热管理风冷系统入口导流板板型优化方法。

背景技术

[0002] 如今,人们的生活越来越好,很多家庭都购买了汽车。传统的燃油汽车会产生尾气,造成大气污染。国家提倡绿色环保出行,推出电动汽车来代替燃油汽车。然而,电动汽车中的动力电池在工作过程中会产生大量热量,使电池上升到较高温度。电池过热将缩短电池寿命,导致电池爆炸,危险性极高。因此,有必要对动力电池进行热管理,保证电池在合适的温度范围内工作,从而提高电池的使用寿命,增强电池的安全性,进而拓展电动汽车在汽车市场的核心竞争力。在众多的电池热管理系统中,风冷系统因具有结构简单、造价低廉的优点而被广泛应用。但是,风冷系统也存在自身不可避免的问题,由于风冷系统的各个冷却流道空气流量相差较大,电池组温度不均匀性较高,系统整体散热性能较差。现有的风冷研究主要采用直线型的导流板,通过调整导流板角度提高系统的散热性能,而很少有对导流板板型进行优化设计。

发明内容

[0003] 本发明的目的是针对上述现有技术的不足,从改善导流板板型的角度出发,通过另外一种思路来优化风冷系统,提供了一种基于控制点高度调整的动力电池风冷系统入口导流板板型优化方法,达到了改善电池组的温度不均匀性、提高系统散热性能的目的。

[0004] 本发明的目的可以通过如下技术方案实现:

[0005] 一种电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,所述方法包括以下步骤:

[0006] S-1给定风冷系统导流板初始板型,其中,入口宽度为 W_{in} ,每条平行冷却流道中心向下垂直映射到导流板的点记为控制点,控制点到流道进口的距离称为控制点高度,从系统入口出发至远离入口的方向,控制点高度记为 $L_1、L_2、\dots、L_i、\dots、L_N、L_{N+1}$,其中, N 是电池个数,给定控制点的调整次数、控制点每步高度调节的大小 Δh 和控制点高度最小值 L_0 ;

[0007] S-2通过数值方法计算初始风冷系统电池的温度分布,计算电池组温差,将此时控制点高度分布对应的导流板板型记为最佳板型,同时将此时的温差记为最佳温差;

[0008] S-3确定最差冷却能力的流道,若最差冷却能力流道的控制点高度为 W_{in} ,则寻找最差冷却能力的流道,重复上述过程,直到找到控制点高度小于 W_{in} 的流道为止;若选定流道的控制点高度 $L_i > (W_{in} - \Delta h)$ 时,将 L_i 改为 W_{in} ,否则将 L_i 改为 $(L_i + \Delta h)$;

[0009] S-4确定最佳冷却能力的流道,若最佳冷却能力流道的控制点高度为 L_0 ,则寻找最佳冷却能力的流道,重复上述过程,直到找到控制点高度大于 L_0 的流道为止;若选定流道的控制点高度 $L_i < (L_0 + \Delta h)$ 时,将 L_i 改为 L_0 ,否则将 L_i 改为 $(L_i - \Delta h)$;

[0010] S-5通过步骤S-3和S-4得到新的导流板板型,再次使用数值方法计算风冷系统温

度场,若得出的电池组的温差比记录的电池组最佳温差更低,则将当前的导流板形状记为最佳板型,此时的电池组温差记为最佳温差;

[0011] S-6若控制点高度调整次数达到给定次数或者电池组的温差不再随控制点高度的改变而减小时,停止调整,否则返回步骤S-3;

[0012] S-7根据得到的优化后的控制点高度分布,采用多项式拟合将最佳折线板型拟合成光滑的曲线导流板板型,即为最终的最佳导流板板型,优化结束。

[0013] 进一步地,在优化过程开始前,风冷系统入口导流板的初始板型能够是任意形状。

[0014] 进一步地,风冷系统入口导流板板型优化的目标是电池组温差的极小化,其中电池组温差计算公式如下所示:

$$[0015] \quad \Delta T_{\max} = \max_{i=1}^N(T_{\text{ave},i}) - \min_{i=1}^N(T_{\text{ave},i})$$

[0016] 其中 ΔT_{\max} 为电池组温差, $T_{\text{ave},i}$ 为第 i 个电池的平均温度, N 为电池的个数。

[0017] 进一步地,确定最佳冷却能力流道的方法为:电池数为 N 个,流道数为 $N+1$ 个,控制点也为 $N+1$ 个,根据计算得出的温度场,找出平均温度最低的电池,其电池编号记为 N_b , $1 \leq N_b \leq N$; 对比 N_b-1 和 N_b+1 号电池平均温度:若 N_b-1 号电池平均温度比 N_b+1 号电池平均温度更低,则最佳冷却能力的流道编号为 N_b ; 若 N_b+1 号电池平均温度比 N_b-1 号电池平均温度更低,则最佳冷却能力的流道编号为 N_b+1 ; 特别的,当编号 $N_b=1$ 的电池平均温度最低时,调整的控制点编号为 1; 当编号 $N_b=N$ 的电池平均温度最低时,调整的控制点编号为 $N+1$ 。

[0018] 进一步地,确定最差冷却能力流道的方法为:电池数为 N 个,流道数为 $N+1$ 个,控制点也为 $N+1$ 个,根据计算得出的温度场,找出平均温度最高的电池,其电池编号为 N_w , $1 \leq N_w \leq N$; 对比 N_w-1 和 N_w+1 号电池平均温度:若 N_w-1 号电池平均温度比 N_w+1 号电池平均温度更高,则最差温度场的流道编号为 N_w ; 若 N_w+1 号电池平均温度比 N_w-1 号电池平均温度更高,则最差冷却能力的流道编号为 N_w+1 ; 特别的,当编号为 $N_w=1$ 的电池平均温度最高时,调整的控制点编号为 2; 当编号 $N_w=N$ 的电池平均温度最高时,调整的控制点编号为 N 。

[0019] 进一步地,当需要增加的控制点高度 L_i 等于 W_{in} 时,寻找次差冷却能力的流道进行调整; 当需要增加的控制点高度 $L_i > (W_{in} - \Delta h)$ 时,将此条流道对应控制点高度调整为 W_{in} 。

[0020] 进一步地,当需要减小的控制点高度 L_i 等于 L_0 时,寻找次佳冷却能力的流道进行调整; 当需要减小的控制点高度 $L_i < (L_0 + \Delta h)$ 时,将此条流道对应控制点高度调整为 L_0 。

[0021] 本发明与现有技术相比,具有如下优点和有益效果:

[0022] 1、本发明提供的电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,优化操作简单,引入了控制点及其高度的概念,使得在优化导流板板型的过程中,只需逐步调整控制点高度,即可演化出最佳导流板板型。

[0023] 2、本发明提供的电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,优化过程迅速,采用本发明优化入口导流板板型控制点的调整步数较少,即对应的系统温度场计算次数较少,因此可以在较短的时间内完成优化,得出优化导流板板型。

[0024] 3、本发明提供的电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,优化效果良好,通过逐步调整最差和最佳冷却能力的冷却流道的控制点高度,实现入口导流板板型的优化。向下移动最差冷却能力的流道控制点,将增加对应冷却流道的冷却空气流量; 向上移动最佳冷却能力的流道控制点,将减少对应冷却流道的冷却空气流量; 通过上述调整,将

降低电池温差,提高电池组的温度均匀性,进而提高电池的寿命和安全性。

[0025] 4、本发明提供的电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,优化方案实用性强,所述方法考虑实际的入口导流板板型,对优化后的折线导流板进行多项式拟合,从而得出易于加工的曲线导流板,有利于实际生产应用。

[0026] 5、本发明提供的电池热管理风冷系统入口导流板板型的快速优化方法,适用性强,所述方法的优化过程与冷却系统结构参数和运行参数、空气和电池的物性参数等无关,因此本发明可用于其他类似问题的优化。

附图说明

[0027] 图1为本发明实施例电池热管理风冷系统入口导流板板型快速优化方法的流程图。

[0028] 图2为本发明实施例动力电池风冷系统中的单体电池示意图。

[0029] 图3为本发明实施例动力电池风冷系统计算区域的正视图。

具体实施方式

[0030] 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。

[0031] 实施例:

[0032] 如图3所示,本实施例动力电池风冷系统的进出口 (W_{in} 、 W_{out}) 宽度均为20mm,初始系统入口导流板板型为直线,右侧高度为1.2mm,电池个数为12个,如图2所示,电池的尺寸为长65mm×宽16mm×高151mm,电池比热容为1337J/(kg·K),密度为1542.9kg/m³,热导率为正交各向异性,厚度方向上热导率为1.05W/(m·K),其余两个方向的热导率为21.1W/(m·K);12个电池间共形成13条冷却流道,每条冷却流道间距为3mm,进口冷却空气温度为298.15K,流量为0.015m³/s。采用本发明所述快速优化方法对导流板板型进行优化,从而减小电池组的温差,图1所述方法的流程图,具体步骤如下:

[0033] S-1给定风冷系统导流板初始板型,其中,每条平行冷却流道中心向下垂直映射到导流板的点记为控制点,控制点到流道进口的距离称为控制点高度,从系统入口出发至远离入口的方向,控制点高度记为 $L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_N, L_{N+1}$,其中,N是电池个数,给定控制点的调整次数、控制点每步高度调节的大小 Δh 和控制点高度最小值 L_0 ;

[0034] S-2通过数值方法计算初始风冷系统电池的温度分布,计算电池组温差,将此时控制点高度分布对应的导流板板型记为最佳板型,同时将此时的温差记为最佳温差;

[0035] S-3确定最差冷却能力的流道,若最差冷却能力流道的控制点高度为 W_{in} ,则寻找最差冷却能力的流道,重复上述过程,直到找到控制点高度小于 W_{in} 的流道为止;若选定流道的控制点高度 $L_i > (W_{in} - \Delta h)$ 时,将 L_i 改为 W_{in} ,否则将 L_i 改为 $(L_i + \Delta h)$;

[0036] S-4确定最佳冷却能力的流道,若最佳冷却能力流道的控制点高度为 L_0 ,则寻找最佳冷却能力的流道,重复上述过程,直到找到控制点高度大于 L_0 的流道为止;若选定流道的控制点高度 $L_i < (L_0 + \Delta h)$ 时,将 L_i 改为 L_0 ,否则将 L_i 改为 $(L_i - \Delta h)$;;

[0037] S-5通过S-3和S-4得到新的导流板板型,再次使用数值方法计算风冷系统温度场。若得出的电池组的温差比记录的电池组最佳温差更低,则将当前的导流板形状记为最佳板

型,此时的电池组温差记为最佳温差;

[0038] S-6若控制点高度调整次数达到给定次数或者电池组的温差不再随控制点高度的改变而减小时,停止调整,否则返回S-3;

[0039] S-7采用多项式拟合将得到的最佳折线板型拟合成光滑的曲线板型,即为最终的最佳导流板板型,优化结束。

[0040] 在优化流程中所需的电池组温差计算公式如下所示:

$$[0041] \quad \Delta T_{\max} = \max_{i=1}^N(T_{\text{ave},i}) - \min_{i=1}^N(T_{\text{ave},i})$$

[0042] 其中 ΔT_{\max} 为电池组温差, $T_{\text{ave},i}$ 为第 i 个电池的平均温度。

[0043] 本实施例选取控制点调整次数为30次,每次控制点高度调整的大小 Δh 为1mm,控制点高度最小值 L_0 为1m。附图3中A点为坐标原点,最终导流板板型的拟合多项式最高次为6次,采用本发明进行导流板板型优化,发现控制点高度调整10次后,即可得出优化结果,优化后第1~13个控制点高度如表1所示。

[0044] 表1优化后各控制点高度

[0045]

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
间距 (mm)	19.9	18.3	16.8	15.3	13.7	12.1	10.4	8.6	6.7	5.0	3.5	2.3	1.3

[0046] 采用多项式拟合后,得到的导流板优化曲线为:

$$[0047] \quad y_0 = 519.2x_0^6 - 325.2x_0^5 + 66.49x_0^4 - 4.747x_0^3 + 0.07177x_0^2 + 0.08316x_0 - 0.02001$$

[0048] 采用数值方法评估优化前后冷却系统的性能,结果表明,优化前后电池组的最高温度分别为331.9K和331.4K,优化后系统的最高温度下降了0.5K;二者对应的电池组温差分别为2.7K和1.1K,温差减小了59%。优化前后系统的进出口压差分别为58.1Pa和59.3Pa,优化前后系统的功耗基本相同。优化过程仅需要10次调整就能得到优化结果,优化时间较短。该实例验证了本发明用于动力电池热管理风冷系统入口导流板板型优化的有效性。

[0049] 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。

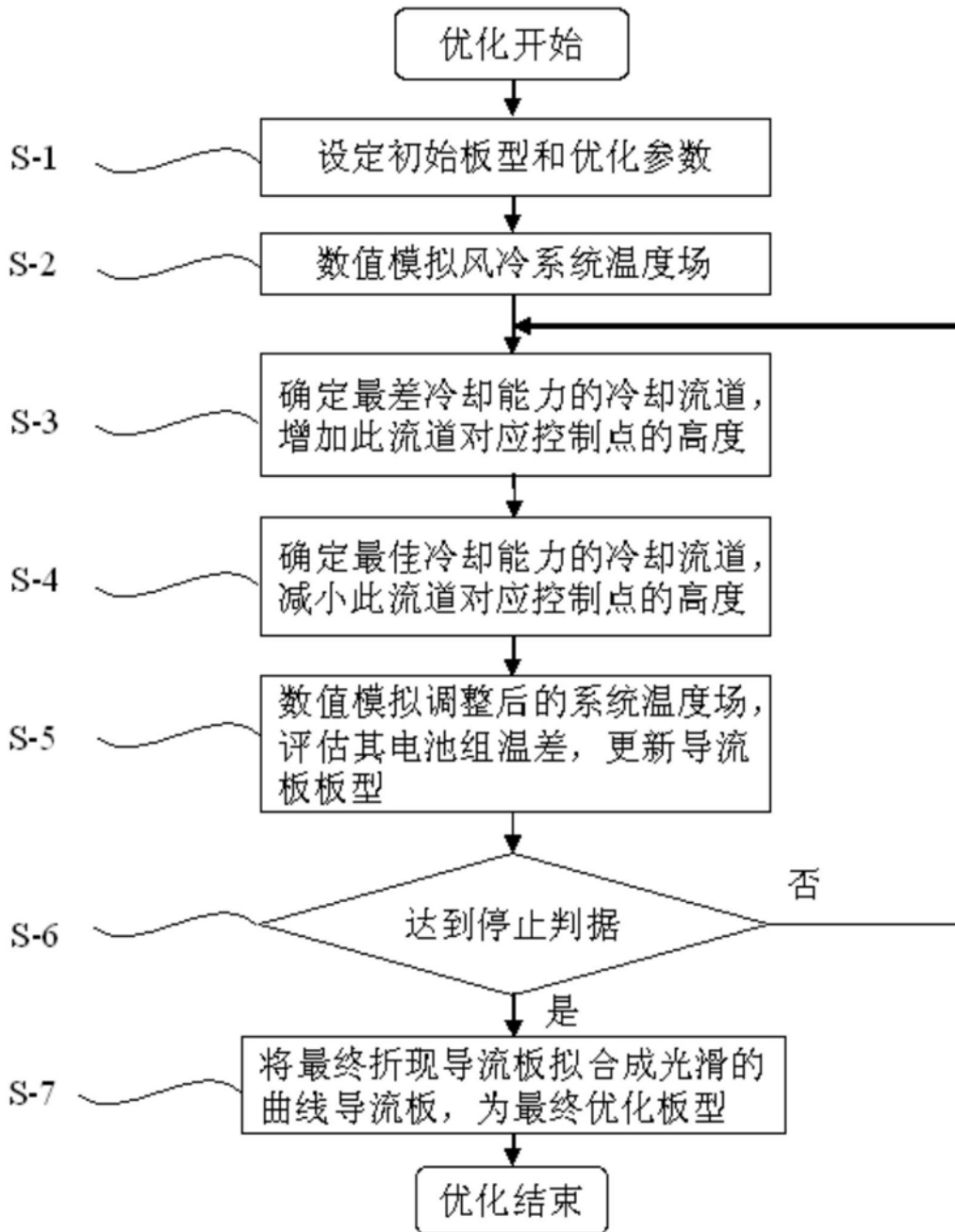


图1

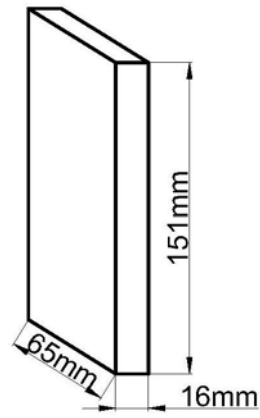


图2

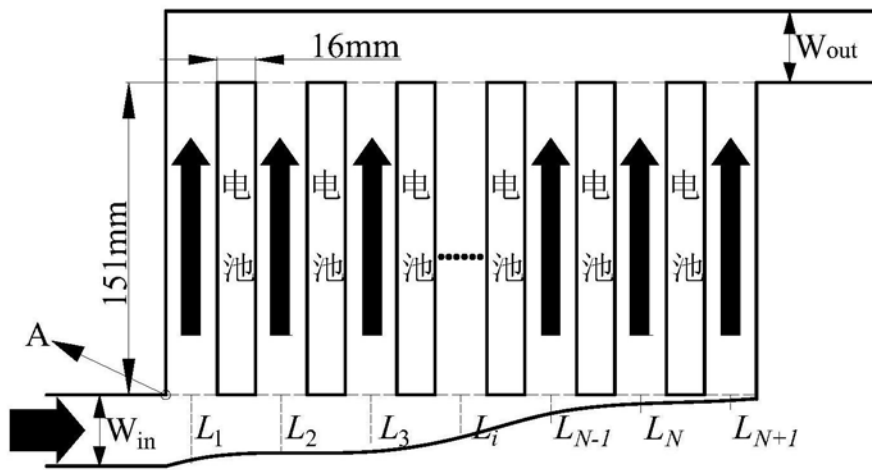


图3