



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102034006 A

(43) 申请公布日 2011.04.27

(21) 申请号 201010592654.X

(22) 申请日 2010.12.16

(71) 申请人 上海奕洁汽车科技有限公司
地址 201206 上海市浦东新区金皖路 501 号
实验楼 3 楼

(72) 发明人 王飞 房长江 黄友意 杨捷
王兴毅

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限
公司 11227

代理人 逯长明

(51) Int. Cl.
G06F 17/50 (2006.01)

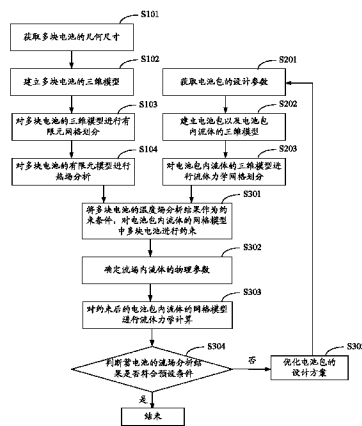
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 7 页

(54) 发明名称

一种基于有限元法的蓄电池热管理分析及优化方法

(57) 摘要

本申请公开了一种基于有限元法的蓄电池热管理分析及优化方法,该方法包括分别获取多块电池和电池包的参数,并建立二者的三维模型;对多块电池三维模型进行有限元网格划分,划分完成后再进行热场分析,得到其温度场分析结果;对电池包内流体三维模型进行流体力学网格划分,划分完成后将多块电池温度场分析结果作为电池包内流体网格模型中多块电池的约束条件;对约束后网格模型进行流体力学计算,得到蓄电池的流场分析结果并判断该分析结果是否符合预设条件,如果否,则优化电池包的设计方案并重新建模。该方法不受数学解析能力的限制,具有更大的适应性和求解能力,并且无需制造出实体模型,分析过程经济、迅速,具有更大的自由度和灵活性。



1. 一种基于有限元法的蓄电池热管理分析及优化方法,所述蓄电池由电池包和位于电池包内部的多块电池组成,且所述电池包上设置有风道,其特征在于,包括:

步骤 S101:获取所述多块电池的参数;

步骤 S102:建立所述多块电池的三维模型;

步骤 S103:对所述多块电池的三维模型进行有限元网格划分,并将所述有限元网格模型参数与所述多块电池的参数相匹配,得到所述多块电池的有限元网格模型;

步骤 S104:对所述多块电池的有限元网格模型进行热场分析,得到所述多块电池的温度场分析结果;

步骤 S201:获取所述电池包的设计参数;

步骤 S202:建立所述电池包及电池包内流体的三维模型;

步骤 S203:对所述电池包内流体的三维模型进行流体力学网格划分,得到所述电池包内流体的网格模型;

步骤 S301:将所述多块电池的温度场分析结果作为约束条件,对所述电池包内流体的网格模型中多块电池进行约束;

步骤 S302:确定流场内流体的物理参数;

步骤 S303:对约束后的所述电池包内流体的网格模型进行流体力学计算,得到所述蓄电池的流场分析结果;

步骤 304:判断所述蓄电池的流场分析结果是否符合预设条件,如果否,进入步骤 S305;如果是,则结束;

步骤 S305:优化所述电池包的设计方案,并根据优化后所述电池包的设计方案中的设计参数重新进行步骤 S201。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述电池包的设计参数包括:电池包的几何尺寸、风道的设计位置以及风道的尺寸。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述多块电池的参数包括:电池的几何尺寸、热力学属性、初始温度、电池充放电时的生热率以及电池各部分的材料属性。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述流体的物理参数包括:介质的材料、流速和流入温度。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,采用 CATIA 软件建立所述多块电池的三维模型和所述电池包以及电池包内流体的三维模型。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,采用有限元分析软件 ANSYS 对所述多块电池的三维模型进行有限元网格划分,并对所述多块电池的有限元网格模型进行热场分析。

7. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,采用 CFX 软件对所述电池包内流体的三维模型进行流体力学网格划分,并对约束后的所述电池包内流体的网格模型进行流体力学计算。

8. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,采用 ANSYS Workbench 软件将所述多块电池的温度场分析结果作为约束条件,对所述电池包内流体的网格模型中多块电池进行约束。

一种基于有限元法的蓄电池热管理分析及优化方法

技术领域

[0001] 本申请涉及电池技术领域,特别是涉及一种基于有限元法的蓄电池热管理分析及优化方法。

背景技术

[0002] 电动汽车是指以车载电源为动力,用电机驱动车轮行驶,由于其对环境污染相对传统汽车较小,前景被广泛看好。车载电源通常为蓄电池,并且对于纯电动汽车来说,蓄电池作为唯一的动力源,为其提供运行所需的一切能力,所以如何合理设计蓄电池成了电动汽车开发过程中的重点。

[0003] 蓄电池通常为利用电池包将同类电池(例如锂电池)封装成的一组电池,封装在电池包内的多块电池需要保证一致性,否则将直接影响电动车的性能和寿命。而对电池一致性影响最大的是电池包的热管理,以锂电池为例,一般锂电池的正常工作温度范围为 $-25^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$,最佳工作温度范围为 $20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。电池在工作的同时会放出大量的热,如果不及时进行散热则会严重影响电池的一致性。目前考虑到经济、效率、环保等诸多方面的因素,强制风冷通常被作为蓄电池的最佳散热方式,即电池包上设计有散热系统,在汽车运动过程中,利用空气将多余的热量带走。在蓄电池的开发过程中,电池包设计是否合理,通常以电池包强制风冷散热系统的热管理分析作为依据,而现有的热管理分析及优化主要通过理论研究和实验研究两种途径来实现。

[0004] 通过对现有技术研究,申请人发现现有技术存在以下问题:

[0005] 一、对于理论研究来说,普通的计算只适用于线性和简单的几何外形问题,且大大受限于数学解析能力的高低和求解的能力,无法得到精确计算结果;

[0006] 二、而实验研究虽然可以得到精确的计算结果,但前提是需要制造出实体模型,耗费较高、耗时较长,并且灵活性较差。

发明内容

[0007] 有鉴于此,本申请实施例提供一种基于有限元法的蓄电池热管理分析及优化方法,以解决采用理论研究和实验研究对蓄电池热管理分析存在的问题。

[0008] 为实现上述目的,本申请实施例提供的技术方案如下:

[0009] 一种基于有限元法的蓄电池热管理分析及优化方法,所述蓄电池由电池包和位于电池包内部的多块电池组成,且所述电池包上设置有风道,包括:

[0010] 步骤 S101:获取所述多块电池的参数;

[0011] 步骤 S102:建立所述多块电池的三维模型;

[0012] 步骤 S103:对所述多块电池的三维模型进行有限元网格划分,并将所述有限元网格模型的参数与所述多块电池的参数相匹配,得到所述多块电池的有限元网格模型;

[0013] 步骤 S104:对所述多块电池的有限元网格模型进行热场分析,得到所述多块电池的温度场分析结果;

- [0014] 步骤 S201 :获取所述电池包的设计参数 ;
- [0015] 步骤 S202 :建立所述电池包及电池包内流体的三维模型 ;
- [0016] 步骤 S203 :对所述电池包内流体的三维模型进行流体力学网格划分,得到所述电池包内流体的网格模型 ;
- [0017] 步骤 S301 :将所述多块电池的温度场分析结果作为约束条件,对所述电池包内流体的网格模型中多块电池进行约束 ;
- [0018] 步骤 S302 :确定流场内流体的物理参数 ;
- [0019] 步骤 S303 :对约束后的所述电池包内流体的网格模型进行流体力学计算,得到所述蓄电池的流场分析结果 ;
- [0020] 步骤 304 :判断所述蓄电池的流场分析结果是否符合预设条件,如果否,进入步骤 S305 ;如果是,则结束 ;
- [0021] 步骤 S305 :优化所述电池包的设计方案,并根据优化后所述电池包的设计方案中的设计参数重新进行步骤 S201。
- [0022] 优选地,所述电池包的设计参数包括 :电池包的几何尺寸、风道的设计位置以及风道的尺寸。
- [0023] 优选地,所述多块电池的参数包括 :电池的几何尺寸、热力学属性、初始温度、电池充放电时的生热率以及电池各部分的材料属性。
- [0024] 优选地,所述流体的物理参数包括 :介质的材料、流速和流入温度。
- [0025] 优选地,采用 CATIA 软件建立所述多块电池的三维模型和所述电池包以及电池包内流体的三维模型。
- [0026] 优选地,采用有限元分析软件 ANSYS 对所述多块电池的三维模型进行有限元网格划分,并对所述多块电池的有限元网格模型进行热场分析。
- [0027] 优选地,采用 CFX 软件对所述电池包内流体的三维模型进行流体力学网格划分,并对约束后的所述电池包内流体的网格模型进行流体力学计算。
- [0028] 优选地,采用 ANSYS Workbench 软件将所述多块电池的温度场分析结果作为约束条件,对所述电池包内流体的网格模型中多块电池进行约束。
- [0029] 与现有技术相比,本申请实施例提供的该方法具有以下优点 :一 :与理论研究相比,该方法可以更多的面向非线性和复杂结合外形的问题,由于采用离散的数值方法和模拟实验方法,可以不受数学解析能力的限制,从而具有更大的适应性和求解能力 ;二 :与实验研究相比,该方法无需制造出实体模型,分析过程经济、迅速,并且具有更大的自由度和灵活性,可以突破实验上物质条件的限制而获得更多更细致的结果。

附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0031] 图 1 为本申请实施例提供的一种基于有限元法的蓄电池热管理分析及优化方法的流程图 ;

- [0032] 图 2 为本申请实施例提供的多块电池的三维模型示意图；
- [0033] 图 3 为本申请实施例提供的多块电池的有限元网格模型示意图；
- [0034] 图 4 为本申请实施例提供的多块电池的温度场云图；
- [0035] 图 5 为本申请实施例提供的第一种电池包以及电池包内流体的三维模型斜视图；
- [0036] 图 6 为本申请实施例提供的第一种电池包以及电池包内流体的三维模型侧视图；
- [0037] 图 7 为图 6 的 A-A 面剖视图；
- [0038] 图 8 为本申请实施例提供的第一种电池包内流体网格模型示意图；
- [0039] 图 9 为本申请实施例提供的第一种蓄电池的热场和流场云图；
- [0040] 图 10 为本申请实施例提供的第二种电池包以及电池包内流体的三维模型斜视图；
- [0041] 图 11 为本申请实施例提供的第二种电池包以及电池包内流体的三维模型侧视图；
- [0042] 图 12 为图 11 的 A-A 面剖视图；
- [0043] 图 13 为本申请实施例提供的第二种蓄电池的热场和流场云图。

具体实施方式

[0044] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案，下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本申请保护的范围。

[0045] 本申请实施例中，蓄电池由电池包和多块电池组成，多块电池分别位于电池包内，并且在电池包上设置有散热通道，对蓄电池的进行热管理即通过设计电池包的形状以及电池包内风道，以使得该蓄电池的散热满足要求。

[0046] 图 1 为本申请实施例提供的一种基于有限元法的蓄电池热管理分析及优化方法的流程图。

[0047] 如图 1 所示，该方法包括以下步骤：

[0048] 步骤 S101：获取所述多块电池的参数。

[0049] 从总布置处获取该蓄电池所采用的多块电池的参数，多块电池的参数包括：电池的几何尺寸、热力学属性、初始温度、电池充放电时的生热率以及电池各部分的材料属性。

[0050] 步骤 S102：建立多块电池的三维模型。

[0051] 根据步骤 S101 中获取的多块电池的几何尺寸，利用 3D 建模软件对多块电池进行初步的几何建模，得到多块电池的三维模型。

[0052] 步骤 S103：对多块电池的三维模型进行有限元网格划分，并将有限元网格模型的参数与多块电池的参数相匹配，得到多块电池的有限元网格模型。

[0053] 首先利用有限元前处理软件将多块电池的三维模型划分成有限元网格，并且将有限元网格模型的参数与多块电池的参数相匹配，即根据步骤 S101 中获取的多块电池的参数，对多块电池的有限元网格中的网格进行边界条件和初始条件约束，其中包括：热力学属性、初始温度、电池充放电时的生热率以及电池各部分的材料属性，最后得到多块电池的有

限元网格模型。

[0054] 步骤 S104 :对多块电池的有限元网格模型进行热场分析,得到多块电池的温度场分析结果 ;

[0055] 将得到的多块电池的有限元网格模型导入到热场分析软求解器中进行求解,得到多块电池的温度场结果,即温度云图。

[0056] 步骤 S201 :获取电池包的设计参数。

[0057] 由于蓄电池采用强制风冷的方式,所以在电池包设置有风道,并且风道的设计位置与强制风冷的效果有着直接的关系。因此在该蓄电池进行优化前,首先需要获取电池包的设计参数。电池包的设计参数包括 :电池包的几何尺寸、风道的设计位置以及风道的尺寸等。

[0058] 步骤 S202 :建立电池包以及电池包内流体的三维模型。

[0059] 根据获取的电池包的设计参数,利用 3D 建模软件建立电池包以及电池包内流体的三维模型

[0060] 步骤 S203 :对电池包流体的三维模型进行流体力学网格划分,得到电池包内流体的网格模型。

[0061] 将步骤 S210 中得到的电池包流体的三维模型导入到计算流体力学软件中进行流体力学划分,得到电池包内流体的网格模型。

[0062] 步骤 S301 :将多块电池的温度场分析结果作为约束条件,对电池包内流体的网格模型中多块电池进行约束。

[0063] 该步骤通过热流耦合的方式,将多块电池的温度场分析结果和电池包内流体的网格模型进行耦合,即将多块电池的温度场分析结果作为边界条件对流场网格模型进行约束。

[0064] 步骤 S302 :确定流场内流体的物理参数。

[0065] 确定流体的物理参数包括确定流体的介质材料、流速以及流入温度。以使得实验条件与模拟的环境相同。

[0066] 步骤 S303 :对约束后的电池包内流体的网格模型进行流体力学计算,得到蓄电池的流场分析结果。

[0067] 确定流体的物理参数后,利用流体力学计算软件来对耦合后的电池包内流体的网格模型的热场和流场进行计算,得到的蓄电池的流场分析结果,即蓄电池的热场和流场温度云图。

[0068] 步骤 304 :判断蓄电池的流场分析结果是否符合预设条件,如果否,进入步骤 S305 ;如果是,则结束 ;

[0069] 得到蓄电池的热场和流场温度云图后,通过蓄电池的热场和流场温度云图计算该蓄电池中电池本体的温差大小,并将得到的温差大小与预设条件进行比较,这里所说的预设条件一般为通用的行业标准 (温差 $\leq 3^{\circ}\text{C}$)。

[0070] 当计算得到的温差大小在行业标准的范围内,即该蓄电池设计合理,结束步骤 ;而当计算得到的温差大小超出了行业标准的范围,则该蓄电池的设计方案存在问题。

[0071] 步骤 S305 :优化电池包的设计方案,并根据优化后电池包的设计方案中的设计参数重新进行步骤 S201。

[0072] 对步骤 S304 中的蓄电池的设计方案进行优化,包括重新设计电池包上的风道位置、改变风口个数或位置等,并且根据优化后设计方案中电池包的设计参数,返回步骤 S201 重新计算。

[0073] 下面以某一款蓄电池的热管理分析及优化方法为例,并通过附图介绍利用本申请提供的该方法对蓄电池进行热管理分析的一些具体实施例。

[0074] 首先获取该款蓄电池中多块电池的参数,根据多块电池几何尺寸,并利用 3D 建模软件绘制的多块电池的三维模型,得到多块电池的三维模型,如图 2 所示。在本申请实施例中,3D 建模软件采用 CATIA 软件,本领域普通技术人员应该知道,这里的建模软件还可以为其他建模软件,不应构成对本申请的限制。

[0075] 将得到的多块电池的三维模型,导入有限元前处理软件中进行有限元划分,在本申请实施例中,采用的有限元前处理软件为 ANSYS Mechanical。并且将多块电池的热力学属性、初始温度、电池充放电时的生热率以及电池各部分的材料属性作为边界条件对多块电池的有限元网格模型进行约束,得到多块电池的有限元网格模型示意图,如图 3 所示。

[0076] 接着再利用热场分析求解器对前一步中生成的多块电池的有限元网格模型进行求解运算。在本申请实施例中,采用 ANSYS Transient Thermal 作为热场分析求解器。运算完成后,在后处理界面可以得到的多块电池的温度云图,如图 4 所示。

[0077] 在获取该款蓄电池中多块电池参数的同时,还可以获取该款蓄电池的电池包的设计参数,同样利用 CATIA 软件绘制的电池包以及电池包内流体的三维模型,如图 5-7 所示为电池包以及电池包内流体的三维示意图。图中 3 为多块电池的模型,并且相邻电池之间的间隙为 5mm,该电池包的风道包括一个进风口 1、一个出风口 2 和若干个通气孔 5,4 为风道中流动的介质。介质 4 由进风口 1 进入电池包内,并且通过若干个通气孔 5 流入电池 3 底部,最后从出风口 2 流出电池包,由于进入电池包的介质的温度较低,所以当介质流过电池包时,可以对电池包起到降温散热的效果。

[0078] 得到对电池包建模完成后,将电池包以及电池包内流体的三维模型导入到流体力学软件中进行流体力学划分,并且在划分时,采用四面体单元,全局网格单元尺寸设置为 10mm,在进风口 1、出风口 2 和通气孔 5 等局部区域将网格单元设置为 5mm。本申请实施例中,采用 CFX 软件作为流体力学软件。划分后得到的电池包内流体的网格模型示意图如图 8 所示。

[0079] 在耦合平台上利用热流耦合的方式将之前得到的多块电池的温度云图与电池包内流体的网格模型进行耦合,即将多块电池的温度场分析结果作为边界条件对流场网格模型中的多块电池进行约束。在本申请实施例汇中,耦合平台软件采用 ANSYS Workbench,当然此处还可以使用其他耦合平台软件。

[0080] 耦合完成后,确定流体的物理参数。在本申请实施例中,介质选择空气,介质的流速选择 5m/s,流入温度选择与室温相同,为 25℃。并且在出风口 2 处不设置强制排风,而是与周围空气自然接触,周围气压为一个标准大气压,模拟真实的通风散热环境。然后将耦合后的电池包内流体的网格模型导入到流体力学计算软件 CFX 软件中,并选择合适的求解方程对该网格模型进行计算,计算完成后,在后处理界面中得到蓄电池的热场和流场云图,如图 9 所示。

[0081] 得到蓄电池的热场和流场云图后,还需要计算蓄电池本体的温差大小,并判断计

算得到的温差大小是否符合行业标准 ($\leq 3^{\circ}\text{C}$), 如果符合, 则该款蓄电池设计合理; 如果不符合, 则需要重新对该款蓄电池的热管理设计方案进行优化。如图 9 所示, 该蓄电池的热场和流场云图上反映出蓄电池电池本体的温差达到了 20°C , 超出了行业标准所规定的范围, 因此该款电池的热管理设计方案存在问题。

[0082] 图 10 为本申请实施例提供的第二种电池包的三维模型的斜视图。图 11 为本申请实施例提供的第二种电池包的侧视图。图 12 为图 11 的 B-B 面的剖视示意图。

[0083] 在上述蓄电池的设计方案上, 如图 10-12 所示, 对电池包的设计方案进行了优化, 图中 3 为多块电池的模型, 该电池包包括两个进风口 1、一个出风口 2 和若干个通气孔 5, 4 为风道中流动的介质, 在该电池包中, 进风口 1 设计上下分布的两个, 并且通气孔 5 设计成腰孔型, 增大了电池底部的进风量。另外该电池包的底边设计成由进风口 1 至出风口 2 的方向上倾 3.5° 这样可以保证流入若干个通气孔 5 的介质的流速趋于一致。

[0084] 将该电池包以及电池包内流体的三维模型导入到流体力学软件 CFX 软件中进行流体力学划分, 得到电池包内流体的网格模型, 并且将图 4 中所示的多块电池的温度云图与该电池包内流体的网格模型相耦合, 耦合后进行流体力学计算, 最终得到如图 13 所示的蓄电池的热场和流场温度云图。

[0085] 通过图 13 中所示的蓄电池的热场和流场温度云图, 可以看到, 该蓄电池中电池本体的温差已经满足行业标准的 yêu求, 因此该款蓄电池热管理的设计方案合理。

[0086] 由以上技术方案可以见, 本申请实施例提供的该基于有限元法的蓄电池热管理分析方法, 首先将蓄电池中的多块电池和电池包分别建模, 通过对多块电池的三维模型进行有限元划分得到多块电池的有限元网格模型, 并对多块电池的有限元网格模型进行热场分析, 得到多块电池的温度场分析结果, 同时对电池包内的流体三维模型进行流体力学划分, 得到电池包内流体的网格模型, 然后将多块电池的温度场分析结果作为约束条件, 对电池包内流体网格模型中的多块电池进行约束, 再对约束后的电池包内流体的网格模型进行流体力学计算得到蓄电池的热场和流场分析结果, 并且判断蓄电池的热场和流场分析结果是否符合预设条件, 若符合, 则结束; 若不符合, 则对电池包的设计方案提出优化, 并重新对电池包进行建模。

[0087] 与现有技术相比, 本申请实施例提供的该方法具有以下优点: 一: 与理论研究相比, 该方法可以更多的面向非线性和复杂结合外形的问题, 由于采用离散的数值方法和模拟实验方法, 可以不受数学解析能力的限制, 从而具有更大的适应性和求解能力; 二: 与实验研究相比, 该方法无需制造出实体模型, 分析过程经济、迅速, 并且具有更大的自由度和灵活性, 可以突破实验上物质条件的限制而获得更多更细致的结果。

[0088] 以上所述仅是本申请的优选实施方式, 使本领域技术人员能够理解或实现本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的, 本文中定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下, 在其它实施例中实现。因此, 本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例, 而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

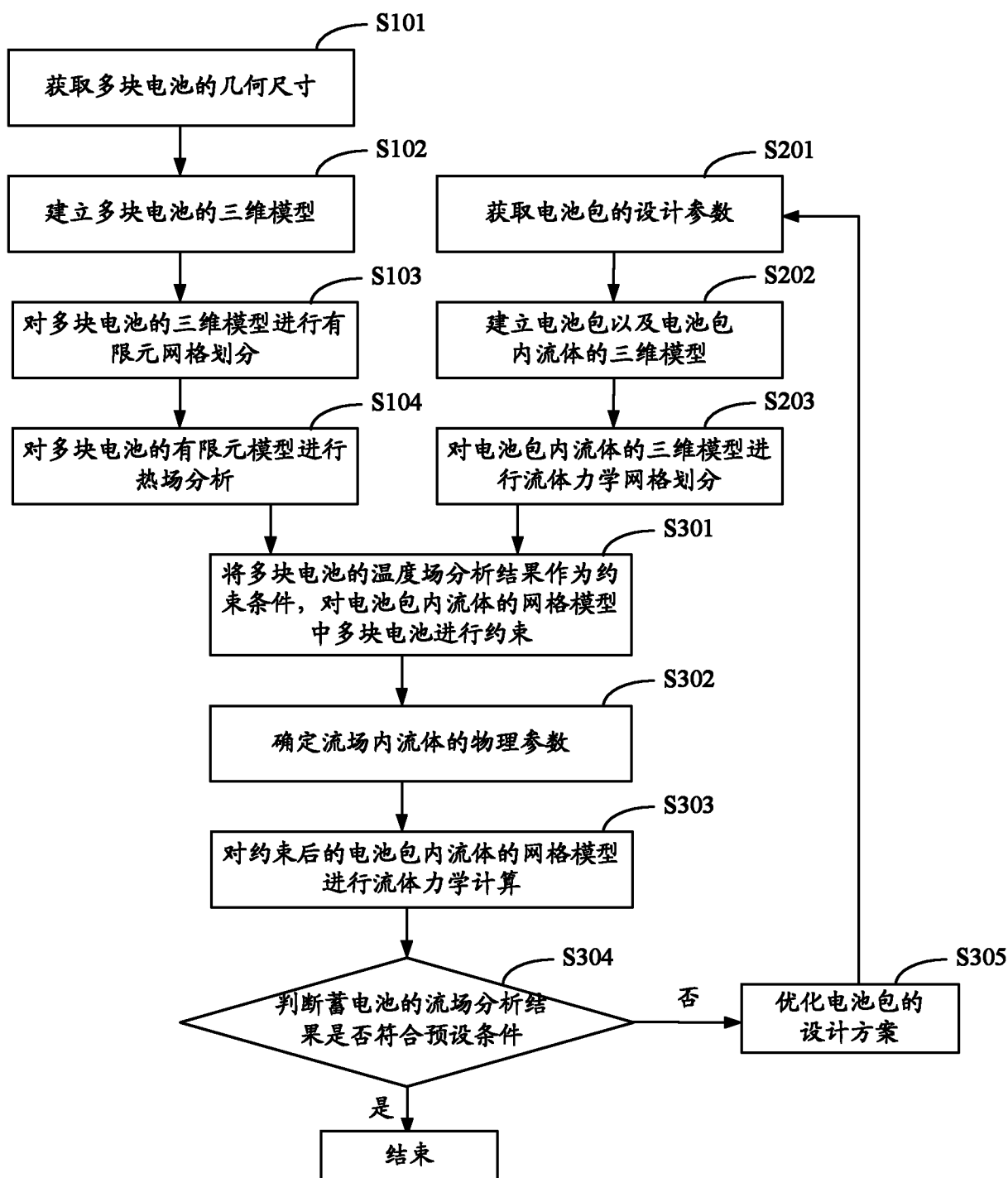


图 1

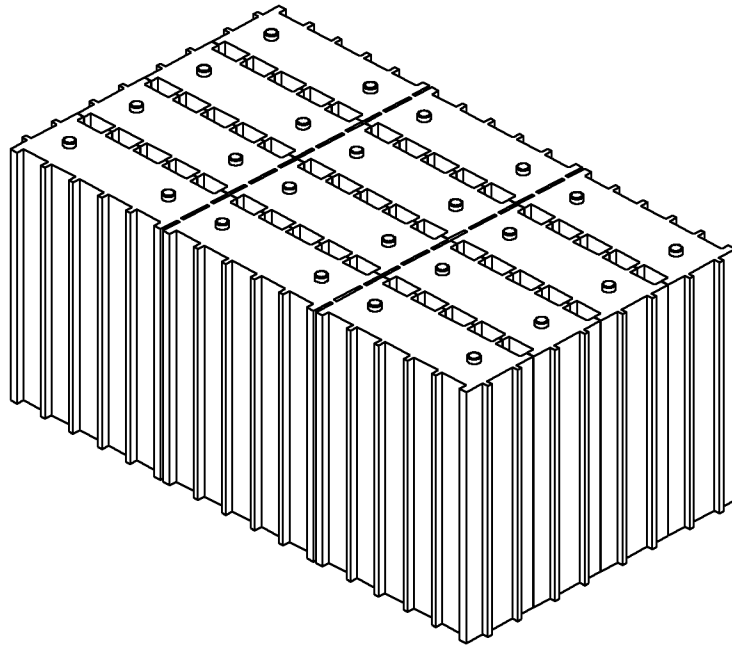


图 2

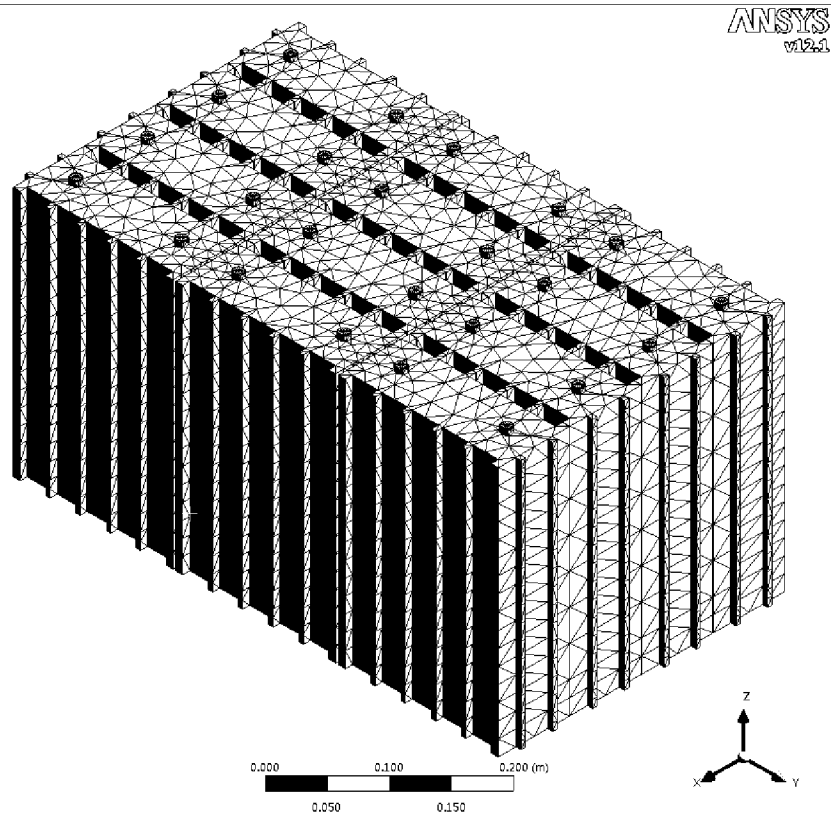


图 3

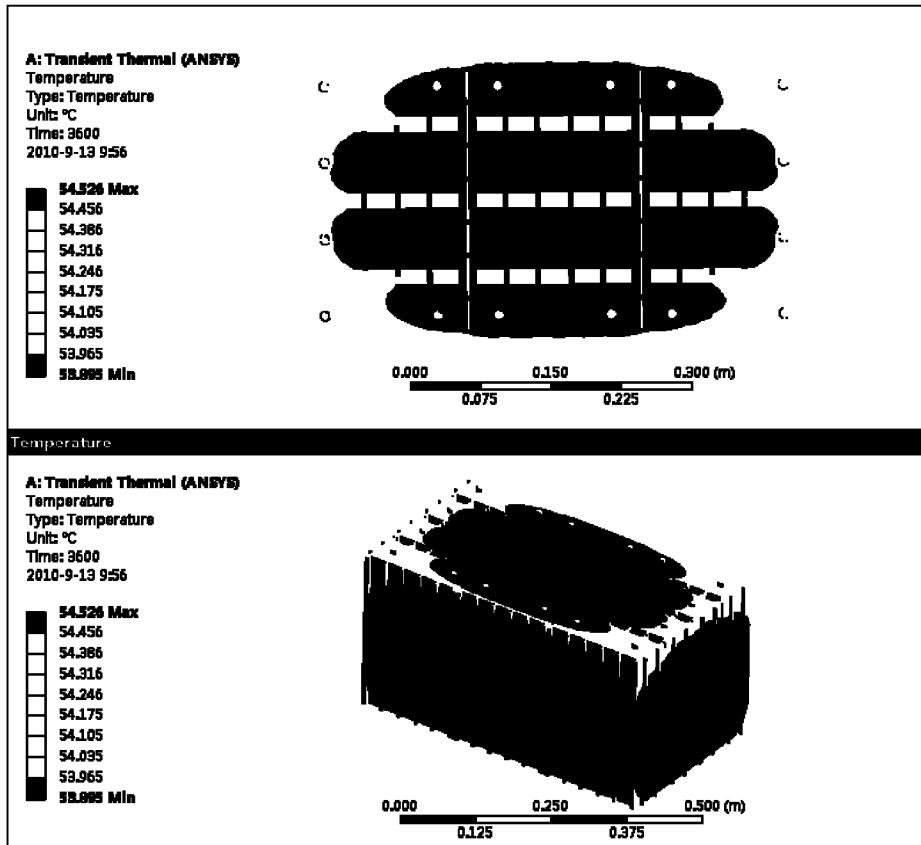


图 4

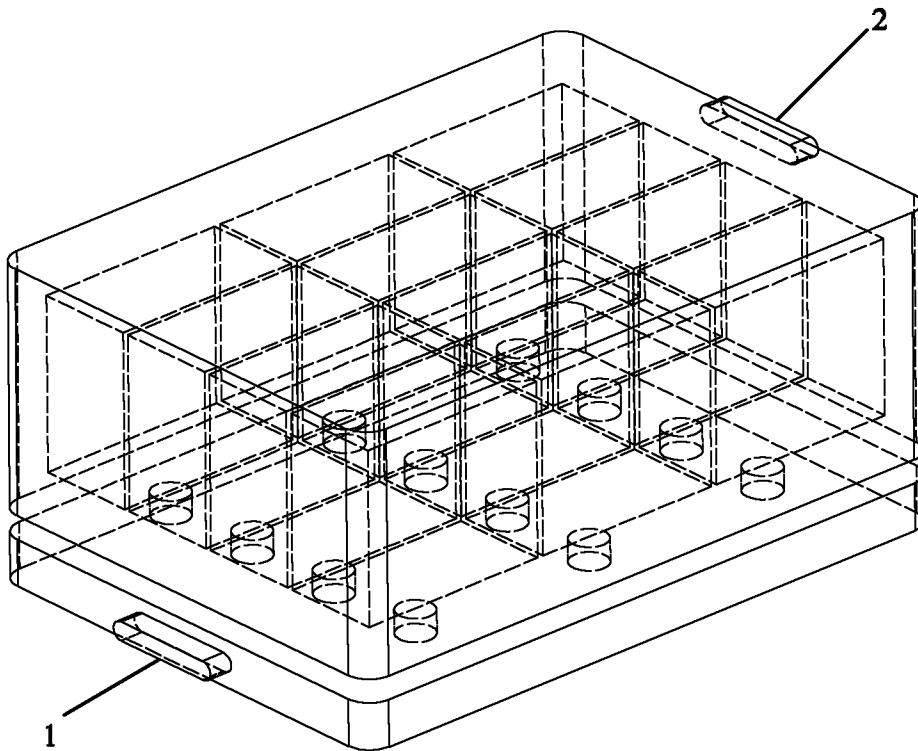


图 5

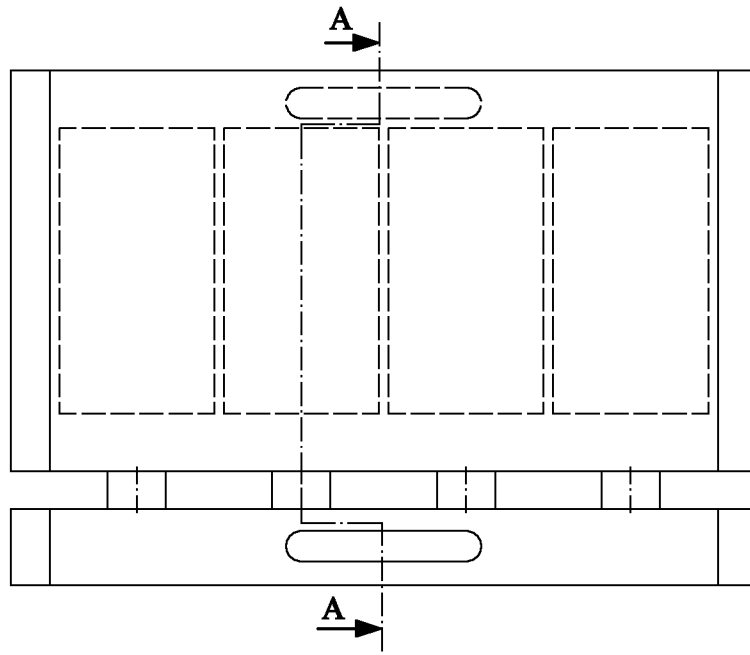


图 6

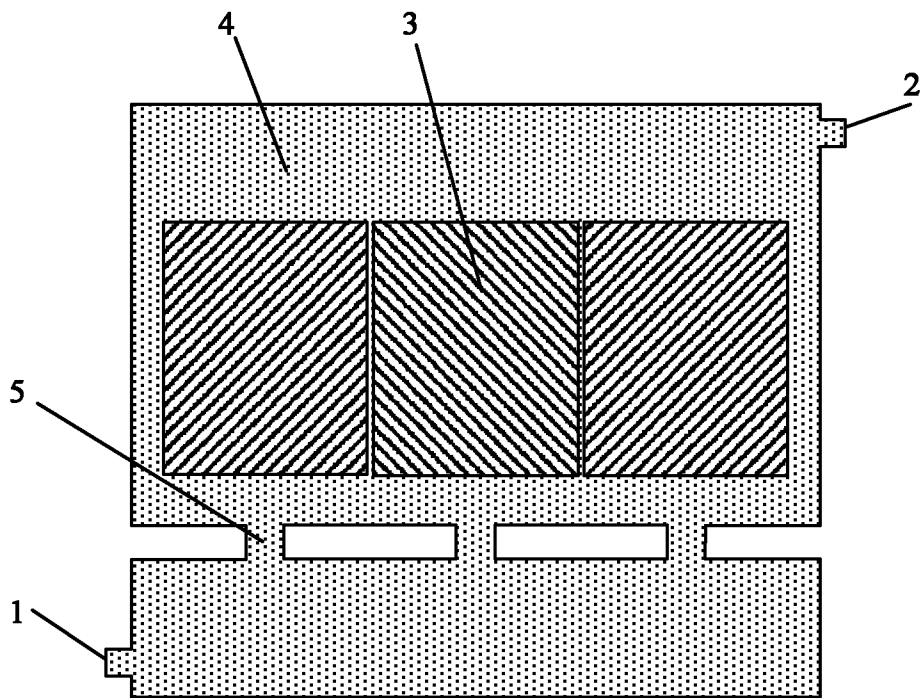


图 7

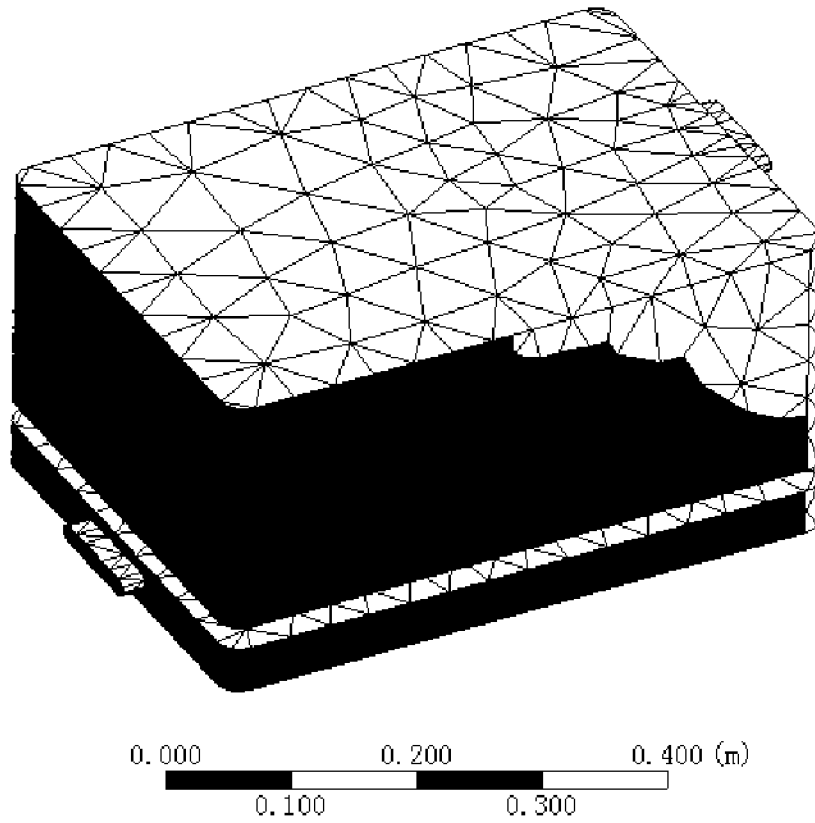


图 8

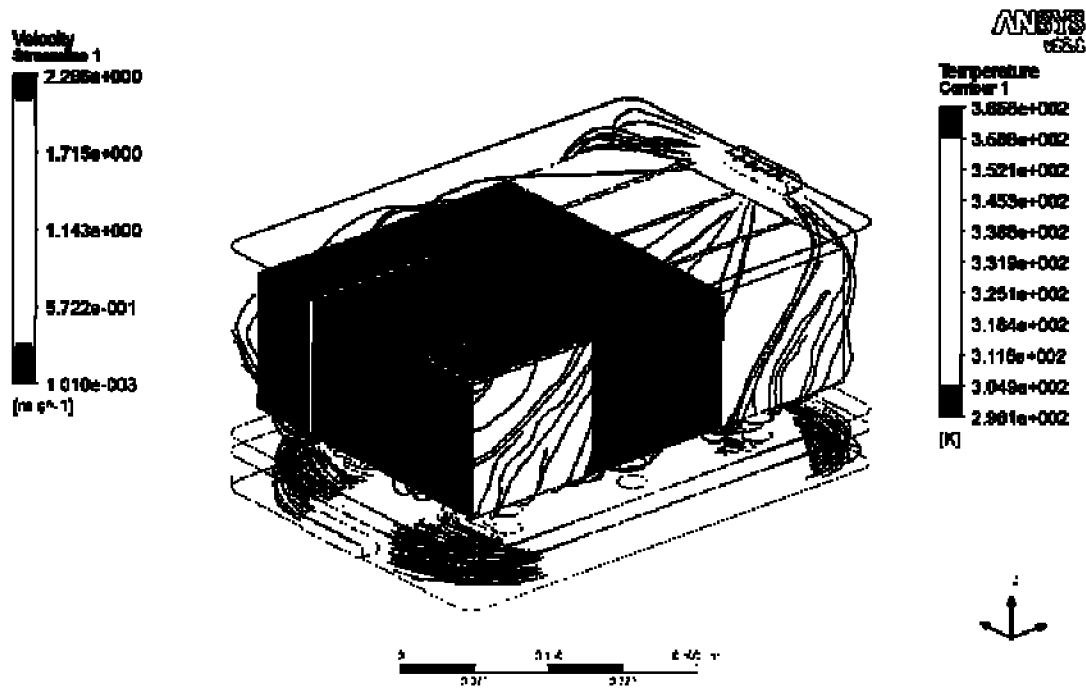


图 9

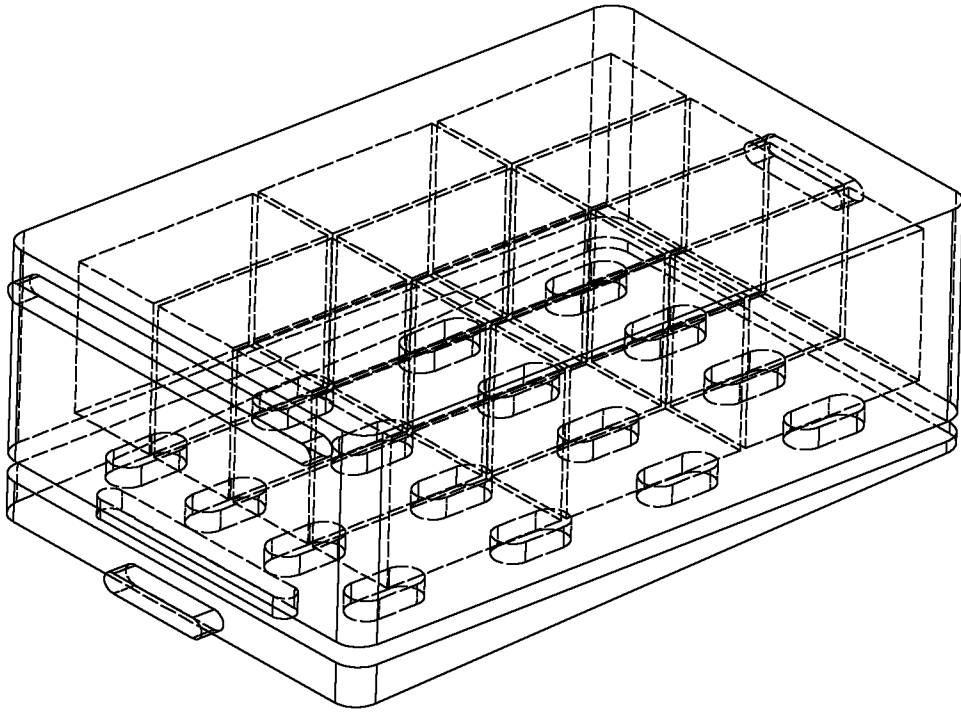


图 10

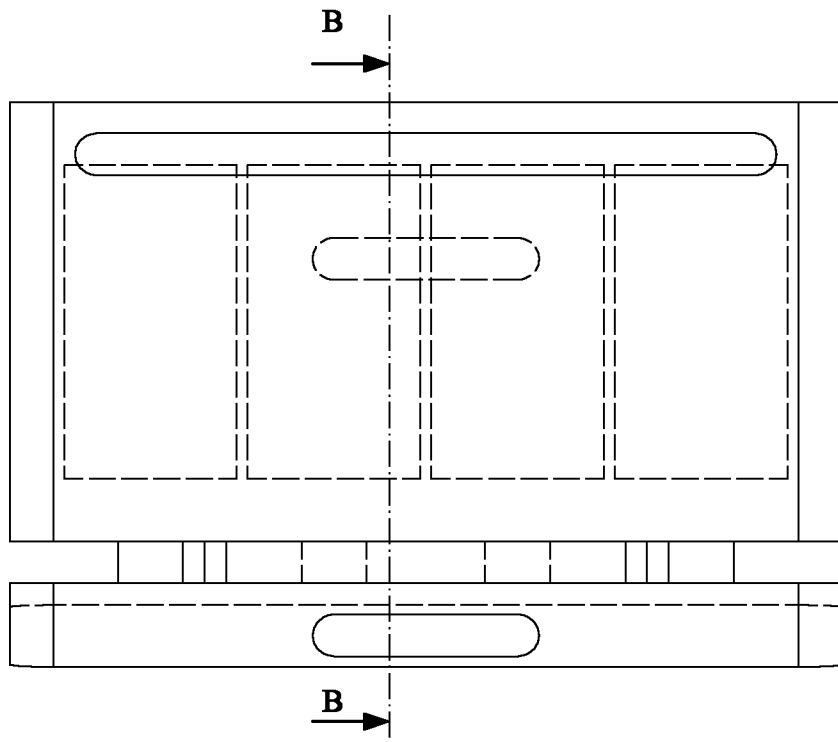


图 11

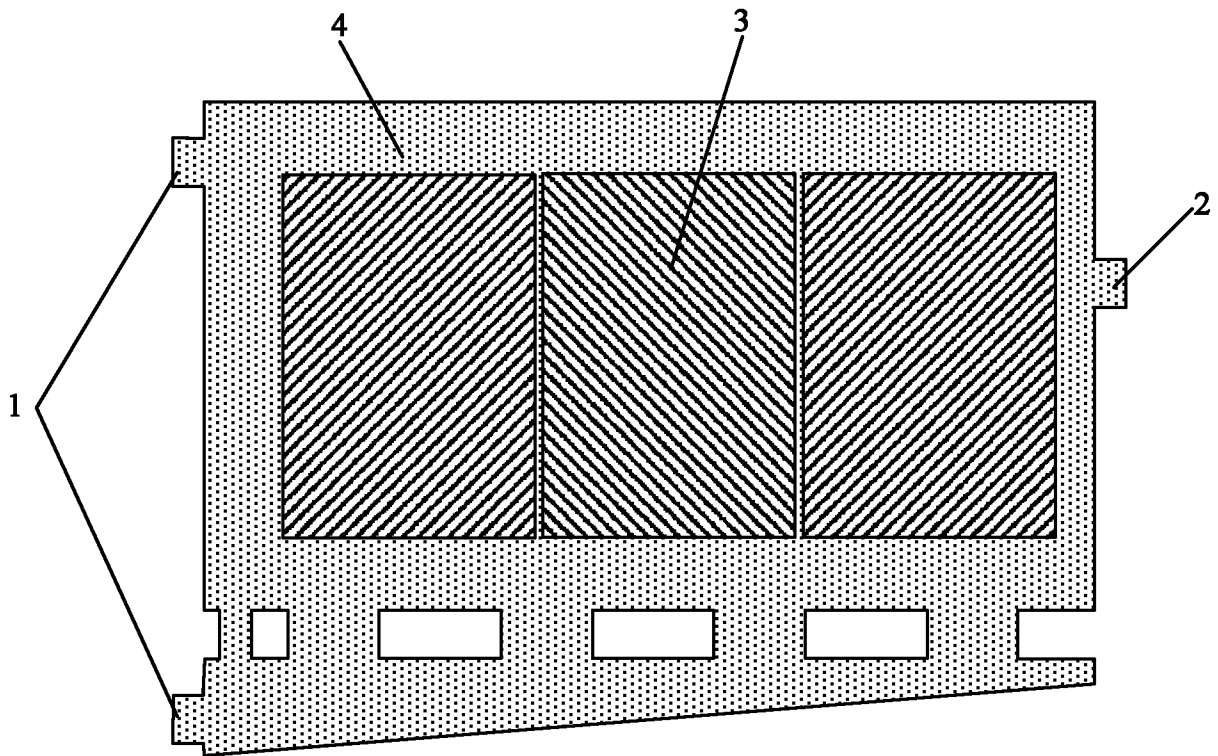


图 12

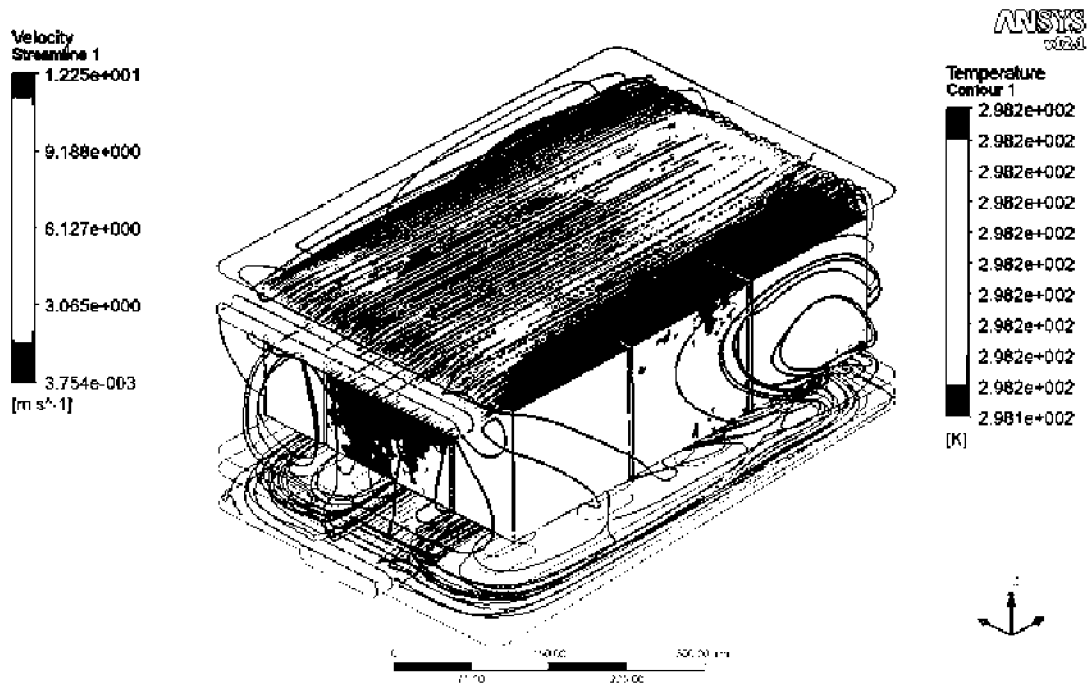


图 13