



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111525062 A

(43)申请公布日 2020.08.11

(21)申请号 202010341204.7

H01M 10/6551(2014.01)

(22)申请日 2020.04.27

H01M 10/6555(2014.01)

(71)申请人 合肥工业大学

H01M 10/6568(2014.01)

地址 230000 安徽省合肥市屯溪路193号

(72)发明人 唐志国 刘志清 孔德垚 陈雪豹

蒋意深 朱晨 赵军

(74)专利代理机构 合肥中谷知识产权代理事务  
所(普通合伙) 34146

代理人 洪玲

(51) Int. Cl.

H01M 2/10(2006.01)

H01M 10/613(2014.01)

H01M 10/625(2014.01)

H01M 10/647(2014.01)

H01M 10/653(2014.01)

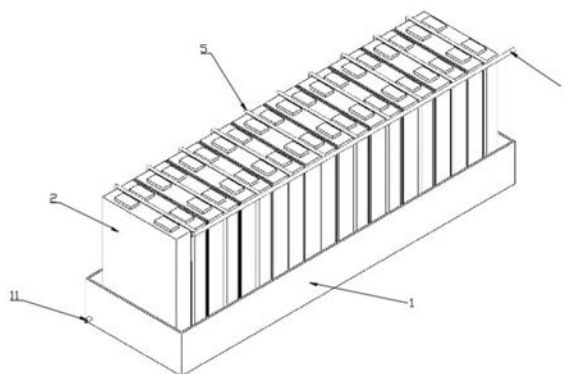
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

一种基于液体金属的动力电池热管理模组

(57)摘要

本发明涉及一种基于液体金属的动力电池热管理模组,包括箱体、固定在箱体内以最大侧面相邻设置的单体电池、沿单体电池对角设置的进液母管和出液母管,所述进液母管与出液母管之间连通设有分流支管,所述单体电池的一侧紧密设有绝热隔板,另一侧紧密设有柔性石墨膜;所述柔性石墨膜的周缘上缠绕包裹于分流支管上;本发明能够实现对于动力电池组内每一个单体电池的高速传热和高度温度均匀性要求,并能够避免或延缓热失控传播扩展事故的发生,且大幅度提升动力电池箱体的能量密度。



1. 一种基于液体金属的动力电池热管理模组,其特征在于:包括箱体(1)、固定在箱体(1)内以最大侧面相邻设置的单体电池(2)、沿单体电池(2)对角设置的进液母管(3)和出液母管(4),所述进液母管(3)与出液母管(4)之间连通设有分流支管(5),所述单体电池(2)的一侧紧密设有绝热隔板(6),另一侧紧密设有柔性石墨膜(7);所述柔性石墨膜(7)的周缘上缠绕包裹于分流支管(5)上。

2. 根据权利要求1所述的一种基于液体金属的动力电池热管理模组,其特征在于:所述分流支管(5)为两组,且沿着单体电池(2)的外边缘弯折延伸。

3. 根据权利要求2所述的一种基于液体金属的动力电池热管理模组,其特征在于:所述箱体(1)上设有进液口(11)和出液口,所述进液口(11)与进液母管(3)连通,所述出液口与出液母管(4)连通。

4. 根据权利要求3所述的一种基于液体金属的动力电池热管理模组,其特征在于:所述绝热隔板(6)采用聚氨酯PU、聚乙烯PE、乙烯-乙酸乙烯共聚物EVA或氯丁橡胶CR类中任意一种发泡材料。

5. 根据权利要求4所述的一种基于液体金属的动力电池热管理模组,其特征在于:所述分流支管(5)内径为0.5mm-2mm,所述的柔性石墨膜(7)厚度为0.005mm-0.1mm,所述的绝热隔板(6)厚度为1-4mm。

6. 根据权利要求1至5任一所述的一种基于液体金属的动力电池热管理模组,其特征在于:所述单体电池(2)为长方体动力电池或薄片状软包电池。

## 一种基于液体金属的动力电池热管理模组

### 技术领域

[0001] 本发明属于电动汽车的动力电池领域,尤其是基于液体金属的动力电池热管理模组领域。

### 背景技术

[0002] 电动汽车的技术关键是动力电池,动力电池性能的优劣直接决定了电动汽车的整车性能、安全与使用寿命等;在动力电池各项性能参数中,温度是影响电池的安全、性能和寿命的关键参数,过低则会导致整车性能下降,过高则可能会引发热安全事故;因此需要对动力电池进行热管理设计,其设计要求主要包括:

[0003] (1) 快速换热要求,维持电池工作在合适温度范围。在高温环境下,特别是在炎热的夏季,动力电池在充放电过程中和高温环境下使用时会释放出大量的热,受空间影响产生热量累积,如果该热量不能及时被排出,热量将会使得电池包的温度上升,此时须启动散热系统对动力电池进行快速冷却;在低温情况下,特别在寒冷的冬季,动力电池工作性能很差,甚至无法正常运行,此时必须对电池进行快速加热升温,使之处于最佳的使用温度水平。

[0004] (2) 保持电池组具有较高的温度均匀性。动力电池组的散热和加热结构不完善会引起电池包各个模块温度分布不均匀,使得每个电池单体的工作环境不一样,严重影响单体电池性能的一致性,影响整个动力电池组的使用寿命;因此要求对电池组的加热或冷却系统进行优化设计,使得电池系统内的任意一个单体电池的温度维持在一定范围内,一般要求是5°C以内,而且该值越小越好。

[0005] (3) 避免或延缓电池组发生热失控的扩展传播。在目前的技术条件下,单体电池的发生热失控是不可避免的,其概率在十万分之一左右。热管理的其中一个重要设计目的是,在某个单体电池发生热失控后,其不会波及周边所有电池,避免单个电池的热失控引起整个电池组的燃烧爆炸,退后一步,即使发生局部的扩散,也需延缓扩展传播的进程,要留给司乘人员足够的逃生时间。

[0006] (4) 热管理结构的设计必须实现轻量化,以减少动力电池组的重量。

[0007] 动力电池种类有很多,有根据正负极材料分类,有根据形状规格进行分类。从换热的角度来说,影响换热结构设计主要是单体动力电池的形状,根据形状,单体动力电池规格主要有圆柱体、长方体、薄片状等;其中,长方体电池的优点十分明显,其抗压能力高,不易变形,方便固定安装,在市场上的应用最为广泛;薄片状的软包电池是未来电池结构开发的热点。对于这两种结构来说,其热管理技术的热量传热面基本相似;针对这类结构电池,国内外很多学者都将研究重点放在液冷换热元件结构的设计上,再结合分析一些工质流动控制参数的影响,进行相应的优化,从而实现了对电池的充分加热和及时散热。

[0008] 从传热介质的角度,现有动力电池热管理系统分为:空气冷却式热管理(简称空冷)、液体冷却式热管理(简称液冷),以及相变蓄热式热管理;从目前产业化市场上应用情况看,液冷是目前应用最广泛的技术,其传热效率较高,技术发展成熟,但也存在一些弊端:

如其防漏水密封性要求高,液体的流道布局复杂,且大都由于电池箱体内的单体电池布局不规整,使得与单体电池直接换热的单个液冷换热元件的结构不统一,导致每个液冷换热元件内部流过的液体阻力损失不一致,容易导致液体流量与所需换热量不成比例关系,结构设计稍微不合理都容易造成换热效果不均匀,使得单体电池的温差超出5℃的目标;

[0009] 如针对长方体动力电池,罗曼在《纯电动汽车用锂离子电池组液体冷却散热结构分析及优化》论文中,采用液体冷却式热管理技术方案,在该类型电池组的底部和上部设计布置了换热板,发现上下两侧均布置换热板的效果优于单独在其底部布置换热板;但是,在电池的中间高度层面位置受到的换热仍然滞后;

[0010] 再如,针对薄片状的软包电池,比较经典的设计方案是通用汽车公司Volt的电池热管理系统,其也采用了液冷式热管理技术,在单体电池间设置有金属散热片(厚度为1mm),并在散热片上留有毛细管结构,以便冷却液能够在毛细管内流动进而带走热量,实现散热的目的;但该方案中金属散热片上流阻较大,会引起驱动换热工质流动的泵消耗功率变大,影响了能量效率的提升,且容易发生流道堵塞;在此背景下,一种新型的室温液态金属冷却技术孕育出现并开始应用于动力电池热管理领域;这里所说的液态金属主要是指一类熔点在室温附近的安全无毒的低熔点金属材料,其最突出的特点在于其固有的高导热特性,常见液态金属热导率一般为10~40W/(m·K),液冷式工质水的热导率为0.6W/(m·K)(20℃),即液态金属比传统的冷却工质水高出2个数量级,这一特性赋予了液态金属优异的对流换热能力。

## 发明内容

[0011] 为了解决上述问题,本发明通过以下技术方案来实现上述目的:

[0012] 一种基于液体金属的动力电池热管理模组,包括箱体、固定在箱体内以最大侧面相邻设置的单体电池、沿单体电池对角设置的进液母管和出液母管,所述进液母管与出液母管之间连通设有分流支管,所述单体电池的一侧紧密设有绝热隔板,另一侧紧密设有柔性石墨膜;所述柔性石墨膜的周缘上缠绕包裹于分流支管上。

[0013] 作为本发明的进一步优化方案,所述分流支管为两组,且沿着单体电池的外边缘延伸。

[0014] 作为本发明的进一步优化方案,所述箱体上设有进液口和出液口,所述进液口与进液母管连通,所述出液口与出液母管连通。

[0015] 作为本发明的进一步优化方案,所述绝热隔板采用聚氨酯PU、聚乙烯PE、乙烯-乙酸乙烯共聚物EVA或氯丁橡胶CR类中任意一种发泡材料。

[0016] 作为本发明的进一步优化方案,所述分流支管内径为0.5mm-2mm,所述的柔性石墨膜厚度为0.005mm-0.1mm,所述的绝热隔板厚度为1-4mm。

[0017] 作为本发明的进一步优化方案,所述单体电池为长方体动力电池或薄片状软包电池。

[0018] 本发明的有益效果在于:

[0019] 1) 本发明基于液体金属的动力电池组热管理结构,充注液态金属的分流支管沿着单体电池的外边缘一分为二延伸开来,使得单体电池的任一位置与液体金属的换热更为迅速。同时其中的换热膜管采用常温液态金属替换原来的醇水换热工质,常见常温液态金属

热导率范围在 $10\sim 40\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，液冷式工质水的热导率为 $0.6\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ( $20^\circ\text{C}$ )，要高出2个数量级，使得外界输入的热量或冷量迅速传递给动力电池箱体內的单体电池，达到快速换热的要求；再柔性石墨膜在其厚度方向的导热系数范围在 $15\sim 50\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，换热能力显著，且采用柔性设计选择使其与电池侧面的接触更为紧密，大大减少了由于接触面具有微小空气间隙而造成的接触热阻；如此大幅度提升了该热管理结构的高效换热性能；

[0020] 2) 本发明在每两块长方体或软包单体电池之间并列布置一片换热膜管，该并列设计保证了液体金属流经每片换热膜管的流量均匀性，以达到均匀换热的目的；同时在每两块单体电池接触位置采用柔性石墨膜；由于柔性石墨膜的面方向上导热系数范围在 $150\sim 2000\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，具有优异的面上的热展平性能，这使得在高温环境下动力电池需要被冷却的时候，单体电池上局部高温位置的热量能迅速通过柔性石墨膜展开来，并传递给分流支管中的液体金属带走；在低温环境下动力电池需要被加热的时候，分流支管中的液体金属的高温热量也能够迅速在柔性石墨膜上展开来，实现对单体电池任一部位以相同加热温实现同步加热；如此大幅度提升了电池箱体內所有动力电池以及单体电池本身的温度均匀性；

[0021] 3) 同时，通过每间隔两个单体电池之间设置绝热隔板，该绝热隔板采用聚氨酯PU、聚乙烯PE、乙烯-乙酸乙烯共聚物EVA或氯丁橡胶CR类发泡材料。这些材料的导热系数均在 $0.001\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 数量级，具有优良的绝热性能。当某一个单体电池由于不可预见的原因发生热失控的时候，其释放出来的大量热量首先会在与柔性石墨膜相接触的两个单体电池之间传播，短时间内无法传递给电池箱体內的其他电池，起到了抑制热失控传播扩展的作用，避免或延缓事故发生；同时该类材料具有类似泡沫的收缩功能，在单体电池长时间使用会发生局部发生热胀的情形下，能够吸收电池鼓胀应力起到缓冲作用，并保持电池组的整体固定效果和尺寸不变；

[0022] 4) 本发明中换热膜管的分流支管采用铝基材料，其内径控制在 $0.5\text{mm}\sim 2\text{mm}$ 之间，柔性石墨膜厚度控制在 $0.005\text{mm}\sim 0.1\text{mm}$ 之间，绝热隔板厚度控制在 $1\sim 4\text{mm}$ 之间，这些结构简单，重量轻，能够显著降低常规电池热管理系统的重量，实现电池组的轻量化设计，从而能够显著提高动力电池箱体的能量密度；

[0023] 5) 本发明针对长方体和薄片状软包动力电池实现了对于动力电池组內每一个单体电池的高速传热和高度温度均匀性要求，并能够避免或延缓热失控传播扩展事故的发生，且大幅度提升动力电池箱体的能量密度，全面实现动力电池热管理的要求。

## 附图说明

[0024] 图1是本发明的立体结构示意图；

[0025] 图2是本发明的俯视结构示意图；

[0026] 图3是本发明中电池模组的局部放大示意图；

[0027] 图4是本发明中图2的局部放大示意图；

[0028] 图5是本发明中柔性石墨膜与分流支管组合示意图；

[0029] 图6是本发明中实施例2的立体结构示意图；

[0030] 图7是本发明中实施例2的局部放大立体结构示意图；

[0031] 图8是本发明中实施例2中图7的俯视示意图；

[0032] 图9是本发明中实施例2的柔性石墨膜与分流支管组合示意图；

[0033] 图10是本发明的工作原理示意图；

[0034] 图中：1、箱体；11、进液口；2、单体电池；3、进液母管；4、出液母管；5、分流支管；6、绝热隔板；7、柔性石墨膜。

### 具体实施方式

[0035] 下面结合附图对本申请作进一步详细描述，有必要在此指出的是，以下具体实施方式只用于对本申请进行进一步的说明，不能理解为对本申请保护范围的限制，该领域的技术人员可以根据上述申请内容对本申请作出一些非本质的改进和调整。

[0036] 如图1至图9所示一种基于液体金属的动力电池热管理模组，包括箱体1、设置在箱体1侧壁上的进液口与出液口、以最大侧面相邻并列排列布置在箱体1内部底板上的多个单体电池2，单体电池2为长方体动力电池，每两个单体电池2之间的换热膜管，以及与换热膜管呈间隔平行布置的绝热隔板6；整个箱体1为封闭式结构，为便于显示内部结构，在图1中仅仅画出了箱体1下部分；此外，出液口位于与进液口11对应的侧壁上部，在本实施例中未有标出；

[0037] 换热膜管由进液母管3、分流支管5、柔性石墨膜7与进液母管3组成，如图3所示，进液母管3和出液母管4与电池组并列排布方式平行，分别位于单体电池2最大截面的左下侧和右上侧，分流支管5由进液母管3上的接口引出，分成两股管道分别沿着两个相邻的单体电池接触面的左侧和底部延伸，并分别在左上侧和右下侧拐角处沿着单体电池接触面转折，在右上角处合流至出液母管4；进液母管3、分流支管5、出液母管4内贯穿流通的液体是液态金属；为减少电池模组的重量，将分流支管5的内径限制在0.5mm-2mm范围内，其材质可选用铝合金材料；

[0038] 柔性石墨膜7的形状、大小与单体电池2最大侧面基本相同，其四边均缠绕包裹在对应的分流支管5上，其两侧面的单体电池2紧密接触；柔性石墨膜7可由天然鳞片石墨为原料，经高氯酸/高锰酸钾/磷酸氧化插层体系制备可膨胀石墨，高温膨化制备膨胀石墨，再用模压成型方法制备高导热柔性石墨膜。柔性石墨膜7厚度为0.005mm-0.1mm，其在厚度方向的导热系数范围在15~50W/(m·K)，在面方向上导热系数范围在150~2000W/(m·K)，换热能力显著，更重要的是具有优异的面上的热展平性能；

[0039] 绝热隔板6由泡沫类绝热、阻燃、绝缘性能优异的材料构成，可以使用聚氨酯PU、聚乙烯PE、乙烯-乙酸乙烯共聚物EVA或氯丁橡胶CR类发泡材料，且绝热隔板厚度为1-4mm；

[0040] 最后将箱体1上的进液口11与进液母管3连通，出液口与出液母管4相连通；以上便是是电池模组的结构设计，为了更好的进行说明如何实现热管理的加热和冷却功能，在电池模组的外部布置外置工质循环部件，如图10所示，该图表示的是通过制冷循环来对该电池模组实现加热和冷却的目的，电池模组与电磁泵、中间冷却器、电磁阀串联起来，这个循环回路汇总灌注的液体金属工质；制冷循环由压缩机、冷凝器（电池模组散热工况下的称呼，如在电池模组加热工况下则为蒸发器）、膨胀阀与中间换热器组成，其中循环流动的为环保型制冷剂工质，两个循环通过共用中间换热器传递热量，当不进行换热工质的物质交换，这样也可以减少液体金属的使用量，减少其泄露几率；

[0041] 该整个模组系统的主要工作过程是：在高温环境下，当电池温度过高需要冷却时，

启动液体金属工质循环,单体电池的热量通过柔性石墨膜、分流支管传递给液体金属,通过液体金属的外在循环将该热量传递给中间换热器;同时启动制冷循环的制冷模式,即制冷剂工质在图10中呈顺时针流动,此时中间换热器在制冷循环中表现为蒸发功能,液态制冷剂工质在中间换热器中吸收液体金属传递过来的热量,变成气态工质被压缩机压缩后输送至冷凝器中将热量释放,重新变成液态工质后经膨胀阀释放压力后流回中间换热器中,如此重复循环实现冷却功能;

[0042] 在低温环境下,当电池温度过低需要加热时,启动制冷循环的供热模式,即制冷剂工质在图10中呈逆时针流动,此时中间换热器在制冷循环中表现为冷凝功能,液态制冷剂工质在蒸发器(即冷却工况下的冷凝器)吸收外界环境的热量,变成气态工质被压缩机压缩后输送至中间换热器中将热量释放,重新变成液态工质后经膨胀阀释放压力后流回蒸发器中,如此循环;同时液体金属工质循环启动,通过中间换热器将制冷循环端释放过来的热量传递给液体金属,高温液体金属随着其循环流动将热量通过分流支管、柔性石墨膜传递给单体电池,从而实现对电池模组的加热功能。

[0043] 实施例2

[0044] 本实施例与实施例1不同的地方在于,该单体电池为薄片状软包电池,则其结构设计如图5、图6所示,其它结构设计方案与实施例1的技术方案一致,工作过程亦与长方体单体电池相同。

[0045] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。

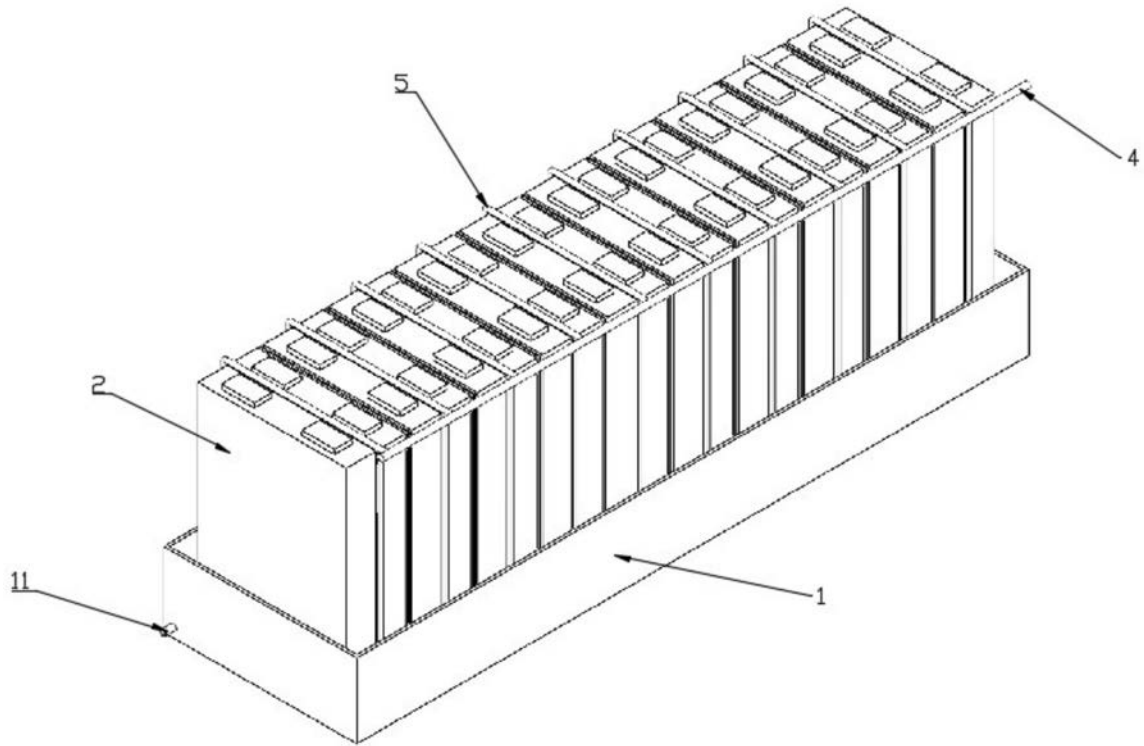


图1

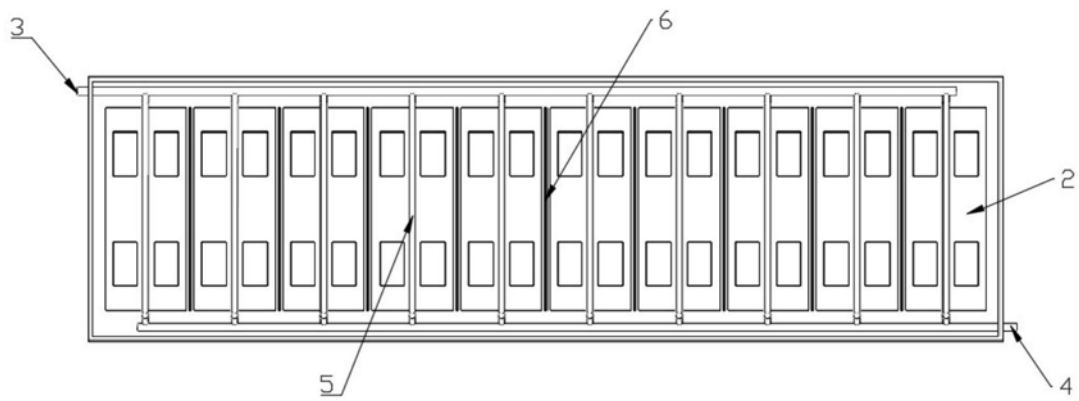


图2



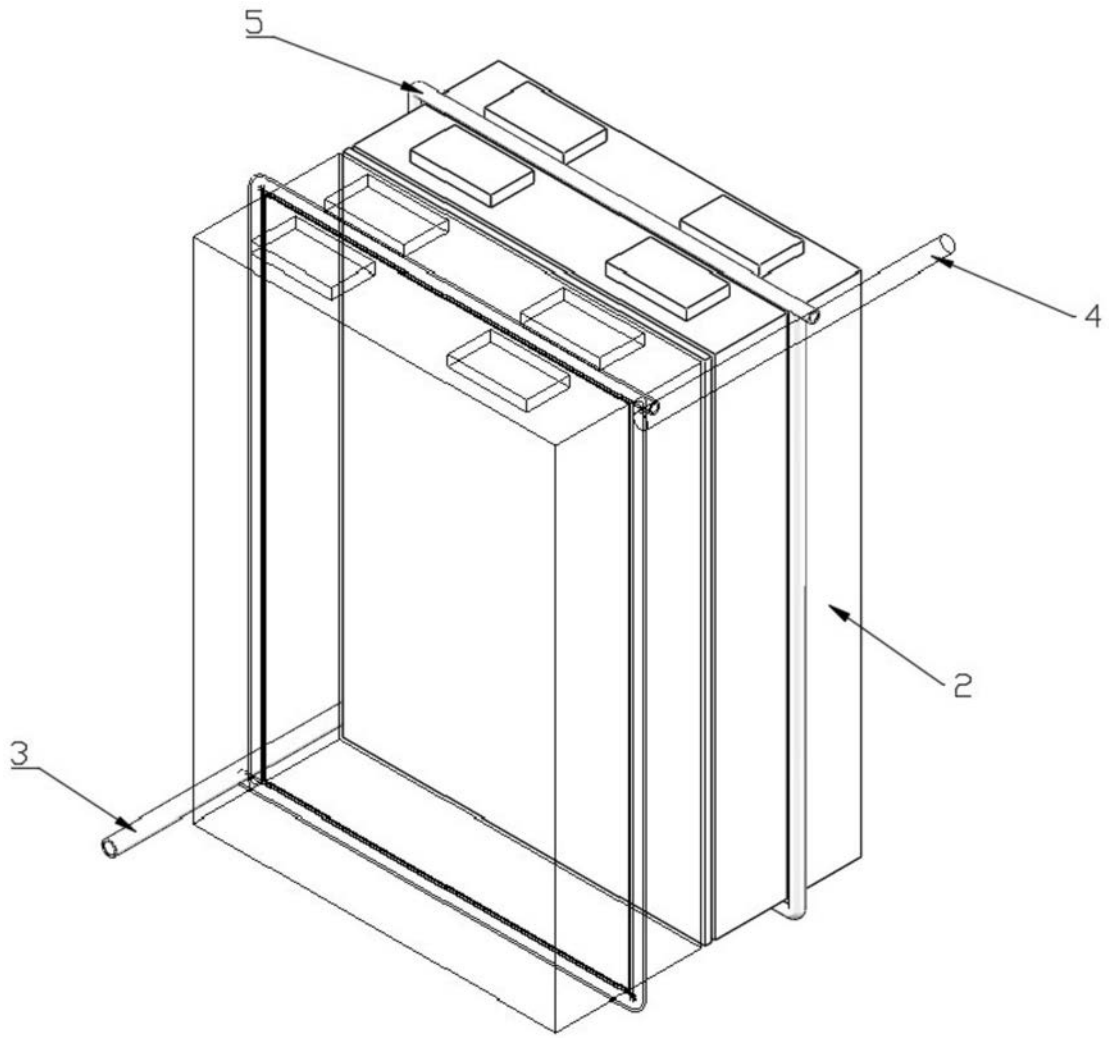


图3

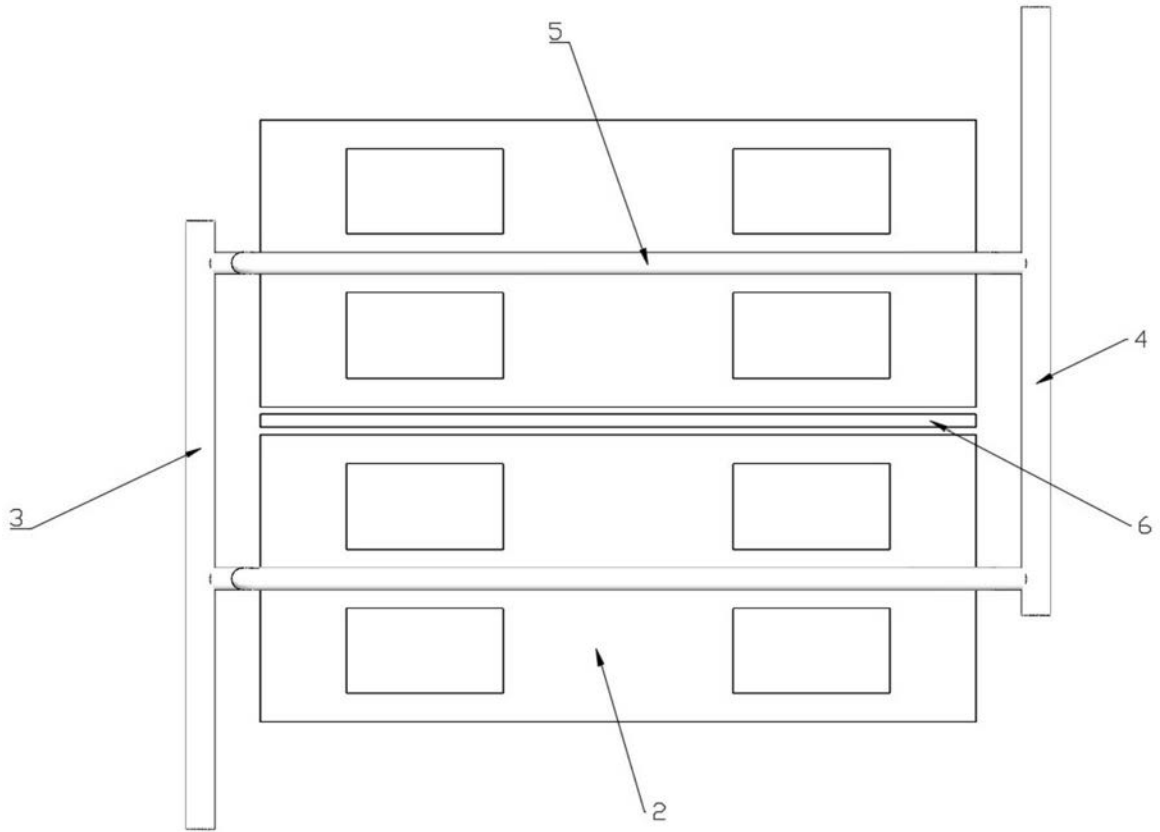


图4

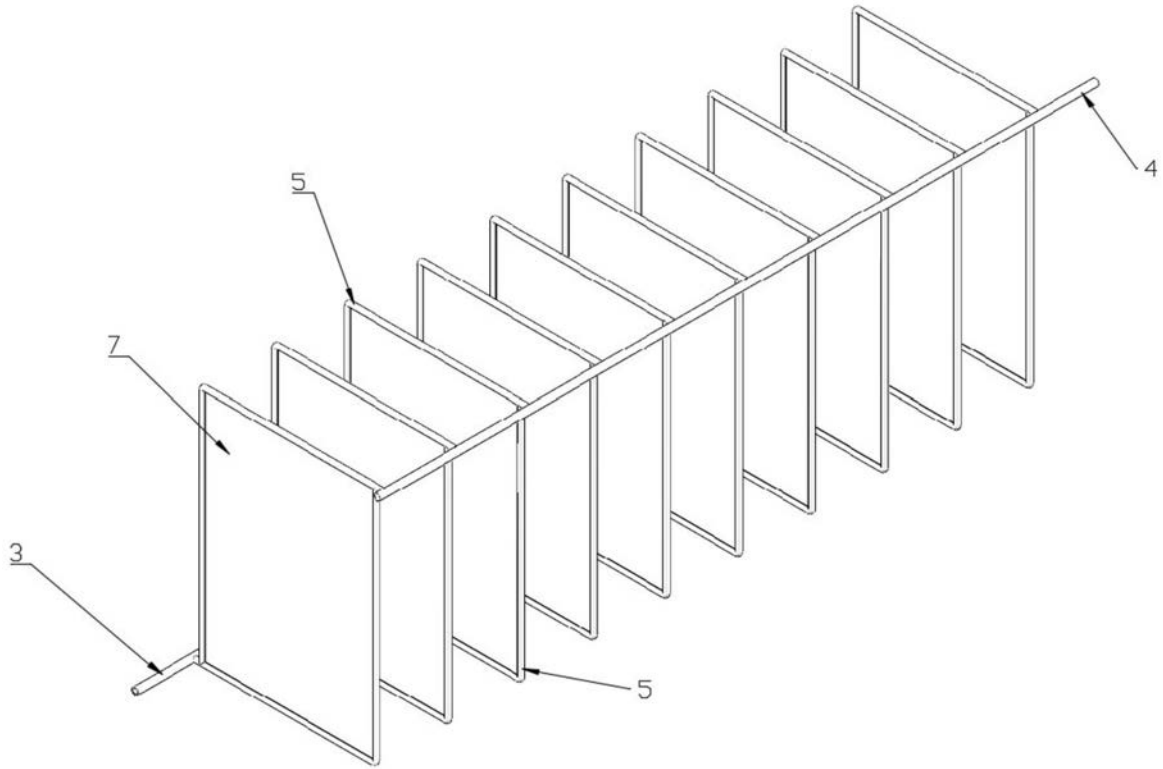


图5

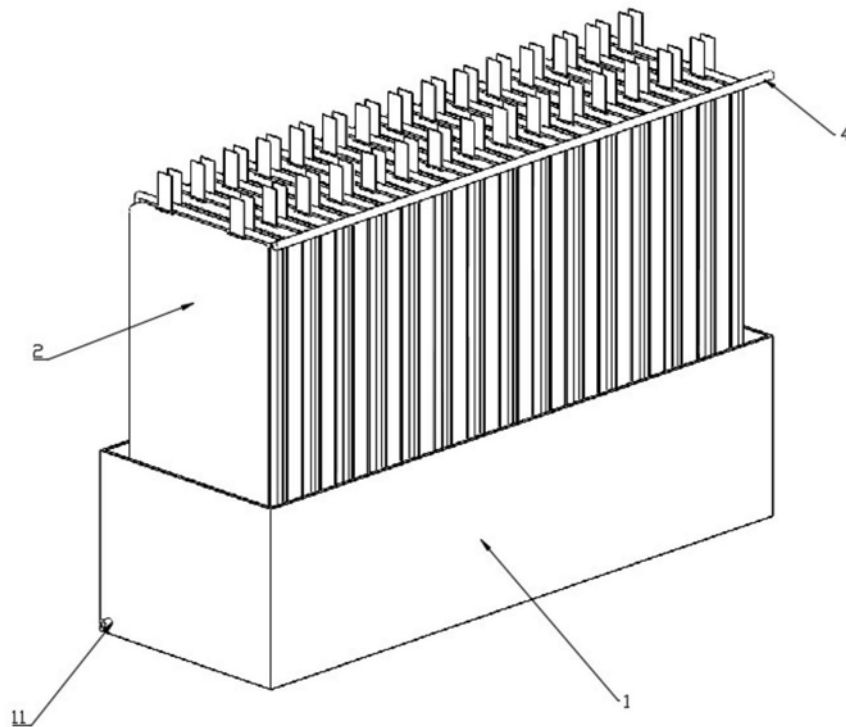


图6

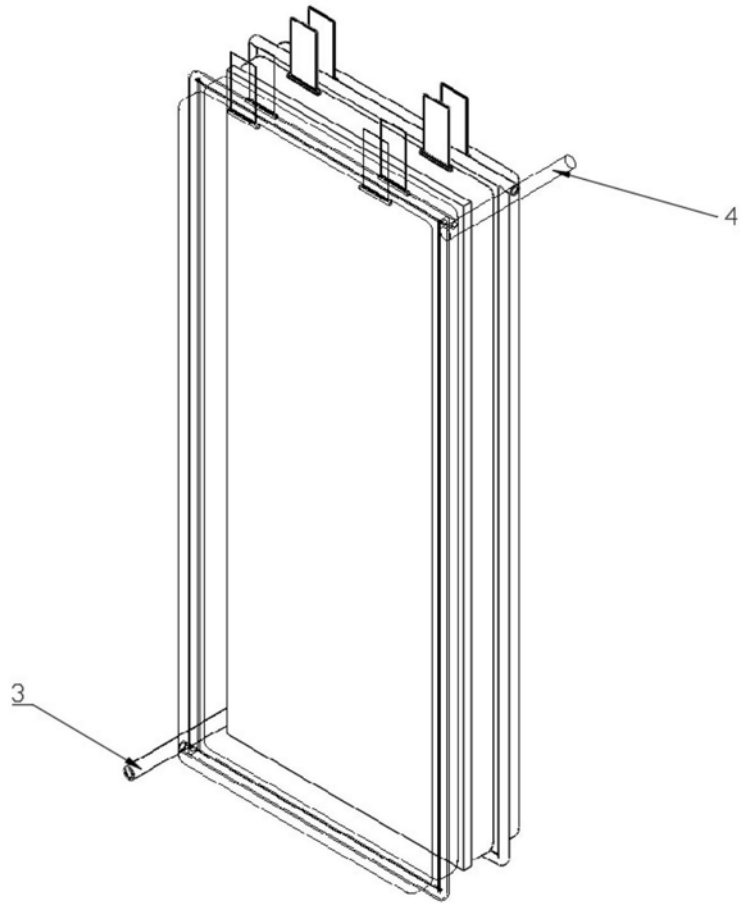


图7

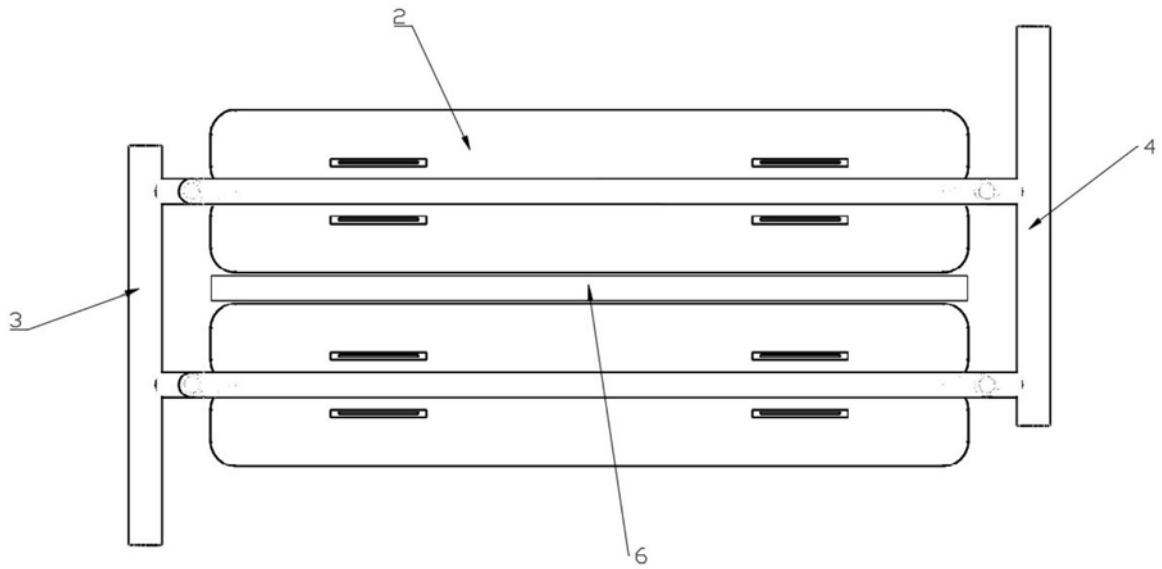


图8

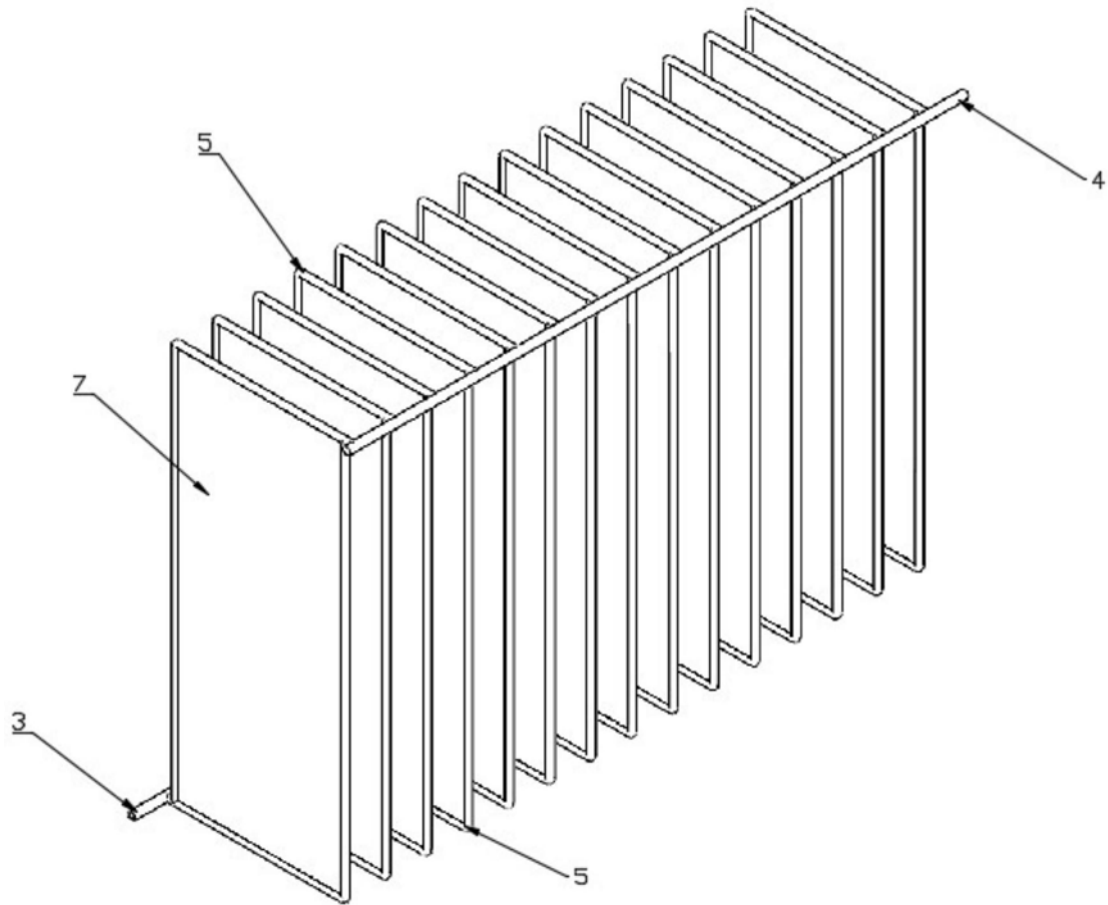


图9

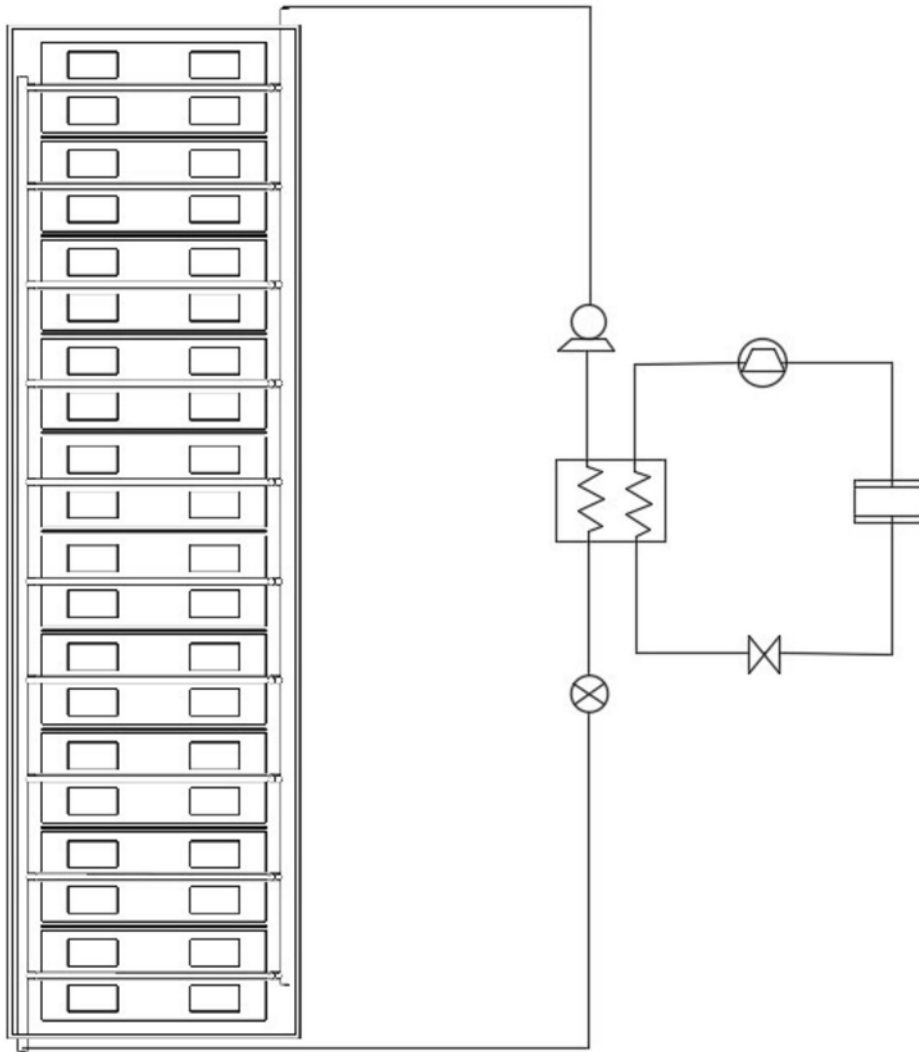


图10