



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112072202 A

(43) 申请公布日 2020.12.11

(21) 申请号 202010820883.6

H01M 10/659 (2014.01)

(22) 申请日 2020.08.14

(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 张正国 曹嘉豪 凌子夜 方晓明

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 江裕强

(51) Int. Cl.

H01M 10/613 (2014.01)

H01M 10/625 (2014.01)

H01M 10/637 (2014.01)

H01M 10/6554 (2014.01)

H01M 10/6556 (2014.01)

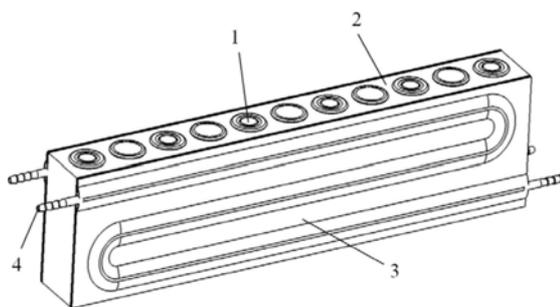
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种复合电池热管理系统和延迟冷却方法

(57) 摘要

本发明公开了一种复合电池热管理系统和延迟冷却方法。所述复合电池热管理系统包括相变材料系统和液冷系统,所述相变材料系统包括包裹电池组的复合相变材料,所述液冷系统包括紧密贴合所述复合相变材料表面的微通道液冷板和设置在所述微通道液冷板内的强制对流的纳米相变乳液传热工质。电池产生的热量被复合相变材料吸收,并传递至液冷板,纳米相变乳液在液冷板内部通过强制对流间接带走电池产生的热量。所述延迟冷却方法通过监测复合相变材料的温度来控制液冷系统的启动时间。所述新型复合热管理系统和延迟冷却方法具有结构紧凑,换热面积大,储能密度大,比热容高,能耗低等特点,适用于冷却大功率电池组。



1. 一种复合电池热管理系统,其特征在于,包括相变材料系统和液冷系统,所述相变材料系统包括包裹电池组的复合相变材料,所述液冷系统包括紧密贴合所述复合相变材料表面的微通道液冷板和设置在所述微通道液冷板内的强制对流的纳米相变乳液传热工质。

2. 根据权利要求1所述的复合电池热管理系统,其特征在于,所述的电池组为若干圆柱电池通过点焊的方式连接,所述的微通道液冷板由两片金属板焊接后经高压吹胀形成蛇型流体微通道制得,所述微通道液冷板的总厚度为3~4mm,所述流体通道的水力直径为2~4mm。

3. 根据权利要求1所述的复合电池热管理系统,其特征在于,所述液冷系统包括驱动流体流动的液体泵。

4. 根据权利要求1所述的复合电池热管理系统,其特征在于,所述的复合相变材料以质量百分比计,包括70~85%的相变材料和15~30%的膨胀石墨,所述相变材料为熔化温度为25~50℃的脂肪烃或脂肪醇;所述的复合相变材料为块状固体,起始熔化温度为25~50℃,相变焓为158.27~195.7J/g,热导率为2.99~4.97W/m K,密度为300~361kg/m<sup>3</sup>。

5. 根据权利要求4所述的复合电池热管理系统,其特征在于,所述的复合相变材料的制备方法包括以下步骤:

将以质量百分比计为70~85%的相变材料置于烘箱50~60℃加热,使其完全熔化;

将熔化后的相变材料与质量百分比计为15~30%的膨胀石墨混合,搅拌均匀,置于烘箱加热30~40min后,再次搅拌,重复上述过程4~5次使相变材料被膨胀石墨均匀吸附;

将混合均匀的复合相变材料冷却至室温,采用压片机压制成密度为300~361kg/m<sup>3</sup>的块状固体。

6. 根据权利要求1所述的复合电池热管理系统,其特征在于,所述的纳米相变乳液传热工质以质量百分比计,包括5~10%的相变材料,1~2%的乳化剂以及88~94%的去离子水。

7. 根据权利要求6所述的复合电池热管理系统,其特征在于,所述的相变材料为熔化温度25~50℃的脂肪烃或脂肪醇,所述乳化剂为十二烷基苯磺酸钠或十二烷基硫酸钠。

8. 根据权利要求6所述的复合电池热管理系统,其特征在于,所述纳米相变乳液传热工质的制备方法包括以下步骤:

将以质量百分比计为1~2%的乳化剂加入88~94%的去离子水中,50~70℃恒温水浴加热,在200~600r/min的条件下搅拌,使乳化剂充分溶解在水中得到混合液;

将以质量百分比计为5~10%的相变材料以50~70℃水浴环境加热,使其完全熔化;

将所述充分熔化的相变材料加入到所述的混合液中,再在300~800W的条件下超声乳化5~15min,得到纳米相变乳液传热工质。

9. 一种延迟冷却方法,其特征在于,通过监测权利要求1-8任一项所述复合电池热管理系统的复合相变材料的温度控制液冷系统的启动和停止,电池充放电过程中,当所述复合相变材料的温度低于复合相变材料的终止熔化温度时,液冷系统停止,超过复合相变材料的终止熔化温度时,液冷系统启动。

10. 根据权利要求9所述的延迟冷却方法,其特征在于,所述液冷系统启动后,纳米相变乳液传热工质的强制对流流量为10~20L/h。

## 一种复合电池热管理系统和延迟冷却方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电池热管理技术领域,具体涉及一种复合电池热管理系统和延迟冷却方法,旨在提供一种新型、高效的电池热管理技术,特别涉及纳米相变乳液、相变材料和微通道液冷板相互耦合的复合热管理系统,以及一种新型延迟冷却方法。

### 技术背景

[0002] 随着清洁能源的发展,新能源汽车将逐渐取代传统的燃料汽车,锂离子电池是新能源汽车理想的动力源,电池组充放电效率、容量、安全性和寿命受温度影响很大。电池组温度过高、过低、组间温度不一致都会导致电池性能下降,使得系统过早失效甚至引发火灾、爆炸等一系列事故,因此高效热管理系统是维持动力电池高性能安全运行的重要保证。常用的电池热管理技术包括空气热管理、液体热管理、相变材料热管理、热管热管理。其中,液体热管理系统具有导热系数大、热交换速率高等特点。相变材料作为一种储能材料可以在一定温度范围内有效抑制电池的温升,提高电池组的温度均匀性。近年来,基于液体冷却与相变材料冷却耦合的复合热管理系统受到了人们的广泛关注。

[0003] 中国专利CN107994290A公开了一种复合热管理系统,包括液冷冷却/加热热管、相变材料蓄热/放热装置及风冷散热器,但系统结构复杂,体积较大。液冷系统采用水作为冷却介质,水在流动的过程中温度逐渐上升,进出口温差较大,间接增大了电池温差。

[0004] 专利CN109888430A公开了一种使用相变乳液冷却电池组的热管理方案,相变乳液相比水和油具有更大的比热容,流动过程中可以吸收更多热量,有效提升电池组的均温性。然而系统采用的单一液体冷却方案对电池组进行控温,未与相变材料结合,冷却剂与电池的换热面积不足,接触冷却管道的电池温度低,远离冷却管道的电池温度较高,电池组整体温差较大。

[0005] 此外,液冷系统与相变材料耦合的复合热管理系统虽然可以有效解决高功率散热问题,但液冷系统的能耗随着电池充放电时间的增加而上升,电池循环充放电时液冷系统一直保持启动状态会产生巨大的能耗,液冷系统如何与相变材料系统合理分配资源从而降低能耗有待研究。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术中的问题和不足,本发明的目的在于提供一种换热面积大,换热效率高,系统能耗低的复合热管理系统和延迟冷却方法。

[0007] 本发明采用的技术方案如下:本发明主要包括:

[0008] 一种复合电池热管理系统,包括相变材料系统和液冷系统,所述相变材料系统包括包裹电池组的复合相变材料,所述液冷系统包括紧密贴合所述复合相变材料表面的微通道液冷板和设置在所述微通道液冷板内的强制对流的纳米相变乳液传热工质。

[0009] 优选的,所述复合电池热管理系统,由相变材料系统和液冷系统组成,所述相变材料系统包括包裹电池组的复合相变材料,所述液冷系统包括紧密贴合所述复合相变材料表

面的微通道液冷板和设置在所述微通道液冷板内的强制对流的纳米相变乳液传热工质。

[0010] 优选的,所述液冷系统包括驱动流体流动的液体泵。

[0011] 优选的,所述的电池为圆柱状电池。

[0012] 优选的,所述的电池组由若干电池通过点焊的方式连接。

[0013] 优选的,所述的微通道液冷板由两块金属板焊接而成,经高压吹胀后形成蛇型流体微通道;所述微通道液冷板的总厚度为3~4mm,流体通道的水力直径为2~4mm。

[0014] 所述的复合相变材料以质量百分比计,包括:

[0015] 包括70~85%的相变材料和15~30%的膨胀石墨。

[0016] 优选的,所述的相变材料为熔化温度25~50℃的脂肪烃或脂肪醇,如鲁尔新能源生产的石蜡(相变温度为28,31,35与44℃)中的至少一种;所述的复合相变材料为一定压实密度的块状固体,起始熔化温度为25~50℃,相变焓为158.27~195.7J/g,热导率为2.99~4.97W/(m K),密度为300~361kg/m<sup>3</sup>。

[0017] 所述复合相变材料的制备方法。步骤为:

[0018] 将以质量百分比计为70~85%的相变材料置于烘箱50~60℃加热,使其完全熔化。

[0019] 将熔化后的相变材料与质量百分比计为15~30%的膨胀石墨混合,用玻璃棒搅拌均匀,置于烘箱加热30~40min后,再次搅拌,重复上述过程4~5次使相变材料被膨胀石墨均匀吸附。

[0020] 将混合均匀的复合相变材料冷却至室温,采用压片机压制成一定密度为300~361kg/m<sup>3</sup>的块状固体。

[0021] 所述的纳米相变乳液传热工质以质量百分比计,包括5~10%的相变材料,1~2%的乳化剂以及88~94%的去离子水。

[0022] 优选的,制备所述相变乳液使用的相变材料为相变温度25~50℃的脂肪烃或脂肪醇,如鲁尔新能源生产的石蜡(相变温度为28,31,35与44℃)中的至少一种。

[0023] 优选的,所述乳化剂为十二烷基苯磺酸钠(SDBS)或十二烷基硫酸(SDS)。

[0024] 所述相变乳液的制备方法,包括步骤:

[0025] 将以质量百分比计为1~2%的乳化剂加入88%~94%的去离子水中,50~70℃恒温水浴加热,在200~600r/min的条件下搅拌,使乳化剂充分溶解在水中得到混合液;

[0026] 将以质量百分比计为5~10%的相变材料以50~70℃恒温水浴加热,使其完全熔化;将充分熔化的相变材料加入到所述的混合液中,再在300~800W的条件下超声乳化5~15min,得到纳米相变乳液。

[0027] 一种延迟冷却的冷却方法,通过监测上述复合电池热管理系统的复合相变材料的温度控制液冷系统的启动和停止。电池充放电过程中,当复合相变材料的温度超过复合相变材料的终止熔化温度时,液冷系统启动,当所述复合相变材料的温度低于复合相变材料的终止熔化温度时,液冷系统关闭。

[0028] 优选的,所述液冷系统启动后,纳米相变乳液传热工质的强制对流流量为10~20L/h。相比现有技术,本发明具有以下特点:

[0029] 1. 本发明首次将相变乳液冷却系统和复合相变材料冷却系统相结合,用于锂电池热控领域。相变储能材料具有储能密度大,性能稳定,成本低廉的特点,可以在一定温度范

围内有效抑制电池温升。微通道液冷板与电池之间通过复合相变材料传递热量,相变材料包裹电池同时与液冷板紧密贴合,提供了充足的换热面积。相变材料吸收的热量以潜热的形式储存并传递至微通道液冷板内部的相变乳液中。相变乳液在相变时比热容远高于水,在相同的流量下相比于水具有更好的冷却效果。

[0030] 2. 本发明首次提出延迟冷却方法。当复合相变材料的温度低于相变温度时液冷系统关闭,电池产生的热量被复合相变材料吸收,通过自然对流的方式与环境换热。当复合相变材料的温度超过终止相变温度时,液冷系统启动,相变乳液流经微通道液冷板,并迅速带走复合相变材料储存的热量。延迟冷却方法可以在不牺牲散热效果的前提下大幅降低液冷系统功耗,适用于冷却长期循环工作的电池组。

[0031] 3. 微通道液冷板厚度薄(3~4mm),占用体积小,可以在有效的散热空间内提高电池组的能量密度。液冷通道水力直径小(2~4mm),保证流体与液冷板间具有较大的对流换热系数。微通道液冷板与相变材料结合,提升了系统比热容和对流换热系数,保证了电池组与流体间的高效换热。

## 附图说明

[0032] 图1为电池组结构示意图。

[0033] 图2为微通道液冷板结构示意图。

[0034] 图3为延迟冷却系统的进口流量随相变材料温度的变化。

[0035] 图4为采用延迟冷却方法时,电池组在低倍率(1~2C)放电时的最大温升和温差。

[0036] 图5为采用延迟冷却方法时,电池组高倍率(3C)放电时的温度和温差随放电时间的变化。

## 具体实施方式

[0037] 下面结合实施例对本发明作进一步的详细说明,所描述的实施例是本发明一部分实施例,本发明的实施方式和保护范围并不因此限定于以下实施例。

[0038] 实施例1

[0039] 如图1所示,一种基于相变乳液和复合相变材料的电池热管系统,包括由11个圆柱电池(1)组成的电池组,复合相变材料(2)和微通道液冷板(3),液冷板内部设有相变乳液。复合相变材料包裹圆柱电池组,其两侧表面与微通道液冷板紧密贴合,相变乳液通过液冷板进出口处焊接的宝塔形接口(4)流入液冷板。

[0040] 所述微通道液冷板结构示意图如图2所示,液冷板由两块金属板焊接而成,经高压吹胀后形成蛇型流体微通道,流道进出口焊接宝塔型接口。

[0041] 复合相变材料紧密包裹圆柱电池,与微通道液冷板紧密贴合,为电池与液冷板之间提供充分的换热面积。电池充放电过程中产生的热量被复合相变材料吸收,并以潜热的形式储存,随后传递至相变乳液。相变乳液在相变时具有比水更大的比热容,相同流量下可以吸收更多的热量,更迅速地带走电池产生的热量。复合相变材料与相变乳液耦合的微通道冷却系统,储能比热容大,传热效率高,可有效提高电池组的散热能力和均温性,提高电池组在充放电过程的性能。

[0042] 实施例2

[0043] 针对低倍率放电 (1C) 电池组, 制备复合相变材料OP31E/EG和纳米相变乳液OP28E/水。

[0044] 制备复合相变材料OP31E/EG, 步骤为:

[0045] 将以质量百分比计为70%的相变材料 (OP31E) 置于烘箱50℃加热, 使其完全熔化; 将熔化后的OP31E与质量百分比计为30%的膨胀石墨 (EG) 混合, 用玻璃棒搅拌均匀, 置于烘箱加热30min后, 再次搅拌, 重复上述过程4~5次使相变材料被EG均匀吸附; 将混合均匀的复合相变材料OP31E/EG冷却至室温, 采用压片机压制成密度为300kg/m<sup>3</sup>的块状固体。经DSC测定, 该复合相变材料的相变温度区间为28.5~31.3℃, 相变焓为158.27J/g, 热导率为4.97W/m K。

[0046] 将本实施例制备的复合相变材料块体用打孔机打圆柱孔, 将实施例1中的电池组(1) 插入打好孔的复合相变材料块中。

[0047] 制备纳米相变乳液OP28E/水, 步骤为:

[0048] 将以质量百分比计为1%的乳化剂十二烷基苯硫酸钠 (SDS) 加入94%的去离子水中, 50℃恒温水浴加热, 在600r/min的条件下搅拌, 使SDS充分溶解在水中得到混合液; 将以质量百分比计为10%的相变材料 (OP28E) 以50℃恒温水浴加热, 使其完全熔化; 将充分熔化的石蜡加入到所述的混合液中, 再在800W的条件下超声乳化10min, 即得到质量分数为5%的OP28E/水相变乳液。经DSC测定, 该相变乳液的相变温度区间为26.5~28.4℃, 相变焓为11.18J/g。

[0049] 一种延迟冷却方法:

[0050] 将本实施例制备的相变乳液注入实施例1中水力直径为2.8mm的微通道液冷板中, 记录电池组在1C放电过程中的温升、温差随时间的变化曲线。图3为延迟液冷方法的液冷流量随相变材料温度的变化, 通过温度传感器监测复合相变材料的平均温度, 当温度低于复合相变材料OP31E/EG的终止熔化温度31.3℃时, 液冷系统关闭。电池产生的热量被复合相变材料吸收, 材料通过自然对流的方式与环境换热。当温度超过31.3℃时, 液冷系统开启, OP28E/水纳米相变乳液以10L/h的进口流量和26℃的进口温度在液冷板中进行强制对流, 迅速带走材料储存的热量。记录电池组在1C放电过程中的温升、温差随时间的变化。图4为1C和2C放电末期电池组的最大温升和温差, 1C低倍率放电时, 电池组温升不超过32℃, 温差小于1.5℃。

[0051] 实施例3

[0052] 针对2C放电倍率的电池组, 制备复合相变材料OP31E/EG和纳米相变乳液OP28E/水。

[0053] 制备复合相变材料OP31E/EG, 步骤为:

[0054] 将以质量百分比计为80%的相变材料 (OP31E) 置于烘箱60℃加热, 使其完全熔化; 将熔化后的OP31E与质量百分比计为20%的膨胀石墨 (EG) 混合, 用玻璃棒搅拌均匀, 置于烘箱加热30min后, 再次搅拌, 重复上述过程4~5次使相变材料被EG均匀吸附; 将混合均匀的复合相变材料OP31E/EG冷却至室温, 采用压片机压制成密度为330kg/m<sup>3</sup>的块状固体。经DSC测定, 该复合相变材料的相变温度区间为28.5~31.3℃, 相变焓为180.88J/g, 热导率为3.64W/m K。

[0055] 将本实施例制备的复合相变材料块体用打孔机打圆柱孔, 将实施例1中的电池组

(1) 插入打好孔的复合相变材料块中。

[0056] 制备纳米相变乳液OP28E/水,步骤为:

[0057] 将以质量百分比计为1.5%的乳化剂十二烷基苯磺酸钠(SDBS)加入91%的去离子水中,50℃恒温水浴加热,在600r/min的条件下搅拌,使SDBS充分溶解在水中得到混合液;将以质量百分比计为7.5%的相变材料(OP28E)以50℃恒温水浴加热,使其完全熔化;将充分熔化的石蜡加入到所述的混合液中,再在800W的条件下超声乳化10min,即得到质量分数为7.5%的OP28E/水相变乳液。经DSC测定,该相变乳液的相变温度区间为26.5~28.4℃,相变焓为16.83J/g。

[0058] 一种延迟冷却方法:

[0059] 将本实施例制备的相变乳液注入实施例1中水力直径为2.8mm的微通道液冷板中,记录电池组在1C放电过程中的温升、温差随时间的变化曲线。图3为延迟液冷方法的液冷流量随相变材料温度的变化,通过温度传感器监测复合相变材料的平均温度,当温度低于复合相变材料OP31E/EG的终止熔化温度31.3℃时,液冷系统关闭。电池产生的热量被复合相变材料吸收,材料通过自然对流的方式与环境换热。当温度超过31.3℃时,液冷系统开启,OP28E/水纳米相变乳液以15L/h的进口流量和26℃的进口温度在液冷板中进行强制对流,迅速带走材料储存的热量。记录电池组在2C放电过程中的温升、温差随时间的变化。图4为1C和2C放电末期电池组的最大温升和温差,2C放电时,电池组温升不超过34℃,温差小于2℃。

[0060] 实施例4

[0061] 针对高倍率放电(3C)电池组,制备复合相变材料OP44E/EG和纳米相变乳液OP35E/水。

[0062] 制备复合相变材料OP44E/EG,步骤为:

[0063] 将以质量百分比计为85%的相变材料(OP44E)置于烘箱70℃加热,使其完全熔化;将熔化后的OP44E与质量百分比计为15%的膨胀石墨(EG)混合,用玻璃棒搅拌均匀,置于烘箱加热30min后,再次搅拌,重复上述过程4~5次使相变材料被EG均匀吸附;将混合均匀的复合相变材料OP44E/EG冷却至室温,采用压片机压制成密度为361kg/m<sup>3</sup>的块状固体。经DSC测定,该复合相变材料的相变温度区间为41.3~44.8℃,相变焓为195.7J/g,热导率为2.99W/m K。

[0064] 将本实施例制备的复合相变材料块体用打孔机打圆柱孔,将实施例1中的电池组(1)插入打好孔的复合相变材料块中。

[0065] 制备纳米相变乳液OP35E/水,步骤为:

[0066] 将以质量百分比计为2%的乳化剂十二烷基苯磺酸钠(SDBS)加入88%的去离子水中,60℃恒温水浴加热,在600r/min的条件下搅拌,使SDBS充分溶解在水中得到混合液;将以质量百分比计为10%的相变材料(OP35E)以60℃恒温水浴加热,使其完全熔化;将充分熔化的石蜡加入到所述的混合液中,再在800W的条件下超声乳化10min,即得到质量分数为10%的OP35E/水相变乳液。经DSC测定,该相变乳液的相变温度区间为33.2~35.6℃,相变焓为24.8J/g。

[0067] 一种延迟冷却方法:

[0068] 将本实施例制备的相变乳液注入实施例1中水力直径为2.8mm的微通道液冷板中,

记录电池组在3C放电过程中的温升、温差随时间的变化曲线。图3为延迟液冷方法的液冷流量随相变材料温度的变化,通过温度传感器监测复合相变材料的平均温度,当温度低于复合相变材料OP44E/EG的终止熔化温度44.8℃时,液冷系统关闭。电池产生的热量被复合相变材料吸收,材料通过自然对流的方式与环境换热。当温度超过44.8℃时,液冷系统开启,OP35E/水纳米相变乳液以20L/h的进口流量和33℃的进口温度在液冷板中进行强制对流,迅速带走材料储存的热量。记录电池组在3C放电过程中的温升、温差随时间的变化曲线。图5为3C放电的电池组温度和温差随时间的变化,电池组在3C放电时温升不超过46℃,温差小于3.5℃。

[0069] 延迟冷却方法充分利用复合相变材料被动控温的特性,在不牺牲散热效果的前提下大幅降低液冷系统功耗,适用于冷却长期充放电工作的电池组。本发明所述新型复合热管理系统和延迟冷却方法具有结构紧凑,换热面积大,储能密度大,比热容高,能耗低等特点,适用于高功率电池组的高效冷却。

[0070] 以上实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

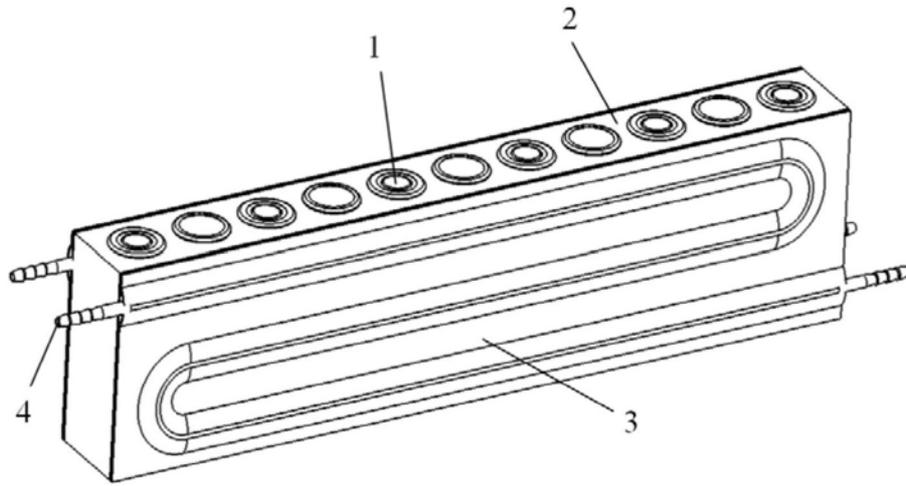


图1

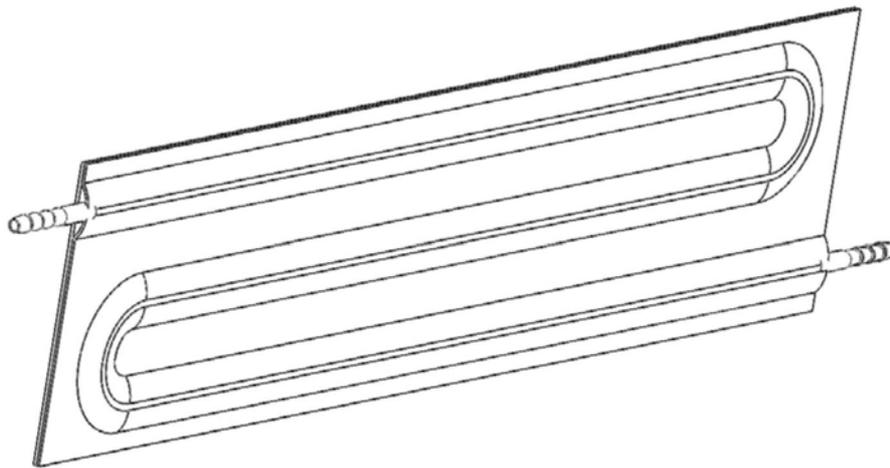


图2

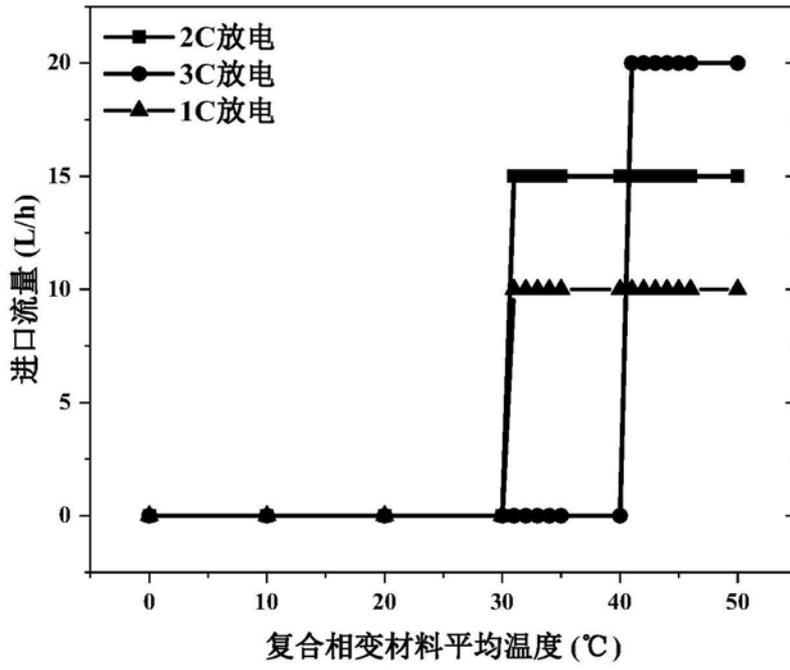


图3

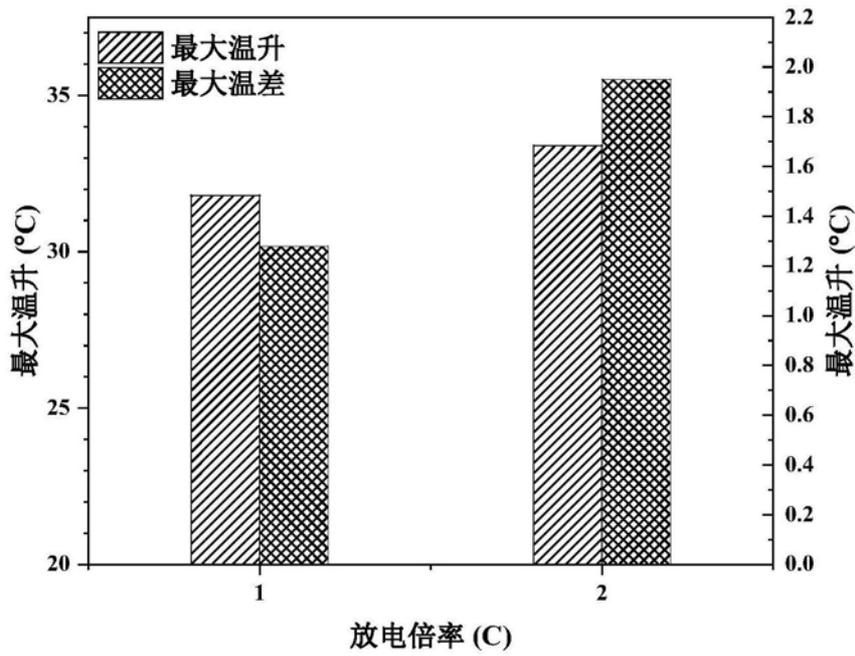


图4

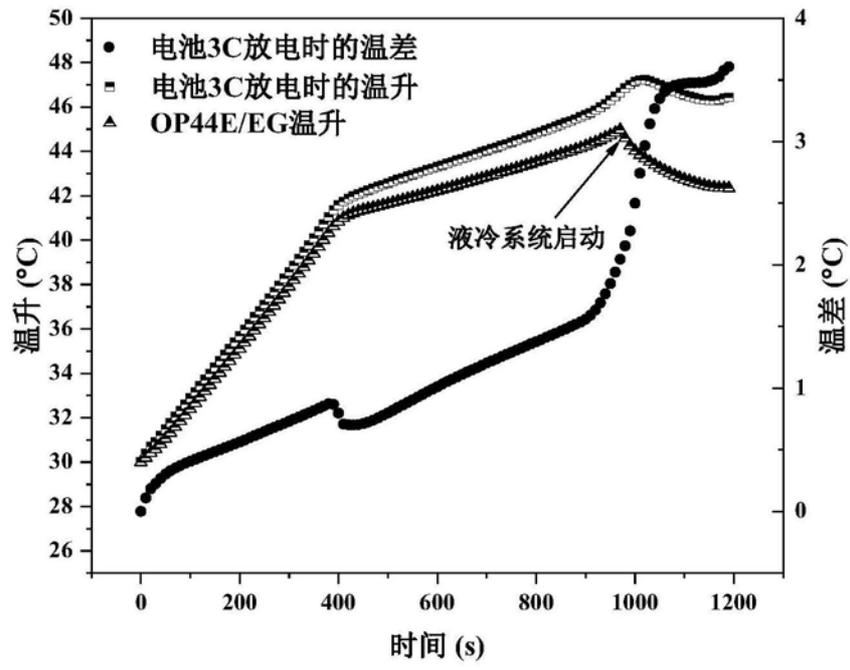


图5