



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108647432 A

(43)申请公布日 2018.10.12

(21)申请号 201810439964.4

(22)申请日 2018.05.09

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 屈治国 江智元

(74)专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限公司 11429

代理人 覃婧婵

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

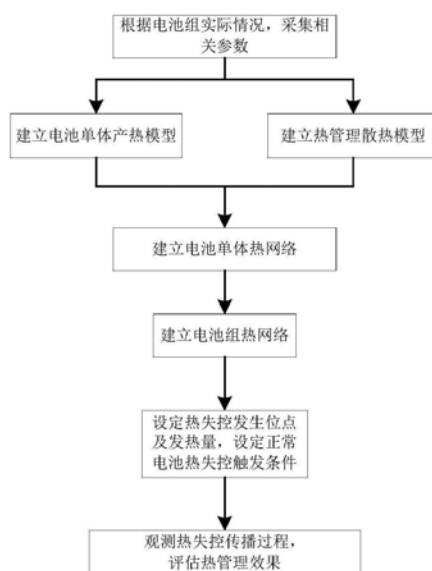
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

基于热阻网络模型的电池热失控预测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法,方法把大型电池包内的电池单体简化成热网络节点,将电池组系统内的对流、导热、辐射过程简化成热阻,利用电路求解方法实现电池组传热过程的快速计算。此外,将不同的冷却方式简化成相应的热阻模块嵌入电池组热阻网络,可以评估冷却方式对热失控防护的有效性。热失控预测过程包括:基于电池单体的传热特征参数建立单体热阻网络;计算电池稳态工作发热量并设定相应的热管理方案,通过实验获得热失控过程电池单体发热特征;建立电池组热阻网络;给定热失控发生位置并设定正常电池热失控温度下限;记录预测电池组损毁进度和损毁时间,并评定不同热管理措施的防护效果。



1. 一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法,所述方法包括以下步骤:

第一步骤(S1)中:根据电池组各个部件连接方式和物性参数建立热阻网络并设定网络节点的热阻值,其中,物性参数包括电池的热物性参数、电池的运行参数、电池组几何参数、电池组包装材料物性参数和/或热管理材料物性参数;

第二步骤(S2)中:建立单体电池产热模型,基于电池物性参数和电池运行参数计算电池发热功率,建立热管理模块热阻模型,其中,热管理模块包括纯相变材料温控模块、单一热管温控模块和/或热管与相变材料相结合的温控模块;

第三步骤(S3)中:建立电池单体模块热阻网络,其中,热阻网络内的热流输入包括内热源产生的热流和外界输入热流,热阻网络中的电池由等效电流源、和等效电容组成,其中等效电流源为所述电池发热功率,等效电容由电池热容值转换得到,电池与热管理模块连接,电池向外界的热流输出包括导入热管理模块的热流和导出到其他电池的热流;

第四步骤(S4)中:根据电池组内电池单体的排布设置电池单体的连接形式建立电池组热阻网络;

第五步骤(S5)中:设置热失控发生位点,利用电路求解对电池组热失控过程进行计算,获得电池组各电池温度变化并评估热管理模块冷却效果。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,优选的,电池包括锂电池,电池正极材料包括磷酸铁锂、钴酸锂、锰酸锂和三元材料,电池负极为碳材料。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述电池的运行参数包括电压参数和/或电流参数,所述电池物性参数包括电池等效比热容、电池轴向热导率、电池径向热导率、电池隔膜材料热值、电池正极材料热值、电池负极材料热值和/或电解液热值,热管理材料物性参数包括相变材料比热容、相变材料相变点、相变材料相变潜热值和/或相变材料热导率,电池组的几何参数包括电池的外观尺寸和/或电池组内电池间距。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,第二步骤(S2)中:电池单体产热模型包括电池热源节点、电池比热容节点以及电池与外界的热阻节点。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于:电池热源包括电池正常工作发热量与电池热失控发热量,电池正常工作发热量经由计算获得,电池热失控发热量由绝热加速量热仪测量获得,热失控触发形式包括针刺、过充和过热。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,第三步骤(S3)中:所述电池单体热网络模型由单体电池产热模型与电池热管理模块串联组成。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,第四步骤(S4)中:电池组热网络由多个电池单体组成,电池单体间的换热包括导热和辐射,电池组与外界环境的换热包括对流与辐射。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,第五步骤(S5)中:热失控触发点包括一个或多个位点,正常电池由于周围电池热失控被加热升温至120℃以上认为该电池也发生了热失控。

9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,第二步骤(S2)中:单一热管温控模块的热管的热阻网络由管壳热阻、吸液芯热阻和蒸汽区热阻串联组成。

10. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,第五步骤(S5)中:设置热失控发生位点,当加入散热模块,记录电池组内各电池单体温度变化情况,记录10分钟内电池组内电池热

失控数量,当不加入散热模块,记录电池组内各电池单体温度变化情况,记录10分钟内电池组内电池热失控数量,利用电路求解对电池组热失控过程进行计算,获得电池组各电池温度变化并评估热管理模块冷却效果。

基于热阻网络模型的电池热失控预测方法

技术领域

[0001] 本发明属于电池安全技术领域,特别是一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法。

背景技术

[0002] 由于传统能源的短缺危机和环境保护的客观要求,新能源汽车,包括纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车,已成为各国汽车产业发展的重要方向。其中,采用锂离子电池的纯电动汽车作为较为成熟的技术方案,已经实现了多个品牌的商业化并且市场份额快速增长。然而,锂离子电池由于其结构特征及所使用的材料性质导致了其不可避免的安全性问题。电动汽车由于工作电压与电流需求,其电池模块需要数千个锂电池单体通过串并联组成,考虑到车内空间,大量电池需要在密闭空间内紧凑排列。在车辆运行过程中,若因机械碰撞损伤、过热、短路、过充等因素,导致某些锂电池单体进入热失控状态,热量会向周围电池传播,继而将热失控传播到整个电池组,最终造成电池组整体燃烧、爆炸的灾难性后果。关于锂离子电池组热失控导致的燃烧爆炸事故时见报道。电池热失控传播过程属于连锁反应,对其传播规律的研究能有效评估电池组的安全性以及电池热管理系统的有效性。

[0003] 目前研究主要采用实验和有限元建模方法。如专利CN105974319A一种18650型锂电池热失控连锁反应测试方法,通过加热棒与数个电池相连并在电池表面布置热电偶,记录油加热棒放热引起的热失控过程。但是,实验方法只能针对小规模电池组和有限工况条件对电池进行测试,对大电池组的传播规律难以预测。又如专利CN106599508A一种手机运行时的锂离子电池热失控预测方法,利用有限元方法对手机进行建模,通过求解多个传热传质方程得到热失控放热特性。有限元方法虽能基于实际电池进行一比一建模,但由于模型尺度太大,需要大量计算资源与计算时间,时效性差无法实现在线预测。基于此,本发明提出基于热阻网络模型的电池组热失控方案,通过此方法,实现电池组热失控传播的快速预测。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的问题,本发明提出一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法,其通过热阻网络模型建立电池组传热网络,通过特定的热阻和热容值来模拟电池组真实热过程,给定热失控发生位置,预测电池组损毁进度和损毁时间,并评定不同热管理措施的防护效果。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案予以实现,一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法包括以下步骤:

[0006] 第一步骤中:根据电池组各个部件连接方式和物性参数建立热阻网络并设定网络节点的热阻值,其中,物性参数包括电池的热物性参数、电池的运行参数、电池组几何参数、电池组包装材料物性参数和/或热管理材料物性参数,

[0007] 第二步骤中:建立单体电池产热模型,基于电池物性参数和电池运行参数计算电

池发热功率,建立热管理模块热阻模型,其中,热管理模块包括纯相变材料温控模块、单一热管温控模块和/或热管与相变材料相结合的温控模块,

[0008] 第三步骤中:建立电池单体模块热阻网络,其中,热阻网络内的热流输入包括内热源产生的热流和外界输入热流,热阻网络中的电池由等效电流源、和等效电容组成,其中等效电流源为所述电池发热功率,等效电容由电池热容值转换得到,电池与热管理模块连接,电池向外界的热流输出包括导入热管理模块的热流和导出到其他电池的热流,

[0009] 第四步骤中:根据电池组内电池单体的排布设置电池单体的连接形式建立电池组热阻网络;

[0010] 第五步骤中:设置热失控发生位点,利用电路求解对电池组热失控过程进行计算,获得电池组各电池温度变化并评估热管理模块冷却效果。

[0011] 在所述的方法中,电池包括锂电池,电池正极材料包括磷酸铁锂、钴酸锂、锰酸锂和三元材料,电池负极为碳材料。

[0012] 在所述的方法中,所述电池的运行参数包括电压参数和/或电流参数,所述电池物性参数包括电池等效比热容、电池轴向热导率、电池径向热导率、电池隔膜材料热值、电池正极材料热值、电池负极材料热值和/或电解液热值,热管理材料物性参数包括相变材料比热容、相变材料相变点、相变材料相变潜热值和/或相变材料热导率,电池组的几何参数包括电池的外观尺寸和/或电池组内电池间距。

[0013] 在所述的方法中,第二步骤中:电池单体产热模型包括电池热源节点、电池比热容节点以及电池与外界的传热热阻节点。

[0014] 在所述的方法中,电池热源包括电池正常工作发热量与电池热失控发热量,电池正常工作发热量经由计算获得,电池热失控发热量由绝热加速量热仪测量获得,热失控触发形式包括针刺、过充和过热。

[0015] 在所述的方法中,第三步骤中:所述电池单体热网络模型由单体电池产热模型与电池热管理模块串联组成。

[0016] 在所述的方法中,第四步骤中:电池组热网络由多个电池单体组成,电池单体间的换热包括导热和辐射,电池组与外界环境的换热包括对流与辐射。

[0017] 在所述的方法中,第五步骤中:热失控触发点包括一个或多个位点,正常电池由于周围电池热失控被加热升温至120℃以上认为该电池也发生了热失控。

[0018] 在所述的方法中,第二步骤中:单一热管温控模块的热管的热阻网络由管壳热阻、吸液芯热阻和蒸汽区热阻串联组成。

[0019] 在所述的方法中,第五步骤中:设置热失控发生位点,当加入散热模块,记录电池组内各电池单体温度变化情况,记录10分钟内电池组内电池热失控数量,当不加入散热模块,记录电池组内各电池单体温度变化情况,记录10分钟内电池组内电池热失控数量,利用电路求解对电池组热失控过程进行计算,获得电池组各电池温度变化并评估热管理模块冷却效果。

[0020] 采用本发明方法可有效抑对电池热失控进行快速预测,并评估热管理模块冷却效果。

[0021] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够使得本发明的技术手段更加清楚明白,达到本领域技术人员可依照说明书的内容予以实施的程度,并且为了能够让本发明

的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂，下面以本发明的具体实施方式举例说明。

附图说明

[0022] 通过阅读下文优选的具体实施方式中的详细描述，本发明各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。说明书附图仅用于示出优选实施方式的目的，而并不认为是对本发明的限制。显而易见地，下面描述的附图仅仅是本发明的一些实施例，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。而且在整个附图中，用相同的附图标记表示相同的部件。

[0023] 在附图中：

[0024] 图1是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的步骤示意图；

[0025] 图2是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的工作流程图；

[0026] 图3是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法电池单体的热阻网络图，其中，1-电池内热源；2-电池与环境对流换热热阻；3-环境温度；4-相邻电池间传热热阻；5-电池比热容；

[0027] 图4(a)-图4(c)是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的单一相变材料、单一热管和相变材料结合热管的热管理模块热阻网络图，6-相变材料可变热容；7-相变材料与环境对流换热热阻；8-热管铜壳比热容；9-热管吸液芯比热容；10-热管蒸汽区比热容；11-热管蒸汽区热阻；12-热管吸液芯热阻；13-热管铜壳热阻；

[0028] 图5是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的电池单体温度热阻网络模型预测结果与模拟结果的对比图；

[0029] 图6是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的模拟消耗计算时间与模拟消耗计算时间的对比图；

[0030] 图7是根据本发明一个实施例的所述方法的电池组的热阻网络图，其中，14-电池单体热阻网络模块；15-电池单体间传热热阻；16-电池单体与环境间的传热热阻；17-初始热失控发生位点；

[0031] 图8是根据本发明一个实施例的所述方法的电池组热失控过程温度预测曲线。

[0032] 以下结合附图和实施例对本发明作进一步的解释。

具体实施方式

[0033] 下面将参照附图更详细地描述本发明的具体实施例。虽然附图中显示了本发明的具体实施例，然而应当理解，可以以各种形式实现本发明而不应被这里阐述的实施例所限制。相反，提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本发明，并且能够将本发明的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0034] 需要说明的是，在说明书及权利要求当中使用了某些词汇来指称特定组件。本领域技术人员应可以理解，技术人员可能会用不同名词来称呼同一个组件。本说明书及权利要求并不以名词的差异来作为区分组件的方式，而是以组件在功能上的差异来作为区分的

准则。如在通篇说明书及权利要求当中所提及的“包含”或“包括”为一开放式用语，故应解释成“包含但不限于”。说明书后续描述为实施本发明的较佳实施方式，然所述描述乃以说明书的一般原则为目的，并非用以限定本发明的范围。本发明的保护范围当视所附权利要求所界定者为准。

[0035] 为便于对本发明实施例的理解，下面将结合附图以具体实施例为例做进一步的解释说明，且各个附图并不构成对本发明实施例的限定。

[0036] 为了更好地理解，图1是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的步骤示意图，如图1所示，一个基于热阻网络模型的电池热失控预测方法包括以下步骤：

[0037] 第一步骤S1中：根据电池组各个部件连接方式和物性参数建立热阻网络并设定网络节点的热阻值，其中，物性参数包括电池的热物性参数、电池的运行参数、电池组几何参数、电池组包装材料物性参数和/或热管理材料物性参数，

[0038] 第二步骤S2中：建立单体电池产热模型，基于电池物性参数和电池运行参数计算电池发热功率，建立热管理模块热阻模型，其中，热管理模块包括纯相变材料温控模块、单一热管温控模块和/或热管与相变材料相结合的温控模块，

[0039] 第三步骤S3中：建立电池单体模块热阻网络，其中，热阻网络内的热流输入包括内热源产生的热流和外界输入热流，热阻网络中的电池由等效电流源、和等效电容组成，其中等效电流源为所述电池发热功率，等效电容由电池热容值转换得到，电池与热管理模块连接，电池向外界的热流输出包括导入热管理模块的热流和导出到其他电池的热流，

[0040] 第四步骤S4中：根据电池组内电池单体的排布设置电池单体的连接形式建立电池组热阻网络；

[0041] 第五步骤S5中：设置热失控发生位点，利用电路求解对电池组热失控过程进行计算，获得电池组各电池温度变化并评估热管理模块冷却效果。

[0042] 为了进一步理解本发明，图2是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的工作流程图，如图2所示，本发明所述的电池热失控传播预测方法以下步骤：

[0043] 根据电池组实际情况，采集相关参数，为构建热阻网络做准备。采集的参数包括：电池的热物性参数、电池的运行参数电压、电流、电池组内电池间的连接方式、电池组包装材料物性参数、热管理冷却方式、热管理材料物性参数。

[0044] 建立单体电池产热模型。首先，利用如COMSOL multiphysics软件建立锂电池热电耦合一维模型，将采集的电池物性参数，电池运行参数属于一维COMSOL模型，计算电池发热功率。热管理方式包括但不限于以下几种：单一相变材料、单一热管、相变材料结合热管。

[0045] 建立电池单体模块热阻网络。图3是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法电池单体的热阻网络图，如图3所示，热阻网络中的电池包括一个等效电流源和等效电容，其中等效电流源为计算得到的发热功率，等效电容由电池热容值转换得到。同时，热阻网络包含外界热流输入和向外界的热流输出。

[0046] 图4(a)-图4(c)是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的单一相变材料、单一热管和相变材料结合热管的热管理模块热阻网络图，如图4(a)-图4(c)所示，根据不同的散热方式建立相应的热管理模块热阻网络。为了验证热阻网

络模型的准确性,根据相关物性参数利用如COMSOL商业软件建立经典的伪二维模型对电池单体温度进行预测并与热阻网络的预测模型进行对比,图5是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的电池单体温度热网络模型预测结果与模拟结果的对比图,如图5所示,两种方法的预测结果十分接近,可以认为热阻网络模型的预测是可靠的。通过统计两种方法计算消耗的时间,图6是根据本发明一个实施例的一种基于热阻网络模型的电池热失控预测方法的模拟消耗计算时间与模拟消耗计算时间的对比图,如图6所示,热阻网络方法的计算速度要明显快于传统的伪二维模型预测,这将大大提升热失控过程的预测效率。

[0047] 建立电池组热阻网络。图7是根据本发明一个实施例的所述方法的电池组的热阻网络图,如图7所示,根据电池组内电池单体的排布设置电池单体的连接,图中展示了一个5×5的单层电池组,在电池组13号电池位置出现一个热失控位点。

[0048] 根据实际情况设置热失控发生位点。实际热失控过程中,大多是从电池组的一个单体热失控开始,初始的热失控多由电池本身遭遇短路,碰撞,针刺等情况引发,热失控发生后,通过大量热量的短时间释放,使周围电池达到热失控触发温度,触发周围电池热失控,形成连锁反应,并继续向外传递,一直到整个电池包完全烧毁而停止。依照此规律,在热阻网络中设定不同位置的一个或多个电池发生初始热失控。初始热失控的触发通过在该位点电池单体热网络中设定热失控内热源来实现。初始热失控的电池单体热网络中不再采用计算得到的正常工况发热量,而采用实验测试得到的电池热失控发热量数据。电池组中正常电池的热失控触发温度设定为120℃,当正常电池温度超过此温度,该电池电体热网络中的热源也由正常发热量变成热失控发热量。图8是根据本发明一个实施例的所述方法的电池组热失控过程温度预测曲线,如图8所示,热阻网络预测了电池组不同位置电池的温度上升过程和热失控发生的时间。

[0049] 本发明通过特定的热阻和热容值来模拟电池组真实热过程,给定热失控发生位置,预测电池组损毁进度和损毁时间,并评定不同热管理措施的防护效果。

[0050] 本发明所述的方法的优选实施例中,电池包括锂电池,电池正极材料包括磷酸铁锂、钴酸锂、锰酸锂和三元材料,电池负极为碳材料。

[0051] 本发明所述的方法的优选实施例中,所述电池的运行参数包括电压参数和/或电流参数,所述电池物性参数包括电池等效比热容、电池轴向热导率、电池径向热导率、电池隔膜材料热值、电池正极材料热值、电池负极材料热值和/或电解液热值,热管理材料物性参数包括相变材料比热容、相变材料相变点、相变材料相变潜热值和/或相变材料热导率,电池组的几何参数包括电池的外观尺寸和/或电池组内电池间距。

[0052] 本发明所述的方法的优选实施例中,第二步骤S2中:电池单体产热模型包括电池热源节点、电池比热容节点以及电池与外界的传热热阻节点。

[0053] 本发明所述的方法的优选实施例中,电池热源包括电池正常工作发热量与电池热失控发热量,电池正常工作发热量经由计算获得,电池热失控发热量由绝热加速量热仪测量获得,热失控触发形式包括针刺、过充和过热。

[0054] 本发明所述的方法的优选实施例中,第三步骤S3中:所述电池单体热网络模型由单体电池产热模型与电池热管理模块串联组成。

[0055] 本发明所述的方法的优选实施例中,第四步骤S4中:电池组热网络由多个电池单

体组成,电池单体间的换热包括导热和辐射,电池组与外界环境的换热包括对流与辐射。

[0056] 本发明所述的方法的优选实施例中,第五步骤S5中:热失控触发点包括一个或多个位点,正常电池由于周围电池热失控被加热升温至120℃以上认为该电池也发生了热失控。

[0057] 本发明所述的方法的优选实施例中,第二步骤S2中:单一热管温控模块的热管的热阻网络由管壳热阻、吸液芯热阻和蒸汽区热阻串联组成。

[0058] 本发明所述的方法的优选实施例中,第五步骤S5中:设置热失控发生位点,当加入散热模块,记录电池组内各电池单体温度变化情况,记录10分钟内电池组内电池热失控数量,当不加入散热模块,记录电池组内各电池单体温度变化情况,记录10分钟内电池组内电池热失控数量,利用电路求解对电池组热失控过程进行计算,获得电池组各电池温度变化并评估热管理模块冷却效果。

[0059] 为了进一步理解本发明的方法,在一个实施例中,本方法根据电池组各个部件连接方式和物性参数建立热阻网络并设定网络节点的热阻值;

[0060] 建立两个子模型:电池产热等效电路模型,热管理模块散热模型;

[0061] 输入电动汽车实际运行工况数据,得到热网络热源值;

[0062] 设定热失控电池单体位置,设定热失控放热流量和热失控触发温度;

[0063] 不加入散热模块,记录电池组内各电池单体温度变化情况,记录10分钟内电池组内电池热失控数量;

[0064] 加入散热模块,记录电池组内各电池单体温度变化情况,记录10分钟内电池组内电池热失控数量;

[0065] 所述电池组由多个电芯组成,电芯可采用圆柱形锂电池、方形锂电池和软包锂电池。电池的正极材料包括钴酸锂、磷酸铁锂、锰酸锂和三元材料。

[0066] 所述的热阻网络是由热阻元件和热容元件根据散热系统特征进行相应的串并联形成的。热阻网络节点温度的求解采用电路类比方法,先将热阻、热容值转化成相应的电阻、电容值,然后利用Matlab软件建立电路,求解电路节点的电压,然后将电压转换成热阻网络中的温度值。电容、电阻与热容、热阻的转化关系如下:

[0067] 电容与热容的转化关系:

$$[0068] \quad C = \rho V c_p$$

[0069] 其中,C为电容, ρ 为材料密度,V为材料体积, c_p 为材料比热容。

[0070] 导热热阻:

$$[0071] \quad R_{cond} = \frac{k}{l}$$

[0072] 其中,k为热导率,l为导热层厚度。

[0073] 对流热阻:

$$[0074] \quad R_{conv} = \frac{1}{hA}$$

[0075] 其中,h为对流换热系数,A为换热面积。

[0076] 所述的热阻网络中,电池在正常工作状态的发热量根据电池的电压电流由如下公

式计算得出：

$$[0077] \quad q = I(U - V) + IT \frac{\partial U}{\partial T}$$

[0078] 其中q为电池发热量,U为电池输出电压,V为电池平衡电压,T为电池整体平均温度。

[0079] 所述的热阻网络中,电池在热失控状态的发热量由实验测试得到,实验中,将电池放入绝热加速量热仪,并分别测试由针刺,过充,过热三种状态下的电池热失控温升速率,获得发热量。

[0080] 所述的热阻网络中,热失控在电池组中的一点引发,并将热量向周围传递,当正常工作电池温度超过120℃时,认为该电池热失控发生,其电池发热量由稳态发热量变为热失控发热量。

[0081] 所述的热管理模块包括纯相变材料、纯热管、相变材料添加膨胀石墨、多孔金属泡沫填充相变材料、相变材料与热管的复合结构。

[0082] 尽管以上结合附图对本发明的实施方案进行了描述,但本发明并不局限于上述的具体实施方案和应用领域,上述的具体实施方案仅仅是示意性的、指导性的,而不是限制性的。本领域的普通技术人员在本说明书的启示下和在不脱离本发明权利要求所保护的范围的情况下,还可以做出很多种的形式,这些均属于本发明保护之列。

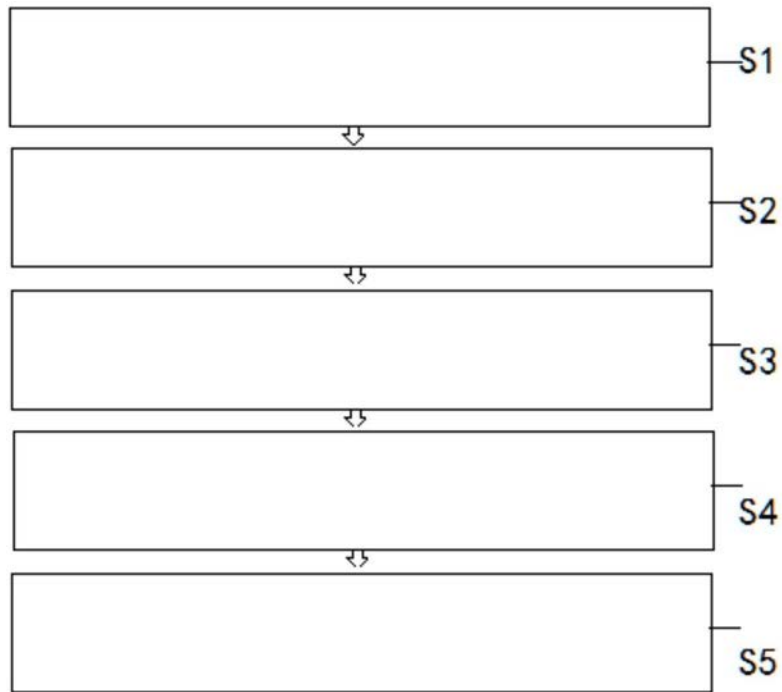


图1

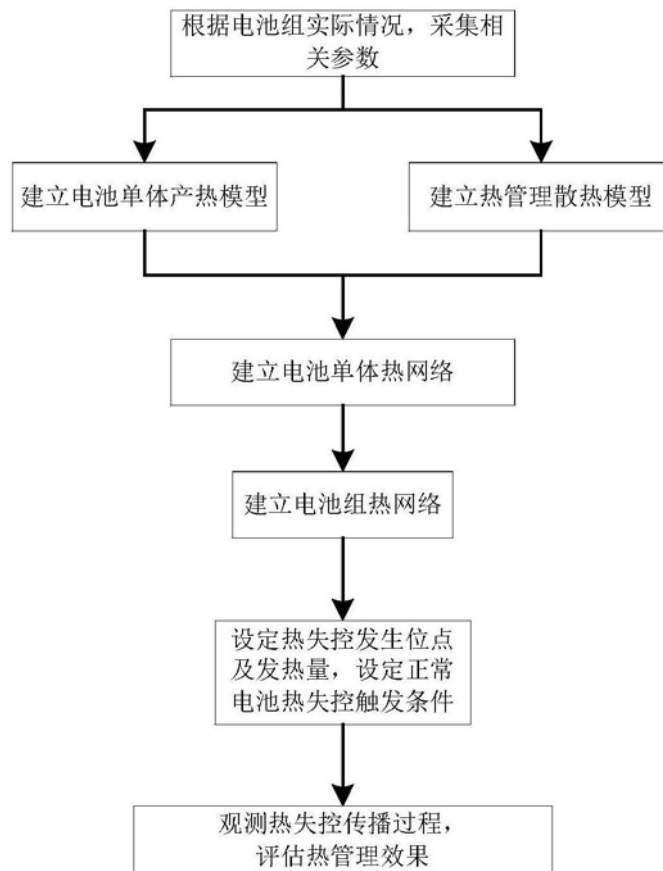


图2

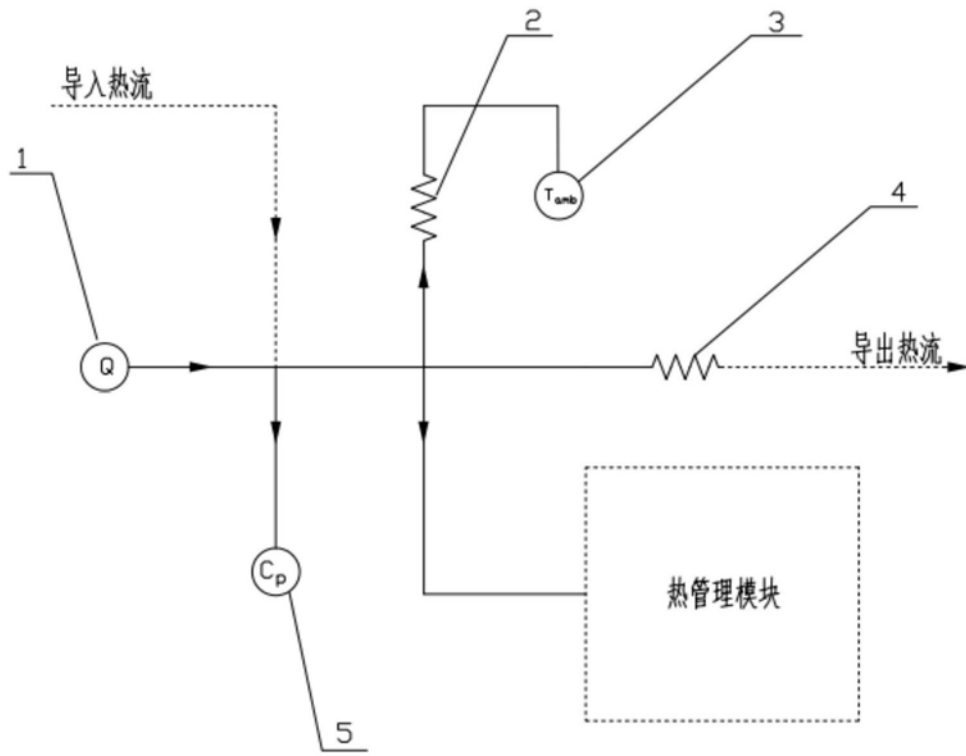


图3

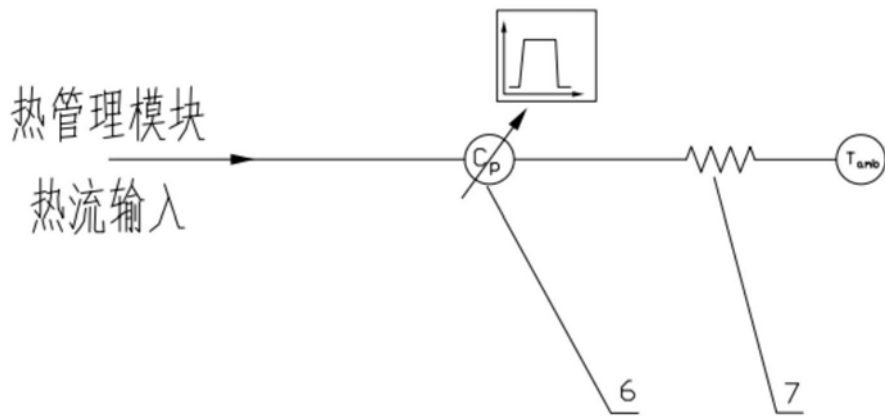


图4(a)

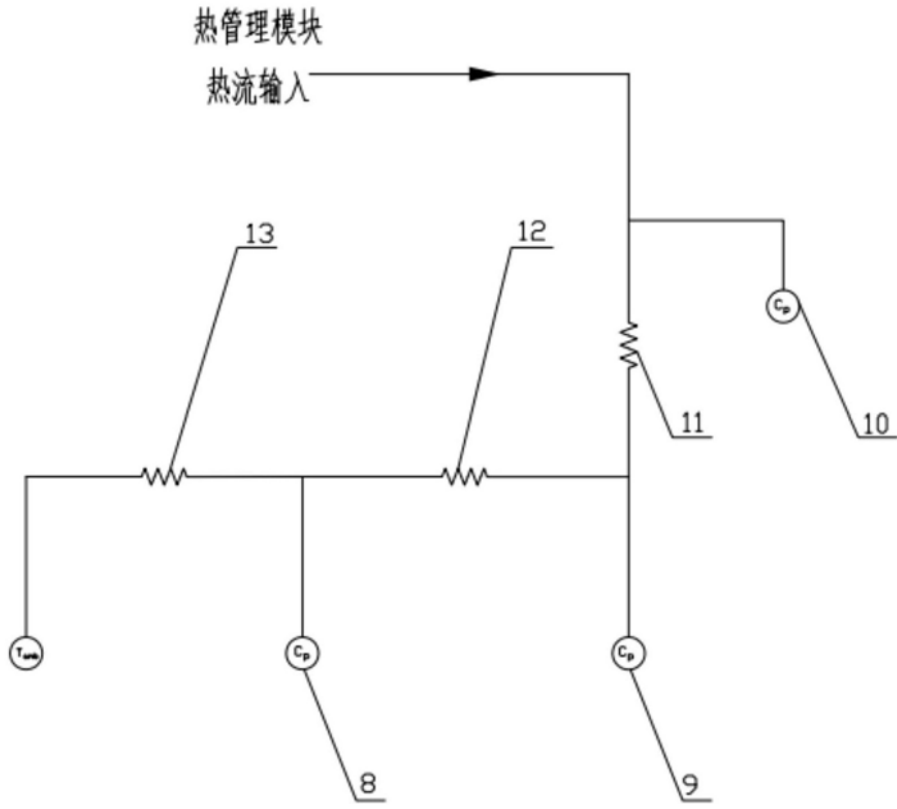


图4 (b)

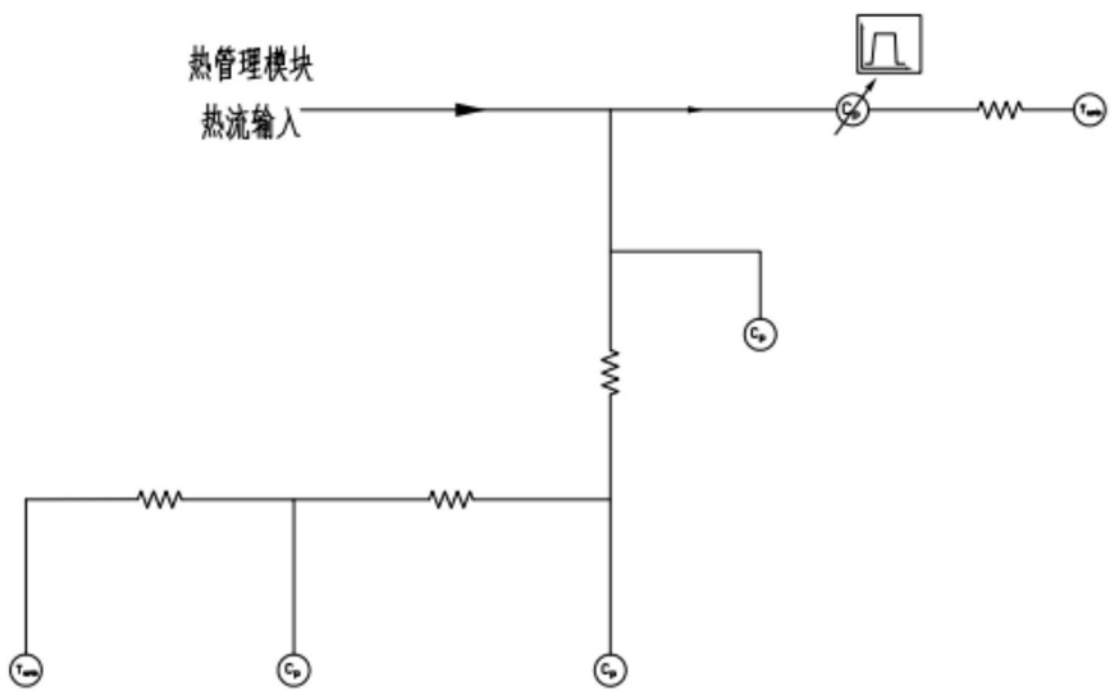


图4 (c)

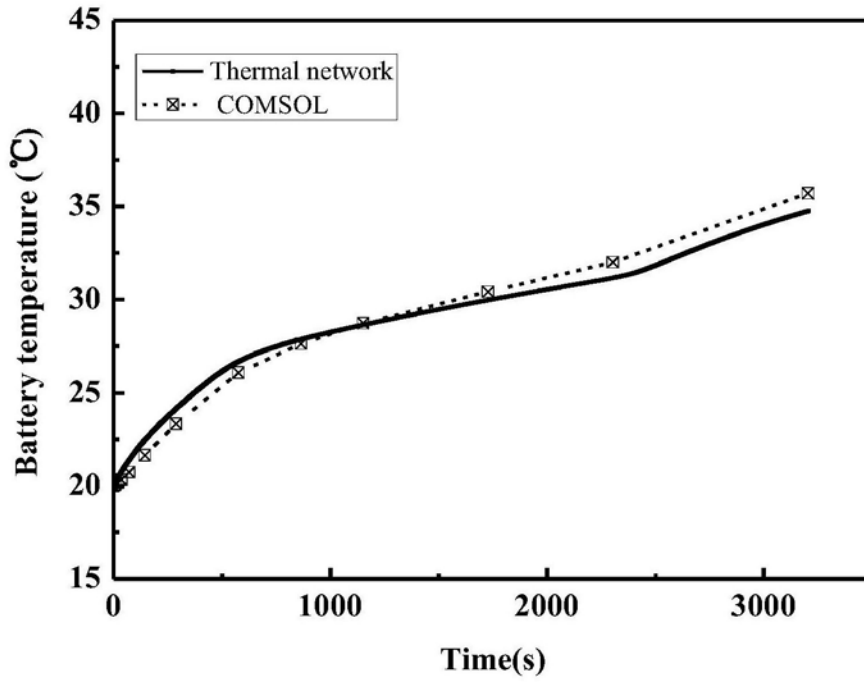


图5

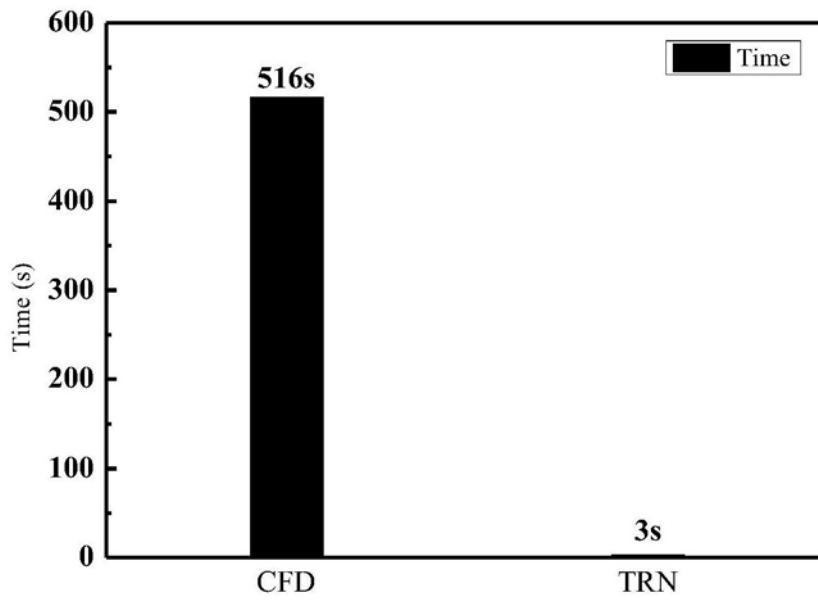


图6

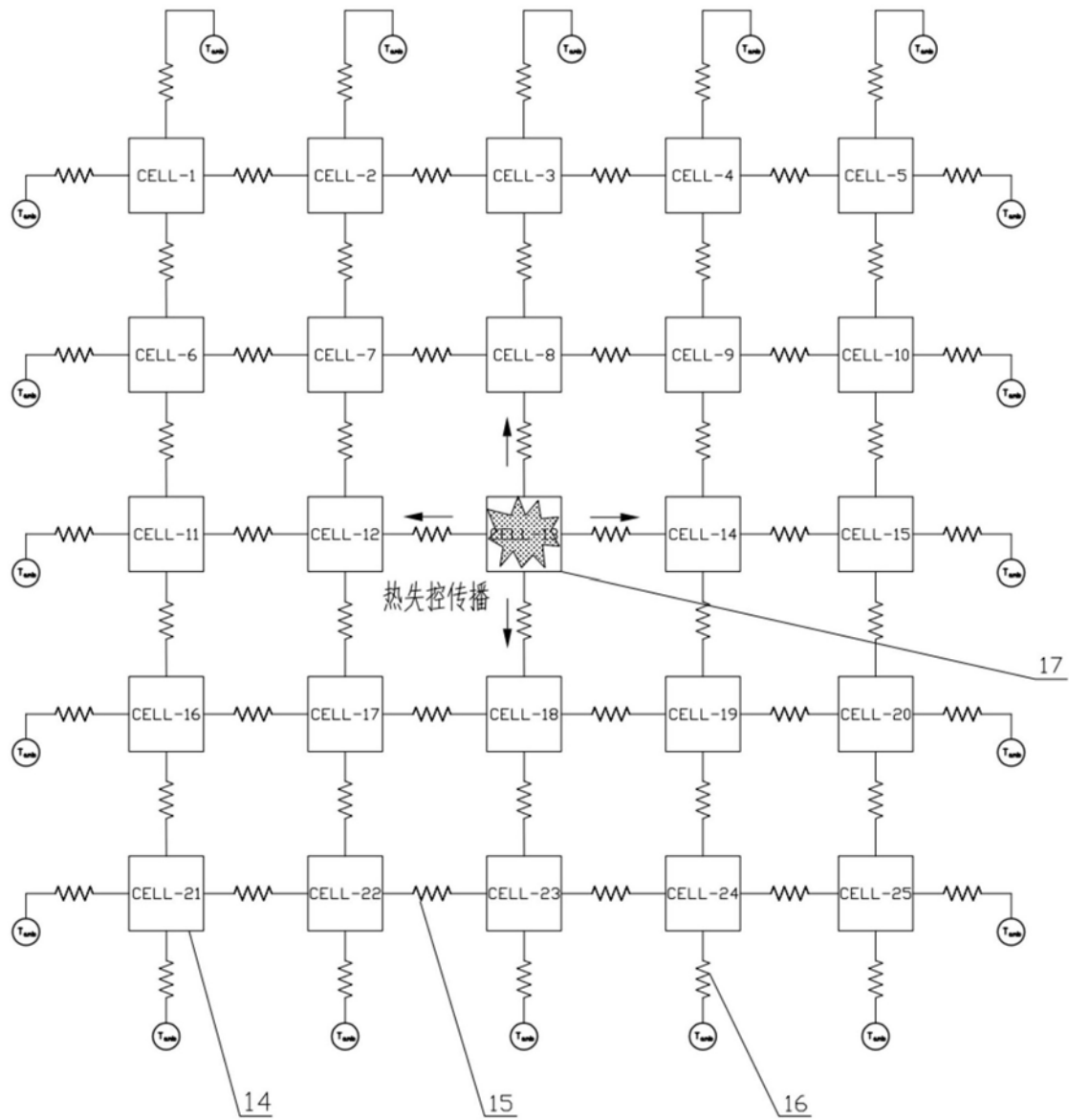


图7

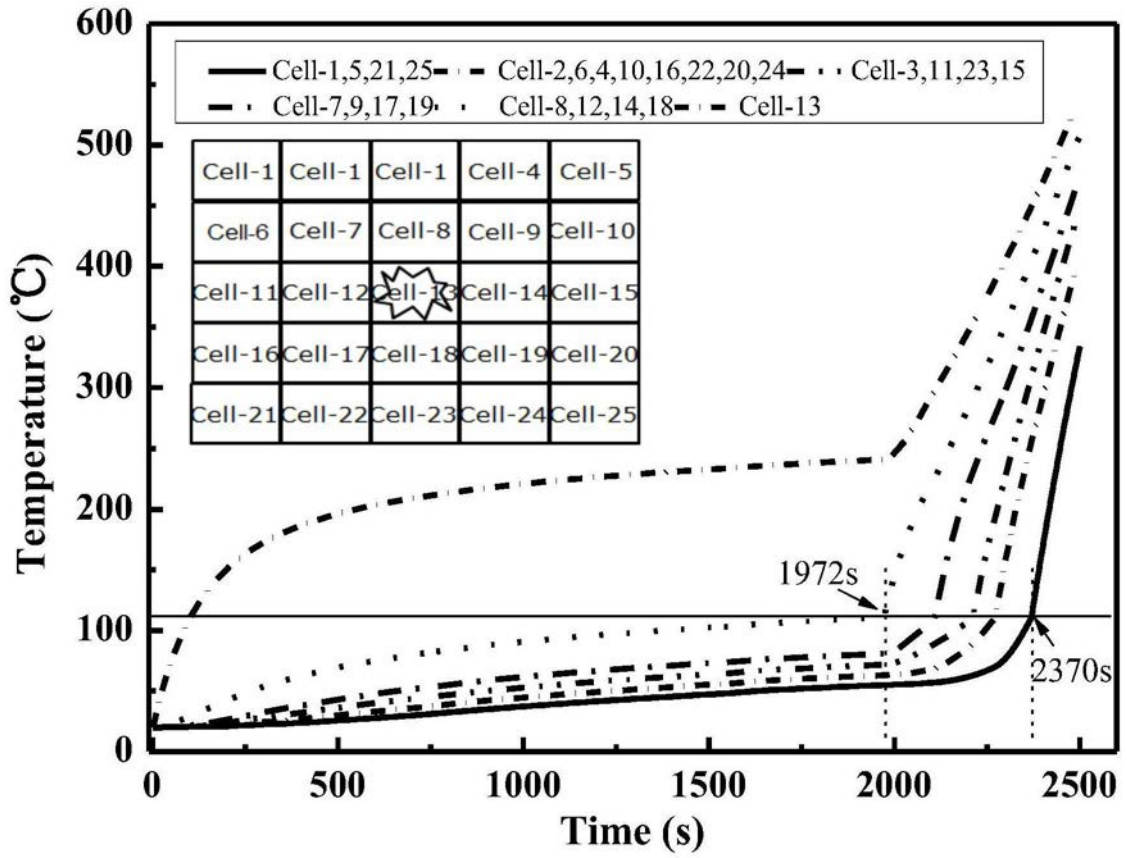


图8