



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107145649 A
(43)申请公布日 2017.09.08

(21)申请号 201710269668.X
(22)申请日 2017.04.24
(71)申请人 北京长城华冠汽车科技股份有限公司
地址 101300 北京市顺义区仁和镇时骏北街1号院4栋(科技创新功能区)
(72)发明人 陆群 孙艳
(74)专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018
代理人 牛峥 王丽琴
(51)Int. Cl.
G06F 17/50(2006.01)

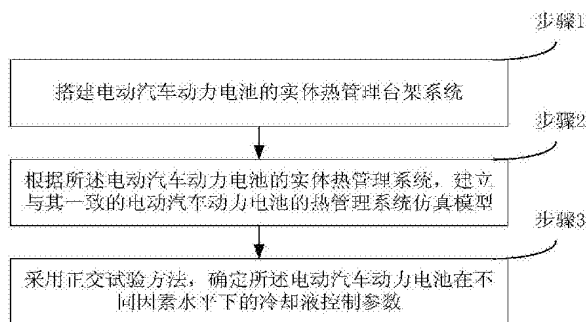
权利要求书3页 说明书13页 附图1页

(54)发明名称

电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法

(57)摘要

本发明公开了一种电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,该方法利用电动汽车动力电池的实体热管理台架系统,对其仿真模型进行修正,并利用修正的仿真模型采用正交试验方法,确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数。本发明实施例针对多种因素、多种水平的组合采用正交试验方法,以确定电动汽车动力电池在不同因素水平下的最佳冷却液控制参数,保证了仿真试验结果的准确,减少了试验的次数、缩短了试验周期、加快了电动汽车的研发进度、降低了电动汽车的研发成本,保证了在多种因素水平下并保证低消耗水平的目的前提下的最佳冷却液控制参数,为电动汽车动力电池温度的良好控制并降低消耗提供了可靠的试验基础。



1. 一种电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在于,包括:

搭建电动汽车动力电池的实体热管理台架系统;

建立电动汽车动力电池的热管理系统仿真模型,所述热管理系统仿真模型与所述实体热管理台架系统一致;

采用正交试验方法,确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数;其中,

利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第一组试验,以获取第一组实际试验结果;

利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第一组试验,以获取第一组仿真试验结果;

利用所述第一组实际试验结果和所述第一组仿真试验结果对所述热管理系统仿真模型进行第一修正;

利用第一修正后的热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的其余各组试验,以确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数。

2. 根据权利要求1所述的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在于,所述正交试验方法中的因素包括:

环境温度、放电倍率、充电倍率、冷却液温度、冷却液流量;其中,

所述环境温度具有四个水平;

所述放电倍率具有四个水平;

所述冷却液温度具有四个水平;

所述冷却液流量具有四个水平;

所述充电倍率具有两个水平;

所述正交试验方法中,在不同因素水平下获得的评价指标包括动力电池的平衡温度和消耗功率;

所述正交试验方法采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验。

3. 根据权利要求2所述的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在于,所述正交试验中的每一组实验过程包括:

按照本组试验设定水平的放电倍率对动力电池进行放电,当动力电池达到放电截止条件时停止放电;

将动力电池静置第一设定时长;

按照本组试验设定水平的充电倍率对动力电池进行放电,当动力电池达到充电截止条件时停止充电;

将动力电池静置第二设定时长;

获取本组实验中的动力电池平衡温度;

完成本组试验;

其中,

在整个本组试验过程中始终保持本组设定水平的冷却液流量和本组设定水平的冷却液温度不变。

4. 根据权利要求1所述的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在

于,在经过所述第一修正之后,所述方法还包括:

利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第二组试验,以获取第二组实际试验结果;

利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第二组试验,以获取第二组仿真试验结果;

利用所述第二组实际试验结果和所述第二组仿真试验结果对所述热管理系统仿真模型进行第二修正。

5. 根据权利要求4所述的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在于,在经过所述第二修正之后,所述方法还包括:

利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组实际试验结果;

利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组仿真试验结果;

利用所述第三组实际试验结果和所述第三组仿真试验结果对所述热管理系统仿真模型进行第三修正。

6. 根据权利要求4所述的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在于,在经过所述第二修正之后,所述方法还包括:

利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组实际试验结果;

利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组仿真试验结果;

利用所述第三组实际试验结果验证所述第三组仿真试验结果的准确性。

7. 根据权利要求1所述的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在于,利用修正后的热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的其余各组试验,以确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数,包括:

利用所述正交试验的极差分析法确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数。

8. 根据权利要求1至7任一项所述的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在于,所述方法还包括:

在所述动力电池实际充电过程中,测量所述动力电池的温度随时间的变化率以及试验结束时动力电池的温度,并在所述动力电池实际放电过程中,测量所述动力电池的温度随时间的变化率以及试验结束时动力电池的温度;

利用所获得的所述动力电池实际充电过程温度变化情况和放电过程温度变化情况与仿真试验数据对比分析,对所述热管理系统仿真模型进行优化。

9. 根据权利要求2或3所述的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在于:

所述环境温度的四个水平分别为 -10°C 、 10°C 、 30°C 、 50°C ;

所述放电倍率的四个水平分别为 0.5C 、 1C 、 1.5C 、 2C ;

所述冷却液温度的四个水平分别为 10°C 、 20°C 、 30°C 、 40°C ;

所述冷却液流量的四个水平分别为0.5L/min、1L/min、1.5L/min、2L/min；

所述充电倍率的两个水平分别为0.5C、1C。

10. 根据权利要求1至7任一项所述的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,其特征在于:

所述冷却液控制参数包括冷却液温度和冷却液流量。

电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电动汽车热管理领域,特别涉及一种电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法。

背景技术

[0002] 锂离子电池是电动汽车动力电池的首选。锂离子电池适宜的工作温度范围为 10°C ~ 30°C ,而电动汽车的使用温度范围为 -30°C ~ 50°C ,可见锂离子电池的适宜工作温度范围远远窄于电动汽车的使用温度范围。

[0003] 电动汽车与传统汽车不同,电动汽车的动力电池是全车所有能量输入的动力来源。为保证电动汽车充电一次可以具有足够长的续驶里程及较好驾驶体验,同时确保动力电池具有足够长的使用寿命,电动汽车的动力源既要满足续驶里程要求,又要满足驾驶舒适性的要求,还要保证动力电池工作在适宜温度范围内的要求。

[0004] 为了确保锂离子电池具有较好的充放电特性以及足够长的使用寿命,适应电动汽车的使用温度范围,必须为电动汽车动力电池匹配相应的热管理系统。动力电池热管理系统的作用就是将动力电池的温度始终控制在其适宜的工作温度范围内。热管理系统在保证动力电池具有足够长的使用寿命的同时,又是在使用汽车过程中车辆的起动、行驶等各个工作阶段保证整车的动力性、经济性、舒适性以及可靠性要求的必要手段。

[0005] 动力电池热管理系统对电池温度控制的常用方法包括:

[0006] (1) 应用空调的冷风与热风,实现对电池的制冷与加热;

[0007] (2) 应用液体介质的冷热对动力电池系统实现制冷或加热;

[0008] (3) 应用相变材料实现动力电池系统的制冷或加热。

[0009] 锂离子动力电池长时间工作在其不适宜温度范围内,对动力电池的使用寿命以及充放电特性都产生不利的影 响。而为了控制锂离子动力电池的温度,不理睬锂离子动力电池的工况,只是在过热的情况下通入冷的液体介质、在过冷的情况通入热的液体介质,还会造成整车能量的浪费,如前所述,电动汽车的动力电池是全车所有能量输入的动力来源,进而这种不控制液体介质温度的方法也会缩短电动汽车一次充电的行驶里程。

发明内容

[0010] 本发明的目的是提供一种电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,进而获取在任何工况条件下对电动汽车动力电池进行温度控制的 最佳冷却液控制参数,实现降低消耗的目的。

[0011] 本发明提供了一种电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,包括:

[0012] 搭建电动汽车动力电池的实体热管理台架系统;

[0013] 建立电动汽车动力电池的热管理系统仿真模型,所述热管理系统仿真模型与所述实体热管理台架系统一致;

[0014] 采用正交试验方法,确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制

参数;其中,

[0015] 利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第一组试验,以获取第一组实际试验结果;

[0016] 利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第一组试验,以获取第一组仿真试验结果;

[0017] 利用所述第一组实际试验结果和所述第一组仿真试验结果对所述热管理系统仿真模型进行第一修正;

[0018] 利用第一修正后的热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的其余各组试验,以确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数。

[0019] 进一步,所述正交试验方法中的因素包括:

[0020] 环境温度、放电倍率、充电倍率、冷却液温度、冷却液流量;其中,

[0021] 所述环境温度具有四个水平;

[0022] 所述放电倍率具有四个水平;

[0023] 所述冷却液温度具有四个水平;

[0024] 所述冷却液流量具有四个水平;

[0025] 所述充电倍率具有两个水平;

[0026] 所述正交试验方法中,在不同因素水平下获得的评价指标包括动力电池的平衡温度和消耗功率;

[0027] 所述正交试验方法采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验。

[0028] 进一步,所述正交试验中的每一组实验过程包括:

[0029] 按照本组试验设定水平的放电倍率对动力电池进行放电,当动力电池达到放电截止条件时停止放电;

[0030] 将动力电池静置第一设定时长;

[0031] 按照本组试验设定水平的充电倍率对动力电池进行放电,当动力电池达到充电截止条件时停止充电;

[0032] 将动力电池静置第二设定时长;

[0033] 获取本组实验中的动力电池平衡温度;

[0034] 完成本组试验;

[0035] 其中,

[0036] 在整个本组试验过程中始终保持本组设定水平的冷却液流量和本组设定水平的冷却液温度不变。

[0037] 进一步,在经过所述第一修正之后,所述方法还包括:

[0038] 利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第二组试验,以获取第二组实际试验结果;

[0039] 利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第二组试验,以获取第二组仿真试验结果;

[0040] 利用所述第二组实际试验结果和所述第二组仿真试验结果对所述热管理系统仿真模型进行第二修正。

[0041] 进一步,在经过所述第二修正之后,所述方法还包括:

- [0042] 利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组实际试验结果;
- [0043] 利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组仿真试验结果;
- [0044] 利用所述第三组实际试验结果和所述第三组仿真试验结果对所述热管理系统仿真模型进行第三修正。
- [0045] 进一步,在经过所述第二修正之后,所述方法还包括:
- [0046] 利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组实际试验结果;
- [0047] 利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组仿真试验结果;
- [0048] 利用所述第三组实际试验结果验证所述第三组仿真试验结果的准确性。
- [0049] 进一步,利用修正后的热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的其余各组试验,以确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数,包括:
- [0050] 利用所述正交试验的极差分析法确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数。
- [0051] 进一步,所述方法还包括:
- [0052] 在所述动力电池实际充电过程中,测量所述动力电池的温度随时间的变化率以及试验结束时动力电池的温度,并在所述动力电池实际放电过程中,测量所述动力电池的温度随时间的变化率以及试验结束时动力电池的温度;
- [0053] 利用所获得的所述动力电池实际充电过程温度变化情况和放电过程温度变化情况与仿真试验数据对比分析,对所述热管理系统仿真模型进行优化。
- [0054] 进一步,所述环境温度的四个水平分别为 -10°C 、 10°C 、 30°C 、 50°C ;
- [0055] 所述放电倍率的四个水平分别为0.5C、1C、1.5C、2C;
- [0056] 所述冷却液温度的四个水平分别为 10°C 、 20°C 、 30°C 、 40°C ;
- [0057] 所述冷却液流量的四个水平分别为0.5L/min、1L/min、1.5L/min、2L/min;
- [0058] 所述充电倍率的两个水平分别为0.5C、1C。
- [0059] 进一步,所述冷却液控制参数包括冷却液温度和冷却液流量。
- [0060] 从上述方案可以看出,本发明的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法,利用经过实际试验结果修正后的仿真试验结果,并针对多种因素、多种水平的组合采用正交试验方法,以确定电动汽车动力电池在不同因素水平下的最佳冷却液控制参数。从而一方面,保证了仿真试验结果的准确,另一方面,减少了试验的次数、缩短了试验周期、加快了电动汽车的研发进度、降低了电动汽车的研发成本,再一方面,保证了在多种因素水平下并保证低消耗水平的目的前提下的最佳冷却液控制参数,为电动汽车动力电池温度的良好控制并降低消耗提供了可靠的试验基础。

附图说明

- [0061] 以下附图仅对本发明做示意性说明和解释,并不限定本发明的范围。
- [0062] 图1为本发明的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法实施例流程图。

[0063] 图2为本发明实施例中正交试验中的每一组实验的步骤流程。

具体实施方式

[0064] 为了对发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图说明本发明的具体实施方式,在各图中相同的标号表示相同的部分。

[0065] 在本文中,“示意性”表示“充当实例、例子或说明”,不应将在本文中被描述为“示意性”的任何图示、实施方式解释为一种更优选的或更具优点的技术方案。

[0066] 为使图面简洁,各图中的只示意性地表示出了与本发明相关部分,而并不代表其作为产品的实际结构。另外,以使图面简洁便于理解,在有些图中具有相同结构或功能的部件,仅示意性地绘示了其中的一个,或仅标出了其中的一个。

[0067] 在本文中,“一个”并不表示将本发明相关部分的数量限制为“仅此一个”,并且“一个”不表示排除本发明相关部分的数量“多于一个”的情形。

[0068] 在本文中,“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”等仅用于表示相关部分之间的相对位置关系,而非限定这些相关部分的绝对位置。

[0069] 在本文中,“第一”、“第二”等仅用于彼此的区分,而非表示重要程度及顺序、以及互为存在的前提等。

[0070] 在本文中,“相等”、“相同”等并非严格的数学和/或几何学意义上的限制,还包含本领域技术人员可以理解的且制造或使用等允许的误差。

[0071] 除非另有说明,本文中的数值范围不仅包括其两个端点内的整个范围,也包括含于其中的若干子范围。

[0072] 本发明实施例所用到的动力电池适宜的工作温度范围为是 $10^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。正常利用冷却液进行动力电池温度控制时,当动力电池温度低于其适宜工作温度范围时,热管理系统为其通入热的冷却液,使动力电池升温;当动力电池温度高于其适宜工作温度范围时,热管理系统为其通入冷的冷却液,使动力电池降温。

[0073] 而对冷却液的温度、流量的控制也需要消耗电动汽车动力电池的能量。以温度为例,当电动汽车在热的环境中需要冷的介质为其进行温度控制时,冷却液温度越冷,则降低冷却液温度所消耗的能量越多,而温度过低的冷却液温度未必能达到最好的降温效果;当电动汽车在冷的环境中需要热的介质为其进行温度控制时,冷却液温度越热,则冷却液所消耗的能量也就越多,而温度过高的冷却液温度也未必能达到最好的升温效果。可见,对于冷却液温度的控制来说,在每种具体工况中,都将具有一个最佳的冷却液温度区间,既能保证电动汽车动力电池处于最佳状态、又最大限度地节省控制冷却液温度所消耗的能量。

[0074] 而本发明实施例的主要目的,正是准确找到电动汽车在各种工况下,确定保证动力电池工作在适宜环境温度范围时冷却液的控制参数,以在保证准确控制动力电池温度的同时,能够最低的消耗动力电池能量。

[0075] 如图1所示,本发明的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法实施例,包括:

[0076] 步骤1、搭建电动汽车动力电池的实体热管理台架系统;

[0077] 步骤2、建立电动汽车动力电池的热管理系统仿真模型,所述热管理系统仿真模型与所述实体热管理台架系统一致;

[0078] 步骤3、采用正交试验方法,确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数。

[0079] 其中,在步骤3中,正交试验是一种研究多因素多水平的试验方法,其是根据正交性从全面试验中挑选出部分有代表性的点进行试验,这些有代表性的点具备均匀分散、齐整可比的特点,正交试验是一种高效率、快速、经济的实验设计方法。

[0080] 本发明实施例中,冷却液控制参数与电动汽车的环境温度、电动汽车动力电池的放电倍率、充电倍率等指标相关,而各个指标还具各自的有变化范围,因此要全面地获得在各个指标的各种条件组合下的最优冷却液控制参数,需要进行大量的试验。若要利用实体的电动汽车动力电池热管理系统,则每一组试验还要持续相当长的时间,因此,若要进行全面的实体实验,则可能进行若干年的时间,从时间和研发角度上看,这种做法显然无法接受。因此,本发明实施例步骤3中采用正交试验方法。

[0081] 虽然正交试验方法能够减少实验次数,缩短试验时间,但是仍然具有大量的试验需要进行。因此,本发明实施例采用实体热管理台架系统和仿真模型相结合的手段。利用实体热管理台架系统的试验结果对仿真模型进行修正,使得仿真模型更加接近实际。最终利用仿真模型获得运算速度快并接近实际结果的效果。

[0082] 具体到本申请实施例中,在步骤3中:

[0083] 利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第一组试验,以获取第一组实际试验结果;

[0084] 利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第一组试验,以获取第一组仿真试验结果;

[0085] 利用所述第一组实际试验结果和所述第一组仿真试验结果对所述热管理系统仿真模型进行第一修正;

[0086] 利用第一修正后的热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的其余各组试验,以确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数。

[0087] 一般来说,进行第一修正后的电动汽车动力电池的热管理系统仿真模型,能够基本适合随后的试验,但是,为了获得更加准确的数据,本发明实施例还可进行第二修正和第三修正,具体地:

[0088] 在经过所述第一修正之后,本发明实施例还进行如下第二修正的步骤:

[0089] 利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第二组试验,以获取第二组实际试验结果;

[0090] 利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第二组试验,以获取第二组仿真试验结果;

[0091] 利用所述第二组实际试验结果和所述第二组仿真试验结果对所述热管理系统仿真模型进行第二修正。

[0092] 在经过所述第二修正之后,可选地,本发明实施例还进行如下第三修正的步骤:

[0093] 利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组实际试验结果;

[0094] 利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组仿真试验结果;

[0095] 利用所述第三组实际试验结果和所述第三组仿真试验结果对所述热管理系统仿真模型进行第三修正。

[0096] 经过如上三次修正后,仿真试验结果已经和实体试验结果吻合的很好,误差达到允许的范围。

[0097] 一般来说,经过第二修正后,仿真试验结果误差就能够达到允许的范围,此时可以利用第三组试验进行验证,而不用再进行一次修正,如果仍然未达到误差允许的范围,则再进行第三修正。验证过程包括,在经过所述第二修正之后:

[0098] 利用所述实体热管理台架系统进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组实际试验结果;

[0099] 利用所述热管理系统仿真模型进行所述正交试验方法中的第三组试验,以获取第三组仿真试验结果;

[0100] 利用所述第三组实际试验结果验证所述第三组仿真试验结果的准确性。

[0101] 对于上述修正,本发明实施例中,采用如下方式:

[0102] 在所述动力电池实际充电过程中,测量所述动力电池的温度随时间的变化率以及试验结束时动力电池的温度,并在所述动力电池实际放电过程中,测量所述动力电池的温度随时间的变化率以及试验结束时动力电池的温度;

[0103] 利用所获得的所述动力电池实际充电过程温度变化情况和放电过程温度变化情况与仿真试验数据对比分析,对所述热管理系统仿真模型进行优化。

[0104] 本发明实施例采用的正交试验方法中包括五个因素,即环境温度、放电倍率、充电倍率、冷却液温度、冷却液流量。其中,所述环境温度具有四个水平;所述放电倍率具有四个水平;所述冷却液温度具有四个水平;所述冷却液流量具有四个水平;所述充电倍率具有两个水平。

[0105] 所述正交试验方法中,在不同因素水平下获得的评价指标包括动力电池平衡温度和消耗功率,其中,所述消耗功率是指维持所述动力电池在其适宜温度所需要的功率。

[0106] 由于采用了五因素四水平的设计,因此,本发明实施例中,正交试验采用L₁₆(4⁵)正交试验。其正交试验设计表如表1。

[0107] 表1正交试验设计表

[0108]

序号 试验号	因子 A	因子 B	因子 C	因子 D	因子 E
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	1	3	1	3	3
4	1	4	1	4	4
5	2	1	1	2	4
6	2	2	1	1	3
7	2	3	1	4	2
8	2	4	2	3	1
9	3	1	1	3	2
10	3	2	1	4	1
11	3	3	2	1	4
12	3	4	1	2	3
13	4	1	2	4	3
14	4	2	1	3	4
15	4	3	1	2	1
16	4	4	1	1	2

[0109] 其中,因子A例如环境温度、因子B例如放电倍率、因子C例如充电倍率、因子D例如冷却液温度、因子E例如冷却液流量。

[0110] 本发明实施例中,如图2所示,所述正交试验中的每一组实验均包括以下步骤:

[0111] 步骤a、按照本组试验设定水平的放电倍率对动力电池进行放电,当动力电池达到放电截止条件时停止放电;

[0112] 步骤b、将动力电池静置第一设定时长;

[0113] 步骤c、按照本组试验设定水平的充电倍率对动力电池进行放电,当动力电池达到充电截止条件时停止充电;

[0114] 步骤d、将动力电池静置第一设定时长;

[0115] 步骤e、获取本组实验中的动力电池平衡温度;

[0116] 步骤e执行完毕后完成本组试验。

[0117] 在整个本组试验过程中始终保持本组设定水平的冷却液流量和本组设定水平的冷却液温度不变。

[0118] 本发明实施例中,试验结果的分析采用极差分析法,利用所述正交试验的极差分析法确定所述电动汽车动力电池在不同因素水平下的冷却液控制参数,该冷却液控制参数包括冷却液温度和冷却液流量。

[0119] 以下结合一个具体试验,对本发明的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法实施例进行进一步说明。

[0120] 该实验是通过台架(实体)试验与仿真试验结合的方法确定最佳冷却液控制参数。一方面根据实际三维模型图搭建电动汽车动力电池的实体热管理台架系统的实体台架试验系统,模仿实车实际运行状态;另一方面,根据电动汽车动力电池的实体热管理台架系统的管路原理图、管路中各部件实际运行情况以及管路中流量压力变化情况,搭建与实体台架试验系统相一致的仿真计算模型。实体台架试验与仿真试验同步进行的主要目的是,利用实体台架试验校验仿真试验的计算模型(仿真模型),再应用准确的仿真模型代替实体台架试验完成更多组设定的试验工况。这样既能保证有效地确定电动汽车各种工况下热管理系统中冷却液介质的温度;同时,仿真模型又可有效提高确定各种工况下冷却液温度的效率。

[0121] 为了更接近实际工况,进行实体台架试验虽然比实车试验更节约时间与成本,但为了安全考虑,每一组台架试验仍然需要夜晚有试验人员在实验室值班,且人员数不得小于2人。每组试验需严格按照试验设计要求进行,均需要使用恒温箱作为试验提供环境温度。通入动力电池中的冷却液的温度主要由环境温度、动力电池放电倍率、充电倍率、冷却液温度以及管路流量(即冷却液流量)五个因素影响,环境温度、放电倍率冷却液温度以及管路中流量这四个因素均有四个水平,充电倍率有两个水平,也就是说,倘若所有的试验全都用实体台架进行,共需要的试验次数为:

[0122] $4^4 \times 2 = 512$ 次

[0123] 512次试验,按照一天一夜做一组来算,意味着需要大约一年半的时间,而这一年半时间包括了节假日、周六日的加班,并且在按照试验设计进行的各项试验过程中,试验所涉及的各种试验器材均是正常工作状态,不能出现无法正常使用的情况,另外,很多试验都需要应用到恒温箱,恒温箱一直被占用势必造成整个研发周期的拖延。可见,按照传统试验

设计方法需要消耗的大量人力与物力,延长研发周期。

[0124] 为了缩短研发周期,避免512次试验的情况,本发明实施例采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验方法完成试验,保证在不影响试验效果的前提下,尽可能地减少试验次数。对于需要进行512次试验才能判断出工况最优的冷却液温度试验,采用 $L_{16}(4^5)$ 正交试验表,只需要进行16次试验便可得到试验结果,仅为正常所有试验总和的1/32。

[0125] 虽然所需的试验次数明显减少,但这16次试验也需要16个夜晚加班,试验操作过程中夜晚需要2名试验操作人员进行试验指导,晚上同样需要2名试验操作人员进行试验。而在实际试验过程中,由于是在台架试验阶段,在不同环境温度以及充放电倍率情况下,如何确定压缩机的功率或加热器(如PTC加热器)的加热功率来满足热管理系统的管路中冷却液温度设计要求,仍然需要进行反复试验,以最终达到一个稳定值。因而,实际情况是,一天一夜很有可能完不成一组试验,一组试验的完成需要超过1天的时间,也就是说,倘若16组试验全部进行,而且是在周六日不加班的情况下,这16组试验也是8名工程师一个月的工作量。因为具体的试验过程为:将动力电池在的恒温箱所设定的环境温度中静置12小时。待整个台架系统均维持在试验所需的环境温度条件后,动力电池处于不同运行工况下,确定使得各部件处于指定温度的冷却液所处的运行状态(如温度),当确定好保证该环境温度下热管理系统中冷却液达到试验要求的温度后,开启试验;整个试验过程中,均需要按照试验设计要求为动力电池内部水室通入指定流量与温度的冷却液;每组试验的步骤包括:①按照试验设计要求的放电倍率对动力电池进行放电,当动力电池达到放电截止条件后停止;②动力电池静置1小时(静置过程中冷却液的流量与温度保持不变);③按照试验设计要求的充电倍率对动力电池进行充电,当达到动力电池充电截止条件后停止充电;④静置1小时后(静置过程中冷却液的流量与温度保持不变),一组试结束。

[0126] 为减少繁杂的试验,又能够得出试验设计结果,本发明实施例中,在试验过程中,采用实体台架试验与仿真试验同时进行。通过正交试验表 $L_{16}(4^5)$ 中的前两组试验,逐渐修正仿真计算模型,再通过第三组试验验证该仿真模型的正确性。这种试验设计方法,可以保证在一周之内完成所需的台架试验,再用最多一周时间,便可通过仿真模型得到各个工况的试验数据。正交试验表 $L_{16}(4^5)$ 中所述环境温度的四个水平分别设置为 -10°C 、 10°C 、 30°C 、 50°C ;所述放电倍率的四个水平分别设置为0.5C、1C、1.5C、2C;所述冷却液温度的四个水平分别设置为 10°C 、 20°C 、 30°C 、 40°C ;所述冷却液流量的四个水平分别设置为0.5、1、1.5、2;所述充电倍率的两个水平分别设置为0.5C、1C。该正交试验表如表2所示,表3为该正交试验关于动力电池平衡温度的因素水平表续表,表4为该正交试验关于消耗功率的因素水平表续表。

[0127] 表2本发明实施例的正交试验因素水平表

[0128]

序号	因子 A	因子	因子	因子	因子	因子 A	因子 B	因子 C	因子 D	因子 E	评价指标结果
----	---------	----	----	----	----	---------	---------	---------	---------	---------	--------

[0129]

试验号		B	C	D	E	环境温度	放电倍率	充电倍率	冷却液温度	管路流量	动力电池平衡温度	消耗功率
1	1	1	1	1	1	-10℃	0.5C	1C	10℃	0.5	a ₁	b ₁
2	1	2	2	2	2	-10℃	1C	0.5C	20℃	1	a ₂	b ₂
3	1	3	1	3	3	-10℃	1.5C	1C	30℃	1.5	a ₃	b ₃
4	1	4	1	4	4	-10℃	2C	1C	40℃	2	a ₄	b ₄
5	2	1	1	2	4	10℃	0.5C	1C	20℃	2	a ₅	b ₅
6	2	2	1	1	3	10℃	1C	1C	10℃	1.5	a ₆	b ₆
7	2	3	1	4	2	10℃	1.5C	1C	40℃	1	a ₇	b ₇
8	2	4	2	3	1	10℃	2C	0.5C	30℃	0.5	a ₈	b ₈
9	3	1	1	3	2	30℃	0.5C	1C	30℃	1	a ₉	b ₉
10	3	2	1	4	1	30℃	1C	1C	40℃	0.5	a ₁₀	b ₁₀
11	3	3	2	1	4	30℃	1.5C	0.5C	10℃	2	a ₁₁	b ₁₁
12	3	4	1	2	3	30℃	2C	1C	20℃	1.5	a ₁₂	b ₁₂
13	4	1	2	4	3	50℃	0.5C	0.5C	40℃	1.5	a ₁₃	b ₁₃
14	4	2	1	3	4	50℃	1C	1C	30℃	2	a ₁₄	b ₁₄
15	4	3	1	2	1	50℃	1.5C	1C	20℃	0.5	a ₁₅	b ₁₅
16	4	4	1	1	2	50℃	2C	1C	10℃	1	a ₁₆	b ₁₆
动力电池平衡温度	K ₁₁						消耗功率	K ₂₁				
	K ₁₂							K ₂₂				
	K ₁₃							K ₂₃				
	K ₁₄							K ₂₄				
	k ₁₁							k ₂₁				
	k ₁₂							k ₂₂				
	k ₁₃							k ₂₃				
	k ₁₄							k ₂₄				
	极差							极差				
	优方案							优方案				

[0130] 表3

[0131]

		因子 A	因子 B	因子 C	因子 D	因子 E
动力电池平衡温度	K ₁₁	a ₁ +a ₂ +a ₃ +a ₄	a ₁ +a ₅ +a ₉ +a ₁₃	a ₁ +a ₃ +...+a ₇ +a ₉ +a ₁₀ +a ₁₂ +a ₁₄ +a ₁₅ +a ₁₆	a ₁ +a ₆ +a ₁₁ +a ₁₆	a ₁ +a ₈ +a ₁₀ +a ₁₅
	K ₁₂	a ₅ +a ₆ +a ₇ +a ₈	a ₂ +a ₆ +a ₁₀ +a ₁₄	a ₂ +a ₈ +a ₁₁ +a ₁₃	a ₂ +a ₅ +a ₁₂ +a ₁₅	a ₂ +a ₇ +a ₉ +a ₁₆
	K ₁₃	a ₉ +a ₁₀ +a ₁₁ +a ₁₂	a ₃ +a ₇ +a ₁₁ +a ₁₅		a ₃ +a ₈ +a ₉ +a ₁₄	a ₃ +a ₆ +a ₁₂ +a ₁₃
	K ₁₄	a ₁₃ +a ₁₄ +a ₁₅ +a ₁₆	a ₄ +a ₈ +a ₁₂ +a ₁₆		a ₄ +a ₇ +a ₁₀ +a ₁₃	a ₄ +a ₅ +a ₁₁ +a ₁₄
	k ₁₁	k _{11A} =K _{11 A} /4	k _{11B} =K _{11 B} /4	k _{11C} =K _{11 C} /12	k _{11D} =K _{11 D} /4	k _{11E} =K _{11 E} /4
	k ₁₂	k _{12A} =K _{12 A} /4	k _{12B} =K _{12 B} /4	k _{12C} =K _{12 C} /4	k _{12D} =K _{12 D} /4	k _{12E} =K _{12 E} /4

[0132]

k ₁₃	k _{13A} =K _{13 A} /4	k _{13B} =K _{13 B} /4		k _{13D} =K _{13 D} /4	k _{13E} =K _{13 E} /4
k ₁₄	k _{14A} =K _{14 A} /4	k _{14B} =K _{14 B} /4		k _{14D} =K _{14 D} /4	k _{14E} =K _{14 E} /4
极差	k _{1Amax} -k _{1Amin}	k _{1Bmax} -k _{1Bmin}	k _{1Cmax} -k _{1Cmin}	k _{1Dmax} -k _{1Dmin}	k _{1Emax} -k _{1Emin}
优方案	k _{1Amax}	k _{1Bmax}	k _{1Cmax}	k _{1Dmax}	k _{1Emax}

[0133] 其中，

[0134] $K_{11_A}=a_1+a_2+a_3+a_4$ 、 $K_{12_A}=a_5+a_6+a_7+a_8$ 、 $K_{13_A}=a_9+a_{10}+a_{11}+a_{12}$ 、 $K_{14_A}=a_{13}+a_{14}+a_{15}+a_{16}$ ；

[0135] $K_{11_B}=a_1+a_5+a_9+a_{13}$ 、 $K_{12_B}=a_2+a_6+a_{10}+a_{14}$ 、 $K_{13_B}=a_3+a_7+a_{11}+a_{15}$ 、 $K_{14_B}=a_4+a_8+a_{12}+a_{16}$ ；

[0136] $K_{11_C}=a_1+a_3+a_4+a_5+a_6+a_7+a_9+a_{10}+a_{12}+a_{14}+a_{15}+a_{16}$ 、 $K_{12_C}=a_2+a_8+a_{11}+a_{13}$ ；

[0137] $K_{11_D}=a_1+a_6+a_{11}+a_{16}$ 、 $K_{12_D}=a_2+a_5+a_{12}+a_{15}$ 、 $K_{13_D}=a_3+a_8+a_9+a_{14}$ 、 $K_{14_D}=a_4+a_7+a_{10}+a_{13}$ ；

[0138] $K_{11_E}=a_1+a_8+a_{10}+a_{15}$ 、 $K_{12_E}=a_2+a_7+a_9+a_{16}$ 、 $K_{13_E}=a_3+a_6+a_{12}+a_{13}$ 、 $K_{14_E}=a_4+a_5+a_{11}+a_{14}$ ；

[0139] $k_{1Amax}=\max\{k_{11A}, k_{12A}, k_{13A}, k_{14A}\}$ 、 $k_{1Amin}=\min\{k_{11A}, k_{12A}, k_{13A}, k_{14A}\}$ ；

[0140] $k_{1Bmax}=\max\{k_{11B}, k_{12B}, k_{13B}, k_{14B}\}$ 、 $k_{1Bmin}=\min\{k_{11B}, k_{12B}, k_{13B}, k_{14B}\}$ ；

[0141] $k_{1Cmax}=\max\{k_{11C}, k_{12C}\}$ 、 $k_{1Cmin}=\min\{k_{11C}, k_{12C}\}$ ；

[0142] $k_{1Dmax}=\max\{k_{11D}, k_{12D}, k_{13D}, k_{14D}\}$ 、 $k_{1Dmin}=\min\{k_{11D}, k_{12D}, k_{13D}, k_{14D}\}$ ；

[0143] $k_{1Emax}=\max\{k_{11E}, k_{12E}, k_{13E}, k_{14E}\}$ 、 $k_{1Emin}=\min\{k_{11E}, k_{12E}, k_{13E}, k_{14E}\}$ 。

[0144] 表4

[0145]

		因子 A	因子 B	因子 C	因子 D	因子 E
消耗 功率	K ₂₁	b ₁ +b ₂ +b ₃ +b ₄	b ₁ +b ₅ +b ₉ + b ₁₃	b ₁ +b ₃ +...+b ₇ +b ₉ +b ₁₀ +b ₁₂ +b ₁₄ +b ₁₅ + b ₁₆	b ₁ +b ₆ +b ₁₁ + b ₁₆	b ₁ +b ₈ +b ₁₀ + b ₁₅
	K ₂₂	b ₅ +b ₆ +b ₇ +b ₈	b ₂ +b ₆ +b ₁₀ + b ₁₄	b ₂ +b ₈ +b ₁₁ + b ₁₃	b ₂ +b ₅ +b ₁₂ + b ₁₅	b ₂ +b ₇ +b ₉ + b ₁₆
	K ₂₃	b ₉ +b ₁₀ +b ₁₁ + b ₁₂	b ₃ +b ₇ +b ₁₁ + b ₁₅		b ₃ +b ₈ +b ₉ + b ₁₄	b ₃ +b ₆ +b ₁₂ + b ₁₃
	K ₂₄	b ₁₃ +b ₁₄ +b ₁₅ +b ₁₆	b ₄ +b ₈ +b ₁₂ + b ₁₆		b ₄ +b ₇ +b ₁₀ + b ₁₃	b ₄ +b ₅ +b ₁₁ + b ₁₄
	k ₂₁	k _{21A} =K _{21 A} /4	k _{21B} =K _{21 B} /4	k _{21C} =K _{21 C} /12	k _{21D} =K _{21 D} /4	k _{21E} =K _{21 E} /4
	k ₂₂	k _{22A} =K _{22 A} /4	k _{22B} =K _{22 B} /4	k _{22C} =K _{22 C} /4	k _{22D} =K _{22 D} /4	k _{22E} =K _{22 E} /4
	k ₂₃	k _{23A} =K _{23 A} /4	k _{23B} =K _{23 B} /4		k _{23D} =K _{23 D} /4	k _{23E} =K _{23 E} /4
	k ₂₄	k _{24A} =K _{24 A} /4	k _{24B} =K _{24 B} /4		k _{24D} =K _{24 D} /4	k _{24E} =K _{24 E} /4
	极 差	k _{2Amax} -k _{2Amin}	k _{2Bmax} -k _{2Bmin}	k _{2Cmax} -k _{2Cmin}	k _{2Dmax} -k _{2Dmin}	k _{2Emax} -k _{2Emin}
	优 方 案	k _{2Amax}	k _{2Bmax}	k _{2Cmax}	k _{2Dmax}	k _{2Emax}

[0146] 其中，

[0147] $K_{21_A}=b_1+b_2+b_3+b_4$ 、 $K_{22_A}=b_5+b_6+b_7+b_8$ 、 $K_{23_A}=b_9+b_{10}+b_{11}+b_{12}$ 、 $K_{24_A}=b_{13}+b_{14}+b_{15}+b_{16}$ ；

[0148] $K_{21_B}=b_1+b_5+b_9+b_{13}$ 、 $K_{22_B}=b_2+b_6+b_{10}+b_{14}$ 、 $K_{23_B}=b_3+b_7+b_{11}+b_{15}$ 、 $K_{24_B}=b_4+b_8+b_{12}+b_{16}$ ；

[0149] $K_{21_C}=b_1+b_3+b_4+b_5+b_6+b_7+b_9+b_{10}+b_{12}+b_{14}+b_{15}+b_{16}$ 、 $K_{22_C}=b_2+b_8+b_{11}+b_{13}$ ；

[0150] $K_{21_D}=b_1+b_6+b_{11}+b_{16}$ 、 $K_{22_D}=b_2+b_5+b_{12}+b_{15}$ 、 $K_{23_D}=b_3+b_8+b_9+b_{14}$ 、 $K_{24_D}=b_4+b_7+b_{10}+b_{13}$ ；

[0151] $K_{21_E}=b_1+b_8+b_{10}+b_{15}$ 、 $K_{22_E}=b_2+b_7+b_9+b_{16}$ 、 $K_{23_E}=b_3+b_6+b_{12}+b_{13}$ 、 $K_{24_E}=b_4+b_5+b_{11}+b_{14}$ ；

[0152] $k_{2Amax}=\max\{k_{21A}, k_{22A}, k_{23A}, k_{24A}\}$ 、 $k_{2Amin}=\min\{k_{21A}, k_{22A}, k_{23A}, k_{24A}\}$ ；

[0153] $k_{2Bmax}=\max\{k_{21B}, k_{22B}, k_{23B}, k_{24B}\}$ 、 $k_{2Bmin}=\min\{k_{21B}, k_{22B}, k_{23B}, k_{24B}\}$ ；

[0154] $k_{2Cmax}=\max\{k_{21C}, k_{22C}\}$ 、 $k_{2Cmin}=\min\{k_{21C}, k_{22C}\}$ ；

[0155] $k_{2Dmax}=\max\{k_{21D}, k_{22D}, k_{23D}, k_{24D}\}$ 、 $k_{2Dmin}=\min\{k_{21D}, k_{22D}, k_{23D}, k_{24D}\}$ ；

[0156] $k_{2Emax}=\max\{k_{21E}, k_{22E}, k_{23E}, k_{24E}\}$ 、 $k_{2Emin}=\min\{k_{21E}, k_{22E}, k_{23E}, k_{24E}\}$ 。

[0157] 按照上述表格进行试验，并将试验结果按照填入上述各表中。

[0158] 本实施例中，在根据实体台架试验验证仿真模型的初期试验中，不同放电倍率与充电倍率下，动力电池放出的热量是根据单体电池试验与经验共同确定的。初步确定后，再根据实际台架试验做进一步的模型优化。

[0159] 确定每个动力电池模组的发热量的计算方式为：试验所用到的动力电池模组为4P24S（4并24串），共96块锂离子单体动力电池。锂离子单体电池为25Ah（安时），参考实际试验可知一块25Ah的单体锂离子电池在进行1C放电时的发热功率约为3W，进而，分别以0.5C、

1C、1.5C以及2C功率放电,4P24S的动力电池总的发热功率分别为:

[0160] 0.5C放电时动力电池的发热功率为: $3 \times 0.5^2 \times 96 \approx 72\text{W}$

[0161] 1C放电时动力电池的发热功率为: $3 \times 1^2 \times 96 \approx 288\text{W}$

[0162] 1.5C放电时动力电池的发热功率为: $3 \times 1.5^2 \times 96 \approx 648\text{W}$

[0163] 2C放电时动力电池的发热功率为: $3 \times 2^2 \times 96 \approx 1152\text{W}$

[0164] 将上述发热功率作为动力电池的热源输入给仿真模型,以进行仿真模型的修正。一般来说,在上述正交试验表中第一组试验中,利用实体热管理台架系统获得的试验结果对仿真试验结果进行第一修正后,仿真试验的准确性便已经与实体试验结果非常接近,为了获得更加准确的结果,可以利用上述正交试验表中第二组试验,再次利用实体热管理台架系统获得的试验结果对仿真试验结果进行第二修正,一般来讲便可以不必在进行第三修正。当然,为了将准确性再次提高,可以利用上述正交试验表中的第三组试验,再次进行第三修正,虽然能够提高准确性,但对于实车操作来说意义不大。但可以在第三组试验中,利用第三组实际试验结果验证第三组仿真试验结果的准确性,以确定仿真试验结果的误差是否在允许的范围。

[0165] 经过前三组实体台架试验已经将一维仿真模型修正验证完全,其余十三组试验均由验证后的仿真模型独立完成。将台架试验完成结果以及仿真计算结果按照上述表1至4,填入相应表格中。

[0166] 正交试验设计表中,极差越大说明该因子对该项评价指标越敏感,其最优方案即为相应k值最大项对应的值。例如,对于动力电池平衡温度而言,若获得的因子A中(环境温度)的 k_{11A} (即环境温度在 -10°C 条件下)最大,因子B(放电倍率)的 k_{14B} (即放电倍率为2C条件下)最大,因子C(即充电倍率)的 k_{12C} (即充电倍率为0.5C条件下)最大,因子D(即冷却液温度)的 k_{13D} (即冷却液温度为 30°C 条件下)最大,因子E(即冷却液流量亦即管路流量)的 k_{11E} (即冷却液流量为 $0.5\text{L}/\text{min}$ 条件下)最大,则最优方案就是 $A_{11}B_{14}C_{12}D_{13}E_{11}$ (环境温度 -10°C 、放电倍率2C、充电倍率0.5C、冷却液温度 30°C 、冷却液流量 $0.5\text{L}/\text{min}$),从而可以确定当环境温度为环境温度 -10°C 、放电倍率为2C、充电倍率为0.5C时,最佳的冷却液控制参数为冷却液温度 30°C 、冷却液流量 $0.5\text{L}/\text{min}$ 。而实际这组试验组合并没有在上述正交试验表中体现出来,即实际并未进行此组条件的试验,也就是按照正交试验表进行的台架试验与仿真试验不涉及到该组合的试验序列。

[0167] 本发明实施例中,如上述各表所述,第一组正交试验表因为环境温度涉及到零下与零上,总结出来的冷却液温度最适宜工况可能只适用于零上或零下,此时,可以借助该总结出来的规律,再设计两个只针对环境温度为零上或者零下的正交试验表。这样便可以得出环境温度处于极低或极高工况下的动力电池通入冷却液的最佳温度以及相应的冷却液流量。

[0168] 本发明实施例应用于动力电池热管理系统领域,该系统在电池温度低时对电池进行加热,在电池温度高时,对电池进行降温,其主要的执行部件和方式为PTC加热器、空调管路出水口流量以及水泵的开转,因而将PTC加热器的功率、热交换器出水口温度以及水泵的开启作为热管理系统的输出量。热管理系统的主要服务对象是电动汽车动力电池系统,其工作状态可由动力电池充电放电倍率表征,确定这两个量即可确定此时热管理系统的工作目标。热管理系统的输入量包括:环境温度、动力电池充放电倍率、冷却液温度、管路流量;

输出量包括：PTC出水口温度、热交换器出水口温度以及泵的开启关闭状态。通过上述的试验，便可以根据实际电动汽车所处的环境温度、动力电池充放电倍率确定相应的冷却液温度以及管路流量，进而控制PTC出水口温度、热交换器出水口温度以及泵的开启关闭状态实现降低消耗的目的。

[0169] 本发明实施例围绕实体台架试验以及仿真试验展开。通过试验得出动力电池在低温环境以及高温环境需要的冷却液的最佳温度状态以及相应流量，即可根据这一指标进一步确定在低温环境PTC出水口温度、在高温环境热交换器进水口流量以及通过泵的转速确定对整个热管理系统的最佳流量值。

[0170] 本发明的电动汽车动力电池的冷却液控制参数的确定方法，利用经过实际试验结果修正后的仿真试验结果，并针对多种因素、多种水平的组合采用正交试验方法，以确定电动汽车动力电池在不同因素水平下的最佳冷却液控制参数。从而一方面，保证了仿真试验结果的准确，另一方面，减少了试验的次数、缩短了试验周期、加快了电动汽车的研发进度、降低了电动汽车的研发成本，再一方面，保证了在多种因素水平下并保证低消耗水平的目的前提下的最佳冷却液控制参数，为电动汽车动力电池温度的良好控制并降低消耗提供了可靠的试验基础。

[0171] 应当理解，在本文中所引证的文件仅供参考之用，且不包含任何其可能与本文的相冲突的内容。

[0172] 应当理解，虽然本说明书是按照各个实施方式描述的，但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案，说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见，本领域技术人员应当将说明书作为一个整体，各实施方式中的技术方案也可以经适当组合，形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

[0173] 上文所列出的一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施方式的具体说明，而并非用以限制本发明的保护范围，凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方案或变更，如特征的组合、分割或重复，均应包含在本发明的保护范围之内。

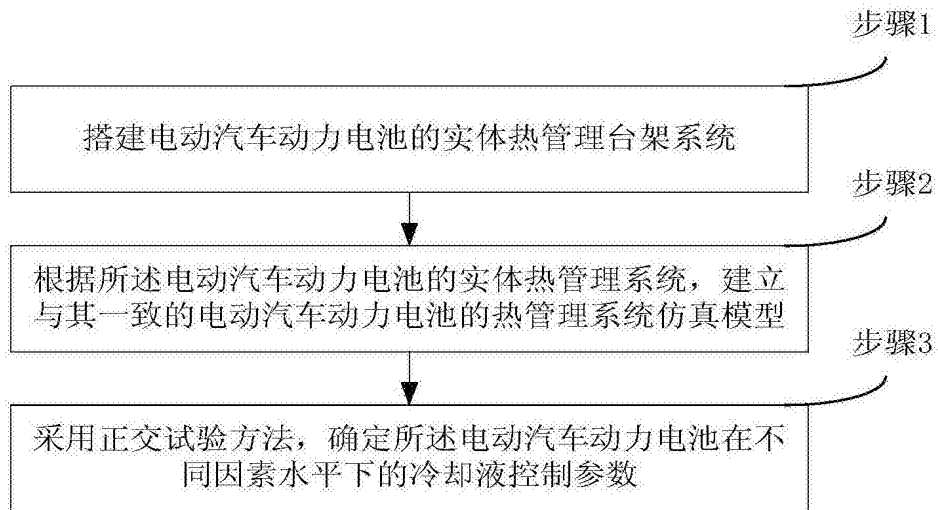


图1

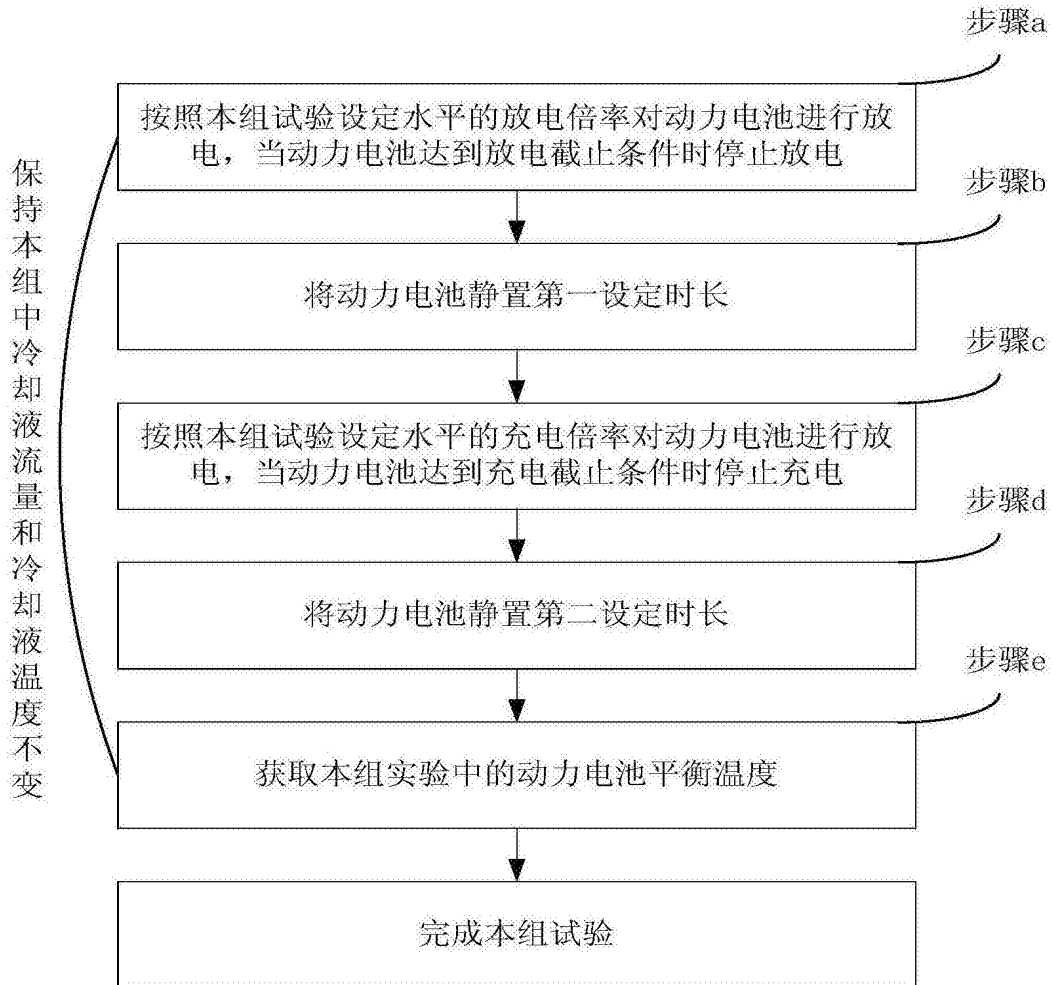


图2