

国北京市顺义区高丽营镇恒兴路4号院1幢103室(科技创新功能区), Beijing 101300 (CN)。

- (74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区悦秀路99号4层2单元417, Beijing 100085 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。
- 在修改权利要求的期限届满之前进行, 在收到该修改后将重新公布(细则48.2(h))。

热管理系统建模方法、装置、设备、介质和车辆

相关申请的交叉引用

本申请要求在 2022 年 06 月 23 日在中国提交的中国专利申请号 202210715733.8 的优先权，其全部内容通过引用并入本文。

技术领域

本公开属于热管理技术领域，具体涉及一种热管理系统建模方法、装置及设备、可读存储介质、车辆、计算机程序产品和计算机程序。

10

背景技术

汽车热管理系统需根据行车工况和环境条件，自动调节冷却液强度以保持相应的部件在最佳的温度范围内工作，具体的是保持发动机在相应的最佳温度范围内工作。

由于冷却液流通在整个热管理系统中，冷却液的出口温度是基于热管理系统的结构来进行计算的，由于热管理系统的结构复杂，其具有多个流通节点，导致计算冷却液的出口温度的工作量大且速度慢。

15

发明内容

本公开实施例的目的是提供一种热管理系统建模方法、装置及设备、可读存储介质、车辆、计算机程序产品和计算机程序，以实现热管理系统的简化，进而可简单快速计算出冷却液的出口温度。

20

本公开的技术方案如下：

第一方面，本公开实施例提供了一种热管理系统建模方法，该方法包括：

获取车辆的所述热管理系统中的多个温度节点，以及所述热管理系统中的多个支路回路；

25

基于各所述支路回路中换热部件，和/或，至少两个所述支路回路中的冷却液的温水点，确定所述热管理系统中的无法合并的温度节点；

基于所述热管理系统中的所述无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的所述温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型。

30

第二方面，本公开实施例提供了一种热管理系统建模装置，该装置包括：

第一获取模块，用于获取车辆的所述热管理系统中的多个温度节点，以及热管理系统中的多个支路回路；

第一确定模块，用于基于各所述支路回路中的换热部件，和/或，至少两个所述支路回路中的冷却液的温水点，确定所述热管理系统中的无法合并的温度节点；

35

第二确定模块，用于基于所述热管理系统中的所述无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的所述温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型。

第三方面，本公开实施例提供了一种热管理系统建模设备，该设备包括处理器、存储器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序或指令，所述程序或指令被所述处理器执行时实现本公开第一方面任一实施例所述的热管理系统建模方法的步骤。

5 第四方面，本公开实施例提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储程序或指令，所述程序或指令被处理器执行时实现本公开第一方面任一实施例所述的发动机冷却系统的热管理系统建模方法的步骤。

第五方面，本公开实施例提供了一种车辆，所述车辆包括以下至少一种：

如第一方面实施例所述的热管理系统建模装置；

如第二方面实施例所述的热管理系统建模设备；

10 如第三方面实施例所述的计算机可读存储介质。

第六方面，本公开实施例提供了一种计算机程序产品，包括计算机程序，所述计算机程序在被处理器执行时用于实现如本公开第一方面任一实施例所述的热管理系统建模方法。

第七方面，本公开实施例提供了一种计算机程序，包括计算机程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，以使得计算机执行如本公开第一方面任一实施例所述的热管理系统建模方法。

本公开的实施例提供的技术方案至少带来以下有益效果：

本公开实施例提供的热管理系统建模方法、装置、设备、介质和车辆，通过获取热管理系统中的多个温度节点，以及热管理系统中的多个支路回路，可以基于各支路回路中换热部件，和/或，至少两个支路回路中的冷却液的温水点，确定热管理系统中满足预设条件的无法合并的温度节点，基于确定无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型，由于可按照预设合并策略不断将热管理系统中的温度节点进行合并，故最终得到的目标模型中的温度节点的数量小于最开始时热管理系统中的温度节点的数量，简化了热管理系统的结构，如此在计算热管理系统中的出水温度时，无需计算很多的温度节点的温度，提升了出水温度的计算效率，节省了计算算力。

应当理解的是，以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的，并不能限制本公开。

30

附图说明

此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分，示出了符合本公开的实施例，并与说明书一起用于解释本公开的原理，并不构成对本公开的不当限定。

图 1 是本公开第一方面实施例涉及的热管理系统的整体模型示意图之一；

35 图 2 是本公开第一方面实施例涉及的热管理系统的整体模型示意图之二；

图 3 是本公开第一方面实施例提供的一种热管理系统建模方法的流程示意图；

图 4 是本公开第一方面实施例涉及的第一模型的示意图；

图 5 是本公开第一方面实施例涉及的第二模型示意图；

图 6 是本公开第一方面实施例涉及的目标模型的示意图；

图 7 是本公开第一方面实施例涉及的发动机的双层平板模型示意图；

5 图 8 是本公开第一方面实施例涉及的流量积分的温度延迟模型的示意图

图 9 是本公开第二方面实施例提供的一种热管理系统建模装置的结构示意图；

图 10 是本公开第三方面实施例提供的一种热管理系统建模设备的结构示意图。

具体实施方式

10 为了能够更清楚地理解本公开的上述目的、特征和优点，下面将对本公开的方案进行进一步描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本公开的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本公开，但本公开还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施；显然，说明书中的实施例只是本公开的一部分实施例，
15 而不是全部的实施例。

在相关技术中，如图 1 为汽车热管理系统的整体模型，在图 1 中各换热部件（例如图 1 中的电池、风扇换热器和发动机等）之间的连接线可以示出了冷却液的流动方向。在冷却液的入口和出口之间具有很多流通节点，在计算冷却液的出口温度时是基于热管理系统的机构来进行计算的，但是该热管理系统的结构复杂，其里面具有多个流通节点，如图 2 中的
20 电池两端的流通节点（T6.2 和 T6.1）、风扇换热器两端的流通节点（T6.3 和 T6.4）和发动机两端的流通节点（T1.1 和 T1.2）等。如此在计算冷却液的出口温度时，需要根据冷却液的入口温度，根据冷却液的流动方向先计算各流量节点的温度，然后再计算出口温度。例如，如图 2 所示，先计算出发动机两端的温度，然后根据冷却液的流动方向，计算出 T3 温度节点的温度，然后计算出 T2.1 温度节点的温度和 T2.3 温度节点的温度，然后根据 T2.1
25 温度节点的温度，计算出 T2.2 温度节点的温度，以此类推，直至计算出冷却液的出口温度。如此导致计算量大，且计算速度慢的问题。

为了解决上述问题，本公开实施例提供了一种热管理系统建模方法、装置及设备、可读存储介质、车辆、计算机程序产品和计算机程序，通过获取热管理系统中的多个温度节点，以及热管理系统中的多个支路回路，可以基于各支路回路中换热部件，和/或，至少两个
30 支路回路中的冷却液的温度节点，确定热管理系统中满足预设条件的无法合并的温度节点，基于确定无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型，由于可按照预设合并策略不断将热管理系统中的温度节点进行合并，故最终得到的目标模型中的温度节点的数量小于最开始时热管理系统中的温度节点的数量，简化了热管理系统的结构，如此在计算热管理系统中的出水温度时，
35 无需计算很多的温度节点的温度，提升了出水温度的计算效率，节省了计算算力。

下面结合附图，通过具体的实施例及其应用场景对本公开实施例提供的热管理系统建

模方法进行详细地说明。

需要说明的是，本公开实施例提供的热管理建模方法是通过要检测图 1 中的发动机处冷却液的出口温度，以及电池处冷却液的出口温度为基准的。

图 3 是本公开实施例所提供的一种热管理系统建模方法的流程示意图，该热管理系统建模方法的执行主体可以为服务器，需要说明的是，上述执行主体并不构成对本公开的限定。

如图 3 所示，本公开实施例提供的热管理系统建模方法可以包括步骤 310 至步骤 330。

步骤 310，获取车辆的热管理系统中的多个温度节点，以及热管理系统中的多个支路回路。

步骤 320，基于各支路回路中换热部件，和/或，至少两个支路回路中的冷却液的温水点，确定热管理系统中满足预设条件的无法合并的温度节点。

步骤 330，基于热管理系统中无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型。

在本公开的实施例中，获取热管理系统中的多个温度节点，以及热管理系统中的多个支路回路，可以基于各支路回路中换热部件，和/或，至少两个支路回路中的冷却液的温水点，确定热管理系统中满足预设条件的无法合并的温度节点，基于确定无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型，由于可按照预设合并策略不断将热管理系统中的温度节点进行合并，故最终得到的目标模型中的温度节点的数量小于最开始时热管理系统中的温度节点的数量，简化了热管理系统的结构，如此在计算热管理系统中的出水温度时，无需计算很多的温度节点的温度，提升了出水温度的计算效率，节省了计算算力。

下面详细介绍本公开实施例提供的热管理系统建模方法。

步骤 310，获取车辆的热管理系统中的多个温度节点，以及热管理系统中的多个支路回路。

其中，温度节点可以是热管理系统中计算冷却液出口温度时，中间计算的各节点。例如可以是图 1 中的电池两端的流通节点、风扇换热器两端的流通节点和发动机两端的流通节点等。

支路回路可以是热管理系统中随着冷却液的流通所形成的流通回路。例如可以是图 1 中的电池-风扇换热器-电池可形成一个回路，电池-换热器-电池可形成另一回路，换热器-制冷制热暖风系统-三通阀-换热器可形成一个回路。

步骤 320，基于各支路回路中换热部件，和/或，至少两个支路回路中的冷却液的温水点，确定热管理系统中无法合并的温度节点。

在本公开的一些实施例中，可以根据各支路回路中换热部件确定热管理系统中无法合并的温度节点，具体的可以是若一个支路回路中具有换热部件，则确定该支路回路中换热部件两端的温度节点无法合并。

在一个示例中，如图 2 所示，针对电池-风扇换热器-电池这一支路回路，针对 T6.1 温

度节点和 T6.2 温度节点，其间具有电池这一换热部件，则 T6.1 温度节点和 T6.2 温度节点不可合并。对应的针对 T6.3 温度节点和 T6.4 温度节点，其间具有风扇换热器这一个换热部件，故 T6.3 温度节点和 T6.4 温度节点也不可合并。

在本公开的一些实施例中，还可以根据至少两个支路回路中的冷却液的混水点，确定热管理系统中无法合并的温度节点，具体的可以是若至少两个支路回路中的冷却液混和在一起，则确定至少两个支路回路的温度节点无法合并。

在一个示例中，如图 2 所示，针对图 2 中水泵和风扇换热器之间的混水点，该混水点是电池-风扇换热器-电池这一支路回路，以及风扇换热器-换热器-风扇换热器这一支路回路的混水点，则 T6.5 温度节点和 T6.8 温度节点不可以合并。

10 步骤 330，基于热管理系统中无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型。

其中，预设合并策略可以是预先设置的对热管理系统中无法合并的温度节点进行合并的粗略。

在本公开的一些实施例中，为了进一步提升计算冷却液的出口温度的效率，步骤 330 15 具体可以包括步骤 3301 至步骤 3304。

步骤 3301，基于热管理系统中无法合并的温度节点，构建与各支路回路中的换热部件对应的延迟体积。

在本公开的一些实施例中，根据热管理系统中无法合并的温度节点，可构建出与各支路回路中的换热部件对应的延迟体积。

20 在一些实施例中，为了精确构建与各支路回路中的换热部件对应的延迟体积，步骤 3301 具体可以包括：

根据开环模型，确定与热管理系统中各支路回路一一对应的 N 个初始体积；

关闭开环模型，并利用关闭后的开环模型，对 N 个初始体积进行矫正，得到与热管理系统中各支路回路一一对应的 N 个延迟体积。

25 其中，开环模型的输入可以为热管理系统在第 k 时刻的控制参数值（这里的控制参数值可以是控制热管理系统运行的控制参数的值，具体的控制参数值在下面实施例中再详细介绍），输出可以为热管理系统在第 k 时刻的温度。

具体实现时，可以基于开环模型预测得到的某个时刻的温度，与该时刻的实际温度进行比较，确定与各支路回路一一对应的 N 个初始体积。

30 之后，可以将开环模型转换为闭环模型，闭环模型为预测未来时刻的温度的模型。然后利用闭环模型对各支路回路对应的初始体积进行矫正，得到各支路回路对应的延迟体积。具体的校正方式可以是将通过闭环模型预测出的某一支路回路的温度，与该支路回路的真实温度进行比对，基于比对结果，对该初始提交进行校正。

通过上述方式，可以提高各支路回路对应的延迟体积确定的可靠性。

35 在本公开的一些实施例中，延迟体积的意义在于模拟两个温度节点之间的延迟。

在本公开的实施例中，通过根据开环模型，确定与热管理系统中各支路回路一一对应

的 N 个初始体积；关闭开环模型，并利用关闭后的开环模型，对 N 个初始体积进行矫正，得到与热管理系统中各支路回路一一对应的 N 个延迟体积，如此可得到精确的与各支路回路一一对应的 N 个延迟体积，提高了各支路回路对应的延迟体积确定的可靠性。

步骤 3302，基于各支路回路中的换热部件对应的延迟体积，对热管理系统中各支路回路中的换热部件进行简化，得到热管理系统对应的第一模型。

其中，第一模型可以是基于各支路回路中的换热部件对应的延迟体积，对热管理系统中各支路回路中的换热部件进行简化后所得到的热管理系统的简化模型。

在一个示例中，可以根据上述构建的各支路回路中的换热部件对应的延迟体积，对热管理系统中各支路回路中的换热部件进行简化，得到图 4 所示的热管理系统对应的第一模型（需要说明的是，在图 2 中，制冷制热暖风系统是不工作的，如此才可将制冷制热暖风系统和换热器合并在一起，得到图 4 中的虚拟体积 V5）。

在图 4 中，虚拟体积 V1 为 T2.1-T2.3，途径 T2.2，包括风扇换热器。虚拟体积 V2 为 T4.1-T4.6，途径 T4.2-T4.5，包括制冷制热系统。虚拟体积 V3 为 T4.6-T4.9/T4.10，途径 T4.7 和 T4.8，包括换热器和三通阀。虚拟体积 V4 为 T4.9-T6.3/T6.6，途径 T6.1 和 T6.2，包括电池。虚拟体积 V5 为 T6.3-T6.5，途径 T6.4，包括电池和风扇换热器。虚拟体积 V6 为 T6.6-T6.8，途径 T6.7，包括换热器。

下图中的图 5 和图 6 中的虚拟体积 V1-虚拟体积 V6 均与图 4 中一致，下面介绍时不再赘述。

步骤 3303，合并第一模型中不同支路回路中温度相同的温度节点，得到热管理系统对应的第二模型。

其中，第二模型可以是第一模型中不同支路回路中温度相同的温度节点进行合并后得到的热管理系统的简化模型。

在一个示例中，参考图 4，温度节点 T1.2、T2.1 和 T3.2 属于不同的支路回路，但其温度是相同的，未经过热传导，故可以将图 5 中的温度节点 T1.2、T2.1 和 T3.2 进行合并。此外，图 4 中的温度节点 T6.6 和 T6.3 属于不同的支路回路，但其温度是相同的，未经过热传导，故可以将图 4 中的温度节点 T6.6 和 T6.3 进行合并。图 4 中的温度节点 T1.1 和 T5 属于不同的支路回路，但其温度是相同的，未经过热传导，故可以将图 4 中的温度节点 T6.6 和 T6.3 进行合并。如此可得到图 5 所示的第二模型。

步骤 3304，将第二模型中无热源传导的相邻两个混水点合并为一个混水点，得到热管理系统对应的目标模型。

其中，目标模型可以是第二模型中无热源传导的相邻两个混水点合并为一个混水点后最终得到的热管理系统的简化模型。

在一个示例中，如图 5 所示，混水点 1 和混水点 2 是相邻两个混水点，且这两个混水点之间无热源传导，且要计算的发动机的出口温度节点和电池的出口温度节点均不在混水点 1 和混水点 2 之间，故可将混水点 1 和混水点 2 合并为一个混水点，即得到图 6 所示的目标模型。

如此经过上述简化后，热管理系统中共有 6 个虚拟体积，热管理系统中要处理的温度节点由原来的 28 个降低到了 13 个，如此计算简单，提升了计算效率，节省了计算算力。

在本公开的一些实施例中，为了精确计算出口温度，在步骤 3304 之后，上述所涉及的热管理系统建模方法还可以包括：

- 5 基于目标模型中各支路回路之间的流量关系，构建第一目标支路回路的局部流量模型；
 基于第一目标支路回路的局部流量模型，计算第一目标支路回路对应的流量；
 基于第一目标支路回路对应的流量，以及第一目标支路回路的延迟体积对应的温度延迟模型，确定第一目标支路回路的温度。

其中，第一目标支路回路可以为各支路回路中的至少一个支路回路。

- 10 在本公开的实施例中，可以根据第一目标模型中各支路回路之间的流量关系，构建出第一目标支路回路的局部流量模型的，然后根据该局部流量模型，可计算出第一目标支路回路对应的流量，根据该第一目标支路回路对应的流量，以及第一目标支路回路的延迟体积对应的温度延迟模型，可精确确定第一目标支路回路的温度。

- 15 在本公开的一些实施例中，所述基于目标模型中各支路回路之间的流量关系，构建第一目标支路回路的局部流量模型，具体可以包括：

 基于目标模型中支路回路的数量，以及第一目标模型中各支路回路之间的流量关系式，确定第一目标支路回路；

 基于第一目标支路回路中的换热部件的类型，构建与第一目标支路回路中的换热部件的类型对应的局部流量模型。

- 20 在本公开的一些实施例中，在图 6 所示的目标模型中具有 8 个支路回路（即图 6 中的 Q1-Q8），根据图 6 中各支路回路之间的流量关系（同一温度节点或者同一闭环支路回路的流入流量等于流出流量），可得到如下公式（1）-公式（2）所示的各支路回路之间的流量关系式：

$$Q1 = Q2 + Q3 + Q6 \quad (1)$$

$$Q3=Q5$$

$$Q6=Q7+Q8$$

由于 Q6 和 Q2 的流量取决于节流阀开度，故有如下公式（2）所示的关系：

$$Q2 = f(\text{节流阀阀门开度}, Q1 - Q3) \quad (2)$$

- 25 如此在该目标模型中共具有 8 个流量，4 个方程，故在构建局部流量模型时仅需要构建 4 个支路回路的局部流量模型即可。例如可以是构建支路回路 Q1、Q2、Q6 和 Q7 的局部流量模型。

- 30 在本公开的一些实施例中，因为不同的换热部件类型具有不同的局部流量构建方法，故在构建第一目标支路回路的局部流量模型时，需要根据第一目标支路回路中的换热部件的类型，构建与第一目标支路回路中的换热部件的类型对应的局部流量模型。

 在本公开的实施例中，可以基于第一目标模型中支路回路的数量，以及第一目标模型中各支路回路之间的流量关系式，确定第一目标支路回路；然后基于第一目标支路回路中

的换热部件的类型，构建与第一目标支路回路中的换热部件的类型对应的局部流量模型，如此精确构建出第一目标支路回路对应的局部流量模型，进而得到精确的第一目标支路回路的出口温度。

在本公开的一些实施例中，在第一目标支路回路中的换热部件的类型为发动机类型的情况下，所述构建与第一目标支路回路中的换热部件的类型对应的局部流量模型，具体可以包括：

对发动机的历史工况参数，以及历史工况参数与燃烧气体之间的换热系数进行拟合，得到发动机的工况参数与燃烧气体之间的换热系数的第一对应关系式；

对目标支路回路中冷却液的质量流量，以及冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数进行拟合，得到冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数的第二对应关系式；

基于发动机对应的双层平板模型，根据发动机内的冷却液和燃烧气体之间的稳态换热守恒公式，对第一对应关系式和第二对应关系式进行拟合，得到燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系。

其中，历史工况参数可以是在本次预测发动机冷却系统的温度之前，发动机的工况参数。

第一对应关系式可以是发动机的工况参数与燃烧气体之间的换热系数之间的关系式。

第二对应关系式可以是冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数之间的关系式。

燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系可以为构建的与目标支路回路中的换热部件的类型对应的局部流量模型。

在本公开的一些实施例中，可以将发动机换热模型进行简化，具体的可以是将发动机换热模型简化为双层平板换热模型（如图7所示）。在图7中，发动机700内侧为燃烧气体（图中未示出），内缸壁710和外缸壁720之间的为冷却液（图中未示出）。燃烧气体燃烧后，热量通过对流换热流入内缸壁710，加热内缸壁，内缸壁则加热冷却液，冷却液获的能量后温度升高，加热外缸壁720，与此同时外缸壁和外界环境发生自燃对流换热。

在本公开的后续实施例中，可以假设缸盖与内缸壁是一体的，其与外缸壁之间没有热传导，缸壁可以为均匀加热的，不考虑内部温差。

在本公开的一些实施例中，可以对发动机的历史工况参数，以及历史工况参数与燃烧气体之间的换热系数进行拟合，可得到如公式（3）所示的发动机的工况参数与燃烧气体之间的换热系数的第一对应关系式：

$$\alpha_1 = (a_1 * n^2 - b_1 * T^2 - c_1 * n * T + d_1 * n + f_1 * T + h_1) \quad (3)$$

其中，公式（3）中， α_1 为发动机的工况参数与燃烧气体之间的换热系数； n 为发动机的转速， T 为发动机的扭矩； a_1 、 b_1 、 c_1 、 d_1 、 f_1 和 h_1 均为常数量，其基于发动机的型号确定。

在本公开的一些实施例中，上述公式（3）中的各常数量可以是： $a_1 = -6.048e-07$ ，

$b1=0.00028$, $c1=0.000143$, $d1=0.0497$, $f1=0.00868$, $h1=35.6212$ 。

在本公开的一些实施例中，可以对冷却液的质量流量，以及冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数进行拟合，得到如公式（4）所示的冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数的第二对应关系式

$$\alpha_2 = (a_2 * \dot{m}^2 + b_2 * \dot{m} + c_2) \quad (4)$$

5 其中，公式（4）中， α_2 为冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数； \dot{m} 为发动机冷却液质量流量， a_2 、 b_2 和 c_2 均为常数量，其基于发动机的型号确定。

在本公开的一些实施例中，上述公式（3）中的各常数量可以是： $a_2=-2561.3$ ， $b_2=186.6$ ， $c_2=971.9$ 。

10 在本公开的一些实施例中，在得到第一对应关系式和第二对应关系式后，可基于发动机对应的双层平板模型，根据发动机内的冷却液和燃烧气体之间的稳态换热守恒公式，对第一对应关系式和第二对应关系式进行拟合，得到燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系。

15 在本公开的实施例中，通过计算出发动机冷却系统之间的换热系数，可基于该换热系数计算燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系，无需其他的多余计算，提升了燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系的计算效率，进而提升了目标支路回路的出口温度的确定效率。

20 在本公开的一些实施例中，为了进一步提升发动机冷却系统温度预测的精确性和效率，所述基于发动机对应的双层平板模型，根据发动机内的冷却液和燃烧气体之间的稳态换热守恒公式，对第一对应关系式和第二对应关系式进行拟合，得到燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系，具体可以包括：

基于内缸壁分别与燃烧气体和冷却液的换热面积，以及内缸壁的导热面积，对第一对应关系式和第二对应关系式进行拟合，得到发动机内热量传导热阻关系式；

25 基于热量传导热阻关系式，以及发动机对应的双层平板模型，根据发动机内的冷却液和燃烧气体之间的稳态换热守恒公式，对发动机内的内缸壁的入口到出口处的长度进行积分，得到燃烧气体、冷却液的入口温度和冷却液的出口温度之间的第三关系式；

将第三关系式与发动机的工况参数进行二次函数拟合，得到燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系。

其中，第三关系式可以是燃烧气体、冷却液的入口温度和冷却液的出口温度之间的对应关系式。

30 在本公开的一些实施例中，在稳态过程中，发动机外缸壁的温度和冷却液温度十分接近，因此可以认为冷却液和外缸壁的换热量较小，对冷却液的温度变化影响不大。在考虑冷却液温度变化时主要考虑冷却液和内缸壁之间的换热，由内缸壁分别与燃烧气体和冷却液的换热面积，以及内缸壁的导热面积，对第一对应关系式和第二对应关系式进行拟合，根据稳态换热串联换热公式，可获得如下公式（5）所示的发动机内热量传导热阻关系式：

$$Q = (T_{gas} - T_w) / \left(\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 * A_1} + \frac{1}{\lambda_1 * A_2} + \frac{1}{\alpha_2 * A_3}} \right) \quad (5)$$

其中，公式（5）中， T_{gas} 为燃烧气体温度； T_w 为冷却液的温度， A_1 为燃烧气体与内缸壁的换热面积； A_2 为内缸壁的导热面积； A_3 为内缸壁与和冷却液的换热面积； λ_1 为内缸壁的导热系数（是一个常数量，其与内缸壁的材质有关）； α_1 为发动机的工况参数与燃烧气体之间的换热系数； α_2 为冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数。

5 在本公开的一些实施例中，为了简便计算，可使 $A_1=A_2=A_3$ ， $\alpha=1/(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2})$ ，则可得公式（6）：

$$Q = \alpha * A * (T_{gas} - T_w) \quad (6)$$

其中，公式（5）中， $\alpha=1/(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2})$ ； $A_1=A_2=A_3=A$ ； T_{gas} 为燃烧气体温度； T_w 为冷却液的温度。

10 然后根据稳态换热能量守恒公式（7）和（8），将公式（7）和（8）联立，并对发动机内的内缸壁的入口到出口处的长度进行积分，得到燃烧气体、冷却液的入口温度和冷却液的出口温度之间的第三关系式（即公式（9））：

$$Q = \dot{m} * C_p * dT_w \quad (7)$$

其中，公式（7）中， C_p 为冷却液定压比热； \dot{m} 为发动机冷却液质量流量； dT_w 为冷却液的入口温度和出口温度的差值。

$$Q = \alpha * dA * (T_{gas} - T_w) = \alpha * L_c * dx * (T_{gas} - T_w) \quad (8)$$

15 其中，公式（8）中， L_c 为换热部件（内缸壁、冷却液、燃烧气体和外缸壁）的特征长度，表示每单位长度对应的换热面积， x 为换热部件的长度； $\alpha=1/(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2})$ ； T_{gas} 为燃烧气体温度； T_w 为冷却液的温度。

$$\frac{T_{gas} - T_{w, out}}{T_{gas} - T_{w, in}} = e^{-\frac{\alpha * A}{m * C_p}} \quad (9)$$

其中，公式（9）中， T_{gas} 为燃烧气体温度； $T_{w, out}$ 为冷却液的出水温度， $T_{w, in}$ 为冷却液的入水温度； m 为水的质量； $A_1=A_2=A_3=A$ ； $\alpha=1/(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2})$ ； C_p 为冷却液定压比热。

为了简便计算，可以令 $N=e^{-\frac{\alpha * A}{m * C_p}}$ ，如此，对公式（9）进行变形，可得到公式（10）：

$$T_{gas} = (T_{w, out} - N * T_{w, in}) / (1 - N) \quad (10)$$

20 其中，公式（10）中， T_{gas} 为燃烧气体温度； $T_{w, out}$ 为冷却液的出水温度， $T_{w, in}$ 为冷却液的入水温度。

如此可得到实验的稳态实验数据可以计算每一个工况对应的 T_{gas} ，这样就获得了发动机转速和扭矩，与燃烧气体温度的对应关系。

25 需要说明，发动机内气体的燃烧温度是随着冲程而变化的，但是由于气缸的热惯性，缸内壁温度变化不大，因此可以假设地认为燃烧是以一个四个冲程内的平均温度作用于发动机内缸壁。在得到公式（10）后，可将公式（10）与发动机的工况参数进行二次函数拟合，得到公式（11）所示的燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系：

$$T_{gas} = a * n^2 - b * T^2 - c * n * T + d * n + f * T + h \quad (11)$$

其中，公式（11）中， T_{gas} 为虚拟燃烧温度； n 为发动机的转速， T 为发动机的扭矩； a 、 b 、 c 、 d 、 f 和 h 均为常数量，其基于发动机的型号确定。

在本公开的一些实施例中，上述公式（11）中的各常数量可以是： $a=-9.04e-08$ ， $b=0.000844$ ， $c=7.737e-0.5$ ， $d=0.0178$ ， $f=0.552$ ， $h=91.043$ 。

5 在本公开的一些实施例中，在稳态条件下，发动机已经到达稳定的较高温度，因此燃烧初始的进气温度高于冷启动的进气温度，为了更好的拟合冷启动进气温度，用入水温度表示不同的冷启动阶段对该现象进行修正，对上述公式（11）进行修正后，得到公式（12）：

$$T_{gas} = (a * n^2 - b * T^2 - c * n * T + d * n + f * T + h) \frac{T_{w,in}}{T_{w,in,measure}} \quad (12)$$

其中，公式（12）中， $T_{w,in}$ 是冷启动的进气温度； $T_{w,in,measure}$ 为燃烧初始的进气温度。需要说明的是，修正公式（即公式（12））中的温度均为开尔文温度。

10 在本公开的实施例中，通过根据内缸壁分别与燃烧气体和冷却液的换热面积，以及内缸壁的导热面积，对第一对应关系式和第二对应关系式进行拟合，得到发动机内热量传导热阻关系式；然后基于热量传导热阻关系式，根据发动机内的冷却液和燃烧气体之间的稳态换热守恒公式，得到燃烧气体、冷却液的入口温度和冷却液的出口温度之间的第三关系式，将第三关系式与发动机的工况参数进行二次函数拟合，可得到燃烧气体温度与发动机的
15 工况参数的函数关系，如此在得到燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系的过程中，仅参考了内缸壁分别与燃烧气体和冷却液的换热面积，以及内缸壁的导热面积，无需参考其他的不精确的参数，进而可得到精确的燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系，进而提升了发动机冷却系统温度预测的精确性，此外在计算的过程中，无需计算换热件中间的温度，仅计算换热件的入口处温度和出口处温度即可，如此提升了燃烧气体温度
20 与发动机的工况参数的函数关系的计算效率，进而提升了目标支路回路的出口温度的确定效率。

在本公开的一些实施例中，在第一目标支路回路中的换热部件的类型为非发动机类型的情况下，所述构建与第一目标支路回路中的换热部件的类型对应的局部流量模型，具体可以包括：

25 基于获取的热管理系统的第一流量数据，搭建热管理系统对应的物理模型；
基于第一流量数据，对物理模型的模型参数进行修正，得到热管理系统对应的目标物理模型；

基于目标物理模型，计算热管理系统中第一目标支路回路的换热部件处冷却液的第二流量数据；

30 根据第二流量数据及其对应的控制热管理系统运行的目标特征参数，构建训练样本；
基于训练样本对预设模型进行训练，得到用于确定冷却液在第一目标支路回路的换热部件处的局部流量模型。

其中，第一流量数据可以是在实验的过程中，获取的热管理系统的关键的流量数据，

具体的可以是热管理系统的整体流量数据，也可以是图 1 中的热管理系统中的某一关键的换热部件（例如可以是电池或者发动机等）的局部流量数据。

在本公开的一些实施例中，通过获取的热管理系统的第一流量数据，可搭建出热管理系统对应的整体的物理模型，即图 1 中的物理模型。

5 在本公开的一些实施例中，如何构建热管理系统对应的整体的物理模型属于相关技术，在此不再赘述。

物理模型的模型参数可以是构建物理模型时所用到的冷却液的水泵压升、换热环境的压降和冷却液的沿程管壁的损耗等。

10 预设模型可以是预先设置的模型，对该预设模型进行训练后，可得到用于确定冷却液在目标换热部件处的局部流量模型。该预设模型可以是神经网络模型，还可以是其他可用于预测目标换热部件处的局部流量的模型，这里不做限定。

目标换热部件可以是要预测局部流量的换热部件，例如可以是上述图 1 中电池、水泵等。

15 目标物理模型可以是对物理模型的模型参数进行修正，得到热管理系统对应的物理模型。

由于知道热管理系统的物理模型在某一对应的流量数据的情况下，其模型参数是怎样的，故可根据第一流量数据，对物理模型的模型参数进行修正，得到热管理系统对应的目标物理模型。

20 在本公开的一些实施例中，对物理模型的模型参数进行修正可以是工程师手动修正，也可以是通过其他方式进行自动修正，在此不做限定。

其中，目标换热部件可以是要计算的此处的冷却液的流量的换热部件。具体的可以是图 1 中电池、发动机或换热器等。

第二流量数据可以是基于目标物理模型计算出的目标换热部件处冷却液的流量数据。

25 在本公开的一些实施例中，由于在实验过程中，有些换热部件处的冷却液的流量无法测量得到，但该换热部件的处的冷却液的流量是很重要的。且热管理系统的整体的物理模型（目标物理模型）可以简单计算出该换热部件的处的冷却液的流量，故可以根据目标物理模型计算出热管理系统中目标换热部件处冷却液的流量数据（第二流量数据）。例如可以根据图 1 中的电池处冷却液的流量，计算出发动机处冷却液的流量。

30 其中，目标特征参数可以是控制热管理系统运行的特征参数。还可以是对控制热管理系统运行的特征参数进行预设的处理后所得到的特征参数。

35 在本公开的实施例中，通过基于获取的热管理系统的第一流量数据，搭建热管理系统对应的物理模型；基于第一流量数据，对物理模型的模型参数进行修正，得到热管理系统对应的目标物理模型；然后基于目标物理模型，计算热管理系统中目标换热部件处冷却液的第二流量数据；根据第二流量数据及其对应的控制热管理系统运行的目标特征参数，构建训练样本；基于训练样本对预设模型进行训练，得到用于确定冷却液在目标换热部件处的局部流量模型，如此可得到精确计算冷却液的局部流量的局部流量模型，进而可构建的

该局部流量模型得到冷却液在目标部件处的局部流量，如此计算简单快速，且得到的冷却液在目标部件处的局部流量精确，提升了冷却液在目标部件处的局部流量的精确性和高效性。

5 在本公开的一些实施例中，为了进一步精确构建用于确定冷却液在目标换热部件处的局部流量模型，在所述根据第二流量数据及其对应的控制热管理系统运行的目标特征参数，构建训练样本之前，上述所涉及的热管理系统建模方法还可以包括：

获取控制热管理系统运行的第一特征参数；

根据第一特征参数与第一流量数据之间的对应关系，确定与第一流量数据关联的至少一个关联特征参数；

10 根据各关联特征参数，确定目标特征参数。

其中，第一特征参数可以是控制热管理系统运行的直接特征参数，例如可以是水泵转速、温度、阀门开度、发动机转速和发动机扭矩等。

关联特征参数可以是根据与第一流量数据的对应关系，对第一特征参数进行扩展后得到的特征参数。

15 在一个示例中，第一特征参数有水泵转速、温度、阀门开度、发动机转速和发动机扭矩，对上述第一特征参数分别进行扩展，可得到水泵转速的关联特征参数：转速的平方和转速的 3 次方。对温度进行扩展，可得到温度的关联特征参数：温度的平方、温度的 3 次方和温度的 4 次方。对阀门开度进行扩展，可得到阀门开度的关联特征参数：阀门开度的平方和阀门开度的 3 次方。对发动机转速和发动机扭矩进行扩展，可得到发动机转速和发动机扭矩的关联特征参数：发动机转速和发动机扭矩的乘积，以及发动机转速和发动机扭矩的乘积的积分等。

目标特征参数可以是基于各关联特征参数的特征参数，例如可以是对各关联特征参数进行预设处理，得到的特征参数。

25 其中，预设模型可以是预先设置的模型，对该预设模型进行训练后，可得到用于确定冷却液在目标换热部件处的局部流量模型。

在本公开的实施例中，通过获取控制热管理系统运行的第一特征参数；然后根据第一特征参数与第一流量数据之间的对应关系，确定与第一流量数据关联的至少一个关联特征参数；根据各关联特征参数，确定目标特征参数，如此可精确确定目标特征参数，进而精确构建出用于确定冷却液在目标换热部件处的局部流量模型。

30 在本公开的一些实施例中，为了精确得到目标特征参数，所述根据各关联特征参数，确定目标特征参数，可以包括：

步骤 A、将各关联特征参数分别依次输入到特征筛选模型中，分别得到与各关联特征参数对应的预测流量值；

35 步骤 B、针对每个关联特征参数，计算关联特征参数对应的预测流量值与热管理系统中冷却液的低流量值的均方误差；

步骤 C、将最小的均方误差对应的关联特征参数，作为第一候选特征参数；

步骤 D、将特征筛选模型的输出更新为热管理系统中冷却液的高流量值，返回执行步骤 A 至 C，得到第二候选特征参数；

步骤 E、将第一候选特征参数和第二候选特征参数，作为目标特征参数。

其中，特征筛选模型可以是通过学习各关联特征参数和热管理系统中冷却液的流量值的关系得到。

在本公开的一些实施例中，特征筛选模型可以是基于联合概率分布的广义回归神经网络 (generalized regression neural network, GRNN)。该模型的输入量可以是各关联特征参数，输出量可以是热管理系统中冷却液的流量值。

预测流量值可以是将各关联特征参数分别依次输入到特征筛选模型中后，特征筛选模型基于各关联特征参数，预测出的与各关联特征参数对应的流量值。

低流量值可以是流量值小于或等于第一预设流量阈值的流量值。该低流量值可以在冷却液的流量范围内的一个较低的流量值。

这里的第一预设流量阈值可以是预先设置的低流量值的阈值例如冷却液的流量范围为 500-1000 之间，则低流量值可以是 500-700 之间。

第一候选特征参数可以是计算出的关联特征参数对应的预测流量值与热管理系统中冷却液的低流量值的均方误差中最小的均方误差对应的关联特征参数。

高流量值可以是流量值大于或等于第二预设流量阈值的流量值。该高流量值可以在冷却液的流量范围内的一个较高的流量值。

这里的第二预设流量阈值可以是预先设置的高流量值的阈值，例如冷却液的流量范围为 500-1000 之间，则高流量值可以是 700-1000 之间。

第二候选特征参数可以是计算出的各关联特征参数对应的预测流量值与热管理系统中冷却液的高流量值的均方误差中最小的均方误差对应的关联特征参数。

在一个示例中，若关联特征参数有发动机转速和扭矩的乘积，以及水泵转速的平方和水泵转速的 3 次方。则遍历所有的关联特征参数，即将发动机转速和扭矩的乘积，以及水泵转速的平方和水泵转速的 3 次方分别输入到特征筛选模型中，分别得到与发动机转速和扭矩的乘积，以及水泵转速的平方和水泵转速的 3 次方对应的预测流量值，若与发动机转速和扭矩的乘积对应的预测流量值为 550，与水泵转速的平方对应的预测流量值为 900，与水泵转速的 3 次方对应的预测流量值为 950。若特征筛选模型此时的因变量为 600 (即该特征筛选模型的输出的流量标准)，则分别计算 550、900 和 950 与 600 的均方误差，通过比较，可得到 550 与 600 的均方误差最小，则可将 550 对应的关联特征参数 (发动机转速和扭矩的乘积) 作为第一候选特征参数。

继续上述示例，将特征筛选模型此时的输出替换为高流量值，例如可以是 850。然后继续将发动机转速和扭矩的乘积，以及水泵转速的平方和水泵转速的 3 次方分别输入到特征筛选模型中，分别得到与发动机转速和扭矩的乘积，以及水泵转速的平方和水泵转速的 3 次方对应的预测流量值，若与发动机转速和扭矩的乘积对应的预测流量值为 550，与水泵转速的平方对应的预测流量值为 900，与水泵转速的 3 次方对应的预测流量值为 950。则分别

计算 550、900 和 950 与 850 的均方误差，通过比较，可得到 900 与 850 的均方误差最小，则可将 900 对应的关联特征参数（水泵转速的平方）作为第二候选特征参数。

然后将第一候选特征参数和第二候选特征参数作为目标特征参数，即将发动机转速和扭矩的乘积，以及水泵转速的平方作为最终的目标特征参数。

5 在本公开的一些实施例中，为了避免构建冷却液在目标换热部件处的局部流量模型的目标特征参数的冗余，可以在得到第一候选特征参数和第二候选特征参数后，将第一候选特征参数和第二候选特征参数按照其与热管理系统中冷却液的流量值的均方误差，由低到高进行排序，然后获取排序靠前的前 N 个特征参数作为最终的目标特征参数。如此即可保证精度，还可避免特征冗余。

10 在本公开的实施例中，通过将各关联特征参数利用特征筛选模型进行筛选，选取出可用于构建冷却液在目标换热部件处的局部流量模型的目标特征参数，如此可得到精确的冷却液在目标换热部件处的局部流量模型。

在本公开的一些实施例中，为了得到精确的局部流量模型，所述基于训练样本对预设模型进行训练，得到用于确定冷却液在目标换热部件处的局部流量模型具体可以包括：

15 基于训练样本对预设模型进行训练，得到至少一个用于确定冷却液在目标换热部件处的初始局部流量模型；

获取各初始局部流量模型在计算冷却液在目标换热部件处的局部流量时的精确度；

基于精确度，从各初始局部流量模型中选取出精确度最高的初始局部流量模型，作为用于确定目标换热部件处冷却液局部流量的局部流量模型。

20 其中，初始局部流量模型可以是利用训练样本对预设模型进行训练后，所得到的模型。

在本公开的一些实施例中，可以是将获取的第二流量数据及其对应的控制热管理系统运行的目标特征参数随机划分为训练集和测试集（具体的可以是按照 85%和 15%的比例进行划分），然后利用训练样本对预设模型进行训练，得到至少一个用于确定冷却液在目标换热部件处的初始局部流量模型，然后利用 k 检验计算各初始局部流量模型预测出的冷却液在目标换热部件处的局部流量的精确度，根据该精确度，从各初始局部流量模型中选取出精确度最高的初始局部流量模型，然后利用测试集对选取出的精确度最高的初始局部流量模型进行测试验证，得到验证结果（即该精确度最高的初始局部流量模型是否可以精确预测出目标换热部件处的局部流量），若该验证结果良好，则可将该精确度最高的初始局部流量模型作为用于确定目标换热部件处冷却液局部流量的局部训练模型，如此可得到最为精确的局部流量模型。

30 在本公开的一些实施例中，还可以是将得到的至少一个用于确定冷却液在目标换热部件处的初始局部流量模型，分别利用测试集进行测试验证，然后得到各初始局部流量模型的测试结果，然后利用 k 检验计算各初始局部流量模型预测出的冷却液在目标换热部件处的局部流量的精确度和测试精度，基于该精确度和测试精度来选取出用于确定目标换热部件处冷却液局部流量的局部训练模型，具体的可以是综合精确度和测试精度来选取出用于确定目标换热部件处冷却液局部流量的局部训练模型。

在本公开的实施例中，通过利用训练样本对预设模型进行训练，得到至少一个用于确定冷却液在目标换热部件处的初始局部流量模型，然后计算各初始局部流量模型预测出的冷却液在目标换热部件处的局部流量的精确度，根据该精确度，从各初始局部流量模型中

5 选取出精确度最高的初始局部流量模型，作为用于确定目标换热部件处冷却液局部流量的局部训练模型，如此可得到最为精确的局部流量模型。

在本公开的一些实施例中，所述基于第一目标支路回路对应的流量，以及第一目标支路回路的延迟体积对应的温度延迟模型，确定第一目标支路回路的温度，具体可以包括：

基于热管理系统在第一时刻的第一温度，第一目标支路回路在第一时刻的流量值和第一目标支路回路对应的延迟体积，更新第一目标支路回路对应的流量积分的温度延迟模型；

10 根据第一目标支路回路在第一时刻的流量值，及第一目标支路回路对应的延迟体积，确定第一目标支路回路在第一时刻的延迟流量值；

将更新后的第一目标支路回路对应的流量积分的温度延迟模型中，第一目标支路回路在第一时刻的延迟流量值对应的温度，确定为第一目标支路回路在第二时刻的温度；

15 其中，第一时刻可以是要计算热管理系统的出口温度的初始时刻。也可以是初始时刻之后，目标时刻之前的任意时刻。

初始时刻可以是开始要预测热管理系统的出口温度的时刻。

第一温度可以是热管理系统的出口温度在初始时刻的温度。

目标时刻可以是要预测热管理系统的出口在哪个时刻的温度。

第二时刻可以位于第一时刻之后，且第二时刻与第一时刻可以间隔一个单位时间步长。

20 在本实施例中，可以为各支路回路分别设置一个流量积分的温度延迟模型，各支路回路在某个时刻的出口处的输出温度，可以基于其对应的流量积分的温度延迟模型确定。

某一支路回路（例如可以是第一目标支路回路）的流量积分的温度延迟模型的输入为：该支路回路在某时刻的延迟流量值，输出为：该支路回路的出口处在该时刻的温度。

25 某一支路回路在某时刻的延迟流量值，可以基于该支路回路从初始时刻到该时刻的累计流量值，即该支路回路在该时刻的累计流量值，以及该支路回路的延迟体积确定。在一些具体实施例中，假设该支路回路从初始时刻到该时刻的累计流量值为 $\int \dot{Q}$ ，该支路回路的延迟体积为 V_i ，那么，该支路回路在该时刻的延迟流量值为： $\int \dot{Q} - V_i$ 。

该支路回路在某时刻的累计流量值，可以为该时刻的流量值和历史流量值的和。某时刻的历史流量值为初始时刻至该时刻的上一时刻的流量值之和。

30 某时刻的流量值可以基于该时刻的控制参数值确定。具体实现时，可以基于上述的局部流量模型得到。

流量积分的温度延迟模型，可以理解为基于查表的模型，为方便理解，请参见图 8。如图 8 所示，在确定某时刻的温度时，可以先确定该时刻的累计流量值；之后，基于延迟体积，确定该时刻的延迟流量值；之后，将该延迟流量值对应的温度，确定为该时刻的温度。

35 另外，流量积分的温度延迟模型在迭代计算过程中实时更新每执行一次迭代运算，更新一次流量积分的温度延迟模型。具体实现时，在一次迭代运算中，第 i 个支路回路的温

度，会影响第 $i+1$ 个支路回路的流量积分的温度延迟模型的更新，从而可以提高预测的可靠性。

由前述内容可知，所述热管理系统在第二时刻的第二温度可以理解为：第 N 个支路回路的输出温度。因此，在本实施例中，在更新各支路回路分别对应的流量积分的温度延迟模型之后，可以通过计算第 P 个支路回路在所述第一时刻的累计流量值，考虑热传导延迟的影响，基于第 P 个支路回路的累计流量值和虚拟体积，确定第 P 个支路回路在所述第一时刻的延迟流量值，之后，将其输入第 P 个支路回路对应的流量积分的温度延迟模型，得到第 P 个支路回路的输出温度，即所述热管理系统在第二时刻的第二温度。

在本公开的实施例中，通过基于热管理系统在第一时刻的第一温度，第一目标支路回路在第一时刻的流量值和第一目标支路回路对应的延迟体积，更新第一目标支路回路对应的流量积分的温度延迟模型；根据第一目标支路回路在第一时刻的流量值，及第一目标支路回路对应的延迟体积，确定第一目标支路回路在第一时刻的延迟流量值；将更新后的第一目标支路回路对应的流量积分的温度延迟模型中，第一目标支路回路在第一时刻的延迟流量值对应的温度，确定为第一目标支路回路在第二时刻的温度，如此可精确确定第一目标支路回路在第二时刻的温度。

在本公开的一些实施例中，所述基于热管理系统在第一时刻的第一温度，第一目标支路回路在第一时刻的流量值和第一目标支路回路对应的延迟体积，更新第一目标支路回路对应的流量积分的温度延迟模型具体可以包括：

根据目标对象和第一目标支路回路在第一时刻的流量值，计算第一目标支路回路的参考温度；

根据参考温度，以及第二目标支路回路在第一时刻的流量值，更新第二目标支路回路对应的流量积分的温度延迟模型；所述第二目标支路回路为在目标模型中，与第一目标支路回路相邻，且沿着冷却液的流动方向位于第一目标支路回路之前的支路回路；

其中， u 为大于或等于 1，小于 N 的整数； N 为目标模型中的支路回路的数量；第二目标支路回路在 u 等于 1 的情况下，目标对象可以为第一温度；

在 u 大于 1 的情况下，目标对象可以为第二目标支路回路在第二时刻的输出温度；其中，第二目标支路回路在第二时刻的输出温度基于第二目标支路回路在第一时刻的流量值、第二目标支路回路对应的延迟体积，以及更新后的第二目标支路回路对应的流量积分的温度延迟模型确定。

针对第一个支路回路对应的流量积分的温度延迟模型，可以根据第一温度和第一个支路回路在第一时刻的流量值，计算第一参考温度；根据第一参考温度，以及第一个支路回路在第一时刻的流量值，更新第一个支路回路对应的流量积分的温度延迟模型。

具体实现时，可以根据第一个支路回路在所述第一时刻的流量值，以及第一个支路回路在第一时刻的历史流量值，确定第一个支路回路在第一时刻的累计流量值；根据第一个支路回路在第一时刻的累计流量值，以及第一个支路回路对应的延迟体积，确定第一个支路回路在所述第一时刻的延迟流量值。上述流量值、累计流量值和延迟流量值的确定方式

与前述第 P 个热支路回路的确定方式相同，具体可参见前述相关描述，此处不再赘述。

之后，可以将第一个支路回路在所述第一时刻的延迟流量值和所述第一参考温度，增加至第一个支路回路对应的流量积分的温度延迟模型中。如图 8 所示，可以在曲线中增加第一点，第一点对应的横坐标为：第一个支路回路在第一时刻的延迟流量值，第一点对应的纵坐标为：第一参考温度。

针对第二个支路回路对应的流量积分的温度延迟模型，可以根据第一个支路回路在第二时刻的输出温度和第二个支路回路在第一时刻的流量值，计算第二参考温度；根据第二参考温度，以及第二个支路回路在第一时刻的流量值，更新第一个支路回路对应的流量积分的温度延迟模型。

由前述内容可知，各支路回路的输出温度可以基于各支路回路的流量积分的温度延迟模型确定。具体实现时，可以根据第一个支路回路在第一时刻的流量值和第一个支路回路对应的延迟体积，以及更新后的第一个支路回路对应的流量积分的温度延迟模型，确定第一个支路回路在第二时刻的输出温度，具体确定方式可参见前述相关描述，此处不再赘述。

其他支路回路对应的流量积分的温度延迟模型的更新与第二个支路回路对应的流量积分的温度延迟模型的更新类似，为避免重复，此处不再赘述。

通过上述方式，可以实现各支路回路对应的流量积分的温度延迟模型的更新，从而提高温度预测的可靠性。

以下对参考温度的确定进行说明。

在一些实施例中，参考温度可以查表得到。

在另一些实施例中，参考温度可以基于模型得到。在此情况下，所述根据目标对象和第一目标支路回路在第一时刻的流量值，计算第一目标支路回路的参考温度，可以包括：

将目标对象和第一目标支路回路在第一时刻的流量值输入第一目标支路回路对应的换热模型中，得到第一目标支路回路的参考温度；

其中，所述换热模型用于：

根据第一目标支路回路在所述第一时刻的流量值，以及第一目标支路回路对应的特征长度，确定第一值；

根据第一值和目标对象，确定第一目标支路回路的参考温度。

在本实施例中，可以为各支路回路分别设置一个换热模型，用于更新某个支路回路分别对应的流量积分的温度延迟模型，可以通过该支路回路的换热模型确定。

具体实现时，第一值可以为第一目标支路回路在第一时刻的流量值，与支路回路对应的特征长度的比值，这样，可以补偿流量精度的不足，从而提高温度预测的可靠性。

特征长度可以理解为：单位长度对应的换热面积。不同支路回路对应的特征长度可以不同，特征长度可以通过实验数据设置。

为方便理解换热模型，以下以电池支路的换热模型的构建进行示例说明：

在稳态条件下，换热部件（在电池支路中，换热部件为电池）给冷却液传热后导致冷却液的温度变化，由于该温度变化导致的冷却液热量变化如上述公式（7）所示。

然后基于上述的公式(8)所示的换热部件与冷却液的换热关系式,将公式(7)和公式(8)进行联立,然后对换热部件的长度进行积分,得到如公式(9)所示的换热部件的温度与出口温度的关系式。

如此可基于公式(9)得到电池支路的输出温度。

5 在本公开的实施例中,可以通过支路回路对应的特征长度,确定支路回路的输出温度,这样,可以补偿流量精度的不足,从而可以提高温度预测的可靠性。

需要说明的是,本公开实施例提供的热管理系统建模方法,执行主体可以为热管理系统建模装置,或者该热管理系统建模装置中的用于执行热管理系统建模方法的控制模块。

10 基于与上述的热管理系统建模方法相同的发明构思,本公开还提供了一种热管理系统建模装置。下面结合图9对本公开实施例提供的热管理系统建模装置进行详细说明。

图9是根据一示例性实施例示出的一种热管理系统建模装置的结构示意图。

如图9所示,该热管理系统建模装置900可以包括第一获取模块910、第一确定模块920和第二确定模块930。

15 第一获取模块910,用于获取车辆的热管理系统中的多个温度节点,以及热管理系统中的多个支路回路。

第一确定模块920,用于基于各支路回路中换热部件,和/或,至少两个支路回路中的冷却液的温水点,确定所述热管理系统中无法合并的温度节点。

第二确定模块930,用于基于所述热管理系统中无法合并的温度节点,按照预设合并策略对所述热管理系统中的温度节点进行合并,得到热管理系统对应的目标模型。

20 在本公开的一些实施例中,通过第一获取模块获取热管理系统中的多个温度节点,以及热管理系统中的多个支路回路,可以根据第一确定模块基于各支路回路中换热部件,和/或,至少两个支路回路中的冷却液的温水点,确定热管理系统中满足预设条件的无法合并的温度节点,根据第二确定模块基于确定无法合并的温度节点,按照预设合并策略对所述热管理系统中的温度节点进行合并,得到热管理系统对应的目标模型,由于可按照预设合并策略不断将热管理系统中的温度节点进行合并,故最终得到的目标模型中的温度节点的数量小于最开始时热管理系统中的温度节点的数量,简化了热管理系统的结构,如此在计算热管理系统中的出水温度时,无需计算很多的温度节点的温度,提升了出水温度的计算效率,节省了计算算力。

30 在本公开的一些实施例中,为了进一步提升计算冷却液的出口温度的效率,第二确定模块930具体可以包括第一构建单元、第一确定单元、第二确定单元和第三确定单元。

第一构建单元,用于基于所述热管理系统中无法合并的温度节点,构建与各所述支路回路中的换热部件对应的延迟体积。

第一确定单元,用于基于各所述支路回路中的换热部件对应的延迟体积,对热管理系统中各支路回路中的换热部件进行简化,得到热管理系统对应的第一模型。

35 第二确定单元,用于合并所述第一模型中不同支路回路中温度相同的温度节点,得到热管理系统对应的第二模型。

第三确定单元，用于将所述第二模型中无热源传导的相邻两个混水点合并为一个混水点，得到热管理系统对应的目标模型。

在本公开的一些实施例中，为了精确构建与各支路回路中的换热部件对应的延迟体积，第一构建单元具体用于：

- 5 根据开环模型，确定与所述热管理系统中各支路回路一一对应的 N 个初始体积，其中，所述开环模型的输入为所述热管理系统在第 k 时刻的控制参数值，输出为所述热管理系统在第 k 时刻的温度；

关闭所述开环模型，并利用关闭后的所述开环模型，对所述 N 个初始体积进行矫正，得到与所述热管理系统中各支路回路一一对应的 N 个延迟体积。

- 10 在本公开的一些实施例中，为了精确计算出口温度，上述所涉及的热管理系统建模装置还可以包括第二构建模块、计算模块和第五确定模块。

第二构建模块，用于基于所述目标模型中各支路回路之间的流量关系，构建第二目标支路回路的局部流量模型；其中，所述第二目标支路回路为各支路回路中的至少一个支路回路。

- 15 计算模块，用于基于第二目标支路回路的局部流量模型，计算所述第二目标支路回路对应的流量。

第五确定模块，用于基于所述第二目标支路回路对应的流量，以及所述第二目标支路回路的延迟体积对应的温度延迟模型，确定所述第二目标支路回路的温度。

- 20 在本公开的一些实施例中，所述第二构建模块具体可以包括第四确定单元和第二构建单元。

第四确定单元，用于基于所述目标模型中支路回路的数量，以及所述目标模型中各支路回路之间的流量关系式，确定第二目标支路回路。

第二构建单元，用于基于所述第二目标支路回路中的换热部件的类型，构建与所述第二目标支路回路中的换热部件的类型对应的局部流量模型。

- 25 在本公开的一些实施例中，在所述第二目标支路回路中的换热部件的类型为发动机类型的情况下，所述第二构建单元具体可以用于：

对所述发动机的历史工况参数，以及所述历史工况参数与燃烧气体之间的换热系数进行拟合，得到所述发动机的工况参数与燃烧气体之间的换热系数的第一对应关系式；

- 30 对所述第二目标支路回路中冷却液的质量流量，以及所述冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数进行拟合，得到所述冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数的第二对应关系式；

- 35 基于发动机对应的双层平板模型，根据所述发动机内的冷却液和燃烧气体之间的稳态换热守恒公式，对所述第一对应关系式和所述第二对应关系式进行拟合，得到燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系；所述燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系为构建的与所述第二目标支路回路中的换热部件的类型对应的局部流量模型。

在本公开的一些实施例中，在所述第二目标支路回路中的换热部件的类型为非发动机

类型的情况下，所述第二构建单元具体可以用于：

基于获取的热管理系统的第一流量数据，搭建所述热管理系统对应的物理模型；

基于所述第一流量数据，对所述物理模型的模型参数进行修正，得到所述热管理系统对应的目标物理模型；

5 基于所述目标物理模型，计算所述热管理系统中第二目标支路回路的换热部件处冷却液的第二流量数据；

根据所述第二流量数据及其对应的控制所述热管理系统运行的目标特征参数，构建训练样本；

10 基于所述训练样本对预设模型进行训练，得到用于确定冷却液在第二目标支路回路的换热部件处的局部流量模型。

本公开实施例提供的热管理系统建模装置，可以用于执行上述各方法实施例提供的热管理系统建模方法，其实现原理和技术效果类似，为简介起见，在此不再赘述。

15 基于同一发明构思，本公开实施例还提供了一种热管理系统建模设备。该设备包括处理器、存储器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的程序或指令，所述程序或指令被所述处理器执行时实现本公开上述实施例中的任一实施例所述的热管理系统建模方法的步骤。

图 10 是本公开实施例提供的一种热管理系统建模设备的结构示意图。如图 10 所示，热管理系统建模设备可以包括处理器 1001 以及存储有计算机程序或指令的存储器 1002。

20 在一些具体实施例中，上述处理器 1001 可以包括中央处理器（CPU），或者特定集成电路（Application Specific Integrated Circuit，ASIC），或者可以被配置成实施本公开实施例的一个或多个集成电路。

25 存储器 1002 可以包括用于数据或指令的大容量存储器。举例来说而非限制，存储器 1002 可包括硬盘驱动器（Hard Disk Drive，HDD）、软盘驱动器、闪存、光盘、磁光盘、磁带或通用串行总线（Universal Serial Bus，USB）驱动器或者两个或更多个以上这些的组合。在合适的情况下，存储器 1002 可包括可移除或不可移除（或固定）的介质。在合适的情况下，存储器 1002 可在综合网关容灾设备的内部或外部。在特定实施例中，存储器 1002 是非易失性固态存储器。存储器可包括只读存储器（Read Only Memory image，ROM）、随机存取存储器（Random-Access Memory，RAM）、磁盘存储介质设备、光存储介质设备、闪存设备、电气、光学或其他物理/有形的存储器存储设备。因此，通常，存储器包括一个或多个
30 编码有包括计算机可执行指令的软件的有形（非暂态）计算机可读存储介质（例如，存储器设备），并且当该软件被执行（例如，由一个或多个处理器）时，其可操作来执行上述实施例提供的热管理系统建模方法所描述的操作。

处理器 1001 通过读取并执行存储器 1002 中存储的计算机程序指令，以实现上述实施例中的任意一种热管理系统建模方法。

35 在一个示例中，热管理系统建模设备还可包括通信接口 1003 和总线 1010。其中，如图 11 所示，处理器 1001、存储器 1002、通信接口 1003 通过总线 1010 连接并完成相互间的通

信。

通信接口 1003，主要用于实现本公开实施例中各模块、设备、单元和/或设备之间的通信。

总线 1010 包括硬件、软件或两者，将热管理系统建模设备的部件彼此耦接在一起。举例来说而非限制，总线可包括加速图形端口 (AGP) 或其他图形总线、增强工业标准架构 (EISA) 总线、前端总线 (FSB)、超传输 (HT) 互连、工业标准架构 (ISA) 总线、无限带宽互连、低引脚数 (LPC) 总线、存储器总线、微信道架构 (MCA) 总线、外围组件互连 (PCI) 总线、PCI-Express (PCI-X) 总线、串行高级技术附件 (SATA) 总线、视频电子标准协会局部 (VLB) 总线或其他合适的总线或者两个或更多个以上这些的组合。在合适的情况下，总线 1010 可包括一个或多个总线。尽管本公开实施例描述和示出了特定的总线，但本公开考虑任何合适的总线或互连。

该热管理系统建模设备可以执行本公开实施例中的热管理系统建模方法，从而实现图 3 描述的热管理系统建模方法。

另外，结合上述实施例中的热管理系统建模方法，本公开实施例可提供一种可读存储介质来实现。该可读存储介质上存储有程序指令；该程序指令被处理器执行时实现上述实施例中的任一实施例所述的热管理系统建模方法。

另外，结合上述实施例中的热管理系统建模方法，本公开实施例可提供一种车辆来实现。该车辆包括上述实施例中的热管理系统建模装置、热管理系统建模设备和计算机可读存储介质。

另外，结合上述实施例中的热管理系统建模方法，本公开实施例提供了一种计算机程序产品，包括计算机程序，所述计算机程序在被处理器执行时用于实现如上述实施例中的任一实施例所述的热管理系统建模方法。

另外，结合上述实施例中的热管理系统建模方法，本公开实施例提供了一种计算机程序，包括计算机程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，以使得计算机执行上述实施例中的任一实施例所述的热管理系统建模方法。

需要说明的是，前述对方法、装置实施例的解释说明也适用于上述实施例的热管理系统建模设备、车辆、计算机可读存储介质、计算机程序产品和计算机程序，此处不再赘述。

需要明确的是，本公开并不局限于上文所描述并在图中示出的特定配置和处理。为了简明起见，这里省略了对已知方法的详细描述。在上述实施例中，描述和示出了若干具体的步骤作为示例。但是，本公开的方法过程并不限于所描述和示出的具体步骤，本领域的技术人员可以在领会本公开的精神后，作出各种改变、修改和添加，或者改变步骤之间的顺序。

以上所述的结构框图中所示的功能块可以实现为硬件、软件、固件或者它们的组合。当以硬件方式实现时，其可以例如是电子电路、专用集成电路 (ASIC)、适当的固件、插件、功能卡等等。当以软件方式实现时，本公开的元素是被用于执行所需任务的程序或者代码段。程序或者代码段可以存储在机器可读介质中，或者通过载波中携带的数据信号在传输

介质或者通信链路上传送。“机器可读介质”可以包括能够存储或传输信息的任何介质。机器可读介质的例子包括电子电路、半导体存储器设备、ROM、闪存、可擦除 ROM(EROM)、软盘、CD-ROM、光盘、硬盘、光纤介质、射频(RF)链路,等等。代码段可以经由诸如因特网、内联网等的计算机网络被下载。

5 还需要说明的是,本公开中提及的示例性实施例,基于一系列的步骤或者装置描述一些方法或系统。但是,本公开不局限于上述步骤的顺序,也就是说,可以按照实施例中提及的顺序执行步骤,也可以不同于实施例中的顺序,或者若干步骤同时执行。

上面参考根据本公开的实施例的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图和/或框图描述了本公开的各方面。应当理解,流程图和/或框图中的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合可以由计算机程序指令实现。这些计算机程序指令可被提供给通用计算机、专用计算机、或其它可编程数据处理装置的处理器,以产生一种机器,使得经由计算机或其它可编程数据处理装置的处理器执行的这些指令使能对流程图和/或框图的一个或多个方框中指定的功能/动作的实现。这种处理器可以是但不限于是通用处理器、专用处理器、特殊应用处理器或者现场可编程逻辑电路。还可理解,框图和/或流程图中的每个方框以及框图和/或流程图中的方框的组合,也可以由执行指定的功能或动作的专用硬件来实现,或可由专用硬件和计算机指令的组合来实现。

需要说明的是,在本文中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

以上所述,仅为本公开的具体实施方式,所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,上述描述的系统、模块和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。应理解,本公开的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本公开揭露的技术范围内,可轻易想到各种等效的修改或替换,这些修改或替换都应涵盖在本公开的保护范围之内。

本公开所有实施例均可以单独被执行,也可以与其他实施例相结合被执行,均视为本公开要求的保护范围。

权利要求书

1、一种热管理系统建模方法，其特征在于，所述方法包括：

5 获取车辆的所述热管理系统中的多个温度节点，以及所述热管理系统中的多个支路回路；

基于各所述支路回路中的换热部件，和/或，至少两个所述支路回路中的冷却液的混水点，确定所述热管理系统中的无法合并的温度节点；

基于所述热管理系统中的所述无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的所述温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型。

10 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述基于所述热管理系统中无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的所述温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型，包括：

基于所述热管理系统中的所述无法合并的温度节点，构建与各所述支路回路中的所述换热部件对应的延迟体积；

15 基于各所述支路回路中的所述换热部件对应的所述延迟体积，对所述热管理系统中的各所述支路回路中的换热部件进行简化，得到所述热管理系统对应的第一模型；

合并所述第一模型中不同所述支路回路中温度相同的温度节点，得到所述热管理系统对应的第二模型；

20 将所述第二模型中无热源传导的相邻两个混水点合并为一个混水点，得到所述热管理系统对应的目标模型。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述构建与各所述支路回路中的所述换热部件对应的延迟体积还包括：

25 根据开环模型，确定与所述热管理系统中各所述支路回路一一对应的 N 个初始体积，其中，所述开环模型的输入为所述热管理系统在第 k 时刻的控制参数值，输出为所述热管理系统在第 k 时刻的温度；

关闭所述开环模型，并利用关闭后的所述开环模型，对所述 N 个初始体积进行矫正，得到与所述热管理系统中各所述支路回路一一对应的所述 N 个延迟体积。

4、根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法，其特征在于，在所述得到所述热管理系统对应的目标模型之后，所述方法还包括：

30 基于所述目标模型中各所述支路回路之间的流量关系，构建第二目标支路回路的局部流量模型；其中，所述第二目标支路回路为各所述支路回路中的至少一个支路回路；

基于所述第二目标支路回路的所述局部流量模型，计算所述第二目标支路回路对应的流量；

35 基于所述第二目标支路回路对应的流量，以及所述第二目标支路回路的延迟体积对应的温度延迟模型，确定所述第二目标支路回路的温度。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述基于所述目标模型中各所述支路回

路之间的流量关系，构建第二目标支路回路的局部流量模型包括：

基于所述目标模型中所述支路回路的数量，以及所述目标模型中各所述支路回路之间的流量关系式，确定所述第二目标支路回路；

5 基于所述第二目标支路回路中的换热部件的类型，构建与所述第二目标支路回路中的所述换热部件的类型对应的所述局部流量模型。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，基于所述第二目标支路回路中的所述换热部件的类型为发动机类型，

所述构建与所述第二目标支路回路中的所述换热部件的类型对应的所述局部流量模型包括：

10 对所述发动机的历史工况参数，以及所述历史工况参数与燃烧气体之间的换热系数进行拟合，得到所述发动机的工况参数与所述燃烧气体之间的所述换热系数的第一对应关系式；

15 对所述第二目标支路回路中冷却液的质量流量，以及所述冷却液的质量流量与发动机的缸壁之间的换热系数进行拟合，得到所述冷却液的质量流量与所述发动机的缸壁之间的换热系数的第二对应关系式；

基于发动机对应的双层平板模型，根据所述发动机内的冷却液和所述燃烧气体之间的稳态换热守恒公式，对所述第一对应关系式和所述第二对应关系式进行拟合，得到燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系；所述燃烧气体温度与发动机的工况参数的函数关系为构建的与所述第二目标支路回路中的所述换热部件的类型对应的所述局部流量模型。

20 7、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，基于所述第二目标支路回路中的所述换热部件的类型为非发动机类型，

所述构建与所述第二目标支路回路中的所述换热部件的类型对应的所述局部流量模型包括：

基于获取的所述热管理系统的第一流量数据，搭建所述热管理系统对应的物理模型；

25 基于所述第一流量数据，对所述物理模型的模型参数进行修正，得到所述热管理系统对应的目标物理模型；

基于所述目标物理模型，计算所述热管理系统中所述第二目标支路回路中的换热部件处冷却液的第二流量数据；

30 根据所述第二流量数据及其对应的控制所述热管理系统运行的目标特征参数，构建训练样本；

基于所述训练样本对预设模型进行训练，得到用于确定所述冷却液在所述第二目标支路回路中的换热部件处的所述局部流量模型。

8、一种热管理系统建模装置，其特征在于，所述装置包括：

35 第一获取模块，用于获取车辆的所述热管理系统中的多个温度节点，以及所述热管理系统中的多个支路回路；

第一确定模块，用于基于各所述支路回路中的换热部件，和/或，至少两个所述支路回

路中的冷却液的温水点，确定所述热管理系统中的无法合并的温度节点；

第二确定模块，用于基于所述热管理系统中的所述无法合并的温度节点，按照预设合并策略对所述热管理系统中的所述温度节点进行合并，得到热管理系统对应的目标模型。

5 9、一种热管理系统建模设备，其特征在于，所述热管理系统建模设备包括：处理器以及存储有计算机程序指令的存储器；所述处理器执行所述计算机程序指令时实现如权利要求 1 至 7 中任一项所述的热管理系统建模方法。

10、一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序指令，所述计算机程序指令被处理器执行时实现如权利要求 1 至 7 中任一项所述的热管理系统建模方法。

10 11、一种车辆，其特征在于，所述车辆包括以下至少一种：

如权利要求 8 所述的热管理系统建模装置；

如权利要求 9 所述的热管理系统建模设备；

如权利要求 10 所述的计算机可读存储介质。

15 12、一种计算机程序产品，包括计算机程序，所述计算机程序在被处理器执行时实现根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的热管理系统建模方法。

13、一种计算机程序，其特征在于，所述计算机程序包括计算机程序代码，当所述计算机程序代码在计算机上运行时，以使得计算机执行如权利要求 1 至 7 中任一项所述的热管理系统建模方法。

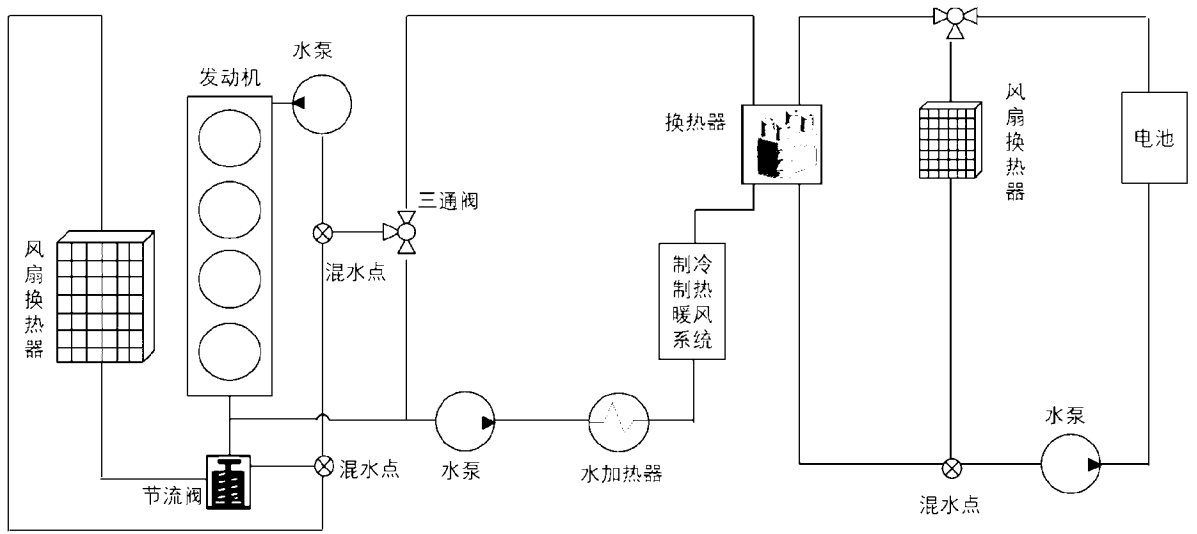


图 1

5

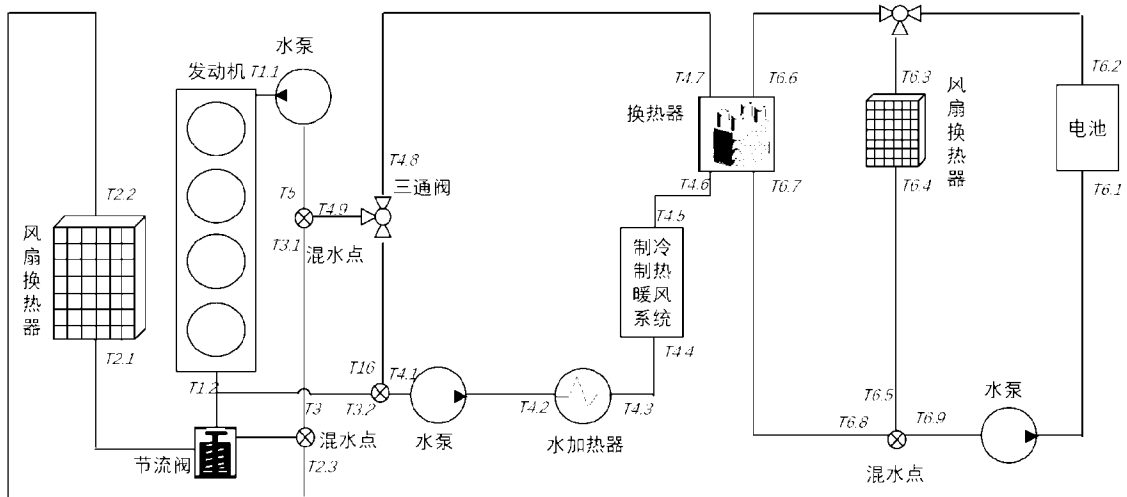


图 2

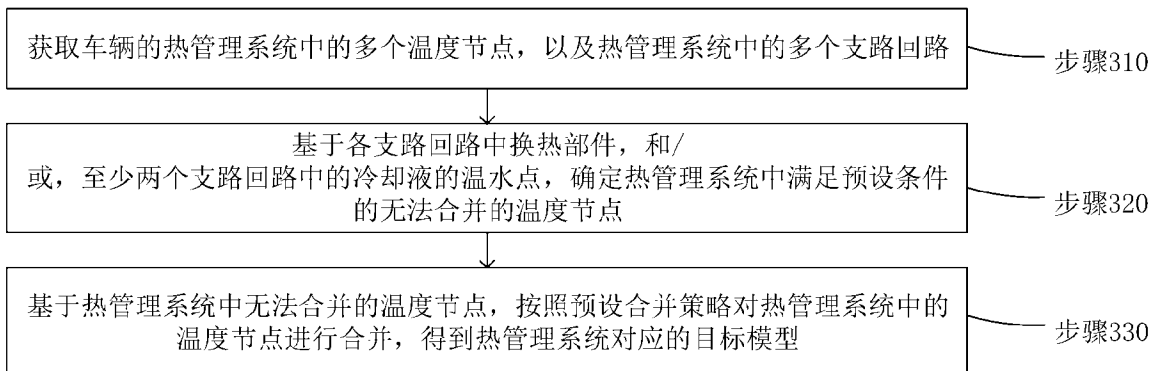


图 3

10

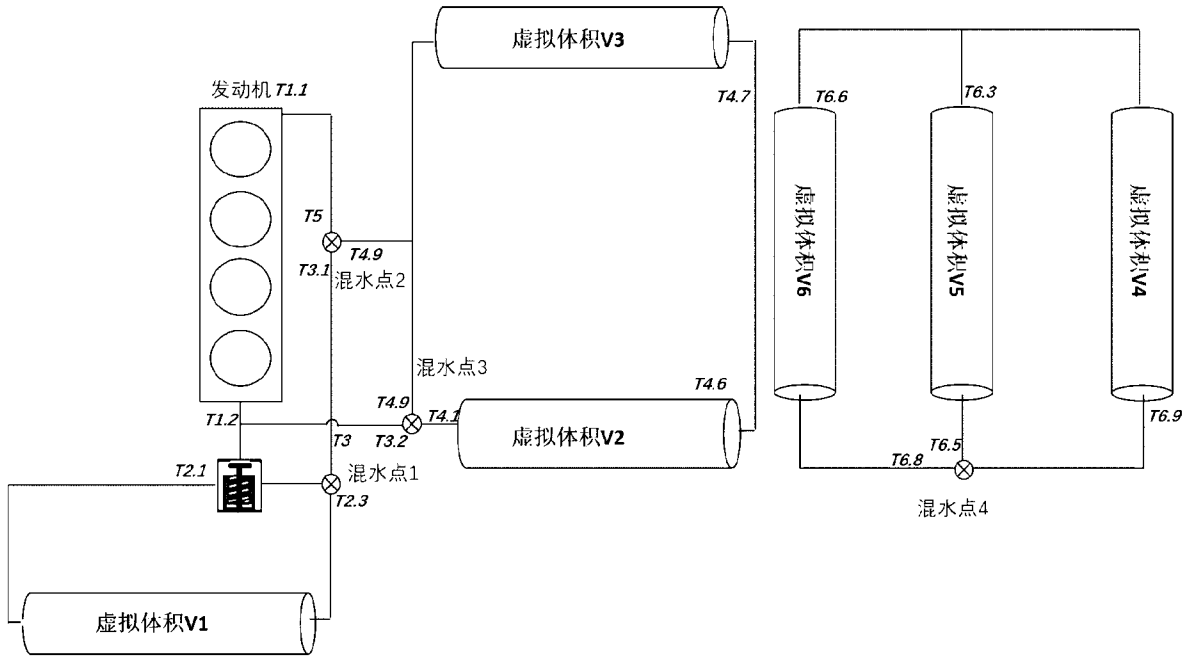
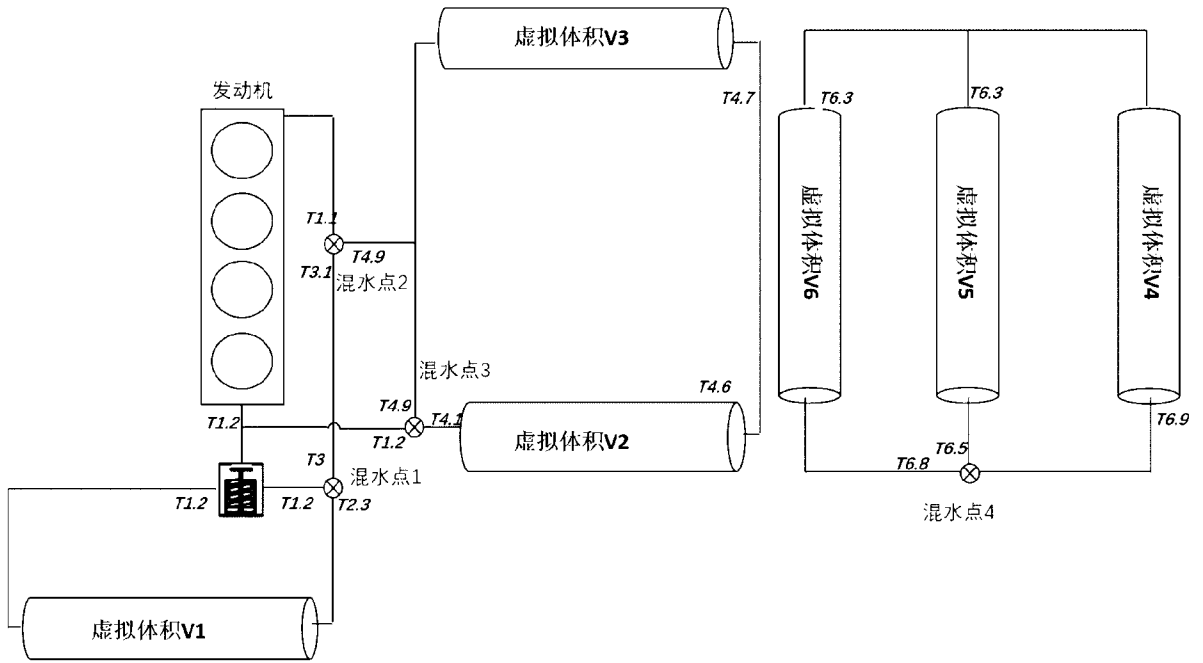


图 4



5

图 5

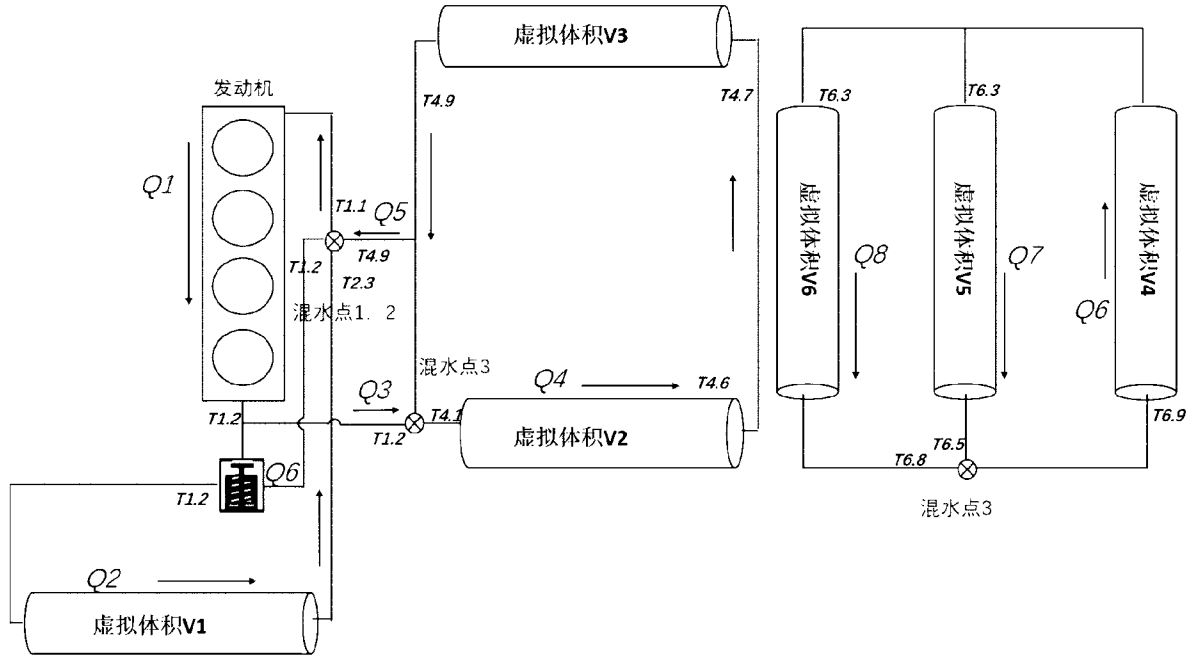


图 6



图 7

5

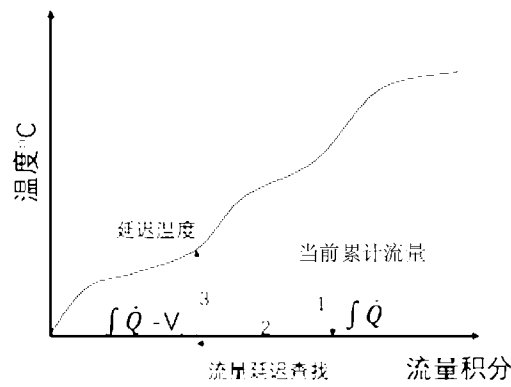


图 3

图 8

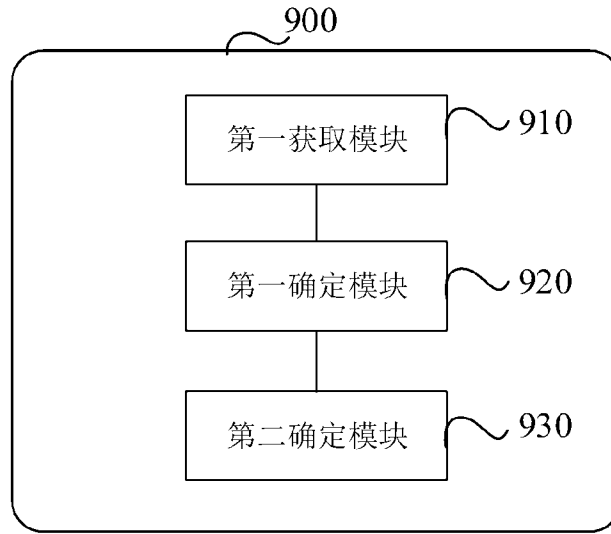


图 9

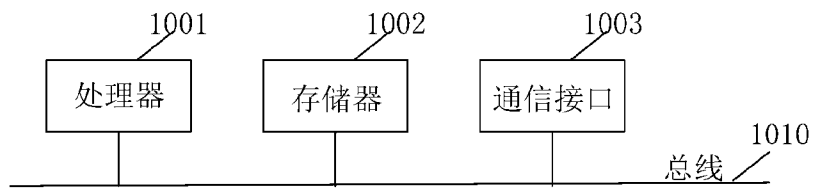


图 10

5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/101829

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G06F30/15(2020.01)i; H01M10/613(2014.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC: G06F, H01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
VEN, CNTXT, ENTXT, IEEEE, CNKI, 百度, BAIDU: 热管理, 温度, 冷却, 回路, 换热部件, 合并, 元件, 组合, 效率, thermal management?, temperature, burial+, loop?, bin+		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103972607 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, L.L.C.) 06 August 2014 (2014-08-06) description, paragraphs [0029]-[0043], and figure 2	1, 8-13
A	CN 110315961 A (NIO NEXTEV LTD.) 11 October 2019 (2019-10-11) entire document	1-13
A	CN 113847136 A (ZHEJIANG GEELY HOLDING GROUP CO., LTD. et al.) 28 December 2021 (2021-12-28) entire document	1-13
A	CN 114368279 A (VITESCO TECHNOLOGIES HOLDING CHINA CO., LTD.) 19 April 2022 (2022-04-19) entire document	1-13
A	US 2022029182 A1 (TSINGHUA UNIVERSITY) 27 January 2022 (2022-01-27) entire document	1-13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
10 October 2023		16 October 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/CN2023/101829

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103972607	A	06 August 2014	US	2014216709	A1	07 August 2014
				US	2018354339	A1	13 December 2018
				DE	102014201747	A1	07 August 2014

CN	110315961	A	11 October 2019	US	2019351732	A1	21 November 2019

CN	113847136	A	28 December 2021	None			

CN	114368279	A	19 April 2022	None			

US	2022029182	A1	27 January 2022	US	11309559	B2	19 April 2022
				WO	2021184490	A1	23 September 2021

<p>A. 主题的分类</p> <p>G06F30/15(2020.01)i; H01M10/613(2014.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC: G06F, H01M</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>VEN, CNTXT, ENTXT, IEEE, CNKI, 百度: 热管理, 温度, 冷却, 回路, 换热部件, 合并, 元件, 组合, 效率, thermal management?, temperature, burial+, loop?, bin+</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 103972607 A (福特全球技术公司) 2014年8月6日 (2014 - 08 - 06) 说明书第[0029]-[0043]段以及附图2</td> <td>1、8-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110315961 A (蔚来汽车有限公司) 2019年10月11日 (2019 - 10 - 11) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113847136 A (浙江吉利控股集团有限公司等) 2021年12月28日 (2021 - 12 - 28) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 114368279 A (纬湃科技投资(中国)有限公司) 2022年4月19日 (2022 - 04 - 19) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2022029182 A1 (TSINGHUA UNIVERSITY) 2022年1月27日 (2022 - 01 - 27) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 103972607 A (福特全球技术公司) 2014年8月6日 (2014 - 08 - 06) 说明书第[0029]-[0043]段以及附图2	1、8-13	A	CN 110315961 A (蔚来汽车有限公司) 2019年10月11日 (2019 - 10 - 11) 全文	1-13	A	CN 113847136 A (浙江吉利控股集团有限公司等) 2021年12月28日 (2021 - 12 - 28) 全文	1-13	A	CN 114368279 A (纬湃科技投资(中国)有限公司) 2022年4月19日 (2022 - 04 - 19) 全文	1-13	A	US 2022029182 A1 (TSINGHUA UNIVERSITY) 2022年1月27日 (2022 - 01 - 27) 全文	1-13
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 103972607 A (福特全球技术公司) 2014年8月6日 (2014 - 08 - 06) 说明书第[0029]-[0043]段以及附图2	1、8-13																		
A	CN 110315961 A (蔚来汽车有限公司) 2019年10月11日 (2019 - 10 - 11) 全文	1-13																		
A	CN 113847136 A (浙江吉利控股集团有限公司等) 2021年12月28日 (2021 - 12 - 28) 全文	1-13																		
A	CN 114368279 A (纬湃科技投资(中国)有限公司) 2022年4月19日 (2022 - 04 - 19) 全文	1-13																		
A	US 2022029182 A1 (TSINGHUA UNIVERSITY) 2022年1月27日 (2022 - 01 - 27) 全文	1-13																		
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2023年10月10日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2023年10月16日</p>																			
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>	<p>授权官员</p> <p>张敏姣</p> <p>电话号码 (+86) 010-53961803</p>																			

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/101829

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	103972607	A	2014年8月6日	US	2014216709	A1	2014年8月7日
				US	2018354339	A1	2018年12月13日
				DE	102014201747	A1	2014年8月7日

CN	110315961	A	2019年10月11日	US	2019351732	A1	2019年11月21日

CN	113847136	A	2021年12月28日	无			

CN	114368279	A	2022年4月19日	无			

US	2022029182	A1	2022年1月27日	US	11309559	B2	2022年4月19日
				WO	2021184490	A1	2021年9月23日
