



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104732009 A

(43) 申请公布日 2015.06.24

(21) 申请号 201510034459.8

(22) 申请日 2015.01.23

(71) 申请人 奇瑞汽车股份有限公司

地址 241009 安徽省芜湖市经济技术开发区
长春路8号

(72) 发明人 刘小生 陶丽芳 邓晓龙 梁静

(74) 专利代理机构 北京五月天专利商标代理有
限公司 11294

代理人 朱成蓉

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006.01)

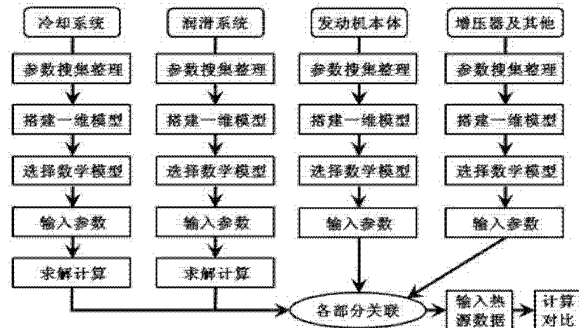
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种汽车发动机一维集成热管理仿真方法

(57) 摘要

本发明涉及一种汽车发动机一维集成热管理仿真方法,其特征在于:对发动机冷却系统一维模拟;对发动机润滑系统一维模拟;对发动机本体部件一维建模;对发动机相关系统或模块一维建模;对前述各系统、部件仿真模型相关联,进行集成仿真。



1. 一种汽车发动机一维集成热管理仿真方法,其特征在于:对发动机冷却系统一维模拟;对发动机润滑系统一维模拟;对发动机本体部件一维建模;对发动机相关系统或模块一维建模;对前述各系统、部件仿真模型相关联,进行集成仿真。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于:将各系统、部件仿真模型相关联时所涉及的参数为,燃料混合气燃烧放热通过燃烧室及排气道传递给缸体、缸盖的热量,曲轴、连杆轴承、凸轮轴轴承、活塞环与缸套摩擦副的摩擦热量。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于:进行一维模拟的发动机冷却系统所包括的部件为,水套、水泵、散热器、暖风芯体、节温器、膨胀水壶、各部件之间的连接管道;发动机冷却系统模拟参数包括,冷却液类型及属性,各部件之间连接管道的管径、管长及管道内壁粗糙度或摩擦系数,水泵特性数据、水泵叶轮尺寸、水泵水腔容积,膨胀壶尺寸、膨胀壶容积,膨胀壶压力盖泄压及真空阀开启压力、阀孔内径,散热器及暖风芯体流阻数据、换热特性数据、容积,发动机水套流阻数据、容积、表面积,节温器开度与温度关系及水腔容积。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于:进行一维模拟的发动机润滑系统所包括的部件为,机油泵、机油滤清器、主轴承、连杆轴承、凸轮轴轴承;发动机润滑系统模拟参数包括,润滑油牌号或属性,润滑系统各部分油道、油腔、壁面尺寸,机油泵特性数据,主轴承、凸轮轴、连杆轴承的宽度、内径、径向间隙,机油滤清器流阻及其过滤能力。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于:进行一维建模的发动机本体部件包括,缸体、缸盖、气门室罩盖、油底壳、正时罩盖、活塞、连杆、曲轴;发动机本体部件模拟参数包括,各部件重量、尺寸、材料,各部件之间接触面积、各部件与润滑油的接触面积、缸体和缸盖与冷却液的接触面积、各部件与外部空气接触面积、发动机舱风速。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于:进行一维建模的发动机相关系统或模块包括,将燃烧放热传递给发动机机体的热源、摩擦热、增压器轴承座冷却模块;发动机相关系统或模块模拟参数包括,增压器各部分重量、增压器轴承座水腔、润滑油腔容积及接触面积、油路及水路的尺寸、不同转速工况下的排气温度及压力数据、增压器外表面积。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于:将各系统、部件仿真模型中的相同参数列为全局参数,即通过自定义字符代替此参数,赋予该字符相对应的数值,具体元件中的参数用该字符替代具体数值。

8. 根据权利要求1—7任何一项所述的方法,其特征在于:集成仿真可以进行稳态和瞬态模拟,稳态模拟针对不同恒定的发动机转速、工况仿真,瞬态模拟针对不同的环境温度和运行要求仿真。

一种汽车发动机一维集成热管理仿真方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种汽车发动机一维集成热管理仿真方法。

背景技术

[0002] 发动机热管理仿真可以再现并最终实现控制和优化热量传递过程,保证各关键部件和系统安全高效运行,合理利用热能,降低废热排放,提高能源利用效率。热管理在车辆节能、环保和舒适性等方面所显示出来的意义越来越突出。

[0003] 现有技术中,发动机热管理仿真仅由单独的一维冷却系统仿真来评估热管理的优劣,并仅对冷却系统包含的零件及参数进行分析,无法实现与冷却系统相关联系统及零部件的模拟分析,实际发动机热管理不应该仅包含冷却系统,还包括与之相关的润滑系统、发动机机体、散热器、暖风芯体等多个系统或部件,现有的发动机热管理仿真方法对发动机热管理不能全面深入的模拟分析。

发明内容

[0004] 本发明的发明目的在于提供一种汽车发动机一维集成热管理仿真方法,能够对发动机热管理进行集成仿真,对发动机热管理进行全面的模拟。

[0005] 实现本发明目的的技术方案:

一种汽车发动机一维集成热管理仿真方法,其特征在于:对发动机冷却系统一维模拟;对发动机润滑系统一维模拟;对发动机本体部件一维建模;对发动机相关系统或模块一维建模;对前述各系统、部件仿真模型相关联,进行集成仿真。

[0006] 将各系统、部件仿真模型相关联时所涉及的参数为,燃料混合气燃烧放热通过燃烧室及排气道传递给缸体、缸盖的热量,曲轴、连杆轴承、凸轮轴轴承、活塞环与缸套摩擦副的摩擦热量。

[0007] 进行一维模拟的发动机冷却系统所包括的部件为,水套、水泵、散热器、暖风芯体、节温器、膨胀水壶、各部件之间的连接管道;发动机冷却系统模拟参数包括,冷却液类型及属性,各部件之间连接管道的管径、管长及管道内壁粗糙度或摩擦系数,水泵特性数据、水泵叶轮尺寸、水泵水腔容积,膨胀壶尺寸、膨胀壶容积,膨胀壶压力盖泄压及真空阀开启压力、阀孔内径,散热器及暖风芯体流阻数据、换热特性数据、容积,发动机水套流阻数据、容积、表面积,节温器开度与温度关系及水腔容积。

[0008] 进行一维模拟的发动机润滑系统所包括的部件为,机油泵、机油滤清器、主轴承、连杆轴承、凸轮轴轴承;发动机润滑系统模拟参数包括,润滑油牌号或属性,润滑系统各部分油道、油腔、壁面尺寸,机油泵特性数据,主轴承、凸轮轴、连杆轴承的宽度、内径、径向间隙,机油滤清器流阻及其过滤能力。

[0009] 进行一维建模的发动机本体部件包括,缸体、缸盖、气门室罩盖、油底壳、正时罩盖、活塞、连杆、曲轴;发动机本体部件模拟参数包括,各部件重量、尺寸、材料,各部件之间接触面积、各部件与润滑油的接触面积、缸体和缸盖与冷却液的接触面积、各部件与外部空

气接触面积、发动机舱风速。

[0010] 进行一维建模的发动机相关系统或模块包括,将燃烧放热传递给发动机机体的热源、摩擦热、增压器轴承座冷却模块;发动机相关系统或模块模拟参数包括,增压器各部分重量、增压器轴承座水腔、润滑油腔容积及接触面积、油路及水路尺寸、不同转速工况下的排气温度及压力数据、增压器外表面积。

[0011] 将各系统、部件仿真模型中的相同参数列为全局参数,即通过自定义字符代替此参数,赋予该字符相对应的数值,具体元件中的参数用该字符替代具体数值。

[0012] 集成仿真可以进行稳态和瞬态模拟,稳态模拟针对不同恒定的发动机转速、工况仿真,瞬态模拟针对不同的环境温度和运行要求仿真。

[0013] 本发明具有的有益效果:

本发明对发动机冷却系统、发动机润滑系统、发动机本体部件、发动机相关系统或模块一维建模,对各系统、部件相关联,进行集成仿真,实现了发动机各个与热相关的系统及零部件关联仿真,仿真模型更全面,也更接近真实的发动机状态,充分考虑了各系统及部件的实际联系及影响。通过该一维集成热管理仿真,能够系统全面地模拟发动机的冷却系统、润滑系统、发动机本体等系统或部件的热状态,实现对冷却系统、润滑系统内部流体流动状态的模拟分析,同时能够实现各部分流体、固体温度的模拟分析。进而对润滑系统各部位的压力、温度、流量、各主要部件的压损,冷却系统各支路的流量、各部位的压损、各主要部件的压损、发动机出水温度、暖风芯体进出水温度及出风温度、发动机热质量块的温度等结果进行预测、对比、优化。仿真过程能够通过批处理方式对某一个或多个影响参数,甚至是一组或多组影响参数进行仿真及分析对比,并最终确定较优的单个方案或多个方案的组合。同时一维热管理仿真方法与优化软件结合,通过对单一或多个参数的分析,自动实现对单一目标或多目标的最优化设计。本发明一维热管理集成仿真方法实现了发动机多个系统及部件的一维集成仿真,还能通过扩展增加燃烧模块、传动系统等,从而分析油耗、排放;各系统能独立运行,集成方式简洁美观;集成仿真分析更全面、更透彻、更贴合实际。本发明仿真方法采取全局参数,可以降低参数输入时出错的几率,同时在对该类参数进行调整以预测其对结果影响时,仅需要更改字符所赋予的数值,更加快捷方便。本发明集成仿真可以进行稳态和瞬态模拟,稳态模拟针对不同恒定的发动机转速、工况仿真,瞬态模拟针对不同的环境温度和运行要求仿真,如整车温度场仿真、整车采暖仿真、发动机温升过程仿真等,本发明能够实现对每个系统及部件相关影响参数进行分析对比及优化,分析更全面更深入,最终实现改善车辆燃油经济性、动力性及舒适性的效果。

附图说明

[0014] 图1是本发明汽车发动机一维集成热管理仿真方法流程图;

图2为本发明所述发动机冷却系统的布置结构示意简图;

图3为本发明所述发动机润滑系统的油道及部分零件图;

图4是本发明汽车发动机一维集成热管理仿真模型图;

图5是本发明优选实施例的效果对比图。

具体实施方式

[0015] 如图 1 所示,本发明汽车发动机一维集成热管理仿真方法如下:

(一)对发动机冷却系统一维模拟

进行一维模拟的发动机冷却系统所包括的部件为,水套、水泵、散热器、暖风芯体、节温器、膨胀水壶、各部件之间的连接管道;发动机冷却系统模拟参数包括,冷却液类型及属性,各部件之间连接管道的管径、管长及管道内壁粗糙度或摩擦系数,水泵特性数据、水泵叶轮尺寸、水泵水腔容积,膨胀壶尺寸、膨胀壶容积,膨胀壶压力盖泄压及真空阀开启压力、阀孔内径,散热器及暖风芯体流阻数据、换热特性数据、容积,发动机水套流阻数据、容积、表面积,节温器开度与温度关系及水腔容积。不同发动机配置所需数据略有差异,有些发动机还需要发动机油冷器流阻数据及其换热特性数据,增压器轴承座冷却支路阻力特性等。同时根据实际发动机配置情况,还需要关注各管路有无节流元件。

[0016] 如图 2 所示,按照该图构建发动机冷却系统一维模型。本发明优选实施例,水泵为离心式水泵,装配在缸体上,驱动冷却液流入缸体、缸盖水套①。同时水泵②出口处有通道连到发动机油冷器③,冷却液经过发动机油冷器③后回流到水泵②前的进水管。增压器轴承座冷却模块④从缸体水套上引出一个支路,冷却液冷却轴承座后回流到水泵②前的进水管。水套①出口处连接着膨胀壶⑤、暖风芯体⑥、散热器及风扇总成⑧。膨胀壶⑤装配着带有泄压及真空阀的压力盖,保证冷却系统压力在合理的范围内。暖风芯体⑥是一个热交换器,在需要的时候给驾驶舱提供暖风。散热器⑧也是一个热交换器,经过散热器的冷却液温度降低,防止发动机热负荷过高。膨胀壶⑤、暖风芯体⑥冷却液回水最终都连接到水泵②前的进水管。散热器及风扇总成⑧回水管连接到节温器⑦,节温器根据冷却液温度高低,打开或关闭冷却液通向散热器的通道。当冷却液温度足够高时,节温器⑦阀门打开,来自散热器⑧的冷却液经节温器⑦阀门流回到水泵②。

[0017] 根据实际仿真需要,仿真模型会连接增压器相关的排气系统、润滑增压器轴承的润滑支路,发动机本体集中热质量块,插入润滑油、冷却液、质量块元件等。

[0018] 冷却系统仿真模型搭建完成后,需要选择数学模型,数学模型主要根据所收集的数据类型,以及需要解决或关注的具体问题来选择相应的数学模型。

[0019] 完成数学模型选择后,进入参数输入环节。参数输入首先根据需要设置全局参数。指定冷却液、润滑油牌号,设置计算所必须的任务文件数据、整车相关信息、环境条件等。冷却系统各连接管道尺寸以实物为准,冷却系统中零部件需要定义压力损失,如输入恒定压力损失系数、指定等效截面积、或输入压损/流量数据,本发明所涉及仿真方法优选案例中水套、暖风芯体、散热器、发动机油冷器、增压器冷却模块等压力损失定义优先选择输入压损/流量数据。暖风芯体、散热器及发动机油冷器等换热元件需要定义换热特性数据,如输入换热系数、指定努赛尔数/雷诺数/普朗特数、输入换热量 VS 液侧流量 & 空气侧流速或换热量 VS 液体 1 侧流量 & 液体 2 侧流量数据,本发明仿真方法优选案例优先选择后者数据形式。节温器可以通过输入初开温度及全开温度实现其功能,也可能通过输入开度 vs 温度数据,本发明仿真方法优先选择后者。水泵特性数据,本发明优先选择压头 vs 流量 vs 转速数据。

[0020] 参数设置完成后,通过不同工况的迭代计算,求解连续性方程、动量方程和能量方程,最终得到并确认冷却系统不同部件的流量、压力、温度结果在合理范围。

[0021] (二)对发动机润滑系统一维模拟

进行一维模拟的发动机润滑系统所包括的部件为,机油泵、机油滤清器、主轴承、连杆轴承、凸轮轴轴承;发动机润滑系统模拟参数包括,润滑油牌号或属性,润滑系统各部分油道、油腔、壁面尺寸,机油泵特性数据,主轴承、凸轮轴、连杆轴承的宽度、内径、径向间隙,机油滤清器流阻及其过滤能力。有些发动机还需要 VVT 执行部件的流阻数据,发动机油冷器流阻及其换热特性数据,活塞冷却喷嘴的开启压力与流量的关系,液压挺杆流阻数据等。

[0022] 如图 3 所示,按照该图构建发动润滑系统一维模型。机油收集器⑩与机油泵⑨进油口连接,机油收集器收集机油并实现对机油粗滤。本机油泵⑨为转子泵,对机油加压,实现机油在润滑系统内的循环。机油泵⑨与主油道⑬之间接有滤清器⑪及发动机油冷器⑫,机油经过过滤和冷却后流入主油道⑬。流入主油道⑬的机油分别会通过活塞冷却喷嘴油道⑭供给到活塞冷却喷嘴,通过缸体斜油道供给到曲轴轴承⑮并进一步供给到连杆轴承⑯,通过上油道将机油供给到缸盖。上到缸盖的机油风别流入 VVT 执行元件⑰、凸轮轴轴承⑱和液压挺杆⑲。

[0023] 润滑系统仿真模型搭建完成后,需要选择数学模型,数学模型主要根据所收集的数据类型,以及需要解决或关注的具体问题来选择相应的数学模型。

[0024] 完成数学模型选择后,进入参数输入环节,参数输入首先根据需要设置全局参数。指定润滑油牌号,设置计算所必须的任务文件数据、环境条件等。润滑系统各油道、管道及零件尺寸以实物为准,冷却系统中零部件需要定义压力损失,如输入恒定压力损失系数、指定等效截面积、或输入压损/流量数据,本发明所涉及仿真方法优选案例中发动机油冷器、机油滤清器等压力损失定义优先选择输入压损/流量数据。发动机油冷器需要定义换热特性数据,优先选择换热量 VS 油侧流量 & 冷却液侧流量数据。针对 VVT 执行元件、液压挺杆、活塞冷却喷嘴等组合零件,本发明优选案例采用简化元件替代,替代元件实现对其主要功能的模拟,即实现不同机油温度或粘度下的流量/压力数据与实际零件一致。加载凸轮轴、曲轴及连杆轴承的载荷力及对应的曲轴转角。

[0025] 参数设置后,通过不同工况的迭代计算,求解连续性方程、动量方程和能量方程,最终得到不同工况下润滑系统不同部件各部位的流量、压力、温度结果,并确认结果在合理范围内。

[0026] (三)对发动机本体部件一维建模

进行一维建模的发动机本体部件包括,缸体、缸盖、气门室罩盖、油底壳、正时罩盖、活塞、连杆、曲轴;发动机本体部件模拟参数包括,各部件重量、尺寸、材料,各部件之间接触面积、各部件与润滑油的接触面积、缸体和缸盖与冷却液的接触面积、各部件与外部空气接触面积、发动机舱风速。

[0027] 发动机本体模型搭建采用集中质量法,即将各主要相关零部件以热质量块的方式作为仿真模型的元件。主要热质量块包括:气门室罩盖、凸轮轴、缸盖、缸体、活塞组件、连杆、曲轴、缸体、框架、正时罩盖、油底壳等。根据需要可以增加其他模型,也可以将模型划分的更细,例如可以将缸盖分成燃烧室、进气侧、排气侧等区域。发动机热质量块之间、质量块与冷却系统、润滑系统及空气侧都存在着一一定的换热关系。建模时参照如下关系表 1、表 2 搭建模型。

[0028]

表 1 发动机本体主要零部件与液侧或空气侧对流换热关系

序号	零部件	强制对流			自然对流	
		对流 1	对流 2	对流 3	空气	润滑油
1	气门室罩盖	/	/	/	Y	飞溅
2	凸轮轴	机油油道	油膜-凸轮轴轴承	/	/	飞溅
3	缸盖	水套冷却液	油膜-凸轮轴轴承	机油油道	Y	回油、飞溅
4	活塞组件	/	喷射-冷却喷嘴	/	/	/
5	连杆	/	油膜-曲轴轴承	/	/	飞溅
6	曲轴	油膜-连杆	油膜-缸体、框架	机油油道	/	飞溅
7	缸体	水套冷却液	油膜-曲轴轴承	机油油道	Y	回油、飞溅
8	框架	机油油道	油膜-曲轴轴承	/	Y	回油、飞溅
9	油底壳	/	/	/	Y	Y
10	增压器	机油油道	冷却液冷却	废气换热	Y	/

备注：各部件都存在辐射换热，“Y”表示存在相应换热方式

表 2 发动机本体零部件间导热关系

零部件	气门室罩盖	缸盖	缸体	框架	正时罩盖	油底壳
气门室罩盖		√			√	
缸盖	√		√		√	
缸体		√		√	√	
框架			√		√	√
正时罩盖	√	√	√	√		√
油底壳				√	√	

备注：“√”表示横纵部件间存在导热

发动机本体一维仿真模型搭建完成后，需要选择数学模型，数学模型主要根据所收集的数据类型，以及需要解决或关注的具体问题来选择相应的数学模型。

[0029] 完成数学模型选择后，进入参数输入环节，参数输入首先根据需求设置全局参数。指定冷却液、润滑油牌号，设置计算所必须的任务文件数据、环境条件等。发动机本体热质量块及其相关参数主要是输入热质量块材料、重量，各部件间导热热阻，各部件与润滑油、冷却液及空气侧的换热面积、换热系数等。

[0030] (四) 对发动机相关系统或模块一维建模

进行一维建模的发动机相关系统或模块包括，将燃烧放热传递给发动机机体的热源、摩擦热、增压器轴承座冷却模块；发动机相关系统或模块模拟参数包括，增压器各部分重量、增压器轴承座水腔、润滑油腔容积及接触面积、油路及水路的尺寸、不同转速工况下的排气温度及压力数据、增压器外表面积。

[0031] 本发明仿真方法将各系统、部件仿真模型中的相同参数(如初始温度、初始压力，再如发动机润滑系统中各主轴轴颈、凸轮轴轴颈等)列为全局参数，即通过自定义字符代替此参数，赋予该字符相对应的数值，具体元件中的参数用该字符替代具体数值。本发明仿真方法采取全局参数可以降低参数输入时出错的几率，同时在对该类参数进行调整以预测其对结果影响时，仅需要更改字符所赋予的数值，更加快捷方便。

[0032] (五) 对前述各系统、部件仿真模型相关联，进行集成仿真

将各系统、部件仿真模型相关联时所涉及的参数为，燃料混合气燃烧放热通过燃烧室

及排气道传递给缸体、缸盖的热量，曲轴、连杆轴承、凸轮轴轴承、活塞环与缸套摩擦副的摩擦热量。

[0033] 对各系统、部件仿真模型相关联时，一方面冷却系统与发动机本体通过发动机缸体、缸盖水套进行关联；另一方面冷却系统还通过发动机油冷器与润滑系统相关联；再有冷却系统通过增压器轴承座冷却模块关联。而润滑系统主要与发动机本体通过油道、回油孔、油室关联，同时通过油冷器和增压器轴承座润滑模块与冷却系统和增压器关联。

[0034] 各系统或模块的模型关联采用无需线条连接的信号发送、接收元件，例如润滑系统各部位的流量和温度输入输出即采用了此方法，目的是避免大量的线连接，避免仿真模型图混乱繁杂，最终使得仿真模型简洁美观。本发明一维热管理仿真模型较复杂，为了使图像区简洁，可将一些关联性较大的元件合并成一个新的复合元件，仅产生新图标，整体功能不变，使得模型看起来更简洁美观。

[0035] 本发明一维热管理集成仿真方法，仿真模型不局限于本优选案例的仿真模型，可以关联含进排气系统在内的完整的燃烧模块，还可以关联传动系统、整车空调系统等。

[0036] 输入热源数据，需要考虑数据适应性。主要热源是燃烧放热所传递到系统的热量，特别是针对变工况瞬态仿真的时候，通常需要做几组不同温度的试验，来获得相应的换热量 VS 转速 VS 轴功率数据；另外就是基于发动机分解摩擦功的数据，通常分解摩擦功是在特定机油温度下所得的结果，当仿真过程机油温度与分解摩擦功试验时机油温度不同时，需要进行一定的调整，来适应实际仿真不同机油温度或粘度的需求，则需要通过不同温度下机油粘度与摩擦功的关系把特定机油温度或机油粘度下的摩擦功转换成合适的参数。

[0037] 参数设置完成后，进行集成仿真计算，求解连续性方程、动量方程和能量方程，最终得到不同工况下冷却系统及润滑系统不同部件各部位的流量、压力、温度结果，发动机热质量块的热状态，暖风芯体及散热器的进出水温度和出风温度等，并确认这些结果在合理的范围内。

[0038] 本发明一维热管理集成仿真方法，根据不同需求能够开展不同环境条件下的模拟，如低温环境下发动机温升过程，还能够模拟高温环境相关系统热状态。

[0039] 本发明一维集成仿真方法仿真工况可以是恒定运行工况下的稳态计算，例如全速全负荷工况下的模拟；也可以是变工况下的瞬态计算，例如 NEDC 循环的模拟。本发明优选案例模拟的是发动机采暖过程工况 1。具体仿真工况如表 3。

[0040] 本发明仿真方法，在对不同方案对比分析时可以采用批处理方法，即同一个仿真模型同一次仿真运算时能够实现对一个或多个参数同时运算，并能同时对多个方案的结果进行对比，更直观便捷，方便确定较优异的方案或方案组合。

[0041] 本发明一维热管理仿真方法还能够与优化软件结合，通过对单一或多个参数的分析，自动实现对单一目标或多目标的最优化设计。利用优化分析，实现自动操作现有的模拟进程让工程师解脱繁重的重复工作在更少的时间内，结合设计探索和优化方法可以找到更好的设计模型。

[0042] 优选实施例：

在一个一维集成热管理仿真实施案例中，仿真工况为采暖仿真工况 1 段，具体仿真工况及设置状态如表 3 所示。预期指标之一是在 10、40 分钟时发动机出水温度分别达到 55、75℃。按上述发明方法开展一维集成热管理仿真。基础状态发动机出水温度 10、40 分钟时

分别为 42.9、55.6℃, 远低于目标值。针对该问题寻求相应解决方案, 利用批处理的方式进行分析对比。对比发现发动机缸体、缸盖减重, 适当减小冷却系统水套、散热器、暖风芯体容积, 机油流量增加, 适当降低冷却液流量, 合理匹配暖风芯体风量, 采用缸盖集成排气歧管等, 有利于提高发动机出水温度。各方案综合结果显示, 在 10、40 分钟时发动机出水温度分别达到 56.5、71℃, 10 分钟时超过了目标值, 40 分钟时相对较接近目标值, 整体上有了很大的改善。发动机温升更快, 从而进一步降低了摩擦功、改善了燃油经济性及乘员舱采暖。

表 3 采暖工况

行驶工况		环境 温度	空调设置状态			备注 时间	
工况	行驶路况		车速	风挡模式	温度模式		其他模式
1	D 档	S1	T	前 t 时间 A 档, 后 续 C 档	全暖	外循环、吹 脚	t1
2	N 档或空档	0	T	B 档	全暖		t2
3	高速档	S2	T	B 档	全暖		t3

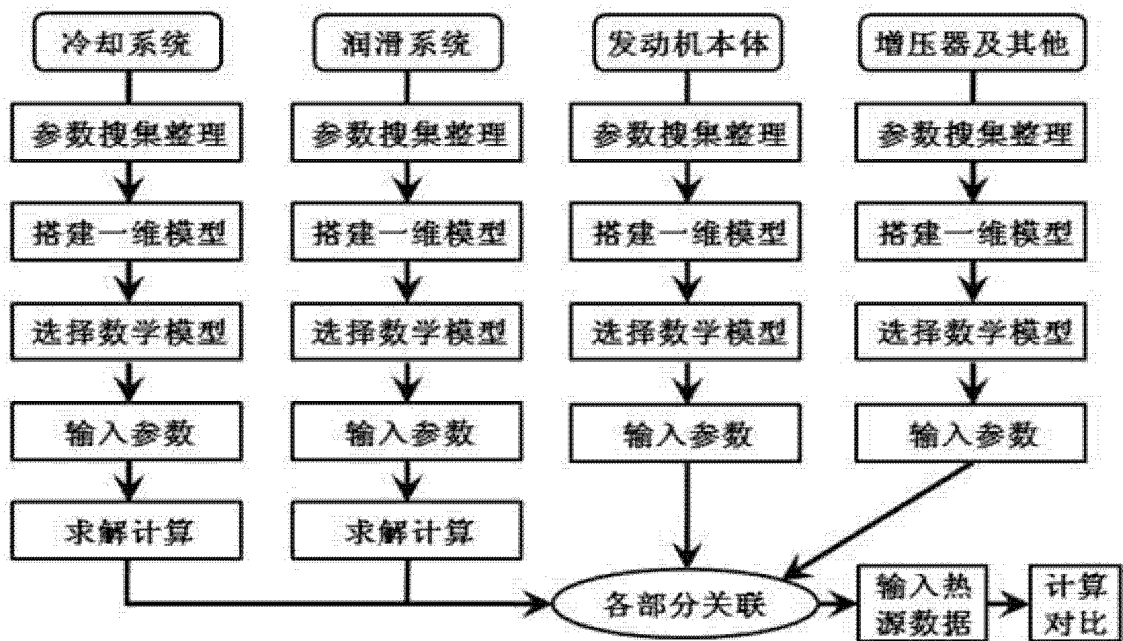


图 1

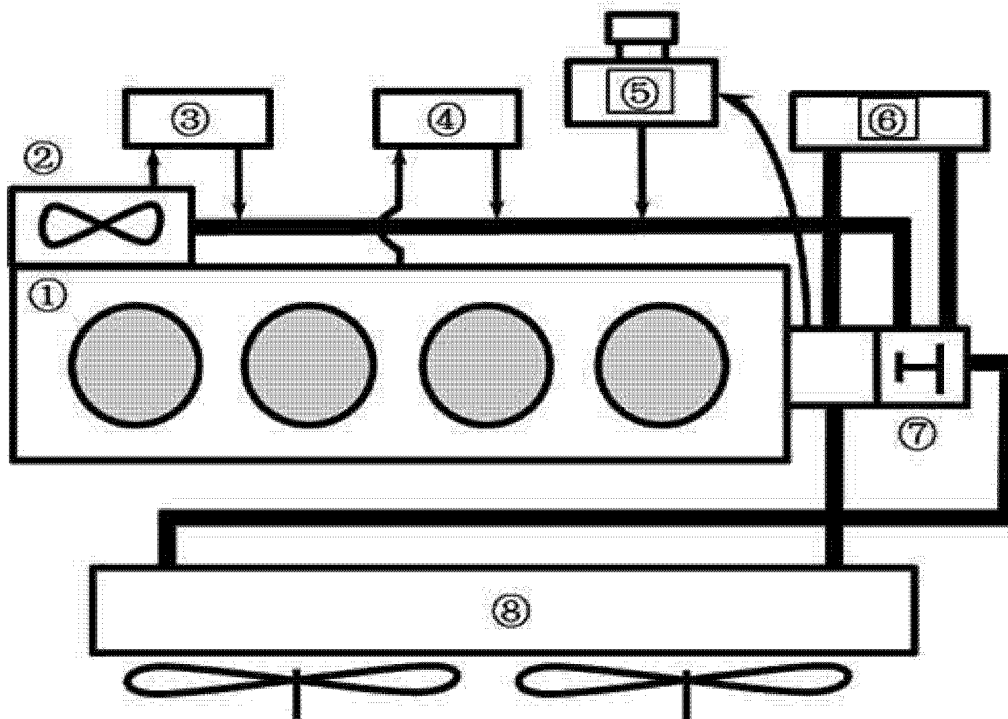


图 2

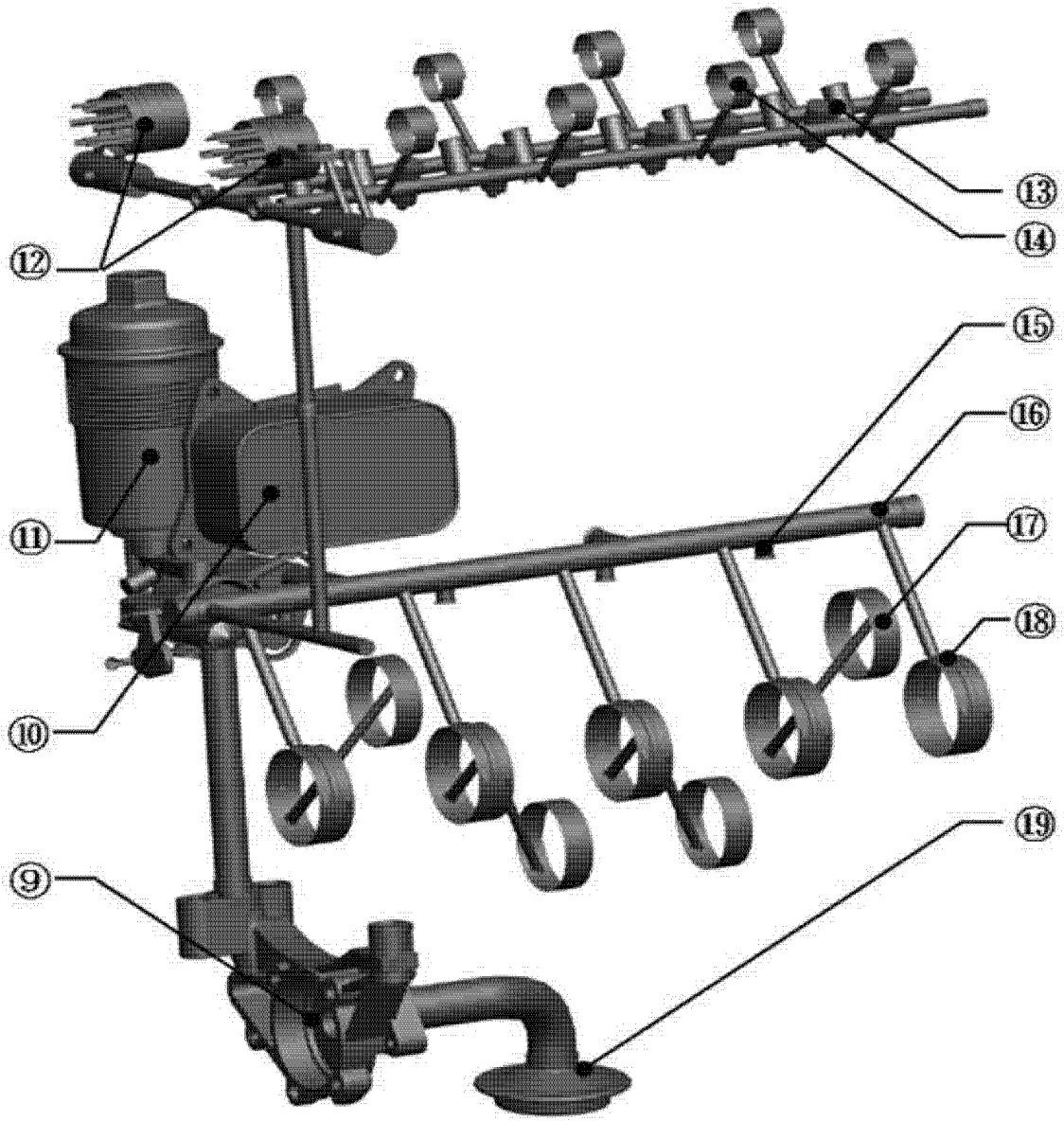


图 3

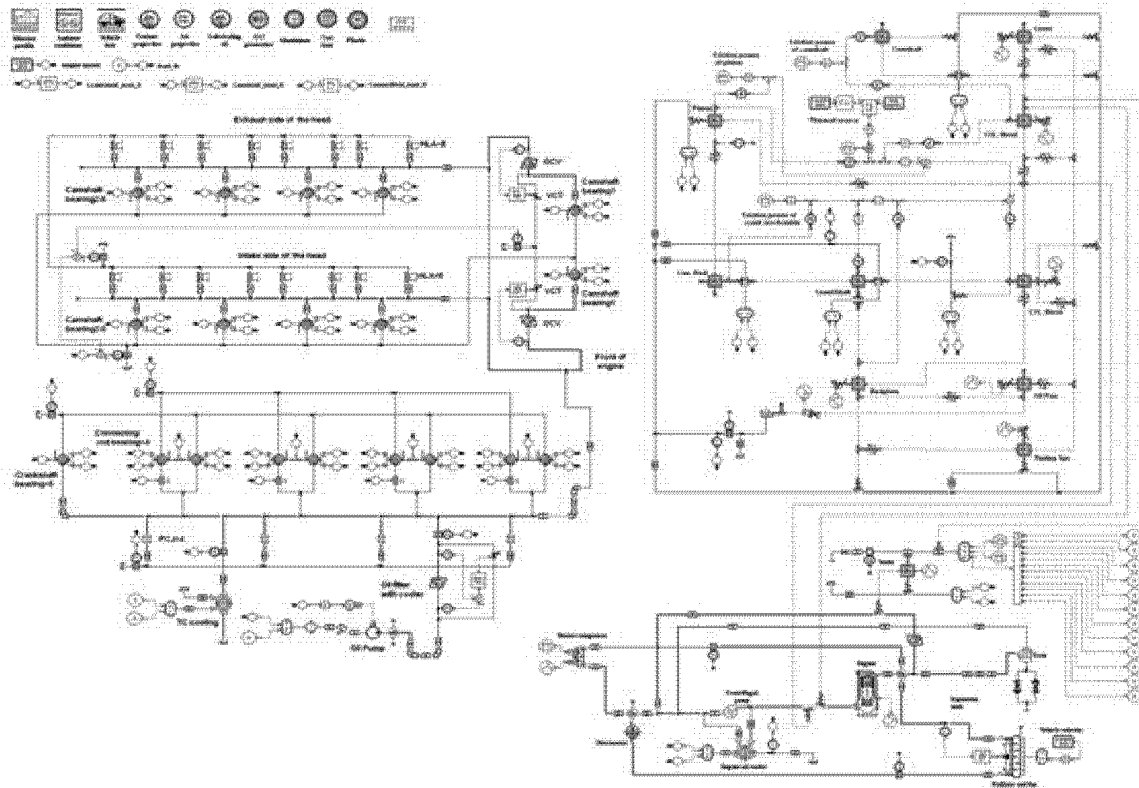


图 4

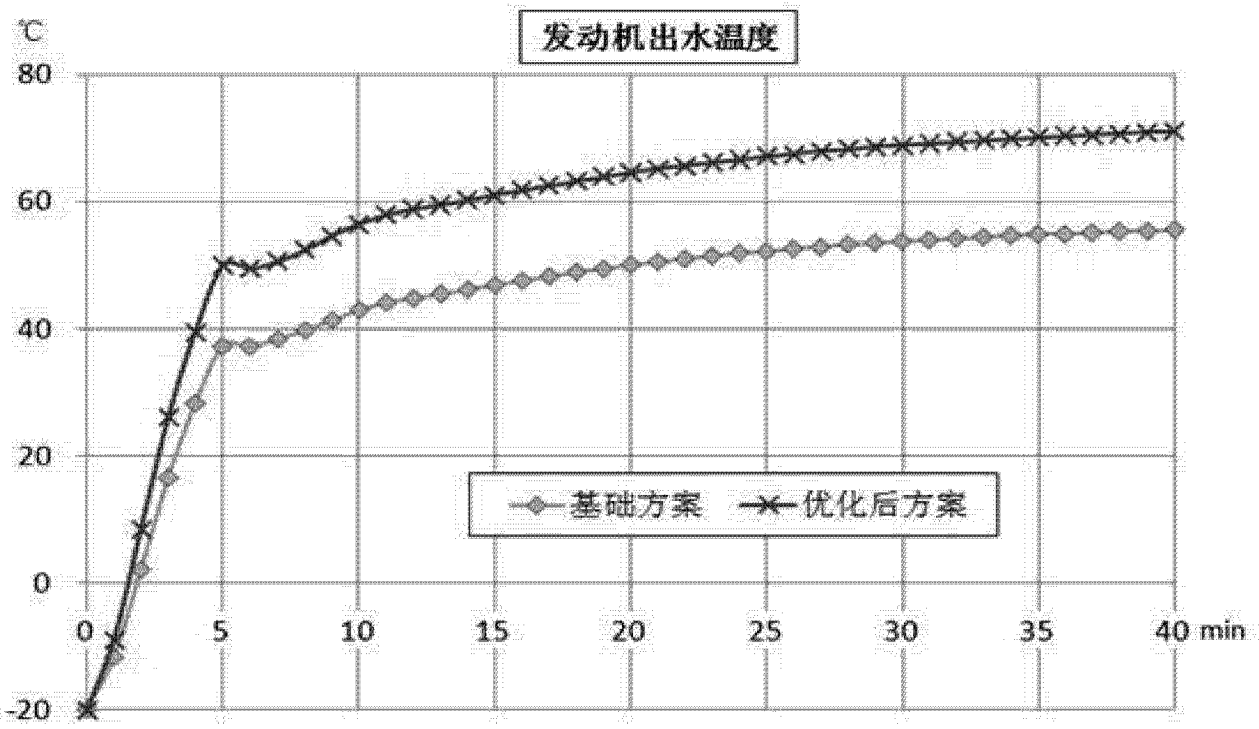


图 5