



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111950210 A

(43) 申请公布日 2020.11.17

(21) 申请号 202010824253.6

(22) 申请日 2020.08.17

(71) 申请人 柳州职业技术学院

地址 545000 广西壮族自治区柳州市鱼峰区社湾路28号

(72) 发明人 陈璟 肖飞 徐承 陈英 史美娟

(74) 专利代理机构 北京东方盛凡知识产权代理事务所(普通合伙) 11562

代理人 张换君

(51) Int. Cl.

G06F 30/28 (2020.01)

G06F 30/15 (2020.01)

G06F 119/08 (2020.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,包括如下步骤:S1、进行CFD前处理,获得商用车发动机舱的外流场域以及流体网络;S2、根据外流场域及流体网络,计算商用车发动机舱内流体的分布状况;S3、根据商用车发动机舱内流体的分布状态获取商用车发动机舱内的温度风险点,完成商用车发动机舱热管理模拟。本发明能够快速、直观地对商用车发动机舱内的热分布进行模拟。

S1、进行CFD前处理,获得商用车发动机舱的外流场域以及流体网络;



S2、根据外流场域及流体网络,计算商用车发动机舱内流体的分布状况;



S3、根据商用车发动机舱内流体的分布状态获取商用车发动机舱内的温度风险点,完成商用车发动机舱热管理模拟。

1. 一种基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,其特征在于,包括如下步骤:
 - S1、进行CFD前处理,获得商用车发动机舱的外流场域以及流体网络;
 - S2、根据外流场域及流体网络,计算商用车发动机舱内流体的分布状况;
 - S3、根据商用车发动机舱内流体的分布状态获取商用车发动机舱内的温度风险点,完成商用车发动机舱热管理模拟。
2. 根据权利要求1所述的基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,其特征在于,所述步骤S1中,进行CFD前处理,获得商用车发动机舱的外流场域以及流体网络的具体方法包括:
 - S11、搭建商用车发动机舱的简化模型,并确定发动机舱进口和出口的具体位置;
 - S12、基于商用车发动机舱的简化模型,生成商用车发动机舱的外流场域,构建流体网络,并设置商用车发动机舱的简化模型的边界条件,进行外流场域的初始化;
 - S13、基于商用车发动机舱的结构,对所述外流场域空间内的流体网络进行划分。
3. 根据权利要求2所述的基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,其特征在于,所述步骤S11中,生成商用车发动机舱的外流场域的具体方法包括:
 - 建立多孔介质区域、固体域及所述多孔介质区域、固体域与流体域的交界面;
 - 建立风扇域与流体域的交界面。
4. 根据权利要求3所述的基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,其特征在于,建立所述交界面之前,对非封闭的域通过面网格补面的方法增加侧壁面。
5. 根据权利要求2所述的基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,其特征在于,所述步骤S13中,采用切割体网格对所述外流场域空间内的流体网络进行划分。
6. 根据权利要求1所述的基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,其特征在于,所述步骤S2中,商用车发动机舱内流体的分布状况包括:扩散路径、速度分布、温度分布以及流体在商用车发动机舱内的速度均匀性、温度均匀性、截面流场、流线轨迹。

一种基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法

技术领域

[0001] 本发明涉及流体力学(Computational Fluid Dynamics,CFD)计算技术领域,特别是涉及一种基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法。

背景技术

[0002] 发动机舱内布置有诸多高温部件(如散热器、中冷器、冷凝器、发动机机体、排气歧管等),机舱热管理成为车辆设计过程中的重要环节,对整车安全性、燃油经济性、空调舒适性等有关键影响。因此有必要在车辆研发初期,对机舱热管理系统进行合理评估,保证发动机舱内各部件正常工作。

[0003] 目前,在汽车设计相关企业内部,存在基于CFD技术分析商用车发动机舱热管理的现象。但皆涉及使用复杂的全英文FLUENT和Star CD等软件进行求解,或者使用GT-COOL和STAR-CCM+两款软件建立1D/3D人工耦合模型,实现参数的互相传递,这样一来模拟分析流程非常复杂和繁琐,对工程技术人员的技术背景要求极高。而且,这些CFD技术的应用,未涉及到如何用一种直观简单方便快捷的软件来高效率分析商用车发动机舱热内的热量分布,以便进行风险点评估,提出改善方案。

[0004] 因此,亟需一种能够快速、直观地对商用车发动机舱内的热分布进行模拟的方法。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,以解决现有技术中存在的技术问题,能够快速、直观地对商用车发动机舱内的热分布进行模拟。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:本发明提供一种基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,包括如下步骤:

[0007] S1、进行CFD前处理,获得商用车发动机舱的外流场域以及流体网络;

[0008] S2、根据外流场域及流体网络,计算商用车发动机舱内流体的分布状况;

[0009] S3、根据商用车发动机舱内流体的分布状态获取商用车发动机舱内的温度风险点,完成商用车发动机舱热管理模拟。

[0010] 优选地,所述步骤S1中,进行CFD前处理,获得商用车发动机舱的外流场域以及流体网络的具体方法包括:

[0011] S11、搭建商用车发动机舱的简化模型,并确定发动机舱进口和出口的具体位置;

[0012] S12、基于商用车发动机舱的简化模型,生成商用车发动机舱的外流场域,构建流体网络,并设置商用车发动机舱的简化模型的边界条件,进行外流场域的初始化;

[0013] S13、基于商用车发动机舱的结构,对所述外流场域空间内的流体网络进行划分。

[0014] 优选地,所述步骤S11中,生成商用车发动机舱的外流场域的具体方法包括:

[0015] 建立多孔介质区域、固体域及所述多孔介质区域、固体域与流体域的交界面;

[0016] 建立风扇域与流体域的交界面。

[0017] 优选地,建立所述交界面之前,对非封闭的域通过面网格补面的方法增加侧壁面。

[0018] 优选地,所述步骤S13中,采用切割体网格对所述外流场域空间内的流体网络进行划分。

[0019] 优选地,所述步骤S2中,商用车发动机舱内流体的分布状况包括:扩散路径、速度分布、温度分布以及流体在商用车发动机舱内的速度均匀性、温度均匀性、截面流场、流线轨迹。

[0020] 本发明公开了以下技术效果:

[0021] (1) 本发明基于CFD技术,根据机舱内部流场情况和空间截面流场情况,获取机舱内部风险点,首先对发动机舱进行三维建模,再生成外流场域,并构建流体网格,根据实际情况定义气体物理性质、设置初始条件和边界条件,求解后,应用后处理观察发动机舱内空气流动场,以流体在发动机舱内的速度均匀性、温度均匀性、截面流场、流线轨迹来综合判断是否存在冷却模块以外的漏流、回流现象,并根据相应的流场状况进行风险点评估,实现了对商用车发动机舱内的热分布进行快速、直观模拟,根据风险点提出相应的改善方案,从而实现了对发动机舱的合理设计;

[0022] (2) 本发明网格处理能够直接根据流场域内的流体所存在空间生成,无需进行空间逆向构建流体的三维模型,大大节约了模拟时间;

[0023] (3) 本发明根据求解得到的扩散路径、速度分布、温度分布以及流体在商用车发动机舱内的速度均匀性、温度均匀性、截面流场、流线轨迹能够直观地显示风险点,无需逆向思维观察,方便无CFD经验的人理解,通俗易懂。

附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中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性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0025] 图1为本发明基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法流程图;

[0026] 图2为本发明实施例中商用车发动机舱模型简化图;

[0027] 图3为本发明实施例中CAC、RAD表面速度云图,其中,图3(a)为CAC入口面速度云图,图3(b)为RAD入口面速度云图;

[0028] 图4为发明实施例中CAC、RAD表面温度分布图,其中图4(a)为CAC入口面温度分布图,图4(b)为RAD入口面温度分布图;

[0029] 图5为发明实施例中发动机舱内部流场的流线轨迹图;

[0030] 图6为本发明实施例中空间界面流场情况;其中图6(a)为Y=0界面的温度云图,图6(b)为Z=风扇中心高度处截面的温度云图;

[0031] 图7为本发明实施例中机舱内部风险点示意图;其中图7(a)为车轮挡泥板风险点,图7(b)为底板过热风险点,图7(c)为空滤出气管过热变形及车架纵梁内部线束风险点;

[0032] 图2中,1-增压器进气胶管,2-空滤出气管;3-空滤器,4-中冷进气管,5-增压器,6-法兰,7-排气蝶阀,8-排气弯管,9-波纹管,10-后处理器进气管,11-后处理器,12-排气歧管,13-涡轮壳,14-涡轮进气管,15-发动机,16-风扇,17-散热器(Radiator,RAD),18-中冷器(Charge Air Cooler,CAC)19-冷凝器(Air Condenser,AC)。

具体实施方式

[0033] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0034] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0035] 参照图1-7所示,本实施例提供一种基于CFD的商用车发动机舱热管理模拟方法,能够预测发动机舱内的温度分布,并能直观地观察到发动机舱内流体流向,以便于更直观的判断发动机舱的风险点,更加高效的优化发动机舱的设计,包括如下步骤:

[0036] S1、CFD前处理:

[0037] CFD前处理具体包括如下步骤:

[0038] S11、搭建商用车发动机舱的简化模型,并确定发动机舱进口和出口的具体位置:

[0039] 首先,将根据需要采用CATIA软件搭建商用车发动机舱的三维简化模型;然后根据求解需要,采用SpaceClaim软件对所述三维简化模型进行简化,得到商用车发动机舱的简化模型。

[0040] 本实施例中,商用车发动机舱热管理模拟基于封闭状态下的CFD湍流模型,计算对象是基于完好无损条件下外流场流域内的气体,为了简化问题,采用标准 $k-\Omega$ 方程进行模式计算,并对计算对象作如下假设:(1)固体域与流体域物性参数均设为常数;(2)流动为定常流动中的湍流;(3)忽略内壁的摩擦阻力。

[0041] 商用车发动机舱的真实模型含有发动机的油底壳、发动机缸盖、散热器、中冷器及冷凝器、轮胎、发动机,相对复杂,因CFD的分析对象为流体,需对真实模型进行简化及封闭处理,本实施例对真实模型进行简化的具体方法包括:

[0042] 1) 去掉小的圆角及一些对流体流动影响较小的特征;

[0043] 2) 去掉细小的管线;

[0044] 3) 去掉螺栓、螺母、铆钉及相应的孔;

[0045] 4) 对于变速箱、车桥等内部结构较复杂的总成,只提取其外部表面,删除其内部结构。

[0046] 简化及封闭处理后的商用车发动机舱的结构模型如图2所示,包括依次配合设置的增压器进气胶管1、空滤出气管2、空滤器3、中冷进气管4、增压器5、法兰6、排气蝶阀7、排气弯管8、波纹管9、后处理器进气管10、后处理器11、排气歧管12、涡轮壳13、涡轮进气管14、发动机15、风扇16、散热器17;中冷器18;冷凝器19。

[0047] S12、初始设置以及边界条件设置;

[0048] 根据所需模拟的发动机舱的实际情况,采用STAR-CCM+软件生成外流场域,并构建流体网络,选择分析类型、定义流经发动机舱内气体的物理性质、设置商用车发动机舱的简化模型的边界条件,进行外流场域的初始化;同时,定义求解目标、设置收敛因子。

[0049] 发动机舱热害CFD仿真分析对某些需要单独赋温度值的表面进行分割出来作为单独的面组,如发动机的油底壳、发动机缸盖等表面。将简化后导入STAR中的“Region1”作为“流体域”,为了便于区域的划分及全局网格参数、边界层参数的定义,需将详细的分割边

界,并把不需要单独设置的面合并起来。对于散热器、中冷器、冷凝器的芯子结构及风扇分别作为单独的域,需要把散热器 (RAD域)、中冷器 (CAC域)、冷凝器 (AC域) 这三个多孔介质流动方向的进出口面分割出来,以便于后续交界面的建立及域参数的设置。本实施例采用专业的计算流体动力学 (CFD) 分析软件STAR-CCM+对气流经过商用车发动机舱过程进行数值模拟。应用“多孔介质”功能,并设置为“体积热源”,将复杂的冷凝器19、中冷器18、散热器17结构建立一个局部坐标系,使风扇16绕所述局部坐标系的轴线旋转。生成外流场域的具体方法包括:

[0050] 建立多孔介质区域、固体域及所述多孔介质区域、固体域与流体域的交界面:

[0051] 对需要进行单独域操作的零部件进行面组划分归类,如多孔介质区域、固体域。以中冷器18为例对建立多孔介质区域、固体域及所述多孔介质区域、固体域与流体域交界面的建立方法进行说明:

[0052] 通过STAR-CCM+软件,将中冷器18的进、出口面及上、下表面进行“转换为界面”,将在“界面”下生成的交界面删除,在Region下出现“Copy of CAC-inlet”等与原进、出口面完全重叠的表面,把中冷器18的进、出口面及上、下表面“根据边界创建新区域”并把新的“Region”重命名为“CAC”。在建立交界面前,首先检查确认每个域是否为单独及封闭的域,否,则通过面网格补面的方法,增加两个侧壁面,使“CAC”域封闭;然后,选中“流体域”和“CAC”域的中冷器18的下端面,通过“创建界面”创建交界面;交界面创建成功后,在“界面”节点下出现“交界面1”,并将该交界面的“类型”改为“挡板界面”(即不流通面);用同样方法创建“交界面2”,但“交界面2”为多孔介质的流通面,其“类型”改为“内部界面”(即流通界面),同理创建其它多孔介质域、固体域及其与流体域的交界面。

[0053] 建立风扇域与流体域的交界面:

[0054] 采用3D软件建立风扇包络体,在风扇16的两侧面与风扇16顶端距离为5mm的区域分别创建三个面将风扇16包裹起来。然后,采用通过STAR-CCM+软件建立风扇域与流体域的交界面。

[0055] S13、网格划分;

[0056] 按发动机舱结构具体情况对整个外流场域空间内的流体网络进行划分,将狭小通道、间隙及要观察位置的流体网络进行细化。

[0057] 网格模型选择“表面重构”,并设置模型基础尺寸为0.1m(参考)、最小相对尺寸0.004m和相对目标尺寸0.016m。由于商用车发动机舱简化模型各表面复杂程度和表面曲率变化不一致,需要对商用车发动机舱简化模型各表面进行局部加密以保证表面不变形,需局部加密的主流体区域。本实施例中各表面网格划分详情如表1所示:

[0058] 表1

[0059]

域/表面	最小相对尺寸 (m)	相对目标尺寸 (m)
外流场入口面	0.512	0.512
外流场出口面	0.512	0.512
外流场底面	0.016	0.512
外流场侧面	0.512	0.512
散热器入口面	0.004	0.008
散热器出口面	0.004	0.008

中冷器入口面	0.004	0.008
中冷器出口面	0.004	0.008
冷凝器入口面	0.004	0.008
冷凝器出口面	0.004	0.008
风扇	0.001	0.004
风扇包络体	0.004	0.008
增压器	0.004	0.008
排气歧管	0.004	0.008

[0060] STAR-CCM+软件有多种体网格类型,常用的有四面体网格、切割体网格、多面体网格。四面体网格适应性最好,但其网格量较大,计算精度略差,切割体网格主要为六面体网格,其网格适应性较差,网格量最小,计算精度最高,多面体网格主要以六面体为主、十二面体为辅的网格,网格适应性较好,但网格量较切割体网格大,计算精度较切割体网格略差,本实施例采用切割体网格。

[0061] 对于切割体网格而言,每个区域对应一个切割体网格连续体;因此,根据区域数量建立对应数量的网格连续体并进行相应的命名。其中,流体域及风扇域体网格均需划分边界层网格;同理,多孔区域及固体域体网格模型仅选“Timmer”网格,交界面均不设置边界层网格,故无需选择边界层网格。机舱内部件由于温度变化梯度较大,因此,对各个域分别进行体网格加密,各个域体网格尺寸大小如表2所示。由于外流场除了地面以外的5个面均是虚拟存在的,不需要划分边界层网格。

[0062] 表2

域	体网格尺寸 (mm)
AC	8
CAC	8
RAD	8
风扇	4
Region1	512

[0064] 在流体域中建立四个网格加密区,在“工具”下的“体形状”下建立四个长方体加密区域,四个网格加密区分别对应“体积控制”项下的Volumetric Control 1、Volumetric Control 2、Volumetric Control 3和Volumetric Control 4。为了能更准确的描述流场的变化,让网格过渡更好,四个加密区的体网格尺按倍数关系逐级减小。

[0065] S2、CFD求解:

[0066] 经过相关参数设置后,开始迭代运算,得到空气在发动机舱内流体的扩散路径、速度分布、温度分布,以及流体在发动机舱内的速度均匀性、温度均匀性、截面流场、流线轨迹;其中,系统根据定义的求解目标值的稳定性判断收敛情况,本实施例中,当本步计算与上一步计算值相差小于一个微小值(通常是 10^{-5})时,求解达到收敛。

[0067] 本实施例中,设定最大计算步数为4000步,计算前将能量方程冻结,先根据网格划分结果计算流场,待流场计算稳定后再单独计算能量方程。为了减少计算量及提高温度的收敛性,更改“视角因子计算器”下的“光束数”及“分离能量”求解器下的“固体亚松弛因子”,同时,为了提高求解的速度、流量的收敛性,相应更改“k- Ω 湍流”和“k- Ω 湍流粘度”以

及求解器的“亚松弛因子”。

[0068] S3、CFD后处理：

[0069] 待计算收敛后,应用CFD后处理观察发动机舱内空气流动场,以流体在发动机舱内的速度均匀性、温度均匀性、截面流场、流线轨迹来综合判断是否存在冷却模块以外的漏流、回流现象,并根据相应的流场状况获取风险点,并结合试验测试,提出改善方案;若仿真结果与试验测试结果存在较大差异,则重复步骤S1~S2,对发动机舱三维模型进行修改调整,并修改物理参数,重新进行计算,并与试验对标。

[0070] S4、选取商用车发动机舱热管理方案：

[0071] 对比多个设计方案,确定并输出发动机舱内温度分布最合理的方案。

[0072] 本实施例中发动机舱内部流场模拟结果如图3-5所示,其中,图3(a)为发动机舱CAC入口面速度云图,图3(b)为发动机舱RAD入口面速度云图,图4(a)为发动机舱CAC入口面温度分布图,图4(b)为发动机舱RAD入口面温度分布图,图5为发动机舱内部流场的流线轨迹图;通过分析截面速度场、温度场、流线轨迹图,获取冷却模块以外的漏流、回流区域,并提出相应的改善方案。

[0073] 发动机舱的空间界面流场模拟结果如图6所示,其中图6(a)为 $Y=0$ 界面的温度云图,图6(b)为 Z =风扇中心高度处截面的温度云图;常规分析中至少包括 $Y=0$ 截面及 Z =(风扇中心高度)截面温度分布图,如遇特殊情况,可增加其他截面图。通过温度云图,得到发动机舱内的温度分布,结合材料属性,实现对发动机舱内的风险点的获取。通过图6可知,发动机舱内温度高于80度,大于大部分控制单元所能承受的最高温度,风扇出风基本没有打到控制单元且风扇出风打到控制器后围壳后不能及时导出,是导致机舱内温度偏高的主要原因。

[0074] 发动机舱内部风险点分布如图7所示,其中图7(a)为车轮挡泥板风险点,图7(b)为底板过热风险点,图7(c)为空滤出气管过热变形及车架纵梁内部线束风险点;根据机舱的布置及零部件属性判断机舱内部风险点如下:①前保内侧、挡泥板表面及左前轮侧面温度较高,达到了约80℃,影响车灯线束等零件可靠性及易引起左侧上车区域过热;②驾驶室底板前端中部右侧,达到了约85℃;底板的平均温度约为335K(62℃),易影响驾驶室室内舒适性;建议在排气弯管8及波纹管9增加隔热材料;③左右侧车架内侧温度较高,尤其是右侧车架内侧(约105℃),影响线束的布置及其可靠性;④空滤出气管2表面温度较高,局部温度接近120℃,存在变形塌陷的风险。由于发动机舱内风险点较多,需根据风险点及流场情况重新对发动机舱进行优化设计,再重新进行CFD验算。

[0075] 本发明采用专业的计算流体动力学(CFD)分析软件STAR-CCM+对气流经过商用车发动机舱过程进行数值模拟,对复杂的冷凝器、中冷器、散热器结构,应用“多孔介质”功能,并设置为“体积热源”。建立一个局部坐标系,使风扇绕该局部坐标系的轴线旋转。本发明的技术方案通过CFD模拟仿真,获得了发动机舱内的温度分布参数,通过对温度的分析,判断出发动机舱内的风险点,以便于实际中指导发动机舱的结构优化设计;

[0076] 同时,本发明仅需使用CATIA、SpaceClaim、STAR-CCM+三款软件,首先使用CATIA进行三维建模,再使用SpaceClaim进行前处理(结构简化),最后在STAR-CCM+中完成网格划分、求解器计算、后处理(速度场、温度场及流线轨迹分析),虽然用了三个软件,但都是相关操作的专业软件,格式转换方便,操作简单快捷;

[0077] 另外,本发明基于先进的CFD技术对发动机舱内温度预测和验证,再通过样机进行实验检测,最终定型,实现了减少物理样机的制作次数和成本,缩短了产品开发的周期,还提高了产品的综合性能与质量,充分体现了运用CFD技术分析优势,在汽车行业,具有实用性。

[0078] 以上所述的实施例仅是对本发明的优选方式进行描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

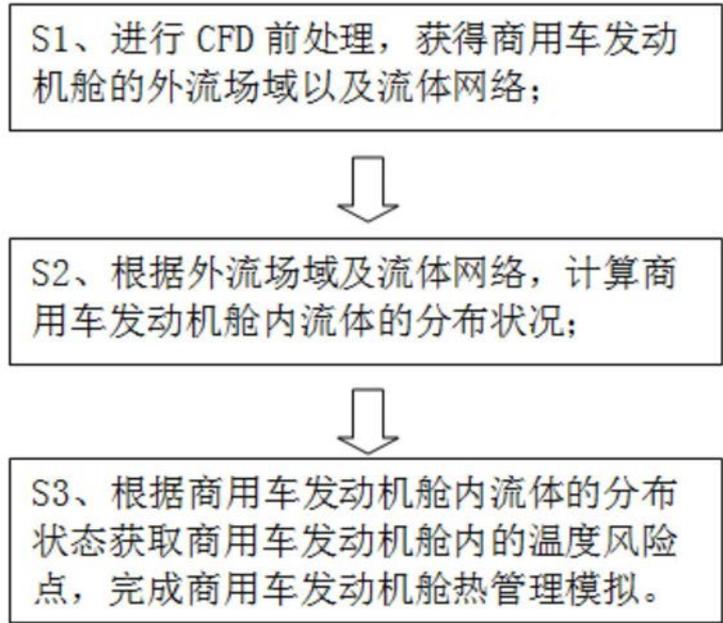


图1

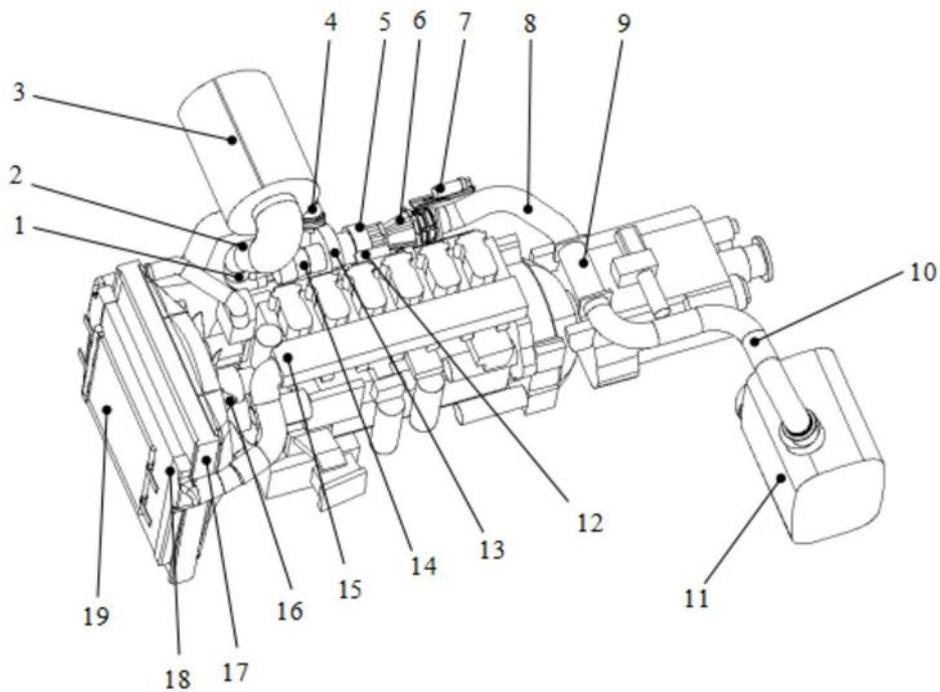


图2

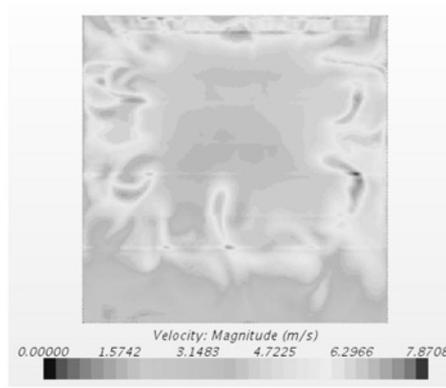


图3 (a)

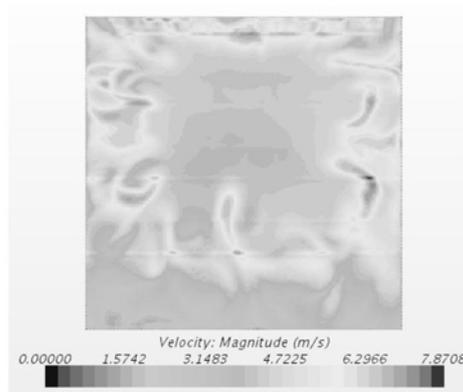


图3 (b)

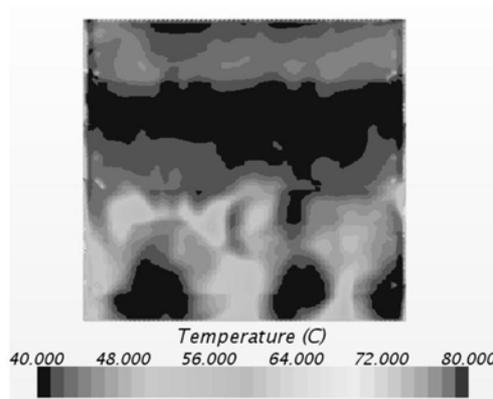


图4 (a)

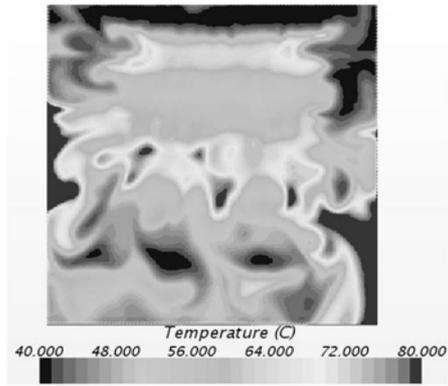


图4 (b)

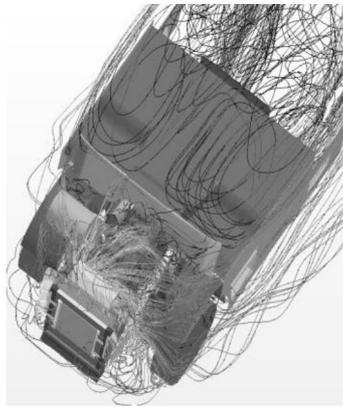


图5

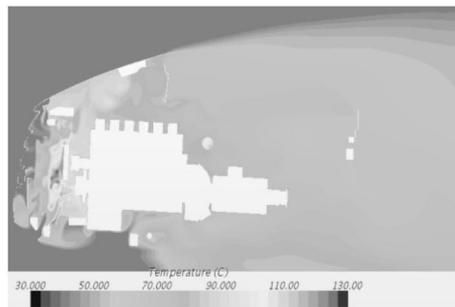


图6 (a)

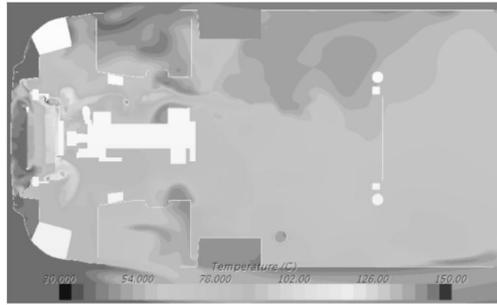


图6 (b)

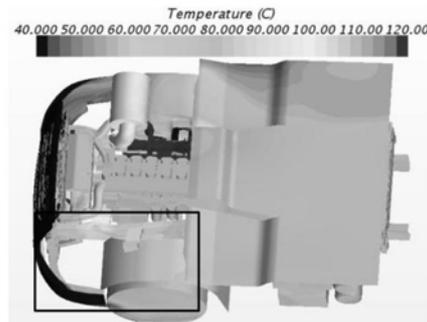


图7 (a)

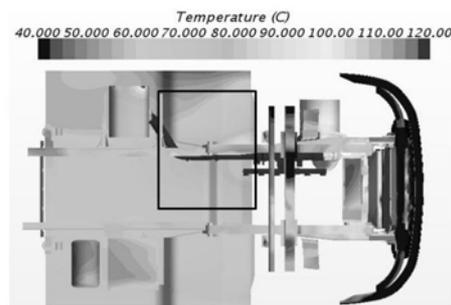


图7 (b)

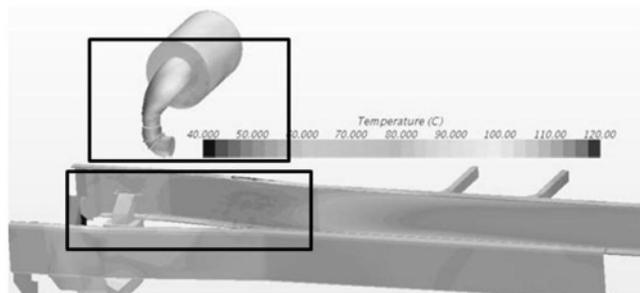


图7 (c)