

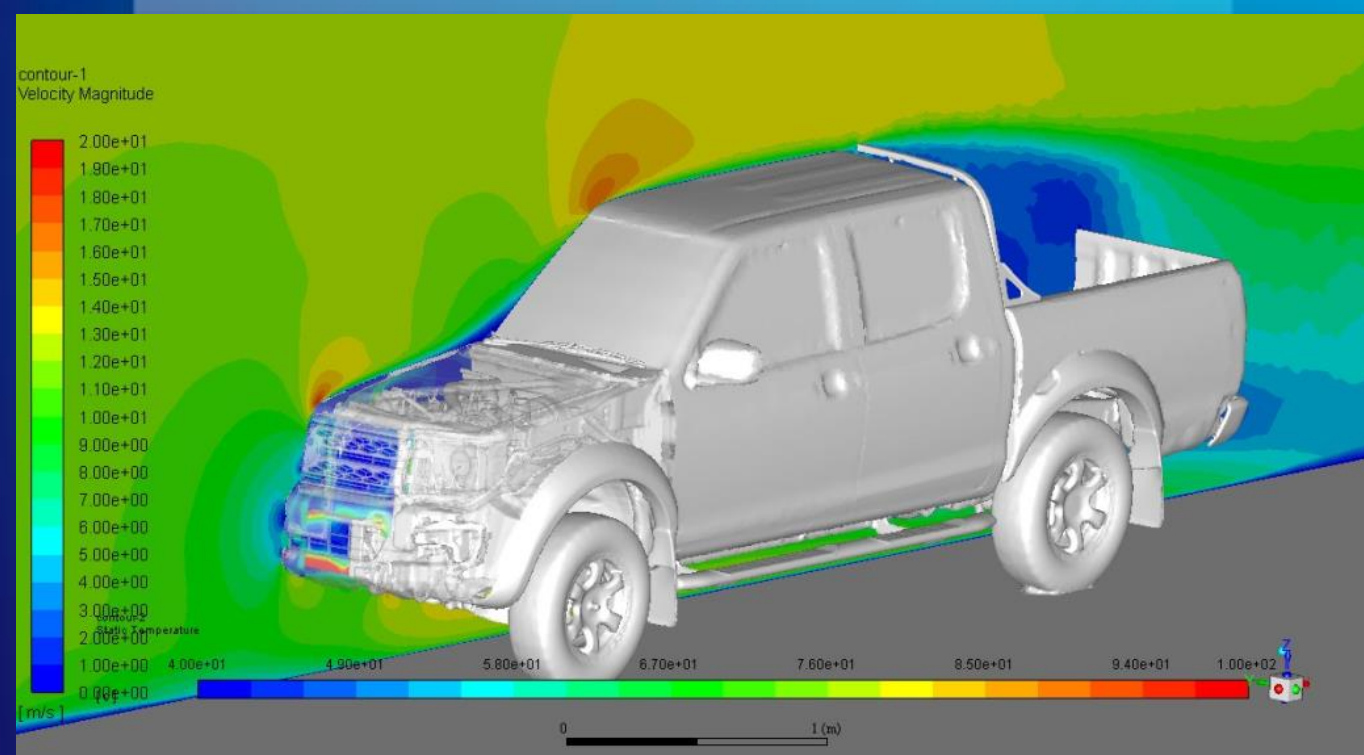
发动机机舱一维三维耦合热管理解决方案

1D and 3D Coupled Thermal Management Solution for Underhood

朱天答¹, 杨书建¹, 陈桂杰², 李斌², 唐连伟², 钟修林²

1. 郑州日产汽车有限公司 Nissan

2. 艾迪捷信息科技有限公司 IDAJ-China Co.,Ltd



2018.09.06

目录

- 公司简介
Company Profile
- 一维仿真和三维仿真耦合热管理解决方案
1D and 3D Coupled Thermal Management Solution
- 三维流场仿真
3D Flow Field Simulation
- 一维热管理模型
1D Thermal Management Model
- 三维温度场仿真
3D Temperature Field Simulation
- 总结
Summary

公司简介 Company Profile

郑州日产汽车有限公司

- 东风汽车有限公司全资子公司，日产中国皮卡及越野型SUV(帕拉丁)生产基地，东风皮卡领导者。



集性能豪华于一身的日产最新皮卡纳瓦拉

公司简介 Company Profile



越野e族的最爱、人民卫士帮手——帕拉丁。全新帕拉丁即将上市，全球同步。



日产标准管控，完全
产权东风锐骐皮卡

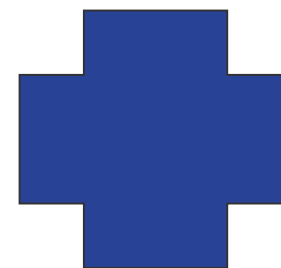
目录

- 公司简介
Company Profile
- 一维仿真和三维仿真耦合热管理解决方案
1D and 3D Coupled Thermal Management Solution
- 三维流场仿真
3D Flow Field Simulation
- 一维热管理模型
1D Thermal Management Model
- 三维温度场仿真
3D Temperature Field Simulation
- 总结
Summary

一维仿真和三维仿真耦合解决方案

1D and 3D Coupled Thermal Management Solution

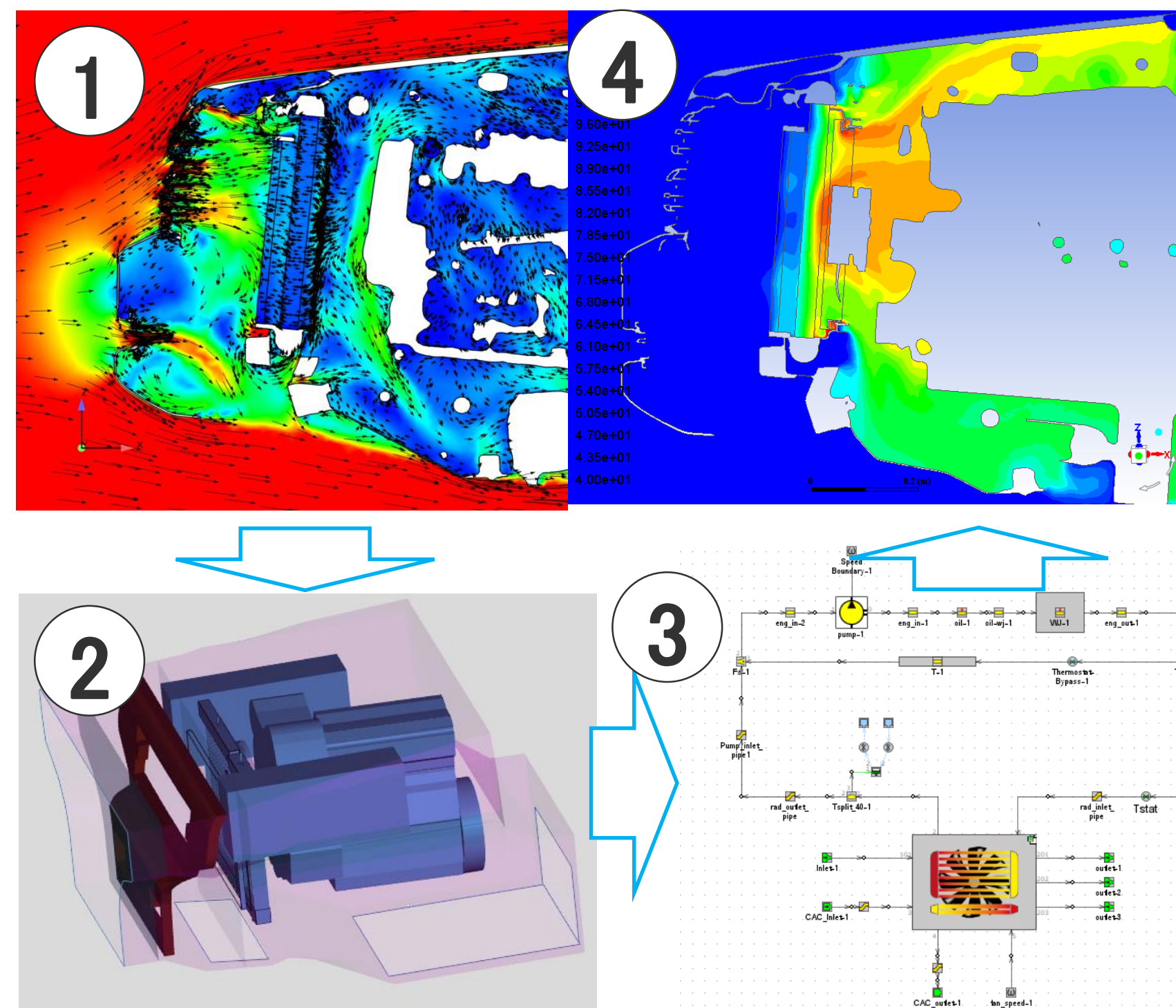
- 一维GT-SUITE仿真与三维ANSYS Fluent仿真联合
- 这种方法适用于一维仿真在设计阶段预测系统布置，然后三维仿真进行验证计算；
- 也适用于与已有车型的仿真计算与试验对比，并利用当前一维仿真结果预测改款车型，并进行三维仿真验证。
- 本次一维仿真侧重整个冷却系统匹配、冷却模块布置的影响；三维仿真侧重于三维流场温度场分析，以及详细机舱模型分析。
- 本次三维仿真使用脚本驱动的自动化网格生成工具，仿真效率大幅提升。



一维仿真和三维仿真耦合解决方案 1D and 3D Coupled Thermal Management Solution

Fluent+GT-SUITE联合仿真流程:

1. 使用Fluent计算不同工况下机舱流场分布, 获得流经散热器、中冷器、冷凝器风量;
2. 使用Fluent的风量计算结果对GT-SUITE机舱模型进行标定;
3. 使用GT-SUITE计算热管理系统流量、温度分布情况;
4. 基于GT-SUITE计算获得的散热器、中冷器入口水温 and 发热量等, 使用Fluent计算机舱温度场。



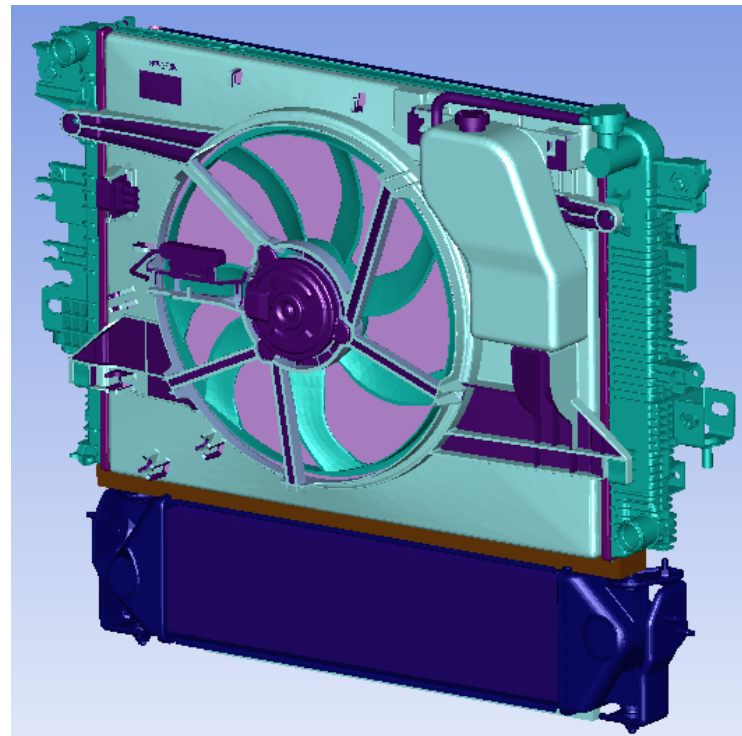
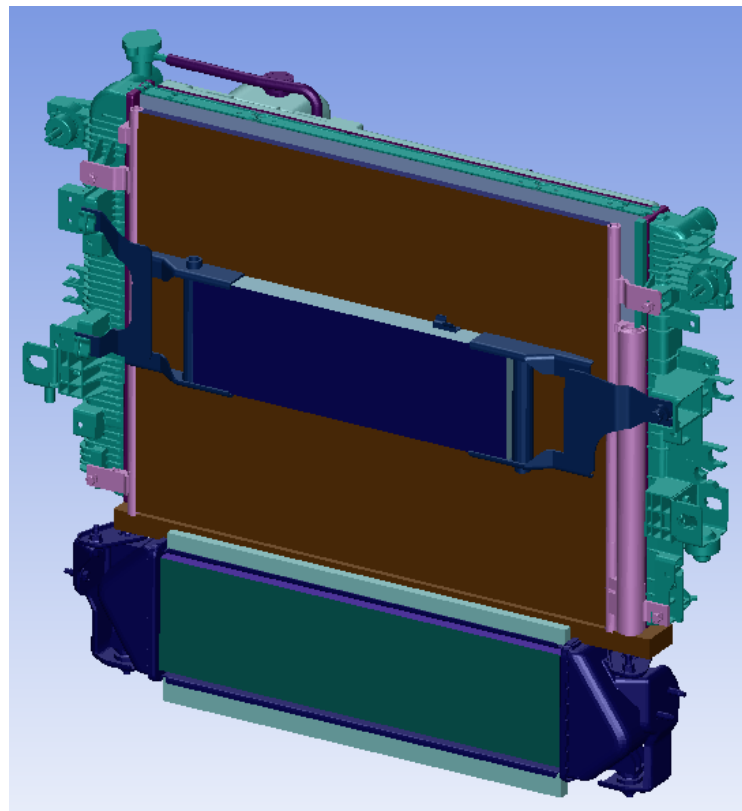
目录

- 公司简介
Company Profile
- 一维仿真和三维仿真耦合热管理解决方案
1D and 3D Coupled Thermal Management Solution
- 三维流场仿真
3D Flow Field Simulation
- 一维热管理模型
1D Thermal Management Model
- 三维温度场仿真
3D Temperature Field Simulation
- 总结
Summary

三维流场仿真 3D Flow Field Simulation

几何数模 Geometry Model

- 包含动力总成（发动机和进排气系统）、冷却系统（冷凝器、散热器、中冷器和风扇）
车身、底盘系统等与机舱分析相关数模。初始几何模型的前端冷却模块等结构如下图所示

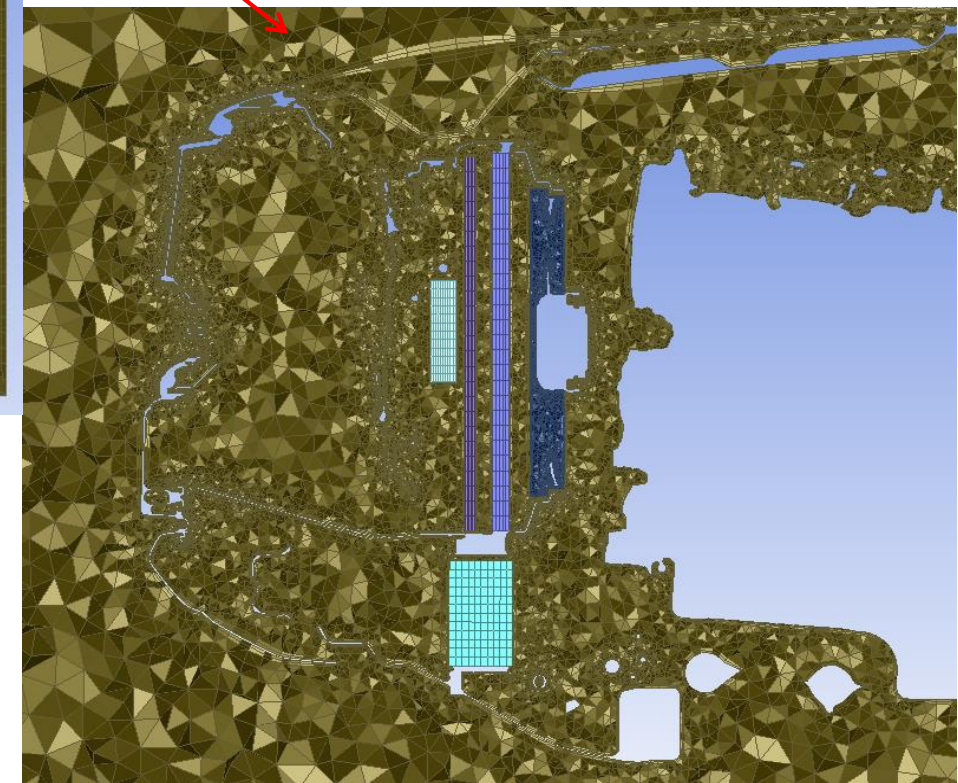
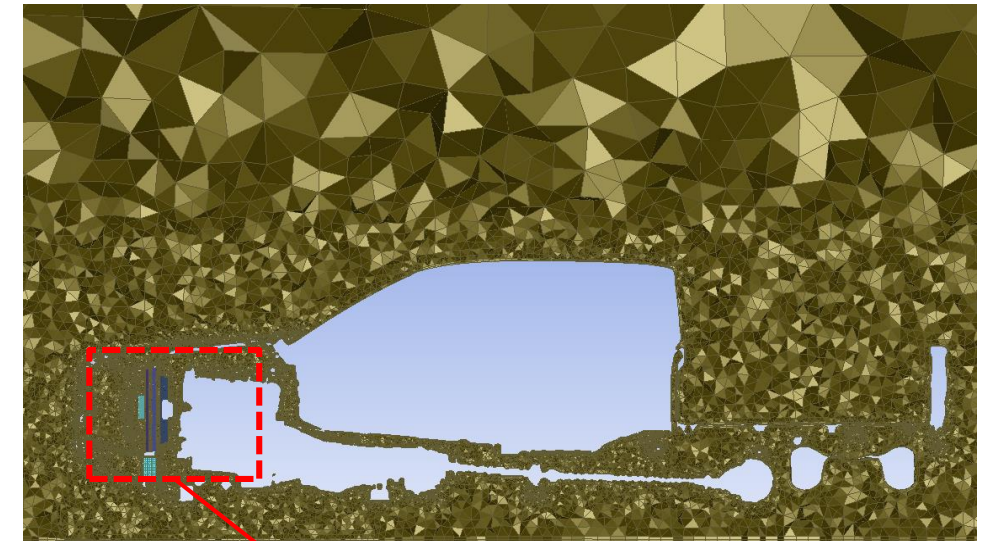
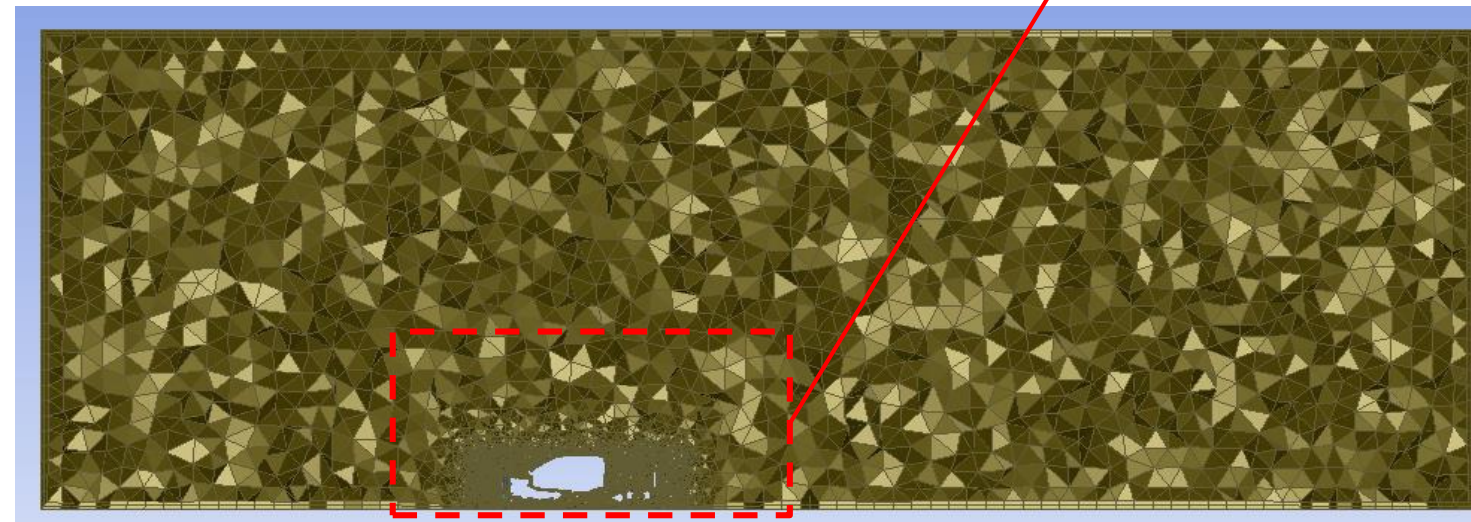


三维流场仿真 3D Flow Field Simulation

网格模型 Mesh Model

■ 网格模型处理使用脚本驱动的自动化网格流程

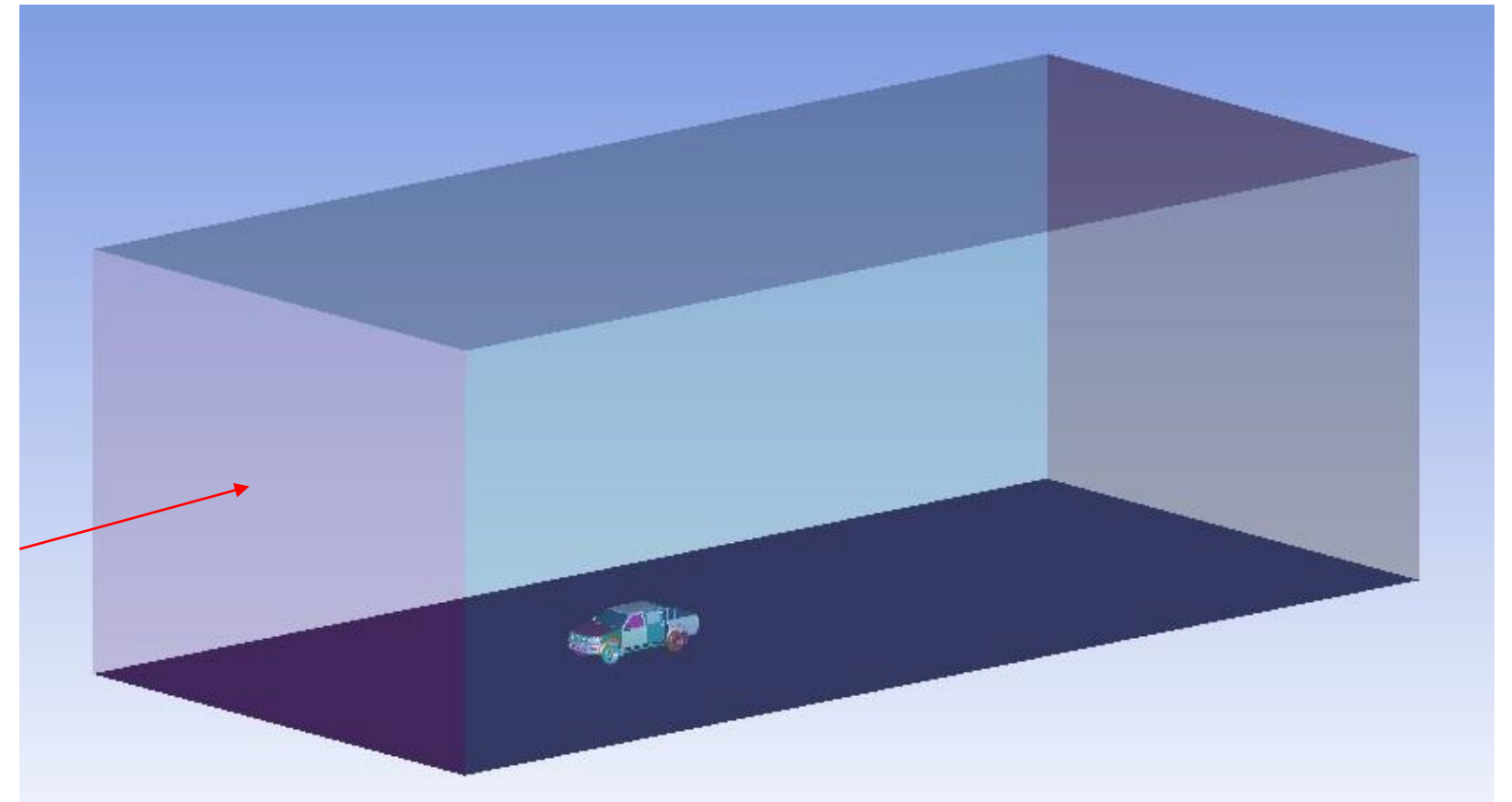
- 面网格总数：898万
- 体网格总数：3584万
- 网格类型：
 - 主流域&风扇域：四面体
 - 油冷器、中冷器、散热器、冷凝器：六面体



三维流场仿真 3D Flow Field Simulation

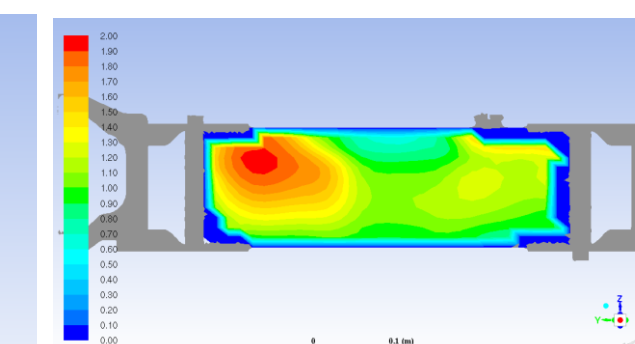
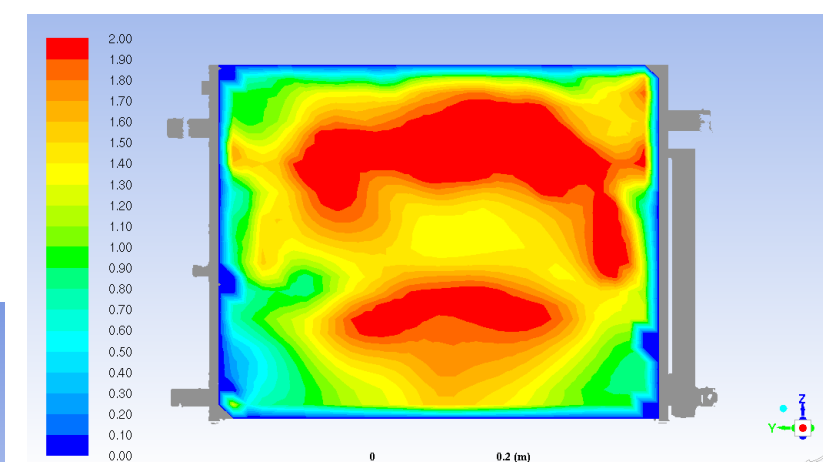
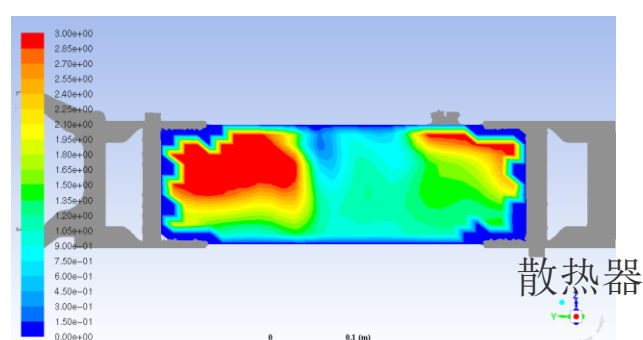
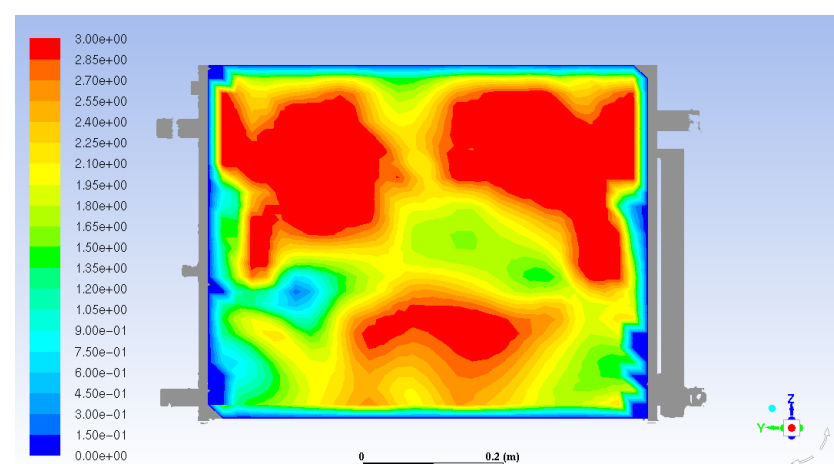
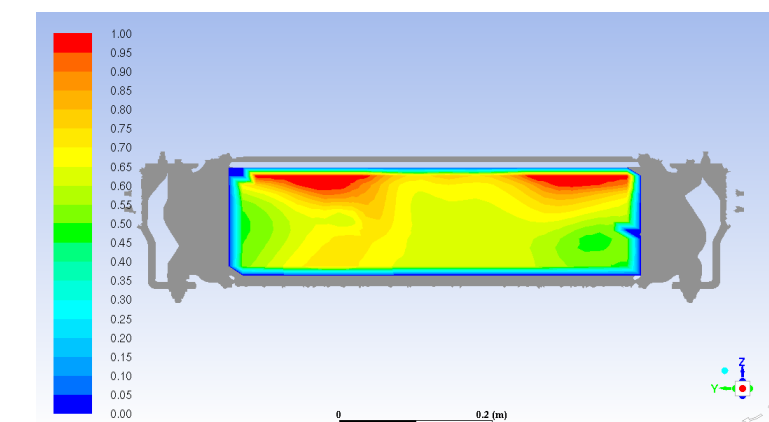
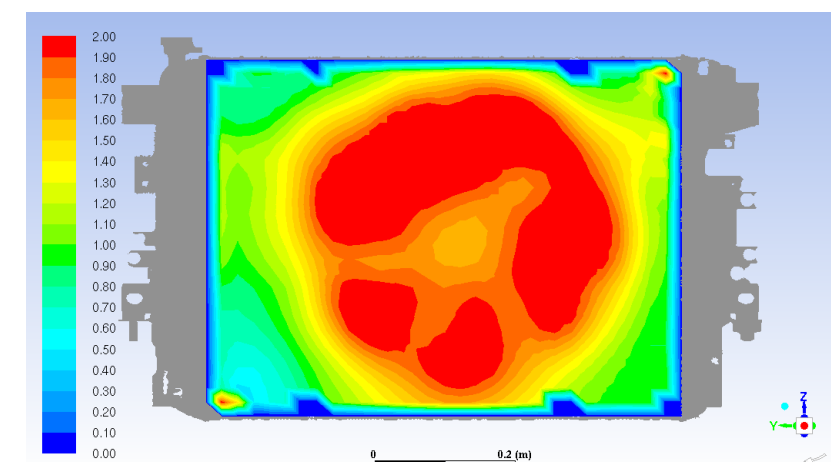
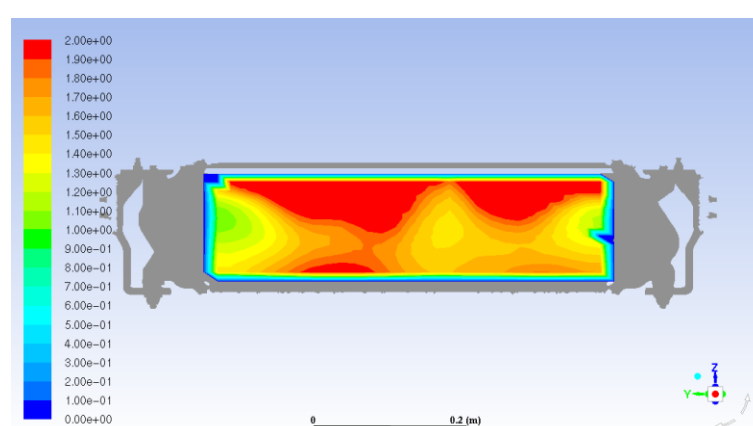
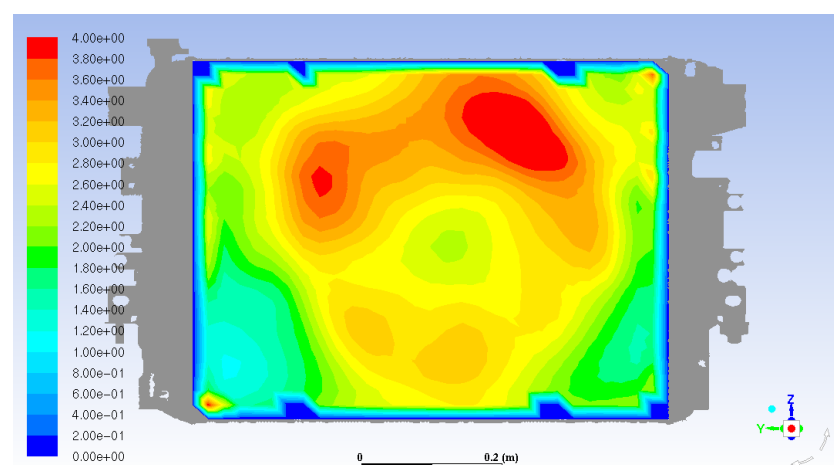
模型设定 Settings

- 车速：高速工况120kph，爬坡工况60kph
- 风扇转速：2550rpm
- 环境温度：40°C

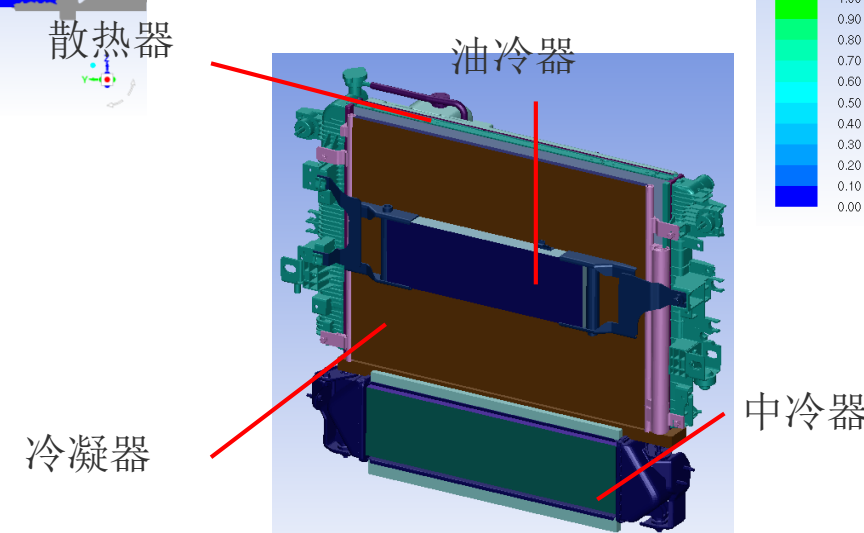


三维流场仿真 3D Flow Field Simulation

计算结果-冷却模块表面风速 Results



高速工况



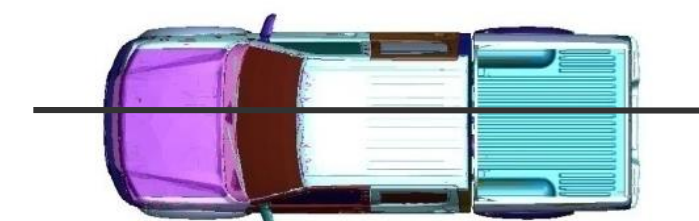
爬坡工况

三维流场仿真 3D Flow Field Simulation

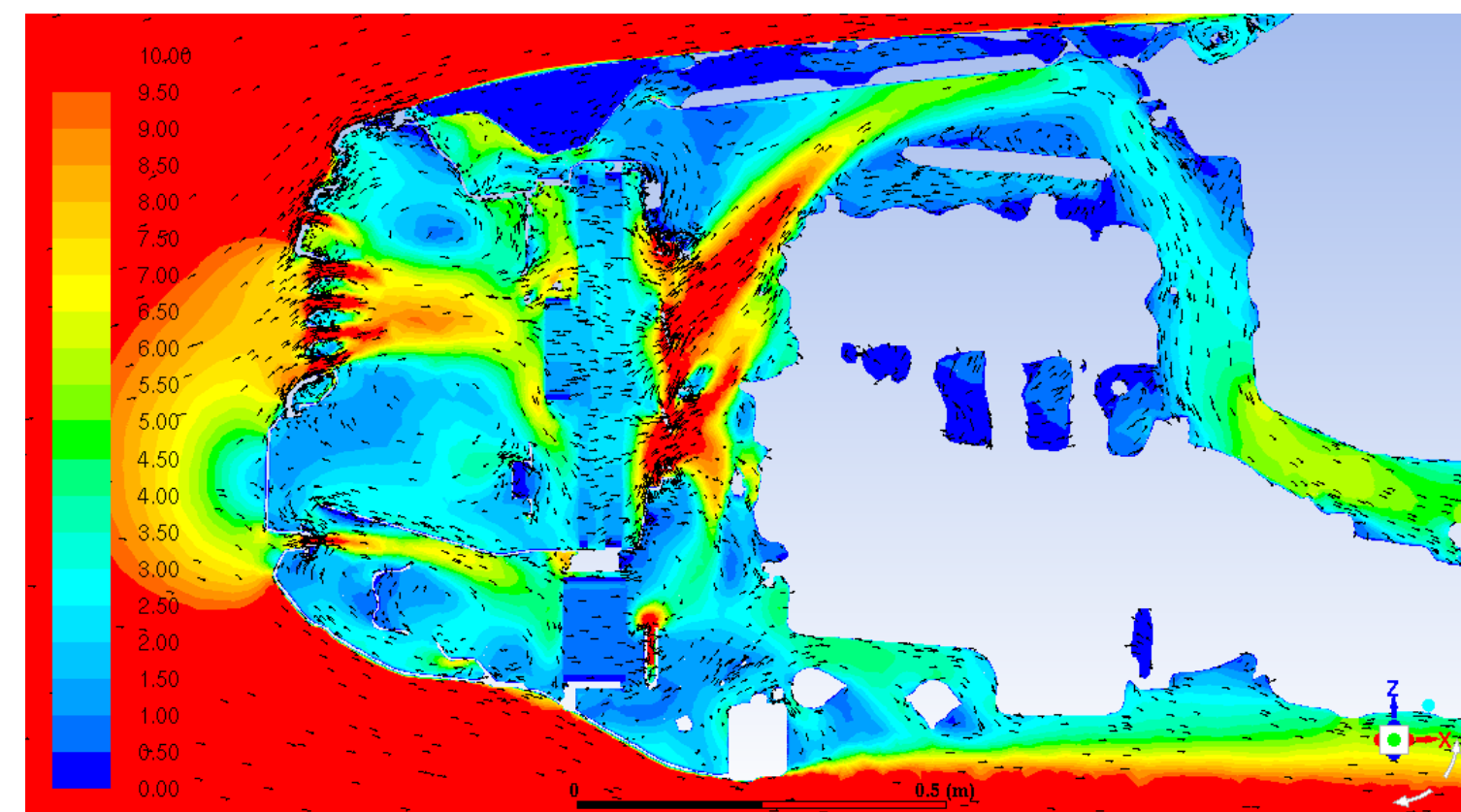
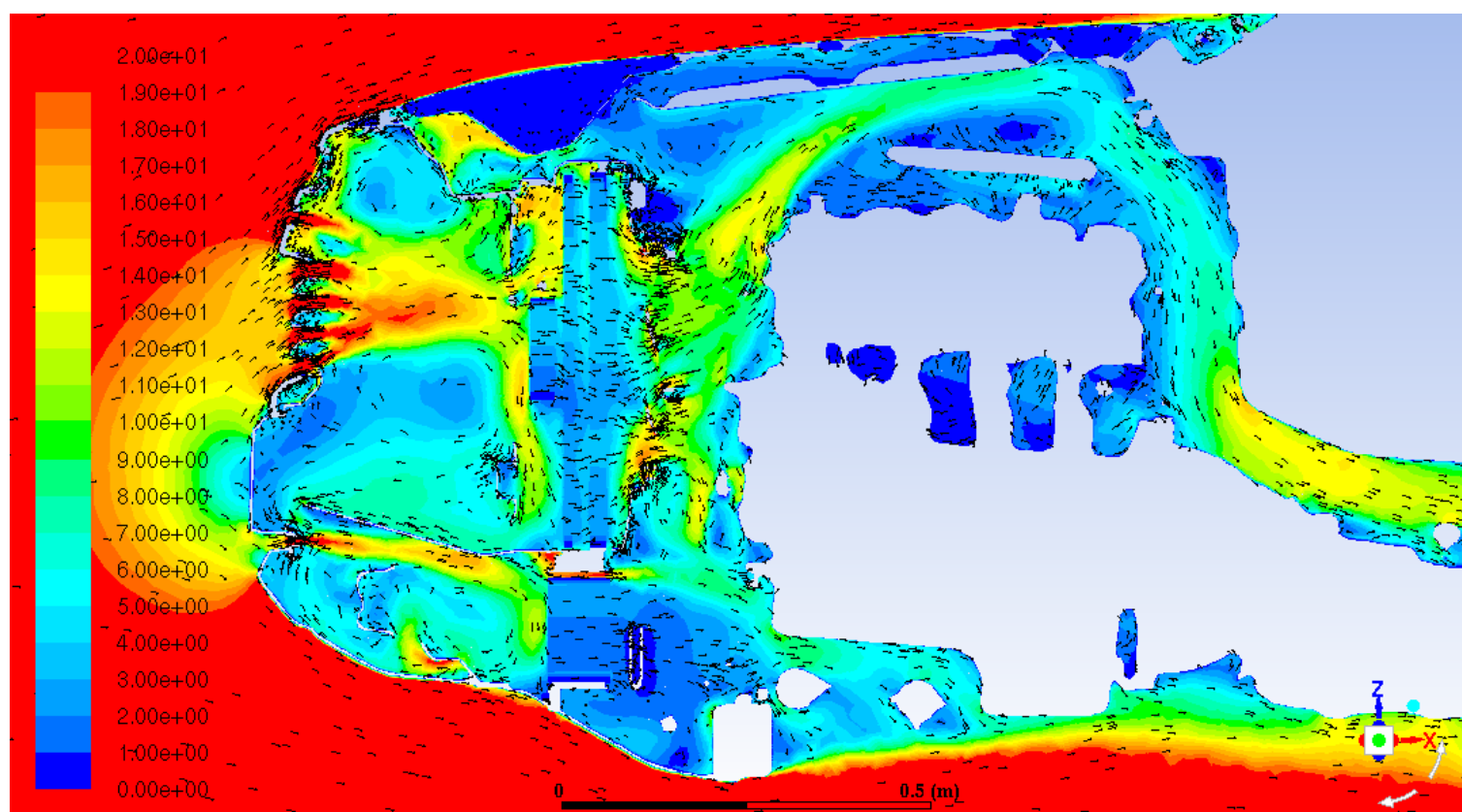
计算结果 Results

高速

爬坡



$Y=0.1\text{m}$

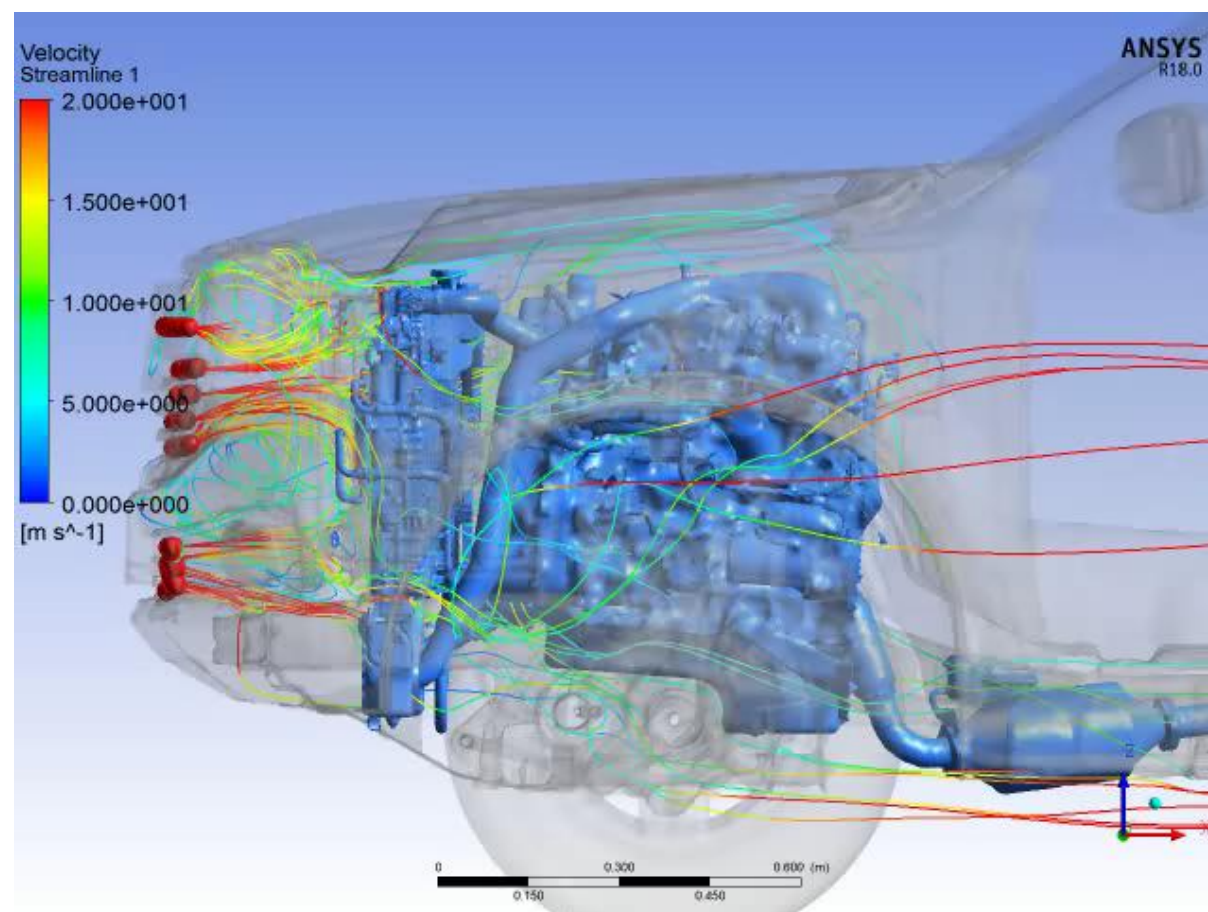


截面速度云图

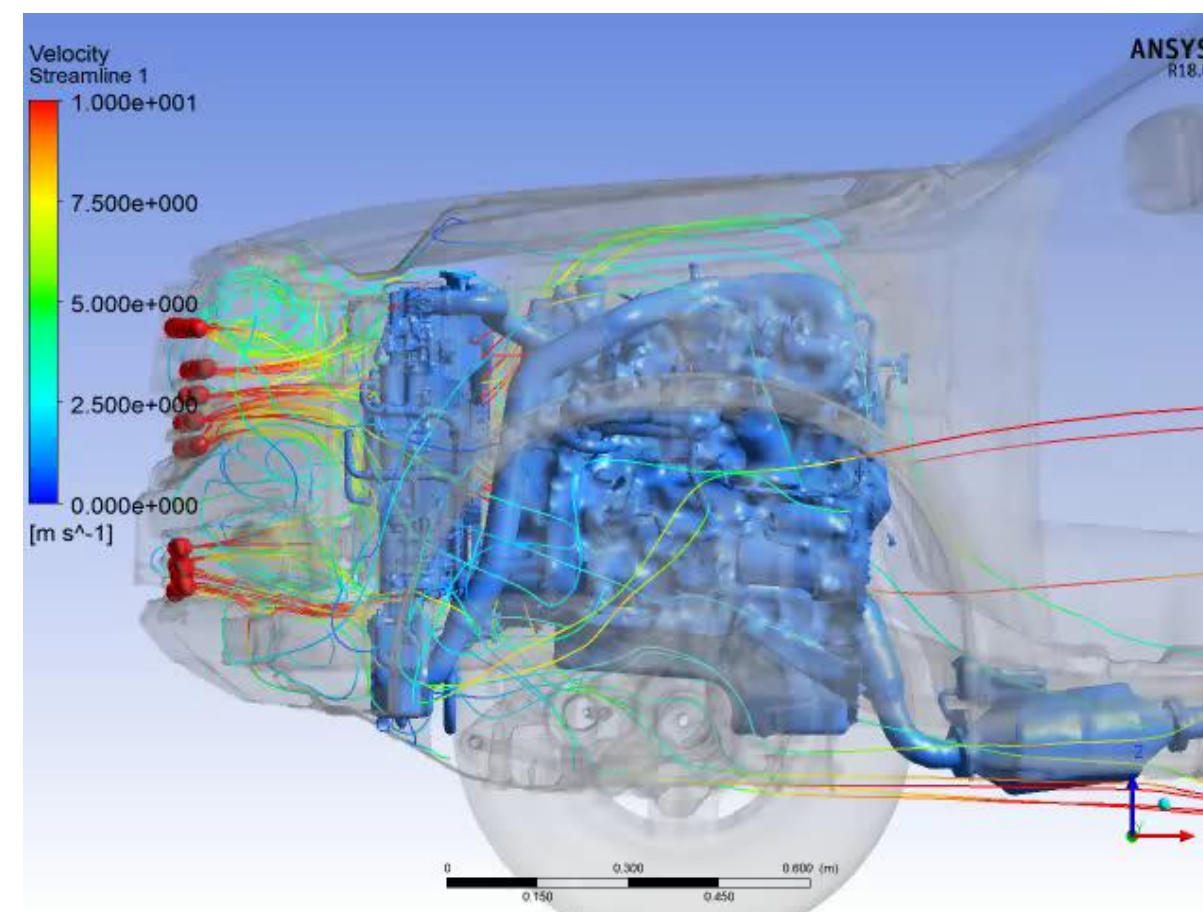
三维流场仿真 3D Flow Field Simulation

计算结果-前舱流线动画 Results-Animations

高速



爬坡



目录

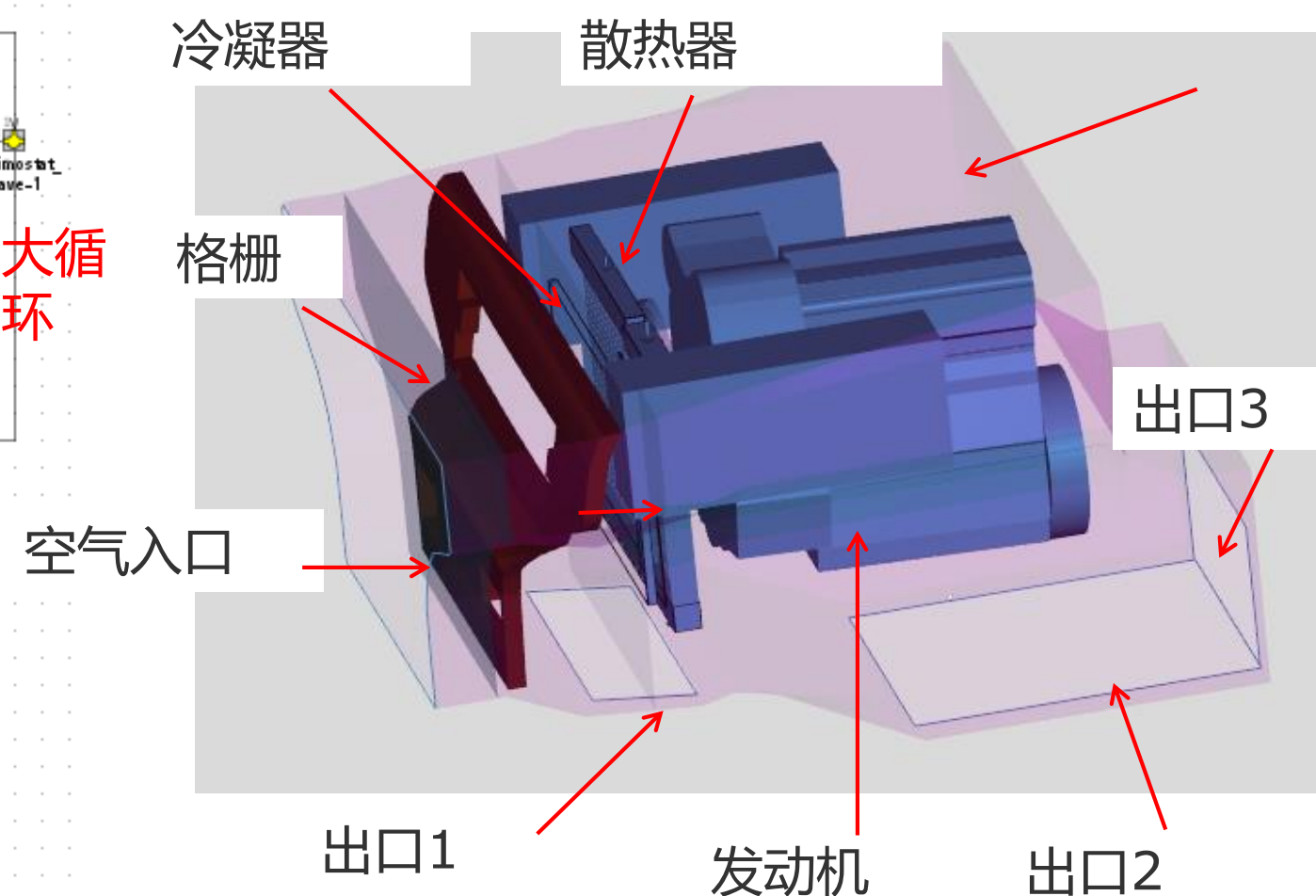
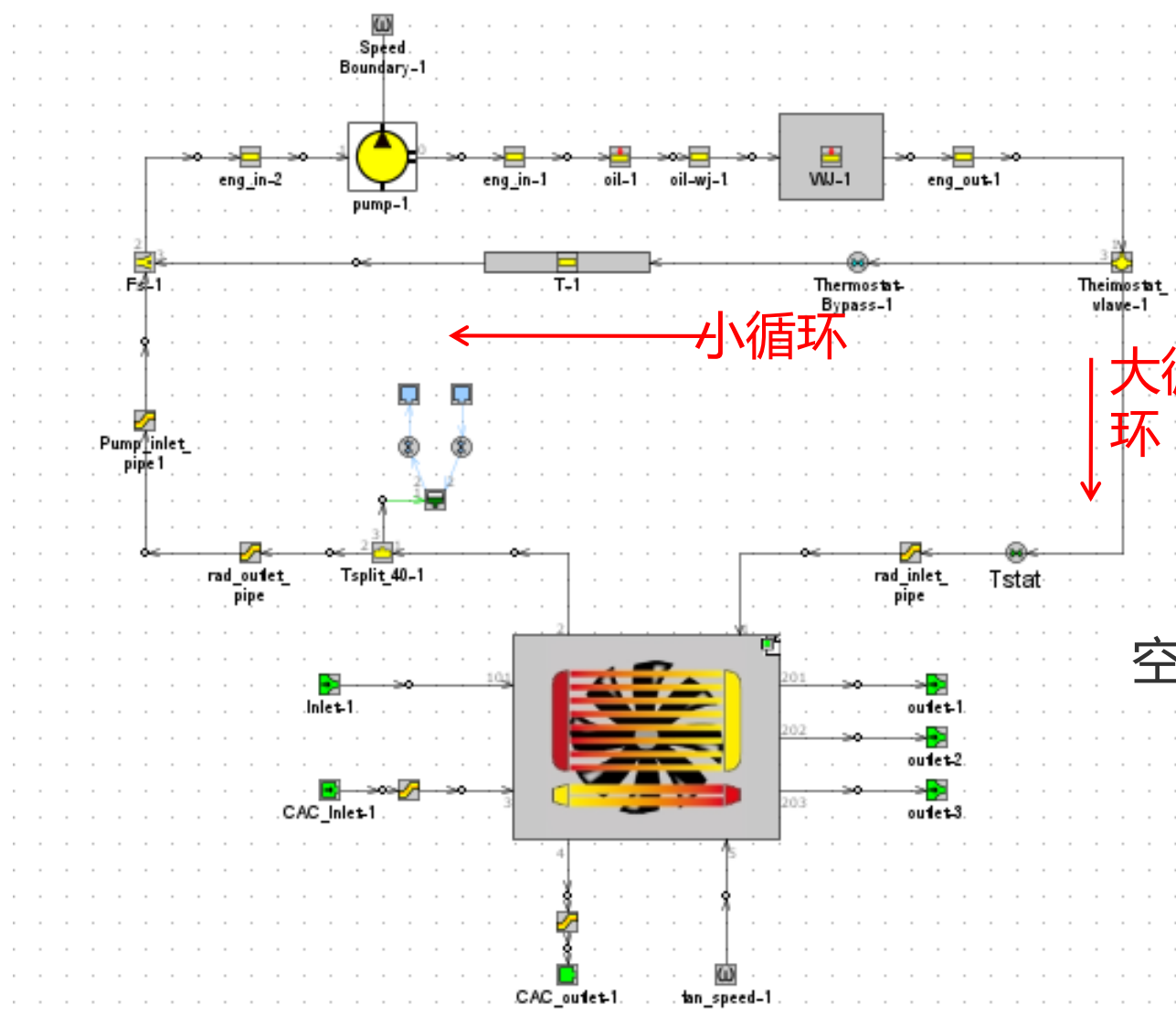
- 公司简介
Company Profile
- 一维仿真和三维仿真耦合热管理解决方案
1D and 3D Coupled Thermal Management Solution
- 三维流场仿真
3D Flow Field Simulation
- 一维热管理模型
1D Thermal Management Model
- 三维温度场仿真
3D Temperature Field Simulation
- 总结
Summary

一维热管理模型 (GT-SUITE) 1D Thermal Management Model

- 利用GT-SUITE进行整车热管理的一维计算，包括发动机冷却系统和机舱系统。
- 一维仿真主要工作：基于当前实车的模型与数据，建立当前车辆的发动机冷却系统和发动机机舱的准3D模型，并进行模型标定
- 根据水套散热量、水泵转速、空气流量（三维风量结果）计算热管理系统流量、温度、压力分布

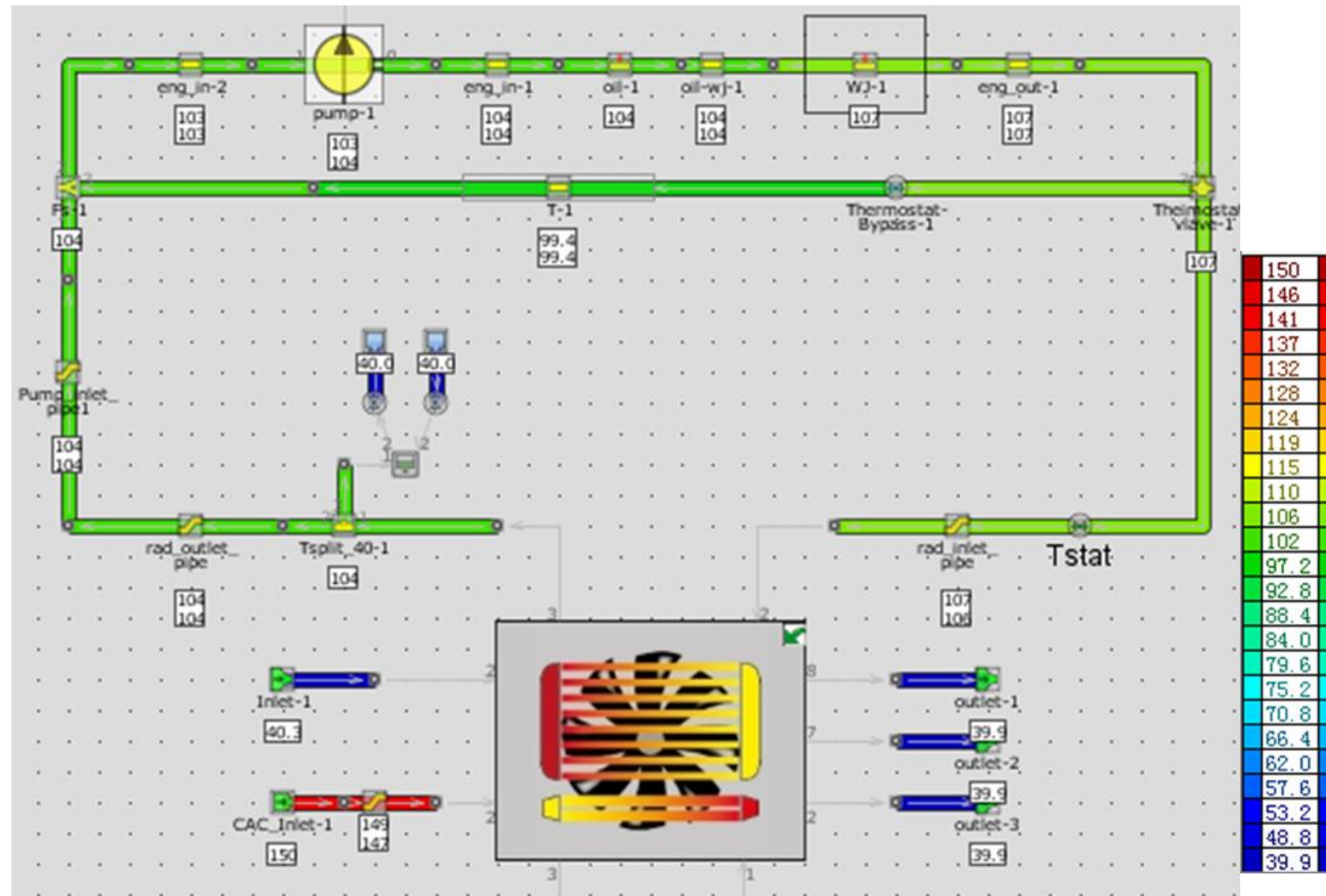
一维热管理模型 (GT-SUITE) 1D Thermal Management Model

- 发动机冷却系统：管路布置、水泵、节温器、发动机水套、膨胀水壶等；
- 发动机机舱的准3D模型：进气格栅、散热器、冷凝器、中冷器、风扇、发动机等



一维热管理模型 (GT-SUITE) 1D Thermal Management Model

一维仿真结果：冷却回路水温分布 1D Simulation Results



一维热管理模型 (GT-SUITE) 1D Thermal Management Model

一维仿真结果 1D Simulation Results

- 一维仿真可以得到散热器水流量、进出口温度和发热量以及发动机水套进出口温度等结果

工况	散热器进口水温℃	散热器出口水温℃	散热器散热量 kW	中冷器散热量 kW
高速	102.40	95.96	41.81	3.85
低速爬坡	107.48	101.03	20.69	3.19

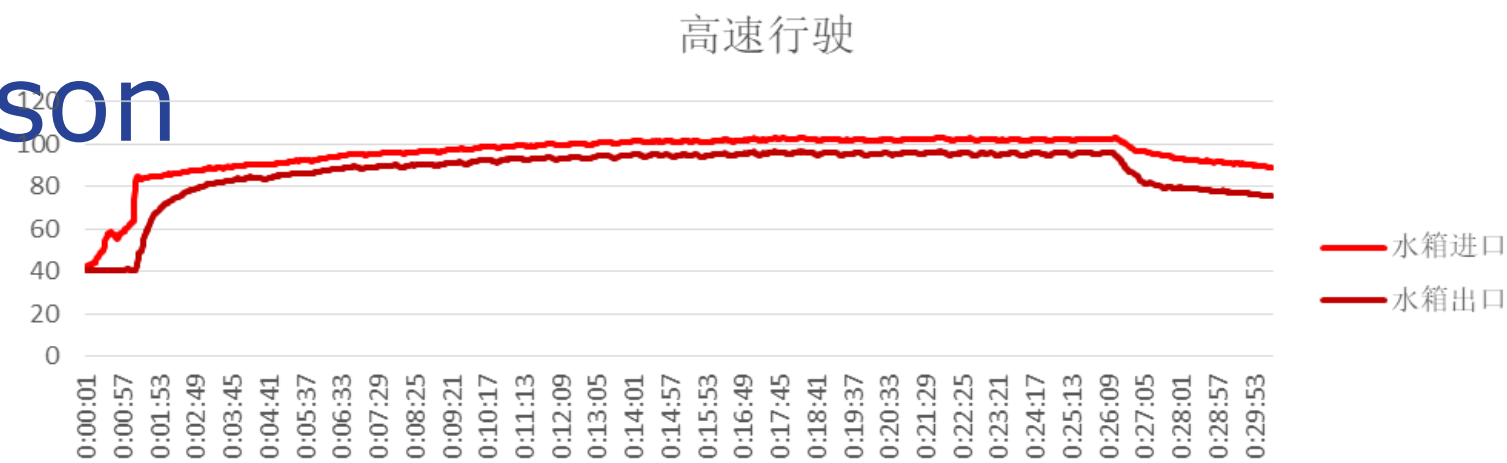
仿真结果与试验对比

Simulation Results and Test Comparison

仿真结果与试验对比

■ 高速工况

- 试验的环境温度在39.7~43.2℃之间，发动机转速为3300~3400r/min



高速工况试验测量水箱进出口温度

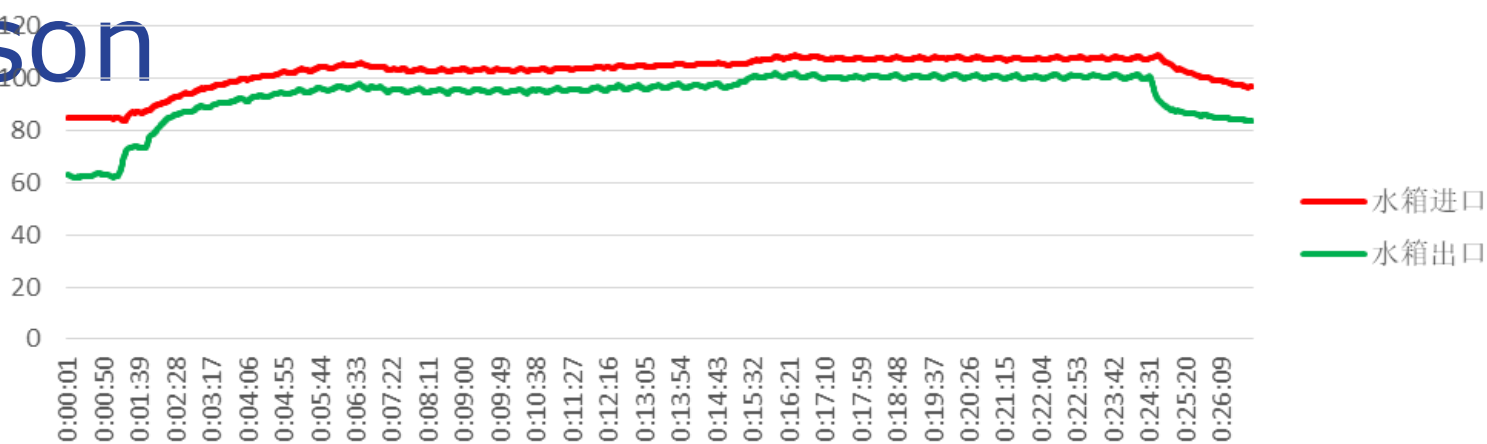
项目	试验数据	仿真结果	偏差
散热器进口平衡温度	102.4℃	102.4℃	0%
散热器出口平衡温度	96℃	95.96℃	0.042%

仿真结果与试验对比 Simulation Results and Test Comparison

仿真结果与试验对比

爬坡工况

- 试验的环境温度在39.4~41.6℃之间，发动机转速为2100~2200r/min



爬坡工况试验测量水箱进出口温度

项目	试验数据	仿真结果	偏差
散热器进口平衡温度	107.7℃	107.48℃	0.2%
散热器出口平衡温度	100.6℃	101.03℃	0.43%

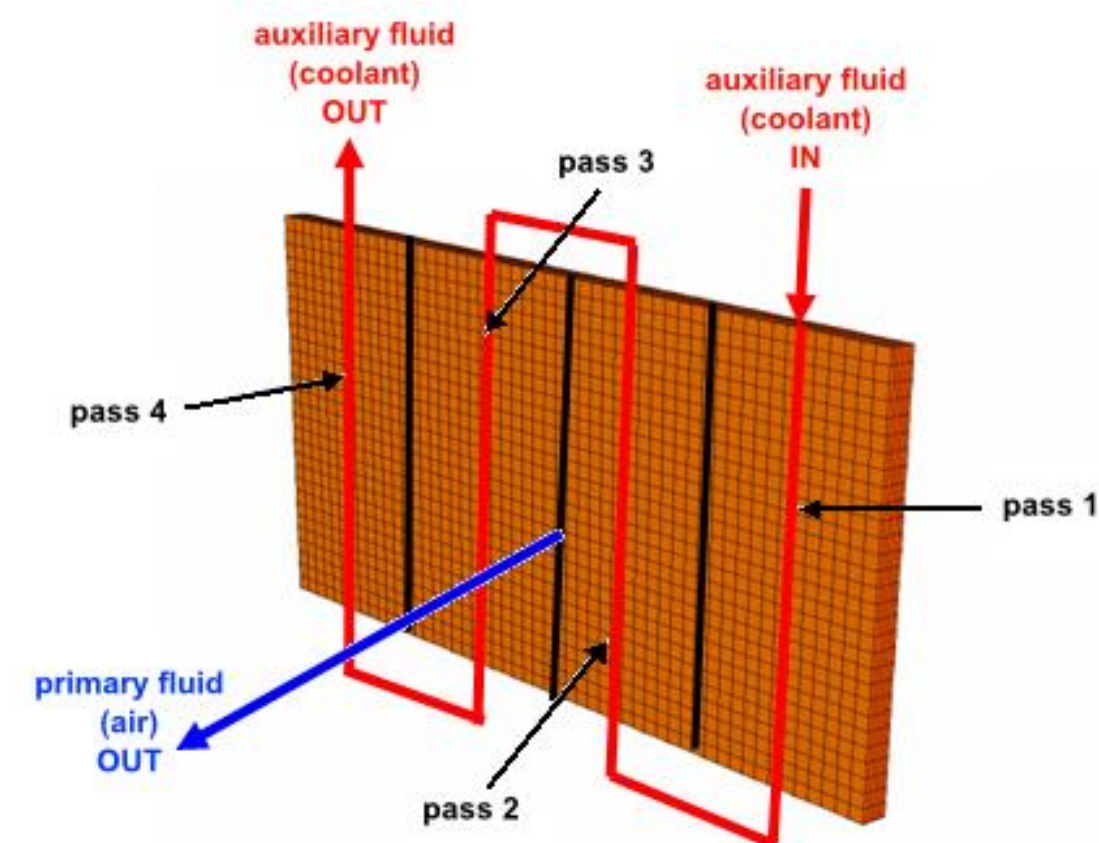
目录

- 公司简介
Company Profile
- 一维仿真和三维仿真耦合热管理解决方案
1D and 3D Coupled Thermal Management Solution
- 三维流场仿真
3D Flow Field Simulation
- 一维热管理模型
1D Thermal Management Model
- 三维温度场仿真
3D Temperature Field Simulation
- 总结
Summary

三维温度场仿真 3D Temperature Field Simulation

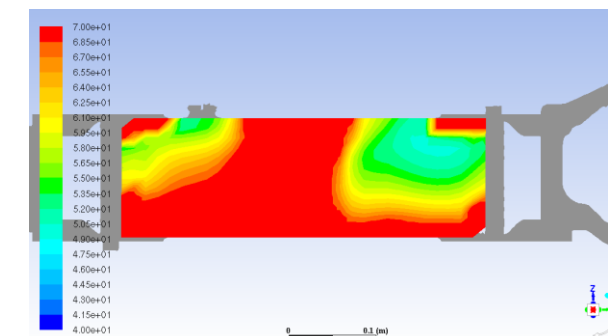
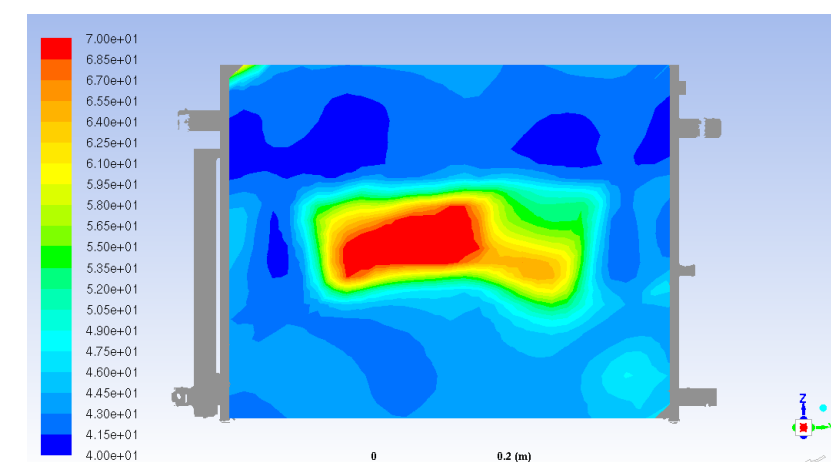
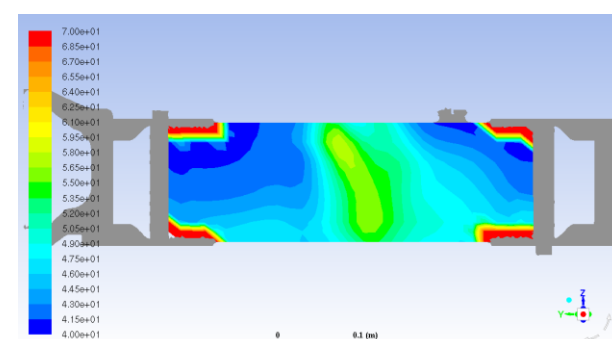
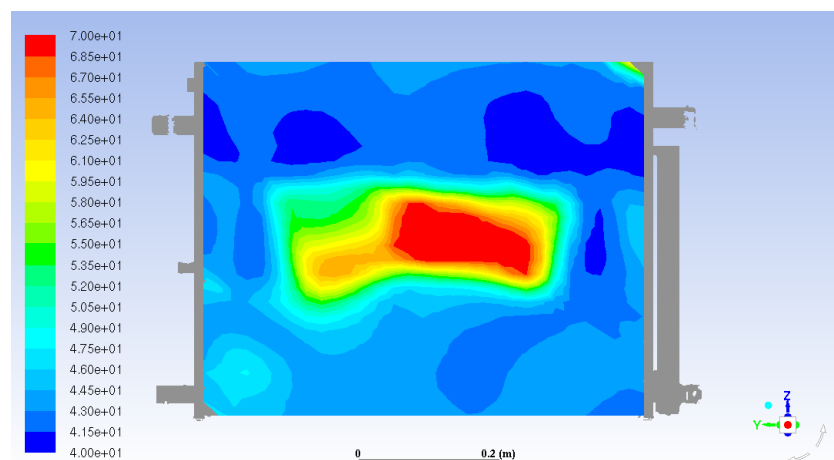
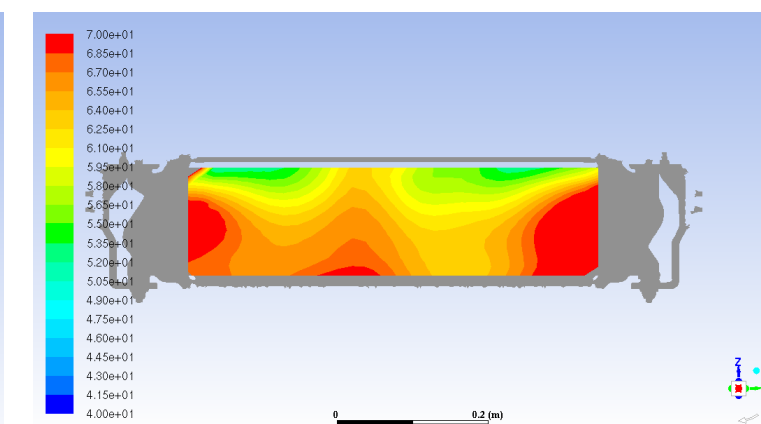
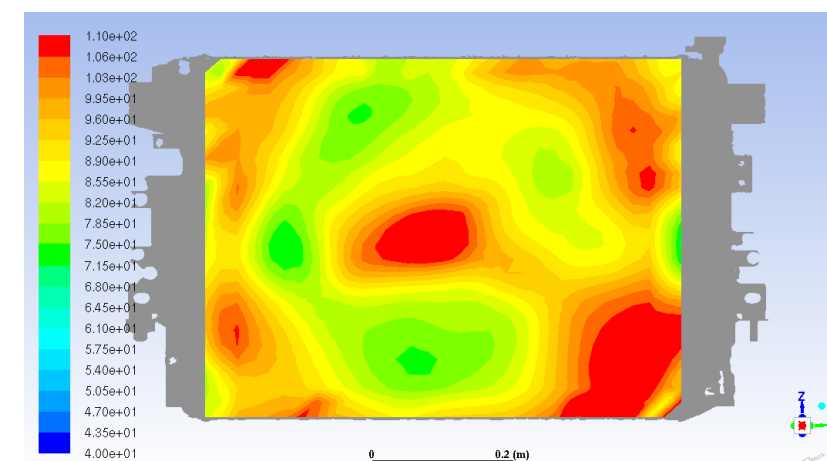
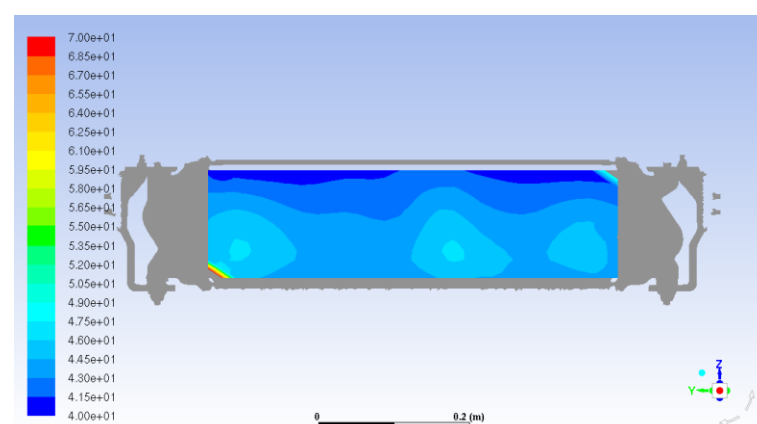
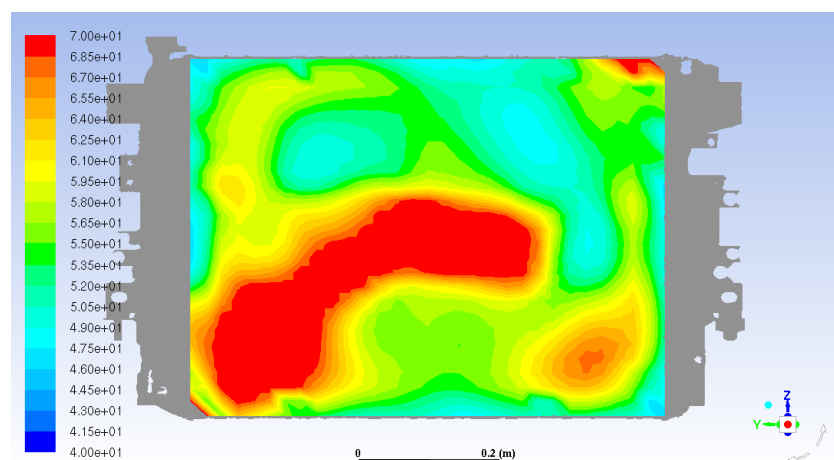
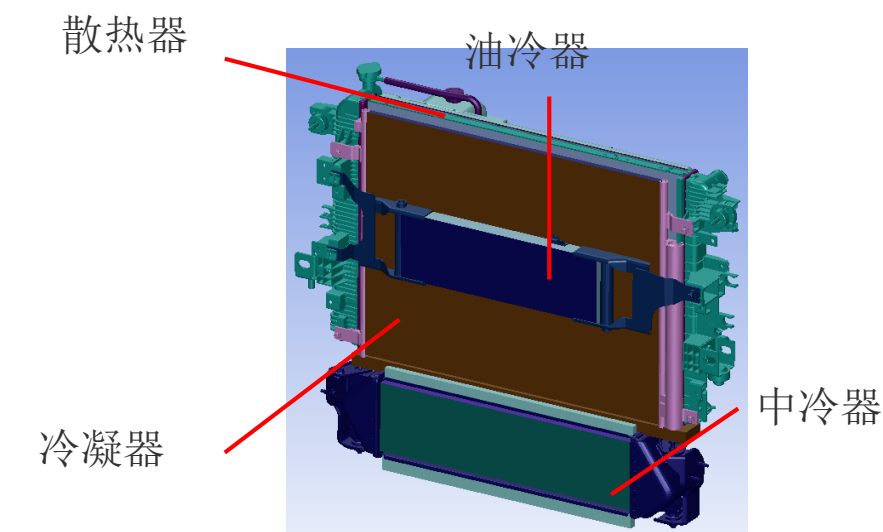
换热器模型 Heat Exchanger Model

- 采用Fluent中Macro模型只需要创建一套网格单元，真实的单元用于主流体（冷却流体）一侧，macros用于辅助流体（热流体）一侧，在发动机舱热管理仿真中是普遍使用的模型。
- 一维计算的散热器散热量和入口流量，温度结果定义在三维仿真中的换热器模型里



三维温度场仿真 3D Temperature Field Simulation

计算结果-高速工况冷却模块温度分布 Results

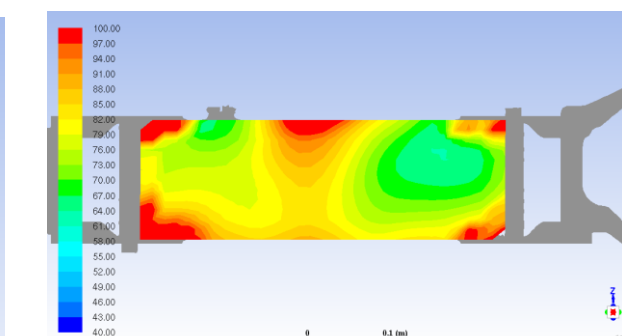
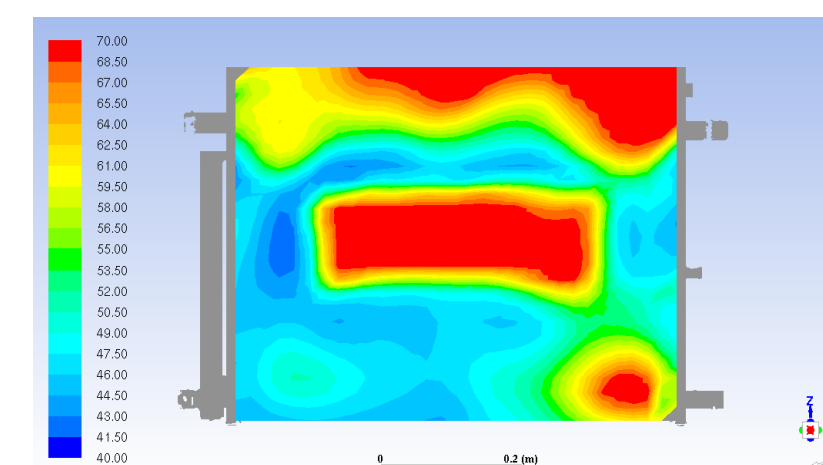
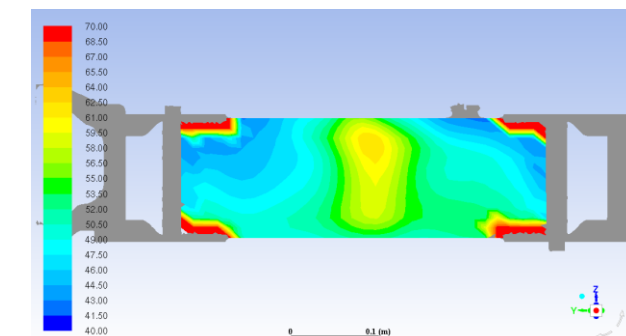
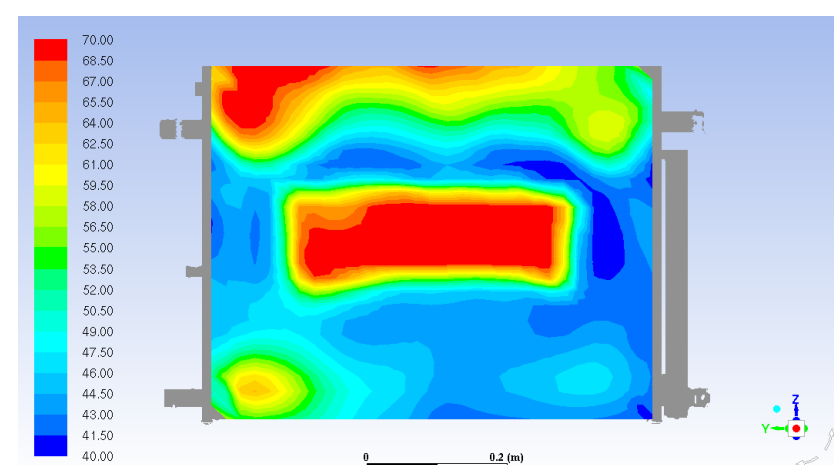
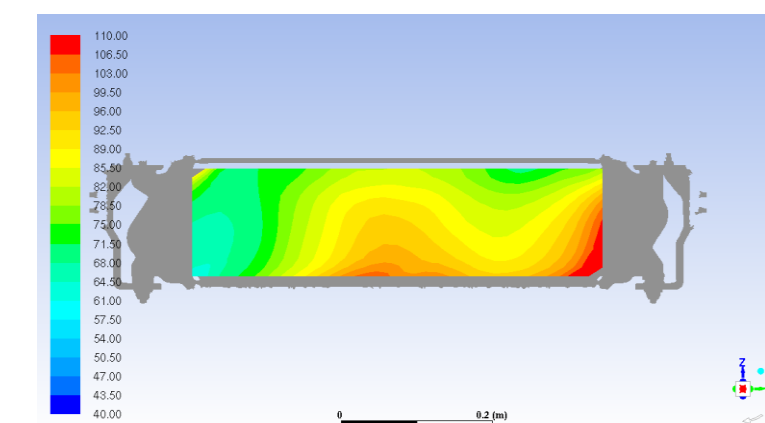
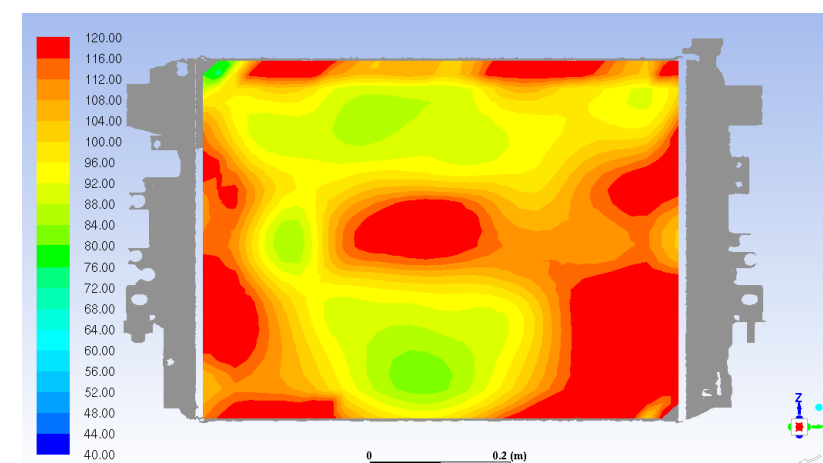
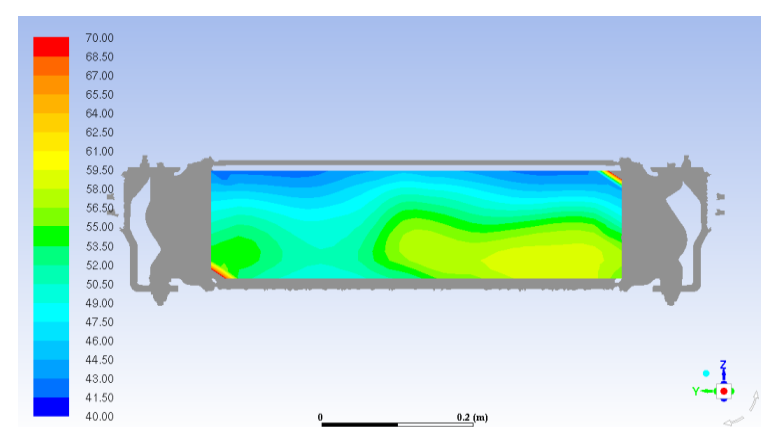
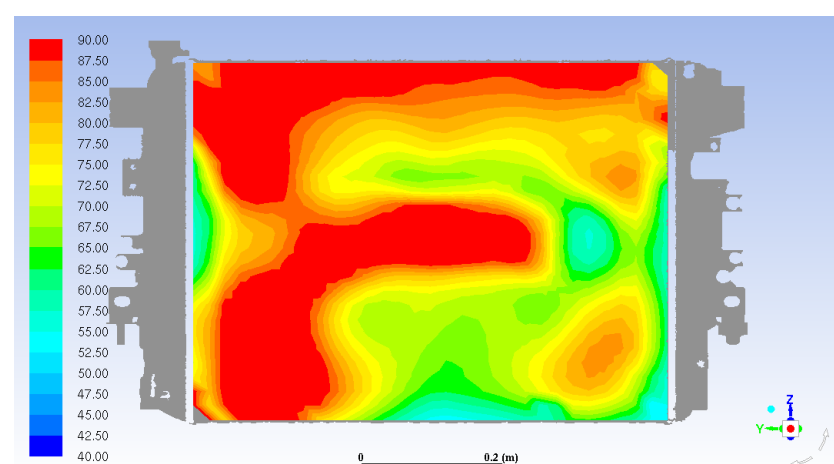
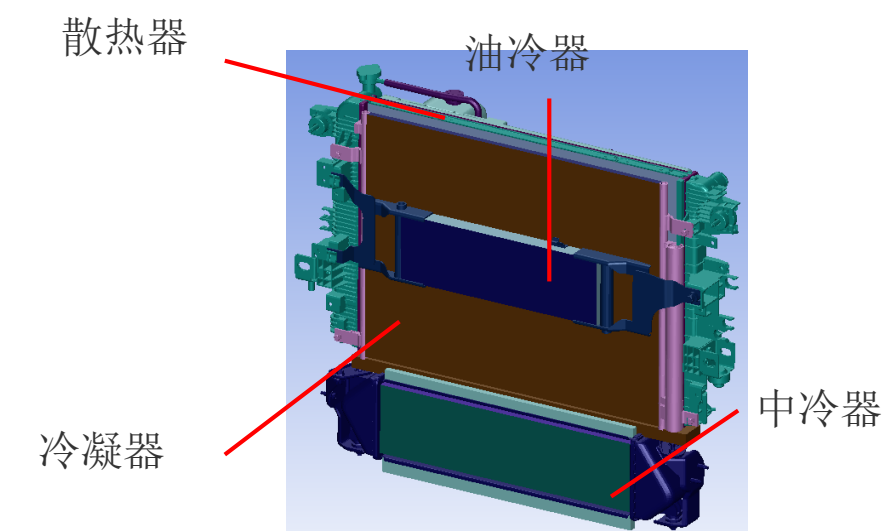


迎风面

背风面

三维温度场仿真 3D Temperature Field Simulation

计算结果-爬坡工况冷却模块温度分布 Results

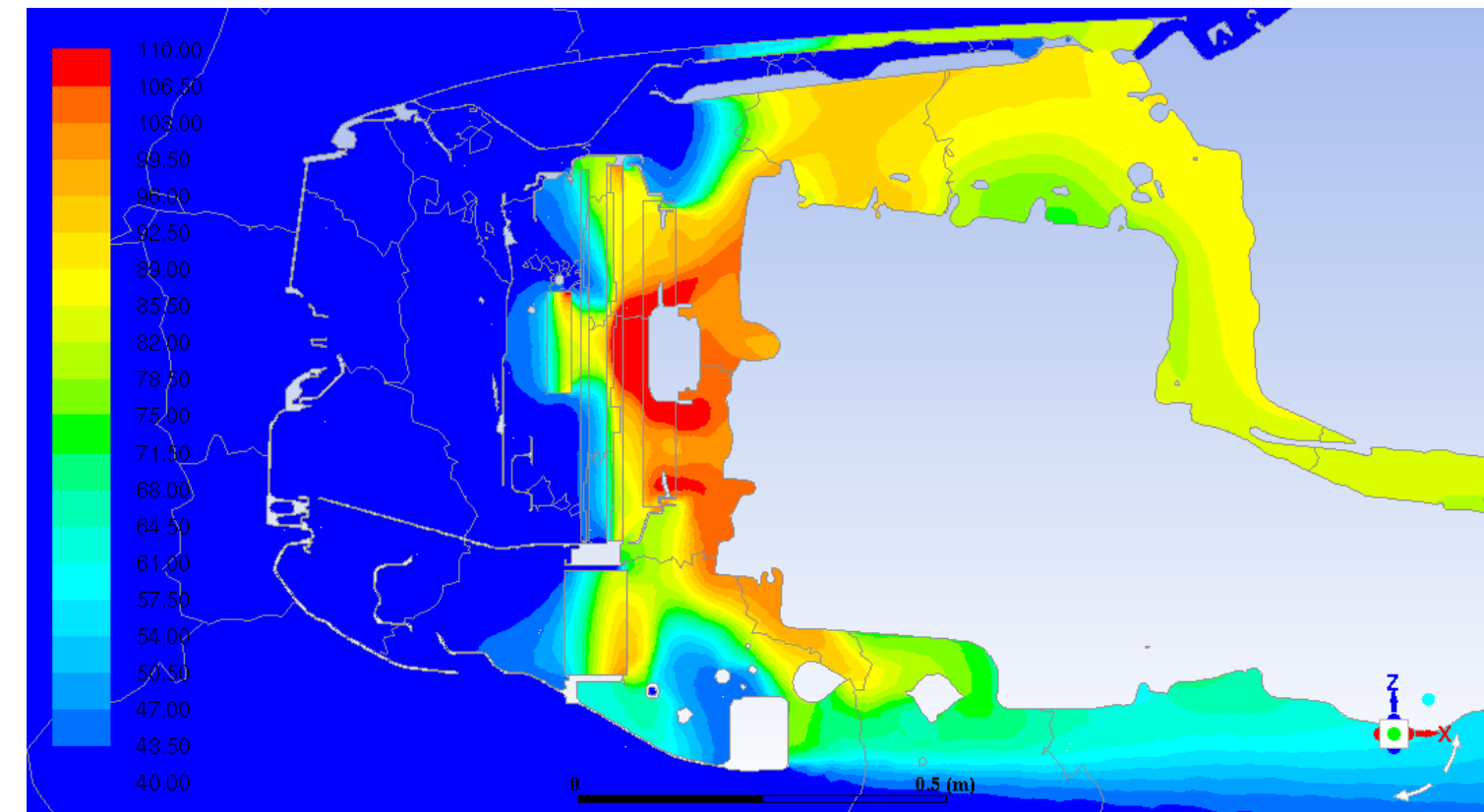
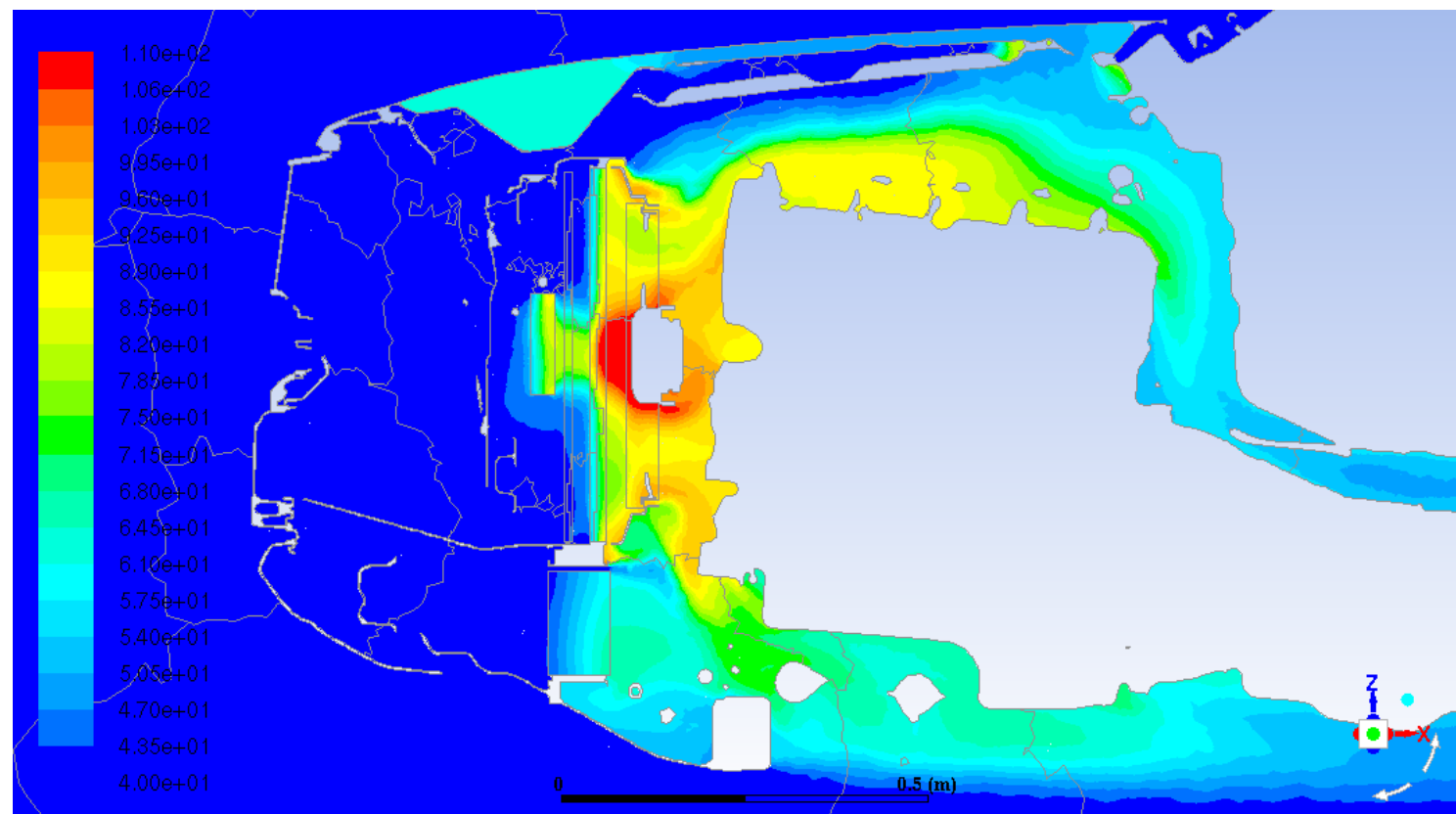
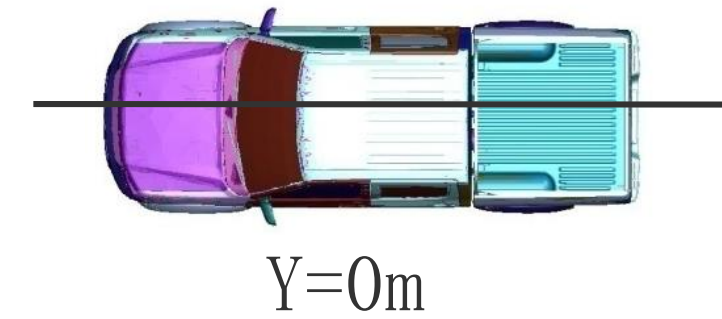


迎风面

背风面

三维温度场仿真 3D Temperature Field Simulation

计算结果 Results

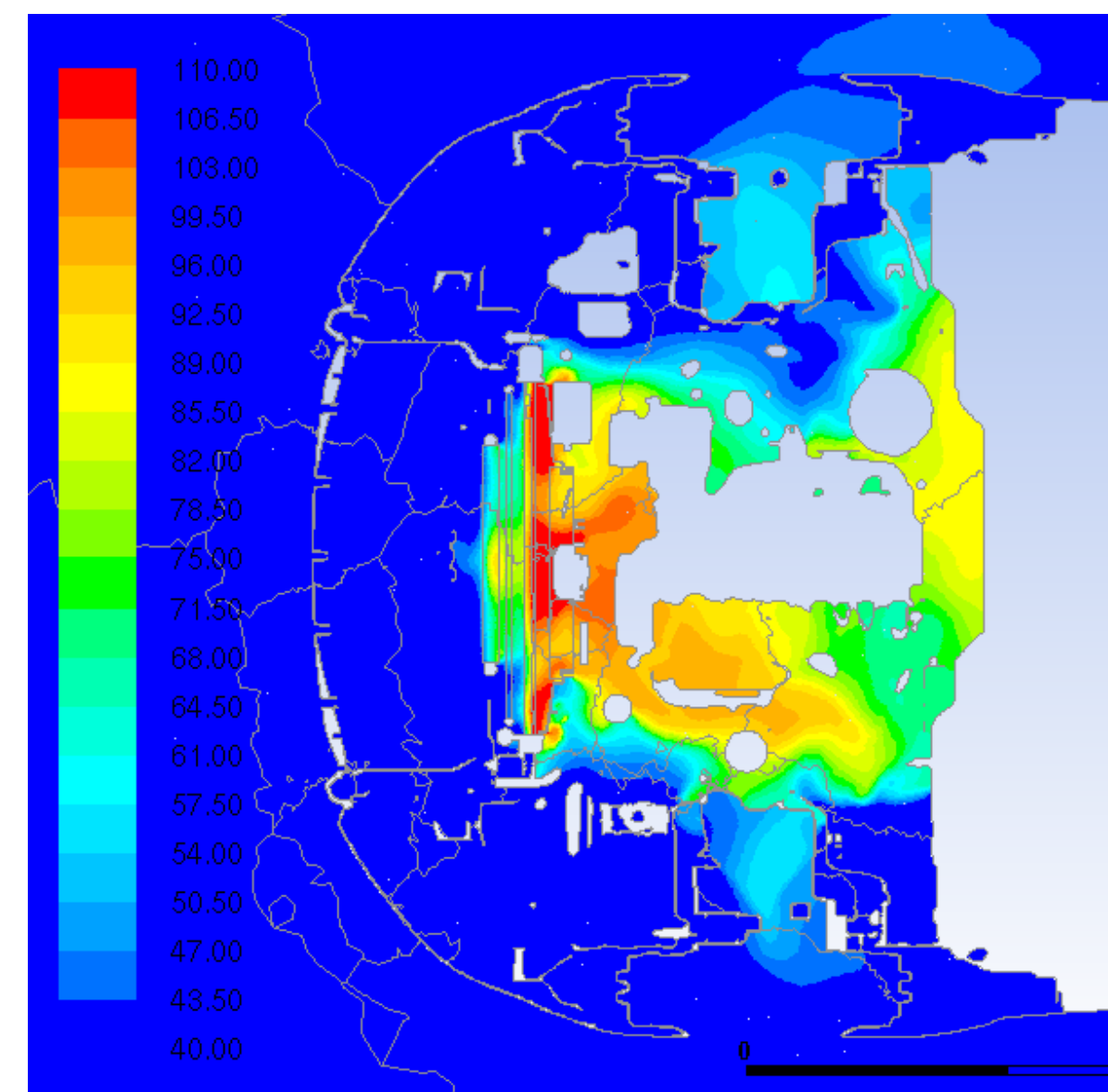
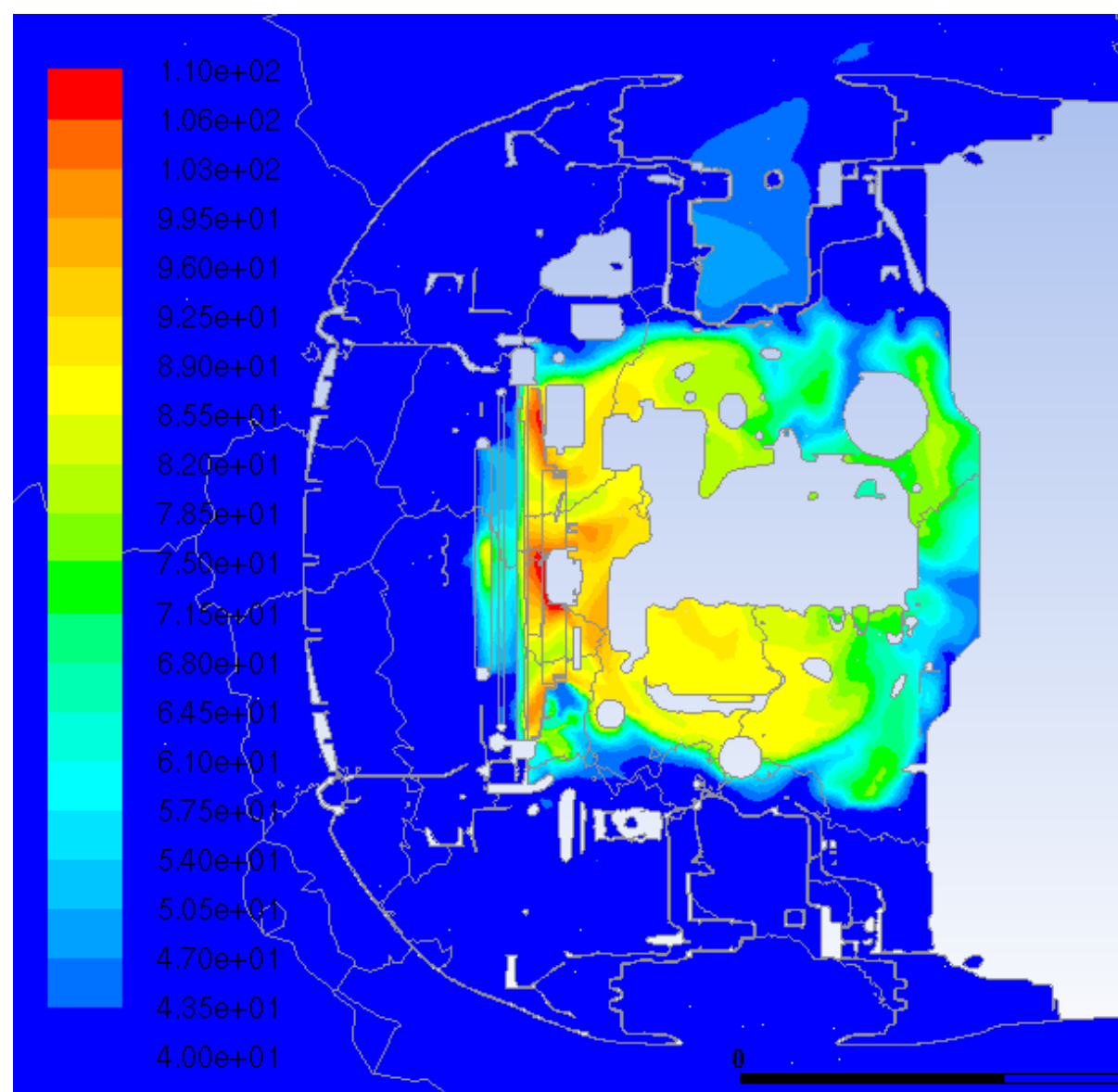


三维温度场仿真 3D Temperature Field Simulation

计算结果 Results



Z=0.4m, 过风扇



目录

- 公司简介
Company Profile
- 一维仿真和三维仿真耦合热管理解决方案
1D and 3D Coupled Thermal Management Solution
- 三维流场仿真
3D Flow Field Simulation
- 一维热管理模型
1D Thermal Management Model
- 三维温度场仿真
3D Temperature Field Simulation
- 总结
Summary

总结 Summary

- 一维仿真可以快速得分析冷却模块布置和冷却系统的匹配，从而快速的得出优化方案，并且一维仿真的结果可以直接应用于改款车型进行三维仿真
- 三维自动化网格处理的前处理效率非常高，三维仿真可以得到发动机舱内的详细流场和温度场分布，还可以预测潜在热害等
- 一维和三维耦合的解决方案中，一维仿真定义准3D模型，根据三维风量结果进行标定，得到的风量和温度结果更准确；三维仿真利用一维计算的发热量和流量等信息，冷却模块的输入信息更加准确，这样最终仿真结果与试验的匹配度更高。

感谢 Acknowledge

- 实验数据由郑州日产提供，一维和三维仿真是郑州日产与艾迪捷公司合作完成，艾迪捷提供了相关的技术支持
- GT-SUITE是由美国Gamma Technologies公司开发的汽车仿真分析系列套装软件，在发动机、整车性能评估、热管理系统性能评估等方面有着广泛的应用。
- ANSYS Fluent 是一款通用流体软件，在外气动，机舱热管理等方面有很多成功案例，Fluent Meshing的脚本驱动的自动化网格流程对网格处理的效率非常高。

感谢倾听
期待与您的进一步合作~

咨询

- <https://www.idaj.cn>
- e-mail: support@idaj.cn