



中汽研(天津)汽车工程研究院有限公司

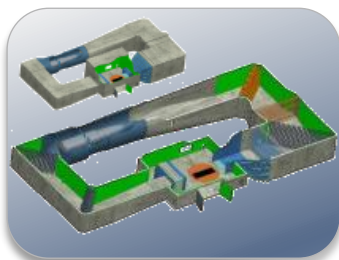
数字环境风洞开发与应用

AUTOMOTIVE ENGINEERING RESEARCH INSTITUTE

风洞中心 王丹



开放



变革



创新

目录

Contents

- 一、 工程院介绍
- 二、 风洞中心概况
- 二、 开发背景
- 三、 预期成果

1. 工程院介绍

- 企业概况
- 组织架构

中汽研(天津)汽车工程研究院有限公司(简称“中汽中心工程院”)由中汽中心全资建设,整合了中汽中心汽车工程开发领域的优势资源,于2009年4月正式挂牌成立。经过多年发展,现已建立起国内领先的**工程技术研发创新平台**,可为汽车产品性能研发提供整体化解决方案和精细化高端服务。



发展使命

具备自主核心竞争力的汽车工程技术研发服务机构

发展理念

开放、变革、创新

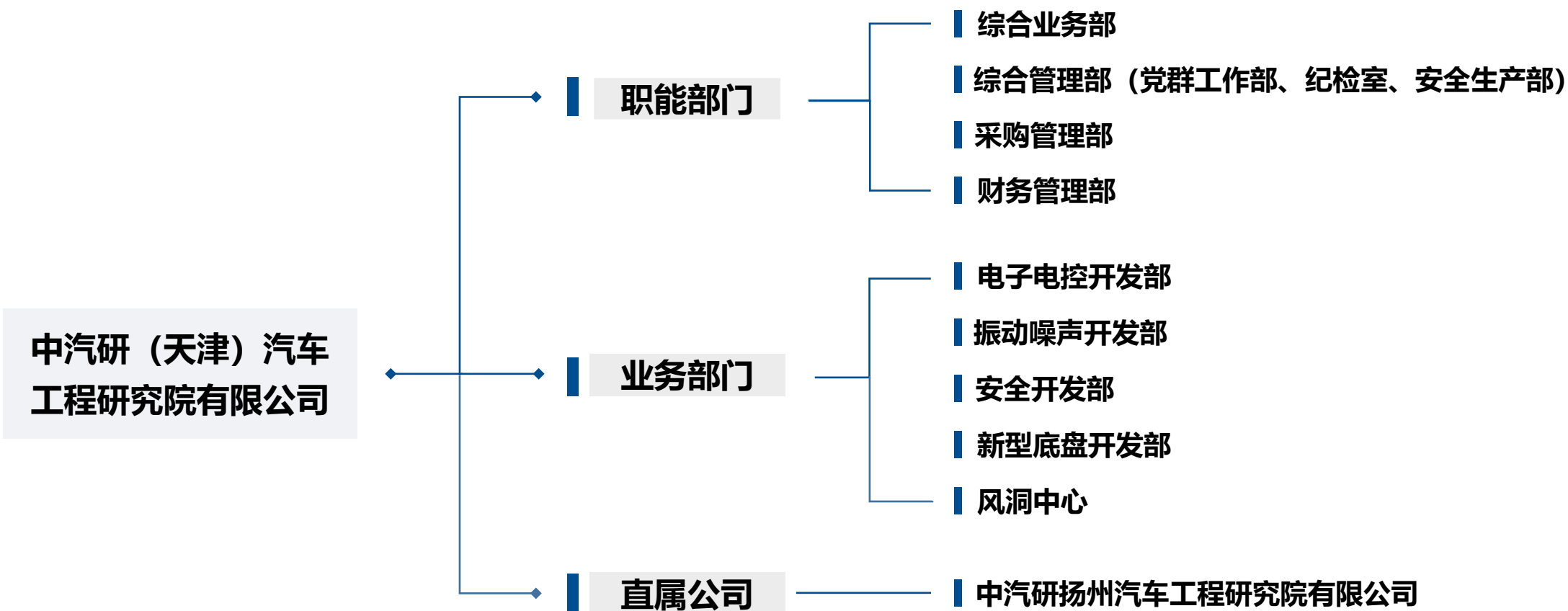
发展目标

汽车产品共性技术研究的领跑者、汽车关键技术突破的引领者、汽车研发数智化转型的先行者



2 工程院介绍--组织架构

- 立足高端，积极开放，坚持面向汽车产业链，通过持续技术创新实现高端研发供给，全面推进业务结构转型，升级为“高端汽车产品性能开发服务商”与“研发工具类软硬件国产化产品供应商”。



2. 风洞中心概况

- 风洞中心-节能减碳
- 公司资质
- 测试能力
- CFD资源

风洞中心概况

依托气动声学和环境风洞试验室，围绕低风阻开发、热管理开发、能量管理开发等核心专项模块，提供整车水·热·气动性能集成开发和风洞测试技术服务。



团队资源

- 48人研发团队
 博士4人，硕士24人，高工占比25%以上
- 60+款热·气动开发项目经验
 全面覆盖轿车，SUV，MPV，商用车等车型，动力类型覆盖燃油、混动、纯电、增程、燃料电池等

A级轿车

江淮嘉悦A5
北汽绅宝D50



C级轿车

零跑C01



小型SUV

奇瑞捷途大圣
吉利缤越
江淮S4/S7



中大型SUV

奇瑞X70
理想L9
吉利星越

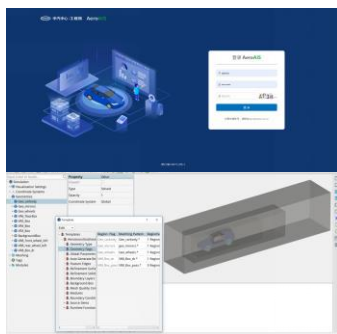


重型商用车

格尔发跨越V7



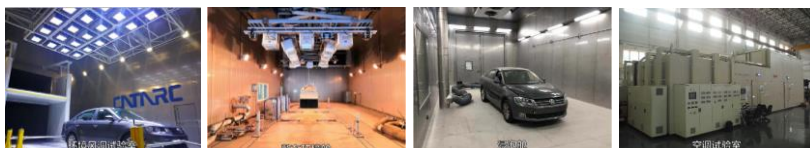
软硬件资源



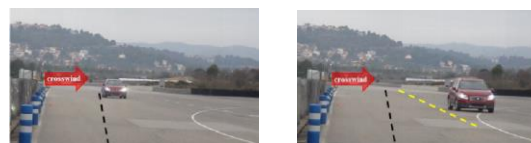
空气动力学智慧设计系统 (AeroAIS)




完备的油泥模型&风洞试验能力



侧风试验场



公司资质



中国合格评定国家认可委员会 实验室认可证书


(注册号: CNAS L11934)


兹证明:
中汽研(天津)汽车工程研究院有限公司实验室
(法人: 中汽研(天津)汽车工程研究院有限公司)
天津市东丽区先锋东路68号, 300000

符合 ISO/IEC 17025:2017《检测和校准实验室能力的通用要求》
(CNAS-CL01《检测和校准实验室能力认可准则》)的要求, 具备承担本
证书附件所列服务能力, 予以认可。

获认可的能力范围见标有相同认可注册号的证书附件, 证书附件是
本证书组成部分。


生效日期: 2021-03-31
截止日期: 2025-01-22



中国合格评定国家认可委员会授权人 

中国合格评定国家认可委员会(CNAS)经国家认证认可监督管理委员会(CNCA)授权, 负责实施合格评定国家认可制度。
CNAS是国际实验室认可合作组织(ILAC)和亚太认可合作组织(APAC)的互认协议成员。
本证书的有效性可登陆www.cnas.org.cn获认可的机构信息查询。

CNAS



CONFIRMATION

TÜV SÜD Auto Service GmbH
Westendstrasse 199
D-80686 München
Germany

hereby confirms that the testing laboratory


Aero-Acoustic Wind Tunnel
China Automotive Technology and Research Center Co. Ltd.
No. 68 Xianfeng East Road, Dongli District,
Tianjin,
P. R. China

has the equipment to carry out tests according to
**Regulation (EU) 2018/1832 dated November 6th, 2018
supplementing to 745/2007/EC dated June 20th, 2007
concerning the wind tunnel**

This confirmation was issued
after the completion of tests and inspections
verifying the availability and suitability of the required
test equipment in accordance with the internal standards
of TÜV SÜD Auto Service GmbH.
This confirmation is only applicable for tests witnessed by the
Authorized Signatories of TÜV SÜD.

Assessment Date: 29th June 2021
Confirmation Date: 28th July 2021
Confirmation Expiry Date: 29th June 2024
Confirmation Number: 2283920


TÜV SÜD Auto Service GmbH
TÜV SÜD Group



Raphael Hofer
Head of Technical Service

TÜV SÜD Auto Service GmbH · phone: +49 89 5791-3216

WLTP认证



质量管理体系认证证书

兹证明


中汽研(天津)汽车工程研究院有限公司

注册地址: 天津开发区第二大街62号泰达MSD-B1-1907, 300300
生产经营地址1: 天津市东丽区先锋东路68号, 300300
生产经营地址2: 天津市东丽区程昆道10号, 300162

质量管理体系符合
GB/T 19001-2016 (idt ISO 9001:2015)《质量管理体系 要求》

该体系覆盖范围为:
地址1覆盖的范围: 汽车零部件产品开发; 汽车产品试验测试设备开发;
汽车、零部件性能开发服务; 汽车、零部件开发验证试验
地址2覆盖的范围: 汽车、零部件开发验证试验

认证注册号: 14720030009R3M
统一社会信用代码: 91120116575114383X
初次发证日期: 2014年10月10日
注册日期: 2020年08月07日
有效期至: 2023年08月06日




中国认可
国际互认
管理体系
MANAGEMENT SYSTEM
CNAS C147-M

肖飞
总经理:

北京九鼎国联认证有限公司

中国北京市朝阳区朝外大街甲10号中认大厦18楼

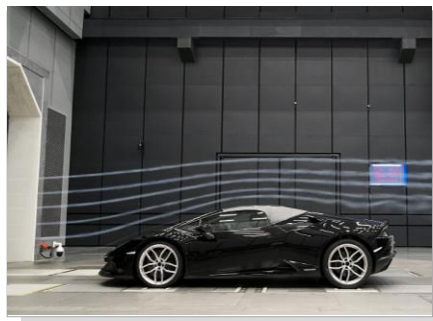


本证书所有权归CASC所有, 当要求时获证企业必须归还, 只有接受并符合监督审核的要求才能保持认证注册的有效性, 本证书信息
可在国家认证认可监督管理委员会官方网站(www.cnca.gov.cn)上查询, 以及CASC网站(www.casc-cert.com)上查询。

版本: A 修订日期: 无 第1页 共1页

ISO9001

依托气动声学风洞、侧风试验场、油泥模型制作及评审, 提供风阻、风噪、侧风性能测试



气动力测试



流场参数测试



3×192通道声学阵列测试



侧风稳定性道路测试

特色能力



国内唯一风洞法“平带转鼓”一站式测试能力
国内通道数量最多的声学阵列设备。

- 认可认证: 欧盟WLTP能力认可、低风阻产品认证
- 侧风稳定性道路测试: 最大风速30m/s (11级风)
- 车辆道路载荷测量: 风洞法“平带转鼓”一站式测试
- 真实道路环境模拟: 浮动模式气动力动态测试
- 噪声源空间定位测量: 3x192声学阵列

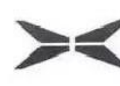
解决问题



提供模型制作、快速样件、风洞测试、低风阻认证、品牌宣传等一站式服务。

- 油泥模型设计制作: 多性能集成 (风阻、风噪、水管理)
- 气动力测试: 最大风速250km/h、喷口面积28m²
- 风噪测试: <58dB (A) @ 140km/h
- 流场参数测量: 高精度移动测量系统 (0.3mm)
- 车身动态变形测量: 6600个3D点/秒

典型案例



➤ 依托环境风洞、环境舱、十余年数百车型的测试经验，开展空调性能、热管理、水管理、极端工况测试评价



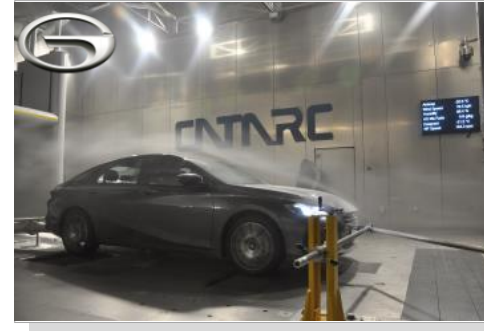
热平衡性能试验



重卡空调性能试验



雨水管理试验



雪性能试验

特色能力



- 车型覆盖广：微型车到50吨重型卡车
- 国内风量最大：250km/h@8.25m² 170km/h@13.2m²
- 国内唯一：涉氢环境风洞
- 效率高：升降温速率>1.5°C/min

解决问题

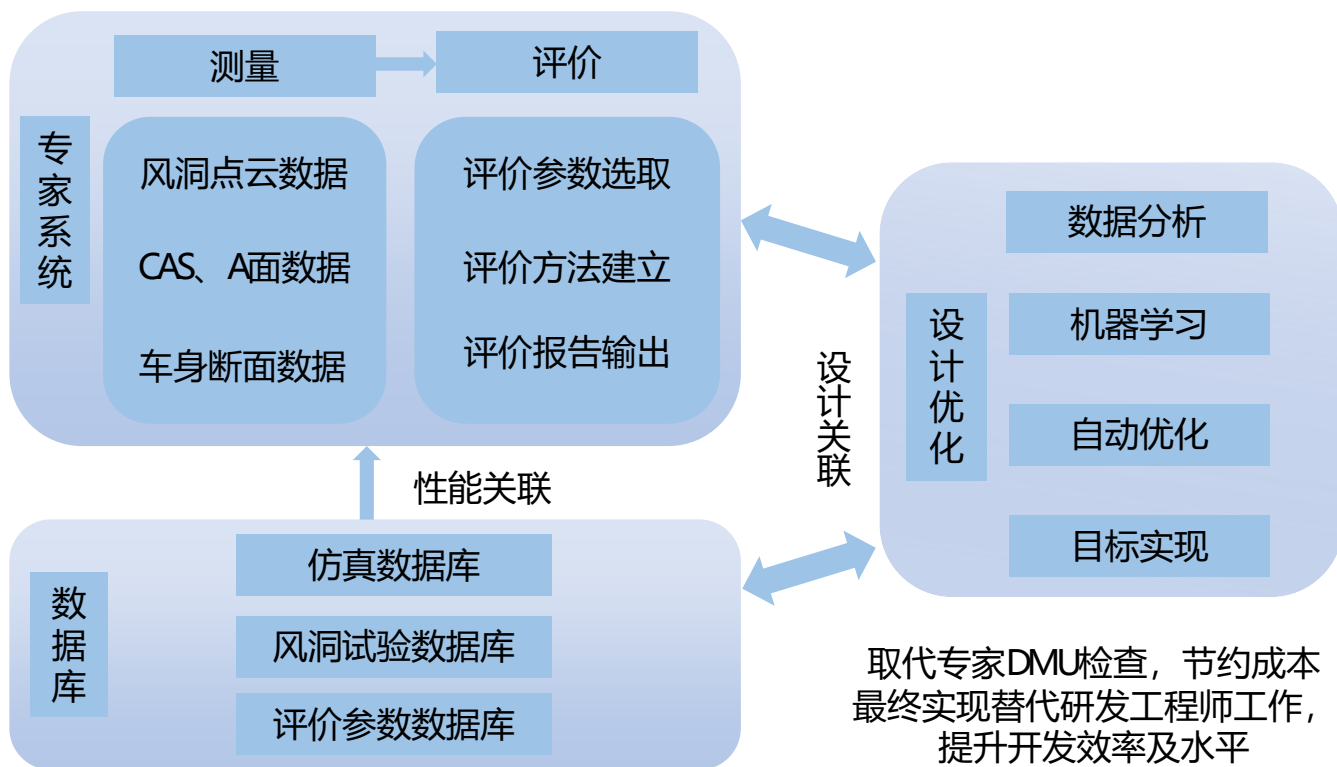


- 缩短开发周期，降低研发成本
- 提高驾驶热舒适性
- 提升车辆复杂环境适应性
- 降低热害风险，提升能量综合利用率

典型案例

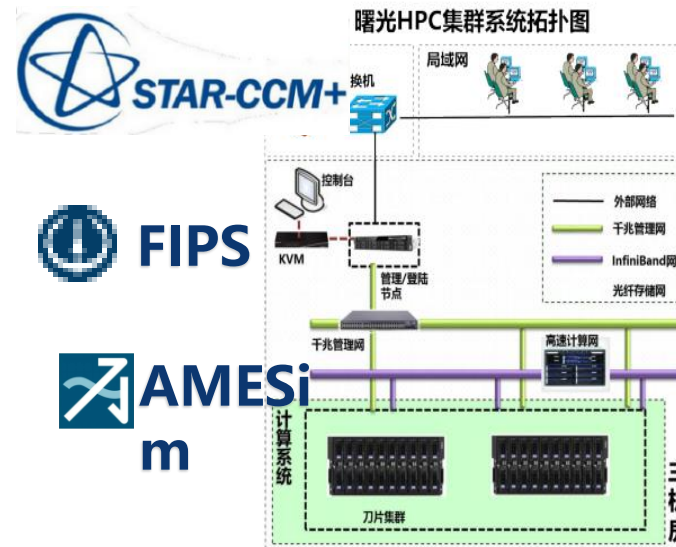


智慧设计系统



软硬件资源

- 500核服务器集群
- 高、中配工作站若干
- 超级计算中心资源



二. 开发背景

数字化开发的背景

现代CFD技术始于20世纪60年代，未来的发展趋势是以虚拟验证代替大量试验。

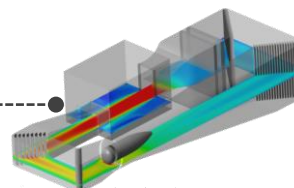


在国家“十三五”规划
“中国制造2025”大背景下，中国汽车制造产业已从传统的制造方式走向智能化。

车企需要具备的仿真分析能力包含五大方面：分析内容、分析流程、分析规范、优化能力、试验协同。



数字化开发的必要性



行业需求

传统CFD仿真精度低、效率低，与试验结果对标差，依靠经验标定；**高精度虚拟验证**是发展趋势。



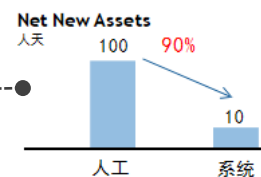
缩短开发周期

传统开发中设计周期**12个月**，数字化开发有望缩短至**2个月**。



降低试验成本

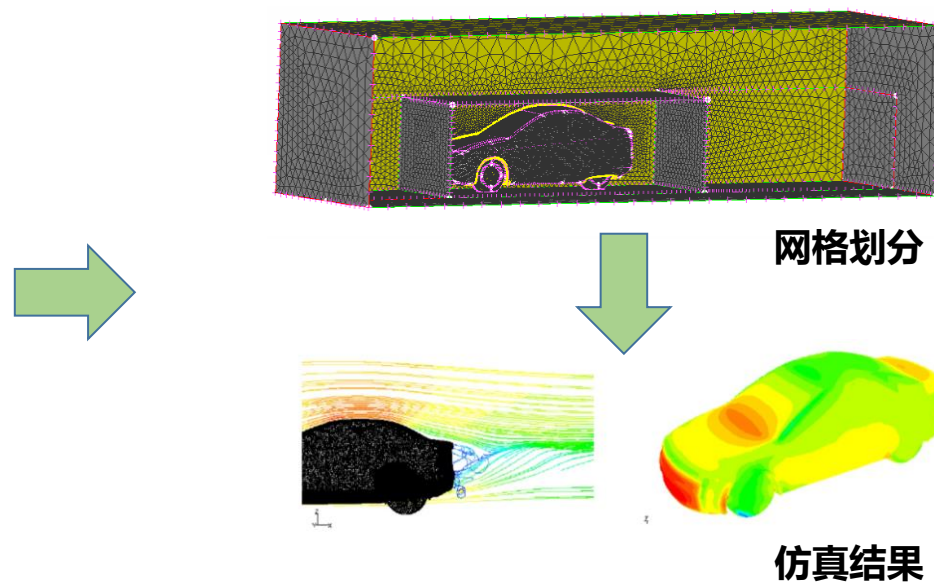
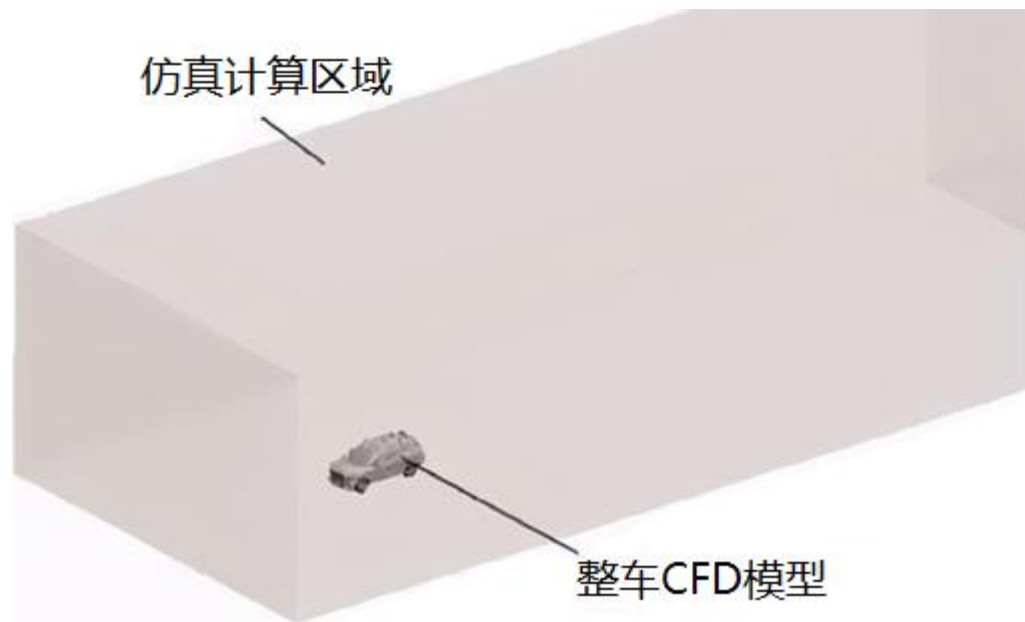
传统开发整车试验**5轮以上**，数字化开发有望缩短至**1轮次**。



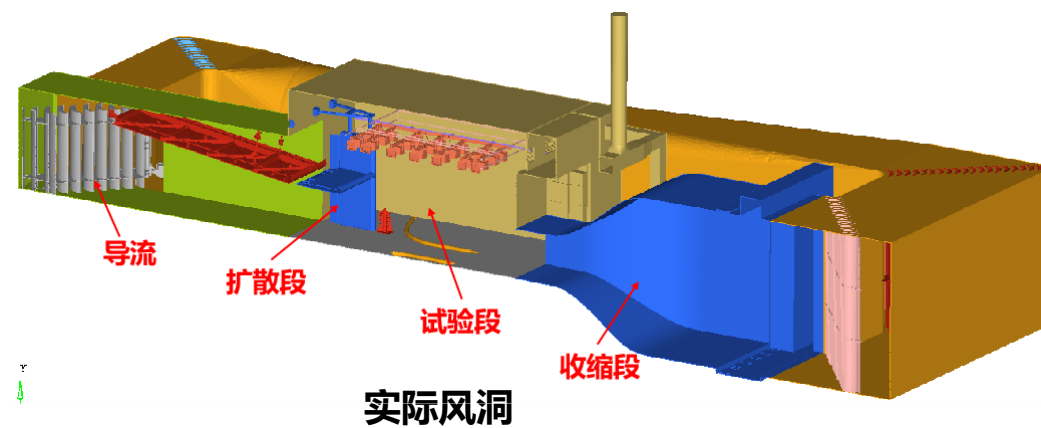
节约人力资源

传统仿真需要大量人力重复计算及后处理，自动化开发流程实现**去经验化自动出报告**，节约仿真人员。

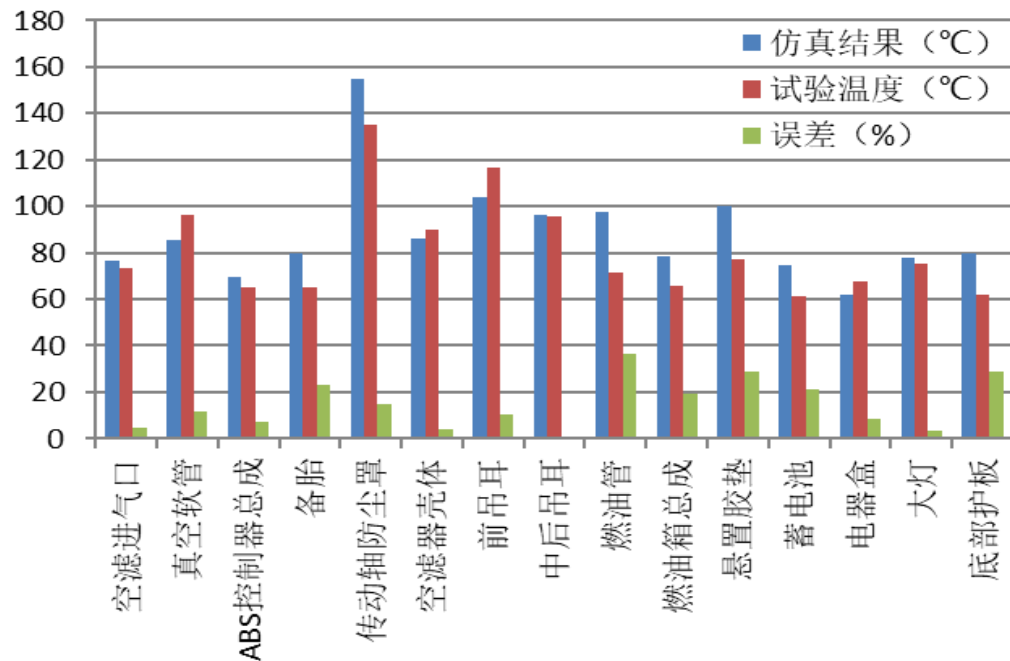
传统汽车CFD仿真场景



特点：选取数倍车长、车高、车宽的长方体作为数值仿真计算域，设定入口和出口边界条件进行仿真计算。



某车型环境舱热害试验和开放环境仿真结果对比

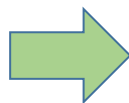


整车热害部分数据			
部件	仿真结果/°C	试验温度/°C	误差/%
中后吊耳	96.4	95.7	0.7
燃油箱总成	78.2	65.7	19.0
传动防尘罩	156	135	15.6
备胎	79	64	23.4
蓄电池	74.6	61.5	21.3
电器盒	61.7	67.4	8.5

◆解决办法：构建数字化环境风洞仿真场景，将传统CFD“数值风洞”真实化，为汽车CFD数值仿真提供真实仿真场景、准确的试验验证，提高仿真精度和效率。

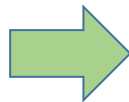
传统汽车CFD仿真的问题

问题1: 传统CFD仿真的计算场景≠试验场景。



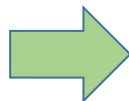
结果1: 仿真结果无法定量，设计无法准确预判风险。

问题2: 传统开发依赖大量实验。



结果2: 费用高，周期长。

问题3: 传统CFD仿真过程繁琐、重复性工作量大。



结果3: 人力成本高，效率低。

数字化开发的背景

现代CFD技术始于20世纪60年代，未来的发展趋势是以虚拟验证代替大量试验。

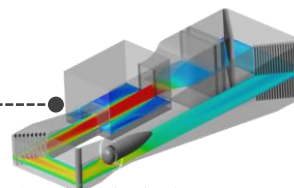


在国家“十三五”规划
“中国制造2025”大背景下，中国汽车制造产业已从传统的制造方式走向智能化。

车企需要具备的仿真分析能力包含五大方面：分析内容、分析流程、分析规范、优化能力、试验协同。



数字化开发的必要性



行业需求

传统CFD仿真精度低、效率低，与试验结果对标差，依靠经验标定；**高精度虚拟验证**是发展趋势。



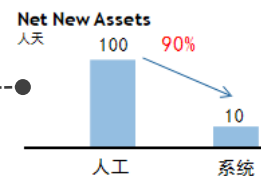
缩短开发周期

传统开发中设计周期**12个月**，数字化开发有望缩短至**2个月**。



降低试验成本

传统开发整车试验**5轮以上**，数字化开发有望缩短至**1轮次**。



节约人力资源

传统仿真需要大量人力重复计算及后处理，自动化开发流程实现**去经验化自动出报告**，节约仿真人员。

三. 预期成果

- 1 产品介绍
- 2 产品特点
- 3 技术路线
- 4 工作内容
- 5 界面展示
- 6 产品应用

1 汽车数字环境风洞平台软件产品

- 基于主流CFD商业软件或自主软件，丰富的整车&系统热管理开发工程经验，结合智能优化算法，提供热管理仿真开发5大场景自动化流程及数据库架构平台。

产品功能

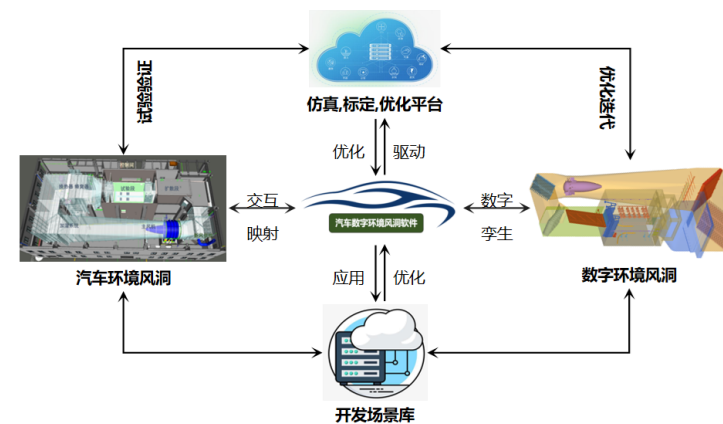
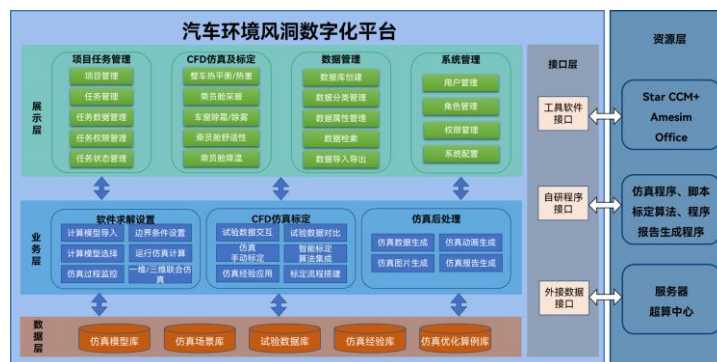
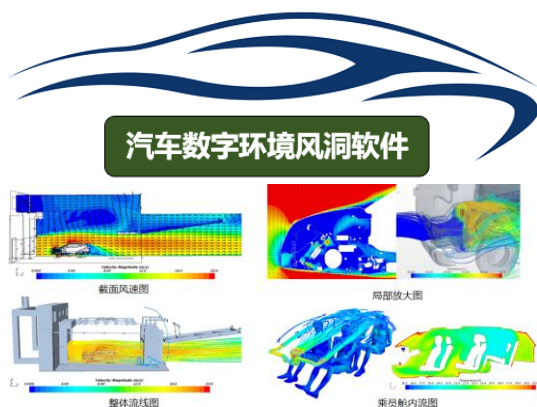
- 适用于整车热平衡及空调仿真场景；
- 可实现从面网格导入至仿真报告的全流程自动化；
- 包含仿真智能标定和数据分析预测等功能。

产品参数

- **效率高**：可提高50%+效率（vs传统人工流程）；
- **精度高**：可提高50%+（vs传统人工仿真精度）；
- **自动化**：仿真流程自动化、仿真标定与预测智能化。

产品优势

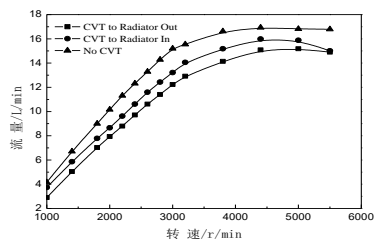
- **模式转变**：整车热管理开发由人工作业模式转向全自动化作业模式；
- **效率提升**：大幅提升开发效率及质量；
- **费用降低**：减少人员重复劳动，降低仿真、试验和研发人员费用。



数据高效管理

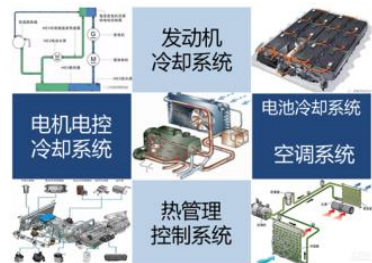
1. 数据分类存储及查找
2. 计算资源的分配管理
3. 数据的访问权限管理

室内进风干球温度	℃	-10.0	-10.0	-10.0	0.0	0.0	0.0
室内进风相对湿度	℃	40.3	39.0	35.4	44.6	41.1	37.2
室内进风静压	Pa	-68.8	-103.4	-183.6	-68.8	-105.0	-182.3
室内进风绝压	Pa	324.8	701.6	387.5	382.0	187.3	356.7
室内进风质量流量	kg/h	148.6	159.5	739.3	190.2	159.6	320.6
室内进风质量流量	kg/h	159.2	267.1	401.8	193.7	257.2	387.6
散热器进口压力	Mpa (A)	0.435	0.466	0.449	0.347	0.372	0.448
散热器进口温度	℃	11.5	13.7	12.5	5.0	6.9	12.4
散热器出口压力	Mpa (A)	0.450	0.448	0.420	0.336	0.355	0.422
散热器出口温度	℃	10.3	12.2	10.1	3.8	5.1	10.4
内冷进口压力	Mpa (A)	1.602	1.601	1.598	1.604	1.601	1.604
内冷进口温度	℃	77.5	78.0	78.2	77.7	78.1	78.1
内冷进口流量	kg/h	450.3	450.9	451.2	450.9	451.0	450.9
内冷出口压力	Mpa (A)	1.445	1.379	1.284	1.489	1.449	1.345
内冷出口流量	kg/h	43.4	42.2	39.2	45.5	45.5	40.6
内冷出口温度	℃	251.5	259.6	255.1	264.6	251.6	257.3
冷却流量	kg/h	66.8	80.4	98.8	57.2	66.6	87.6
室内散热器冷却能力	W	3503.1	4270.9	6382.1	2856.1	3303.0	4711.7



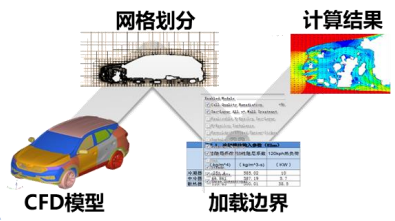
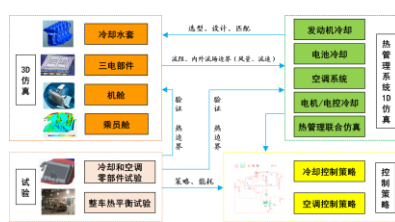
仿真流程专用性强

1. 针对热管理仿真开发
2. 各仿真场景单独封装



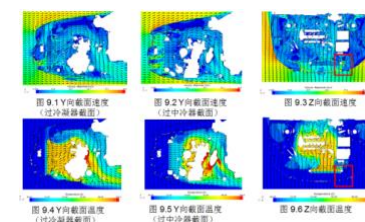
仿真操作更简单

1. 仿真全流程自动化
2. 仿真边界与试验一致



仿真精度有保证

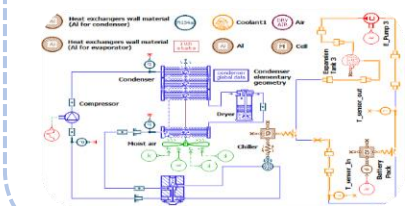
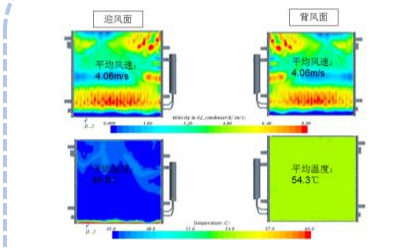
1. 强大的数据库做基础
2. 自动标定仿真模型



冷却回路	电流量	平均温度 (℃)	出口温度 (℃)	评价	电流量	平均温度 (℃)	出口温度 (℃)	评价
condenser	0.12	40.0	60/50	达标	1.11	45.8	60/40	达标
condenser	0.12	55.3	60/50	达标	1.11	54.2	60/40	达标
inter-cool	0.091	40.0	60/50	达标	1.11	45.8	60/40	达标
inter-cool	0.091	55.3	60/50	达标	1.11	54.2	60/40	达标
radiator	0.1	64.0	90/20	达标	1.11	58.4	90/20	达标
radiator	0.1	84.3	90	达标	1.03	71.3	90	达标

仿真&试验集成化

1. 1D&3D仿真自动耦合计算
2. 仿真&试验数据自动检查标定



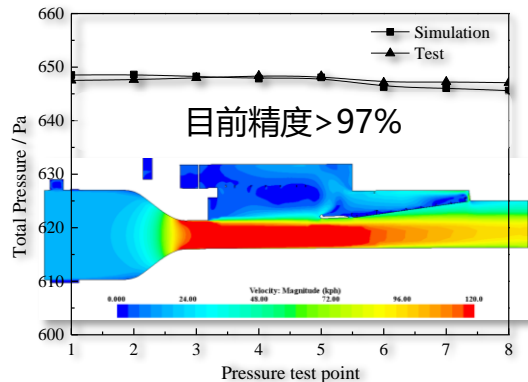
3 技术路线

1. 风洞流场测试

总压、静压、边界层、压降、气流偏角、轴向静压梯度等



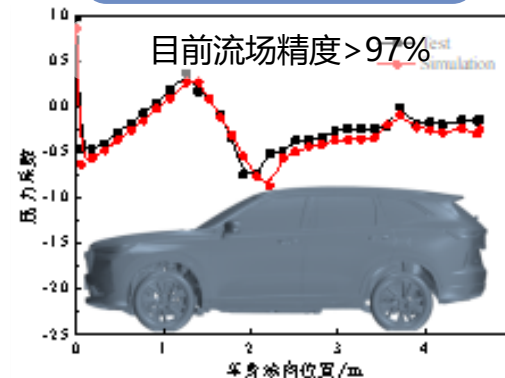
2. 风洞流场仿真标定



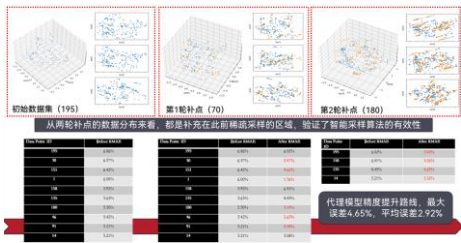
3. 实车仿真&试验 (各车型3辆以上)



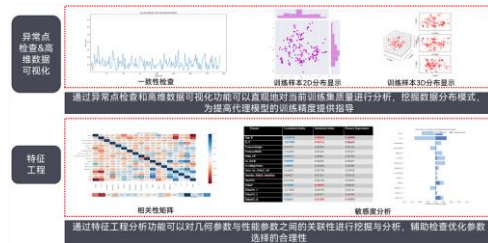
4. 实车仿真标定 (流场&温度)



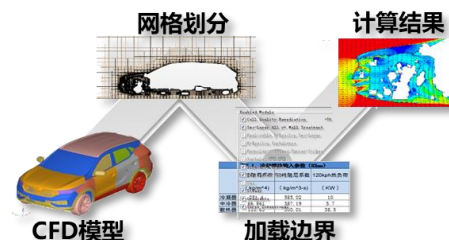
8. 数据积累& 不断提升预测精度



7. 代理模型训练 & 模型优化



6. 数据库& 仿真流程搭建



5. 建立试验& 仿真规范

试验目的: 为了检测环境风洞出口风速, 参考标准...

试验项目: 环境风洞空船出口 (8.25m) 风速测试

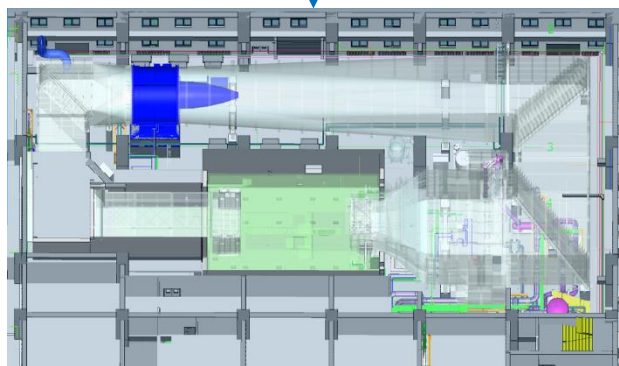
试验时间及地点: 2022年4月2日 试验地点: 汽车环境风洞实验室 (天津)

试验人员: 王丹、许明、郭佳伟、李健

试验设备: 环境风洞空船出口 (8.25m) 风速测试

汽车环境实验室

物理实体



环境风洞

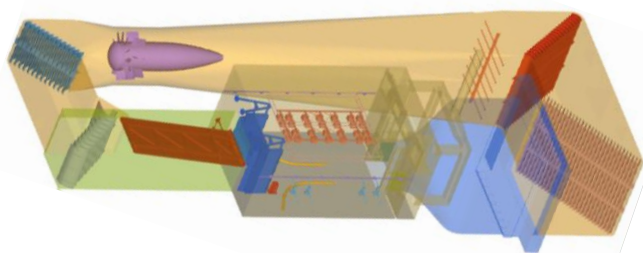


环境舱

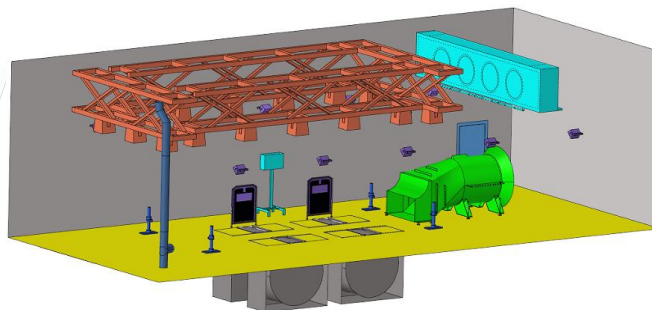


浸泡舱

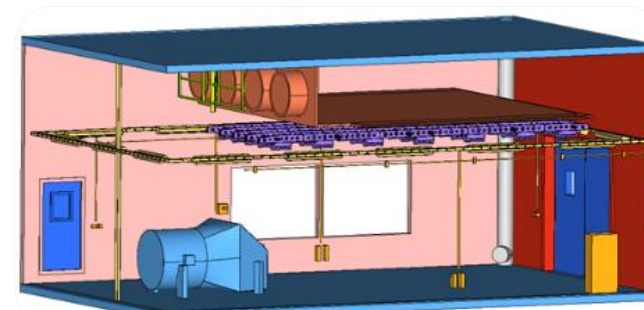
数字孪生



数字环境风洞



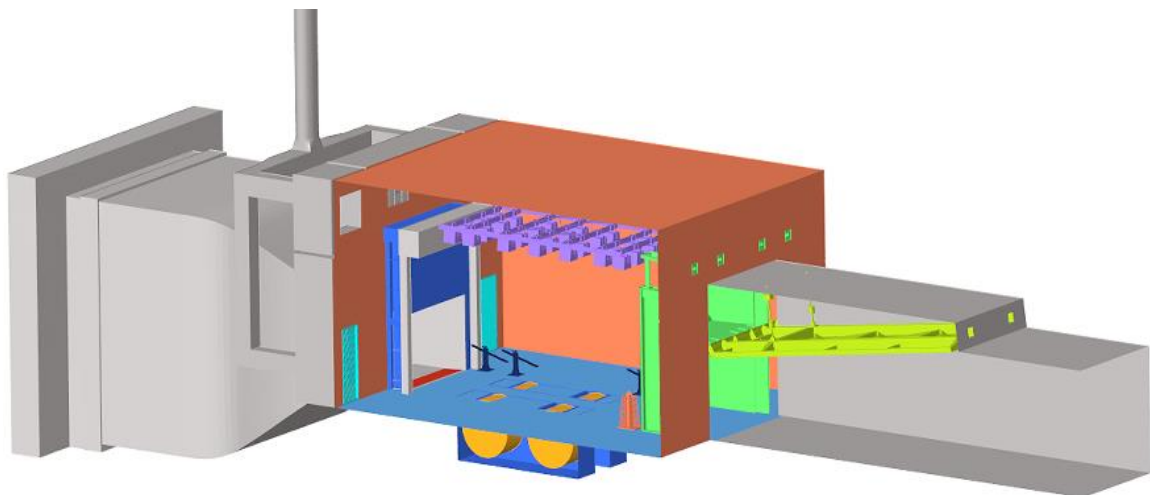
数字环境舱



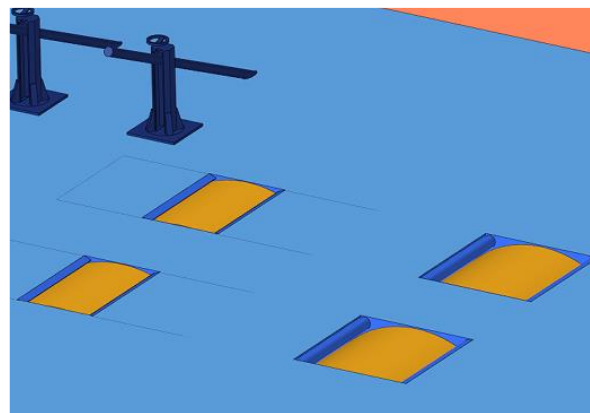
数字浸泡舱

环境风洞精细化建模

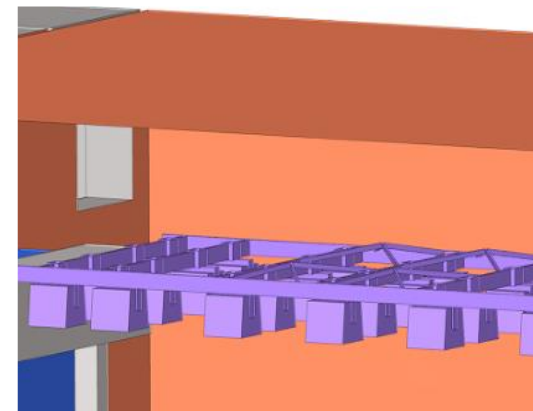
- 真实复现环境风洞所有关键细节
- 收缩段+试验段+扩散段+辅助件



环境风洞整体模型



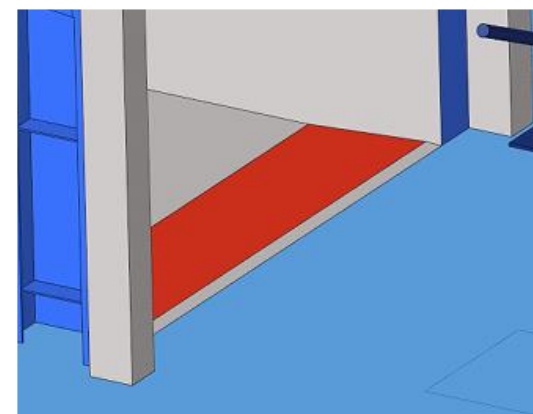
测功机转毂



阳光模拟



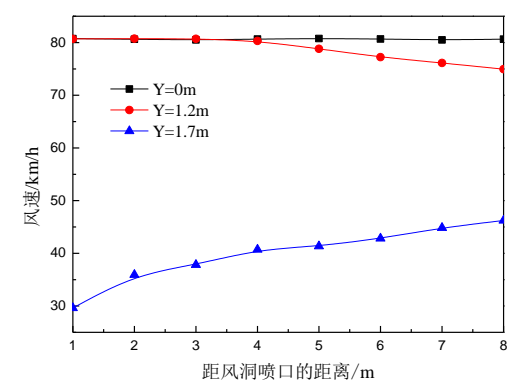
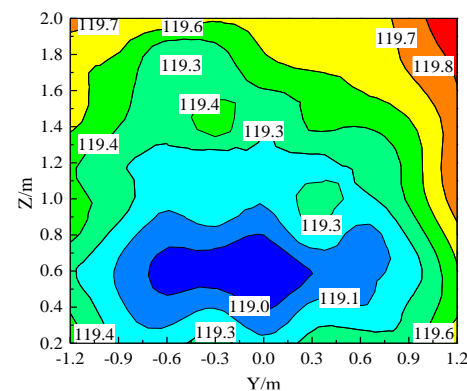
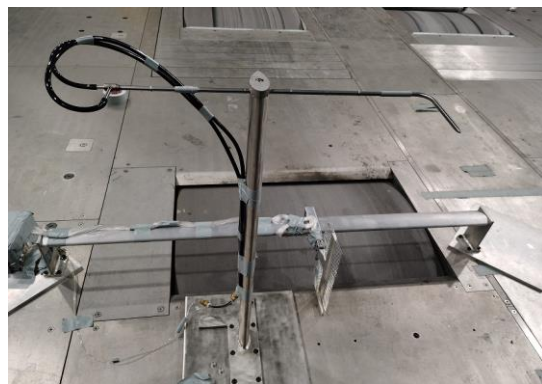
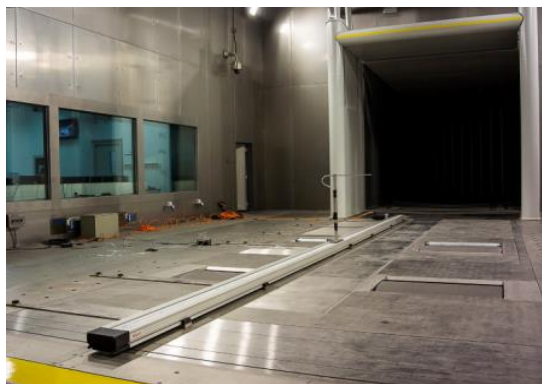
急速风门



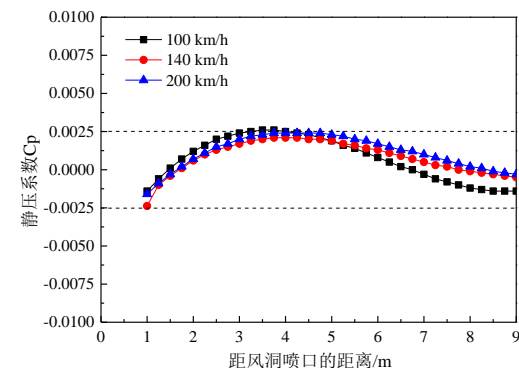
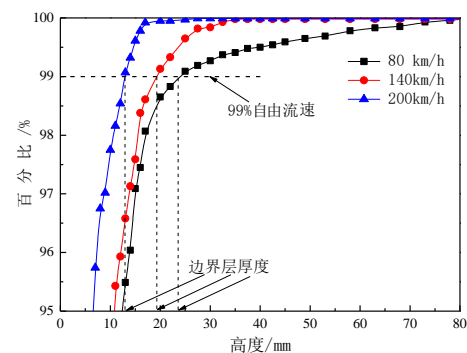
边界层抽吸

环境风洞流场测试

- 测试项目: 风速、风压、边界层、轴向静压梯度、气流偏角、温度、光照强度等
- 测试仪器: 皮托管、边界层耙、多孔探针、压力扫描阀、辐射仪、温度传感器等
- 测试目的: 分析环境风洞的流场品质, 构建**试验场景库**、**标定**环境风洞仿真模型



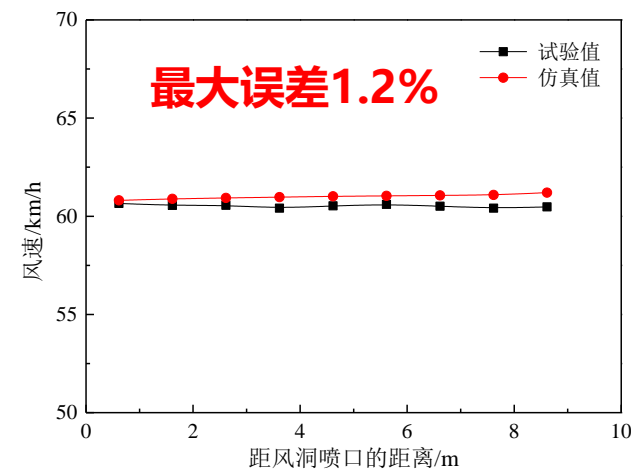
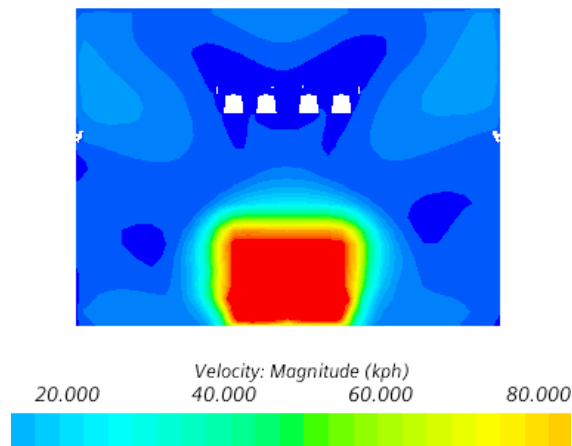
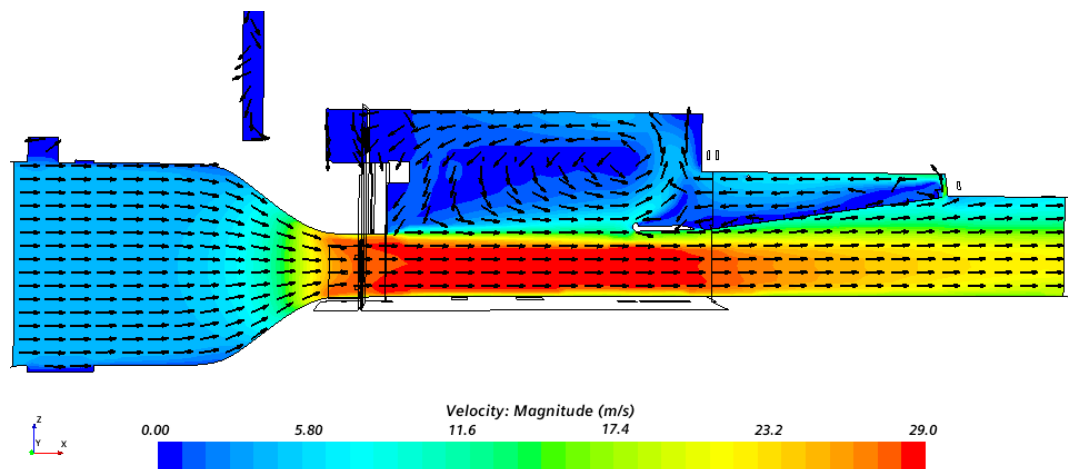
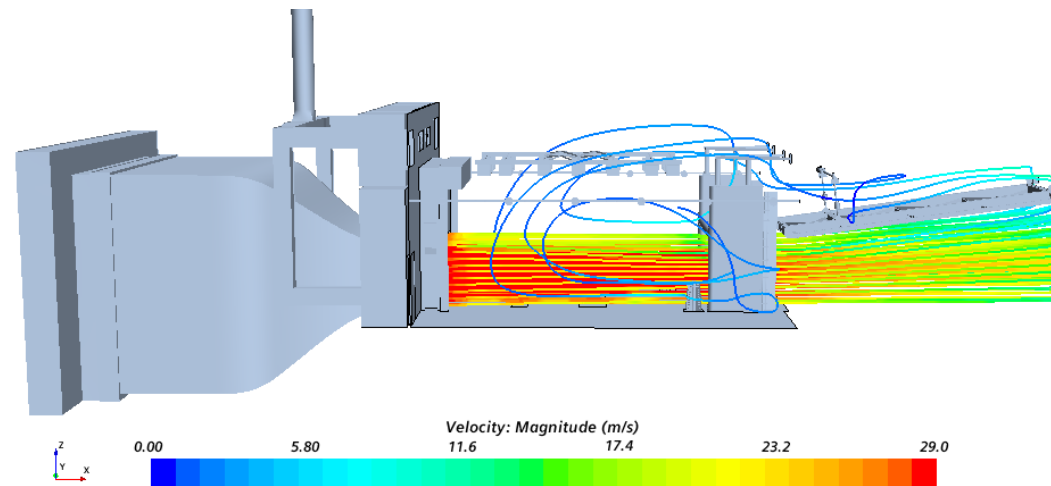
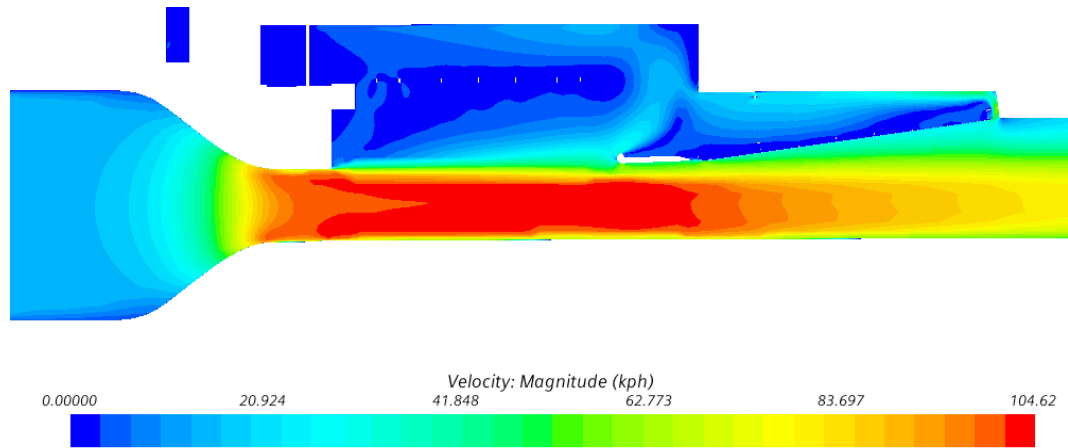
环境风洞流场测试



边界层分布

轴向静压梯度

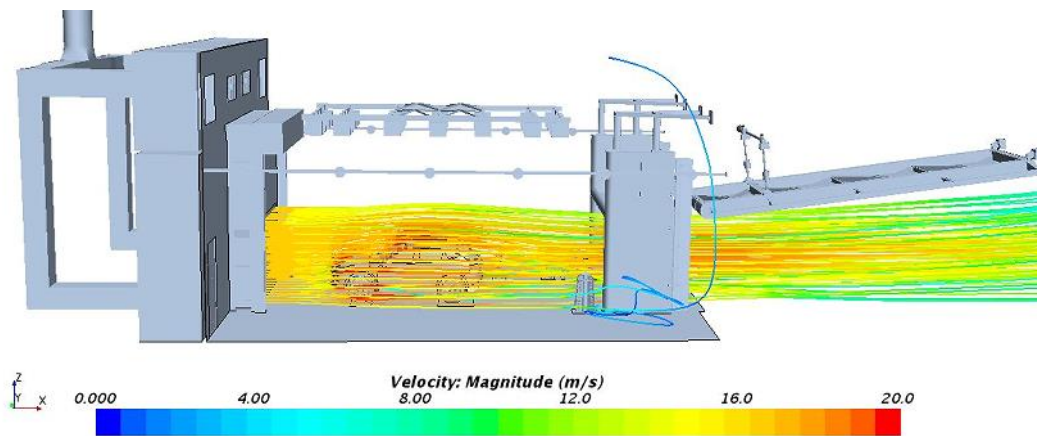
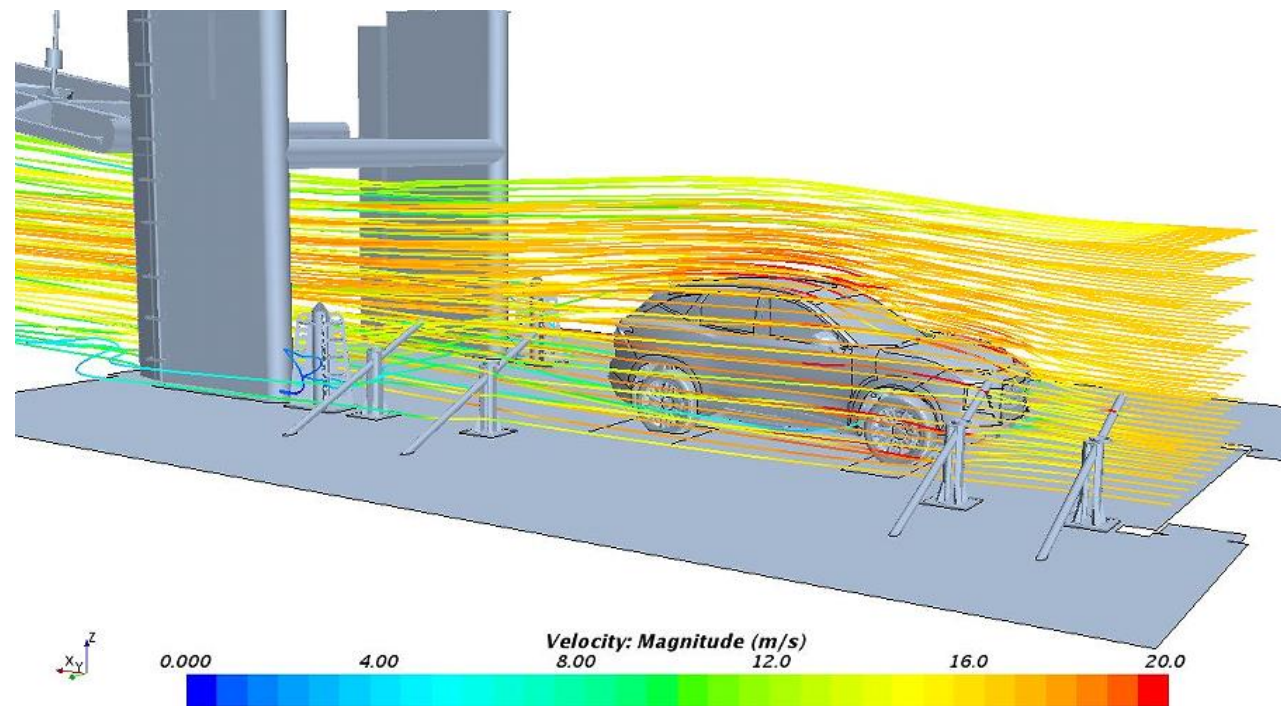
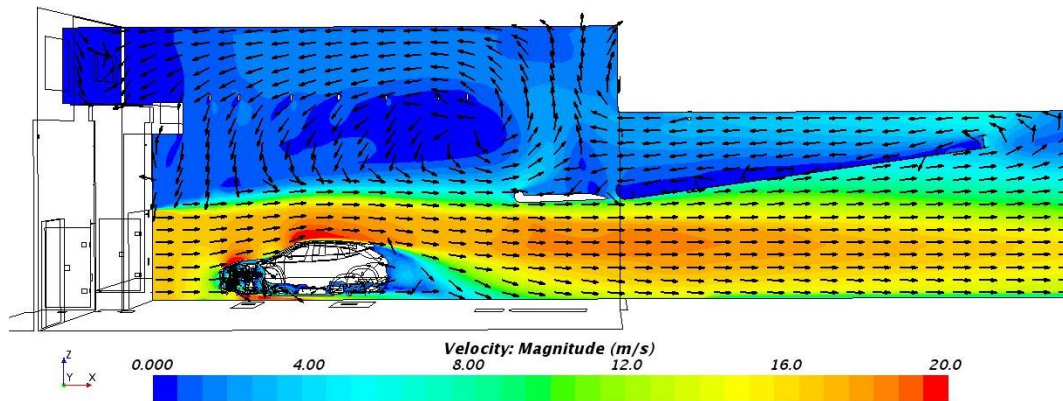
数字环境风洞空舱仿真标定



风速仿真结果

仿真与试验结果对比

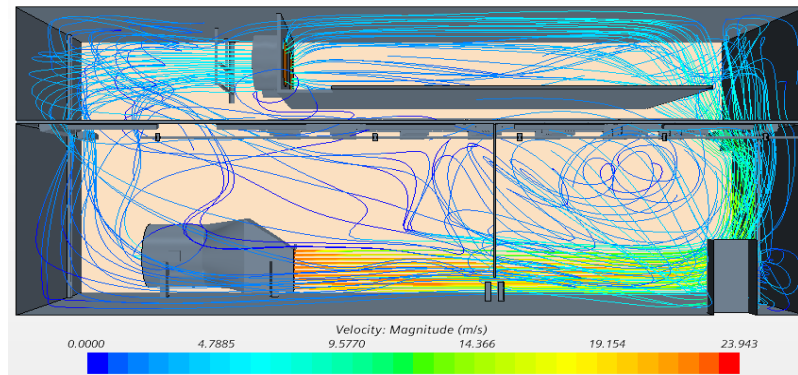
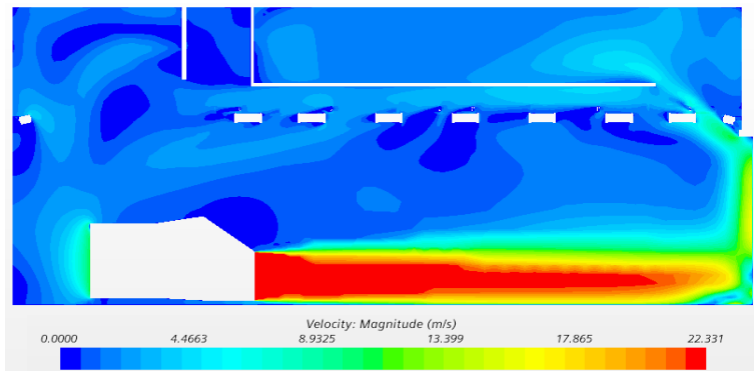
数字环境风洞加载车辆仿真



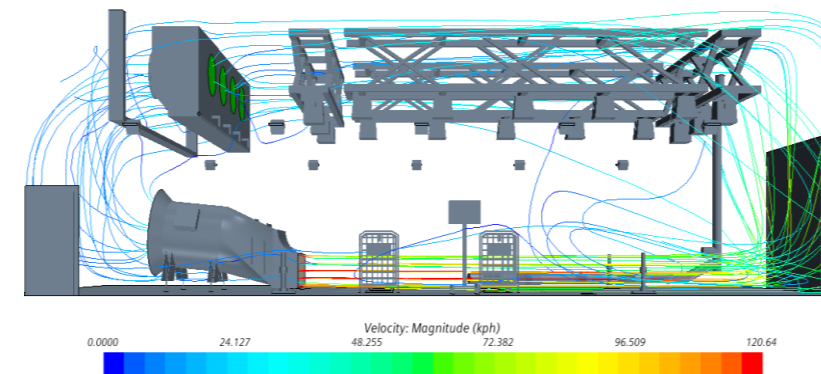
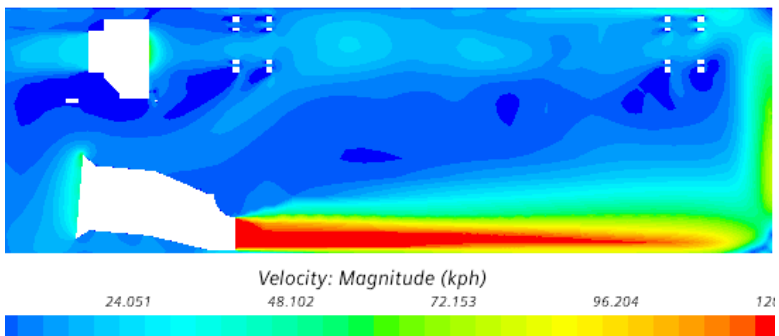
风速及流场仿真结果

4 工作内容

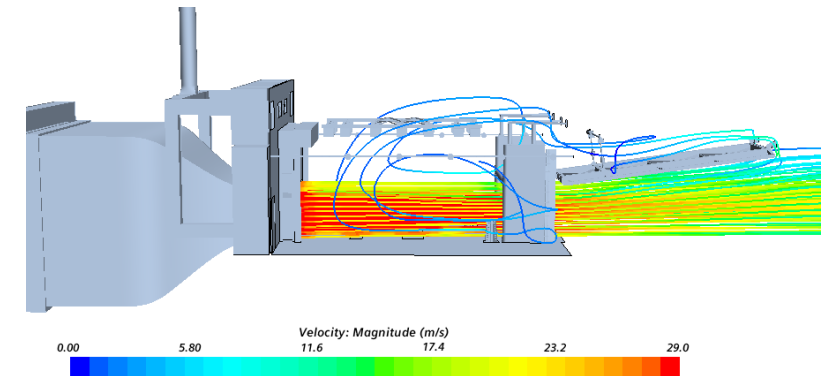
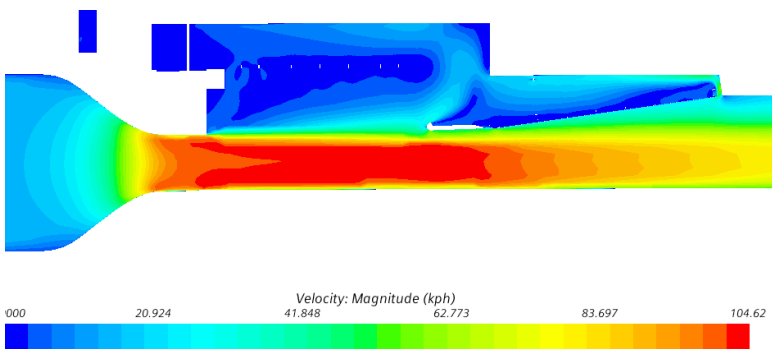
浸泡舱



试验舱



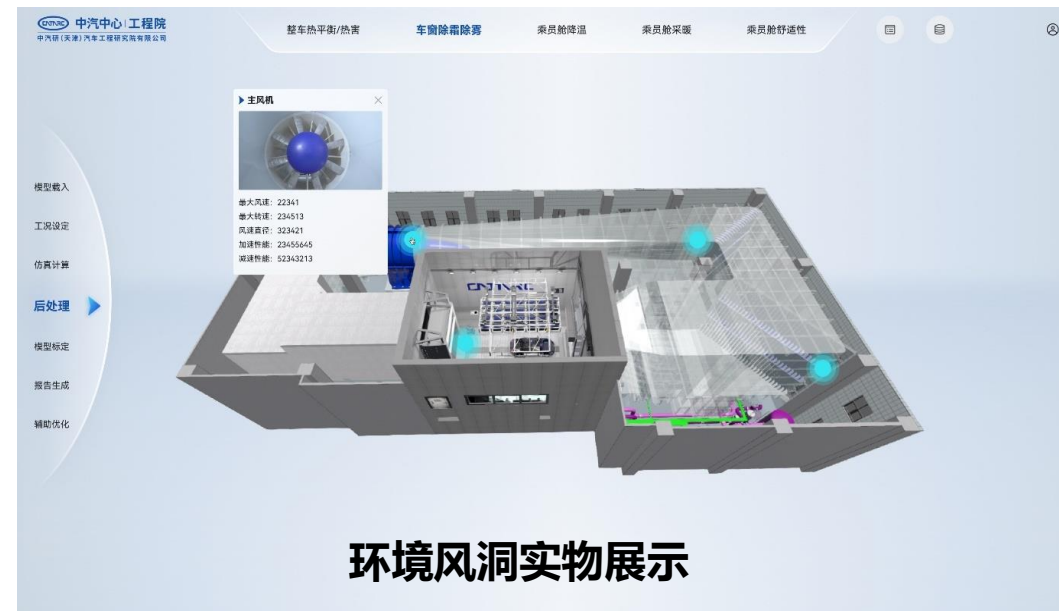
环境风洞



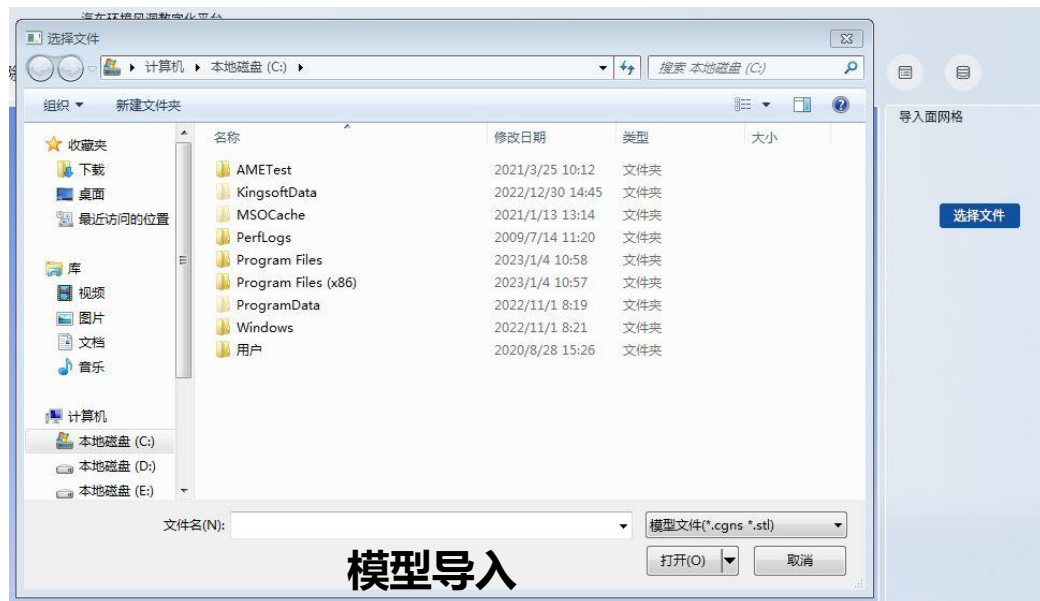
5 界面展示



登录界面



环境风洞实物展示



模型导入



主仿真界面

5 界面展示

边界条件 求解设置

流体边界

整车热流场

进口风速: 140 m/s

环境温度: 40 °C

太阳光照方位: 0.5 radian

太阳光照高度: 0.6 radian

太阳直射通量: 1200 W/m²

太阳漫反射通量: 900 W/m²

保存

边界条件 求解设置

固体域

排气歧管隔热罩

排气歧管隔热罩

密度: 8055 kg/m³

导热率: 480 W/m-K

比热: 15.1 kg/J/kg-K

保存

参数设置

截面提取 数据提取 图片提取 动画生成

流体边界

整车热流场

截面名称:

切片原点坐标: X: Y: Z:

截面参考系: 全局坐标系

截面法向矢量: X: Y: Z:

保存

汽车环境检测数字化平台

整车热平衡/热害 车窗隔热罩 乘员舱降温 乘员舱采暖 乘员舱舒适性

项目管理

项目编号	项目名称	项目状态	开始时间	结束时间	项目负责人	创建人	创建时间	车型信息	操作
电动车-001	小鹏P7前舱隔热罩	已完成	2021-09-01	2021-11-10	李博	李博	2021-08-25		查看
电动车-002	比亚迪汉EV前舱隔热罩	已完成	2021-09-01	2021-11-10	李博	李博	2021-08-25		查看
电动车-003	电动车_003前舱隔热罩	已完成	2021-09-01	2021-11-10	李博	李博	2021-08-25		查看
电动车-004	电动车_004前舱隔热罩	已完成	2021-09-01	2021-11-10	李博	李博	2021-08-25		查看
电动车-005	电动车_005前舱隔热罩	已完成	2021-09-01	2021-11-10	李博	李博	2021-08-25		查看
电动车_006	电动车_006前舱隔热罩	已完成	2021-09-01	2021-11-10	李博	李博	2021-08-25		查看

项目管理

汽车环境检测数字化平台

整车热平衡/热害 车窗隔热罩 乘员舱降温 乘员舱采暖 乘员舱舒适性

数据库

模型名称	模型文件	建模软件	软件版本	模型描述	创建人	建模时间
XX车整车热平衡仿真模型	XXX-整车热平衡.sim	starCCM+	V2020	XXXXXX	王丹	2022-11-02 09:48:53
XX车乘员舱采暖仿真模型	XXX-乘员舱采暖.sim	starCCM+	V2020	XXXXXX	王丹	2022-11-02 09:48:53
YY车整车热平衡模型	XXX.sim	starCCM+	V2020	XXXXXX	王丹	2022-11-02 09:48:53
YY车乘员舱采暖模型	XXX-乘员舱采暖.sim	starCCM+	V2020	XXXXXX	王丹	2022-11-02 09:48:53
XX车透风散热模型	XXX.sim	starCCM+	V2020	XXXXXX	王丹	2022-11-02 09:48:53
XX空调除湿模型	XXX.sim	starCCM+	V2020	XXXXXX	王丹	2022-11-02 09:48:53
YY车除湿模型	XXX-除湿模型.sim	starCCM+	V2020	XXXXXX	王丹	2022-11-02 09:48:53

数据库



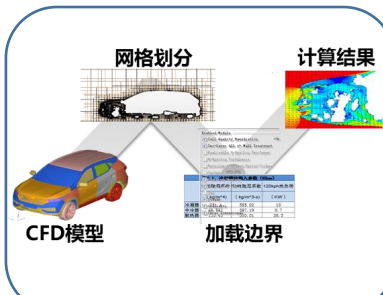
■ 竞品车对标解析
■ 快速预测



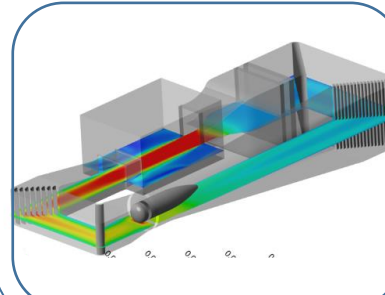
■ 初判整车Cp值及前格栅进风量
■ 性能指标的设定



■ 快速仿真 & 报告流程
■ 高精度仿真
■ 方案对比



■ 试验数据库
■ 仿真数据库



■ 资源管理
■ 数据积累



基于智能算法的数据分析、预测



中汽中心 | 工程院

中汽研(天津)汽车工程研究院有限公司

