

全温域高效热泵系统关键技术突破与工程化挑战

辰致集团创新研究总院

开放、整合、共创、共赢

专业、专注、高效、创新

目 录

- 一. 辰致集团热管理板块
- 二. 新制冷剂发展趋势下的新变化
- 三. 我们对新变化下热管理发展方向的看法
- 四. 辰致全温域高效热泵系统测试情况
- 五. 辰致补气增焓集成模块
- 六. 辰致补气增焓电动压缩机
- 七. 工程化挑战

辰致热管理：聚力协同，共创价值

- **集团级研究院**，聚焦跨域融合、新产业孵化、前瞻技术储备、共性平台。
- **企业级**：产业化、规模化，灵活组合、精准执行、高效交付。



辰致集团 创新研究总院



前瞻技术与基础平台

拥有强大的研发团队和技术平台，专注于核心技术预研和平台化开发，为业务发展提供坚实的技术支撑。



南方英特



空调系统专业交付

具备丰富的剂侧集成模块开发与制造经验，拥有成熟的供应链体系和强大的成本控制能力。



建设股份



压缩机专业交付

在电动压缩机领域拥有深厚的技术积累和制造实力，产品性能稳定可靠，是核心部件的坚实保障。



资源整合 · 优势互补

高效整合集团内外部优质资源，打破壁垒，形成合力。



技术领先 · 持续创新

依托研究院引领，确保核心技术与产品性能始终保持行业领先。



高效协同 · 敏捷响应

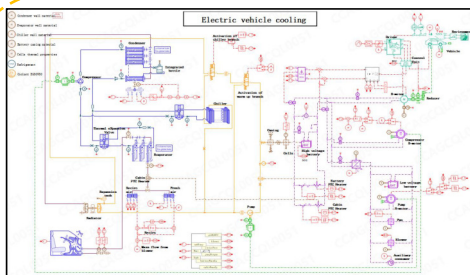
打通“研-产-供”全链条，快速响应市场需求，提升整体运营效率。

一、辰致集团创新研究总院-热管理领域

- **领域组织介绍**: 热管理领域隶属辰致集团创新研究总院, 定位于新能源汽车热管理技术开发, 于上海市和重庆市均设置研发中心;
- **领域开发范围**: 主要开发下一代热管理系统、集成模块、电动压缩机、控制算法、关键零部件等;
- **领域平台建设**: 具有行业一流的研发、仿真、测试资源, 联合南方英特、重庆建设进行相关热管理产品开发, 强化集团热管理共性能能力平台建设。

热管理领域

热管理系统开发



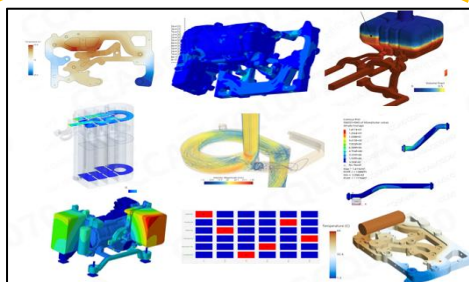
系统架构开发



系统温差验证

- 系统架构原理设计
- 系统性能匹配设计
- 系统MBSE设计

集成模块开发



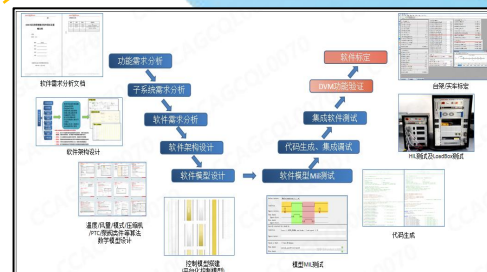
集成模块核心设计



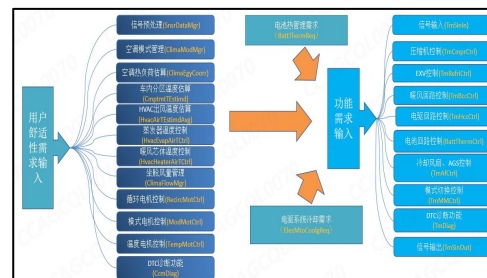
模块新结构开发

- 集成模块流阻优化设计
- 集成模块窜热优化设计
- 集成模块NVH优化设计

热管理控制系统



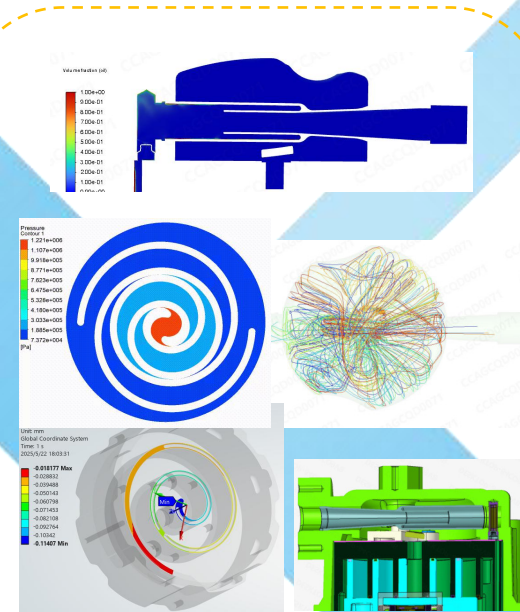
热管理ASW开发规范流程



热管理ASW全功能实现

- 热系统能量流算法软件开发
- 热系统执行器FOC算法开发
- 热系统全模式、执行器诊断开发

压缩机总成开发



新型电动压缩机核心仿真

- 压缩机泵体(涡旋线等)正向开发
- 压缩机动平衡、补气增焓仿真
- 压缩机无感平稳控制算法开发

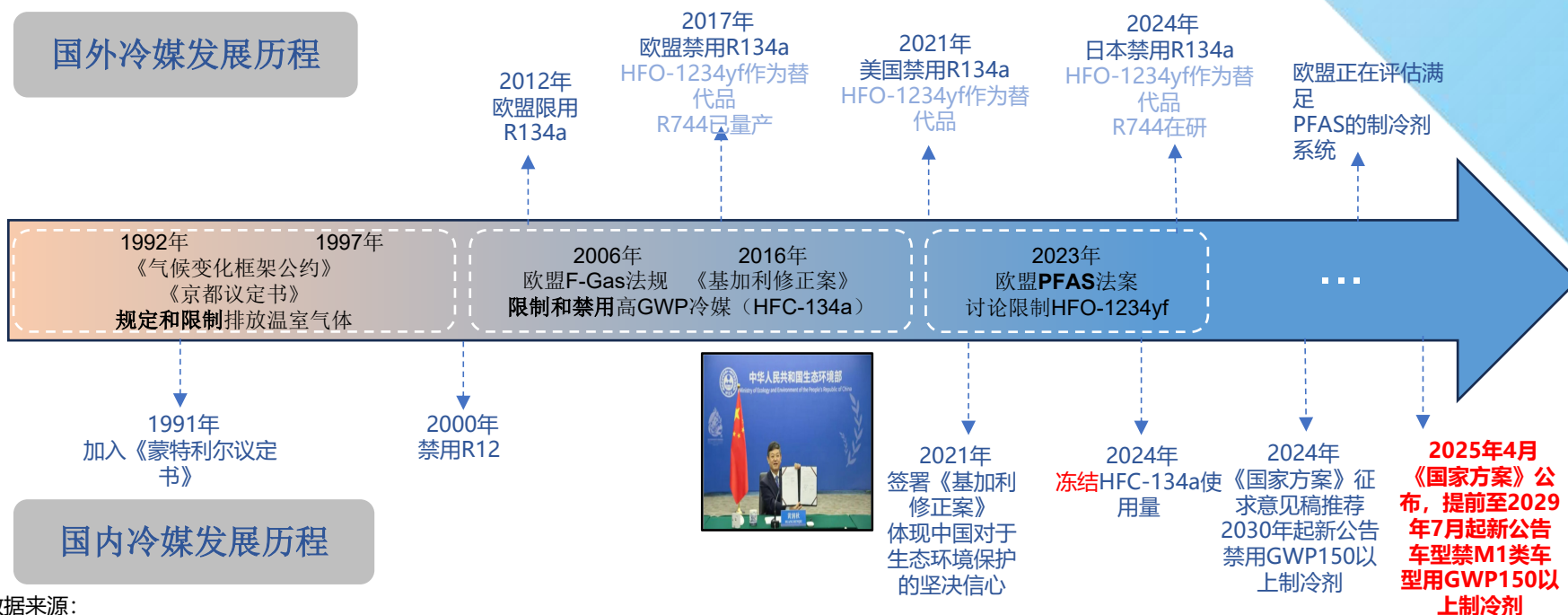
二、新制冷剂发展趋势下的新变化

□ 政策推动

根据2025年4月23日国务院生态环境部、国家发展改革委、工业和信息化部、商务部、海关总署印发《中国履行〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉国家方案》发布稿，我国汽车行业于**2029年7月1日起**，禁止新公告M1类车型空调系统使用**GWP(温室效应值) > 150**的制冷剂，鼓励在电动汽车热系统领域开展**自然工质制冷剂替代技术研发和应用**。

R134a制冷剂（GWP=1430）被禁止使用，鼓励环保冷媒R290（GWP=3）/R744（GWP=1）研发和应用，R290与R134a运行压力相近，供应链改动小，成为国内各主机厂替代冷媒主研方向。

国外冷媒发展历程



国内冷媒发展历程

中华人民共和国生态环境部
Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China

文件库

一图读懂 | 《中国履行〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉国家方案（2025—2030年）》

发布时间：2025-04-23 来源：生态环境部 字号：[大] [中] [小]

(3) 削减HFCs受控用途使用。2029年1月1日前，HFCs受控用途使用量至少削减基线值的10%：

▶ 汽车行业自2029年7月1日起，禁止新申请公告的M1类车辆空调系统使用GWP值大于150的制冷剂；鼓励在电动汽车热系统领域开展自然工质制冷剂替代技术研发和应用。

*数据来源：

《中国履行〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉国家方案（2025-2030）》——国务院生态环境部
《电动汽车能量消耗量限值》征求意见稿——国务院工业和信息化部

二、新制冷剂发展趋势下的新变化

□ 市场选择

终极格局，
统占市场？

BEV(纯电动车型)



当前使用
制冷剂

2025年

R134a or R1234yf

未来使用
制冷剂

要求2029年7月1日以后GWP<150

R290 or CO2 or 混合冷媒？

国家鼓励自然工质研发和应用

REEV(增程车型)

HEV(插混车型)



R134a or R1234yf

R1234yf or 混合冷媒 or 其他？

空间布置问题，热管理系统更倾向于延续现有架构，适合平替R134a的制冷剂。

ICE(燃油车型)



R134a or R1234yf

R1234yf or 混合冷媒 or 其他？

油车空调系统产业链成熟，不适合改动为R290和CO2等自然工质。

二、新制冷剂发展趋势下的新变化

□ 汽车能源消耗标识

23年9月发布GB 22757.2-2023《轻型汽车能源消耗量标识》中，**明确要求在黄标中体现高/低温开空调里程数。**

企业标志 汽车能源消耗量标识
AUTOMOBILE ENERGY CONSUMPTION LABEL

生产企业：
车辆型号：
整备质量：
最大设计总质量：
其他信息：

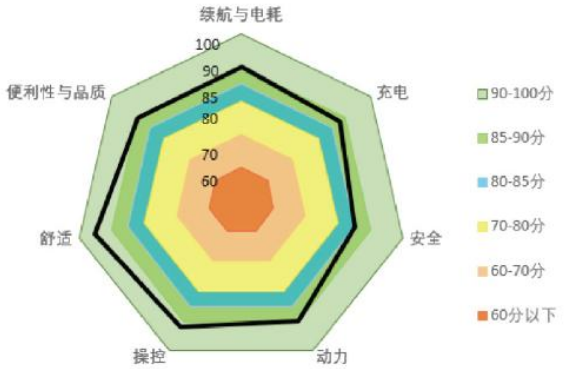
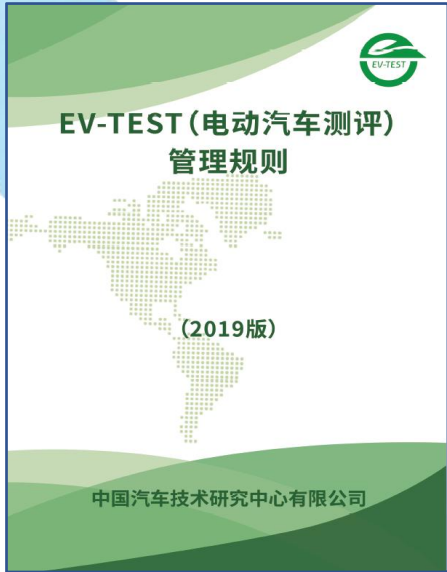
能源种类：
驱动电机峰值功率：
kW

综合工况电能消耗量：XX.X kWh/100 km
电能当量燃料消耗量：XX.X L/100 km

续航里程：XX km

本标识所采用的电能消耗量和续航里程数据系根据GB/T 18396-XXXX《电动汽车 能量消耗率和续航里程测试方法》测定。
电能消耗量与燃料消耗量是按照等热值的方法进行折算，1kWh电能消耗量折合0.1131L汽油燃料消耗量。
由于驾驶习惯、道路状况、气候条件等因素的影响，实际电能消耗量与续航里程可能与本标识的电能消耗量不同。
为避免标识影响视野，请在购车后去除标识。

备案号： 启用日期： 年 月 日



电动汽车能量消耗量限值主要由国家标准《**电动汽车能量消耗率限值**》（GB/T 36980-2018）及2026年即将实施的新规共同规范，**核心目标是推动行业节能降耗。**

中国电动汽车测评（EV-TEST）是面向消费者关注焦点建立的独立、公正、高标准的电动汽车整车性能测试评价体系，从“**续航与电耗、充电、安全、动力、操控、舒适、便利性与品质**”七个方面综合评价纯电动乘用车的各项性能。

政策法规推动下，OEM对于节能技术有着强烈的追求

三、我们对新变化下热管理发展方向的看法

- 辰致集团重点研发R290热管理系统，以满足客户对第四代制冷剂系统的需求。其中针对乘用车、商用车项目分别承接了技术研究项目,并完成了设计方案，目前项目已经交付,我们认为R290系统特别适合补气增焓技术,随着剂侧模块的开发,**R290+补气增焓技术**将焕发生机.为此辰致集团同时开发了**补气增焓系统及算法、补气增焓剂侧模块集成模块以及补气增焓电动压缩机。**

指标	补气增焓热泵	非补气增焓热泵
制冷能力（40℃）	提升22%	需更大排量或更高转速电动压缩机
制热能力（-20℃）	提升30%	还需要依赖额外热源补充（如PTC）
低温制热COP（-30℃）	≥1.5	还需要依赖额外热源补充（如PTC）
温域（冬季）	-35℃热泵启动	-25℃热泵启动
蒸发温度-34℃	压缩机排气温度105℃	压缩机排气温度过温 > 125℃
环保兼容性	适配R290、混合制冷剂等	适配R290、混合制冷剂等

三、我们对新变化下热管理发展方向的看法



□ 为什么R290更适合补气增焓

R134a :
制冷（快充）：带 VPI 比无 VPI 提升约 11%（7000→7800W）；
制热（-10℃）：带 VPI 比无 VPI 提升约 10%（3800→4200W）；
但低温-10℃以下下提升有限，且无法支持 - 20℃以下的热泵制热。

制冷剂的变化解决了能力问题



集成化的迭代解决了性价比的问题

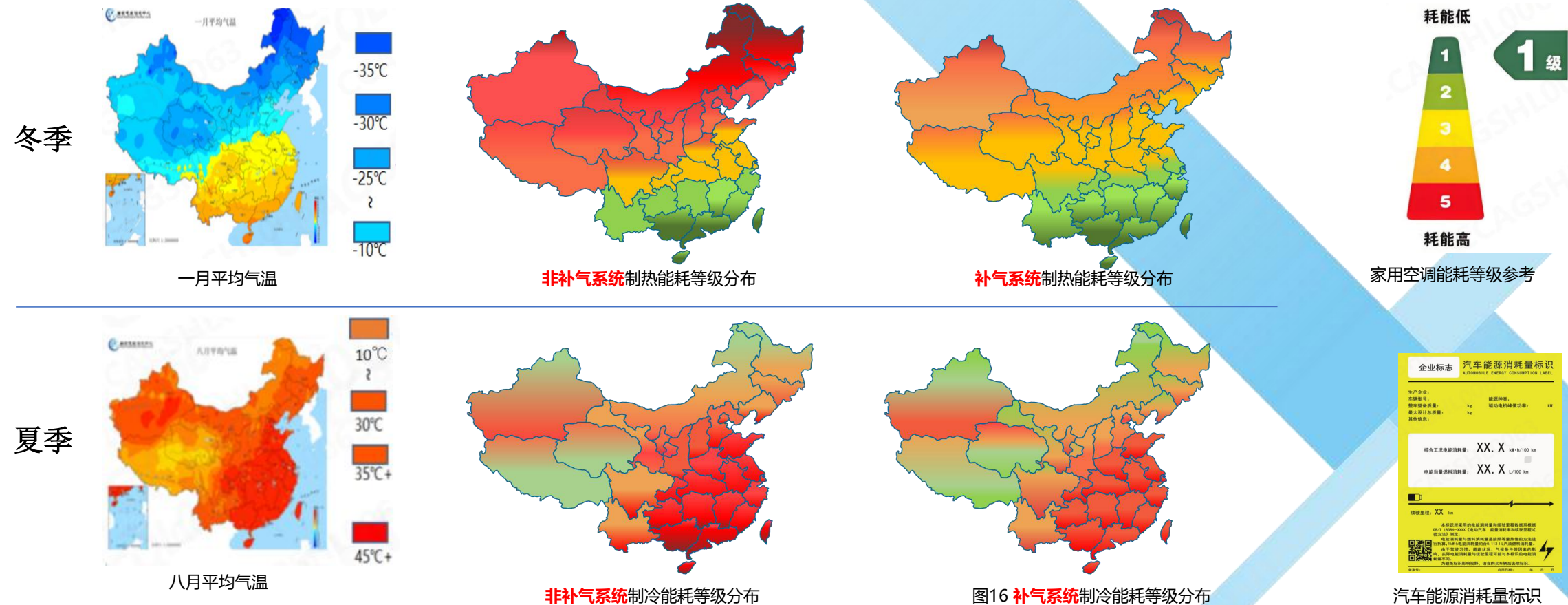
R290:
制冷（快充）：带 VPI 比无 VPI 提升约 22%（8200W→10000W）；
制热（-10℃）：带 VPI 比无 VPI 提升约 29%（6200W→8000W）；
低温（-20℃）：带 VPI 后仍能保持 7000W（无 VPI 为 5000W），且可拓展到 - 30℃以下,-30℃仍可输出 4700W/1.5

三、我们对新变化下热管理发展方向的想法



中国地域能效分布

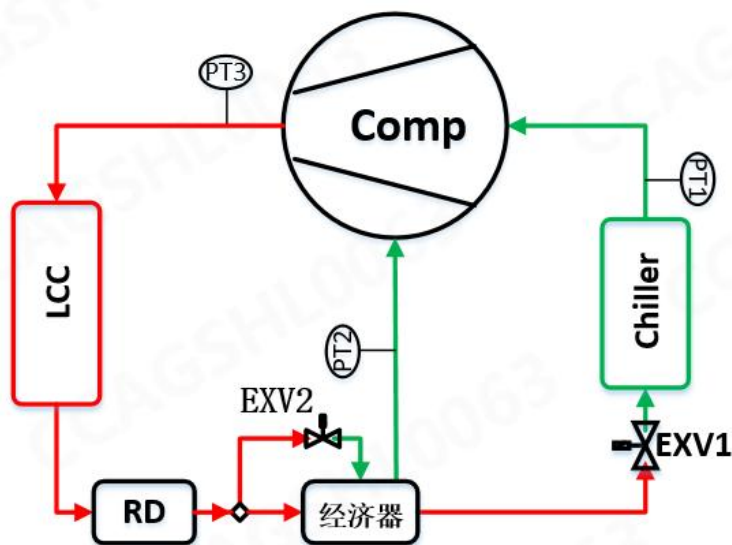
➢ 根据中国地域冬季和夏季温度，参考台架和路试性能数据转化为耗能分布图，可知补气比非补气系统能耗更加节能，在温度更低的北方地区和夏季炎热的南方地区，补气增焓相比非补气能耗更低，节能效果更加明显。



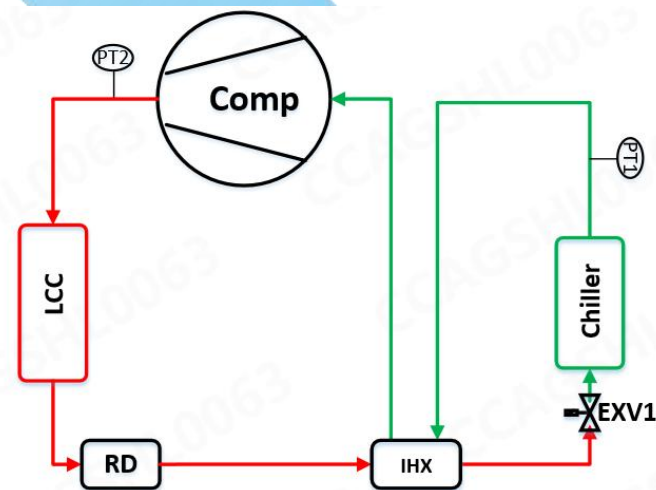
四、辰致全温域高效热泵系统测试情况

R290补气增焓 (价值):

- 提供更大的制冷性能
- 提升热泵在极端温度下性能衰减问题;
- 减少对辅助加热 (如PTC) 的依赖, 减低能耗;
- 拓展热泵系统在严寒或者高温地区的适用性;



补气增焓系统



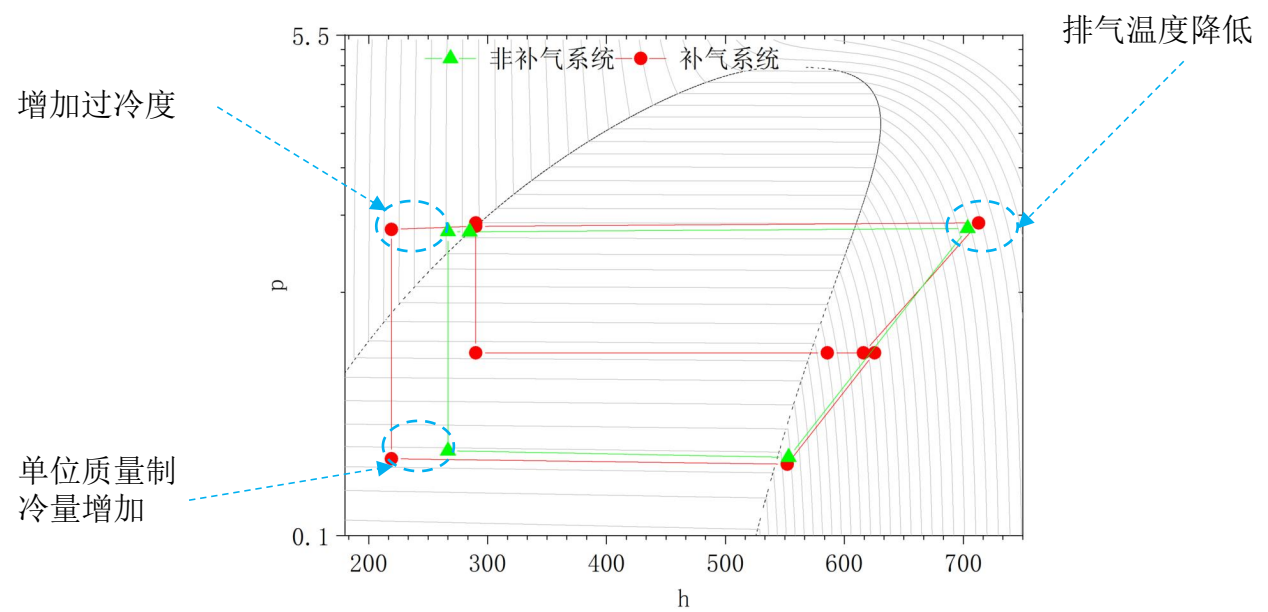
非补气增焓系统

四、辰致全温域高效热泵系统测试情况



降低排气温度和增加阀前过冷

- 降低低温制热高压比时的压缩机排气温度，不容易排气温度保护，热泵工作边界更宽
- 阀前过冷度更低，蒸发侧效率更高



蒸发温度	压缩机排气温度	
	补气增焓低温热泵	非补气热泵
-17	86	95
-20	87	96
-22	96	114
-24	105	120
-33	108	✗ 温度保护
-41	114	✗ 温度保护

四、辰致全温域高效热泵系统测试情况

□ 提升性能、降低能耗和降低压缩机转速

- 制冷工况下，开补气相比不开补气，相同制冷量下，工况1压缩机转速降低1300转，压缩机功率降低600W；工况2下压缩机转速降低600转，压缩机功率降低100W。
- 制热工况下，开补气相比不开补气，相同制热量下，工况1压缩机转速降低1400转，压缩机功率降低220W；工况2压缩机转速降低800转，压缩机功率降低130W。

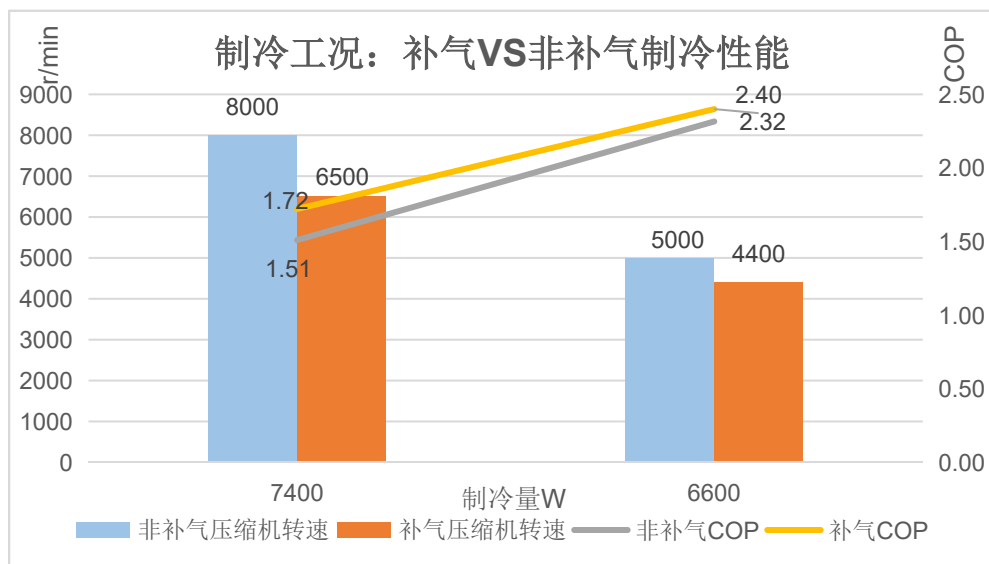


图1 制冷性能

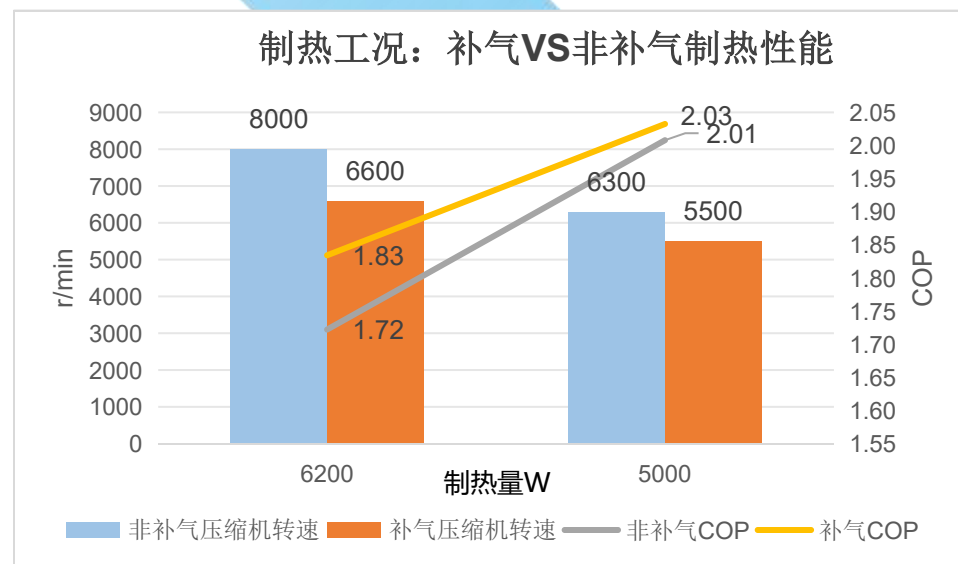
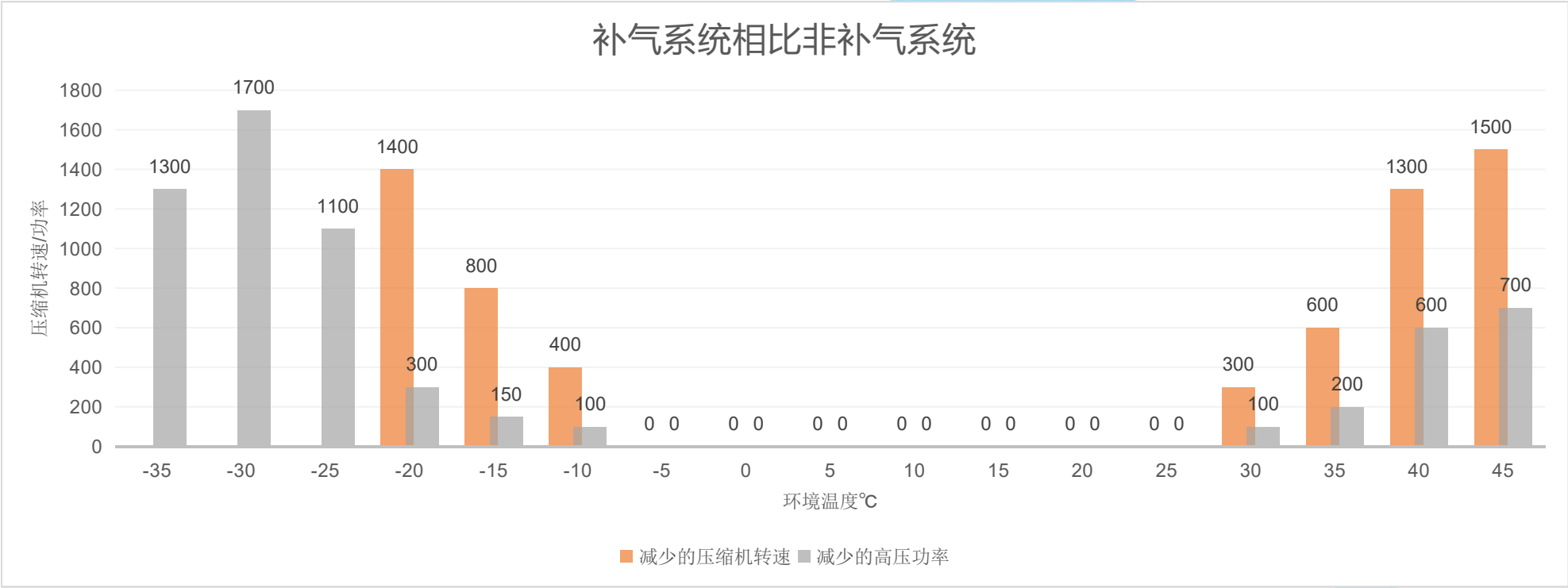


图2 制热性能

四、辰致全温域高效热泵系统测试情况

□ 热泵工作温度更宽，满足全温域

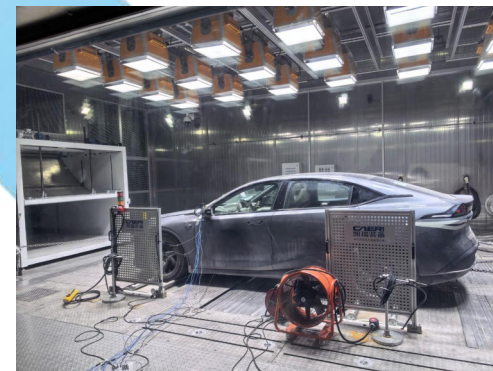
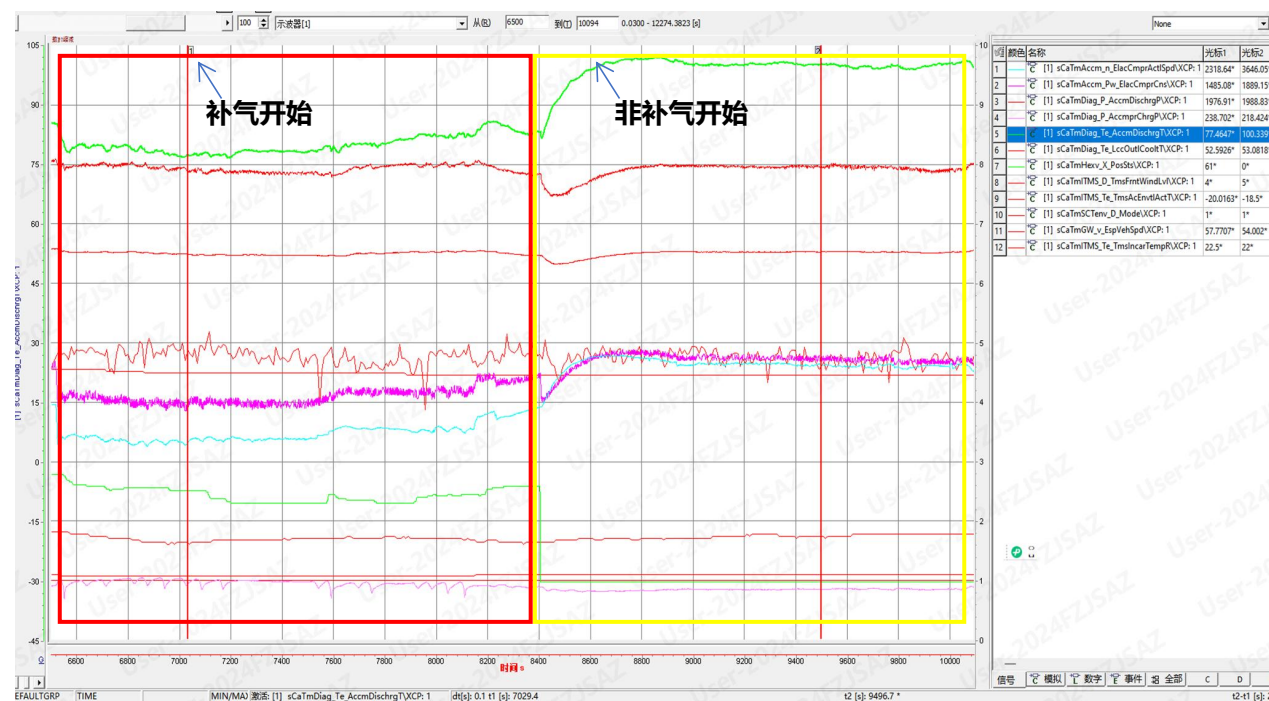
- 当低品位热源温度-10℃以下时补气相比非补气压缩机功耗更低，温度越低优势越明显，热泵工作最低温度-35℃。
- 当环境温度30℃以上时补气相比非补气压缩机功耗更低，温度越高优势越明显。高温制冷工况，补气增焓系统可以使用相比非补气更低的压缩机转速实现相同的制冷量，并且能耗更低。



四、辰致全温域高效热泵系统测试情况

□ 能耗更低、续航更长

- 环模测试：分别在环温-20°C和35°C温度条件下，按照CLTC工况，开补气比不开补气续航里程分别提升10%和8%。
- 道路测试：在环温-20°C条件下，相同路段行车，车内auto22°C，开补气比不开补气系统功耗低429W。



四、辰致全温域高效热泵系统测试情况

❑ 涡旋压缩机在低转速下，R290冷媒 比R134a&冷媒能力衰减更严重，采用更小排量的电动压缩机对能耗表现会更有优势。

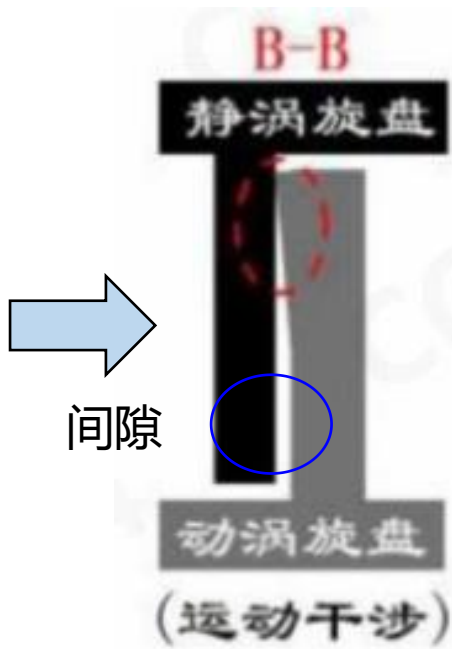
1、冷媒物性对比：R290分子量下，泄露间隙敏感

冷媒物性参数对比		
特性	R134a	R290
化学名称	四氟乙烷	丙烷
类型	HFC	HC
ODP	0	0
GWP100	1430	~3
ASHRAE安全等级	A1 (无毒不燃)	A3 (可燃)
分子量 (g/mol)	102.03	44.1
沸点 (°C, 1atm)	-26.1	-42.1
临界温度 (°C)	101.1	96.7
临界压力 (MPa)	4.06	4.25
工作压力	中	低
单位容积质量kg/m^3	14.213	10.128
单位容积制冷量w	217	285
蒸发潜热 (kJ/kg)	197.3	374
蒸发潜热 (kJ/m³)	4360	7080
COP (能效)	基准	高
可燃性	不可燃	易燃 (A3)
主要应用领域	汽车空调、冷水机	家用空调、热泵
备注	评估工况：Te/Tc: 1/54.5°C；SH/SC: 10/4.5K;	

- 分子量：R290分子量远小于R134a，↓56%；
——泄露间隙敏感，泄露量大；
- 质量小： R290单位容积质量远小于R134a，↓28.7%；
——冷媒充注量少，相同泄露间隙下，冷媒泄露量占比大；

2、涡旋压缩机低转速运行时，电机、控制器以及涡旋泵体运行不稳定，易引发涡盘倾覆，产生泄漏

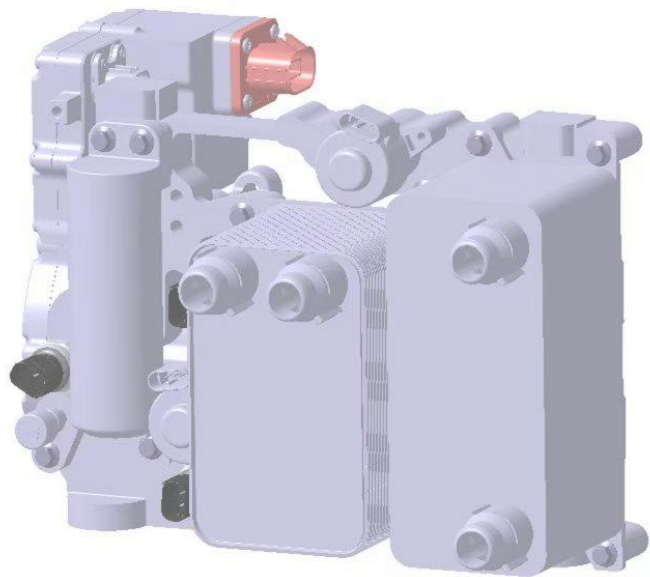
- 电机：电机转速波动和转矩脉动大
- 驱动器算法：
负载波动的补偿难度大；
基于成本考虑，低速下电机反电动势信号极弱，信号识别准确度低，无感控制难度大；
- 压缩机泵体：压缩腔减压速度降低，涡盘运行不平稳



涡旋盘倾覆→间隙增大→泄漏增大→容积效率降低
→能力衰减严重

五、辰致补气增焓集成模块

- 带补气增焓功能的R290剂侧一体化集成模块：
 - 小型化：灵活布置，便于整车安装；
 - 低泄露：无管路设计带来更少的泄露点，更高的安全性；
 - 低充注：充注量≤130g，超低充注确保R290应用安全；
 - 低成本：可选小排量压缩机；PTC配置可选小功率/无；综合成本更低。



剂侧集成模块

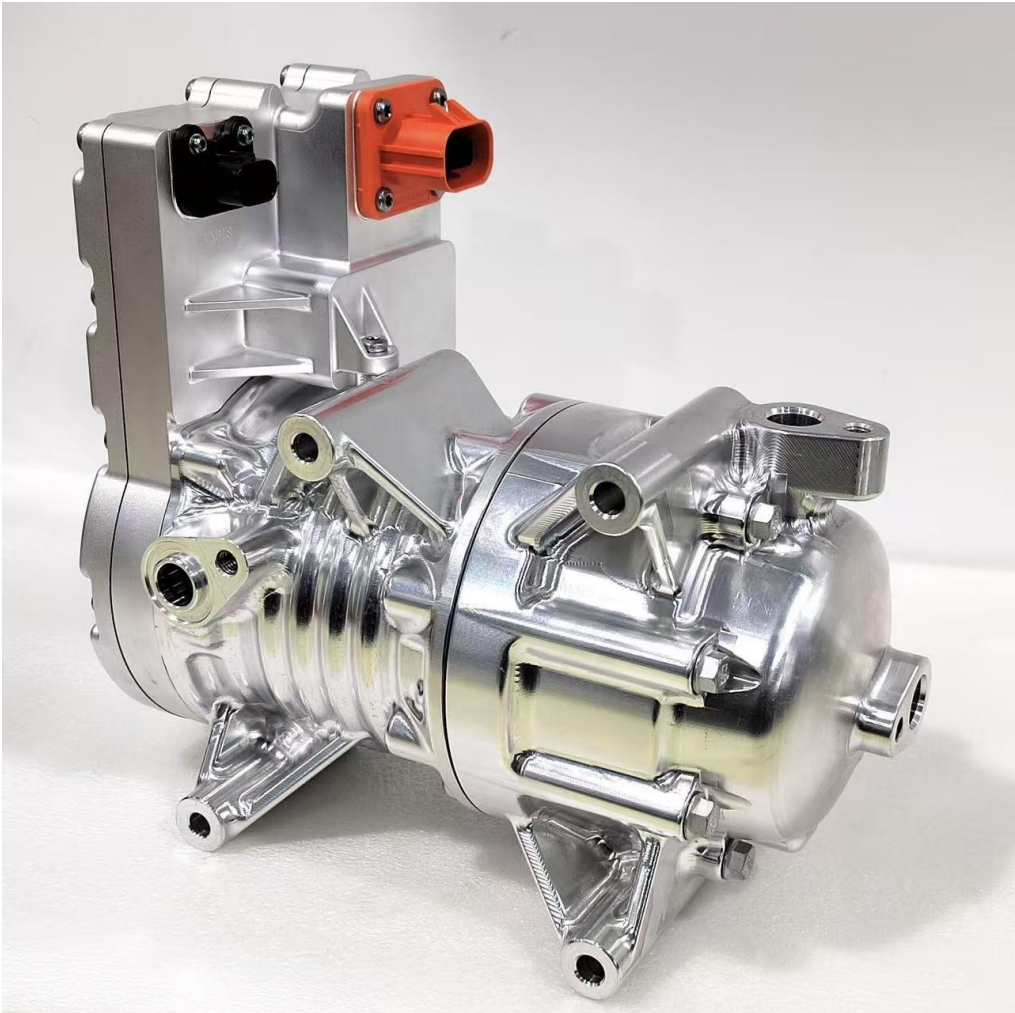
R290一体式集成模块	
集成形式	无管路压缩机集成
尺寸	265mm*220mm*335mm
重量	13kg
制冷剂	R290
泄露率	2g/year
充注量	130g
集成产品	34cc压缩机 无脑电子膨胀阀 储液罐 板式换热器 PT传感器

六、辰致补气增焓电动压缩机



❑ R290补气增焓电动压缩机

➢ 已完成A0、A1样件台架测试、环模测试和四季整车道路测试，已具备产业化应用条件。



CZAG第四代制冷剂电动压缩机	
产品	辰致集团[建设股份]
压缩机形式	电动涡旋压缩机
排量	34cc w/VPI
制冷剂	R290、混合工质
转速范围	600~11000rpm
最大功率	13kW
电压范围(V)	400~900V
蒸发温度范围(°C)	-42~20 (+补气增焓)
冷凝温度范围(°C)	35~82
压比	< 26 (+补气增焓)
噪声dB (A)	34cc≤65 @5000rpm 30cm
COP	2.6 @5000rpm (0°C/55°C)
最大工作压力/MPaA	3.3
重量	7.5kg

七、工程化挑战

补气增焓技术工程化挑战：系统级能力的综合考验



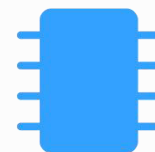
系统开发能力

- 深刻理解整车热管理系统，进行复杂的系统匹配和控制策略开发。
- 优化多热源协同工作模式，确保系统在不同工况下的高效运行。
- 建立精确的系统仿真模型，指导产品开发和性能验证。



剂侧模块总成开发能力

- 具备高效的模块集成设计能力，解决空间布局、流场优化、热交换效率等问题。
- 开发高效的板式换热器，提升换热效率和可靠性。
- 优化管路设计，减少压力损失，提升系统整体性能。



核心零部件开发能力

- 掌握补气增焓压缩机的设计和制造技术，确保性能稳定可靠。
- 开发高精度的电子膨胀阀，实现精准的流量控制。
- 确保核心零部件的可靠性和耐久性，满足整车生命周期要求。

只有同时具备强大的系统开发、剂侧模块总成开发与核心零部件开发能力，才能将补气增焓这一复杂系统技术落地，实现其预期的性能优势。

辰启未来 美好行致