

汽车CO₂热泵系统研究及产业化思考



东风汽车公司

陈寅

2023.03.29



1 背景

2 东风公司研究进展及新技术规划

3 产业化应用问题及思考

4 总结及展望



- 新能源政策发展

坚定不移发展新能源、有条不紊推进碳达峰

政策导向	
“双碳”政策	
《企业燃油消耗量与新能源积分管理办法》	工信部 2020.06.22修订
《节能与新能源汽车技术路线图2.0》	中国汽车工程学会 2020.10.27发布
《新能源汽车产业发展规划（2021-2035年）》	国务院 2020.11.02发布
十四五规划和2035年远景目标纲要	全国人大 2021.03.12表决通过
中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见	七部门 2022.06.01 印发
《减污降碳协同增效实施方案》	四部门 2022.06.17 印发



稳步 推进

发展新能源
用技术提升，解决排放问题

节能 减排

安全 环保

行业制冷剂发展

第四代制冷剂，CO₂依然是比较好的选择



蒙特利尔议定书 第三代制冷剂淘汰时间

年份	发展中国家	美国	欧盟
2011			可用制冷剂种类受限
2015			开始削减
2016		削减基数	
2017			GWP > 100禁用新车
2018			削减至63%
2020		每年削减10%	禁用R404a
2022			削减至45%
2024			削减至31%
2029	开始削减		
2030			累计削减79%

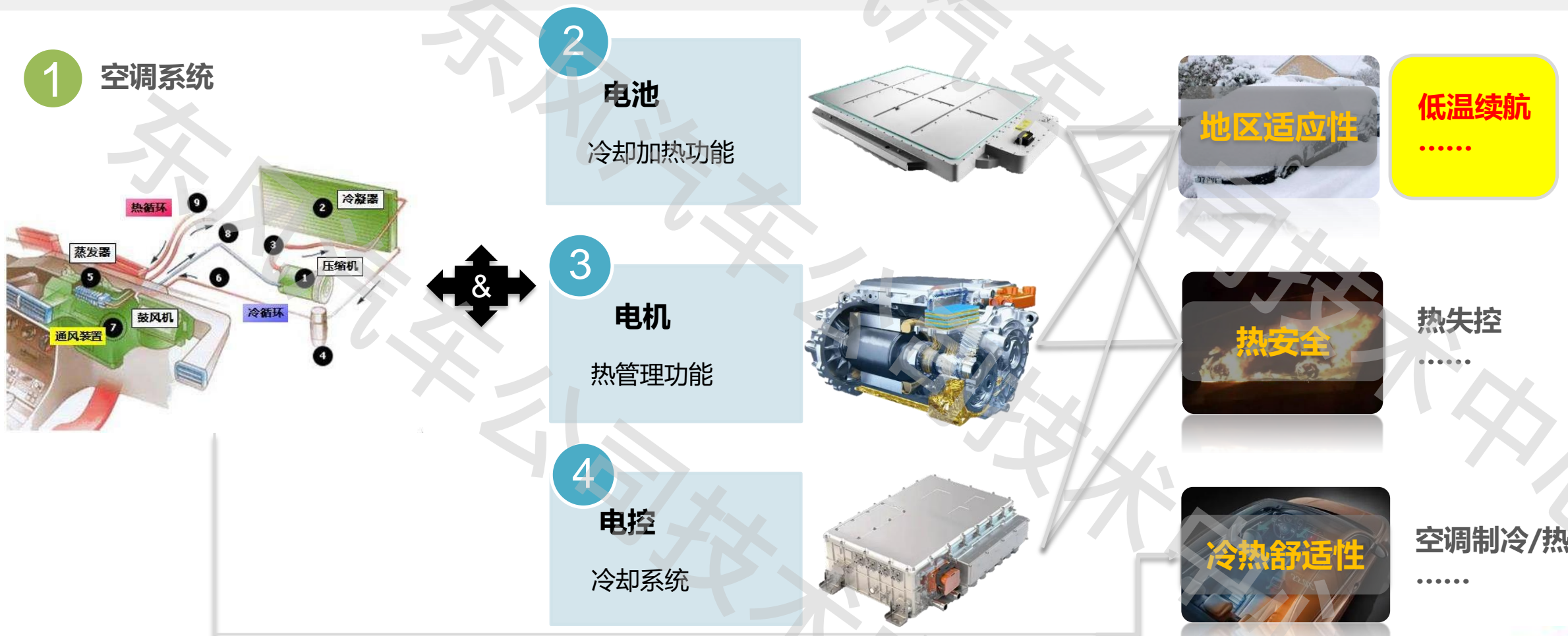
车用制冷剂基本要求

热力性能要求	理化性质要求	环保型要求
单位容积制冷量大	粘度小、导热好	对大气臭氧层无破坏
工作压力适中	使用安全	温室效应小
绝热指数小	化学稳定性好	
应用要求		
易获取，成本低		
低温性能好--电动车		

R1234yf	化学性质未知，低温适用性差
R744 (CO ₂)	工作压力高
R290	安全性差
混合工质	上市时间和性能均未知
.....

- 纯电动车汽车普及遇到的障碍

空调低温能耗严重影响低温续驶里程，与电池热失控一起成为了行业两大难题



1 背景

2 东风公司研究进展及新技术规划

① 研发进展

② 新技术规划

3 产业化应用问题及思考

4 总结及展望



2.1 研发进展

研发历程

2017 年国内首家投入研究

2023年
奔向未来

2022年
可靠性验证

2021年
整车落地

2020年
台架落地

2019年
实验室投资

2018年
成立联盟

2017年
立项



初验技术具备
可行性

组建联盟, 构建
产业链雏形

设备投资, 支撑
技术研发

系统验证, 确认
性能效果

整车验证, 确认
实车可行性

道路可靠性验证,
确认量产可行性

推向量产, 引领
产业链发展

推动技术落地, 引领产业链发展

验证效果_空调

可满足整车空调系统制冷和采暖性能，-30℃环境下，系统仍可正常运行，并保证一定采暖效果。

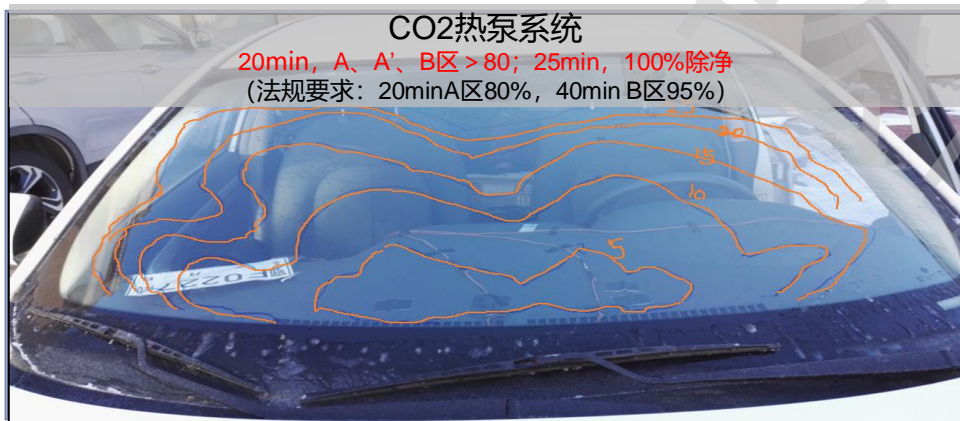
40℃整车制冷量满足要求;

车型		R134a	CO2	车型目标
40km/h-10min	出风口温度	8.9	7.8	10
	头部温度	27.4	26.2	28
40km/h-40min	出风口温度	8.3	7.9	10
	头部温度	23.1	22.8	23
100km/h-60min	出风口温度	8.2	7.9	10
	头部温度	22	21.2	21
0km/h-90min	出风口温度	8.8	7.8	10
	头部温度	23.8	25.4	26

-20℃整车制热量满足要求;

车型		R134a	CO2系统	车型目标
40km/h-10min	出风口温度	36.7	39.8	35
	车内温度	14.2	19.8	5
40km/h-60min	出风口温度	52	46	45
	车内温度	31	29	23
80km/h-80min	出风口温度	50	48	45
	车内温度	30	30	25
0km/h-110min	出风口温度	60	50	45
	车内温度	37	35	25

-18℃整车除霜试验满足要求;



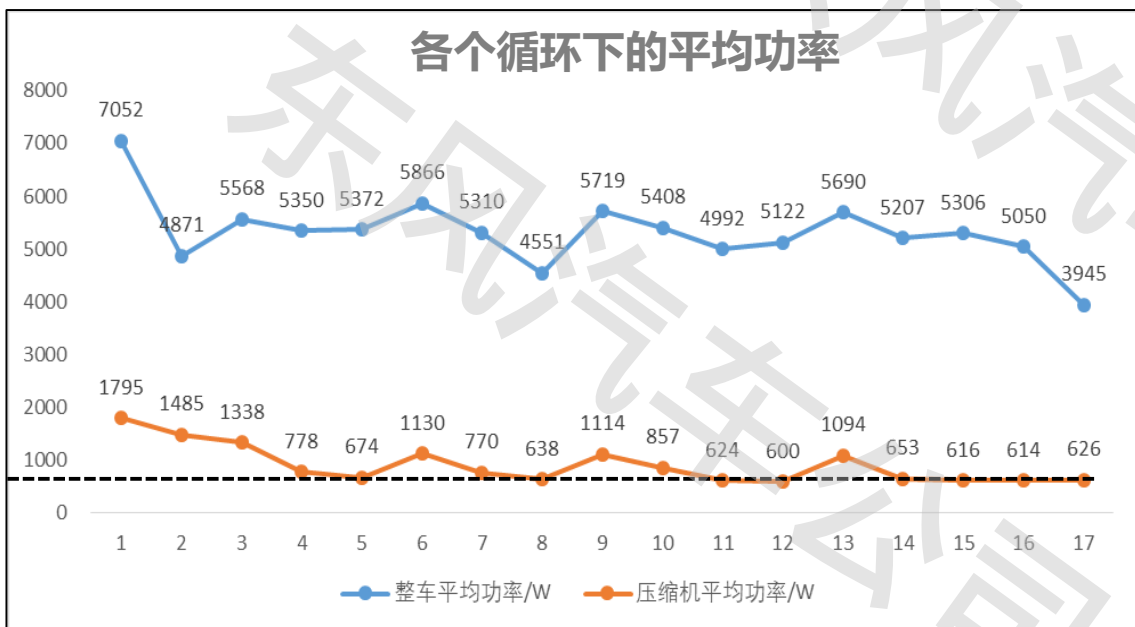
-30℃热泵系统仍可正常工作;

车型		CO2热泵实测	舒适性目标	说明
40km/h	出风口温度	46	45	出风温度控制目标: 45℃ 空调风量不足
	车内温度	18	23	
80km/h	出风口温度	48	45	
	车内温度	22	25	
0km/h	出风口温度	50	45	
	车内温度	25	25	

- 验证效果_续航节能表现

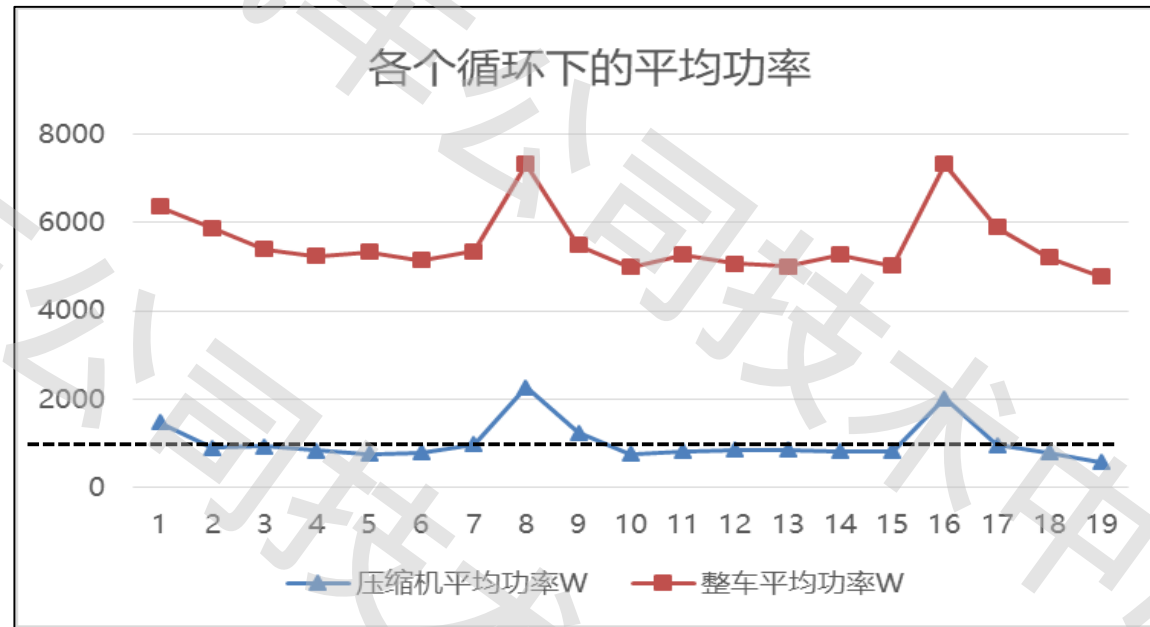
-7°C低温采暖COP可达3以上，节能效果明显；35°C制冷能耗比R134a系统略有提升。

-7°C整车CLTC续航试验



- 单空调采暖时，压缩机功率基本稳定在620W左右，相比低温PTC系统功率1800W，节能约65%

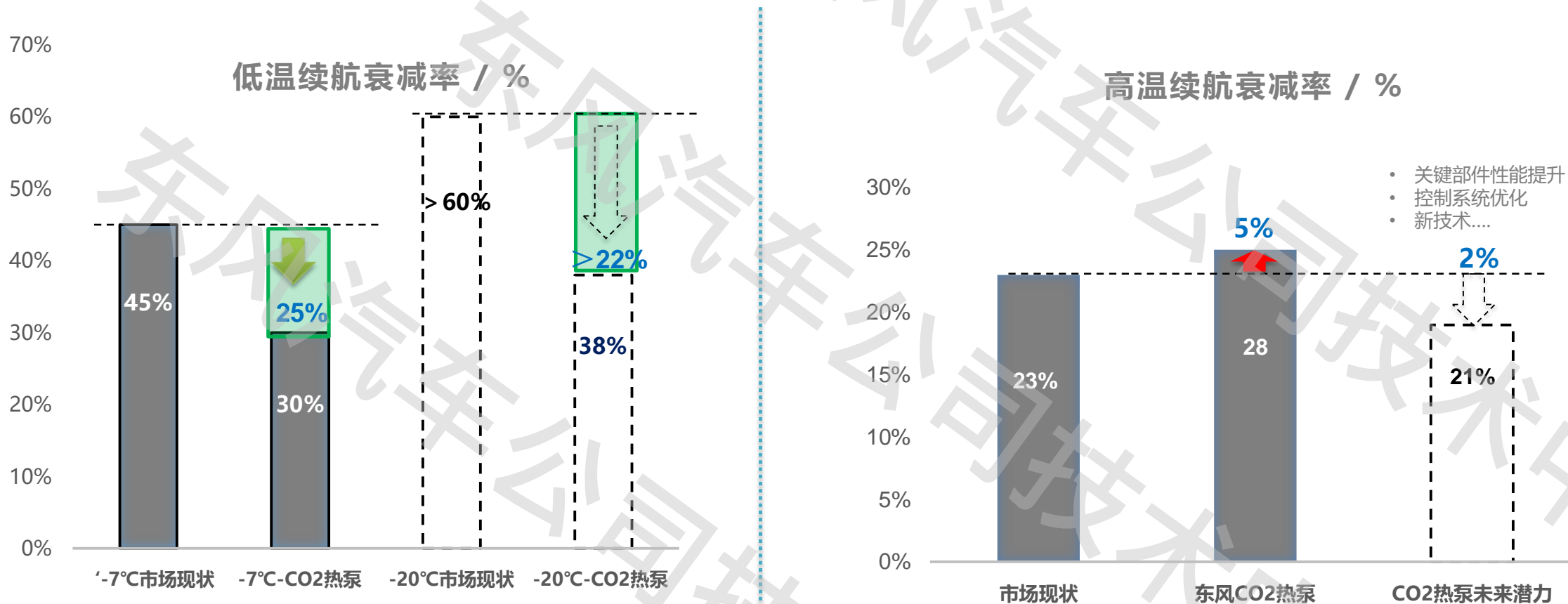
35°C整车CLTC续航试验



- 单空调制冷时，压缩机功率稳定在950W左右，相比R134a系统功率750W，升高约200W。

• 验证效果_续航节能表现

以高温5%的续航衰减换取20%以上低温续航提升，CO2热泵技术性能表现值得推广。

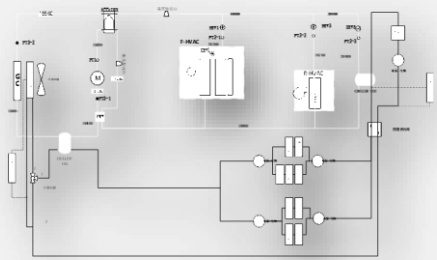


关键技术突破

通过行业同仁不断努力，CO2热泵系统关键技术已经突破，零部件产业化投资仍需跟进

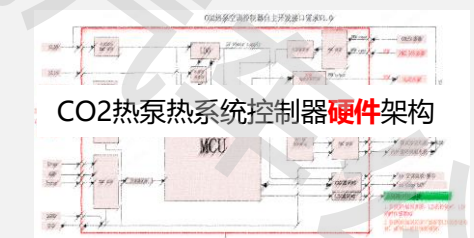
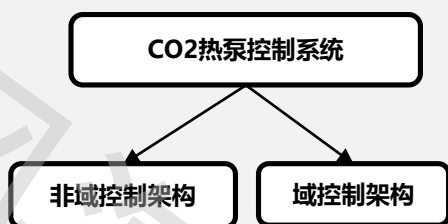
系统架构及匹配设计技术

- ◆ 架构技术：热管理系统原理架构
- ◆ 系统优化设计技术



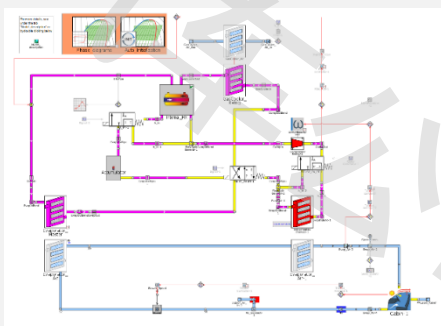
控制系统开发技术

- 控制系统开发技术：



CO2热泵系统仿真技术

- 一维仿真模型搭建及分析技术；
- 控制系统联合调试技术；



序号	识别工况	工况数量
1	台架标定典型工况	5项
2		性能试验 5项
3		静态功能 18项
4	整车功能验证试验项	动态功能 15项
5		系统保护 14项
6	整车性能标定典型工况	23项
7	整车空调性能验收试验工况	冷热舒适性 7项
8		热管理性能 12项
合计		109项

试验验证技术

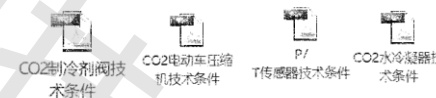
- 建立CO2热泵验证工况清单，涵盖系统、整车完整典型工况；
- 已建成试验台架，掌握系统综合性能测试能力；



序号	识别工况	工况数量
1	台架标定典型工况	5项
2		性能试验 5项
3		静态功能 18项
4	整车功能验证试验项	动态功能 15项
5		系统保护 14项
6	整车性能标定典型工况	23项
7	整车空调性能验收试验工况	冷热舒适性 7项
8		热管理性能 12项
合计		109项

零部件开发技术

- 掌握CO2关键零部件产品定义技术；
- 掌握CO2高压密封技术；
- 掌握CO2零件耐压验证技术；



1 背景

2 东风公司研发进展及新技术规划

① 研发进展

② 新技术规划

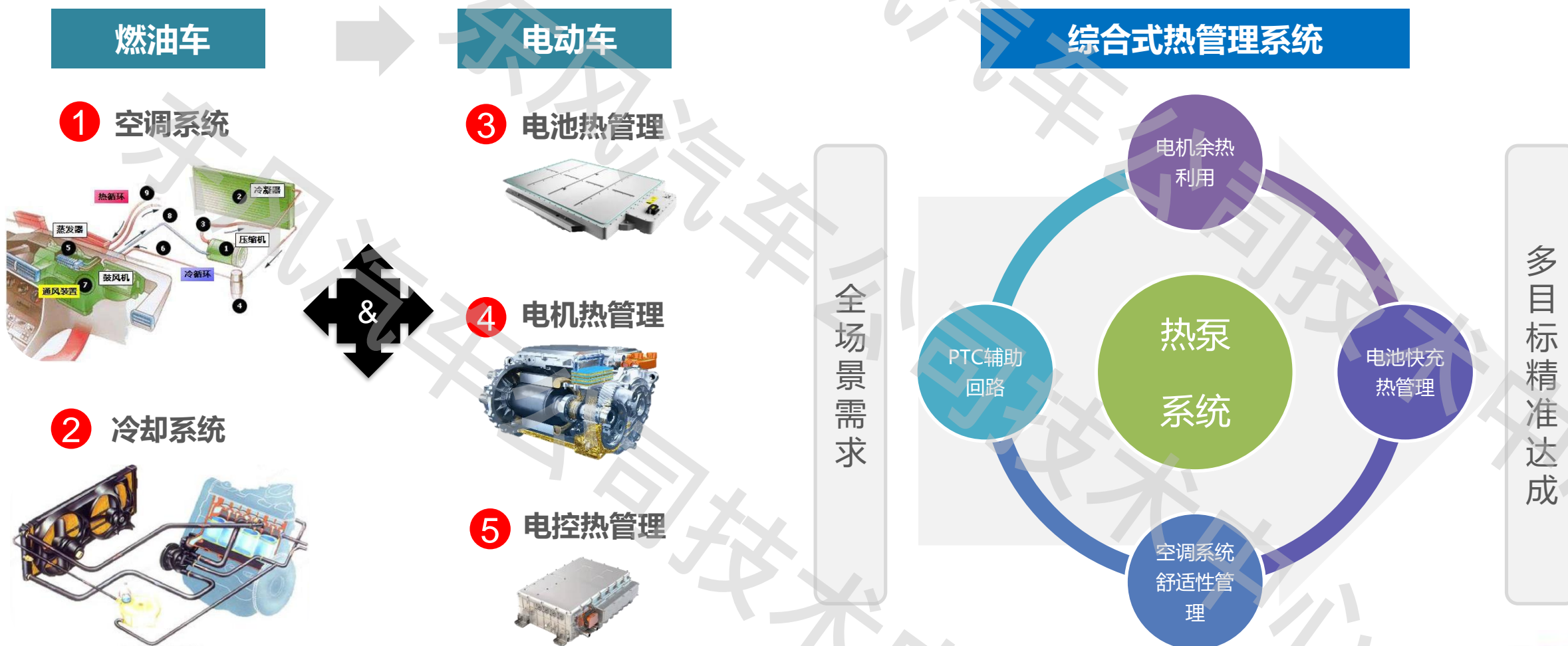
3 产业化应用问题及思考

4 总结及展望



- 整车热管理系统发展趋势

热系统一体化：各系统单独热管理向以空调热泵系统为核心的综合式热管理系统发展

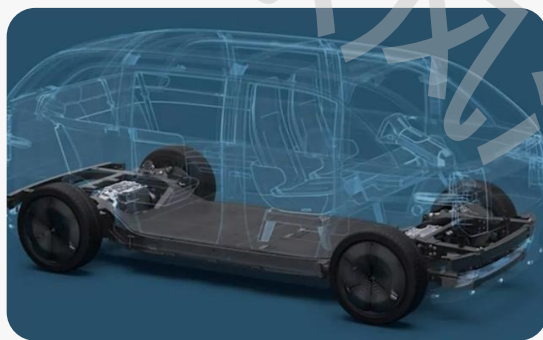


• 电动车未来发展趋势

✓ 整车电动化技术发展给热管理带来诸多机遇和挑战

✓ CTC/P技术

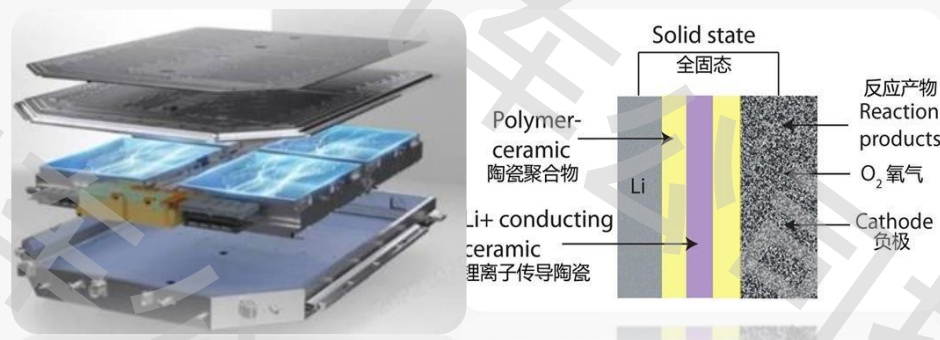
- 机舱空间极度压缩;
- 性能带宽更加宽广;



- 缩小零部件体积

✓ 固态电池技术发展趋势

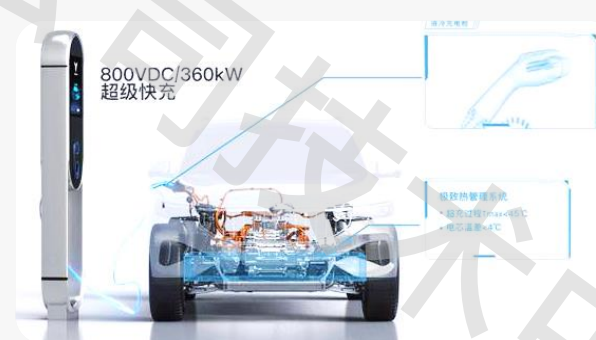
- 耐热性能提升, 冷却需求降低;
- 低温性能需要进一步提升;



- 改善电池传热结构

✓ 800V等超级快充技术趋势

- 冷却性能需求剧烈增加;
- 零件耐高压技术需要提升;



- 增强制冷系统能力, 提升零件耐压性能;

- 下一代汽车对热管理新要求

集成化设计、智能化控制、先进系统架构、环保高效制冷剂是未来热管理系统发展基本趋势



- 下一代热管理系统：**CO2热泵+直冷直热电池包+集成模块+智能空调系统**

低温空调能耗节能70%，高温能耗比肩R134a，集成化率 $\geq 80\%$ ，空调实现真恒温，系统成本下降20%

热管理集成模块



- 集成化率80%;
- 减重20%;

低碳、高效

直接热泵热系统



- 零件数量-10%;
- 性能提升5%;

高度集成

高效节能

低碳环保

智能智慧

CO2热泵技术



- 低温续航提升20%;
- GWP=1;

智能、智慧

智能座舱热管理



- 真恒温空调;
- 融入式智能交互控制;

1 背景

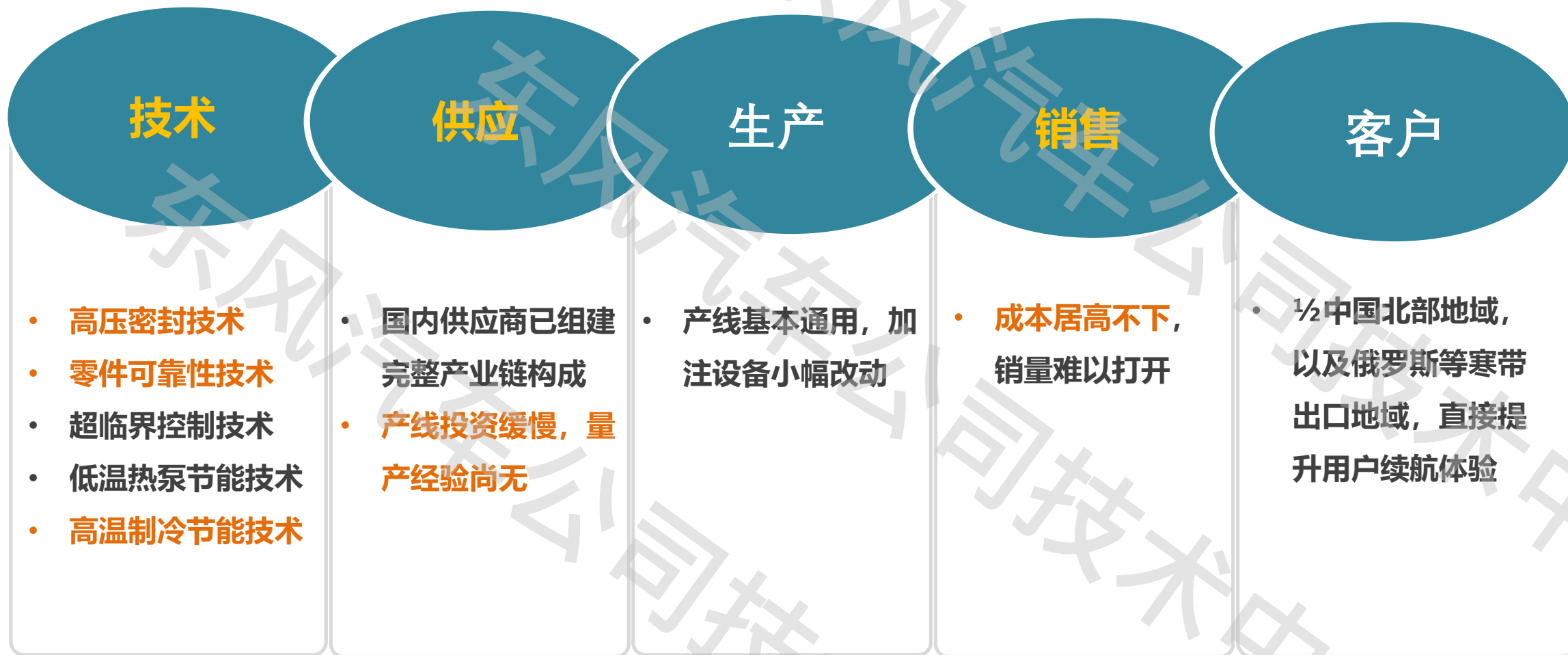
2 东风公司研究进展及新技术规划

3 产业化应用问题及思考

4 总结及展望



- CO2热泵系统产业发展



3 产业化应用问题及思考

- 应用难点_零件可靠性 ✓ 经整车、零件可靠性实测验证, CO2热泵技术已无产业化障碍问题;

压缩机



关键指标: 15000h可靠性测试, 试验后性能衰减≤5%;

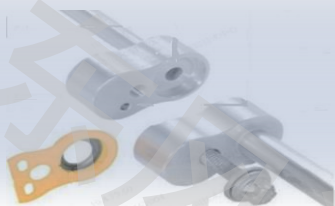
排气压力 Mpa	吸气压力 Mpa	转速 RPM	测试时长 h	测试结果
11	1.5	8000	4200	OK
12.5	3.5	8000	5000	OK
13	3.5	8000	3500	OK
14	4	8000	2500	OK

耐久后零部件部品展示, 各零件外观正常



可靠性耐久测试性能OK

管路/管接头



关键指标1: 耐压≥34MPa
关键指标2: 泄漏量≤0.5g/a,

泄漏量试验OK

样品编号	检测结果简述	试验结果	结果
	认可要求		
1	泄漏率 < 4.92x10e-6mbar.L/s(对应 0.3g/a CO2)	1.1*10e-8mabr/L.S	合格
2		1.1*10e-8mabr/L.S	合格
3		1.1*10e-8mabr/L.S	合格
意见和解释		测试结果合格	

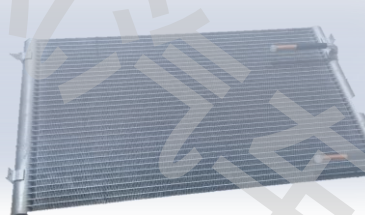
结果说明 Results description:

样品编号	检测结果简述	试验结果	结果
1	耐爆破试验OK 爆破压力>34MPa	52.5, 硬管破	合格
2		50.8, 硬管破	合格
2		50.8, 硬管破	合格
备注			
意见和解释: 测试结果合格			

试验后



换热器类



关键指标1: 耐压17MPa
关键指标2: 耐爆破34MPa

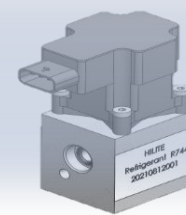
耐压17MPa结论OK



试验结论 Conclusion 满足气密性要求:



阀类

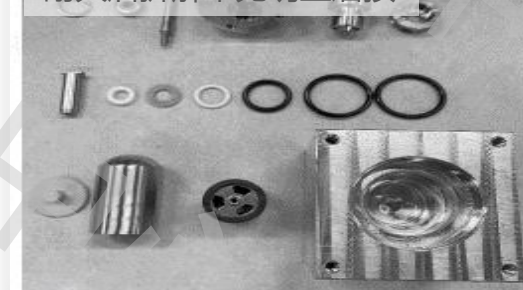


关键指标1: 调节次数≥30万次
关键指标1: 内漏≤100mL/min

内泄露约80ml/min,OK

序号	测试项目	试验结果
1	内容	11# 泄漏量80ml/min 12# 泄漏量60ml/min 13# 泄漏量80ml/min
2	流量特性	见下页
3	外漏	未见气泡

耐久后拆解未见明显磨损



- 应用难点_供应资源

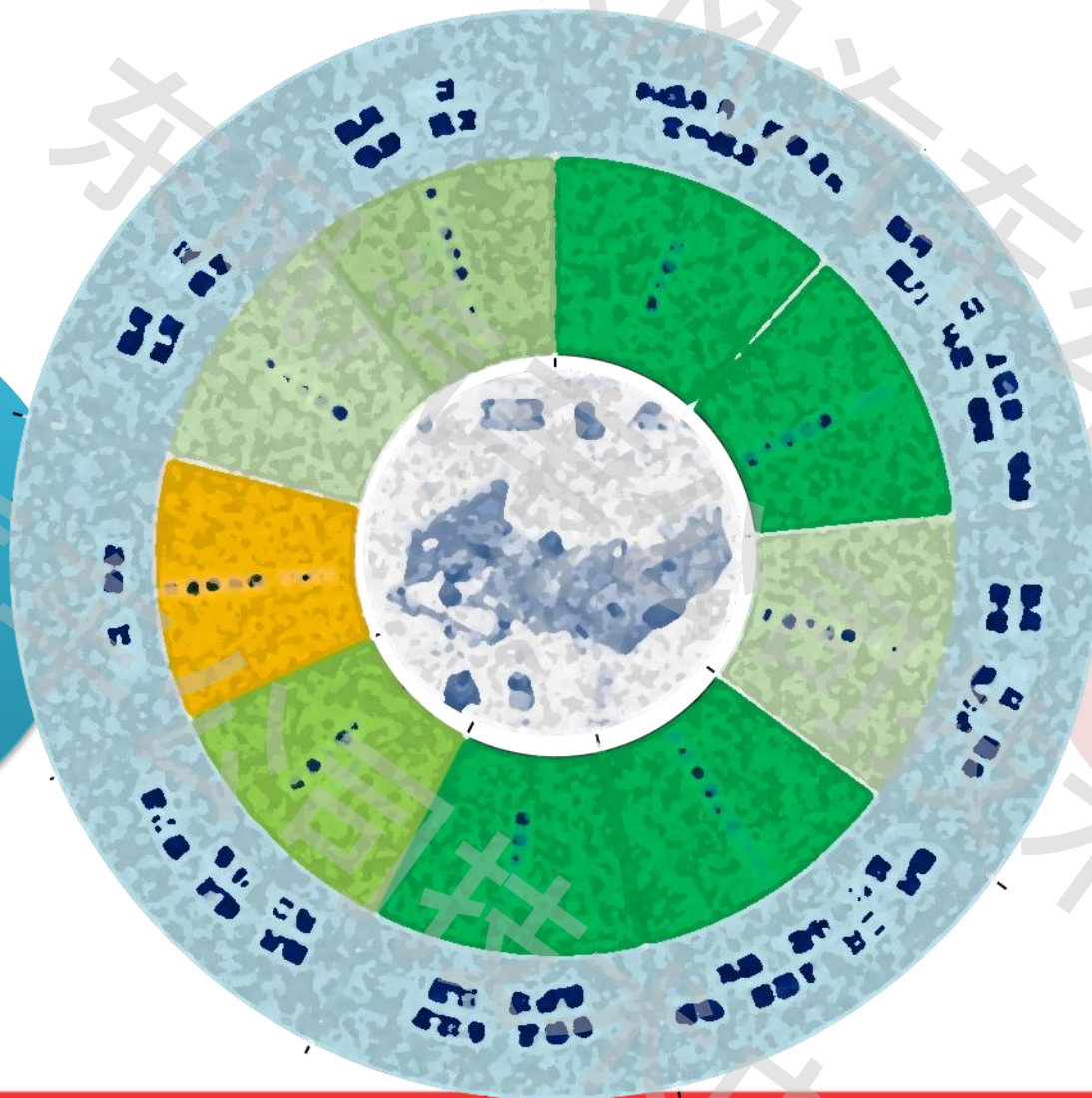
✓ 行业零部件供应链已完成闭合, 但距离成熟尚需不断完善提升;

发展环境良好



80%零部件

企业均有CO2热泵技术
研发投入



应用需求渐长

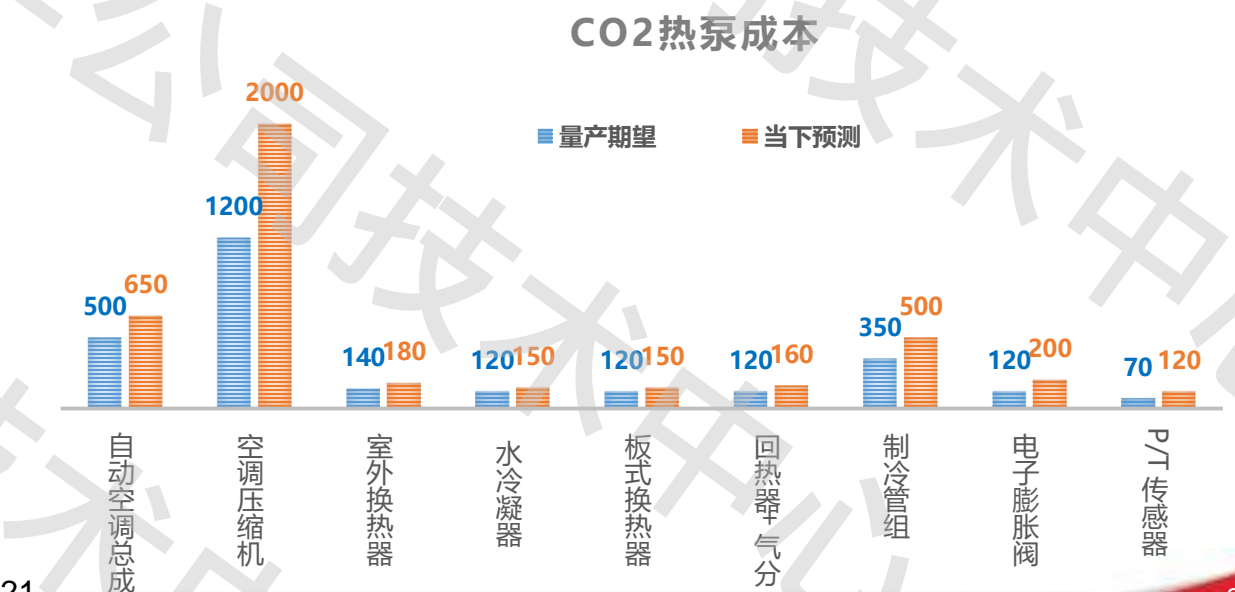
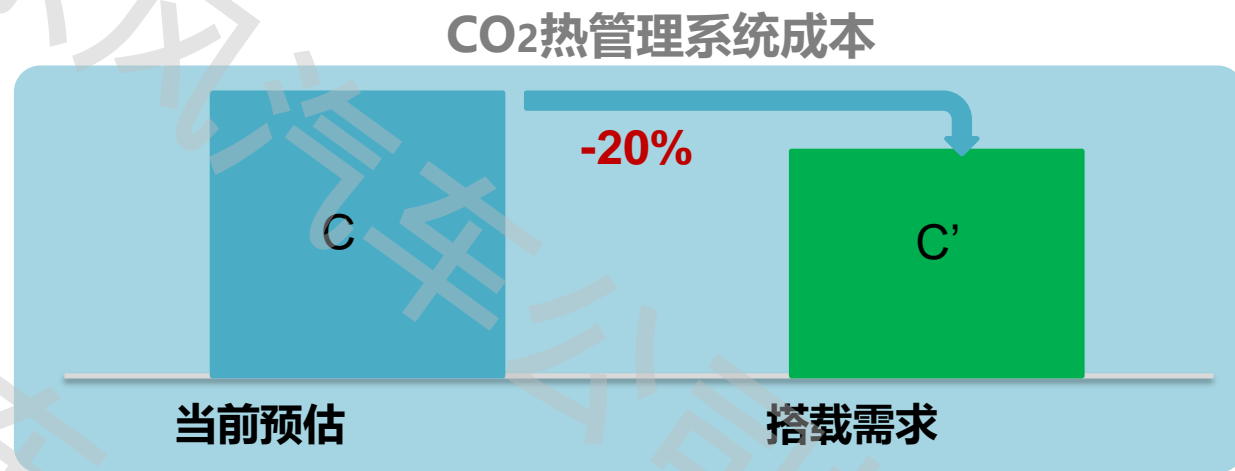
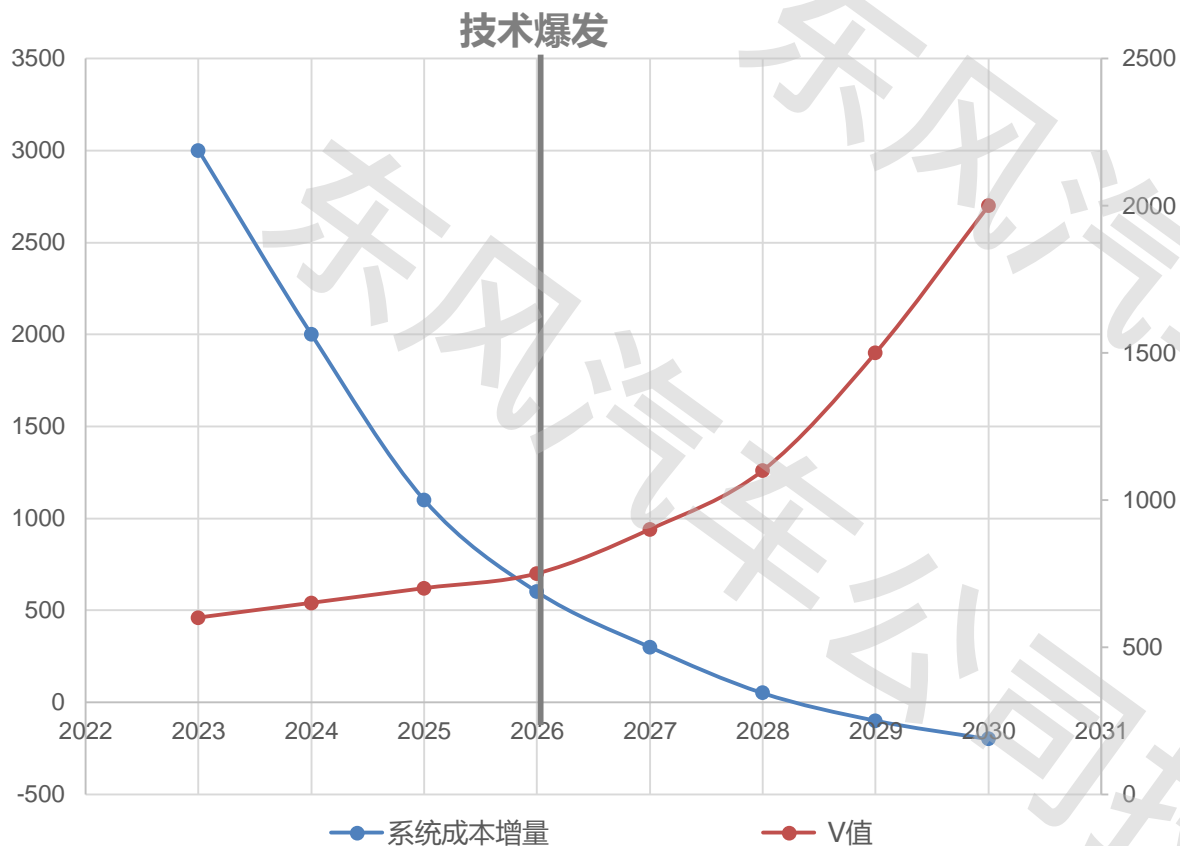


80%整车

企业有CO2热泵技术
应用需求

3 产业化应用问题及思考

- 应用难点_零件成本 ✓ 当前成本居高, 2026年将迎来技术爆发, 如不抢先占领市场, 将失去发展机遇;



1 背景

2 东风公司研究进展及新技术规划

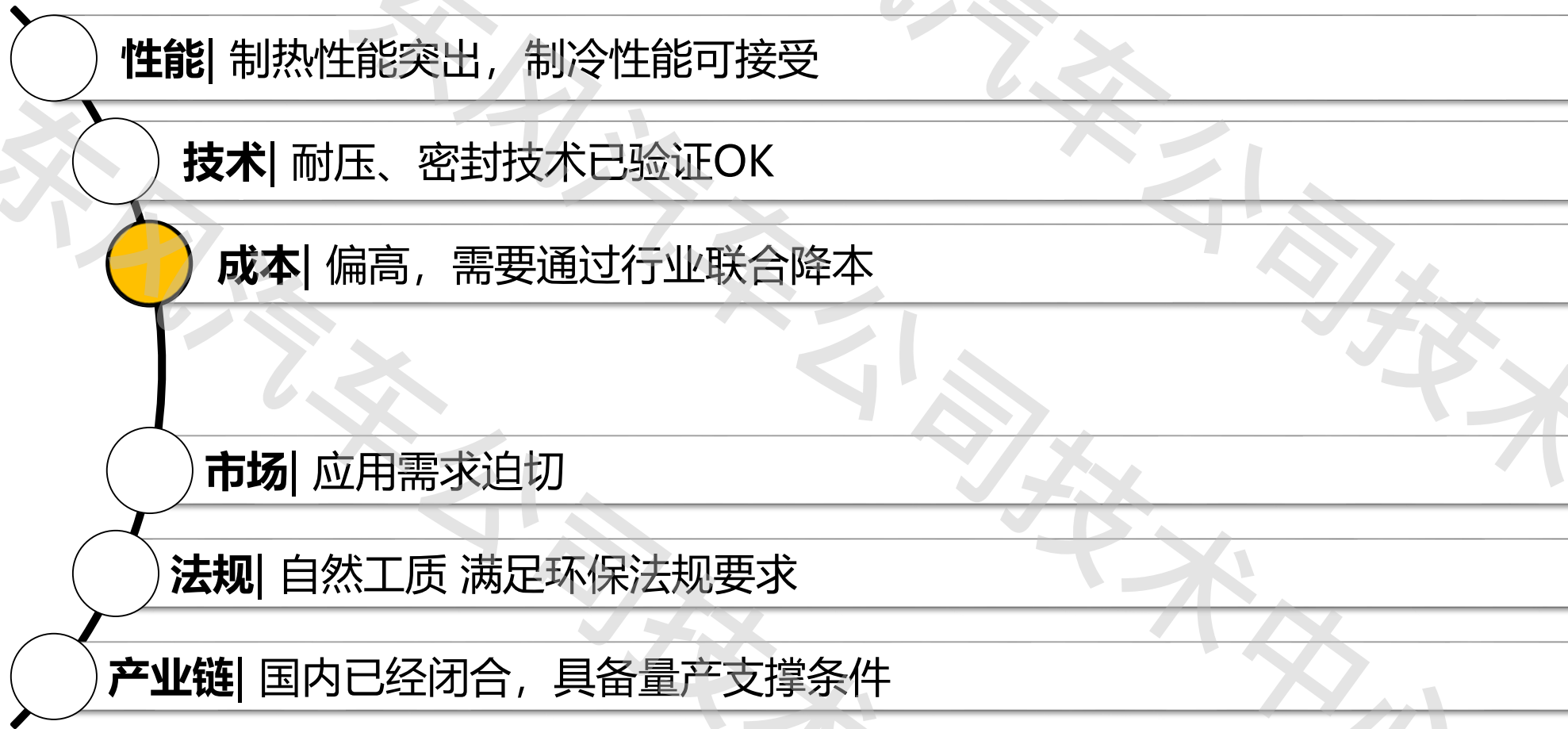
3 产业化应用问题及思考

4 总结及展望



□ 总结

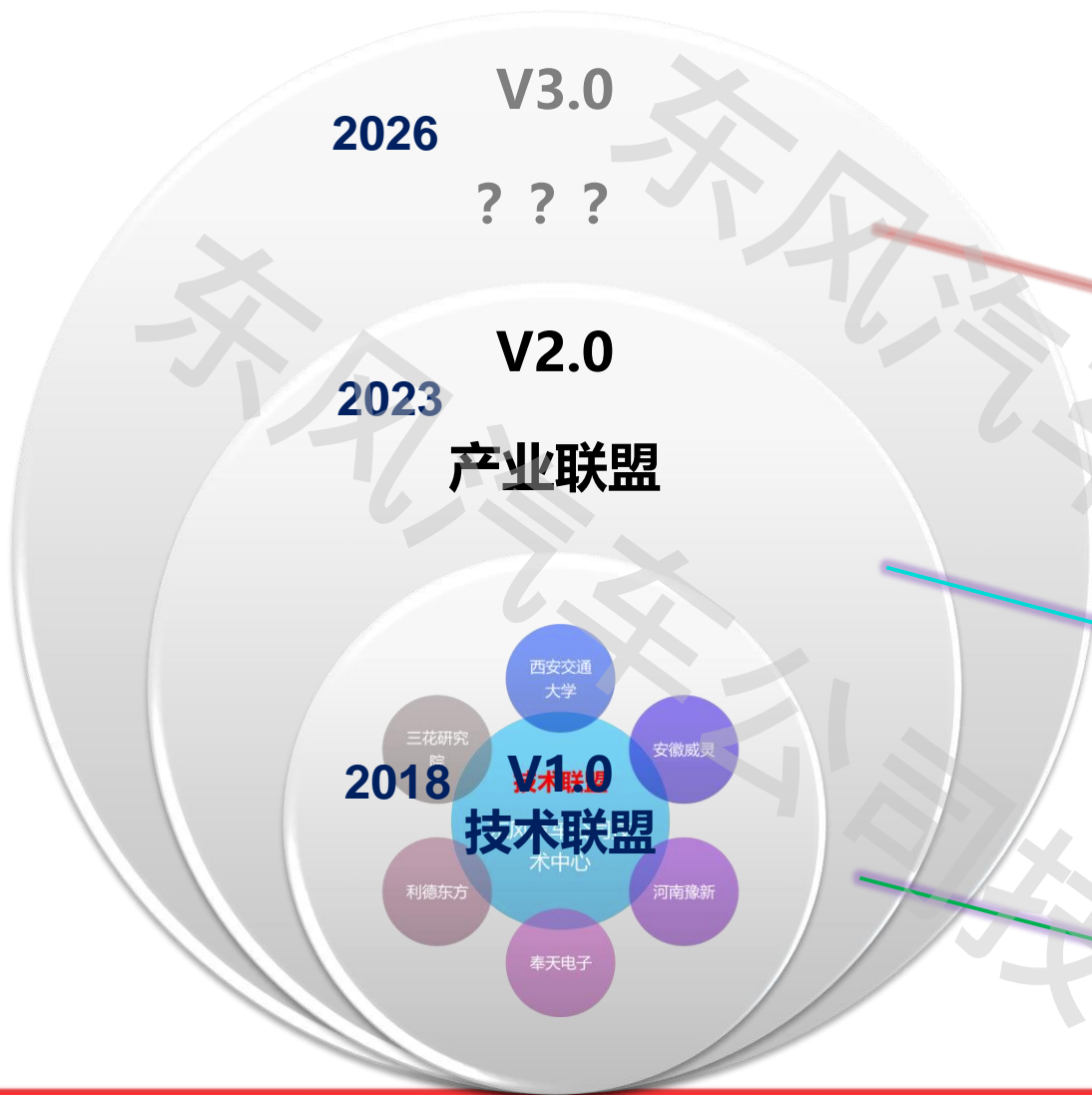
◆ CO₂热泵已经具备量产应用条件，但需要全行业共同推动



□ 展望



希望整个行业乘“东风”之势，成就中国汽车空调及热管理系统技术引领地位



目的：进行CO2热泵系统高效技术突破，实现地域全面覆盖；
预期效果：1. CO2制冷剂成为世界主流制冷剂；
2. 中国成为世界CO2热泵先进技术集中地；

目的：进一步加速产业链条成熟，促进技术量产；
预期效果：1. 低成本实现量产搭载；
2. 成功引导一批优质供应商技术超车；

目的：进行技术开发，引导国内行业技术转型
效果：成功构建技术开发产品链条；

目标已达成

致 谢

2021年成功举办了第一届“车用CO₂热泵空调及热管理技术研讨会”
2023年在此 举办第二届“车用CO₂热泵空调及热管理系统技术研讨会”



创造·快乐

CREATE SMILE

感谢聆听

责任意识 现场意识 用户意识 专业意识 成本意识

责任意识 现场意识 用户意识 专业意识 成本意识

