



大容量螺杆式 自然工质水高温热泵

冰轮环境技术股份有限公司

汇报人：李军

2024年4月8日



CONTENTS

目录

01 项目背景

02 水蒸气高温热泵

03 应用

04 总结



01

项目背景

01 中国能源消费现状



2022年，我国石油对外依存度为71%，
天然气对外依存度为41%，煤炭对外
依存度6%

始于2018年的燃煤锅炉综合整治，淘汰燃煤小锅炉。县级及以上城市淘汰10t/h及以下燃煤锅炉，原则上不再新建35t/h以下的燃煤锅炉



煤改气，大幅拉高蒸汽
价格到300元/t以上



煤改电，对热泵构成
实质性利好

电驱动压缩式蒸汽高温热泵是清洁生产、绿色发展的
核心装备，大势所趋

01 我国电力结构发生变化



2023年

- ✓ 电力总装机达到**29亿千瓦**，同比增长**12.9%**
- ✓ 可再生能源总装机**14.5亿kW**，占全国发电总装机超过**50%**。
- ✓ 可再生能源发电量**3万亿kWh**，占全社会用电量的**1/3**，**2030年**将达到**52.5%**。

☀️ **2012~2024.1**，量产太阳能电池光电转换效率提升超过**60%**，目前主流光伏电池转换效率**>23%**，成本却降低了一半，多地已实现度电成本**0.1元**

☀️ 中国电价的总体趋势稳定，考虑通胀，相对越来越便宜。

工业生产应充分利用低电价红利
电驱动热泵是主流

01 冰轮降碳技术路径

- 选择低碳供方
- 助力供应商低碳转型
- 设计选择低碳零配件
- 协作提升能效
- 淘汰落后产能
- 建设绿色工厂
- 使用清洁能源
- 提高能源使用效率
- 减少碳使用与排放
- 采用合适的制冷剂提升等熵绝热压缩效率
- 通过优化型线、轴承配置提高压缩机效率，采用永磁同步电机，提升绝热效率、传动效率等

共建低碳
供应链

营造绿色工厂

提高设备效能

助力清洁
能源转型

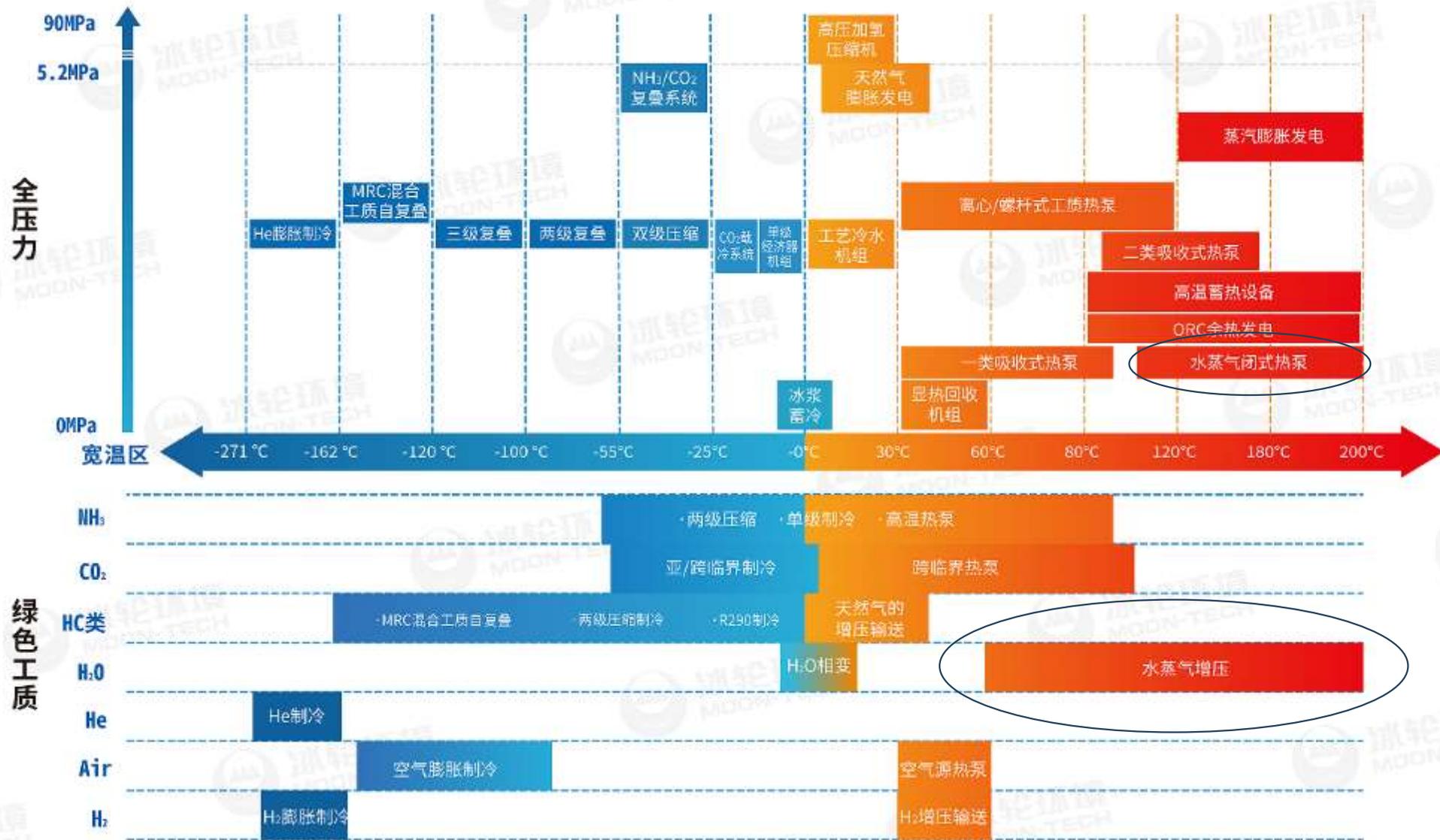
提高系统效能

采用低碳制冷剂

CCUS碳捕捉
利用和封存

- 开发氢产业链系列产品（氢气增压机、氦气压缩机、隔膜压缩机、氢泵等）
- 研发天然气开采液化系列产品
- **能源回收再利用**
 - 采用高效的压缩机/水泵/蒸发冷/换热器/电机等设备，实现系统能效的提升
 - 通过智慧能源控制、帮助客户实现冷热水电汽污废平衡的绿色生态循环
- 传统制冷采用自然工质 NH_3 、 CO_2 替代高GWP制冷剂
- 低温金枪鱼、低温疫苗等采用空气膨胀制冷代替R23复叠制冷
- 工业制冷采用丙烷、丙烯，乙烷、乙烯等代替R22
- **工业热泵采用 NH_3 、 CO_2 、水蒸气等替代R134a、R245fa**

01 冰轮环境完善的产品链提供最佳温度条件与压力保障





02 水蒸气高温热泵

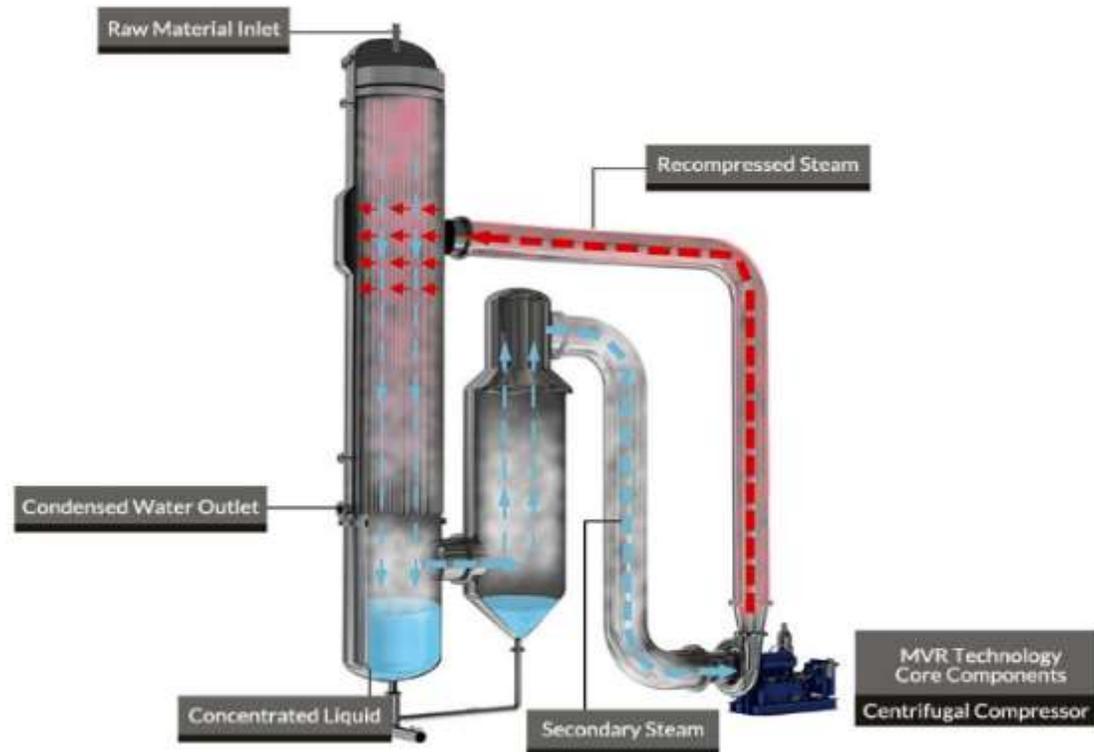
水蒸气，是化工、机械、冶金、食品、造纸、医药等工业领域中最常用的驱动或加热载体。

大量的低压乏气由于无法利用而排放，造成了巨大的能源浪费。



02 水蒸气压缩式热泵

水蒸气压缩，即机械式蒸汽再压缩技术（MVR, mechanical vapor recompression）的简称，是将一次蒸汽经蒸汽压缩机压缩做功，提升二次蒸汽的压力和焓值，压缩后的蒸汽向系统提供动力或热能。上世纪60年代，德、法已成功地将该技术用于化工、食品、造纸、医药、海水淡化及污水处理等领域。



压缩式热泵又分为开式热泵和闭式热泵。

闭式热泵：工质与热源体之间仅传热，例如水蒸气闭式热泵

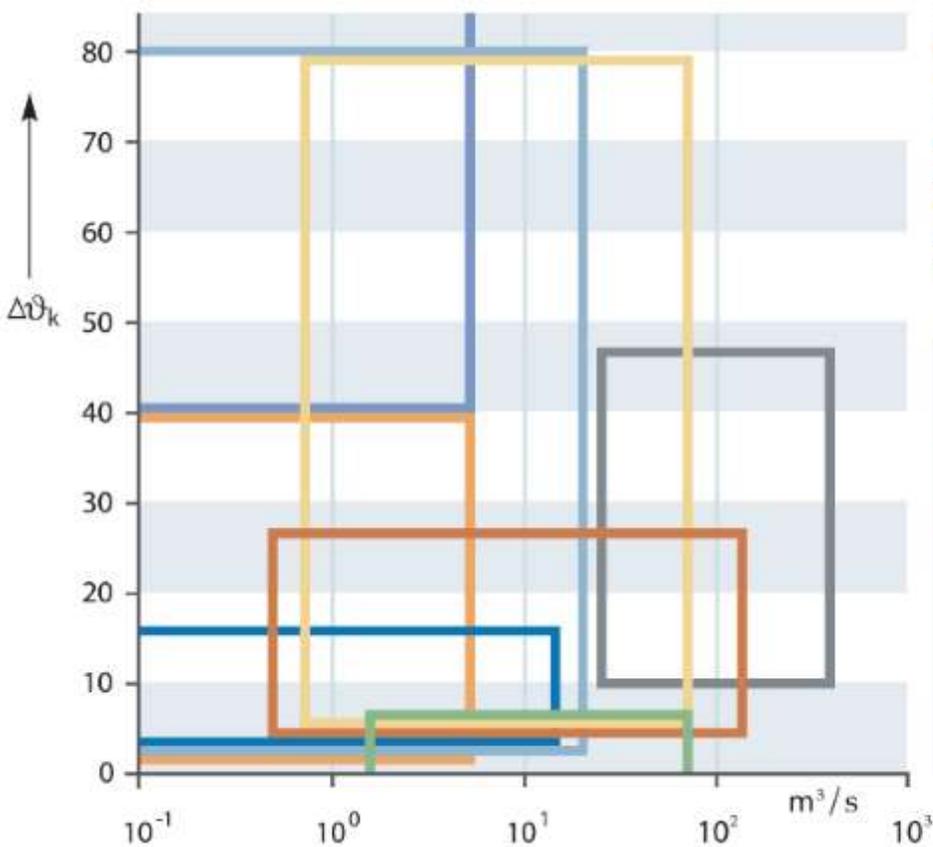
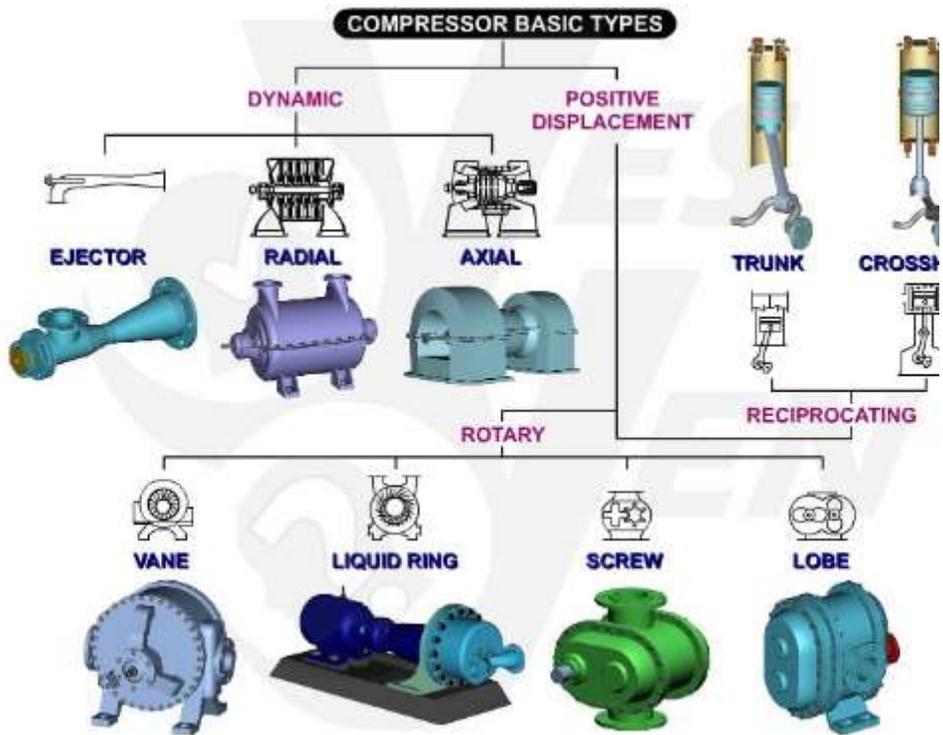
开式热泵：工质与热源体之间既有热量交换，还有物质的交换，例如水蒸气压缩机式热泵

根据供热温度的划分：

高温热泵：供热温度 $100\sim 160^{\circ}\text{C}$

超高温热泵：供热温度 $>160^{\circ}\text{C}$

02 水蒸气压缩机的适用范围



用于蒸汽再压缩的压缩机功能范围按照制造厂数据（水蒸汽的冷凝温度的升高 $\Delta\theta_k$ ，初始状态为1bar、100°C）。

	螺杆压缩机	活塞压缩机	离心压缩机
湿气体敏感性	不敏感	较敏感	很敏感
维护	简单	易损件多	简单
变工况能力	高	低	低
变负荷能力	高	较低	低
流量	中小	小	大

02 水工质高温热泵的优势

1、根据《蒙特利尔议定书》基加利修正案，在中国等发展中国家，高温热泵主要工质R134a、R245fa等HFCs的生产和使用2024年将冻结在基线水平，2029年开始逐步削减（美欧日等发达国家2024年将削减40%）。

以R718(水)为代表的绿色环保自然工质，是工质替代的终极目标。

第九类 氢氟碳化物	(HFC-134)	CHF_2CHF_2	1, 1, 2, 2-四氟乙烷			1100	主要用途为制冷剂、发泡剂、灭火剂、气雾剂等。按照《议定书》及相关修正案规定,2024年生产和使用应冻结在基线水平,2029年在冻结水平上削减10%,2035年削减30%,2040年削减50%,2045年削减80%。基线水平为2020-2022年HFCs平均值加上HCFCs基线水平的65%,以二氧化碳当量为单位计算。
	(HFC-134a)	CH_2FCF_3	1, 1, 1, 2-四氟乙烷			1430	
	(HFC-143)	CH_2FCHF_2	1, 1, 2-三氟乙烷			353	
	(HFC-245fa)	$\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$	1, 1, 1, 3, 3-五氟丙烷			1030	
	(HFC-365mfc)	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_2\text{CH}_3$	1, 1, 1, 3, 3-五氟丁烷			794	
	(HFC-227ea)	$\text{CF}_3\text{CHFCF}_3$	1, 1, 1, 2, 3, 3-七氟丙烷			3220	
	(HFC-236cb)	$\text{CH}_2\text{FCF}_2\text{CF}_3$	1, 1, 1, 2, 2, 3-六氟丙烷			1340	
	(HFC-236ea)	$\text{CHF}_2\text{CHF}_2\text{CF}_3$	1, 1, 1, 2, 3, 3-六氟丙烷			1370	
	(HFC-236fa)	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_3$	1, 1, 1, 3, 3, 3-六氟丙烷			9810	
	(HFC-245ca)	$\text{CH}_2\text{FCF}_2\text{CHF}_2$	1, 1, 2, 2, 3-五氟丙烷			693	
	(HFC-43-10mee)	$\text{CF}_3\text{CHFCH}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	2, 3-二氟十氟戊烷			1640	
	(HFC-32)	CH_2F_2	二氟甲烷			675	

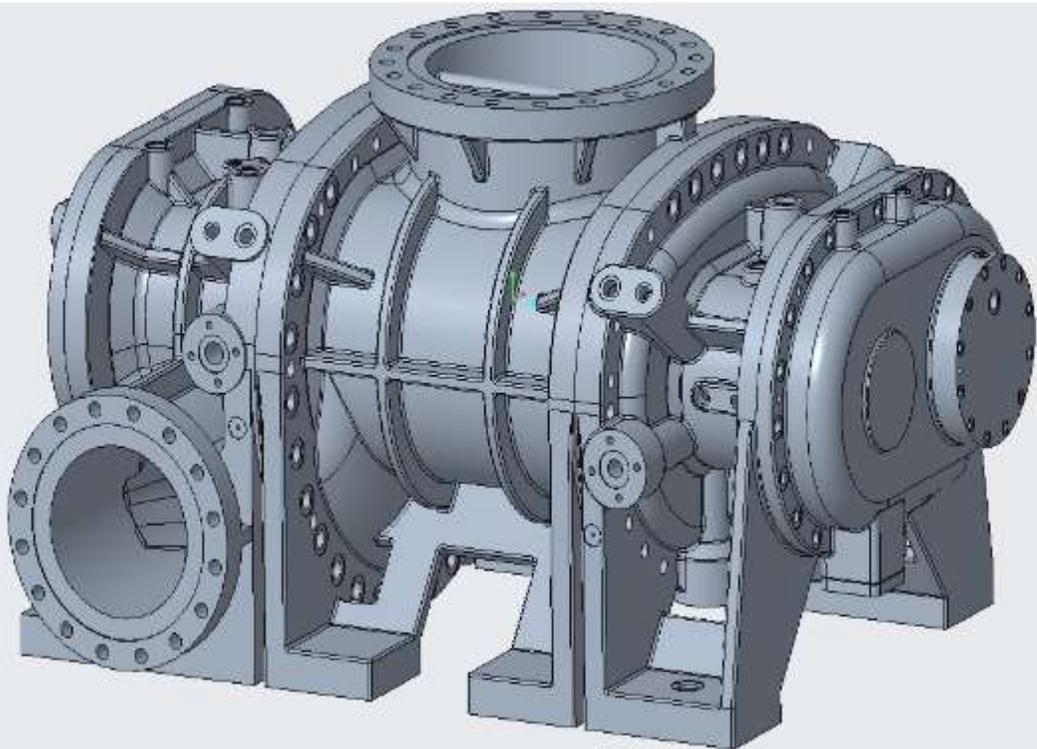
02 水工质高温热泵的优势

- 2、水的蒸发、冷凝潜热大，热力学性能好，循环性能优秀。
- 3、冷凝温度100~200°C，远高于R245FA及HFOs工质。
- 4、高临界温度（374.15°C）低临界压力（22.13MPa），非常适用于高温热泵和超高温热泵。
- 5、相较于低GWP的HFO工质，水蒸气无毒、不可燃，无专利限制，完全自主可控。
- 6、水易于获取，寿命长，稳定性好，价格相对低廉到近乎免费。

02 水工质螺杆高温热泵压缩机的优势

- 1、螺杆机吸入蒸汽过热、饱和、带液均可，皮实可靠。
- 2、水的绝热指数高，排温高。螺杆机可以直接喷水冷却，排温低，排气多产蒸汽。
- 3、可实现单级大压比、大温升。
- 4、变工况能力强，吸、排气压力在一定范围内波动，抗波动性强。
- 5、负荷调节能力强，不喘振，部分负荷下性能下降不明显。

02 冰轮大容量水工质高温热泵压缩机

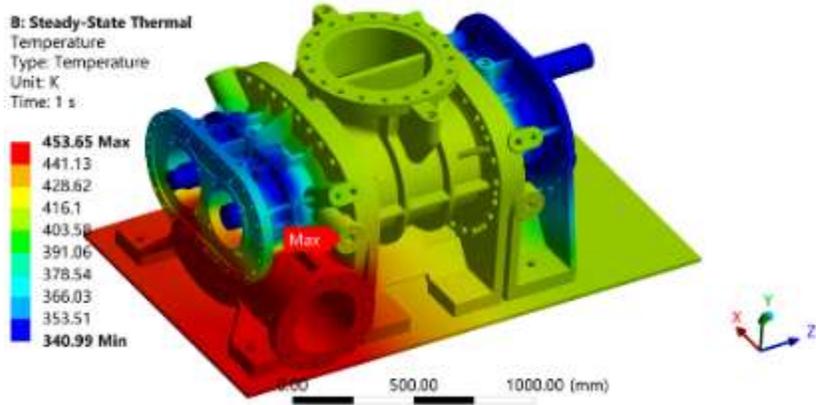


- 1、系列化产品，目前已有五种规格
- 2、大容量开启式螺杆机，排气量范围1120~13800m³/h
(18.7~230m³/min)
- 3、不锈钢壳体及转子，耐腐蚀、耐锈蚀
- 4、设计压力1.6MPa
- 5、设计温度200°C，适用于高温热泵、超高温热泵

02 水工质高温热泵压缩机的核心技术

B: Steady-State Thermal
Temperature
Type: Temperature
Unit: K
Time: 1 s

453.65 Max
441.13
428.62
416.1
403.58
391.06
378.54
366.03
353.51
340.99 Min

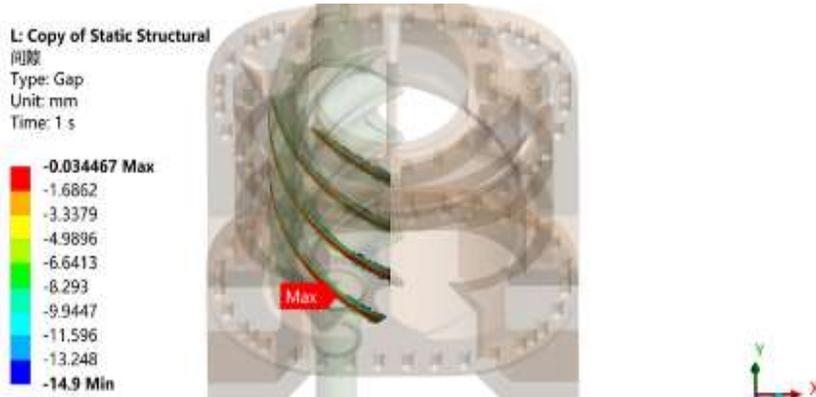


1、与西安交大合作，多软件协作仿真了高温热泵压缩机的内部动态流场特性及热变形，模拟全轴系在不同啮合角度下的壳体变形以及变形所导致的各个间隙的变化。

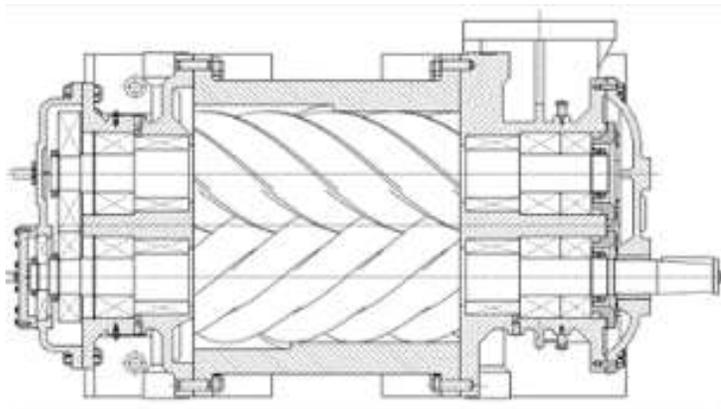
大大缩短了研发→制造→试验→优化→再试验周期，压缩机一次性通过200℃耐温运转试验。

L: Copy of Static Structural
间隙
Type: Gap
Unit: mm
Time: 1 s

-0.034467 Max
-1.6862
-3.3379
-4.9896
-6.6413
-8.293
-9.9447
-11.596
-13.248
-14.9 Min



02 水工质高温热泵压缩机的核心技术



专利:

ZL201910030298.3

ZL202111588871.6

ZL202220170866.7

2024204282167

2024204281855

2024204349326

...

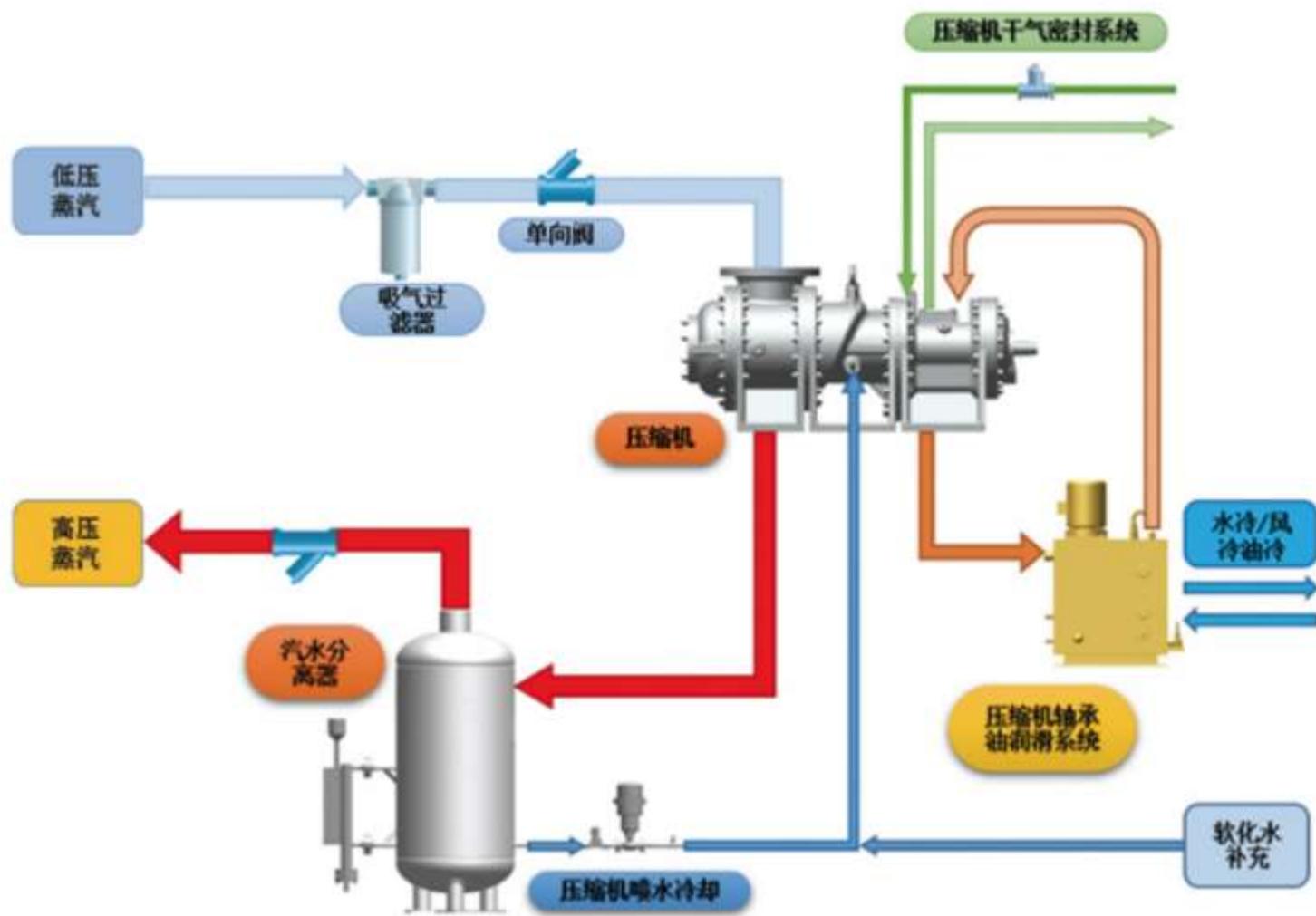
- 2、多种组合密封方式，将水蒸气和轴承润滑系统有效隔离，水蒸气和润滑油不接触。
- 3、同步齿轮传动，定位精准，可重复拆卸。
- 4、优化的双进气通道、双排气通道。
- 5、根据工况设计的内容积比可避免过压缩与欠压缩，有效降低压缩机功耗。
- 6、满足API619要求。
- 7、自带振动传感器，轴位移传感器可选。
- 8、由我国大型工商制冷行业首座复杂离散型压缩机智能数字工厂哈特福德制造。

02 大型工业化水蒸气螺杆压缩机试验站台



- 10kV、MW级高压电机
- 高压变频器调节
- 高精度多级调节，快速进入稳态测试工况
- 全自动数据采集
- 全不锈钢管道元件
- 密封气供给及净化系统
- 润滑油冷却及过滤系统
- 软水制取，喷冷水/热水系统
- 汽液多级分离器

02 水工质螺杆高温热泵机组流程图



既可作为开式热泵机组，又可连接蒸发器、冷凝器，形成闭式热泵机组

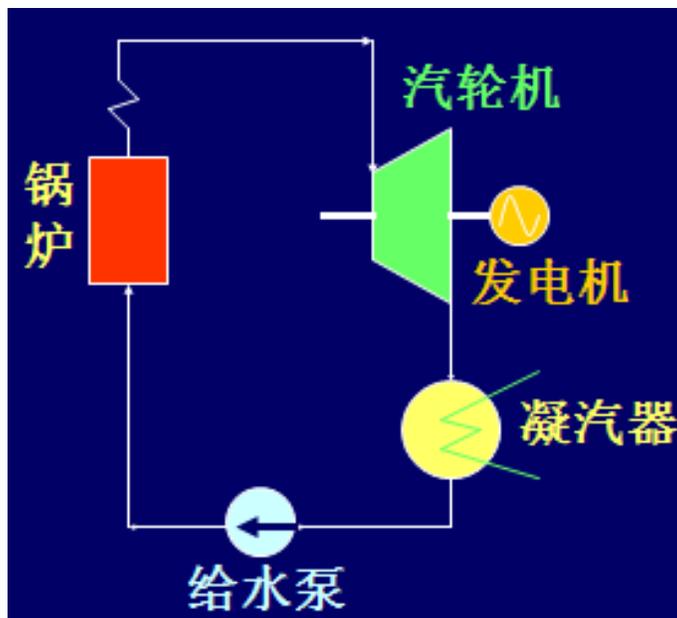
02 水工质螺杆高温热泵机组



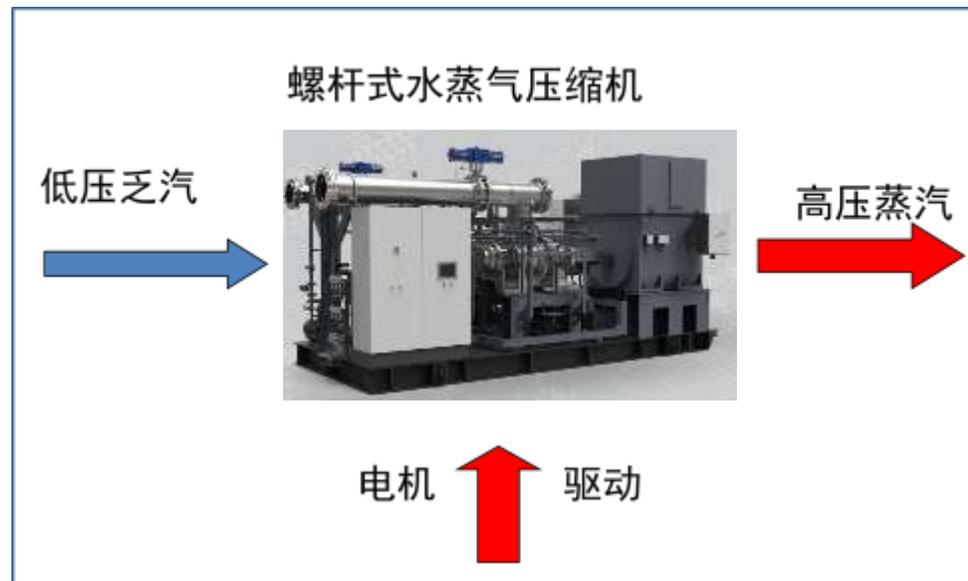
- 整体式设计
- 满足API619要求
- 可自带稀油站，撬装出厂
- 可自带软水箱及喷水泵
- 可自带排气气液分离器
- 可提供电伴热或蒸汽伴热，满足北方寒冷地区使用要求



03 应用



PK



燃料电厂的朗肯循环对比螺杆式高温热泵增压

螺杆式高温热泵消耗电能，生产高价值的蒸汽，产品收益高；
收益计算：产蒸汽价值-机组电耗（及少量水耗、气耗）-乏气残值

03 应用案例1



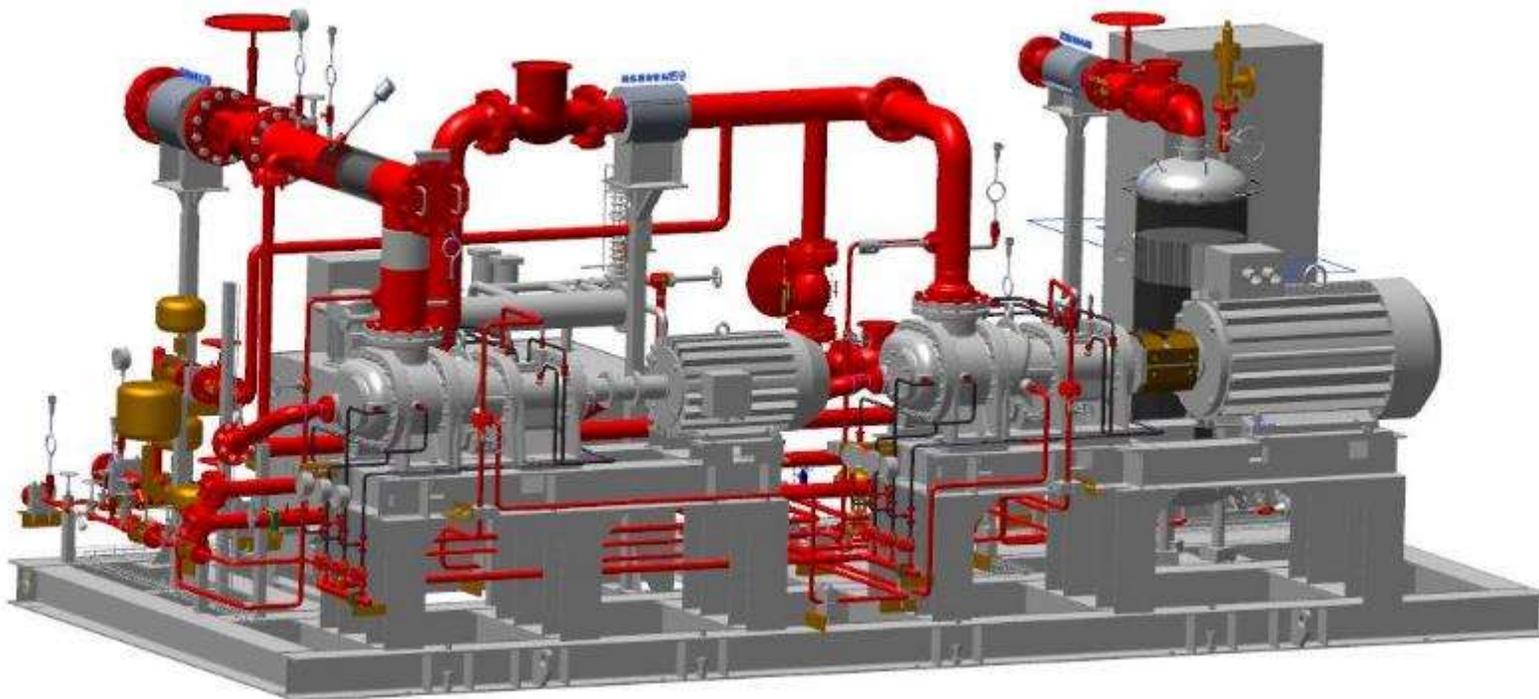
采用2台大容量水蒸气螺杆高温热泵机组，将来自蒸发器的38.9t/h水蒸气压缩到0.9MPa去冷凝器冷凝，**制热COP=9.1**

收益：年电费=2台*输入功率1300kW*电价0.7元/度*年运行时间8000h=1456万元，节省蒸汽费用~3960万元（250-100=150元/t），**年收益2500万元**

03 应用案例2



采用1台大容量水蒸气螺杆高温热泵，产0.8MPa、7t/h水蒸气，**制热COP=8.2**
收益：年电费=功率600kW*电价0.8元/度*年运行时间8000h=384万元，节省
蒸汽费用~1120万元（300-100=200元/t），**年收益736万元**



采用1台双级压缩水蒸气螺杆高温热泵，将蒸发器0.11MPa回气压缩到1MPa



04 总结

- 自然工质水高温热泵，COP高，投资回收期短，符合节能环保政策。
- 大容量螺杆式自然工质水高温热泵已授权多项专利，并成功推广应用到多家企业，为用户带来巨大的经济效益和社会效益。
- 自然工质水高温热泵，是工质替代的终极目标，值得产业化大力推广。



让温度更有温度
BEYOND JUST TEMPERATURE

致力于人类生活
质量的提高

Making A Better Life

欢迎批评指正