

碳排放双控背景下，大中型制冷系统 制冷剂替代路线的实践应用



制冷剂政策背景

已出台：中国履行蒙特利尔议定书国家方案2025-2030

待出台：碳排放双控制度体系-温室气体排放核算与报告要求

关于双碳政策下制冷剂替代-中国冷链的碳排放数据

- 近两年，在生态环境部、能源基金会的支持下，中国制冷学会组织会员单位对国内冷链产业制冷剂应用、制冷系统能效、碳排放等课题进行了全面和深入研究。
- 获得了冷加工、冷冻冷藏、冷藏运输、冷藏销售（轻商）四个环节应用的各类商用制冷设备直接和间接碳排放数据（表 6.1），四个环节的制冷剂存量分别为 11560、34308、576、17782 吨，合计 64226 吨，其中冷库制冷剂使用量最大，占总量的 53%；四个环节由于制冷剂泄漏每年造成的碳排放分别 121、2051、143、690 万吨碳当量，合计3005 万吨，其中冷库制冷剂泄漏碳排放最大，占总量的 68%。冷加工、冷冻冷藏、冷藏销售能耗造成的间接碳排放分别为 193、306、3280 万吨，合计 3779万吨，其中冷藏销售最大，占总量的87%。

表 6.1 我国商用制冷直接和间接碳排放

	制冷剂存量/吨	制冷剂泄漏导致的直接碳排放/万吨	耗能导致的间接碳排放/万吨	总排放/万吨
冷加工	11560	121	193	314
冷冻冷藏	34308	2051	306	2357
冷藏运输	576	143	-	143
冷藏销售（轻商）	17782	690	3280	3970
合计	64226	3005	3779	6784

- 2022年，我国GDP总量为1,204,724亿元，冷链物流市场规模4916亿元（中物联冷链委），占比约0.4%。
- 2022年我国的二氧化碳排放量为1,147,700万吨（IEA发布的《2022年二氧化碳排放报告》），冷链占比约0.6%。

冷链行业面临的降碳政策①

中国履行《蒙特利尔议定书》国家方案2025-2030

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）

为全面履行《保护臭氧层维也纳公约》和《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》（以下简称议定书）及其《基加利修正案》，保护臭氧层和应对气候变化，保障人体健康，贯彻落实党中央、国务院决策部署，依据《消耗臭氧层物质管理条例》，制定本方案。

一、总体要求

以习近平新时代中国特色社会主义思想特别是习近平生态文明思想为指导，全面贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神，落实全国生态环境保护大会部署，坚持稳中求进工作总基调，坚持保护臭氧层和应对气候变化协同，分行业、分物质开展消耗臭氧层物质淘汰和削减行动，推动相关行业绿色低碳高质量发展，切实履行国际环境公约义务，为全球生态文明建设贡献中国力量。

（一）管控物质

本方案所称消耗臭氧层物质是指列入《中国受控消耗臭氧层物质清单》的9类管控物质，包括全氟氯烃（CFCs）、哈龙、四氯化碳（CTC）、甲基氯仿、含氢溴氟烃、溴氯甲烷、甲基溴、含氢氯氟烃（HCFCs）和氢氟碳化物（HFCs）。

（二）用途分类

对HFCs受控用途使用单位实施配额许可或备案管理。研究重点行业HFCs受控用途使用总量控制目标，制定HFCs在不同用途的100年全球升温潜能（GWP值来源于议定书《基加利修正案》）限值。在电子特气、气雾剂、清洗剂等用途的使用行业开展摸底调查。研究制定限制HFCs受控用途使用建设项目的政策。

2029年1月1日前，HFCs受控用途使用量至少削减基线值的10%，将优先在汽车、家电、工商制冷空调等重点行业开展削减活动。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。家电行业自2026年1月1日起，禁止生产以HFCs为制冷剂的电冰箱和冰柜产品；自2029年1月1日起，禁止生产用于国内销售的充注GWP值大于750制冷剂的房间空气调节器，家用多联式空调（热泵）机组除外；鼓励使用自然工质制冷剂。工商制冷空调行业自2029年1月1日起，禁止生产充注GWP值大于750制冷剂的单元式空气调节机（额定制冷量或制热量≤12kW）、风管送风式空调（热泵）机组（额定制冷量或制热量≤12kW）；禁止生产或新建、扩建充注GWP值大于2500制冷剂的其它制冷设备或制冷系统（蒸发温度-50℃以下设备除外）；鼓励工业及冷链物流领域大中型制冷系统和轻型商用制冷设备使用自然工质制冷剂。

（十）加强豁免受控用途和原料用途使用管控

对CTC等管控物质豁免受控用途使用单位实施配额许可管理。

以R507A，R404A为代表的HFC制冷剂将在2029年起禁止在新建项目中使用。欧盟F-GAS计划在2020年1月1日同样对欧盟国家进行了这样的限定。

2027年起禁用R22，
2029年起禁用R507A和R404A等GWP > 2500的冷媒

冷链行业面临的降碳政策②

国家即将出台涉及冷链行业的碳排放双控制度体系，将对行业产生深远影响

中华人民共和国中央人民政府
www.gov.cn

国务院办公厅关于印发《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》的通知

国办发〔2024〕39号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：
《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》已经国务院同意，现印发给你们，请结合实际认真贯彻落实。

国务院办公厅

2024年7月30日

加快构建碳排放双控制度体系工作方案

为贯彻落实党中央、国务院决策部署，建立健全碳排放双控制度体系，加快构建碳排放总量和强度双控（以下简称碳排放双控）制度体系，和绿色低碳碳达峰碳中和、加快发展方式绿色转型，制定本工作方案。

一、总体要求

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神，全面贯彻习近平经济思想，习近平生态文明思想，完整准确全面贯彻新发展理念，加快构建新发展格局，着力推动高质量发展，将碳排放指标及相关要求纳入国家规划，建立健全地方考核、行业碳管理、企业碳管理、项目碳评价、产品碳足迹等政策制度和管理机制，并与全国碳排放权交易市场有效衔接，构建系统完备的碳排放双控制度体系，为实现碳达峰碳中和目标提供有力保障。

到2025年，碳排放统计核算体系进一步完善，一批行业企业碳排放核算相关标准和产品碳足迹标准出台实施，国家温室气体排放因子数据库基本建成并定期更新，相关计量、统计、监测能力得到提升，为“十五五”时期在全国全面实施碳排放双控奠定基础。

“十五五”时期，实施以总量控制为主、总量控制为辅的碳排放双控制度，建立碳达峰碳中和综合评价考核制度，加强重点领域和行业碳排放核算能力，健全重点用能单位和碳排放单位管理制度，开展固定资产投资项目碳排放评价，构建符合中国国情的产品碳足迹管理体系和产品碳标识认证制度，确保如期实现碳达峰目标。

碳达峰后，实施以总量控制为主、强度控制为辅的碳排放双控制度，建立碳中和目标评价考核制度，进一步强化对各地区及重点领域、行业、企业的碳排放管控要求，健全产品碳足迹管理体系，推行产品碳标识认证制度，推动碳排放总量稳中有降。

GB 32150-2015

GB

中华人民共和国国家标准

GB/T 32150—2015

工业企业温室气体排放核算和报告通则

General guideline of the greenhouse gas emissions accounting and reporting for industrial enterprises

2015-11-19 发布

2016-06-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

GB 32150-2015

GB

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXX—XXXX

温室气体排放核算与报告要求 第XX部分 冷库运营企业

Requirements of the greenhouse gas emissions accounting and reporting
— Part XX: Cold store operating enterprise

(点画线处添加与国际标准一致性程度的标识)

(工本费代码)

(本草案完成时间)

本标准按照GB/T 1.1—2020《标准化工作第1部分：标准化文件的结构和起草导则》的要求起草。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作第1部分：标准化文件的结构和起草导则》的要求起草。

本文件为GB/T 32151《温室气体排放核算与报告要求》的第XX部分。

- 第1部分：发电企业；
- 第2部分：电网企业；
- 第3部分：钢铁企业；
- 第4部分：铝冶炼企业；
- 第5部分：钢铁生产企业；
- 第6部分：民用航空企业；
- 第7部分：平板玻璃生产企业；
- 第8部分：水泥生产企业；
- 第9部分：陶瓷生产企业；
- 第10部分：化工生产企业；
- 第11部分：煤炭生产企业；
- 第12部分：纺织染整企业；
- 第13部分：独立焦化企业；
- 第14部分：其他有色金属冶炼和压延加工业企业；
- 第15部分：石油化工企业；
- 第16部分：石油天然气生产企业；
- 第17部分：氟化工企业；
- 第18部分：锻造企业；
- 第19部分：热处理企业；
- 第20部分：家具生产企业；
- 第21部分：铸造企业。

划重点

将碳排放指标及相关要求纳入国家规划，建立健全地方碳考核、行业碳管控、企业碳管理、项目碳评价、产品碳足迹等政策制度和管理机制，并与全国碳排放权交易市场有效衔接，构建系统完备的碳排放双控制度体系。

◆ 冷链行业面临的降碳政策②

冷链行业未来的碳排放双控政策影响

碳排放双控保障可持续发展--政策讨论中

(一) 大中型冷库加速推进自然工质应用

禁止所有新建、扩建、改建大中型冷库中使用HCFCs制冷剂。

对于**压缩机总排气量大于5000m³/h的大型制冷系统和公称容积50000m³以上的大型冷库**，采用R-717、R-744及其复合制冷系统，**禁止在新建、扩建工程使用HFCs制冷剂。**

对于**压缩机总排气量500m³/h~5000m³/h的中型制冷系统和公称容积5000m³~50000m³的中型冷库**，鼓励在新建、扩建工程使用R-717、R-744及其复合制冷系统，如果受客观条件限制不能采用氨制冷剂，则**HFCs制冷剂的GWP值不应超过1500，且禁止HFCs在冷间内直接蒸发制冷。**

对于**在用的压缩机总排气量大于500m³/h的大中型制冷系统和容积大于5000m³的大中型冷库**，除R-717、R-744及其复合制冷系统，**(氟利昂制冷系统) 需建立制冷剂泄漏和排放监管制度，年泄漏率超过5%的系统必须进行整改。**

短期

对现有设施、设备的影响；对现有供应链的影响，包括设备制造、工程设计与施工、人员培训等。



长期

加速新质供应链的塑造、加速创新技术的研发；行业更加高效、经济、可持续。

◆ 关于冷链行业大中型制冷系统制冷剂的思考

- 为什么大型制冷系统的用户才考虑用氨，把大量精力和财力放在如何控制氨的充注量上
- 二氧化碳组合的复合式制冷系统成为降低氨充注量的第一大手段，但并非所有温度区间都是最合适的方法
- 中型制冷系统的用户为什么很少选择用氨，在这个规模的制冷系统上，氨充注量并不超标。
- 制冷剂的替代，不同的制冷剂物性不同，带来对设备新的需求。部件，装备，系统，工艺随之改变。



冷链物流解决方案中制冷剂技术路线的压缩机选择

国外专利权保护的制冷剂

科慕公司产品

代号	商品名	沸点℃	GWP	安全
R1234yf	Opteon YF	-29.4	< 1	A2L
R454B	Opteon XL41	-50.9	466	A2L
R454C	Opteon XL20	-45.5	148	A2L
R454A	Opteon XL40	-47.8	238	A2L
R452B	Opteon XL55	-51.6	698	A2L
R513A	Opteon XP10	-29.58	675	A1
R449A	Opteon XP40	-46	1397	A1
R452A	Opteon XP44	-46.93	1945	A1
R514A	Opteon XP30	-46.5	1	A1

霍尼韦尔公司产品

代号	商品名	沸点℃	GWP	安全
R1234yf	Solstice yf	-29.4	< 1	A2L
R454B	Opteon XL41	-50.9	466	A2L
R1234ze	Solstice ze	-78.5	1	A1
R1234zd	Solstice zd	-42.09	3	A3
R448A	Solstice N40	-46.8	1273	A1
R515B	Solstice N15	-18.78	299	A1
R450A	Solstice N13	-24.6	601	A1
R455A	Solstice L40X	-52.02	146	A2L
R466A	Solstice N41	-51.7	733	A1

备注：GWP值由政府间气候变化专门委员会IPCC定期评价，数值以最新评价价值为准；
安全等级以ASHRAE评价为准；部分企业没有公开沸点，数据由第三方企业提供。

过渡替代制冷剂

种类	沸点℃	GWP	安全	组分/比例	作为替代品的不足
R134a	-26.16	1430	A1	单一物质	压力较低，低温应用过于占据压缩机排量
R32	-51.8	675	A2L	单一物质	可燃性不弱于氨，压力较高，夏季高压超过普通螺杆压缩机设计压力，在大型制冷装置鲜有应用。之前由大金公司持有专利，至2022年，大金开放了419项专利。
R449A	-46.7	1282	A1	R32/R125/R134a/R1234yf 24.3/24.7/25.7/25.3	价格贵，由科慕和霍尼韦尔两家企业专利持有。非共沸，存在温度滑移。
R410A	-51.5	2088	A1	R32/R125 50/50	近共沸冷媒，温度滑移小。压力近似R32，但由于R125的存在，GWP较高，属于过渡制冷剂。
R515B	-18.78	299	A1	R1234ze (E) /R227ea 91.1/8.9	压力低，单位容积制冷量比R134a还低20%，适合高温热泵。霍尼韦尔专利。价格。
R450A	-22.3	547	A1	R1234ze/R134a 58/42	霍尼韦尔专利。低温度滑移，小于1℃。价格。
R513A	-29.1	573	A1	R1234yf/R134a 56/44	霍尼韦尔专利。
R454B	-50.9	466	A2L	R32/R1234yf 68.9/31.1	霍尼韦尔专利。存在一定的温度滑移。

备注：数据来自 田长青教授 在 第十二届冷冻冷藏研讨会的报告。

长期替代制冷剂

种类	沸点℃	GWP	安全	组分	作为替代品的不足
R717	-33.3	0	B2L	天然工质，单一物质	作为危险化学品的监管因素成为最大阻碍
R744	-78.5	1	A1	天然工质，单一物质	压力高，应用较复杂，载冷、复叠、跨临界
R290	-42.09	3	A3	天然工质，单一物质	爆炸极限比氨更危险，充注量受限
R1234yf	-29.4	1	A2L	单一的HFO	科慕化学专利权，价格贵
R454C	-45.5	146	A2L	R32/R1234yf 21.5/78.5	价格贵，温度滑移明显
R455A	-52.02	148	A2L	R32/R1234yf/R744 21.5/75.5/3	价格贵，温度滑移明显

备注：数据来自 田长青教授 在 第十二届冷冻冷藏研讨会的报告。

食品加工及冷链物流细分行业制冷剂使用习惯

食品加工

冷链物流

屠宰加工

水产品加工

冷冻半成品

中央厨房

调理速冻品

乳业 & 啤酒

冻干食品

港口大贸冷库

果蔬产地冷库

市场交易冷库

区域分拨冷库

城市配送冷库

商用冷库

猪肉
禽类
牛肉
羊肉

虾类
鱼类
鱼丸
鱼糜

玉米
薯条
面点
烘焙

盒饭
净菜
料包
预制菜

牛排
培根
小酥肉
香肠

冰激凌
巴氏奶
啤酒
冷饮

咖啡
宠物食品
水果

渔港
生鲜
查验
外贸

预冷
气调
保鲜
暂存

批发
零售
分选
包装

第三方物流冷库
普冷、万纬、宇培、
郑明、顺丰、京东、
新夏晖、启橙、亚冷、
美库、易商等

电商
餐饮
超市

二氧化碳复合

二氧化碳复合

纯氟

纯氟

纯氟

纯氨

纯氟

二氧化碳复合

纯氟

二氧化碳复合

二氧化碳复合

纯氟

纯氟

纯氨

纯氨

纯氟

纯氟

纯氟

纯氨

纯氟

纯氨

纯氟

纯氨

纯氟

纯氟

纯氟

纯氟

纯氟

二氧化碳复合

纯氟

二氧化碳复合

纯氟

纯氟

纯氟

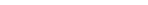
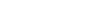
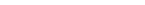
纯氟

纯氟

纯氟

纯氟

二氧化碳复合





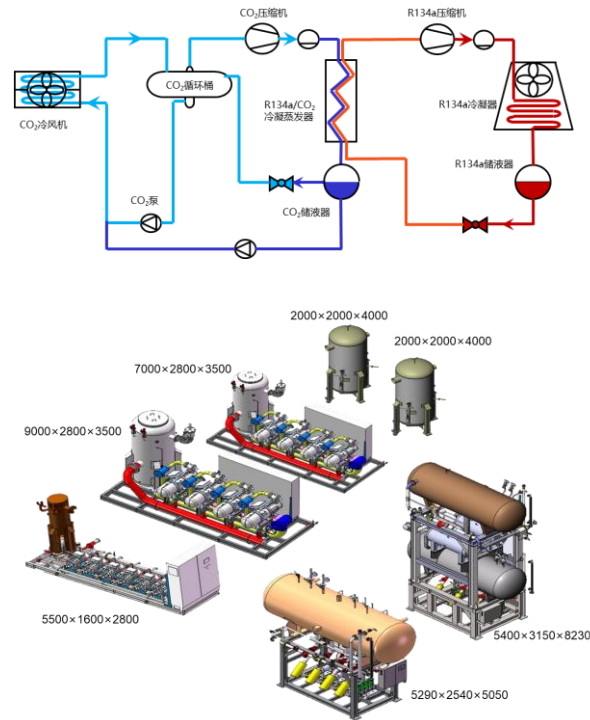
二氧化碳复合制冷技术在中国食品冷链行业飞速发展，我们实践过8种应用

技术路线	目的和意义	典型应用
氨/二氧化碳载冷	减少氨充注量<10吨	冷库
R717/R744复叠	减少氨充注量<10吨	屠宰、速冻食品加工
R507/二氧化碳载冷	减少高GWP冷媒用量	冷库，如万纬物流
R507/R744复叠	减少高GWP冷媒用量	不可用氨的食品加工
R744跨临界系统 供热	超临界二氧化碳大温差换热	CO2空气源热泵热水机组
R744/R134a复叠 供热	小温差供热，用环保冷媒	CO2空气源采暖机组
R744双级跨临界系统 制冷	单一二氧化碳工质制冷	邮轮，商超小型制冷设备，冰丝带制冰
二氧化碳/R134a复合制冷	小压比系统下，效率和环保	非氨冷库，变温库

食品加工及冷链物流，用户非常在意成本，是选择技术路线的前提

以水产品加工，-42℃速冻工艺为例，制冷量约300kW。基于此条件，我们做了分析对比

方案	总 COP	COP 排名	设备投资排名
R717 双级	1.69	1	1
R22 双级	1.69	1	4
R717 双级 (60HZ 变频)	1.64	3	7
R717 单级带经济器	1.58	4	5
R717/R744 复叠 (-7 冷凝, 3 度温差)	1.55	5	8
R717/R744 复叠 (-10 冷凝, 5 度温差)	1.52	6	9
R22 单级带经济器	1.51	7	2
R134a/R744 复叠 (-7 冷凝, 3 度温差)	1.48	8	12
R507 双级	1.46	9	6
R134a/R744 复叠 (-10 冷凝, 5 度温差)	1.45	10	13
R507 单级带经济器	1.38	11	3
R507/R744 复叠 (-7 冷凝, 3 度温差)	1.37	12	10
R507/R744 复叠 (-10 冷凝, 5 度温差)	1.34	13	11



天然工质氨

及其二氧化碳复合制冷系统的应用实践



雪人集团 天然工质氨半封螺杆压缩机的产品发展

雪人集团
SNOWMAN GROUP

● 中国制冷展 创新展品

时间	产品
2016年 北京	集装箱式氨移动式制冷站
2017年 上海	SS5中高温氨螺杆压缩机
2018年 北京	SRH-18 高压螺杆压缩机 (NH_3/CO_2)
2019年 上海	SRC-S-353丙烷螺杆压缩机
2020年 重庆	SRS-16大排量氨半封闭单级螺杆压缩机
2021年 上海	SRS-C 带两级油分的氨用中高温螺杆压缩机
2022年 重庆	大型可变VI氨气喷油螺杆压缩机组
2023年 上海	SRS2016大排量氨用螺杆压缩机

- 中国制冷展 金奖展品 2023年 SRS2016大排量氨用螺杆压缩机
- 中国制冷学会 建国70周年70项创新成果 氨半封闭螺杆压缩机
- 中国肉类协会 2024年肉类展业周 好品优选 机械类获奖产品



欧洲物流冷库案例

Small logistic center 18.000 m² 小型物流中心18.000 m²
without technical employees (无技术员工)

- Semihermetic compressors without shaft seal
无轴封半封闭式螺杆压缩机
- Simple and small outline
简单小巧外形



氨半封闭螺杆压缩机应用

雪人集团
SNOWMAN GROUP

欧洲物流冷库案例

Small Warehouse without technical employees 无技术员工小型仓库

- Qe from 150 to 2200 kW, Te -6/Tc 42 °C
冷量从150至2200 kW, 蒸发温度 -6/冷凝温度 42 °C
- Air cooled condenser with adiabatic
带绝热风冷





国内氨开启式活塞直接改为氨半封闭螺杆压缩机

雪人集团
SNOWMAN GROUP

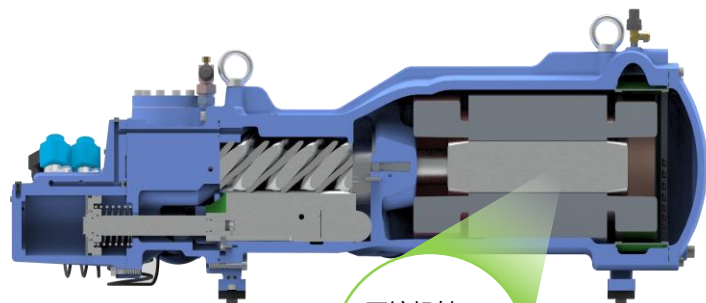




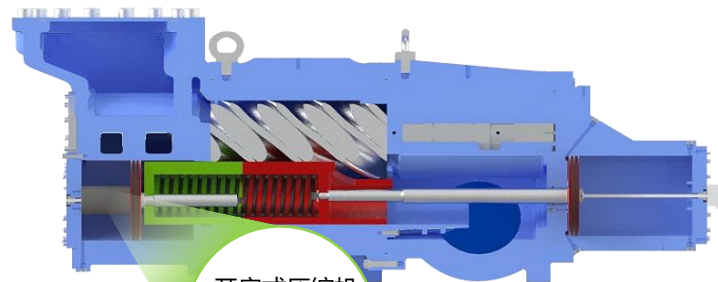
传统的氨压缩机都是开启式压缩机

The traditional ammonia compressor is open-type compressor

压缩机形式 Type of Comp.	半封闭螺杆压缩机 Semi hermetic screw compressor.	开启式螺杆压缩机 Open Type screw compressor.
轴封 Shaft seal	无轴封, 商业用户青睐 No shaft seal	有轴封, 工业级的习惯 With shaft seal
电机 Motor	电机内置, 噪音小 Internal motor	外置电机, 维护方便 Open type motor
油路附件 Oil system parts	内置在机体上, 系统紧凑 Integration	均要外置, 检修方便 External placement
布局 Lay out	整个系统紧凑 Compact	整个系统庞大 Not Compact



压缩机轴
与电机转子键
连接, 无轴封



开启式压缩机
靠机械密封,
联轴器与电机
连接

三代氨制冷压缩机

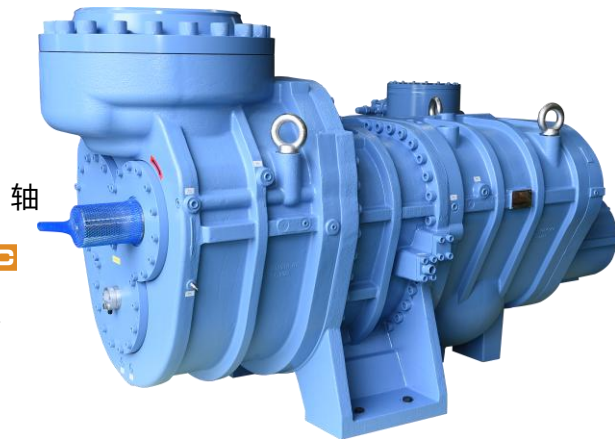


① **RefComp**
意大利产 ORC-F
开启式活塞压缩
机
(已停产)

③ **SRMTEC**
福州产 SRS
半封闭氨螺杆压缩机



② **SRMTEC**
福州产 SRM
开启式螺杆压缩
机



氨压缩机

形式：① 开启式活塞（基本淘汰）
② 开启式螺杆（现存形式）
③ 半封闭螺杆（新的形式）

为减小氨充注量而发展，无轴封泄漏隐患

特点：① 开启式活塞（基本淘汰）
曲轴、连杆、活塞运动部件多，有脉冲，无法带经济器，可靠性能不如螺杆，轴封泄漏隐患。
② 开启式螺杆（现存形式）
单机能力大。运动部件少，无脉冲，中低温带经济器效率高，可靠性高于活塞压缩机，也有轴封泄漏隐患。
③ 半封闭螺杆（新的形式）
单机能力从小到大都有，电机和压缩机封闭在一体，无轴封泄漏隐患。可灵活并联机组，节能机房空间。



氨用半封闭螺杆压缩机应用-欧盟F-GAS法规的影响

References of Semi-hermetic screw compressor for NH₃ application

雪人集团
SNOWMAN GROUP

欧盟：2014年出台史上最严控制温室气体法规-F-Gas法规

The European Union has introduced the most stringent greenhouse gas regulation in history- the F-Gas regulation

德国某啤酒厂：

德国巴伐利亚州的某啤酒厂，以175年前的小麦啤酒而闻名，当时正在扩建他们的冷藏工厂。

减少温室气体氟制冷剂的趋势是用氨代替R404a 的动力。采用SRM的半封闭压缩机系统，通过变频器驱动，使压缩机完全跟随负荷分布，满足制冷量的要求。半封压缩机没有轴封，甚至可以长时间关闭系统(作为备用系统使用) 没有轴封干涸和氨泄漏的风险。这是一套一用一备双压缩机系统，补充了客户在生产线部分负载的运行下 即有冗余也有生产安全性。

Brewery in Germany:

One Brewery project in Bavaria, Germany, famous for their wheat-beer since more than 175 years, was conducting an extension to their refrigeration plants. F-Gas Regulation and the drive to reduce the CO₂-Footprint were the motivation to replace R404A by Ammonia. In using a semi-hermetic compressor system from SRM with its inverter drives the package is following the load profile perfectly to match the demand of refrigeration capacity. Featuring no shaft-seal is allowing to even shut down the system for longer periods (usage as backup system) without the risk of drying up the shaft seal and leakages of Ammonia. The use of two compressors provides a very low part load capability in combination with redundancy and production security.





小型化低充注氨制冷系统工厂化系统集成

Miniaturized low-charge ammonia refrigeration system packaged in plant

雪人集团
SNOWMAN GROUP

德国北部一冷库：

紧凑的系统很容易安装在一个标准的集装箱作为厂房。这保证了低成本的现场安装。万一以后扩建，这个解决方案在未来具有很高的灵活性。

与需要两个压缩机组件的增压系统相比，两级压缩机保证了更高的效率。

这种简单的系统实现了较低的复杂性成本和需要较少的昂贵的空间。变频器保证任何负载所需的冷却能力和快速反应。

A cold storage facility in North Germany:

The compact system was easily fitted within a standard container as plant room. This guaranteed low on-site cost of installation. In case of further extension this solution is highly flexible for the future.

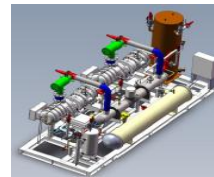
The two-stage compressor guarantees higher efficiency compared to applications with booster systems where two compressor packages are needed. Such simple system achieves less complexity cost and requires less expensive space. Frequency inverters assure close following of required cooling capacity with fast reaction.

设备信息：

1台 SRMTEC C2AA1612LS-VDLV
半封闭双级压缩机，功率：380kw。

Information of equipment:

1 x SRMTec C2AA1612LS-VDLV semihermetic two-stage compressor duopack with
Qo: 380 kW capacity.





小型化低充注氨制冷系统工厂化系统集成

Miniaturized low-charge ammonia refrigeration system packaged in plant

雪人集团
SNOWMAN GROUP

奥地利干酪熟化室：

一个由600多名奥地利农民组成的地区乳品合作社，重点关注供应短缺、非转基因成分等过程的可持续性，以及对当地文化、植物和动物的关爱。生产过程需要兼顾卫生、安全和经济，但也必须尽可能温和地对待大自然。利用天然制冷剂氨和半封闭式压缩机实现干酪熟化室的制冷，这种压缩机具有高效、防漏的特点。我们提供了2套双并联机组，占地小，维护方便。由变频器驱动，容量始终与需求紧密匹配，从而节约能源。

Cheese maturing room：

A regional dairy cooperative of 600+ Austrian farmers with focus on sustainability of processes like short supply distances, non-genetically modified ingredients and care for the local culture, flora and fauna. The production process needs to cater for hygiene, safety and economy but also has to be as gentle to nature as possible. The expansion of the cheese maturing rooms is realized by the natural refrigerant ammonia and by with semi-hermetic compressors which are highly efficient and due to their design also leak-proof. We provide two duo packs for small footprint and easy serviceability. Driven by inverters the capacity is always closely matched to the demand, thus being able to save energy.

设备信息：

2XSRS12L 半封闭式压缩机，每台排量为287立方米/小时，在一个共同的机架上运行，并配备板式换热器作为冷却器，以精确 -6°C的温度输送盐水，以保证稳定的工艺条件。

Information of equipment:

2 x SRS12L semi-hermetic compressors with a displacement of 287 m³/h each are operating on a common frame together with a plate heat exchanger as a chiller to deliver brine at exactly -6 °C for stable process conditions.





小型化低充注氨制冷系统工厂化系统集成

Miniaturized low-charge ammonia refrigeration system packaged in plant

雪人集团
SNOWMAN GROUP

荷兰冷水/热泵联合机组：

世界首台半密封式氨冷水/热泵组合设备在荷兰埃因霍温成功投入使用，将已停业的飞利浦工厂和办公区改造成一个可居住和可持续发展的办公和住宅综合体。目标是通过使用高效热力学性能，对环境影响最小的天然制冷剂氨来实现加热和冷却。由于氨传统上用于工业应用，克服对这种气体的担忧很重要，这种气体易燃和有毒，但效率很高，对全球变暖或臭氧层没有任何负面影响。这是通过使用创新的 SRS 半密封压缩机的 SRM，从设计上取缔机械密封。

该系统为夏季制冷模式，可方便地切换到升温模式制热。冬季运行时，氨储液器起到经济器的作用，提高制热量。变频器保证密切跟随所需的冷却(加热)能力与快速反应。壳式冷凝器和蒸发器采用干式冷却器和高效板式相分离器，将制冷剂降低到最低限度。



Ammonia chiller/heat pump combination in Netherland:

The world-wide first semi-hermetic Ammonia chiller/heat pump combination is successfully commissioned in Eindhoven, Netherlands by converting the defunct Philips Factory and Office Precinct into a live-able and sustainable office and residential complex. The objective was to deliver heating and cooling with least impact to the environment by highly efficient machinery employing natural refrigerant Ammonia. As Ammonia traditionally is used in industrial applications it was important to overcome the apprehension against this gas which is slightly flammable and poisonous, but highly efficient and without any negative influence to global warming or the ozone layer. This was achieved by using the innovative SRS semi hermetic compressor of SRM which makes shaft-seals obsolete by its design.

The system is operating in summer mode for cooling and can be switched over easily to winter mode for heating. In winter operation the Ammonia receiver is acting as an economizer to boost the capacity. Frequency inverters assure close following of required cooling (heating) capacity with fast reaction.

Dry-Coolers and high efficient Plate in Shell Condensers and Evaporators with integrated phase-separation domes were used to reduce the refrigerant to a bare minimum



小型化低充注氨制冷系统工厂化系统集成

Miniaturized low-charge ammonia refrigeration system packaged in plant

雪人集团
SNOWMAN GROUP

德国布劳恩拉格冰球场:

欧洲第一个半密封氨压缩机组在德国布劳恩拉格的冰球场成功投入使用。更换四个老式活塞压缩机，这是造成越来越高的维修和服务成本由一个半封闭的压缩机包的厂房现在再次闪耀与国家的最先进的设备。由 PLC 控制的变频器驱动的压缩机及其永磁体电机可以利用其优越的能力，大幅降低能源法案浮动冷凝和蒸发温度降低 ΔT ，以完全调整到应用程序和环境的需求。

Ice rink in Braunlage, Germany:

The first semi-hermetic Ammonia compressor package in Europe was successfully commissioned in the ice hockey stadium in Braunlage, Germany. Replacing four vintage piston compressors which were causing increasingly high maintenance and service cost by a semi-hermetic compressor package the plant room now shines again with state of the art equipment. Being PLC-controlled the inverter-driven compressors with their permanent magnet motors can utilize their superior capabilities to reduce the energy bill dramatically by floating the condensing and evaporating temperature at reduced ΔT to adjust perfectly to the demand of the application and the ambient.

设备信息:

1 X SRMTEC C2NA14M-VDMV 半密封双重压缩机组, Q_o : 575 kW 容量直接通过氨满液式循环系统给冰球场降温。

Information of equipment:

1 x SRMTEC C2NA14M-VDMV semi-hermetic duo-compressor-pack with
 Q_o : 575 kW capacity cools the ice hockey arena directly by flooded ammonia circuits.





小型化低充注氨制冷系统工厂化系统集成

Miniaturized low-charge ammonia refrigeration system packaged in plant

雪人集团
SNOWMAN GROUP

俄罗斯冰淇淋加工厂：

基于SRM技术，俄罗斯萨拉托夫地区某冰淇淋公司的冷却设备最近升级。SRM 半封闭式氨压缩机组和雪人蒸发式冷凝器应用在其中，两台S2BP1612MS-VALA 1 螺杆并联式压缩机组，带来了高效率、高质量。新系统能够主动适应周围环境的季节性波动，使冷凝和蒸发温度达到最佳性能和节能水平。大口径吸气阀和双油过滤器加上坚固的管道和结构增加了项目业主的过程安全。

Ice Cream Processing Cooling in Russia:

The recent upgrade of the cooling facility of ice Cream company LLC "Polyus-Sar" in the Saratov region of Russia based on SRMTec technology. The SRM semi-closed compressor unit and snowkey Evaporative cooling, Two SRS2016LS screw parallel compressor unit, brings the high-efficiency ,good quality . The new system can pro-actively adapt to the seasonal fluctuation of the ambient conditions to bring condensing and evaporation temperatures in line to achieve best performance and energy savings.

Generously dimensioned suction and double oil filters plus strong piping and structures increase process security for the project owner.





氨用半封闭螺杆压缩机案例- 小型化氨制冷系统

References of Semi-hermetic screw compressor for NH₃ application

雪人集团
SNOWMAN GROUP

东南亚某渔业项目:

- SRMTEC 开启式单机双级压缩机组 SAA1612LS-HALA @ 104.5KW -43/+35 °C
- SRMTEC 半封闭单机双级氨用双并联压缩机组 C2NA10S-VALV @ 83.4KW -33/+35 °C
- Snowkey 蒸发式冷凝器 SEC-320
- Snowkey 制冰机 F50SA @ 5T/Day

A Southeastern Asia Fisheries Project:

1 * SRMTEC Compressor Package SAA1612LS-HALA @
104.5KW -43/+35 °C

1 * SRMTEC Compressor Package C2NA10S-VALV @
83.4KW -33/+35 °C

3 * Snowkey Evaporative Condenser SEC-320

1 * Snowkey Ice Maker F50SA @ 5T/D





氨用半封闭螺杆压缩机应用-氨螺杆冷水机组

References of Semi-hermetic screw compressor for NH₃ application-chiller

雪人集团
SNOWMAN GROUP

空调氨冷水机组：

全系列的半封闭压缩机，适用于您的应用，
从冻结到过程冷却和空调可用。

Ammonia water chiller for HVAC:

Full range of semi-hermetic compressors for your applications
from freezing to process cooling and
Air conditioning available.

设备信息：

中国某空调主机制造厂和国内某建筑设计研究院联系探索氨冷水机组在国内空调应用的可行性，比如第一步在非人口聚集区域的建筑内用氨作为制冷剂的冷水机组。我们通过进一步降低内建容积比设定值，轻松实现压缩机达到国家双一级能效。



Information of equipment:

A Chinese air conditioning plant and a domestic architectural design and research institute have contacted with each other to explore the feasibility of applying ammonia chillers in domestic air conditioning. The first step is to use ammonia as a refrigerant in chillers in buildings sparsely populated. Through reducing the value of VI, SRS compressor can easily achieve double level 1 of COP & IPLV energy efficiency.



氨用半封闭螺杆压缩机应用-船用

References of Semi-hermetic screw compressor for NH₃ application-marine

雪人集团
SNOWMAN GROUP

中东某船用制冷系统，采用3台SRS半封闭氨压缩机：

采用最新的SRMTEC技术。 之前由旧的日本制造商提供的压缩机已更换为 SRMTEC 产品。

A marine refrigeration system in the Middle East.

3 units of SRS semi hermetic ammonia compressors which applied latest SRMTEC technology. The previous compressor supplied by Japan manufacturer have been replaced with SRMTEC products.



设备信息：

3* SRMTEC 压缩机 SRMTEC SRS-16SMAL

@ 69.7KW -40/35 °C

Information of the equipment:

3* SRMTEC Compressor SRMTEC SRS-16SMAL

@ 69.7KW -40/35 °C





2022德国纽伦堡制冷展 SRM TEC 展台Chillventa





氨用半封螺杆压缩机时隔四年第二次亮相纽伦堡-已发展到第三代



第一代 SRS



第二代 SS5A



第三代 SRC-S-A

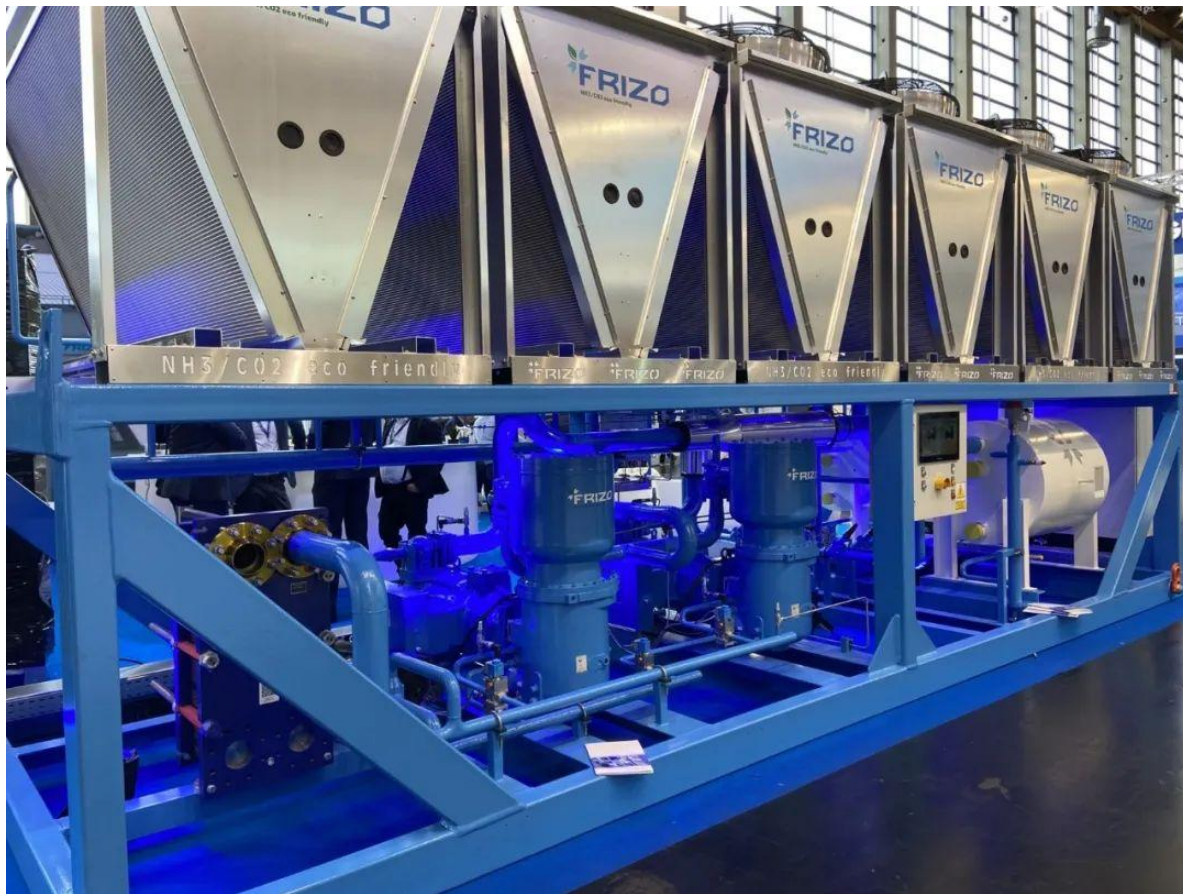


纽伦堡制冷展- 欧洲客户应用氨半封螺杆第一代压缩机





纽伦堡制冷展- 欧洲客户应用氨半封螺杆第二代压缩机





2022纽伦堡制冷展- 欧洲团队展示绿色环保的氨低充注冷水机组，应用在FACEBOOK数据中心



纽伦堡制冷展作为中国国际制冷空调供暖通风展览会（CR）、美国暖通制冷及空调通风展览会（AHR）齐名的世界三大制冷展之一，代表着国际制冷设备的发展趋势和最高水平。雪人股份连续多届携带重大研发成果参加德国纽伦堡制冷展，持续用新一代制冷技术和产品服务用户，引领市场。

— 更先进所以更受宠 —

欧洲市场始终是雪人布局全球的重要一环，自SRM TEC进入欧洲市场以来，雪人不断研发创新，将**氨低充注量压缩机技术迭代升级至第三代**。展会上，全新的低充氨紧凑型冷水机组成为全场的焦点。

得益于SRM TEC螺杆压缩机技术，超低氨充注量的设计理念以及氨本身优秀的热力学性能，共同贡献了优秀的氨充注量数据和性能表现。应用SRM TEC氨密封闭螺杆压缩机的COMPACT CHILLER(紧凑型氨冷水机组)在28/23℃进出水工况下，**实现1454kW制冷量充氨量不超过50kg，折合每kW制冷量的氨充注量不到35g，能效比高达8.38！**COMPACT CHILLER系列产品在FACEBOOK数据中心**每天24小时不间断运行，已累积运行2年半有余，总运行时长超过2万多小时。**

超低充注量的氨替代氟化物制冷剂更利于人居环境和工艺冷却场景，全面覆盖了商业冷冻和暖通空调领域。全新的氨低充注量压缩机技术俨然风靡欧洲制冷市场，**天然制冷剂氨是比HFO类制冷剂(R1234ze、R1234yf等)更亲民的低碳选择**，雪人已成为全球核心技术潮流的引领者。

德国，冷库氟改氨的案例





欧洲首个氨半封闭螺杆压缩机案例

雪人集团
SNOWMAN GROUP

2017 Ice rink, replacement of 3 piston compressor

溜冰场项目, 替换3台活塞并联压缩机组

1st duo semihermetic screw compressor packages in Europe

欧洲首个半封闭双并联螺杆压缩机

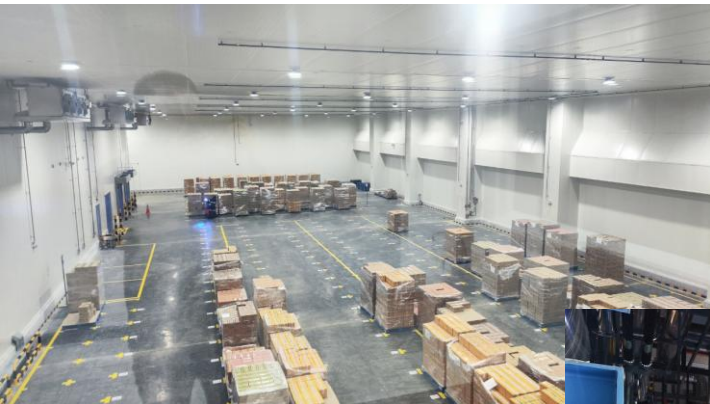
Qe: 580kW; Te -8°C; Tc: 32°C

Machine room 机房

C2NA14M Package 机

48





泰国Mon CO₂冷库

泰国Mon 冷库，定向租赁雀巢冰淇淋，为二氧化碳载冷系统，该项目雪人设备总包，所有制冷设备均由我司提供，2024年签订的合同，目前已投入使用，冷库为立体库，是雪人在泰国做的第一套二氧化碳项目。泰国市场出海8年时间，食品冷链项目累计30-40个，目前在泰国现存150套工业级螺杆SRM压缩机组。折合冷库吨位超过150万吨。



设备信息：使用雪人全系列自有品牌产品

- 压缩机组：5台
- 蒸发式冷凝器：3台
- 蒸发冷凝贮液撬块：1台
- 冰水板换机组：2台
- 各类雪人容器

系统采用氨和二氧化碳载冷，高温库通过压力调节阀由低温工况机组处理负荷。此项目包含低温冷藏库与高温冷藏库，采用冰水板换机组的空调系统。此项目包含的系统相对全面，既有氨，也有二氧化碳载冷和空调，风机高架库采用货仓风机。

◆ 氨/二氧化碳复合制冷系统的应用

雪人集团
SNOWMAN GROUP

菲律宾CO₂ 冷库



设备信息：使用雪人全系列自有品牌产品

- 压缩机组：4台
- 蒸发式冷凝器：2台
- 桶泵机组：2台
- 各类雪人容器

这是雪人在菲律宾第一套SRM的氨和二氧化碳载冷系统,客户是一家位于菲律宾某工业园区的企业,主营冷藏、冷冻、物流相关服务。其设施包括多间-20°C和0°C冷库,用于储存肉类、海鲜、药品及生鲜等产品,冷库建设对温控精度、食品安全与物流时效性要求极高,本次CO₂冷库项目将重点用于肉类产品储存与分销,终端客户将包括麦当劳在内的多家国际连锁餐饮品牌。

因此,项目方对运行安全、储存质量和持续供应链稳定性尤为重视,选择雪人一是相信我们的设备品质,二是肯定了我们在当地分公司的服务支持,三是雪人的整个制冷系统的设计合理而且跟客户需求匹配,整个安装进度的推进也符合客户进度需求,设备调试运行的时候客户非常满意,对SRM机组和雪人团队评价也很高。

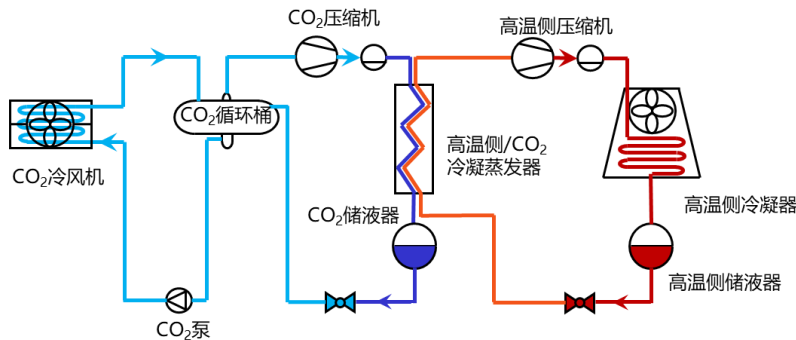
无法适用氨的场合

低碳制冷剂与二氧化碳复合制冷系统的
应用实践

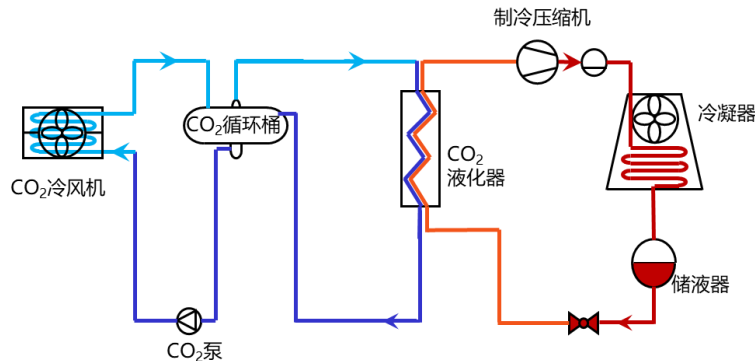
◆ 大中型制冷系统，制冷剂的选择

- 大中型冷链设施，用户对制冷系统安全性非常在意，监管部门对项目的**安评及环评**，影响制冷剂选择和用量；
- **双碳**目标责任重大，细分领域的目标分解会制约高GWP制冷剂的发展；
- 不同制冷剂在相同工况下的**COP**（电费）对比，用户对运营成本的关切；
- 为了减少R717或R507A的充注量，引入**二氧化碳**来置换充注空间。 二氧化碳复合制冷系统增加了系统的复杂性。

CO₂复叠系统



CO₂载冷系统



制冷剂的选择—GB国标的要求

《冷库设计标准GB/T50072-2021》对制冷剂的建议

制冷剂名称	安全类别	破坏臭氧潜能ODP	全球变暖系数GWP	职业接触限值OEL (mg/m ³)		急性毒性接触限制ATEL (ppm)
				时间加权平均容许浓度PC-TWA	短时间接触容许浓度PC-STEL	
NH ₃	B2L	0	0	20	30	320
CO ₂	A1	0	1	9000	18000	40000
R134a	A1	0	1430			50000
R507A	A1/A1	0	3990			130000



一些情况下，不应采用氨直接蒸发

- 对于生产性冷库和物流冷库，其中具有分拣、配货功能的穿堂或封闭站台，不应采用氨直接蒸发制冷。
- 商用冷库不应采用氨。

在条件许可时，应采用二氧化碳作为载冷剂

- 对于大、中型制冷系统，载冷剂使用温度低于-5℃时，宜采用二氧化碳。

在条件许可时，不应采用卤代烃及其混合物

- 大、中型冷库（公称容积大于20000m³）和大、中型制冷系统（总排气量大于500m³/h）不宜采用卤代烃及其混合物在冷间内直接蒸发制冷。

制冷剂的选择-不同冷媒COP对比

除了高GWPI以外，R507A制冷剂还存在能效劣势，尤其是中高温工况。

用SRM开启式螺杆压缩机测试

-5~-20℃制冷温度，同款压缩机制冷量大小和制冷效率对比（数据源于SRM TEC压缩机选型软件）

单级螺杆压缩机，不带经济器工况

-5℃	制冷能力	制冷效率	-15℃	制冷能力	制冷效率
R717	100%	100%	R717	100%	100%
R22	92%	94%	R22	95%	93%
R507A	96%	80%	R507A	96%	79%
R134a	56%	87%	R134a	55%	83%
-10℃	制冷能力	制冷效率	-20℃	制冷能力	制冷效率
R717	100%	100%	R717	100%	100%
R22	93%	93%	R22	97%	93%
R507A	96%	79%	R507A	96%	78%
R134a	56%	85%	R134a	54%	81%

单级带经济器工况

-25℃	制冷能力	制冷效率	-40℃	制冷能力	制冷效率
R717	100%	100%	R717	100%	100%
R22	112%	97%	R22	116%	98%
R507A	124%	93%	R507A	127%	91%
R134a	67%	96%	R134a	60%	98%
-30℃	制冷能力	制冷效率	-45℃	制冷能力	制冷效率
R717	100%	100%	R717	100%	100%
R22	118%	101%	R22	122%	101%
R507A	130%	94%	R507A	136%	98%
R134a	68%	97%	R134a	60%	96%

在中高温工况下，R134a的COP值较R507A提升显著，越低温越不明显，在同一设备上R134a的制冷量较R507制冷剂会小，但同时轴功率也会降低，最后制冷效率比R507A制冷剂高。

制冷剂选择-小结

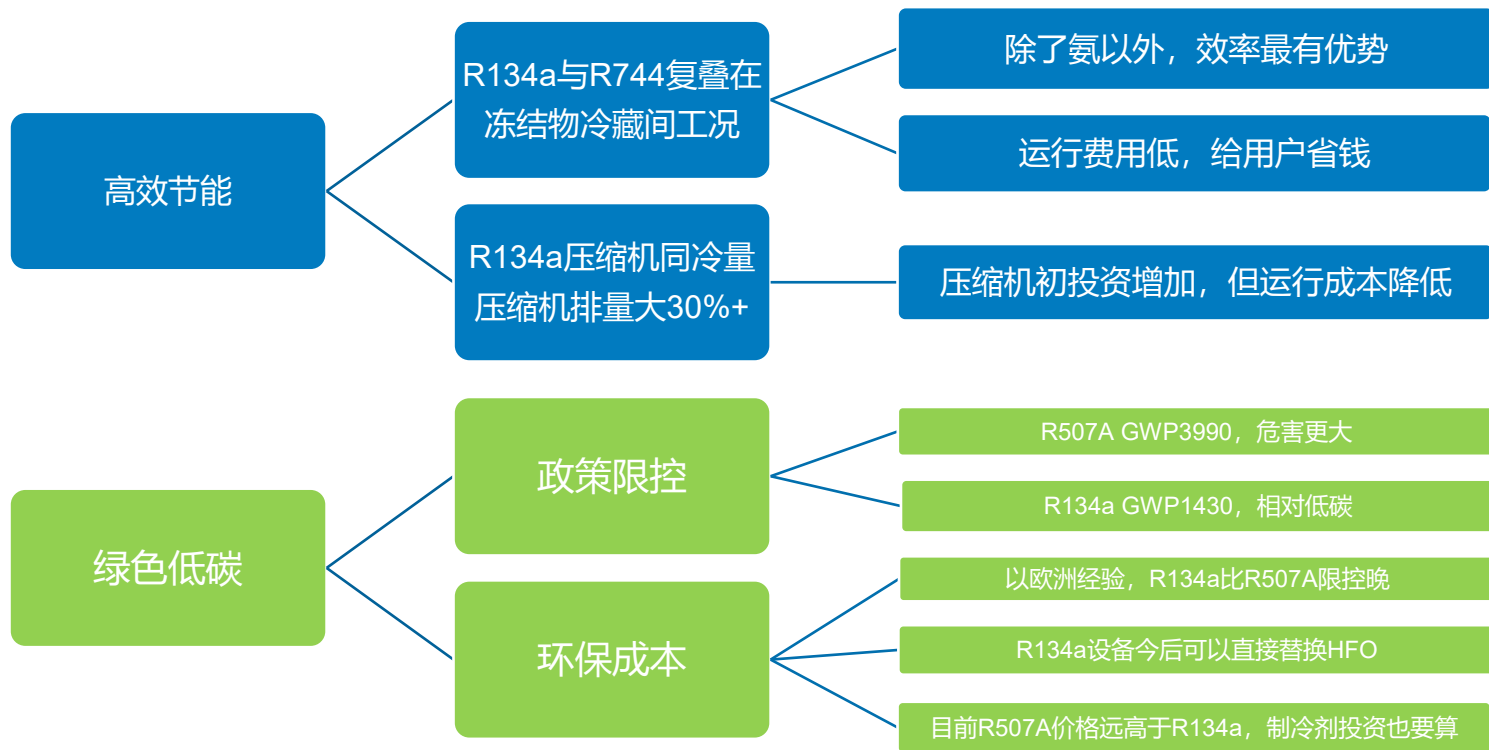
- 目前最常见的HFC制冷剂R507A，GWP近4000，且各个工况下的COP不及R717,R22及R134a；
- R134a为HFCs中GWP较小且广泛应用的制冷剂，虽然也是过渡产品，后期也很容易被更新的HFO制冷剂替代；
- R134a作为一个高温制冷剂，在城市冷链物流的多温区冷库，尤其是恒温库占比较大的场合，优势明显；
- 对于冷库来说，冻结物冷藏间的温度并不算低，用二氧化碳复叠系统，低温级的压比较小。
- 现代冷库较多有大量的变温库场景，即冻结物冷藏间和冷却物冷藏间时常切换，对二氧化碳作为载冷剂的系统，可能需要对高低温设置两套辅机设备，投资较大。是否可以巧妙设计制冷技术路线一套兼顾高低温情况？

今天我们着重来讲低GWP制冷剂R134a与CO₂复合制冷系统在冷库的应用。

二氧化碳复合制冷系统技术路线

技术路线	目的和意义	典型应用
R717/CO ₂ 载冷	减少氨充注量<10吨	冷库
R717/CO ₂ 复叠	减少氨充注量<10吨	屠宰、速冻食品加工
R507/CO ₂ 载冷	减少高GWP冷媒用量	非氨场景下冷库
R507/CO ₂ 复叠	减少高GWP冷媒用量	非氨场景下食品加工或冷库
CO ₂ 跨临界 热泵 热水应用	超临界二氧化碳大温差换热	CO ₂ 空气源热泵热水机组
R134a/CO ₂ 复叠 热泵供暖	小温差供热，用环保冷媒	CO ₂ 空气源采暖机组
CO ₂ 跨临界 制冷	单一二氧化碳工质制冷	邮轮，商超小型制冷设备，滑冰场馆
R134a/CO ₂ 复合制冷	小压比系统下，效率和环保性综合最优	非氨场景下的多温区冷库，变温冷库

制冷剂选择的关键因素-高效和低碳



物流型冷库建设的背景& 制冷的第一问

背景

地段，地段，还是地段

靠近人员密集区

氨制冷剂不被考虑

制冷第一问：选什么制冷剂？

- 1、制冷技术路线与用户需求的关系；
- 2、不同制冷剂的利弊影响。

HFC

- GWP值高低
- 性能好坏
- 成本高低

CO2

- 载冷系统？
- 复叠系统？
- 与谁搭配？
- 还是单一介质？

HFO

- 太贵
- 技术垄断

变温库的工艺怎么满足？

变温库工艺需求

租户的不确定导致

温度调配灵活

要多、快、好、省

变工况工艺 对应 制冷技术路线

单级制冷系统（氨或氟）

- 容易实现

二氧化碳复合制冷系统

载冷

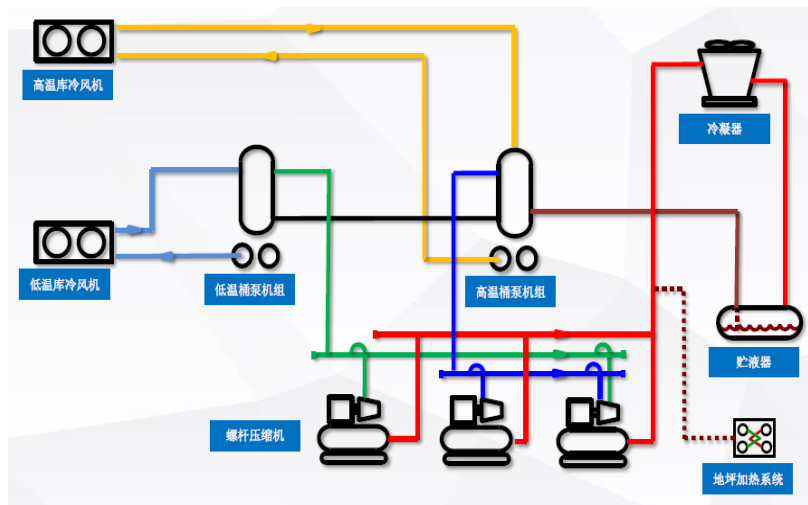
复叠

- 不容易实现

投资
成本

运行
成本

冷库制冷系统的复杂性



◆ 制冷剂选择带来的压缩机的选择

除了制冷剂本身的物理性质决定了热力学性能以外，压缩机设计与制冷剂在特定工况的贴合率也体现在最终压缩机表现出的COP值：

- 不同温度，压力，对压缩机承压工作范围的影响；
- 不同压比，内容积比对压缩机的影响；
- 电机冷却对压缩机的影响；
- 制冷剂流体压力损失对压缩机的影响；
- 压缩机形式本身对性能效果的影响。

+90°C

+65°C

0°C

-10°C

-20°C

-30°C

-40°C

-50°C

-65°C



氨

二氧化碳

氟

冷链物流解决方案中制冷剂技术路线的压缩机选择

在复叠制冷系统高温级，选择R134a专用螺杆压缩机



由于R134a冷媒压力相比传统的氟制冷剂（R507A、R22）低，在2004年，RefComp全球最早推出R134a专用螺杆压缩机，提升R134a的效率。到2010年，RefComp针对不同工况推出了VI和电机不同的R134a专用压缩机、变频变内容积比螺杆压缩机。

➤ 134-S- (EX)W(D) 系列：Vi=2.2，小电机。适用于水冷满液式机组、或高效机组中应用。

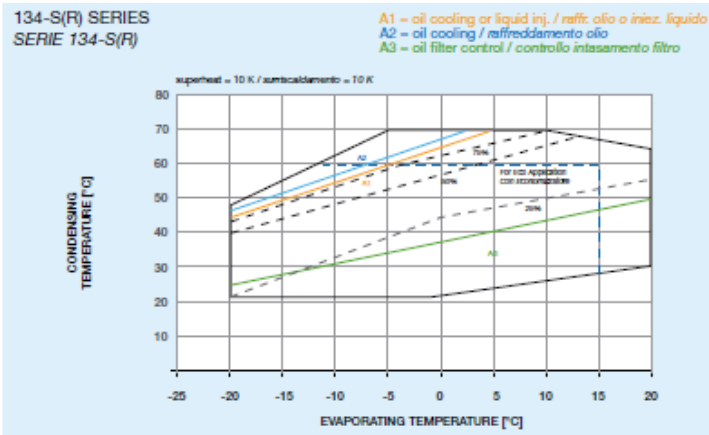
➤ 134-S- (EX)L 系列：Vi=2.6，标准电机。针对水冷干式机组、逆流式蒸发器应用而优化设计。

➤ 134-S- (EX) 系列：Vi=3.2，标准电机。适应于风冷冷水机组、水源热泵机组等。

➤ 134-S- (EX)R 系列：Vi=4.4，大电机。针对高压比而优化设计，最高冷凝温度可达70℃。适用于风冷热泵机组、高温出水水源热泵机组及T3工况风冷机组中应用。

➤ 其中，大压比的134-S-R系列，蒸发温度可以低到-20℃！完全适应了二氧化碳复叠制冷系统高温级。

➤ 恒温库，穿堂，复叠高温级分别采用不同的VI。



R134a压缩机的发展

同样压缩机的对比

R134a效率高于R507A

R134a属性不同，
压力密度更低

非R134a专用压缩机，制冷
效果或会打折扣

R134a专用压缩机
起源于中央空调，
RefComp2004推出

考虑流体力学因素，转子型
线都是专门设计，减少吸气
压力损失和泄漏

-5~-20℃制冷温度，同容积压缩机制冷量大小和制冷效率对比（数据源于SRM TEC压缩机选型软件）

单级螺杆压缩机，不带经济器工况				单级双级压缩机带中间冷却			
-5℃		-15℃		-25℃		-40℃	
制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率
R717	100%	R717	100%	R717	100%	R717	100%
R22	92%	R22	94%	R22	95%	R22	98%
R507A	96%	R507A	80%	R507A	96%	R507A	91%
R134a	56%	R134a	87%	R134a	55%	R134a	98%
-10℃		-20℃		-30℃		-45℃	
制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率
R717	100%	R717	100%	R717	100%	R717	100%
R22	93%	R22	97%	R22	101%	R22	101%
R507A	96%	R507A	79%	R507A	96%	R507A	98%
R134a	56%	R134a	85%	R134a	54%	R134a	96%
单级带经济器工况				单级双级压缩机带中间冷却			
-25℃		-40℃		-55℃		-70℃	
制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率
R717	100%	R717	100%	R717	100%	R717	100%
R22	112%	R22	97%	R22	116%	R22	98%
R507A	124%	R507A	93%	R507A	127%	R507A	91%
R134a	67%	R134a	96%	R134a	60%	R134a	98%
-30℃		-45℃		-60℃		-75℃	
制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率	制冷能力	制冷效率
R717	100%	R717	100%	R717	100%	R717	100%
R22	118%	R22	101%	R22	122%	R22	101%
R507A	130%	R507A	94%	R507A	136%	R507A	98%
R134a	68%	R134a	97%	R134a	60%	R134a	96%

用R134a的困难点？No，办法总比困难多。

由于制冷剂工作压力低，同样制冷量，用R134a需要压缩机排气量增加30%以上

压缩机台数多，或压缩机单台排气量变大。

压缩机成本变高

效率变高，运行成本占优；制冷剂的成本占优。

压缩机变多，变大，造成压缩机组占地变大。

机房占地紧张

采用并联机组的形式，减少占地面积；如果是开启式压缩机，压缩机变大，电机没变大，机组尺寸可控。

◆ CO₂压缩机的选择-雪人旗下两款CO₂压缩机可供选择



SRMTEC

SRH开启式
高压螺杆压缩机

高压螺杆压缩机 (63bar)

7个系列, 16种型号

SRM专利型线, 最佳齿数6+8组合

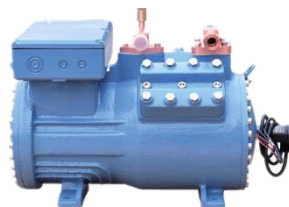
工作压力可达6.3MPa

最高转速6000rpm

适用于R717、R744等制冷剂

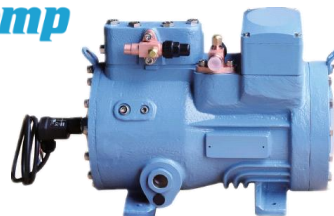
典型应用:

CO₂/NH₃复叠系统、NH₃高温热泵系统



SPT CO₂活塞机
(跨临界)

RefComp



SPS CO₂活塞机
(亚临界)

活塞压缩机 (亚临界60bar/跨临界160bar)

SPT系列, 共11种型号, 适用于CO₂跨临界或亚临界循环, 工作压力可达160bar

电机功率: 6~ 40 Hp

排量范围: 4.4~25.5m³/h@1450rpm

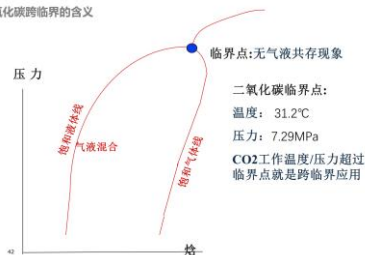
SPS系列, 共19种型号, 适用于CO₂亚临界循环, 工作压力可达60bar

电机功率: 0.5~ 30 Hp

排量范围: 1.5~48.5m³/h@1450rpm

R744 (CO₂) 压缩机的发展

二氧化碳跨临界含义



跨临界·活塞



活塞压缩机可以实现更高的设计压力,
跨临界最大工作压力可达160bar



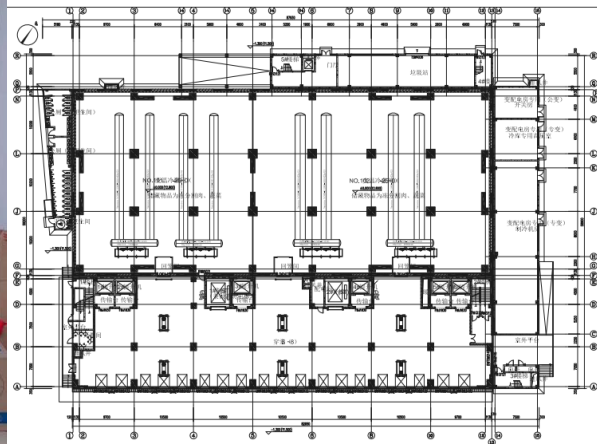
亚临界·活塞



亚临界·螺杆

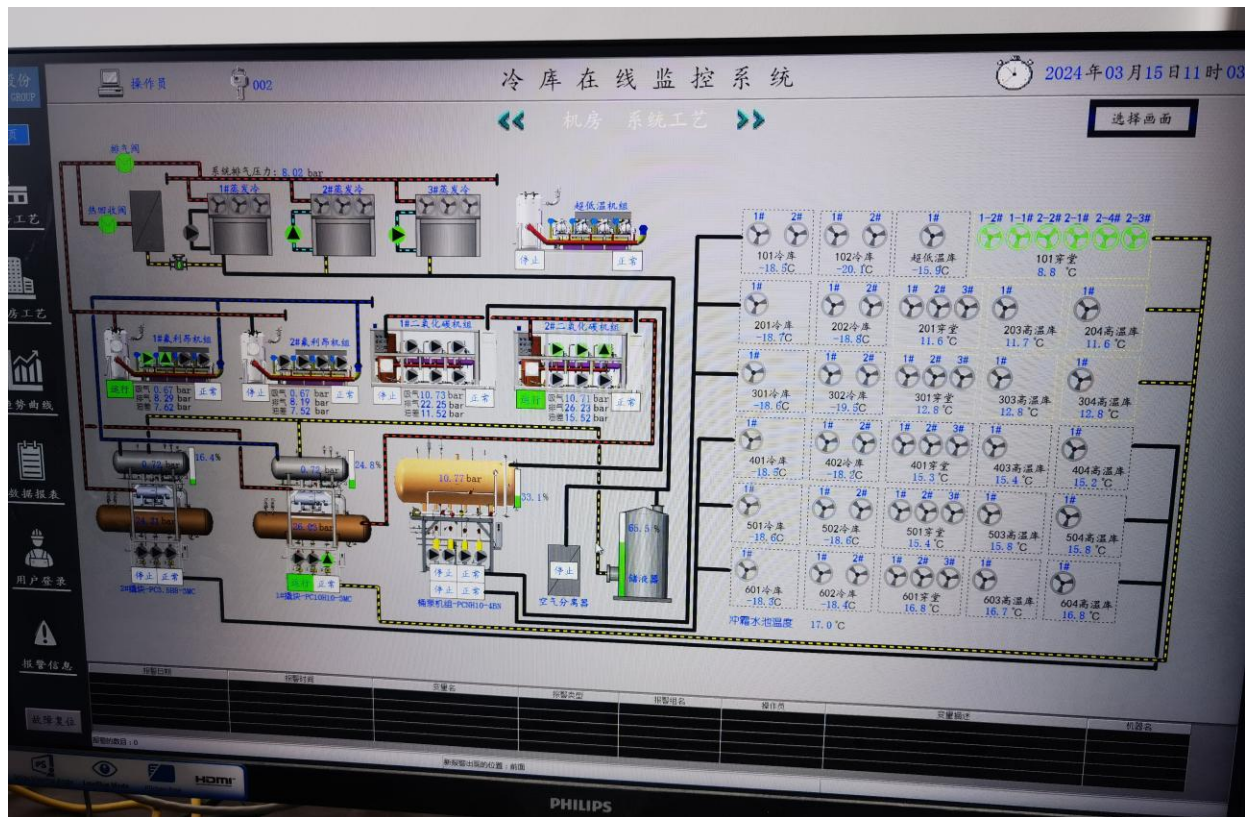


螺杆压缩机可以实现更大的
排气能力, 更适合大型
系统。





雪人集团
SNOWMAN GROUP





CO₂复合制冷系统比较

对于变工况冷库，以广州某项目举例（安评未通过，无法用氨的情况下）

项目情况

序号	房间名称	建筑面积 m ²	楼高 m	房间 温度 ℃	贮藏量 T/间	日进 货量 T/间	入库 温度 ℃	出库 温度 ℃	降温 时间 h	需冷量 kW
1	NO.101变温冷藏间	1008	10.99	-25	1330	107	≤-8	-18	24	103
				0	865	87	25	0	24	225
2	NO.102变温冷藏间	1344	10.99	-25	1730	139	≤-8	-18	24	130
				0	1125	113	25	0	24	292
3	NO.201冻结物冷藏间	1008	9.31	-18~-25	1088	88	≤-8	-18	24	90
4	NO.202冻结物冷藏间	1344	9.31	-18~-25	1448	116	≤-8	-18	24	115
5	NO.301冻结物冷藏间	1008	9.3	-18~-25	1088	88	≤-8	-18	24	90
6	NO.302冻结物冷藏间	1344	9.3	-18~-25	1448	116	≤-8	-18	24	115
7	NO.401冻结物冷藏间	1008	9.3	-18~-25	1088	88	≤-8	-18	24	90
8	NO.402冻结物冷藏间	1344	9.3	-18~-25	1448	116	≤-8	-18	24	115
9	NO.501冻结物冷藏间	1008	9.3	-18~-25	1088	88	≤-8	-18	24	90
10	NO.502冻结物冷藏间	1344	9.3	-18~-25	1448	116	≤-8	-18	24	115
11	NO.601冻结物冷藏间	1008	9.3	-18~-25	1088	88	≤-8	-18	24	90
12	NO.602冻结物冷藏间	1344	9.3	-18~-25	3198	224	≤-15	-23	24	115

CO₂制冷系统比较

后期冷库运营会存在的几种情况 (变温库全低温或全高温时的最大负荷)

- 1、NO.101&NO.102冻结物冷藏间使用温度均为-18℃~-25℃，其余冷间使用温度也为-18℃~-25℃，此时低温部分负荷为1258kW
- 2、NO.101冻结物冷藏间使用温度为0℃，NO.102冻结物冷藏间使用温度为-18℃~-25℃，其余冷间使用温度均为-18℃~-25℃，此时低温部分负荷为1155kW，高温部分负荷为225kW
- 3、NO.102冻结物冷藏间使用温度为0℃，NO.101冻结物冷藏间使用温度为-18℃~-25℃，其余冷间使用温度均为-18℃~-25℃，此时低温部分负荷为1128kW，高温部分负荷为292kW
- 4、NO.101&NO.102冻结物冷藏间使用温度均为0℃，其余冷间使用温度均为-18℃~-25℃，此时低温部分负荷为1025kW，高温部分负荷为517kW

制冷方案比较

- 1、方案一：R134a/R744复叠系统，R134a主机采用Refcomp半封闭螺杆形式，R744压缩机采用Refcomp半封闭活塞形式；
- 2、方案二：R507A/CO₂载冷系统，R507A主机采用Refcomp半封闭螺杆形式



Refcomp半封闭并联螺杆机组



Refcomp半封闭CO₂亚临界并联活塞机组

CO₂制冷系统比较

方案设备选型情况

1、变工况复叠与载冷兼用系统

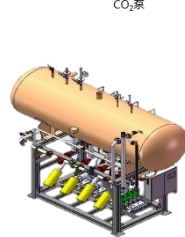
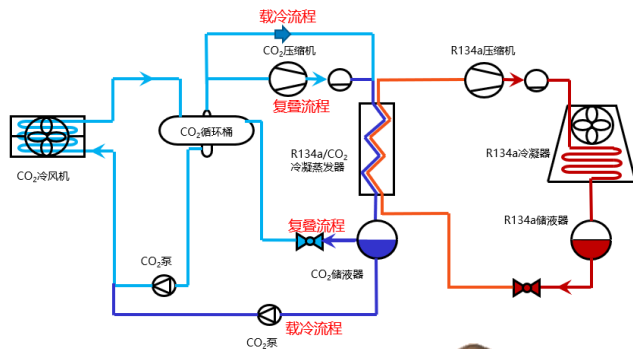
(CO₂压缩机负荷满足低温负荷，冷凝热+高温负荷满足CO₂液化放热的负荷)

- ◆ 当使用为情况一（全部为低温库使用）时，低温库负荷**1258kW**，高温库负荷为**0kW**。CO₂压缩机选用**12台SPS42-48活塞压缩机**，在-32℃/-7℃工况下，总制冷量为**1263.6kW**，总轴功率为**231.6kW**，总冷凝负荷为**1495.2kW**；选用的冷凝蒸发器实际换热量为**1500kW**。冷凝换热器换热温差-7℃/-11℃
- ◆ 当使用为情况二（NO.101温度为0℃，其余全部为低温库使用）时，低温库负荷为**1155kW**，高温库负荷为**225kW**。CO₂压缩机选用**11台SPS42-48E活塞压缩机组**，在-32℃/-7℃工况下，总制冷量为**1158.3kW**，总轴功率为**212.3kW**，总冷凝负荷为**1370.6kW**；选用的冷凝蒸发器实际换热量为1370.6+225≈**1596kW**。冷凝换热器换热温差-7℃/-11℃。
- ◆ 当使用为情况三（NO.102温度为0℃，其余全部为低温库使用）时，低温库负荷为**1128kW**，高温库负荷为**292kW**。CO₂压缩机选用**11台SPS42-48E活塞压缩机组**，在-32℃/-7℃工况下，总制冷量为**1158.3kW**，总轴功率为**212.3kW**，总冷凝负荷为**1370.6kW**；选用的冷凝蒸发器实际换热量为1370.6+292≈**1663kW**。冷凝换热器换热温差-7℃/-11℃。
- ◆ 当使用为情况四（NO.101&NO.102温度为0℃，其余全部为低温库使用）时，低温库负荷为**1025kW**，高温库负荷为**517kW**。CO₂压缩机选用**10台SPS42-48E活塞压缩机组**，在-32℃/-7℃工况下，总制冷量为**1053kW**，总轴功率为**193kW**，总冷凝负荷为**1246kW**；选用的冷凝蒸发器实际换热量为1246+517≈**1763kW**。冷凝换热器换热温差-7℃/-11℃。

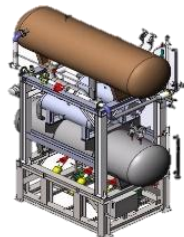
综上：CO₂压缩机选用**12台SPS42-48E活塞压缩机组**，选用的冷凝蒸发器实际换热量为**1800kW**。冷凝换热器换热温差-7℃/-11℃。



CO₂活塞6并联*2



复叠桶泵



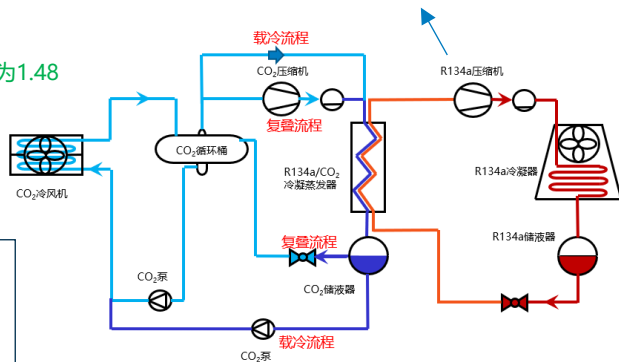
载冷桶泵

CO2制冷系统比较

方案设备选型情况

1、复叠系统（高温段制冷剂R134a与R507A对比）

- ◆ R134a压缩机选用5台134-S-270半封闭螺杆形式，在工况-11℃/35℃下，总制冷量1890kW，总轴功率为584kW。
- ◆ 当全部为低温库使用时，冷凝负荷为1495.2kW；R134a主机运行4台，制冷量1512kW，即可满足使用需求。此时低温总制冷量为1263.6kW，总轴功率为231.6+467.2=698.8kW，此时低温库COP为1.81
- ◆ 高温库的COP为3.24
- ◆ R507A压缩机选用6台SW3H21000半封闭螺杆形式，在工况-11℃/35℃下，总制冷量1916.4kW，总轴功率为747kW。
- ◆ 当全部为低温库使用时，冷凝负荷为1495.2kW；R507A主机运行5台，即可满足使用需求。此时低温库COP为1.48
- ◆ 高温库的COP为2.57





R134a专用螺杆压缩机
134-S-270

R134a: 3.24

V.S.




冷冻螺杆压缩机
SW3H21000E

R507A: 2.57


-7/-11℃载冷
-11/35℃ COP

高温库COP



R134a: 1.81

V.S.



R507A: 1.48

-11/35℃复叠
-32/-7℃ COP



低温库COP

CO₂制冷系统比较

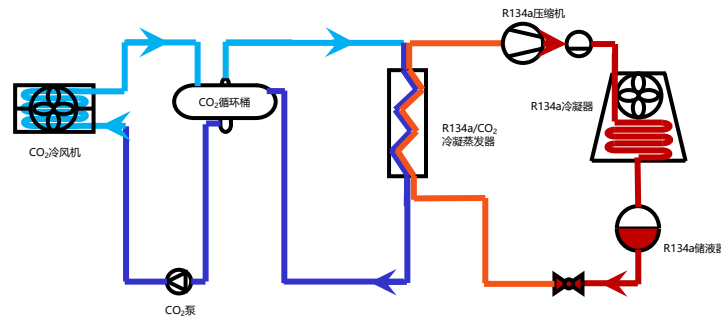
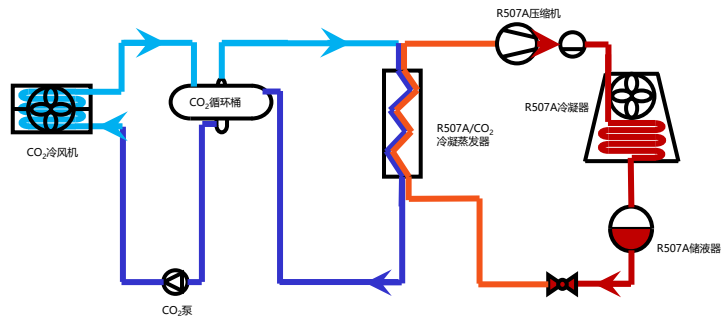
方案设备选型情况

2、载冷系统

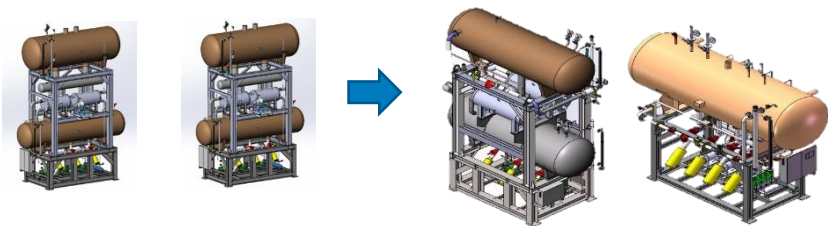
- ◆ 低温库负荷1258kW，选用的冷凝蒸发器实际换热量为1260kW。冷凝换热器换热温差-32℃/-36℃。
- ◆ 高温库负荷为517kW。选用的冷凝蒸发器实际换热量为520kW。冷凝换热器换热温差-7℃/-11℃。
- ◆ 低温库设备选用6台SW3L22000半封闭螺杆式，使用R507A制冷剂。总制冷量为1265.2kW，总轴功率为826.8kW，COP为1.53
- ◆ 高温库设备选用与复叠相同，COP一致（R134a，COP=3.24；R507A，COP=2.57。）

	V.S.	
-11/35℃ R134a 复叠		-32/-36℃ CO ₂ 载冷
-32/-7℃ R744 COP		-36/35℃ R507A COP
1.81		1.53

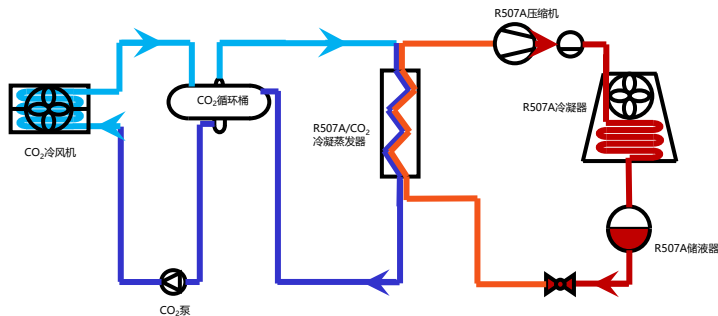
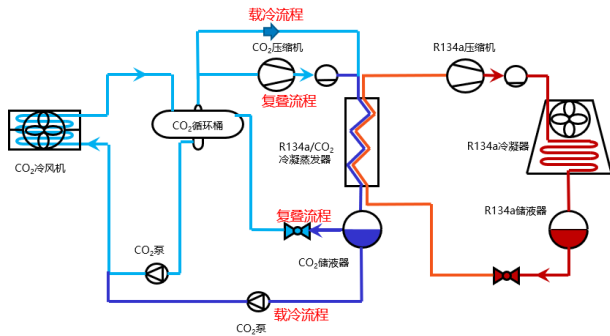
低温库COP



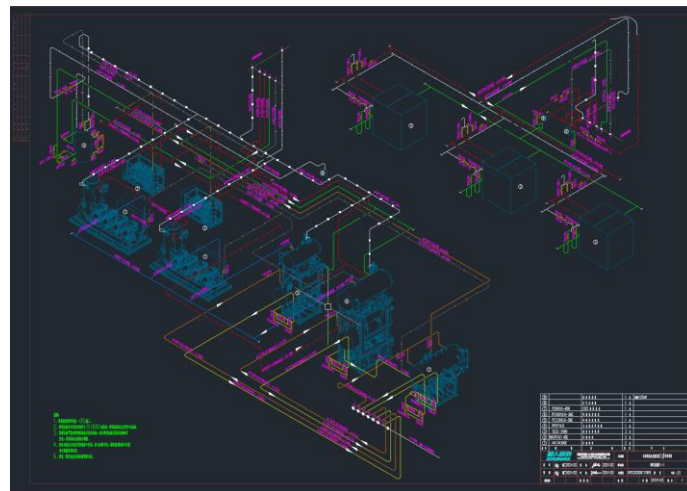
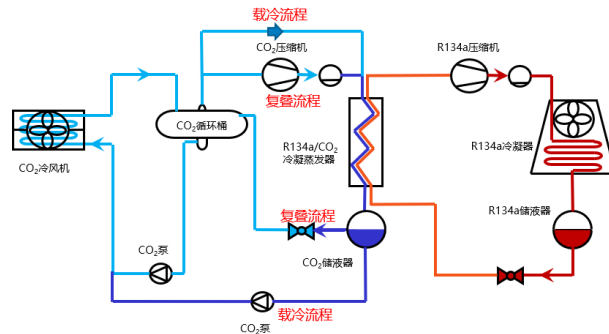
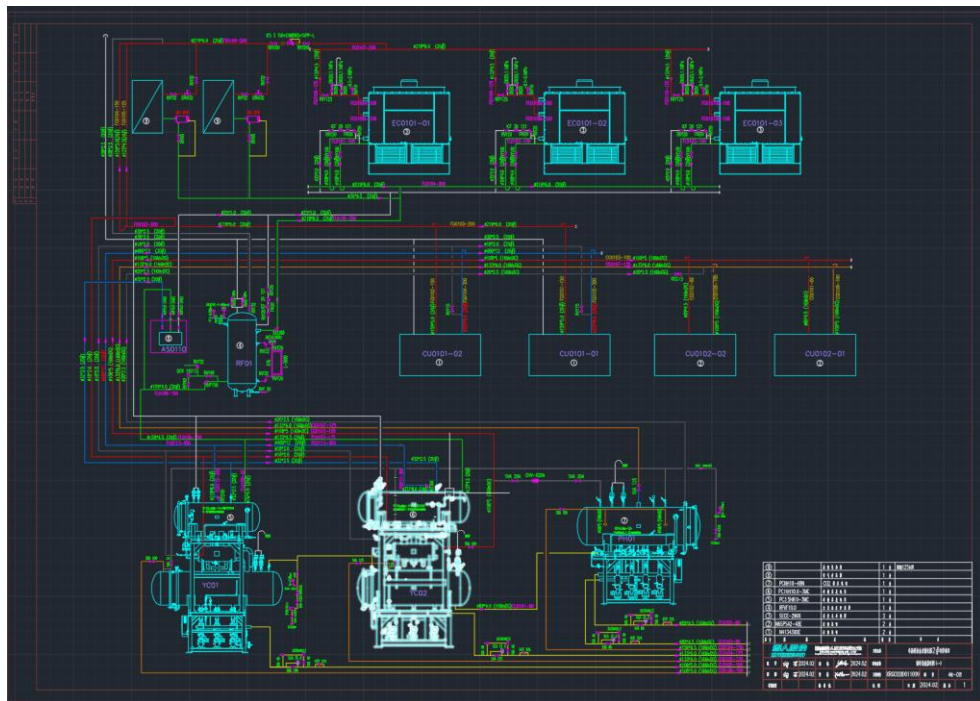
- 1、当只有NO.101高温使用的话，则**复叠系统**冷凝蒸发器需要配置1670kW，换热温差-7℃/-11℃，**载冷系统**配置的冷凝蒸发器有两个工况，一个为1140kW，换热温差-32℃/-36℃，另一个为300kW，温差为-7℃/-11℃；**温差一样，均为4℃。**
- 2、当NO.101、NO.102均为高温使用时，则**复叠系统**冷凝蒸发器需要配置1800kW，换热温差-7℃/-11℃，**载冷系统**配置的冷凝蒸发器有两个工况，一个为1260kW，换热温差-32℃/-36℃，另一个为520kW，温差为-7℃/-11℃；**载冷变温库，要设两套辅机系统。**
- 3、以此类推，当变温库越多，复叠系统的成本反而比载冷的低。**成本优势。**
- 4、氟利昂复叠系统中，R134a/R744复叠系统的效率优于R507A/R744复叠系统。**效率优势。**



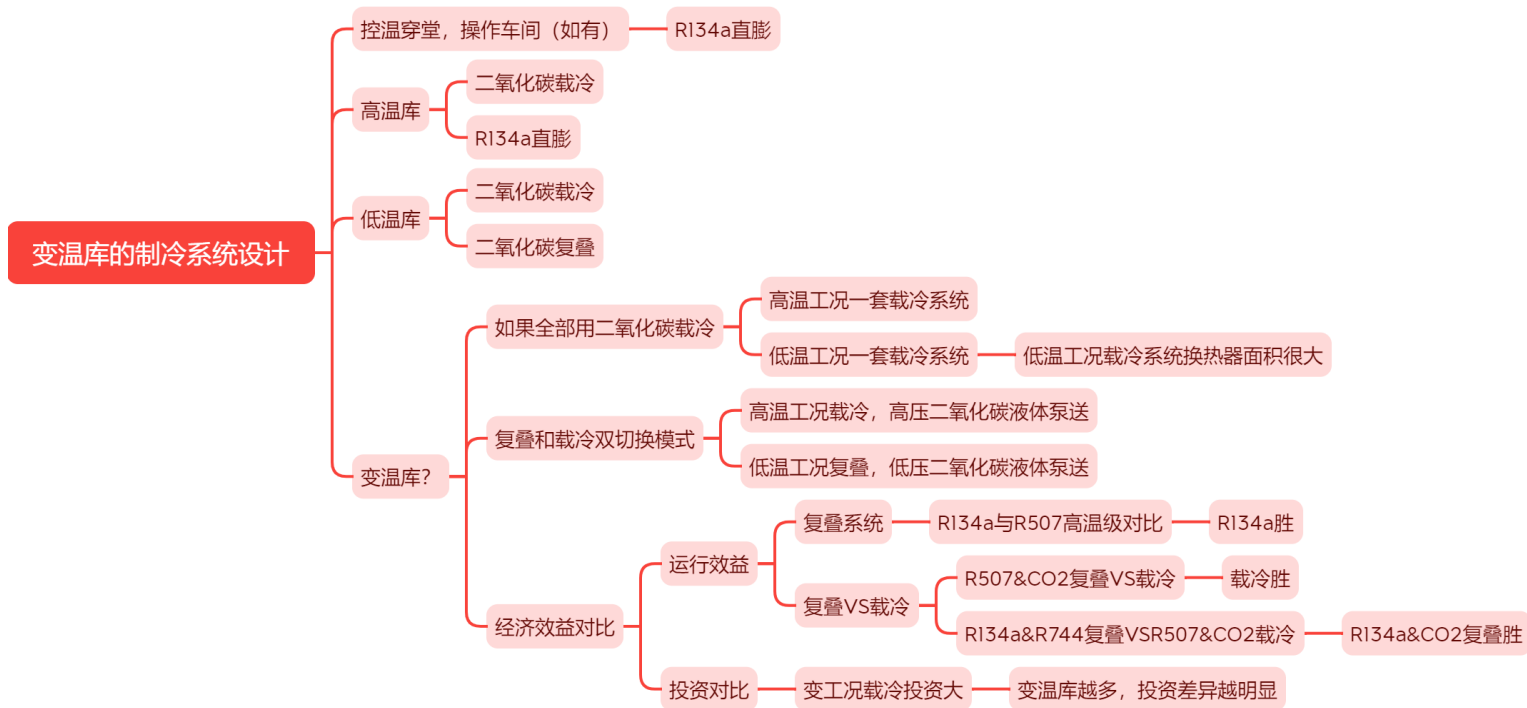
- 1、变温库越多，变工况负荷越大，辅机规模越大；
- 2、载冷温度更低，制冷剂换热所需面积越大。



CO₂制冷系统图



变温库的工艺怎么满足？对比总结





官方网站



官方微信平台




官方抖音平台

Thank You!

真诚期待与您的合作!

福建省福州市闽江口工业区洞江西路

 www.snowman.cn

 +86 (591) 2870 1111