

# 碳氢工质热泵装备在高温领域的应用

Application of Hydrocarbon Heat Pump Equipment in High-Temperature Scenarios





# 目录

## CONTENTS

01 行业背景

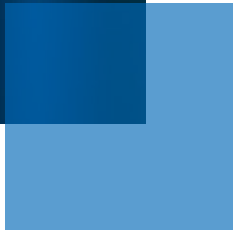
02 近年来的工作

03 碳氢工质的应用

04 未来展望



# 01 行业背景





# 零碳战略

Zero-carbon strategy

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

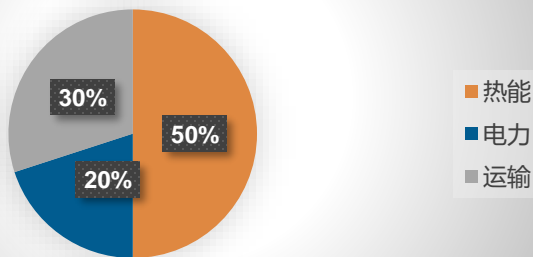
## 零碳战略

中国将在2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和。

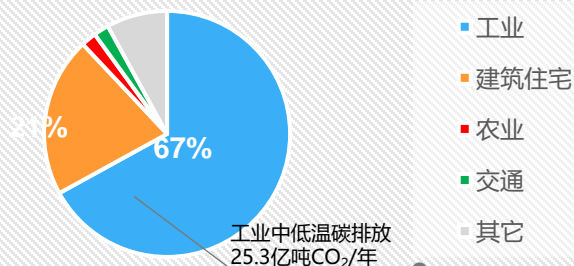
中国将完成全球最大碳排放强度降幅，用全球历史上最短的时间实现从碳达峰到碳中和。

终极目标实现：零碳排放。

全球最终能源消耗量



中国用热需求比例图



工业中低温碳排放  
25.3亿吨CO<sub>2</sub>/年

## 热能是最大的能源终端用户

- 我国工业能耗的50%~70%以热能形式消耗，并且45%都是中低温热量
- 化石燃料供热占据主导地位，并贡献了全球CO<sub>2</sub>排放量40%

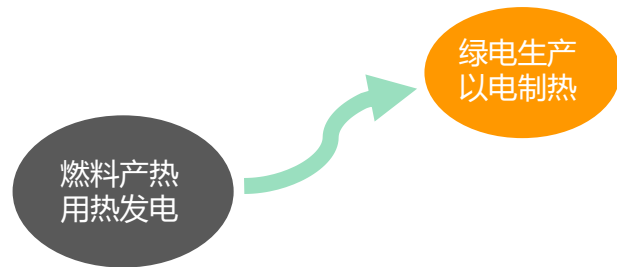


# 热泵发展潜力

The development potential of heat pumps



## 实现零碳战略就必须实现能源转型



- 热泵是电力高效转化为热量的最佳途径。
- 热泵技术是供热领域替代化石能源、实现零碳战略的必然途径！

中国19个典型用热工业部门按温度水平划分的热泵供热潜力（亿GJ）

序号	工业部门	<80℃	80~100℃	100~150℃	150~200℃	合计
1	农副食品加工	2.063	0.798	1.925	0.248	5.034
2	食品制造	1.021	0.395	0.953	0.123	2.491
3	酒、饮料和精制茶	0.641	0.248	0.599	0.077	1.565
4	纺织	4.702	1.095	1.578	0.000	7.375
5	木材加工	0.350	0.952	0.084	0.107	1.493
6	造纸	0.896	1.160	0.527	2.004	4.588
7	石油与煤炭	1.389	0.444	0.611	0.500	2.944
8	化工	2.271	0.727	0.999	0.818	4.815
9	医药制造	0.093	0.030	0.041	0.033	0.197
10	化学纤维制造	0.103	0.033	0.045	0.037	0.218
11	橡胶和塑料制造	0.208	0.066	0.091	0.075	0.440
12	非金属矿物制品	0.353	0.000	0.733	0.000	1.086
13	黑色金属冶炼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	有色金属冶炼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	金属制品	4.748	0.000	0.528	0.231	5.506
16	通用设备制造	2.628	0.000	0.292	0.128	3.048
17	专用设备制造	1.365	0.000	0.152	0.066	1.583
18	汽车制造	3.107	0.058	0.174	0.058	3.397
19	其它	10.295	0.494	1.763	0.353	12.904
	合计	36.233	6.499	11.095	4.856	58.683

数据来源：中国工业热泵发展白皮书

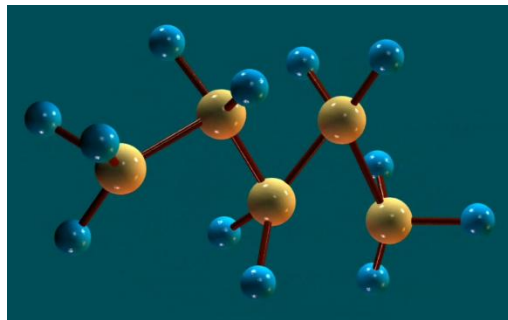
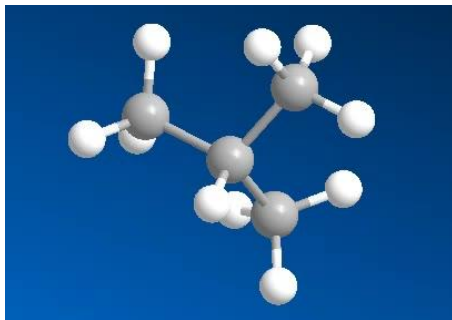


## 热泵发展方向

The development direction of heat pumps

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

- 低温热泵中R717、CO<sub>2</sub>、HFO的应用已经很广泛；
- R600等碳氢工质是高温热泵好的选择；系统充注量仅为传统氟利昂的一半左右；
- 环境有害制冷剂需要坚决禁止。







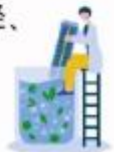
## 中国履行

### 关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书 国家方案（2025—2030年）

《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）》包括**九部分23条**。

#### 明确“9类管控物质”

列入《中国受控消耗臭氧层物质清单》的9类管控物质，包括全氯氟烃（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）。



#### 提出“1个主要目标”

除豁免受控用途和原料用途外，禁止已淘汰的7类管控物质受控用途的生产和使用，逐步削减最后两类管控物质HCFCs和HFCs受控用途的生产和使用。

HCFCs受控用途生产和使用在2025年分别削减基线值的67.5%和73.2%，2030年均削减基线值的97.5%（仅保留少量用于维修等用途的需求）；

HFCs受控用途生产和使用在2029年均削减基线值的10%。





# 常用热泵工质对比

Comparison of commonly used working fluids in heat pumps



制冷剂	类型	临界温度 ℃	临界压力 MPa	ODP	GWP <sub>100</sub>	安全性	沸点℃	相对价格
R134a	HFC	101.1	4.06	0	1430	A1	-26.1	1
R245fa	HFC	154.3	3.65	0	1030	B1	15.3	1.8
R1234ze(E)	HFOs	109.4	3.63	0	1	A2L	-19	5.5
R1234ze(Z)	HFOs	150.1	3.53	0	1	A2L	9.8	5.2
R1234yf	HFOs	94.7	3.38	0	1	A2L	-29.5	15.1
R1233zd(E)	HCFOs	166.5	3.63	< 1	1	A1	18	5
R290	HCs	96.7	4.25	0	3	A3	-42.1	0.7
R601	HCs	196.6	3.37	0	20	A3	36.1	0.9
R600	HCs	152.0	3.80	0	20	A3	-0.5	0.5
R600a	HCs	134.7	3.63	0	3	A3	-11.8	0.5
R717	自然工质	132.3	11.33	0	0	B2L	-33.3	0.1
R744	自然工质	31	7.38	0	1	A1	-78.5	2.8

制冷剂价格实时变动，以实际为准。

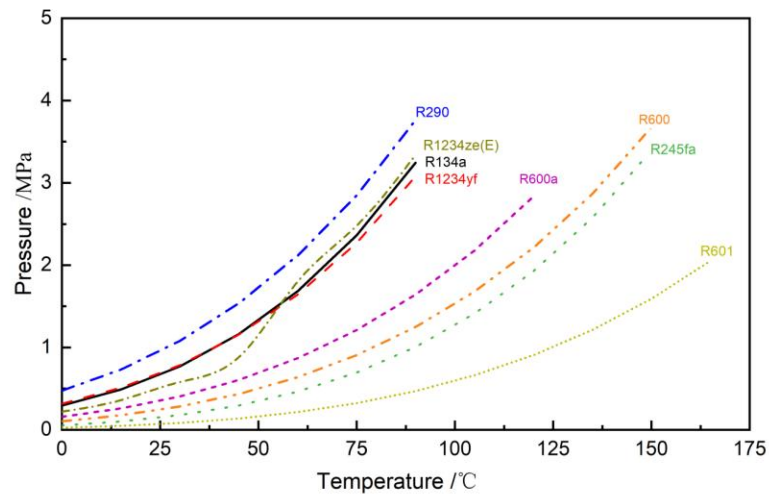
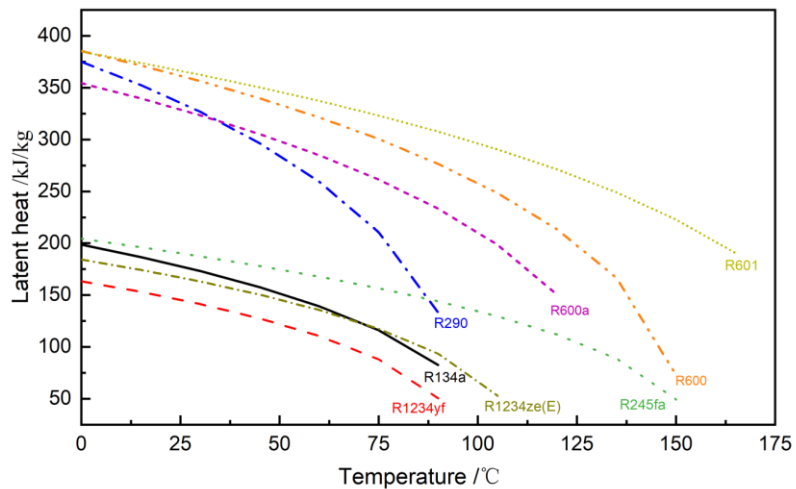




# 常用热泵工质对比

Comparison of commonly used working fluids in heat pumps

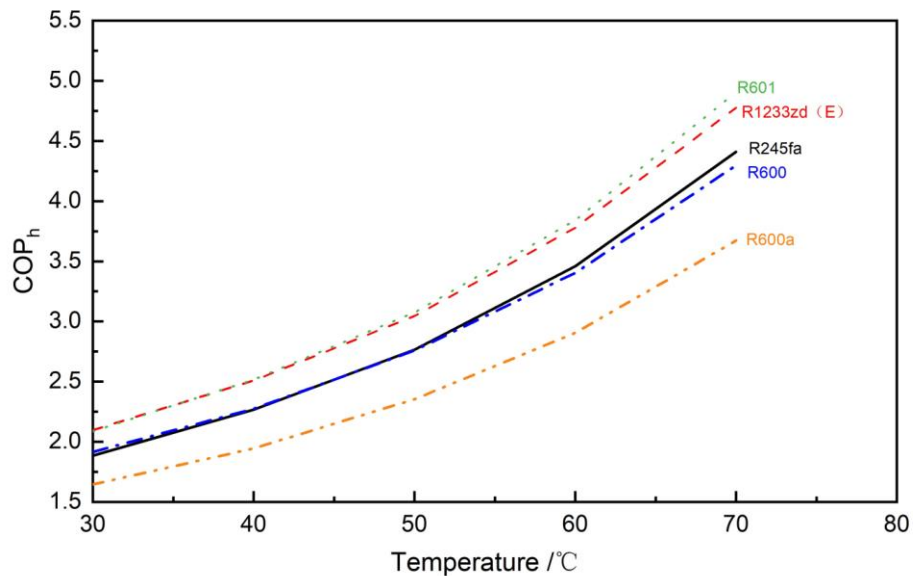
雪人集团  
SNOWMAN GROUP





## 常用热泵工质对比

Comparison of commonly used working fluids in heat pumps



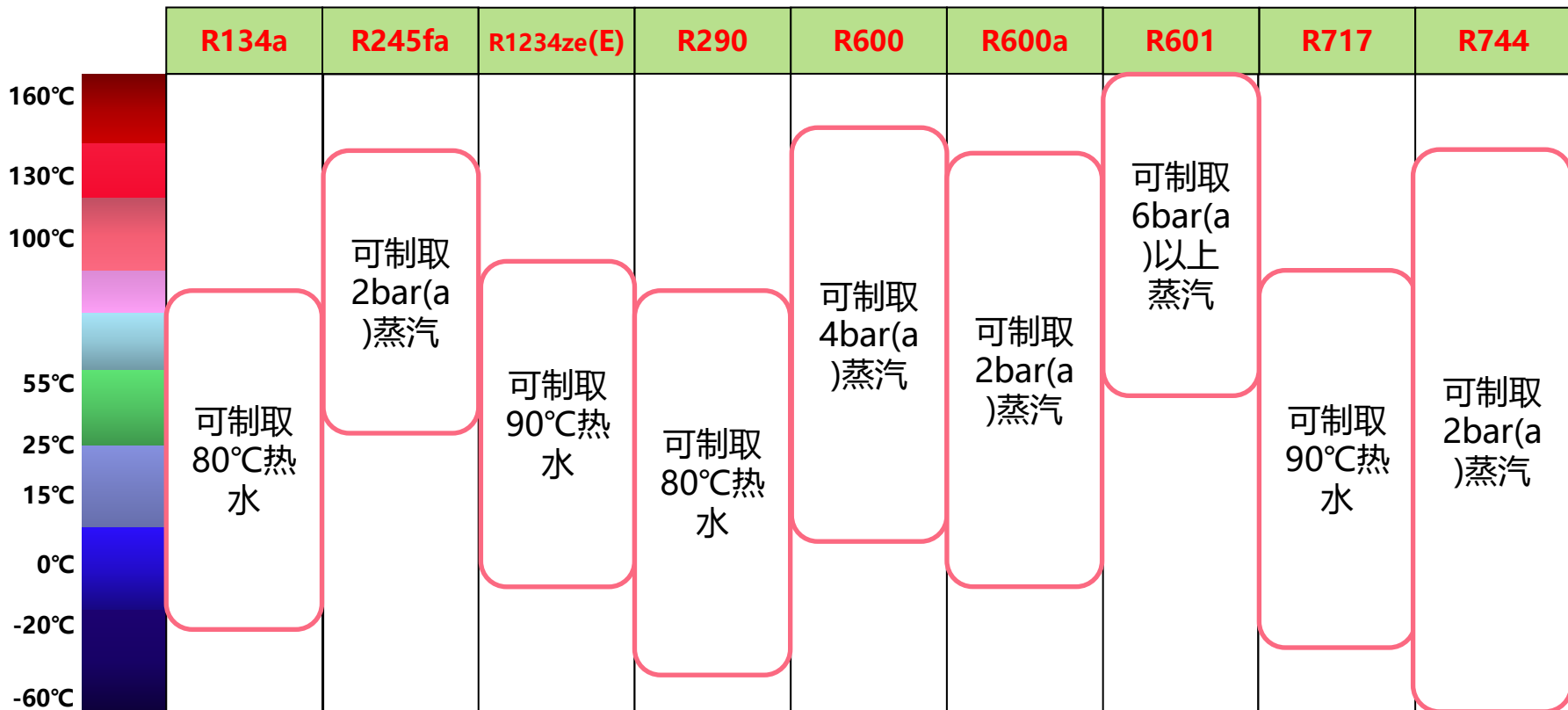
■ 工况：蒸发温度30~70℃，冷凝温度120℃



## 不同工质可适应温区

Different working media can adapt to different temperature zones

雪人集团  
SNOWMAN GROUP





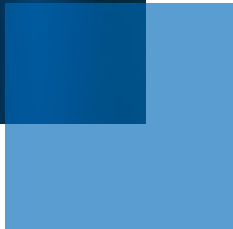
# 碳氢工质的现状和挑战

The current situation and challenges of hydrocarbon working fluids





## 02 近年来的工作

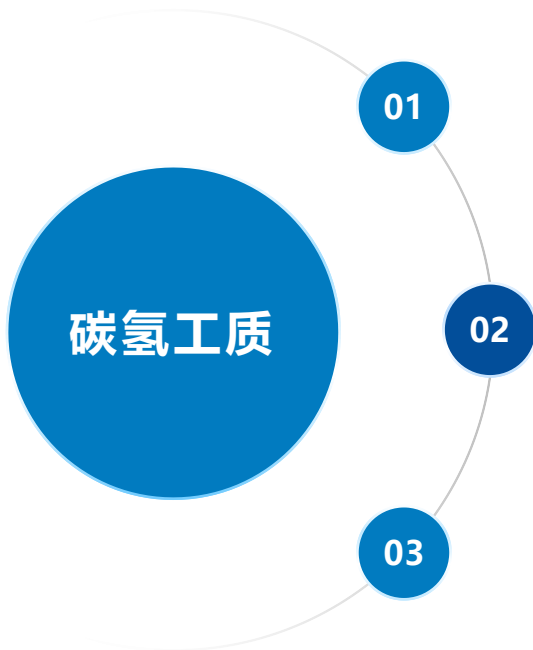




# 碳氢工质应用的难点

The difficulties in the application of hydrocarbon working fluids

雪人集团  
SNOWMAN GROUP



## 01 系统的兼容性

- 压缩机
- 换热器
- 润滑油
- 密封材料

## 02 安全问题

- 可燃性
- 储存和运输

## 03 国内政策和法规

- 行业标准不完善
- 缺乏检测方法和安全评估标准



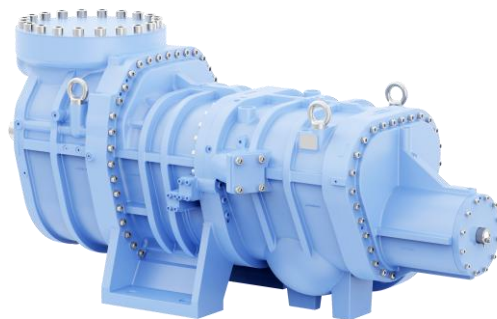


## 采用适合的压缩机-亚临界工况

Adopt suitable compressors - subcritical conditions

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

- 型线：SRM “i” 型线技术，齿数比5+7。
- 可靠性：设计压力2.8MPa，全系列通过防爆和CE认证。
- 结构紧凑：更小的压缩机尺寸。
- 效率保证：微米级加工精度转子，高精度、高耐磨轴承。
- 高强度壳体。
- 设计新颖：能量调节机构，油缸防爆结构。
- 维护方便：安装简单，故障率低。
- 应用广泛：多系列，多机型，满足各种碳氢工质的不同需求。

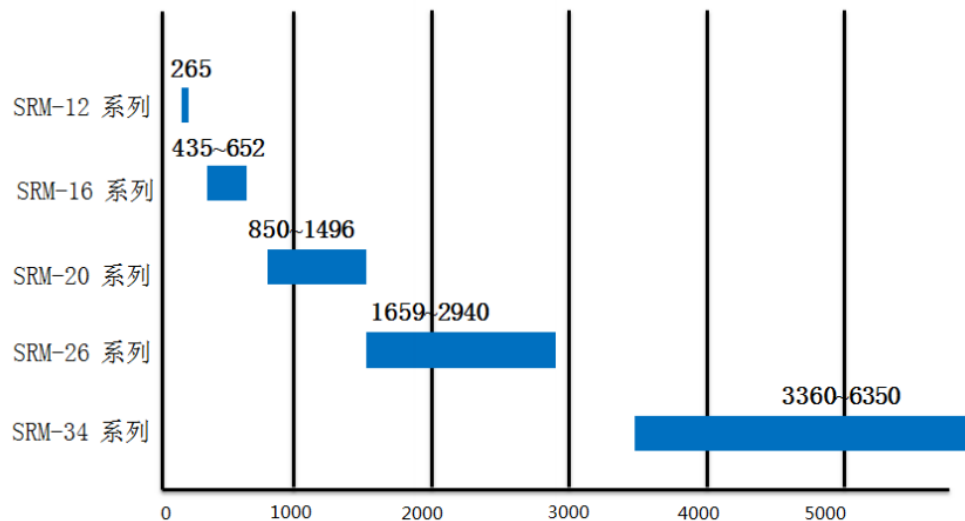




# SRM压缩机系列型号

SRM compressor series models

雪人集团  
SNOWMAN GROUP





## 采用适合的压缩机-超临界工况

Adopt suitable compressors - supercritical working conditions

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

- 型线：SRM “i” 型线技术，齿数比6+8。
- 可靠性：设计压力6.3MPa。
- 结构紧凑：更小的压缩机尺寸。
- 效率保证：微米级加工精度转子，高精度、高耐磨轴承，
- 高强度壳体。
- 设计新颖：能量调节机构，油缸防爆结构。
- 维护方便：安装简单，故障率低。
- 应用广泛：多系列，多机型，满足各种碳氢工质的不同需求。

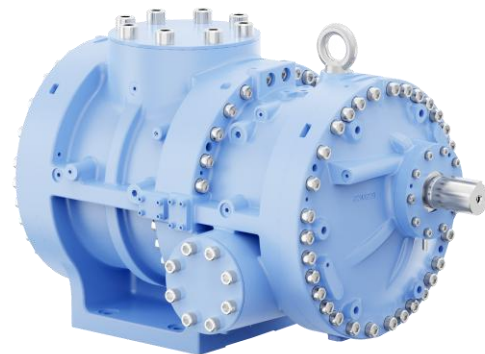
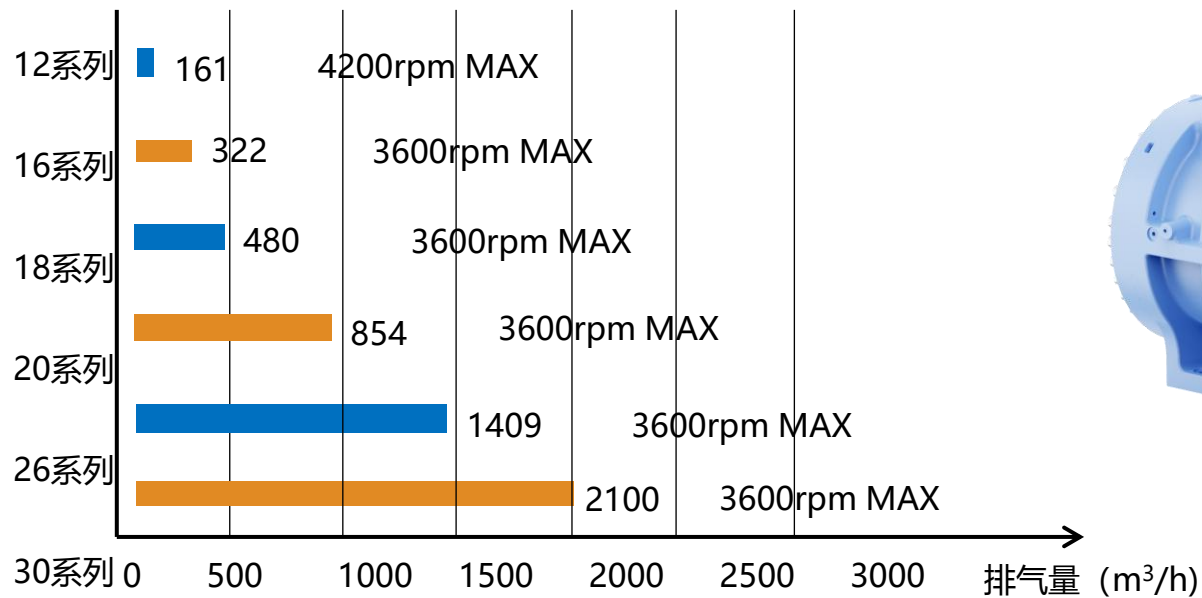




# SRH压缩机系列型号

SRH compressor series models

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

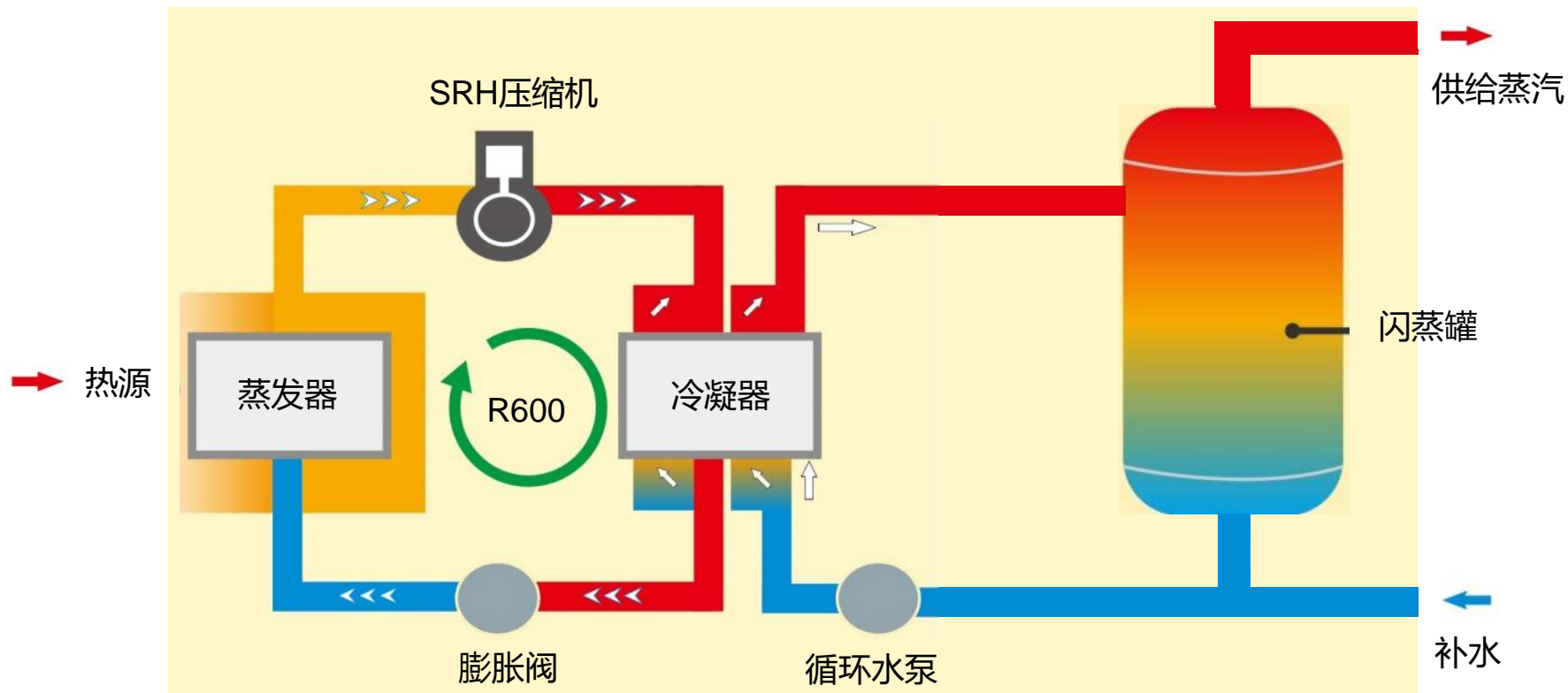




# 系统流程

System process

雪人集团  
SNOWMAN GROUP





# 系统匹配

System matching

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

01

## 采用高效换热器

- 提高传热系数
- 降低制冷剂充注量

02

## 优化管道设计

- 降低系统压降
- 合理的系统导流
- 制冷剂分配系统

03

## 安全防护措施

- 密封材料
- 泄漏检测与报警系统
- 防火防爆措施
- 通风系统





# 润滑油与碳氢系统的兼容性

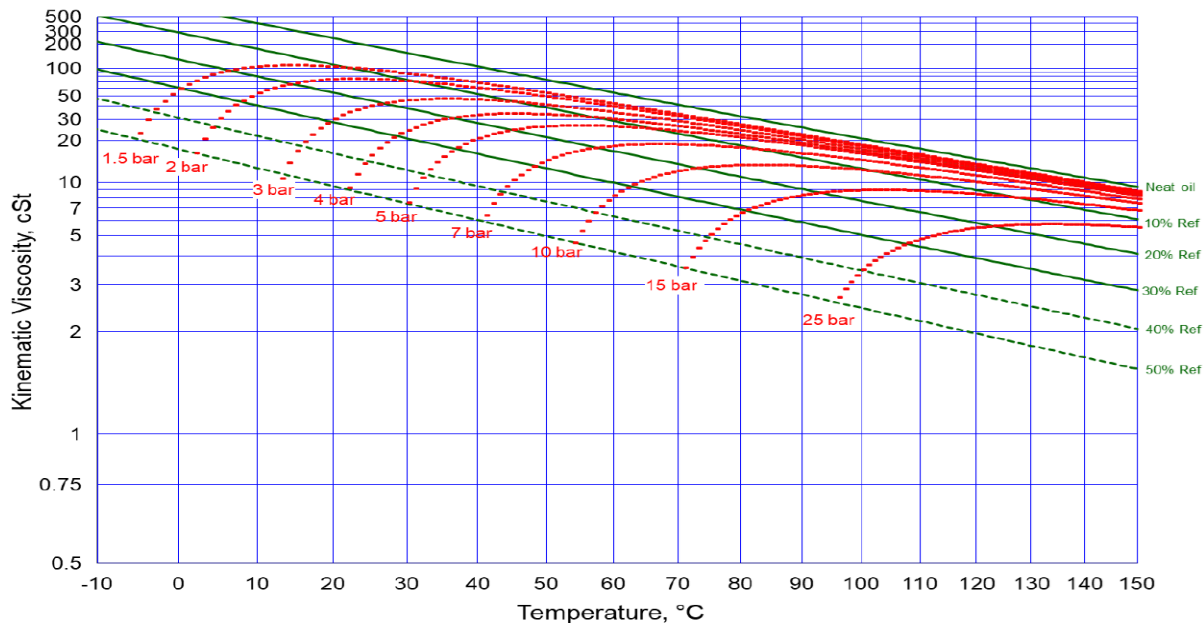
The compatibility of lubricating oil with hydrocarbon systems

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

## 大多数润滑油与碳氢介质互溶性极强——对润滑油的选择提出了更高的要求

- 通常温度越低，或压力越高，制冷剂溶解于油的质量百分比越大，制冷剂对油的稀释越严重。

润滑油粘温曲线

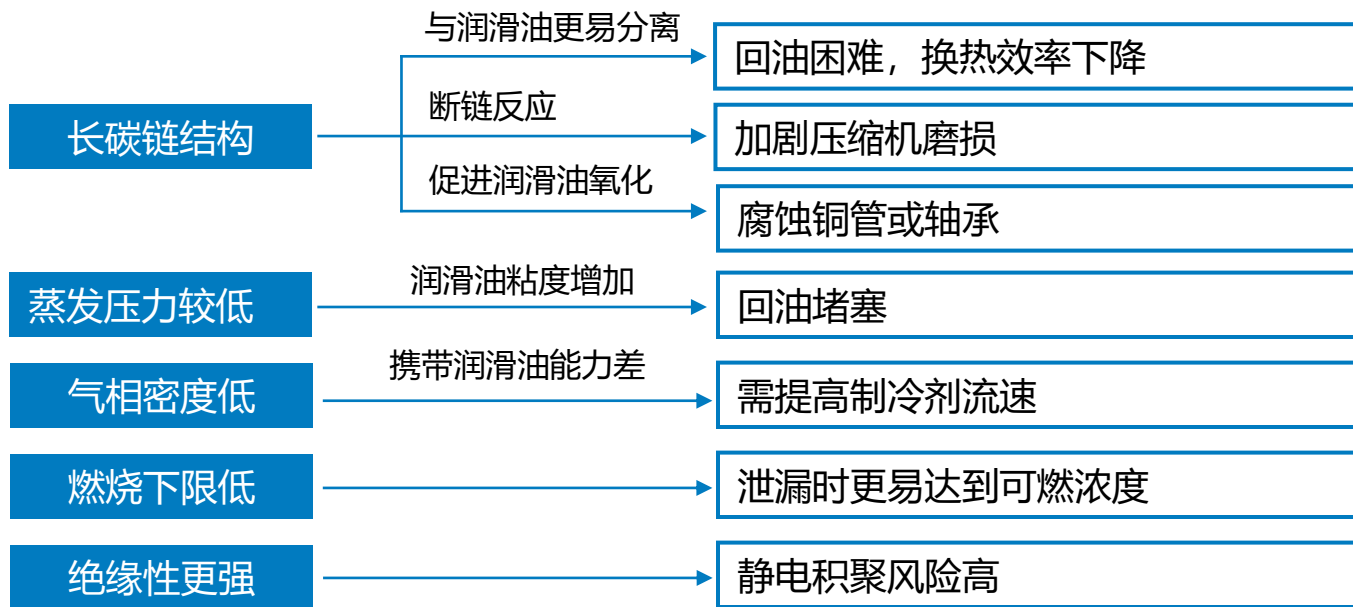




# 润滑油与碳氢系统的兼容性

The compatibility of lubricating oil with hydrocarbon systems

润滑油与C4碳氢工质的兼容性相较于常规C2、C3碳氢工质存在一些挑战。





## 碳氢系统安全性

Safety of hydrocarbon systems

- 泄漏检测 机房内设置碳氢气体探测器，浓度升高会触发报警或停机；
- 通风系统 碳氢工质浓度上升时自动通风，防止积聚到可燃浓度；
- 设置防护区域 根据相关标准和规范，确定防护区域；
- 低充注量 采用板片式换热器，机组紧凑型设计；
- 选用合适的材料 系统内材料需满足长期接触碳氢工质时不会发生腐蚀、老化等问题；
- 设置安全保护装置 安全阀、温度及压力保护装置；
- 智能监控系统 实时监控热泵系统的运行状态；
- 应用验证 碳氢热泵在欧洲成熟运用于生产高温热水、蒸汽。

### 机房碳氢工质浓度报警

报警设定	30 ppm
事故风机启动设定	100 ppm
停热泵机组设定	700 ppm
机房强切电源设定	5000 ppm



# 03 碳氢工质的应用



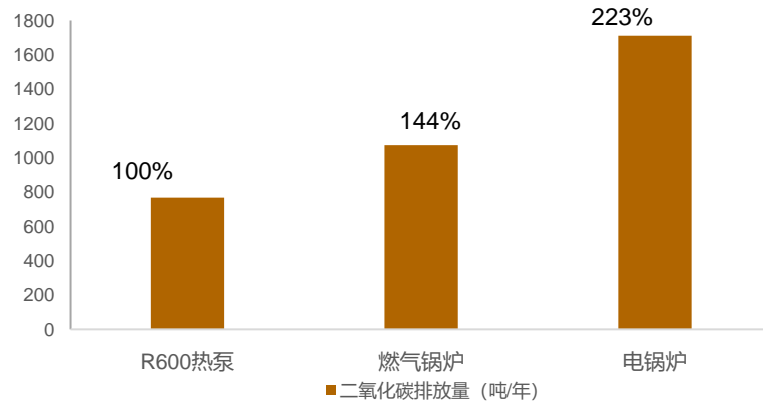
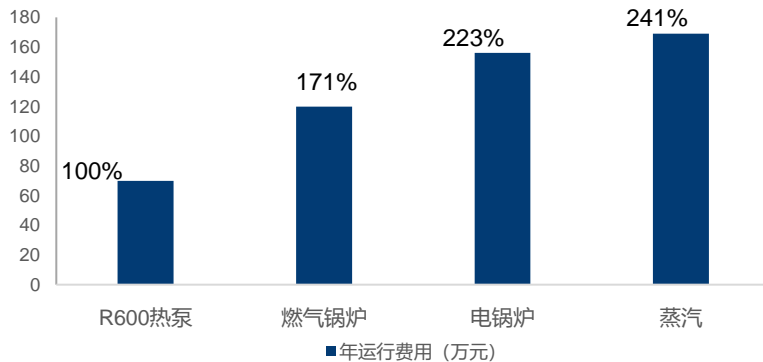
## 应用案例

Application case

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

### 以欧洲某化工厂项目为例

- 蒸汽量: 1.5 t/h
- 制冷剂: R600
- 蒸汽温度: 115°C
- 蒸汽压力: 0.12MPa





# 应用案例

Application field

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

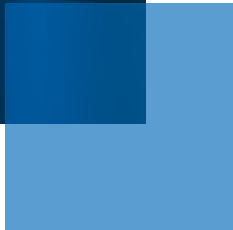
产业	加工过程	温度℃
石油	原油运输	70-90
医药	药液提取	80-100
电池	锂离子提取	80-100
汽车	树脂塑形	70-130
机械工程	表面处理	20-120
	清洗	40-90
造纸	干燥	60-80
	锅炉给水	60-90
纺织	漂白、染色	60-90
	染色	70-90
	压榨	80-100
食品	巴氏消毒	60-80
	煮食	60-90
	漂白	60-90
金属	干燥	60-200
	酸洗	20-100
	表面处理	20-100





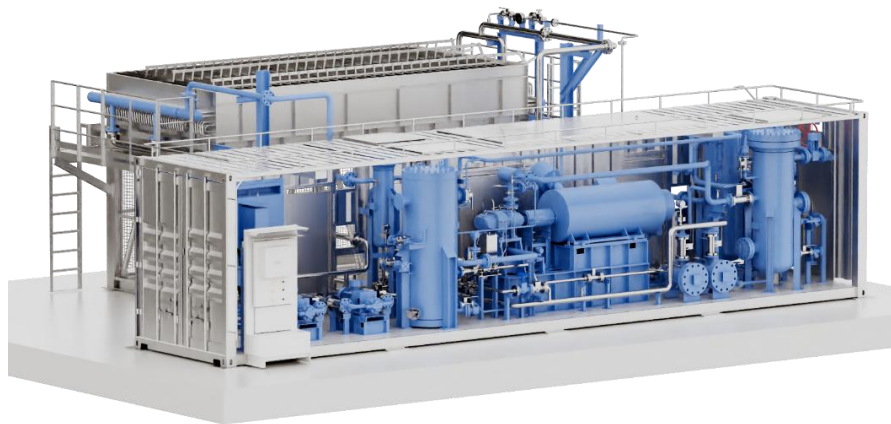


# 04 未来展望





- 单一的碳氢工质适用的条件有限
- 不同种类碳氢工质的组合早有先例
- 如何发挥碳氢工质的优势（尤其是超临界状态）值得思考





# 标准规范

Standard specification



## A3类工质：可燃易爆

### ■ 《家用和类似用途电器的安全 热泵、空调器和除湿机的特殊要求》GB 4706.32-2012

#### GG.1 通风区域的制冷剂的充注限值

使用可燃制冷剂时，器具的通风以及安装空间的要求，根据该器具制冷剂充注量(M)、器具的安装场所和该场所或器具的通风类型确定，见表 GG.1。

GG.1.1 所用制冷剂充注量和  $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$  的关系如下定义：

$$m_1 = (4 \text{ m}^3) \times \text{LFL}$$

$$m_2 = (26 \text{ m}^3) \times \text{LFL}$$

$$m_3 = (130 \text{ m}^3) \times \text{LFL}$$

式中 LFL 为所用制冷剂在附录 BB 中的最低可燃浓度(单位:kg/m<sup>3</sup>)

GG.1.2 确定室内或室外器具所属的表格列。在适当的方框内规定了产品和安装要求。

注1：在公式中的因子(4,26,130)，是逐渐增加的冷媒填充量和容许通风的种类或在冷媒释放并混合到空气中时，使房间免于达到最低可燃浓度的要求。此公式的应用是基于冷媒重或轻于空气的非均匀混合状态下的。

注2：确定混合制冷剂的最低可燃浓度的方法可以参考 ASHRAE 34 [ISO 817]。在附录 BB 中未提及的制冷剂最低可燃浓度可查阅 ASHRAE 34 [ISO 817]。

表 GG.1 制冷剂的质量

制冷剂最大质量	室外所有安装	室内高于或低于地水准平面的安装或贮存
$M \leq m_1$	符合 22.116 和 22.117 中的要求	符合 22.116 和 22.117 中的要求
$m_1 < M \leq m_2$	符合 22.116 和 22.117 中的要求	符合 22.116 和 22.117 中的要求 不通风或采用机械通风的安装应符合 GG.2 或 GG.3 中的要求
$m_2 < M \leq m_3$	符合 22.116 和 22.117 中的要求	符合 22.116 和 22.117 中的要求 采用机械通风的安装应符合 GG.3 中的要求
$M > m_3$	符合国家标准	符合国家标准

### ■ 《冷库设计规范标准》GB 50072-2021

#### 6.3.3 制冷剂的选择应符合下列规定：

- 1 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；
- 2 商用冷库不应采用氨；
- 3 大、中型冷库和大、中型制冷系统不宜采用卤代烃及其混合物在冷间内直接蒸发制冷。

### ■ 建筑设计防火规范 GB50016-2014（2018年版）

5.4.12 燃油或燃气锅炉、油浸变压器、充有可燃油的高压电容器和多油开关等，宜设置在建筑外的专用房间内；确需贴邻民用建筑布置时，应采用防火墙与所贴邻的建筑分隔，且不应贴邻人员密集场所，该专用房间的耐火等级不应低于二级；确需布置在民用建筑内时，不应布置在人员密集场所的上一层、下一层或贴邻，并应符合下列规定：

### ■ 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范 GB50736-2012

#### 8.10.3 氨制冷机房设计应符合下列规定：

- 1 氨制冷机房单独设置且远离建筑群；
- 2 机房内严禁采用明火供暖；
- 3 机房应有良好的通风条件，同时应设置事故排风装置，换气次数每小时不少于



标准规范

Standard specification

雪人集团  
SNOWMAN GROUP

碳氢工质属于**危险化学品**，储存运输均符合《危险化学品安全管理条例》企业需额外申请资质，增加合规成本。

## 危险化学品安全管理条例

(2002年1月26日中华人民共和国国务院令第344号公布 2011年2月16日国务院第144次常务会议修订通过)

### 第一章 总 则

**第一条** 为了加强危险化学品的安全管理，预防和减少危险化学品事故，保障人民群众生命财产安全，保护环境，制定本条例。

**第二条** 危险化学品生产、储存、使用、经营和运输的安全管理，适用本条例。  
废弃危险化学品的处置，依照有关环境保护的法律、行政法规和国家有关规定执行。

**第三条** 本条例所称危险化学品，是指具有毒害、腐蚀、爆炸、燃烧、助燃等性质，对人体、设施、环境具有危害的剧毒化学品和其他化学品。

危险化学品目录，由国务院安全生产监督管理部门会同国务院工业和信息化、公

■ 除安全法规严格、应用标准不完善外，市场接受度低和供应链不完善也限制了碳氢工质在国内的应用。



# 市场认可

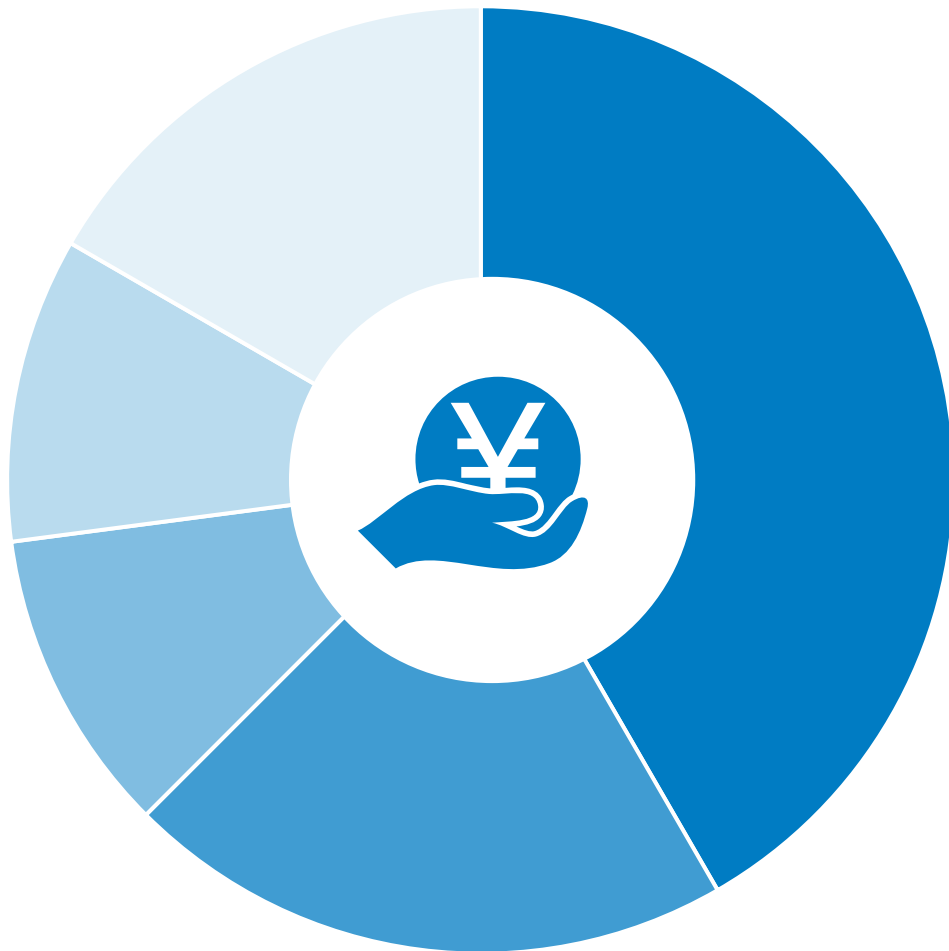
Market recognition

■ 传统观念

■ 安全保障

■ 可靠应用

雪人集团  
SNOWMAN GROUP





- 大势所趋
- 控制最优
- 性能最大
- 安全可控



- 碳氢工质虽属于危险化学品，但跟氨一样，只要使用得当也可“碳亦可安”；
- 希望行业、政府一起配合，针对碳氢工质的使用制定相关的标准和规范；
- 希望通过大家的努力，让市场和客户认可碳氢工质的优势和可控；



# 感谢您的聆听!

真诚期待与您的合作!



官方微信平台



福建省福州市闽江口工业区洞江西路



[www.snowman.cn](http://www.snowman.cn)



+86 (591) 2870 1111