



多种制冷剂与CO₂复叠的系统性能分析

报告人：谢鹏

2018/04/10

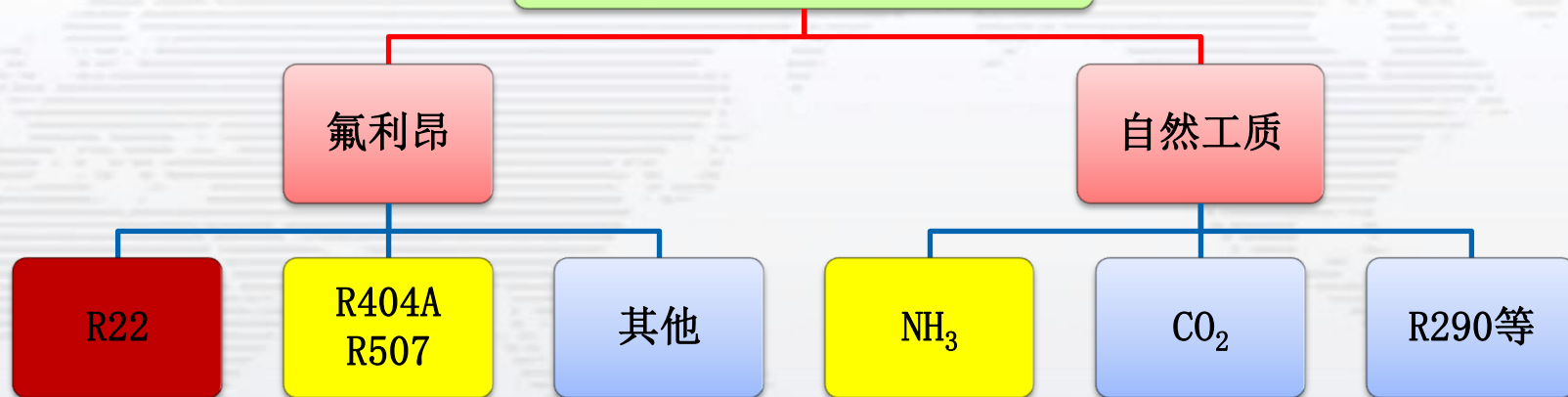
北京



第一篇 制冷剂的百家争鸣



冷冻冷藏用制冷剂



注:

R22: ODP > 0, 淘汰中;

R404A: 高GWP, 计划淘汰中;

NH₃: 安全等级B2, 应用较复杂;

CO₂: 运行压力较高, 在大型冷冻冷藏应用中需要复叠运行。



| 工质大类 | 工质类型 | 标准冷媒名 | 内部名 | ODP | GWP | 安全等级 |
|---------------------------|--------|-------------|--------------------------------|------|------|------|
| 中压工质 (R22/R404A/R407C) | 现用工质 | R22 | — | 0.05 | 1810 | A1 |
| | | R404A | — | 0 | 3922 | A1 |
| | 低GWP工质 | R454C | Opteon® XL20 | 0 | 148 | A2L |
| | | R444B | Solstice® L20 | 0 | 295 | A2L |
| | | R455A | Solstice® L40X | 0 | 146 | A2L |
| 中压工质 (R134a) | 现用工质 | R134a | — | 0 | 1430 | A1 |
| | 低GWP工质 | R513A | Opteon® XP10 | 0 | 631 | A1 |
| | | R450A | Solstice® N13 | 0 | 547 | A1 |
| | | R515A | Solstice® N13AZ | 0 | 403 | A1 |
| | | R1234yf | — | 0 | 1 | A2L |
| 高压工质 (R410A) | 现用工质 | R410A | — | 0 | 1890 | A1 |
| | 低GWP工质 | R32 | — | 0 | 675 | A2L |
| | | R447B | Solstice® L41z | 0 | 715 | A2L |
| | | R452B | Solstice® L41y Opteon® XL55 | 0 | 698 | A2L |
| | 低GWP工质 | R1234ze (E) | — | 0 | 1 | A2L |
| 低压工质 (R123) | 现用工质 | R123 | — | 0.01 | 77 | B1 |
| | 低GWP工质 | R1233zd | Solstice® zd | 0 | 1 | A1 |
| | | R514A | Opteon® XP30 | 0 | 2 | B1 |

汉钟精机制冷压缩机产品型谱

冷冻冷藏

LT-S

LB

RG

RC2-Z

空气调节

RC2-A/B

RC2-AVI

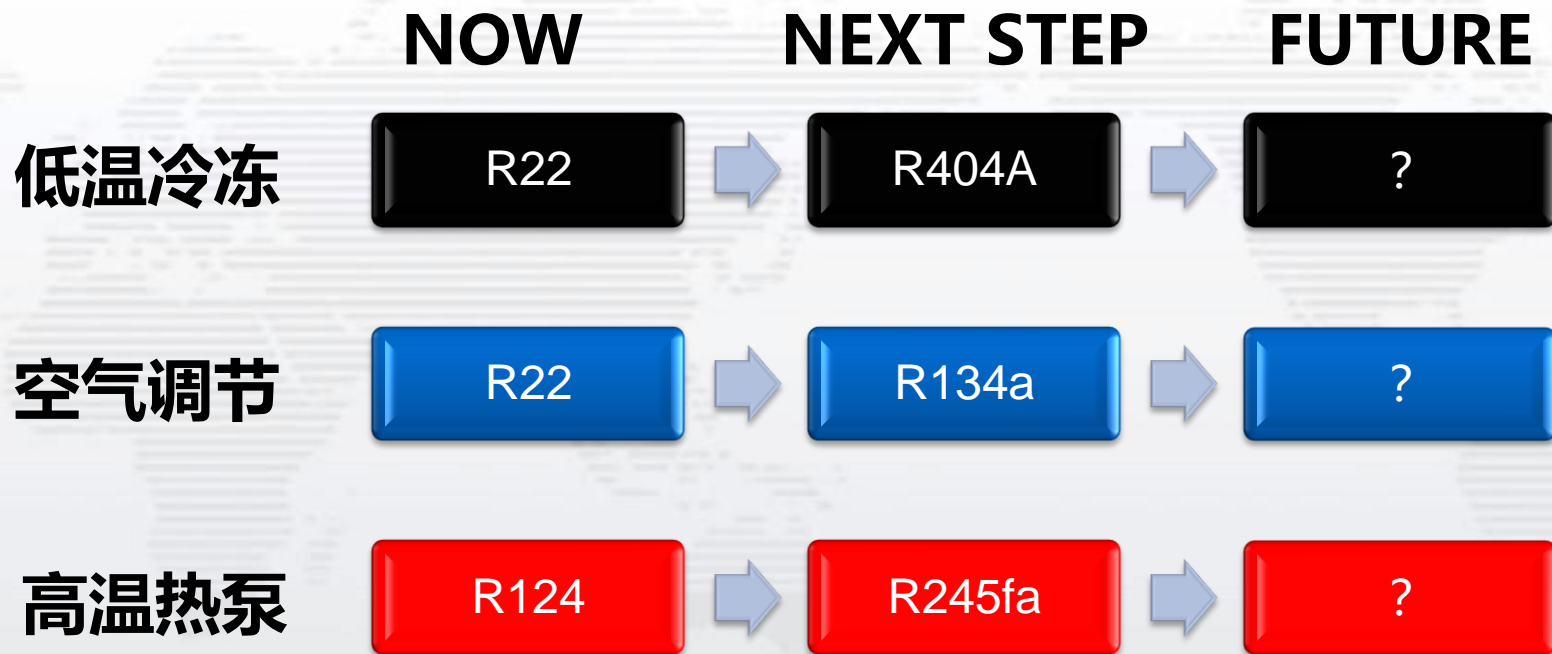
RE

RT/
RTM

高温热泵

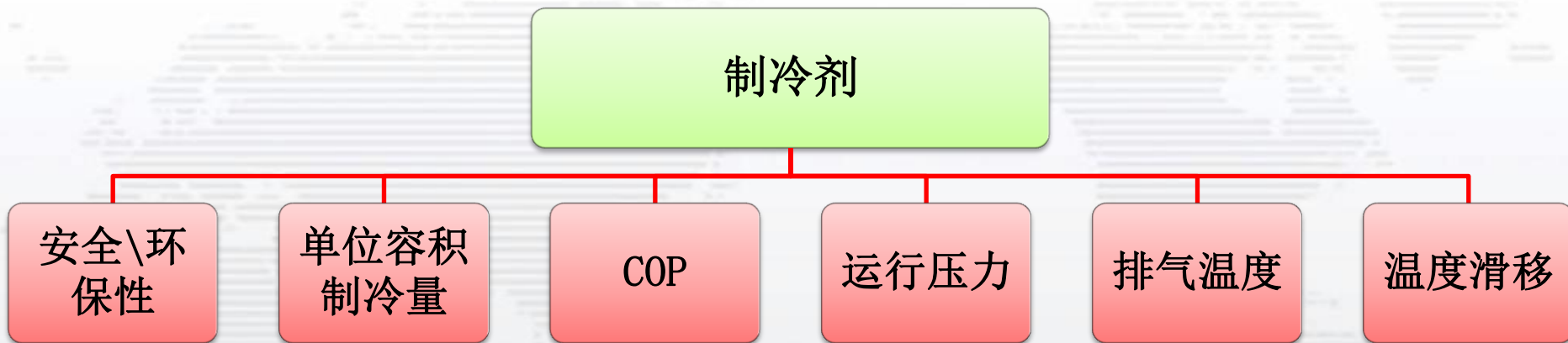
RC2-G/T

LT-S-H





第二篇 多种制冷剂与CO₂复叠的系统分析



对比制冷剂:

R717\R134a\R513A\R404A\R448A\R455A\R447B\R452B\R32\R290与CO₂复叠



安全与环保

| | | | |
|--------|------|-----|-----|
| 可燃性增加↑ | 高燃烧性 | A3 | B3 |
| | 低燃烧性 | A2 | B2 |
| | 无燃烧性 | A1 | B1 |
| | | 低毒性 | 高毒性 |

毒性增加→

| Ref. | Component | ODP | GWP | Safety Class |
|-------|--------------------------------|-----|------|--------------|
| R134a | R134a | 0 | 1430 | A1 |
| R404A | R125/R134a/R143a | 0 | 3922 | A1 |
| R513A | R1234yf:R134a | 0 | 631 | A1 |
| R448A | R32:R125:R134a:R1234ze:R1234yf | 0 | 1273 | A1 |
| R455A | R32:R1234yf:CO2 | 0 | 146 | A2L |
| R447B | R32:R1234ze:R125 | 0 | 715 | A2L |
| R452B | R32:R1234yf:R125 | 0 | 698 | A2L |
| R32 | R32 | 0 | 675 | A2L |
| NH3 | NH3 | 0 | 0 | B2 |
| R290 | R290 | 0 | 3 | A3 |
| CO2 | CO2 | 0 | 1 | A1 |



单位容积制冷量

| Ref. | SST/SDT: -45/35 | | SST/SDT: -28/35 | |
|-----------|-----------------|------|-----------------|------|
| | 高温级 | 低温级 | 高温级 | 低温级 |
| NH3/C02 | 100% | 100% | 100% | 100% |
| R134a/C02 | 167% | 100% | 158% | 100% |
| R513A/C02 | 168% | 98% | 159% | 97% |
| R404A/C02 | 110% | 93% | 107% | 92% |
| R448A/C02 | 109% | 95% | 107% | 94% |
| R455A+C02 | 115% | 95% | 115% | 94% |
| R447B/C02 | 88% | 95% | 88% | 94% |
| R452B+C02 | 86% | 95% | 86% | 94% |
| R32/C02 | 77% | 95% | 78% | 94% |
| R290/C02 | 131% | 94% | 132% | 93% |

注：以上分析已考虑容积效率， 过热度取10K，过冷度取5K；基于露点温度计算，未加经济器



COP

| Ref. | SST/SDT : -45/35 | | | SST/SDT : -28/35 | | |
|-----------|------------------|------|------|------------------|------|------|
| | 高温级 | 低温级 | 总COP | 高温级 | 低温级 | 总COP |
| NH3/CO2 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| R134a/CO2 | 103% | 100% | 101% | 109% | 100% | 104% |
| R513A/CO2 | 98% | 103% | 101% | 104% | 104% | 104% |
| R404A/CO2 | 84% | 110% | 96% | 86% | 112% | 100% |
| R448A/CO2 | 90% | 107% | 98% | 92% | 108% | 101% |
| R455A+CO2 | 94% | 105% | 99% | 94% | 108% | 102% |
| R447B/CO2 | 88% | 107% | 97% | 85% | 108% | 97% |
| R452B+CO2 | 88% | 107% | 97% | 85% | 108% | 97% |
| R32/CO2 | 86% | 107% | 96% | 83% | 108% | 96% |
| R290/CO2 | 90% | 110% | 99% | 91% | 112% | 103% |

注：以上分析已考虑等熵效率， 过热度取10K， 过冷度取5K；基于露点温度计算，未加经济器



运行压力

| Ref. | 饱和压力(Bar) | | | | |
|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| | -45℃ | -15℃ | -5℃ | 5℃ | 35℃ |
| NH3 | — | 2.36 | 3.55 | 5.16 | 13.51 |
| R134a | — | 1.64 | 2.43 | 3.50 | 8.87 |
| R513A | — | 1.84 | 2.69 | 3.81 | 9.32 |
| R404A | — | 3.61 | 5.10 | 7.02 | 16.05 |
| R448A | — | 3.03 | 4.37 | 6.13 | 14.73 |
| R455A | — | 2.81 | 4.04 | 5.65 | 13.51 |
| R447B | — | 3.92 | 5.61 | 7.82 | 18.42 |
| R452B | — | 4.38 | 6.20 | 8.54 | 19.66 |
| R32 | — | 4.88 | 6.91 | 9.51 | 21.90 |
| R290 | — | 2.92 | 4.06 | 5.51 | 12.18 |
| CO2 | 8.32 | 22.91 | 30.46 | 39.69 | — |

注：以上压力基于露点温度计算



排气温度

| Ref. | SST/SDT : -45/35 | | SST/SDT : -28/35 | |
|-----------|------------------|------|------------------|------|
| | 高温级 | 低温级 | 高温级 | 低温级 |
| NH3/CO2 | 100% | 100% | 100% | 100% |
| R134a/CO2 | 43% | 100% | 48% | 100% |
| R513A/CO2 | 38% | 97% | 44% | 97% |
| R404A/CO2 | 41% | 91% | 48% | 90% |
| R448A/CO2 | 49% | 94% | 54% | 94% |
| R455A+CO2 | 46% | 96% | 52% | 94% |
| R447B/CO2 | 63% | 94% | 69% | 94% |
| R452B+CO2 | 61% | 94% | 66% | 94% |
| R32/CO2 | 73% | 94% | 78% | 94% |
| R290/CO2 | 44% | 91% | 50% | 90% |

注：以上分析已考虑等熵效率， 过热度取10K，过冷度取5K；基于露点温度计算，未加经济器



温度滑移

| Ref. | 滑移温度(K) | | | | |
|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
| | -45 | -15 | -5 | 5 | 35 |
| NH3 | — | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| R134a | — | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| R513A | — | 0.06 | 0.03 | 0.02 | 0.00 |
| R404A | — | 0.58 | 0.54 | 0.49 | 0.36 |
| R448A | — | 5.55 | 5.44 | 5.30 | 4.68 |
| R455A | — | 12.37 | 12.11 | 11.79 | 10.30 |
| R447B | — | 3.68 | 3.61 | 3.54 | 3.21 |
| R452B | — | 1.25 | 1.31 | 1.36 | 1.38 |
| R32 | — | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| R290 | — | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CO2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | — |



小结

●：好； ○：一般； ×：差

| Ref. | 安全环保 | 单位容积制冷量 | COP | 运行压力 | 排气温度 | 温度滑移 |
|-------------|------|---------|-----|------|------|------|
| NH3 & CO2 | ○ | ○ | ● | ● | ○ | ● |
| R134a & CO2 | × | × | ● | ● | ● | ● |
| R513A & CO2 | ● | × | ● | ● | ● | ● |
| R404A & CO2 | × | ○ | ● | ○ | ● | ○ |
| R448A & CO2 | × | ○ | ● | ● | ● | × |
| R455A & CO2 | ○ | ○ | ● | ● | ● | × |
| R447B & CO2 | ○ | ● | ● | ○ | ● | × |
| R452B & CO2 | ○ | ● | ● | ○ | ● | ○ |
| R32 & CO2 | ○ | ● | ● | ○ | ● | ● |
| R290 & CO2 | ○ | ○ | ● | ● | ● | ● |



第三章 汉钟精机CO₂应用方案



RH系列压缩机



五大设计特点

半封闭结构

设计压力: 6.3 MPa

分段容调设计

吸气电机冷却设计

内建止回机构



CO₂复叠应用方案

| 制冷剂 | R32 & CO ₂ | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------|------------------|--------|
| 运行工况 | SST/SDT : -45/35 | | SST/SDT : -28/35 | |
| | 高温级 | 低温机 | 高温级 | 低温机 |
| 制冷量 kW | 160 | | 230 | |
| 排气量 m ³ /h | 228.92 | 148.74 | 222.82 | 145.43 |
| 压缩机型号 | RC2-230 | RH150 | RC2-230 | RH150 |
| 运行功率 kW | 67.65 | 61.11 | 71.05 | 69.06 |
| 总 COP | 1.24 | | 1.64 | |

| 制冷剂 | R717 & CO ₂ | | | |
|-----------------------|------------------------|--------|------------------|--------|
| 运行工况 | SST/SDT : -45/35 | | SST/SDT : -28/35 | |
| | 高温级 | 低温机 | 高温级 | 低温机 |
| 制冷量 kW | 160 | | 230 | |
| 排气量 m ³ /h | 295.39 | 156.82 | 285.97 | 154.54 |
| 压缩机型号 | RG-300 | RH150 | RG-300 | RH150 |
| 运行功率 kW | 58.30 | 65.11 | 60.26 | 74.49 |
| 总 COP | 1.30 | | 1.71 | |



汉钟精机CO2复叠应用整体规划

| 制冷剂 | R32 & CO2 | | | | | | | |
|----------|------------------|---------|---------|----------|------------------|---------|---------|----------|
| 运行工况 | SST/SDT : -45/35 | | | | SST/SDT : -28/35 | | | |
| 制冷量 kW | 160 | 320 | 585 | 900 | 230 | 460 | 840 | 1290 |
| 高温级压缩机机型 | RC2-230 | RC2-470 | RC2-830 | RC2-1270 | RC2-230 | RC2-470 | RC2-830 | RC2-1270 |
| 低温机压缩机机型 | RH150 | RH300 | RH550 | RH850 | RH150 | RH300 | RH550 | RH850 |

| 制冷剂 | R717 & CO2 | | | | | | | |
|----------|------------------|--------|---------|---------|------------------|--------|---------|---------|
| 运行工况 | SST/SDT : -45/35 | | | | SST/SDT : -28/35 | | | |
| 制冷量 kW | 160 | 320 | 585 | 900 | 230 | 460 | 840 | 1290 |
| 高温级压缩机机型 | RG-300 | RG-620 | RG-1150 | RG-1800 | RG-300 | RG-620 | RG-1150 | RG-1800 |
| 低温机压缩机机型 | RH150 | RH300 | RH550 | RH850 | RH150 | RH300 | RH550 | RH850 |



谢 谢

Thanks