

制冷剂R448A 在冷库行业 推广应用可行性

研究报告

制冷剂 R448A 在冷库行业 推广应用可行性

研 究 报 告

委托方：霍尼韦尔（中国）有限公司

受托方：华商国际工程有限公司

（原国内贸易工程设计研究院）

2021年3月

01150181745

目录

第 1 章 研究背景及意义	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究意义	1
第 2 章 编制依据	1
2.1 标准规范	1
2.2 其他资料	1
第 3 章 压缩机、制冷管路理论计算及对比分析	2
3.1 概况	2
3.2 计算说明	2
3.3 计算结果汇总	3
3.3.1 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器	3
3.3.2 半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器	7
3.3.3 半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器	11
3.3.4 半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器	15
3.4 对比分析	19
3.4.1 R448A 与 R404A 压缩机 COP 对比	19
3.4.2 R448A 与 R404A 蒸发器容量对比	23
3.4.3 R448A 与 R404A 冷凝器容量对比	23
3.4.4 R448A 与 R404A 单位制冷量对比	24
3.4.5 R448A 与 R404A 制冷管路对比	25
3.4.6 R448A 与 R404A 压缩机排气温度对比	25
3.4.7 R448A 与 R404A 蒸发、冷凝压力对比	26
3.5 本章小结	26

第 4 章 冷库制冷系统理论计算及对比分析	27
4.1 概况	27
4.2 计算说明	27
4.3 计算示例	27
4.3.1 示例一：小型冷却物冷藏库	27
4.3.2 示例二：大型冻结物冷藏库	30
4.4 计算结果汇总	30
4.4.1 北京地区单层装配库	30
4.4.2 广州地区单层装配库	33
4.4.3 兰州地区单层装配库	35
4.5 对比分析	36
4.5.1 R448A 与 R404A 主要制冷设备耗电量对比	36
4.5.2 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比	37
4.5.3 R448A 替代 R404A 冷库改造对比分析	40
4.6 本章小结	48
第 5 章 R448A 在冷库领域应用可行性分析及结论	49
5.1 R448A 在冷库行业推广应用的社会评价分析	49
5.2 R448A 在冷库行业推广应用的经济效益分析	50
5.3 R448A 在冷库行业推广应用的社会风险分析	51
5.4 结论	51
第 6 章 R448A 应用案例	52

第 1 章

研究背景及意义

1.1 研究背景

目前在制冷行业常用的氟利昂类制冷剂有 R22、R404A、R507A、R134a 等。R22 作为第二代制冷剂已经列入削减名单，而第三代制冷剂 R404A 与 R507A 拥有零臭氧消耗潜值 (ODP)，但全球变暖潜值 (GWP) 很高。随着环保法规趋严，对于环境友好型制冷剂的需求愈加强烈。

新型制冷剂 R448A 是一种不可燃的高效节能的氢氟烯烃 (HFO) 非共沸混合制冷剂，可直接替代商超冷柜和冷链制冷中的 R22、R404A。R448A 的 ODP 值为 0，GWP 值为 1273，比 R404A 的 GWP 值 3943 低了 68%。在欧盟、美国、日本以及亚太地区的超市、便利店等行业 R448A 已被广泛应用于 2000 多套使用中温或低温设备的制冷系统中。但我国现有的、新建的商超制冷及冷冻冷藏行业使用的制冷剂仍以 R22、R404A、R507A 为主，因此，在我国冷冻冷藏行业迅猛发展的态势下，对现有及新建的冷库制冷系统使用新型制冷剂 R448A 的可行性进行探讨研究十分必要。本研究以单层装配库制冷系统为研究对象，将从不同地区、不同库容量、不同冷凝方式、

不同压缩机类型、不同库温类型五个角度分析应用 R448A 或 R404A 的压缩机性能系数、管径、系统能耗等方面进行理论计算及对比分析。

1.2 研究意义

国家层面：R448A 具有较低的 GWP 值，其在冷库行业的推广应用正是满足基加利修正案关于分阶段减排氢氟碳化合物 (HFC) 的要求，同时响应中国政府节能减排的倡议。

社会层面：R448A 在冷库行业推广应用，可降低冷库系统运行能耗，进一步缓解我国能源压力，助力经济稳定发展，促进民生进一步提高。

行业发展层面：R448A 在冷库行业推广应用在技术上易实现，降低行业成本，对冷冻冷藏行业的发展具有积极促进作用。

第 2 章

编制依据

2.1 标准规范

- (1) 《中国工商制冷行业 HCFC 淘汰管理计划》；
- (2) GB 50072-2010《冷库设计规范》；
- (3) GB/T 30103-2013《冷库热工性能试验方法》等国家标准；
- (4) SB/T 10794-2012《商用冷柜》等国家标准；
- (5) GB50019-2015《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》；
- (6) 《冷库制冷设计手册》商业部设计院编著，农业出版社，1991 年 10 月第 1 版。

2.2 其他资料

- (1) 霍尼韦尔公司提供的相关资料及查阅的文献资料等；
- (2) 比泽尔 (BITZER Software 6.7)、丹佛斯 (Coolselector2) 等设备选型软件；
- (3) 霍尼韦尔 Solstice® N40 vs. R404A Supermarket Retrofit Savings Calculator。

第 3 章

压缩机、制冷管路理论计算及对比分析

3.1 概况

本章主要应用 BITZER Software 6.7、Coolselector 2 制冷设备及管路计算选型软件对同一型号的压缩机在不同的冷却方式及不同的蒸发 / 冷凝温度下分别应用制冷剂 R448A 及 R404A 时, 对压缩机 COP、蒸发器容量、冷凝器容量、排气温度、冷凝压力、蒸发压力、单位制冷量、制冷管路(管径、温降、压降、流速)进行了理论计算和对比分析。

3.2 计算说明

为了更直观的对比 R448A 与 R404A 在单机头同一型号的压缩机在多种运行工况下的性能状况, 以及制冷管路等运行参数, 需对本章的理论计算作出以下说明:

- (1) 压缩机 (BITZER) 类型: 半封闭活塞压缩机、半封闭螺杆压缩机。
- (2) 冷却方式: 风冷冷凝器、蒸发式冷凝器。
- (3) 蒸发 / 冷凝温度: 定蒸发温度、变冷凝温度及定冷凝温度、变蒸发温度, 具体分为:
 - 1) 风冷冷凝器、冷却物冷藏库: $-8/40^{\circ}\text{C}$ 、 $-8/42^{\circ}\text{C}$ 、 $-8/44^{\circ}\text{C}$ 、 $-8/46^{\circ}\text{C}$ 、 $-8/48^{\circ}\text{C}$;
 - 2) 风冷冷凝器、冻结物冷藏库: $-28/40^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/42^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/44^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/46^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/48^{\circ}\text{C}$;

- 3) 风冷冷凝器: $-8/45^{\circ}\text{C}$ 、 $-10/45^{\circ}\text{C}$ 、 $-20/45^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/45^{\circ}\text{C}$ 、 $-35/45^{\circ}\text{C}$;
 - 4) 蒸发式冷凝器、冷却物冷藏库: $-8/30^{\circ}\text{C}$ 、 $-8/32^{\circ}\text{C}$ 、 $-8/34^{\circ}\text{C}$ 、 $-8/36^{\circ}\text{C}$ 、 $-8/38^{\circ}\text{C}$;
 - 5) 蒸发式冷凝器、冻结物冷藏库: $-28/30^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/32^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/34^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/36^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/38^{\circ}\text{C}$;
 - 6) 蒸发式冷凝器: $-8/35^{\circ}\text{C}$ 、 $-10/35^{\circ}\text{C}$ 、 $-20/35^{\circ}\text{C}$ 、 $-28/35^{\circ}\text{C}$ 、 $-35/35^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 制冷管路材质: 公称直径小于 50mm 的管道采用铜管 (DIN-EN); 公称直径大于 50mm 的管道采用钢管 (DIN-EN)。
- (5) BITZER Software 6.7 软件参数设置:
- 1) 参考温度: 平均温度;
 - 2) 运行条件: 液体过冷 (冷凝器后) 2K; 吸气温度 15°C (定蒸发温度 -8°C)、吸气温度 0°C (定蒸发温度 -28°C)、吸气过热 10K (变蒸发温度); 有用过热 5K;
 - 3) 电源频率: 50Hz。
- (6) R448A 与 R404A、R448A 与 R507A 压缩机性能对比说明 R404A、R507A 分别与 R448A 单机头同一型号的压缩机性能对比结果如表 3-1、表 3-2 所示 (表中蒸发器容量指蒸发器制冷量, 单位: kW, 下同; 冷凝器容量指冷凝器排热量, 单位: kW, 下同)。

表 3-1. 以半封闭活塞压缩机, 风冷冷凝器, 蒸发 / 冷凝温度为 $-8/45^{\circ}\text{C}$ 为例

制冷剂	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
R448A	4NES-20Y-40P	31.5	28.5	43.4	11.83	2.41	731	155
R404A	4NES-20Y-40P	31.5	27.0	44.2	12.72	2.12	960	118
R507A	4NES-20Y-40P	32.2	27.4	44.8	12.66	2.17	1016	114

表 3-2. 以半封闭螺杆压缩机, 风冷冷凝器, 蒸发 / 冷凝温度为 $-8/45^{\circ}\text{C}$ 为例

制冷剂	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
R448A	HSK5343-30-40P	48.1	43.5	60.8	22.4	1.94	1115	155
R404A	HSK5343-30-40P	48.8	41.9	67.1	24.1	1.74	1489	118
R507A	HSK5343-30-40P	49.7	42.4	68.9	24.7	1.71	1569	114

从以上两表可以看出, 在相同的压缩机型号及制冷工况下, R404A 与 R507A 的计算结果存在较小的差异, 单位制冷量差值百分比约为 4%, COP 差值百分比约为 2%。因此, 为了本研究报告后续计算内容的严谨性, 仅以制冷剂 R404A 与 R448A 进行理论计算及对比分析。

3.3 计算结果汇总

3.3.1 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器

(1) 定蒸发温度 (-8°C)、变冷凝温度 (如表 3-3、表 3-4)

表 3-3.R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
48	4NES-20Y-40P	29.5	25.1	42.6	13.07	1.92	942	112.7
46	4NES-20Y-40P	30.8	26.4	43.7	12.84	2.05	954	116.2
44	4NES-20Y-40P	32.1	27.6	44.7	12.6	2.19	966	116.3
42	4NES-20Y-40P	33.4	28.9	45.8	12.35	2.34	978	122.9
40	4NES-20Y-40P	34.7	30.1	46.8	12.1	2.49	990	126.2

排气管路						
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN28	86.3	21.95	0.2	0.098	6.11	
DN28	84	20.95	0.2	0.104	6.46	
DN28	81.7	19.99	0.2	0.110	6.84	
DN28	79.4	19.07	0.3	0.117	7.25	
DN28	77.1	18.17	0.3	0.125	7.67	

供液管路			
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN22	0.1	0.043	1.08
DN22	0.1	0.043	1.07
DN22	0.1	0.043	1.06
DN22	0.1	0.044	1.06
DN22	0.1	0.044	1.05

回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN42	4.649	0.3	0.047	11.4
DN42	4.649	0.3	0.048	11.48
DN42	4.649	0.3	0.048	11.56
DN42	4.649	0.3	0.049	11.65
DN42	4.649	0.3	0.050	11.73

表 3-4: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
48	4NES-20Y-40P	29.8	26.8	41.9	12.11	2.22	714	150.3
46	4NES-20Y-40P	31	28	42.9	11.93	2.35	725	153.9
44	4NES-20Y-40P	32.1	29.1	43.9	11.73	2.48	737	156.8
42	4NES-20Y-40P	33.3	30.2	44.8	11.51	2.63	748	160.3
40	4NES-20Y-40P	34.5	31.4	45.8	11.29	2.78	759	163.6

排气管路						
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN28	99	20.43	0.1	0.070	5.98	
DN28	96.3	19.45	0.2	0.075	6.34	
DN28	93.6	18.50	0.2	0.081	6.74	
DN28	91	17.59	0.2	0.087	7.17	
DN28	88.3	16.72	0.2	0.093	7.61	

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN18	0.1	0.063	1.08	
DN18	0.1	0.064	1.08	
DN18	0.1	0.066	1.09	
DN18	0.2	0.067	1.09	
DN18	0.2	0.068	1.10	
回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN42	3.894	0.2	0.034	11.07
DN42	3.894	0.2	0.035	11.20
DN42	3.894	0.3	0.036	11.37
DN42	3.894	0.3	0.036	11.52
DN42	3.894	0.3	0.037	11.65

(2) 定蒸发温度 (-28°C)、变冷凝温度 (如表 3-5、表 3-6)

表 3-5: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
48	6FE-44Y-40P	31.7	25.8	56.2	24.4	1.05	1098	103.9
46	6FE-44Y-40P	33.4	27.3	57.7	24.3	1.12	1117	107.6
44	6FE-44Y-40P	35	28.8	59.1	24.2	1.19	1135	111.0
42	6FE-44Y-40P	36.6	30.3	60.6	24	1.26	1153	114.3
40	6FE-44Y-40P	38.2	31.9	62	23.8	1.34	1170	117.5

排气管路						
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN28	104.5	21.95	0.3	0.152	7.97	
DN28	102.1	20.95	0.3	0.163	8.47	
DN28	99.7	19.99	0.4	0.174	8.97	
DN28	97.4	19.07	0.4	0.185	9.51	
DN28	95	18.17	0.5	0.198	10.08	

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN22	0.1	0.062	1.32	
DN22	0.1	0.063	1.32	
DN22	0.1	0.064	1.31	
DN22	0.1	0.064	1.31	
DN22	0.1	0.065	1.3	

回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN64	2.219	0.2	0.017	11.98
DN64	2.219	0.2	0.017	12.12
DN64	2.219	0.2	0.017	12.22
DN64	2.219	0.2	0.018	12.32
DN64	2.219	0.2	0.018	12.43

表 3-6: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
48	6FE-44Y-40P	30.7	26.8	52.6	21.9	1.23	778	142.1
46	6FE-44Y-40P	32.2	28.2	53.8	21.7	1.3	796	145.6
44	6FE-44Y-40P	33.6	29.6	55.1	21.5	1.38	813	148.8
42	6FE-44Y-40P	35.1	31	56.4	21.3	1.45	829	152.4
40	6FE-44Y-40P	36.5	32.3	57.6	21.1	1.53	845	155.5

排气管路						
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN28	127.2	20.43	0.2	0.099	7.45	
DN28	123.6	19.45	0.2	0.103	7.77	
DN28	120.2	18.5	0.2	0.112	8.31	
DN28	117	17.59	0.3	0.12	8.86	
DN28	113.8	16.72	0.3	0.131	9.47	

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN18	0.2	0.082	1.25	
DN18	0.2	0.08	1.23	
DN18	0.2	0.083	1.24	
DN18	0.2	0.086	1.25	
DN18	0.2	0.088	1.27	

回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN64	1.759	0.1	0.011	11.45
DN64	1.759	0.1	0.011	11.39
DN64	1.759	0.2	0.012	11.62
DN64	1.759	0.2	0.012	11.81
DN64	1.759	0.2	0.012	12.02

(3) 定冷凝温度、变蒸发温度 (如表 3-7、表 3-8)

表 3-7: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
-8	4JE-15Y-40P	34.3	32.8	49	14.68	2.24	1167	105.8
-10	4JE-15Y-40P	31.4	30	45.5	14.17	2.11	1078	104.9
-20	4JE-15Y-40P	19.21	18.35	30.7	11.49	1.6	700	98.8
-28	4JE-15Y-40P	12.23	11.67	21.5	9.25	1.26	469	93.9
-35	4JE-15Y-40P	7.71	7.35	15.02	7.31	1.01	310	89.5

排气管路						
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN28	70.8	20.47	0.3	0.125	7.24	
DN28	71.6	20.47	0.2	0.108	6.71	
DN22	76.3	20.47	0.3	0.15	7.04	
DN22	82.2	20.47	0.2	0.072	4.82	
DN18	90.4	20.47	0.2	0.103	5.11	

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN22	0.1	0.05	1.16	
DN22	0.1	0.043	1.07	
DN18	0.1	0.059	1.09	
DN16	0.1	0.054	0.95	
DN12	0.3	0.135	1.26	
回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN42	4.649	0.4	0.056	12.54
DN42	4.342	0.3	0.052	12.38
DN42	3.03	0.3	0.033	11.39
DN35	2.219	0.6	0.055	15.51
DN35	1.656	0.5	0.034	13.48

表 3-8: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
-8	4JE-15Y-40P	35.6	34.4	49.2	13.66	2.52	882	145.3
-10	4JE-15Y-40P	32.4	31.4	45.6	13.17	2.38	810	144.0
-20	4JE-15Y-40P	19.5	18.9	30	10.47	1.8	508	138.2
-28	4JE-15Y-40P	12.11	11.74	20.3	8.17	1.44	327	133.3
-35	4JE-15Y-40P	7.35	7.13	13.53	6.18	1.15	205	129.1
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN35	83.9	21.95	0.1	0.066	5.8			
DN35	85.3	20.95	0.1	0.07	6.11			
DN35	93.9	19.99	0.2	0.074	6.45			
DN35	103.7	19.07	0.2	0.078	6.8			
DN35	116.4	18.17	0.2	0.082	7.16			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN28	0.1	0.032	1.07					
DN28	0.1	0.032	1.06					
DN28	0.1	0.032	1.05					
DN28	0.1	0.032	1.04					
DN28	0.1	0.032	1.03					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN42	3.894	0.3	0.044	12.74				
DN42	3.619	0.3	0.04	12.55				
DN42	2.459	0.2	0.024	11.36				
DN35	1.759	0.5	0.039	15.11				
DN35	1.283	0.4	0.022	12.68				

3.3.2 半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器

(1) 定蒸发温度 (-8°C)、变冷凝温度 (表 3-9、表 3-10)

表 3-9: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
48	HSK5343-30-40P	46	39.2	63.3	25.7	1.53	1469	112.7
46	HSK5343-30-40P	47.9	41	65.9	24.6	1.67	1483	116.3
44	HSK5343-30-40P	49.7	42.7	68.4	23.6	1.81	1495	119.7
42	HSK5343-30-40P	51.5	44.5	70.8	22.7	1.96	1507	123.0
40	HSK5343-30-40P	53.2	46.2	73.2	21.8	2.12	1518	126.2
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN28	95.2	21.95	0.2	0.098	6.11			
DN28	91.6	20.95	0.2	0.104	6.46			
DN28	88.2	19.99	0.2	0.110	6.84			
DN28	84.9	19.07	0.3	0.117	7.25			
DN28	81.8	18.17	0.3	0.125	7.67			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN22	0.1	0.043	1.08					
DN22	0.1	0.043	1.07					
DN22	0.1	0.043	1.06					
DN22	0.1	0.044	1.06					
DN22	0.1	0.044	1.05					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN54	4.649	0.2	0.032	10.78				
DN54	4.649	0.2	0.032	10.8				
DN54	4.649	0.2	0.032	10.85				
DN54	4.649	0.2	0.032	10.88				
DN54	4.649	0.2	0.032	10.9				

表 3-10: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
48	HSK5343-30-40P	45.6	41	57.3	23.8	1.72	1092	150.3
46	HSK5343-30-40P	47.3	42.7	59.6	22.9	1.87	1107	153.8
44	HSK5343-30-40P	48.9	44.3	61.9	22	2.02	1122	156.9
42	HSK5343-30-40P	50.5	45.9	64.1	21.1	2.17	1135	160.2
40	HSK5343-30-40P	52.1	47.4	66.2	20.4	2.33	1146	163.7
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN35	112.2	20.43	0.1	0.046	5.56			
DN35	107.6	19.45	0.1	0.049	5.89			
DN35	103.3	18.5	0.1	0.052	6.25			
DN35	99.3	17.59	0.1	0.056	6.62			
DN35	95.6	16.72	0.1	0.059	7.01			

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN22	0.1	0.046	1.05	
DN22	0.1	0.046	1.05	
DN22	0.1	0.047	1.06	
DN22	0.1	0.048	1.06	
DN22	0.1	0.049	1.06	
回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN54	3.894	0.2	0.022	10.25
DN54	3.894	0.2	0.022	10.37
DN54	3.894	0.2	0.023	10.49
DN54	3.894	0.2	0.023	10.59
DN54	3.894	0.2	0.024	10.68

(2) 定蒸发温度 (-28°C)、变冷凝温度 (表 3-11、表 3-12)

表 3-11: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
48	HSN6451-40-40P	34.2	27.7	50.9	33.4	0.83	1181	104.3
46	HSN6451-40-40P	35.7	29.2	53	32.2	0.91	1194	107.6
44	HSN6451-40-40P	37.1	30.5	55	31	0.99	1204	110.9
42	HSN6451-40-40P	38.5	31.9	57	29.9	1.07	1212	114.4
40	HSN6451-40-40P	39.8	33.2	58.8	28.8	1.15	1219	117.5
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN28	121.3	21.95	0.3	0.176	8.61			
DN28	116.4	20.95	0.4	0.185	9.06			
DN28	111.9	19.99	0.4	0.194	9.51			
DN35	107.6	19.07	0.1	0.059	6.05			
DN35	103.7	18.17	0.1	0.062	6.36			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN22	0.1	0.072	1.43					
DN22	0.1	0.072	1.41					
DN22	0.1	0.071	1.39					
DN22	0.2	0.071	1.38					
DN22	0.2	0.07	1.36					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN64	2.219	0.2	0.019	12.94				
DN64	2.219	0.2	0.019	12.96				
DN64	2.219	0.2	0.019	12.96				
DN64	2.219	0.2	0.019	12.96				
DN64	2.219	0.2	0.019	12.97				

表 3-12: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
48	HSN6451-40-40P	32.9	28.8	43.8	32.7	0.88	835	141.8
46	HSN6451-40-40P	34.4	30.2	45.8	31.3	0.96	851	145.5
44	HSN6451-40-40P	35.8	31.5	47.8	29.9	1.05	865	149.0
42	HSN6451-40-40P	37.1	32.8	49.6	28.7	1.14	877	152.3
40	HSN6451-40-40P	38.3	34	51.3	27.5	1.24	887	155.4
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN28	161	20.43	0.2	0.108	7.82			
DN28	152.5	19.45	0.2	0.117	8.32			
DN28	144.9	18.5	0.3	0.125	8.85			
DN28	138	17.59	0.3	0.134	9.38			
DN28	131.7	16.72	0.3	0.143	9.96			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN18	0.2	0.089	1.31					
DN18	0.2	0.091	1.32					
DN18	0.2	0.094	1.32					
DN18	0.2	0.095	1.33					
DN32	0.2	0.097	1.33					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN64	1.759	0.2	0.012	12.02				
DN64	1.759	0.2	0.013	12.2				
DN64	1.759	0.2	0.013	12.37				
DN64	1.759	0.2	0.013	12.51				
DN64	1.759	0.2	0.013	12.64				

(3) 定冷凝温度 (45°C)、变蒸发温度 (表 3-13、表 3-14)

表 3-13: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
-8	HSK5343-30-40P	46.3	44.2	69.3	24.1	1.83	1573	106.0
-10	HSK5343-30-40P	42.5	40.6	65.5	23.9	1.7	1461	104.7
-20	HSK5343-30-40P	27.1	25.9	44.5	22.9	1.13	988	98.7
-28	HSN5363-30-40P	26.8	25.6	46.3	27	0.95	1027	93.9
-35	HSN5363-30-40P	18.52	17.67	33.6	25.4	0.7	744	89.6
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN28	77	20.45	0.5	0.222	9.82			
DN28	79.1	20.45	0.4	0.194	9.15			
DN22	95.1	20.45	0.5	0.289	10			
DN22	100.5	20.45	0.5	0.321	10.7			
DN22	121.3	20.45	0.4	0.178	7.89			

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN22	0.2	0.089	1.58	
DN22	0.2	0.077	1.46	
DN18	0.2	0.107	1.5	
DN18	0.2	0.115	1.56	
DN16	0.3	0.122	1.48	
回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN54	4.649	0.2	0.029	10.23
DN54	4.342	0.2	0.027	10.15
DN42	3.03	0.5	0.062	16.22
DN54	2.219	0.3	0.026	13.72
DN54	1.656	0.3	0.019	13.14

表 3-14: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
-8	HSK5343-30-40P	47.2	45.7	63.8	22.4	2.04	1170	145.2
-10	HSK5343-30-40P	43.4	42	59.2	22.3	1.89	1085	144.0
-20	HSK5343-30-40P	27.7	26.9	39.4	21.7	1.24	722	138.1
-28	HSN5363-30-40P	27.2	26.4	40.1	26.2	1.01	735	133.2
-35	HSN5363-30-40P	18.73	18.15	28.5	24.9	0.73	522	129.2
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN28	93.4	18.97	0.4	0.166	9.81			
DN28	96.8	18.97	0.3	0.145	9.15			
DN22	122.2	18.97	0.5	0.213	9.94			
DN22	136.1	18.97	0.5	0.227	10.46			
DN22	171.4	18.97	0.3	0.123	7.63			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN18	0.3	0.131	1.59					
DN18	0.3	0.114	1.47					
DN15	0.3	0.147	1.48					
DN15	0.3	0.152	1.02					
DN15	0.2	0.081	1.07					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN54	3.894	0.2	0.022	10.22				
DN54	3.619	0.2	0.02	10.16				
DN42	2.459	0.5	0.047	16.33				
DN54	1.759	0.3	0.019	13.76				
DN54	1.283	0.2	0.014	13.16				

3.3.3 半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器

(1) 定蒸发温度 (-8°C)、变冷凝温度 (表 3-15、表 3-16)

表 3-15: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
38	6FE-44Y-40P	98.9	86.2	133.7	34.8	2.48	2748	129.6
36	6FE-44Y-40P	102.2	89.4	136.2	34	2.63	2771	132.8
34	6FE-44Y-40P	105.5	92.5	138.6	33.1	2.79	2794	135.9
32	6FE-44Y-40P	108.8	95.7	141.1	32.3	2.97	2815	139.1
30	6FE-44Y-40P	112	98.9	143.4	31.4	3.15	2836	142.2
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN40	77.4	17.31	0.2	0.09	7.05			
DN40	75.2	16.49	0.2	0.097	7.49			
DN40	73.1	15.69	0.3	0.104	7.94			
DN40	70.9	14.92	0.3	0.111	8.42			
DN40	68.7	14.18	0.3	0.118	8.94			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN25	0.2	0.064	1.28					
DN25	0.2	0.065	1.28					
DN25	0.2	0.065	1.27					
DN25	0.2	0.066	1.27					
DN25	0.2	0.066	1.27					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN50	4.649	0.6	0.094	15.74				
DN50	4.649	0.6	0.096	15.89				
DN50	4.649	0.6	0.097	16.02				
DN50	4.649	0.6	0.099	16.15				
DN50	4.649	0.6	0.1	16.28				

表 3-16: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
38	6FE-44Y-40P	98.4	89.8	130.3	31.9	2.82	2123	166.9
36	6FE-44Y-40P	101.4	92.7	132.5	31.1	2.98	2145	170.2
34	6FE-44Y-40P	104.3	95.5	134.7	30.3	3.15	2167	173.3
32	6FE-44Y-40P	107.3	98.4	136.8	29.5	3.34	2188	176.5
30	6FE-44Y-40P	110.2	101.3	138.8	28.6	3.54	2208	179.7
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN32	87.7	15.88	0.3	0.14	9.44			
DN32	85.1	15.07	0.4	0.15	10			
DN32	82.5	14.3	0.4	0.161	10.62			
DN40	79.9	13.55	0.2	0.079	8.32			
DN40	77.2	12.84	0.2	0.085	8.83			

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN20	0.3	0.113	1.39	
DN20	0.3	0.114	1.39	
DN20	0.3	0.115	1.4	
DN20	0.3	0.116	1.39	
DN20	0.3	0.117	1.39	
回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN50	3.894	0.5	0.068	15.65
DN50	3.894	0.5	0.069	15.79
DN50	3.894	0.5	0.07	15.94
DN50	3.894	0.5	0.071	16.06
DN50	3.894	0.5	0.072	16.19

(2) 定蒸发温度 (-28°C)、变冷凝温度 (表 3-17、表 3-18)

表 3-17: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
38	6FE-44Y-40P	39.8	33.4	63.4	23.6	1.42	1187	120.7
36	6FE-44Y-40P	41.4	34.9	64.8	23.3	1.5	1202	124.0
34	6FE-44Y-40P	43	36.4	66.1	23	1.58	1218	127.1
32	6FE-44Y-40P	44.6	37.9	67.4	22.8	1.67	1232	130.3
30	6FE-44Y-40P	46.2	39.5	68.7	22.4	1.76	1246	133.5
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN25	92.7	17.31	0.4	0.16	7.5			
DN25	90.4	16.49	0.4	0.174	7.99			
DN25	88.1	15.69	0.5	0.187	8.39			
DN32	85.8	14.92	0.1	0.05	5.27			
DN32	83.5	14.18	0.1	0.054	5.61			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN20	0.1	0.045	0.91					
DN20	0.1	0.046	0.92					
DN20	0.1	0.047	0.92					
DN20	0.1	0.047	0.92					
DN20	0.1	0.048	0.92					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN50	2.219	0.4	0.037	13.93				
DN50	2.219	0.4	0.038	14.15				
DN50	2.219	0.4	0.039	14.32				
DN50	2.219	0.4	0.04	14.52				
DN50	2.219	0.4	0.041	14.43				

表 3-18: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
38	6FE-44Y-40P	38	33.7	58.8	20.9	1.62	860	159.1
36	6FE-44Y-40P	39.4	35.1	60	20.6	1.7	875	162.1
34	6FE-44Y-40P	40.8	36.4	61.2	20.4	1.79	889	165.2
32	6FE-44Y-40P	42.2	37.8	62.3	20.1	1.88	903	168.2
30	6FE-44Y-40P	43.6	39.2	63.4	19.8	1.98	916	171.4
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN25	110.6	15.88	0.3	0.103	7.08			
DN25	107.6	15.07	0.3	0.111	7.54			
DN25	104.6	14.3	0.3	0.12	8.04			
DN25	101.7	13.55	0.4	0.13	8.6			
DN25	98.9	12.84	0.4	0.141	9.17			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN15	0.2	0.087	1.02					
DN15	0.2	0.089	1.02					
DN15	0.2	0.091	1.03					
DN15	0.3	0.098	1.06					
DN15	0.3	0.095	1.04					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN50	1.759	0.3	0.024	13.59				
DN50	1.759	0.3	0.025	13.8				
DN50	1.759	0.3	0.026	14				
DN50	1.759	0.4	0.027	14.23				
DN50	1.759	0.4	0.027	14.42				

(3) 定冷凝温度 (35°C)、变蒸发温度 (表 3-19、表 3-20)

表 3-19: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
-8	6FE-44Y-40P	99.9	96.1	133.5	33.5	2.86	2939	122.4
-10	6FE-44Y-40P	91.9	88.4	124.6	32.7	2.71	2730	121.2
-20	6FE-44Y-40P	59	56.8	86.7	27.7	2.05	1843	115.2
-28	6FE-44Y-40P	39.7	38.2	62.9	23.2	1.65	1295	110.4
-35	6FE-44Y-40P	26.9	25.8	46	19.14	1.35	912	106.2
-40	6FE-44Y-40P	19.58	18.81	35.9	16.29	1.16	685	102.9
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN40	61.5	16.08	0.3	0.1	7.71			
DN32	62.3	16.08	0.5	0.188	9.71			
DN32	66.7	16.08	0.2	0.088	6.68			
DN25	71.5	16.08	0.5	0.18	8.24			
DN25	77.5	16.08	0.2	0.091	5.9			
DN20	83.6	16.08	0.5	0.19	7.41			

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN25	0.2	0.065	1.28	
DN25	0.1	0.056	1.18	
DN20	0.2	0.093	1.3	
DN20	0.1	0.046	0.92	
DN15	0.3	0.105	1.15	
DN15	0.1	0.059	0.86	
回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN50	4.649	0.6	0.096	15.96
DN50	4.342	0.6	0.089	15.82
DN50	3.03	0.5	0.057	15.08
DN50	2.219	0.4	0.038	14.23
DN50	1.656	0.4	0.025	13.19
DN50	1.327	0.3	0.018	12.18

表 3-20: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
-8	6FE-44Y-40P	101.2	98.3	131.9	30.7	3.2	2253	161.7
-10	6FE-44Y-40P	92.9	90.3	122.8	29.9	3.02	2083	160.6
-20	6FE-44Y-40P	58.9	57.3	83.8	24.9	2.3	1369	154.9
-28	6FE-44Y-40P	39	37.9	59.4	20.5	1.85	934	150.3
-35	6FE-44Y-40P	25.7	25	42.4	16.63	1.5	635	145.7
-40	6FE-44Y-40P	18.28	17.78	32.3	14.02	1.27	461	142.8
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN32	72.7	14.68	0.4	0.155	10.31			
DN32	73.9	14.68	0.3	0.134	9.59			
DN32	81.3	14.68	0.2	0.06	6.49			
DN25	89.3	14.68	0.3	0.116	7.8			
DN20	99.5	14.68	0.5	0.199	8.92			
DN20	110.7	14.68	0.3	0.107	6.56			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN20	0.3	0.114	1.39					
DN20	0.3	0.098	1.29					
DN20	0.1	0.043	0.84					
DN15	0.2	0.09	1.02					
DN15	0.1	0.042	0.69					
DN10	0.3	0.096	0.88					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN50	3.894	0.5	0.069	15.86				
DN50	3.619	0.5	0.064	15.74				
DN50	2.459	0.4	0.04	14.9				
DN50	1.759	0.3	0.026	13.92				
DN50	1.283	0.3	0.016	12.63				
DN50	1.01	0.2	0.011	11.42				

3.3.4 半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器

(1) 定蒸发温度 (-8°C)、变冷凝温度 (表 3-21、表 3-22)

表 3-21: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
38	HSK8551-110-40P	218	189.7	288	74	2.56	6050	129.7
36	HSK8551-110-40P	225	196.2	292	71.1	2.76	6086	133.1
34	HSK8551-110-40P	231	203	296	68.4	2.96	6119	135.9
32	HSK8551-110-40P	238	209	300	65.8	3.18	6150	139.3
30	HSK8551-110-40P	244	215	304	63.3	3.4	6178	142.2
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN50	74.1	17.31	0.3	0.129	9.77			
DN50	71.4	16.49	0.3	0.137	10.34			
DN50	68.8	15.69	0.4	0.146	10.94			
DN50	66.4	14.92	0.4	0.155	11.59			
DN50	64	14.18	0.5	0.164	12.23			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN40	0.1	0.036	1.24					
DN40	0.1	0.036	1.23					
DN40	0.1	0.036	1.22					
DN40	0.1	0.036	1.22					
DN40	0.1	0.036	1.21					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN80	4.649	0.3	0.052	15.02				
DN80	4.649	0.3	0.053	15.11				
DN80	4.649	0.3	0.053	15.2				
DN80	4.649	0.3	0.054	15.29				
DN80	4.649	0.3	0.054	15.31				

表 3-22: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
38	HSK8551-110-40P	213	194	271	69.2	2.8	4586	167.2
36	HSK8551-110-40P	218	199.7	278	66.6	3	4622	169.8
34	HSK8551-110-40P	224	205	285	64.1	3.2	4654	173.3
32	HSK8551-110-40P	230	211	288	61.8	3.41	4681	176.9
30	HSK8551-110-40P	235	216	291	59.6	3.62	4704	179.8
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN50	85.9	15.88	0.2	0.089	9.51			
DN50	82.7	15.07	0.2	0.094	10.03			
DN50	79.8	14.3	0.3	0.1	10.59			
DN50	76.9	13.55	0.3	0.106	11.19			
DN50	74.2	12.84	0.3	0.113	11.83			

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN32	0.1	0.036	1.09	
DN32	0.1	0.036	1.08	
DN32	0.1	0.036	1.08	
DN32	0.1	0.036	1.07	
DN32	0.1	0.036	1.07	
回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN80	3.894	0.3	0.036	14.7
DN80	3.894	0.3	0.037	14.76
DN80	3.894	0.3	0.037	14.82
DN80	3.894	0.3	0.037	14.89
DN80	3.894	0.3	0.038	14.96

(2) 定蒸发温度 (-28°C)、变冷凝温度 (表 3-23、表 3-24)

表 3-23: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
38	HSN8591-160-40P	156	130.7	230	99.5	1.31	4646	120.9
36	HSN8591-160-40P	161.3	135.9	237	96.3	1.41	4681	124.1
34	HSN8591-160-40P	166.6	141	244	93.3	1.51	4712	127.3
32	HSN8591-160-40P	171.8	146	251	90.4	1.61	4742	130.4
30	HSN8591-160-40P	176.8	151	258	87.6	1.72	4768	133.5
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN50	95.7	17.31	0.3	0.105	9.18			
DN50	92.2	16.49	0.1	0.028	10.82			
DN50	89	15.69	0.3	0.111	9.68			
DN50	85.8	14.92	0.3	0.117	10.20			
DN50	82.8	14.18	0.3	0.123	10.75			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN40	0.1	0.027	1.06					
DN40	0.1	0.027	1.05					
DN40	0.1	0.026	1.04					
DN40	0.1	0.026	1.04					
DN40	0.1	0.026	1.03					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN100	2.219	0.2	0.02	15.36				
DN100	2.219	0.2	0.02	15.39				
DN100	2.219	0.2	0.02	15.43				
DN100	2.219	0.2	0.02	15.46				
DN100	2.219	0.2	0.02	15.47				

表 3-24: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
38	HSN8591-160-40P	149.6	132.9	200	94.3	1.41	3391	158.8
36	HSN8591-160-40P	154.2	137.3	206	90.8	1.51	3425	162.1
34	HSN8591-160-40P	158.5	141.6	212	87.5	1.62	3454	165.2
32	HSN8591-160-40P	162.6	145.6	218	84.4	1.73	3477	168.4
30	HSN8591-160-40P	166.5	149.5	223	81.4	1.84	3496	171.5
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN50	120.4	15.88	0.2	0.065	8.33			
DN50	115.4	15.07	0.2	0.069	8.82			
DN50	110.8	14.3	0.2	0.073	9.32			
DN50	106.5	13.55	0.2	0.078	9.85			
DN50	102.6	12.84	0.2	0.082	10.39			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN32	0.1	0.025	0.9					
DN32	0.1	0.025	0.9					
DN32	0.1	0.025	0.89					
DN32	0.1	0.025	0.89					
DN32	0.1	0.025	0.89					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN100	1.759	0.2	0.013	15.11				
DN100	1.759	0.2	0.014	15.23				
DN100	1.759	0.2	0.014	15.32				
DN100	1.759	0.2	0.014	15.39				
DN100	1.759	0.2	0.014	15.44				

(3) 定冷凝温度 (35°C)、变蒸发温度 (表 3-25、表 3-26)

表 3-25: R404A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
-8	HSK8551-110-40P	220	211	285	69.7	3.03	6462	122.6
-10	HSK8551-110-40P	203	194.8	268	69.2	2.81	6015	121.5
-20	HSK8551-110-40P	131.5	126.4	196	67.1	1.88	4106	115.3
-28	HSN8571-125-40P	122.3	117.6	193.3	73.5	1.6	3990	110.3
-35	HSN8571-125-40P	86.7	83.4	150.8	66.6	1.25	2945	106.0
-40	HSN8571-125-40P	66.5	63.9	119.2	62.8	1.02	2328	102.8
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN50	57.6	16.08	0.4	0.149	10.79			
DN50	58.8	16.08	0.3	0.130	10.09			
DN50	68.9	16.08	0.2	0.062	7.04			
DN50	71.1	16.08	0.2	0.06	7.0			
DN50	80.7	16.08	0.3	0.114	8.5			
DN40	92.1	16.08	0.2	0.073	6.82			

供液管路				
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)	
DN40	0.1	0.039	1.27	
DN40	0.1	0.034	1.18	
DN32	0.1	0.034	1.08	
DN32	0.1	0.032	1.05	
DN25	0.2	0.07	1.32	
DN25	0.1	0.044	1.04	
回气管路				
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)
DN80	4.649	0.4	0.056	15.44
DN80	4.342	0.3	0.046	14.66
DN80	3.03	0.3	0.034	14.83
DN100	2.219	0.1	0.011	11.44
DN100	1.656	0.1	0.008	11.15
DN100	1.327	0.1	0.006	10.87

表 3-26: R448A

冷凝温度	型号	制冷量 (kW)	蒸发器容量 (kW)	冷凝器容量 (kW)	输入功率 (kW)	COP	质量流量 (kg/h)	单位制冷量 (kJ/kg)
-8	HSK8551-110-40P	219	212	281	65.3	3.25	4866	162.0
-10	HSK8551-110-40P	201	195.8	263	64.8	3.02	4516	160.2
-20	HSK8551-110-40P	130.3	126.7	184.2	62.6	2.02	3030	154.8
-28	HSN8571-125-40P	120.7	117.4	176.1	69.4	1.69	2896	150.0
-35	HSN8571-125-40P	85.8	83.4	128.8	63	1.32	2118	145.8
-40	HSN8571-125-40P	84.9	82.6	128.5	65.9	1.25	2093	146.0
排气管路								
管径	排气温度 (°C)	冷凝压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)			
DN50	70	14.68	0.3	0.111	10.94			
DN50	72	14.68	0.2	0.096	10.17			
DN50	87.4	14.68	0.1	0.045	7.08			
DN50	94.1	14.68	0.1	0.042	6.99			
DN40	109.4	14.68	0.2	0.08	8.44			
DN40	126.3	14.68	0.2	0.084	8.73			
供液管路								
管径	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)					
DN32	0.1	0.042	1.17					
DN32	0.1	0.036	1.08					
DN25	0.2	0.066	1.23					
DN25	0.2	0.06	1.18					
DN25	0.1	0.032	0.86					
DN20	0.3	0.119	1.42					
回气管路								
管径	蒸发压力 (bar)	饱和温降 DT (K)	压降 (bar)	流速 (m/s)				
DN80	3.894	0.3	0.042	15.73				
DN80	3.619	0.3	0.039	15.6				
DN80	2.459	0.3	0.025	15.17				
DN100	1.759	0.1	0.008	11.75				
DN100	1.283	0.1	0.006	11.58				
DN100	1.01	0.2	0.008	14.7				

3.4 对比分析

3.4.1 R448A 与 R404A 压缩机 COP 对比

3.4.1.1 冷凝方式为风冷冷凝器

(1) 蒸发温度为 -8°C 、变冷凝温度时，半封闭活塞压缩机 COP 值对比及 COP 值随冷凝温度升高而降低的变化趋势对比，分别如图 3-1、图 3-2 所示。

半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 - 蒸发温度 -8°C

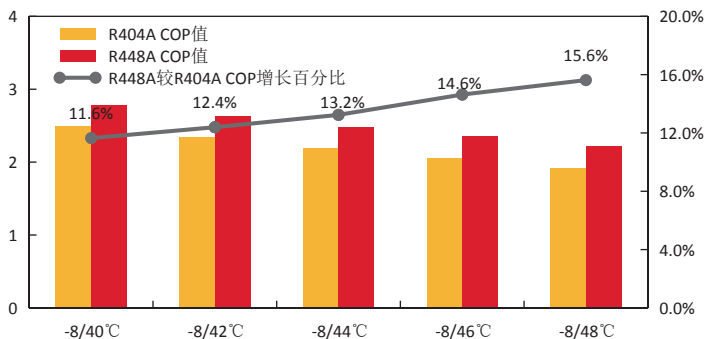


图 3-1. R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 - 蒸发温度 -8°C
4NES-20Y-40P

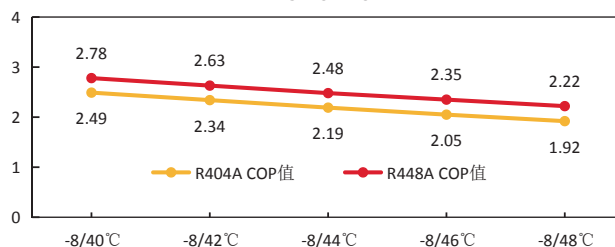


图 3-2. R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出：对于冷却物冷藏库采用半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器时，R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 12%~16%；两种制冷剂的压缩机 COP 值随冷凝温度升高而降低的趋势基本一致。

(2) 蒸发温度为 -28°C 、变冷凝温度时，半封闭活塞压缩机 COP 值对比及 COP 值随冷凝温度升高而降低的变化趋势对比，分别如图 3-3、图 3-4 所示。

半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 - 蒸发温度 -28°C

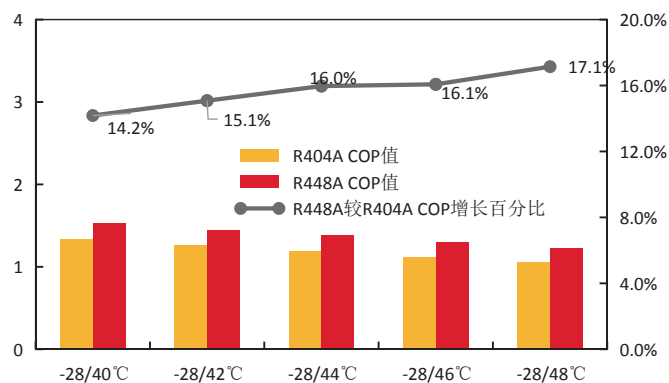


图 3-3. R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 - 蒸发温度 -28°C
6FE-44Y-40P

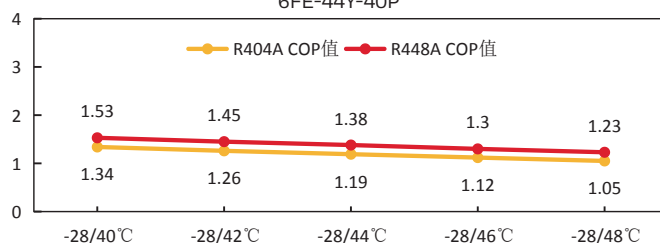


图 3-4. R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出：对于冻结物冷藏库采用半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器时，R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 14%~17%；两种制冷剂的压缩机 COP 值随冷凝温度升高而降低的趋势基本一致。

(3) 冷凝温度为 45°C 、变蒸发温度时，半封闭活塞压缩机 COP 值对比及 COP 值随蒸发温度降低而降低的变化趋势对比，分别如图 3-5、图 3-6 所示。

半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 - 冷凝温度 45°C

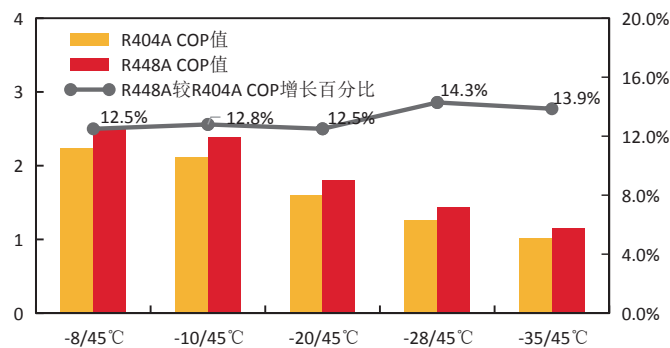


图 3-5. R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 - 冷凝温度 45°C
4JE-15Y-40P

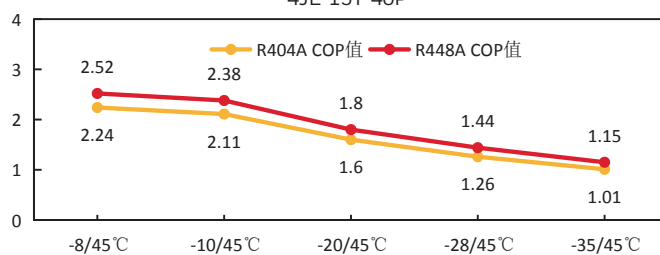


图 3-6. R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出：在冷凝温度一定，蒸发温度变化的情况下采用半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器时，R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 12%~14%；两种制冷剂的压缩机 COP 值随蒸发温度降低而降低的趋势基本一致。

(4) 蒸发温度为 -8°C 时,半封闭螺杆压缩机 COP 值对比及 COP 值随冷凝温度升高而降低的变化趋势对比,分别如图 3-7、图 3-8 所示。

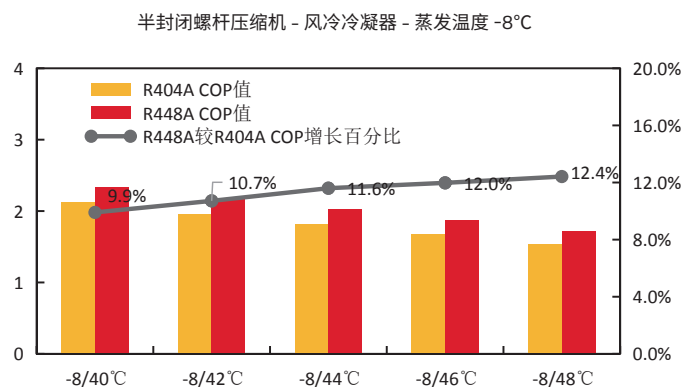


图 3-7.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

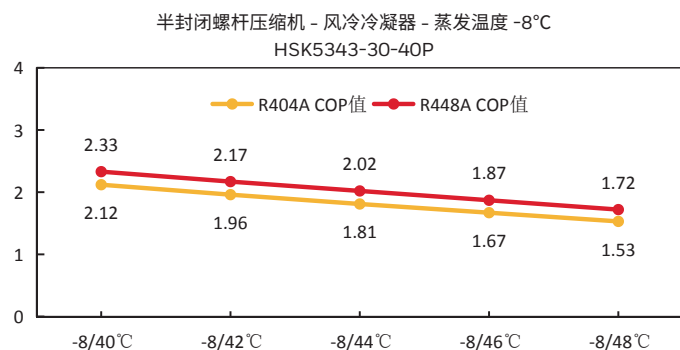


图 3-8.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出:对于冷却物冷藏库采用半封闭螺杆压缩机、风冷冷凝器时,R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 10%~13%;两种制冷剂的压缩机 COP 值随冷凝温度升高而降低的趋势基本一致。

(5) 蒸发温度为 -28°C 时,半封闭螺杆压缩机 COP 值对比及 COP 值随冷凝温度升高而降低的变化趋势对比,分别如图 3-9、图 3-10 所示。

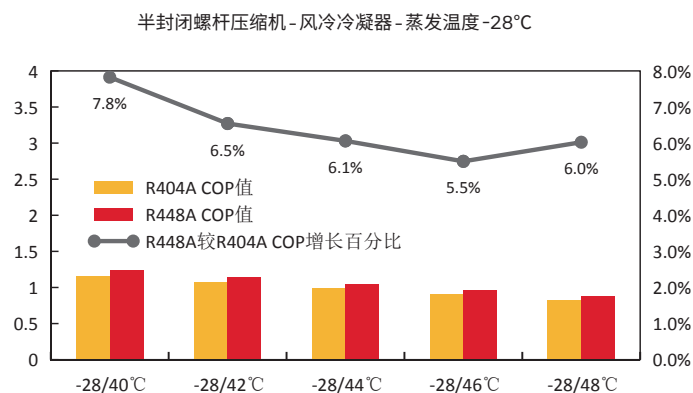


图 3-9.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

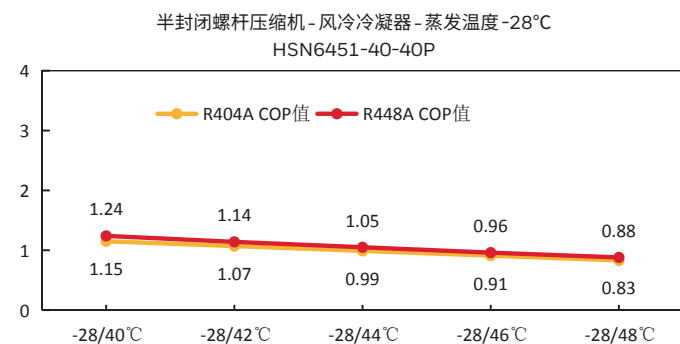


图 3-10.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出:对于冻结物冷藏库采用半封闭螺杆压缩机、风冷冷凝器时,R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 6%~8%;两种制冷剂的压缩机 COP 值随冷凝温度升高而降低的趋势基本一致。

(6) 冷凝温度为 45°C 、变蒸发温度时,半封闭活塞压缩机 COP 值对比及 COP 值随蒸发温度降低而降低的变化趋势对比,分别如图 3-11、图 3-12 所示。

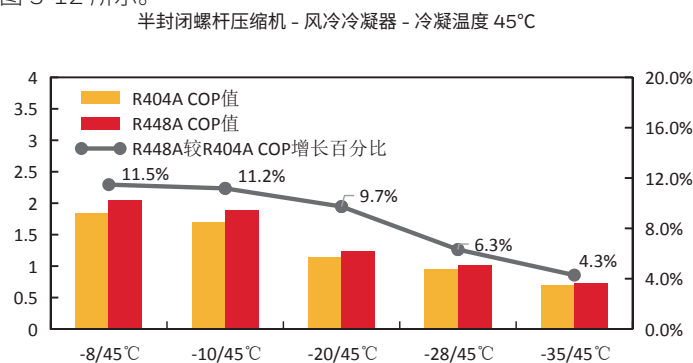


图 3-11.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

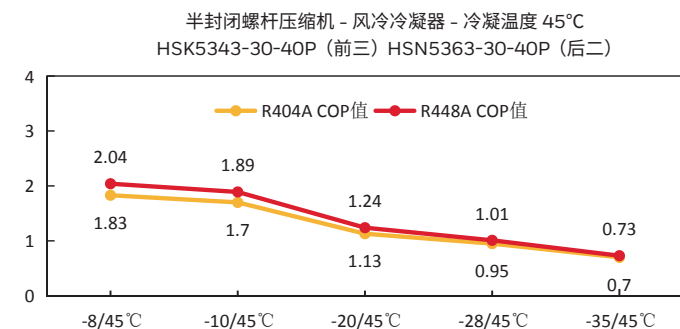


图 3-12.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出:在冷凝温度一定,蒸发温度变化的情况下采用半封闭螺杆压缩机、风冷冷凝器时,R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 4%~11%;两种制冷剂的压缩机 COP 值随蒸发温度降低而降低的趋势基本一致。

3.4.1.2 冷凝方式为蒸发式冷凝器

(1) 蒸发温度为 -8°C 、变冷凝温度时,半封闭活塞压缩机 COP 值对比及 COP 值随冷凝温度升高而降低的变化趋势对比,分别如图 3-13、图 3-14 所示。

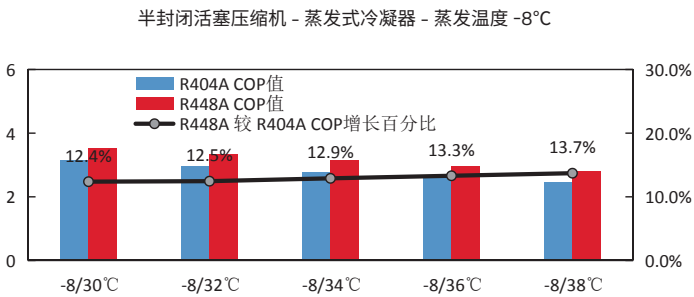


图 3-13.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

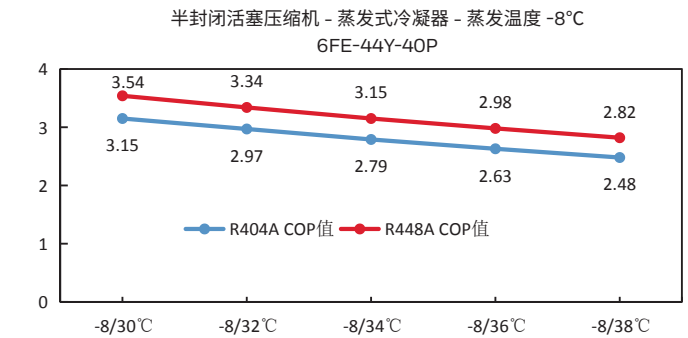


图 3-14.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出:对于冷却物冷藏库采用半封闭活塞压缩机、蒸发式冷凝器时,R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 12%-14%;两种制冷剂的压缩机 COP 值随冷凝温度升高而降低的趋势基本一致。

(2) 蒸发温度为 -28°C 、变冷凝温度时,半封闭活塞压缩机 COP 值对比及 COP 值随冷凝温度升高而降低的变化趋势对比,分别如图 3-15、图 3-16 所示。

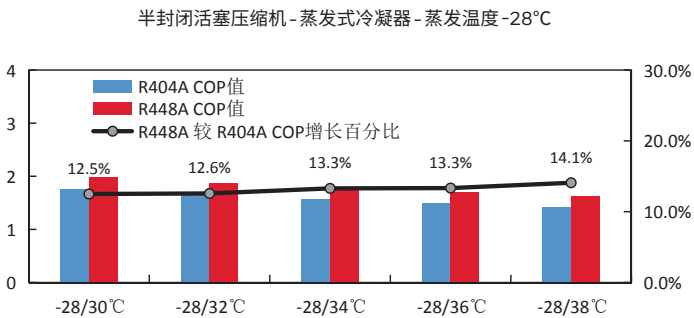


图 3-15.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

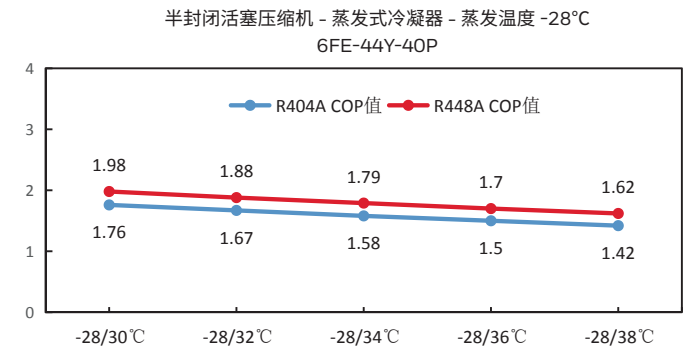


图 3-16.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出:对于冻结物冷藏库采用半封闭活塞压缩机、蒸发式冷凝器时,R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 12%-14%;两种制冷剂的压缩机 COP 值随冷凝温度升高而降低的趋势基本一致。

(3) 冷凝温度为 35°C 、变蒸发温度时,半封闭活塞压缩机 COP 值对比及 COP 值随蒸发温度降低而降低的变化趋势对比,分别如图 3-17、图 3-18 所示。

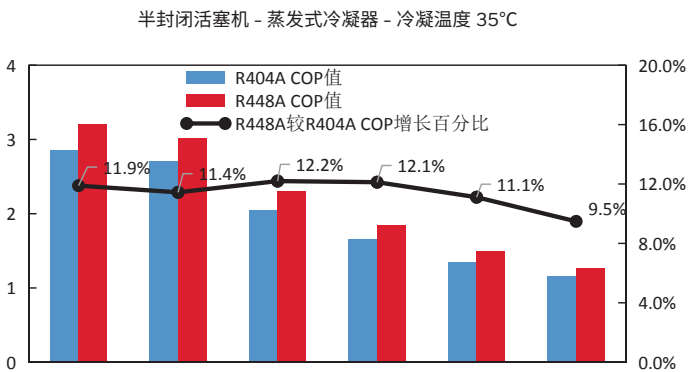


图 3-17.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

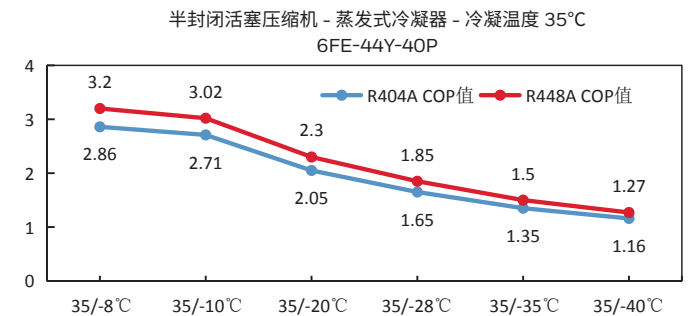


图 3-18.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出:在冷凝温度一定,蒸发温度变化的情况下采用半封闭活塞压缩机、蒸发式冷凝器时,R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 10%-12%;两种制冷剂的压缩机 COP 值随蒸发温度降低而降低的趋势基本一致。

(4) 蒸发温度为 -8°C 时，半封闭螺杆压缩机 COP 值对比及 COP 值随冷凝温度升高而降低的变化趋势对比，分别如图 3-19、图 3-20 所示。

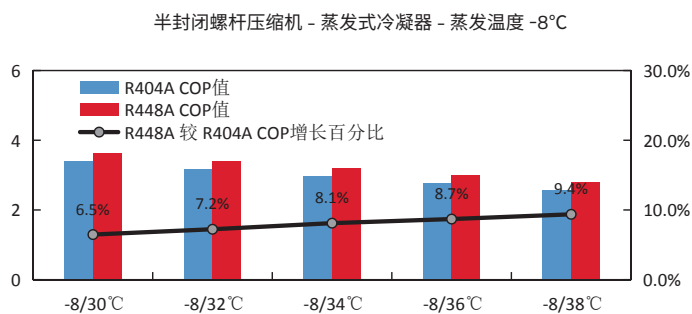


图 3-19.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

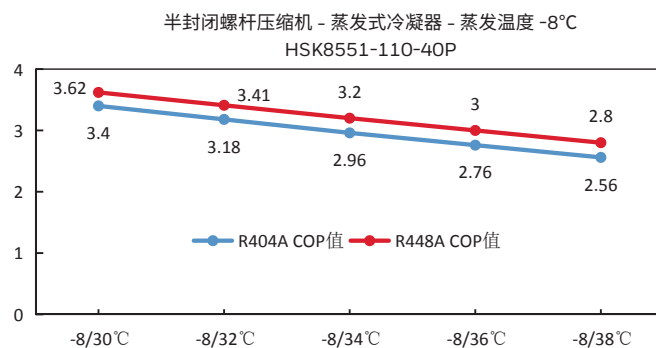


图 3-20.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出：对于冷却物冷藏库采用半封闭螺杆压缩机、蒸发式冷凝器时，R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 7%-10%；两种制冷剂的压缩机 COP 值随冷凝温度升高而降低的趋势基本一致。

(5) 蒸发温度为 -28°C 时，半封闭螺杆压缩机 COP 值对比及 COP 值随冷凝温度升高而降低的变化趋势对比，分别如图 3-21、图 3-22 所示。

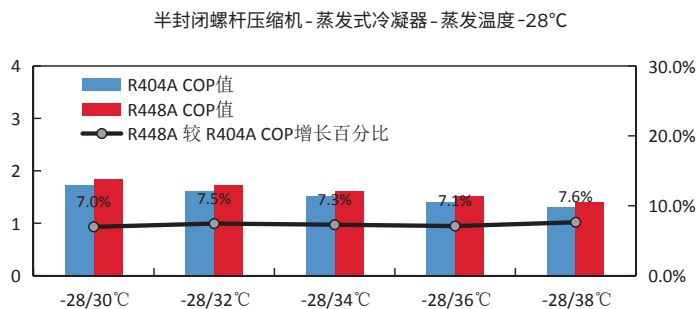


图 3-21.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

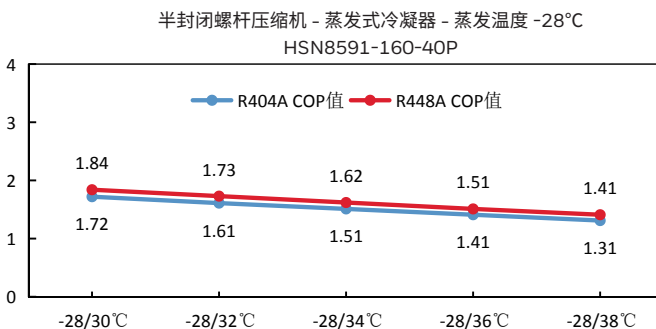


图 3-22.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出：对于冻结物冷藏库采用半封闭螺杆压缩机、蒸发式冷凝器时，R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 7%-8%；两种制冷剂的压缩机 COP 值随冷凝温度升高而降低的趋势基本一致。

(6) 冷凝温度为 35°C 、变蒸发温度时，半封闭螺杆压缩机 COP 值对比及 COP 值随蒸发温度降低而降低的变化趋势对比，分别如图 3-23、图 3-24 所示。

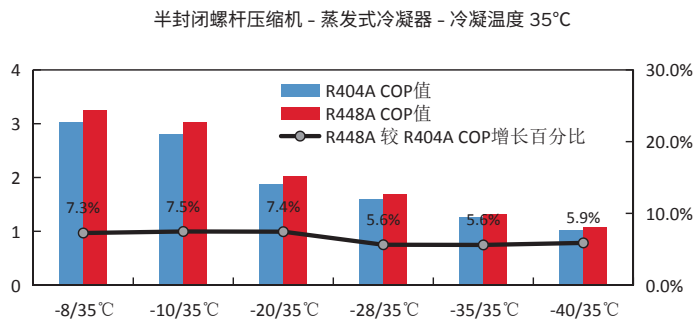


图 3-23.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值对比

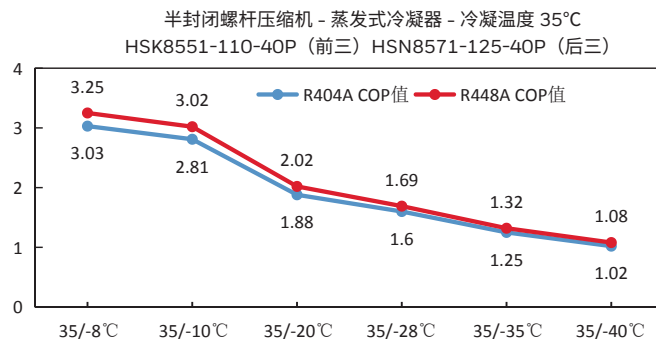


图 3-24.R448A 与 R404A, 压缩机 COP 值下降趋势对比

从以上两图可以看出：在冷凝温度一定，蒸发温度变化的情况下采用半封闭螺杆压缩机、蒸发式冷凝器时，R448A 压缩机运行 COP 值比 R404A 压缩机 COP 值高 6%-8%；两种制冷剂的压缩机 COP 值随蒸发温度降低而降低的趋势基本一致。

3.4.1.3 R448A 较 R404A 压缩机 COP 增长百分比汇总

在定蒸发温度 -8°C 、定蒸发温度 -28°C ，变冷凝温度的情况下，压缩机 COP 增长百分比汇总如表 3-27。

表 3-27.R448A 比 R404A 压缩机 COP 增长百分比汇总表

R448A 比 R404A 压缩机 COP 增长百分比	风冷冷凝器		蒸发式冷凝器	
	冷却物冷藏库	冻结物冷藏库	冷却物冷藏库	冻结物冷藏库
半封闭活塞压缩机	12%-16%	14%-17%	12%-14%	12%-14%
半封闭螺杆压缩机	10%-13%	6%-8%	7%-10%	7%-8%

3.4.2 R448A 与 R404A 蒸发器容量对比

蒸发器容量数值的大小可以反映制冷剂在蒸发系统中由液态蒸发为气态吸收的热量，本部分作了 R448A 与 R404A 在半封闭活塞压缩机、蒸发式冷凝器下的蒸发器容量对比。在定蒸发温度 -8°C 、定蒸发温度 -28°C 、定冷凝温度 35°C 的蒸发器容量对比分别如图 3-25、图 3-26、图 3-27 所示。

半封闭活塞压缩机蒸发式冷凝器 - 定蒸发温度 (-8°C)、变冷凝温度

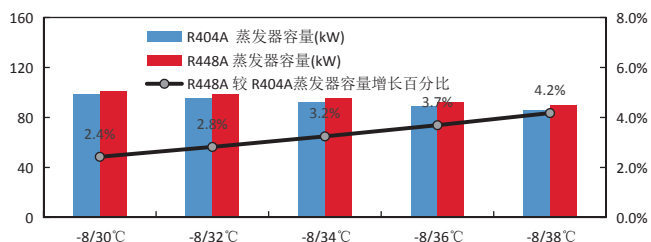


图 3-25.R448A 与 R404A, 蒸发器容量对比

半封闭活塞压缩机蒸发式冷凝器 - 定蒸发温度 (-28°C)、变冷凝温度

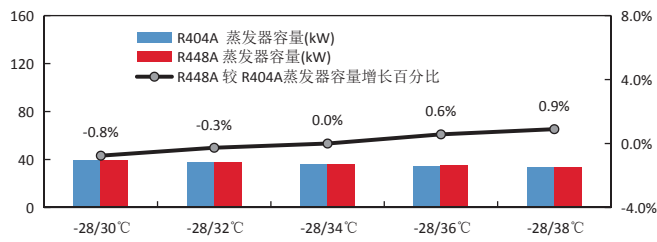


图 3-26.R448A 与 R404A, 蒸发器容量对比

半封闭活塞压缩机蒸发式冷凝器 - 定冷凝温度 (35°C)、变蒸发温度

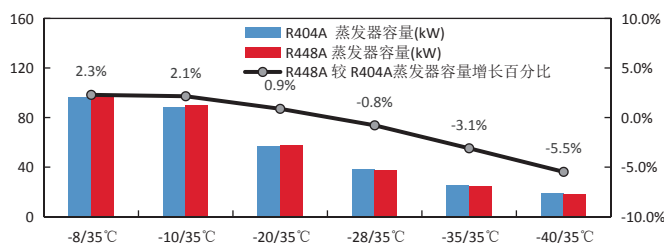


图 3-27.R448A 与 R404A, 蒸发器容量对比

从以上三图可以看出，在半封闭活塞压缩机、蒸发式冷凝器的情况下：冷却物冷藏库 R448A 的蒸发器容量比 R404A 的蒸发器容量高 2%-4%；冻结物冷藏库 R448A 的蒸发器容量与 R404A 的蒸发器容量相当；在定冷凝温度 35°C 下，随着蒸发温度的降低，R448A 较 R404A 的蒸发器容量增长百分比逐渐减小，当蒸发温度降至 -28°C 以下时，R448A 蒸发器容量小于 R404A 的蒸发器容量且差值越来越大。

3.4.3 R448A 与 R404A 冷凝器容量对比

冷凝器容量数值的大小可以反映制冷剂在冷凝系统中由气态冷凝为液态时排出的热量，本部分作了 R448A 与 R404A 在半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器下的冷凝器容量对比。在定蒸发温度 -8°C 、定蒸发温度 -28°C 、定冷凝温度 45°C 的冷凝器容量对比分别如图 3-28、图 3-29、图 3-30 所示。

半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 - 蒸发温度 -8°C

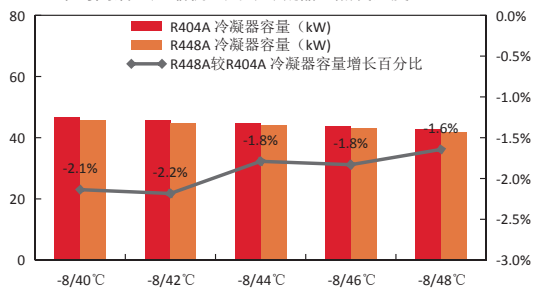


图 3-28.R448A 与 R404A, 冷凝器容量对比

半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 - 蒸发温度 -28°C

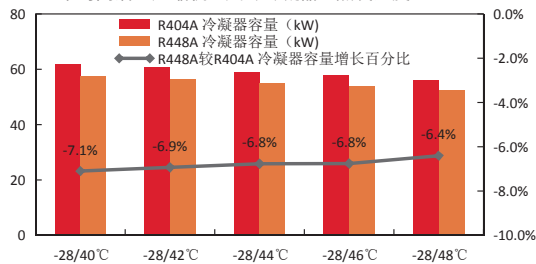


图 3-29.R448A 与 R404A, 冷凝器容量对比

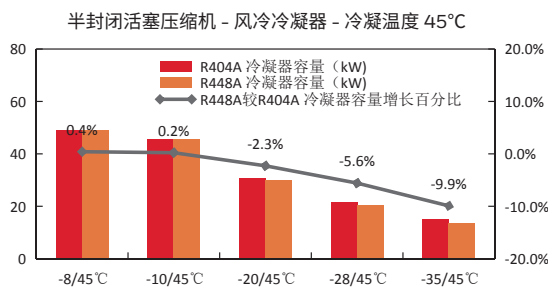


图 3-30.R448A 与 R404A, 冷凝器容量对比

从以上三图可以看出,在半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器的情况下:冷却物冷藏库 R448A 的冷凝器容量比 R404A 的冷凝器容量低 2% 左右;冻结物冷藏库 R448A 的冷凝器容量比 R404A 的冷凝器容量低 7% 左右;在定冷凝温度 45°C 下,随着蒸发温度的降低, R448A 较 R404A 的冷凝器容量增长百分比逐渐减小,当蒸发温度降至 -20°C 以下时, R448A 冷凝器容量小于 R404A 的冷凝器容量且差值越来越大。

3.4.4 R448A 与 R404A 单位制冷量对比

3.4.4.1 半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器

制冷剂单位制冷量数值大小反映的是单位质量的制冷剂制冷能力。本部分作了 R448A 与 R404A 在半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器下制冷剂单位制冷量对比。在定蒸发温度 -8°C、定蒸发温度 -28°C、定冷凝温度 45°C 的单位制冷量对比分别如图 3-31、图 3-32、图 3-33 所示。

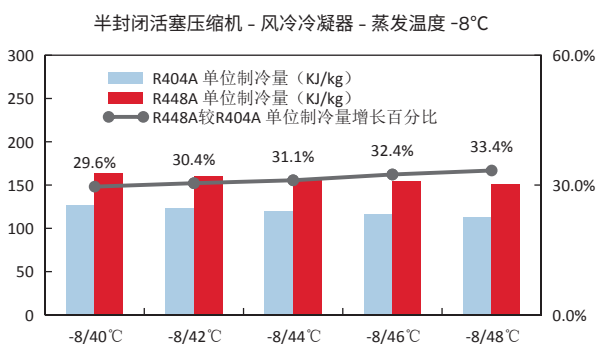


图 3-31.R448A 与 R404A, 单位制冷量对比

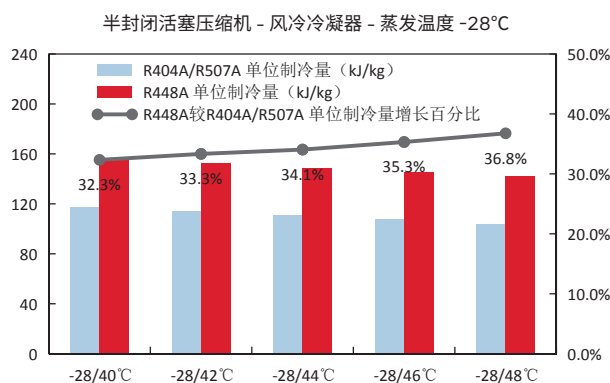


图 3-32.R448A 与 R404A, 单位制冷量对比

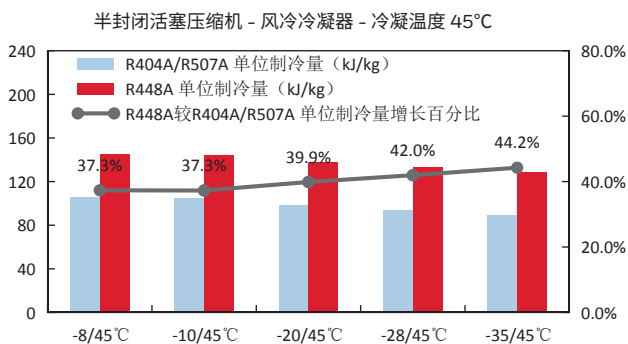


图 3-33.R448A 与 R404A, 单位制冷量对比

从以上三图可以看出,在半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器的情况下:冷却物冷藏库 R448A 的单位制冷量比 R404A 的单位制冷量高 30%-34%;冻结物冷藏库 R448A 的单位制冷量比 R404A 的单位制冷量高 32%-37%;在定冷凝温度 45°C 下,随着蒸发温度的降低, R448A 较 R404A 的单位制冷量增长百分比逐渐增大。

3.4.4.2 半封闭螺杆压缩机、蒸发式冷凝器

在定蒸发温度 -8°C、定蒸发温度 -28°C、定冷凝温度 35°C 的单位制冷量对比分别如图 3-34、图 3-35、图 3-36 所示。

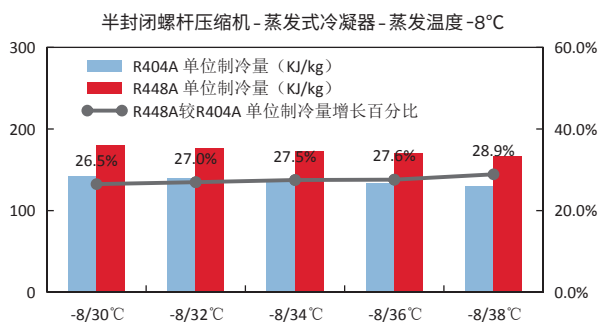


图 3-34.R448A 与 R404A, 单位制冷量对比

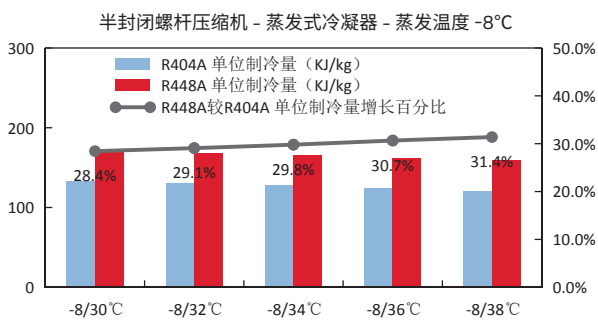
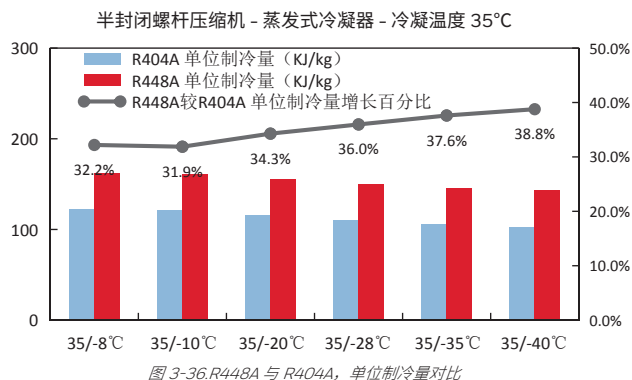


图 3-35.R448A 与 R404A, 单位制冷量对比



从以上三图可以看出, 在半封闭螺杆压缩机、蒸发式冷凝器的情况下: 冷却物冷藏库 R448A 的单位制冷量比 R404A 的单位制冷量高 27%-29%; 冻结物冷藏库 R448A 的单位制冷量比 R404A 的单位制冷量高 28%-31%; 在定冷凝温度 35°C 下, 随着蒸发温度的降低, R448A 较 R404A 的单位制冷量增长百分比逐渐增大。

3.4.5 R448A 与 R404A 制冷管路对比

R448A 与 R404A 制冷系统管路包括排气管路对比、供液管路对比、回气管路对比。本部分作了在风冷冷凝下半封闭活塞压缩机与半封闭螺杆压缩机分别在蒸发温度 -8°C、蒸发温度 -28°C 运行时, 其制冷管路管径的对比。如图 3-28 所示。

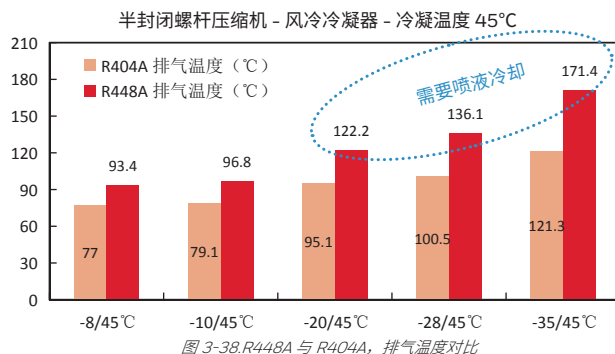
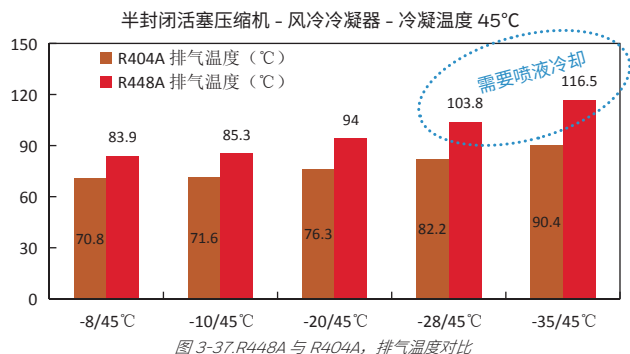
表 3-28.R448A 与 R404A 制冷系统主管路管径对比

制冷剂	压缩机类型	蒸发 / 冷凝温度 (°C)	制冷量 (kW)	质量流量 (kg/h)	排气主管管径 (铜管 DN)	供液主管管径 (铜管 DN)	回气主管管径 (铜管 DN)
R404A	半封活塞	-8/45	34.3	1167	28	22	42
R448A			35.6	882	28	18	42
R404A	半封活塞	-28/45	12.23	469	22	16	35
R448A			12.11	327	22	12	35
R404A	半封螺杆	-8/45	46.3	1573	28	22	54
R448A			47.2	1170	28	18	54
R404A	半封螺杆	-28/45	26.8	1027	22	18	54
R448A			27.2	735	22	15	54

从以上表可以看出, R448A 与 R404A 在制冷量相当的情况下, 制冷剂质量流量 R448A 比 R404A 减少 25%-30%, R448A 与 R404A 制冷管路的排气主管管径、回气主管管径分别相等, 而 R448A 的供液主管管径比 R404A 的小一个管径级别。

3.4.6 R448A 与 R404A 压缩机排气温度对比

压缩机排气温度过高会导致压缩机润滑油碳化变质, 一般压缩机排气温度超过 100°C 时需要采取喷液冷却处理。本部分作了半封闭活塞压缩机及半封闭螺杆压缩机分别在风冷、蒸发冷却下 R448A 与 R404A 压缩机排气温度的对比, 如图 3-37 ~ 图 3-40。



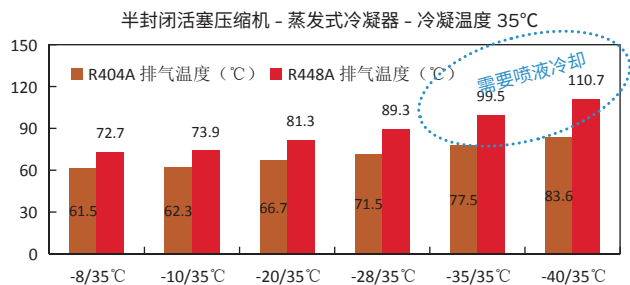


图 3-39.R448A 与 R404A, 排气温度对比

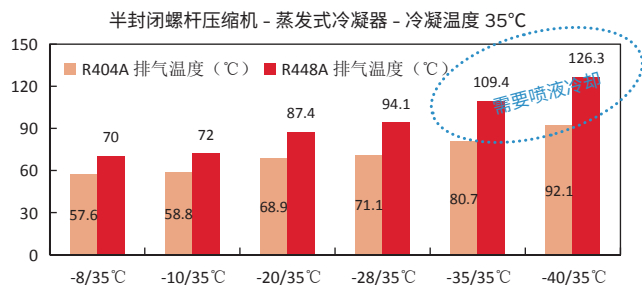


图 3-40.R448A 与 R404A, 排气温度对比

从以上四图可以看出：R448A 的排气温度整体要高于 R404A 的压缩机排气温度；半封闭螺杆压缩机的排气温度要高于半封闭活塞压缩机的排气温度；对于 R448A 采用风冷冷凝器时，蒸发温度低于 -20°C 时需要对其排气温度进行喷液冷却；对于 R448A 采用蒸发式冷凝器时，蒸发温度低于 -35°C 时需要对其排气进行喷液冷却。

3.4.7 R448A 与 R404A 蒸发、冷凝压力对比

(1) R448A 与 R404A 蒸发压力的对比如图 3-41 所示：

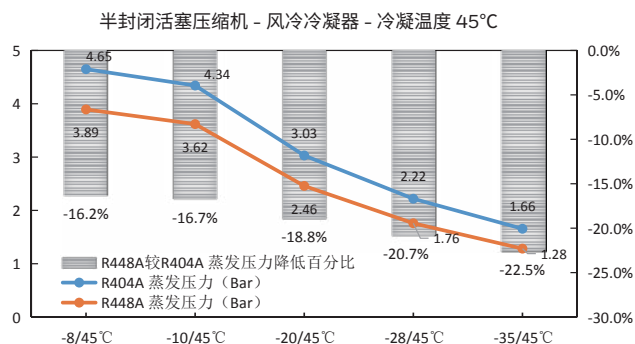


图 3-41.R448A 与 R404A, 蒸发压力对比

从左图可以看出，在相同的蒸发温度下，R448A 的蒸发压力低于 R404A 的蒸发压力，且随着蒸发温度的降低，R448A 与 R404A 蒸发压力降低趋势基本一致。

(2) R448A 与 R404A 冷凝压力的对比如图 3-42、图 3-43 所示：

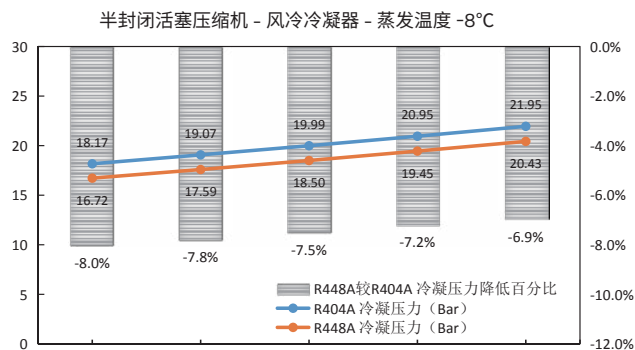


图 3-42.R448A 与 R404A, 冷凝压力对比

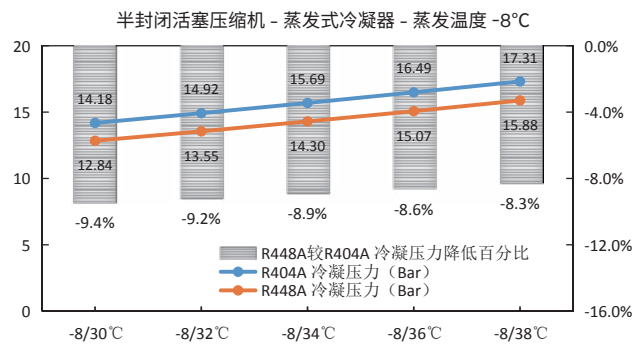


图 3-43.R448A 与 R404A, 冷凝压力对比

从以上两图可以看出，R448A 的冷凝压力低于 R404A 的冷凝压力，且随着冷凝温度的升高，R448A 与 R404A 冷凝压力升高的趋势基本一致，当冷凝温度大于 46°C 时，R448A 与 R404A 冷凝压力将超过 20 Bar。

3.5 本章小结

本章从单台压缩机运行角度出发，对于 R448A 与 R404A 分别从半封闭活塞压缩机、半封闭螺杆压缩机在不同蒸发温度、不同冷凝温度的工况下，理论计算并对比分析了压缩机 COP、蒸发器容量、冷凝器容量、单位制冷量、管径、压缩机排气温度、蒸发/冷凝压力等参数。

第 4 章

冷库制冷系统理论计算及对比分析

4.1 概况

本章通过建立不同库体容积的单层装配库物理模型，从不同地区、不同压缩机类型、不同冷凝方式等角度出发，理论计算并对比分析了应用制冷剂 R448A 及 R404A 制冷系统的能耗。

- (1) 地区：北京、广州、兰州；
- (2) 库体容积：1613 m³、6451 m³、43200 m³；
- (3) 压缩机类型：半封闭活塞压缩机、半封闭螺杆压缩机；
- (4) 冷凝方式：风冷、蒸发式冷凝。
- (5) 库温类型：冷却物冷藏库（蒸发温度 -8℃）、冻结物冷藏库（蒸发温度 -28℃）。

4.2 计算说明

(1) 单层装配库物理模型，具体冷间尺寸设置如表 4-1 所示。

表 4-1. 不同库体容积的冷间尺寸设置情况

净长 (m)	净宽 (m)	净高 (m)	冷间数量	总容积 (m ³)	总容量 (t)
冻结物冷藏库					
24	24	2.8	1	1613	385
24	24	2.8	4	6451	1539
40	30	12	3	43200	11858
冷却物冷藏库					
24	24	2.8	1	1613	256
24	24	2.8	4	6451	1026
40	30	12	3	43200	7906

(2) 冷库围护结构参数设置

外墙 1（邻不同温度房间）、外墙 2（邻室外）、屋顶：聚氨酯（ $\delta=200\text{mm}$, $\lambda=0.0314\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ ）；
地面：钢筋混凝土（ $\delta=150\text{mm}$, $\lambda=1.5468\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ ），聚氨酯（ $\delta=180\text{mm}$, $\lambda=0.0314\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ ），水泥砂浆（ $\delta=100\text{mm}$, $\lambda=0.9304\text{W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ ）。

(4) 冷库制冷系统运行能耗按照日运行 18h 计算。

(3) 冷设备选型

- 1) 压缩机：选用比泽尔压缩机，其性能参数依据比泽尔选型软件（BITZER Software6.7）计算得出；
- 2) 风冷冷凝器：选用松下冷机 MCF 系列；
- 3) 蒸发式冷凝器：选用益美高 LSC 系列；
- 4) 冷风机：选用凯洛文 SPA/SPB 系列。

4.3 计算示例

4.3.1 示例一：小型冷却物冷藏库

北京地区单层装配库 - 冷却物冷藏库 - 库体容积 1613m³- 半封闭活塞压缩机、风冷

(1) 设计参数

夏季空气调节室外计算日平均温度：29.6℃
湿球温度：26.4℃
夏季室外通风计算相对湿度：70%

蒸发 / 冷凝温度：-8℃ / +45℃
冷间温度：0 ~ 4℃

(2) 冷间冷负荷计算

1) 围护结构耗冷量 Q_1

$$Q_1 = K * F * a * (t_w - t_n) \text{ (w)}$$

冷间编号 / 名称	冷间数量	围护结构	K	F	a	t_w	t_n	Q1
			(W/m ² °C)	(m ²)	-	(°C)	(°C)	
冷藏间	1	内墙	0.170	-	1	0	0	-
		外墙 1	0.154	-	1	24.6	0	-
		外墙 2	0.155	320.76	1.3	29.6	0	1913
		屋顶	0.155	590.49	1.3	29.6	0	3522
		楼板	7.200	590.49	1	0	0	-
		地面	0.163	590.49	0.7	29.6	0	1994
小计								7429

2) 货物热量

$$Q_2 = 1/3.6 [G' * (h_1 - h_2) / \tau + G' * B * C_b * (t_1 - t_2) / \tau] + G' * (q_1 + q_2) / 2 + (G_n - G') * q_2$$

冷间编号 / 名称	冷间数量	G_n	G' / G_n	G'	τ	B	C_b	h_1	h_2	t_1	t_2	q_1	q_2	Q_2	备注	
		kg	%	kg	h		kJ/kg°C	kJ/kg	kJ/kg	°C	°C	W/kg	W/kg	W	h1,h2 取值	q1,q2 取值
冷藏间	1	256435	10	25644	24	0.27	1.47	402.8	299.1	25	0	0.10	0.01	37400	水果及 其它浆果	橙
小计														37400		

3) 通风换气热量

冷间编号 / 名称	冷间数量	V_n	t_w	t_n	n	ρ_n	n_r	h_w	h_n	Q_3
		m ³	°C	°C	-	kg/m ³	h	kJ/kg	kJ/kg	
冷藏间	1	1613	29.7	0	2	1.293	6	67.826	8.457	2866

4) 电机运转热量

$$Q_4 = 1000 \sum p * \xi * \rho$$

冷间编号 / 名称	冷间数量	$\sum p$	ξ	ρ	Q_4	风机功率取值参考
		kW	-	-	W	kW
冷藏间	1	9	1	0.667	6003	8

5) 操作热量

$$Q_5 = q_d * A + 0.2778 V_n * n * k * (h_w - h_n) * M * \rho_n / 24 + 3 / 24 * n_r * q_r$$

冷间编号 / 名称	冷间数量	q_d	A	V_n	n	M	ρ_n	h_w	h_n	n_r	q_r	Q_5
		W/m ²	m ²	m ³	-	-	kg/m ³	kg/kJ	kg/kJ			W
冷藏间	1	2.3	576	1613	1.6	0.5	1.293	67.826	8.457	6	279	2680

6) 冷间负荷汇总

冷间编号	冷间数量	冷间温度	冷却设备负荷 Q_q (W)					冷间机械负荷 Q_j (W)					-			
			围护 Q1	货物 PQ2	换气 Q3	电机 Q4	操作 Q5	合计	围护 Q1	货物 Q2	换气 Q3	电机 Q4	操作 Q5	合计	τ (h)	T (h)
冷藏间	1	0	7429	37400	2866	6003	2680	56378	7429	37400	2866	6003	2680	75171	24	18
$\sum Q_q$ (kW)							56.378									
$\sum Q_j$ (kW)							75.171									

(3) 各项冷负荷占比情况

对于北京地区库体容积为 1613m³ 的单层装配冷却物冷藏库，其夏季各部分冷负荷（Q1～Q5）占比情况如图 4-1 所示。

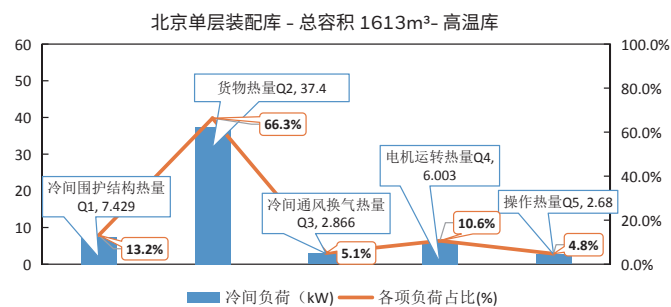


图 4-1. 冷库各部分冷负荷占比情况

从左图可以看出，货物热量占比较大，约占冷库总冷负荷的 66.3%；操作热量约占冷库总负荷的 4.8%；维护结构冷负荷约占总负荷的 13.2%。

(4) 制冷系统耗电量计算

1) 压缩机

制冷剂	压缩机型号	蒸发器制冷量 kW	输入功率 kW	COP	台数	蒸发器总冷量 kW	总输入功率 kW	日耗电量 (按日运行 18h) (kW·h/24h)
R404A	4NES-20Y-40P	27.5	12.72	2.16	3	82.5	38.16	686.88
R448A	4NES-20Y-40P	29	11.82	2.45	3	87	35.46	638.28

2) 冷凝器

制冷剂	冷凝器型号	排热量 (单台) kW	电机功率 (单台) kW	台数	总功率 kW	日耗电量 (按日运行 18h) (kW·h/24h)
R404A	MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	1	3.15	56.7
R448A	MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	1	3.15	56.7

3) 冷风机

制冷剂	冷风机型号	产冷量 (单台) kW	电机功率 (单台) kW	台数 / 间	总功率 kW	日耗电量 (按日运行 18h) (kW·h/24h)
R404A	SPAE083D	41.92	2.3	2	4.6	82.8
R448A	SPAE083D	41.92	2.3	2	4.6	82.8

4) R448A 系统压缩机耗电量修正

R448A 较 R404A 蒸发器总冷量差值百分比	R448A 压缩机日耗电量修正系数	R448A 压缩机日耗电量修正值 (kW·h/24h)
5.5%	94.5%	603.17

5) 制冷系统日耗电量汇总

制冷剂	压缩机日耗电量 (kW·h/24h)	冷凝器日耗电量 (kW·h/24h)	冷风机日耗电量 (kW·h/24h)	制冷系统总耗电量 (kW·h/24h)
R404A	686.88	56.7	82.8	826.38
R448A	603.17	56.7	82.8	742.67

4.3.2 示例二：大型冻结物冷藏库

北京地区单层装配库 - 冻结物冷藏库 - 库体容积 43200m³- 半封闭螺杆压缩机、蒸发冷

(1) 冷负荷计算

此部分对冷库负荷计算不再做详细说明，计算结果以图 4-2 的形式表示。从图 4-2 可以看出，在冻结物冷藏库负荷占比中，围护结构热量占比最大，占总负荷的 51.3%，其次为货物热量占总负荷的 39.2%，其他热负荷占比较小。

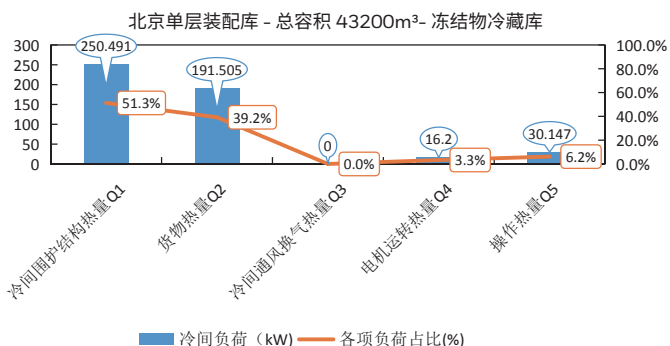


图 4-2. 冷库各部分冷负荷占比情况

(2) 制冷系统耗电量计算

同样此部分对冷库负荷制冷系统各部分耗电量不再做列表说明，其计算结果以图 4-3 的形式表示。从图 4-3 可以看出，在制冷系统各主要设备日耗电量计算中，压缩机耗电量占比最大，约占总耗电量的 81%，其他设备耗电占比较小。

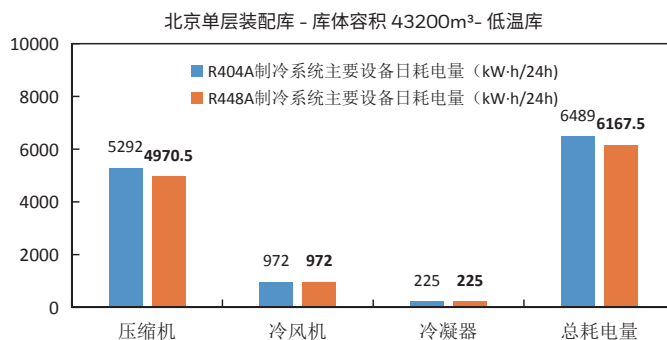


图 4-3. 制冷系统主要设备日耗电量

4.4 计算结果汇总

4.4.1 北京地区单层装配库

表 4-2. 北京单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R404A)

冷间负荷								
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷间围护结构热量 Q1 (kW)	货物热量 Q2 (kW)	冷间通风换气热量 Q3 (kW)	电机运转热量 Q4 (kW)	操作热量 Q5 (kW)	冷间设备负荷 (kW)	冷间机械负荷 (kW)
1613	-28/45°C	12.134	8.697	0	5.4	3.356	29.587	39.449
6451	-28/45°C	170.463	34.788	0	21.6	13.424	240.248	219.716
43200	-28/45°C	250.491	191.505	0	16.2	30.147	488.343	456.749
1613	-8/45°C	7.429	37.4	2.866	6.003	2.68	56.378	75.171
6451	-8/45°C	104.6	149.6	11.464	8.004	10.72	284.388	225.342
43200	-8/45°C	153.936	830.796	76.764	42.021	22.935	1126.452	515.431

压缩机						
压缩机型号	蒸发器制冷量	输入功率	COP	台数	蒸发器总冷量	总输入功率
6FE-44Y-40P	28.6	24.2	1.18	2	57.2	48.4
6FE-44Y-40P	28.6	24.2	1.18	8	228.8	193.6
6FE-44Y-40P	28.6	24.2	1.18	16	457.6	387.2
4NES-20Y-40P	27.5	12.72	2.16	3	82.5	38.16
6FE-50Y-40P	74.4	36	2.07	3	223.2	108
6FE-44Y-40P	76.1	37.3	2.04	7	532.7	261.1

冷凝器				
冷凝器型号	排热量 (单台) (kW)	电机功率 (单台) kW	台数	总功率 kW
MCF-N450NUJ-VSL	115	2.1	1	2.1
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	3	9.45
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	5	15.75
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	1	3.15
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	2	6.3
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	5	15.75

蒸发器				
冷风机型号	产冷量 (单台) (kW)	电机功率 (单台) (kW)	台数 / 间	总功率 (kW)
SPBE083D	26.33	2.3	2	4.6
SPBE073D	21.04	2.3	4	36.8
SPBE074D	28.13	3	6	54
SPAE083D	41.92	2.3	2	4.6
SPAE063D	20.6	0.6	4	9.6
SPAE084D	58.05	3	7	63
系统耗电量 (日运行 18h)				
冷风机	压缩机	冷凝器 (风冷)	系统日耗电量 (kW·h/24h)	
82.8	871.2	37.8	991.8	
662.4	3484.8	170.1	4317.3	
972	6969.6	283.5	8225.1	
82.8	686.88	56.7	826.38	
172.8	1944	113.4	2230.2	
1134	4699.8	283.5	6117.3	

表 4-3. 北京单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R448A)

冷间负荷								
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷间围护结构热量 Q1 (kW)	货物热量 Q2 (kW)	冷间通风换气热量 Q3 (kW)	电机运转热量 Q4 (kW)	操作热量 Q5 (kW)	冷间设备负荷 (kW)	冷间机械负荷 (kW)
1613	-28/45°C	12.134	8.697	0	5.4	3.356	29.587	39.449
6451	-28/45°C	170.463	34.788	0	21.6	13.424	240.248	219.716
43200	-28/45°C	250.491	191.505	0	16.2	30.147	488.343	456.749
1613	-8/45°C	7.429	37.4	2.866	6.003	2.68	56.378	75.171
6451	-8/45°C	104.6	149.6	11.464	8.004	10.72	284.388	225.342
43200	-8/45°C	153.936	830.796	76.764	42.021	22.935	1126.452	515.431
压缩机								
压缩机型号	蒸发器制冷量	输入功率	COP	台数	蒸发器总冷量	总输入功率		
6FE-44Y-40P	29.5	21.6	1.37	2	59	43.2		
6FE-44Y-40P	29.5	21.6	1.37	8	236	172.8		
6FE-44Y-40P	29.5	21.6	1.37	16	472	345.6		
4NES-20Y-40P	29	11.82	2.45	3	87	35.46		
6FE-50Y-40P	78.8	33	2.39	3	236.4	99		
6FE-44Y-40P	80.9	34.3	2.36	7	566.3	240.1		
冷凝器								
冷凝器型号	排热量 (单台) (kW)	电机功率 (单台) kW	台数	总功率 kW				
MCF-N450NUJ-VSL	115	2.1	1	2.1				
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	3	9.45				
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	5	15.75				
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	1	3.15				
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	2	6.3				
MCF-N700NUJ-VSL	180	3.15	5	15.75				
蒸发器								
冷风机型号	产冷量 (单台) (kW)	电机功率 (单台) (kW)	台数 / 间	总功率 (kW)				
SPBE083D	26.33	2.3	2	4.6				
SPBE073D	21.04	2.3	4	36.8				
SPBE074D	28.13	3	6	54				
SPAE083D	41.92	2.3	2	4.6				
SPAE063D	20.6	0.6	4	9.6				
SPAE084D	58.05	3	7	63				

系统耗电量 (日运行 18h)			
冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器 (风冷)	系统日耗电量 (kW·h/24h)
82.8	753.13	37.8	873.73
662.4	3012.52	170.1	3845.02
972	6025.04	283.5	7280.54
82.8	603.46	56.7	742.96
172.8	1676.61	113.4	1962.81
1134	4049.20	283.5	5466.70

表 4-4. 北京单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/45°C	82.8	846	37.8	966.6
6451	-28/45°C	662.4	4017.6	170.1	4850.1
43200	-28/45°C	972	8035.2	340.2	9347.4
1613	-8/45°C	82.8	687.6	56.7	827.1
6451	-8/45°C	172.8	2293.2	170.1	2636.1
43200	-8/45°C	1134	4424.4	396.9	5955.3

表 4-5. 北京单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/45°C	82.8	781.59	37.8	902.19
6451	-28/45°C	662.4	3711.94	170.1	4544.44
43200	-28/45°C	972	7423.87	340.2	8736.07
1613	-8/45°C	82.8	609.80	56.7	749.30
6451	-8/45°C	172.8	2040.45	170.1	2383.35
43200	-8/45°C	1134	3953.44	396.9	5484.34

表 4-6. 北京单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/35°C	165.6	529.56	49.5	744.66
6451	-28/35°C	662.4	2505.6	163.8	3331.8
43200	-28/35°C	972	5428.8	225	6625.8
1613	-8/35°C	165.6	498.6	49.5	713.7
6451	-8/35°C	172.8	1495.8	163.8	1832.4
43200	-8/35°C	1134	3510	225	4869

表 4-7. 北京单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/35°C	165.6	471.6	49.5	686.7
6451	-28/35°C	662.4	2214	163.8	3040.2
43200	-28/35°C	972	4797	225	5994
1613	-8/35°C	165.6	448.91	49.5	664.007
6451	-8/35°C	172.8	1346.7	163.8	1683.32
43200	-8/35°C	1134	3130.8	225	4489.85

表 4-8. 北京单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/35°C	165.6	577.8	49.5	792.9
6451	-28/35°C	662.4	2646	148.5	3456.9
43200	-28/35°C	972	5292	225	6489
1613	-8/35°C	165.6	559.8	49.5	774.9
6451	-8/35°C	172.8	1638	163.8	1974.6
43200	-8/35°C	1134	3247.2	297	4678.2

表 4-9. 北京单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/35°C	165.6	538.7	49.5	753.80
6451	-28/35°C	662.4	2485.3	148.5	3296.15
43200	-28/35°C	972	4970.5	225	6167.50
1613	-8/35°C	165.6	518.61	49.5	733.71
6451	-8/35°C	172.8	1511.5	163.8	1848.06
43200	-8/35°C	1134	3022.9	297	4453.87

4.4.2 广州地区单层装配库

表 4-10. 广州单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/50°C	82.8	882	56.7	1021.5
6451	-28/50°C	662.4	3528	170.1	4360.5
43200	-28/50°C	972	8379	340.2	9691.2
1613	-8/50°C	82.8	777.6	56.7	917.1
6451	-8/50°C	172.8	2332.8	170.1	2675.7
43200	-8/50°C	1134	5601.6	283.5	7019.1

表 4-11. 广州单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/50°C	82.8	746.56	56.7	886.06
6451	-28/50°C	662.4	2986.2	170.1	3818.73
43200	-28/50°C	972	7115.7	340.2	8427.9
1613	-8/50°C	82.8	685.88	56.7	825.38
6451	-8/50°C	172.8	2057.6	170.1	2400.54
43200	-8/50°C	1134	4702.6	283.5	6120.09

表 4-12. 广州单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/50°C	82.8	1249.2	56.7	1388.7
6451	-28/50°C	662.4	4827.6	226.8	5716.8
43200	-28/50°C	972	9655.2	340.2	10967.4
1613	-8/50°C	82.8	950.4	56.7	1089.9
6451	-8/50°C	172.8	2559.6	170.1	2902.5
43200	-8/50°C	1134	5493.6	283.5	6911.1

表 4-13. 广州单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/50°C	82.8	1152.5	56.7	1292.01
6451	-28/50°C	662.4	4491.5	226.8	5380.68
43200	-28/50°C	972	8983	340.2	10295.2
1613	-8/50°C	82.8	825.88	56.7	965.38
6451	-8/50°C	172.8	2224.8	170.1	2567.68
43200	-8/50°C	1134	4776.9	283.5	6194.36

表 4-14. 广州单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/36°C	82.8	556.56	49.5	688.86
6451	-28/36°C	662.4	2607.84	163.8	3434.04
43200	-28/36°C	972	5148.9	225	6345.9
1613	-8/36°C	82.8	505.8	49.5	638.1
6451	-8/36°C	172.8	1598.4	112.5	1883.7
43200	-8/36°C	1134	3540.6	225	4899.6

表 4-15. 广州单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/36°C	82.8	515.36	49.5	647.66
6451	-28/36°C	662.4	2403.2	163.8	3229.35
43200	-28/36°C	972	4507.6	225	5704.62
1613	-8/36°C	82.8	454.41	49.5	586.71
6451	-8/36°C	172.8	1455.1	112.5	1740.43
43200	-8/36°C	1134	3180.8	225	4539.85

表 4-16. 广州单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/36°C	82.8	585	49.5	717.3
6451	-28/36°C	662.4	2674.8	148.5	3485.7
43200	-28/36°C	972	5349.6	225	6546.6
1613	-8/36°C	82.8	570.6	49.5	702.9
6451	-8/36°C	172.8	1677.6	112.5	1962.9
43200	-8/36°C	1134	3312	225	4671

表 4-17. 广州单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/36°C	82.8	545	49.5	677.30
6451	-28/36°C	662.4	2511.7	148.5	3322.63
43200	-28/36°C	972	5023.5	225	6220.46
1613	-8/36°C	82.8	526.24	49.5	658.54
6451	-8/36°C	172.8	1542	112.5	1827.35
43200	-8/36°C	1134	3056	225	4415

4.4.3 兰州地区单层装配库

表 4-18. 兰州单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/41°C	82.8	570.24	37.8	690.84
6451	-28/41°C	496.8	2841.12	151.2	3489.12
43200	-28/41°C	972	5682.24	283.5	6937.74
1613	-8/41°C	82.8	646.2	56.7	785.7
6451	-8/41°C	172.8	1614.6	113.4	1900.8
43200	-8/41°C	1134	3515.4	226.8	4876.2

表 4-19. 兰州单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/41°C	82.8	519.93	37.8	640.53
6451	-28/41°C	496.8	2418.74	151.2	3066.74
43200	-28/41°C	972	4671.94	283.5	5927.44
1613	-8/41°C	82.8	566.12	56.7	705.62
6451	-8/41°C	172.8	1424.47	113.4	1710.67
43200	-8/41°C	1134	3183.81	226.8	4544.61

表 4-20. 兰州单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/41°C	82.8	631.8	37.8	752.4
6451	-28/41°C	496.8	2847.6	151.2	3495.6
43200	-28/41°C	972	6489	283.5	7744.5
1613	-8/41°C	82.8	633.6	56.7	773.1
6451	-8/41°C	172.8	1893.6	151.2	2217.6
43200	-8/41°C	1134	3654	226.8	5014.8

表 4-21. 兰州单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/41°C	82.8	588.12	37.8	708.72
6451	-28/41°C	496.8	2658.92	151.2	3306.92
43200	-28/41°C	972	6026.63	283.5	7282.13
1613	-8/41°C	82.8	573.70	56.7	713.20
6451	-8/41°C	172.8	1706.39	151.2	2030.39
43200	-8/41°C	1134	3310.18	226.8	4670.98

表 4-22. 兰州单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/28°C	82.8	397.8	49.5	530.1
6451	-28/28°C	496.8	1989	163.8	2649.6
43200	-28/28°C	972	4017.78	171	5160.78
1613	-8/28°C	82.8	374.76	49.5	507.06
6451	-8/28°C	172.8	1065.6	112.5	1350.9
43200	-8/28°C	1134	2745	171	4050

表 4-23. 兰州单层装配库 - 半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/28°C	82.8	357.36	49.5	489.662
6451	-28/28°C	496.8	1786.8	163.8	2447.41
43200	-28/28°C	972	3793.5	171	4936.52
1613	-8/28°C	82.8	343.84	49.5	476.137
6451	-8/28°C	172.8	963.38	112.5	1248.68
43200	-8/28°C	1134	2468.7	171	3773.74

表 4-24. 兰州单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R404A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/28°C	82.8	424.8	49.5	557.1
6451	-28/28°C	496.8	2300.4	148.5	2945.7
43200	-28/28°C	972	4584.6	162	5718.6
1613	-8/28°C	82.8	428.4	49.5	560.7
6451	-8/28°C	172.8	1238.4	112.5	1523.7
43200	-8/28°C	1134	2516.4	217.8	3868.2

表 4-25. 兰州单层装配库 - 半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器 (R448A)

系统耗电量 (日运行 18h)					
库体容积 (m ³)	蒸发 / 冷凝温度	冷风机	压缩机 (修正值)	冷凝器	系统日耗电量 (kW·h/24h)
1613	-28/28°C	82.8	399.79	49.5	532.09
6451	-28/28°C	496.8	2169.76	148.5	2815.06
43200	-28/28°C	972	4337.97	162	5471.97
1613	-8/28°C	82.8	408.93	49.5	541.23
6451	-8/28°C	172.8	1181.57	112.5	1466.87
43200	-8/28°C	1134	2399.67	217.8	3751.47

4.5 对比分析

4.5.1 R448A 与 R404A 主要制冷设备耗电量对比

本部分针对北京地区单层装配库（冷却物冷藏库、冻结物冷藏库），使用风冷冷凝器的情况下，对制冷系统主要耗电设备能耗情况进行了对比，如图 4-4 ~ 图 4-7 所示。

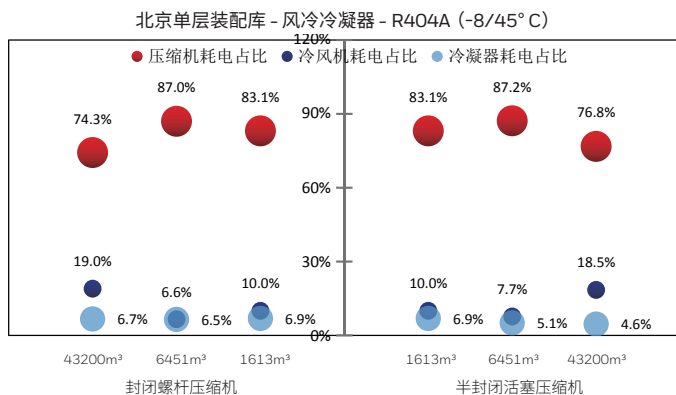


图 4-4. R404A 系统主要制冷设备能耗占比

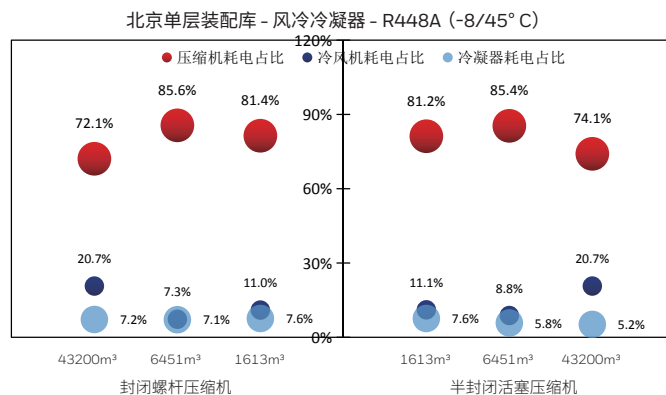


图 4-5. R448A 系统主要制冷设备能耗占比

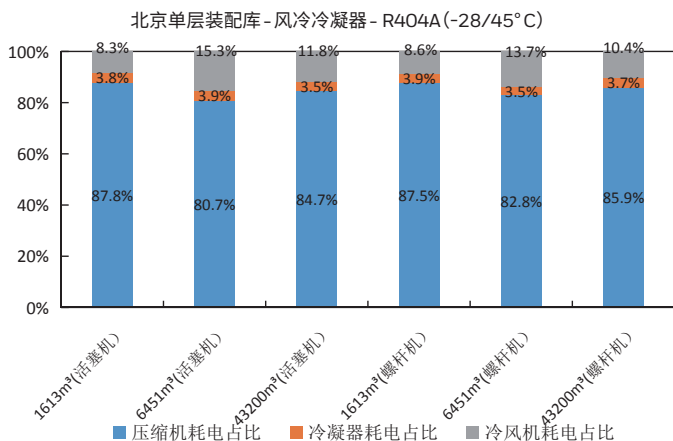


图 4-6. R404A 系统主要制冷设备能耗占比

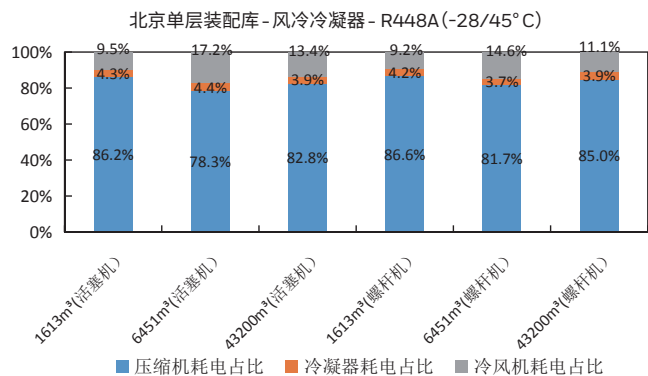


图 4-7. R448A 系统主要制冷设备能耗占比

从以上四图可以看出，无论是半封闭活塞压缩机还是半封闭螺杆压缩机，不分库体容积大小，不分冷却物冷藏库还是冻结物冷藏库，压缩机耗电量占比最大，约占总耗电量的 80%-85%，其次为冷风机耗电量，占比约为 10%-15%，风冷冷凝器耗电量最少，约占 3%-7%。

4.5.2 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比

4.5.2.1 北京地区

(1) 半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器的冷却物冷藏库、冻结物冷藏库 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比分别如图 4-8、图 4-9 所示。

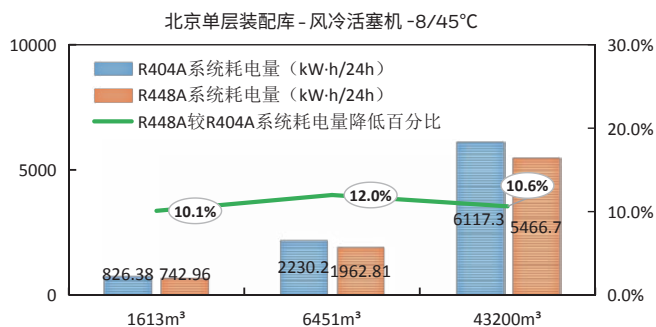


图 4-8. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

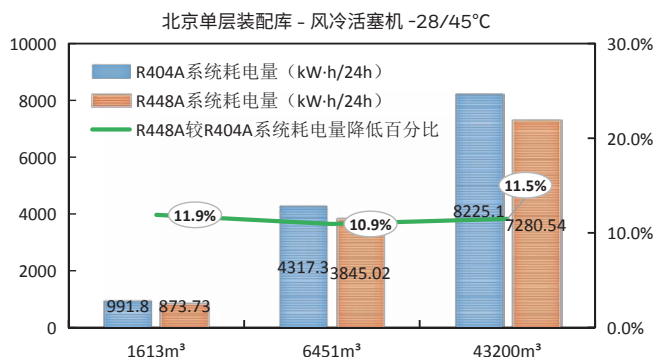


图 4-9. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

(2) 半封闭螺杆压缩机、风冷冷凝器的冷却物冷藏库、冻结物冷藏库 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比分别如图 4-10、图 4-11 所示。

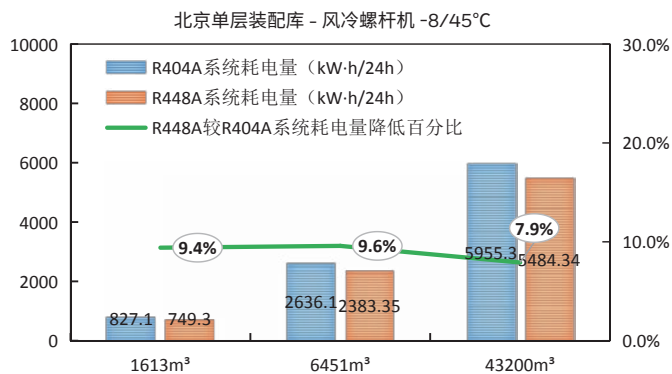


图 4-10. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

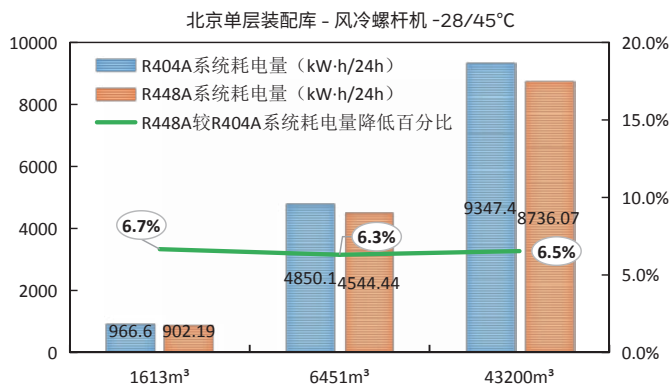


图 4-11. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

(3) 半封闭活塞压缩机、蒸发式冷凝器的冷却物冷藏库、冻结物冷藏库 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比分别如图 4-12、图 4-13 所示。

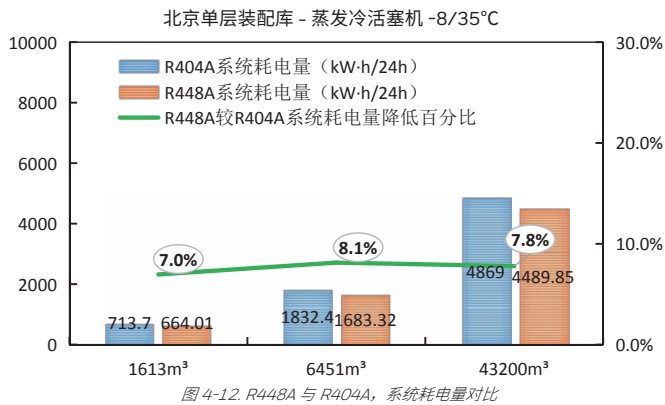


图 4-12. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

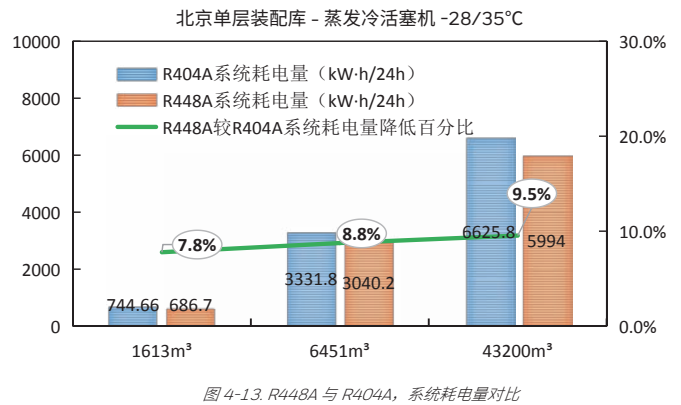


图 4-13. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

(4) 半封闭螺杆压缩机、蒸发式冷凝器的冷却物冷藏库、冻结物冷藏库 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比分别如图 4-14、图 4-15 所示。

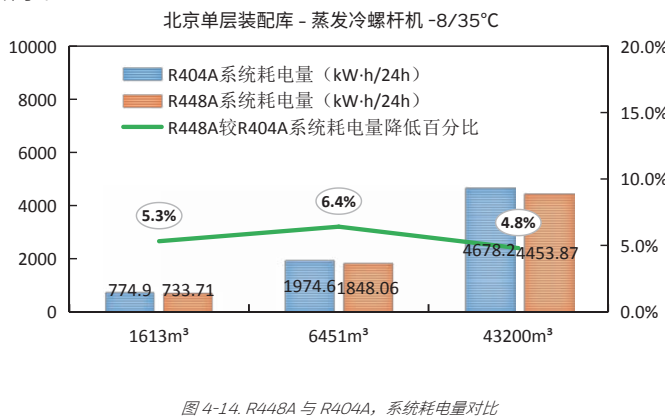


图 4-14. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

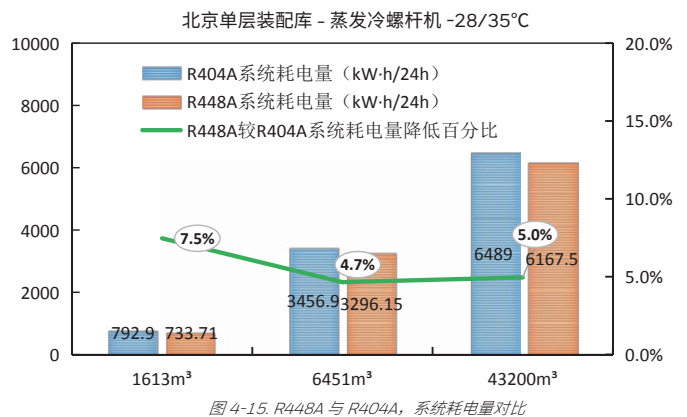


图 4-15. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

综合以上：从图 4-8 ~图 4-15 可以得出，北京地区单层装配库采用半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约为 10.9%、11.4%；采用半封闭螺杆压缩机、风冷冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 9.0%、6.5%；采用半封闭活塞压缩机、蒸发式冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 7.6%、8.7%；采用半封闭螺杆压缩机、蒸发式冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 5.5%、5.7%。

4.5.2.2 广州地区

(1) 半封闭活塞、螺杆压缩机，风冷冷凝器的冷却物冷藏库、冻结物冷藏库 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比分别如图 4-16、图 4-17 所示。

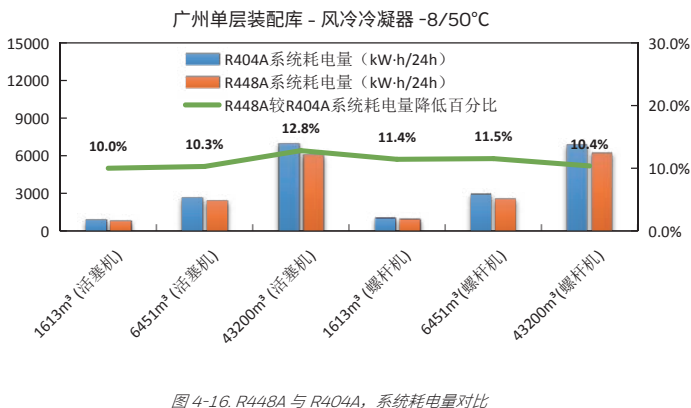


图 4-16. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

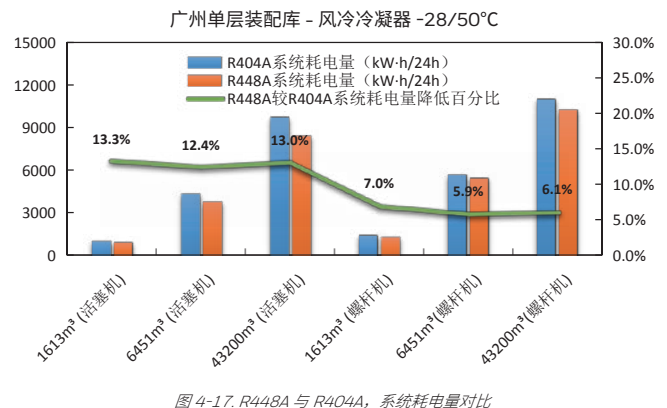


图 4-17. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

从以上两图可以得出：广州地区单层装配库采用半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 11%、12.9%；采用半封闭螺杆压缩机、风冷冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 11.1%、6.3%。

(2) 半封闭活塞、螺杆压缩机, 蒸发式冷凝器的冷却物冷藏库、冻结物冷藏库 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比分别如图 4-18、图 4-19 所示。

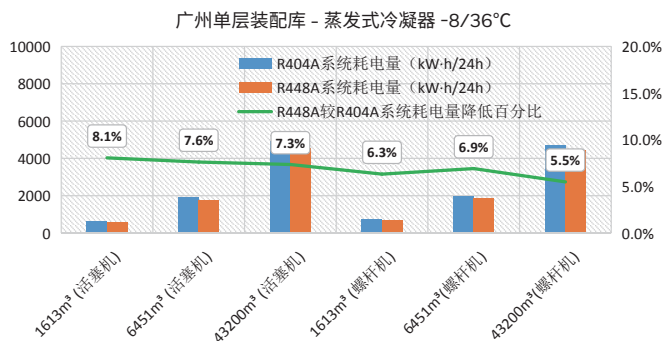


图 4-18. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

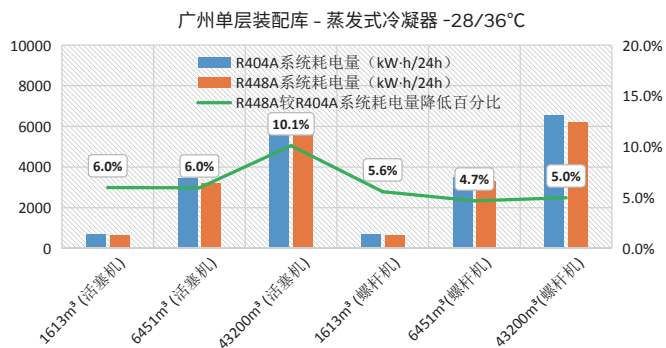


图 4-19. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

从以上两图可以得出：广州地区单层装配库采用半封闭活塞压缩机、蒸发式冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 7.7%、7.3%；采用半封闭螺杆压缩机、蒸发式冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 6.2%、5.1%。

4.5.2.3 兰州地区

(1) 半封闭活塞、螺杆压缩机, 风冷冷凝器的冷却物冷藏库、冻结物冷藏库 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比分别如图 4-20、图 4-21 所示。

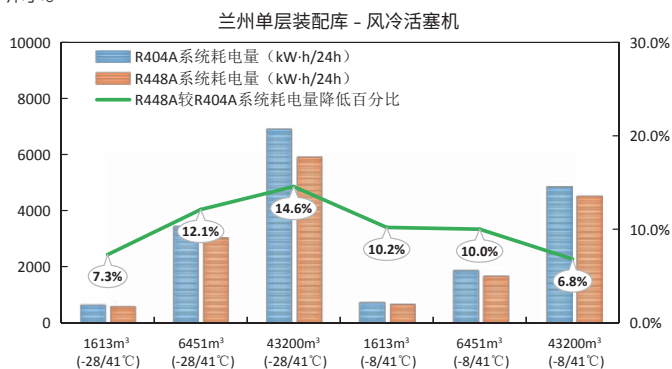


图 4-20. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

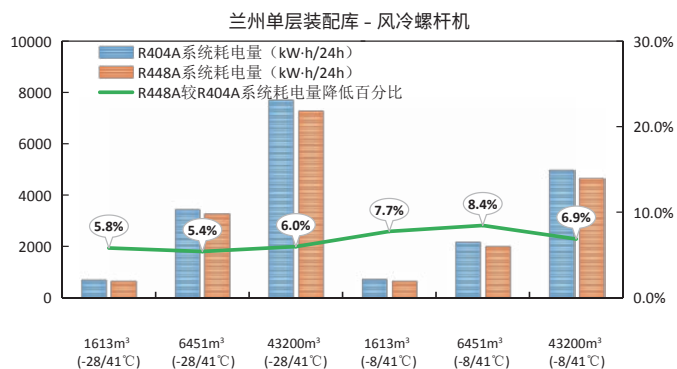


图 4-21. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

从以上两图可以得出：兰州地区单层装配库采用半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 9%、11.3%；采用半封闭螺杆压缩机、风冷冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 7.7%、5.7%。

(2) 半封闭活塞、螺杆压缩机, 蒸发式冷凝器的冷却物冷藏库、冻结物冷藏库 R448A 与 R404A 制冷系统能耗对比分别如图 4-22、图 4-23 所示。

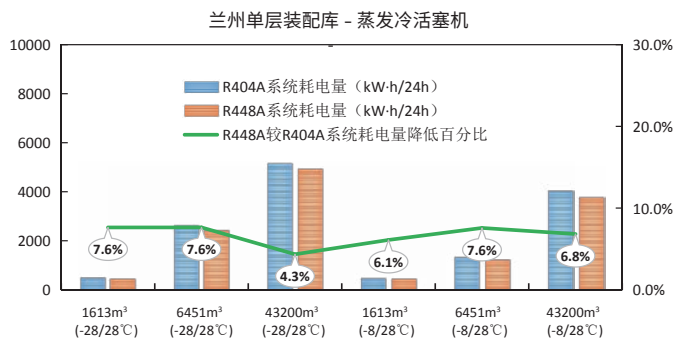


图 4-22. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

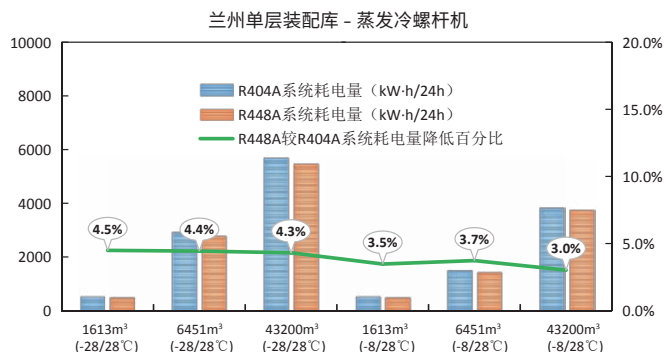


图 4-23. R448A 与 R404A, 系统耗电量对比

从以上两图可以得出：兰州地区单层装配库采用半封闭活塞压缩机、蒸发式冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 6.8%、6.5%；采用半封闭螺杆压缩机、蒸发式冷凝器时，冷却物冷藏库、冻结物冷藏库的 R448A 比 R404A 制冷系统能耗分别降低约 3.4%、4.4%。

4.5.3 R448A 替代 R404A 冷库改造对比分析

4.5.3.1 概况

(1) 本部分依据 BITZER Software 6.7、Coolselector 2 制冷设备及管路计算选型软件，对制冷设备及管路中制冷剂充注量进行理论计算，对比分析了北京地区、广州地区在不同压缩机类型、不同冷凝器类型、不同库体容积及不同库温类型的单层装配库以制冷剂 R448A 替代 R404A 时，R448A 系统运行预估年节省金额、收回初投资差额周期、碳排放减少量。

(2) 计算参数设置

- 1) 制冷设备及管路制冷剂充注量百分比：压缩机组储液罐充注量 40%、蒸发器充注量 40%、冷凝器充注量 50%、系统管路均按 100% 充注量；
- 2) R448A 市场价格按照 RMB 280 元 / 公斤、R404A 市场价格按照 RMB 45 元 / 公斤计算；
- 3) 冷库运行电价按照 RMB 1.0 元 / 度计算；
- 4) 制冷系统泄漏率按照年泄漏率 5% 计算。

4.5.3.2 系统制冷剂充注量计算

(1) 北京地区单层装配库，采用半封闭活塞压缩机、风冷冷凝器、不同库体容积的冷却物冷藏库，以制冷剂 R448A 代替 R404A，系统制冷剂充注量计算详情如表 4-26 ~ 表 4-31。

表 4-26. 冷却物冷藏库 (1613 m³)- 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R404A)

MT-1613m ³		R404A	60HP					
制冷系统		机组	蒸发器	冷凝器	供液管路	吸气管路	排气管路	冷凝出液管
压缩机型号		4NES-20Y-40P		/	/	/	/	/
制冷量 / 排热量	kW	28.8	41.92	180	/	/	/	/
输入功率	kW	12.72	2.3	3.15	/	/	/	/
内容积	L	90	20	115.9	/	/	/	/
管径	mm	/	/	/	35	64	42	35
台数 / 长度 (m)		3	2	1	100	100	50	50
总制冷量	kW	86.4	83.84	/	/	/	/	/
总输入功率	kW	38.16	4.6	3.15	/	/	/	/
总排热量	kW	124.56	/	180	/	/	/	/
总内容积	L	270	40	115.9	96.1625	321.536	69.237	48.08125
制冷剂密度	kg/m ³	934.61	934.61	934.61	934.61	22.89	88.73	934.61
充注量占比	%	40%	40%	50%	100%	100%	100%	100%
系统充注量	kg	101	15	54	90	7	6	45
	Ton	0.318						

表 4-27. 冷却物冷藏库 (1613 m³)- 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R448A)

MT-1613m ³		R448A	60HP					
制冷系统		机组	蒸发器	冷凝器	供液管路	吸气管路	排气管路	冷凝出液管
压缩机型号		4NES-20Y-40P		/	/	/	/	/
制冷量 / 排热量	kW	29.9	41.92	180	/	/	/	/
输入功率	kW	11.82	2.3	3.15	/	/	/	/
储液器 / 管路容积	L	90	20	115.9	/	/	/	/
管径	mm	/	/	/	28	64	42	28
台数 / 长度 (m)		3	2	1	100	100	50	50
总制冷量	kW	89.7	83.84	/	/	/	/	/
总输入功率	kW	35.46	4.6	3.15	/	/	/	/
总排热量	kW	125.16	/	180	/	/	/	/
总内容积	L	270	40	115.9	61.544	321.536	69.237	30.772
密度	kg/m ³	1010.59	1010.59	1010.59	1010.59	17.68	68.6	1010.59
充注量占比	%	40%	40%	50%	100%	100%	100%	100%
系统充注量	kg	109	16	59	62	6	5	31
	Ton	0.288						

表 4-28. 冷却物冷藏库 (6451 m³)- 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R404A)

MT-6451m ³		R404A	150HP					
制冷系统		机组	蒸发器	冷凝器	供液管路	吸气管路	排气管路	凝液出液管
压缩机型号		6FE-50Y-40P	/	/	/	/	/	/
制冷量 / 排热量	kW	77.9	20.6	180	/	/	/	/
输入功率	kW	36	0.6	3.15	/	/	/	/
储液器 / 管路容积	L	250	20	115.9	/	/	/	/
管径	mm	/	/	/	50	100	65	50
台数 / 长度 (m)		3	16	2	100	100	50	50
总制冷量	kW	233.7	329.6	/	/	/	/	/
总输入功率	kW	108	9.6	6.3	/	/	/	/
总排热量	kW	341.7	/	360	/	/	/	/
总内容积	L	750	320	231.8	196.25	785	165.83125	98.125
密度	kg/m ³	934.61	934.61	934.61	934.61	22.89	88.73	934.61
充注量占比	%	40%	40%	50%	100%	100%	100%	100%
系统充注量	kg	280	120	108	183	18	15	92
	Ton	0.816						

表 4-29. 冷却物冷藏库 (6451 m³)- 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R448A)

MT-6451m ³		R448A	150HP					
制冷系统		机组	蒸发器	冷凝器	供液管路	吸气管路	排气管路	凝液出液管
压缩机型号		6FE-50Y-40P	/	/	/	/	/	/
制冷量 / 排热量	kW	81.5	20.6	/	/	/	/	/
输入功率	kW	33	0.6	/	/	/	/	/
储液器 / 管路容积	L	250	20	/	/	/	/	/
管径	mm	/	/	/	40	100	65	40
台数 / 长度 (m)		3	16	2	100	100	50	50
总制冷量	kW	244.5	329.6	/	/	/	/	/
总输入功率	kW	99	9.6	6.3	/	/	/	/
总排热量	kW	343.5	/	360	/	/	/	/
总内容积	L	750	320	231.8	125.6	785	165.83125	62.8
密度	kg/m ³	1010.59	1010.59	1010.59	1010.59	17.68	68.6	1010.59
充注量占比	%	40%	40%	50%	100%	100%	100%	100%
系统充注量	kg	303	129	117	127	14	11	63
	Ton	0.765						

表 4-30. 冷却物冷藏库 (43200 m³)- 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R404A)

MT-43200m ³		R404A	308HP					
制冷系统		机组	蒸发器	冷凝器	供液管路	吸气管路	排气管路	凝液出液管
压缩机型号		6FE-44Y-40P	/	/	/	/	/	/
制冷量 / 排热量	kW	79.8	58.05	/	/	/	/	/
输入功率	kW	37.3	3	/	/	/	/	/
储液器 / 管路容积	L	250	20	/	/	/	/	/
管径	mm	/	/	/	80	150	100	80
台数 / 长度 (m)		7	21	5	100	100	50	50
总制冷量	kW	558.6	1219.05	/	/	/	/	/
总输入功率	kW	261.1	63	15.75	/	/	/	/
总排热量	kW	819.7	/	900	/	/	/	/
总内容积	L	1750	420	579.5	502.4	1766.25	392.5	251.2
密度	kg/m ³	934.61	934.61	934.61	934.61	22.89	88.73	934.61
充注量占比	%	0.4	0.4	0.5	1	1	1	1
系统充注量	kg	654	157	271	470	40	35	235
	Ton	1.862						

表 4-31. 冷却物冷藏库 (43200 m³)- 半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器 (R448A)

MT-43200m ³		R448A	308HP					
制冷系统		机组	蒸发器	冷凝器	供液管路	吸气管路	排气管路	冷凝出液管
压缩机型号		6FE-44Y-40P	/	/	/	/	/	/
制冷量 / 排热量	kW	83.6	58.05	/	/	/	/	/
输入功率	kW	34.3	3	/	/	/	/	/
储液器 / 管路容积	L	250	20	/	/	/	/	/
管径	mm	/	/	/	65	150	100	65
台数 / 长度 (m)		7	21	5	100	100	50	50
总制冷量	kW	585.2	1219.05	/	/	/	/	/
总输入功率	kW	240.1	63	15.75	/	/	/	/
总排热量	kW	825.3	/	900	/	/	/	/
总内容积	L	1750	420	579.5	331.6625	1766.25	392.5	165.83125
密度	kg/m ³	1010.59	1010.59	1010.59	1010.59	17.68	68.6	1010.59
充注量占比	%	0.4	0.4	0.5	1	1	1	1
系统充注量	kg	707	170	293	335	31	27	168
	Ton				1.731			

(2) 为了节省文章篇幅, 北京地区单层装配库以制冷剂 R448A 代替 R404A 系统制冷剂充注量计算结果汇总如表 4-32、表 4-33 所示。

表 4-32. 北京 - 制冷系统制冷剂充注量计算结果汇总 (冷却物冷藏库)

冷却物冷藏库						
系统充注量 (吨)	半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
R404A	0.318	0.816	1.862	0.271	0.698	1.429
R448A	0.288	0.765	1.731	0.249	0.665	1.293
系统充注量 (吨)	半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
R404A	0.311	0.889	1.914	0.340	0.843	1.389
R448A	0.280	0.844	1.787	0.305	0.780	1.252

表 4-33. 北京 - 制冷系统制冷剂充注量计算结果汇总 (冻结物冷藏库)

冻结物冷藏库						
系统充注量 (吨)	半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
R404A	0.256	0.950	1.644	0.244	0.741	1.434
R448A	0.238	0.900	1.554	0.221	0.712	1.298
系统充注量 (吨)	半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
R404A	0.230	0.950	1.698	0.202	0.819	1.450
R448A	0.211	0.909	1.613	0.195	0.756	1.315

(3) 广州地区单层装配库以制冷剂 R448A 代替 R404A 系统制冷剂充注量计算结果汇总如表 4-34、表 4-35 所示。

表 4-34. 广州 - 制冷系统制冷剂充注量计算结果汇总 (冷却物冷藏库)

冷却物冷藏库						
系统充注量 (吨)	半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
R404A	0.319	0.895	1.890	0.258	0.677	1.410
R448A	0.292	0.861	1.784	0.235	0.643	1.277
系统充注量 (吨)	半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
R404A	0.319	0.895	1.868	0.269	0.677	1.325
R448A	0.292	0.861	1.761	0.248	0.643	1.186

表 4-35. 广州 - 制冷系统制冷剂充注量计算结果汇总 (冻结物冷藏库)

冻结物冷藏库						
系统充注量 (吨)	半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
R404A	0.207	0.889	1.945	0.169	0.741	1.351
R448A	0.222	0.893	1.891	0.158	0.712	1.209
系统充注量 (吨)	半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
R404A	0.171	0.981	1.906	0.189	0.674	1.371
R448A	0.188	0.993	1.837	0.179	0.641	1.230

4.5.3.3 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期计算

(1) 北京地区单层装配库—风冷冷凝器

制冷剂 R448A 较 R404A 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期如表 4-36 ~ 表 4-39 所示。

表 4-36. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冻结物冷藏库)

半封闭活塞压缩机—风冷冷凝器—冻结物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年 耗电量 kW·h/年	系统制冷剂 充注量 kg	系统年泄 漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂 费用 RMB	制冷剂泄漏 费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	362007	256	12.8	362007	/	11520	576	/	/
	6451	1575815	950	47.5	1575815	/	42750	2137.5	/	/
	43200	3002162	1644	82.2	3002162	/	73980	3699	/	/
R448A	1613	318911	238	11.9	318911	43096	66640	3332	57876	1.3
	6451	1403432	909	45.45	1403432	172382	254520	12726	222359	1.3
	43200	2657397	1554	77.7	2657397	344764	435120	21756	379197	1.1

1. 制冷剂差额 = 系统制冷剂费用差额 + 制冷剂泄漏费用差额 (R448A 与 R404A)

2. 回收期 = 制冷剂差额 / 年省电费

表 4-37. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冷却物冷藏库)

半封闭活塞压缩机—风冷冷凝器—冷却物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年 耗电量 kW·h/年	系统制冷剂 充注量 kg	系统年泄 漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂 费用 RMB	制冷剂泄漏 费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	301629	256	12.8	362007	/	11520	576	/	/
	6451	814023	950	47.5	1575815	/	42750	2138	/	/
	43200	2232815	1644	82.2	3002162	/	73980	3699	/	/
R448A	1613	271182	288	14.4	271182	30447	80640	4032	69647	2.3
	6451	716427	765	38.25	716427	97596	214200	10710	186354	1.9
	43200	1995347	1731	86.55	1995347	237468	484680	24234	420935	1.8

表 4-38. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冻结物冷藏库)

半封闭螺杆压缩机—风冷冷凝器—冻结物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年 耗电量 kW·h/年	系统制冷剂 充注量 kg	系统年泄 漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂 费用 RMB	制冷剂泄漏 费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	352809	230	11.5	352809	/	10350	518	/	/
	6451	1770287	950	47.5	1770287	/	42750	2138	/	/
	43200	3411801	1698	84.9	3411801	/	76410	3821	/	/
R448A	1613	329299	211	10.55	329299	23510	59080	2954	51167	2.2
	6451	1658719	909	45.45	1658719	111568	254520	12726	222359	2.0
	43200	3188666	1613	80.65	3188666	223135	451640	22582	393992	1.8

表 4-39. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冷却物冷藏库)

半封闭螺杆压缩机—风冷冷凝器—冷却物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	301892	311	15.55	301892	/	13995	700	/	/
	6451	962177	889	44.45	962177	/	40005	2000	/	/
	43200	2173685	1914	95.7	2173685	/	86130	4307	/	/
R448A	1613	273494	280	14	273494	28398	78400	3920	67625	2.4
	6451	869921	844	42.2	869921	92255	236320	11816	206131	2.2
	43200	2001782	1787	89.35	2001782	171902	500360	25018	434942	2.5

(2) 北京地区单层装配库—蒸发式冷凝器

表 4-40. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冻结物冷藏库)

半封闭活塞压缩机—蒸发式冷凝器—冻结物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	271801	244	12.2	271801	/	10980	549	/	/
	6451	1216107	741	37.05	1216107	/	33345	1667	/	/
	43200	2418417	1434	71.7	2418417	/	64530	3227	/	/
R448A	1613	250646	221	11.05	250646	21155	61880	3094	53445	2.5
	6451	1109673	712	35.6	1109673	106434	199360	9968	174316	1.6
	43200	2187810	1298	64.9	2187810	230607	363440	18172	313856	1.4

表 4-41. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冷却物冷藏库)

半封闭活塞压缩机—蒸发式冷凝器—冷却物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	260501	271	13.55	260501	/	12195	610	/	/
	6451	668826	698	34.9	668826	/	31410	1571	/	/
	43200	1777185	1429	71.45	1777185	/	64305	3215	/	/
R448A	1613	242362	249	12.45	242362	18138	69720	3486	60401	3.3
	6451	614412	665	33.25	614412	54414	186200	9310	162530	3.0
	43200	1638795	1293	64.65	1638795	138390	362040	18102	312622	2.3

表 4-42. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冻结物冷藏库)

半封闭螺杆压缩机—蒸发式冷凝器—冻结物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	289409	202	10.1	289409	/	9090	455	/	/
	6451	1261769	819	40.95	1261769	/	36855	1843	/	/
	43200	2368485	1450	72.5	2368485	/	65250	3263	/	/
R448A	1613	275138	195	9.75	275138	14271	54600	2730	47786	3.3
	6451	1203095	756	37.8	1203095	58674	211680	10584	183566	3.1
	43200	2251138	1315	65.75	2251138	117347	368200	18410	318098	2.7

表 4-43. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冷却物冷藏库)

半封闭螺杆压缩机—蒸发式冷凝器—冷却物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	282839	340	17	282839	/	15300	765	/	/
	6451	720729	843	42.15	720729	/	37935	1897	/	/
	43200	1707543	1389	69.45	1707543	/	62505	3125	/	/
R448A	1613	267806	305	15.25	267806	15033	85400	4270	73605	4.9
	6451	674541	780	39	674541	46188	218400	10920	189488	4.1
	43200	1625663	1252	62.6	1625663	81880	350560	17528	302458	3.7

(3) 广州地区单层装配库 - 风冷冷凝器

表 4-44. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冻结物冷藏库)

半封闭活塞压缩机—风冷冷凝器—冻结物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	372848	207	10.35	372848	/	9315	466	/	/
	6451	1591583	889	44.45	1591583	/	40005	2000	/	/
	43200	3537288	1945	97.25	3537288	/	87525	4376	/	/
R448A	1613	323411	222	11.1	323411	49437	62160	3108	55487	1.1
	6451	1393836	893	44.65	1393836	197746	250040	12502	220537	1.1
	43200	3076183	1891	94.55	3076183	461105	529480	26474	464053	1.0

表 4-45. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冷却物冷藏库)

半封闭活塞压缩机—风冷冷凝器—冷却物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	334742	319	15.95	334742	/	14355	718	/	/
	6451	976631	895	44.75	976631	/	40275	2014	/	/
	43200	2561972	1890	94.5	2561972	/	85050	4253	/	/
R448A	1613	301264	292	14.6	301264	33478	81760	4088	70775	2.1
	6451	876198	861	43.05	876198	100433	241080	12054	210845	2.1
	43200	2233831	1784	89.2	2233831	328140	499520	24976	435194	1.3

表 4-46. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冻结物冷藏库)

半封闭螺杆压缩机—风冷冷凝器—冻结物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	506876	171	8.55	506876	/	7695	385	/	/
	6451	2086632	981	49.05	2086632	/	44145	2207	/	/
	43200	4003101	1906	95.3	4003101	/	85770	4289	/	/
R448A	1613	471585	188	9.4	471585	35290	52640	2632	47192	1.3
	6451	1963947	993	49.65	1963947	122685	278040	13902	245590	2.0
	43200	3757732	1837	91.85	3757732	245369	514360	25718	450020	1.8

表 4-47. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冷却物冷藏库)

半封闭螺杆压缩机—风冷冷凝器—冷却物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	397814	319	15.95	397814	/	14355	718	/	/
	6451	1059413	895	44.75	1059413	/	40275	2014	/	/
	43200	2522552	1868	93.4	2522552	/	84060	4203	/	/
R448A	1613	352364	292	14.6	352364	45450	81760	4088	70775	1.6
	6451	937203	861	43.05	937203	122209	241080	12054	210845	1.7
	43200	2260943	1761	88.05	2260943	261609	493080	24654	429471	1.6

(4) 广州地区单层装配库 - 蒸发式冷凝器

表 4-48. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冻结物冷藏库)

半封闭活塞压缩机—蒸发式冷凝器—冻结物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	251434	169	8.45	251434	/	7605	380	/	/
	6451	1253425	741	37.05	1253425	/	33345	1667	/	/
	43200	2316254	1351	67.55	2316254	/	60795	3040	/	/
R448A	1613	236394	158	7.9	236394	15039	44240	2212	38467	2.6
	6451	1178714	712	35.6	1178714	74711	199360	9968	174316	2.3
	43200	2082188	1209	60.45	2082188	234066	338520	16926	291611	1.2

表 4-49. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冷却物冷藏库)

半封闭活塞压缩机—蒸发式冷凝器—冷却物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	232907	258	12.9	232907	/	11610	581	/	/
	6451	687551	677	33.85	687551	/	30465	1523	/	/
	43200	1788354	1410	70.5	1788354	/	63450	3173	/	/
R448A	1613	214148	235	11.75	214148	18759	65800	3290	56900	3.0
	6451	635256	643	32.15	635256	52295	180040	9002	157054	3.0
	43200	1657044	1277	63.85	1657044	131310	357560	17878	308816	2.4

表 4-50. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期 (冻结物冷藏库)

半封闭螺杆压缩机—蒸发式冷凝器—冻结物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	261815	189	9.45	261815	/	8505	425	/	/
	6451	1272281	674	33.7	1272281	/	30330	1517	/	/
	43200	2389509	1371	68.55	2389509	/	61695	3085	/	/
R448A	1613	247213	179	8.95	247213	14602	50120	2506	43696	3.0
	6451	1212760	641	32.05	1212760	59520	179480	8974	156608	2.6
	43200	2270469	1230	61.5	2270469	119040	344400	17220	296840	2.5

表 4-51. 系统年运行节省费用及收回初投资差额周期（冷却物冷藏库）

半封闭螺杆压缩机—蒸发式冷凝器—冷却物冷藏库										
制冷剂	库体容积 (m ³)	系统年耗电量 kW·h/年	系统制冷剂充注量 kg	系统年泄漏量 kg	年电费 RMB	年省电费 RMB	系统制冷剂费用 RMB	制冷剂泄漏费用 RMB	制冷剂差额 RMB	回收期 (年)
R404A	1613	256559	269	13.45	256559	/	12105	605	/	/
	6451	716459	677	33.85	716459	/	30465	1523	/	/
	43200	1704915	1325	66.25	1704915	/	59625	2981	/	/
R448A	1613	240369	248	12.4	240369	16190	69440	3472	60202	3.7
	6451	666982	643	32.15	666982	49477	180040	9002	157054	3.2
	43200	1611476	1186	59.3	1611476	93439	332080	16604	286078	3.1

4.5.3.4 系统年碳排放减少量计算

(1) 北京地区单层装配库

表 4-52.R448A 系统较 R404A 系统年运行碳排放减少量

类别 (简写)	库体容积 (m ³)	1kg R404A 的 CO ₂ 排放量 (t CO ₂ e)	1kg R448A 的 CO ₂ 排放量 (t CO ₂ e)	直接的 CO ₂ 排放量年减少量 (t CO ₂ e)	能耗节能间接的 CO ₂ 排放量年减少量 (t CO ₂ e)	R448A 较 R404A 总的 CO ₂ 排放量年减少量 (t CO ₂ e)
活塞 - 风冷 - 冻结物冷藏库	1613	1060	318	742	43	785
	6451	3933	1215	2718	172	2891
	43200	6806	2077	4729	345	5074
活塞 - 风冷 - 冷却物冷藏库	1613	1317	385	932	30	962
	6451	3378	1023	2356	98	2453
	43200	7709	2314	5395	237	5633
活塞 - 蒸发冷 - 冻结物冷藏库	1613	1010	295	715	21	736
	6451	3068	952	2116	106	2223
	43200	5937	1735	4202	231	4433
活塞 - 蒸发冷 - 冷却物冷藏库	1613	1122	333	789	18	807
	6451	2890	889	2001	54	2055
	43200	5916	1728	4188	138	4326
螺杆 - 风冷 - 冻结物冷藏库	1613	952	282	670	24	694
	6451	3933	1215	2718	112	2830
	43200	7030	2156	4874	223	5097
螺杆 - 风冷 - 冷却物冷藏库	1613	1288	374	913	28	942
	6451	3681	1128	2552	92	2645
	43200	7924	2389	5536	172	5708
螺杆 - 蒸发冷 - 冻结物冷藏库	1613	836	261	576	14	590
	6451	3391	1011	2380	59	2439
	43200	6003	1758	4246	117	4363
螺杆 - 蒸发冷 - 冷却物冷藏库	1613	1408	408	1000	15	1015
	6451	3490	1043	2448	46	2494
	43200	5751	1673	4077	82	4159

计算说明：1.1kg R404A/R448A 的 CO₂ 排放量 (t CO₂e) = (系统制冷剂充注量 + 制冷剂年泄漏量) × GWP(R404A/R448A)/1000;

2. 直接的 CO₂ 排放量年减少量 (t CO₂e) = 1kg R404A 的 CO₂ 排放量 - 1kg R448A 的 CO₂ 排放量;

3. 能耗节能间接的 CO₂ 排放量年减少 (t CO₂e) = 系统年耗电节省值 (度数) × 1 (每发电 1 度的碳排放当量) / 1000。

(2) 广州地区单层装配库

表 4-53. R448A 系统较 R404A 系统年运行碳排放减少量

类别 (简写)	库体容积 (m ³)	1kg R404A 的 CO ₂ 排放量 (t CO ₂ e)	1kg R448A 的 CO ₂ 排放量 (t CO ₂ e)	直接的 CO ₂ 排放 量年减少量 (t CO ₂ e)	能耗节能间接的 CO ₂ 排放年减少量 (t CO ₂ e)	R448A 较 R404A 总的 CO ₂ 排放年 减少量 (t CO ₂ e)
活塞 - 风冷 - 冻结物冷藏库	1613	857	297	560	49	610
	6451	3681	1140	2540	198	2738
	43200	8053	2467	5585	461	6046
活塞 - 风冷 - 冷却物冷藏库	1613	1321	390	930	33	964
	6451	3705	1151	2555	100	2655
	43200	7825	2385	5440	328	5768
活塞 - 蒸发冷 - 冻结物冷藏库	1613	700	211	488	15	504
	6451	3068	952	2116	75	2191
	43200	5593	1616	3977	234	4211
活塞 - 蒸发冷 - 冷却物冷藏库	1613	1068	314	754	19	773
	6451	2803	859	1943	52	1996
	43200	5838	1707	4131	131	4262
螺杆 - 风冷 - 冻结物冷藏库	1613	708	245	463	35	499
	6451	4061	1274	2788	123	2910
	43200	7891	2397	5495	245	5740
螺杆 - 风冷 - 冷却物冷藏库	1613	1321	390	930	45	976
	6451	3705	1151	2555	122	2677
	43200	7734	2354	5380	262	5642
螺杆 - 蒸发冷 - 冻结物冷藏库	1613	782	239	543	15	558
	6451	2790	857	1934	60	1993
	43200	5676	1644	4032	119	4151
螺杆 - 蒸发冷 - 冷却物冷藏库	1613	1114	331	782	16	798
	6451	2803	859	1943	49	1993
	43200	5486	1585	3900	93	3994

4.6 本章小结

本章通过对北京、广州、兰州地区的单层装配库建立物理模型，库体容积分别为 1613m³、6451m³、43200m³，库温类型为冷却物冷藏库、冻结物冷藏库，采用半封闭活塞压缩机、半封闭螺杆压缩机，采用风冷冷凝器、蒸发式冷凝器五个方面，理论计算并对比分析了应用制冷剂 R448A 及 R404A 制冷系统的能耗，能耗对比汇总如表 4-54、表 4-55、表 4-56 所示。另外，对北京及广州地区的冷库以 R448A 替代 R404A，进行了系统制冷剂充注量、系统运行预估年节省金额、收回初投资差额周期、系统运行年碳排放量的理论计算。

表 4-54. 北京地区 R448A 较 R404A 制冷系统的能耗对比汇总

R448A 较 R404A 能耗降低百分比	风冷冷凝器		蒸发式冷凝器	
	冷却物冷藏库	冻结物冷藏库	冷却物冷藏库	冻结物冷藏库
半封闭活塞压缩机	10.9%	11.4%	7.6%	8.7%
半封闭螺杆压缩机	9.0%	6.5%	5.5%	4.8%

表 4-55. 广州地区 R448A 较 R404A 制冷系统的能耗对比汇总

R448A 较 R404A 能耗降低百分比	风冷冷凝器		蒸发式冷凝器	
	冷却物冷藏库	冻结物冷藏库	冷却物冷藏库	冻结物冷藏库
半封闭活塞压缩机	11.0%	12.9%	7.7%	7.3%
半封闭螺杆压缩机	11.1%	6.3%	6.2%	5.1%

表 4-56. 兰州地区 R448A 较 R404A 制冷系统的能耗对比汇总

R448A 较 R404A 能耗降低百分比	风冷冷凝器		蒸发式冷凝器	
	冷却物冷藏库	冻结物冷藏库	冷却物冷藏库	冻结物冷藏库
半封闭活塞压缩机	9.0%	11.3%	6.8%	6.5%
半封闭螺杆压缩机	7.7%	5.7%	3.4%	4.4%

第 5 章

R448A在冷库领域应用可行性分析及结论

5.1 R448A 在冷库行业推广应用的社会评价分析

(1) 安全与环保层面

制冷剂 R448A 的组份包括 R32-26%,R125-26%,R134-21%,R1234yf-20%, R1234ze-7%, 是一种无受使用场所及设备的限制。R448A 冷凝压力略低于 R404A, 不会对系统管径壁厚有特殊要求, 制冷系统运行安全。

R448A 的 GWP 值低于 R404A, 其值为 1273, 如图 5-1 所示。较低的 GWP 值可大大降低冷库制冷系统运行的碳排放, 降低温室效应。R448A 系统较 R404A 系统运行年碳排放减少量如表 4-52、表 4-53 所示。

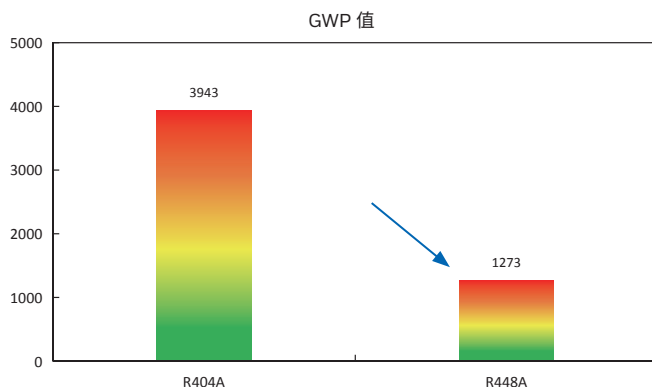


图 5-1.R448A 与 R404A, GWP 值对比

(2) 技术层面

- 1) R448A 比 R404A 压缩机 COP 值可提高 6%-17%;
- 2) R448A 的单位制冷量比 R404A 的单位制冷量高 27%-34%;
- 3) 在制冷量相当的情况下, 制冷剂质量流量 R448A 比 R404A 减少 25%-30%;
- 4) R448A 与 R404A/R507A 制冷管路的排气管径、回气管径分别相等, 而 R448A 的供液管径比 R404A/R507A 的小一个管径级别, 该管路的供液阀件也可相对小一级别;
- 5) 采用风冷冷凝器时: 冷却物冷藏库 R448A 比 R404A/R507A 制冷系统能耗降低 8%-11%, 平均值 9.8%; 冻结物冷藏库 R448A 比 R404A/R507A 制冷系统能耗降低 6%-13%, 平均值 9.0%;
- 6) 采用蒸发式冷凝器时: 冷却物冷藏库 R448A 比 R404A/R507A 制冷系统能耗降低 3%-8%, 平均值 6.2%; 冻结物冷藏库 R448A 比 R404A/R507A 制冷系统能耗降低 4%-9%, 平均值 6.1%;
- 7) R448A 替代 R404A 改造工程容易, 目前国内外众多配件厂商都有对应产品。

(3) 企业选择层面

影响冷库企业选择制冷剂 R448A 的因素包括以下几个方面:

- 1) 单从制冷系统而言, 选择制冷剂要满足有良好的运行压力、良好的安全性能、即无毒不可燃、化学性质稳定、良好的兼容性和宜采用性、有良好的化学惰性和热稳定性、气液相转变十分容易, 具有适当的沸点等。
- 2) 从中长期制冷剂选择上要综合衡量安全、环保、性能、经济四方面因素: 安全方面要实现无毒性、低可燃性; 环保方面要考虑臭氧层破坏值和全球变暖值; 要考虑其物理性能和能源效率; 经济上要实现技术革新和低廉成本。
- 3) 对于企业选用制冷剂考虑的因素可概括为: 投资成本、运行成本、安全因素、政策法规限制等, 需要综合考虑各种因素在企业选择制冷剂方面所占权重。

5.2 R448A 在冷库行业推广应用的经济效益分析

(1) 针对本可研报告中所涉及到的北京地区、广州地区库体容积为 1613 m³、6451m³、43200m³ 的冷却物冷藏库、冻结物冷藏库，理论计算冷库应用 R448A 较 R404A 收回初投资差额周期，结果汇总如表 5-1、表 5-2 所示。

表 5-1. 冻结物冷藏库应用 R448A 较 R404A 收回初投资差额周期（单位：年）

冻结物冷藏库						
地区	半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
北京	1.3	1.3	1.1	2.5	1.6	1.4
广州	1.1	1.1	1.0	2.6	2.3	1.2
地区	半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
北京	2.2	2.0	1.8	3.3	3.1	2.7
广州	1.3	2.0	1.8	3.0	2.6	2.5

表 5-2. 冷却物冷藏库应用 R448A 较 R404A 收回初投资差额周期（单位：年）

冷却物冷藏库						
地区	半封闭活塞压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭活塞压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
北京	2.3	1.9	1.8	3.3	3.0	2.3
广州	2.1	2.1	1.3	3.0	3.0	2.4
地区	半封闭螺杆压缩机 - 风冷冷凝器			半封闭螺杆压缩机 - 蒸发式冷凝器		
	1613m ³	6451m ³	43200m ³	1613m ³	6451m ³	43200m ³
北京	2.4	2.2	2.5	4.9	4.1	3.7
广州	1.6	1.7	1.6	3.7	3.2	3.1

(2) 举两个冷库实例，计算分析冷库应用 R448A 较 R404A 收回初投资差额周期。

实例 A:

1) 冷库概况:

某一小型单层装配库，库体尺寸为 14000mm*7500mm*4200mm，冷间温度 -18℃，氟利昂 R404A 直膨供液系统，蒸发 / 冷凝温度为 -25/45℃，选用三洋半封闭活塞压缩机 MCF-200PJ，共 1 台，制冷剂充注量 120 公斤。

2) 冷库初投资:

(a) 制冷剂

R404A: 制冷剂费用 0.5 万元（按照 45 元 / 公斤计）；

R448A: 制冷剂费用 3.0 万元（按照系统制冷剂充注量比 R404A 少 10%，市场价格按照 280 元 / 公斤计）。

(b) 冷凝器、冷风机

由于冷库规模较小，忽略冷凝器与冷风机投资差额。

初投资差额：2.5 万元。

3) 冷库制冷系统年运行费用:

R404A: 8.1 万度电 / 年 × 1.0 元 / 度 ≈ 8.1 万元。

R448A: 8.1 万度电 / 年 × 88.6% × 1.0 元 / 度 ≈ 7.2 万元。（按照 R448A 比 R404A 系统节能 11.4% 计）。

年耗电差额：0.9 万元。

4) 收回初投资差额周期：2.7 年。

实例 B:

1) 冷库概况:

河南某一单层装配库, 冷库总容积 74100 立方米, 氟利昂 R404A 直膨供液系统, 蒸发 / 冷凝温度为 $-28/35^{\circ}\text{C}$, 选用比泽尔半封闭螺杆压缩机 HSN7471-75-40P, 共 6 台, 制冷剂充注量 2200 公斤。

2) 冷库制冷系统年运行费用:

R404A: $146 \text{ 万度电 / 年} \times 1.0 \text{ 元 / 度} \approx 146 \text{ 万元}$ 。

R448A: $146 \text{ 万度电 / 年} \times 93.9\% \times 1.0 \text{ 元 / 度} \approx 137 \text{ 万元}$ 。(按照 R448A 比 R404A 系统节能 6.1% 计)。

年耗电差额: 9 万元。

(3) 从冷链行业结构角度分析。

在我国冷库容量迅猛发展的当下, 冷库耗电无疑成为了我国能源消耗大户。据艾默生相关人员估算, 冷库运行电费可占冷库全生命周期成本的 60% ~ 70%, 根据理论计算, R448A 系统比 R404A 系统节能约 4% ~ 13%, 因此在冷库行业使用制冷剂 R448A 可降低冷库年运行费用, 缩短冷库投资回收期, 为企业带来新的利益增长点, 缓解我国能源消耗量, 为我国节能减排作出贡献。

另外, 制冷剂 R448A 在冷库行业的应用, 通过促进关联产品结构、技术结构调整提升相关产品的质量和产业层次, 带动相关产业的发展。

5.3 R448A 在冷库行业推广应用的社会风险分析

(1) 宏观角度风险分析。

冷链物流行业属于竞争性较强的行业, 项目实施可能面临较大的成本竞争压力, 主要体现在 R448A 的市场价格远高于 R404A 的市场价格, 相应的冷库企业初投资增大, 但 R448A 系统的年运行费用低于 R404A 系统, 因此制冷剂供应商与工程商在冷库行业推广使用 R448A 需要做好相应的咨询服务、技术指导服务, 需要在客户积累方面有所突破。

(2) 微观角度风险分析。

从技术角度对 R448A 在冷库行业应用存在的风险进行分析, 主要制冷系统泄漏及制冷剂与润滑油互溶性。

参考文献“Use of Blends in Commercial Refrigeration Systems: Fractionation characteristics and material compatibility of R-448A”中对非共沸混合制冷剂泄漏的组份变化进行了仿真研究及实验测试, 进行了一次泄漏补给测试, 以模拟现场常见的情况和结果, 与软件仿真进行了比较, 实验结果没有软件模拟预期的严重。组成成份保持在 2% 以内, 性能参数效率和容量保持在 3% 以内。总体而言, R448A 制冷系统泄漏对成分变化以及系统性能没有明显影响。该文献中研究了 R448A 与 POE 润滑油有较好的溶解度和互溶性, R448A 符合多种 R404A 压缩机设计和润滑剂的要求。可见, R448A 系统制冷剂泄漏及制冷剂 - 润滑油互溶性带来的风险属于低风险, 不会对制冷系统的运行带来技术难点。

5.4 结论

(1) 基本结论:

制冷剂 R448A 具有较低的 GWP 值, 符合国家环保政策和相关行业的发展规划; R448A 单机头压缩机 COP 比 R404A 压缩机 COP 平均提高 11%; 制冷剂质量流量 R448A 比 R404A 减少 25%-30%; 制冷剂单位质量制冷量 R448A 比 R404A 高 27%-34%; R448A 制冷系统制冷剂充注量比 R404A 系统降低 10%, R448A 制冷系统运行能耗比 R404A 系统降低 4%-13%, 达到了节能减排的效果, 进一步缓解我国能源压力, 助力经济稳定发展; 制冷系统 R448A 代替 R404A 在技术上易实现; 冷库系统运行能耗的降低对冷库企业的发展具有积极促进作用, 促进民生进一步提高。

(2) 经济效益结论:

冷库行业使用制冷剂 R448A 可降低冷库年运行费用, 缩短冷库投资回收期, 为企业带来新的利益增长点, 缓解我国能源消耗量。将推动冷链物流行业改造升级, 催生新兴业态, 成为提供优质食品和服务的新力量。

(3) 社会评价结论:

冷库行业使用制冷剂 R448A 符合国家环保政策的践行要求, 除人为操作外, 制冷系统正常运行不存在安全隐患, 系统泄漏及制冷剂补充对系统运行性能影响较小。目前, 阻碍冷库企业选择制冷剂 R448A 的因素可能在于制冷剂市场价格较高所带来的初投资升高, 但是通过后期完善的运营管理, R448A 系统运行费用降低, 可缩短投资回报周期。

第 6 章

R448A应用案例

案例 1 中国北京环球影城

即将开业的北京环球影城将采用霍尼韦尔低全球变暖潜值 (GWP) Solstice® N40 (R-448A) 制冷剂, 以提高制冷系统的能效, 减少碳足迹。制冷剂 R448A 有望帮助影城的制冷系统提高 10%至 15%的能效。

项目概况如下:

该项目为北京环球影城中央厨房冷库, 库体容积 3 万立方米, 其中冻结物冷藏库占 35%, 冷却物冷藏库占 65%。

冻结物冷藏库采用一套 BRR6264-SYL 水冷冷凝机组 (比泽尔压缩机型号: 6FE-44Y-40P, 数量: 6 台), 在蒸发/冷凝温度为 $-32/+25^{\circ}\text{C}$ 的工况下, 机组制冷量为 229.8kW, 轴功率为 101.4kW。

冷却物冷藏库采用一套 BRR6150-SMY 双吸气水冷冷凝机组。库温为 2°C 的冷间配置型号为 4GE-30Y-40P 的比泽尔压缩机 4 台, 在蒸发/冷凝温度为 $-5/+25^{\circ}\text{C}$ 的工况下, 机组制冷量为 274kW, 轴功率为 54.36 kW; 库温 13°C 的冷间配置型号为 4PES-15Y-40P 的比泽尔压缩机 2 台, 在蒸发/冷凝温度为 $+5/+25^{\circ}\text{C}$ 的工况下, 机组制冷量为 116.4kW, 轴功率为 15.04kW。

系统制冷剂 R448A 充注量为 1.5 吨。

案例 2 日本 MARUAI 冷库

MARUAI 是日本丸井新的物流配送中心冷库项目, 库体容积约 8268m³。制冷系统使用霍尼韦尔全新一代 R448A 制冷剂, 采用松下涡旋压缩机 (PCES) 14 台, 压缩机电机总功率为 600HP, 制冷剂充注量 1.5 吨。该制冷系统包含为制冷剂 R448A 开发的新型冷凝装置 (CDU), 可用于食品低温储存过程中的冷藏和冷冻环节。与使用氢氟碳化合物 (HFC) R-404A 的型号相比, 松下的新型 CDU 能提高 7%的能效; 与采用氢氟碳化合物 (HCFC) 的原 R-22 产品相比, 能效提升约达 30%。

案例 3 中国大润发超市

为满足基加利修正案关于分阶段减排氢氟碳化合物 (HFC) 的要求, 同时响应中国政府减少能耗和排放量的倡议, 2019 年, 大润发在中国率先投入使用霍尼韦尔全新一代 R448A 制冷剂, 是中国首个规模化应用的大型连锁超市。到目前为止, 已经有 40 家店充注了 R448A, 总量近 100 吨。

案例 4 泰国乐购莲花超市

2017 年 8 月, 泰国领先的零售企业乐购莲花超市宣布将在两年内对旗下 1500 家的便利店制冷系统进行升级改造, 改用霍尼韦尔的 R448A 制冷剂, 这是 R448A 在亚洲的首个应用案例。

案例 5 韩国乐天玛特超市

2018 年 2 月, 韩国领先的零售企业乐天玛特超市宣布在 7 年内多韩国所有乐天玛特超市制冷系统改用 R448A 制冷剂, 计划在 2025 年实现 8% 的节能并减少碳排放。这是 R448A 在韩国首个应用案例。

案例 6 日本 7-ELEVEN 超市

2018 年 10 月, 7-Eleven 宣布成为日本首家采用霍尼韦尔 R448A 制冷剂的领先连锁零售商。7-Eleven 已开始在全国的新建门店以及旧店升级改造项目的压缩冷凝机组 (由江森自控日立空调生产, 日立电器销售) 中使用霍尼韦尔环保型制冷剂。



RESPONSIBLE CARE®
OUR COMMITMENT TO SUSTAINABILITY

免责声明

《制冷剂 R448A 在冷库行业推广应用可行性研究报告》（“本报告”）仅供客户参考之用，不构成任何合同或承诺或者达成任何交易的基础，也不构成使用霍尼韦尔（中国）有限公司（“我公司”）及其关联公司的产品的结果保证。客户依据本报告所实施的行为由客户自行负责，我公司及其关联公司明示不承担任何责任。本报告的版权仅为我公司所有，未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式转发、翻版、复制、刊登、发表或引用。

2022 年 7 月印刷
© 2022 霍尼韦尔公司版权所有

霍尼韦尔特性材料和技术集团
地址：上海张江高科技园区环科路 555 号 1 号楼
总机：(021) 80386800
传真：(021) 60246079
客服热线：400-842-8487
www.honeywell.cn

未来
我们来

Honeywell