

商用冷水机组减排路径浅析 及替代制冷剂研究

报告人：钟权

珠海格力电器股份有限公司

2024年4月

目录

CONTENTS

PART 01

减排背景及路径

PART 02

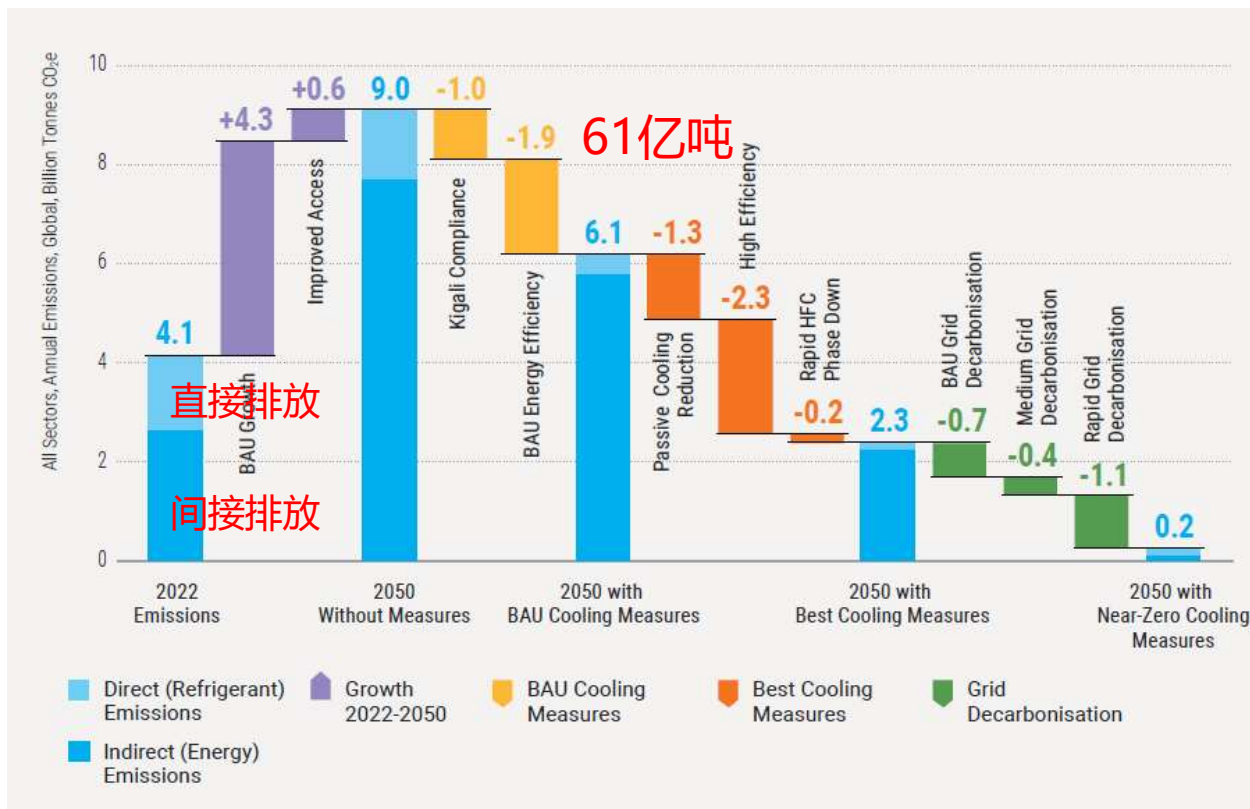
替代制冷剂研究

PART 03

总结与展望

1、减排背景及路径

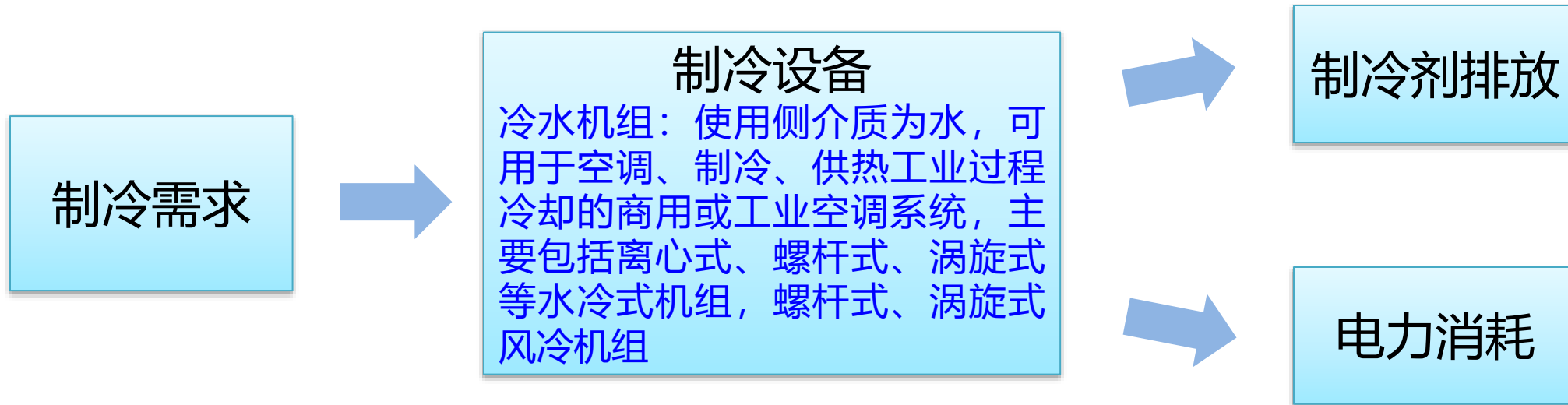
- 温室气体排放引起**全球变暖**，危害自然生态系统的平衡，影响人类健康甚至威胁人类的生存
- 制冷领域温室气体排放约占全球总排放的7.8%^[1]，预计到2050年将增加到61亿吨二氧化碳当量，占当年全球排放量的10%以上^[2]，**如何在削减排放的同时满足降温需求**是制冷领域面临的重要挑战



[1]McLinden et al., Science 370, 791–796 (2020); [2]UNEP, Keeping it chill (2023)

1、减排背景及路径

- 制冷设备排放包括**直接排放（制冷剂排放）**和**间接排放（电力消耗）**两部分，其中间接排放约占63%^[1]
- 2023 年联合国气候变化大会（COP28）提到减排措施^[2]:
 - 采用被动降温策略，以解决极端高温和减少建筑物和冷链降温需求
 - **通过《蒙特利尔议定书基加利修正》，加快逐步减少导致气候变暖的氢氟碳化物制冷剂的使用**
 - **提高降温设备能效标准**



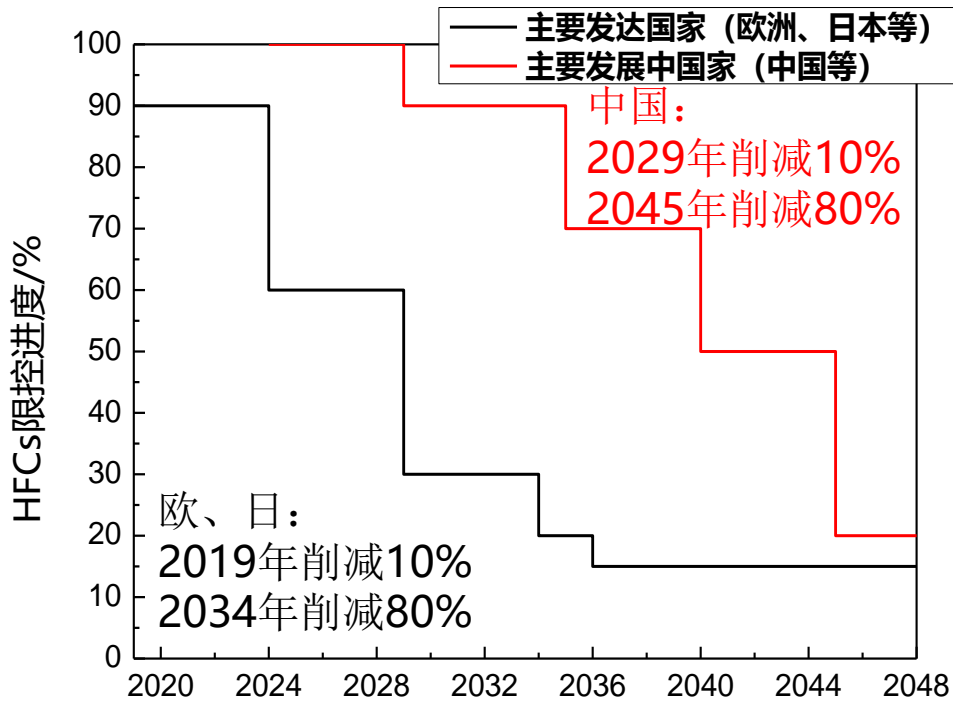
1、减排背景及路径



□ 制冷剂法规

- 国际公约《蒙特利尔议定书基加利修正案》目标减少HFCs碳排放80%以上，2021年对我国正式生效
- 各国制定一系列法规以限制高GWP制冷剂使用，以发达国家/地区为主

各国制冷剂排放碳当量削减时间表



冷水机组制冷剂限制法规

地区	禁用要求	备注
美国	2025.1.1禁止安装GWP≥700的冷水机组—舒适性制冷	《创新与制造法规》(AIM)
加拿大	2025.1.1禁用GWP≥750的冷媒	《臭氧消耗物质及卤代烃替代物法规》
新加坡	2022.10.1开始禁用GWP≥15的冷媒—额定能力≥1055kW	EPM (Amendment) Bill
香港	风冷式: 1) 2025年开始禁止进口含GWP≥750冷媒产品; 2) 2026年开始禁止销售含GWP≥750冷媒产品 水冷式: 1) 2025年开始禁止进口含GWP≥150冷媒产品 2) 2026年开始禁止销售含GWP≥150冷媒产品	《管制及削减氢氟碳化物以实施[蒙特利尔议定书基加利修正案]》草案
欧盟	2027.1.1禁用GWP≥750的冷媒 (GWP < 750的制冷剂不满足安全标准要求的情况除外) —额定制冷量 > 12kW	F-gas(2024)

1、减排背景及路径



□ 能效标准

- GB19577-2015《冷水机组能效限定值及能源效率等级》对2004版本进行修订，依据冷水机组性能系数(COP)和综合部分负荷性能系数(IPLV)两项指标进行划分，并且能效等级从原来的5级变为3级

GB 19577中水冷冷水机组新旧能效标准限值对比

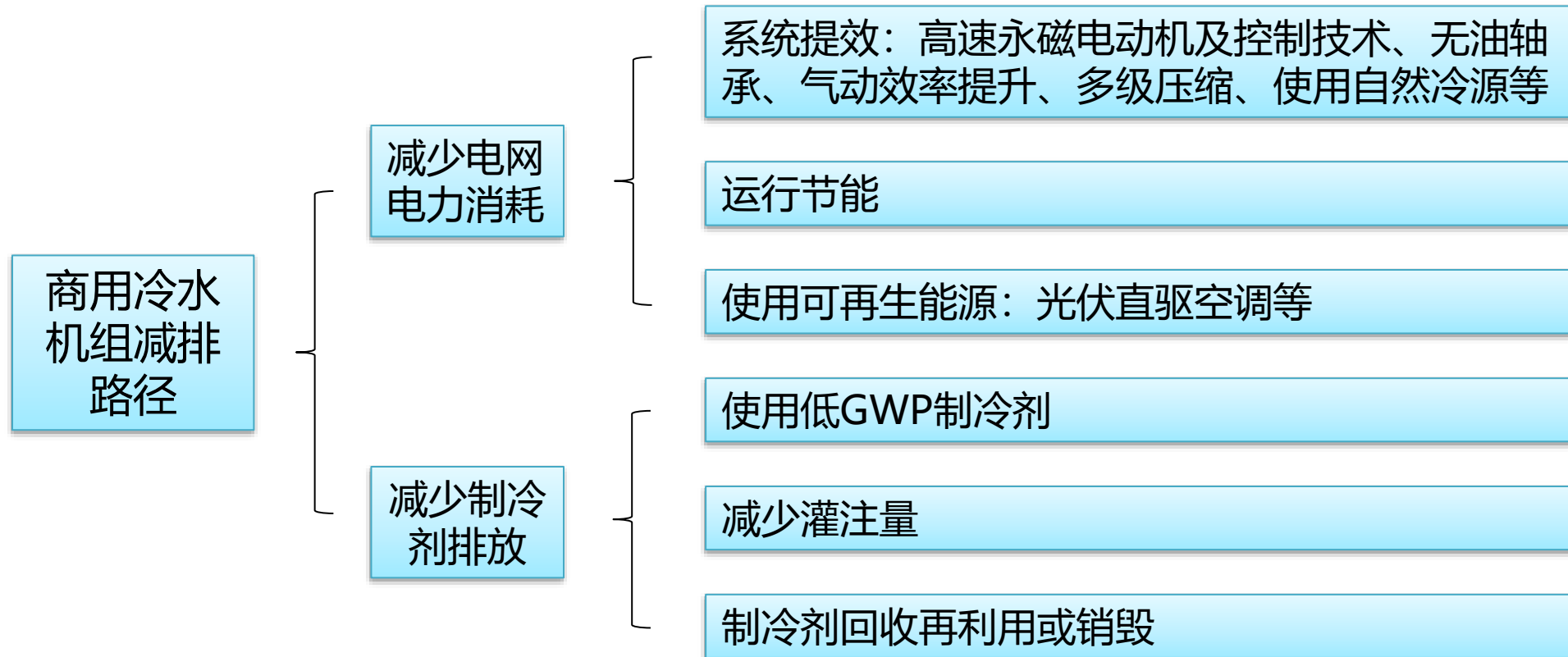
标准	类型	冷量/kW	各等级能效限值 (COP)				
GB 19577-2004	水冷式	CC≤528	5.00	4.70	4.40	4.10	3.80
		528<CC≤1163	5.50	5.10	4.70	4.30	4.00
		CC>1163	6.10	5.60	5.10	4.60	4.20
GB 19577-2015	水冷式	冷量/kW	各等级能效限值 (COP)				
		CC≤528	5.60	5.30	4.20	\	\
		528<CC≤1163	6.00	5.60	4.70	\	\
		CC>1163	6.30	5.80	5.20	\	\
		冷量/kW	各等级能效限值 (IPLV)				
		CC≤528	7.20	6.30	5.00	\	\
		528<CC≤1163	7.50	7.00	5.50	\	\
		CC>1163	8.10	7.60	5.90	\	\

1、减排背景及路径



□ 商用冷水机组减排路径

- 使用环保制冷剂是未来减排的重要方向，同时要考虑制冷剂与制冷设备的匹配，保证低GWP制冷剂在实际运行中的系统能效



目录

CONTENTS

PART 01

减排背景及路径

PART 02

替代制冷剂研究

PART 03

总结与展望

2、替代制冷剂研究



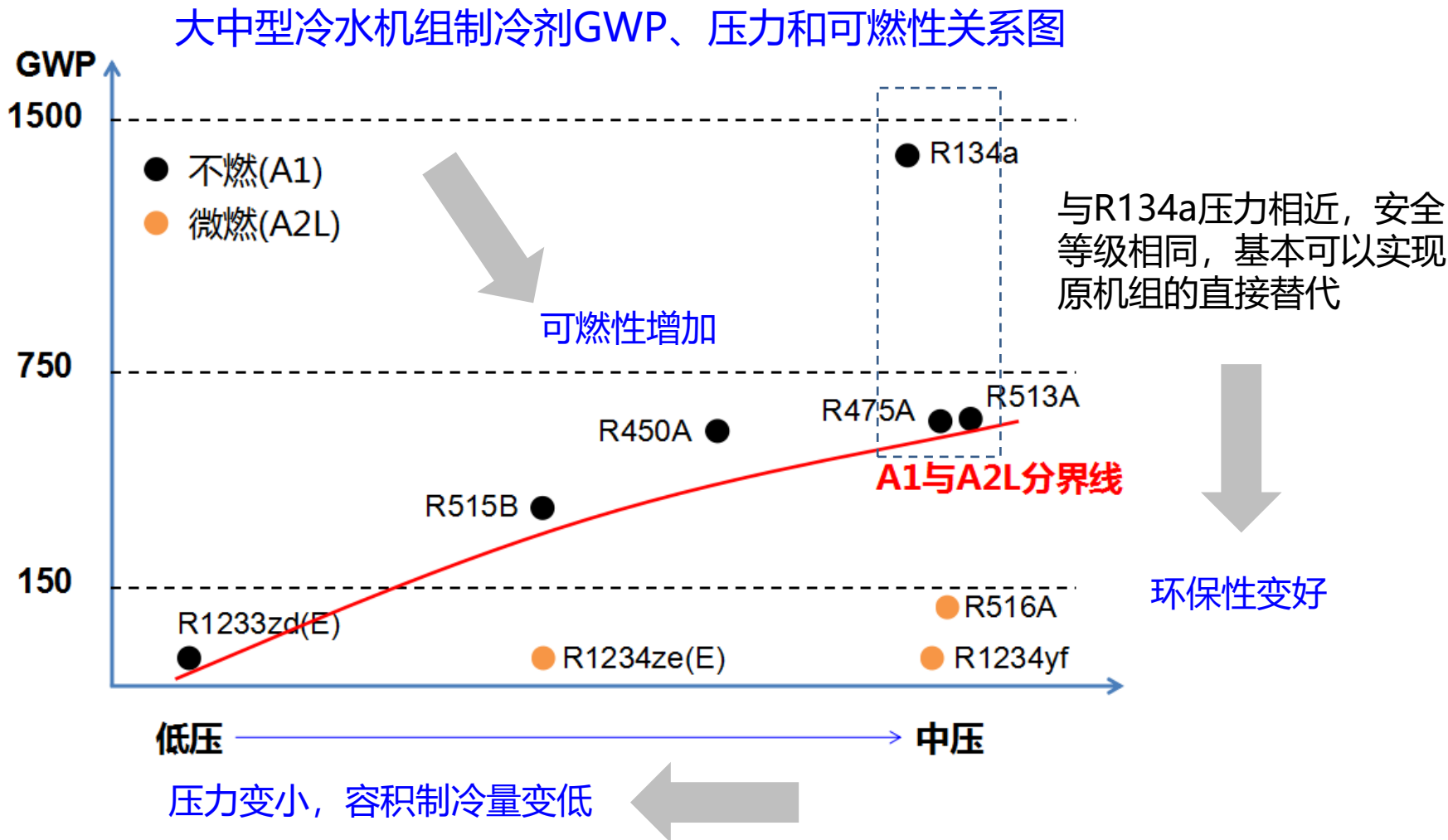
- 当前大中型（离心/螺杆）冷水机组主要使用R134a，自然工质HCs（易燃易爆）、CO2（高压）、NH3（高毒）等难应用，潜在替代工质以HFO及其混合物为主
- 替代工质主要来自国外厂家，国产自主方案少

不同类型冷水机组的替代制冷剂

类型	现有主要制冷剂	替代制冷剂
小型涡旋式冷水机组	R410A	R32、R454B、R452B等
中型螺杆式冷水机组	R134a	R1234ze(E)、R513A、R475A、R516A、R515B、R450A等
大型离心式冷水机组	低压 R123	R1233zd(E)、R514A等
	中压 R134a	R1234ze(E)、R513A、R475A、R516A、R515B、R450A等

2、替代制冷剂研究

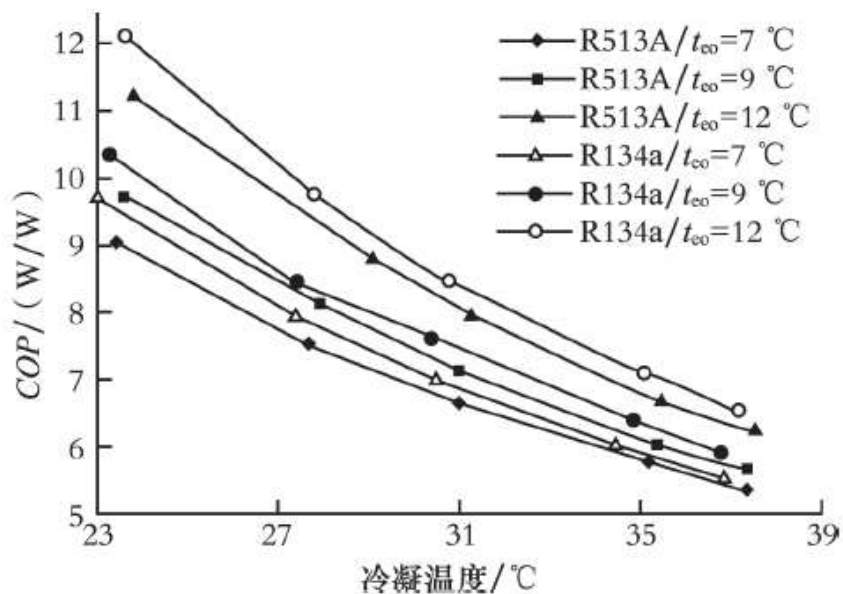
□ 制冷剂替代路线尚不统一，面临经济、环保、安全性矛盾问题



2、替代制冷剂研究

□ 格力在大中型冷水机组上替代制冷剂研究

- 评估R513A、R1233zd(E)等新型制冷剂
- 2018年中国制冷展展出R1233zd(E)无油变频离心式冷水机组
- 2021年自主研发R134a的替代制冷剂



COP随冷凝温度的变化^[1]



R1233zd(E)无油变频离心式冷水机组

[1]混合工质R513A替代R134a应用于离心式冷水机组的理论分析及试验研究. 制冷与空调, 2018, 18(6): 5. (格力)

2、替代制冷剂研究



- 美国供暖，制冷和空调工程师协会（ASHRAE）负责制定制冷剂编号和安全分类标准，是国际标准委员会制冷剂 and 制冷润滑剂分技术委员会（ISO/TC 86/SC 8）的秘书处
- 2014年以来，新增8种纯质，我国从未申请过纯质，只有少数混合物

制冷剂标准

ASHRAE 34-2022 《Designation and safety classification of refrigerants》（每三年发布一版）



ISO 817-2014 《Refrigerants-Designation and safety classification》



GB/T 7778-2017 《制冷剂编号方法和安全性分类》

ISO 817使用ASHRAE 34创建制冷剂分类，这些分类用于 ISO 5149、美国ASHRAE 15、欧洲EN 378和中国GB/T 9237等安全标准中

2014年以来ASHRAE新增的制冷剂纯质

制冷剂编号	安全等级	摩尔质量	常压沸点/°C
1130(E)	B1	96.9	47.7
1336mzz(Z)	A1	164.1	33.4
1233zd(E)	A1	130.5	18.1
1224yd(Z)	A1	148.5	14.5
1336mzz(E)	A1	164.1	7.4
13I1	A1	195.9	-21.9
1132(E)	B2	64	-52.5
1132a	A2	64	-83

2、替代制冷剂研究

- ❑ 格力自主研发商用冷水机组R134a的替代冷媒——获ASHRAE制冷剂编号R475A和安全等级A1
- ❑ 与R134a相比，GWP降低57%，安全等级相同，容积制冷量基本相当，可以在原机组使用

FOREWORD

This addendum adds the zeotropic refrigerant blend R-475A to Tables 4-2 and D-2.

Note: In this addendum, changes to the current standard are indicated in the text by underlining (for additions) and ~~strikethrough~~ (for deletions) unless the instructions specifically mention some other means of indicating the changes.

Addendum v to Standard 34-2019

Modify Tables 4-2 and D-2 as shown.

Table 4-2 Data and Safety Classifications for Refrigerant Blends

Refrigerant Number = 475A
 Composition (Mass %) = ~~R-1234yf/134a/1234ze(E)~~ (45.0/43.0/12.0)
 Composition tolerances = $\pm 1.0/\pm 1.0/\pm 1.0$
 OEL = 690 ppm v/v
 Safety Group = A1
 RCL = 73,000 ppm v/v; 20.0 lb/Mcf; 320 g/m³
 Highly Toxic or Toxic Under Code Classification = Neither

Table D-2 Data Classifications for Refrigerant Blends

Refrigerant Number = 475A
 Composition (Mass %) = ~~R-1234yf/134a/1234ze(E)~~ (45.0/43.0/12.0)
 Average Relative Molar Mass = 108.54 g/mol
 Bubble Point (°F) = -19.8
 Dew Point (°F) = -19.0
 Bubble Point (°C) = -28.8
 Dew Point (°C) = -28.3



制冷剂	R134a	R475A
GWP(AR4)	1430	618
ODP	0	0
摩尔质量g/mol	102.03	108.55
常压沸点 (泡露点) °C	-26.1	-28.8/-28.3
临界温度°C	101.1	99.3
临界压力MPa	4.06	3.72
安全等级	A1	A1

2、替代制冷剂研究



替代制冷剂对比及理论性能评估*

R134a替代物（中型螺杆式冷水机组、大型离心式冷水机组-中压）

冷媒	GWP	ODP	安全等级	理论相对能力	理论相对能效	温度滑移
R134a	1430	0	A1	1	1	0
R513A	631	0	A1	1.01	0.97	<0.1
R475A	618	0	A1	0.99	0.99	0.5
R450A	605	0	A1	0.87	1	0.6
R515B	293	0	A1	0.75	1	<0.1
R516A	142	0	A2L	0.96	0.98	<0.1
R1234ze(E)	1	0	A2L	0.74	1	0

R123替代物（大型离心式冷水机组-低压）

冷媒	GWP	ODP	安全等级	理论相对能力	理论相对能效	温度滑移
R123	77	0.01	B1	1	1	0
R514A	<2	~0.00006	B1	0.95	1	<0.1
R1233zd(E)	1	0.00035	A1	1.39	0.99	0

R410A替代物（小型涡旋式冷水机组）

冷媒	GWP	ODP	安全等级	理论相对能力	理论相对能效	温度滑移
R410A	2088	0	A1	1	1	0.1
R452B	698	0	A2L	0.98	1.01	0.7
R32	675	0	A2L	1.09	1.01	0
R454B	466	0	A2L	0.97	1.01	0.9

*GWP以IPCC AR4为主，理论计算结果基于理想制冷循环

目录

CONTENTS

PART 01

减排背景及路径

PART 02

替代制冷剂研究

PART 03

总结与展望

3、总结与展望



- 现有冷水机组能效提升技术发展较为成熟，制冷剂减排是未来的重要方向，使用低GWP制冷剂同时要考虑制冷剂与制冷设备的协同，保证实际运行中的系统能效
- 制冷剂替代存在环保性、安全性和经济性矛盾的问题，商用冷水机组潜在替代工质以HFO及其混合物为主，国内自主方案少
- 研发了商用大中型冷水机组R134a的替代制冷剂，获ASHRAE编号R475A和安全分类A1，与R134a相比，GWP降低57%，安全等级相同，容积制冷量基本相当，可以在原机组使用，与离心机组的匹配性较螺杆机组更高
- 单台冷水机组制冷剂用量大，更方便回收，应完善回收及处置的法规标准，打通制冷剂报废、回收、运输、再生、回售等各个环节，提高制冷剂回收再利用率，进一步减少制冷剂排放



感谢聆听!

