低GWP冷媒的应用及探索

Application and exploration of low GWP refrigerant

美的中央空调事业部

Midea CAC Division

DISCOVER easyCOMFORT

CONTENT

PART 1 关于制冷剂
About refrigerant

PART 2 低GWP冷媒分类研究
Research on low GWP refrigerant classification

PART 3 新冷媒的探索方向
Exploration Direction of New Refrigerant

PART 1

制冷剂的发展历史

History of refrigerant development

《蒙特利尔议定书》
关注臭氧层破坏

《京都议定书》《基加利修正案》
关注全球变暖

CFCs
简单的化学结构

1990s
CFC全面淘汰
CFC Phase-out

HCFCs
改进的化学结构

2000s
HCFC全面淘汰
HCFC Phase-out

HFCs
新分子结构开发

2010s
HFC逐步淘汰
HFC Phase-down

HFOs
高级分子的开发和
复杂的化学工程

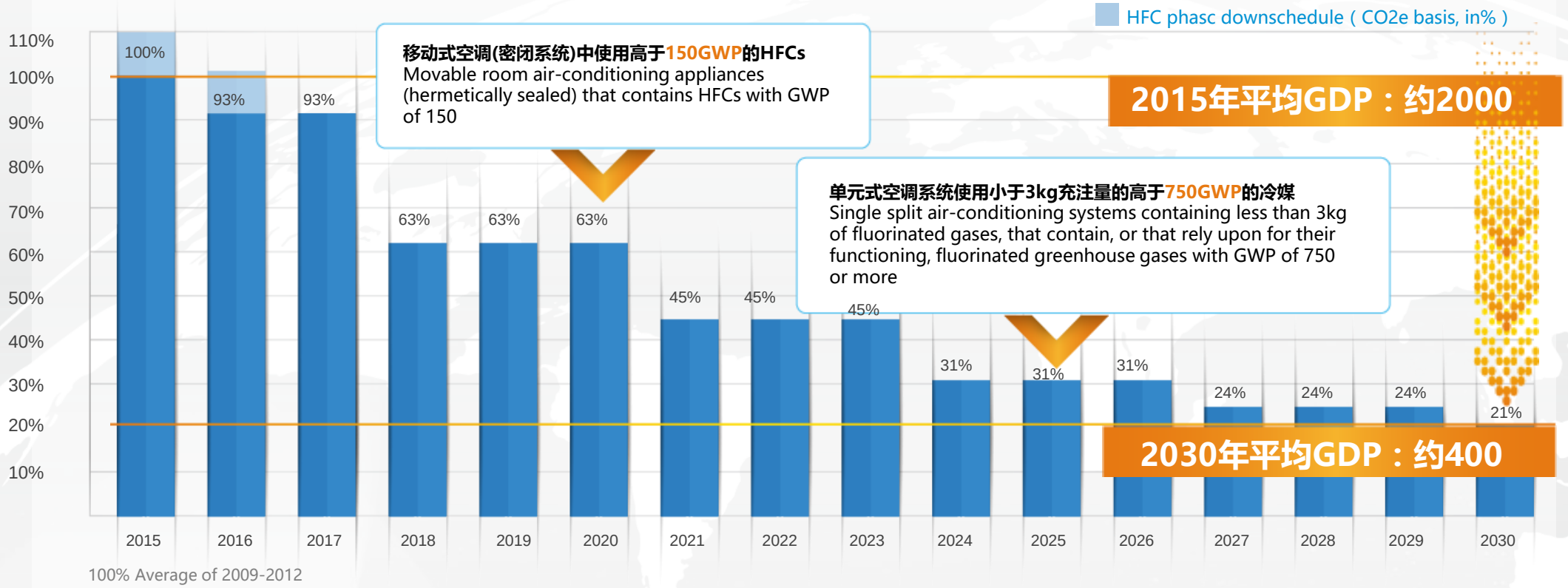
CFCs	HCFCs	HFCs	HFOs
臭氧层 ☹	臭氧层 ☹	臭氧层 ☺	臭氧层 ☺
全球变暖 ☹	全球变暖 ☹	全球变暖 ☹	全球变暖 ☺

PART 2

欧洲含氟气体法案

European new F-Gas regulation (EU No 517/2014)

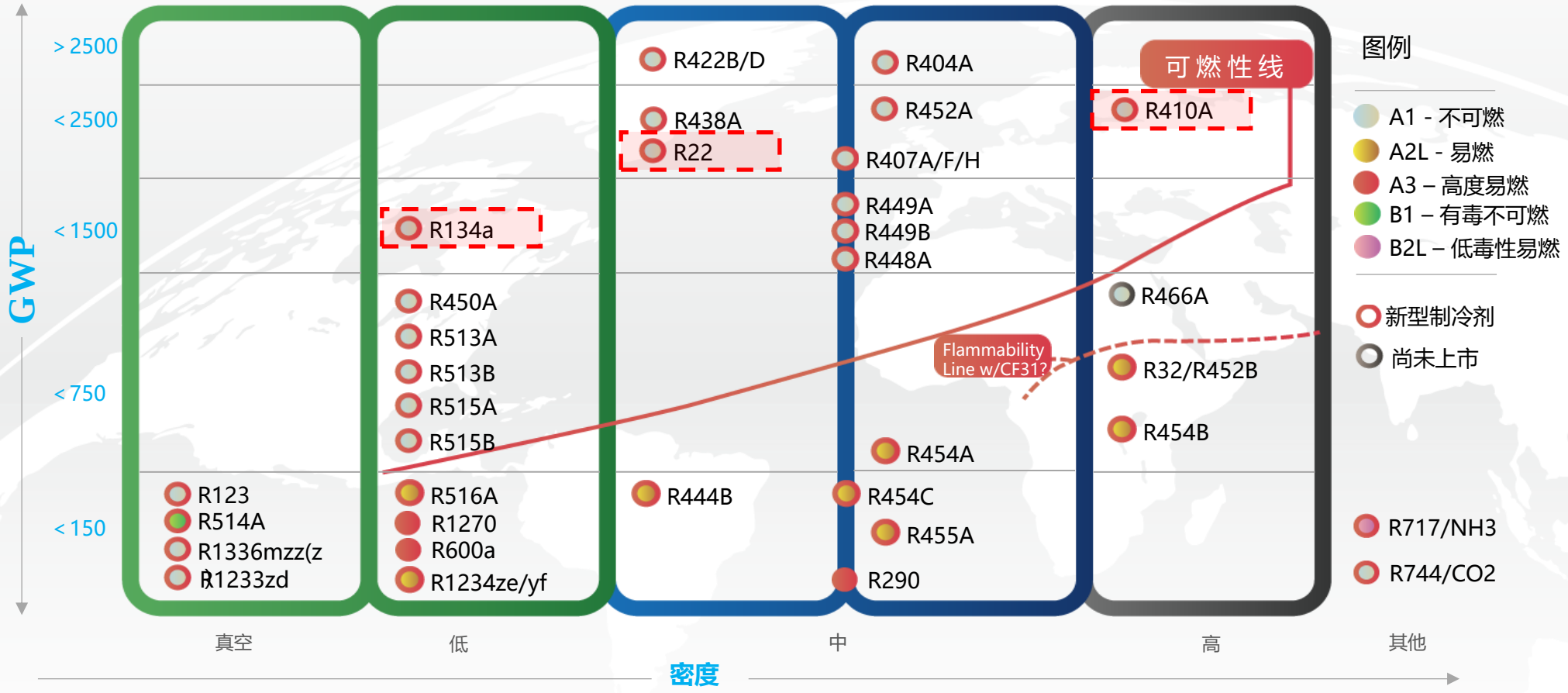
- 到2030年，会削减2015年基线的79%的HFC制冷剂，平均GWP将从2000降低至400；
- 根据各地法规要求，挑选至少要满足750以下GWP的冷媒进行整机研究；



PART 2

主要制冷剂的 GWP与密度（压力）表

GWP versus Density (pressure) of the main refrigerant groups

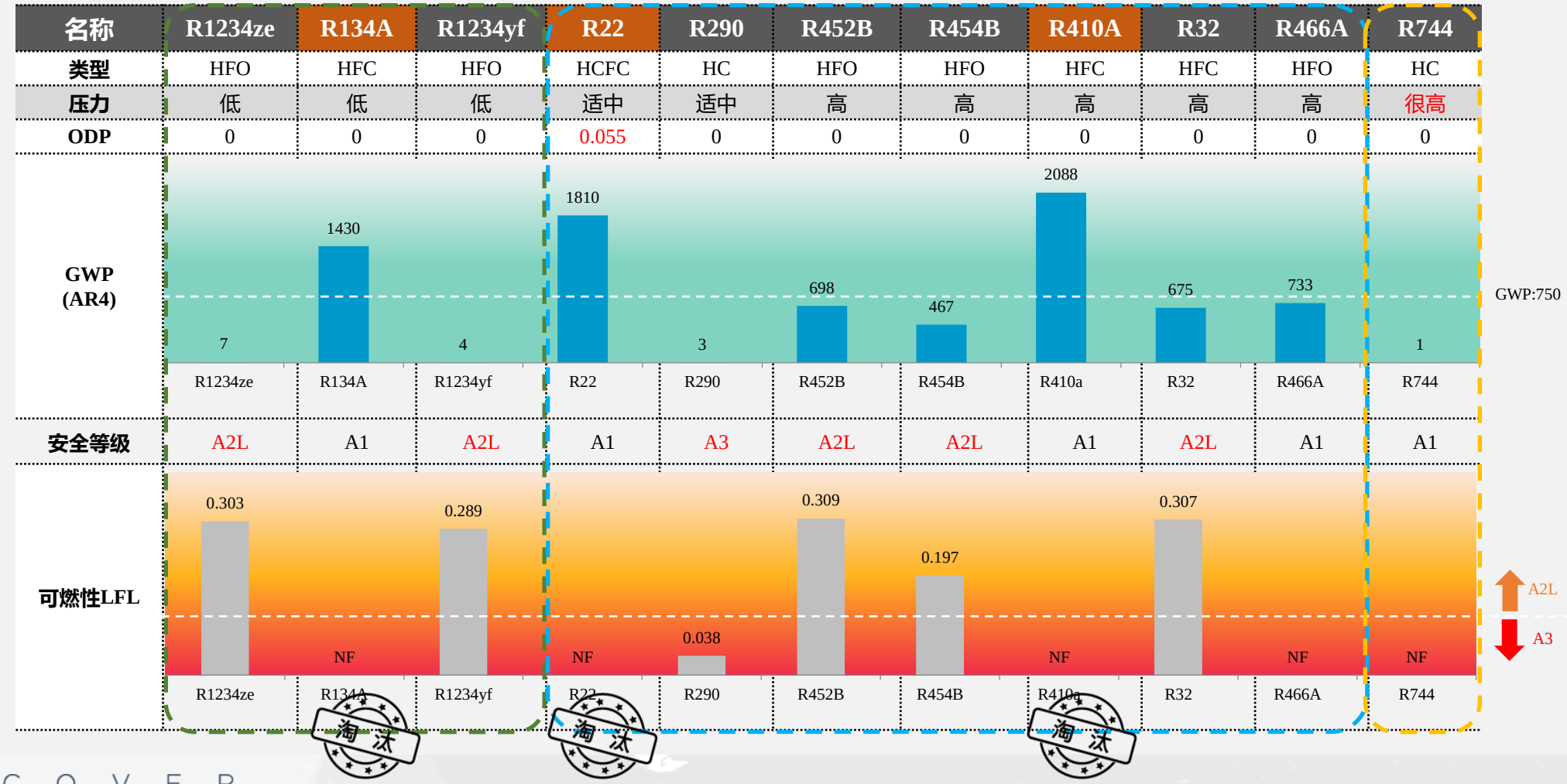


PART 2

不同低GWP制冷剂的研究

Research on different refrigerants

名称	R1234ze	R134A	R1234yf	R22	R290	R452B	R454B	R410A	R32	R466A	R744
类型	HFO	HFC	HFO	HCFC	HC	HFO	HFO	HFC	HFC	HFO	HC
压力	低	低	低	适中	适中	高	高	高	高	高	很高
ODP	0	0	0	0.055	0	0	0	0	0	0	0
GWP (AR4)	7	1430	4	1810	3	698	467	2088	675	733	1
安全等级	A2L	A1	A2L	A1	A3	A2L	A2L	A1	A2L	A1	A1
可燃性LFL	0.303	NF	0.289	NF	0.038	0.309	0.197	NF	0.307	NF	NF



PART 2

不同低GWP制冷剂的研究

Research on different refrigerants

R134a的替代：大型水机采用R1234ze冷媒

制冷剂	安全等级	GWP	制冷量	EER	制热量	COP	质量流量	排气压力	排气温度
R134a	A1	1430	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100%	100.0%	67.2℃
R1234ze(E)	A2L	7	100.2%	100.2%	100.1%	100.2%	109%	74.9%	60.1℃
R1234yf	A2L	4	94.8%	94.7%	95.8%	95.7%	123%	97.7%	58.4℃

模拟条件: 冷凝温度 = 55℃, 蒸发温度 = 7℃, 过冷度 = 5℃, 过热度 = 8℃, 压缩机等熵效率 = 1.0

PART 2

不同低GWP制冷剂的研究

Research on different refrigerants

R410A的替代：整体式机组采用R32冷媒

根据IEC60335-2-40以及 GB 4706.32，对于室外安装的机组冷媒充注量无限制，采用A2L的冷媒只需要符合国家标准以及下述两点要求：

结构上保证泄露的制冷剂不会流入或滞留在器具内引起火灾或爆炸危险的区域

可能接触泄露的可燃制冷剂表面，其温度应低于制冷剂自然温度减100K

PART 2

不同低GWP制冷剂的研究

Research on different refrigerants

R410A的替代：分体式机组采用R32或者R466A冷媒

根据IEC60335-2-40以及 GB 4706.32，对于分体式机组采用A2L冷媒，冷媒需要进入室内房间，在满足基本条件以外，其最大冷媒量充注量*M*：

当$M \le m_1$，不受空间限制，

当$m_1 < M \le m_2$，需要满足满足室内最小的使用面积；

当$m_2 < M \le m_3$，需要额外增加机械通风要求；

充注量$M \le m_1$
采用R32冷媒

以R32举例：

m_1=(4m3) ×LFL=1.224kg

m2=(26m3) ×LFL=7.956kg

m3=(130m3) ×LFL=39.78kg

注：对于ISO5149:2014，GB9237:2017，EN378:2016等标准对于安全级别为A2L冷媒的充注量可以放开为原来的为1.5倍；

PART 2

不同低GWP制冷剂的研究

Research on different refrigerants

R134a/R410A的替代：热水机组采用R290或者R744冷媒

制冷剂	安全等级	可燃性LFL kg/m³	GWP (AR4)	沸点温度 ℃	临界温度 ℃	临界压力 MPa_绝压	25℃蒸汽密度 kg/m³	沸点下蒸发潜能 kJ/kg
R134a	A1	NF	1430	-26	101.1	4.07	4.17	215.0
R290 丙烷	A3	0.038	3	-42	96.74	4.25	1.80	410.5
R410A	A1	NF	2088	-52	71.34	4.81	2.97	256.7
R744 二氧化碳	A1	NF	1	-78	30.98	7.38	1.80	约386.9

家用整体式热水机，充注量少

高温热水

R32冷媒产品的设计开发

Design and Development of r32 Refrigerant Products

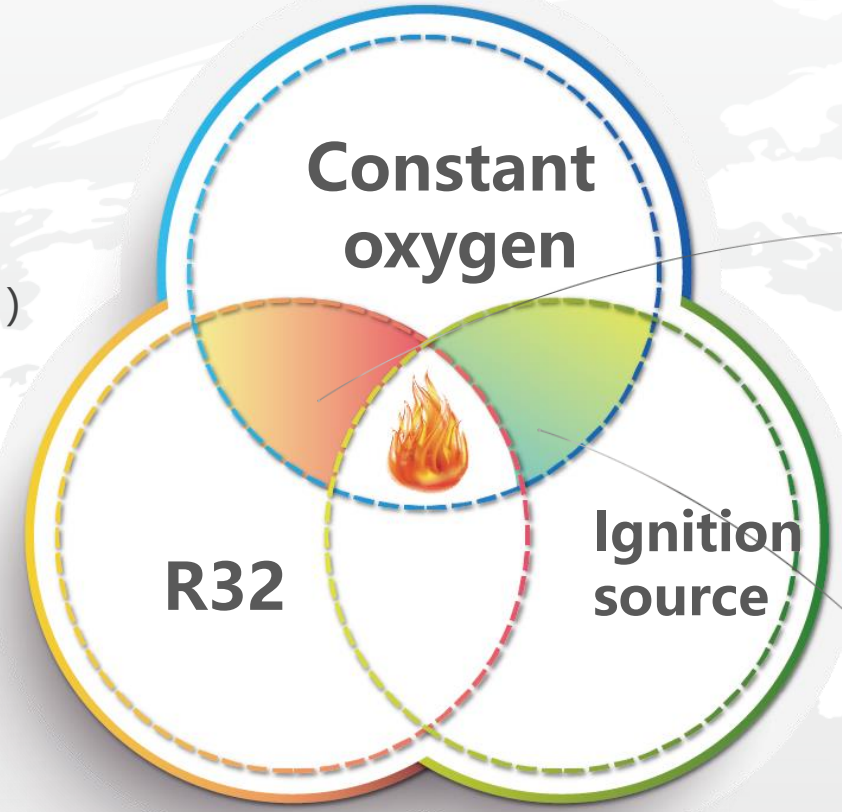
机组安全测试

(1) 燃烧的触发条件：

可燃物质（Refrigerant_R32）

充足的氧化物 （Constant oxygen）

点火源 （Ignition source）



R32冷媒燃烧浓度范围为13.3%~29.3%(0.3~0.6kg/m³)

注：该浓度条件下是一个可能出现缺氧的水平(氧气浓度在18%或以下)，因此不是人们一般正常工作的环境。

R32冷媒最小点火能量：30~100mJ

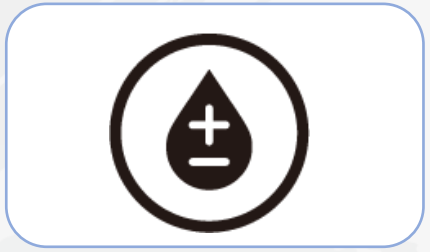
R32冷媒产品的设计开发

Design and Development of r32 Refrigerant Products

机组安全测试

(2) 杜绝燃烧的措施：控制冷媒充注量、泄漏、囤积

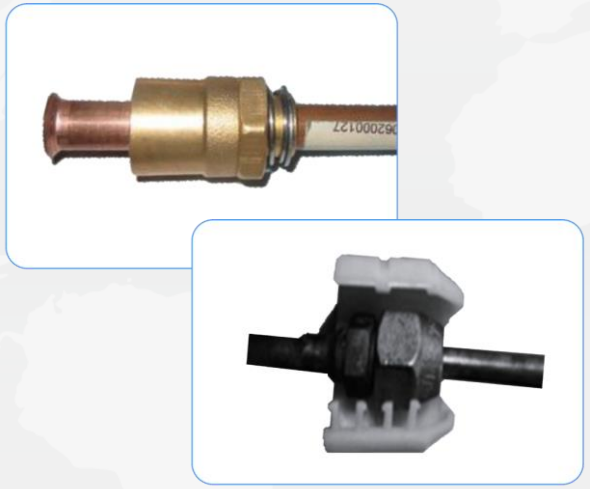
严格参照标准要求，设计冷媒的充注量



eg: 整体式&分体式；

室内安装&室外安装；

分体机组增加防拆装置



防拆帽，防拆接头；

冷媒泄露测试验证

保证机器任何一点的冷媒泄露，都不应使冷媒流动或沉积；

R32冷媒产品的设计开发

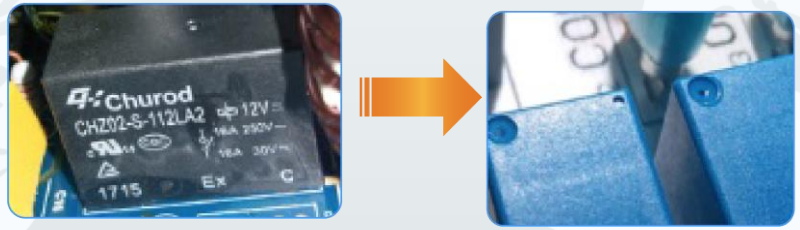
Design and Development of r32 Refrigerant Products

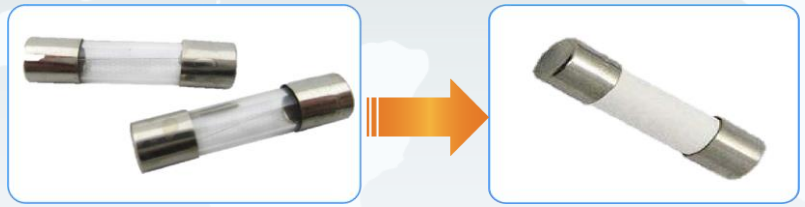
机组安全测试

(2) 杜绝燃烧的措施：切断点火源

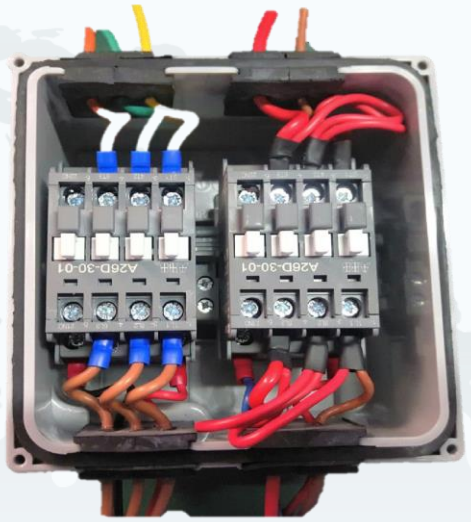
防静电包装

易产生火花、拉弧现象的电气元器件进行密封





①元器件本体密封，比如继电器，保险管



②将点火源器件封闭在一个密封的壳体内，比如交流接触器

R32冷媒产品的设计开发

Design and Development of r32 Refrigerant Products

机组安全测试

(3) 整机验证

与应急管理部天津消防研究所进行整机的燃爆测试：

- 冷媒不同浓度的泄露+不同能量的点火源模拟
- 仓储+外部火源模拟
- 运行+外部火源模拟
- 机组不同位置的着火模拟

产品符合标准设计要求

PART 3

新冷媒的探索方向

Exploration Direction of New Refrigerant

过去问题

ODP(Ozone Depletion Potential)臭氧消耗潜值高

《蒙特利尔议定书》确定HCFCs类的淘汰计划
（6大类96种ODS）

GWP(Global Warming Potential)全球变暖潜能值高

《基加利修订案》确定HFCs的高GWP物质淘汰计划（18种）

当前现状

主张回归自然，采用天然制冷剂
（北欧、韩国）R290(丙烷)、R744(CO2)、R600a(异丁烷)、R717(氨)

HFOs类低GWP制冷剂
（美国、日本）R454B、R454C、R455A等

HFCs低GWP制冷剂
（欧洲、日本）R32等

HFCs类和HCs类混合工质
（中国）

未来方向

绿色环保
天然制冷剂

高效节能
提高能效，减少能源消耗

安全可靠
无毒不可燃或有新技术杜绝毒性散发或者不易燃烧

加强回收
重复利用，减少环境污染

THANKS

Application and exploration
of low GWP refrigerant

DISCOVER easyCOMFORT