

**Panasonic**

**松下电器**

# 轨道车辆空调用制冷剂的发展浅析 及松下轨道专用压缩机

松下压缩机（大连）有限公司  
发表人：郎贤明

2021 年 4 月

---

1 背景介绍

2 轨道车辆空调用制冷剂的替代方案

3 松下环保冷媒轨道专用压缩机

## 全球HFCs 削减推动加速

- 欧盟，F-Gas法规旨在更快完成《基加利修正案》的HFCs减排目标，并将被重新修订，计划HFC削减步骤整体提前5年；
- 美国、日本、加拿大等国，也颁布相应法规，旨在履行《基加利修正案》计划
- 国内，臭氧层保护→温室气体减少排放→碳中和

近年来温室气体已取代臭氧层破坏成为现阶段全球环境的主要课题，而“碳中和”目标的提出是对减排要求的进一步深化。国际社会围绕减缓全球变暖开展共同行动达成基本共识。



---

1 背景介绍

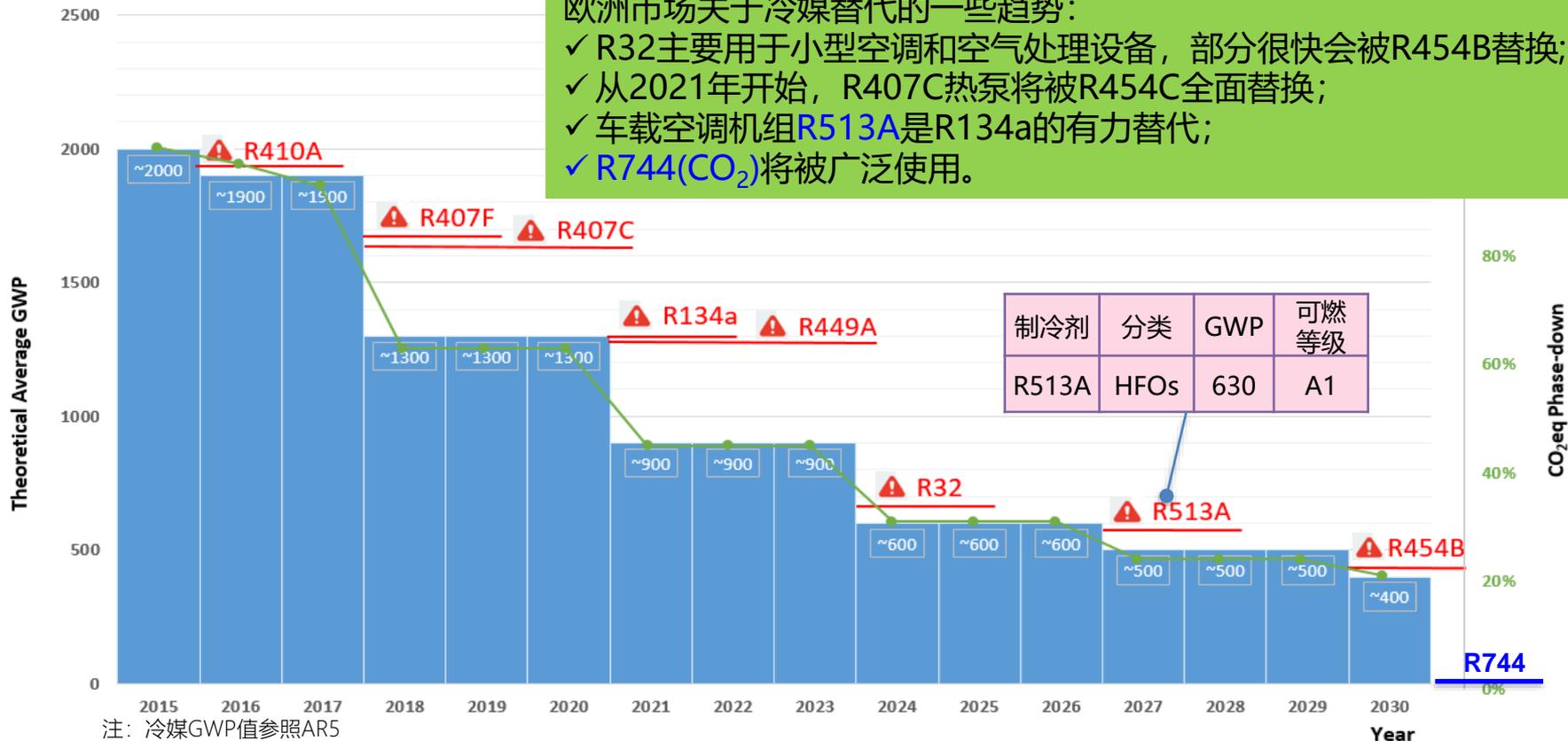
2 轨道车辆空调用制冷剂的替代方案

3 松下环保冷媒轨道专用压缩机

# 欧盟F-Gas法规驱动下的HFCs削减路线

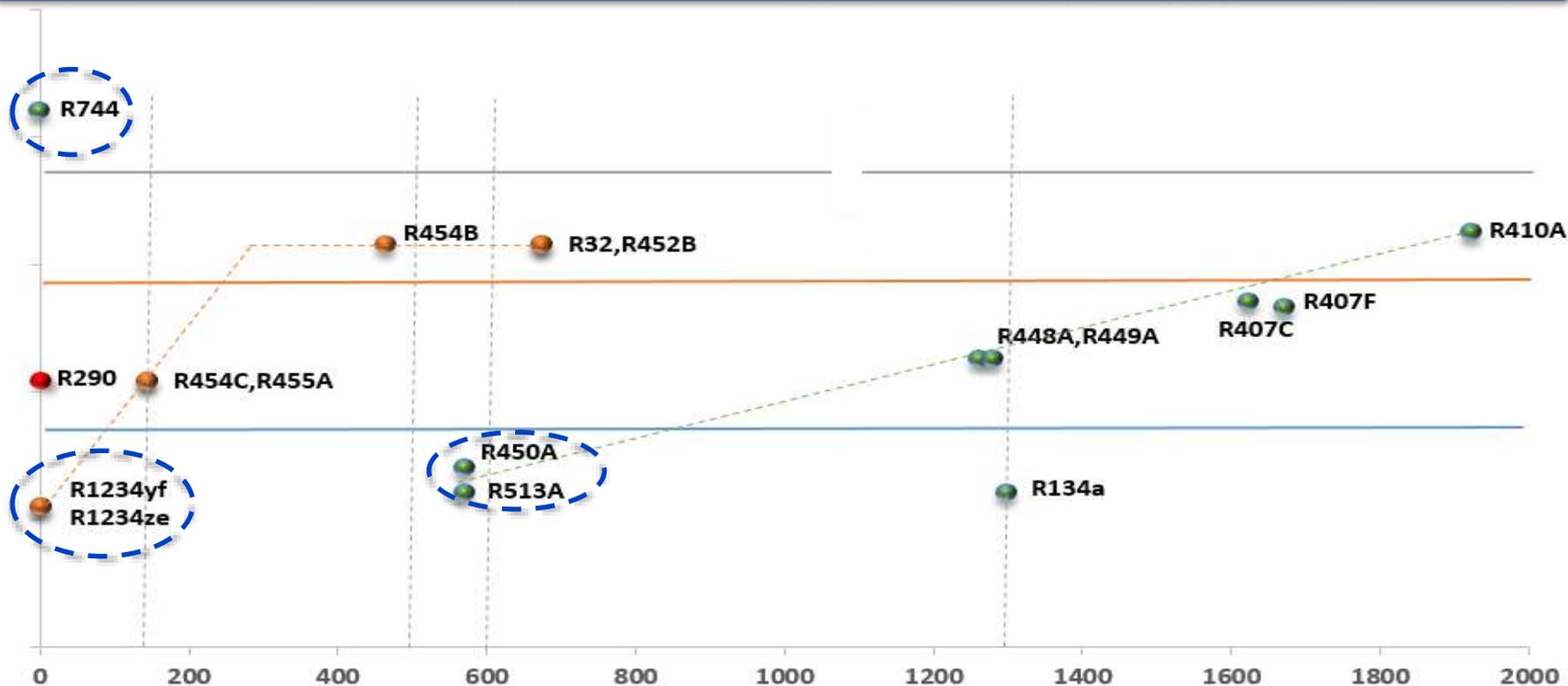
欧洲市场关于冷媒替代的一些趋势：

- ✓ R32主要用于小型空调和空气处理设备，部分很快会被R454B替换；
- ✓ 从2021年开始，R407C热泵将被R454C全面替换；
- ✓ 车载空调机组R513A是R134a的有力替代；
- ✓ R744(CO<sub>2</sub>)将被广泛使用。



# 车载制冷剂特性分析

结合冷媒压力特性分析，车载用环保制冷剂替换存在压力轨道分级现象



# 制冷剂替代方案汇总

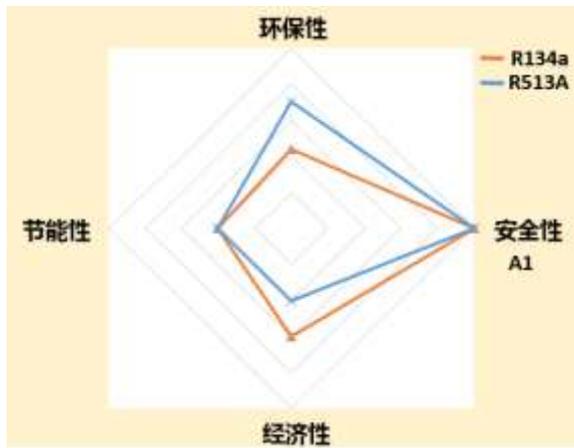
在碳中和的大背景下，节能环保成为全球共同目标，减排和采用对环境“友好”的制冷剂成为制冷行业的必然趋势。

产品类别	目前使用的制冷剂	中期
商用空调、热泵	R134a/R407C/R410A/R32	<b>R454B/R454C/CO<sub>2</sub></b>
中低温冷冻冷藏	R22/R404A	R448/R449/ <b>R454C/CO<sub>2</sub></b>
车载空调	R410A/R134a/R407C	<b>R513A/CO<sub>2</sub></b>

- Kigali Amendment to the Montreal Protocol: HFC phase down starting in 2019
- Regulation in the EU, Japan, and the US are phasing out R134a in MACs
- EU: GWP<150. R1234yf and CO<sub>2</sub>



- CO<sub>2</sub>: A1, 0 ODP,
- CO<sub>2</sub> poses poter
- EVs become mo
- MAC HP will be



分级	现在使用	替换方案
高压	R410A	<b>R744</b>
低压	R134a, R407C	<b>R513A R1234yf</b>

---

1 背景介绍

2 轨道车辆空调用制冷剂的替代方案

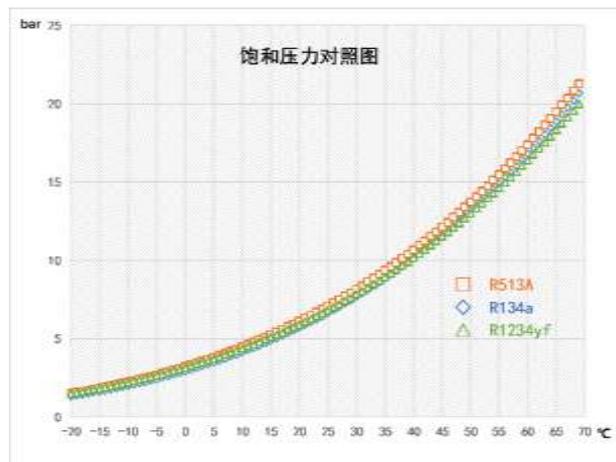
3 松下环保冷媒轨道专用压缩机

# 车载涡旋压缩机R513A应用分析

## 车载涡旋压缩机选择R513A替换R134a环保化或将成为中长期有效方案

车载涡旋压缩机主要应用于轨道交通及电动大巴，选择R513A制冷剂的应用特点：

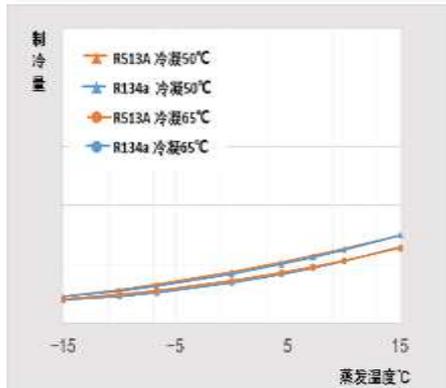
- ✓ 安全无毒 (A1)
- ✓ 制冷剂充入量5kg以上, 经济性较优
- ✓ 符合各国环保法规
- ✓ 饱和压力曲线近似且高于R134a, 相同排量输出能力增加
- ✓ 温度滑移可忽略, 便于系统控制



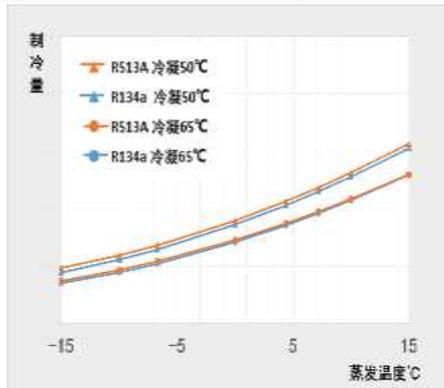
制冷剂	分类	成分	GWP	安全等级	温度滑移
R513A	HFOs	R1234yf/R134a (56%/44%)	573	A1	~0 K
R134a	HFCs	R134a	1300	A1	0 K

# 车载涡旋压缩机R513A应用分析

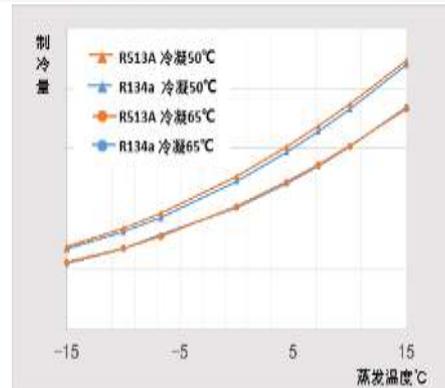
采用松下卧式变频涡旋压缩机对两种制冷剂测试，R513A制冷能力提升，能效相当



30rps



60rps



90rps

- 测试工况为GB/T 22068-2018汽车空调用电动压缩机总成名义工况;
- R513A实测结果能效更接近R134a且制冷能力更优。
- 在高环境温度和低转速运转时，两者制冷能力相当
- R513A在35-40°C环境温度下，高转速时，制冷能力优于R134a

R513A VS R134a	冷凝55°C，蒸发7°C，过冷8K，过热10K			
	制冷能力	能耗	能效	排气温度
实测	+2.5%	+2.9%	-0.3%	~0°C
理论	+1.2%	+3.2%	-2.0%	-6°C

# 车载涡旋压缩机R1234yf应用分析

制冷剂	成分	GWP	安全等级	ARI对应压力
R1234yf	R1234yf	<1	A2L	1.4Mpa/0.4Mpa
R513A	R1234yf/R134a (56%/44%)	630	A1	1.5Mpa/0.4Mpa
R134a	R134a	1430	A1	1.47Mpa/0.38Mpa

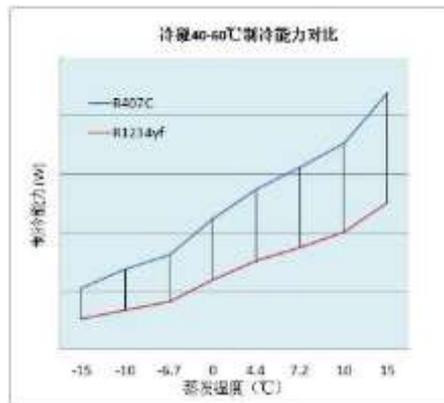
冷凝55°C/蒸发7°C 过冷8K/过热10K	R1234yf VS R134a		R513A VS R134a	
	实测	理论	实测	理论
制冷能力	-7.0%	-6.3%	+2.5%	+1.2%
能耗	-2.2%	-3.0%	+2.9%	+3.2%
能效	-4.9%	-3.5%	-0.3%	-2.0%
排气温度	-8°C	-10°C	-2°C	-6°C

· 名义工况下**R1234yf**制冷能力、输入功率和能效均有所降低。

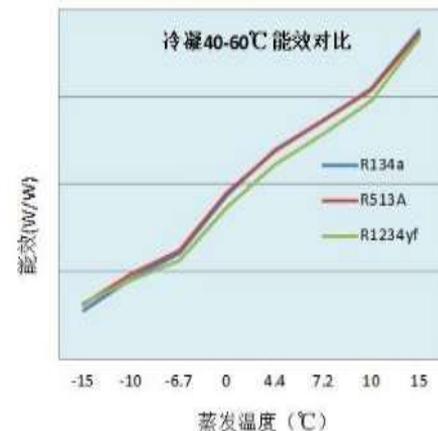
· **R513A**名义工况实测结果更接近R134a性能且制冷能力更优。

★理论计算数据源于冷媒公司CRE软件，数据版本propone9.1

★测试工况为GB/T 22068-2018汽车空调用电动压缩机总成名义工况



· R1234yf 制冷能力相当于R407C的60%左右。  
· 能效略低5%左右。



· R513A制冷能力表现最优，且能效与R134a相当，高于R1234yf。

# 松下车用卧式涡旋压缩机

- 车辆上的空调机组距离用户很近，所以对噪声的要求较高；
- 由于冬季制热的需求也很大，大量使用PTC加热器会使机组能效降低。所以采用在寒冷地区仍可高效运行的带EVI喷气增焓功能的卧式压缩机势在必行；
- 松下在交通运输领域针对R513A/R1234yf以及CO<sub>2</sub>开发了全系列的卧式制冷压缩机，型谱完善产品可靠。

松下卧式机高度仅180mm

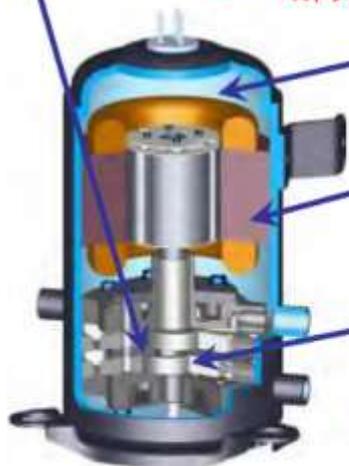


## ◆ 轨道交通车辆用空调器 卧式机型系列

AC-INV 交流变频机型					60rps ARI-A		90rps ARI-A			
制冷剂	HP	型号	排气量 cc/rev	输入电压	冷量 kW	EER	冷量 kW	EER	防护等级	备注
R407C/R134a/R513A	5	C-SWS180H00*	56	380V	16.5	3.1	23.0	3.2	IP67	—
	7	C-SWS225H0**	74	200V/380V	16.5	3.1	23.0	3.2	IP67	—
	7	T-SWS110H00A	110	380V	23.3	3.0	34.5	3.2	IP67	新机型
DC-INV 直流变频机型					60rps ARI-A		90rps ARI-A			
制冷剂	HP	型号	排气量 cc/rev	输入电压	冷量 kW	EER	冷量 kW	EER	防护等级	备注
R410A R407C/R134a/ R513A	8	T-SWP060H00A	60	380V	20.0	3.2	30.0	3.1	IP67	开发中
	10	C-SWP330H***	67	380V	22.3	3.2	33.0	3.1	IP67	—
	11	T-SWP073H00A	73	380V	24.5	3.2	36.0	3.1	IP67	EVI

# 松下全球首创的R744双级双转子压缩机技术

· 单压缩机双级压缩方式  
——解决跨临界大压差

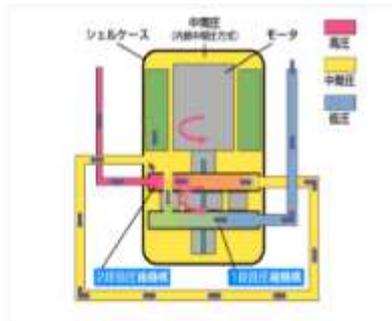


· 内部中压结构  
——解决高运行压力

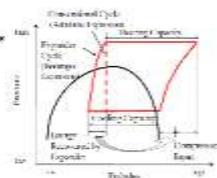
· 采用直流无刷电机  
——对应各种不同负荷

· 优秀的机加装配技术、独特的双级压缩设计  
——实现出色的系统优势

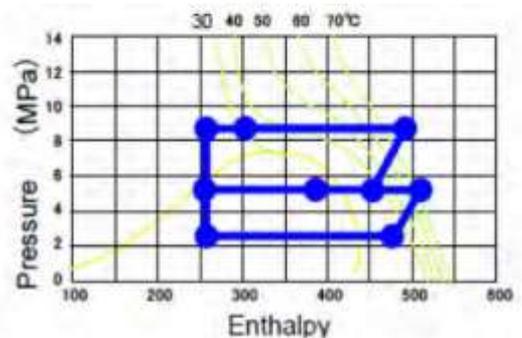
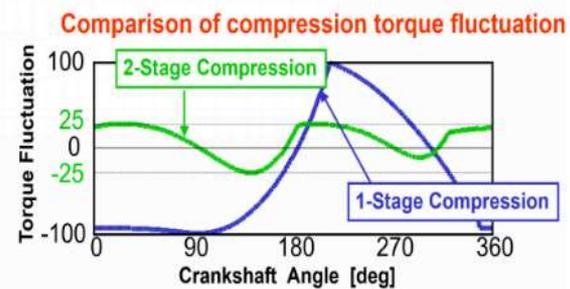
使用单台松下CO2压缩机，就可轻松实现双级跨临界压缩循环，达到制冷量和COP的提升



**提高系统能效**  
 Improve the efficiency of the system  
 系统能效的提升：双级制冷系统的应用和优势：  
 Improvement in energy efficiency of the compressor: declivity and moving the compressor that apply 2 stage refrigeration  
 双级制冷系统的应用：双级制冷系统的应用和优势：  
 Reduction of the loss of discharge side pressure of the expanding machine and the application of the spraying refrigerant on cycle.  
 系统能效的提升：双级CO2跨临界制冷系统的应用和优势：  
 Improvement in efficiency of the heat exchanger: development of the high efficiency 3D transitional separator.  
 ② 降低系统功耗：采用低摩擦力的压缩机技术  
 Optimization of system cycle: application of the regenerative cycle and heat recovery technology  
 降低系统功耗：采用低摩擦力的压缩机技术  
 Reduction of the great loss in system: development of the new valve.



## Lower Vibration & Noise



# 松下R744 (CO<sub>2</sub>) 车载压缩机解决方案

## ■ 机型信息

应用	式样	机型型号	排量 (CC)	重量 (kg)	高度 (mm)	防水等级
驾驶室空调用	立式	T-RLC080V02A	8	15	290	≥IP56
车厢空调用	卧式	T-RJC208H02A	20.8	41	280	≥IP56

测试工况：HP/LP =10Mpa/4.5Mpa，吸气温度20℃，阀前温度40℃，环境温度35℃

## ■ 冷量范围

排量 (CC)	转速范围 r/s	制冷量 [kW]										
		4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
8	30~80	4 ~ 10KW										
20.8	30~80	8 ~ 22.5KW										

轨道	名义值 kW	6	29~31	35~38	40~45
DC变频	排气量 cc	8cc X1	20.8cc X2	20.8cc X2	20.8cc X2
	转速 r/s	50	50	65	80

- ✓ 荣获“2020中国制冷展创新产品”称号
- ✓ 荣获中国制冷学会“2020年度节能环保技术”称号



# 松下压缩机将持续贡献于节能环保、碳中和目标！

谢谢聆听，请指教！



公司形态：中日合资公司

出资比率：Panasonic（三洋电机株）	60%
冰山集团	40%

【生产品目（生产能力）】

- 空调用·冷冻冷藏用  
涡旋压缩机（160万台/年）
- HFC转子压缩机（10万台/年）
- CO2转子压缩机（30万台/年）

