



# 双碳战略下房间空气调节器能效与碳排放的思考

邵艳坡

2024年4月



# 目 录

CONTENTS

**1**

**碳中和：中国在行动**

**2**

**房间空调器生命周期碳排放分析**

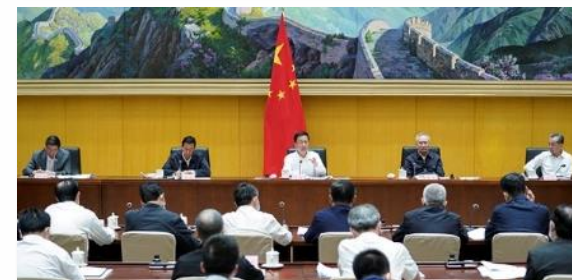
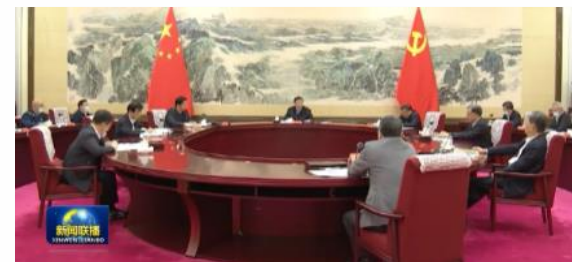
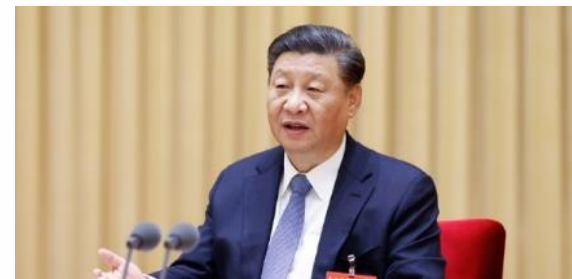
**3**

**R290产业化技术难题**

**4**

**思考及建议**

# 1 碳中和：中国在行动



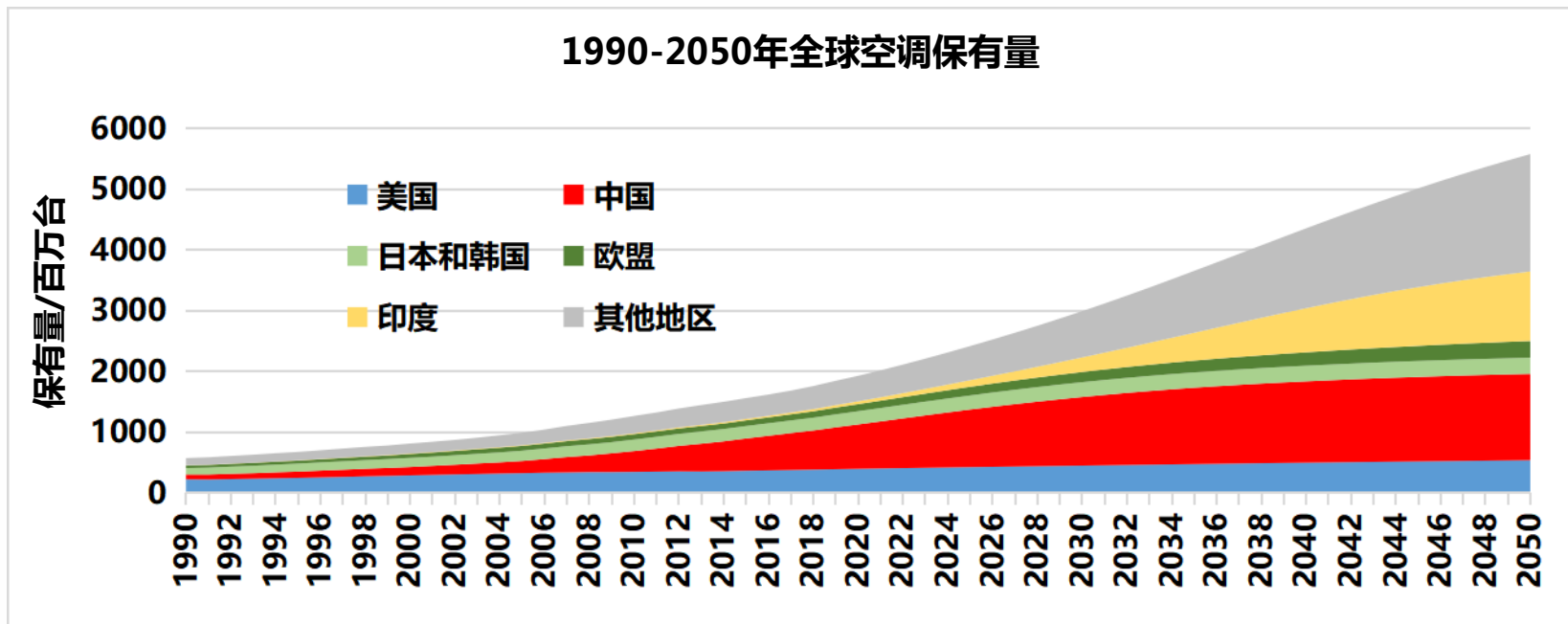
2020年9月，习近平主席提出了中国的3060双碳目标

2022年10月，中国共产党第二十次全国代表大会:积极稳妥推进碳达峰碳中和

2024年3月，政府工作报告中：积极稳妥推进碳达峰碳中和。扎实开展“碳达峰十大行动”。



# 1 碳中和：中国在行动

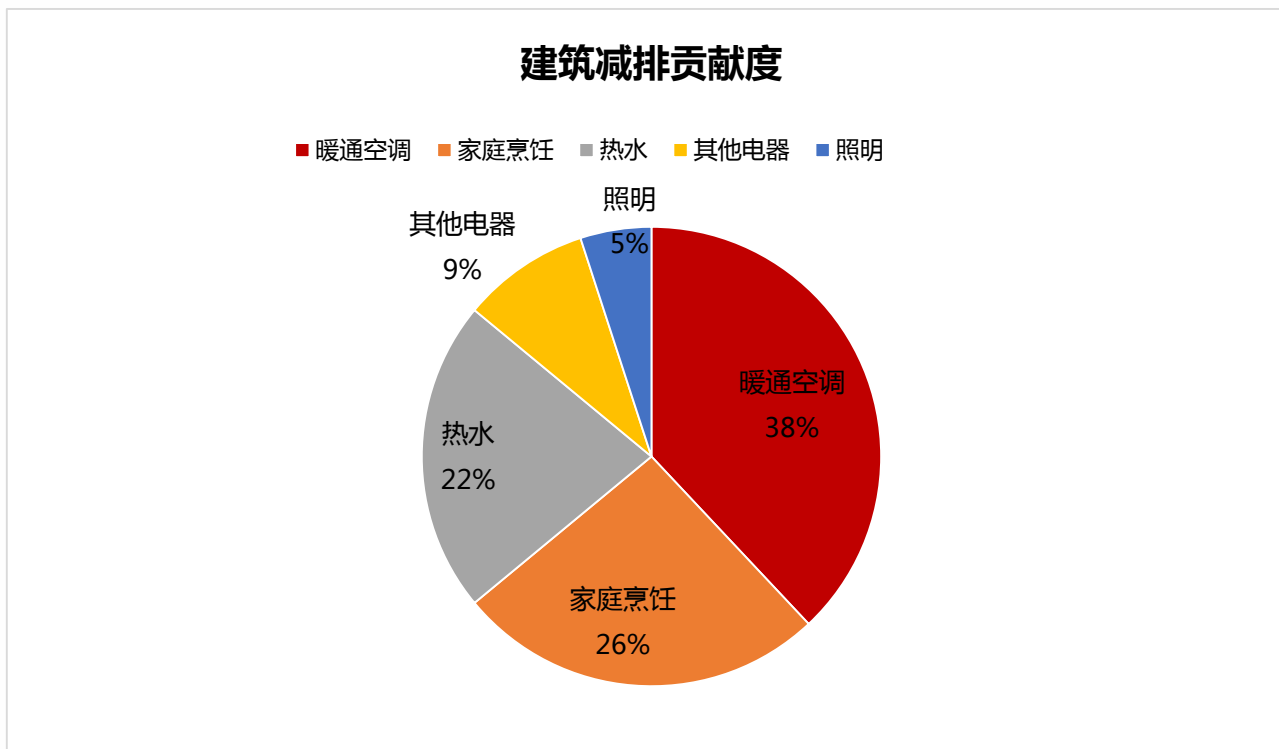


国际能源署（IEA）2021年发布的报告显示，当前全球空调保有量超20亿台，到2050年将增加到近60亿台，增长近3倍。

- 第一名：中国，数量为7.99亿台，占39.67%；
- 第二名：美国，数量为4.04亿台，占20.05%；
- 第三名：日本，数量为1.65亿台，占8.19%。



# 1 碳中和：中国在行动



**暖通空调对建筑减排的贡献度可达38%，到2050年60亿台暖通空调累计将带来超1320亿吨的碳排放量，暖通空调行业减碳势在必行。**

资料来源：IEA. Energy Efficiency 2018–Analysis and Outlook to 2040, 2018.



## 2 房间空调器生命周期碳排放分析

- 合肥工业大学蒋诗新的研究表明家用空调生命周期碳排放大部分集中在使用阶段。
- 生态环境部对外合作与交流中心李小燕提出了空调全生命周期碳排放绝大部分来源于使用阶段。对于R32空调和R290空调来说,使用阶段碳排放分别占生命周期碳排放总量的87.68%和96.25%。**R290空调生命周期碳排放量约为R32空调的85%** , R290和R32空调全生命周期各阶段碳排放见下表 :

表 7 R290 和 R32 空调全生命周期各阶段碳排放

Table 7 Carbon emissions of R290 and R32 air conditioners during each stage of whole life cycle

生命周期阶段	R290 空调		R32 空调		R290 空调碳排放/ R32 空调碳排放/%
	碳排放/kg	比例/%	碳排放/kg	比例/%	
原材料阶段	77.91	3.21	74.76	2.63	104.21
制造阶段	9.19	0.38	9.19	0.32	100.00
运输阶段	2.78	0.12	2.86	0.10	97.20
使用阶段	2 333.67	96.25	2 491.19	87.68	93.68
回收处置阶段	1.07	0.04	263.43	9.27	0.41
总计	2 420.77	100.00	2837.58	100.00	85.33

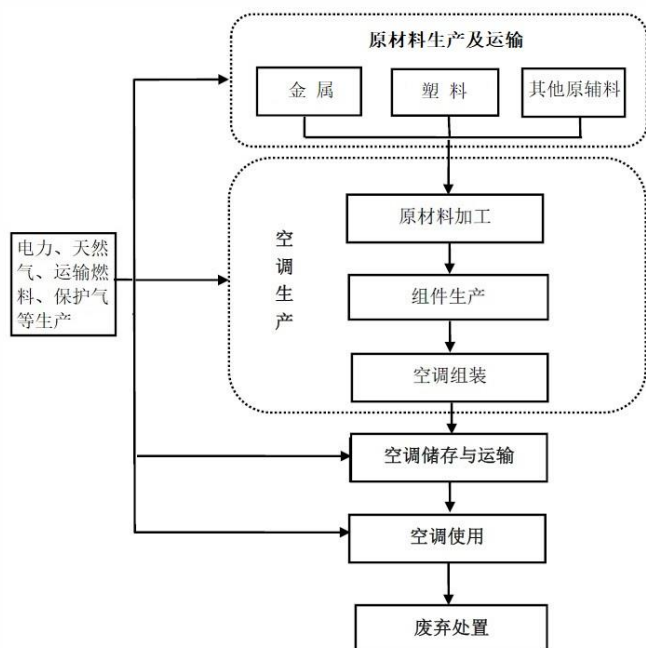
注：1. 蒋诗新,田晓飞,王玲,等.家用空调全生命周期碳足迹分析[J].日用电器, 2016(9):8.DOI:10.3969/j.issn.1673-6079.2016.09.014.  
2. 李小燕,宁前,何国庚.采用R290和R32的家用空调器全生命周期碳排放研究[J].低温工程, 2021.DOI:10.3969/j.issn.1000-6516.2021.02.006.



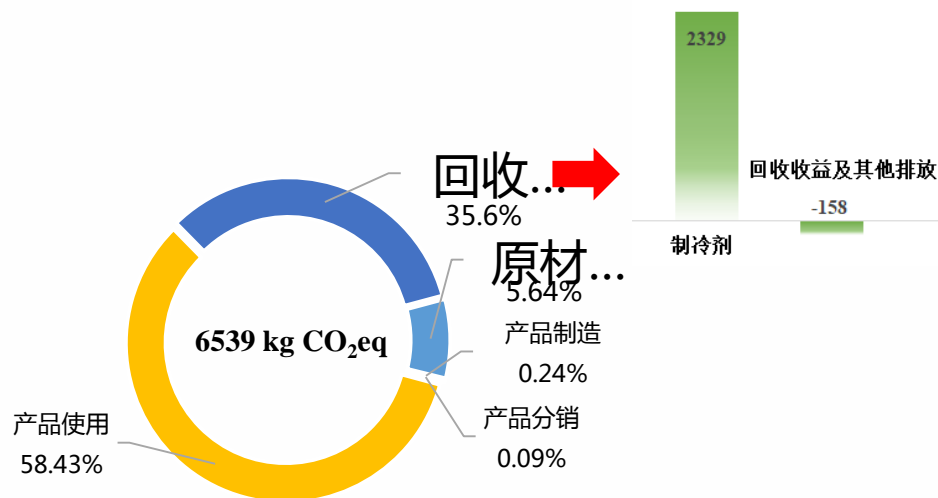
## 2 房间空调器生命周期碳排放分析

➤ 再以R410A冷媒作为具体的例子，运行耗电间接排放占比**58.4%**，制冷剂直接排放占比**35.6%**。

某R410A空调器生命周期碳足迹6539 kgCO<sub>2</sub>eq，原材料获取525 kgCO<sub>2</sub>eq（包括电器元器件），产品生产16 kgCO<sub>2</sub>eq，产品分销6 kgCO<sub>2</sub>eq，产品使用3821 kgCO<sub>2</sub>eq，制冷剂2329 kgCO<sub>2</sub>eq，回收收益及其他排放-158 kgCO<sub>2</sub>eq。



房间空调器全生命周期系统边界



房间空调器生命周期各阶段碳足迹分布

注：1.以3500W热泵型分体式空调（APF 5.0）为例，电力排放因子取值0.5703tCO<sub>2</sub>/MWh（环办气候函〔2023〕43号）

2.依据《家用电器安全使用年限 第3部分：房间空气调节器》(T/CHEAA 0011.3-2020)，使用年限按照10年计算

3.回收与处置阶段划分为**制冷剂**（按全部泄漏计算碳排放量）和**回收收益及其他排放**两部分



## 2 房间空调器生命周期碳排放分析

	现有情景 (2023年)			未来情景 (2035年)		
	R410A	R32	R290	R410A	R32	R290
制冷季节耗电量 (kWh)	347	347	347	347	347	347
制热季节耗电量 (kWh)	285	285	285	285	285	285
使用阶段电力温室气体排放 (kgCO <sub>2</sub> eq)	3604.3	3604.3	3604.3	1580.0	1580.0	1580.0
使用阶段电力温室气体排放占比 (%)	60.75%	86.98%	100.00%	40.42%	74.54%	100.00%
制冷剂充注量 (kg)	1.15	0.7	0.3	1.15	0.7	0.3
制冷剂温室气体排放 (kgCO <sub>2</sub> eq)	2328.8	539.7	0.006	2328.8	539.7	0.006
制冷剂温室气体排放占比 (%)	39.25%	13.02%	0.00%	59.58%	25.46%	0.00%
生命周期碳排放 (kgCO <sub>2</sub> )	5933.0	4144.0	3604.3	3908.8	2119.7	1580.0

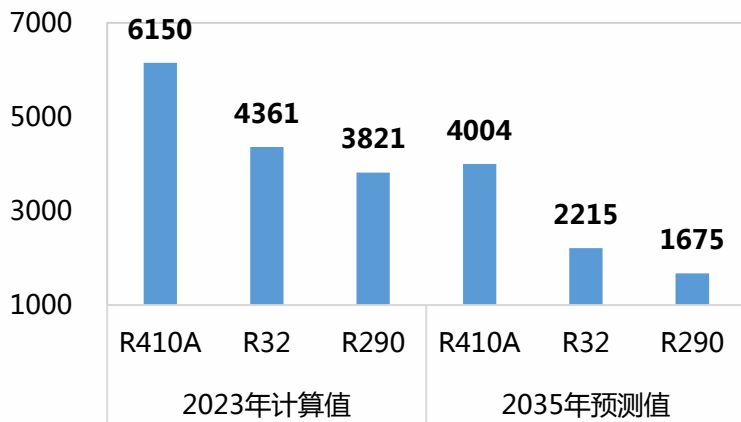
- 1.以市场占有率较高的35机一级能效空调 (APF 5.3) 为例
- 2.电力排放因子取值：现有情景0.5703tCO<sub>2</sub>/MWh(环办气候函〔2023〕43号)，未来情景 (2035年) 0.25tCO<sub>2</sub>/MWh (国家应对气候变化战略研究和国际合作中心预测数据，强化政策情景下，电网排放因子相对2015年下降60%)
- 3.制冷剂GWP取值：R410A为2025，R32为771，R290为0.02(IPCC《气候变化2021:物理科学基础》)
- 4.为简化计算生命周期碳排放仅包括使用阶段电力碳排放和制冷剂温室气体两部分
- 5.随着未来电网排放因子逐年下降，制冷剂排放占比将逐年增加



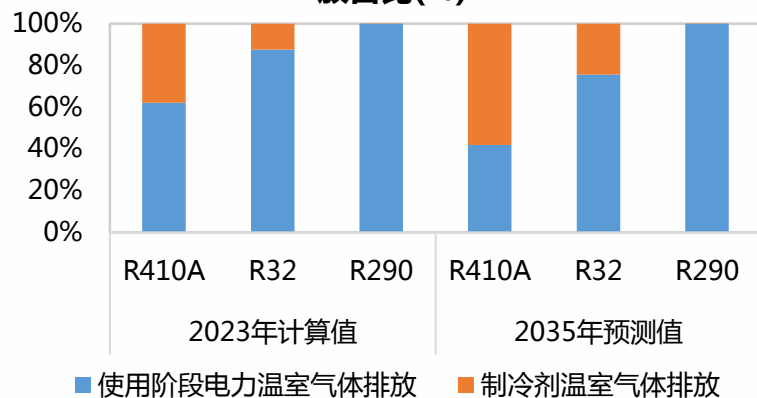
## 2 房间空调器生命周期碳排放分析

- 相同耗电量时，R290空调生命周期碳排放量最低，据预测2035年仅为R410A的42%、R32的76%；
- 若保持冷媒不切换，预计2035年，R410A空调产品温室气体排放占比59.58%；R32空调产品温室气体排放占比25.46%。

不同制冷剂空调温室气体排放量(kgCO<sub>2</sub>e)



空调器调使用阶段电力和制冷剂温室气体排放占比(%)



- 1.未来随着绿电比例提升，电力碳排放因子的不断降低，制冷剂排放占比还会逐步提升，预计2030年之前，R410A空调冷媒排放将超过运行耗电，成为空调器第一排放源
- 2.未来绿色低碳化的路径需要对制冷技术进行升级和更新，包括提高制冷设备的能源效率和氢氟烃（HFCs）制冷剂替代；目前的能效牵引转入能效和冷媒并重的新阶段。



## 2 房间空调器生命周期碳排放分析

碳排放评价指标：总当量变暖潜能 TEWI  
全生命周期气候性能 LCCP

### TEWI (总当量变暖潜能) [1,2]

- 综合考虑制冷剂泄漏产生的**直接排放DE**和系统运行时产生的**间接排放IE**；
- **未考虑**制冷剂和系统在生产、运输等过程中泄漏和能耗导致的温室效应。

$$TEWI = DE + IE$$

$$DE = GWP \cdot m \cdot L_a \cdot n + GWP \cdot m \cdot (1 - \alpha_{rec})$$

$$IE = n \cdot E_a \cdot \beta$$

式中：

$m$ ——系统中制冷剂充注量，kg；

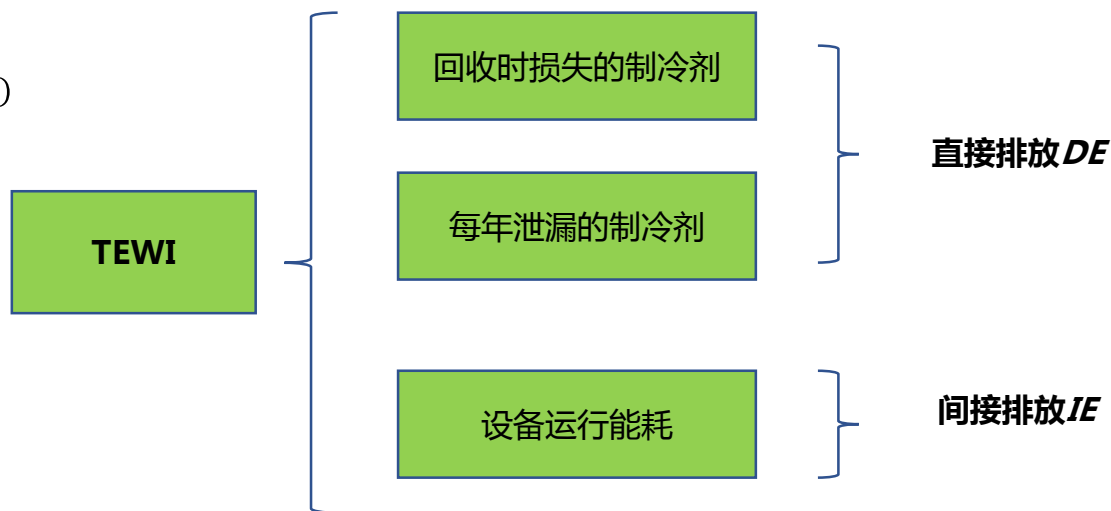
$n$ ——系统运行寿命，年；

$L_a$ ——制冷剂年泄漏率；

$\alpha_{rec}$ ——制冷剂回收率；

$E_a$ ——系统设备年能耗，kWh/年；

$\beta$ ——单位能耗造成的CO<sub>2</sub>排放，kg/kWh



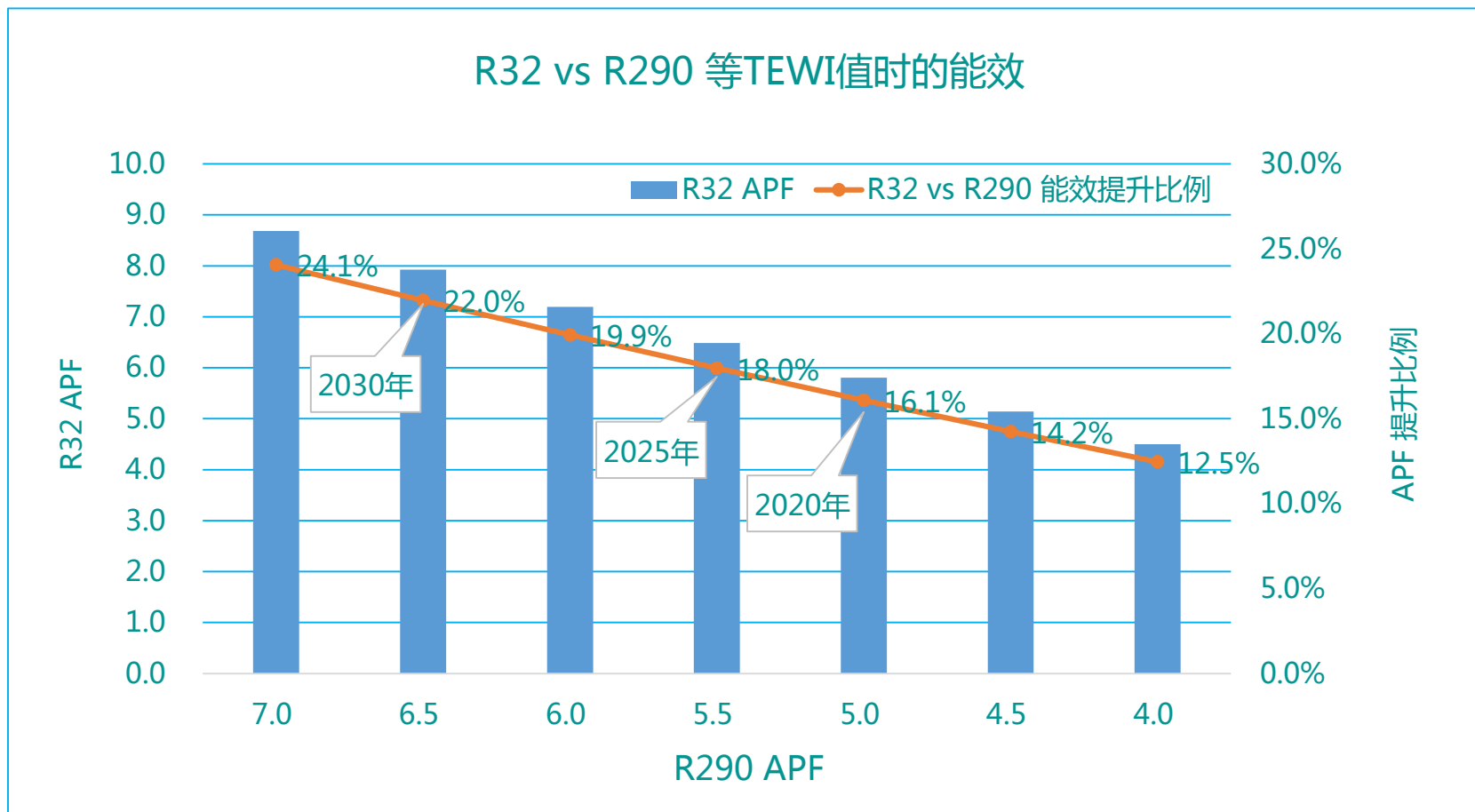
[1] 姜峰. 房间空调器全生命周期气候性能和综合评价指标研究[D]. 华南理工大学.

[2] Mota-Babiloni A, Makhnatch P, Jr J, et al. Assessment of the utilization of equivalent warming impact metrics in refrigeration, air conditioning and heat pump systems[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020, 129.

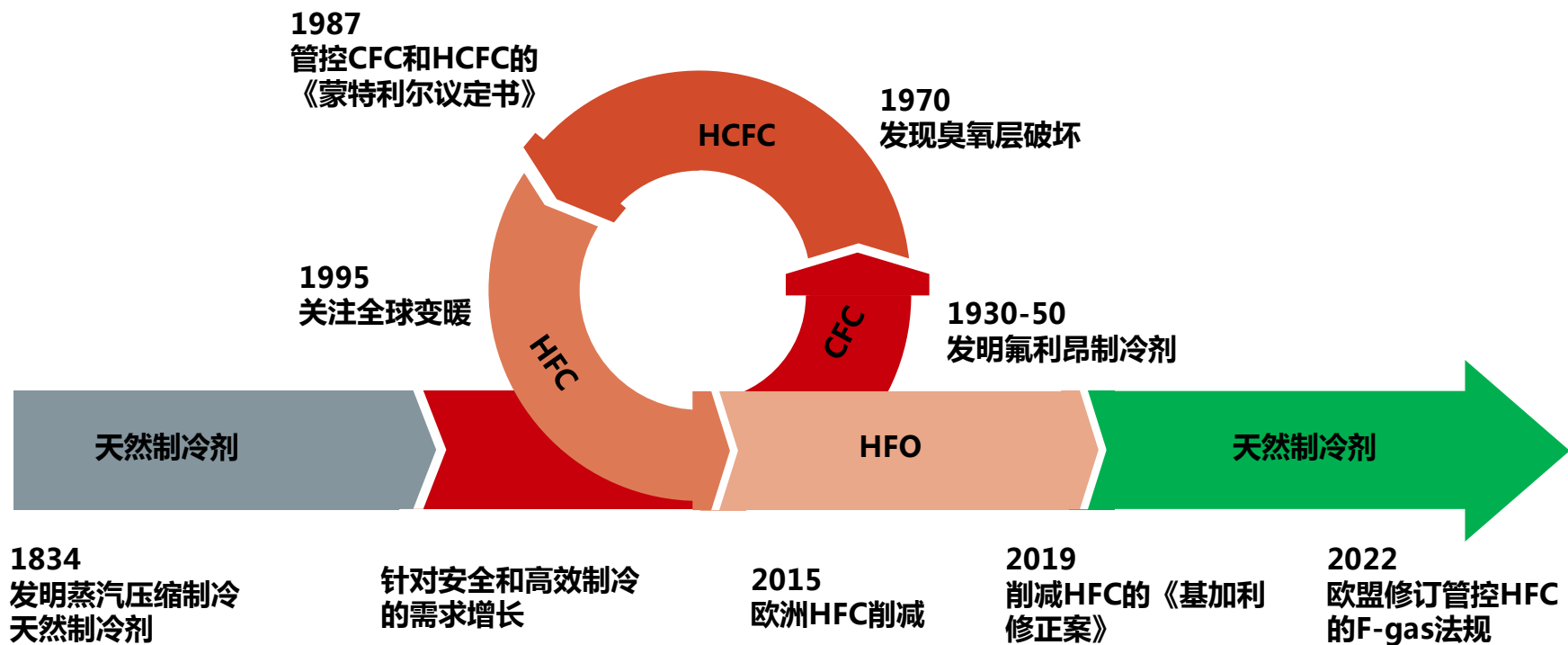


## 2 房间空调器生命周期碳排放分析

R290一级能效空调 ( **APF=5.0** ) 与R32 ( **APF=5.8** ) 的TEWI相当  
相同碳排放的前提下，R32相比于R290空调，能效需提升16%



## 2 房间空调器生命周期碳排放分析



冷媒是空调降碳另一大核心要素。

自1834年美国人Perkins发明蒸汽压缩制冷循环以来，至今已经有近200年历史，冷媒经历从天然制冷剂到氟利昂又回到了天然制冷剂的循环过程。



## 2 房间空调器生命周期碳排放分析



产品型号	KFR-35GW/G2-A1N7	KFR-35GW/BDN8Y-PH200(1)A
冷媒类型	R290	R32
冷媒充注量	0.31kg	0.72kg
冷媒GWP-100	0.02	771
直接减排CO <sub>2</sub> 当量	0.0062kg	552.12kg

以1.5HP 一级能效空调为例，单台空调制冷剂直接排放可比R32减少552kg CO<sub>2</sub>当量，按一棵树一年固碳15kg折算，单台空调减排相当于36棵树一年的固碳量。



### 3 R290产业化技术难题

**R290产业化遇到的瓶颈如下：**

R290产品充注量极低，导致产品制冷量、制热量及能效提升困难；

R290产品需用高效压缩机，较同能效等级R32冷媒机型成本上升幅度大；

R290产品低温工况容易造成油堵，需进一步研究攻克行业可靠性难题；

R290产品密封防火电控内部电器元器件散热挑战大；

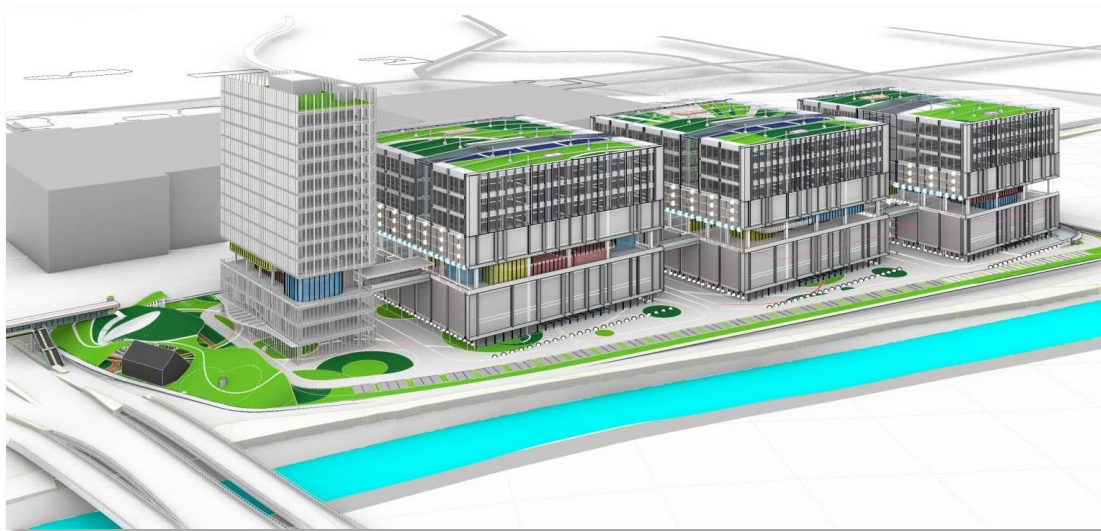
R290产品大排量压缩机，低频振动难抑制。

**这些难题需要全行业，价值链上下游齐心协力攻克解决。**



## 美的创新科技园介绍

- 创新科技园占地约**62.4亩**，规划建筑面积**12万平方米**，总投资超**10亿元**，2023年6月动工，2025年1月陆续投入使用。
- 创新科技园区紧靠家用空调事业部，临近美的全球创新中心和美的集团总部。





## 思考及建议

我国是全球家用空调器制造和消费大国，连续几年产量超过3亿台套，产量还在逐年提升，产量全球占比已连续多年高于80%，空调社会保有量超过5.4亿台，2021年家用空调出口创汇80.83亿美元，吸纳就业近200万人，是中国制造的一张名片。

自2005年实施能效标识制度以来，通过政策引导、技术创新和标准引领，我国空调产品能效标准水平不断提升，目前已接近世界先进水平，为国家节能减排做出了积极贡献。在未来的国际气候谈判合作框架下，从空调产品的全生命周期角度出发，以单纯的能效作为空调节能降碳的评价指标，是不系统的，已不能满足引领行业绿色高质量发展的需求，不能满足引导绿色消费的内在需求。

在我国生态文明建设迈入降碳为重点战略方向的新起点，**空调行业节能降碳评价重点应该由目前的能效牵引转入能效和冷媒并重的新阶段。**





**谢谢！**