



# 蒙约履约和国家应对气候变化大背景下 制冷空调的发展机遇和挑战

## Opportunities and Challenges for the development of refrigeration and air-conditioning industry

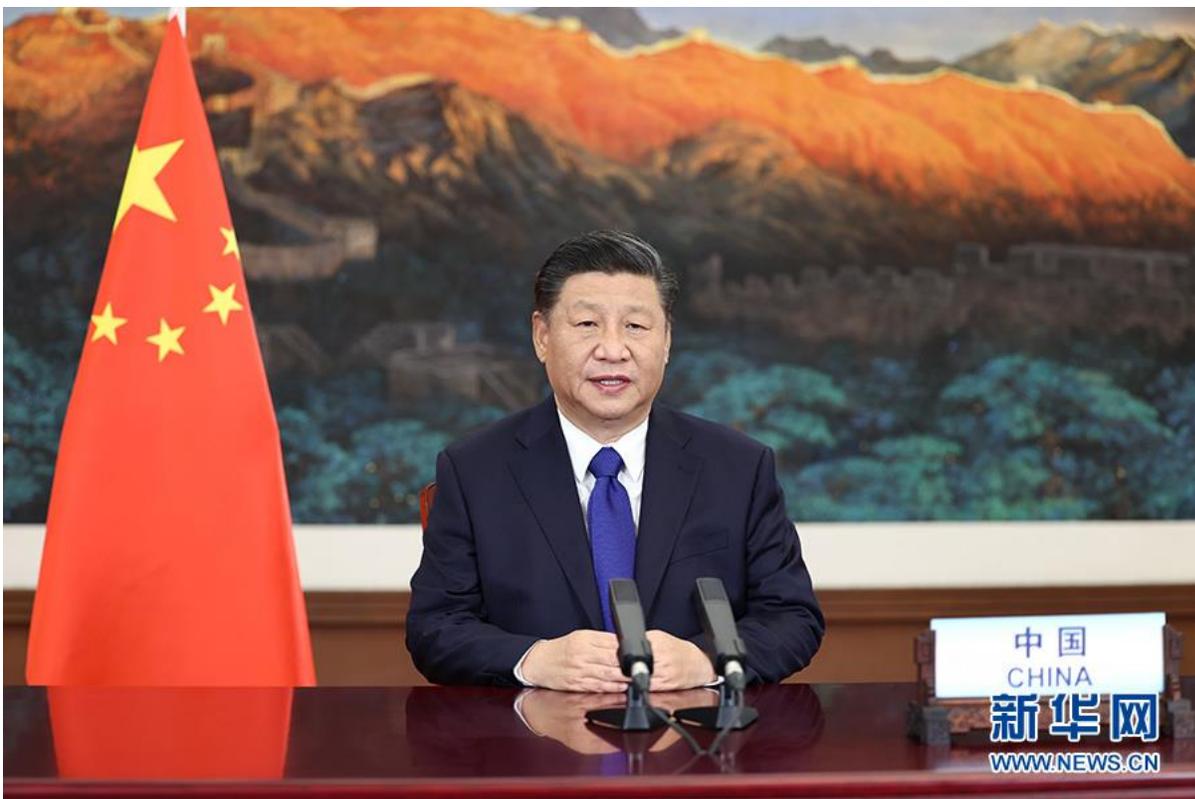
清华大学：史琳

2021.04.07

# “碳达峰”目标和“碳中和”愿景是共同奋斗目标

2020年9月22日，国家主席习近平联合国大会上表示：“中国二氧化碳排放力争于2030年前**达到峰值**，争取在2060年前实现**碳中和**。”

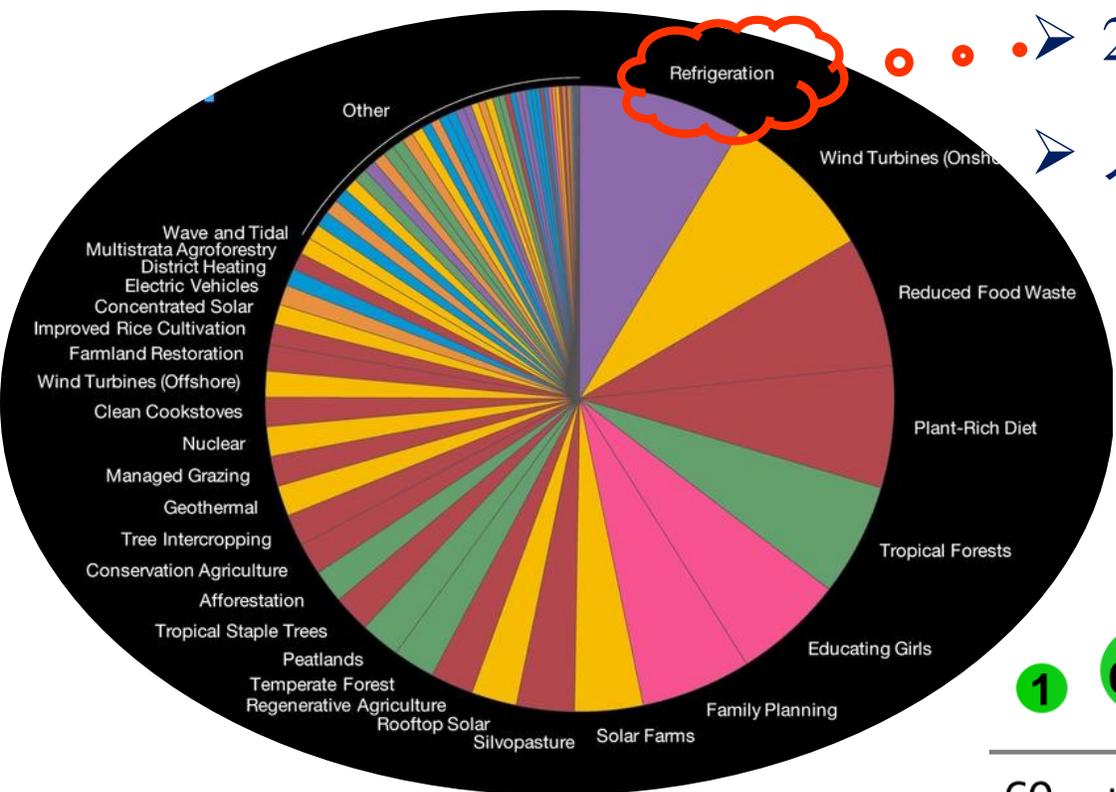
2020年12月12日，国家主席习近平在气候雄心峰会上通过视频发表题为《继往开来，开启全球应对气候变化新征程》的重要讲话：



到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上

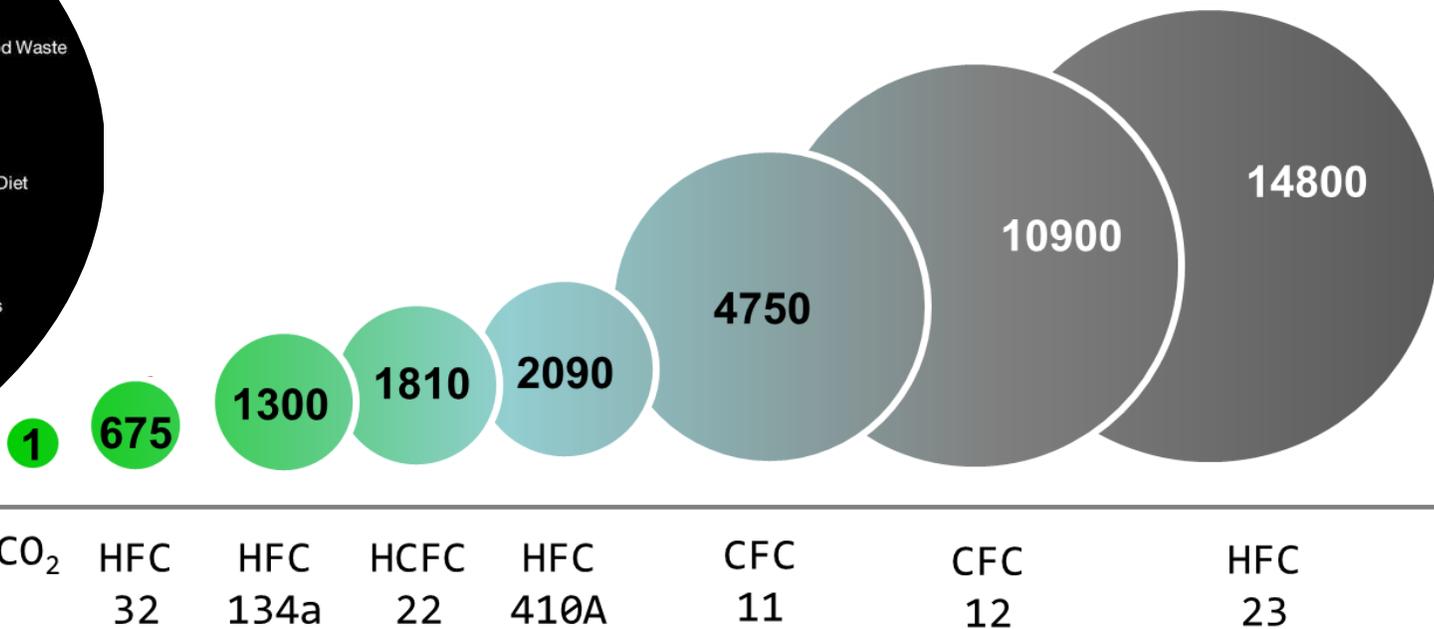
- 非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右
- 森林蓄积量将比2005年增加60亿立方米
- 风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上

# 制冷行业的低碳应对是碳达峰行动的重要战场



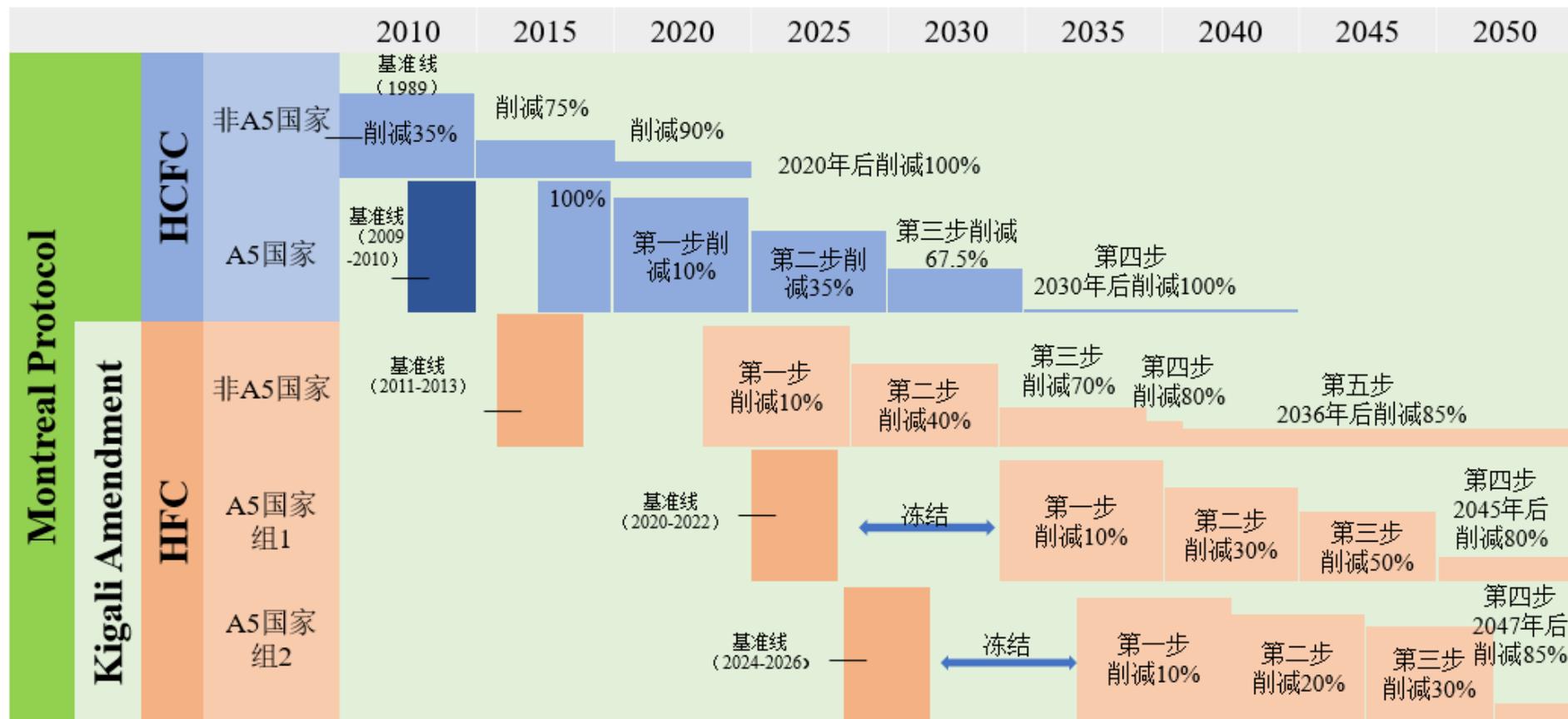
80种潜在减排路径

- 2018年，全球制冷空调引起的CO<sub>2</sub>当量，约占**11.8%**
- 人工合成制冷剂的**CO<sub>2</sub>当量巨大**



联合国环境规划署UNEP报告：到**2100年**，削减HFCs，可以减少全球升温**0.5°C**

# 碳达峰目标与蒙约履约承诺



- **HCFCs :**  
2015年削减**10%**，**2030年完全淘汰97.5%**，保留**2.5%**用于维修用途
- **HFCs :**  
**2029年开始削减**，**2045年完成基准量80%的替代**

# 中国制冷空调行业HCFCs替代已取得阶段性成功

68%

## 第一阶段

第一阶段工商制冷空调和家用空调领域改造了36条生产线，实现了19120公吨的HCFCs的削减，并选用了包括R32, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>等在内的低GWP制冷剂，实现HCFCs 10%的削减目标

## 第二阶段

第二阶段工商制冷空调领域有19条生产线改造项目签署了合同实现淘汰R22约2600吨，采用低GWP的HFC32, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, HFOs, HCs等作为替代制冷剂，并覆盖了更多的中小企业

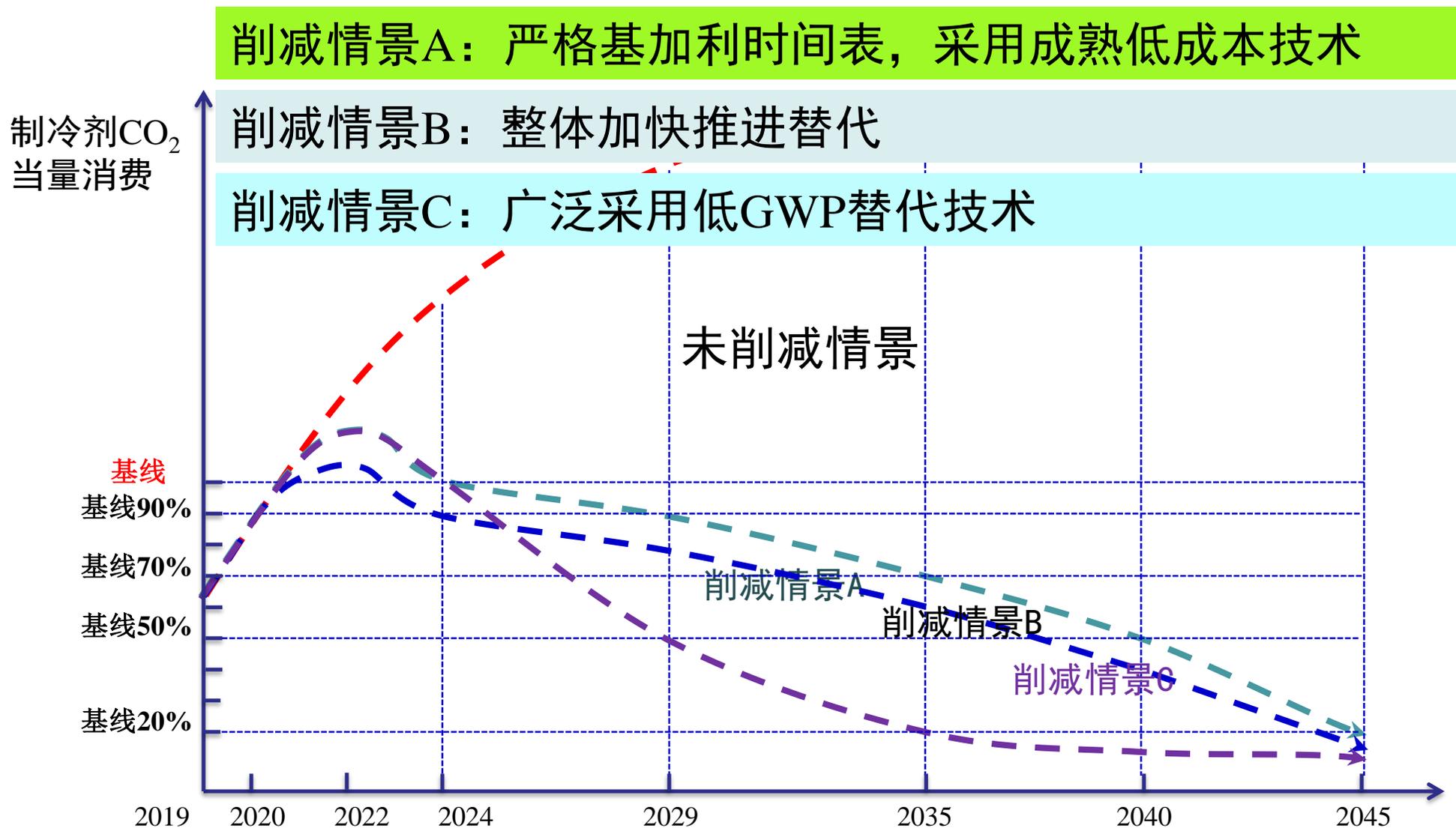
## 第三阶段

2025-2026年的削减比例要达到67.5%，淘汰量达到15205吨，因此替代技术的研究和应用分析评估、适时修订替代品推荐目录，生产线改造、技术标准制修订以及技术培训都需跟进

## 第四阶段

2030年要实现预定目标，除了完成替代技术的广泛应用和生产线的全面切换，维修行业的管理升级，法规和标准的完善与培训以及回收和销毁技术的应用和示范需提升也是重要一环

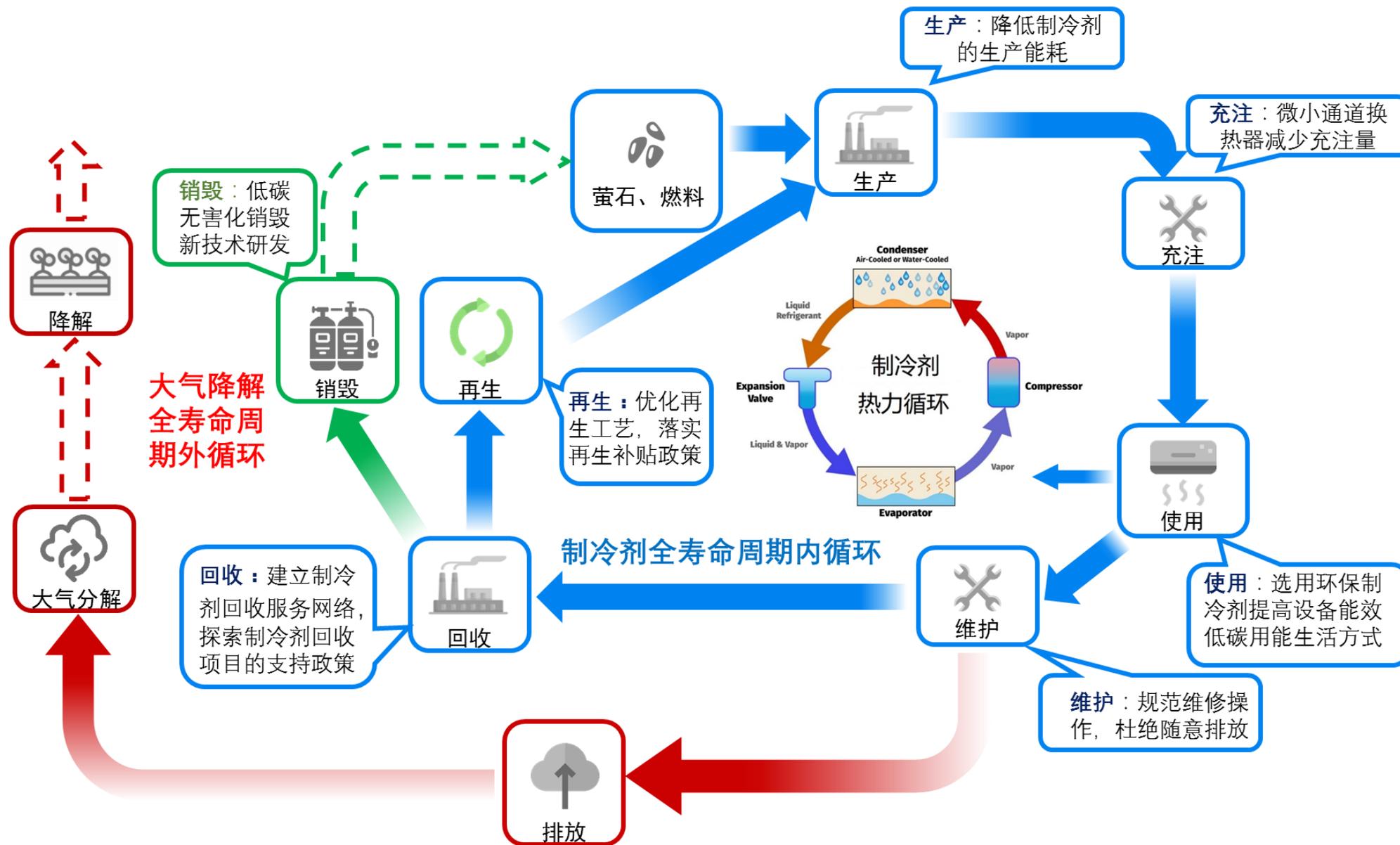
# HFCs的削减进程可根据情景预测进行全面评估



# HFCs削減的可行方案



# 制冷剂的三链全寿命循环

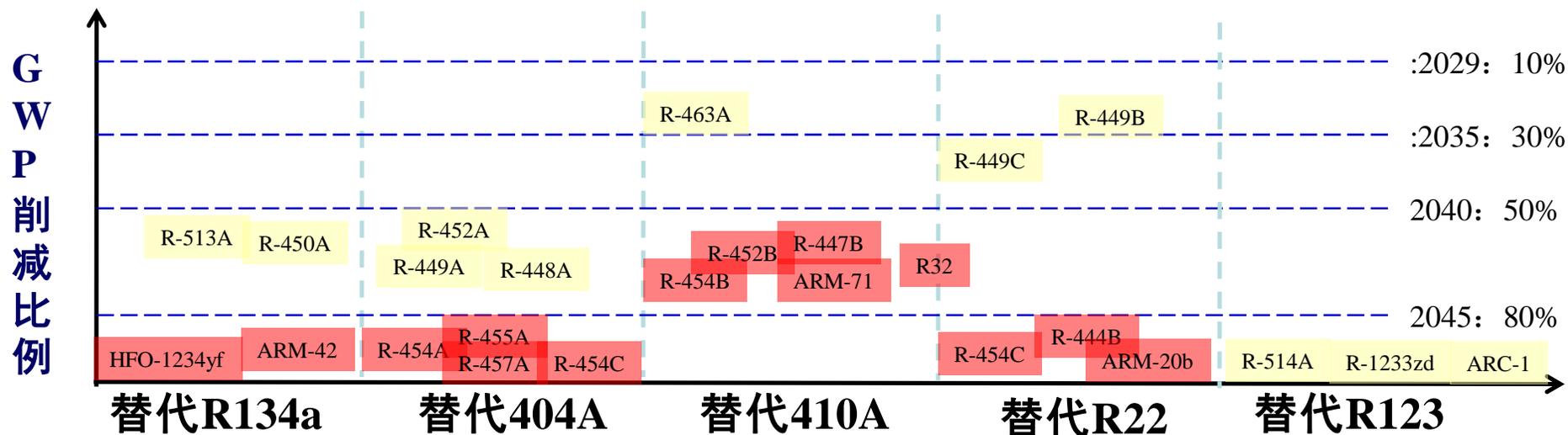


# 未来制冷空调领域产品一定是多种环保制冷剂多元对口替代

	科慕化学		霍尼韦尔		阿科玛	
	不可燃A1	弱可燃A2L	不可燃A1	弱可燃A2L	不可燃A1	弱可燃A2L
HFC-134a	R-513A (XP10) [GWP=573] DR-14A [GWP=415]	HFO-1234yf [GWP=1]	R-450A (N-13) [GWP=547] R-515A [GWP=387]	HFO-1234yf [GWP=1] HFO-1234ze [GWP=1]		ARM-42 [GWP<150]
HFC-404A	R-449A (XP40) [GWP=1282] R-452A (XP10) [GWP=1945]	R-454A (XL40) [GWP=238] R-454C (XL20) [GWP=146]	R-448A (N-40) [GWP=1273]	R-455A (L-40X) [GWP=146]		R-457A [GWP=139]
HFC-410A	R-463A (XL41) [GWP=1377]	R-454B (XL41) [GWP=467] R-452B (XL55) [GWP=676]		R-447B (L-41z) [GWP=714] R-452B (L-41y) [GWP=675] R-444B (L-20)		ARM-71 [GWP=461]
HCFC-22	[GWP=1146]	R-454C (XL20) [GWP=146]		[GWP=295]	R-449B [GWP=1296]	ARM-20b [GWP=251]
HCFC-123	R-1336mzz (DR-2) [GWP=2] R-514A (XP30) [GWP=2]		HCFO-1233zd [GWP=1]		ARC-1 [GWP<15]	

➤R32和R513A等中等水平GWP工质可实现50%以上的CO<sub>2</sub>削减，较低GWP的HFC是较成熟的实现2040年削减任务的可选方案之一。

➤实现50%以上的CO<sub>2</sub>当量削减的可替代制冷剂大多数都是A2L类弱可燃物质，经过几年的测试部分候选表现出较好的性能，因此后续替代应用过程中应考虑工质可燃性和专利问题。



# 替代制冷剂遴选时还需从减排率上综合考虑

制冷剂减排率  $ERR^{LCCP}$

$$ERR^{LCCP} = \frac{LCCP_o - LCCP_a}{LCCP_o} = 1 - \frac{\frac{D_a}{D_o} \cdot \frac{D_o}{IND_o} + \frac{IND_a}{IND_o}}{\frac{D_o}{IND_o} + 1}$$

环保因素

$$\frac{D_a}{D_o} = \frac{GWP_a \cdot C_a}{GWP_o \cdot C_o} = \frac{GWP_a \cdot M_a}{GWP_o \cdot M_o}$$

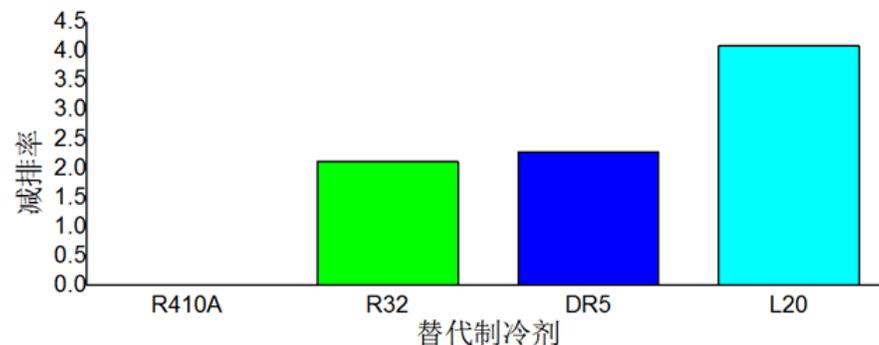
技术水平

$$\frac{D_o}{IND_o}$$

物性关联

$$\frac{IND_a}{IND_o} = f\left(\frac{T_{c,a}}{T_{c,o}}, \frac{P_{b,a}}{P_{b,o}}\right)$$

- LCCP方法是科学完备地温室效应综合评价方法，但其计算复杂和数据获取困难，作为替代制冷剂的快速对比评估不太适用。
- 替代物与被替代物的LCCP的比值与两种制冷剂的基础物性有较强的相关性，因此可进行简化，以用简单数据就可实现对比。
- 我们2015年所提替代制冷剂温室效应减排的评价方法与原LCCP方法有较好地一致性，且方法简单、具有较强的可操作性。



# 落实氟碳化合物生命周期管理

制冷剂回收与销毁

制冷剂销售限制

数据记录

服务培训与技术认证

制冷剂泄漏

回收再生设备

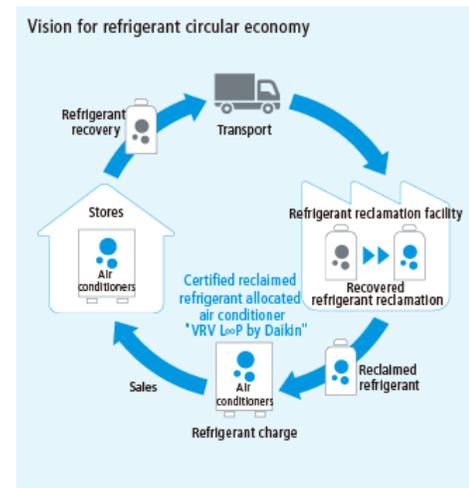
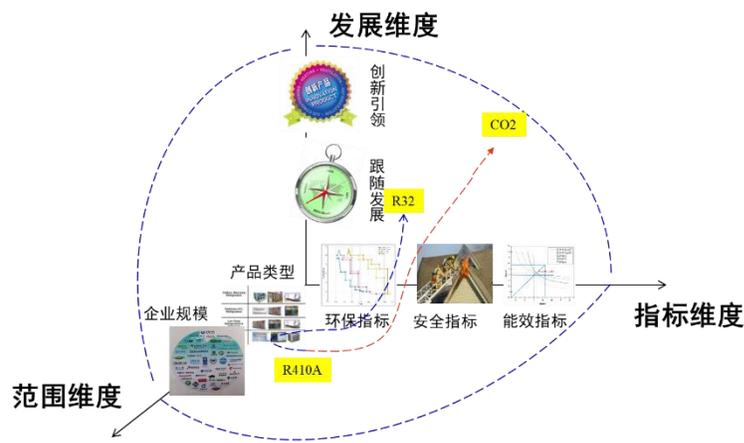
制冷剂的管理



在《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC，2019）第25次缔约方会议上，发布了《氟碳化合物生命周期管理倡议》。倡议指出促进氟碳化合物的生命周期管理制度化将大大减少排放量，并有助于缓解气候变化和臭氧损耗（由HCFCs和HFCs造成）。

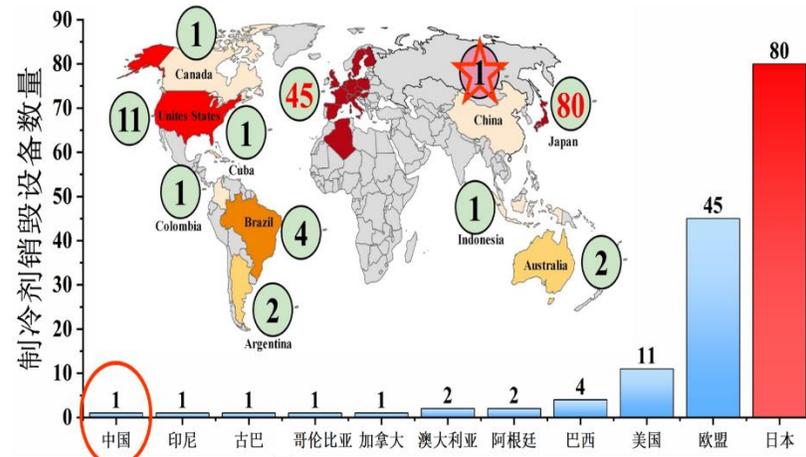
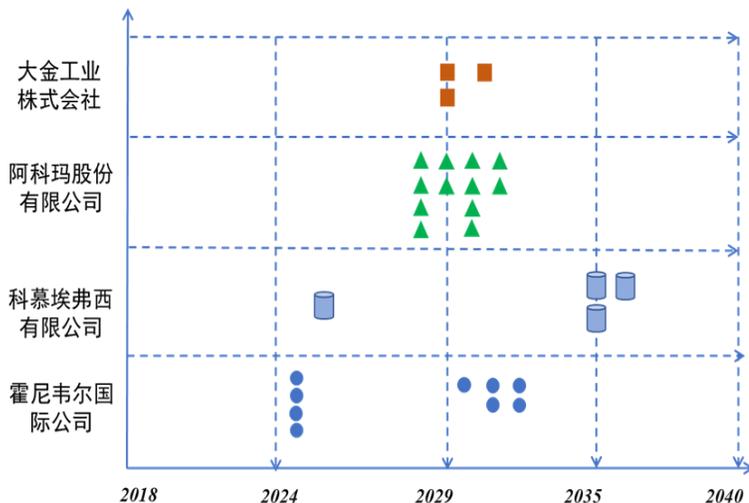
# 制冷空调的发展机遇

- 尽管新冠疫情给很多产业带来了冲击，但是“生鲜电商+冷链配送”的模式也催生冷链物流市场的激增，推动了工商业冷冻冷藏设备替代制冷剂的切换。
- 北京2022年冬奥会人工冰场选用CO<sub>2</sub>作为制冷剂，使得我国制冷空调行业在该领域应用天然工质技术走在了世界前列，这对该技术的推广具有示范作用。
- 煤改电政策的实施推广，加速了空气源热泵工质和能效提升等替代技术应用。
- 我国制冷剂回收技术及相关产业发展还很不成熟，未来有很大的增长空间。



# 制冷空调的未来挑战

替代制冷剂专利到期情况



## 自主研发的替代制冷剂缺乏

当前可替代制冷剂中的合成工质均是国外企业的专利产品，在一些领域它们是实现80%削减任务的首选，专利到期之前这些都属于行业的“卡脖子”技术，因此应当联合攻关实现替代制冷剂的自主研发

## 制冷剂全寿命期管理不完备

制冷剂整个生命周期的信息记录与溯源工作没有实施，制冷剂的回收处理相关管理文件和标准不健全，导致很多淘汰制冷剂直接排放到大气中。而且许多下一代制冷剂缺乏法规和标准等政策以实现推广应用

## 销毁能力不足技术不完美

我国作为制冷剂生产和消费大国（HCFCs占90%，HFCs占84%）严重缺乏相关的销毁设备。

- 销毁技术单一且能耗大成本高
- 缺乏相应的政策指引和支持，
- 销毁设备和网络体系匮乏

# 应对挑战的几点建议

- 替代技术发展过程中应将低GWP值制冷剂研发与应用推广、和制冷设备能效提升、冷热负荷精准控制等相关技术**融合考虑**。
- 要从顶层设计、生产使用回收的全链条网络设计、物流跟踪、配额管理与碳交易等多方面考虑如何实现保护臭氧层与减缓气候变化的**协同增效**。
- 有必要抢占绿色销毁降解再利用工艺革新的制高点，并结合政策规范引领行业示范先行等措施树立**创新特色**。

---

感谢大家！