

氢氟碳化物(HFCs)和氟化物

——对全球变暖不利的温室效应制冷剂

HFCs and fluorides

– greenhouse coolants harmful to global warming

■文/ 郭久亦 翻译/ 于冰

引言

我们认为温室气体二氧化碳(CO₂)的排放会导致全球变暖,事实上我们还应该担心一些虽然产生量很少的气体。这些污染物在大气中吸收热量的水平比CO₂高出一千倍。

本文列出的温室气体清单着重于全部由人类产生的大气污染物——碳氟化合物。在这里,我们通过两个特点比较它们对全球变暖的影响:

1.大气存留时间;

2.吸收能量能力以及降低辐射效率(能量逃逸到太空的速度)能力。政府间气候变化专门委员会IPCC定义了全球变暖潜能值(Global Warming Potential, GWP)。CO₂被作为参照气体,界定其GWP为1, GWP是在100年的时间框架内,各种温室气体的温室效应对应于相同效应的CO₂的质量。2014年发表的IPCC第五次评估报告列出了GWP的范围。

温室气体清单

*二氧化碳CO₂ - 由煤、天然气和石油等化石燃料燃烧产生。根据定义其GWP为1。

*甲烷, CH₄ - 通过煤、天然气和石油的生产和运输产生,同样也来自于牲畜。GWP为28-36。这表明在吸热方面甲烷强于CO₂。

*一氧化二氮N₂O - 由农业和工业活动产生。GWP为265-298。

*含氟气体,包括:

1.氢氟碳化物(HFCs),大气存留时间可达270年, GWP为14800。

2.全氟碳化物(PFCs),大气存留时间是2600-80000年, GWP为7300-12200。

3.三氟化氮(NF₃),大气存留时间为740年, GWP为17200。

4.六氟化硫(SF₆),大气存留时间为3200年, GWP为22800。

可以看到,这些氟化物大气存留时间非常长。这意味着,2050年氢氟碳化物HFCs将贡献高达10%的全球温室气体排放。

仅仅举个例子,我们在这里展示2014年美国温室气体排放比例饼图(图1)以及温室气体的排放源(图2)。目前没有世界氟化物总产量的近期可靠数据。但可以有把握地说,美国的市场份额在3%左右。全球温室气体排放情况见图3。

蒙特利尔议定书

1987年由美国和联合国领导的24个国家在蒙特利尔举行会议,并制定了《蒙特利尔破坏臭氧层物质管制议定书》(Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer)。人们已经发现用于冰箱和空调制冷剂的氟氯碳化物(CFCs)的使用可以破坏保护我们免受来自太阳有害紫外线照射的大气臭氧层。这次会议非常成功,并决定逐步淘汰和取缔CFCs。

蒙特利尔议定书是国际合作的一个难得成功,最终由197个国家签署。它导致减少了97%的臭氧破坏物质的生产和进口。

然而,该议定书仅专注于阻止臭氧层破坏留下了漏洞。工业用氢氟碳化物(HFCs)替换氟氯碳化物(CFCs),导致了用于冰箱、空调和气胶的HFCs使用量增加了258%。如果在蒙特利尔议定书框架下达成逐步减少和禁止使用HFCs的协议,在继续保护臭氧

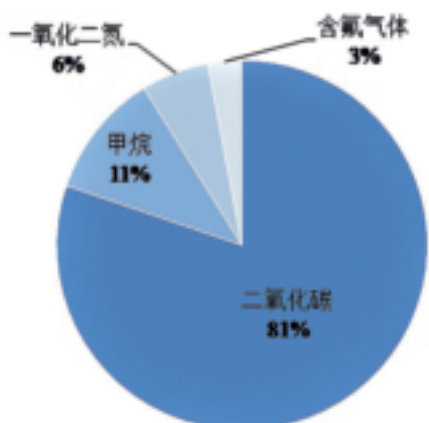


图1 2014年美国温室气体排放比例饼图
(数据来自美国国家环境保护局)

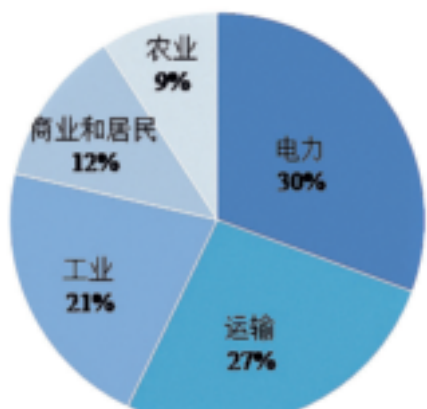


图2 温室气体的排放源
(数据来自美国国家环境保护局)

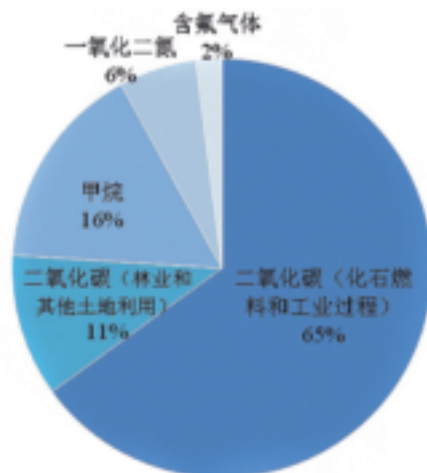


图3 全球温室气体排放情况
(数据来自2014政府间气候变化专门委员会第五次评估报告第三工作组报告)

层的同时,到2050年预计将避免1050亿吨二氧化碳当量,在本世纪末将避免全球变暖0.4℃。

所以在2016年7月15日-26日,缔约方朝着“迪拜路径规划”下减少HFCs的生产和消费的目标迈出了关键的一步。

幸运的是, HFCs有替换物。丙烷可用作小型空调的冷却剂,其气候影响只是HFCs的几分之一;氨是一种工业冷却剂,并没有温室效应。逐步淘汰的费用在未来30年将是80-100亿美元,相当于8-10美分/吨二氧化碳。

美国总统奥巴马一直活跃在外交战线并与印度总理莫迪和中国国家主席习近平关于逐步淘汰HFCs达成协议(印度和中国广泛生产和使用HFCs)。然而,关于逐步淘汰的时间尺度上存有分歧。大多数国家都支持以某种形式的协议逐步淘汰HFCs,但印度带领下的一些发展中经济体正在推动一个缓慢的时间表。虽然美国希望达成五年内淘汰HFCs生产的协议,而印度由于炎热的气候需要更多的空调正在推动15年的期限。蒙特利尔议定书提供基金来帮助发展中国家。大部分资金将来自美国、加拿大、日本和欧盟。

结论

尽管2015年12月关于气候变化的巴黎协议只是部分具有法律约束力,例如巴西和菲律宾等一些国家已经表示他们不会遵循它。希望这次修订的蒙特利尔议定书会产生对几乎每一个国家都有法律效力的一些内容。与缺乏条约约束力的巴黎协议相比,这会赋予蒙特利尔议定书更多的效力。

终于在2016年10月15日,蒙特利尔议定书的170多个国家在卢安达首都基加利达成了一项修正案,逐步淘汰氢氟碳化物的使用。根据国家经济分为3个区域:

- 1.美国和欧盟等发达国家到2018年冻结生产和消费量,到2036年降低到2012年水平的15%。
- 2.中国、巴西和非洲等世界上大多数国家到2024年冻结使用,到2045年降低到2021年水平的20%。
- 3.印度、巴基斯坦、伊朗、沙特阿拉伯和科威特等小部分地区较热国家有最宽松的时间表,到2028年冻结使用,到2047年降低到2025年水平的15%。

霍尼韦尔等主要工业企业正在开发氢氟碳化物替代物——氢氟烯烃HFOs (Hydrofluoroolefins),它可以在若干天(而不是很多年)后在大气中分解。

作者简介: 郭久亦(Gioietta Kuo),毕业于剑桥大学,并在牛津大学、普林斯顿大学从事研究多年,是一位主攻能源问题的物理学家。