



中国气象局

China Meteorological Administration



[首页 \(/\)](#) [机构设置 \(.../2011zwxx/2011zbmgk/\)](#)

当前位置：首页 (/) > 气象要闻

修复臭氧层——科技“补天”在行动

发布时间：2023年09月15日

来源：中国气象报社

编者按：9月16日是“世界臭氧日”，今年的主题为“蒙特利尔议定书：修复臭氧层，减缓气候变化”。通过禁止臭氧消耗物质，蒙特利尔议定书保护了数百万人免受皮肤癌症和白内障的伤害，保护了生态系统并减缓了气候变化。

最新科学评估表明，南极上空的臭氧层正在恢复。如何科学地认识臭氧层空洞修复？气象部门在其中发挥了怎样的作用？为何说，臭氧对我们生活的影响具有两面性？本期科普看台为您揭秘。

专家顾问：

中国气象局气象探测中心大气成分室副主任 靳军莉

中国气象科学研究院研究员 郑向东

臭氧层空洞修复了吗？

年初，被忽视已久的臭氧层空洞再次进入公众视野。只是，不同于以往的“恐怖号角”，这次似乎是个利好消息——1月9日，一个由联合国支持的专家组在美国气象学会第103次年会上发布报告称，自2000年以来，南极上空臭氧层空洞的面积和深度一直在逐步改善。

臭氧是氧气的特殊形式（同素异形体），虽然在大气层中所占的比例很小，但它的存在对于人类的生存至关重要。它的垂直分布和绝大多数气体或物质不同，90%分布在平流层、10%分布在对流层。所谓臭氧层空洞修复，主要是指平流层中的臭氧层，与近年来逐渐热门的近地面臭氧污染并非一回事儿。

1985年5月，英国科学家法尔曼（Farman）等人根据观测事实在《自然》杂志上刊文，揭示了南极臭氧洞的存在。多年以来，围绕臭氧层空洞的各种担忧、绝望、筹谋乃至阴谋论层出不穷，当然人类社会也付诸了行动。那么，上述利好消息是否意味着我们的胜利或行动已见效了？

欢欣之前，我们有必要用科学的量尺去衡量每一次来之不易的进展——要搞清楚臭氧层“修复”的含义，涉及位置、空洞深度和面积，以及延续时间4个评价指标。

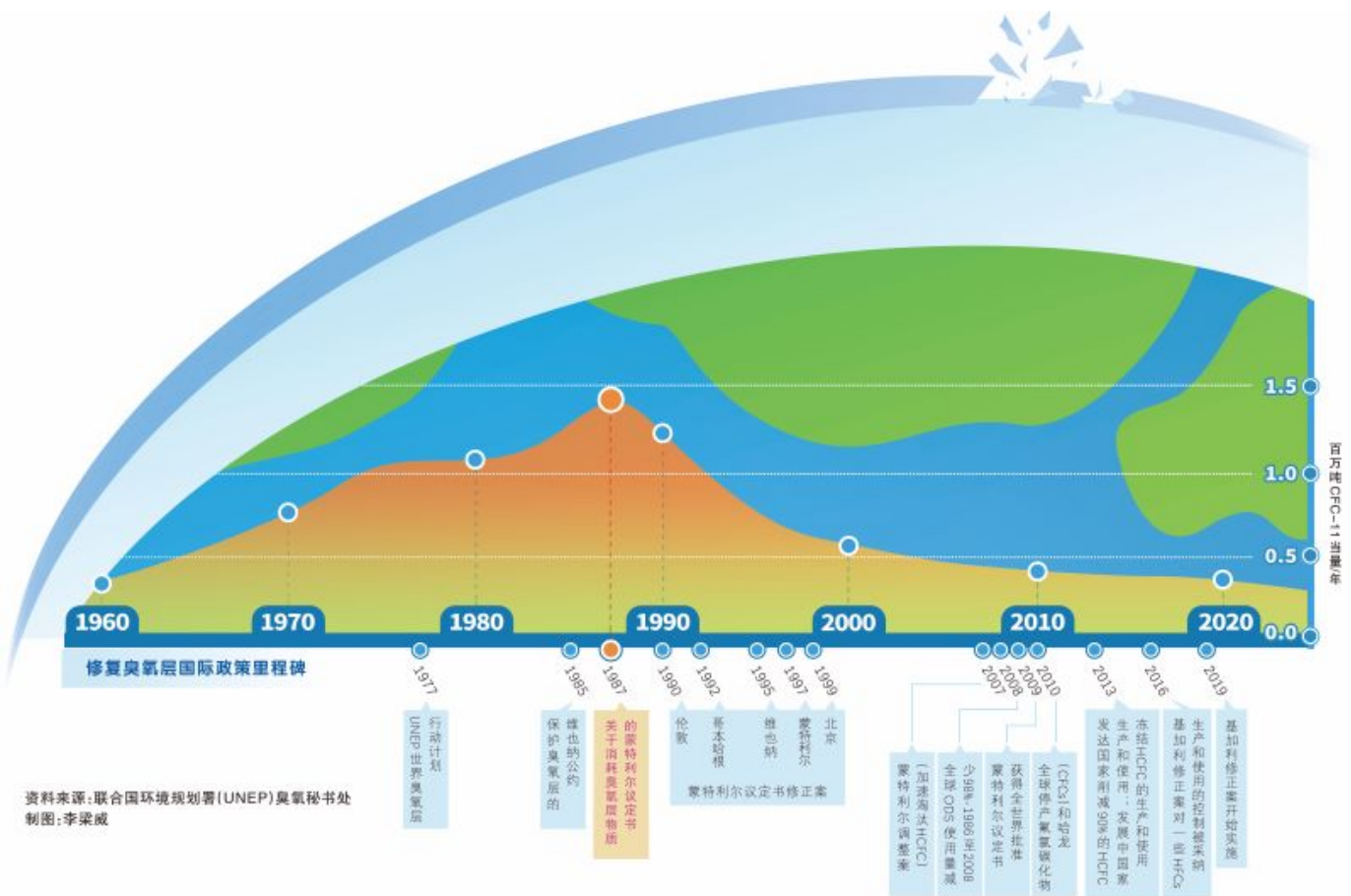
一方面，平流层上层和南极臭氧的含量正在恢复中，但平流层下部的臭氧并没有显示出恢复的迹象。模型模拟结果预测了两个半球中纬度平流层下部臭氧层存在小规模恢复，但是在实际观测中没有看到。

另一方面，臭氧空洞的大小、强度和寿命存在显著的年际变化，需要长期观察，而不是一发现臭氧洞减小就可以定义为修复。不过整体来看，目前南极臭氧总柱（TCO）在继续恢复。预计南极臭氧总柱将在2066年左右恢复到1980年的状态，北极将在2045年左右恢复到1980年的状态，而全球（北纬60°到南纬60°）平均水平将在2040年左右恢复到1980年的状态。

2018年11月发布的《臭氧损耗科学评估2018》报告称，直到2100年全球臭氧层也无法完全恢复到未受人类影响的状态。因此，目前认为臭氧层空洞全面修复还为时尚早。但这并不意味着关于臭氧洞修复的信息是无意义的。至少这则信息带来了一些新的启发，对

生物圈、科学界和政策制定领域意义很重大。臭氧层空洞持续修复，就可以避免紫外线对生物圈的危害。同时，它验证了全世界遵守蒙特利尔议定书、共同致力于臭氧层恢复行动的有效性和巨大成就。这是科学正作用于政策制定以及跨国界共同应对气候变化挑战的非常典型的榜样。

地球本身，岿然自在，或许并不在意臭氧层空洞大还是小。但是对于人类来说，继续走下去可以带来更多希望。（赵晓妮）



气象部门如何助力臭氧层修复？

臭氧层修复对于保护人类健康、地球生态环境乃至减缓气候变化都具有重大意义，它的实现主要得益于国际协定对臭氧损耗物质排放使用的管制。1987年9月16日，国际社会签署《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》（以下简称“蒙特利尔议定书”），在全球范围内停止生产、销售和使用破坏臭氧最严重的5种氟利昂和3种哈龙类臭氧损耗物质（ODS），并得到联合国所有197个成员国和地区的支持。随后，化学家发明了新的替代

物质，极大地推动了破坏臭氧层化学品的淘汰。不过新的替代物，如氢氟碳化物（HFCs）会引发很强的温室效应。因此，联合国于2016年10月通过了《基加利修正案》，要求减少HFCs 的使用。

1991年，中国政府正式加入蒙特利尔议定书，同年成立中国国家保护臭氧层领导小组，积极推动我国ODS的替代。作为发展中国家，中国已于2010年前完成第一代ODS的淘汰工作，目前正在逐步淘汰氢氯氟碳化物（HCFC），并于2021年6月17日接受《基加利修正案》。

臭氧层的恢复涉及大气中很多复杂的物理、化学和动力学过程，监测、评估ODS在大气中的浓度和排放变化，对于了解掌握臭氧层修复的实际情况有着直接的作用，也是相关政策制定的科学基础。我国气象部门在科技支撑ODS排放监测评估工作方面发挥了重要作用。

中国气象局是我国首先建立ODS观测服务业务体系且对接国际最高标准实验室的部门。2006年，中国气象局在北京上甸子国家大气本底监测站建立了亚洲区域首套ODS在线观测系统，2010年该观测系统升级后可同时观测ODS及其替代物HFCs。在很长一段时间里，这是我国唯一一套ODS和含氟温室气体长期在线观测系统。随后，中国气象局又陆续在瓦里关、龙凤山、临安、香格里拉、金沙、阿克达拉、新丰等大气本底站开展不低于每周一次频率的采样观测，采样样品在气象探测中心国家级实验室进行30余种ODS物质的高精度分析。目前中国气象局已形成“1+1+8”（1个国家级实验室、1个在线观测站和8个离线采样观测站）的ODS观测网络布局体系。这些在线观测和离线采样业务均建立了完整规范的观测和标校体系，对接全球最先进ODS观测网AGAGE（改进的全球大气实验网）的标准溯源体系和质量控制流程。

中国气象局的ODS观测数据在国际上一直得到高度认可，相关研究成果被世界气象组织在多期《臭氧损耗科学评估报告》中引用达30余次，有力支撑了中国的蒙特利尔议定书履约和臭氧层修复行动。中国气象局专家也一直是蒙特利尔议定书履约专家组成员。

在科技支撑、政策引导和国际社会的共同努力下，臭氧层恢复工作取得巨大成绩，90%以上的ODS生产和使用被淘汰，有效扼制了人类活动对臭氧层的破坏。拯救臭氧层的国际行动也被视为全球合作治理环境问题的典范。（王晓凡）

臭氧层未来如何发展？

自从国际社会缔结《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》（以下简称“蒙特利尔议定书”）、共同开展保护臭氧层的全球行动以来，在各缔约方和国际社会的共同努力下，人类成功淘汰了超过99%的臭氧损耗物质，实现了巨大的环境和健康效益。

“经过持续不懈努力，平流层臭氧空洞修复工作取得了一定成效，但要说臭氧洞恢复还为时尚早，这注定是一个缓慢的、长达几十年甚至上百年的过程。” 中国气象局气象探测中心大气成分室副主任靳军莉表示，2022年10月5日，南极臭氧层空洞面积依然有2600万平方千米，还处于面积庞大的时期。

为何臭氧层恢复之路如此漫长？靳军莉表示，影响臭氧层恢复的因素很多。一方面，虽然目前臭氧损耗物质已经明显减排，但这些物质生命周期很长，可以长久停留在平流层，且它们对臭氧消耗的效率很高；另一方面，随着航空事业的发展，空间飞行器越来越多，其排放的含氮物质进入平流层，会导致臭氧浓度下降；此外，大规模火山爆发也会减缓臭氧层的恢复速度，因为其释放的硫酸盐气溶胶粒子足以到达平流层，对臭氧层造成破坏性影响。此外，太阳活动、低温（极地平流层云）、大气动力等多种因素也会产生影响。

我们必须看到，全球臭氧层的恢复速度并不均衡，两极地区还需要等待更长时间。例如，极地低温是破坏臭氧层的因素之一，以南极为例，冬季没有热能或热能很弱，在-80℃的极端低温下，南极大陆上空会形成极地平流层云，氯原子在云晶体表面发生化学反应，加上可见光和紫外光的推波助澜，分解出破坏臭氧的游离态氯原子，从而使该区域臭氧遭受大幅破坏。同理，含溴化合物也会在低温的催化下破坏臭氧层。因此，极区的臭氧层空洞恢复需要更长时间。

目前模拟结果显示，北极和南极的臭氧层分别要到2045年和2066年才能恢复到1980年的水平。特别是南极臭氧层发生损耗的时间更早，要恢复到臭氧层空洞出现之前（1960年代）的水平起码要到2100年之后。靳军莉说：“对于臭氧层恢复工作，我们已经看到了曙光和希望，但其过程注定是非常漫长的。”

臭氧层恢复的未来将何去何从？靳军莉表示，如果能延续目前比较好的国际合作和禁排臭氧层消耗物质的局面，臭氧层空洞修复会得以不断推进。但是，阻碍臭氧洞修复的因素也依然存在，比如蒙特利尔议定书的履约挑战、民用火箭和新超音速商用飞机排放增加、野火或火山爆发、太阳活动增强等等。目前，人类尚未完全掌握臭氧变化的机制。面对这一难题，惟有坚持和强化全人类保护臭氧层的意识和行动，这场保护地球生命体系的斗争才能赢得最终胜利。（王美丽）

（责任编辑：张明禄）

版权所有：中国气象局

ICP备案号：京ICP备05004897号

网站标识码：bm54000001

