

五、预防气候变化：温室效应

1992年6月联合国世界环境与发展大会上，166国签订《气候变化框架公约》，确定将“温室气体浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上”这一宏伟目标。1995年3月至4月，近120个公约批准国举行第一次会议，通过《柏林授权书》，决定就2000年后发达国家对温室气体的具体限排目标立即进行谈判。为何温室气体受到如此重视。

有一个问题长期受到人们关注。地球与月球到太阳的距离基本相等，何以地表面的温度为15℃而月球则为-18℃？原因是地球表面比月球多了一层气体，像毯子一样将本来会逸散到宇宙空间去的热量裹在了里面。

1800年左右，法国数学家、物理学家J. Fourier首次提出地球大气与温室玻璃的功能相似。他的比喻沿用至今，叫温室效应。过了约60年，英格兰的J. Tyndall用实验演示H₂O气和CO₂吸收热辐射，计算出二者在大气中的温暖效应。1896年瑞典化学家阿累尼乌斯(S. A. Arrhenius)发表的论文《大气中的二氧化碳对地球温度的影响》指出，二氧化碳能吸收从地球表面辐射出来的红外线，而大气中的二氧化碳含量是可以改变的。在火山活动的频繁时期，大气中的二氧化碳含量增高了，因此地球的温度也相应增高，从而解释了地球上气候变化原因之一。

产生温室效应的温室气体并非大气主要成分N₂和O₂，而是一些“痕量气体”。因为温室气体能吸收红外线，加大分子内原子间振幅，改变分子偶极矩。但单原子分子如稀有气体和双原子单质分子如氮和氧都不是温室气体。一般地，温室气体分子至少有三个原子，即多原子分子（像H₂O、CO₂、CH₄、N₂O、O₃等），当其原子间呈不对称振动时，偶极矩改变，同时吸收红外线。

南极冰芯气泡分析追溯到16万年前，表明地球温度与大气中CH₄和CO₂浓度几乎完全对应，证明自然温室效应是真实的。前不久，三位科学家以其深邃的洞察力将过去气候变化与大气中微量气体含量之间关系的研究相结合，因而荣获1996年泰勒环境成就奖。他们是：丹麦哥本大学的威利·丹斯加德教授(Willy Dansgaard)、法国极地技术研究所负责人克劳德·洛里斯(Claude Lorius)和瑞士伯尔尼大学荣誉教授汉斯·奥斯切格(Hans Oeschger)。正是他们率先开展了人类活动时期气候变化的研究，提出了通过古极地冰芯分析重建过去气候变化的定量记录的思想。

温室效应的研究和未来气候变化的预测

1957年，大气中二氧化碳的浓度为315ppm，现在则高达360ppm。在工业革命以前，大气中二氧化碳的浓度不到280ppm，二氧化碳浓度的增加主要是由于煤和其他矿物燃料的燃烧，热带森林的破坏也起了一部分作用。

1吨碳相当于4吨二氧化碳，即燃烧1吨煤会产生大约4吨二氧化碳。80年代，每年约有50亿吨碳以矿物燃料的形式被燃烧，这一来源每年向大气中输入的二氧化碳约200亿吨。

然而，大气中二氧化碳浓度的增加值只相当于每年由人类活动产生的二氧化碳的一半左右，而另一半则被环境学家们所说的天然的“汇”吸收了。地球上的植被就是一种极为重要的汇，大气中二氧化碳浓度越大，植被生长越好。当然，这里所说的植被不但包括森林，而且还包括土壤中、海洋中的生物质（主要为微生物）。除了植被外，二氧化碳还可以溶在海洋中。我们

所关心的是，不管天然汇到底是什么，它们有一天终究会饱和，不能再吸收二氧化碳了。在这种情况下，大气中二氧化碳浓度增加的速度将会加倍。

在 1850—1950 年间，全世界烧掉的碳（主要是以煤的形式）约 600 亿吨，而现在每 10 年就会烧掉这么多碳。研究人员据燃烧掉的矿物燃料的量估计，19 世纪中叶大气中二氧化碳的天然浓度约为 270ppm，对束缚在极地冰芯中的工业革命以前的气泡组成的分析表明，这一估计是准确的。

对南极冰芯中气泡的进一步研究表明，自最近的大冰期结束以来至少 1 万年的时间里，大气中二氧化碳的浓度基本上没有变化。所以，对二氧化碳和其他温室气体在大气中的积累所产生的效应的计算通常都是把二氧化碳的背景浓度作为 70ppm 来处理的。大气中二氧化碳的浓度目前已经超过背景值的 33% 了。

除了二氧化碳外，由人类活动释放的、在 7 微米到 13 微米的范围内吸收红外辐射的气体还包括氯氟烃、甲烷、一氧化二氮和臭氧。氯氟烃会破坏臭氧层，人们对此可能更了解一些。且氯氟烃还是非常厉害的温室气体：两种最常见的氯氟烃中的任何一种的一个分子的温室变暖效应与 1 万个二氧化碳分子相当。现在，氯氟烃的释放虽已过了高峰，但这类物质在大气层中滞留时间较长，在整个 21 世纪它们将会继续发挥其作为温室气体的作用。

甲烷在大气中的浓度很低，还不到 2ppm，但这一浓度却正以每年约 1.2% 的速度增大。大气中甲烷的来源包括稻田中细菌的生物活动、油气田中天然气的释放等。一氧化二氮是因化肥的使用而释放的，现在在大气层中的浓度为 0.4ppm。由于人类活动，对流层中臭氧的浓度也在增大。

1985 年，芝加哥大学的 Veerhabadrhan Ramanathan 计算了包括二氧化碳在内的所有这些温室气体的综合效应，并对 21 世纪大气中这些气体的浓度的增加做了预测。他得出结论认为，到 2030 年，除二氧化碳以外的所有温室气体的效应将相当于大气中除天然二氧化碳以外的人为增加的二氧化碳的效应，而包括二氧化碳在内的综合效应则相当于大气中二氧化碳的天然浓度增大一倍所产生的效应。计算机模型表明，那时的全球平均气温将比 19 世纪中叶约高出 3 。

在这 3 的气温升高值中，现在已经发生的约有 0.5 。虽然这种变暖作用部分是由气候的天然波动造成的，但自 19 世纪以来气温的实际升高是与计算机模型对由人为造成的温室效应的计算值一致的，而这种模型则是根据这一时期二氧化碳和其他温室气体在大气层中的积累情况建立起来的。就气候纪录而言，20 世纪 80 年代是最热的年代，最热的 8 年中有 7 年都在 80 年代，而 1990 年则是迄今最热的一年。20 世纪 80 年代最冷的几年也要比 19 世纪 80 年代最热的几年热。

20 世纪 80 年代的全球变暖趋势到 1990 年后就中断了，但其中断方式本身则表明描述全球变暖的计算机模型准确度非常高。触发这一趋势中断的是菲律宾的皮纳图博火山，该火山 1991 年 6 月爆发，将大量的火山灰喷发到了平流层。这些物质在全球范围内扩散，部分屏蔽了照射到地球表面的太阳能。用于计算温室效应的同样的计算机模型做出了这样的预测：在短期内，皮纳图博火山喷发的火山灰会使地球大气层急剧冷却，使平均气温暂时回到一个世纪以前的水平。在随后的两年间，全球平均气温确实如预测的那样降低了。

同样的模型还预测，1992—1993 年这些火山灰被从大气层中清除以后，全球平均气温会首先很快回到 20 世纪 80 年代的水平，继而到 90 年代中期达

到稍高一点的水平（根据温室气体目前的积累速度预计应该达到的水平）。1994年和1995年的数据表明，这些预测完全应验了，只是1995年差一点（在统计误差允许范围之内）成为有史以来最热的一年，几乎与1990年不相上下。

皮纳图博火山并不是这一时期全球变冷过程中的唯一因素，人类活动也起了一定的作用。80年代中期以来，在建立模拟全球气候变化的计算机模型中所取得的最大的进步就是将这一点考虑进去了。燃烧矿物燃料不仅释放二氧化碳，而且还释放气溶胶这样的颗粒状物质。同火山灰一样，气溶胶也会屏蔽部分入射太阳能量。将二氧化碳和气溶胶都考虑进去时，计算机模型会非常准确地模拟出20世纪气候变化的真实情况。

上面已经提到，21世纪气候变化的最好的预测来自IPCC的报告。该报告预测，到2100年，全球变暖幅度将在1到3.5之间，而“最好的估计值”为2。海平面将因此而升高，这既是由于冰川和极地冰盖的溶化，也是由于海洋表层受热膨胀。据估计，2100年海平面上升值在15厘米到90厘米之间，“最好的估计值”为48厘米，将有900万人会受到海平面上升的直接影响。

环境的灾害，不少来自能源的发展。造成温室效应的50%是CO₂气体，而其中的80%是由于燃烧煤和石油所致。煤还留下灰渣、废气、烟气、还有放射性废物。到2000年，全球燃煤电厂粉煤渣排放量将达10亿吨，其中中国占8000万吨（仅次于美国和独联体）。这些废渣将占地28万亩、还排放SO₂达600万吨。另外，酸雨可达20%。另据报导，1982年全美燃煤6.16亿吨，其中1吨煤含铀 1.3×10^{-6} 吨和钍 3.2×10^{-6} 吨。这样，全美燃煤电厂已向环境释放801吨铀和1971吨钍，相当于 $n \cdot 10^{13} B_q$ 放射性活度。油气也有类似灾害；铀的开采和冶炼问题可能更大。

另外，已有资料证明，发展核电厂可以减少产生酸雨对环境的危害和减少释放温室气体。世界范围内核能的应用已避免了每年4.5亿吨CO₂、700万吨NO_x及1.4亿吨SO₂的释放。据已公布的资料，如果1992年没有核电厂，在德国就会释放出1.6亿吨CO₂；美国会释放出1.33亿吨CO₂；英国会释放出0.55亿吨CO₂。