

· 大气污染防治 ·

温室效应与二氧化碳的控制

Green House Effect and Control Technology on Carbon Dioxide

李春鞠 顾国维 (同济大学环境科学与工程学院 上海 200092)

摘要 通过气候变暖及生态系统变化的事例简述了温室效应的危害及其起源,并从生物技术、能源革新、大气污染控制技术几个方面评述了近年来涌现出的二氧化碳控制技术的优缺点和发展前景。

关键词 温室效应 二氧化碳 控制技术

Abstract: The article expounded the endanger and the origin of green house by climate become warm and the ecosystem change. And discussed the advantage & the disadvantage and the developing prospects of control technology on carbon dioxide in several aspects, including biological technology, innovation energy and air pollution controlling etc.

Key words: Green house effect Control technology Carbon dioxide

1 引言

迄今为止,全球气候变暖的趋势已得到越来越多的证实。据统计,在过去的100年中全球平均地面气温已增加 $0.3^{\circ}\text{C}\sim 0.6^{\circ}\text{C}$,寒冷季节缩短而温暖季节延长;内陆地区变得更加干旱而炎热,沿海地区热带风暴却更加频繁;极地和北半球高纬地区气温升高了 $3^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$,冰川大面积消融,海平面上升,一些岛国和沿海地区不断被海水蚕食,甚至面临“灭顶之灾”。气候的改变还威胁着地球上丰富多采的生态系统。

近年来,科学界经过反复的争论和研究逐渐达成共识:造成全球气候变暖的根源是大量燃烧矿物燃料所排放的二氧化碳以及其他人类活动所产生的甲烷、氧化亚氮、氢氟碳、氯氟化碳、哈龙等温室效应气体。它们进入大气后,一方面吸收红外线,另一方面却阻挡地球表面辐射热散发,犹如在地球表面加上一个玻璃罩吸热而保温,致使地球温度不断升高。其中氯氟化碳和哈龙还会破坏平流层臭氧,加剧到达地面的紫外辐射。据有关资料报道,大气中二氧化碳的浓度正以每年 0.4% 的增长率上升,甲烷、氯氟化碳、氧化亚氮增长率高达 1.0% 、 5.0% 和 0.2% ,全球增温速度相应为 $0.3^{\circ}\text{C}/\text{a}$,照

此发展下去,30年后全球平均温升将达 1°C ,全球海平面相应上涨20mm。因此,90年代后温室效应气体的控制成为大气污染控制的新焦点。

在所有温室效应气体中,二氧化碳对温室效应的贡献最大,占60%,而且在大气中含量最高,因此二氧化碳成为温室效应气体削减与控制的重点。与二氧化硫、氮氧化物等大气污染物相比,二氧化碳原本并非污染物,而是光合作用三大要素之一,起着推动生态系统能源流动的作用。但工业革命后,化石燃料的大量燃烧打破了大气圈与生物圈之间原先和谐的二氧化碳平衡,造成二氧化碳在大气中积累,引发温室效应。据观测,从1700年至今,大气中二氧化碳的浓度已由280ppmV上升到350ppmV,其中70%的增量发生在近50年中。由于二氧化碳在大气中停留时间约100年,即使二氧化碳的排放能维持现有水平上,它的浓度在22世纪仍将翻一番。若想使大气中二氧化碳浓度保持在目前水平,则需全球二氧化碳排放量削减60%,由于现代生产及生活对能源的强烈依赖使得这一目标很难在近期实现,于是一场广泛而深刻的变革在科学、技术、管理与工程等领域悄然展开。由建筑业房屋隔热、节能性能的研究与应用,到制造业提高燃烧效率和节能技术的开发,可再生能源的应用,

收稿日期 1999-04-01

燃料电池的研究, 二氧化碳的收集、处理、处置技术以及征收碳税的管理手段和减少能源消费的生活模式, 二氧化碳的控制已不仅是大气污染治理的目标, 更多的渗透到各行各业的生产与人们的生活中。

2 二氧化碳的控制技术

2.1 生物技术

利用自然界光合作用来吸收并贮藏二氧化碳, 是控制二氧化碳最直接且副作用最少的方法。美国等一些对二氧化碳排放负有重大责任的发达国家就曾以大量植树为由要求放宽削减二氧化碳排放的指标。然而, 地球上曾拥有的 76 亿 hm^2 森林资源在人类的过度砍伐下仅存 2.8 亿 hm^2 , 而且正以每分钟 20 hm^2 的速度消失。在这种情况下, 小范围的植树如同杯水车薪, 难以逆转二氧化碳积累的趋势。然而生物吸收二氧化碳的方法并非末路穷途。研究发现海洋生物吸收二氧化碳的潜力很大。日本环保科学家已筛选出几种能在高浓度二氧化碳下繁殖的海藻并计划在太平洋海岸进行繁殖, 以吸收附近工业区排出的二氧化碳。美国一些研究人员拟以加州巨藻为载体, 在其上繁殖一种可吸收二氧化碳的钙质海藻, 它吸收二氧化碳后形成碳酸钙沉入海底, 腾出巨藻表面可供继续繁殖。这些探索如能成功, 必将减轻因削减二氧化碳排放而对经济增长造成的压力, 故具有很大的现实意义。

2.2 能源革新

二氧化碳的排放很大程度上取决于为获得能量而进行的矿物燃料的燃烧, 因此改革能源形式或能量来源成为减少二氧化碳排放的一个突破口, 这也符合污染控制的原则, 即从源头控制二氧化碳的生产。90 年代以来出现了两种新技术: 燃料脱碳与燃料电池。

燃料脱碳是以含碳量较低的燃料(如石油和天然气)或无碳燃料(如氢气)取代含碳量高的燃料(如煤), 使得每单位能耗量的平均二氧化碳排放量减少。早在 80 年代美国化工界提出的炭化物混合处理气化流程便能实现这一目的。煤炭、生物体等不清洁燃料与氢气一起反应生成甲烷、一氧化碳、氢以及固态焦炭等, 再将甲烷高温分解成氢、一氧化碳及固态炭黑, 然后氢与一氧化碳合成甲醇, 未反应的氢与一氧化碳作为原料循环使用。1997 年 7 月美国能源部(DOE)又推出一项新技术, 将一个重整器或气化器与转移器组合起来便能把矿物燃

料转化成氢气与二氧化碳的混合物, 然后分离并处置二氧化碳。

燃料电池是通过电化学氧化产生电力, 即直接将化学能转化为电能, 冲破了燃烧产热生成水蒸气再带动汽轮机发电的传统模式, 因而燃料电池的效率不受卡诺定律限制, 可达到 40%~60% (与之相比火力发电的效率仅有 30% 左右), 大大地节约了初级能源, 也避免了大量污染。燃料电池有多种类型, 各有千秋并在航天、国防、交通等领域得到应用。其中质子交换膜燃料电池(PEM)在低温下运行可产生高密度电力且体积小, 可用作驱动汽车的动力来源。目前福特和克莱斯勒汽车公司正开发用 PEM 驱动的汽车, 德国的奔驰公司也与温哥华的 Ballard 动力系统公司合作开发用在交通工具上的燃料电池。燃料电池是以氢为燃料的, 为了方便地运输和配给氢, 波士顿东北大学研究人员正开发一种固态氢载体, 使大量的氢在压力下储存在小容器内, 解决氢的输配问题。据报道, 他们已用石墨毫微米纤维获得成功, 室温下一个碳原子能保持 18 个氢分子, 超过目前储存介质储存氢能力的 10 倍。不仅如此, 如把燃料脱碳与燃料电池合二为一, 将形成一种全新的清洁能源体系。在这个体系中, 矿物燃料和含碳的生物体被转化氢气和二氧化碳, 前者通过燃料电池直接产生电和热, 后者则被收集和处置, 这样便能避免燃烧矿物燃料生产电能过程中排放大量二氧化碳。

2.3 大气污染控制技术

近几年, 大气污染控制在二氧化碳的捕集、处理及处置方面有了长足的发展。

二氧化碳的捕集是整个控制体系的第一步。尽管目前已有化学吸收、膜分离、冷冻分级分离、分子筛吸附和浮石吸附等方法, 但对于燃烧矿物燃料的热电厂而言, 由于烟气量大, 二氧化碳浓度低, 烟气脱碳的代价昂贵。据估计, 电力部门仅捕集二氧化碳的费用就使电力生产成本增加 30%~100%, 更毋需说后继处置了, 如此高的成本是电力部门难以承受的。此外, 捕集二氧化碳过程中所消耗的能量也降低了一吨原材料能产生的电源, 加速了能源耗竭。因此捕集技术已成为热电厂废气脱碳的控制步骤。

富集的二氧化碳可以用于食品工业及生产碳酸钠外, 还可用于生产清洁能源和化工产品。据日本东北电力公司宣称, 二氧化碳与氢气按 1:4 比例在一

定温度、压力下混合并以铯—镁为触媒可生成甲烷。东芝公司也在实验室中以激光束或电子束激发,直接用燃烧后的废气与乙炔在不同比例下混合,生成甲醇与一氧化碳或甲烷、丙烷等其他化工产品。

二氧化碳的处置尤其是地质处置正得到越来越多的关注与研究。目前常用的三种途径是将二氧化碳储存在废油、气井、地下含水层和海洋,据国际能源机构(IEA)预测它们储存二氧化碳的潜力依次为870亿、1250亿和 2×10^8 亿 t 。而人类每年二氧化碳排放量仅60亿 t (以碳计),由此可见地质储存潜力很大。将二氧化碳用于采油或气贮存在油、气井中,并非一项新技术。早在70年代能源危机时美国就曾利用二氧化碳溶于油可减少石油粘度的性质来强化采油,增加石油产量。挪威科学家甚至计划建一艘100万千瓦的大型发电船,以海底石油、天然气为原料,采用高效燃油气蒸汽组合循环发电并将燃烧排放的二氧化碳冷却、压缩后送入海底油汽田中。

向地下含水层深井注入二氧化碳的方法与深井注射处置液态有害废物的方法相似。虽然注入的二氧化碳不会严重污染地下水,却会降低地下水的pH值,从而腐蚀岩石。此外,对于二氧化碳深井注入是否会造成地面的不稳定尚未定论。有人提出一旦注入二氧化碳的地区发生地震,二氧化碳可能大量喷出,在有人居住的地区特别是气体易于积累的谷地会置人于死地。虽然尚无此类事故发生,但1996年喀麦隆火山坑湖Nyos发生自然灾害时,大范围的二氧化碳释放夺去了1500余人的生命,并杀死方圆14km内所有动物,这使得上述猜测受到重视。

二氧化碳的性质使之非常适于海洋处置。因为在水下500m深处水温 10°C 左右时,二氧化碳就能变成液态;在3000m以下,二氧化碳的密度便能大于海水并沉入海底,相当安全地保存起来。而且海洋储存二氧化碳的潜力很大,即使把人类排放的全部二氧化碳储入海中,海洋含碳量每年仅增加0.016%。于是科学家们考虑把二氧化碳以固态或液态形式直接埋入海中或海底含水层。1996年9月迄今为止最大的海床二氧化碳处置工程在挪威启动。二氧化碳被注入北海海床以下800m处多孔充满盐水的砂石地层中,年注入量100万 t ,占挪威二氧化碳年排放量的3%左右。此外,在印度尼西亚水域的婆罗洲北部Natuna海岸气田,另一项二氧化碳处置工程即将进行。Natuna气田是世界上

最大的气田之一,贮量大,易于开采,但气体中含81%的二氧化碳,满负荷生产时每年将产生1亿 t 二氧化碳,故计划将二氧化碳与甲烷冷冻分离后把二氧化碳注入海底深处含水层。然而目前海洋处置存在三方面问题。一是海洋处置费用昂贵。据英国一家工程承包公司估算,铺设从英国东部的发电至北海的液态二氧化碳输送管道,每公里管道费用可高达110万美元。二是二氧化碳进入海洋可能会危害海洋生态系统。研究表明,海水与液态二氧化碳达到平衡时,海水的pH值会下降到3.5,而且二氧化碳还会生成水合物,这些都可能影响海洋生物的生长。三是海洋处置绝非一劳永逸之举。由于大气与海水间二氧化碳的相平衡,储存在海洋中的二氧化碳会缓慢地逸出水面,回归大气。国际应用科学公司的一位名为Stegen的学者应用三维海洋通用环流模型对一个运行100年的发电厂做了预测。假设其排放的二氧化碳全部被捕获并注入海洋不同深度。在电厂停止运行400年后,有13%的二氧化碳从海洋回到大气。随着二氧化碳注入深度越大,二氧化碳回到大气需要的时间越长。因此,二氧化碳的海洋处置只是暂时缓解二氧化碳在大气中的积累。

3 结束语

美国、日本和西欧一些发达国家在推广清洁生产、进行能源改革和二氧化碳控制技术方面做了积极的努力与探索。中国等经济尚不发达的国家也会逐渐参与到削减二氧化碳排放的全球行动中去,为改善温室效应保护地球家园作出贡献。

参 考 文 献

- 曹磊. 全球十大环境问题. 环境科学, 16(4):86~88;
- Bette Hilman. 京都会议达成全球气候变化协议. 环境科技动态, 1998(1), 1~2;
- M. Granger Morgan Hadi Dowlatbadi. 能源技术的研究与开发是对付全球变暖的根本措施. 环境科技动态, 1998(1), 5~6;
- 崔学祖. 制服二氧化碳排放的新探索. 上海环境科学, 1995(1);
- Bette Hilman. 温室世界中的矿物燃料. 环境科技动态, 1997(6), 10~13;
- 余锡荪译. 二氧化碳的缓解措施及方案. Nebojsa Nakicenovic. 环境科技动态, 1994(1);
- Carola Hanisch. 二氧化碳储存的来龙去脉. 环境科技动态, 1998(1), 9~12;
- Julian Rose. 火力发电厂二氧化碳的处置. 环境科技动态, 1993(5)