

大气中微量气体增加对气候及环境的影响 ——Villach 国际会议对 CO₂ 问题的评价^[1]

陈 泮 勤

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

文章综述了国际 Villach 会议关于 CO₂ 问题的评价及主要结论,展望了今后 CO₂ 问题的研究重点。

一、引 言

科学研究表明,近一个世纪以来大气中微量气体、如二氧化碳(CO₂)、一氧化二氮(N₂O)、甲烷(CH₄)等正在不断增加,热带森林面积正在缩小,主要的自然地球生物群落也在不断变化,地球上五十亿人正在改变着自然生态系统。那么,人类活动对人们赖以生存的自然生态系统的影响后果如何呢? 1985年10月在奥地利威拉赫(Villach)召开的国际会议对 CO₂ 及其它温室气体产生的气候及环境影响进行了专题评述。

CO₂ 的气候影响主要是由于其温室效应所致,当 CO₂ 透过太阳的短波辐射时,吸收并向外发射长波辐射,不让热辐射通过,从而使地球保持此能量。因此,大气中 CO₂ 浓度的增加会导致地表和低层大气增暖。其它的温室气体,如 N₂O、CH₄ 等也有类似的温室效应。我们必须估计它们的气候与环境影响,这就是人们通常所说的 CO₂ 问题。

二、CO₂ 问题的早期估价

大气中 CO₂ 的含量是碳循环的结果。全球碳循环是非常复杂的。根据 Bolin^[2] 的工作,图1给出了全球碳循环示意图。展示了碳在大气、地球生物圈(包括土壤)、水圈(包括海洋生命)和岩石圈中主要的贮藏和循环状况,这对于认识大气中 CO₂ 的含量有着非常重要的意义。

奥地利威拉赫会议详细回顾了1983年以前国际上一些主要的科研机构 and 学术团体对 CO₂ 问题的评述,包括1980年世界气候会议(WCP)的评价,1983年美国国家理事会 CO₂ 评价委员会(CDAC)的结果,美国环保局(EPA)的结果,联邦德国 julich 核中心的结果(julich),以及 Clark 等人的评价。表1给出了他们对未来矿物燃料使用的估计,生物圈的净排放量,未来大气中 CO₂ 浓度以及对全球平均温度响应的预测结果。

^[1] 1986年6月5日收到,1986年7月10日收到修改稿。

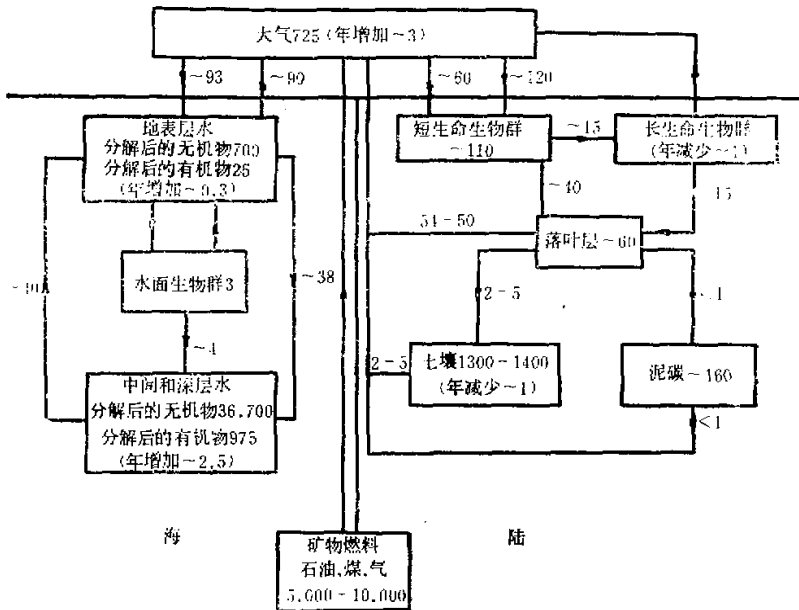


图 1 全球碳循环示意图

(a) 框图中的数字单位为: 10^{12} 克·碳 (b) 框图外的数字单位为 10^9 克碳/年表 1 CO_2 问题评价结果的比较

研究单位/个人	未来矿物燃料使用的估计	生物圈的净排放量	未来大气中 CO_2 浓度	全球平均地面温度响应
WCP(1981)	13.6 Gt/a (2025年)	过去的总排放量: 75—175 Gt 现在的排放量: 0—4 Gt/a	410—490 ppm (2025) (中值为 450 ppm)	1.5°C—3.5°C
CDAC(1983)	10 Gt/a (2025) (最佳猜想)	过去的总排放量: 180 Gt 现在的排放量: 1.8—4.7 Gt/a	428 ppm (2025) (最佳猜想)	1.5°C—4.5°C
EPA(1983)	10 Gt/a (2025) (中值)	同上	440 ppm (2025)	1.5°C—4.5°C
Jülich (1983)	1—16 Gt/a (2030)	现在的排放量: 0.5—4 Gt/a (可能为: 1 Gt/a)	370—500 ppm (2030) (可能为 400 ppm)	1°C—3°C
Clark (1982)	到 2030 年 增长率为 2%/a	过去的总排放量: 160 Gt 现在的排放量: 2 Gt/a	371—657 ppm (2030)	2°C—3°C
现在的评价	2—20 Gt/a (2050)	过去的总排放量: 180 ± 40 Gt/a 现在的排放量: $1.8 \pm 0.8 \times 10^{11}$ g/a	380—470 ppm (2025)	2.5°C—4.5°C

这些代表作通过对 CO_2 问题的分析研究, 引出了如下结论:

(1) WCP 的结论 WCP 报告认为 CO₂ 造成气候变化是一个主要的环境结果。但由于尚存在不确定性,要制定一个控制大气中 CO₂ 水准的管理性计划,以防止其对社会的不良影响还为时尚早。认为对 CO₂ 进行建立在坚实科学基础上的精确研究是具有首要价值的。会议强调 CO₂ 问题对发展中国家和发达国家的影响,并号召通力合作。

(2) CDAC 的结果 CDAC 得到的一般结论与 WCP 相似,即认为所掌握的关于 CO₂ 所产生的气候变化的证据尚不足以说明应立即采取措施来改变当前燃料使用的方式。它认为,控制气候变化的措施应尽可能地从减小其它温室气体的排放量入手,因为对它们的控制较易实现。

(3) EPA 的结果 EPA 的结论认为在 2000 年以前对煤的使用的禁令将有效地放慢全球温度变化的速度。但它指出,可供选择的能源前景仅仅造成在预定日期的 2℃ 温度的变化,加之对煤的使用的禁令在经济上是不现实的,因此建议开展下述研究:人类适应暖气候的能力的研究;除 CO₂ 外的其它温室气体影响的不确定性的研究;以及大气的温度响应的不确定性研究。

(4) Julich 的研究结果 该研究认为,尽管我们现有的知识还不能定量地说明 CO₂ 排放与特定地区的特殊气候变化之间的关系,但世界范围的潜在威胁要求我们尽快采取行动来避免 CO₂ 问题可能产生的气候灾难。

(5) Clark 等人的结果 Clark 等人反对立即对矿物燃料(如石油、煤等)实行“零增长政策”,主张在满足能源需求、又较少排放 CO₂ 的前题下,保持对矿物燃料开发或维持的选择权,加强对大气中 CO₂ 增加的影响和监测研究。

从表 1 所列数据和上述评价中可以看出下述意见是一致的。

1) 生物群落本身产生的 CO₂ 净排放量不足以造成气候的重大变化(在碳排放量的估计中,未来生物圈的净排放量所占比重相对较小)。

2) 由于矿物燃料的贮藏量非常巨大,若以增长的速度被开发,则将使环境发生扰动。

3) 尽管在估计浓度加倍后,全球平均地面温度响应方面存在差异,但这些差异并非很大(1.5℃—4.5℃)。

4) 估计中的不确定性非常明显。

5) 不能预测 CO₂ 问题引起的气候变化的区域性差异。

6) 不能预测在给定气候变化条件下,对全球人类、民族及个人的影响。

上述评价还存在一些分歧。有的认为要迅速采取行动来限制矿物燃料的使用少 CO₂ 的排放量,避免可能造成的威胁气候的大灾难。而另一些评价却认为证据行性差而反对立即对矿物燃料的使用采取限制的政策。

三、当前研究的主要进展

1. 未来 CO₂ 的可能排放量 当今矿物燃料(石油、煤和天然气)约占全球能源的 80%,未来 CO₂ 排放量取决于能源需求量的变化以及在全球能源供给中矿物燃料占有的地位。由于建设新能源基地需耗费巨大投资,而现有的设备寿命又很长,因此能源系统呈现变化慢的特点。尽管如此,过去一、二十年来对未来能源需求的预测一直

成功的。主要原因是七十年代初以来,受“石油危机”的影响,能源使用明显减少。此种情况今后是否还会发生,一方面取决于新的能源供给系统中投资成本的大小,另一方面还取决于节能和一些其它的因素。必须指出,最新分析表明,对下世纪初期以后能源使用的预测是非常不确定的。因此,对三、四十年后能源的使用作精确预测是没有意义的,但可以估计未来能源使用的可能上限和下限。

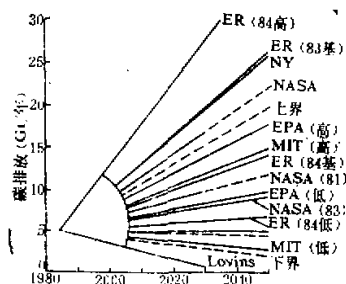


图2 碳排放随时间变化的估计

图2给出了未来能源消耗的可能情况。上界值表明,到2050年 CO_2 排放量可达20Gtc/年,即在1965年内排放量将增加到现在的4倍。尽管一些研究对碳排放量作了更高的预测,但由于环境、社会 and 法律的约束,这种更高的增长速度(大于20Gtc/年)是靠不住的。下界值为2Gtc/年,即到2050年, CO_2 的排放量低于2Gtc/年被认为也是不可能的。因为这一排放量的决定必须长期而持续地限制未来能源,特别是矿物燃料的需求,从经济的角度看是不现实的。

目前,由矿物燃料的燃烧排入大气的 CO_2 约为5Gtc/年。显然,由于采伐森林和土地使用的结果,生物群落排放的 CO_2 对过去大气中 CO_2 浓度的升高是有贡献的,但在未来,它的贡献将是很小的,这是因为森林的采伐要受自然界的限制。因此,在未来百年内,若 CO_2 浓度有明显增加的话,这将主要是由于矿物燃料,特别是煤的使用造成的。

战略决策将直接影响到矿物燃料的燃烧及改变陆地使用造成的未来 CO_2 的排放量。经济上的考虑是影响决策的重要因素,其次是环境上的考虑。因此,关于 CO_2 的排放政策,将取决于我们对不断增加矿物燃料的使用所带来的消极影响的认识程度,即不仅取决于对 CO_2 问题所带来的对气候影响的认识,还取决于对由此而引起的空气污染、酸雨等环境问题的认识。

2. 未来大气中 CO_2 浓度的预测 对于给定的 CO_2 排放量所造成的大气中 CO_2 的浓度,取决于对输送过程的认识。其中有两个问题是至关重要的:(1)世界海洋(包括海洋生物沉积物)的作用。世界海洋能有效地吸收大气中的 CO_2 ,从而成为 CO_2 的汇。(2)地壳系统的作用。地球生态系统制约着全球碳循环,从而影响大气中 CO_2 的浓度。

认为,近年来,人们通过对碳的同位素 ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C 在全球分布的观测结果的分析和对封存在冰川中的空气的分析和树木年轮的同位素分析,设计了对碳循环有了新的认识,取得了新的进展。但是在碳循环收支平衡方面尚不够。主要原因是国土利用方面的知识贫乏和工业革命前大气中 CO_2 浓度的不确定性。碳循环中存在的问题并不严重影响未来大气中 CO_2 浓度的结论,因为不确定性在于 CO_2 排放量的预测。

3给出了给定排放背景下未来 CO_2 的浓度。对应于下界排放值(2Gtc/年),到2100年,大气中 CO_2 浓度约为380ppm;到2100年, CO_2 浓度可能达到420ppm左右。对应于上界排放值(20Gtc/年),大气中 CO_2 浓度将在2045年前后加倍(达560ppm)。对应于中值排放量,即 CO_2 排放量以有节制的速度增加,则到2030年左右, CO_2 浓度可达

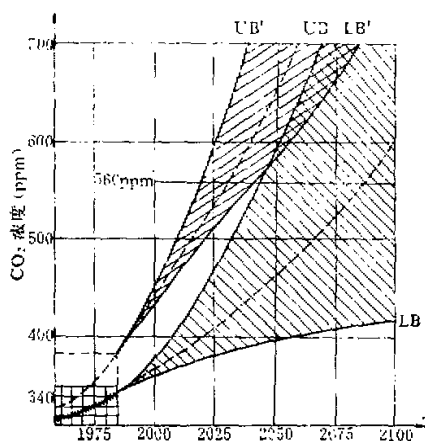


图3 下组曲线表示未来大气中 CO_2 浓度
上组曲线表示 CO_2 + 其它温室气体后等价 CO_2 浓度, UB 和 LB
分别对应图1的上界和下界排放量的浓度值。

420ppm, 并将在下世纪末以前加倍。

3. 其它温室气体 对大气的热收支和全球温度来说, CO_2 并非唯一重要的气体。观测发现其它的一些气体, 如水汽、臭氧 (O_3)、一氧化二氮 (N_2O)、甲烷 (CH_4)、氟氯化碳物质 (CFM'S) 等也在变化之中。

水汽对大气辐射有重要影响, 它随气候而变, 对此已在气候的数值模拟中进行了考虑。

O_3 在地球的辐射收支中是非常重要的, O_3 浓度的变化可以由人类活动触发, 这方面有许多问题有待进一步研究。目前已观测到平流层 O_3 浓度有微弱减小 (小于 1%), 未来其减小趋势还将继续下去。由于人类活动, 对流层中 O_3 大约增加了 10%, 到本世纪末或下世纪头十年还将增加 10% 左右。

N_2O 的浓度每年以 0.3% 的速度在增长。 N_2O 的增加可能是由于农业和森林中大量使用氮肥和燃烧过程所致。预计未来 N_2O 还将继续增加。

CH_4 的浓度每年以 2% 的速度增长, 这可能是由于稻田种植面积的扩大和气田开发中天然气的泄漏所致。

关于 CFM'S, 预计有两种 CFM'S, 即 F_{11} 和 F_{12} 在地球的辐射收支中变得越来越重要, 而其它化合物将不会有重要影响。

计算这些温室气体的直接辐射影响是很简单的, 且可以有很高的精度, 并能方便地放到大气环流模式中去。温室气体可能带来的气候变化可以用 CO_2 等价量的方式精确地表示。迄今为止, 其它温室气体的等价 CO_2 浓度约为 40—50ppm, 计算表明, 其温度影响约占总温度影响的三分之一。

必须指出, 有几种温室气体的浓度比 CO_2 增加更快, 因而它们的相对重要性也就增加了。从定量的角度看, 目前我们对 O_3 、 CH_4 、 N_2O 的产生和消亡过程还不很了解; 对

CFM'S, 尽管对其光化学分解已有合理的充分的认识, 但对其可能的排放量仍知之甚少, 因而无法估计未来 O_3 , CH_4 , N_2O 以及 CFM'S 的浓度。若以当前观测到的增长速度外推未来五十年, 那么它们在大气辐射中的重要性将迅速增加。其等价 CO_2 浓度可达 150ppm (取中值), CO_2 的总浓度 (等于 CO_2 浓度加其它温室气体的等价 CO_2 浓度) 将达到 580ppm, 它们对全球温度变化的贡献可达 50% 左右。

此外, 近来的研究表明, 氟氯化碳浓度对平流层臭氧有十分重要的影响。若维持现有的排放率, 则到 2050 年氟氯化碳将增加四倍, 而由于它的破坏作用, 臭氧浓度要减小约 10—30%, 从而导致地球表面紫外辐射增加, 对辐射气候产生重要影响, 必须引起人们高度重视。

4. 未来的气候模拟 全球气候受太阳活动、地球运行轨道、火山爆发、大气成分的改变、云的变化、地球反照率以及海气相互作用等因素的影响。目前对它们之间的因果关系的认识是非常有限的。

大气成分的改变对气候的影响可以用气候模式进行估计。由于气候系统非常复杂, 在建立模式时进行了各种近似和简化, 从而得到不同的气候模式。如有比较简单的零阶模式, 也有非常复杂的气—陆—海三维环流模式。但只有后者能为估计未来的气候变化特征提供足够的信息, 即不仅能提供全球气候的平均变化, 而且能提供区域气候变化和地面水过程变化的详细情况。虽然当前在气候系统的模拟中已取得重大进展, 但现有的模

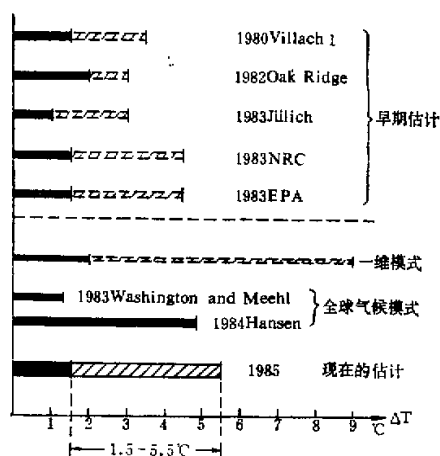


图 4 当 CO_2 浓度加倍时估算的全球年平均温度的变化

式仍不能可靠地模拟主导气候变化的许多物理过程。然而, 模式的计算结果与观测到的大气环流特征比较, 特别是模式具有重现天气和气候的季节变化的能力, 使我们对模拟结果的可靠性建立了一定的信心。

图 4 给出了估算的全球平均温度的变化。它表明, 由于 CO_2 和其它温室气体的增加使得大气中 CO_2 总浓度加倍所造成的全球平均温度的变化范围为 $1.5^{\circ}C$ — $5.5^{\circ}C$ 。虽然模拟中尚存在一些不确定因素, 但一致认为未来将出现明显增暖。

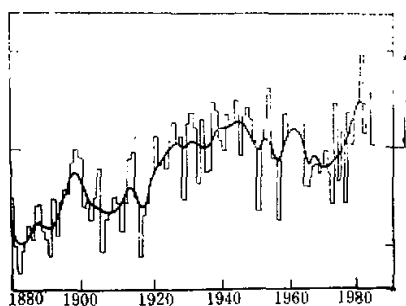


图5 北半球地面温度异常随时间的变化

研究表明,模拟温度变化中,误差的最大来源是云的反馈,冰的反照率和水汽的变化。而海洋则延迟了地面的加热,大大改变了全球气候变化的地理分布。

模拟结果认为,迄今为止,由于温室气体的增加造成的全球增暖为 $0.3-0.8^{\circ}\text{C}$ 。还不能对洲际或区域尺度的气候变化进行真实的模拟,但一些初步结果表明,最大的增温区将出现在冬季的高纬地区,平流层将变冷,中纬大陆将更加干旱。

5. CO₂ 引起的气候变化的监测 图5给出了北半球1880年以来观测到的地面温度。可以看出,从十九世纪末期到1940年全球增暖,以后直到六十年代中期全球变冷,六十年代中期以后全球又开始增暖。

历史记录表明,自然气候变化的时间尺度可以是几年、数百年、数千年甚至更长。在过去百年里,观测到的平均温度的增加(0.5°C),不能完全归因于CO₂和其它温室气体浓度的变化,且观测到的温度变化似乎是处于预测范围的下部。目前还不能明确判断这种现象究竟是由于气候模式中正反馈机理的过分节制作用,还是由于海洋的加热滞后所致,这只有在对温度观测记录中,中等时间尺度(年代际)的变动,特别是在对1920—1940年期间的全球增暖和1940年到六十年代中期致冷作出合理解释之后,才能找到正确答案。

6. 海平面升高的预测 温度的变化以不同的方式和不同的响应时间影响着全球的水分循环。海水被加热时要膨胀;薄冰层的灾难性崩溃被看作是海平面较快升高的潜在危险;而陆地上空降水量的变化将影响河流和冰川入海的径流量。

图6表明,本世纪初叶以来,实测的全球海平面平均升高的速度为 $12 \pm 5\text{cm}/100\text{年}$ 。在此期间,若海面与气温间的关系是可靠的,则经验估计认为,全球气温增暖 $1.5-5.5^{\circ}\text{C}$ 将导致海平面升高 $25-145\text{cm}$ 。毋庸置疑,这主要是由于海水热膨胀造成的。若温度升高 $3.5^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$,则小冰川将会融化,从而造成海平面的升高为 $20 \pm 10\text{cm}/100\text{年}$ 。大的薄冰层对温度变化的响应很慢,似乎格陵兰冰川会减小,而在南极可能增加的降雪将使积雪增加,从而使得从格陵兰流入海里的雪水的净通量近于平衡。

必须看到,对全球海平面的变化的估计尚未达到令人置信的程度。这是因为对主导全球平均海平面变化的物理因子认识不足所致。因此,应加强海平面变化的监测,并在中层和深层海洋进行海温变化的观测。虽然由于观测上的困难,获取海平面变化的精细的

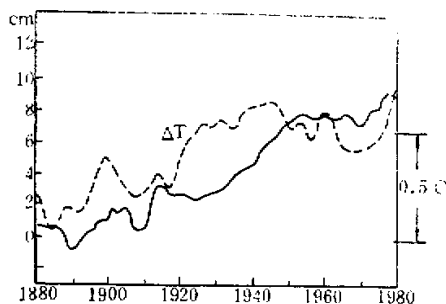


图6 全球海平面与平均地面温度的比较

资料要花相当长的时间,但精确的资料可以用于长期展望中检验海面变化的预测结果。

7. 对全球生态系统的影响 毫无疑问, CO_2 浓度的增长及所带来的气候变化对全球生态系统有深远的影响。由于目前不能很好对区域尺度的气候变化进行可靠的估计,因而必须研究全球生态系统对 CO_2 及气候变化的敏感性。当前还不能以足够的置信度为政策的制定和战略决策提供未来自然生态系统变化的速度和量级大小的估计。

研究认为,在半干旱和湿润的热带地区,降水是农业的重要制约因素。相反,在温带温度则有相对重要的影响。地处热带和亚热带的许多发展中国家,农业产量和食品生产很低且不稳定,加之农田不断地扩大到边远地区,从而增加了农业对气候的敏感性。另一方面,地处温带的发达国家并不存在上述问题,这里人口增长处于缓慢下降或停滞状态,科学技术的发展稳定地增加了谷物的产量。但这种发展能否继续下去并克服或补偿气候变化的影响是一个关键问题。而且温带是可利用的剩余物质的最大供求中心所在地,这里的不利气候变化对低纬度发展中国家有相当大的影响。

会议还讨论了气候变化对全球森林的变化、成分及产量的影响。全球森林是随纬度分布的,有极地森林和热带森林两个主要林系。预计极地森林对气候增暖是非常敏感的,而热带森林则不然。但森林分布的变化所需的时间尚不清楚,估计自然森林对气候变化的响应时间约等于树木的更新时间或更长些。

气候的变化还可能改变森林中的许多过程。例如湿度的变化可以影响森林着火的概率及火灾蔓延的速度,暖冬可减少虫害越冬死亡率等。这些都可能影响森林的成分。

当水、肥充足时,全球增暖还可能增加森林的产量。

8. 对农业的影响 它涉及 CO_2 浓度增加的直接影响和气候影响两个方面的问题。当然这也属于给定背景条件下的敏感度研究问题。

CO_2 增加的直接影响研究揭示,若大气中 CO_2 从 340ppm 增至 680ppm,将造成 C_4 类作物(如玉米、甘蔗等)产量增加 0—10%, C_3 类作物(小麦、大豆和水稻等)产量增加 10—50%,具体成数将取决于特定的作物和生长条件。然而植物体内存在着许多反馈过程,可能增强或削弱这些影响。 CO_2 和其他有限增长的环境变量对植物生长的影响是非常复杂的。实验研究表明,在多数可信的情况下, CO_2 浓度的增加是有利于植物发育和

产量增加的。CO₂ 增长对种子发育的影响尚未充分考虑, 评价认为最好能用数学模式进行模拟研究。

评价用四种方法讨论了气候的农业影响, 这四种方法是作物影响分析、边远空间分析、农业系统分析和描述性个例分析。

作物影响分析表明增暖对中、高纬地区的小麦和玉米是有害的。计算表明在降水量不变时, 增暖 2℃ 可能造成 $10 \pm 7\%$ 的减产。增暖与干旱的影响效果是一致的, 造成减产, 但增暖伴随潮湿则会抵消对产量的影响。高温导致的平均减产大于延长生长季节和霜冻破坏减小的补偿。

边远空间分析注重于对气候变化最为敏感、作物和土地使用的改变最易发生的边远地区。边远空间分析表明, 对中、高纬地区的各类作物, 增暖为边远地带作物区的空间位移创造了气候潜力。此外, 气候改变可导致作物品种的空间调整。有许多反馈机理能增大或减小气候改变对产量或空间作物分布型的潜在影响。

农业系统分析用动力学模式研究了农业对气候、技术、价格、政策等的响应。但由于农业系统非常复杂以及所碰到的困难, 几乎未对全球模式进行广泛的验证, 因而所得的结果缺乏说服力。

描述性历史个例分析研究了气候变动产生的实际影响。由于 CO₂ 引起的气候变化与自然气候波动、社会、政策和经济等因子混在一起, 难于鉴别, 目前尚无明确结果。

总而言之, CO₂ 浓度增加及其所引起的气候变化对农业的影响研究还刚刚开始, 所进行的分析尚存在许多问题, 因此不能得到对特定地区或全球农业的影响的一般性结论。

9. 对全球森林的影响 如上所述, 由于缺少对增长中的温室气体浓度引起的区域性气候变化的预测, 对此问题的研究也仅限于在给定的气候变化背景下的敏感度分析。

森林生态系统对气候变化的响应的的时间尺度很宽, 对某些过程响应快, 而对另一些过程响应慢。区域尺度森林的迁移周期约为一千年。大量的证据表明, 世界森林对历史上自然气候的变化有明显的响应。

用森林动力学定量模式对森林对气候变化的响应的模拟估计表明, 全球气候模式预测到的气候变化的量级足以引起全球森林的明显响应, 它最可能发生在北方森林。

估计 CO₂ 浓度增加的直接影响的由于光合作用和气孔作用的变化造成的。虽然有一些关于 CO₂ 浓度增加对叶面吸收和气孔作用的影响的经验性认识、和一些关于对个体植物的影响的知识, 但缺少 CO₂ 浓度增加对大片森林或生态系统生长和用水影响的资料和研究, 因此, 不能得出森林系统的响应的结果。

四、结 论

奥地利威拉赫会议在下述问题上形成了比较一致的看法。

1. 对流层中, 二氧化碳、一氧化二氮、甲烷、氟氯化碳、臭氧等微量气体正在显著增加。它们对太阳短波辐射基本上无阻挡, 而对长波辐射产生吸收和散射作用, 从而**影响全球气候**。虽然其它因素如大气尘埃, 通过改变入射太阳辐射也可能影响气候, 但温室气体可能成为下世纪气候变化的主要扰动因素。

2. 其它温室气体对气候变化的影响已经与 CO_2 起着同样重要的作用。按当前的增长趋势, 估计到 2030 年, 大气中 CO_2 和其它温室气体的总浓度相当于工业革命前大气中 CO_2 浓度的二倍, 即达到 560ppm.

3. 最先进的气候系统模式的模拟试验表明: 当大气中 CO_2 浓度加倍时, 地表平均温度约上升 $1.5-4.5^\circ\text{C}$. 由于气候系统十分复杂, 这些模式在海气相互作用和云辐射作用方面尚不完备, 因此, 有可能超过以上数值范围. 如此大的增暖将大大超过人类历史时期. 而海洋的调节作用, 将使地表平均温度的响应在时间上发生滞后.

4. 从科学的严密性来讲, 全球性增温不能完全归因于大气中 CO_2 和其它温室气体的增加. 但观测证明, 近百年内全球平均温度大约上升 $0.3-0.7^\circ\text{C}$, 这与 CO_2 和其它温室气体增长对温度影响的估计是相适应的.

5. 区域气候变化至今未能可靠地模拟. 有迹象表明: 最大增温区将出现在高纬地区(冬季和晚秋), 高纬地区年平均径流量可能增加; 北半球中纬度大陆, 夏旱可能更为频繁; 热带湿润地区对流雨可能增多, 蒸发量可能会加大.

6. 根据本世纪以来的观测, 预计全球增温 $1.5-4.5^\circ\text{C}$ 将导致海平面上升 20—140cm. 海平面上升将对沿海及河口地区带来直接影响. 还得出下世纪会因南极西部冰盖融化、海平面大幅度上升而给人类带来灾难的结论.

7. 根据过去气候变化响应的证据, 预计未来 CO_2 倍增所引起的气候变化, 无疑将给全球生态、农业、森林等带来巨大的影响.

上述结论清楚地表明, 虽然在估计 CO_2 等微量气体的浓度增加及其对气候与环境的影响方面存在许多不确定因素, 但从物理的角度看, 由于 CO_2 的温室效应机理是清楚的, 未来全球性增暖的趋势是必然的. 为了获得更为准确的定量估计, 应大力加强碳及其它微量气体的排放量的预测研究; 加强对主导气候系统的一些主要物理过程, 如云辐射过程、海气、地气相互作用的研究; 加强微量气体的辐射收支的研究; 加强数值模拟和一些必要的监测工作. 要重点解决区域尺度的数值模拟问题, 针对我国未来一、二十年的气候变化作出预测, 为四化和国民经济建设服务.

参 考 文 献

- [1] The WMO/ICSU/UNEP International Assessment of The Impact of an Increased Atmospheric Concentration of Carbon Dioxide on the Environment, October, 1985, Villach, Austria.
- [2] Bolin, B., 1983, in The Major Biogeochemical Cycles and Their Interactions, SCOPE 21, 41—45, John Wiley & Sons, Chichester.