

全球温室效应——经济上的影响和 政策上要考虑的问题

Edward B. Barbier

虽然目前有关因大气中 CO_2 和痕量气体的累积而引起所谓“温室效应”的论据尚不充足，但人们对这一问题正日益关注。大多数科学家似乎同意现在每年燃烧矿物燃料释放的碳量约为 50—52 亿吨，热带土地使用的变化是至少 4—16 亿吨碳的净来源（森林砍伐占 3—13 亿吨，土地有机质的减少占 1—3 亿吨）。可能有 1 亿吨碳是从石灰窑内释放的，0—1 亿吨是因非热带生态系统中土地使用的变化释放的。这表明每年碳的排放总量可能达 55—70 亿吨。

结果，大气中的 CO_2 浓度已从前工业

期（约 1750 年）的 280 ppmv（百万分体积比）按指数增加到 1958 年的约 315 ppmv 和 1985 年的约 346 ppmv。一个有关碳释放量上限的构想提出，到下个世纪中叶 CO_2 浓度可能达到前工业期水平的 2 倍，而一个有关下限的构想则认为 2100 年前 CO_2 浓度将不会增加 1 倍。

可是现有的证据表明：痕量气体排放的增加将明显加剧 CO_2 的温室效应。目前有最大辐射效应的大气痕量气体是甲烷（ CH_4 ）、一氧化二氮（ N_2O ）、对流层中的臭氧（ O_3 ）和氯氟烃（CFC），虽然它们的贡献还比较小。

CH₄和N₂O的排放明显与人类污染物的增长和农业发展有关,而CFC(和O₃)的排放则主要是某些工业过程和产品的一种副产品。由于这些经济活动的结果,预计大气中痕量气体的浓度会很快增加。因而在未来的50年内,痕量气体的辐射效应可能超过不断增加的CO₂浓度的效应。特别是CFC将对温室效应产生日益重要的影响,仅次于CO₂。

计入痕量气体的增暖效应,等效于CO₂倍增的时间最早可能于2030年出现。按最好的推测,到那时我们可能经受比现在高1.0—2.1℃的实际温度变化,而由于海洋热惯性的滞后效应,我们可能面临最终比现在高1.5—3.1℃的温度变化。

本文假定以上学术上的意见是正确的,来讨论这种温室效应最可能的经济和环境后果。这种讨论是高度推测性的,因为现在对于可能的气候变化或它们对生态系统或经济活动的影响还缺乏充足的认识。不过现在的证据确实给出某些造成经济和环境的一般迹象。目前,大多数注意力一直集中在对农业的影响上,因为农业活动最直接受气候的变化而改变,但人们越来越对气候变化可能给林区造成的影响和有关海平面上升的效应问题表现出关切。

认识这些潜在的影响及它们发生的可能性和严重性,对确定合适的政策响应是具有决定意义的。当我们仅仅处于对全球增暖构想中可以采用的政策选择方案进行评价的初始阶段时,对每一选择方案的成本和效益作全面分析还不可能。当我们开始更全面地评价这种构想的影响时,同时开始考虑适当的政策响应就日益成为不可缺少的。特别是我们必须对三种可能的响应(即“什么都不干”,实施“预防”措施和采取“适应”措施)的相关费用和效益开始进行评估。

一、温室效应和气候
变化：两种构想

温室效应引起的全球增暖可能是不规则

的,在赤道温度增高只有0.5—1℃,在中纬度是2—3℃,而在两极则多达4—7℃。这种分布的结果是可能会改变气候带和降雨型。区域内降水季节分布的变化可能也是显著的。从长期来说,两极将经历最大的变化,并存在极地冰盖融化而足以使全球海平面升高的可能性。因此,有必要区分两种可能的构想:短期内区域降水和气候带变化的“最大可能”构想,以及更“引人注目”的长期全球海平面上升构想。

全球增暖引起的后果如表1所示。对于30—60°N的中纬度主要粮食产区来说,温度的高速变化率可能对森林生态系统和半干旱区灌溉农业有最严重的影响,这些区域将遭受夏季高温和加剧的干旱之苦。可是,由于气候变率在热带(5—35°N, S)半干旱区已是主要问题,所以预报的一个季节以上的降水减少将对农业有害,也对薪材的可供率产生不利影响。这种情况可能受增温而造成的土壤水分减少而进一步加剧。另一方面,湿润热带区增大的降雨强度可能意味着更多的热带风暴和洪水,它们将影响海岸和江河区,也会使山区土壤受到严重侵蚀。

表 1 区域气候变化构想

区 域	温度变化(全球平均的倍数)		降水变化
	夏季	冬季	
高纬度(60—90°)	0.5 x — 0.7 x	2.0 x — 2.4 x	冬季增强
中纬度(30—60°)	0.8 x — 1.0 x	1.2 x — 1.4 x	夏季可能减少
低纬度	0.9 x — 0.7 x	0.9 x — 0.7 x	现在降大雨的地方增强

取自 Jill Jaeger 1988年5月论文

最近对过去暖期的一些研究表明:

1. 美国中西部年降水量比现在少10—20%,气候型相似于本世纪三十年代的尘钵(Dust Bowl)期;
2. 非洲和印度年降水量可能比现在多300毫米(50—70%),撒哈拉和拉贾斯坦两个沙漠被干旱的热带稀树草原和干草原覆

盖；

3. 欧洲很大部分的冬季温度是较低的，而且年际变化较大；降水春夏季减少，秋冬季增多。

近年来科学界普遍一致认为全球增暖会引起全球海平面升高。其主要原因是海洋的热力膨胀和陆地冰可能的融化(或积聚)。20世纪里，海平面大致已升高了7—17厘米，但这不可能完全由温室效应引起。以上面观测到的变化为基础，我们假定预计的全球 $1.5—3.1^{\circ}\text{C}$ 的增暖会导致海平面升高20—165厘米。到2030年海平面上升的“最好推测”是20—40厘米，可是升高有可能多达1.5米。其结果是海滩和海岸被淹没，土地使用改变(特别是在沿岸和江河区)，湿地丧失，洪水发生频率和严重性增大，港口设施、沿岸建筑物及水管理系统遭到破坏。地势低洼的国家和岛国受这种变化的影响可能最严重。

在极悲观的构想中，由于大气 CO_2 增加到600 ppmv以上引起的 $2—4^{\circ}\text{C}$ 温度上升会造成极地冰盖的融化，足以使主要海洋的海平面升高5米或更多。可是，一般认为西南极的冰原崩解不会马上到来，如果这种情况发生，也得花费一个世纪或更长的时间。另一方面，已经观测到西南极冰原的一些崩解作用，沿冰原上一条1200 km的冰锋，每年有约 500 km^3 的冰沉入海中成为巨大的冰山。这可能导致海平面每年升高1.5毫米，这种情况实际上已由独立的全球潮汐型式研究观察到了。以上趋势还不是结论，在能够对这种构想的可能性和确切时间进行可靠的评估前，还需要作进一步研究。

二、短期效应：农业和生态的破坏

在不久的将来，全球增暖最可能影响的是全球降雨的分布。由于降水型式改变，气候带将会移动，地球上的主要农作区和植被覆盖也将移动。

1. 农业

因全球增暖而经受风险的主要生产区有：

1) 北半球中纬度半干旱灌溉区，特别是美国中西部；

2) 易遭受过多降水、猛烈风暴和洪水的亚洲、太平洋和加勒比地区湿润热带的地势低洼国家和岛国；

3) 非洲和南亚的热带干旱和半干旱区，西亚和北非的地中海气候区，这些地区本来就容易受气候变化的影响；

4) 多雨的山地和高原区，特别是土壤贫瘠的地区；

5) 纬度极北的牧区。

例如，Bryson估计，由于大气中的 CO_2 增加，在1957—1970年间全球日平均温度 0.1°C 的上升已导致西非萨赫勒年降水量减少86毫米。事实上这一时期的减少量超过96毫米。类似地，Glantz和Ausubel已论证过，如果大气中 CO_2 的积累使美国大平原干旱的频率、持续时间和严重程度增加的话，Ogallala蓄水层(地下含水的多孔岩石地质层)就会出现地下水的迅速耗减。该蓄水层是西部八个州的一个地下水源。地下水储量的耗减可能对农业产生严重后果。

表2总结给出世界一些主要水系预计因全球增暖而引起的流量变化。这些江河流量或储量的改变不是导致地面和地下流量的短缺，就是引起能给灌溉农业带来灾害的更频繁的洪水。在许多国家里，与准确的季节性三角洲洪水淹没和径流变化相联系，集中发展了灌溉农业系统。季节性的流量变化可能意味着耕作受到严重破坏。此外，许多水系没有足够的水控制和管理设施来应付洪水淹没或地下水储量的变化。例如，在湿润的热带低地，其结果可能造成包括泰国、老挝、柬埔寨、越南、印度、中国和孟加拉国等国在内的巨大三角洲地区被破坏性的洪水淹没。

更详细的对美国西部和中西部半干旱各州水系受温度升高影响的分析指出：仅仅中

等的温度变化就会给农业造成严重的破坏。例如，温度上升 2℃及降水减少 10%时，可造成流入江河的地面径流减少 40—76%。这一结果意味着水的需要量超过供给量的 20%—270%。

美国科学院的一项研究得出结论：虽然 2000 年前美国 CO₂ 浓度达到 400 ppmv 的直接影响可能使精心管理的作物增产 5%，但伴随出现的温度上升 1℃和降水减少 5—10%，实际可能对农业生产产生负的净效应。有关对作物影响的另一些分析也指出：较暖的平均温度对北美和西欧中纬度地区的小麦和玉米产量是有害的。对于目前的技术水平和作物品种来说，突然的 2℃增温，即使降水无变化，也可能使平均产量减少 3—17%。

表 2 预计主要水系受 CO₂ 引起的气候变化影响时流量的变化

A. 流量减少的河流	
河流	位置
黄河	中国
阿穆河	苏联
埃依尔河	苏联
底格里斯-幼发拉底河	土耳其、叙利亚、伊拉克
赞比西河	津巴布韦、赞比亚
圣弗朗西斯科河	巴西
B. 部分流量和储量受损的河流	
刚果河	中部非洲
罗纳河	西欧
波河	西欧
多瑙河	东欧
长江	中国
里奥格兰德河	美国、墨西哥
C. 流量增加的河流	
尼日尔河	非洲
沙里河	非洲
塞内加尔河	非洲
沃尔特河	非洲
青尼罗河	非洲
湄公河	印度支那
布拉马普特拉河	南亚

摘自 Roger Revelle 1982 年论文

可是，最令人关注的是发展中国家农业耕作区贫瘠土地对气候变化的敏感性问题。

全球增暖会如何与现在受影响的热带干旱、半干旱雨养作物地、牧场日益沙漠化相互作用，这一点很不确定。目前 13 亿公顷牧场地(干旱地总量的 35%)和 1.7 亿公顷雨养作物地(干旱地总量的 30%)都严重或十分严重地沙漠化了。预计 2000 年前沙漠化在南美安第斯和非洲苏丹·萨赫勒南部牧场地将有很大的加速，苏丹·萨赫勒和南亚部分地区小范围内也会有很大加速。热带非洲、南亚和南美雨养作物地的沙漠化正在加速发展。

总之，全球增暖对全球农业和人类福利的影响无疑将不规则地扩展。Oram 指出：在分析这些影响时，“第一步应考察粮食的全球供需情况，重点放在用作食品和饲料的谷物上，以及主要的消费国和出口国上”。两类应考察的主要国家是北半球的主要粮食出口国和低收入、粮食依靠进口的发展中国家。很明显，在这两类国家中，农业对变化的气候和环境条件的适应能力也是不均匀地分布着。“谷物紧张的形势下，价格上涨，富裕国家的需要量占第一位；没有多少剩余产品容许出售或援助给发展中国家。国际上主要粮食出口国可能明显收益；交易能力本来就弱的粮食进口国，这些国家的穷人，特别是无地劳动者将是主要的受害者”。

总的说来，温室效应对经济的影响很大程度上取决于面对气候不稳定的形势，因农业的改变和适应而不断上涨的价格，以及对全球粮食生产型式、分布和对许多发展中国家的粮食保障可能产生的严重后果。所以，第三世界的千百万人民维持即便最低的营养标准也需要世界农产品有剩余，并以进口或援助的方式得到这些粮食。

北半球国家粮食产量的下降，可能使全球缺粮长期存在，或者使价格抬高到超过低收入、进口粮食的发展中国家能承受的水平。不论出现哪种情况，维持第三世界千百万人生存的能力将取决于北半球国家按低价提供现有的全球供给和为全球人口建立一个

国际粮食保障体系的政治愿望。北半球国家不仅必须拿出更多的经济资源来把其自身的农业体系调整得能适应全球变化中的气候,而且还必须愿意花费另外的资源来支援全球粮食保障体系和扩大发展中国家的农业投资项目。这两项措施中的每一个都可使发展中国家承受住全球增暖带来的价格冲击。

2. 林业

气候变化对世界主要生态系统的影响也会涉及到人类的福利。对于主要森林系统特别如此,这些森林对稳定区域气候至关重要。例如北半球高纬区发现的北方森林可能是特别易受影响的。一些研究表明,增温可能导致北方森林为冷温带森林或干草原所取代,具体取决于伴随的降水变化。高纬区较暖的条件可能导致北方森林面积大量减少和其边界向极移动。相反,根据冰岛条件的一项研究估计,气候变暖时,北方林系的生长会净增。虽然如此,北方森林的任何重大变化(无论是净增还是减少)最可能影响北半球高纬区的综合生态平衡,并导致局地气候带和植被覆盖间重要的反馈效应。

对北半球中纬度温带森林来说,每十年 $0.8-1.0^{\circ}\text{C}$ 增暖的高速率将产生包括2000—2050年间大片森林枯萎在内的重要影响。结果是越来越多的生产林需要补种和加强管理。另外,如果重要的国家公园和野生动植物生境大部分被毁灭,也会对游憩地的价值产生影响。

对全球主要热带雨林也可能有令人吃惊的影响。典型的热带雨林,如阿马索尼亚林系,是依靠年平均温度的微小变化(如 3°C)和很高的年降水量(如1500—3000毫米)而生存的。如果这些条件改变,就会使热带森林独特的气候和营养循环系统不稳定,还可能影响邻近的生态环境和气候带。由于预计热带森林砍伐近几十年内会增加,所以温室效应引起的附加胁迫效应可能造成比没有温室效应时更快的热带森林砍伐速度。这种热带森林的砍伐不仅对温室效应起重要作用,

而且热带森林本身也可能沦为由此而引起的全球增暖的牺牲品。

三、长期效应:海平面上升

虽然以上提到的西南极冰原陷落的悲观构想可能一、两个世纪内不会出现,但一旦发生,许多科学家都认为可能引起全球海平面上升。即便一次中等程度的海平面上升都可能产生严重后果,特别是对地势低洼的国家、岛国和沿岸国家。

对海岸环境的初级影响系由海岸侵蚀速度增大、盐分浸入地下水系和沿岸生态系统、暂时和永久被淹(包括风暴大潮的危险)等引起。它们进而又对农业、水资源、商业和住宅区的财产、能源系统和运输系统等产生二级影响。可根据它们的第三级影响(对人类健康、经济损失、重要环境的丧失和对社会的破坏作用)来评估其效应。对减少可能有害效应的政策和战略评估取决于一、二、三级效应的影响评价。

几乎每个有接近海平面的重要地区的国家都会受到影响。例如即使海平面上升一米,也需要花费100—1000亿美元来维护美国东海岸受威胁的海滩和沿岸地区。对特拉华河口的一项研究表明,在未来40年内,上游水库需要增加1.36亿立方米的容量,来保护费城家庭用水供应不受咸水的侵入。

低洼而人口稠密的一些国家受影响更大。例如荷兰现有的河堤及防风暴大潮的设施对0.7—2米的海平面上升不得不花费31—88亿美元的费用加固。相比之下,孟加拉国恒河-布拉马普特拉河-梅格纳河三角洲人口稠密的主要农业洼地则总是遭受频繁的热带气旋、风暴大潮和洪水的侵袭。如果上升的海平面使风暴大潮的危险增大并加剧土地的破坏,其后果可能是灾难性的;海平面上升及河系下陷结合起来会淹没三角洲区,并使800—2400万人居住的地方受到威胁。

海平面0.5米的上升也会严重影响小海岛,特别是加勒比海和太平洋上的礁石岛和

环礁岛。其结果可能是岛的面积大大减少、岛移位、海岸线缩短。其他直接影响包括，由于盐水侵入，可以得到的淡水减少，更大面积遭受盐碱化，以及加剧海浪和风暴破坏的危险。海平面上升意味着适合生产粮食的土地减少，造成广泛的粮食短缺，加剧营养不良和健康问题的危险。海岛人口不得不离开沿岸地区，从低岛迁移到高岛、城市中心或大陆上的国家。

以上证据表明：如果下世纪有较大的海平面上升，就可能给全球生态系统和生活水平带来自工业革命以来的最重大变化。沿岸人口从岛屿迁移到保留下来的许多陆地区将使人口密集，进而给这些内陆地区的人-自然的平衡带来更大压力，许多以前一直不受干扰的生态系统区被人类接管以替代受淹耕作区和工业区。所造成的对生物圈的压力可能是无法承受的。另一方面，如果海平面上升过程是要经过一个世纪才出现的渐变过程，并得到仔细的监测和准确的预报，那么有些后果通过建造长堤和水控制系统，以及把人口和经济活动转移到不受影响的地区可以避免。不过，这样做还要涉及全球重要的经济和政治合作以及很大的花费。通常，具有较好天赋资源的富裕国家总想“照顾他们自己”，而不愿帮助那些不太幸运的地区减轻重担。对所有国家来说，认真监测海平面上升至少会加强必要的计划工作，减少一些未来大灾难的经济损失和社会负担。

四、结论：适宜的政策响应

在考虑适当的对全球增暖的政策响应时，必须记住问题的另外两个方面：气候变化不可预报的不连续性和它们夸大所谓“自然”灾害的可能性程度。例如评论温室效应时，Broecker认为地球的气候变化很可能是突然的而不是渐变的。他说：“地球的气候不会以平稳和渐变方式对强迫作用作出响应。它以对涉及地球系统大尺度改组的急剧跃变作出响应。如果这种自然记录的读数是

正确的，那么我们必须考虑以下可能：地球系统对大气激变的主要响应将是在时间上和大小上都不可预报的跃变。对付这类变化显然是比对付逐渐增暖更为严重的问题”。

类似的，“按照对环境和社会经济的影响，平均气候或海平面的缓慢变化在有危险的极端事件中可能经常表现为巨大变化”。在设计抵消温室效应的政策措施时，缓慢的和巨大的气候变化都需要认真加以考虑。

图1表示对全球增暖的政策响应的可能范围及它们参与温室效应“因果链”的适宜阶段。请注意，主要的利弊权衡是在以下两者间进行的：当前什么都不做（这显然不需要什么经常费用，但在减少脆弱性和改进效应方面无疑会带来更高的未来成本）；为避免预期的未来成本，在控制和减少矿物燃料的排放，或更好地维持热带森林管理方面大量投资。

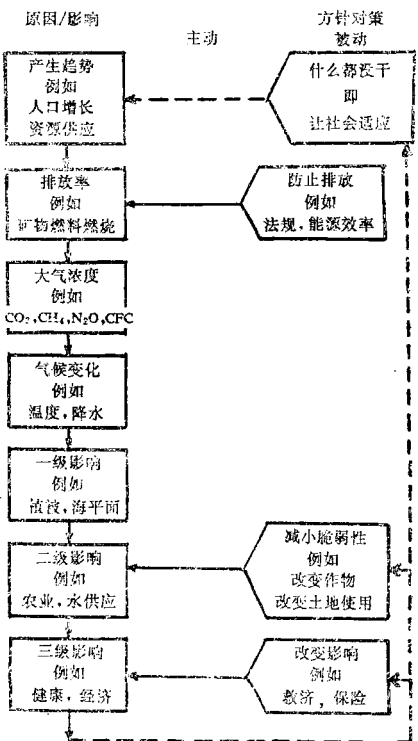


图1 温室效应、影响和政策响应框图[摘自R. A. Warrick 等人(1988)]

我们对在全球增暖构想中可供选择的政
(转封四)

(接57页)

策方案性质的认识仅仅处于初始阶段,对每种选择方案成本和效益作出全面的评估还不可能。

以下提出一些为控制全球增暖及限制其影响的适应和预防措施。

适应措施包括:

1. 在北半球一些国家还能以较低成本生产剩余农产品时,发展全球粮食保障系统;

2. 给发展中国家,特别是半干旱和易出现洪水地区的国家提供额外的财政援助,帮助他们建立自给的农业基础结构、适合的技术以及改进水管理和控制;

3. 为了扩大粮食生产和发展能维持生计的农业,给第三世界国家分配发展资金;

4. 国际间尽力阻止日益加速的全球沙漠化趋势;

5. 在人口阻碍发展的地方,支持抑制人口增长的措施。

预防措施包括:

1. 减少矿物燃料的燃烧,特别是通过开发非矿物燃料能源和提高从矿物燃料提取有用能的效率方面加以实现;

2. 减少从其他人类活动源排放的痕量气体;

3. 增加对污染物的监控,发展“清洗”工艺过程,在燃烧矿物燃料时,回收和重复利用碳及其他排出的痕量残留物;

4. 通过交替发展战略和鼓励措施制止不必要的热带森林砍伐;

5. 加快砍伐区的再植速度,鼓励造林和改进森林管理。

最后,对于温室效应这一可能对未来产生重要影响的问题来说(它受对气候变化和海平面上升估计的不确定性,以及我们现在的全球经济活动型式承受能力的的不确定的影响),迫切需要做进一步的研究。可喜的是对温室效应的研究工作正在不断增加。但下一个紧迫的步骤是对现在可以得到的政策选择作更严格的分析。这进而需要在将来的研究中在三个主要方面继续推动国际间的合作:

1) 监测气候变化、海洋和大气环流、生物地球化学和其他生态过程、海平面和冰盖变化; 2) 研制用于预报气候和海平面变化引起的突然灾害的警报系统; 3) 分析全球增暖影响以及改善它们所必需的适应和预防措施的费用和效益。

王延禄 节译自《Natural Resources Forum》Vol. 13, No. 1, 1989 Feb.

林泉校