

气候变化 2001: 减缓

技术摘要

政府间气候变化专业委员会第三工作组报告

工作组或委员会届会“接受”IPCC报告，指该材料未经逐行讨论并取得一致意见，但它对所涉及的主题仍提出了全面、客观和平衡的观点。

主要作者：

Tariq Banuri (巴基斯坦), Terry Barker (英国), Igor Bashmakov (俄罗斯), Kornelis Blok (荷兰), John Christensen (丹麦), Ogunlade Davidson (塞拉利昂), Michael Grubb (英国), Kirsten Halsnaes (丹麦), Catrinus Jepma (荷兰), Eberhard Jochem (德国), Pekka Kauppi (芬兰), Olga Kruskina (俄罗斯), Alan Krupnick (美国), Lambert Kuipers (荷兰), Snorre Kverndokk (挪威), Anil Markandya (英国), Bert Metz (荷兰), William P. Moomaw (美国), Jose Roberto Moreira (巴西), Tsuneyuki Morita (日本), Jiahua Pan (中国), Lynn Price (美国), Richard Pichels (美国), John Robinson (加拿大), Jayant Sathaye (美国), Pob Swart (荷兰), Kanako Tanaka (日本), Tomihiro Taniguchi (日本), Ferenc Toth (德国), Tim Taylor (英国), John Weyant (美国)

编审：

Pajendra Pachauri (印度)

1. 报告范围

1.1 背景

1998年召开的政府间气候变化专业委员会 (IPCC) 全会就 IPCC 第三次评估报告 (TAR)，责成第三工作组对减缓气候变化的科学、技术、环境、经济和社会等方面进行评估。这样一来，本工作组的授权就从第二次评估报告 (SAP) 对气候变化（包括适应）的经济社会尺度主流科学的评估，转为对控制温室气体 (GHG) 排放和／或增强温室气体汇的选择的、跨学科的评估。

自第二次评估报告出版以来，气候变化减缓领域的研究工作，在一定程度上受到了1997年达成的《联合国气候变化框架公约京都议定书》(UNFCCC) 等政治变化的影响，本报告吸纳了这些研究成果并对它们进行了评估。本报告还吸收了若干 IPCC 特别报告¹ 中的内容，以及在1999年到2000年期间，由IPCC与其他单位共同主办的会议及专家会议、特别是有助于第三次评估报告撰写的会议成果。本报告的技术摘要分成10个章节。

1.2 拓宽减缓气候变化的背景

本章把减缓气候变化、减缓政策以及报告的其它内容置于更为广阔的发展、公平和可持续性背景中予以探讨，这体现了《联合国气候变化框架公约》明确规定了、在寻求稳定温室气体浓度最终目标过程中需要遵循的条件和原则。《联合国气候变化框架公约》在稳定目标上强调了三个条件：即“这一水平应当在足以使生态系统能够自然地适应气候变化、确保粮食生产免受威胁并使经济发展能够可持续地进行的时间范围内发生”(第2条)。公约同时也提出了用于指导这一进程的几个原则：公平、共同但有区别的责任、预防措施、成本有效性措施、可持续发展权利以及促进开放的国际经济体系 (第3条)。

以前的 IPCC 评估报告试图通过对技术和政策手段进行综合性的描述、分类和比较，以便推进这种努力，这些技术和政策手段能用成本有效的、高效率的方式来实

现温室气体的减排。通过吸收近期进行的、将政策评估纳入到可持续发展背景下的气候变化分析结果，本次评估推进了这一进程。这一范围的扩展与相关的气候变化文献的进展是一致的，也与《联合国气候变化框架公约》对可持续发展认识的重要程度一致，这包括第3条第4款提出的“各缔约方有权利并且应当促进可持续发展”。因此，这次评估致力于缩小早期评估中存在的认识上的差距。

气候变化涉及到有关气候、环境、经济、政治、制度、社会和技术进步之间复杂的相互作用，它不能脱离广泛的社会目标（如公平和可持续发展）或其它现存的或未来可能出现的挑战，孤立地处理或理解。为了体现这种复杂性，在分析气候变化及相应的挑战时已经出现了多种多样的分析方法，这些方法将人们对发展、公平和可持续性 (DES) 的关注（部分地和逐渐地）纳入到他们的分析框架和政策建议中。每一种方法都强调问题的某些要素，重点放在确定响应政策类型上，比如说：优化政策、提高制定和实施响应政策的能力、加强减缓与适应气候变化与其他社会目标之间的协调以及强化社会学习。因此这些方法之间是互补的，而不是互相排斥的。

本章介绍了三类分析方法，他们的目标和分析工具并没有多大的区别。三种方法的着眼点分别为：效率与成本－效果、公平与可持续发展以及全球可持续性与社会学习。这三种方法之间的差异在于他们的出发点不同，而不在于他们的最终目标。尽管分析的出发点不同，许多研究都试图用自己的方式将其他关注点纳入到分析框架中。例如，许多从成本－效果角度分析减缓气候变化的研究，在处理成本、效益和福利时试图考虑公平和可持续发展因素。与此相似，强烈倾向于国家间公平的研究，主张公平是为了确保发展中国家能够实现其国内的可持续发展目标，这一理念隐含着可持续性与效率双重含义。同样，关注全球可持续性问题的分析，则按照自己的逻辑来对全球效率和社会公平构造案例，在模型中全球效率通常是把物流和生产脱钩后进行模拟的。换句话说，三种分析角度都能引导作者将其研究出发点以外的问题用某种方法来整合。这三类分析都是用不同的、但高度互补的方法来探索减缓气候变化与发展、公平和可持续性三个目标之间的关系。但是，由于这三类分析针对的问题不同，而且关注不同的因果关系，采用不同的分析工具，得出的结论也不尽相同。

¹ 特别是航空与全球大气特别报告，技术转让方法论和技术问题特别报告，排放情景特别报告以及土地利用、土地利用变化和森林特别报告。

不存在对任何层面上的问题都特别适合的分析角度。本报告认为三个分析角度是高度协调的，最主要的差异在于被问及的问题的类型和寻找的信息种类。实际上，现有文献已经包含了新的问题和新的分析工具，包容而不是排斥从其他角度进行的分析。可以认为随着分析者对不确定性问题的意愿和认识能力的逐步提高，气候政策分析的范围和程度被逐渐了解。

气候政策分析的第一个角度是成本有效性。它代表传统气候政策分析的领域，并且在第一次到第三次评估报告中均得到了很好的阐述。这些分析一般由下面的问题直接或间接驱动，即在反映特定的社会经济预测下，对于一个给定的温室气体排放基准情景，对全球经济发展最成本有效的温室气体减排量应该是多少？在这个框架下，最重要的问题包括测定各种减排技术的性能指标，以及如何消除阻碍实施那些对减排贡献最大的政策措施的障碍（如目前的补助金）。从某种意义上说，问题的焦点已经集中在通过对减缓政策与经济发展之间相互作用的分析，来确定有效的途径。这种相互作用受公平和可持续性考虑的制约，但并不受后者的主导。在这个层面上，政策分析几乎总是在现有的制度和个人偏好给定的条件下展开的，这些假设条件在十年或二十年的时间尺度内可能是有效的，但对于几十年的时间跨度，这些假设条件可能更值得质疑。

气候政策分析的第二个角度是公平性。促使气候政策分析和讨论的范围扩展到包括公平性考虑在内的推动力，不仅仅是为了分析气候变化及减缓政策对全球整体福利的影响，而且也为了研究气候变化及减缓政策对于现存的国家间和国内不公平问题的影响。有关公平与气候变化方面的文献在最近的20年中已经明显增多，但对于“什么构成公平”并没有达成共识。一旦将公平问题引入到评估的议事日程，在探索有效的减排途径时，该问题无疑将成为重要的组成部分。有相当多的研究表明，那些认为政策不公平的人们可能会阻碍、甚至抵制环境政策，这些文献已经受到了人们的重视。根据这些研究成果，我们就很容易理解为什么一旦人们普遍认为某个减排战略不公平，就会反对这个减排战略，或者认为该战略不是最优的（甚至是不可行的，就象非附件一国家永远不参与减排的情形一样）。事实上，一些成本—效果分析已经揭示了公平性措施对政策设计、国家前景和区域背景的敏感性，为应用这些文献奠定了基础。实际上，

成本—效果分析也突出了有关发展和可持续性的其他措施所存在的类似敏感性。如前面所述，对于公平考虑的分析已经集中到发展中国家的需求上，特别是在公约第3.4款所表述的推进可持续发展的承诺。各国对所考虑的情景基准线及减排选择的范围有着各自不同的理解。对一个特定的国家来说，可行的和／或所要求的气候政策明显依赖于其可获得的资源和体制、以及包括气候变化在内的总体目标。如果承认各国之间的这种差异，就可能产生与目前所考虑的政策选择不同的范围，并可能揭示出不同部门在能力上的差异，也可能有助于非政府参与者在改善自身的减排能力方面，正确评估自己能够做什么。

第三个角度是全球可持续性和社会学习。在可持续性已经以各种不同的方式纳入到了分析之中的同时，有一类研究将全球可持续性问题作为分析的出发点，这些研究重点探讨各种不同的道路来实现全球可持续性发展，如何打破经济增长对资源的依赖关系以及如何打破依赖生产的福利增长方式。举例来说：通过生态智能型的生产系统、资源消耗少的基础设施和适当技术来打破经济增长对资源的依赖；通过适中的生产水平、生产系统区域化分工，以及改变生活方式来打破福利增长对生产的依赖。从这一角度确定约束条件和机遇的一个比较流行的方法是确定未来的可持续发展状态，然后研究可能的和所希望的转变途径。对于发展中国家来说，就可能提出许多有别于发达国家过去所追求的发展战略。

1.3 各种分析角度的综合

各国应该如何响应减缓挑战，以便充分考虑成本—效果和效率、狭义的分配问题、广泛的公平性以及可持续性等目标？随着对这个问题讨论的深入，要回答如何才能最好地应对气候变化威胁这一难题变得越来越复杂。实际上，一旦认识到这些多领域问题是相互关联的，就要求决策者和国际谈判者把那些气候变化范围之外的问题纳入其考虑范围之中，从而使决策者和国际谈判者面临的任务更加复杂。因此，决策者应该认识到：在这个广阔的视野内制定新政策必须整合各种科学认识，而不是简单地以小部分研究人员或国家提出的抽象的学术理论或者狭隘的地方利益为基础。成本—效果、公平和可持续性在《联合国气候变化框架公约》中已经被确定为关键的问题。这也是赋予第三次评估报告起草者的主要任务之一。成本—效果、公平和可持续性与气候变化政策的内

在统一，本身就是《联合国气候变化框架公约》的宗旨之一。

日益增加的有关气候变化减缓的文献表明：对减少温室气体排放量极其有效的政策可能不是简单地追求某个特定基准线下减排成本最低的政策。因此，一揽子的政策和分析方法将比仅仅依赖于狭窄的政策手段或分析工具的方法更加有效。政策手段和分析工具范围的扩展，除了给决策者更灵活的方式来实现气候目标之外，还通过增加清晰的额外政策目标来提高气候政策的公众接受程度，尤其是拓宽了无悔²选择的范围。最后，这也有助于根据短期、中期和长期目标制定相应政策。

为了使效果更好，组合分析方法也要求对一系列依据长期目标所提出的广泛的政策影响和成本赋予权重。在构思气候政策时，需要考虑那些目标更为广泛的政策对气候的影响，以及气候政策对实现这些目标的可能影响，这些目标包括发展、可持续性和公平等内容。作为分析过程的一部分，每个政策手段的机会成本和影响都是根据这些多重目标所定义的多重准则进行评估。此外，需要考虑的决策者或利益相关者的数量也有所增加，除了国家决策者和国际谈判人员之外，还包括国家、地方、团体、社区中介以及非政府组织（NGO）。

“辅助效益”一词在文献中通常指特定的减缓气候变化政策产生的、除了温室气体排放以外的辅助或附带效益。这样的政策不仅对温室气体排放产生影响，而且也对其他问题产生影响，如减少当地和区域的化石燃料使用所造成的空气污染物排放，还对诸如交通、农业、土地利用、生物多样性保护、就业和燃料安全等问题产生间接的影响。有时也称之为“负面影响”，以便反映在某些情况下这些效益可能是负的事实³。另外，还引入了“减缓能力”的概念，作为一个可能的方式来整合今后从三

² 与第二次评估报告一样，在本报告中无悔选择定义为那些通过诸如减少能源成本以及减少当地/区域排放量所获得的效益等于或者大于其社会成本的选择，不包括避免气候变化所获得的效益。这种选择也叫做负成本选择。

³ 在本报告中，“共生效益”一词有时也用来表示政策选择的额外效益，这些政策的执行同时出于各种各样的原因，认识到大多数涉及减缓温室气体的政策设计也有其他、通常至少同样重要的、合理的目标，例如，涉及到发展、可持续性和公平的目标。避免气候变化的效益并没有包含在辅助或共生效益中，另见第7.2节。

个分析角度得出的研究结果。减缓能力的决定因素包括技术和政策选择的可获得性，以及承诺实施这些选择的资源的可用性。这些决定因素都是第三次评估报告中的关注重点，但第三次报告涉及的因素要比这些更多。减缓能力也取决于各国促进可持续发展的具体特色，例如，资源的分布、不同人口段的相对参政能力、决策者的威信、气候目标与其他目标的互补程度、可靠的信息与分析结果的获得、获得信息后的行动意愿、在代际和代内间分散风险的能力等。考虑到减排能力的决定因子在本质上与第二工作组报告提出的适应能力概念的决定因子是一致的，因而这种方法为我们评估减排和适应选择提供了一个完整的分析框架。

2. 温室气体排放情景

2.1 情景

为了考虑气候变化的最终风险，评估气候变化与人文系统和环境系统其他方面的相互作用，以及引导政策响应，需要从长远的角度对未来的可能性进行多种多样的展望。情景分析为人们提供了一个组织信息以及探讨未来发展各种可能性的结构化工具。

每个减缓情景描述了一个特定的未来世界，包括特定的经济、社会和环境特性，以及隐含或清晰地包含有关发展、公平和可持续性方面的信息。由于参考情景与稳定和减缓情景之间的差异仅仅只是追加了慎重的气候政策，这就有可能使不同参考情景之间的排放量差异大于任何一个这种参考情景与其稳定或减缓情景之间在排放量上的差距。

本节概要介绍了三类情景文献：自第二次评估报告以来，出现了一般的减缓情景；以叙述为基础的情景一般出现在有关未来的文献中；以IPCC《排放情景特别报告》中开发的新的参考情景为基础的减缓情景。

2.2 温室气体排放减缓情景

本报告从188个资料来源中考虑了519个量化的排放情景结果，这些情景中的大多数产生于1990年以后。这里的评论集中于126个减缓情景，这些情景覆盖了全球的排放，时间跨度为整个21世纪。在所有一般的减缓情景

中，技术进步是一个关键性的要素。

根据减缓类型，又将这些情景分成四大类：浓度稳定情景、排放量稳定情景、安全排放通道情景以及其他减缓情景。所有评估的情景都包括与能源活动相关的二氧化碳(CO_2)排放量；有几个情景也包括来自土地利用变化和工艺过程的二氧化碳和其他重要温室气体的排放。

在评估的情景中，所采取的政策选择考虑了能源系统、工艺过程、以及土地利用，这些政策的选择依赖于根本性的模型结构。大部分情景都简单引入了碳税或有关排放量或浓度水平的约束；有的模型进行区域划分，并引入了区域目标；在最近的研究中，还引入了排放许可证贸易；一些模型采用有关供应侧的技术引进政策，而另一些模型则强调有效的需求侧技术。

在不同地区之间减排量的分配仍是一个有争议的问题。只是在最近的一些研究中，在其情景中就这种分配提出了清晰的假设。一些研究提出了将全球排放贸易作为降低减排成本的机制。

在所有一般的减缓情景中，都将技术进步作为一个关键性的要素。

对31个将二氧化碳浓度稳定在550 ppmv⁴情景（及基准线情景）特征的详细分析，得到以下几点认识：

- 基准线有非常大的取值范围，这反映了在假设上的差异，主要与经济增长和低碳能源供应有关。高速增长情景，倾向于在终端利用技术效率的进步方面假设高的水平；不过，人们发现碳强度的降低，在很大程度上独立于经济增长的假设。未来的趋势范围显示，关注发展中国家情景的排放量偏离要比亚洲情景大。有关发展中地区的未来趋势极少能形成共识。
- 评估的550ppmv稳定情景，随减排时间路径的不同和区域间减排量分配不同而变化。一些情景认为排放贸易可以降低总减排成本，并能在非经济合作与

发展组织国家产生更多的减排。假设的减缓政策范围是非常宽的，一般来说，在基准线中已经假设采用高效率措施的情景，在其减缓情景中进一步引入效率措施的范围显得有限。在某种程度上，这些结论取决于模型输入的假设，而这些假设并没有假设重大的技术突破。相反，高碳强度降低的基准情景，在其减排情景中显示了较大的碳强度降低。

仅仅只有几个研究，报告了减缓非二氧化碳气体的情景。这些文献认为，有少部分的温室气体减排量可以在低成本下，通过包括非二氧化碳气体的减排来完成。为了明显减缓温度的上升，实现在研究中假设的气候目标，必须对二氧化碳和非二氧化碳排放两者都进行控制；甲烷(CH_4)的减排能更加快一些，这种气体减排比二氧化碳减排对大气有更直接的影响。

一般来说，减缓情景和减缓政策与其基准情景紧密相关是很清楚的，但并没有一个系统的分析阐述了减缓情景与基准情景之间的关系。

2.3 全球未来情景

全球未来情景并不是专门地或唯一地考虑温室气体排放。相反，这些情景只是对未来可能世界的、更加综合的“故事”型描述。它们能够补充更为量化的排放情景评估，因为它们考虑了一些难以量化的因素，如管理、社会结构和制度。即便如此，这些因素对于减缓政策的成功仍是至关重要的。谈到的这些问题反映了第一节中提出的分析角度的不同：成本—有效性和／或效率、公平和可持续性。

对这些文献的调查已经获得了相当数量的、与温室气体排放情景和可持续发展有关的认识。未来发展学家已经对大范围的未来社会情形进行了识别，从不同模式的可持续发展，到社会、经济和环境系统的瓦解。由于决定温室气体排放量的基本社会经济驱动因子的未来值可能发生大范围的变动，因此，设计气候政策变得非常重要，以便使这些政策能有弹性应对未来社会环境的大范围变动。

第二，温室气体排放呈下降趋势的全球未来情景所显示的是在管理方面的改进，加强了公平和政治的参与、减少了冲突，并且改善了环境质量。它们也趋于表现提高

⁴ 提及的特定浓度水平并不意味着一个达成一致的、要求在这个水平上稳定的目标。选择的550ppmv是基于现有文献主要研究分析这个水平的事实，也并不意味着任何认可这个水平作为气候变化减缓政策的目标。

能源效率，非化石能源替代，以及／或者转向后工业经济（服务业为基础的经济），人口倾向于稳定在比较低的水平，在很多情形下由于经济的繁荣，计划生育得到了推广，妇女的权利和机会得到了改善。一个关键的结论是可持续发展政策能为减排作出重大的贡献。

第三，驱动因子的不同结合是与低排放情景相一致的，这与《排放情景特别报告》的观点相同。这种做法的意义使人感到似乎是考虑了气候政策与其他政策之间的关联，以及在一般意义上，考虑有关选择未来发展道路的条件是非常重要的。

2.4 排放情景特别报告

由IPCC开发并发表在《排放情景特别报告》(SPES)中的6个新的温室气体排放参考情景组（不包括主动的气候政策）组成了4个情景“系列”。情景系列中的A1

和A2强调经济发展，但在经济和社会收敛程度上有所不同；B1和B2强调可持续发展，但在有关收敛程度上同样存在不同（见框TS-1）。总之，利用六套模型共开发了40个情景，这40个情景组成6个情景组，其中的6个情景，应该认为它们具有同等的合理性，被选择用来演示和阐述全部的这些情景。这6个情景包括四个不同的未来世界的标志情景以及A1FI和A1T两个情景，其中后两个情景阐述了A1世界中能源技术发展的不同模式（见图TS-1）。

《排放情景特别报告》中的情景主要有以下发现：

- 驱动因子变量的不同组合能够产生类似的能源消费水平和利用结构、土地利用模式以及温室气体排放。
- 在每一个情景系列中，未来的发展趋势存在着进一步分支的重大可能性。
- 排放轨迹动态变化，超出了《排放情景特别报告》的情景变化范围，他们描绘了趋势逆转以及在不同的情景下可能的排放量交叉情况。

框 TS-1 IPCC 《排放情景特别报告》中的排放情景 (SRES)

A1. A1情景框架和情景系列描述的是经济增长非常迅速的未来世界，全球人口到本世纪中叶达到顶峰，之后开始下降，而且新的高效的技术快速引入。主要的根本性假设就是区域趋同，区域间人均收入差距的实质性减少，能力建设、文化与社会的交互作用加强。A1情景系列进一步分为三个代表未来能源系统技术变化不同方向的情景组。这三个A1情景组的区别在于他们在科技方面强调点不同：化石燃料密集型情景 (A1FI)，非化石能源资源情景 (A1T)，或所有资源平衡发展情景 (A1B)（平衡点的定义为，不严重依赖于一种特定的能源资源，并假定所有的能源供应和终端使用技术以类似的速度不断改进）。

A2. A2情景框架和情景系列描述了一个非常不均衡的世界。根本性的假设是保持自给自足和区域性。不同区域之间的人口出生率收敛的非常缓慢，导致人口的持续上升。经济发展主要是区域导向的，人均经济增长和技术改变相对于其他情景框架更为零碎和缓慢。

B1. B1情景框架和情景系列描述了一个收敛的世界，其全球人口到本世纪中叶达到顶峰然后开始下

降，与A1情景框架相同，但其经济结构朝着服务和信息经济方向快速转变，并伴随原材料强度的下降和清洁且资源高效利用技术的引入。强调全球性的应对方案来实现经济、社会和环境可持续性，但并没有额外的、主动的气候政策。

B2. B2情景框架和情景系列描述了一个强调在经济、社会和环境可持续性方面区域性解决的情景世界。这是一个全球人口继续增长的世界，其增长率低于A2情景框架，经济发展处于中间水平，技术变化比B1和A1情景框架稍微快一点而且更多样化一些。另外，该情景框架也朝着环境保护和社会公平方向发展，并集中于当地和区域层面。

从A1B、A1FI、A1T、A2、B1和B2 6个情景组中各选一个作为演示情景。所有这6个情景都应认为具有同等的合理性。

《排放情景特别报告》中的情景并不包括额外的主动的气候政策，这意味着没有一个情景包含明确的、有关《联合国气候变化框架公约》或者《京都议定书》排放目标被实施的假设。

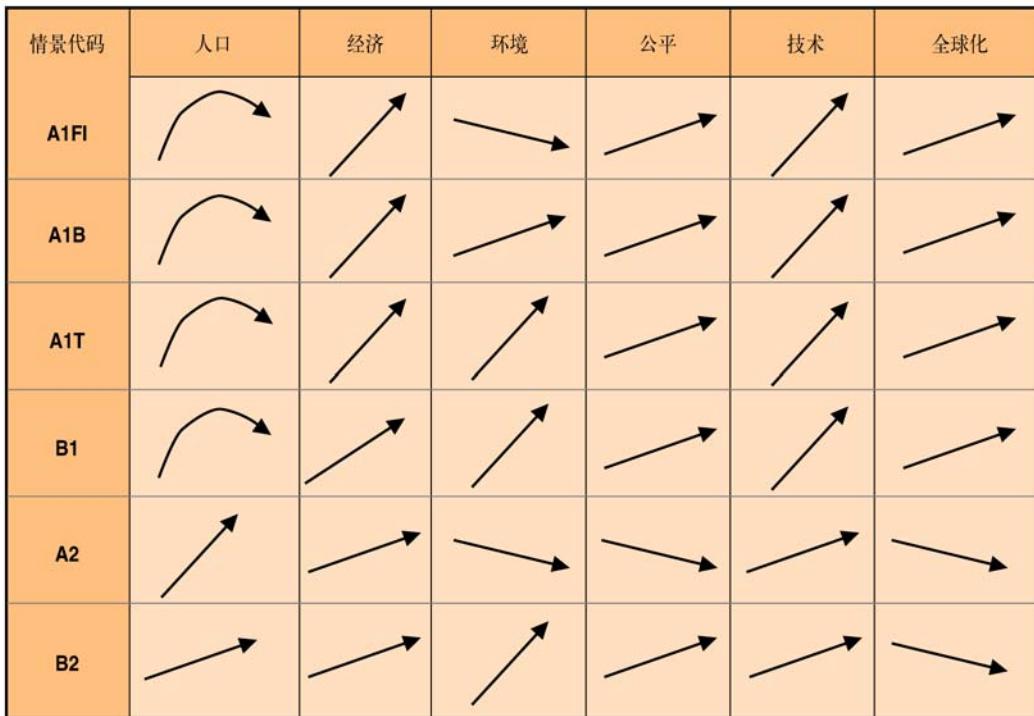


图 TS-1: SRES 情景中不同指标的量化趋向。

- 描述了可能的未来发展，包括一些内在的、似是而非的问题和不确定性。完全不存在一条而且仅仅只有一条可能的发展道路（比如“照常发展情景”概念）。由于多模型方法能够将模型输入参数选择造成的不确定性同特定的模型行为和建模引起的不确定性明确区分开来，因而多模型方法提高了《排放情景特别报告》中一整套情景的价值。

2.5 Post-SRES 减缓情景评估

认识到多重基准线在减缓战略评价中的重要性，最近的研究分析并比较了利用 SRES 中的情景作为其基准线的减缓情景。这就使得本报告能够对 9 个模型小组产生的 76 个“后排放情景特别报告 (Post-SRES) 减缓情景”作出评估。这些减缓情景都是在 6 个描述各种未来世界与减缓能力之间相互关系的 SRES 情景组的情景框架基础上进行量化的。

在基准情景量化方面的不同之处包括假设的情景框架、稳定目标以及所采用的模型。Post-SRES 情景覆盖了范围相当大的排放量轨迹，但明显低于 SRES 的范围。

所有情景都表明，随着时间的变化，二氧化碳减排量将增大。能源减少比二氧化碳排放量的降低幅度更大，这是由于在许多情景中，能源使用量的减少和二氧化碳排放量的减缓都是一次能源资源转变的结果。

一般来说，稳定目标越低且基准排放水平越高，要求偏离基准线的二氧化碳量越多，发生的这种偏离的时间也越早。A1FI, A1B 和 A2 所描绘的世界比 A1T, B1 和 B2 所描绘的世界，在执行技术和／或政策措施方面要求一个更加宽的范围和更有力度。450ppmv 的浓度稳定目标情形与 650ppmv 的情形相比，需要在早期出现更为强烈的排放量减少，即在未来的 20 到 30 年，在排放量方面有一个非常迅速的降低（见图 TS-2）。

一个关键的政策问题是在中期（在《京都议定书》承诺期以后）需要一个什么程度的减排量。Post-SRES 情景分析（大多数情景假设到 2020 年发展中国家的排放量将低于基准线）建议，如果将浓度目标稳定在 450ppmv，则需要附件一国家在 2012 年以后的减排量显著超过其在《京都议定书》下所作的承诺。同时还建议，如果将浓度目标稳定在 550 ppmv 或者更高，则到 2020 年并没有必

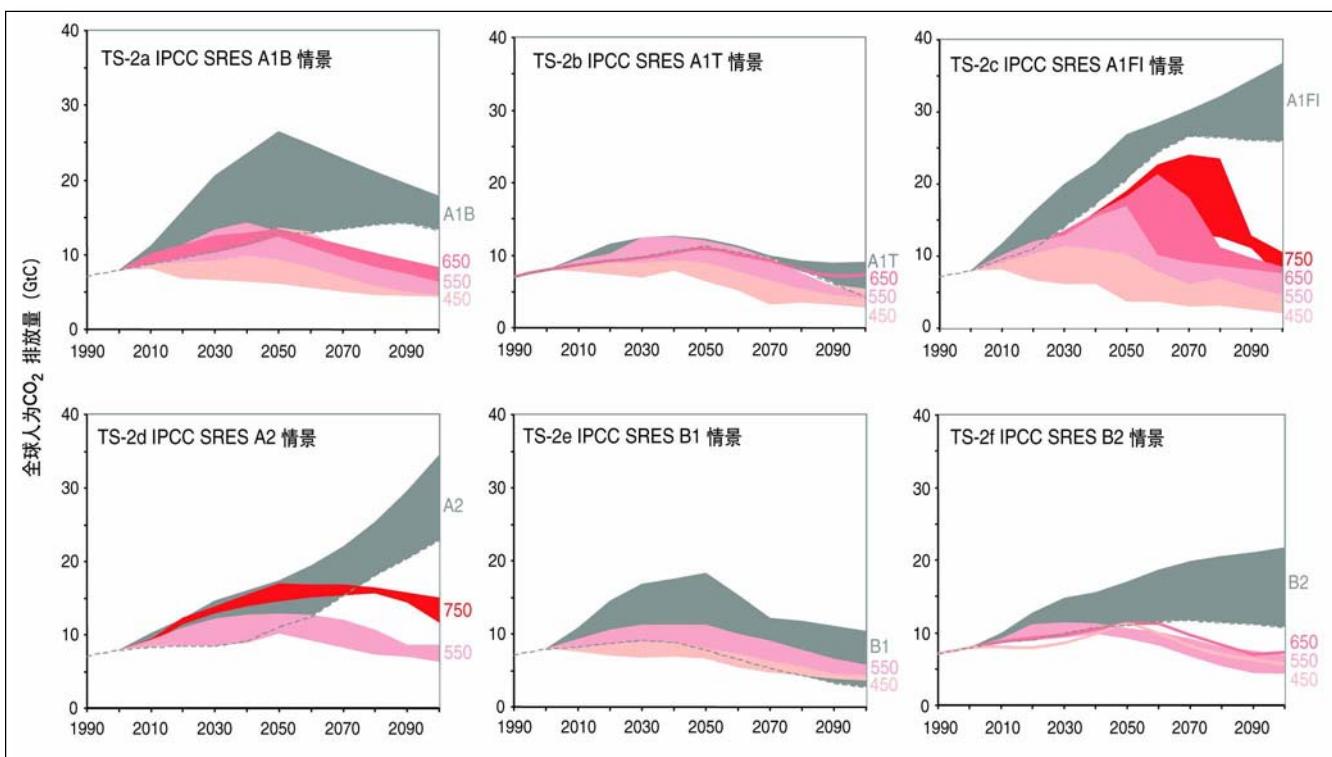


图 TS-2: 参考情景与稳定情景的比较。本图分成 6 个部分，每一个都对应《排放情景特别报告 (SRES)》中的参考情景组。图的每个部分都显示了 SRES 参考情景组全部人为二氧化碳排放源造成的全球总排放量的变动范围 (10 亿吨碳, 灰色阴影)，以及第三次评估报告中不同二氧化碳浓度水平的浓度稳定情景的容许排放量范围 (彩色阴影)。A1 家族的情景被分成三组：所有资源平衡发展情景 A1B (图 TS-2a)、非化石能源资源情景 A1T (图 TS-2b) 以及化石燃料密集型情景 A1FI (图 TS-2c)，其稳定情景的二氧化碳浓度稳定目标分别为 450、550、650 和 750ppmv；A2 组稳定在 550 和 750ppmv 的结果如图 TS-2d 所示，B1 组稳定在 450 和 550ppmv 的结果如图 TS-2e 所示，B2 组稳定的目标包括 450、550 和 650ppmv，其结果如图 TS-2f 所示。没有文献可用于评估 1000ppmv 的稳定情景。图中表明，较低的稳定浓度水平且较高的基准排放量，其减排缺口就越大。不同情景组之间的排放量差异可能与同一情景组中参考情景与稳定情景之间的减排缺口一样大。虚线所描述的是重叠部分的排放量范围边界线。(见框 TS-1)

要要求附件一国家比京都承诺走得更远。不过，应该承认，有几个情景的结果认为，到 2020 年附件一国家必须有显著的减排，而且没有一个情景引入诸如限制温度变化速率等其它约束条件。

已经提及的一个重要的政策问题涉及到发展中国家的参与减排。在 Post-SRES 情景分析中，一个初步的结论是：如果假设稳定二氧化碳浓度所需的减排量仅仅由发达国家来承担，而发展中国家的排放遵循基准情景的情形，那么到 21 世纪末几乎所有的浓度稳定情景都将看到附件一国家的人均二氧化碳排放量远低于非附件一国家的人均排放量；有 2/3 的情景在 2050 年以前就会出现这种情况。这表明稳定目标与基准线排放水平是决定发展中国家排放量偏离基准线的时间表的两个重要因素。

在一个强调经济发展的世界中，气候政策将降低人

均的最终能源使用量 (A1FI、A1B、和 A2)，但在一个突出环境的世界中 (B1 和 B2) 则不以为然。在附件一国家由于气候政策引起的能源使用的降低要比非附件一国家大。不过，气候政策对表现为人均最终能源使用上的公平性影响可能要比未来的发展道路所带来的影响更小。

不存在唯一的未来低排放发展道路，各个国家和地区应该选择自己的道路。多数模型结果表明，已有的技术选择⁵能实现相当宽的大气中二氧化碳浓度稳定水平，550ppmv、450ppmv、甚至在未来 100 年或更长远一点更低的浓度水平，但要实现这种潜力需要相应的社会经济

⁵ “已有的技术选择”是指运行中存在或者目前正处于工厂化试验阶段的技术，如本报告减缓情景所引用的。它并不包括任何要求巨大的技术突破的新技术。这样，考虑到情景区间的长度，这种分析可以认为是一种保守的估算。

和制度上的改变。

虽然情景中所假设的减缓选择是不同的，并且强烈依赖于模型结构。但减缓情景中的共同特点都包括大的持续的能源效率的提高、植树造林以及低碳能源，特别是在未来100年的生物质能源和21世纪上半叶的天然气。节能和再造林是合理的第一步，但供应侧的技术创新最终也将必不可少。可能的、强有力的选择包括使用天然气和联合循环发电技术，以便搭起过渡到更先进的化石燃料和碳零排放技术的桥梁，如氢基燃料电池。太阳能以及核能或者碳去除和储存对于一个高排放的世界或者较低的稳定目标情形来说变得越来越重要。

将全球的气候政策与国内的减轻空气污染政策有机结合，在未来20到30年能有效减少发展中国家的温室气体排放。但是，控制硫排放有可能扩大潜在的气候变化，在中期的环境政策制定中，很可能需要折中考虑。

主导农业、土地利用和能源系统的政策应该与减缓气候变化联系起来。生物质能源的供应以及二氧化碳的生物封存技术将拓宽碳减排的选择途径，尽管Post-SPES情景显示出这些措施并不能提供所要求的大量的排放量减少。大量的排放量减少还得依赖其它方面的减排选择。

3. 减排选择的技术和经济潜力

3.1 自第二次评估报告至2010–2020年温室气体减排技术选择的主要认识进展

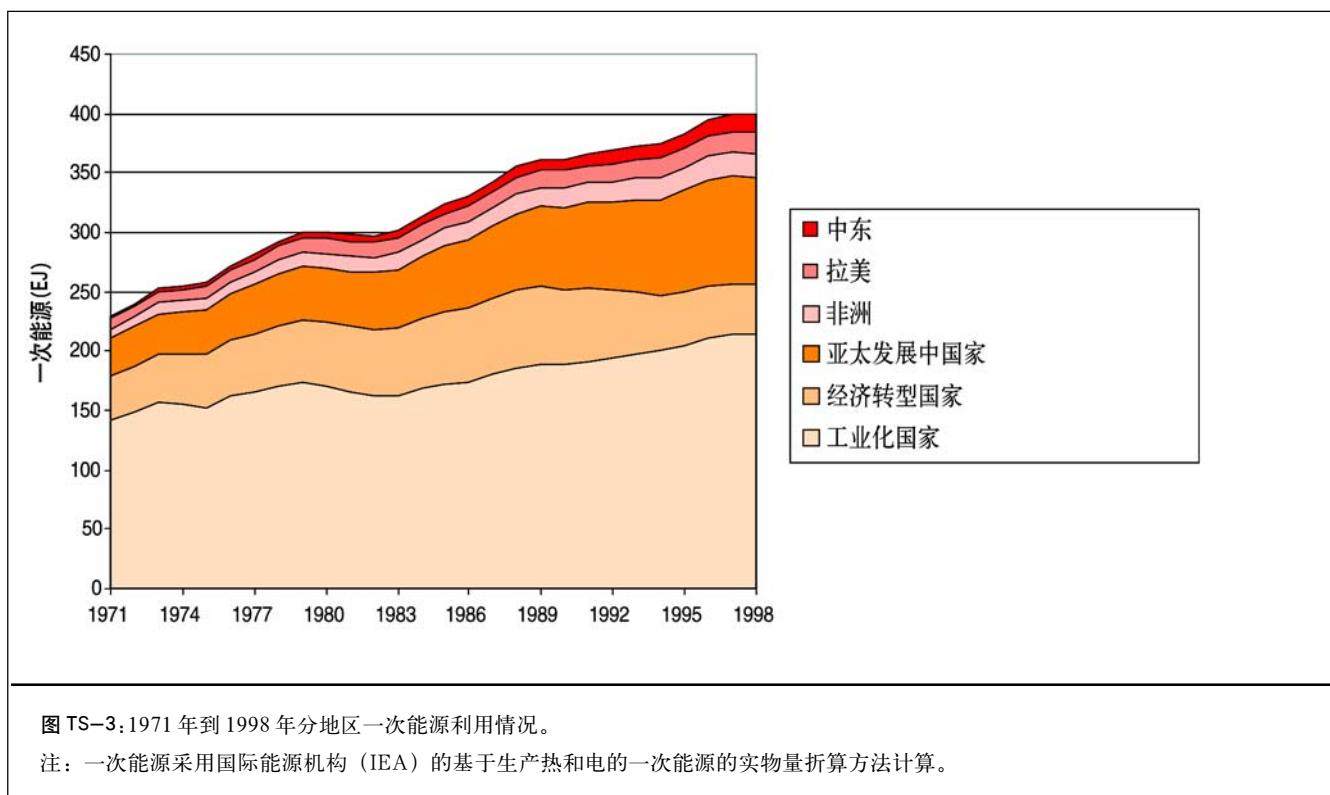
减少温室气体排放的技术开发和应用实践一直在进行，这些技术大多集中于提高化石燃料或电力的利用效率，以及低碳能源的开发。因为大多数温室气体排放（以CO₂当量计算）与能源利用相关。100多年来，发达国家的能源强度（能源消费量除以GDP）和碳强度（化石燃料CO₂排放量除以能源生产总量）在没有直接的减排政策的情况下一直在降低，而且还有进一步降低的潜力。这种变化主要得益于通过节能、提高能效以及氢能和核电的引入而产生的从煤炭等高碳化石燃料向油、气等较低碳排放燃料的转变。其它非化石燃料能源资源的开发也在进行或者迅速进入利用阶段，非化石燃料能源对温室气体减排具有重大潜力。生物固碳、CO₂的去除和储存也

有助于将来的温室气体减排（参见以下第4节）。其它技术措施主要是减少非能源部门的其它温室气体排放，包括：甲烷 (CH₄)、氧化亚氮(N₂O)、氢氟碳化物 (HFC)、全氟化碳 (PFC) 和六氟化硫 (SF₆)。

自第二次评估报告以来，一些技术的进展快于原来的分析预测，例如高效混合燃料发动机汽车进入市场、风力发电机设计得到迅速提高、地下封存CO₂进行了案例示范、己二酸生产中的N₂O排放几乎去除。建筑、工业、交通和能源供应中存在达到更高的能源效率的机会，而且其成本通常比原先预计的要低。到2010年，大多数减排机会仍将来自于提高终端部门的能源效率，包括：电力部门采用天然气发电、生产工艺过程减少氧化亚氮、四氟化碳 (CF₄) 和氢氟碳化物等温室气体的排放。到2020年，当发达国家和经济转型国家的一部分现存电厂被替代，并且发展中国家的许多新建电厂开始运行时，可再生能源资源的利用将为CO₂的减排作出重要贡献。从更长期来看，满足严格的安全性、扩散性和核废料储存要求的核能技术，以及化石燃料和生物质中碳的物理去除和储存，然后是碳封存技术，都将可能成为可选方案。

与温室气体减排的技术和经济潜力相反，经济的迅速发展、一些社会经济活动变化趋势的加速，使能源利用的总量增长，对发达国家和发展中国家的高收入群体尤其如此。在许多国家，住宅和汽车的尺寸正在变大，家电利用的强度在增大，商业建筑中的电子办公设备在增加。在发达国家，尤其是美国，更大、更重而效率更低的汽车的销售量也在增长。遍及世界大部分地区的能源零售价格的持续低迷或稳定不变，降低了所有部门有效利用能源或购买高效能源技术的积极性。当然也有例外，一些国家制定了旨在提高能源效率或促进可再生能源技术利用的新政策或规划。自90年代初以来，公有和私有投资对新的减排技术的研发 (P&D) 投入也减少了。

此外，与技术创新选择相关的社会改革领域中也存在重要机遇。在所有地区都存在既能提高生活质量、同时又能减少资源消费和温室气体排放的选择生活方式的机会，这些选择主要取决于当地和地区的文化及其侧重点，并与技术变革密切相关。有些技术变革可能与生活方式的深刻变化相关，而其它的技术变革则不要求这种深刻变化。第二次评估报告很少论及这些选择，本报告将开始加以考虑。



3.2 能源利用及相关的温室气体排放趋势

90年代全球能源消费和相关的CO₂排放维持增长态势（图 TS-3 和 TS-4）。化石燃料仍然是世界的主要能源，在《京都议定书》论及的温室气体排放中，能源利用的排放占三分之二以上。1998年，全球经济消费了143EJ石油、82EJ天然气和100EJ煤炭。从1990年到1998年，全球一次能源消费量年均增长1.3%，发达国家年均增长率为1.6%，发展中国家年均增长2.3%至5.5%，经济转型国家由于重工业的流失、经济整体活动的下降、以及制造业的重组，在这一时期的一次能源消费量年均下降了4.7%。

从1990年到1998年，全球CO₂排放年增长率为1.4%，与同期一次能源的增长率大致相当，大大低于从70年代到80年代的2.1%的年增长率。这主要是由于经济转型国家的减排和发达国家的工业部门的结构调整。从更长的时期来看，1971年到1998年全球能源利用产生的CO₂排放量年均增长1.9%。关于能源利用的CO₂排放量情况，发达国家从1990年以来以每年1.6%的速度增长，1998年其排放量占全球总量的50%以上；经济转型国家从1990年以来以每年4.6%的速度减少，1998年其

排放量占全球排放总量的13%；亚太地区发展中国家是1990年以来年均增速最快的地区，达到4.9%，其排放量占全球总量的22%；其它发展中国家的排放量自1990年以来年均增速为4.3%，其排放量占全球总量的10%略强。

从1860年到1997年的工业化时期中，估计烧掉了13,000EJ的化石燃料，向大气排放了2900亿吨碳，再加上土地利用变化引起的排放，导致大气中CO₂浓度上升了30%。作为比较，估计天然气资源储量⁶与石油资源储量相当，约为35,000EJ；煤炭资源为油气资源的4倍以上，甲烷络合物（深海甲烷，不以资源量计算）估计为780,000EJ；估计化石燃料中还储藏着15,000亿吨的碳，是目前已排放量的5倍。如果加上估计的资源蕴藏量，那么地下还储存着总量为50,000亿吨的碳。《排放情景特别报告》的模拟结果预测，在无特定温室气体减排政策的情景下，2000年至2100年间来自化石燃料消费的累

⁶ 储量指在现有的技术和价格条件下可以经济开采的已探明的资源。资源的地理和经济特性更不确定，它在可预见的技术和经济发展时期内会有开采价值。资源量包括以上两类。在此之上是确定性未知的、在可预见的未来没有经济意义或经济意义不确定的“额外蕴藏”（第二次评估报告）。非常规的化石燃料资源如焦油沙、页岩油、地压气、渗水层气体。

积排放量为 10,000 亿吨碳至 21,000 亿吨碳。而在同一时期 450 至 750ppmv 稳定浓度目标所对应的累积碳排放量为 6,300 至 13,000 亿吨碳（参见图 TS-5）。因此，

至少在全球水平上而言，虽然出现了化石燃料供应不足的现象，但是对于减缓气候变化而言并无显著的影响。与此相反，虽然煤炭储量和非常规的油、气蕴藏量相对较

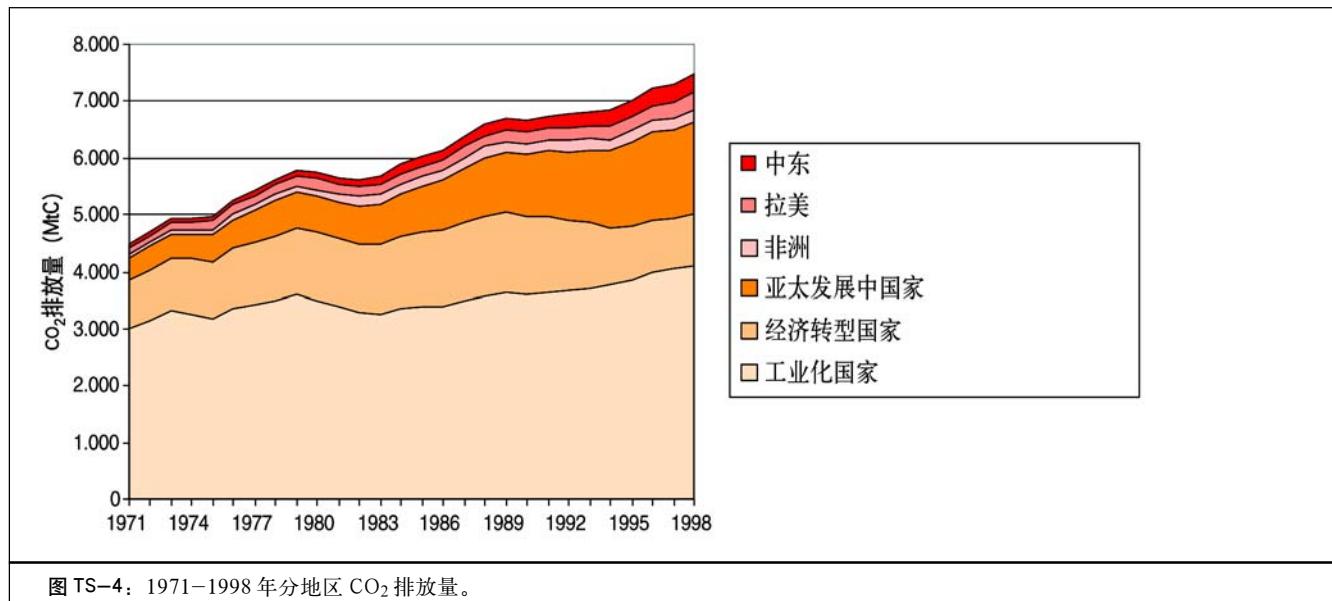


图 TS-4: 1971–1998 年分地区 CO₂ 排放量。

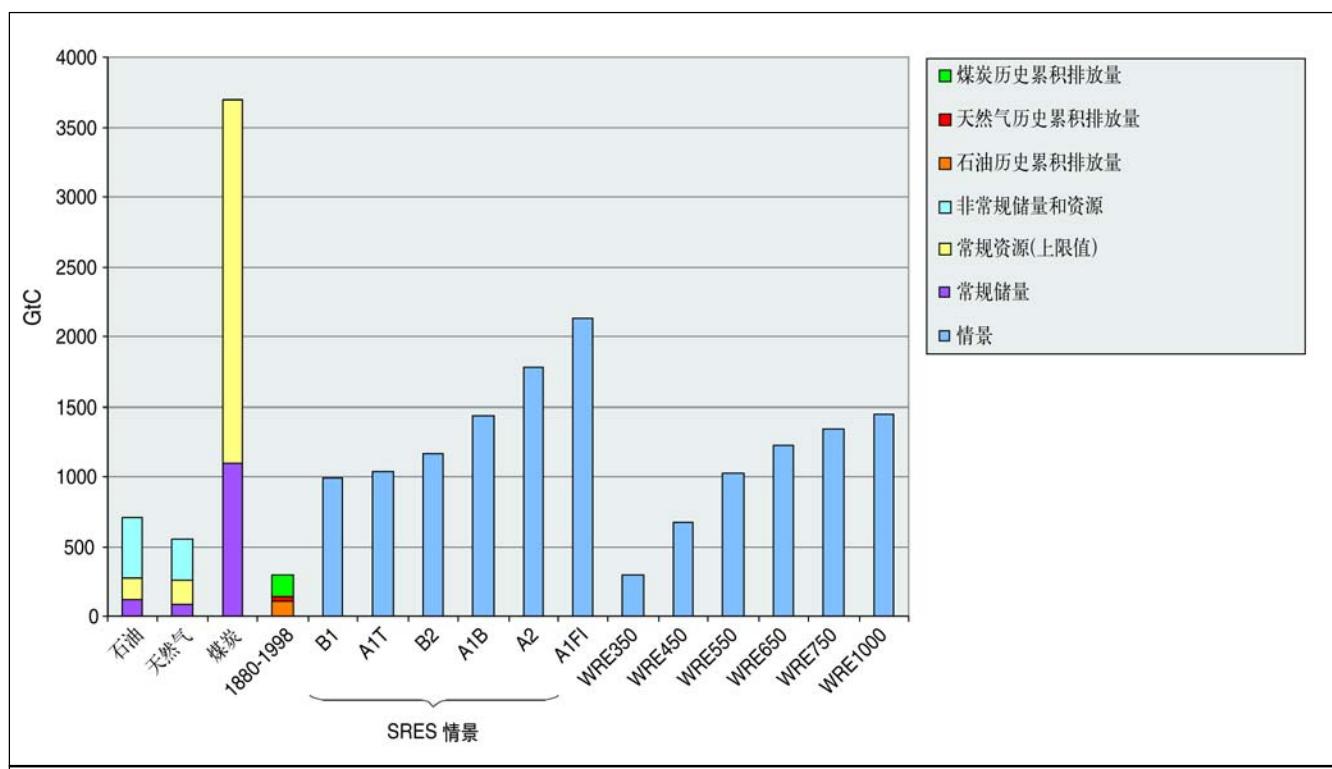


图 TS-5: 油、气、煤炭储量及资源量中的碳与 1860–1998 年间的化石燃料碳排放量、与直至 2100 年的排放情景特别报告情景和第三次评估报告稳定情景的比较。储量和资源量数据在左侧显示。包括焦油沙、页岩油、其它重油、煤层气、深层地压气、渗水层气体、甲烷络合物等在内的非常规油气资源的估计总储量达 12,000GtC，本图未予显示。图中同时显示了《排放情景特别报告》的参考情景和不同浓度的稳定情景。注意，如果排放情景特别报告情景的 2100 年累积排放等于或小于稳定情景的累积排放，并不意味着这些情景会相应的导致稳定。

大，但是在常规的石油、天然气储量或常规的石油蕴藏量中所储存的碳远远低于450ppmv及以上水平的稳定浓度目标所对应的累积碳排放量（图TS-5）。此外，其它温室气体的排放潜力也很大。从图TS-5也可以清楚地看出，常规的油气储量仅是全部化石燃料资源量的一小部分。这些资源数据意味着在21世纪能源结构将发生变化，新的能源资源将被引入。能源结构的选择以及相关的投资，将决定温室气体的浓度是否能够稳定、如果能够稳定应在什么水平和以多大的代价来稳定。目前这种投资大多旨在探明和开发更多的常规和非常规的化石能源。

3.3 部门减排技术选择⁷

本节估算每一部门在一定的成本范围内的温室气体减排潜力⁸（表TS-1）。在工业部门中，碳减排成本的估算范围从负成本（即“无悔”，减排可带来利润）到大约300美元/吨碳⁹。在建筑部门，由于积极实施能效技术和措施，发达国家和经济转型国家在2010年可以-250美元到-150美元/吨碳的成本每年从民用建筑减排3.25亿吨碳，发展中国家则可以-250美元/吨碳到50美元/吨碳的成本减排1.25亿吨碳。类似地，在2010年，发达国家和经济转型国家以-400美元/吨碳到-250美元/吨碳的成本从商业建筑减排1.85亿吨碳，发展中国家以-400美元/吨碳到0美元/吨碳的成本从商业建筑减排8000万吨碳。交通部门的成本范围为-200美元/吨碳到300美元/吨碳，农业部门的成本范围为-100美元/吨碳到300美元/吨碳。材料管理也能产生节约，使减排成本为负或处于100美元/吨碳左右的较低水平，包括材料回收和垃圾填埋气体的利用。在能源供应部门，一些能源替代和技术替代的成本有可能在-100美元/吨碳到200多美元/吨碳之间。这种潜力的实现将取决于受人类社会状况和政府干预影响的市场条件。

表TS-2提供了障碍和减排影响的综述及相关情况。以下将详细讨论部门的减排措施。

3.3.1 建筑部门的主要减排选择

1995年建筑部门的排放在与能源相关的全球温室气体排放总量中占31%，而且从1971年以来以每年1.8%的速度增长。过去五年中，建筑技术在窗户、照明、电器、隔热、采暖、制冷和空调的能源效率方面已取得进步，建筑控制、被动式太阳房设计、综合建筑设计、光伏发电系统在建筑中的应用等方面也在开发中。通过改善对碳氟化合物制冷剂的密封和回收，以及烃和其它非碳氟化合物制冷剂的利用，氟利昂逐渐被淘汰，从制冷和空调排放的碳氟化合物已经减少。隔热泡沫中的碳氟化合物的利用和排放由于氟利昂的淘汰而减少，而且随着氢氟碳化物的淘汰将进一步减少。研发方面的努力也使冰箱和制冷供热系统的效率得到提高。尽管技术不断进步，许多国家采用了改进技术，但是从1971年到1995年建筑能源利用的增速仍高于总能源需求的增速，商业建筑能源利用增速最快（为3.0%，民用建筑为2.2%），这主要是由于随着经济发展，消费者要求使用更多电器和住更大的房子来增加舒适性，以及由于商业部门的现代化和扩张所导致的结果。目前存在一些技术上有意义、成本有效的减缓这种趋势的机会。基于现有技术及未来技术进步，建筑部门与能源相关的CO₂排放的总的减排技术潜力在2010年为7.15亿吨碳/年，参考情景下2010年的排放量为26亿吨碳/年（减排27%）；在2020年的减排潜力为9.5亿吨碳/年，参考情景下2020年的排放量为30亿吨碳/年（减排31%），在2050年的减排潜力为20.25亿吨碳/年，参考情景下2050年的排放量为39亿吨碳/年（减排52%）。加强研发有助于保证部门技术的不断进步。

3.3.2 交通部门主要减排选择

1995年交通部门占全球与能源相关的CO₂排放量的22%；从全球来看，该部门的排放增长迅速，接近年均2.5%。自1990年以来，主要的增长在发展中国家（亚太地区为年均7.3%），而在经济转型国家实际上是以年均5.0%的速度在下降。汽油-电力混合燃料汽车与可比容量4座位汽车相比，燃料经济性已经提高50%–100%，已经能够在商业基础上得到引进。从木材、能源作物、以及

⁷ 国际能源机构报告工业和交通部门的数据，但不报告建筑、农业部门的数据，而是将其归为“其它”。在这一节中，这些部门的能力利用和CO₂排放信息通过分配法估算，电力转换系数采用标准值33%。此外，经济转型国家的数据来源不同（英国石油公司统计）。因此，部门数据与3.2节的整合值尽管趋势一致，但可能有出入。总之，经济转型国家的数据以及建筑部门中的商业和居民建筑子部门的数据存在不确定性。

⁸ 不同研究估计的潜力不同，但第3、4节中的潜力指社会经济潜力，如图TS-7所示。

⁹ 所有成本均以美元计。

表TS-1：根据预期的社会经济发展潜力估算的2010至2020年能源效率和能源供应技术的温室气体减排量及吨碳当量减排成本，按全球或地区估算，不确定性程度存在差异。

	地区	美元 / 吨碳 -400 -200 0 +200	2010		2020		参考资料、评论 和本报告第3章 相关章节
			潜力 ^a	可能性 ^b	潜力 ^a	可能性 ^b	
建筑 / 家电居民部门	经合组织 / 经济转型国家	-	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	Acosta Moreno et al ., 1996; Brown et al ., 1998
	发展中国家	- -	◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	
	商业部门	-	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	Wang 和 Smith, 1999
	发展中国家	- -	◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	
交通 汽车效率提高	美国	- -	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇	Interlab. Working Group, 1997 Brown et al, 1998; US DOE/EIA, 1998
	欧洲	- -	◆◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇	
	日本	- -	◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇	Kashiwagi et al, 1999
	发展中国家	- -	◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇	Denis 和 Koopman, 1998; Worrell et al, 1997b
制造业 CO ₂ 去除 - 化肥、炼油 材料效率提高 混凝土 化学工业 N ₂ O 减排 铝业 PFC 减排 化学工业 HFC-23 减排 提高效能	全球	-	◆	◇◇◇◇	◆	◇◇◇◇	表 3.21
	全球	- - -	◆◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇	
	全球	-	◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	表 3.21
	全球	- -	◆	◇◇◇◇	◆	◇◇◇	
	全球	- -	◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	表 3.21
	全球	- -	◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	
	全球	- -	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	表 3.19
	全球	- - -	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	
农业 加强保护耕地 和农田管理 土地碳吸收 氮肥管理 肠道甲烷减排 水稻灌溉和施肥	发展中国家	-	◆	◇◇	◆	◇◇	Zhou, 1998; 表 3.27; Dick et al ., 1998 IPCC, 2000
	全球	- -	◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇	
	全球	- -	◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇	Lal 和 Bruce, 1999; 表 3.27
	经合组织	-	◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	Kroeze & Mosier, 1999; 表 3.27
	全球	- -	◆	◇◇◇	◆◆◆	◇◇◇◇	OECD, 1999; IPCC, 2000
	经合组织	-	◆◆	◇◇	◆◆	◇◇	Kroeze & Mosier, 1999; 表 3.27
	美国	-	◆◆	◇◇	◆◆	◇◇	OECD, 1998; Piemer & Freund, 1999
	发展中国家	- -	◆◆	◇	◆◆	◇◇	Chipato, 1999
	全球	-	◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇	Piemer & Freund, 1999; IPCC, 2000
废弃物 垃圾填埋甲烷收集	经合组织	-	◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇	Landfill methane USEPA, 1999

表TS-1: (续)

	地区	美元 / 吨碳 -400 -200 0 +200	2010		2020		参考资料、评论 和本报告第3章 相关章节
			潜力 ^a	可能性 ^b	潜力 ^a	可能性 ^b	
能源供应							
核能替代煤炭	全球		◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇	总量 ^c —参见3.8.6节
	附件-国家	■■	◆◆	◇◇	◆◆◆◆	◇◇	表3.35a
核能替代天然气	非附件-国家	■■	◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇	表3.35b
	附件-国家	■■■■	◆◆◆	◇	◆◆◆◆	◇	表3.35c
天然气替代煤炭	非附件-国家	■■■■	◆◆	◇	◆◆◆	◇	表3.35d
	附件-国家	■■■■	◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	表3.35a
煤炭产生的CO ₂ 收集	非附件-国家	■■■■	◆◆	◇◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	表3.35b
	全球	■■■■	◆◆	◇◇	◆◆	◇◇	表3.35a+b
天然气产生的CO ₂ 收集	全球	■■■■	◆◆	◇◇	◆◆	◇◇	表3.35c+d
	生物质能替代煤	■■■■	◆◆	◇◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	表3.35a+b
生物质能替代气	全球	■■■■	◆◆	◇	◆◆	◇◇◇	Moore, 1998; Interlab w. gp. 1997
	风能替代煤或气	■■■■	◆◆◆◆	◇◇◇		◇◇◇◇	表3.35c+d
煤+10%生物质能	全球	■■■■	◆◆◆◆	◇◇◇		◇◇◇	BTM Cons 1999; Greenpeace, 1999
	美国	■■■■	◆◆	◇◇◇	◆◆	◇◇◇	Sulilatu, 1998
太阳能替代煤	附件-国家	■■■■	◆◆◆◆	◇	◆◆	◇	表3.35a
	非附件-国家	■■■■	◆◆◆◆	◇	◆◆	◇	表3.35b
水电替代煤	全球	■■■■	◆◆◆◆	◇	◆◆◆◆	◇◇	表3.35a+b
	全球	■■■■	◆◆◆◆	◇	◆◆◆◆	◇◇	表3.35c+d

注:

^a 指对应于给定吨碳减排成本范围的潜力。

◆=<20MtC/年 ◆◆=20~50MtC/年 ◆◆◆=50~100MtC/年 ◆◆◆◆=100~200MtC/年 ◆◆◆◆◆=> 200MtC/年

^b 基于文中所述成本, 实现该水平减排潜力的可能性。

◇= 很不可能 ◇◇= 不可能 ◇◇◇= 可能 ◇◇◇◇= 很可能 ◇◇◇◇◇= 非常可能

^c 能源供应总的减排选择中, 假定由于各种原因而不能全部实现减排潜力, 包括总项下各子项技术之间的相互竞争。

废料制造出的生物燃料在未来交通部门的作用也在不断增加, 如纤维物质经酶水解制取乙醇已经更具成本效益。同时, 有免税政策支持的生物质柴油已经在欧洲市场占有份额。但是, 发动机设计的进一步改进大部分是为了提高性能而不是提高燃油经济性, 这一点自第二次评估报告以来一直没有改善。燃料电池驱动的汽车发展很快, 计划在2003年进入市场。下一代飞机在技术和经济上有

可能在燃料经济性方面获得明显进步。然而, 许多对技术效率提高的评估显示(表TS-3), 由于交通需求的增长, 仅靠效率的提高还不足以避免温室气体排放的增长。而且, 还有证据显示, 在其他因素相同的情况下, 提高燃料效率的努力仅对减排有部分效果, 因为单位运行成本降低将导致机动车年行驶里程增加。

表 TS-2：各部门的技术选择、障碍、机会及对生产的影响

技术选择	障碍与机会	部门减排政策的含义
<p>建筑、居民和服务业: 全球各地区都存在数百种提高电器、设备和建筑结构能源效率的技术和措施。据估计,发达国家和经济转型国家在2010年可以-250美元到-150美元/吨碳的成本,每年从民用建筑减排CO₂达3.25亿吨碳,发展中国家则以-250美元/吨碳到50美元/吨碳的成本减排1.25亿吨碳。类似地,在2010年,发达国家和经济转型国家以-400美元/吨碳到-250美元/吨碳的成本从商业建筑减排1.85亿吨碳,发展中国家以-400美元/吨碳到0美元/吨碳的成本从商业建筑减排8000万吨碳。相对于中间情景如SPES B2标志情景而言,这些减排量相当于2010至2020年建筑及排放量的30%。</p>	<p>障碍: 发达国家的市场结构不利于提高效率、错误的激励、缺乏信息;发展中国家缺少资金和技能、缺乏信息、传统习惯和行政定价。</p> <p>机会: 开发更好的市场渠道和技能、以信息为基础的市场、发达国家的自愿计划和标准已经表明可以克服障碍。可支付信贷、能力建设、信息基础和消费者意识、标准、促进能力建设的激励机制、给能源工业松绑等都是针对上述发展中国家障碍的方法。</p>	<p>服务业: 产出和就业将增加,取决于减排政策如何实施。不过一般而言,增幅不大而且分散。</p> <p>居民和其它部门: 减排对居民部门的直接影响来自于居民用能技术和价格的变化,间接影响来自于收入和就业的宏观经济效果。其中一项重要的协同效应是室内、室外空气质量的改善,尤其是在发展中国家和世界各地的城市地区。</p>
<p>交通: 轻型汽车技术的进展比第 二次评估报告预测的要更快,这是国际研发努力的结果。双燃料电动汽车已经在市场出现,主要汽车厂商宣称2003年可以生产燃料电池汽车。技术 效率进步的减排效果将由于反弹效应而被部分抵消,除非制订有效提高燃料价格或旅费的政策。在燃料价格高的国家,例如欧洲国家,反弹效应可达40%;在燃料价格低的国家,例如美国,反弹效应不超过20%。考虑到反弹效应,与连续增长的基线情景相比,技术 措施到2010年和2020年可分别减排5-15%和15-35%。</p>	<p>障碍: 交通工具生产厂家的风险是更迅速地采用能源效率技术的重要障碍。为实现有意义的能源效率进步,一般都要求全新的再设计,伴随着对新的生产设备的数十亿美元的投资。另一方面,对消费者而言,更高效率的价值在于所节约燃料的现值与增加的购置价格之间的差额,通常很小。虽然从技术角度讲,交通工具市场仅由少数几家公司控制,但从为战略决策失误所需付出的高昂代价来讲,它们之间的竞争是很激烈的。最后,提高能效的很多收益是社会效益而非私人收益。由于上述原因,生产厂家认识到为提高能源效率而大规模改变技术的风险一般比直接的市场效益要大。在许多国家,大量的共有和私有投资投向交通基础设施建设、以及为适应汽车旅行而营造的环境,是改变运输方式构成的重大障碍。</p> <p>机会: 信息技术为对从交通拥堵到环境污染在内的部分交通外部成本定价提供了新的机会,实施更有效的定价方法将给设备和模式结构两方面的能源效率提高提供激励,交通工具市场中存在的阻碍采用高效燃料技术的因素,为能</p>	<p>交通: 交通需求仍将继续增长,温室 气体减排政策的影响是有限的。在近期 和中期,只存在替代含碳化石燃料的有 限的机会。减排政策的主要效果将是提 高所有运输方式的能源效率。</p>

表 TS-2: (续)

技术选择	障碍与机会	部门减排政策的含义
	<p>源效率法规——无论是自愿性的或是强制性的—的有效性创造了条件。设计良好的法规可以消除大规模技术变化的大部分风险，因为所有的竞争者都面对同样的法规。反复研究的结果表明，能够使碳强度减少 50%、从长期来说是减少 100% 的技术是存在的，而且几乎是成本有效的。最后，轻型汽车的深入研发投入已经在混合动力机车和燃料电池技术方面取得了引人注目的进步。如果类似的努力能投向公路货运、航空、铁路和海运交通技术，将可以获得潜在的重大效益。</p>	
<p>工业: 工业部门的主要减排选择是提高能源效率，尤其在发达国家提高能源效率方面已经作了很多工作，但是仍然存在进一步减排的选择。与 SPES B2 情景相比较，到 2010 年和 2020 年可以分别减排 300—500MtC/年 和 700—1,100MtC/年，这些选择的大部分为负成本。一般而言，工业部门的非 CO₂ 温室气体排放量相对较小，而且可以中等或有时是负成本减排 85% 以上。</p>	<p>障碍: 缺乏完全成本定价，能源在生产成本中的比例相对较低，缺乏有关部分消费者和生产者的信息，在所有国家、尤其是发展中国家，资金和熟练技术人员的不足是工业部门的关键障碍。</p> <p>机会: 区域环境立法，自愿行动，特别是通过政府的努力来完成的自愿行动；直接补贴和税收是成功克服上述障碍的途径。立法、制定标准、更好的市场尤其适用于轻工业部门。</p>	<p>工业: 减排预期将导致附件一国家制造业的结构变化（部分由私人消费需求变化引起），收益于节能设备和低碳技术的供应，高耗能行业不得不改变燃料、采用新技术或提高价格。然而，反弹效应可能导致预料之外的负面结果。</p>
<p>土地利用变化和森林: 在土地利用或管理中可以有三种基本方式减缓大气中 CO₂ 浓度的增加: 保护、吸收和替代 a。这些方式的时间模式不同，因此，选择哪种方法以及其潜在效果如何将取决于希望的时间框架以及当地的生产率和历史干扰情况。按第二次评估报告估算，到 2050 年，这些措施大约可以使全球大气中的碳减少 830 亿吨碳到 1310 亿吨碳（其中 600—870 亿吨碳来自森林减排，230—440 亿吨碳来自农业土壤减排）。这一估算值在此后的公开研究中都基本没有变化。相比其他方式，陆地管理的成本要低得多，在 0 美元 / 吨碳（“双赢”机会）到 12 美元 / 吨碳之间。</p>	<p>障碍: 土地利用变化和森林中的减排障碍包括：缺少资金、监控及验证人员和机构的能力不足、社会制约因素（如食物供应）、人类生活对自然森林的依赖、对土地开垦的鼓励、人口压力、对肉制品的需求所导致的牧场区域的扩大等等。在热带国家，森林活动一般都由政府森林部门管理，地方社团及私营企业的参与很少。在某些热带地区，特别是非洲，农作物的低生产率、森林产品需求对农作物和薪柴的竞争都有可能会降低减排的机会。</p> <p>机会: 在土地利用和森林中，需要通过激励措施和政策来实现技术潜力。它们可以是政府法规、税收和补贴，也</p>	<p>温室气体减排政策可以对土地利用产生很大影响，尤其是在碳吸收和生物燃料生产方面。在热带国家，大范围的减排活动有助于保护生物多样性、增加农村就业、保护流域，对可持续发展做出贡献。为实现这些目标，有必要对机构进行调整，增加当地社团和产业界的参与，并藉此降低政府在森林管理中作用。</p>

表 TS-2: (表)

技术选择	障碍与机会	部门减排政策的含义
	可以是经济激励措施，如对《京都议定书》中提到的被捕获和控制的碳量给予市场报酬(这取决于议定书在 COP 决议后的实施情况)。	
<p>农业和废弃物管理：全球每年的能源投入以低于 1% 的速度增加，其中非经济合作与发展组织国家增长的速度最快，而经济转型国家已经在下降。目前已有一些温室气体的减排选择，它们的投资在 -50 美元 / 吨碳到 150 美元 / 吨碳之间。包括：农田管理所增加的碳储量 (到 2010 年达 1.25 亿吨碳 / 年) 、畜牧管理改善和水稻生产改善所减少的 CH₄ 排放 (分别为 3000 万吨碳 / 年和 700 万吨碳 / 年) ；土壤碳吸收 (5000—10000 万吨碳 / 年) 和动物废弃物中减少的 N₂O 排放。如果能实现技术转移并对农民改变其传统方式给与奖励，这些减少氮排放的措施在大部分地区都是可行的。用农作物能源替代化石燃料具有良好的应用前景，前提是其成本更具竞争力并且能保证农作物生产的可持续性。通过废弃物管理的改善，到 2010 年可以使温室气体排放量比 1990 年 (温室气体排放量为 2.4 亿吨碳当量) 减少 2 亿吨碳当量，到 2020 年减少 3.2 亿吨碳当量。</p>	<p>障碍：农业和废弃物管理中的障碍主要包括：缺少研发资金、缺少知识产权、发展中国家人员和机构能力上的缺乏和信息上的缺乏、在农场水平难以采取相应措施、发达国家缺少对养殖者接受新型畜牧技术的激励和信息 (需要其他效益，而不仅仅是温室气体减排) 。</p> <p>机会：信用体制的延伸、研究优先领域的改变、国家间机构联系的加强、对土壤碳进行贸易、将食物、纤维、能源产品结合起来等措施是解决这些障碍的方法。这些措施应与可持续生产方式的发展趋势保持一致。</p> <p>如果已有土地用于粮食和纤维生产并且有水资源的话，能源用农作物种植也有助于土地利用的多样性。</p>	<p>能源：森林和土地管理可以提供多种可再生的固体、液体和气体燃料，来替代化石燃料。</p> <p>材料：森林和其他生态材料产品用于建筑、包装、造纸和其他用途，与其他提供同样服务的替代材料相比，能源消耗量要少。</p> <p>农业 / 土地利用：碳吸收和碳管理所需要的大量土地可能与其他对土地的需求 (如农业用地) 一致或产生矛盾。由于对生物质燃料生产需求的增加，温室气体减排在很多地区都会对农业产生影响。可耕地竞争力的增加将会抬高粮食和其他农产品的价格。</p>
<p>废弃物管理：利用垃圾填埋和煤层中的甲烷。利用垃圾填埋气供热和发电在不断增加。在一些工业国，特别是在欧洲和日本，通过纸和纤维的回收或者利用废弃物能源转化设备将废纸用作生物燃料，废弃物能源转化设备的效率在不断提高，相应的大气污染物排放也更少。</p>	<p>障碍：在许多发展中国家的新兴市场中，对垃圾气的管理或减少废弃物还做得很少。</p> <p>机会：像美国和德国这些国家已经有专门的政策来减少产生甲烷的废弃物和 / 或要求将垃圾源的甲烷作为能源利用。对一半的垃圾甲烷来讲其回收成本是负的。</p>	
<p>能源部门：在能源部门，已有的技术选择不仅可以实现转换效率的提高，还能在增加一次能源使用的同时通过脱碳和减少温室气体泄漏等措施减少单位能源生产的温室气体排放量。回收煤层甲烷气、提</p>	<p>障碍：主要的障碍是人员及机构能力、不完善的资本市场阻碍了对小型分散系统的投资、投资回报率难以确定、关税高、缺少信息、缺少减排技术的知识产权等等。对可再生能源来说，初期</p>	<p>煤炭：与不采取额外的气候政策下的能源供应预测相比，煤炭生产、消费和就业将会因为温室气体减排政策而下降。但如果新的煤炭生产政策也鼓励清洁煤生产技术的话，调整的成本会低得多。</p>

表 TS-2: (续)

技术选择	障碍与机会	部门减排政策的含义
<p>高燃煤燃气电厂能源效率、以及热电联产等“双赢”选择都有助于减排。但随着经济发展，仅靠提高效率将不足以控制能源部门温室气体排放。新型的可再生能源是一种减少单位能源生产排放的选择，它已经显示出强劲的增长趋势，但它在全球能源生产中所占的份额仍小于1%。通过捕获和去除CO₂以实现“清洁能源”的技术也得到提议，这种技术将非常有助于将成本降到可与可再生能源竞争的水平，但还要通过对其可行性和可能的环境影响进行大量的研究来决定其使用。核电以及在某些地区的更大规模的水电也可以起到重要的作用，但它们面临成本和可接受性的问题。新兴的燃料电池技术有望在未来几十年内为提高能源转换效率提供机会。</p>	<p>成本高、缺乏资金以及对化石燃料的补贴是主要障碍。</p> <p>机会：对发展中国家来说，包括：促进能源供应和需求的增加、通过创造一个激励的环境来加快设备和技术的转移、能力建设、是实现清洁和高能效技术转移的合适机制。全成本定价和信息系统为发达国家提供了机会。技术改进和化石燃料生产和使用减少所带来的附加效益可能是巨大的。</p>	<p>石油：全球减排对策有可能导致石油生产和贸易的下降，与不采取这种政策相比，能源出口者将面临收入的下降。但是，对实现《京都议定书》目标时石油价格的影响可能比模型所预测到的严重程度要小，因为在模型中常常不包括实现减排目标时其他非CO₂温室气体的减排对策以及灵活机制。</p> <p>天然气：未来20年中，根据区域或当地条件的不同，减排对天然气的使用可能产生正面或负面影响。对附件一国家的发电行业来说，任何从煤炭和石油的转换会走向天然气和可再生能源。在非附件一国家，转向天然气的潜力更大，但还需要考虑能源安全和国内可供资源的问题，特别是对中国和印度这些煤炭资源多的国家来说。</p> <p>可再生能源：可再生资源是非常多样的，减排作用依赖于技术发展。在不同地区之间由于资源禀赋条件有所不同。但是，减排政策非常可能为可再生能源工业的市场提供了更大的发展空间。在那种情况下，成本下降和增强功效的研究与开发，以及增加对可生能源的资金流将增加其应用，并减少成本。</p> <p>核电：核电存在实质性的技术潜力来减少温室气体排放；这一点是否能实现，取决于相关的成本，政治因素和公众的可接受性。</p>
<p>氢氟碳化物：HFC的排放在增加，因为HFC被用来替代部分正在禁止使用的臭氧层破坏物质。与SPES对2010年HFC的预测相比，估计当减排成本低于200美元/吨碳当量时，其排放可以减少1亿吨碳当量。估算中大约有一半的减排量是由于SPES基准线的值高于本报告中基准线的值所导致。其余的减排量可以通过密封、回收和再利用致冷剂来减少排放，或通过替代液体和技术来实现。</p>	<p>障碍：未来与气候变化和臭氧层破坏相关的HFC政策的不确定性。</p> <p>机会：新技术的开发。</p>	

表 TS-2: (续)

技术选择	障碍与机会	部门减排政策的含义
生态工程：就海洋生态系统和地球工程的减排机会来说，人类对生物物理系统的认识，以及许多伦理、法律、公平的评价仍然是初步的。	障碍：对于地球工程，出现非期望后果的风险非常大，甚至无法对温度和降雨的区域分布进行过程控制。 机会：一些基本的调查是可以的。	部门还不存在：不可用

^a“保护”指维护和保存现有碳库——包括在植被、土壤有机质、生态系统输出物中的碳的主动措施(如防止热带森林向以农业为目的的转换、避免湿地干涸等)。“吸收”指特意采取的增加高于现有碳库的碳存储的措施(如造林、改进森林管理、在林产品中增加碳存储、改变种植系统(包括种植更多的草料)、减少耕地等)。“替代”指用可再生生物产品替代化石燃料或高能耗产品并由此来避免化石燃料燃烧产生的CO₂排放的行为。

^b地球工程包括通过直接控制地球的能源平衡来稳定气候系统以克服温室效应的努力。

表 TS-3: 美国五所实验室预测的交通能源强度

指标	1997	2010		
		BAU ^a	能源效率	HE/LC ^a
新型轿车，升/100公里	8.6	8.5	6.3	5.5
新型轻型卡车，升/100公里	11.5	11.4	8.7	7.6
轻型汽车，升/100公里 ^b	12.0	12.1	10.9	10.1
飞机效率，座—升/100公里	4.5	4.0	3.8	3.6
货车，升/100公里	42.0	39.2	34.6	33.6
铁路效率，吨公里/百万焦耳	4.2	4.6	5.5	6.2

^a BAU，指照常发展情景；HE/LC：高能源／低碳

^b 包括现有轿车和轻型卡车

3.3.3 工业部门主要减排选择

1995年的工业排放占碳排放的43%。1971年到1995年间工业部门的碳排放年均增长速度为1.5%，其中在1990年后降低到0.4%。工业部门一直在不断开发有更高能源效率的工艺并减少工艺过程相关的温室气体排放。工业部门是唯一一个在经济合作与发展组织国家中碳排放每年减少的部门（1990到1995年为-0.8%）。经济转型国家的CO₂排放下降得最厉害（在1990到1995年其工业总产值下降期间，排放量年均下降6.4%）。

不同发达国家之间，以及发达国家和发展中国家之间工艺过程的能源效率差别仍然很大，这意味着相应的减排潜力在不同国家之间也有很大不同。

工艺过程能源效率的改善是减少温室气体排放的最

主要的选择。它可以通过多达数百个特定部门的技术实现，与基准情景相比，全球范围内能源效率的改进潜力估计在2010年为3-5亿吨碳，2020年为7-9亿吨碳。对于后者来说，需要不断进行技术开发才能实现这一潜力。大部分能源效率改善的选择可以以净的负成本实现。

另外一个重要的选择是提高材料效率(包括循环利用、更高效的生产设计以及材料替代)；它有可能在2020年实现6亿吨碳的减排潜力。CO₂减排的其他机会可以通过燃料替代、CO₂去除和存储、使用掺和水泥等来实现。

许多特定的工艺不仅排放CO₂，而且也排放其他的非CO₂温室气体。己二酸生产企业已经明显地降低了其N₂O的排放，铝工业在减少PFC(CF₄, C₂F₆)排放上也取得了显著成绩。在制造业中以相对较低的吨碳当量减

排成本将非CO₂排放进一步降低到一个低水平是非常可能的。

目前已知的技术选择已经足够发达国家在2010年前减少其温室气体排放的绝对量，足够发展中国家限制其工业部门排放量的显著增长。

3.3.4 农业部门主要减排选择

1995年农业排放仅占全球能源使用碳排放的4%，但其中20%以上的人为温室气体排放主要来源于CH₄和N₂O，以及土地清整产生的CO₂。自第二次评估报告以来，农业部门的能源效率有少量提高，如果对不利环境影响的担心能引起足够关注的话，与植物和动物生产有关的生物技术还能得到更大的发展。(如果可能的话)人类食物从肉制品向植物制品的转移可以提高能源效率，减少温室气体(特别是农业部门的N₂O和CH₄)的排放。农业部门的以下变化在2010年前可以显著减少其温室气体的排放：

- 通过节约耕地和减少土地利用强度加强土壤的碳吸收；
- 通过稻田灌溉管理，改善肥料使用，以及降低反刍动物肠道CH₄排放来减少CH₄排放；
- 通过使用缓释化肥、有机肥料、氯化抑制剂、基因工程制造的豆科植物来避免农业部门人为产生的N₂O排放(在农业部门中超过了化石燃料使用产生的碳排放)。中国和美国的N₂O排放量最大，主要来自于稻田和其他农业土壤中的化肥使用。到2020年，在有更多的选择来控制施肥土壤的N₂O排放时，此部分的贡献还会更大。

农民对这些技术的利用强度有很高的不确定性，因为这些技术的使用可能需要额外的成本。因此，可能需要通过特殊的应对政策来消除经济上的障碍以及其他障碍。

3.3.5 废弃物管理部门主要减排选择

对垃圾填埋和煤矿产生的CH₄的利用已经越来越多。利用垃圾气体供热和发电也在不断增长，因为在诸如德国、瑞士、欧盟、和美国等国家，这是政策所要求的。半数的垃圾填埋CH₄的回收成本是负的。在德国，对产品寿命管理的要求已经从包装扩展到汽车和电子产品。

如果每个美国人的人均回收率从全国平均水平提高到华盛顿州西雅图的水平，就可以减少美国4%的温室气体排放量。对于是通过回收纸张和化纤，还是通过在废弃物能源转化设备中将废纸作为生物燃料使用，来实现寿命期温室气体排放的减少，仍存在争议。从温室气体排放角度看，两个选择的结果都好于垃圾填埋。在一些发达国家，特别是在欧洲和日本，废弃物能源转化设备已经变得更加高效，大气污染物的排放也更加低。

3.3.6 能源供应部门主要减排选择

化石燃料将继续主导热力和电力生产。发电的碳排放为21亿吨碳/年，占全球的37.5%¹⁰，到2010年和2020年分别为35和40亿吨碳/年。在发电部门，如果有充足的天然气供应和相应的基础设施，低成本的燃气联合循环发电(CCGT)(最新型的转换效率已接近60%)将是新电厂的主导选择。基于煤气化联合循环(IGCC)或超临界设计的先进煤炭技术因为有更高的效率，具有以中等成本实现减排的潜力。电力部门撤销管制是目前技术选择的一个主要驱动因素。满足采暖和生产过程需求的分散的工业和商业热电联产(CHP)系统可以带来大量的减排。尽管对基于可再生能源资源或使用燃料电池、微电机和斯特林(Stirling)发动机的分散供电系统的兴趣在不断增长，但在许多发达和发展中国家进行的电力部门的重组对CO₂减排的进一步效果目前还不确定。

核电工业已经在目前设备基础上显著增大了容量因子，这可以充分改善其经济性，使其设备寿命延长具有成本有效性。但除了亚洲，其它计划中或建设中的机组还比较少。开发内在安全和低成本的核反应堆正在积极进行，这是为了降低社会经济障碍和减少公众对安全、核废料存储以及核扩散等的关注。由于水电开发的可用地较少、成本较高以及对当地环境和社会的影响，除了印度和中国的几个大型水电项目外，新水电项目的建设已经放缓。风机的发展非常迅速，年均增长速度已经超过25%，到2000年将达到13GW的装机容量。其它可再生能源如太阳能和生物质能，随着成本下降也在不断增长，但除水电之外的可再生能源在全球所占比例仍低于2%。随着动力强度的增加和成本的不断下降，燃料电池开始

¹⁰ 注意：由于仅列出了上述4个部门的排放情况，分部门的百分比之和不是100%。

具有高效热电联产的潜力。到2010年，煤和生物质能掺和燃烧、薪材的气化、更高效的光伏发电、近海岸风力田、以及基于乙醇的生物燃料等都有可能进入市场。它们的市场份额随着学习曲线成本的下降和现有电厂基础设施的更新有望在2020年前得到增长。

与第二次评估报告时相比，CO₂的物理去除和存储已经成为更可行的选择。利用煤炭或生物质能作为氢的一个来源，并存储废弃的CO₂，体现出迈向氢经济的可能一步。CO₂被存储在含水层，其完整性得到监控。但对那些特定存储池来讲，长期存储仍在论证过程中，还需要通过研究来确定在各种存储选择中出现无法控制时的释放对环境正或负面影响，以及公众所面临的健康风险。CO₂捕获和存储试验设备有望在2010年投入使用，在2020年对减排作出重要贡献。同生态吸收一样，CO₂的物理去除和存储可以作为目前提高效率、燃料转换以及开发可再生能源等努力的补充，但必须在经济上能够与其相竞争。

本报告考虑了本部门减排技术到2020年在新建电厂的CO₂减排潜力。CCGT有希望成为从目前到2020年全世界范围内新增装机容量的最大贡献者，而且如果天然气供应充足的话还将成为替代新燃煤电站的有力竞争者。如果核电在政治上可接受的话，它在替代煤和气发电时将具有减排潜力。生物质能（主要是来自废弃物、农业和林业副产品）以及风电到2020年也具有作出重要贡献的潜力。水电已是一种成熟的技术，它在减少CO₂当量排放方面的潜力比人们原先预料的要大得多。最后，尽管未来太阳能发电的成本有望大幅下降，太阳能集中发电在2020年前仍是一种昂贵的选择。但太阳能发电可以在机会市场和离网发电上做出更大贡献。最好的减排选择可能取决于当地的条件，如果将所有这些技术组合起来，与本部门到2020的约4亿吨碳的预测排放量相比，可以实现3.5到7亿吨碳的减排潜力。

3.3.7 氢氟碳化物和全氟碳化物的主要减排选择

HFC和PFC的使用已经在增长，到1997年已经替代了约8%（重量比）的CFC；在发达国家，CFC和其他臭氧层消耗物质（ODS）的生产在1996年已经停止，以遵守《蒙特利尔议定书》有关保护平流层臭氧的规定。HCFC已经替代了另外的12%的CFC。其余的80%的

CFC已经通过控制排放、降低单耗、替代技术以及包括合成氨、碳氢化合物、CO₂和水等代用液体或者另类技术来消除。选择何种CFC和ODS的替代物随着用途（包括冰箱、移动及固定空调、热泵、医用及其他气雾剂传输系统、灭火器、溶剂等）的不同而不同。兼顾能源效率和臭氧层保护非常重要，特别是在发展中国家，那里的市场刚开始发展并且未来会保持较快的增长速度。

根据目前的发展趋势，假定除替代ODS之外没有别的用途，HFC的产量预计在2010年前将达到37万吨或1.7亿吨碳当量/年，而PFC的产量将不超过1200万吨碳当量/年。2010年的年排放量将更加难以估计。最大的排放源可能是移动空调、之后是商用冰箱和固定空调。目前HFC用于发泡剂的量比较少，但如果用HFC替代一部分HCFC的话，其使用量据预测在2010年将达到3000万吨碳当量/年，排放量将达500—1000万吨碳当量/年。

3.4 温室气体减排的技术和经济潜力综述

全球温室气体排放在1990到1998年之间以年均1.4%的速度增长。自第二次评估报告以来，许多领域与温室气体减排相关的技术进步显著而且超出预期。由于技术进步并被采用，全球范围总的温室气体减排潜力在2010年将达到19到26亿吨碳当量/年，2020年将达到36到50.5亿吨碳当量/年。这一结论来源于大量依据，但也存在一些制约因素。目前还没有详细的对全球范围的技术潜力的研究，现有的地区和国家研究的研究范围通常不同，对主要参数的假定也不同。因此，表TS-1中提供的估计值仅供参考。但上述段落中提到的主要结论还是具有很高的可信度。

各种减排选择的成本依技术而有所变化，并表现出地区的差异性。一半的减排潜力到2020年可以实现，这些减排量的直接效益（节能量）将超过其直接成本（净资产、运行和维护成本），另外一半减排潜力的净直接成本在100美元/吨碳当量（1998年价）左右或者更高。这一估算采用的贴现率是5%到12%，与公用事业部门的贴现率一致。私营企业的内部收益率变化幅度很大，而且常常偏高，这会影响到私营企业对这些技术的采用。根据排放情景，在2010年到2020年可以这种净直接成本将全球排放降低到2000年的水平。这些减排的实现还需要额外

的实施成本(在某些情况下这一成本还可能很高),并且可能需要政策支持(诸如在第6节所描述的那些政策)、研发的加强、有效的技术转移、以及其他障碍的克服等(详见第5节)。

在建筑、交通和工业部门中有数百项技术和措施来减少温室气体排放。在这些部门中,能源效率措施对全部减排潜力的贡献将超过一半。从更长期来讲,材料使用效率的提高(包括回收)将变得更为重要。能源工业及转换部门将仍由便宜和丰富的化石燃料主导。但是,从煤到天然气的转换、电厂转换效率的提高、工业部门、商业建筑和机构中分散热电联供系统的扩展以及CO₂利用和去除等措施将产生显著的减排潜力。核电厂继续利用(包括延长寿命期)以及可再生能源的使用可以避免一些由化石燃料消耗所带来的排放。从一些副产品和废弃物如垃圾填埋气中获得的生物质能是一种潜在的重要能源,还可以在土壤和水资源适合的地方种植能源作物来弥补生物质能源的不足。风能和水电也有一定贡献,而太阳能由于发电成本较高,贡献要小于二者。N₂O和氟类温室气体减排通过技术进步已经实现。一些工艺的改变,如提高密封和再利用、使用替代材料和技术等,已经在进行实施。未来的减排潜力还包括:绝缘泡沫和半导体生产工艺排放的减少以及铝和HCFC-22的副产品排放的减少。与含氟气体消费相关的能源效率提高的潜力与减少直接排放的潜力相当。土壤碳吸收、牲畜CH₄控制、节约耕地等将会对农业部门温室气体的减排作出贡献。

要实现这些潜力,需要有合适的政策。而且,目前的研发工作有望大幅增加未来可用于减排选择的技术范围。如果要实现在表TS-1中所列的长期潜力就需要维持这些研发活动,并进行技术转移。在各部门中保持减排行动与其他目标(如发展、公平、可持续性)之间的平衡,是保证减排行动有效实施的关键。

4. 增强、保持、管理生态碳库和地球工程选择的技术和经济潜力

4.1 陆地生态系统和土地管理的减排

森林、农用土地、和其他的陆地生态系统可以提供大量的、有时是短暂的减排潜力。保存和吸收二氧化碳可以为进一步发展和实施其他选择赢得时间。IPCC第二

次评估报告中估计,到2050年大约有600到870亿吨碳可以通过森林保持和吸收,另外的230到440亿吨碳可以通过农业土壤得到吸收。目前对生态减排选择潜力的评估是到2050年达到1000亿吨碳(累计),相当于这期间预测化石燃料排放的10%到20%。本节将对陆地生态系统的生态减排措施进行评价,并着重考虑减排潜力、生态和环境制约因素、经济性以及社会关注等方面的内容。同时,简要讨论所谓的地球工程选择。

通过陆地生态系统的管理而不断增加的碳池仅能抵消化石燃料排放的一部分。而且,如果这种碳保存活动不能持续的话,碳贮存量越大,未来所带来的CO₂排放风险越大。比如说,森林部门放弃防火控制,或农业部门实行高强度耕地,都将导致至少一部分的以前积累的碳的迅速损失。但是,利用生物质能作为燃料或用木材替代一些高能耗材料,可以带来永久性的碳减排效益。在碳减排战略背景下评价陆地的碳吸收机会是有益的,因为控制大气中的CO₂水平可能对两种方法都需要。

大多数生态系统的碳库最终将接近其最大限度。在给定的时间内通过森林管理项目实现的碳存储总量和/或所避免的碳排放量多少取决于具体的管理行为(见图TS-6)。因此,一个在过去已经耗尽碳的生态系统将具有累积碳的巨大潜力,而碳储量已经很大的碳库未来的碳吸收率将比较低。由于生态系统最终将达到其作为碳库的最大限度,其吸收汇(即碳储量变化率)将逐渐消失。尽管在一定阶段碳库及其碳吸收率都会很高,但它们无法同时达到最大。因此,对一个生态系统采取何种管理战略将取决于其目标是增强短期积累量还是在一定时间内维持碳库。两个目标之间是否能达成生态意义上的平衡将取决于过去的干扰历史、当地的生产率、拟定的时间范围等因素的影响。比如说,到2010年使吸收最大化对策可能无法在2020年和2050年使吸收最大化;在某些情况下,到2010年使吸收最大化还会导致碳存储的逐渐减少。

碳减排对策的效果以及碳库扩展后的安全性,将受到未来全球变化的影响,但是这些变化的影响将由于地理区域、生态系统类型,以及当地适应能力的不同而有所不同。例如,大气中CO₂浓度的增加、气候的变化、营养物循环模式的变化、以及制度变化(或是自然或是人为产生的干扰)每一个都会对陆地生态系统碳库产生负面影响。

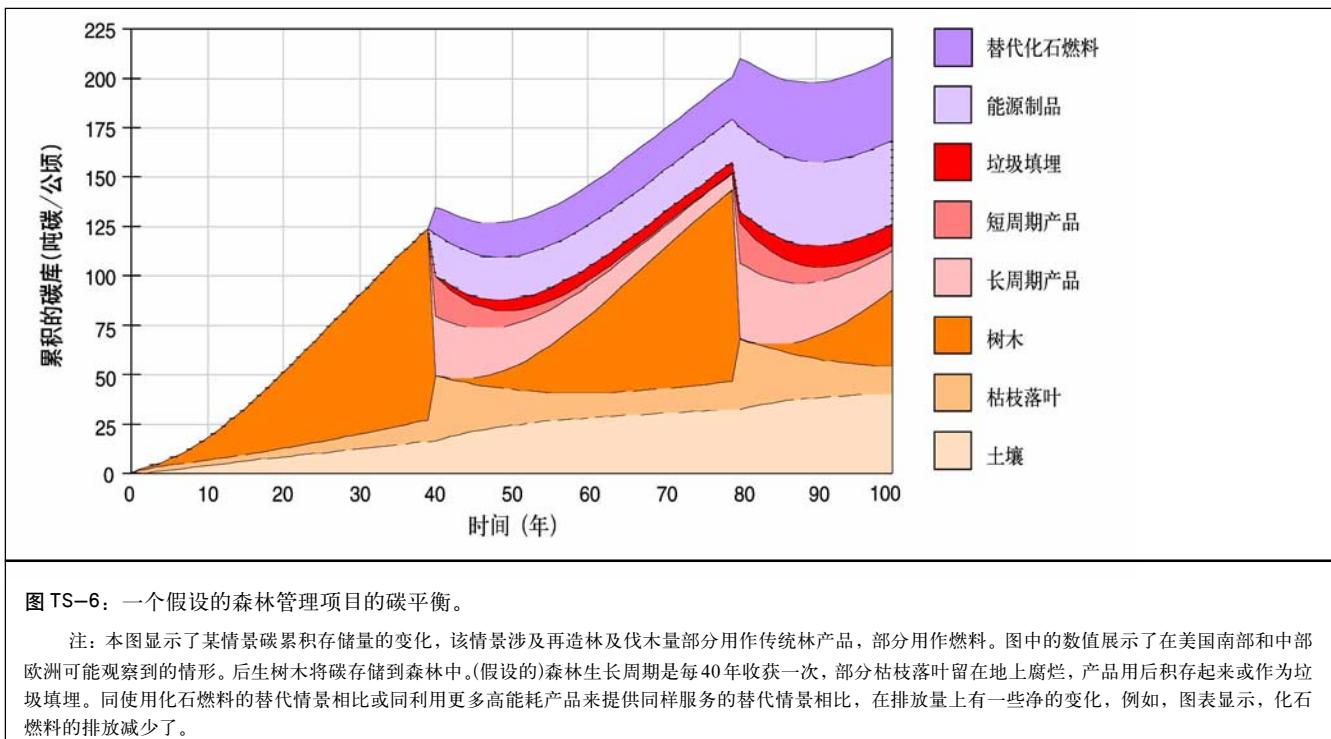


图 TS-6：一个假设的森林管理项目的碳平衡。

注：本图显示了某情景碳累积存储量的变化，该情景涉及再造林及伐木量部分用作传统林产品，部分用作燃料。图中的数值展示了在美国南部和中部欧洲可能观察到的情形。后生树木将碳存储到森林中。(假设的)森林生长周期是每40年收获一次，部分枯枝落叶留在地上腐烂，产品用后积存起来或作为垃圾填埋。同使用化石燃料的替代情景相比或同利用更多高能耗产品来提供同样服务的替代情景相比，在排放量上有一些净的变化，例如，图表显示，化石燃料的排放减少了。

过去，土地管理常常导致碳库减少，但是在许多地区如西欧，碳库目前已经稳定而且在恢复之中。在温带和寒带地区的大多数国家，森林面积正在增加，但是目前碳库仍然比工业化前或史前时期要小。尽管不可能恢复到史前的碳库水平，碳存储量仍然有大量增加的潜力。联合国粮农组织(FAO)以及联合国欧洲经济委员会(ECE)的统计表明，温带和寒带地区管理良好的森林在90年代初期其林木年均净增量超过砍伐量。例如，活木生物量年均增长率为1.7亿吨碳/年，在西欧为1.1亿吨碳/年，大约吸收了该时期全球化石燃料CO₂排放的10%。尽管这些估计不包括枯枝层和土壤中的生物量变化，它们说明地表在大气碳收支中发挥着非常重要的作用，并且作用程度也在不断变化。增加这些碳库为气候稳定提供了潜在和很大的机会。

但是在一些热带国家，森林碳存储平均净损失仍然得不到抑制，虽然毁林的速率在过去几十年中有一点下降。在农用地中，已经有一些政策选择从森林或草地的转换中部分地恢复碳的流失。

4.2 社会和经济考虑

在每个国家，土地对许多目标来讲是一种非常珍贵和有限的资源。气候稳定战略与其他土地使用的关系可

以是竞争的、中性的，或者共生的。该类文献的一个分析认为，碳减排战略可以作为内容更广泛的可持续发展战略的一个组成部分来执行，在这个全面战略里增加碳的储存量仅是众多目标中的一个。常常在森林、农业和其他土地利用中可以采取措施实现碳减排，同时达到其他社会经济和环境目标。碳减排可以为土地管理和农村发展提供额外的价值和收入。在国家、地区和全球层次上可以根据可持续发展的优先权制定当地的解决方案和发展目标。

使碳减缓活动有效和可持续性的关键，是使它与其他土地利用的生态和/或环境、经济以及社会目标保持平衡。许多生态稳定战略对所有三个目标来讲可以是中性的或一致的，可以成为以“无悔”或“双赢”方式接受。在其他情况下，可能需要一些保证措施。潜在重要的环境影响包括对生物多样性的影响、水资源数量和质量的影响(特别是在目前已经缺乏的地方)以及对生态系统生产力的长期影响等。累积环境、经济和社会影响可以通过单个的项目进行评价，也可以从更广泛范围、国家和国际背景下进行评价。一个重要的问题是“泄漏”——一个地方不断扩展的和保持的炭库可能会导致其他地方碳排放量增加。在当地、国家和全球水平上的社会接受能力也可能影响稳定政策的有效实施。

4.3 减缓选择

在热带地区有很大机会来减少碳排放，虽然它们不能在一个更广泛范围的森林、农业和其他部门的政策中单独考虑。另外，对策选择根据社会和经济条件的不同而有所变化：在一些地区减缓和停止毁林是一个主要的减排机会；而在其他地区，毁林率已经减小到边际水平，改进森林管理、造林、对毁林地和废弃地的再造林将是最有吸引力的机会。但是目前的减排能力¹¹常常弱小，而且也无法提供充足的土地和水源。

非热带国家也有机会维持现有的碳库、加强碳库，或利用生物质能代替化石燃料。这些战略的例子包括火灾和虫害控制，森林保护，建设速生林，改进造林方法实践，在城市种植树木、改进废弃物管理活动，加强农用土地的管理以在土壤中增加更多的碳存储，改进对牧草地的管理，以及退耕还林等。

木材和其他生态产品在碳减排中起到几种重要作用：它们可以作为碳库；它们可以替代需要更多能源输入的建筑材料；它们可以作为可再生能源替代化石燃料。林产品已经在某种程度上对气候减排作出了贡献，但如果基础设施和激励措施能够得到发展的话，木材和农业产品可以成为可持续经济的一个重要要素：它们是为数不多可以大规模利用的可再生能源资源。

4.4 生态碳减排选择的标准

为实施大气 CO₂减排战略，并促进实现其他同样重要的目标，需要考虑以下标准：

- 不同时间对碳库的贡献
- 碳库维持和创造的可持续性、安全性、复原性、永久性，以及通用性。
- 与其他土地利用目标的可兼容性；
- 泄漏和额外性问题；
- 经济成本；
- 除气候减排之外的环境影响；
- 社会、文化和交叉性问题，以及公平问题；
- 对在能源和物质部门碳流程系统范围的影响；

出于其他原因而采取的活动也可能会增强减排能力。一个明显的例子是热带森林毁林速度的下降。而且，由

于富裕国家通常都有一个比较稳定的森林产业，我们有理由认为经济发展与增强碳库的活动是关联在一起的。

4.5 经济成本

大多数研究认为，一些社会生态碳减排的政策选择，特别是森林选择的经济成本，在一定范围内是中等程度的。到目前为止，所报告的生态减排的经济成本变化非常显著，在一些热带国家从 0.1 美元 / 吨碳到 20 美元 / 吨碳，非热带国家从 20 美元 / 吨碳到 100 美元 / 吨碳。而且成本计算一般不包括基础设施、合适的贴现率、监控、数据收集和解释，以及土地的机会成本，维护、或常常不包括或忽视的其他发生的成本。这个范围的下界是偏低，但是对成本的理解和处理是随时间不断改进的。而且，在许多情况下，生态减排措施可能有其他的正面影响，如保护热带森林或生成新的森林具有正面外部效应。但是，随着更多生态减排措施的进行和土地的机会成本的上升，生态减排成本将会上升。生态减排成本似乎在发展中国家最低，在发达国家更高。如果生态减排活动是中等程度的，泄漏可能会小。但是，如果生态减排活动是大规模而且分布广泛，泄漏量将上升。

4.6 海洋生态系统和生态工程

海洋生态系统也可以为大气中 CO₂的去除提供机会。海洋生态圈中固定的碳存储量非常小，但是，可以致力于利用生态过程将大气中的 CO₂去除并将其传输到深层海洋中，而不是增加生态圈中的碳储量。一些初步的试验已经进行，但是还有大量的根本性问题有待解决，比如有关碳去除的性能和稳定性，以及必须对生态系统进行大规模的人为操纵才能显著影响大气组成，其所带来的不可见后果等问题必须得到解答。另外，这种方法的经济性还不明确。

生态工程包括为稳定气候系统而直接控制地球的能量平衡，由此减缓正趋强的温室效应。虽然有对陆地能量平衡进行工程控制的可能性，但人类对该系统的认识还很初浅。非预期后果的可能性还很大，甚至还不可能对区域的温度、降雨等的分布进行控制。生态工程不仅面临着科学和技术上的难题，还面临着许多伦理、法律和公平性问题。然而，对生态工程做一些基本的探究工作确实是必要的。

¹¹ 减排能力：有效减排所需要的社会、政治和经济结构和条件。

实际上，到2010年土地利用、土地利用变化以及森林活动的减排可以导致CO₂排放的明显减少。许多这些活动是与土地管理的其他目标相一致的，或相补充的。将海洋生态系统作为碳库或在气候变化减排中应用生态工程技术的总体效果还不确定，因此还不能在近期应用。

5. 技术转让中存在的障碍、机会和市场潜力

5.1 引言

能够减少温室气体排放的技术在转让时通常遇到障碍¹²，从而减缓了向市场的渗透。在减缓温室气体不同潜力的框架下，探讨通过消除障碍或者加速技术的传播来降低温室气体浓度的机会¹³（见图TS-7），图中最下方开始是市场障碍（通常称为市场失效），它是指在市场、公共政策和其他体制中存在的阻碍技术扩散的障碍，这些技术在不考虑温室气体减排效益的情况下对使用者来说也是（或许是）成本有效的。消除此类“市场和体制缺陷”后，将使减缓温室气体朝着实现“经济潜力”的方向努力。“经济潜力”是指所有对消费者而言成本有效的技术得到实施的情况下，所能获得的温室气体减排潜力。由于经济潜力是从消费者角度来衡量，因此对成本有效性的评价必须基于市场价格、个人的时间贴现率以及消费者对技术性能的偏好。

当然，消除所有的市场和体制障碍还不足以达到“技术潜力”程度的技术扩散。经济和技术潜力之间存在的差距通常由两组障碍造成，并被位于两者之间的社会经济潜力区分开。第一组的障碍源自于新技术扩散时人们的喜好和其他社会文化因素。这意味着即使克服市场和体制障碍，一些减排技术仍然不会被广泛采用，因为人们不喜欢，用不起，或者当前的社会和文化氛围与它们相抵触。如果克服市场和体制障碍后，再消除第二组障碍，即实现“社会经济潜力”。因此，社会经济潜力代表克服成本有效技术面临的社会和文化障碍后，温室气体减排的潜力。

最后，即使消除所有的市场、体制、社会和文化障

碍，一些技术仍然不会被广泛采用，这仅仅是因为这些技术过分昂贵。如果能够克服这个先决条件，人类就能达到“技术潜力”，即通过技术扩散降低温室气体排放的最大技术可行性。

这个框架中出现一个问题，即如何对待不同技术产生的环境成本。因为本研究的最终目的是找出全球气候变化政策的机会，因此确定技术潜力时没有考虑温室气体的影响。分析与其他环境影响相关的成本和效益是计算经济潜力的成本效益分析的一部分，但只包括那些现有环境法规或政策已经内部化的、对消费者的影响。还有更广泛的影响被消费者忽视了，所以没有在经济潜力中考虑它们，但在社会的成本效益计算中予以考虑。因此，有些产生环境效益的技术具有社会成本有效性，但从消费者角度看并不成本有效，这些技术产生的温室气体减排效益被纳入到社会经济潜力中。

5.2 障碍和机会的来源

为温室气体减排作出贡献的技术和社会创新是与研究、试验、学习和开发有关的复杂的过程。有一些理论和模型是用来理解它的特征、驱动力和意义的。新的知识和人力资本是通过增加研发、在实践中学习以及／或演变过程的产物。绝大多数的创新要求用户改变行为或社会转变。快速变化的经济、社会和体制结构为各国采用温室气体减排技术走向可持续发展道路提供了机会。这个道路将受到社会经济背景的影响，社会经济背景是对价格、融资、国际贸易、市场结构、体制、信息提供以及社会、文化和行为因素的反映。其中的主要内容如下所述：

不稳定的宏观经济条件对私营投资和融资带来风险。政府不良贷款和财政政策会导致长期的公共赤字和私营部门的资金流动差。政府还可能制定相反的微观经济激励政策，它鼓励追求租金和腐败，而不是有效利用资源。还存在有利于低效技术、阻碍获得外国技术和减慢技术扩散速度的贸易壁垒。官方发展援助仍以带有附加条件的援助为主。它扭曲了技术选择的效率并可能排除了有活力的商业模式。

商业融资体制在开发“绿色”金融产品时面临高风险。环境友好技术项目的相对规模小，还款时间长，交易成本高，阻碍银行投资。价值小也使其很难利用融资手

¹² 障碍是指通过政策、计划和措施能够克服所达到的潜力。

¹³ 机会是指能够减少技术和实践的市场潜力与经济、社会经济或技术潜力之间的差距的某个情况或条件。

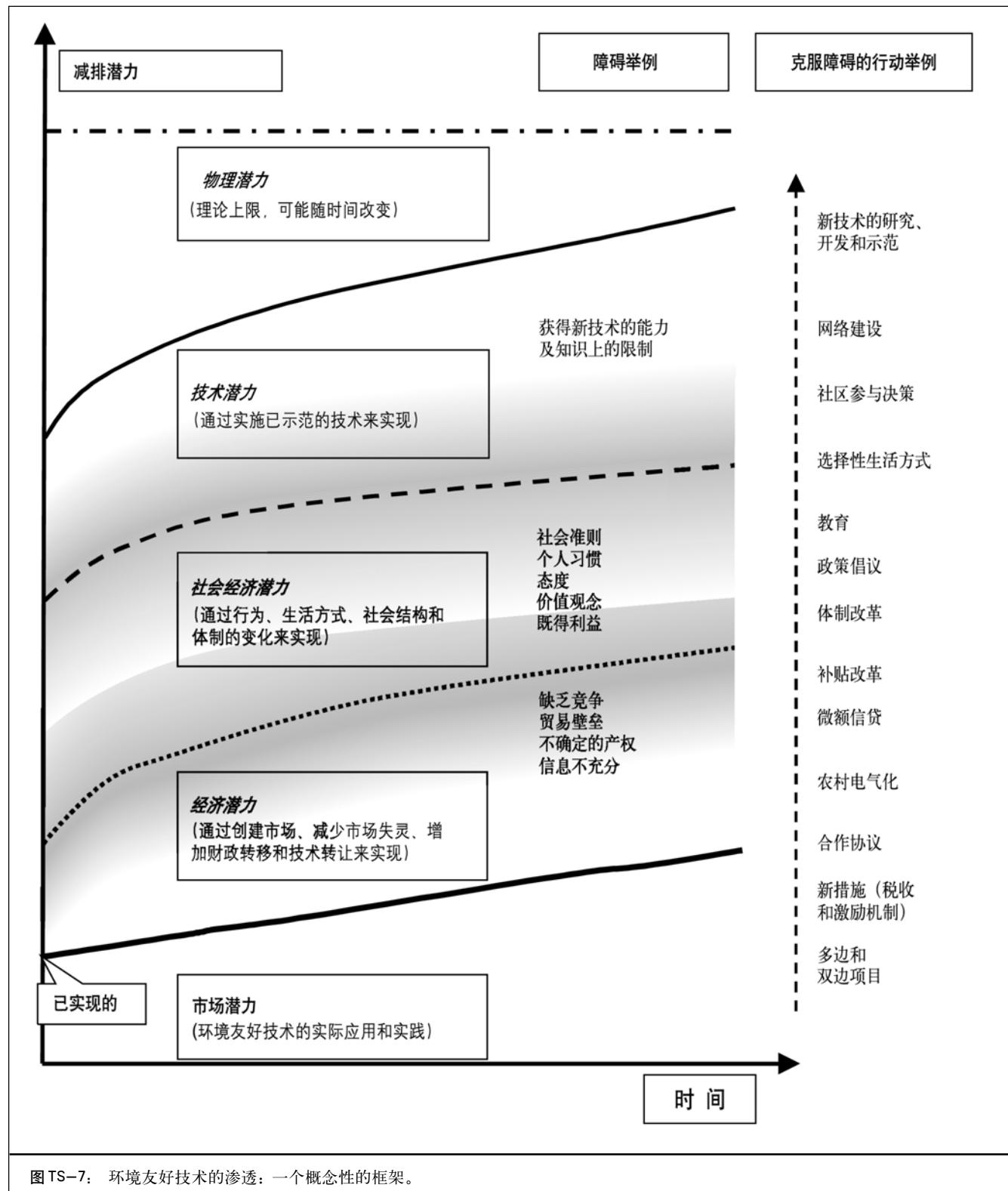


图 TS-7：环境友好技术的渗透：一个概念性的框架。

段，如项目融资。在私营部门解决以上问题采用的创新手段包括，租赁、环境和伦理银行、针对低收入家庭发放小额贷款和赠款、环境基金、能源服务公司（ESCO）以及绿色风险投资。保险业已经对气候变化风险做出了反应。新的绿色金融体制，例如林业投资基金已经通过

抓住现有森林的价值而找到了市场机会。

价格扭曲或不完全价格也是重要的障碍。对某些影响（外部性），如环境破坏，缺乏市场价格也是传播环境友好技术的障碍。由于税收、补贴产生的价格扭曲和其

他政策干预使消费者使用资源时更便宜或昂贵，这也阻碍资源节约型技术的传播。

网络外部性也会制造障碍。一些技术的操作方式是某个用户使用设备并与其它用户相互作用来产生“网络外部性”。例如，使用其他替代燃料的汽车的吸引力在于是否有便利的燃料添加设施。另一方面，建立添加燃料的基础设施又取决于这些汽车的需求。

不当的激励来源于房东与房客之间的关系是房客负担每月的燃料费用和/或电费，而房东不考虑每月的能源消耗，只想买初始投资最便宜的设备。公司购买车辆供职员使用时也会遇到类似情况。

交叉利益：在技术进步中一个主要障碍是掌握传统技术的一方有既得利益，他们会串通一气向政府施加政治压力，运用行政手段、税收、贸易壁垒和规定来推迟甚至阻止创新，以免其利益受损。

缺乏高效率的规章制度制定机构阻碍了环境友好技术的导入。许多国家对环境保护有很好的宪法和法律要求，但后者不能很好的实施。但是，来自非政府组织、贸易协会、社区组织等的社团压力形成的“非官方规定”可以代替一定的法规压力。

信息通常被认为是公共物品。关于不同技术的可获得性以及它们的性能特点的信息应作为“公共物品”，而且在私营市场上没有充分提供。这个问题变得更严重，因为即使一项技术应用了，通常由于测量错误和确定基准线的难度使节能的定量化很困难。如果人们知道一项技术存在很大的不确定性，就会阻碍技术扩散。

当前的生活方式、行为和消费模式是在当前的和历史的社会文化条件下发展起来的。行为和生活方式的改变是各种过程相互作用的产物：

- 科学、技术和经济发展；
- 世界主流观念和公众舆论的发展；
- 机构、政治联盟或网络之间关系的变化；
- 社会结构或公司间、家庭间关系的改变；
- 心理动机（如方便程度、社会特权、职业等）的变化。

在以上各个过程中，障碍以不同形式出现。

在某些情况下政策的发展是以人类心理模式为基础，这遭到广泛批评。模式假设人们是理性的福利最大化者并有一套固定的价值观。这种模式无法解释人类行为中学习、习惯、价值观形成或理性的过程。社会结构会影响消费，例如将目标与地位和品味相结合。个人选择可持续消费模式取决于这样的模式与需求之间的适应，以及他们对消费模式的理解，以便做出选择。

不确定性：另一个重要的障碍是不确定性。消费者可能对未来的能源价格以及节能不确定。另外，还对下一代设备存在不确定性，明年会不会有更便宜和更好的型号？在实际的决策中，障碍通常与沉没成本、基础设施的长期性以及基础设施资产融通能力差造成的投资不可逆性等有关。

5.3 特定的部门和技术障碍及机会

以下各节描述每个减排部门存在的障碍和机会（见表 TS-2）。

建筑部门：任何国家的穷人在本部门受到的影响远比富人大，因为获得资金的渠道不足，识字率低，固守传统习俗，并且需要拿出收入中更大部分满足基本需求，包括购买燃料。其它的障碍有缺乏技能以及社会障碍、不当的激励、市场结构、缓慢的资本存量的周转。在民用建筑实行一体化设计可以节省能源 40 – 60%，因此可减少生活费用（见 3.3.4）。

消除民用和商业建筑部门中存在的障碍、降低能源成本和能源消费以及减少碳排放的政策、计划和措施可以分为 9 大类：自愿性计划、建筑能效标准、设备能效标准、国家市场改革计划、融资、政府采购、税收信用、能源规划（生产、分配和终端利用）以及加强研发。在非洲，可支付得起的信用融资已经被广泛认可，它是克服初期成本高这一障碍的关键措施。由于宏观经济管理不当造成经济条件不稳定，将导致融资的抑制和更大的障碍。在一个能效投资或组织措施的创新过程中，许多障碍是同时出现的，因此通常需要将多项政策捆绑在一起实施，以发挥一项特定技术的经济潜力。

交通部门：在现代社会，人们普遍认为小汽车是自由、活动性和安全、个人地位和身份的象征，是工业经济

最重要的产品。一些研究发现，居住在人口密度大、交通拥挤的城市的人们对小汽车的依赖程度较低，但某些文献中的由郊区向城市转变的主张不容易执行，即使考虑交通堵塞问题。城市和交通的统一规划以及采用激励政策是交通部门提高能效和节能的关键。在这个领域锁住效应问题是非常重要的：当土地利用形式确定后，几乎没有改变的可能。这意味着发展中国家存在机会。

通常采用征收交通燃料税的措施，但在有些国家被误认为是增加政府财政收入的措施，因而非常不受欢迎。征收道路使用费并将其纳入交通设施建设费用专项资金，已经被人们接受。虽然卡车和轿车的使用目的和行驶里程不同造成障碍和机会不同，但反映温室气体排放完全成本的税收政策对公路交通的二氧化碳减排会产生相同影响。一些研究探索调节现行公路税、执照费和保险费的潜力并发现可以由此减少经济合作与发展组织国家排放量的10%。便捷、高效的公共交通发展不足，使耗能更多的私人车辆的使用得到鼓励。各种保护公路交通利益的政策纠合在一起构成了变革的最大障碍。

新车和旧车和/或其技术绝大部分情况下是从发达国家向发展中国家流动。因此，旨在减少发达国家排放的技术将对发展中国家未来的排放产生重要影响。

工业部门：在工业部门，障碍以多种不同的形式出现并取决于公司的特征（规模和结构）和商业环境。成本有效的能效措施经常不能被充分实施是由于缺乏信息，以及获得可靠信息的高额转移成本。资本被不同的投资重点争夺，而能效投资的障碍率很高。缺少技能熟练的人员，特别是在中小型企业（SME），使得安装新能效设备与只需购买能源相比变得很困难。其它障碍不利于将节能定量化，创新技术进入市场缓慢，同时公司对研发投入不足，即使投资回报率很高。

在发达国家的工业部门采用并测试了广泛的消除障碍的政策和观念，成功率各不相同。信息计划是为了帮助能源消费者理解和采用能效高的技术和实践。环境立法是采用新技术的驱动力。发达国家提高工业能效的新手段还包括自愿协议（VA）。

在能源供应部门，几乎在5.2节提到的所有一般性障碍都限制了环境友好技术和实践的导入。在提高效率

的同时，对能源供应越来越放松管制又引起人们的担心。易变的瞬时电价和合同电价，私营投资者的短期期望以及核电和水电的风险使许多国家偏向于选择天然气或石油发电技术，而偏离可再生能源，其中包括水电，但影响程度更低一些。

热电联产（CHP）的效率比单独生产每种能源高出很多。实行热电联产与工业热力负荷、区域供热和供冷网络的可获得性和密度有密切关系。但是，它的实施受到信息缺乏、技术的分散特性、电网的态度、上网条件以及缺乏扶持长期规划的政策等因素的阻碍。需要强有力的公共政策和监管机构来建立和保证统一的条件、透明度以及与电网供电功能分开计价。

农业和林业：研究能力和扩充服务的缺乏会阻碍适合当地条件的技术扩散，而国际农业研究咨询集团系统的减弱更加剧了发展中国家的这个问题。采用新技术还受限于小型农场的规模、信用约束、风险变化、缺少信息和人力资源、农村基础设施以及租赁安排不足和辅助投入的不可靠供应。对农业的关键投入，如肥料、供水、电力和燃料、维持农业系统稳定产出的补贴以及财富的不平等分配扭曲了这些产品的市场。

克服以上障碍的措施包括：

- 扩大信用和制定节约计划；
- 将国际研究经费转向水利用效率、灌溉设计、灌溉管理、适应盐碱化以及二氧化碳浓度升高对热带作物的影响；
- 提高食物安全性并改进灾害早期预警系统；
- 建立有关国家政府之间的联系；
- 将农业产品的投入和产出价格合理化，考虑发展、公平和可持续性问题。

林业部门受到土地利用规定和其它宏观经济政策的约束，这些政策通常倾向于将土地利用转向农业、养牛及城市工业。不稳定的土地使用权制度以及鼓励农业或畜牧业的补贴是影响林业可持续发展以及持续减排二氧化碳的最重要障碍。与减缓气候变化有关的其它问题包括缺乏技术能力、项目基准线的确定缺乏可信度、监测碳储存等方面挑战。

废弃物管理：固体废弃物和废水的堆放和处理产生

人类活动甲烷排放量的20%。本部门技术转让的主要障碍是资金和体制能力有限，行政管理的复杂性以及需要社区的参与。减缓气候变化项目会面临更多的障碍，因为人们对收集甲烷和进行发电不熟悉，不愿为气候变化付出更多的人力，以及额外的行政管理的复杂性，因为既涉及废弃物处理，又关系到能源副产品的生产和供应。缺少明确的规定和投资框架给项目开发带来很大挑战。

为了克服这些障碍，展现废弃物管理上存在的机会，需要采用多种项目途径，其内容包括：

- 建立废弃物的数据库，数据信息包括可获得性、特征、分配、收集、目前的利用技术和／或处置技术和经济性；
- 对技术转让建立机制，通过协调项目将研发单位、金融机构和工业界联系起来；
- 确定利益相关方的作用，包括地方政府、每个家庭、工业、研发机构和政府。

地区考虑：变化的全球格局为导入温室气体减排技术和实践提供了机会，它们与发展、公平和可持续性的目标是一致的。传统的能源补贴、体制惯性、分散的资本市场和交叉利益等对技术的实施造成了主要障碍，特别是在发展中国家和经济转型国家（EIT）。这两类国家的情况要求做更仔细的贸易、体制、金融、收入、障碍、机会、扭曲价格和信息差距方面的分析。在发达国家，其它障碍包括高碳强度的生活方式和消费模式，社会结构，网络外部性以及激励不当，它们为控制温室气体排放的增加提供了干预机会。最后，新的和旧的技术通常从发达国家流向发展中国家和转型国家。采取全球途径减少排放，以及发达国家向发展中国家转让的技术将对未来排放产生重大影响。

6. 政策、措施和手段

6.1 政策手段和评价它们的可能标准

本节的目的是考察政策和措施的主要类型，这些政策和措施可以用来降低大气中温室气体的浓度。为了与本报告范围一致，那些可以降低适应气候变化成本的政策和措施未被考虑在内。可选的政策手段通过一些特定的标准进行讨论和评价，这些都是以最新的文献为基础。本节还强调了《京都议定书》中提出的手段（京都机制），

因为这些都是新的手段，并且集中于如何实现温室气体的限排，它们在国际上的应用程度也是史无前例的。除了经济方面，与政策和措施有关的政治经济、法律和体制方面的问题也将进行讨论。

任何一个国家可以选择很多政策、措施和手段，包括（不分次序）：排放税、碳税或能源税、许可证交易、补贴、抵押—返还系统、自愿协议、不可交易的许可证、技术和性能标准、产品禁令、包括研发投资的政府直接支出。同样，一组国家为了限制集体温室气体排放可以实施其中之一或混合的手段，例如可交易配额、联合履行、清洁发展机制、协调的排放税或碳税或能源税、国际排放税、碳税或能源税、不可交易配额、国际技术和产品标准、自愿协议和财政资源和技术的直接国际转让。

评价政策手段的可能标准包括：环境有效性；成本有效性；分配考虑包括竞争力；行政和政治上的可行性；政府收入；更广泛的经济影响，包括对国际贸易规则的影响；更广泛的环境影响，包括碳泄漏；以及态度、意识、学习、创新、技术进步和传播上的转变。每个政府在评价温室气体减排政策时对不同标准的权重都不同，这取决于国家和部门的实际情况。而且，当政府评价国内和国际政策时对同一个标准的权重也不同。协调的行动可以解决竞争力、潜在的国际贸易规则冲突和碳泄漏问题。

讨论政策选择的经济学文献强调利益集团压力的重要性，主要是对法规的要求。但它们忽略了政治平衡中的“供给方”，这是政治科学文献讨论的重点：制订和实施法规政策的立法者、政府和党派官员，他们最终决定采取哪些政策手段。然而，政策手段的被遵守程度，无论该政策是针对化石燃料使用者还是制造商，是政策工具取舍决策中非常重要的一项政治考虑因素。一种认识认为某种形式的监管会有利于被管制的产业，例如，它将限制进入此产业或使进入的成本增加。对整个产业产生成本的政策依然可以得到公司的支持，因为它们会比竞争者更有利。受管制的公司当然并不是在法规中唯一获益的群体，与其利益相反的群体同样会施展手段争取自己的利益。

6.2 国家政策、措施和手段

对于正在进行体制改革的国家，重要的是理解新的政策条件，以便对温室气体减排政策的可行性进行合理

评价。近期的能源市场自由化的措施主要是为能源和电力市场提供竞争，它还会对排放产生重要影响，如对能源或电力供应的生产和技术模式的影响。从长期看，改变消费模式比单一的实施减排措施更重要。

基于市场的手段——主要是国内税收和国内可交易许可证系统，这些手段在许多情形下将对政府有吸引力，因为它们效率高。这些手段会经常与传统措施联合使用。当实施国内排放税时，政府决策者应考虑征税点、计税基础和部门间的差异，与贸易、就业、收入的关系以及机制的形式。其中每一项都将影响国内排放税的合理设计，而且政治和其它考虑也将起作用。例如，对燃料的能量进行征税会比产生同样减排量的碳税昂贵，因为这种能源税提高了所有能源的价格，无论它们是否产生二氧化碳排放。但是，许多国家不考虑成本有效性而选择能源税是有其他原因的，本节的许多分析适用于能源税和碳税。

承诺温室气体减排的国家还可以实施可交易许可证系统，直接或间接地减少国内的排放。与税收类似，可交易许可证系统也造成一些设计上的问题，如许可证的类型、发放许可证的方式、包括的排放源、遵约以及排放权储存帐户的利用方式。想用一个国内许可证系统囊括所有排放源是不可能的。实现排放源达到既定排放水平的可交易许可证系统的确定性取决于由于许可证价格的不确定性所产生的成本（即遵约成本）。为解决这个问题，可采取混合政策对遵约成本制定上限，但减排水平不能保证。

出于各种原因，大多数国家不会只通过一种政策手段管理温室气体排放，而是一系列手段。除了一个或多个基于市场的政策外，系列政策可能包括标准和其它规定、自愿协议和信息计划：

- 能效标准已经在越来越多的国家显示出节能效果。特别是在调控市场手段能力有限的许多国家，从而帮助它们开发基础管理能力。这些标准需要不断更新以保持效果。标准的主要不利因素是它们可能效率不高，但可以通过把想要达到的结果作为标准，并对如何达标采取灵活性来改进效率。
- 自愿协议可采用不同形式。提倡自愿协议的人强调它的交易成本低，并且意见一致性。怀疑者强调“搭便车”的风险，并且在没有监测和实施的情况下私

营部门不会进行真正的减排。自愿协议通常在引入更严格的措施之前实施。

- 普遍认为信息不足是市场失灵的关键问题，将对能效提高和减排产生重大影响。信息手段包括环境标识、能源审计、企业报告要求，在许多能效计划中信息活动是产品营销的一部分。

越来越多的文献在理论上并且用很多模型证明，国内政策手段减排温室气体的经济性取决于对这些手段的选择。基于价格的政策将产生正的边际成本和整体减排成本。这些减排成本与当前的税收结构和要素价格的相互作用是非常重要的。基于价格增加收入的政策可以与提高市场效率的措施联合使用。但是，影响能源服务单位价格改变的非价格政策的作用通常仍是决定性的。

6.3 国际政策和措施

关于国际政策和措施，《京都议定书》规定了三个国际政策手段，即京都机制，包括国际排放贸易（IET），联合履行（JI）和清洁发展机制（CDM）。每个手段都为附件一国家成本有效地实现承诺提供了机会。IET允许附件一国家交换其分配的国家排放权（目标）的一部分。这意味着边际减排成本（MAC）高的国家可以从边际减排成本低的国家获得减排量。同样，联合履行是附件一国家彼此之间交换减排量，并以项目为基础。在清洁发展机制下，附件一国家在项目基础上从非附件一国家获得信用额。

经济分析表明京都机制将大大降低履行京都目标的整体成本。但是，为了实现潜在的成本降低，要求附件一国家采取国内政策，以便使每个实体能够利用这些机制实现他们的国家限排义务。如果国内政策限制使用京都机制，或者国际规则限制它们的使用，会减少节约的成本。

在联合履行机制方面，假定如果不履行国家减排承诺将面临巨额罚款，东道国政府才有动机以确保所核发的减排单位（EPU）是真实的，对于清洁发展机制，独立的减排量认证是关键，因为东道国没有减排承诺，因此在保证真实的、经证实的减排量（CEP）上积极性不足。实施基于项目的机制如联合履行和清洁发展机制的主要困难是确定额外净减排量（或增加碳库）；确定基准线会非常复杂。关于京都机制的一系列问题有待进一步

决策，包括监督和核实程序，资金的额外性（保证清洁发展机制资金不会替代传统的发展援助）以及项目基准线方法的标准化。

发展中国家（非附件一国家）对公约的履行程度取决于环境友好技术的转让和其它因素。

6.4 国家和国际政策手段的实施

任何国内和国际政策手段只有在充分的监督和执行系统的配合下才能有效。在强制性执行与事实上开展的国际合作之间是有联系的。许多多边环境协议强调为履行义务需要协调行为准则，并在世界贸易组织（WTO）和／或关贸总协定（GATT）框架下扩大法律制度。公约和议定书对不履约行为并没有提供解决措施。但是为履行《京都议定书》开发的一些国内政策和措施可能与世界贸易组织条款冲突。国际上环境协议的差异也会对贸易产生影响。

环境协议（包括公约和议定书）中一个重要的考虑是如何寻求广泛的参与。研究国际环境协议的文献预言：参与将是不完全的，可能需要激励来增加参与的广泛性（见第10节）。

7. 成本方法论

7.1 基本概念

我们在合理制定政策时需要考虑到利用资源减排温室气（GHG）体将产生机会成本。因为采取减少温室气体排放或增加汇的行动利用了可以做其它用途的资源。在评价这些行动的成本时，应考虑用于保护气候的资源如果被用在商品和服务上的社会总价值。在某些情况下，成本与效益相加为负，社会从减排中获益。

本节在讨论估算气候变化成本的方法论问题时，将重点放在正确评价减排温室气体措施的成本上。评价成本和效益应基于系统分析框架，以保证计算的可比性和透明性。开发一个完整的框架可以用来评价以个人价值观为基础的社会福利的改变而产生的成本，这些个人价值观通过改善环境的支付意愿（WTP）或接受赔偿意愿（WTA）来体现。通过这些价值评价可以衡量一个政策

的收益和损失、整体资源成本和机会成本。

虽然这些衡量福利的方法有局限性，而且将其货币化也是有争议的，但人们认为将非市场投入转变为货币形式的方法可以为决策者提供有用的信息。应当在适当的时间和情况下采用这些方法。建立在福利评价基础上的成本方法可以作为更广泛的评价减缓气候变化政策的公平性和可持续性的补充。实践中的关键问题是开发出对主要影响因素一致的和综合的评价方法。

对这种成本方法常见的批评是它不公平，对“受益人”给予更高的权重，这通常因为受益人的支付意愿或接受赔偿意愿比不受益的人高，因此它体现了受益人的意愿。这个批评是正确的，但目前还没有连贯一致的方法来替代现在的评价方法。对公平性的担忧可通过计算基本成本来解决。成本估算在气候变化决策中需要的一种信息，还需要补充其它社会方面的信息，如对主要利益方的影响和实现的扶贫目标。

本节回顾了有关成本评价的方法和使用这些方法产生的问题。

7.2 分析方法

成本评价是决策规则中的输入信息，包括成本效益分析（CBA）和成本有效性分析（CEA）以及多种因素分析。分析方法的不同主要取决于决策框架选取的、认定的和评价的目标不同，一些减排政策的目标以经济单位表示（如以货币衡量成本和效益），一些以物理量来表示（如CO₂排放量）。实践中面临的挑战是对所分析的每个重要影响提出一个一致性的、综合的评价方法。

7.2.1 共生效益和成本以及附带效益和成本

文献使用了一些术语来描述与温室气体减排政策相关的效益和成本。它们包括共生效益、附带效益、侧面效益、二次效益、联合效益、相关效益等。“共生效益”是指温室气体减排政策产生的非气候效益，它们在减排政策制定的一开始就考虑了。因此，共生效益指目的在于减排的政策也有至少同等重要的其他目标（例如发展、可持续性和公平性等目标）。与之相反，附带效益是指气候变化减排政策对其产生的问题带来的二次或副效果。

如前所述旨在减排温室气体的政策会产生的其它社会效益和成本(这里称连带或附带效益),一些经验性研究试图评价它们的影响。很显然,附带或共生效益的程度主要取决于分析情景的构造,特别是基准方案中对政策目标的假设。这意味着是否包括某一特定影响主要取决于计划的首要目标。有些从国际角度看是温室气体减排计划,从国内来看,减少当地污染物排放与减排温室气体却是同等重要。

7.2.2 实施成本

所有的气候变化政策被实施时都产生必要的成本,即改变现有规定和规则产生的成本,以满足基本保障,包括培训和教育实施政策的人以及受本政策影响的人等,遗憾的是这种成本没有被全部列入传统的成本分析中。实施成本反映了将计划付诸实施的永久性体制安排,而与成本分析中提到的交易成本是不同的,根据定义,后者是暂时成本。我们需要做许多工作将体制的和其它程序的成本定量化,以使数字更能反映出真实成本,如果计划被实际执行。

7.2.3 贴现

有两种方式来贴现——基于贴现率应该是多少的伦理或规范方法,以及基于人们(储蓄者和投资者)日常生活决策中使用的贴现率的描述性方法。在减排分析中,一个国家的决策至少应该部分依靠反映资本的机会成本的贴现率。发达国家通常为4—5%,发展中国家为10—12%甚至更高。讨论不同的气候变化减排项目使用不同的贴现率是一个挑战,除非减排项目持续时间非常长。文献表明贴现率随着时间的延长而降低,这就意味着应当对长期内产生的效益给予更高的权重。需要注意的是这些贴现率并没有反映私人回报率,它通常很高,大约10—25%。

7.2.4 适应和减排成本及之间的联系

虽然大多数人认为适应行动会影响减排成本,但这在气候政策决策中并没有被考虑。因为政策是分散的——减排是针对气候变化的,而适应被认为是对自然灾害作出的反应。通常对减排和适应的模拟是分别进行的,以便将复杂巨大的事情简单化。因此,通常分别估

算减少风险的成本,因为对每项措施都存在潜在的偏差。这说明应对减排和适应之间的相互作用以及经验性结果给予更多注意,但影响的性质和时间的不确定,包括意外的发生将限制相关成本内部化的程度。

7.3 系统边界: 项目、部门和宏观

研究者将项目、部门和经济分析区分开。项目级分析考虑“单个”投资并假设对市场不会产生重大的二次影响。它采用的方法有成本效益分析(CBA)、成本有效分析(CEA)和生命周期分析。部门级分析在“局部均衡”的条件下考察部门政策,所有的变量为外生。采用不同的宏观经济和一般均衡模型进行经济分析,探讨政策如何影响所有的部门和市场。应当在评价的详细程度与系统的复杂性之间有所权衡。本节将提出成本分析中使用的关键假设。

有效的评价气候变化减排方案需要结合使用不同的模型。例如,详细的项目评价与部门影响的一般性分析相结合,对碳税的宏观经济研究与大型技术投资项目部门模型相结合。

7.3.1 基准线

基准方案指在没有气候变化政策干预下温室气体的排放,这是评价减排成本的关键。因为基准情景的确定决定未来的减排潜力,以及减排政策实施的成本。基准方案还包括一些在宏观经济和部门层次上的、重要的、对未来经济政策的模糊假设,包括部门结构、资源强度、价格和技术选择。

7.3.2 考虑无悔措施

无悔措施指负成本的温室气体减排行动,其净成本为负值,因为它们产生直接或间接的效益。例如减少市场失灵,通过税收返还和共生效益产生的双重效益/红利,它们大到足以抵消实施成本。无悔问题反映了对经济运行和效率的特别假设,尤其反映了建立在社会成本概念上的社会福利作用的现实性和稳定性:

- 减少现存的阻碍成本有效的减排措施实施的市场或体制失灵和其它障碍,将在当前的情况下降低私人成本,并且它还会降低整体私人成本。

- 双重效益 / 红利是指碳税收入返还将抵消其它税收扭曲。
- 附带效益和成本（或附带影响）可以是各种政策措施的协同效益或它们间的平衡，这些政策措施引起的温室气体减排对其他环境政策（如与当地大气污染、城市拥挤或土地和自然资源退化有关的政策）有共同的影响。

市场不健全性

无悔潜力的存在表明市场和制度运作不完善，这是由市场失灵和 / 或制度失效造成的。市场失灵表现在缺乏信息、扭曲的价格信息、缺乏竞争等等；而制度失效与不适当的管制、产权不明、扭曲的财政体制和受限制的金融市场等有关。减少市场的不健全性意味着有可能制定和实施一些政策，在成本小于效益的前提下，纠正市场和体制失效。

双重红利

在九十年代，人们对来自减缓气候变化政策的双重红利问题进行了广泛的研究。除了改善环境（第一收益）的基本目标外，这些政策如果通过增加收益的措施来实施，如碳税和可交易的排放权，则可以获得能抵消实施这些政策总成本的第二收益。所有的国内温室气体政策都有一个来自于政策工具和财政体系间相互作用的间接经济成本，但是如果政策是通过增加收益的措施来实施，如这一收益被用来改变现有的扭曲政策，则这一成本可以被部分抵消（或效益高于成本）。这些增加收益的政策在实践中能否减少扭曲，取决于这些收益能否被“循环”，并用于减少其他税收。

附带效益和成本（附带影响）

附带影响的定义已在上文中给出。正如上文指出的，附带影响可以是积极的也可以是消极的。重要的一点是我们应该认识到总的和净的减排成本不可能通过简单地将积极影响和消极影响相加而得到，因为后者非常复杂。减缓气候变化的成本（总的和净的成本）只有与综合而又具体的各种不同的情景和政策假设相联系才有意义。

无悔潜力的存在是必然的，但实现这些潜力的条件并不充分。实际实施需要制定一个政策战略，而这一战略可能与减少市场和制度的失败或者与减少障碍一样复杂。

7.3.3 灵活性

对范围很宽的选择措施来说，减缓成本取决于一个国家的政府用什么制度框架来减排温室气体。总的来说，框架越灵活，实现一个给定的减排目标的成本就越小。更多的灵活性和贸易伙伴能减少成本，很少的灵活性和贸易伙伴会使成本升高，无论是在国内减排还是在国外减排。灵活性都可以用将碳减排成本降到最低的能力来衡量。

7.3.4 发展、公平和可持续性问题

国家级减缓气候变化政策的实施在很多情况下将对短期经济、社会发展、区域环境质量和不同代际间的公平性产生影响。遵循这一原则的减排成本评估，即在实现减排温室气体政策的目标有很多附带影响的决策框架的基础上评估，这样一个评估的目的是告诉决策者在公平优先和其它政策制约（自然资源和环境目标等）的条件下如何有效地实现不同的政策目标。很多国际上的研究已经应用这样一个广泛的决策框架来对清洁发展机制项目的影响进行评估。

在减排成本问题和政策的广泛影响间有很多关键的联系，包括对宏观经济、就业机会的创造、通货膨胀、公共资金的边际成本、资金可获得性、溢出效应和贸易的影响。

7.4 有关发展中国家和经济转型国家的特别问题

许多与技术使用有关的问题应该被认为是发展中国家减缓气候变化和相关成本的决定性因素。这些包括目前的技术发展水平、技术转让问题、创新和扩散能力、有效技术应用的障碍、制度结构、人力和外汇收入。

发展中国家和经济转型国家需要在方法、数据和政策框架方面加强研究。尽管就方法建立一个完整的标准是不可能的，但为了获得一个有意义的比较结果，在不同国家用一致的方法、观点和政策情景是很重要的。

建议对传统方法作以下改进：

- 应该分析替代发展途径。分析不同的基础设施投资结构、不同的灌溉、燃料结构和土地利用政策下的发

展途径。

- 宏观经济研究应考虑资金、人力和电力市场的转换过程。
- 非正式和传统的部门交易应包括在国家的宏观经济统计中。非商品能源消费和为收集非商品能源而未被支付的家庭劳动有很重要的意义，应该在经济分析中明确地考虑到。
- 应该明确地考虑到消除市场障碍的成本。

7.5 成本评估的模型方法

减缓气候变化战略的模型非常复杂，很多模型技巧已经被应用，包括投入产出模型、宏观经济模型、可计算的一般均衡模型（CGE）和基于能源部门的模型。混合模型也已经被开发，以便提供有关经济结构和能源部门更详细的信息。这些模型的运用取决于评估的主体和数据可获得性。

正如第六节中所讨论的，减缓气候变化的政策主要包括以下几类：市场导向的政策、技术导向的政策、自愿政策、研究和开发政策。一个气候变化政策可以包括所有上述4个政策的内容。然而很多分析方法仅仅考虑其中的一部分。例如，经济模型主要评估市场导向的政策，有时也评估与能源供应有关的技术政策，而工程方法主要关注供应和需求方的技术政策。这些方法对研究和开发政策和自愿协议政策来说相对较弱。

8. 全球、区域、国家成本和附带效益

8.1 引言

《联合国气候变化框架公约》（第二条）的最终目标是“将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上”¹⁴。另外，公约（第三条第三款）规定“应付气候变化的政策和措施应当讲求成本效益，确保以尽可能最低的费用获得全球效益”¹⁵。本节介绍国家、区域和全球层次的有关温室气体减排政策的文

¹⁴“本公约以及缔约方会议可能通过的任何相关法律文书的最终目标是：根据本公约的各项规定，将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上。这一水平应当在足以使生态系统能够自然地适应气候变化、确保粮食生产免受威胁并使经济发展能够可持续地进行的时间范围内实现。”

献，介绍净的福利收益或损失，包括减排政策的附带效益（如果可行的话）。这些研究应用了前面各章中描述的所有分析工具，包括由有详细技术描述的自下而上的模型到自上而下的将能源部门和其它经济部门联系在一起的更综合的模型。

8.2 详细技术模型中的温室气体减排的总成本

在详细技术的“自下而上”的模型和方法中，减排成本是由技术和燃料成本，例如投资、运行和维修成本、燃料获得成本，与进出口的收益和成本（这是一个最近的趋势）相综合而得出的。

模型可以在两个坐标轴上排序。首先，按照从简单的工程经济计算分技术的影响，到考虑整个能源系统的综合的部分均衡模型的顺序排列。第二是根据从直接的减排技术成本的严格计算到其它一些考虑的顺序排序，这些考虑包括观察到的市场的技术采纳行为、由于需求减少而导致的福利损失和贸易变化带来的收益和损失。

这导致对两种方法类型的比较分析，即工程经济方法和最低成本均衡模型。在第一个方法中，每一种技术都通过对成本和收益的计算而得到独立的评估。一旦估算了这些因素，对每种技术都能计算出相应的单位成本，然后根据这一成本可以把这些技术排序。这一方法在指出由于最好的可获得技术与目前正在使用的技术间有“效率差距”而存在负减排成本的潜力时是非常有用的。但是，这一方法最主要的缺陷是忽略了或没有系统分析不同技术间的相互关系。

通过在所有部门和所有时间内同时考虑所有技术，以及选择优化技术，部分均衡的成本最小模型已经建立起来，并用来弥补这一缺陷。这些更综合的研究表明总的温室气体减排成本比按分技术严格计算的成本高。通

¹⁵“各缔约方应当采取预防措施，预测、防止或尽量减少引起气候变化的原因，并缓解其不利影响。当存在造成严重或比可逆转的损害的威胁时，不应当以科学上没有完全的确定性为理由推迟采取这类措施，同时考虑到应付气候变化的政策和措施应当讲求成本效益，确保以尽可能最低的费用获得全球效益。为此，这种政策和措施应当考虑到不同的社会经济情况，并且应当具有全面性，包括所有有关的温室气体源、汇和库及适应措施，并涵盖所有经济部门。应付气候变化的努力可由有关的缔约方合作进行。”

过优化框架，将优化的对策与优化的基准线相比，这些模型能给出比较容易解释的结果。但是，这些模型的缺陷是很少能根据现实中非优化的情况来校准模型中基年的情况，而是含蓄地假设一个基准线。因此它们不能对负成本潜力提供任何信息。

自从《第二次评估报告》出版以来，从下而上方法已经得出了很多新的有关附件一国家、非附件一国家和一些国家集团的结果。另外它们还通过考虑需求和一些影响效果，在直接减排成本的传统计算方法上更进了一步。

然而，不同的研究得出了非常不同的模型结果，对它的解释是模型需要非常多的参数，不同国家的参数差异非常大(如能源资源、经济增长、能源强度、产业和贸易结构)，另外模型的假设和有关负成本的假设也不同。

但是，正如《第二次评估报告》所说的，对由于减少现有市场失灵、考虑附带效益和双重红利而产生的无悔潜力的看法是一致的。这意味着一些减排行动可以在负成本的条件下实现。无悔潜力来自于现有的市场和制度失灵而使一些具有成本效益的措施得不到实施。关键问题是这些失灵能不能通过具有成本效益的政策措施来得以纠正。

第二个重要的政策信息是决定大多数气候政策宏观经济影响的短期和中期的边际减排成本，对基准方案(增长速度和能源强度)和技术成本的不确定性非常敏感。即便有非常好的负成本选择措施，在超过一个期望的减排水平后边际成本可能快速上升。在允许碳贸易的模型中这一风险要低得多。从长期来看，由于技术进步会降低边际成本曲线的斜率，所以这一风险能被减少。

8.3 碳减排的国内政策成本

决定减排总成本的重要因素是确定为了达到一个给定的目标而需要减排的数量，因此排放的基准线是一个关键因素。二氧化碳的增长速度取决于GDP的增长速度、单位产出能源使用的降低速度和单位能源使用的二氧化碳排放降低速度。

在一个用能源部门模型的多模型比较项目中，十多个国际研究小组都研究了《京都议定书》中承诺的减排成

本。为了降低排放实行碳税并且一次付清，碳税的大小为必须的市场干涉程度提供了一个初步的信息，而市场干涉的程度等于为了实现一个既定排放目标的边际减排成本。为实现一个特定的目标而需要征收的碳税取决于有和没有目标的供应(包括节约)的边际来源，而这又取决于一些因素，如必须减排的量、有关成本和有碳、无碳技术可获得性的假设、化石燃料资源、短期和长期的价格弹性。

如果没有国际排放贸易，不同模型得到的2010年实现《京都议定书》规定的减排目标所需的碳税在很大的范围内变动。根据表TS-4¹⁶的注释，美国的碳税范围为76美元到322美元，欧洲经济合作与发展组织国家的碳税范围为20美元到665美元，日本的碳税范围为97美元到645美元，其它经济合作与发展组织国家(加拿大、澳大利亚以及新西兰，CANZ)的碳税范围为46美元到425美元。所有的数据都以1990年的美元计。如果国际贸易允许的话，边际减排成本的范围为20美元到135美元每吨碳。这些模型通常没有考虑无悔政策、二氧化碳库的减排潜力和除二氧化碳以外的其它温室气体。

然而，由于不同国情(在相同的碳税下终端能源消费中，化石燃料份额较低的国家受到的影响比其它国家小)和不同政策的影响，碳税水平与GDP变化和福利间没有严格的相关性。

为了在不同国家间比较容易进行比较，以上研究假设碳税(或可拍卖的排放权)收益以一次获得的方式回到经济中。如收益被用来减少现存的扭曲税制，如收入、薪水和销售税，则能减小由一个既定的边际减排成本引起的净的社会成本。但是返还式税收一次获得的收益不能得到效率收益，通过降低其他税种的边际税率的方式返还还有助于避免效率成本或现有税制的无效权重的损失。通过(1)改善环境和(2)减少税制成本，使收益平衡的碳税能够提供双重红利成为可能。

人们可以区分双重红利的较弱和较强形式。较弱的形式声称：相对于把税收收入以一次付清的形式返还给居民和公司，当收入用于减少先前的不正常税收的边际税率时，给定的税收收入中性的环境改革的成本能够得

¹⁶ 在本句中引用的最高数据都来源于ABAPE-GTEM模型。

表 TS-4: 能源模型论坛主要结果。边际减排成本 (1990 美元 / 吨碳; 2010 年实现《京都议定书》的目标)

模型	没有贸易				附件一贸易	全球贸易
	美国	欧洲/ OECD	日本	CANZ		
ABAPE-GTEM	322	665	645	425	106	23
AIM	153	198	234	147	65	38
CETA	168				46	26
Fund					14	10
G-Cubed	76	227	97	157	53	20
GP APE		204	304		70	44
MEPGE3	264	218	500	250	135	86
MIT-EPPA	193	276	501	247	76	
MS-MPT	236	179	402	213	77	27
Oxford	410	966	1074		224	123
PICE	132	159	251	145	62	18
SGM	188	407	357	201	84	22
WorldScan	85	20	122	46	20	5
Administration	154				43	18
EIA	251				110	57
POLES	135.8	135.3	194.6	131.4	52.9	18.4

注: Oxford 模型的结果没有在表 TS 和 SPM 的范围内, 因为对这个模型还没有进行很好的学术评估 (因此 IPCC 对其评估也不合适), 而且此模型的决定结果的一个关键参数来自于 80 年代初。此模型与 CLIMOX (由 Oxford 能源研究院开发, 见表 TS-6) 模型完全没有关系。

EMF-16 GDP 损失 (以 GDP 的百分比计) 是指实现《京都议定书》减排目标下的损失。四个地区指的是美国、欧洲的经济合作与发展组织国家 (OECD-E)、日本和加拿大、澳大利亚和新西兰 (CANZ)。情景包括没有贸易、仅在附件 B 内贸易和全球贸易情景。

到降低。较强的双重红利的形式声称: 税收收入中性的环境税改革的成本为零或负。双重红利的较弱形式宣称得到了事实上的普遍接受, 双重红利的较强形式则有争议。

将碳税或可拍卖的排放权返还给哪里取决于一个国家的具体情况。模拟结果表明, 对效率非常低的经济体和由于没有考虑环境因素而被扭曲的经济体, 收益循环效果实际上可以大于一次成本和税收效果以便将强势双重红利实物化。这样, 在几个有关欧洲经济 (相对的人力税收制度可能严重扭曲) 的研究中, 在任何一种情况下都可能比其它返还措施频繁地获得强势双重红利。与此形成对比的是, 大部分对美国的碳税或排放权的研究表明, 通过降低人力税返还的效率没有通过资本税返还的效率高, 但两者通常不会产生很强的双重红利。另一

个结论是: 即便在没有强势收益的情况下, 碳税收入被用于减少其他税种边际税率的返还政策比无返还政策效果好, 如世袭配额制。

在所有引入二氧化碳税的国家中, 对有些部门不征收碳税或不同部门的碳税不同。大多数研究表明部分部门免税的经济成本比同一税率的成本高, 但是免税成本不同。

8.4 碳税的分配作用

和总成本一样, 对气候政策成本分配的总体评估也很重要。如果有一些人的处境变坏, 则一个能导致效率提高的政策也可能不会使总体的福利提高, 反之亦然。特别要指出的是, 如果有缩小社会收入差距的愿望, 则应

表 TS-5: 能源模型论坛主要结果。2010 年的 GDP 损失
(以 GDP 的百分比计; 2010 年达到《京都议定书》规定的标准)

模型	没有贸易				附件一贸易				全球贸易			
	美国	欧洲 OECD	日本	CANZ	美国	欧洲 OECD	日本	CANZ	美国	欧洲 OECD	日本	CANZ
ABAPE-GTEM	1.96	0.94	0.72	1.96	0.47	0.13	0.05	0.23	0.09	0.03	0.01	0.04
AIM	0.45	0.31	0.25	0.59	0.31	0.17	0.13	0.36	0.20	0.08	0.01	0.35
CETA	1.93				0.67				0.43			
G-Cubed	0.42	1.50	0.57	1.83	0.24	0.61	0.45	0.72	0.06	0.26	0.14	0.32
GP APE		0.81	0.19			0.81	0.10			0.54	0.05	
MEP GE3	1.06	0.99	0.80	2.02	0.51	0.47	0.19	1.14	0.20	0.20	0.01	0.67
MS-MPT	1.88	0.63	1.20	1.83	0.91	0.13	0.22	0.88	0.29	0.03	0.02	0.32
Oxford	1.78	2.08	1.88		1.03	0.73	0.52		0.66	0.47	0.33	
PICE	0.94	0.55	0.78	0.96	0.56	0.28	0.30	0.54	0.19	0.09	0.09	0.19

注: Oxford 模型的结果没有在表 TS 和 SPM 的范围内, 因为对这个模型还没有进行很好的学术评估 (因此 IPCC 对其评估也不合适), 而且此模型的决定结果的一个关键参数来自于 80 年代初。此模型与 CLIMOX (由 Oxford 能源研究学院开发, 见表 TS-6) 模型完全没有关系。

该在评估中考虑其对收入分配的作用。

碳税的分配作用看来是倒退的, 除非碳税被直接地或间接地用于低收入人群。通过减少人力税来返还碳税可能比一次返还 (返还的收益直接回到有工资收益者或资本拥有者) 具有更吸引人的分配作用。减少人力税导致工资增加, 并有利于其收益主要来自劳力的人。从这一点上看, 减少人力税并不总是比分配给社会所有群体的返还计划高明, 而且有可能消弱了碳税的回归特性。

8.5 国际排放贸易的相关方面

很早就认为, 国际排放贸易能降低减排成本。当边际减排成本高的国家从边际减排成本低的国家购买排放份额时, 这种情况就会发生。这通常被称为“地点灵活性”, 也就是不管地理位置在哪儿, 只要其减排成本最低就允许在那儿减排。很重要的是要指出“在哪儿减排”与“由谁支付”没有关系。

“地点灵活性”能在很多区域发生, 可以是在全球、区域或国家层次上。理论上, 在允许全球排放贸易时, 所

有国家都同意给自己设定一个排放上限并作为排放份额的买方或卖方参与国际市场。清洁发展机制能在一定程度上降低减排成本。当市场在区域层次上 (如附件 B 国家间) 时, 排放贸易市场更有限。最后, 所有的减排量都在本国实现时, 排放贸易也可以在国内进行。

表 TS-5 表明, 与没有排放贸易相比, 附件 B 间的排放贸易以及全球排放贸易的成本都减少了。通过不同的模型对全球和区域层次都进行了计算。每一个例子的目标都是实现《京都议定书》中规定的减排目标。所有的模型表明随着排放市场的扩大收益明显增大。模型结果的不同部分是由于以下因素的不同: 基本情景、能源部门供应方和需求方低成本替代技术的成本和可获得性、对短期宏观经济波动的处理。总的来说, 没有贸易情景的总的减排成本小于 GDP (假设 GDP 在同期内显著增长) 的 2%, 并且在大多数情况下小于 1%。附件 B 贸易能使经济合作与发展组织整体的减排总成本小于 GDP 的 0.5%, 经济合作与发展组织不同成员国的减排成本减低到各自 GDP 的 0.1% 至 1.1%。总的来说, 全球贸易能使减排成本降到 GDP 的 0.5% 以下, 并使经济合作与发展组织国家的平均成本降到 GDP 的 0.2% 以内。

所谓的“热气”¹⁷问题也影响《京都议定书》的减排成本。东欧和前苏联近来的经济下降导致了他们温室气体排放量的下降。尽管这种趋势预计会改变，一些国家预测的排放量仍将小于《京都议定书》规定的排放量。如果这种情况发生，这些国家将有过剩的排放份额，并有可能将其卖给那些寻求低成本减排的国家，以便实现其减排目标。排放贸易所带来的成本降低对“热气”的多少很敏感。

对由于执行《京都议定书》而使预期GDP减少进行了大量的评估，大部分经济分析侧重于碳减排的总成本¹⁸，而忽略了非二氧化碳气体减排和固碳在减少成本方面的潜力，没有考虑环境效益（辅助效益和避免的气候变化），也没有用收益校正扭曲。考虑这种可能性可以降低减排成本。

与没有减排限制相比，减排限制将改变资源配置方式，促进潜在的成本节约和燃料替代，资源的相对价格也将改变。这些强制的调整将使经济表现不良从而影响GDP。很明显，排放权贸易市场越大，降低减排总成本的机会越多。相反，如果对一个国家为实现其减排目标而购买的排放权数量加以限制将增加该国的减排成本。几项研究计算了排放贸易对降低减排成本的贡献程度，尤其对边际减排成本非常高的国家，能显著降低减排成本。但是另一个因素很可能削弱排放贸易的成本节省作用，这个因素就是排放贸易系统的运作成本（交易成本、管理成本、不确定性保险以及排放权的使用策略）。

8.6 温室气体减排的附带效益

即使不考虑避免气候变化的效益，旨在减排温室气体的政策也对社会有积极的和消极的作用。本节对一些相关研究，特别是有关估算减缓气候变化政策的副作用的研究进行了评估。因此使用了术语“附带效益或成本”。对附带效益的定义、作用和大小以及将其结合到气候变化政策的方法目前还没有一致的看法。建立对正在增多的将具体的碳减排政策与货币化附带效益联系起来

¹⁷ 热气：一些国家，主要是经济转型国家，给他们分配的排放份额看来要超过他们预期的排放量（由于经济下降导致）。这一超出的部分叫热气。

¹⁸ 尽管一些研究包括了多种气体的分析，但需要对各时期和各地区的这种潜力进行更多的研究。

的文献进行评估的标准。近来针对国民经济整体而不是一个部门作了研究，本报告对其附带效益方法及其可信性进行了验证（第9节进行了分部门分析）。除了近来在方法上的进展，对温室气体减排政策的附属效果、效益和成本进行定量估算仍然非常具有挑战性。除了这些困难，在近期内，一些情况下的温室气体政策的附带效益可以占民间（直接）减排成本的很大一部分，在一些情况下附带效益能与减排成本相当。根据文献，附带效益对发展中国家尤其重要，但这些文献还很有限。

附带效益和成本确切的大小、规模和范围将随着地理位置和基本情景不同而变化。在一些情况下，基本情景设置了相对低的碳排放和人口密度，附带效益将很小。大部分用于估算附带效益的模型——可计算的一般均衡模型（CGE）——在估算附带效益时都碰到了很多困难，因为这些模型很少有，也可能没有能力得到估算附带效益所必需的空间数据。

从基本情景的考虑看，大部分有关附带效益的文献仅仅只系统地分析政府有关环境的政策和规则。与其成为对比的是其它常规政策基线问题，如与能源、交通和健康有关的问题一般来说被忽略了。但基线中考虑了非常规问题，如与技术、人口和自然资源相关的问题。对于在此被评估的研究来说，最重要的附带效益与公共健康有关。模拟附带效益不确定性的一个重要组成部分是污染物排放及其大气浓度间的关系，尤其是二次污染物的重要性。然而，除了公共健康带来的附带效益外，还有很重要的没有量化和货币化的附带效益。同时，看来在方法和用于估算附带效益的模型间有很大的差距。

8.7 附件B国家采取的行动对非附件B国家的“溢出”效应¹⁹

在一个经济与国际贸易和资本流动密切相关的世界上，一个经济体的减排会对其它减排的或没有减排的经济体产生福利影响。这些影响称为溢出效应，包括贸易、碳泄漏、环境友好技术的转让和扩散的溢出效应和其它问题（图TS-8）

¹⁹ 国内减排战略的“溢出”效应指这些战略对其他国家的影响。溢出效应可能是正的也可能是负的，并包括贸易、碳泄漏、环境友好技术的转让和扩散的溢出效应和其它问题。

溢出效应 政策和措施	技术进步效益	对能源工业活动和价 格的影响	对高能耗产业的影响	资源转让到部门
公共研究和开发政策 新技术的“市场准入” 政策 标准、补贴和自愿协议	增加科学知识水平 通过经验和实践中学习 增加诀窍 新的清洁产业/产品性能标准			
碳税 取消能源补贴 协调的碳税	↑ 价格引起的技术变化 和技术扩散	化石燃料工业活动的 减少 低的国际价格、对出口 国的负面影响、对进口 国的正面影响、“反弹 效应”的可能性	碳泄漏、对接受国经济 活动的积极影响和环境 的消极影响 产业竞争中被减小的 扭曲	
国内排放贸易 联合履行、清洁发展 机制 国际排放贸易		↓	不同计划导致的竞争中的 扭曲（祖父配额或可 拍卖的） 技术转让 当排放权价格高于（而 不是等于）平均减排成 本时的净收益	

图 TS-8: 国内减排战略的“溢出”效应指这些战略对其他国家的影响。溢出效应可能是正的也可能是负的并包括贸易、碳泄漏、环境友好技术的转让和扩散的溢出效应和其它问题。

对贸易效应来说，在《京都议定书》之前，模拟研究的一个主要发现是附件B国家的排放限制对非附件B国家有一个很大的反作用。模拟《京都议定书》的结果更复杂，一些非附件B国家有福利收益而一些国家有损失。这主要是由于《京都议定书》的目标要低于以前的模拟目标。单独进行相同的减排时遭受福利损失的非附件B国家，在排放贸易下所遭受的福利损失更小，这也是公认的。

附件B国家的减排将导致非附件B国家排放量的增加，从而减少了附件B国家减排的环境有效性，这被称为“碳泄漏”。由于附件B国家在国际市场中失去竞争力、国际市场上化石燃料的低生产者价格以及贸易条件改善引起的收入变化，通过高碳产业的重新分布导致的碳泄漏可达5%~20%。

但是，《第二次评估报告》指出现有模型对碳泄漏的

估算差异很大，随后几年的研究表明碳泄漏估算差异已经减小。然而，这可能是新开发的模型都采用了合理的类似假设和数据源的结果。这种发展趋势并不必然反映对合理的行为假设的更广泛的认同。一个有说服力的结果看来是：碳泄漏是一个与减排战略的特定情况有关的增长函数。这意味着与此前更严格的减排目标相比，在《京都议定书》的目标下，碳泄漏可能不是一个很严重的问题。排放贸易下的碳泄漏也低于独立减排时的碳泄漏。实际发现的对高耗能产业的免税和其它因素不可能导致模型对碳泄漏的高估算结果，但可能增加综合成本。

碳泄漏也可能与假设的世界石油市场的竞争程度有关。很多研究假设一个竞争的石油市场，考虑不完全竞争的研究得到低的碳泄漏，例如石油输出国家组织能部分操纵石油供应市场因此减小了国际石油价格的降低幅度。问题是石油输出国家组织是否会像一个卡特尔组织那样行动？这对石油输出国家组织和其它石油生产者的福利损失以及附件B国家排放权价格水平都将产生重要的影

响（见第 9.2 节）。

以上讲到的第三个溢出效应，即环境友好技术的转让和扩散与引入的技术变化有关（见第 8.10 节）。在模型中没有考虑环境友好技术和诀窍的转让会导致低的碳泄漏，特别是从长远来看其好处将大于碳泄漏。

8.8 《京都议定书》目标的主要结果小结

附件 B 国家实施《京都议定书》的成本估算因研究、地区的不同而有所不同，而且还大大取决于使用京都机制的假定，以及与国内措施的相互作用。国际上大多数使用国际能源经济模型来研究与比较这些成本。其中有 9 项研究表明下述对 GDP 的影响：²⁰

附件二国家²¹：大多数全球研究表明，附件 B²² 国家间不进行排放贸易时，2010 年不同的附件二国家其预期 GDP 将减少 0.2%—2%。如果附件 B 国家之间进行充分的排放贸易，则 2010 年其预期 GDP²³ 的损失将减少到 0.1%—1.1%。上述研究包括了广泛的假设。这里被引用的模型都假定存在没有交易成本的充分的排放贸易。不允许附件 B 国家间进行排放贸易的模型，则假设进行了充分的国内地区间的排放贸易。模型不包括碳汇和非二氧化碳温室气体。模型也不包括 CDM、负成本措施、附带效益或有目标的收益返还。

所有地区的减排成本也受以下因素的影响：

- 对附件 B 国家贸易的限制，实施机制的高交易成本和无效率的国内措施的实施都将使减排成本上升。
- 在国内政策和措施中包含无悔措施、采用 CDM、汇和包括非二氧化碳温室气体将降低减排成本。一些国家减排成本的变化将更大。

²⁰许多更精确地结合国家的具体情况与多样性的目标政策的其它研究对净成本估算提出了一个更宽的范围。

²¹附件一国家：《联合国气候变化框架公约》列出的附件一国家，包括了所有的经济合作与发展组织中的发达国家。

²²附件 B 国家：京都议定书中的附件 B 国家，他们已就各自的温室气体减排目标达成了协议，包括了除土耳其与白俄罗斯之外的所有附件一国家（于 1998 年修订）。

²³许多计量指标被用于体现成本。例如，如果在附件 B 国家进行充分的排放贸易下发达国家实现京都议定书目标的年减排成本为 GDP 的 0.5%，这意味着 2010 年附件一国家的年减排成本为 1250 亿美元或人均每年 125 美元（《排放情景特别报告》中的假设）。对 10 年的 GDP 增长速度的影响小于 0.1 个百分点。

模型表明京都机制对控制高减排成本国家的风险非常重要，从而能执行国内政策机制。类似地，它们能减少不公平的国际协定的风险并有助于减少边际减排成本。上述全球模型研究表明：在没有贸易时实现《京都议定书》目标的国家边际减排成本的范围为 20 美元 / 吨碳到 600 美元 / 吨碳，附件 B 国家间进行贸易时，成本降低为 15 美元 / 吨碳到 150 美元 / 吨碳。这些机制使成本降低的幅度可能取决于实施的具体的情况，包括国内和国际机制的兼容性、对机制的限制和交易成本。

经济转型国家：对这些国家来说，GDP 所受的影响变化从可以忽略不计到增加几个百分点。这意味着附件二国家所没有的提高能源效率的机会。如假设一些国家的能源效率迅速提高并 / 或经济继续衰退，则其规定的排放份额有可能超过第一个承诺期内预期排放量。在这种情况下，模型表明这些国家将通过出售其过量的排放份额得到收益而增加 GDP。然而，对一些经济转型国家来说，《京都议定书》的实施将对 GDP 产生与附件二国家相似的影响。

非附件一国家：但会对非附件一国家产生不同的“溢出”效应²⁴，尽管附件一国家已经建立了排放约束。

· 非附件一石油输出国：分析介绍了不同的成本，包括其它因素、预期 GDP 的减少和预期石油收入的减少²⁵。研究得出 2010 年在没有排放贸易时的最低减排成本是预期 GDP 减少 0.2%，附件 B 国家间进行排放贸易时的最低减排成本是预期 GDP 减少 0.05%²⁶。研究得出的最高成本是 2010 年没有排放贸易时石油收入减少 25% 而附件 B 国家间进行排放贸易时减少 13%。这些研究没有考虑除了附件 B 国家间进行排放

²⁴此处的溢出效应仅指对经济的效应，而不包括对环境的效应。

²⁵有关 6 个研究的详细评估见下面报告中的表 9.4。

²⁶这些估算成本也可以表示成 2000—2010 年间 GDP 增长速度的不同。没有排放贸易时 GDP 增长速度每年减少 0.02%，如果附件 B 国家间进行排放贸易，GDP 增长速度每年只降低不到 0.005%。

²⁷这些政策和措施包括：包括非二氧化碳气体和所有气体的非能源排放源；用汇抵消；产业结构调整（如从能源生产者转变到能源服务的供应者）；使用石油输出国组织的市场操纵力；和（附件 B 缔约方）有关融资、保险和技术转让的行动。另外，这些研究通常不包括以下能减少总减排成本的政策和措施：将征税的收益用于减少被征税者的负担或资助其它减排措施；减少化石燃料使用的环境附带效益；减排政策引起的技术变化。

贸易以外的政策和措施²⁷,而这些政策措施可能减少对非附件一国家,包括石油输出国家的影响,因此有过高估计这些国家的成本和全球总减排成本的趋势。可以通过以下措施进一步减少对这些国家的影响:取消化石燃料补贴、根据含碳量重新调整能源税、增加天然气的使用、使非附件一石油输出国的经济多样化。

- 其它非附件一国家:由于经济合作与发展组织国家对这些国家出口产品需求减少,并由于高碳产品及其它这些国家要继续进口的产品价格的上涨,这些国家可能遭受不利的影响。这些国家可能受益于燃料价格的下降、高碳产品出口的增加以及环境友好技术和诀窍的转让。
- 碳泄漏²⁸:一些高碳产业可能转移到非附件一国家和价格变化对贸易的广泛影响可能导致5~20%的碳泄漏。例如,高能耗产业的减免税不太可能使模型过高地估计碳泄漏,但会增加综合成本。模型中不包括的环境友好技术和诀窍的转让可能导致低碳泄漏,特别是从长期来看,其好处将大于碳泄漏。

8.9 实现不同稳定目标的成本

以一个世纪为时间尺度的成本有效性研究表明:大气中二氧化碳浓度稳定在越低的水平,成本越高。不同的基准线对减排的绝对成本有非常大的影响。但是,当稳定目标从750ppmv降低到550ppmv时,减排成本只有适度的增加,而稳定目标从550ppmv降低到450ppmv时,减排成本增加很大,除非基准情景中的排放水平很低。然而这些结果不包括固碳和非二氧化碳气体,而且没有研究更低稳定目标引起的技术变化²⁹的可能效果。特别是参考情景的选择对二氧化碳浓度有很大的影响。近来以IPCC《排放情景特别报告》的参考情景作为基准线来分析稳定浓度的研究清楚地表明,在大多数被评估的稳定情景下预期GDP的平均减少在基线值的3%以内(在一个既定的年份内不同稳定情景中最大的GDP减少达到6.

²⁸ 碳泄漏在此的定义是:非附件B国家由于附件B国家实施减排而增加的排放量,可以以附件B国家减排量的百分比表示。

²⁹ 引起的技术变化是新兴的问题较多的研究领域。TAP中的任何文献都没有对一个世纪时间尺度的二氧化碳浓度和从考虑引起的技术进步的模型得到的减排成本间的关系作评估。考虑引起的技术变化的模型在一些情况下表明:在相似的GDP增长情况下,采用不同的政策会导致不同的世纪时间尺度的二氧化碳浓度。

1%)。同时,由于技术进步和转让引起表观正经济反馈,一些情景(特别是A1T情景组)下的GDP比基准线的GDP高。GDP的减少(情景框架与稳定水平的平均值),在2020年最低为1%,2050年达到最高(1.5%),2100年有所下降(1.3%)。然而对基准线排放量很高的情景组(A2和A1FI),在整个模型运算期内,GDP的减少将增加。由于与GDP的规模相比,损失相对较小,在《排放情景特别报告》之后的稳定情景中,在本世纪内GDP减少不会导致明显的GDP增长速度降低。例如,1990~2100年中不同稳定情景下年均GDP增长速度只减小0.003%,最大年份的减少也只有0.06%。

大气中的二氧化碳浓度更取决于累积的而不是某一年的排放。即一个特定的浓度稳定目标可以通过不同的排放途径实现。很多研究建议,对总的减排成本来说,排放途径的选择与排放目标本身同样重要。这些研究把它分为两类:一类是假设排放目标明确,另一类是在不确定性存在的情况下将排放目标作为一个需要决策的问题。

对假设排放目标明确的研究来说,问题是如何确定达到目标的最小减排成本的途径。在这里,可以把途径的选择看成是一个碳预算问题。这一问题直到现在一般都只考虑二氧化碳而很少考虑其它非二氧化碳温室气体。一个浓度目标决定了从现在到目标年期间可以排入大气的二氧化碳的量,问题是如何随时间分配碳排放。

许多试图找出实现一个特定目标的最小成本途径的研究表明,这样的一个途径可能是开始时逐渐减排,而后期迅速减排。有几个原因可以解释为什么是这样。在近期内逐渐转变目前的全球能源系统可以减少现有资本存量的过早消亡,为技术发展提供时间,还能减少被锁定在迅速发展的低排放技术的早期不成熟状态的风险。在另一方面,更激进的近期行动能够降低急剧的气候变化对环境和人类带来的风险,刺激已有的低排放技术被更快利用(参见第8.10节),为未来技术变化提供强烈的近期激励,从而帮助人类抛开被高排放强度技术锁住的束缚,还能为以后一旦根据科学认识的发展确需制定更严格的浓度目标留出更多的操作空间。

应当注意的是浓度越低,碳排放限度就越小,因此越要求早些离开基准线。然而,即使高的浓度目标,从基准线更缓和的过渡也并不与较早的行动相抵触。所有的稳

定目标都要求未来资本存量的碳密度更低。这对近期投资决策具有直接含义。新的供应侧选择一般要很多年才能进入市场。如果在需要低碳低成本的替代技术时便能得到它们，就要求有对研究开发的立即和持续的承诺。

以上强调减排成本的问题。检验某一选定的排放路径的环境影响也很重要。这是因为不同的减排路径不仅意味着不同的减排成本，也意味着不同的环境可避免成本所带来的效益（见第 10 节）。

当然，目标确定的这种假设是过于简单了。幸好，《联合国气候变化框架公约》已经认识到决策问题的动态特性，并呼吁根据气候变化及其影响的最好的科学信息进行定期回顾。这种渐进的决策过程旨在针对长期的不确定性来识别短期防范策略。相关的问题不是“什么是未来 100 年的最好的目标”，而是“对预期的长期气候变化和相伴的不确定性，什么是近期最好的目标”

一些研究试图基于长期目标的不确定性来确定最优的近期防范策略。这些研究发现所希望的防范投入取决于人们对利害关系、力量对比和减排成本的评价。风险防范的成本——社会为避免风险愿意付出的数量——最终是一个政治决定，这种决定因国别而异。

8.10 引发的技术变化

大部分用于评价满足特定减排目标的成本的模型偏于过分简化技术变化的过程。一般假定技术变化与排放控制水平不相关。这种变化被看作是自动的。近些年，引发的技术变化得到日益关注。有人争议这种变化可能大大降低和甚至抵消 CO₂ 减排政策的成本，其它研究则对引发的技术变化不那么抱有希望。

最近的研究认为，技术变化对减排的时间安排的影响取决于技术变化的来源。当技术改变源自于研究开发，引发的技术变化倾向于将更多的减排努力放在未来，原因在于技术变化将使未来减排成本相对于目前有所降低，将更多的减排量放在未来将更加成本有效。但是，当技术变化源自于实践中的不断学习，引发的技术变化对减排的最佳时间的影响则是不明确的。一方面，引发的技术变化使未来减排成本较少。另一方面，目前的减排具有附加的价值，因为目前的减排有助于经验积累和学习，并有助于降低未来减排的成本。这两种效果哪一种占主

导，取决于技术和成本函数的特征。

某些社会现实可能阻碍或加强技术变化。所以，提高公众认识和教育能有助于鼓励社会向有利于技术创新和扩散的环境转变。这是一个有待于未来研究的领域。

9. 减排的部门成本和附带效益

9.1 国家和部门减缓气候变化的成本差别

减缓全球气候变暖的政策将对特定的部门产生影响，如煤炭工业、石油和天然气工业、电力、制造业、运输和民用部门。部门分析有助于我们深入全面地认识减排成本，识别潜在的受损者和损失的程度及环节，以及识别获益的部门。然而，值得注意的是可用于部门分析的文献非常有限：同研究减排对宏观 GDP 影响的文献相比，很少有探讨减排对部门影响的综合研究，并且现有的少数研究也仅仅是针对附件一国家及地区。

减排政策面临着一个根本性的难题。大家公认的看法是：与潜在的获益者相比，潜在的部门受损者更容易识别，它们的经济损失似乎更直接、更集中和更确定。潜在的部门获益者（除了可再生能源部门，也许还有天然气部门）只能期望在很长的时间内得到小额的、分散的和不确定的收益。确实有很多获益者现在还不存在，它们是后代人和有待未来开发的行业。

另一确定的观点是，减排政策和措施对 GDP 的总体影响，不管是正还是负，都隐藏了部门间的巨大差别。总体上，经济产出的能源强度和碳强度将下降。相对于参考情景，煤炭工业或许还有石油工业预期将损失很大部分的传统产出，但减排对这些部门的影响取决于产业多样化，其它部门也许会增加少量的产出。把化石燃料的产量减少到基准线以下也并不会对所有的化石燃料产生同样的影响，燃料有不同的成本和价格敏感性，它们对减排政策的响应是不同的。能效技术专门针对燃料和燃烧设备环节，需求的减少对进口的影响和对产出的影响是不同的。能源强度高的部门，像重化工、钢铁、矿业将面临较高的成本，或者加速技术变化或组织变化，或者损失其产出量（相对于参考情景），这取决于它们的能源使用情况和所采取的减排政策。

同减排措施直接相关的行业似乎能从行动中获益。这些行业包括可再生能源和核电，减排设备的生产者（结

合节能和减碳技术), 生产能源作物的农业和林业, 从事节能和减碳技术研发的研究服务业。它们将在长期内获益于财政资源和其它资源, 这些资源在无减排政策的情景下将用于化石燃料生产。如果税收用于减排以及税收返还倾向于减少雇主所得税、公司所得税或其它税种时, 这些行业还将因为税负减轻而受益。那些认为GDP将会减少的研究, 并不总是提出一系列可供选择的税收返还方式, 这表明增加GDP的一揽子政策尚未被开发出来。获益的程度和特性将随政策而变化。一些减排政策能够给总体经济带来净收益, 这意味着许多部门的收益总和将超过煤炭和其它化石燃料工业、以及高耗能工业的损失。相反, 设计不好的政策将导致总体经济的损失。

值得对减排政策所面对的任务进行历史回顾。过去40年, 许多国家的CO₂排放比GDP增长慢得多, 原因是多样的, 这包括:

- 能源的来源从煤和石油转向核能和天然气;
- 工业和民用部门的能源效率改善;
- 从重工业转向更多的基于服务和信息的经济活动。

这种趋势将受到减排政策的鼓励和强化。

9.2 一些特定部门减缓气候变化的成本研究结果

9.2.1 煤炭

在这个广阔的构想中, 减缓将对某些部门产生重大影响。相对于参考情景, 煤炭工业作为生产含碳量最高的产品的工业, 同基准线的预测相比, 在长期将面临几乎不可避免的衰退。一些还处在开发阶段的技术, 如燃煤工厂的CO₂去除和贮存、煤炭就地气化, 能够在未来起到维持煤炭生产和同时避免CO₂和其它排放的作用。预期对煤炭部门影响特别大的是取消化石燃料补贴, 或按燃料的含碳量而不是能量课税的能源税制构成等政策。一个公认的结论就是取消补贴可以大量地减少温室气体排放, 以及刺激经济增长。然而, 在具体的国家, 其作用则严重依赖于所取消的补贴的种类以及替代能源包括进口煤炭的商业可行性。

9.2.2 石油

石油工业也存在着相对衰退的可能性。但是, 由于交通运输还缺少石油的替代物, 电力部门要用液体燃油替代固体燃料, 产业多样化已普遍进入能源供应部门, 这些因素将缓和石油工业的衰退。

表TS-6给出履行《京都议定书》对石油输出国影响的几个模型结果。每个模型使用不同的影响计算方法, 许多模型在定义石油输出国时采用不同的国家分组。然而, 所

表 TS-6: 石油输出地区 / 国家履行《京都议定书》的成本^a

模型 ^b	没有排放贸易 ^c	附件一国家排放贸易	“全球排放贸易”
G-Cubed	-25% 石油收入	-13% 石油收入	-7% 石油收入
GPEEN	-3% 实际收入	“显著减少了损失”	n.a.
GTEM	0.2% GDP 损失	<0.05% GDP 损失	n.a.
MS-MPT	1.39% 福利损失	1.15% 福利损失	0.36% 福利损失
OPEC 模型	-17% OPEC 收入	-10% OPEC 收入	-8% OPEC 收入
CLIMOX	n.a.	-10% 部分石油出口者收入	n.a.

^a 石油出口国定义变化: G-Cubed 和 OPEC 模型中指石油输出国组织 (OPEC) 成员国, 在 GPEEN 模型中是一组石油出口国家, 在 GTEM 模型中是墨西哥和印度尼西亚, 在 MS-MPT 模型中是石油输出国组织加墨西哥, 在 CLIMOX 模型中是西亚和北非的石油出口国。

^b 所有模型考虑 2010 年的全球经济以及采用碳税或拍卖排放许可证达到《京都议定书》减排目标 (通常在模型中, 用来表示 2010 年的 CO₂减排量而不是 2008 年到 2012 年的温室气体排放量), 碳税或拍卖排放许可证的收入通过一次总付的方式返还给消费者, 结果中没有考虑共生效益, 如降低地区环境损失等。

^c 排放贸易指国家间的排放许可证交易。



图 TS-9：实际油价和实施《京都议定书》的影响。

有研究显示采用灵活机制可以减少石油生产者的经济成本。

这些研究表明，温室气体减排政策对石油生产和收入的影响估计结果在一个相当宽的范围内变动。差异的很大一部分是由假设条件所致：常规石油储量的可用性、需要减排的程度、排放贸易、非CO₂温室气体的控制、和碳库的利用。然而，所有研究表明至少到2020年，石油生产和收入是净增长的，对石油实际价格的影响远小于过去30年的市场波动的影响。图 TS-9 给出国际能源机构1998年世界能源展望对2010年的石油价格预测和G-Cubed模型所得出的履行《京都议定书》的影响，这是表TS-6给出的石油输出国组织收入下降最多的研究。图中显示2010年在没有排放贸易的情景中，石油输出国组织的25%的石油收入损失隐含着石油价格下降17%；在附件一国家排放贸易的情景中，石油收入损失下跌7%。

这些研究一般都不考虑下述的部分或全部可以减少对石油出口国影响的政策和措施：

- 减少非CO₂的温室气体或者非能源排放的全部温室气体的政策和措施；
- 碳库的抵消；
- 产业结构调整（例如从能源生产者转为能源服务的提供者）；
- 利用石油输出国组织的市场力量；
- 与资金、保险和技术转让有关的行动（例如附件B国家的行动）。

另外，研究一般也不包括能够减少减排总成本的下述政策效果：

- 利用税收收入减少税务负担或资助其它减排措施；
- 减少化石燃料消耗的环境附带效益；
- 减排政策引发的技术变化。

结果，这些研究趋于高估石油输出国的成本和减排总成本。

9.2.3 天然气

模型研究表明减排政策对石油的影响最小，对煤炭的影响最大，对天然气的影响介于二者之间；这些发现是确定的，但不完全。在评估减排对天然气需求的影响上，不同研究得出的结果相差很大，与不同地方天然气的可用量和重要程度、需求的具体特点、天然气替代煤炭发电的潜力有关。

研究结果与最近的趋势不同，这种趋势说明天然气利用量的增长比煤炭和石油都快。这可以由以下的原因来解释。运输部门，即最大的石油用户，现有的技术和基础设施将不允许附件一国家在2020年以前从石油较多地转向非化石燃料。附件B国家只能通过降低总体能源消费达到《京都议定书》的承诺，除非天然气转向发电利用能够增加天然气使用量，否则将会导致天然气需求的减少。在这些模型中，对这种转移的模拟很有限。

9.2.4 电力

至于对电力部门的影响，一般来说，减排政策或者强制性地或者直接通过激励措施来增加零排放发电技术（如核电，水电和其它可再生能源发电）和低温室气体排放的发电技术（如天然气联合循环）的使用。再者或许通过税收或温室气体排放许可等更灵活的方法间接增加上述技术的使用。不管哪种方法，其结果都是发电燃料结构将离开高排放的化石燃料，转向增加无碳和低碳发电技术的使用。

作为温室气体减排政策的结果，核电将具有重大的优势，因为核燃料发电几乎没有温室气体排放。尽管有这个优点，核电在许多国家并不被看成是解决全球变暖问题的办法。主要问题在于(1)与联合循环燃气轮机发电相比，成本很高，(2)涉及运行安全和核废物的公众接受程度，(3)放射性废物管理的安全性和核燃料再循环，(4)核燃料运输安全，(5)核武器扩散。

9.2.5 运输

除非高效汽车技术（如燃料电池汽车）迅速可进入实用阶段，在短期内很少有减少运输能源消耗的可用选择，这还不涉及其中的巨大的经济、社会或政治成本。至今没有一个政府成功演示过能够减少对汽车需求的政策，所有政府都发现在政治上很难考虑采用这样的措施。飞机能源效率的根本改善似乎更要伴随着提高价格、减少航空旅行量的政策。估算的航空旅行需求价格弹性在-0.8到-2.7之间变动。通过税收来提高航空旅行的价格面临着许多政治障碍。目前主导航空运输系统运转的许多双边协定都包含免税和免费的条款，而没有运行成本和改善系统的条款。

9.3 温室气体减排的部门附带效益

化石燃料消费的直接成本关联着因减少燃料开采和燃烧而附带的环境和公共健康效益。这些效益来自于化石燃料活动所引起的损害的减少，特别是减少燃烧所造成的污染物排放，如SO₂、NOx、CO和其他化学物质及颗粒物。这将改善当地和区域的空气和水质，因而减少对人、动物和植物健康及生态的危害。如果所有与温室气体排放相关联的污染物都被新技术或终端烟气治理技

术（例如，发电厂的烟气脱硫技术结合清除其他所有非温室气体污染物的技术）所去除，那么这种附带效益便不复存在。目前这种治理是有限的，而且很贵，特别是对住宅和小汽车这样的小规模排放源（参见第8.6节）。

9.4 减排对部门竞争的影响

如果减排政策导致国际竞争力的损失或排放温室气体的行业从实施减排政策的区域迁出（称为碳泄漏），减排政策的有效性就大打折扣。根据已有文献的估计结果，减排政策对国际价格竞争的影响很小，但对碳泄漏影响的估计却削弱了对竞争影响的解释，其很大的差别主要来自于模型和所采用的假设条件。有若干的理由可以认为这种影响不会很显著。首先，实际采用的减排政策使用一系列的手段并通常包括使负作用最小化的特别处理措施，如高耗能工业的免税。第二，模型假设任何迁出行业将采用迁入区域平均水平的技术，而不是假定它们可能使用最新的、低CO₂排放的技术。第三，减排政策鼓励低排放的技术，这些技术也会转移，减少其它国家该行业的排放（参见第8.7节）。

9.5 为什么研究结果不同

所评价的研究结果来自于不同的方法和模型。对这些结果的恰当解释需要了解所采用的模型以及模型和研究隐含的假设。结果存在很大的差别是由于使用了不同的参考情景或基准线造成的。基准线的特点显著地影响减排政策模拟的量化结果。例如，如果在基准线中假设空气质量是满意的，任何温室气体减排情景的潜在的空气质量方面的附带效益都将被该假设所排除。即使相似或相同的基准线假设，不同研究也会有不同的结果。

对于减排成本，这些差别在很大程度上是由不同的方法和假设所引起的，最重要的原因则在于所用模型的类型。采用新技术机会的自下而上的工程模型倾向于揭示减排的效益。自上而下的一般均衡模型则似乎容易得出比自上而下的时间序列数量经济模型更低的减排成本。导致模型得出较低的减排成本的主要假设是：

- 采用新的灵活手段，如排放贸易和联合履行机制；
- 税收或出售排放许可证的收入通过减税措施返还给经济部门；
- 附带效益，特别是减少环境污染的效益被包含在结果中。

最后，自上而下的模型多半假定了长期的技术进步和扩散。不同的假设或者更集成、更动态的研究方法也会对研究结果产生重要的影响。

10. 决策分析框架

10.1 气候变化决策分析的范围和新的发展

与气候变化有关的决策制定框架 (DMF) 涉及从全球谈判到个人选择的很多层面以及具有不同资源禀赋、不同价值观和抱负的各种各样的参与者，这解释了为什么很难达成所有人都乐于接受的管理策略。首先，经济部门和相应的社会利益集团之间的动态相互作用很难达成一致的国家立场，以便在国际论坛上进行陈述。常常模糊不清的多种多样的国家立场，以及将气候变化政策与其它社会经济目标关联在一起使得国际谈判错纵复杂。

没有任何一个决策制定框架能再现上述内容的多样性。自第二次评估报告以来，某些研究方向已经取得了显著的进展。首先，不断增加的问题被集合到单一的模型框架内，以便对密切相关的部分、过程和子系统提供内在一致性的评价。所形成的综合评价模型 (IAM) 在第 9 章得到了引用，并在通篇报告中，就一系列气候政策问题为政策制定者提供了深刻的见解。第二，科学家对与有关气候问题但以前被忽视或关注不够的更广泛的背景予以了越来越多的关注。同其它因素一道，这些因素促进了对发展、可持续性和公平问题的整合，并形成了现在的报告。

气候变化与人类已掌握的大多数环境问题有极大的不同。若干特性的组合造成气候问题的独特性。它包括稳定大气中温室气体浓度必需全球集体行动而引发的公共物品问题，从全球到微观层次的公司和个人的决策者的多重性，排放的非均匀性以及全球性的后果。进而，气候变化的长期性起源于实际上是温室气体的浓度而不是年度排放影响了气候变化，这一特性产生了代际间福利、环境物品和恶果转移等棘手问题。其次，与气候有关的人类活动是极其广泛的，不可能狭隘地定义技术解决方案，并且气候政策和其它广泛的社会经济政策的相互作用也很强。最后，大的不确定性或在某些领域人类的无知，决定了气候变化问题具有多方面的特征，并要求所有处理气候变化问题的决策制定框架都必须采用风险管理方法。

于是，政策制定者在选择响应措施时必须抓住大的不确定性。已经开发了多种多样的分析工具用来帮助他们作出最基本的选择。每个决策分析框架 (DAF) 都具有自己的优点和缺点，这反映在能较好处理某些上述特性的能力上，而对另一些特性则不太胜任。最近的分析应用了一些比较完善的分析工具，像成本—效益分析法以及新开发的分析框架如容许窗口法或安全着陆法，应用这些工具所作的分析对该问题提出了全新的认识。

图 TS-10a 给出 2020 年在长期稳定浓度目标不确定时，探讨最优限排策略的成本有效分析结果，未来几年的减排在经济上是极有价值的，因为有很大的可能性使温室气体浓度保持在上限以下，要不然在排放系统的特征时间内温室气体浓度就将达到该上限。在上述分析中，近期限排的程度对不确定性的解决时间以及能源系统的惯性都很敏感。事实是，最终的浓度目标一旦确定，就必须不惜一切代价来实现。其它的模拟试验，如用成本—

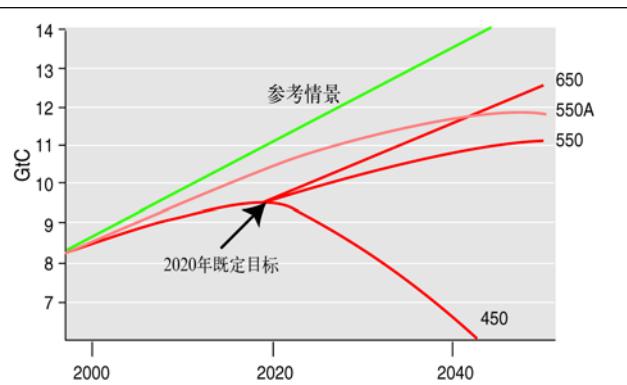


图 TS-10a: 成本有效方法得出的二氧化碳最优排放策略。

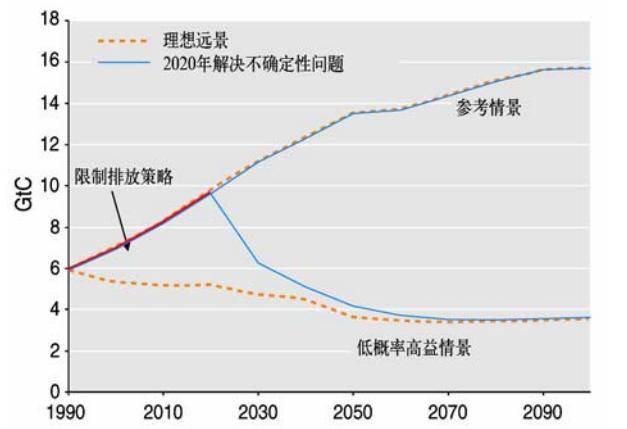


图 TS-10b: 成本—效益优化方法得出的低可能性、高后果情景的最优限排策略。

一效益模型构造的Bayesian决策分析框架表明：短期(未来20年)最优排放路径在理想前景情景和低可能性高后果的情景之间，也只存在中等程度的偏离（见图TS-10b）。尽管人们仍在争议稳定目标，但是仍应该制定近期的气候政策。因此，决策者应考虑采用适当的限排措施来应对未来确定的浓度目标以及可能改变的、对气候变化危险的科学认识。这两种分析方法有重要的不同之处，对成本——有效性分析，为达目标不计成本投入；用成本——效益分析法，成本和收益达到边际平衡。但是，要求基础数据信息是类似的，并包含对不确定性及其时序解决的统一考虑。所希望的限排量取决于人们对利害关系、减排机会和减排成本的评价。风险的保险价格——社会为避免风险的支付意愿——最终是一个政治决定，这种决定因国别而异。

成本——有效性分析通过使空间和时间的减排边际成本相等来寻求实现环境目标的最低成本。长期的成本有效性研究估算了将大气CO₂浓度稳定在不同水平所需的成本，并发现450ppmv浓度上限的成本大大高于750ppmv浓度上限的成本。允许窗口法/安全着陆法并不是要寻找一个最优途径，而是要设法勾划出能满足外部定义的气候影响约束和排放成本约束的可能排放途径的完整矩阵。结果显示，推迟近期有效减排会大大减少应对未来更严格的气候变化目标的选择余地，而不太严格的目标则提供了近期更多的灵活性。

10.2 国际制度与政策选择

国际气候变化协议的构成与特点对减排的效率、成本和效益具有重要影响。一个国际气候变化机制（例如，《京都议定书》或其他未来可能签署的协议）的效率、成本和效益取决于签署国的数目，它们的减排目标和/或政策承诺。同时，签署国数目取决于成员国分担承诺义务的公平程度。所以，经济效率（通过参与最大化来使成本最小化）和公平（限排承诺的分配）就紧紧联在一起了。

在国际制度设计、气候政策的成本有效性/效率和最后经济产出的公平性之间存在一个三边关系。因此，设计国际机制时考虑有效性和公平是十分重要的。文献提供了优化国际机制的各种不同的理论策略。例如，通过目标在时间上的恰当分配，将气候争论与其他议题相关联，向受影响的国家转移资金，或技术转让协议等措

施来增加更广泛的协议的公平性和效率，吸引更多的国家加入承诺具体限排和减排目标的国际组织。

设计国际制度的其他两个重要方面是“履行”和“遵约”。机制的有效性是履行和遵约的函数，与推动协议目标的行为的切实改变有关。“履行”是指政府将国际协议转变成国内法律、政策、和法规。“遵约”指参与国在事实上是否以及在多大程度上坚持了条款。对国际环境机制的有效性来说，监测、报告和核实环节是非常必要的。至今对系统监测、评估和处理履行失败的研究还很少。但是，开发履行评价系统的努力已越来越多，并且也被纳入到《联合国气候变化框架公约》的构架中。未来的挑战是使这些评价系统更加有效，尤其需要改进国家排放数据以及政策和措施等方面的信息。

10.3 与国家和地区可持续发展选择的联系

对可持续发展和气候变化两者关系的许多模糊认识是由于缺乏向决策者提供关键信息的手段而引起的，这些关键信息可以帮助决策者了解多个方案选择，及这些方案对社会、经济和环境等关键问题的影响，同时为决策者评估目标的实现情况提供平台。所以，为使可持续发展的理念具有可操作性，必须建立指标体系。在规范和设计国家级的可持续发展指标体系方面已经取得了一些重要的进展，但是，在把可持续发展目标转化成实用目标上，仍有许多工作要做。

很难概括性地归纳可持续发展政策和选择方案，因为可持续性意味着并要求多样性、灵活性和创新性。政策选择就是要在自然资源利用技术、生产和消费、生产结构转变、人口和经济行为的空间分布、以及行为方式等方面引入变化。气候变化文献对前三个议题进行了大量论述，但与行为方式和生活方式有关联的选择和决策却没有引起人们足够的关注。工业化国家的消费方式是引起气候变化的一个重要原因。如果人们改变偏好，将大大减缓气候变化。然而，要改变消费方式，就不仅要改变他们的行为方式而且还要改变他们自身，因为这是其生活方式的重要组成部分，因而也是他们自我实现的重要组成部分。而且，除了气候变化之外，还有其他方面的原因要求这么做，同时政治上也鼓励和支持这种改变。

可持续发展面临的一个迫切要求是提高政策措施的设

计能力,它能够在不阻碍发展并与国家战略相一致的前提下,探索国家经济增长目标和环境政策之间的潜在协同组合。减缓气候变化的战略提供了一个政策协同的成功范例,它使减排行动和更多的目标之间达到了最佳协调状态。改进能源效率,包括节能、转向低碳燃料、利用可再生能源和引入更多先进的非常规能源技术,预期将对控制实际的温室气体排放趋势产生重要的影响。同样,在农业和林业行动中采用新技术以及采用清洁生产工艺也能对温室气体减排产生重要贡献。依赖于这些选择的应用背景,它们通常能带来积极的附带效益或者双重红利,在有些时候无论是否有气候变化的理由都值得采用。

可持续发展无论在发达国家或发展中国家都要求对技术进行根本性的变革。技术创新、技术的快速和广泛转移、采用单个技术以及整个技术体系的选择,构成了实现气候稳定和可持续发展的全球战略的最主要因素。但是,技术转移单靠技术本身是不行的,一个能保证技术成功转移和实施的良好环境起着关键的作用,尤其是在发展中国家。如果要让技术转移带来经济和社会效益,就必须考虑当地的文化传统和能力,以及连续性地处理、运作、复制和改进技术所需的机构和组织条件。

把气候变化和可持续发展政策融入到国家发展议程的过程中,需要有新的问题解决战略和决策方法。这个任务隐含着一个双重的努力。一方面,可持续发展进程需要更严密的分析和思维体系(方法、指标、等等)把它从理论推向实践。另一方面,阐述气候变化需要清楚地识别出分析工具和方法中的假设条件的局限性,以及气候变化的科学构架中蕴含的社会和政治意义。近几年在这两方面做了大量的分析工作。在处理不确定性、复杂性、人的价值观念和决策的前后影响方面已突破了传统看法和决策框架,开发了一些新方法。并渐渐出现了一个共同的话题,那就是强调参与型决策制定框架在形成新的制度安排上的重要性。

10. 4 与政策相关的主要科学问题

不同程度的气候变化限制目标(或者相应的大气温室气体浓度)带给各个国家的减排成本和损失负担也不同。考虑到相关的不确定性和未来认识的深化,气候稳定目标不可避免地是一个不断迭代的过程:各国根据本国遭受气候变化的风险和其他国家遭受气候变化对本国

的敏感程度来决定自己的国家目标。而在全球谈判中把多国目标统一起来形成全球目标,这可能涉及国家之间的补偿支付。同时,责任分摊协议和达成的全球目标决定了各国的成本。与预期的全球目标相关的净损失相比较后,各国可能重新考虑它们的国内目标,尤其是当获得气候变化在全球的、地区的发展模式和影响信息时,这就成为下一轮谈判的新起点。由此看来,确立一个“魔法数字”(如全球气候变化上限或大气中温室气体的浓度上限)将是一个长期的过程,主要是一个政治过程,好在可得到科学进步的支持。

分析气候变化决策中的主要的两难问题,可以得出下面的结论(参见表 TS-7):

- 如果不确定性问题的解决揭示出气候变化及其影响将带来很高的风险时,那么为了避免气候变化产生无法容忍的风险和/或气候变化速度(在影响方面)、以及避免痛苦的大幅度减排要求,就有必要认真制定策略来安排未来几十年的减排、适应和学习活动;
- 减排是减缓气候变化的重要形式,但减缓气候变化措施还包含范围很广的其他活动,包括投资开发低成本无碳技术、能效技术和碳控制技术等能够降低未来 CO₂ 减排成本的技术;
- 由于能源系统的技术特征和不同排放途径所涉及的不确定性存在差异,在减缓措施的时机和组合安排(投资于技术开发还是立即减排)上往往引起争论;
- 国际灵活手段/机制能够帮助降低减排成本,但却引起了一系列实施和核实方面的问题,需要与成本节省权衡考虑;
- 人们已对帕累托最优³⁰作为效率原则取得广泛的一致,但对建立公平的国际体制所依赖的最佳公平原则没有取得一致。在国际排放限制制度谈判中,效率和公平是最主要的关注点,它们并不相互排斥。所以,公平起着重要作用,无论是在决定排放许可权的分配上,还是/或在补偿排放贸易可能给某些国家产生不成比例的过高负担的机制安排上。最终,建立一个组合多种公平原则而不只是选用一个公平原则的机制更加重要。非碳技术、能源效率、以及非二氧化碳温室气体减排技术在世界范围的扩散将在短期内对降低排放起到重要作用,但有很多障碍阻碍技术转让,包括市场不完善、政治问题和经常被忽

³⁰Pareto 最优是任何一个个体的福利在不损害其他个体的福利时就不可能进一步改善的一种要求或状态。

表 TS-7: 近期减缓选择的权衡。

论点	倾向于早期适度减排	倾向于早期严格减排
技术发展:	<ul style="list-style-type: none"> 能源技术正处在变革之中，即使没有政策干预，对现有技术的改良方案正在变得可行。 适当早地推广使用迅速改善的技术可以降低学习曲线成本，避免过早地被锁定在现有的低生产效率的技术之中。 迅速改进的技术发展需要对基础研究进行投资。 	<ul style="list-style-type: none"> 低成本方法的可用性也可能会对排放轨迹产生实质性的影响。 内生的（市场引起的）变化能够加速低成本方法的发展（从实际中学习）。 聚集效应突出了转移到低排放轨迹的重要性。 引导能源技术研发，尽早从化石燃料开发转到低碳技术。
资本与惯性:	<ul style="list-style-type: none"> 从最初的适度排放限制开始，可避免现有的资本过早退役，可充分利用资本存量的自然更新速度。 同时还降低了已有资本的转移成本，防止由挤出效应而造成投资价格的上升。 	<ul style="list-style-type: none"> 通过影响今后新的投资来更加充分地利用资本存量的自然更新。 通过把排放量限制到与低二氧化碳浓度稳定情景相一致的水平，保留了利用当前技术将二氧化碳浓度限制到低水平的选择权 降低稳定浓度约束的不确定性的风险，并由此降低被迫快速减排而要求资本过早退役的风险。
社会影响与惯性:	<ul style="list-style-type: none"> 渐进的减排安排使得人们有更多的时间维持劳动能力并进行劳动力市场和教育的结构调整，从而降低部门性失业的程度。 减少了快速变化人们的生活方式和安排而引起的福利损失。 	<ul style="list-style-type: none"> 尤其是如果最终需要更低的稳定性目标，早期较强的行动将减低后续减排的最大幅度，并减少相关的过渡问题、混乱、以及人们因生活方式和生活安排的快速变化而引起的福利损失。
贴现和代际公平:	<ul style="list-style-type: none"> 降低了未来减排成本的现值（如其余情况相同），但可能通过使用廉价的技术和提高未来的收入水平来减少未来的相关成本。 	<ul style="list-style-type: none"> 降低影响并降低这些影响的现值。（如其余情况相同）。
碳循环与辐射改变:	<ul style="list-style-type: none"> 短期内二氧化碳浓度出现短暂的略微上升。 更多的早期排放被吸收，在给定的稳定浓度约束下，可使本世纪的碳排放总量提高（通过以后更低的排放量来补偿）。 	<ul style="list-style-type: none"> 短期内二氧化碳浓度出现短暂的微小下降。 降低了温度变化的峰值。
气候变化的影响:	<ul style="list-style-type: none"> 从过去几十年相对快速的气候变化来看，还没有明显的破坏证据。 	<ul style="list-style-type: none"> 避免由于气候快速变化而可能出现的更大破坏。

略的交易成本。

- 当前全球性的和大陆性的环境问题存在明显的关联，国际社会企图解决这些问题，但尚未就共同应对其中一些问题的可能协作进行彻底探究，更不用说其发挥作用了。

对人为引起的气候变化的减缓和适应决策是各有区

别的。减缓气候变化决策涉及许多国家，效益在几十年到几个世纪内分散在全世界（有些是近期的附带效益），在当今可获得的信息的基础上，依靠公共政策实施的推动，还需要相关法规的严格执行。相反，适应决策仅涉及费用和投资回报之间的较短时间，相关的成本和效益是地区性的，其实施仅波及当地公共政策以及受影响的社会机构独自采取的适应措施，二者都以信息的改进为基础。地

区的减缓和适应能力随地区和时间变化很大。减缓和适应政策的组成取决于地区或国家的优先考虑，以及乐意采用的结合国际责任的方法。

气候变化问题的各个方面都具有很大的不确定性，决策者今天很难确定一个全球接受的温室气体浓度稳定水平。第10章评估的那些研究支持如下的明显的预期：较低的稳定目标将涉及更高的减缓成本和更艰巨的近期减排任务。但另一方面，如第二工作组报告中所说，目标越低引发的生物和地理影响越小，因此造成的损失和适应成本就越小。

11. 认识差距

在知识掌握方面还存在重要差距，对此增加研究有助于支持未来评估，包括以下方面：

- 进一步探索地区、国家和部门的技术及社会创新潜力，包括：
 - CO₂ 和非 CO₂，非能源减排选择的短、中、长期潜力和成本；
 - 了解不同地区的技术推广情况；
 - 在社会创新领域识别出能够减少温室气体排放的机会；
 - 减缓措施对陆地系统碳流入和流出影响的综合分析；
 - 在地理工程领域进行一些基础性调查。
- 所有国家减缓气候变化的经济、社会和制度问题，优先领域包括：
 - 建议对区域性的具体减缓选择、障碍和政策作出更多的分析，这些问题通常决定区域的减缓能力；
 - 减缓在公平方面的含义；
 - 探讨正确的研究减缓气候变化问题的方法论以及改进的数据来源，并在综合评价领域进行能力建设；
 - 加强对未来的研究和评估工作，尤其是在发展中国家。
- 分析减缓潜力及其成本的方法论，特别注意结果之间的可比性。包括以下例子：
 - 分析阻碍温室气体减排行动的障碍特征及其度量方法；
 - 使减缓气候变化的构模技术更具一致性、可重复性和可获得性；

– 了解建模技术，改进评估附带效益的分析工具，例如把减缓成本分配给温室气体或其他污染物；

– 系统地分析不同温室气体稳定情景下成本对基准线假设条件的依赖程度；

– 开发决策分析框架，解决在气候政策制定中的不确定性问题和社会经济及生态风险问题；

– 在处理和报告非附件一国家和地区的研究情况时，改进全球模型和分析方法、它们的假设以及一致性问题。

· 在发展、可持续性和公平的背景下评价气候变化减缓选择。包括以下例子：

- 进行更多的研究工作，以便在发展、可持续性和公平的背景下实现减缓选择与适应选择以及减缓能力与适应能力的平衡；
- 在所有部门，包括交通部门，探讨包括可持续消费方式在内的不同发展道路，对减缓和适应进行综合分析；
- 识别出将直接的气候政策和推动可持续发展的一般政策协调起来的机会；
- 在减缓气候变化研究中结合代内和代际间公平；
- 公平性评估的含义；
- 在广泛的稳定浓度体制下，分析减排选择在科学、技术和经济等方面的含义；
- 确定什么样的政策干预以及在何种社会经济条件下产生未来的低 CO₂ 排放；
- 调查社会价值发生什么样的变化能够鼓励和推动可持续发展；
- 在潜在或实际的适应性措施并使其相互协调的背景下，评估减缓气候变化的选择。

· 针对世界的具体地区和／或国家的温室气体减排潜力，开展工程经济、终端利用和部门研究。重点为：

- 确定并评价短期内（2010、2020）偏离照常发展情景（BAU）所需要的减排技术和措施；
- 开发标准化的方法来量化减排量以及减排技术和措施的成本；
- 识别减排技术和措施实施的障碍；
- 通过与附带效益以及未来的发展、可持续性和公平目标相结合，识别各种增加温室气体减排技术和措施应用率的机会；
- 把能克服已知障碍以及能扩大附带效益的具体政策和计划与评估结果联系起来。