《经济学》气候变化空间和时间变异性的微观后果

Francisco Estrada[1,2,3*], Richard S.J. Tol[4,2,5,6,7,8,9], Wouter Botzen[2,10]

[1]大气科学中心，墨西哥国立自治大学，墨西哥城，墨西哥；[2]环境研究所，阿姆斯特丹自由大学，阿姆斯特丹，荷兰；[3]气候变化研究计划，墨西哥国立自治大学，墨西哥城，墨西哥；[4]经济系，萨塞克斯大学，法尔默，英国；[5]空间经济学系，阿姆斯特丹自由大学，阿姆斯特丹，荷兰；[6]廷伯根研究所，阿姆斯特丹，荷兰；[7]CESifo，慕尼黑，德国；[8]佩恩公共政策研究所，科罗拉多矿业学院，戈尔登，科罗拉多州，美国；[9]商学院，阿布扎比 </style大学，阿联酋；[10]乌得勒支大学经济学院（U.S.E.），乌得勒支大学，乌得勒支，荷兰。

综合评估模型（IAMs）中的损害函数将气候变化映射为经济影响，并构成大多数碳的社会成本估算的基础。这些函数隐含着一个缺乏依据的假设，即气候变化的空间变化（Svar）和时间变异性（Tvar）均为零。这可能会使损害估算及综合评估模型提出的气候政策建议产生偏差。尽管文献已研究过时间变异性的影响，但尚未探讨空间变化及其与时间变异性的交互作用。本文给出了气候变化经济成本的估算，同时考虑了时间变异性、空间变化以及各部门损害的季节性。近期研究显示时间变异性对预期损失影响甚微，与此相反，我们发现，忽略空间变化会造成严重的向下偏差，因为变暖在空间上高度不均匀。采用保守的损害函数校准方法，我们表明，此前的估算低估了约23%—36%；在高排放情景下，这相当于到2050年将增加约1.4万亿—2.3万亿美元的损失，到本世纪末将增加约17万亿—28万亿美元的损失。2020—2100年期间的损失现值将比此前研究报告的数值高出47万亿—66万亿美元，约相当于2020年全球国内生产总值年值的二分之一至四分之三。我们的结果表明，在综合评估模型中使用全球平均气温变化作为变暖的概括性指标，不足以估算气候变化的成本。相反，综合评估模型应更全面地描述气候条件。

关键词：气候变化；气候影响；空间变化；时间变异性；碳的社会成本

JEL分类：Q54

I. 引言

气候通常被定义为特定区域的长期天气状况。这些长期状况通常通过对较长时期（即30年）内天气的集中趋势和变异性进行统计描述来近似表示[1]。具体而言，这一时期内天气变量的平均值称为气候学或气候标准值，在实践中常被用作气候的简略描述。然而，这种描述并不完整，因为它忽略了变异性，也遗漏了可能与各类用户或应用相关的信息。仅用均值的变化来描述气候变化也是如此

并估算其影响；已知这些影响取决于集中趋势指标和变异性[2–4]。

气候与经济的综合评估模型通常通过称为损害函数的程式化数学表示，将全球或区域年平均地表温度的变化转化为经济损害[5,6]。综合评估模型中的温度变化被假定为渐进且平滑的，并且不考虑时间和空间范围内的任何变异性[7,8]。

这一遗漏带来了两个重要影响。首先，假定年内和年际变率不会影响变暖速率。所有月份和季节的升温幅度相同，而且大西洋年代际振荡（AMO）和太平洋年代际振荡（PDO）等变率模态既不会增强也不会减弱变暖趋势；变率与气候变化之间也不存在会影响预测损害的相互作用。这些简化有助于使综合评估模型尽可能简单、透明，但与我们对气候变化的认识并不相符：不同月份和季节的变暖速率确实有所不同[9,10]；低频振荡会调节变暖速率；自然变率与气候系统对外部强迫变化的响应之间存在重要的相互作用和协同效应，而且自然变率会影响损害的程度[8,11]。

其次，在综合评估模型中，错误地假设全球和/或世界区域的变暖在空间上是均匀的。观测以及气候模型的预测均表明，变暖速率和其他气候变量（如降水）的变化在空间上差异很大[12,13]。在综合评估模型中，全球（或在某些情况下，区域）年温度被用作指标，代表相关气候变量在空间（和时间）上的变化，而这些变化会驱动物理和经济损失，这正是损害函数试图描述的内容。大量证据支持气候变化具有空间平稳性，但这并不意味着不同变暖水平下变化的空间方差保持不变[2,14]。相反，所有全球环流气候模型都清楚地显示，全球各地存在差异性变暖，这意味着随着全球温度上升，温度变化的方差也会增加。以模式缩放技术为例，该技术已得到广泛评估，并被认为能够充分近似复杂物理气候模型的输出，尤其是平均地表温度的输出[14–16]。该技术假设温度和降水等变量的变化具有空间平稳性。在这一假设下，可根据气候模型的输出得到一个固定权重矩阵 $P^v = p_{i,}{}^v{}_j$，它表示变量 v 在每对地理坐标 i, j处的变化空间格局，据此近似计算变量v 在给定全球年温度变化值ΔT^g时网格单元的变化幅度。即使在空间平稳性的情况下，由于方差的性质，随着变暖加剧，模式的方差P^v 也会增大：$var(v) = var(\Delta T^g P^v) = (\Delta T^g)^2 var(P^v)$。正如后文所示，使用全球物理模型的变暖输出也能得到类似结果。要在近期开发的地方综合评估模型中估算气候变化的经济影响，就必须获得符合物理规律的空间气候变化预测；在这些模型中，气候影响的经济暴露度和脆弱性会因空间而异[17]。

很少有研究关注将气候变率或随机性的影响纳入常用的气候损害函数。这些修订后的函数旨在从均值和变异性的角度表征气候变化的影响，涵盖从年内到年代际的尺度，

百年尺度，甚至更长周期的振荡。然而，这少数几项研究仅将时间域中的变异性纳入考量，忽略了空间变化，也未考虑气候影响的季节性。本文表明，这些局限会对估算结果和结论产生显著影响。Estrada和Tol[7] 提出重新校准现有损害函数，使其参数能够反映气候时间序列预测中的随机性。他们关注全球平均气温，并得出结论：随机损害函数产生的平均货币影响与确定性函数相似，但福利影响更大[7]。近期一项研究[18] 指出，在全球平均气温时间序列中考虑年际变率后，即使假设变率适中，经济损害风险也会增加数万亿美元。然而，预期损失并无偏差，与未纳入时间变异性时相同。该研究采用零维随机气候模型和Weitzman损害函数（这是对温度变化响应较强的损害函数之一），来预测损失分布[18]。作者计算了在时间域中纳入内部变率，以及将其与平衡气候敏感度的不确定性结合时所产生的影响的风险溢价。他们发现，尽管这对预期损失估值没有显著影响，但风险溢价最高可达46万亿美元（约占全球产出的58%）。在这笔风险溢价中，约32万亿美元源于随机不确定性，14万亿美元源于随机不确定性与认知不确定性的交互作用。这些研究为时间域中的内部变率对经济影响所产生的作用提供了相关信息，并得出结论：忽略这一因素可能会对气候变化后果估算的某些方面产生重要影响。另一项考察过去影响的研究表明，自然变率与外部强迫之间存在交互效应，可能导致气候变化成本的估算出现偏差[8]。也就是说，变异性不仅可能影响风险溢价，还可能影响经济损失的估算水平。

在本研究中，我们通过解析和数值分析表明，当前研究气候变化经济成本时处理内部变率的方式会造成显著的向下偏差。我们在以往研究的基础上，考察了时间上的年际和年内变率以及空间变化，并开发了新的年度、季节和月度损害函数，旨在纳入气候变率，并利用文献中已有的部门损害估算。结果表明，同时考虑时间和空间域中的内部气候变率，会显著增加预计经济损害，也会提高社会规划者为规避随机性而愿意支付的风险溢价。因此，当前估算大幅低估了气候变化的经济成本。此外，我们还提供了一种纳入气候变率的解析解，无需开展模拟实验，并且可嵌入当前最常用的损害函数中。正如我们通过扩展 RICE 损害函数[19,20] 来计算区域社会碳成本所展示的，这一扩展可以轻松应用于目前大多数综合评估模型。

为将温度变化的时间和空间变异性纳入考量，我们对常用的气候经济综合评估模型框架进行了三项扩展（见方法）。首先，利用海洋-大气耦合全球环流模型的输出，构建月度和空间显式温度情景。针对这项扩展，我们采用了两种方法：一种基于月度缩放模式（SP），通过线性回归（方法）计算得出，以利用 MAGICC（一种简化复杂度气候模型）的输出生成网格化温度预测。第二种方法

方法是创建以网格单元为中心的30年滚动气候态（RM），以近似表示各网格单元的气候信号[23]。

综合评估模型中相当大一部分现有损害函数源自 Nordhaus 在 DICE模型中提出的函数，多年来仅作了少量修改[24–28]。该损害函数的一般形式为 $I_t = a\left(\frac{\Delta T_t}{C}\right)^2 = \alpha(\overline{\Delta T_t})^2$, 其中，$\overline{\Delta T_t}$ 为全球年平均地表温度升高，I_t 为预计经济损害，a 表示全球温度升高C 时，以全球国内生产总值百分比表示的损失，且 $\alpha = \left(\frac{a}{C^2}\right)$。对于本文给出的估算，参数值 $a = 2.01\%$ 和 $C = 2.5$oC取自对已发表估算的综述[24,29,30] （见表 S1）。

请注意，$\overline{\Delta T_t} = E[\Delta T_t]$ 是全球范围内、在足够长的一段时间（例如30年）内温度变化的期望值。根据方差的定义（即 $var(X) = E[X^2] - E[X]^2$，对于任意变量 X），原始损害函数 I_t 可表示为（方法）：

$$I_t^* = \alpha(\overline{\Delta T_t})^2 + \alpha[var(\Delta T_t)] = \alpha\overline{\Delta T_t^2} \qquad (1)$$

$I_t^* = \alpha\overline{\Delta T_t^2}$ 提供了一种计算高效的方法，可将空间和/或时间变异性纳入综合评估模型中常用的损害函数。I_t^* 的一个相关特征是，当$var(\Delta T_t)$被限制为零时，$I_t = \alpha(\overline{\Delta T_t})^2$ 作为一种特殊情况出现。需要注意的是，由于方差为正数，放宽这一限制必然会导致损害增加。如方法部分所示，这一扩展很容易在RICE模型的区域损害函数中实现。

此外，损害函数通常经过校准，用于生成年度损失估算值，这隐含地假设年内增温不存在差异，并且对于不同部门而言，季节性在其生产过程中发挥的作用有限。我们采用文献中已有的气候变化成本部门估算值[29] ，并提出能够反映各部门生产季节性的权重，以构建涵盖15个部门的月度损害函数（方法；表 S1[RICHARD，是否有一些参考文献可以支持我们对季节权重的选择？]）。这些月度损害函数能够将变暖的空间和时间变异性，以及预期损害的季节性纳入考量（方法）。

结果

Effects on the estimates of economic losses of accounting for temporal and spatial variation in warming

由方程（1）可知，考虑气候变率会直接影响损害程度，而不仅仅是通过风险溢价[7,18]产生影响。本文量化了全球温度均值变化、空间变化（Svar）、时间变异性（Tvar）以及这两个因素交互作用所造成的损失。本文给出的主要估算对应于第六阶段耦合模式比较计划（CMIP6）集合平均值的SP方法（每个模型取一个成员）；补充信息则包含一项敏感性分析，考察了六种集合规模各异的气候模型所采用的SP和RM方法（方法）。不同模型的实现次数差异可用于说明气候信号周围不同程度噪声的影响。

图 1比较了考虑与不考虑气候变率时的经济影响，并将这些结果进一步分解为空间效应和时间效应。该图凸显了Svar在温度变化中所起的重要作用，以及其对预测气候变化经济损害的影响。在ΔT_t 中同时考虑空间变化和时间变异性（S&Tvar），到本世纪末造成的损害将达到全球国内生产总值的约9.65%，比计算中未纳入任何变异性时（全球国内生产总值的7.66%）高出约2.0%。预测损害的最大变化可归因于Svar，损害将升至全球国内生产总值的9.11%。单独纳入Tvar的影响很小（全球国内生产总值的0.01%），与此前文献的报道相近[7]。同时考虑空间和时间两个维度的变异性时，这两个维度的交互效应会显著扩大损失，使损害增加约全球国内生产总值的0.54%。随着变暖加剧，损害差异也会扩大：根据SP估算，到2050年，若忽略S&Tvar，损害将被低估约1.6万亿美元（1.4万亿至2.3万亿美元；表 S3）；到2100年则将被低估约20万亿美元（17万亿至28万亿美元；表 S3）。这些结果与RM方法所得结果相似，但CanESM5的结果除外：该模型预测的升温幅度比CMIP6集合平均值高约2°C（至2085年）。此外，由于RM估算基于30年滚动统计，能够计算的最后一年是2085年，而非2100年。因此，这些估算值通常低于SP方法对2100年的估算值。

图 2 显示了采用 4%折现率计算的各年度损害函数在 2020—2100年期间累积损失的现值。表S3-S4展示了采用其他气候模型以及 SP 和 RM 方法进行的敏感性分析。排除温度变化变异性的损害函数得出的损失现值为 183,841 亿美元，而纳入 S&Tvar 后的损失现值为 231,363 亿美元（2,256.79 亿至 2,497.50 亿美元；表 S4），相当于 2020 年全球国内生产总值的约 55%（47万亿美元，范围为 42万亿至 66万亿美元；比原始损害函数高约 26%）。Svar 损害函数对应的损失现值为 218,489 亿美元（2,104.43 亿至 2,248.70 亿美元）；Tvar 对应的损失现值为 184,086 亿美元（1,838.80 亿至 1,846.83 亿美元），与原始损害函数的结果更为接近。表 S3 的结果表明，不同模型的变暖程度差异（RM）不仅会显著影响预测损失；即便控制变暖差异（即使用模式缩放法；SP），各模型的时空变异性仍会使损害增加 23%—36%。对这些额外损失进行分解（表 S4）后发现，其中约 65%（62%—75%）可归因于空间变化，约 1%（-3%—2%）可归因于时间变异性。空间变化与时间变异性的交互作用影响很大，约占损失增幅的 33%（24%—45%）。在比较不同基准和政策排放轨迹相关的成本时，纳入时空范围内的变异性也会产生重要影响。如表S5所示，纳入 S&Tvar 后，任何排放情景下估算的损害都明显更大。此外，以 SSP585 为例，表S5b-c 显示，在 SSP5社会经济情景下所有被认为可行的减缓力度水平中，收益（即避免的损害）也都更大[31]。

采用按月份汇总所有部门的月度损害函数时，计算得出的损害与使用年度损害函数得出的结果非常相似（表 S3-S5）。例如，到2100年，使用S&Tvar损害函数计算的损失现值约占

全球国内生产总值的比例更低，与年度损害函数得出的结果相比。这些差异源于年内变暖程度的异质性。按部门分析月度损害时，差异会更加明显（图 S3、S4）。虽然纳入空间变化总会导致损害增加，但与年度损害函数的预测相比，时间变异性在某些情况下会使损害降低。这些部门受季节变化的影响较大，例如农业、林业、水和空气污染（图 S3、S4）。这是因为年平均变暖幅度高于与该部门最相关月份的气温升幅。相反，对于某些部门，时间变异性会显著加剧影响，因为相关月份的变暖幅度高于全年均值。这些部门包括宜居性、能源、健康和时间利用；对于时间利用这一部门，变暖和季节变异性会带来收益。这说明，放宽当前大多数损害函数中隐含采用的变异性为零这一假设（公式 1）至关重要。图 S4 显示，本世纪早期就会出现健康、宜居性和水方面的损害；到2050年代，月度损失将超过全球国内生产总值的0.1%，并在2070年代翻倍。如果实现减缓努力，使排放轨迹接近SSP245，那么健康等部门月度损害超过国内生产总值0.1%的时间可能推迟到2080年代末，而本世纪内损失不会达到0.2%以上。

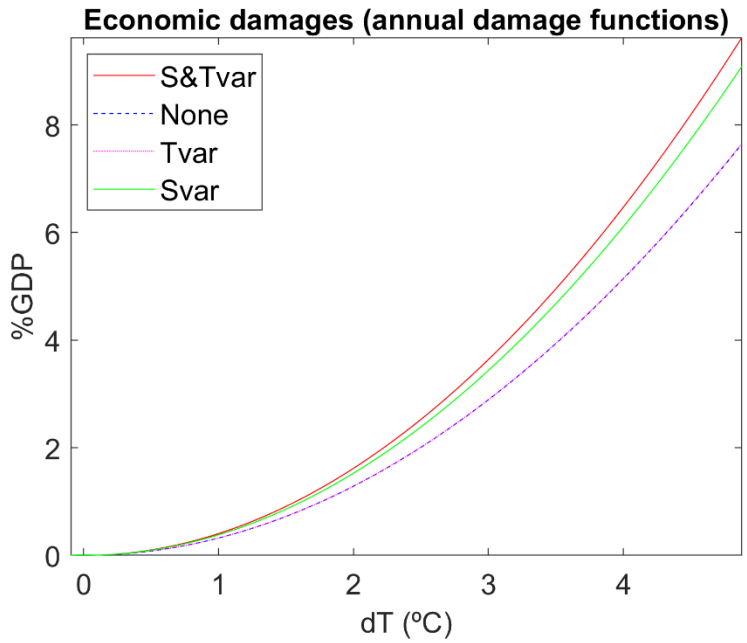


图 1. 根据汇总年度损害函数和 SSP585情景，预计经济损害（占国内生产总值的百分比）随全球温度变化的变化。S&Tvar（红色）、Tvar（红色虚线）和 Svar（绿色）分别表示采用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标注为"无"的蓝色斜线表示使用未纳入温度变化任何类型变异性的损害函数所得到的结果。

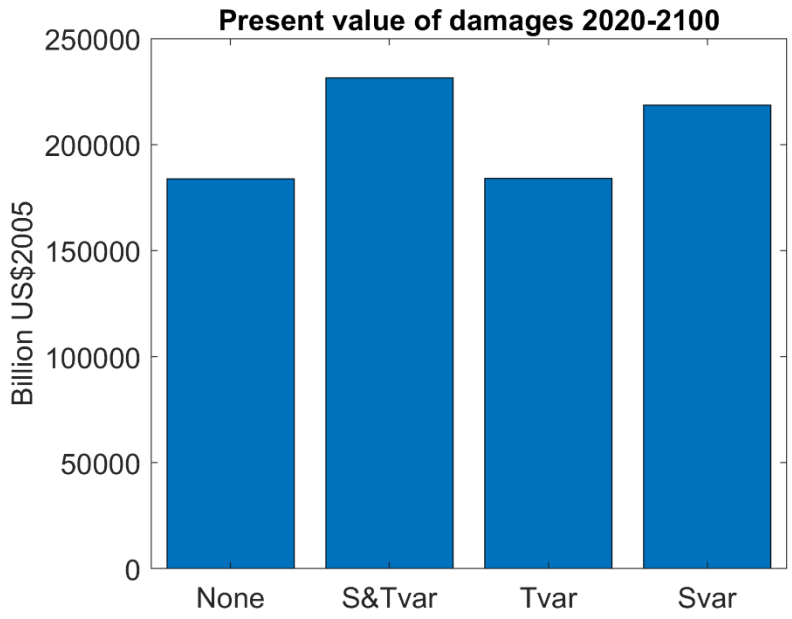


图2. SSP585情景下2020—2100年累计损失的现值。S&Tvar、Tvar和Svar分别表示使用包含空间变化与时间变异性、仅包含时间变异性以及仅包含空间变化的损害函数。标记为“无”的柱形显示的是使用不包含任何温度变化变异性的损害函数所得的结果。计算采用4%折现率。

图3展示了在SSP5-8.5情景下，使用月度损害函数并采用不同温度变化变异性假设计算出的各部门现值（其他SSP情景和气候模型的结果见表S6—S11）。除时间利用外，本世纪气候变化对所有部门均有负面影响，其影响幅度高度取决于对变暖时间变异性和空间变化所作的假设。损失最大的是采用S&Tvar损害函数得出的结果。与假设不存在变异性的结果相比，汇总现值约高出47万亿美元，差异较大的部门包括健康（12万亿美元）、宜居性（10.5万亿美元）、灾难（6.3万亿美元），以及气候变化带来显著收益的时间利用（9.1万亿美元）。采用Svar损害函数时，与假设不存在变异性的损害函数相比，汇总现值约高出35万亿美元。尽管影响幅度较小，但损失较大的部门相同：健康（6.6万亿美元）、宜居性（5.8万亿美元）、灾难（4.6万亿美元）和时间利用（-5万亿美元）。Tvar与原始的无变异性损害函数之间的现值差异小得多，约为8130亿美元。与无变异性损害函数相比，Tvar对损害的影响更为复杂。由于变异性

变暖，对于一些季节依赖性较强的部门，现值低于使用无变异性损害函数得出的结果（农业、水、空气污染、林业）。这表明，不仅要纳入温度变化变异性，还应开发年内分行业损害函数。

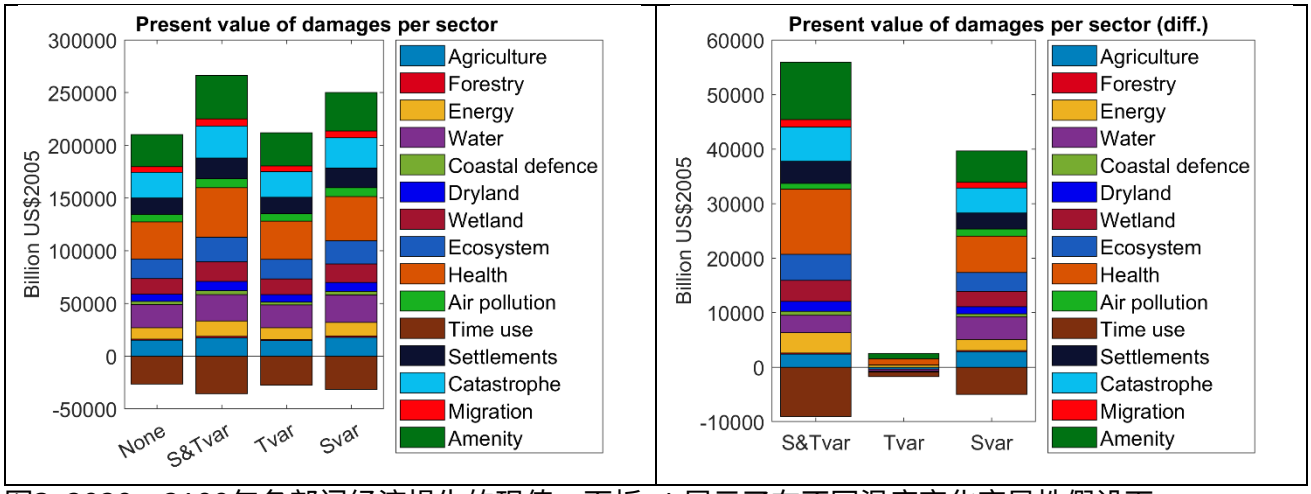


图3. 2020—2100年各部门经济损失的现值。面板 a) 展示了在不同温度变化变异性假设下各部门经济损失的现值。面板 b) 展示了使用方程 (1) 中的损害函数得出的预测与采用不同类型变异性的预测之间差异的现值。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示采用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标注为“无”的柱形显示的是采用不包含任何温度变化变异性的损害函数所得的结果。计算基于4%折现率。

碳的社会成本 不同温度变化变异性假设和 *SSP* 情景下碳的社会成本 .

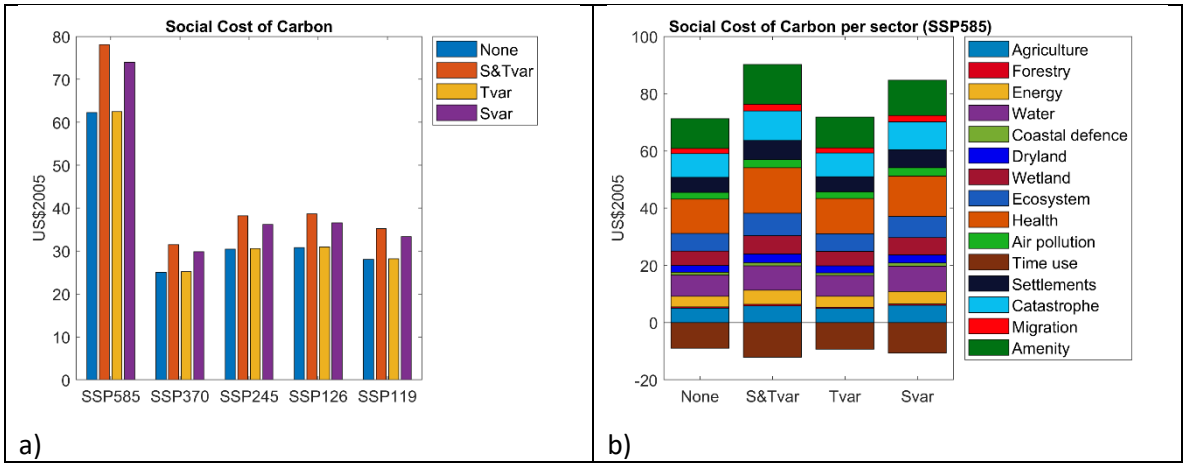
碳的社会成本（SCC）是一项常用指标，可用于为决策提供依据，评估向大气中额外排放一公吨 CO_2 的影响；换言之，它也体现了社会通过减排一吨 CO_2[24,32,33]所能获得的收益。SCC 可用于温室气体减排项目的成本效益分析，其数值可指导最优（庇古）碳税的制定[29]。SCC 的估算采用了一种简单且具有坚实物理基础的响应函数，用以描述 2020 年一次性释放 1吉吨碳[34,35] 后全球平均近地表温度的边际响应（见方法）。随后，将这一响应叠加到一组基准 SSP 全球温度情景上。这些情景涵盖多种叙事：排放量极高且经济增长极快的情景（SSP585）、与当前趋势相符的情景（SSP370）、中间路线情景（SSP245），以及两个在成功实施严格减缓政策的前提下经济增长较快的情景（SSP126 和 SSP119）。

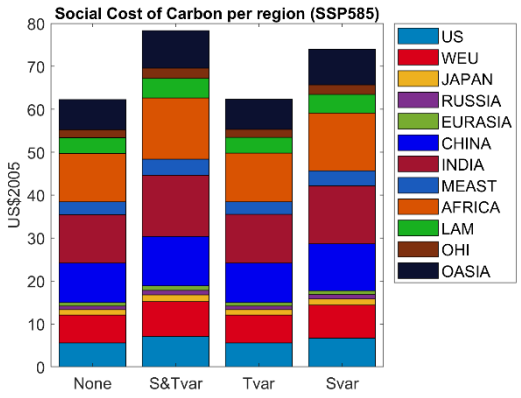
图4a展示了本文讨论的各个损害函数在 SSP585、SSP370、SSP126 和 SSP119 情景下，每吨 CO_2 对应的碳的社会成本估计值。这些估计基于 4%折现率，同时也在表 S12中纳入了基于 3% 折现率和 1.5%折现率的敏感性分析。在所有情况下，结果均表明，纳入空间变化和时间变异性

（空间与时间变异性）会使碳的社会成本显著提高，其次是S变异性损害函数，而单独考虑时间变异性对碳的社会成本影响甚微。正如预期，碳的社会成本最高值出现在 SSP585 情景下：无变异性损害函数对应的值约为 62.24 美元/tCO_2 ，S&T变异性损害函数对应的值则高达 78.34 美元/tCO_2 。3% 折现率下，空间与时间变异性的估计值为 120.10 美元/tCO_2 （表 S12 ），是拜登政府时期美国政府在这一贴现率下数值的两倍多 [36], ，与瑞典的碳税价格（130 美元/tCO_2）相近，后者是全球最高的碳税之一。这些数据进一步支持实施力度较大的气候税，达到气候政策最严格国家的水平[29]。

尽管这一轨迹意味着气候将发生巨大变化，但由于该社会经济情景所对应的经济增长速度要慢得多，SSP370 的碳的社会成本值最低。采用无变异性损害函数时，碳的社会成本值为每吨二氧化碳 25.08 美元$_2$；而采用 S&T变异性损害函数时，则为每吨二氧化碳 31.57 美元$_2$ 。

SSP2-4.5、SSP1-2.6 和 SSP1-1.9 所对应的变暖幅度差异显著：相对于工业化前水平，SSP2-4.5 情景下 2100年 的升温约为 2.72°C，而 SSP1-2.6 和 SSP1-1.9 情景下的变暖幅度分别约为 1.77°C 和 1.43°C。本世纪末，SSP2 和 SSP1 情景下的国内生产总值水平非常相近，但 SSP1 情景下本世纪中叶的经济增长更快。由于变暖幅度与增长率的组合不同，SSP1-2.6情景下的碳的社会成本略高，采用 S&Tvar（无）损害函数时约为 38.76 美元/tCO_2 （30.79 美元/tCO_2）；对于 SSP2-4.5，采用 S&Tvar（无）损害函数时，碳的社会成本值为 38.76 美元/tCO_2（30.42 美元/tCO_2）。采用 SSP1-1.9 时，得到的碳的社会成本值略低，采用 S&Tvar（无）损害函数时约为 35.30 美元/tCO_2 （28.05 美元/tCO_2）美元。





c)

图4。五种 SSP 情景、15 个部门和 12 个世界区域的碳的社会成本估算值（tCO_2）。面板 a) 显示了在对温度变化变异性采用不同假设的情况下，五种 SSP 和四种损害函数对应的碳的社会成本值。面板 b) 显示了在对温度变化变异性采用不同假设的情况下，15 个部门和四种损害函数对应的碳的社会成本值。面板 c) 显示了在对温度变化变异性采用不同假设的情况下，12 个世界区域和四种损害函数对应的气候变化的社会成本值。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示采用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标记为"无"的柱形显示了采用未纳入任何类型温度变化变异性的损害函数所得的结果。计算基于 4%折现率。

碳的社会成本被分解为 15 个部门的组成部分；由于各月份的变暖与年均变暖存在差异，这些组成部分的总和仅与上一段所述的碳的社会成本总值近似相等（表 S13）。贴现率的敏感性分析见表 S14-S15。图4b展示了使用四组月度部门损害函数得到的 SSP5-8.5情景结果（所有纳入分析的 SSP 情景结果见图 S5）。碳的社会成本值最高的部门是健康（*S&Tvar*：*15.96* 美元/tCO_2；无：*11.89* 美元/tCO_2），约占碳的社会成本总值的 20%，其次是宜居性（*S&Tvar*：*13.92* 美元/tCO_2；无：*10.37* 美元/tCO_2；约占碳的社会成本总值的 18%）、灾难（*S&Tvar*：*10.35* 美元/tCO_2；无：*8.22* 美元/tCO_2；约占碳的社会成本总值的 13%）和水（*S&Tvar*：*8.50* 美元/tCO_2；无：*7.42* 美元/tCO_2；约占碳的社会成本总值的 12%）；唯一碳的社会成本值为负的部门是时间利用（*S&Tvar*：*-12.06* 美元/tCO_2；无：*-8.98* 美元/tCO_2）。这些估算表明，碳的社会成本总值约有 60% 来自对四个部门（健康、宜居性、水和生态系统）的影响。大部分损害发生在冬季和夏季，而且这十年间，这些部门中有 3 个部门每月造成的损害将超过全球国内生产总值的 0.1%（图 S4）。这表明，优先在这些部门和季节采取适应措施，是减少气候变化影响的关键。对于某些部门，从*Svar* 损害函数得到的碳的社会成本值高于*S&Tvar* 函数得到的数值（农业、林业、水和空气污染；表 S13-S15）。在这些部门中，Tvar 损害函数得到的碳的社会成本值低于不考虑变异性的损害函数（无）得到的数值。与上一节所述类似，这些结果出现在季节依赖性较强的部门中，且其中至少有一些相关月份的变暖幅度低于年均变暖幅度。

使用RICE模型损害函数的修订版本（方法；表 S16），将全球SCC估算分解为12个世界区域。图4c展示了SSP5-8.5情景下的SCC值，而表S17-S19展示了SSP370、SSP245、SSP126和SSP119情景下的结果，以及三种贴现率（4%、3%和1.5%）下的结果。额外一吨二氧化碳造成的损害分布高度不均，集中在最脆弱的区域。印度的SCC值最高（*S&Tvar*：*14.28*美元/tCO_2；无：*11.35*美元/tCO_2）、非洲（*S&Tvar*：*14.25*美元/tCO_2；无：*11.32*美元/tCO_2）和中国（*S&Tvar*：*11.55*美元/tCO_2；无：*9.17*美元/tCO_2）。根据SSP情景的不同，这三个区域约占全球SCC值的45%至51%。相比之下，欧亚大陆（*S&Tvar*：*0.99*美元/tCO_2；无：*0.79*美元/tCO_2）、俄罗斯（*S&Tvar*：*1.07*美元/tCO_2；无：*0.85*美元/tCO_2）和日本（*S&Tvar*：*1.55*美元/tCO_2；无：*1.23*美元/tCO_2的SCC值约低一个数量级。最发达区域（美国、西欧、其他高收入国家）的SCC占全球SCC值的22%至25%。

结论

大多数综合评估模型和气候变化影响的经济评估，都依赖于这样一种假设：所选指标（例如全球年平均气温）均值的变化，足以代表这一现象对自然与人类系统的影响。尽管这一假设有助于使综合评估模型尽可能简单且易于处理，但它存在两个重要局限。首先，它未能充分利用过去30年气候建模领域的进展：这些进展带来了空间显式预测，对低频和高频变异性的表征也更为准确[37]，；同时，也未能利用相关方法的发展，以更简单、计算成本更低的方式模拟复杂气候模型的输出[17,38]。其次，正如本文所示，这种简化会导致估算成本出现不可忽视的偏差。以往研究主要评估时间变异性的影响，而本文表明，忽略空间变化会使气候变化成本估算产生较大的向下偏差，且时间变异性与空间变化之间的相互作用会进一步加剧这些偏差。我们指出，现有综合评估模型可以轻松扩展，以纳入这些局限性，并更准确地表征气候均值及其变异性的变化所带来的影响。我们开发了一组能够纳入温度变化时间和空间变异性的损害函数。此外，我们还提出了年度、季节性和月度部门损害函数，以充分利用季节性和空间显式温度变化预测。

结果表明，将变暖的变异性纳入考量会影响预期损失水平，而不仅仅影响风险溢价，这与此前发表的研究所提出的观点不同。综合各部门来看，空间变化和时间变异性总是会导致更高的损失现值和碳的社会成本估算。不过，对于季节依赖性较强、且与该部门相关的月份变暖幅度低于年平均水平的部门，其经济损失可能低于假设变暖不存在季节变异时的水平。

我们表明，依赖全球年平均气温变化的传统损害函数可能会严重低估气候变化带来的预期损失。在 SSP585 情景下，到 2100年，若将空间变化和时间变异性纳入考量，全球年度损失预计将比忽略变暖变异的常用损害函数所估算的高出约 17万亿至28万亿美元。同样，相应的

本世纪的损失（2020年-2100年）采用 S&Tvar损害函数计算时，其现值约高出47万亿至66万亿美元。需要强调的是，所报告的估算基于对全球损害函数的保守校准，且主要估算采用了相对较高的贴现率（4%）。与 Calel 等人此前的估算相比，有几点差异值得指出。Calel 等人[18] 报告称，考虑这一因素不会改变预期损害，但会使风险溢价增加32万亿美元。我们的研究表明，空间变化和时间变异性确实会影响损害的预期值，使损失增加470亿至660亿美元，约相当于2020年全球年度国内生产总值的二分之一至四分之三。这些估算远高于 Calel 等人的结果[18] ，尽管他们采用了文献中导致损害最高的损害函数之一[39]。另一个重要差异是，Calel 等人认为，考虑时间变异性不会影响碳的社会成本。我们的结果表明，忽略空间变化和时间变异性会使碳的社会成本估算产生显著的负向偏差。

碳的社会成本估算也对损害函数中关于变暖变异的假设高度敏感。若将空间和时间变异性纳入考量，SCC值比传统损害函数假设下高出约25%。此外，建立月度部门损害函数有助于更好地了解具有显著季节性特征的部门如何受到气候变化的影响，并在某些情况下避免高估损失。

本文建立的损害函数预计在应用于变暖空间和时间模式发生显著变化的气候情景时尤其有用。这类情景包括温盐环流停滞、亚马孙雨林衰退和西南极冰盖崩解等气候灾难。对这类事件的成本和后果作出过于乐观的估算，很大程度上可能是因为当前综合评估模型忽视了这些事件会带来的大规模、深刻的气候模式变化，而只关注其对全球平均变暖的影响。

方法

数据与方法

气候与经济数据

我们使用第六阶段耦合模式比较计划（CMIP6；所纳入的37个气候模型各取一个实现）的集合平均近地表温度预测全球月度网格数据集。样本期为1850—2100年。为最大化气候信号，我们选择了SSP585情景；此外，补充信息中还提供了针对SSP119、SSP126、SSP245和SSP370的敏感性分析。我们采用了来自不同气候模型、集合规模各异的实现：ACCESS-CM2（3个实现的集合平均）、CanESM（25个实现的集合平均）、CESM2（25个实现的集合平均）、INM-CM5-0（一个实现）、MPI-ESM1-2-HR（一个实现）和ACCESS-ESM1-5（一个实现）。所有模拟均表示为相对于1850—1880年期间的异常。对于每个模型，我们采用两种不同的方法，将气候信号与天气（不规则）分量分离。第一种方法（SP）特别适用于综合评估模型。该方法通过计算大气环流气候模型模拟得出的缩放模式，利用简单的零维气候模型生成空间显式的气候预测[14,16,40]。为生成这些缩放

模式，我们使用普通最小二乘法，估计各网格单元中局地温度与全球温度之间回归的斜率参数，网格单元以地理坐标 i表示 j [41]。为构建空间显式的未来情景，我们随后依据全球气温变化预测对这些缩放模式进行缩放。此处使用的所有全球温度预测均由MAGICC7生成[22,42]。对于所研究的每种SSP，利用单次全球温度实现对不同模型得出的相应变化空间模式进行缩放，可以评估变异性的影响，并将其与气候敏感度的不确定性分开。在第二种方法（RM）中，我们对每个网格单元使用31年窗口的滚动平均平滑程序来近似气候信号。这种平均处理可最大限度地减小高低频振荡的影响，并有助于近似所选区域的潜在气候。这种方法还有助于缓解气候变量非平稳性所造成的一些问题[23,43]。

对全球气温受到1GtC脉冲影响的效应，采用Ricke和Caldeira提出的风格化响应函数进行近似[34], 。该函数为综合评估模型估算SCC值提供了一种物理上合理且易于实现的选择。它由 $\Delta T_t = -(a_1 + a_2 + a_3) + a_1 e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau_1}} + a_2 e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau_2}} + a_3 e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau_3}}$ 所描述的三指数函数构成，其中ΔT_t的单位为mK/GtC。此处给出的碳的社会成本估算以美元/tCO2计，通过乘以12/44将吨碳换算为吨二氧化碳。

为表示本世纪剩余时期（2020—2100年）的经济增长，我们采用经合组织环境与增长针对SSP5叙事编制的全球及RICE区域国内生产总值估算值，这些数据收录于SSP数据库[44]。这些预测通过线性插值从每5年一次转换为每年一次。

拟议损害函数的推导

随机性

威廉·诺德豪斯最初提出的损害函数，用于将工业化前时期以来全球年平均地表温度升高（$\overline{\Delta T_t}$）转换为经济损害（I_t），多年来虽经更新，但其主要特征始终未变[24–27]。该函数由一个关于 $\overline{\Delta T_t}$ 的幂函数（=2）构成，并通过若干参数值进行缩放，这些参数值表示特定温度变化下全球福利的损失，以及校准温度值（C）。这一损害函数的各个版本可以简洁地用以下方程描述：

$$I_t = a\left(\frac{\overline{\Delta T_t}}{C}\right)^2 = \alpha(\overline{\Delta T_t})^2 \qquad (1)$$

其中，a 表示全球温度升高 C 时估算的损失，$\alpha = (\frac{a}{C})$ 。通过回顾基于 Tol（2009、2014；见补充信息 S1）的已发表估算结果，我们在此采用的 a 和 C 的选定值分别为国内生产总值的 2.01% 和 2.5°C。

需要注意的是，$\overline{\Delta T_t}$ 表示整个行星在足够长的一段时间内（例如30年）的温度变化平均值（期望值）。利用方差的推导，$var(X) = E[X^2] - E[X]^2$，因此$E[X^2] = E[X]^2 + var(X)$，方程（1）中的损害函数可以写成：

$$I_t^* = \alpha(\overline{\Delta T_t})^2 + \alpha[var(\Delta T_t)] \qquad (2)$$

注意，如果$var（\Delta T_t）=0$，则方程（2）可化简为方程（1）。也就是说，Nordhaus 的原始表述隐含地假设温度变化不存在时间变化或空间变化。或者说，它假设温度变化的方差与温度变化的平方成正比：$[var（\Delta T_t）]=\beta（\overline{\Delta T_t}）^2$。为纳入温度变异性的影响，放宽方差为零/成比例的假设。包含温度变异性的损害记为I_t^*，并可按以下方式更高效地计算：

$$I_t^*=\alpha(\overline{\Delta T_t})^2+\alpha[var(\Delta T_t)]=\alpha E[(\Delta T_t^2)]=\alpha\overline{\Delta T_t^2} \quad (3)$$

方程（1）和（3）的区别在于，前者计算的是时空范围内平均温度变化所导致的损害，而后者表示温度变化在这两个维度上的平均损害。简单来说，假设有两个不同的数，例如 1 和 3。先求这两个数的平均值，再将其平方，结果为 $[（1+3）/2]^2=2^2=4$。相反，如果先将这两个数分别平方，再求其平均值，结果为 $（1^2+3^2）/2=10/2=5$。如果数据存在变异性，那么平方和的平均值会大于同一组数平方后的平均值。由于损害函数用于评估气候变化造成的损失，因此要从I_t^*序列中减去基准年份（即前工业化时期）的I_t^*值。

部门影响

公式 1–3 所表示的损害函数假设气候变化的影响在全年均匀分布。对于其中一些影响，这一假设预计是成立的，例如海平面上升，它由热膨胀和冰融化所驱动，反映的是累积变暖，而非某个月份的变暖。然而，空间供暖或制冷需求，以及与寒冷和高温相关的死亡率和发病率等影响，则分别与预测的冬季和夏季变暖相关。因此，我们可以改进对公式（3）的简单校准。我们首先汇总了以往研究的结果，这些研究估算了气候变化的经济影响（补充信息 S1），尤其是包含部门分解的研究。有四项研究提供了部门影响的估算[19,29,45]，，其结果汇总于表 S1。所有部门造成的总损害估计为：在升温 2.5°C 的情况下，相当于全球国内生产总值的 2.01%；其中，市场损害和非市场损害分别占 40% 和 46%，另有 13% 对应于风险溢价（灾难）[29]。

季节性

作为推导季节性和月度损害函数的第一步，我们根据每个部门在一年中该时段的活跃程度，为各部门分配季节权重（表 S2）。季节性损害参数变为：

$$\alpha_{k,j}^s=\omega_{k,j}^s\alpha_j \quad (4)$$

其中$\alpha_{k,}{}^s{}_j$和$\omega_{k,}{}^s{}_j$分别是季节性损害函数中季节的参数以及季节k和部门j的权重，而α_j是根据文献获得的部门j的原始损害参数。利用这些权重，估算得出在变暖2.5oC情景下各季节的总损害分别为春季0.29%、夏季0.92%、秋季0.29%和冬季0.52%。

利用各季节的权重以及每个半球国内生产总值总计的差异，按照以下公式推导月度损害函数：

$$\alpha_{l,j}^{m} = \omega_h^{GDP} \frac{1}{3} \alpha_{k,j}^{s} \quad (5)$$

其中，$\alpha_{l,}{}^{m}{}_{j}$ 是月份 l 的月度损害系数，而 $l \in k$, ω_h^{GDP} 是半球 h的国内生产总值与全球国内生产总值之比（北半球和南半球分别为 77,800 亿美元和 9,470 亿美元，全球国内生产总值为 87,270 亿美元）。月度损害系数表明，变暖 2.5oC 时，12 月、1 月和 2 月的经济损失（占国内生产总值的百分比）约为 1.10%，3 月、4 月和 5 月约为 0.55%，6 月、7 月和 8 月约为 1.69%，9 月、10 月和 11 月约为 0.55%。请注意，月度（以及季节性）损害之和等于年度总损害 2.01%。图 S1 展示了全球年平均气温升高 1oC 至 6oC 时，按季节和月份汇总的损害占国内生产总值的百分比。

区域损害函数

我们对 RICE模型[19,20] 中包含的区域损害函数进行调整，以纳入时间和空间变异性。这 12 个区域损害函数根据全球年平均气温的变化预测经济损害。RICE模型涵盖的区域包括美国、西欧（WEU）、日本、俄罗斯、欧亚大陆、中国、印度、中东（MEAST）、非洲、拉丁美洲（LAM）、其他亚洲国家（OASIA）和其他高收入国家（OHI）[19]。首先，我们统一了这些区域损害函数的设定，因为其中一半（中国、印度、东亚、非洲、LAM 和 OASIA）除方程（1）中的二次函数外，还包含线性项。我们采用优化方法，为每个区域寻找参数 α_r 的取值r，使得在全球气温变化范围为 0 至 6oC 时，原始函数与仅包含二次项的函数之间的差值平方最小。该近似拟合效果很好，所有情况下的 R^2 值均大于 0.99。原始参数值和拟合参数值见表 S16。对于每个区域，按照方程（1）至（3）推导出所提出的纳入时间和空间变异性的损害函数。

请注意，基于全球损害函数（如公式（1）中的函数）得出的结果，与基于区域损害函数汇总得到的总计（例如 RICE 中的结果）并不完全一致[19]。为避免本文结果之间出现差异，我们对区域结果进行缩放，使其与基于公式（1）得出的结果完全一致。缩放因子为全球损害函数得出的结果与使用 RICE 分别计算各区域结果之和的比值。这样既能确保区域结果与全球结果完全一致，又能保留区域特定损害函数所产生的区域差异。

参考文献

1. 世界气象组织。《气候业务指南》。（世界气象组织，瑞士日内瓦，2011）。2. Bathiany, S., Dakos, V., Scheffer, M. & Lenton, T. M. 气候模型预测贫穷国家的气温变率将上升。《科学进展》4（2018）。3. Estrada, F., Wouter Botzen, W. J. & Tol, R. S. J. 美国飓风造成的经济损失

与……的影响相一致气候变化。自然地球科学 **8**，880–885（2015）。

4. Nordhaus, W. D. 飓风的经济学及全球变暖的影响。《气候变化经济学》 气候变化经济学 **01**，1–20 （ 2010 年）。5. Tol, R. S. J. & Fankhauser, S. 气候变化综合评估模型中影响的表示。《环境建模与评估》 环境建模与评估 **3**，63–74（1998）。6. Nordhaus, W. D. 《气候赌场：变暖世界的风险、不确定性与经济学》

d.

（耶鲁大学出版社，2013年）。7. Estrada, F. & Tol, R. S. J. 随机气候变化的影响函数。《气候变化经济学》 气候变化经济学 **06**，1550015（2015年）。8. Estrada, F., Tol, R. S. J. & Botzen, W. J. W. 20世纪气候变率与变化的全球经济影响。《PLoS One》 *PLoS One* **12**，e0172201（2017年）。9. Dosio, A. & Fischer, E. M. 半摄氏度会带来不同吗？在全球变暖1.5°C、2°C和3°C情景下欧洲均值和极端气候指数的稳健预测

.

地球物理研究快报 **45**, 935–944 (2018). 10. Qian, C. & Zhang, X. 中高纬度陆地区域气温季节性变化的人为影响。 气候学杂志 **28**, 5908–5921 (2015). 11. Swanson, K. L., Sugihara, G. & Tsonis, A. A. 长期自然变率与20世纪气候变化。 美国国家科学院院刊 **106**, 16120–16123 (2009). 12. Estrada, F., Kim, D. & Perron, P. 中纬度地区变暖趋势的空间变化及向更恶劣天气过渡。 科学报告 **11**, 145 (2021). 13. Cohen, J. 等 关于北极放大对中纬度冬季恶劣天气影响的不同共识。 自然气候变化 **10**, 20–29 (2020). 14. Tebaldi, C. & Arblaster, J. M. 模式缩放：其优势与局限，以及更新 o

n

最新的模型模拟。气候变化 **122**, 459–471 (2014)。15. Kravitz, B., Lynch, C., Hartin, C. & Bond-Lamberty, B. 探讨CMIP5模式中的降水模式缩放方法及其稳健性。地球科学模型开发 **10**, 1889–1902 (2017)。16. Santer, B. D., Wigley, T. M. L., Schlesinger, M. E. & Mitchell, J. F. B. 基于平衡态全球气候模式结果构建气候情景。马普气象研究所报告 **47**, (1990)。17. Estrada, F. & Botzen, W. J. W. 《巴黎协定》失败与成功情景下气候变化的经济影响和风险。纽约科学院年鉴 **1504**, 95–115 (2021)。18. Calel, R., Chapman, S. C., Stainforth, D. A. & Watkins, N. W. 气温变率意味着气候变化造成的经济损害更大。自然通讯 *2020 111* **11**, 1–5 (2020)。19. Nordhaus, W. D. & Boyer, J. 让世界变暖：全球变暖的经济模型。（MI

T

出版社，2003年）。20. Nordhaus, W. D. 后哥本哈根环境下全球变暖的经济学方面。美国国家科学院院刊 **107**，11721–6（2010年）。

21. Lynch, C., Hartin, C., Bond-Lamberty, B. & Kravitz, B. 面向温度和降水的开放获取CMIP5模式库：描述与方法。Earth Syst. Sci. Data 9，281–292（2017年）。22. Meinshausen, M. 等。共享社会经济路径（SSP）的温室气体浓度及其延伸至2500年。Geosci. Model Dev. 13，3571–3605（2020年）。23. Arguez, A. & Vose, R. S. WMO气候标准值的定义：推导替代气候标准值的关键。Bull. Am. Meteorol. Soc. 92，699–704（2010年）。24. Tol, R. S. J. 气候变化的经济影响。J. Econ. Perspect. 23，29–51（2009年）。25. Nordhaus, W. 在气候政策最少的时代对气候变化的预测与不确定性。Am. Econ. J. Econ. Policy 10，333–360（2018年）。26. de Bruin, K. C., Dellink, R. B. & Tol, R. S. J. AD-DICE：在DICE模型中实施适应。Clim. Change 95，63–81（2009年）。27. Estrada, F., Tol, R. S. J. & Botzen, W. J. W. 扩展综合评估模型的损害

e

纳入适应和动态敏感性的函数。《环境建模与软件》 **121**, 104504 2019( ). 28. Nordhaus, W. D. 再掷一次骰子：全球变暖的经济学。草稿版本 (1999). 29. Tol, R. S. J. 气候变化的影响与碳的社会成本。载于《劳特利奇能源经济学手册》（编者：Soytas, U. & Sari, R.），253–273（泰勒与弗朗西斯，2019）。30. Tol, R. S. J. 更正与更新：气候变化的经济影响†。《经济展望杂志》 **28**, 221–226 (2014). 31. Chen, D. 等 框架、背景与方法。载于《气候变化*2021*：自然科学基础。政府间气候变化专门委员会第六次评估报告第一工作组的贡献》（编者：Masson-Delmotte, V. 等），147–286（剑桥大学出版社，2021）。32. Nordhaus, W. D. 重新审视碳的社会成本。美国国家科学院院刊 **114**, 1518–1523 (2017). 33. Tol, R. S. J. 碳的社会成本：趋势、异常值与灾难。《经济学》 **2**, (2008). 34. Ricke, K. L. & Caldeira, K. 二氧化碳排放后约十年达到最大变暖。《环境研究快报》 **9**, 124002 (2014). 35. Ricke, K., Drouet, L., Caldeira, K. & Tavoni, M. 国家层面的碳社会成本。《自然·气候变化》 **8**, 895–900 (2018). 36. 机构间工作组。技术支持文件：碳、甲烷和一氧化二氮的社会成本：第*13990*号行政命令下的临时估值。美国机构间工作组，华盛顿特区 (2021). 37. 政府间气候变化专门委员会。《气候变化*2021*：自然科学基础。第一工作组对

政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的贡献。（剑桥大学出版社，2021）。38. Ignjacevic, P. 等 CLIMRISK-RIVER：在估算气候变化经济成本时纳入当地河流洪灾风险。《环境建模与软件》 **132**，(2020)。39. Weitzman, M. L. 灾难性气候变化经济学的建模与阐释。《经济与统计评论》 **91**，1–19 (2009)。40. Wigley, T. M. L. MAGICC/SCENGEN 5.3：用户手册（第2版）。美国国家大气研究中心，博尔德，科罗拉多州 **80**，(2008)。41. Lynch, C., Hartin, C., Bond-Lamberty, B. & Kravitz, B. 用于温度和降水的开放获取CMIP5模式库：说明与方法。《地球系统科学数据》 **9**，281–292 (2017)。42. Meinshausen, M., Wigley, T. M. L. & Raper, S. C. B. 使用更简单的模型模拟大气-海洋和碳循环模型，MAGICC6——第2部分：应用。《大气化学与物理》 (2011) doi:10.5194/acp-11-1457-2011。43. Gay, C., Estrada, F. & Conde, C. 时间序列分析在描述气候条件和预测方面的一些启示。示例案例：墨西哥韦拉克鲁斯。《*Atmosfera*》 (2007)。44. Riahi, K. 等 共享社会经济路径及其对能源、土地利用和温室气体排放的影响：综述。《全球环境变化》 **42**，153–168 (2017)。45. Fankhauser, S. 《气候变化估值：温室经济学》。（劳特利奇，1995）。doi:https://doi.org/10.4324/9781315070582。

补充信息

补充表

表 S1. 全球温度上升 2.5°C 时各部门经济影响估计值（占全球国内生产总值的百分比）汇总。

部门	Fankhauser	Berz	Tol	Nordhaus	平均值
农业	-0.20	-0.19	-0.13	-0.13	-0.16
林业	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01
能源	-0.12	-0.11	-0.12	-0.12	-0.12
水	-0.24	-0.23	-0.24	-0.24	-0.24
沿海防御	0.00	-0.01	-0.08	-0.03	-0.03
旱地	-0.07	-0.07	-0.09	-0.08	-0.08
湿地	-0.16	-0.16	-0.17	-0.16	-0.16
生态系统	-0.21	-0.20	-0.19	-0.20	-0.20
健康	-0.26	-0.40	-0.77	-0.10	-0.38
空气污染	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08
时间利用	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
居民点	-0.17	-0.17	-0.17	-0.17	-0.17
灾难	-0.01	-0.01	-0.01	-1.02	-0.27
迁移	-0.02	-0.02	-0.12	-0.07	-0.06
宜居性	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33
总计	-1.61	-1.71	-2.24	-2.47	-2.01

表 S2. 用于校准所提出的损害函数的各部门季节权重。

部门	**春季**	**夏季**	**Fall**	**冬季**
农业	0.25	0.5	0.25	0
林业	0.25	0.5	0.25	0
能源	0	0.5	0	0.5
水	0	1	0	0
沿海防御	0.25	0.25	0.25	0.25
旱地	0.25	0.25	0.25	0.25
湿地	0.25	0.25	0.25	0.25
生态系统	0.25	0.25	0.25	0.25
健康	0	0.5	0	0.5
Air 污染	0	1	0	0
时间利用	0	0.5	0	0.5
居民点	0.25	0.25	0.25	0.25
灾难	0.25	0.25	0.25	0.25
迁移	0.25	0.25	0.25	0.25
宜居性	0	0.5	0	0.5

Source: Assessment by the authors

Table S3. Differences between damage estimates from I_t and I_t^* incorporating spatial variation and temporal variability.

SP 2050						
Climate model and damage function	**S&Tvar**	**Tvar**	**Svar**	**S&Tvar（%）**	**Tvar（%）**	**Svar（%）**
CMIP6集合/年度损害函数	1,625.29$	8.39$	1,184.98$	25.84%	0.13%	18.84%
CMIP6集合/月度损害函数	1,601.03$	27.72$	1,184.98$	25.45%	0.44%	18.84%
ACCESS-ESM1-5/年度损害函数	2,225.79$	6.37$	1,344.89$	35.36%	0.10%	21.37%
ACCESS-ESM1-5/月度损害函数	2,244.18$	25.30$	1,344.89$	35.66%	0.40%	21.37%
MPI-ESM1-2-HR/年度损害函数	2,130.07$	14.19$	1,416.10$	33.93%	0.23%	22.56%
MPI-ESM1-2-HR/月度损害函数	2,098.65$	(6.73) $	1,416.10$	33.43%	-0.11%	22.56%
INM-CM5/年度损害函数	2,260.94美元	15.64美元	1,377.93美元	35.98%	0.25%	21.93%
INM-CM5/月度损害函数	2,129.90$	(12.05) $	1,377.93$	33.90%	-0.19%	21.93%
CESM2集合/年度损害函数	1,435.53美元	7.01美元	914.44美元	22.84%	0.11%	14.55%
CESM2集合/月度损害函数	1,646.40$	136.07$	914.44$	26.19%	2.16%	14.55%
CanESM5集合/年度损害函数	1,917.96$	7.88$	1,352.10$	30.51%	0.13%	21.51%
CanESM5集合/月度损害函数	1,813.72$	(20.71) $	1,352.10$	28.85%	-0.33%	21.51%
ACCESS-CM2集合/年度损害函数	1,745.10$	9.63$	1,104.42美元	27.75%	0.15%	17.56%
ACCESS-CM2集合/月度损害函数	1,779.27美元	53.37美元	1,104.42美元	28.30%	0.85%	17.56%
SP 2100						
气候模型和损害函数	**S&Tvar**	**Tvar**	**Svar**	**S&Tvar（%）**	**Tvar（%）**	**Svar（%）**
CMIP6集合/年度损害函数	20,074.73$	103.63$	14,636.34$	25.87%	0.13%	18.86%
CMIP6集合/月度损害函数	19,775.10美元	342.44美元	14,636.34美元	25.48%	0.44%	18.86%
ACCESS-ESM1-5/年度损害函数	27,491.86$	78.73$	16,611.39$	35.40%	0.10%	21.39%
ACCESS-ESM1-5/月度损害函数	27,719.03$	312.44$	16,611.39$	35.70%	0.40%	21.39%
MPI-ESM1-2-HR/年度损害函数	26,309.53$	175.24$	17,490.93美元	33.97%	0.23%	22.58%
MPI-ESM1-2-HR/月度损害函数	25,921.54美元	(83.09) $	17,490.93$	33.47%	-0.11%	22.58%
INM-CM5/年度损害函数	27,926.04$	193.18$	17,019.55$	36.02%	0.25%	21.95%
INM-CM5/月度损害函数	26,307.43$	(148.82) $	17,019.55$	33.93%	-0.19%	21.95%
CESM2集合/年度损害函数	17,731.00$	86.63$	11,294.77$	22.86%	0.11%	14.56%
CESM2集合/月度损害函数	20,335.55$	1,680.70$	11,294.77$	26.22%	2.17%	14.56%
CanESM5集合/年度损害函数	23,689.68美元	97.34美元	16,700.43美元	30.54%	0.13%	21.53%
CanESM5集合/月度损害函数	22,402.13$	(255.85) $	16,700.43$	28.88%	-0.33%	21.53%
ACCESS-CM2集合/年度损害函数	21,554.62$	118.96$	13,641.25$	27.78%	0.15%	17.58%
ACCESS-CM2集合/月度损害函数	21,976.64$	659.18$	13,641.25$	28.33%	0.85%	17.58%
RM 2050						
气候模型和损害函数	**S&Tvar**	**Tvar**	**Svar**	**S&Tvar（%）**	**Tvar（%）**	**Svar（%）**
CMIP6集合/年度损害函数	2,390.71$	17.48$	1,601.53$	30.20%	0.22%	20.23%
CMIP6集合/月度损害函数	2,160.19$	(37.35) $	1,601.53$	27.29%	-0.47%	20.23%
ACCESS-ESM1-5/年度损害函数	3,161.66美元	18.27美元	1,904.61美元	44.40%	0.26%	26.75%
ACCESS-ESM1-5/月度损害函数	2,931.09$	(35.89) $	1,904.61$	41.16%	-0.50%	26.75%
MPI-ESM1-2-HR/年度损害函数	1,877.47$	14.11$	1,191.16$	38.47%	0.29%	24.40%
MPI-ESM1-2-HR/月度损害函数	1,684.91$	(71.50) $	1,191.16$	34.52%	-1.46%	24.40%
INM-CM5/年度损害函数	1,965.67$	14.62$	1,217.40$	37.42%	0.28%	23.18%
INM-CM5/月度损害函数	1,726.14$	(50.16) $	1,217.40$	32.86%	-0.95%	23.18%
CESM2集合/年度损害函数	3,483.14美元	18.42美元	2,052.91美元	37.67%	0.20%	22.20%
CESM2集合/月度损害函数	3,326.88$	16.95$	2,052.91$	35.98%	0.18%	22.20%
CanESM5集合/年度损害函数	7,175.67$	47.22$	4,610.83$	45.29%	0.30%	29.10%
CanESM5集合/月度损害函数	6,514.98$	(160.22) $	4,610.83$	41.12%	-1.01%	29.10%
ACCESS-CM2集合/年度损害函数	2,903.75美元	24.02美元	1,514.28美元	35.91%	0.30%	18.73%
ACCESS-CM2集合/月度损害函数	2,727.67美元	39.69美元	1,514.28美元	33.74%	0.49%	18.73%
RM 2085						
Climate model and damage function	**S&Tvar**	**Tvar**	**Svar**	**S&Tvar（%）**	**Tvar（%）**	**Svar（%）**
CMIP6集合/年度损害函数	14,522.50$	82.37$	10,381.18$	26.25%	0.15%	18.77%
CMIP6集合/月度损害函数	13,823.98$	35.05$	10,381.18$	24.99%	0.06%	18.77%
ACCESS-ESM1-5/年度损害函数	17,201.24$	56.68$	10,887.57$	35.77%	0.12%	22.64%
ACCESS-ESM1-5/月度损害函数	16,830.96$	71.93$	10,887.57$	35.00%	0.15%	22.64%
MPI-ESM1-2-HR/年度损害函数	10,849.32美元	66.38美元	7,321.49美元	32.65%	0.20%	22.03%
MPI-ESM1-2-HR/月度损害函数	10,375.71$	(167.21) $	7,321.49$	31.23%	-0.50%	22.03%
INM-CM5/年度损害函数	10,220.96$	69.01$	6,519.94$	34.61%	0.23%	22.08%
INM-CM5/月度损害函数	9,311.31$	(147.70) $	6,519.94$	31.53%	-0.50%	22.08%
CESM2集合/年度损害函数	18,815.14$	85.40$	12,071.08$	27.55%	0.13%	17.68%
CESM2集合/月度损害函数	19,736.14$	905.56$	12,071.08$	28.90%	1.33%	17.68%
CanESM5集合/年度损害函数	34,650.57$	177.01$	23,886.33美元	31.07%	0.16%	21.42%
CanESM5集合/月度损害函数	32,085.69美元	(665.32) $	23,886.33$	28.77%	-0.60%	21.42%
ACCESS-CM2集合/年度损害函数	17,340.53$	102.75美元	10,493.88美元	26.87%	0.16%	16.26%
ACCESS-CM2集合/月度损害函数	17,515.53美元	566.47美元	10,493.88美元	27.15%	0.88%	16.26%

数值单位为十亿美元（2005年美元）。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示使用同时包含空间变化和时间变异性、仅包含时间变异性以及仅包含空间变化的损害函数。标注为 None 的列显示使用不包含温度变化任何类型变异性的损害函数所得的结果。标注为（%）的列表示相对于 None 的百分比变化。括号中的数字表示收益。

表 S4。使用不同气候模型、生成气候值的方法和集合规模计算的气候变化造成的汇总经济损失现值。

SP										
气候模型和损害函数	**None**	**S&Tvar**	**Tvar**	**Svar**	**S&Tvar-None**	**Tvar-None**	**Svar-None**	**Sc**	**Tc**	**Int**
CMIP6集合/年度损害函数	183,841.02$	231,362.68$	184,086.33$	218,488.72 $	47,521.66$	245.31$	34,647.70$	72.91%	0.52%	26.57%
CMIP6集合/月度损害函数	183,841.02$	230,653.39$	184,651.66$	218,488.72 $	46,812.37$	810.64$	34,647.70$	74.01%	1.73%	24.25%
ACCESS-ESM1-5/年度损害函数	183,943.06$	249,022.83$	184,129.42$	223,266.16 $	65,079.77$	186.36$	39,323.10$	60.42%	0.29%	39.29%
ACCESS-ESM1-5/月度损害函数	183,943.06$	249,560.58$	184,682.68$	223,266.16 $	65,617.52$	739.62$	39,323.10$	59.93%	1.13%	38.95%
MPI-ESM1-2-HR/年度损害函数	183,464.79$	245,745.69$	183,879.62美元	224,869.98美元	62,280.90美元	414.82美元	41,405.19美元	66.48%	0.67%	32.85%
MPI-ESM1-2-HR/月度损害函数	183,464.79$	244,827.23$	183,268.09$	224,869.98 $	61,362.44$	(196.70) $	41,405.19$	67.48%	-0.32%	32.84%
INM-CM5/年度损害函数	183,642.39$	249,749.95$	184,099.70美元	223,931.71 美元	66,107.56美元	457.31美元	40,289.32美元	60.95%	0.69%	38.36%
INM-CM5/月度损害函数	183,642.39$	245,918.33$	183,290.09$	223,931.71 $	62,275.95$	(352.30) $	40,289.32$	64.69%	-0.57%	35.87%
CESM2集合/年度损害函数	183,705.72$	225,679.22$	183,910.79$	210,443.11 $	41,973.50$	205.07$	26,737.40$	63.70%	0.49%	35.81%
CESM2集合/月度损害函数	183,705.72$	231,844.80$	187,684.33$	210,443.11 $	48,139.08$	3,978.61$	26,737.40$	55.54%	8.26%	36.19%
CanESM5集合/年度损害函数	183,727.68美元	239,806.77美元	183,958.10美元	223,261.56 美元	56,079.09美元	230.42美元	39,533.89$	70.50%	0.41%	29.09%
CanESM5集合/月度损害函数	183,727.68$	236,758.83$	183,122.01$	223,261.56 $	53,031.15$	(605.67) $	39,533.89$	74.55%	-1.14%	26.59%
ACCESS-CM2集合/年度损害函数	183,779.10$	234,804.02$	184,060.72$	216,071.18 $	51,024.91$	281.61$	32,292.08$	63.29%	0.55%	36.16%
ACCESS-CM2集合/月度损害函数	183,779.10$	235,803.02$	185,339.54美元	216,071.18 美元	52,023.92美元	1,560.44美元	32,292.08美元	62.07%	3.00%	34.93%
RM										
气候模型和损害函数	**None**	**S&Tvar**	**Tvar**	**Svar**	**S&Tvar-None**	**Tvar-None**	**Svar-None**	**Sc**	**Tc**	**Int**
CMIP6集合/年度损害函数	168,353.56$	216,786.82$	168,679.75$	201,447.83 $	48,433.26$	326.20美元	33,094.27美元	68.33%	0.67%	31.00%
CMIP6集合/月度损害函数	168,353.56美元	212,946.68美元	167,897.33美元	201,447.83 美元	44,593.13美元	(456.22) 美元	33,094.27美元	74.21%	-1.02%	26.81%
ACCESS-ESM1-5/年度损害函数	149,910.73$	211,656.90$	150,201.71$	187,504.03 $	61,746.16$	290.98$	37,593.30$	60.88%	0.47%	38.65%
ACCESS-ESM1-5/每月损害函数	149,910.73$	208,697.81$	149,692.36$	187,504.03 $	58,787.07$	(218.37) $	37,593.30$	63.95%	-0.37%	36.42%
MPI-ESM1-2-HR/年度损害函数	102,973.27$	140,038.48$	103,220.25$	126,758.31 $	37,065.20$	246.98$	23,785.04$	64.17%	0.67%	35.16%
MPI-ESM1-2-HR/月度损害函数	102,973.27$	137,214.87美元	101,912.12美元	126,758.31 美元	34,241.60美元	(1,061.15) 美元	23,785.04美元	69.46%	-3.10%	33.64%
INM-CM5/年度损害函数	103,618.45$	141,361.24$	103,877.03$	127,193.35 $	37,742.79$	258.59美元	23,574.90美元	62.46%	0.69%	36.85%
INM-CM5/月度损害函数	103,618.45美元	137,319.84$	102,853.47$	127,193.35 $	33,701.39$	(764.97) $	23,574.90$	69.95%	-2.27%	32.32%
CESM2集合/年度损害函数	199,298.91$	268,267.17$	199,642.74$	240,678.97 $	68,968.26$	343.83$	41,380.06$	60.00%	0.50%	39.50%
CESM2集合/月度损害函数	199,298.91$	267,253.50美元	200,555.91美元	240,678.97 美元	67,954.59美元	1,257.01美元	41,380.06美元	60.89%	1.85%	37.26%
CanESM5集合/年度损害函数	340,641.79$	478,498.88$	341,523.22$	430,796.27 $	137,857.10$	881.43$	90,154.49$	65.40%	0.64%	33.96%
CanESM5集合/月度损害函数	340,641.79$	466,231.76$	337,505.20$	430,796.27 $	125,589.98$	(3,136.59) $	90,154.49$	71.78%	-2.50%	30.71%
ACCESS-CM2集合/年度损害函数	180,397.50$	237,669.31$	180,826.82$	211,327.34 美元	57,271.81 美元	429.32 美元	30,929.84 美元	54.01%	0.75%	45.25%
ACCESS-CM2集合/月度损害函数	180,397.50$	235,964.08$	181,668.23$	211,327.34 $	55,566.58$	1,270.73$	30,929.84$	55.66%	2.29%	42.05%

数值单位为十亿美元（2005年美元）。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示使用同时包含空间变化和时间变异性、仅包含时间变异性以及仅包含空间变化的损害函数。标注为 None 的列显示使用不包含温度变化任何类型变异性的损害函数所得的结果。S&Tvar-None、Tvar- None 和 Svar-None 列分别表示 S&Tvar、Tvar 和 Svar 与 None 之间现值的差值。Sc、Tc 和 Int 列分别显示空间变化、时间变异性及二者交互作用对 S&Tvar-None 差值的贡献。计算采用 4%折现率。括号中的数字表示收益。

Table S5. Present value of the aggregated economic losses from climate change for different SSP trajectories and the benefits of mitigation.

A）情景和损害函数	None	S&Tvar	Tvar	Svar	S&Tvar-None
SSP585/年度损害函数	183,841.02$	231,362.68$	184,086.33$	218,488.72$	47,521.66$
SSP585/月度损害函数	183,841.02$	230,653.39$	184,651.66$	218,488.72$	46,812.37$
SSP370/年度损害函数	54,568.66$	68,663.40$	54,641.42$	64,845.03$	14,094.74$
SSP370/月度损害函数	54,568.66$	68,453.03$	54,809.09$	64,845.03$	13,884.37$
SSP245/年度损害函数	59,659.38$	75,064.53$	59,738.90$	70,891.16$	15,405.15$
SSP245/月度损害函数	59,659.38$	74,834.60$	59,922.16$	70,891.16$	15,175.22$
SSP126/年度损害函数	50,198.79$	63,151.06$	50,265.65$	59,642.20$	12,952.27$
SSP126/月度损害函数	50,198.79$	62,957.74$	50,419.74美元	59,642.20美元	12,758.94美元
SSP119/年度损害函数	41,237.49美元	51,871.03美元	41,292.39$	48,990.33$	10,633.53$
SSP119/月度损害函数	41,237.49$	51,712.32$	41,418.88$	48,990.33$	10,474.82$
B）SSP情景（年度损害函数）无		S&Tvar	Tvar	Svar	
SSP585	183,841.02$	231,362.68$	184,086.33$	218,488.72$	
SSP370	131,435.61$	165,397.40$	131,610.92$	156,196.91$	
SSP245	96,260.98$	121,121.36$	96,389.31$	114,386.50$	
SSP126	66,407.10$	83,542.81$	66,495.56$	78,900.62$	
C) 避免损失减缓（SSP5）	None	S&Tvar	Tvar	Svar	
RCP7.0	52,405.41$	65,965.28$	52,475.41$	62,291.81$	
RCP4.5	87,580.05$	110,241.33$	87,697.02$	104,102.22$	
RCP2.6	117,433.92$	147,819.87$	117,590.77$	139,588.10$	

A部分）展示了SSP585、SSP370、SSP245、SSP126和SSP119情景下，采用年度和月度损害函数计算的现值估算。B部分）展示了不同排放轨迹下的现值估算，同时保持SSP5社会经济情景不变；C部分）展示了相对于RCP8.5轨迹，减缓措施所避免的损害。数值单位为十亿美元（2005年美元）。S&T变异性、时间变异性和空间变异性分别表示采用同时纳入空间与时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变异性的损害函数。标记为“无”的列显示采用未纳入任何温度变化变异性的损害函数所得的结果。计算采用4%折现率。

表 S6. 气候变化对 15 个部门造成的经济损失的现值，以及不同 SSP轨迹。

SSP585	农业	林业	能源	水	Coastal defence	Dryland	湿地	生态系统	健康	空气污染 时间利用		Settlements	Catastrophe	Migration	宜居性	总计
None	14,952.84$	1,242.51$	10,842.14$	21,918.96$	2,859.53 $	7,036.21$	14,878.61$	18,436.13$	35,111.65$	7,228.09$	(26,538.81)$	15,557.23$	24,277.18$	5,421.28$	30,617.46$	183,841.02$
S&Tvar	17,346.36$	1,441.41$	14,551.53$	25,103.42$	3,598.70 $	8,855.03$	18,724.63$	23,201.75$	47,124.31$	8,278.22$	(35,618.46)$	19,578.67$	30,552.67$	6,822.64$	41,092.53美元	230,653.39美元
Tvar	14,606.49美元	1,213.73美元	11,183.89美元	21,535.94美元	2,863.35 美元	7,045.60 美元	14,898.47 美元	18,460.73 美元	36,218.38 美元	7,101.79 美元	(27,375.32)$	15,577.99$	24,309.57$	5,428.51$	31,582.54$	184,651.66$
Svar	17,770.93$	1,476.69美元	12,885.51美元	26,049.93美元	3,398.45 美元	8,362.30美元	17,682.72美元	21,910.71$	41,728.98$	8,590.34$	(31,540.46)$	18,489.24$	28,852.59$	6,443.00$	36,387.80$	218,488.72$
SSP370																
None	4,438.38$	368.81$	3,218.22$	6,506.10$	848.78 $	2,088.53$	4,416.35$	5,472.31$	10,422.02$	2,145.48$	(7,877.39)$	4,617.78$	7,206.08$	1,609.17$	9,088.04$	54,568.66$
S&Tvar	5,148.29$	427.80$	4,318.41$	7,450.60$	1,068.02 $	2,627.98美元	5,557.06美元	6,885.77美元	13,984.93美元	2,456.94美元	(10,570.38)美元	5,810.52美元	9,067.37美元	2,024.81美元	12,194.90美元	68,453.03美元
Tvar	4,335.65美元	360.27美元	3,319.58美元	6,392.50美元	849.91 美元	2,091.31美元	4,422.24美元	5,479.61美元	10,750.28美元	2,108.02美元	(8,125.50)美元	4,623.94美元	7,215.69美元	1,611.32美元	9,374.27美元	54,809.09$
Svar	5,274.22$	438.26$	3,824.28$	7,731.33$	1,008.62 $	2,481.84美元	5,248.03美元	6,502.85美元	12,384.70美元	2,549.52美元	(9,360.86)美元	5,487.40美元	8,563.13$	1,912.21$	10,799.50$	64,845.03$
SSP245																
None	4,852.44$	403.22$	3,518.45$	7,113.06$	927.96 $	2,283.36$	4,828.35$	5,982.82美元	11,394.30美元	2,345.63美元	(8,612.27)美元	5,048.57美元	7,878.34美元	1,759.29美元	9,935.86$	59,659.38$
S&Tvar	5,628.35$	467.69$	4,720.93$	8,145.37美元	1,167.58 美元	2,872.97美元	6,075.12美元	7,527.70美元	15,288.45美元	2,686.05$	(11,555.63)$	6,352.21$	9,912.67$	2,213.57$	13,331.58$	74,834.60$
Tvar	4,740.16美元	393.89美元	3,629.23美元	6,988.89美元	929.20 美元	2,286.41美元	4,834.79$	5,990.80$	11,753.07$	2,304.69$	(8,883.45)$	5,055.30$	7,888.84$	1,761.64美元	10,248.71美元	59,922.16美元
Svar	5,765.98美元	479.13美元	4,180.85美元	8,452.20$	1,102.67 $	2,713.24$	5,737.36$	7,109.18$	13,539.45$	2,787.23$	(10,233.66)$	5,999.04$	9,361.55$	2,090.51$	11,806.44$	70,891.16$
SSP126																
None	4,082.95$	339.28$	2,960.51$	5,985.09$	780.81 $	1,921.28美元	4,062.69美元	5,034.09美元	9,587.43美元	1,973.67美元	(7,246.57)美元	4,247.99美元	6,629.02$	1,480.31$	8,360.26$	50,198.79$
S&Tvar	4,735.32$	393.48$	3,971.52$	6,853.03$	982.27 $	2,417.00$	5,110.94$	6,332.98$	12,861.54$	2,259.89$	(9,721.27)$	5,344.05$	8,339.43$	1,862.26$	11,215.30$	62,957.74$
Tvar	3,988.55$	331.43$	3,053.65$	5,880.70$	781.85 $	1,923.84$	4,068.10$	5,040.79$	9,889.07$	1,939.25$	(7,474.56)$	4,253.65$	6,637.85$	1,482.28$	8,623.30$	50,419.74$
Svar	4,851.04$	403.10美元	3,517.44美元	7,111.01美元	927.70美元	2,282.71美元	4,826.96美元	5,981.10美元	11,391.01美元	2,344.96美元	(8,609.79)美元	5,047.12美元	7,876.07美元	1,758.79美元	9,933.00$	59,642.20$
SSP119																
None	3,354.08$	278.71$	2,432.01$	4,916.66$	641.42 $	1,578.30$	3,337.43$	4,135.42$	7,875.92$	1,621.34美元	(5,952.94)美元	3,489.65美元	5,445.63美元	1,216.05美元	6,867.82美元	41,237.49美元
S&Tvar	3,889.66$	323.21$	3,262.03$	5,629.22$	806.82 $	1,985.28美元	4,198.02美元	5,201.78美元	10,563.89美元	1,856.32美元	(7,984.62)美元	4,389.50美元	6,849.84美元	1,529.62美元	9,211.74美元	51,712.32美元
Tvar	3,276.58美元	272.27美元	2,508.48美元	4,830.95美元	642.28 美元	1,580.40美元	3,341.87美元	4,140.92美元	8,123.56$	1,593.08$	(6,140.12)$	3,494.30$	5,452.88$	1,217.67$	7,083.77$	41,418.88$
Svar	3,984.66$	331.11$	2,889.24$	5,841.01$	762.01 $	1,875.02美元	3,964.88美元	4,912.90美元	9,356.62美元	1,926.16美元	(7,072.12)美元	4,145.72美元	6,469.43$	1,444.67$	8,159.00$	48,990.33$

数值单位为十亿美元（2005年美元）。S&Tvar、Tvar和Svar分别表示采用同时纳入空间变化与时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标记为“无”的列显示采用未纳入任何温度变化变异性的损害函数所得的结果。结果基于CMIP6集合和SP方法。括号中的数字表示收益。计算采用4%折现率。

表 S7。在 SSP585 和不同气候模式下，气候变化对 15 个部门造成的经济损失的现值。

ACCESS-ESM1-5	农业	林业	能源	水	Coastal defence	Dryland	湿地	生态系统	健康	空气污染 时间利用	Settlements	Catastrophe	Migration	宜居性	总计
None	14,961.14$	1,243.20$	10,848.16$	21,931.13$	2,861.12 $	7,040.12$	14,886.87$	18,446.36$	35,131.14$	7,232.11$	(26,553.54)$	15,565.87$	24,290.65$	5,424.29$	30,634.46$	183,943.06$
S&Tvar	18,480.27$	1,535.63美元	15,970.15美元	27,084.53美元	3,873.39 美元	9,530.94美元	20,153.90美元	24,972.76美元	51,718.42美元	8,931.52美元	(39,090.88)美元	21,073.13美元	32,884.78美元	7,343.42美元	45,098.62$	249,560.58$
Tvar	14,604.25$	1,213.55$	11,188.69$	21,528.83$	2,864.02 美元	7,047.25 美元	14,901.95 美元	18,465.05 美元	36,233.94 美元	7,099.44 美元	(27,387.08)$	15,581.64$	24,315.26$	5,429.78$	31,596.10$	184,682.68$
Svar	18,159.51$	1,508.98美元	13,167.26美元	26,619.53美元	3,472.76 美元	8,545.14美元	18,069.36美元	22,389.80$	42,641.42$	8,778.18$	(32,230.12)$	18,893.52$	29,483.48$	6,583.88$	37,183.45$	223,266.16$
MPI-ESM1-2-HR																
None	14,922.24$	1,239.97$	10,819.95$	21,874.10$	2,853.68 $	7,021.81$	14,848.16$	18,398.40$	35,039.79$	7,213.30$	(26,484.50)$	15,525.40$	24,227.50$	5,410.18$	30,554.80$	183,464.79$
S&Tvar	18,095.68$	1,503.67$	15,658.00$	26,107.41$	3,822.42 $	9,405.51$	19,888.68$	24,644.12$	50,707.54$	8,609.29$	(38,326.82)$	20,795.81$	32,452.02美元	7,246.78美元	44,217.13美元	244,827.23美元
Tvar	14,421.73美元	1,198.38美元	11,125.11$	20,924.75$	2,860.13 $	7,037.69$	14,881.74$	18,440.00$	36,028.03$	6,900.24$	(27,231.45)$	15,560.50$	24,282.28$	5,422.42$	31,416.55$	183,268.09$
Svar	18,289.96$	1,519.81$	13,261.85$	26,810.75$	3,497.71 $	8,606.53美元	18,199.17美元	22,550.64美元	42,947.74美元	8,841.23美元	(32,461.64)美元	19,029.24美元	29,695.27$	6,631.18$	37,450.55$	224,869.98$
INM-CM5																
None	14,936.68$	1,241.17$	10,830.43$	21,895.28$	2,856.44 $	7,028.61$	14,862.54$	18,416.21$	35,073.71$	7,220.28$	(26,510.13)$	15,540.42$	24,250.95$	5,415.42$	30,584.38$	183,642.39$
S&Tvar	18,507.00$	1,537.85$	15,436.84$	25,911.36$	3,884.70 $	9,558.77$	20,212.75$	25,045.68$	49,991.31$	8,544.64$	(37,785.46)$	21,134.66$	32,980.80$	7,364.86$	43,592.57$	245,918.33$
Tvar	14,382.66$	1,195.14$	11,149.83$	20,807.70$	2,863.55 $	7,046.11$	14,899.55美元	18,462.07美元	36,108.07美元	6,861.64美元	(27,291.95美元)	15,579.12美元	24,311.34美元	5,428.91$	31,486.35$	183,290.09$
Svar	18,213.64$	1,513.47$	13,206.51$	26,698.88美元	3,483.12 美元	8,570.62美元	18,123.23美元	22,456.54美元	42,768.54美元	8,804.34$	(32,326.20)$	18,949.84$	29,571.37$	6,603.51$	37,294.29$	223,931.71$
CESM2集合																
None	14,941.83$	1,241.60$	10,834.16$	21,902.83$	2,857.43 $	7,031.03$	14,867.66$	18,422.56$	35,085.81$	7,222.77$	(26,519.28)$	15,545.78$	24,259.31$	5,417.29$	30,594.93$	183,705.72$
S&Tvar	17,530.78$	1,456.73$	14,716.60$	27,333.05$	3,510.30 $	8,637.50$	18,264.66$	22,631.79$	47,658.86$	9,013.47$	(36,022.50)$	19,097.72$	29,802.13$	6,655.04$	41,558.67美元	231,844.80美元
Tvar	14,840.22美元	1,233.16美元	11,443.66美元	22,788.22美元	2,860.62 美元	7,038.88 美元	14,884.26 美元	18,443.13 美元	37,059.63 美元	7,514.75 美元	(28,011.18)$	15,563.14$	24,286.39$	5,423.34$	32,316.11$	187,684.33$
Svar	17,116.54$	1,422.31美元	12,411.02美元	25,090.67美元	3,273.31 美元	8,054.36美元	17,031.57美元	21,103.87$	40,192.36$	8,274.01$	(30,379.02)$	17,808.39$	27,790.13$	6,205.75$	35,047.86$	210,443.11$
CanESM5集合																
None	14,943.62$	1,241.75$	10,835.46$	21,905.45美元	2,857.77 美元	7,031.87美元	14,869.44美元	18,424.76美元	35,090.00美元	7,223.64$	(26,522.45)$	15,547.64$	24,262.21$	5,417.94$	30,598.59$	183,727.68$
S&Tvar	17,909.86$	1,488.23$	14,813.40$	25,271.34$	3,730.04 $	9,178.21$	19,408.03$	24,048.54$	47,972.35$	8,333.59$	(36,259.45)$	20,293.24$	31,667.75美元	7,071.65美元	41,832.04美元	236,758.83美元
Tvar	14,544.90美元	1,208.62美元	11,019.32$	21,053.28$	2,861.35 $	7,040.69$	14,888.09$	18,447.87$	35,685.44$	6,942.62$	(26,972.51)$	15,567.14$	24,292.64$	5,424.73$	31,117.81$	183,122.01$
Svar	18,159.14$	1,508.94$	13,166.99$	26,618.98$	3,472.69 $	8,544.97$	18,068.99$	22,389.34$	42,640.55$	8,777.99$	(32,229.46)$	18,893.13$	29,482.87$	6,583.75$	37,182.68$	223,261.56$
ACCESS-CM2集合																
None	14,947.80$	1,242.10美元	10,838.49美元	21,911.58美元	2,858.57 美元	7,033.84美元	14,873.60美元	18,429.92$	35,099.82$	7,225.66$	(26,529.87)$	15,551.99$	24,269.00$	5,419.45$	30,607.15$	183,779.10$
S&Tvar	17,504.13$	1,454.52$	15,071.72$	25,796.99$	3,652.23 $	8,986.74$	19,003.15$	23,546.85$	48,808.89$	8,506.93$	(36,891.74)$	19,869.89$	31,007.11$	6,924.12$	42,561.49$	235,803.02$
Tvar	14,603.42美元	1,213.48美元	11,280.75美元	21,728.88美元	2,862.95 美元	7,044.62美元	14,896.39$	18,458.16$	36,532.06$	7,165.41$	(27,612.41)$	15,575.82$	24,306.19$	5,427.76美元	31,856.06美元	185,339.54美元
Svar	17,574.30美元	1,460.35美元	12,742.93美元	25,761.69$	3,360.85 $	8,269.77$	17,487.06$	21,668.27$	41,267.26$	8,495.29$	(31,191.47)$	18,284.66$	28,533.34$	6,371.71$	35,985.17$	216,071.18$

数值单位为十亿美元（2005年美元）。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示使用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标为“无”的列显示的是使用未纳入温度变化任何类型变异性的损害函数所得的结果。结果基于 SP方法。括号内的数字表示收益。计算采用4%折现率。

表 S8. SSP370 情景和不同气候模型下 15 个部门因气候变化造成的经济损失现值。

ACCESS-ESM1-5	农业	林业	能源	水	Coastal defence	Dryland	湿地	生态系统	健康	空气污染 时间利用	Settlements	Catastrophe	Migration	宜居性	总计
None	4,440.84$	369.01$	3,220.01$	6,509.71$	849.25 $	2,089.68$	4,418.80$	5,475.35$	10,427.81$	2,146.67$	(7,881.76)$	4,620.34$	7,210.08$	1,610.07$	9,093.08$	54,598.95$
S&Tvar	5,484.60$	455.75$	4,739.17$	8,038.19$	1,149.49 $	2,828.45$	5,980.98$	7,411.05美元	15,347.53美元	2,650.71美元	(11,600.29)美元	6,253.78美元	9,759.06美元	2,179.27美元	13,383.09$	74,060.85$
Tvar	4,334.99$	360.22$	3,321.01$	6,390.39$	850.11 美元	2,091.80 美元	4,423.27 美元	5,480.89 美元	10,754.90 美元	2,107.32 美元	(8,128.99)$	4,625.02$	7,217.38$	1,611.70$	9,378.30$	54,818.31$
Svar	5,389.47$	447.84美元	3,907.84美元	7,900.28美元	1,030.66 美元	2,536.07美元	5,362.71美元	6,644.96$	12,655.33$	2,605.23$	(9,565.41)$	5,607.31$	8,750.25$	1,954.00$	11,035.49$	66,262.03$
MPI-ESM1-2-HR																
None	4,429.30$	368.06$	3,211.64$	6,492.79$	847.04 $	2,084.25$	4,407.31$	5,461.11$	10,400.70$	2,141.09$	(7,861.27)$	4,608.33$	7,191.33$	1,605.88$	9,069.44$	54,456.98$
S&Tvar	5,370.53$	446.27$	4,646.58$	7,748.37$	1,134.37 $	2,791.25$	5,902.31$	7,313.57$	15,047.69$	2,555.14$	(11,373.65)$	6,171.51$	9,630.69美元	2,150.61美元	13,121.63美元	72,656.85美元
Tvar	4,280.85美元	355.72美元	3,302.14$	6,211.21$	848.96 $	2,088.96$	4,417.27$	5,473.45$	10,693.80$	2,048.24$	(8,082.81)$	4,618.74$	7,207.58$	1,609.51$	9,325.03$	54,398.64美元
Svar	5,428.15美元	451.06美元	3,935.89美元	7,956.98美元	1,038.06 美元	2,554.27$	5,401.20$	6,692.65$	12,746.16$	2,623.93$	(9,634.07)$	5,647.56$	8,813.05$	1,968.02$	11,114.69$	66,737.60$
INM-CM5																
None	4,433.58$	368.41$	3,214.74$	6,499.07$	847.86 $	2,086.27$	4,411.58$	5,466.40美元	10,410.76美元	2,143.16美元	(7,868.88)美元	4,612.79美元	7,198.29美元	1,607.43美元	9,078.22$	54,509.70$
S&Tvar	5,492.53$	456.40$	4,580.99$	7,690.22美元	1,152.84 美元	2,836.70美元	5,998.43美元	7,432.67美元	14,835.27美元	2,535.96美元	(11,213.10)美元	6,272.02美元	9,787.53美元	2,185.63美元	12,936.40美元	72,980.51美元
Tvar	4,269.26美元	354.76美元	3,309.48美元	6,176.50美元	849.97 美元	2,091.46美元	4,422.55$	5,480.00$	10,717.55$	2,036.79$	(8,100.76)$	4,624.27$	7,216.21$	1,611.43美元	9,345.74美元	54,405.21美元
Svar	5,405.52美元	449.17美元	3,919.48美元	7,923.80美元	1,033.73 美元	2,543.62美元	5,378.69美元	6,664.74美元	12,693.02美元	2,612.99美元	(9,593.90)美元	5,624.01美元	8,776.31美元	1,959.82美元	11,068.35美元	66,459.36美元
CESM2集合																
None	4,435.11$	368.54$	3,215.85$	6,501.31$	848.16 $	2,086.99$	4,413.10$	5,468.28$	10,414.35$	2,143.90$	(7,871.59)$	4,614.38$	7,200.78$	1,607.99$	9,081.35$	54,528.50$
S&Tvar	5,202.98$	432.35美元	4,367.37美元	8,111.90美元	1,041.80 美元	2,563.46美元	5,420.63美元	6,716.72$	14,143.47$	2,675.01$	(10,690.21)$	5,667.87$	8,844.76$	1,975.10$	12,333.15$	68,806.36$
Tvar	4,404.98$	366.03$	3,396.63$	6,763.92$	849.10 美元	2,089.32 美元	4,418.02 美元	5,474.38 美元	10,999.78 美元	2,230.50 美元	(8,314.08)$	4,619.53$	7,208.81$	1,609.78$	9,591.84$	55,708.54$
Svar	5,080.12$	422.14美元	3,683.54美元	7,446.81美元	971.51 美元	2,390.50美元	5,054.90美元	6,263.55$	11,928.94$	2,455.69$	(9,016.38)$	5,285.46$	8,248.00$	1,841.84$	10,402.07$	62,458.71$
CanESM5集合																
None	4,435.64$	368.58$	3,216.24$	6,502.09$	848.26 $	2,087.24$	4,413.62$	5,468.94$	10,415.60$	2,144.16$	(7,872.53)$	4,614.93$	7,201.64$	1,608.18$	9,082.43$	54,535.01$
S&Tvar	5,315.42$	441.69$	4,396.08$	7,500.40$	1,106.97 $	2,723.83美元	5,759.75美元	7,136.93美元	14,236.46美元	2,473.37美元	(10,760.49)美元	6,022.46美元	9,398.09美元	2,098.67美元	12,414.23美元	70,263.85美元
Tvar	4,317.39美元	358.76美元	3,270.77美元	6,249.34美元	849.32 美元	2,089.85美元	4,419.16美元	5,475.79美元	10,592.20美元	2,060.81美元	(8,006.02)美元	4,620.72美元	7,210.66美元	1,610.20美元	9,236.43美元	54,355.38$
Svar	5,389.35$	447.83$	3,907.76$	7,900.11$	1,030.64 $	2,536.02$	5,362.60$	6,644.81$	12,655.06$	2,605.17$	(9,565.21)$	5,607.19$	8,750.06$	1,953.96$	11,035.25$	66,260.61$
ACCESS-CM2集合																
None	4,436.89$	368.69美元	3,217.14美元	6,503.91美元	848.50 美元	2,087.82美元	4,414.86美元	5,470.47美元	10,418.51美元	2,144.76美元	(7,874.74)美元	4,616.22美元	7,203.65美元	1,608.63美元	9,084.97$	54,550.28$
S&Tvar	5,195.08$	431.69$	4,472.70$	7,656.31美元	1,083.89 美元	2,667.04美元	5,639.67美元	6,988.13美元	14,484.57美元	2,524.78$	(10,948.03)$	5,896.90$	9,202.15$	2,054.91$	12,630.59$	69,980.37$
Tvar	4,334.74$	360.20$	3,348.31$	6,449.72$	849.79 $	2,091.02$	4,421.62$	5,478.84$	10,843.31$	2,126.89$	(8,195.81)$	4,623.29$	7,214.68$	1,611.09美元	9,455.40美元	55,013.10美元
Svar	5,215.89美元	433.42美元	3,781.99美元	7,645.84$	997.47 $	2,454.39$	5,190.00$	6,430.95$	12,247.75$	2,521.33$	(9,257.35)$	5,426.72$	8,468.44$	1,891.07$	10,680.08$	64,127.99$

数值单位为十亿美元（2005年美元）。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示使用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标为“无”的列显示的是使用未纳入温度变化任何类型变异性的损害函数所得的结果。结果基于 SP方法。括号内的数字表示收益。计算采用4%折现率。

表 S9. SSP245 情景和不同气候模型下 15 个部门气候变化经济损失的现值。

ACCESS-ESM1-5	农业	林业	能源	水	Coastal defence	Dryland	湿地	生态系统	健康	空气污染 时间利用	Settlements	Catastrophe	Migration	宜居性	总计
None	4,855.13$	403.44$	3,520.40$	7,117.00$	928.48 $	2,284.63$	4,831.03$	5,986.14$	11,400.62$	2,346.93$	(8,617.05)$	5,051.38$	7,882.71$	1,760.27$	9,941.38$	59,692.49$
S&Tvar	5,995.93$	498.24美元	5,180.81美元	8,787.59美元	1,256.63 美元	3,092.08美元	6,538.45美元	8,101.81$	16,777.74$	2,897.83$	(12,681.30)$	6,836.67$	10,668.68$	2,382.40$	14,630.24$	80,963.80$
Tvar	4,739.44$	393.83$	3,630.79$	6,986.59$	929.42 美元	2,286.94 美元	4,835.92 美元	5,992.20 美元	11,758.12 美元	2,303.93 美元	(8,887.26)$	5,056.49$	7,890.69$	1,762.05$	10,253.11$	59,932.26$
Svar	5,891.95$	489.60美元	4,272.19美元	8,636.85美元	1,126.76 美元	2,772.52美元	5,862.70美元	7,264.49美元	13,835.24美元	2,848.13美元	(10,457.24)美元	6,130.10美元	9,566.07美元	2,136.18美元	12,064.37$	72,439.91$
MPI-ESM1-2-HR																
None	4,842.51$	402.39$	3,511.25$	7,098.50美元	926.06美元	2,278.69美元	4,818.47美元	5,970.58美元	11,370.98美元	2,340.83$	(8,594.65)$	5,038.24$	7,862.21$	1,755.69$	9,915.53$	59,537.29$
S&Tvar	5,871.24$	487.87$	5,079.61$	8,470.81$	1,240.10 $	3,051.42$	6,452.46$	7,995.26$	16,450.01$	2,793.37$	(12,433.59)$	6,746.76$	10,528.37美元	2,351.06美元	14,344.46美元	79,429.22美元
Tvar	4,680.26美元	388.91美元	3,610.17美元	6,790.75美元	928.16 美元	2,283.84美元	4,829.35美元	5,984.06美元	11,691.34美元	2,239.35美元	(8,836.79)美元	5,049.62美元	7,879.97美元	1,759.66美元	10,194.88美元	59,473.52$
Svar	5,934.22$	493.11$	4,302.84$	8,698.82$	1,134.84 $	2,792.41美元	5,904.77美元	7,316.61美元	13,934.51美元	2,868.56美元	(10,532.26)美元	6,174.09美元	9,634.71美元	2,151.50美元	12,150.93美元	72,959.65美元
INM-CM5																
None	4,847.19美元	402.78美元	3,514.65美元	7,105.37美元	926.96美元	2,280.90美元	4,823.13美元	5,976.36$	11,381.99$	2,343.10$	(8,602.97)$	5,043.12$	7,869.82$	1,757.39$	9,925.13$	59,594.92$
S&Tvar	6,004.59$	498.95$	5,007.91$	8,407.27美元	1,260.29 美元	3,101.10美元	6,557.52美元	8,125.44美元	16,217.84美元	2,772.42美元	(12,258.10)美元	6,856.61美元	10,699.79美元	2,389.34美元	14,142.01美元	79,782.98美元
Tvar	4,667.60美元	387.86美元	3,618.19美元	6,752.81美元	929.27美元	2,286.57美元	4,835.13$	5,991.22$	11,717.30$	2,226.84$	(8,856.41)$	5,055.66$	7,889.40$	1,761.76$	10,217.52$	59,480.71$
Svar	5,909.49$	491.05$	4,284.91$	8,662.56美元	1,130.11 美元	2,780.77美元	5,880.16美元	7,286.12美元	13,876.43美元	2,856.60$	(10,488.37)$	6,148.35$	9,594.55$	2,142.54$	12,100.28$	72,655.55$
CESM2集合																
None	4,848.87$	402.92$	3,515.86$	7,107.82$	927.28 $	2,281.68$	4,824.80$	5,978.42$	11,385.91$	2,343.91$	(8,605.93)$	5,044.86$	7,872.54$	1,758.00$	9,928.55$	59,615.47$
S&Tvar	5,688.13$	472.66美元	4,774.43美元	8,868.14美元	1,138.92 美元	2,802.45美元	5,926.00美元	7,342.93$	15,461.73$	2,924.40$	(11,686.61)$	6,196.29$	9,669.36$	2,159.24$	13,482.68$	75,220.77$
Tvar	4,815.93$	400.18$	3,713.44$	7,394.84$	928.31 美元	2,284.23美元	4,830.18美元	5,985.09美元	12,025.77美元	2,438.56美元	(9,089.56)$	5,050.48$	7,881.32$	1,759.96$	10,486.51$	60,905.22$
Svar	5,553.84$	461.50美元	4,027.03美元	8,141.23美元	1,062.10 美元	2,613.42美元	5,526.27美元	6,847.62美元	13,041.31美元	2,684.69美元	(9,857.15)美元	5,778.33美元	9,017.13美元	2,013.59美元	11,372.06$	68,282.96$
CanESM5集合																
None	4,849.45$	402.97$	3,516.28$	7,108.67美元	927.39 美元	2,281.96美元	4,825.37美元	5,979.13美元	11,387.27美元	2,344.19$	(8,606.96)$	5,045.46$	7,873.48$	1,758.21$	9,929.73$	59,622.60$
S&Tvar	5,811.02美元	482.87美元	4,805.82美元	8,199.80美元	1,210.16美元	2,977.74$	6,296.65$	7,802.20$	15,563.36$	2,704.00$	(11,763.42)$	6,583.85$	10,274.14美元	2,294.29美元	13,571.30美元	76,813.77美元
Tvar	4,720.19美元	392.23美元	3,575.88$	6,832.42$	928.55 $	2,284.82$	4,831.42$	5,986.62$	11,580.30$	2,253.09$	(8,752.86)$	5,051.78$	7,883.34$	1,760.41$	10,098.05$	59,426.26$
Svar	5,891.82$	489.58$	4,272.10$	8,636.66$	1,126.73 $	2,772.46$	5,862.58$	7,264.33$	13,834.94$	2,848.06$	(10,457.01)$	6,129.97$	9,565.87$	2,136.13$	12,064.11$	72,438.34$
ACCESS-CM2集合																
None	4,850.80$	403.08美元	3,517.26美元	7,110.66美元	927.65 美元	2,282.60美元	4,826.72美元	5,980.81$	11,390.46$	2,344.84$	(8,609.37)$	5,046.87$	7,875.68$	1,758.70$	9,932.51$	59,639.29$
S&Tvar	5,679.49$	471.94$	4,889.55$	8,370.20$	1,184.93 $	2,915.67$	6,165.40$	7,639.57$	15,834.54$	2,760.19$	(11,968.39)$	6,446.61$	10,059.98$	2,246.47$	13,807.77$	76,503.94$
Tvar	4,739.16$	393.80$	3,660.63$	7,051.43$	929.07 $	2,286.09$	4,834.11$	5,989.96$	11,854.75$	2,325.31$	(8,960.30)$	5,054.60$	7,887.74$	1,761.39美元	10,337.38美元	60,145.13美元
Svar	5,702.24美元	473.83美元	4,134.63美元	8,358.76美元	1,090.48 美元	2,683.25美元	5,673.93美元	7,030.59美元	13,389.76美元	2,756.42$	(10,120.53)$	5,932.72$	9,258.06$	2,067.39$	11,675.91$	70,107.45$

数值单位为十亿美元（2005年美元）。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示采用包含空间变化和时间变异性、仅包含时间变异性以及仅包含空间变化的损害函数。标为“无”的列显示的是采用不包含温度变化任何类型变异性的损害函数得出的结果。结果基于 SP方法。括号中的数字表示收益。计算采用4%折现率。

表 S10. SSP126 情景及不同气候模型下 15 个部门因气候变化造成的经济损失现值。

ACCESS-ESM1-5	农业	林业	能源	水	Coastal defence	Dryland	湿地	生态系统	健康	空气污染 时间利用	Settlements	Catastrophe	Migration	宜居性	总计
None	4,085.22$	339.46$	2,962.15$	5,988.41$	781.24 $	1,922.34$	4,064.94$	5,036.88$	9,592.75$	1,974.77$	(7,250.59)$	4,250.34$	6,632.70$	1,481.13$	8,364.90$	50,226.65$
S&Tvar	5,044.38$	419.17$	4,358.17$	7,393.00$	1,057.14 $	2,601.23$	5,500.50$	6,815.68$	14,113.69$	2,437.95$	(10,667.70)$	5,751.38$	8,975.07$	2,004.20$	12,307.18美元	68,111.03美元
Tvar	3,987.95美元	331.38美元	3,054.96美元	5,878.77美元	782.03 $	1,924.29$	4,069.05$	5,041.97$	9,893.32$	1,938.61$	(7,477.77)$	4,254.64$	6,639.40$	1,482.63$	8,627.01$	50,428.24$
Svar	4,956.95$	411.90美元	3,594.23美元	7,266.26美元	947.95 美元	2,332.55美元	4,932.35美元	6,111.68美元	11,639.71美元	2,396.15美元	(8,797.77)美元	5,157.31美元	8,048.02美元	1,797.18美元	10,149.87$	60,944.36$
MPI-ESM1-2-HR																
None	4,074.60$	338.58$	2,954.45$	5,972.84美元	779.21 美元	1,917.34美元	4,054.37美元	5,023.78美元	9,567.81美元	1,969.63$	(7,231.74)$	4,239.29$	6,615.45$	1,477.28$	8,343.16$	50,096.06$
S&Tvar	4,939.53$	410.45$	4,273.08$	7,126.65$	1,043.25 $	2,567.03$	5,428.19$	6,726.08$	13,838.13$	2,350.12$	(10,459.42)$	5,675.77$	8,857.08美元	1,977.85美元	12,066.89美元	66,820.70美元
Tvar	3,938.18美元	327.25美元	3,037.62$	5,714.09$	780.97 $	1,921.67$	4,063.52$	5,035.12$	9,837.15$	1,884.30$	(7,435.32)$	4,248.86$	6,630.38$	1,480.61$	8,578.03$	50,042.45$
Svar	4,992.49$	414.85$	3,620.00$	7,318.35$	954.75 $	2,349.27$	4,967.70$	6,155.50$	11,723.16$	2,413.33$	(8,860.84)$	5,194.28$	8,105.72$	1,810.07$	10,222.63$	61,381.25$
INM-CM5																
None	4,078.54$	338.91$	2,957.31$	5,978.62$	779.97 $	1,919.20$	4,058.30$	5,028.65$	9,577.07$	1,971.54$	(7,238.74)$	4,243.40$	6,621.85$	1,478.71$	8,351.23$	50,144.55$
S&Tvar	5,051.65$	419.77$	4,212.81$	7,073.23$	1,060.22 $	2,608.81$	5,516.52$	6,835.54$	13,642.93$	2,332.50美元	(10,311.88)美元	5,768.14美元	9,001.22美元	2,010.04美元	11,896.68美元	67,118.17美元
Tvar	3,927.54美元	326.36美元	3,044.36美元	5,682.20美元	781.91美元	1,923.97美元	4,068.38美元	5,041.15美元	9,858.99美元	1,873.79美元	(7,451.82)美元	4,253.94美元	6,638.31美元	1,482.39美元	8,597.07美元	50,048.53美元
Svar	4,971.69美元	413.13美元	3,604.92美元	7,287.87$	950.77 $	2,339.48$	4,947.01$	6,129.86$	11,674.33$	2,403.28$	(8,823.93)$	5,172.65$	8,071.96$	1,802.53$	10,180.05$	61,125.61$
CESM2集合																
None	4,079.95$	339.03$	2,958.33$	5,980.69$	780.24 $	1,919.86美元	4,059.70美元	5,030.38美元	9,580.37美元	1,972.22美元	(7,241.23)美元	4,244.86美元	6,624.14美元	1,479.22美元	8,354.11美元	50,161.85美元
S&Tvar	4,785.58美元	397.66美元	4,016.50美元	7,460.72美元	958.18 美元	2,357.71美元	4,985.56美元	6,177.63美元	13,007.22美元	2,460.28美元	(9,831.38)美元	5,212.96美元	8,134.86美元	1,816.58美元	11,342.33美元	63,282.39美元
Tvar	4,052.25美元	336.72美元	3,124.45美元	6,222.01美元	781.11 美元	1,922.00 美元	4,064.22 美元	5,035.99 美元	10,118.35 美元	2,051.80 美元	(7,647.86)$	4,249.59$	6,631.52$	1,480.87$	8,823.23$	51,246.24$
Svar	4,672.68$	388.28美元	3,388.11美元	6,849.55美元	893.59美元	2,198.78美元	4,649.48美元	5,761.18$	10,972.19$	2,258.74$	(8,293.22)$	4,861.55$	7,586.48$	1,694.12$	9,567.78$	57,449.26$
CanESM5集合																
None	4,080.44$	339.07$	2,958.68$	5,981.40$	780.33 $	1,920.09$	4,060.18$	5,030.98$	9,581.52$	1,972.45$	(7,242.10)$	4,245.37$	6,624.93$	1,479.40$	8,355.11$	50,167.84$
S&Tvar	4,888.90美元	406.25美元	4,042.89美元	6,898.79美元	1,018.07 美元	2,505.09$	5,297.20$	6,563.77$	13,092.67$	2,274.98$	(9,895.97)$	5,538.80$	8,643.35$	1,930.12$	11,416.84$	64,621.75$
Tvar	3,971.76$	330.04$	3,008.79美元	5,749.14美元	781.31 美元	1,922.50美元	4,065.26美元	5,037.28美元	9,743.81美元	1,895.86美元	(7,364.76)美元	4,250.68美元	6,633.22美元	1,481.25美元	8,496.63美元	50,002.77$
Svar	4,956.84$	411.89$	3,594.15$	7,266.10$	947.93 $	2,332.49美元	4,932.24美元	6,111.55美元	11,639.45美元	2,396.10美元	(8,797.57)美元	5,157.20美元	8,047.85$	1,797.14$	10,149.64$	60,943.00$
ACCESS-CM2集合																
None	4,081.58$	339.16$	2,959.51$	5,983.08$	780.55 $	1,920.63$	4,061.32$	5,032.39$	9,584.20$	1,973.01$	(7,244.13)$	4,246.56$	6,626.78$	1,479.81$	8,357.45$	50,181.88$
S&Tvar	4,778.32$	397.06$	4,113.30$	7,042.07$	996.86 $	2,452.90$	5,186.85$	6,427.04$	13,320.67$	2,322.22$	(10,068.30)$	5,423.42$	8,463.29$	1,889.92$	11,615.66$	64,361.26$
Tvar	3,987.72$	331.36$	3,080.05$	5,933.28$	781.74 $	1,923.57$	4,067.53$	5,040.09$	9,974.56$	1,956.58$	(7,539.18)$	4,253.05$	6,636.92$	1,482.07美元	8,697.85美元	50,607.19美元
Svar	4,797.44美元	398.65美元	3,478.57美元	7,032.44美元	917.45 美元	2,257.49美元	4,773.63美元	5,915.02美元	11,265.16美元	2,319.05美元	(8,514.67)美元	4,991.36美元	7,789.05美元	1,739.35美元	9,823.26美元	58,983.25美元

数值单位为十亿美元（2005年美元）。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示采用包含空间变化和时间变异性、仅包含时间变异性以及仅包含空间变化的损害函数。标为“无”的列显示的是采用不包含温度变化任何类型变异性的损害函数得出的结果。结果基于 SP方法。括号中的数字表示收益。计算采用4%折现率。

表 S11. SSP119 情景及不同气候模型下 15 个部门气候变化经济损失的现值。

ACCESS-ESM1-5	农业	林业	能源	水	Coastal defence	Dryland	湿地	生态系统	健康	空气污染	时间利用	Settlements	Catastrophe	Migration	宜居性	总计
None	3,355.94$	278.86$	2,433.36$	4,919.38$	641.78 $	1,579.17美元	3,339.28美元	4,137.72美元	7,880.29美元	1,622.24美元	(5,956.24)美元	3,491.59美元	5,448.65$	1,216.73$	6,871.63$	41,260.38$
S&Tvar	4,143.39$	344.30美元	3,579.46美元	6,072.52美元	868.29美元	2,136.52美元	4,517.84美元	5,598.07$	11,591.89$	2,002.50$	(8,761.62)$	4,723.91$	7,371.69$	1,646.15$	10,108.16$	55,943.08$
Tvar	3,276.08$	272.23$	2,509.56$	4,829.37$	642.43 $	1,580.77$	3,342.66$	4,141.90$	8,127.05$	1,592.55$	(6,142.76)$	3,495.12$	5,454.16$	1,217.95$	7,086.81$	41,425.88$
Svar	4,071.62$	338.33$	2,952.28$	5,968.47$	778.64 $	1,915.94$	4,051.40$	5,020.11$	9,560.80$	1,968.19$	(7,226.44)$	4,236.19$	6,610.61$	1,476.20$	8,337.05$	50,059.39$
MPI-ESM1-2-HR																
None	3,347.22$	278.14$	2,427.03$	4,906.59$	640.11 $	1,575.07$	3,330.60$	4,126.96$	7,859.80$	1,618.02$	(5,940.75)$	3,482.51$	5,434.48$	1,213.56$	6,853.77$	41,153.10$
S&Tvar	4,057.31$	337.14$	3,509.60$	5,853.85$	856.88 $	2,108.45$	4,458.48$	5,524.51$	11,365.64$	1,930.39$	(8,590.61)$	4,661.83$	7,274.82美元	1,624.52美元	9,910.87美元	54,883.67美元
Tvar	3,235.22美元	268.83美元	2,495.31美元	4,694.16美元	641.55 美元	1,578.62美元	3,338.11美元	4,136.27美元	8,080.93$	1,547.97$	(6,107.89)	$ 3,490.37$	5,446.74$	1,216.30$	7,046.59$	41,109.09美元
Svar	4,100.78美元	340.76美元	2,973.43美元	6,011.23美元	784.22 美元	1,929.67美元	4,080.43美元	5,056.07美元	9,629.29美元	1,982.29美元	(7,278.21)美元	4,266.54美元	6,657.96$	1,486.77$	8,396.77$	50,418.00$
INM-CM5																
None	3,350.46$	278.41美元	2,429.38美元	4,911.34美元	640.73 美元	1,576.59美元	3,333.82美元	4,130.95美元	7,867.41美元	1,619.59美元	(5,946.50)美元	3,485.88美元	5,439.75美元	1,214.74美元	6,860.40$	41,192.94$
S&Tvar	4,149.36$	344.79$	3,460.12$	5,809.99 美元	870.82 美元	2,142.74 美元	4,531.00 美元	5,614.37 美元	11,205.40 美元	1,915.93$	(8,469.49)$	4,737.66$	7,393.15$	1,650.95$	9,771.14$	55,127.92$
Tvar	3,226.49$	268.11$	2,500.85$	4,667.98$	642.32 $	1,580.51$	3,342.11美元	4,141.21美元	8,098.86美元	1,539.34美元	(6,121.44)美元	3,494.54美元	5,453.26美元	1,217.75$	7,062.23$	41,114.11$
Svar	4,083.72$	339.34$	2,961.06$	5,986.21$	780.96 $	1,921.63$	4,063.44$	5,035.02$	9,589.21$	1,974.04美元	(7,247.92)美元	4,248.78美元	6,630.25美元	1,480.59美元	8,361.82美元	50,208.15美元
CESM2集合																
None	3,351.61$	278.50$	2,430.22$	4,913.04$	640.95 $	1,577.14$	3,334.97$	4,132.38$	7,870.12$	1,620.14$	(5,948.56)$	3,487.08$	5,441.62$	1,215.16$	6,862.77$	41,207.14$
S&Tvar	3,930.92$	326.64$	3,298.96$	6,128.11$	787.04 $	1,936.60$	4,095.09$	5,074.24美元	10,683.49美元	2,020.83美元	(8,075.01)美元	4,281.87美元	6,681.89美元	1,492.12美元	9,316.03美元	51,978.83美元
Tvar	3,328.88美元	276.61美元	2,566.60美元	5,111.15美元	641.66 $	1,578.89$	3,338.69$	4,136.98$	8,311.79$	1,685.48$	(6,282.39)$	3,490.97$	5,447.68$	1,216.51$	7,247.90$	42,097.40$
Svar	3,838.23$	318.94$	2,783.06$	5,626.35$	734.01 $	1,806.12$	3,819.17$	4,732.35美元	9,012.77美元	1,855.37美元	(6,812.22)美元	3,993.37美元	6,231.68美元	1,391.58美元	7,859.16$	47,189.95$
CanESM5集合																
None	3,352.01$	278.54$	2,430.51$	4,913.62$	641.03 $	1,577.32$	3,335.37$	4,132.87$	7,871.06$	1,620.34$	(5,949.27)$	3,487.50$	5,442.27$	1,215.30$	6,863.59$	41,212.07$
S&Tvar	4,015.74$	333.69$	3,320.62$	5,666.78$	836.21 $	2,057.59$	4,350.94$	5,391.26$	10,753.64$	1,868.70$	(8,128.04)$	4,549.38$	7,099.35美元	1,585.34美元	9,377.21美元	53,078.42美元
Tvar	3,262.80美元	271.12美元	2,471.65$	4,722.94$	641.83 $	1,579.30$	3,339.55$	4,138.04$	8,004.30$	1,557.46$	(6,049.97)$	3,491.86$	5,449.08$	1,216.82$	6,979.77$	41,076.54美元
Svar	4,071.52美元	338.33美元	2,952.22美元	5,968.33美元	778.62美元	1,915.90$	4,051.31$	5,019.99$	9,560.58$	1,968.14$	(7,226.28)$	4,236.09$	6,610.46$	1,476.16$	8,336.86$	50,058.25$
ACCESS-CM2集合																
None	3,352.95$	278.62$	2,431.19$	4,915.00$	641.21 $	1,577.77$	3,336.31$	4,134.03$	7,873.26$	1,620.79$	(5,950.93)$	3,488.48$	5,443.79$	1,215.64$	6,865.51$	41,223.60$
S&Tvar	3,924.96$	326.15$	3,378.42$	5,784.41美元	818.80 美元	2,014.75美元	4,260.34美元	5,279.00美元	10,940.83美元	1,907.49$	(8,269.52)$	4,454.66$	6,951.53$	1,552.33$	9,540.43$	52,864.57$
Tvar	3,275.89$	272.21$	2,530.15$	4,874.12$	642.19 $	1,580.18$	3,341.41$	4,140.35$	8,193.74$	1,607.31$	(6,193.16)$	3,493.81$	5,452.12$	1,217.50$	7,144.97$	41,572.77$
Svar	3,940.66$	327.45$	2,857.33$	5,776.51$	753.60 $	1,854.32$	3,921.10$	4,858.65$	9,253.30$	1,904.89美元	(6,994.02)美元	4,099.94美元	6,397.99美元	1,428.72美元	8,068.91美元	48,449.34美元

数据单位为十亿美元（2005年美元）。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示采用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标为“无”的列显示的是采用未纳入任何温度变化变异性的损害函数所得的结果。结果基于 SP方法。括号中的数字表示收益。计算采用4%折现率。

Table S12. Global social cost of carbon for five SSP scenarios and three discount rates.

Annual damage function and scenario	SSP585	SSP370	SSP245	SSP126	SSP119
贴现率：4%					
None	62.24$	25.08$	30.42$	30.79$	28.05$
S&Tvar	$ 78.34	$ 31.57	$ 38.29	$ 38.76	$ 35.30
Tvar	$ 62.32	$ 25.11	$ 30.46	$ 30.83	$ 28.08
Svar	$ 73.98	$ 29.81	$ 36.16	$ 36.60	$ 33.34
3% 折现率					
None	$ 95.41	$ 35.32	$ 43.69	43.25$	38.91$
S&Tvar	120.10$	44.46$	54.99$	$ 54.44	$ 48.98
Tvar	$ 95.54	$ 35.37	$ 43.75	$ 43.31	$ 38.96
Svar	$ 113.41	$ 41.98	$ 51.93	$ 51.41	$ 46.25
贴现率：1.5%					
None	197.32美元	64.74$	82.40美元	78.34$	69.11$
S&Tvar	$ 248.37	$ 81.49	$ 103.72	$ 98.62	$ 86.99
Tvar	$ 197.58	$ 64.83	$ 82.51	$ 78.45	$ 69.20
Svar	$ 234.54	$ 76.96	97.95$	93.12$	82.14$

数据单位为美元（2005年美元）。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示采用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标为“无”的列显示的是采用未纳入任何温度变化变异性的损害函数所得的结果。

表 S13. 15 个部门和不同 SSP轨迹下的碳的社会成本（4%折现率）。

	农业	林业	能源		水	Coastal defence	Dryland	湿地	生态系统健康		空气污染	时间利用	Settlements	Catastrophe	Migration	Amenity	总计
SSP585																	
None	$ 5.06	$ 0.42	$ 3.67	$ 7.42	$ 0.97	$ 2.38	$ 5.04	$ 6.24	$ 11.89	2.45$	(8.98)$	5.27$	8.22$	1.84$	10.37$	62.24$	
S&Tvar	5.87$	0.49$	4.93$	8.50$	$ 1.22	$ 3.00	$ 6.34	$ 7.86	$ 15.96	$ 2.80	(12.06)$	6.63$	10.35$	2.31$	13.92$	78.10$	
Tvar	$ 4.94	$ 0.41	$ 3.79	$ 7.29	$ 0.97	$ 2.39	5.04$	6.25$	12.26$	2.40$	(9.27)$	5.27$	$ 8.23	$ 1.84	$ 10.69	$ 62.51	
Svar	$ 6.02	$ 0.50	$ 4.36	$ 8.82	$ 1.15	$ 2.83	$ 5.99	$ 7.42	14.13$	2.91$	(10.68)$	6.26$	9.77$	2.18$	12.32$	73.98美元	
SSP370																	
None	2.04$	0.17$	1.48$	$ 2.99	$ 0.39	$ 0.96	$ 2.03	$ 2.51	$ 4.79	0.99$	(3.62)$	2.12$	3.31$	0.74$	4.18$	25.08$	
S&Tvar	2.37$	0.20$	1.99美元	3.42$	$ 0.49	$ 1.21	$ 2.55	$ 3.17	$ 6.43	$ 1.13	(4.86)$	2.67$	4.17$	0.93$	5.61$	31.47$	
Tvar	$ 1.99	$ 0.17	$ 1.53	$ 2.94	$ 0.39	$ 0.96	2.03$	2.52$	4.94$	0.97$	(3.73)$	2.12$	$ 3.32	$ 0.74	$ 4.31	$ 25.19	
Svar	$ 2.42	$ 0.20	$ 1.76	$ 3.55	$ 0.46	$ 1.14	$ 2.41	$ 2.99	5.69$	1.17$	(4.30)$	2.52$	3.94$	0.88$	4.96$	29.81$	
SSP245																	
None	2.47$	0.21$	1.79$	$ 3.63	$ 0.47	$ 1.16	$ 2.46	$ 3.05	$ 5.81	1.20$	(4.39)$	2.57$	4.02$	0.90$	5.07$	30.42$	
S&Tvar	2.87$	0.24$	2.41$	4.15$	$ 0.60	$ 1.47	$ 3.10	$ 3.84	$ 7.80	$ 1.37	(5.89)$	3.24$	5.06$	1.13$	6.80$	38.17$	
Tvar	$ 2.42	$ 0.20	$ 1.85	$ 3.56	$ 0.47	$ 1.17	2.47$	3.05$	5.99$	1.18$	(4.53)$	2.58$	$ 4.02	$ 0.90	$ 5.23	$ 30.55	
Svar	$ 2.94	$ 0.24	$ 2.13	$ 4.31	$ 0.56	$ 1.38	$ 2.93	$ 3.63	6.91$	1.42$	(5.22)$	3.06$	4.77$	1.07$	6.02$	36.16$	
SSP126																	
None	2.50$	0.21$	1.82$	$ 3.67	$ 0.48	$ 1.18	$ 2.49	$ 3.09	$ 5.88	1.21$	(4.44)$	2.61$	4.07$	0.91$	5.13$	30.79$	
S&Tvar	2.91$	0.24$	2.44$	4.20$	$ 0.60	$ 1.48	$ 3.14	$ 3.89	$ 7.89	$ 1.39	(5.97)$	3.28$	5.12$	1.14$	6.88$	38.64$	
Tvar	$ 2.45	$ 0.20	$ 1.87	$ 3.61	$ 0.48	$ 1.18	2.50$	3.09$	6.07$	1.19$	(4.59)$	2.61$	$ 4.07	$ 0.91	$ 5.29	$ 30.93	
Svar	$ 2.98	$ 0.25	$ 2.16	$ 4.36	$ 0.57	$ 1.40	$ 2.96	$ 3.67	6.99$	1.44$	(5.28)$	3.10$	4.83$	1.08$	6.10$	36.60$	
SSP119																	
None	2.28$	0.19$	1.65$	$ 3.34	$ 0.44	$ 1.07	$ 2.27	$ 2.81	$ 5.36	1.10$	(4.05)$	2.37$	3.70$	0.83$	4.67$	28.05$	
S&Tvar	2.65$	0.22$	2.22$	3.83$	$ 0.55	$ 1.35	$ 2.86	$ 3.54	$ 7.19	$ 1.26	(5.44)$	2.99$	4.66$	1.04$	6.27$	35.20$	
Tvar	$ 2.23	$ 0.19	$ 1.71	$ 3.29	$ 0.44	$ 1.07	2.27$	2.82$	5.53$	1.08$	(4.18)$	2.38$	$ 3.71	$ 0.83	$ 4.82	$ 28.17	
Svar	$ 2.71	$ 0.23	$ 1.97	$ 3.97	$ 0.52	$ 1.28	$ 2.70	$ 3.34	6.37$	1.31$	(4.81)$	2.82$	4.40$	0.98$	5.55美	33.34美	

图中金额以2005年美元计。负数用括号表示。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示使用包含空间变化和时间变异性、仅包含时间变异性以及仅包含空间变化的损害函数。标记为“无”的列显示的是使用不包含温度变化中任何类型变异性的损害函数所产生的结果。

表 S14. 15 个部门和不同 SSP轨迹的碳的社会成本（3% 折现率）。

	农业	林业	能源		水	海岸防护	旱地		湿地	生态系统健康		空气污染	时间利用	居民点	灾难	迁移	宜居性			总计
SSP585																				
None		7.76$	0.64$	5.63$	11.38美元		1.48 美元	3.65$	7.72$	9.57$	18.22$		3.75$	(13.77)$	8.07$		12.60$		2.81$	15.89美元	95.41$
S&Tvar	$	9.00	$ 0.75	$ 7.55	$13.03	$	1.87	$ 4.60	9.72$	12.04$	24.46$		4.30$	(18.49)$	10.16$	$	15.86	$	3.54	$ 21.33	$119.73
Tvar	$	7.58	$ 0.63	$ 5.80	$11.18	$	1.49	$ 3.66	$ 7.73	$ 9.58	18.80$		3.69$	(14.21)$	8.09$		12.62$		2.82$	$ 16.39	$ 95.83
Svar	$	9.22	$ 0.77	$ 6.69	$13.52	$	1.76	$ 4.34	$ 9.18	$ 11.37	$ 21.66	$	4.46	(16.37)$	9.60$		14.98$		3.34$	18.89$	113.41$
SSP370																				
None		2.87$	0.24$	2.08$	4.21$		0.55 $	1.35$	2.86$	3.54$	6.75$		1.39$	(5.10)$	2.99$		4.66$		1.04$	5.88美元	35.32$
S&Tvar	$	3.33	$ 0.28	$ 2.80	$ 4.82	$	0.69	$ 1.70	3.60$	4.46$	9.06$		1.59$	(6.84)$	3.76$	$	5.87	$	1.31	$ 7.90	$ 44.32
Tvar	$	2.81	$ 0.23	$ 2.15	$ 4.14	$	0.55	$ 1.35	$ 2.86	$ 3.55	6.96$		1.36$	(5.26)$	2.99$		4.67$		1.04$	$ 6.07	$ 35.47
Svar	$	3.41	$ 0.28	$ 2.48	$ 5.01	$	0.65	$ 1.61	$ 3.40	$ 4.21	$ 8.02	$	1.65	(6.06)$	3.55$		5.54$		1.24$	6.99$	41.98$
SSP245																				
None		3.55$	0.30$	2.58$	5.21$		0.68 美元	1.67$	3.54$	4.38$	8.34$		1.72$	(6.31)$	3.70$		5.77$		1.29$	7.28$	43.69$
S&Tvar	$	4.12	$ 0.34	$ 3.46	$ 5.97	$	0.86	$ 2.10	4.45$	5.51$	11.20$		1.97$	(8.47)$	4.65$	$	7.26	$	1.62	$ 9.77	$ 54.82
Tvar	$	3.47	$ 0.29	$ 2.66	$ 5.12	$	0.68	$ 1.67	$ 3.54	$ 4.39	8.61$		1.69$	(6.51)$	3.70$		5.78$		1.29$	$ 7.51	$ 43.88
Svar	$	4.22	$ 0.35	$ 3.06	$ 6.19	$	0.81	$ 1.99	$ 4.20	$ 5.21	$ 9.92	$	2.04	(7.50)$	4.39$		6.86$		1.53$	8.65$	51.93$
SSP126																				
None		3.52$	0.29$	2.55$	5.16$		0.67 $	1.66$	3.50$	4.34$	8.26$		1.70$	(6.24)$	3.66$		5.71$		1.28$	7.20$	43.25$
S&Tvar	$	4.08	$ 0.34	$ 3.42	$ 5.91	$	0.85	$ 2.08	4.41$	5.46$	11.09$		1.95$	(8.38)$	4.61$	$	7.19	$	1.61	$ 9.67	$ 54.27
Tvar	$	3.44	$ 0.29	$ 2.63	$ 5.07	$	0.67	$ 1.66	$ 3.50	$ 4.34	8.52$		1.67$	(6.44)$	3.66$		5.72$		1.28$	$ 7.43	$ 43.44
Svar	$	4.18	$ 0.35	$ 3.03	$ 6.13	$	0.80	$ 1.97	$ 4.16	$ 5.16	$ 9.82	$	2.02	(7.42)$	4.35$		6.79$		1.52$	8.56$	51.41$
SSP119																				
None		3.16$	0.26美元	2.29$	4.64$		0.61 美元	1.49$	3.15$	3.90$	7.43$		1.53$	(5.62)$	3.29$		5.14$		1.15$	6.48$	38.91$
S&Tvar	$	3.67	$ 0.31	$ 3.08	$ 5.31	$	0.76	$ 1.87	3.96$	4.91$	9.98$		1.75$	(7.54)$	4.14$	$	6.47	$	1.44	$ 8.70	$ 48.83
Tvar	$	3.09	$ 0.26	$ 2.37	$ 4.56	$	0.61	$ 1.49	$ 3.15	$ 3.91	7.67$		1.50$	(5.79)$	3.30$		5.14$		1.15$	$ 6.68	$ 39.08
Svar	$	3.76	$ 0.31	$ 2.73	$ 5.51	$	0.72	$ 1.77	$ 3.74	$ 4.64	$ 8.83	$	1.82	(6.68)$	3.91$		6.11$		1.36$	7.70$	46.25$

数值单位为2005年美元。负值以括号表示。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示采用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标为“无”的列显示了采用不包含任何温度变化变异性的损害函数所得的结果。

表 S15. 15 个部门和不同 SSP轨迹下的碳的社会成本（1.5%折现率）。

	农业	林业	能源		水	Coastal defence	Dryland	湿地	生态系统健康		空气污染	时间利用	Settlements	Catastrophe	Migration	Amenity	总计
SSP585																	
None	$ 16.05	$ 1.33	$11.64	$ 23.53	$ 3.07	$ 7.55	$ 15.97	$ 19.79	$ 37.69	7.76$	(28.48)$	16.70$	26.06$	5.82$	32.86$	197.32美元	
S&Tvar	18.62$	1.55$	15.62$	26.95美元	$ 3.86	$ 9.51	$ 20.10	$ 24.91	$ 50.59	$ 8.89	(38.24)$	21.02$	32.80$	7.32$	44.12$	247.61$	
Tvar	$ 15.68	$ 1.30	$12.00	$ 23.11	$ 3.07	$ 7.56	15.99$	19.81$	38.87$	7.62$	(29.38)$	16.72$	$ 26.09	$ 5.83	$ 33.90	$ 198.19	
Svar	$ 19.08	$ 1.59	$13.83	$ 27.96	$ 3.65	$ 8.98	$ 18.98	$ 23.52	44.79$	9.22$	(33.86)$	19.85$	30.97$	6.92$	39.06$	234.54美元	
SSP370																	
None	5.27$	0.44$	3.82$	$ 7.72	$ 1.01	$ 2.48	$ 5.24	$ 6.49	$ 12.37	2.55$	(9.35)$	5.48$	8.55$	1.91$	10.78$	64.74$	
S&Tvar	6.11$	0.51$	5.13$	8.84 美元	$ 1.27	$ 3.12	$ 6.60	$ 8.17	$ 16.60	$ 2.92	(12.55)$	6.90$	10.76$	2.40$	14.48$	81.24$	
Tvar	$ 5.14	$ 0.43	$ 3.94	$ 7.58	$ 1.01	$ 2.48	5.25$	6.50$	12.76$	2.50$	(9.64)$	5.49$	$ 8.56	$ 1.91	$ 11.12	$ 65.03	
Svar	$ 6.26	$ 0.52	$ 4.54	$ 9.18	$ 1.20	$ 2.95	$ 6.23	$ 7.72	14.70$	3.03$	(11.11)$	6.51$	10.16$	2.27$	12.82$	76.96$	
SSP245																	
None	6.70 美元	0.56$	4.86$	$ 9.82	$ 1.28	$ 3.15	$ 6.67	$ 8.26	$ 15.74	3.24$	(11.90)$	6.97$	10.88$	2.43$	13.72$	82.40美元	
S&Tvar	7.78$	0.65$	6.52$	11.25美元	$ 1.61	$ 3.97	$ 8.39	$ 10.40	$ 21.13	$ 3.71	(15.97)$	8.78$	13.70$	3.06$	18.42$	103.40$	
Tvar	$ 6.55	$ 0.54	$ 5.01	$ 9.65	$ 1.28	$ 3.16	6.68$	8.27$	16.23$	3.18$	(12.27)$	6.98$	$ 10.90	$ 2.43	$ 14.16	$ 82.76	
Svar	$ 7.97	$ 0.66	$ 5.78	$ 11.68	$ 1.52	$ 3.75	$ 7.93	$ 9.82	18.71$	3.85$	(14.14)$	8.29$	12.93$	2.89$	16.31美元	97.95美元	
SSP126																	
None	6.37$	0.53$	4.62$	$ 9.34	$ 1.22	$ 3.00	$ 6.34	$ 7.86	$ 14.96	3.08$	(11.31)$	6.63$	10.35$	2.31$	13.05$	78.34$	
S&Tvar	7.39$	0.61$	6.20$	10.70$	$ 1.53	$ 3.77	$ 7.98	$ 9.89	$ 20.09	$ 3.53	(15.18)$	8.35$	13.02$	2.91$	17.52$	98.31$	
Tvar	$ 6.22	$ 0.52	$ 4.77	$ 9.18	$ 1.22	$ 3.00	6.35$	7.87$	15.43$	3.03$	(11.67)$	6.64$	$ 10.36	$ 2.31	$ 13.46	$ 78.69	
Svar	$ 7.57	$ 0.63	$ 5.49	$ 11.10	$ 1.45	$ 3.56	$ 7.54	$ 9.34	17.79$	3.66$	(13.44)$	7.88$	12.30$	2.75$	15.51$	93.12$	
SSP119																	
None	5.62$	0.47$	4.08$	$ 8.24	$ 1.07	$ 2.64	$ 5.59	$ 6.93	$ 13.20	2.72$	(9.98)$	5.85$	9.13$	2.04$	11.51$	69.11$	
S&Tvar	6.52$	0.54$	5.47$	9.44$	$ 1.35	$ 3.33	$ 7.04	$ 8.72	$ 17.72	$ 3.11	(13.39)$	7.36$	11.49$	2.57$	15.45$	86.72$	
Tvar	$ 5.49	$ 0.46	$ 4.20	$ 8.10	$ 1.08	$ 2.65	$ 5.60	$ 6.94	$ 13.62	$ 2.67	$ (10.29)	$ 5.86	$ 9.14	$ 2.04	$ 11.87	$ 69.41	
Svar	$ 6.68	$ 0.56	$ 4.84	$ 9.79	$ 1.28	$ 3.14	$ 6.65	$ 8.24	$ 15.69	$ 3.23	$ (11.86)	$ 6.95	$ 10.85	$ 2.42	13.68美元	82.14美元	

图中金额单位为2005年美元。负值用括号表示。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示采用包含空间变化与时间变异性、仅包含时间变异性以及仅包含空间变化的损害函数。标为“无”的列显示的是采用不包含温度变化任何类型变异性的损害函数所产生的结果。

表 S16. RICE模型的原始参数值及二次项设定下的优化后的参数值。

	US	EU	日本	俄罗斯-欧亚地区	中国	印度	中东	非洲	LAM	OHI	其他亚洲	
原始参数值												
γ_r	0	0	0	0	0	0.0785	0.4385	0.278	0.341	0.0609	0	0.1755	
α_r	0.1414	0.1591	0.1617	0.1151	0.1305	0.1259	0.1689	0.1586	0.1983	0.1345	0.1564	0.1734	
二次项设定的优化后的参数值												
	US	EU	日本	俄罗斯-欧亚地区	中国	印度	中东	非洲	LAM	OHI	其他亚洲	
γ_r	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
α_r	0.1414	0.1591	0.1617	0.1151	0.1305	0.1411	0.2539	0.2125	0.2644	0.1463	0.1564	0.2074	

表 S17. 12个区域在不同 SSP轨迹下的碳的社会成本（4%折现率）。

	USA	WEU	日本	俄罗斯	EURASIA	CHINA	印度	中东	非洲	LAM	OHI	其他亚洲国家	总计
SSP585													
None	5.59$	6.49$	1.23$	$ 0.85	$ 0.79	$ 9.17	$ 11.35	$ 2.94	$ 11.32	3.65$	1.89$	6.97$	62.24$
S&Tvar	7.04$	$ 8.17	$ 1.55	$ 1.07	$ 0.99	$ 11.55	$ 14.28	$ 3.71	$ 14.25	$ 4.59	$ 2.37	$ 8.77	$ 78.34
Tvar	$ 5.60	$ 6.50	$ 1.23	$ 0.85	$ 0.79	$ 9.18	$ 11.36	$ 2.95	$ 11.34	$ 3.65	$ 1.89	$ 6.98	$ 62.32
Svar	$ 6.65	$ 7.71	$ 1.46	$ 1.01	$ 0.94	$ 10.90	$ 13.49	$ 3.50	$ 13.46	$ 4.34	$ 2.24	8.28$	73.98美元
SSP370													
None	2.51$	2.91$	0.56$	$ 0.44	$ 0.42	$ 4.15	$ 3.82	$ 1.52	$ 3.41	1.90 美元	0.82$	2.63$	25.08$
S&Tvar	3.15$	$ 3.67	$ 0.70	$ 0.55	$ 0.53	$ 5.22	$ 4.81	$ 1.91	$ 4.30	$ 2.39	$ 1.03	$ 3.30	$ 31.57
Tvar	$ 2.51	$ 2.92	$ 0.56	$ 0.44	$ 0.42	$ 4.15	$ 3.83	$ 1.52	$ 3.42	$ 1.90	$ 0.82	$ 2.63	$ 25.11
Svar	$ 2.98	$ 3.46	$ 0.66	$ 0.52	$ 0.50	$ 4.93	$ 4.54	$ 1.81	$ 4.06	$ 2.25	$ 0.97	3.12$	29.81$
SSP245													
None	2.82$	3.49$	0.64$	$ 0.47	$ 0.45	$ 4.82	$ 5.19	$ 1.57	$ 4.68	2.07$	0.95$	3.27$	30.42$
S&Tvar	3.55$	$ 4.39	$ 0.81	$ 0.59	$ 0.56	$ 6.06	$ 6.53	$ 1.97	$ 5.90	$ 2.60	$ 1.20	$ 4.12	$ 38.29
Tvar	$ 2.82	$ 3.49	$ 0.65	$ 0.47	$ 0.45	$ 4.82	$ 5.20	$ 1.57	$ 4.69	$ 2.07	$ 0.96	$ 3.28	$ 30.46
Svar	$ 3.35	$ 4.15	$ 0.77	$ 0.56	$ 0.53	$ 5.73	$ 6.17	$ 1.86	$ 5.57	$ 2.46	$ 1.13	3.89$	36.16$
SSP126													
None	2.78$	3.25$	0.67$	$ 0.45	$ 0.44	$ 5.25	$ 5.44	$ 1.38	$ 4.85	1.99美元	0.89$	3.41$	30.79$
S&Tvar	3.50$	$ 4.10	$ 0.84	$ 0.56	$ 0.55	$ 6.61	$ 6.85	$ 1.74	$ 6.10	$ 2.51	$ 1.12	$ 4.29	$ 38.76
Tvar	$ 2.78	$ 3.26	$ 0.67	$ 0.45	$ 0.44	$ 5.26	$ 5.45	$ 1.38	$ 4.85	$ 2.00	$ 0.89	$ 3.41	$ 30.83
Svar	$ 3.30	$ 3.87	$ 0.79	$ 0.53	$ 0.52	$ 6.24	$ 6.47	$ 1.64	$ 5.76	$ 2.37	$ 1.06	4.05$	36.60$
SSP119													
None	2.57$	3.00$	0.62$	$ 0.41	$ 0.40	$ 4.85	$ 4.91	$ 1.26	$ 4.30	1.82$	0.82$	3.08$	28.05$
S&Tvar	3.23$	$ 3.78	$ 0.78	$ 0.52	$ 0.50	$ 6.11	$ 6.18	$ 1.59	$ 5.41	$ 2.30	$ 1.03	$ 3.88	$ 35.30
Tvar	$ 2.57	$ 3.00	$ 0.62	$ 0.41	$ 0.40	$ 4.86	$ 4.91	$ 1.26	$ 4.31	$ 1.83	$ 0.82	$ 3.08	$ 28.08
Svar	$ 3.05	$ 3.57	$ 0.74	$ 0.49	$ 0.48	$ 5.77	$ 5.83	$ 1.50	$ 5.11	$ 2.17	$ 0.98	3.66$	33.34$

数值单位为2005年美元。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示使用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性，以及仅纳入空间变化的损害函数。标为“无”的列展示的是使用未纳入任何温度变化变异性的损害函数所得的结果。

表 S18. 12个区域在不同SSP轨迹下的碳的社会成本（3% 折现率）。

	USA	WEU	日本	俄罗斯	EURASIA	CHINA	印度	中东	非洲	LAM	OHI	其他亚洲国家	总计
SSP585													
None	8.37$	9.75$	1.80$	$ 1.24	$ 1.16	$ 13.10	$ 17.71	$ 4.47	$ 18.65	5.48$	2.84$	10.84$	95.41$
S&Tvar	10.54$	$ 12.28	$ 2.26	$ 1.56	$ 1.46	$ 16.50	$ 22.30	$ 5.62	$ 23.47	$ 6.90	$ 3.58	$ 13.65	$ 120.10
Tvar	$ 8.38	$ 9.77	$ 1.80	$ 1.24	$ 1.16	$ 13.12	$ 17.74	$ 4.47	$ 18.67	$ 5.49	$ 2.85	$ 10.86	$ 95.54
Svar	$ 9.95	$ 11.59	$ 2.14	$ 1.47	$ 1.38	$ 15.58	$ 21.05	$ 5.31	$ 22.17	$ 6.51	$ 3.38	12.89$	113.41$
SSP370													
None	3.37$	3.94$	0.73$	$ 0.61	$ 0.59	$ 5.61	$ 5.52	$ 2.17	$ 5.20	2.68$	1.11$	3.81$	35.32$
S&Tvar	4.24$	$ 4.96	$ 0.91	$ 0.77	$ 0.74	$ 7.06	$ 6.94	$ 2.73	$ 6.55	$ 3.37	$ 1.39	$ 4.79	$ 44.46
Tvar	$ 3.37	$ 3.94	$ 0.73	$ 0.61	$ 0.59	$ 5.61	$ 5.52	$ 2.17	$ 5.21	$ 2.68	$ 1.11	$ 3.81	$ 35.37
Svar	$ 4.01	$ 4.68	$ 0.86	$ 0.72	$ 0.70	$ 6.66	$ 6.56	$ 2.58	$ 6.18	$ 3.18	$ 1.32	4.53$	41.98$
SSP245													
None	3.83$	4.83$	0.86$	$ 0.64	$ 0.62	$ 6.56	$ 7.68	$ 2.25	$ 7.33	2.94$	1.31$	4.83$	43.69$
S&Tvar	4.82$	$ 6.08	$ 1.08	$ 0.81	$ 0.78	$ 8.26	$ 9.67	$ 2.83	$ 9.23	$ 3.70	1.65$	$ 6.08	54.99$
Tvar	3.84$	4.83$	0.86$	0.65$	0.62$	6.57$	7.69$	2.25$	7.34$	2.94$	1.32$	4.84$	43.75$
Svar	4.56$	5.74$	1.02$	0.77$	0.74$	7.80$	9.13$	2.67$	8.71$	3.49$	1.56$	5.74$	51.93$
SSP126													
None	3.73$	4.39$	0.88$	0.60$	0.59$	7.00$	7.86$	1.92$	7.41$	2.76$	1.20$	4.91$	43.25$
S&Tvar	4.69$	5.53$	1.11$	0.75$	0.75$	8.81$	9.90$	2.42$	9.32$	3.48$	1.51$	6.18$	54.44$
Tvar	3.73$	4.40$	0.88$	0.60$	0.59$	7.01$	7.87$	1.92$	7.42$	2.77$	1.20$	4.92$	43.31$
Svar	4.43$	5.22$	1.04$	0.71$	0.70$	8.32$	9.34$	2.28$	8.80$	3.28$	1.43$	5.83$	51.41$
SSP119													
None	3.40$	4.00$	0.81$	0.55$	0.54$	6.41$	7.01$	1.73$	6.49$	2.50$	1.09$	4.38$	38.91$
S&Tvar	4.29$	5.04$	1.02$	0.69$	0.68$	8.06$	8.82$	2.18$	8.17$	3.14$	1.38$	5.51$	48.98$
Tvar	3.41$	4.01$	0.81$	0.55$	0.54$	6.41$	7.02$	1.73$	6.50美元	2.50$	1.10$	4.39$	38.96$
Svar	4.05$	4.76$	0.96$	0.65$	0.64$	7.61$	8.33$	2.06$	7.71$	2.97$	1.30$	5.21美	46.25美

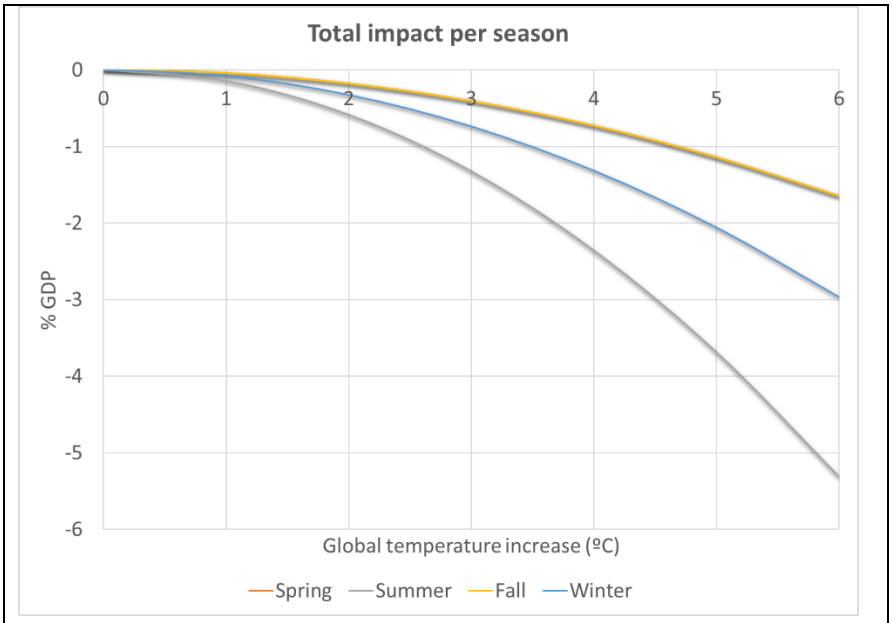
图中金额单位为2005年美元。S&Tvar、Tvar和Svar分别表示使用包含空间变化和时间变异性、仅包含时间变异性以及仅包含空间变化的损害函数。标为“无”的列显示了使用不包含温度变化任何变异性的损害函数所得到的结果。

表 S19. 12个区域在不同 SSP轨迹下的碳的社会成本（1.5%折现率）。

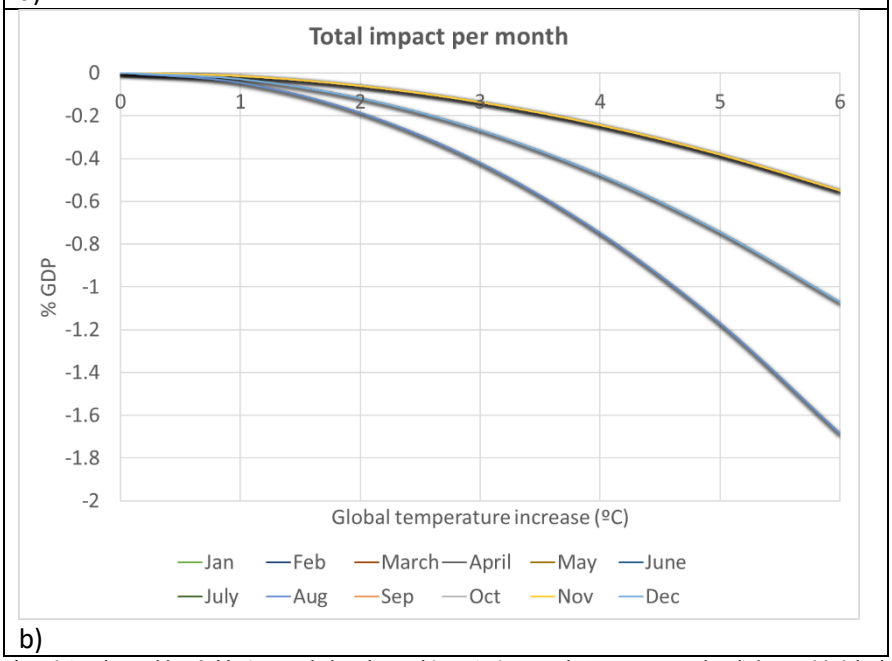
	USA	WEU	日本	俄罗斯	EURASIA	CHINA	印度	中东	非洲	LAM	OHI	其他亚洲国家	总计
SSP585													
None	16.83$	19.72$	3.48$	2.37$	2.26$	24.32$	37.34$	9.10$	42.32$	11.00$	5.76$	22.81$	197.32美元
S&Tvar	21.19$	24.83$	4.38$	2.99$	2.84$	30.61$	47.01$	11.45$	53.27$	13.85$	7.25$	28.71$	248.37$
Tvar	16.85$	19.75 美元	3.49$	2.38$	2.26$	24.35$	37.39$	9.11$	42.38$	11.02$	5.77$	22.84$	197.58$
Svar	20.01$	23.44$	4.14$	2.82$	2.68$	28.91$	44.39$	10.81$	50.31$	13.08$	6.84$	27.11$	234.54美元
SSP370													
None	5.72$	6.76$	1.16$	1.08$	1.07$	9.59$	10.46$	4.06$	10.71$	4.94$	1.90 美元	7.29$	64.74$
S&Tvar	7.20$	8.51$	1.47$	1.36$	1.35$	12.07$	13.16$	5.11$	13.48$	6.21$	2.39$	9.18$	81.49$
Tvar	5.73$	6.77$	1.17$	1.08$	1.08$	9.60$	10.47$	4.06$	10.72$	4.94$	1.90 美元	7.30$	64.83$
Svar	6.80$	8.03$	1.38$	1.29$	1.28$	11.40$	12.43$	4.82$	12.73$	5.87$	2.26$	8.67$	76.96$
SSP245													
None	6.65$	8.61$	1.44$	1.14$	1.12$	11.31$	15.07$	4.22$	15.61$	5.46$	2.32$	9.46$	82.40美元
S&Tvar	8.37$	10.84$	1.81$	1.43$	1.41$	14.24$	18.97$	5.31$	19.65$	6.87$	2.93$	11.91 美元	103.72$
Tvar	6.66$	8.62$	1.44$	1.14$	1.13$	11.33$	15.09$	4.22$	15.63 美元	5.47$	2.33$	9.47$	82.51$
Svar	7.90$	10.24$	1.71$	1.35$	1.34$	13.44$	17.91$	5.01$	18.55$	6.49$	2.76$	11.24$	97.95美元
SSP126													
None	6.31$	7.51$	1.44$	0.99$	1.02$	11.58$	14.78$	3.42$	15.15$	4.90$	2.05$	9.20$	78.34$
S&Tvar	7.94$	9.45$	1.82$	1.25$	1.28$	14.58$	18.60$	4.30$	19.07$	6.16$	2.58$	11.58$	98.62$
Tvar	6.32$	7.52$	1.44$	0.99$	1.02$	11.60$	14.80$	3.42$	15.17$	4.90$	2.05$	9.21$	78.45$
Svar	7.50$	8.93$	1.71$	1.18$	1.21$	13.77$	17.57$	4.06$	18.01$	5.82$	2.44$	10.93$	93.12$
SSP119													
None	5.64$	6.70 美元	1.30$	0.89$	0.91$	10.42$	12.94$	3.03 美元	13.05$	4.34$	1.83美元	8.06$	69.11$
S&Tvar	7.10$	8.44$	1.63$	1.12$	1.14$	13.11$	16.29$	3.81$	16.43$	5.46$	2.30$	10.15$	86.99$
Tvar	5.65$	6.71$	1.30$	0.89$	0.91$	10.43$	12.96$	3.03 美元	13.07$	4.34$	1.83美元	8.07$	69.20$
Svar	6.71$	7.97美	1.54$	1.06$	1.08$	12.38美	15.38$	3.60$	15.51$	5.16$	2.18$	9.58$	82.14$

数值单位为2005年美元。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示采用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标为“无”的列显示了采用未纳入任何温度变化变异性的损害函数所得到的结果。

补充图



a)



b)

图 S1. 不同变暖程度下的季节和月度损害函数预测。面板 a) 展示全球年平均地表温度（oC）升高导致的各季节福利损失百分比（%GDP）。面板 b) 展示全球年平均地表温度（oC）升高导致的各月份福利损失百分比（%GDP）。

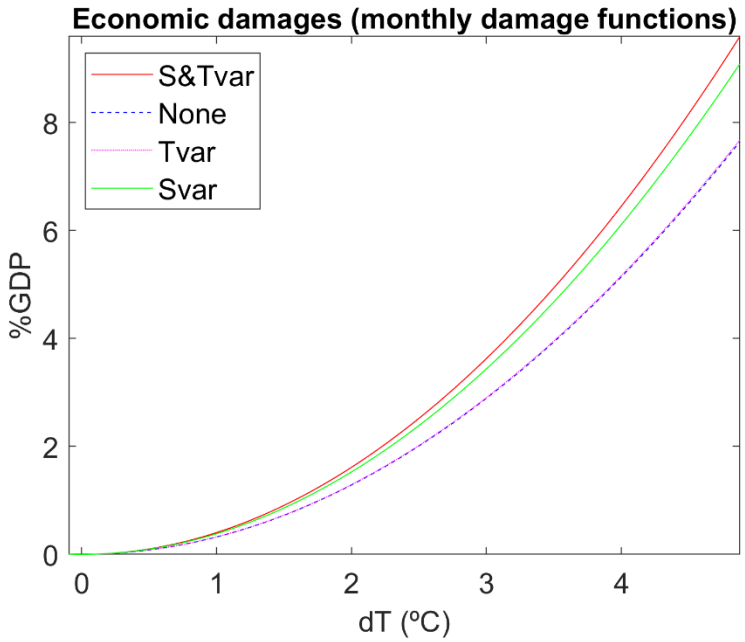
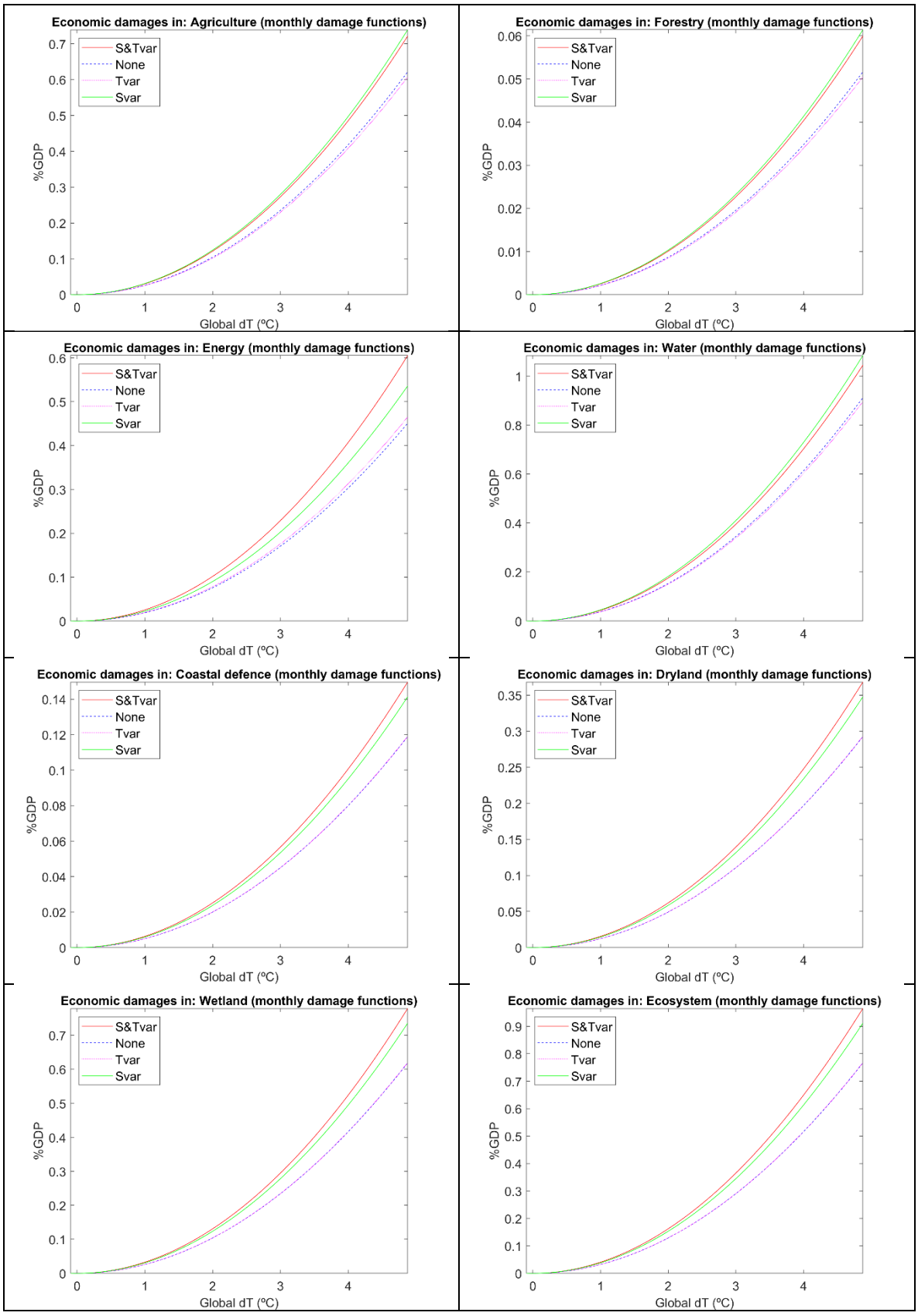
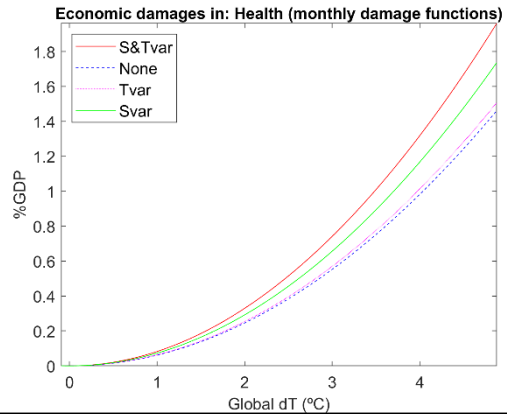
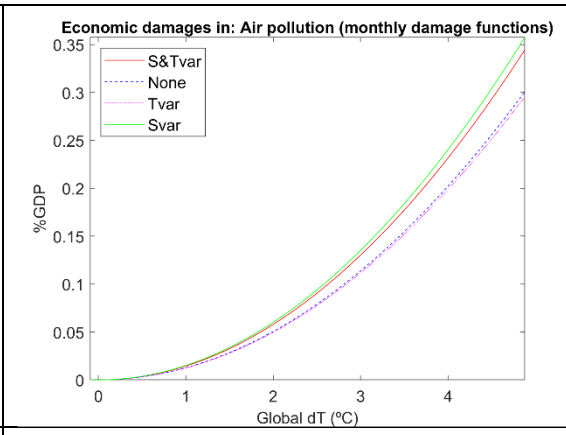
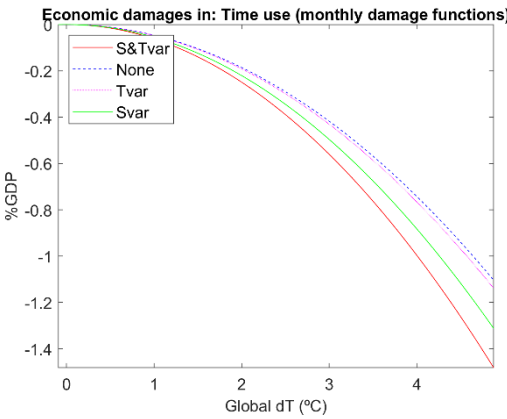


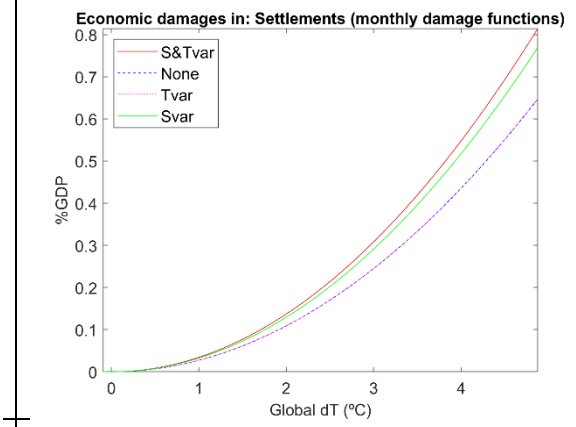
图 S2. 根据汇总月度损害函数和 SSP585情景，预计经济损害（占国内生产总值的百分比）随全球温度变化而变化的情况。S&Tvar（红色）、Tvar（红色虚线）和 Svar（绿色）分别表示采用同时纳入空间变化与时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标注为「无」的蓝色斜线表示采用不包含任何温度变化变异性的损害函数所得到的结果。

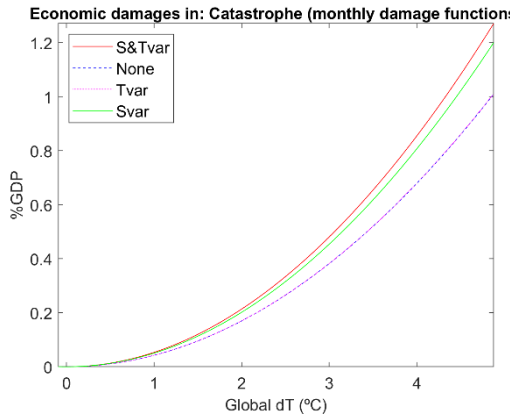

Economic damages in: Agriculture (monthly damage functions)
Economic damages in: Forestry (monthly damage functions)
Economic damages in: Energy (monthly damage functions)
Economic damages in: Water (monthly damage functions)
Economic damages in: Coastal defence (monthly damage functions)
Economic damages in: Dryland (monthly damage functions)
Economic damages in: Wetland (monthly damage functions)
Economic damages in: Ecosystem (monthly damage functions)
S&Tvar
None
Tvar
Svar
%GDP
Global dT (ºC)

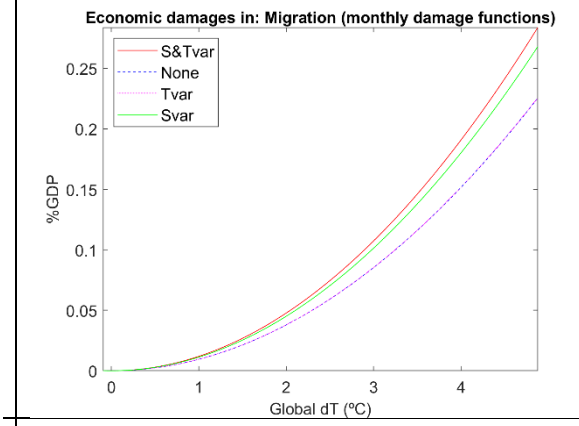

Economic damages in: Health (monthly damage functions)
S&Tvar
None
Tvar
Svar
%GDP
Global dT (ºC)


Economic damages in: Air pollution (monthly damage functions)
S&Tvar
None
Tvar
Svar
%GDP
Global dT (ºC)


Economic damages in: Time use (monthly damage functions)
S&Tvar
None
Tvar
Svar
%GDP
Global dT (ºC)


Economic damages in: Settlements (monthly damage functions)
S&Tvar
None
Tvar
Svar
%GDP
Global dT (ºC)


Economic damages in: Catastrophe (monthly damage functions)
S&Tvar
None
Tvar
Svar
%GDP
Global dT (ºC)


Economic damages in: Migration (monthly damage functions)
S&Tvar
None
Tvar
Svar
%GDP
Global dT (ºC)

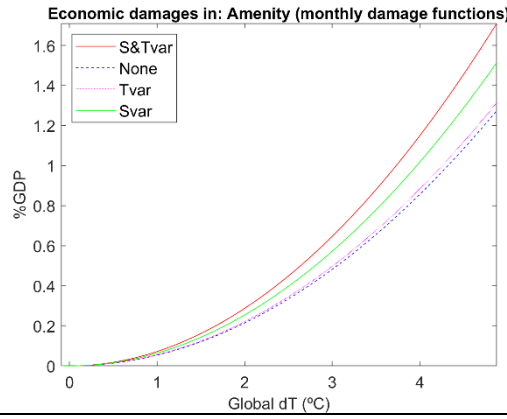
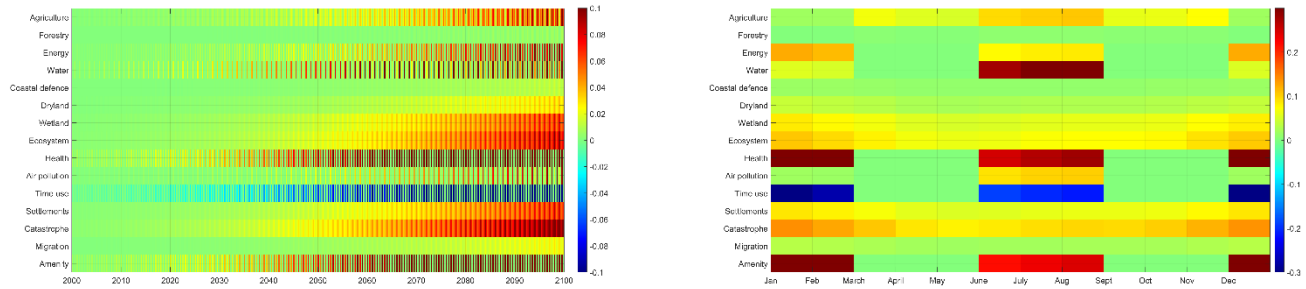
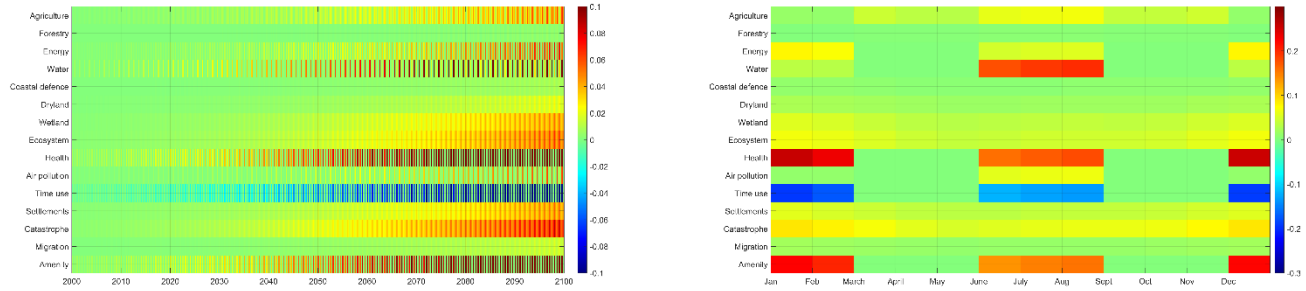

Economic damages in: Amenity (monthly damage functions)
S&Tvar
None
Tvar
Svar
%GDP
Global dT (ºC)

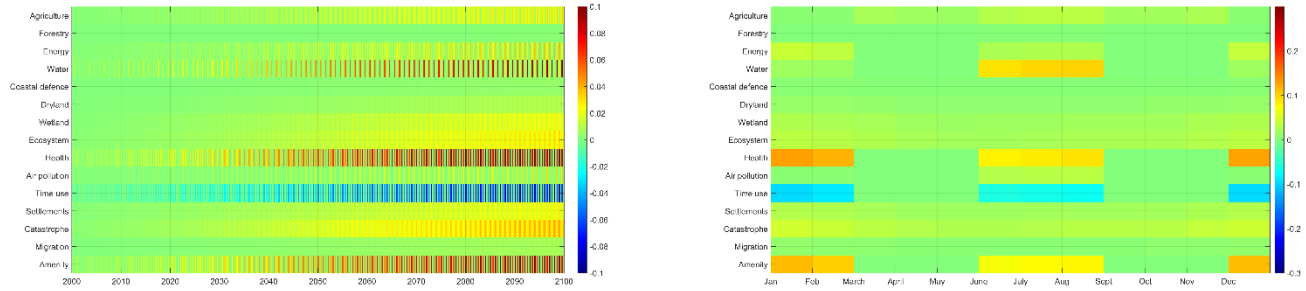
图 S3. 根据部门级月度损害函数和 SSP585情景，预计经济损害（占国内生产总值的百分比）随全球温度变化而变化。S&Tvar（红色）、Tvar（红色虚线）和 Svar（绿色）分别表示采用同时纳入空间和时间变异性、仅纳入时间变异性和仅纳入空间变异性的损害函数。标注为「无」的蓝色斜线表示采用不考虑温度变化中任何类型变异性的损害函数所得到的结果。


Agriculture
Forestry
Energy
Water
Coastal defence
Dryland
Wetland
Ecosystem
Health
Air pollution
Time use
Settlements
Catastrophe
Migration
Amenity
2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100
Jan Feb March April May June July Aug Sept Oct Nov Dec

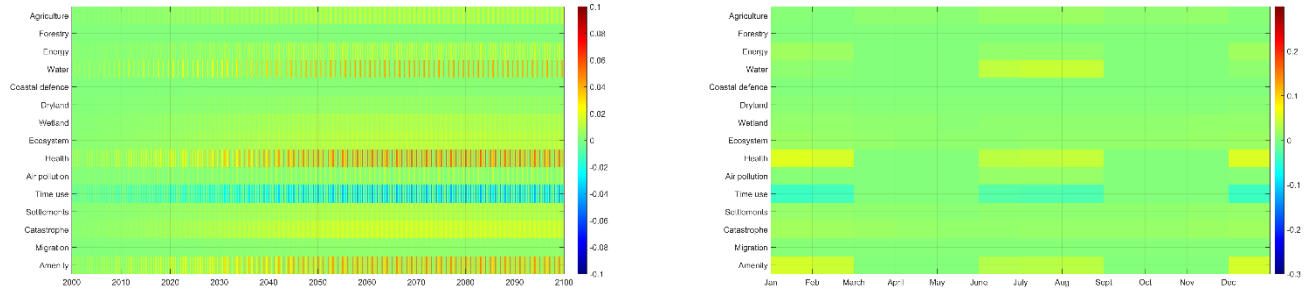
A


Agriculture
Forestry
Energy
Water
Coastal defence
Dryland
Wetland
Ecosystem
Health
Air pollution
Time use
Settlements
Catastrophe
Migration
Amenity
2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100
Jan Feb March April May June July Aug Sept Oct Nov Dec

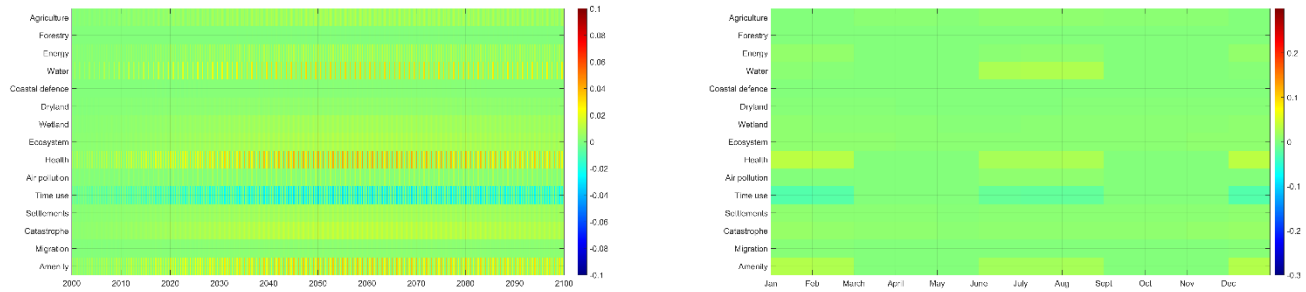
B


Agriculture
Forestry
Energy
Water
Coastal defence
Dryland
Wetland
Ecosystem
Health
Air pollution
Time use
Settlements
Catastrophe
Migration
Amenity
2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100
Jan Feb March April May June July Aug Sept Oct Nov Dec

C


Agriculture
Forestry
Energy
Water
Coastal defence
Dryland
Wetland
Ecosystem
Health
Air pollution
Time use
Settlements
Catastrophe
Migration
Amenity
2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100
Jan Feb March April May June July Aug Sept Oct Nov Dec

D



E

图 S4. 不同 SSP轨迹下，各部门和月份预计经济损失及预计经济损害（占国内生产总值的百分比）。左图显示 2000—2100 年期间国内生产总值的损失百分比，右图则放大展示 2100年 各部门按月份划分的影响。A—E 行分别展示 SSP585、SSP370、SSP245、SSP126 和 SSP119 的结果。

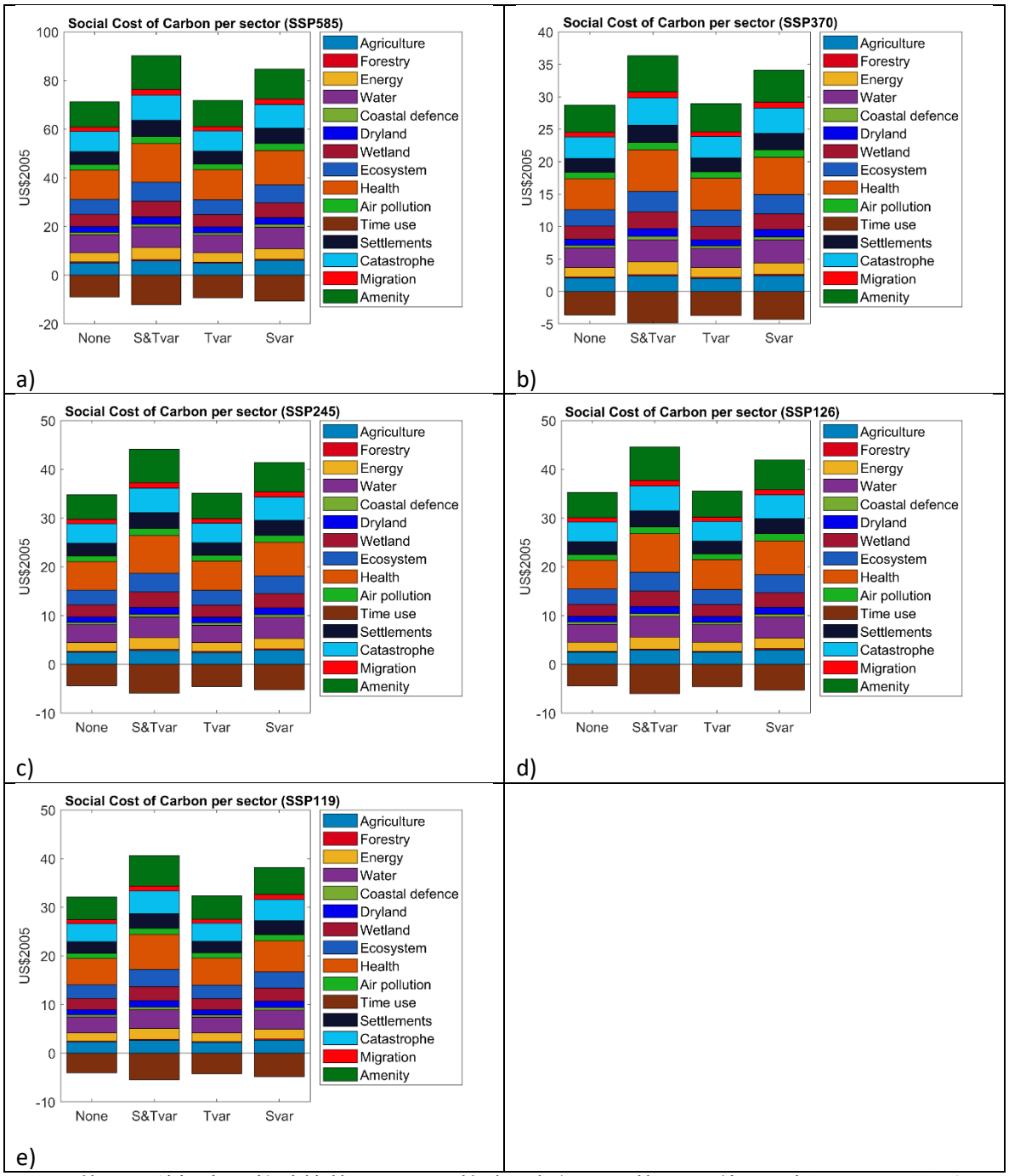


图 S5. 使用四种损害函数计算的不同 SSP 轨迹下部门层面的 SCC 值。面板 a) 至 e) 分别展示 SSP585、SSP370、SSP245、SSP126 和 SSP119 的结果。S&Tvar、Tvar 和 Svar 分别表示使用同时纳入空间变化和时间变异性、仅纳入时间变异性以及仅纳入空间变化的损害函数。标记为“无”的柱形显示了使用不纳入温度变化中任何类型变异性的损害函数所得的结果。计算基于 4%折现率。