

气候变化与经济学¹

约翰·哈斯勒²

非常感谢能够给我这个机会，在这里来探讨一个非常重要的问题。气候变化已经成为政策讨论中非常重要的议题，在各个国家都是如此。各国关于气候变化有一些非常激烈的谈判，但成果并不显著。在大众的讨论中，有些人说气候变化是对人类的一大威胁，可能是我们人类历史上碰到的最大的威胁，也有人说他们根本不相信有这样的事情。

我的演讲是从宏观经济学家的方式来讨论这个问题，我研究这个课题已经有几年时间，在瑞典和其他国家也都和一些自然科学家进行了深入探讨。我今天介绍下一个关于气候变化成本的一个简单测算方法，这些成本主要以化石燃料碳排放量来表达。这个方法有助于计算出最优的碳税。对那些认为这是对人类最大威胁的人来说，碳税的规模可能应该是无限大，对那些不相信气候变化的人来说，他们可能觉得碳税应该是零。

在演讲中，我将先介绍气候变化的自然科学和经济学背景，要点如下。每排放一吨化石燃料碳，它很快就与大气混合，导致大气中二氧化碳的浓度增加。这将影响全球的气候，而气候变化将从多方面影响全球经济。化石燃料的使用者得到了益处，但却影响了全球的其他人。这种外部性不能靠市场解决，政府的政策和国际协调是非常重要的。在介绍这些背景之后，我会向大家介绍一个简单、透明的计算方式，来计算化石燃料使用的外部成本，可以依此计算碳税的最优水平，也可以由此看出为什么要限制二氧化碳的排放。这个计算方式非常简单透明，这意味着它的价值重大。

1. 自然科学背景

自然科学研究认为，大气中的二氧化碳影响到全球能源的平衡，也就是整个地球的能源流入和流出。原因在于，阳光能够较容易穿透二氧化碳，而地球上散发出的热量却没有那么容易通过二氧化碳。如果二氧化碳排放过多，将像温室里的玻璃顶棚一样，阻碍热量散发，导致全球变暖，温室效应也因此而得名。二氧化碳能够被高频的阳光能够穿过，而不能被长波的热浪穿过，这一事实能够通过简单的实验得以验证，人类在很早之前就知道这些道理了。1903年的诺贝尔化学奖得主Svante Arrhenius在1908年发表的《宇宙的演化》论文中，就已经描述了这个现象。他还提出了一个关于全球的平均温度和大气中二氧化碳的浓度百分比上升之间的大致相关性的假说：二氧化碳浓度每上升1%，就使得地球的平均温度上升0.06度。他同时计算出，二氧化碳温度翻一番，全球的温度平均就会上升4度左右。

现实当然不止这么简单。虽然温室效应可以在实验室中通过实验简单得以证实，但现实中还有很多其他的反馈机制，有的是加强温室效应的，有的是减弱的。一些正面加强的反馈效应，比如，北极的冰川的融化会减少太阳光的反射，这就会加强原来的温室效应。全球变暖导致的水汽增加，也会加强温室效应，因为水汽本身也是温室

¹本文由张翊根据哈斯勒教授在“经济学发展与中国改革”会议上的主旨发言录音整理，李一南审定。

² 斯德哥尔摩大学国际经济研究所教授。

气体。负面的反馈则包括云的形成，更多的云就意味着更多的太阳光被反射出去，从而减弱原有的温室效应。因而，二氧化碳排放对气候的总体影响并不是很清楚。目前被认为最好的计算，也就是考虑到大部分反馈机制的计算结果是，二氧化碳浓度增加一倍就会导致温度上升3度，这与Arrhenius在一个世纪前的计算结果相差惊人的小。

温室效应对全球的影响分布很不均匀，对有些地方影响非常之大，而对其他一些地区则可能有正面的影响。北欧地区，以瑞典为例，可能会从气候变化中获益。如果看中国、美国这样的大国，其多样性相对会少一些。这意味着除了全球平均气温，其他衡量气候的指标，比如降水，也很重要。另外，是否有可能存在某个分水岭，一旦二氧化碳浓度达到这个水平以上，温度的上升会加速？在这点上也还是没有什么共识。总的来说，大部分人还是同意之前说的这个温度上升与二氧化碳百分比浓度上升之间的比例关系。

2. 计算二氧化碳排放的成本

现在我们回到关键问题，也就是如何评估单位二氧化碳排放的外部成本，如何评估化石燃料的燃烧造成的损害。这个问题可以分成以下三个子问题来看。第一，从流量角度来说，多燃烧一吨的化石燃料，当年会给我们带来多少损害；第二，每多排放的一吨二氧化碳，这些气体会在大气中停留多久。停留越久，它造成的损害就越大，那么碳税就应该越高；第三，如何去评估停留的二氧化碳对未来福利损失。

2.1 碳排放带来的损害

作为经济学家，我们承认对于气候变化的经济影响知之甚少，研究得也不够。但我们知道这个影响是全球性的，呈现多种不同方式，而且是长期性的。现有的研究采用了两种相互补充的方式，第一种是研究经济的不同部门，比如农业、林业、卫生、海岸侵蚀、暴雨损害以及其他类型的损害。先找出气候变化与各个部门之间受损程度之间的关系，然后把各部门、世界各地相加。第二种方法更像是一个统计分析，通过计算历史上气候的变化与经济增长之间的联系，得出气候变化与经济之间的关系。这两种方法都能算出一个气候损害函数，来表达温度上升幅度与气候变化带来的损害之间的关系。

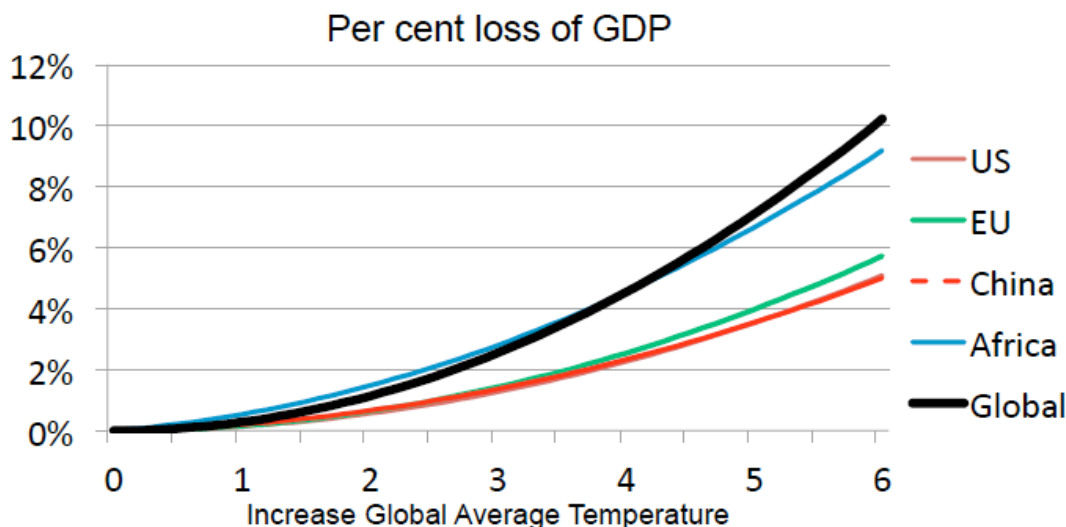
我在图一（见下页）中展示一下目前公认的最好的气候损害函数。Y轴表示的GDP损失的百分比，X轴是平均温度的增幅，各曲线分别代表美国、中国、欧盟、非洲和全球。从这幅图上可以看出，中国、美国、欧盟受损程度是比世界平均水平略低，非洲和全球平均值接近；气候变化对于中国和美国的影响比较相似，两者曲线基本重合。

那么我们应该如何对碳排放征税来解决这些外部性呢？要回答这个问题，我们就需要表达出，每多燃烧一吨化石燃料，会对造成多大的气候变化，对经济产生多大的破坏。我们可以分两个步骤来计算。

第一步是从二氧化碳浓度变化到气候变化，也就是升温的幅度；第二步，是从气候变化，也就是温度升高，计算出对经济的损害。我们在研究中注意到了，第一步中二氧化碳浓度对气候变化的影响是边际递减的，也就是二氧化碳浓度的增加和温度的

升高之间不是完全的比例关系。如果大气中有很多二氧化碳，那么多燃烧一吨化石燃料，二氧化碳浓度的增加百分比会减小，即存在一种凹形关系。第二步中，从温度变

图一：气候损害函数



化到经济损害，则是边际递增的。这意味着温度上升越高，对应造成的经济损害就越大。开始的时候，可能温度升高对经济的损害不是很大，但随着时间过去，温度升高一单位造成的经济损害就越来越大。我们结合以上两步的计算结果得出一个大致线性的比例关系：即大气中每增加10亿吨二氧化碳，就使得全球GDP损失1/40000。现在，我们一共有2000亿吨的额外的二氧化碳在大气中，意味着会使全球GDP减少约0.5%。这是对第一个问题的解答。

2.2 碳在大气中的停留时间

首先，如果我们按照刚才那个计算结果，乘以目前的全球GDP，也就是大概70万到75万亿美元，那么相当于每吨二氧化碳每年为世界减少2美元的GDP，损失也不算太大。但是，每排放出一吨二氧化碳在大气中会停留很长的时间，这个破坏作用就会持续很久。那我们也运用一个简单的经验法则来计算，来看碳如何在不同状态之间流转。基本上，每一份二氧化碳中，有一半会在海平面上较快消失，“较快”指的是十年到二十年左右。然后还有20%左右需要上千年才会消失，其余的则会沉入深海，对环境就不会造成什么影响，至少现有知识来看是这样的。这样我们也大体回答了第二个关于碳在大气中停留时间的问题。

2.3 计算未来消费损失

这个问题也可以从三方面来考虑。第一，由于损失和GDP成比例，而未来的GDP会更大，那么受到的损失也就会更大。其次，如果我们未来的子孙后代比我们现在富有，那么一个单位的消费损失对他们来说就没有那么严重。因为如果你很富有，让你少消费一个单位不是什么太难的事情。第三就是我们根据今天的福利去如何衡量未来的福利。根据第一个方面，我们知道未来我们的收入会更高，因此损失也会更大，如果

用消费单位来衡量的话；根据第二方面，由于我们未来的收入会更多，我们消费得也更多，因此我们不会那么介意少损失一个边际单位。根据宏观经济学的一个典型假定，这两方面互相抵消，这意味着未来的经济福利损失是独立于未来的经济规模和经济增长的。

主办方告诉我，我不应该用方程式来阐述我的观点，但我觉得作为一个经济学家来说，这个公式（见图二）太漂亮了，我不忍心不向各位展示这个。这个方程式其实就概括了我刚才所说的。大气中每增加一吨的二氧化碳所导致的损失，其实也就是我们现在应该对碳排放征收多少的税。首先，我们注意到，碳税水平（ T_t ）与当前全球GDP水平（ Y_t ）成正比例。第二就是大气中每增加10亿碳，就会减少全球GDP的1/40000，这个用 γ 来表示；第三，一部分碳会永久地停留在大气当中，这是第一个括号当中的分子 φ_L ，用它除以折现率 ρ 可计算未来的损失的福利；最后，还有一部分碳会沉入深海，这部分用 $(1-\varphi_L)\varphi_0$ 来表示。

图二：最优碳税计算公式

$$T_t = Y_t \gamma \left(\frac{\varphi_L}{\rho} + \frac{(1 - \varphi_L)\varphi_0}{\rho + \varphi(1 - \rho)} \right)$$

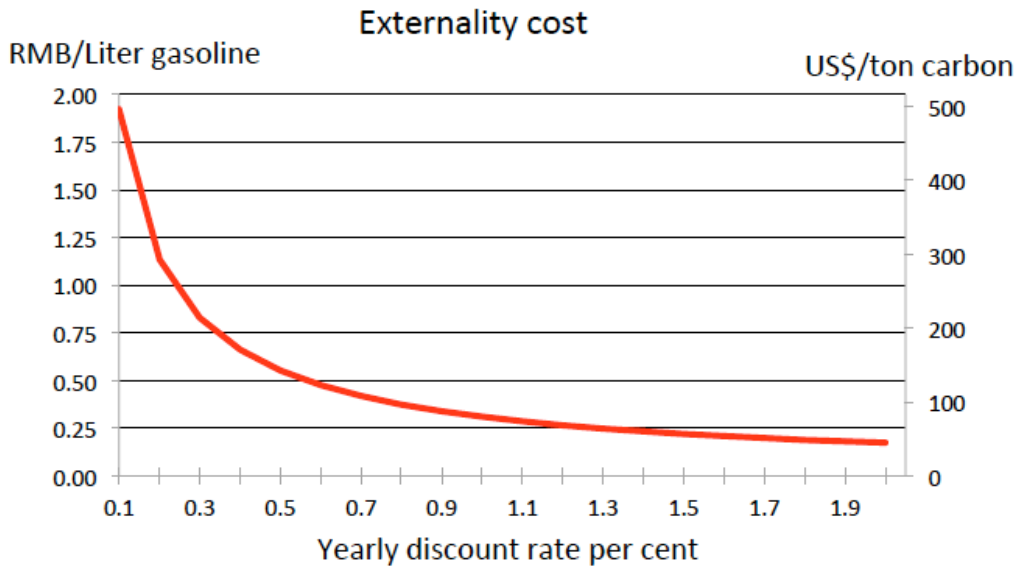
The diagram shows the formula $T_t = Y_t \gamma \left(\frac{\varphi_L}{\rho} + \frac{(1 - \varphi_L)\varphi_0}{\rho + \varphi(1 - \rho)} \right)$ with arrows pointing to each part:

- T_t : Carbon tax level
- Y_t : Current global GDP
- γ : Flow damage per ton carbon
- φ_L : Share of ton carbon that stays "for ever"
- ρ : Subjective discount rate for future welfare
- $(1 - \varphi_L)\varphi_0$: Share of carbon trickling down to deep ocean
- $\rho + \varphi(1 - \rho)$: Rate of trickling down

图三描绘了根据不同年折现率（横轴）计算的外部性成本，也就是最优碳税水平（纵轴）。我们选择每年0.1%到2%的不同折现率。这个范围是比较宽的。如果我们主观地采用每年0.1%的折现率，这意味着我们对700年后的人的福利的在乎程度，相当于我们对自己福利在乎程度的一半。

在Y轴上，左边是人民币标价的每升汽油应交的碳税，右边则是每吨碳的美元价格。我们看到，最优的碳税水平由此计算出来就从每升油2元人民币到0.25元人民币。如果我们采用通用的1%的折现率，那么计算出来的碳税水平就应该是每升汽油征收0.3元人民币的碳税。与汽油价格相比，这样的碳税水平相对较低。如果考虑其他外部性，比如排放颗粒、事故等，碳税水平也不高。有人测算过其他来源的负外部性，包括颗粒、事故、拥堵等对英国造成的成本，外部性是每升油1.5到2元人民币。我会想像在中国，这个外部性成本会比在英国和美国更高。碳税也可以加对煤炭征收，当今世界市场上的煤价只有油价的二分之一的水平，因而征收碳税可能对煤的使用的影响程度要远大于对石油的影响。

图三：折现率与最优碳税



图二中的公式也可以用于计算所谓的“碳债”。也就是说由于过去的排放造成的未来的损失在当前的贴现值。现在我们大气中有大概2000亿吨的额外的二氧化碳，未来我们会为此付出多大的GDP损失？我们的测算说明，如果我们采用1%的年折现率，这个“碳债”大概有30万亿美元，也就是当前全球每年GDP的40%，相当于美国和欧盟的GDP加总，恰好也相当于这些国家的政府债务水平。这是很大的一笔钱，国际谈判的时候也会谈到谁负责来偿还这笔债务。公平起见，我想应该是污染者，即西方国家，来负起这个责任。

3. 碳税和碳排放权（价格调节和数量限制）

如果根据刚才那个简单清晰的公式在全球征碳税，意味着化石燃料使用者将在个人收益和集体损害之间进行权衡。如果要用碳排放权达到同样的目的，则复杂得多，因为最优碳排放权的计算，需要对其他替代性能源、未来技术发展、人口增长等因素做出假设，而这些因素在计算最优碳税时，都是不需要考虑的。这意味着碳税比碳配额更好。在欧盟的碳排放交易系统中，碳排放权价格已经掉到了可笑的低水平，正是因为低估了日后要降低排放的成本。如果本来我们就采取了碳税的手段，那今天就不会有这个问题了。

我想说明的是，正如我一再强调，我们对于碳排放和气候变化的影响虽然不是一无所知，但确实知之甚少，而我们也在不断地学习补充，所以这个公式肯定是要不断更新的。很关键的是，如果说未来的研究发现存在碳排放对气候变化影响的临界值，那么就要认真考虑数量型限制的问题，而不是碳税。另外还需要注意的，我完全没有谈到补贴和研发等问题。我们知道，研发市场并非一个完美的市场，研发的果实并不总是百分百地由研发者本身来享有，这就需要政府的介入。化石燃料的替代能源也是这样，但研发补贴的一个主要问题就是我们很难了解哪些技术值得补贴，而由谁来决定选择补贴的对象，市场还是政府。

4. 碳税与中国

一个特别跟中国相关的问题是，到底碳税会不会影响经济增长。这个争论的背景是，至少可以在短期内，能源的使用是和产出之间呈线性关系。那就是说，要减少化石燃料的使用，就需要减少GDP，而这是我们不希望看到的。但是我要强调，在长期看来，我们是有可能可以提高能效。瑞典的能源消费量自1973年以后基本上就保持不变了，而GDP在同一时间内增长了75%。在过去的20年当中，能效平均每年有1.5%的提高，这个当然要比经济的增长低一些，但是不是低太多。中国面临的问题是，能效增速能否与GDP增速持平？有很多研究都认为，这是可能的。在能效方面，不同的国家也有不同的政策。而在一些相似的国家，像北欧国家之间，能效方面可能也存在巨大差异，可能达到5:1甚至6:1。所以我认为在长远来看，能源和GDP之间的相关性是可以打破的。

最后我想提一些政策建议。首先，我认为最优碳税是比较低的，我也乐观地认为，这样规模的碳税不会威胁到中国经济的增长。我想更有效的办法可能是，在全球不同范围内实施碳税，同时继续进行国际谈判来商讨一个碳排放的配额。这点上可能中国可以起一些领导作用。此外，也可能可以按照行业来实行，可以从交通部门开始。还有一个建议，就是可以考虑如何处理“碳债”的问题，世界各国可以推动建立一个全球性基金，那些已经欠债的国家应该为这个基金做出贡献，从而可以为贫穷国家的气候变化的研发来筹集资金。