

环境责任保险风险评估与定价方法研究

陈冬梅

(复旦大学 经济学院保险系)

Risk Assessment and Pricing of Environmental Liability Insurance

Chen Dongmei

Department of Insurance, School of Economics
Fudan University, Shanghai, 200433, China
Email: dmchen05@gmail.com

- 1 环境责任保险简介
- 2 环境责任保险定价难点分析
- 3 环境责任保险定价方法
- 4 参考文献

- 环境责任保险是一种运用现代保险制度解决环境问题的有效手段，选择合适的定价方法有助于推动我国环境责任保险制度的建立和健全。
- 本研究针对环境责任保险的定价难点，结合环境责任保险的特点及我国的具体国情，对环境责任保险风险评估与定价方法进行了研究，并提出切合我国实际的环境责任保险定价方法，以期为国家建立“两型社会”提供助力。

我国环境责任保险的发展现状

- 我国环境责任保险经历了起步、停滞和重新发展三个阶段。
- 起步阶段（1991-1995）
1991年，大连、沈阳、长春、吉林等城市先后开展了环境责任保险的试点工作，但由于实施环境责任保险的城市只有少数几个，且业务覆盖范围小、参保企业数量少、损失赔付低，试点产生的影响甚微。

我国环境责任保险的发展现状

- 停滞阶段（1996-2005）

自1996年，环境责任保险从人们的视线中逐渐消失；1996-2005年间，我国基本停止了环境责任保险业务的实践。这一现象引起了保险学术界的极大关注，学者们主要从以下几方面探讨了导致这一结果的原因。

- （1）理论研究滞后以及试点期间环境责任保险产品设计缺陷
- （2）环保法律法规建设不到位
- （3）政府责任角度
- （4）对环境责任保险本身局限性认识不足
- （5）企业效益下滑和保险业改革的宏观经济背景

我国环境责任保险的发展现状

- 重新发展阶段（2006年至今）

近年来，社会经济迅速发展，我国进入环境风险的高发期。根据全国环境统计公报有关数据资料显示，我国自2006年以来每年环境污染事故的发生次数整体上呈逐年递减的趋势，而由环境污染事故带来的直接经济损失却呈上升趋势。单次事故污染程度日益严重、事故损失相应加大，是造成这一结果的主要原因。环境污染加剧对社会的影响愈加严重，企业承担的损害赔偿和环境恢复责任未落实的情况越来越多，污染受害者不能及时获得赔偿，环境权益得不到切实保障，引发了诸多社会纠纷问题。在这一背景下，发展环境责任保险在我国重新成为热点话题。2005年以来，保险界、环保界、法律界等社会各界人士对于在我国建立环境责任保险制度进行了广泛的讨论。在社会各界的大力支持下，国家对环境责任保险制度的建立也采取了一系列强有力的措施。

我国环境责任保险的发展现状

- 总体来看，我国的环境责任保险在实践中虽然取得了一定的成绩，但仍处于初级阶段，尚有许多不足之处。要切实推进环境责任保险制度在中国的发展和完善，必须理论先行。特别地，环境责任保险的风险评估和定价问题在制约环境责任保险发展的诸多因素中尤为突出。

确定保险金额

- 环境问题的交叉性和复杂性使环境责任保险定价尤为困难，困难主要体现在以下四个方面。
- 保险金额是保险合同中的最高赔偿责任限额，也是计算保险费的依据。与一般财产保险不同，环境责任保险以被保险人对第三者的环境侵权赔偿责任作为保险标的，这种无形的责任不具有普通财产保险根据投保财产实际价值确定保险金额的特点。因此，环境责任保险的保险金额的确定缺乏具体的参考标准，在金额水平确定上难度较大。此外，环境污染事故的发生既有突发性的，也有累积性的，从何时确定损害责任往往难以判断；环境损害赔偿所涉及的主体更广、涉及的利益更加复杂，这使得环境责任保险的利益不确定性更加突出，保险金额的确定变得尤为复杂。

量化事故损失

- 环境污染由于具有缓慢性、间接性、复杂性等特点，环境侵权鉴定极其困难。环境事故所造成的损失涉及到多个方面，包括人身、财产、生态等，且每一方面又涉及到众多内容。因此，量化环境损害事故造成的经济损失是一项复杂而又专业的工作。
- 2000年，诺贝尔经济学奖获得者Daniel L. McFadden提出了以下三种量化环境改善（或损害）的方法。
 - （1）按质论价法（Hedonic Price Method, HPM）
利用市场价格评估环境改善的效益或环境损害的成本。如果市场价格不能真实反映产品或服务的稀缺特征，则使用影子价格进行调整。这种方法属于直接观察法。
 - （2）旅途成本法（Travel Cost Method, TCM）
主要用于使用一项没有直接标价的财物，可以通过消费中的互补品价格加以估计，属于间接观察法。

量化事故损失

- (3) 偏好诱导法 (Preference Elicitation Method, PEM)
通过直接向有关人群进行样本调查提问的方式, 获取其如何对一定的环境变化的定位。这种方法采用的评估技术大致可以分为:
 - ① 直接询问调查对象的支付意愿或接受赔偿的意愿。
 - ② 询问调查对象对商品或服务的需求量, 从询问结果推断出支付意愿或接受赔偿的意愿。
 - ③ 通过对有关专家进行调查的方式来评定环境资源的价值。常用的诱导方法有投标博弈法、比较博弈法、无费用选择法。

风险异质性

- 风险异质性。与一般责任保险相比，环境责任保险的风险异质性较为突出。每个企业在内外部环境、生产工艺、经营规模、技术水平等方面存在差异，导致环境污染的可能性和危害性各不相同；此外，单一环境污染事故所造成损失大小的不确定性较大，这也加剧了环境责任保险的定价难度。

历史数据的积累

- 我国于20世纪90年代才开始有环境污染损失数据方面的统计，但统计口径不一，且对具体环境污染事故的记录残缺不全，而企业对其自身的污染损失更不会主动记录。为了解决这种问题，在具体的环境责任保险定价中，应科学合理地处理所收集的数据，使之在符合定价原理的基础上更加接近实际情况。
- 总体说来，风险异质性突出是环境责任保险定价困难的根本原因，再加上环境污染损失的记录不全，确定保险金额和风险事故发生的可能性缺少损失经验数据，直接制约了环境责任保险定价的准确性。

- 非寿险精算定价方法
- 风险效用理论定价方法
- 金融定价模型与方法
- 其它可行的定价模型与方法
- 一些建议

非寿险精算定价方法

- 非寿险定价过程一般包括四个步骤：
 - (1) 确定纯费率
 - (2) 风险附加
 - (3) 费用附加
 - (4) 总费率的确定

确定纯费率

- 在确定纯费率中，损失数据分布拟合是最核心的问题，包括损失次数和损失强度的拟合。常见的拟合损失次数的模型有：泊松（Poisson）分布、二项分布、负二项分布等；拟合损失强度的模型有：指数分布、对数正态分布、帕累托（Pareto）分布、伽玛（Gamma）分布、韦伯（Weibull）分布等。在环境责任保险的损失拟合中，具有选择哪种分布，需要根据损失数据的特征进行选择。一般地，损失次数与损失强度的拟合过程主要包括以下四步：

确定纯费率

- (1) 模型选择：对损失数据进行整理，计算数据的样本均值、方差、分位数等，根据这些样本数据选择一种概率分布作为损失的分布类型。

在环境责任保险中，由于环境污染本身的复杂性，企业因污染环境而承担的损害赔偿金额有时会很大，这使得在损失数据拟合时经常会遇到一些损失金额巨大的观测值。对于这种情况一般有两种解决方式。一是将损失数据进行分割，找到一个适当的门限值，然后分别对两部分数据进行拟合。二是直接对全部损失数据进行拟合，得到一个能精确拟合损失数据中心部分的分布模型，再综合考虑损失数据和索赔数据之间关系的基础上进行调整。具体选用哪种方法，可以根据数据拟合的结果进行选择。

确定纯费率

- (2) 参数估计：常用的估计方法是矩估计法和极大似然估计法。
- (3) 分布拟合检验：常用的检验方法是 χ^2 拟合优度检验、 $K-S$ 检验。
- (4) 纯费率的确定：通过对损失次数和损失强度的拟合，得出保险期限内事故发生概率和每次损失金额，进而得到纯费率的计算公式为：

$$\overline{NP} = \frac{E(X) \times P}{A} = \frac{E(S)}{A} \quad (1)$$

其中， A 为保险金额， $E(S)$ 为保险期限内每份保单的预期损失。

风险附加

- 风险附加又称为第一附加保险费，它是为防止各年度实际保险金额损失率偏离保险金额损失率的期望值，在纯费率基础上附加的费率。其目的是使纯费率与保险人的实际保险金额损失率更接近，以应付异常的损失赔付，保证保险企业的财务稳定性。
- 风险附加是以纯保费为基础计算的，用以保障保险公司不会亏损破产。设保险公司共签发了 n 张保单， S_i 表示第 i 张保单损失随机变量，期望损失为 $E(S)$ ，则风险附加保费 F 应满足：

$$P\left(\sum_{i=1}^n S_i - n(E(S) + F) < 0\right) = \alpha \quad (2)$$

风险附加

- 当保险公司的保单数足够大时，可以应用大数定律，计算在不同保障程度 α 下所需要的风险附加。
- 由于环境责任保险的风险异质性突出，使得风险附加的设定就更加必要。另外，环境责任保险的风险可测性较差，且常常与巨灾密切联系，因此，应选取较高的风险附加，即选取较大的 α 值，以防止保险公司承担的风险过大，导致保险公司破产。

费用附加

- 费用附加是指保险公司为使各项业务正常运行而收取的费用，主要包括营业费用、手续费、佣金、预期承保利润等，这些费用可以进一步细分为固定费用和可变费用。在实际定价过程中，由于费用附加的数据可获得性较差，或者获得数据的成本太大，常以风险保费的一定比例计算。
- 环境责任保险的正外部性很强，具有一定的社会公益性，是准公共产品。环境责任保险在避免企业承担环境责任风险的同时，更加保护了一般社会公众的环境利益。因此，环境责任保险并非是纯粹商业性质，具有一定的政策性。政府应该在税收、费用等方面给予一定的优惠，从而使得费用附加能确定在一个较低的水平上。

总费率的确定

- 其计算公式为：

$$\bar{P} = \overline{NP} \times (1 + k)(1 + \beta) \quad (3)$$

其中， \bar{P} 为总费率， \overline{NP} 为纯费率， k 表示风险附加系数， β 表示费用附加系数。

风险效用理论定价方法

- 为了简化讨论，这里首先考虑财产保险中全额投保的情况。
- (1) 从投保人角度探讨保险产品价格。设潜在的投保人拥有价值为 V 的财产，用随机变量 X 表示这笔财产面临的可能损失，则有 $0 \leq X \leq V$ ，设 X 的概率分布记为 $f(X)$ ，投保人的效用函数为 $U(X)$ ， H 代表保费，则
当 $U(V - H) \geq U(V - X)$ 时，投保人才愿意投保。也就是说，投保人愿意付出的最高保费是当投保的效用等于不投保的效用时的解，也就是零效用的情况。即：使上式成立的 H 的最大值就是投保人可以接受的最高保费。

风险效用理论定价方法

- (2) 从保险公司的角度探讨保险产品价格。设保险公司的资产为 A ，承保了这笔业务后，保费为 P ，则资产总值变为 $A + P$ ，设保险公司的效用函数为 W ，则当 $W(A + P - X) \geq W(A)$ 时，保险公司才愿意承保这笔业务。另外，使该式成立的 P 的最小值，就是保险公司能接受的最低保费。
- 通过以上分析可以看出，保险产品的价格只有介于 P 和 H 之间，才是合理的。另外，在确定保费时，零效用原则下的保费定价方法最为常见。根据不同的效用函数也可以分为不同的原则，主要包括指数原则、Swiss原理、Sshweizer原则、OrLicz原理、损失函数原则（也称为(Esscher)原则）等。

风险效用理论定价方法

- 进一步，也可以构造政府、投保人、保险公司之间相互影响的结构模型来讨论环境灾害的责任分担机制。可行的模型和方法如下：
 - (1) 委托-代理模型
 - (2) 比较静态方法
 - (3) 优化技术
 - (4) 外部性模型
 - (5) 基于值函数的等价方法

金融定价模型与方法

- 早在1983年前后，已有文献探讨精算定价方法存在的一些问题。随后，财产和责任保险的定价理论有了新的发展，出现了一些运用金融理论为财产、责任保险定价的研究。金融定价模型是在合理考虑影响保险产品定价的各种因素的基础上产生的非传统定价方法，主要包括资本资产定价模型（CAPM）和期权定价模型（如B-S公式）。

金融定价模型与方法

- (1) 保险CAPM定价模型

利用CAPM可以建立保险公司的权益收益率和承保均衡收益率等与无风险利率、市场组合收益率之间的关系，为保险公司的保险产品定价和资产经营提供决策依据。根据CAPM，任何一种资产的均衡（期望）收益率可以写成：

$$R_i = R_f + \beta_i(R_m - R_f) \quad (4)$$

其中， $\beta_i = Cov(R_i, R_m)/\delta_m^2$ ，表示第*i*种证券的 β 系数，计算公式为 $\beta_i = Cov(R_i, R_m)/Var(R_m)$ ； R_i 表示第*i*种证券的预期收益率； R_f 表示无风险利率； R_m 表示市场证券组合的预期收益率。

保险CAPM定价模型

- 经过一些推导，可以得出保险CAPM中承保均衡（期望）收益率的计算公式为：

$$R_u = -kR_f + \beta_u(-R_m - R_f) \quad (5)$$

其中， $-kR_f$ 表示投保人缴纳的保险费作为保险基金所获得的无风险利率， $-R_m - R_f$ 表示市场组合风险保费利率，用来度量不包括违约风险、不可分散的系统风险。

- 式（5）给出了保险公司的承保均衡（期望）收益率与无风险利率、市场组合风险保费利率之间的关系，它为保险公司的保险定价提供了理论依据。

期权定价模型

- 期权是一种选择的权利，是合约买方付出期权费后，在特定期间内可向合约卖方依合约载明的执行价格买入或卖出一定数量标的物的权利。目前，期权定价是金融领域发展最成熟的模型，广泛应用于金融、保险、投资等领域，主要包括B-S模型、二项式定价模型、风险中性方法、鞅定价方法。其中，B-S期权定价模型在保险领域的应用最为普通。
- 作为一种或有期权证券的保险-环境责任保险，具有极强的卖权特征，将B-S期权定价模型引入到环境责任保险的定价中，也为环境责任保险提供了一种合理、有效的定价工具。
- 环境责任保险的期权特征
- B-S期权定价理论基础

环境责任保险的期权特征

- 期权与保单都是回避或转移风险的金融工具，都是一种或有权益凭证，持有者都有权决定到期是执行还是放弃权利，合约的卖方则只有被动的履行义务而没有要求买方履约的权利。投保人和保险公司签订的保险合同，实质上是一份期权合约。
- 环境责任保险的投保人购买足额保险相当于购买了一个以环境责任为保险标的的资产的卖权，执行价格为保险金额。在保险期限内，若保险事故发生并造成标的损害，将受损标的以执行价格“卖给”保单的卖方，即保险公司，保险公司必须按保险合同约定价值赔付投保人，并且没有选择的权利；如果到期投保资产保持完好，投保人损失的只是保费。因此，保险合同的双方同期权的买卖双方一样，其权利和义务呈明显的不对称性。环境责任保险单作为一种期权，具有以下期权特征：

环境责任保险的期权特征

- 第一，看跌期权是一种卖权，环境责任保险保单相当于看跌期权。具体而言，环境责任保险单的买方有权按照事先约定的价格和规定的时间向环境责任保险单的卖方卖出一定数量的标的资产的合约。
- 第二，作为环境责任保险保单的买方，只有权利而无义务。环境责任保险的买方承担的风险是有限的，即在不发生责任事故的情况下，不执行保险单，损失的只有保费。
- 第三，作为环境责任保险保单的卖方，只有义务而无权利。环境责任保险保单的卖方，即保险公司承担的风险是无限的，而收益是有限的，最大收益为保费收入。

B-S期权定价理论基础

- 第一，B-S模型的假设条件
基于B-S模型的优点和特点，在保险领域的定价方法中，一般使用B-S模型进行定价研究。该模型的使用具有以下几个假设条件：
 - (1) 标的资产遵循几何布朗运动，即 $d_s = udt + \sigma sdz$ ，其中， u 和 σ 为常数。
 - (2) 买卖标的资产和期权没有交易费用。
 - (3) 在标的资产有效期内，无风险利率 R 为常数。
 - (4) 允许卖空标的资产。
 - (5) 不存在无风险套利机会。
 - (6) 期权是欧式的，只能在到期日执行。
 - (7) 标的资产没有现金红利支付。

B-S期权定价理论基础

- 第二，Black-Scholes（B-S）模型应用条件检验

- （1）检验内容

B-S模型的第一个假设条件是该模型得出正确结论的重要原因。因此，作为标的资产的环境责任保险，检验其当前的市场价格是否遵循几何布朗运动，即市场价格是否服从正态分布是关键性环节。

- （2）检验意义

通过对第一个假设条件的检验，可以验证B-S模型中标的资产遵循几何布朗运动。这一假设的验证，奠定了B-S模型在环境责任保险定价中的应用基础，也提供了科学依据。

B-S期权定价理论基础

- (3) 检验方法

MATLAB软件是国内最为流行的三大数学软件之一，在各个领域得到广泛的普及和应用。运用MATLAB软件中的单样本K-S检验可以样本数据是否服从正态分布，并以图形说明。另外，R软件作为当前国际上日益流行的免费统计开发软件，在金融工程、统计、精算学中的应用也日益广泛，有望成为未来的基本工具。

B-S期权定价理论基础

- (4) B-S期权定价模型

在大量假设基础上，布莱克和斯科尔斯教授得出B-S微分方程：

$$\frac{\partial f}{\partial t} + rS \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \quad (6)$$

式(6)为著名的B-S微分方程，它适用于其价格取决于标的证券价格 S 的所有衍生证券的定价。 f 是依赖于 S 的衍生证券的价格， t 代表时间，当 S 和 t 变化时， $\partial f / \partial t$ 的值也会变化，因此该投资组合的价值并不是永远无风险的，它只是在一个很短的时间间隔中才是无风险的。在一个较长的时间中，要保持该投资组合无风险，必须根据 $\partial f / \partial S$ 的变化相应调整标的资产的数量。

B-S期权定价理论基础

- 1973年，布莱克和斯科尔斯教授成功求解了他们的微分方程，获得了欧式看涨期权和欧式看跌期权的精确公式，其表达式分别为：

$$c = SN(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2) \quad (7)$$

$$p = Xe^{-r(T-t)}N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (8)$$

其中：

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

B-S期权定价理论基础

- 这里， c 表示看涨期权的当前价值； P 表示看跌期权的当前价值； S 表示标的股票的当前价格； $N(d)$ 为正态分布变量的累积分布函数，根据整体分布的特性，有 $N(-d) = 1 - N(d)$ ； X 表示期权的执行价格； r 为无风险利率； T 为期权到期日； t 为基准日； σ 表示股票波动率。

B-S期权定价理论基础

- 由式（7）和（8）可以看出，决定期权价值的主要因素为： S 、 X 、 T 、 r 和 σ 。通常情况下， S 、 X 、 T 、 r 比较容易获得，而 σ 较难获得。 σ 是指股票价格变动的不确定性，通常用标准差来衡量，相应的计算公式为：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - R)^2} \quad (9)$$

其中， R_i 是指收益率的连续复利值； R 是指连续复利收益率的平均值。当 S 、 X 、 T 、 r 和 σ 都已知时，就可以直接利用上述公式计算期权价格。此外，B-S期权定价模型在实际应用中，需要根据产品本身的特征，对模型进行适当的调整。

B-S期权定价理论基础

- (5) 环境责任保险中的B-S模型调整
 B-S模型假定，期权是欧式的，只能在到期日执行，因此，在环境责任保险中，B-S模型的类型应为欧式看跌期权，相应的公式为：

$$p = Xe^{-rt}N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (10)$$

其中：

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + t(r + \sigma^2/2)}{\sigma\sqrt{t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + t(r - \sigma^2/2)}{\sigma\sqrt{t}} = d_1 - \sigma\sqrt{t}$$

B-S期权定价理论基础

- 这里， $N(d)$ 为正态分布变量的累积分布函数； p 为保费； X 为承保金额； r 为无风险年利率； t 为以年为单位的期权到期期限； S 为保单对应资产的当前价值； σ 为保单对应资产年复利收益率的标准差。

B-S期权定价理论基础

- 将式（10）两边同除以 X ，模型调整为：

$$\frac{p}{X} = e^{-rt} N(-d_2) - \frac{S}{X} N(-d_1) \quad (11)$$

令 $\bar{p} = \frac{p}{X}$ 为保险费率，则模型调整为：

$$\bar{p} = e^{-rt} N(-d_2) - \frac{S}{X} N(-d_1) \quad (12)$$

环境责任保险定价的其它可行模型与方法

- 决策树方法
- 神经网络方法
- 数据挖掘技术
- 用于估计事件发生概率的故障树和事件树方法
- 模糊逻辑，如（a site-related model）

一些建议

- 在对环境责任保险进行定价时，由于数据查找的限制，选择一类典型的代表性行业（如石油化工行业、化学原料与化学制品行业）进行定价，来降低数据获得的难度。对预期损失金额进行估计时，根据经验数据，选取标准可能倾向于较低水平，这也会导致定价水平偏低，也可以采取适当的方式进行一些调整。

- Julia Martin-Ortega, Roy Brouwer, Harry Aiking. Application of a value-based equivalency method to assess environmental damage compensation under the European Environmental Liability Directive [J]. Journal of Environmental Management, 2011, 92:1461-1470.
- Michael Mason. Civil liability for oil pollution damage examining the evolving scope for environmental compensation in the international regime [J]. Marine Policy, 2003, 27:1-12.
- Turlough F. Guerin. Environmental liability and life-cycle management of used lubricating oils [J]. Journal of Hazardous Materials, 2008, 160:256-264.
- Alistair Ulph, Laura Valentini. Environmental liability and the capital structure of firms [J]. Resource and Energy Economics, 2004, 26:393-410.

- Margaret Hollins, Susan Percy. Environmental liability for contaminated land: towards a European consensus [J]. Land Use Policy, 1998, 15(2):119-133.
- Marcel Boyer, Jean-Jacques Laffont. Environmental risks and bank liability [J]. European Economic Review, 1997, 41:1427-1459.
- Klass van't Veld, Jason F. Shogren. Environmental federalism and environmental liability [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2012, 63:105-119.
- Emma Hutchinson, Klass van't Veld. Extended liability for environmental accidents: what you see is what you get [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2005, 49:157-173.

- Alfred Endres, Tim Friehe. Incentives to diffuse advanced abatement technology under environmental liability law [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2011, 62:30-40.
- Roy Brouwer, Julia Martin-Ortega. Modeling self-censoring of polluter pays protest votes in stated preference research to support resource damage estimations in environmental liability [J]. Resource and Energy Economics, 2012, 34:151-166.
- Alfred Endres, Tim Friehe. R& D and abatement under environmental liability law: Comparing incentives under strict liability and negligence if compensation differs from harm [J]. Energy Economics, 2011, 33:419-425.
- Donald R. Anderson. The actuarial role in environmental liability management [J]. The Actuary, 1995, 29(2).
- Sanders D. Liability Insurance and Pollution [J]. Transactions ICA Brussels, 1995, 3:59-88.

- Zweifel P. The Contribution of Environmental Impairment Liability Insurance to Eco Efficiency [J]. The Geneva papers on risk and insurance, 1996, 21:336-340.
- Matten D. Environmental risk management in commercial enterprises [J]. The Geneva papers on risk and insurance, 1996, 360-382.
- Bellenbaum R. Reinsurance of Environmental Risk Pricing and Risk Assessment [J]. The Geneva papers on risk and insurance, 1995, 76, 393-401.
- Howard Kunreuther. Problems and Issues of Environmental Liability Insurance[J]. The Geneva papers on risk and insurance, 1987, 44:180-197.

- The Efficient Liability Sharing Factor for Environmental Disasters: Lessons for Optimal Insurance Regulation [J]. The Geneva papers on risk and insurance, 2008, 33:337-362.
- Jurg Busenhardt, Bernd Wilke, Christian Schauer. EC Environmental Liability Directive A model for hazard analysis [R]. Expertise & Risk Communications, Swiss Re.
- August Ralston. Pollution Liability and Insurance: An Application of Economic Theory [J]. The Journal of Risk and Insurance, 1979, 46(3):497-513.

谢谢大家!