



# 环境费用效益分析方法及实例



刘 鸿 亮 主 编

中国环境科学出版社



# 环境费用效益分析 方法及实例

刘鸿亮 主编

中国环境科学出版社

1988

## 内 容 简 介

本书主要收入了国内环境费用效益分析的研究成果,介绍一些研究实例,并收入国外有关这方面研究动态的一些文章。全书共包括国内论文11篇,国外论文4篇,按其内容分为三大部分,基础理论、国内研究实例和国外研究动态。

本书适合广大环境管理干部、环境经济工作者和有关大专院校师生阅读、参考。

## 环境费用效益分析方法及实例

刘鸿亮 主编

责任编辑 王晓民

•

中国环境科学出版社出版

北京崇文区东兴隆街69号

新城县书刊商标印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

•

1988年12月第 一 版 开本850×1168 1/32

1988年12月第一次印刷 印张 6 7/8

印数5000 字数184千字

ISBN 7-80010-494-0/X·271

定价: 2.50元

# 前 言

十一届三中全会以来，在我国社会主义建设中讲求经济效益提到了极为重要的位置，环境决策中的费用效益分析也随之日益被人们所重视。第二次全国环境保护大会提出，环境保护必须与经济发展相协调，以实现经济效益、环境效益和社会效益的统一。环境费用效益分析正是使环境和经济在一个统一的评价基础上进行比较和协调的重要方法，所以费用效益分析是环境对策研究的重要内容。

近几年来，由于环境决策的需要，在我国，环境费用效益分析的应用发展较快，并有人写了不少较好的文章。但是，由于环境费用效益的研究工作还比较薄弱，在理论和方法上仍存在一些问题没有得到很好的解决，在实际应用中又缺乏实际调查资料和科学实验基础，因而所发表的部分文章中，有些主观估计的成分过大，有些在概念和方法上存在一些问题，很值得我国环境经济界开展进一步的研究。在全国各省、市、自治区“公元2000年环境预测和对策研究”中，我们组织了费用效益分析的研究，得到了一次较广泛的实践机会，取得了一些进展。本书试就环境费用效益分析的理论和方法进行了初步的论述，并收集了一些实例研究。

在环境费用效益分析中，环境资源往往是没有市场价格的，因而计算环境资源的价值或环境问题带来的经济损失是环境费用效益分析的关键，所以在收集的论文中，有的对一个环境决策项目进行了较完整的费用效益分析，有的仅对环境污染或生态破坏造成的经济损失和环境资源的价值进行了分析和评价。实例研究涉及到多方面、多层次的环境问题。从地域上讲有全国的，有地

区的；从环境要素上讲有水、气、固体废弃物等等；从受纳体的影响来讲有工业、农业、牧业、林业及人体健康等，内容比较广泛。

我们期望本书的出版对我国环境费用效益分析理论和方法的研究和应用起到抛砖引玉的促进作用，对我国环境保护决策和环境经济学的发展作出自己的贡献。然而，环境费用效益分析在我国毕竟是一门新兴学科，本书内容一定有许多不足和不妥之处，欢迎读者批评指正。

# 《环境费用效益分析方法及实例》

编辑委员会

**主 编：**刘鸿亮

**编 委**（按姓氏笔划为序）：

刘鸿亮 过孝民 周富祥

张兰生 张慧勤 夏康群

# 目 录

## 基础理论

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 环境费用效益分析方法的研究..... | ( 1 )  |
| 环境决策的费用效益分析概论..... | ( 26 ) |

## 国内研究实例

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| 吉林省森林生态环境决策的费用效益分析.....           | ( 57 )  |
| 贵州区域自然环境资源破坏状况及经济损失.....          | ( 67 )  |
| 我国大气污染对农业环境的影响和农业经济损失的估算<br>..... | ( 76 )  |
| 空气污染对健康损害的宏观经济分析.....             | ( 87 )  |
| 包头地区大气氟污染治理的费用效益分析.....           | ( 99 )  |
| 深圳河黑臭对舒适性影响经济评价初探.....            | ( 109 ) |
| 污水灌溉的费用效益分析.....                  | ( 117 ) |
| 沈抚污灌区费用效益分析初探.....                | ( 136 ) |
| 辽宁省工业固体废物污染及综合利用费用效益分析初探<br>..... | ( 153 ) |
| 关于国内部分废水处理费用函数的探讨.....            | ( 165 ) |

## 国外研究动态

|                                              |         |
|----------------------------------------------|---------|
| 联合国经济合作发展组织对1977—1980年硫氧化物控制<br>的费用效益研究..... | ( 182 ) |
| 削减铅的社会效益.....                                | ( 196 ) |
| 从OECD的“环境与经济”国际会议看环境政策的动向<br>.....           | ( 197 ) |

# 基 础 理 论

## 环境费用效益分析方法的研究

近年来人们逐渐认识到，环境与经济密切相关，互相依赖又互相制约，构成一个大系统，系统中的各个部分都必须互相协调地发展，否则这个系统就不能高效率地运行。第二次全国环境保护大会提出的“经济建设、城乡建设、环境建设要同步规划、同步设计、同步实施，实现经济效益、社会效益和环境效益统一”的方针，体现了经济与环境协调发展的原则。过去人们只是在经济范畴内进行经济分析，以求得转高的经济效益，而对环境污染带来的损失考虑甚少。例如，一个工厂总是千方百计地使它的利润最高，而将不值得加工的废弃物不加任何处理地排入环境，造成环境污染。以外界环境的污染为代价，求得本工厂的高效益。然而，环境污染将影响其它工厂的生产，造成其它工厂生产成本的增加，这就是所谓的外部不经济性。如果以整个社会作为一个大系统来考虑，这个外部不经济性就内部化了。以环境污染为代价，使某些工厂获得了生产的高效益，就全社会而言是否值得，很值得讨论。因此，必须从环境-经济大系统的角度来评价每个系统的效率，以求得大系统的最优。

经济系统的评价方法已经比较成熟，由于生产的产品都有各自的市场价格，有一个统一的货币单位，评价起来比较容易。环境资源往往是没有市场价格的公有资源，不能直接与经济价值进行比较。在经济系统中投资会带来明显的经济效益，把同样这些资金投入环境系统中得到的产出往往是环境质量的改善。为了

权衡环境质量的改善与需要的投资，两者必须要有一个统一的计量单位。为此，需要象计算投资或经济效益一样，以币值的形式来计量环境效益。评价环境效益的方法很多。其中费用效益分析是一种主要的方法，现就环境费用效益分析的某些概念、理论、方法和计算中容易出现的问题进行初步的探讨。

## 一、环境费用效益分析的几个基本概念

### （一）环境效益

众所周知，环境是一种资源，空气、水、土地等自然环境为人类提供了必要的生存条件，同时也为人类提供了具有经济效益的生产资料和消费资料，如：水、土地、森林和自然环境对污染物的承载能力给人们提供了生产资料；美丽的海滨、优美的景观给人们提供了消费资料，使人们得到了舒适的享受。环境的这些功能给人们带来的效益称为环境效益。

环境资源具有显著的使用价值，但往往是没有价格的。对于它的使用价值，人们早已有认识，但是，过去人们认为它是取之不尽用之不竭的。由于环境问题的出现，使人们改变了这一看法，清醒地认识到了人类只有一个地球，环境资源是稀缺的。环境被污染和破坏以后，为了改善或恢复它，人类必须投入资金对它进行整治；为了补偿已经损害了的环境功能，人们有时要花费更多投资建立人工系统代替它的功能，否则人类的生产活动和生活就无法正常地进行。环境质量的改善和保护凝结了大量的社会劳动，根据马克思的劳动价值论，环境资源不仅有使用价值，也有价值。

### （二）环境破坏和污染引起的经济损失

人类活动有时破坏或污染了环境，使环境的某些功能退化，给社会带来危害，造成了经济损失，这就是环境破坏或污染的经济损失。

环境破坏或污染引起的经济损失可分为直接经济损失和间接经济损失两类。直接经济损失是直接造成产品的减产、损坏或质量下降所引起的经济损失，它是可以直接用市场价格来计量的。例如：人类活动使大气中 $\text{SO}_2$ 超过一定浓度，使农作物产量减少，金属设备和建筑物遭到腐蚀等造成的经济损失就是直接损失。间接损失是由于环境资源功能的损害而影响其它生产和消费系统而造成的经济损失。例如：固体废弃物堆放，由于雨水淋溶引起地下水污染而间接造成水源污染，工业用水处理费用的增加；又如：森林过伐引起森林退化，除直接影响林产品生产率的降低外，还影响了森林的涵养水分能力、固土能力、调节气候的功能等等，而引起经济损失。间接损失往往没有市场价格可循，必须寻求它的机会成本、影子价格或影子工程费用，间接地加以计算。

谈到污染引起的经济损失，人们往往想到排放废物中的物料流失，其实这些物料流失从概念上讲并不是污染引起的经济损失。首先，这些都不是污染引起的，污染指的是人类的生产活动和生活中排放到环境的废弃物，在环境中扩散、迁移、转化，使环境质量超过了相应的标准。这就是讲，污染是废弃物排放引起的不良后果，而不是引起废弃物排放的原因。从另外一个角度来看，当废弃物排放量小于环境对废弃物的承载能力时，即使排放了废弃物，环境也不会被污染。所以把废弃物中的物料流失做为污染的经济损失，在逻辑上是不正确的。其次，我们谈到经济损失都是对一定的技术经济水平而言的，所谓废弃物也是如此。在技术经济水平一定的情况下，人们对物料的加工深度是有限的，一个工厂往往不能将原材料百分之百地完全利用，对原材料的加工或提取总是进行到对该工厂最有利为止；若再进一步加工，则得不偿失，而将加工后的剩余原材料或副产品作为废弃物排放到环境中。这种排放，就工厂而言，并不是经济损失，而正是从经济的角度考虑的。随着技术经济水平的提高，原来被认为是废弃

物的物料变成了有用的资源，所以废弃物本身是相对的，而不是绝对的。但是废弃物的排放超过环境的承载能力以后，使环境遭受污染，对其它工厂、农业、建筑物、人体健康等造成危害，导致经济损失，这就产生了污染引起的经济损失。

这里需要特别强调一下，在上面谈到的情况中，当然不排除那些在目前技术经济水平完全可以回收或利用而没有回收利用的物料流失。当前，我国工业中这种情况是十分严重的，应予以充分重视。这些物料流失是工厂的经济损失，但不是污染引起的，而是引起污染的原因。正因为如此，从生产的角度减少这种物料流失既有显著的经济效益，又有较好的环境效益。大量的事实也证明了这一点。近几年来，国内外对发展无废技术、清洁工艺和废物综合利用的技术十分重视，因为污染的根源是资源、能源利用得不充分，所以这是一个十分重要的、具有战略意义的问题。

### （三）环境保护措施的效益和费用

人类为了改善和恢复环境的功能或防止环境恶化采取了各种措施，减少环境破坏和污染引起的经济损失，给人类带来了效益。这个效益称为环境保护措施的效益。这是环境决策费用效益分析的主要分析对象，它包括环境改善带来的效益和直接经济效益。环境保护的直接经济效益主要是物料流失的减少，资源、能源利用率的提高，废物综合利用，废物资源化等的效益。环境改善带来的效益是环境污染或破坏造成经济损失的减少。

环境保护设施，公共事业投资以及这些设施的运转费就是费用效益分析中的费用。这里应引起注意的是，费用往往包括由于环境保护设施运行带来的新的污染损失，这也可算作环境保护设施的负效益。例如，洗煤设施减少了由于燃煤中含硫和灰分过高引起大气污染带来的经济损失，然而洗煤水又可能污染水体，在这种情况下，费用效益分析不可忽略了新的污染损失。

### （四）社会贴现率

费用效益分析所研究的问题，往往需要跨越较长的时间，任

何环境保护项目或政策的费用和得到的效益都与建设周期、工程项目的使用寿命以及政策执行的时间长短有关，同时费用与效益的发生时间也不尽相同，因此在费用效益分析中，必须考虑时间因素。通常在现在可以得到效益和20年后得到同样多的效益两者之间选择，人们希望选择前者。为了便于比较不同时期的费用和效益，人们对未来的费用和效益打一个折扣。在经济计算中，用贴现率作为折扣的量度，考虑了一定贴现率的未来的费用或效益称为费用或效益的现值。把不同时间（年）的费用或效益化为同一年的现值。使整个时期的费用或效益具有可比性。计算公式如下：

$$PVC = \sum_{i=0}^t \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

$$PVB = \sum_{i=0}^t \frac{B_i}{(1+r)^i} \quad (2)$$

式中：PVC——总费用的现值；

PVB——总效益的现值；

$C_i$ ——第*t*年的费用；

$B_i$ ——第*t*年的效益；

$r$ ——贴现率；

$t$ ——时间（通常以年为单位）。

在每年发生等量的费用或效益的情况下，以上公式可以简化为下式：

$$PVC = C_i \frac{(1+r)^{t+1} - 1}{r(1+r)^t} \quad (3)$$

$$PVB = B_i \frac{(1+r)^{t+1} - 1}{r(1+r)^t} \quad (4)$$

贴现率的确定受很多因素影响，通常认为银行储蓄的利息率可以作为确定贴现率的一个依据，例如我国目前银行储蓄的利息率为8—9%。另外贴现率是政府指导投资的一种工具，对投资的

优先次序有较大的影响，高贴现率有利于近期获得效益的项目，而低贴现率鼓励人们选择有较长时期效益的项目。这一点与我国目前建设银行贷款的利息率有些相似，不同行业的项目国家贷款的利息率不同，一般对国家短线产品和公益性的项目规定较低的利息率，而国家长线产品或耗费短缺资源和能源较多的项目规定较高的利息率。1984年建设银行规定“拨改贷”的利息率：电子、纺织、轻工、石油化工、原油加工项目为4.2%；钢铁、有色、机械、汽车、化工、森林、电力、石油开采、铁道、交通、民航项目为3.6%；农业、林业、农垦、水利、畜牧、水产、气象、国防工业、煤炭、建材、邮电、粮食和节能措施项目为2.4%；长线产品建设项目，在能源紧张地区建设能耗高的项目为12%；其他项目为3%。显然“拨改贷”的利息率是比较低的，这是因为我国的历史条件造成的，过去基本建设是无息拨款，目前“拨改贷”利息率不宜一下子定得太高，三废治理工程的贷款仍是无息的。相比之下，工商银行的贷款利息率就高一些，为6—7%。环保事业是一项公益性的，关系到我们子孙万代的大事，应该比一般工程项目的贴现率低一些，因此在环境费用效益分析中，我们暂选择贴现率为5%；在计算土地资源的效益时，考虑到我国土地资源短缺，仍用农业项目“拨改贷”的利息率2.4%为贴现率。

根据贴现的概念，较长远的未来效益的现值就比较小，例如，100年后的100元的现值在贴现率为5%时，仅为0.76元，所以在考虑有长远效益的项目时，随着时间的推移，未来年代效益的现值逐渐少，而对累计效益的现值贡献也越来越小，使累计效益的现值趋近于一个极限值。例如，每亩农田每年产生50.4元的效益( $B_t$ )，贴现率( $r$ )为2.4%时，其累计效益的现值为：

$$PVB = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{(1+r)^{t+1} - 1}{r(1+r)^t} B_t$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1+r}{r} B_t \\
 &= \frac{1+0.024}{0.024} \times 50.4 \\
 &= 2150.4 \text{ (元)}
 \end{aligned}$$

## 二、环境费用效益分析的步骤

环境决策费用效益分析的一般步骤见图1。

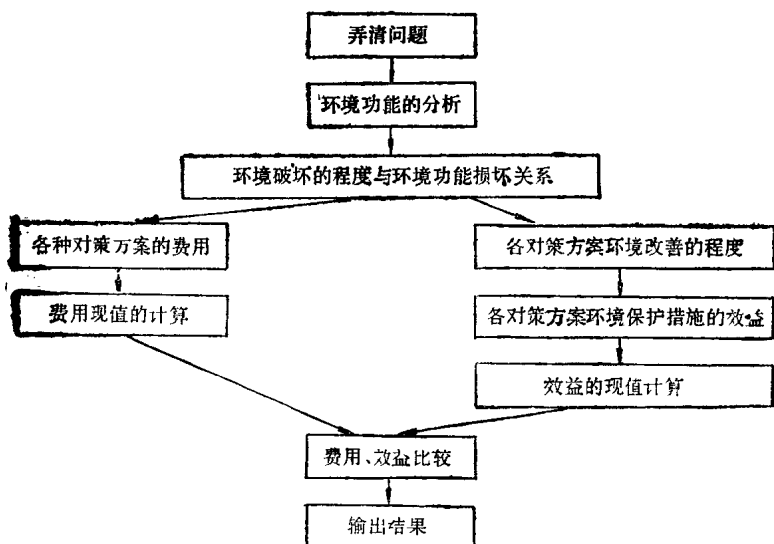


图 费用效益分析结构

### (一) 弄清问题

费用效益分析的任务是评价解决某一环境问题各方案的费用和效益，然后通过比较，从中选出净效益最大的方案提供决策。因此，在费用效益分析中，首先必须弄清楚费用效益分析的对象，分析问题的内容和所涉及的地域范围以及弄清楚为解决这一

环境问题的各方案和对策方案跨越的时间范围。有的环境问题涉及的环境因子比较单一，例如废水排放污染河流、湖泊。有的环境问题涉及的环境因子比较多，例如固体废弃物的排放可能引起占用土地、污染大气、污染水体、（地下水、河流、湖泊），影响景观等，都要一一列出，以便进一步分析。

## （二）环境功能的分析

环境问题带来的经济损失，是由于环境资源的功能遭到了破坏，反过来影响经济活动、人体健康。环境资源的功能是多方面的，环境问题带来的经济损失也是多方面的。因此要计算环境问题带来的经济损失，要弄清楚被研究对象的功能是什么。例如，森林的功能有提供木材、林产品、固结土壤、涵养水份，调节气候、保护动植物资源等等；河流的功能有为工农业、人民生活提供水源、发展渔业、航运、观赏、娱乐、防洪等。要对这些功能进行定量的评价。例如，森林的涵水能力，据云南省测定为 $6000\text{m}^3/\text{ha}$ ，河北省测定为 $4078\text{m}^3/\text{ha}$ ；据全国统计，草原的载畜能力，正常草原为0.07头羊/亩。通常这种环境功能是因地而异的，需要实地测定或调查。

（三）确定环境破坏的程度与环境功能损害的关系，即剂量-反应关系。

环境被破坏或污染了，环境功能就受到了损害，两者之间的定量关系是进行费用效益分析的关键。通常可以用科学实验或统计对比调查（与未被污染的地方或本地污染前进行比较）而求得。例如，据统计对比调查，退化草原的载畜能力由正常草原的0.07头羊/亩降到0.022头羊/亩；据国外大量研究资料表明，大气中 $\text{SO}_2$ 浓度大于 $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ 使农作物减产。据江苏省的资料表明，大气中 $\text{SO}_2$ 浓度在 $0.06—0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 使农作物减产4—5%，我国关于剂量-反应关系还没有比较完整的资料。目前已经开始研究，还远远不能满足决策分析的要求。所以应该大力开展研究工作，否则费用效益分析缺乏必要的科学依据。

#### (四) 弄清各种对策方案改善环境的程度

对策方案改善环境功能的效益取决于对策方案改善环境的程度，例如某方案可以使原来污染了的大气质量改善， $\text{SO}_2$ 的浓度从 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，而另一方案仅可从 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 降至 $150\text{mg}/\text{m}^3$ ，当然前者的效果好于后者。显然这是方案对比的一个重要依据。

#### (五) 计算各个对策方案的环境保护效益

根据方案可以改善环境的程度和由此将使环境功能改善多少，即受纳体的反应来计算各种方案环境改善的效益。除此之外，还要计算各种方案可以获得的直接经济效益，如：综合利用、各种资源回收的效益等等

#### (六) 计算各种对策方案的费用

对策方案的费用包括投资和运转费用。

#### (七) 费用与效益现值的计算

按费用和效益形成的时间，计算其现值。计算公式见(1)(2)(3)(4)式。

#### (八) 费用与效益的比较

费用与效益的比较通常用以下二种方法：

##### 1. 净现值法

一项环境对策的实施需要费用，实施后带来效益，用净效益的现值来评价该项环境对策的经济效益，计算公式如下：

$$PVNB = PVDB + PVEB - PVC - PVEC \quad (5)$$

式中：PVNB——环境保护设施净效益的现值；

PVDB——环境保护设施直接经济效益的现值；

PVEB——环境保护设施使环境改善效益的现值；

PVC——环境保护设施费用的现值；

PVEC——环境保护设施带来新的污染损失的现值。

比较各方案的净效益现值，以其中净效益现值最大者为最优方案。

## 2. 效费比法

求出各种方案的效益现值与费用现值之比 (记作  $\delta$ )，其比值  $\delta$  最大者为最优方案，计算公式如下：

$$\delta = \frac{PVDB + PVEB}{PVC + PEC} \quad (6)$$

净现值法描述的是该方案可以获得的净效益现值的大小。而效费比法描述的是获得效益现值为花费费用现值的倍数。当  $PVNB > 0$  时， $\delta > 1$ ； $PVNB = 0$  时， $\delta = 1$ ； $PVNB < 0$  时， $\delta < 1$ 。

## 三、环境费用效益分析的常用方法

环境保护设施的直接经济效益和费用计算与一般技术经济计算相同，在这里不再赘述。环境费用效益分析的主要问题在于如何计算环境改善带来的效益，下面介绍几种常用的计算方法。

### (一) 市场价值法 (即生产率法)

这种方法把环境看成是生产要素，环境质量的变化导致生产率和生产成本的变化，从而导致产值和利润的变化，而产品的价值和利润是可以由市场价格来计量的。市场价值法就是利用因环境质量变化引起的产值和利润的变化来计量环境质量变化的经济效益或经济损失。例如灌溉水水质变化的经济效益或损失是通过被灌溉农田产值的变化来计量的；大气污染程度变化引起的农业经济效益或损失是通过暴露该污染区农田产值变化来计量的。现以大气  $SO_2$  浓度变化为例简单加以说明。

某地大气环境中  $SO_2$  浓度超过  $SO_2$  对农作物影响的阈值  $0.06\text{mg}/\text{m}^3$ ，引起农作物减产。设此农作物亩产  $q$  为  $300\text{kg}$ ，污染程度属于轻度污染，使农作物减产百分数  $\alpha$  为  $5\%$ ，污染农田面积  $S$  为  $2000$  亩，该农作物价格  $p$  为  $0.28\text{元}/\text{kg}$ ，则大气  $SO_2$  超标引起农作物损失  $L$  为：