

引用格式: 吴琼, 马国霞, 高阳, 等. 自然资源资产负债表编制中的环境成本核算及实证研究——以湖州市为例[J]. 资源科学, 2018, 40(5): 936-945. [Wu Q, Ma G X, Gao Y, et al. The environmental cost accounting framework for natural resources asset compilation in Huzhou City[J]. *Resources Science*, 2018, 40(5): 936-945.] DOI :10.18402/resci.2018.05.07

# 自然资源资产负债表编制中的环境成本核算 及实证研究 ——以湖州市为例

吴琼<sup>1</sup>, 马国霞<sup>1</sup>, 高阳<sup>2</sup>, 潘韬<sup>3</sup>

(1. 环境保护部环境规划院生态环境与经济核算研究中心, 北京 100012;

2. 中国农业大学, 北京 100083; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 自然资源资产负债表应该包括人类在社会经济活动过程中对自然资源造成的不合理损耗以及对生态环境产生的负外部性两个方面。本文借鉴国际SEEA核算体系相关经验, 结合中国国民经济核算体系, 利用环境成本核算对自然资源资产不合理利用的环境负债进行核算。以浙江省湖州市为例, 选用虚拟治理成本法对该市2010—2015年间环境治理成本、污染扣减指数和自然资源资产不合理利用的环境负债进行核算。研究发现, 2010—2015年间, 湖州市污染治理实际投入大于治理欠账; 湖州市污染扣减指数呈下降趋势; 自然资源资产不合理利用的环境负债为45.67亿元。本文研究成果可为湖州地区资源环境与经济发展决策提供科学基础, 同时为自然资源资产负债表编制中的环境负债核算及相关研究提供参考。

**关键词:** 环境成本; 负债表; 污染扣减指数; 湖州市

DOI :10.18402/resci.2018.05.07

## 1 引言

“十八大”以来, 党中央国务院多次强调要建立系统完整的生态文明制度体系, 对领导干部实行自然资源资产离任审计, 建立生态环境损害责任终身追究制。十八届三中全会提出“探索编制自然资源资产负债表, 对领导干部实行自然资源资产离任审计”; 中共中央、国务院出台的《关于加快推进生态文明建设的意见》明确提出“对领导干部实行自然资源资产和环境责任离任审计”<sup>[1]</sup>。自然资源资产负债表是领导干部生态环境绩效评估考核、领导干部自然资源资产离任审计、资源有偿使用和生态补偿、绿色国民经济核算体系等一系列制度的基础和依据<sup>[2,3]</sup>。编制自然资源资产负债表, 就是全面记录

当期各经济主体对自然资源资产的占有、使用、消耗、恢复和增值活动, 评估当期自然资源资产实物量 and 价值量的变化情况<sup>[4]</sup>。

目前, 国内外就如何开展领导干部自然资源资产离任审计尚无成熟的制度可供借鉴<sup>[5,6]</sup>; 有关自然资源资产负债表的编制方法、框架体系、应用模式等技术研究尚不完善<sup>[7-10]</sup>。自然资源资产负债表是采用国家资产负债表的编制方法与技术, 是生态责任主体对所拥有的自然资源资产和所承担的生态环境负债的“快照”<sup>[11]</sup>。自然资源资产负债应该包括人类在社会经济活动过程中对自然资源造成的不合理损耗以及对生态环境产生的负外部性两个方面<sup>[1]</sup>。因此, 环境成本核算是自然资源资产负债表

收稿日期: 2018-03-20; 修订日期: 2018-05-05

基金项目: 国家重点研发计划重点专项(2016YFC0208800); 自然资源资产负债表原型研究与应用(KFJ-EW-STS-001); 中国清洁发展机制基金项目(2014078)。

作者简介: 吴琼, 女, 江西吉安人, 硕士, 助理研究员, 从事环境经济等相关研究。E-mail: wu.qiong@caep.org.cn

通讯作者: 马国霞, E-mail: magx@caep.org.cn

2018年5月

编制中的核心内容之一。国内外众多研究机构和学者就环境成本核算和自然资源负债表编制,从实物量到价值量,从存量到流量,从自然资源资产到环境容量资产进行了系统探索<sup>[12-15]</sup>。自然资源资产价值既包括矿产、森林、土地、水、生物等实体资产的价值,也包括这些资产因为资产本身能提供的生态服务或环境功能(如净化空气、净化水质)而具有的“潜在”价值。以污染物排放为核心的环境经济综合核算体系(System of Integrated Environmental and Economic Accounting, SEEA)经多次修改完善<sup>[15]</sup>,已成为多国矿产和能源、土地、土壤、木材、水和其他生物资源等环境资产核算的重要参考<sup>[12,16-18]</sup>,也为环境成本核算提供了基本的核算框架。

环境成本是体现自然资源资产不合理利用的环境负债部分,通过量化自然资源的环境成本以有效避免自然资源开发利用过程中的不合理损耗,明确环境账;以此对领导干部开展自然资源资产离任审计考核和环境损害责任终身追责<sup>[1]</sup>。中国自然资源资产负债表编制处在试编阶段,自然资源资产负债表原型设计、自然资源资产价值化核算是目前关注的焦点,而对自然资源资产不合理利用的环境负债研究不足。本文从环境成本核算的角度出发,借鉴联合国环境经济核算框架体系、结合中国国民经济核算体系和环境质量相关信息,以虚拟治理成本为核心对自然资源资产的环境负债进行相关探索;以浙江省湖州市为例,研究该市2010—2015年期间,自然资源资产的环境负债情况,并对方法的适用性和结果进行了探讨。本研究成果可为自然资源资产负债表编制和领导干部自然资源资产离任审计等相关工作提供参考。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 核算内容

#### 2.1.1 核算思路

环境成本是自然资源资产不合理利用的环境负债,某一段时间自然资源资产的环境负债是这一时间段中每年环境成本的合计。环境成本包括实物量和价值量两方面计量属性<sup>[19,20]</sup>。环境成本核算有虚拟治理成本法和环境退化成本法两种选择。虚拟治理成本法是指在现有污染平均处理技术成本下,把当年排放到环境中没有治理的污染物全部

治理所需成本;环境退化成本是指在目前的治理水平下,生产和消费过程中所排放的污染物对环境功能造成的实际损害。湖州市生态环境较好、环境容量较大,生产和消费过程中所排放的污染物对环境功能、人体健康、作物产量等造成的损害评价存在一定难度,不适用基于损害评价的环境退化成本法核算环境成本。而基于虚拟治理成本的核算从污染治理的角度出发,计算假设所有污染物都得到治理的情况下,不会发生环境退化的环境价值量,核算过程相对简洁、容易操作,更适宜湖州市环境资产核算。环境成本核算整体遵循先实物量后价值量的核算思路,以环境统计年报中的实物量数据为核心,选择相应方法计算不同来源、不同类别污染物的产生量和排放量,以单位污染物治理成本分别乘以削减量、排放量,计算实际治理成本、虚拟治理成本。

#### 2.1.2 核算框架

环境成本核算框架主要包括水污染治理成本、大气污染治理成本和固体废物污染治理成本三部分内容(图1)。水污染治理成本核算的是农业面源畜禽养殖废水、工业废水和生活污水的治理成本,大气污染治理成本核算的是工业废气和生活废气治理成本,固体废物污染治理成本核算的是一般工业固体废物和生活垃圾治理成本。环境成本核算包括实际治理成本和虚拟治理成本两部分内容。实际治理成本是指为环境污染治理实际发生的费用,核算的是包括畜禽养殖、工业和集中式污染治理设施实际运行发生的成本,也即污染治理的“实际投入”。环境污染虚拟治理成本核算的是把排放到环境中,没有治理的污染物进行治理的全部费用,即“治理欠账”。

基于环境成本的环境负债核算包括绝对量和相对量两类指标,选择虚拟治理成本作为绝对量指标分环境介质进行虚拟治理成本核算,以污染扣减指数为相对量指标对分行业的污染扣减指数分别进行核算。地区污染扣减指数指地区虚拟治理成本占当年地区生产总值的百分比;行业污染扣减指数指行业虚拟治理成本占当年行业合计生产总值的百分比。以湖州市2010年作为期初时间,2015年作为期末时间,得到基于环境成本的湖州市环境负

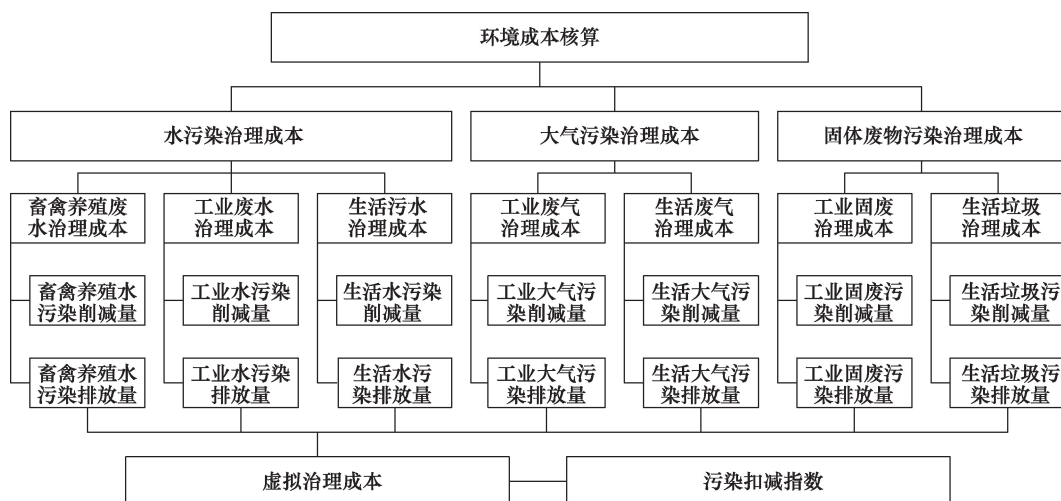


图1 环境成本核算框架

Figure 1 Environmental cost accounting framework

核算结果。

## 2.2 核算方法

### 2.2.1 水污染治理成本核算

(1) 农业面源畜禽养殖废水治理成本核算。

① 规模化畜禽养殖污染排放量和去除量：

$$QEC_j = \sum [S_i \times RSS_i \times E_{ij} \times (1 - R_i) \times L_j] \quad (1)$$

$$QEW_j = \sum (S_i \times RSS_i \times E_{ij} \times R_i \times L_j) \quad (2)$$

$$QTC_j = \sum [S_i \times RSS_i \times E_{ij} \times RTC_{ij} \times (1 - R_i)] \quad (3)$$

$$QTW_j = \sum [S_i \times RSS_i \times E_{ij} \times RW_i \times RTW_{ij} \times R_i] \quad (4)$$

式中  $i$  为规模化畜禽养殖种类, 共 5 类, 包括生猪、肉牛、奶牛、肉鸡和蛋鸡;  $j$  为污染物种类, 共 2 种, 包括化学需氧量和氨氮;  $QEC_j$  为规模化畜禽养殖干法处理工艺的  $j$  种污染物排放量;  $S_i$  为  $i$  种畜禽养殖总量;  $RSS_i$  为  $i$  种畜禽规模化养殖比例;  $E_{ij}$  为  $i$  种畜禽第  $j$  种污染物的排泄系数;  $R_i$  为  $i$  种畜禽规模化养殖湿法处理工艺比例;  $L_j$  为第  $j$  种污染物流失系数;  $QEW_j$  规模化畜禽养殖湿法处理工艺的  $j$  种污染物排放量;  $QTC_j$  为规模化畜禽养殖干法处理工艺的  $j$  种污染物去除量;  $RTC_{ij}$  为  $i$  种畜禽规模化养殖干法处理工艺的  $j$  种污染物的去除率;  $QTW_j$  为规模化畜禽养殖湿法处理工艺的  $j$  种污染物去除量;  $RW_i$  为  $i$  种畜禽规模化养殖湿法处理工艺的废水处理比例;  $RTW_{ij}$  为  $i$  种畜禽规模化养殖湿法处理工艺的第  $j$  种污染物的去除率。

② 规模化畜禽养殖水污染实际治理成本。规

模化畜禽养殖水污染实际治理成本由干法治理成本和湿法治理成本两部分构成：

$$VPT = \sum (PC_j \times QTC_j + PW_j \times QTW_j) \quad (5)$$

式中  $VPT$  为畜禽废水实际治理成本;  $PC_j$  为第  $j$  种污染物干法处理工艺单位治理成本;  $PW_j$  为第  $j$  种污染物湿法处理工艺单位治理成本。

③ 规模化畜禽养殖水污染虚拟治理成本：

$$VPE = \sum (PC_j \times QEC_j + PW_j \times QEW_j) \quad (6)$$

式中  $VPE$  为畜禽废水虚拟治理成本。

(2) 工业废水治理成本核算。使用环境统计年报废水治理设施运行费用作为工业废水实际治理成本。工业废水的虚拟治理成本计算公式如下：

$$VIE = \sum (PI_i \times QIE_i) \quad (7)$$

式中  $i$  为污染物种类, 共 5 种, 包括重金属、氰化物、化学需氧量、石油类和氨氮;  $VIE$  为工业废水的虚拟治理成本;  $PI_i$  为工业废水第  $i$  种污染物的单位治理成本;  $QIE_i$  为工业废水第  $i$  种污染物的排放量。

(3) 生活污水治理成本核算。使用环境统计年报生活污水治理设施运行费用作为生活污水实际治理成本。生活污水虚拟治理成本计算公式如下：

$$VLE = \sum (PL_i \times QLE_i) \quad (8)$$

式中  $i$  为污染物种类, 共 5 种, 包括重金属、氰化物、化学需氧量、石油类和氨氮;  $VLE$  为城镇生活虚拟治理成本;  $PL_i$  为城镇生活污水第  $i$  种污染物的单位治理成本;  $QLE_i$  为城镇生活第  $i$  种污染物排放量。



2018年5月

### 2.2.2 大气污染治理成本核算

(1)工业废气治理成本核算。使用环境统计年报废气治理设施运行费用作为工业废气实际治理成本。工业废气虚拟治理成本计算公式如下:

$$VAE=\sum(PA_i \times QAE_i) \quad (9)$$

式中*i*为污染物种类,共4种,包括二氧化硫、烟尘、粉尘和氮氧化物;*VAE*为工业废气虚拟治理成本;*PA<sub>i</sub>*为工业废气第*i*种污染物的单位治理成本;*QAE<sub>i</sub>*为工业废气第*i*种污染物的排放量。

(2)生活废气治理成本核算。生活废气的治理成本由燃气和集中供热两部分成本组成:

$$VLT=\sum(QG_n \times PG_n) + Q_a \times P_a \quad (10)$$

$$VLE=PU \times (1-R_a) \times R_g \times Q_p \times P_g + (H_a - Q_a) \times P_a \quad (11)$$

式中*n*为燃气种类,共3种,包括天然气、煤气和液化石油气;*VLT*为生活废气实际治理成本;*QG<sub>n</sub>*为第*n*种燃气使用量;*PG<sub>n</sub>*为第*n*种燃气单位使用成本;*Q<sub>a</sub>*为集中供热面积;*P<sub>a</sub>*集中供热成本;*VLE*为生活废气虚拟治理成本;*PU*为城市人口;*R<sub>a</sub>*为城市气化率;*R<sub>g</sub>*为燃气比例;*Q<sub>p</sub>*为人均燃气使用量;*P<sub>g</sub>*为燃气使用成本;*H<sub>a</sub>*为年末实际住宅面积。

### 2.2.3 固体废物污染治理成本核算

(1)工业固废治理成本核算。使用环境统计年报固体废物治理设施运行费用作为工业固废实际治理成本。工业固废虚拟治理成本指对未达到无害化处理的固体废物在已经处理的基础上达到无害化处理所需要花费的治理费用,由贮存和排放废物如被处理所需要支出的两部分虚拟治理成本构成,因排放废物已经包括了贮存成本,需要在处理成本中进行扣减。

$$VWE=QW_e \times PW_t + QW_r \times (PW_t - PW_r) \quad (12)$$

式中*VWE*为工业固废虚拟治理成本;*QW<sub>e</sub>*为工业固废排放量;*PW<sub>t</sub>*为工业固废单位处置成本;*QW<sub>r</sub>*为工业固废贮存量;*PW<sub>r</sub>*为工业固废单位贮存成本。

(2)生活垃圾治理成本核算:

$$VWLT=QW_m \times PW_m + QW_s \times PW_s + QW_b \times PW_b + QW_u \times PW_u \quad (13)$$

$$VWLE=QW_s \times (PW_b - PW_s) + QW_{uo} \times (PW_m + PW_b) + QW_o \times PW_b \quad (14)$$

式中*VWLT*为生活垃圾实际治理成本;*QW<sub>m</sub>*为生活垃圾清运量;*PW<sub>m</sub>*为生活垃圾单位清运成本;*QW<sub>s</sub>*为

生活垃圾卫生填埋量;*PW<sub>s</sub>*为生活垃圾单位卫生填埋成本;*QW<sub>b</sub>*为生活垃圾无害化焚烧量;*PW<sub>b</sub>*为生活垃圾单位无害化焚烧成本;*QW<sub>u</sub>*为生活垃圾简易处理量;*PW<sub>u</sub>*为生活垃圾单位简易处理成本;*VWLE*为生活垃圾虚拟治理成本;*QW<sub>uo</sub>*为生活垃圾无序堆放量;*QW<sub>o</sub>*为生活垃圾有序堆放量。

### 2.2.4 污染扣减指数核算

地区污染扣减指数指虚拟治理成本占当年地区生产总值的百分比:

$$\text{地区污染扣减指数} = \frac{\text{地区合计虚拟治理成本}}{\text{当年地区生产总值} \times 100\%} \quad (15)$$

行业污染扣减指数指虚拟治理成本占当年行业合计生产总值的百分比:

$$\text{行业污染扣减指数} = \frac{\text{行业合计虚拟治理成本}}{\text{当年行业合计生产总值} \times 100\%} \quad (16)$$

## 2.3 数据来源

湖州市环境统计数据库信息(2010—2015年)、湖州市统计年鉴(2011—2016年)<sup>[21-26]</sup>、中国城市和城乡建设统计年鉴(2010—2015年)<sup>[27-32]</sup>、各种问卷调查数据和《中国环境经济核算技术指南》<sup>[33]</sup>。

## 3 湖州市环境成本核算结果

### 3.1 湖州市环境污染治理成本

湖州市虽仍处于污染欠账阶段,但污染治理实际投入大于治理欠账,治理欠账呈下降趋势。2010年湖州市实际治理成本为14.19亿元,是当年虚拟治理成本8.56亿元的1.7倍;2015年实际治理成本为21.04亿元,是当年虚拟治理成本6.81亿元的3.1倍(图2)。2010—2015年间,湖州市每年实际治理成本都大于当年虚拟成本。2010—2012年间湖州市实际治理成本年均增速高达34.0%。2013年实际

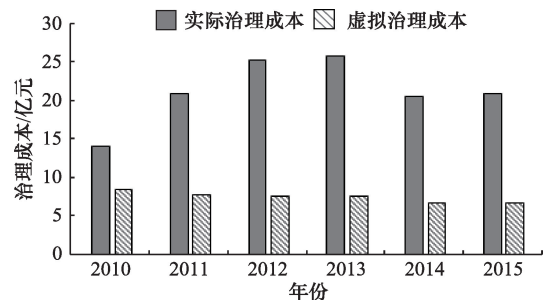


图2 2010—2015年湖州市环境污染治理成本

Figure 2 The environmental disposal cost from 2010 to 2015

治理成本达到峰值25.91亿元后有所回落,2014—2015年间实际治理成本维持在21.00亿元左右。2010—2015年,湖州市虚拟治理成本从8.56亿元下降到6.81亿元,呈逐年下降趋势。对比全国环境污染治理成本结果<sup>[34]</sup>,2015年超过2/3省份存在虚拟治理成本大于实际治理成本的现象,全国地级行政区平均虚拟治理成本为20.17亿元;而湖州市实际治理成本大于虚拟治理成本、虚拟治理成本仅为全国平均水平的1/3,湖州市环境污染实际投入大,污染治理欠账低于全国平均水平。

分介质来看,大气污染防治是湖州市污染治理实际投入的重点领域,污染治理欠账集中在水污染防治。2010—2015年间,湖州市大气污染实际治理成本从8.88亿元上升到18.94亿元后回落至13.48亿元;大气污染实际治理成本占当年污染实际治理总成本比例分别为62.6%、71.5%、74.3%、73.1%、68.8%和64.1%(表1),大气污染防治一直是湖州市环境保护投资的重点内容。2010—2015年间,湖州市水污染虚拟治理成本在4.61亿~5.86亿元范围内波动;水污染虚拟治理成本占当年污染虚拟治理总成本比例在67.3%~72.5%区间内变化,水污染防治欠账较多,下一步应重点加大水污染防治投入。

表1 2010—2015年湖州市水污染、大气污染和固体废物治理成本

Table 1 The water, atmospheric and solid waste disposal cost from 2010 to 2015 (亿元)

	实际治理成本			虚拟治理成本		
	水	气	固体废物	水	气	固体废物
2010年	3.42	8.88	1.89	5.86	2.66	0.05
2011年	3.11	15.08	2.91	5.20	2.62	0.03
2012年	3.79	18.92	2.76	5.27	2.47	0.07
2013年	4.16	18.94	2.81	5.64	2.13	0.01
2014年	4.46	14.24	2.01	4.61	2.14	0.11
2015年	5.00	13.48	2.56	4.74	2.00	0.07

在水污染治理成本方面,湖州市工业废水治理一直是水污染防治实际投入的重点领域,超过40%的污染治理欠账集中在工业废水污染治理中。2010—2015年间,湖州工业水污染实际治理成本在1.65亿~2.74亿元范围内波动,占全市水污染治理实际总成本的比例在49.5%~54.8%区间内变化(图3),湖州市水污染防治实际投入近一半资金主要用于

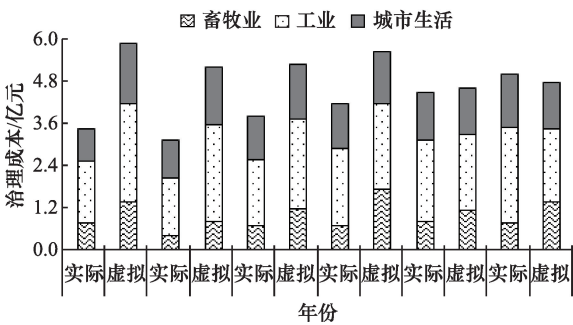


图3 2010—2015年不同行业水污染治理成本

Figure 3 The water environmental disposal cost of various economic sectors from 2010 to 2015

解决工业水污染问题。2010—2015年间,湖州市工业水污染虚拟治理成本从2.77亿元下降到2.09亿元,年均下降5.5%;工业水污染虚拟治理成本占全市水污染虚拟治理成本的比例在43.5%~52.8%范围内变化。尽管湖州市工业废水污染治理欠账呈下降趋势,仍需进一步加大工业水污染防治投入。

在大气污染治理成本方面,除2012年、2013年外,湖州市城市生活大气污染防治实际投入大于工业大气污染防治实际投入,大气污染治理欠账集中在工业大气污染防治。2010年、2011年、2014年和2015年,湖州城市生活大气污染实际治理成本分别为6.61亿元、12.81亿元、10.54亿元和7.64亿元,分别是当年工业大气污染实际治理成本的2.9倍、3.6倍、2.8倍和1.3倍(图4),说明生活源污染治理一直是湖州市大气污染治理实际投入的重点方向。与此同时,工业大气污染虚拟治理成本从2010年的2.65亿元下降到2015年的2.00亿元,年均减少5.5%。

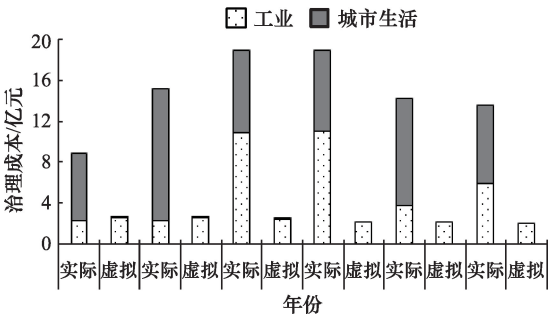


图4 2010—2015年不同行业大气污染治理成本

Figure 4 The atmospheric environmental disposal cost of various economic sectors from 2010 to 2015

2018年5月

在固体废物治理成本方面,湖州市工业固体废物实际投入略高于城市生活垃圾实际投入,治理欠账主体是工业固体废物污染防治。2010—2015年间,湖州工业固体废物实际治理成本占全市固体废物实际治理总成本的百分比在49.3%~60.9%范围内波动(图5)。而从治理欠账主体来看,2010—2015年间,湖州市固体废物虚拟治理成本100%来自于工业固体废物污染防治,说明工业固体废物污染防治是湖州市下一步固体废物污染防治的重点工作。

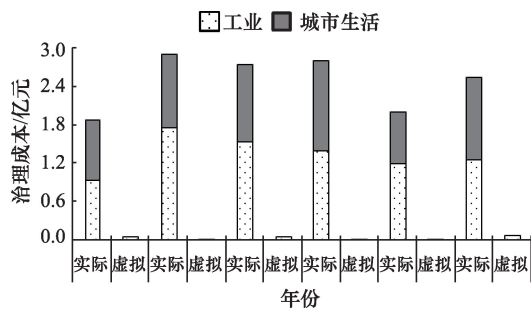


图5 2010—2015年不同行业固体废物治理成本

Figure 5 The solid waste disposal cost of various economic sectors from 2010 to 2015

3.2 湖州市污染扣减指数

2010—2015年间,湖州市污染扣减指数整体呈下降趋势。2015年,湖州市地区污染扣减指数为0.33%,比2010年地区污染扣减指数0.65%降低了0.32个百分点;2015年,湖州市行业污染扣减指数为0.34%,比2010年行业污染扣减指数0.72%降低了0.38个百分点(图6)。2015年,湖州市地区生产总值为2084.30亿元,较2010年地区生产总值增加了60.1%,年均增长率9.9%。2015年湖州市虚拟治理成本6.81亿元,较2010年虚拟治理成本减少了20.4%,年均降低4.5%。根据脱钩理论<sup>[35]</sup>,湖州市的

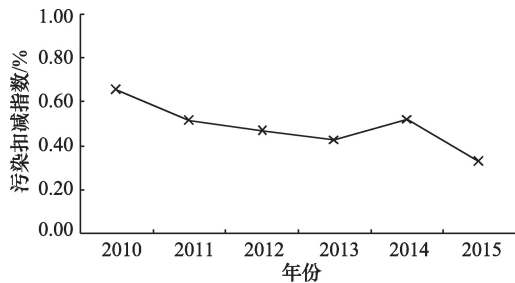


图6 2010—2015年区域污染扣减指数

Figure 6 The pollution abatement index from 2010 to 2015

经济发展与环境污染之间呈现显著的脱钩趋势。

分区域来看,湖州5个区县中,长兴县污染扣减指数最大。2010—2015年间,在湖州5区县中,长兴县污染扣减指数最高(表2)。从治理欠账核算来看,长兴县虚拟污染治理成本远高于其他4区县,占全市虚拟治理成本的百分比超过30%,而该县生产总值基本与全市5区县平均水平相当。长兴县污染治理欠账较大,需加大对其污染治理力度。

表2 2010—2015年区县污染扣减指数

Table 2 The pollution abatement index of various county from 2010 to 2015 (%)

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015
吴兴区	0.40	0.32	0.31	0.33	0.30	0.19
南浔区	0.65	0.43	0.45	0.44	0.50	0.39
德清县	0.52	0.53	0.49	0.48	0.51	0.26
长兴县	1.09	0.87	0.75	0.58	0.85	0.50
安吉县	0.66	0.43	0.34	0.31	0.51	0.34

分行业来看,畜牧业污染扣减指数远高于工业和城市生活。2010—2015年间,畜牧业污染扣减指数较工业污染扣减指数和城市生活扣减指数均高出1个数量级(表3),说明相对于工业和城市生活而言,农业污染治理欠账较多,亟需加大畜牧业污染防治资金投入。

表3 2010—2015年行业污染扣减指数

Table 3 The pollution abatement index of various economic sectors from 2010 to 2015 (%)

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015
畜牧业	10.49	6.06	7.22	3.69	8.36	10.90
工业	0.86	0.84	0.64	0.53	0.68	0.41
城市生活	0.36	0.35	0.24	0.21	0.28	0.14

3.3 湖州市环境负债

2010—2015年间,湖州市环境负债为45.67亿元。其中长兴县的环境负债最大,为15.87亿元,安吉县的环境负债最小,为5.90亿元(表4)。长兴县SO<sub>2</sub>排放量占到湖州市排放总量一半以上,大气环境质量相对较差是造成该县环境负债大的主要原因。安吉县环境负债低,一方面是其生态环境容量较大,先后获得“国家生态县”、“全国环境优美乡”等荣誉称号;另一方面各类污染物排放量较少、污染治理情况好于其他县。



表4 2010—2015年湖州市各区县基于成本的环境资产负债

Table 4 The environmental asset based on virtual environmental disposal cost of various county from 2010 to 2015 (亿元)

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	总负债
吴兴区	1.47	1.36	1.43	1.64	1.09	1.14	8.13
南浔区	1.50	1.13	1.28	1.34	1.16	1.31	7.73
德清县	1.26	1.47	1.49	1.59	1.22	1.02	8.04
长兴县	3.09	2.92	2.77	2.36	2.41	2.31	15.87
安吉县	1.25	0.96	0.85	0.83	0.98	1.02	5.90
湖州市	8.56	7.85	7.82	7.78	6.85	6.81	45.67

分环境介质来看,2010—2015年间,湖州市水污染环境负债最高,高达31.32亿元,占湖州市环境负债总量的68.6%。大气污染虚拟治理成本次之,负债总数14.01亿元,占湖州市负债总量的30.7%;固体废物污染虚拟治理成本最少,负债为0.34亿元,占湖州市负债总量的0.7%(表5)。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

环境成本核算是自然资源资产负债表理论研究和实际应用中的不可或缺的重要组成部分。研究环境成本核算的理论方法、探索其实际应用,对于推进自然资源资产负债表编制、加快实施自然资源资产离任审计具有科学价值和指导意义,符合国家加快生态文明体制改革、建设美丽中国的根本战略需求。以治理成本为核心的环境负债旨在全面摸清一个国家或地区的环境欠账“家底”,厘清以污染排放量等实物量为核心的污染治理成本价值量变化及其负债情况,为领导干部自然资源资产离任审计提供量化依据和决策参考。上述理论分析和实证研究表明:

(1)污染治理成本核算结果显示,2010—2015年间,湖州市污染治理实际投入大于治理欠账。按照分不同环境介质分析环境污染治理成本来看,大气污染治理实际投入远高于水污染和固体废物污

染治理投入,湖州市水污染防治欠账颇多、污染防治任重道远。

(2)污染扣减指数核算结果显示,2010—2015年间,湖州市污染扣减指数呈下降趋势。湖州市5个区县中,长兴县环境污染扣减指数高于其他各区县。分行业来看,畜牧业污染治理欠账较多,亟需加大资金投入和污染防治工作力度。

(3)环境负债核算结果显示,2010—2015年间,湖州市环境负债为45.67亿元。长兴县环境负债最大,安吉县最小。

### 4.2 讨论

目前中国自然资源资产负债表编制仍处于理论探索和研究起步阶段,在理论方法和实际应用上还存在较多问题,距离成型和规范化的自然资源资产负债表应用还有很长的路要走。自然资源资产的环境负债表作为自然资源资产负债表的组成部分之一,从理论到实际、从基础到运用都能够为系统、全面的自然资源资产负债表编制提供核心支撑。本文从环境成本核算角度出发,提出了基于虚拟治理成本和污染扣减指数的环境负债核算体系,为解决地方层面的环境负债核算、领导干部环境绩效评估、领导干部离任审计等的制定提供借鉴和案例参考。湖州市地方政府可以据此核算不同年间的环境负债情况,结合当地环境污染治理的实际投入,快速找到、找准治理欠账较多的关键环节,并结合生态环境空间统筹、区域环境管理目标等生态环境管理手段,构建生态环境绩效考核考评体系。未来环境负债表研究应重点关注制度化的框架体系和实践操作研究,建立不同地区、不同行业的污染治理成本标准化评价方法,做好与领导干部绩效考核、离任审计等相关制度的衔接,以期为国家政策层面的制度体系构建提供基础理论和决策依据。需要强调的是,中国农业面源污染已超过工业污染

表5 2010—2015年湖州市基于成本的环境资产负债

Table 5 The environmental asset based on virtual water, atmospheric and solid waste disposal cost from 2010 to 2015 (亿元)

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	总负债
水污染虚拟治理成本	5.86	5.20	5.28	5.64	4.60	4.74	31.32
大气污染虚拟治理成本	2.65	2.62	2.47	2.13	2.14	2.00	14.01
固体废物污染虚拟治理成本	0.05	0.03	0.07	0.01	0.11	0.07	0.34
虚拟治理总成本	8.56	7.85	7.82	7.78	6.85	6.81	45.67

2018年5月

源,成为最大的水污染源。因中国种植业面源污染基本没有治理,本文只计算了畜禽养殖导致的农业面源污染治理成本。湖州市农业面源污染欠账严重,畜牧业污染扣减指数居高不下,需引起高度重视。

**致谢:**感谢国家重点研发计划重点专项(2016YFC0208800)、自然资源资产负债表原型研究与应用(KFJ-EW-STS-001)、中国清洁发展机制基金项目“大气污染物防治行动计划对CO<sub>2</sub>排放的影响研究”(2014078)为本研究提供的资金支持。

### 参考文献(References):

- [1] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 自然资源资产负债表编制的若干基本问题[J]. 资源科学, 2017, 39(9): 1615–1627. [Feng Z M, Yang Y Z, Yan H M, et al. Issues regarding the compilation of the natural resource balance sheet[J]. *Resources Science*, 2017, 39(9): 1615–1627.]
- [2] 王姝娥, 程文琪. 自然资源资产负债表探讨[J]. 现代工业经济和信  
息化, 2014, 4(9): (15–17, 29). [Wang S E, Cheng W Q. The balance sheet for natural resource[J]. *Modern Industrial Economy and Informationization*, 2014, 4(9): (15–17, 29).]
- [3] 陈红蕊, 黄卫果. 编制自然资源资产负债表的意义及探索[J]. 环境与可持续发展, 2014, 39(1): 46–48. [Cheng H R, Huang W G. Implication and exploration on establishment of the balance sheet of natural resources[J]. *Environment and Sustainable Development*, 2014, 39(1): 46–48.]
- [4] 张友棠, 刘帅, 卢楠. 自然资源资产负债表创建研究[J]. 财会通讯, 2014(10): 6–9. [Zhang Y T, Liu S, Lu N. Study on establishing and compiling natural resources balance sheet[J]. *Communication of Finance and Accounting*, 2014, 10: 6–9.]
- [5] 蔡春, 毕铭悦. 关于自然资源资产离任审计的理论思考[J]. 审计研究, 2014, (5): 3–9. [Cai C, Bi M Y. Theoretical thinking about accountability audit of natural resource[J]. *Auditing Research*, 2014, (5): 3–9.]
- [6] 黄溶冰, 赵谦. 自然资源资产负债表编制与审计的探讨[J]. 审计研究, 2015, (1): 37–43, 83. [Huang R B, Zhao Q. Discussion of preparation and audit on natural resource balance sheet[J]. *Auditing Research*, 2015, (1): 37–43, 83.]
- [7] 蒋洪强, 王金南, 吴文俊. 我国生态环境资产负债表编制框架研究[J]. 中国环境管理, 2014, 6(6): 1–9. [Jiang H Q, Wang J N, Wu W J. The framework of ecological environmental balance sheet in China[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2014, 6(6): 1–9.]
- [8] 封志明, 杨艳昭, 陈玥. 国家资产负债表研究进展及其对自然资源资产负债表编制的启示[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1685–1691. [Feng Z M, Yang Y Z, Chen Y. National balance sheets and implications for natural resources balance sheet[J]. *Resources Science*, 2015, 37(9): 1685–1691.]
- [9] 陈龙, 叶有华, 孙芳芳, 等. 深圳市宝安区自然资源资产负债表框架构建[J]. 生态经济, 2017, 33(12): 203–207. [Cheng L, Ye Y H, Sun F F, et al. A framework analysis on natural resources balance sheet in Bao'an District of Shenzhen[J]. *Ecological Economy*, 2017, 33(12): 203–207.]
- [10] 封志明, 杨艳昭, 李鹏. 从自然资源核算到自然资源资产负债表编制[J]. 中国科学院院刊, 2014, 29(4): 449–456. [Feng Z M, Yang Y Z, Li P. From natural resources accounting to balance-sheet of natural resources asset compilation[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2014, 29(4): 449–456.]
- [11] 胡文龙, 史丹. 中国自然资源资产负债表框架体系研究——以SEEA2012、SNA2008和国家资产负债表为基础的一种思路[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 1–9. [Hu W L, Shi D. Research on the framework system of natural resource statement of assets and liabilities: an idea based on the SEEA2012, SNA2008 and the national balance sheet as research approaches[J]. *China Population Resources and Environment*, 2015, 25(8): 1–9.]
- [12] UN, EC, FAO, et al. System of Environmental–Economic Accounting – Central Framework[M/OL]. New York, 2014. [http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/SEEA\\_CF\\_Final\\_en.pdf](http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/SEEA_CF_Final_en.pdf)
- [13] 王乐锦, 朱炜, 王斌. 环境资产价值计量: 理论基础、国际实践与中国选择——基于自然资源资产负债表编制视角[J]. 会计研究, 2016, (12): 3–11, 95. [Wang L J, Zhu W, Wang B. Value Measurement of Environmental Assets: Theoretical Basis, International Practice and China's Choice[J]. *Accounting Research*, 2016, (12): 3–11, 95.]
- [14] 蒋洪强, 刘年磊, 卢亚灵, 等. 京津冀地区环境资产负债表编制研究[J]. 中国环境管理, 2017, 9(6): 53–59. [Jiang H Q, Liu N L, Lu Y L, et al. Study on environmental balance sheet compilation in the Beijing–Tianjin–Hebei Region[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2017, 9(6): 53–59.]
- [15] 耿建新, 胡天雨, 刘祝君. 我国国家资产负债表与自然资源资产负债表编制的编制与运用初探——以SNA 2008和SEEA 2012为线索的分析[J]. 会计研究, 2015, (1): 15–24, 96. [Geng J X, Hu T Y, Liu Z J. The research on preparation and application of China's national balance sheet and natural resources balance sheet – an analysis based on SNA 2008 and SEEA 2012[J]. *Accounting Research*, 2015, (1): 15–24, 96.]
- [16] 王金南, 蒋洪强, 曹东, 等. 中国绿色国民经济核算体系的构建研究[J]. 世界科技研究与发展, 2005, (2): 83–88. [Wang J N, Jiang H Q, Cao D, et al. Research on the construction of integrated system of environmental economic accounting in China[J]. *World Sci-Tech R & D*, 2005, (2): 83–88.]
- [17] UN, EU, FAO, et al. System of Environmental–Economic Accounting 2012–Experimental Ecosystem Accounting[M/OL]. New York,



2014. [http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/eea\\_final\\_en.pdf](http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/eea_final_en.pdf)
- [18] 周龙, 方锐. 美、德国家环境资产核算比较及其对我国的启示——基于SEEA2012中心框架的理论分析[J]. 会计之友, 2018, (2): 24–30. [Zhou L, Fang R. Drawing on a comparison of environmental asset accounting and inspiration based on SEEA 2012[J]. *Friends of Accounting*, 2018, (2): 24–30. ]
- [19] 林明太, 刘莹, 孙虎, 等. 区域资源环境账户的建立与核算[J]. 生态经济, 2009, (10): 40–43. [Lin M T, Liu Y, Sun H, *et al.* A research on the establishment of accounts of regional resources and environment and its accounted[J]. *Ecological Economy*, 2009, (10): 40–43. ]
- [20] 张宏亮, 朱雅丽, 蒋洪强. 企业环境资产负债表编制方法探析[J]. 会计之友, 2016, (9): 23–29. [Zhang H L, Zhu Y L, Jiang H Q. The establishment of entrepreneurial environmental balance sheet [J]. *Friends of Accounting*, 2016, (9): 23–29. ]
- [21] 湖州市统计局. 2011湖州统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011. [Huzhou Municipal Bureau of Statistics. 2011 Huzhou statistic yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2011. ]
- [22] 湖州市统计局. 2012湖州统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012. [Huzhou Municipal Bureau of Statistics. 2012 Huzhou statistic yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2012. ]
- [23] 湖州市统计局. 2013湖州统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013. [Huzhou Municipal Bureau of Statistics. 2013 Huzhou statistic yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2013. ]
- [24] 湖州市统计局. 2014湖州统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014. [Huzhou Municipal Bureau of Statistics. 2014 Huzhou statistic yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2014. ]
- [25] 湖州市统计局, 国家统计局湖州调查队. 2015湖州统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015. [Huzhou Municipal Bureau of Statistics, Survey Office of the National Bureau of Statistics in Huzhou. 2015 Huzhou statistic yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2015. ]
- [26] 湖州市统计局, 国家统计局湖州调查队. 2016湖州统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016. [Huzhou Municipal Bureau of Statistics, Survey Office of the National Bureau of Statistics in Huzhou. 2016 Huzhou Statistic Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2016. ]
- [27] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴2010年[M]. 北京: 中国计划出版社, 2011. [Ministry of Housing and Urban–Rural Development of the People’s Republic of China. China Urban–Rural Construction Statistical Yearbook 2010 [M]. Beijing: China Planning Press, 2011. ]
- [28] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴2011年[M]. 北京: 中国计划出版社, 2012. [Ministry of Housing and Urban–Rural Development of the People’s Republic of China. China Urban–Rural Construction Statistical Yearbook 2011 [M]. Beijing: China Planning Press, 2012. ]
- [29] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴2012年[M]. 北京: 中国计划出版社, 2013. [Ministry of Housing and Urban–Rural Development of the People’s Republic of China. China Urban–Rural Construction Statistical Yearbook 2012 [M]. Beijing: China Planning Press, 2013. ]
- [30] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴2013年[M]. 北京: 中国计划出版社, 2014. [Ministry of Housing and Urban–Rural Development of the People’s Republic of China. China Urban–Rural Construction Statistical Yearbook 2013 [M]. Beijing: China Planning Press, 2014. ]
- [31] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴2014年[M]. 北京: 中国计划出版社, 2015. [Ministry of Housing and Urban–Rural Development of the People’s Republic of China. China Urban–Rural Construction Statistical Yearbook 2014 [M]. Beijing: China Planning Press, 2015. ]
- [32] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴2015年[M]. 北京: 中国计划出版社, 2016. [Ministry of Housing and Urban–Rural Development of the People’s Republic of China. China Urban–Rural Construction Statistical Yearbook 2015 [M]. Beijing: China Planning Press, 2015. ]
- [33] 於方, 王金南, 曹东, 等. 中国环境经济核算技术指南[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009. [Yu F, Wang J N, Cao D, *et al.* Guidance for Chinese Environmental and Economic Accounting [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2009. ]
- [34] 於方, 马国霞, 彭菲, 等. 2015年环境经济核算报告[R]. 重要环境决策参考, 2017, 230(14): 1–66. [Yu F, Ma G, Peng F, *et al.* China Economic–Environmental Accounting Research Report 2015[R]. Chinese Reference for Environmental Decision–Making, 2017, 230(14): 1–66. ]
- [35] 夏勇, 钟茂初. 经济发展与环境污染脱钩理论及EKC假说的关系——兼论中国地级城市的脱钩划分[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(10): 8–16. [Xia Y, Zhong M C. Relationship between EKC hypothesis and the decoupling of environmental pollution from economic development: based on China prefecture–level cities’ decoupling partition[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2016, 26(10): 8–16. ]

## The environmental cost accounting framework for natural resources asset compilation in Huzhou City

WU Qiong<sup>1</sup>, MA Guoxia<sup>1</sup>, GAO Yang<sup>2</sup>, PAN Tao<sup>3</sup>

(1. *Research Center for Eco-Environment accounting, Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012, China;*

2. *China Agricultural University, Beijing 100083, China;*

3. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)*

**Abstract:** The balance sheet of natural resources should include two aspects: the unreasonable loss of natural resources caused by human beings in the course of social and economic activities, and the negative externalities generated by the ecological environment. Aiming at raising ecological awareness and promoting ecological progress, natural resources asset compilation has been a hot area ever since the 18th National Congress of the Communist Party of China. This article draws lessons from the relevant experience of the international SEEA accounting system and combines with China's national economic accounting system. Environmental cost accounting method was adapted to calculate the environmental abatement costs, pollution deduction index and the environmental liabilities of irrational use of natural resource assets for Huzhou City in Zhejiang Province. During 2010-2015, the actual investment in pollution control in Huzhou City was greater than that in environmental arrears; the pollution deduction index in Huzhou City showed a declining trend; the environmental liabilities for the irrational use of natural resource assets were 4.567 billion yuan. Based on the water, atmospheric, and solid disposal cost accounting results, the atmospheric actual disposal cost was the highest while the water imputed abatement cost was the highest from 2010 to 2015. As for the results at county level, the pollution deduction index of Changxing County was larger than any other counties. The environmental cost of Changxing County was the largest and the environmental cost of Anji County was the smallest in five counties. The environmental cost of various economic sectors were calculated. The debt of livestock farming was huge by the imputed abatement cost accounting result. The results would provide scientific basis for the decision-making of resources, environment and economic development in Huzhou, and give new insights for the calculation of environmental liabilities and related research in the preparation of natural resources balance sheet.

**Key words:** environmental cost; balance sheet; pollution deduction index; Huzhou City