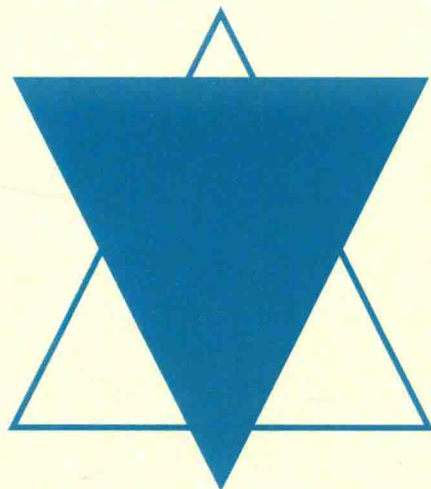




水体污染控制与治理科技重大专项成果系列丛书



叶维丽 卢瑛莹 梁亦欣 万宝春 刘雅玲 等 / 著

水污染物排污权 有偿使用与交易技术方法

• Technical methods for paying •
and trading of water pollutant Permits

中国环境出版集团

水体污染控制与治理科技重大专项成果系列丛书

水污染物排污权有偿使用与交易 技术方法

叶维丽 卢瑛莹 梁亦欣 万宝春 刘雅玲 等 著

中国环境出版集团·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

水污染物排污权有偿使用与交易技术方法/叶维丽
等著. —北京: 中国环境出版集团, 2018.12

ISBN 978-7-5111-2922-2

I. ①水… II. ①叶… III. ①水污染物—排污
交易—研究—中国 IV. ①X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 281916 号

出版人 武德凯
责任编辑 孔 锦
责任校对 任 丽
封面设计 岳 帅



更多信息, 请关注
中国环境出版集团
第一分社

出版发行 中国环境出版集团
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (第一分社)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京建宏印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2018 年 12 月第 1 版
印 次 2018 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 20.5
字 数 440 千字
定 价 69.00 元



【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

著者名单

叶维丽 卢瑛莹 梁亦欣 万宝春

刘雅玲 张 炳 吴悦颖 郭 默

周元春 王世猛 陈 佳 冯晓飞

王燕鹏 张 培 高 涵 张文静

王 强 郭黎卿 章 显 山 丹

前 言

排污权有偿使用和交易政策自试点以来得到各地广泛的应用，针对其关键技术方法也产生了多样的探索，存在争议较多。各地在试点过程中均尝试了多种适用于地方特色的排污权有偿使用和交易关键技术，在初始排污权分配、排污权定价规则和排污权指标管理技术方面百花齐放、百家争鸣。

“十二五”期间，环境保护部环境规划院牵头研究水专项课题“水污染物排污权有偿使用和交易的关键技术”，并基于研究成果出版了《水污染物排污权有偿使用关键技术与示范研究》一书。在书中，针对水污染物排污权有偿使用和交易的宏观政策进行了剖析，设计了政策框架及管理体系，并针对部分地方试点工作案例进行了分析。

本书继承《水污染物排污权有偿使用关键技术与示范研究》的研究思路，对水污染物排污权有偿使用和交易的关键技术方法进行了梳理，同时也将“十一五”“十二五”期间的排污权有偿使用和交易试点情况、水污染物排污权有偿使用和交易平台系统开发使用内容一并展示于此。

本书第1章主笔为高涵，第2章主笔为叶维丽，第3章主笔为郭默、山丹，第4章主笔为梁亦欣，第5章主笔为刘雅玲，第6章主笔为卢瑛莹，第7章主笔为叶维丽，第8章至第10章主笔为周元春、张炳，吴悦颖、卢瑛莹、梁亦欣、万宝春等为本书方法的实践应用提供了素材与数据资料。陈佳、冯晓飞、王燕鹏、张培、张文静、王强、郭黎卿、山丹、章显等参与了本书

的写作与方法体系构建。

本书可以作为一本技术工具书使用，可为参与排污权有偿使用和交易工作的相关管理人员提供借鉴，也可为广大研究排污权有偿使用和交易工作的学者、师生提供参考。

目 录

第 1 章 绪论.....	1
---------------	---

技术方法篇

第 2 章 基于排污权有偿使用的主要水污染物排污指标分配技术.....	4
2.1 基于 DEA 的区域一点源水污染物排放指标分配模型构建.....	4
2.2 基于 DEA 的水污染物排放指标分配案例分析.....	12
2.3 结论与讨论	20
第 3 章 主要水污染物有偿使用价格定价技术	21
3.1 价格决策模型	21
3.2 案例分析	33
第 4 章 基于恢复成本法的初始价格测算	62
4.1 基于恢复成本法的初始价格测算.....	62
4.2 基于恢复成本法的初始价格调整.....	74
4.3 基准价格确定	76
第 5 章 水污染物排污权有偿使用绩效评估技术	77
5.1 排污权有偿使用政策绩效评估的理论框架.....	77
5.2 排污权有偿使用政策绩效评估模型框架.....	78
5.3 排污权有偿使用政策绩效评估的指标体系构建.....	80

试点评估篇

第 6 章 “十一五”期间部分试点的实施效果评估 96

6.1 评估背景 96

6.2 江苏省排污权有偿使用及交易试点评估 98

6.3 浙江省排污权有偿使用及交易试点评估 111

6.4 重庆市排污权有偿使用及交易试点评估 119

6.5 山西省排污权有偿使用及交易试点评估 129

6.6 河北省排污权有偿使用及交易试点评估 135

第 7 章 “十二五”期间排污权有偿使用和交易试点地区政策实施情况
阶段性评估 141

7.1 评估背景和要求 141

7.2 试点工作进展的评估 143

7.3 取得成绩的评估 154

7.4 存在问题的评估 160

7.5 评估结论 166

7.6 加快推进试点工作的建议 167

7.7 结语 170

平台管理篇

第 8 章 水污染物排污权有偿使用和交易平台系统开发 174

8.1 系统主要功能 174

8.2 水污染物排污权有偿使用和交易平台开发研究 174

第 9 章 水污染物排污权有偿使用集成平台用户功能 180

9.1 企业用户功能 180

9.2 政府用户主要功能 183

第 10 章 水污染物排污权有偿使用集成平台用户指南 188

10.1 政府用户操作指南 188

10.2 企业用户操作指南 216

附录 各试点地区关键政策文件汇编 229

1 河北省 230

2 山西省 241

3 内蒙古自治区 253

4 江苏省 260

5 浙江省 269

6 河南省 277

7 湖北省 281

8 湖南省 292

9 重庆市 300

10 陕西省 309

参考文献 312

第 1 章

绪 论

排污权有偿使用和交易政策已经在中国试点近 10 年，各试点地区在技术方法上均产生了不同程度的探索研究和实践活动，表现不一。为系统性掌握交易试点的进展情况，针对技术方法、试点评估、平台管理进行了一系列的梳理。

本书是“十二五”水专项课题“水污染物排污权有偿使用关键技术与示范研究”（2013ZX07603004）的研究成果，主要梳理了排污权有偿使用及交易发展过程中相关的关键技术，涵盖排污权分配、有偿使用定价、交易初始价格测算、绩效评估等排污权有偿使用及交易的重点环节。关键技术包括：基于数据包络分析法的主要水污染物排污指标分配技术；基于动态最优控制理论的主要水污染物有偿使用价格定价技术，包括企业污染减排行为决策模型构建和管理者排污权有偿使用价格决策模型构建；基于恢复成本法的交易初始价格测算技术；基于公共政策绩效评估理念的水污染物排污权有偿使用绩效评估技术，包括政策投入、政策执行、政策效果三方面指标体系。

本书对“十一五”“十二五”期间全国排污权有偿使用和交易试点情况选择性地进行了评估。其中，“十一五”期间，本书选择了浙江、江苏、重庆、山西、河北等地开展了具体的排污权有偿使用和交易试点情况的分析评估及问题建议，选择理由主要因为国家批复的试点地区工作开展进度不同、发展情况不一，以上五个地区的排污权有偿使用和交易相关工作开展较早，体系建设较为系统，且发展轨迹各具地方特色，具有较好的典型性。梳理该地区的试点工作起步情况并对“十一五”期间的表现进行评估，具有参考价值。“十二五”期间，以 2014 年《国务院办公厅关于进一步推进排污权有偿使用和交易试点工作的指导意见》（国办发〔2014〕38 号）为指导，我国排污权有偿使用和交易工作得到进一步深化发展，试点范围、深度进一步扩大。本书针对“十二五”期间及 2016 年、2017 年全国试点工作的进展，以及除青岛外批复的 11 个试点地方进展进行了评估，并梳理了亮点和成绩、问题和建议等。

本书对“水污染物排污权有偿使用集成平台”技术进行了介绍，提供了该平台的用户系统功能技术，并展示了该平台政府用户和企业用户的操作指南。该平台为各试点地区通用平台，“十二五”期间在部分试点地区得到了应用。本书认为该平台可以供所有

正在或者即将开展排污权有偿使用及交易的试点地区使用。

此外，本书汇编了部分试点地区排污权有偿使用和交易重要的政策文件，供下一步计划开展或深化试点工作的地区进行学习参考。



技术方法篇

第 2 章

基于排污权有偿使用的主要水污染物排污指标分配技术

本章基于数据包络分析（DEA）方法进行了点源水污染物排放指标分配模型构建，并进行了江苏省南京市的水污染物排放指标分配的案例分析。本章首先对 DEA 的原理进行了简述分析，随后参考适用于分配 DEA 模型的文献案例，采用了规模报酬可变模型，选取要素投入指标与输出指标进行模型构建。选取江苏省南京市作为案例研究对象，采集工业企业系列统计特征值，利用 MaxDEA 软件进行了企业排放绩效的 DEA 模型求解，并基于模型结果得到的效率评价分值分配化学需氧量排放指标。

2.1 基于 DEA 的区域一点源水污染物排放指标分配模型构建

2.1.1 数据包络分析（DEA）方法简述

数据包络分析（DEA）方法是一种重要的综合评价方法，它以相对效率概念为基础，根据多指标投入（输入）和多指标产出（输出），对同类型的部门或单位进行相对有效性或效益评价的一种方法^①，这种评价方法被广泛运用于工程、金融、工商管理等决策管理方面。

DEA 方法基于线性规划的原理，以决策单元（Decision Making Unit, DMU）作为分析的基本单位，通过线性规划方法求得最优解。一个决策单元代表了一个部门，可以看作性质相同的实体。换言之，在某一视角下，各 DMU 具有相同的输入输出。而一个 DMU 可以是一个行政单位，也可以是一个部门、一个学校乃至一家银行或企业。只有对不同 DMU 的输入输出数据进行综合分析比较才是有意义的，DEA 方法可以得出每个 DMU 的综合效率的数量指标，据此将各 DMU 定量排序，确定每个 DMU 的相对效率。

^① 魏权龄，岳明：DEA 概论与 CCR 模型——数据包络分析（一），系统工程理论与实践，1989，9（1）：58-69。

在 1973 年著名运筹学家 A. Charnes、W. W. Cooper 和 E. Rhodes 提出的第一个 DEA 模型——CCR 模型中^①，假设有 n 个 DMU，每个 DMU 都有 m 种输入和 s 种输出(表 2-1)。

其中：

$$\begin{aligned}x_j &= (x_{1j}, x_{2j}, \cdots, x_{mj})^T > 0 \\ y_j &= (y_{1j}, y_{2j}, \cdots, y_{sj})^T > 0 \\ x_{ij} &= \text{DMU} - j \text{ 对第 } i \text{ 种输入的投入量} \\ y_{rj} &= \text{DMU} - j \text{ 对第 } r \text{ 种输出的产出量} \\ (j &= 1, 2, \cdots, n; i = 1, 2, \cdots, m; r = 1, 2, \cdots, s)\end{aligned}$$

表 2-1 投入产出分析表（魏权龄，岳明，1989）

		DMU ₁	DMU ₂	...	DMU _n		
v_1	$1 \rightarrow$	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}		
v_2	$2 \rightarrow$	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}		
...	...	...	...		...		
v_m	$m \rightarrow$	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}		
		y_{11}	y_{12}	...	y_{1n}	$\rightarrow 1$	u_1
		y_{21}	y_{22}	...	y_{2n}	$\rightarrow 2$	u_2
		...	...		...	...	...
		y_{s1}	y_{s2}	...	y_{sn}	$\rightarrow s$	u_s

记 DMU- j_0 对应的输入输出数据分别为 $x_0=x_{j_0}$, $y_0=y_{j_0}$, $1 \leq j_0 \leq n$ 。

则评价 DMU- j_0 的 DEA 模型（CCR）为

$$\begin{cases} \max \frac{u^T y_0}{v^T x_0} \\ \frac{u^T y_j}{v^T x_j} \leq 1, j = 1, 2, \cdots, n \\ u > 0, y > 0, u \neq 0, y \neq 0 \end{cases} \tag{2-1}$$

式中， $v=(v_1, v_2, \cdots, v_m)^T$ ， $u=(u_1, u_2, \cdots, v_s)^T$ 分别为 m 种输入和 s 种输出的权系数，利用 Charnes-Cooper 变换：

$$t = \frac{1}{v^T x_0} > 0, \omega = tv, \mu = tu$$

则可以将式（2-1）化为等价的线性规划：

① 魏权龄：数据包络分析（DEA），科学通报，2000，45（17）：1783-1808。

$$(P_{CCR}) \begin{cases} \max \mu^T y_0 = h^0, \\ \omega^T x_j - \mu^T y_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \\ \omega^T x_0 = 1, \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases} \quad (D_{CCR}) \begin{cases} \min \theta, \\ \sum_{j=0}^n x_j \lambda_j \leq \theta x_0, \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j \geq y_0, \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n, \theta \in E^1 \end{cases}$$

若 (P_{CCR}) 的最优目标值 $h^0=1$, 称 DMU- j_0 为弱 DEA 有效, h^0 则称为效率指数。
若 (P_{CCR}) 存在最优解 ω^0, μ^0 满足 $\omega^0 > 0, \mu^0 > 0, \mu^0 y_0 = 1$, 则称 DMU- j_0 为 DEA 有效。

若 (D_{CCR}) 的任意最优解 $\theta^0, \lambda_j^0, j=1, 2, \dots, n$ 都满足

$$\theta^0 = 1, \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j^0 = \theta^0 x_0, \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j^0 = y_0$$

则称 DMU- j_0 为 DEA 有效。

上述 DEA 模型 (P_{CCR}) 与 (D_{CCR}) 是使用线性规划方法将 Farrell 于 1957 年提出的单输入/输入的有效性测度方法推广到多输出/多出入的情况。

该评价方法用于评价排污企业系统整体效率, 先假定在特定区域(小流域)内有 n 个独立的决策单元(企业) DMU $_j$ ($j=1, 2, \dots, n$), 在给定的水污染物排放配额的情况下, 各自组织生产资源(如资金、劳动力、设备等)生产产品, 同时排放水污染物。一般来说, 企业生产的目标, 是以最小的原材料和能源消耗, 生产最多的产品(正产出), 排放最少的污染物(负产出)。假定企业生产规模连续不变的情况下, 可以对企业生产效率进行评价。根据评价结果得到的权重, 对企业进行排放指标的分配。近几年, 卞亦文、李晓亚、林坦、郑佩娜等均开始尝试通过 DEA 方法对研究对象进行评价确定权重, 从而进行区域资源分配。与传统的基尼系数法、层次分析法等分配方式相比, 这种分配方式的优点在于其公平性、有效性, 分配结果只取决于输入输出指标的客观评价, 尽量避免主观误差。

2.1.2 模型选择与指标选取

2.1.2.1 用于分配的 DEA 模型评估

卞亦文^①基于 DEA 理论, 首先建立了系统效率评价指标体系, 然后考虑污染物排放配额的特性, 利用效率评价结果提出分配方案。在该研究中考虑了连续两个生产阶段中决策单元的投入/产出权重问题, 但假定权重不发生变化, 基于此假定, 实现对第 T 期

① 卞亦文: 基于 DEA 的污染物排放配额分配方法研究, 运筹学学报, 2010, 14 (1): 75-82。

的资源效率评价,用于第 $T+1$ 期的资源分配。

郑佩娜^①则应用了较为广泛的 CCR 模型,从投入产出角度测算决策单元的相对效率,采用化学需氧量、二氧化硫、用水量、能耗、GDP 几项指标作为输入体系,考虑了在这些指标下的规模收益情况,讨论了投入冗余率和投入可节省率。CCR 模型对区域一区域的分配或区域一点源的分配具有最大的适应性,在不考虑规模效益与技术进步因素影响时,是最适宜用于效率评价的模型之一。

林坦^②将 DEA 模型用于碳排放权分配效率研究,采用的是改进的零和 DEA 模型,选取了 GDP、能源消费量和人口作为产出变量,以二氧化碳排放量作为投入要素,研究重点在于评价排放权前沿面随时间变化的趋势及其调整过程。零和 DEA 模型的特点在于以固定的资源分配总量进行零和博弈,参与博弈的各决策单元之间的投入、产出具有排他性,一方所得为一方所失。但零和 DEA 模型需要对研究对象开展数年的观测,通过多次迭代来达到效率最优化,不适合本书中初始分配的假定情形。

李晓亚^③同样以 CCR 模型为原型构建了基于 DEA 的额外资源分配模型,讨论了单输入单输出情况分配模型、多输入单输出情况分配模型与单输入多输出情况分配模型。该研究中最重要推论是:“在多输入单输出的情况下,按照 DEA 方法求得各个决策单元的输入规模,则以输入规模与效率评价指数的乘积来确定额外资源的分配权重,和按照实际输出来确定额外资源的分配权重是等价的,且是合理的。”

由于环境污染是非期望产出,刘勇等^④对六种环境效率评价方法进行了评价,包括非期望产出作投入法、倒数法、双曲线法、转换向量法、方向距离函数法及 SBM 法。笔者认为投入法与倒数法都较好地地区分了企业环境效率的差异,能够部分理解环境效率的实质,但这两种方法都忽视了企业生产过程的本质;与已有的其他研究方法相比,非径向和非角度的 SBM 模型被认为是进行非期望产出下效率评价最合适的模型,更能体现效率评价的本质。

2.1.2.2 采用的模型及指标选择

本书参考上述各类 DEA 模型的思路,并考虑模型的可操作性,将采取规模报酬可变模型,选取适当的要素投入指标与输出指标,评价企业生产效率,随后将化学需氧量有偿使用的初始指标分配作为一种额外资源,在假定连续生产阶段中决策单元的投入/产出权重不发生变化的情形下,以效率评价值为权重,进行排放指标的分配。

本书做出如下假设:

① 郑佩娜等:基于 DEA 模型的区域削减指标分配研究,《环境工程学报》,2007,1(11):133-139。

② 林坦,宁俊飞:基于零和 DEA 模型的欧盟国家碳排放权分配效率研究,《数量经济技术经济研究》,2011,3:36-50。

③ 李晓亚,崔晋川:基于 DEA 方法的额外资源分配算法,《系统工程学报》,2007,22(1):57-61。

④ 刘勇,李志祥,李静:环境效率评价方法的比较研究,《数学的实践与认识》,2010,40(1):84-92。

评价工业企业环境效率时，假设企业投入 m 种环境资源成本，获取了 u 种最大的期望产出与 v 种最小的非期望产出。其中投入成本最低，期望产出最高，非期望产出最低的决策单元即为 DEA 有效。

假设连续生产阶段中决策的投入/产出权重不发生变化。将非期望产出作为投入进行处理，构建多输入单输出的 DEA 模型。

传统的资本与劳动力在环境效率评价中并未起到关键作用，在企业水环境效率评价中，水量与水污染物排放量的平衡更为重要。选取工业新鲜用水量、用电量表征环境、资源投入，工业企业的期望产出以工业总产值表征，非期望产出以工业废水排放量、工业化学需氧量排放量表征，由于将非期望产出作为投入处理，构造了投入导向的 5 投入 1 产出规模可变（VRS）数据包络模型。

一般来说，投入导向被定义为不改变产出数量下，如何使投入最小。投入导向的 DEA 模型是指在考察投入与输出变量之间的效率时，在产出不变的情况下，考察投入的资源变量是否达到最符合线性规划前沿面的比例，这个比例即图 2-1 中的 OQ/OP 。图 2-1 是对 2 投入（即 x_1 与 x_2 ）1 产出（即 y ）的投入导向模型示意。 P 点的横坐标与纵坐标分别表示投入两个资源变量时，每个资源变量的投入值。而 SS' 是通过线性规划确定的生产前沿面，在 SS' 上的所有点都是达到一定条件下最优配置的点。 Q 点则是 P 点在前沿面上的投影。因此 QP 部分表征了投入资源的冗余。

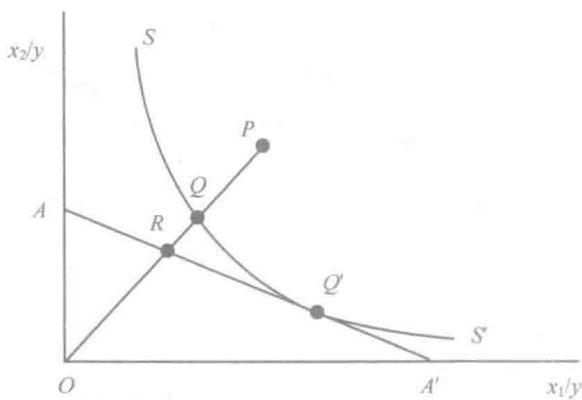


图 2-1 投入导向的 DEA 模型效率评价示意

CRS 线性规划模型通过增加凸性约束能够很容易地修改成 VRS 模型。CRS 的假设仅仅在所有的 DMU 都在最优的规模上运作的时候才合适。Banker、Charnes 和 Cooper^①

① Banker, R. D. Charnes, A. Cooper, W. W: Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, Management Science, 1984 (30) : 1078-1092.