

水体污染控制与治理科技重大专项“十一五”成果系列丛书  
水污染控制战略与政策示范研究主题

# 工业水污染控制

## 投资和运行费用函数研究

於方 牛坤玉 齐霏 彭菲 等 / 著

INVESTMENT AND  
OPERATION COST MODEL FOR  
INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

中国环境出版社

水体污染控制与治理科技重大专项“十一五”成果系列丛书

◎ 水污染控制战略与政策示范研究主题

# 工业水污染控制投资和 运行费用函数研究

Investment and Operation Cost Model for Industrial  
Wastewater Treatment

於方 牛坤玉 齐霁 彭菲 等著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

工业水污染控制投资和运行费用函数研究/於方等著. —北京: 中国环境出版社, 2016.8

(水体污染控制与治理科技重大专项“十一五”成果系列丛书)

ISBN 978-7-5111-2878-2

I. ①工… II. ①於… III. ①工业废水—污染控制—研究 IV. ①X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 176222 号

出版人 王新程  
责任编辑 陈金华 宾银平  
责任校对 尹芳  
封面设计 岳帅

---

出版发行 中国环境出版社  
(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](mailto:bjgl@cesp.com.cn)  
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)  
010-67113412 (教材图书出版中心)  
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司  
经 销 各地新华书店  
版 次 2016 年 12 月第 1 版  
印 次 2016 年 12 月第 1 次印刷  
开 本 787×1092 1/16  
印 张 12  
字 数 233 千字  
定 价 48.00 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

## 水专项“十一五”成果系列丛书

---

### 指导委员会成员名单

主任：周生贤

副主任：仇保兴 吴晓青

成员：（按姓氏笔画排序）

王伟中 王衍亮 王善成 田保国 旭日干 刘 昆  
刘志全 阮宝君 阴和俊 苏荣辉 杜占元 吴宏伟  
张 悦 张桃林 陈宜明 赵英民 胡四一 柯 凤  
雷朝滋 解振华

# 环境保护部水专项“十一五”成果系列丛书

---

## 编著委员会成员名单

主 编：周生贤

副主编：吴晓青

成 员：（按姓氏笔画排序）

马 中	王子健	王业耀	王明良	王凯军	王金南
王 桥	王 毅	孔海南	孔繁翔	毕 军	朱昌雄
朱 琳	任 勇	刘永定	刘志全	许振成	苏 明
李安定	杨汝均	张世秋	张永春	金相灿	周怀东
周 维	郑 正	孟 伟	赵英民	胡洪营	柯 兵
柏仇勇	俞汉青	姜 琦	徐 成	梅旭荣	彭文启

# 环境保护部水专项“十一五”成果系列丛书

## “战略与政策主题”编著委员会成员名单

主 编：王金南

副主编：毕 军 苏 明 马 中 王 毅 张世秋 任 勇

编 委：（按姓氏笔画排序）

于 雷	于秀波	于鲁冀	万 军	马国霞	王 东
王 敏	王亚华	王如琪	王金南	王学军	王夏娇
王夏晖	文一惠	牛坤玉	方莹萍	孔志峰	石英华
田仁生	任 勇	刘 建	刘伟江	刘军民	刘芳蕊
刘桂环	刘梦昱	安树民	许开鹏	杜 红	李 冰
李 继	李 霞	李云生	李成威	李佳喜	杨小兰
杨姝影	吴 钢	吴 健	吴悦颖	吴舜泽	余向勇
宋国君	张 炳	张铁亮	张惠远	陈劭锋	林国峰
昌敦虎	罗 宏	罗良国	周 军	周其文	周国梅
於 方	郑 一	赵 越	赵玉杰	赵学涛	郜志云
姜鲁光	贾杰林	徐 敏	徐 毅	高尚宾	高树婷
曹 东	梁云凤	逯元堂	彭 菲	彭晓春	葛俊杰
葛察忠	董战峰	程东升	傅志华	曾维华	臧宏宽
管鹤卿	潘明麒				

## 本书编写委员会成员名单

---

主 编：曹 东

副主编：於 方 牛坤玉

编 委：

子课题 1 “水污染控制技术经济决策支持方法学研究”编写成员：

孙 宁 孙钰茹 程 亮

子课题 2 “水污染控制技术经济基础数据调查分析”编写成员：

赵学涛 彭 菲 谢光轩 刘兰翠

子课题 3 “工业水污染控制投资和运行费用函数研究”编写成员：

於 方 牛坤玉 齐 霁 彭 菲 雷 蕾 谢光轩

子课题 4 “农业水污染控制投资和运行费用函数研究”编写成员：

黄 仁 王济民 王明利 胡向东 吕 品

子课题 5 “城镇污水污染控制投资和运行费用函数研究”编写成员：

安 实 赵泽斌 马 放 田 禹 徐照宇 孟宪林

樊庆铎 王 立

子课题 6 “松花江流域水污染控制技术经济决策试点研究”编写成员：

马 放 赵泽斌 安 实 田 禹 杜 崇 樊庆铎

孟宪林 王 立 杜大仲

# 总 序

---

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。在经济快速增长、资源能源消耗大幅度增加的情况下，我国污染排放强度大、负荷高，主要污染物排放量超过受纳水体的环境容量。同时，我国人均拥有水资源量远低于国际平均水平，水资源短缺导致水污染加重，水污染又进一步加剧水资源供需矛盾。长期严重的水污染问题影响着水资源利用和水生态系统的完整性，影响着人民群众身体健康，已经成为制约我国经济社会可持续发展的重大瓶颈。

水体污染控制与治理科技重大专项（以下简称水专项）是《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》确定的16个重大专项之一，旨在集中攻克一批节能减排迫切需要解决的水污染防治关键技术、构建我国流域水污染治理技术体系和水环境管理技术体系，为重点流域污染物减排、水质改善和饮用水安全保障提供强有力的科技支撑，是新中国成立以来投资最大的水污染治理科技项目。

“十一五”期间，在国务院的统一领导下，在科技部、国家发展改革委和财政部的精心指导下，在领导小组各成员单位、各有关地方政府的积极支持和有力配合下，水专项领导小组围绕主题主线新要求，动员和组织全国数百家科研单位、上万名科技工作者，启动了34个项目、241个课题，按照“一河一策”“一湖一策”的战略部署，在重点流域开展大攻关、大示范，突破1000余项关键技术，完成229项技术标准规范，申请1733项专利，初步构建了水污染治理和管理技术体系，基本实现了“控源减排”阶段目标，取得了阶段性成果。

一是突破了化工、轻工、冶金、纺织印染、制药等重点行业“控源减排”关键技术200余项，有力地支撑了主要污染物减排任务的完成；突破



了城市污水处理厂提标改造和深度脱氮除磷关键技术，为城市水环境质量改善提供了支撑；研发了受污染原水净化处理、管网安全输配等 40 多项饮用水安全保障关键技术，为城市实现从源头到水龙头的供水安全保障奠定了科技基础。

二是紧密结合重点流域污染防治规划的实施，选择太湖、辽河、松花江等重点流域开展大兵团联合攻关，综合集成示范多项流域水质改善和生态修复关键技术，为重点流域水质改善提供了技术支持，环境监测结果显示，辽河、淮河干流化学需氧量消除劣 V 类；松花江流域水生态逐步恢复，重现大马哈鱼；太湖富营养状态由中度变为轻度，劣 V 类入湖河流由 8 条减少为 1 条；洱海水质连续稳定并保持良好状态，2012 年有 7 个月维持在 II 类水质。

三是针对水污染治理设备及装备国产化率低等问题，研发了 60 余类关键设备和成套装备，扶持一批环保企业成功上市，建立一批号召力和公信力强的水专项产业技术创新战略联盟，培育环保产业产值近百亿元，带动节能环保战略性新兴产业加快发展，其中杭州聚光研发的重金属在线监测产品被评为 2012 年度国家战略产品。

四是逐步形成了国家重点实验室、工程中心—流域地方重点实验室和工程中心—流域野外观测台站—企业试验基地平台等为一体的水专项创新平台与基地系统，逐步构建了以科研为龙头、以野外观测为手段、以综合管理为最终目标的公共共享平台。目前，通过水专项的技术支持，我国第一个大型河流保护机构——辽河保护区管理局已正式成立。

五是加强队伍建设，培养了一大批科技攻关团队和领军人才，采用地方推荐、部门筛选、公开择优等多种方式遴选出近 300 个水专项科技攻关团队，引进多名海外高层次人才，培养上百名学科带头人、中青年科技骨干和 5 000 多名博士、硕士，建立人才凝聚、使用、培养的良性机制，形成大联合、大攻关、大创新的良好格局。

在 2011 年“十一五”国家重大科技成就展、“十一五”环保成就展、全国科技成果巡回展等一系列展览中以及 2012 年全国科技工作会议和 2013 年年初的国务院重大专项实施推进会上，党和国家领导人对水专项取

得的积极进展都给予了充分肯定。这些成果为重点流域水质改善、地方治污规划、水环境管理等提供了技术和决策支持。

在看到成绩的同时，我们也清醒地看到存在的突出问题和矛盾。水专项离国务院的要求和广大人民群众期待还有较大差距，仍存在一些不足和薄弱环节。2011年专项审计中指出水专项“十一五”在课题立项、成果转化和资金使用等方面不够规范。“十二五”我们需要进一步完善立项机制，提高立项质量；进一步提高项目管理水平，确保专项实施进度；进一步严格成果和经费管理，发挥专项最大效益；在调结构、转方式、惠民生、促发展中发挥更大的科技支撑和引领作用。

我们也要科学认识解决我国水环境问题的复杂性、艰巨性和长期性，水专项亦是如此。刘延东副总理指出，水专项因素特别复杂、实施难度很大、周期很长、反复也比较多，要探索符合中国特色的水污染治理成套技术和科学管理模式。水专项不是包打天下，解决所有的水环境问题，不可能一天出现一个惊人的大成果。与其他重大专项相比，水专项也不会通过单一关键技术的重大突破，实现整体的技术水平提升。在水专项实施过程中，妥善处理好当前与长远、手段与目标、中央与地方等各个方面的关系，既要通过技术研发实现核心关键技术的突破，探索出符合国情、成本低、效果好、易推广的整装成套技术，又要综合运用法律、经济、技术和必要的行政手段来实现水环境质量的改善，积极探索符合代价小、效益好、排放低、可持续的中国水污染治理新路。

党的十八大报告强调，要实施国家科技重大专项，大力推进生态文明建设，努力建设美丽中国，实现中华民族永续发展。水专项作为一项重大的科技工程和民生工程，具有很强的社会公益性，将水专项的研究成果及时推广并为社会经济发展服务是贯彻创新驱动发展战略的具体表现，是推进生态文明建设的有力措施。为广泛共享水专项“十一五”取得的研究成果，水专项管理办公室组织出版水专项“十一五”成果系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是水环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，有利于坚定水专项科技工作者专项攻关的信心和决心；有利于增强社会各界对水专项的了解

和认同；有利于促进环保公众参与，树立水专项的良好社会形象；有利于促进专项成果的转化与应用，为探索中国水污染治理新路提供有力的科技支撑。

最后，我坚信在国务院的正确领导和有关部门的大力支持下，水专项一定能够百尺竿头，更进一步。我们一定要以党的十八大精神为指导，高举生态文明建设的大旗，团结协作、协同创新、强化管理，扎实推进水专项，务求取得更大的成效，把建设美丽中国的伟大事业持续向前推进，走向社会主义生态文明新时代！

周济

2013年7月25日

# 序 言

---

“水体污染控制战略与政策示范研究”是国家科技重大专项“水体污染控制与治理”第六主题（以下简称主题六），主题六“十一五”阶段总体目标为：以提高水环境管理效能和示范区域水质改善目标为导向，围绕构建水环境战略决策技术平台、理顺水环境管理体制、提高水环境政策效果等三大支撑，明确国家中长期水污染控制路线图，提出水环境管理体制创新、制度创新、政策创新主要方向，改进和完善水污染控制管理机制，增强市场经济手段在水污染控制中的作用和效果，为实现国家水污染防治目标和水环境质量改善提供长效机制。


为此，主题六“十一五”阶段设立了“水污染控制战略与决策支持平台研究”“水环境管理体制机制创新与示范研究”和“水污染控制政策创新与示范研究”3个项目，包含11个课题，总经费4366万元。经过50余家科研单位近700位科研人员6年的共同努力，目前所有项目和课题均已经完成了验收，实现了主题六的“十一五”预期研究目标，突破了30余项关键技术，产出了近30项技术导则、标准及规范，向有关部门提交人大建议、政协提案、重要信息专报等70余份，取得了丰硕的科研成果，为国家水污染防治战略和政策制定提供了科学依据和技术支持。

主题六在“十一五”阶段取得的主要成果表现在3个方面：一是在国家战略与决策层面，提出了国家中长期水环境保护战略框架和“十二五”水环境保护指标体系，建立了水污染控制技术经济决策支持系统；二是在水环境管理体制机制创新层面，提出了国家水环境保护体制改革路线图，提出了农村水环境与饮用水安全监管机制；三是在水污染控制政策创新层面，建立了基于跨界断面水质的流域生态补偿与污染赔偿技术体系、不同用途差别水价和阶梯水价制度，构建了水环境保护投资预测和投融资框架、

水污染物排放许可证管理技术体系,以及水环境信息公开和公众参与制度,集成了流域水环境绩效与政策评估技术体系。

上述研究成果得到了国家有关部委的高度评价和重视,而且许多建议和政策方案已经被相关政府部门采纳和应用。为了进一步总结和推广应用上述研究成果,推动我国水污染控制战略与政策研究,让更多的政府机构、环境决策者、环境管理人员、环境科技工作者分享这些研究成果,主题六将以课题为基本单位,出版“水体污染控制战略与政策示范研究”成果系列丛书,并分批次陆续出版。同时,也热忱欢迎大家积极参与“十二五”和“十三五”阶段的水污染防治战略和政策主题研究,共同推动中国水环境保护事业的发展。

主题六专家组组长



2014年1月25日

# 前 言

废水治理成本的经济分析可为废水处理设施投资和运行成本的多情景预测、废水处理市场的规模测算、排污收费标准制定、环境损害治理成本计算等方面的应用提供技术支持。尽管废水治理成本的经济分析在废水治理和利用等宏观管理战略、环境税费政策以及环境司法中有重要作用，但关于这方面的实证研究并不多。现有文献多从废水处理的工程工艺等角度进行成本研究，很少从经济学视角分析废水治理成本与处理规模、管理以及经济条件的关系。而且许多废水治理成本函数研究都集中在对城镇污水治理成本的探讨上，针对工业废水成本的分析较少，其原因在于工业行业废水处理较为复杂，涉及影响因素较多，相关信息变量获取困难。

美国是技术经济分析和费用函数研究开发较早、应用较好的国家。1980年，美国 EPA 的《工业废水处理手册》(Treatability Manual)，提供了工业生产过程中可能产生的潜在污染物、可行的污染处理技术以及治理成本估计过程等内容，从此，水污染控制的技术经济分析以及费用函数的研究得以发展。从 20 世纪 90 年代开始，世界银行发展研究部在工业污染治理成本估计方面做了大量工作。我国对费用函数的研究最早可以追溯到 70 年代后期，随着计量经济学等基础理论的引入和深入研究，特别是我国社会主义市场经济体制的转型和发展，污染控制技术经济学和费用函数的研究取得了很大的进步和丰硕的成果。国内一些科研单位、大专院校相继开展了废水治理成本函数建模理论、数据处理、模型模拟的研究工作，在水污染控制系统规划、污染物排放总量控制、排污收费、水污染控制投资估算等方面开展了多样化的应用，为我国水污染控制政策的制定提供了一定的技术经济支持。然而由于废水处理信息难以获取，水污染控制费用函数方面的基础数据仍难以满足可靠性要求。开展水污染控制基础数据调查分析以

及技术经济分析方法学研究、构建我国典型行业废水治理投资和运行费用函数成为科学制定污染控制方案的迫切要求。

本书采用全国第一次污染源普查的数据，通过分析我国工业行业水污染治理投资和运行费用现状以及主要影响因素，结合国内外水污染治理投资和运行费用函数模型的主要形式，确定了我国工业行业水污染治理投资和运行费用函数模型，利用计量经济学方法定量分析工业废水治理投资和运行费用与废水治理规模、污染物的去除效率、地域分布、废水处理技术等变量的关系，为我国工业水污染控制规划和政策制定、环境损害评估提供参考依据。本书的研究特色在于其费用函数模型不仅考虑了工业废水处理规模、废水处理技术以及污染物处理程度等技术因素，还考虑了企业性质以及所在区域等社会经济因素，此外还结合工业行业废水特点考虑了子行业间废水治理成本的差异。

本书的主要贡献体现在以下四个方面：①构建了我国工业行业废水治理投资和运行费用函数样本数据库。基于工业水污染治理投资和运行费用函数建模的数据需求，对全国第一次污染源普查数据库中的工业行业废水基础数据进行筛查，通过完整性、逻辑性以及残差分析等数据筛选过程，形成了我国工业水污染治理投资和运行费用函数模型的样本数据库。②建立了工业行业废水治理投资和运行费用函数。利用计量经济学方法建立了各工业行业水污染治理投资和运行费用函数模型，确立了不同行业废水治理成本的影响因子，得到各行业废水治理投资和运行费用模型参数估计值。③基于费用函数模型计算了各工业行业单位废水治理投资和运行费用。给出了各工业行业废水治理成本的单位平均治理成本以及边际治理成本参考值，为全国层面的工业废水治理成本测算提供了宏观决策依据。同时也给出了不同子行业、不同地区、不同所有制性质、不同处理工艺以及不同去除效率下的污染物治理成本，具体数值参见《废水治理投资和运行费用函数应用指南》。④提出了工业废水治理投资和运行费用函数应用的相关政策建议。从治理投资和运行费用函数研究方法学、政策完善以及技术经济应用等方面提出了有针对性的政策建议。

主要结论如下：①工业行业废水治理投资和运行费用呈现显著的规模

递减效应；②民营企业废水治理投资和运行费用较其他性质企业低，可能原因在于企业环保意识薄弱、压缩治理成本、超标排污；③各工业行业在东部地区的企业单位废水治理投资和运行费用普遍高于中部和西部地区；④污染物排放标准对于污染物的治理成本影响极大。在上述研究成果的基础上，本书提出针对污染程度不同、经济发展水平不同的行业与地区实施差别税率、完善污染物监测手段、建立工业污染治理投资与运行费用调查制度等建议，并从开展工业废水治理成本函数研究在环境经济综合决策、完善环境税费等环境经济政策的设计、开展工业废水治理工程费用效益分析及服务环境损害评估治理成本估算四个方面的应用进行了展望。

本研究由水体污染控制与治理科技重大专项（2009ZX07631-02-03）资助。本书由牛坤玉（第2章2.3节、第3章3.2节、第4章、第5章）、於方（第1章1.1节、第6章）、齐霖（第3章3.1节）、曹东（第2章2.1节和2.2节）、彭菲（第1章1.2节、1.3节和1.4节）撰写。全书由於方和牛坤玉负责统稿、修改和定稿。谢光轩、赵学涛为本书的编写提供了数据整理工作的支持。本书在编写过程中，参考了国内外专家、学者的相关研究成果，在此表示衷心感谢。最后，感谢中国环境出版社陈金华女士对本书出版工作的精心组织和编辑。真诚希望读者对本书的不足之处提出宝贵意见。



# 目 录

第 1 章	研究内容与背景	1
1.1	研究内容与技术路线	1
1.2	我国工业水污染治理现状	5
1.3	工业废水治理投资趋势分析	16
1.4	工业废水治理运行费用趋势分析	18
第 2 章	工业废水治理投资和运行费用建模	21
2.1	国内外工业废水治理函数研究与应用进展	21
2.2	工业废水治理投资和运行费用函数建模	23
2.3	基础数据来源和筛选	25
第 3 章	基础数据分析	28
3.1	调查数据描述性分析	28
3.2	主要水污染行业调查数据分析	37
第 4 章	主要工业行业水污染控制技术经济分析	116
4.1	主要工业行业水污染治理投资和运行费用函数构建	116
4.2	主要工业行业水污染治理投资和运行费用函数模拟结果	117
第 5 章	不同水污染物治理技术经济分析	149
5.1	废水治理成本分析	149
5.2	污染物边际治理成本分析	159
第 6 章	结论和建议	163
6.1	结论	163
6.2	建议和展望	170