

# 工业废水和城市污水处理 技术经济手册

王富康 王曙光 李小平 主编

清华大学出版社

71.299073  
125

# 工业废水和城市污水处理 技术经济手册

王富康 王曙光 李小平 - 主编

清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书从实用角度收集汇编了我国在工业废水处理和城市污水处理(包括大型城市污水处理厂在内)费用研究方面的主要成果,给出了20个行业、50种废水类型、150种处理工艺投资与运行费用的方程和表格共574个,同时还介绍了技术经济分析方法、费用函数的研究方法和应用实例。

本书可供市政工程、环境工程、环境科学、给水排水等专业师生,以及从事环境污染防治规划、工程设计、科研、管理的工作者使用。

(京)新登字 158 号

### 工业废水和城市污水处理技术经济手册

王富康 王曙光 李小平 主编

责任编辑 曹淑贞

☆

清华大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

北京 清华园

清华大学印刷厂印刷

☆

开本: 850×1168 1/32 印张: 16.25 字数: 419千字

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

印数 0001—6000

ISBN7-302-00924-4/X·13

定价: 8.30元

## 序

70年代初期,在我国环境保护事业的起步阶段,工业废水的污染就引起了人们的重视。随着环境立法的日趋完善,“三同时”、排污收费、限期治理等管理制度与措施相继建立,废水处理技术也不断成熟,不少企业加快了废水治理的步伐,在我国兴建了一大批工业废水处理设施,为防治水污染作出了贡献。进入80年代后,人们越来越认识到:水污染控制,尤其是水环境质量的提高,是一项耗资大,涉及面广的系统工程。工业废水的处理和区域污染控制,应当纳入到水环境综合整治规划应当有两个目标,即削减污染的环境目标和治理费用最少的经济目标,这都需要对相应的工程方案进行技术上和经济上的分析和评价。因此,建立系统的、通用的工业废水和城市污水处理的费用函数,对我国当前废水处理的主要技术在费用上进行定量的描述,是水污染控制的经济分析所不可缺少的基础工作。为适应这一需要,《工业废水和城市污水处理技术经济手册》一书便应运而生。

本书的主要部分是在国家环境保护局组织的全国性大规模工业废水处理设施调查的基础上,经过对有关费用资料的筛选、分析和加工,采用数理统计等方法,建立的描述工业废水处理的费用方程和表格;同时还广泛吸收国内各个单位在城市污水处理和工业废水处理费用研究方面的有关成果,进行汇编而成。本书以我国1980年前后所建设的6000余套工业废水处理和城市污水处理设施的有关数据为依据,提供了20个污染行业、50种废水类型、150种废水处理工艺共574个费用方程和表格。这些费用资料,是对我国近年来废水处理技术水平及其费用状况的初步总结,比较符合

国情,也比较系统和完整,因而在水污染控制的费用估算、经济分析和系统规划中有较高的实用价值。同时,书中还介绍了国内外废水处理费用描述的研究方法和过程,可供使用者和研究者参考。

我特向广大从事水环境规划、科研、设计、管理的工作者和其他读者推荐这本书。并祝愿废水处理的费用描述和经济分析随着实践的发展而不断地完善,为提高我国水环境的规划、管理和决策水平作出贡献,为保护我国的水环境发挥更大的作用。

令人高兴的是,本书收集的主要科研成果的研究人员和本书的主要编写者,均是80年代走出大学校门的年青一代。我衷心祝愿年青的环境保护工作者茁壮成长,祝愿我国的环保事业兴旺发达!

王扬祖

1990年10月

# 前 言

本《手册》的主要内容来源于由国家环境保护局下达的科研课题《工业废水处理设施费用函数研究》的成果。该课题由上海市环境保护局黄浦江研究室承担,课题负责人为李小平、王富康,成员有:王曙光、倪所能、陆景宣、金大伟、曹嘉敏、唐杰、严绍玮,陆景宣负责计算机应用程序的开发和编制。课题组在由天津市环境保护研究所牵头的《国家环保局工业废水处理设施调查组》提供的我国5556套工业废水处理设施的有关资料和数据库的基础上,经过一年的紧张工作(1986年10月至1987年10月),用了400个机时,完成了科研任务,并通过了国家环境保护局主持的鉴定。

根据鉴定委员会专家们的建议,在国家环境保护局水环境管理处的支持下,由上海市环境保护局黄浦江研究室编写成书。

本书由王富康、王曙光、李小平主编,各章的主要编写者如下:

绪 论: 李小平、王富康

第一章: 王富康

第二章: 曹嘉敏、严绍玮

第三章: 李小平、王曙光

第四章: 王富康

第五章: 王富康、李小平、王曙光

第六章: 唐 杰、倪所能、严绍玮

第七章: 王曙光

第八章: 王富康、柯也能

第九章: 王富康、王曙光、陆景宣

第十章: 王曙光、张仲南、李小平

第七、第八、第十章的部分内容选自国内外书刊和其他单位的研究报告,在本书编写的过程中,得到了国内同行、专家及黄浦江研究室各同志的指教和帮助,清华大学出版社曹淑贞同志对本书的内容组织及结构等提出了许多宝贵意见。书稿完成以后,国家环境保护局祝兴祥同志和黄浦江研究室张仲南同志认真地审阅了全书,国家环境保护局王扬祖副局长为本书作了序。所以本书的出版,是数千人共同努力的结果,在此一并表示衷心的感谢。

本书编写过程中由于受到基础资料结构、样本数量及参数不足的限制,本书提供的资料还不够完整,主要表现为:一些处理工艺的分类比较粗糙;一些重要的设计参数如滞留时间、污泥量及含水率等没有很好反映;城市污水处理的前提——城市排水管网的有关费用没有反映;一些废水类型如医院污水、放射性废水等和一些废水的处理工艺经分类后,因难以建立符合统计意义的费用方程,没能在本书中得到反映;一些工业废水处理和城市污水处理的新技术、新工艺,如深井曝气,新型厌氧系统,氧化塘、土地处理、排江排海工程等,也没能在本书得到反映。因为受到有效的统计数据所限,某些方程的误差范围还不尽如人意。

1988年后,由于受通货膨胀的影响,加上议价材料的增多,价格浮动的自由度增大,事实上,随着废水处理技术的进步和时间的推移,影响处理费用的各种因素将会变化,废水处理费用的有关信息也应随之更新。结合变化的实际情况,及时修正有关信息,这是本书的使用者需要特别注意的。例如,针对废水处理投资费用逐年增加的状况,只要修正投资费用函数  $C = \alpha Q^{\beta}$  中的系数  $\alpha$  即可。修正方法可以用  $\alpha$  乘以修正式  $(1+r)^{N-1987}$ , 式中  $r$  为投资建设费用的年平均增长率(%),  $N$  为投资建设年份, 1987 为费用方程的基准年。(可参见本书第九章第二节)

我们殷切希望环境界和其他读者对本书的不足之处提出宝贵意见,并在使用的过程中,结合实际情况,对有关费用资料进行修

正和补充。我们相信,随着科技进步与生产发展,我国废水处理费用的描述将更为丰富和完善,水污染控制中经济分析的水平 and 准确程度将不断提高。

编 者

1990.9



# 目 录

序 .....	I
前 言 .....	II
绪 论 .....	1
费用描述部分(第一至第八章)编制说明 .....	20
费用方程与表格索引 .....	24
<b>第一章 纺印化纤类废水处理的投资、运行费用和电耗</b> .....	<b>33</b>
第一节 概 述 .....	33
第二节 费用描述 .....	36
<b>第二章 化工类废水处理的投资、运行费用和电耗</b> .....	<b>74</b>
第一节 概 述 .....	74
第二节 费用描述 .....	78
<b>第三章 冶矿电力类废水处理的投资、运行费用和电耗</b> .....	<b>134</b>
第一节 概 述 .....	134
第二节 费用描述 .....	136
<b>第四章 轻工类废水处理的投资、运行费用和电耗</b> .....	<b>167</b>
第一节 概 述 .....	167
第二节 费用描述 .....	170
<b>第五章 含油类废水处理的投资、运行费用和电耗</b> .....	<b>201</b>
第一节 概 述 .....	201
第二节 费用描述 .....	203
<b>第六章 电镀类废水处理的投资、运行费用和电耗</b> .....	<b>234</b>
第一节 概 述 .....	234
第二节 费用描述 .....	237

<b>第七章 工业废水处理费用其他研究成果汇编</b> .....	342
第一节 概述.....	342
第二节 费用描述.....	345
<b>第八章 城市污水处理的投资与运行费用</b> .....	365
第一节 概述.....	365
第二节 费用方程与表格.....	369
第三节 大型城市污水处理厂标准设计的造价估算.....	386
<b>第九章 工业废水处理费用函数的建立、复核和分析</b> .....	414
第一节 工业废水处理费用资料的来源及分析.....	414
第二节 工业废水处理费用函数的建立.....	429
第三节 工业废水处理费用函数的复核和分析.....	447
附：《工业废水处理设施费用函数研究》鉴定意见 .....	464
<b>第十章 废水处理费用函数的应用</b> .....	467
第一节 在水污染控制系统规划中的应用.....	467
第二节 在城市污水处理系统规划 (厂群规划)中的应用.....	474
第三节 在污染物排放总量控制研究中的应用.....	481
第四节 在工业废水处理技术经济分析中的应用.....	487
第五节 在排污收费研究方面的应用.....	494
第六节 在水污染控制投资估算方面的应用.....	499
第七节 费用函数其他应用介绍.....	503

## 绪 论

废水处理工程系统的技术经济分析已成为当前开展水环境规划管理、进行水污染综合防治方面所不可缺少的基础工作。工业废水处理设施和城市污水处理厂的费用估算是其中具有普遍意义的重要内容。

无论是运用系统分析方法制定流域或区域的水质管理规划、开发、评价和选择水污染控制工程方案,还是编制城市排水系统规划、确定排污收费标准、探讨废水处理最佳实用技术和研究污染物排放总量控制,都需要进行技术经济分析,并解决工业废水和城市污水处理厂的基建投资和运行维护等费用的定量描述问题。因此,建立比较系统的、能够反映我国当前废水处理技术水平的费用函数(或费用曲线)是势在必行的。我们先简单介绍一些美国和我国的研究情况。

### (一) 美国在废水处理费用方面的研究概况

美国国家环境保护局(EPA)在工业废水和城市污水处理的费用估算方面花费了很大的人力和财力,于70年代末和80年代初提交了一大批有实用价值的研究成果,受到各级政府管理部门和工业界的欢迎与好评。现将美国EPA近年来就废水处理费用函数的类型、费用组成和指标,以及计算方法等方面的成果介绍如下:

#### 1. 废水处理费用函数的主要类型

目前,废水处理费用函数还只能作为经验模型(或黑箱模型)来处理,通常是把处理系统的费用与某种(或几种)变量之间的关系用数学表达式或图表来表示,常用的变量有处理水量、处理效

率、污染物浓度和污染物去除量等。常见的类型有：

(1) 费用与流量、处理效率之间的关系：

城市污水处理厂在处理工艺未定时，其费用可以看作是单位时间里去除污染物量的函数，即费用是处理水量和处理效率的函数。因此，其关系可表达为：

$$C = f(Q, \eta)$$

当处理工艺已定，效率可以看作常数，费用函数亦可表达为：

$$C = f(Q)$$

式中  $Q$  为废水处理流量； $\eta$  为处理效率； $C$  可以是设施的总投资费用、运行费用或设备使用期限内的总运行费用，也可以是两者之和。对于某一特定的工业废水处理工艺流程，通常也用这个形式来表达费用与流量间的关系，而效率则视为常数。

建立这种类型的费用函数，不仅需要较多的样本点和数据，而且还需要对废水处理设施的有关参数逐一地规范化，比较费工费时；当样本足够多时，它的计算结果是比较满意的，可以满足规划和经济分析的要求。常用的函数形式如：

离子交换的费用函数(美国)

$$\text{BCC (基本投资费)} = 163270Q^{0.88}$$

$$\text{LR (土地要求费)} = -0.17 + 0.021Q$$

$$\text{BMH (基本人时费)} = 3746.2Q^{0.72}$$

$$\text{MBC (基本材料费)} = 15161.5Q^{0.86}$$

(2) 费用与污染物去除率的关系

这种费用函数常以图的形式来表达处理成本(或投资)与污染物去除率之间的关系，在理论分析和实际计算中有广泛的应用。图绪-1 是某钢铁厂废水处理成本、处理方法和污染物去除率的关系，图绪-2 则是费用与 BOD 去除率的关系。

(3) 费用与污染物浓度的关系

这种类型的费用函数多表示为运行费用和污染物进水浓度之

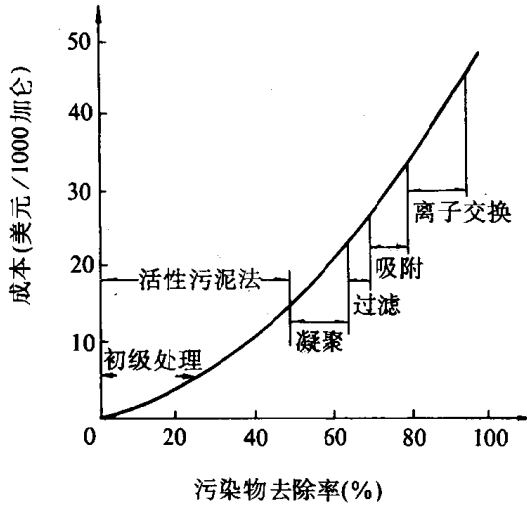


图 绪-1 某钢铁厂废水处理成本、处理方法和污染物去除率的关系曲线

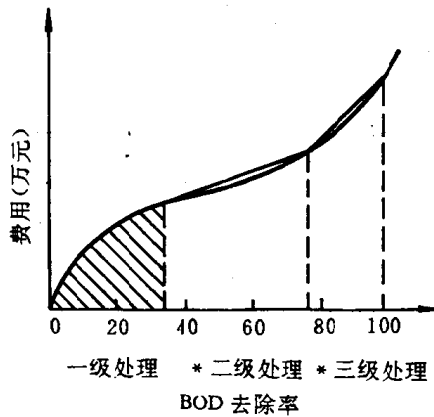


图 绪-2 处理费用与 BOD 去除率的关系曲线

间的关系,函数形式一般为幂函数,即:

$$Y_c = aC^b$$

式中  $Y_0$  为运行费用,  $C$  为废水进水浓度,  $\alpha$  和  $\beta$  为系数。图绪-3 是去除每磅可溶性固体所需的离子交换树脂再生剂的成本费用与进水浓度的关系, 其幂指数  $\beta$  为负值。

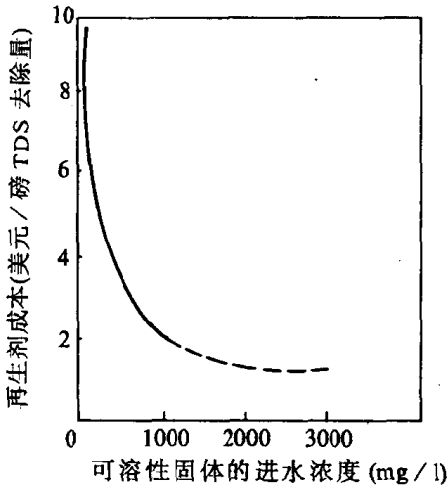


图 绪-3 离子交换树脂再生剂成本与可溶性固体进水浓度的关系

(4) 离散型的费用表

这种费用函数往往用列表的方式给出, 它的实质是一群离散的、难以用连续的数学表达式描述的变量群。当然, 在一定的范围和条件下, 也可以分段建立经验公式。这种费用表在实际中运用也比较广泛, 表绪-1 是国外炼油厂含油废水处理的费用表。

表 绪-1 炼油厂含油废水处理的费用表

处理方法	流量 (百万 加仑·天)	单位投资费用 (美元/百万 加仑·天)	单位运行成本 (美元/百万 加仑·天)	去除率 (%)
API 油水 分离器 (处理原 生污水)	3.0	15,500	7,667	浮油: 60—90 乳化油: 0
	7.5	14,000	4,800	
	15.0	14,000	3,667	
浮选 (处理 API 尾水)	3.0	37,167	12,333	浮油: 70—95 乳化油: 50—90
	7.5	29,700	12,333	
	15.0	24,750	7,850	

需要着重指出的是,上述主要几种类型的废水处理费用函数,还可以按废水处理系统中不同的层次分类,即可以分为:

### (1) 废水处理单元过程的费用函数

废水处理单元过程的费用函数可以对一套处理单元的基建费和运行费作出比较准确的估算,提供处理单元过程的概算基础,误差一般在15%之内。这种方法对所采集数据的要求相当高,即要求采集处理单元过程的投标数据或设计数据。实际上,单元过程都要收集这样水平的数据是很不容易办到的。美国EPA在一项综合报告中采用过这一层次的费用函数,仅二级出水的化学混凝,就需要建立81个基建和运行维护的费用曲线。

### (2) 废水处理工艺流程的费用函数

废水处理工艺流程的费用函数是将很多个相同工艺流程的有关费用,用统计方法得到通用化费用曲线。应当指出,对于一个已知的污水厂,这种费用曲线往往不能给出精确的费用估算,时、空条件(例如地理位置、现场基地条件、备料的难易程度、劳动力的价格等)和其他影响费用的变数,可能会使其实际费用与通用曲线出入很大。这类通用化曲线(方程)的误差一般在 $\pm 20\text{--}40\%$ 之间。但在水质区域管理规划研究、拟议工程计划的预计总费用水平估算,以及考虑一般比较方案的相对经济性时,这类费用函数则是相当有用的。

在废水处理单元过程和工艺流程的费用估算中,还可以建立其主要分项的费用函数,如投资中的土建、设备、人工、钢材、电力以及运行费用中的电力、材料、药剂、人工等项目。

### (3) 行业废水或某类废水处理的费用函数

行业废水或某类废水处理的费用函数只考虑行业或某种类型废水的一般平均费用水平,所以其费用估算是比较粗略的,误差往往会大于 $\pm 50\%$ 。这一层次的费用函数可用于污染控制战略规划或预测研究中的费用估算。

#### (4) 区域治理的费用函数

区域治理的费用函数结合了区域内各个工厂处理系统的费用曲线,再用数学的方法推导出区域的费用函数。这种费用函数中的费用不仅与流量、效率、污染物浓度等参数有关,还和排放标准、工厂位置(选址)、区域经济等参数有关。它实质上是某个区域废水处理的工程——经济模型。美国在 Dupage 流域规划中,用 1300 多种技术组合成包括 31 种废水处理方法和 25 种污泥处理方法在内的区域治理费用函数,并作了区域治理和非区域治理的费用比较分析(见图 绪-4)。

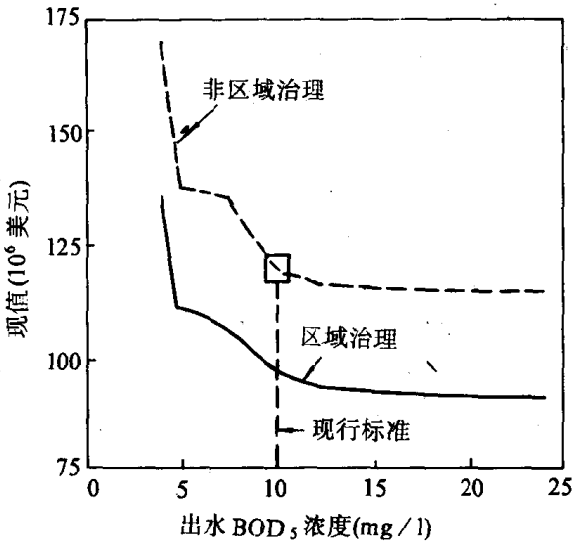


图 绪-4 区域治理与非区域治理的现值比较

### 2. 费用组成和费用指标

#### (1) 费用组成

美国 EPA 认为城市污水处理厂的投资和运行费用组成为：

投资费用

- 以 5.625% 利率 20 年分期偿还的建筑投资；



- 工艺流程中的构筑物、设备、泵和管道,以及其他辅助设施;
- 土地要求,2000美元/英亩;
- 工程费用,临时应急费用和 27%建筑期间的税金。

运行和维护费用

- 包括劳动力在内的年平均运行和维持费;
- 所有的材料费用,包括化学药剂、电力和燃料,以及其他材料消耗。

一般认为,工业废水处理设施的投资和运行费用的组成也基本雷同。

美国 EPA 在《可处理性手册》一书中,给出了工业废水处理的费用组成以及各组分之间的比例关系。表 绪-2 是美国工业废水处理

表 绪-2 美国工业废水处理设施投资费用的组成

固定资产投资		%	PE&I(计)
直接费用			
• 购买设备和安装费用(基准)			100
• 仪表控制			10
• 管道			21
• 电力设备和器材			13
• 建厂房			26
• 场地改造			7
• 服务性设施			41
非直接费用			
• 工程和管理			29
• 建设费用			32
• 建筑税金			7
• 应急费用			27
	总固定资产	3.13	PE&I
劳动资本		0.47	PE&I
	总投资	3.60	PE&I

理设施投资费用的组成,其各组分之间的比例关系是以购买和安装费用(PE&I)为基准(=100%)来进行实际计算的。表 绪-3 是美国工