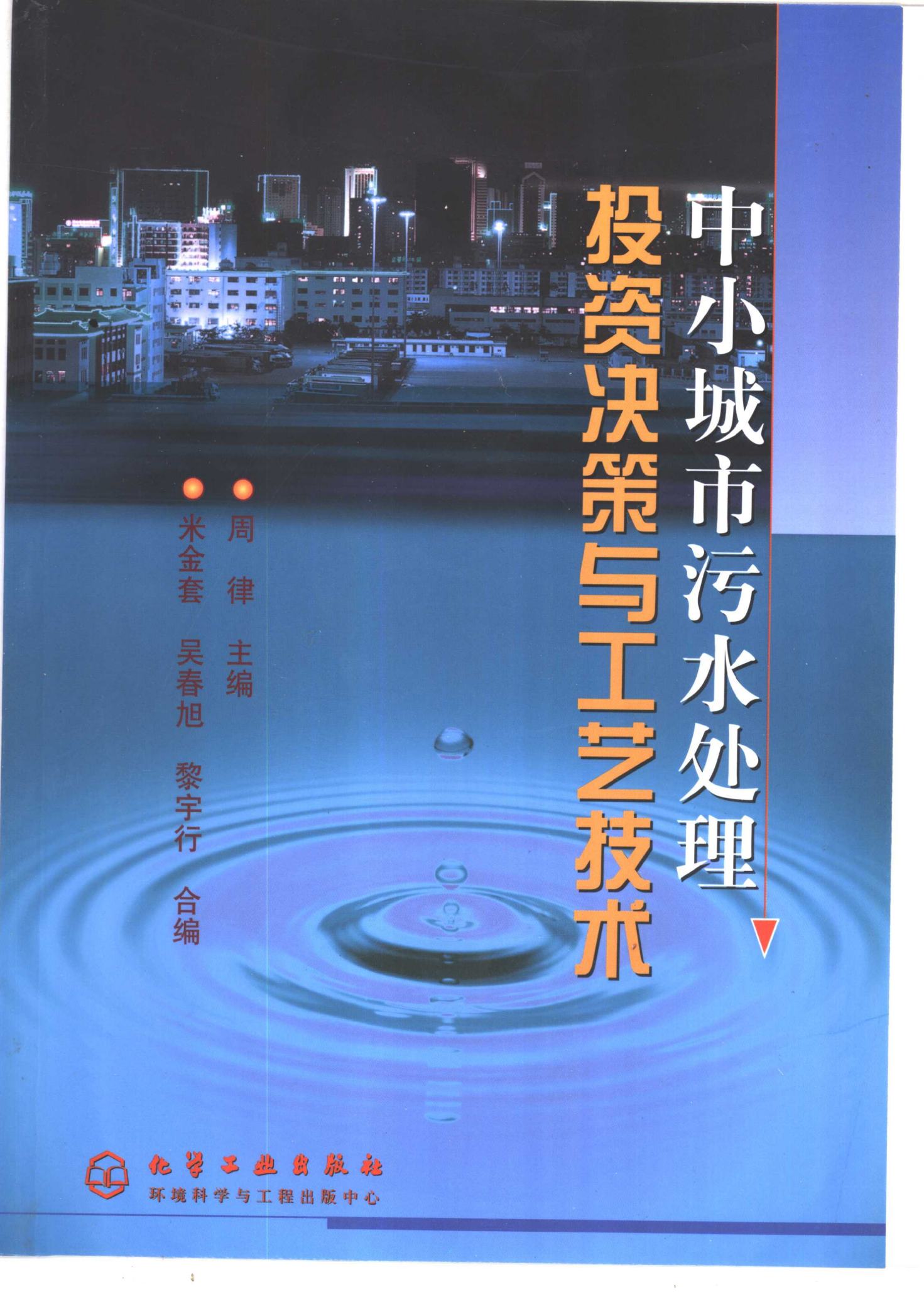




中小城市污水处理 投资决策与工艺技术

● 周律 主编

● 米金套 吴春旭 黎宇行 合编



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

中小城市污水处理投资决策与工艺技术

周 律 主编

米金套 吴春旭 黎宇行 合编

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

中小城市污水处理投资决策与工艺技术/周律主编;
—北京:化学工业出版社,2002.10
ISBN 7-5025-3984-0

I. 中… II. ①周…②米…③吴…④黎… III. ①城市污水-污水处理-工程-投资-可行性研究②城市污水-污水处理-技术 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 052574 号

中小城市污水处理投资决策与工艺技术

周 律 主编

米金套 吴春旭 黎宇行 合编

责任编辑:郎红旗

责任校对:郑 捷

封面设计:蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社

出版发行

环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 14 字数 347 千字

2002 年 10 月第 1 版 2002 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3984-0/X·217

定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书结合我国的具体情况和国家的相关政策,全面介绍了中小城市水污染控制、污水处理厂建设规划及工艺技术的相关内容。主要包括:我国中小城市水污染现状与分析,中小城市水污染控制系统规划和决策的基本方法,中小城市污水处理设施建设的投融资控制和效益评价,中小城市污水处理系统的组成,一些典型的中小城市污水处理系统的工艺设计,以及中小城市污水处理设施的运行管理。

书中既从管理决策的宏观层面,又从工艺设备的技术角度,全方位介绍了中小城市水污染控制和污水处理厂建设管理的基本理论、实施办法、工艺设计和操作实例。可供市政建设和环境保护部门的管理人员,污水处理厂等水处理行业相关的工程技术人员和管理人员,以及大专院校相关专业的师生参考使用。

前 言

随着国民经济可持续发展的要求和人民生活水平的提高,水环境质量的重要地位不断提升,这使得我国的水污染控制工程建设项目的数量不断增加。当前,我国中小城市的污水排放量约占全国污水排放总量的一半以上,但中小城市污水处理厂的总数量和处理能力都明显低于全国平均水平。在国家大力建设和发展中小城市的情况下,如何使得城市的建设与水环境的改善可持续进行,是城市建设中尤其要注意的问题。由于我国中小城市的特点,其工作的难度、复杂程度和工作量不亚于大城市水污染的控制工作。在社会主义市场经济条件下,如何使水污染的控制工作从科学规划到污水设施的正常运行,并达到环境效益、社会效益甚至是经济效益的良好统一,是一个复杂的系统工程,也是需要大家关注的问题,当然更需要各个方面的配合或参与。

编者希望从中小城市水污染控制全过程的角度,介绍我国中小城市水污染控制工作的基本内容。书中的内容是编者实践和学习的总结。由于业务水平有限,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

本书第1章由吴春旭、米金套编写,第2章由吴春旭、周律编写,第3章由黎宇行、周律、米金套编写,第4、5、6章由周律编写。

编写过程中得到了张晓健、马金、张玉奎、王浩川、李子明、冯卫刚、严忠光、黄建成、郑晰等多位同志的帮助,上海水务网、美国 United Industries 公司也给编者提供了部分编写资料,在此深表感谢。

编 者

2002年3月于安岩

目 录

第 1 章 我国中小城市水污染现状与分析	1
1.1 我国中小城市的发展状况	1
1.1.1 我国城市的发展状况	1
1.1.2 我国中小城市发展状况	2
1.2 我国中小城市水资源状况	4
1.2.1 我国水资源利用概况和存在问题	4
1.2.2 中小城市水资源利用的现状和特点	6
1.3 我国中小城市的水污染现状	7
1.3.1 我国城市水污染的总体状况	7
1.3.2 城市污水排放量预测	8
1.3.3 中小城市水污染的现状特点	9
1.4 合理利用水资源是我国中小城市发展的出路	10
1.5 我国中小城市水污染控制的发展状况	11
1.5.1 我国城市水污染控制发展状况	11
1.5.2 我国中小城市水污染控制现状	12
1.5.3 我国中小城市水污染控制中需解决的问题	12
1.6 目前我国关于城市污水处理及污染防治的技术政策	14
1.6.1 政策原则	14
1.6.2 城市污水处理技术政策	15
第 2 章 中小城市水污染控制系统规划和决策	16
2.1 中小城市水污染控制系统规划的基本方法	16
2.1.1 城市水污染控制规划的内容	16
2.1.2 中小城市水污染控制方案需考虑的问题	18
2.2 我国中小城市污水处理中的决策问题	24
2.2.1 中小城市污水处理决策原则	24
2.2.2 城市污水处理系统的决策流程	26
2.2.3 城市污水处理方案的决策方法	26
附 城市污水处理方案决策因素调查问卷及数据处理	30
2.3 适合我国中小城市污水高效低耗处理的关键技术	32
2.3.1 中小城市污水处理高效低耗技术和工艺	32
2.3.2 高效低耗城市污水处理技术或工艺的关键技术	33
第 3 章 中小城市污水处理设施建设的投融资控制和效益评价	36
3.1 污水处理设施建设的投资特点	36
3.1.1 中小城市污水处理厂在经济管理方面存在的问题	36
3.1.2 我国中小城市污水处理厂建设投融资的特点	37

3.1.3 我国污水处理的经济政策	37
3.1.4 “十五”计划对城市水污染防治和城市污水处理的要求	38
3.2 中小城市污水处理厂的投融资渠道分析	38
3.2.1 传统的投融资渠道	38
3.2.2 市场机制下新的融资渠道	41
3.2.3 现阶段适合我国中小城市污水处理厂建设的融资渠道	52
3.3 中小城市污水处理设施建设的投资控制方法	52
3.4 中小城市污水处理设施的经济评价	57
3.4.1 经济评价的内容	57
3.4.2 财务评价	60
3.5 中小城市污水处理设施的后评价	71
3.5.1 项目后评价的定义	71
3.5.2 污水处理设施投资项目后评价的必要性	72
3.5.3 项目后评价的内容和方法	72
3.5.4 项目后评价的程序	74
3.6 中小城市污水处理设施建设的社会评价	77
第4章 中小城市污水处理系统的组成	79
4.1 与城市污水处理系统相关的水环境标准	79
4.1.1 水环境质量标准	79
4.1.2 水污染物排放标准	80
4.2 污水提升系统	84
4.2.1 中小城市的排水体制	84
4.2.2 污水泵站系统	89
4.3 一级处理系统	97
4.4 二级处理系统	102
4.4.1 营养物去除及相关二级处理工艺	103
4.4.2 高效低耗曝气设备	111
4.5 污泥的处理与处置系统	123
4.5.1 城市污水处理厂污泥的性质和污泥量	123
4.5.2 城市污水处理厂污泥处理工艺的选择	127
4.5.3 城市污水处理厂污泥处置	129
第5章 中小城市污水处理系统的典型工艺设计	132
5.1 化学强化一级处理系统的工艺设计	132
5.1.1 基本原理和技术特征	132
5.1.2 化学强化一级处理主要使用类型	134
5.1.3 工艺系统设计	135
5.2 不完全厌氧-好氧处理系统的工艺设计	136
5.2.1 原理和技术特征	137
5.2.2 不完全厌氧-好氧处理系统的使用	139
5.2.3 工艺系统设计	139

5.3 交替式污水生物处理系统的工艺设计	140
5.3.1 氧化沟污水处理系统的工艺设计	140
5.3.2 SBR 活性污泥法系统的工艺设计	167
第 6 章 中小城市污水处理设施的运行管理	181
6.1 运行管理的重要考核指标	181
6.1.1 运行管理技术指标	181
6.1.2 污水处理设施处理成本和计算	184
6.2 处理工艺管理的基本方法	185
6.2.1 运行管理和安全操作的要求	186
6.2.2 工艺操作管理	189
6.3 设备管理的原则与方法	192
6.3.1 设备的技术管理	192
6.3.2 设备管理的经济分析	197
附录 1 城市污水处理及污染防治技术政策	208
附录 2 中华人民共和国地表水环境质量标准 (GB 3838—2002)	211
参考文献	215

第 1 章 我国中小城市水污染现状与分析

1.1 我国中小城市的发展状况

1.1.1 我国城市的发展状况

1. 我国城市规模的界定

城镇规模一般是指城镇人口和城镇（建成区）用地规模，但主要是指城镇人口规模。我国《城市规划法》中规定城镇规模的分类为：城镇中非农业人口在 20 万人以下的为小城市，20~50 万人为中等城市，50~100 万人为大城市，100 万人以上为特大城市。该划分标准是人为制定的，随着我国社会经济的发展，城市人口的增加和城市规模的扩大，我国城市规模的划分标准还有可能改变。

2. 我国城市发展现状

改革开放以来，经济的高速发展促进了我国城市化进程的加快，1980~1999 年我国城市数量平均增长率为 5.6%，城市（尤其是大城市）数量剧增。表 1-1 为我国城市数量的发展情况。

表 1-1 我国城市数量发展情况

单位：座

时间	特大城市	大城市	中等城市	小城市	城市总计
1980 年	15	30	70	108	223
1985 年	21	31	94	178	324
1990 年	31	28	117	291	467
1995 年	32	43	191	374	640
1999 年	36	48	161	422	667

从图 1-1 所示的我国城市数量发展趋势图线中，可以更加直观地看到我国各类城市的发展趋势，其中中小城市的数量增长速度非常惊人。

1950 年全国城镇人口 5 800 万人，1990 年城镇人口 2.14 亿，到 1999 年，全国城市人口达 3.76 亿，比 1950 年增加 3 亿多，近十年城市人口年均增长 5.5%，高于世界平均水平的 1.97%，也高于发展中国家平均水平的 2.53%，可见我国城市化进程之迅速。到 1997 年，我国的城市人口比重已达 29.92%。

一般认为，城市化水平低于 15% 左右时，城镇体系处于低级均衡阶段；城市化

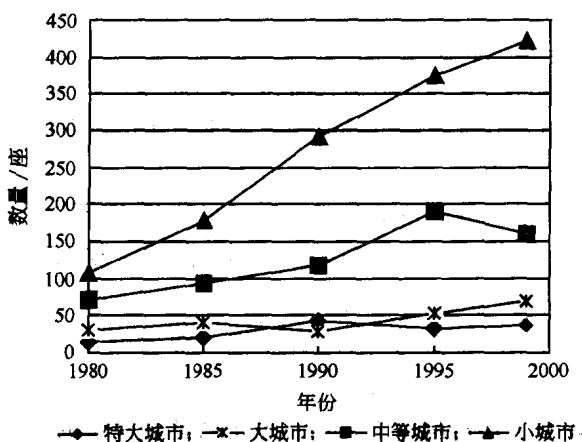


图 1-1 我国城市数量发展趋势

水平处于 15%~50% 之间时, 城镇体系处于倾斜发展阶段; 城镇化水平处于 50%~70% 之间时, 城镇体系处于完善发展阶段; 城镇化水平大于 70% 时, 城镇体系处于高级均衡阶段。从总体上看, 我国目前的城市化水平在 30% 左右, 城市体系正处于倾斜发展阶段, 出现了一些相当规模的大城市, 如北京、上海、广州等, 这些城市不但已成为该地区的中心, 而且这些城市的全球影响也在提高。但我国中小城市的发展速度相对滞后, 经济水平有待提高。

1.1.2 我国中小城市发展状况

由于乡镇企业的迅猛发展, 农村也呈现工业化、城镇化发展加速的势头, 我国中小城市加速发展。目前, 居住在农村的有 8 亿多人, 随着市场经济体制的建立, 剩余劳动力及部分人口将迁移到城市, 中小城市成为大量吸纳这些人口的重点地区。我国中小城市的发展有其自身的发展特点, 同时也存在许多的问题。

1. 发展中的中小城市

(1) 中小城市数量猛增

1989 年颁布的《中华人民共和国城市规划法》中规定: “国家实行严格控制大城市规模, 合理发展中等城市和小城市的方针, 促进生产力和人口的合理布局。”正是在国家这个一贯的城市政策方针的指引下, 我国的中小城市数量迅猛增加。改革开放以来, 到 1995 年以前, 我国中小城市数量从 1978 年的 152 个, 迅速发展 to 1996 年初的 588 个。直到《民政部关于调整设施标准的报告》颁布几年后, 由于城市建立标准有较大提高, 我国中小城市数量的增加趋势才有所减缓。

(2) 乡镇企业迅猛发展

20 万人口以下的城市是乡镇企业的聚集地, 由于乡镇企业不受计划经济制约, 自由灵活, 能够迅速地适应市场要求, 因此其市场竞争力较强, 经济效益大幅增加, 在 20 世纪 90 年代初期, 经济效益已经高于国有大中型企业。小城市中的乡镇企业也是吸纳广大农村剩余劳动力的主力, 这也促使中小城市人口数量的增加。

2. 中小城市对我国经济发展的作用

改革开放以来, 我国中小城市的经济迅速发展, 经济增长幅度比特大城市和大城市更高。1986~1990 年 5 年间, 全国城市工业总产值从 6 295 亿元增长到 17 972.8 亿元, 其中大型和特大型城市工业总产值从 4 004 亿元增加到 10 392.6 亿元, 占全国城市工业总产值的比重由 63.66% 下降为 57.8%; 中小城市工业总产值从 2 291 亿元增加 7 580.2 亿元, 占全国城市工业总产值的比重由 36.4% 上升为 42.2%。尽管大城市是全国性或较大区域的经济中心, 对全国经济具有举足轻重的作用, 但同时一大批中小城市的兴起也对全国经济产生重要的影响。

从区域经济的角度上看, 经济比较发达的特大城市和大城市一般是相应区域的经济中心, 但中小城市的特殊作用不能忽视。首先, 中小城市具有传导作用, 中小城市的发展架起经济中心与广大农村之间的桥梁, 一方面大城市的先进技术、生产资料、资金以及工业制品通过中小城市向整个区域扩散, 带动整个区域经济的发展, 另一方面各地的资源也通过中小城市流动到了大城市。其次, 中小城市具有分流作用, 中小城市分担了城市化进程中人口迁移对大城市的压力, 中小城市劳动密集型的产业为广大农村剩余劳动力的转移提供了更多的就业岗位。

3. 我国中小城市发展中存在的问题

(1) 中小城市发展水平仍较低

① 非农业人口比例过低。尽管我国中小城市在“中介”的位置上得到了一定发展，而且中小城市的数量也快速增加，但是从非农业人口在城市中的比重看，1995年我国中等城市的非农业人口占38.14%，小城市的非农业人口所占比重为19.92%，可以看出这些中小城市的城市质量非常低，仅城市数量一项指标不能完全代表我国中小城市的真实发展情况。

② 中小城市经济效益偏低。国内外学者的研究表明，城市经济效益与城市规模间具有正相关的关系。据统计，尽管国有企业经济效益较低，但就综合经济效益而言，我国特大城市、大城市不论是人均国民收入还是人均国内生产总值都居全国前列。应当认为国有企业目前的经济效益不如乡镇企业的情况是暂时的，随着国有企业体制改革的深入，国家宏观经济的转好，国有大中型企业的经济效益将会明显提高，这将对原本在资金、技术等方面不占优势的乡镇企业带来较大冲击。

③ 中小城市的文教、卫生、科研等社会事业发展水平较低，发展规模也小得多，城市基础设施薄弱。

(2) 中小城市地区发展极不平衡

① 大城市与中小城市经济发展不平衡。这和世界发达国家的城市化历程相似——城市化进程首先从大城市开始，然后逐步辐射到中小城市。德国地理学家克利斯泰勒曾经测算过，一般1个大城市需要3个甚至7个中等城市与之相配。根据这一定律，我国的青海、宁夏、贵州等西部省区的中等城市比例很不合理。

② 不同地区中小城市发展不平衡。由于我国东、中、西部经济发展极不平衡，经济发展状况的东高西低也导致我国城市的发展十分不均衡。尤其是中等城市，西部地区中等城市数量只占全国的15.25%，人口数占全国的15.04%，而中部和东部分别达到41.81%、39.89%和42.94%、45.07%。在我国中西部，尚有相当一部分地区处于城市发展的第一阶段即低级均衡阶段。

(3) 旧有体制影响中小城市发展

① 国家从1961年开始强化户籍制度和城乡二元结构，小城市因此失去了过去作为农村地区物资交易中心的地位，功能进一步削弱。其进一步的后果是小城市的就业和收入都面临着严重困难，大批人员没有工作可干，收入大幅度下降甚至影响生存，因而许多小城市人口开始返回农村从事农业生产。中等城市也面临着类似的困境和问题。

② 由于我国建立了一个庞大的城市规模等级制度，规模越大，行政级别越高，越能集中财力进行各方面建设，加之国家将许多重要项目集中于规模大的城市中发展，造成规模越小的城市基础设施建设和产业越落后，抑制了中小城市的发展。

③ 全国依然维持着原有的城乡分割下建立的城市体制，国家的“农转非”政策规定，大、中、小城市一律按非农业人口的0.2%的比例吸纳农业人口，这种不根据具体情况搞“一刀切”的政策，阻碍了有条件的农村人口的迁入，给我国的城市化带来了很不利的影响，这是导致我国中小城市中非农业人口比例过低的重要原因。在许多中小城市，一批农村人口实际上已在城市就业和工作，并且也有一定的能力购置住房，但就因为他们没有当地的户口，便成为游离于当地社会之外的不稳定群体。而城市基础设施建设又不考虑他们的需求，使得许多中小城市也出现了大城市所面临的社会问题，诸如交通拥挤、供水紧张等。

④ 我国大量小城市是通过“县改市”这样的体制转换而形成的，但是改“市”后它们的具体体制和运行机制仍旧保留着“县”的那一套。例如，县的财政金融体制主要是面向广大的农村，改“市”后仍会限制对小城市的基础设施建设的投入，城市第二、三产业也不可能得到很好的发展。

4. 中小城市的环境效益水平较低

我国中小城市也存在严重污染。我国大城市的环境污染问题越来越受到广泛的重视，但是并不能认为中国大城市环境污染比中小城市更加严重。《1999 年中国环境状况公报》表明：统计的 338 个城市中，33.1% 的城市满足国家空气质量二级标准，66.9% 的城市空气质量劣于二级标准，其中超过三级标准的有 137 个城市，占统计城市的 40.5%。1999 年，全国工业固体废物产生量为 7.8 亿吨，其中县及县以上工业固体废物产生量为 6.5 亿吨，占产生总量的 83.3%，乡镇工业的固体废物产生量为 1.3 亿吨。工业固体废物排放量为 3 881 万吨，其中乡镇工业的排放量为 2 726 万吨，占排放总量的 70.2%。中小城市的水污染状况也基本相似，这部分内容将在后面章节中详述。由于大城市对周围中小城市具有扩散与辐射作用，大城市技术升级所淘汰的污染严重的旧技术，通常都会向次级的中小城市转移，同时也出现同类的污染源向中小城市转移的现象，加之小城市的乡镇企业主素质相对较低，只顾眼前的经济利益，环境保护意识更加薄弱，经常造成严重的污染。

在环境保护方面，也存在着环境治理状况与城市规模之间的正相关的关系。大城市用于环境保护的资金、技术和管理较为先进，中小城市条件相对落后，环保难度更大；加之城市基础设施投入比例更少，中小城市的环境治理面临着严峻的挑战。

1.2 我国中小城市水资源状况

1.2.1 我国水资源利用概况和存在问题

1. 我国水资源自然状况

我国水资源总量不少，居世界第 6 位，但人均占有水量仅 $2\,400 \sim 2\,500 \text{ m}^3/\text{a}$ ，列世界

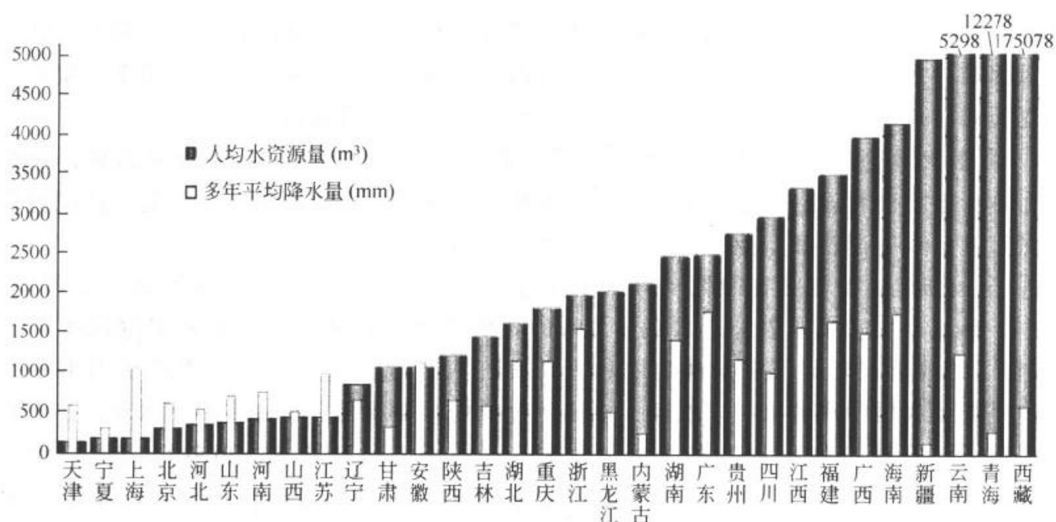


图 1-2 我国各省级行政区人均水资源量（未计入境水）及多年平均降水量
（根据第一次水资源评价成果及 1999 年人口编制）

110 位，为世界人均占有水量的 1/4。而且，我国水资源时空分布极不均匀，水旱灾害频繁，可利用水资源量占天然水资源量的比重小，水污染和水的浪费现象都较为严重。图 1-2 为我国各省级行政区人均水资源量及多年平均降水量的柱状图。

从图 1-2 可以明显看出我国水资源空间分布的不均匀性，天津、宁夏、上海、北京、河北、山东、河南、山西、江苏等省级行政区的人均水资源量均小于 500m³/a。从表 1-2 所示的水资源紧缺指标可以看出，这些省级行政区都属于极度缺水的地区，水资源短缺已经成为制约这些地区可持续发展的重要因素。

表 1-2 水资源紧缺指标

紧缺性	人均水资源量/m ³ ·a ⁻¹	主 要 问 题
轻度缺水	1 700~3 000	局部地区、个别时段出现缺水问题
中度缺水	1 000~1 700	将出现周期性和规律性用水紧张
重度缺水	500~1 000	将经受持续性缺水，经济发展受到损失，人体健康受影响
极度缺水	<500	将经受极其严重的缺水，需要调水

注：本指标系水利部水资源司综合联合国组织和著名国际专家的看法，并结合中国具体情况初步确定。

此外，水资源的空间分布和我国土地资源的分布也不相匹配。黄河、淮河、海河三流域，土地面积占全国的 13.4%，耕地占 39%，人口占 35%，GDP 占 32%，而水资源量仅占 7.7%，人均约 500m³，耕地亩均少于 400m³，是我国水资源最为紧张的地区。

我国的水资源量时间分布也不均匀，表 1-3 为 1999 年我国全年流域分区的水资源量统计。尽管我国 1999 年水资源总量为 28 196 亿立方米，比常年多 2.7%，但与常年比较，松辽河片减少 28.6%，海河片减少 54.3%，黄河片减少 15.8%，淮河片减少 38.9%，长江片增加 17.2%（太湖流域增加 120.9%），珠江片减少 6.5%，东南诸河片增加 16.8%，西南诸河片增加 1.3%，内陆河片增加 20.0%。

表 1-3 1999 年我国流域分区水资源量

单位：亿立方米

流域片	降水量	地表水资源量	地下水资源量	地表与地下水资源重复量	水资源总量
全 国	59 702.4	27 203.8	8 386.7	7 394.8	28 195.7
松辽河	5 215.7	1 114.6	556.0	293.5	1 377.1
海 河	1 224.4	92.0	170.9	70.5	192.5
黄 河	3 181.3	523.8	393.8	291.8	625.9
淮 河	2 212.3	346.5	327.4	86.5	587.4
长 江	20 414.0	11 125.9	2 559.9	2 420.9	11 264.9
其中：太湖流域	594.0	323.0	62.8	27.2	358.6
珠 江	8 612.0	4 379.2	1 009.5	984.9	4 403.9
东南诸河	3 668.6	2 240.3	503.1	491.4	2 252.0
西南诸河	9 584.3	5 926.8	1 804.5	1 803.6	5 927.7
内陆河	5 589.9	1 454.6	1 061.5	951.7	1 564.4

其中，海河片、松辽河片、黄河片、淮河片这些地区的水资源量比常年偏少，这和我近年来北方地区水资源量持续偏少的变化趋势基本一致。辽河、海河、黄河流域区人口很

多，社会经济较为发达，但这些地区水资源量常年短缺，而且近年来有日益加重的趋势。从 20 世纪 80 年代开始，海河、黄河流域的干旱断断续续已经持续 20 多年，海河流域是我国水资源极度短缺的地区，全流域人均水资源占有量为 348m³，为全国平均水平的 15.7%。

2. 我国水资源开发利用现状

1999 年，全国总供水量 5 613 亿立方米，其中地表水源占 80.5%，地下水源占 19.1%，其他水源占 0.4%；全国总用水量 5 591 亿立方米，其中农业用水占 69.2%，工业用水占 20.7%，生活用水占 10.1%；全国用水消耗量 3 028 亿立方米，占总用水量的 54%。全国人均用水量 440m³，万元 GDP（当年价）用水量 680m³，农田灌溉亩均用水量 484m³，万元工业产值（当年价）取水量 91m³。用水量指分配给用户的包括输水损失在内的毛用水量，按农业、工业、生活 3 大用户统计。农业用水包括农田灌溉用水和林牧渔用水；生活用水包括城镇居民、公共用水和农村居民、牲畜用水；工业用水为取用的新鲜水量，不包括企业内部的重重复利用量。

表 1-4 我国农业、工业、生活取水量统计

年份	工业		城市		农业		总计	
	年取水量 /亿立方米	年均增长 率/%	年取水量 /亿立方米	年均增长 率/%	年取水量 /亿立方米	年均增长 率/%	年取水量 /亿立方米	年均增长 率/%
1980	566.4	—	67	—	4 120.2	—	4 573.5	—
1990	774.6	3.2	105.3	4.6	4 698.6	1.3	5 578.5	2.0
1999	1 158.95	4.6	266.75	10.9	4 165.19	-1.3	5 590.9	0.02

注：农村生活用水计入农业取水量中。

表 1-4 所示为我国近 20 年来，新鲜水取用量的变化情况，其中城市取水量为全国生活用水量的 47.4%。从表 1-4 中可以看出，当前我国正处在经济高速发展时期，尽管近年来由于灌溉技术的改变，我国农业用水量的比重明显呈下降趋势，但发达国家工业用水一般在 40%~60% 左右，相比之下我国工业发展水平较低，取水量较少。而我国生活用水则大幅增加，已占到总取水量的 10% 以上，已经接近发达国家生活用水约占 15% 左右的水平。生活用水的增加尽管在一定程度上体现了人民生活水平在不断提高，但过快的增速同时也表明人民在生活用水过程中还存在着较大的浪费现象，人民的节水意识还有待提高，这也说明我国生活节水的潜力还很大。

1.2.2 中小城市水资源利用的现状和特点

1. 我国城市水资源利用状况

结合城市用水的特点，城市水资源可以定义为“一切可以被城市利用的天然淡水资源”，同时还包括部分海水和再生利用水等。按水资源的类型可以分为降水资源、土壤水资源、地表水资源、地下水资源、海水资源和再生利用水资源等 6 类。

由于我国城市地理位置的密疏分布与地区水资源的多少并不适应，长江以北地区城市密度大，工业发达，而且多为需水量大的重型工业，但地表水资源不足南方的 1/4，因此，北方地区需要开采大量的地下水以满足用水需要。许多城市地下水开采状况不容乐观。唐山、太原、烟台、大连属严重超采城市，开采程度大于 120%；北京、天津、石家庄、济南、邢台属超采城市，开采程度介于 100%~120% 之间。

据水利部统计，20 世纪 90 年代以来，我国城市缺水范围不断扩大，程度不断加剧。目

前京津沪都是缺水城市,北京市人均水资源不足 300m^3 ,上海市人均水资源不足 200m^3 ,天津市更属生态缺水城市,人均水资源仅 153m^3 ,均属于极度缺水城市。正常年份全国城市缺水 60 亿立方米,全国 660 多座建制城市中有 400 座左右不同程度缺水,108 座严重缺水。

目前,我国城市水资源的开发利用中存在两个主要问题。

第一,部分城市的水资源量不能满足用水需求,包括靠地下水供给的北方城市和个别沿海城市,缺水量较大。由于超量开采地下水,全国已出现 56 个区域性的地下水降落漏斗,总面积达 $87\,000\text{km}^2$ 。导致沿海城市海水入侵,地下水水质恶化,还导致许多城市出现地面沉降。

第二,城市水资源普遍受到不同程度的污染。1999 年全国废污水排放总量 606 亿吨(不包括火电直流冷却水),其中工业废水占 67%,生活污水占 33%。对全国 11 万多公里河流进行水质评价结果,Ⅰ类水河长占 5.5%,Ⅱ类水河长占 24.5%,Ⅲ类水河长占 32.4%,Ⅳ类水河长占 12.6%,Ⅴ类水河长占 7.8%,劣Ⅴ类水河长占 17.2%。

2. 中小城市水资源特点

中小城市的水资源状况,与该城市所在流域的水资源情况大体相当。由于通常要服从中央的“弃小保大”的政策,就淮河、海河、辽河等缺水地区而言,这些地区中小城市数量很多,但几乎都同时面临着严重的水资源短缺状况。

中小城市有的是乡镇企业的聚集地,乡镇工业废水造成的水质污染直接影响当地水资源的利用。比如淮河流域由于乡镇企业密布,由 20 世纪 70 年代开始经过近 30 年长期的污染,到 1993 年淮河流域 280 个监测断面中高锰酸盐指数、氨氮、溶解氧、 BOD_5 和挥发酚超Ⅴ类的断面,分别有 130 个、128 个、85 个、39 个和 27 个,直接造成了我国淮河中下游地区用水甚至人畜饮水的困难。

1.3 我国中小城市的水污染现状

1.3.1 我国城市水污染的总体状况

当前我国环境形势仍然相当严峻,各项污染物排放总量很大,污染程度仍处于相当高的水平,一些地区的环境质量仍在恶化,相当多的城市水、气、声、土壤环境污染仍较严重。我国的水环境状况如下:中国主要河流有机污染普遍,面源污染日益突出。主要湖泊富营养化严重。辽河、海河污染严重,淮河水质较差,黄河水质不容乐观,松花江水质尚可,珠江、长江水质总体良好。七大水系污染程度由重到轻顺序为:辽河、海河、淮河、黄河、松花江、珠江和长江。

2000 年,上述七大重点流域地表水有机污染普遍,各流域干流有 57.7% 的断面满足Ⅲ类水质要求,21.6% 的断面为Ⅳ类水质,6.9% 的断面属Ⅴ类水质,13.8% 的断面属劣Ⅴ类水质。

我国城市水污染也较为严重,流经城市的河段普遍受到污染。国家监控的 141 个城市河段中,36.2% 的城市河段为Ⅰ至Ⅲ类水质,63.8% 的城市河段为Ⅳ至劣Ⅴ类水质。其中,47 个环保重点城市(直辖市及省会城市、经济特区、沿海开放城市和重点旅游城市)的典型水域中,19.2% 的水域为Ⅱ类水质,14.9% 为Ⅲ类水质,25.5% 为Ⅳ类水质,10.6% 为Ⅴ类水质,29.8% 为劣Ⅴ类水质。华东地区和长江、黄河沿岸城市地表水因地表径流较大而水质较好,海河、辽河等沿岸的城市地表水水质较差。

1999 年，全国工业和城市生活废水排放总量为 401 亿吨，比上年增加 6 亿吨。其中工业废水排放量 197 亿吨，比上年减少 4 亿吨；生活污水排放量 204 亿吨，比上年增加 10 亿吨，生活污水排放量首次超过工业废水排放量，这是一个重要的标志，表明我国污水的构成已经发生质的变化。表 1-5 所示为 1997~2000 年我国工业废水和生活污水的排放量。

表 1-5 1997~2000 年我国工业废水和生活污水的排放量

年份	污水排放量/亿立方米			年份	污水排放量/亿立方米		
	合计	工业污水	生活污水		合计	工业污水	生活污水
2000	194.2	220.9	415.1	1998	200.5	194.8	395.3
1999	197.3	203.8	401.1	1997	227	189	416

据统计，2000 年我国废水中化学需氧量（COD）排放总量 1 445.0 万吨。其中工业废水中 COD 排放量 705 万吨，生活废水中 COD 排放量 740.5 万吨，比 1999 年分别增加 13 万吨和 43.5 万吨。

我国城市污水由城市工业废水和生活污水组成。据 2001 年《中国统计摘要》统计，全国城市排水系统污水排放量为 331.8 亿吨，占全国工业废水和城市生活污水排放量的 79.9%。可见治理城市污水是全国水污染控制的关键。

改革开放以来，我国生活污水排放量逐年递增，表 1-6 为我国城市居民生活污水排放的统计情况。

表 1-6 我国城市居民生活污水排放的统计

年份	城市数量/座	城市人口/万人	日均生活污水量/万立方米	人均生活污水量/L·d ⁻¹	年份	城市数量/座	城市人口/万人	日均生活污水量/万立方米	人均生活污水量/L·d ⁻¹
1980	223	9 057	1 038	114.5	1995	640	20 016	2 936	146.7
1985	324	11 826	1 651	139.6	1999	667	37 590	5 582	148.5
1990	467	15 442	2 216	143.5	2000	667	39 000	6 052	155.2

1.3.2 城市污水排放量预测

城市生活污水排放量取决于人口和人均生活污水排放量的变化情况。图 1-3 为我国城市人口及城市人均污水排放量的变化趋势。

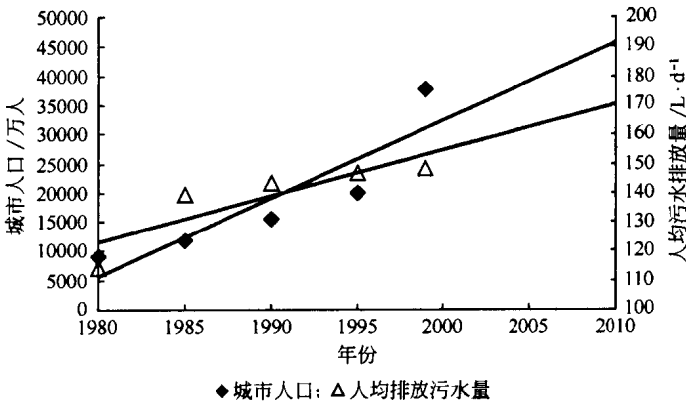


图 1-3 我国城市人口及城市人均污水排放量及其预测

根据图 1-3 所示的城市人口增长的趋势,在目前城市节水的技术和管理因素变化不大时,按照近 20 年来的城市的发展趋势,预计到 2010 年,我国城市人口将增长到 4.5 亿左右,人均污水排放量将增长到 170L/d。由此可以推出,预计到 2010 年,全国城市污水排放量将达到约 7 650 万 m^3/d ,年排放量可达 279 亿立方米左右。

1.3.3 中小城市水污染的现状特点

1. 中小城市水污染现状

1999 年,我国共有中等城市 161 座,小城市 422 座,参照 1995 年我国各类型城市人口的统计资料,取中等城市的非农业人口平均为 30 万,小城市非农业人口平均为 5 万,设 1999 年我国中等城市非农业人口所占比重为 40%,小城市所占比重为 20%,则我国中等城市人口总数约为 12 075 万人,小城市人口总数约为 10 550 万人,中小城市总人口数约为 22 625 万人

由于中小城市的平均经济发展水平落后于大城市,故取人均排放生活污水量比大城市略少,1999 年我国人均排放生活污水量,包括居住生活污水和公共建筑排放量为 148 L/(人·d),故取中等城市人均排放生活污水量为 145L/(人·d)人,小城市为 130L/(人·d)。则平均每个中等城市日排放污水量为 10.875 万 m^3/d ,故我国中等城市年污水排放总量约为 63.9 亿 m^3/a ;平均每个小城市日排放污水量为 3.25 万 m^3/d ,小城市年污水排放总量约为 50 亿 m^3/a ,合计总排放量为中小城市共 113.9 亿 m^3/a ,日排放污水量 3 120.55 万 m^3/d 。

可以看出,尽管我国大城市数量较少,总共仅有 84 座,但需处理的污水量较大,占全国城市污水量近一半。虽然每个中小城市排放污水量无法与大城市相比,但我国中小城市数量很多,因此其城市污水排放量占全国城市污水排放量的 55.6%,而且中小城市布局分散,每个中小城市的生活污水都影响到当地的城镇和自然环境,必须对中小城市水污染进行控制才能实现可持续发展的目标。

2. 中小城市污水特点

① 中小城市污水水量变化较大。由于中小城市城市面积较小,排水干管比较短,导致污水的日变化系数较大。例如北京的方庄污水处理厂,它处理的全部都是来自方庄小区的生活污水,目前小区共有人口约 5~6 万人,日来水量在 3 万吨左右,相当于一个小城市的规模,该厂目前日变化系数相当大,日最高来水量与平均水量的比值在 3 左右。同时由于中小城市中农业人口占比重较大,这些人口具有较强的不稳定性 and 流动性,一年内有可能随农业生产季节需要(如农忙季节和农闲季节)发生较大的变化,因此,中小城市一年内不同时期及一日内的不同时间污水水量变化都不相同。

② 中小城市污水水质变化较大。和大城市相比,中小城市不可能建立完备的工业体系,许多中小城市都有其主导的产业,产业结构的单一导致产生的工业废水水质单一。比如唐山市的新区污水处理厂,目前,唐山新区及丰润县城关属于同一排水系统的地区内共有约 17 万人,该厂的设计处理能力为 3.3 万 t/d 。由于该厂除生活污水以外还收集了唐山市工业开发区中排放的大量工业废水(以印染废水为主),目前该厂进水 COD 达 1 000mg/L 左右, BOD_5 达 441mg/L,大大超过了容纳生活污水的一般污水厂水质状况,造成污水厂超负荷运行,运行费用增加、出水水质变差的后果。

③ 采用合流制排水体制的城市污水厂受雨天影响较大。据统计,我国的排水系统中约