

环境工程治理技术丛书

工业节水减污

国家环境保护局科技标准司编
环境工程科技协调委员会

中国环境科学出版社



(京)新登字 089 号

内 容 简 介

本书通过分析国内外水污染控制发展过程,在介绍节水减污的基础上,提出实施的建议。主要介绍:我国水污染问题的严重性;依靠污水处理的局限性;节水减污是历史发展的必然;工业节水减污的实施等等。

该书可供从事水污染、环境工程等专业的科研、设计和生产管理人员参考。

环境工程治理技术丛书

工业节水减污

国家环境保护局 科技标准司 主持
环境工程科技协调委员会

袁铭道 著

沈光范 审校

责任编辑 陈菁华

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

三河县宏达印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1992年11月第 一 版 开本 787×1092 1/32

1992年11月第一次印刷 印张 3 3/8

印数 1—4 500 字数 75千字

ISBN 7-80093-163-3/X·609

定价: 2.20元

序

解决我国的环境问题，一靠政策，二靠管理，三靠科学技术。在政策上，我国已把环境保护列为一项基本国策并制定了一系列方针政策；在管理上，我们不断总结经验，加强制度建设，强化监督管理，正在建立环境保护工作的新秩序；在科学技术上，关键是要抓好两头，一头是集中财力物力和人力，围绕解决经济建设和社会发展中迫切需要解决的环境问题的关键性技术课题，认真开展科研攻关；另一头是大力开发和普遍推广效益好、见效快、适用性强的治理污染的技术成果，提高广大环境保护工作人员的业务水平和技术素质，帮助广大企业包括乡镇企业加速实现环境保护的技术进步。这是密切科技和生产的结合，迅速提高我国防治污染水平的重要途径。

十多年来，我国各科研院所、高等院校、设计单位以及工业地区的专业部门在污染防治、环境工程技术等方面取得了许多科技成果，积累了不少经验。把这些科技成果和经验加以归纳总结使多数人掌握，可以避免环保科研工作在一水平上的重复劳动。把国内科技研究同引进先进技术有效地结合起来，有利于加速对引进技术的消化，吸收和创新。

鉴于科学技术的重要性和交流、总结经验的迫切性，国家环境保护局科技司和国家环境保护局环境工程协调委员会组织编写了这套《环境工程治理技术丛书》，在编写的体例上

既不同于一般的科研成果报告，又不同于一般的教科书，而是突出应用性和经验的总结。

本套丛书的编辑委员会承担了组织选题、编写和审稿等具体工作。丛书的内容有单元技术和设备、处理工艺技术和环境污染区域综合防治；废水、废气、废渣的处理与利用和环境影响评价等。在治理技术的编写中，一般包括国内外的技术进展，工艺技术的特点和原理，设计计算和实例介绍与分析，其中有的还包括作者对一些技术问题的讨论和看法。承担编写和审稿的同志大都是多年在第一线上从事这方面工作的专家。本套丛书共几十本，计划分批付印出版。

虽然我们力图使本套丛书深入浅出，图文并茂，具有科学性、实用性和先进性，但由于篇幅所限，每个问题的论述不可能面面俱到，加之从编写到编辑出版时间较紧，而科学技术本身又在不断发展，所以丛书中的缺点和错误在所难免，希望得到读者批评指正。

张崇华

1990年4月

前 言

水污染已是当今世界各国共同关心的重大环境问题之一。它不仅影响环境质量，而且进一步加剧水资源短缺的矛盾，制约了社会经济发展。

发达国家于60年代后期水污染日益严重，投入大量资金和人力物力建设污水处理设施，以期一举解决水污染问题。实践表明，污水处理对控制水污染起了积极作用，可是任务之繁重远远超出预料，所需资金之巨大，发达国家也深感不胜负担，因而并未达到水污染控制预期目标。

我国近年来控制水污染取得不少进展，然而在目前经济尚不发达情况下，在总体上尚未能控制住污染发展趋势，形势相当严峻。今后我国经济持续发展与水污染的矛盾必将更加尖锐，成为无法回避的重大挑战。我国作为发展中国家，能投入污水处理的资金有限，控制水污染不可能单纯依靠污水处理。探索更为经济有效的水污染控制途径，为经济建设服务，是摆在我们面前一项极其艰巨的任务。

社会发展至今，控制污染与经济发展和资源利用必须视为一个整体，如果仍然停留在就污染治理污染的水平上，就不可能从根本上解决水污染问题。科学技术进步为合理利用资源，最大限度地减少污染物发生量和排放量创造了十分良好的条件。国内外实践业已证明，节水减污社会经济和环境效益显著，尽管它还处在幼年时代，却显示出强大的生命力，代表了水污染控制今后发展的方向。

根据多年工作中正反两方面的经验教训，收集分析国内外有关文献资料编写成本书。书中通过分析国内外水污染控制发展过程，论述节水减污是历史发展的必然，在介绍国内外节水减污概况的基础上，提出实施节水减污的建议。如能为我国解决水污染问题尽一份绵薄之力，则不胜荣幸。

书中引用了国内有关单位和同行的科研成果和资料，在此向这些单位和同行致谢。

目 录

前言	(vii)
第一章 我国水污染问题的严重性	(1)
第一节 经济水平低而排污量大	(1)
第二节 我国工业排污量仍在增长	(8)
第三节 水资源短缺进一步加剧	(10)
第二章 依靠污水处理的局限性	(13)
第一节 发达国家污水处理概况	(13)
第二节 污水处理带来的主要问题	(16)
第三节 我国污水处理现况和问题	(31)
第三章 节水减污是历史发展的必然	(40)
第一节 问题的提出	(40)
第二节 各国节水减污概况	(43)
第三节 我国节水减污概况	(65)
第四章 工业节水减污的实施	(80)
第一节 确定节水减污方案	(80)
第二节 节水减污的实施	(91)
参考文献	(97)

第一章 我国水污染问题的严重性

我国把保护环境作为一项基本国策，重视水污染防治工作，近年来经过各级环保、工业和市政等部门的共同努力，在立法、管理、经济和技术等方面采取了一系列措施，使有些地区的水环境质量较过去有所改善。由于我国经济发展迅速，工业高速增长，人口城市化进程加快，国家能投入环境保护的资金有限，因而在总体上尚未能控制住水污染的发展趋势，水污染形势相当严峻。

我国水污染问题的严重性，还应该从下列几个主要方面进一步提高认识。

第一节 经济水平低而排污量大

在社会经济发展过程中造成环境污染，解决环境污染问题有赖于发展经济积累的资金和科学技术进步，判别一个国家水污染问题的严重程度必须与其经济水平密切联系。表1-1列出我国与几个发达国家1980年国民生产总值（GNP）和污水排放量等有关数据，以资对比分析。表中美国、日本和联邦德国采用国内生产总值（GDP），因在国外的生产与国内污水排放无关。目前收集各国污水中污染物排放量较为完整的数据还十分困难，只能以污水排放量进行比较。尽管各国数据在统计口径上不尽相同，并不影响从宏观上作对比分析。

我国1980年GNP依次仅为美国、日本、苏联和联邦德国

表 1-1 1980年我国与几个发达国家有关GNP(GDP)和污水排放量比较

项 目	中国	美国	日本	苏联	联邦德国
人 口 (亿)	9.87	2.27	1.17	2.84	0.61
GNP(GDP) (亿美元)	4326	25765	14677	16469	6412
	(1)	(6.0)	(3.4)	(3.8)	(1.5)
人均GNP(GDP) (美元/人)	438	11350	12540	6238	10510
	(1)	(25.9)	(28.6)	(14.2)	(24.0)
污水排放量 (亿m ³)	315	500	240	1000	120
	(1)	(1.59)	(0.76)	(3.17)	(0.38)
单位GNP(GDP)污水排放量 (m ³ /万美元)	728	194	164	607	187
	(1)	(0.27)	(0.23)	(0.83)	(0.26)
人均污水排放量(m ³ /人)	32	220	205	379	197
	(1)	(6.9)	(6.4)	(11.8)	(6.2)

注：() 内数值系与我国数值为基数的比值。

的1/6、1/3.4、1/3.8和1/1.5，人均GNP相差更为悬殊，不足美国、日本、联邦德国的1/24和苏联的1/14，而污水排放量却大大高于日本和联邦德国。以单位GNP污水排放量计，我国大体上为日本、联邦德国和美国的4倍，为苏联的1.2倍。我国作为一个经济水平较低的发展中国家，面对成倍于发达国家的污水排放量，是不能不令人万分忧虑的。

工业污染是城市水污染的主要污染源，不仅排放的污染负荷高，而且毒性远远高于生活污水，无疑是城市水污染控制的重点。1983年我国工业产值和废水排放量与美国和日本的对比数据见表1-2。表中美国为制造业(矿业和电力以外工业)数据，产值在美国采用增值(value added)，即在制造业增加的产值。未收集到日本工业(不包括电力)废水排放量数据，可从表中工业取水量估计其排水量。我国工业产值远低于

美国和日本,而排水量已超过美国的70%,为日本的1倍以上。

表 1-2 1983年我国与美、日工业产值和排水量

国别	工业产值	排水量(亿m ³)	取水量(亿m ³)
中国	6164亿元(1980年价)	240	—
美国	8241 美元(1983年价)	337	380
日本	129万亿日元(1975年价)	—	128

1983年我国与几个发达国家主要工业产品产量如表1-3所示。我国除化肥产量明显高于联邦德国外,其余产品产量均显著低于表列发达国家,人均产量大都相差一个数量级,甚至20~30倍。

表中所列主要工业产品的产量在一定程度上反映了一个国家的工业化水平,而且这些都是排污量很高的产品。我国今后仍将保持较高的经济发展速度,到本世纪末工业生产在总体上要达到80年代发达国家水平,主要工业产品产量势必迅速增长,工业废水排放量和排污量随之相应增长,经济高速发展与水污染的矛盾必将更加尖锐,成为无法回避的重大挑战。

第二节 我国工业排污量仍在增长

发达国家一般自60年代后期水污染问题日渐突出,纷纷通过立法加强管理,不惜动用大量资金和人力物力控制水污染。他们开始都是以污水处理为控制水污染的主要手段,然而在实践过程中逐渐感受到污水处理费用之高和任务之艰巨出乎意料,成为十分沉重的负担。工业界面对日益严格

表 1-3 1983年我国与几个发达国家主要工业产品产量

产 品	中国	美国	日本	苏联	联邦德国
钢, 产量(万t)	4002 (1)	7542 (1.9)	9698 (2.4)	15250 (3.8)	3611 (0.9)
人均产量(kg/人)	39.2 (1)	322 (8.2)	813 (20.7)	560 (14.3)	606 (15.5)
电, 发电量(亿kW·h)	3514 (1)	23826 (6.8)	5555 (1.6)	13960 (4.0)	3718 (1.1)
人均发电量(kW·h/人)	344 (1)	10160 (29.5)	4658 (13.5)	5127 (14.9)	6243 (18.1)
化肥, 产量(万t)	1379 (1)	1805 (1.3)	—	2612 (1.9)	378 (0.8)
人均产量(kg/人)	135 (1)	770 (5.7)	—	959 (7.1)	63 (0.5)
化纤, 产量(万t)	54 (1)	369 (6.8)	186 (3.4)	135 (2.5)	90 (1.7)
人均产量(kg/人)	0.53 (1)	15.7 (29.6)	15.6 (29.4)	5.0 (9.4)	15.1 (28.5)
纸和纸板, 产量(万t)	661 (1)	5506 (8.3)	1737 (2.6)	910 (1.4)	780 (1.2)
人均产量(kg/人)	6.5 (1)	235 (36.2)	146 (22.5)	33.4 (5.1)	131 (20.2)

注:根据《1985年中国统计年鉴》数据编制。

() 内数值系与我国数值为基数的比值。

的排放标准, 资本家出于自身利益的考虑, 在工业生产中开发应用以提高资源 (包括能源和水资源) 利用效率为中心的一系列措施, 也可称为节水减污, 用较小的代价削减废水和污染物发生量和排放量。从而使这些国家自70年代初开始, 在工业增长的情况下, 工业废水排放量和排污量持续下降,

有些国家的下降幅度是十分可观的。

瑞典是造纸业极其发达的国家，造纸业取水量占全国工业总取水量的比重一度曾高达80%。据报道70年代中期纸产量比60年代初增加了一倍，而取水量却减少了一半，用水效率提高了3倍，废水排放量也随之相应大幅度下降。瑞典是水资源相当丰富的国家，至今并不存在水资源短缺问题，他们这样做的目的主要在于经济有效地控制水污染。另据报道，瑞典1961年纸产量约800万t， BOD_7 （瑞典用7日生化需氧量）排放量63万t，1972年纸产量增加到1400万t，增长了75%，而 BOD_7 排放量却下降为42万t，减少了33%。折合每吨纸产品 BOD_7 排放量，由1962年的79kg/t下降为1972年的30kg/t，削减了62%，对控制水污染的作用非同小可。

美国制造业历年取水量和排水量见表1-4。取水量和排水量于1968年达到峰值，此后持续下降，特别是在1972年通过《联邦水污染控制法修正案》之后，下降幅度急剧增加，以致1983年排水量比30年前的1954年还低17%，对经济有效地控制工业水污染产生十分深远的影响。

表 1-4 美国制造业历年取水量和排水量（单位：亿 m^3 ）

项 目	1954年	1959年	1964年	1968年	1973年	1978年	1983年
取水量	438	459	532	585	569	492	380
排水量	408	433	496	540	535	442	337

英国英格兰和威尔士地区工业（包括电力）的情况与美国制造业呈相同趋势，因未收集到排水量数据，历年工业取水量列于表1-5。1974年~1979年期间工业取水量变化不大，进

入80年代工业取水量大幅度下降，1984年取水量比1974年减少45%。

表 1-5 英格兰和威尔士地区历年工业取水量 (单位, 亿 m^3)

1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
25.8	23.9	24.3	25.4	24.2	24.7	18.4	18.2	17.3	14.9	14.2

日本近年来经济发展迅速，工业增长速度在发达国家中名列首位，而工业（不包括电力）取水量自1973年之后逐步下降。日本历年工业取水量见表1-6。1965~1973年取水量增加了38%，而在1973~1986年的13年期间，工业取水量不仅没有增加，反而持续下降，1986年取水量比1973年减少了20%。工业连年高速增长的日本取得如此成效，实属难能可贵。

表 1-6 日本历年工业取水量(单位: 亿 m^3)

1965	1968	1970	1973	1975	1980	1981	1983	1984	1985	1986
114	132	150	158	147	134	131	128	127	127	126

我国有些缺水城市为了缓解水的供需矛盾，开展了以工业为重点节约用水工作，同样取得了工业连年增长，工业取水量有所下降的良好效果。表1-7列出天津市历年工业取水量数据，1985年的取水量仍低于1975年，不过工业取水量持续下降3年后即开始回升，持续下降的时间明显地少于上述发达国家。要说明的是，我国缺水城市的工业节水主要是为了解决水资源不足问题，并不是从控制水污染出发的。尽管如此，

工业取水量下降,排水量必然随之相应降低,同样有利于水污染的控制。

表 1-7 天津市历年工业取水量 (单位: 亿 m^3)

1975	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
4.94	4.51	5.05	5.44	4.64	3.89	3.86	4.02	4.22	4.59

然而就全国而言,根据国家环保局公布的资料,我国1981~1988年工业废水排放量基本上呈逐年上升趋势,如表1-8所示。1988年工业废水排放量比1981年增加15%,年均递增率约2%。

表 1-8 我国1981~1988年工业废水排放量(单位亿 m^3)

1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
233	230	240	254	249	260	264	268

据报道,法国在1974~1985年的10年间,工业排放的耗氧物质和SS量逐年下降,分别由3600t/d和2800t/d,下降为2300t/d和2050t/d, , 削减率依次为36%和26%。法国对排放有毒污染物,以毒性当量的综合指标反映,1985年工业有毒污染物排放量为每日 40×10^6 毒性当量,比1975年的每日 84×10^6 毒性当量削减了52%。

我国近年来工业排放五项毒物量,除砷外明显下降,在1981~1988年期间,汞排放量从62.2t下降为35.4t,削减了43%,镉、六价铬和氰化物排放量的削减率分别为23%、63%和44%,砷排放量则增加了28%。可是工业排放COD量却呈上

升趋势，1988年COD排所量834万t，比1986年的760万t增加了近10%。

通过上述分析对比不难看出，我国工业排水量和排污量近年来仍在增长，这固然与工业高速增长有关，然而不能不使我国水污染控制的任務更加艰巨。

我国有关单位曾对2000年的污水排放量进行过预测，表1-9列出A和B单位的预测结果，这两个单位采用的预测方法有所不同，其预测结果有一定代表性。根据A单位的预测结果，到2000年工业排水量将比1981年增加1.6倍，污水排放总量增加1.7倍，年均递增率均超过5%。按B单位预测结果，工业排水量和污水排放总量相应分别增加30%和50%以上，尽管比A单位预测的污水增长量有很大幅度下降，对水污染控制仍然是沉重的负担。

表 1-9 A和B单位对2000年我国污水排放量预测结果
(单位: 亿m³)

项 目	A			B		
	工业	生活	总计	工业	生活	总计
1981年排水量(a)	233	59	292	233	59	292
2000年排水量(b)	601	189	790	311	131	442
(b)/(a)	2.6	3.2	2.7	1.3	2.2	1.5
1981~2000年均递增率(%)	5.1	6.3	5.4	1.5	4.3	2.2

美国水资源委员会 (Water Resources Council, 简称WRC, 该机构在里根政府上台后已被撤消) 在1968年第一次全国水资源评价 (包括预测) 基础上, 进行了第二次评价。根据情况的发展, 特别是对保护环境的重要性, 包括对水质

污染和地下水超量开采等给予高度重视，强调水资源的合理利用。这次评价工作历时3年，耗资950万美元，通过联邦、流域、水资源区和州的90个机构协作，在141位专家指导下完成的，于1978年12月公布评价结果。有关制造业取水量和排水量评价结果见表1-10。需要说明的是，WRC有关制造业1975年取水量数据，与前面表中所列美国制造业取水量有一定出入，因为前面表列数据是由美国商业部（美国主管制造业的是商业部）统计局公布的。

WRC全国水资源第一次评价结果表明，制造业2000年取水量和排水量比1975年均增加55%左右，年均递增率都为1.8%。而第二次评价结果有了带根本性的变化，制造业2000年取水量比1975年下降60%以上，排水量则削减近90%。在工业生产中合理用水，不仅减少了取水量，而进入产品和蒸发等消耗的水量不变，同时提高水的重复利用率，因水重复利用使水的蒸发消耗量有所增加，因而合理用水之后，排水量的下降幅度必然高于取水量的幅度，表1-10中排水量与取水量的比值由1975年的0.87下降为2000年的0.25。可见合理用水对控制水污染是极其有利的，水资源合理利用与水污染控制有着必然的内在联系。

表 1-10 美国WRC水资源评价有关制造业用水结果

项 目	1975	第二次评价			第一次评价		
	(a)	2000(b)	$\frac{(b)}{(a)}$	平均递增率(%)	2000(c)	$\frac{(c)}{(a)}$	平均递增率(%)
取水量($\times 10^8 \text{m}^3/\text{d}$)	1.94	0.75	0.39	-3.7	3.03	1.56	1.8
排水量($\times 10^8 \text{m}^3/\text{d}$)	1.71	0.19	0.11	-8.4	2.65	1.55	1.8
排水量/取水量	0.88	0.25			0.87		

WRC第二次水资源评价结果公布之后，引起了国内外的关注，反映强烈，褒贬不一。我国国情与美国完全不同，不能也不应该照搬他们的做法，何况第二次评价预期目标最终能否实现尚难预卜，不过通过合理用水减少排水量，更有效地控制水污染的指导思想是很值得借鉴的。

第三节 水资源短缺进一步加剧

第二次世界大战之后，世界经济发展不到30年，就出现了水的供需矛盾，缺水国家和地区与日俱增。早在1972年联合国《人类环境会议》上就明确指出：为增长的人口和工业提供适当清洁的水，已是许多国家一个技术、经济和政治上日益深化的问题，在各国报告中还没有其他环境问题受到如此重视。1977年联合国《水会议》进一步发出警告：“水不久将成为一个深刻的社会危机，继石油危机之后的下一个危机便是水”。水资源问题的严重性由此可见。

全球以雨、雪等形成的径流量约38.8万亿 m^3 ，其中可资利用的稳定径流量不过14万亿 m^3 。据有关部门测算，1970年全世界工业和城市生活取水量6300亿 m^3 ，不到稳定径流量的5%，所占比例很小。可是因排放污水量近4300亿 m^3 ，即使假定以其中一半经过处理的乐观状况估计，尚需12~15倍清洁水稀释，被污染的径流量达5.5万亿 m^3 ，接近全球稳定径流量的40%。世界观察研究所最近指出，因污水排放量和毒性增加，污水排放前未能得到妥善处理，到2000年全球将有3万亿 m^3 水不能安全使用，这个数字已接近全世界可供利用水量的1/4。因此在某种意义上说，水资源短缺是水污染造成的。水污染降低了水资源的质量，水质不能完