

中国的水污染与水短缺问题

王菊思

(中国科学院生态环境研究中心, 北京)

摘 要

1. 水污染和水短缺是中国现在面临的最重要的两个环境问题。
2. 中国的水污染是从70年代开始趋于严重的, 河流、湖泊、海洋和地下水都已受到不同程度的污染。
3. 从70年代初期, 中国开始注意到环境问题, 逐步建立和完善了管理机构 and 措施, 在控制水污染的蔓延和加重方面起了重要作用。
4. 乡镇企业造成了许多新的污染源。
5. 水短缺及水供需矛盾在中国北方日趋严重, 在众多的解决水短缺的措施中, 废水再生回用是一种行之有效的途径。

关键词: 中国, 水污染, 水资源, 废水再生利用。

一、前 言

随着工农业的发展, 人口的增长以及人们对于更高生活水平要求, 水的需求量与日剧增。同时, 废水的排放量也在不断增加。我们同时面临着两个严重问题: 水污染和供水紧张。

二、水污染和污染控制

1. 地表水和地下水污染状况

随着工业的发展, 中国的水污染状况到了70年代开始趋于严重。现在, 水污染已成为中国环境中最重要的问题, 废水排放量年年增加, (见表1) 废水处理技术和设施远远落后于工业和城市的发展。目前, 只有22%的排放废水是得到处理的, 约有80%的废水未经任何处理而直接排入环境, 造成了河流、湖泊、海洋和地下水不同程度的污染。据分析预测, 废水的排放量在今后数年还要继续增加, 到本世纪末, 废水排放总量将增至目前的二倍(见表1)。

中国的河流污染从70年代开始变得明显, 许多河流水质逐年恶化。据 80年代初对878条河流的调查, 已有82%的河流受到了相当程度的污染, 有5%以上的河段已经鱼虾绝迹, 有20条水系由于污染已不能用于农业灌溉。在运河两岸流传的一个民谣是对河流污染变化的一个很好的描述“50年代淘米洗菜, 60年代水质变坏, 70年代鱼虾绝代, 80年代不洗马桶盖”。总的来说, 北方河流污染比南方更为严重, 如: 从代表有机污染状况的化学需氧量(COD)来看, 1985年调查的一些数据表明, 松花江在哈尔滨附近河段COD超标率达93.3%, 浑河在抚顺附近的河段, 北运河在北京附近的河段, 海河在天津附近的河段, 汾河在太原附近的河段, COD超标率均为100%, 南方河流除黄浦江COD超标率在89%左右、珠江在广州附近COD超标率在50%左右外, 其他河流COD超标状况较少。表2给出了一些主要河流的污径比。从表中数据看到, 辽河、海河、黄河等这些位于北方的河流的污径比大大高于南方的河流, 如

表 1 近几年和2000年废水排放量及废水处理比例
Table 1 Wastewater quantity and the percentage of treatment in recent years and by the year 2000

年 度	项 目	废水排放量 (米 ³ 年 ⁻¹ ×10 ⁹)			废水来源比例 (%)		废水处理率 (%)	
		工业	生活污水	总计	工业	生活污水	工业	生活污水
1980		22.54	7.54	30.16	75	25		
1981		23.79	6.36	30.27	79	21		
1982		23.94	7.13	31.00	77	23		
1983		23.88	7.11	30.93	77	23		
1984		25.13	7.16	32.39	78	22		
1985		25.74	8.54	34.16	75	25	22	2.43
2000		56.10	21.70	77.60	72	28	70	30

长江和珠江。河中的污染物主要是有机物,油及有害化学物质。如:酚、氰、重金属等。1985年调查表明,汾河在太原附近,河水中挥发酚平均含量高达4.63mg/L,超标率达100%。本溪附近的太子河酚含量平均值也在0.35mg/L,超标率高达96.3%。呼和浩特附近的小黑河,焦作附近的大沙河六价铬含量超标情况占50%。照目前工业和城市排污的发展趋势,这些河流的污染状况将继续下去,甚至变得更坏。某些研究指出,到1990年,河流接纳的污染物总量将达到80年代初期的二倍,而到了2000年,又将成为1990年的二倍。

表 2 一些主要河流的污径比
Table 2 The ratio of wastewater to runoff of some major rivers

年份	出现频率	1980			1990*			2000*		
		90%	75%	50%	90%	75%	50%	90%	75%	50%
	松花江	0.212	0.035	0.025	0.295	0.058	0.041	0.399	0.102	0.089
	辽 河	0.320	0.204	0.144	0.388	0.361	0.254	0.802	0.661	0.466
	海 河	0.239	0.156	0.116	0.273	0.183	0.137	0.197	0.161	0.123
	黄 河	0.224	0.049	0.040	0.365	0.099	0.078	0.602	0.195	0.140
	淮 河	0.081	0.045	0.031	0.085	0.059	0.049	0.183	0.112	0.090
	长 江	0.044	0.013	0.011	0.064	0.018	0.016	0.126	0.036	0.032
	珠 江	0.016	0.007	0.006	0.033	0.014	0.012	0.056	0.028	0.024

* 预计值

湖泊的污染也是严重的。位于大城市的一些作为观赏娱乐的湖泊已受到不同程度的污染,水质变坏。如昆明的滇池,化学需氧量平均值达到11.58mg/L,大大高于三级地表水环境标准(6mg/L),COD超标率达83%。南京的玄武湖COD也达11.73mg/L,超标率占91%,济南的大明湖COD平均值在12.1mg/L,长春市南湖COD平均值高达39.87mg/L,超标率100%。而比较这些湖泊1981年至1985年的水质变化,污染呈加重趋势(见表3)。许多中小城市周围的湖泊不得不容纳大量的工业废水和城市生活污水,这些废水绝大部分是未经任何处理的。一些湖泊已出现了富营养化,如巢湖。有些湖泊鱼虾绝迹多年,许多湖泊已经完全失去了它们本来应有的作为水源、水产养殖和娱乐场所的功能。现在只有为数不多的湖泊和水库因作为重要的饮用水源而受到特殊保护,严禁向其排污和限制一切人为活动。

由于多年来气候变干燥和管理上的失误,湖泊除受到污染外,还面临的另一个严重问题

表 3 部分湖泊有机污染逐年变化情况
Table 3 The annual variance of organic pollutants in some lakes

湖 名	COD含量 (mg/L)	年 份				
		1981	1982	1983	1984	1985
滇 池		8.65	9.13	8.00	8.64	11.58
玄 武 湖		6.10	10.60	6.68	6.60	11.73
大 明 湖		7.99	10.87	8.97	8.77	12.10
西 湖		9.18	7.00	8.27	8.90	7.34
南 湖		55.48	58.10	37.31	48.51	39.87

是水域面积的减少。河流中上游植被的破坏,造成严重的水土流失,大量的泥沙一年年被河流冲积到湖泊里,以及围湖造田等人为活动使得一些湖泊水域面积急剧下降。如:曾是我国第一大淡水湖的洞庭湖,每年约有 1.2 亿立方米的泥沙沉积湖内,致使水面由 50 年代初期的 4350 平方公里缩小至 2500 平方公里,水域面积减少了 42%。江汉湖群的水面积比 50 年代缩小了 600 平方公里,只剩下原来的 1/3。同期,鄱阳湖水面积也损失了 2100 平方公里,减小近 2/5。这就严重影响了蓄泄洪水、航运、水产、供水等功能的发挥。

海洋的污染目前还没有河流和湖泊污染那样严重,但也必须注意其发展情况。80 年代初期,我国沿海已有工矿企业 5 万多家,年排海工业废水 47 亿多吨,沿岸生活污水排放量每年也有 23 亿多吨。据调查,沿海的排污源共有 280 多处。主要污染物是石油、有机污染物和重金属。油的污染特点是范围大、程度重,沿海已有 12 万多平方公里的水域油的污染超过了渔业养殖允许的标准。如不控制,也有可能使外海宽阔的海域受到污染。近海已检出有机物及重金属的污染,如:在杭州湾、珠江口和大连湾, COD 的最大值分别达到 4.70mg/L, 3.29mg/L 和 2.90mg/L,已经接近或超过一类海水水质标准 (3mg/L),因而不可忽视。近海海水中重金属浓度虽然很低,但在部分海域海底质中发现了不同程度的重金属污染。如:珠江口一带海域,海底质中的镉、铅、锌、砷的含量分别达 2.39mg/L, 32.0mg/L, 85.5mg/L 和 15.4mg/kg,东海在宁波甬江口外检测到镉和铅的最大值分别为 33.6 和 226.0mg/kg,长江口,浙闽海域铜的平均值超过 20mg/kg。此外,生物样品分析也表明,在杭州湾一带生物体(鱼、虾、贝、蟹类及底栖生物类)内的重金属累积也是明显的。由研究预测,在本世纪末,北部沿海,如渤海湾、大连、锦州及烟台附近的海域污染程度还会加重。因为辽河、海河还在不断将大量污染物带入海中。

地下水污染以及水位下降在一些地区已经达到相当严重的程度。地下水矿化度升高是普遍现象。据 1985 年的调查,地下水硬度超过 350mg/L (以 CaCO_3 含量表示)的水占 20%,硬度最高的地下水,如合肥市水中硬度高达 4100mg/L。由于工业及生活污水对地下水的污染,地下水中酚、氰、氨氮等在许多城市均有升高。氨氮含量在饮用水标准 0.5mg/L 以上的占调查范围的 22.2%,有的城市地下水中氨氮超标率达 100%。此外,酚、氰、铬等也均发现有超标现象。某些地区地下水含氟量高,有的竟超过饮用水允许标准 (<1mg/L) 几倍甚至十几倍。另外,地下水受到细菌污染的现象也有发生。有些水井因为污染程度超过饮用水标准而不得不封闭。大片地区存在地下水位下降的现象,地下水位下降造成了土地下沉,沿海地区城市出现了海水倒灌的问题。

2. 水污染的原因

水污染的主要原因来自于工业废水的排放。工业排放约占总废水量的 75%。目前只有 20% 左右的工厂有废水处理设施、其他废水则未经任何处理而排入环境。既使在有废水处理设施的工厂中,也往往由于管理不善或废水处理装置运行效率低,仍不能达到国家规定的排放标准。

某些行业,如:造纸、皮革、印染、制药等的废水是造成水污染的重要污染源。由于这些行业排放的废水中污染物浓度高,并难于生物降解,常规的废水处理技术和工艺对此类废水往往奏效甚微。有些先进的处理技术由于费用高,目前尚不能广泛应用,因而这类废水目前仍是我国水污染控制中的大难题。近几年来乡镇企业的迅速发展带来了许多新的环境问题,成千上万的小工厂如雨后春笋般地起来,这些工厂大多数生产技术还相当落后,管理不善,环境意识差,多数工厂根本没有废水处理设施,因而成了一大批新的污染源,常常是一个工厂污染一条河。

城市人口的迅速增加造成大量生活污水和各种有机物排放的增加,城市污水的处理设施在过去三十多年中的发展远远不能和人口增长相适应,目前城市污水处理率仅为 2.43%。

3. 水污染控制和管理

水污染的控制和管理是与全国的环保工作相一致的,是环保工作中最重要的内容之一。自从 1973 年国家级主管环保工作的独立机构成立后,全国各地的环保工作管理系统逐步建立和完善,对水的污染控制和管理起到了重要作用。1979 年颁布了“中华人民共和国环境保护法”之后,又陆续制定和颁布了一系列有关水的保护和水污染控制的法律、法规和政策。如水污染控制法、海洋环境保护法、收缴排污费的规定以及节水和减少排污的奖励政策等,使污水无限制地排入环境的状况得到了限制,水污染蔓延和加重的程度得到了一定的控制。新建的工厂必须同时修建环保设施,对控制新的污染源的增加起了一定的作用。为了保护环境,有时还不得不关闭个别污染严重又无能力改善的工厂。从污染治理的技术来说,虽然建立大规模的、自动化的污水处理场,汇集地区的污水集中处理是经济合理的,但就目前中国的国情来说,实行厂内治理和谁污染谁治理的方针则更为现实有效。

有关环保的科研工作国家给予了一定重视。从 1975 年以来,陆续建立起来一系列包括环境监测,环境科学,环境工程的研究所。差不多每个省及大城市都有自己的环保研究单位,在水污染的检测,发展水污染治理技术,解决急迫的环境污染问题方面发挥了重要作用。国家每年拨出一定数额的经费支持一些重要的研究项目,以攻克一些重大的又难以解决的环境问题,在水污染控制方面也起到了作用。

城市污水处理和污水管网系统也在发展和改善,计划到 2000 年,城市污水系统的普及率提高到 70%,到那时全部城市污水的 30% 可以得到处理。发展污水再生利用的技术开始得到重视,污水处理加上回用比单纯的治理排放要容易得到实施。

三、水短缺和解决措施

1. 中国的水资源状况

中国是一个淡水资源不算丰富的国家,年均水量为 28000 亿立方米,占世界第六位。然而,人均占有量只有 2600 立方米,居世界第 88 位,仅相当于世界人均水量的 1/4,与水资源

丰富的国家相比，只相当于加拿大人均水量的1/50，苏联的1/7，美国的1/5。

由于中国的地理环境，降水从东南到西北逐渐降低。全国有45%的地区年降水量小于400毫米，西北有些地区年降水量少于200毫米。降水的分布又随季节有很大变化，北方有70—80%的降水量集中在6—9月，3—5月的春播期降水量只有全年降水的8%。夏季降水又多以暴雨形式，形成洪水泛滥或一泄入海，很难加以利用。这种降水的特点造成了中国水资源分布的极不平衡，占全国耕地面积40%以上的黄淮、海河及辽河流域，水资源只相当于全国水资源总量的9%。尤其是华北平原，人均占有水量只相当于全国人均水量的1/9。而长江以南地区，占全国38%的耕地面积上却有80%的水资源分布（见表4）。在北方，大量缺少地表水资源的地区不得不大量开采地下水，一些地区的地下水开采已接近极限或超采。如：太原地区地下水开采率已达98.5%，北京、沧州地区地下水开采超过100%。

表4 中国水资源的分布
Table 4 The distribution of water resource in China

地 区	面积 (km ²)	年降水量 (m ³ /年×10 ⁹)	水 资 源	
			总量 (m ³ /年×10 ⁹)	百分比 (%)
黑龙江流域	903 418	447.6	135.2	4.81
辽河流域	345 027	190.1	57.7	2.05
海河和滦河流域	318 161	178.1	42.1	1.50
黄河流域	794 712	369.1	74.4	2.65
淮河流域	329 211	283.0	96.1	3.42
长江流域	1 808 500	1936.0	961.3	34.18
珠江流域	580 641	896.7	470.8	16.74
浙江、福建省、台湾地区	239 803	421.8	259.2	9.22
中国西南地区	851 406	934.6	585.3	20.80
内陆地区	3 374 443	532.1	190.3	4.83
总 量	9 545 322	8188.9	3812.4	100.00

2. 水资源短缺，供需矛盾突出

北方地区近年来水短缺问题逐年加重，许多河流径流量大大减少，水库蓄水不足，洼淀面积缩小。如：海河50年代入海水量为144亿立方米/年，60年代减到82亿立方米/年，70年代又减少到45亿立方米/年，到了80年代初期，平均每年入海水量只剩3.68亿立方米，只相当于50年代的2.5%。官厅水库的入库水量1985年只相当于50年代的1/4。密云水库原设计容量为40亿立方米，但是1986年仅蓄水6.5亿立方米。河流径流及水库蓄水大量减少，一方面是由于近年来气候转干，另一方面也是由于各地工农业发展及人口增加对水的需求量增加，河水在入海或入库之前被大量截流而造成。

随河川地表水资源开发殆尽，地下水的开采量大大增加，许多地区严重超采，地下水供水能力也大大下降。如：河北地区有50多万眼机井，每年有近5%的井失去供水能力，40%的水井出水量不满半管水。又如：位于北京西南的某大型企业，1980年至1986年6年间，地下水供水能力下降了50%（见表5），现已出现每年缺水200—300万立方米的局面。进一步扩大生产，增加生产装置和生活设施，水的需求量还要增加，但怎样满足这部分供水，目前还是个尚未解决的问题。

一方面水资源数量有限，另一方面，随着工农业的发展，对水的需求量日益增加，因此

水的供需矛盾越来越突出,表6列出了我国1980年水的供需情况及2000对水年供需情况的预测。我国虽有水资源28000亿立方米/年,但其中可以开发利用的仅11000亿立方米。到了2000年,水的需求量就达到了可利用水资源的60%以上。这还是就全国平均而言。而在北方,将形成严重缺水的局面。表7以北京为例,列出1990年及2000年在供水和需水之间出现的巨大差额。缺水将成为中国北方许多城市发展面临的难题。据1986年统计,全国有200多个城市缺水,平均日缺水量1240万立方米。其中有40多个城市严重缺水,造成经济损失200多亿元,华北平原是我国重要的粮棉生产基地,但因缺水,农业长期上不去。如:沧洲地区,农业单产一直徘徊在亩产300斤左右,而条件相近的邻区由于水比较充足,粮食单产达1000斤/亩。由于缺水,山西省1985年水浇地面积比1980年减少100万亩。

表6 我国需水量情况 ($\times 10^8 \text{m}^3$)
Table 6 Water demand in China ($\times 10^8 \text{m}^3$)

需水量 (10^8m^3)	年份	1980	2000
项目			
总需水量		4767	6470
农业用水量		4195	5147
其中 灌溉用水		4001	4800
农村生活用水		80	134
大牲畜用水		57	83
牧业用水		57	130
工业用水量		523	1091
其中 一般工业		268	731
火力发电用水		260	360
城镇生活用水		49	240

表5 地下水供水能力逐年变化趋势
Table 5 The decrease of capability of groundwater supply in a big industrial enterprise in Beijing

年 份	产水量 (10^4m^3)	累计降低率 (%)
原 设 计	5676	0
1980	5046	11.0
1981	4023	29.1
1982	3362	40.8
1983	3409	39.9
1984	2628	55.5
1985	2133	61.4

表7 北京水供需状况 ($\times 10^6 \text{m}^3/\text{a}$)
Table 7 The water demand and water supply in Beijing ($\times 10^6 \text{m}^3/\text{year}$)

年份	项 目	保证率 (%)	50	75	95
1984	供水				400.5
	需水				377.8
	差额				+22.7
1990	供水		422.0	374.0	338.0
	需水		494.6	546.4	546.4
	差额		-72.6	-172.4	-208.4
2000	供水		431.0	369.0	334.0
	需水		634.2	674.8	674.8
	差额		-221.2	-305.8	-348.0

水资源短缺已经或正在成为许多地区工农业发展的制约因素。

3. 水资源短缺引起的生态环境问题

由于缺水,河流沿途水被大量截用,使径流量减少,河流污径比升高。表2中列出的辽、黄、海河污径比都超过了20%,河流接纳大量的污水而没有足够的天然水稀释,势必大大加重了污染程度。

由于缺水,有些河流、洼淀断流干涸,使航运中断,水产养殖遭到破坏,并且进一步影响周围的生态环境。一些河流入海水量锐减,造成河口泥沙淤积,河口处海区盐度升高,影响绝大多数迴游性鱼类的繁殖。

地下水的大量超采造成了地下水位大幅度下降。例如:北京地区自1959年以来,地下水位已下降了7—25米,最深下降了32米,以平均每年0.5—1米的速度继续下降,漏斗区不断扩大。到1985年,地下水资源累积亏损36.5亿立方米,造成地面下沉。天津地区如是(见

表 8)。沿海地区由于地下水位降到海平面以下, 出现海水倒灌现象。同时, 地下水水质正在衰退, 水中硬度, 含盐量大大升高。有的水井已不能再作为饮用水使用而被迫关闭。

缺水还造成土壤表层含水量减少, 植被退化。水土流失, 进而土地沙化, 或盐碱化。例如, 北京地区六个县土壤沙化面积占 34.9%, 河北省有 1/6 的土地沙漠化严重。

缺水造成的这些生态环境问题又进一步影响人类的生产和生活, 间接造成的经济损失远不比直接的经济损失小。

4. 解决水短缺的措施

加强管理、保护水源、节约用水和开辟新水源是解决水短缺和水供需矛盾的重要措施。

前三种措施的作用都在于充分发挥现有水资源的作用, 减少浪费和损失, 使有限的水资源在工农业生产上和人民生活中发挥更有效的作用。但是, 北方的水资源毕竟是先天不足, 即使百分之百地有效利用, 也不能完全满足生活和生产发展的需要, 这是客观的存在。因而, 开辟新的水源是解决问题的根本。开辟新水源包括南水北调和废水资源化。从长远观点来看, 调长江水解救华北的水短缺是根本措施。1961年和1969年分别开始的东线及中线南水北调工程已部分见成效。因所需的巨额投资仍是我国目前济经状况难以承担的, 难于在短期内全部实现。此外, 南水北调可能带来的生态环境问题还在讨论中。近、中距离的调水解决一些大城市的水荒问题已有很多实践并收到成效。如: 天津、大连、青岛等城市都从数百公里以外引水以保证城市供水。

将废水作为一种水源加以开发利用, 是解决水短缺的众多措施中很有吸引力的一条途径。

5. 废水再生回用

废水作为可再生利用的水源具有水量和水质稳定, 不受季节气候影响, 不与邻地争水, 就地可取、保证率高等优点, 且有利于水污染控制和保护环境。从原理上讲, 无论工业废水还是生活废水都可通过一定的技术和工艺处理达到可回用的水质标准。废水回用的关键在于经济上是否合理可行。考虑到废水回用的经济性和对人体健康的影响, 通常可被利用的废水水源和回用目的可分为以下几种:

(1) 工业废水或城市污水经处理后回用于工业, 主要是作为一次通过的冷却水和循环冷却水的补充水。因为工业用水中冷却水量占 75—80%。

(2) 城市污水经过适当处理后, 作为农业灌溉用水, 这在干旱地区对保证农作物生长起了重要作用。

(3) 城市或工业废水经过处理后作为市政用水或杂用水, 如冲洗厕所、浇洒地面、浇灌

表 8 京津地下水位变化及地面下沉情况
Table 8 Water table dropping of groundwater and land subsidence in Beijing and Tianjing Area

项目 区域	地下水位下降		漏斗面积 (m ²)	地面下沉 (mm/a)
	下降幅度 (m)	年均值 (m/a)		
北 京	7—32 (1959年) 至今	0.5—1	1,000	2—5 (1966年— 1970年) 10 (1970年— 1980年) 81 (1980年至 今)
天 津	47.5 (1972年— 1980累积下 降)	5.3	521	2.3m (1959年— 1980年 累积下沉)

树木和绿地,清洗道路和车辆等,杂用水的使用可以大大节省饮用水质标准的自来水消耗量。

(4) 废水处理后可作为地下水回灌,以防止地下水超采和地面下沉,是蓄水和调配水资源的一种方法。在沿海地区,回灌地下水还可防止海水倒灌。

(5) 生活污水或工业废水处理后可作为娱乐用水、美化环境。当然,这种娱乐用水是不与人体直接接触的景观水或其他活动,如:划船、水生植物养殖等的用水。

表 9 中国废水再生利用的研究及应用实例

Table 9 The research and application examples for wastewater reuse in China

废水水源	回用目标	处理工作	投资(估算) (元/m ³ 水)	制水费 (元/m ³ 水)	试验或应用例子
城市污水	工业冷却水	城市污水 →二级处理 →一沉 →曝气 →混凝沉淀 →过滤		0.05	大连 (试验)
城市污水	工业用水	二级出水 →填料生物过滤 →臭氧氧化	539	0.33	太原 (试验)
冶金工业 废水	工业用水 (冶炼、 轧钢)	废水 →沉淀 →气浮 →压力过滤	363	0.30	太原 (应用)
生活污水	杂用水 (冲洗厕所)	生活下水 →曝气 →絮凝沉淀 →过滤 →消毒		0.13	北京 (应用)
石油化工 废水	工业循环 冷却水的 补充水	废水 →絮凝沉淀 →填料生物过滤 →沙滤 →消毒	500	0.137	北京燕山石化 公司(试验)
城市污水	工业用水 (冷却水, 工艺水)	(1)二级出水 →脱氯脱磷 →絮凝沉淀 →过滤		0.05—0.06 (深度处理) 0.10 (生物炭)	天津市纪庄子 污水处理厂 (研究阶段)
	居民小区 (杂用水)	(2)二级出水 →直流冷却 循环冷却		0.20 (循环冷却 水的补充水)	
	市政 (景观用水)	(3)一级出水 →直流冷却			
	回用于水体	(4)二级出水 →生物活性炭 (5)二级出水 →河道净化 (6)二级出水 →杂用水			

从国外废水回用的经验以及我国自己的研究及应用表明，上述废水回用的途径是可行的。表9列举了几个我国废水再生回用的研究实验及应用实例。这些实例表明，废水回用不仅在技术上是可行的，而且在经济上也是合算的。据有的专家所作的分析，采用废水回用的方法，在废水已有二级处理设施的情况下，将二级处理的水再进一步做补充处理，然后作杂用水或工业冷却水使用，较敷管引水的方案经济。如果进行较高水质（如工艺用水）的处理，也仅相当于10公里距离输送的费用。如果现有污水尚无二级处理，为回用目的而增设二级处理和深度处理，其基建投资大约相当于30公里引水（对杂用水而言）或约50公里引水（对要求较高的工业用水而言）的费用。超过这些距离的引水方案均不及废水再用方案经济，更何况某些缺水地区不具备近、中距离引水的条件。因而就地开发水源，投资于废水再生利用就是很有吸引力并在经济上可以接受的方案了。

废水回用为工厂扩充了水源，有利于工厂扩大生产，带来好的经济效益。因而废水再生回用比单纯为排放目的废水处理更容易为厂方接受，从而促进了废水处理的实施，客观上有利于水污染控制和保护环境。所以，废水再生回用是既有助于缓解水资源短缺又有利于保护环境的行之有效的途径。

结 论

水污染已成为中国环境保护中的一个严重问题。已做的有关水污染控制和管理工作对控制水污染的蔓延和恶化起到了重要的作用。近几年乡镇企业的发展带来了环境污染方面的许多新问题。控制水污染是我们面临的一项艰巨任务。水资源短缺在中国北方已经上升为一个重要问题，关系到生产、经济的发展和人民生活水平的提高。在解决水资源短缺的众多措施中，废水再生利用是一个值得注意的行之有效的途径。

参 考 文 献

- 〔1〕全国环境保护科技长远规划组，1984，水污染控制的重要发展方向。《环境问题与科学技术》：2：180—187页。海洋出版社。
- 〔2〕全国环境保护科技长远规划组，1984，我国环境保护的战略重点和措施。《环境问题与科学技术》：3：1—27页。海洋出版社。
- 〔3〕全国环境保护科技长远规划组，1984，对我国水污染防治对策的建议。《环境问题与科学技术》：3：182—189页。海洋出版社。
- 〔4〕全国环境保护科技长远规划组 1984 水污染防治对策与城市污水资源化。第88—97页，海洋出版社。

WATER POLLUTION AND WATER SHORTAGE PROBLEMS IN CHINA

Wang Jusi

(Research Centre for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica, Beijing, China)

- (1) Water pollution and water shortage are two of the most important environmental problems in China.

- (2) Water pollution in China started in the 1950s and has become worse since the 1970s. Rivers, lakes, oceans and groundwater are all polluted to different extents.
- (3) Since the early 1970s, management and control measures have been introduced and are playing an important role in controlling the spread of water pollution.
- (4) Industries with underdeveloped, or even no waste treatment facilities in thousands of small towns and the countryside are new sources of pollution problems.
- (5) Water shortage is becoming important problem in northern China. Among the many measures being used to alleviate the shortage, wastewater reuse is feasible and economic.

Key words: China, Water pollution, water resources, Wastewater reuse.