

# 国内外城市污水处理厂最佳运行方案对比分析

辽宁省环境保护科学研究所

二〇〇〇年六月

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHILOSOPHY DEPARTMENT

# 国内外城市污水处理厂最佳运行方案对比分析

辽宁省环境保护科学研究所

二〇〇〇年六月

所 长:方志刚

业务所长:郭海军

课题负责人:刘秀云

完成单位及课题成员:

辽宁省环保科学研究所 赵伟、徐少立、魏振宇、刘洋

辽宁省环保局浑河管理站 赵克智

课题技术顾问:刘毓樱

# 目 录

一、前言 .....	1
二、国内外城市污水处理的发展与现状 .....	2
(一)国外城市排水系统的发展状况.....	2
(二)国内城市污水处理发展状况.....	5
三、城市污水处理工艺分类及应用实例.....	10
(一)工艺分类 .....	10
(二)工艺比选 .....	12
(三)城市污水处理技术应用实例 .....	13
四、我省城市污水厂处理工艺的选择.....	28
(一)选定、评价污水处理工艺的几项基本要素.....	29
(二)关于城镇污水的收集系统 .....	32
(三)关于分期建设方案 .....	33
五、城市污水处理厂建设、资金筹集渠道 .....	33
(一)改变工艺 .....	34
(二)设备国产化 .....	34
(三)减少项目建设的中间环节 .....	35
(四)采取技术与工程总承包方式 .....	36
(五)在某些地区可采用行政管理手段减少建设投资 .....	36

<b>六、城市污水处理厂建设的运行机制探讨</b> .....	37
(一)树立“排污者付费,治污者收费”.....	39
(二)鼓励污水处理厂集中建设、以减少投资浪费.....	39
(三)国家从财政上对城市污水处理建设给予强有力的支持 .....	40
(四)鼓励企业以 BOT 方式建设城市污水处理厂 .....	41
(五)支持环保企业上市融资 .....	42
(六)向社会发行债券、筹集资金.....	42
<b>七、推荐的几种适合我省城镇污水处理的工艺方案</b> .....	42
(一)城市污水处理厂类型要与城市规模相匹配 .....	43
(二)有污水回用要求的处理工艺选择 .....	49
<b>八、城市污水处理厂建设运行中待解决的技术问题</b> .....	50
(一)污泥处置问题 .....	50
(二)关于污水处理设备 .....	53
<b>九、城市污水处理厂设备运行管理与维护</b> .....	54
(一)熟悉所管理的设备 .....	54
(二)建立完善的设备档案 .....	54
(三)建立完善的监测巡回检查制度 .....	55
(四)对设备运行方案的最佳调度 .....	55
(五)加强设备维护与保养 .....	56

# 国内外城市污水处理厂最佳运行方案对比分析

## 一、前言

随着我国社会经济和城市化的快速发展,城市污水的排放量也逐年增大。由于受污水处理能力的限制,只有很少一部分污水得到了有效处理,大部分城市污水未经任何处理便直接排入自然水体,对环境造成了较为严重的危害。为此,我国的不少地区陆续兴建了城市污水处理厂。城市污水处理厂的建成投产,为这些地区解决或缓解日益严重的水污染问题,发挥了重要作用。可以预料,还会有更多的地区兴建更多的、更大的、处理要求更高的城市污水处理厂。那么,认真总结现有污水厂的建设设计和运行管理等各方面的经验,对今后其它城市污水处理厂的建设和运行就具有重要的借鉴和指导作用。正是基于这种思想,本课题对城市污水处理厂的建设和运行管理设计进行了调研对比,其基本结论是:要建设一座经济适用的城市污水处理厂有两种方式,一是在保证污水处理规模和质量的前提下,选择合适的工艺,降低投资成本,压缩目前较为巨大的建设和运营费用,做到“少花钱,多办事”,二是积极探索和采用更为灵活的资金筹集方式和运营方式,使资金来源多元化,运营方式多样化,联合多方力量来推动城市污水处理厂的建设和运行。

我国是一个发展中国家。一方面年增污水处理能力缺口较大,据统计,截止 1996 年底,城市污水排放量为 352.8 亿  $\text{m}^3$ ,污水集中处理量为 83.3 亿  $\text{m}^3$ ,污水处理率约 23.6%。另一方面治理资金缺口每年约 80 亿

元。我国用于污水处理的资金 94 年为 38 亿元。如何用好有限的资金,让有限的资金发挥更大的效益,值得我们深思。面对国内这些实际情况,如何解决好辽宁的污水处理和城市污水厂建设更显得尤为重要。借鉴国内外城市污水处理厂的建设运行经验,搞好辽宁省辽河流域城市污水厂建设,对改善辽河水质状况,实现治理控制目标具有一定的现实意义。

辽宁省辖辽河流域各河流由于每年接纳了流域内的大量生产废水和生活污水,河流水质污染为全国之最,构成了对人民生活环境的威胁。同时也严重阻碍了辽宁经济的持续发展。为此国务院决定将辽河水污染治理列为全国重点治理的三条河流之一,并确定了辽河流域治理的方针、政策和目标、任务。根据国务院正式批准的《辽河流域水污染防治“九五”计划与二〇一〇年规划》,辽河流域的水污染治理主要从管理和工程技术两方面入手,管理措施与工程措施并举。其中建设城市污水处理厂,完善城市基础设施就是辽河治理的重要工程措施之一。辽宁省计划在沈阳、抚顺、鞍山、本溪、营口、盘锦等市县先后建设 20 余座大中型城市污水处理厂,为能使这些城市污水处理厂实现最少投资下获得较大效益,保证污水处理厂的建成使辽河水环境严重污染状况得到大大改善,实现投资与效益的统一,本课题通过对国内外不同工艺的城市污水处理厂的投资建设方式与运行管理进行了调查对比,在此基础上推荐几种适合我省省情的城市污水处理厂模式,筛选经济、高效、可行的污水处理技术方案,力争为我省的辽河治理工作提供有价值的参考意见。

## 二、国内外城市污水处理的发展与现状

### (一)国外城市排水系统的发展状况



## 1 发展概况

第一阶段是创建阶段。十九世纪中期西方国家先后发展了现代城市给水排水系统。英国早期的排水工艺只是建造管渠工程,将污水及雨水直排水体。到1911年德国已建成70个污水厂,在其后的半个世纪里城市排水系统的发展较为缓慢,例如,1947年西德的家庭污水入网率仅50%;1961年日本东京仅为21.2%。

第二阶段是发展和治理阶段。六、七十年代开始,西方国家投放大量财力铺设污水管道、建设处理厂,提高污水的收集率和处理率,并对工业污水、污水厂尾水的排放作了严格控制(又称“点源”治理)。例如1979年东京污水入网率达到70%;1987年前西德污水的入网率已达95%,处理率达86.5%,城市居民人均污水管长达4m。然而城市水环境的质量仍然不尽人意,研究中发现传统的排水观念造成人们长期以来认为,合流管渠内的污水被暴雨水稀释(稀释比约1:5—7)、溢流后不会再危害水体,事实上并非如此。1960—1962年在英国北安普敦的调查发现,暴雨之初,原沉淀在合流管渠内的污泥被大量冲起,并经溢流井溢入水体即所谓的“第一次冲刷”。此后,人们提高了溢流井内的堰顶高程以减少流量,但这样作又增加了管渠内的沉积物,一旦被更大暴雨冲起、挟入溢流,进入水体仍然造成污染。

第三阶段是暴雨雨水的管理阶段。为了进一步改善城市水体的水质,自七十年代起都在致力于此项工作。首先是对雨污混合污水在溢流前进行调节、处理及处置,使之溢流后对水体的水质影响在控制的目标之内。例如美国一些州,要求混合污水在溢流之前就地作一级处理,并对每个溢流口因超载而未加处理的混合污水溢流次数加以限制(如华盛顿州每个溢

流口每年 1 次,旧金山市为 4 次);其次是对污染严重地区雨水径流的排放作了更严格的要求,如工业区、高速公路、机场等处的暴雨雨水要经过沉淀、撇油等处理后可以排放。

在已有二级污水处理厂的合流制排水管网中,适当的地点建造新型的调节、处理设施(滞留池、沉淀池等)是进一步减轻城市水体污染的关键性补充措施。它能拦截暴雨初期“第一次冲刷”起的污染物送往污水厂处理,减少混合污水溢流的次数、水量和改善溢流的水质,以及均衡进入污水厂混合污水的水量和水质,它也能对污染物含量较多的雨水作初步处理。西方国家的实践表明,为了进一步改善接纳水体的水质,将合流制改造为分流制,其费用高昂而效果有限,而在合流制系统中建造上述补充设施则较为经济而有效。所以,国外排水体制的构成中带有污水处理厂的合流制仍占相当高的比例,如前西德 1987 年其比例为 71.2%,且该国专家认为通常应优先采用合流制,分流制要建造两套完整的管网,耗资大、困难多,只在条件有利时才采用。至八十年代末,前西德建成的调节池已达计划容量的 20%,虽然其效果难以量化,但是截送到处理厂的污泥量增加了、河湖的水质有了显著的改善。

## 2. 国外发达国家污水处理状况

据一份国际组织 OECD 的调查报告指出,本世纪初瑞典这个城市污水处理的最好的国家,就采用输水管把城市污水送到附近的河道,并在 50 年代建设了第一座污水处理厂。但城市污水处理厂最初的建设还比较缓慢,大多数城市污水处理厂建于本世纪 60 年代,到 60 年代中期,60% 以上的城市生活污水还是直排或仅仅经过初步沉淀处理,污水处理真正蓬勃时期是最近的 30 年。到目前为止,瑞典建有近 200 座城市污水处理厂,95%

的生活污水都经过二级处理,另外 5% 的污水也有其它处理方式,并能达到满意的出水标准,因此,可以说瑞典目前的生活污水已经是 100% 处理后排放。河流的污染水平全部达到 40 年代的污染水平。瑞典城市污水处理厂的服务人口占 95%,在全世界处于领先地位。芬兰城市污水处理的服务人口占 77%,澳大利亚占 72%,美国占 71%,法国占 68%,加拿大占 63%。由此可见,水资源保护在世界各国普遍受到高度重视。

国外这些发达国家的污水处理厂大都采用活性污泥法二级生化处理工艺,这种工艺技术产生于本世纪初,由于工艺成熟,处理效率高,运行稳定可靠,在世界各地得到普遍应用。芬兰全国有 86% 的污水厂采用生物化方法处理,处理出水达标排放。工艺流程为:格栅——沉砂——预曝气——配水井——沉淀——微孔曝气——二级沉淀。另外,在美国、挪威、瑞典等发达国家目前已开始应用化学强化一级处理技术。

## (二)国内城市污水处理发展状况

在城市中,每天都需要大量的水用于市民生活与工业生产。这些水在使用之后,约占原水量 80% 的部分变为污水排放。城市下水道系统的任务就是随时收集这些城市污水并把它们输送到附近的城市水体。由此不难看出,早期的污水处理就是从保护市区卫生出发,将城市内的生活污水、工业废水和融雪雨水混在一个合流制下水道系统不经处理直接排入水体。1978 年我国提出“环境保护是我国的基本国策”之后,国家相继颁布和修订了《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》,制定了《中华人民共和国地面水环境质量标准》、《中华人民共和国污水综合排放标准》、《中华人民共和国农田灌溉水质标准》、《中华人民共和国农用污泥中污染物排放标准》,发布了《中国 21 世纪议程》和《中国环境保护行

动计划》。1996 年国家公布了 1995 年至 2010 年的《我国社会经济发展实施纲要》，提出了在未来 5—15 年中，国家在水污染治理、水环境保护工作中的具体任务与目标。

在各级政府的努力下，特别是改革开放的 20 年来，我国城市污水处理，城市水环境保护工作取得了很大的成就。据 1995 年统计，在全国的 643 座城市中，已经投入数百亿元资金建成了大中型城市污水处理厂 167 座，其中包括像北京市高碑店污水处理厂、天津市纪庄子污水处理厂、天津市东郊污水处理厂、上海市苏州河截流排江工程等国内外知名的特大型城市污水处理、治理项目。这些污水处理项目已经在控制水污染，保护水环境方面发挥了突出的作用。但是这些进展与我国社会经济发展的速度相比还有很大差距，在以往的几年中，我国用于环保方面的经费每年仅占经济总产值的 0.7%，全国城市污水处理率仅为 6.7%，在全国调查的 5000km 河段上，近二分之一河段处于污染状态，2400km 河段已受到严重污染。这一状况与国家提出的 2000 年前使水环境污染不断恶化的趋势得到控制，至 2010 年使总体环境质量得到改善的发展目标是不相称的。因此，近年来我国沿海经济发达地区新建和改建了许多排水工程，但总的水平仍然非常落后。如广州市日排污水超过  $200\text{m}^3/\text{d}$ ，而上规模的城市污水处理设施只有 1 座日处理污水 15 万  $\text{m}^3/\text{d}$  的大坦沙污水厂（近期将扩建日处理 30 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ），加上其它小厂，全市的污水处理率仍然不到 20%。从全国来看，城市排水管总长 1995 年为 7.5 万 km，若城市人口按 2 亿人估算，人均仅 0.375m，城市污水处理率 1994 年为 6.7%，但是由于城市污水处理能力低于污水排放量的年增长，因此处理率可能还要下降。有关资料显示，为了控制水污染我国每年需新增处理能力 20.7 亿  $\text{m}^3$ ，所需投资 128

亿元,而目前的年投资仅 38 亿元,资金缺口很大。与发达国家相比污水处理能力现状差距很大。

### (三)省内污水处理现状

辽宁省各河流水质污染也很严重。特别是辽河流域各河流水质状况,除个别上游河段外,绝大部分河流水质超过地面水环境质量标准,已经多年不能满足正常用水的需要。辽河流域分布有造纸、石油、化工、冶金、制约、啤酒、电力、造矿等大中型工业企业,这些工业污染源又集中分布在沈阳、鞍山、抚顺、本溪、辽阳、营口等几个大中城市。这些工业污染源每年直接或间接将大量工业废水排入浑河、最终进入辽河水系,造成辽河水质的严重污染。

据环境统计部门提供的资料看,1998 年辽宁省重点源工业废水排放量达 10.1 亿吨,符合排放标准的为 7.5 亿吨,占全省污水排放总量的 88.8%,达标率为 74.28%,处理达标率为 79.8%,重点源工业废水区域排放量最大的是大连市,其废水排放量为 2.98 亿吨,占重点源废水排放总量的 29.5%;其次是本溪市,废水排放量为 13627.9 万吨,占重点源废水排放总量的 13.5%,再次是抚顺市,废水排放量为 1.24 亿吨占重点源废水排放量的 12.2%。辽宁省 98 年重点源工业废水排放情况以及处理达标情况可见表 1-1。

表 1-1 1998 年度辽宁省区域重点源废水排放情况 单位:万 T/a

区域名称	排放量	占总量 %	经处理量	处理率 %	达标量	达标率 %	处理标量	处理达标 率%
沈阳	6322.8	6.2	2417.9	37.7	3313.9	52.4	1586.5	65.6
大连	29837.2	29.5	17733.9	49.4	28474.1	95.4	16762.4	94.5
鞍山	11888.9	11.7	7793.5	48.9	8358.1	70.3	5426.1	69.6
抚顺	12365.2	12.2	10120.4	47.9	13643.5	110.3	9506.8	93.9
本溪	13627.9	13.5	2895.8	30.4	8917.7	65.4	2413.8	83.8
丹东	4262.4	4.2	872.9	26.4	1780.4	41.8	766.1	87.8
锦州	5131.0	5.1	2676.9	43.9	2532.6	49.4	935.7	35.0
营口	2610.0	2.6	582.9	18.4	587.0	22.5	530.7	91.0
阜新	423.5	0.4	1138.5	42.2	207.5	49.0	140.0	12.3
辽阳	6844.3	6.8	3306.0	47.2	3606.2	52.7	2720.0	82.3
盘锦	2349.6	2.3	893.9	37.4	1298.8	55.3	426.5	47.7
铁岭	2168.8	2.1	735.3	41.0	1011.4	46.6	88.9	12.1
朝阳	1470.9	1.5	798.0	48.7	471.5	32.1	328.4	41.2
葫芦岛	1972.7	1.9	551.0	26.7	1026.4	82.0	261.7	47.5

另据调查,辽宁省辽河流域生活污水排放量统计,辽河流域内的沈阳、鞍山、抚顺、铁岭、辽阳等几个大中城市生活污水排放量达 6.24 亿吨,占全省排放量的 79%,排放污染物约 25.24 万吨,占全省生活污水排放污染物总量的 67.3%。这些生活污水基本没有经过处理而直接排放,是造成辽河水水质污染的重要因素。

辽河流域水环境污染如果不抓紧有效的控制和治理,将无法实现辽宁省委省政府确定的辽宁第二次创业的宏伟目标,严重地阻碍辽宁经济的持续发展。因此,省委省政府近几年投入了大量资金进行治理,并提出一系

列治理措施,建设城市污水处理厂就是这些措施之一。辽宁省计划在沈阳、鞍山、营口、抚顺等市县建设20座污水处理厂、其中重点项目15项,见表1-2。

表1-2 城市污水处理厂项目(重点项目)

序号	项目名称及承担定位	项目进展	处理水量	污染物削减总量 (吨/年)
1	沈阳北部城市污水处理厂	已建成,试运行	14400	COD57600;SS10782
2	沈阳市西部城市污水处理厂		1400	COD3000;SS25000
3	鞍山市西部第一污水处理厂(二级生化处理)		8030	COD15000
4	鞍山市北部第二污水处理厂(二级生化处理)		9490	COD11200
5	鞍山市北部第一污水处理厂(二级生化处理)	已建成	6205	COD9500
6	抚顺市污水处理厂一期工程		9125	COD11770;SS8390
7	抚顺市城建局25万吨污水场二期工程			COD9500
8	本溪市城市污水处理厂一期工程(一级)(一期)		6570	COD12500;SS15000 尘泥 5411
9	营口西部污水处理厂(二级)	已完设计	9125	BOD90%;COD15000
10	辽阳城建局城市污水处理厂(二级)		7300	COD11680
11	铁岭市城市污水集中处理工程(二级)	已完成设计	4500	COD17000
12	盘锦市城市生活污水处理厂(二级)		3650	COD9500
13	清原县生活污水处理厂		400	COD1200
14	新宾县城市污水处理厂(二级生化处理)		350	COD1000
15	南杂木镇生活污水处理厂(二级物化处理)(二级)		300	COD800

这些污水处理厂的建设投入使用,将会大大改善辽河的水污染状况。

### 三、城市污水处理工艺分类及应用实例

#### (一)工艺分类

城市污水处理从总体上可分为生物化学处理和物理化学处理两大类。生物化学处理是利用微生物处理污水中有机物的一种工艺,因而也称为污水的生物处理,这种工艺始于上世纪末,由于其运行费用较低,越来越得到了广泛的应用,目前已成为城市污水处理的主体工艺。活性污泥工艺可谓是污水生物化学处理工艺的代表,由于该工艺有较高的处理效率,且运行稳定可靠,在世界各地得到普遍应用。目前已成为城市污水生物处理的主要方法。活性污泥工艺也有很多种,其中最早采用的是传统活性污泥法及其各种变形,后来出现了池形为封闭环状的氧化沟工艺。70年代中期,又出现了间歇运行的SBR活性污泥工艺和分两段运行的A-B活性污泥工艺。另一方面,活性污泥工艺的功能也有所扩展,如采用A-O或A<sup>2</sup>-O工艺脱氮除磷。其中A-O或A<sup>2</sup>-O工艺也可有机地结合到氧化沟、A-B及SBR工艺中去,使之具有脱氮除磷功能。

活性污泥工艺的种类包括:传统活性污泥法及其变形、氧化沟工艺、A-B工艺、A-O工艺、A<sup>2</sup>-O工艺、SBR工艺……。

生物膜法出现于上世纪末,是采用最早的人工生物处理方法。其中包括生物滤池、生物转盘、塔滤和生物接触氧化等种类。由于生物膜处理效果较活性污泥法差,受温度等环境因素的影响较大,且运行控制的灵活性小,城市污水处理厂较少采用。但生物膜上的微生物浓度很高,抵抗有毒



物质能力强,故该类工艺被广泛地应用于工业废水处理领域。

生物稳定塘是一种很古老的天然处理方法,虽然占地面积较大,但投资及运行费用非常低,在有废坑塘的地区不失为一种很好的处理方法。美国 15000 多座污水处理厂中,生物稳定塘占一半左右;目前我国也已有 100 多座各种形式的氧化塘在运转。

污水土地处理是在人工可控制的条件下,将污水投配到土地上,通过土壤和植物完成一系列物理的、化学的和生物化学的净化过程,达到预期的净化目标。这种方法不仅能有效而经济地净化污水,而且能利用污水中的营养物质和水,促进农作物、牧草和林木的增长,因而也是一种有前途的天然净化方法。土地处理一般分为慢速渗滤和地表漫流二种基本工艺类型。

湿地系统是又一种天然生态处理工艺。它主要是利用芦苇地、树木等天然植物系统来净化污水。

物理化学处理系指采用物化原理处理污水的一些工艺。这些工艺一般用于污水的深度处理,处理目的是污水回用。当然,物理处理也可以用于二级处理,但处理成本很高,一般很少采用。物化处理工艺主要用于对二级出水的深度处理,以满足各种不同的回用需要。

常用的物化处理工艺有混凝沉淀、过滤、气浮、消毒等工艺。将这些工艺的一种或几种进行合理地组合,能对二级出水进行有效地深度处理,使之满足作为冷却水和市政杂用水的要求。当要求更高的出水水质时,则需增加另外的一些物化工艺,如活性炭吸附、臭氧氧化等工艺。