

JIANGSU QUYU WEISHUI
DIAODU CHULI GUIHUA

江苏区域尾水 调度处理规划

左玉辉 唐亮 著

中国环境科学出版社

江苏区域尾水调度处理规划

左玉辉 唐 亮 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

江苏区域尾水调度处理规划 / 左玉辉, 唐亮著. —北京:
中国环境科学出版社, 2004.8

ISBN 7-80163-928-6

I. 江… II. ①左…②唐… III. 污水处理—区域规划:
环境规划—江苏省 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 071502 号

出版发行	中国环境科学出版社 (100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号) 网 址: http://www.cesp.cn 电子信箱: jinhuaach@126.com 电 话: 010-67112735 传 真: 010-67113420
印 刷	北京市联华印刷厂
经 销	各地新华书店
版 次	2004 年 10 月第一版 2004 年 10 月第一次印刷
印 数	1—2 000
开 本	880×1230 1/32
印 张	6.125
字 数	250 千字
定 价	22.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

摘 要

系统集成的区域水污染控制模式可概括为“三级控制、三级标准”。第一级，对污染源的控制，达到排放标准；第二级，污水集中处理，污水处理厂达到出水标准；第三级，尾水处理处置，最终达到水环境标准。尾水是指虽经处理但尚未达到水环境标准的工业、生活、农业（畜禽养殖）排水，尾水并不等于清水，尾水处理是区域水污染控制的“收官”之举。

江苏北纳淮河，南含太湖，中跨长江，直达东海，它们分别是我国重点整治的“三河”、“三湖”、“三海”之一，此外，南水北调东线调水线路纵贯苏北全境，是我国南水北调的“三线”之一，江苏水系具有典型的代表性。

结合江苏水系特点，水污染控制的基本策略可概括为“清污两制、控源导流、生态处理”。清污两制是指清污分开，形成清污两个独立系统，实行两个不同的管理体制。组建污水系统的基本思路是控源导流，控源是指对城镇生活、工业、农业和河湖内源等污染源的控制，导流是从根本上截断进入清水系统的污染负荷。将区域尾水调离敏感水域，紧密结合国情省情，易地进行生态处理。

根据上述基本策略，构建江苏区域尾水调度处理三线工程方案，包括新沂河尾水调度处理工程（北线工程）、入海水道南泓尾水调度处理工程（中线工程）、苏中苏南区域尾水调度处理方案（南线工程）。北线工程已于2000年6月全线竣工投运，中线工程也已在2003年建成，北、中两线工程及其延伸可确保南水北调东线调水水质在江苏境内免受污染，并为苏北其他清水水域提供安全保证。南线工程的战略目标是解决长江下游—太湖水系区域尾水的调度处理，它包括污水控源系统、尾水导流系统和海涂生态工程系统。南线工程的

科学性和重要性可从“五律协同”的高度进行分析。在经济、社会、技术规律的联合作用下，尾水负荷增长是必然趋势；受自然规律作用，尾水入湖势必促进藻类生长，尾水入江将加剧东海赤潮，它们均与环境目标相拮抗；而将尾水调离太湖—长江敏感区，进入海涂生态工程，在自然规律的作用下，既可促进芦苇生长，又可得净化，实现“五律协同”。

前 言

南京大学先后受江苏省环境保护厅、淮阴市环境保护局、连云港市环境保护局和江苏省科委委托，承担了苏北水环境整治总体方案研究、淮河入海水道南泓污水资源化生态工程可行性研究、新沂河污水资源化生态工程可行性研究以及苏南水污染集中控制战略方案研究四项课题任务。课题组于 1993 年初开始研究工作，1995 年 1 月至 1997 年 10 月分别与主持部门签订合同。课题组在长期探索的基础上，确立了“清污两制、控源导流、生态工程”的总体思路，提出江苏区域尾水调度处理三线方案：北线即新沂河尾水调度处理工程，中线指入海水道南泓尾水调度处理工程，南线是指苏中、苏南区域尾水调度处理方案。

为解决连云港市区供水危机，江苏省政府立项并分别于 1998 年 1 月和 2000 年 6 月完成了蔷薇河送清水的一期工程和二期工程建设，主要包括一条尾水通道（新沂河北泓）、三个清污立交（以确保连云港供水水质安全），形成五级河道调蓄净化系统（江苏区域尾水调度处理北线工程），并可延伸承接沂沭泗水系城镇尾水集中完成二级和三级深度处理。经国务院批准，淮河入海水道于 1998 年 10 月 28 日正式动工，已于 2003 年建成，该工程按照清污分开的原则，设计了南北两个泓道，北泓走清水，南泓走尾水（江苏区域尾水调度处理中线工程）。江苏区域尾水北线、中线工程及其延伸既可确保南水北调东线调水水质在江苏境内免受污染，也为苏北其他清水水域提供了安全保证。

1993 年 11 月，曲格平主任听取了课题组关于苏北水环境综合整治方案的汇报，认为这是“大手笔、新思路”。1994 年，经国际专家咨询认同后，苏北水环境综合整治方案由国家计委、国家科委

批准列入中国 21 世纪议程首批优先行动计划。1995 年元旦，南京大学 10 位教授上书宋健国务委员，首次明确提出“控源导流”是“淮海战役”（淮河流域水污染治理）的最佳作战方针。1995 年 1 月 26 日，宋健国务委员批示：“南大几位教授的意见很有吸引力。请（淮委）水利部、环保局组织研究，可否先筹集部分资金完成一期整治可行性研究，如可行，召集四省今冬开会定案，明年实施。请酌部署。”

2000 年 1 月，由金鉴明院士为组长的专家组评审认为：“该课题对适合我国国情的水污染控制技术的战略定位有科学而独到的见解；所提出的‘清污两制、控源导流’新思路具有创新性与开拓性，江苏北、中两线工程的建设实践已经显示出它的前瞻性与可行性；课题立意高屋建瓴，含义深邃，所提出的新思路及在江苏的实践为制定具有中国特色的水系污染控制战略提供了重要的启示。课题组构想的江苏南线工程为根本上治理长江下游—太湖水系污染有效治理方案，提出了新思路，建议国家尽快立项对南线工程进行深入的基础性研究和预可行性研究，为方案实施提供可靠科学依据。”污染控制与资源化研究国家重点实验室在 2000 年度科技部组织的评估中，江苏水系污染控制研究得到专家组首肯，被认为“取得了显著的社会、经济效益”。

2001 年 12 月 2 日，课题组致信国务院领导同志，就太湖污染治理（南线工程）提出“清污两制、控源导流、两个市场”的建议。12 月 11 日，国务院领导同志批示：“《建议》提出要把太湖治理作为经济、社会、技术、生态的系统工程，统筹规划，综合设计方案。这些意见有见地，有新意。请环保总局、水利部认真研究。”2002 年 7 月 17 日，课题组再次致信国务院领导同志，建议国家将尾水调度处理技术作为首要的关键技术予以重点研究。8 月 1 日，国务院领导同志再次批示：“请水利部、环保总局研究。可直接听取玉辉同志的意见。”

2002 年 8 月 19 日，国家环保总局水办主任、科技司副司长、中国环境科学研究院总工程师等负责同志听取了汇报。9 月 5 日，

国家水利部副部长索丽生率水利部国际科技司司长、中国水科院副院长等有关同志，听取汇报并进行了一个多小时的座谈。索副部长认为：尾水调度处理是大手笔，概念清晰，是根治太湖流域水污染一个比较彻底的“手术”，总体可行；并就存在的问题和如何继续深入开展研究提出了建议。

2002年10月10日，江苏省政府在无锡召开太湖水污染防治委员会会议。应会议邀请，课题组长左玉辉教授就太湖污染治理策略建议作了大会发言。季允石省长在大会总结报告中，将“抓紧研究太湖流域达标尾水出路问题”明确列入“十五”太湖治理工作重点，强调“有效解决太湖流域水污染问题，必须转变思路，从治理、保护、配置、节约等方面实施‘清污分流，控源导流’各项措施。一方面要切实加强对太湖流域水源地的保护工作；另一方面要在不对长江、东海水质造成不利影响的情况下，对处理后的污水，规划专门管网和河道，综合考虑排放去向。”

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 区域尾水的概念及控制意义	1
1.2 国内外区域尾水控制概况	8
1.3 本研究的目的、内容和方法	33
第 2 章 江苏区域尾水调度处理总体方案与理论分析	36
2.1 江苏区域尾水调度处理总体方案	36
2.2 环境调控的理论基础	46
2.3 江苏区域尾水控制策略的理论分析	51
2.4 本章小结	61
第 3 章 江苏区域尾水调度处理苏北控制工程	62
3.1 新沂河尾水调度处理工程	62
3.2 淮河入海水道南泓尾水调度处理工程	88
3.3 本章小结	119
第 4 章 江苏区域尾水调度处理南线概念规划	121
4.1 研究区域概况	121
4.2 控源与污水处理厂建设	125
4.3 区域尾水负荷预测	131

4.4	区域尾水调度系统规划	136
4.5	尾水生态工程规划	144
4.6	综合评价	153
4.7	本章小结	168
第5章 结 语		170
5.1	主要研究结论	170
5.2	研究创新之处	172
5.3	问题与讨论	173
参考文献		174

第1章

绪 论

1.1 区域尾水的概念及控制意义

1.1.1 区域尾水的概念

“尾水”的概念，最早来源于水利学，它专用于相对“引水”而言的、水力发电后的出水水流（中国大百科全书·水利学，1992）。为了使“尾水”顺畅地排向下游，水电厂房专门设置的自机组尾水管排向下的渠道，称“尾水道”（或尾水隧道、尾水渠）。

城市污水处理厂一直被认为是近现代水污染控制的主导技术，不少发达国家和地区已较早认识到污水处理厂在多种污染物质去除上的局限性，指出其出水中仍然存在的 N、P、微量有毒有机物负荷，是一个潜在的主要污染来源（Sawhill, Gary S., 1977; Brix, H., 1987; Davies, 1988; P.R.Thomas 等, 1995）。随着水污染控制研究的发展和深入，在国内城市及区域水污染控制规划中，有学者也开始关注城市污水处理厂出水存在的水质问题（李芳柏, 1998; 胡雪峰, 2002; 王丽萍, 2002）。郭扬善（1992）在主张合理利用大水体自净能力以净化污水时，较早使用污水处理厂“尾水”的说法。徐建英等（2001）认为，污水处理厂出水的 COD 负荷一般占集水区负荷的 20%~30%，BOD₅ 占 10%~20%，N、P 约占 50%~70%，强调需要集中纳入流域综合整治范畴，并正式使用“尾水”这一概念来定义污水处理厂的这种出水。同时，“尾水”的内涵和外延也在发生变化，例如，唐亮等（2002a, 2002b）认为，“城市尾水”是以污水处理厂出水为主

的城市混合污水的简称。

在国外,对“尾水”问题的研究甚多,与其相似的概念有多种,例如 treated effluent (Sawhill, Gary S., 1977; Joe Gelt 等, 1999)、treated wastewater (Schoppmann, B., 1996)、treated sewage (Szymanski, 2000)、treated wastewater effluent (Aiban, S.A. 等, 1999)、treated sewage effluent (P.R. Thomas 等, 1995; bandupala wijesinghe 等, 1996; Bellgrove, A. 等, 1997)、treated domestic wastewater (Dewettinck, T. 等, 2001) 等,其内涵基本一致,即经过一定处理的污水,主要是指通过污水系统收集并经污水处理厂处理后的城市生活及工业排水 (Joe Gelt 等, 1999)。只是,其中含 wastewater 的概念侧重指工业废水处理后的出水,而含 sewage、domestic 的概念则侧重指城镇生活污水处理后的出水。

本研究认为,在区域水污染控制中,“区域尾水”实质上是包括一个区域内虽经处理但尚未达到水环境标准的工业、生活、农业(畜禽养殖)排水。区域尾水只是一个相对原污水而言的概念,其本身在不断发展。例如,在经济欠发达地区,由于点源控制及污水处理设施建设的滞后,区域尾水大多是只经过初级处理的出水,甚至包含大量未经任何处理的原污水,在经济发达地区,区域尾水基本上都是经过较好处理(如污水二级处理厂处理、严格的工业点源控制)的出水,质量相对原污水已有较大改善。

1.1.2 区域尾水控制的意义

尾水控制的意义是与区域水污染控制紧密联系在一起。

1.1.2.1 区域水污染控制模式

随着人口总量的增多、城市规模的扩大、工业经济的发展,区域性的水污染早已成为一个世界性的问题。大量研究和实践表明,污废水中污染成分正日趋复杂,污染物数量正日益增多,用单一的方法对水污染进行控制,无论在经济上还是技术上都已经远远不够,难以从根本上解决水体污染问题,必须从整体出发,自点源→城市

→区域立体层面，多管齐下，综合控制。

按水污染控制的工作程序和污水处理的实际程度，系统契合、全过程的区域水污染控制可概括为“三级控制、三级标准”的完整模式（图 1-1）（徐建英等，2001；唐亮等，2002a，2002b；左玉辉，2002）：第一级，源头控制，最大限度预防和减少污染的发生与排放，其中工业废水要达到城市污水管网的接管标准；第二级，城镇污水与经达标预处理的工业废水排入城市污水处理厂进行集中处理，要满足污水处理厂的出水标准；第三级，对虽经处理但尚未达到水环境标准的区域尾水进行深度处理（或处置），达到（或接近）环境标准（或相应回用水标准）后排入相应受纳水体（或回用）。在此过程中，总量控制分三级实施，水质标准分三级衔接。

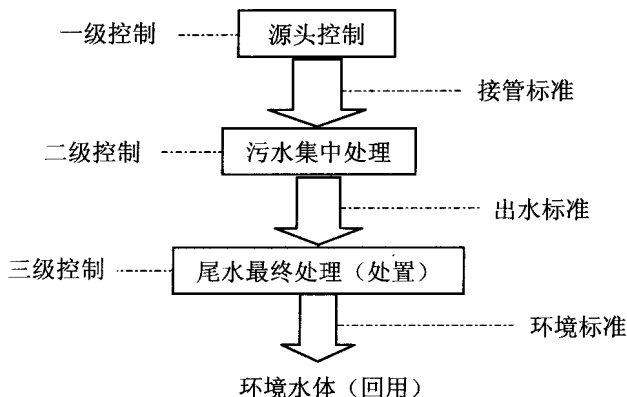


图 1-1 区域水污染控制的“三级控制、三级标准”模式

1. 第一级——源头控制（上游段）

源头控制主要是利用法律、管理、经济、技术、宣传教育等手段，对城镇污水、工业废水、农业面源、城市径流以及河湖内源等进行综合控制，防止或减少污染的发生与排放。源头控制的实质是污染预防。实践证明，污染预防要比通过“末端治理”试图根治水污染更加经济、有效，并且对于并非来自单一、可确定的水污染源，

如农村面源、城市径流以及大气沉降等，“末端治理”的办法并不适用。因此，1990 年美国《污染防治法》规定：“在任何可行的情况下都要优先考虑污染的预防”。

工业废水排放量大，成分复杂，是水污染源头控制的重点。工业水污染的预防首先应当制定有利于可持续发展的产业政策和控制法规，优化产业结构，合理规划布局，积极推行清洁生产的技术和管理，努力实现经济效益、社会效益和环境效益的统一。同时，应强化工业废水的厂内处理或工业小区废水联合预处理，达标排放，确保后续深化处理环节的正常运行。例如，莱茵河流域在 1970 年代至 1990 年代的 20 多年时间里，通过推行工业“管好自己”的政策，金属污染下降了 90% 以上 (Julie Stauffer, 2000)。

随着城市的发展和生活水平的提高，在世界发达国家及我国较发达地区，城镇生活污水中部分污染指标（如 BOD_5 ）已逐步取代工业废水，成为区域水环境污染的最主要来源。生活污水的源头控制，主要是应从规划入手引导人口的适度集中，在满足社会经济的发展需要的同时，为生活污水的集中控制创造条件。此外，引导或强制“绿色消费”，例如节约用水，鼓励选用无磷洗衣粉（舒金华等，1998；Mitsuru Sakamoto, 1996）等等，对减少区域水环境的污染负担也有重要作用。

对农业排水、城市径流及河湖底泥等面源污染，由于面广量多的特点，其首要任务就是控源，这是一项十分困难但又十分重要的工作。对农村地区，应贯彻“节水即节污”的指导思想，发展节水农业；高度重视畜禽粪尿的综合处理及利用，在敏感水域严格控制高密度水产养殖业发展；推广害虫的综合管理 (IPM) 制度，以最大限度地减少农药施用量；科学合理施肥，改善土壤肥力，认真确定农业耕作条件（例如大于 25° 的坡地应分批退耕还林还草），减少土壤侵蚀；积极截流农业污水，实现农村径流的再利用或有效处理；加强乡镇企业污染管制，因地制宜开展村镇生活污水处理，等等。在城市地区，暴雨径流所携带的大量污染物质，是加剧水体污染的一个重要原因，因此需采取多种形式及时收集和利用雨水，并适当

减少城市硬质地面,增加城市绿化用地,以减少、延缓暴雨径流并去除污染。据研究,多孔铺筑地面能去除暴雨水中 80%~100%的悬浮固体、20%~70%的营养物和 15%~80%的重金属,建设暴雨滞洪地或湿地系统,可去除约 75%的悬浮物及某些有机物质和重金属 (Julie Stauffer, 2000);而一种针对发展中国家的名为“自净筛”(selfcleaning screen)的构筑物可以去除雨水沟中的大部分城市垃圾 (Armitage N.P.等, 1999)。此外,在外部污染负荷较高的河湖中,底泥往往也是重要的内部源,这也是不少富营养湖泊治理没能成功的重要原因,据观测,严重富营养化湖泊底泥中的磷释放可高达 $22 \sim 40 \text{ mg P} / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$,其内部负荷相当于总磷负荷的 90% (Mitsuru Sakamoto, 1996)。Mayer T.等人 (1999) 的研究表明,一些湖沼底泥内部孔隙水 (porewater) 中的溶解性营养物浓度非常高 ($\text{P} > 4.0 \text{ mg/L}$, $\text{N} > 20 \text{ mg/L}$),可能是这些湖沼超富营养化 (hypereutrophication) 的主要原因。因此在污染严重的部分河湖地段,在配合外源根治的基础上,应对河湖底泥进行生态清淤,以彻底消除河湖内源污染。

2. 第二级——污水集中处理 (中游段)

城市是人类经济、社会活动高度密集的地域,城镇生活污水、工业废水是造成水体污染的最重要来源 (European Environmental Agency, 1999)。水污染控制的实践表明,水污染治理应当坚持分散与集中控制相结合,而以集中控制为主导。污水集中处理的前提,就是要重视城镇污废水截流 (一级导流),加强城镇污水截流管网的规划与建设,适当改造已有的雨水/污水合流系统,努力实现雨污分流,提高城镇污废水的截流率。研究表明,工业废水与城镇生活污水的合并处理,有利于降低处理成本、提高处理效果,但由于工业废水的水质成分极其复杂,必须经过必要的厂内预处理后,其水质满足规定的城市污水截流管网的接管标准。

城市污水处理厂传统的污水人工处理技术已有上百年的发展历史,这些技术方法按其作用原理可分为物理处理法、化学处理法和生物处理法三大类。由于污水中的污染物质的多样性,因此不可能

用单一的处理方法去除其中的全部污染物,往往需要多种处理方法、多个处理单元有机组合,才能达到预期处理程度的要求,而处理程度又主要取决于原污水的性质、后续处理处置情况以及出水受纳水体的功能等因素。

按污水处理深度的不同,污水处理大致可分为预处理、一级处理、二级处理和三级处理(深度处理)。污水处理厂技术成熟,占地较少,净化效果好,但工程投资及运行费用甚大。大规模地进行城市污水的集中处理,国外发达国家和地区传统上是以前能较大幅度去除污水中有机污染物为主要内容的二级生物处理为主,目前国内在建或拟建的城市污水处理厂80%以上仍沿用这一模式。但有专家认为,就我国目前水污染日益加剧的趋势和现实的经济状况而言,普遍建造二级污水处理厂并不现实,建议采用一级强化(或根据需要预留二级处理用地),以尽快经济、高效地削减我国居高难下的水污染总体负荷(张忠祥等,1998;潘碌亭等,2003)。不少学者建议,污水集中处理应该优先采用经济价廉的天然净化处理系统,即污水生态工程(张忠祥等,1998)。

3. 第三级——尾水最终处理(下游段)

区域尾水是经过处理但尚未达到环境标准的混合污水。一般而言,城市污水处理厂对去除常规有机物具有优势,但对引起水体富营养化的氮、磷和其他微量有毒难降解化学品的去除效果不佳。尾水并不等于清水(例如尾水中氮、磷负荷一般占原污水的60%~80%),直接排入与人类关系密切的清水水域,仍然存在极大的危险性。例如,水体中微量有毒污染问题日益引起发达国家的重视,国家环保总局《城市污水控制技术政策》也规定:“污水受纳水体为湖泊、水库、海湾等缓流水域时,为防治水体富营养化,应进行三级处理”。此外,城市污水处理厂基建投资和运行成本甚高,在经济较为落后的发展中国家,大规模普建污水处理厂存在困难,区域尾水中实际上含有大量未经任何处理的污水。因此,在排入清水环境前,加强区域尾水的最终处理处置,极为迫切。

1.1.2.2 区域尾水控制的定位及意义

(1) 区域尾水是区域水环境重要的污染源。随着社会经济的快速发展和环境管理力度的不断加强,区域水污染负荷已经或正在实现三个集中:工业废水向工业小区集中(缘于工业企业向工业小区集中)、生活污水向城镇集中(缘于人口向城镇集中)、城镇污水向城市污水处理厂集中(缘于水污染集中控制力度的加强),在许多地区,尾水都成为区域水环境重要的污染源。例如,南非及加拿大的许多湖库,都受城镇和工业地区的城市污水二级处理厂所排放的尾水的影响而发生水质恶化(Mitsuru Sakamoto, 1996)。1992年,多瑙河流域氮和磷的输入量分别为825kt和105kt,其中污水处理厂出水的贡献分别均在20%~25%左右,是造成多瑙河三角洲和黑海水质恶化,富营养化征兆明显的重要原因(Somlyódy L.等, 1999)。而且,在许多经济欠发达、环境管理欠完善的地区,大量原生污废水与尾水混合排放,更加剧了区域尾水污染问题的复杂性和治理的艰巨性。

(2) 区域尾水处理是构成系统集成的区域水污染控制模式的重要环节。尾水处理属于污水的深度处理,它承担将区域污水最终转变为清水的任务,是区域水污染控制的“收官”之举。尾水处理强调实现污染的全过程控制,以确保区域水环境的长治久安。事实上,源头控制、污水集中处理、尾水最终处理构成了“三级控制”的上、中、下三个流程段,这三个流段分级衔接,共同构成一个完整、有机的水污染控制链系统,从而实现污染发生→污染消除→清水再生这样一个全过程的、从污水摇篮到清水摇篮的水污染控制。

(3) 区域尾水处理为区域污水治理分步达标提供了必要条件。例如,尾水分流与生态工程配合,即充分考虑到了水污染控制的实际,在通过分流措施确保区域主要敏感水域安全的前提下,允许控源及污水处理厂建设分步达标。在污水处理厂未能大规模普及、工业点源难以全面稳定达标的情况下,尾水生态工程可承担二、三两级双重处理的任务;在社会、经济条件成熟,尾水生态工程