

# 无锡市水功能区划调整方案研究

罗慧萍<sup>1a</sup>, 逢勇<sup>1a,1b</sup>, 徐凌云<sup>2</sup>

(1. 河海大学 a. 环境学院; b. 河海大学浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏南京 210098; 2. 上海勘测设计研究院有限公司, 上海 200434)

**摘要:** 为了满足无锡市水资源开发利用、保护和水行政管理需要,在无锡市现有水功能区划的基础上,从水源地布局、社会经济发展布局以及排污控制区和过渡区设置规范等角度进行合理性分析,利用建立的无锡市水环境数学模型,分别计算排污控制区和过渡区的长度,最终提出无锡市水功能区划初步调整方案。调整方案为:根据水源地布局增加4个饮用水水源保护区,调整1个水功能区范围;根据社会经济发展布局增加4个工业、农业、景观娱乐用水区,其中2个由其他功能区调整而来;根据过渡区要求增加10个过渡区;根据排污控制区要求增加13个排污控制区。研究成果为无锡市水功能区管理提供新思路。

**关键词:** 水功能区划; 调整方案; 过渡区; 排污控制区; 无锡市

中图分类号: X321

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)05-0114-07

## Preliminary study on adjustment scheme of water function zone in Wuxi

LUO Huiping<sup>1a</sup>, PANG Yong<sup>1a,1b</sup>, XU Lingyun<sup>2</sup>

(1. a. College of Environment; b. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resources Development on Shallow Lakes, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Shanghai Investigation Design and Research Institute Company, LTD, Shanghai, 200434, China)

**Abstract:** In order to meet the needs of development, utilization, protection, and water administration of water resources in Wuxi, the paper reasonably analyzed the water function zone from the layout water source area, social and economic development, the install of sewage discharge control zone and transition zone norms based on the existing water function zoning of Wuxi. It used the mathematical model of water environment in Wuxi which was established before to calculate the lengths of sewage discharge control zone and transition zone. Finally, it proposed an adjustment scheme of water function zones of Wuxi. The scheme includes that to increase four drinking water source protection zones and adjust scope of one water functional zone according to the water source area layout; to increase four industrial, agricultural, recreational water zones according to the social and economic development layout, wherein the two zones comes from other functional zones; to increase ten transition zones according to the requiremenr of transition zone; to increase thirteen sewage discharge control zones according to transition zone setting norms. The results can provide new idea for management of water function zone in Wuxi.

**Key words:** water function zoning; adjustment scheme; transition zone; sewage discharge control zone; Wuxi

《江苏省地表水(环境)功能区划》<sup>[1]</sup>从2003年批复至今,给无锡市水资源保护工作提供了重要的科学依据。但是,随着无锡市社会经济的快速发展,原有的部分水功能区划已经不符合当前水资源管理要求,表现出部分水体亟需增划水功能区、部分水功

能区水质目标设置过高或过低、上下游水功能区水质的差异以及污水处理厂尾水排放口处水质与功能区水质的差异没有明确衔接方案等问题。因此,有必要对无锡市水功能区划作适当调整,以满足无锡市社会经济与生态环境协调发展的需求。

收稿日期:2015-07-25; 修回日期:2015-09-28

基金项目:国家自然科学基金项目(51179053);国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07506-006-05)

作者简介:罗慧萍(1990-),女,湖北武汉人,硕士研究生,主要研究方向为水资源规划与保护。

科学合理地进行水功能区划分是确定水环境承载能力,进行水资源保护和管理的基础<sup>[2]</sup>。国外水功能区划研究比我国开展得早。前苏联对水体按其化学成分不同和地质条件差异进行了定性、定量的功能区划分<sup>[3]</sup>;德国按照水体的使用功能划定出不同的保护区,执行不同的水质严格保护规定<sup>[4-5]</sup>;美国环保局设定的水环境功能主要包括水饮用支持、生物生命支持、贝类养殖、渔业用水、农业用水、第一类接触性娱乐(游泳)、第二类非直接接触娱乐(体育)、补充地下水、野生生命栖息地和文化用途 10 个方面<sup>[6]</sup>。

国内于 20 个世纪 90 年代也陆续开展了水功能区划工作,经过十多年的实践和探索,以水资源开发、利用和保护为基本原则的水功能区划体系基本形成,于 2011 年 10 月 1 日起实施的《水功能区划分标准》<sup>[7]</sup>(GB/T 50594-2010)详细介绍了水功能区二级区划体系、划分程序以及各级功能区划分的具体方法。近年来,现有的水功能区划成果由于社会经济条件和水资源开发利用条件发生重大变化等原因,逐步呈现出水资源保护与经济发展相冲突等矛盾,需要对水功能区划进行调整。赵伟等<sup>[8]</sup>通过建立的南京市水量水质模型的分析计算,提出在存在点源排污口水功能区附近设置排污过渡区、在水质由差过渡到好的功能区衔接处设置过渡区的调整方案;胡开明等<sup>[9]</sup>在研究太湖西岸概化入湖河道污染物通量与西岸湖体污染带纵向扩散距离响应关系的基础上,提出基于水质达标的浅水湖泊水环境功能区划调整方法;蔡临明等<sup>[10]</sup>按照台州市总体规划以及区域已有长潭水库水源的实际情况,提出调整井马水库饮用水源区为椒江景观娱乐、农业用水区。

笔者在综合前人研究成果的基础上,以无锡市为研究对象,从功能区划与水源地布局、社会经济发展布局、排污控制区和过渡区设置必要性等多个角度进行更为全面的相符性分析,通过建立的无锡市水量水质模型计算排污控制区和过渡区长度,最终提出无锡市水功能区划调整方案。研究成果为无锡市水资源管理提供决策依据。

## 1 研究区域现状

无锡北靠长江,南临太湖,区域内河道纵横交叉,湖荡、洼地密布,水系十分发达。全市江河湖荡水域面积 1089.26 km<sup>2</sup>,占全市行政区域面积的 22.82%。根据《江苏省地表水(环境)功能区划》<sup>[1]</sup>,无锡市现状共有水功能区 111 个,包括 4 个

保护区、1 个保留区、22 个缓冲区、84 个开发利用区,开发利用区中又包括 6 个饮用水源区、1 个过渡区以及 77 个工业、渔业、农业、景观娱乐等用水区,没有划分排污控制区。

近几年,随着无锡市社会经济的发展,无锡市的社会经济条件和水资源开发利用已发生了变化,导致水功能区功能的变化;无锡市水功能区存在劣质水流向优质水的问题,但在上游的劣质水功能区与下游的优质水功能区之间没有设置过渡区,导致水质目标不能直接衔接;随着无锡市污水处理厂规模的扩大,污水处理厂的尾水排放量也逐年增大,由于污染物排放标准与环境质量标准存在差异,导致污水处理厂尾水排放口处的水质浓度超标严重,无法达到功能区水质目标要求,造成纳污能力计算以及水质目标达标分析无法客观真实。

## 2 水功能区划调整方法

水功能区划的实施,在保护水资源、促进社会经济发展的同时,也由于产业结构的调整、城市布局的改变等,出现有的功能区划与当地经济发展不相协调的矛盾,不利于对水资源的有效保护和合理开发,需进行调整。水功能区划调整,需以现有水功能区划为基础,以水资源开发、利用、保护和水污染防治为依据。

### 2.1 水功能区划调整原则

(1)水功能区划与水资源利用规划、社会经济发展规划紧密结合,当社会经济条件和水资源开发利用条件发生重大变化时,应根据变化情况对水功能区划进行调整;

(2)当上下游相邻两水功能区水质由差变好时,应该在水功能区间设置过渡区,过渡区下断面的水质必须达到下游水功能区起始断面水质目标要求;

(3)按照规范要求应该在点源排污口附近设置排污控制区;

根据以上原则,从水功能区与无锡市饮用水水源地布局、社会经济发展布局、过渡区和排污控制区设置必要性等角度进行无锡市水功能区划调整分析。

### 2.2 过渡区计算方法

当下游用水要求高于上游来水水质时,要满足下游用水的要求,就得设置过渡区。要科学确定过渡区的范围,必须基于水流的运动规律和污染物在水流中的迁移转化规律,从一维水流的污染物对流扩散水质基本方程着手<sup>[11]</sup>,具体可根据下游相邻功能区水域纳污能力计算确定<sup>[12]</sup>。

计算采用一维稳态水质模型,形式如下:

$$x = \frac{86400u}{k} \ln \frac{C'_0}{C} \quad (1)$$

$$C'_0 = \frac{C_0 Q_0 + C_1 Q_1}{Q_0 + Q_1}$$

式中: $C$ 为目标水质浓度,mg/L; $C'_0$ 为排污口废水与上游来水混合后水质浓度; $C_0$ 为上游来水水质浓度,mg/L; $Q_0$ 为上游来水量, $m^3/s$ ; $Q_1$ 为排污口废水排放量, $m^3/s$ ; $C_1$ 为排污口废水排放浓度,mg/L; $k$ 为降解系数, $d^{-1}$ ; $u$ 为设计流速, $m/s$ ; $x$ 为距排污口距离,m。

计算时, $C'_0$ 取上游水质较差水功能区水质目标浓度; $C$ 取下游水质较好水功能区水质目标浓度。水质降解系数 $k$ 根据模型率定验证得到;设计流速 $u$ 利用河网模型在90%水文保证率条件下计算得出。

### 2.3 排污控制区计算方法

排污控制区一般指污水排放口附近不满足受纳水体水质标准的空间区域,即环境管理中认可的污水排放口附近的允许超标区<sup>[13]</sup>。污染物质从排放口进入水体后,污染物浓度沿流动方向逐步下降,当浓度下降到下游相邻水功能区水质目标时,其相应位置与排放口之间形成的空间称为混合区,超过水功能区水质目标值的污染带沿岸线的长度即为排污混合区长度<sup>[14]</sup>。计算时分河网区较宽河道和较窄河道,较宽河道指河宽大于100 m的河道,较窄河道指河宽小于100 m的河道。

(1)河网区较宽河道计算方法。针对河道建立二维非稳态水量水质数学模型,计算公式见式(2)、式(3)。

二维水动力基本方程

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{gh}{c^2 \cdot h^2} \sqrt{p^2 + q^2} -$$

$$\frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) \right] - \Omega_q - fVV_x +$$

$$\frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \quad (3)$$

$$E = c_s^2 \Delta^2 \left[ \left( \frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 \right]$$

(4)

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{gh}{c^2 \cdot h^2} \sqrt{p^2 + q^2} -$$

$$\frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_p -$$

$$fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \quad (5)$$

式中: $h(x,y,t)$ 为水深; $\xi(x,y,t)$ 为水位; $p,q(x,y,t)$ 为 $x,y$ 方向单宽流量; $C(x,y)$ 为谢才阻力系数; $f(V)$ 为风摩擦系数; $V,V_x,V_y(x,y,t)$ 为风速及 $x,y$ 方向分量; $\Omega(x,y)$ 为柯氏力; $P_a(x,y,t)$ 为大气压力; $\tau_{xx},\tau_{xy},\tau_{yy}$ 为剪切应力分量。

二维水质对流扩散基本方程

$$\frac{\partial}{\partial t} (hc) + \frac{\partial}{\partial x} (uhc) + \frac{\partial}{\partial y} (vhc) =$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( hD_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( hD_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) - khc + S \quad (6)$$

式中: $C$ 为污染物浓度,mg/L; $u,v$ 为 $x,y$ 方向的速度分量, $m/s$ ; $h$ 为水深,m; $D_x,D_y$ 为 $x,y$ 方向的扩散系数, $m^2/s$ ; $k$ 为衰减系数, $d^{-1}$ ; $S$ 为源漏项, $m^3/(s \cdot m^2)$ ; $u,v$ 和 $h$ 由水动力模型提供。

计算时:目标水质浓度取相应的水(环境)功能区的水质浓度;污水处理厂尾水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准;水质降解系数 $k$ 根据模型率定验证得到;设计水文条件取90%水文保证率。

根据建立的水环境数学模型,在最不利情况下,计算污水处理厂产生污染带长度,从而确定排污控制区范围。

(2)河网区较窄河道计算方法。计算公式见式(1)。

计算时: $C$ 与 $C_0$ 同取水功能区的水质目标浓度; $C_1$ 取污水处理厂的尾水执行标准,尾水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准;水质降解系数 $k$ 根据模型率定验证得到;设计水文条件取90%水文保证率。

## 3 水功能区划调整结果

### 3.1 根据水源地布局调整水功能区结果

水源地布局调整主要有原有水源地转变其功能、水源地水质目标调整、新增水源地或备用水源地等。近年来,无锡市水源地布局调整主要是新增油车水库、龙珠水库、桃花水库、绮山湖等水源地或备用水源地。根据水功能区划调整原则,应对这些水源地增加饮用水水源保护区,其中油车水库所在西伏溪河原为景观娱乐、工业用水区,其范围也将因为增加饮用水水源保护区而调整。根据水源地布局调整功能区具体结果表1。

表1 根据水源地布局调整水功能区结果

序号	河流(湖泊)	水功能名称	起始-终止位置	长度/面积	原水质目标	新水质目标	备注
1	油车水库及其上游	油车水库宜兴饮用水水源地保护区	苏浙交界-油车水库坝址	3.00 km <sup>2</sup>	Ⅲ	Ⅲ	新增水功能区
2	伏西溪河(含分洪河)	伏西溪河(含分洪河)宜兴景观娱乐、工业用水区	油车水库坝址-入湖口	16.30 km	Ⅲ	Ⅲ	水功能区范围调整
3	龙珠水库	龙珠水库宜兴饮用水水源地保护区	龙珠水库	21.60 km <sup>2</sup>		Ⅲ	新增水功能区
4	桃花水库	桃花水库宜兴饮用水水源地保护区	桃花水库	18.50 km <sup>2</sup>		Ⅲ	新增水功能区
5	绮山湖	绮山湖饮用水水源地保护区	绮山湖	0.87 km <sup>2</sup>		Ⅲ	新增水功能区

### 3.2 根据社会经济发展布局调整水功能区结果

根据无锡市“十二五”城乡发展策略,对无锡市城乡建设规划布局与水功能区划的相符性进行分析:

(1)随着无锡社会经济发展,无锡市区内北兴塘将成为一条重要的城区河道,建议增加北兴塘水功能区;

(2)北塘联圩(圩内河)无锡市工业用水区为无锡城区小河道,建议取消该功能区;

(3)根据宛山荡水生态科技园建设规划发展需

求,建议将九里河(含宛山荡)江苏缓冲区调整为宛山荡无锡景观、农业用水区;

(4)利港河上没有饮用水源取水口,并且按照江阴市规划,以后也不会设立饮用水源取水口,考虑到沿岸经济发展要求,建议将利港江阴饮用水源区变更为利港河江阴工业、农业用水区。

根据无锡社会经济发展布局调整功能区具体结果表2。

表2 根据社会经济发展布局调整水功能区结果

序号	河流(湖泊)	水功能名称	起始-终止位置	长度/km	原水质目标	新水质目标	备注
1	北兴塘	北兴塘无锡市工业用水、景观娱乐用水区	古运河-北兴塘枢纽	11.4		Ⅳ	新增水功能区
2	北兴塘	北兴塘无锡市工业用水、农业用水区	北兴塘枢纽-锡北运河	3.9		Ⅳ	新增水功能区
3	九里河	宛山荡无锡景观、农业用水区	潘墅塘交界(宛山荡)-望虞河控制口门处	6.5	Ⅲ	Ⅳ	由九里河(含宛山荡)江苏缓冲区调整而来,水质目标调整
4	利港	利港河江阴工业、农业用水区	长江利港闸-西横河	8.6	Ⅲ	Ⅳ	由利港江阴饮用水源区调整而来,水质目标调整

### 3.3 根据过渡区要求调整水功能区结果

根据式(1)和计算参数取值,针对常规污染因子COD、氨氮分别计算水质过渡区长度。采用同时控制上游功能区水质值与划分过渡区的方法来保证下游功能区水质目标达标。过渡区长度计算结果见表3,根据过渡区要求调整水功能区结果见表4。

### 3.4 根据排污控制区要求调整水功能区结果

根据式(1)和建立的二维非稳态水环境数学模型以及计算参数取值,按照远期污水处理厂入河排污口污染物排放情况,分别计算COD和氨氮的排污控制区长度,计算结果取COD和氨氮中较大值。排污控制区长度计算结果见表5。根据排污控制区要求调整水功能区结果见表6。

表3 过渡区长度计算结果表

序号	水功能区名称	上下游功能区 水质变化	过渡带长度 /km	要求水质浓度/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	
				COD	氨氮
1	桃溪河宜兴工业、农业用水区	IV→III	6.5	22	1.2
2	烧香河宜兴景观、工业用水区	IV→III	4.4	21	1.1
3	殷村港宜兴景观娱乐、渔业用水区	IV→III	4.2	22	1.1
4	湛淩港—社淩港宜兴景观、工业用水区	IV→III	5.1	23	1.2
5	张舍河—洋溪河—双河无锡市工业、农业用水区	IV→III	8.2	33	1.7
6	应天河江阴工业、农业用水区	IV→III	6.5	32	1.7
7	东青河无锡市工业、农业用水区	IV→III	6.7	33	1.7
8	锡澄运河无锡市工业、农业用水区	IV→III	6.3	22	1.2
9	东亭港无锡市工业用水区	IV→III	3.8	22	1.2
10	孟津河宜兴工业、农业用水区	IV→III	6.9	21	1.1

表4 根据过渡区要求调整水功能区结果

序号	河流(湖泊)	水功能 名称	起始—终止位置	长度/km	原水质 目标	新水质 目标
1	桃溪河	过渡区	桃溪河宜兴工业、农业用水区中点至下游功能区交界断面	6.5	IV	III~IV
2	烧香河	过渡区	烧香河宜兴景观、工业用水区中点至下游功能区交界断面	4.4	IV	III~IV
3	殷村港	过渡区	殷村港宜兴景观娱乐、渔业用水区中点至下游功能区交界断面	4.2	IV	III~IV
4	湛淩港—社淩港	过渡区	湛淩港—社淩港宜兴景观、工业用水区中点至下游功能区交界断面	5.1	IV	III~IV
5	张舍河—洋溪河—双河	过渡区	张舍河—洋溪河—双河无锡市工业、农业用水区中点至下游功能区交界断面	8.2	V	III~V
6	应天河	过渡区	应天河江阴工业、农业用水区中点至下游功能区交界断面	6.5	V	IV~V
7	东青河	过渡区	东青河无锡市工业、农业用水区中点至下游功能区交界断面	6.7	V	IV~V
8	锡澄运河	过渡区	锡澄运河无锡市工业、农业用水区中点至下游功能区交界断面	6.3	V	IV~V
9	东亭港—旺庄港	过渡区	东亭港无锡市工业用水区中点至下游功能区交界断面	3.8	V	IV~V
10	孟津河	过渡区	孟津河宜兴工业、农业用水区中点至下游功能区交界断面	6.9	IV	III~IV

表5 排污控制区长度计算结果表

序号	污水厂名称	排放去向	处理规模/ (万 t·d <sup>-1</sup> )	混合区长度/km		
				L <sub>COD</sub>	L <sub>NH<sub>3</sub>-N</sub>	最不利长度
1	无锡市城北污水处理厂	北兴塘	15	4.3	5.3	5.3
2	无锡市排水公司芦村污水处理厂	无锡下游段	20	5.6	6.9	6.9
3	无锡市锡山区污水处理厂	新兴塘	7	2.6	3.3	3.3
4	无锡市惠山环保水务有限公司(前洲厂)	锡澄运河(惠山段)	4	1.5	1.9	1.9
5	无锡市排水总公司太湖新城污水处理厂	运河无锡段	5	2.2	2.7	2.7
6	无锡市高新水务有限公司硕放水处理厂	运河无锡段	4	1.9	2.4	2.4
7	无锡市高新水务有限公司新城水处理厂	运河无锡段	12	4	4.9	4.9
8	无锡市高新水务有限公司梅村水处理厂	伯渎港	6	2.4	3	3
9	光大水务(江阴)有限公司城市污水处理厂	锡澄运河(江阴段)	3	1.5	1.9	1.9
10	江阴澄常污水处理有限公司	西横河	3	1.3	1.6	1.6
11	无锡祝塘水务有限公司	青祝运河	3	1.3	1.6	1.6
12	宜兴市建邦环境投资有限责任公司清源污水处理 厂	东洩	5	0.9	1.4	1.4
13	欧亚华都(宜兴)水务有限公司	锡溧槽河	5	2.1	2.6	2.6

表6 根据排污控制区要求调整水功能区结果

序号	河流(湖泊)	水功能名称	起始-终止位置	长度/km	原水质 目标	新水质 目标
1	北兴塘	排污控制区	无锡市城北污水处理厂一下游 5.3km	5.3	IV	V
2	无锡下游段	排污控制区	无锡市排水公司芦村污水处理厂一 下游6.9km	6.9	IV	V
3	新兴塘	排污控制区	无锡市锡山区污水处理厂一下游 3.3km	3.3		V
4	锡澄运河(惠山段)	排污控制区	无锡市惠山环保水务有限公司(前洲 厂)一下游1.9km	1.9	V	V
5	运河无锡段	排污控制区	无锡市排水总公司太湖新城污水处 理厂一下游2.7km	2.7	IV	V
6	运河无锡段	排污控制区	无锡市高新水务有限公司硕放水处 理厂一下游2.4km	2.4	IV	V
7	运河无锡段	排污控制区	无锡市高新水务有限公司新城水处 理厂一下游4.9km	4.9	IV	V
8	伯渎港	排污控制区	无锡市高新水务有限公司梅村水处 理厂一下游3km	3	IV	V
9	锡澄运河(江阴段)	排污控制区	光大水务(江阴)有限公司城市污水 处理厂一下游1.9km	1.9	IV	V
10	西横河	排污控制区	江阴澄常污水处理有限公司一下游 1.6km	1.6	V	V
11	青祝运河	排污控制区	无锡祝塘水务有限公司一下游 1.6km	1.6	V	V
12	东洩	排污控制区	宜兴市建邦环境投资有限责任公司 清源污水处理厂一下游1.4km	1.4	IV	V
13	锡溧槽河	排污控制区	欧亚华都(宜兴)水务有限公司一下 游2.6km	2.6	IV	V

## 4 结 语

(1) 文章在无锡市现有水功能区划的基础上,从功能区划与水源地布局、社会经济发展布局、排污控制区和过渡区设置必要性等多个角度进行水功能区划调整分析,提出无锡市水功能区划初步调整方案:根据水源地布局增加4个饮用水水源保护区,调整1个水功能区范围;根据社会经济发展布局增加4个工业、农业、景观娱乐用水区,其中2个由其他功能区调整而来;根据过渡区要求增加10个过渡区;根据排污控制区要求增加13个排污控制区。

(2) 研究成果可作为后期无锡市开展水功能区划调整工作的参考依据,同时也可为其他地区水功能区划管理提供新思路。

(3) 今后可从水系变更、水利工程建设等角度进一步完善无锡市水功能区划调整方案。

### 参考文献:

- [1] 江苏省水利厅,江苏省环境保护厅. 江苏省地表水(环境)功能区划[M]. 南京:江苏人民出版社,2003.
- [2] 纪强,史晓新,朱党生,等. 中国水功能区划的方法与实践[J]. 水利规划设计,2002(1):44-47.
- [3] Jonker L. Integrated water resources management: theory, practice, cases [J]. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C,2002,27(11-22):719-720
- [4] 刘仲桂. 德国、法国、荷兰水资源保护与管理情况简介

[C]//汪斌. 水环境保护与管理文集. 郑州,黄河水利出版社,2002.

- [5] Committee on Missouri River Ecosystem, Division on Earth and life Studies, National Research Council (2003), The Missouri River Ecosystem, National Academy Press Washington D. C.
- [6] Khan A F. Water resource management, thrust and challenges [M]. New Delhi: Anmol Publication,2000.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 50594-2010 水功能区划分标准[S]. 北京:中国计划出版社,2010.
- [8] 赵伟,逢勇,陈亚男. 南京市水(环境)功能区划调整研究[J]. 水资源保护,2012,28(1):76-79.
- [9] 胡开明,逢勇,余辉,等. 太湖水环境功能区调整方案[J]. 河海大学学报(自然科学版),2012,40(5):503-508.
- [10] 蔡临明. 浙江省水功能区划修编案例分析与关键问题探讨[J]. 水资源管理,2013(17):44-46.
- [11] 徐贵泉. 感潮河网水功能过渡区及水环境承载能力研究[D]. 南京:河海大学,2005.
- [12] 袁弘任. 水功能区划方法及实践[J]. 水利规划与设计,2003(2):19-24.
- [13] 吴航,王泽良,黄剑,等. 深圳市政污水排海工程排污混合区范围的确定[J]. 环境监测管理与技术,2002,14(6):37-40.
- [14] 环境保护部环境规划院. 关于大江大河混合区容量计算有关问题的说明[R]. 北京:环境保护部环境规划院,2004.