

# 平原河网区调水改善水环境实验研究

王 超<sup>1</sup> 卫 臻<sup>2</sup> 张 磊<sup>2</sup> 左剑英<sup>3</sup>

( 1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098 ; 2. 河海大学水资源环境学院, 江苏 南京 210098 ;  
3. 张家港市水利局, 江苏 张家港 215600 )

摘要 通过试验区河网原型调水实验研究, 论证沿江平原河网区通过长江潮差引入优质的长江水, 能有效增加河道的环境容量和水体自净能力, 是迅速有效改善水环境质量的综合治理措施之一。

关键词 : 平原河网 ; 原型调水实验 ; 水量水质模型

中图分类号 : X820.6 文献标识码 : A 文章编号 : 1000-198X( 2005 )02-0136-03

太湖流域为著名的江南水网区<sup>[1]</sup>, 流域内人口密集, 经济发展迅速。据《太湖流域及东南诸河水资源公报》( 2002 年 ) 公布数据显示, 太湖流域有 88.9% 的评价河长水质为Ⅳ类及劣于Ⅳ类水<sup>[2]</sup>, 其中劣于Ⅴ类水的占评价河长的 53%。为了迅速改善水环境质量, 增加水环境容量, 提高水体同化自净能力, 国内尝试实施引清调水工程<sup>[3~5]</sup>作为改善水环境的措施。本文基于 2003 年 8 月在试验河网区的原型调水实验研究, 分析引清调水工程在平原河网区的可行性及水环境改善效果。

## 1 平原河网原型调水实验

### 1.1 实验目的

在现状河道输水能力、工况条件及城区水环境状态下进行引水实验, 观测主要交叉河道的分流比, 确定河道输水能力, 对平原河网数学模型进行参数率定, 以了解在现状工况、城区水环境状态下的河网引水能力及水质改善程度, 并通过数学模拟, 提出相应工程措施, 得出在规划状态下的河网水环境改善效果。

### 1.2 实验时间及实验区域

实验时间为 2003 年 8 月。实验区域为长江口至包含实验区主要城区中心的河网片。

### 1.3 实验方案

利用长江潮差, 在 1 次涨落潮期间, 闸门启闭 1 次充分引潮情况下, 由主要引清河道 1 和引清河道 2 从长江引水, 进行野外同步引水监测实验。根据试验区的地理状况分 3 个层面, 即引江口、干河 1、干河 2 布设监测断面, 共设水位监测断面 16 个, 流量监测断面 18 个, 水质监测点 12 个, 监测点位置见图 1。主要监测

项目为水位、流量及水质监测断面的  $COD_{Mn}$ 、 $NH_3-N$ 。监测频率为自开闸引水后, 每 30 min 或 1 h 观测 1 次。

### 1.4 实验期间各节制闸调度原则

实验区域外围闸门全部关闭, 无闸门河道布设监测断面, 整个实验区域形成封闭河网区。区域内闸门全部打开, 引水期间, 引清河道 1 和引清河道 2 闸门打开引水, 18 h 后排水河道开闸排水。

## 2 水量水质监测成果分析

引水期间各主要节点分流量及分流比实测结果见图 2。实验区城区的河道污染最严重, 而实验的最终

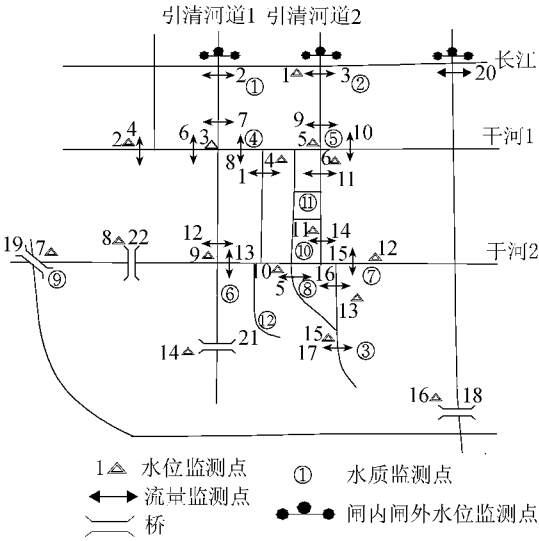


图 1 水文水质监测断面

Fig.1 Hydrology and water quality monitoring sections

目的正是为了改善城区的水环境,因此,位于城区的几个监测断面的监测成果直接反映了引水效果的好坏。非引水期间,由于平原河网区水位落差小、河道水力条件差,城区断面流量基本为零,水质超标严重(表 1)。引长江水后,在经过了干河 1 及干河 2 的沿途分流,位于城区东部断面 15 和城区南部断面 17 的流量仍可达  $5 \sim 12 \text{ m}^3/\text{s}$ ,充分带动了水流流动,促进了水体的循环。而与之相对应的⑦和③测点的  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 质量浓度也大幅下降,水质改善效果十分明显。部分河道引水结束后因水流激荡,水质变化有所起伏,然而大部分水体可达Ⅲ~Ⅳ类水<sup>[2]</sup>。③测点因污染严重,且上游污水经该处南流,水质仍为Ⅴ类,但从表 1 可看出,其水质改善效果显著,达到了引水改善城区水质的目的。

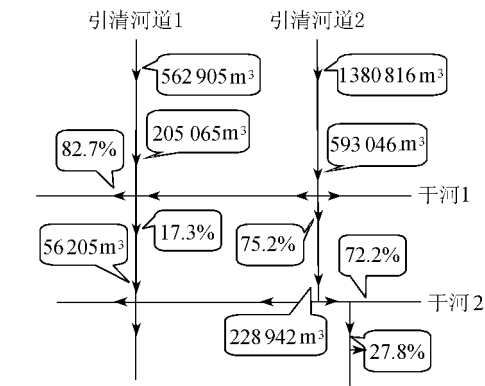


图 2 主要分流点的分流水量及分流比实测结果

Fig.2 Measured data of diversion ratio and volume of water diversion at key points

此次引水过程历时 4 h,从引清河道 1 和引清河道 2 共引水  $1\,943\,721 \text{ m}^3$ ,各监测断面流速大幅增加,加快了水体循环更新,增加了水体的自净能力和环境容量,水质改善效果十分明显,引水期间  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 质量浓度普遍下降  $3 \sim 5 \text{ mg/L}$ 。但从图 2 可以看出,沿途分流较大,水头损失较多,至城区南部的断面 13,过水量仅为总引水量的 16%,其中引清河道 1 所引水量大部分向西流走,几乎没有进入城区,引清河道 2 新引水量对改善水环境起到了主要作用,但大量所引江水在干河 1 被分流,仅部分江水南流,改善了城区的水质。可见,因工程设施不足及河道输水能力限制,此次所引水量未能充分利用。为节约水资源,提高水质改善效果,需对河道工况及水利工程进行规划。

### 3 水量水质模型

建立水量水质数学模型<sup>[6]</sup>,根据原型调水实验实测数据进行参数率定。

#### 3.1 模型参数率定

引水实验前 3 d 关闭沿江涵闸,实验起始状态为水流静止,各处水位相同。水位边界条件:采用开闸引水前实测值。水质边界条件:内河水质边界条件  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 质量浓度取  $6.0 \text{ mg/L}$ ,沿江外河水质边界条件  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 质量浓度取  $4.0 \text{ mg/L}$ 。

利用 2003 年 8 月 12 日调水实验的实测数据进行计算,调整各参数,使各监测点的水量水质模型计算值与实测值基本吻合。考虑计算稳定性及精度,取时间步长  $\Delta t$  为  $15 \text{ min}$ 。水量率定得到的河道糙率值为  $0.02 \sim 0.04$ 。在水质模型率定中,根据试验区的资料,在模型中加入工矿企业和生活废水的点污染源,率定得到的水质( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )降解系数为  $0.1 \sim 0.2/\text{d}$ ,纵向扩散系数取  $2.5 \text{ m}^2/\text{s}$ 。

#### 3.2 主要率定成果

主要测点水量水质率定成果见图 3、图 4。从图 3、图 4 可以看出:各断面水量水质模型的计算值与实测值吻合较好,相对误差在  $10\% \sim 20\%$ ,说明该模型可用于描述实验区域水量水质的变化过程。对于该实验区域的水利规划,可用该模型进行分析计算,为该复杂河网区的引水调度提供技术保证。

### 4 结 语

从实验研究可知,在沿江部分地区利用长江潮差引水改善平原河网水环境是可行的,且改善效果明显,有效缩短了水体置换周期,增强了水体自净能力,增加了水环境容量。对应于“引江济太”工程,平原河网的引清措施相当于在太湖流域内实现小循环,减少周边城市对太湖的污染,对太湖来说,可以理解为污染源的治

表 1 引水实验期间主要断面流量水质对比

Table 1 Contrast of water quantity and quality for main sections during water diversion experiment

| 主要监测断面 | 流量/( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) |       | 对应水质测点 | $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 质量浓度/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) |       |       |
|--------|-----------------------------------------|-------|--------|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|
|        | 均值                                      | 最大值   |        | 本底值                                                               | 均值    | 最优值   |
| 7      | 5.47                                    | 10.99 | ④      | 10.70                                                             | 7.00  | 5.55  |
| 11     | 16.30                                   | 28.46 | ⑤      | 6.65                                                              | 5.31  | 3.84  |
| 12     | 1.37                                    | 2.63  | ⑥      | 6.70                                                              | 6.09  | 4.91  |
| 15     | 6.65                                    | 14.29 | ⑦      | 11.00                                                             | 6.46  | 5.03  |
| 17     | 5.05                                    | 11.27 | ③      | 19.70                                                             | 11.31 | 10.30 |

此次引水过程历时 4 h,从引清河道 1 和引清河道 2 共引水  $1\,943\,721 \text{ m}^3$ ,各监测断面流速大幅增加,加快了水体循环更新,增加了水体的自净能力和环境容量,水质改善效果十分明显,引水期间  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 质量浓度普遍下降  $3 \sim 5 \text{ mg/L}$ 。但从图 2 可以看出,沿途分流较大,水头损失较多,至城区南部的断面 13,过水量仅为总

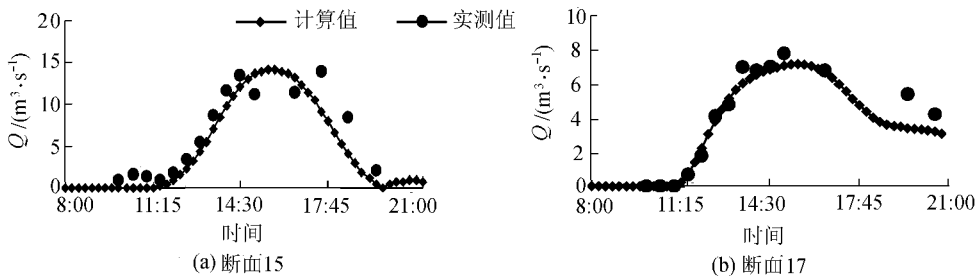


图 3 水量模型计算值和实测值对比

Fig.3 Comparison of calculated value by water quantity model and measured data

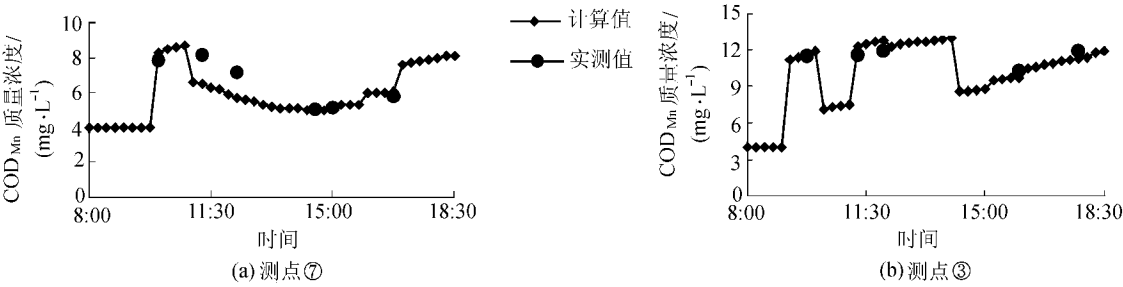


图 4 水质模型计算值和实测值对比

Fig.4 Comparison of calculated value by water quality model and measured data

理,因此,不仅能改善该地区的水环境质量,对太湖水质的改善也具有积极的作用。

但平原河网区水流流向复杂,易出现回流、雍水现象,因此工程调度尤为重要。最好能通过实地监测及模型模拟提出适宜的工程措施和调度方案,同时满足防洪、航运的需要。此外一些实际问题在引水时也应考虑,如河道淤积严重,引水后平原河网经常出现的往复流会激荡起沉积的污泥,造成水质恶化,需要进行清淤处理,还要防止因水流的顶托作用造成污水回流,污染原来的清水区域。

参考文献：

[ 1 ] 韩昌来,毛锐.太湖水系结构特点及其功能的变化[ J ].湖泊科学,1997,9( 4 ) 300—306.  
[ 2 ] GB 3838—2002 地表水环境质量标准[ S ].  
[ 3 ] 徐贵泉,褚君达.上海市引清调水改善水环境探讨[ J ].水资源保护,2001( 3 ) 26—30.  
[ 4 ] 熊万永.福州内河引水冲污工程的实践与认识[ J ].中国给水排水,2000( 3 ) 26—28.  
[ 5 ] 陆勤.苏州河水质现状及引清调水试验[ J ].上海农学院学报,1999,17( 6 ) 62—67.  
[ 6 ] 张二骏,张东生,李挺.河网非恒定流的三级联合解法[ J ].华东水利学院学报,1982,10( 1 ) :1—13.

Experimental study on improvement of water environment by water diversion in plain river networks

WANG Chao<sup>1</sup>, WEI Zhen<sup>2</sup>, ZHANG Lei<sup>2</sup>, ZUO Jian-ying<sup>3</sup>

( 1. College of Environmental Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;  
2. College of Water Resources and Environment, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;  
3. Water Conservancy Bureau of Zhangjiagang, Zhangjiagang 215600, China )

**Abstract** Based on a prototype experimental study on water diversion in a plain river network region, it is verified that the diversion of clean water from the Yangtze River into the plain river network region can effectively improve the water environmental capacity of rivers and the self-purification function of water bodies in this region. It is proved to be one of the synthetic measures for rapidly and effectively improving the quality of water environment.

**Key words** plain river network ; prototype water diversion experiment ; water quantity and water quality model