

# Analysis on Comprehensive Treatment Planning Strategy of River Basin Water Environment

Qihui Yu, Conglin Wu, Binbin Li, Zhiguo Zhang

Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan Hubei  
Email: wuconglin@cjwsjy.com.cn

Received: Jan. 12<sup>th</sup>, 2019; accepted: Jan. 27<sup>th</sup>, 2019; published: Feb. 3<sup>rd</sup>, 2019

---

## Abstract

With the sustained and rapid economic and social development, the water ecological environment of the river basin in China is under great pressure, and the water environmental problems show the characteristics of region-wide and systematisms. It is difficult to fundamentally change the overall situation of water environmental deterioration through localized and fragmented treatment. Taking Tuojiang river basin of Chengdu city as an example, the planning strategy on water environment comprehensive treatment for the river basin was presented. Meantime, one-dimensional MIKE11 water environment model was established, employing the feedback mechanism of the model with water quality standards in the monitoring sections as constraints, the comprehensive planning schemes and governance standards were put forward, which will be used to direct the overall treatment of water environment of Tuojiang river basin of Chengdu city. The idea of "overall planning of large basins, subdivision of small basins and differentiated policies" proposed in this study can provide reference for the comprehensive treatment of water environment in other similar basins.

## Keywords

Water Environment, River Basin, Comprehensive Treatment Planning, MIKE11, One-Dimensional Model

---

# 流域水环境综合治理规划思路浅析

余启辉, 吴从林, 李彬彬, 张志国

长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉  
Email: wuconglin@cjwsjy.com.cn

收稿日期: 2019年1月12日; 录用日期: 2019年1月27日; 发布日期: 2019年2月3日

作者简介: 余启辉, 男, 教授级高级工程师, 从事水资源、水环境规划设计研究相关工作。

## 摘要

随着经济社会持续高速发展,我国流域水生态环境面临巨大压力,水环境问题呈现出流域性、系统性特点,局部性、碎片化的治理已难以根本扭转水环境恶化的整体形势。本文以成都市沱江流域为例,针对该流域水环境问题提出了流域水环境综合治理规划思路,并通过MIKE11构建一维河网水环境模型,以考核断面水质达标为约束,利用模型的反馈机制,提出了流域水环境综合治理分区方案和分区治理标准,用来指导成都市沱江流域的水环境综合治理规划工作。本研究提出的“大流域统筹、小流域分区、差异化施策”的流域系统治理思路可为其他流域水环境综合治理方案的制定提供借鉴。

## 关键词

水环境, 流域, 综合治理规划, MIKE11, 一维水环境模型

Copyright © 2019 by authors and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来,随着我国经济社会持续高速发展和人口大幅增加,生产、生活及生态用水矛盾突出,生产、生活用水挤占河道生态环境用水现象较为普遍。许多河道断面的生态需水得不到满足,水环境承载力下降,加之经济社会发展带来的污染物大幅增加,河流污染日趋严重。水资源与水环境承载力不足问题凸显,这已成为制约流域经济社会可持续发展和水生态文明建设的瓶颈[1]。

河流水生态环境问题诊因复杂,不仅涉及岸上、水下、上下游,还涉及水利、环保、住建等部门,水环境的治理具有流域性、系统性及跨部门性等特点。传统的水环境治理存在局部化、零散化、线性化的问题,缺乏系统治理思路和跨部门的统筹,缺乏流域尺度关联性的思考,缺乏水质水量一体化的考虑,措施单一,难以做到精准治理。治理结果往往存在局部性、短效性的问题,导致屡治屡败,不能达到真正改善流域水环境的目的[2]。因此,唯有从流域的视角看待入河污染物的产生、输移及其对水环境的影响,按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”新时期治水思路,坚持“共抓大保护、不搞大开发”,严守以水量、水质、水生态要素为核心的流域生态保护红线,提出跨部门、跨专业的流域水环境治理模式,才是解决流域水生态环境问题的根本策略[3]。

本文以成都市沱江流域水环境综合治理为例,提出“大流域统筹、小流域分区、差异化施策”的流域水环境综合治理思路和分区治理方案,并采用 MIKE11 一维河网水环境模型,以考核断面水质达标为约束,利用模型的反馈机制,对规划方案进行优化,提出成都市沱江流域水环境综合治理分区方案和分区治理标准,用以指导成都市沱江流域的水环境综合治理项目的实施。

## 2. 研究区基本情况

成都市沱江流域跨越成都市东北部和东南部,范围涉及都江堰、彭州、郫都等 11 个区(市)县,沱江水系分支众多(见图 1),沱江流域成都段主要支流有青白江、湔江、毗河、北河、资水河(阳化河)、绛溪河等河流。沱江属长江一级支流,北河、青白江、毗河在金堂县境内赵镇汇流后始称沱江。成都市沱江流域自金堂县官仓镇满天星起,至简阳市新市镇界牌村,河段长 146 km,流域面积 6458 km<sup>2</sup>,涉及沱江干流、34 条沱江一级支流、

176 条二级支流、219 条三级支流和 181 条四级支流。

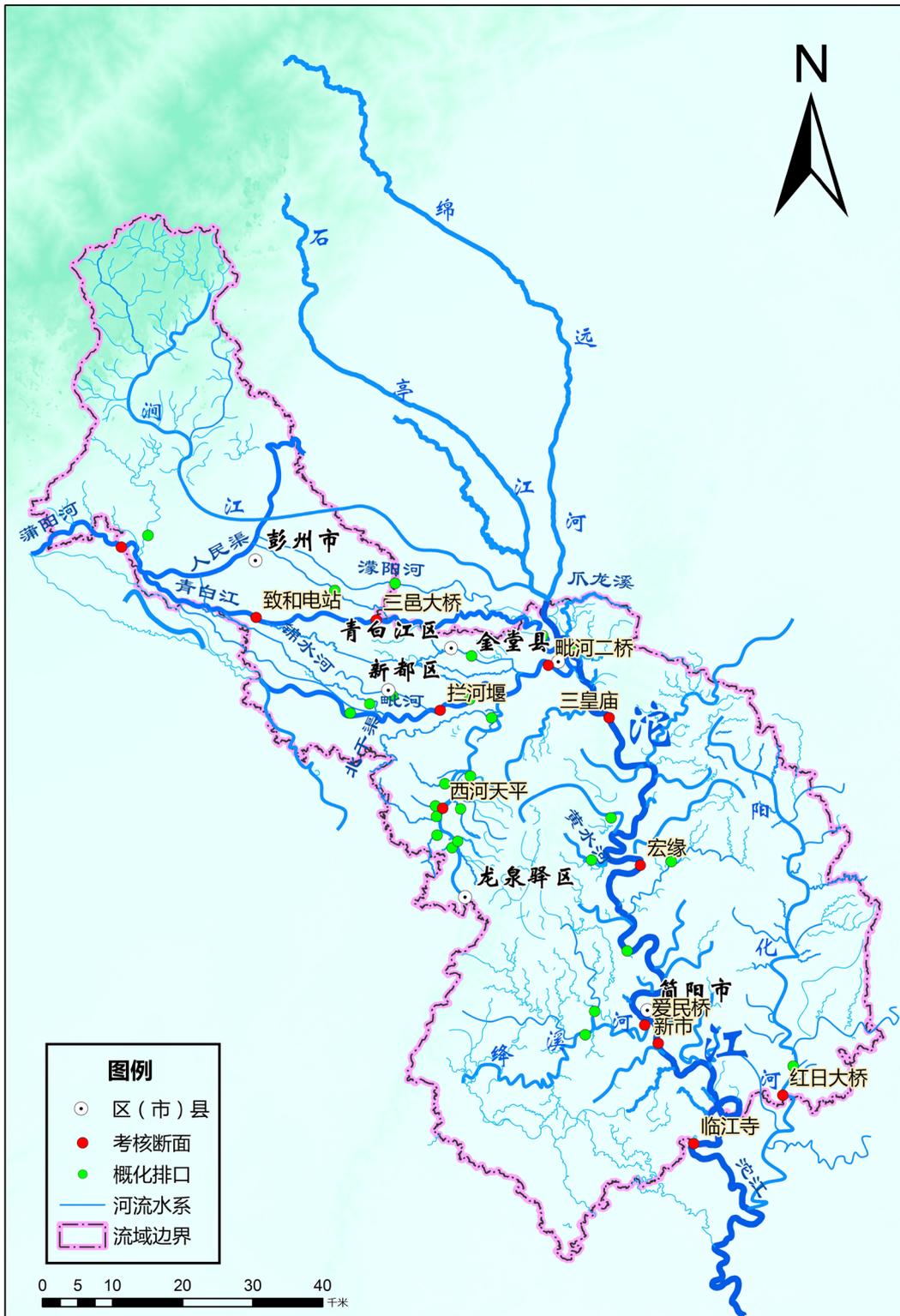


Figure 1. Water system map of Tuojiang river basin of Chengdu city  
 图 1. 成都市沱江流域水系

### 3. 流域综合治理规划思路

**规划思路：**以现状调查为基础，以问题为导向，以研究范围内河流国考、省考及市考断面水质达标为刚性要求。坚持“大流域统筹、小流域分区、差异化施策”的流域治理思路和“水环境、水生态、水资源、水安全”全要素覆盖的系统治理体系，实现对入河污染物“源头减排、过程控制、末端治理”的全过程控制，并通过建立入河污染物—水质目标响应关系模型，以水环境容量为约束，科学提出分区、分期治理措施及治理标准，真正做到“精准施治，一河一策”。

**技术路线(见图 2)：**1) 开展基础数据收集，并在此基础上系统分析现状水问题；2) 进行控制小流域单元划分，把复杂的流域水环境问题分解到各小流域单元，结合各小流域单元水污染成因、污染源组成及国家、地方相关政策规划，按照“本地产污，本地削减”原则，制定污染物分区减排方案及治理标准(初始方案)；3) 按照该方案及治理标准构建水量水质数学模型，对河流水质进行动态模拟；4) 进行目标可达性分析，坚持“以量(排放量)定标(治理标准)”，不可达则反馈回方案层，重新制定方案、优化措施；达标则形成流域水环境分区治理方案及治理标准(优化方案)，依靠河湖长制实施执行减排方案，实现精准治理。

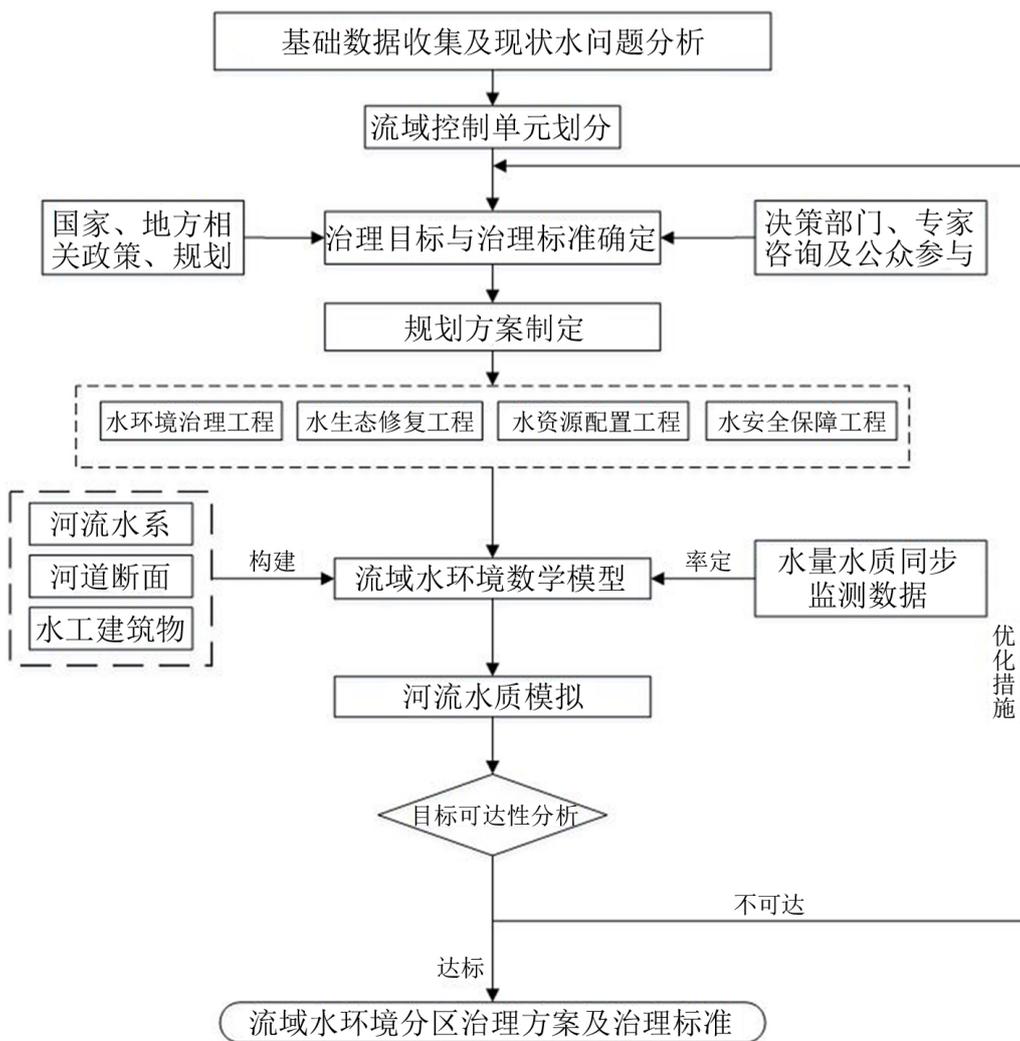


Figure 2. Technology roadmap of the planning strategy on water environment comprehensive treatment for the river basin

图 2. 流域水环境综合治理规划方案制定技术路线图

## 4. 流域一维水环境模型

### 4.1. 治理目标

根据成都市人民政府与四川省环境保护厅签订的《成都市水污染防治目标责任书(2016年4月)》的断面水质考核目标,并结合《成都市水务“十三五”规划》、《沱江流域水污染防治规划 2017~2020》、《成都市环境保护“十三五”规划》、《四川省沱江“一河一策”管理保护方案》等相关规划及文件要求,确定驾虹、致和电站、三邑大桥、拦河堰、西河天平、毗河二桥、三皇庙、宏缘、爱民桥、新市、临江寺、红日大桥断面 2020、2035 年的水质目标均为地表水 III 类(宏缘断面总磷除外,为 0.22 mg/L),具体分布见图 1。

### 4.2. 模型选取

为建立流域污染物排放与水质考核断面之间的输入-响应关系,需选用合适的水动力和水质模型进行模拟预测。沱江流域面积大、河网水系复杂,本研究采用目前世界上领先且经过实际工程验证最多的、被水环境研究人员广泛认同的 DHI 公司 MIKE11 模型[4][5][6]。

### 4.3. 模型搭建及率定

#### 4.3.1. 河网概化

在建立模型时,需要按照控制断面及河网拓扑关系进行概化。河网概化的原则是能基本反映天然河网的水力特性,建立模型时将流量较小的河道进行合并、概化,河道纵比降通过控制断面的高程进行控制,并根据模型需要进行适当平顺处理。概化时将主要的输水河道纳入计算范围,将次要的河道和水体根据等效原理,归并为单一河道和节点,使概化前后河道的输水能力相等、调蓄能力不变。

经概化,成都市沱江流域计算区域的主要河流为沱江干流、支流水系,包括沱江干流、毗河、青白江、西江河、清溪河及绛溪河等 42 条河流。基于对流域内现状工业、污水处理厂、城镇生活、农村生活、畜禽养殖以及农田面积分布等信息的调查,对研究区域排污口进行概化,共概化排污口 42 个,位置分布及河网概化见图 1。

#### 4.3.2. 模型输入条件

为全面分析枯水条件下流域主要河道水质状况及变化规律,本次计算选取枯水年(90%)进行分析,典型年选择是通过成都市 60 多年降雨资料进行频率分析确定。根据边界水质现状条件,都江堰、石堤堰分水水质边界取 II 类,跨界河流水质边界均按照地表功能区要求按 III 类选取,跨界断面水质超标不予考虑。

#### 4.3.3. 模型参数率定

采用 2016 年逐月水文实测资料及通过降雨、蒸发资料采用产汇流模型计算得到的边界条件对水动力模型进行率定,采用试错法调试各河道的糙率。采用 2016 年逐月水文实测资料进行模型主要断面的率定结果分析,三皇庙断面流量平均相对误差小于 9.56%,所建模型模拟水文变化过程的效果较好。

在水动力模型的基础上,采用 2016 年成都市环境监测站进行的逐月水质监测结果对水质模型进行率定,得到 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 降解系数分别为 0.2、0.15、0.1 d<sup>-1</sup>。去除监测数据中个别极值数据,主要断面 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 模型计算值与实测值平均相对误差分别为 16.99%、28.88%、28.17%,主要污染物计算值与实测值吻合性较好,模型基本可靠,可用于预测。

## 5. 规划方案模拟分析

### 5.1. 规划方案

在成都市沱江流域水环境综合治理规划中,针对各流域片所存在的问题,制定了以下规划方案:1) 沱江上游青白江片区,以乡镇污水与农村面源治理为主;2) 沱江中游毗河及西江河流域片,以城市点面源治理、农村

面源治理、河道清淤、生态补水为主；3) 沱江下游以城市控源截污、农村面源污染治理并重。

### 5.2. 模拟情景

本论文根据水文年型(枯水年)、水平年(2020年、2035年)以及规划方案(初始方案、优化方案), 设定四种模拟情景, 分别是: 初始方案下的2020年情景和2035年情景; 优化方案下的2020年和2035年情景。

### 5.3. 水质模拟分析

#### 1) 初始方案

在成都市“十三五”沱江流域监测断面中, 将入境断面与源头水断面以外的断面纳入本次水质模拟, 共选取了12个监测断面, 即驾虹、致和电站、三邑大桥、拦河堰、西河天平、毗河二桥、三皇庙、宏缘、爱民桥、新市、临江寺、红日大桥断面。各监测断面不同水平年的污染物浓度模拟值见图3。

模拟结果表明, 青白江流域驾虹、致和电站断面、沱江流域爱民桥断面在不同水平年, 均能达到地表水III类标准; 西江河流域西河天平、毗河流域拦河堰、毗河二桥断面在2020年、2035年均不能达标, 超标因子为总磷、氨氮; 青白江流域三邑大桥、阳化河流域红日大桥、沱江流域三皇庙、宏缘、新市、临江寺断面在2020年不能达标, 超标因子主要为总磷, 在2035年均能达标。

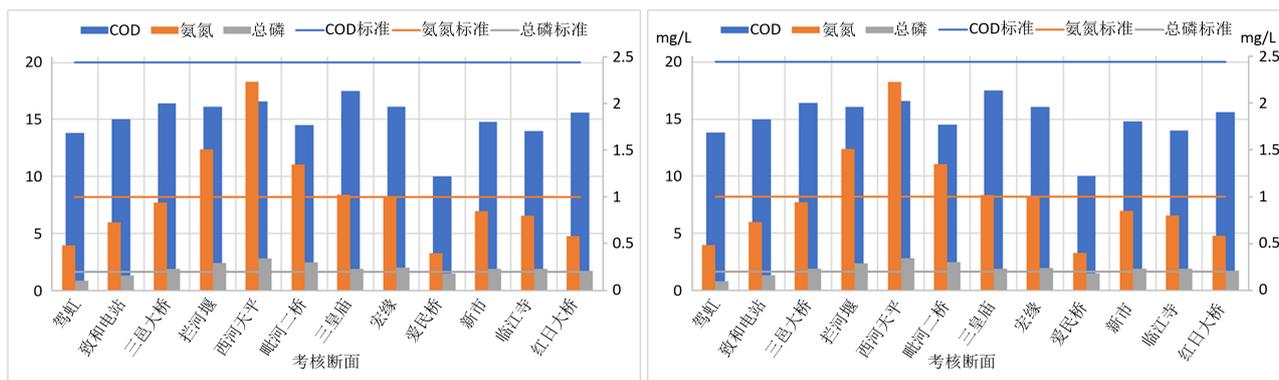


Figure 3. Simulation value of pollutant concentration at each inspection section for the initial scheme (left: 2020, right: 2035)

图3. 初始方案中各考核断面2020、2035水平年的污染物浓度模拟值(左: 2020年, 右: 2035年)

#### 2) 优化方案

初始方案中, 青白江流域三邑大桥、阳化河流域红日大桥、沱江流域三皇庙、宏缘、新市、临江寺等6个断面在2020年不达标, 西江河和毗河的3个考核断面在2020年和2035年均未达标, 考虑到毗河和西江河水质情况不容乐观, 因此, 规划提出对初始方案进行如下改进:

a) 在2020年, 毗河枯水期(11月~4月)从石堤堰补充7 m<sup>3</sup>/s的水量, 西江河全年从西江河源头补充3 m<sup>3</sup>/s的水量, 补水水质均为II类; 西江河、毗河流域所有日处理水量大于1万 m<sup>3</sup>的污水处理厂尾水经人工湿地等处理后达到地表水III类标准; 毗河、西江河流域全域禁止畜禽养殖, 毗河、西江河流域农业面源污染削减分别为15%和30%; 沱江流域散养畜禽养殖削减30%。

b) 在2035年, 毗河枯水期(11月~4月)从石堤堰补充7 m<sup>3</sup>/s的水量, 西江河枯水期(11月~4月)从西江河源头补充3 m<sup>3</sup>/s的水量, 补水水质均为II类; 西江河、毗河流域所有日处理水量大于1万 m<sup>3</sup>的污水处理厂尾水经人工湿地等处理后达到地表水III类标准; 毗河、西江河流域全域禁止畜禽养殖; 毗河、西江河流域农业面源污染削减50%; 沱江流域散养畜禽养殖削减30%。

实施上述优化措施后, 原未达标的9个断面均能达到地表水III类标准。2020年、2035年原未达标断面污染物浓度年均模拟值见图4。

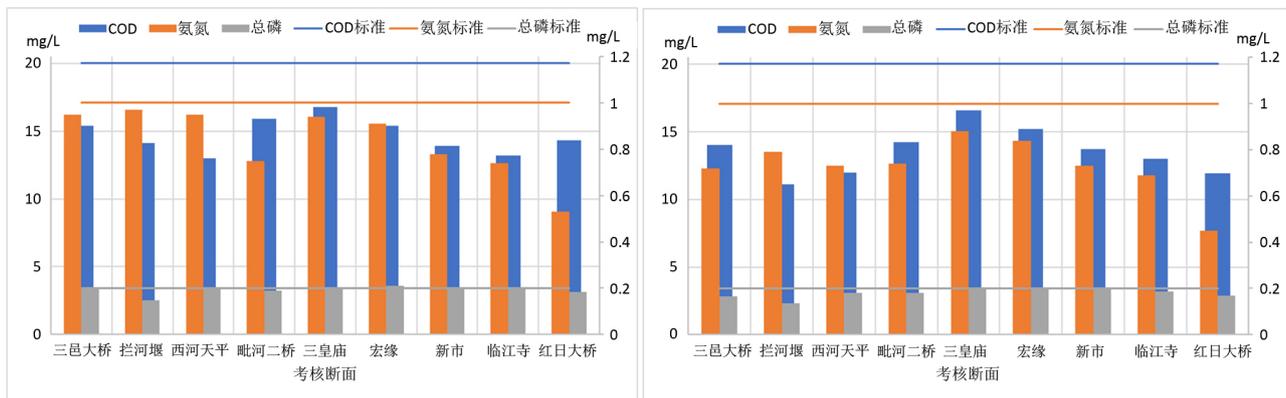


Figure 4. Simulation value of pollutant concentration at each inspection section for the optimization scheme (left: 2020, right: 2035)  
图 4. 优化方案中各考核断面 2020、2035 水平年的污染物浓度模拟值(左: 2020 年, 右: 2035 年)

## 6. 结语

本文通过对沱江流域水环境综合治理规划研究, 得到几点认识: 1) 针对大流域尺度, 系统而完整地提出了“大流域统筹、小流域分区、差异化施策、全过程控制、全要素覆盖”的流域水环境治理思路。2) 采用 MIKE11 建立流域一维水环境模型, 利用模型对入河污染物与控制断面水质间的响应与反馈机制, 可对规划方案进行精细模拟分析。3) 本研究思路应用于沱江流域水环境综合治理工作实践表明, 通过方案优化后, 提出的增加毗河流域生态环境补水、提高尾水排放标准等综合治理措施, 可使各考核断面水质达标, 为流域内各区县河长开展水环境治理工作提供重要抓手。4) 本文提出的流域水环境综合治理思路, 统筹了环保、水利及住建等部门的要求, 体现了水环境治理的流域性和系统性, 对类似工作具有积极的借鉴意义。

## 基金项目

国家重点研发计划资助项目(2016YFC0402005)。

## 参考文献

- [1] 杜飞轮, 杜秦川. 未来 30 年我国资源环境趋势及促进绿色发展的建议[J]. 中国经贸导刊(理论版), 2018, 34(8): 13-22.  
DU Feilun, Du Qinchuan. China's resource and environmental trends in the next 30 years and suggestions to promote green development. China Economic and Trade Guide (Theoretical Edition), 2018, 34(8): 13-22. (in Chinese)
- [2] 高爽, 祝栋林, 车前进. 基于流域视角的水环境综合治理规划研究——以江苏省淀山湖为例[J]. 中国环境管理, 2015, 7(5): 54-60.  
GAO Shuang, ZHU Donglin and CHE Qianjin. Watershed perspective based integrated management of water environment—A case study of Dianshan basin in Jiangsu province. Chinese Journal of Environmental Management, 2015, 7(5): 54-60. (in Chinese)
- [3] 马建华. 以习近平生态文明思想为指引全面推进长江流域水生态文明建设[J]. 人民长江, 2018, 49(12): 1-6.  
MA Jianhua. Comprehensively promoting water ecological civilization construction in Yangtze River Basin by guidance of Xi Jinping's Thought on ecological civilization. Yangtze River, 2018, 49(12): 1-6. (in Chinese)
- [4] AHMED, F. Numerical modeling of the Rideau Valley watershed. Natural Hazards, 2010, 44(1): 63-84.  
<https://doi.org/10.1007/s11069-010-9588-4>
- [5] 顾珏蓉, 徐祖信, 林卫青. 苏州河水系水动力模型建立及应用[J]. 上海环境科学, 2002, 21(10): 606-609.  
GU Juerong, XU Zuxin and LIN Weiqing. Establishment and application of hydrodynamic model of Suzhou creek water system. Shanghai Environmental Sciences, 2002, 21(10): 606-609. (in Chinese)
- [6] 熊鸿斌, 张斯思, 匡武, 等. 基于 MIKE11 模型的引江济淮工程涡河段动态水环境容量研究[J]. 自然资源学报, 2017, 32(8): 1422-1432.  
XIONG Hongbin, ZHANG Sisi, KUANG Wu, et al. Environment capacity of the Guohe River in the water transfer project from Yangtze River to Huaihe River based on a MIKE11 model. Journal of Natural Resources, 2017, 32(8): 1422-1432. (in Chinese)