

河流水质水量综合评价方法研究综述

徐业平

(安徽省水文局 安徽 合肥 230022)

摘要 结合水利部水文局“河流水质水量综合评价方法研究”项目,对水质采样频率确定、水质模拟及预测、分量水质评价、动态纳污能力评价等研究现状进行了综合评述,对研究中采取的方法、技术路线和获得的结论进行了综合介绍,对今后进一步的研究提出建议。

关键词 水质 综合评价 采样频率 水质模拟 分量水质 纳污能力 淮河流域

中图分类号:X824 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2005)04-0034-03

Comprehensive assessment of water quality and quantity of rivers

XU Ye-ping

(Hydrologic Service of Anhui Province, Hefei 230022, China)

Abstract: Combined with the project of Comprehensive Assessment for River Water Quality and Quantity, sampling interval, water quality simulation and prediction, water quality evaluation for different quantities, dynamic water environment capacity evaluation were reviewed. Methods, technique line, and available conclusions of the research were introduced, and suggestions for further study were also made.

Key words: water quality; comprehensive assessment; sampling interval; water quality simulation; water quantity for different qualities; water environment capacity; Huaihe River Basin

水量水质是水资源不可分割的两方面属性,质以量为载体,量的多少又直接影响其环境承载能力的大小。在客观评价流域或区域满足不同使用功能水资源量的同时,也应能客观地评价其对应的水质状况。在实施水功能区管理、入河排污口管理以及在水污染敏感区采取水利工程调控防污减灾和保证城镇饮水安全等实际工作中,都需要有水资源质与量的综合评价结果提供技术支撑。因此,水质水量综合评价方法研究,是水资源合理开发利用和保护的重要基础工作之一。

1 研究区背景

淮河是国家重点治理水污染的“三河三湖”之一,淮河流域的水污染事故大都发生在淮河蚌埠闸以上河段及其最大支流颍河这一区间。区间内淮南和蚌埠市(相距仅 50 km),以及凤台、怀远县县城,都

以淮河为饮用水水源地。淮河和颍河在向城镇生活、工业以及两岸农业提供用水的同时,也接纳沿岸城镇排放的工业和生活污水及农田回水。

早在 20 世纪 90 年代初,安徽省水文和防汛部门就启动了淮河颍河污染动态监测,并采取闸坝调度等应急措施以缓解水污染危害。根据淮河流域的特点,自 2000 年以来,在综合分析雨情、水情、污情、工情的基础上,开展水质水量相结合的监测分析,为防汛抗旱防污调度服务,尤其在汛期发生首场雨洪后,在抗旱期间的水资源调度中,采取跟踪监测、及时分析、滚动预报的方式,进行水质水量动态研究,并抓住时机,运用水利工程,调控蓄泄水量,避免大污水团集中下泄,减少水污染对沿淮城镇特别是淮南、蚌埠市饮用水安全的危害。这些工作不仅为加强水资源管理积累了大量的基础资料,也为开展本项目研究提供了宝贵经验。

2 研究内容

水质水量综合评价方法研究涉及面广,内容多,目前尚无成功的成果可借鉴,其难度相当大。根据水利部水文局下达的“河流水质水量综合评价方法研究”项目的技术要求,并基于水资源保护和管理的实际需要,选择在淮河有典型意义的区域(河段)围绕以下主要内容开展研究:

a. 针对水质常规监测以及水污染紧急情况下的应急监测(动态监测和跟踪监测),建立关于水质采样频率的评价方法,为实际工作中确定水质监测采样频率提供理论基础。

b. 在闸控条件下,建立实用的河流水质模拟、预报方法,为相关研究(如点污染源对河流水质影响的定量评价等)提供理论基础。

c. 水质与水量关系分析,利用 Mike11-WQ 模型进行水质动态模拟,并与实测水量结合,提出分质水资源量的评价方法。

d. 探讨河流动态纳污能力计算方法应用研究,提出开展闸坝防污调控的水质水量敏感指标确定方法和城镇入河污染物限排量的确定方法。

3 国内外研究现状

20世纪60年代,美国学者(罗伯特·C·沃特、托马斯·G·桑德斯等)在研究水质监测站网设计时,针对天然水化学成分,提出用统计学方法来确定水质的采样频率^[1];周慰祖^[2]利用统计学方法,分析长江上游重庆监测断面上氟化物(该水质指标也属天然水化学成分范畴)的采样频率。上述研究都是以天然水为研究对象,基本没有涉及对主要来自于人类活动形成的污水,如何确定其水质监测的采样频率,以及水污染紧急情况下应急监测采样频率的确定。

水质浓度沿河变化规律的模拟、预测,现多依赖于污染物变化机理为基础的水质模型^[3~6]。在闸控河流中,拟利用空间信息统计学方法,来建立河流水质模拟、预测方法。在水文水资源领域中,空间信息统计学方法已广泛应用,如河流水质断面设计^[7]、利用雷达资料进行面雨量预测^[8]、地下水取样点评价与设计、区域雨量站网质量评价与设计、区域地表水位空间分布、区域水土流失规律、边坡稳定性、区域环境变迁(如森林退化)对水文过程影响等^[9],都有成功的应用研究。但将其应用于河流水质沿河变化的模拟、预测,尚未见有研究文献。分质水资源量评价,是近年来在我国水资源短缺和水污染严峻的特定条件下提出的比较热门的新课题,国内已有学者做了一些探索^[10]。

关于水环境容量的分析评价,许多学者针对不同条件进行了相关研究^[11~13]。对一维稳态水质模型,开展综合衰减系数 k 值与流量(流速)之间的关系研究,进而计算不同流量级条件下的河流水体的纳污能力。闸坝防污调控研究,具有明显的区域性特点。针对目标河段,仅有淮河水利委员会和沿淮的安徽省水利部门在近年有选择地对一些重要闸控河段进行了试点。

4 研究方法与技术路线

根据项目研究的主要任务,选择氨氮和高锰酸盐指数为目标水质指标。研究方法与技术路线概述如下。

4.1 水质采样频率确定

根据现行的水质监测制度,将水质监测划分成水质常规监测和水污染紧急情况下水质监测,研究对应条件下采样频率 n 的确定方法,利用历史水质监测资料,论证常规监测条件下水质数据的概率分布特征(即论证水质数据总体服从正态分布);给出最小采样频率的确定方法;探讨水污染紧急情况下应急监测的合理采样频率。

a. 论证在水质常规监测情况下,河流某一监测断面处代表性水质数据来自于正态总体,即水质总体服从正态分布。

b. 在正态总体的条件下,根据可接受的置信水平,给出最小采样频率的计算方法;在等时距(也可能是变时距)取样前提下,确定常规监测的采样频率。

c. 根据目标断面的历史水质监测资料,采用偏差分析的方法来确定合理的水质常规监测采样频率,对现行的采样频率进行优化设计。

d. 在水污染紧急情况下,根据河流断面上水量水质的变化及水污染危害程度,研究污峰上涨、消退过程中采样频率确定方法。

4.2 水质模型及预测

根据空间信息统计学方法的基本原理,建立河流水质模拟、预测方法,结合目标河段受闸控制的实际,对流速测验误差在一维稳态模型中的传递规律进行理论研究,为方法选择提供依据。

a. 根据空间信息统计学方法基本原理,在一定流量级范围内,依据不同断面上的水质浓度,建立其沿河变化的空间统计结构。

b. 在建立水质浓度沿河变化的空间统计结构的同时,提出削减沿河点污染源(含支流)影响的计算方法。

c. 依据上述结果,建立河流水质沿河变化的模拟、预报模型,利用实例,与水质模型进行对比研究。

d. 利用建立的评价方法,定量评价目标河段点污染源对河流水质影响。

e. 结合实际,对一维稳态模型中流速测验误差的传递规律进行理论研究,为实际工作中的方法选择提供参考。

4.3 分量水质评价

根据现行水质监测站网和监测频次,在现有相关成果的基础上^[14]结合水量变化过程和入河污染物数据,分析水质时空分布规律,进行量质联合评价。

a. 水质水量关系分析。

b. 量质时空分布规律分析。

c. 建立水质模型(Mikell-WQ)。

d. 利用经验方法分析逐日实测水质资料,进行各方法效果分析、可行性评价。

4.4 动态纳污能力评价

基于一维稳态水质模型,研究综合衰减系数 k 值与流量(流速)之间的关系,计算不同流量级条件下的河流水体的纳污能力。在淮河流域,一些重要河段中所积蓄的劣质水,其下泄过程往往受节制闸控制^[15]。根据这一特点,在河流动态纳污能力评价的基础上,以保证重要水源地饮用水安全为目标,研究确定闸坝防污调控水质水量敏感指标和入河污染物限排量的方法。

a. 对一维稳态水质模型,建立综合衰减系数 k 与流量(流速)之间的关系。

b. 结合水量预报,对目标河段的纳污能力进行预测性评价。

c. 提出不同条件下闸坝防污调控和入河污染物限排的方法。

d. 以保证重要水源地饮用水安全为目标,根据河流动态纳污能力,研究确定重要闸坝防污调控水质水量敏感指标和入河污染物限排量的方法。

5 结论与建议

在全面分析资料和总结国内外有关研究成果的基础上,对水质采样频率确定、分质水资源量评价、闸坝影响条件下的河流水质模拟预测、河流(水功能区)动态纳污能力计算方法应用研究、闸坝防污调控和入河污染物限排量的评价等方法进行了比较深入的研究,取得了有价值成果。虽然研究是针对区域实际所展开的,一些结论可能仅适用于研究区中的相关河段,但提出的一些新方法在实践中具有一定的普遍意义和应用前景。

a. 在水质监测数据总体服从正态分布的条件下,根据可接受的置信水平,利用统计学方法可确定常规监测的采样频率。就本次研究结果,常规监测

的采样频率一般可定为每月1~2次,并辅助以水污染紧急情况下应急监测(动态监测、跟踪监测)或少量水质自动监测,即可满足水功能区管理及水资源评价等工作的需要。在水污染紧急情况下的应急监测,应根据污峰涨、消过程以及水污染危害程度,分阶段确定采样频率,不需要在发生严重水污染全过程都进行高频率的监测。当监测断面水质类别达到正常状态时,即可恢复正常监测。水质采样频率确定方法研究成果具有一定的创新。

b. 在一定条件下,河流水质空间分布规律可作为区域化变量处理;根据空间信息统计学方法的基本原理,在水流受节制闸调控的河流中,建立了多断面、多点源条件下的河流水质浓度的模拟、预测方法,为河流水质浓度的模拟、预测提供了一种有效的手段。

c. 建立的分质水资源量评价新方法,对水资源评价有一定的借鉴意义。

d. 分析了不同流量级下的综合衰减系数,在一维稳态水质模型中,就同一河段而言,综合衰减系数与流量(流速)存在相关关系。

e. 淮河流域河流受闸坝控制明显,运用闸坝等工程措施对河道槽蓄污水进行合理调控,对下游重要水源地的供水安全可起到重要作用。

根据本次研究成果,建议应进一步开展下述研究:①深入研究水污染紧急情况下应急监测采样频率的确定方法,研究水功能区水质监测断面代表性的确定方法或原则。②加强相关基础研究(如综合衰减系数的确定等),并与水质模拟方法研究、优化技术研究等结合,扩大项目研究范围,提供水质模型与水量预报相结合的实时水质预测预报方案。③利用空间信息统计学方法原理,在进行水质沿河变化规律的模拟、预测时,只利用了断面水质监测数据(间接利用流量数据),应以此为基础,将水位、流量信息等直接应用在模拟预测模型中。④在闸坝防污调度研究中建立区域多目标优化管理模型,为水利工程调控和入河排污口限排预案的制定提供技术支持。

参考文献:

- [1] W·金士博.水环境数学模型[M].北京:中国建筑工业出版社,1987.
- [2] 周慰祖.水质监测取样方法的探讨[J].水文,1984(1):50~54.
- [3] 芮孝芳.水文学原理[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
- [4] 张书农.环境水力学[M].南京:河海大学出版社,1988.
- [5] 金明.一维稳态河流水质的随机微分方程模型[J].水利学报,1997(2):19~25.

(下转第73页)

3.4.3 准确度、重复性和对比实验

将化工厂废水样(经硝酸银滴定法测定其 $\rho(\text{Cl}^-)$ 为 $4\ 280\ \text{mg/L}$)和含 $\rho(\text{Cl}^-)$ 为 $5\ 000\ \text{mg/L}$ 、 $\rho(\text{COD})$ 为 $100\ \text{mg/L}$ 的邻苯二甲酸氢钾标准溶液,用稀释后加硫酸汞掩蔽法(标准方法)和本法各平行测定 6 次,进行准确度、重复性和对比实验,结果列于表 3。

表 3 准确度、重复性和对比实验

对比实验	化工厂废水样($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)				标准溶液($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			
标准方法	121	118	117	均值	106	103	106	均值
测定值	125	115	123	120	102	104	108	105
本法	116	110	117	均值	96	103	97	均值
测定值	119	114	115	115	101	102	105	101
两法相对偏差/%	2.1				1.9			
本法标准偏差($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	3.1				3.5			
本法相对标准偏差/%	2.7				3.5			
本法相对误差/%					1			

4 结果与讨论

a. 氯离子消解时间实验。由表 1 可知, $\rho(\text{Cl}^-)$ 与表观 COD 测定值之间有良好的线性关系,回归方程为

$$\text{表观 } \rho(\text{COD}) = b\rho(\text{Cl}^-) + a$$

其中: $\rho(\text{Cl}^-)$ 为 Cl^- 质量浓度, b 为回归方程系数, a 为截距。

消解 0.5 h: Cl^- 表观 $\rho(\text{COD}) = 0.224\rho(\text{Cl}^-) - 1.5$ 相关系数 $r = 0.9996$;

消解 2 h: Cl^- 表观 $\rho(\text{COD}) = 0.224\rho(\text{Cl}^-) - 3.8$ 相关系数 $r = 0.9994$ 。

实验表明,消解 0.5 h 与消解 2 h 的 Cl^- 表观 $\rho(\text{COD})$ 之间无显著性差异,且与理论上氯离子完全被氧化时的表观 $\rho(\text{COD})$ 相当,氯离子氧化率为 99%。

b. 含不同浓度氯离子标准溶液 COD 测定结果。由表 2 可知,先加热消解 0.5 h 后,再加硫酸银加热消解 1.5 h,测定总的表观 $\rho(\text{COD})$ 值,减去由消解 0.5 h 的 Cl^- 表观 $\rho(\text{COD})$ ($\rho(\text{Cl}^-)$ 回归方程计算出的 Cl^- 表观 $\rho(\text{COD})$ 值,测定样品的真实 $\rho(\text{COD})$ 值的方法,其相对误差均在国家规定的允许误差之内(用重铬酸钾法测定不同浓度 COD 的准确度允许误差分别为: $\rho(\text{COD})$ 在 $5 \sim 50\ \text{mg/L}$ 时,实验室内相对误差 $\leq \pm 15\%$; $\rho(\text{COD})$ 在 $50 \sim 100\ \text{mg/L}$ 时,实验室内相对误差 $\leq \pm 10\%$; $\rho(\text{COD})$ 大于 $100\ \text{mg/L}$ 时,实验室内相对误差 $\leq \pm 5\%$ ^[41])。

c. 准确度、重复性和对比实验。由表 3 可知,本法与标准方法测定结果之间相对偏差在允许范围之内,并具有良好的准确性和重复性,且不使用剧毒的硫酸汞,是值得推广的清洁分析方法。

参考文献:

- [1] 罗平, 邹家庆, 陆雪梅. 高浓度含盐废水 COD 测定中 Cl^- 的影响及消除[J]. 南京化工大学学报, 1999, 21(6): 76 ~ 78.
- [2] 《水和废水监测分析方法指南》编委会. 水和废水监测分析方法指南(上册)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 225 ~ 235.
- [3] 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. (第 4 版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 180 ~ 182, 219 ~ 223.
- [4] 中国环境监测总站. 环境水质监测质量保证手册[M]. (第 2 版). 北京: 北京化工出版社, 1994. 442.

(收稿日期: 2004-11-29 编辑: 高渭文)

(上接第 36 页)

- [6] 李如忠, 王超, 汪家权, 等. 基于未确知信息的河流水质模拟预测研究[J]. 水科学进展, 2004(1): 35 ~ 39.
- [7] Jager H I, Sale M J, Schmoyer R L. Cokriging to assess regional stream quality in the southern Blue Ridge Province[J]. Water Resour Res, 1990, 26(7): 1401 ~ 1412.
- [8] Seo D J, Krajewski W F, Bowles D S. Stochastic interpolation of rainfall data from rain gages and radar using cokriging. 1: design of experiment[J]. Water Resour Res, 1990, 26(3): 469 ~ 477.
- [9] 陶月赞, 郑恒强, 汪学福. 用 Kriging 方法评价地下水监测网密度[J]. 水文, 2003(2): 46 ~ 48.

- [10] 王同生, 朱威. 流域分质水资源量的供需分析[J]. 水利规划设计, 2000(4): 46 ~ 48.
- [11] 刘兰芬, 张祥伟, 夏军. 河流环境容量预测方法研究[J]. 水利学报, 1998(7): 16 ~ 20.
- [12] 周孝德. 水环境容量计算方法研究[J]. 西安理工大学学报, 1999, 15(3): 1 ~ 6.
- [13] 顾圣华. 长江口环境用水量计算方法探讨[J]. 水文, 2004(6): 35 ~ 37.
- [14] 谭炳卿, 张国平. 淮河流域水质管理模型[J]. 水资源保护, 2001(3): 15 ~ 17.
- [15] 程绪水, 沈哲松. 沙颍河水利工程调度对改善淮河水质的影响分析[J]. 水资源保护, 2004, 20(4): 25 ~ 27.

(收稿日期: 2005-03-04 编辑: 傅伟群)