

河流健康评价预警耦合模型在东苕河流域的应用

曾国熙, 柯斌樑, 陈革强, 胡琳
(浙江省水文局, 浙江 杭州 310009)

摘要:以河流健康理论为指导,分别建立东苕河流域水动力学模型、水质模型和河流健康评价模型,在此基础上构建河流健康预警耦合模型。通过模型计算得到量化的现状东苕溪河流健康评价指数,属于第三级“亚健康”。文章提出东苕溪的保护和利用不能仅仅局限于水利技术等工程措施的支撑,未来需要加强可持续水资源管理方面的工作,使东苕溪的“亚健康”状态朝良性方向发展。

关键词: 河流健康; 河流健康评价; 水动力学模型; 水质模型; 预警; 耦合模型; 东苕河流域

中图分类号: TV213.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-643X(2015)01-0077-04

Application of early warning coupled model of river health evaluation in Dongtiaoxi river basin

ZENG Guoxi, KE Binliang, CHEN Geqiang, HU Lin
(Hydrology Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou 310009, China)

Abstract: With the guidance of river health theory, the paper built Dongtiaoxi river basin hydrodynamic model, water quality model and river health evaluation model respectively, and established river health warning coupled model on the basis of above. The quantitative health assessment index of the current status of Dongtiaoxi river calculated by the former model shows that it belongs to the third grade “sub-health”. This paper proposed that the protection and utilization of Dongtiaoxi river should not only limit to the support of engineering measures such as hydrotechnics and so on. In order to make the “sub-health” status of Dongtiaoxi river develop for good direction, it is necessary for us to strengthen the management of sustainable water resources in the future.

Key words: river health; river health assessment; hydrodynamic model; water quality model; early warning; coupled model; Dongtiaoxi watershed

随着经济社会的快速发展,我国生态与环境形势日益严峻,改善生态环境,修复污染水体,恢复优美自然景观,协调水资源开发利用与生态保护之间关系,成为摆在各级政府部门面前的一项重要任务,也是浙江省“五水共治”治污水的重点内容之一。我国河流健康评价的研究仅有10年左右的时间,其理论和方法还不是很成熟,专家学者对河流健康的理解也不完全一致^[1]。目前,河流健康的衡量标准大多是从生态学的角度加以分析,从系统健康的角度认识河流状态尚待进一步深入研究。

东苕溪是杭州市境内的重要供水河道,其河流健康状况影响到杭州、湖州及杭嘉湖平原约500万人的生产生活用水,同时也在流域防洪、灌溉、航运

等多方面具有重要影响。进行东苕溪河流健康评估及生态整治方面的研究,对区域经济社会的和谐发展有着十分重大的意义。

1 流域概况

1.1 自然地理

东苕溪发源于临安东天目山北麓,东流经临安、余杭、德清,至湖州市西郊与西苕溪汇合后注入太湖,干流长151 km,流域面积2 354.9 km²,平均坡降7.5‰。流域介于东经119°30′~120°10′,北纬30°08′~30°52′之间,地势自西南向东北倾斜,西南部为天目山区,山高坡陡,东北部为低山丘陵区。东苕溪以东为杭嘉湖平原,地势低洼、平坦,河流纵横交错。

收稿日期:2014-05-28; 修回日期:2014-09-14

基金项目:浙江省水利厅科技计划项目(RC1118)

作者简介:曾国熙(1977-),男,福建南安人,高工,硕士,主要从事水文水资源研究工作。

1.2 河流健康存在的主要问题

(1)东苕溪上游属于山区,源短流急,洪水暴涨暴落;下游太湖湖水倒灌,排水不畅。同时,人们对河流进行了各种方式的改造和利用,兴建各类水利工程,较大地改变了河流的自然属性,使河流生态系统发生变化,河流服务功能下降,威胁到人类供水、防洪等公共安全。

(2)城市化进程的加快使得东苕溪河道堤防部分被固化,破坏了河流生态系统的完整性,水生生物资源锐减,直接威胁到河流的永续利用,使河流净化、调蓄等功能减弱。

(3)东苕溪下游属于平原河网地带,本身水体流动性低,自净能力弱,再加上经济发达,水污染问题突出、湖水倒灌、运河水倒灌、东苕溪上游干流的工农业生活和养殖污染,也加剧了下游水质的污染。

2 河流健康评价预警体系的构成

东苕溪河流健康评价预警体系主要构成包括流域纳污能力研究、河流健康评价体系研究、河流健康实时预警系统建设3大核心单元内容。研究以河流健康理论为指导,分别建立东苕溪流域水动力学模型、水质模型,计算河流纳污能力;建立河流健康评价模型,计算评价指数,在二者基础上耦合构建河流健康预警模型。

2.1 流域纳污能力计算

2.1.1 软件模块组成 MIKE11是动态模拟一维河流水力的一款应用软件,具有很强的模拟能力,为河流水动力和环境模拟提供功能强大和较全面的方法。MIKE11模块主要包括水动力模块、结构物操作模块、降雨径流模块、非粘性泥沙输运模块、污染负荷计算模块、对流扩散模块等^[2]。MIKE21近年也有较多应用^[3],但其属大范围平面二维数学模型,不适用于近区三维或急流等问题,对基础数据的要求也复杂得多。本次采用MIKE11的HD水动力模块和AD对流扩散模块。

2.1.2 水质模拟分析 通过河网概化、断面选择、初始条件及边界条件设定、河网糙率参数率定等步骤建立河流水动力学模型。考虑到本文研究河段水流较长,断面复杂的特点,充分考虑河道沿程变化,在已有资料的基础上尽量取较多的河段,以准确地反映河道沿程变化和过水能力。选定水质模型的主要水质指标为BOD₅、COD、DO、TP、TN5项,其生化反应按一级反应动力学方程描述。应用河道观测资料对模型进行率定和验证,使模拟结果能较好地反

映河段的自然特性。拟定几种典型的工程状况,应用建立的水动力学模型、水质模型,对东苕溪主要水质指标进行模拟分析,计算纳污能力。

2.2 河流健康评价

2.2.1 评价理论基础 河流与健康相结合是可持续发展和社会价值进步的必然结果,河流健康概念寻求利用生物或生态评价方法来完善传统的物理-化学评价方法。河流具有完整的生态功能,这些功能和用途与水力学、水文学、水质、生态学等方面都有关^[4-6],因此需要采用一定的指标和方法来监测河流的各个方面,即从多角度来评估河流的健康状况,从而提供对整治、管理有用的信息。建立指标体系进行河流健康状况评价,有助于提高河流管理质量,不仅可揭示河流生态系统的现状,还提供了将不同河流进行比较的基准,同时还可评估受损河流生态恢复的成效,从而提高管理决策能力^[7-8]。通过河流管理提高受损河流的健康状况,保护健康河流,从而满足人们持续的环境、社会和经济需要。

2.2.2 评价模型 在河流健康概念的基础上,结合东苕溪河流的功能和属性,分别对指标体系、指标权重、评价方法进行分析与研究^[9-13],并建立河流健康评价模型。运用评价模型对东苕溪流域河流进行健康评价,确定河流管理的目标和可能的瓶颈问题,为后继河流健康实时预警提供基础数据和决策依据。

(1)指标体系构建。评价指标是综合评价的基础,指标确定的是否合理,对于后续的评价工作有决定性的影响。本次评价指标体系分为3层,分别为目标层、准则层和指标层。在指标选取上,遵循系统性、典型性、可度量性和独立性的原则。在指标筛选上,选用主成分分析方法。河流健康反映的是在河流生命存在期人类对其功能发挥的认可程度,因此,健康河流是指在相应时期内自然功能与社会功能均衡发挥的河流。东苕溪河流健康评价指标确定为自然功能和社会功能两个方面,含生态基流量、基础水位、水体质量、输沙量、生态环境影响因子、水源地水质达标率、河体演变、城镇供水保证率8个指标。

(2)指标权重赋值。指标的权重分主观权重和客观权重,主观权重是决策分析者对指标的重视程度,客观权重是指标本身所包含信息的大小。各种赋权方法都有不同的特点和适用范围,在对指标重要性缺乏深入了解的情况下,应优先选用客观权重法。本次选取的权重赋值方法为熵值法。

(3)评价方法选择。由于不同评价方法各有优

点,本次对灰色关联度法、模糊物元评价方法、投影方法等方法进行比较分析选取合适的评价方法。

(4)模型建立及应用。评价模型的建立坚持系统性与层次性相结合的原则。流域河流的健康是一个复杂系统,它由不同层次、不同要素组成,根据各层次、各要素之间的特点及相互关系,可以把流域复合系统划分为若干个相互联系又相互独立的子系统。这些具体体现在不同河段计算分区、不同评价准则指标的设定上。同时,评价模型的建立坚持动态性与静态性相结合的原则。作为一个系统,河流健康是不断变化的,这又要求对不同工况、不同时期河流健康状况也要进行评价。

2.3 河流健康实时预警系统建设

2.3.1 系统总体设计 河流健康的预警包含 3 层含义:首先,整体健康预警。在河流健康评价基础上,确定河流健康等级,以此建立河流开发利用阈值和河流生态系统退化阈值,前者约束人类开发利用河流的行为,后者为人们保护河流生态提供预警。其次,水功能区的“面”预警。在水质评价的基础上,对超出目标水质的水功能区进行报警;第三,突发水污染事件的“点”预警。当发生污染事件,某处点源或面源污染浓度加大,如超出纳污能力进行报警。

东苕溪河流健康实时预警系统主要分为两大部分,一是数据采集系统。利用现有可能影响河流健康的水利、供水、环保等各部门所有的监测站网并加以优化,在最大程度上实现流量、水位、水质等监测资料共享,实现真正意义上的水资源质量同步监测,建立水量、水质信息采集系统;二是数据应用平台。数据应用平台展现的是从数据平台接收到数据以后进行解码入库,同时应用系统提供各种系统服务,一般有 Web 服务, GIS 服务,预警服务等。

2.3.2 系统功能模块设计与实现 东苕溪河流健康实时预警系统主要包括预警展示平台和短信平台两个子系统,从功能上设计为 6 大主要模块,分别为首页信息展示模块、查询分析模块、地图监视预警模块、移动短信发送模块、水量水质参数过程表达模块和系统后台管理维护模块。系统功能框架见图 1。

该系统在保证水雨情数据的实时性和有效性的前提下,能够提供可视化的 GIS 图形操作界面,实现水量、水质信息的分级显示与标注,能查询各个不同时段不同站点的水量、水质信息,实现水量、水质信息的图形化表达等功能,并采用三维虚拟仿真技术,结合水质模拟和河流健康评价,最终为相关部门提供决策依据。

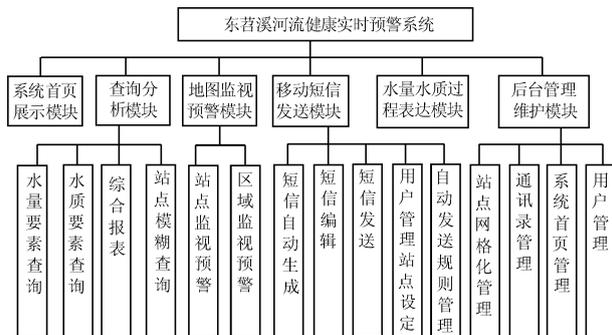


图 1 系统功能框架图

2.4 耦合技术路线

体系研究的 3 个技术关键分别是纳污能力计算、河流健康评价指数计算、河流健康实时预警系统建设。通过对水量、水质、河道地形、污染源分布和排放等信息全面调查、监测的基础上,建立东苕溪流域水动力学模型、水质模型,计算得到符合实际的、科学合理的东苕溪流域纳污能力;通过建立包括指标体系、指标权重、评价方法的河流健康评价体系,评价得到量化的东苕溪健康评价指数;通过采集信息数据库的支撑,结合纳污能力计算和健康评价计算,运用三维虚拟仿真技术,对东苕溪河流健康提供实时预警。耦合模型各部分研究任务及相互关系见图 2。

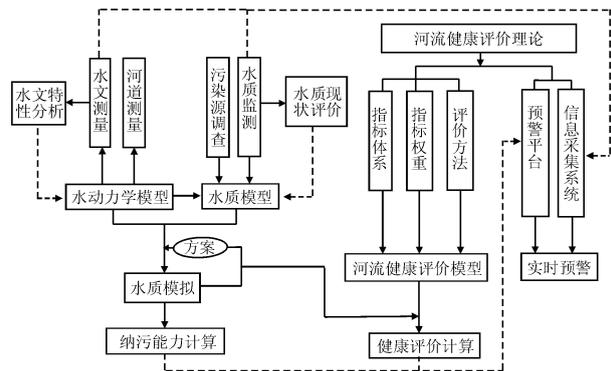


图 2 耦合模型各部分研究任务及相互关系图

2.5 东苕溪河流健康评价结果

将河流健康度划分为“很健康”、“健康”、“亚健康”、“不健康”、“病态消亡”共 5 级,现状东苕溪河流健康评价综合指数为 0.596,属于第三级“亚健康”。近 10 年对东苕溪的水资源管理虽取得了明显成绩,包括水质的改善、水利工程对流域生态的良性改变,但东苕溪的保护和利用不能仅仅局限于水利技术等工程措施的支撑,未来需要加强可持续水资源管理方面的工作,使东苕溪的“亚健康”状态朝良性方向发展。

3 结 语

当前河流生态系统不断受到人类活动的干扰和损害,在河流治理、开发利用和保护的同时,开展河流健康评价、预警和河流生态系统修复研究,变河流治理为河流修复是非常必要的。我们对东苕溪的河流健康评价预警体系建设进行了初步探索,对恢复和维持东苕流域健康的河流生态系统提出了建议,这些将有助于提高河流管理能力以及有效性,对区域生态环境建设和河流的可持续管理发挥有益的助推作用。

参考文献:

- [1]夏自强,郭文献.河流健康研究进展与前瞻[J].长江流域资源与环境,2008,17(2):252-256.
- [2]陈栋.三峡水库非汛期水动力及水质模拟研究[D].济南:山东大学,2008.
- [3]袁雄燕,徐德龙.丹麦 MIKE21 模型在桥渡壅水计算中的应用研究[J].人民长江,2006,37(4):31-32+52.
- [4]Vugteveen P, Leuven R S E W, Huijbregts M A J, et al. Redefinition and elaboration of river ecosystem health: perspective for river management[J]. Hydrobiologia,2006,565

(1):289-308.

- [5]Norris R H, Thom M C. What is river health? [J]. Freshwater Biology,1999,41(2):197-209.
- [6]An K G, Park S S, Shin J Y. An evaluation of a river health using the index of biological integrity along with relations to chemical and habitat conditions [J]. Environment International, 2002,28(5):411-420.
- [7]王健,王生云.浙江省河流健康现状与成因研究[J].经济研究导刊,2012(1):137-139.
- [8]高永胜,王浩,王芳.河流健康生命评价指标体系的构建[J].水科学进展,2007,18(2):252-257.
- [9]单媛媛,李瑞,张骏芳,等.平原河网地区河流健康评价指标体系构建[J].水科学与工程技术,2010(4):17-19.
- [10]曾国熙,裴源生,梁川.流域水资源合理配置评价理论及评价指标体系研究[J].海河水利,2006(4):35-39+46.
- [11]孙雪岚,胡春宏.河流健康评价指标体系初探[J].泥沙研究,2008(4):21-27.
- [12]Karr J R. Defining and measuring river health [J]. Freshwater Biology,1999,41(2):221-234.
- [13]Ladson A R, White L J. An index of stream condition: Reference manual[M]. Melbourne: Department of natural resources and environment,1999.

(上接第76页)

- [9]Martinez J, Rango A. Parameter values for snowmelt runoff modelling[J]. Journal of Hydrology, 1986, 84(3-4):197-219.
- [10]Rango A, Martinez J. Application of a snowmelt-runoff model using Landsat data[J]. Nordic Hydrology, 1979, 10(4):225-238.
- [11]Tahir A A, Chevallier P, Arnaud Y, et al. Modeling snowmelt-runoff under climate scenarios in the Hunza River basin, Karakoram Range, Northern Pakistan [J]. Journal of Hydrology,2011,409(1-2):104-117.
- [12]李弘毅,王建.SRM融雪径流模型在黑河流域上游的模拟研究[J].冰川冻土,2008,30(5):769-775.
- [13]怀保娟,李忠勤,孙美平,等.SRM融雪径流模型在乌鲁木齐河源区的应用研究[J].干旱区地理,2013,36(1):41-48.
- [14]张一驰,李宝林,包安明,等.开都河流域融雪径流模拟研究[J].中国科学(D辑),2006,36(Z2):24-32.
- [15]王超,赵传燕,冯兆东.黑河上游不同流域融雪过程的SRM模拟[J].兰州大学学报(自然科学版),2011,47(3):1-8.
- [16]刘俊峰,杨建平,陈仁升,等.SRM融雪径流模型在长江源区冬克玛底河流域的应用[J].地理学报,2006,61

(11):1149-1159.

- [17]邱玲花,彭定志,胡林涓,等.基于MODIS和SRM的拉萨河流域融雪径流模拟研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2013,49(Z1):152-156.
- [18]蓝永超,胡兴林,丁宏伟,等.气候变暖背景下祁连山西部山区水循环要素的变化——以疏勒河干流上游山区为例[J].山地学报,2012,30(6):675-680.
- [19]王国庆,张建云,刘九夫,等.中国不同气候区河川径流对气候变化的敏感性[J].水科学进展,2011,22(3):307-314.
- [20]Tekeli A E, Akyürek Z, Arda Sorman A A, et al. Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 97(2):216-230.
- [21]Martinez J, Rango A, Roberts R. Snowmelt runoff model (SRM) user's manual. updated edition 2007, WinSRM1.11 [CP/OL]. [2014-09-19][2011-02-28]. <http://hydrdab.qrsusda.gov/cgi-bin/srmhome>.
- [22]杨俊华,秦翔,吴锦奎,等.祁连山老虎沟流域春季积雪属性的分布及变化特征[J].冰川冻土,2012,34(5):1091-1098.