



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107563139 A

(43)申请公布日 2018.01.09

(21)申请号 201710796492.3

(22)申请日 2017.09.06

(71)申请人 郑州大学

地址 450001 河南省郑州市高新技术开发区科学大道1号

(72)发明人 于鲁冀 王燕鹏 张宽 梁亦欣 梁静

(74)专利代理机构 郑州天阳专利事务所(普通合伙) 41113

代理人 聂孟民

(51)Int. Cl.

G06F 19/00(2018.01)

G06F 17/30(2006.01)

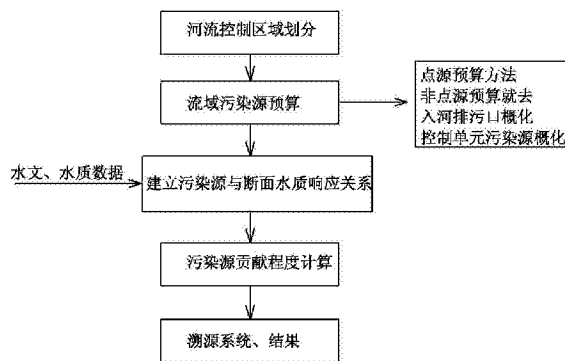
权利要求书4页 说明书8页 附图3页

## (54)发明名称

一种点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法

## (57)摘要

本发明涉及点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法,可有效解决河流域快速溯源和流域环境管理保护的问题,方法是,根据流域自然地理特征对流域,确定流域控制断面所对应的控制区域;利用污染源监测数据、污染源统计数据,对流域内污染源进行预算;利用一维非稳态水质模型,建立流域污染源与断面水质响应关系;利用污染源与断面水质响应关系计算流域内污染源贡献系数,表征污染源贡献程度,本发明方法新颖独特,易操作使用,计算准确,效率高,充分利用现有污染源基础信息,在短时间内迅速反馈河流控制断面内污染源状况,锁定流域内对河流断面水质贡献程度相对较大的污染源,为流域污染溯源提供支撑,有效用于对河流的环境保护和治理。



1. 一种点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1)、根据河流流域自然地理特征,包括流域水系、范围及行政区域范围的数据,确定流域河流控制断面所对应的控制区域,利用ArcGIS软件,获取河流区域的流域界限、行政界线以及水质断面位置标注,采用ArcGIS软件中的Hydrology Modeling模块提取汇水区域;

(2)、利用污染源监测数据和污染源统计数据,对流域内污染物排放量预测:

污染物排放量预测分为点源和非点源两部分,点源为工业源及生活源,非点源为农业面源污染,预算得到各市、县污染物排放量,依据河流的分布情况,按照污染源集中位置、河流控制区域对污染物进行分配;

(3)、利用河流网格化,EFDC水动力模型,建立流域污染源与断面水质响应关系,包括河流网格化、EFDC水动力模型初始条件与边界条件设置、参数率定与验证、模型的率定与验证;

(4)、利用污染源与断面水质响应关系确定流域内污染源贡献程度判定:

利用EFDC建立的水动力学水质模型计算污染贡献率,背景浓度为零,将单一污染源给1个单位排污负荷量,其他污染源污染负荷为零,利用水动力学水质模型计算出在这种情况下下的浓度分布,确定出该污染源的单位污染负荷对各个水质控制断面的污染贡献率,改变污染源,重复步骤(4),得出每个污染源的贡献率系数,表征污染源贡献程度,从而实现各污染源的贡献程度的计算。

2. 根据权利要求1所述的点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1)、根据河流流域自然地理特征,包括流域水系、范围及行政区域范围的数据,确定流域河流控制断面所对应的控制区域:

根据《水体达标方案编制技术指南》(试行)中的控制单元细化分解技术,收集区域基础地理信息的DEM数据、流域界限、行政区划、流域水质控制断面分布图的数据,利用ArcGIS软件,获取河流区域的流域界限、行政界线以及水质断面位置标注,采用ArcGIS软件中的Hydrology Modeling模块提取汇水区域,根据汇水区域、行政边界、控制断面分布情况,在保证水系完整性的基础上,将行政区划图和流域水系图进行叠加,确定河流断面所对应的控制区域;

(2)、利用污染源监测数据和污染源统计数据,对流域内污染物排放量预测:

污染物排放量预测分为点源和非点源两部分,点源为工业源及生活源,非点源为农业面源污染;

点源预算根据不同资料情况分别预算,对于国、省控重点污染源的污水处理厂、企业,优先采用在线监控数据,包括污水处理厂名称、所在位置、废水排放量和污染物排放浓度,根据点源监控废水排放量乘以入河系数预算入河污染物量;

其中工业污染物入河系数取值为0.8~1.0,城市生活污染物取值为0.6~1.0,农村生活污染物取值0.2~0.5;

对于其他点污染源则根据环境统计数据,对废水未排入污水处理厂的工业企业的废水及污染物排放量进行预算;

对于散排的生活源则根据统计年鉴数据,结合城镇污水处理厂污水收集处理数据,对未接入污水处理厂的城镇生活源废水及污染物排放量进行预算,当区域未统计污水收集处

理率,则根据人口统计数据,采用排污系数法计算生活污水排放总量,减去污水处理厂实际收水总量,余下的量为未收集的生活污水量,即直排生活污水量,直排生活污水浓度根据各地污水处理厂进水COD、氨氮的平均浓度确定;

具体计算公式为:

$$W_{\text{直排}} = N_{\text{未}}\alpha, N_{\text{未}} = N(1 - \gamma)$$

式中,  $W_{\text{直排}}$  为生活污染物直排量,  $N_{\text{未}}$  为未接入污水管网部分的人口数,  $N$  为研究区域人口总数,  $\gamma$  为研究区域污水收集处理率;  $\alpha$  为生活排污系数,生活污水排放量按照《第一次全国污染源普查各污染源产排污系数手册》中三区五类所对应的水量排放系数以150~170L/人进行预算;

生活污染源主要污染物排污系数一览表

城市生活排污系数 (g/人·d) [g/(人·d)]		农村生活排污系数 (g/人·d) [g/(人·d)]	
COD	NH <sub>3</sub> -N	COD	NH <sub>3</sub> -N
70~90	8~10	16.4	4

非点源污染物包括居民生活污染物、畜禽养殖产生污染物及种植业产生的污染物,其中居民生活污染源、畜禽养殖产生污染物按《全国水环境容量核定技术指南》(中国环境规划院,2003)中的产污系数进行计算,农村人均COD产生量40g/d、氨氮产生量4g/d,畜禽养殖污染物产生量按标准折合每头猪的COD排放量为17.9g/头·日,氨氮排放量为3.6g/头·日,种植业污染源排放量按《第一次全国污染源普查:肥料流失系数手册》中肥料流失系数和本底流失量;

预算得到各市、县污染物排放量,依据河流的分布情况,按照污染源集中位置、河流控制区域对污染物进行分配;

(3)、利用河流网格化,EFDC水动力模型,建立流域污染源与断面水质响应关系,方法是:

1) 河流网格化:采用EFDC水动力模型识别矩形网格和曲线正交网格,对于河长小于200km的河流采用Delft3d进行划分,对于河长超过200km以上的河流采用CVL划分;

2) EFDC水动力模型初始条件与边界条件设置:设置初始水深和初始浓度;

3) 参数率定与验证:EFDC一维模型中涉及到的参数有曼宁粗糙系数 $n$ 和污染因子的综合降解系数 $k$ ;

曼宁粗糙系数 $n$ 反映的是河段的水流阻力特性,作为经验系数,不同河道的曼宁粗糙系数经验值如下表:

不同河道的曼宁粗糙系数

河道种类	曼宁粗糙系数
平坦的混凝土	0.012
普通的混凝土涂层	0.013
最优条件下的泥土河道	0.017
直的未衬砌的泥土河道	0.020
天然的河流与河道	0.020~0.035
河床遍布岩石的山间溪流，河道多变与沿岸有植物的河流	0.040~0.050
没有植物的淤积河道	0.011~0.035

综合降解系数k的确定采用经验系数法和模型率定相结合的方法，首先根据河流情况利用经验系数确定综合降解系数 $k_1$ ，在建立一维水质模型时利用 $k_1$ 进行模型的率定和验证，若利用 $k_1$ 值模拟结果误差大于30%，则需要调整综合降解系数，若利用 $k_1$ 值模拟结果小于30%，则确定综合降解系数 $k=k_1$ ；

4) 模型的率定与验证：利用实测的水文、水质数据与模拟数据，计算模拟值与实测值的相对误差，率定、验证模拟结构的有效性；

相对误差的计算公式如下：

$$\delta = \Delta / L \times 100\%$$

式中： $\delta$ 为实际相对误差，用百分数给出； $\Delta$ 为绝对误差；L为实测值；

(4)、利用污染源与断面水质响应关系确定流域内污染源贡献程度判定：

利用EFDC建立的水动力学水质模型计算污染贡献率，背景浓度为零，将单一污染源给1个单位排污负荷量，其他污染源污染负荷为零，利用水动力学水质模型计算出在这种情况下下的浓度分布，确定出该污染源的单位污染负荷对各个水质控制断面的污染贡献率，改变污染源，重复步骤(4)，得出每个污染源的贡献率系数，表征污染源贡献程度，从而实现各污染源的贡献程度的计算。

3. 根据权利要求1所述的点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法，其特征在于，所述的EFDC水动力模型用于一维、二维、三维流场、水动力、泥沙及生态过程的模拟，通过对目前常用的水质、水动力模型的比选，一是能够同时模拟水动力和水质，使水动力模拟数据和水质数据能够较好地衔接起来；二是水质模拟能够实现一维、二维甚至三维的模拟；三是EFDC软件模型具有开放的源代码，方便对软件的二次开发和优化；

EFDC水动力模型包括有：

1) 水动力模块：

水动力过程满足质量守恒、动量守恒以及能量守恒的基本规律，水动力学模块的方程式为：

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial uQ}{\partial x} + gA \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{gn_{1d}^2 Q^2}{AR^{4/3}} = 0$$

式中： $x$ 为河道纵向坐标或河长，单位m； $t$ 为时间，单位s； $A$ 为河道断面面积，单位 $m^2$ ； $B$ 为

河宽,单位m;h为水深,单位m;z为水位,单位m;Q为流量,单位 $m^3/s$ ;q为河道侧流汇入或流出的流量,单位 $m^3/s$ ;u为断面平均流速,单位m/s;R为河道水力半径,单位m; $n_{1d}$ 为河道糙率;

## 2) 水质模块:

水质模块能够从空间和时间分布上模拟水质参数,水质变量的质量守恒控制方程由物质输移、平流扩散和动力学方程组成:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (uC)}{\partial x} + \frac{\partial (vC)}{\partial y} + \frac{\partial (wC)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + S_c$$

其中,u、v、w代表x、y、z方向速度分量;C为水质指标变量浓度,单位mg/L; $K_x$ 、 $K_y$ 、 $K_z$ 分别为x、y、z方向的扩散系数,单位 $1/d$ ;S<sub>c</sub>为单位体积源汇项。

4. 根据权利要求1所述的点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法,其特征在于,所述的控制单元细化分解技术包括资料准备、水文响应单元划分、汇水区切割、结果修正四部分:

①资料准备:应收集基础地理信息的工作范围内的各级行政边界、水系分布的矢量数据,关键控制节点的跨行政区交接断面、常规监测断面、重要水文站点和闸坝、重要支流入河口、重要污染源排污口,各类功能区划的省级人民政府批复的水环境功能区划、地表水环境功能区划、饮用水水源保护区划的资料,并将各水体功能区划目标反映在矢量图上;

②水文响应单元划分:小型汇水区水文响应单元划分采用手动提取或自动提取的方法;

a) 手动提取:利用数字高程图,识别出山脊和山凹,提取出河道和分水岭,平坦地区参照公路、小道、行政边界进行提取;

从河口开始,沿分水岭再回到河口,勾描出一个封闭的多边形,形成一个闭合小流域,将提取结果与已有同级水资源分区图进行比对,调整相差较大的边界;

利用实际水系图,对小流域间的边界和河口汇流处进行调整,应保证一个河段只在一个流域内,可忽略人工修整的河道和池塘;

b) 自动提取:基于GIS平台和DEM数据,采用ArcGIS软件中的Hydrology Modeling模块自动提取水文响应单元,基本操作步骤:载入无洼地的DEM;流向分析;计算流水累积量;提取河流网络;流域分析;栅格转成矢量;流域边界合并,根据详细的水系图调整水文响应单元,自动提取水文响应单元时,设定单元数量应多于预定的最终单元数量,以便合并和调整;

③汇水区切割:以多边形属性的各级行政区界对形成的水文响应单元进行切割,建立水文响应单元与各行政区的对应关系;

④结果修正:结合关键控制节点和汇水区内汇水特征,将行政区-水文响应单元有机融合,建立“关键控制节点-控制河段-对应陆域”的水陆响应关系,根据地形图、汇水区、入河湖支流因素,基于行政边界划分下一级控制单元的陆域范围。

## 一种点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及河流流域环境保护,特别是一种点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法。

### 背景技术

[0002] 水是生命之源,是维系生态环境可持续发展的首要基础,随着工业化以及新型城镇化进程的推进,我国的流域水环境面临着新的挑战,水污染事件频发,对河流水质安全及群众身体健康构成威胁。因此,迅速准确地掌握污染源的相关信息,对于应急处置十分重要。

[0003] 目前,国内外学者研究了多种河流水质污染事故溯源算法,大致可分为以下几类:一是通过示踪法或多元统计法推断污染源;二是利用污染源搜索理论方法确定污染源位置;三是应用概率统计方法识别水体污染源项。

[0004] 现有的方法各有优缺点,但存在的问题是,由于方法本身的技术问题,应对突发污染事件的溯源时,会导致污染溯源工作量大,耗费大量时间精力,不能及时有效地开展污染源排查、溯源工作,影响对河流流域的管理和治理,不利于对河流环境的保护,因此,如何提供一种点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法至今未见有公开报导。

### 发明内容

[0005] 针对上述情况,为克服现有技术之缺陷,本发明之目的就是提供一种点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法,可有效解决河流流域快速溯源和流域环境管理保护的问题。

[0006] 本发明解决的技术方案是,一种点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法,根据流域自然地理特征对流域,确定流域控制断面所对应的控制区域;利用污染源监测数据、污染源统计数据,对流域内污染源进行预算;利用一维非稳态水质模型,建立流域污染源与断面水质响应关系;利用污染源与断面水质响应关系计算流域内污染源贡献系数,表征污染源贡献程度,具体包括以下步骤:

[0007] (1)、根据河流流域自然地理特征,包括流域水系、范围及行政区域范围的数据,确定流域河流控制断面所对应的控制区域,利用ArcGIS软件,获取河流区域的流域界限、行政界线以及水质断面位置标注,采用ArcGIS软件中的Hydrology Modeling模块提取汇水区域;

[0008] (2)、利用污染源监测数据和污染源统计数据,对流域内污染物(源)排放量预测;

[0009] 污染物排放量预测分为点源和非点源两部分,点源为工业源及生活源,非点源为农业面源污染,预算得到各市、县污染物排放量,依据河流的分布情况,按照污染源集中位置、河流控制区域对污染物进行分配;

[0010] (3)、利用河流网格化,EFDC水动力模型,建立流域污染源与断面水质响应关系,包括河流网格化、EFDC水动力模型初始条件与边界条件设置、参数率定与验证、模型的率定与

验证;

[0011] (4)、利用污染源与断面水质响应关系确定流域内污染源贡献程度判定:

[0012] 利用EFDC建立的水动力学水质模型计算污染贡献率,背景浓度为零,将单一污染源给1个单位排污负荷量,其他污染源污染负荷为零,利用水动力学水质模型计算出在这种情况下浓度分布,确定出该污染源的单位污染负荷对各个水质控制断面的污染贡献率,改变污染源,重复步骤(4),得出每个污染源的贡献率系数,表征污染源贡献程度,从而实现各污染源的贡献程度的计算。

[0013] 本发明目的在于提供一种科学、适用范围广、操作性强的河流点源突发性污染事故溯源及贡献程度展示方法,以弥补现有方法操作复杂、运算时长等的不足,方法新颖独特,易操作使用,计算准确,效率高,将现有污染源信息以稳态及动态相结合,基于河流一维非稳态水质模型,建立河流点源突发性污染事故溯源及贡献程度判定方法,以适应流域快速溯源及流域环境管理效率提高的需求,充分利用现有污染源基础信息,能够在较短时间内迅速反馈河流控制断面内污染源状况,锁定流域内对河流断面水质贡献程度相对较大的污染源,为流域污染溯源提供支撑,有效用于对河流的环境保护和治理,经济和社会效益巨大。

## 附图说明

[0014] 图1为本发明的工艺流程图。

[0015] 图2为本发明的河流控制区域划分路线图。

[0016] 图3为某河A断面实测COD浓度值与模拟浓度值对比曲线图。

[0017] 图4为某河A断面实测氨氮浓度值与模拟浓度值对比曲线图。

## 具体实施方式

[0018] 以下结合附图和具体情况对本发明的具体实施方式作详细说明。

[0019] 由图1所示,本发明在具体实施中,一种点源突发性水污染源事故溯源贡献程度计算方法,包括以下步骤:

[0020] (1)、根据河流流域自然地理特征,包括流域水系、范围及行政区域范围的数据,确定流域河流控制断面所对应的控制区域:

[0021] 根据《水体达标方案编制技术指南》(试行)中的控制单元细化分解技术,收集区域基础地理信息的DEM数据、流域界限、行政区划、流域水质控制断面分布图的数据,利用ArcGIS软件,获取河流区域的流域界限、行政界线以及水质断面位置标注,采用ArcGIS软件中的Hydrology Modeling模块提取汇水区域,根据汇水区域、行政边界、控制断面分布情况,在保证水系完整性的基础上,将行政区划图和流域水系图进行叠加,确定河流断面所对应的控制区域;

[0022] (2)、利用污染源监测数据和污染源统计数据,对流域内污染物(源)排放量预测:

[0023] 污染物排放量预测分为点源和非点源两部分,点源为工业源及生活源,非点源为农业面源污染;

[0024] 点源预算根据不同资料情况分别预算,对于国、省控重点污染源的污水处理厂、企业,优先采用在线监控数据,包括污水处理厂名称、所在位置、废水排放量和污染物排放浓

度,根据点源监控废水排放量乘以入河系数预算入河污染物量;

[0025] 其中工业污染物入河系数一般取值为0.8~1.0,城市生活污染物取值为0.6~1.0,农村生活污染物取值0.2~0.5;

[0026] 对于其他点污染源则根据环境统计数据,对废水未排入污水处理厂的工业企业的废水及污染物排放量进行预算;

[0027] 对于散排的生活源则根据统计年鉴数据,结合城镇污水处理厂污水收集处理数据,对未接入污水处理厂的城镇生活源废水及污染物排放量进行预算,当区域未统计污水收集处理率,则根据人口统计数据,采用排污系数法计算生活污水排放总量,减去污水处理厂实际收水总量,余下的量为未收集的生活污水量,即直排生活污水量,直排生活污水浓度根据各地污水处理厂进水COD、氨氮的平均浓度确定;

[0028] 具体计算公式为:

[0029]  $W_{\text{直排}} = N_{\text{未}} \alpha$ ,  $N_{\text{未}} = N(1 - \gamma)$

[0030] 式中, $W_{\text{直排}}$ 为生活污染物直排量, $N_{\text{未}}$ 为未接入污水管网部分的人口数, $N$ 为研究区域人口总数, $\gamma$ 为研究区域污水收集处理率; $\alpha$ 为生活排污系数(见下表),生活污水排放量按照《第一次全国污染源普查各污染源产排污系数手册》中三区五类所对应的水量排放系数(150~170L/人)进行估算;

[0031] 生活污染源主要污染物排污系数一览表

[0032]

城市生活排污系数 (g/人·d) [g/(人·d)]		农村生活排污系数 (g/人·d) [g/(人·d)]	
COD	NH <sub>3</sub> -N	COD	NH <sub>3</sub> -N
70~90	8~10	16.4	4

[0033]

70~90	8~10	16.4	4
-------	------	------	---

[0034] 非点源污染物包括居民生活污染物、畜禽养殖产生污染物及种植业产生的污染物,其中居民生活污染源、畜禽养殖产生污染物按《全国水环境容量核定技术指南》(中国环境规划院,2003)中的产污系数进行计算,农村人均COD产生量40g/d、氨氮产生量4g/d,畜禽养殖污染物产生量按标准折合每头猪的COD排放量为17.9g/头·日,氨氮排放量为3.6g/头·日,种植业污染源排放量按《第一次全国污染源普查:肥料流失系数手册》中肥料流失系数和本底流失量;

[0035] 预算得到各市、县污染物排放量,依据河流的分布情况,按照污染源集中位置、河流控制区域对污染物进行分配;

[0036] (3)、利用河流网格化(EFDC)水动力模型,建立流域污染源与断面水质响应关系,方法是:

[0037] 1) 河流网格化:采用EFDC水动力模型识别矩形网格和曲线正交网格,对于河长小于200km的河流采用Delft3d进行划分,对于河长超过200km以上河流采用CVL划分;

[0038] 2) EFDC水动力模型初始条件与边界条件设置:设置初始水深和初始浓度;



[0039] 3) 参数率定与验证:EFDC一维模型中涉及到的参数有曼宁粗糙系数 $n$ 和污染因子的综合降解系数 $k$ ;

[0040] 曼宁粗糙系数 $n$ 反映的是河段的水流阻力特性,作为经验系数,不同河道的曼宁粗糙系数经验值如下表:

[0041] 不同河道的曼宁粗糙系数

[0042]

河道种类	曼宁粗糙系数
平坦的混凝土	0.012
普通的混凝土涂层	0.013
最优条件下的泥土河道	0.017
直的未衬砌的泥土河道	0.020
天然的河流与河道	0.020~0.035
河床遍布岩石的山间溪流,河道多变与沿岸有植物的河流	0.040~0.050
没有植物的淤积河道	0.011~0.035

[0043] 综合降解系数 $k$ 的确定采用经验系数法和模型率定相结合的方法,首先根据河流情况利用经验系数确定综合降解系数 $k_1$ ,在建立一维水质模型时利用 $k_1$ 进行模型的率定和验证,若利用 $k_1$ 值模拟结果误差大于30%,则需要调整综合降解系数,若利用 $k_1$ 值模拟结果小于30%,则确定综合降解系数 $k=k_1$ 。

[0044] 4) 模型的率定与验证:利用实测的水文、水质数据与模拟数据,计算模拟值与实测值的相对误差,率定、验证模拟结构的有效性;

[0045] 相对误差的计算公式如下:

$$[0046] \quad \delta = \Delta / L \times 100\%$$

[0047] 式中: $\delta$ 为实际相对误差,用百分数给出; $\Delta$ 为绝对误差; $L$ 为实测值;

[0048] (4)、利用污染源与断面水质响应关系确定流域内污染源贡献程度判定:

[0049] 利用EFDC建立的水动力学水质模型计算污染贡献率,背景浓度为零,将单一污染源给1个单位排污负荷量,其他污染源污染负荷为零,利用水动力学水质模型计算出在这种情况下浓度分布,确定出该污染源的单位污染负荷对各个水质控制断面的污染贡献率,改变污染源,重复步骤(4),得出每个污染源的贡献率系数,表征污染源贡献程度,从而实现各污染源的贡献程度的计算。

[0050] 所述的EFDC水动力模型用于一维、二维、三维流场、水动力、泥沙及生态过程的模拟,通过对目前常用的水质、水动力模型的比选,一是能够同时模拟水动力和水质,使水动力模拟数据和水质数据能够较好地衔接起来;二是水质模拟能够实现一维、二维甚至三维的模拟;三是EFDC软件模型具有开放的源代码,方便对软件的二次开发和优化;

[0051] EFDC水动力模型包括有:

[0052] 1) 水动力模块:

[0053] 水动力过程满足质量守恒、动量守恒以及能量守恒的基本规律,水动力学模块(型)的方程式为:

$$[0054] \quad B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

$$[0055] \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial uQ}{\partial x} + gA \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{gn_d^2 Q^2}{AR^{4/3}} = 0$$

[0056] 式中：x为河道纵向坐标或河长，单位m；t为时间，单位s；A为河道断面面积，单位m<sup>2</sup>；B为河宽，单位m；h为水深，单位m；z为水位，单位m；Q为流量，单位m<sup>3</sup>/s；q为河道侧流汇入或流出的流量，单位m<sup>3</sup>/s；u为断面平均流速，单位m/s；R为河道水力半径，单位m；n<sub>1d</sub>为河道糙率；

[0057] 2) 水质模块：

[0058] 水质模块能够从空间和时间分布上模拟水质参数，水质变量的质量守恒控制方程由物质输移、平流扩散和动力学方程组成：

$$[0059] \quad \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial (uC)}{\partial x} + \frac{\partial (vC)}{\partial y} + \frac{\partial (wC)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + S_c$$

[0060] 其中，u、v、w代表x、y、z方向速度分量；C为水质指标变量浓度，单位mg/L；K<sub>x</sub>、K<sub>y</sub>、K<sub>z</sub>分别为x、y、z方向的扩散系数，单位1/d；S<sub>c</sub>为单位体积源汇项。

[0061] 所述的控制单元细化分解技术包括资料准备、水文响应单元划分、汇水区切割、结果修正四部分：

[0062] ①资料准备：应收集基础地理信息的工作范围内的各级行政边界、水系分布的矢量数据，关键控制节点的跨行政区交接断面、常规监测断面、重要水文站点和闸坝、重要支流入河口、重要污染源排污口，各类功能区划的省级人民政府批复的水环境功能区划、地表水环境功能区划、饮用水水源保护区划的资料，并将各水体功能区划目标反映在矢量图上；

[0063] ②水文响应单元划分：小型汇水区水文响应单元划分采用手动提取或自动提取的方法；

[0064] a) 手动提取：利用数字高程图 (DEM或等高线图)，识别出山脊和山凹，提取出河道和分水岭，平坦地区参照公路、小道、行政边界进行提取；

[0065] 从河口开始，沿分水岭再回到河口，勾描出一个封闭的多边形，形成一个闭合小流域，将提取结果与已有同级水资源分区图进行比对，调整相差较大的边界；

[0066] 利用实际水系图，对小流域间的边界和河口汇流处进行调整，应保证一个河段只在一个流域内，可忽略人工修整的河道和池塘；

[0067] b) 自动提取：基于GIS平台和DEM数据，采用ArcGIS软件中的Hydrology Modeling模块自动提取水文响应单元，基本操作步骤：载入无洼地的DEM；流向分析；计算流水累积量；提取河流网络；流域分析；栅格转成矢量；流域边界合并，根据详细的水系图调整水文响应单元，自动提取水文响应单元时，设定单元数量应多于预定的最终单元数量，以便合并和调整；

[0068] ③汇水区切割：以多边形属性的各级行政区界对形成的水文响应单元进行切割，建立水文响应单元与各行政区的对应关系；

[0069] ④结果修正：结合关键控制节点和汇水区内汇水特征，将行政区-水文响应单元有

机融合,建立“关键控制节点-控制河段-对应陆域”的水陆响应关系,根据地形图、汇水区、入河湖支流因素,基于行政边界划分下一级控制单元的陆域范围。

[0070] 本发明经实地试验和应用,方法可行,并取得了很好的有益技术效果,以河南省某河为例,具体试验和应用情况如下:

[0071] (1) 根据流域控制区域划分方法,确定流域控制单元的水域范围,经收集区域基础地理信息数据,包括DEM数据、流域界限、行政区划、流域水质控制断面分布图信息,利用ArcGIS软件,获取流域界限、行政界线以及水质断面位置标注,采用ArcGIS软件中的Hydrology Modeling模块提取汇水区域,根据汇水区域、结合行政边界、控制断面分布情况,在保证水系完整性的基础上将行政区划图和流域水系图进行叠加,确定河流断面所对应的控制区域。

[0072]

序号	考核地市	流域	河流	控制单元	出水断面	控制面积 (km <sup>2</sup> )
1	A市	a河流域	某河1	某河1 A市控制单元	**水库	25.6
2		a河流域	某河2	某河2 A市控制单元	A市某桥	32.1
3		b河流域	某河3	某河3 A市控制单元	***水库	24.3
4		b河流域	某河3	某河3 A市控制单元	A市某镇	28.6
5		b河流域	某河4	某河4 A市控制单元	A市某村	25.5

[0073] (2) 对流域内污染源进行预算,根据在线污染源监测数据和污染源统计数据,对流域内污染物进行预算,结果如表2-7所示。

[0074] 表2 流域重点监控企业2014年水量和水质基本情况

[0075]

序号	地市	企业名称	年均水量 (m <sup>3</sup> /s)	年均水质浓度 (mg/L)	
				COD	氨氮
1	A市	企业1	0.017	63.64	0
2	A市	企业2	0	0	0
3	A市	企业3	0.070	68.68	6.18
4	B市	企业11	0	0	0
5	B市	企业12	0.023	65.66	1.56
6	C市	企业13	0.032	65.99	1.84

[0076] 表3 流域重点监控污水处理厂2014年流量和水质基本情况

[0077]

序号	地市	名称	年均 流量 (m <sup>3</sup> /s)	年均水质浓度 (mg/L)	
				COD	氨氮
1	A市	污水处理厂1	1.61	34.37	1.72
2	A市	污水处理厂2	0.001	33.03	1.62
3	A市	污水处理厂3	0.04	21.64	0.78
4	B市	污水处理厂6	0.20	33.99	2.88
5	B市	污水处理厂7	0.14	33.71	4.38
6	B市	污水处理厂8	0.11	33.96	2.88

[0078] 表4 省辖某河流域调查企业水量情况一览表

[0079]

序号	市(县)	企业名称	入河路径	年均流量 (m <sup>3</sup> /s)	年均水质浓度 (mg/L)	
					COD	氨氮
1	A市	企业1	攀登渠-惠济河	0.0035	20	1
2	A市	企业2	小洪河-惠济河	0.0081	50	5
3	B市	企业3	废黄河-惠济河	0.0139	100	15
4	B市	企业4	永安沟-惠济河	0.0035	50	5
5	B市	企业5	废黄河-惠济河	0.0005	80	5

[0080] 表5 某河流域非重点源未调查企业水量和水质情况一览表

[0081]

地市	A市	B市	C市
废水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.029	0.017	-
COD浓度 (mg/L)	139.74	201.85	-
氨氮浓度 (mg/L)	12.10	7.50	-

[0082] 表6 某河农村生活源排放情况

[0083]

区域	乡村人口 (万人)	农村生活源		
		流量 (m <sup>3</sup> /s)	COD(mg/L)	氨氮(mg/L)
A市	261	0.00006	380.952	38.095
B市	461	0.00001	380.952	38.095
C市	57	0.00001	380.952	38.095

[0084] 表7 流域农业面源污染物排放情况

[0085]

序号	区域	种植氨氮 污染	种植氨氮浓 度 (mg/L)	畜禽		畜禽养殖浓度 (mg/L)	
				COD	氨氮	COD	氨氮
1	A市	47.75	0.45	2992.98	237.68	28.47	2.26
2	B市	83.36	7.93	2107.28	248.91	53.78	6.35
3	C市	10.83	1.03	/	/	/	/

[0086] (3) 利用EFDC水动力模型,建立某河流域污染源与断面水质响应关系,某监测断面模拟COD浓度与实测浓度、模拟氨氮浓度与实测浓度结果如图3、图4所示;

[0087] (4) 利用污染源与断面水质响应关系确定流域内污染源贡献程度判定,结果如下表:

[0088]

序号	地市	污染源名称	贡献系数
1	A市	企业1	0.087486

[0089]

2	A市	企业2	0.084797
3	A市	企业3	0.082867
4	A市	企业4	0.082598
5	A市	企业5	0.082091
6	A市	企业6	0.081253
7	A市	企业7	0.081162
8	A市	企业8	0.080174
9	A市	企业9	0.079145
10	A市	企业10	0.078983

[0090] 从而实现表征企业点源突发性水污染源事故溯源贡献程度,试验与实地测试结果相一致,

[0091] 并经对其他的3个河流也做了同样的试验,均取得了与某河流应用结果相同或相近似的结果,不再一一列举,表明方法稳定可靠,具有很强的实际应用价值,可有效用于点源突发性水污染源事故溯源贡献程度的计算,表征污染源贡献程度,有效保证对河流域环境的保护和提高流域环境管理治理效率,管理治理效率提高50%以上,有巨大的经济和社会效益。

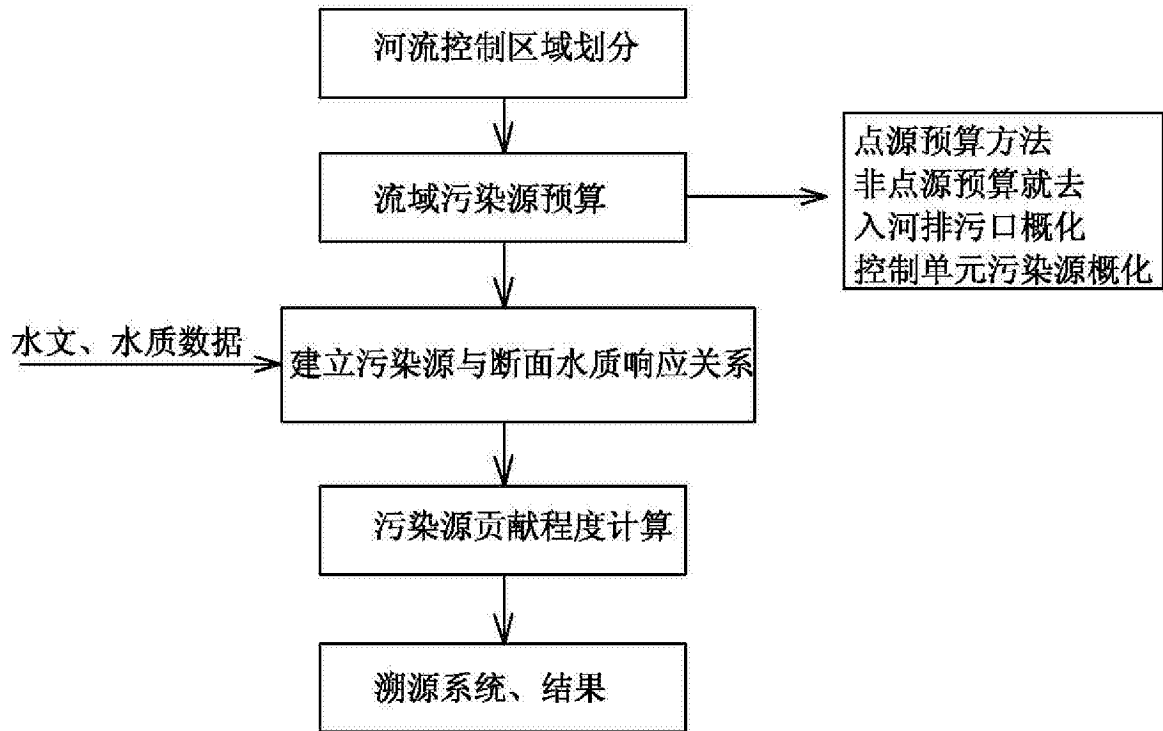


图1

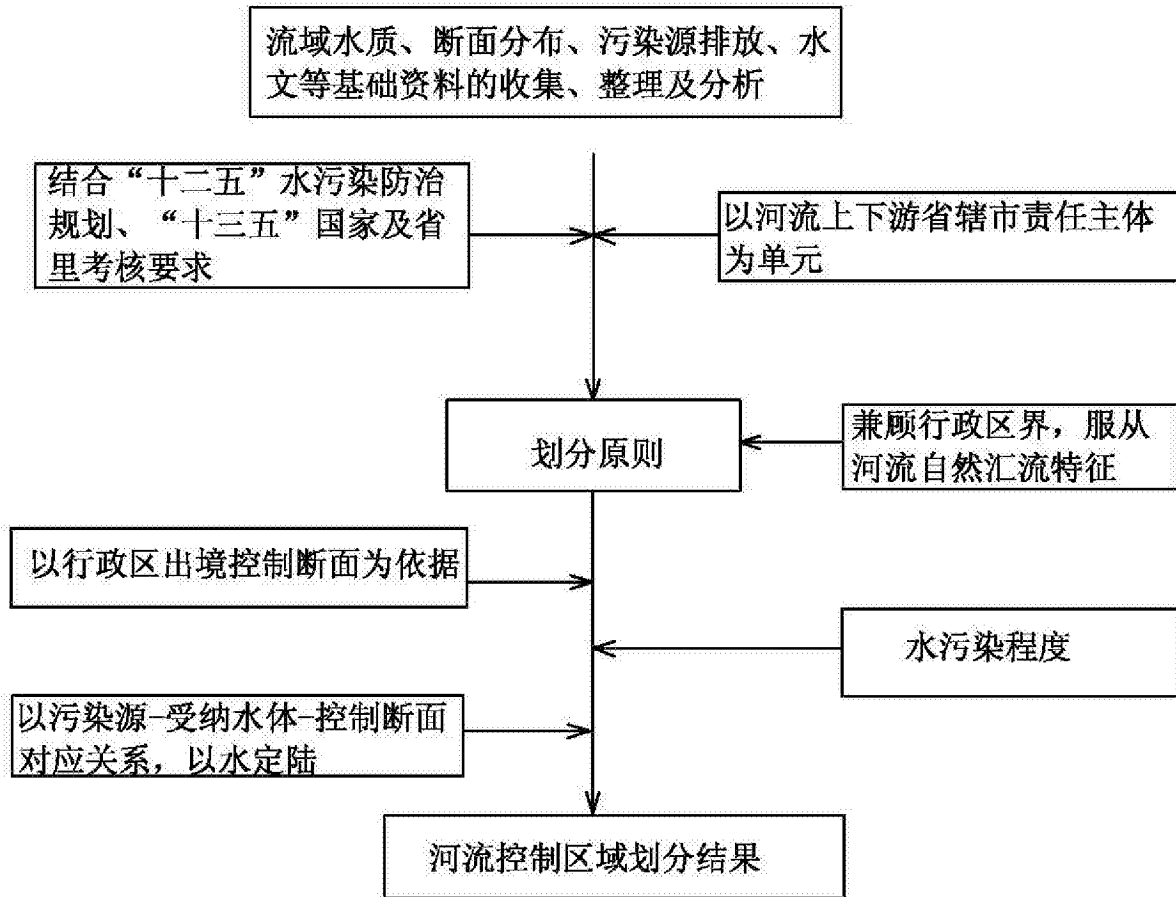


图2

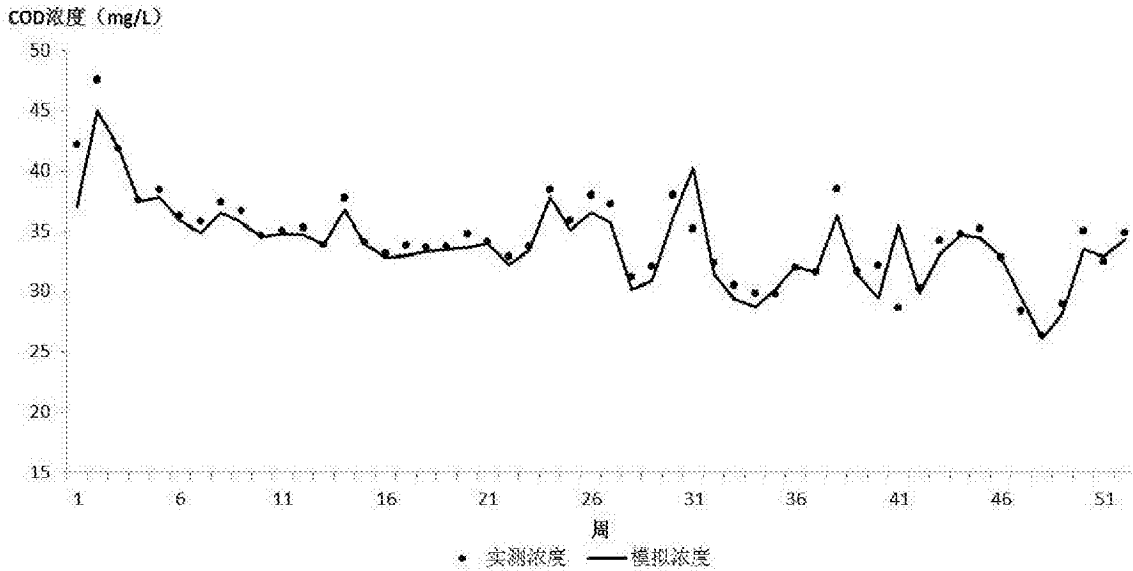


图3

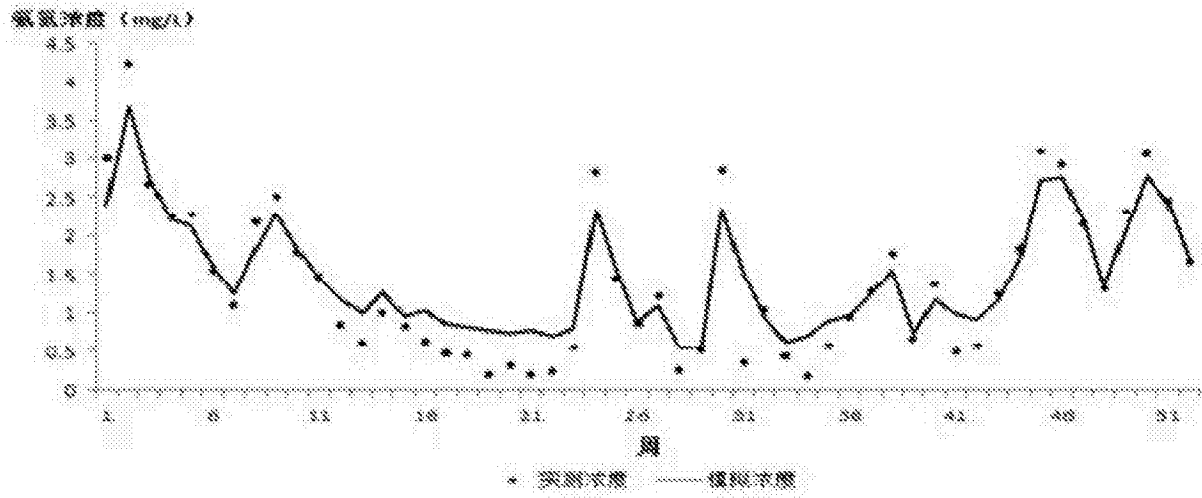


图4