

基于 WebGIS 的松花江哈尔滨段水质监测与评价系统^①

葛 腾^② 万鲁河^③ 刘 硕

(哈尔滨师范大学,黑龙江省普通高等学校地理环境遥感监测重点实验室 哈尔滨 150025)

摘 要 研究了松花江水质的监测与评价。针对松花江哈尔滨段点源众多、面源分散,水环境复杂,造成全面、快速获取流域水环境信息及准确评价流域水环境困难,影响了松花江流域大尺度综合水环境管理的问题,构建了基于网络地理信息系统(WebGIS)的松花江哈尔滨段水质监测与评价系统。该系统运用了 WebGIS 技术和水污染指数评价方法,能够快速全面地获取水质断面监测数据并快速进行水质评价,同时将评价结果结合 GIS 技术实现可视化、专题化表达,为水污染治理相关部门对水质监管控制、宏观调控、污染治理与规划提供科学依据和决策参考。

关键词 网络地理信息系统(WebGIS),松花江哈尔滨段,水环境质量,监测断面,水质评价,水污染指数

0 引 言

松花江作为我国七大水系之一,担负着为我国东北吉林以及黑龙江省提供工业生产用水和为此两省大部分人口提供生活用水的重任,同时也是生活生产污水的受水体^[1]。松花江在哈尔滨市实施“一带一路”新型开放型发展战略及振兴东北老工业基地中都发挥着重要作用。根据黑龙江省 2014 年环境状况公报显示,松花江水质状况为轻度污染,主要污染指标为化学需氧量、高锰酸盐指数、总磷和氨氮。目前哈尔滨市环境管理行政部门没有基于空间数据结合监测数据对松花江哈尔滨段流域进行信息化管理的专门软件,针对松花江水质的监测仍采用定期现场采样,实验室分析的人工方法,没有形成持续的完整的水质信息数据库,这种人工抽查式的监测方法虽然可以精确地测出每一个监测断面的水质各项参数,但数据整合困难、人工分析耗时长,不能及时、准确获得水质分析评价结果^[2],不能给出水

质评价指标在空间和时间上的分布状况,所以不能达到我国环境监测与评价的发展要求。由于 Web 技术的飞速发展,可以应用网络地理信息系统(WebGIS)技术对更多的地理信息资源进行空间检索与分析决策。本研究建立了一个基于 WebGIS、运行于 Internet 上的水质监测与评价系统,该系统可极大地方便用户通过应用地理信息服务方式解决时空化快速查询流域及水质相关信息问题,并能够在线快速获得断面水质评价结果,将该结果同遥感卫星进行水质监测手段相结合应用服务于科研人员、政府部门和公众^[3],为松花江哈尔滨段水环境科学规划提供评价数据,为区域环评、工农业项目审批提供智能化管理与决策支持。

1 系统关键技术

1.1 WebGIS 相关技术

WebGIS 是地理信息系统和互联网技术相结合的成熟的进行空间数据管理与展现及提供空间分析

① 国家自然科学基金(41501033)和国家水体污染控制与治理科技重大专项(2013ZX07201007-006)资助项目。

② 男,1988 年生,硕士生;研究方向:地图学与地理信息系统;E-mail: 402264429@qq.com

③ 通讯作者,E-mail: wanluhe@163.com

(收稿日期:2016-07-12)

服务的解决方案。同时与传统的基于 Client/Server 的 GIS 相比^[4],可通过浏览器的多种类型客户端在互联网平台实现复杂的、大规模的地理信息服务,并灵活地与其他 Web 信息服务无缝集成,在信息的快速发布、数据的实时更新、地理信息共享等方面具有更多的优势^[5]。本项目基础平台采用北京地林伟业公司自主研发的 MAPZONE 地理信息基础软件产品,分别采用 MAPZONE SERVER 地图服务引擎和 MYSQL 数据库提供地图服务和数据服务。在软件开发中采用 JavaScript 作为前端开发语言,通过引用地图服务并采用 OpenLayers 开源框架(脚本语言为 JavaScript)实现地图的展现与查询交互。软件系统的水质评价模型算法内嵌在系统中,通过 WebSer-

vice 技术应用人员可在客户端提交请求给 Web 服务器,通过在服务器调用模型算法提供水质评价服务,这样客户端无需安装任务其他插件就可以获得大型服务器才能提供的水质评价服务。

1.2 水质评价方法

本系统采用的水质评价算法为水污染指数法。水污染指数法就是对各污染指标分指数经过不同方法的数字运算得到一个综合指数,以此来对河流水污染状况进行综合评述^[6]。该方法基于单因子评价法的评价原则,依据水质类别与 WPI 值对应表(见表 1),用内插方法计算得出某一断面每个参加水质评价项目的 WPI 值,取最高 WPI 值作为该断面的 WPI 值。

表 1 水质类别与 WPI 值对应表

水质类别	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类	劣 V 类
WPI 范围	WPI = 20	20 < WPI ≤ 40	40 < WPI ≤ 60	60 < WPI ≤ 80	80 < WPI ≤ 100	WPI > 100

未超过 V 类水限值时指标 WPI 值计算公式为

$$WPI(i) = WPII(i) + \frac{WPIh(i) - WPII(i)}{Ch(i) - Cl(i)} \times (C(i) - Cl(i)) Cl(i) < C(i) \leq Ch(i) \tag{1}$$

式中,C(i)为第 i 个水质的监测浓度值,Cl(i) 为第 i 个水质所在类别标准的下限浓度值,Ch(i)为第 i 个水质所在类别标准的上限浓度值,WPII(i)为第 i 个水质所在类别标准下限浓度值所对应的指数值,WPIh(i)为第 i 个水质所在类别标准上限浓度值所对应的指数值,WPI(i)为第 i 个水质所对应的指数值。

此外,根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),两个水质等级的标准值相同时,则按低分数值区间插值计算^[7]。

超过 V 类水限值的指标 WPI 值公式为

$$WPI(i) = 100 + \frac{C(i) - C5(i)}{C5(I)} \times 40 \tag{2}$$

式中,C5(i)为第 i 个水质项目中 V 类标准浓度限值。

2 系统数据库设计

数据是软件系统平台的基础,对外提供数据的录入、编辑、查询、展现、下载,并支撑系统中集成的算法模型的运算。基于 WebGIS 的松花江哈尔滨段水质监测与评价系统的数据库包括空间地理数据库和业务属性数据库^[8]。数据存储在 MYSQL 数据库中,空间数据采用 MAPZONE 平台配套的数据引擎工具 MZGSQL FOR MYSQL 作为 GIS 通道进行数据的导入。通过平台数据层 HIBERNATE 框架实现数据的交互。在整体数据中空间地理数据库包含哈尔滨市建成区高清遥感影像数据、矢量地图数据、国控监测断面监测数据、断面空间数据。业务属性数据库包含哈尔滨市环境状况信息、水文信息、监测点信息以及全市水环境相关的工业企业信息^[9]。数据库结构见图 1。

3 系统功能设计

基于 WebGIS 的松花江哈尔滨段水质监测与评价系统解决了松花江哈尔滨段水质监测数据不能快速进行分析评价及多样化、图形界面化展示的问题。

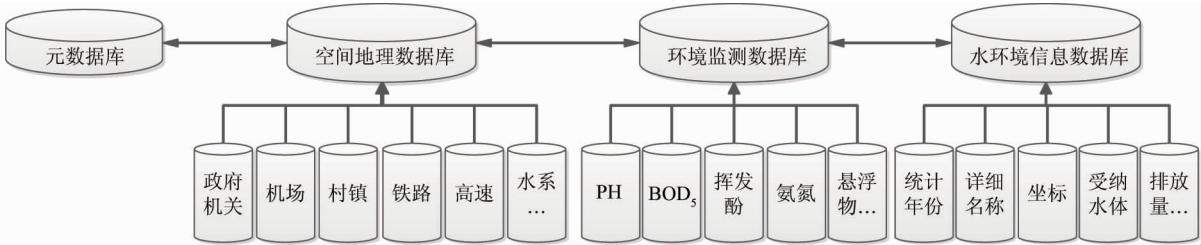


图 1 数据库结构设计

系统开发了基于多源数据的地理信息展示平台,实现了项目研究范围内不同来源、不同范围、不同数据格式空间及业务属性数据的统一存储与管理应用^[10]。

为了系统能够通过统一的水质评价方法快速地将监测水质数据进行分析评价,为了实现系统能够通过多种数据图层展示监测水质评价结果的可视化表达,本项目对多源数据的标准划分为空间数据标准化和非空间数据标准化两个方面:一是通过统一多源空间数据的参考坐标系统,使各种数据能够在统一的空间参考下使用和分析;二是制定统一完整的多源非空间数据结构,建立数据出入数据库接口

标准。在此基础上支撑系统软件功能的业务化应用。

对算法模型的整合,通过软件系统统一以功能的形式对外提供水质评价算法服务,系统将针对水质评价模拟计算的水污染指数法进行编程并同系统相结合,通过调取水质监测数据通过模型在线计算评价结果,并可通过 WebGIS 技术依据水质评价结果渲染河段,获得评价结果展示图^[11]。以此服务方式可为科研人员、政府部门提供科学的水质评价结果服务。结合系统提供的水质监测点监测数据和水质评价标准实现控制单元内水质的快速评价与展示功能(如图 2 所示)。

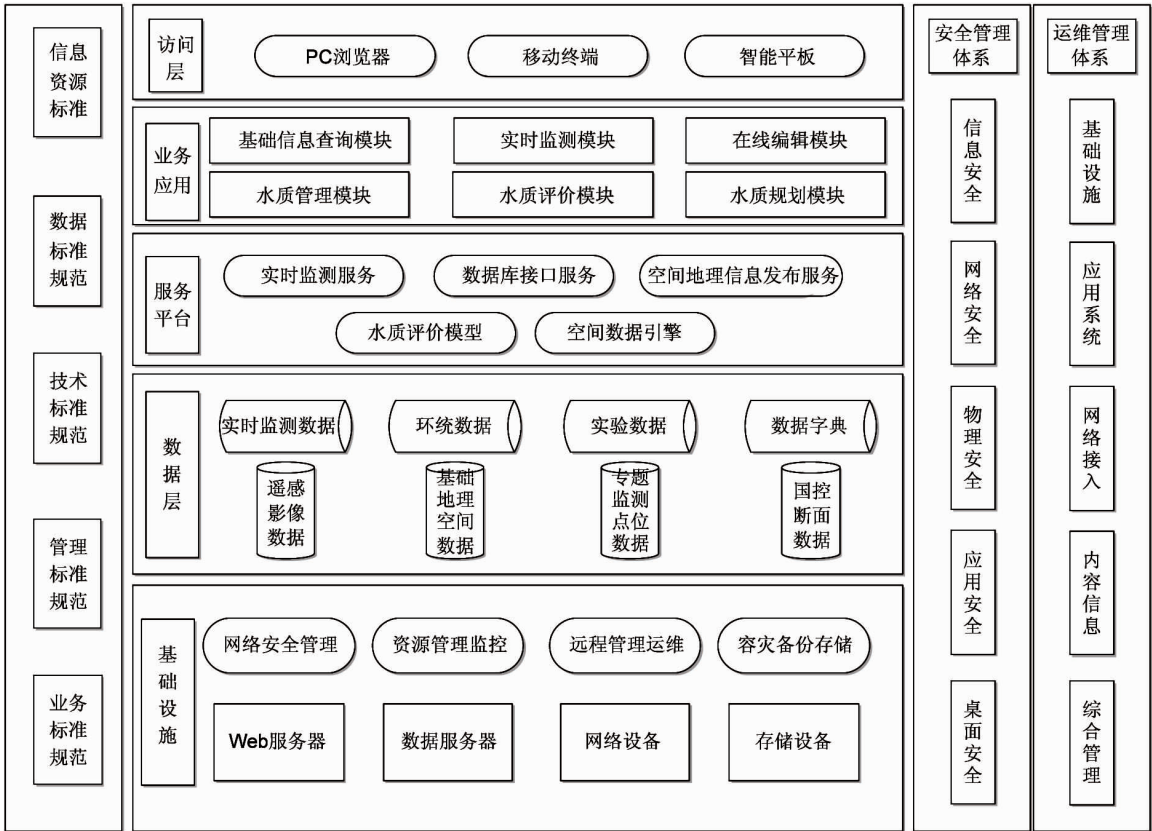


图 2 系统体系结构

3.1 地图服务与导航

软件平台加载并显示地图服务引擎发布的各种地图图层服务,并提供了影像政区服务的切换、图层的控制、地图的导航、专题图层信息的双向查询功能。数据的查询实现了多种查询方式,包括在地图上

上进行点选查询、输入查询条件或关键字查询。查

询的反馈结果能够展示地物要素的空间位置、编码、名称、属性信息等。通过对以上功能的设计,系统中空间地理数据、环境监测数据、水环境信息数据可以以多种展现方式为用户提供查询结果,从而实现用户对水环境信息及基础空间数据的获取认知^[12]。地图服务与导航展示图见图 3。

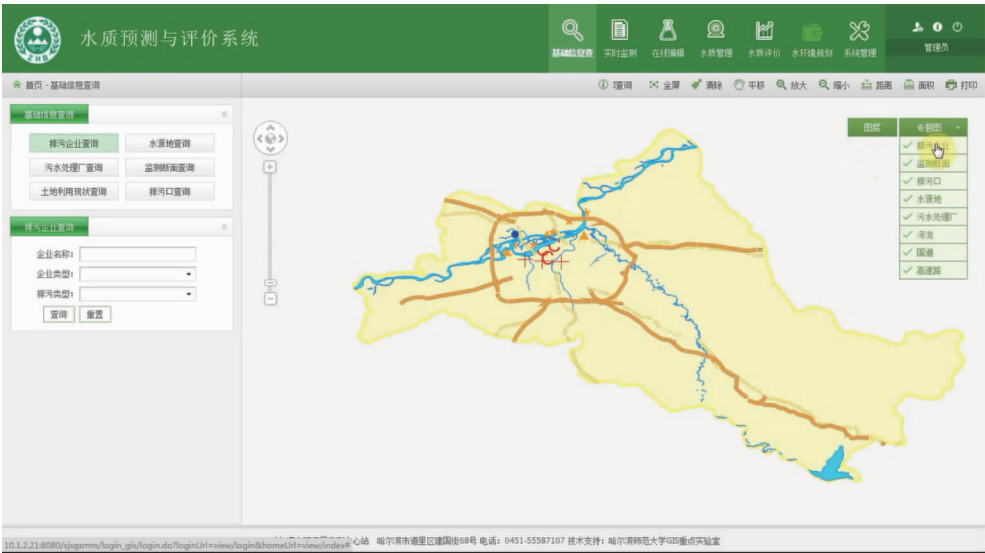


图 3 地图服务与导航展示图

3.2 水质监测

水质监测以国控监测断面和重点排污企业为单位,对水质评价所需的指标及污染物排放重点监控项目进行监测,通过软件平台人工录入及读取在线排污监测数据库数据表的方式获取监测数据,并以各种表格、图表的方式进行可视化和直观的展

现^[13]。监测数据能够反映出国控不同监测断面长时间持续性水质变化情况。其中大顶子山断面水质明显优于松花江其他支流水质,支流水质总体上呈现出季节性规律变化,春夏季水质较好、冬季水质较差。图 4 和图 5 展示了水环境监测数据查询结果。

水质预测与评价系统										
基础信息查询 实时监测 在线编辑 水质管理 水质评价 水环境规划 系统管理 管理员										
首页 - 实时监测										
实时监测										
联网数据 数据查询 统计分析 数据录入										
监测断面名称	监测次数	生化需氧量		氨氮		石油类		化学需氧量		总磷
大顶子山3月	2014-03-01	5.256	0.846	0.045	17.01	0	0.117			
大顶子山4月	2014-04-01	4.995	0.717	0.045	17.46	0	0.081			
大顶子山5月	2014-05-01	5.184	0.574	0.036	17.91	0	0.144			
大顶子山6月	2014-06-01	4.896	0.459	0.036	16.2	0	0.108			
阿什河口1月	2014-01-01	7.209	5.589	0.081	26.46	2.574	0.099			
阿什河口2月	2014-02-01	7.209	5.796	0.108	35.82	2.268	0.099			
阿什河口3月	2014-03-01	4.599	2.475	0.054	31.77	0	0			
阿什河口4月	2014-04-01	5.625	4.311	0.072	28.53	0	0			
阿什河口5月	2014-05-01	8.658	4.788	0.099	33.93	0	0.108			
阿什河口6月	2014-06-01	5.031	3.303	0.081	27.36	0	0.108			
呼兰河口1月	2014-01-01	7.335	1.782	0.054	28.17	0	0.162			
呼兰河口2月	2014-02-01	7.335	3.024	0.072	27.72	0	0.216			
呼兰河口3月	2014-03-01	0	0	0	0	0	0			
呼兰河口4月	2014-04-01	4.446	0	0.126	21.51	0	0.216			
呼兰河口5月	2014-05-01	3.951	0.705	0.054	23.58	0	0.144			
呼兰河口6月	2014-06-01	4.059	0.56	0.054	23.04	0	0.144			
20 1 2 / 2										每页 20 条, 共 36 条

图 4 水环境监测数据查询结果展示



图 5 水环境监测数据查询结果展示

3.3 水质评价

水质评价功能是通过系统读取流域国控断面的监测数值利用水污染指数法模型进行在线自动水质评价,并依据《GB3838-2002 地表水环境质量标准》及《地表水环境质量评价方法(试行)2011》,对水质评价结果进行分级^[14]。系统结合水质评价结果、流域空间数据、主要地物信息进行分级、不同颜色的渲染生成水质评价结果的专题示意图。本系统采用了松花江哈尔滨段 5 个国控断面的水质监测数据为依据,根据连续 6 年的监测统计数据,结合这一河段的

主要污染源分析,选取 6 项污染因子 (COD_{Mn}、COD_{Cr}、BOD₅、氨氮、总磷、石油类) 作为评价指标^[15]。以呼兰河口下断面的监测数据为例,运用系统进行评价,评价结果展示如图 6、图 7 所示。通过系统评价结果及评价示意图可知,松花江流域哈尔滨段干流及支流整体水质逐年向好,同期比较冬季水质较差夏季较好,松花江主要支流呼兰河、阿什河水质堪忧,是水质保护与治理的重点。

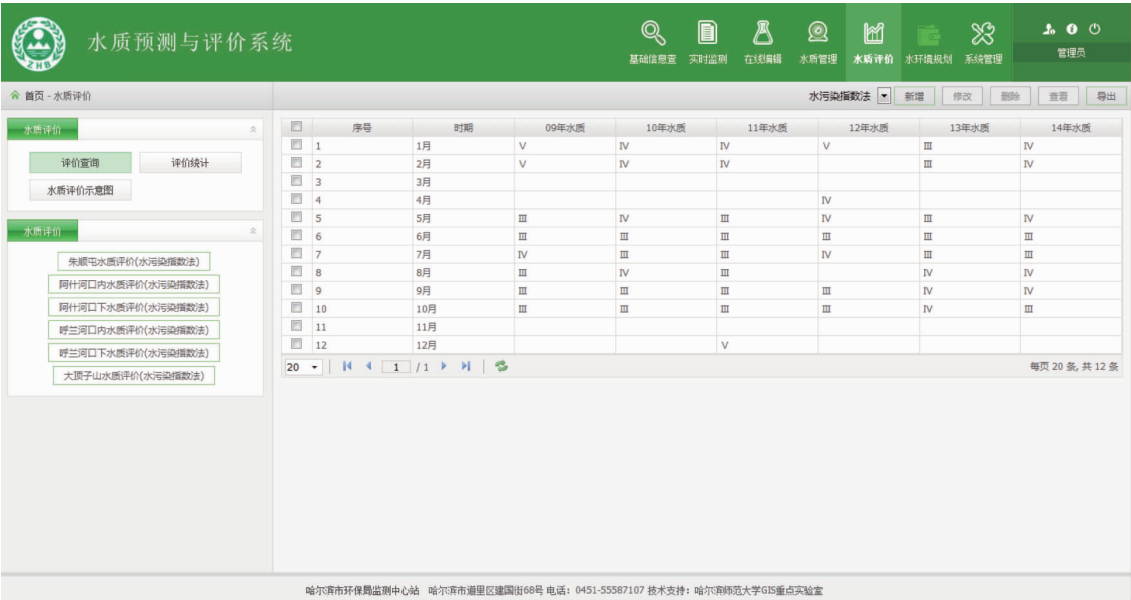


图 6 呼兰河口下断面水质评价结果图



图 7 呼兰河口下断面水质按年度评价图

4 结 论

基于 WebGIS 的松花江哈尔滨段水质监测与评价系统实现了对松花江哈尔滨段流域水质业务属性数据和空间地理基础数据的管理、展示、查询、分析评价、可视化,方便科研及环保产业中水环境相关业务人员的使用。同时,系统对水质评价算法模型进行了系统的嵌入式整合应用,通过系统存储的水质相关数据并调取水质评价算法服务实现国控断面的水质快速评价与展示,系统在水质评价的准确性上依赖于基础数据和评价算法参数的设置。因此在系统评价算法的嵌入式整合应用及系统功能优化上还有进一步的提升空间。

参考文献

[1] 孟伯阳,郝俊国,王鹏. 松花江哈尔滨段水环境质量时空变化研究. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2013,29(5):540-543

[2] Li Z A. Monitoring and assessment of water quality of centralized drinking water sources in Kaixian county during the “Twelfth Five-year plan” Period. *Meteorological and Environmental Research*, 2015,10:23-25 + 29

[3] 郭华东. 空间信息技术与西部大开发. 国土资源, 2002, 6:4-6

[4] 吴秋兰,周春华,梁勇等. 基于 WebGIS 的水质监测与

评价系统的设计. 见:第四届海峡两岸 GIS 发展研讨会暨中国 GIS 协会第 10 届年会,北京:中国地理信息系统协会, 2006. 780-785

[5] 揣媛媛,范继璋. 网络地理信息系统(Web GIS)的实现及应用研究. 长春师范学院学报(自然科学版), 2005, 24(2):59-63

[6] 张莹,刘硕,王宏. 基于 SPSS 的主成分分析法在松花江哈尔滨段的水质评价. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2015,31(3):132-135

[7] 陈仁杰,钱海雷,阚海东等. 水质评价综合指数法的研究进展. 劳动医学, 2009,26(6):581-584

[8] 吕超寅. 大庆市地下水环境监测信息系统研究:[硕士学位论文]. 北京:中国地质大学水资源与环境学院, 2006. 12-19

[9] 马欢. 松花江哈尔滨段水环境容量研究:[硕士学位论文]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 2006. 25-42

[10] 孙钰,胡小夏,赵懂等. 基于 WebGIS 的饮用水水源地水质监测与评价系统设计. 北京测绘, 2014, 1: 52-55

[11] 张洪吉. 基于 GIS 的河流水质模拟系统研究:[硕士学位论文]. 长沙:中南大学信息物理工程学院, 2008. 6-8

[12] 耿天召. 南水北调(东线)水质模拟及其可视化研究:[硕士学位论文]. 合肥:合肥工业大学资源与环境工程学院, 2006. 37-47

[13] 梁承美. 基于物联网的湖泊水质监测系统研究:[硕士学位论文]. 上海:华东理工大学机械与动力工程学院, 2014. 48-50

- [14] 樊庆新, 杨先兴, 邱微. 松花江哈尔滨段城市水环境质量评价. 中国环境科学, 2014, 34(9): 2292-2298
- [15] 薛巧英, 刘建明. 水污染综合指数评价方法与应用分析. 环境工程, 2004, 22(1): 64-69

A WebGIS based water quality monitoring and evaluation system for the Harbin section of Songhua River

Ge Teng, Wan Luhe, Liu Shuo

(Harbin Normal University, Key Laboratory of remote sensing monitoring of geographic environment,
College of Heilongjiang Province, Harbin 150025)

Abstract

The water quality monitoring and evaluation for the Songhua River were studied. In view of the situation that in the basin of the Harbin Songhua River, there exist difficulties in fast ,comprehensive collection of the complex water environment information and fast, accurate evaluation of the information caused by numerous point sources , disperse area sources and complex water sources, disperse area sources and complex water environments, a water quality monitoring and evaluation system for the Harbin section of the Songhua River was constructed. The WebGIS technique and the water pollution index assessment method are applied to this system for fast and comprehensive acquirement of the monitored data in the section of water quality and fast water quality evaluation. At the same time the evaluation results combined with GIS technology can realize visualization, project presentation. It can provide scientific basis and decision-making reference for the relevant departments of pollution control to make supervision control, macro-control and pollution control and planning.

Key words: WebGIS, Harbin section of the Songhua River, water environment quality, monitoring section, water quality assessment, water pollution index