

# Application of PLOAD Model in Predicting Spatial Pollution Load — Taking a Watershed in Beihai as an Example

Xiangzhong Xiao Yuanxun Ding Huiping Cui Dandan Zhang

North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

## Abstract

To solve the problems of difficult monitoring and quantification of non-point source pollution load in the watershed, as well as the difficulty of prevention and research, this paper selects a watershed in Beihai City, Guangxi as the research object. Combining local terrain characteristics, land use types, and average pollutant output concentration (EMC) data in the corresponding application areas, a watershed geographic spatial analysis model is constructed. Based on this, the PLOAD model is applied to calculate and evaluate the non-point source pollution load in the study area. The PLOAD model has a mature mechanism, requires fewer parameters, and has high practical value. This paper provides technical reference, method reference, and practical experience for the assessment of non-point source pollution in similar regions.

## Keywords

watershed; non point sources; pollution load; PLOAD

# PLOAD 模型在非点源污染负荷评估的应用——以北海市某流域为例

肖向忠 丁元勋 崔慧萍 张丹丹

中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 中国·天津 300000

## 摘要

为解决流域非点源污染负荷不易监测、难以量化, 防控和研究难度大的问题, 论文选取了广西北海市某一流域为研究对象, 结合当地的地形特征、土地利用类型及相应用地的污染物产出平均浓度 (EMC) 等数据资料, 构建了流域地理空间分析模型, 以此为基础, 应用 PLOAD 模型, 对研究区域内的非点源污染负荷进行计算和评估。PLOAD 模型机理成熟, 所需参数较少, 具有较高的实用价值, 论文为类似地区的流域非点源污染评估提供技术参考、方法借鉴和实践经验。

## 关键词

流域; 非点源; 污染负荷; PLOAD

## 1 引言

目前, 中国河道几乎都面临着人类过度活动造成的污染。其中, 在降水 (或融雪) 冲刷作用下, 通过径流过程而汇入受纳水体并引起水体污染的非点源污染具有分散性、隐蔽性、随机性、潜伏性、累积性和模糊性等特点, 不易监测、难以量化, 研究和防控的难度大, 因此需要一种能够预测流域内产生的非点源污染负荷的工具或手段, 如数值模拟模型<sup>[1]</sup>。

PLOAD 是由美国国家环境保护署水资源工程小组开发, 依据不同土地利用来计算流域非点源污染负荷, 是一个

基于地理信息系统 (GIS) 的流域非点源污染负荷模型。其内核成熟, 操作简便, 计算结果可视化效果好。被广泛应用于非点源污染负荷估算。

论文应用 PLOAD 模型估算研究区域内的非点源总氮 (NH<sub>3</sub>-N)、总磷 (TP)、化学需氧量 (COD) 的污染负荷量, 结合北海研究区域的土地利用、高程、河流拓扑等数据, 评估研究区内非点源污染现状。

## 2 模型原理

PLOAD 模型原理如下<sup>[2]</sup>:

$$L_p = \sum (0.01 \dot{I} P_j \dot{I} R_{uv} \dot{I} C_u \dot{I} A_u)$$

$$R_{uv} = 0.05 + (0.009 \dot{I} I_u)$$

式中:  $L_p$ ——污染负荷, kg;

$P$ ——年平均降雨量, mm/a;

$P_j$ ——降雨产流率;

【作者简介】肖向忠 (1989-), 男, 中国河北张家口人, 硕士, 工程师, 从事市政排水、城市内涝、水环境治理相关的数值模拟和工程设计研究。

- $R_{uv}$ ——用地类型 U 的地表径流系数；
- $C_u$ ——用地类型 U 的污染物产出平均浓度，mg/L；
- $A_u$ ——用地类型 U 的面积，ha；
- $I_u$ ——下垫面不透水率，%。

对于采用最佳管理措施的区域，使用 PLOAD 模型计算非点源污染负荷时应对其进行修正计算，原理如下：

$$\begin{aligned} \%AS_{BMP} &= AS_{BMP}/A_p \\ L_{BMP} &= (L_p \cdot \%AS_{BMP}) \cdot (1 - \%EEF_{BMP}/100) \\ L &= \sum L_{BMP} + L_p \cdot (A_p - \sum AS_{BMP})/A_p \end{aligned}$$

式中： $\%AS_{BMP}$ ——景观生态措施区域面积占流域面积的百分比；

- $AS_{BMP}$ ——实施景观生态措施的面积；
- $A_p$ ——流域总面积；
- $L_{BMP}$ ——实施或模拟景观生态措施区域的污染物负荷量，kg；
- $L_p$ ——流域污染物初始负荷量，kg；
- $\%EEF_{BMP}$ ——景观生态措施的污染物去除率；
- $L$ ——流域总污染物负荷量，kg。

该模型所需的基本资料有：流域边界、流域数字河网、数字高程模型（DEM）、土地利用资料、非点源产污的平均浓度以及土地不透水面积比例等。

### 3 PLOAD 模型在北海市某河道非点源污染负荷评估的应用

#### 3.1 水系拓扑

根据北海市城市水系资料可得，研究区内河网密布，连通性较好。论文主要研究的水系拓扑如图 1 所示。

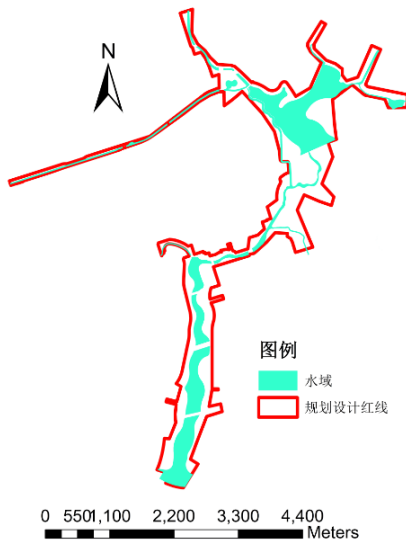


图 1 水系拓扑

#### 3.2 汇流区域

因人工改造的原因，城市地形一般较为平坦，道路形成了天然的面源汇集区域的分界线，参考《北海市城市排水（雨水）防涝综合规划》《北海城市排水（雨水）分区规划

图》，提取设计红线周围相邻的排水分区，作为面源汇集区域如图 2 所示。



图 2 面源汇集区域示意图

#### 3.3 土地利用

根据研究区城市用地规划资料，土地利用包括 YD-A1、YD-A2、YD-A3、YD-B1 等 24 类用地。用地类型多样，功能齐全。其中以住宅用地、工业用地、水域、绿地、道路（包括公共绿地和防护绿地）为主。

根据 GB50137—2011《城市用地分类与规划建设用地标准》因用地类型过于详尽而国内有关污染物产出平均浓度的数据不足，同时兼顾不同用地类型间的水文相似性，对全部用地类型进行重分类，重新分类后的用地类型如图 3 所示（其中空白区域为道路用地）。

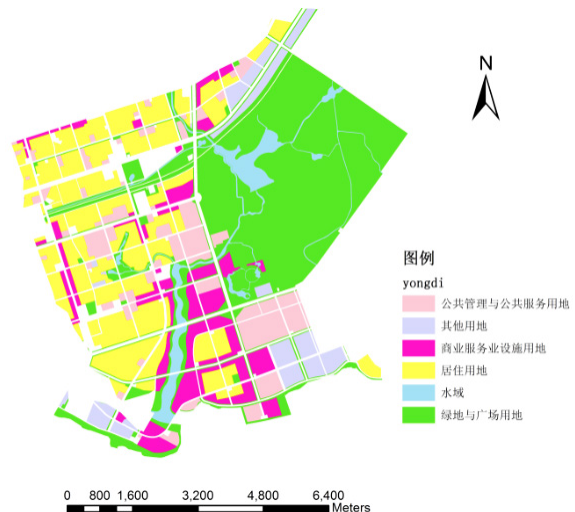


图 3 研究区域重分类后用地类型示意图

### 3.4 污染物产出平均浓度 (EMC)

根据当地实际情况,并结合其他相关研究成果,不同用地类型的 EMC 取值如表 1 所示<sup>[3]</sup>。

表 1 各用地类型污染物产出平均浓度表

用地类型	污染物产出平均浓度 (mg/L)		
	TP	NH <sub>3</sub> -N	COD
居住用地	0.85	1.36	53.67
其他用地	0.1	2.107	10
公共管理与公共服务用地	0.55	1.30	50
商业服务业设施用地	0.70	1.00	55

## 4 结论

由 PLOAD 模型计算可得,各面源污染汇集区域在没有景观生态措施的情景下污染负荷以及单位面积污染负荷如表 2 所示。

由表 2 可得,排水分区 3 的 TP 和 COD 的单位面积污染负荷最大,排水分区 5 的 NH<sub>3</sub>-N 的单位面积污染负荷最大。原因可能是排水分区 3 居住用地和商业用地较多,存在生活污水和餐饮废水就地排放的情况。因此有机污染和磷污染较为严重;排水分区 5 位于流域下游的城乡结合部,分散式养

殖产生的废水散排严重,氨氮污染严重,同时有机污染和磷污染也较为严重。由于排水分区 3 面积最大,因此该区域的 NH<sub>3</sub>-N、TP、COD 的总污染负荷均为最大。

表 2 各面源汇集区域非点源污染负荷表

面源汇集区域	TP	NH <sub>3</sub> -N	COD
	污染负荷 (kg)	污染负荷 (kg)	污染负荷 (kg)
分区 1	1224.88	5188.666	95990.31
分区 2	1674.894	3096.158	121395.2
分区 3	5431.221	11141.62	428359.4
分区 4	1025.736	7030.998	224665.3
分区 5	1763.815	7664.193	159295
总计	11120.546	34121.64	1029705

## 参考文献

- [1] 段慧,张丹,杨洪霞,等.小流域非点源水污染特征分析研究[J].三峡环境与生态,2014(6).
- [2] 栾博,殷瑞雪,徐鹏,等.基于绿色基础设施的城市非点源污染控制研究[J].中国环境科学,2019,39(4):10.
- [3] 熊丽君,刘凌,徐祖信,等.张家港西南片地区非点源的计算研究[J].环境科学与技术,2007,30(8):3-5+23.