

常用河流水质模型结构及其应用分析

龚海波, 张德栋

(甘肃省水文水资源局, 甘肃 兰州 730000)

摘要:随着科技的发展, 人类生产获取的物质越来越多, 但是伴随物质的生产, 大量的污染物质流入环境。其中相当大的一部分污染物质以无机化合物、有机化合物的形式进入河流。河流被污染后, 不仅其难以自净, 造成严重的生态环境问题, 也给人类的生产生活带来极大的危害。对各类水环境污染问题, 尤其是河流水污染的水质预报和各类可能造成河流污染生产项目进行水环境影响评价, 已是我国水利、环保部门的重要工作之一。详细阐述了常用河流水质模型及各参数意义, 进而给从事水环境监测、水环境影响评价等工作提供借鉴。

关键词:河流; 水质; 模型; 结构

水质模型是解决已知实测和预测水质初始量根据水体的运动规律, 以及水体中污染物的物理运动、化学反应和生化作用等演化规律, 评价水体或水体中某一地点水质变化的方法工具。河流水质模型是水质模型的一部分, 常用的有完全混合模型、零维模型、一维水质模型等。本文浅析常用河流水质模型原理、结构、参数, 并附以试算案例, 目的是探讨河流水质计算方法。

1 河流水质模型

1.1 完全混合模型

在河流是稳态, 排污一定, 污染物在河段内均匀混合, 污染物为持久性、不分解、不沉淀, 河流无支流和其它排污口时, 通常采用完全混合模型, 模型公式如下:

$$C = \frac{c_p Q_p + c_h Q_h}{Q_p + Q_h} \quad (1)$$

式中: C —污水与河水混合后的浓度 (mg/L);

c_p —河流上游某污染物浓度 (mg/L);

Q_p —河流上游流量 (m^3/s);

Q_h —排放口处污水量 (m^3/s);

c_h —排放口污染物浓度 (mg/L)。

拟在河边建一座工厂, 排污水流量为 $3\text{m}^3/\text{s}$, 污水中总溶解固体浓度为 2000mg/L , 河流平均流速为 0.5m/s , 平均河宽为 14.0m , 平均水深为 0.7m , 总溶解固体浓度为 300mg/L , 假定河流容许总溶解固体浓度为 450mg/L , 拟建工厂排污后河水浓度是否满足要求。采用完全混合模型, 采用式(1)计算, 排污后总溶解固体浓度为 945mg/L , 远远超过河流容许总溶解固体浓度值。因此, 该厂污水必须经过处理后, 方可直接排入河流。

1.2 零维模型

在不考虑混合距离的重金属污染物、部分有毒物质等其它持久性污染物的下游浓度预测与允许纳污量的计算, 有机物降解可忽略, 河段较浅、较窄时可采用零维模型, 常用的稳定条件下模型公式如下:

$$c = \frac{c_0}{1 + k(\frac{v}{Q})} = \frac{c_0}{1 + kt} \quad (2)$$

式中: c —流出河段的污染物浓度 (mg/L);

c_0 —进入河水的污染物浓度 (mg/L);

Q —河水的流量 (m^3/s);

v —河水流速 (m/s);

k —污染物的衰减系数。

作者简介:龚海波(1972—), 男, 甘肃兰州人, 工程师, 主要研究方向: 水文水资源研究。

有一条浅窄河流,其一段河段长1.5km,稳定排放含酚废水 Q_h 为 $0.9\text{ m}^3/\text{s}$,酚含量为 190 mg/L ,上游河水流量为 $10\text{ m}^3/\text{s}$,未含酚,河流平均流速 50 km/d ,酚的衰减系数为 2 L/d ,那么河段出口处的河水酚含量?采用式(1)和(2),经计算得河段出口处的酚浓度为 15.15 mg/L 。

1.3 一维水质模型

一维水质模型分为一维稳态水质模型和忽略弥散的一维稳态水质模型。所谓稳态,是指在均匀河段上定常排污条件下,河段横断面、流速、流量、污染物的输入量和弥散系数都不随时间变化,且不考虑源和汇。在河流较小、流速不大,弥散系数很小的情况下,可将弥散系数忽略。一维水质模型公式如下:

$$c_x = c_0 \exp\left[\frac{v}{2D}(1-m)x\right] \quad (3)$$

$$m = \sqrt{1 + \frac{4K_1 D}{v^2}} \quad (4)$$

忽略弥散的一维稳态水质模型公式:

$$c_x = c_0 \exp(-K_1 x/v) \quad (5)$$

式中: c_x —排污口下游 x 处的浓度解;

c_0 —污染物进入河水完全混合的初始浓度(mg/L);

m —污染物入河速率(g/s);

x —沿河段的纵向距离;

v —河水流速(m/s);

K_1 —污染物的衰减系数;

D —弥散系数(m^2/s)。

一个工厂扩建工程拟向河流排放污水,排污水流量 $0.15\text{ m}^3/\text{s}$,苯酚浓度为 30 mg/L ,河水流量 $5.5\text{ m}^3/\text{s}$,流速

0.3 m/s ,河流中原苯酚浓度 0.5 mg/L ,苯酚降解系数为 $0.2/\text{d}$,纵向弥散系数为 $10\text{ m}^2/\text{s}$,那么排污点下游 10 km 处的苯酚浓度?采用式(3)、(4)、(5),考虑弥散时和不考虑弥散时,下游 10 km 处处的苯酚浓度均近似为 1.19 mg/L ,可见,在稳定态下,考虑和不考虑弥散计算的结果非常接近。

2 结束语

本论述浅析了常用水质模型的模型结构,并选取典型水污染案例对模型进行试算。模型结构的解析和典型案例的试算过程及其结果可以为从事水利、环保等涉及河流水污染预报、水环境调查评价等工作提供借鉴参考。

参考文献:

- [1] 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(1): 19-25.
- [2] 丁凤岚. 环境评价概论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [3] 梁家志, 王俊, 等. 水文情报预报手册[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- [4] 何强, 井文涌, 等. 环境学导论[M]. 北京: 清华大学出版社, 1993.
- [5] 傅国伟. 环境水质数学模型及其模拟计算[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1987.
- [6] 张书农. 环境水力学[M]. 南京: 河海大学出版社, 1988.
- [7] 谢永明. 环境水质模型概论[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [8] 张立琼, 崔广博, 等. 长江江苏段水质模拟[J]. 水文, 2004, 3(1): 10-13.