

水污染治理的状态控制

赵峰

(南阳仲水环保技术应用中心, 南阳, 473000)

摘要: 文中利用水污染系统的状态方程进行控制分析, 得出: 状态控制一种进行水污染治理规划、管理的方法, 采取系统状态分解和条件控制, 将水污染系统分解为本体子系统和外部子系统, 最大化将污染物转入外部子系统, 通过状态关系三要素的控制, 保持系统的衡敛消纳和稳定性, 维持良性水体状态, 同时, 在水体污染治理的过程中, 应避免累积性污染, 预防隐性污染。

关键词: 水污染; 状态控制; 状态分解; 条件控制, 隐性污染;

中图分类号: X52; N949;

The status control of water pollution governance

ZHAO Feng

(Nanyang Zhongshui Environmental Protection technology Application Center, Nanyang
Henan, 473000, China)

Abstract: The paper uses the state equation of water pollution system to analysis, Drawn: Status Control is a methods for planning and management of water pollution treatment, Through the state decomposition and Condition Control, The Water Pollution System is decomposed into the main body subsystems and external subsystems, Put maximize contaminants into external subsystems, Controls the three elements of the Status relations, Keep the system stable storage and digestion, Maintain benign status of water body, At the same time, In the process of water pollution treatment, Should avoid cumulative pollution, Prevention the pollution for recessive.

Key words: Water Pollution; Status Control; System decomposition; Condition Control; Recessive pollution;

0 引言

水是生命的源泉, 由于人类活动的影响, 水资源受到严重污染, 为了遏制和治理水污染, 采取了各种不同的技术措施, 总结了水体污染控制的方法和技术, 取得了关于水体治理的相关经验和理论^[1-4]。一般对水污染治理的介绍都侧重于工艺技术, 欠缺理论性指导, 而对于水污染治理的顶层设计, 在水污染治理的规划设计和方案制定阶段, 更需要可验证、具有逻辑性的理论和方法。衡敛系统状态理论是对具有衰减性系统状态的研究^[5], 生态系统就是一个具有衡敛性的系统, 水体是生态系统的一部分, 水体系统的污染一般是外部系统的污染物对水体系统自然状态的输入干扰和状态叠加, 污染物质具有衰减性, 水体系统及其污染物系统都属于衡敛系统, 因此可利用衡敛系统状态控制的方法研究水污染治理问题。文中从水体污染系统展开分析, 采用衡敛系统的状态方程及性质等理论^[6-9]进行状态逻辑分析, 总结对水体污染治理进行状态控制的技术思路。

1 方法

采取系统状态方程分析的方法，以水体系统中的污染物为系统状态分析对象，将水体污染过程视为污染物对自然水体系统状态的叠加性干扰，利用衡敛系统状态方程及性质，推导水体污染物系统的叠加状态方程，通过状态的分解和分析，得出水体污染治理的控制原则和方法。

1.1 假设

假设 1，物质遵循物质不灭的质量守恒定律。

假设 2、地球系统是一个与外部环境有能量交换，但不进行物质交换，质量衡定的封闭系统，生态系统是地球系统的一个子系统，假设在较长时间跨度的自然条件下，生态系统及水体系统处于稳定的系统平衡状态，水体系统与环境系统的输入-输出相对稳定平衡。

1.2 引用

引用衡敛系统的状态方程^[5]：

$$S_t = t \cdot M_0^+ + \alpha \cdot O \quad (1)$$

式中： S_t ——系统在 t 时的状态值；

t —— 物质输入系统的时间；

M_0^+ —— 单位时间输入系统的物质中难衰减量；

O —— 系统的状态衡敛值；

α —— 衡敛系数， $1 \geq \alpha \geq 0$ ；

一定条件下，当系统处于物理稳定^[6]状态，系统增量为零，则系统状态方程：

$$S = O \quad (2)$$

1.3 概念定义、状态对象及基准值

根据水体污染治理的研究目标，将水体中的污染物设定为状态对象展开推导分析。

所述污染物的概念是广义的，包括了水体中不属于水分子的各种物质。

根据假设条件，自然条件下的生态系统及其水体子系统为稳定系统，设自然水体系统中污染物的状态值为 S_0 ，衡敛值为 O_0 ，则：

$$S_0 = O_0 \quad (3)$$

水体污染是对自然水体状态的输入性叠加干扰，因此，将自然条件下水体中污染物系统状态值 S_0 或 O_0 视为水污染状态控制研究的基准值，对应自然条件下的系统条件为初始条件。

状态衰减是指由系统输出形成的状态减量，包括了生物降解和物理减量等形式状态值减小。

2 水污染系统的状态方程

2.1 水污染系统的状态叠加

水体污染是外部污染物对水体系统污染物的输入性叠加，主要是人类的社会活动对自然环境的干扰，设水体的外部输入性污染为 S_r ，一定条件下，取衡敛系数 $\alpha = 1$ ：

$$S_r = t \cdot M_r^+ + O_r \quad (4)$$

式(4)中， M_r^+ 为单位时间非自然输入水体系统的难衰减污染物， O_r 为非自然输入水体系统的污染物衡敛值。

设受污染水体系统的污染物状态为 S ，是在基准值 S_0 上叠加了输入性污染 S_r ，其状态方程：

$$S = S_r + S_0 \quad (5)$$

将式(3)(4)代入(5)，则：

$$S = t \cdot M_r^+ + O_r + O_0 \quad (6)$$

设受污染叠加的衡敛值为 O ，即： $O = O_r + O_0$ ，则：

$$S = t \cdot M_r^+ + O \quad (7)$$

2.2 系统的输入-输出状态

设水体系统单位时间污染物的输入总量为 M ，单位时间输出量为 M' ，系统衰减输出速率为 v ，单位时间的衰减输出量是系统状态衡敛值与输出速率的乘积，即：

$$M' = O \cdot v \quad (8)$$

在系统状态的生成阶段，污染水体的状态方程 $S = t \cdot M_r^+ + O$ ，单位时间输入量 M 大于单位时间输出量 M' ，系统处于不平衡状态， $M > O \cdot v$ 。

M_r^+ 是一个相对的难衰减值，随着时间的延长以及系统中累积难衰减物质的增多，系统原有的内部环境发生改变，难衰减累积物的稳定性受到条件干扰， M_r^+ 有转化为易衰减物的趋势。

水体系统空间有容量极限，系统污染物 S 必然有状态极限。根据系统物理稳定性^[6]，极限状态下， M 是可衰减物，系统状态值 S 等于衡敛值 O ，则系统输入-输出平衡， $M = M'$ ，即：

$$M = O \cdot v \quad (9)$$

因此，水体系统一般的输入-输出状态关系：

$$M \geq M' \text{ 或 } M \geq O \cdot v \quad (10)$$

3 结果

一定条件下, 水体污染是对自然水体状态的污染叠加, 受污染水体的污染状态方程:

$$S = S_r + S_0 \text{ 或 } S = t \cdot M_r^+ + O$$

水体系统污染物的输入-输出状态关系: $M \geq O \cdot v$

4 讨论

4.1 水体污染的防治及控制原则

首选将水体污染防治及控制的原则归纳为以下几个基本点:

- 1、水体系统应保持良性的水质状态;
- 2、水体系统状态具有相对的稳定性;
- 3、水体系统状态具有可控性;

4.2 关于水体系统状态的破坏

相对理想的水体系统状态是指在较长时间跨度, 不受人因为因素影响的自然水体系统, 保持相对稳定的水体状态, 系统状态值 $S_0 = O_0$, 系统 S_0 对应的环境条件为初始条件。

受到污染的水体中, 污染物状态方程为: $S = t \cdot M_r^+ + O_r + O_0$

$S > S_0$, 水体系统中的污染物状态值偏离且高于 S_0 , 则可视为水体系统状态受到了干扰或破坏, 偏离值越大, 则水体系统受到的污染越大, 水体系统状态受到的破坏越大。

4.3 水污染治理的控制

4.3.1 状态关系三个要素

根据水体系统污染物输入-输出的一般状态关系, $M \geq O \cdot v$, 水体系统状态控制的三个要素关系是: 单位时间输入量、系统衡敛状态值、系统衰减输出速率。

根据稳定系统的状态平衡方程, $M = O \cdot v$, 若单位时间输入量 M 一定, 则系统衰减速率 v 与衡敛值 O 呈反比, 衰减速率 v 越大, 衡敛状态值 O 越小。若衰减速率 v 一定, 则 M 与 O 呈正比, 单位时间输入量越大, 状态值越大, 减小单位时间输入量, 则系统状态值减小。

4.3.2 源头治理

S_0 为基准状态值, 根据污染水体的状态方程, $S = S_r + S_0$, 输入性污染 S_r 越大, S 越大,

偏离 S_0 越多, 污染越严重, 因此, 保持水体状态 S 趋于 S_0 , 就要减小输入性状态值 S_p , 降低输入可减小状态值, 从水污染源治理, 减少单位时间污染物输入 M , 则减轻后续水体的污染。

4.3.3 过程治理的控制

设定目标状态: 初始条件对应的系统状态 S_0 是一个理想状态, 现实水体是受到人类活动干扰的水体, 现实控制中, 将符合水体环境标准的污染物系统状态作为目标状态, 目标状态为 S_0' 。

将控制目标水体状态 S_0' 设定为水体污染治理的状态控制基准值, 水污染的治理则是控制水体污染状态趋于基准状态 S_0' 。根据物质不灭的质量守恒定律, 水体的污染物质不会无缘无故消失, 在污染物衰减的过程中, 必然以一定条件存在于一定空间。水体污染治理的方法是采取条件控制和路径设计的方法, 对水体污染物的系统状态分解, 并引导污染物容纳于可控的子系统空间。

根据衡敛系统的守恒律^[7], 对水体污染物系统分解, 将污染水体系统状态 S 分解为至少两个子系统, 把系统 S_1 设定为趋于目标系统 S_0' 的本体子系统, S_2 、 S_n 为消纳污染物的外部子系统。则:

$$S = S_1 + S_2 \text{ 或 } S = S_1 + S_2 + \dots + S_n \quad (11)$$

将单位时间输入污染物量 M 分为输入本体子系统的 M_1 和输入外部子系统的 M_2 , 即:

$$M = M_1 + M_2 \quad (12)$$

当 M 值一定, 单位时间输入外部子系统的量 M_2 越大, 则输入本体子系统的量 M_1 越小, M_1 越小, 对自然水体的叠加污染越小, 越有利于保持良性水体状态。因此, 增大外部子系统单位时间输入量是一种水体污染治理的控制方法, 可减少本体子系统单位时间输入量。

根据输入-输出状态方程中的状态关系, 当系统单位时间输入 M 一定时, 系统衰减速率 v 越大, 则系统的状态值越小。因此, 提高系统衰减速率是一种水体污染治理的控制方法。

水污染治理的状态控制是将系统状态分解为本体子系统和外部子系统, 保持系统的衡敛消纳^[8], 根据衡敛系统状态关系的要素控制, 分别进行水体系统本体状态控制和外部状态控制。

4.4 累积性污染与隐性污染

根据水体污染物系统的状态方程, $S = t \cdot M_p^+ + O$, 水体污染物状态有一个状态生成的过程, 随着污染物的输入, 水体系统有污染物逐步累积的过程。

将污染水体系统 S 分解为流体子系统 S_1' 和累积物子系统 S_2' , 将水体污染物单位时间输入量 M 分解为输入流体子系统的 M_1 和累积物子系统的 M_2 , 累积子系统内的污染物因物理、化学作用

存在衰减输出, 单位时间累积物子系统的输出为 M_2' , 累积物子系统存在于流体子系统中, 忽略其他因素, 累积物子系统的输出路径是进入流体子系统, 累积物子系统的输入-输出是互逆关系。

设流体子系统的单位时间输出为 M_1' , 则:

$$M_1' = M_1 + M_2' \quad (13)$$

由式(10)的状态关系得出: $M_2 \geq M_2'$, 因此, 当累积物子系统 S_2' 达到状态极限, $M_2 = M_2'$, 则由式(13)得, $M_1' = M_1 + M_2$, 水体中流体子系统单位时间输出污染物质最大。

把污染物由累积物子系统输入流体子系统而形成的水质污染称为水体系统累积性污染, 而克服累积性污染的方法是开辟新的输出路径, 避免污染物直接向流体子系统中输出。

根据式(13), M_2' 越小, 则 M_1' 就小, 水体的水质污染表现越轻。 M_1' 由最小逐步增大的过程, 也是污染物向累积物子系统中累积的过程, 在一定时间段中 M_1' 的增量则不明显, 这个过程是个水质隐性变化的阶段, 将这一时期的污染称为隐性污染。

隐性污染的危害在于将水质污染的表象隐藏, 污染具有时滞性, 当累积物子系统达到一定条件, 累积性污染的输出突变增大, 水体污染物增多, 在较短时间就能引发水体水质的恶化。

因此, 在水体污染治理中, 要监控并避免累积性污染, 预防隐性污染。

5 结论

文中通过衡敛状态方程等工具, 对水体污染进行分析, 得出:

1、水体污染物系统是衡敛系统, 水体中污染物状态关系方程为 $M \geq O \cdot v$, 单位时间污染物输入量、系统衡敛值, 系统衰减速率是系统状态关系的三个要素, 通过对系统状态三要素的管理, 影响系统状态的变化和方向。

2、水体污染治理的状态控制: 通过条件控制和路径设计, 对水体污染系统进行结构性分解, 将水体系统分解为本体子系统和外部子系统, 使污染物最大化转入外部子系统, 保持系统衡敛消纳, 以外部子系统的状态控制影响水体系统状态。

3、污染水体中存在累积性污染和隐性污染现象, 日常治理中, 应监控并避免累积性污染, 预防隐性污染现象。

[参考文献] (References)

- [1] 王郁. 水污染控制工程(化工版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [2] 高延耀, 顾国维, 周琪. 水污染控制工程(高教版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [3] 彭党聪. 水污染控制工程(冶工版) [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010.
- [4] 孙体昌, 娄金生. 水污染控制工程(机工版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [5] 赵峰. 开放系统状态的收敛表达式 [J]. 软件, 2011, 32 (4): 79-83.

- [6] 赵峰. 物理稳定性的状态模式[J]. 中国科技论文在线精品论文, 2011, 4(15):1376-1381..
- [7] 赵峰, 衡敛系统的性质及其推导[J]. 软件, 2011, 32(3): 69-72
- [8] 赵峰. 污泥衡敛消纳法的应用分析[J]. 中国科技论文在线精品论文. 2010. 3(24): 2512-2516.
- [9] 赵峰. 衰减湮灭的状态方程及状态控制[J]. 软件, 2012, 33(1): 23-26