

ICS 13.020
Z 05



中华人民共和国国家标准

GB/T 25173—2010

水域纳污能力计算规程

**Code of practice for computation on allowable permitted
assimilative capacity of water bodies**

2010-09-26 发布

2011-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

<https://www.slzjxx.cn>
水利造价信息网

目 次

前言

1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 基本程序	5
5 河流纳污能力数学模型算法	6
6 湖(库)纳污能力数学模型算法	7
7 水域纳污能力污染负荷算法	9
8 合理性分析与检验	10
附录 A(资料性附录) 数学模型及参数	12

<https://www.sljzjxx.com/>
 水利造价信息网

前 言

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中华人民共和国水利部提出并归口。

本标准主要起草单位：长江流域水资源保护局。

本标准主要起草人：洪一平、程晓冰、袁弘任、石秋池、穆宏强、刘平、敖良桂、吴国平。

<https://www.slzjxx.cn/>
水利造价信息网

水域纳污能力计算规程

1 范围

本标准规定了水域纳污能力计算的技术要求、基本程序、方法以及成果的合理性分析与检验。

本标准适用于江河、湖泊、水库、运河、渠道等已划定水功能区的地表水域有机污染物的纳污能力计算。尚未划定水功能区的水域可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- SL 219—1998 水环境监测规范
- SL 278—2002 水利水电工程水文计算规范
- SL 395—2007 地表水资源质量评价技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

水功能区 water function zone

为满足水资源合理开发、利用、节约和保护的需求，根据水资源的自然条件和开发利用现状，按照流域综合规划、水资源保护规划和经济社会发展要求，依其主导功能划定并执行相应水环境质量标准的水域。

注：水功能区采用一、二两级区划的分级分类系统。

一级水功能区分为保护区、保留区、缓冲区和开发利用区四级。

二级水功能区在开发利用区中划分为饮用水源区、工业用水区、农业用水区、渔业用水区、景观娱乐用水区、过渡区和排污控制区七类。

3.2

水功能区水质目标 water quality target of water function zone

根据水功能区水质现状、排污状况、不同水功能区的特点、水资源配置对水功能区的要求以及技术经济条件，拟定的水功能区现状条件和规划条件下的水质保护目标。

3.3

水域纳污能力 permissible pollution bearing capacity of water bodies

在设计水文条件下，满足计算水域的水质目标要求时，该水域所能容纳的某种污染物的最大数量。

3.4

水质目标浓度值 target concentration of water quality

与水功能区水质目标对应的某种污染物浓度限值，用 Q_s 表示。

3.5

初始浓度值 initial concentration

水功能区或计算河段起始断面的某种污染物浓度值，用 Q_0 表示。

3.6

河流 river

江河、渠道和运河的总称。

3.7

湖(库) lake

湖泊和水库的总称。

3.8

污染物入河量 pollution load entering water body

直接或通过沟、渠、管道等设施进入河流、湖(库)的污染物数量。

3.9

数学模型计算法 mathematical model method

根据水域特性、水质状况、设计水文条件和水功能区水质目标值,应用数学模型计算水域纳污能力的方法。

3.10

污染负荷计算法 pollution load method

根据影响水功能区水质的陆域范围内入河排污口、污染源和经济社会状况,计算污染物入河量,确定水域纳污能力的方法。

4 基本程序

4.1 数学模型计算法程序

宜按下列程序进行:

- 水功能区基本资料的调查收集和分析整理;
- 根据规划和管理需求,分析水域污染特性、入河排污口状况,确定计算水域纳污能力的污染物种类;
- 确定设计水文条件;
- 根据水域扩散特性,选择计算模型;
- 确定 Q_0 和 Q_1 值;
- 确定模型参数;
- 计算水域纳污能力;
- 合理性分析和检验。

4.2 污染负荷计算法程序

4.2.1 分类

污染负荷计算法可分为实测法、调查统计法和估算法。

4.2.2 实测法

宜按下列程序进行:

- 根据规划和管理要求,确定计算水域纳污能力的污染物;
- 根据入河排污口的排放方式,拟定入河排污口监测方案;
- 实测入河排污口水量和污染物浓度;
- 计算污染物入河量,确定水域纳污能力;
- 合理性分析和检验。

4.2.3 调查统计法

宜按下列程序进行:

- 根据规划和管理要求,确定计算水域纳污能力的污染物;

- b) 调查统计污染源及其排放量；
- c) 分析确定污染物入河系数；
- d) 计算污染物入河量，确定水域纳污能力；
- e) 合理性分析和检验。

4.2.4 估算法

宜按下列程序进行：

- a) 根据规划和管理要求，确定计算水域纳污能力的污染物；
- b) 调查影响水功能区水质的陆域范围内人口、工业产值、第三产业年产值等；
- c) 调查分析单位人均、万元工业产值和第三产业万元产值污染物排放系数；
- d) 估算污染物排放量；
- e) 分析确定污染物入河系数；
- f) 计算污染物入河量，确定水域纳污能力；
- g) 合理性分析和检验。

5 河流纳污能力数学模型算法

5.1 一般规定

5.1.1 采用数学模型计算河流水域纳污能力，应根据污染物扩散特性，结合我国河流具体情况，按计算河段的多年平均流量 Q 将计算河段划分为以下三种类型：

- $Q \geq 150 \text{ m}^3/\text{s}$ 的为大型河段；
- $15 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 150 \text{ m}^3/\text{s}$ 的为中型河段；
- $Q \leq 15 \text{ m}^3/\text{s}$ 的为小型河段。

5.1.2 采用数学模型计算河流水域纳污能力，可按下列情况对河道特征和水力条件进行简化：

- a) 断面宽深比不小于 20 时，简化为矩形河段；
- b) 河段弯曲系数不大于 1.3 时，简化为顺直河段；
- c) 河道特征和水力条件有显著变化的河段，应在显著变化处分段。

5.1.3 有多个入河排污口的水域，可根据排污口的分布、排放量和对水域水质影响等进行简化。

5.1.4 有较大支流汇入或流出的水域，应以汇入或流出的断面为节点，分段计算水域纳污能力。

5.2 基本资料调查收集

5.2.1 采用数学模型计算河流水域纳污能力的基本资料应包括水文资料、水质资料、入河排污口资料、旁侧出入流资料及河道断面资料等。

5.2.2 水文资料包括计算河段的流量、流速、比降、水位等。资料应能满足设计水文条件及数学模型参数的计算要求。

5.2.3 水质资料包括计算河段内各水功能区的水质现状、水质目标等。资料应既能反映计算河段主要污染物，又能满足计算水域纳污能力对水质参数的要求。

5.2.4 入河排污口资料包括计算河段内入河排污口分布、排放量、污染物浓度、排放方式、排放规律以及入河排污口所对应的污染源等。

5.2.5 旁侧出、入流资料包括计算河段内旁侧出、入流的位置、水量、污染物种类及浓度等。

5.2.6 河道断面资料包括计算河段的横断面和纵剖面资料。资料应能反映计算河段河道简易地形现状。

5.2.7 基本资料应出自有相关资质的单位。当相关资料不能满足计算要求时，可通过扩大调查收集范围和现场监测获取。

5.3 污染物的确定

5.3.1 根据流域或区域规划要求，应以规划管理目标所确定的污染物作为计算河段水域纳污能力的污染物。

5.3.2 根据计算河段的污染特性,应以影响水功能区水质的主要污染物作为计算水域纳污能力的污染物。

5.3.3 根据水资源保护管理要求,应以对相邻水域影响突出的污染物作为计算水域纳污能力的污染物。

5.4 设计水文条件

5.4.1 计算河流水域纳污能力,应采用**90%**保证率最枯月平均流量或近**10**年最枯月平均流量作为设计流量。

5.4.2 季节性河流、冰封河流,宜选取不为零的最小月平均流量作为样本,按**5.4.1**的规定计算设计流量。

5.4.3 流向不定的水网地区和潮汐河段,宜采用**90%**保证率流速为零时的低水位相应水量作为设计水量。

5.4.4 有水利工程控制的河段,可采用最小下泄流量或河道内生态基流作为设计流量。

5.4.5 以岸边划分水功能区的河段,计算纳污能力时,应计算岸边水域的设计流量。

5.4.6 设计水文条件的计算按**SL 278—2002**的规定执行。

5.5 河流零维模型

5.5.1 污染物在河段内均匀混合,可采用河流零维模型计算水域纳污能力。主要适用于水网地区的河段。

5.5.2 根据入河污染物的分布情况,应划分不同浓度的均匀混合段,分段计算水域纳污能力。

5.5.3 河流零维模型的水域纳污能力计算公式参见**A.1.1**;污染物综合衰减系数**K**值的确定参见**A.3.3**。

5.6 河流一维模型

5.6.1 污染物在河段横断面上均匀混合,可采用河流一维模型计算水域纳污能力。主要适用于 $Q < 150 \text{ m}^3/\text{s}$ 的中小型河段。

5.6.2 河流一维模型的水域纳污能力计算参见**A.1.2**;污染物综合衰减系数**K**值的确定参见**A.3.3**。

5.7 河流二维模型

5.7.1 污染物在河段横断面上非均匀混合,可采用河流二维模型计算水域纳污能力。主要适用于 $Q \geq 150 \text{ m}^3/\text{s}$ 的大型河段。

5.7.2 污染物连续恒定排放,横断面为矩形的河段,可用模型的解析解计算水域纳污能力。

5.7.3 河流二维模型的水域纳污能力计算参见**A.1.3**;污染物综合衰减系数**K**、横向扩散系数 **E_y** 值的确定参见**A.3.3**和**A.3.4**。

5.8 河口一维模型

5.8.1 感潮河段,可采用河口一维模型计算水域纳污能力。

5.8.2 河口一维模型的水力参数应取潮汐半周期的平均值,按稳定流条件计算水域纳污能力。

5.8.3 潮汐河口水域纳污能力的计算参见**A.1.4**;纵向离散系数 **E_L** 值的确定参见**A.3.5**。

6 湖(库)纳污能力数学模型算法

6.1 一般规定

6.1.1 不同类型的湖(库)应采用不同的数学模型计算水域纳污能力。

根据湖(库)的污染特性,将湖(库)按不同情况区分以下类型:

- a) 按平均水深和水面面积区分大型、中型、小型;
- b) 按水体营养状态指数区分富营养化型;
- c) 按水体交换系数区分分层型;
- d) 按平面形态区分珍珠串型。

6.1.2 根据湖(库)枯水期的平均水深和水面面积划分。

划分的类型如下:

- a) 平均水深不小于 10 m;
 - 1) 水面面积大于 25 km^2 的为大型湖(库);
 - 2) 水面面积在 $2.5 \text{ km}^2 \sim 25 \text{ km}^2$ 的为中型湖(库);
 - 3) 水面面积小于 2.5 km^2 的为小型湖(库)。
- b) 平均水深小于 10 m;
 - 1) 水面面积大于 50 km^2 的为大型湖(库);
 - 2) 水面面积在 $5 \text{ km}^2 \sim 50 \text{ km}^2$ 的为中型湖(库);
 - 3) 水面面积小于 5 km^2 的为小型湖(库)。

6.1.3 营养状态指数不小于 50 的湖(库),宜采用富营养化模型计算湖(库)水域纳污能力。水体营养状态指数的计算按 SL 395—2007 的规定执行。

6.1.4 平均水深小于 10 m、水体交换系数 $\alpha < 10$ 的湖(库),宜采用分层模型计算水域纳污能力。水体交换系数 α 的计算按 SL 278—2002 附录 D 的规定执行。

6.1.5 珍珠串型湖(库)可分为若干区(段),各分区(段)分别按湖(库)或河流计算水域纳污能力。

6.1.6 入湖(库)排污口比较分散,可根据排污口分布进行简化。均匀混合型湖(库),入湖(库)排污口可简化为一个排污口,计算水域纳污能力。

6.2 基本资料调查收集

6.2.1 采用数学模型计算湖(库)水域纳污能力的基本资料应包括水文资料、水质资料、排污口资料、库周入流和出流的水量水质资料、湖(库)水下地形资料等。

6.2.2 水文资料包括湖(库)水位、库容曲线、流速、入库流量和出库流量等。资料应能满足设计水文条件及数学模型参数的计算要求。

6.2.3 水质资料包括湖(库)水功能区水质现状、水质目标等。资料应能反映计算湖(库)的主要污染物,又能满足计算水域纳污能力对水质参数的要求。

6.2.4 入湖(库)排污口资料包括排污口分布、排放量、污染物浓度、排放方式、排放规律以及入湖(库)排污口所对应的污染源资料等。

6.2.5 湖(库)周入流、出流资料包括湖(库)入流和出流位置、水量、污染物种类及浓度等。

6.2.6 湖(库)水下地形资料应能够反映湖(库)简要地形现状。

6.2.7 基本资料应出自有相关资质的单位。当相关资料不能满足计算要求时,可通过扩大调查范围和现场监测获取。

6.3 污染物的确定

6.3.1 根据流域或区域规划要求,应以规划管理目标所确定的污染物作为计算湖(库)水域纳污能力的污染物。

6.3.2 根据湖(库)污染物特性及水域特征,应以影响湖(库)水质的主要污染物作为计算水域纳污能力的污染物。

6.4 设计水文条件

6.4.1 湖(库)应采用近 10 年最低月平均水位或 90% 保证率最枯月平均水位相应的蓄水量作为设计水量。

水库也可采用死库容相应的蓄水量作为设计水量。

6.4.2 计算湖(库)部分水域纳污能力时,应采用相应水域的设计水量。

6.4.3 设计水文条件的计算按 SL 278—2002 的规定执行。

6.5 湖(库)均匀混合模型

6.5.1 污染物均匀混合的湖(库),应采用均匀混合模型计算水域纳污能力。主要适用于中小型湖(库)。

6.5.2 湖(库)均匀混合模型的水域纳污能力计算参见 A.2.1,综合衰减系数 K 的确定参见 A.3.3。

6.6 湖(库)非均匀混合模型

6.6.1 污染物非均匀混合的湖(库),应采用非均匀混合模型计算水域纳污能力。主要适用于大中型湖(库)。

6.6.2 根据入湖(库)排污口分布和污染物扩散特征,宜划分不同的计算水域,分区计算水域纳污能力。

6.6.3 湖(库)非均匀混合模型的水域纳污能力计算参见 A.2.2,综合衰减系数 K 的确定参见 A.3.3。

6.7 湖(库)富营养化模型

6.7.1 富营养化湖(库),宜采用狄龙模型计算氮、磷的水域纳污能力。

6.7.2 水流交换能力较弱的湖(库)湾水域,宜采用合田健模型计算氮、磷的水域纳污能力。

6.7.3 狄龙模型及合田健模型参见 A.2.3。

6.8 湖(库)分层模型

6.8.1 具有水温分层湖(库),可采用分层模型计算湖(库)水域纳污能力。

6.8.2 分层型湖(库)应按分层期和非分层期分别计算水域纳污能力。分层期,按湖(库)分层模型计算水域纳污能力;非分层期,可按相应的湖(库)模型计算水域纳污能力。

6.8.3 分层型湖(库)的水域纳污能力计算参见 A.2.4。

7 水域纳污能力污染负荷算法

7.1 一般规定

7.1.1 污染负荷法计算水域纳污能力,可根据实际情况,采用实测法、调查统计法或估算法。

7.1.2 应以影响水功能区水质的陆域作为调查和估算范围,收集基本资料。

7.1.3 资料收集的内容应按计算方法的要求确定。实测法以调查收集或实测入河排污口资料为主;调查统计法以调查收集工矿企业、城镇生活污水排放资料为主;估算法以调查收集工矿企业和第三产业产值、产值以及城镇人口资料为主。

7.1.4 应根据管理和规划的要求,用实测法、调查统计法和估算法计算得到的污染物入河量作为水域纳污能力。

7.2 基本资料调查收集

7.2.1 实测法所需资料应包括入河排污口位置、分布、排放量、污染物浓度、排放方式、排放规律以及入河排污口所对应的污染源等。

7.2.2 调查统计法所需资料应包括下列内容:

- 工矿企业地理位置、生产工艺、废水和污染物产生量、排放量以及排放方式、排放去向和排放规律等;
- 城镇生活污水排放量、污染物种类及浓度等。

7.2.3 估算法所需资料应包括下列内容:

- 工矿企业产品、产量,单位产品用、耗、排水量等;
- 城镇人口数量、人均生活用水量等;
- 第三产业产值、万元产值废污水排放量等。

7.3 污染物的确定

7.3.1 应根据管理和规划要求,确定计算水域纳污能力的污染物。

7.3.2 应根据工矿企业类型、城镇生活污水的主要污染物确定计算水域纳污能力的污染物。

7.4 实测法

7.4.1 实测法应拟定监测方案,对水质、水量进行同步监测,计算入河排污口污染物入河量,确定水域纳污能力。

7.4.2 监测方案应根据入河排污口位置和排放方式拟定。

7.4.3 入河排污口水量、水质同步监测的方法按 **SL 219—1998** 的规定执行。

7.4.4 污染物入河量应根据水质、水量同步监测成果分析计算。

7.4.5 水域纳污能力应根据污染物入河量分析确定。

7.5 调查统计法

7.5.1 调查统计法应通过调查统计影响水功能区水质的陆域范围内的工矿企业、城镇废污水排放量，分析确定污染物入河系数，计算污染物入河量，确定水域纳污能力。

7.5.2 污染物排放量应根据工矿企业及城镇废污水排放量分析计算。

7.5.3 入河系数应通过不同地区典型污染源的污染物排放量和入河量的监测调查资料分析，按式(1)计算，也可分析采用相似地区的入河系数。

$$\text{入河系数} = \frac{\text{污染物入河量}}{\text{污染物排放量}} \quad \text{..... (1)}$$

7.5.4 污染物入河量应根据污染物排放量和入河系数，按式(2)计算。

$$\text{污染物入河量} = \text{入河系数} \times \text{污染物排放量} \quad \text{..... (2)}$$

7.5.5 水域纳污能力应根据污染物入河量分析确定。

7.6 估算法

7.6.1 估算法应根据影响水功能区水质的陆域范围内的工矿企业和第三产业产值、城镇人口，分析拟定万元产值和人口的废污水排放系数，计算污染物排放量，再根据入河系数估算污染物入河量，确定水域纳污能力。

7.6.2 工矿企业、第三产业和城镇人口应根据当地经济社会统计资料分析确定。

7.6.3 工矿企业、第三产业和城镇废污水排放系数可通过调查分析确定，也可根据典型地区实测资料分析计算。

7.6.4 工矿企业和第三产业废水排放量应根据产值和废水排放系数分别估算。

城镇生活污水排放量应根据城镇人口和污水排放系数估算。

7.6.5 工业企业、第三产业和城镇生活污染物入河系数应按式(1)确定。

7.6.6 工业企业、第三产业和城镇生活污染物入河量应按式(2)计算。

7.6.7 水域纳污能力应根据工业企业、第三产业和城镇生活污染物入河量分析确定。

8 合理性分析与检验

8.1 合理性分析与检验的内容

水域纳污能力计算的合理性分析与检验应包括基本资料的合理性分析、计算条件简化和假定的合理性分析、模型选择与参数确定的合理性分析与检验，以及水域纳污能力计算成果的合理性分析与检验。

8.2 基本资料的合理性分析

基本资料的合理性分析应符合以下要求：

- a) 水文资料：对河流和湖(库)的流(水)量、流速、水位等进行代表性、一致性和可靠性分析，分析方法按 **SL 278—2002** 的规定执行；
- b) 水质资料：对水质监测断面、监测频次、时段、污染因子、水质状况等，应结合地区污染源及排污状况，进行代表性、可靠性和合理性分析；
- c) 入河排污口资料：根据入河排污口实测或调查资料，对入河排污口的废污水排放量、排放规律、污染物浓度等资料用类比法进行合理性分析；
- d) 陆域污染源资料：根据当地经济社会发展水平、产业结构、GDP、取水量、工农业用水量、生活用水量、废污水处理水平等资料，按照供、用、耗、排水的关系分析废污水排放量、污染物及其排放量等，分析其合理性；

- e) 河流、湖(库)特征资料,对调查收集到的河流和湖(库)河道断面、水下地形、比降等资料,可采用不同方法获得的资料进行对比,分析其可靠性和合理性。

8.3 计算条件简化和假定的合理性分析

计算条件简化和假定的合理性分析,应通过对比,分析河流、湖(库)边界条件、水力特性、入河排污口等的简化是否合理,能否满足所选模型的假定条件,确定的代表断面是否能够反映水功能区的水质状况。

8.4 数学模型选用、参数确定的合理性分析与检验

数学模型选用、参数确定的合理性分析与检验,应符合以下要求:

- a) 根据计算水域的水力特性、边界条件、污染物特性等,分析所选数学模型和参数以及适用范围的合理性;
- b) 与已有的实验结果和研究成果比较,分析模型参数的合理性;也可通过实测资料,对模型参数及模型计算结果进行验证。

8.5 水域纳污能力计算成果的合理性分析与检验

水域纳污能力计算成果的合理性分析与检验,应符合以下要求:

- a) 可根据河段现状污染物排放量,结合水质现状,分析计算成果的合理性;
- b) 与上下游或条件相近的水功能区水域纳污能力比较,分析计算成果的合理性;
- c) 采用不同的模型计算水域纳污能力,通过比较,分析计算成果的合理性;
- d) 根据当地自然环境、水文特点、污染物排放及水质状况等,分析判断一条河流、一个水系或整个流域的水域纳污能力计算成果的合理性。

附 录 A
(资料性附录)
数学模型及参数

A.1 河流纳污能力计算模型

A.1.1 河流零维模型

适用于污染物均匀混合的小型河段,其计算模型如下:

a) 河段的污染物浓度按式(A.1)计算:

$$\sigma = (\sigma_0 Q_0 + \sigma_1 Q) / (Q_0 + Q) \quad \text{..... (A.1)}$$

式中:

σ ——污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

σ_0 ——排放的废污水污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

σ_1 ——初始断面的污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

Q_0 ——废污水排放流量,单位为立方米每秒(m³/s);

Q ——初始断面的入流流量,单位为立方米每秒(m³/s)。

b) 相应的水域纳污能力按式(A.2)计算:

$$M = (\sigma_1 - \sigma_0)(Q + Q_0) \quad \text{..... (A.2)}$$

式中:

M ——水域纳污能力,单位为克每秒(g/s);

σ_1 ——水质目标浓度值,单位为毫克每升(mg/L);

其余符号意义同前。

A.1.2 河流一维模型

适用于污染物在横断面上均匀混合的中、小型河段。其计算模型如下:

a) 河段的污染物浓度按式(A.3)计算:

$$\sigma_x = \sigma_0 \exp\left[-K \frac{x}{u}\right] \quad \text{..... (A.3)}$$

式中:

σ_x ——流经 x 距离后的污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

x ——沿河段的纵向距离,单位为米(m);

u ——设计流量下河道断面的平均流速,单位为米每秒(m/s);

K ——污染物综合衰减系数,单位为负一次方秒(1/s);

其余符号意义同前。

b) 相应的水域纳污能力按式(A.4)计算:

$$M = (\sigma_1 - \sigma_x)(Q + Q_0) \quad \text{..... (A.4)}$$

式中符号意义同前。

c) 入河排污口位于计算河段的中部时(即 $x = L/2$ 时),水功能区下断面的污染物浓度及其相应的水域纳污能力分别按式(A.5)和式(A.6)计算:

$$\sigma_{x=L} = \sigma_0 \exp(-KL/u) + \frac{m}{Q} \exp(-KL/u) \quad \text{..... (A.5)}$$

$$M = (\sigma_1 - \sigma_{x=L})(Q + Q_0) \quad \text{..... (A.6)}$$

式中:

m ——污染物入河速率,单位为克每秒(g/s);

C_{p-L} ——水功能区下断面污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

其余符号意义同前。

A.1.3 河流二维模型

适用于污染物非均匀混合的大型河段。对于顺直河段,忽略横向流速及纵向离散作用,且污染物排放不随时间变化时,二维对流扩散方程为式(A.7):

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - KC \quad \text{..... (A.7)}$$

式中:

E_y ——污染物的横向扩散系数,单位为平方米每秒(m²/s);

y ——计算点到岸边的横向距离,单位为米(m);

其余符号意义同前。

a) 二维对流扩散方程公式(A.7)的求解方法如下:

1) 河道断面为矩形,式(A.7)的解析解按式(A.8)计算:

$$C(x, y) = \left[C_0 + \frac{m}{h \sqrt{\pi E_y x}} \exp \left(-\frac{v}{4x} \cdot \frac{y^2}{E_y} \right) \right] \exp \left(-K \frac{x}{v} \right) \quad \text{..... (A.8)}$$

式中:

$C(x, y)$ ——计算水域代表点的污染物平均浓度,单位为毫克每升(mg/L);

其余符号意义同前。

2) 以岸边污染物浓度作为下游控制断面的控制浓度时,即 $y=0$,岸边污染物浓度按式(A.9)计算:

$$C(x, 0) = \left[C_0 + \frac{m}{h \sqrt{\pi E_y x}} \right] \exp \left(-K \frac{x}{v} \right) \quad \text{..... (A.9)}$$

式中:

$C(x, 0)$ ——纵向距离为 x 的断面岸边($y=0$)污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

v ——设计流量下计算水域的平均流速,单位为米每秒(m/s);

h ——设计流量下计算水域的平均水深,单位为米(m);

其余符号意义同前。

3) 相应的水域纳污能力按式(A.10)或式(A.11)计算:

$$M = [C_s - C(x, y)] Q \quad \text{..... (A.10)}$$

当 $y=0$,

$$M = [C_s - C(x, 0)] Q \quad \text{..... (A.11)}$$

式中符号意义同前。

b) 二维对流扩散方程公式(A.7)也可采用数值法求解。当污染物为非恒定排放,也可按差分法推求数值解。用数值法求得计算水域代表点的污染物平均浓度 $C(x, y)$,按式(A.10)计算水域纳污能力。

A.1.4 河口一维模型

适用于受潮汐影响的河口水域。河口一维模型按式(A.12)计算:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u_x \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(E_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) - KC \quad \text{..... (A.12)}$$

式中:

u_x ——水流的纵向流速,单位为米每秒(m/s);

E_z ——纵向离散系数,单位为平方米每秒(m^2/s);

其余符号意义同前。

潮汐河段的水力参数可按高潮平均和低潮平均两种情况,简化为稳态流进行计算。如果污染物排放不随时间变化,涨潮与落潮的污染物浓度分别按式(A.13)和式(A.14)计算。

涨潮($x < 0$, 自 $x=0$ 处排入)

$$C(x)_+ = \frac{C_0 Q_0}{(Q_0 + Q_p)N} \exp\left[\frac{u_z x}{2E_z}(1+N)\right] + C_0 \quad \text{..... (A.13)}$$

落潮($x > 0$)

$$C(x)_- = \frac{C_0 Q_0}{(Q_0 + Q_p)N} \exp\left[\frac{u_z x}{2E_z}(1-N)\right] + C_0 \quad \text{..... (A.14)}$$

其中, N 为中间变量,按式(A.15)计算:

$$N = \sqrt{1 + 4KE_z/u_z^2} \quad \text{..... (A.15)}$$

式中:

$C(x)_+$ 、 $C(x)_-$ ——分别为涨、落潮的污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

其余符号意义同前。

相应的水域纳污能力按式(A.16)计算:

$$M = \begin{cases} Q_+ (C_0 - C(x)_+), & x < 0 \\ Q_- (C_0 - C(x)_-), & x > 0 \end{cases} \quad \text{..... (A.16)}$$

式中:

Q_+ 、 Q_- ——分别为计算水域涨潮、落潮的平均流量,单位为立方米每秒(m^3/s);

其余符号意义同前。

A.2 湖(库)纳污能力计算模型

A.2.1 湖(库)均匀混合模型

适用于污染物均匀混合的小型湖(库)。其计算模型为:

a) 污染物平均浓度按式(A.17)计算:

$$C(t) = \frac{m + m_0}{K_1 V} + \left(C_0 - \frac{m + m_0}{K_1 V} \right) \exp(-K_1 t) \quad \text{..... (A.17)}$$

其中

$$K_1 = \frac{Q_L}{V} + K \quad \text{..... (A.18)}$$

$$m_0 = C_0 Q_L \quad \text{..... (A.19)}$$

式中:

K_1 ——中间变量,单位为负一次方秒($1/\text{s}$);

C_0 ——湖(库)现状污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

m_0 ——湖(库)入流污染物排放速率,单位为克每秒(g/s);

V ——设计水文条件下的湖(库)容积,单位为立方米(m^3);

Q_L ——湖(库)出流量,单位为立方米每秒(m^3/s);

t ——计算时段长,单位为秒(s);

$C(t)$ ——计算时段 t 内的污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

其余符号意义同前。

b) 当流人和流出湖(库)的水量平衡时,小型湖(库)的水域纳污能力按式(A.20)计算:

$$M = (C_s - C_0)V \quad \text{..... (A.20)}$$

式中符号意义同前。

A.2.2 湖(库)非均匀混合模型

适用于污染物非均匀混合的大、中型湖(库)。当污染物入湖(库)后,污染仅出现在排污口附近水域时,按式(A.21)计算水域纳污能力:

$$M = (C_s - C_0) \exp\left[\frac{K\phi h_L r^2}{2Q_p}\right] Q_p \quad \text{..... (A.21)}$$

式中:

ϕ ——扩散角,由排放口附近地形决定。排放口在开阔的岸边垂直排放时, $\phi = \pi$; 湖(库)中排放时, $\phi = 2\pi$;

h_L ——扩散区湖(库)平均水深,单位为米(m);

r ——计算水域外边界到入河排污口的距离,单位为米(m);

其余符号意义同前。

A.2.3 湖(库)富营养化模型

适用于富营养化型湖(库)。其计算模型如下:

a) 狄龙模型按式(A.22)计算:

$$P = \frac{L_p(1 - R_p)}{\beta} \quad \text{..... (A.22)}$$

$$R_p = 1 - \frac{W_{\text{出}}}{W_{\text{入}}} \quad \text{..... (A.23)}$$

$$\beta = Q_s/V \quad \text{..... (A.24)}$$

式中:

P ——湖(库)中氮、磷的平均浓度,单位为克每立方米(g/m^3);

L_p ——年湖(库)氮、磷单位面积负荷,单位为克每平方米年($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$);

β ——水力冲刷系数,单位为负一次方年($1/\text{a}$);

Q_s ——湖(库)年出流量,单位为立方米每年(m^3/a);

R_p ——氮、磷在湖(库)中的滞留系数,单位为负一次方年($1/\text{a}$);

$W_{\text{出}}$ ——年出湖(库)的氮、磷量,单位为吨每年(t/a);

$W_{\text{入}}$ ——年入湖(库)的氮、磷量,单位为吨每年(t/a);

其余符号意义同前。

b) 湖(库)中氮或磷的水域纳污能力按式(A.25)计算:

$$M_N = L_1 \cdot A \quad \text{..... (A.25)}$$

$$L_1 = \frac{P_s h Q_s}{(1 - R_p)V} \quad \text{..... (A.26)}$$

式中:

M_N ——氮或磷的水域纳污能力,单位为吨每年(t/a);

L_1 ——单位湖(库)水面积,氮或磷的水域纳污能力,单位为毫克每平方米年($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$);

A ——湖(库)水面积,单位为平方米(m^2);

P_s ——为湖(库)中磷(氮)的年平均控制浓度,单位为克每立方米(g/m^3);

其余符号意义同前。

c) 对于湖(库)湾的水域纳污能力计算,可采用合田健模型,按式(A.27)计算:

$$M_N = 2.7 \times 10^{-8} C_s \cdot H(Q_s/V + 10/Z) \cdot S \quad \text{..... (A.27)}$$

式中:

M_N ——磷或氮的水域纳污能力,单位为吨每年(t/a);

2.7×10^{-4} ——换算系数；

C_0 ——水质目标值，单位为毫克每升(mg/L)；

H ——湖(库)平均水深，单位为米(m)；

Z ——湖(库)计算水域的平均水深，单位为米(m)；

$10/Z$ ——沉降系数，单位为负一次方年(1/a)；

S ——不同年型平均水位相应的计算水域面积，单位为平方千米(km²)；

其余符号意义同前。

A.2.4 湖(库)分层模型

适用于温度分层的湖(库)。其计算模型如下：

a) 污染物浓度按下列公式计算：

1) 分层期($0 < t/86\,400 < t_1$)按式(A.28)计算：

$$C_{M(1)} = \frac{C_{PM} Q_{PM} / V_M}{K_{LM}} - \frac{(C_{PM} Q_{PM} / V_M - K_{LM} C_{M(1-1)})}{K_{LM}} \exp(-K_{LM} t) \quad \text{..... (A.28)}$$

其中

$$C_{M(1)} = \frac{C_{PM} Q_{PM} / V_M}{K_{LM}} - \frac{(C_{PM} Q_{PM} / V_M - K_{LM} C_{M(1-1)})}{K_{LM}} \exp(-K_{LM} t) \quad \text{..... (A.29)}$$

$$K_{LM} = \frac{Q_{PM}}{V_M} + \frac{K}{86\,400} \quad \text{..... (A.30)}$$

$$K_{LM} = \frac{Q_{PM}}{V_M} + \frac{K}{86\,400} \quad \text{..... (A.31)}$$

2) 非分层期($t_1 < t/86\,400 < t_2$)按式(A.32)计算：

$$C_{M(1)} = \frac{C_P Q_P / V}{K_A} - \frac{(C_P Q_P / V - K_A C_{M(1)})}{K_A} \exp(-K_A t) \quad \text{..... (A.32)}$$

其中

$$C_{M(1)} = C_A \quad \text{..... (A.33)}$$

$$K_A = \frac{Q_P}{V} + \frac{K}{86\,400} \quad \text{..... (A.34)}$$

公式(A.28)~(A.34)中：

C_M ——分层湖(库)上层污染物的平均浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

C_{PM} ——向分层湖(库)上层排放的污染物浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

Q_{PM} ——排入分层湖(库)上层的废水量，单位为立方米每秒(m³/s)；

V_M ——分层湖(库)上层体积，单位为立方米(m³)；

K_{LM} 、 K_{LM} ——中间变量；

C_M ——分层湖(库)非成层期污染物平均浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

t_1 ——分层期天数，单位为天(d)；

t_2 ——分层期起始时间到非分层期结束的天数，单位为天(d)；

C_M ——分层湖(库)下层污染物的平均浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

C_{PM} ——向分层湖(库)下层排放的污染物浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

Q_{PM} ——排入分层湖(库)下层的废水量，单位为立方米每秒(m³/s)；

V_M ——分层湖(库)下层体积，单位为立方米(m³)；

K_A ——中间变量；

C_P ——分层湖(库)上、下层混合后污染物的平均浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

C_A ——湖(库)中污染物现状浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

下标 1——时间序列号；

其余符号意义同前。

- b) 相应的水域纳污能力按式(A.35)计算:

$$M = \begin{cases} (C_{m0} + C_{m0}) \cdot V, & \text{分层期} \\ C_{m0} \cdot V, & \text{非分层期} \end{cases} \quad \text{..... (A.35)}$$

式中符号意义同前。

A.3 模型参数的确定

A.3.1 水功能区水质目标浓度 C_0 值

应根据水功能区的水质目标、水质状况、排污状况和当地技术经济等条件确定。

A.3.2 初始断面污染物浓度 C_0 值

应根据上一个水功能区的水质目标浓度值 C_0 确定。

A.3.3 综合衰减系数 K

可采用下列方法确定:

- a) 分析借用

将计算水域以往工作和研究中的有关资料,经过分析检验后可以采用。无计算水域的资料时,可借用水力特性、污染状况及地理、气象条件相似的邻近河流的资料。

- b) 实测法

选取一个顺直、水流稳定、无支流汇入、无入河排污口的河段,分别在其上游(A点)和下游(B点)布设采样点,监测污染物浓度值和水流流速,按式(A.36)计算 K 值:

$$K = \frac{u}{\Delta X} \ln \frac{C_A}{C_B} \quad \text{..... (A.36)}$$

式中:

ΔX ——上下断面之间距离,单位为米(m);

C_A ——上断面污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

C_B ——下断面污染物浓度,单位为毫克每升(mg/L);

其余符号意义同前。

- 1) 对于湖(库),选取一个入河排污口,在距入河排污口一定距离处分别布设2个采样点(近距离处,A点,远距离处,B点),监测污水排放流量和污染物浓度值。按式(A.37)计算 K 值:

$$K = \frac{2Q_p}{\phi H(r_A^2 - r_B^2)} \ln \frac{C_A}{C_B} \quad \text{..... (A.37)}$$

式中:

r_A 、 r_B ——分别为远近两测点距排放点的距离,单位为米(m);

其余符号意义同前。

- 2) 用实测法测定综合衰减系数,应监测多组数据取其平均值。

- c) 经验公式法

可采用怀特经验公式,按式(A.38)或式(A.39)计算:

$$K = 10.3 Q^{-1.0} \quad \text{..... (A.38)}$$

或

$$K = 39.6 P - 0.34 \quad \text{..... (A.39)}$$

式中:

P ——河床湿周,单位为米(m);

其余符号意义同前。

d) 各地还可根据实际情况采用其他方法拟定综合衰减系数。

A.3.4 横向扩散系数 E_y

可采用下列方法：

a) 现场示踪实验估值法

应按以下步骤进行：

- 1) 示踪物质的选择。常用罗丹明-B或氯化物。
- 2) 示踪物质的投放。可用瞬时投放或连续投放。
- 3) 示踪物质的浓度测定。至少在投放点下游设两个以上断面，在时间和空间上同步监测。
- 4) 计算扩散系数。可采用拟合曲线法。

b) 经验公式估算法

可按下列公式进行：

- 1) 费休公式。按式(A.40)和式(A.41)计算：

顺直河段：

$$E_y = (0.1 \sim 0.2) H \sqrt{g H J} \quad \text{..... (A.40)}$$

弯曲河段：

$$E_y = (0.4 \sim 0.8) H \sqrt{g H J} \quad \text{..... (A.41)}$$

式中：

E_y ——水流的横向扩散系数，单位为平方米每秒(m^2/s)；

H ——河道断面平均水深，单位为米(m)；

g ——重力加速度，单位为米每二次方秒(m/s^2)；

J ——河流水力比降。

- 2) 泰勒公式，适合于宽深比 $B/H \leq 100$ 的河流，按式(A.42)计算：

$$E_y = (0.053 H + 0.003 5 B) \sqrt{g H J} \quad \text{..... (A.42)}$$

式中：

B ——河流平均宽度，单位为米(m)；

其余符号意义同前。

A.3.5 纵向离散系数 E_z

可采用下列方法估算：

a) 水力因素法。通过实测断面流速分布，按式(A.43)计算：

$$E_z = -\frac{1}{A} \sum_{i=1}^n q_i \Delta Z \left[\sum_{i=1}^n \frac{\Delta Z}{E_z h_i} \left(\sum_{i=1}^n q_i \Delta Z \right) \right] \quad \text{..... (A.43)}$$

式中：

ΔZ ——分带宽度，可分成等宽，单位为米(m)；

h_i ——分带 i 平均水深，单位为米(m)；

q_i ——分带 i 偏差流量， $q_i = h_i \cdot \Delta Z \cdot u_i$ ，单位为立方米每秒(m^3/s)；

u_i ——分带 i 偏差流速， $u_i = u_i - u$ ，单位为米每秒(m/s)；

$\bar{u}_i$ ——分带 i 的平均流速，单位为米每秒(m/s)；

其余符号意义同前。

b) 经验公式估值法。可按下列公式计算：

- 1) 爱尔德公式(适用河流)

$$E_z = 5.93 H \sqrt{g H J} \quad \text{..... (A.44)}$$

- 2) 费休公式(适用河流)

$$R_x = 0.011 \frac{v^2 B^2}{(H \sqrt{g H})} \dots\dots\dots (A.45)$$

3) 鲍登公式(适用河口)

$$R_x = 0.295 u H \dots\dots\dots (A.46)$$

4) 迪奇逊公式(适用河口)

$$R_x = 1.23 U_{\max}^2 \dots\dots\dots (A.47)$$

式中:

$U_{\max}$ ——河口最大潮速,单位为米每秒(m/s);

其余符号意义同前。