

### 污水生物处理系统能效测算方法

Calculation method for energy efficiency of wastewater biological  
treatment system

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

# 目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 缩略语.....	1
5 处理系统范畴.....	2
6 能耗说明.....	2
7 能效测算方法.....	2
7.1 总体要求.....	2
7.2 总电耗的计算.....	2
7.3 每日负荷的计算.....	3
7.4 总需氧量的计算.....	3
7.5 比能耗的计算及校正.....	4
附 录 A（资料性附录）.....	5

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国质量检验协会水环境工程技术与装备专业委员会提出并归口。

本文件起草单位：……。

本文件主要起草人：……。

# 污水生物处理系统能效测算方法

## 1 范围

本文件规定了污水生物处理系统的范畴、能耗说明和能效测算方法。

本文件适用于分析、评估污水生物处理系统的性能和效率，也适用于核算、管理污水生物处理的能耗指标和设备。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50014-2006 室外排水设计规范

HJ 495 水质采样方案设计技术规定

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**污水生物处理 wastewater biological treatment**

利用微生物的代谢能力去除污水中有机污染物，属于污水处理中能耗占比比较高的过程。

[来源：T/CAQI 58-2018，3.1，有修改]

### 3.2

**比能耗 specific energy consumption**

对污水生物处理设备进行能耗分析的标准能效指标，以总电耗比总需氧量计算。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

COD：化学需氧量（Chemical oxygen demand）

DO：溶解氧（Dissolved oxygen）

NO<sub>2</sub>-N：亚硝态氮（Nitrite nitrogen）

NO<sub>3</sub>-N：硝态氮（Nitrate nitrogen）

NOR：净氧化物质转移（Net oxidizable mass removed）

SEC：比能耗（Specific energy consumption）

TKN：总凯氏氮（Total Kjeldahl nitrogen）

VSS: 挥发性悬浮固体 (Volatile suspended solids)

## 5 处理系统范畴

污水生物处理系统包括:

- 生物反应器, 包括但不限于膜生物反应器、循环式活性污泥法、序批式活性污泥法、厌氧-好氧法、厌氧-缺氧-好氧法、氧化沟、生物滤池等;
- 固液分离过程涉及的设备, 包括但不限于离心机、气浮机或膜过滤组件等;
- 各类泵, 包括但不限于加药泵、回流泵、提升泵、曝气泵等;
- 其他设备, 包括但不限于加热设备、循环水风机、搅拌机、冷却设备等。

## 6 能耗说明

6.1 污水生物处理系统的能耗, 可分为两部分, 包括:

- 曝气系统能耗, 包括鼓风曝气、机械曝气装置和反冲洗设备的能耗;
- 其他机械系统能耗, 包括各类泵、搅拌、离心分离、加热/冷却系统等能耗。

6.2 可参照附录 A 对各数值进行统计测算。

## 7 能效测算方法

### 7.1 总体要求

能效测算中的所有值应加以说明是实测值或理论值。

### 7.2 总电耗的计算

#### 7.2.1 基本要求

总电耗的计算应满足以下要求:

- a) 污水生物处理系统所有动力设备均应安装电能表, 电耗通过电能表进行测量;
- b) 污水生物处理系统中变频设备或间歇式设备的电耗计算应采用均值;
- c) 纳入计算清单中设备的电耗均应以日耗电量进行计算。

#### 7.2.2 计算清单

总电耗的计算清单包括:

- 曝气设备, 包括生物处理系统中所有的鼓风曝气设备和反冲洗设备等的电耗;
- 搅拌设备, 包括加药搅拌设备、用于厌氧和缺氧或在生物处理系统曝气段的任何类型的搅拌器和搅拌器驱动的电耗;
- 泵, 包括生物处理系统混合液循环的泵的电耗, 排泥泵、进水提升泵、加药泵、水和污泥的回流泵及滴滤池循环等其他类型泵的电耗。

### 7.2.3 计算公式

污水生物处理系统的总电耗，按式（1）计算：

$$W = \sum_{j=1}^n W_j \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$W$  ——污水生物处理系统的总电耗，单位为千瓦时每天（kWh/d）；

$j$  ——纳入总电耗计算清单中（参见 7.2.2）的设备数目。

## 7.3 每日负荷的计算

### 7.3.1 基本要求

污水生物处理系统每日负荷的计算应满足以下要求：

- 各组分的进水浓度应采用预处理后的浓度；
- 各组分的浓度应来源于 24 h 混合样品的测定值；
- 各组分的流量和浓度应包括滤池反冲洗和污泥处理的回流；
- 各组分浓度的采样应符合 HJ 495 中规定的技术要求和原则；
- 各组分的测定流量或设计流量，应采用日平均流量值；
- 去除 COD、TKN 等各工艺阶段耗氧污染物的耗氧量及 DO 均应纳入计算。

### 7.3.2 计算公式

污水生物处理系统的耗氧污染物或供氧物质的每日负荷 $LR_i$ 按式（2）计算：

$$LR_i = (Q_0 \times C_{i,o} - Q_e \times C_{i,e} - Q_s \times C_{i,s}) / 1000 \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$LR_i$  ——组分  $i$  的每日负荷，单位为千克每天（kg/d）；

$Q_0$  ——生物处理系统的进水流量，单位为立方米每天（m<sup>3</sup>/d）；

$Q_e$  ——生物处理系统的出水流量，单位为立方米每天（m<sup>3</sup>/d）；

$Q_s$  ——生物处理系统的污泥产生量，单位为立方米每天（m<sup>3</sup>/d）；

$C_{i,o}$  ——组分  $i$ （COD、TKN、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、DO）的进水浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

$C_{i,e}$  ——组分  $i$ （COD、TKN、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、DO）的出水浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

$C_{i,s}$  ——污泥中所含成分  $i$ （COD、TKN、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、DO）的浓度，单位为毫克每升（mg/L）。

注：当污泥中 VSS 浓度与污泥处理单元的设计浓度一致时，污泥中 COD 浓度可按 VSS 浓度的 1.42 倍计算，污泥中 TKN 浓度可按 VSS 浓度的 0.12 倍计算。

## 7.4 总需氧量的计算

### 7.4.1 污水生物处理系统的总需氧量按式（3）计算：

$$NOR = 1.0 \times LR_{COD} + 1.71 \times LR_{TKN} - 2.86 \times LR_{NO_3-N} - 1.71 \times LR_{NO_2-N} - 1.0 \times LR_{DO} \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$NOR$  ——污水生物处理系统的总需氧量，单位为千克每天（kg/d）；

$LR_{COD}$  ——COD 每日负荷（实际去除），单位为千克每天（kg/d）；

$LR_{TKN}$  ——TKN 每日负荷（实际去除），单位为千克每天（kg/d）；

$LR_{NO_3-N}$  ——NO<sub>3</sub>-N 每日负荷（实际去除），单位为千克每天（kg/d）；

$LR_{NO_2-N}$  ——NO<sub>2</sub>-N 每日负荷（实际去除），单位为千克每天（kg/d）；

$LR_{DO}$  ——DO 每日负荷（实际去除），单位为千克每天（kg/d）。

7.4.2 污水生物处理系统中的总需氧量也可按 GB 50014-2006 中条 6.8.2 计算。

## 7.5 比能耗的计算及校正

### 7.5.1 比能耗计算

污水生物处理系统的比能耗 (SEC) 计算公式如 (4) 所示:

$$SEC = \frac{W}{NOR} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$SEC$  ——污水生物处理系统的比能耗, 单位为千瓦时每千克 (kWh/kg);

$W$  ——污水生物处理系统的总电耗, 单位为千瓦时每天 (kWh/d);

$NOR$  ——污水生物处理系统的总需氧量, 单位为千克每天 (kg/d)。

### 7.5.2 温度校正

比能耗计算中, 标准温度为 20°C 条件, 温度校正公式如 (5) 所示:

$$SEC_{20} = 1.024^{(20-T)} \times SEC_T \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$SEC_{20}$  ——20°C 条件下污水生物处理系统的比能耗, 单位为千瓦时每千克 (kWh/kg);

$T$  ——设计水温或测量水温, 单位为摄氏度 (°C)。

注: 温度校正适用于整个需氧量计算。曝气是主要耗能过程, 为简化计算, 可仅校正曝气过程。

### 7.5.3 气压校正

比能耗计算中, 气压校正为 1 个标准大气压 (760 mmHg, 1.013×10<sup>5</sup> Pa), 采用氧传递压力校正公式 (6):

$$SEC_{1atm} = \frac{SEC_p}{P} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$SEC_{1atm}$  ——标准大气压下污水生物处理系统的比能耗, 单位为千瓦时每千克 (kWh/kg);

$SEC_p$  ——测量大气压下污水生物处理系统的比能耗, 单位为千瓦时每千克 (kWh/kg);

$P$  ——设计或现场测量气压, 标准状态下的气压为 1 atm。

附 录 A  
(资料性附录)

污水生物处理系统能效测算表

表 A.1 污水生物处理系统能效测算表

污水处理厂名称		处理工艺		
<b>测算表</b>				
序号	参数	单位	数据来源	数值
1	生化处理单元进水流量	m <sup>3</sup> /d	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
2	生化处理单元出水流量	m <sup>3</sup> /d	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
3	生化处理单元污泥产生量	m <sup>3</sup> /d	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
COD浓度				
4	COD进水浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
5	COD出水浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
6	污泥中COD的浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
TKN浓度				
7	TKN进水浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
8	TKN出水浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
9	污泥中TKN的浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
NO <sub>3</sub> -N浓度				
10	NO <sub>3</sub> -N进水浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
11	NO <sub>3</sub> -N出水浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
12	污泥中NO <sub>3</sub> -N的浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
NO <sub>2</sub> -N浓度				
13	NO <sub>2</sub> -N进水浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
14	NO <sub>2</sub> -N出水浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
15	污泥中NO <sub>2</sub> -N的浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
DO浓度				
16	DO进水浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
17	出水DO浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
18	污泥中DO的浓度	mg/L	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
19	生化处理单元总电耗	kWh/d	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
20	温度	°C	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
21	气压	atm	<input type="checkbox"/> 实测值/ <input type="checkbox"/> 设计值	
22	COD每日负荷	kg/d	由公式 (2) 计算得到	
23	TKN每日负荷	kg/d	由公式 (2) 计算得到	
24	NO <sub>3</sub> -N每日负荷	kg/d	由公式 (2) 计算得到	
25	NO <sub>2</sub> -N每日负荷	kg/d	由公式 (2) 计算得到	
26	DO每日负荷	kg/d	由公式 (2) 计算得到	
27	总需氧量	kg/d	由公式 (3) 计算得到	
28	比能耗	kWh/kg	由公式 (4) 计算得到	

29	比能耗（温度校正）	kWh/kg	由公式（5）计算得到	
30	比能耗（气压校正）	kWh/kg	由公式（6）计算得到	

---