



中华人民共和国城镇建设行业标准

CJ/T 475—2015
代替 CJ/T 3015.2—1993

微孔曝气器清水氧传质性能测定

Measurement of oxygen mass transfer in clean water for fine bubble diffuser

2015-03-04 发布

2015-09-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 原理和方法	2
3.1 测试原理	2
3.2 测试方法	2
4 装置和设备	3
4.1 测试装置	3
4.2 测试设备	3
4.3 供气装置	4
5 测试步骤	4
5.1 第一次测试	4
5.2 第二次测试	5
6 数据处理	5
6.1 标准氧总传质系数	5
6.2 标准氧传质速率	5
6.3 标准曝气效率	6
6.4 标准氧传质效率	6
6.5 阻力损失	7
6.6 判定规则	7
7 测试报告	8
附录 A (规范性附录) 非线性回归法计算微孔曝气器 K_{La} 值	9
附录 B (资料性附录) 101.325 kPa 大气压、不同水温下的饱和溶解氧	12
附录 C (规范性附录) 不同类型曝气器的阻力损失测定中 h 的计算方法	13

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 CJ/T 3015.2—1993《曝气器清水充氧性能测定》。本标准与 CJ/T 3015.2—1993 相比主要技术变化如下：

- 修改了术语和定义的表述，与国际主流表述相一致；
- 增加了第一次测试要求，限定了常用曝气器的测试条件；
- 改用非线性回归法计算氧总传质系数，并修改了标准氧传质速率的计算；
- 修正了鼓风曝气器理论功率的计算方法；
- 增加了阻力损失的测定；
- 删除了机械曝气器和射流曝气器理论功率的计算。

本标准由住房和城乡建设部标准定额研究所提出。

本标准由住房和城乡建设部市政给水排水标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：中国人民大学、宜兴市产品质量监督检验所、江苏菲力环保工程有限公司、北京碧福生环保工程设备有限公司、北京世华康达水务工程技术有限公司。

本标准主要起草人：王洪臣、齐鲁、李小冬、王子、宋黎明、邵中平、邵琨焜、董福贵、董鸣。

本标准所代替标准的历次版本发布情况：

- CJ/T 3015.2—1993。

微孔曝气器清水氧传质性能测定

1 范围

本标准规定了微孔曝气器清水氧传质性能测定的范围、术语和定义、原理和方法、装置和设备、测试步骤、数据处理和测试报告。

本标准适用于不同材质、不同类型微孔曝气器清水氧传质性能的测定。其他各类鼓风曝气器清水氧传质性能测定可参照使用。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

微孔曝气器 fine bubble diffuser

向水中传递氧气,并且产生的气泡直径小于或等于 3 mm 的鼓风曝气器。

2.2

标准状态 standard conditions

大气压为 101.325 kPa、水温为 20 °C 的状态。

2.3

测试条件 measurement conditions

曝气器氧传质性能测试时的水深、气量、曝气密度。

2.4

氧总传质系数 oxygen transfer coefficient

表征曝气器在一定测试条件下的氧总传质性能特征量,单位为 1/min,用 $K_L a$ 表示。在数值上与曝气器在测试条件下、单位传质推动力作用时,单位时间内向单位体积水中传递的氧气质量相同。

2.5

标准氧总传质系数 standard oxygen transfer coefficient

表征曝气器在标准状态、一定测试条件下的氧总传质性能特征量,单位为 1/min,用 $K_L a_s$ 表示。在数值上与曝气器在标准状态、测试条件下,单位传质推动力作用时,单位时间内向单位体积水中传递的氧气质量相同。

2.6

标准氧传质速率 standard oxygen transfer rate

曝气器在标准状态、测试条件下,单位时间内向溶解氧浓度为零的水中传递的氧气质量,单位为 kg/h。

2.7

标准氧传质效率 standard oxygen transfer efficiency

曝气器在标准状态、测试条件下,单位时间内传递到水中的氧气质量占曝气器供氧量的百分比,以%表示。

2.8

标准曝气效率 standard aeration efficiency

曝气器在标准状态、测试条件下,消耗单位有用功所传递到水中的氧气质量,单位为 kg/(kW·h)。

2.9

阻力损失 resistance loss

101.325 kPa 大气压条件下,一定大小的通气量通过曝气器前后的压力差,单位为 Pa。

2.10

曝气密度 diffuser placement density

曝气器出气表面积占测试装置底面积的百分比,以%表示。

2.11

响应时间 response time

将溶解氧测定仪探头从低溶解氧水移至高溶解氧水中,从低溶解氧值到达高溶解氧值的 63% 时所用的时间。

3 原理和方法

3.1 测试原理

曝气充氧过程属于氧传质过程,在氧由气相向液相传递过程中,阻力主要来自于液膜,液膜氧传质微分方程式见式(1)。将式(1)积分并整理可得式(2)或式(3),氧总传质系数可按式(2)或式(3)计算:

$$\frac{dc}{dt} = K_L a (C_{\infty}^* - C) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\ln(C_{\infty}^* - C) = \ln(C_{\infty}^* - C_0) - K_L a \cdot t \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$C = C_{\infty}^* - (C_{\infty}^* - C_0) \exp(-K_L a \cdot t) \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

C ——与曝气时间 t 相对应的水中溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L);

t ——曝气时间,单位为分钟(min);

$K_L a$ ——曝气器在测试点处的氧总传质系数,单位为每分(1/min);

C_{∞}^* ——时间趋于无限大,测试点达到稳定状态时的饱和溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L);

C_0 ——测试点在时刻为零时的溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L)。

3.2 测试方法

3.2.1 本标准采用非稳态测定法,测试水池中的水不进不出。以氯化钴为催化剂,亚硫酸钠为脱氧剂,将水中溶解氧降至零后曝气使之达到稳定状态。

3.2.2 可采用静态启动或动态启动两种测试方法,静态启动是指测定时先加药脱氧,待溶解氧降至零后开始曝气;动态启动是在启动曝气的同时加药脱氧。

3.2.3 在测试装置中选取上、中、下 3 个溶解氧浓度测试点,测试点 1 在测试装置水面以下 0.50 m 处,测试点 2 在测试装置 1/2 水深处,测试点 3 在测试装置池底以上 0.50 m 处。各测试点距测试装置池壁不应小于 0.60 m(测试装置宽或直径小于 1.20 m 时,测试点应位于池中心)。对于较大的测试装置或者现场清水测试,在水平方向和垂直方向均应设置溶解氧测定仪,测点不应小于 4 个。

3.2.4 记录曝气阶段不同时刻的水中溶解氧浓度值,得到每个测试点的溶解氧浓度随时间的变化关

系,按式(3)采用非线性回归法处理数据,得到 $K_L a$ 。

4 装置和设备

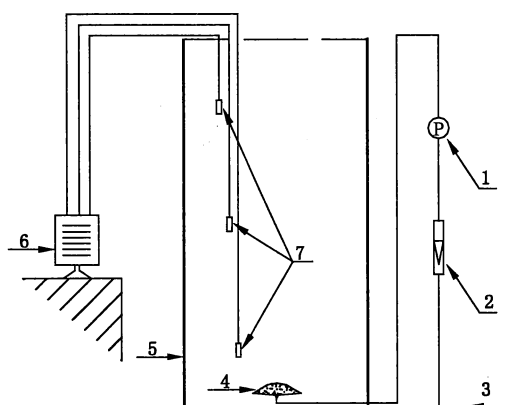
4.1 测试装置

4.1.1 测试装置池型应与实际应用情况相近,并应避免边壁效应,测试装置连接示意图见图 1。

4.1.2 测试装置内不宜有影响曝气的其他构件,测试水深宜不小于 4 m,池深应满足不同曝气水深的要求。

4.1.3 测试装置为不同服务面积的一组曝气试验池,应确保曝气密度在 5%~10%之间。

4.1.4 生产验证测定可在实际生产池内进行。



说明:

- 1——压力测定装置;
- 2——流量计;
- 3——空气;
- 4——曝气器;
- 5——测试装置;
- 6——溶解氧记录仪;
- 7——溶解氧测定仪。

图 1 测试装置连接示意图

4.2 测试设备

4.2.1 溶解氧测定仪

溶解氧测定仪应不少于 3 台,精度应为 $\pm 0.5\%$,响应时间应小于 $0.02/K_L a$ 。

4.2.2 溶解氧记录仪

溶解氧记录仪应能实时记录溶解氧浓度值的变化,并应具有连接计算机的接口,精度应为 $\pm 0.5\%$ 。

4.2.3 流量计

应能测量供气装置的通气量,可采用转子流量计,精度应为 $\pm 2\%$ 。

4.2.4 气温、水温测定仪

测量气温、水温,可采用气温表和水温表,精度应为 $\pm 0.1\%$ 。

4.2.5 压力测定装置

测定通入空气的压力和当地大气压力,可采用压力表,精度应为±2%。

4.2.6 U型压力计

测定曝气器的阻力损失,精度应为±2.5%。

4.3 供气装置

根据测试需要的最小通气量要求确定,可选择空压机或鼓风机。

5 测试步骤

5.1 第一次测试

5.1.1 安装好待测曝气器。

5.1.2 提前 0.50 h 开启溶解氧测定仪预热,对溶解氧测定仪进行校准。

5.1.3 将溶解氧测定仪安装到指定测试点。

5.1.4 待测装置中注水至所需液位高度。

5.1.5 测试用水可采用自来水,TDS 应不超过 2 000 mg/L,测试水温宜在 10 ℃~30 ℃。

5.1.6 一次完整的测试过程中,水温变化不应大于 2 ℃。

5.1.7 测量并记录水温、TDS 浓度及溶解氧浓度值。

5.1.8 药剂投加:

a) 催化剂的投加。催化剂宜使用化学纯或试剂纯的氯化钴水合物(CoCl₂·6H₂O),或硫酸钴(CoSO₄)。水中 Co²⁺ 浓度应保持在 0.10 mg/L~0.50 mg/L。催化剂宜配成溶液后均匀加入测试装置中。测定过程不更换测试用水时,可投加一次催化剂。

b) 亚硫酸钠的投加。脱氧剂宜使用试剂纯或工业纯的亚硫酸钠,亚硫酸钠中不宜含有钴杂质。脱氧剂的加入应使测试装置中所有位置的溶解氧浓度降低到 0.50 mg/L 以下的时间大于 2 min。亚硫酸钠宜采用溶液的形式投加,溶液量不得超过测试水体积的 0.2%。也可直接投加粉末状药剂,应确保药剂均匀分散于水中。亚硫酸钠的投加量计算见式(4):

$$G = 7.88 \times V \times C \times K \dots\dots\dots(4)$$

式中:

G——亚硫酸钠的投加量,单位为克(g);

V——测试装置内水的体积,单位为立方米(m³);

C——测试时水中的溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L);

K——考虑到药剂中杂质等而设的安全系数,可取 1.20~1.50。

5.1.9 启动供气装置。

5.1.10 数据记录:

a) 溶解氧浓度记录。采用记录仪自动记录,当溶解氧浓度在 10 min 内变化小于 0.10 mg/L 或 5 min 内基本保持不变时停止记录,截取饱和溶解氧浓度 20%~80% 部分的测试数据进行计算。

b) 其他数据记录。测试过程应保持通气量恒定,在每次测试开始和结束时记录气体流量和气体温度、压力、水温、环境温度和大气压等。

5.1.11 结果分析

按式(2),作 $\ln(C_{\infty}^* - C)$ 随时间 t 的变化图, $\ln(C_{\infty}^* - C)$ 随时间的 t 的变化率即为 $-K_L a$, 该值作为后续测试的初始 $K_L a$ 值。

5.2 第二次测试

5.2.1 测量并记录水温、TDS 浓度及水中溶解氧浓度值。

5.2.2 按 5.1.8 的要求再次进行药剂投加。

5.2.3 启动供气装置。

5.2.4 数据记录:

- a) 溶解氧浓度记录。溶解氧浓度从溶解氧浓度不为 0 时开始计时, 测试持续时间不小于 $4/K_L a$, $K_L a$ 为第一次测试所得数据。
- b) 其他数据记录同第一次测试。

6 数据处理

6.1 标准氧总传质系数

根据第二次测试记录的溶解氧浓度随时间的变化关系, 选取测试条件下 20% 饱和溶解氧值至测试结束时的所有溶解氧浓度值, 计算出氧总传质系数 $K_L a$ 和稳定溶解氧浓度 C_{∞}^* , 具体计算过程应符合附录 A 的规定。标准氧总传质系数计算见式(5):

$$K_{L a_s} = K_L a \times \theta^{(20-T)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$K_{L a_s}$ ——标准状态、测试条件下, 曝气器氧总传质系数, 单位为每分(1/min);

$K_L a$ ——测试水温条件下, 曝气器氧总传质系数, 单位为每分(1/min);

θ ——温度修正经验系数, 可取 1.024;

T ——测试期间的水温, 取测试过程中的平均温度, 单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

6.2 标准氧传质速率

标准氧传质速率计算见式(6)~式(10):

$$\text{SOTR} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{SOTR}_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{SOTR}_i = \frac{60}{1\ 000} \times K_{L a_{s_i}} \cdot C_{\infty 20_i}^* \cdot V \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$C_{\infty 20_i}^* = \frac{C_{\infty i}^*}{\tau \Omega} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\tau = \frac{C_{st}^*}{C_{s20}^*} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\Omega = \frac{P_b}{P_{b0}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

SOTR ——标准氧传质速率, 单位为千克每小时(kg/h);

SOTR_i ——测试点处的标准氧传质速率, 单位为千克每小时(kg/h);

$K_{L a_{s_i}}$ ——某一测试点的标准氧总传质系数, 单位为每分(1/min);

- V ——测试装置中水的体积,单位为立方米(m³);
- $C_{\infty 20i}^*$ ——标准状态下测试点的饱和溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L);
- $C_{\infty i}^*$ ——测试点稳定状态饱和溶解氧的估算值,计算应符合附录 A 的规定,单位为毫克每升(mg/L);
- τ ——温度修正系数;
- Ω ——压力校正因子;
- C_{st}^* ——101.325 kPa 大气压、测试水温下的饱和溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L);
- C_{s20}^* ——标准状态下的饱和溶解氧浓度值,参见附录 B,单位为毫克每升(mg/L);
- P_b ——测试时气体的绝对压力,单位为千帕(kPa);
- P_{b0} ——101.325 kPa。

6.3 标准曝气效率

标准曝气效率计算见式(11)~式(13):

$$SAE = \frac{SOTR}{N_T} \dots\dots\dots(11)$$

$$N_T = \frac{q_b \times P}{3\,600 \times 1\,000} \dots\dots\dots(12)$$

$$q_b = q_{b0} \sqrt{\frac{T_b P_{b0}}{T_{b0} P_b}} \dots\dots\dots(13)$$

式中:

- SAE ——标准曝气效率,单位为千克每千瓦时[kg/(kW·h)];
- SOTR ——标准氧传质速率,单位为千克每小时(kg/h);
- N_T ——曝气充氧过程中所耗理论功率,单位为千瓦(kW);
- P ——进气管的气体压力,单位为帕(Pa);
- q_b ——气体的实际流量,单位为立方米每小时(m³/h);
- q_{b0} ——测试时转子流量计的刻度流量,单位为立方米每小时(m³/h);
- P_{b0} ——101.325 kPa;
- P_b ——测试时气体的绝对压力,单位为千帕(kPa);
- T_b ——测试时气体的绝对温度,单位为开尔文(K);
- T_{b0} ——刻度标定时时的绝对温度,293.15 K。

6.4 标准氧传质效率

标准氧传质效率计算见式(14)、式(15):

$$SOTE = \frac{SOTR}{W_{O_2}} = \frac{SOTR}{0.28 \times q} \dots\dots\dots(14)$$

$$q = q_b \frac{T_s P_b}{T_b P_s} \dots\dots\dots(15)$$

式中:

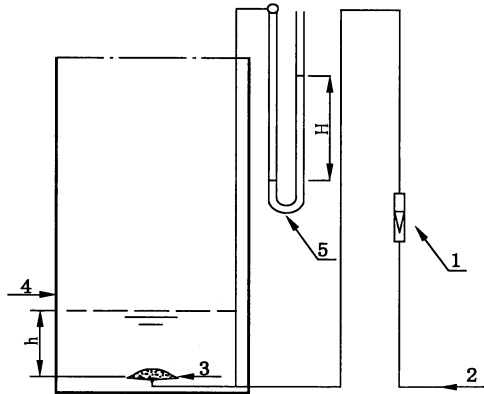
- SOTE ——标准氧传质效率,%;
- W_{O_2} ——空气中氧气的质量流量,单位为千克每小时(kg/h);
- q ——1个标准大气压、20℃气温时,曝气装置的通气量,单位为立方米每小时(m³/h);
- q_b ——气体的实际流量,单位为立方米每小时(m³/h);
- P_b ——测试时气体的绝对压力,单位为千帕(kPa);

- T_b ——测试时气体的绝对温度,单位为开尔文(K);
 T_s ——293.15 K;
 P_s ——101.325 kPa。

6.5 阻力损失

6.5.1 管路连接

微孔曝气器阻力损失测定管路连接见图 2。



说明:

- 1——流量计;
 2——进气口;
 3——曝气器;
 4——测试装置;
 5——U 型压力计。

图 2 阻力损失测定管路连接图

6.5.2 测试方法

将曝气器放入测试装置中,按图 2 连接好管路。加水至水面超过曝气器顶部 20 cm,通入测试所需气量,该气量应与测试水深的实际气量相同,用 U 形压力计测量通气阻力。对于通过接口连接的曝气器阻力损失测定,应加测在相同通气量时接口本身的阻力损失。

6.5.3 阻力损失计算

曝气器阻力损失计算见式(16):

$$RL = H - h \times 10 \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中:

- RL ——曝气装置阻力损失,单位为帕(Pa);
 H ——U 型压力计测试所得压力,单位为帕(Pa);
 h ——曝气器中心距水面的距离,不同曝气器 h 的计算应符合附录 C 的规定,单位为毫米(mm)。

6.6 判定规则

6.6.1 每组测试所有测点的 $K_L a_s$ 值与其均值的误差应在 $\pm 5\%$ 以内。

6.6.2 每种测试条件下的重复测定不得少于 3 次,各组 $K_L a_s$ 值与其均值的误差应在 $\pm 10\%$ 以内。

7 测试报告

测试报告应包括下列内容：

- a) 注明本标准；
- b) 委托单位；
- c) 曝气装置规格、溶解氧测定仪型号及精度；
- d) 测试用水的水质(总溶解性固体、电导率)及水温；
- e) 测试时的气体温度、压力及环境温度、大气压；
- f) 测试时使用的亚硫酸钠和催化剂的等级和使用量；
- g) 测试时水的体积、测试水深和曝气器布置密度,测试时的通气量,每次平行测试的 K_{La_s} 、SOTR、SOTE、SAE 和阻力损失；
- h) 原始数据及测试结果；
- i) 测定单位、人员、日期及盖章。

附录 A
(规范性附录)

非线性回归法计算微孔曝气器 $K_L a$ 值

A.1 计算方法

A.1.1 清水中溶解氧浓度值与曝气时间的关系可用式(A.1)表示:

$$C = C_{\infty}^* - (C_{\infty}^* - C_0) \exp(-K_L a \cdot t) \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- C ——与曝气时间 t 相对应的水中溶解氧浓度,单位为毫克每升(mg/L);
- C_{∞}^* ——时间趋于无限大,测试点达到稳定状态时的饱和溶解氧浓度,单位为毫克每升(mg/L);
- C_0 ——测试点零时刻的溶解氧浓度值,单位为毫克每升(mg/L);
- $K_L a$ ——测试点的氧总传质系数,单位为每分(1/min);
- t ——曝气时间,单位为分钟(min)。

A.1.2 为实测所得的 $C-t$ 数据组选配回归方程式,见式(A.2):

$$C(P, t) = P_1 - (P_1 - P_2) \exp(-P_3 \cdot t) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$P_1 = C_{\infty}^*, P_2 = C_0, P_3 = K_L a$, 为特定参数。

A.1.3 利用迭代法将式(A.2)在 P_i^1 点展为泰勒级数,并弃去一阶导数后的高阶项,见式(A.3):

$$C(P_i^1 + \Delta P_i^1, t) = C(P_i^1, t) + \sum \left(\frac{\partial C}{\partial P_i} \right)^1 \Delta P_i^1 (i=1, 2, 3) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

P_i^1 的上标 1 表示用迭代法的第一次计算, P_i^1 是第一次计算时给出的估值。 $\left(\frac{\partial C}{\partial P_i} \right)^1$ 为在 P_i^1 点处 C 对 P_i 的偏导数值, $P_i^1 + \Delta P_i^1$ 表示 P_i^1 点处附近的一点 ($i=1, 2, 3$), 令其为 P_i^2 , 见式(A.4)和式(A.5):

$$P_i^2 = P_i^1 + \Delta P_i^1 (i=1, 2, 3) \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

令:

$$S = \sum [C_i - C(P_i^1 + \Delta P_i^1, t)]^2 \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

- C_i ——与时刻 t 相对应的溶解氧测量值,单位为毫克每升(mg/L);
- S ——剩余差方或剩余平方和,即整个测试时间内,时刻 t 的溶解氧浓度测量值与估计值之差的平方和。

对 $S - \Delta P_i^1$ 进行最小二乘法计算得正规方程组,解之得 ΔP_i^1 ,再由式(A.4)计算出 P_i^2 。

按迭代法进行第二次重复计算,将式(A.2)在 P_i^2 ($i=1, 2, 3$)点展开为泰勒级数,重复第一次计算过程得 ΔP_i^2 及 ΔP_i^3 ($i=1, 2, 3$)。

重复同样的计算过程直到第 j 次,得 ΔP_i^j ,若 $|\Delta P_i^j| \leq 1 \times 10^{-4}$,则 P_i^{j+1} 即为待求参数 $K_L a$ 。

A.2 计算步骤

A.2.1 测量曝气过程中不同时刻 $t = t_I$ ($I=1, 2, 3, \dots, N$) 水中的溶解氧浓度值 C , 获得 $C-t$ 数据组。

A.2.2 检查测试数据的完整性、可靠性,并选择从溶解氧浓度为 0 mg/L 到测试结束时的所有数据作

为待分析数据。

A.2.3 给出第 1 次计算的初始值 P_i^1 , 即参数 $P_1^1=C_s, P_2^1=C_0, P_3^1=K_L a$ 的初始假定值。

A.2.4 根据选择的 $C-t$ 数据组, 计算 ΔP_i^1 和 P_i^2 :

a) 计算运算因子($j=1$)见式(A.6)~式(A.13):

$$C_c = P_i^1 - (P_i^1 - P_i^2) \exp(-P_i^1 \cdot t) \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

C_c ——不同时刻 $t_I (I=1, 2, 3, \dots, N)$ 溶解氧浓度计算值, 单位为毫克每升(mg/L)。

$$W = C_M - C_c \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

C_M ——不同时刻 $t_I (I=1, 2, 3, \dots, N)$ 测定的溶解氧浓度值, 单位为毫克每升(mg/L)。

设:

$$Z_1 = 1 - \exp(-P_i^1 \cdot t) \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

$$Z_2 = \exp(-P_i^1 \cdot t) \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

$$Z_3 = t(P_i^1 - P_i^2) \exp(-P_i^1 \cdot t) \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

$$Z_1^2 = [1 - \exp(-P_i^1 \cdot t)]^2 \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

$$Z_2^2 = [\exp(-P_i^1 \cdot t)]^2 \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

$$Z_3^2 = [t(P_i^1 - P_i^2) \exp(-P_i^1 \cdot t)]^2 \quad \dots\dots\dots (A.13)$$

b) 计算正规方程组中的系数见式(A.14)~式(A.19):

$$a_{11} = \sum Z_1^2 \quad \dots\dots\dots (A.14)$$

$$a_{22} = \sum Z_2^2 \quad \dots\dots\dots (A.15)$$

$$a_{33} = \sum Z_3^2 \quad \dots\dots\dots (A.16)$$

$$a_{12} = a_{21} = \sum Z_1 Z_2 \quad \dots\dots\dots (A.17)$$

$$a_{13} = a_{31} = \sum Z_1 Z_3 \quad \dots\dots\dots (A.18)$$

$$a_{23} = a_{32} = \sum Z_2 Z_3 \quad \dots\dots\dots (A.19)$$

c) 求方程组的解见式(A.20)~式(A.27):

$$C_1 = \sum W Z_1 \quad \dots\dots\dots (A.20)$$

$$C_2 = \sum W Z_2 \quad \dots\dots\dots (A.21)$$

$$C_3 = \sum W Z_3 \quad \dots\dots\dots (A.22)$$

设:

$$d_1 = a_{22} a_{11} - a_{21} a_{12} \quad \dots\dots\dots (A.23)$$

$$d_2 = a_{11} C_3 - a_{31} C_1 \quad \dots\dots\dots (A.24)$$

$$d_3 = a_{11} a_{23} - a_{13} a_{12} \quad \dots\dots\dots (A.25)$$

$$d_4 = a_{11} a_{33} - a_{13} a_{31} \quad \dots\dots\dots (A.26)$$

$$d_5 = a_{11} C_2 - a_{21} C_1 \quad \dots\dots\dots (A.27)$$

按式(A.28)~式(A.33)所示公式计算 ΔP_i^1 和 $P_i^2 (i=1, 2, 3, \dots, N)$:

$$\Delta P_3^1 = \frac{d_1 d_2 - d_3 d_5}{d_1 d_4 - d_3^2} \quad \dots\dots\dots (A.28)$$

$$\Delta P_2^1 = \frac{d_5 - d_3 \Delta P_3^1}{d_1} \quad \dots\dots\dots (A.29)$$

$$\Delta P_1^1 = \frac{C_1 - a_{12} \Delta P_2^1 - a_{13} \Delta P_3^1}{a_{11}} \quad \dots\dots\dots (A.30)$$

$$P_3^2 = P_3^1 + \Delta P_3^1 \quad \dots\dots\dots (A.31)$$

$$P_2^2 = P_2^1 + \Delta P_2^1 \quad \dots\dots\dots (A.32)$$

$$P_1^2 = P_1^1 + \Delta P_1^1 \quad \dots\dots\dots (A.33)$$

A.2.5 按上述步骤重复计算,直至第 j 组,计算出 ΔP_3^j 。如果 $|\Delta P_3^j| \leq 1 \times 10^{-4}$,则 P_3^{j+1} 即为待求参数 $K_L a$ 。同理,如果 $|\Delta P_1^j| \leq 1 \times 10^{-4}$,则 P_1^{j+1} 即为待求参数 C_{∞}^* 。

附 录 B
(资料性附录)

101.325 kPa 大气压、不同水温下的饱和溶解氧

B.1 101.325 kPa 大气压、不同水温下的饱和溶解氧浓度见表 B.1。

表 B.1 101.325 kPa 大气压、不同水温下的饱和溶解氧浓度表

温度/℃	饱和溶解氧/(mg/L)	温度/℃	饱和溶解氧/(mg/L)
0	14.62	21	8.91
1	14.22	22	8.74
2	13.83	23	8.58
3	13.46	24	8.42
4	13.11	25	8.26
5	12.77	26	8.11
6	12.45	27	7.97
7	12.14	28	7.83
8	11.84	29	7.69
9	11.56	30	7.56
10	11.29	31	7.43
11	11.03	32	7.30
12	10.78	33	7.18
13	10.54	34	7.07
14	10.31	35	6.95
15	10.08	36	6.84
16	9.87	37	6.73
17	9.66	38	6.63
18	9.47	39	6.53
19	9.28	40	6.43
20	9.09		

附录 C

(规范性附录)

不同类型曝气器的阻力损失测定中 h 的计算方法

C.1 盘式、板式曝气器

对于盘式、板式曝气器, h 为水面与盘、板面的距离。

C.2 管式曝气器

对于管式曝气器, h 的计算见式(C.1):

$$h = h_1 + \frac{D}{2} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

h_1 ——水面距曝气器上表面的距离,单位为毫米(mm);

D ——曝气器外径,单位为毫米(mm)。

C.3 钟罩形、球冠形曝气器

对于钟罩形、球冠形曝气器, h 的计算见式(C.2):

$$h = h_2 + \frac{r}{2} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

h_2 ——水面距曝气器上表面的距离,单位为毫米(mm);

r ——曝气器圆切面中心点至曝气器上表面的高度,单位为毫米(mm)。

C.4 球型曝气器

对于球形曝气器, h 的计算见式(C.3):

$$h = h_3 + R \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

h_3 ——水面距曝气器上表面的距离,单位为毫米(mm);

R ——曝气器上表面至曝气器上、下半球结合面处的高度,单位为毫米(mm)。

C.5 其他类型曝气器

对于其他类型的曝气器,视其形状根据相关的几何公式计算。

中华人民共和国城镇建设
行业标准
微孔曝气器清水氧传质性能测定
CJ/T 475—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

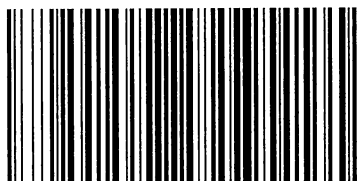
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 28 千字
2015年6月第一版 2015年6月第一次印刷

*

书号: 155066·2-28781 定价 21.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



CJ/T 475-2015