



中华人民共和国国家标准

GB/T ××××—××××

竖轴表面曝气机

Vertical shaft mechanical surface aerator

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××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

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 型式分类与基本参数2

5 要求5

6 试验方法7

7 检验规则9

8 标志、包装、运输和贮存10

9 质量保证11

附录A 12

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国国家发展和改革委员会提出。

本标准由全国环保产品标准化技术委员会（SAC/TC275）归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

本标准为首次发布。

竖轴表面曝气机

1 范围

本标准规定了竖轴表面曝气机的术语和定义、分类与命名、要求、试验方法、检验规则，标志、包装、运输和贮存以及质量保证。

本标准适用于在污水处理中使用的竖轴表面曝气机（以下简称“表曝机”）。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 1270 化学试剂 六水合氯化钴（氯化钴）

GB 3222 声学环境噪声测量方法

GB/T 3785.1 电声学 声级计 第1部分：规范

GB/T 6075.1/ISO 10816-1 机械振动 在非旋转部件上测量评价机械的振动 第1部分：总则

GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级

GB/T 12467 金属材料熔焊质量要求

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 13824 对振动烈度测量仪的要求

GB/T 17181 积分平均声级计

GB 18613-2012 中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级

GB/T 22722 YX3 系列（IP55）高效率三相异步电动机技术条件（机座号 80~355）

HG/T 2967 工业无水亚硫酸钠

JB/T 7118 YVF2 系列（IP54）变频调速专用三相异步电动机技术条件（机座号 80~315）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

竖轴表面曝气机 vertical shaft mechanical surface aerator

叶轮浸没于水面且轴线垂直于水面的充氧设备。

3.2

叶轮公称直径 nominal diameter of impeller

叶轮最大外接圆直径。

3.3

叶轮浸没深度 immersion depth of the impeller

叶轮处于静态时，由静水面至叶轮标定水位线的垂直距离。

注：以叶轮标定水位线为 0 基准，“+”表示标定水位线处于静水面下，“-”表示标定水位线处于静水面上。其标注示例参见图 1。

3.4

叶轮线速度 impeller speed

叶轮最外缘任一点对转轴作圆周运动的速度。

注：单位为米每秒（m/s）。

3.5

充氧能力 oxygenation capacity

Q_s

在标准状态（水温 20℃、1 个标准大气压）下，表曝机在单位时间内向水中传递的氧量。

注：单位为千克每小时（kg/h）。

3.6

动力效率 power efficiency

E_s

在标准状态（水温 20℃、1 个标准大气压）下，表曝机每消耗 1 kW·h 电能（按电动机输入功率计）所传递到水中的氧量。

注：单位为千克每千瓦时（kg/kW·h）。

4 分类与命名

4.1 型式

根据驱动部件结构形式的不同，表曝机可分为立式和卧式两种，如图 1、图 2 所示。

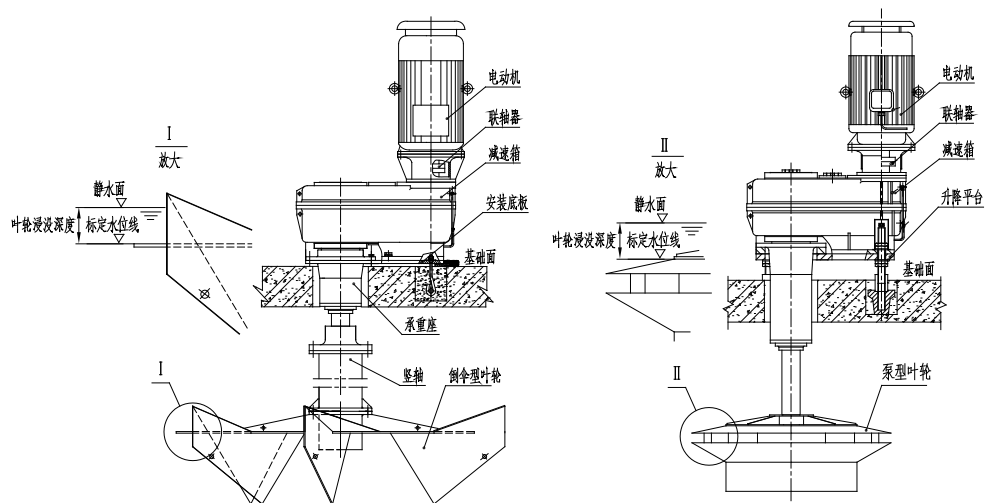


图 1 立式表曝机

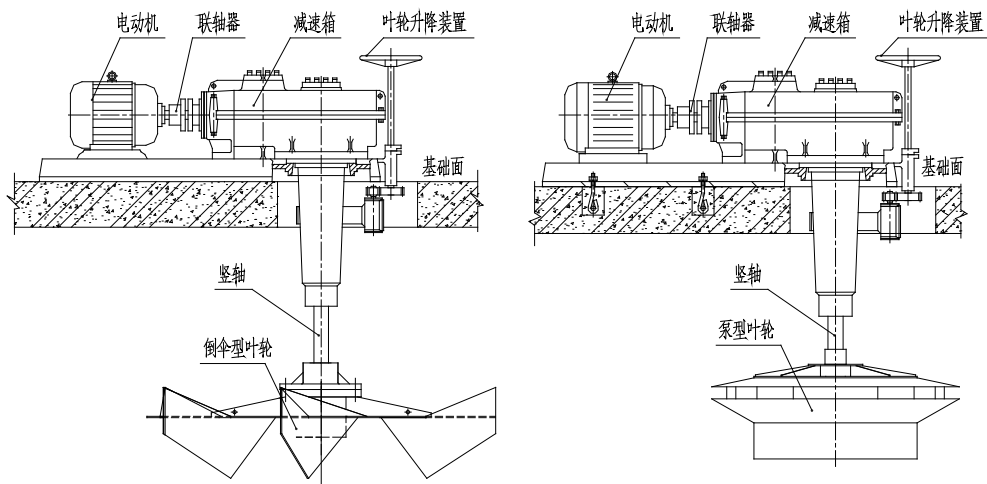


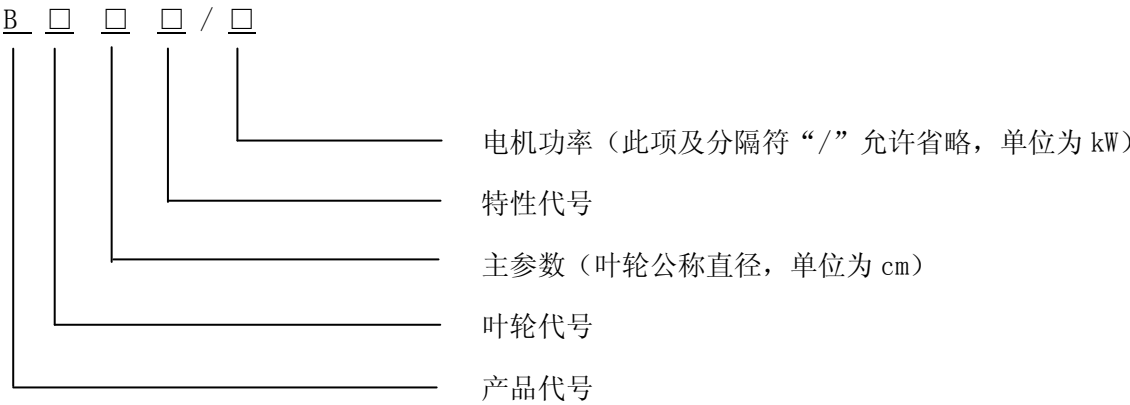
图 2 卧式表曝机

4.2 分类

根据曝气叶轮结构形式的不同，表曝机可分为倒伞型、泵型和其它型。

4.3 命名

4.3.1 表曝机的型号由字母和阿拉伯数字按下列规则组成。



- 4.3.2 竖轴表面曝气机的产品代号为 B。
- 4.3.3 表曝机叶轮代号，S：倒伞型叶轮；P：泵型叶轮；Q：其它型叶轮。
- 4.3.4 主参数为表曝机叶轮公称直径（单位为 cm）。
- 4.3.5 特性代号采用3个连续的汉语拼音第一个字母表示，自左至右依次为：
- 第 1 个字母表示减速机结构形式：L(立式)，W(卧式)；
 - 第 2 个字母表示表曝机叶轮的旋转方向（俯视）：S(顺时针)，N(逆时针)；
 - 第 3 个字母表示产品的电气控制方式：B(变频)，G(工频)。

4.3.6 命名标记示例：

示例 1：叶轮为倒伞型，叶轮公称直径为 Φ3250mm，驱动部件采用立式结构，叶轮逆时针旋转，变频调速控制，电机功率为 110kW 的表曝机：BS325LNB/110；

示例 2：叶轮为泵型，叶轮公称直径为 Φ1930mm，驱动部件采用卧式结构，叶轮顺时针旋转，工频恒速运行，电机功率为 55kW 的表曝机：BP193WSG/55。

4.4 基本参数

4.4.1 倒伞型表曝机基本参数应符合表 1 规定。

表 1 倒伞型表面曝气机基本参数

名 称	单 位	数 值
叶轮公称直径	mm	Φ800、Φ1000、Φ1200、Φ1400、Φ1600、Φ1800、Φ2000、Φ2200、Φ2400、Φ2600、Φ2800、Φ3000、Φ3250、Φ3500
驱动功率	kW	7.5~160
叶轮线速度	m/s	4.5~6.0
动力效率	kg/kW·h	≥2.20

4.4.2 泵型表曝机的基本参数应符合表 2 规定。

表 2 泵型表面曝气机基本参数

名 称	单 位	数 值
叶轮公称直径	mm	Φ760、Φ1000、Φ1240、Φ1500、Φ1720、Φ1930、Φ2150
驱动功率	kW	11~55
叶轮线速度	m/s	4.2~5.5
动力效率	kg/kW·h	≥1.90

4.4.3 其它型表曝机的基本参数应符合表 3 规定。

表 3 其它型表面曝气机基本参数

名 称	单 位	数 值
叶轮公称直径	mm	Φ1000、Φ1200、Φ1400、Φ1600、Φ1800、Φ2000
驱动功率	kW	22~90
叶轮线速度	m/s	3.5~5.0
动力效率	kg/kW·h	≥2.20

5 要求

5.1 基本要求

5.1.1 环境适应性要求

表曝机在下列条件下应能正常运行：

- a) 长期露天潮湿场所，能够保证 24 小时连续运行；
- b) 水体温度：+4℃~+50℃（环境空气温度-15℃~+45℃）；
- c) 水体 pH 值：6~9；
- d) 电源：交流 380V±20V，频率 50Hz。

5.1.2 稳定性要求

表曝机在稳定的工况运行时，应达到或满足下列要求：

- a) 整机负荷电流波动范围应不超出平均电流值的±5%；
- b) 减速机在任意方向的振动烈度不得大于 4.5 mm/s；
- c) 整机无故障连续运行时间应不少于6000h。

5.1.3 性能指标要求

表曝机的动力效率指标值应符合表 1~表 3 的规定。

5.1.4 外观要求

- a) 喷涂件喷涂前除锈等级应达到 GB/T8923.1 规定的 Sa2½级。涂层应色泽均匀，附着力强，无流挂；
- b) 镀锌件镀层应均匀无剥落；
- c) 紧固件应长短合适且紧固力矩正确；

d) 焊接件的熔焊质量应符合 GB/T12467 规定。焊缝应均匀，不允许有影响强度的虚焊、咬边、裂纹及夹渣等缺陷存在；

e) 铸件表面应平整，无夹渣、裂纹、冷隔、缩孔等缺陷，并去除毛刺、飞边及浇冒口；

f) 应醒目标记电机旋转方向及叶轮旋转方向；标记应齐全、牢固。

5.2 主要部件要求

5.2.1 电动机

5.2.1.1 采用变频调速控制时，电动机应符合 JB/T 7118 的规定。

5.2.1.2 采用工频恒速控制时，电动机应符合 GB/T 22722 的规定。

5.2.1.3 电动机绝缘等级不应低于 F 级，防护等级不应低于 IP55。

5.2.1.4 电动机的能效限定值及能效等级应符合 GB 18613-2012 中 4.3 的规定。

5.2.2 减速箱

5.2.2.1 减速箱设计或选型其安全系数应不小于 2。

5.2.2.2 减速箱应具有设备润滑状态检测或显示功能。

5.2.2.3 减速箱在出厂前应进行空载试验。空载试验应在额定转速下连续运行 $\geq 4\text{h}$ ，且应符合：

a) 减速箱空载试验时，不得有异常响声和振动；

b) 减速箱空载试验时，各连接件、紧固件不得松动；

c) 减速箱空载运转 4h 后，油池温升不得超过 25°C ，各润滑点润滑充分；

d) 减速箱空载试验时，各密封处不得有任何渗漏油现象。

5.2.3 叶轮

表曝机叶轮须在静平衡架上进行静平衡试验，静不平衡通过增加质量的方法消除。

叶轮不平衡力矩限值应符合表 4、表 5、表 6 的规定。

表 4 倒伞型叶轮的不平衡力矩限值

叶轮公称直径 mm	$\leq \Phi 1000$	$\Phi 1200 \sim \Phi 2200$	$\Phi 2400 \sim \Phi 3250$	$\Phi 3500$
不平衡力矩 N·m	≤ 10	≤ 30	≤ 50	≤ 80

表 5 泵型叶轮的不平衡力矩限值

叶轮公称直径 mm	$\leq \Phi 1000$	$\Phi 1240 \sim \Phi 1500$	$\Phi 1720 \sim \Phi 1930$	$\Phi 2150$
不平衡力矩 N·m	≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 40

表 6 其它型叶轮的不平衡力矩限值

叶轮公称直径 mm	Φ 1000	Φ 1200～Φ 1600	Φ 1800	Φ 2000
不平衡力矩 N·m	≤10	≤25	≤30	≤40

5.3 负载试验要求

负载试验应在负荷达到装机功率的 90%以上的条件下进行。负载试验时应达到：

- a) 主机应运转平稳，不得有异常响声和振动；
- b) 离主机 1 m 远处所产生的噪声声压级应小于 85 dB(A)；
- c) 在连续运转 2 h 后，减速箱内油池温升不得超过 45℃，最高油温不超过 90℃；轴承温升不得超过 50℃；
- d) 各密封处不得有任何渗漏油现象；
- e) 各连接件、紧固件不得有松动。

6 试验方法

6.1 环境适应性试验

采用用户现场调查方式确定。

6.2 稳定性试验

6.2.1 电流稳定性测定

在表曝机稳定运行时，用电流表测定负荷电流，每隔 3 min 测 1 次，最少测 9 次，记录实测值并计算其平均值；选取实测值的最大值与最小值，分别计算其与平均值的偏差。

6.2.2 整机负荷状态下的振动测定

6.2.2.1 测试仪器

振动测量仪应符合 GB/T13824 要求。

6.2.2.2 测试方法

根据 GB/T6075.1 规定，在减速机有明显动力响应并能表示整机振动特性处，且在三个相互垂直的方位，各选 1 点测定其振动烈度（振动速度的均方根值）。各点每隔 2 min 测 1 次，连续测 3 次，记录实测值，并计算 9 点的算术平均值。

6.2.3 无故障连续运行时间

采用用户调查方式。

6.3 外观检查

6.3.1 喷涂前除锈检查

喷涂件喷涂前除锈等级采用 GB/T8923.1 规定的目视评定法判定。

6.3.2 其他外观指标

5.1.4 要求的其他外观指标采用感官检验法进行检查。

6.4 电动机选型查验

查验专业电机厂商提供的产品标牌、产品合格证等随机文件。

6.5 叶轮静平衡试验

在静平衡试验架上用添加质量法进行。

6.6 空载试验方法

6.6.1 试验条件及空载工作状态

空载试验应在空载试验台上进行，整机以额定转速（允许 $\pm 5\%$ ）连续运行 $\geq 2\text{h}$ 。

6.6.2 空载油池温升测试

用误差不大于 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的测温仪表，首先测量减速箱油池的初始温度，并在连续运转 2h 后，测量其热平衡后的温度，计算其温升。

6.6.3 空载轴承温升测试

轴承部位温升的测定，应将测温传感器置于轴承承受反作用力的位置，通过二次仪表读出其初始温度和达到热平衡后的温度，计算其温升。

6.6.4 空载密封性检查

采用感官检验法进行检查。

6.6.5 空载紧固件检查

采用扭力扳手进行检查。

6.7 负载试验方法

6.7.1 试验条件及负载工作状态

在符合 A.3.1 规定的曝气池内，表曝机稳固安装在设备平台上，叶轮在推荐的浸没深度下以额定转速（允许 $\pm 5\%$ ）连续运行 $\geq 4\text{h}$ 。

6.7.2 负载噪声测试

6.7.2.1 测点位置

在设备底座（近似于矩形）对称线的 4 个不同方向上分别选取 4 点，各点位于设备安装台面垂直高度 1.2m、距机身外缘 1m 处。

6.7.2.2 测试环境

应选用除地面反射外无反射条件的场所进行测量。

6.7.2.3 测量仪器

测量仪器应为积分平均声级计或环境噪声自动监测仪器，其精度为 2 型或 2 型以上，其性能应符合 GB/T 3785.1 的规定。

6.7.2.4 测试方法

测试方法应符合 GB 3222 的规定。声级计的计权网络使用 A 档；声级计的传声器应指向声源，侧量者应侧向声源；4 个测点的观察周期应一致，且不少于 30s。

6.7.3 负载油池温升测试

用误差不大于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的测温仪表，首先测量减速箱油池的初始温度，并在连续运转 4h 后，测量其热平衡后的温度，计算其温升。

6.7.4 负载轴承温升测试

负载轴承温升测试方法与 6.6.3 相同。

6.7.5 负载密封性检查

采用感官检验法进行检查。

6.7.6 负载紧固件检查

采用扭力扳手进行检查。

6.8 动力效率的测定

表曝机动力效率的测定应按附录 A 规定进行。

7 检验规则

7.1 出厂检验

表曝机出厂前必须逐台进行检验。每台产品必须经出厂检验合格后方可出厂。

7.2 型式检验

7.2.1 有下列情况之一，应进行型式检验：

- a) 新产品试制鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大的改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品长期停产后，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大的差异时；
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

7.2.2 抽样规则：从出厂检验的合格品中，随机抽取 2 台，1 台用作检验，1 台留作备样。

7.2.3 判定规则：检验中若有 1 项指标不合格，则用留样对不合格项进行复验，若仍不合格，则判该产品为不合格。

7.3 检验项目及要求

检验项目及要求按表 5 的规定。

表5 检验项目及要求

检验项目	检验类别		要求	试验方法
	型式检验	出厂检验		
环境适应性	√	—	5.1.1	6.1
稳定性	√	—	5.1.2	6.2
动力效率	√	—	5.1.3	6.8
外观	√	√	5.1.4	6.3
电动机选型	√	√	5.2.1	6.4
叶轮静平衡试验	√	√	5.2.3	6.5
减速箱空载试验	√	√	5.2.2	6.6
负载试验	√	—	5.3	6.7

8 标志、包装、运输与贮存

8.1 标志

8.1.1 应在产品醒目位置固定标牌，其型式与尺寸应符合 GB/T 13306 的规定，标牌应有下列内容：

- a) 产品名称、型号、规格；
- b) 主要技术参数；
- c) 执行标准编号；
- d) 出厂编号；
- e) 制造日期；
- f) 制造单位。

8.1.2 产品包装储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2 包装

8.2.1 主机木箱包装，长、大件散件包扎，并应符合 GB/T 13384 的规定。

8.2.2 包装箱内应有下列随机文件：

- a) 装箱单；
- b) 产品合格证；
- c) 产品使用说明书；
- d) 随机备件、附件清单。

8.3 运输

产品运输时，应轻装轻卸，不得碰撞。

8.4 贮存

产品应贮存在防雨、通风、干燥、无腐蚀性气体的环境中。

9 质量保证

在用户遵守使用和保管的条件下，从制造厂发货之日起一年之内，产品因制造不良而发生损坏或不能正常运行时，制造厂应无偿进行修理或更换。

附录 A
(规范性附录)
表面曝气机动力效率测定方法

A.1 试验项目

- a) 充氧量;
- b) 总输入功率;
- c) 动力效率。

A.2 测试仪器

- a) 溶解氧测定仪 精度: $\pm 0.01\text{mg/L}$; 测温精度: $\pm 0.1^\circ\text{C}$; 灵敏度: 10s 内达到测试值的 90%; 具有数据自动记录、存储功能;
- b) 大气压力表 精度: $\pm 0.3\text{kPa}$;
- c) 三相有功功率表 精度: 0.5 级;
- d) 数字显示电子测速计 精度: $\pm 0.01\text{r/min}$;
- e) 电流互感器 精度: 0.5 级。

A.3 试验条件

A.3.1 试验采用圆形或方形曝气池, 池壁应光滑无凸筋, 如为圆池应设有挡流板。叶轮直径与曝气池直径之比为 1:4 至 1:6; 叶轮直径与曝气池深度之比为 1:1.5 至 1:3。

A.3.2 试验用水和试剂

A.3.2.1 试验用水为清水或自来水, 其水质均应符合 GB 5749 要求。当使用自来水时, 测试前应预曝气 4h, 以去除自来水中余氯。

A.3.2.2 使用工业无水亚硫酸钠 (符合 HG/T 2967) 作试验用水的消氧剂, 每次试验前的投加量约为水体实测溶解氧总量的 10 倍左右, 具体见式 (A.1)。在容器内将亚硫酸钠溶于温水并充分搅拌, 溶解后备用。

亚硫酸钠投加量计算见公式 (A.1):

$$G=8kC \cdot V \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- G ——亚硫酸钠投加量, g;
- k ——考虑药剂中杂质等而采用的脱氧安全系数, 一般取 1.2~1.5;
- C ——水中溶解氧浓度, mg/L ;
- V ——测试水池水的体积, m^3 。

A.3.2.3 用六水合氯化钴 (符合 GB/T 1270) 作为试验用水的消氧催化剂。在容器内将氯化钴溶于温水并充分搅拌, 溶解后备用。池内氯化钴投加量宜按以下方式确定 (以 Co^{2+} 浓度计):

- 测试水体体积小于 500m^3 时, 首次添加 0.10mg/L ;
- 测试水体体积介于 500m^3 — 1500m^3 之间时, 首次添加 0.05mg/L ;
- 测试水体体积大于 1500m^3 时, 首次添加 0.04mg/L ;
- 当池水重复使用时, 氯化钴投加量不应叠加, 可酌量添加至消氧反应速度无明显下降即可。

A.3.2.4 每池试验用水最多允许重复使用 8 次。

A.4 试验方法

A.4.1 溶解氧测定

A.4.1.1 试验池内壁应清洁，测试前，池内放满试验用水，测定及调整叶轮至推荐的浸没深度，计算液体体积，并设置固定测氧点，测氧点位于叶轮外缘和曝气池内侧中间的水深一半处，测氧点一般应设4个～6个。

A.4.1.2 将制备的亚硫酸钠和氯化钴溶液均匀洒于全池表面。投药后慢速搅拌约10s，待液体中溶解氧为零时，稳定3min，测定正式开始。

A.4.1.3 在预定的测试速度下，待叶轮运转稳定后，各测试点开始自动记录溶解氧浓度（每5s记录一次），同时测水温、气压、转速、总输入功率、测试场所海拔高度等数据。

A.4.1.4 当溶解氧达到饱和后，测定仪读数不再上升，稳定3min，读取饱和溶解氧浓度值 C_s 。

A.4.1.5 测试数据处理要求如下：

- 汇总各测试点实时测试的溶解氧浓度数据，求其算术平均值，并按时序排列成数组；
- 以时间为横坐标，以对数亏氧值（即水中饱和溶解氧浓度与实际溶解氧浓度的差值）为纵坐标，绘制上述数组的散点分布图，并拟合出一条直线；
- 选用实测饱和溶解氧浓度在20%～80%的数据，作为计算充氧量的依据。

A.4.2 水中氧的总传递系数和修正系数

A.4.2.1 在模型测试池中对清水和测试用的自来水，在同等条件分别测定并按公式（A.2）计算标准状态下水中氧的总传递系数 $[K_L]_s$ ：

$$[K_L]_s = [\ln(C_s - C_1) - \ln(C_s - C_2)] \cdot K_T / t \quad \text{..... (A.2)}$$

式中：

$[K_L]_s$ ——标准状态下，水中氧的总传递系数， min^{-1} ；

C_s ——实测饱和溶解氧浓度， mg/L ；

C_1 ——在时间为 t_1 时的溶解氧浓度， mg/L ；

C_2 ——在时间为 t_2 时的溶解氧浓度， mg/L ；

K_T ——换算到标准水温20℃时的水温修正系数，其取值见公式（A.3）；

t ——A.4.1.5 c)中选用数据相应的起止时间段， min 。

A.4.2.2 当试验水温为 T 时的水温修正系数为 K_T ，见公式（A.3）：

$$K_T = 1.024^{(20-T)} \quad \text{..... (A.3)}$$

式中：

K_T ——换算到标准水温20℃时的水温修正系数；

T ——试验时的实测水温，℃。

A.4.2.3 当试验用水为自来水时，应对测试结果的充氧量进行 α 系数修正。水质修正系数 α 按公式（A.4）计算：

$$\alpha = [K_L]_{s1} / [K_L]_{s2} \quad \text{..... (A.4)}$$

式中：

α ——水质修正系数；

$[K_L]_{s1}$ ——自来水中氧的总传递系数， min^{-1} ；

$[K_L]_{s2}$ ——清水中的氧的总传递系数， min^{-1} 。

A.4.3 标准状态下的清水充氧量

标准状态下的清水充氧量 Q_s 按公式（A.5）计算：

$$Q_s = 9.08 \times 10^{-3} [K_L]_s \cdot V / \alpha \quad \text{..... (A.5)}$$

式中：

Q_s ——标准状态下清水的充氧量, kg/h;
 $[K_L]_s$ ——在标准状态下试验用水中氧的总传递系数, min^{-1} ;
 V ——曝气池水容积, m^3 ;
 α ——水质修正系数。

A.5 输入功率的测定

总输入功率用三相有功功率表测定。

A.6 动力效率测定

动力效率按公式 (A.6) 计算:

$$E_s = Q_s / P_s \quad \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

式中:

E_s ——动力效率, kg/kW·h;

P_s ——总输入功率, kW。
