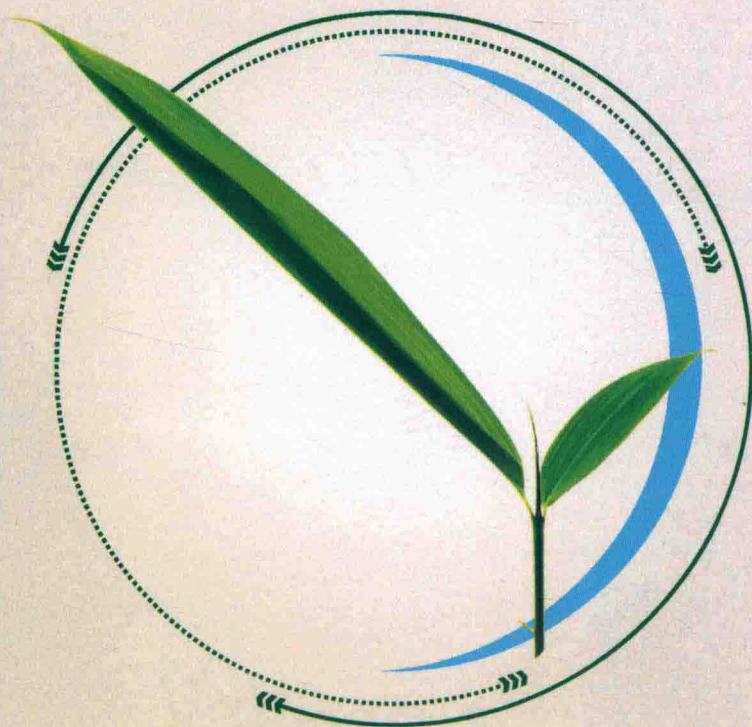


环境工程

专业实验

HUANJING GONGCHENG
ZHUANYE SHIYAN

主编 伍 斌



Wuhan University Press
武汉大学出版社

环境工程专业实验

主 编 伍 斌



Wuhan University Press
武汉大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

环境工程专业实验 / 伍斌主编. — 武汉: 武汉大学出版社, 2015. 9
ISBN 978-7-307-16682-0

I. 环… II. 伍… III. 环境工程-实验-高等学校-教材 IV. X5-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 204784 号

责任编辑: 崔永政

责任校对: 刘 琼

版式设计: 三山科普

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 虎彩印艺股份有限公司

开本: 787×1092 1/16 印张: 8 字数: 196 千字

版次: 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-16682-0 定价: 18.00 元

版权所有, 不得翻印: 凡购买我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

环境工程是一门综合性和实践性都很强的学科，环境工程专业实验课教学是培养学生的重要环节。实验教学的宗旨是培养学生理论与实际相结合的操作技能，实事求是、精益求精的科学态度，以及强化分析问题、解决问题的和创新能力。本书以应用型人才培养为目标，改进传统实验教材编写方式，主要特点如下。

1. 实验内容全面，成体系编排。环境工程的主要专业实验包括水污染控制工程、大气污染控制工程、固体废物处理、环境微生物和环境监测实验等，各个方向专业实验无论是在基本处理技术原理还是手段方法应用上都是有相通性的，教材充分考虑环境工程各个专业方向实验他们之间的内在联系和统一性，不做简单分割独立实验。

2. 实验内容按专业基础实验-综合性实验-设计性实验层次安排，学生在实验过程能循序渐进，而且应用多种教学方式。专业基础实验主要是加深学生对环境工程专业知识基本理论、环境治理的基本技术方法、典型的实验设备的理解和认识，锻炼实验动手能力和仪器操作能力，要求学生能独立操作完成；综合性实验重在锻炼学生环境专业知识的综合应用能力，在实验过程中能举一反三，形成统一的专业知识体系，并能较好解决各类实验问题。本章各实验实验后都附有扩展实验，学生可根据自己的实验能力、实验兴趣进行深入探讨，可组队亦可独立完成。设计性实验主要培养学生独立思考、发现问题、解决问题的能力以及团队协作能力，学生需组成实验小组，自行进行实验方案设计。

本书由伍斌主编，参加编写的有：伍斌（第一章第二节、第二章、第三章），郑毅（第一章第四节），陈孝娥（第一章第一节、第三节），谢四才（第一章第五节）。本书在编写过程中得到了学院领导和环境工程教研室全体教师的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于时间仓促，书中难免存在不妥之处，请读者原谅，并提出宝贵意见。

编 者
2015年6月

目 录

前 言

第一章 专业基础实验	1
第一节 水污染控制工程实验	1
实验一 混凝实验	1
实验二 自由沉降实验	4
实验三 曝气充氧实验	8
实验四 活性炭吸附实验	13
实验五 过滤反冲洗实验	16
实验六 活性污泥性能指标测定实验	21
第二节 大气污染控制工程实验	24
实验一 粉尘粒径分布的测定	24
实验二 旋风除尘器性能测定	29
实验三 室内甲醛采样及分析	33
实验四 粉尘真密度的测定	37
实验五 活性炭吸附气体中的二氧化硫	40
实验六 环境空气中总悬浮颗粒物的测定	42
第三节 固体废物资源化实验	45
实验一 污泥脱水性能的测定	45
实验二 固体废物浮选实验	47
实验三 垃圾堆肥实验	49
实验四 垃圾中有机质含量测定	52
实验五 危险废物毒物浸出实验	54
实验六 固体废物磁选实验	56
第四节 环境微生物实验	58
实验一 显微镜的使用及细菌的革兰氏染色	58
实验二 酵母的形态观察、大小测量和显微计数	60
实验三 原生动物、微型后生动物、藻类和活性污泥观察	63
实验四 培养基的配制与高压蒸汽灭菌	64
实验五：环境中微生物的分离纯化接种培养	67
实验六：水中细菌总数与大肠菌群的测定	71
第五节 环境监测实验	73
实验一 高锰酸盐指数的测定	73
实验二 化学需氧量的测定	76
实验三 溶解氧 (DO) 的测定	79

实验四	环境噪声监测	82
实验五	水样总磷的测定	86
实验六	水样中铬的测定	90
第二章	综合性实验	95
实验一	水体富营养化程度的评价	95
实验二	高效苯酚降解菌的筛选及其性能测定	99
实验三	芬顿 (Fenton) 试剂氧化降解农药废水	102
实验四	粉煤灰基絮凝剂的制备	104
第三章	设计性实验	106
实验一	校园环境质量监测及评价	106
实验二	实验室废液的处理	108
实验三	牛奶包装盒的回收利用	109
实验四	地沟油的筛查及污染特性实验	110
附:	环境工程专业实验常见分析设备的使用说明	111
(一)	722 型分光光度计	111
(二)	752 型紫外分光光度计	112
(三)	pHS-3C 酸度计	112
(四)	DDSJ-308A 型电导率仪	114
(五)	格林曼测烟望远镜	115
(六)	Spectrum2 傅立叶变换红外光谱仪	116
(七)	TAS-900 原子吸收分光光度计	118
参考文献	121

第一章 专业基础实验

☆ 本章节实验主要是加深学生对环境工程专业基本理论、环境治理的基本技术方法、典型的实验设备的理解和认识，锻炼实验动手能力和仪器操作能力，要求实验项目内容每个学生能独立操作完成。

第一节 水污染控制工程实验

实验一 混凝实验（建议学时：6学时）

【实验目的】

1. 了解影响混凝效果的相关因素。
2. 通过观察混凝现象及过程，加深对混凝机理的理解。
3. 选择和确定最佳混凝工艺条件（包括 pH 值、投药量）。

【实验原理】

化学混凝法是用来去除水中无机和有机的胶体颗粒。分散在水中的胶体颗粒带有电荷，胶粒之间存在静电斥力，同时在布朗运动及其表面水化膜作用下，使胶粒长期处于稳定分散状态，不能用自然沉淀法去除。向水中投加混凝剂后，由于压缩双电层作用使得胶粒的 ζ 电位降低，实现胶粒“脱稳”；脱稳后的胶粒，在一定的水力条件下，通过吸咐架桥作用和网捕作用聚集增大，形成大的矾花，最终沉淀从水中分离出来。

由于各种原水有很大差别，混凝效果不尽相同，混凝剂的混凝效果不仅取决于混凝剂投加量和种类，同时还取决于水的 pH 值、水温、水流速度梯度、反应时间等。

混凝过程包括混合、反应和沉淀三个阶段。混合阶段要求混凝剂和废水快速混合均匀，一般在几秒钟或 1 分钟内完成，该阶段只能产生肉眼难以看见的微絮凝体；反应阶段要求搅拌强度随矾花的增大而逐渐降低，以免结大的矾花被打碎而影响混凝的效果，反应时间约 15~30min，该阶段微絮凝体形成较密实的大粒径矾花。然后停止搅拌，静置。

【实验材料】

试剂：混凝剂（如硫酸铝、三氯化铁、聚合氯化铝、聚丙烯酰胺等）、NaOH、盐酸等。

仪器：六联混凝试验搅拌机、浊度仪、酸度计、烧杯、移液管、温度计、注射器、量筒。

【实验步骤】

混凝实验分为最佳投药量与最佳 pH 值两部分。在进行最佳投药量实验时，先选定一种

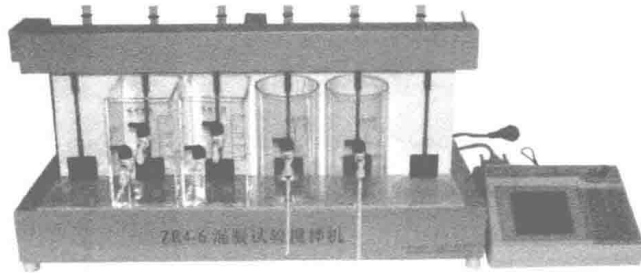


图 1.1 六联混凝试验搅拌机

搅拌速度变化方式和 pH 值，求出最佳投药量。然后，按照最佳投药量求出混凝最佳 pH 值。

(一) 最佳投药量实验步骤

1. 搅拌水样以使水样均匀，确定原水特征，即测定原水水样浊度、pH 值、温度，并做好记录。

2. 确定形成矾花所用的最小混凝剂量。在烧杯中加入 200mL 原水，慢速搅拌，每次增加 0.5mL 混凝剂投加量，直至出现矾花为止。这时的混凝剂量作为形成矾花的最小投加量。

3. 分别用量筒量取 1000mL 原水水样倒入 6 个六联搅拌机专用烧杯内，置于如图 1.1 所示的六联混凝试验搅拌机平台上。

4. 确定混凝剂投加量。根据步骤 2 得出的形成矾花最小混凝剂投加量，取其 1/4 作为 1 号烧杯的混凝剂投加量，取其 2 倍作为 6 号烧杯的混凝剂投加量，用依次增加混凝剂投加量的方法求出 2~5 号烧杯混凝剂投加量，把混凝剂分别加入 1~6 号烧杯对应的加药管中。

5. 启动搅拌机，快速搅拌 30s~60s，转速约 150~200r/min；慢速搅拌 10min，转速约 10~30r/min。

6. 搅拌过程中，注意观察各烧杯中“矾花”形成的过程，“矾花”形成的快慢、外观、大小、密实程度等，并进行记录。

7. 静置沉淀 20min，用注射器抽出各烧杯中的上清液一定量，用浊度仪测定其浊度，记录表 1.1 中。浊度最小的水样为混凝剂最佳投加量。

(二) 最佳 pH 值实验步骤

1. 搅拌水样以使水样均匀，确定原水特征，即测定原水水样浊度、pH 值、温度，并做好记录。

2. 取 6 个 1000mL 烧杯分别放入 1000mL 原水。

3. 调整原水 pH 值。用盐酸调整 1 号烧杯水样使其 pH 值等于 4，用氢氧化钠溶液调整 6 号烧杯水样使其 pH 值为 9，2~5 号烧杯依次增加一个 pH 值单位。

4. 分别将原水水样倒入如图 1.1 所示六联试验搅拌机的 6 个专用烧杯中，用移液管向搅拌机上的加药管中加入相同剂量的混凝剂（投加剂量按照最佳投药量实验中得出的最佳投药量而确定）。

5. 启动搅拌机，快速搅拌 30s~60s，转速约 150~200r/min；慢速搅拌 10min，转速约 10~30r/min。

6. 搅拌过程中，注意观察各烧杯中“矾花”形成的过程，“矾花”形成的快慢、外观、大小、密实程度等，并进行记录。

7. 静置沉淀 15min, 用注射器抽出各烧杯中的上清液一定量, 用浊度仪测定其浊度, 记录表 1.2 中。

8. 根据 6 个水样测得的剩余浊度、对水样混凝沉淀观察记录, 得最佳 pH 值。

【数据处理】

1. 实验数据记录

表 1.1 最佳混凝剂投加量实验记录

原水浊度		原水温度		原水 pH		混凝剂	
水样编号	1	2	3	4	5	6	7
混凝剂投加量							
矾花形成时间							
水样剩余浊度							

表 1.2 最佳 pH 实验记录

原水浊度		原水温度		原水 pH		混凝剂	
水样编号	1	2	3	4	5	6	7
水样 pH							
矾花形成时间							
水样剩余浊度							

2. 根据实验数据绘制剩余浊度-投药量图及剩余浊度-pH 图。

【实验注意事项】

1. 实验过程中必须采用同一水样, 取水样时, 必须把水样混合均匀, 确保各烧杯中水样性质一致, 一次量取。

2. 加药的药液量少时, 要掺点蒸馏水, 以免沾在试管上的药液过多, 影响投药量的精确度。

3. 在测定水的浊度, 用注射器抽吸上清液时, 不要扰动底部沉淀物。同时, 尽量缩小各烧杯抽吸的时间间隔。

【思考题】

1. 根据实验结果以及实验中所观察到的现象, 简述影响混凝效果的几个主要因素。
2. 是否投药量越大混凝效果越好? 为什么?
3. 在混凝实验中应注意哪些操作, 这些操作对混凝效果有什么影响?
4. 若实验过程出现非正常状况, 试分析其原因, 说说如何进行实验优化?

实验二 自由沉降实验（建议学时：4 学时）

【实验目的】

1. 加深对自由沉降的概念、特点、规律的理解。
2. 掌握颗粒自由沉降实验方法。
3. 掌握沉降速度分布曲线的绘制方法。

【实验原理】

沉淀是指从液体中借重力作用去除固体颗粒的一种过程。根据液体中固体物质的浓度和性质，可将沉淀过程分为自由沉淀、絮凝沉淀、成层沉淀和压缩沉淀等四类。颗粒在自由沉淀过程中呈离散状态，互不结合，其形状、尺寸、密度等物理性质均不改变，下沉速度恒定，在水流中的沉降轨迹是直线。自由沉降多发生在悬浮物浓度不高的情况下，如沉砂池及初沉池中的初期沉降。为便于分析，假定：①沉降颗粒为球形，其大小、形状及质量在沉降过程中均不发生变化；②水处于静止状态，且为稀悬浮液。自由沉降过程可以由斯托克斯公式进行描述，即：

$$u = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_s - \rho_g}{\mu} \cdot g d^2 \quad (1)$$

式中 u ——颗粒的沉速；
 ρ_g ——颗粒的密度；
 ρ_s ——液体的密度；
 μ ——液体的粘滞系数；
 g ——重力加速度；
 d ——颗粒的直径。

废水中悬浮物组成十分复杂，颗粒形式多样，粒径不均匀，密度也有差异，采用斯托克斯公式计算颗粒的沉速十分困难，因而对沉降效率、特性的研究，通常要通过沉降实验来实现。实验可以在沉降柱中进行，方法如下：

取一直径、一定高度的沉降柱，在沉降柱不同高度处设有取样口，如图 1.2 所示，将已知悬浮物浓度 C_0 的水样注入沉降柱，取样口上水深（取样口与液面间的高度）为 h_0 ，在搅

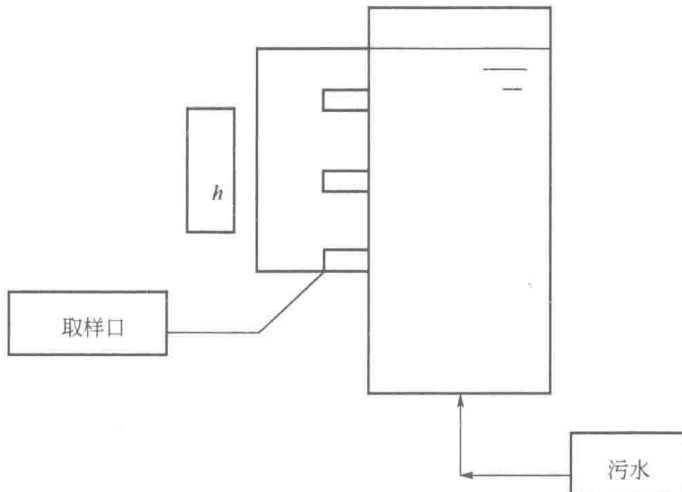


图 1.2 自由沉降装置图

拌均匀后开始沉降实验，并开始计时，经沉降时间 t_1 、 t_2 、 \dots 、 t_i 从取样口取一定体积水样，分别记下取样口高度 h ，分析各水样的悬浮物浓度 C_1 、 C_2 、 \dots 、 C_i ，同时计算：

$$\textcircled{1} \text{ 残余悬浮物量} \quad P_i = C_i / C_0 \quad (2)$$

式中 C_i —— t_i 时刻悬浮物质量浓度，mg/L；

C_0 ——原水样悬浮物质量浓度，mg/L。

$$\textcircled{2} \text{ 沉降速度} \quad u_i = h / t_i \quad (3)$$

式中 h ——取样口高度，m；

u_i ——沉降速度，m/min；

t_i ——沉降时间，min。

【实验材料】

仪器：沉降装置、计时用秒表、分析天平（精度 0.0001g）、恒温烘箱、干燥器、量筒、滤纸、漏斗、烧杯。

【实验步骤】

1. 做好悬浮固体测定的准备工作，将 8 张滤纸写好编号为 0~7，放入相应编号的称量瓶，调烘箱至 $105 \pm 1^\circ\text{C}$ ，将称量瓶放入 105°C 的烘箱，烘 45min，取出后放入干燥器冷却 30min，在精度 0.0001g 天平上分别称重，记录 0~7 号滤纸质量，填入表 1.3 中。

2. 取 8 个烧杯，并编号为 0~7。

3. 打开沉降柱进水阀门，将水样注入沉降柱，注意观察沉降柱水面高度，到达标尺高度即关闭进水阀门。

4. 用 0 号烧杯取水样 100mL，记录取样口高度 h_i ，填入表 1.4，开动秒表，开始记录沉降时间。

5. 分别用 1~7 号烧杯每隔一定时间（如 5min、10min、15min、20min、30min 等）在同一取样口取水样 100mL，并记录取样前和取样后沉降管中液面至取样口的高度，填入表 1.4，计算时采用二者的平均值。

6. 将已称好的滤纸分别放在 8 个玻璃漏斗中，将 0~7 号烧杯中的水样分别倒入对应的漏斗中，过滤水样，并用蒸馏水反复冲洗烧杯中残余的水样，将其倒入漏斗中过滤，使滤纸得到全部悬浮性固体。

7. 最后将带有滤渣的滤纸移入相应编号的称量瓶，再将称量瓶移入烘箱，调烘箱至 $105 \pm 1^\circ\text{C}$ ，烘 45min，取出后放入干燥器中冷却 30min，在精度 0.0001g 天平上称重，记录滤纸质量，填入表 1.3。

【数据处理】

1. 实验数据记录

表 1.3 滤纸质量记录 W (g)

	0	1	2	3	4	5	6	7
过滤前 W_1								
过滤后 W_2								
差值 = $W_2 - W_1$								

表 1.4 取样口高度记录 h_i (m)

	0min	5min	10min	15min	20min	30min	40min	60min
取样前								
取样后								
均值								

2. 悬浮性固体浓度 $C_{(mg/L)} = \frac{(W_2 - W_1) \times 1000 \times 1000}{V}$, 填入表 1.5。

式中 W_1 ——过滤前滤纸；
 W_2 ——过滤后滤纸重；
 V ——水样体积，100mL。

表 1.5 不同时刻悬浮性固体浓度

	0min	5min	10min	15min	20min	30min	40min	60min
浓度 C_i								

3. 绘制沉降速度分布曲线：

① 残余悬浮物量 $P_i = C_i / C_0$ 与各时刻沉降速度 $u_i = h / t_i$ 计算，填入表 1.6。

表 1.6 P_i 与 u_i 计算表

	5min	10min	15min	20min	30min	40min	60min
$P_i = C_i / C_0$							
$u_i = h / t_i$							

② 以 P 为纵坐标，以 u_i 为横坐标绘制沉降速度分布曲线。

③ 绘制沉降效率与沉降速度曲线 ($E_r - u_i$ 曲线)。

i. 利用沉降分布曲线和图解法计算各个时刻总去除率 (沉降效率)，公式： $E_r = (1 - P_0) + \frac{1}{u_0} \int_0^{P_0} u dP$ ，填入表 1.7。

表 1.7 各个时刻总去除率

	5min	10min	15min	20min	30min	40min	60min
E_r							

ii. 以各个时刻总去除率 E_r 为纵坐标，以各个时刻沉降速度 u 横坐标制 $E_r - u$ 曲线。

【实验注意事项】

1. 每从管中取一次水样，管中水面就要下降一定高度，所以，在求沉降速度时要按实际的取样口上水深来计算。

2. 实际上，在经过时间 t_i 后，取样口上 h 高水深内颗粒沉到取样口下，应由两个部分组成，即：① $u \geq u_0 = h / t_i$ 的这部分颗粒，经时间 t_i 将全部去除，而 h 高水深内不再包含 $u \geq u_0$ 这部分颗粒；② 除此之外， $u < u_0 = h / t_i$ 的那一部分颗粒也会有一部分颗粒经时间 t_i 后沉降到取样口以下，这是因为 $u < u_0$ 的这一部分颗粒并不都在水面，而是均匀的分布在高度为 h 的

水深内，因此，只要它们沉降到取样口以下所用时间小于或等于具有 u_0 沉降颗粒所用的时间，在时间 t_i 内它们就可以被去除。

3. 从取样口取出水样测得的悬浮固体浓度 C_1 、 C_2 、…… C_i 等，只表示取样口断面处原水经沉降时间 t_1 、 t_2 、…… t_i 后的悬浮固体浓度，而不代表整个水深中经相应沉降时间后的悬浮固体浓度。

【思考题】

1. 自由沉降与絮凝沉降有何区别和联系？
2. 绘制自由沉降速度分布曲线的意义。

实验三 曝气充氧实验（建议学时：6 学时）

【实验目的】

1. 加深理解曝气充氧机理及影响因素。
2. 掌握测定曝气设备氧总传递系数和充氧能力的方法。

【实验原理】

活性污泥法处理过程中曝气设备的作用是使空气、活性污泥和污染物三者充分混合，使活性污泥处于悬浮状态，促使氧气从气相液相，从液相转移到活性污泥上，保证微生物有足够的氧进行物质代谢。由于氧供应是保证生化处理过程正常进行的主要因素之一，因而需通过实验测定氧总传递系数 K_{La} ，评价曝气设备的供氧能力和动力效率。

所谓曝气就是人为的通过一些设备，加速向水中传递氧的一种过程。目前常用的曝气方法主要有三种，即鼓风曝气、机械曝气、鼓风机曝气。对于曝气机理的解释常用双膜理论。双膜理论是基于在气液两相界面存在着两层膜（气膜和液膜）的物理模型。在气液两相接触界面两侧存在着气膜和液膜，它们处于层流状态，气体分子从气相主体以分子扩散的方式经过气膜和液膜进入液相主体，氧转移的动力为气膜中的氧分压梯度和液膜中的氧浓度梯度，传递的阻力存在于气膜和液膜中，而且主要存在于液膜中。如图 1.3 所示：

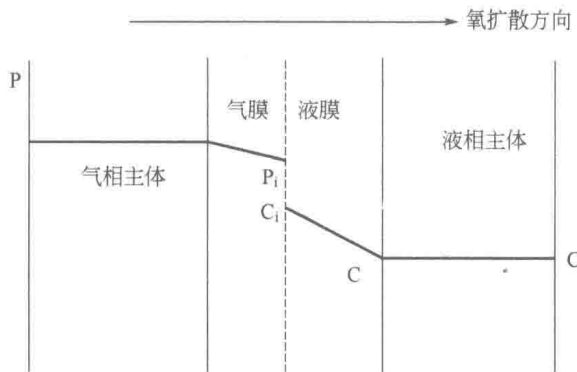


图 1.3 双膜理论模型

影响氧转移的因素主要有温度、污水性质、氧分压、水的紊流程度、气液之间接触时间和面积等。

氧转移的基本方程式为：

$$\frac{dc}{dt} = K_{La} (C_S - C) \quad (1)$$

$$K_{La} = D_L \cdot A / X_f V \quad (2)$$

式中 $\frac{dc}{dt}$ ——液相主体中氧转移速度， $\text{mg}/(\text{L} \cdot \text{min})$ ；

C_S ——液膜处饱和溶解氧浓度， mg/L ；

C ——液相主体中溶解氧浓度， mg/L ；

K_{La} ——氧总转移系数， L/min ；

D_L ——氧分子在液膜中的扩散系数；

A ——气液两相接触界面面积， m^2 ；

X_f ——液膜厚度， m ；

V ——曝气液体容积， L 。

由于液膜厚度 X_f 及两相接触界面面积很难确定，因而用氧总转移系数 K_{La} 值代替。 K_{La} 值与温度、紊动性、气液接触面面积等有关，它指的是在单位传质动力下，单位时间内向单位曝气液体中的充氧量，是反映氧转移速度的重要指标。

$$K_{La} = \frac{1}{t-t_0} \ln \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_s - \rho_t} \quad (3)$$

式中 K_{La} ——氧总转移系数， L/min ；

t 、 t_0 ——曝气时间， min ；

ρ_0 ——曝气开始时烧杯内溶解氧浓度， mg/L ；

ρ_s ——烧杯内溶液饱和溶解氧值， mg/L ；

ρ_t ——曝气某时刻 t 时，烧杯内溶液溶解氧浓度， mg/L 。

评价曝气设备充氧能力的方法有两种：（1）不稳定状态下的曝气试验，即试验过程中溶解氧浓度是变化的，由零增加到饱和浓度；（2）稳定状态下的试验，即试验过程中溶解氧浓度保持不变。

（一）不稳定状态下进行试验：

用自来水或曝气池流出的上清液进行试验时，先用亚硫酸钠（或氮气）进行脱氧，使水中溶解氧降到零，然后再曝气，直至溶解氧升高到接近饱和水平。假定这个过程中液体是完全混合的，符合一级动力学反应，水中溶解氧的变化可以用式(4)表示：

$$dc/dt = K_{La}(C_s - C) \quad (4)$$

式中 dc/dt ——氧转移速率， $mg/(L \cdot min)$ ；

K_{La} ——氧总传递系数， L/min 。 K_{La} 可以认为是一混合系数，它的倒数表示使水中的溶解氧由 C 变到 C_s 所需要的时间，是气液界面阻力和界面面积函数；

C_s ——试验条件下自来水（或污水）的溶解氧饱和浓度， mg/L ；

C ——相应于某一时刻 t 的溶解氧浓度， mg/L 。

将式(4)积分得

$$\ln(C_s - C) = -K_{La} \cdot t + \text{常数} \quad (5)$$

式(5)表明，通过试验测得 C_s 和相应于每一时刻 t 的溶解氧 C 值后，绘制 $\ln(C_s - C)$ 与 t 的关系曲线，其斜率即 K_{La} 。

（二）稳定状态下进行试验

如果能较正确的测定活性污泥的呼吸速率，也可以在现场生产运行条件下，通过稳定状态下的充氧试验测定曝气设备的充氧能力。

【实验材料】

试剂：无水亚硫酸钠、氯化钴。

仪器：模型曝气池、溶解氧测定仪、秒表、烧杯、广口瓶、电子天平。

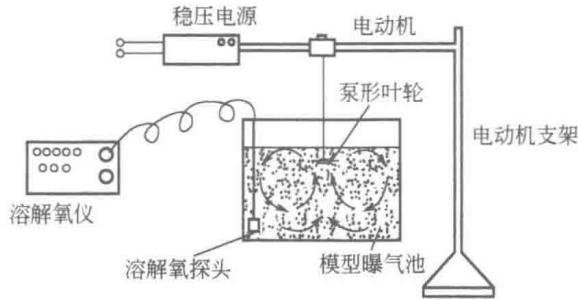


图 1.4 曝气设备充氧能力实验装置

【实验步骤】

1. 向如图 1.4 所示的模型曝气池中注入自来水至曝气叶轮表面稍高处，用卷尺测出模型曝气池内水的高度 H (m) 和模型曝气池的直径 D (m)，进而计算出模型曝气池的容积 (V , m^3 或 L)。

2. 认真预习溶氧仪的使用方法，用胶带将极化校正过的溶氧仪探头捆绑在大玻棒上，并将探头伸入水下 $1/2$ 处。

3. 启动曝气叶轮，使其缓慢转动，用溶氧仪测定自来水水温和水中溶解氧值，当溶氧仪数值稳定时记录其为初始溶解氧浓度 ρ_0 。

4. 根据 ρ_0 计算实验所需要的脱氧剂 Na_2SO_3 和催化剂 $CoCl_2$ 的量，并称取。



1) 脱氧剂（无水亚硫酸钠）用量：

从反应式可以知道，每去除 1mg 溶解氧，需要 7.9mg Na_2SO_3 。根据池子的容积和自来水的溶解氧浓度，可以算出 Na_2SO_3 的理论需要量。实际投加量应为理论值的 150%–200%。

计算方法如下： $W_1 = V \times \rho_0 \times 7.9 \times (150\% - 200\%)$

式中： W_1 为 Na_2SO_3 的实际投加量，mg。

2) 催化剂（氯化钴）用量：

催化剂氯化钴的投加量按维持池子中的钴离子浓度为 0.05–0.5mg/L 左右计算。

计算方法如下： $W_2 = V \times 0.5 \times 129.9 / 58.9$

式中： W_2 为 $CoCl_2$ 的实际投加量，mg。

5. 将 Na_2SO_3 和 $CoCl_2$ 溶解后直接投加在曝气叶轮处，或者用泵抽送曝气池，使其迅速扩散。

6. 待溶解氧读数为零时，加快叶轮转速，使模型池内呈现曝气充氧状态，此时开始计时，每隔 1min 测定池内溶解氧值，直至溶解氧值不再增长为止，此时即为饱和溶解氧浓度 ρ_s 。随后关闭曝气装置。

【数据处理】

1. 测定并记录实验基本参数，记录如下：

模型曝气池内径 $D =$ m，高度 $H =$ m，

实验条件下自来水的饱和溶液解氧浓度 $\rho_s =$ mg/L。

表 1.8 原始实验记录表

水样体积 V :	L ;	水温:	$^{\circ}C$;	初始溶解氧浓度 ρ_0 :	mg/L			
无水亚硫酸钠用量:	g ;		氯化钴用量:	g				
测量时间 t (min)	1	2	3	4	5	6	7	...
溶解氧浓度 ρ (mg/L)								
$\rho_s - \rho$ (mg/L)								

2. 数据整理:

- 1) 以溶解氧浓度 ρ 为纵坐标、时间 t 为横坐标, 作 ρ 与 t 的关系曲线。
- 2) 根据 ρ - t 曲线计算相应于不同 ρ 值的 $d\rho/dt$, 记录于表 1.9 中。

表 1.9 不同 ρ 值的 $d\rho/dt$

ρ (mg/L)								
$d\rho/dt$ (mg/(L·min))								

3) 以 $d\rho/dt$ 为纵坐标、 $\rho_s - \rho$ 为横坐标, 绘制出 $d\rho/dt$ 与 ρ 的关系曲线, 得到直线的斜率为所求的 K_{La} 。(或充氧时间 t 为横坐标, 水中溶解氧浓度变化 $\ln \frac{C_s}{C_s - C_t}$ 为纵坐标, 作图绘制充氧曲线, 所得直线的斜率即为 K_{La} 。)

- 4) 计算温度修正系数 K , 根据 $K_{La(T)}$, 求氧总转移系数 $K_{La(20)}$

$$K = 1.024(20 - T) \quad (6)$$

$$K_{La(20)} = K \cdot K_{La(T)} = 1.024(20 - T) \times K_{La(T)} \quad (7)$$

- 5) 计算充氧设备充氧能力 OC (kgO_2/h): 单位时间内转移到液体中的氧量。

$$\text{表面曝气时 } OC = K_{La(20)} \cdot \rho_s \cdot V$$

式中 ρ_s ——1atm 下, 20 $^{\circ}C$ 时溶解氧饱和值, $\rho_s = 9.17mg/L$;

V ——曝气池有效体积, m^3 。

- 6) 计算曝气设备动力效率 E_p ($kg/(kW \cdot h)$)。

$$E_p = \frac{OC}{N} \quad (8)$$

式中 N ——理论功率, 只计算曝气充氧所耗有用功;

V ——曝气池有效体积。

【实验注意事项】

1. 注水时水的流速不能过大, 应避免模型曝气池中注入的原水含有气泡。
2. 在实验过程中, 探头伸入水下的深度应尽量保持一致, 并要避免溶氧仪探头与曝气头相接触。