

环境工程治理技术丛书

深井曝气 活性污泥法及其应用

国家环境保护局 科技标准司 编
环境工程科技协调委员会

中国环境科学出版社



9300334 86.664

环境工程治理技术丛书

深井曝气活性污泥法 及其应用

国家环境保护局 科技标准司 主持
环境工程科技协调委员会

邓汉均 刘沂 编

朱耀华 审校

中国环境科学出版社

1992

(京) 新登字 089 号

内 容 简 介

本书是一本专门介绍深井曝气活性污泥的著作。其主要内容有,深井曝气工艺的机理及特征、深井曝气法污水处理厂的设计、深井曝气法污水处理厂的运行管理等。除此以外,还介绍国内外深井曝气法污水处理厂等实例。

该书可供环境工程技术方面的科研、技术及生产管理人员参考,也可作有关专业院校教学参考书。

环境工程治理技术丛书 深井曝气活性污泥法及其应用

国家环境保护局 科技标准司 主持
环境工程科技协调委员会

邓汉均 刘沂 编
朱耀华 审校
责任编辑 陈菁华

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

三河县宏达印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1992年11月第 一 版 开本 787×1092 1/32

1992年11月第一次印刷 印张 2 7/8

印数 1—4 000 字数 64千字

ISBN 7-80093-161-7/X·607

定价: 1.80元

《环境工程治理技术丛书》编辑委员会

主 编 张崇华
副主编 顾国维 沈光范 刘秀茹 臧玉祥
编 委 魏 平 朱耀华 程岩法 彭志良 黄文国
蒋如质 曹凤中 宫 伟 蒋琪瑛

序

解决我国的环境问题，一靠政策，二靠管理，三靠科学技术。在政策上，我国已把环境保护列为一项基本国策并制定了一系列方针政策；在管理上，我们不断总结经验，加强制度建设，强化监督管理，正在建立环境保护工作的新秩序；在科学技术上，关键是要抓好两头，一头是集中财力、物力和人力，围绕解决经济建设和社会发展中迫切需要解决的环境问题的关键性技术课题，认真开展科研攻关；另一头是大力开发和普遍推广效益好、见效快、适用性强的治理污染的技术成果，提高广大环境保护工作人员的业务水平和技术素质，帮助广大企业包括乡镇企业加速实现环境保护的技术进步。这是密切科技和生产的结合，迅速提高我国防治污染水平的重要途径。

十多年来，我国各科研院所、高等院校、设计单位以及工业地区的专业部门在污染防治、环境工程技术等方面取得了许多科技成果，积累了不少经验。把这些科技成果和经验加以归纳总结使多数人掌握，可以避免环保科研工作在一般水平上的重复劳动。把国内科技研究同引进先进技术有效地结合起来，有利于加速对引进技术的消化、吸收和创新。

鉴于科学技术的重要性和交流、总结经验的迫切性，国家环境保护局科技司和国家环境保护局环境工程协调委员会

组织编写了这套《环境工程治理技术丛书》，在编写的体例上既不同于一般的科研成果报告，又不同于一般的教科书，而是突出应用性和经验的总结。

本套丛书的编辑委员会承担了组织选题、编写和审稿等具体工作。丛书的内容有单元技术和设备、处理工艺技术和环境污染区域综合防治，废水、废气、废渣的处理与利用和环境影响评价等。在治理技术的编写中，一般包括国内外的技术进展，工艺技术的特点和原理，设计计算和实例介绍与分析，其中有的还包括作者对一些技术问题的讨论和看法。承担编写和审稿的同志大都是多年在第一线上从事这方面工作的专家。本套丛书共几十本，计划分批付印出版。

虽然我们力图使本套丛书深入浅出，图文并茂，具有科学性、实用性和先进性，但由于篇幅所限，每个问题的论述不可能面面俱到，加之从编写到编辑出版时间较紧，而科学技术本身又在不断发展，所以丛书中的缺点和错误在所难免，希望得到读者批评指正。

张崇华

1990年4月

前 言

水污染防治是环境保护的重要内容。我国许多地区的水域，都不同程度地受到污染。尤其在大城市，工业废水及生活污水，未经处理就大量排放，使一些河流成了排水沟。如上海的黄浦江，水质已严重污染，秋夏季节的黑臭时间达150d之多。运河的杭州段，特别是艮山港到大关桥5km河段内，水质终年黑臭，水体内主要是腐生生物。黑龙江省境内的松花江哈尔滨段的水质分析表明，水体中有264种有机物，已认定其中10种是致癌物质。这些都直接影响人民健康和经济发展。治理污染的紧迫性是显而易见的。

在城市内发展污水治理，用地是一个突出矛盾。深井曝气工艺在这方面有着很大的竞争优势，在节能及处理效果方面也很显著。本着使这一技术的推广使用的目的，根据我们近年来科研设计中的情况，参阅有关文献资料；从实用的角度，论述这一工艺的基本原理及技术特征，探讨该技术中的主要环节和影响因素。文中提供了一些控制参数，可供设计时参考，通过运行实绩表中列举各种不同水质类型的实例数据，也可供设计及管理人员对照比较。

鉴于深井曝气工艺自1975年开始试验及应用，至今仅10余年历史，不论在机理方面，应用计算公式方面和参数的数据上，均在研究和探索中。国内对深井曝气工艺试验、研究也取得了不少成果，迄今已建成深井曝气工艺污水处理厂（站）约10余座，我们根据实践中一些体会，编写这本小册

子，旨在更进一步推动深井曝气法这一新技术，在我国的应用和发展。由于我们知识水平及条件所限，缺点和不足之处，敬请指正。

目 录

前言.....	(v)
第一章 深井曝气工艺的机理及特征	(1)
第一节 深井曝气槽构造及类型.....	(2)
第二节 流态特征.....	(5)
第三节 生物相.....	(11)
第四节 深井曝气的新发展.....	(13)
第五节 深井曝气的优越性.....	(16)
第六节 地下水污染的预防设施.....	(19)
第二章 深井曝气法污水处理厂的设计	(20)
第一节 深井曝气法污水处理厂的工艺流程.....	(20)
第二节 调节池.....	(20)
第三节 深井曝气井系统的设计和施工.....	(24)
第四节 后续处理设施的设施.....	(32)
第五节 深井曝气应用实例.....	(64)
第三章 深井曝气法污水处理厂的运行管理.....	(67)
第一节 深井曝气井的运转要点.....	(67)
第二节 运行记录报表主要内容.....	(69)
附录一 国内外深井曝气法污水处理厂运行实录	(74)
附录二 国内深井曝气槽的施工及运转图	(78)

第一章 深井曝气工艺的机理及特征

废水处理中生化法应用最广的一种。在生化法的好氧处理中，空气的供给一直是能耗的主要部分，而空气用量在有机物浓度不变的情况下，很大程度上取决于氧的转移效率。常用的传统曝气法其转移效率一般是5~15%。因此提高氧的利用率降低能耗，长期以来一直是水处理工作者的奋斗目标。在整个污水处理实践过程中，从穿孔管布气，发展为倒盆式，射流曝气、双螺旋式等，其目的都是在使气泡能与液体产生更多的接触面积，增加氧的利用率。也有加大曝气池的水深，增加氧的分压而提高氧的转移效率。这些发展过程，总目标都是增加氧的利用率。

深井曝气这一新技术的开发和发展，正是适应废水处理的需要，从ICI(英国帝国化学公司)生产单细胞蛋白(Single-Cell protein, 简称scp)充氧技术中移用而来的。1968年该公司在单细胞蛋白生产中，运用了充氧能力很高的培养槽，并把它运用于废水处理。1974年在毕林哈姆建造了一座试验性工厂处理生活污水和工业废水组成的混合废水。1975年4月ICI首次发表了深井曝气工艺的使用成果。它的运行满意地达到了英国环境保护方面的严格出水要求，且显示出运行稳定，占地少等优点。随后联邦德国建造了生产规模的淀粉废水处理设施。现在日本、加拿大等国都已得到广泛应用。

第二代深井的构造是由CIL(加拿大工业有限公司)所

属ECO技术部开发的。其主要不同是消除了头部水箱至下降管布气点间的缺氧段以及改变了上升管和下降管的进气比例。保证水流在稳定状态下工作，防止了水流倒转的可能性。消除了进水的短路现象。

深井处理技术的发展也反映在工艺流程上，即脱气技术多数用传统的鼓风曝气来代替真空脱气，以便在脱气的同时可起到精处理的作用，进一步提高出水水质。

第一节 深井曝气槽构造及类型

深井曝气槽通常为圆心圆结构、或U形管结构。直径1~6m，深度50~150m。其构造及组成见图1-1。头部水箱主要是使曝气槽内液体回流的缓冲；废水与回流污泥的混和；脱除反应生成的和剩余的部分气体；部分液体也从水箱中流出。下降管使废水、循环液体及回流污泥输向井的下部而通过底部往上经上升管进入头部水箱。在下降管和上升管的一定部位设置布气管，供给微生物需要的空气及维持液体稳定的循环。

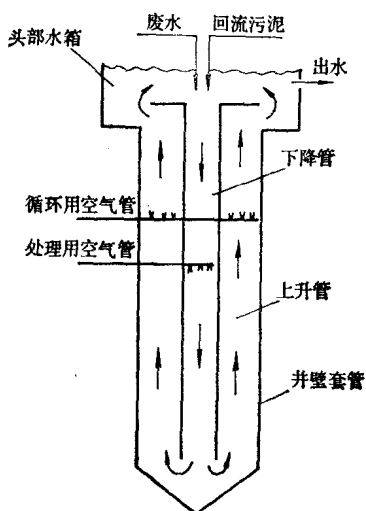


图 1-1 海井基本构造

从深井的结构便可得知，深井内部由于有较大的水静压力，它可以获得很高

的溶解氧。通常可达 40~60mg/L。因此也能保持井内混合液很高的浓度。利用深井这一特有的形式，通入的空气既可作为氧源，又可产生空气扬水器的作用。氧的利用率可达 60~90%，大大降低了电耗。图 1-2 表示水静压力与溶解氧的关系。

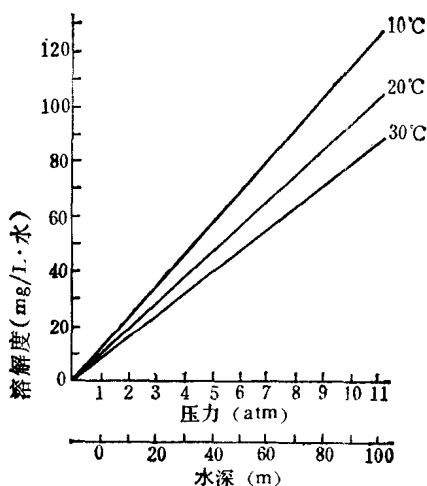


图 1-2 溶解氧与压力关系

按照维持循环动力的不同，这种曝气槽可分为气提循环和泵提循环。

一、气提循环

如图1-3所示，向超深层曝气槽中注入的压缩空气，既是维持液体循环的动力，又是供给微生物降解基质所需要的氧源。这种方式具有能耗低，设备简单、运转费用少等优

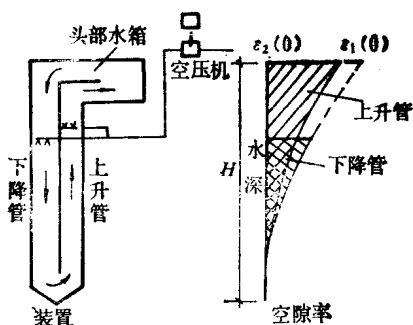


图 1-3 气提循环式深井

点，被国内外广泛采用。

在上升管和下降管内部都设有进气管。通入压缩空气的

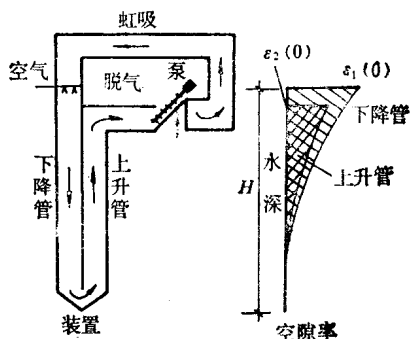


图 1-4 泵循环式深井

结果，使井内液体维持一个循环流动。井内流速一般为 $1\sim 2$ m/s，而气泡上升流速为 0.3 m/s。就是说在这种水流速度下，可使下降管中的气泡随水流一起往下移动。气体愈往下则水静压力愈大，气泡逐渐压缩，充氧速率也愈大。到达井

底后又进入上升管，压力渐减，气泡释放出来，体积增大。形成上升管和下降管间的空隙率差异，其差值即是液体循环的推动力。

二、机械循环

这种运行方式，循环动力是由头部的水泵提供的。在下降管流速达到1.0m/s以上时，空气可以从上部注入。这种方式与前者相比，增加了空气的接触时间，消除了上部的缺氧段。但设备较气提循环复杂，动力消耗也会增大一些。在实际使用中，水泵出水管与下降管间的管段做成倒U形，使下降管段有一定的虹吸作用。装设辅助进气管供给少量气体，提高自然供气量。

第二节 流态特征

深井的工作，应由其水力学特性和生物降解特性来表示。水力学性质包括井管内流动时各部分产生的水力阻力，以及气体上浮作用对液体造成的阻力。生物降解特性除直接的生物降解效果外，更主要的是氧在深井内的转移，它决定着有机物生物降解的效果。

一、水力学特性

1. 水力阻力 水力阻力是指液体在井内流经各部分产生的水力损失。主要是下降管和上升管的沿程摩阻；上升管和下降管中布气装置处产生的局部阻力损失；井底和头部水箱的局部阻力损失。这些阻力可用一般的水力学公式表示。

$$H_f = K\lambda \frac{H}{d_1} \frac{v_1^2}{2g} \quad (1-1)$$

式中：系数 $K = 1 + \frac{1}{(n-1)(n^2-1)^2}$ ；

$n = D/d$ ；

H ——井深 (m)；

D ——深井直径 (m)；

v_1 ——下降管流速 (m/s)；

d_1 ——下降管直径 (m)；

λ ——摩阻系数。

深井运转中实测结果表明，主要是沿程阻力，局部损失可忽略不计。在实际使用中 h_f 乘以1.2~1.4的安全系数是必要的。

2. 气阻 气体上浮时产生的阻力就是气阻。下降管中气泡上升的速度与液体流动的方向相反，故该管中气泡移动的速度慢，而上升管中两者流动的方向相同，其移动速度比液体快。所以在同一水深，上升管中的空隙率(ϵ_2)比下降管中的空隙率(ϵ_1)小。设液流速度下降管为 v_1 ，上升管为 v_2 ，气泡的速度为 v_b ，空隙率比值 φ ，根据流量平衡可得：

$$\varphi = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} = \frac{v_2}{v_1} \cdot \frac{v_1 - v_b}{v_2 + v_b} \quad (1-2)$$

当 ϵ_1 、 ϵ_2 很小且上升管与下降管断面相等时，(2)式可写成：

$$\varphi = \frac{v_1 - v_b}{v_2 + v_b} \quad (1-3)$$

深井下 x 米处的水静压力为 $P = A + r \cdot x$ 根据气体等温压缩方程式，可求得深井下 x 米处的空隙率 $\epsilon(x)$ 为：

$$\epsilon(x) = \frac{\epsilon(0)}{1 + \frac{r \cdot x}{A}} \quad (1-4)$$

式中：A——大气压力（相当于10m水柱）

γ ——液体比重

$\varepsilon(0)$ ——深井头部空隙率

(1-4) 式可绘制成图1-3，图1-4所示的空隙率图形。

将 (1-4) 式对 x 由 0— H 的井深积分即得气阻

$$J = \varepsilon(0) + \ln(1 + H/C) \quad (1-5)$$

常数 $C = A/\gamma = 10\text{m}$

J_1 和 J_2 的作用相反，其差值便构成气阻。

$$\Delta J = J_1 - J_2 = J_1(1 - \varphi) \quad (1-6)$$

由图1-3可以看出，上升管与下降管空隙率面积之差，就是深井气提循环的动力。又结合 (3) 式可以看出，在同一水深，上升管的空隙率小于下降管。而就整体而言，上升管的空隙率是大的，所大部分即为气提动力。该值大于液体的摩擦水头时，便无需提供空气以外的动力设施。图 1-4 则表示需要外部动力，该动力需满足

$$Y = F + \Delta J = F + J_1(1 - \varphi) \quad (1-7)$$

式中：Y——深井总阻力 (m)；

F——水力阻力 (m)；

ΔJ ——气阻 (m)。

二、充氧特性

由于水静压力的作用，使深井处在 5~15 个大气压力下工作，因此有很高的充氧能力。而设计师更应该了解影响氧转移效率的因素，如井深、流速、温度与充氧的关系，以取得最佳的设计及运行参数。

利用U形管用三种不同深度30m、60m、103m，测得的溶解氧增值见图1-5。从图1-5中可见，在充气量为 15% 及

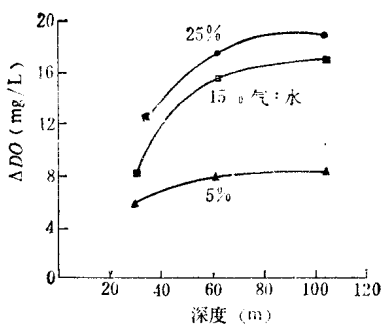


图 1-5 深度与 ΔDO 关系

25%时, 曲线的陡度以60m深度为分界。表明在40~60m处是充氧的有利深度。采用的气水比主要是考虑到理论上空隙率不大于0.2是保持气泡在液体中不相互聚合的界限值。

图1-6为流速变化对溶解氧的影响。由图1-6可知, 流速

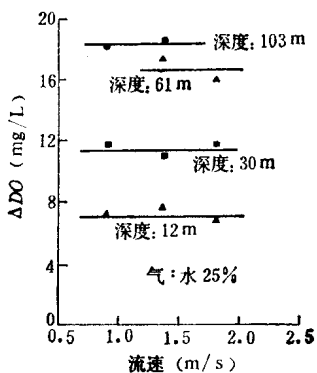


图 1-6 流速对 ΔDO 的影响