

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: X2012230210

UDC _____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

基于 LabVIEW 与 ASM 模型的活性污泥污 水处理仿真研究

Research on Simulation of Activated Sludge Wastewater

Treatment Based on LabVIEW & ASM Model

刘虹庆

指导教师: 张海英 副教授

专业名称: 软件工程

论文提交日期: 2014 年 6 月

论文答辩日期: 2014 年 7 月

学位授予日期: 2014 年 9 月

指导教师: _____

答辩委员会主席: _____

2014 年 6 月

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为()课题(组)的研究成果，获得()课题(组)经费或实验室的资助，在()实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

污水的活性污泥法生物处理，由于具有处理效果好、运行成本低等特点而成为控制环境污染的一项基本和主要的方法。活性污泥数学模型（Activated Sludge Model, ASM）作为污水处理工艺设计、污水处理厂运行管理和污水处理新技术、新工艺研究开发的新工具，已在海外得到成功运用。本文基于LabVIEW平台和活性污泥1号模型开发了活性污泥过程模拟与仿真程序，并利用模型对西宁市某污水处理厂的运行进行了动态模拟研究，模拟结果与实际运行所测定的数据在TKN、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、COD等数据以及COD各组分数据相吻合，拟合效果较好，

论文所研究主要包括：

- 1、在分析活性污泥法的基础上，归纳了活性污泥效果数学模型及ASM1的发展；
- 2、活性污泥模型计算机应用程序的开发；

利用活性污泥模型对污水处理厂生物反应器运行工况的模拟和预测，充实了在实际工程当中的应用研究。

论文使用相关数学方法对模型进行计算机模拟，开发了界面和使用简单的模拟程序。在模拟过程中对异养菌衰减系数 Y_h 由0.67调整至0.9、比衰减(死亡)速率 b_H 由0.62调整至0.45、异养菌最大比增长速度 μ^*_H 由6调整至6.2、异养菌增长半速度常数 K_S 由20调整至16、异氧菌缺氧生长校正因子 g_g 由0.8调整至0.82、水解半速度常数 K_X 由0.3调整至0.021，最终得出模拟结果与实测结果最大相差5.7mg/L，最小相差3.3mg/L，误差率9%~15%，取得了较好的一致性，结果显示该模型基本上能够反映该污水厂的运行状态。

研究表明，基于LabVIEW平台开发的活性污泥1号数学模型能够较好地模拟以城市生活污水为主的活性污泥处理过程，可以为传统活性污泥法为基本运行工艺的污水处理厂提供重要的参考资料，在以后的研究和应用中值得进一步的推广。

关键词：活性污泥；污水处理；ASM

Abstract

Activated sludge process, as the biological treatment method of wastewater with superior effect and low operation costs, has become a basic and main method operated in conventional wastewater treatment plants. Being a new effective management tool, the Activated Sludge Model that has been developed by the International Water Association (IWA), is available in the design, performance management, improvement and the development of new wastewater treatment technology and process. This paper developed the new-style Modeling and Simulating Programs for Activated Sludge Model No.1, which was used to dynamically model and simulate the operation state of some wastewater treatment plant(WWTP) in Chongqing. This new mathematic modeling could achieve a reliable prediction because of very satisfactory agreement between the modeling values and the measured values in practice.

On basis of activated sludge model analysis, the study mainly includes: the development of the series of ASM models; reality of program application according to result of the activated sludge model; simulating and predicting for operation of bios-reactor using ASM model and study on application in practical management.

The study has developed the interface and simple simulated program by using a mathematic computer program. In this process, the rate constant for heterotrophic organisms Y_H from 0.67 to 0.9 , ratio rate constant b_H from 0.62 to 0.45. In meanwhile, Maximum specific growth rate for heterotrophic biomass μ_H from 6 to 6.2. Half-saturation coefficient for heterotrophic biomass K_S from 20 to 16. Correction factor for μ_H under anoxic conditions g_g from 0.8 to 0.82. Half-saturation coefficient for hydrolysis of slowly biodegradable substrate K_X from 0.3 to 0.021. A very satisfactory agreement between the modeling values and practically measured values was obtained whose difference is from 3.3 to 6.7mg/L .The error rate is from 9% to 15%. It was found that ASM model could basically simulate the operating state of a wastewater treatment plant in Chongqing.

It was suggested that the LabVIEW Modeling and Simulating Programs for Activated Sludge Model No.1 could simulate and predict the performance and be used in the management of WWTP operation. Therefore, it is worthy of carrying out a further research.

Key Words: Activated Sludge; Wastewater Treatment; ASM

目 录

第一章 引言.....- 1 -

 1.1 课题背景.....- 1 -

 1.2 国内外研究现状及存在问题.....- 2 -

 1.2.1 国内外活性污泥模型的研究和应用.....- 2 -

 1.2.2 存在问题.....- 4 -

 1.3 课题研究的目标与内容.....- 4 -

 1.4 论文组织结构.....- 5 -

第二章 相关理论与技术介绍.....- 6 -

 2.1 活性污泥模型简介.....- 6 -

 2.1.1 基本概念.....- 6 -

 2.1.2 模型发展.....- 9 -

 2.2 虚拟仪器 LabVIEW 概述.....- 10 -

 2.2.1 虚拟仪器的概念及特点.....- 10 -

 2.2.2 LabVIEW 概述.....- 11 -

 2.2.3 虚拟仪器在国内外的的发展及其趋势.....- 12 -

 2.3 本章小结.....- 13 -

第三章 活性污泥污水处理仿真研究.....- 14 -

 3.1 数据源介绍.....- 14 -

 3.1.1 ASM1 的八个过程.....- 16 -

 3.1.2 ASM1 的 13 种组分.....- 19 -

 3.1.3 ASM1 的 19 种参数.....- 22 -

 3.1.4 进水水质组分的确定方法.....- 23 -

 3.1.5 含碳组分的确定方法.....- 24 -

 3.1.6 含氮组分的确定方法.....- 27 -

 3.2 模拟程序的开发.....- 27 -

3.2.1 程序预期功能.....	- 27 -
3.2.2 程序设计语言.....	- 28 -
3.2.3 程序设计方法.....	- 28 -
3.2.4 数据的录入.....	- 29 -
3.2.5 温度对模型参数的影响分析.....	- 38 -
3.2.6 程序界面设计.....	- 39 -
3.3 仿真过程.....	- 42 -
3.4 本章小结.....	- 43 -
第四章 活性污泥过程仿真测试.....	- 44 -
4.1 污水厂简介.....	- 44 -
4.2 进水水质组分的确定.....	- 45 -
4.2.1 含碳组分的确定.....	- 46 -
4.2.2 含氮组分的确定.....	- 48 -
4.3 活性污泥过程的模拟.....	- 48 -
4.4 活性污泥过程的预测.....	- 58 -
4.5 本章小结.....	- 73 -
第五章 总结与展望.....	- 74 -
5.1 总结.....	- 74 -
5.2 展望.....	- 74 -
参考文献.....	-76-
致谢.....	-78-

Contents

Chapter 1 Introduction	- 1 -
1.1 Research Background	- 1 -
1.2 Status and Problems of Domestic and Foreign Research	- 2 -
1.2.1 Research and Application of Activated Sludge Model.....	- 2 -
1.2.2 Existing Problem.....	- 4 -
1.3 Research Objectives and Contents	- 4 -
1.4 Organizational Structure of The Thesis	- 5 -
Chapter 2 Theoretical and Simulation Technology	- 6 -
2.1 About Activated Sludge Model	- 6 -
2.1.1 Basic Concept.....	- 6 -
2.1.2 Model Development.....	- 9 -
2.2 Overview of Virtual Instruments LabVIEW	- 10 -
2.2.1 The Concept and Characteristics of Virtual Instrument.....	- 10 -
2.2.2 LabVIEW Overview.....	- 11 -
2.2.3 The Development of LabVIEW at Home and Abroad and ItsTrend.....	- 12 -
2.3 Summary	- 13 -
Chapter 3 Research On Activated Sludge Treatment Process	- 14 -
3.1 Data Sources	- 14 -
3.1.1 Eight Process of ASM1.....	- 16 -
3.1.2 Thirteen Components of ASM1.....	- 19 -
3.1.3 Nineteen Parameters of ASM1.....	- 22 -
3.1.4 Method for Determining Water Quality Components.....	- 23 -
3.1.5 Method for Determining The Carbon Component.....	- 24 -
3.1.6 Method for Determination The Nitrogen Compounds.....	- 27 -
3.2 The Exploitation of Simulation Program	- 27 -
3.2.1 The Expected Function of Program.....	- 27 -
3.2.2 Programming Language.....	- 28 -
3.2.3 Programming Approach.....	- 28 -

3.2.4 Procedural Programming.....	- 29 -
3.2.5 Effect of Temperature On The Model Parameters.....	- 38 -
3.2.6 Program Interface Design.....	- 39 -
3.3 Simulation process.....	- 42 -
3.4 Summary.....	- 43 -
Chapter 4 Simulation Test of Activated Sludge Process.....	- 44 -
4.1 Sewage Plant Introduction.....	- 44 -
4.2 Determine The Water Quality Component.....	- 45 -
4.2.1 Determine The Carbon Component.....	- 46 -
4.2.2 Determine The Nitrogen Component.....	- 48 -
4.3 The Simulation of The Activated Sludge Process.....	- 48 -
4.4 The Predict of The Activated Sludge Process.....	- 58 -
4.5 Summary.....	- 73 -
Chapter 5 Conclusions and Outlook.....	- 74 -
5.1 Conclusions.....	- 74 -
5.2 Outlook.....	- 74 -
References.....	-76-
Acknowledgements.....	-78-

第一章 引言

1.1 课题背景

活性污泥属于总称概念，主要是悬浮微生物群体以及自身所吸附的有机物质与无机物质。而活性污泥法则是通过人工培养的微生物群体来达到吸附、分解以及氧化污水里面能够被生物降解的各种有机物，使其出现生物化学反应，进而把有机物从污水里面分离，实现污水净化处理。目前，在污水处理领域当中，活性污泥法是一个十分常见并且有效的方法。英国曼切斯特于 1914 年首次建立并运行了实验厂，至今活性污泥法已经发展了 90 余年，它凭借处理效果高、处理范围广等优势被世界各国广泛应用于城市污水治理。

我国城市污水治理起源于 20 世纪 70 年代。当时一些城市通过对城市郊区费河道、坑塘洼地以及沼泽地进行修整或建设堤坝，建造了多个稳定塘用于净化城市污水。相关资料显示，70 年代我国已经建成了 38 座不同类型的稳定塘，每天的城市污水处理量约 173 万 m^3 。80 年代起，伴随我国城市环境综合治理以及全国流域水污染治理的深化和加强，城市污水处理设施的建设迎来了发展高潮。

期间建设的污水厂大多采用活性污泥法。伴随我国经济的快速发展以及城市化进程的不断推进，我国城市污水的总排放量逐渐上升。资料显示，至 1999 年底我国排放污水总量为 $401 \times 10^9 m^3$ ，其中工业污水排放总量约为 $200 \times 10^9 m^3$ ，市政污水排放量略高于工业污水，达到 $201 \times 10^9 m^3$ ，表明城市污水治理成为了我国水污染控制的重点^[1]。2007 年发布的文件《中国环境健康公告》提到，2006 年我国废水排放总量为 536.8 亿吨，2007 年废水排放总量同比增加了 3.7%，达到 556.7 亿吨，2007 年的氨氮排放量以及化学需氧量排放量分别为 132.3 万吨和 1381.8 万吨。伴随我国中小城市的持续快速发展，我国城镇人口于 2010 年已经达到了 5.6 亿，城镇排污量也直线递增，然而我国领先的环保城市的污水处理率仍然偏低。如此过低的城市污水处理率已经一定程度上制约了经济的发展，国家必须加大污水治理力度。

2000 年，国家科技部、建设部以及环保总局等单位联合制定并发布了《城市污水处

理及污染防治技术政策》这一文件，文件提出 2010 年全国城市污水处理率不低于 60%，重点城市的污水处理率不低于 70% 的目标，在选择工艺的过程当中，需要严格根据处理规模、水质特征以及受纳水体的环境情况来进行，并且还要开展经济以及技术的全面对比，之后优中选优。在处理二级污水方面，一般应该使用活性污泥法^[2]。

具体而言，在使用活性污泥法来处理污水的过程当中，涉及到较为复杂的步骤，所以会给建模带来巨大的困难。国外学者早在二十世纪六十年代就已经着手污水处理建模，进而在八十年代后期出现了 ASM(活性污泥法)数学模型，使得污水处理建模达到了一个巅峰。在这方面，英国、美国以及南非等发达国家掌握有先进技术。而国内由于在污水处理建模研究上发展时间较短，所以应用水平较低，所取得的研究成果较少。考虑到活性污泥法处理过程以及污水组分的复杂性，构建数学模型有利于深入了解活性污泥系统的处理过程，可以从理论上指导污水处理系统设计，同时基于数学模型的活性污泥模拟系统可以实时动态监测污水处理厂各项水质指标的波动，并给出问题应对措施，进而在实践中指导污水治理厂的运行。

1.2 国内外研究现状及存在问题

1.2.1 国内外活性污泥模型的研究和应用

在 1986 年，国际水协会在瑞士、日本、美国、丹麦等五个国家联合了一批知名的水处理专家，他们在原有基础上，提出了经典的模型 Activated Sludge Model1 即 ASM1（活性污泥法 1 号模型），将氮与碳的去除纳入该模型^[3]。在表述中，使用矩阵形式，使得模型更加容易理解、直观，系统论述了在缺氧与好氧环境下，活性污泥产生的衰减、水解、有机物降解等八个反应过程。同时在此基础上，1995 年，他们提出了 ASM2^[4]活性污泥模型，1998 年，他们又提出了 ASM3^[5]活性污泥模型。这 3 套模型在功能和形式上都比以前的模型有了更大的突破，有效的指导了活性污泥法新工艺的开发、污水处理厂的改造、设计以及管理，所以，在西方发达国家基本已经普及。针对生物反应，相对于 ASM1 来说，ASM3 与 ASM2 更加符合活性污泥系统的真实反应过程，可是因为 ASM1 易于理解、直观等优点，所以，目前国内外许多模拟器均以 ASM1 为基础。

虽然活性污泥模型过于简化，无法描述系统的瞬变响应过程^[6]，但是近年来，随着

活性污泥数学模型研究的逐步深入和理论发展，国内许多科研工作者对此也进行了深入细致的研究，取得了丰硕成果。

以施汉昌教授为首的一批知名学者，针对城市污水处理厂，通过使用 ASM 模型，设计了一套软件，基于北京一家污水处理厂中曝气池的出水 COD 一天内的变化值，以及当曝气池的进水条件发生变化时，出水水质的改变趋势以及达到稳定状态需要的时间，开展了一系列模拟预测，得出的结果同实际结果相吻合^[7]。

赵振等利用 EFOR 程序对城市污水处理厂进行计算机模拟，模拟结果表明出水的 COD、TN、NH₃-N 浓度的变化趋势基本上与实测值的变化趋势相符^[8]。

季民等在总结活性污泥数学模型的理论基础上，在一定程度上对 ASM 模型进行了简化，构建了与传统推流式活性污泥法相符合的模型—碳氧化数字模型，同时，使用此模型对天津一家污水处理厂运行情况进行了模拟预测，得出的结果同真实数据相吻合^[9]。

汪慧贞等通过使用美国一所大学开发的 SSSP 程序，对上海与北京的三家污水处理厂进行了稳态模拟，模拟结果与实际运行数据相吻合^[10]。

黄勇等通过对国内外现有成果改进和强化，在进行活性污泥法过程模型化研究中，构建了系统化建模方法，其中使用了概念模型，用结构模型来论述生物反应动力学，对于模型里的定量信息与定性信息，是用模型矩阵的形式来表达，而且他们对此做了很多工作，如在规定的条件下，针对废水特点进行试验以及研究参数估值^[11]。

陈晓龙在 ASM 模型的基础之上，通过 Matlab 工具设计实现了一套计算机软件，针对江苏省常州市的污水处理厂做出了污水处理模拟，并输入了具有代表特征参数，包括动力学与化学计量。结果显示，出水指标大都可以实现理想模拟状态，只是氨氮与总氮模拟值和实际存在一定的出入^[12]。

刘芳则是通过 ASM1 来开展平台研究分析工作，构建了一个简化版的活性污泥数学模型。通过该模型可以完成城市污水处理厂的动态模拟，而且取得的模拟效果也较为理想^[13]。

1.2.2 存在问题

污水处理过程是一个非常复杂的过程，整体过程的建模非常困难。在建模的过程中必须明确各项因素，如有机底物浓度、活性污泥微生物量、溶解氧浓度等对反应速率的影响等，从而能够使模型更加符合活性污泥反应的环境条件，使反应能够在比较理想的速率下进行，从而使活性污泥处理系统的设计和运行更加合理化和科学化。

活性污泥数学模型研究及其应用是当今国际污水处理领域的热点问题。污水厂的建设、设计和运行的优化以及模型的研究国外是在 90 年代初开始应用起来的，在城市污水处理厂的运行管理和优化中取得了明显的成效。而国内是在 90 年代中期才开始研究，直到目前仍然处于研究阶段。利用模型对现有污水厂进行实时检测和模拟，可以迅速发现污水厂进水的水质变化，并根据水质不同改变污水厂各个单体的运行参数，从而使出水水质不受或尽量少受进水水质水量变化所带来的影响。另外，工程设计的过程中，针对不同的几类工艺，使用数学模型，通过稳态模拟来挑选最佳工艺，以减少改造资金投入。

通过对数学模型软件的研究和应用，逐步实现对整个污水处理系统的模拟控制，是今后研究的重点发展方向。

1.3 课题研究的目标与内容

本课题的目标是以 LabVIEW 为开发平台，以活性污泥一号模型（ASM1）为基础，构建活性污泥污水处理仿真模型。该模型不但可以对现有污水厂的运行进行模拟，还可以对污水厂自身的运行潜力进行挖掘，寻找污水厂的最佳运行方式发挥最大的运行效益；同时该模型还可用于新工艺的开发，节省人力财力、提高科研效率，从而为污水处理过程仿真软件的开发做出新尝试。

本课题研究的主要内容概括为：

- (1) 分析确定活性污泥 1 号数学模型中进出水组分的构成。
- (2) 以活性污泥法污水处理技术原理为指导，基于虚拟仪器软件 LabVIEW 进行编程，编制仿真模拟软件，以期对污水处理系统进行计算机模拟。
- (3) 通过污水处理厂真实的操作信息同软件加以核查校对，利用运行方式与参数改

变提高软件的仿真准确度。

(4) 利用校核后软件对污水厂进行模拟预测，挖掘污水厂潜在的运行潜力并提供有价值的运行参数和资料，并利用软件对实际污水厂的工程设计提出指导。

1.4 论文组织结构

本文共分为五章。

第一章，引言，主要内容为对当前活性污泥数学模型研究情况进行分析，阐明课题的研究意义与主要研究内容。

第二章，相关理论与技术介绍，主要内容为介绍活性污泥相关理论及仿真技术研究现状。

第三章，活性污泥污水处理仿真研究，主要内容为详细分析活性污泥数学模型水处理仿真过程的研究方法及模拟程序的编程过程。

第四章，活性污泥过程仿真测试，主要内容为利用现状污水厂的进出水水质对活性污泥仿真软件进行校核，对实际过程进行模拟测试。

第五章，总结和展望，主要内容为对项目的主要工作和论文的主要内容进行总结，并对活性污泥数学模型的进一步应用进行展望。

第二章 相关理论与技术介绍

本章主要介绍活性污泥模型的基本概念和理论基础发展，对构成活性污泥模型的两个基本理论方程及活性污泥动态模型进行了论述。同时对模拟软件：虚拟仪器 LabVIEW 的特点和国内外应用进行了简要的介绍。

2.1 活性污泥模型简介

活性污泥法已有 90 余年的发展历史。伴随着生产技术创新的持续发展，尤其是最近几十年以来在生物反应与净化技术上取得了长足的进步，实现了活性污泥法的多方面突破，包括生物学理论以及反应动力学理论等学科内容，同时也相继涌现出了各种先进的工艺流程，可以有效适应多种环境条件。目前来看，活性污泥法已经是各种污水处理的主流技术之一，可以有效完成对城市生活污水以及工业废水的处理。

2.1.1 基本概念

1、活性污泥法基本概念

具体是往生活污水里面注入空气并实施曝气处理，每天都会产生一定数量的沉淀物，同时还要定期更换新污水。如此持续一定周期之后，就会在污水里面出现一种黄褐色的絮凝体。而这些絮凝体的主要构成物就是经过大量繁殖的微生物群体，可以沉淀分离，实现对污水的净化处理。而这种絮凝体其实就是生物污泥，即“活性污泥”。

活性污泥法主要是通过人工培养与驯化微生物群体的方式，将污水里面的有机物进行生物降解，借助生物化学反应能够转变有机物的属性，进而实现分离的目的。活性污泥属于总称概念，主要是悬浮微生物群体以及自身所吸附的有机物质与无机物质。微生物主要构成就是细菌，这就意味着细菌能够作为净化功能主体、有机物在有氧环境之下，借助下好氧微生物的代谢反应可以实现分解氧化，产生二氧化碳与水。在这个过程中，一部分有机物会被应用到新细胞合成当中，而另一部分则是被氧化分解，产生新能量。这就是活性污泥法的内在机理。

活性污泥法处理系统，实质上是自然界水体自净的人工模拟，不是简单的模拟，而

是经过人工强化的模拟。

2、基本流程

传统活性污泥法的基本工艺流程（如图 2.1 所示）一般包括如下六个组成部分：

第一，承载需氧生物氧化过程的反应器。该部分是活性污泥法的核心构成要素，通常还可以叫做曝气池。在曝气池里面存在大量的可以氧化分解废水里面有机污染物的微生物群体。当废水在曝气池里面停留一定时间之后，其中的有机物就会被微生物吸附，并氧化分解，变成无机物，之后再流入到二沉池里面。

第二，二沉池。其主要是实现混合液的固液分离。混合液在二沉池里面会被分解成为两个部分，分别是生物固体与废水。

第三，为确保曝气池可以有较快的反应速率，就需要维系微生物的浓度值。据此，经过沉淀之后的污泥就要经由回流系统到达曝气池的前部位置，使其和曝气池里面的废水融合，从而达到再次分解有机物的目的。

第四，氧源。主要是负责在反应器混合液里面进行空气或者是纯氧的分离。

第五，针对反应器里面的液体实施混合处理，确保混合液的均质状态。

第六，排除剩余污泥。将多余的剩余污泥通过贮泥池由脱水机房脱水成饼排除。

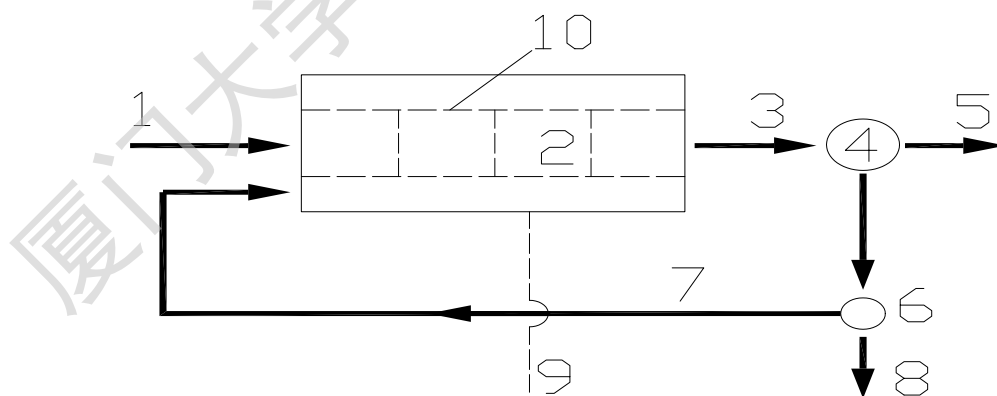


图 2.1 活性污泥法的基本流程系统

其中：1) 经预处理后的污水；2) 活性污泥反应器（曝气池）；3) 从曝气池流出的混合液；4) 二次沉淀池；5) 处理水；6) 污泥井；7) 回流污泥系统；8) 剩余污泥；9) 空气（氧气）；10) 曝气系统与空气扩散装置。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库