

肉类加工废水 生物脱氮工艺过程研究

ROULEI JIAGONG FEISHUI SHENGWU TUODAN GONGYI
GUOCHENG YANJIU

朱杰 付永胜 编著



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

肉类加工废水 生物脱氮工艺过程研究

王德成 王德成 王德成 王德成 王德成 王德成 王德成 王德成 王德成 王德成

中国环境出版社

王德成 王德成 王德成



中国环境出版社

西南交通大学出版基金资助

肉类加工废水生物脱氮 工艺过程研究

朱 杰 付永胜 编著

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

肉类加工废水生物脱氮工艺过程研究 / 朱杰编著. —成都: 西南交通大学出版社, 2007.6

ISBN 978-7-81057-213-2

I. 肉… II. 朱… III. 肉制品 - 食品加工 - 废水处理: 生物处理 - 反硝化作用 - 研究 IV. X792.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 065792 号

肉类加工废水生物脱氮工艺过程研究

朱 杰 付永胜 编著

责任编辑	孟苏成
封面设计	跨克创意
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮 编	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蓉军广告印务有限责任公司
成品尺寸	140mm×203mm
印 张	5.625
字 数	147 千字
版 次	2007 年 6 月第 1 版
印 次	2007 年 6 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-81057-213-2
定 价	15.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

环境污染与生态破坏是当前我国环境保护工作面临的两大难题，而环境污染中水污染又是首要的问题，水污染问题中重中之重的问题是 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染。从 2006 年发布的中国环境状况公报可以明显看出：江、河、湖、海污染主要是 N、P 超标引起！因此，从排放源头解决 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染问题已是水污染防治科技工作者的重要工作。

肉类加工废水是一类富含蛋白质、尿素、尿酸、脂肪、碳水化合物的高浓度有机工业废水。根据《2004 年中国环境状况公报》（国家环保总局），我国年排放此类废水 20 多亿 m^3 ，占我国废水排放总量的 5%~6%，其中， $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放浓度高达 50~60 mg/L ，即年排放 $\text{NH}_3\text{-N}$ 10 多万 t。因此，若不对其开展有效的脱氮工作，势必使我国严重的水环境 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染“雪上加霜”！据作者调查，目前国内对此问题缺乏专门的研究，肉类加工废水脱氮效果多不尽如人意。为此，作者专门开展了“肉类加工废水生物脱氮工艺过程及动力学研究”，本书是该研究成果的延伸和集中反映。

全书共分 7 章，第 1 章主要介绍肉类加工废水的特性；第 2 章介绍生物脱氮机理研究；第 3 章主要介绍了肉类加工废水脱氮处理工艺研究现状；第 4 章主要介绍了肉类加工废水生物脱氮实验研究；第 5 章主要介绍了实验结果及分析；第 6 章主要介绍了肉类加工废水生物脱氮过程动力学研究；第 7 章将本文的研究成果用于实际工程实践，结果证明其具有很好的指导意义。本书可以作为科研院所、设计院相关科技人员及大学相关专业本科生、

研究生的参考书。本书第 1~5 章由朱杰编写，第 6~7 章由付永胜编写。

作者感谢项爱枝、刘方同学对本书的编写所做的大量资料收集及整理工作，特别感谢西南交通大学“211 工程”办公室及西南交通大学出版社的大力支持。另外，书中还借鉴了大量国内外同行的同类研究成果，参考文献已列出，作者在此一并向他们表示感谢。

本书由西南交通大学出版基金资助出版。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，敬请专家及读者批评指正。

作 者

2006 年 11 月于成都

目 录

第 1 章 肉类加工废水特性	1
1.1 肉类加工生产流程及废水来源	1
1.1.1 肉类加工生产流程	1
1.1.2 肉类加工废水的来源	1
1.2 肉类加工废水水量及水质特性	3
1.2.1 肉类加工废水水量	3
1.2.2 肉类加工废水水质特性	8
1.3 肉类加工废水的危害及排放标准	14
1.3.1 肉类加工废水的危害	14
1.3.2 肉类加工废水排放标准	16
1.4 本章小结	20
第 2 章 生物脱氮过程机理	22
2.1 生物脱氮过程及机理	22
2.1.1 氨化作用	22
2.1.2 硝化作用	24
2.1.3 反硝化作用	29
2.2 生物脱氮过程微生物学分析	32
2.2.1 氨化微生物种类及特性	33
2.2.2 硝化微生物种类及特性	34
2.2.3 反硝化菌的主要种类和主要特征	37
2.3 生物脱氮过程动力学研究	40
2.3.1 厌氧氨化动力学	40

2.3.2 硝化反应动力学	40
2.3.3 反硝化反应动力学	42
2.4 本章小结	44
第 3 章 肉类加工废水脱氮工艺研究状况	45
3.1 肉类加工废水脱氮技术国内外研究现状	45
3.1.1 国外研究进展	46
3.1.2 国内研究进展	46
3.1.3 国内外研究状况分析	47
3.2 肉类加工废水物理化学法脱氮工艺	48
3.2.1 预处理工艺	48
3.2.2 物化法脱氮工艺	50
3.3 肉类加工废水生物脱氮工艺	53
3.3.1 厌氧氨化工艺	54
3.3.2 硝化与反硝化工艺	61
3.4 肉类加工废水脱氮生态处理工艺	79
3.4.1 稳定塘	79
3.4.2 污水土地处理	80
3.4.3 湿地处理系统	82
3.5 肉类加工废水脱氮新技术展望	83
3.5.1 同步硝化反硝化	83
3.5.2 短程硝化反硝化	84
3.5.3 厌氧氨氧化	86
3.6 本章小结	88
第 4 章 肉类加工废水生物脱氮实验研究	90
4.1 实验研究的意义和内容	90
4.1.1 实验研究的意义	90
4.1.2 实验研究的内容	90
4.2 现场调查及技术分析	91

4.2.1 现场调查分析	91
4.2.2 既有处理技术分析	95
4.3 试验方案设计	98
4.3.1 氨化试验设计	98
4.3.2 脱氮过程试验	100
4.3.3 硝化菌种分离、鉴定试验	102
4.4 本章小结	104
第 5 章 试验结果及分析	105
5.1 ABR 厌氧氨化试验结果与分析	105
5.1.1 厌氧反应器的启动	105
5.1.2 屠宰加工废水氨化率试验	108
5.1.3 氮素在一个运行周期中的转化规律	111
5.2 SBR 工艺试验结果及分析	114
5.2.1 污泥的培养及驯化	114
5.2.2 运行模式的确定	116
5.2.3 最佳运行工况的确定	117
5.2.4 运行参数的确定	126
5.2.5 优化条件下稳定运行的处理效果	130
5.2.6 优化条件下一个 SBR 运行周期中各指标的 变化规律	131
5.3 本章小结	134
第 6 章 肉类加工废水生物脱氮过程动力学研究	137
6.1 厌氧氨化动力学模型	137
6.2 硝化反应动力学分析	140
6.2.1 硝化菌的增殖速度方程建立	141
6.2.2 模型参数确定	142
6.3 反硝化动力学分析	144
6.3.1 反硝化菌的增殖速度	145

6.3.2	NO_3^- -N 的还原速度方程	146
6.4	本章小结	148
第 7 章	工程应用研究	150
7.1	绵阳双汇食品有限公司污水处理站 试验结果的对比	150
7.2	研究成果在广东温氏双汇食品有限公司污水处理 工程调试中的应用	153
7.3	广东瑞昌食品有限公司污水站工程设计指导	154
7.4	本章小结	155
参考文献		157

第1章 肉类加工废水特性

1.1 肉类加工生产流程及废水来源

1.1.1 肉类加工生产流程

肉类加工是对猪、牛、羊等畜类和鸡、鸭等禽类屠宰加工的合称，其生产过程如图 1.1 所示。

牲畜宰杀前置于牲畜圈栏，一般不超过一天，供水但不喂食物，并保护其不受风雨侵扰。屠宰时进入宰杀区，先用机械，电力或者化学方法将牲畜致晕，然后悬挂后脚宰断脖子静脉，宰杀放血。

宰杀后，牛采用机械剥皮机脱皮；猪一般不去皮，猪体进入水温为 60℃ 的烫毛池烫煮后去毛。而后剥取内脏，把可食用和非食用部分分开，再冲洗、分割、冷藏并加工成不同的肉类食品，如新鲜肉或花色配置品、腊肉、罐头肉，等等。血可以加工为药剂，脱水后可作为动物食料。内脏可加工为牛肚、小肠、腊肠衣、外科手术用缝线以及动物食料等。皮经过清洗、去肉、盐浸处理后，可送至制革厂进一步加工。

1.1.2 肉类加工废水的来源

肉类加工生产的废水主要来自圈栏冲洗、淋洗、屠宰以及其他厂房地坪冲洗、烫毛、剖解、副食品加工、洗肉和油脂加工以及食品的深加工等。此外，还有来自冷冻机房的冷却水和来自车间卫生设备、洗衣房、锅炉、办公楼和厂内福利设施的生活污水。

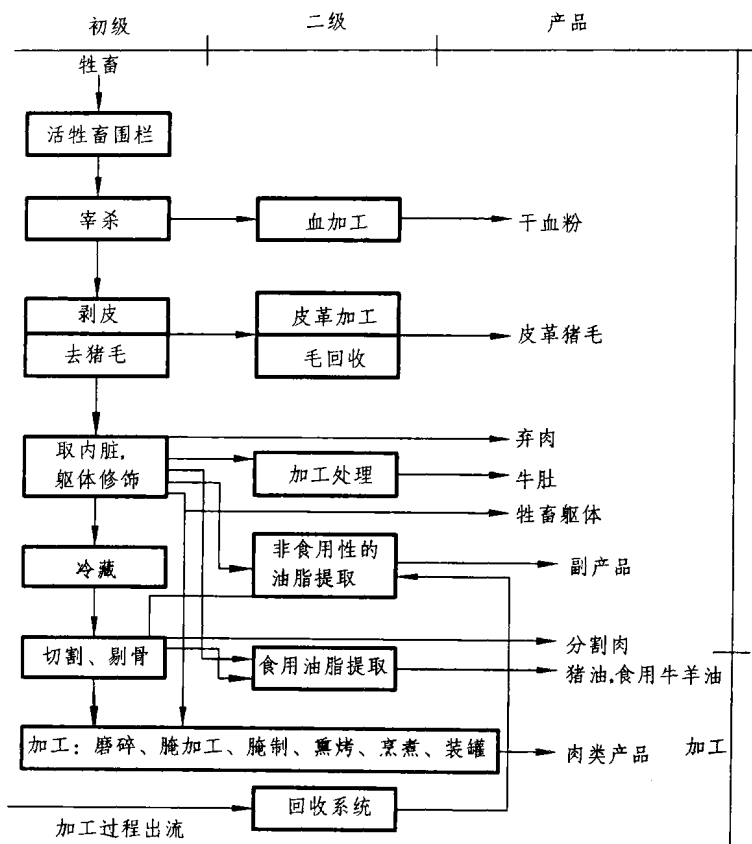


图 1.1 一个作业线完整的典型肉类加工厂的生产过程

猪肉加工过程大致有原料处理阶段和解冻、洗肉、切肉、盐渍和加工阶段的原料切碎或搅拌、配料、混合、调味等。其中解冻、洗肉各工序排出的废水量最多，BOD（生化需氧量）和 COD（化学需氧量）以及油的含量也很高，废水中除了含有碎肉、脂肪、血液以外，还含有蛋白氮和氨态氮。加工过程排出的废水还含有少量的腌制用的盐。肉类加工生产废水的主要来源如图 1.2 所示。

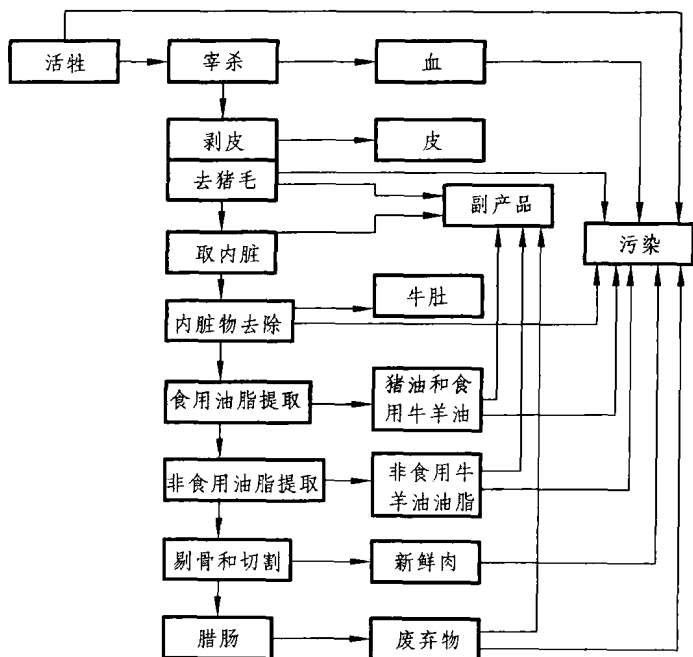


图 1.2 肉类加工生产废水的主要来源

1.2 肉类加工废水水量及水质特性

1.2.1 肉类加工废水水量

肉类加工废水水量与加工对象、数量、生产工艺、生产管理水平等有关。由于肉类加工生产一般都有明显的季节性（淡季和旺季），肉类加工厂的废水流量一年之中变化较大。此外，由于肉类加工生产本身的特点是非连续的，废水流量一天之中变化也较大。如图 1.3、1.4、1.5、1.6 中给出了国内外一些肉类加工厂生产量季节性变化和废水流量变化的有关资料。在图 1.3 中国内某肉联厂屠宰量在 1 月初和 4~6 月间最大，一般 1850 头/月，十月份最小，550 头左右。图 1.4 中，国内某肉联厂屠宰废水流量

随时间变化范围在 $170 \sim 350 \text{ m}^3/\text{h}$ ，下午 4 点是排放高峰，晚 10 点以后废水排放量比较恒定，约为 $170 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

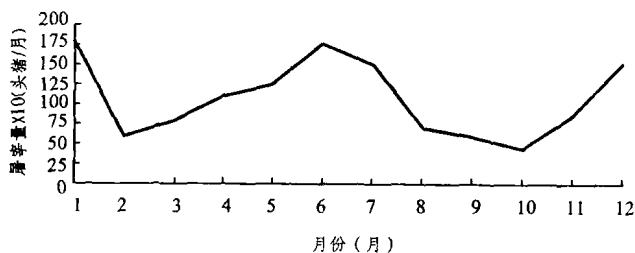


图 1.3 国内某肉联厂屠宰量月变化情况

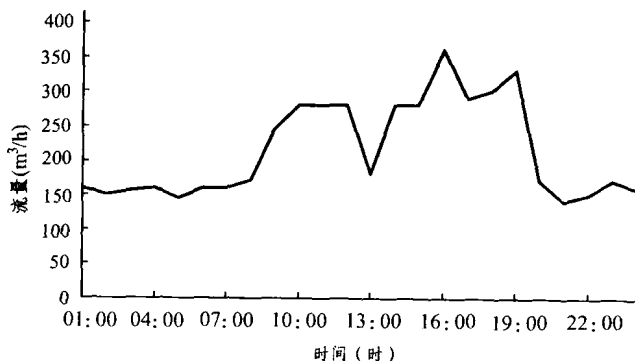


图 1.4 国内某肉联厂屠宰废水流量逐时变化

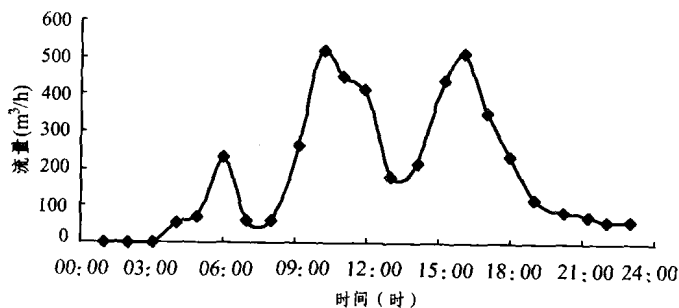


图 1.5 国外某肉联加工厂废水流量逐时变化

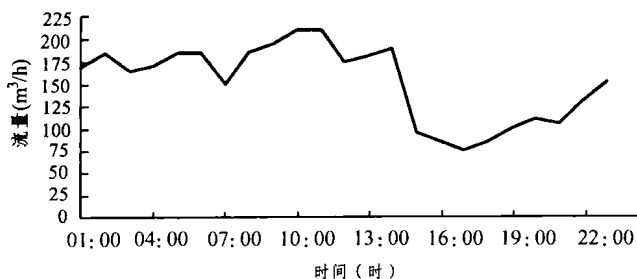


图 1.6 国外某禽类加工厂用水量逐时变化

国内外一些部门对肉类加工厂生产用水和排水定额的研究表明，在加工工艺、生产管理水平和一定的情况下，畜类或禽类生产的用水和排水定额与加工的数量有关。数量越大，则加工单位禽类或畜类的排水或者用水量就越低。国内一些单位根据对国内某肉联厂废水量的实测结果，经统计分析得出如下方程：

$$y = 0.849 - 0.000\ 059\ 2x$$

式中， y 表示废水排水定额(t/头猪)； x 表示每日的屠宰加工量(头猪/d)。

表 1.1～表 1.2 给出国内和国外一些肉类加工厂的排水定额。

表 1.1 国内一些肉类加工厂的废水定额

厂名	北京肉联厂	上海大厂肉联厂	上海龙华肉联厂	南京肉联厂	杭州肉联厂	成都南郊肉联厂	广西南宁肉联厂	安徽蚌埠肉联厂
排水定额 (t/头猪)	0.35	0.3	0.24	0.4	0.5	0.67	0.6	0.67
厂名	湖北当阳冷冻厂	江苏黄桥肉联厂	齐齐哈尔肉联厂	沈阳肉联厂	贵州水城冷冻厂	福州冷冻厂	四川渡口肉联厂	上海北宝兴路家禽批发部
排水定额 (t/头猪)	0.35	0.4	0.48	0.88	0.5	0.67	1.25	23

注：牛按照 3 头猪单位计算，羊按照一头猪单位计算。

表 1.2 日本一些屠宰场废水资料

t/头

来源 类别	原生者	井出	村田	罗道尔夫斯	柴田
大动物	1.0	1.2~1.5	1.0~-1.5	1.5	1.5
小动物	0.4~0.7	0.4~0.5	0.4~0.5	0.54	0.6
混 合				1.36	1.4

表 1.3、1.4 给出了国外一些肉类加工厂废水量、废物量和车间废水量的一些有关数据。

表 1.3 美国一些肉类加工厂的废水、废物量

项目 厂名	John Morrell & Co	1A	3A	4A	7A	8A	9A
废水量 (t/t 活体)	0.60	4.38	15.60	8.29	9.27	7.89	8.44
BOD ₅ (kg/t 活体)	16.5	10.7	23.7	12.0	18.0	10.2	8.1
COD (kg/t 活体)	31.5						
SS (kg/t 活体)	11.0	12.8	17.7	13.0	14.4	10.0	8.4
VSS (kg/t 活体)	9.6						
油脂 (kg/t 活体)	5.9						
氨氮 (kg/t 活体)	0.2						
氯化物 (kg/t 活体)	20.9						

注：SS——悬浮颗粒的浓度；VSS——挥发性悬浮颗粒的浓度。

表 1.4 美国各类肉类加工厂的废水、废物量

类别 项目	屠宰场		屠宰加工厂		加工厂	
	平均	范围	平均	范围	平均	范围
废水量 (t/t 活体)	5.80	2.42 ~ 7.30	8.72	3.23 ~ 19.4	10.5	3.17 ~ 24.2
BOD ₅	5.8	1.7 ~ 8.4	12.1	3.4 ~ 27.3	5.7	0.8 ~ 16
SS	4.7	0.6 ~ 8.3	8.7	0.6 ~ 22.5	2.7	0.5 ~ 4.8
油脂	2.5	0.9 ~ 4.6	6.0	0.7 ~ 32.8	2.1	0.6 ~ 3.0
有机氮	0.3	0.06 ~ 0.70	1.0	0.03 ~ 6.75	0.8	0.4 ~ 1.3
氯化物	2.8	0.5 ~ 4.8	4.7	0.2 ~ 17.6	0.6	0.1 ~ 1.1
磷	0.04	0.01 ~ 0.17	0.17	0.15 ~ 0.40	0.28	0.06 ~ 0.51

注：除注明者外其余单位均为 kg/t 活体。

表 1.5、1.6、1.7 给出了禽类加工厂的废水废物产生量及比例。

表 1.5 国外一些禽类加工厂的废水、废物量

厂名 项目	Sterling Co	2B	美国某四个宰鸡场 (g/只鸡)
废水量 (t/t 活体)	14.5		
BOD ₅ (kg/t 活体)	6.5	6.4	11.1 ~ 38.1
SS (kg/t 活体)	12.3	12	20.2 ~ 71.8
油脂 (kg/t 活体)	10.5		
总固体 (kg/t 活体)	24.0		
溶解固体 (kg/t 活体)	11.7		