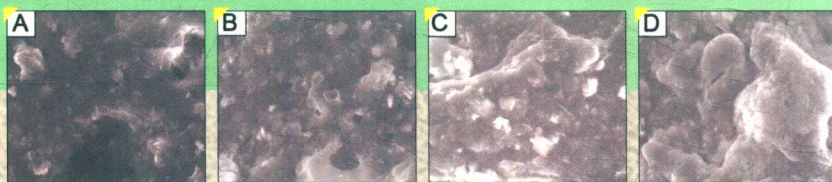


污泥共厌氧消化与 脱水性能改善研究

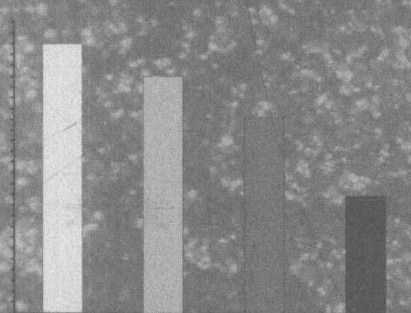


台明青 ◆ 著

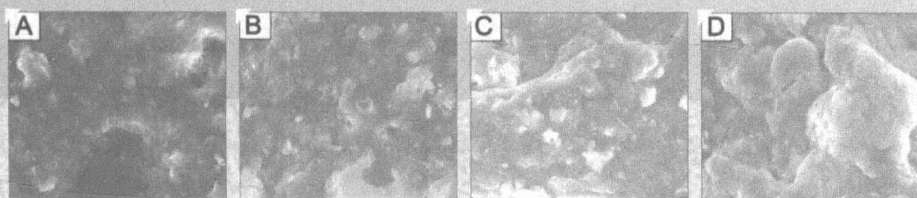


WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



污泥共厌氧消化与 脱水性能改善研究



台明青 ◆ 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

污泥共厌氧消化与脱水性能改善研究/台明青著. —武汉: 武汉大学出版社, 2018. 5

ISBN 978-7-307-20137-8

I. 污… II. 台… III. 污泥处理—厌氧处理—研究 IV. X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 075251 号

责任编辑:方竞男

责任校对:杜筱娜

装帧设计:吴 极

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: whu_publish@163.com 网址: www.stmpress.cn)

印刷: 虎彩印艺股份有限公司

开本: 720 × 1000 1/16 印张: 17 字数: 327 千字

版次: 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-20137-8 定价: 98.00 元

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

作者简介

台明青,男,1964年生,河南新野县人,高级工程师,现为南阳理工学院土木工程学院专任教师,主要讲授水处理生物学、水环境监测与评价、物理化学、普通化学等课程。1984年毕业于河南师范大学化学环保专业,获理学学士学位,进入河南省南阳市环境保护局工作。2005年毕业于同济大学理学院,获无机化学理学硕士学位。2010年毕业于西安交通大学生命科学与工程学院,获生物化学与分子生物学博士学位。2013年进入南阳理工学院土木工程学院,从事给排水科学与工程教学与科研工作。

主要研究方向为污泥处理与资源化利用、稀土有机肥控制面源污染与生态修复。发表学术论文40多篇,作为主持人获得河南省科技进步三等奖4项,国家发明专利4项,先后被授予南阳市学术技术带头人称号,南阳市职工职业道德先进个人称号,河南省人民政府先进个人称号。

前 言

剩余污泥厌氧消化工艺是对污泥进行稳定化、减量化和资源化处理的有效方法。共厌氧消化是污泥厌氧消化的发展趋势,燃料乙醇是近年来发展的可再生能源之一,对减少化石燃料的使用具有十分重要的意义。燃料乙醇在生产过程中产生了大量的酒精糟液,酒精糟液也必须经过厌氧处理后方可投入使用。因此,利用酒精糟液和剩余污泥共厌氧消化,可以提高厌氧消化效率,也可以获得良好的能量平衡;同时对污泥进行脱水性能研究,为污泥的资源化农利用提供基础数据,其应用前景良好。

本书是著者近年来教学岗位的理论研究和实践的总结,形成了较为完整的污泥共厌氧消化和污泥脱水性能的研究成果。本书共分为 12 章,每章又可独立成篇、自成一体,研究内容包括高温共厌氧消化、污泥脱水、能量平衡等。

限于著者水平,书中难免存在一些不当之处,希望读者能提出宝贵意见,以利著者在污泥处理领域有更大提高。

著 者

2018 年 2 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 厌氧消化理论研究	(6)
1.3 剩余污泥厌氧消化预处理	(23)
1.4 剩余污泥共厌氧消化底物的选择研究	(28)
1.5 剩余污泥共厌氧消化工艺研究	(33)
1.6 污泥脱水性能	(53)
1.7 剩余污泥共厌氧消化研究存在的问题	(53)
1.8 研究内容和研究意义	(54)
2 高温共厌氧消化能量平衡和动力学研究	(68)
2.1 引言	(68)
2.2 实验材料与方法	(69)
2.3 结果与讨论	(72)
2.4 结论	(85)
3 高温共厌氧消化影响污泥性能及机理	(89)
3.1 引言	(89)
3.2 实验材料与方法	(90)
3.3 结果与讨论	(92)
3.4 结论	(96)
4 超声波强化污泥共厌氧消化研究	(99)
4.1 引言	(99)
4.2 实验材料与方法	(100)
4.3 结果与讨论	(103)
4.4 结论	(112)

5 微量元素强化污泥共厌氧消化研究	(116)
5.1 引言	(116)
5.2 实验材料与方法	(117)
5.3 结果与讨论	(119)
5.4 结论	(125)
6 聚丙烯酰胺影响污泥厌氧消化	(127)
6.1 引言	(127)
6.2 实验材料与方法	(128)
6.3 结果与讨论	(129)
6.4 结论	(137)
7 分散耦合发酵剩余污泥深度脱水机理	(140)
7.1 引言	(140)
7.2 实验材料与方法	(141)
7.3 结果与讨论	(142)
7.4 结论	(147)
8 洁霉素药渣灰改善剩余污泥脱水性能	(149)
8.1 引言	(149)
8.2 实验材料与方法	(150)
8.3 结果与讨论	(152)
8.4 结论	(161)
9 超声芬顿协同聚丙烯酰胺改善污泥脱水性能	(165)
9.1 引言	(165)
9.2 实验材料与方法	(167)
9.3 结果与讨论	(172)
9.4 结论	(189)
10 基于 RSM 模型改善污泥脱水性能	(193)
10.1 引言	(193)
10.2 实验材料与方法	(194)
10.3 结果与讨论	(196)
10.4 结论	(204)

11 微波强化芬顿硫酸钙改善污泥脱水性能	(207)
11.1 引言	(207)
11.2 实验材料与方法	(209)
11.3 结果与讨论	(213)
11.4 结论	(235)
12 表面活性剂改善厌氧污泥脱水性能	(239)
12.1 引言	(239)
12.2 实验材料与方法	(241)
12.3 结果与讨论	(244)
12.4 结论	(258)

1 绪 论

1.1 引 言

1.1.1 剩余污泥产生现状

近年来,随着我国国民经济的快速发展和城市化进程的不断加快,我国城镇生活污水产生量以 5% 的增长率逐年增加,城市污水处理厂的规模和数量也相应增加。我国 86% 以上的城市污水处理厂采用活性污泥法工艺,该工艺在处理城市污水的同时也产生了大量的副产物——剩余污泥,也称城市污泥。欧盟 2005 年干污泥产量为 1000 万吨^[1],2008 年已突破 1700 万吨^[2];美国的干污泥产量预计将由 2005 年的 760 万吨增长到 2020 年的 1300 万吨^[3]。据统计^[4],2004 年我国城市污水处理厂产生的剩余污泥量达到 1220 万吨,到 2020 年污泥(含水率 80%)总产生量将达到 9000 万吨。

研究表明^[5],剩余污泥中的污染物负荷量约占被处理废水中污染物负荷量的一半。换句话说,如果剩余污泥没有得到完全处理,那就意味着只是对污水进行了处理,整个废水的污染负荷仅仅处理了一半。因此,未经稳定处理处置的剩余污泥进入环境后,会直接给水环境、土壤环境和大气环境造成二次污染,不但抵消了污水处理系统有效的处理能力,而且对生态环境和人类健康带来了严重威胁。

剩余污泥具有含水量高(污水处理厂经过絮凝机械压滤后的污泥含水率仍不低于 80%)、体积庞大、有机物含量高和性质不稳定等特点,使剩余污泥的后续处理处置困难且费用较高。据统计,污水处理厂污泥彻底安全处理的费用约占整个处理费用的 60%,在我国,污泥经过安全处理的比例低于 15%。

厌氧消化工艺能同时实现污泥减量化和稳定化,还可以回收甲烷作为可再生能源,消化污泥可作为农肥使用,故在实践中得到广泛应用。

我国城市污水处理及污染防治技术产业政策明确指出,年处理污水能力大于10万吨的污水二级处理设施产生的剩余污泥,宜采用耗能较低的厌氧消化工艺进行处理。可以预计^[6],我国大部分二级污水处理厂未来将建立并运行剩余污泥厌氧消化处理系统。然而,2005年,对我国400余座城市污水处理厂剩余污泥厌氧消化运行现状进行了全面调查评估,结果表明^[6],仅有46家城市污水处理厂建有或在建剩余污泥厌氧消化处理系统,仅占被调查污水处理厂的11.5%,而正常运行的仅有25家,占被调查污水处理厂的6.25%。主要原因包括:第一,污水处理厂普遍存在重污水处理、轻污泥处理现象;第二,剩余污泥处理处置费用高,通常占污水处理总成本的60%以上^[7],使污水处理厂家难以承受;第三,受剩余污泥处理处置技术的限制,剩余污泥厌氧消化处理效率低,投入大于产出,总体能量平衡值为负值,不能达到良性循环。

因此,如何科学、经济地处理处置剩余污泥,成为关系我国今后一定时期经济、社会和环境能否可持续协调发展的重要课题,研究开发具有以废治废、节能减排意义上的剩余污泥厌氧消化处理处置技术更为迫切^[8-9]。

1.1.2 剩余污泥的特性及危害

1.1.2.1 剩余污泥的特性

城市污水处理厂产生的剩余污泥,主要由有机残片、细菌菌体、无机颗粒、胶体等组成,是一种以有机成分为主、组分复杂的混合物^[10]。

(1)物理特性。

剩余污泥是由水中悬浮固体经生物处理过程以不同方式胶凝而成的,结构松散,形状不规则,比表面积大,空隙率和含水率高,脱水性能差,外观上具有类似绒毛的分支与网状结构。

(2)化学特性。

剩余污泥以微生物为主体,同时包括混入生活污水中的泥砂、纤维类、动植物残体等固体颗粒以及可能吸附的有机物、金属、病菌、虫卵等物质。此外,也含有植物生长发育所需的基本营养元素。氮、磷、钾及维持植物正常生长发育的多种微量元素和能改良土壤的有机质。

(3)剩余污泥中的水分。

剩余污泥含水量高影响和制约污泥的运输、处置和处理方式。含水率一般为75%~99%,所含水分分为四种状态:表面吸附水、间隙水、毛细结合水和内部结合水。表面吸附水以及颗粒的内部水只能用人工加热干化的方法去除;间隙水约占污泥中总水分的70%,较易分离,是污泥中脱除水分的主要对象,通过普

通的重力浓缩、气浮浓缩或离心浓缩脱除;毛细结合水约占污泥中总水分的20%,是由于产生毛细管现象所吸附的水,单纯通过浓缩无法脱除,必须采用人工干化、热处理或机械脱水法才能去除。脱水处理是剩余污泥处理和利用的关键步骤。

1.1.2.2 剩余污泥的危害

剩余污泥的危害主要有以下四个方面。

(1) 有机物污染。

剩余污泥中有机污染物成分复杂,含量受被处理污水来源和性质的影响,主要含有苯、氯酚、多氯联苯、多环芳烃、多氯二苯并二噁英^[11]等。对于工业发达地区的城市污水处理厂产生的剩余污泥,其有机污染物成分可能更复杂。污泥中含有的有机污染物不易降解、毒性残留时间长,这些有毒有害物质进入水体与土壤中将造成环境污染。

(2) 病原微生物污染。

污水中的病原微生物和寄生虫卵经过处理会转移到剩余污泥中,污泥中病原体对人类或动物会造成危害。其传播途径包括:① 直接与污泥接触;② 通过食物链与污泥接触;③ 水源被病原体污染;④ 病原体首先污染土壤,由土壤进入水体,然后污染水体^[12]。

(3) 重金属污染。

剩余污泥中重金属含量超标问题,一直是制约污泥安全农用的主要因素之一。70%~90%的重金属元素会通过吸附或沉淀而转移富集到剩余污泥中^[13];一些重金属元素主要来源于工业排放的废水,如含铜、锌、镉、镍、铬、汞、铅等的工业废水等;南阳市城市污水处理厂废水中镉含量高,主要是某光学仪器厂硫化镉打磨过程中废水排放所致。另外,其他重金属来源于家庭生活的管道系统,如铜、锌、镍等。在污泥的焚烧处置过程中会产生含重金属的有毒气体向大气环境释放^[14],污染大气环境。近年来,由于我国实行了严格的环保政策,尤其是最高人民法院和最高人民检察院关于环境污染案件的入刑通告发布后,明目张胆的非法排污造成的环境污染行为蔓延的势头得到了有效遏制,在污水处理过程中,重金属的达标排放率明显提高,致使我国污水处理厂污水中重金属超标的现象得以好转,污泥中重金属的污染问题未来将不再是剩余污泥的主要问题。

如果污泥中的重金属超标,必须对污泥进行处理后方可作为制备有机肥的原料使用。对污泥中重金属的去除方法主要有:通过化学方法去除污泥中的重金属;采用生物学方法去除重金属,如生物淋滤技术是一种成本较低、经济可行的去除重金属的方法,但其缺点是培养时间较长,这是今后需要改进和研究的问题;采样电

化学方法去除重金属也具有实际应用价值。此外,利用植物的修复方法去处污泥中的重金属也是一种生态环保的方法。

(4)其他危害。

剩余污泥对环境的污染还包括污泥盐分的污染和氮、磷等养分的污染^[15]。盐分含量高,会明显提高土壤电导率,破坏植物养分平衡,抑制植物对养分的吸收,甚至对植物根系造成直接的危害;在降雨量较大且土质疏松的土地上,大量施用富含氮、磷等的剩余污泥之后,有机物的分解速度大于植物对氮、磷的吸收速度时,氮、磷等养分有可能随水流失而进入地表水体,造成水体富营养化,并引起对地下水的污染。

剩余污泥的危害还表现为任意堆放时会占用土地、阻塞河道、影响景观。此外,污泥的恶臭对环境的影响也不容忽视。

图 1-1~图 1-4 所示为某市城市污水处理厂,由于剩余污泥没有稳定化处理而任意堆放,导致占用农田、破坏生态环境,其污染严重。



图 1-1 剩余污泥堆放造成污染



图 1-2 剩余污泥堆放占用大量农田



图 1-3 剩余污泥堆场简易坝体



图 1-4 剩余污泥污染下游农田

1.1.2.3 污泥处理处置的技术

污泥处理的方法和过程主要包括污泥浓缩、添加絮凝剂、压滤脱水、好氧消化和厌氧消化、堆肥和干化等工业过程。而污泥处置则主要有作为有机肥的土地利用、污泥填埋和污泥焚烧处置等过程。污泥的处理处置原则是污泥达到减量化、无害化、稳定化和资源化的目的。但每一种方法都有适用的对象和条件,还必须对技术可行性和经济适用性进行统一的综合考虑,使其达到社会效益、经济效益和环境效益的有机统一。

表 1-1 列出了当前污泥处理处置的各种方法及特点。

表 1-1 污泥处理处置技术方法及特点

技术方法	优势	劣势
填埋	处理成本低,不需要高度脱水或自然干化	对填埋场地的土力学性质要求较高,有相应渗滤液收集装置和处理设施,占用大量土地,处理不彻底,容易造成二次污染
焚烧	可以使污泥较大程度达到减量化,处理成本高,对大气环境容易产生二次污染,适应于经济发达国家和地区,未来通过焚烧发电回收能源	运行费用高,成本高,管理水平和设备维修水平要求高,易造成大气的二噁英污染,不适用于经济不发达地区
农用堆肥	不需要其他能源和人工管理,操作、管理方便	减容效果不明显,占地面积大,重金属可能通过食物链对人的健康产生影响
其他方式 (建筑材料、 复合材料等)	适应于特定的污泥	对处理技术要求高,产生的氯化二苯并二噁英和氯化二苯并呋喃是潜在的致癌物
厌氧消化	回收能源甲烷,绿色处理方式适用于高浓度有机废水处理	反应速度慢,降解完成时间长

1.2 厌氧消化理论研究

厌氧消化工艺具有耗能相对较低、消化污泥性质稳定并回收甲烷气体资源等优势,因而成为剩余污泥处理的重要方法^[16]。我国是一个发展中国家,对于污染物的控制和处理,利用厌氧消化的方法具有明显的优势。第一,厌氧消化处理是可以把环境保护、能源回收与生态循环良好地结合起来的综合核心技术,具有较好的环境效益和经济效益;第二,厌氧处理技术是非常经济的技术,在处理成本上明显比好氧处理技术更经济,特别是对中等以上浓度(COD 大于 5000 mg/L)的废水更是如此。厌氧法成本的降低主要是由于动力的大量节省,营养物添加费用和污泥脱水费用的减少,即使不计沼气作为能源所带来的收益,厌氧法比好氧法节省成本的 2/3,如果能源沼气被利用,则费用会大大降低,甚至带来相当的利润。

厌氧消化处理过程是一个非常复杂的由多种微生物菌群(产酸菌、产甲烷菌等)共同作用、有机物逐步降解并最终转化为二氧化碳和甲烷的生物化学过程,在降解有机物的过程中微生物得到生长和代谢。厌氧消化过程主要由三个阶段组成,即水解、酸化、甲烷化^[17]。厌氧消化过程中三个阶段是连续的,但水解过程被认为是剩余污泥厌氧消化的限速步骤^[18-20]。厌氧消化过程中,有机物的降解是依靠相互联系又相互制约的各种微生物菌群的良好协同生长、共同代谢有机物作用完成的。因此,凡是对微生物菌群生长影响的因素都影响厌氧消化过程和厌氧消化效率。

厌氧消化过程的影响因素主要有:温度、pH 值、碱度、营养物及碳氮比(C/N)、微量元素、抑制因素、污泥停留时间(SRT)、有机负荷率(OLR)和搅拌强度等。

1.2.1 产甲烷菌属的概念

产甲烷菌属于古菌,是一大群在严格厌氧条件下产生甲烷细菌,在进化途径上很早就与真细菌和真核生物相互独立的生物类群,主要包括一些生长在独特生态环境中的生物类群,它们的细胞壁、细胞膜、16SrRNA 中核苷酸顺序与细菌不同,也与真核生物不同。人们对产甲烷菌的认识与研究约有 150 年的历史,对产甲烷菌有极大的兴趣是因为产甲烷菌有利于天然气的形成,在自然界与水解菌和产酸菌等协同作用下,使有机物甲烷化,产生具有经济价值的生物能物质——甲烷气体。

美国微生物学家卡尔·沃依斯和乔治·福克斯用独特的生物化学方法分析了几百种微生物的 16S(或 18S)核糖体核糖核酸(rRNA)的核糖核酸谱,结果发现一

些极端环境生物,包括产甲烷菌、嗜盐菌和嗜热嗜酸嗜热菌等,具有独特的化学性质,并提出将这类生物与其他细菌(真细菌)及真核生物并称为生物的三大类,归类为古菌(*Archaea*)和古细菌(*Archaeobacteria*)。

古菌中除无壁嗜热古菌(*Thermoplasma*)没有细胞壁外,其余都有与真细菌功能相似的细胞壁,但与大多数细菌不同,其细胞壁没有肽聚糖,而含假肽聚糖、糖蛋白或蛋白质。很多古细菌生存在极端环境中,有的生存在极高温度的环境($100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上),如间歇泉或者海底黑烟囱中,还有的生存在很冷的环境或高盐、高酸、高碱的环境中。

1.2.2 产甲烷菌属的主要特征

(1)属于专性严格厌氧菌。

甲烷细菌都是专性严格厌氧菌,对氧非常敏感,遇氧后会立即受到抑制,不能生长、繁殖,有的还会死亡。

(2)生长繁殖特别缓慢。

甲烷细菌生长很缓慢,在人工培养条件下需经过十几天甚至几十天才能长出菌落。据麦卡蒂(McCarty)介绍,有的甲烷细菌需要培养七八十天才能长出菌落,在自然条件下甚至更长。菌落也相当小,特别是甲烷八叠球菌菌落更小,如果不仔细观察,很容易遗漏。菌落一般呈圆形,透明,边缘整齐,在荧光显微镜下发出强的荧光。甲烷细菌生长缓慢的原因是它可利用的底物很少,只能利用很简单的物质,如 CO_2 、 H_2 、甲酸、乙酸和甲基胺等。这些简单物质必须由其他发酵性细菌,把复杂有机物分解后提供给甲烷细菌,所以甲烷细菌一定要等到其他细菌都大量生长后才能生长。同时甲烷细菌世代时间也长,有的细菌 20 min 繁殖一代,甲烷细菌需几天乃至几十天才能繁殖一代。

(3)属于原核生物。

能形成甲烷的细菌都是原核生物,目前尚未发现真核生物能形成甲烷。甲烷细菌有球形、杆形、螺旋形,有的呈八叠球状,还有的能连成长链状。

(4)培养分离比较困难。

因为甲烷细菌要求严格厌氧条件,而一般培养方法很难达到厌氧条件,所以培养分离往往以失败告终。又因为甲烷细菌和伴生菌生活在一起,菌体大小形态都十分相似,在一般光学显微镜下不好判明。美国著名微生物学家 Hungate 在 20 世纪 50 年代培养分离甲烷细菌获得成功。之后世界上有很多研究者对甲烷细菌进行了培养分离工作,并对 Hungate 分离方法进行了改良,能很容易地把甲烷细菌培养分离出来。

甲烷细菌在自然界中分布极为广泛,在与氧气隔绝的环境中都有甲烷细菌生长,海底沉积物、河湖淤泥、沼泽地、水稻田以及人和动物的肠道、反刍动物瘤胃,甚至在植物体内都有甲烷细菌存在。

沼气发酵液中甲烷细菌的数量可用 MPN 法计数,测定接种的试管中有无甲烷存在,作为计数的数量指标。甲烷细菌数量与甲烷含量成正比,发酵装置运行越好,甲烷细菌数量越多。1991 年计数了东北制药总厂用 UASB(上流式厌氧污泥床)处理制药废水消化液中甲烷细菌数量为 4.2×10^5 个/ mL。

另外,产甲烷细菌利用乙酸、氢和二氧化碳合成甲烷,也消耗了挥发酸和二氧化碳,甲烷细菌及其伴生菌共同作用使 pH 值稳定在一个适宜范围内,不会使发酵液中的 pH 值出现对沼气发酵不利的情况。但当发酵条件如温度、进料负荷、原料中的 C/N、pH 值等控制不好时,可能会出现酸化或液料过碱;前者较为多见,这样会严重影响甲烷细菌的活动,甚至使发酵中断。

一些产甲烷古菌代表属的主要特征见表 1-2。

表 1-2 一些产甲烷古菌代表属的主要特征

属名	形状	革兰氏染色	DNA 中的 GC 含量/(摩尔分数)	产甲烷基质
甲烷杆菌目甲烷杆菌 (<i>Methanobacterium</i>)	长杆形	十或一	30~60	H ₂ +CO ₂ , 甲酸
甲烷嗜热菌 (<i>Methanothermus</i>)	杆形	+	32	H ₂ +CO ₂ , 也能产还原 S
甲烷球菌目甲烷球菌 (<i>Methanococcus</i>)	不规则球形	—	30~33	H ₂ +CO ₂ , 丙酮酸, 甲酸
甲烷微菌目甲烷微菌 (<i>Methanmicrobium</i>)	短杆形	—	46~48	H ₂ +CO ₂ , 甲酸
甲烷八叠球菌 (<i>Methanosarcina</i>)	不规则球形、 重叠	+	40~44	H ₂ +CO ₂ , 甲醇, 甲氨
甲烷喜热菌 (<i>Methanopyrus</i>)	链杆菌	+	58~61	H ₂ +CO ₂ (110℃生长)
甲烷粒菌 (<i>Methanocorpusculum</i>)	不规则球形	—	50~53	H ₂ +CO ₂ , 甲酸, 甲醇

如果从产甲烷菌适宜生长的环境考虑,主要因素是适宜的温度和适宜的 pH 值,那么常见的产甲烷菌及主要特征见表 1-3。

表 1-3

常见的产甲烷菌的生长适宜环境

	菌种	适宜温度/ ℃	适宜的 pH 值
产甲烷杆菌属	甲酸产甲烷杆菌(<i>M. formicicum</i>)	37	7.0
	布氏产甲烷杆菌(<i>M. bryantii</i>)	38	7.0
	武氏产甲烷杆菌(<i>M. wolfei</i>)	55~65	7.2~7.5
	嗜热自养产甲烷杆菌 (<i>M. thermoautotrophicum</i>)	65~66	7.1~7.6
产甲烷短杆菌属	反当产甲烷短杆菌(<i>M. runinantium</i>)	38	7.2
	史氏产甲烷短杆菌(<i>M. smithii</i>)	38	6.9~7.4
产甲烷球菌属	万尼产甲烷球菌(<i>M. vanniellii</i>)	36~39	7.0~7.9
	沃氏产甲烷球菌(<i>M. voltae</i>)	32~34	6.7~7.4
产甲烷微菌属	运动产甲烷微菌(<i>M. mobile</i>)	40	6.2~6.9
产甲烷菌属	卡里阿科产甲烷菌属(<i>M. cariaci</i>)	20~25	6.8~7.3
	黑海产甲烷菌(<i>M. marisnigri</i>)	20~25	6.2~6.6
产甲烷螺菌属	亨氏产甲烷菌(<i>M. hungatei</i>)	31~37	6.6~7.3
产甲烷八叠球菌属	巴氏产甲烷八叠球菌(<i>M. barkeri</i>)	35~37	6.9~7.1
	马氏产甲烷八叠球菌(<i>M. mazei</i>)	38~40	6.3~6.7
产甲烷丝菌属	梭氏产甲烷丝菌(<i>M. soehngenii</i>)	37~39	7.4~7.6

1.2.3 温度影响

温度不但影响微生物的生命活动,而且影响厌氧消化底物的物理化学性能。温度对厌氧消化影响主要表现在如下方面^[18]:① 影响消化底物的成分和分配性状;② 影响有机物在反应器中的流向和某些中间产物的形成,以及其中各种物质的溶解度;③ 通过对厌氧微生物细胞内某些酶活性变化的影响,从而影响微生物的生长速度和微生物对基质的代谢速率,其结果会影响厌氧生物处理中污泥的产生量、有机负荷和有机物的去除率;④ 厌氧消化运行温度又与体系能耗和运行成本密切相关^[17,21]。