污泥厌氧发酵沼气产生规律研究

商体松，杨莉

（南昌航空大学环境与化学工程学院，江西南昌330063）

摘要：利用自制的沼气发生器和沼气净化装置，以污水处理厂污泥为原料进行厌氧发酵产沼气研究。结果表明：污泥含水率在93%以上，但是C/N只有20.5，厌氧发酵过程中CODcr不断下降，而在第6天时沼气产量达到0.63L。以氢氧化钠溶液吸收二氧化碳和硫化氢，浓度为2moL/L时吸收率可达到99%以上。

随着我国国民经济的发展和城市的现代化建设以及对城市的环境和生态平衡的要求，城市污水处理厂的兴建与运行管理已经成为现代化城市建设不可分割的一部分。随着城市污水处理率的逐年提高，城市污水厂的污泥产生量也急剧增加。据估算[1]，目前我国城市污水处理厂每年排放的污泥量（干重）大约为130万t，而且其年增长率大于10%，特别是在我国城市化水平较高的几个城市与地区，污泥的出路问题已经十分突出。如果城市污泥全部得到处理，则将产生污泥量（干重）840万t，占我国固体废弃物总量的3.2%。

污泥是城市污水处理和废水处理不可避免的副产物，含有大量的有机质和营养元素，能量巨大。另一方面，我国正面临着巨大的能源与环境压力，矿物能源和资源日益耗尽，开发并生产各种可再生能源替代煤炭、石油和天然气等化石燃料是世界今后解决能源紧缺的一种有效途径[2]。在德国，城市污水厂通过污泥沼气发电，可满足其自用电力的57%[3]。因此，利用污泥消化产沼气不仅能够解决污泥出路的问题，还使得污泥作为一种资源得到了利用。

1材料与方法

1.1仪器与试剂

1.1.1仪器。注射器（50mL）、电子天平（BS124S，北京赛多利斯仪器系统有限公司）、干燥箱（101-3y（A），苏州市大隆仪器仪表有限公司）、电炉（500W，永康市豪鹰电器有限公司）、总碳测定仪（WW-05，上海谷雨环保科技有限公司）。

1.1.2供试原料与试剂。供试原料为沉淀池污泥，南昌市朝阳污水处理厂提供。试剂：硼酸、尿素、$CuSO_4 \cdot 5H_2O$，北京化工厂产；无水氯化钙，上海市奉贤奉城试剂厂产；硫酸、硫酸汞、盐酸，上海振兴化工二厂有限公司产；硫酸亚铁氨，上海试四赫维化工有限公司产；重铬酸钾、硫酸银、氢氧化钠、三氧化铁、K_2SO_4、甲基红，上海试剂一厂产。规格均为分析纯。

1.2试验设计

1.2.1沼气池设计。由于原材料和制作工具的限制，试验中沼气发生器不能制作成圆形的，但沼气池形状的基本数据还是类比成圆形的。材质选用透明的有机玻璃，根据计算所得数据在有机玻璃板上画出相应的图形，然后通过人工切割和手工打磨的方式把有机玻璃板分成小块，最后用三氯甲烷把切割下来的小块拼接组装起来。沼气发生器结构如图1所示，单位为厘米。

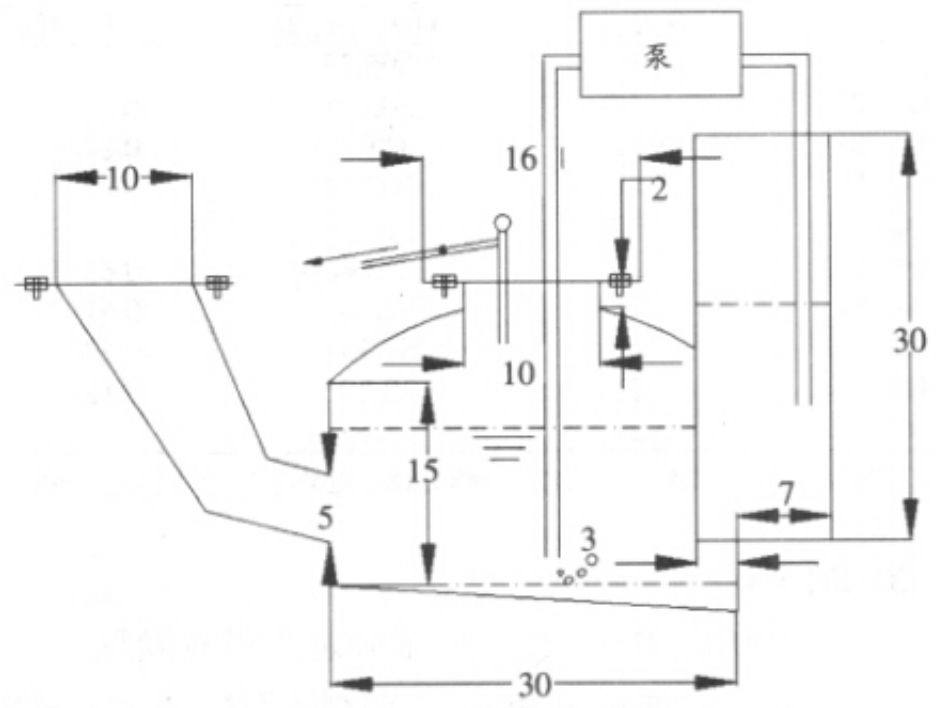

图 1　沼气发生器结构

1.2.2沼气净化装置的设计与制作。沼气净化采取碱液吸收和用干燥剂干燥的方法对沼气进行净化，因此吸收部分采用箱状结构，干燥部分采用塔状结构。具体形状和数据如图2，单位为厘米。

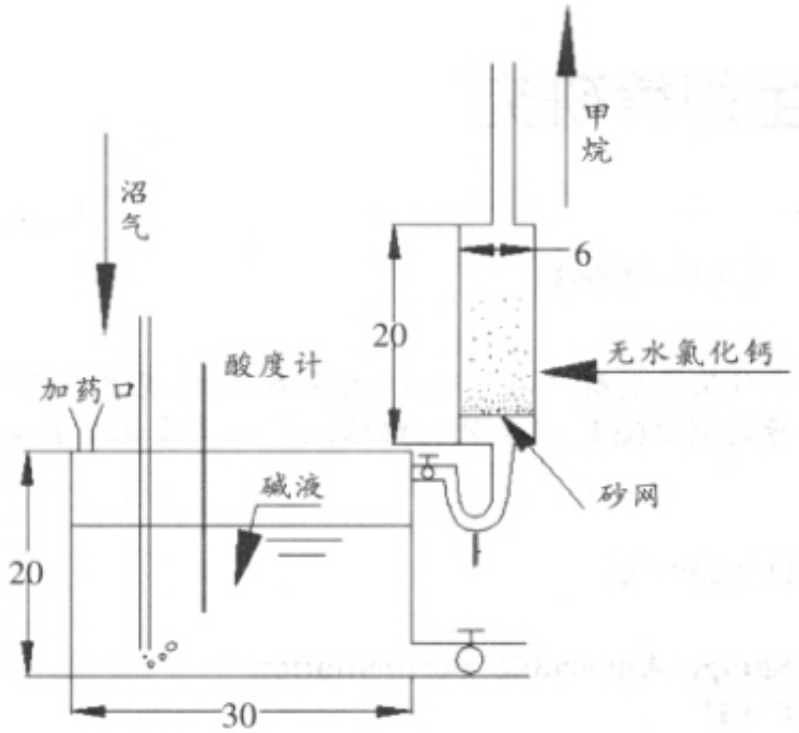

图 2　沼气净化装置结构

2结果与分析

2.1污泥含水率与碳氮比

经分析表明，从朝阳污水处理厂取来的污泥含碳量为0.655mg/g、含氮量为0.032mg/g，含水率比较高，为93.65%；但是碳氮比偏低，为20.5，合理的碳氮比为20~30，因此可考虑加入一些氮进去，以增大碳氮比[4]。

2.2CODcr与沼气量

投入当天从南昌朝阳污水处理厂取来的新鲜污泥12L，并且密封好沼气发生器，开始厌氧发酵。因为碳氮比有点偏低，所以加入少量的尿素，约10g。发酵过程变化见表1，由表1可知，试验开始1~2d没有产沼气，其原因是污泥中细菌以好氧菌为主，加上沼气发生器中还含有部分空气，因此整个反应器内以好氧为主，这阶段COD的下降也是这个原因。试验3～5dCODcr下降幅度度差不多，但沼气产量相差较多，其原因是污泥中的好氧菌还存在一部分，但是厌氧反应明显开始大于好氧反应。试验5~6d沼气产量达到最大值。以后几天厌氧菌进入衰亡期，加上污泥中有机质已消耗差不多了，因此沼气量逐渐减少。

表 1　发酵过程中 COD_{cr} 和沼气产量变化趋势

检测时间	温度//℃	COD_{cr}//mg/L	沼气产量//L
04–18	18	596.25	0
04–19	18	502.35	0
04–20	22	441.51	0.27
04–21	19	302.52	0.35
04–22	17	213.17	0.47
04–23	19	113.62	0.63
04–24	18	82.36	0.61
04–25	20	51.49	0.34
04–26	21	30.27	0.12
04–27	21	21.65	0

注：从 2008 年 4 月 18 日 18:00 开始发酵，每隔 24 h 测 1 次数据，共检测 10 次。

2.3沼气的净化

由于开始测COD时，用硝酸银滴定时没有发现沉淀，因此污泥中不含有卤素，也就没有卤化烃产生，不需要做卤化烃成分的测定和去除。

2.3.1沼气中硫化氢的测定。用50mL注射器抽取50mL沼气发生器产生的沼气于1个密闭容器中（容器中装有一定量的氧化铁），静置24h。称其前后的质量差，差值就是硫化氢的含量。平行测定2次，取其平均值。此次试验的差值为0.0001g，则硫化氢含量为：$0.0001/50\times10^{-6}\times100\%=2000$（$mg/m^3$）。根据《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）中硫化氢二级排放标准，排放浓度应该达到$0.06mg/m^3$，实测的数据为$2000mg/m^3$，必须予以净化。

2.3.2沼气中二氧化碳的测定。用50mL注射器抽取50mL沼气发生器产生的沼气于1个密闭容器中（容器中装有足量的氢氧化钠），静置2h。称其前后的质量差，然后换算出二氧化碳的含量。平行测定2次，取其平均值。此次试验的差值为0.036g，换算成二氧化碳的体积为18.327mL，则二氧化碳含量为：$18.327/50\times100\%=36.65\%$。

2.3.3沼气中甲烷的测定。沼气中主要成分就是二氧化碳和甲烷，其他气体可以忽略不计（约占2%），计算出二氧化碳的含量，就能得出甲烷的含量。此次试验中甲烷含量为：1-36.65%=63.35%。

2.3.4沼气的净化研究。把自制的沼气发生装置的出气管接到自制沼气净化装置的进气管上，在沼气净化装置中分别加入2、4、6moL/L的氢氧化钠溶液。再在净化装置的出气管处收集沼气，测定沼气中硫化氢和二氧化碳的含量[5]

（方法同2.3.1、2.3.2，具体数据如表2所示。由表2可知，碱液对二氧化碳的吸收效果非常明显。此次实验不同浓度的氢氧化钠对二氧化碳的吸收影响极其有限，可能是二氧化碳的量相对较少，而氢氧化钠的量相对较多的缘故，而硫化氢本身量就小，经过氢氧化钠溶液后，已经超出天平（万分级）称量范围而无法准确测出去除率，但也应该是明显的，因此取碱液浓度为2moL/L。

表 2 不同浓度的氢氧化钠溶液对 H_2S、CO_2 的吸收

序号	Na_2OH 浓度 moL/L	CO_2 含量//%		CO_2 去除率 %	H_2S 含量//mg/m³		H_2S 去除率 %
		进气处	出口处		进气处	出气处	
1	2	36.65	0.359	99	2 000	–	100
2	4	36.65	0.361	99	2 000	–	100
3	6	36.65	0.362	99	2 000	–	100

注：进出口处 CO_2 含量(%)为体积比，出口处 H_2S 含量："–"为超出仪器检测范围。

2.3.5沼气中水的去除。沼气中水的去除，可以通过延长沼气输送管道来达到目的[6]。试验是通过加了1根较长的U形玻璃管来去除，试验中U形玻璃管底部有少量水珠出现。由于水含量本来就少，通过干燥剂后再称出质量求得差值，得出结果已微乎其微，因此该试验中没有测定沼气的含水量。

3结论

试验结果表明，朝阳污染处理厂的污泥含水率比较高，达到93%以上，但是C/N偏低，只有20.5；厌氧发酵过程中CODcr不断下降，而在第6天时沼气产量达到最大（0.63L）；以不同浓度的氢氧化钠溶液吸收二氧化碳和硫化氢，当氢氧化钠溶液浓度为2moL/L时吸收率可以达到99%以上。

参考文献

[1]杭世珺，陈吉宁.污泥处理处置的认识误区与控制对策[J].中国给水排水，2004，20（12）：89-92.

[2]徐畅平，黄兵，曹东福，等.活性污泥厌氧发酵有机废水产氢的影响因素研究[J].江西农业学报，2008，20（11）：103-104.

[3]KART，KLAUS R IMBOFF.Taschenbuch der stadtentwaesserung，29[M].Auflage.Mucnehen，Wien：TU Braunchweig Verlag，1999：289.

[4]曾雨.碳氮比对污染厌发酵产氢过程的影响[J].海峡科学，2010（6）：79-80.

[5]杨文谦，杨晓敏.城镇污水沼气净化实用技术及其效益浅析[J].中国沼气，2003，21（3）：50.

[6]龚辉，吴红艳，朱彩芳.沼气生态农业建设中的问题探讨[J].宁波农业科技，2008（2）：18-19.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/90760.html