

从碳减排角度看污泥厌氧消化工艺

杭世珺

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100088)

1 全国污泥厌氧消化工艺总体情况

1.1 污泥厌氧消化概况

2010年城市污泥产生量预计近3000万t(含水率80%),随着污水处理厂建设速度的加快,污泥产量将大幅度增加。据不完全统计,我国仅约50余座污水处理厂采用了污泥厌氧消化工艺,不到全国城市污水处理厂总数的5%。对其中7个污水处理厂污泥消化工艺的调研结果表明,污泥中有机物含量为45%~72%(干基),平均50%(干基),其中5个厂的污泥有机物含量为50%~60%(干基)。沼气产量12~80m³/t泥(含水率80%),平均33.8m³/t泥(含水率80%)。

1.2 污泥厌氧消化工艺为何应用较少

污泥厌氧消化工艺应用不广泛的原因主要有四点:一是污泥有机物含量低,能源回收效率低(75%~80%,平均为50%);二是污泥消化后,脱水上清液污染物含量高(磷100~200mg/L,氮大于500mg/L);三是北方地区冬季保温耗能较大,部分污泥厌氧消化工艺在冬季达不到设计温度,需外加热源;四是小规模污水厂沼气产量有限,发电量小,上网不稳定。

2 温室气体减排措施

2.1 减排工作形势严峻

我国承诺,到2020年单位国内生产总值CO₂排放比

等相关因子的状态和变化,并根据发生的变化作出相应的调整;定期检测污泥中新发现对人体有害污染物的浓度,评估其环境风险。

技术经济评价中应包括环境成本和社会效益,其中主要的技术经济指标有处理单位干污泥量投资,处理单位干污泥量运行成本,占地面积,系统技术运行的可靠性,管理维护难易程度,总体环境效益和环境的危害性,资源化利用价值及其它因素。要建立污泥项目第三方评价制度,对污泥进行全寿命周期分析。

5.4 完善污泥处理处置产业政策

需要完善的污泥处理处置产业政策包括:价格保障政策、财税优惠政策和投资运营政策。

2005年下降40%~45%。而实际情况是“十一五”能耗降低目标值20%,前四年下降14.38%,仍有较大差距,特别是2009年三季度以来,能耗强度下降趋势减缓甚至由降转升,节能减排形势十分严峻。

2.2 确保实现“十一五”节能减排目标的措施

确保实现“十一五”节能减排目标的措施主要有:

- (1) 严控高耗能、高排放行业过快增长,加大淘汰落后产能力度;
- (2) 加快实施重点节能工程,抓好重点领域节能减排;
- (3) 大力推广高效节能产品,积极推行合同能源管理;
- (4) 切实加强用能管理,大幅度提高能源利用效率;
- (5) 严格执行节能减排法规标准,坚决查处违法违规行为;
- (6) 深化改革,健全和完善节能减排长效机制;
- (7) 深入开展节能减排全民行动,发挥舆论监督作用。

3 污泥厌氧消化、沼气利用的温室气体减排

计量温室气体的依据是国际标准化组织(ISO)的温室气体盘查计算标准(ISO14064)和世界资源研究所(WRI)的温室气体核算议定书(GHG Protocol)。厌氧消化、沼气利用设施的建设与运行会产生温室气体排放,计算温室气体排放量时应注意其计算范畴,见图1。污泥厌氧消化处理—污泥处置过程中的能量来源及碳转移路径见表1。

(1) 价格保障政策。建立科学合理的价格调整机制,分阶段提高污泥处理处置收费标准;设立专户单独核算,专款专用于污泥处理处置工作;加强宣传教育和公众参与程度,为污泥处理处置收费工作奠定社会基础。

(2) 财税优惠政策。建立经费补偿机制;建立运营税负减免机制;对污泥产品实行成本补贴、推荐和优先采购政策。

(3) 投资运营政策。采取多种经营形式;建立多元化投资体制;提高企业竞争力。

除了要完善污泥处理处置产业政策,还要建立和完善行业监管政策,诸如建立市场化管理制度,建立市场准入机制,建立全过程管理制度,加强组织领导。

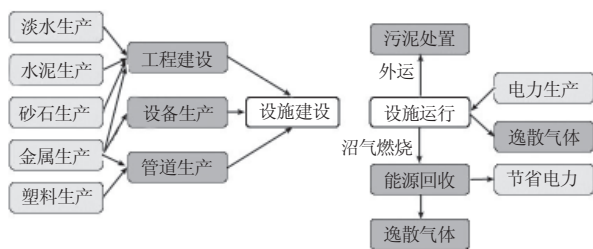


图1 污泥厌氧消化设施的温室气体排放计算

表1 污泥厌氧消化处理—污泥处置过程中能量来源及碳转移路径

工艺	能量来源	碳转移路径
厌氧消化	污泥输送 电力	无
消化液搅拌	电力	污泥产生的沼气 (CH ₄ 和CO ₂) (直接) 可再生能源利用
消化液加热	天然气	污泥产生的沼气 (CH ₄ 和CO ₂) (直接)
脱水	电力	无
脱水渗沥液处理	电力	溶解性有机物的CO ₂ 和污泥 (间接)
输送	电力	无
卡车外送	柴油	柴油燃烧产生CO ₂ (间接) 温室气体无组织排放
土地利用	柴油	柴油燃烧产生CO ₂ (间接)
填埋	柴油	土地利用过程中生物降解产生CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O的逸出 (直接)
焚烧	油、天然气、污泥	柴油燃烧产生CO ₂ (间接)
		填埋后生物降解产生CO ₂ 、CH ₄ 的逸出 (直接)
		油、天然气燃烧产生CO ₂ 、CH ₄ (间接)
		污泥燃烧生成CO ₂ 、NO _x (直接)

3.1 污泥厌氧消化沼气发电——减少CO₂排放

通过污泥厌氧消化、沼气发电可减少化石燃料燃烧的碳排放量，可参见下列数据：

- (1) 沼气中CH₄体积比率为60% (典型数值)；
- (2) 沼气发电量2kW·h/m³ (厦门丸日污水处理厂数据)；
- (3) 湿污泥沼气产量50m³/t泥 (含水率80%) (大连夏家河污水处理厂数据)；
- (4) 石化燃料发电，碳排放量0.905kgCO₂/(kW·h) (华东电网排放因子)；
- (5) 未计沼气发电热能利用部分。

污泥沼气发电，碳减排量为：

$$50 \times 2 \times 0.905 = 90.5 \text{ kg/t泥 (含水率80\%)}。$$

3.2 污泥脱水后直接填埋——无组织排放CO₂

污泥脱水后直接填埋会造成无组织排放CO₂，可参考下列数据：

- (1) 湿污泥沼气产量50m³/t泥 (含水率80%) (大连夏家河污水处理厂数据)；
 - (2) 沼气中CH₄体积比率为60% (典型数值)；
 - (3) 污泥全部生物降解；
 - (4) CH₄的密度为0.716kg/m³；
 - (5) CH₄的全球增温潜能 (GWP) 为CO₂的21倍；
- 填埋产生的CO₂折算量：

$$50 \times 0.6 \times 0.716 \times 21 = 450 \text{ kg/t泥 (含水率80\%)}。$$

污泥厌氧消化的碳减排量：

$$90.5 + 450 = 540.5 \text{ kg/t泥} = 0.54 \text{ t/t泥 (含水率80\%)}。$$

通过上述数据可以得出：沼气利用既可减少温室气体排放，减缓全球变暖趋势，又可减少化石能源的消耗，促进可持续发展。

4 利用清洁发展机制促进碳减排

清洁发展机制 (CDM) 是《联合国气候变化框架公约》第三次缔约方大会COP3 (京都会议) 通过的附件I缔约方在境外实现部分减排承诺的一种履约机制。CDM的核心是允许发达和发展中国家进行项目级减排量抵销额的转让与获得。CDM项目技术包括新能源和可再生能源技术、温室气体回收利用技术 (煤矿甲烷、垃圾填埋沼气回收技术) 以及废弃能源回收技术。

5 污泥厌氧消化碳减排的经济性分析

对于厌氧消化发电收益估算，有几组数据可供参考：

- (1) CDM协议补贴\$13.5/tCO₂ (厦门丸日污水处理厂数据)；
- (2) 国内上网电价¥0.63/kW·h (厦门丸日污水处理厂数据)；
- (3) 沼气发电量2kW·h/m³ (厦门丸日污水处理厂数据)；
- (4) 湿污泥沼气产量50m³/t泥 (含水率80%) (大连夏家河污水处理厂数据)；
- (5) 污泥厌氧消化碳减排量0.54t/t泥 (含水率80%)；
- (6) 沼气发电自用40%，上网60%；
- (7) 外汇牌价¥6.83/\$；

CDM补贴额：

$$0.54 \times 13.5 \times 6.83 = ¥49.8 \text{ t/t泥 (含水率80\%)}。$$

发电收入：

$$50 \times 2 \times 60\% \times 0.63 = ¥37.8 \text{ t/t泥 (含水率80\%)}。$$

$$\text{总收入：} 49.8 + 37.8 = ¥87.6 \text{ t/t泥 (含水率80\%)}。$$

6 污泥厌氧消化工艺的推进措施

污泥厌氧消化工艺的推进措施主要包括：增加污泥前处理工艺，建设集中污泥处理设施，研发与国情相符的技术。诸如：中温厌氧消化、高温厌氧消化、高温+中温厌氧消化。主要应用的技术路线是预处理+厌氧消化+深度脱水+土地利用，规范运行管理，完善法规，政策和管理机制，加强技术培训。