



移动扫码阅读

钟超,邵烈勇.沼气碱法生物脱硫工程实例分析[J].能源环境保护,2021,35(2):75-78.

ZHONG Chao,SHAO Lieyong. Case analysis of biogas alkali biological desulfurization project[J]. Energy Environmental Protection, 2021, 35(2):75-78.

沼气碱法生物脱硫工程实例分析

钟超^{1,2},邵烈勇²

(1. 玉禾田环境发展集团股份有限公司,广东深圳518000;

2. 深圳市朗坤环境集团股份有限公司,广东深圳518000)

摘要:针对生物质综合处理项目产生的工艺沼气,采用碱法生物脱硫工艺进行处理,通过工程实例分析了脱硫效果和运行成本。结果表明:在气量为2.52~5.22万Nm³/d、硫负荷56.05~119.45kgS/d、进气H₂S浓度为1909~2882mg/Nm³的条件下,出气H₂S浓度为8~58mg/Nm³,满足NY/T1704—2009《沼气电站技术规范》的相关要求,平均脱硫率达98.7%;沼气脱硫设备单套处理能力为4.8万Nm³/d,材料及动力成本为0.027元/Nm³。

关键词:沼气;生物脱硫;H₂S;餐厨垃圾

中图分类号:701.3

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2021)02-0075-04

Case analysis of analkali biological biogas desulfurization project

ZHONG Chao^{1,2}, SHAO Lieyong²

(1. EIT Environmental Development Group Co., Ltd., Shenzheng 518000, China;

2. Shenzhen Leoking Environmental Group Co., Ltd., Shenzheng 518000, China)

Abstract: A process of alkaline biological desulfurization was used to treat biogas produced by a biomass comprehensive treatment project. The desulfurization effect and operation cost of the project were analyzed. The results showed that when the gas volume was 25 200~52 200 Nm³/d, the sulfur loading was 56.05~111.45 kgS/d and the H₂S concentration of inlet was 1 909~2 882 mg/Nm³, the outlet concentration of H₂S was 8~58 mg/Nm³ which met the relevant requirements of biogas power generation technology criterion(NY/T 1704—2009). The average desulfurization rate was 98.7%. The treatment capacity of a single set of biogas desulfurization equipment was 48 000 Nm³/d and the cost of materials and power was 0.027 yuan/Nm³.

Key Words: Biogas; Biological desulfurization; H₂S; Food Waste

0 引言

在餐厨、污泥、粪污处理行业中,越来越多的项目采用高度集中或协同的方式进行厌氧消化处理,要求产生的沼气不局限于火炬燃烧,更需要净化后高值利用。H₂S是剧毒气体,空气中含量达到1g/m³时在极短时间内即可致人死亡,H₂S也是腐蚀气体,对发电机组和工艺管路具有腐蚀破坏作用,H₂S燃烧后还会生产SO₂造成环境污染并

且影响人体健康。因此,沼气脱硫是环境保护、沼气利用的重要要求,沼气脱硫的工艺技术研究也显得更为迫切^[1-2]。目前,H₂S脱除有干法脱硫、湿法脱硫、原位脱硫、膜分离脱硫和生物脱硫五类方法。干法脱硫和湿法脱硫通常需要消耗大量药剂,成本较高。原位脱硫和膜分离脱硫仅适用于粗脱硫过程,难以达到较高的脱硫效率^[3]。然而,生物脱硫是将沼气和含有硫杆菌的洗涤液进行接触,在合适氧气、营养液、温度、碱度、湿度与生长

载体等环境下,碱液吸收的 H_2S 被硫杆菌微生物代谢转化成单质 S 或硫酸盐的过程。体系中的单质硫通过硫沉淀和排泥进行控制,硫泥脱水处理后还可以得到进一步资源化利用。因此,生物脱硫技术具有脱硫效率高、能耗低、投资少、不易造成二次污染的优势,可以克服其他物理化学脱硫存在的能耗和运行费高、效率低、产生二次污染等问题^[4]。行业内经常采用碱法生物脱硫法作为 H_2S 脱除的主体工艺,物理化学脱硫法作为其应急处理方式。

近年来,SAN-VALERO P 等^[5]对全好氧生物脱硫装置进行了研发,利用了生物反应器和吸收塔耦合的方式,使脱硫效率稳定保持在不低于 80%。王欣等^[6]基于菌株的生物脱硫对工艺参数进行了优化研究,徐闯等^[7]针对嗜热脱硫菌株的生物脱硫性能进行了研究,荷兰帕克公司^[8]也对碱法生物脱硫工艺不断优化,实施了多个生物脱硫工程项目,但报道的工程实例较少。本文基于生物质产沼项目对沼气碱法生物脱硫工程实例进行了研究。

1 工程概况

本沼气碱法生物脱硫工程为配套生物质综合处理项目而建设,工艺沼气来源于生物质厌氧发酵系统,沼气碱法生物脱硫后通过发电机组将生物能转化为电能,实现生物质废弃物的资源化产出。该工程配置了两套日处理 4.8 万 Nm^3 沼气的工艺设备,总设计处理能力达 9.6 万 Nm^3 /日,总占地面积约 350 m^2 ,涵盖了洗涤吸收、生物反应、沉淀脱硫、硫泥压缩、加药补水、加热控温、中控等环节。项目于 2019 年调试运行,脱硫效果持续稳定、运行良好,运营成本也较低。

2 工艺流程及构筑物

2.1 工艺流程

(1) 洗涤吸收

沼气经增压风机输送至洗涤塔,与自上而下的洗涤液逆流接触,过程中 H_2S 被液相吸收,其余气体从洗涤塔顶排出进入后续单元,完成沼气吸收、脱除过程。

生物反应器洗涤液通过循环泵喷淋至洗涤塔进行 H_2S 吸收,洗涤塔吸收 H_2S 后的洗涤液也通过洗涤塔与生物反应器构成的连通器回流至生物反应器,达到洗涤液的循环。

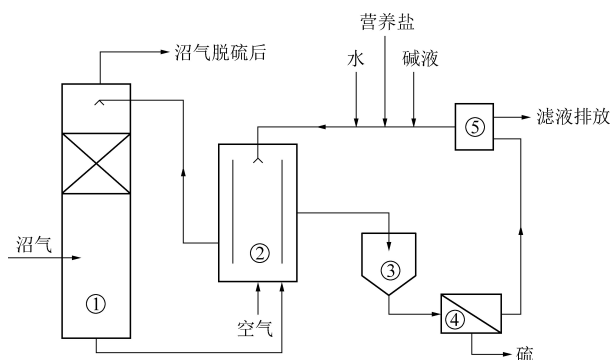


图 1 工艺流程图

Fig.1 Process flow chart

(2) 生物转化

生物反应器内溶液依靠曝气实现全混和充氧,吸收 H_2S 后的洗涤液在硫杆菌的作用下可将硫化物转化为单质硫,实现硫的脱除。

(3) 硫分离

生物反应器内部分溶液流入硫沉淀器,硫产物在此单元沉淀后进入压滤系统,完成硫单质的最终分离。液相回流至生物反应器。

2.2 构筑物与技术参数

主要构筑物与设备:生物反应器($\Phi 4.0 m \times 6.0 m$)、洗涤塔($\Phi 1.4 m \times 20 m$)、硫沉淀器($\Phi 1.2 m \times 6.0 m$)、脱水机供料罐、滤液罐、鼓风机($Q = 360 m^3/h, H = 6 m H_2O$)、循环泵($Q = 115 m^3/h, H = 26 m$)等;

工艺设计参数:沼气流量 4.8 万 Nm^3 /日, H_2S 进气浓度 $\leq 9100 mg/Nm^3$, 出气浓度 $\leq 150 mg/Nm^3$ 。

3 运行效果分析

3.1 成分分析

抽取进入碱法生物脱硫系统沼气的成分进行分析数据,如表 1 成分分析表所示,分析样本中 CH_4 气体组分的平均含量约为 60.1%, CO_2 约为 37.1%, H_2S 约为 0.16%, O_2 约为 0, 其他含量约为 2.8%。根据抽取的 8 个样本组分含量可以看出气流各组分在系统中的波动幅度较小。

3.2 流量监测与硫负荷

图 2 为沼气流量和硫负荷图。根据图 2 中连续 30 天沼气流量监测数据,进入本套脱硫系统的沼气流最大日为 5.22 万 Nm^3 , 最小日为 2.52 万 Nm^3 , 计算得出日均进气量约 3.95 万 Nm^3 。本项目设计进气量为 4.8 万 Nm^3 /日, 因此监测时间段日均进气量、最大日进气量、最小日进气量分别为设计处理量的 82.3%、108.8%、52.5%, 监测气量满

表 1 成分分析表

Table 1 Composition analysis table

%

编号	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	O ₂	Bal
1	59.7	36.9	0.17	0	3.3
2	61.5	35.6	0.16	0	2.9
3	60.4	36.8	0.17	0	2.7
4	59.5	38.0	0.15	0	2.6
5	59.8	37.7	0.15	0	2.4
6	59.4	37.7	0.17	0	2.9
7	60.0	37.1	0.16	0	3.0
8	60.4	36.8	0.16	0	2.7
平均	60.1	37.1	0.16	0	2.8

足设计要求。

根据沼气浓度和进出气硫化氢浓度计算出硫负荷,得出连续 30 天的硫负荷,如图 2 所示,可知监测时间段硫负荷在 56.05~119.45 kgS/d 区间,平均硫负荷为 87.5 kgS/d。

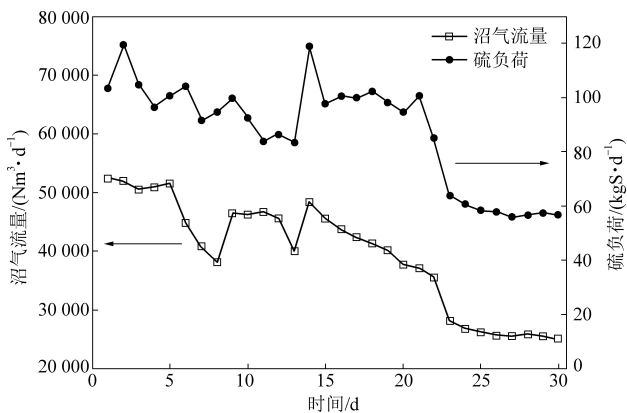


图 2 沼气流量和硫负荷

Fig.2 Biogas flow rate and sulfur load

3.3 脱硫效率

图 3 为系统脱硫效果图。由图 3 可知,监测时间段 H₂S 的最大进气浓度为 2 882 mg/Nm³,最小进气浓度为 1 909 mg/Nm³,平均进气浓度为 2 370 mg/Nm³。监测时间段 H₂S 的最大出气浓度为 58 mg/Nm³,最小出气浓度为 8 mg/Nm³,平均出气浓度为 30 mg/Nm³,本工艺处理后的沼气 H₂S 浓度远低于 NY/T 1704—2009《沼气电站技术规范》要求(NY/T 1704—2009《沼气电站技术规范》表 1 沼气成分中要求甲烷含量 50%~60%时硫化氢浓度应≤250 mg/Nm³,本项目设计处理后硫化氢浓度≤152 mg/Nm³),满足后续沼气发电需求。对应的脱硫率在 97.3%~99.7%区间,平均脱硫率为 98.7%,具有较强的脱硫效果。

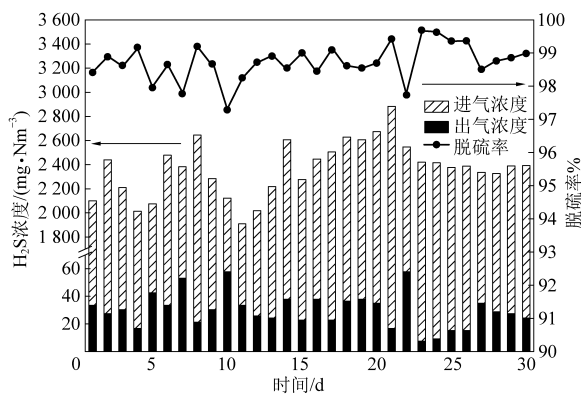


图 3 系统脱硫效果

Fig.3 The desulfurization effect of the system

4 运行成本分析

人工费、维修费、折旧摊销费、利息支出和其他费用等容易因不同企业管理水平、融资情况、折旧摊销方式的不同造成较大差异,因此本研究仅对处理过程直接消耗的材料与动力消耗进行分析。

根据监测时段的碱法生物脱硫系统的材料与动力消耗汇总,表 2 为材料与动力消耗,图 4 为材料与动力消耗占比图,得知该工况下每处理 1 万 Nm³沼气所需营养盐费用为 22.9 元、碱液 35.2 元、水 3.0 元、电 207.5 元,其中运营过程中材料与动力费中电费消耗最大,约占总费用的 77%。所需总材料与动力费用约 268.6 元/万 Nm³,折合每方沼气处理成本 0.027 元,远低于化学脱硫处理成本^[9]。

表 2 材料与动力消耗

Table 2 Material and power cost

	营养盐	碱液	水	电	合计
费用/元	22.9	35.2	3.0	207.5	268.6
占比/%	8.5	13.1	1.1	77.3	100.0

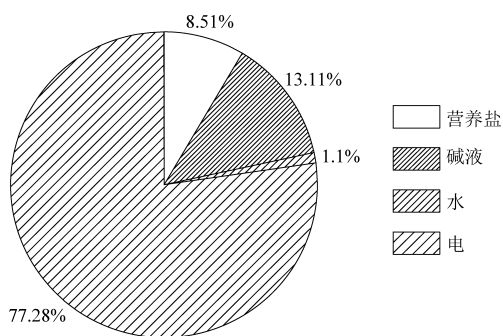


图4 材料与动力消耗占比图

Fig.4 Proportion of material and power cost

在运营中,营养盐、碱液的消耗主要跟硫负荷有关,超过设定的电导率、pH 区间系统将自动进行药剂补充、鼓风机等调整。电的消耗主要是循环泵和鼓风机的启动,通常循环泵功率保持不变以保证系统的持续喷淋,鼓风机的启动和功率跟系统的氧化还原电位有关,氧化还原电位低时系统将进行鼓氧补充。将碱法生物脱硫系统成本分为与硫负荷有关部分和固定部分,鼓风机耗电等为了维持系统稳定运行的部分费用称为固定部分费用。总体来说,因固定部分费用的存在,总成本不会因为沼气流量的降低而成比例减少,通常总成本的降低比例少于沼气流量的降低,因此,系统沼气流降低时单位沼气处理成本将升高,经济性变差^[10]。

5 结论

(1)本沼气碱法生物脱硫工程为配套生物质综合处理项目而建设,工艺沼气来源于生物质厌氧发酵系统,沼气碱法生物脱硫后通过发电机组将生物能转化为电能,实现生物质废弃物的资源化产出。该工程配置了两套日处理 4.8 万 Nm^3 沼气的工艺设备,总设计处理能力达 9.6 万 $\text{Nm}^3/\text{日}$,总占地面积约 350 m^2 ,涵盖了洗涤吸收、生物反应、沉淀脱硫、硫泥压缩、加药补水、加热控温、中控等环节。项目于 2019 年调试运行,脱硫效果持续稳定,运行良好,运营成本较低。

(2)本项目沼气脱硫前各组分在系统中的波动幅度较小,其中 CH_4 平均含量为 60.1%, CO_2 为 37.1%, H_2S 为 0.16%, O_2 为 0,其他含量为 2.8%。

(3)在气量为 2.52~5.22 万 Nm^3/d 、硫负荷 56.05~119.45 kgS/d 、进气 H_2S 浓度为 1 909~2 882 mg/Nm^3 的条件下,出气 H_2S 浓度为 8~58 mg/Nm^3 ,满足 NY/T 1704—2009《沼气电站技术规范》的相关要求,平均脱硫率达 98.7%。

(4)根据运行成本测算得到此工况下,所需总材料与动力费用约 268.6 元/万 Nm^3 ,折合每方沼气处理成本 0.027 元。

参考文献

- [1] 胡明成, 龙腾锐. 沼气生物脱硫新技术 [J]. 中国沼气, 2006, 25 (7): 15-19.
- [2] 徐晓军, 宫磊, 杨虹. 恶臭气体生物净化理论与技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 63-71.
- [3] 闫灏. 基于碱化学吸收法的沼气化学与生物组合脱硫技术研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2020: 5-11.
- [4] 刘卫国, 梁存珍, 杨栋. 沼气生物脱硫工艺的小试 [J]. 中国沼气, 2010, 28 (6): 24-26+53.
- [5] Pau San-Valreo, Josep M. Penya-roga, F. Javier Alvarez-Hornos, et al. Fully aerobic bioscrubber for the desulfurization of H_2S -rich biogas [J]. Fuel, 2019 (241): 884-891.
- [6] 王欣, 范超, 刘伟, 等. 基于 *Thiobacillus thio-parus* 菌株的生物脱硫工艺参数优化研究 [J]. 中国沼气, 2019, 37 (5): 34-39.
- [7] 徐闯, 冯逸茹, 于丹丹, 等. 一株嗜热脱硫菌株的筛选及其生物脱硫性能研究 [J]. 现代化工, 2019, 39 (9): 111-118.
- [8] 王姝琼. 沼气生物脱硫技术的应用研究 [D]. 北京: 北京石油化工学院, 2019: 5-6.
- [9] 尹雅芳, 张伟. 沼气生物脱硫工艺设计及运行条件分析 [J]. 环境科技, 2017, 30 (2): 12-16.
- [10] 韩芳. 沼气净化技术及储存方式优化分析 [J]. 中国沼气, 2012, 30 (3): 50-53.