

焦炉尾气耦合生物沼气制取天然气的工艺集成分析

陈兵 柯云龙 胡沛 周清童 苗小伟 (杭州制氧机集团股份有限公司, 浙江 杭州 310014)

摘要: 为了进一步了解到焦炉尾气耦合生物沼气实施工艺集成制取天然气的可行性, 本文对焦炉尾气制天然气集输以及生物沼气制天然气技术进行了详细论述, 判断了两者技术方案之间存在的相关问题, 结合实际情况提出了工艺集成方案, 并且借助相关软件开展了集成工艺模拟探究。经过研究表明, 目前经济性制取天然气的最佳方式表现为生物沼气净化提纯以及焦炉尾气补碳工艺, 生物沼气属于焦炉尾气补碳工艺的一项碳源, 两者相互结合到一起能够达到工艺耦合集成的目的, 实现企业产能和效益的提升, 应用价值良好。

关键词: 焦炉尾气耦合生物沼气; 天然气; 工艺集成

在本文中, 对焦炉尾气制天然气集输和生物沼气制天然气集输进行了重点论述, 明确提出了生物沼气净化提纯和焦炉尾气补碳工艺属于当代经济性良好的技术方案, 探究了两项技术类型方案存在的相关问题和共同特征, 在耦合集成不同技术的基础上实现企业产能的提升。

1 生物沼气制天然气技术

经过研究表明, 我国平均生产出 3 亿 t 城市垃圾、8 亿 t 作物秸秆以及在 40 亿 t 畜禽粪便, 当没有有效处理的话, 将会使环境受到严峻的污染, 出现温室气体排放现象。所谓沼气发酵工艺, 主要是指有机质处于沼气发酵罐内和厌氧环境下经由微生物发酵形成沼气的一项阶段, 原料来源渠道较为广泛, 价格合理, 可以在有效利用废弃生物物质的基础上保护环境, 达到节能减排的目的。为了体现出发酵菌种的高活性, 需要处于一定适宜温度下恒定沼气发酵罐。当前, 需要将沼气发酵罐设置成外盘管换热式结构, 自产沼气部分外供锅炉形成蒸汽, 当成盘管流经介质。沼气组成成分包含了 CH_4 以及 CO_2 , 同时还包含了较少的 H_2 、 SO_2 等多项杂质, 杂质出现在沼气热值、管道和设备等方面上产生了一定的影响。低热值完全影响了沼气利用价值的体现, 沼气经过纯化提取天然气, 这对于高价值利用沼气、调整以化石能源为主的能源结构和推动稳定发展有着极高的作用。沼气纯化方式表现为以下几点。

1.1 净化提纯

在脱硫、脱碳、脱水等操作中实施沼气净化提纯制成天然气是实现沼气纯化的最佳方式, 各项技术日益完善和成熟, 在工业中得到了普遍应用。不过从净化提纯工艺实际操作现状来看, 流程过于复杂, 由于发酵工艺有着一些差异化, 同时还包含了脱氧以及脱氮等流程, 虽然使沼气品质有所提升, 可是加剧了 CO_2 资源的过度消耗, 无法实现节能减排的目的。

1.2 加氢纯化

为了对多余 CO_2 进行合理应用, 相关人员经过外源氢气采取厌氧发酵体系的代谢过程转换多余 CO_2 , 达到沼气纯化目的。一般来讲, 将加氢纯化分成两种方式, 分别是原位加氢以及离位加氢, 前者的操作原理是在发酵体系内添加氢气, 由于沼气发酵体系具备一定的复杂性, 本身包含了多菌群, 因此不同功能的菌种之间有着相应的平衡关系, 本身对于发酵系统中的菌落结构、pH 值等方面有着直接性的影响。后者是从沼气发酵罐中创建单独的纯化罐, 和原位加氢原理一样。该项方式和原有发酵体系处于独立

和并行状态, 能够全面抑制原位加氢对于原有发酵菌落复杂程度产生的影响, 不过采取的设备投资成本极高。

其一, 氢气气液传质速率较慢, 完全影响了氢气利用率的提升。对于采取的加氢方式来讲, 应当保持搅拌强度的合理性, 这是因为较强的搅拌强度将对于纯化罐内菌群之间的互利共生关系有着较大的破坏, 不利于微生物处于正常代谢的状态, 而且搅拌装置还会加剧建设投资以及消耗量。高氢气传质速率必定引起高搅拌速率和菌群活性以及装置经济性之间的矛盾。

其二, 氢源的经济性对于加氢纯化技术经济性有着直接的影响。在化石燃料期间制取氢气是目前最佳的工业制氢途径, 价格和化石燃料相比较来看要高很多, 同时与可持续发展要求不相符。电解水制氢自身有着工业化生产能力, 不过也面临着电耗能较低的现象。生物制氢在理论阶段, 光解水制氢效率不高, 有着非常多的理论问题和工程技术问题需要应对, 这就应当全面提高光催化剂的性能。含氢工业废气属于一项廉价氢源, 相关人员结合实际情况, 专门提出了有关于将焦炉尾气当成外源氢气的设想, 并且应用纯净焦炉模拟气为氢源加以实验, 获取的效果极高。不过焦炉尾气中包含了诸多类型的杂质, 对菌群产生的影响较大, 而实施焦炉尾气预处理净化将会加剧成本输出。在当前阶段中, 并没有廉价的氢源当成加氢纯化方式的原料。

2 焦炉尾气制天然气技术

因为炼焦使用煤种和干馏件不同, 因此使得焦炉尾气产率以及组成有着明显差别, 其包含了少量的有机硫、无机硫以及氨等多项杂质, 焦炉尾气制天然气在诸多使用方式内由于能量利用率极高, 因为演变成了焦炉尾气化工利用期间关注的重点内容。经过相关探究表明, 我国拟建的焦炉尾气制项目有几十个左右。在焦炉尾气制天然气流程内, 甲烷化技术属于一项重要技术, 工业方面的甲烷化催化剂是 Ni 基不耐硫催化剂, 该项催化剂对于杂质和硫特别的敏感, 因此对于预处理净化要求特别的严格, 通过预处理和净化合格以后进入甲烷单元中, 实现甲烷合成。

表 1 焦炉煤气杂质质量浓度和净化指标要求

组分	常规组成	净化指标要求
H_2S	20-50	< 0.15
有机硫	200-300	≤ 5
焦油、灰尘	~10	≤ 5
萘	50-100	≤ 5

氨	~50	≤ 5
粗苯	≤ 2000	≤ 10
氰化氢	~144	≤ 5

3 制作工艺集成方案

沼气加氢纯化存在着氢气传质速率和廉价氢源等多项问题，在短期内难以达到大型化和工业化的目的，沼气净化提纯属于目前一项合理的工业化路径，焦炉尾气补碳工艺和不补碳工艺相比较来看，能够有效利用资源多产甲烷，当存在着合适碳源的话，产生的经济性良好。生物沼气净化提纯和焦炉尾气补碳工艺从原料气组分以及工艺流程方面有着共性特征。其一，焦炉尾气内包含了诸多的杂质，通常包含了沼气含有的杂质，对其预处理净化的复杂性远远高于生物沼气净化。其二，生物沼气内有着多余 CO₂，焦炉尾气中存在着多余的 H₂，两者相互补充可以形成甲烷。其三，两者有着共有工序，可以设置净化单元。基于此，在建设生物沼气工厂期间，可以将位置选在焦炉尾气工厂附近就近地进行建设，应用将沼气当成碳源注入焦炉尾气制天然气工艺流程的工艺耦合集成方法，此种方式产生的价值极高。当周围存在着沼气净化提纯工厂的话，可以把净化提纯获取的高纯度 CO₂ 当成一项碳源。耦合集成以后的工艺操作流程是：沼气和 CO₂ 以及焦炉尾气依照相应比例相互混合到一起，在调整补入沼气以及 CO₂ 量的基础上控制混合器的氢碳比，混合气体组分互补生产甲烷，转换焦炉中过量的 H₂ 以及沼气中过量的 CO₂，以此达

到原料转换和产品生成目的。

混合原料气对净化单元和甲烷化单元进行预处理，甲烷化出口气体经过处理以后和天然气管输标准相符合。

工艺集成期间减去了生物沼气净化提纯工序，这对于提升预处理净化单元的负荷影响存在着一定限制，可以达到共有流程的去重化目的，降低投资成本输出，合理使用 H₂ 以及 CO₂ 资源，生成产品和转换原料，这对于项目经济效益的提升有着极高的作用。同时甲烷化反应速度极快，生物催化速率比较慢，生物早期高值化利用效率随之提高。将甲烷化单元低位热余预热脱盐水当成沼气发酵罐的热源，除了不会对甲烷化高位热能利用产生不良影响之外，同时还可以节省锅炉中发酵罐热源配置，减少成本。

4 结语

从以上论述来看，工艺集成能够对城市废弃物进行合理处理，同时也能够综合性应用有着焦炉尾气的煤化工工厂，在控制沼气碳源品质的基础上拓展沼气规模，优化以及改进生产流程，增强产品整体质量，这对于企业产能和效益的提升有着极高的作用，同时也有助于发展。

参考文献：

- [1] 陈狄新, 张峰, 刘青松. 煤焦化产区域尾气入焦炉焚烧技术的研究与应用 [J]. 化工管理, 2020(16):58-60.
- [2] 高振, 侯建国, 王秀林, 宋鹏飞. 焦炉尾气耦合生物沼气制取天然气的工艺集成研究 [J]. 化学工程, 2016,44(11):74-78.

(上接第 104 页) 站的整体来看，其主要的组成系统包括了余热系统、控制系统、瓦斯输送系统、电网系统、发电系统、瓦斯抽放系统。

4.1 低浓度瓦斯发电系统

①瓦斯抽放系统。在矿井内的瓦斯需要经过抽放钻孔才能顺利抽出，这其中要用到低高压瓦斯抽采支管以及干管等等。抽出瓦斯要输送到地面抽放泵站中才能进行接下来的运输工作；②瓦斯输送系统。要做到安全输送，首先就要设置过滤器、水封防爆器等装置，保证瓦斯输送过程不会埋下安全隐患，让瓦斯气体可以顺利的从地面抽放泵站进入瓦斯发电站；③瓦斯发电系统。该瓦斯发电站使用的内燃机是 H16V190ZLWD1-2 型，额定功率是 1000kW，转速是 1000r/min，输出电压是 10.5kV；④瓦斯发电控制系统。该发电站使用了 GECS 大功率燃气控制系统，加入了 DGM-02 转速负载控制器、GCS M 瓦斯浓度修正和空气阀控制器、以及燃气控制阀等等，应用多种技术共同调节控制发电系统，达到调速、管理负载、修正燃气浓度的目的；⑤瓦斯电网系统。这一个环节需要用内燃机来转换能量，把瓦斯能源转变成电能，并输送到变电站中；⑥余热系统。瓦斯发电站中瓦斯燃烧会产生巨大的热量，排出的尾气温度非常高，合理利用尾气，可以使余热给长平供暖。

4.2 瓦斯发电系统运行效益

①经济效益。该瓦斯发电站对接的某一个煤矿一年就可以得到 1080 万 m³ 的瓦斯。浓度在 10~%20% 区间，属

于低浓度瓦斯。其带来的经济效益非常可观，可以让 6 台发电机以 900kW 的功率连续发电，一年产生 2000 万元以上的发电收益；②社会效益。瓦斯排放到空气中会造成严重的污染，也会导致温室效应，促使大气形成臭氧层空洞，不利于环境保护和国家的可持续发展。瓦斯发电站可以合理的利用瓦斯来创造效益，同时还能够保证环境不被污染，实现经济和环保的双赢，在实际运转中具有非常好的社会效益。

5 结束语

综上所述，低浓度瓦斯在实际应用中有非常好的应用价值，可以做到节能减排，为环境保护添砖加瓦的同时，产生良好的经济效益。从业者需要持续关注瓦斯开发利用的相关技术，使技术更加完善，提高瓦斯资源的利用率，为社会的可持续发展添一份力。

参考文献：

- [1] 卢正才. 矿井低浓度瓦斯开发利用及安全输送探讨 [J]. 煤, 2019,28(12):71-72+75.
- [2] 王小建. 矿井低浓度瓦斯蓄热氧化井筒加热技术探究 [J]. 能源与节能, 2017(11):20-21+24.
- [3] 郝晋伟. 矿井高低浓度瓦斯分抽系统调控判定研究 [D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2016.

作者简介：

贺小斌，男，汉族，山西大同人，本科，研究方向：瓦斯治理、煤矿通风。