

沼气提纯高值利用技术研究进展

石云霞 孙海龙 王 佐

内蒙古华蒙科创环保科技有限公司 内蒙古自治区呼和浩特市 010000

摘要: 能源危机已经对社会各国的发展产生影响, 应该逐步促进社会发展模式的转型升级, 降低对不可再生资源的依赖性, 获得强劲的发展动力。其中, 沼气在社会生产生活中得到广泛利用, 不仅储量丰富, 而且对环境的污染较小, 可以满足当前可持续发展的要求。运用提纯高值利用技术对沼气实施处理, 可以满足人们的个性化需求, 解决了传统沼气利用方式的弊端, 在避免资源浪费的基础上, 提升沼气的利用价值。本文将对沼气提纯高值利用技术的现状进行分析, 研究沼气提纯高值利用技术的应用要点, 为实践工作提供参考。

关键词: 沼气; 高值利用技术; 提纯利用技术

Research progress of high-value utilization technology of biogas purification

Yunxia Shi, Hailong Sun, Zuo Wang

Inner Mongolia Xiaomeng Kechuang Environmental Protection Technology Engineering Co., Ltd. Hohhot City, Inner Mongolia Autonomous Region, 010000

Abstract: The energy crisis has had an impact on the development of various social countries, so we should gradually promote the transformation and upgrading of the social development model, reduce the dependence on non-renewable resources, and obtain a strong development power. Among them, biogas is widely used in social production and life, not only rich in reserves, but also less pollution to the environment, which can meet the requirements of the current sustainable development. The use of purification and high-value utilization technology to treat biogas can meet people's personalized needs, solve the disadvantages of traditional biogas utilization methods, and improve the utilization value of biogas on the basis of avoiding the waste of resources. This paper will analyze the current situation of biogas purification technology, study the application points of biogas purification technology, and provide reference for practical work.

Keywords: biogas; high-value utilization technology; purification and utilization technology

在社会生产规模逐渐扩大的趋势下, 对于能源资源的需求量也在逐渐增长, 造成了一定的能源压力。仅仅依靠煤炭等不可再生资源, 无法达到可持续发展的目标, 因此应该将重点引向可再生资源领域, 缓解目前面临的危机问题。同时, 煤炭、石油等能源在消耗过程中会产生较多的污染物质, 这是引发恶劣天气状况的主要原因, 清洁能源的应用则可以有效解决上述问题, 燃烧产物对于自然环境的影响较小, 因此受到人们的广泛欢迎。其中, 沼气的应用已经十分普遍, 可以为人们提供更多的天然气资源, 加快社会转型升级。应该掌握提纯高值利用技术的要点, 以实现有效分离和净化, 使沼气得到高效化利用。

一、沼气提纯高值利用技术现状

沼气是在厌氧发酵过程中形成的清洁性能源, 而且

具有可再生的特点, 避免有机废气污染而威胁大气环境、土壤环境和水环境安全, 对于二氧化碳的排放控制也较好。甲烷是沼气中的主要成分, 占比在55%-70%左右, 因此可以通过提纯的方式提升甲烷利用率, 满足天然气生产及使用需求。然而, 沼气成分也会受到其他因素的影响, 包括原材料类型和发酵方式等等, 厌氧发酵中的含量更高, 其中还混合较多的硫化氢和二氧化碳等物质, 而在垃圾场填埋气中, 甲烷的含量较低, 最高仅仅达到65%左右。随着生物质资源的增多, 沼气利用价值也得到体现, 在畜禽粪便和农业废弃物中都会产生大量的沼气, 如何实现这类资源的高效利用, 是我国可持续发展中的主要挑战。在《可再生能源中长期发展规划》中, 对于沼气利用工作做出了明确的规定, 有助于实现产业

化发展,其中提纯高值利用技术就是其中的核心要素^[1]。在供热行业、发电行业等生产实践中,沼气的应用逐渐增多,但是由于其中混含较多杂质,因此降低了整体利用率,比如随着二氧化碳含量的增多,沼气的热值会随之下降;随着硫化氢气体的增多,会对生产设备产生一定的腐蚀作用,而且燃烧后会引发污染问题。为此,需要以提纯高值利用技术为依托,对沼气中各类杂质的含量和浓度实施控制,提升沼气纯度,体现生物天然气的实用价值。

二、沼气高值利用技术的应用要点

我国在沼气高值利用中取得了初步成效,各项设备也在增多,包括了沼气灯、沼气灶和沼气锅炉等等,有助于实现沼气的高效利用,通过电能和热能等为生产生活提供支持,比如在蒸汽工艺和生活照明中的应用十分普遍。随着技术水平的提升,沼气利用方式也变得越来越多元,沼气发电机组的容量更大,而且技术可靠性得到保障,为沼气的商业化应用奠定了保障。在我国乡村振兴工作中,对于沼气的高值利用也是一项重要内容,逐步建设了集中供气体系,引导居民在做饭和生火取暖中积极使用天然气,促进农村的绿色化发展,改善人们的生活居住环境。在未来发展中,车用天然气的开发与利用是高值利用技术的重点领域,生产性能更加优越的燃料电池,满足电/热电联产需求,在很多发达国家中,技术工艺和设备逐渐成熟,拓展了发电的方式和途径。虽然燃料电池的制造难度降低,但是在运维中的成本投入仍旧较大,而在化工生产原料的制备过程中,也会受到催化技术的影响,导致利用率较低^[2]。瑞典在沼气高值利用中的发展速度较快,尤其是已经进入到车用天然气领域当中,净化提纯效果更好。我国也逐步加快车用天然气的研发,正在逐步替代石油燃料,转变行业发展方向。在相关规定和技术标准中,对于天然气进行了分类,包括了一类、二类和三类,应用场景和标准也有所差异。

三、沼气提纯利用技术的应用要点

(一) 高压水洗

去除沼气当中的硫化氢和二氧化碳等物质,是提升沼气利用率的关键,因此在此过程中可以发挥高压水洗工艺的作用,增强上述两种气体在水中的溶解性,从而达到提纯甲烷的目的。物理吸收、高压水洗和化学吸收等方式的应用较多,而高压水洗具有简单高效的特点,因此在实践中得到广泛应用^[3]。在压力逐步增大的趋势下,会改善硫化氢和二氧化碳的溶解性,对于杂质的去除与控制效果更好。高压水洗系统主要包括了入口分离器、压缩机、洗涤塔、闪蒸罐和吹脱塔等组成部分,沼气和水分分别从系统的下部和上部进入,而在处理完硫化

氢和二氧化碳气体后,能够借助于吹脱塔的作用实施循环利用,提高了水资源的利用率,同时做好废水的统一化管理,避免直接排放到环境中而引发污染问题。当沼气中硫化氢气体的浓度不高时,可以采用水洗的方式进行处理,无需设置脱硫装置^[4]。多种因素会对两种气体的溶解和吸收效果产生影响,包括了压力大小、吸收塔性能、水流速度和气体成分等等,对于处理工艺的有效控制,可以大大提高去除率。然而,该技术也存在一定的局限性,对于水资源的需求量较大,如何降低水资源的消耗量,是未来提纯利用技术发展中需要解决的重点问题。

(二) 物理吸收

物理吸收法也是针对沼气中的各类杂质实施吸收处理,以保障甲烷的良好纯度,应用原理和高压水洗类似,但是吸收剂不再使用水资源,而是采用有机溶剂提高对硫化氢和二氧化碳气体的吸收率,增强整体溶解效果,液相循环量得到全面控制,因此能够降低系统的运行能耗,具有经济性和高效性的特点。聚乙二醇二甲醚、碳酸丙烯酯和低温甲醇、N-甲基吡咯烷酮等,是当前物理吸收中经常采用的吸收剂类型,应该结合具体的处理要求选择合适的吸收剂。此外,Selexol在实践中的应用效果较好,可以充分发挥二甲基聚乙炔乙二醇的作用,而且在处理填埋场的沼气时,也能够有效去除其中的卤化烃物质和水等。对于吸收剂的吹脱处理则依靠特殊的惰性气体,也可以运用水蒸汽,能够满足循环利用的要求。在相关实践工作中,脱碳处理和脱氧处理十分关键,可以采用碳酸丙烯酯和催化脱氧技术实施物理吸收,相较于水而言,碳酸丙烯酯的应用可以大大提高二氧化碳的溶解度,提升效率在8倍以上^[5]。该类吸收剂的价格也不贵,因此能够降低成本,尤其是当沼气成分较多而且需求实施批量化处理时,物理吸收的方式是第一选择。

(三) 化学吸收

化学吸收的方式与物理吸收的方式原理一致,但是采用的吸收剂类型及其在吸收过程中发生的反应有所差异,主要是对硫化氢和二氧化碳实施分离处理,吸收剂要具备良好的弱碱性。溶剂和溶质之间发生化学反应后会形成化学键,需要提供足够的能量以满足溶剂再生需求。由于该方法的选择性较好,因此可以提升沼气中甲烷的纯度,但是需要大量的热量支持化学反应,在一定程度上加大了能耗。化学吸收系统的复杂性也较高,主要包括了进出口分离器、闪蒸罐、溶液冷却器、醇胺溶液泵和过滤器、化热器、冷凝器、汽提塔、缓冲罐、回流收集罐等部分。该方法呈现出综合性的特点,用到的吸收剂类型也较多,包括了氢氧化钠、氨水、甲基二乙醇胺、单乙醇胺、氢氧化钾和三乙醇胺等等^[6]。比如在

化学吸收工艺中应用单乙醇胺,将用量控制在10%左右,可以吸收40%左右的二氧化碳,而且实现了再生利用,降低了成本投入。该系统对于压力要求不高,但是如果沼气中的氧气含量较高,则会对溶剂性能造成一定影响。

(四) 变压吸附

变压吸收的方式充分发挥了气体分子的作用,能够实现甲烷和硫化氢、二氧化碳的有效分离,而且分子筛的性能状况是影响处理效果的关键因素。在实践工作中,需要明确具体的处理要求以确定合适的压力大小,并且调节孔径大小,更加高效化的去除沼气中的杂质。碳分子筛对于杂质的吸收作用较强,通过变压处理可以满足不同的处理需求,因此具有灵活性的特点,其中微米级孔隙的碳分子筛应用较为广泛,在压缩机、脱硫装置、浓缩装置和净化装置等设备的辅助下提高甲烷的纯度。可以在吸附阶段、再生阶段和增压阶段分别设置吸附器,尤其是当沼气中不含有氧气时的处理作用更加显著,如果氧气含量较大则容易引发爆炸事故,风险性较大^[7]。采用该工艺时,需要控制压力在0.4MPa左右,而且在常温条件下进行,为吸附和再生创造良好的环境,同时满足下一次的处理要求。由于具有封闭性的特点,因此满足了连续生产的要求。

(五) 膜分离

膜分离技术则主要是发挥了渗透膜的作用,对沼气中的二氧化碳和甲烷等实施快速分离,以选择透过性的差异为核心,能够形成不同的压力,气体成分和渗透膜的性能等,是影响膜分离处理效率的主要因素。相较于其他处理工艺而言,该技术更加简单易操作,而且成本投入不高,但是对于二氧化碳纯度的控制效果较差。高压气相分离技术和气相-液相吸收膜分离技术等,是目前膜分离中采用的主要技术方法。在运用高压气相分离技术时,需要提高更高的压力值,活性炭床能够对沼气中的硫化氢气体和卤化烃实施控制,再通过加热器和滤床、膜分离组件等实施进一步处理^[8]。醋酸纤维素是渗透膜的主要成分,对于极性分子的分离作用显著,相较于甲烷而言,能够更加高效的渗透硫化氢和二氧化碳,但是对于氮气的处理效果较差。而在采用气相-液相吸收膜分离技术时,由于使用了液相和气相,因此对于压力的要求不高,在0.1MPa的工况下就能高效运行,需要将温度控制在25℃-35℃左右。

(六) 深冷分离

深冷分离技术是一种新兴的沼气提纯利用技术,由于缺乏先进的经验,因此仍旧处于研究阶段。在应用该工艺时需要创造良好的环境条件,需要在提高压力的同时降低温度,一般在-90℃左右,二氧化碳可以实现液化处理以达到高效分离的目的。在深冷分离系统中,主

要包括了脱硫装置、脱水装置、冷凝器、压缩机和蒸馏塔等设备。在去除硫化氢和水时,应该对其含量实施严格控制,在多次冷凝处理的过程中实施压缩,最后实施蒸馏分离,得到更多的二氧化碳气体,能够为气体肥料制作和工业制冷等提供原材料。脱碳工作和脱硫工作可以同步进行,但是对于单质硫的处理效果不佳,因此应该注重对脱硫技术的研究,防止对大气环境造成污染。氧化铁吸收工艺的应用十分普遍,可以与硫化氢气体反应后生成硫化铁,在生产工艺中需要对温度实施控制,一般在25℃-50℃左右^[9]。针对100g的硫化氢气体,可以使用500g氧化铁木片实施处理。

四、结语

提纯高值利用技术可以实现沼气的有效处理并提高利用率,特别是在沼气产出量不断增长的趋势下,可以避免资源浪费和环境污染的问题。在高值利用阶段,则主要是以农业生产和居民生活、工业用热为主,车用天然气也在逐渐增多,对于技术水平提出了更高的要求。在沼气提纯利用技术中,应该充分发挥高压水洗、物理吸收、化学吸收、变压吸附、膜分离和深冷分离等工艺的特点,针对沼气中的水分、碳元素和硫元素等实施有效控制,以保障良好的洁净性,防止在应用中对自然生态环境造成破坏,提升绿色化应用价值。

参考文献:

- [1] 张晓川, 周磊. 沼气工程产品高值化利用科学技术普及模式研究[J]. 农业科技管理, 2021, 40(05): 59-62.
- [2] 梁文哲. 沼气资源在无公害农业生产中综合利用技术[J]. 农村科技, 2020(04): 28-30.
- [3] 杜连华. 河北承德县推广农村沼气综合利用技术[J]. 农业工程技术, 2020, 40(20): 44.
- [4] 刘银秀, 董越勇, 边武英, 金娟, 聂新军, 范志斌, 王强. 浙江省农村沼气利用典型技术的表征和演进[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(12): 2295-2299+2303.
- [5] 甄长芬. “三沼”综合利用技术及应用[J]. 农民致富之友, 2019(12): 232.
- [6] 冯楠楠, 张文强, 朱建新. 基于固体氧化物燃料电池的沼气清洁高效利用技术研究进展[J]. 中国沼气, 2018, 36(05): 17-23.
- [7] 魏志强, 黄群招, 周春火, 倪国荣, 危群星. 我国畜禽废弃物资源化利用现状及沼气化利用关键技术[J]. 江西畜牧兽医杂志, 2018(05): 1-3.
- [8] 王华山, 陈庆杰, 于秀春. 食品发酵污水沼气回收利用技术[J]. 食品工业, 2018, 39(09): 213-215.
- [9] 韩文彪, 王毅琪, 徐霞, 陈灏, 赵玉柱. 沼气提纯净化与高值利用技术研究进展[J]. 中国沼气, 2017, 35(05): 57-61.