

# 农村户用沼气脱硫效果现状及分析

陈子爱<sup>1,2</sup>, 王超<sup>1,2</sup>, 丁自立<sup>1,2</sup>, 冉毅<sup>1,2</sup>, 席江<sup>1,2</sup>, 张冀川<sup>1,2</sup>

(1. 农业部沼气科学研究所, 四川成都 610041; 2. 农业部沼气产品及设备质量监督检验测试中心, 四川成都 610041)

**摘要:** 在四川、广西、云南、福建、海南、江西、湖南、湖北 8 个省市自治区的 265 户农村户用沼气池脱硫效果调研的基础上, 分析了沼气使用情况、沼气脱硫剂使用情况及脱硫效果, 讨论了影响广大农户再生或更换脱硫剂的主要因素。调研结果表明: 大部分脱硫剂已经没有脱硫能力, 脱硫器成了摆设; 对沼气脱硫必要性认识不足以及脱硫剂再生或更换操作繁琐是阻碍广大沼气用户主动更换脱硫剂的主要原因。

**关键词:** 沼气; 脱硫; 调研; 分析

中图分类号: TK6; S216.4 文献标志码: B 文章编号: 1671-5292(2014)07-1033-05

DOI:10.13941/j.cnki.21-1469/tk.2014.07.024

## 0 引言

沼气作为农牧业链接的节点, 上联养殖业、下联种植业, 涉及农村生活能源利用、农产品质量安全、农村公共环境卫生、农村生态建设等多个领域, 具有显著的经济效益、社会效益和生态效益。近些年, 在中央财政基金的大力支持下, 我国农村沼气建设快速发展。截至 2011 年底, 全国沼气用户(含集中供气户数)已达 4 168 万户, 占适宜农户的 34.7%, 受益人口约 1.6 亿人<sup>[1]</sup>。

沼气是一种混合气体, 主要成分是 CH<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub>, 同时含有少量的 H<sub>2</sub>S。H<sub>2</sub>S 是一种无色有臭鸡蛋气味的剧毒气体, 在有氧和湿热条件下对金属设备有很强的腐蚀性<sup>[2-4]</sup>; H<sub>2</sub>S 燃烧后生成的 SO<sub>2</sub> 对环境造成一定的污染<sup>[5]</sup>。通常情况下, 沼气中 H<sub>2</sub>S 的质量浓度在 1~12 g/m<sup>3</sup><sup>[6]</sup>, 而我国《沼气工程技术规范: 第 2 部分: 供气设计》NY/T 1220.2-2006 要求燃气中 H<sub>2</sub>S 质量浓度不得超过 20 mg/m<sup>3</sup><sup>[7]</sup>。因此, 沼气使用之前有必要进行有效脱硫。但是, 由于技术经济的原因, 很多户用沼气脱硫剂长期不更换, 影响了脱硫效果及设备的使用

寿命, 为了了解户用沼气脱硫情况及影响因素, 笔者对四川、广西、云南、福建、海南、江西、湖南、湖北 8 个省市自治区的数百家农村户用沼气池脱硫效果进行了调研, 并对整个调研结果进行总结分析, 以期今后的技术研究和决策提供参考。

## 1 调研方法

首先制定了两个调查表, 一是沼气使用情况调查表, 包括沼气发酵原料、养殖种类、沼气用途等; 二是脱硫器使用情况调查表, 包括沼气累计使用时间、使用脱硫器户数、使用沼气灶和输气系统户数、沼气日均使用时间等内容。然后在四川、广西、云南、福建、海南、江西、湖南、湖北 8 个省市自治区随机选取了 15~85 户建有户用沼气的农户, 采用问卷调查与座谈的方式进行调查。沼气进出硫化氢浓度的测定采用硫化氢检测管<sup>[8]</sup>, 共计调研农户 265 户。

## 2 调研结果

### 2.1 调研农户的沼气使用情况

沼气使用基本情况见表 1。由表 1 可知, 沼气发酵原料以畜禽粪便为主, 占总调查户数的

表 1 沼气使用基本情况调查表

Table 1 The questionnaire on base situation of biogas usage

序号	省份	调查户数	沼气发酵原料		养殖种类			沼气用途	
			畜禽粪便为主	秸秆、青草为主	以猪为主, 少量鸡鸭	其他养殖	无养殖	烧饭煮菜	烧饭煮菜+照明
1	四川	85	75	10	60	5	20	82	3
2	广西	15	14	1	8	2	5	15	—
3	云南	20	16	4	12	1	7	20	—

收稿日期: 2013-05-13。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31101749)。

作者简介: 陈子爱(1975-), 女, 浙江松阳人, 副研究员, 主要研究方向为废水生物处理及资源化利用。E-mail: cza0903@163.com

续表 1

序号	省份	调查户数	沼气发酵原料		养殖种类			沼气用途	
			畜禽粪便为主	秸秆、青草为主	以猪为主,少量鸡鸭	其他养殖	无养殖	烧饭煮菜	烧饭煮菜+照明
4	福建	15	12	3	7	—	8	14	1
5	海南	20	15	5	12	—	8	20	—
6	江西	35	31	4	25	3	7	29	6
7	湖南	40	28	12	22	4	14	39	1
8	湖北	35	30	5	27	—	8	34	1
合计		265	221	44	173	15	77	253	12

83%，以秸秆、青草等为主要发酵原料的农户占 17%。在调查的农户中，188 户有养殖习惯，以养猪为主，户均 2~3 头，同时饲养少量的鸡鸭，其它畜禽养殖主要以牛为主。无养殖畜禽户数为 77 户，约占调研户数的 30%，这些农户大部分受市场畜禽价格及外出务工等影响，由有养殖习惯转为无养殖畜禽，其沼气发酵原料以秸秆、青草为主，或者到附近养殖场获取畜禽粪便作原料。沼气

主要用于生活用能，例如烧饭煮菜，少量作为照明使用。

2.2 户用沼气脱硫效果现状

脱硫器使用情况见表 2。从表 2 可知，所调查农户均装有脱硫装置，沼气正常使用时间各有不同，其中 6 个月以下的有 98 户，12 个月以上的有 91 户，6~12 个月的有 76 户，平均使用时间 8 个月以上。

表 2 脱硫器使用情况调查结果表

Table 2 The questionnaire on base situation of desulfurizer usage

序号	省份	调查户数	沼气累计使用时间			使用脱硫器 户数	使用沼气灶和输气系统 户数	使用沼气灯 户数	沼气日均使用 时间≥1h
			6 月以下	6~12 月	12 月以上				
1	四川	85	20	20	45	85	85	3	85
2	广西	15	5	7	3	15	15	0	15
3	云南	20	9	6	5	20	20	0	20
4	福建	15	6	4	5	15	15	1	15
5	海南	20	8	5	7	20	20	0	20
6	江西	35	15	12	8	35	35	6	35
7	湖南	40	15	15	10	40	40	1	40
8	湖北	35	20	7	8	35	35	1	35
合计		265	98	76	91	265	265	12	265

在所调研的 265 家农户中，65%的农户沼气中硫化氢含量主要集中在 0.1%~0.5%，硫化氢含量在 0.1%以下的占 23%，硫化氢含量在 0.5%以上的占 12%。沼气中硫化氢含量与沼气发酵原料有关，发酵原料以秸秆、青草为主的，沼气中硫化氢含量在 0.1%以下，以畜禽粪便为发酵原料的，硫化氢含量高于 0.5%。

根据对农户正常使用沼气时间的调研结果，农户累计使用沼气时间为 6~16 个月，年均使用 10 个月，平均每天 2~3 次，日均使用 1 h 以上。通过对脱硫剂再生与更换调研情况可知，对脱硫剂进行再生的农户为 2 户，仅占调查总数 1%，对脱硫剂直接更换的有 80 户，占 30%，183 户均未再生或更换脱硫剂，占 69%。

通过对沼气进出硫化氢含量的测定，脱硫剂脱硫效果为 0%~50%，其中，有 52% 农户脱硫剂脱硫效果在 10% 以下，脱硫效果在 10%~50% 的占 17%，而脱硫效果在 50% 以上仅占 31%。

2.3 脱硫对户用沼气利用设备的影响

沼气利用设备除了调控器外，主要有沼气灶、输气管材和沼气灯，由于调研农户中所使用的输气管材均为 PE，具有耐腐蚀性，是否脱硫对其影响不大，另外，沼气灯使用量少，占调研农户的比例不到 5%，因此，脱硫效果对沼气利用设备质量的影响主要体现在沼气灶。

沼气灶使用质量评判标准：灶具表面任何部位有锈斑即认为该灶具已生锈；灶具连续点火 10 次，连续有 2 次以上点不燃，则该灶具点火率不合

格<sup>[9]</sup>,而点不燃判定依据是灶具连续点火 10 次,连续有 5 次以上点不燃。调研了 8 个省 265 家户用沼气利用设备(主要是沼气灶)的质量状况,其中,22%灶具生锈点不燃,15%灶具生锈能点燃,25%灶具不生锈点不燃,38%灶具不生锈能点燃。

从沼气灶已使用累计时间来看,由表 2 可知,6 个月以下有 98 户,约占 37%,使用一年以上的占 34%左右,使用半年至一年的,占 29%。在调研的 265 家农户中,灶具生锈率为 53%,灶具点不燃火的占 63%。初步分析,灶具生锈与硫化氢腐蚀有关。同时,灶具点不燃火的因素较多<sup>[10]</sup>,但硫化氢腐蚀是引起灶具点不燃火的因素之一。

#### 2.4 农户对脱硫剂再生或更换的意愿

为了弄清农户不再生或更换脱硫剂的原因,也对农户再生或更换脱硫剂的意愿及其理由进行了调查。

##### 2.4.1 农户对脱硫剂再生或更换的意愿

再生意愿中,10%清楚、愿意自己再生,31%清楚、不愿意自己再生,59%不清楚。由此可见,大部分农户不愿意主动再生脱硫剂。

更换脱硫剂的意愿中,大半农户清楚如何更换,其中有 21%农户愿意自己更换脱硫剂,不愿意更换脱硫剂的占 37%。另有 42%农户不清楚脱硫剂如何更换。在收费更换脱硫剂方面,有 67%农户接受收费更换。

##### 2.4.2 农户愿意再生或更换脱硫剂的理由

根据入户调研情况,农户愿意再生或更换脱硫剂的主要原因归纳起来有 3 种,在愿意再生或更换脱硫剂的农户中,有 90%以上的农户意识到硫化氢对人体有害,对沼气产品有腐蚀。另有 9%的农户愿意再生或更换脱硫剂,但并不清楚硫化氢的毒性,而是属于其他愿因,如物管员要求再生或更换。

##### 2.4.3 农户不愿意更换或再生脱硫剂的理由

经调研可知,农户不愿意再生或更换脱硫剂的主要原因归纳起来有 6 类,其中有 33%的农户认为只要沼气和其他沼气产品能正常使用就可以了,14%的农户对脱硫的必要性认识比较模糊,嫌脱硫剂再生或更换操作麻烦的占 19%,有 21%农户不清楚如何再生或更换脱硫剂,另有部分农户不愿意支付脱硫剂再生或更换产生的费用,占不愿意再生或更换脱硫剂农户中的 10%。

### 3 讨论

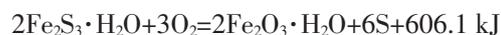
#### 3.1 户用沼气脱硫效果现状

目前农村沼气脱硫主要采取化学脱硫,其基本原理<sup>[11]-[13]</sup>:

脱硫:



再生:



当氧化铁被还原为硫化铁后,即丧失脱除硫化氢的能力;而当硫化铁与氧气接触后,又被氧化成氧化铁,并产生单质硫,此过程即为脱硫剂的再生。因此,经再生后的脱硫剂可反复使用,但由于脱硫剂骨架为微孔结构,一旦再生产生的单质硫完全堵塞微孔,阻止了氧气的进入,硫化铁也就不能被氧化为氧化铁,即无法进行再生。由此可见,氧化铁脱硫剂可以再生反复使用,但不能无限循环使用。

目前使用的脱硫器大部分没有再生或更换,且使用时间为一年左右,另从硫化氢去除率测试结果来看,脱硫剂的脱硫能力很低,硫化氢去除率在 50%以下的占近 70%,也就是说,大部分脱硫剂已经没有脱硫能力,脱硫器成了摆设。

#### 3.2 影响户用沼气脱硫剂再生或更换的主要因素

在脱硫剂无脱硫功能的条件下,农户仍继续使用脱硫器,其主要原因是农户对沼气脱硫必要性认识模糊,对硫化氢的毒性认识不够。这与目前农村沼气用户的文化水平较低、对硫化氢理解的局限性有关。另外,脱硫剂再生或更换操作过程繁琐也是影响农户意愿的原因之一。目前农村沼气使用的脱硫器基本都是调控器,即沼气压力表和沼气脱硫器合装为一体,在更换脱硫剂时,需要将调控器卸下,将内装的脱硫剂取出进行更换。同时再生脱硫剂,需要将脱硫剂放置通风处,在自然条件下进行再生,要使脱硫剂完全再生,需要时间较长。而这些操作对于沼气用户来说尤为繁琐。

针对上述问题,一方面组织物管员加强对农户沼气安全使用方面的宣传、培训,使广大沼气农户认识到硫化氢的危害,认识到沼气脱硫的必要性;另一方面,物管员加强对沼气脱硫有效性进行检查,其脱硫无效时应提醒农户予以再生或更换脱硫剂。

#### 3.3 沼气使用安全性及其他问题

沼气安全使用是沼气发挥综合效益的前提,硫化氢为沼气成分之一,对人体有一定的毒害性,并对含金属材料的沼气产品有腐蚀性<sup>[14-19]</sup>。沼气中未完全脱除的硫化氢经燃烧后被氧化为二氧化硫排放到大气中,最终氧化形成酸雨,酸雨会导致土壤酸化,诱发植物病虫害,甚至导致植物中毒死亡。二氧化硫还会损害人体健康,与大气中的烟尘有协同作用,当大气中二氧化硫体积浓度大于 0.2  $\mu\text{L}/\text{m}^3$ ,烟尘质量浓度大于 0.3 mg/L 时,可使呼吸道疾病发病率增高,并导致慢性病患者的病情恶化<sup>[20]</sup>。由此可见,若硫化氢未能完全脱除,沼气一方面对有机废弃物进行资源化利用形成绿色能源的同时,另一方面却带来了新的环境污染问题。

另外,因沼气中含有较多的水分,硫化氢在湿润条件下,对金属腐蚀严重,在脱硫不彻底的农户中,沼气灶具大半以上都已生锈,且点不燃。尤其对户用沼气,其脱水往往不彻底,部分农户没有安装脱水器,或者安装不规范,没有安装在输气管路的最低处。脱水器是当沼气经过时,利用水的重力作用将沼气中的水分脱去,脱水器若没有安装在输气管路的最低处,则最低处易积水,且难以除去。这样,沼气中含有较多水分是显而易见的。

因此,要减少硫化氢的腐蚀性,需将沼气中的水分尽量脱去;另外,为避免硫化氢转化为二氧化硫,在硫化氢燃烧前应将其有效脱除。

#### 4 结论

对四川、广西、云南、福建、海南、江西、湖南、湖北 8 个省市自治区的 265 户农村户用沼气池脱硫效果进行了调研。通过调研结果可知,大部分脱硫剂已经没有脱硫能力,脱硫器成了摆设;对沼气脱硫必要性认识不足以及脱硫剂再生或更换操作繁琐是阻碍广大沼气用户主动更换脱硫剂的主要原因。沼气中硫化氢脱除不彻底会给沼气使用带来安全隐患,同时对环境造成大气污染。

建议加强沼气使用后期管理,尤其是如何有效而便捷地进行脱硫,同时加大对沼气用户在沼气安全使用方面的宣传、扶持和推广力度,增强农户对沼气脱硫必要性的认识,把沼气安全使用和沼气综合效益结合起来,促使沼气又好又快地发展。

参考文献:

- [1] 农业部.全国农村沼气工程建设规划(2006~2010年). [EB/OL].<http://www.agri.gov.cn/xztz/P020070418570346665578.Doc>, 2007-04-18.
- [1] Department of Agriculture. Construction Plan of National Rural Biogas engineering (2006~2010). [EB/OL].<http://www.agri.gov.cn/xztz/P020070418570346665578.Doc>, 2007-04-18.
- [2] 邓良伟,唐一,吴彦.生物脱硫机理及其研究进展[J].上海环境科学,1998,17(5):35-39.
- [2] Deng liangwei,Tang Yi,Wu Yan.Mechanism of biological desulfurization and its progress [J]. Shanghai Environmental Sciences,1998,17(5):35-39.
- [3] Mahmood Q,Zheng P,Cai J,et al.Sources of sulfide in waste streams and current biotechnologies for its removal [J]. Journal of Zhejiang University Science A, 2007,8(7):1126-1140.
- [4] 张榕林,贾平丽.沼气脱硫运行中几个问题的探讨[J].中国沼气,1993,11(2):29-31.
- [4] Zhang Ronglin,Jia Pingli.Several issues discussion of biogas desulfurization operation [J].China Biogas, 1993,11(2):29-31.
- [5] Murtuza A Syed,Paul F Henshaw. Effect of tube size on performance of a fixed - film tubular bioreactor for conversion of hydrogen sulfide to elemental sulfur[J]. Water Research, 2003,37(8):1932-1938.
- [6] 高英姿,李全胜,艾滨,等.绿色沼气工程发展与脱硫技术分析[J].黑龙江电力,2002,24(3):237-238.
- [6] Gao Yingzi,Li Quansheng,Ai Bin,et al.Engineering development of green methane and desulphuration technology [J].Heilongjiang Electric Power,2002,24(3): 237-238.
- [7] 吴丹,任立人,相凤欣,等.沼气生物净化脱硫技术研究进展[J].环境科技,2012,25(3):63-67.
- [7] Wu Dan,Ren Liren,Xiang Fengxin,et al. Advances in biological purification of biogas desulfurization technology[J]. Environmental Science and Technology,2012,25(3):63-67.
- [8] NY/T 859-2004,户用脱硫器[S].
- [8] NY/T 859-2004,Desulfuricer of household biogas[S].
- [9] GB/T 3606-2001,家用沼气灶[S].
- [9] GB/T 3606-2001,Domestic biogas stove[S].
- [10] 丁自立,王超,陈子爱,等.家用沼气灶及配套产品常见故障原因分析及对策 [J]. 中国沼气,2010,28(3): 31-33.
- [10] Ding Zili,Wang Chao,Chen Ziai,et al. Analysis and countermeasures of common malfunction of domestic

- biogas stove and biogas products [J].China Biogas, 2010,28(3):31-33.
- [11] 朱冬梅,聂成元,董金国.干法脱硫中 EF-2 型精脱硫剂硫容技术探讨[J].化工设计,2002,12(3):14-15.
- [11] Zhu Dongmei,Nie Chengyuan,Dong Jinguo. Dry desulfurization of EF-2 type fine desulfurizer sulfur capacity Techniques [J]. Chemical Engineering Design,2012,12(3):14-15.
- [12] 刘亚士,贾文洲,徐国民.氧化铁脱硫剂自燃的原因及对策[J].河南城建高等专科学校学报,1999,8(4):17-18,55.
- [12] Liu Yashi,Jia Wenzhou,Xu Guomin.The cause of spontaneous combustion of iron oxide desulohurer and its counte-rmeasres [J]. Journal of Henan Urban Construction Junior College,1999,8(4):17-18,55.
- [13] 呼德龙,马凤美.关于氧化铁脱硫剂活性问题的探讨[J].煤气与热力,2000,20(2):126-127.
- [13] Hu Delong, Ma Fengmei. Discussion on the issue of iron oxide sorbent activity [J]. Gas & Heat,2000,20(2):126-127.
- [14] 陈明,崔琦.硫化氢腐蚀机理和防护的研究现状及进展[J].石油工程建设,2010,36(5):1-5.
- [14] Chen Ming,Cui Qi. Research status and progress of corrosion mechanism and protection of Hydrogen sulfide[J]. Petroleum Engineering Construction,2010,36(5):1-5.
- [15] Burgess J E,Parsons S A,Studeta R M.Development in odor control and waste gas treatment biotechnology:A review[J].Biotech. Advances,2001,19(1):35-63.
- [16] 周少奇.环境生物技术[M].北京:科学出版社,2003.
- [16] Zhou Shaoqi. Environmental Biotechnology[M].Beijing: Science Press,2003.
- [17] Moller P,Dijksterhuis G.Differential human electroderma responses to odours [J].Neuroscience Letters,2003,346(3):139-142.
- [18] 李顺义,张华新,王岩,等.多层生物滤塔去除废气中硫化氢[J].农业工程学报,2010,26(6):287-291.
- [18] Li Shunyi,Zhang Huaxin,Wang Yan,et al. Multilayer biofilter to remove hydrogen sulfide gas[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2010,26(6):287-291.
- [19] 刘睿劫,张智慧.中国工业二氧化硫排放趋势及影响因素研究[J].环境污染与防治,2012,34(10):100-104.
- [19] Liu Ruijie,Zhang Zhihui. Emission trends and influencing factors of chinese industrial sulfur dioxide[J].Environmental Pollution and Control,2012,34(10):100-104.
- [20] 陈军辉,尹华强,刘勇军,等.脱硫反应器及其应用[J].环境污染治理技术与设备,2004,5(10):84-88.
- [20] Chen Junhui, Yin Huaqiang, Liu Yongjun, et al. Desulfurization reactor and its application [J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control,2004,5(10):84-88.

## Research and analyse of removing sulfureted hydrogen from rural household biogas

Chen Ziai<sup>1,2</sup>, Wang Chao<sup>1,2</sup>, Ding Zili<sup>1,2</sup>, Ran Yi<sup>1,2</sup>, Xi Jiang<sup>1,2</sup>, Zhang Jichuan<sup>1,2</sup>

(1.Biogas Scientific Research Institute of the Ministry of Agriculture, Chengdu 610041, China; 2. The Center for Biogas Products&Equipments Quality of the Ministry of Agriculture, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Based on research of removing sulfureted hydrogen of 265 rural households biogas from 8 provinces and autonomous such as Sichuan, Guangxi, Yunnan, Fujian, Hainan, Jiangxi, Hunan, Hubei provinces in this paper, the use of biogas and desulfurization effect of desulfurization agent were analyzed, the effects of regeneration or replacement of desulfurizing agent for broad farmer were discussed. Research results showed that the majority of desulfurizing agent had no capacity for removing sulfureted hydrogen, the desulfurizer of household biogas became a decoration, the main reasons hindering regeneration or replacement of desulfurizing agent for the users were that lack of the necessity knowledge of removing sulfureted hydrogen and complexity of regeneration or replacement of desulfurizing agent.

**Key words:** biogas; removing sulfureted hydrogen; research; analyse