

秸秆沼气集中供气工程运行管理维护研究

孙万刚

(江苏新诚润科工程咨询有限公司, 江苏徐州2210000)

摘要：文章针对凤凰村秸秆沼气集中供气工程运行管理维护中存在的问题，进行分析并提出了相应的解决办法，为今后秸秆沼气集中供气工程建设及运营提供经验和借鉴。

秸秆沼气集中供气模式是沼气工程的一个发展方向，但由于投资大、后期运行管理存在一些弊端，阻碍了秸秆沼气集中供气工程的发展[1]，因此，需要寻找出解决这些问题的办法，促进秸秆沼气集中供气工程的推广和应用。

1 秸秆沼气站简介

凤凰村秸秆沼气站是西部第1座以秸秆为原料的沼气集中供气站，沼气站位于成都市双流县永安镇凤凰村，整个沼气站占地面积约6亩，沼气站核心工程是300m³厌氧发酵罐和发酵罐顶层的150m³

双膜

储气囊，

沼气站的工艺流程

图如图1所示[2]。主要的发酵原料是小

麦秸秆，收购于周边的农户约400元·吨⁻¹

。沼气站运行初期，秸秆加入量100kg·d⁻¹，正常运行后加入量为350kg·d⁻¹

。温度维持在35±2℃。夏季日产气量70~100m³，冬季日产气量20~40m³

，冬季需增温。产生的沼气供应凤凰村100

户农户，沼气的价格是1.5元·m⁻³

。每户安装一个IC膜式流量计，一户持有一卡，农户持卡到沼气站充卡付费，便于管理。

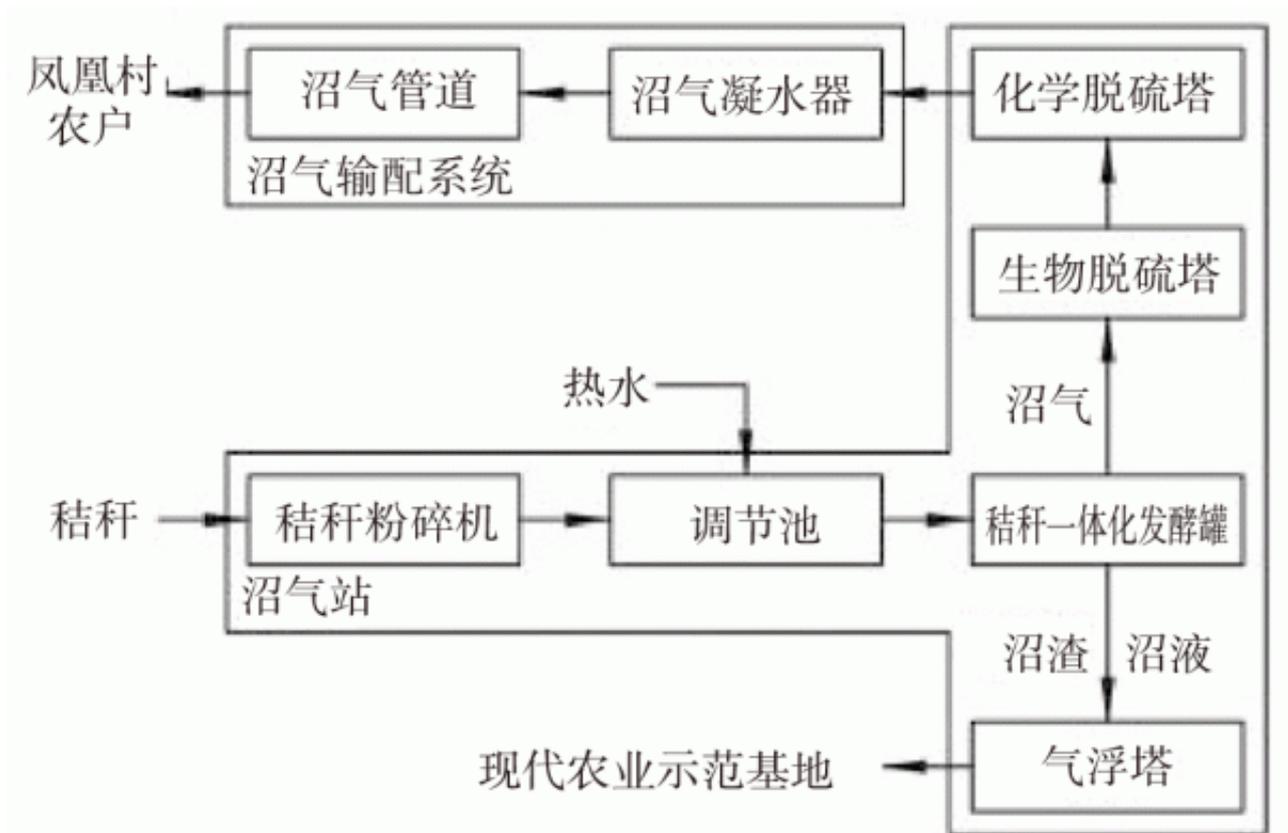


图 1 凤凰村沼气站的工艺流程图

使用的仪器：沼气流速的测定：气体涡轮流量计（ZRG150-125A，成都川崎科技开发有限公司）；硫化氢的测定：便携红外沼气气体分析仪（GASBOARD-3200L系列，武汉四方光电科技有限公司）；温度的测定：水银温度计；电量测定：沼气站内电表（DTS72型，江苏林洋电子有限公司）。

2 秸秆沼气站产气和用气情况

凤凰村秸秆沼气站启动运行初期，罐体的温度没有达到微生物正常发酵温度，而且刚接种的污泥需要一段时间的驯化[3]，另外秸秆的纤维素含量高，降解速度慢，并且具有很高的C/N[4]，因此秸秆沼气工程启动速度慢，启动初期产气量低，随着罐内温度的提高和启动时间的增长，产气量逐渐提高。

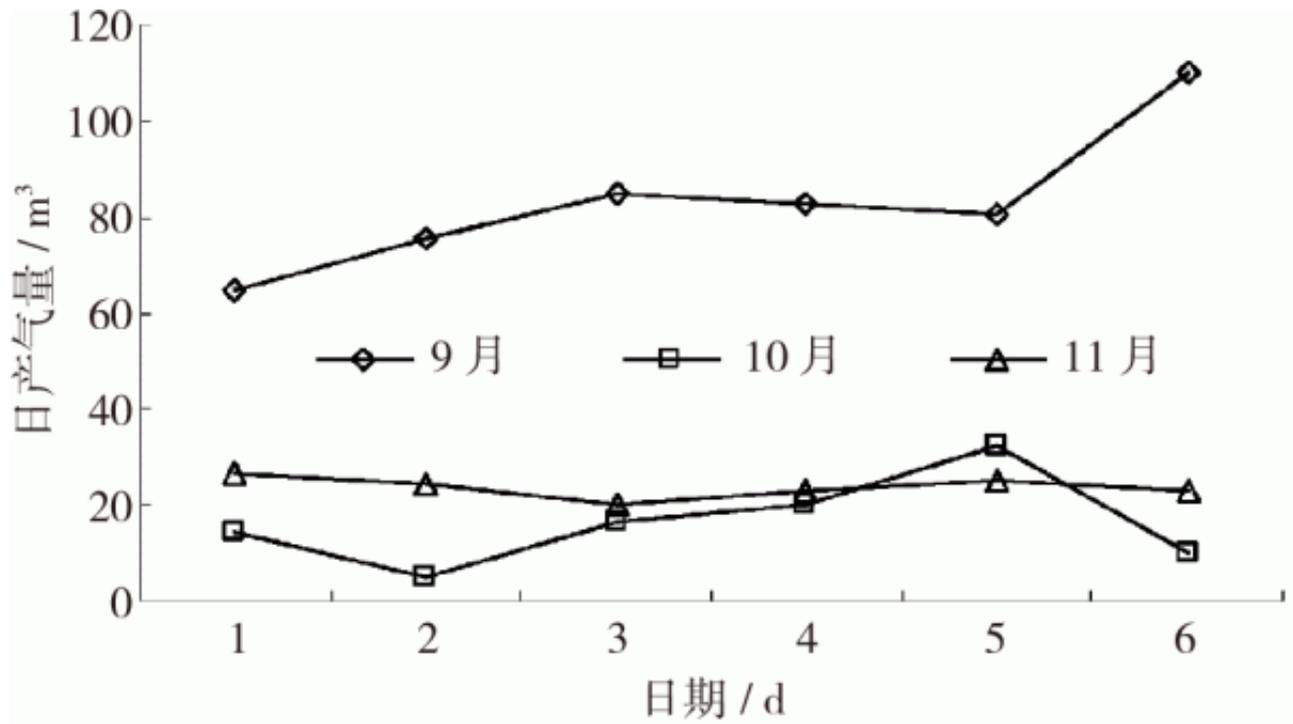


图2 9~11月日产气量

凤凰村秸秆沼气站7月末启动运行，经过一个月的升温调试，产气逐量提高。从图2可以看出，9月份，日产气量逐渐提高，到9月末，日产气量达到最高峰 $100\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

。10月份的产气量突然大幅度降低，主要原因是10月7日~10日期间进行了试出料，在出料时罐体内的温度迅速降低，影响发酵原料的正常产气。11月份日产气量有所回升，但由于11月份成都地区大幅度降温，而罐体的保温效果差，罐体内温度也随之降低，产气量受到影响，日产气量 $20\sim 40\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。

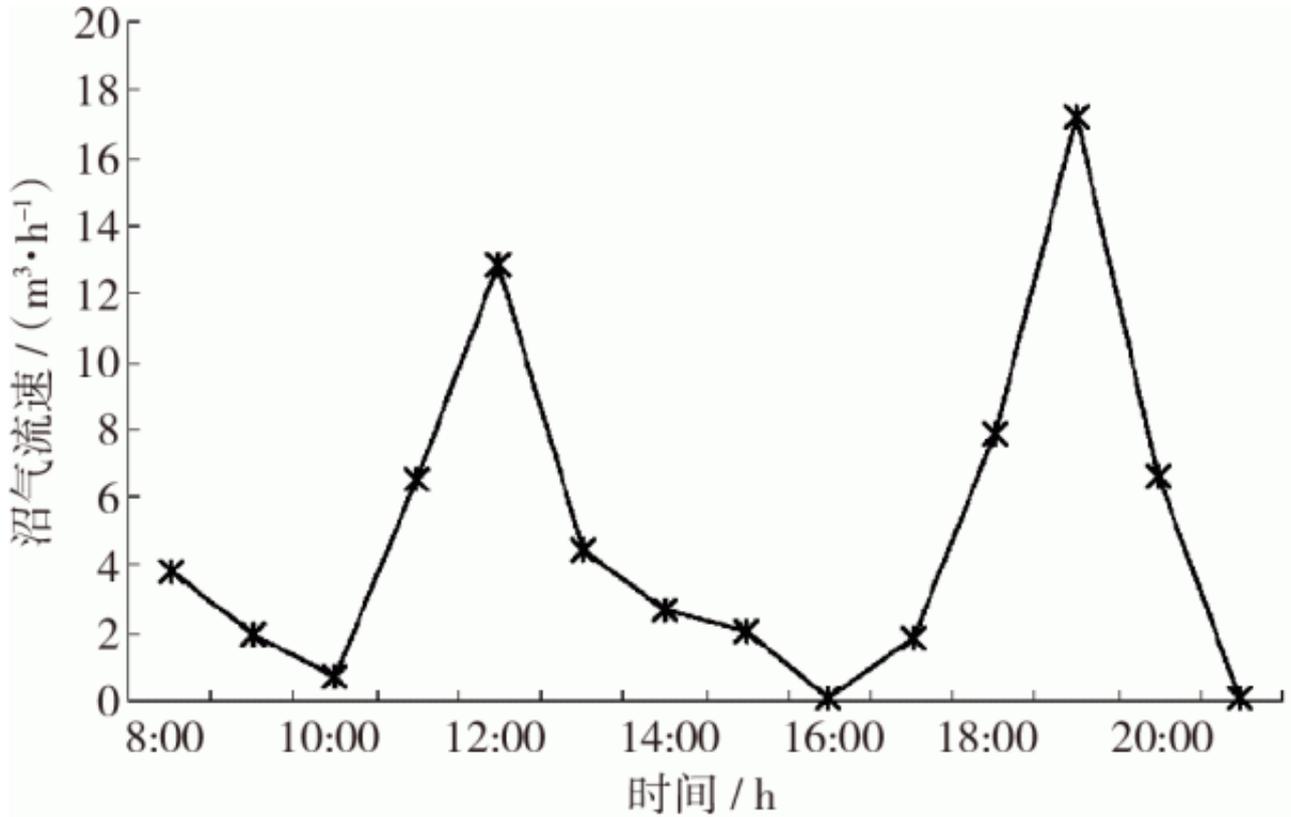


图3 9月份农户的日用气情况

从图3可以看出，9月份产气量充足，可以满足农户各个时段的用气。3个高峰期的用气农户，晚上最多，中午次之，早上最少。在早上，农户做饭较简单，用气量少，沼气流气站的速度慢。中午沼气流出的速度较晚间慢的原因是中午用气农户不如晚间的多，目前凤凰村的部分农户到附近的县镇务工，中午一般在外就餐。

11月份由于
出料和气温降低的双重影响
，导致罐体内的温度降低，影响了产气量，日产气量20~
40m³·d⁻¹

。为保证农户用气，沼气站采取定时供气。供气情况如图4所示，早上供气时间6：00~9：00，中午供气时间11：00~13：00，晚间供气时间17：00~21：00。采取定时供气可以保证在农户用气的时候，有较大的沼气流速，较旺的火苗，缩短炊事时间。从图4中可以看出，在晚间的时候，沼气流速明显低于中午时段，与9月份的供气情况相反。主要原因是11月份产气量低，中午经过农户大量用气后，剩余的气量不足，因此晚间农户用气时沼气流速低于中午。

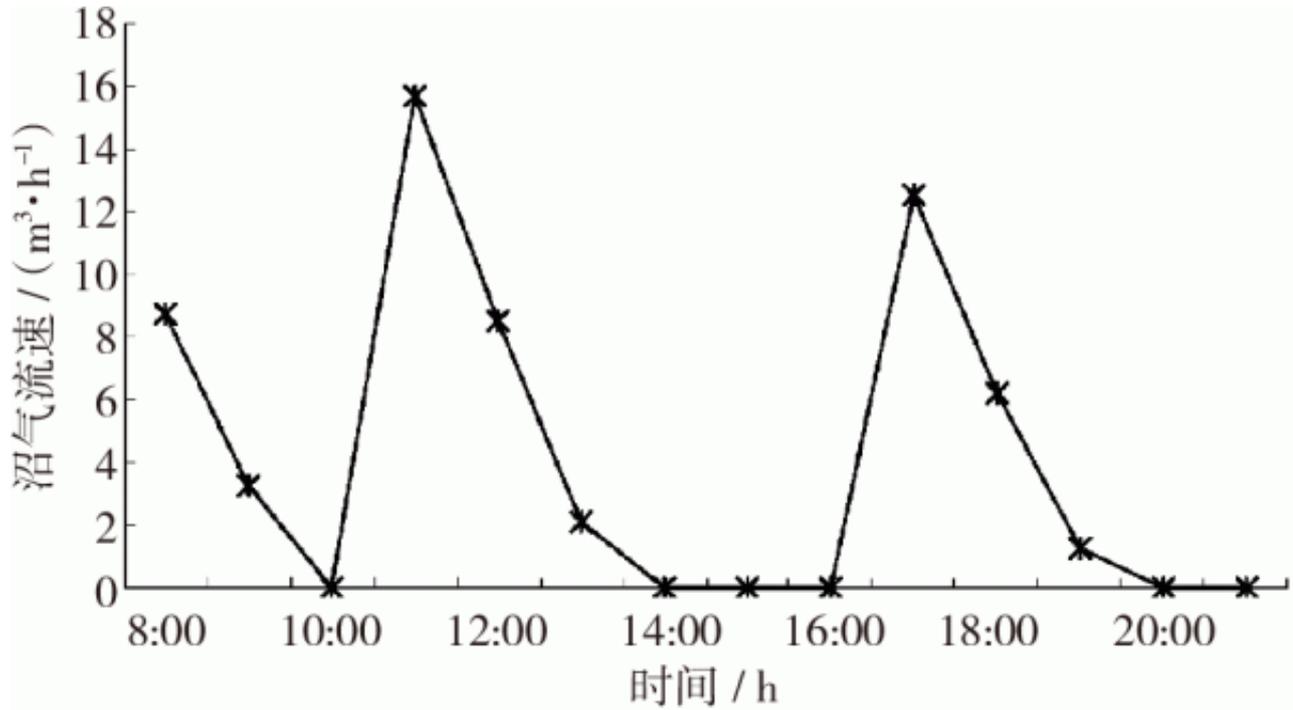


图4 11月份农户的日用气情况

3 进料和气温对沼气中硫化氢的影响

沼气中含有硫化氢是因为罐体内的菌群中含有硫酸盐还原菌 (SRB)，能利用硫酸盐或者其它氧化态硫化物作为电子受体来异化有机物质的微生物，在其代谢活动中，除CO₂和水外，还产生高浓度的硫化氢为呼吸终产物[5]。

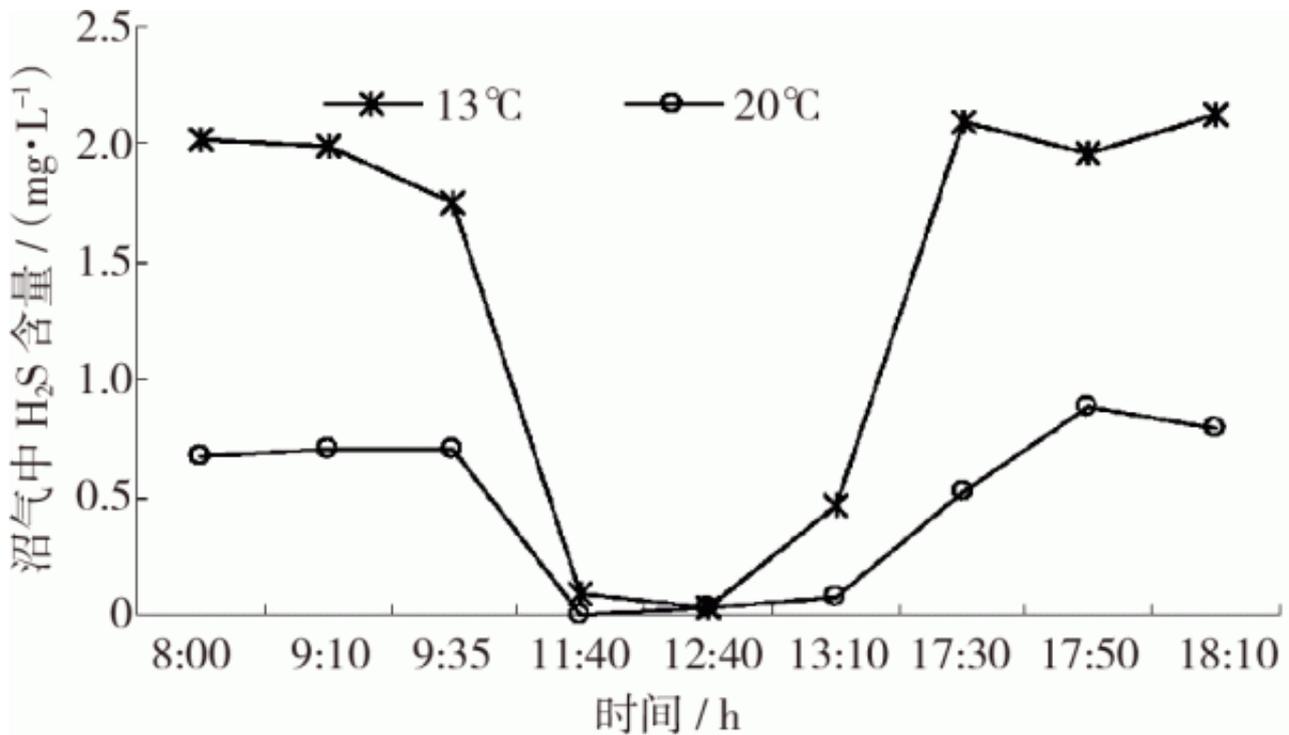


图5 进料情况下沼液中硫化氢含量的变化情况

从图5可以看出，早上的硫化氢含量最多，中午最少低至零，晚间沼气中硫化氢含量回升。分析原因是中午进料时，有少量的空气随着原料进入罐体中，将沼气中的硫化氢氧化，减少了沼气中硫化氢的含量。

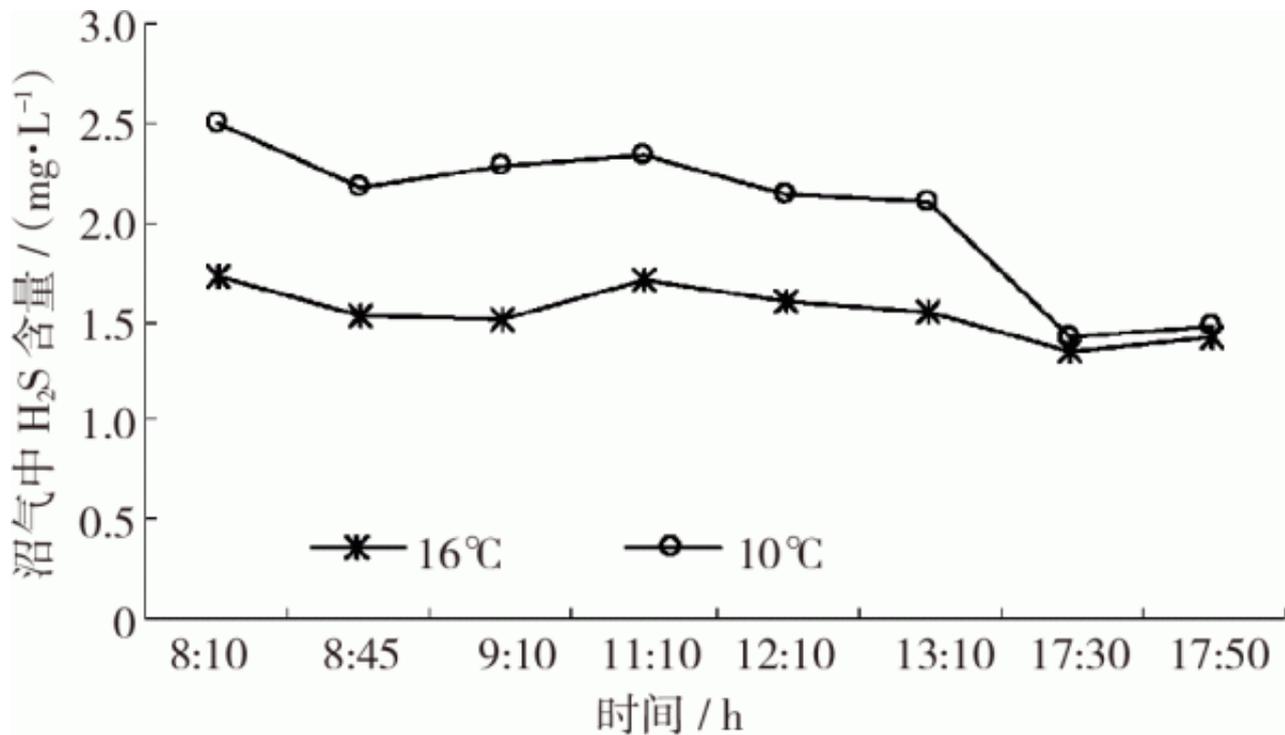


图6 全天不进料时沼气中硫化氢含量的变化情况

从图6可以看出，在全天不进料的情况

下，沼气中的硫化氢的量在 $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

以上，早中晚逐渐降低，在下午气温降低时，沼气中硫化氢的含量有所提高。图5、图6中显示温度对沼气中硫化氢含量有一定的影响，日最高温度10 时沼气中硫化

氢最高含量 $2.5\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

以上，日最高气温20 时沼气中硫化氢含量低于 $1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

。由于罐体保温效果差，罐体中的温度受环境温度的影响，当气温降低时，罐体内的温度也随之降低。硫酸盐还原菌（SRB）大多数属于低温种[6]，硫化氢的产量受低温影响较小，甲烷菌在温度较低时活性降低，产气量减少[7]，沼气中甲烷所占的比例下降，因此沼气中硫化氢含量，随温度的降低而升高。

中午进料后，生物脱硫塔可以停止运行，减少沼气站的能耗。保证日进料量相同的情况下，可以采取早中晚3次进料的方式以达到降低沼气中硫化氢的目的，这样可以减少生物脱硫塔的能耗和化学脱硫塔的脱硫剂的使用量。在气温较高的时节，沼气中硫化氢的含量较低，可以适当缩短生物脱硫塔的运行时间，减少能耗。

4 秸秆沼气站的主要能耗

沼气站主要的耗电装置有粉碎机、搅拌机、潜污泵、循环搅拌机、风机、生物脱硫塔曝气装置、循环泵。大耗电装置是粉碎机、风机和循环搅拌机。沼气站内的日耗电情况如表1所示。

表1 沼气站日耗电情况

名称	型号	功率	使用时间 耗电量	
			(h·d ⁻¹)	(kWh·d ⁻¹)
粉碎机	JF500	11kW	1	11
搅拌机	QJB0.85/8-260/ 3-740/c/s	0.85kW	1	0.85
潜污泵	WQ60-13-4	4kW	1	2
循环搅拌	ZRG150-125A	7.5kW	0.5	3.75
风机	89-19-5A	7.5kW	0.5	3.75
生物脱硫塔	曝气机 15WG10-10	80W	1	0.08
	循环泵 SCP 370A	370W	1	0.37

粉碎机平均每2天粉碎秸秆一次，每次运行约2个小时。风机在农户用气时，要频繁启动，向双膜气膜的内外膜中充入空气，保证内膜中的沼气能够在内外膜间产生压力的作用下，向农户输送，因此农户在用气的情况下，风机会因为内膜中沼气的减少，内外膜中的压力降低而频繁启动，使内外膜中的相对压力始终维持在4kPa。潜污泵和搅拌机是在进料时启动运行，当秸秆进入调节池时，在搅拌机的作用下，秸秆与回流液混合均匀后，经潜污泵泵入厌氧发酵罐中。循环搅拌机每日进料后开启运行。生物脱硫塔有两个用电设备，曝气时使用的空压机和喷淋时使用的循环泵，空压机和循环泵每日在早中晚3个时段使用，可以根据上面所总结的情况，即进料后或气温较高时减少生物脱硫塔的使用时间，降低能耗。沼气站其他能耗有照明、水泵、电脑，相比以上的大功率用电设备这些用电设备的能耗可以忽略不计。

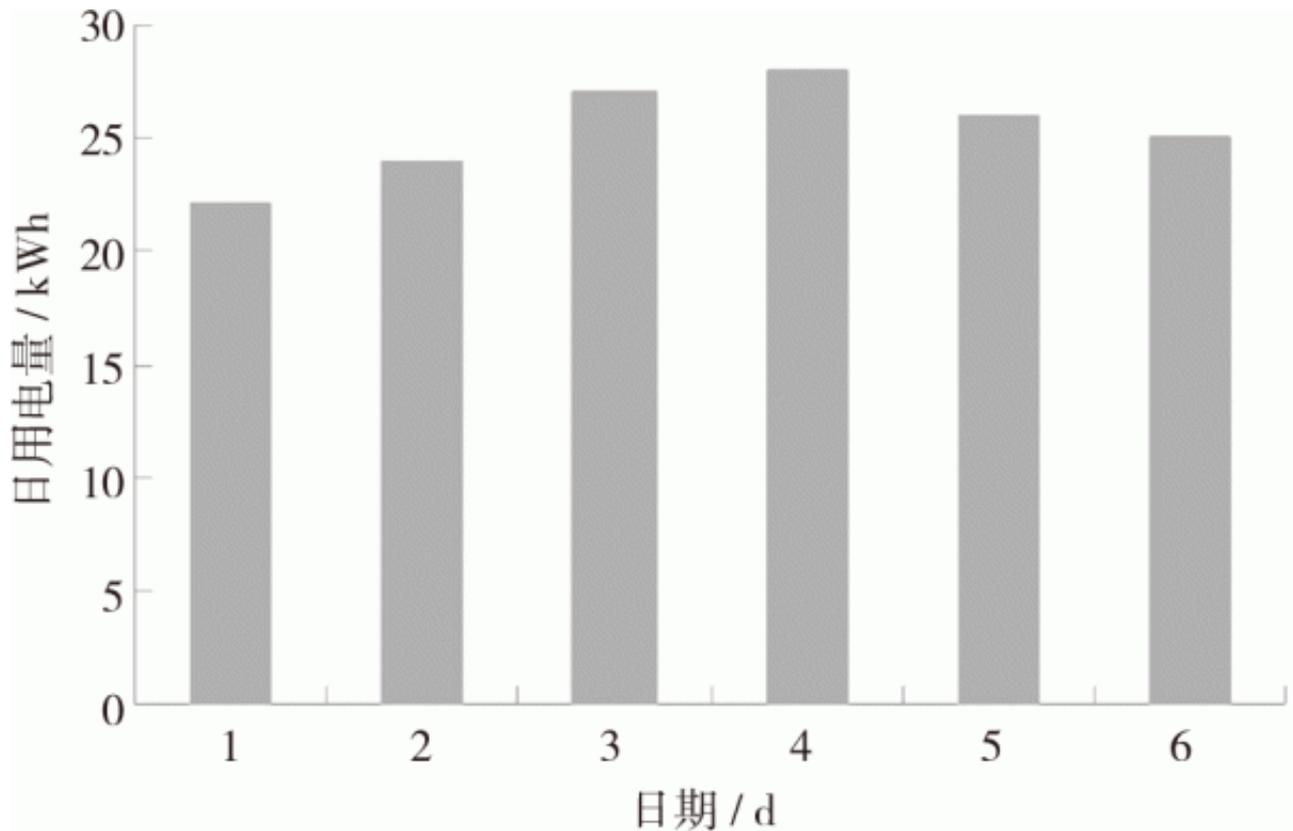


图7 粉碎秸秆时沼气站日用电情况

从图7可以看出粉碎秸秆时沼气站日耗电情况，平均每天的耗电量在20kWh以上。其中粉碎机是沼气站最大的耗电装置。减少粉碎机的使用时间，降低粉碎机磨损，减少沼气站的运行成本。

沼气站在9月份的一段时间里，发酵原料是猪粪和猪场废水，秸秆粉碎机在这段时间里没有运行。图8显示秸秆粉碎机未使用的这段时间里沼气站的耗电情况，可以看出每日用电量在20kWh以下，最低时每日用电量在8kWh。因此，猪粪的加入可以减少秸秆的使用量和粉碎机的使用时间，这样既可以延长收购秸秆的使用时间，又可以减少沼气站的大部分能耗，节约沼气站的运行成本。

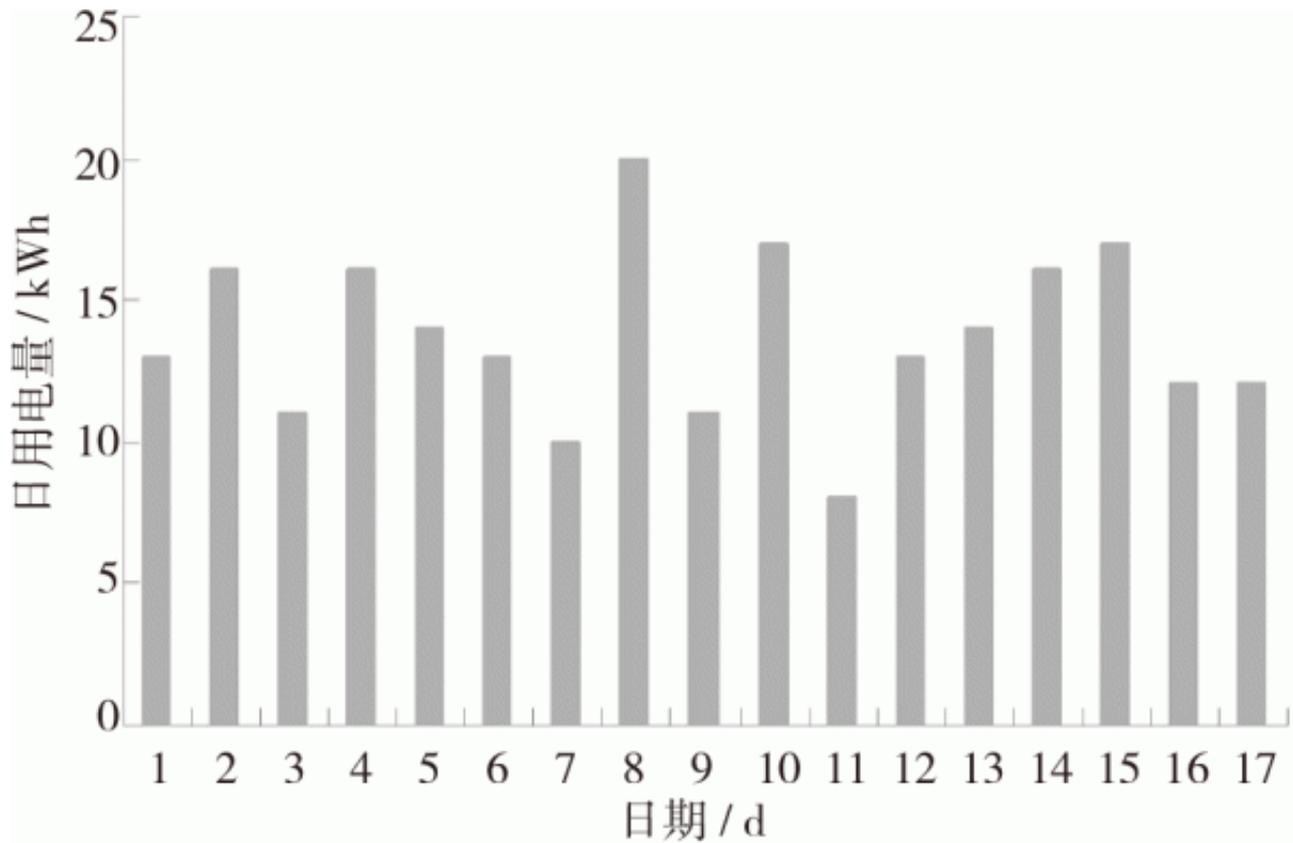


图 8 加入猪粪时沼气站日用电情况

5 秸秆沼气站运行中遇到的问题及解决办法

5.1 发酵罐保温效果差

秸秆沼气站的核心工程是 300m^3

厌氧发酵装置，采用

中温发酵工艺，罐体内的平均温度维持在

35 ± 2 [8]，产气量能达到 100m^3

以上，满足农户

全天任意时刻的用气需要。在7~

9月，罐体中的平均温度在 40 以上，日产气量 100m^3

以上，可以满足农户的需求。10~11月气温大幅度降低，最低气温低至 5 ，由于罐体保温效果差，而且产气储气一体化的缺点是顶层保温效果差，罐体的底层几乎无保温措施，因此罐体的顶层和底层温度降低得很快，罐体底部温度低至 18.9 ，日产气量低至 20m^3

，早、中、晚饭期间供气，其余时间停止供气，满足农户的用气需求。温度继续降低，产气量继续减少，无法满足农户的用气需求，因此，需用煤炭作为燃料加热罐体，温度升至 35 以上，产气量恢复正常。停止加热后温度降低很快。另外，出料也会大幅度地降低发酵罐内的温度。因此，出料时间应延迟到夏季气温最高的时候。

解决办法：1) 罐体的保温层需至少达到一定厚度，满足大型沼气工程罐体保温的标准。做好顶层和底层保温。2) 夏日气温升高，产气量增多，多余的沼气可以使用简易的储气装置储存，在冬天气温降低时用来加热罐体。这样可以避免煤炭燃烧加热罐体，产生大量的有毒气体。3) 在沼气站内合适的位置，建一个地下砖混的沼气池，产生的沼气储存，冬季用来加热罐体。4) 使用沼气锅炉，在加热罐体时，可以减少沼气的用量。

5.2 秸秆产沼气出料困难

凤凰村秸秆沼气站的出料装置是气浮塔，它的原理是在出料时，罐体中的混合物在自身重力作用下进入气浮塔，由

于秸秆的比重低于沼液，浮于沼液表面，气浮塔顶层的刮渣设备将漂浮在沼液表面的秸秆刮除。但实际的运行中，由于秸秆比重轻易结壳，秸秆漂浮于整个发酵罐的顶层，当出料时，被压入到气浮塔中的秸秆很少，几乎是沼液，因此秸秆很难从罐体中排出，影响沼气的正常运行。

解决办法：1) 河北沧州市青县秸秆沼气工程的出料经验是加入秸秆的同时，加入适当比例的黄土，这样可以增加秸秆的比重，使秸秆沉入发酵罐底层，不仅提高了沼液与秸秆的接触面积，也保证了后期正常出料。2) 加入不影响厌氧发酵的絮凝剂，使秸秆成团，沉入发酵罐的底层。3) 农作物秸秆的主要成分是木质素和纤维素，木质素是一个以芳香族为基本结构的复杂聚合是不溶性聚合物，使用秸秆腐化菌剂使它们转化为水溶性含有苯环的简单合物，苯环最后破裂产生简单的有机小分子，这样不仅可以加快产气速度，还可以使秸秆沉于罐体底部，便于出料[9]。

5.3双膜储气安全水封使用问题

厌氧发酵罐处有两个安全水封，其主要作用是保证储气膜和罐体不会因为压力过大而破裂。其中，外膜与内膜处的安全水封，保证内外膜间的压力维持在固定的值。此处的安全水封与风机相连，当内外膜间的压力降低到一定值时风机自动运行，向内外膜间抽入空气，使内外膜间的压力增大，保证内膜中的沼气向农户不断的输送。当内外膜中的压力过大时，安全水封中的水将排除，内外膜中的压力降低，当安全水封中的水排光后，风机将频繁的启动，增加内外膜中的压力，此时，应及时向水封中加水，减少风机的使用次数，降低沼气的能耗。与内膜相通的安全水封，在罐体中沼气体量过多时，罐体中压力增高，则内膜处的安全水封中的水将被压出，沼气将通过安全水封排出，降低罐体中的压力，避免罐体破裂。因此，与内膜相通的安全水封要时刻开启，并且要经常检查安全水封中的水量，当水量不足时应及时增加，避免安全水封中的水被全部排出后，造成沼气泄露。

5.4其他问题

进料管道和潜污泵长期使用后发生堵塞，影响进料。需要工程设计人员在进料环节上加以改进，找到合适的解决方案；管理人员在长期的操作中，总结经验（如：秸秆和回流液的混合比例），减少此种情况的发生，从而不影响整个沼气的运行。加热锅炉能耗大，加热效果差，应使用专用的沼气锅炉，减少加热罐体时沼气的使用量。秸秆粉碎机需要两台，达到一备一用的目的，因为粉碎机时常在粉碎秸秆时发生故障，因此，需要一台备用的秸秆粉碎机。沼电站还需配备一台沼气发电机，在停电的时候，可以利用沼气发电，这样可以保证进料，保证沼气供应农户时风机的运转，从而不影响农户的日常炊事。

6结论

(1) 农户使用沼气的情况是早中晚用气逐渐增多，因此在定时供气时，也应适当增加各时段的供气时间，满足农户的用气需要。

(2) 沼气中硫化氢的含量，受温度和进料的影响，气温低时，沼气中的甲烷含量低，因此硫化氢的比例升高。进料时，少量氧气随秸秆进入罐体内，氧化了沼气中的硫化氢，使出气中的硫化氢的含量减少。因此，增加进料次数，可以降低沼气中的硫化氢的含量，从而减少脱硫剂的使用量。

(3) 秸秆沼气工程亟待解决的两个问题：一是罐体保温；二是秸秆出料问题。沼气工程保温是重中之重，如果沼气的温度无法维持，那么整个工程后期运行升温成本巨大。出料问题，一直都是秸秆沼气的难点，只有正常出料，秸秆沼气工程才能正常地运转。

(4) 管理人员要每日检查内外膜处的安全水封，及时增加安全水封中的水，减少风机的使用次数，减少能耗；避免沼气从安全水封处流失，发现后及时处理。循环搅拌机每日开启时间要固定，尽量不要加长其使用时间降低站内能耗。

(5) 增加简易储气装置，储存夏天过剩的沼气，在冬天气温较低时代替煤炭给罐体加热。

参考文献：

- [1] 徐洁泉. 规模畜禽场沼气工程发展和效益探讨[J]. 中国沼气, 2000, 4(18): 27 - 30.
- [2] 西南首座秸秆沼气集中供气站试运行[N]. 四川农村日报, 2009.
- [3] 徐佳一. 农作物秸秆厌氧发酵的接种物驯化特性的研究[D]. 上海: 复旦大学. 2009.
- [4] 蒋应梯, 等. 利用农作物秸秆开发生物能源和有机肥初探[J]. 生物质化学工程, 2006, 40(6): 48 - 50.
- [5] 胡德蓉, 林 钦. 硫酸盐还原菌(SRB)的生态特性及其检测方法研究进展[J]. 南方水产, 2007, 3(3): 71 - 76.
- [6] Mohanty SS, Das T, Das T, Mishra S P, et al. Kinetics of SO_4^{2-} reduction under different growth media by sulfate reducing bacteria[M]. Bio Metals, 2000, (3): 73 - 76.
- [7] 张国全. 沼气技术及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [8] SIC Lopes, C Dreissen, MI Capela, et al. Comparison of CSTR and UASB reactor configuration for the treatment of sulfate rich wastewaters under acidifying conditions [J]. Enzyme and Microbial Technology, 2008, 43: 471 - 479.
- [9] 宋安东, 王 磊, 王风芹, 等. 微生物处理对秸秆结构的影响[J]. 生物加工过程, 2009, 7(4): 72 - 76.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/167030.html>