

沼气工程运行维护技术
Biogas engineering O&M technology

华中农业大学
Huazhong Agricultural University

张衍林 教授 博导
Prof. Zhang Yanlin

13707192421

内 容 Content

- 1、原料预处理 Feedstock Pretreatment
- 2、日常运行 Daily Operation
- 3、故障诊治技术 Fault Diagnosis and Treatment Technology
- 4、安全生产 Safe Production

一、原料预处理

Feedstock pretreatment

采用规模化养牛或养猪场的粪污作发酵原料，清粪与沼气工程运行应该协调进行，牛舍或猪舍的粪污应该日清两次，早晚各一次，及时送到除杂池里，防止牛粪或猪粪结冻或积压成块。用沉淀回流上清液或预处理池里的稀液来稀释干猪粪或干牛粪，浓度保持在6%~8%之间。用螺旋除杂机清除牛粪或猪粪液中的硬块和杂物等，认真清除杂物是保证污泥泵及沼气发酵装置正常运行的首要前提。冲洗牛舍或猪舍的污水经过粗细格栅，随同稀释除杂后的牛猪粪污一同流进预处理池，进一步清除浮渣后，按量泵进沼气罐里。

When we use the manure from large-scale cattle or pig farm as the feedstock, manure removal should be coordinated with the biogas plant running. The cattle or pig farm should be cleaned twice a day and transported to the pretreatment pond in time. Use screwing impurity removal machine to remove the impurities in the manure. The washing waste water should go through the grating system.



二、日常运行 Daily operation

1、沼气工程启动 The start-up of the biogas plant

厌氧消化器的启动是指一个厌氧消化器从投入接种物和原料开始，经过驯化和培养，使消化器中厌氧活性污泥的数量和活性逐步增加，直至消化器的运行效能稳定达到设计要求的全过程。这个过程所经历的时间称为启动期。厌氧消化器的启动一般需要较长时间，若能取得大量活性污泥作为接种物，在启动开始时投入消化器内，可以缩短启动期。

沼气池的自然启动一般需要较长时间，若能取得大量活性污泥作为接种物，最好一次投入足够量的接种污泥，污泥接种量最少为厌氧消化器容积的10-20%，30%为宜，但不要超过60%。

The digester self start-up always needs a long time. The amount of activated sludge as the inoculums should be at least 10-20% of the fermenter volume, 30% is the best ratio. But not exceed 60%.

无论是哪种类型的消化器，启动方法基本可分为两种

The methods of start-up :

- **连续膨胀法 Continuous expansion method**
- **浓度递增法 Concentration increasing method**

连续膨胀法 **Continuous expansion method**

首批料按接种物:原料=2:1进料(约3 m³),待pH为7后

第二批料为首批料的1/2进料,待pH为7后

第三批料为累计料的1/2 进料.....

**The first substrate (inoculums: feedstock = 2:1)
is about 3m³. After pH reaching 7**

**The second substrate is half of the first
substrate. After pH reaching 7**

The third substrate is half of....

浓度递增法 Concentration increasing method

第一批按接种物:原料=2:1进料 3~5天后;

The first substrate (inoculums: feedstock = 2:1) is fed in.
After 3-5 days;

第二批按接种物:原料=1:1进料 3~5天后;

The second substrate (inoculums: feedstock = 1:1) is fed in.
After 3-5 days;

第三批按接种物:原料=1:2进料;

The third substrate (inoculums: feedstock = 1:2) is fed in;

待接种物投完(10~30%)后开始连续启动运行

After finishing feeding the inoculums (10-30%), the biogas plant can start working continually.

- 在启动开始时投入发酵罐内，并控制好发酵料液的温度和pH在最佳范围之内，可以缩短启动期。

If we control the temperature and pH value of digestate in the optimal scope, the start-up period can be shortened.

启动障碍的排除在启动过程中，最常见的障碍是负荷过高所引起的发酵液中有机酸的上升、pH降低，这时常会引起污泥沉降性能变差而严重流失。排除障碍的方法，首先应停止进料，待pH恢复正常水平后，再以较低负荷开始进料。如果发现pH已降至5.5以下，预计单靠停止进料也难以奏效时，则应添加石灰水、碳酸钠或碳酸氢铵等碱性物质进行中和。同时也可排出部分发酵液，再加入一些接种物，以期起到稀释、补充缓冲性物质及活动性污泥的作用。

The common obstacles of start-up phase is high OLR, which causes pH decrease. In this case, people will stop feeding until pH gets right. But if pH is lower than 5.5, we should also need to add the limewater, Na_2CO_3 or NH_4HCO_3 . Or discharge some digestate and add some inoculums to complement the buffering material.

2、沼气工程的日常管理 Daily management of the biogas plant

(1) 沼气发酵罐运行管理

Operational management of biogas fermenters

1) 认真监测沼气发酵罐的运行参数需监测的数据包括每天的进料量、进料液及罐内各个采样点料液的温度、pH、COD含量和SS含量。进料量、温度和pH需要每班监测，在没有正常运行前，有条件的地区可每天监测COD和SS，但如pH正常，COD可以改为每两天监测一次；工程运行稳定以后，COD和SS可一周监测一次。

Need to monitor the operational parameters of fermenter, which includes the amount of feedstock, digestate & fermenter inner temperature, pH, COD and SS.

2) 利用监测数据指导工程运行通过监测沼气发酵运行中的各项数据，控制进料量和进料温度以及污泥的回流量等；把监测数据填入表格，用按时填报表格的方式督促岗位操作者认真负责地监控系统运行。同时也可以通过对数据分析COD、pH和温度的变化趋势，指导系统操作运行。当料液浓度高或pH较低时，可采用回流上清液调节进料的pH和料液浓度，进料浓度一般应低于6%，进料液的pH在5—7之间，可根据厌氧出水情况和污泥含量高低而适当调整。一般的畜禽废水不需要进行pH的调节。

Use of the monitoring data to guide the project operation, such as the amount of input and recycled effluent, input temperature and so on. Meanwhile, we can also guide the operation system according to the analysis of the change of COD, pH and the temperature.

- 3) 原料前处理是保证沼气发酵罐稳定正常运行的首要前提条件，前处理包括沉砂、格栅、分离、水解酸化等，去掉大块杂物，清除浮渣，把进料温度提到高出正常运行温度的 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ (指中温或高温运行的沼气工程，尤其是工业污水厌氧发酵)。

Feedstock pre-treatment is the precondition of the fermenter stable operation, which includes sedimentation, grating, separation, hydrolysis acidification, etc. (the input temperature should be $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ higher than the operation temperature.)

4) 进料量控制在调试运行阶段需根据监测的参数确定每天的进料量。进料量过多容易引起运行酸化直至运行失败；进料量过少，没充分发挥装置的效益。调试阶段的进料量可以参照设计的进料量，但主要应依据工程运行效果，确定每天或每次的进料量；当COD去除率达到70%，或沼气中甲烷含量50%以上，沼气火焰呈浅蓝色或罐内发酵料液pH为7上下，均可认为是运行正常，可加大进料量，直至设计进料量。在日常运行管理中，只要产气、pH等正常，不需进行进料量的控制。

The daily amount of feedstock needs to confirm according to the monitoring parameters in the phase of adjusting operation. Too much feedstock can lead to the fermenter acidification to break down easily. Too less feedstock will lead to the inefficiency of fermenter.

5) 沼气发酵排出液的后处理，是坚持清洁生产的重要环节。工业污水沼气发酵的后处理，是进入下道处理工艺段；畜禽粪污沼气发酵的后处理，一是实现零排放目标，即上清液或是回用稀释畜禽粪便，或是经过调质浓缩成为营养液的液面肥和无土栽培的液体肥；沼渣经过调质处理生产生物复合有机肥。发酵排出液实现零排放是最佳处理方案。另一种方案是达标排放，污水进行进一步处理，获取的沼渣用作生物复合有机肥的原料，上清液排入稳定塘或人工湿地进一步处理；或是采用好氧处理方法(如SBR法)，经处理后的出水达到国家排放标准。第二种方法运行费用相对较高，经济效益差，有条件地区应尽量采用第一种即污水零排放的方法进行污水处理。

The treatment of the effluent is the key segment of clean production. The effluent achieve zero emissions is the best option. Another solution is to reach discharge standard. The running cost of the second method is relatively high, and it has a poor economic performance.

6) 防寒、防冻管理进入冬季前，特别是在我国北方地区，应认真做好寒冬正常运行的管理工作，加强阀门、水封、人孔、凝水器、管道、贮气柜水池、固液分离装置等部位的防寒保温措施。

Before the winter time, biogas plants which are especially in northern China need to do the winter management of the normal operation well.

(2) 泵和搅拌器类设备运行管理 Equipment operation management of pump and mixer.

1) 认真读懂设备出厂的使用说明书，严格按照规定操作管理。 Read the utilization instruction of the equipments seriously, and manage the operation strictly according to the provisions.

2) 水泵在运行中，必须严格执行巡回检查制度，并符合下列规定

Pumps must enforce the itinerating censorship strictly and meet the following requirements:

a注意观察各种仪表是否正常、稳定。

b轴承温度不得超过75℃。

c检查水泵填料压盖处是否发热，滴水是否正常。

d水泵机组不得有异常的噪音或振动。

3) 应使泵类机电设备(搅拌器等)保持良好技术状态。

Pumps and other electrical and mechanical equipments (mixer, etc) should maintain a good technical condition.

4) 严禁频繁启动水泵。Prohibit the frequent start of the water pump strictly.

5) 水泵运行中发现下列情况时, 应立即停机:

The water pump should be shut down immediately in the following situation:

a水泵突然发生异常声响。

b轴承温度过高。

c电压表、电流表的显示值过低或过高。

d管道和阀门发生大量漏水。

(3) 电器及监测仪表的运行管理 The operation and management of electrical and monitoring instruments.

- 1) 认真读懂各仪表的出厂使用说明书，严格按照规定使用操作。**
- 2) 操作人员应注意观察各种设备或系统的控制信号是否正常，并做好运行记录，发生故障，应立即通知检修人员或运行管理人员。**
- 3) 对控制仪器和显示记录仪表应按时察视，发现异常情况应及时采取措施。**

4) 各类检测仪表的传感器、变送器和转换器均应按要求清污除垢。

5) 当仪表出现故障时，不得随意变动已布设的检测点。也不得随意拆卸变送器和转换器。

6) 控制室内所有控制仪器与设备应在规定的电压下工作。

7) 当发现某个工序故障报警或设备因故跳闸时，必须立即停机，检修必须在设备断电的情况下进行，在排除故障后方可重新合闸。

(4) 储气柜、净化设施和输气管路的运行管理

The operational management of the gas holder, cleaning facilities and gas pipeline.

1) 对储气柜运行管理的中心环节是防止漏气。经过试漏后启动运行的沼气储气柜，应定期更换浮罩顶盖上的安全防爆胶板，并设有防老化护罩措施。

防止漏气：经常检查水槽和水封中的水位高度，防止沼气因水封高度不足而泄漏。定期对柜体表面进行检查和涂刷油漆，以防钟罩钢板腐蚀而穿孔漏气。

2) 沼气储气柜的储气量和贮气压力，应每周按时观测并做好记录。

3) 储气柜的气体压力须保持在系统正常运行压力下，一般为2 500~3 000帕。

- 4) 沼气储气柜的水封应保持设计的水封高度，夏季应适时地补充清水；冬季当气温低于 0°C 时，应采取防冻措施。
- 5) 沼气管道或冷凝水收集器内的冷凝水应定期排放，排水时应防止沼气泄漏。
- 6) 脱硫装置中脱硫剂应定期再生或更换，冬季当气温低于 0°C 时，应采取防冻措施。
- 7) 水封罐的液位应保持在标准高度上，高低及时排放或补充。
- 8) 冬季要注意水封池及排水阀门的防冻，以防发生负压和超压。
- 9) 储气柜避雷针每年雷雨季前必须做好检修、保养、检测工作，接地电阻 <10 欧。

(5) 沼气工程系统运行全面管理

The overall operational management of biogas engineering system

1) 沼气生产的全过程要建立各种规章制度，例如各岗位的职能责任制，各设备设施的安全操作规程以及安全防火制度等，都要明确规定，形成条文上墙公众，让大家共同监督执行。

Establish rules and regulations in the process of the biogas production.

2) 建立值班责任制，值班者应该全权处理本班的一切正常工作或意外事故。 Establish the watch keeping responsibility.

3) 确定沼气工程应该巡察的部位和参数，建立巡察记录报表制度，用按时巡察和填写巡察表格的方式督促值班者或操作者认真管理沼气工程，遇到问题及时处理并上报工程管理主要负责人。

Confirm the sites and parameters which are needed to inspect in the biogas project, and establish the system of inspection report form.

4) 建立交接班巡检签字制度，发现问题由当班者处理解决，绝不把问题留给下一班，也可以协同处理。

Establish the system of shift patrol signature.

三、沼气工程故障诊治技术

Fault diagnosis and treatment technology of biogas engineering

1、管路故障处理 Pipeline failure treatment

(1) 室内铜开关使用一段时间之后，由于长时间反复使用，容易发生漏气现象。

Indoor copper switch is prone to air leakage when used for a period of time.

如发现室内铜开关有漏气现象，则应把铜开关拆开将密封油均匀倒入里面空隙处，左右摆动几下使密封油渗透均匀，然后重新安装即可。

If there is any leakage in the copper switch, we should open it and pour into the sealing oil.

检查室内铜开关是否漏气地正确方法是：用小刷将肥皂水刷到铜开关上，有气泡的地方就是漏气地地方；严禁将铜开关浸泡在水中测试。如密封油浸泡在水中容易导致部分密封油漂浮在水面上，减少密封性能，出现开关漏气地现象。

Introduce the correct ways to check if the indoor copper switch is leakage.

(2) 三通（凝水器）变径上地软管与水长时间接触之后会出现脱落的现象，有以下两种解决方法：

The condenser will break off after contacting water for a long time. The followings are two solutions:

①在三通变径上安装软管时找锥形物扩大软管口径，合理使用102胶粘结方法进行黏结，将软管紧紧的安装在变径上，不要把涂胶接口泡入水中。

②积水管中软管地长度应大于90cm。

2、水泵故障的检测及处理方法 The fault detection and treatment of the water pump

1) . 水泵是否正常工作的检查方式 The ways of checking the water pump to see if it can work normally

- (1) 应注意观察各种仪表显示是否正常、稳定；**
- (2) 检查水泵流量是否正常；**
- (3) 检查水泵填料压板是否发热，滴水是否正常；**
- (4) 注意轴承温升，不得超过环境温度 35°C ，总和温度不得超过 75°C ；**
- (5) 水泵机组不得有异常地噪声或振动；**

2) . 水泵运行中应立即停机地情况

The situations that the operation of water pump should be shut down immediately.

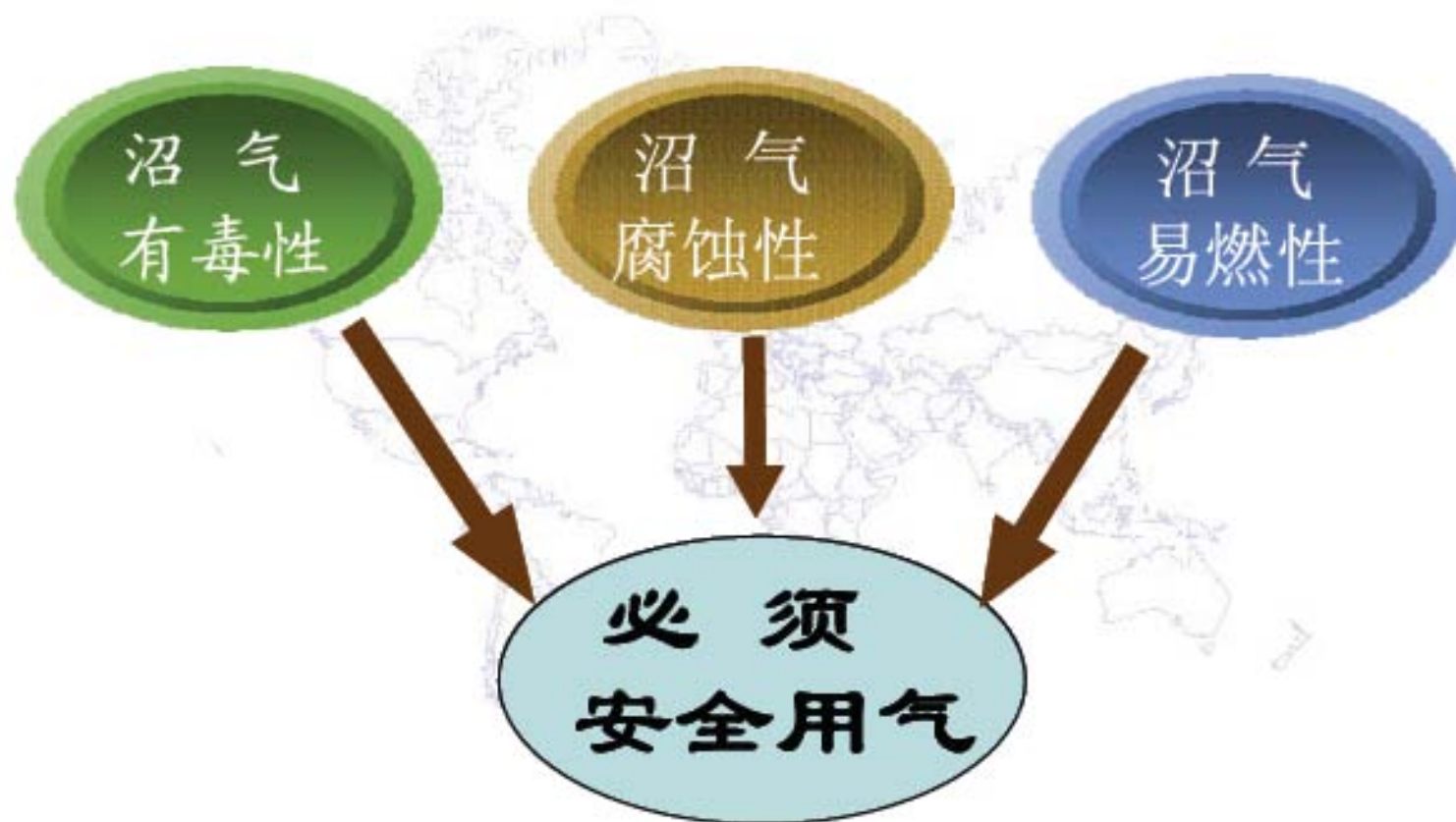
- (1) 水泵发生断轴故障;**
- (2) 突然发生异常声响;**
- (3) 轴承温度过高;**
- (4) 压力表、电流表的显示值过低或过高;**
- (5) 管道、闸阀发生大量漏水;**
- (6) 电机发生严重故障。**

3、贮气罐保养维护的主要内容 Main contents of the fermenter maintenance

- (1) 应定期检查沼气贮气罐、沼气管道即闸阀是否漏气；
- (2) 沼气贮气罐外表地油漆或涂料应定期重新涂饰（涂饰反射性色彩）；
- (3) 沼气贮气罐地升降设施、进出气阀门应经常检查，添加润滑油（脂）；
- (4) 寒冷地区冬季前应检修沼气贮气罐水封的防冻设施；
- (5) 贮气罐水封池存水应定期（6个月）更换，当pH值小于6时应及时换水；
- (6) 沼气贮气罐运行3~5年应彻底维修一次并重新涂饰钟罩防护油漆；
- (7) 应定期检查沼气计量柜的限位开关控制。

四、安全生产与防火

Safe production and fireproofing



沼气中的甲烷(CH₄)是一种易燃易爆气体。当空气中的CH₄含量在5%~15%范围内时，遇明火或700℃以上的热源即发生爆炸；另外，沼气中的硫化氢(H₂S)是一种有毒气体，其毒剂量如下：

2000微升研 立即致人死亡

600~1000微升 / 升 30分钟内会致人死亡

500~700微升 / 升 暴露30~60分钟会致人重疾

50~100微升 / 升暴露60分钟以上会致人残疾

未经脱硫的沼气中H₂S含量一般为200~500微升 / 升，有时可高达1000微升 / 升。含有大量沼气的空气中，除H₂S造成的直接毒害外，还常由于缺氧使人体窒息，从而加剧其毒害。

综上所述，沼气系统的运行管理中，首要问题是安全。主要应注意以下方面：

As a result, in the O&M of biogas system, the chief problem is safety. We should primarily pay attention to the following areas:

- 1. 沼气站内管理人员必须严格按照沼气系统安全运行规程，进行安全生产。重视沼气的危害性和危险性，谨慎管理。
The manager in the biogas plant must implement safe production in accordance with the safe operation of biogas system.**
- 2. 沼气站内管理人员必须严格按照沼气设备产品说明书的规定进行管理及维护，保证沼气设备的正常运行。
The manager in the biogas plant must manage and maintain in accordance with the regulation of biogas equipment's specification.**
- 3. 沼气站内一律禁止明火，严禁吸烟。沼气系统区域内严禁铁器工具撞击或电焊、气割操作。
Biogas plant will be prohibited from open fire, and smoking is strictly prohibited. The region of biogas system will be prohibited the bump of iron tools or the operation of welding and gas cutting.**

4. 沼气站建立出入检查制度，严禁小孩及闲杂人员进入。严禁打火机等危险物品的带入。

Establish the in and out censorship in the biogas plant, prohibit the entry of children and people without fixed duties. Prohibit taking lighters and other dangerous items.

5. 严禁沼气站内管理人员进入运行中的加盖集水池、加盖酸化调池、厌氧池(罐)、储气罐等含有沼气的构筑物进行操作。这些构筑物需维修时，应严格按照安全维修操作规程进行。

Prohibit the biogas plant managers from coming into the operated collecting pond, acidification pond, fermenter, gas holder and etc. When maintaining these constructions, we should proceed in accordance with the operating regulation of the safe maintenance.

6. 定期检查沼气管路系统及设备的严密性，如发现泄漏，应迅速停气修复。检修完毕的管路系统或储存设备，重新使用时必须进行气密性试验，合格后方可使用。沼气主管路上部不应设建筑物或堆放障碍物，不能通行重型卡车。预防沼气泄漏是运行安全的根本措施。

Check the air tightness of biogas piping system and equipments regularly. If there is a leakage, we should stop gas and repair promptly.

7. 沼气储存设备因故需放空时，应间断释放；严禁将储存的沼气一次性排入大气。放空时应认真选择天气，在可能产生雷雨或闪电的天气严禁放空。另外，放空时应注意下风向有无明火或热源(如烟囱)

When empty the gas holder because of fault, the biogas need to be released intermittently.

8. 由于H₂S和CO₂ 比空气重，须防止在低凹处积聚(如检查井)，以防止人窒息。

Because H₂S and CO₂ are heavier than the air, it need to prevent them from accumulating at the bottom.

9. 沼气站内必须配备消火栓、若干灭火器及消防警示牌，并定期检查消防设施和器材的完好状况，保证其正常使用。

Biogas plant must equip fire fighting device, which should be checked regularly to guarantee their availability.

10 . 沼气输配系统安全运行, 压力是沼气系统正常稳定运行和重要参数, 必须随时观察压力的情况, 如有异常应立即检查。

The pressure is the most important parameter of the biogas distribution system. It must be checked often so that the biogas system can work stably.

11 . 沼气管道的阻火, 如果沼气系统存在负压, 将在沼气管道内产生回火。回火会使温度升高, 产生气体膨胀, 从而破坏管道和设备, 严重时会导致沼气泄露并产生爆炸。

Fire prevention in the biogas pipeline is very important.

谢谢

13707192421