

文章编号: 1002-6673 (2013) 01-139-03

沼气发酵装置自动监控系统的实现

诸 刚

(北京农业职业学院, 北京 100000)

摘 要: 影响沼气高效生产的主要因素有许多, 本系统主要以沼气发酵罐内温度、pH 值、氧化还原电位及流量等为控制参数, 实现沼气生产过程的自动化监测。它可以提高沼气工作站的生产效率和管理水平, 降低运行成本。在其基础设施完善的条件下, 还可进行自动控制。试验表明, 该系统操作简单、运行平稳、可靠性强, 比较适用于一些中小型沼气生产站的使用与推广。

关键词: 沼气发酵; 自动监控; PID 控制; 控制系统

中图分类号: TP29 **文献标识码:** A doi:10.3969/j.issn.1002-6673.2013.01.054

Automatic Monitoring System for Biogas Fermentation Device

ZHU Gang

(Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 100000, China)

Abstract: A lot of the main factors affecting the efficient biogas production, the system implements the automated monitoring of biogas production taking the biogas fermentation tank temperature, pH value, oxygen reduction potential and flow control as parameters. It can improve the biogas production efficiency and management of the workstation, and reduce operating costs. In the condition of complete infrastructure, automatic control can be realized. The tests show that the operating system is simple, smooth running, reliable, and more applicable to the use and promotion of small and medium-sized biogas station.

Key words: biogas fermentation; automatic monitoring; the control of PID; control system

0 引言

沼气发酵是多种微生物在适当的条件下分解有机物产生甲烷的过程, 要使沼气发酵正常进行, 获得较高的产气量, 就必须保证沼气细菌进行正常生命活动所需的基本条件。除基本原料外, 适宜的温度、pH 值、氧化还原电位及流量等均对沼气的品质有较大的影响。本系统可以对沼气发酵装置的几个主要参数进行自动采集, 实现了对上述主要参数的实时在线监控。提高了生产率, 减轻了工人的劳动强度, 使沼气站的管理和运行更加科学合理。

1 系统组成与工作原理

系统组成结构如图 1 所示。系统下位机采用 S7-200, 上位机为 PC 机, 检测装置由沼气发酵装置正常工

修稿日期: 2012-11-02

基金项目: 北京农业职业学院院级科研基金项目(XY-YF-11-30)

作者简介: 诸刚(1960-), 男, 副教授。主要研究方向: 机械制造与自动化。主编专业教材三部, 获两项实用新型两项, 撰写学术论文多篇。

作所需监测参数的传感器构成, 执行机构则由各种泵和阀组成。



图 1 控制系统结构图

Fig.1 The structural diagram of control system

系统的工作原理如下: 通过安装在沼气发酵罐内的各种检测装置检测其主要参数, 如: 温度、pH 值、氧化还原电位及流量等参数, 当检测装置检测到的参数超出沼气发酵正常参数范围时, 则由检测装置的各种传感器将参数传给下位机, 下位机通过其控制算法进行运算, 并将运算结果输出到执行机构, 通过电机、水泵及电磁阀控制各贮料池(热水、原料和中和剂)向发酵罐内补充, 或向排泥池排除污泥, 使之达到新的平衡, 实现自动控制的目的。本系统主要原器件的选择见表 1。具体控制策略见表 2。为了使管理人员能够及时掌握沼气发酵罐

表 1 系统的主要元器件

Tab.1 The main components of control system

序号	名称	型号	设定参数	数量	备注
1	PLC	S7-200		1	
2	PC			1	
3	温度传感器	SUZ-Cu50	30~35℃	1	t>5℃, 报警
4	pH 值传感器	PH7000PH/ORP	6~8	1	
5	氧化还原电位传感器	PH7000PH/ORP	360~380 mv	1	
6	流量传感器	FFT-0050-1	0.7~0.74 m/s ²	1	
7	输入/输出混合模块	EM235	模拟电流输出 (DC0~20mA)	1	
8	其它	电机、泵、电子阀		各 3 个	常规
9	按钮、指示灯			若干	

内的反应参数并对其设备进行操作,系统通过实现上下位机的通信,管理人员就可方便地在 PC 机上进行实时监测与操控。

由于被控对象的参数为连续变化的模拟量,且在实

表 2 沼气发酵装置控制策略

Tab.2 The control strategy for biogas fermentation

序号	被测参数	超出被测参数	执行机构	备注
1	温度	高	加料	添加物质(料、热水、中和剂)时,10s 后自动停止,待检测后继续添加,直至符合要求。
		低	加热水	
2	pH 值	高	加料	
		低	加中和剂	
3	氧化还原电位	高	加料	要求基本同上。
4	流量	小	发酵罐向排污池排泄物质(污泥为主)。	

际控制对象中,系统采样是不连续的,需对模拟控制算法进行离散化处理,故本系统用计算机 PID 控制算法来实现数字 PID 控制器,其闭环控制系统见图 2。

结合生产实际情况,采用增量 PID 算法,公式如下:

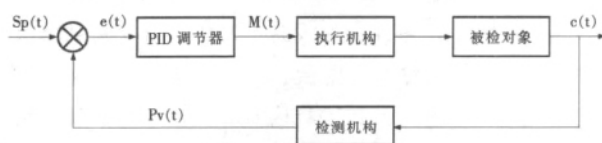


图 2 闭环控制系统原理图

Fig.2 Closed loop control system Schematics)

$$\Delta u(k)=k_p\Delta e(k)+k_f e(k)+k_d[\Delta e(k)-\Delta e(k-1)]$$

其中, $\Delta e(k)=e(k)-e(k-1)$ 。式中: $\Delta u(k)$ —第 k 次采样时刻与上一时刻计算机输出值之差; k_p —比例系数; $\Delta e(k)$ —第 k 次采样时刻与上一次采样时刻输入偏差值之差; k_f —微分系数; $e(k)$ —第 k 次采样时刻输入的

偏差值; k_d —积分系数; $\Delta e(k)$ —第 $(k-1)$ 次采样时刻与上一次采样时刻输入偏差值之差。

系统采样周期是恒定的,在确定了 k_p 、 k_f 、 k_d 后(由经验公式确定后,根据实际控制效果做调整),使用其中三次测量的偏差值,即可得出输出的控制增量,由此信号去控制执行机构的动作。它可以减小误动作的影响,提高生产的安全性及系统的稳定性。

2 控制系统设计

2.1 系统硬件设计

(1)检测装置。主要检测沼气发酵罐内的温度、pH 值、氧化还原电位及流量传感器等,以保证其能够正常产气,由于该沼气发酵罐的体积不大(8~9),为减少成本和提高效率,本系统的各主要参数采用单点测量。

(2)计算机控制部分。目前,应用在沼气控制工程中的控制系统(下位机)主要有:单片机控制、PLC 控制及工控机等。工控机由于其成本较高,不适于中小型沼气生产站使用,沼气站恶劣的工作环境则排出了单片机控制,故作为本控制系统的核心部分的下位机采用了 S7-200 PLC 作为控制器。控制系统根据实际情况,分为手动控制和自动控制两部分,可以实现二者之间的自动切换。根据沼气自动控制系统的被控对象与工艺流程,其输出控制信号有数字信号和模拟信号。为了便于与其它仪表或控制装置接收和传送,将传感器输出的电信号统一(4~20MA),系统通过变送器来实现。为实现模拟量的输入与输出,系统采用 EM235 完成此功能。由于沼气发酵罐内的生物质流动性较差,在实现自动控制添加各种物质(热水、原料和中和剂等)后,其反应和检测均需要一定的时间,故在设置执行机构动作(添加各种物质)时,同采用“添加-检测-再添加-再检测”的控制思路,以免添加的物质过多,造成新的不平衡。S7-200CPU 输入输出配置见表 3。

为了实现被控对象的在线实时监测,系统上位机(PC)利用 VC++6.0 作为开发工具,完成数据采集、数据显示、参数设置及画面监控等功能。系统上下位机的通讯采用 RS232/RS485 通信电缆连接并完成隔离转换,通讯过程由上位机触发开始,PC 通过 COM 口发送指令给 PLC,PLC 接收并译码,以实现指令要求的操作。

(3)执行机构。根据检测参数的变化情况,实现机构的动作,完成对沼气发酵罐的实时控制。主要机构有:泵、阀及电动机等。

2.2 系统软件设计

系统软件部分分为下位机软件部分和上位机软件部分。下位机软件主要包含数据采集、PID 控制、执行机构的控制和中断等部分,在 STEP-Micro/WIN32 环境下

表3 S7- 200CPU226 输入输出配置

Tab.3 The Configure of S7- 200CPU226 to I/O

序号	输入输出	配置	序号	输入输出	配置
1	I0.0	旋转开关自动挡	15	Q0.5	添加料水泵 1
2	I0.1	启动按钮	16	Q0.6	料罐隔离电磁阀 1
3	I0.2	急停按钮	17	Q0.7	继电器线圈 KA1
4	I0.3	温度传感器高限信号	18	Q0.8	添加热水水泵 2
5	I0.4	温度传感器低限信号	19	Q0.9	水罐隔离电磁阀 2
6	I0.5	Ph 值传感器高限信号	20	Q1.0	继电器线圈 KA2
7	I0.6	Ph 值传感器低限信号	21	Q1.1	添加中和剂水泵 3
8	I0.7	氧化还原电位传感器高限信号	22	Q1.2	中和剂罐隔离电磁阀 3
9	I0.8	流量传感器低限信号	23	Q1.3	继电器线圈 KA3
10	Q0.0	启动按钮指示灯	24	Q1.4	罐排泄池电磁阀 4
11	Q0.1	添加料指示灯	25	1M	0V
12	Q0.2	添加热水指示灯	26	2M	0V
13	Q0.3	添加中和剂指示灯	27	1L	DC24V
14	Q0.4	t>5℃报警灯	28	2L	DC24V

由梯形图语言编写。软件程序由梯形图语言编写完成上述功能。下位机软件是自动控制的重要部分,系统在自动控制状态下,由检测装置反馈给 PLC 的信息与系统设置的参数进行比对,根据其控制算法,控制执行机构动作,最终达到沼气发酵罐所需的最佳状态。流程见图 3。

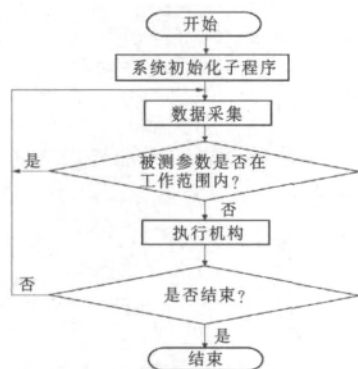


图3 主程序流程图

Fig.3 The flow chart of main program

上位机软件的编程是在 Windows 操作系统下,采用面向控制对象的可视化编程语言 VC++6.0 开发。其软件

采用模块化处理,共分四部分,即通信模块、数据模块、参数设置模块及实时监控模块等。根据需求各模块又可分为子模块,如数据添加、数据检索及方式选择设置,主程序通过对上述四个模块的调用,来完成相应的功能。

3 结论

该系统在北京市昌平区上东廓沼气站进行了试运行,该沼气站配有相应的自动调温的贮水罐、原料池、中和剂罐以及排泥池等基础设施。通过在各主要管路上安装电磁阀,并对原有各贮料池的电机和水泵进行了重新选配。经测试表明,系统运行可靠、稳定,响应时间较短,符合设计之处确定的各项指标。采用较为先进的自动控制技术,开发设计的沼气发酵自

动控制系统,可以实现沼气发酵罐内参数的自动采集、显示、记录及控制。该系统具有投资小,操作简便,工作可靠等特点,对于实现沼气站的智能化监控与管理、创造更好的效益将产生积极的作用。

参考文献:

- [1] 姜建芳.西门子 S7-200PLC 工程应用技术[M].机械工业出版社,2010.
- [2] 龚仲华.S7-200 系列 PLC 应用技术[M].人民邮电出版社,2011.
- [3] 牛丽,丁海波,李爱军.基于 PLC 的沼气发酵控制系统设计[J].农机化研究,2008,11.
- [4] 张典,田晓东,石蕊.提高沼气发酵温度的技术措施分析[J].长春工业大学学报(自然科学版),2007,7.
- [5] 顾书敏.基于虚拟仪器的沼气发酵环境监控系统研究[J].东北农业大学学报,2008,4.
- [6] 林斌,徐庆贤,关雪芳,林碧芬.智能化沼气工程技术及其优势分析[J].福建农业学报,2012,12.
- [7] 张红涛,李轶,孟元刚.户用沼气发酵料液指标的动态监测与分析[J].安徽农业学报,2007,35.
- [8] 田苗,王海阔.沼气工程的自动化应用——昌平区上东新城村沼气集中供气工程 PLC 模式[J].中国环保产业,2008,9.

本刊加入“CNKI 中国期刊全文数据库”的声明

为适应我国信息化建设,扩大本刊及作者知识信息交流渠道,本刊已被 CNKI 中国期刊全文数据库收录。如作者不同意文章被收录,请来稿时向本刊声明另作处理,同意收录者不再另付稿费。

《机电产品开发与创新》杂志社

2013 年 1 月