

自动化模型控制在秸秆水解发酵制沼气中的应用研究

贾为征, 马 柯

(北京首钢自动化信息技术有限公司京唐运行事业部, 河北 唐山 063210)

摘要: 秸秆水解发酵制沼气是一种常见的沼气生产工艺, 将二级模型计算集成到一级自动化系统中, 结合实验室数据开发自动化模型控制系统, 可以更好的控制水解和发酵效果, 可以降低成本, 增加设备控制的灵活性, 从而提升系统的生产效率。

关键词: 沼气; 水解; 发酵; 自动化; 模型

我国是农业大国, 也是秸秆资源最为丰富的国家之一, 各类作物秸秆年产量 7 亿多吨^[1]。秸秆作物是自然界中最为丰富的可再生资源之一。但是, 这些资源长期未得到合理的开发。除极少量用作饲料外, 其余都被焚烧, 这既是对自然资源的巨大浪费, 又造成了环境的严重污染和一系列的社会问题。利用微生物降解秸秆发酵制沼气技术很久之前人们就已经开始研究, 近年来, 秸秆发酵

领域的研究及其在生物饲料中的应用研究取得了新的进展。

玉米秸秆的主要成分是纤维素、半纤维素、木质素, 微生物水解是将原料中的纤维素物质水解为多糖、蛋白质和酯类, 再通过发酵菌的发酵转化成各种有机酸, 最终通过甲烷菌的发酵将有机酸转换成甲烷和二氧化碳^[2]。水解发酵工艺流程如图 1 所示。

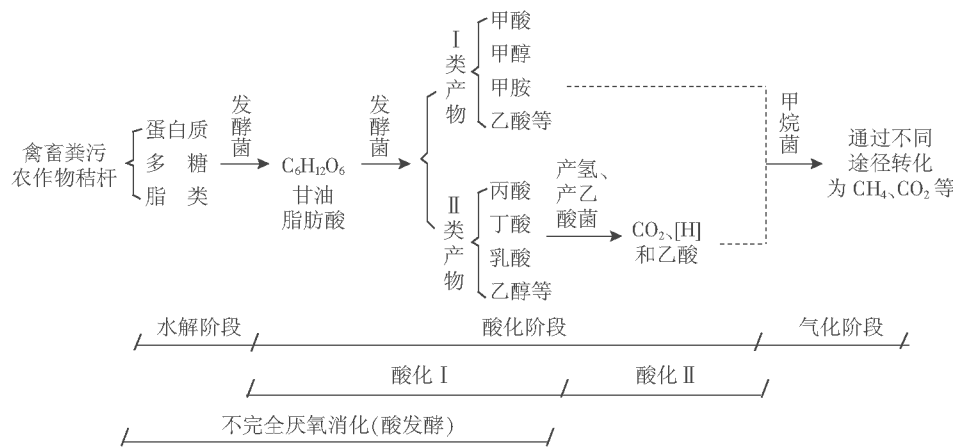


图1 水解发酵工艺流程

1 秸秆水解发酵自动控制

秸秆水解及厌氧发酵过程采用沼液周期性循环加秸秆的方式, 可以使秸秆水解及发酵的更充分。首先为系统注入补充液使系统进行循环, 为快速培养甲烷菌含量可选用禽畜粪便稀释液, 在发酵环境温度适宜的环境下甲烷菌迅速繁殖, 为系统循环提供良好基础。根据实验数据结合模型

计算可以对温度、秸秆加入量、循环周期等关键数据进行控制。秸秆水解发酵自动控制系统的工艺流程图如图 2 所示。

1.1 自动调温控制

水解及发酵过程需要在最佳的温度环境中进行, 自动调温是系统中的一个重要环节。根据环境温度需求可选用低温油气混合型锅炉, 在产生

作者简介: 贾为征(1985—), 男, 工程师; 收稿日期: 2018-05-23

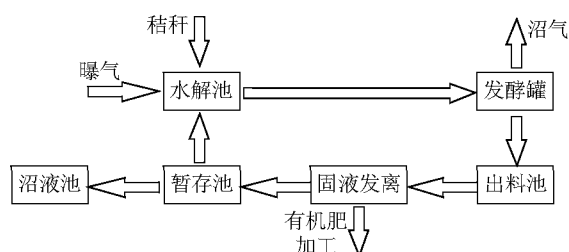


图2 秸秆水解发酵自动控制系统的工艺流程

沼气前采用烧油的方式加热,沼气存储后采用燃气方式加热。

自动调温系统的控温对象有水解池和发酵罐,水解池和发酵罐都选用盘管式换热,水解池和发酵罐的自动控温主要通过锅炉房的阀门及循环泵控制循环水的温度及流量来实现。控温方式既可选用PID(比例积分微分)调节,也可选用温度范围控制,两种控制方式都在一级自动化程序中实现。

由于不同工况下所需的环境温度也不同,模型控制可根据实验数据,计算出细菌的含量从而计算出最佳设定温度,并且根据温度设定值进行调节,实现最佳温度的自动控制。

1.2 水解池秸秆进料自动控制

秸秆在青储过程中大量培养出生物菌,使秸秆迅速发酵,发酵后形成大量的有机酸,这些有机酸具有很强和杀菌抑菌能力,因此秸秆不易发生霉变,可以长期保存。水解过程主要是将酸化的秸秆粉碎、晾干,以备秸秆进料水解所用。

秸秆进料量是系统循环中的重要环节,对秸秆得到充分水解和充分发酵,使产气量最大化具有重要作用。

根据实验室对秸秆的酸化程度采样化验数据可了解水解池的水解效果,将这些数据通过模型计算出秸秆添加量和沼液回流量,并将计算所得数据投入到自动控制逻辑中实现实时数据监控调整。

1.3 水解池沼液回流自动控制

沼液回流是将固液分离后TS(干物质质量占比)较小且细菌存活率较好的沼液回流到水解池参与秸秆的水解,该过程主要控制的单次回流的沼液量。与水解的进料控制基本相同,通过化验暂存池沼液的TS、VS(挥发性有机物占比)、FOS(挥发性有机酸)和TAC(总无机碳)等一些主要数据来分析沼液中的细菌环境及数量,将这些数据输入到系统中,通过模型结合水解池的化验数

据计算出沼液的回流量,使得水解池始终处于最优的水解状态。

1.4 发酵罐进出料自动控制

发酵罐是产生沼气的主要环节,合适的温度、密闭的厌氧环境可使甲烷菌处于高活性状态,利于迅速繁殖,因此控制好进出料量使控制沼气产生的重要环节。

发酵罐的进出料量同样是结合实验室数据与模型计算得出每个循环周期的进出料量。

1.5 沼液固液自动分离

固液自动分离系统将发酵罐的沼液进行过滤,将发酵后的固体秸秆及颗粒进行分离,分离后的沼液可根据化验结果判断回流或外排,分离出的固体可加工成有机肥。

2 模型控制

2.1 实验室数据

实验数据是自动控制系统的数据基础,生物工程中的各项指标都是通过多组数据结合现场生产环境分析出的,因此,需要大量的实验数据作为控制生产的依据。

控制过程需要采集的数据有多种,包括固体秸秆、水解效果、发酵效果、气体成分和固液分离等方面,主要的参数包括TS、VS、FOS、TAC、PH、氨氮以及气体成分等。

2.2 脚本模型计算

模型计算是控制系统的核心,模型计算往往都是在二级系统中应用,本案例介绍了如何在一级自动化系统中实现模型计算。

模型计算主要在西门子上位组态软件WinCC中完成,可以通过软件自带开源的脚本编程来完成模型计算,结合系统配方、归档等功能完成实验室数据录入、模型计算、数据输出、发送给PLC完成自动化控制。

数据模型以大量实验数据及经验值作为计算基础,结合实验数据及不同工艺对模型进行完善、优化,增加模型的适应性。

2.3 模型自学习

模型自学习功能是在模型计算的基础上进行不断自我完善的过程,以水解过程为例,需要采集大量实验室数据和参数进行分析,并将这些数据输入到系统中由模型计算出水解池进秸秆量和回流沼液量,如果分析出该计算结果不是最优,此时可将最优结果与当前实验数据同时输入到系统

中,模型会将该配方存入到模型计算数据库中,后续会根据该输入的配方重新进行计算,并输出最优结果。数据配方示例如图3所示。

通过数据积累和自我学习,系统模型可以逐渐适应生产环境,提供最优的计算结果,系统的控制精度不断提高。

| ID | TAC UP | TAC DOWN | POS Code | Current_d | TS | VS | TEMP | HCL | A/D | IT | L | MAX | |
|----|--------|----------|----------|-----------|----|----|------|-----|-----|----|-----|------|------|
| 1 | .2 | .2 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 1000 | |
| 2 | .25 | .25 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 3 | .3 | .3 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 4 | .35 | .35 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 5 | .4 | .4 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 6 | .45 | .45 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 7 | .5 | .5 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 8 | .55 | .55 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 9 | .6 | .6 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 10 | .65 | .65 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 11 | .7 | .7 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 12 | .75 | .75 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 13 | .8 | .8 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 14 | .85 | .85 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 15 | .9 | .9 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 18 | .95 | .95 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 17 | 1 | 1 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 18 | 1.05 | 1.05 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 19 | 1.1 | 1.1 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 20 | 1.15 | 1.15 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 21 | 1.2 | 1.2 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 22 | 1.25 | 1.25 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 23 | 1.3 | 1.3 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 24 | 1.35 | 1.35 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 25 | 1.4 | 1.4 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 28 | 1.45 | 1.45 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 27 | 1.5 | 1.5 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 28 | 1.55 | 1.55 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 29 | .2 | .25 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 30 | .2 | .3 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 31 | .2 | .35 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 32 | .25 | .3 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 33 | .25 | .35 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |
| 34 | .25 | .4 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 700 | 830 | 1000 |

图3 数据配方图

3 结束语

将二级模型计算控制集成到一级自动化控制系统既可以节约成本,又可以提高控制精度,是小型自动化控制项目最佳的选择。针对秸秆水解发酵制沼气过程,采用自动化模型控制完全可以满足秸秆水解发酵工艺要求,又可以降低成本,提高系统的运行效率。

参考文献:

- [1] 韩鲁佳,刘向阳,胡金有. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报,2002,18(3):87.
- [2] 李日强,席玉英,曹志亮,等. 纤维素类废弃物的综合利用[J]. 中国环境科学,2002,22(1):24.

[编辑:张朝发]