

30 升 自 控 发 酵 罐 的 研 制

中国科学院微生物研究所工厂发酵罐研制小组

在毛主席革命路线指引下,我组于1975年下半年,研制了一台实验室用30升自控发酵罐。已在科研中使用,效果基本良好。

随着发酵研究的不断扩大与深入,作为主要研究工具的发酵罐迫切需要实现自动化。国外在实验室已使用了具有数项自动控制的各种商品发酵罐^[1,2]。但是,进口发酵设备,不仅花费大量外汇,并且由于设备元件、组件等与国内产品不配套,给日常维修造成很大困难。在批林批孔运动推动下,我们遵照伟大领袖毛主席关于“独立自主、自力更生”的教导,在党组织的领导下,组成了以工人为主体的三结合小组。鼓足干劲,力争上游,破除迷信,解放思想,克服了种种困难。自己动手制造必需的加工设备,想方设法找来基本材料和代用材料,边设计,边施工,全部用国产材料、元件和仪表制成了一个具有五项参数自动测量或控制的发酵罐,为发酵设备自动化作了一番尝试,取得初步成绩。

在试制过程中,许多兄弟单位热情地给我们传授经验、支援材料、提供设备、加工零件、大力地支援我

们,使试制工作得以顺利进行。

一 般 设 计

我们试制的自控发酵罐,由发酵罐主体和仪表架两部分组成(见图1)。

发酵罐公称体积为30升。罐体属标准式结构,直径为280毫米,高度为550毫米。罐底与罐顶均是平的。罐体与发酵液接触的金属部分全部使用不锈钢材料。搅拌叶采用2个四平叶涡轮,直径为120毫米。罐内有挡板3块。通气管是环状结构。罐底、罐壁,尤其在罐顶开有足够数量的出入口,用来安装测量元件,自控用管道,并留有备用口。出入口由座子、耐热胶塞、金属垫圈、金属套圈和螺纹压盖组成。测量元件或自控用管道的密封方式与阀杆相似,是通过拧紧压盖达到的。罐身前后有长方形的玻璃视镜,罐内情况清晰可见。夹套位于视镜以下,高度约为罐身的1/3,内有导板两圈。罐顶有高速转动的消沫桨,直径为170毫米。

罐顶的排气口位于消沫浆范围内。发酵液搅拌由罐底进入罐内。上下轴封均采用骨架油封结构。每个轴封内重叠安装两个油封,在油封间充以硅脂润滑。罐内发酵液起到轴封的冷却作用。



图1 发酵罐与仪表架

发酵罐测量与控制仪表集中安装在仪表架上。由于仪表有的是自制的或改装的,有的是现成的产品,大小不一,但力求做到组件化。

控制单元

5个自动测量或控制项目,分别介绍如下:

一、搅拌无级变速

我们使用的是Z2-12型的直流电动机(220V; 1.1 瓩),通过皮带传动带动搅拌。电动机由ZTD-5型可控硅调速装置供应直流电源。电机的激磁绕组施以恒定电压,通过改变电枢电压实现搅拌无级变速,以电压的数值表示相应的转速。变速范围选为200—600转/分。

二、温度自动控制

整个系统由WZB-210铂电阻温度计、XQA-101自动平衡指示调节仪(温度范围为0—150℃;分度号为BA₂)、中间继电器,1瓩电热棒和ZCLE-5电磁阀组成。铂电阻温度计由罐底插入罐内。

仪表可实现两位置开关控制。当温度低于给定值时,仪表同时接通加热棒和电磁阀电路。冷水由电热棒加热后进入夹套,给罐内加温。当温度高于给定值时,仪表接通电磁阀电路,夹套进入冷水冷却。试车过程表明,无论热水,冷水的流量均不宜过大。为了提高控制精度和防止生锈,我们将铂电阻温度计的插

入部分改为厚度为1毫米的不锈钢管,使温差范围为±1℃,满足了发酵的需要。

三、pH自动记录与控制

整个系统由测量元件、转换器、记录调节仪、定时仪和执行机构组成。

测量元件是上海电光仪器厂出品的307-7玻璃电极和330甘汞参比电极。转换器是上海第二分析仪器厂出品的21-A工业酸度计。我们用的是双量程pH0—7; 7—14的仪表,需要人工换挡,给自动控制带来不便。最好用单量程pH2—10的仪表,配套使用307—2玻璃电极。记录调节仪是直流电位差计。我们用的是XWC-101型,最好选用体积较小的XWD系列仪表。执行机构是北京青云仪器厂出品的SYB-Z输液泵。

调节仪带有两个定值电接点。为了保证酸液或碱液不会加得过量,我们自制了主要由双稳态触发器和单结晶体管振荡器组成的定时仪。当需要加入酸液或碱液时,输液泵受定时仪指挥,以一定时间间隔动作。加入时间和间隔时间可在几秒钟至几分钟的范围内调节。

玻璃电极和甘汞电极由罐壁插入罐内,两者与发酵液一起直接蒸汽消毒。经试验证明,两电极均可耐高温消毒。但电极需经常在罐外加以标定。甘汞电极内氯化钾量应大大地过量,使得氯化钾溶液在发酵液倒渗时,仍能保持饱和状态。

输液泵是一种蠕动泵。它的特点是被输送液体只经过一根软管。泵依靠其转子对软管有节奏地加压,迫使液体流动。常用的软管是硅橡胶管。蠕动泵的消毒十分简便,只需把软管从泵上卸下,与酸碱液容器一起送入杀菌锅消毒。待发酵罐消毒完毕,软管以无菌操作重新和发酵罐上管道连接。碱液可与容器一并杀菌锅消毒。酸液需用细菌漏斗进行无菌过滤。酸碱液容器与发酵罐另有管道相通,保持压力平衡。在试车中发现,输液泵在停止转动时,有时泵的转子没有将软管完全压紧。由于虹吸作用,酸液或碱液还继续缓慢地流入罐内。我们将泵的位置降至输液管道出口水平位置以下,克服了这一现象。

四、消沫自动控制

消沫有机械消沫和化学消沫两种方法。就控制仪来讲两者是共同的,但执行机构及其动作情况有所不同。消沫探头是两根不同水平位置的不锈钢棒,使用两根棒是为避免单一棒时消沫动作过于频繁。将硅胶管或电工用聚氯乙稀软管用氯仿泡胀后,套在棒外,形成绝缘。当泡沫上升,先后浸没低位和高位两根探头时,消沫仪处于工作状态。它使中间继电器吸合,启动消沫电机运转。同时,消沫仪还可通过定时仪,指挥输液泵动作。直至泡沫脱离低位探头以后,信号才消失。当

然,无论消沫电机或输液泵均可单独使用。高低两个探头的位置可根据需要进行调整。我们采用一个 90 瓦、1450 转/分的交流电机直接带动消沫桨,实现机械消沫。化学消沫时,加入消沫剂的方式与酸碱液相似。必要时,消沫仪可增设报警装置。

消沫仪线路图(见图 2)。

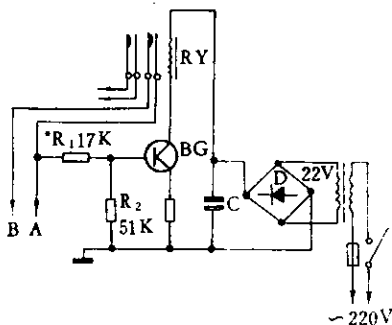


图 2 消沫仪线路原理图

五、溶氧自动测定

目前国内还没有可蒸汽消毒的溶氧探头产品供应,我们全部用国产的原材料试制了膜复式结构的溶氧探头^[3,4]。探头是一个由银阴极、铅阳极和醋酸缓冲液(5 M 醋酸; 0.5 M 醋酸钠; 0.1 M 醋酸铅)构成的原电池。直径为 1 毫米的银丝的一部分卷成扁螺旋形状。直径为 2 毫米的铅丝的一部分,压成窄条后卷成螺旋盘管形状。我们将银丝和铅丝的另一端点与导线的焊接点设置在接近探头顶部的位置,远离缓冲液。银丝自扁螺旋以上,铅丝自螺旋盘管以上,直至焊接点,全部套上合适管径的硅胶管,使之与外部隔绝。这样就简化了焊接点的绝缘问题。整个电极装在一根玻璃管中,玻璃管在靠近罐顶内侧处开有压力平衡的小孔。发酵时需有好的消沫条件,以免泡沫进入探头内部。探头薄膜采用厚度为 30 微米的聚四氟乙烯或聚丙烯薄膜,用硅胶管密封薄膜。整个电极应浸泡在电解质中,切勿暴露在空气中,以免招致铅阳极过早损耗。

在有氧条件下,电池产生电流,大小正比于发酵液

的氧浓度。以直流放大器将电流信号放大后,用微安表指示读数。探头可直接在罐内以一定条件加以标定^[5]。指示仪的读数以氧饱和度的百分比表示。

存 在 问 题

我们的工作只是初步的。这台自控发酵罐还有许多地方需要加以改进。

1. 轴封采用骨架油封,虽然结构简单,加工方便。但油封毕竟容易磨损,需经常更新,维修工作量较大。而且也没有从根本上割掉轴封。因此有待采用磁力搅拌,彻底解决由轴封引起的染菌和渗漏问题,同时也有利于进一步提高转速。

2. 溶氧探头反应时间较慢,主要是由于膜的透气性不够,需继续寻找合适的膜材料。作为薄膜密封圈的硅胶管不耐油,因此限制了探头在石油发酵中的使用,是否可用既耐热又耐油的硅氟胶管、氟胶管或耐油 O 型环代替,有待试验。为提高测量精度,指示仪表最好有两个量程范围,分别表示 0—100% 和 0—10% 氧饱和度。另外增加记录仪也属必要。

3. 为了使搅拌转速读数更为准确,应配有测速发电机。同时,测速发电机信号又可构成调速系统的反馈信号,从而提高转速的稳定性。

4. 在溶氧自动测量的基础上,有必要进一步实现溶氧自动控制。

参 考 资 料

- [1] Evans, C. G. T., Herbert, D. & Tempest, D. W.: in "Methods in Microbiology", Vol. 2, 277, Acad. Press, London & New York, 1970.
- [2] Aiba, S., Humphrey, A. E. & Millis, N. F.: in "Biochemical Engineering", (2nd ed.), 303—345, Acad. Press, New York & London, 1973.
- [3] Johnson, M. J., Borkowski, J. & Engblom, C.: *Biotechnol. Bioeng.* 6: 457, 1964.
- [4] Brokowski, J. D. & Johnson, M. J.: *Biotechnol. Bioeng.* 9: 635, 1967.
- [5] Elsworth, R.: *Chem. Eng. (London)*, No. 258: 63, 1972.