

深层培养的自动测定和控制装置的研究

蒋如 包昌树 周宏均 常新民

(武汉生物制品研究所,湖北)

为了满足生物制品的科研和生产的需要,我们进行了深层发酵设备的自动化研究。现报道如下。

无级变速磁耦合搅拌

无级变速磁耦合搅拌,由直流电动机驱动罐外磁盘,通过磁耦合传递力矩,使罐内磁盘和搅拌叶片旋转,以实现对培养液的搅拌。直流电机由可控硅调速系统控制平滑无级变速,并可根据不同的要求调整变速范围。14升试验罐能够从150—1,500转/分连续稳定调整搅拌转速,270升试验罐可在40—850转/分的范围内变速。其调整性能稳定、准确。用磁耦合搅拌代替机械密封搅拌,可杜绝由于轴转动处的间隙,造成泄漏,而引起的染菌。因为是无级调速,所以便于在培养过程中选择最佳转速。

采用磁耦合驱动,要解决两个问题,一是磁性材料的选择,二是磁极的排列及磁路的结构。我们选用的材料是锶钙铁氧体,磁盘设计成六极或八极,由六块或八块扇形锶钙铁氧体组成,极与极之间镶有非导磁性材料,如铝条或铜条,用环氧树脂胶合成环状,磁环非面向空气隙的那个端面盖有工程纯铁或A₃钢,整个罐内磁环用不锈钢密封,构成圆形磁盘。罐外磁盘可镶在铜壳内,内外磁盘形成恒空气隙磁路。

磁盘必须做成四极以上,这样能够保证内外磁盘同步运行,以避免指示搅拌速度高于罐内实际搅拌速度。

直流电机的转速调节,采用改变电枢电压的方法,电源直接取自于220伏交流电,通过单相桥式半控电路整流。可控硅触发电路是带有放大器的单结晶体管触发器。转速的给定是由

电位器控制的。

由于可控硅以及其他元件的质量问题，当直流电动机的额定转速为3,000转/分时，起动时内外磁盘就难以稳定同步，因而又设计安装了起动控制器，即在起动时给直流电机的电枢串一个电阻，起动后立即自动切除电阻，从而解决了起动时内外磁盘同步的困难，做到一次同步稳定运行。

温度自动测量、记录和调节

恒温对于微生物深层培养有着决定的意义，过去一直采用“开一关”二位式调节的温控系统，不能记录，控制精度也不能满足微生物培养的要求。

现在设计的整个温控系统由铂电阻温度计，小型自动平衡指示调节仪，可控硅电压调节器，晶体管温度调节仪，中间继电器、晶体管开关、电热管、电磁阀，水泵及水箱组成。

铂电阻温度计由罐壁斜插入罐内，温度变化由铂电阻输入到XQD-402型自动平衡记录

调节仪，进行测量指示和记录，同时经发送装置转换成0—10毫伏直流信号，与设定值进行比较得偏差信号送入调节器中，经调节器运算放大后，输出一个与偏差信号成比例、积分、微分(P. I. D)关系的0—10毫安直流信号至KE-1-20型可控硅电压调整器，该调整器按照信号的大小及方向进行调节，不断改变电热电压以调节水箱温度，直至输入调节器的偏差信号为零时，水箱电热电压退到零，水泵电源被切断，水泵不再向罐的保温层中输送热水，这时罐温便保持在一定的温度。当罐温低于给定值时，偏差信号又送入调节器中，使可控硅导通，偏差信号越大，可控硅的导通角越大，水箱中的电热管电压越高，只要有偏差信号存在，晶体管开关就重新使水泵运转，将水箱中的热水不断循环，使罐内温度升高到设定值。而当罐温高于给定值时，晶体管开关同样使水泵运转，紧接着开启电磁阀，向水箱注入冷水，以降低罐温使之恢复到给定值。用自行设计的触点式晶体管开关，见图1。来代替XQD-402型自动平衡记录仪内的上下

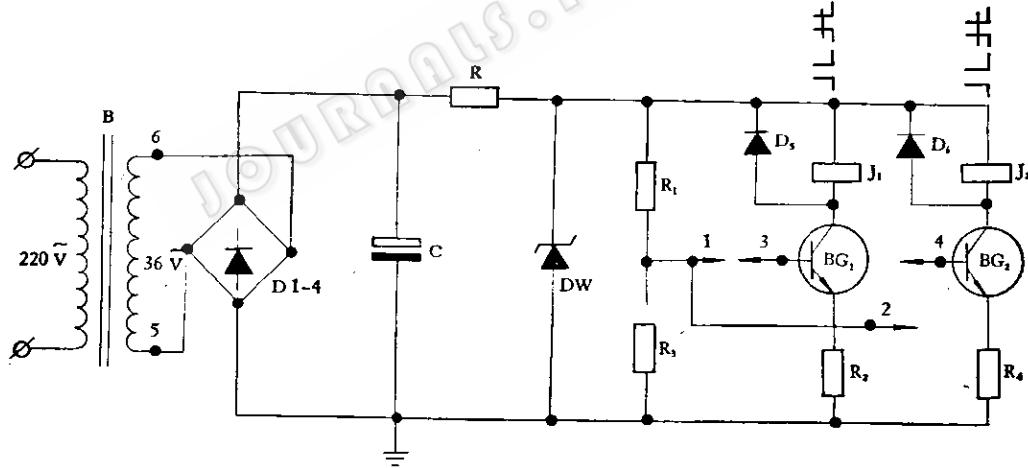


图1 晶体管开关原理

限位开关，使机械运动变成了一触即发的电磁运动，这样大大加快了上下限接点的动作时间，明显改进了XQD-402型自动平衡记录调节仪的调节性能，从而提高了整个温控系统的调节精度。为了防止升温时突破罐内上限温度以造成微生物过热，还采用了晶体管温控仪控制水箱的上限温度，一旦水箱温度到达上限温度，

立即切断送入电压调节器中的偏差信号，电热电压降到零，以避免罐温过高。经实际使用，该温控系统能够达到误差不超过±0.25℃的水平。

pH自动连续测量、记录和调整

微生物必须在适合的pH环境中生活，因此必须经常测定和矫正pH，使其维持在适当的pH

范围内。多年来一直沿用的手工定时取样测定的方法，掌握不了整个培养过程中的 pH 变化情况，因而要求能够在罐内解决自动连续测量、记录和调整 pH，我们安装的 pH 自控系统能达到上述要求。

整个控制系统由测量电极、转换器、记录调节仪、电子定时调节器和执行机构组成。测量电极由 307-2 型（或高温）玻璃电极，330 型甘汞电极和铂电阻温度补偿电极组成，三支电极由罐壁插入罐内，均要在空罐灭菌时耐受温度 121℃，半小时高温蒸汽灭菌，同时还要和培养液一起直接 121℃ 高温蒸汽消毒。实践证明，国产玻璃电极，甘汞电极均可反复耐受短时间高温高压，但玻璃电极每次用完后必须用 2—5% 的稀盐酸溶液清洗，然后置蒸馏水中浸泡，备用。甘汞电极还必须加压力补偿腔，使其甘汞电极的内压高于罐内消毒的蒸汽压力 0.1 公斤/厘米²，以避免甘汞电极内饱和 KCl 溶液从玻璃口喷出，同时也可防止培养液大量倒渗到多孔陶瓷芯和电极内，造成测量误差。如发现甘汞电极的多孔陶瓷芯沾有污物时，应及时除去污物。若发现甘汞电极内的饱和 KCl 溶液由于

倒渗而变色，则应将电极内的溶液倒出，用稀酸和蒸馏水洗净，重新注入适量的饱和 KCl 溶液，甘汞电极才能继续使用。目前，国产玻璃电极质量不够一致所以要对电极进行筛选，合格的才能使用。电极的测量信号直接通过高绝缘（ 10^{12} 欧姆）屏蔽电缆送入 pHG-21B 型工业酸度计（pH2—10），酸度计不仅可以测量显示 pH 值，而且不断输出 0—10 毫伏信号，连接 XWD-202 型小型自动平衡记录调节仪，实现对罐内 pH 连续显示，记录和调节。同样，用晶体管开关代替 XWD-202 型记录调节仪内的上下限开关，有效的提高了 pH 调节精度。

当培养液的 pH 到达上限时，执行机构一蠕动泵动作，我们的作法是：向罐内注入葡萄糖或麦芽糖溶液，以降低 pH 值，为了不使糖液加的过量，可采用自动定时定量加或以 pH 值控制，均匀间歇添加直到 pH 值低于上限为止，前者由晶体管继电延时系统来完成，后者由电子定时调节器来完成。

有些微生物培养，需要间歇搅拌，特别是夜间无人看管的情况下，更需要准确无误的重复按给定的时间进行搅拌，还有些细菌在培养过

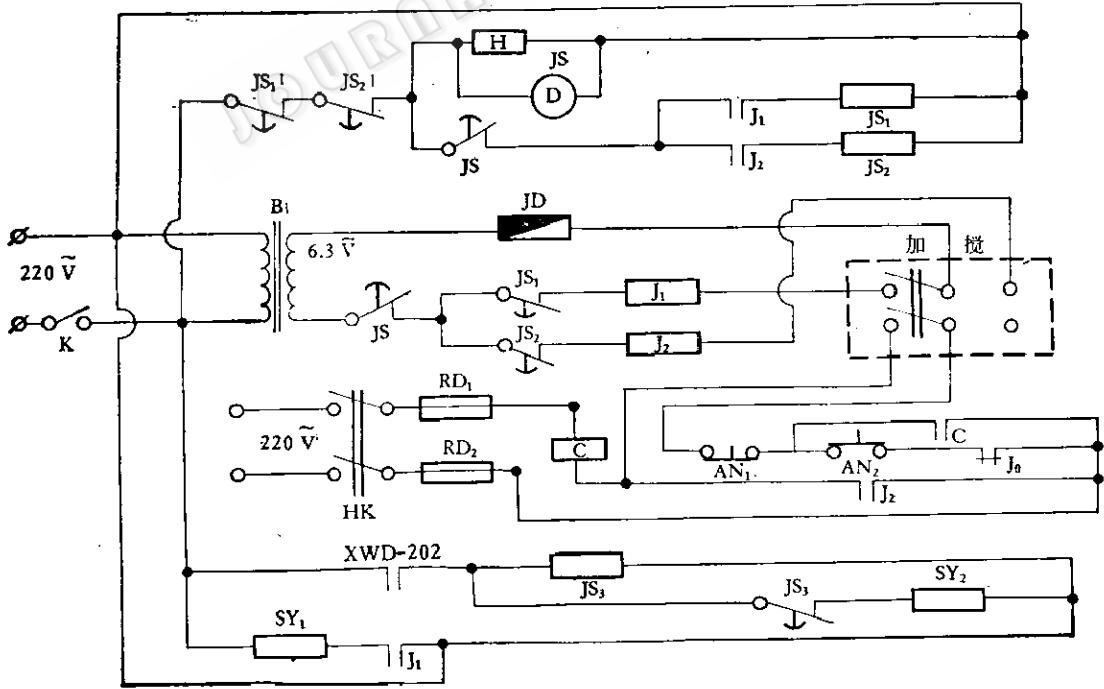


图 2 添加氨基酸及间歇搅拌联合控制系统

程中需定时定量补加氨基酸，为此我们设计了自动补加氨基酸自动间歇搅拌联合控制系统，具体见图 2。

这套联合控制系统，初步实现了间歇搅拌和中间补料的自动化。其控制精度可不超过 0.2 个 pH 值。由于仪器元件的稳定性还不理想，还有些问题须改进，如蠕动泵的流量还不够均匀，流加量控制的还不十分准确。

化学消泡的自动控制

微生物在深层培养过程中，需要通气搅拌来提高氧的利用率，这样容易产生泡沫，而过量泡沫会妨碍细菌的生长和代谢，也容易引起污

染，所以要消除泡沫。

消泡探针是二根不同水平位置的不锈钢棒，目的是为避免单一棒时消泡动作过于频繁，不锈钢棒用聚四氟乙烯套使棒与罐体，棒与棒之间绝缘，当泡沫上升，先后浸没低位和高位两根探针时，消泡控制器处于工作状态，中间继电器吸合，通过电子定时调节器，指挥蠕动泵动作，以一定时间间隔向罐内注入消泡剂，注入时间间隔可在几秒和几十秒，直至泡沫脱离低位探针以后信号才消失，消泡器停止工作。其原理图见图 3。

上述研究结果，经应用后说明在科研和生产中发挥了一定作用。

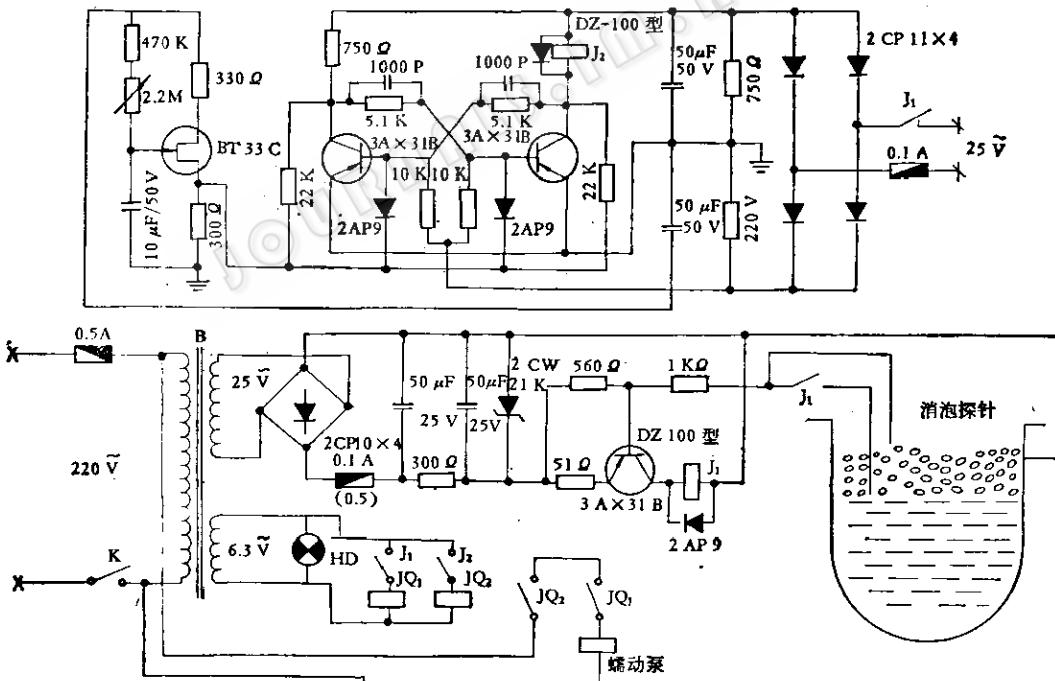


图 3 化学消泡控制电路原理