
系统控制方案

摘要

由于反应过程属于放热反应，在反应过程中通过控制冷水阀的开度不断地将产生的热量转移掉，使反应釜内的压力保持在允许的范围内。采用串级控制系统，外环对温度进行控制，内环对流量进行控制。此外，反应釜内物料的液位高度要控制在一定的高度，一方面使反应物料得到充分的反应；另一方面防止物料过多使反应釜内的压力过大而导致事故。由于物料 B 先进入反应釜，并且三种物料以一定的比例进入反应釜，所以对液位的控制即控制物料 B 的流量即可。三种物料构成比值控制系统作为内环，外环对液位进行控制。反应过程必须考虑系统的安全性，在三种物料的进料管道上各安装电磁阀。当压力过大时，将冷水阀和出料阀的开度开到最大，同时将三个电磁阀关闭，终止反应的继续进行，有效地防止了故障的发生。

关键词 温度控制 液位控制 安全控制 串级控制 比值控制

Abstract

To prevent the press in the retort from going beyond the limit press, heat generated continually in the reaction must be transferred by controlling the valve for cooling water, because this reaction belongs to radioactive reaction. A series-control system is adopted. The outside loop is controlling temperature and the inside loop is controlling flux. In addition to this, the level of material must also be kept at the some level. One hand this will make material reacting enough, on the other hand this will prevent the press in the retort from going beyond the limit press. Material B comes into the retort firstly before material A and material C which proportionate with material B .So we can control the flux of material B to control the level of material in the retort. The outside loop is controlling the level of material and the inside loop is controlling the flux of material A, B and C to make the three kinds of material proportion. Security must be paid attention to in the reaction. Electromagnetism valve is installing at the pipeline of every kind of material. When the press reaches at the limit press, the control system opens the valve for cooling water and valve for coming out the material, and closes the three electromagnetism valves to stop entering of the material preventing accidents from generating.

Keywords temperature control level control security control
Series control proportion control

一 控制方案的设计

1.1 被控变量与操纵变量的选择

该化学反应属于放热反应，放热的同时，反应釜的内压力会随温度的增加而增大。如果反应釜的内压力超过其所能承受的压力极限，可能发生爆炸与火灾事故，欲降低系统的反应温度，使用蛇管和夹套冷却。所以，很自然地考虑以系统反应温度为被控变量来限制反应釜的内压力，蛇管和夹套的冷水流量为操纵变量。此外，在整个开车过程中化学反应自动运行时反应釜的液位需要被控制在 80%~90%左右，而控制液位则需要控制反应物 A、B 和 C 的流量。所以液位是被控变量，反应物 A、B 和 C 的流量为操纵变量。

1.2 温度控制

温度对整个反应的进行起着至关重要的作用。反应属于放热反应，反应放出的热量如果不及时地被转移掉，则将会使反应釜内的压力增加。压力过大时，会引起爆炸或火灾事故。所以对温度控制的好坏直接影响反应转化率的大小。而温度的变化具有滞后性，常规的单回路控制效果不佳。为了达到较好的控制效果，采用串级控制系统对温度进行控制。串级控制系统能改善过程的动态特性，提高控制作用的快速性；能使系统的抗干扰能力增强；对负荷变化的适应性强。其主要应用于对象容量滞后较大、纯时延较大、扰动幅值较大和负荷变化较大的过程。串级控制系统方框图如图 1 所示。

在串级控制系统中，主回路控制温度，进行细调。副回路控制冷水流量进行粗调。由于主变量（温度）是重要指标，对其要求很高，所以主控制器采用常规 PID 控制。而对副变量（冷水流量）的要求不高，允许有余差，所以副控制器采用 P 控制。用温度控制器的输出信号作为冷水流量控制器的设定植，而冷水流量控制器的输出信号去控制冷水阀（蛇管和夹套），达到控制温度的目的。

根据采样周期的经验数据可知温度的采样周期为 15~20s，则取串级控制

系统的温度采样周期 $T_{\text{主}}=15\text{s}$ ，则流量的采样周期 $T_{\text{副}}=\frac{1}{5}T_{\text{主}}=3\text{s}$ 。反应过程的温度的上升速率为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ ，则可以得到温度在一个采样周期升高的度数为 $0.1\times T_{\text{主}}=1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。既系统在自动运行过程中，串级系统的外环的给定值（温度值）在到达 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以前可以看成是以公差为 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，初值为 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的一个等差数列。这样可以使系统的温度连续上升而不致升温过快而失控。当温度到达 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，关闭 S6。当温度到达 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，逐渐开 V8。。当温度到达 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，改为手动控制。当温度到达 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，系统将又投入自动控制，通过控制器将温度的给定值设定为 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，是化学反应在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温的条件下进行，从而完成反应过程的开车任务。

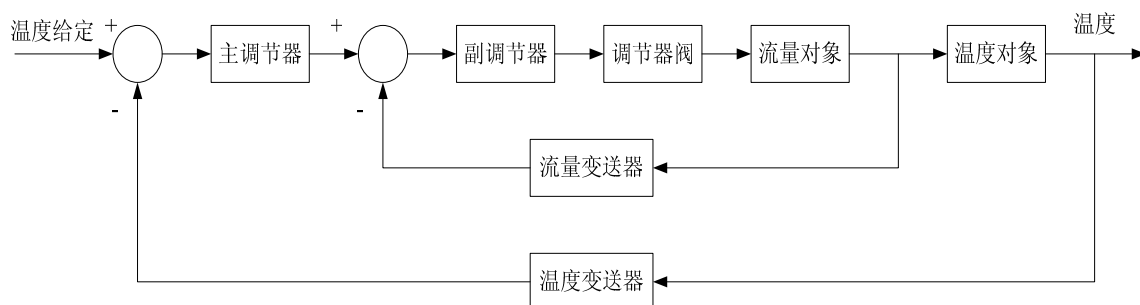


图 1 串级控制系统方框图

1.3 液位控制

除了温度外，反应釜内的物料的体积也直接影响反应是否充分和反应的速率。反应物料过少时，不能充分利用反应釜的有限条件生产出较多的产物；反应物料过多时，有可能增大反应釜内的压力极限而导致爆炸或火灾事故。所以对反应釜内物料的体积的控制也是很重要的。而反应物料体积的大小是通过液位的高低来反映的。所以不仅要温度进行控制，还要对反应釜的液位进行控制。

当开车过程中液位上升到 $80\% \sim 90\%$ 左右时，液位控制器投入自动控制。当系统进入自动控制时，开 S8、S6 和 V6。反应物 B 先进入反应釜，并且与反

反应物 A 和 C 以一定的比例进料,对液位的控制就可以转化为对反应物 B 流量的控制。反应物 B 流量的反馈信号又与对反应物 A 流量控制的单回路和对反应物 C 流量控制的单回路构成了比值控制系统,以保证三种反应物以一定的比例进料。在三种反应物以一定的比例进料的基础上控制液位,使液位达到过程控制的要求。液位控制系统方框图如图 2 所示。

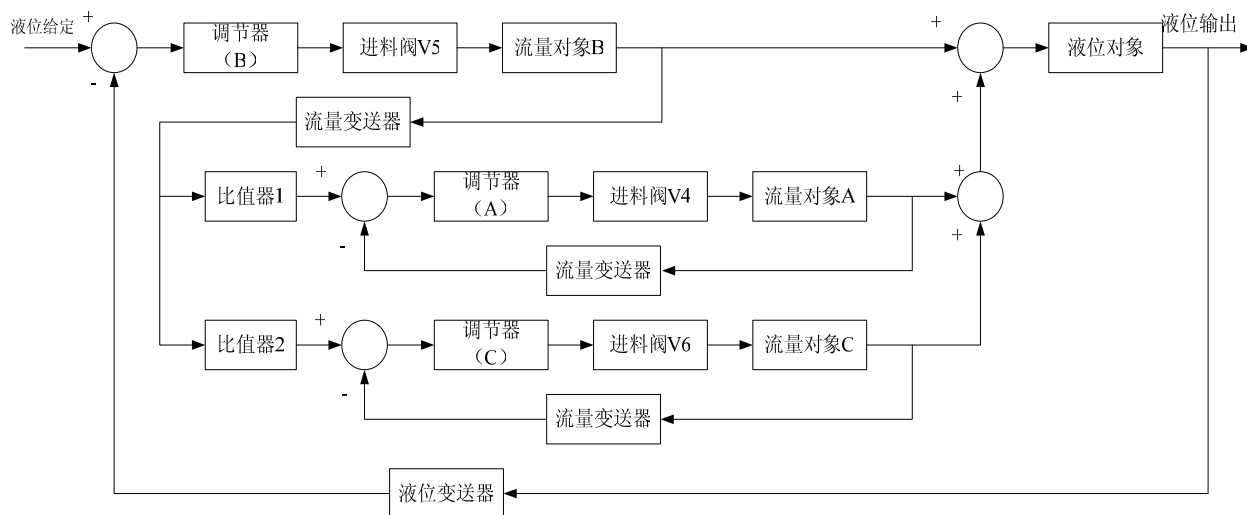


图 2 液位控制系统方框图

1.4 安全控制

反应的安全性主要反映在反应釜的压力上。当反应釜的压力超出其极限压力,设置极限报警的同时将冷却水阀(蛇管和夹套)和出口阀 V9 的开度全部开到最大,一方面降低反应釜内的反应温度;另一方面加快出料的流量。通过以上的方法来防止故障的发生。在此基础上在反应物 A、B 和 C 的进料管道上各安装一个电磁阀。由于电磁阀的动作时间相对于调节阀的动作时间要短得多,当压力达到极限值时,极限报警的同时将冷水阀(蛇管和夹套)和出口阀 V9 的开度全部开到最大,同时控制器将输出控制信号将装在反应物 A、B 和 C 的进料管道上的电磁阀全都关闭,这样可以及时终止进料,更有效地防止故障的发生。

二 阀门特性的选择

2.1 进料阀特性的选择

进料阀门 V5: 由过程要求, 阀门 V5 的开度为 60%。在化学反映之前, 反应物 B 的流量随阀门 V5 开度的增大而迅速增大。反应物 B 先进入反应釜, 用反应物 B 的流量来控制反应物 A 和 C 的流量, 使三种反应物成一定比例进料。当化学反应被诱发时 (阀门 V5 的开度为 60%), 为了提高反应的转化率, 减少进料流量, 使反应物 B 的流量相对于反应诱发前应变得缓和平稳。为此, 阀门 V5 的固态流量特性选为线性特性。线性阀串联管道时的工作流量特性趋近与快开特性, 满足过程要求。

进料阀门 V4、V6: 反应物 A 和 B 一方面要和反应物 B 以一定的比例进料; 一方面还要在反应诱发后尽量减少进料流量, 以增加反应停留时间, 提高反应的转化率。所以阀门 V4、V6 的特性与阀门 V5 的固态流量特性相同, 都选用线性特性。

2.2 出料阀特性的特性

出料阀门 V9: 阀门 V9 的开度为 55%。当液位上升至 75%左右, 开阀门 V9。反应诱发前出料的流量随阀门 V9 的开度增大而增大。当反应诱发后, 为了减少反应釜出料流量, 增加反应停留时间, 提高反应的转化率, 阀门 V9 的流量相对于反应诱发前应变得缓和平稳。所以阀门 V9 的固态流量特性选为线性。

2.3 冷却阀特性的选择

冷却水阀 V8 (夹套): 该反应在诱发前需要加热诱发, 诱发之后反应放热。所以需要对反应釜进行及时的冷却, 这样才能保证反应的顺利进行, 才能保证反应釜内的压力在反应釜所能承受的压力极限内。所以对反应温度的控制是整

个反应的关键，而控制反应温度的主要手段是通过冷却反应放出的热量。根据过程要求，反应温度达到约 45℃时，为了防止反应温度上升幅度过快而失控，逐渐以小开度开冷却水阀 V8。此时开度较小时，控制缓和平稳；随温度的逐渐升高，适当开大冷却水阀 V8。此时，开度较大时，为了更好的控制反应温度，控制应灵敏、有效。所以冷却水阀 V8 的流量特性选为等百分比流量特性。

冷却水阀 V7（蛇管）：在该反应中反应釜采用了蛇管冷却和夹套冷却。其中蛇管冷却对反应温度的控制起到了主要的作用。同样，冷却水阀 V7 开度小时，控制缓和平稳；开度大时，控制应灵敏、有效。所以，冷却水阀 V7 的流量特性选为等百分比流量特性。

三 结束语

通过对该连续反应过程的控制方案的设计可知，该反应过程放热，需要将热量转移掉，使反应物在一定的温度下，反应釜内的物料的液位保持在一定的高度前提下才能反应，才能是反应充分，才能得到浓度较高的产物。温度和液位都对反应釜内的压力有直接的影响。温度高了则使反应釜内的压力增大，液位过高也会使反应釜内的压力增大，这些都会引起爆炸或火灾事故。所以反应过程的安全性也是十分必要的。

四 参考文献

- [1] 何离庆 主编，过程控制系统与装置，重庆大学出版社，2003.7
- [2] 施仁 刘文江 郑辑光 编，自动化仪表与过程控制，电子工业出版社，2003
- [3] 向婉成 主编，控制仪表与装置，机械工业出版社，1999
- [4] 侯志林 主编，过程控制与自动化仪表，机械工业出版社，2000
- [5] 厉玉鸣 主编，化工仪表及自动化，化学工业出版社，1997
- [6] 王骥程 祝和云 主编，化工过程控制工程，化学工业出版社，1991
- [7] 邵惠鹤 编，工业过程高级控制，上海交通大学出版社，1997

附录 I：系统的工艺控制流程

