

年产 4000t 乙酸乙酯间歇反应釜
设计课程设计 80087383



河南城建学院
Henan University of Urban Construction

河南城建学院
《反应工程》 课程设计

前言

反应工程课程设计是《化工设备机械基础》和《反应工程》课程教学中综合性和实践性较强的教学环节，是理论联系实际桥梁，是学生体察工程实际问题复杂性，学习初次尝试反应釜机械设计。化工设计不同于平时的作业，在设计中需要同学独立自主的解决所遇到的问题、自己做出决策，根据老师给定的设计要求自己选择方案、查取数据、进行过程和设备的计算，并要对自己的选择做出论证和核算，经过反复的比较分析，择优选定最理想的方案和合理的设计。

反应工程是培养学生设计能力的重要实践教学环节。在教师指导下，通过课程设计，培养学生独立地运用所学到的基本理论并结合生产实际的知识，综合地分析和解决生产实际问题的能力。因此，当学生首次完成该课程设计后，应达到以下几个目的：

- 1、 熟练掌握查阅文献资料、收集相关数据、正确选择公式，当缺乏必要的数据时，尚需要自己通过实验测定或到生产现场进行实际查定。
- 2、 在兼顾技术先进性、可行性、经济合理的前提下，综合分析设计任务要求，确定化工工艺流程，进行设备选型，并提出保证过程正常、安全可行所需的检测和计量参数，同时还要考虑改善劳动条件和环境保护的有效措施。
- 3、 准确而迅速的进行过程计算及主要设备的工艺设计计算及选型。
- 4、 用精炼的语言、简洁的文字、清晰的图表来表达自己的设计思想和计算结果。

化工设备机械基础课程设计是一项很繁琐的设计工作，而且在设计中除了要考虑经济因素外，环保也是一项不得不考虑的问题。除此之外，还要考虑诸多的政策、法规，因此在课程设计中要有耐心，注意多专业、多学科的综合和相互协调。

摘要：本选题为年产量为年产 $4 \times 10^3\text{T}$ 的间歇釜式反应器的设计。通过物料衡算、热量衡算，反应器体积为 21.74m^3 、换热量为 393384.9kJ/h 。设备设计结

果表明，反应器的特征尺寸为高 3024mm，直径 2800mm；夹套的特征尺寸为高 2320mm，内径为 3000mm。还对塔体等进行了辅助设备设计，换热则是通过夹套与内冷管共同作用完成。搅拌器的形式为圆盘式搅拌器，搅拌轴直径 60mm。在此基础上绘制了设备条件图。本设计为间歇釜式反应器的工业设计提供较为详尽的数据与图纸。

关键字：间歇釜式反应器；物料衡算；热量衡算；壁厚设计；

Abstract

The batch reactor for annual production capacity of 60,000 10T is to be the designed. Through the material, heat balance reactor volume, heat transfer and Equipment design results show that the size of the reactor characteristics for high is 3320mm, diameter is 3200mm, The characteristics of clip size for high is 2550mm, diameter is 3400mm. Also auxiliary equipment on the tower as designed, heat is finished through the clip with the common cold tube inside. The mixer for dise-type mixer, stirring shaft of diameter is 60mm . Based on the condition of equipment drawing. This design for batch reactor industrial design provides a detailed data and drawings.

Key words: batch reactor, Material, Heat balance, Thick wall design.

主要符号一览表

V ——反应釜的体积

t ——反应时间

c_{A0} ——反应物 A 的起始浓度

c_{B0} ——反应物的 B 起始浓度

c_{S0} ——反应物 S 的起始浓度

f ——反应器的填充系数

D_i ——反应釜的内径

H ——反应器筒体的高度

h_2 ——封头的高度

P ——操作压力

P_c ——设计压力

ϕ ——取焊缝系数 $[\sigma]_t$ ——
——钢板的许用应力

C_1 ——钢板的负偏差

C_2 ——钢板的腐蚀裕量

S ——筒壁的计算厚度

S_d ——筒壁的设计厚度

S_n ——筒壁的名义厚度

H_j ——反应器夹套筒体的高度

v ——封头的体积

P_T ——水压试验压力

D_j ——夹套的内径

Q ——乙酸的用量

Q_0 ——单位时间的处理量

目 录

第 1 章	设计任务及条件	3
第 2 章	工艺设计	4
2.1	原料的处理量	4
2.2	原料液起始浓度	4
2.3	反应时间	5
2.4	反应体积	5
第 3 章	热量核算	6
3.1	工艺流程	6
3.2	物料衡算	6
3.3	能量衡算	7
3.3.1	热量衡算总式	7
3.3.2	每摩尔各种物值在不同条件下的值	7
3.3.3	各种气象物质的参数如下表	8
3.3.4	每摩尔物质在 100°C 下的焓值	9
3.3.5	总能量衡算	10
3.4	换热设计	11
3.4.1	水蒸气的用量	11
第 4 章	反应釜釜体设计	12
4.1	反应器的直径和高度	12

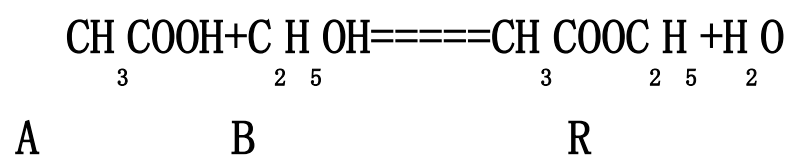
4.2 筒体壁厚的设计.....	13
4.2.1 设计参数的确定.....	13
4.2.2 筒体的壁厚.....	13
4.3 釜体封头厚.....	14
第 5 章 反应釜夹套的设计.....	14
5.1 夹套 DN、PN 的确定.....	14
5.1.1 夹套的 DN.....	14
5.1.2 夹套的 PN.....	14
5.2 夹套筒体的壁厚.....	15
5.3 夹套筒体的高度.....	15
5.4 夹套的封头.....	15
5.4.1 封头的厚度.....	15
5.5 传热面积校核.....	16
第 6 章 反应釜釜体及夹套的压力试验.....	16
6.1 釜体的水压试验.....	16
6.1.1 水压试验压力的确定.....	16
6.1.2 水压试验的强度校核.....	16
6.1.3 压力表的量程、水温.....	17
6.1.4 水压试验的操作过程.....	17
6.2 夹套的液压试验.....	17
6.2.1 水压试验压力的确定.....	17
6.2.2 水压试验的强度校核.....	17
6.2.3 压力表的量程、水温.....	18

6.2.4 水压试验的操作过程	18
第 7 章 搅拌器的选型.....	18
7.1 搅拌桨的尺寸及安装位置.....	19
7.2 搅拌功率的计算.....	19
7.3 搅拌轴的初步计算.....	20
7.3.1 搅拌轴直径的设计	20
7.3.2 搅拌轴临界转速校核计算	21
7.4 联轴器的型式及尺寸的设计.....	21
结论.....	21
参考书目.....	21
总结.....	22

第 1 章 设计任务及条件

1.1 设计任务及条件

乙酸乙酯酯化反应的化学式为：



原料中反应组分的质量比为：A：B：S=1：2：1.35，反应液的密度为 $1020\text{Kg}/\text{m}^3$ ，并假定在反应过程中不变。每批装料、卸料及清洗等辅助操作时间为 1h，每天计 24h 每年 300d 每年生产 7200h。反应在 100°C 下等温操作，其反应速率方程如下

$$r = k \left(\frac{C_A C_B}{K + C_A + C_B} \right) \quad [1]$$

100°C 时， $k = 4.76 \times 10^{-4} \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{min})$ ，平衡常数 $K = 2.92$ 。乙酸的转化率 $X_A = 0.48$ ，反应器的填充系数 $f = 0.8$ ，为此反应设计一个反应器。

第 2 章 工艺设计

2.1 原料的处理量

根据乙酸乙酯的产量可计算出每小时的乙酸用量为

$$Q = \frac{4 \times 10^3 \times 10^3}{88 \times 300 \times 24 \times 0.4} = 13.152 \text{ kmol} / \text{L}$$

由于原料液的组成为

$$1 + 2 + 1.35 = 4.35 \text{ Kg}$$

单位时间的处理量

$$Q_0 = \frac{13.152 \times 60 \times 4.35}{1020} = 3.365 \text{ m}^3 / \text{h}$$

2.1 原料液起始浓度

$$c_{A0} = \frac{23.675}{6.06} = 3.908 \text{ mol/L}$$

乙醇和水的起始浓度

$$c_{B0} = \frac{3.908 \times 60 \times 2}{46} = 10.2 \text{ mol/L}$$

$$c_{S0} = \frac{3.908 \times 60 \times 1.35}{18} = 17.59 \text{ mol/L}$$

将速率方程变换成转化率的函数

$$c_A = c_{A0} (1 - X_A) \qquad c_B = c_{B0} - c_{A0} X_A$$

$$c_R = c_{A0} X_A \qquad c_S = c_{S0} + c_{A0} X_A$$

$$r_A = k (a + bX_A + cX_A^2) c_A^2$$

其中: $a = \frac{c_{B0}}{c_{A0}} = \frac{10.2}{3.908} = 2.61$

$$b = -\left(1 + \frac{c_{B0}}{c_{A0}} + \frac{c_{S0}}{c_{A0} K}\right) = -\left(1 + \frac{10.2}{3.908} + \frac{17.59}{3.908 \times 2.92}\right) = -5.15$$

$$c = 1 - \frac{1}{k} = 1 - \frac{1}{2.92} = 0.6575$$

$$\sqrt{b^2 - 4ac} = \sqrt{(-5.15)^2 - 4 \times 2.61 \times 0.6575} = 4.434$$

2.2 反应时间

$$\begin{aligned} t &= \frac{1}{k c_{A0}} \int_0^{X_{Af}} \frac{dX_A}{a + bX_A + cX_A^2} \\ &= \frac{1}{k c_{A0} \sqrt{b^2 - 4ac}} \ln \frac{(b + \sqrt{b^2 - 4ac})X_{Af} + 2a}{(b - \sqrt{b^2 - 4ac})X_{Af} + 2a} \\ &= \frac{1}{4.76 \times 10^{-4} \times 3.908 \times 4.434} \ln \frac{(-5.15 + 4.434) \times 0.48 + 2 \times 2.61}{(-5.15 - 4.434) \times 0.48 + 2 \times 2.61} \\ &= \frac{1}{4.76 \times 10^{-4} \times 3.908 \times 4.434} \ln \frac{4.8763}{0.6197} = 250 \text{ min} \end{aligned}$$

2.3 反应体积

$$V_r = Q_0(t + t_0) = 3.365 \times \left(\frac{250}{60} + 1 \right) = 17.392 m^3$$

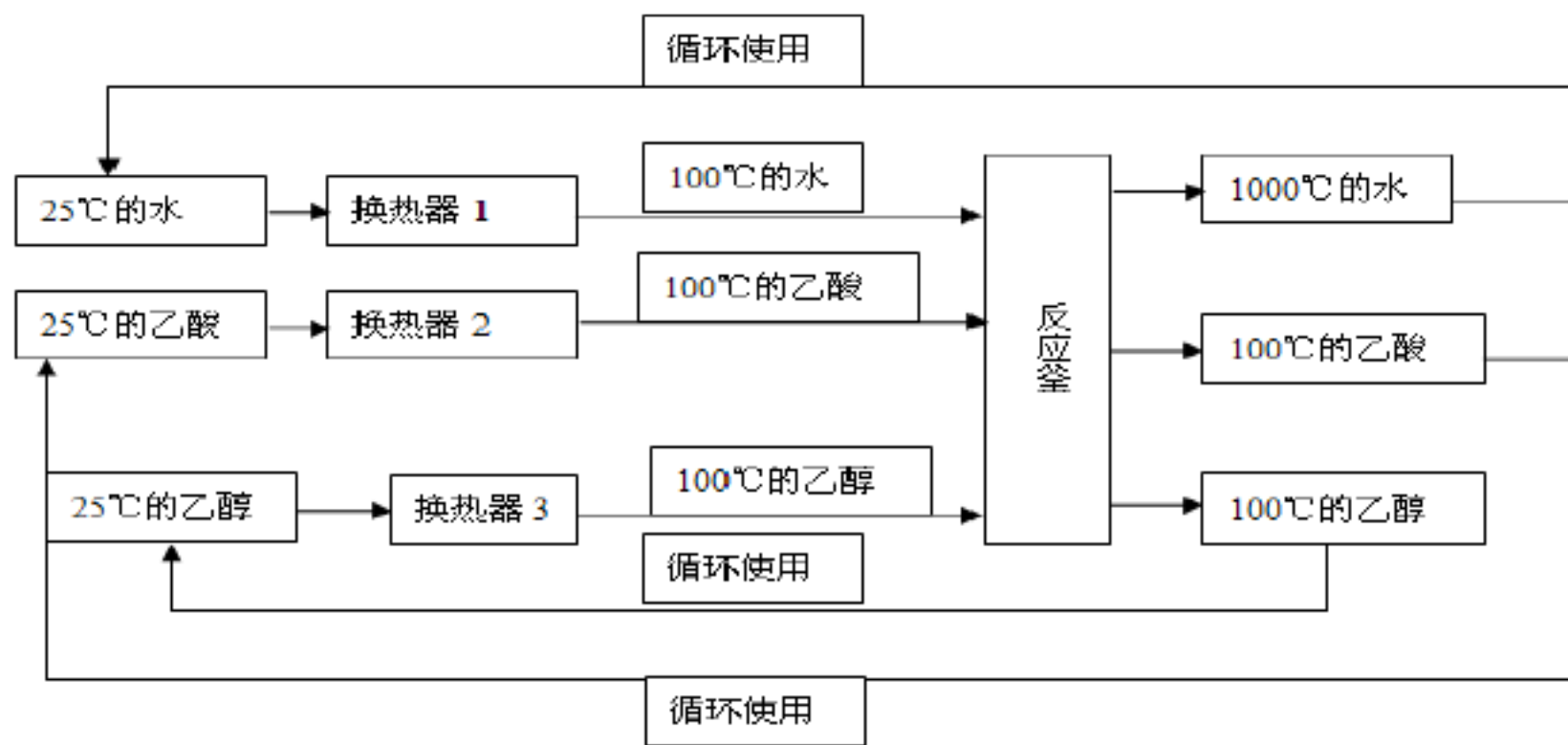
反应器的实际体积

$$V = \frac{V_r}{f} = \frac{17.392}{0.8} = 21.74 m^3$$

第 3 章 热量核算

3.1 工艺流程

反应釜的简单工艺流程图



3.2 物料衡算

根据乙酸的每小时进料量为 23.675 kmol/h ，在根据它的转化率和反应物的初始质量比算出各种物质的进料和出料量，具体结果如下表：

物质	进料 kmol/h	出料 kmol/h
乙酸	13.152	6.839
乙醇	34.310	27.997
乙酸乙酯	0	6.313
水	59.184	65.495