

食品厂蒸发设备热能分析

韩 继 先

(化工系)

蒸发设备是食品工厂主要耗能设备之一。对运行中的蒸发设备进行热能分析是食品工厂节能活动中一项重要的基础工作, 目的在于弄清整个系统能量的分配情况, 从而为制定节能方案提供依据。

一、多效蒸发器热能分析模型

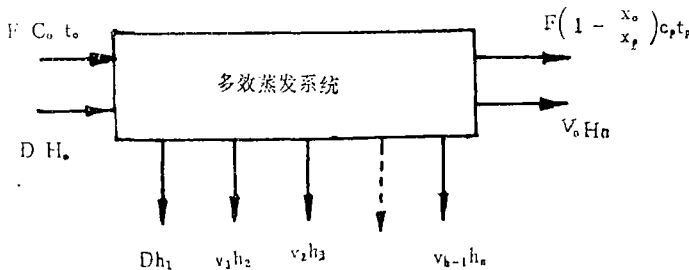


图 1

$FC_o t_o$ —原料液带入系统的焓

DH_o —生蒸汽带入系统的焓

Dh_1 —第一效冷凝水的焓, 通常回送锅炉作为给水而被完全回收。

$V_1 h_2, V_2 h_3 \dots V_{n-1} h_n$ —二效, 三效至 n 效冷凝水的焓, 通常二效以后的冷凝水是当作热水回收使用的, 其回收率的大小由对热水的需求量来决定。

$V_n H_n$ —末效排出的二次蒸汽的焓, 通常作为废热被冷却水带走。这是一项余热资源, 其可供开发的程度决定于用户对蒸汽品位的要求。一般说来用于动力回收在经济上是不合算的。

对上述各项作定量分析, 必须弄清各项中所包含的未知量。现场检测系统能够提供数据是各效的压力, 温度, 浓度, 以及原料液的流量和其浓度、温度。如何通过设备本身所具有的现场检测系统所提供的数据来确定整个系统的能量分配这是本文所要解决的问题。

现根据食品厂所使用的蒸发器在效数和流程上的不同分别讨论如下:

1. 并流三效蒸发系统

质平衡与能量平衡方程

$$F = P_3 + V_1 + V_2 + V_3 \quad (1)$$

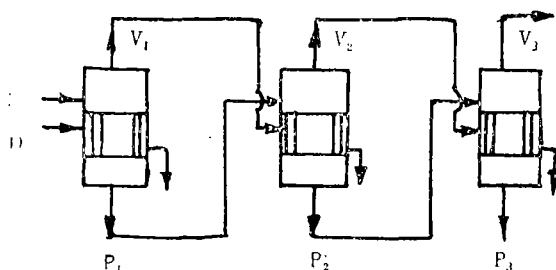


图 2

$$Fx_0 = P_3x_3 \quad (2)$$

$$F = P_1 + V_1 \quad (3)$$

$$P_1 = P_2 + V_2 \quad (4)$$

$$P_2 = P_3 + V_3 \quad (5)$$

$$DH_0 + FC_0t_0 = V_1H_1 + P_1C_1t_1 + Dh_1 \quad (6)$$

$$V_1H_1 + P_1C_1t_1 = V_2H_2 + P_2C_2t_2 + V_1h_2 \quad (7)$$

$$V_2H_2 + P_2C_2t_2 = V_3H_3 + P_3C_3t_3 + V_2h_3 \quad (8)$$

解上述联立方程:

$$V_2 = \frac{F\left(1 - \frac{x_0}{x_3}\right) - \frac{F(C_2t_2 - C_1t_1)}{H_1 - h_2 + C_2t_2 - C_1t_1} + \frac{F\frac{x_0}{x_3}(C_3t_3 - C_2t_2)}{H_3 - C_2t_2}}{1 + \frac{H_2 - C_2t_2}{H_1 - h_2 + C_2t_2 - C_1t_1} + \frac{H_2 - h_3}{H_3 - C_2t_2}}$$

$$V_1 = \frac{V_2H_2 + F(C_2t_2 - C_1t_1) - V_2C_2t_2}{H_1 - h_2 + C_2t_2 - C_1t_1}$$

$$V_3 = \frac{V_2(H_2 - h_3) - F\frac{x_0}{x_3}(C_3t_3 - C_2t_2)}{H_3 - C_2t_2}$$

$$D = \frac{V_1H_1 + (F - V_1)C_1t_1 - FC_0t_0}{H_0 - h_1}$$

2. 三效混流蒸发系统(A)

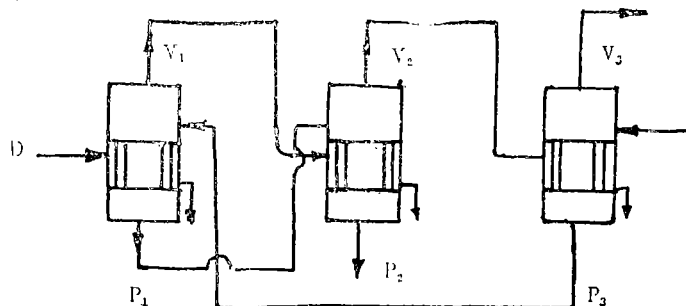


图 3

质平衡与能量平衡方程

$$F = P_2 + V_1 + V_2 + V_3 \quad (9)$$

$$Fx_0 = P_2x_2 \quad (10)$$

$$P_3 = P_1 + V_1 \quad (11)$$

$$P_1 = P_2 + V_2 \quad (12)$$

$$F = P_3 + V_3 \quad (13)$$

$$DH_0 + P_3C_3t_3 = V_1H_1 + P_1C_1t_1 + Dh_1 \quad (14)$$

$$V_1H_1 + P_1C_1t_1 = V_2H_2 + P_2C_2t_2 + V_1h_2 \quad (15)$$

$$V_2H_2 + FC_0t_0 = V_3H_3 + P_3C_3t_3 + V_2h_3 \quad (16)$$

解(9)一(16)联立方程得

$$V_2 = \frac{F\left(1 - \frac{x_0}{x_2}\right) + \frac{F \frac{x_0}{x_2} (C_1t_1 - C_2t_2)}{H_1 - h_2} - \frac{F(C_3t_3 - C_0t_0)}{C_3t_3 - H_3}}{1 + \frac{H_2 - C_1t_1}{H_1 - h_2} + \frac{h_3 - H_2}{C_3t_3 - H_3}}$$

$$V_1 = \frac{V_2H_2 + F \frac{x_0}{x_2} C_2t_2 - \left(F \frac{x_0}{x_2} + V_2\right)C_1t_1}{H_1 - h_2}$$

$$V_3 = \frac{F(C_3t_3 - C_0t_0) + V_2(h_3 - H)}{C_3t_3 - H_3}$$

$$D = \frac{V_1H_1 + \left(F \frac{x_0}{x_2} + V_2\right)C_1t_1 - (F - V_3)C_3t_3}{H_0 - h_1}$$

3. 三效混流蒸发系统(B)

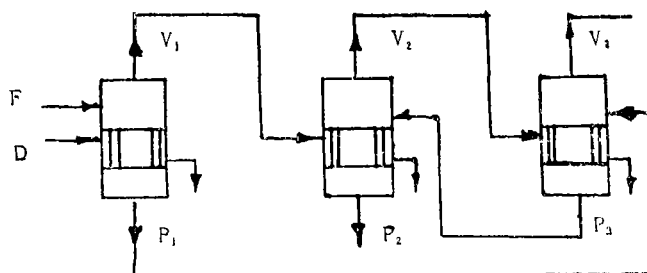


图 4

质平衡与能量平衡方程

$$Fx_0 = P_2x_2 \quad (17)$$

$$F = P_2 + V_1 + V_2 + V_3 \quad (18)$$

$$F = P_1 + V_1 \quad (19)$$

$$P_1 = P_3 + V_3 \quad (20)$$

$$P_3 = P_2 + V_2 \quad (21)$$

$$DH_0 + FC_0t_0 = V_1H_1 + P_1C_1t_1 + Dh_1 \quad (22)$$

$$V_1H_1 + P_3C_3t = V_2H_2 + P_2C_2t_2 + V_1h_2 \quad (23)$$

$$V_2H_2 + P_1C_1t_1 = V_3H_3 + V_2h_3 + P_3C_3t_3 \quad (24)$$

解(17)—(24)联立方程得

$$V_2 = \frac{F - F \frac{x_0}{x_2} \left(1 + \frac{C_2t_2 - C_3t_3}{H_1 - h_2} + \frac{C_1t_1 - C_3t_3}{H_3 - C_1t_1} \right)}{1 + \frac{H_2 - C_3t_3}{H_1 - h_2} + \frac{C_1t_1 - C_3t_3 + H_2 - h_3}{H_3 - C_1t_1}}$$

$$V_1 = \frac{V_2H_2 + F \frac{x_0}{x_2} C_2t_2 - \left(F \frac{x_0}{x_2} + V_2 \right) C_3t_3}{H_1 - h_2}$$

$$V_3 = \frac{F \left(\frac{x_0}{x_2} + V_2 \right) (C_1t_1 - C_3t_3) + V_2 (H_2 - h_3)}{H_3 - C_1t_1}$$

$$D = \frac{V_1H_1 + (F - V_1)C_1t_1 - FC_0t_0}{H_0 - h_1}$$

4. 双效逆流蒸发系统

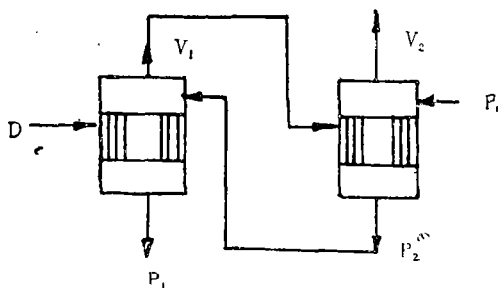


图 5

根据质平衡和能量平衡方程(方程从略)解得结果为

$$V_1 = \frac{F \frac{x_0}{x_1} C_2t_2 + F \left(1 - \frac{x_0}{x_1} \right) H_2 - FC_0t_0}{H_1 + H_2 - h_2 - C_2t_2}$$

$$D = \frac{F \frac{x_0}{x_1} C_1t_1 + V_1H_1 - \left(F \frac{x_0}{x_1} + V_1 \right) C_2t_2}{H_0 - h_1}$$

由于各效蒸汽的比焓 H 和冷凝水的比焓 h 是其所对应的饱和压力的单值函数,各效料

液的比热 C 是其浓度 x 的单值函数, 故上述所导出的各个计算公式所包含的变量值均可由现场测量中确定。这样根据本文所讨论的模型编成计算程序, 对于具有压力、温度、浓度和进料流量这些最基本检测项目的蒸发系统进行热能分析时将具有通用性。

二、讨 论

如何对蒸发系统进行热能分析, 有多种方案可供选择。但任何方案如果不能与设备现有的检测系统相配合, 那就难以在现场实施。要特别注意不应在现场提出过多的流量测定的要求。

本文所讨论的蒸发系统没有考虑到中间抽汽。对于抽二次蒸汽作系统之外加热设备热源的蒸发系统, 本文所导出的计算公式并不适用。

在实践中散热损失一项可根据设备的容量和其保温条件以一个固定量加以考虑。

蒸发系统末效的二次蒸汽作为一项余热资源, 若考虑到有动力回收的可能, 在热能分析中不仅要指出其数量多少而且还应该鉴定其品位, 即计算其焓值的大小。(环境温度一般定为 $288K$)。

符 号 说 明

F —原料液流量(kg/h)

x_0, x_1, x_2, x_3 —原料液及各效完成液的浓度

t_0, t_1, t_2, t_3 —原料液及各效料液的温度($^{\circ}C$)

C_0, C_1, C_2, C_3 —原料液及各效完成液的比热($kJ/kg^{\circ}C$)

P_1, P_2, P_3 —各效完成液的流量(kg/h)

D —生蒸汽的耗量(kg/h)

V_1, V_2, V_3 —各效二次蒸汽的流量(kg/h)

H_0, H_1, H_2, H_3 —生蒸汽和各效二次蒸汽的比焓(kJ/kg)

h_1, h_2, h_3 —各效冷凝水的比焓(kJ/kg)

参 考 文 献

- [1] McCabe, W. and J. C. Smith 1976 Unit Operations of chemical Engineering. McGraw-Hill Book Company. New York.
- [2] Holland, C. D. 1975. Fundamentals of Modeling of Separation Processes. Prentice Hall, Inc. New Lersey.
- [3] Nisenfield, A. E. Energy Management, Instrument Technology, April 1977

85001

带肉梨汁护色及加工工艺的研究(Ⅱ)《无锡轻工业学院学报》1986年,第五卷,第一期

主题词 梨;果蔬褐变;食品加工

摘要 本研究用热烫、 SO_2 、抗坏血酸、蔗糖等抑制方法控制带肉梨汁加工过程中的褐变。颜色指标用罗维朋比色计评价。发现在一小时的加工时间内能完全控制梨汁褐变的最佳条件是:100℃热烫3分钟、抑制剂偏重亚硫酸钠的最小用量为20ppm;或抗坏血酸为250ppm;或糖浆浓度为40%。还对糖浆与 SO_2 的协同作用及不同pH下 SO_2 对酶的抑制效果作了研究。

作者: 杨方琪 杨健 费健

85003

影响甘蔗渗出器渗透速率的几个主要因素的研究《无锡轻工业学院学报》1986年,第五卷,第一期

主题词 渗透速度;甘蔗制糖;糖分渗出渗透速率;甘蔗渗出器;蔗汁淋渗

摘要 本文对国内外甘蔗制糖工业中广为应用的渗透式渗出器的渗透速率进行了研究。设计制造了一式两套模拟实验装置。在动态条件下,对淋渗次数,床层含汁量和床层中空气,操作温度,甘蔗品种,蔗糖和循环汁对渗透速率的影响进行了试验,得到了相应的线性回归方程。对床层中液体的流动特性进行了分析,对渗透式渗出器的糖分渗出机理进行了探讨。

作者: 谢样湘 王鸿生

86002

利用海浮石为载体的固定化酵母酒精发酵《无锡轻工业学院学报》

1986年,第五卷,第一期

主题词 海浮石;固定化酵母细胞;酒精发酵

摘要 本文叙述了海浮石作为载体的固定化酵母细胞方法和海浮石再生方法,并分别介绍实验室试验和加工厂小试固定化酵母细胞酒精发酵的情况和数据,试验成果,夏季发酵1个月平均对糖转化率90%,最高为98.5%。工厂小试表明,固定化酵母细胞柱发酵比发酵罐快。

作者: 金其荣 徐云 姜锡瑞等

86004

食品厂蒸发设备热能分析《无锡轻工业学院学报》1986年,第五卷,第一期

主题词 热能;蒸发器;研究/热能分析

摘要 蒸发是食品工厂主要耗能过程之一。本文对蒸发器进行热能分析提出了一个可行的方法。

作者: 韩继光

86003

AN INVESTIGATION OF SOME FACTORS AFFECTING THE JUICE PERCOLATION RATE in the PERCOLATION TYPE DIFFUSERS «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.5, No.1, 1986

SUBJECTWORD seepage velocity, cane sugar manufacture, sugar

diffusion/percolation rate, cane diffuser, juice spraying

ABSTRACT The percolation rate of the cane diffuser used extensively in cane sugar manufacture has been investigated. Two fixed bed pilot diffusers have been made. A series of regress equations dealing with the percolation rate versus its affecting factors, such as spraying times, liquid and air holdup in bed, operating temperature, cane varieties, quantities of pith on the surface of bed and recirculation of juice have been found from experiments. The liquid flow behaviour and mechanism of sugar extraction in the cane diffuser have been discussed.

Author: Xie Zixiang, Wang Hongsheng

86001

RESEARCH OF PROTECTING COLOUR AND PROCESSING TECHNOLOGY in PLUP PEAR JUICE (II) —Influence of SO₂ and other inhibitors on the maintenance of natural color of plup pear juice in processing «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.5, No.1, 1986

SUBJECTWORD fruit processing, pear, food discoloration / fruit and vegetable browning

ABSTRACT This paper studied the effect of blanching, and SO₂ ascorbic acid, sucrose as inhibitors in prevention enzymic browning in processing plup pear juice. The color value was evaluated by lovibone color meter. It was found that the blanching at 100°C for 3min., The smallest amount of sodium metabisulfite for 20ppm., ascorbic acid for 250ppm. and 40% sucrose solution can completely inhibit the enzymic browning during processing within one hour. In addition, the synergistic activity between sucrose solution and SO₂ and SO₂ in different pH value in retarding browning of pulp pear juice were investigated respectively.

Author: Yang Fangqi, Yang Jian, Fei Jian

86004

THERMAL ENERGY ANALYSIS OF EVAPORATOR—for FOOD PLANT «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.5, No.1, 1986

SUBJECTWORD thermal energy, evaporator, researching/thermal energy analysis

ABSTRACT Evaporation is one of the major users of the energy in food plants, this paper will introduce a method to help the operator to analyse the thermal energy consumption of evaporator.

Author: Han Jixian

86002

ALCOHOL FERMENTATION OF IMMOBILIZED SACCHAROMYCETE USING the CORALLITE as the CARRIER «Journal of the Wuxi Institute of Light Industry», Vol.5, No.1, 1986

SUBJECTWORD yeast fermentation, ethanol, industrial

fermentation/corallite, immobilized yeast cells, alcohol fermentation

ABSTRACT A method of immobilizing the yeast cells using corallite as the carrier and renewing the corallite, the situation and data of alcohol fermentation experiment using immobilized yeast cells in the laboratory and in the plant, separately are described and introduced. During a month of fermentation, in summer, experiments show the average conversion ratio of alcohol to sugar to be 90%, with a maximum of 98.5%. The pilot plant experiments show the rate of fermentation in the column of immobilized yeast cell is faster than in the fermentor.

Author: Jin Qirong, Xu Yun