

乌柏脂分提类可可脂工艺能耗的探讨(II)

韩继先 戎雪梅 刘树楷

(化学工程系)

摘要 在乌柏脂分提制取类可可脂工艺中,使用真空冷却法与传统的冷却法相比有很多工艺上的优越性,为应用这种新工艺于工业生产,本文从工程热力学的角度对其能量经济性作比较深入的分析。

主题词 真空冷却;乌柏脂/类可可脂;分提

0 前言

目前国内外制取可可脂代用品大都是将原料油脂加热溶解在己烷、丙酮或乙醇等有机溶剂中,然后采用冷冻盐水等冷却介质将其逐步冷却、分级结晶以得到所需的组分。该方法的特点是间壁传热,传热效果差,降温时间长,冷却壁上易产生结晶,在冷却过程中需用旋转刮刀连续地将粘附在传热面上的结晶刮下,对晶体产生破坏作用,导致过滤困难,产品质量不能保证。为克服当前生产工艺所存在的缺点,笔者用乌柏脂为原料,丙酮为溶剂,探索一套新的冷却工艺,即用真空冷却法从乌柏脂中分提类可可脂。真空冷却法是置乌柏脂溶液于真空下,溶剂在真空下闪蒸,从而使溶液冷却,实质上是冷却和去除一部分溶剂的浓缩两种效应以产生过饱和度。实验证明以真空冷却法分提乌柏脂来制取类可可脂,其产品得率可达80%,产品的物性优于样品类可可脂及代可可脂。且该法所用的设备比较简单,操作稳定,降温速度快,结晶时间大大缩短,结晶效果好,比现行的盐水冷却法有着明显的优越性(见论文I,真空冷却法从乌柏脂提取类可可脂新工艺,无锡轻工业学院学报,1988年,Vol.7 No.1本文是续篇),为论证真空冷却法在油脂分提中取代现行盐水冷却法的可行性,本文将重点分析在能耗上的差异。

分提油脂制造类可可脂时其主要能耗为冷却油脂溶液和溶剂回收两个方面。冷却油脂溶液消耗能量的多少决定于油脂溶液中的热量传至周围环境所经历的整个过程的不可逆性,这种不可逆性越严重,传送单位热量所需的能量也就越多。

1 现行冷冻盐水冷却法的缺点

冷冻盐水冷却法的工艺流程(图1)及其 $T-S$ 图(图2)如下:溶液中热量先传给冷冻盐水,然后再从冷冻盐水传给致冷剂,最后传给环境,其间经过三次不可逆传热过程。特别是由于

热量从油脂溶液向冷冻盐水的传递过程热阻很大，传热面积又受到结构上的限制，为达到一定的生产率，不得不采用较大的传热温差来满足传热量的要求。

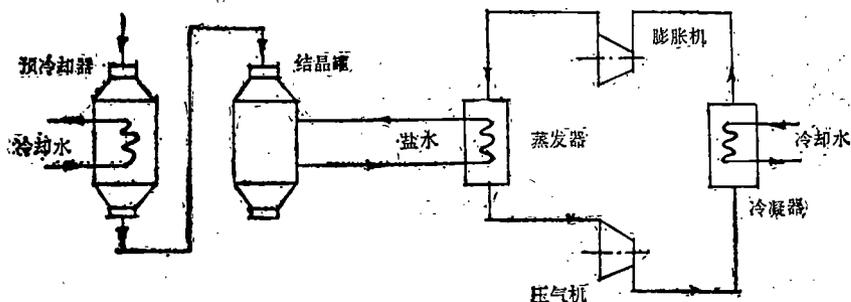


图1 冷冻盐水冷却法系统图

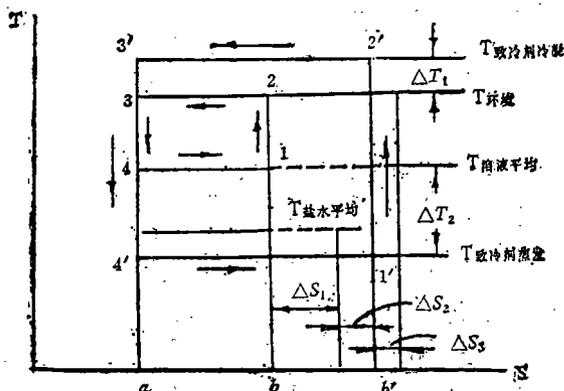


图2 冷冻盐水冷却法T-S图

从T-S图可以看出，冷却过程理论上可按逆卡诺循环1-2-3-4-1进行，但为了维持必要的传热温差，逆卡诺循环只能按1'-2'-3'-4'-1'操作。这样，相同的热量从溶液传致环境所消耗的外界能量随 ΔT_1 和 ΔT_2 增大而增大。

循环的能量平衡方程式

反向卡诺循环 $Q_1 + W_1 = Q_2$

Q_1 ——溶液中传出的热量

W_1 ——外界加入系统的功

Q_2 ——环境所得到的热量

不可逆的反向循环 $Q_1 + W_2 = Q_2'$

式中

W_2 ——外界加入系统的功 Q_2' ——环境得到的热量

在T-S图上：

$$Q_1 = \text{面积}1-4-a-b-1$$

$$= \text{面积}1'-4'-a-b'-1$$

$$W_1 = \text{面积}1-1-2-3-4-1$$

$$W_2 = \text{面积}1'-2'-3'-4'-1'$$

$$Q_2 = \text{面积}2-3-a-b-2$$

$$Q_2' = \text{面积}2'-3'-a-b'-2'$$

两个循环的损耗功:

$$W_L = W_2 - W_1$$

$$= Q_2' - Q_2$$

从热力学第二定律分析 ΔW 与温差传热不可逆性之间的关系:

反向卡诺循环系统熵增为零, 即:

$$\Delta S_{\text{隔离}} = \Delta S_{\text{环境}} + \Delta S_{\text{溶液}} = \frac{Q_2}{T_{\text{环境}}} - \frac{Q_1}{T_{\text{溶液平均}}} = 0$$

不可逆的反向循环系统熵的增量为:

$$\Delta S'_{\text{隔离}} = \Delta S'_{\text{环境}} + \Delta S_{\text{溶液}} = \frac{Q_2'}{T_{\text{环境}}} - \frac{Q_1}{T_{\text{溶液平均}}} > 0$$

$$\begin{aligned} \Delta S'_{\text{隔离}} &= \frac{Q_2'}{T_{\text{环境}}} - \frac{Q_1}{T_{\text{溶液平均}}} = \frac{Q_2'}{T_{\text{环境}}} - \frac{Q_2}{T_{\text{环境}}} = \frac{1}{T_{\text{环境}}} (Q_2' - Q_2) \\ &= \frac{1}{T_{\text{环境}}} \Delta W \end{aligned}$$

$$\Delta W = T_{\text{环境}} \cdot \Delta S'_{\text{隔离}}$$

然而 $T_{\text{环境}} \cdot \Delta S'_{\text{隔离}}$ 正是系统的熵损失 $\Delta e_{\text{系统}}$, 由此可见与反向卡诺循环相比, 不可逆的反向循环对从溶液中传送相同热量至环境所增加的能耗与系统的熵损失相等。

油脂分提工程中使用的冷冻盐水冷却法, 热量从油脂溶液中传至环境经历三次不可逆的温差传热, 其熵损失分别为:

式中
$$\Delta e_1 = T_{\text{环境}} \cdot Q_1 \left[\frac{T_{\text{溶液平均}} - T_{\text{盐水平均}}}{T_{\text{溶液平均}} \cdot T_{\text{盐水平均}}} \right]$$

Δe_1 ——热量从溶液传至冷冻盐水的熵损失

式中
$$\Delta e_2 = T_{\text{环境}} \cdot Q_1 \left[\frac{T_{\text{盐水平均}} - T_{\text{致冷剂蒸发}}}{T_{\text{盐水平均}} \cdot T_{\text{致冷剂蒸发}}} \right]$$

Δe_2 ——热量从盐水传至致冷剂的熵损失

$$\begin{aligned} \Delta e_3 &= T_{\text{环境}} \cdot \frac{Q_1 T_{\text{致冷剂冷凝}}}{T_{\text{致冷剂蒸发}}} \left[\frac{T_{\text{致冷剂冷凝}} - T_{\text{环境}}}{T_{\text{致冷剂冷凝}} \cdot T_{\text{环境}}} \right] \\ &= Q_1 \left[\frac{T_{\text{致冷剂冷凝}} - T_{\text{环境}}}{T_{\text{致冷剂蒸发}}} \right] \end{aligned}$$

式中

Δe_3 ——热量从致冷剂传至环境用损失

$$\Delta W = \Delta e_{\text{系统}} = \sum_{i=1}^3 \Delta e_i$$

欲降低冷冻盐水冷却法的能耗，就必须提高冷冻盐水的平均温度和致冷剂的蒸发温度，其结果将降低传热速率或大幅度地增加传热面积，这在实际油脂分提工程中是不能接受的，因此系统的焓损失 $\Delta e_{\text{系统}} = \Delta e_1 + \Delta e_2 + \Delta e_3$ 就不可避免，但真空冷却法却有重要的突破。

2 真空冷却法新工艺的特点

真空冷却法的系统如图3所示，其特点在于溶液中的溶剂作为致冷剂直接参与致冷循环，溶剂的蒸发温度直接由溶液的结晶温度来决定，这就大大地减小了溶液与致冷剂之间的传热温差，从而使系统的焓损失大幅度降低。

系统焓损失 $\Delta e_{\text{系统}} = T_{\text{环境}} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta S_i$

比较图2与图4，可以清楚地看出，在 $T-S$ 图上，反映 $\Delta e_{\text{系统}}$ 大小的

$$T_{\text{环境}} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta S_i$$

的面积有很大差异。在以丙酮为溶剂的油脂分提工艺条件下进行比较，这种差异可达3~4倍。

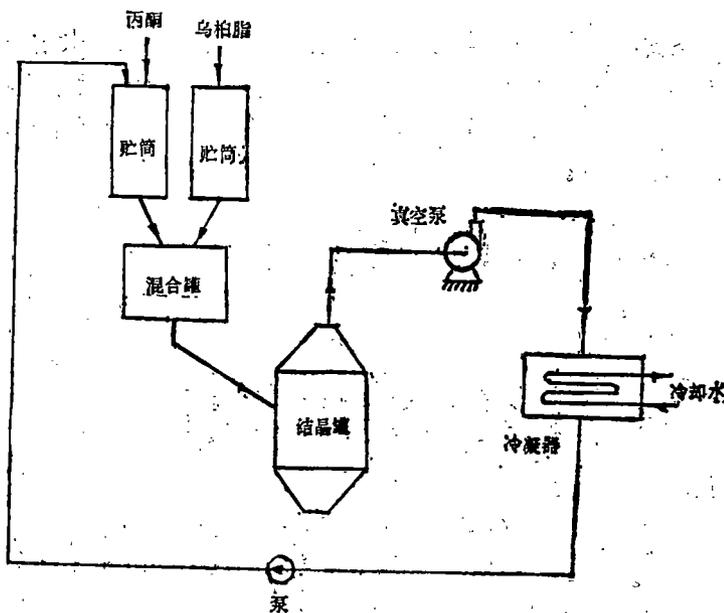


图3 真空冷却法系统图

3 两种不同冷却法的能耗对比

为进一步定量地比较两种不同冷却法在实际能耗上的差异，现以 $G = 1000\text{kg}$ 的乌柏脂原料为基准，并考虑到实际工程中机械过程的不可逆性，分别计算两种不同冷却法的能耗。

3.1 计算方法

3.1.1 冷冻盐水冷却法分提乌柏脂的能耗计算

(1) 溶液在冷却过程中放出的总热量 Q_c

$$Q_c = GC(T_0 - T_1) + GV(T_0 C_0 - T_1 C_1)$$

式中

V ——溶剂比

C ——乌柏脂平均比热 ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

T_0, C_0 ——溶液的始温度(K) ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)及在此温度下溶剂的比热

T_1, C_1 ——溶液结晶温度(K)及在此温度下溶剂的比热($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

(2) 自然冷却水从溶液中移去的热量 Q_F

$$Q_F = GC[T - (T + \Delta T)] + GV[T_0 C_0 - C_b(T + \Delta T)]$$

式中

T ——自然冷却水的温度(K)

ΔT ——溶液经自然冷却水冷却后的温降(K)

C_b ——在温度 $(T + \Delta T)$ 下溶剂的比热($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

(3) 冷冻盐水从溶液中移去的热量 Q_c

$$Q_c = Q_c - Q_F \quad (\text{kJ})$$

致冷剂的蒸发温度 $T_{\text{致冷剂蒸发}} = T_B - \Delta T_H - \Delta T_G$

式中

T_B ——冷冻盐水进入结晶罐的温度(K)

ΔT_H ——冷冻盐水在输送中温升(K)

ΔT_G ——蒸发器内冷冻盐水出口温度与致冷剂的蒸发温度之差(K)

致冷剂的冷凝温度 $T_{\text{致冷剂冷凝}} = T + \Delta T_F + \Delta T_G'$

式中

ΔT_F ——自然冷却水经冷凝器后的温升(K)

$\Delta T_G'$ ——冷凝器内自然冷却水的出口温度与致冷剂冷凝温度之差(K)

$$\text{理论致冷系数 } e = \frac{Q_c}{W_1 + \Delta W}$$

由于在实际工程中压缩不是在湿蒸汽区内进行的。节流阀替代了膨胀机，致冷剂在节流阀前有过冷却，再加上机械过程的不可逆性，故实际致冷系数 $e' = \eta e$

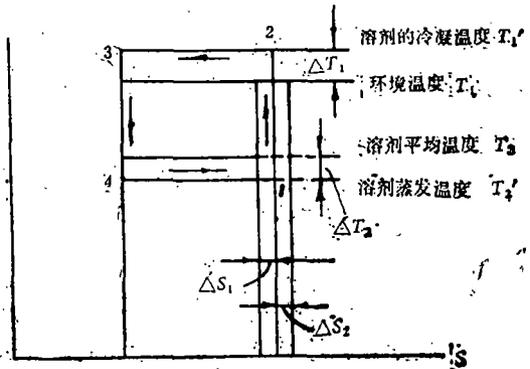


图4 真空冷却法 T — S 图

$$\text{实际能耗 } W_e = \frac{Q_e}{\varepsilon \eta} \quad (\text{kJ})$$

3.1.2 真空冷却法分提乌柏脂的能耗计算

(1) 溶剂绝热蒸发量 G_1

$$G_1 = \frac{GC(T_0 - T_s) + GV(T_0 C_0 - T_s S_s)}{\gamma}$$

式中

T_s, C_s ——溶液结晶温度(K)及在此温度下溶剂的比热(kJ/kg·K)

γ ——结晶罐内处于压力 P_1 下溶剂的汽化潜热(kJ/kg)

(2) 机械真空泵的能耗 W_K

$$W_K = G_1 \frac{u}{n-1} RT_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(n-1)/n} - 1 \right] \frac{1}{\eta}$$

式中

u ——压缩过程的多变指数

R ——溶剂蒸汽的气体常数

T_1 ——对应于压力为 P_1 下溶剂蒸汽的饱和温度(K)

P_2 ——对应于溶剂蒸汽的冷凝温度下溶剂蒸汽的饱和压力(kPa)

η ——真空泵的总效率

(3) 蒸汽喷射式真空冷却法的能耗计算

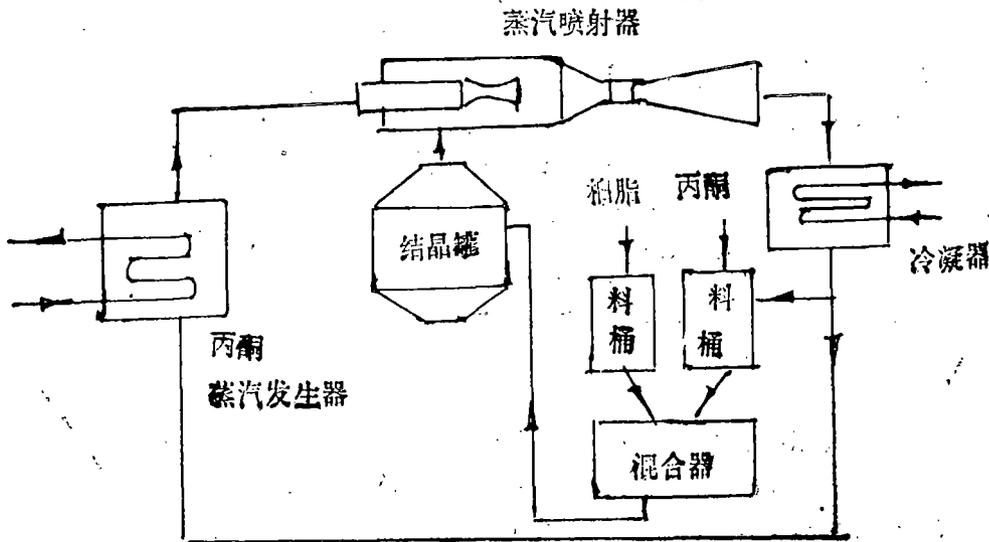


图5 蒸汽喷射式真空冷却法系统图

$$\text{引射系数 } \Psi = \frac{\text{被引射蒸汽流量 } G_1}{\text{工作蒸汽流量 } G_D}$$

$$\text{膨胀比 } \beta = \frac{\text{工作蒸汽压力 } P_2}{\text{被引射蒸汽压力 } P_{引}}$$

$$\text{压缩比 } \sigma = \frac{\text{混合蒸汽压力 } P_{混}}{\text{被引射蒸汽压力 } P_{引}}$$

$$\Psi = f(\beta, \sigma)$$

压力 P_1 是由溶液的结晶温度决定的，压力 P_2 是由自然冷却水的温度来确定的，压力 P_D 是可变的，当 P_2 选定后即可确定引射系数 Ψ

$$G_D = \frac{G_1}{\Psi}$$

设工作蒸汽由常温液态加热成对应于压力 P_D 、温度 T_D 下的饱和蒸汽所消耗的热能为 Q_D ，则

$$Q_D = G_D (h'' - h_T)$$

式中

h'' ——对应于饱和压力 P_D 下丙酮蒸汽的焓(kJ/kg)

h_T ——对应于常温下液态丙酮的焓(kJ/kg)

用温度为 $T_w = T_D + 20^\circ\text{C}$ 的水蒸汽作为丙酮蒸汽发生器的热源，则所耗水蒸汽的热能为 Q_D/η_e ，(η_e 为发生器的热效率)其中烟值应为

$$Q_s = \frac{Q_D}{\eta_e} \left[1 - \frac{T}{T_w} \right] \quad (\text{kJ})$$

Q_D/η_e 折算成标准煤 G_m

$$G_m = \frac{Q_D}{\eta_e \cdot 29330} \quad (\text{kg})$$

4 计算结果

编写计算机程序，所得结果如 1、2、3、4。

表 1 冷却法所耗能(采用丙酮为溶剂)

t ($^\circ\text{C}$)	Δt ($^\circ\text{C}$)	$V = 7$		$V = 5$		$V = 3$	
		We(kJ)	Ge(kg)	We(kJ)	Ge(kg)	We(kJ)	Ge(kg)
20	25	85 327	10.2	62 960	7.5	40 594	4.8
	20	72 920	8.7	54 810	6.4	34 701	4.1
	15	52 403	6.3	38 676	4.6	24 950	3.0
15	25	60 966	7.3	44 989	5.4	29 013	3.5
	20	43 812	5.2	32 336	3.9	20 860	2.5
	15	26 827	3.2	19 803	2.4	12 779	1.5
10	25	35 227	4.2	25 596	3.1	16 770	2.0
	20	21 567	2.6	15 920	1.9	10 273	1.2
	15	8 047	0.96	5 941	0.71	3 825	0.46

t —自然冷却水温($^\circ\text{C}$)； Δt —溶液由自然冷却水冷却后的温度与 t 之差($^\circ\text{C}$)； V —溶剂比(\bar{W} 溶剂/ \bar{W} 柏脂)；We—电功耗量(kJ)，Ge—标准煤耗(kg)。

表2 冷却法所耗能(采用工业己烷为溶剂)

t (°C)	Δt (°C)	$V = 7$		$V = 5$		$V = 3$	
		W_e (kJ)	G_e (kg)	W_e (kJ)	G_e (kg)	W_e (kJ)	G_e (kg)
20	25	103 327	12.3	75 746	9.0	48 265	5.8
	20	88 130	10.5	64 675	7.7	41 230	4.9
	15	63 228	7.5	46 409	5.5	29 589	3.5
15	25	73 683	8.8	54 073	6.4	34 463	4.1
	20	52 863	6.3	38 801	4.6	23 739	3.0
	15	32 314	3.9	23 722	2.8	15 131	1.8
10	25	42 498	5.1	31 193	3.72	19 888	2.4
	20	25 978	3.1	19 071	2.3	12 164	1.5
	15	9 676	1.2	7 105	0.85	4 533	0.54

符号同表1。工业己烷比热近似于正己烷计算。

表3 机械泵耗能

t (°C)	Δt (°C)	t_2 (°C)	$V = 7$		$V = 5$		$V = 3$	
			W_k (kJ)	G_k (kg)	W_k (kJ)	G_k (kg)	W_k (kJ)	G_k (kg)
20	11	31	36 413	4.3	26 868	3.2	17 323	2.1
	9	29	31 658	3.8	23 360	2.8	15 061	1.8
	7	27	27 453	3.3	20 257	2.4	13 061	1.6
15	11	26	25 258	3.0	18 637	2.2	12 016	1.4
	9	24	20 660	2.5	15 244	1.8	9 829	1.2
	7	22	15 748	1.9	11 620	1.4	7 492	0.89
10	11	21	13 157	1.6	9 708	1.2	6 259	0.75
	9	19	8 536	1.0	6 299	0.75	4 061	0.48
	7	17	4 503	0.54	3 322	0.40	2 142	0.26

t —自然冷却水温(°C); Δt —冷凝器内蒸汽冷凝温度 t_2 与 t 之差(°C); V —溶剂比(\bar{W}/\bar{W}); W_k —机械泵所耗电功(kJ), G_k : 标准煤耗(kg)。

表4 喷射泵耗能

(I) $\beta=6$, 喷射蒸汽压力 $P_D=1.22\text{kg/cm}^2$, 温度 $t_D=61.2^\circ\text{C}$

t ($^\circ\text{C}$)	Δt ($^\circ\text{C}$)	t^2 ($^\circ\text{C}$)	σ	计算结果	V		
					7	5	3
20	11	31	1.98	G_D	1 618	1 194	770
				Q_s	286 402	211 328	136 253
				G_m	46.6	34.4	22.1
20	9	29	1.82	G_D	1 186	875	564
				Q_s	210 028	154 974	99 919
				G_m	34.1	25.2	16.2
20	7	27	1.69	G_D	1 059	782	504
				Q_s	187 525	138 369	89 214
				G_m	30.5	22.5	14.5
15	11	26	1.63	G_D	917	677	436
				Q_s	176 836	130 482	86 128
				G_m	27.0	19.9	12.9
15	9	24	1.50	G_D	741	547	353
				Q_s	142 942	105 473	68 004
				G_m	21.8	16.1	10.4
15	7	22	1.36	G_D	570	421	271
				Q_s	109 956	81 133	52 311
				G_m	16.8	12.4	8.0
10	11	21	1.30	G_D	503	371	239
				Q_s	105 067	77 526	49 985
				G_m	15.1	11.2	7.2
10	9	19	1.19	G_D	312	230	149
				Q_s	65 252	48 148	31 043
				G_m	9.4	6.9	4.5

$t_1, \Delta t, t_2$ 意义同表3; σ —压缩比 $\sigma = P_2/P_1$; G_D —工作蒸汽量(kg) Q_s —丙酮发生器用水蒸汽所耗有用功(kJ); G_m —标准煤耗(kg)

(Ⅲ) $\beta = 15$, 喷射蒸汽压力 $P_D = 2.05 \text{ kg/cm}^2$, 温度 $t_D = 92^\circ\text{C}$

t ($^\circ\text{C}$)	Δt ($^\circ\text{C}$)	t^2 ($^\circ\text{C}^2$)	σ	计算结果	V		
					7	5	3
20	11	31	1.98	G_D	819	604	389
				Q_s	194 756	143 705	92 654
				G_m	25.6	18.9	12.2
20	9	29	1.82	G_D	688	507	327
				Q_s	163 595	120 712	72 829
				G_m	21.5	15.9	10.2
20	7	27	1.69	G_D	614	453	292
				Q_s	146 067	107 779	69 490
				G_m	19.2	14.2	9.1
15	11	26	1.63	G_D	555	409	264
				Q_s	141 309	104 268	67 227
				G_m	17.7	13.1	8.4
15	9	24	1.50	G_D	486	358	231
				Q_s	123 745	91 308	58 871
				G_m	15.5	11.4	7.4
15	7	22	1.36	G_D	377	278	179
				Q_s	96 065	70 883	45 702
				G_m	12.0	8.9	5.7
10	11	21	1.30	G_D	328	242	156
				Q_s	89 290	65 884	42 479
				G_m	10.7	7.9	5.1
10	9	19	1.19	G_D	253	187	120
				Q_s	68 806	50 770	32 734
				G_m	8.2	6.1	3.9

单位, $G_s(\text{kg})$; $Q_s(\text{kJ})$; $G_m(\text{kg})$

(III) $\beta = 10$ 喷射蒸汽压力 $P_D = 3.06 \text{ kg/cm}^2$, 温度 $t_D = 92^\circ\text{C}$

t ($^\circ\text{C}$)	Δt ($^\circ\text{C}$)	t_2 (%)	σ	计算结果	V		
					7	5	3
20	11	31	1.98	G_D	1 119	825	532
				Q_s	233 924	172 606	111 288
				G_m	33.5	24.7	15.9
	9	29	1.82	G_D	872	644	415
				Q_s	182 461	134 633	86 804
				G_m	26.1	19.3	12.4
	7	27	1.69	G_D	752	555	358
				Q_s	157 294	116 063	74 831
				G_m	22.5	16.6	10.7
15	11	26	1.63	G_D	671	495	319
				Q_s	151 306	111 644	71 983
				G_m	20.5	15.1	9.8
	9	24	1.50	G_D	602	444	286
				Q_s	135 654	100 095	64 536
				G_m	18.4	13.6	8.8
	7	22	1.36	G_D	452	334	215
				Q_s	101 916	75 201	48 486
				G_m	13.8	10.2	6.6
10	11	21	1.30	G_D	400	295	190
				Q_s	96 941	71 530	46 119
				G_m	12.5	9.2	5.9
	9	19	1.19	G_D	291	215	138
				Q_s	70 444	51 979	33 513
				G_m	9.1	6.7	4.3

单位: $G_D(\text{kg})$; $Q_s(\text{kJ})$; $G_m(\text{kg})$

(IV) $\beta = 20$, 喷射蒸汽压力 $P_D = 4.08 \text{ kg/cm}^2$, 温度 $t_D = 103^\circ\text{C}$

t (%)	Δt ($^\circ\text{C}$)	t_2 ($^\circ\text{C}$)	σ	计算结果	V		
					7	5	6
20	11	31	1.98	G_D	787	580	374
				Q_s	205 719	151 794	97 869
				G_m	25.4	18.8	12.1
20	9	29	1.82	G_D	629	464	299
				Q_s	164 575	121 435	78 295
				G_m	20.3	15.0	9.7
20	7	27	1.69	G_D	574	424	273
				Q_s	150 119	110 769	71 418
				G_m	18.6	13.7	8.8
15	11	26	1.63	G_D	506	373	241
				Q_s	141 023	104 057	67 091
				G_m	16.7	12.3	7.9
15	9	24	1.50	G_D	442	326	210
				Q_s	123 395	91 050	58 704
				G_m	14.6	10.8	6.9
15	7	22	1.36	G_D	366	270	174
				Q_s	102 120	75 352	48 583
				G_m	12.1	8.9	5.7
10	11	21	1.30	G_D	309	228	147
				Q_s	91 644	67 621	43 599
				G_m	10.4	7.7	4.9
10	9	19	1.19	G_D	230	169	109
				Q_s	68 114	50 259	32 404
				G_m	7.7	5.7	3.7

单位: G_D (kg); Q_s (kJ); G_m (kg)

6 讨论

(1) 由表1和表3可见, 当采用相同的丙酮溶剂分提时, 如所用的溶剂比 V 及自然冷却水温度相同时, 则冷冻盐水冷却法的能耗约为机械真空冷却法的2.0~2.6倍。国内油脂工业目前普遍采用工业己烷为溶剂进行油脂分提, 从表2及表3可以看出, 采用工业己烷为溶剂时, 冷冻盐水冷却法其能耗约为机械真空冷却法能耗的2.5~3.1倍。

(2) 由表4计算结果, 蒸汽喷射真空冷却法的能耗较机械真空冷却法及冷冻盐水冷却法的能耗高。但进一步分析可以知道, 溶剂蒸汽用自然冷却水冷凝所需的压缩比 $\sigma = 1.2 \sim 2.0$, 当工作蒸汽的膨胀比 $\beta = 6$ 时, 工作蒸汽的温度为61.2℃, 当 $\beta = 10$ 时, 工作蒸汽的温度为78℃。如工作蒸汽发生器内的传热温差为20℃, 则采用100℃以下的工业废汽即可作为热源。这在一般食品和油脂化工厂是不难得到的。

(3) 本文对于两种不同冷却法的滤液回收所消耗的能量未作讨论。但回收手段、溶剂种类以及溶剂比相同的条件下, 由于真空冷却的过程中已有部分溶剂从溶液中分离出来, 故滤液中残留的溶剂相对减少, 必然使溶剂回收的能耗下降。

若冷冻盐水冷却法所使用的溶剂为工业己烷, 在溶剂比相同的条件下, 由于真空冷却法所使用的丙酮较工业己烷纯度高, 沸点低, 在蒸发和汽提中可使用低品位的二次蒸汽, 故其回收溶剂的节能效果将会更加显著。

参 考 文 献

- 1 机械工程手册编写组. 机械工程手册. 机械工业出版社, 1982
- 2 张昌煜. 工业蒸汽的有效利用. 上海科学技术出版社, 1984

An Energy Efficiency Approach to the Fractionation Chinese Tallow to Obtain Cocoa Butter Equivalent (II)

Han Jixian Rong Xuemei Liu Shukai

(Dep. of Chem. Eng.)

Abstract The application of vacuum cooling fractional crystallization of cocoa butter equivalent from Chinese Tallow is a modern technique. It has many technological advantage over the traditional cooling technique. In order to apply this modern technique of vacuum cooling in the commercial production, This paper analyses it's efficiency of energy from the thermodynamic point of view.

Subjectwords vacuum cooling; Chinese Tallow/Cocoa butter equivalent; fractionation