

甜菜糖生产

第四册

糖汁的加热和蒸发

A. H. 伏斯托科夫 著
〔总〕 И. П. 别彼什金

轻工业出版社

甜 菜 糖 生 产

第 四 册

糖汁的加热和蒸發

〔苏〕 A. H. 伏斯托科夫 著
H. H. 列彼什金

許英达譯 王敏善校

輕 工 業 出 版 社

1958年·北 京

內 容 提 要

“甜菜糖生产”第四册“糖汁的加热和蒸发”一書，主要叙述甜菜糖厂糖汁的加热和蒸发的工艺原理、设备和操作维护方法。

本册可供甜菜糖厂訓練工人作教学参考書。甜菜糖厂中級技術人員、一般糖業干部和制糖中等技術學校的師生亦可閱讀。

А. И. ВОСТОКОВ И И. П. ЛЕПЕШКИН
ПРОИЗВОДСТВО САХАРА
ИЗ СВЕКЛЫ
ВЫПУСК ЧЕТВЕРТЫЙ
НАГРЕВАНИЕ И ВЫПАРИВАНИЕ СОКА

ПИЩЕПРОМИЗДАТ МОСКВА 1956

本書根據蘇聯國家食品工業出版社莫斯科1956年版譯出

甜 菜 糖 生 产

第 四 册

糖汁的加热和蒸发

[苏] А. И. 伏斯托科夫 著
И. П. 列波什金

許萬達譯 王敏吾校

輕 工 業 出 版 社 出 版

(北京市廣安門內白雲寺)

北京市書籍出版業管理局登記證出字第099号

東單印刷廠印刷

新華書店發行

*

787×1092 公厘 · $1\frac{3}{8}$ 印張 · 26,000字

1958年2月北京第1版第1次印刷

1958年3月北 京 第3次印刷

印數：2,751—5,250 定價：(10) 0.25 元

統一書号：15042·193

目 录

序言	5
I 甜菜糖厂的热力系统	6
II 加热与蒸发的物理过程与化学过程	8
1. 给热过程	8
2. 化学过程	12
III 加热	12
1 加热时蒸汽与热能的消耗	12
2. 渗出装置的预热器	14
3. 糖汁和糖浆的多管加热器	15
4. 贮槽中糖浆和糖蜜加热用的蛇形管和散热器	16
5. 预热器和加热器的维护	17
IV 蒸发	17
1. 甜菜糖厂蒸发时热能的多利用和多效蒸发装置	17
2. 有效温度差	19
3. 传热系数	20
4. 自蒸发	20
5. 抽出汁汽的选择	21
6. 附零效罐的四效真空蒸发装置流程图	21
7. 附浓缩罐的四效真空蒸发装置流程图	21
8. 附浓缩罐的三效压力蒸发装置流程图	24
9. 蒸发罐	26
10. 蒸发站的看管	31
11. 蒸发装置的煮洗和清洗	33

12. 蒸發裝置檢修後的驗收	36
V 冷凝水和不冷凝氣體的排出	36
1. 加熱器和蒸發罐汽室中冷凝水和 不冷凝氣體正確排出的意義	36
2. 自動排水器	37
3. 水压冷凝塔	38
4. 冷凝水收集槽	40
5. 氨氣排出管	40
VI 抽真空(真空)	40
1. 抽真空的方法	40
2. 平衡气压水冷凝器	43
3. 空氣泵	43
VII 劳动保护和安全技术	44

序 言

甜菜糖生产的整个工艺过程都是在高温下进行的。为此，甜菜絲、糖汁、糖漿、糖膏和糖蜜等都要經過多次加热。

要从清淨的糖汁制取結晶的糖，就必须將糖汁濃縮到一定程度，以便制取过饱和的糖液；因为只有在过饱和的糖液中糖的晶体才能形成和成長。为了將清淨的糖汁制成过饱和的糖液，需要將糖汁中相当大的一部分水分（为甜菜重量的105~115）蒸發掉。

甜菜糖厂中去除糖汁水分的过程通常分为两个阶段。首先，在蒸發器中將水分蒸發掉90~100%（与甜菜重量之比）；这时糖汁中的固形物由14~15%变为65%，而糖汁則变成糖漿。然后，將糖漿置于真空蒸發罐中再蒸發掉15~20%的水分（与甜菜重量之比）；这时糖漿的固形物已由65%变为92.5%，而糖漿則变为糖膏。

糖汁中水分的蒸發分为两个阶段，是有其重要的工艺和經濟的理由的。

第一，蒸發时糖汁顏色变暗，同时有矿物鹽呈混濁状态沉淀出来。因此在用真空蒸發罐煮糖膏之前，糖漿須經過硫燻、加热及袋濾。糖漿这一提淨过程可以在其濃度不超过65%固形物時进行。

第二，糖漿只有在最适宜的濃度时，經過短時間（3~4小时）內蒸煮，才能形成很好的晶体。實踐証明，含65%的固形物的糖漿濃度是最适宜的。

第三，水分蒸發採用多效蒸發罐，可以使蒸汽得到多次利

用的机会,这与單效蒸發相比較,熱能的利用較充分。蒸汽(即燃料)的消耗量可減少五分之三。

这本小冊子闡述了現代化甜菜糖厂的糖汁加热与水分蒸發的工艺过程。

I. 甜菜糖厂的热力系統

甜菜糖汁加热与水分蒸發採用水蒸汽:一次蒸汽(即由鍋爐来的蒸汽)和二次蒸汽(即糖汁中蒸發出来的蒸汽)。

糖汁的水分在蒸發罐中蒸發,糖汁和糖浆在預热器和加热器中加热,而糖膏則在真空煮糖罐中煮煉。蒸汽鍋爐、蒸發罐、預热器和加热器、真空煮糖罐以及一些輔助設備和管道,構成甜菜糖厂复杂的热力系統(圖1)。

在甜菜糖厂中有各种不同类型的蒸汽鍋爐;燃料都採用煤和泥炭(泥煤)。在使用活塞式机器作动力机的旧厂中,其蒸汽压力为8~15大气压(微过热)。在使用蒸汽透平机的新厂和改建厂中,蒸汽压力为15~39个大气压(过热达250~350°)。

压力达39个大气压的蒸汽鍋爐使用冷凝水;冷凝水不够时,可使用經過化学处理的水。这两种水皆不生水锈。

鍋爐出来的一次蒸汽叫做新汽,主要是供給蒸汽机或蒸汽透平机之用。蒸汽动力机用过的廢汽叫做乏汽,除一小部分用于蒸發前的糖汁加热器外,全部作蒸發之用。乏汽尚不敷蒸發之用时,可使用一些新汽。如果新汽的压力过高,可使其通过减压閥以降低蒸汽压力。过热蒸汽要用水潤湿並使它变为飽和蒸汽。新汽用途如下:供鍋爐自用(供应給汽泵和吹洗鍋爐沸

水管用) 供离心机内残糖吹洗用, 供糖浆箱中糖浆加热用, 供糖浆箱中糖浆的加热用以及供真空煮糖罐糖膏蒸炼用。甜菜糖厂中新汽总消耗量为甜菜重量的 60~65%。糖汁中蒸发出的二

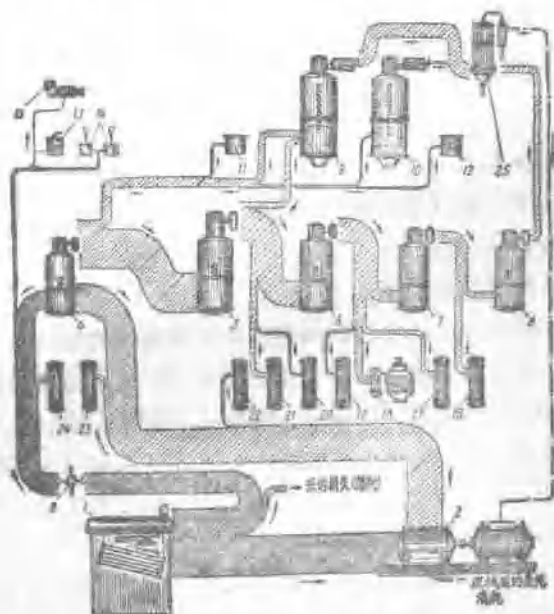


圖 1 甜菜糖厂的热力系統

1. 蒸汽鍋爐; 2. 蒸汽透平机; 3. 減压閥; 4. 第一效罐; 5. 第二效罐; 6. 第三效罐; 7. 第四效罐; 8. 濃縮罐; 9. 一号糖膏的真空蒸發罐; 10. 二号糖膏的真空蒸發罐; 11. 糖漿箱; 12. 糖蜜箱; 13. 回客糖罐拌槽; 14. 一号糖膏离心机; 15. 白糖干燥机的熱風机; 16. 原糖汁加热器(第一組); 17. 原糖汁加热器(第二組); 18. 器出裝置預热器; 19. 濃糖漿加热器; 20. 硫通兩汁的加热器; 21. 第一碳糖飽和汁的加热器; 22. 第二碳糖飽和汁的加热器; 23. 蒸發前的清淨糖汁的加热器(第一組); 24. 蒸發前的清淨糖汁的加热器(第二組); 25. 气压冷凝器。

次蒸汽叫做糖汁蒸汽（这种蒸汽有各种不同的温度），用于渗出装置的预热器，用于原糖汁、饱和糖汁及糖浆的加热器，甚至用于煮炼糖膏的真空煮糖罐。

II. 加热与蒸发的物理过程与化学过程

1. 给热过程

加热和蒸发都是由带热体（水蒸汽）将热能传给物品。在这种情况下，蒸汽失去热能而凝结为水。所以加热和蒸发过程实际就是给热过程。为了对这一过程能有更深入的了解，将热能的基本概念阐述于下。

糖汁的加热及其水分的蒸发，依靠水蒸汽的热能来实现。水蒸汽在供给热能之后复变为水。所谓“能”就是指能够做功的能力。“能”有机械能、化学能、电能和热能等。热能是靠燃烧燃料取得的，因而它也是化学能；热能还可以靠冲击和摩擦取得，这种能就是机械能；此外，热能还可靠电力取得。

热能以温度和热量来表示。

温度——即加热的程度。在工业上，温度用百度温度计（摄氏温度计）的度数来计量。将一根装有水银的密封玻璃管的水银球放入溶解的冰中，水银柱的高度刻度为 0° 。如果将温度计的水银球放在敞口器皿沸水上的蒸汽中，水银柱的高度有刻度为 100° 。由 0° 到 100° 的这一段距离分为 100 等分，每一等分就叫做 1 度。测量物体时，若物体温度比溶解的冰的温度低，水银柱则低于 0° ；若物体温度比沸水温度高，水银柱则高于 100° 。

热量的测定以卡为单位。在工业上将一公斤水的温度提高 1 所消耗的热量，就叫做大卡（大卡也叫千卡或公斤一卡；符号为

ККАЛ)。

將各一公斤不同的物質的溫度提高 1°C ，需要不同的熱量。物質的這一種性質叫做“比熱”。在工業上比熱用千卡/公斤 $^{\circ}\text{C}$ 來表示。水的比熱為 1.0 千卡/公斤 $^{\circ}\text{C}$ ，而糖的比熱則為 0.3 千卡/公斤 $^{\circ}\text{C}$ 。

冰熔解時吸收熱，但它的溫度不變，仍為 0°C 。物質的這一吸收熱而溫度不增高的性質，叫做熔解熱。一切物質都具有這一性質。熔融一公斤固體物質而不增加溫度所需要的熱，即熔解熱，用千卡/公斤來表示；例如水的熔解熱等於 80 千卡/公斤。

潔淨的水在敞口器皿中沸騰時吸收熱，但在水沒有完全蒸發之前，淨水及其蒸發的蒸汽的溫度不變，仍為 100°C 。這種在沸騰時吸熱而溫度不昇高的性質是一切物質所具有的。使一公斤已加熱到沸點的液體蒸發成溫度相同的蒸汽所需的熱量，叫做蒸發熱。蒸發熱用千卡/公斤表示；例如水的蒸發熱平均為 540 千卡/公斤。

物質由液體變成固體，需要把它冷卻到熔點；並且失去等於其熔解熱的熱量。

要使蒸汽凝結為液體，須將其冷卻到液體的沸點；並失去等於其蒸發熱的熱量。這時，蒸汽變為液體；其溫度等於液體沸騰變為蒸汽時的溫度。只有繼續放熱，才能使液體溫度降低。要使液體變為蒸汽，須將液體加熱到沸點，同時還須供給與蒸發熱相等的補充熱量。

在沸水表面上形成的蒸汽，其溫度等於沸水的溫度。這種蒸汽叫做飽和蒸汽。如果將這種蒸汽再繼續加熱，使其溫度超過沸水的溫度，所得的蒸汽叫做過熱蒸汽。過熱蒸汽放熱之後，是不會立刻凝結的。只有當蒸汽的溫度達到水的沸點時，蒸汽

才变成饱和蒸汽；再使之繼續放热后，蒸汽才开始凝結成水。

水以及其它任何液体的沸点，並不是一成不变的，它受液体所处压力的影响。水在敞口器皿中蒸發时，即在常压下，沸点为 100° 。如果沸水上面的压力增加，則水的沸点高于 100° 。如果压力減低，則水的沸点也隨着降低。

我們周圍的一切东西都处在空气的大气压力之下：大气压力常因具体条件不同而变更。大气压力用气压計来測定，並以水銀柱高的毫米数来表示。标准大气压相当于水銀柱 760 毫米高。实际上，大气压总是高于或低于 760 毫米的。

从密閉的器皿中抽出一部分空气，將气压計插入，就可看出器皿中的压力較外面的压力低，即密閉器的压力低于外部的大气压力。大气压和密閉器皿中的压力差称为抽真空或真空度。真空度用一种叫做真空計的仪器来測定，該仪器用水銀柱高的毫米数来表示。真空計是一个裝有水銀的器皿，中間插入一个兩头开口的玻璃管。当玻璃管頂端开着时，器皿中和玻璃管中的水銀高度相等。如果將玻璃管頂端和里面是真空的容器相連接，玻璃管中水銀柱就上昇；水銀柱的高度表示出容器中的真空度，該真空度等于气压計所表示出的容器內和容器外的差数。

加热的蒸發罐的压力常高于常压。

压力用工業大气压 (at) 来測定。一个工業大气压等于容器一平方厘米面积上所承受的一公斤压力。一个工業大气压，或相当于水銀柱高 735.6 毫米或相当于水柱高 10000 毫米 (10 公尺)。

蒸汽或液体的压力用流体压力計測量。流体压力計表示高于常压的压力，即表压或称工作压力；表示符号为 atm。流体压力計和气压計所表示的压力的和，就是絕對压力。

除压力外,糖液的濃度对沸点也有影响。淨水在大气压下的沸点为 100° 。糖液的沸点在同样压力下要比水高;糖液中的成分越多,則沸点越高,糖液沸点較之淨水沸点高出的那一部分的温度叫做沸点差。沸点差的大小取决于糖液的濃度(即濃度愈高,沸点差愈大)和糖液沸騰时的压力(即压力愈大,沸点差就愈大)。糖液沸騰时蒸發出的蒸汽温度和淨水沸騰时蒸發出的蒸汽温度相同。例如,在常压下,淨水的沸点为 100° 其蒸汽温度也是 100° 。在同样压力下,含 50% 固形物的糖液的沸点为 102°C ,但这时其蒸汽的温度却是 100° 。

因此糖液沸点与其蒸汽的温度是不同的,糖液蒸汽的温度与糖液沸点之差,叫做温度降,这种温度降就等于糖液与淨水的沸点差。

由于各效罐中濃度与压力各不相同,因此温度降也不同;例如,在第一效蒸發罐中温度降是 0.5° ,而在最后一效蒸發罐中則是 $3.5\sim 4.0^{\circ}$ 。

热可以由某一物体傳到另一物体上,它总是由温度高的物体傳到温度低的物体上。如果两个物体的温度相同,它就不会由某一物体傳到另一物体上。某些物体傳热很快,如金屬;另一些物体傳热很慢,如木材,物体的这种傳热屬性叫做傳热性。物体内部热的扩散程度取决于該物体的傳热性。外部傳热可以有两种方法:与物体直接接触而傳热或隔开一定的距离用輻射的方式傳热。在液体或气体中,傳热採用攪拌(即对流)的方法,这是傳热的第三种方法。傳热量等于比热乘受热体的温度差再乘重量的积。例如,將比热为 0.6 千卡/公斤 $^{\circ}\text{C}$ 的 100 公斤糖漿由 60°C 加热至 85°C ,所需的热量如下:

$$100 \times 0.6 \times (85 - 60) = 1500 \text{ 千卡。}$$

用蒸汽通过加热面加热时,蒸汽的蒸發热消失后便凝結成

水。

2. 化学过程

当糖汁在蒸發罐中蒸發水分和提高濃度时，發生以下化学变化：(1)糖蔗糖的分解；(2)色度增加；(3)鹼度降低；(4)無机鹽沉淀物的析出。

如果糖汁在澄清、加灰飽和以及亞硫酸处理时提得很純，而且鹼度达到要求的程度 ($0.005\% \text{ CaO}$)，那么糖就不会分解得很多。假如糖汁沒提得純淨，糖就会分解得很利害。如果糖汁加热到 $125 \sim 126^\circ$ 以上，不論糖汁清淨程度如何，糖的分解作用也会很快發生。

蒸發时，糖汁的色度总是要增高；特别是当糖汁長時間停留在蒸發罐时，色度增高得更快。糖汁在蒸發罐中的時間愈長，制出的糖漿的顏色就愈深。

蒸發时糖汁鹼度降低的程度主要取决于甜菜的質量。特别是在加工保存時間过長的或已腐坏的甜菜时，糖汁鹼度降低得更快。蒸發时鹼度迅速降低是不好的，因为这会制得帶酸味的糖漿，从而难于煮煉並难于使糖膏結晶。

蒸發时，鈣鹽和鎂鹽的濃度逐漸增加並达到过飽和状态，这样，鹽类就会結晶析出。結晶析出的鹽，大部分在糖漿中呈混濁状态，一小部分淤积在加热面上，从而降低設備的傳热能力；蒸發效率也因而降低。

III. 加 热

1. 加热时蒸汽与热能的消耗

加热时热的消耗，取决于加热液的数量，比热以及开始和

最終的溫度差，此外，加熱時，熱能也會因外部冷卻而損失，

例如，假設甜菜含糖率為17.5%，每100公斤甜菜可得26.5公斤濃糖漿，糖漿濃度為65.0%的固形物時，其比熱為0.6千卡/公斤°C，糖漿由75°加熱到85°，即增高10°(85—75)。外部冷卻使加熱的熱量損失3%。為了測定熱能消耗的總量，將加熱所消耗的熱量乘1.03。這樣，100公斤甜菜的糖漿加熱所消耗的熱量為

$$26.5 \times 0.6 \times (85 - 75) \times 1.03 = 207 \text{ 千卡}$$

計算蒸汽消耗量，要將熱消耗量除以一公斤蒸汽凝結時所放出的熱量(千卡)，蒸汽凝結放出的熱量由於其溫度的不同而有異，但每公斤蒸汽凝結時放出熱量平均約為540千卡。因此，為了便於計算起見，蒸汽凝結所放出的熱量一般都採用540千卡/公斤。

按照上例100公斤甜菜所需的蒸汽消耗量為

$$\frac{207}{540} = 0.4 \text{ 公斤}$$

滲出汁加熱所需的蒸汽約為甜菜重量的7%。

糖汁和糖漿加熱所需蒸汽的約數如下表。

表1 糖汁和糖漿用加熱的蒸汽消耗量

消耗蒸汽的加熱器	蒸汽消耗佔甜菜重量的%	消耗蒸汽的加熱器	蒸汽消耗佔甜菜重量的%
滲出汁：		蒸餾前的糖汁：	
第一組	6.3	第一組	6.5
第二組	2.0	第二組	3.3
第一級酸鹼和汁	3.3	濃糖漿	0.4
第二級酸鹼和汁	4.4		

糖蜜加热所需的蒸汽为甜菜重量的 1.0%。离心机中糖的蒸發所需蒸汽也为甜菜重量的 1.0%。

煮煉糖膏所需蒸汽如下（为甜菜重量的%）:

煮煉 1 号糖膏	12.0	煮煉 2 号糖膏	2.5
煮煉 3 号糖膏	1.1		

2. 滲出裝置的預熱器

滲出裝置中糖汁是在單管預熱器里加热的，每一个滲出罐都裝有这样的預熱器（圖 2）。

預熱器是鋼制的圓柱體 1，上下兩端的生鐵蓋 3 是用螺栓擰緊的，圓柱體內部裝有管子套板 2，管子套板中壓入鋼的或黃銅的管子，其直徑為 30~33 毫米，長 1.5~2 公尺。蓋上裝有糖汁進入和排出用的連接管。

上蓋上有三個帶孔的凸出部分，用來放置兩個溫度計（操作和檢查用）和空氣閥。

蒸汽通過汽室中部的連接管 5 進入預熱器中各管子之間的空間。冷凝水由汽室的最下部經連接管 6 排出。不冷凝的汽體由預熱器汽室上部的連接管 7 引出。

糖汁順着管子由下往上流入預熱器。只有在把糖汁裝入滲出罐時糖汁才從管子的上面向下流。糖汁在管子內流動的速度為 0.2~0.4 公尺/秒。再

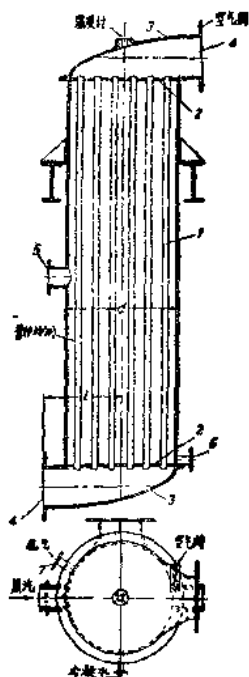


圖 2 預熱器

大的速度是不允許的，因为这会增大滲出裝置的阻力和水压。

在滲出裝置的預热器关闭时，汽室中产生交替加热現象，故有真空形成。为此，可在冷凝水排出接管和总排水管之間裝一止回閥。止回閥应当安裝在管子套板水平面 100~150 毫米以下的地方，以免 100~150 毫米高的冷凝水柱冲破止回閥的阻力。在这种情况下，汽室中不会有冷凝水积蓄下来。为了减少热的损失，預热器外壳应絕緣。

3. 糖汁和糖漿的多管加热器

糖汁和糖漿的加热，采用多管急流加热器。

糖汁和糖漿的多管加热器(圖 3)是个圓柱形鋼筒。内部裝有两个管子套板，管子套板中压入直径为 30/33 毫米，長为 2.5~3 公尺的鋼管。加热器上下兩端都有生鉄盖盖着。上下盖都有折叶，可以开关。关闭时，盖子用活节翼形螺栓紧擰在鋼筒上。

盖与管子套板之間的空間，不論上面或下面都用隔壁間隔成若干部分一通道。在奇数通道內糖汁向下流动，在偶数通道內糖汁向上流动。

糖汁在加热器管中的流速为 1.2~1.5 公尺/秒。

糖汁由双閥分配箱的一端进入加热器，流过通道，由双閥分配箱的另一端出去。分配箱进出孔是通过主轴所操縱的兩個閥門来关闭的。当閥門打开时，糖汁进入加热器又从加热器出来。当閥門关闭时，糖汁繞过加热器經該器閥箱入口連接管进去，从出口連接管出来。这样，糖汁可以繞过任意一个加热器。

蒸汽通过裝在加热器上部第三肘处的連接管进入加热器汽室。冷凝水經过汽室下部的連接管流出。而不冷凝的汽体則从

汽室上部的連接管出去。

加热器上盖和每一条通道相对的地方都装有空气开关。当加热器中灌注有糖汁时，开关是开着的。这种开关在底盖上也。开关的作用是在加热器停止工作时，放出通道中的糖汁。

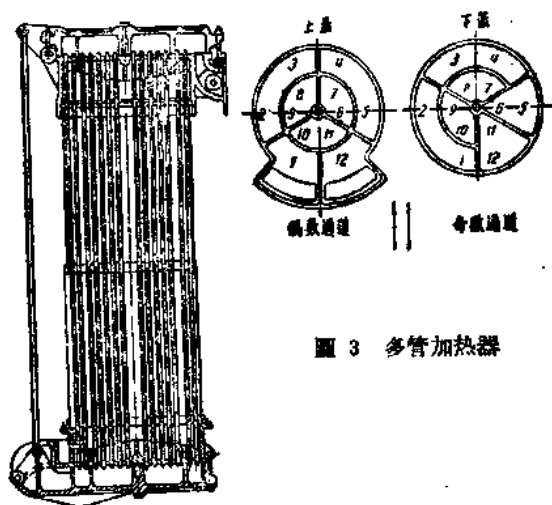


圖 3 多管加热器

每座糖汁加热器进出口上都装有压力计、温度计以及温度自动调节器。

4. 貯槽中糖漿和糖蜜加热用的蛇形管和散热器

糖漿与糖蜜在送入真空蒸發罐之前，在貯槽中用蛇形管及散热器加热。蛇形管是一种螺旋狀的弯管，裝在貯槽底上。热蒸汽由蛇形管的一端进入，冷凝水則由另一端經排水管流出去。

散热器是一条裝在貯槽底上的細管。从細管的一端放入热