

甜菜糖厂工人技术读本

蒸

发

轻工业出版社

甜菜糖厂工人技术读本

蒸 发

江苏省滨海糖厂 编著

轻工业出版社

内 容 提 要

本书是《甜菜糖厂工人技术读本》丛书之一。本书主要介绍糖汁蒸发的基本原理、蒸发设备结构、操作要点、蒸发罐清洗方法和糖汁加热及蒸发的计算等基本知识。

本书可供甜菜糖厂生产工人自学用，也可作为甜菜糖厂生产工人的培训教材或业余技术教育教材。

甜菜糖厂工人技术读本

蒸 发

江苏省滨海糖厂 编著

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张： $3\frac{8}{32}$ 字数：64千字

1978年2月 第一版第一次印刷

印数：1—5,000 定价：0.24元

统一书号：15042·1448

前 言

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国制糖工业广大革命职工高举“鞍钢宪法”的光辉旗帜，开展工业学大庆和技术革新、技术革命的群众运动，使制糖技术水平有了很大提高，技术队伍不断壮大。为了适应制糖工业发展的大好形势，满足广大职工为革命学习技术的需要，我们组织编写了《甜菜糖厂工人技术读本》。

这套工人技术读本分：《渗出》、《清净》、《蒸发》、《煮炼》四册。本书在总结实际经验的基础上对蒸发的基本原理、设备结构、操作要点及蒸发的计算等内容作了较系统的介绍。本书由江苏省滨海糖厂负责编写，苏谅同志执笔。

在本书编写过程中，范家屯糖厂、呼和浩特糖厂和包头糖厂等单位提供了有关资料并参加审稿，特此表示感谢。由于编写时间仓促，资料收集和经验总结都有一定的局限性，书中难免有缺点和错误，请读者批评指正。

轻工业出版社

目 录

第一章 概述	1
第一节 甜菜制糖生产过程简介.....	1
第二节 糖厂热系统.....	3
第三节 燃煤率和节煤措施.....	5
第二章 传热的基本理论	7
第一节 热传递和传热系数.....	7
第二节 热量和温度.....	9
第三节 比热、沸点和沸点上升.....	10
第四节 蒸发和冷凝、压力和真空.....	12
第五节 蒸汽.....	14
第三章 糖汁的加热	16
第一节 糖汁加热的目的和方法.....	16
第二节 加热器.....	17
第三节 加热器的操作管理.....	19
第四章 糖汁的蒸发	21
第一节 糖汁蒸发的目的.....	21
第二节 多效蒸发的原理.....	21
第三节 蒸发方案的选择.....	24
第四节 蒸发罐组的传热面积.....	25
第五节 汁汽和热水分配.....	26
第六节 影响蒸发效率的因素.....	29
第七节 蒸发过程中的化学变化.....	30
第五章 蒸发罐及其附属设备	34

第一节	蒸发罐及其管路	34
第二节	蒸汽喷射压缩机	38
第三节	排水和排气系统	39
第四节	真空冷凝系统	44
第五节	蒸发罐的安装和检修	48
第六节	安全生产注意事项	54
第六章	蒸发操作	56
第一节	蒸发岗位的任务	56
第二节	蒸发操作要点	56
第三节	蒸发罐洗罐操作	63
第七章	蒸发罐的清洗	65
第一节	积垢生成的原因及积垢成分	65
第二节	积垢的防止	66
第三节	刷罐方法	67
第四节	蒸发效率的简易查定	69
第八章	糖汁加热和蒸发的计算	72
第一节	糖汁加热的计算	72
第二节	热损失的计算	76
第三节	蒸发方面的计算	77
第四节	蒸发罐组传热面积的计算	83
附表		
附表 1	饱和水蒸汽的性质表	89
附表 2	糖汁沸点升高值	90
附表 3	加热器的传热系数 K 值	90
附表 4	蒸发罐组最适宜的温度条件	91
附表 5	保温材料传热系数 β 值	91
附表 6	盐酸比重表	92

第一章 概 述

第一节 甜菜制糖生产过程简介

糖汁的加热和蒸发是整个制糖过程中的两个工序，在学习这两个工序的原理和操作管理之前，了解一下制糖的全过程是有必要的。

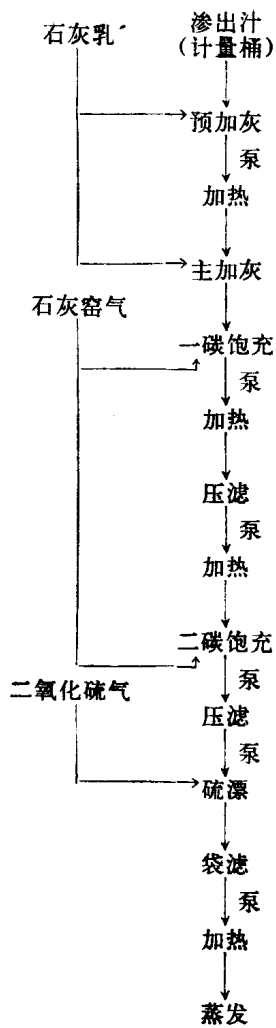
糖厂中，从甜菜的预处理到制成白糖，要经过二十多个工序，为了便于管理，通常把全过程分为三大工段，即糖汁的提取(渗出)、糖汁的澄清(清净)和蔗糖的结晶(煮炼)。

渗出工段包括甜菜的流送、洗涤、切丝、渗出。得到的是渗出汁和副产品废菜丝。

清净工段包括糖汁的加灰、加热、饱满、过滤、硫漂、蒸发等工序。碳酸法清净的工艺流程，要经过两次加灰，两次碳酸饱满，三次加热，三次过滤和一次硫漂。

第三工段通称成品工段，包括结晶(煮炼)、分蜜、干燥、包装。一般采用三段煮糖法。第一次煮出的糖膏，经过分蜜，得到成品糖。第二次煮出的糖膏，分蜜后得到二砂糖，经过再溶，混合到蒸发糖浆中。第三次煮出的糖膏，也叫末号糖膏，经过助晶、分蜜，得到三砂糖，分离出的三号蜜即废蜜，作为副产品，是发酵工业的原料。三号糖通过蜜洗、分蜜、再溶，混入蒸发糖浆煮一砂。

有的糖厂用二砂糖作为一砂糖膏的种子，可缩短煮糖时



清净工段产生流程

间，提高设备生产能力。但只能用于生产砂糖。

若甜菜含糖 17.5% 和制糖过程中糖分总损失一般指标为 3.2%，则回收糖量为 14.3%。对于日加工 500 吨的糖厂来说，每天可产糖 70 余吨。同时产废蜜约 25 吨，废菜丝（未经压榨的）约 400 吨。

糖汁的加热和蒸发，属于第二工段，今以 500 吨糖厂为例，列出清净工段的生产流程。

第二节 糖厂热系统

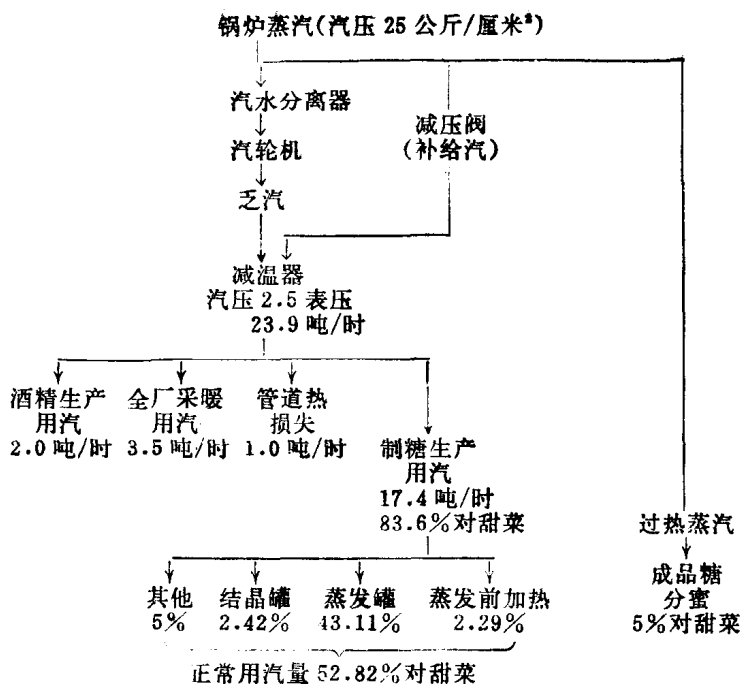
甜菜糖厂的生产过程，包括一系列的化工单元操作如：流体输送、浸取、气体吸收、过滤和分离、热传递、蒸发和冷凝、干燥等等。

制糖生产中，要连续不断地供应水、电、汽。生产一吨砂糖，大约要消耗二至三百度电、100 吨水和一吨煤。节约用汽、降低煤耗是生产管理中的重要课题。

糖厂热系统包括蒸汽锅炉、蒸发罐组、结晶罐、加热器和各个耗热工序。它涉及到生产用水水质、燃料质量、锅炉和发电机组、汽分配、热水分配等问题。

我国近年来新建的糖厂，在热系统方面，均采取厂内自发电的方案，利用透平乏汽，供给蒸发罐组。例如，在日加工 500 吨甜菜的糖厂中，锅炉总容量为 30 吨/时，汽轮发电机容量为 1500 千瓦。锅炉选用产汽量为 10 吨/时和 20 吨/时的各一台。全厂蒸汽用量为 23.9 吨/时，用电 1050 千瓦，电压 400 伏，50 周波。制糖生产用汽最大量为 17.4 吨/时。

下面列出蒸汽分配概况：



制糖生产期间，热系统中各个单元都是在密切相关的情况下进行操作，例如：锅炉汽压降低时，就会降低透平机的功率，打乱蒸发工段的作业，结果就降低了工厂的生产能力。结晶罐用汽量如果不均衡，也会破坏全部热力系统的有节奏的操作。

蒸发罐组不但是一个浓缩糖汁的工序，而且是第二个蒸汽发生器，蒸发罐不仅是一个热的消耗者，更重要的它是一个热的分配者。制糖耗用燃料的指标完成得好，其他经济技术指标也必然完成得好。相反，若工厂生产能力、产糖率等主要指标没有达到，热力损失就要增加。

第三节 燃煤率和节煤措施

燃煤率是制糖生产主要技术经济指标之一。每 100 吨甜菜耗煤的吨数，叫燃煤率。因用煤质量不同，通常燃煤率是以发热值为 7000 大卡/公斤的标准煤为计算基础。

燃煤率和锅炉热效率及车间耗汽量有直接关系，例如，全厂用汽量若为 50.5% 对甜菜，燃煤率可降到 7.0% 以下。我国 500 吨糖厂制糖工艺耗汽量按设计为 66.5%，折合每小时用汽为 13.9 吨。使用发热量 5150 大卡的煤，燃煤率为 15%。

我国广大制糖工人在节约燃煤方面积累了许多经验。大型糖厂燃煤率已达到 7.0% 以下。主要的经验有：对原有锅炉进行技术改造（增加炉膛容积，加大水冷壁面积，燃烧粉煤等等），利用锅炉烟道废热和生产剩余的凝结水，供车间和生活区取暖，利用凝结水供给预灰汁加热器，降温后的凝结水给锅炉用等等。

节约蒸汽，减少煤耗，降低制糖成本，不但有着重要的经济意义，而且具有重要的政治意义。降低煤耗应做好以下几项工作：

1. 设备和管道要妥善保温，减少热损失，车间温度不应超过 25℃。

2. 渗出提汁率控制在 120% 以下，渗出用水温度应达到 45℃ 以上。如果提汁率增加 5%，正汽用量就要提高 1.8% 对甜菜。

3. 合理利用蒸汽：全厂除第一效蒸发罐和成品分蜜用正汽外，其余各加热器、结晶罐、糖浆糖蜜箱等均可使用汁

汽。

4. 保持糖浆锤度达到指标，若蒸发罐积垢或糖浆锤度下降较多，应及时刷罐。

5. 石灰乳浓度达到 18° 波美，温度在 65°C 以上。严格控制进入糖汁中的滤泥洗水量。稀汁锤度应保持接近于渗出汁锤度，相差不超过 1.0 锤度。

6. 结晶罐控制打水量，分蜜过程中，控制蜜的锤度，减少打水量。

据报导，国外有少数糖厂燃煤率达到 3.0% 对甜菜，其主要措施是：

1. 用五效蒸发，末效汁汽全部用于加热。蒸发糖浆保持在 70.0 锤度。

2. 充分利用后几效的汁汽，多余的二效汁汽通过离心压缩机或蒸汽喷射器压回第一效罐再用。一效及二效抽出的汁汽量仅为 3.5%。

3. 利用凝结水和结晶罐汁汽、第四、第五效汁汽加热压粕水(回渗出)和预灰汁。

4. 结晶罐不打水，不用正汽洗罐，分蜜机不用汽洗。清净过程减少滤泥洗水量。

5. 提高渗出用水温度，减少渗出器用汽量，当甜菜含冰 20%，用汽仅 1.9% 对甜菜。

第二章 传热的基本理论

糖汁的加热和蒸发，都是利用热传递的作用，提高糖汁的温度。在讨论糖汁加热和蒸发的理论知识和实际经验时，复习一下传热的基本理论是有必要的。

第一节 热传递和传热系数

热是一种能量，可以提高物体的温度，改变物体的体积和状态。例如，把水加热变成蒸汽。

热的传递有三种方式，即传导、对流和辐射。

在加热器或蒸发罐中，热的传递以传导和对流为主。在蒸汽锅炉中，三种传热方式都存在：受火烤的地方，如炉膛，以辐射为主；在管道及烟气加热的地方以传导和对流为主。

糖厂中受热设备和管路，要妥善保温，防止热量由于辐射而损失。

物体传热的快慢，或材料传热的能力，和材料的性质有关，通常叫作热传导率，或称导热系数，其单位是大卡/米²·小时·°C。如钢的导热系数是40；而黄铜为70~90。

水垢的导热系数比钢小20倍，而烟灰比钢小200倍。可见锅炉必须定期刷垢和经常清除烟灰。

下面列出某些物体的导热系数：

铜

260~340

黄铜	70~90
铁	30~55
水垢	1~3
水	0.55

在计算加热器或蒸发罐的传热面积时，应先求出传热系数，它有别于导热系数。

传热系数是指每平方米加热面积，当温度差为 1°C 时，在一小时内传递的热量，单位是 千卡/米²·小时· $^{\circ}\text{C}$ 。四个因素之间的关系，可用下式表示：

$$Q = F \cdot \Delta t \cdot K$$

即：热量 = 传热面积 × 温度差 × 传热系数

传热系数和导热系数的区别在于：

传热系数等于由加热蒸汽把热传给糖汁时各个热阻总和的倒数，而导热系数是“各个热阻”之中的一个因素。

蒸汽的热传到糖汁时，受到四种热阻力的影响，因此，传热系数也称为总给热系数。这四种热阻力是：

1. 蒸汽对管壁的热阻 $\frac{1}{\alpha_1}$ ，即汽膜阻力；
2. 加热管壁的热阻 $\frac{\delta}{\lambda}$ ；
3. 积垢的热阻 $\frac{\delta_1}{\lambda_1}$ ；
4. 从积垢到糖汁的热阻 $\frac{1}{\alpha_2}$ ，即液膜阻力。

因此，传热系数可由下式求得：

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

或者

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2}$$

式中：

α_1 ——汽膜导热系数

λ 和 λ_1 ——管壁和积垢的导热系数

δ 和 δ_1 ——管壁和积垢的厚度(米)

α_2 ——液膜导热系数

关于传热系数的计算，在本书第八章叙述。在这里我们可以看出，影响传热系数，亦即影响蒸发罐效率的因素是多方面的。

第二节 热量和温度

把热量传给物体时，物体的温度就升高。热量和温度是两个不同的概念。

热量用千卡为单位来量度，而温度是以度(°C)为单位来量度。

热量是表示物体放热或吸热多少的量，而温度则是表示物体冷热程度的量。

热量的单位是这样规定的：质量为1克的纯水温度升高1°C所吸收的热量为1卡，在工业上，热量的单位是千卡，也叫做大卡。质量为1公斤的纯水温度升高1°C所吸收的热量，为1千卡。我们说，煤的发热量是7000千卡，就是说，每公斤煤完全燃烧时，能够放出7000千卡的热量。

再来看看温度，在工业生产中，物料的温度通过温度计测量。温度计有两种，即华氏温度计和摄氏温度计，现在通用的是摄氏温度计。

摄氏温度计测量水的沸点是 100 度，冰点是 0°C 度，沸点和冰点之间平均分成 100 格，每格是 1°C 度，符号用 °C 表示。

华氏温度计测量水的沸点是 212 度，冰点是 32 度，沸点与冰点之间平均分成 180 格，每格是 1 度，用 °F 表示。

第三节 比热、沸点和沸点上升

在计算糖汁加热或蒸发需要的热量时，要知道糖汁的比热。

比热就是某一物质的温度上升 1°C 所需要的热量，与同重量的水增加 1°C 所需热量的比值。例如温度为 20°C 的水一公斤升高温度 1°C 要消耗热量为 1 千卡；而一公斤糖浆增加 1°C 需要的热量为 0.64 千卡，糖浆的比热为 0.64。

比热的单位是千卡/公斤·度。比热反映了物质的热性质。水的比热为 1；而酒精的比热为 0.6。如果在两个小烧杯里，分别装入数量相同的水和酒精，同时放在热水浴锅上加热，用温度计测量它们的温度，就会发现水的温度上升得慢，而酒精的温度升高得比较快。

表 2-1 列出几种常见物质的比热：

表 2-1 几种常见物质的比热

煤油	0.50	水	1.00	粘土	0.233
酒精	0.60	铝	0.21	石英砂	0.196
冰	0.50	铁	0.11	水银	0.033
糖汁	0.90	铜	0.093	蔗糖	0.290

把水烧开了，在水的内部和水面上，发生剧烈的汽化，这就是水的沸腾现象。沸腾是在一定温度下在液体表面和内部同时发生的汽化现象，这时的温度，叫做沸点。

什么叫汽化呢？汽化就是液体变成气体的过程。汽化有两种方式，一种是在任何温度下发生在液体表面的叫做蒸发；另一种是在一定温度下在液体内部和表面同时发生的，叫做沸腾。

在标准大气压下，水的沸腾温度是 100°C ，也就是说水的沸点是 100°C 。这是指在标准大气压下的场合来说的。在西藏高原，气压很低，水在七、八十度就沸腾了。但在 25 个气压的锅炉里，水要到 223°C 才沸腾。

只有当液体的饱和汽压和外部压强相等时，液体内部才会发生沸腾，而沸点就是液体的饱和汽压等于外部压强时的温度。

在 760 毫米水银柱的大气压下的沸点，叫做标准大气压下的沸点，也就是正常沸点。酒精的正常沸点是 78°C ，而乙醚的正常沸点是 35°C 。

在同等的压强下，盐水的沸点和纯水的沸点不同，前者较高。也就是说，溶液的沸点比纯溶剂的沸点为高，这种现象，叫沸点上升。所高出的值，叫沸点升高值。糖汁的沸点升高值，和它的浓度成正比关系。在多效蒸发中，由于沸点升高而降低了汁汽的温度。例如，第一效罐糖汁沸点是 126 度，其沸点升高值为 0.5，汁汽温度就等于 125.5°C 。有的书上称为温度衰颓。