

怎样防止和减少 甘蔗糖生产中的糖分损失

郑 玉 编 著

轻工业出版社

怎样防止和减少
甘蔗糖生产中的糖分损失

鄭 玉 編著

輕工业出版社

1959年·北京

目 录

第一章 总論	(3)
一、糖厂中的蔗糖損失.....	(3)
二、蔗糖的物理性質.....	(4)
三、蔗糖的轉化和分解 (化学性質)	(6)
四、还原糖的分解.....	(9)
第二章 甘蔗的收割、运输和貯有中的糖分損失	(10)
一、甘蔗的收割.....	(10)
二、甘蔗的运输.....	(11)
三、甘蔗的貯存.....	(12)
第三章 压榨过程中的糖分損失	(13)
一、蔗渣中糖分損失的原因.....	(13)
二、如何防止微生物的侵入.....	(14)
三、如何提高压榨机糖分抽出率.....	(15)
第四章 蔗汁在澄清过程中的糖分損失	(24)
一、防止中和操作前的糖分損失.....	(25)
二、中和操作对蔗糖轉化的影响.....	(26)
三、蔗汁在沉淀器中的化学反应.....	(29)
四、如何减少滤泥中的糖分損失.....	(32)
五、蒸发崗位的糖分損失.....	(41)
第五章 煮糖分蜜过程中的糖分損失	(46)
一、各种因素对廢蜜中糖分損失的影响.....	(46)
二、降低廢蜜含糖分的措施.....	(49)
第六章 因故停机时对中間制品的处理	(55)
第七章 注意操作, 防止漏、污糖水	(58)

第一章 总 論

解放后，在党的正确领导下，随着国民经济的飞速发展 and 人民生活水平的不断提高，我們的制糖工业获得了空前的发展，并正以雄壮的步伐，一日千里地向前跃进。1957年我們的糖产量比1949年增长了三点二倍，1958年比1949年增长了四倍以上，全国新建、扩建的大、中型机械化糖厂有 100 多个，其中有日榨3000吨甘蔗的高度自动化的新型糖厂，（如广东江門甘蔗化工厂），而遍布祖国各地的小型糖厂更不下数千个。我国制糖工业的如此飞跃发展，显示了我們党和政府为满足我国人对食糖日益增长的需要关怀，和我国人民在党和政府的领导下，在食糖生产上作出了巨大的贡献。

糖不仅供人民食用，而且还是其它工业——制藥工业、食品工业、化学工业的原料，直接关系到其它工业的生产，为了满足和适应人民群众及其它工业对砂糖不断增长的需求，我們从事制糖生产的人员，有责任在制糖生产过程中，为减少损失，提高收回，生产出更多更好的砂糖而努力。

一、糖厂中的蔗糖损失

在机制糖厂生产过程中，蔗糖的损失可分为两大类：一为通过糖厂化驗室的化驗能計算其损失量的，称为有形损失，它包括在蔗渣、廢糖蜜、滤泥中的糖分损失。另方面是无法通过化驗計算其损失量的，称为未测定（无形）损失，它表现在蔗汁受細菌、酵素的作用和在具有氢离子 $[H^+]$ 及氢氧离子

[OH⁻] 存在时，蔗糖发生轉化，分解的损失，以及在生产上由于操作者的疏忽而引起的糖水漏泻损失。

一週日榨2000吨蔗的糖厂，在生产期中，上述蔗糖的有形损失和未测定损失，每月均达700~750吨，一个榨季就损失4200~4500吨蔗糖。尤其是损失于蔗渣中的蔗糖，当蔗渣作为燃料时，这些蔗糖就白白地被燒掉；损失于滤泥中的蔗糖，也多随滤泥作了肥料。如果我們在各方面采取措施，防止或减少1%的损失的话，每月就可为国家增产砂糖7吨，一个生产期内，就可增产砂糖42~45吨。因此，在制糖生产过程中，如何防止和减少蔗糖的损失，为人民多增产食糖是个重要的课题，它具有重大的政治和经济意义。

防止和减少甘蔗制糖厂过程中的糖分损失，一般來說，可以通过以下的几个途径来实现：注意操作，加强糖厂化学管理，改进工艺流程和设备，这将在以后几章中逐一加以讨论。而在讨论前，有必要将蔗糖的性质和各种因素对其轉化的影响，加以阐述。只有在对客观事物深入认识的基础上，才能在实际生产中去掌握它。

二、 蔗糖的物理性質

蔗糖属单斜晶系的結晶（如图1），不含結晶水。

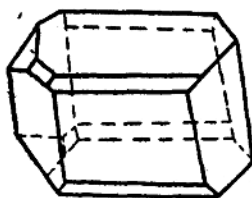


图1 蔗糖的結晶

純粹的蔗糖結晶系透明而无色。对于电流，它是一絕緣体，因而純蔗糖溶液对电流亦无傳導性。

蔗糖極易溶于水，亦易溶于苯胺，液态氨、乙酸乙酯、酒精与水的混合物中。它的溶解度随温度的升高而增大，对水的溶解度如下表

所示(表1):

表1 蔗糖在水中的溶解度

溫度°C	水100克中的溶解量 (克)	溫度°C	水100克中的溶解量 (克)
10	190.4	60	237.3
20	203.9	70	320.5
30	219.5	80	362.2
40	238.1	90	415.7
50	260.4	100	487.2

蔗糖在水中的溶解度不仅受溫度的影响,还与溶解于水中的溶解物(雜質)的性質有关,如有鉀、鈉无机盐类存在时,可以增加其溶解度,而鈣盐及葡萄糖存在时,則可减少其溶解度。

表2 蔗糖溶液的粘度(厘泊)

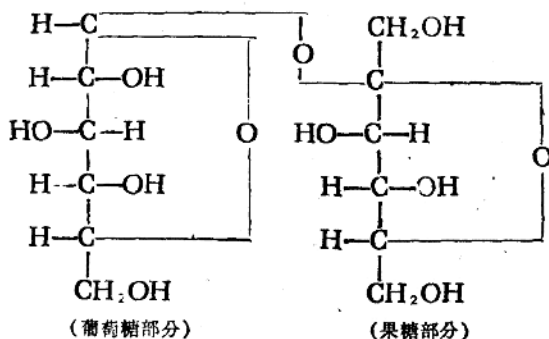
蔗糖 100克 溶液 (克)	溫度 °C								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
20	3.806	2.658	1.957	1.501	1.190	0.97	0.81	0.68	0.59
25	4.962	3.401	2.463	1.862	1.458	1.17	0.97	0.82	0.70
30	6.735	4.516	3.208	2.386	1.842	1.47	1.20	1.00	0.85
35	9.605	6.272	4.352	3.170	2.403	1.88	1.51	1.25	1.05
40	14.65	9.529	6.210	4.405	3.262	2.50	1.98	1.60	1.32
45	24.45	14.65	9.449	4.466	4.642	3.47	2.67	2.12	1.72
50	45.05	25.39	15.54	10.18	7.040	5.09	3.82	2.95	2.35
55	94.51	49.25	28.28	17.55	11.58	8.04	5.83	4.37	3.38
60	237.4	111.7	58.93	34.07	21.19	14.0	9.69	7.00	5.22
65	773.1	315.3	148.2	77.85	44.68	27.6	18.0	12.4	8.84
70	3654.0	1214.0	485.0	223.2	114.8	64.6	39.1	25.1	16.9
75	31410.0	7454.0	2344.0	891.0	392.2	194.0	105.0	61.6	38.4

蔗糖溶液的粘度是随溶液浓度的增大而增加的，最初浓度升高时，粘度缓慢增加，其后随浓度的升高而急剧增加（表2）。不纯的蔗糖溶液，其粘度有时比纯蔗糖溶液的粘度高，有时又较低。不纯糖溶液的粘度主要与其所含的水分及温度有关。但当其碱度超过 pH11 时，将引起溶液粘度的急剧增加。

由于蔗糖分子中有不对称的碳原子，故蔗糖溶液能使偏光面旋转。蔗糖中具有旋光性的物质（如其它糖类、氨基酸等），会影响蔗糖溶液的旋光度，但非活性物质（如钾、钠及碱土金属的盐类）也会减低蔗糖的旋光度，因此，不纯糖溶液，在旋光计中所测得的糖度与溶液中蔗糖的真正含量有微小的差别。

三、 蔗糖的转化和分解（化学性质）

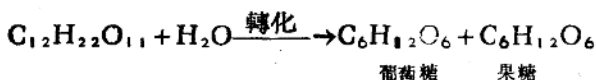
蔗糖的分子式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$ ，分子量为 342， 296，结构式为：



蔗 糖

所谓“转化”，从化学的意义上来说，就是一种水解作

用。蔗糖的轉化主要是因蔗糖溶液中的氫离子 $[H^+]$ 和轉化酵素的作用而引起的。即蔗糖溶液中有氫离子 $[H^+]$ 和酶存在时，就起加水分解作用。一分子的蔗糖轉化后生成一分子的葡萄糖和一分子的果糖：



蔗糖溶液中的氫离子 $[H^+]$ ，系各种酸类在水溶液中离解而来。例如 $HCl = [H^+] + [Cl^-]$ 。它是“轉化”作用的主要媒介。轉化酵素（酶）对蔗糖的轉化影响較小，当将蔗糖溶液加热到 $60^\circ C$ 以上时，此种酵素即已失去它的活动能力。

影响蔗糖轉化的因素，有下面几点：

（一）蔗糖溶液的pH值（酸碱值）和温度 我們已知，蔗

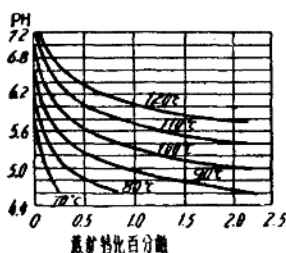


图2 轉化速率与pH、温度之关系

汁中的氫离子 $[H^+]$ ，是蔗糖轉化的主要媒介，但它使蔗糖轉化的速度与温度也有关系，而且温度因素的作用極大（图2）

（表3）。

从图2中可知，在同一pH值（酸值）下，温度愈高，轉化速率愈大；在同一温度下，酸值愈低，轉化的蔗糖量也愈大。在

表3中也可看出，不同温度下的轉化速度。比如 $90^\circ C$ 时的轉化速度就比 $40^\circ C$ 时大 320 倍。因此，蔗汁在酸性溶液中，加热温度不可过高。从图3中还可知道，只要 pH 值不断提高和温度不断下降时，轉化作用最后将完全停止。也就是說，只要我們在生产过程中，严格控制各工序所要求的最适 pH

值和溫度，即可防止或减少蔗糖轉化的机会。

表 3 以100°C時轉化速度为100在各溫度下蔗糖的
相对轉化速度

溫度	相对的轉 化 速 度	溫度	相对的轉 化 速 度	溫度	相对的轉 化 速 度	溫度	相对的轉 化 速 度	溫度	相对的轉 化 速 度
120	523	99	99.1	94	60.5	85	24.5	60	1.7
110	257	98	85.0	93	55.4	80	15.7	55	1.0
107	200	97	78.3	92	50.6	75	8.5	50	0.47
105	167	96	72.0	91	45.9	70	4.9	45	0.26
100	100	95	66.0	90	41.5	65	2.9	40	0.13
								25	0.018

(二) 各种酸类对蔗糖轉化的影响 蔗糖的轉化，主要是因各种酸类在水溶液中离解时，产生的氢离子 (H^+ ——阳离子) 和溫度的变化所引起的。但某些无机酸离解时生成的“阴离子”对蔗糖轉化也有影响。比如氯离子 (Cl^- ——阴离子)，可促進轉化，而 SO_4^{2-} ——硫酸根离子，則有减少轉化作用的傾向。現将各种酸类在相同溫度、濃度下的“轉化速度比”列出：

表 4

盐酸	硝酸	溴氫酸	硫酸	亚硫酸	草酸	磷酸	羧酸	醋酸	醋酸
100	100	111.4	53.6	30.4	18.6	6.2	1.53	1.07	0.4

由上表可知，盐酸、硝酸之轉化速度相同，而溴氫酸最大，醋酸最小。

(三) 蔗糖溶液的碱性分解 蔗糖在碱性溶液中（即蔗糖溶液在 OH^- 离子存在时）受热，則发生分解。分解后可生成糠醛、乳酸、甲酸、乙酸、二氧化碳和其它物質。在加

灰至 $\text{pH} = 12$ 的强碱性的蔗汁溶液中，在正常压力下蒸煮 1 小时，所损失的蔗糖约为 0.5%，这是因为在碱性分解过程中，由于酸的生成，而使溶液的 pH 值相应地下降。当下降到中和点以下时，则蔗糖开始转化，以致引起蔗糖的损失。但蔗糖溶液在弱碱性时，虽加热近沸点，亦不起化学变化，一般糖厂在普通提净过程中加灰处理蔗汁而于短时间内煮沸时，实际上对蔗糖无多大损失。

(四) 蔗糖晶体的热分解 蔗糖的熔点为 $185 \sim 186^\circ\text{C}$ 在熔点以下加热，蔗糖的分解很缓慢，如继续将熔化的蔗糖加热，则能迅速分解成为葡萄糖和果糖的无水物。加热到 $190 \sim 220^\circ\text{C}$ 时，即变成黑褐色的焦糖，再继续加热，终将完全碳化甚至燃烧。

四、 还原糖的分解

(一) 还原糖的分解对制糖生产的影响 蔗汁中所含之还原糖，在蔗汁呈碱性时，将发生分解作用。但还原糖的分解速率，则每因加热温度、蔗汁碱性的程度和蔗汁中含还原糖量的不同而异，其反应速率约与温度的增加成几何级数，大约每增高 10°C ，反应速率即增加 2 ~ 3 倍。同时，还原糖的分解作用一经开始后，即使变更以后的温度和 pH 值，仍不能阻止分解作用的进行。

碱性蔗汁在 55°C 以上时，还原糖分解成酸类物质，在亚硫酸法糖厂，主要生成乳酸、糖二酸，有时生成葡萄糖酸和草酸。这些有机酸类的阴离子，一经与钙离子结合后，即形成可溶性钙盐。它们不独影响蔗汁的澄清，增加蒸发罐的积垢，甚至使废蜜的产率增加，因而降低煮炼回收率。同时，还原糖分解后将生成胶质，使煮糖、分蜜工作困难；产生一

部分具有色素的葡萄糖酸鈣，此种鈣盐，容易吸附于蔗糖結晶表面而影响白砂糖的色澤。蔗汁在高温强碱时，还可使上述酸类及其鈣盐变为单宁質，此单宁質經与鉄离子結合即成为黑色斑点的化合物，这也是增加蔗汁色澤的因素之一。

(二) 如何避免还原糖的分解 当蔗汁中含有多量还原糖时，即要控制温度不超过 55°C ，此时，虽大量加灰于蔗汁中，仍可避免其分解（如甘蔗碳酸法糖厂即是）。至于蔗汁中含極少量还原糖时（例如甘蔗成熟期和新刈的甘蔗或甜菜糖厂），則加热温度及鹼度，可較含多量还原糖的蔗汁略为提高。

第二章 甘蔗的收割、运输 和貯存中的糖分損失

一、甘蔗的收割

收割甘蔗时，必須根据甘蔗早、中、晚熟品种的特性和栽培早迟、成熟度的不同来进行收割，只有在甘蔗达到成熟期时，蔗糖分的含量才最高。因此，在收割之前，必須对其成熟度进行檢定，然后从成熟度最高的蔗园收获起。一般收获的方法，多是斬根、剥叶、去蔗尾（梢头部）。收获后对甘蔗夹杂物（鬚根、蔗叶、梢头等）必須除淨，因它对生产上有着密切的关系，因为：

(一) 夹杂物的增多，就減低了压榨机真正的榨蔗量，如第一座日榨量2000吨的糖厂，其夹杂物的含量为甘蔗重的1%，那么就有20吨的夹杂物，而真正的榨蔗量只有1980

吨，相对影响每天砂糖的产量。

(二) 夹杂物为榨出之蔗汁润湿，它可吸收蔗汁，因而增加蔗渣中的糖分损失量。

(三) 蔗叶、鬚根、泥沙之間，附着有許多微生物，經压榨后，直接带入蔗汁中，为害甚大。有的菌使蔗糖轉化；有的菌使蔗糖轉变为醋酸、酪酸，使蔗汁产生酸味和臭味；还有些菌能使蔗糖分解为胶状糊精，使蔗汁粘度增大，影响沉清、过滤、甚或影响分蜜、煮糖。

(四) 夹杂物多，滤泥量增多，滤泥中损失糖分也就增加。

(五) 夹杂物增多后，运输費用也增大了。

一般甘蔗中夹杂物的含量，最好在0.5% (对蔗)以下。

二、 甘蔗的运输

根据“先熟先斬、即斬即运”的原则，对收割后的甘蔗，应迅速地（一般在24小时内）运往糖厂压榨，才不致引起轉化损失，否則将会变质，从表5我們可以看出收割后，歷經数日甘蔗轉光度及純度下降损失的情况：

表5

割后日数	锤 度	轉 光 度	簡 純 度	还 原 糖
0	21.2	19.93	94.0	0.3
1	21.6	20.20	93.5	0.3
2	21.7	20.25	93.3	0.4
3	21.8	19.69	90.3	0.8
4	22.3	19.07	85.5	1.6
5	22.5	18.45	82.0	2.1

因此甘蔗割下后，必須立即运往糖厂。表中轉光度一

項，在甘蔗收割后最初几天，轉光度稍有增加，随后即逐日下降，这是因为：（1）甘蔗的后熟作用（2）水份散失，相对的轉光度增加之故。

三、甘蔗的貯存

甘蔗運進厂后应立即壓榨，但如果万一因故不能立即壓榨時，可采取下列办法處理，以減少其變質損失。

- （一） 适当对蔗堆噴水处理，防止蔗之水分减少。
- （二） 割取时，保留地下莖部（即連莖拔出保存）。
- （三） 有条件的地区可搭一草棚堆貯，避免日晒、雨淋。

甘蔗收割后變質的因素相当复杂，客觀因素有：溫度、湿度、空气流动等。蔗本身的因素有：成熟度、轉化酵素、蔗之品种、水分含量等。尽管如此，糖厂的生产管理者，必須尽主觀最大努力，采取上述措施，或加强運輸周轉的調度，以达到减少損失的目的。如果讓其堆貯戶外，风吹雨打，日晒雨淋的話，則由于甘蔗變質而給生产操作上带来一系列的困难，其變質后的影响有以下几方面：

- （一） 水分减少，致使糖分抽出率和砂糖产量降低。
- （二） 轉光度下降及純度降低，影响蔗汁的質量和糖的产量。

（三） 蔗之酸度及果胶質之含量，随堆貯日期的增长而增加，因此在澄清处理蔗汁时，使沉淀、过滤困难。

（四） 据測定，如甘蔗于戶外堆積20天后，純度可由90.05%，降到51.24~54.11%，而还原糖含量由0.46%增加到5.5~6.3%，这种严重變質的原料，将无法利用来制糖了。

第三章 压榨过程中的糖分损失

一、蔗渣中糖分损失的原因

甘蔗經最后一座压榨机出来的蔗渣，系由纖維分、水分、原蔗汁所組成。每座压榨机前的碎蔗，進入压榨机，經受压后，碎蔗中的原汁被压榨出来。可是甘蔗中的纖維分受压后，离开榨机出口处时又复膨脹，此时被压碎的纖維随着自身的膨脹，在出口处会吸去已榨出之一部分蔗汁，同时受着压榨机效能的影响，甘蔗中的糖分不可能全部榨出，这就形成了蔗渣中的糖分损失。

据試驗得知，在相同的压榨效率下，纖維量的增加将会使留存于蔗渣中的糖分也比例地增加。如果有二間糖厂，甲厂

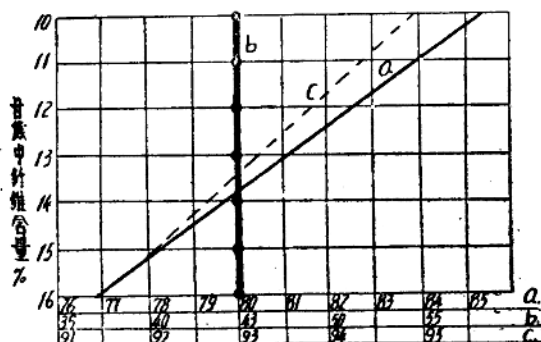


图3 甘蔗中纖維含量与压榨抽出率之关系

- a线——每100份甘蔗中榨出原汁量
- b线——损失于蔗渣100份纖維中的原汁量
- c线——蔗糖抽出百分率

加工的甘蔗含12%的纖維，乙厂則有15%的纖維，而此二厂的蔗糖抽出率（榨得糖分）相同均为95%的話，則乙厂損失于蔗渣中的糖分比甲厂少，乙厂的压榨成績比甲厂优良，因榨得糖分受甘蔗纖維分的影响頗大。为便于厂际間压榨成績的比較，就把含纖維分12.5%为标准来計算压榨成績，这样算出来的即为“更正榨得糖分”。

从图3中可以看到，在相同的压榨条件和方式下，糖分抽出率随纖維量的减少而升高。也就是說，損失于蔗渣中的糖分就跟着减少了。

二、如何防止微生物的侵入

在蔗汁貯箱內，压榨机座底部，蔗汁流經的蔗汁槽或压滤机底下之蔗汁托板上，有时发现一种胶状糊精的粘性物質，乃是由于微生物在蔗汁中繁殖而生成，俗称“蔗飯”。这些微生物利用蔗糖为营养物，使自身生长繁殖同时破坏蔗汁中的蔗糖分变为各种雜質。它們的繁殖力很强，据測一小时内可以增加一倍，一天24小时内，此类微生物就会增加到80万倍，它們虽对人体无害，但却使蔗糖分受到極大的損失。

“蔗飯”生成的原因主要是因在甘蔗收割时，夹杂物未彻底清除干淨，以致微生物粘附在蔗叶、鬚根、泥沙內，經压榨直接带入蔗汁中而引起；其次是对机械設備本身或其周圍的环境卫生工作做得不彻底，在轉弯叠摺等不易清洗的死角处，往往殘留历时过久已酸敗的蔗汁，招致細菌的寄生，而带入新蔗汁中，致使糖分損失，蔗汁純度下降。在室溫和微酸性（ $\text{pH}=5\sim6$ ），微碱性（ $\text{pH}=7\sim8$ ）的条件下，最易使能大量破坏蔗糖而分泌胶質的細菌繁殖。

防止“蔗飯”生成和細菌侵入的方法，目前一般糖厂采

用的有：

(一) 在压榨机底，压榨机間之中間輸送帶、复榨机鋼絲網及蔗汁流經的蔗汁槽上，經常用蒸汽噴射，進行消毒。

(二) 在上述各處，在平时或停機時注洒石灰水，亦可收到消毒的效果，使微生物無傳布的機會。

(三) 降低甘蔗夾雜物的含量，堵絕微生物侵入的道路。

(四) 對機械設備和周圍環境經常進行清潔衛生工作。如因故停機時，應迅速將貯存的蔗汁泵至下一工序加以處理，並對各容器進行徹底的洗刷，不能存有死角。

此外，也有使用氯氣、甲醛等殺菌劑者，噴洒在压榨機的兩側，中間輸送蔗帶鏈，疊摺處，機座及复榨槽底。據試驗報告知道，氯氣殺菌能力比甲醛強，平均每千噸甘蔗用 2.5 公斤氯氣，經氯氣殺菌後的混合汁純度可提高 0.54%，即相當增加糖量 0.125%，這種方法因成本高，目前糖廠未見使用。另據實驗資料知道，此種氯化法適用於不可能定期進行器械清洗的地方，以防止粘性沉積物的生成，如直接將氯或氯消毒劑加入蔗汁流中是不能產生效果的，因在產生消毒作用前，蔗汁中的有機物便與氯作用而失去作用。

三、如何提高压榨機糖分抽出率

(一) 影響压榨糖分抽出率的因素 影響压榨糖分抽出率的因素很多，也很複雜，但亦不外與压榨方法，機械部件的裝嵌、操作技術以及採用之設備有關，只要我們掌握以下所述各種影響因素，結合各廠現有設備的具體情況，選擇運用，是可以獲得提高抽出率的成效的。

1. 压榨方法及滲浸方式 甘蔗的压榨基本上有兩種：

(1) 干式压榨——甘蔗經切断、压碎等預处理之后，在压榨过程中不加水或不加后几座的回流稀蔗汁。

(2) 湿式压榨——甘蔗經預处理后，在压榨过程中，加水或同时添加后几座榨出之回流稀蔗汁。在湿式法中又可分为：

甲、单一渗透法：此法仅在第二座或第二、三座榨汁机处加水于后輥輟出之蔗渣中，第一座为干榨。如图 4 所示：



图 4 单一渗透法示意图

乙、双重渗透法：此法除加水外，还将后面几座榨出之稀蔗汁回流加入前面几座榨汁机中，使蔗渣吸水和稀蔗汁，渗透方式較簡單如图 6：

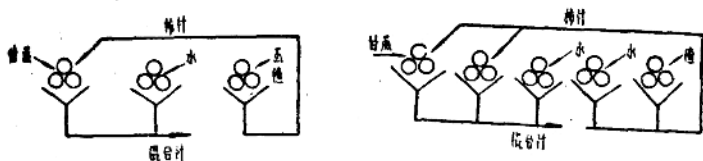


图 5 双重渗透法示意图

丙、复式渗透法：此法虽仍加水和稀汁，但系将后面几座榨出之稀汁分别導入前面各个榨汁机中，渗透方式較双重渗透法要复杂些見图 6。

按上述各种湿式方法分別計算其糖分抽出率时，在渗透