

中等专业学校試用教材

甘蔗糖厂化学检查

广东輕工业学院等 編

中国財政經濟出版社

中等专业学校試用教材

甘蔗糖厂化学检查

广东輕工业学院等 編

中国財政經濟出版社

1962年·北京

中等专业学校試用教材
甘蔗糖厂化学检查
广东輕工业学院等編

*

中国財政經濟出版社出版
(北京永安路18号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第111号

中国財政經濟出版社印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行
各地新华書店經售

*

850×1168毫米^{1/32}·8 $\frac{4}{32}$ 印张·206千字

1961年8月第1版

1962年7月北京第2次印刷

印数: 1101~1610 定价: (9)0.95元

统一书号: K15166·044

前 言

本書系根据1961年3月輕工业部召开的中等专业学校专业教材會議的决定，由广东輕工业学院主編，福建集美輕工业学院、河南省工业学校和广西貴县輕工业学校参加組成选編小組，以广东輕工业学院“甘蔗糖厂化学管理”講义为基础，参照104学时的教学大綱的要求，修改、补充而成。由于本書中有关化学管理方面的內容还不充足，故定名为“甘蔗糖厂化学检查”。

糖厂的化学检查，貫穿在整个制糖生产过程中，其目的在于，通过化学检查来发现生产中的問題，以便改进生产。

糖份損失的計算和防止，是糖厂生产中的一项重要工作，而半成品、成品的質量检查，在生产过程中又有特別重大的意义。

糖厂的化学检查工作，系由化驗室来进行的。目前我国大中型糖厂中，一般都有較完善的化驗設備和健全的检查制度。这样不仅有利于化学检查工作的进行，而且也為增加生产和提高产品质量提供了有利的条件。

“甘蔗糖厂化学检查”課程的任务，是培养学生掌握甘蔗糖厂的原料、材料、半成品、成品和副产品化学分析檢驗原理和操作技术，并培养学生对生产工艺过程初步具有調查研究的能力。

本書內容包括制糖原料及輔助材料、半成品、成品的化学分析，各車間的生产检查，以及制糖工艺过程中的用水、煤及气体的分析原理和方法等。其中理論講授約占40学时，实验約占65学时。24項实验中，各校可根据具体情况适当选择。書中不仅注意闡明基本原理，并且注意結合制糖工业生产实际。

本書編就后，曾由广东省輕工业厅、广东省輕工业設計院和广东甘蔗工业研究所等单位的工程技术人員进行审查，并由輕工业部教材編审委员会組織有关人員作了校閱，可以作为輕工业中等学校試用教材。

目 录

第一篇 化驗理論

第一章 采样的原則	7
第二章 固溶物分析	9
第三章 蔗糖份分析	23
第四章 还原糖份分析	44
第五章 水份分析	57
第六章 灰份分析	61
第七章 比色和色度分析	63
第八章 其他分析	69

第二篇 化驗操作法

一、固溶物分析（比重法）	79
二、固溶物分析（折光法）	81
三、旋光度分析（容量旋光法）	84
四、蔗糖份分析（二次旋光法）	89
五、蔗糖份分析（轉化还原法）	91
六、还原糖份分析（白地兰法）	93
七、还原糖份分析（四甲基蓝法）	96
八、混合汁分析	98
九、糖浆分析	101
十、废糖蜜分析	103
十一、白砂糖分析	106
十二、赤砂糖分析	110
十三、蔗渣分析	115
十四、比色分析	117

十五、酸度分析	(120)
十六、碱度、全鈣量及鈣盐含量分析	(121)
十七、硫熏汁中 SO_2 的含量分析	(125)
十八、含氮量分析	(126)
十九、石灰中有效氧化鈣的分析	(131)
二十、硫磺分析	(133)
二十一、烟道气分析	(135)
二十二、給水分析	(138)
二十三、鍋爐水分析	(142)
二十四、煤的分析	(144)

第三篇 化驗制品及糖量盘存

一、甘蔗糖厂的原料、半制品、成品和副产品的 日常分析及特别分析	(148)
二、化学管理計算	(148)

附录	(174)
----	-------

附录一、試药配制	(174)
----------	-------

附录二、其他主要仪器的校正	(188)
---------------	-------

附表	(201)
----	-------

附表 1 糖液在 20°C 时糖錘度、比重、波美对照表

附表 2 观测糖錘度温度改正表

附表 3 糖份百分数与折射率对照表

附表 4 折光計温度改正表

附表 5 徐密芝氏蔗糖份(旋光度)检索表

附表 6 克来杰除数表

附表 7 白地兰法还原糖检索表

附表 8 四甲基蓝法还原糖因数表

附表 9 甘油銅法还原糖因数表

附表 10 标准肥皂液氧化鈣换算表

- 附表11 蔗渣旋光度检索表
- 附表12 波美比重計溫度改正表（糖液用）
- 附表13 石灰乳不同濃度含CaO量表
- 附表14 每1毫升水在不同溫度時的重量表

第一篇 化驗理論

第一章 採樣的原則

樣品的採取，是一件很重要的工作，若所採集的樣品不能代表全體被檢物，則不管分析得如何準確，亦必會減低分析效果或完全失去意義。

樣品採取的主要原則是要求樣品有代表性。在原材料、半製品、成品中，採取能代表全體的樣品，是不容易的，所以必須研究採樣方法，規定嚴格統一的操作，才能避免和減少錯誤的發生。

在採樣及樣品貯存期內，必須防止微生物的侵入，以免引起樣品成分的变化，影響分析的結果。

常用的採樣方法有連續採樣、定期間歇採樣和不定期採樣3種。必須考慮到不同的具體情況作適當的選擇，而合理完善的採樣方法，應該是自動地、連續均勻地進行。現有採樣方法中尚有很多問題有待今後改進。

採取樣品時必須注意下面幾點：

(1) 採樣所用容器，必須保持整潔乾燥，不與樣品起化學作用，外加標識識別，不可混用。在未得到分析結果之前，切勿將樣品棄去。

(2) 注意樣品的防腐。防腐劑的種類很多，而糖廠常用的有甲醛(HCHO)及氯化汞($HgCl_2$)兩種。甲醛具有強烈的殺菌作用，能使蛋白質凝固失去腐敗效能。氯化汞有劇毒，同樣具有殺菌防腐的性能。

加入防腐劑時應注意，如分析還原糖時不能加入甲醛，因甲醛有還原性；分析pH值時，則上述兩種防腐劑都不能加入，因

它們在水溶液中都呈酸性反应，影响了分析的准确性。因此，pH值多在車間崗位直接分析。

(3) 不能讓某些样品吸收水份，或蒸发水份，故必須將样品桶密閉。

(4) 严格按照統一操作，采取最有代表性的样品。

(5) 采样桶、采样杓以及引汁用的銅綫等，应經常消毒，以免細菌繁殖，致使样品发生变化。

第二章 固溶物分析

溶解于水中的固体物質，称为固溶物。不純糖液中的固溶物，包括蔗糖和一切可溶于水的非蔗糖份。

溶液中所含固体物質的总重量，称为总固溶物。純蔗糖水溶液中的总固溶物就是蔗糖的重量，而在不純的糖液中，因含有雜質，則总固溶物等于蔗糖和其他可溶性非蔗糖份的重量之和。

固溶物的分析方法一般有干燥法、比重法、折光法 3 种，現分述于下：

一、干燥法

干燥法是通过分离样品中所含的水份而測定样品中固溶物的含量。是測定样品中含固溶物真正重量的較可靠的方法。

由干燥法測得的固溶物，称为真固溶物。但是它的正确性，并不是絕对的，它亦受温度和时间的影响，延长干燥时间和增高温度，則所得固溶物百分数，可能更小一些。因为被干燥的物質会随温度的升高而引起分解。要是把干燥的温度降低一些，干燥过程便进行得很緩慢，并且有些水份（如某些結晶体中的結晶水）在低温下不能除去。只有在較高的温度下，才可以除去。因此含非蔗糖份多的糖液，用干燥法来測定真固溶物量是不够准确的。

干燥后，依照下列公式計算出样品中含固溶物的百分比。

$$\text{样品中含固溶物}\% = \frac{\text{干燥至恒重后样品重量}}{\text{原样品重量}} \times 100\%$$

用干燥法分析固溶物% 因所需時間較长，手續較为麻煩，一般不用来分析含水較多的样品。

二、比 重 法

(一) 基 本 概 念

物質重量与同体积水重量的比值称为比重。物質单位体积的重量随温度不同而异，故必須規定一标准温度。

物質在 20°C 时的重量与同体积水在 4°C 时重量之比，称标准比重，以 d_{20}^{20} 表示。

物質在 20°C 时的重量与同体积水在 20°C 时重量之比，称視比重，以 d_4^{20} 表示。

由于水的密度在 4°C 时为最大，每毫升水重量等于1克，故視比重在数值上大于标准比重。

水溶液的比重，通常随着溶質浓度增大而增大（指溶質比水重的物質），也就是說一定浓度的糖液，必有其一定对应的比重值，故測定溶液的比重，就可求出糖液的浓度。

溶液比重与浓度的关系，并不能計算而得。例如，由蔗糖溶液的比重来判断它的浓度时，須应用一种依据实验測定純蔗糖溶液而制定的比重——浓度对照表（見附表1），以便检查糖液的比重和浓度。

现代制糖工业中，糖液比重的測定，均以 20°C 为标准。

(二) 比 重 計

应用比重計測定溶液浓度为最简单、迅速且相当准确的方法，在糖品分析上一般采用下面两种比重計：

1. 糖錘度計（見图1）

糖錘度計的刻度符号以 B_x 表示，其刻度方法以 20°C 为标准，在蒸餾水中为零度，在1%純蔗糖溶液中为1度（即100克糖液中含糖1克）。而普通分析則以糖錘度（ B_x ）直接表示不純糖液中

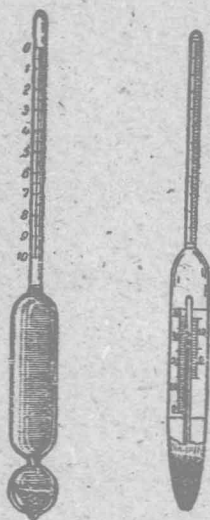


图1 糖錘度計及附有溫度計的糖錘度計

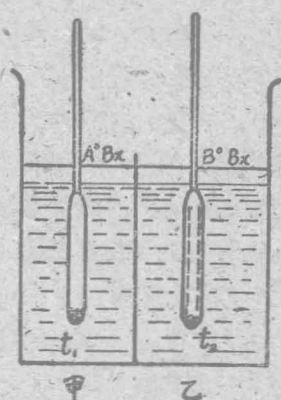


图2 糖錘度計在不同溫度液體下變化情況

甲—糖錘度計在標準溫度下的位置

乙—糖錘度計在非標準溫度下的位置

含固溶物的重量百分數。

2. 波美計 (Bé)

波美計的刻度符號以Bé表示，其刻度方法，以 20°C 為標準，在蒸餾水中為零度，在15%食鹽溶液中為15度，在純硫酸（比重1.8427）中其刻度為66度。波美計沒有直接表示糖液濃度的百分數值。普通 1°Bé 相當於 1.84°Bx 。精確計算時可從附表1查出。

在製造比重計時，刻度是以 20°C 為標準，但被檢溶液的溫度，往往不符合要求。

若把在標準溫度下刻度的比重計，測量非標準溫度下的液體，由於被测液體和比重計玻璃受熱膨脹的關係而改變其體積，則所得讀數，不能表示出正確的數值，必須進行校正。

設糖錘度計的標準溫度為 t_1 ，並放在具有同樣溫度的糖液中，所表示的糖錘度為 $A^{\circ}\text{Bx}$ （見圖2，甲）。若再放入與此同濃度的糖液中，但其溫度為 t_2 ，且 $t_1 > t_2$ ，則由於溫度降低使糖液體積縮小，

浓度增加，浮力增大。比重計玻璃管縮小，所排开糖液体积便跟着縮小，使浮力降低。但由于糖液体积縮小，使浓度增大的影响大于比重計玻璃管体积縮小使浮力降低的影响。故糖錘度計应向上浮起，所表示的糖錘度为 $B^{\circ}B_x$ (图 2, 乙)。后者讀数大于前者讀数。从 $A - B$ 之差得出改正量，其符号为負。反之如 $t_1 < t_2$ 则发生相反結果，改正量的符号为正。

由此可知：当温度比 20°C 为低时，应减去校正数，若温度比 20°C 为高时，則应加上校正数。

为了进行上述改正，通常均利用由实验而制成的温度改正表来进行 (見附表 2)。

(三) 比重計分析固溶物的誤差

1. 含比重和蔗糖不等的非糖份所引起的誤差

不純糖液除含有蔗糖以外，还含有其他比重和糖不一样的非糖杂质，使糖液比重增大或减小，但一般來說，非糖份对溶液比重的影响，比蔗糖剧烈 (使溶液比重增大)。例如 20% NaCl 溶液比重为 1.15，20% CaCl_2 溶液比重为 1.17，20% 糖液比重为 1.08。所以不純糖液由实验測出的比重，按純蔗糖溶液实验編成的比重浓度对照表查出对应的浓度时，因受到比重大的非糖份物质的影响，百分浓度数值，应較实际为高。故应用比重法分析时，糖液純度愈大，誤差愈小，純度愈低，誤差愈大，在測定废蜜溶液时，誤差有达固溶物量 3% 以上的。

应用比重法測出固溶物的量，称比重固溶物，为真固溶物的近似值。

用比重法測定糖液的固溶物时，所含非糖份为有机物，則誤差不会太大，而若含有有机物的鉀盐、鈉盐和鈣盐，誤差便大很多，含无机盐类时，誤差更大。这种現象是和无机盐类的比重，盐类的电离作用及离子的水化作用有关的。

比重固溶物和真固溶物之差 (对 100 份固溶物的百分数) 受

浓度的影响頗大，浓度較高时其差数就小得多。例如，按比重法测定未稀释的糖蜜固溶物时，比重固溶物和真固溶物之差仅为稀释4倍时的 $1/2 \sim 1/3$ 。这是因为盐类非糖物在稀薄溶液中的电离程度和水合程度較大，故对溶液的影响亦較大。

2. 表面张力和比重計湿润程度不同所引起的誤差

当比重計浮在液体中时（見图3），作用于比重計使其向下的力为它的重量，如果比重計頸非常洁淨（未带有絲毫油脂时），液体与玻璃的附着力大于内部分子引力。由于表面张力的影响而沿着比重計頸上升，在比重計与液面接触处形成凹形弯面，这一弯面紧贴于比重計頸周围好象胶在上面一样，它增大了比重計的質量。因此比重計比沒有弯面时下沉較深。此弯面作用于比重計上力的方向是向下的。这力的大小为：

$$a\pi d \text{ (克)}$$

式中： a——液体毛細常数
d——比重計頸直径

$$\text{而 } a = \frac{2\alpha_1}{Dg}$$

式中： α_1 ——液体表面张力
D——液体密度
g——重力加速度

可知液体毛細常数决定于表面张力和密度的比值。由于不同

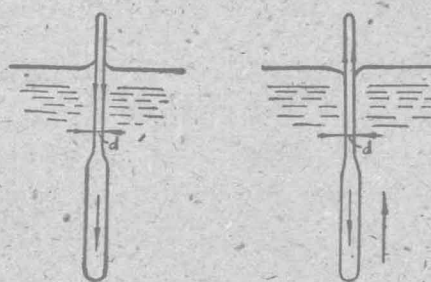


图3 表面张力对比重計讀数的影响

液体有不同的表面张力，故毛細常数的值也不一样。由此可见，在不同液体中凹面的大小和質量也就不同，它对比重計的影响亦不相同。

这些力和液体的浮力（比重計所排出液体重量）相平衡。

用标准純糖液制成比重計刻度时，已包含了表面张力的影响，当分析样品純度愈低，它所含非糖份（多为表面活性物質）能降低液体表面张力而使比重計上升，讀数比应有度数为大。

要是比重計頸蒙有一层油脂而不被液体所湿润时，誤差更大，因此时由于分子內聚力大于附着力及表面张力关系形成凸面，减少了附着于比重計頸的液体体积，它作用于比重計上的力是向上的，使讀数不准确而显得更大。

(四) 糖錘度的計算方法

用錘糖度計，在某溫度下直接測定糖液所得的数值，称观測糖錘度。在溫度 20°C 时，糖液含固溶物重量的百分率，称更正糖錘度或簡称糖錘度。

測得糖錘度后，按下列方法計算出更正糖錘度：

設观測糖錘度在 19°C 时 $= 20.00^{\circ}\text{Bx}$

$$(1) \frac{19^{\circ}\text{C时温度改正数} = -0.06 \text{ (見附表 2)}}{\text{标准温度 } 20^{\circ}\text{C时糖錘度} = 19.94^{\circ}\text{Bx}}$$

設观測糖錘度在 23°C 时 $= 22^{\circ}\text{Bx}$

$$(2) \frac{23^{\circ}\text{C时之温度改正数} = +0.19 \text{ (見附表 2)}}{\text{标准温度 } 20^{\circ}\text{C时糖錘度} = 22.19^{\circ}\text{Bx}}$$

設观測糖錘度在 25°C 时 $= 17.7^{\circ}\text{Bx}$

$$(3) \frac{25^{\circ}\text{C时温度改正数} = 0.317}{\text{糖錘度} = 18.017^{\circ}\text{Bx}}$$

改正数用插入法求得：

$$25^{\circ}\text{C} \quad 17^{\circ}\text{Bx} \quad \text{改正数} = 0.31$$

$$25^{\circ}\text{C} \quad 18^{\circ}\text{Bx} \quad \text{改正数} = 0.32$$

則相差 1°Bx 时，改正数相差 $0.32 - 0.31 = 0.01^{\circ}\text{Bx}$

糖錘度若以 18°Bx 为标准，相差 $18 - 17.7 = 0.3^{\circ}\text{Bx}$

$$\text{則改正数相差} = \frac{0.3 \times 0.01}{1} = 0.003$$

∴ 17.7°Bx 在 25°C 时之温度改正数 = 0.32 - 0.003 = 0.317

若以 17°Bx 为标准

$$\text{則改正数相差应为} = \frac{0.01 \times (17.7 - 17)}{1} = 0.007$$

∴ 17.7°Bx 在 25°C 时之温度改正数 = 0.31 + 0.007 = 0.317

計算結果相同。

用比重法測定溶液中固溶物含量的方法，虽然是近似值；但在糖厂化驗室中，測定比重固溶物所表示的近似值，在大多数場合下，已充分表现出各被检样品的比較特征，且分析方法簡便，故仍得到普遍的应用。

三、折 光 法

(一) 基 本 概 念

光綫由一种介質透过另一种介質时，一部分常为反射，一部分則透过第二介質于界面改变方向而形成折射。

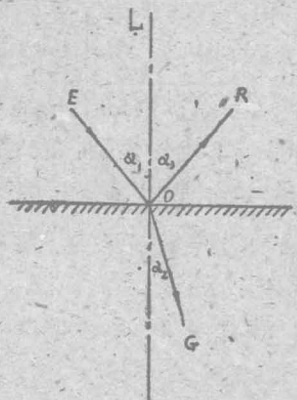


图 4 光的折射和反射

設光綫 E 从空气中投射到某一物体的表面上，則一部分被反射 (R)，一部分透过物体而折射 (G) (見图 4)。

在光的入綫点 O 作一垂直綫 L 称为法綫。入射綫、折射綫与法綫所成的角，称为入射角 (α_1) 及折射角 (α_2)，則入射角与反射角同在一平面內。在已知两介質中光的入射角与折射角正

弦之比为一常数，此常数称为折射介質对入射介質的折射率：

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = n \text{ (常数)}$$

亦即是說，一定的入射角，必有一相当的折射角。折射率与入射角的大小无关，而由分界面两边介質的 optical 性質决定。

假如在图 4 中，将入射綫与折射綫的方向互調，便可得同样的相反的結果。可見入射綫与折射綫之間，能在两个彼此相反的方向上通过同样的路程。这性質称为光的可逆性。

光綫的可逆性說明，如果光綫由第一介質进入第二介質的折射率为 n ，則第二介質进入第一介質的折射率为 n' 。

$$n' = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{1}{n}$$

折射率既然与光綫入射介質和折射介質的 optical 性質有关，为了使所有折射率有所比較起見，必須选定一种入射介質作为标准。

光由真空中射入另一介質时的折射率，称为該介質的绝对折射率。即真空绝对折射率为 1。

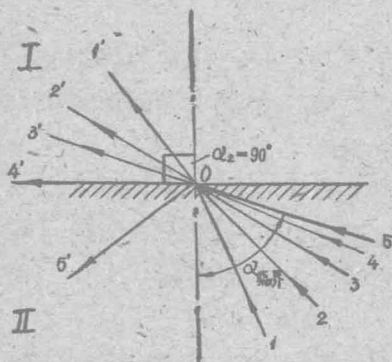


图 5 相对折射率

但由真空中測定各种物質之绝对折射率，操作很困难，而空气的绝对折射率 $n_{\text{空气}} = 1.003$ 与 1 相差甚微，故通常对于各种介質的绝对折射率是以空气为标准，蔗糖的绝对折射率为 1.56。

設第一种介質的绝对折射率为 n_1 ，第二种介質的绝对折射率为 n_2 ，則由第一种介質射入第二种介質时的折射率，称为相对折射率 n 。

如图 5 所示: $n_1 = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2'}$

$$n_2 = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2'}$$