

糖厂石灰窑 操作工人教材

單 鴻 远
白 芝 編 著

輕工业出版社

糖厂石灰窑 操作工人教材

覃鴻远 白 芝 編著

輕工业出版社

1960年·北京

內 容 介 紹

石灰窖是碳酸法糖厂中很重要的輔助生产工段，它关系到糖厂澄清工作的好坏。碳酸法制糖除了在甜菜糖厂已普遍采用外，甘蔗糖厂近年来也有采用的，因此石灰窖操作工人队伍也就迅速扩大。为了适应这部分工人学习生产、提高技术的需要，特编写了这本书。

这本书极全面而系统地介绍了石灰窖工段各方面的基本知识。对原料和燃料的选择，窖的种类和构造，石灰窖生产操作、检查、检修及生产中的一些注意事项、事故处理、安全技术等也都作了必要的叙述。参加编写这本书的几位同志中有石灰窖操作工人和技术员。本书内容很是实际。可作为石灰窖操作工人的学习教材。

糖厂石灰窖操作工人教材

覃鸿远 白 芝 編著

轻工业出版社出版

(北京市广安门内白夹路)

北京市书刊出版业营业登记证出字第099号

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行

各地新华书店经销

787×1092毫米 1/32×3 $\frac{6}{32}$ 印张·70.000字

1960年5月第1版

1960年5月北京第1次印刷

印数·1—4,000 定价·(10)0.35元

统一书号：7042·1021

目 錄

序 言.....	4
一、緒論.....	5
二、石灰窑所用的原料及燃料.....	9
三、石灰窑的种类及其构造.....	18
四、石灰石的鍛烧.....	39
五、石灰窑操作中的故障及其解决办法.....	72
六、石灰的消和.....	79
七、生产检查.....	87
八、安全技术和劳动保护.....	99

序 言

这本小冊子是結合編者本身几年来的实际操作体会，并綜合了我国大多数碳酸法制糖厂石灰窑的資料而編写的。以編者現有的經驗和水平，远不能胜任这一繁重任务；只是为了滿足广大制糖工厂石灰窑工人学习和提高技术的需要，且这方面的資料出版的还不多，才敢把它提供出版的。

它所提供的資料，若有一点参考价值的話，首先应归功于党的撫育与教导；以及老师傅們的培养帮助。

参加編写工作的有覃鴻远、楊昌俊、藍桂华、李树甦和白芝。我們期待着老师傅及同志們多多提出批評和指正，以便及时地改正存在的錯誤和缺点。

編者

1959.8.28

一、緒 論

制糖工业是发达得較早的輕工业之一，它发展成为大規模的工业生产已有一百多年的历史。目前，不管是甜菜或甘蔗制糖，不管是直接制造食用白糖或精炼粗糖，采用碳酸法来提淨糖汁的愈来愈多。因为它使用的澄清剂——石灰和碳酸气，价格低廉，供应方便，且能从糖汁中除去較多的非糖份，制取优质的高級白砂糖，收回更多的蔗糖份。

自1840年甜菜制糖采用簡單的碳酸法澄清糖汁后，逐漸改进发展成复式碳酸法工艺流程，此后在碳酸法澄清糖汁的工艺流程上，几乎没有原則性的改变。甘蔗制糖工业自1876年起，在有条件的工厂也采用了碳酸法澄清糖汁；很多精炼糖厂也相继的摺弃了用价格昂貴的脫色剂（活性炭、骨炭等），改用碳酸法提淨回溶粗糖浆。

采用碳酸法的糖厂都設有石灰窑，以生产提淨糖汁所需要的澄清剂——石灰和碳酸气。它在碳酸法糖厂中占有主要的地位，以致使人們一提到碳酸法制糖就很自然地联想到石灰窑。

由于制糖原料和制糖方法的不同，耗用的石灰量有很大的差別如表1。

石灰法和亚硫酸法耗用的石灰量較少，且不需要碳酸气，一般都是从厂外购买石灰。碳酸法及中間汁碳酸法，除需要大量的石灰外，还要有相应数量的碳酸气，因而所有的碳酸法糖厂都設有石灰窑。也有个别碳酸法精炼糖厂，由于需用的石灰不多，加以工厂附近不能方便地供应符合要求的

表 1

提 淨 方 法	CaO% (对甘蔗)	CaO% (对甜菜)
石 灰 法	0.06~0.10	—
亚 硫 酸 法	0.12~0.40	—
碳 酸 法	1.5~2.8	2.0~3.2
中 間 汁 碳 酸 法	0.6~0.8	—
精 炼 粗 糖	2.5~3.5 (CaO%对粗糖)	—

石灰石，而未設石灰窑。它們用从市場上购买的石灰和本厂鍋爐产生的烟道气来提淨回溶粗糖浆。

糖厂中使用的石灰窑均为竖式窑，由于使用的燃料和燃烧方法的不同，分为混料窑及气体窑两种。混料窑的结构简单，操作管理較易，耗用的燃料量少，但只能使用短焰燃料（焦炭和无烟煤）；气体窑則能使用各种地方性的长焰燃料（木柴和各种煤），但结构和操作技术較复杂。目前，虽然各制糖厂均普遍采用混料窑，但从发展来看气体窑有着广阔的发展前途。

一百多年来，制糖工业方面对竖式混料窑作了很多改进工作，主要集中在寻求完善的窑体结构和生产机械化与自动化。

甜菜糖厂最初使用的混料窑，为截圓錐形竖式窑体。它是上部小底部大的截圓錐体，如同截去塔頂的宝塔一样。烧好的石灰用长的火棒卸出，因为没有炉栅，小的灰块和灰粉沉积在窑的底部，使供燃料燃烧的空气不能均匀地进入窑内。

十九世紀末叶，在甜菜制糖工业中，用开恩（又称比利时）式窑代替了截圓錐形窑，它由两个截圓錐形在最大直径处互相連接組成。窑的底部有鋼制錐形分散器，用来防止灰粉在窑底的沉积，并作为石灰卸出的引导器。烧好的石灰仍

用人工取出。由于不能完全消除灰粉的沉积，且不能从窑内均匀地取出石灰，影响空气不能均匀地经过窑的整个截面上。后来把窑底部的锥形分散器换成了炉栅，克服了上述缺点，因而有炉栅窑底的出现。但由于炉栅窑底容易损坏，在使用维护上也较困难，尽管它有着上述优点，但仍未能得到普遍的推广使用。

为了增加窑的容量，克服开恩式窑的下述缺点：下部倒圆锥体卸灰口的截面缩小，减少了容量；阻碍物料有规则的下降；并易引起“炼块”成拱形的缺点。约在1928年又以圆柱形窑体，来代替下部的倒圆锥形窑体。在稍后的时间里，又设计并建造了细长的圆柱形窑体，完全用圆柱形体代替了开恩式窑上部的截圆锥体。它有下列的重要优点：（1）比同容积的开恩式窑的直径小，可减少物料在窑内的“分类作用”，相应地减少了“窑壁效应”；（2）有很高的高度，窑的热效率高；（3）物料在窑内整个截面增减的比较规律和均匀。

以上是竖式混料窑窑体结构型式演进的概况。虽然圆柱形窑体有许多重要的优点，但生产实践证明，如果石灰石和燃料的粒度不均匀，就不能保证混合料和气体均匀地分布于窑的整个高度截面上，结果引起燃烧不良；同时高度的增加，需要增加卸灰装置的机械强度，并易使窑内物料和烧好的石灰变得很碎，因而引起进入窑内的空气分布不均匀。因此，目前制糖厂仍采用开恩式窑体作为标准型式。

最初使用的石灰窑，窑体内部用耐火砖，外部全用普通砖砌成。这种窑在刚建成时还好，但使用几年后，砖体破裂，窑气即被漏进的大量空气冲淡。为了保证窑体整个高度上的密闭性，减少窑壁厚度，增加窑的机械强度，因而采用

了鋼制外皮。为了节省鋼材，有的窑在冷却区仍用普通砖砌成。

糖厂石灰窑的装料一开始就采用机械装料，仅烧好的石灰用人工卸出。现在某些老糖厂的石灰窑仍保持着人工卸灰。

随着机械工业、电气和仪表制造技术的进步，石灰窑的装料和卸料已广泛地采用了机械化和自动化设备。在操作管理上，已逐步采用了各种自动测量仪表和远距离指示装备，来检查和控制窑内的工作情况，如装料高度、窑气成分和温度、燃烧温度和窑内压力等等。大大地提高了窑的生产能力、产品质量和劳动生产率，降低了燃料耗用量和劳动强度，改善了劳动及卫生条件，更有效地保证了安全生产。

糖厂石灰窑的主要任务，是生产足够数量的优质石灰和二氧化碳（ CO_2 ）含量高的窑气，以供提净糖汁之用。石灰窑操作者必须在保证产品质量的基础上，提高窑的生产能力，降低单位重量产品所耗的石灰石、燃料和电力。一个管理完善的石灰窑应具有下述的指标：

（1）热效率：消耗于分解碳酸钙（ CaCO_3 ）的热量与加入窑内的燃料所能产生热量之比，在70%以上；

（2）单位容积产量：24小时内从1米³窑体的有效容积中取出的石灰量，在700~800公斤/24小时·米³；

（3）石灰烧成率：每100公斤石灰石在窑内煅烧后，已分解成石灰的数量，在95%以上；

（4）空气组成（按容积计算）：

CO_2	30%以上
CO	0.2%以下
O_2	1.0%以下
N_2	68%以下

这就要求石灰窑的操作管理人员，从各个方面去了解和掌握石灰石燃烧的最有利条件。必须对原料、燃料、窑的结构和性能、自动化设备和检查仪表有充分的了解，并能熟练地进行各项必要的计算。

二、石灰窑所用的原料及燃料

石灰石

制取石灰的主要原料是石灰石。凡含碳酸钙（ CaCO_3 ）不少于40%的岩石通称石灰石。它的产地几乎遍于全地球。

石灰石的颜色根据其中各种杂质含量的多少，有白色、黄色、绿色、灰色和黑灰色，以及带有各种色纹和色层。灰色和黑灰色是由碳化物和沥青的杂质引起的；海绿石或低铁氧化物的存在会产生浅绿色；含有铁及锰的氧化物，则呈淡黄色、褐色、红色及棕色；含有大量的镁时表面没有光泽；含有大量的硅时有结晶的光泽。石灰石块间夹杂的闪光结晶物主要是硅化物。

石灰石是由居于海水中各种有机体的遗骸沉积产生。海水在几百万年以前淹盖着我们的大陆，这些有机体死亡沉积于海底；因此在海底上形成矿床——贝壳、甲壳和骨干等。疏松的矿层渐渐紧密，形成坚硬。自形成矿床的时间起，经过的时间越长，形成的石灰石就越紧密坚硬；反之，则结构疏松。泥土状的石灰石年纪最青，如贝壳石灰石，没有显微镜也可用肉眼看到其中有贝壳和某些白垩的形状。即使在优质的石灰石中，有时也能发现螺蛳和海蚌的化石。现在我国南方的土制甘蔗糖坊，就有用贝壳灰代替石灰作为蔗汁澄清剂

的。石灰石的主要成分是碳酸鈣 (CaCO_3)。

十分密致堅硬的石灰石鍛燒比較困難，會增加燃料的消耗量。制取石灰所用的密致石灰石，在自然界中為最普遍。結構疏松的石灰石（如白堊），容易破碎成粉末，妨礙石灰窑的通风，鍛燒時易發生不正常現象。

鍛燒石灰石制得的石灰的質量和性質差別很大，主要取決於石塊中碳酸鈣 (CaCO_3) 和碳酸鎂 (MgCO_3) 及其他雜質的含量。因為 MgCO_3 和雜質影響石灰石的顏色及鍛燒溫度。

石灰石具有相當大的機械強度，它的極限抗壓強度為 $200 \sim 1,500$ 公斤/厘米²；比重為 $2.65 \sim 2.80$ ；重度平均約為 $1,500$ 公斤/米³。

由於工農業及建築業對使用石灰質量的要求不同，因此，對石灰石的質量要求亦有很大差異。制糖工業所用的石灰石可按下列化學成分（為固形物重量%）分類（表 2）。

表 2

化 學 成 份	劣	可 用 的	優 良
水	14.10	6.25	1.21
砂、泥 及 不 溶 物	4.5	3.17	0.55
有 機 物	1.20	1.12	0.41
溶 化 的 氧 化 硅	2.10	0.64	0.20
氧 化 鐵 及 氧 化 鋁	0.37	0.15	0.23
碳 酸 鈣	85.86	87.93	96.58
氧 化 鎂	0.95	0.53	0.58
氫 氧 化 鈉 及 氫 氧 化 鉀	0.05	—	—
未 測 定 者	0.87	0.24	0.32

下述石灰石的化學成分（為固形物重量%），可作制糖廠選擇時的優良標準：

碳酸鈣 (CaCO_3)	95.0以上
碳酸鎂 (MgCO_3)	1.0以下
硫酸鹽 (CaSO_4)	0.1以下
氧化鐵及氧化鋁 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$)	1.0以下
氧化硅 (SiO_2)	1.0以下
盐酸不溶物	1.0以下

所有杂质中最有害的是硅、硫酸盐和镁化物，需在实际使用中加以注意。若石灰石的质量不高，不仅煅烧后的石灰质量低劣，对糖汁的澄清有不良影响，使澄清工作困难；且易引起煅烧操作中的混乱，在窑内产生“结块”和“炼窑”事故。

糖厂石灰窑煅烧的石灰石块的大小（又称“块度”），根据生产的石灰数量而有不同的要求，通常采用下列数值：120~150毫米；100~120毫米；80~100毫米；50~80毫米。亦有采用重量作标准的，取1~3公斤或2~4公斤。

不同块度的石灰石，需要不同的煅烧时间。石灰石在窑内停留的时间，决定于其块度的大小和煅烧温度。块度愈小，煅烧温度愈高，则煅烧的时间愈短；因此，石块的大小对石灰窑的生产能力影响极大。

球形石灰石块在窑内停留的时间与其尺寸有如下的关系（表3）：

表 3

停 留 的 位 置	石灰石块的直径（毫米）					
	50	100	150	200	250	300
	停留的时间（小时）					
預 热 區	1.54	3.5	5.8	8.6	11.7	15.0
煅 烧 區	3.60	8.6	15.0	22.7	31.8	42.1
冷 却 區	1.10	3.0	5.6	8.8	12.7	17.7
在窑内的总时间	6.24	15.1	26.4	40.1	56.2	74.8

实际上，石灰石块并不呈球形，而有着极不规则的形状，它的表面积和体积的比值较球形为大。不规则形状的石灰石的表面积比同重量的球形块约大20%。因此，块状石灰石在窑内停留的时间比球形块稍短一些。

石灰窑用的石灰石，有的在产地开采成数十公斤重的大块，运到糖厂后才加工成需要的规格，然后堆存待用。这大多是运输条件较差的工厂，为了提高装卸效率及运输工具的周转率。目前大多数糖厂都在产地加工成生产需要的大小，进厂后直接供应石灰窑使用。后一作法可减少糖厂用地面积及减少处理碎石、碎石末的费用。

由于石灰石的密度较大，能抵抗水和严寒，所以对表面的水和雨雪都不需要防护，在任何堆场贮存均可，只要便于堆存和便于从堆场运到窑里就行。需要注意的是石灰石作为沉积岩而成层的存在。虽在同一矿场，各层的化学成分也可能有极大的差别，而成分和密度不同的石灰石，要求不同的煅烧条件。因此，不同矿场开采的石灰石最好能分堆存放。有经验的管理人员，可由石灰石的颜色判断出质量的好坏；灰色和深灰色，且色泽一致的石灰石通常是优质的。

燃 料

在石灰制造过程中，燃料有着极重要的意义，因为燃料的成本约为石灰成本的30%。此外，石灰窑的型式和煅烧方法也由燃料的种类来决定。

各种燃料中均含有不同数量的可燃挥发物；据此，可把燃料分为两类：（1）含有大量挥发物的燃料，以长而明亮的火焰燃烧，称为长焰燃料；（2）含有少量挥发物的燃料，在燃烧时虽无明亮的火焰，但有大量的热量放出，称为

短焰燃料。

长焰燃料有：木柴、块煤、頁岩、各种褐煤和煤。

短焰燃料有：焦炭、无烟煤等。

用长焰燃料和短焰燃料煅烧石灰石，其燃烧方式各不相同。

上述各种燃料均由碳（C）、氢（H）、氧（O）、氮（N）、磷（P）和硫（S）等化学元素所組成。碳是燃料中最主要的成分，其次是氢，碳和氢愈多，燃烧时放出的热量愈大。

燃料质量的好坏，通常用“热值”来表示。一公斤燃料燃烧时放出的热量，称为該种燃料的“热值”；它以“卡”或“大卡”来表示。一“大卡”等于一公斤水在正常压力下，温度升高 1°C 时所耗費的热量。一大卡等于1,000卡。由于燃料的組成成分的差别，故不同的燃料具有不同的热值。

氧、氮、水和灰分是燃料中的有害成分；由于它們的存在，减少了燃料基本燃烧成分的分量，并在燃烧时吸收了一部分放出的热量。

燃料的燃烧需要空气中的氧气（ O_2 ）助燃；因此，用控制通风量的方法，可以得到不同程度的燃烧情况。

当燃料中的可燃部分，即除去灰分和水分以外的部分，燃烧生成不可再燃气体时，叫完全燃烧；生成不燃气体的同时，还生成可燃气体的燃烧，叫不完全燃烧。供給燃料燃烧的空气量不足时，产生不完全燃烧；空气量越是不足，則燃料不完全燃烧的产品中，含可燃气体量愈大，尤其当燃料以厚层燃烧时更为显著。

燃料的使用，取决于燃料的种类和石灰窑的型式。长焰

燃料均用于气体窑，而机械竖式混料窑（以下简称混料窑）只能使用短焰燃料。因为在混料窑中，燃料和石灰石一起沿窑体下降，渐渐加热。长焰燃料在受热时开始放出可燃的挥发物，这些挥发物在窑的预热区内因温度不高，及在含 O_2 极微的情况下不能燃烧，随着窑气由排气管中逸出，损失了大量的热，浪费了燃料。同时挥发物沾染了窑气，增加了除尘和净化的困难，并使窑气中的 CO_2 含量降低。

由于目前我们的石灰窑都为混料窑，因此均以焦炭和无烟煤为燃料。

焦炭和无烟煤

焦炭是煤在特殊的炉中隔绝空气加热制得的，这时煤炭中原有的挥发物已被除去。它就成为只含少量挥发物或不含挥发物的人造固体燃料。石灰窑使用焦炭作燃料，具有下列优点：

(1) 挥发物含量少(不多于2%)，而且这些挥发物只在高温时才能从焦炭中分出。在窑内几乎能完全燃烧，使燃料能更好的利用；

(2) 挥发物少，窑气容易净化；

(3) 灰分少，减少了石灰中的杂质，提高了产品质量；

(4) 气孔率高和燃烧的有效面积大，锻烧区的温度集中；

(5) 硬度大，加工时损耗率低，但硬度太大的焦炭性脆，装入窑内时易破裂，选用时应加注意。

实际上，糖厂石灰窑选用的焦炭都是含硫、磷量高，不适用于冶金的二级焦炭，或是次级品和废品焦炭；也有用碎

焦炭的。因为使用优质的焦炭，对制糖厂来说是不经济的，而且没有必要。生产实践也证明，使用质量极低的半炼焦炭，也是完全可以的。如广西贵县糖厂曾用下述成分的焦炭（平均数值），仍能保证良好的煅烧操作。

固定炭·····	64.75%
水份·····	1.49%
挥发物·····	5.0 %
灰份·····	28.76%

焦炭虽是煅烧石灰石最优良的材料，但由于它的价格昂贵，且为冶金工业不可缺少的燃料，因此，经学习苏联的先进经验，1958年后，绝大部分碳酸法糖厂都使用了无烟煤。

无烟煤是煤中含固定炭最多的一种，它的硬度很大而挥发物含量不多，即使要求窑气中的 CO_2 含量很高的制糖厂和制碱厂，用来煅烧石灰石也是适用的；加以它的价格比焦炭便宜很多，因此成为煅烧石灰石的优良燃料。无烟煤的燃点约为 700°C ；重度约为 900公斤/米^3 。

我国糖厂石灰窑试烧无烟煤工作，在1954年6月由黑龙江省和平糖厂开始进行，取得了一定的经验。至1957年，又有吉林省新中国糖厂和广西省贵县糖厂，经长时间的试验，获得成功。得到下列的资料和经验：

(1) 具有下列性能的不烟煤，适用于糖厂石灰窑作燃料：

具有一定硬度

水份·····	5.0%左右
灰份·····	13.0%以下
挥发物·····	6.0%以下
固定炭·····	70.0%以上
挥发物中含硫量·····	越少越好

(2) 用无烟煤煅烧石灰石，窑气中的 CO_2 含量较用焦炭时略低，平均约为30%；但可满足碳酸法制糖生产对 CO_2 的需要。对石灰窑的煅烧无不良影响；

(3) 具有一定硬度的无烟煤块的大小，与用焦炭时相同，无需增大粒度；但与石灰石的配合量比用焦炭略高。消耗量为石灰石重的9.0~11%；

(4) 性能适用的无烟煤，煅烧石灰石得到的石灰和窑气，对糖汁的提净处理无显著影响和不良作用；

(5) 窑气中的灰尘较多，需加强除尘操作及提高洗涤器的净化效能；

(6) 制得的石灰质量与用焦炭时无明显差别，但呈浅灰色，且消和时残砂较多；

(7) 无烟煤比焦炭性脆，加工时易破碎，损耗率较大，约为煅烧石灰石重的8.0~10.0%，需加强筛选和分类工作；

(8) 用无烟煤作燃料，与焦炭比较，平均可降低燃料成本费50%。

实践证明，采用下列措施可以减少燃料的损耗率，并扩大混料窑的燃料供应范围。

(1) 筛洗出的小块（3~5毫米）无烟煤，集中的用于煅烧小块的石灰石；

(2) 使用低质无烟煤煅烧石灰石时，只要加强石灰乳的净化操作时，是完全适用于煅烧石灰石的：

有一定硬度

水份..... 2~4.5%

灰份..... 21~24%

挥发物..... 12~14%

固定炭..... 50~60%