



甜菜制糖工艺学

R. A. 麦克·斯尼斯 编

刘 道 元 译

輕工業出版社

甜 菜 制 糖 工 艺 学

R. A. 麦克·靳尼斯編

刘 道 元 譯

輕 工 業 出 版 社

1959年·北京

內 容 介 紹

这本“甜菜制糖工艺学”的特点是理論与实际并重,系統完整,条理清綫。作为中高級制糖技术人員的基础讀物和学校教本是很适宜的。因目前国内甜菜制糖工業正在迅速發展,而甜菜制糖工艺方面的基础讀物缺乏,特譯出以应需要。

原書共分 20 章,为了使本書更适宜于作中高級工艺学基础讀物,只选譯其中自原料甜菜貯存經加工到成品包裝貯藏的整个制糖工艺部分,石灰和二氧化碳等輔助材料生产工艺部分,以及廢絲干燥,廢水处理与副产品回收部分。

R. A. McGINNIS

BEET-SUGAR TECHNOLOGY

Reinhold Publishing Corporation

New York

本書根據上海萬第書店 1951 年校譯出

甜菜制糖工艺学

R. A. 麥克·斯尼斯 編

刘道元 譯

*

輕工業出版社出版

(北京市广安門內白厂路)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 099 号

北京市印刷一厂印刷

新华書店發行

*

850×1168 公厘 1/32·10 印張·2 插頁·250 000 字

1959 年 2 月 第 1 版

1959 年 2 月北京第 1 次印刷

印數: 1—5,000 定價: (10) 1.70 元

統一書號: 15042·438

目 录

第一章	甜菜的貯存	(3)
第二章	进入制糖过程的准备	(16)
第三章	渗出过程	(30)
第四章	糖汁提淨的基本化学	(62)
第五章	糖汁提淨中的第一次碳酸飽充	(97)
第六章	糖汁提淨中的第二次碳酸飽充	(123)
第七章	糖汁提淨的吸附剂与吸收剂	(154)
第八章	蒸發与燃料的节约	(187)
第九章	結晶	(213)
第十章	包裝与貯藏	(242)
第十一章	石灰和二氧化碳的生产	(252)
第十二章	蔗糖鹽廢蜜回收法	(270)
第十三章	廢絲干燥	(290)
第十四章	廢水的处理及副产品回收	(299)
附录		(318)

第一章 甜菜的貯存^①

甜菜貯存的必要性 大多數甜菜種植區的收穫期都很短，因此必須貯存甜菜。例如美國北部和落基山地區，在甜菜生長過程中糖分的增長一直要繼續到霜凍嚴重而甜菜不再長大時才停止，這時就要迅速地將甜菜收穫以免凍在地下。加利福尼亞州的情況又不一樣，嚴重影響收穫的是秋雨，因此在大批收穫甜菜時就必須將甜菜成堆貯存。由於所有的糖廠都要在整個生產期中保持能夠發揮工廠最大效率的進廠甜菜量，所以為了使甜菜可以均勻地送入廠內就需要一個供應貯存小量甜菜的處所。為此，將甜菜堆在貯存場。大規模的甜菜貯存堆就是一些沒有牆或者沒有頂棚的小堆集合而成。

堆甜菜的原則 目前改用电動或汽油引擎帶動的堆甜菜機可以把甜菜堆到15至20呎高，底部寬達110至120呎，堆長則因地盤與甜菜量而定。有些制糖公司用二三台堆甜菜機並排操作，將甜菜堆的寬度堆到好几百呎。寬堆的缺點是當局部發熱時難於消除，並且妨礙後面要談的自然通風。

收割的甜菜是活的有機體。它像一切生活着的組織一樣要進行呼吸，即燃燒糖分以維持生命。其次，貯存的甜菜容易受到細菌的侵害，也要損失掉糖分。糖分損失的速度和溫度的上升是成指數地增加的（見圖1—1）。再者，甜菜在呼吸時就放出熱，而促使溫度上升，隨之呼吸亦更快。當溫度超過45°F時，甜菜就會腐爛而損失糖分，最終結果可能使糖分損失殆盡。幸而我們有辦法使這種糖分損失降至最低。下面將研討幾個影響糖分損失的基本因素以及能夠保持甜菜貯存中糖分損失低的實際措

① 本章是柯吞與奧倫士編寫的。

施。

影响糖分损失的因素 周围的大气。因为甜菜在堆里会发热,所以自然通风很重要。应当严加注意,不让杂草混入甜菜堆在一起,因杂草将阻塞空气自由地通过甜菜堆的通道。加以杂草分解,也会增加额外的热。洁净的甜菜堆可以自行通风,因为热空气在中间上升,而周围较冷的空气就被抽入。如果堆的甜菜洁净,去顶也正确,那末决定堆中糖分损失最重要的因素就是甜菜堆周围空气的温度了。表1—1中列有在各种室外空气平均温度下贮存的甜菜糖分损失的标准数据。

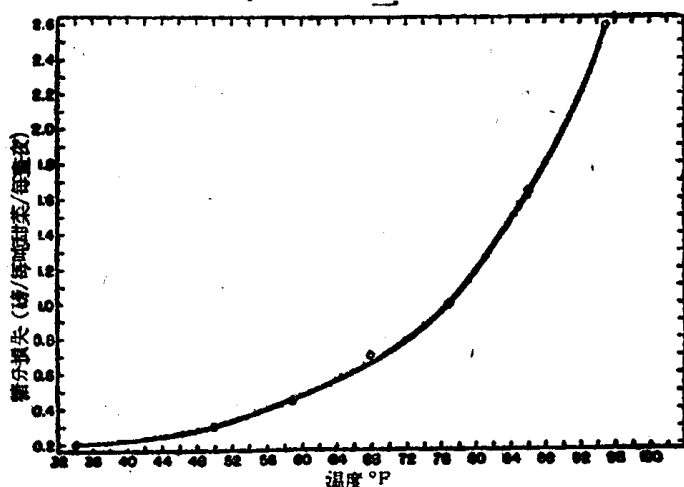


圖 1—1 測定的呼吸損失

表1—1中的最后四行是在14天内四个时期的损失。虽然周围空气的温度保持95°F,但显然甜菜在贮存中是越来越热了。在这样的温度之下细菌的侵害更为严重;其结果是在堆中造成局部发热,它可能使甜菜完全腐坏。将表1—1与圖1—1比較可以看出在同样的温度下,糖分损失的幅度相同。从各地区不同甜菜堆中观察到的变化都如所预期者。

甜菜周围空气的湿度也是一个因素,它的作用还没有彻底

了解。干空气由于使甜菜水分蒸发而使甜菜变冷,但甜菜太干了也有害。

表 1—1 在奧德蘭德(Woodland)所堆甜菜的糖分損失

試驗 經 历 日 数	平均空气温度 °F	对每吨甜菜每晝夜的 糖 分 損 失 磅 数
1—42	35	0.11
1—42	45	0.16
1—42	55	0.22
1—42	65	0.38
1—25	75	0.65
35—38	75	1.40
1—17	85	0.73
18—24	85	1.91
1— 3	95	0.75
4— 7	95	1.34
7—10	95	1.62
11—14	95	3.2

头尾切削不当和杂草 如果甜菜青头和尾根 切削得不当,仍留有菜叶和小根,則堆里空气的自然流通不良,並且甜菜可能又借貯蓄的糖分而重新發芽。甜菜头、泥土和杂草也阻碍空气流通。結果,即使甜菜並不重新發芽,在甜菜頂的叶子也將腐坏並發热。近来在烏打地区已經將仅保留大部分青头但不帶叶子的甜菜成堆貯存。因为甜菜根的青头能够再發芽,所以它是甜菜在生理上的最活动的部分。我們可以想象完全留頂的甜菜是不能与适当削去青头的甜菜同样貯存的。目前文献指出了如果將主要的芽体至少削去一时时則青头甜菜也能貯存。貯存这样的甜菜已获得成功。可惜缺乏削去青头程度不同的甜菜的糖分損失的数据。如果制糖公司想避免青头甜菜从貯堆送入厂时由于非糖分过多而提高在可得糖中的糖分 損失的話,此种数据甚为重要。

裝堆时使用在堆甜菜机上帶有振動欄柵的机械操作可以減

少由于杂草夾在堆里引起的損失。裝堆欄柵的卸出一端連續運動將杂草甩在較大的面積上,這樣就可以避免杂草形成一个大墊子且阻碍空气流通。如果杂草形成了墊子而阻碍空气流通,总是会局部發热的。有些制糖公司在他們的堆甜菜机欄柵之上裝一台吹風机来吹散堆面上的杂草。在堆甜菜机的篩子上裝吹風机也能除去不少杂草。

到現在为止,还没有更好的办法能够代替在甜菜裝堆之前細致的收获操作,以及很好的篩去泥土。

冻損 在气候寒冷的条件下,甜菜的上冻和化冻是造成甜菜在堆里腐坏的重要原因。当冻甜菜融化时,甜菜即迅速分解。所以工厂接收冻甜菜不应貯存于堆中,最好是尽快地立即送入工厂。甜菜堆成了堆之后,堆面甜菜必然上冻,再融化即分解。如果堆越大則堆面的甜菜按比例說將越少,这也是主張尽可能裝高堆的人的論点。关于这个問題下面还将討論。裝堆时,此堆的暴露会將在夜間上冻。到了次日又把新甜菜堆在这个暴露層上。到甜菜化冻时即發热並且向內部傳染。这种区域在冬末时常可以看到一条像河流一样的黑帶橫切甜菜堆。联合制糖公司做过一个有趣的实验以阻止这种損失,办法是在寒冷的夜間用紅外線灯直接照射到甜菜堆的暴露面上以防上冻。虽然这种操作的費用並未公开发表,但是看来还可实行。

他們也用过大張油布在夜間盖住甜菜堆来防止霜冻。此法費錢而且搬运时笨重。油布能够起保护作用,可是也沒有可靠数据以資判断其实用价值。

在阿尔比塔地方用泥土和叶子盖在甜菜上防冻。不过此法在美国多数地区恐不能实行。

堆的最适大小 甜菜堆的最佳高度还不确切了解。它可能因地区和季节之不同而变。一般的堆高20呎,低的約18呎。有的堆甜菜机可以將堆堆到24呎高。圖1—2是芒达納州的幸尼地区的两个並排的、貯存時間相近的甜菜堆的比較圖。其中一个堆

高 20 呎，另一个 15 呎。每堆都是潔淨的甜菜。堆高 20 呎的最高温度比較高，但平均温度則堆高 15 呎的較高。堆越高，局部發热的机会越大，这从堆高 20 呎的具有較高的最高温度可以証实。然而，較高的堆由于热作用或者說是“煙囪”（“Stack”）的作用，所以堆中的空气流动平均速度較快，結果平均温度就低些。当然还需要有了更多的数据之后才可能进行总结，但如果使用强制通風的話則高堆極為成功。

堆的方位一般是令最長的一边正对主要風向。風可以帮助堆中的自然流通，为了获得这种效果而有堆狹長形堆的趋向。不过这样裝堆会增加上冻的甜菜量，所以在决定这种操作之前应小心地进行試驗。甜菜貯存試驗需時間較長，並且費用大。如果沒有充分的准备，对所取的样品加以准确称量，細致地比較其含糖分、特別是純度，則可能做出錯誤的結論。最后，必須要有足够数量的样品才能进行数据的統計分析。

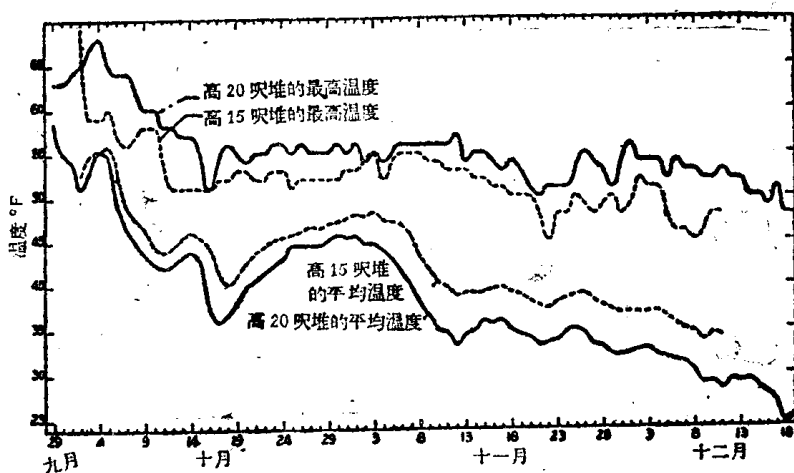


圖 1—2 高 15 呎与 20 呎堆的温度比較圖

甜菜情况的影响 显然，裝堆甜菜本身的情况是特別重要的問題。已經在田間枯萎的甜菜是不能同新鮮甜菜一样貯存的。其原因之一是这种甜菜进入堆中时的温度較高。当堆中甜

菜的溫度相當高時，例如超過 50°F ，則受過傷的甜菜也容易腐壞。一系列試驗指出溫度 65°F 時的腐壞速度比 45°F 時大 15 倍。溫度較低時，對甜菜呼吸損失來說腐爛並不重要。營養和遺傳也影響甜菜貯存的穩定性。拉茂發現在烏打地區施磷肥於缺磷土壤中則甜菜在貯存中的糖分損失降低。蓋斯敦爾發現在春天施氮肥則在某些情況下能大大降低甜菜於 45°F 時的腐壞，而且在某些方面的耐腐性能也較強。

福特與司托特指出用石灰水洒在堆面的甜菜上能降低恰在堆面之下甜菜的溫度。因為這部分甜菜总比堆裏面的糖分損失更快，所以這個保護方法有很大的經濟價值，特別是此法非常便宜。到現在為止，使用化學藥劑處理貯存甜菜還沒有獲得極有效的結果；其中可能使用乙炔氣有希望，不過也還沒有公佈的資料。事實上，粉末狀化學藥劑總是加速糖分損失的。潔淨的甜菜在堆中的正常糖分損失平均約為對每噸甜菜每晝夜損失 0.5 磅糖。

當然，在貯存與搬運甜菜時還要在機械方面加以考慮。搬運甜菜的機械上一定要裝設能夠很好振動的設備來除去泥土和雜草。當從堆上將甜菜送入工廠時，被強力鏟鏟散的甜菜都應立即拾回堆上以免為甜菜搬運機壓爛。如果不遵循這些規則其結果是糖分損失將比貯存中所測驗者大。最後，甜菜裝卸工長不應讓甜菜不按規程裝卸，不然在運輸途中甜菜會從貨車或車廂漏掉。

甜菜堆的強制通風

夜間冷空氣的利用 熱的甜菜損失糖分很快，但冷甜菜則非常緩慢。這個眾所周知的事實是美國農業部的司托特與福特、密西根制糖公司的弗拉克斯 (M. G. Frakes)，以及其他一些著者利用夜間的冷空氣冷卻甜菜試驗的結論。其出發點很簡單：即在夜間空氣溫度一般都較低，因之將這種冷的空氣吹過甜菜

堆就可以發生冷却作用。当甜菜被冷却到 30 至 40°F 时,就比較容易保持甜菜的冷态,因为此时甜菜的代謝作用或者說呼吸作用慢下来了。这就是說,它們不像在較高的温度时那样产生那末多的热。同时,在較低的温度下,甜菜也不易腐爛了。

通風空气可以將甜菜冷却的原因是空气的温度較低,同时其湿度也总低于甜菜堆周圍空气的湿度,因此可以引起蒸發而冷却。甜菜堆通風所須冷空气量的多寡主要决定于所要求的冷却速度、甜菜与供应的空气的温度、空气的相对湿度以及在堆中自然流通的空气量。試驗报告空气供应量为对每吨甜菜每分鐘 0.5 到 40 立方呎。除加利福尼亚州以外的土区,实际操作中發現空气用量由对每吨甜菜每分鐘供給 10 至 15 立方呎冷空气最为經濟並且也能收效。在南加利福尼亚州,为工厂接受甜菜貯倉

进行成功並有利的通風而供应的空气量是对每吨甜菜每分鐘 37 立方呎。

需用設備 使用軸流吹風机最适合甜菜堆的通風。其最适合的規格为 3 吋水柱的靜压头之下每分鐘容量 10,000 立方呎或更多的空气。

圖 1—3 所示是一个有通風和一个沒有通風的堆兩相比較的典型小規模甜菜堆之实际安置圖。更大的堆只在長度上有所不同,其通風管的距离都是

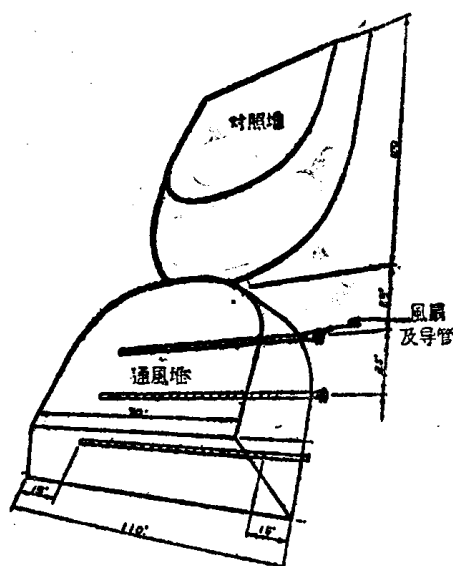


圖 1—3 不通風与通風的堆的比較圖解

25 呎。一个底寬 110 呎的堆可用 95 呎長的通風管就够了。高 20 呎的堆比較容易搬运,再高則著者手头尙無此种資料。在室

外的堆中使通風管相距 25 呎就能很好地分佈空气，但在貯倉中則應靠近些。通風管通常是用外徑 22 吋的廢油桶接成，兩桶接头处相隔 2 吋。空气就是由此間縫从桶通入堆中。为了便于移动，通風管一般用四个桶作为一段連接而成。將桶底和盖除去之后用鉄条使桶間距 2 吋而將桶焊在一起。圖 1—4 就是用除去底和盖的桶制成的通風管的詳細構造圖。波形鉄管，木制或混凝土制通風管同样都可以使用。操作好的工人在搬运甜菜中通風管损坏不超过 10%。如果使用夾壳式运甜菜机則損失可高达 30%。因此通風管桶至少应可使用三四年。將通風管固定只要挖一条 4 吋深的溝就行了。

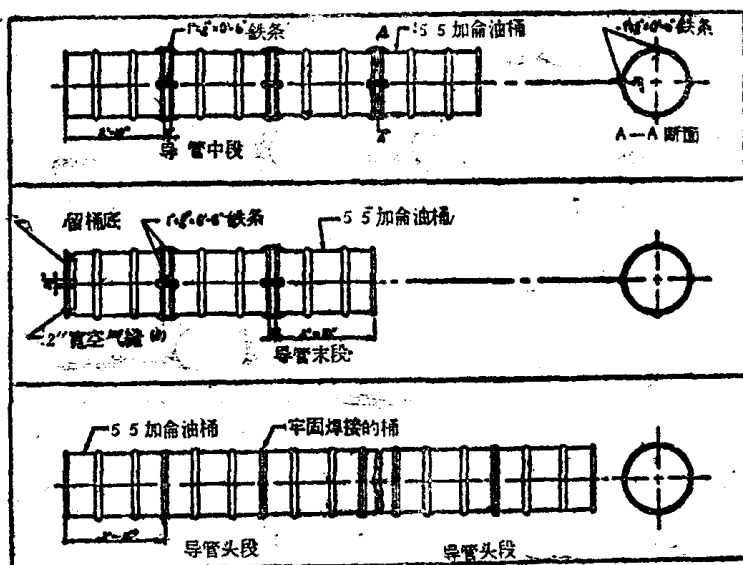


圖 1—4 用廢油桶制通風導管的詳細構造圖

通風的控制 通風只有在良好地管理之下才能获得最好的效果。为了掌握通風使甜菜堆处于較冷的气温之下，就必须知道每一根通風管之上的温度。气温如南加利福尼亚州的条件下的甜菜貯存庫的通風將于后面討論，因为这是例外情况。圖1—5所示是溫度計管的裝設位置，这样安排可以很好地記錄下堆中

的温度。这种温度计管用直径 $\frac{3}{4}$ 或1吋的黄铜或钢管制成，每天成堆后将它插入甜菜堆中。管子插入甜菜堆的一端应尖而平滑并用黄铜封口以便易于往堆里插，恰在尖端之上还应钻一些小孔使空气进去。管子长6呎，由堆顶往下插入5呎。玻璃制温度计可用牢固的线或细金属丝悬挂在管中，然后将管子上端塞住不让管内空气流动，不然温度计可能指示不正确的温度。温度计的水银泡可用一小段橡皮管套住以免碰破并防止读数时温度的变动太快。

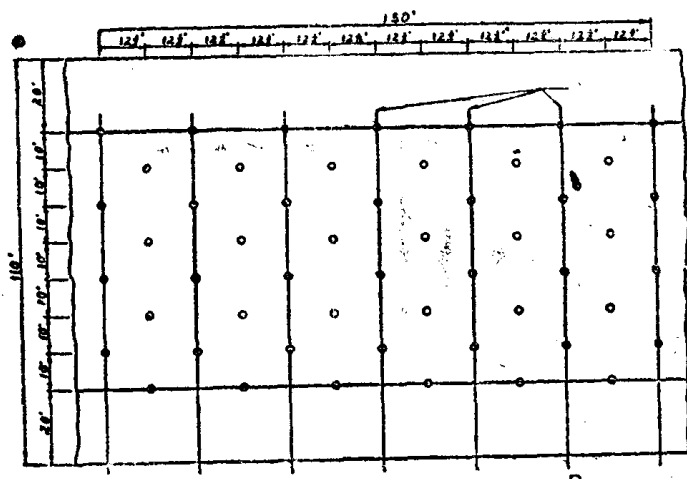


圖 1—5 控制堆通風的溫度計裝設位置圖

应用电流是第二个重要的管理方法。有些实际装备中采用恒温器自动地在预定温度范围内开闭吹风机。到傍晚由操作工人观察每个导管所控制的甜菜堆区域的温度。然后调整恒温器使之当甜菜堆周围空气温度比甜菜平均温度低 2°F 或 3°F 时各吹风机就开动起来进行通风。如果空气温度升到比预定温度高时则恒温器能将风扇关闭。装置中的另一个恒温器则能自动地在空气温度太低以致使甜菜上冻时即切断通风。此低温调节点一般是在 26°F ；稍迟当甜菜堆要上冻时，此极限温度应提高 30°F 。

当然,如果在某根通風管之上有局部發热区,则需要临时来判断了。在这种情况下,应该按照最高温度而不是平均温度进行通風。因此这种控制的要点不在于自动化,其价值在于能节省劳动力,并且可能尽早掌握时机就开始了通風。甜菜如果冷却的越快,节约就越多,也就越容易維持其低温。为获得最高的投资效果,这一点非常重要。所需设备应在收甜菜之前就裝置妥善,並进行試驗,以便在气候允許的条件下將甜菜裝堆后立即开始通風。

堆里的空气温度常較白天的室外空气温度为低,于是堆里的冷空气將逸出而热空气即侵入。通風管特別能帮助这种不良的空气对流。在實踐中用厚帆布包住通風管头,这样空气就不能进入堆中,因而此缺点也就克服了。如采用自动通風时,可在通風管头風扇之前安設一个構造簡單价錢便宜的自动气窗。只要有空气往堆里抽时此气窗即严密关闭。

貯存庫中的强制通風、甜菜貯存庫在密执安、科罗拉多、加利福尼亚州也进行通風。

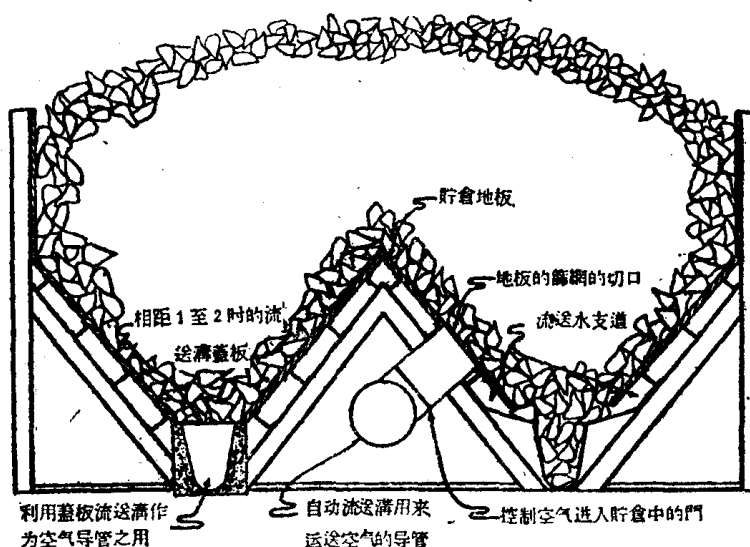


圖 1—6 用于接受貯倉中的流送溝型式。圖中有强制通風的附屬設備。

由于貯存庫側面有牆擋住不如敞开的貯堆的自然空气流通, 因此需要較多量的通風空气。

圖1—6是普通在甜菜貯存庫使用的兩種流送溝。有盖板的流送溝可以像通風管一样的用来在甜菜下面强制送入空气。盖板应有1到2吋的間距以便使空气能从流送溝进入甜菜中間。不过, 自动流送式的流送溝却無法这样作, 因为甜菜將貯存庫和流送溝都填滿了。在这种情况下就必须裝設通風管于貯存庫之下, 空气通过貯存庫底板上的切口而送入甜菜之中。因貯存庫構造不同而切口的間距大約为15呎。

加利福尼亞州卡頓地方的貯倉中甜菜非常热以致沒有必要去控制温度和使用恒温器。甜菜在貯存庫中是不断地进行通風, 因为甜菜在其中頂多停留48小时, 一般只有30小时。利用噴入通風管中水的蒸發也可收冷却之效。在卡頓地方的大气热而干燥, 所以有蒸發冷却的效果。他們使用兩台風扇裝設在一根通風管上, 最多可供給1,000吨甜菜所需的空气。風扇是在通風管兩端各裝一台。貯存庫底板切口間距16呎能单独打开和关闭。在全負荷之下, 可供給对每吨甜菜每分鐘26立方呎的空气, 当貯存庫沒有裝滿时供应量更大。卡頓的貯存庫是自动流送的, 所用通風管則如圖1—6中所示。

甜菜通風还是新近發展起来的, 所以, 提出某些設備的使用結果仍为必要。圖1—7及圖1—8中的数据是1949年从哈定地方得到的。这些数据与洛克福特及幸尼地方的相似。上述数据是从两个7,000吨的甜菜堆用相近的甜菜同时並排成堆而得来的。其中的一个堆以对每吨甜菜每分鐘14.4立方呎的空气量进行通風; 另一个堆則为供对照試驗之用(即不进行通風——譯者)。圖1—7中的数据是平均温度。两个堆的平均温度相差在5到10°F之間。在1949年哈定的貯存条件是良好的, 即使如此, 这种不大的温度差也很重要, 圖1—8就可以解釋。在这两个堆觀察到的最高温度差却达20°F之多。根据分析各堆中67个

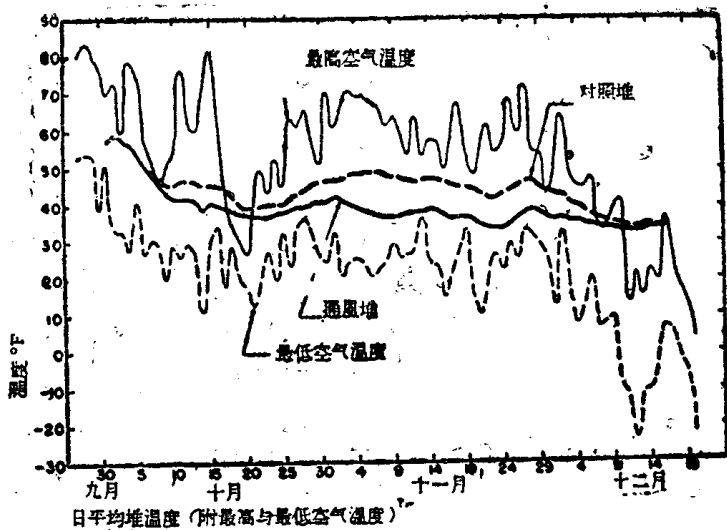


圖 1—7 1949 年蒙太納州哈尔頓地方的通风堆与不通風堆的平均溫度圖

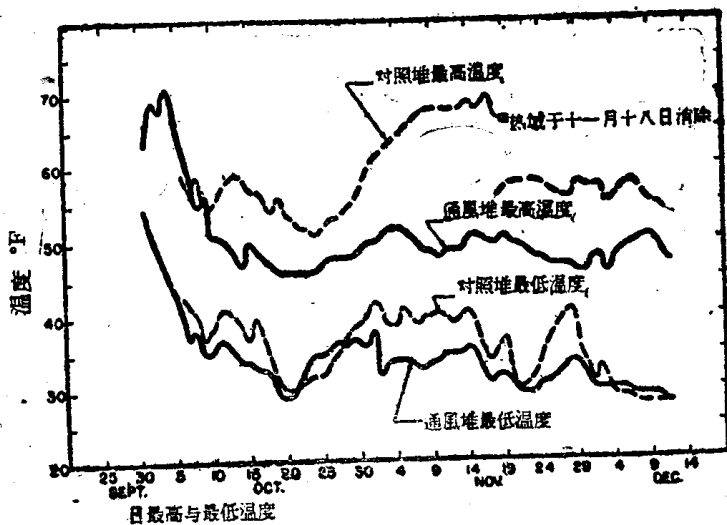


圖 1—8 1949 年蒙太納州哈尔頓地方的通风堆与不通風堆的最高溫度圖