

甜 菜 糖 生 产

第 五 册

糖膏煮煉結晶和分蜜

糖的漂洗干燥和包裝

[苏] A. И. 伏斯托科夫 著
И. П. 列彼什金

輕 工 業 出 版 社

內 容 介 紹

本書主要介紹了糖膏的熬煮，結晶和蜜，以及砂糖的漂洗，干燥和包裝。

甜 菜 糖 生 产

第 五 册

〔苏〕 A. H. 伏斯托科夫 著
H. II. 列 彼 什 金

楊可仁 关 越 譯

輕工業出版社出版

(北京市广安門內白廣路)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 099 号

北京市印刷二厂印刷

新华書店發行

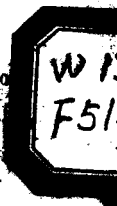
787×1092公厘 1/32·2¹⁴/₃₂印張·48.00

1958年6月第1版

1958年6月北京第1次印刷

印数：1—3,500 定价：(10) 0.45

統一書号：15042·227



甜 菜 糖 生 产

第 五 册

糖膏煮煉結晶和分蜜
糖的漂洗干燥和包裝

A. И. 伏斯托科夫
〔苏〕 И. И. 列彼什金 著
楊可仁 关 越 译

輕 工 業 出 版 社

1958年·北 京

目 录

序 言	3
一、甜菜糖产品的特征	5
二、蔗糖的溶解度和结晶	9
三、糖厂成品车间的一般工艺流程	17
四、甲糖膏的煮炼和处理	21
五、白糖的处理和贮存	45
六、两段煮糖流程中乙糖膏的煮炼和处理	51
七、三段煮糖流程中乙糖膏的煮炼和处理	56
八、三段煮糖流程中丙糖膏的煮炼和处理	57
九、黄糖的蜜洗和回溶	59
十、糖膏煮炼时常遇到的故障及其消除方法	60
十一、离心机操作中的故障及其消除方法	66
十二、废蜜称量、排出和贮存	68
十三、糖膏煮炼和处理的检查	68
十四、糖膏煮炼和处理的先进方法	72
十五、预防砂糖污染的卫生要求	75
十六、劳动保护和安全技术	77

序 言

本書主要是概述了甜菜糖厂成品車間的机械和生产操作。成品車間分以下工序：由糖漿煮制成甲糖膏（一号糖膏），在离心机中进行甲糖膏分离和水洗，砂糖的干燥、过篩及包裝；在成品車間內將得到的糖蜜煮制成乙糖膏（二号糖膏）和丙糖膏（三号糖膏），进行結晶分离；然后进行黃糖蜜洗与回溶。

本書可作为培养下列工种生产工人的教学資料：甲、乙、丙糖膏煮糖工（看管真空煮糖罐的）及其助手，分蜜工段工長、分蜜工（看管离心机的工人）、白糖干燥工、黃糖回溶工及成品車間的輔助工人。

清淨的糖漿在成品車間經過加工后，制得白砂糖、黃糖回溶糖漿和廢蜜。

成品車間的主要任务是从清淨的濃縮糖漿內析出大量的結晶糖，尽量降低廢蜜帶走的糖分。

同时保証生产出質量符合国家标准（ГОСТ 2140）的优良白砂糖。

要达到最大的煮煉得糖率，並使廢蜜帶走的糖分降至最低限度，就要看工艺流程的选擇是否正确，煮煉、助晶和糖膏分蜜的操作是否仔細。这些因素都影响到成品的質量。

目前苏联和其他外国糖厂（英国、美国和其他国家的）所採用的直接用甜菜不經過再結晶生产白砂糖的工艺流程，是我国糖業技术人員的成就，所以称为俄罗斯式甜菜制糖流程。

俄国制糖工業者在糖業生产技术改进方面有很大的貢獻，如在煮煉、助晶和糖膏分蜜等过程方面，都有很多成績。

A. 費道謝也夫和 H. 法門柯于1851年在巴拉克烈也夫工厂將甲糖膏煮成晶体，推翻了当时占統治地位的关于糖只可

能在靜態時結晶的理論。這一新的創舉加速了糖廠的生產過程。

在這以後不久，19世紀末葉，將純度較差的乙糖膏煮制成糖晶，也是在俄國首先實現的。

M. 托爾貝格於1854年在斯達利糖廠用蒸汽漂洗離心機內的砂糖（俄國蒸汽洗糖法）。用這一方法可直接制得食用的成品糖，不需要經過再結晶。蒸汽洗糖法是俄國甜菜制糖工藝流程的重要部分之一。

И. 切尼奧夫斯基和 Г. 貝恩特科夫斯基於1890年在卡布希江糖廠發明了連續式離心機，並在俄國制糖工廠使用過這種離心機。

И. 奧夫謝尼可夫於1907年在米洛諾夫糖廠第一個採用了乙糖膏的連續結晶法。

1926年，捷留金糖廠是世界上首次安裝 M. 米耶夫和 A. 沃斯托可夫式乙糖膏連續真空煮糖罐的，並且使用了許多年。

A. 舒米洛夫於1940年曾提出了目前煮煉糖膏時廣泛採用的用結晶糊起晶的方法，現在 M. 方爾墨林斯基進行了改進。

糖業生產先進革新者 A. 克夫頓，И. 格涅多夫斯基，И. 多爾濱，С. 奧維奇金，И. 捷波爾和許多其他煮糖工的經驗和創造促成了現代合理的糖膏煮煉方法的建立。

E. 墨得維茨基，A. 薩保瓦爾，M. 仁哈列夫和其他洗糖工人研究出離心機快速操作法，其中有離心機流水作業法。

末段糖膏的人工冷卻連續結晶在蘇聯糖廠都得到了廣泛的採用。

雖然在糖膏蒸煮和處理方面獲得了一些成就，但是我國糖廠成品車間的操作還需要大力改進，尤其是要降低廢蜜中糖分的流失和提高砂糖的質量。

一、甜菜糖产品的特征

甜菜糖厂生产出来的砂糖純糖含量为99.75%，在化学上称为蔗糖。蔗糖是一种炭水化合物，其化学分子式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$ （C-炭，H-氢，O-氧）。

一般是用濃度来鑑定蔗糖的清淨水溶液的，濃度就是蔗糖对溶液重量的百分含量。

甜菜糖生产用的溶液为蔗糖水溶液。在溶液中除蔗糖外还有一些其他物質。用蒸發或干燥方法將全部水分除掉后，重量的损失量即为水在溶液中的含量，剩下的含量即为溶液中原来的固形物。

在甜菜糖生产中所用溶液中的大部分都是糖，这里所指的只是蔗糖。小部分固形物为其他各种有机物和無机物。所有这些物質統称为非糖分。这些非糖分也归类为醣，但不是蔗糖，例如葡萄糖、果糖等。所以，生产甜菜糖所用溶液是由水、糖（蔗糖）和非糖分組成的。

溶液中水含量的增減，不能改变糖与非糖分和糖与其他固形物之間的比例。因此，以糖在所有固形物中占的百分含量，就可以鑑定生产用的溶液，这个指标称为溶液的純度，用它来表示溶液的純淨程度。

因此，为了全面鑑定某种制糖生产的产品，必須确定产品中固形物和糖的含量，並根据这些数据測定水的含量（100和固形物含量之間的差数，即 $100 - \text{固形物含量}$ ），非糖分含量（固形物含量和糖含量之間的差数，即 $\text{固形物含量} - \text{糖含量}$ ）、和純度（糖含量除以固形物含量再乘100，即 $\text{糖含量} / \text{固形物含量} \times 100$ ）。

在研究由生产溶液結晶 蔗糖的过程时，将会經常用到固形物、糖分、非糖分和純度等名詞。为了避免对这些名詞的誤解，有必要預先談一下这些名詞的意义。

固形物是在溫度 105° 下，溶液經過蒸發和干燥，水分蒸

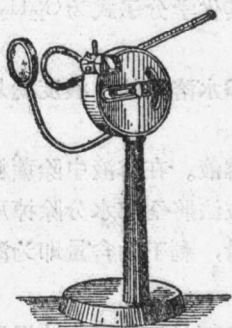


圖 1 折光計

發而殘留物烘到固定重量时所得到的，固形物以对原溶液的百分比来表示。由于用蒸發和干燥的方法来測定固形物的含量，所以化費的时间很長。在現代化糖厂实际生产中，生产溶液的固形物的測定不是用烘干方法而是采用快速方法，即采用折光計(圖 1)。这个仪器的作用主要是利用光線通过折光計中試驗用溶液層所产生的光線折射的原理。为此目的，要在折光計中三稜鏡上点一滴溶液，並按着該仪器的刻度通过目鏡讀取溶液中固形物的百分含量(在視野內明暗的交接点处)。用折光計測定固形物的結果和用烘干法測定的結果相近。

在沒有折光計之前，制糖生产溶液中固形物的測定主要是根据溶液的比重，因为不同濃度的溶液有不同的比重。当时是采用錘度計(圖 2)來測定的。該比重計上刻的不是比重数，而是相当于比重数的糖分百分率。錘度計是按照純蔗糖溶液來刻度的，所以只能对純淨蔗糖溶液中固形物的含量表示得很准确。但是生产用溶液除含蔗糖外，还有其他的可溶性物質，这些物質都各具有自己不同的比重，所以要求对錘度計的标度数进行修正，这些修正对含有許多非糖分的溶液尤其必要。采用錘度計时要在溫度 20° 情况下来进行測定。如果采用

錘度計測定糖液濃度時溫度不是 20° ，就要將溫度校正數加進錘度計的讀數內。

採用錘度計測定的固形物是視固形物，它與用烘乾方法所測定的真固形物有區別。在工廠生產中把視固形物就稱為錘度，寫作 B° Bx(B為固形物百分數)。

現在，都用折光計來測定生產溶液中固形物的含量。

溶液中的水分，以字母 B 表示，它等於 100 和固形物百分數之間的差額，即是 $B = 100 - B_x$ 。

生產溶液中糖（蔗糖）量的測定採用旋光計（光學方法）並用對試驗用溶液的重量百分數來表示。如果將純水注入旋光計管中，把它放在旋光計內，調整至兩邊的光度一樣，該計上刻度尺所指的讀數便等於零，也就是說一點蔗糖也沒有。如果在精確

的天秤上稱取 26.026 克純蔗糖，放入容量為 100 毫升的量瓶中，使蔗糖在純水中溶解，在溫度 20° 下使其體積達 100 毫升，仔細混和，再將溶液注入 200 毫米長的旋光計管中，放在旋光計內，調整至兩個半圓視野的光度一樣，那麼旋光計刻度尺上的讀數就是 100，也就是說 100% 的蔗糖。

如果將 26.026 克的試驗用生產溶液溶解在純水中，放入容量為 100 毫升的量瓶中，加入少量醋酸鉛（用以沉淀妨礙旋光的雜質），在溫度 20° 下，加水到標線，仔細混和，用乾燥的濾紙進行過濾，將濾液注入 200 毫米長的旋光計管中，放在旋光計內，調整至視野兩半的光度一樣，那麼旋光計的刻度尺上



圖 2 錘度計

就表示出試驗溶液中蔗糖的百分含量。

在書写时,用字母 $C\%$ (对溶液重量)来表示糖分。

如果在溶液中没有其他光学活动性的(就是对旋光計指标有所影响的)物質,旋光計能精确地表示出溶液中蔗糖的含量。

固形物百分含量与糖分百分含量之間的差数为該生产溶液中的非糖分,在書写时,非糖分用 $H\%$ (对溶液重量)来表示,这就是說, $H = B - C$ (对溶液重量的%)。

在 100 分固形物中糖的含量,为該生产溶液的純度。純度用字母 $D\%$ (对固形物重量)来表示,这就是說,純度等于: $D = C/B \cdot 100$ (对固形物重量的百分数)。

在溶液濃縮和稀釋时, C 和 B 以同比例变化,所以当溶液濃縮和稀釋时,它的純度不变。

如果根据視固形物来計算純度的話,得出的也就是視純度;如果根据眞固形物来計算純度的話,得出的就是眞純度。

一般,視純度低于眞純度。

在低純度溶液中,視純度可能与眞純度相差很大。

所有生产用溶液的碱度都是由溶液中各种碱性化合物的含量来决定的,为了方便起見,碱度都以石灰的含量百分数 ($\%CaO$) 来表示,这是假定碱度都是由于存在氧化鈣而引起的。碱度是根据中和时所用的酸量来确定的。因此,要知道溶液中氧化鈣的正确含量可能不等于用氧化鈣百分含量所表示的碱度。

因为在溶液中含有石灰質的鹽类,对糖膏的蒸煮和結晶都有不良影响,所以在这些溶液中,除了測定碱度外,还需要測定鈣鹽的含量。应当記住这些鹽类是鈣与其它有机酸和無机酸的化合物。鈣鹽量用 $\%CaO$ 表示。

应测定溶液和成品的色度,以鑑定顏色的程度。色度以史塔墨爾标准單位(單位 III T)来表示。它是用史塔墨爾比色計中标准色玻璃的顏色与試驗溶液的顏色进行比较以測定色度的。

二、蔗糖的溶解度和結晶

蔗糖的結晶形态和非結晶形态

蔗糖有二种形态,即結晶形态和非結晶形态。

結晶蔗糖是由無色透明的晶体組成的。这些晶体是圍繞主体形成的斜切短錐形体(系單斜晶系)。錐形体主体是長方形的,根据溶液質量的不同,其各面大小的比例也不同(圖3)。从最純淨的蔗糖溶液中析出結晶顆粒的主体是正方形的。这种形狀被認為是最好的,例如在煮煉精糖糖膏时就能得出这样的晶体。



圖 3 在生产条件下制取的蔗糖結晶体

在甜菜糖生产中用糖漿

和糖蜜煮制糖膏时生产出来的晶体是長形的,而用低純度糖蜜則有时生产出針狀的晶体(圖4)。

蔗糖的單一結晶体称为單晶体。它的形狀大小不一,小的甚至要用显微鏡方能看到,而大的結晶体重量可达1公斤以上。

在蔗糖結晶时，經常生产出整齐的双晶体。有时这些双晶体都連長在整个結晶团里。这种結晶团称为晶簇(圖 5)。

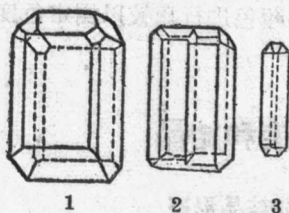


圖 4 在化驗室人工培育的蔗糖結晶体

1. 蔗糖晶体; 2. 蔗糖双晶体;
3. 蔗糖針狀晶体。

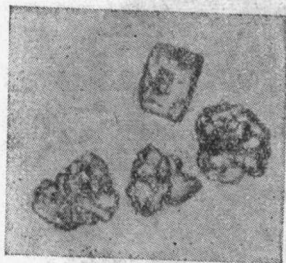


圖 5 蔗糖晶簇

除了双晶体和晶簇的生成外，蔗糖結晶体还偶而有固体蔗糖相互粘合在一起的状态。这种合生体称为密聚体。精糖就是这种密聚体。一層或兩層的固体蔗糖無規則散佈的晶体粘合在密聚体上。

非結晶形蔗糖是由結晶蔗糖生产出来的。如果將完全干的蔗糖結晶体加热至 181° 时，那么結晶体就要熔化，失去了結晶形态，冷却后就变成玻璃狀的非晶形蔗糖。經過一段時間，非晶形蔗糖又重新变为結晶状态，由此可見結晶形态要比非結晶形态稳定。

蔗糖在水中的溶解度

如果將蔗糖晶体放入水中，那么它就要溶解。糖在靜止的水中溶解是很慢的。进行攪拌可以大大加速溶解过程。在溶解时我們看到蔗糖晶体逐漸消失，这是因为它已变成溶液。

随着蔗糖在水中溶解量的增加，溶液的濃度也就愈來愈大。蔗糖在一百份溶液中的数量就是該溶液的濃度以百分比表示。如蔗糖溶液濃度为百分之六十，那么就是說在一百份溶液中蔗糖占六十份，其余四十份是水。

在蔗糖溶解时溶液的濃度是逐漸提高的，最后在一定温度下达到了頂点。在这种情况下，無論再溶解多長時間和如何用力攪拌，蔗糖也不再繼續溶解了。这种溶液称为蔗糖的飽和溶液。

在溶液中溶解状态的蔗糖含量少于在同样温度下溶液內的水所能溶解的数量，这种溶液为不飽和溶液。

在一定温度下飽和溶液中溶解的蔗糖量称为蔗糖在水中的溶解度。溶解度以在一份水中所溶解的蔗糖份数来表示。

在不同温度下，溶解度各異。随着温度的增加溶解度也提高。例如温度为 0° 时在一份水中糖的溶解度为 1,838 份，在 20° 时为 2,023 份，在 100° 时为 4,837 份。在 0° 时蔗糖飽和溶液的濃度为 64.76%， 20° 时为 66.92%， 100° 时为 82.87%。

如果將在某温度下的飽和溶液加热，就会成为不飽和溶液，相反地，如果將某温度下的蔗糖飽和溶液冷却，那么在溶液中出現了比飽和溶液所需求的过量的溶解蔗糖，这种溶液称为过飽和溶液。过飽和溶液本身是不稳定的，因为經過一段时间多余的蔗糖就会成为固体的結晶状态，溶液也就成为飽和的了。

濃縮的蔗糖溶液采用过飽和系数来表示，即在某溶液中溶解的蔗糖量大于飽和溶液所需量的倍数来表示。

在过飽和溶液中过飽和系数大于 1，在飽和溶液中过飽和系数等于 1，在不飽和溶液中小于 1。

如上所述可知在某温度下的飽和溶液經冷却的方法即可生成过飽和溶液，过飽和溶液还可以經過从溶液中將水蒸發的方法取得。

有非糖分存在时蔗糖的溶解度

上面关于蔗糖溶解度和过饱和系数的解释，都是对纯净溶液而言的。纯净溶液是由蔗糖和水组成的。这种纯净溶液只有生产精糖的糖厂才有。生产溶液（制糖生产的糖浆和糖蜜）是不纯净的溶液，它是由水、蔗糖和非糖分组成的。

在制糖生产用的溶液中所含的非糖分是极复杂的各种化合物的混合物。这种非糖分混合物的存在可使蔗糖在水中的溶解度增加。因为这些非糖分在糖浆中的集聚是形成糖浆的一种原因，所以这些非糖分称为造蜜剂。

根据对每种非糖分深入研究的结果，证明它们对蔗糖在水中溶解度的影响是不一样的。一部分非糖分会使糖在水中的溶解度增加，所以称它们为好的造蜜剂；另一部分使糖在水中的溶解度减少，所以称它们为不好的造蜜剂。最后，在制糖生产溶液中还含有对糖溶解度无任何影响的非糖分，因为在这种非糖分存在的情况下，蔗糖溶解在水中的数量和在水一样，所以称这种非糖分为无作用的造蜜剂。

非糖分对蔗糖在水中溶解度的影响是用饱和系数来表示的。

饱和系数表示在非糖分存在的情况下糖在水中溶解度与在同温度下在净水中糖的溶解度的比较增长的倍数。如在温度 20° 时被糖所饱和的糖浆中 1 份水内含有 2.16 份蔗糖，在同温的纯水里溶解 2.023 份蔗糖，这样在糖浆中含有的非糖分使蔗糖溶解度增长为 $2.16/2.023=1.07$ 倍。1.07 就是该糖浆的饱和系数。

饱和系数可能等于 1、大于 1 和小于 1。饱和系数表示出溶液中含有的非糖分对蔗糖溶解度的影响程度。

饱和系数等于 1 时表示含在溶液中的非糖分对蔗糖在水中的溶解度無任何影响。在这种情况下，非糖分是無作用的造蜜剂。

饱和系数大于 1 时，表示含在溶液中的非糖分增大了蔗糖溶解度(与純水中蔗糖的溶解度比較)。这种非糖分称为好的造蜜剂。

表 1

純 度	飽 和 系 数
从 75 到 70	1.00~1.05
从 70 到 65	1.05~1.10
从 65 到 60	1.10~1.25
60 以下	1.30

饱和系数小于 1 时表示含在溶液中的非糖分减小了蔗糖溶解度(与蔗糖在純水中的溶解度比較)。

这种非糖分称为不好的造蜜剂。

純度为 75 以上的制糖生产的糖漿和糖蜜有接近 1.0 的飽和系数，也就是說含在糖漿和糖蜜中的非糖分几乎对蔗糖的溶解度沒有影响。

純度和温度降低，則飽和系数增大(表 1)。

蔗糖結晶

如上所述，蔗糖过飽和溶液可以用两种方法取得：在某温度下冷却飽和溶液及蒸發溶液中的一部分水分。

在真空煮糖罐中煮煉糖膏和在助晶箱內糖膏結晶时，为了結晶出大量的蔗糖来，通常採用这两种方法。

飽和溶液可以在溶液中長期保持相当于某温度下蔗糖溶解度数量的蔗糖。过飽和溶液是不穩定的，由于各种外在原因(震动、有晶体和灰塵落入等)，过飽和溶液將所有多余的已溶蔗糖以晶态分离出来，使本身成为飽和状态。

結晶是从产生晶核开始, 晶核也叫做結晶核心, 然后糖就积在核积面上, 晶体也就長大起来。如果生成的是單晶核, 則逐漸長大后成單晶体。总由双晶核或晶簇核則生成双晶体或晶簇。蜜聚体是單晶体, 双晶体或晶簇的黏結的晶体。密聚体是由已生成的晶体組成的。

晶体主要依靠在它的表面上积起一層一層新的結晶質来增大的。制取大块晶体需要很長的时间。这样晶体的成長要有一定的速度, 这个速度称为結晶速度。

在每一分鐘時間內自 1 平方公尺結晶表面上, 由过饱和溶液中析出的蔗糖数量(以毫克計)称为蔗糖結晶速度。

蔗糖結晶的速度随着晶体周围的溶液过饱和程度的增長而增長, 但是在某温度下有最大的結晶速度。如果由于冷却或蒸發溶液过饱和成長的速度超过最高結晶速度时, 那么就会因为高度饱和形成新的結晶核心。

应当指出, 在同一过饱和系数的情况下, 随着温度的提高, 結晶速度將增加。

用冷却溶液的方法进行結晶

如果將在某温度下饱和的蔗糖溶液冷却, 那么溶液將成为过饱和並会析出固体結晶的蔗糖来。用冷却方法結晶蔗糖有其一定的規律。

蔗糖含量小于 62.4% 的溶液在相当冷却的情况下析出已成冰晶体的冷冻水, 因此提高了母液的濃度。純水在 0° 时結冰。在更低的温度下蔗糖溶液开始析出冰的晶体, 如蔗糖含量为 30% 的溶液在 -3° 时开始析出冰来。溶液濃度愈大, 愈容易在較低温度下析出冰来。冰的析出一直到溶液濃度达到 62.4% 为止。在这种濃度和温度为 -13.9° 的情况下全

蔗糖飽和水溶液表

表 2

溫度 (°C)	蔗糖含 量(%)	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量	蔗糖 溫度 含量
溶媒(水)飽和溶液													
0	0.00	-111.23	-221.23	-3	30.00	-4	38.22	-5	42.25	-6	45.15	-7	48.18
-10	55.34	-1157.93	-1259.97	-13	61.48	—	—	—	—	—	—	—	—
相互飽和溶液(共晶体)													
-13.9	62.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
溶解質(蔗糖)飽和溶液													
-10	63.06	-1162.89	-1262.72	-13	62.56	—	—	—	—	—	—	—	—
-0	64.76	-164.59	-264.42	-3	64.25	-4	64.08	-5	63.91	-6	63.74	-7	63.57
+0	64.76	+164.84	+264.92	+3	65.00	+4	65.08	+5	65.16	+6	65.24	+7	65.34
10	65.65	1155.76	1255.87	13	65.99	14	66.10	15	66.24	16	66.37	17	66.50
20	66.92	2137.06	2267.21	23	67.39	24	67.52	25	67.68	26	67.83	27	68.00
30	68.50	3168.68	3268.85	33	69.03	34	69.21	35	69.39	36	69.58	37	69.76
40	70.33	4170.52	4270.72	43	70.91	44	71.11	45	71.31	46	71.51	47	71.71
50	72.33	5172.53	5272.24	53	72.95	54	73.16	55	73.37	56	73.58	57	73.79
60	74.43	6174.64	6274.86	63	75.07	64	75.29	65	75.51	66	75.72	67	75.94
70	76.59	7176.80	7277.02	73	77.24	74	77.45	75	77.66	76	77.88	77	78.09
80	78.74	8178.95	8279.16	83	79.38	84	79.59	85	79.80	86	80.01	87	80.22
90	80.85	9181.05	9281.25	93	81.46	94	81.66	95	81.87	96	82.07	97	82.27
100	82.87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—