

蚕茧干燥理论与实践

〔日〕 松本介 著

周本立 徐回祥 译

蚕茧干燥理论与实践

〔日〕松本 介 著

周本立 徐回祥 译

纺织工业出版社

内 容 简 介

本书从蚕茧干燥的机理出发,着重对鲜茧干燥的特性进行了大量的实验与分析,取得了大量的数据;论述了影响鲜茧干燥的各种条件;从生产实践角度,研究了蚕茧干燥对茧层丝胶变性、制丝成绩及生丝品质的影响。书中还系统地介绍了各种烘茧机的结构和性能,茧的保管、处理和贮藏方法等。

本书供蚕桑及制丝专业的技术人员、科研人员和从事收烘茧管理人员阅读,也可作为大专院校蚕桑及制丝专业师生的教学参考书。

蚕茧乾燥の理論と実態

〔日〕松本 介 著

蚕茧干燥理论与实踐

周本立 徐回祥 译

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

北京市建外印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张: 7 字数: 154千字

1987年8月 第一版第一次印刷

印数: 1—3,000 定价: 1.70元

统一书号: 15041·1534

序 言

制丝界的不少先辈们，对鲜茧的杀蛹、干燥以及贮藏进行了调查研究，并作了报导。本书作者曾在制丝工厂从事实际工作，之后于1931年在京都高等蚕丝学校任教，1935年开始进行鲜茧热风干燥的研究，1941年作为文部省的国内进修生，在京都帝国大学工学院化学机械教研室龟井三郎博士的指导下，进行有关蚕茧干燥的理论研究，弄清了茧层与蛹体在干燥上的特异性，特别是在蛹体干燥方面，探明了等速干燥，减速干燥第一阶段及第二阶段等问题。1944年，在京都帝国大学作了鲜茧的热风干燥理论的讲演，接着开始了影响干燥速度的各种条件的试验研究。1945年1月，作者调任长野县纤维工业试验场场长，专门从事应用方面的研究，作了许多蚕茧干燥对煮茧、缫丝以及生丝品质影响的实验。

作者还设计了改善鲜茧干燥方法的各种设备，特别是对热风干燥早就着手研究，1936年设计了衣笠式热风烘茧机，1941年设计了气流调整式M1型热风烘茧机，还设计了红外线与低温风力并用的烘茧机，其后又设计了通气干燥型的厚积二段变速烘茧机等，并将多年调查研究成果汇总起来，以“蚕茧干燥的理论与实践”为题，作为“日本蚕丝会蚕丝科学研究所汇报”的一卷出版。

近年来，制丝、特别是汇集蚕茧干燥方面的专著，几乎没有出版过。希望本书的出版能对我国的制丝工业起到有益的作用。

蚕丝科学研究所所长福田纪文

1984年4月

译 者 的 话

蚕茧干燥(又称烘茧)是关系到提高蚕茧质量和出丝率的一项重要工作。1969年以来,我国蚕茧产量已居世界首位,但蚕茧质量与国外先进水平相比,却存在较大的差距,其中一个重要原因,是对蚕茧干燥工艺与设备的研究比较薄弱,国内在这方面的专著也很少。为此,我们翻译了本书,希望能对我国蚕丝生产的发展起到一定的促进作用。

本书是由日本国蚕丝科学研究所工学博士松本介教授最近撰写的一本专著(1984年出版)。作者几十年来长期从事蚕茧干燥的理论研究和实践,对鲜茧干燥的特性作过详细的分析,提出不少重要的论点,并在此基础上,对烘茧设备和方法也进行了设计和探索,取得大量的实验数据。这些数据,有的虽然时隔多年,但是从科学角度看,至今仍有较大的参考价值。作者在书中对茧的保管、处理和贮藏也作了比较系统的论述。

在翻译过程中,我们对原书中已发现的某些印刷错误作了订正,个别不正确的地方也作了说明。

本书第三至第七章和插图中的文字由周本立翻译,序言、第一、二章和第八至第十三章由徐回祥翻译。最后,全书由周本立校阅。

由于译者水平有限,译文中如有不妥之处,恳请读者批评指正。

译 者

1985年11月

封面设计：陈莱官 周云杰

科技新书目：138—167

统一书号：15041·1534

定 价： 1.70 元

目 录

第一章 鲜茧干燥的理论	(1)
第一节 鲜茧干燥的概述.....	(1)
第二节 鲜茧干燥的目的.....	(2)
第三节 干燥的基础.....	(3)
第四节 固体干燥的机理.....	(5)
第五节 干燥速度的三个阶段.....	(6)
第二章 茧层与蛹体在干燥上的特异性	(9)
第一节 茧的物理性状.....	(9)
第二节 茧层及蛹体的化学组成.....	(16)
第三节 蛹体的组成.....	(18)
第四节 小结.....	(18)
第三章 蛹体及茧层的干燥	(20)
第一节 鲜蛹体的干燥.....	(20)
第二节 茧层的干燥.....	(23)
第四章 鲜茧干燥的实验装置及实验方法	(27)
第一节 实验装置.....	(27)
第二节 实验装置的调整.....	(28)
第三节 蛹体、茧层及茧腔的温度测定.....	(30)
第五章 影响鲜茧干燥速度的各种条件	(33)
第一节 空气温度的影响.....	(33)
第二节 相对湿度的影响.....	(43)
第三节 空气速度的影响.....	(49)
第六章 鲜茧干燥阶段与茧层丝胶变性	(61)
第一节 铬吸附量及溶解度.....	(61)

第二节	干燥中产生的内、外茧层丝胶变性·····	(63)
第七章	鲜茧干燥的应用研究·····	(66)
第一节	概述·····	(66)
第二节	不同蚕品种的解舒张力·····	(71)
第三节	干燥方法不同时茧层丝胶的溶解·····	(73)
第四节	干燥条件对制丝成绩及生丝品质的影响·····	(77)
第八章	鲜茧干燥的实况·····	(85)
第一节	干燥中产生的茧质性状变化·····	(85)
第二节	煮茧前触蒸吸水处理·····	(88)
第三节	烘茧温度的影响·····	(95)
第四节	烘茧湿度的影响·····	(104)
第五节	热空气下降速度·····	(110)
第六节	铺茧量·····	(112)
第七节	出灶温度·····	(123)
第八节	风速与风向的影响·····	(124)
第九节	再干法·····	(125)
第十节	干燥程度·····	(127)
第九章	鲜茧干燥装置·····	(139)
第一节	干燥装置·····	(139)
第二节	烘茧机的变迁·····	(140)
第三节	烘茧机的试制·····	(146)
第四节	通气干燥·····	(151)
第十章	鲜茧的冷藏·····	(165)
第十一章	茧的保管·····	(169)
第一节	茧层与蛹体的平衡水分·····	(169)
第二节	茧层的吸湿性·····	(173)

第三节	鲜茧茧层与干茧茧层的吸湿量.....	(178)
第四节	生丝及精练丝的吸湿.....	(186)
第五节	制丝下脚(茧衣、长吐及蛹衬)的 吸湿.....	(188)
第十二章	茧的处理.....	(190)
第一节	茧的处理与茧丝质.....	(190)
第二节	下脚茧的种类与解舒.....	(191)
第三节	冲击与茧质.....	(192)
第四节	茧的运输方法.....	(194)
第五节	烘茧程度与冲击后的损伤.....	(196)
第十三章	贮茧.....	(198)
第一节	概述.....	(198)
第二节	贮茧设备.....	(199)
第三节	危害蚕茧的生物.....	(201)
第四节	茧的害虫.....	(203)
参考文献		(213)

第一章 鮮茧干燥的理論

第一节 鮮茧干燥的概述

现在，我国的制丝工业由于发展中国家的追赶，导致生丝、丝织物生产的对策，原料茧的供需关系以及与高速自动缫丝机有关的制丝技术的变迁，因而对茧质的考虑和要求也有所变化。茧质中特别需要重视的问题，是原料茧的解舒差，缫丝时丝条故障的扩大，以及大、中颍、小颍的发生等，制丝行业对于因原料茧质差而使制丝能力与生丝品质下降的倾向非常着急。

制丝原料茧是根据蚕茧的生产条件，即蚕品种、蚕期、产地、饲养环境等来拟定烘茧、混茧、并庄、贮藏等方针的。最近，烘茧时为了适应高速自动缫丝，有计划地采用高温干燥，使茧层丝胶得到稳定的和均匀化的处理。

鮮茧经过一定时间后会出蛆及发蛾，或者在堆放中产生蒸热，损伤茧质，使其失去作为制丝原料茧的价值。所以对鮮茧必须及时进行杀蛹及干燥。杀蛹及干燥是制丝工业的基础，而且以后难以弥补缺陷，这一工作一结束，可以说完成了制丝工程的一半，所以是非常重要的作业。

由于烘茧与煮茧、缫丝不同，它是一种必须在短时期中进行的季节性作业，而且有关这方面的试验研究设备不够完善，所以历来关于烘茧的研究，对试料或结果往往难以得到正确的结论，而且几乎都是片断的研究。作为基础的干燥机理的理论研究，发表甚少，即使有一些，也大多不够全面。

作者认为有必要对烘茧进行理论研究，首先从物理化学方面研究茧层与蛹体在干燥上的特异性，然后作鲜茧干燥理论的实验，进而作干燥处理方法对制丝能力、出丝率以及生丝品质影响等的应用实验。

第二节 鲜茧干燥的目的

烘茧中除去的大部分水分是蛹体内的，而蛹的外侧被茧层覆盖着，因此，如将水分以液体状排除的话，难免会压瘪茧层，造成污损。所以无论是自然干燥还是人工干燥，必须在烘茧整个过程中通过蒸发作用使其干燥。

在科学技术还不发达的时代，鲜茧干燥法一般是采用靠蒸发作用进行干燥的自然干燥法，其中日晒法会对茧质产生不良影响，即蚕茧退色，手触粗硬，解舒下降，并对缫丝能力、出丝率以及丝质都会造成不良后果。以后就想出了人工杀蛹，干燥而不损伤茧质的干燥方法。因此，只要能达到此目的，也并非一定要进行干燥作业。例如鲜茧冷藏或冷冻也可作为一种保管方法。该法是基于这样一种观点，即认为尽量保持鲜茧状态会有利于制丝。另外还有用高频或红外线进行杀蛹、干燥的处理方法，这种方法的目的在于使茧层免受热处理，防止茧层丝胶的变性，只是进行杀蛹，然后进行干燥。

但是，对于一般用途的生丝来说，从现在的煮茧、缫丝作业关系来看，鲜茧状态未必一定有利。

总之，烘茧的目的是除去鲜茧中所含的水分，使其能长期贮藏，而且在干燥过程中不伤茧质，进而作适应工厂制丝方针的热处理，将蚕茧改性。烘茧处理是制丝工程中最初的热

处理，茧层丝胶作为蛋白质的特性，受热以后会产生所谓热变性，其物理、化学性质就产生变化。因此必须尽量防止因受热作用不同，而产生质的或量的干燥不匀，以求保全茧质。

适应高速自动缫丝的烘茧处理，要求蚕茧的解舒，特别是内层解舒以及索绪、理绪效率要好，而且缫丝故障要少。因此改善茧质的第一个目标是给与茧层一定程度的煮茧抵抗，以便能进行适度的煮茧，且减少丝条故障，提高缫丝能力与出丝率。第二个目标是提高生丝品位，特别是防止大、中颍和小颍的发生。另外，为了防止蚕茧发霉，必须将蛹体回潮率烘至15%以下。

第三节 干燥的基础

材料中所含的水分量一般是用含水率，即相对于全量所含的水分百分率来表示（以湿量为基准）。但是在干燥过程中，由于干燥作用，其全量是变化的，因此采用回潮率，即用与干燥程度无关的干量为基准，以相对于干量的所含水分百分率来表示较为方便。

在一定的干燥条件下，例如在具有一定的温度、湿度和风速的大量空气流中放一充分浸湿的材料，对它测定在不同时间的质量减少及温度变

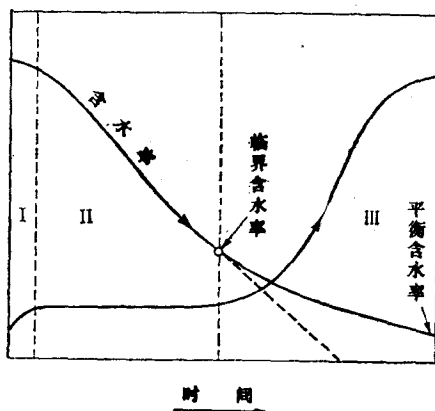


图1-1 干燥曲线

化的情况，计算出含水率，如图 1-1 所示。

如将材料置于稳定干燥条件下，则材料温度将上升到与干燥条件相平衡的温度。如仅仅从热风接受热量，则材料温度将上升到接近热风的湿球温度。从放入被干燥物至达到这一温度为止，称为材料预热阶段。之后，只要表面存在水膜，则材料的温度大致一定，传入的热量全部用于水分蒸发。因此，在这一期间，材料的含水率随时间成比例减少，由于干燥速度为图中干燥曲线的斜率，它是一定值。因此这一阶段的干燥速度为等速干燥速度。

过了等速干燥阶段，材料表面不再全部为水膜所覆盖，即内部水分的移动跟不上蒸发的速度，材料表面将出现干的部分，材料温度开始上升。这样，传入热量减少，而且这部分热量用于水分蒸发与材料加热的显热，故干燥速度逐渐减小，直至含水率与干燥条件相平衡，干燥就告结束。这一阶段称为减速干燥阶段，含水率随时间延续而呈一向上凹的曲线。图中Ⅱ与Ⅲ交界处材料的平衡含水率称为临界含水率。Ⅲ达到平衡时的含水率称为平衡含水率。从任意的某一含水率，减去平衡含水率，其差值称为自由含水率，这是在干燥过程中被除去的水分。

对于Ⅱ、Ⅲ区延续比较长的材料，可忽略Ⅰ区。对于低湿材料，或由于材料的特性，有时也可不考虑Ⅱ区。

干燥条件可分为与材料相接触使其干燥的外部条件和材料本身的内部条件。

外部条件是指热量的传入，可分为对流、传导、辐射三种传热形式，一般是由这三种的一种或几种组合的形式进行传热的。对流传热由热风的温度、湿度以及风速决定。热传导与辐射换热则决定于热源温度以及去除水蒸气的状态（热

风或真空)。

作为内部条件有材料的成分、形状、含有水分、平衡含水率等,即使是同一材料,若干燥时的形状不同,如单一的球状和多层结构,则两者的干燥状态将会有所不同。

第四节 固体干燥的机理

如将各部具有均一含水率的固体材料加以干燥,则首先在固体的表面产生蒸发,表面的水分浓度减少。这样就在固体的表面与内部之间产生水分浓度差,水分将从浓度大的内部扩散到浓度小的表面而进行补充。在固体干燥的过程中,水分先从固体的内部扩散,到达表面后,通过固体表面存在的空气膜,蒸发、扩散到空气中。这两种现象继续到材料与空气中的水分相平衡,亦即干燥结束为止。前者称为内部扩散,后者称为表面蒸发。有时,干燥主要靠表面蒸发,有时则由内部扩散决定干燥速度。

固体的干燥机理根据表面蒸发与内部扩散两者之间相对的难易不同,可分为以下三种类型。

1. 表面蒸发为主要因素 在固体的表面产生蒸发,主要的阻力是表面蒸发,而内部扩散阻力相对说较小。

2. 内部扩散为主要因素 主要的阻力是内部扩散,而表面蒸发阻力相对说较小。但蒸发仍在固体的表面产生。

3. 内部扩散为主要因素 内部扩散阻力逐渐增加,水分以液体状态扩散到固体内部某一点,在这一点蒸发后,再以蒸气状态扩散到表面。

对木材或粘土制品进行烘干时,如表面蒸发太快,则内部扩散跟不上,这样当内部还有很多水分时,只有表面被烘

干，结果将产生龟裂、弯曲、气孔等。因此，应将表面蒸发调节至内部扩散能适应的范围。至于象织物那样由纤维织成的材料，其水分的内部扩散很快，因此干燥时只要考虑表面蒸发即可。

第五节 干燥速度的三个阶段

如在稳定的干燥条件下，将固体材料加以干燥，则当材料含水率高，表面为液层所覆盖时，固体表面的液体蒸发与从自由液面的蒸发几乎完全一样。当蒸发所需的热量全部由空气供给，即所谓绝热蒸发时，固体表面温度将下降到空气的湿球温度，而保持温度平衡。当干燥条件不变时，干燥速度也一定，但干燥速度并非到最后一直保持不变。当含水率下降到某一值后，以此为界限，干燥速度突然开始减少。这一临界点对一种材料来说，在一定的干燥条件下大体上是一定值。之后，至含水率到达第二临界点为止，干燥速度与含水率成比例地、线性地减少。过了第二临界点，干燥速度与含水率之间成曲线递减，直至材料与空气的水分平衡，干燥就告结束。

图 1-2 为自由含水率与干燥速度关系的一例。右上含水率部分 (A, B) 为干燥速度一定的部分，称为等速干燥。从水平线的左端开始，其左下的直线和与此相连的自由含水率到零为止的曲线是干燥速度递减的部分，称为减速干燥。减速干燥中，开始的直线部分叫减速干燥第一阶段，以后部分叫减速干燥第二阶段。等速干燥与减速干燥的分界处的含水率称为临界含水率，材料的含水率一旦干燥到临界值以下，就不再保持等速干燥，立即转入减速干燥。还有，有些材料

不必将水分完全去掉，即干燥到临界值以上就可以的话，则只要作等速干燥，不必作减速干燥。

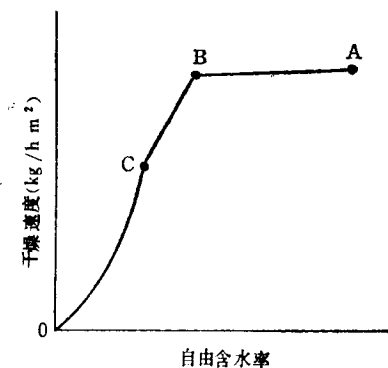


图 1-2 干燥的三个阶段

一、等速干燥

如内部扩散相当快时，则干燥仅由表面蒸发所决定。这时，由于固体表面全为水所湿润，因此与湿球温度的情况相同，在一定条件下，以一定的速度进行干燥。

在固体的表面，经常有一层处于比较静止状态的、薄的空气膜，蒸发出来的水蒸气在空气膜内部扩散后，才开始进入空气中，通过对流被别的气流带走。当固体表面的水分还相当多时，则与固体相接触的空气膜的内侧为饱和水蒸气，其蒸气压相当于所谓湿球温度的饱和蒸气压，以 P_w 表示，而空气中水蒸气的分压以 P 表示，则从固体表面，通过空气膜到达空气中时，将产生水蒸气的压力差 $(P_w - P)$ ，水蒸气从固体表面通过空气膜扩散到空气中。这与热从固体壁通过空气膜传到空气中的现象非常类似。

二、减速干燥第一阶段

在一般的固体干燥中，减速干燥第一阶段比较短，特别是干燥速度大时，如当风速很大，或空气温度高、湿度低，或材料很薄时，则这一阶段几乎不出现，从等速干燥阶段直接进入减速干燥第二阶段。当内部扩散稍慢时，固体表面不能保持湿润状态，而产生一部分干，一部分湿的混合状态。于是干燥速度将变得比等速干燥慢，而且随着表面湿润部分的减少，干燥速度也将变慢。

三、减速干燥第二阶段

减速干燥第二阶段一般为向上凹的曲线。进入这一阶段后，最初，干燥速度急剧减小，而后随着接近干燥结束，速度变化缓慢，曲线慢慢接近原点。在这一阶段，随着材料的干燥，含水率逐渐减少，所以水分的内部扩散也逐渐困难，干燥机理变为第二种类型，再变为第三种类型。即最后水分在固体内部蒸发，并以蒸气状态从内部的一点扩散到表面。但固体的表面已经处于平衡水分状态，所以减速干燥第二阶段与等速干燥、减速干燥第一阶段相比较，时间相当长。即内部扩散更慢时，表面湿润部分完全消失，表面含水率将达到平衡含水率，于是逐渐在固体的内部产生蒸发，然后以水蒸气的形态扩散到表面。这时干燥将变得更慢，而且蒸发也逐渐在离表面更深处产生，因而就越来越慢。

一般说，在自由含水率较多时为等速干燥，从某一时间起进入减速第一阶段，再进一步地干燥，然后进入减速干燥第二阶段。