

提高干燥机的生产率

К. И. 戈 罗 多 夫 等 著

朱慶乃 唐文華 高 兴譯



紡 織 工 業 出 版 社



提高干燥机的生产率

苏联 K. II. 戈罗多夫 B. 9. 切尔金斯基著

朱慶乃 唐文華 高 兴合譯

紡織工業出版社

Увеличение Производительности

Сушильного Оборудования

Составили К. И. Городов Б. Э. Черкинский

Редактор М. Е. Симкин

Гизлегпром. 1953

(統¹⁸⁰⁴¹₉₀) 提高干燥机的生产率

著者: 苏联 Б. И. 戈罗多夫 Б. Э. 切尔金斯基

譯者: 符德乃 唐文華 高興

北京市書刊出版業營業許可證出字第16号

出版: 紡織工業出版社

北京東長安街紡織工業部內

印刷: 華東紡織管理局印刷所

發行: 新華書店

开本: 787×1092 1/32

印張: 1 $\frac{1}{2}$

字数: 23,000

印數: 0001~1870

1956年11月初版第1次印刷

定价: (10)0.23元

目 錄

前 言.....	(4)
染整厂的干燥設備.....	(5)
現有織物干燥机的主要資料.....	(5)
干燥拉幅机.....	(12)
用与空气混合体燃燒產物烘干織物.....	(17)
对流干燥和热輻射干燥.....	(23)
紅外線干燥.....	(25)
紅外線干燥用的輻射煤气燃燒咀.....	(31)

前 言

改進工藝設備的方向應該是在改善產品質量的同時要最大限度地提高設備生產率。與此同時，還要減少燃料和電力的消耗以及減少管理人員等等。

干燥機常常限制了企業的生產能力，因為由於它的生產率過小，始終不能將干燥機與其它類型的機器設備聯合起來使用。

干燥機在許多企業中約佔工廠生產總面積的30%。干燥過程中的燃料消耗量佔染整廠總消耗量的30~40%。由此可見，在全紡織工業中消耗於干燥過程中的燃料有多少，更可明白節約這方面的燃料是有多大意義。

蒸發去含在材料中的水分的热處理叫作干燥工程。

以傳热介質把热傳導到材料上可以有三种不同方法：

1. 接触法 热的傳遞，靠兩個物体直接接觸，热从溫度比較高的物体傳到溫度比較低的物体去，而就材料本身來說，热又从材料一部分直接傳到鄰近的一部分去。

2. 对流法 热依靠含有热量并与材料相接觸的干燥介質的各个粒子來傳遞。

3. 热輻射法 輻射能在傳遞到材料時轉變成爲另一种形式的能量——热能。

在干燥過程中，所有上述三种傳热到材料的方法都存在的。但是，在每一种个别的情況下，根据应用烘干的方法和干燥機的構造，上述热的傳遞方法各有其主要地位。在輕工業企業中佔主要地位的傳热方法是使用烘筒干燥機——热傳導和对流、热风干燥機及紅外線干燥機——热輻射和所有其它类型干燥機——对流。

染整厂的干燥设备

大部分现有的織物干燥机，特别是热风式干燥机，工作上是非常不經濟的。

在許多情況下，这些机器蒸发 1 公斤水分要耗費蒸汽达 4 ~ 6 公斤。

烘筒式干燥机的干燥方法是將材料与加热面直接接触來進行干燥的。它比对流干燥机器的生產率高，也比较節約。但是烘筒干燥机有很多缺点，例如法蘭盤及墊襯封得不嚴密，就会損失大量的蒸汽。

提高現有烘筒干燥机的生產率是受着烘筒最高綫速度的限制的，在这一速度下，烘筒內部表面上由于离心力的緣故，被一層冷凝水所遮盖，这就顯著地降低了導熱系数。

此外，在染整厂中廣泛地采用烘筒干燥机要耗用大量的紫銅板和不銹鋼。

在輕工業企業中，大部分的干燥設備都已使用很久了，它們磨損得很嚴重，很陈旧，現在既不能符合生產率的要求，又不能符合節約方面的要求，因此更換这些干燥設備以及使这些設備現代化，是一項刻不容緩的任务。

現有織物干燥机的主要資料

烘筒干燥机是用接触法烘干織物的，在这种干燥机中被烘干的織物的溫度是逐步升高的。織物自干燥机中出來时的溫度近 100°C ；在过干时的溫度几乎近于烘筒表面的溫度。在烘筒干燥机上烘干織物是靠烘筒中蒸汽冷凝时放出的热，这些热可蒸发出与烘筒表面相接触的水分及加热烘筒周圍的空气。

双面干燥时,布包繞烘筒筒体佔全圓周70%,單面干燥則为75%。尽管單面干燥包繞面較大,但实际上,單面干燥和双面干燥二者的干燥效果是相同的,因为單面干燥包繞面大,而双面干燥是兩面輪流進行烘干,二者的优缺点相互抵消。

經過干燥机烘倉的空气量(烘筒位于其中)及汽液分离器的状况是会大大地影响烘筒的生產率及經濟效果的。一般的情况下,烘筒內蒸汽压力等于1.5~2大气压力。

在上述的蒸汽压力和一般品种的棉布回潮率为100%情况下,从与烘筒加热面相接触的布蒸發去的水分每小时8~10公斤/平方米,或按全部喂入布面計算,每小时为4~4.5公斤/平方米。

正常蒸汽的單位消耗量为每蒸發1公斤水分須耗用1.65公斤蒸汽。

干燥机效率决定于实际耗用在蒸發水分上的热量与烘筒干燥机中总热量之比。

例如,在干燥机烘倉內,蒸發水分时平均温度为60°C,進入烘倉前的織物温度为20°C,效率 η 應該是:

$$\eta = \frac{622.5 - 20}{1.65 \times 640} \approx 0.58$$

式中 622.5 千卡/公斤——60°C 时蒸汽含热量。

实际上,这个效率在良好而正确使用的烘筒干燥机上是可达到的,在烘筒上進行織物干燥时,烘筒热的耗損由下列原因所造成。

1. 开始加热时热耗量不低于每小时蒸汽消耗量的50%。
2. 加热周围空气时的热耗量为每小时蒸汽消耗量的15~25%。
3. 被烘干的織物及剩留在織物中的水分的热耗量为3~5%(指重量在200克/平方米以下的織物),比較厚重的織物,其

热量需要的更多。

4. 在烘倉情况很好时, 周圍散热損失为 4~6 %。

5. 正常工作情况下, 回汽液分离器中損失的冷凝水热量为 16~20 % (蒸汽压力为 1~2 大气压力时)。

6. 由于垫襯封密不嚴而損失的蒸汽热量为 10~20 %。

應該特別注意干燥机中冷凝水排放裝置的状态, 作为冷凝水排放裝置的有:

1. 虹吸式冷凝水排放器;

2. 水斗式冷凝水排放器。

这些裝置工作遭到破坏就会引起傳热不良的結果。因为銅的導热系数 $\lambda_{\text{铜}} = 300$ 千卡/小时, 而水的導热系数 $\lambda_{\text{水}} = 0.5$ 千卡/小时, 兩者相差很大。

在烘筒干燥机上織物移动速度的变动范围很大, 双柱式烘筒干燥机(16个烘筒)为 14~34 米/分, 三柱式烘筒干燥机(24个烘筒)为 20~70 米/分, 速度是根据織物重量及其回潮率而定的。用水斗式冷凝水排放器的烘筒干燥机, 由于它不能將冷凝水全部排出, 所以大大地妨碍了提高烘筒干燥机的轉动速度。

冷凝水在排水斗中, 烘筒運轉时受到两个力的作用:

重力—— mg 及离心力—— $\frac{mv^2}{r}$ 。

一部分未進入水斗中的冷凝水仍留在烘筒下部, 基本上只受到重力的作用。

理論上烘筒最大轉数 即水斗式冷凝水排放器在这种情况下停止排出冷凝水的轉数, 可由冷凝水在水斗上部位位置时离心力与重力相等时, 就是:

$$\frac{mv^2}{r} = mg \text{ 时求出。}$$

通常烘筒直徑为 $2\gamma = 570$ 毫米, 水斗式冷凝水排放器停止其作用的轉數等于

$$n = \sqrt{\frac{30^2 \times g}{\pi^2 \gamma}}$$

代入 $g = 9.81$ $\gamma = 0.285$ 米

$$n = \sqrt{\frac{900 \times 9.81}{\pi^2 \times 0.285}} \cong 56 \text{ 轉/分}$$

相当綫速度为

$$v = \pi \times 0.57 \times 56 \cong 100 \text{ 米/分}$$

由此可見, 在烘筒干燥机高速運轉时, 采用虹吸式冷凝水排放器較為适宜。

印花机用烘筒干燥机

大量耗用染料印地色花紋的印花机的生產率, 往往因干燥设备能力不足而受到限制。为了提高印花机的生產率, 應該合理地使用烘筒干燥机。

大部分染料在蒸汽压力为 1.5 大气压时以織物里層与烘筒面直接接触, 而不会影响到印花和色彩的質量。

在印花机烘筒干燥机上蒸發水分的速度每小时將近 10 公斤/平方米, 蒸汽耗量为每蒸發水分 1 公斤須耗用蒸汽 1.6~1.7 公斤。

在烘干印花織物时, 僅允許其反而与热的烘筒表面相接触, 这將不能完全利用烘筒的有效加热表面。利用烘筒全部表面的热量决定于烘筒和導布輥的直徑——導布輥到烘筒表面的距离及導布輥表面到出布輥的距离。烘筒的排列方式有好几种, 在所有方式中, 喂入机中的大部分織物在倒轉向導布輥之前与烘筒相接触。这是因为为了織物在轉向后其正面將要与導布輥相

接触时大部分水分須要除去的緣故。

現在印花机用烘筒干燥机有下列規格（表 1）

表 1

干燥机类型	烘筒数	烘筒直径 (毫米)	烘筒圓周 总長度 (米)	烘筒圓周的有 效利用長度		烘筒圓周的利用長度			
						(米) (%)		(米) (%)	
				(米)	(%)	轉向導布輥前		轉向導布輥后	
第二印花厂型	8	915	20.72	12.04	62.40	6.77	51.60	6.17	48.40
СП-2型 (輕工業和紡織工業制造研究所)	5	1470	23.10	16.65	72.50	10.83	65.00	5.82	35.00

СП-2 型 干燥机尺寸：長度为 10,200 毫米，寬度为 3,765 毫米，高度为 4,900 毫米。

印花机用烘筒干燥机在工作正常良好状态及正确使用的情況下，其热平衡情况如下：

热量損失：

散到周圍空間中.....	5~6
使織物加热及加热留在織物中的水时的热損失.....	3.5~4
被冷凝水帶走的热.....	3.0~10
被空气帶走的热.....	24~27
垫漏漏气損失的热.....	3.0~6.0
蒸發水分有效消耗的热.....	56.5~47

热板導輥干燥机和热風導輥干燥机

導輥干燥机有三种类型：热板式、热板热風式和热風式。

热板和热板热風式干燥机若与热風式干燥机相比，有如下的缺点，就是它們不可能在空气温度和湿度方面來調整干燥过程。

根据空气运动特点,空气分布在干燥机中的正确性、通过布边的速度以及从干燥机中除去作为热绝缘体的空气数量等等,干燥机效率约为0.25~0.45。比较现代化的干燥机具有高的效率,在这种机器上,为了提高空气运动速度,采用多次循环。

近代大多数和浸轧机联在一起的棉织物干燥机的使用资料,如下面所述:

处于干燥机中的织物长度	200 米
按出产的织物计算的干燥机生产率	200 公斤/小时
干燥前的织物回潮率	73%
水分蒸发量	165 公斤/小时
处于干燥机中的织物每平方面表面水分	
蒸发速度	1~1.3 公斤/平方米小时
蒸发一公斤水分时蒸汽单位消耗量	1.8~3.6 公斤/公斤
从干燥机中被排出空气的参变数:	
温度	52~80°C
水分含量	25~35 公斤/公斤
织物在干燥机中的时间示于表 2。	

表 2

织 物 名 称	宽 度 (厘米)	织物平均重量 (公斤/平方米)	织物在干燥机中的 延长时间 (分钟)
细 平 布	69~89	0.111	3.5
经较、提花亚布	68~89	0.142	4.5
法 国 絨	69~80	0.169	5.8

EC-1 型 (轻工业和纺织工业机器制造研究所型) 热风干燥机具有最高的生产率指标和经济指标,但它具有很大的尺寸:长度为 18 米,宽度为 3.3 米,高度为 4.5 米。

加热器加热总面积 391.8 平方米

处于干燥机中的織物長度.....	240 米
按織物產量計算的干燥机生產率.....	42.6~37.0 疋/小时
水分蒸發量.....	194~344 公斤/小时
蒸發一公斤水分时蒸汽單位消耗量.....	1.96 公斤/公斤
蒸發一公斤水分时空气消耗量.....	14.4 公斤/公斤

在烘干印花織物用的热板热风干燥机的烘倉中，織物沿導布輥迴旋狀移向烘倉的中央，这时織物背面和導布輥相接触。在干燥机的中央，織物轉向，在这以后，織物的正面和導布輥相接触，随后即迴旋狀地离开烘倉中央到出口处。

織物在同一時間內被热空气、蒸汽、热板和烘筒所烘干。循环風扇自厂房內抽入新鮮空气和自干燥机內抽入第二次被利用的空气，并送去經過加热器加热，在这以后，热空气經過安在通道之間的噴咀進入热风烘倉中。

一部分廢气被排气風扇从干燥机排出，而另一部分廢气为了重新使用，被循环風扇吸收。

热板热风干燥机的尺寸：長度为 9 米，宽度为 2.5 米，高度为 4.5 米。

在干燥机中織物的長度.....	94~150 米
按水分蒸發量計算的干燥机生產率.....	23~96 公斤/小时
在干燥机中織物一平方米表面水分	
蒸發的速度.....	0.12~0.50 公斤/平方米小时
干燥延續時間.....	3.1~5.2 分鐘

根据染色織物表面大小决定的蒸汽單位消耗量，列于表

表 3

染色織物表面大小 (%)	織物中染料重量 (克/平方米)	織物中染料所 含水分重量 (克/平方米)	蒸汽消耗量 (公斤)	
			对1公斤的染料	对1公斤的水分
6~7	3~5	2.5~4.2	7.5	8.7
25~30	17~20	14.5~17	4.25	5.0
45~50	30~35	26~30	3.5	4.1
100	65~70	55~60	2.3	2.7

干 燥 拉 幅 机

按本身热力系統來看，干燥拉幅机是在烘倉外面加热器中預热空气的和帶有廢气再循环裝置的热風干燥机。为了給予織物以必需的寬度，織物在極大的張力下通过烘倉。

除必要的機構使热風吹在織物上之外，干燥拉幅机的生產率在很大程度上是根据在其前面是否有預热烘筒和在烘倉中鏈条的長度而定。在 3~4 層的多層机器內，烘倉內的鏈条長度为 60~80 米。

最廣泛使用于棉紡織工業中的單層干燥拉幅机的特征如下：

机器內的織物長度	15~20 米
水分蒸發量	100~250 公斤
平均一小时的蒸汽消耗量	180~500 公斤/小时
蒸發一公斤水分时蒸汽單位消耗量	2~2.5 公斤/公斤
按織物產量計算的拉幅机生產率	120~280 公斤/小时

干 燥 速 度

用干燥方法来除去含于織物中的水分，可分为游离水分和吸湿水分（結合水分）两种情况。

从織物表面蒸發游离水分的速度等于从其自由表面蒸發水的速度，而在織物上部空气的蒸汽压力等于該温度相适应的飽和蒸汽压力。蒸發吸湿水分的速度比蒸發游离水分的速度要小，因为要克服一个額外的織物与水分之間联結的能力。

与織物接触的空气与烟道气的混合气中（作干燥介質）的水蒸汽分压力，或空气中的水蒸汽分压力，它們与織物表面飽和蒸汽压力之間相差愈大，則織物表面水分的蒸發速度也愈大。

提高干燥介質的温度可加速織物的干燥过程，因为这时加大了水蒸汽分压力的差，然而要避免織物受到損失，干燥介質的温度可提高到一定的范围，这要根据織物的性質和用途而定。

干燥介質在一定的温度和相对湿度时，織物回潮率变化的圖解如圖 1。

在烘去游离水分时，干燥速度是恆定的。点 a —干燥速度从恆定开始下降的一点—叫作臨界点。这一点与織物表面上开始烘去結合水分（吸湿水分）的一点是相应的。

臨界湿度大于吸湿率，因为在干燥时織物內層湿度較表面湿度大。織物表面与內部湿度相差愈小，則臨界湿度与回潮率相差愈小。因此臨界湿度决定于織物

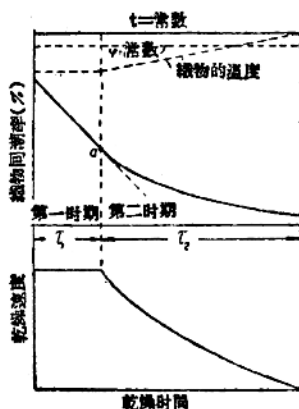


圖 1

厚度、性質和干燥条件。

圖上第一时期 τ_1 相当游离水分的减少时期， τ_2 —烘去吸湿水分的时期。

当織物中还留有一部分水分，而此水分与周围环境水分相平衡时，織物干燥就停止。在这种情况下織物回潮率叫作平衡回潮率。

在干燥速度的恆定期期中，織物温度等于湿球温度计所示的温度。在干燥速度下的这一时期中，織物的温度上升，并力趋与干燥介質温度接近，当織物将达到平衡回潮率时，即在干燥过程終了时，就达到了干燥介質的温度，如圖 1 所示。

在第一时期中干燥到吸湿状态的过程是与从自由表面蒸發水分的过程相似的，而水的蒸發速度是与水面蒸汽压力和空气中的水蒸汽分压力差成比例的。

在任何計示大气压力情况下，蒸發速度根据道尔頓定律可以下列公式表示。

$$\frac{W}{F\tau} = \beta (P_n - P_0) \frac{760}{B}$$

式中： $\frac{W}{F\tau}$ ——單位時間內（小时）从單位水表面面積上蒸發数量（千克/平方米）；

τ ——時間（小时）；

F ——蒸發表面（平方米）；

P_n ——在蒸發水的温度下，織物表面上的飽和水蒸汽压力（毫米水銀柱）；

P_0 ——空气中的水蒸汽分压力（毫米水銀柱）；

β ——水分蒸發系数，根据空气速度而定，水分蒸發系数是 $P_n - P_0 = 1$ 及計算大气压力 $B = 760$ 毫米水銀柱的情况下每小时从單位面積上蒸發

的水分重量。

根据全苏热工学院干燥试验室的实验，知道。

$$\beta = 22.9 + 17.4 v$$

式中 v —干燥介质实际速度，米/秒。

$P_n - P_0$ 和 $t_n - t_0$ 值——蒸汽压力差及温度差——在同样条件下是决定织物干燥的快慢。

实践指出，对水分内部扩散阻力不大的细薄纺织品、皮张、纸板等的压力差和温度差与干燥速度的比例是相当接近的，不仅在干燥速度恒定的时期中，并且在全部过程中都是如此。这样就可以为了干燥织物到临界湿度而使干燥介质的温度比较高些。

提高干燥介质温度的方法有：在加热空气用的换热器和热辐射面中利用高压水蒸汽，利用高沸点带热介质和利用与空气混和物燃料燃烧产物，应用高压蒸汽就要用到蒸汽锅炉及高压换热器。在换热器中应用高沸点带热体需要装有加热及产生蒸汽的特殊发生器，并再还有建造复式输送管道（去的、回的）系统。

利用与空气和燃料混合燃烧时的产物，是提高带热介质的温度和加强干燥过程的最简单、最经济的方法。

重. 9. 捷尔仁斯基全苏热工学院干燥试验室在许多工业部门中的实验结果证明，利用高温进行干燥，并利用燃烧燃料产物作为传热介质具有很大的效力。

直接用烟道气来烘干织物，在国民经济各部门中日益众多地运用起来。

用烟道气烘干织物时，燃料的消耗量要比用蒸汽或火力加热空气进行干燥的装置省去 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 。

用烟道气进行干燥织物，即或是在较低温度时也是有利的。

它在帶熱體溫度很高時，其優點特別顯著。

從以上前提出發與現在紡織工廠中採用的乾燥設備——乾燥介質是空氣，帶熱介質是蒸汽——有所不同。下列幾點可認為是最合適的。

1. 採用直接用高溫及煙道氣來烘干織物的乾燥機。
2. 用煤氣噴燈加熱的輻射表面紅外線來烘干織物。

烘干織物用燃燒產物及紅外線，可以使紡織品及其它種制品的乾燥速度比一般的大好多倍。由於蒸發速度要比現在乾燥機中蒸發速度大（3~4）倍，乾燥機的尺寸可大為縮小。單位產品的各種耗量也降低了。

貴重而佔據很大地方的加熱設備是不需要了，通常在加熱器和另外一些換熱器等地方的熱損失也沒有了。

在工廠中減少了蒸汽加熱乾燥機數量，或在某些情況下取消它們，可能很大地降低其它過程所必需的蒸汽壓力，因為乾燥機是主要用一定壓力蒸汽供應的設備之一。因此，便有可能轉用其它更經濟的帶熱體，例如過熱水、熱水，這對於那些自發電廠透平獲得廢氣的工廠特別重要。

上述用燃料燃燒產物及用煤氣噴燈的紅外線來乾燥，可以用來提高現有乾燥機的生產率。

在這種情況下，可用天然氣、都市煤氣，從固體燃料的動力工藝綜合利用所得到的氣體作為燃料，也可用石油開采及石油加工時的付產品，即液化煤氣作為燃料，這種資源在蘇聯國民經濟中是在不斷地增長著。

組織大批生產用來運輸和儲存液化煤氣的气瓶和气罐，就可使液化煤氣的運輸大為便利，同時液化煤氣具有高度的發熱量，這些條件能保證到目前為止還未採用這種燃料的國民經濟部門和新地區有可能應用這種燃料。