

研究报告

第 2 号

1957 年 7 月 20 日

提高爐內溫度加速干燥过程的 初步試驗报告(一)——紅松干燥試驗

何定华 崔竞羣

森林工业部森林工业科学研究所編輯

森 林 工 業 出 版 社 出 版

本試驗系我所與北京市光華木材廠合作進行。
參加試驗工作人員有我所何定華、崔竟群、王振芳、王秀琴及光華木材廠羅正央、呂樂一、張丙申、任義忠與干燥車間生產組。

版權所有 不准翻印

提高爐內溫度加速干燥過程的
初步試驗報告(一)——紅松干燥試驗

(研究報告第二號)

何定華 崔竟群著

森林工業部森林工業科學研究所編

*

森林工業出版社出版、發行
(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版營業許可證出字第103號
有色局印刷所印刷

*

34^{1/2} × 43^{1/2} / 16 · 1 印張 · 17,000 字

1957年8月第1版

1957年8月第1次印刷

印數：0001—1,000冊 定價：(10) 0.18 元

書號：內 004

研 究 報 告

第2号 1957年7月20日

提高爐內溫度加速干燥过程的初步試驗報告

(一)——紅松干燥試驗

何定華 崔堯群

一、序 言

目前在我国亟需增加干燥鋸材的生产量以滿足各用材部門的需要。增加干燥鋸材生产量的主要途徑是增建新的干燥車間和改进現有的生产技术以縮短干燥过程。而用縮短干燥过程的办法来提高干燥車間的生产力,可以使干燥車間的建立相对減少,因此,在不影响干燥鋸材的質量下縮短干燥过程的办法对国民經济上的意义显得更为重要。

由于在木材的各种干燥方法中,爐干法在目前和今后一定时期内仍是最主要的一种,因之,对于爐干方法的研究也就更具有实际的意义。

鋸材爐干时其干燥延續時間不依賴于木材表面水分蒸发的速度,而主要依賴于水分从木材內部向表面移动的速度。木材內水分移动的速度决定于吸湿性含水率落差,为了加速干燥,固然可以增加被干木材厚度上的含水率落差;但是这种落差应有一定限度,否則就有造成干燥缺陷的可能。

在木材断面上含水率落差的影响下,木材內水分移动的现象称为木材的导水性。木材的导水性除受木材的構造等因素的影响外,木材內部的溫度有极大的影响。木材在干燥时,其內部水分呈蒸汽和液体两种状态移动。当溫度增高时,由于水蒸汽扩散强度显著地升高和液狀水黏着力降低的結果,水分移动的速度便会加大。試驗証明,木材导水性系数的数值随溫度的升高而显著地加大。根据 И. С. 謝尔戈夫斯基的試驗报告,指出溫度与导水性系数具有拋物線曲線的关系^[1]。溫度高于 100°C 时,由于木材內增大的蒸汽空气混合气体压力的影响,使水分的移动更加迅速^[2]。因此,如果采用較高的溫度,就能够加速木材的干燥,并且如果当溫度(木材內部的溫度)高于 100°C 时干燥过程將更为迅速。

各国在加速干燥过程这一方面都进行了不少的試驗和研究,尤其在苏联,近几年来运用各种的高溫干燥基准进行了快速干燥方法的試驗。試驗指出:在保証干燥鋸材質量的情况下,大大地縮短了干燥時間。譬如,中央木材机械加工科学研究所(ЦНИИМОА)

提出的高温干燥基准,可使针叶树锯材干燥时间缩短三分之一到二分之一,櫟木(厚16—30毫米)缩短30—40%^[3];拉托维亚科学院提出的高温和低温循环的基准表,可使山毛榉的干燥时间缩短二分之一,櫟木缩短三分之一^[2];馬依科夫斯基工厂 A. H. 列夫科夫1956年提出的高温干燥基准,可缩短干燥时间三分之一到二分之一(针叶树材)或大约四分之一(山毛榉)^[4]。

由此可知,从原理上和实际生产中都证明了提高温度加速干燥过程的可能性。

为了結合我国各种重要木材高温爐干时的特点,求得适用于目前生产上的高温干燥基准,以便缩短干燥时间,提高干燥車間的生产能力,从1956年6月开始,我所与北京市光华木材厂合作,首先就紅松锯材进行了初步試驗。茲將此項試驗的初步結果簡述如下。

本試驗工作曾由王愷总工程师参加指导,本报告写成后蒙朱惠方、成俊卿兩先生指正,特此致謝。

二、試驗方法

1. 材料:本試驗所用的紅松(*Pinus koraiensis* Sieb. et. Zucc),产自东北。锯材厚度分为4厘米、5厘米、6厘米三种;宽度为30—40厘米(系毛边板材),长度为400厘米及600厘米两种。

2. 試驗用的干燥爐:試驗是在光华木材厂周期式快速可逆循环干燥爐内进行的。該爐具有内部的軸流式通风机,通过木堆的风速为1—1.2公尺/秒;爐的严密性及絕热性尚好,最高温度可达110°C。每爐生产量約为40立方公尺(按厚度50毫米的板材計算)。

3. 基准表:試驗共作七次,每次一爐,第1至4次采用厚度5.2及5.3厘米*的板材,第6次采用厚度4.2厘米*的板材,第6次及第7次采用6.2及6.5厘米*厚的板材。第1及2兩次采用 A. H. 列夫科夫 1956 年发表的高温基准表,以后几次参照苏联中央木材机械加工科学研究所拟定的高温基准表,將 A. H. 列夫科夫基准表作了修改,改为以含水率为标准的基准表,并在干燥至含水率30%以下时温度由90°C逐步提高到105—110°C,同时减少了中間处理的次数。

木材含水率檢驗板采取3—5块,用称重法测定其含水率。檢驗板放于木堆的一側,并各在木堆高度 $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ 及 $\frac{3}{4}$ 的位置上,定期檢查其含水率,据以調整爐內的温度和湿度。

* 系湿材时厚度。

三、結 果

1. 干燥時間：茲將各次干燥時間列表如下：

各次試驗的干燥过程延續時間

表 4

試驗 号次	試材及厚度	含水率%		干燥時間 (小时)	溫 度 °C (开始至終了)	相对湿度%	備 註
		开始	終了				
1	5.2厘米紅松毛边板	58.9	12.9	192	80—90	62—35	按照列夫科夫基准表 进行
2	5.2 "	59.4	11.2	182	80—90	62—36	
3	5.3 "	56.8	11.3	170	80—100	74—30	按照修訂的基准表进行
4	5.3 "	46.0	11.2	142	80—107	74—30	"
5	6.2 "	71.8	16.2	244	80—106	74—30	"
6	4.2 "	45.4	10.6	118	80—108	74—28	"
7	6.5 紅松 "	49.5	9.3	186	80—105	79—26	按照修訂的基准表进行

各次試驗的干燥过程見篇末附图。

試驗結果指出：干燥紅松时使用高溫的基准表可使干燥時間縮短，并且不影响木材的干燥質量。茲將采用高溫基准与采用一般基准时的干燥時間列表如下，以便比較。

紅 松 干 燥 時 間 比 較 表

表 5

材种及厚度	采 用 基 准 表	含水率自40%至12%时		備 註
		干燥过程時間 (小时)	干燥時間 的比較	
紅松毛边板， 厚4厘米	一般基准表(基准表5)	109	1.00	根据光华木材厂1955年干燥時間 較短的一次記錄(紅松5号)
	高溫基准表	96	0.88	根据第6次試驗結果
紅松毛边板， 厚5厘米	一般基准表(基准表5)	154	1.00	根据光华木材厂1955年干燥時間 較短的一次記錄(紅松12号)
	高溫基准表	112—119	0.73—0.77	根据第3,4次試驗結果
紅松毛边板， 厚6厘米	一般基准表(基准表6)	152	1.00	根据光华木材厂1955年干燥時間 最短的一次記錄(紅松38号)
	高溫基准表	130	0.86	根据第7次試驗結果

由上表可知，4—6厘米的紅松板材的干燥時間在使用高溫基准表时比采用一般基准表时縮短了12—27%。

2. 干燥質量

(1) 木堆各部分含水率变动范围: 根据第一次試驗后的木板的測定, 其含水率变动在3%以内。木堆各部位的实际含水率是: 左上部—7.9%, 左下部—6.7%, 右上部—6.6%, 右下部—5.4%。

(2) 木材厚度上含水率均匀度: 按第一次試驗中測定的結果, 干燥終了时木板厚度上的含水率落差为2.8%。其内外各层含水率分佈如下表:

材料厚度 (厘米)	各 层 含 水 率 %					内外层含水率落差 %
	1	2	3	4	5	
5.2	5.4	6.1	8.2	7.1	6.5	2.8

(3) 翹曲及开裂: 少数紅松在表面上有微細裂紋, 翹曲現象不显著。据該厂經驗: 高温干燥后的木材与他們过去利用一般的基准表干燥的木材相比, 表面裂紋沒有增多。

四、关于紅松高温干燥基准表及其应用的討論

1. 紅松高温干燥基准表:

根据这次試驗結果, 我們初步提出下列的紅松高温快速干燥基准表, 以供有关生产單位試用。

紅 松 高 温 干 燥 基 准 表

表 6

厚 4 厘米的板材					厚 5 厘米的板材					厚 6 厘米的板材				
含水率 %	干球 溫度 °C	湿球 溫度 °C	相对 湿度 %	备 註	含水率 %	干球 溫度 °C	湿球 溫度 °C	相对 湿度 %	备註	含水率 %	干球 溫度 °C	湿球 溫度 °C	相对 湿度 %	备註
40以上	80	73	74	1. 預热处理: 一溫度85°C, 湿度100%, 維持時間5—7小时。	40以上	80	74	77	同 4 厘米的註	40以上	80	74	77	同 4 厘米的註
40—35	85	73	60		40—35	85	74	62		40—35	85	74	62	
35—30	90	73	49	2. 中間噴蒸处理: 一根据木材干燥情况进行。	35—30	90	74	51		35—30	90	74	51	
30—25	95	73	40		30—25	95	74	42		30—25	93	74	46	
25—20	100	73	33	3. 終了处理: 一干球溫度 90—100°C, 干湿球溫度差 不大于 5°C	25—20	100	74	35		25—20	95	74	42	
20—15	105	73	33		20—15	105	74	35		20—15	100	74	35	
15—12	110	73	33		15—12	110	74	35		15—12	105	74	35	

2. 应用高温干燥基准表的条件及干燥过程的进行。

(1) 高温干燥所必要的条件: 应用高温干燥基准的干燥爐需要有能提高干燥媒質(空气)溫度到 110°C 的加热设备, 如果加热能力不足, 应設法增加。如企业中加热能力已足够, 应保証按基准表所規定的溫度进行干燥。

溫度 100°C 时在爐內需能保持95%以上的相对湿度, 以便进行高温高湿的处理。如在实际工作中保持这样的湿度有困难时, 应按基准表的要求达到儘可能高的相对湿度。

由于溫度提高, 干燥速度加快, 水分的蒸发量也就比較多, 为了加快驅散从木材中蒸发的水分, 应特別注意爐內的风速及其均匀性。如果木堆各部分的风速不均, 就会因风速較低部分的木材干燥緩慢而影响整个干燥時間。整个木堆內的风速应不低于1米/秒。如果风速再行增加, 則有可能使干燥時間更加縮短。

根据 H. H. 依盖(烏克蘭木材机械加工科学研究所)的数据, 当运用同一个基准表干燥厚 25 毫米的松木鋸材时, 木堆內热空气循环速度为 2.5 米/秒的比 0.66 米/秒的干燥時間縮短 45%^[2]。

(2) 含水率檢驗板的选取: 从干燥的开始到終了, 在整个干燥过程中干燥基准的调整均須根据檢驗板計算出来的含水率来进行, 因此檢驗板的选取是否正确与代表性如何, 是决定获得优良干燥品質材料的关键。在选取含水率檢驗板时应注意不要选取帶有节瘤、腐朽、虫眼、裂紋或严重变色等缺点的木材, 以免影响含水率的正确性。至于帶有隨心的鋸材, 儘可能不要选作檢驗板。因为接近隨心部分的木材在干燥时, 通常发生严重的裂紋。檢驗板的数量最好每一木堆取 4—6 块, 但在大批干燥同树种同規格的材料时可減少到 2—3 块。

每批材料中的檢驗板最好能包括有:

- 1) 材料中难干燥的木材, 例如心材或靠近根部的木材;
- 2) 材料中含水率較大的;
- 3) 材料中比較易于干燥的, 例如边材或树干稍部的木材;
- 4) 材料中含水率較小的。

前兩类檢驗板, 可以作为在干燥的最初阶段調整干燥基准的依据。因为这个阶段如果相对湿度过低或溫度升得太快, 都会引起这一类木材的严重开裂和崩溃。后兩类檢驗板是干燥后半阶段时調整干燥基准的依据, 在该阶段中, 如果不对湿度加以控制, 則易于干燥的或最初含水率低的木材将会过份干燥。

(3) 鋸材的堆积: 当使用高温基准表时, 正确堆积材料的需要性, 更应当特別加强。在高温高湿的作用下木材的可塑性加大, 在堆內下层材料容易因上面压力的关系而

变形。同时，在高温强制循环时，水分蒸发得特别剧烈，以致造成翘曲和开裂的危险性特别大；因此必须按照干燥锯材堆积规程严格履行，否则就可能对被干材料的品质发生不良的影响。

横支木（楞木）的整个表面应放在一个平面上，隔条可用一般规定的尺寸，但其厚度应保持一致，两面刨光，上下隔条应垂直。

（4） 爐的严密性及设备的检查：运用高温干燥基准表的干燥爐，需要较用一般干燥基准表具有更良好的严密性；否则就不可能达到利用高温干燥基准表的成效。因此在运用高温干燥基准表前，应当仔细地检查爐的严密性；受检查的部分包括爐体（牆壁、天棚、地板、爐門）等及设备部分（通风机、冷凝系统、加热管与喷蒸管、进气口与排气口等，如有不严密或损坏等现象，应进行修理或更换。

（5） 爐的开动及材料的预热处理：爐在开动之前必须预先烘热，以避免爐体上和設備上有水分凝結，这个工作在冬季尤为重要。爐既經烘热后，开始对木材进行预热处理。处理的目的是为了提高木材内部的温度，加速木材的干燥和消除气干时所造成的内应力。预热处理，建议在温度 85°C ，相对湿度 100% 的空气状态下进行。处理的延續時間，依干燥爐的型式及材料的特征而定。建议紅松 4.0 厘米厚的锯材为 5 小时，5.0 厘米—6 小时，6.0 厘米—7 小时。

（6） 中間处理：中間处理的目的在于减少木材的内应力，防止开裂。对于 4.0 厘米厚的紅松锯材，一般处理一次；5.0—6.0 厘米厚，一般处理三次。处理时空气的温度比规定阶段的温度高 6°C （或不升高），相对湿度 90—100%。处理的延續時間，对于紅松厚 4.0 厘米的锯材为 3 小时，5.0—6.0 厘米的一 4 小时。

（7） 最后处理：最后处理的目的在于消除或减少木材内部的应力及断面上的含水率落差。最后处理在含水率为 8—15% 时，厚度 4.0—6.0 厘米的紅松板材，应在干球温度为 90— 100°C ，干湿球温度差 5°C 或更小的条件下进行。延續時間一般约为 5—7 小时。

干燥后的木材必须待其冷却至爐内外气温差不大于 30°C 时才可移到爐外。

3. 高温干燥对于木材强度的影响及其应用范围。

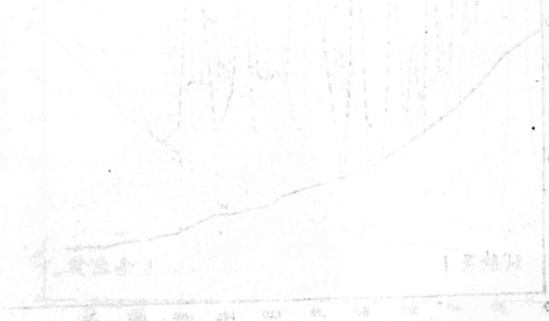
对于高温干燥的运用，应当注意到高温对于木材强度的影响。H. B. 克列齐托夫指出：在 $80—100^{\circ}\text{C}$ 的温度作用下，松木和櫟木抗压极限强度约降低 5—10%，松木降低较多，櫟木降低较少；冲击抗强降低 15—30%，櫟木降低较多，松木降低较少，同时指出，主要的影响是在开始 2—4 天以内〔6〕。H. B. 索可洛夫比較了在 $110—120^{\circ}\text{C}$ 的石蜡油中干燥的松木（经过 30 小时），与气干松材的强度，結果指出縱压降

低 17% , 縱向抗劈强度降低 13% (徑向) 或 8% (弦向) , 端部硬度降低 15.5% , 靜曲降低 7.5% , 冲击抗强降低 20% (而櫟木可达到 30%) (2)。从这些材料可知: 高溫干燥对木材的强度有相当的影响。

因此, 高溫干燥方法, 可以显著的縮短干燥过程, 对于一般要求强度不大的材料, 应当加以推廣, 以便提高干燥車間的生产能力, 增加干燥鋸材的产量。而对于那些要求以强度为主要的材料 (如航空用材、工程建筑、机械制造、車輛制造等), 如用高溫干燥时, 首先应当考虑到对于木材强度的有害影响。按 И. В. 克列齐托夫的建議, 如果为了保持木材的机械性質, 硬闊叶材的干燥溫度不应高于 $60-70^{\circ}\text{C}$ (6)。对于針叶樹材按 Л. В. 索可洛夫的建議不应超过 90°C (2)。

参 考 資 料

- (1) П. С. Серговский: Расчет процессов высыхания и увлажнения древесины, Гослесбумиздат, 1952.
- (2) П. В. Соколов: Ускоренные способы сушки древесины, Гослесбумиздат, 1956.
- (3) И. В. Кречетов, и В. О. Царев: Ускорение сушки пиломатериалов повышением температуры процесса, Журн "древнообработывающая промышленность", №1, 1955.
- (4) А. И. Левков: Ускоренная сушка древесины при повышенных температурах, журн "древнообработывающая промышленность" №2, 1956.
- (5) П. В. Соколов: Сушка древесины, Гослесбумиздат, 1955.
- (6) И. В. Кречетов: Сушка древесины, Гослесбумиздат, 1949.



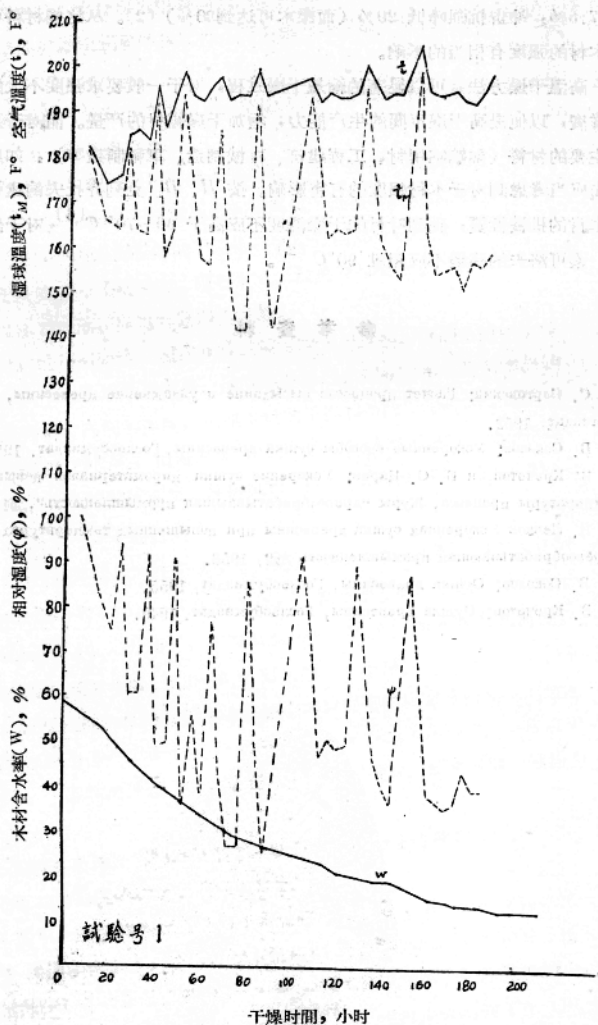


图 1. 厚 5.2 厘米红松板材的干燥过程图

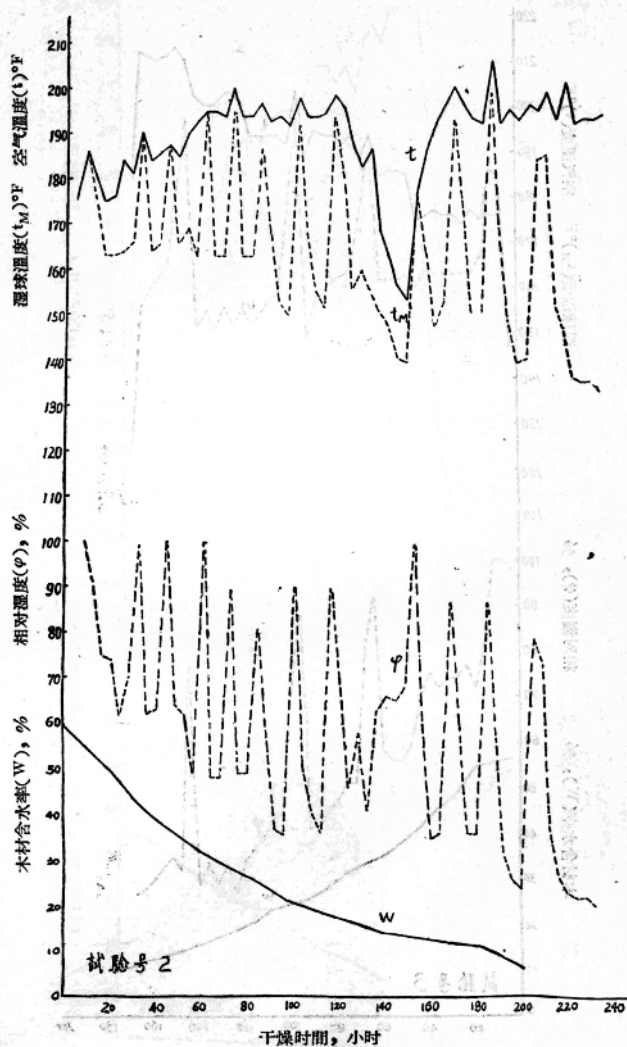


图 2. 厚 5.2 厘米紅松板材的干燥过程图

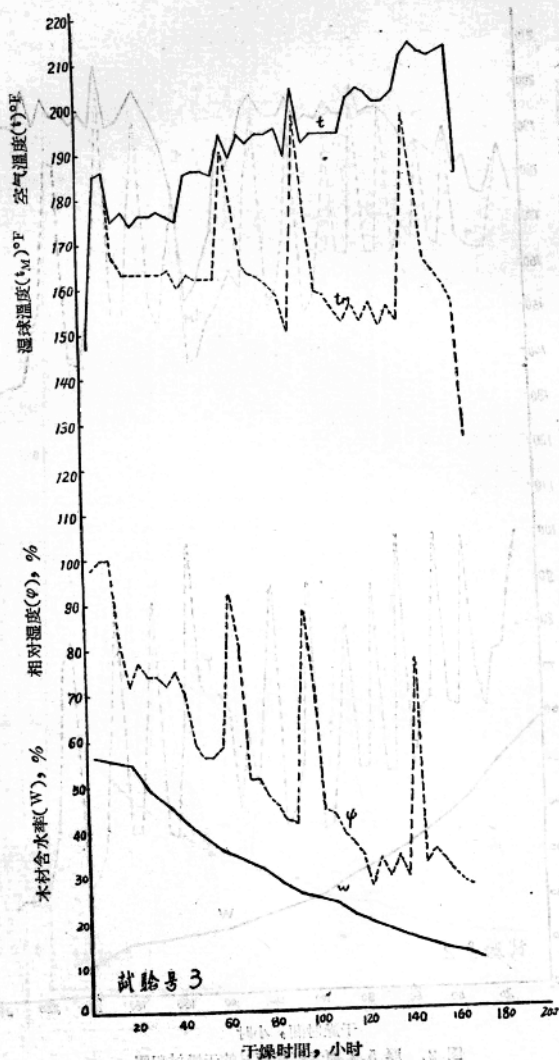


图 3. 厚 5.3 厘米红松板材的干燥过程图

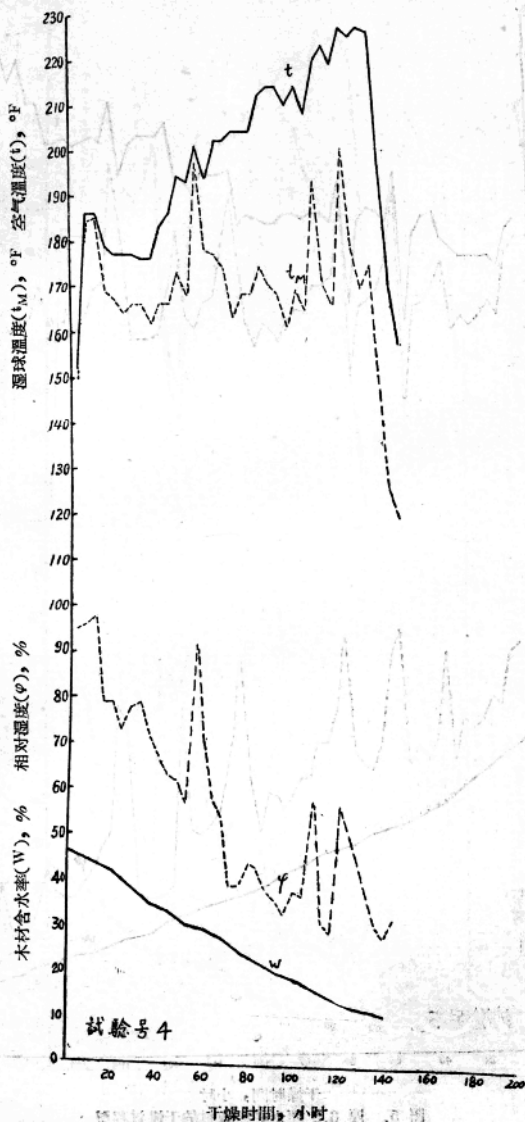


图 4. 厚 5.3 厘米紅松板材的干燥过程图

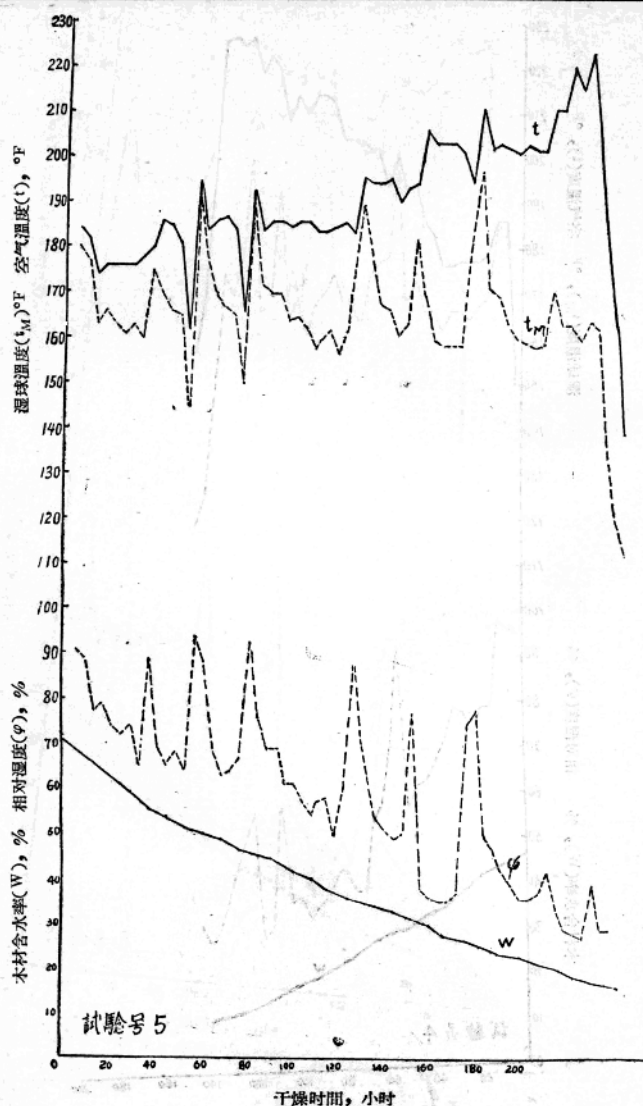


图 5. 厚 6.2 厘米红松板材的干燥过程图

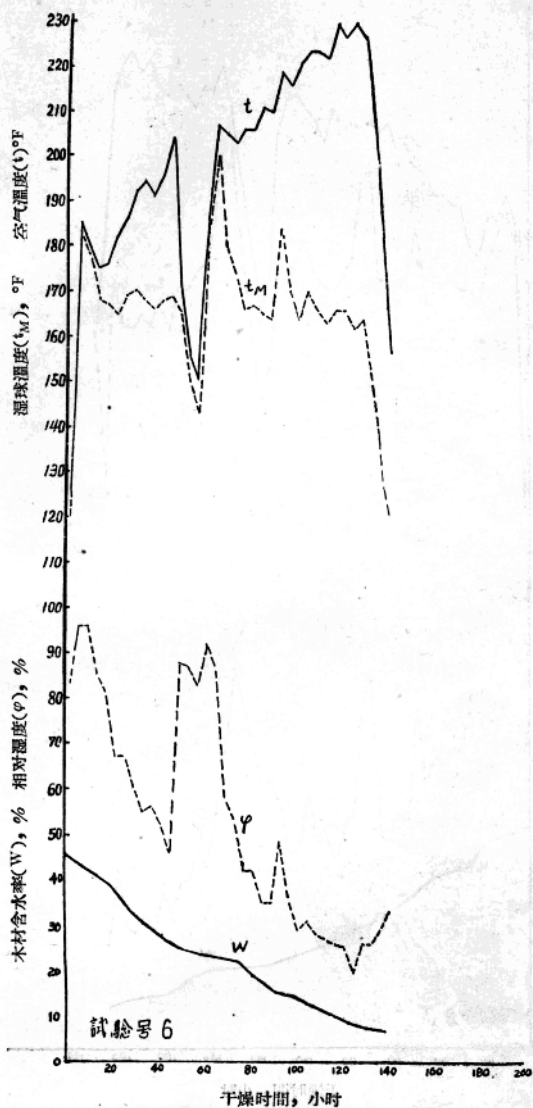


图 6. 厚 4.2 厘米紅松板材的干燥过程图

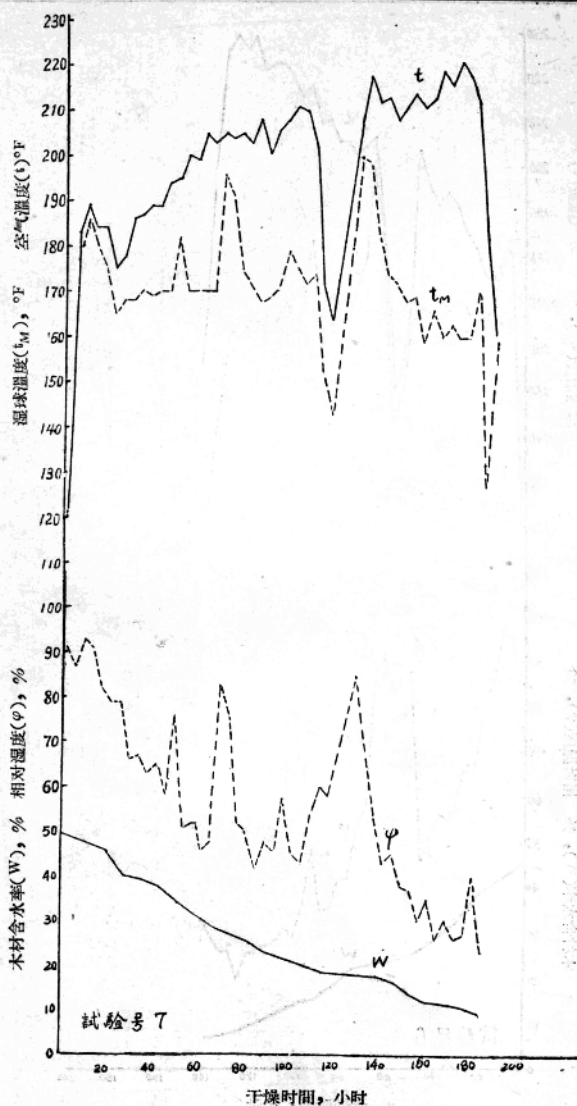


图 7. 厚 6.5 厘米红松板材的干燥过程图