

国内外木质材料干燥技术专利分析

马文君, 王忠明, 范圣明, 付贺龙

(中国林业科学研究院林业科技信息研究所; 国家林业局知识产权研究中心, 北京 100091)

摘要: 通过对全球木质材料干燥技术专利文献的搜集整理, 定量分析、定性调研与专家咨询, 从总体趋势、地域分布、主要申请人、技术分类、重点专利等多个视角, 揭示全球木质材料干燥技术专利态势, 并比较国内外专利申请情况, 为国内相关技术研发提供参考。

关键词: 木质材料; 干燥; 专利; 分析

中图分类号: TS67 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2018) 02-0028-05

Patent Analysis of Drying Technology of Woody Materials

MA Wen-jun, WANG Zhong-ming, FAN Sheng-ming, FU He-long

(Research Institute of Forestry Policy and Information, Chinese Academy of Forestry;

Center for Intellectual Property Research, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: By collecting and analyzing global patent literatures on drying technology of woody materials and consulting with certain experts, the authors discussed the status quo of the patents related to woody material drying from the point of view of overall trends, geographical distribution, active applicants, technology classifications and key patents. Domestic and foreign patenting activities were also compared. Suggestions were proposed to provide references for R & D in the future.

Key words: woody materials; drying; patent; analysis

木材干燥是木材加工中的关键工序, 是保障和改善木材品质、减少木材损失、提高木材利用率的重要环节, 是实现木材高效、节约利用的技术保证。

我国是木材生产和消费大国, 但木材干燥技术、设备及产品质量, 与西方发达国家尚有一定差距。因此, 尽快提高我国木材干燥的技术水平, 对于合理利用和节约有限的木材资源, 具有重大的现实意义和经济价值; 如何采用合理的干燥技术来保证木材干燥质量、降低能源消耗和生产成本, 也成为国内学者和工程技术人员广泛关注的焦点^[1-2]。

收稿日期: 2017-09-03; 修改日期: 2017-11-01

基金项目: 中国工程科技知识中心建设项目-林业专业知识服务系统 (CKCEST-2017-2-9)。

作者简介: 马文君 (1984—), 女, 中国林业科学研究院林业科技信息研究所工程师。

对此, 笔者对全球范围内木质材料干燥技术相关专利进行深入的分析, 旨在帮助企业全面掌握木质材料干燥技术的发展趋势及专利的全球分布状况, 发掘核心技术和关键技术点, 为相关企业根据自身情况开展技术创新与合作提供参考。

1 研究对象与方法

2017年8月15日, 利自德温特世界专利索引 (Derwent World Patent Index, DWPI), 结合木质材料干燥技术特点, 采用关键词与国际专利分类号相结合的方式, 进行多次预检, 确定最终检索式为:

1) Title=((wood* or lumber or timber) and dry*)

2) Abstract=(wood* or lumber or timber) and
IPC=(F26)

再通过检索、清洗和标引，获得本次专利分析所采用的数据。

采用专利分析系统 Thomson Innovation (TI) 和 Thomson Data Analyzer (TDA) 作为分析工具，定量与定性相结合，从发展趋势、地域分布、主要申请人、技术分类、核心专利等不同层面进行分析论证。

2 研究结果与讨论

截至 2017 年 8 月 15 日，全球已公开的木质材料干燥技术专利文献共 5 991 件，按同族归并后，基本专利为 3 693 件。平均每件基本专利拥有 1.6 个同族成员，表明木质材料干燥技术拥有者的全球专利布局活动并不十分活跃。

2.1 申请趋势分析

由于专利从申请到公开，一般有 18 个月的时间滞后，因此，2016 年和 2017 年的申请量数据不全，分析结果仅供参考。

20 世纪 70 年代之前，木质材料干燥技术专利量很少。1973 年至今，专利申请数量稳定增长。图 1 显示全球木质材料干燥技术的发展趋势。

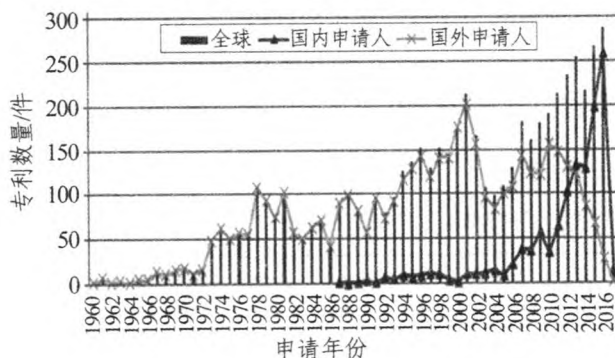


图 1 全球木质材料干燥技术专利年度申请量

Fig.1 Numbers of patent applications for drying technology of woody materials

国外木质材料干燥技术起步较早，1973—2001 年处于技术的快速发展期，2002 年至今处于稳定发展，每年申请量相对稳定；我国木质材料干燥技术专利申请始于 1987 年，2006—2011 年申请量逐年增多，2012 年至今申请量迅猛增长，发展势头强劲。

2.2 区域分析

各国专利受理量分析，反映了某项技术的全球布局情况。全球木质材料干燥技术的专利受理量排名前 10 位的国家和地区，列于表 1。

表 1 木质材料干燥技术专利主要受理国家/地区分布
Tab.1 Patent filings at top ten countries/regions for drying technology of woody materials

排名	受理国家/组织	1870—2017 年		2013—2017 年	
		申请量/件	占比/%	申请量/件	百分比/%
1	中国	1254	20.93	732	70.52
2	日本	732	12.22	48	4.62
3	美国	557	9.30	44	4.24
4	德国	415	6.93	7	0.67
5	欧洲专利局	338	5.64	30	2.89
6	加拿大	325	5.42	13	1.25
7	俄罗斯	312	5.21	34	3.28
8	世界知识产权组织	227	3.79	28	2.70
9	前苏联	185	3.09	0	0.00
10	瑞典	184	3.07	12	1.16
	其他	1462	24.40	90	8.67

表 1 数据表明：专利申请主要集中在 中国、日本、美国、德国、欧洲专利局、加拿大和俄罗斯，其受理量之和占全球受理总量的 65.65%；近 5 年，中国专利的受理量占全球受理总量的比例达到 70.52%，遥遥领先；其他国家在全球受理量中所占份额则明显降低，均不到 5%。

木质材料干燥技术优先权专利量排名前 10 位的国家/地区，列于表 2，从一定程度上反映各国木材干燥技术的实力。排名前 5 位的是中国、日本、美国、德国和瑞典，优先权专利量明显多于其他国家，其优先权专利量之和占全球专利总量的 64.77%，说明木材干燥技术主要掌握在这 5 个国家中。

表 2 木质材料干燥技术优先权专利量前 10 名国家/地区
Tab.2 Top 10 countries/regions of priority patents of drying technology of woody materials

排名	优先权国家/组织	1870—2017 年		2013—2017 年	
		申请量/件	占比/%	申请量/件	占比/%
1	中国	1208	20.16	731	70.42
2	日本	901	15.04	71	6.84
3	美国	680	11.35	42	4.05
4	德国	652	10.88	22	2.12
5	瑞典	440	7.34	36	3.47
6	俄罗斯	288	4.81	33	3.18
7	芬兰	279	4.66	4	0.39
8	加拿大	228	3.81	6	0.58
9	前苏联	208	3.47	0	0.00
10	欧洲专利局	203	3.39	6	0.58
	其他	904	15.09	87	8.37

2.3 主要申请人分析

对全球木质材料干燥技术专利主要申请人进行分析(表 3), 数据表明: 排名前 16 位的申请人中, 欧洲申请人 14 个, 具有明显优势。

专利申请数量排名前四者, 都是在 20 世纪 90 年代进入木质材料干燥技术研发领域, 其中排名第三、四的申请者, 在干燥技术领域的发展较为稳定, 近 5 年的研发活动依然活跃。另外, 当前技术研发最为活跃的公司是瑞典 COLDBAYAB, 近 5 年专利申请量排名第一。

从各申请人专利被引证次数之和来看, 排名前 16 的申请者对全球木质材料干燥技术的贡献和影响相对均衡, 且自我引证率都不很高, 说明木质材料干燥技术的发展以交叉引用为主。

2.4 技术类别分析

2.4.1 发展趋势分析

木质材料干燥方法种类很多, 现在国内外主要以常规干燥为主, 且在今后一段时间内仍将占据主导地位^[3-4]。2011 年以后的专利集中在热量回收和自动控制方面, 专利申请量分别达到 43 件和 27 件, 且逐年增多, 反映了木质材料干燥技术领域未来的发展方向是节能和智能化。

热量回收方面的国外专利更多。涉及蒸汽干燥

机的热能回收系统, 主要用于木屑、刨花等碎料的干燥^[5-8]; 通过循环空气干燥木材的能量回收系统, 可将冷凝过程中获得的能量收集, 并转移到具有较低湿度温度的循环空气里^[9]。

国内专利主要是关于传统干燥机的余热回收利用系统^[10], 将湿空气的显热和潜热, 利用到生物质材料烘干系统^[11-12], 以及蒸汽干燥系统中能量的回收利用^[13]。

自动控制方面, 国外专利主要是关于单板喷射干燥机中的冷却温度和压力的自动控制方法^[14-15], 木材含水率的自动控制方法^[16-17], 以及干燥机干燥速度的自动控制方法^[18]。国内专利主要是木材干燥过程无人值守全自动控制以及板材加热温度和传送速度的自动控制^[19-25]。

此外, 根据技术类别、干燥对象、技术效果进行分类分析, 结果见表 4。

1) 按干燥技术, 分为 5 类: 蒸汽、微波、太阳能、真空和超声波。

蒸汽干燥、真空干燥和微波干燥技术起步早, 且发展稳定, 近年来的专利申请均较多。

太阳能干燥技术虽然起步较早, 但近年来专利申请量相对稳定, 处于缓慢发展期; 超声波干燥技术起步较晚, 目前正处于技术起步探索阶段。

表 3 木质干燥技术主要申请人

Tab.3 Patent activity of top applicants for drying technology of woody materials

排名	申请人(国别)	申请量/件		被引证数	自我引证数	在华申请量/件	首次申请时间
		1870—2017 年	2013—2017 年				
1	VALEURS BOIS IND (法国)	50	0	156	3	5	1997
2	TECH SYSTEM KEEP YG (日本)	49	0	61	2	4	1990
3	MUEHLBOECK KURT (奥地利)	47	4	46	6	0	1991
4	VALUTEK AB (瑞典)	46	9	39	1	0	1995
5	BRUNNER REINHARD (德国)	42	0	136	7	0	1991
6	VALMET PAPER MACHINERY INC (芬兰)	40	0	130	0	0	1988
7	BISON-WERKE BAEHRE & GRETEN GMBH (德国)	38	0	129	0	0	1978
8	CREMONA & FIGLIO SPA ANGELO (意大利)	34	0	39	2	2	1987
9	KRONOTEC AG (瑞士)	31	0	15	0	2	2008
10	TEAL SALES INC (美国)	22	3	35	2	2	2011
11	COLDBAY AB (瑞典)	28	17	3	0	0	1994
11	COURTAULDS LTD (英国)	28	0	96	0	0	1975
13	VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS (芬兰)	27	0	93	2	0	1993
14	BABCOCK-BSH AG (德国)	26	0	62	3	0	1976
14	LOEOEF NILS OSKAR TORE (瑞典)	26	0	72	0	0	1980
14	TEKMA OY (芬兰)	26	0	94	0	0	1983

表4 木质材料干燥关键技术专利年度申请量

Tab.4 Numbers of key technology patent applications for drying technology of woody materials

申请年份	技术类别		干燥对象							技术效果					
	蒸汽	微波	太阳能	真空	超声波	锯材	刨花	单板	木浆	木纤维	节能	高质量	低成本	快速	简化
2017								2			7		2	1	1
2016	12	6	1	16	6	2	14	13		1	18	32	18	17	21
2015	9	17	5	25	1	4	12	15			33	25	16	14	17
2014	8	9	1	17	2	5	18	13	1		37	15	14	14	9
2013	10	4	2	13		3	18	10			45	23	18	12	13
2012	23	8	6	13	2		17	5	2		38	33	28	21	27
2011	16	2	5	15		2	36	7	1	2	67	14	23	19	28
2010	8	1	2	13	1	4	28	6	2	1	27	13	22	8	10
2009	7	8	3	14		4	30	1	3	8	31	20	21	15	22
2008	3	6	6	8		11	15	12	3	8	30	28	24	15	21
2007	6	4	5	10		3	8	11			31	40	15	21	6
2006	3	3	4	7		2	5	2	1	1	20	27	14	9	8
2005	6	1	2	6	1	6	4	1		1	8	13	8	15	3
2004	8	1		8		1	5	2	2	1	9	17	8	9	2
2003	8	3	1	3		2	7	1		7	12	9	5	3	7
2002	6	5		22		7	9	6	6	6	15	16	12	11	2
2001	8	13	2	15		11	14	4	2	10	9	13	9	15	6
2000	7	27		5		12	7	15	1	5	12	16	13	11	1
1999	4	4	1	7		3	6	2	5		11	11	15	9	
1998	6	9		7		40	1	21	1		36	29	10	25	2
1997	24	4	3	4		2	6	19		1	14	5	15	5	20
1996	4	15		6		1	16	4		9	11	3	7	6	2
1995	14	6		13		5	10	17		2	12	5	12	13	1
1994	9	2		7		1	5	4			15	4	5	3	2
1993	9	4		5			2	3			15	4	2	1	6
1992	6	4		3		6	4			1	8	7	6		9
1991	3	4	1	4	1	5	24	4	1	7	5	2	4	1	2
1990	2	2				2	14	1		2		1	1	1	
1989	1	10		1		1	16	13	1	5	2	4	3	1	
1988	2	1				7	14	9		2	14	1	2		
1987	1					3	4	5		1	12	3			1
1986	4		1	2		1		1			5				
1985	2			6		2	2	2			6	2		4	
1984				3		1		1		1	2			1	
1983							4					1		1	
1982		2	1	1		1	2		9	12	2	2		2	
1981	2	16	1	8		1	4	9		1					

2) 按干燥对象, 分为5种: 锯材、刨花、单板、木浆和木纤维。

单板和刨花一直是木质材料干燥技术领域的主要研究对象, 近年来专利申请量均较大, 特别是单板干燥技术; 针对锯材的干燥技术发展较为稳定, 并在2000年前后形成申请量高峰; 木浆和木纤维的干燥技术专利数量, 则一直相对较少。

3) 按技术效果, 分为5种: 节能、高质量、低成本、快速和工艺及设备简化。近10年来, 技术效果方面的专利申请量均很多, 且相对均衡, 是最受关注的研究目标。

2.4.2 技术关联分析

多维关联分析: 1) 真空干燥技术与其他各类技术结合运用得最多, 主要是与蒸汽、微波和超声波联合使用。尤其是近年来, 微波-真空组合干燥技术方面的研究逐步增多, 并开始了超声波-真空干燥技术的研究。2) 就干燥对象而言, 刨花以蒸汽和太阳

能干燥为主; 单板以蒸汽和微波干燥为主; 锯材以真空干燥为主; 木纤维以蒸汽干燥为主。

国内外对比分析: 1) 国内外在蒸汽、微波、太阳能、真空4种干燥技术方面的专利申请均较多; 我国近年来在木质材料的超声波辅助干燥技术领域开展了一些研究, 用于提高木材干燥速率^[26-27]。2) 在单板干燥技术方面, 国内外较为均衡; 国外对刨花、木纤维、锯材和木浆的干燥技术专利较多, 国内专利量则较少。

2.5 重点专利分析

一件专利被其他专利引用的次数, 表明该专利对技术发展的影响力。全球木质材料干燥技术专利被引证次数>55次的共8件, 列于表5。

这些高被引专利均出现在20世纪70~90年代, 正是全球木质材料干燥技术的快速发展期。高被引专利主要布局在美国、欧洲、加拿大和澳大利亚, 均未在中国布局。

表 5 全球木质材料干燥技术重点专利
Tab.5 List of key patents for drying technology of woody materials

专利申请号	名称	申请人	申请日期	同族数量	被引证数
US1974525049A	process and apparatus for seasoning wood	DRYWOOD CORP	1974-11-19	1	99
US1978902632A	vacuum drying kiln	PAGNOZZI V	1978-05-04	6	98
US19798651A	drying plant, particularly for timber	CEAF SPA	1979-01-30	9	96
US1971149912A	method of drying wood	CANADIAN PATENTS & DEV LTD	1971-06-04	1	63
US1997886497A	process for accelerated drying of green wood	ELDER D J	1997-07-01	12	60
US1981276764A	energy efficient lumber dry kiln using solar collectors and refrigeration system	US SEC OF AGRIC	1981-06-24	1	57
US1998157600A	apparatus for treating green wood and for accelerating drying of green wood	ELDER D J	1998-09-21	1	57
US197913059A	lumber conditioning kiln	LEWIS D C	1979-02-21	3	56

被引证次数排名前 3 位的专利，被引次数均在 90 以上，明显高于其他专利，说明是木质材料干燥技术领域的重要专利，其技术情况如下。

“US1974525049A”被引次数最多共 99 次，该专利涉及一种加速干燥生材的方法和装置，在低于大气压的环境下，采用高频电介质加热，从而快速除去木材中的水分，并且可避免木材开裂和表面硬化等干燥缺陷。该专利结合了电介质和真空干燥技术的优点，克服了之前由于两种技术相结合产生的低效和破坏性的电晕、电弧或电离效应^[28]。该专利自 1976 年公开以来，被 50 位申请人引用，2013—2017 年的被引证次数依然高达 21 次，表明其对当今木材干燥技术的发展仍有重要影响和贡献。

排名第二的“US1978902632A”共被引证 98 次，其同族专利在德国、法国、美国、加拿大和意大利均有布局。该专利涉及一种木材真空干燥窑，干燥窑由热泵加热，将水蒸气循环到干燥窑的套管上，真空泵以及排出的热量可部分回收和再利用^[29]。该专利自 1980 年公开以来，有 38 位申请人引用，近 5 年的被引证次数仍有 8 次。

排名第三的“US19798651A”，共被引证 96 次。其同族专利在德国、法国、美国、加拿大、意大利、英国和葡萄牙均有布局。该专利涉及一种空气循环木材干燥设备，具有除湿蒸发器的制冷回路，也可作为回收空气的热泵，提供了一种高速低成本的木材干燥方法，木材的终含水率可降至 6%~8% 范围内^[30]。该专利自 1980 年公开以来被 55 位申请人引用，近 5 年的被引证次数依然高达 24 次。

3 结语

木质材料干燥技术经过 100 多年的发展，目前技术发展稳定，专利申请量仍保持稳定增长；中国、日本、美国、德国和瑞典是主要的技术拥有国。

木材单板和刨花一直是最受关注的研究对象，其次是锯材，而针对木浆和木纤维的干燥技术则一直相对较少。我国对刨花、木纤维、锯材和木浆的干燥技术研究相对国外较弱。

我国木质材料干燥技术虽然起步较晚，但后发优势，完全有可能在未来形成技术优势地位。

1) 关注热量回收技术和自动控制技术研究。一方面是由于木屑、刨花等颗粒物的蒸汽干燥的热量回收系统，另一方面是常规干燥循环空气的热量回收；自动控制技术方面，集中在对干燥过程中温度、压力、湿度、速度的自动控制。

2) 充分利用失效核心专利。20 世纪 70~90 年代的一批高被引专利，较多涉及蒸汽干燥、真空干燥和微波干燥技术，由于过了专利保护期限已经成为公知技术，我国在开展这三类技术研究时，可以多借鉴这些高被引的失效专利。

3) 进一步开展木质材料的超声波干燥技术和太阳能干燥技术的探索，关注木质材料太阳能干燥技术的高被引专利，其主要掌握在美国农业部、美国阿肯色大学和日本 MARUSHO-GIKEN 公司。

4) 木材干燥技术的节能、提质、降成本、增速、简化工艺设备的研究，仍将是国内外木质材料干燥技术领域共同关注的研究目标。

(下转第 37 页)

4) 支持鼓励企业并购重组。

当前,全球木工机械行业的垄断势力已经形成,对后发国家的企业发展形成了掣肘。虽然我国木工机械的产值已居世界第一,但尚未出现具有全球影响力的木工机械企业。必须依靠资本运作,通过兼并重组,甚至跨国收购,才能迅速做大做强,打破国际巨头的垄断。

3 结语

木工机械的智能化,是我国家具、建材和装饰等行业提高产品质量和生产效率,降低对劳动力的依赖,提升市场竞争力,并实现“创新驱动、转型升级”的基础装备和技术保障。新科技革命为我国木工机械工业发展智能制造带来重大机遇,应把握“机会窗口期”,充分利用自身优势,并积极借鉴

国外先进经验,以智能化为突破口,实现我国木工机械制造业由大变强的历史跨越。

参考文献:

[1] 孙志刚,齐英杰,方彦,郑纲.“十二五”期间中国木工机械制造业一瞥[J]. 木工机床, 2016(4): 1-16.

[2] 马岩. 中国木工机械的国际地位与市场规模分析[J]. 林业机械与木工设备, 2013, 41(7): 4-6.

[3] 路甬详. 中国制造与中国创造[J]. 全球化, 2016(9): 5-13.

[4] 马岩. 我国板式家具机械的市场分布与水平分析[J]. 木工机床, 2013(3): 9-13.

[5] 张雪颖,吴智慧. 板式家具实木化与实木家具板式化发展趋势探析[J]. 家具, 2016, 37(2): 1-5.

[6] 姚遥,许亚东,彭加梅. 我国木门自动化制造的新动向[J]. 木材工业, 2017, 31(2): 45-48.

[7] 姚遥,许亚东,许厚荣,等. 我国木门自动化制造特点及发展趋势[J]. 木材工业, 2015, 29(2): 26-29.

(责任编辑 劳万里、姜征)

(上接第32页)

参考文献:

[1] 高利祥. 柳杉木材干燥工艺及其对物理性能的影响[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2014.

[2] 季仲致. 木材干燥窑集散控制系统的设计与研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.

[3] 褚俊. 木材干燥介质循环状态模拟及对干燥过程影响分析研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.

[4] 中山市太兴家具有限公司. 一种木材柔性真空干燥方法及装置: CN, CN105865166A[P]. 2016-05-07.

[5] Skellefteaa Kraftaktiebolag. Method and system for the recovery of thermal energy from a steam dryer: SE, SE535782C2[P]. 2012-12-18.

[6] Outotec OY. Method and system for recovering thermal energy from a steam dryer: BR, BR112013024127A2 [P]. 2016-12-20.

[7] Outotec OY. Process and system for recovery of thermal energy from a steam dryer: US, US9410450B2[P]. 2016-08-09.

[8] Ktb Invest Ivs. Method and drying plant material and utilising heat from the drying plant: EP, EP3115722A1[P]. 2017-01-11.

[9] Valutec AB. Method for drying items by air, energy- recovery system and drying arrangement: EP, EP3126766A1[P]. 2017-02-08.

[10] 覃健林. 具有余热回收利用的烘干塔回风系统: CN, CN104729270A[P]. 2015-06-24.

[11] 南京航空航天大学. 同时回收潜热和显热的生物质烘干系统及方法: CN, CN104880051B[P]. 2016-06-13.

[12] 南京航空航天大学. 自回热木材干燥系统及方法: CN, CN106123510A[P]. 2016-11-16.

[13] 吴宏, 李育隆. 一种过热蒸汽干燥系统及工艺: CN, CN104034126A[P]. 2014-09-10.

[14] Kockums Cancar Company. Method and apparatus for controlling cooling temperature and pressure in wood veneer jet dryers: US, US8667703B2[P]. 2014-03-11.

[15] U.S. Natural Resources Inc. Method and apparatus for controlling

cooling temperature and pressure in wood veneer jet dryers: US, US9228780B2[P]. 2016-01-05.

[16] Tomsk State Pedagogical University. Automated line of lumber drying: RU, RU152363U1[P]. 2015-05-27.

[17] Weyerhaeuser NR Company. Sorting green lumber : US , US9470455B2[P]. 2016-10-18.

[18] Moscow State University of Wood. Program lever automatic regulator of speed of the faultless lumber drying: RU, RU109837U1[P]. 2011-10-27.

[19] 江西太升实业有限公司. 一种自动控制新型木材干燥窑: CN, CN102654351A[P]. 2012-09-05.

[20] 中北大学. 一种自动控制温度变化的干燥器: CN, CN104634084A[P]. 2015-05-20.

[21] 苏琳. 一种温度智能控制的烘干装置: CN, CN104634083A[P]. 2015-05-20.

[22] 东北林业大学, 马岩. 一种干燥机的控制系统: CN, CN104613743B [P]. 2017-06-06.

[23] 江门华宇木材干燥设备科技有限公司. 一种木材真空干燥控制系统: CN, CN106774104A[P]. 2017-05-31.

[24] 高建民, 伊松林, 张璧光, 等. 我国木材节能干燥技术进展[J]. 木材工业, 2010, 24(6): 21-24.

[25] 于彪. 基于热流固耦合木材干燥介质分布均匀性改善研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.

[26] 北京林业大学. 提高木材干燥速率的处理装置及利用该装置干燥木材的方法: CN, CN104422248B[P]. 2016-08-24.

[27] 涟水县中林木制品厂. 一种木材烘干箱: CN, CN104422248B[P]. 2016-03-30.

[28] Drywood Corporation. Process and apparatus for seasoning wood: US, US3986268A [P]. 1976-10-19.

[29] Pagnozzi Ernesto Guglielmo, Pagnozzi Vincenzo. Vacuum drying kiln: US, US4194296A [P]. 1980-03-25.

[30] CEAF SA. Drying plant, particularly for timber: US, US4196526A [P]. 1980-04-08.

(责任编辑 向琴)