

基于叶蒸腾作用的立木生理干燥效果

周志新, 王喜明

内蒙古农业大学材料科学与艺术设计学院, 呼和浩特 010018

摘要 利用活立木上树叶的蒸腾作用可以将树干中的水分排出。以新疆杨为试材, 依据树叶蒸腾作用理论, 采取切断试材水分来源的手段, 定期取样, 分析树干中不同部位含水率变化规律, 探讨了活立木生理干燥的效果。研究表明: 新疆杨进行边材切割和剥皮处理可以实施活立木的生理干燥, 其边材最终含水率约达 20%, 心材含水率约达 29%。

关键词 生理干燥; 边材含水率; 心材含水率

干燥作业涉及中国国民经济的广泛领域, 它是木制品行业中不可或缺的基本生产环节。木材干燥每年消耗的能量折合标准煤约为 1155 万 t, 占木材生产企业总能耗的 40%~70%。中国现在仍以常规干燥为主, 一次能源的利用率不足 30%, 而且在能量消耗的同时, 会有大量二氧化硫、烟尘、二氧化碳和少量的氧化氮排出。以上物质是造成酸雨、温室效应和臭氧层破坏的主要因素^[1-3]。活立木生理干燥可以有效减缓资源、能源和环境污染三大压力。

活立木生理干燥是对已成熟即将进行砍伐利用的树木, 根据其生理特性, 提前进行各种方式处理(根部锯开边材、以一定宽度环状剥皮等)截断树木的水分来源, 利用生长茂盛的树叶继续散发树干中的水分实现活立木的自然干燥^[4]。它具有不会造成森林资源的破坏与浪费, 不消耗非可再生资源, 处理方式简单, 采伐作业负荷小, 工作量少, 可降低运输费用, 干燥均匀等特点。因此, 活立木生理干燥具有一定的发展前景。

本文针对各种常用干燥方法存在的缺点, 利用树木的水分生理特性^[5,6]干燥木材的方法和思路, 研究高效、快速、低耗释放木材水分的方法和原理, 重点研究不同处理方式条件下的新疆杨心、边材含水率的变化。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验采用 9 年生, 平均胸径 14.11 cm, 平均树高 14.89 m, 在平坦地势生长, 树冠长势良好的新疆杨为试材(表 1)。

试验地概况: 呼和浩特市位于内蒙古自治区中部的土默川平原上, 处于 110°31'E~112°20'E, 39°35'N~41°25'N, 总面积 17224 km², 呼和浩特市属北中温带半干旱大陆性季风气候,

表 1 试材生长状况
Table 1 Growth conditions of the test materials

试材编号	树高/m	冠幅/m	胸径/cm
新疆杨 A	14.87	2.06	14.46
新疆杨 B	15.08	2.14	15.10
新疆杨 C	14.97	1.96	14.17

候, 春季干旱多风, 夏季温暖, 冬季寒冷而漫长。年平均降水量约 400 mm, 降水主要集中在 6~8 月, 占全年雨量的 60%~65%。年平均温度北部山区 2~2.5℃, 中部平原 5.8~6.3℃, 南部丘陵 6.5~6.7℃。积温有效性高, ≥10℃积温 2000~3000℃。全年无霜期短, 为 105~150 d; 霜期一般从 9 月下旬开始至次年 5 月上旬结束。大部分地区年日照时数为 2800~3100 h, 日照率为 56%。

1.2 试验方法

呼和浩特市处于北温带中偏北的位置, 综合气候条件, 试验选在 7 月开始进行, 干燥处理的方法全部以活立木为对象, 图 1 为试材的 3 种处理方法。

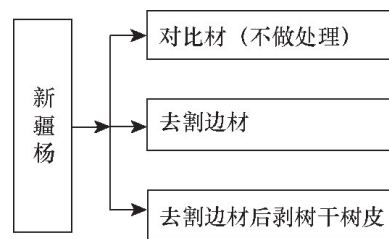


图 1 试材处理方法

Fig. 1 Material processing method

收稿日期: 2015-12-14; 修回日期: 2015-12-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(31170519)

作者简介: 周志新, 硕士研究生, 研究方向为木材干燥, 电子信箱: zhoushixin186@163.com; 王喜明(通信作者), 教授, 研究方向为木材干燥, 电子信箱: w_ximing@263.net

引用格式: 周志新, 王喜明. 基于叶蒸腾作用的立木生理干燥效果[J]. 科技导报, 2016, 34(19): 54-58; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.19.008

具体操作:用生长锥在距离地面 20 cm 处取 5~6 个试样,确定边材厚度,去割边材,新疆杨 C 剥皮高度定为 0~6 m。定期在距离锯口高度分别为 0、1、2、3、4、5 m 处取样,每取 1 个样品,立即称量并记录数据,取样结束后用腻子将钻孔补塞好,将样品放入烘箱内,在(103±2)℃的温度下烘至绝干称重,并计算样品的含水率。每处至少取 3 个样,每次取样钻

孔尽量在一条垂线上。

2 结果与分析

2.1 温度、降雨和风速变化

呼和浩特夏季气候凉爽,试验期间最低气温为 9℃,最高气温为 30℃,表 2 所示为试验期间试验地的天气状态变化。

表 2 试验期间试验地的天气状况

Table 2 The weather conditions during the test in the testbed

日期	平均温度/℃	平均湿度/%	平均降水/mm	平均风力/(m·s ⁻¹)	日照时间/h	日期	平均温度/℃	平均湿度/%	平均降水/mm	平均风力/(m·s ⁻¹)	日照时间/h
07-27	21.1	76	2.4	1.6	0	08-14	25.6	68	0	1.0	4.0
07-28	21.5	76	9.8	1.5	8.7	08-15	26.6	65	0	1.6	2.3
07-29	22.2	69	1.4	0.7	8.4	08-16	26.3	53	0	1.2	5.0
07-30	21.7	67	5.0	2.3	8.5	08-17	22.9	45	0	1.1	8.8
07-31	20.8	70	0	0.3	3.9	08-18	23.5	34	0	0.6	11.8
08-01	22.6	61	0	0.8	9.7	08-19	22.1	41	0	2.2	3.5
08-02	21.0	66	0	1.0	9.2	08-20	19.0	80	17.2	1.3	0
08-03	20.8	65	0	0.9	11.0	08-21	21.0	76	0	0.6	2.1
08-04	20.8	69	27.1	0.9	0	08-22	20.8	64	0	1.3	3.5
08-05	20.8	65	0.1	1.4	0	08-23	21.8	49	0	1.8	11.7
08-06	22.2	66	0.4	0.4	7.6	08-24	22.7	45	0	1.3	11.3
08-07	20.6	70	0.2	0.9	3.4	08-25	21.2	61	0	0.9	11.0
08-08	20.3	78	2.7	1.3	4.3	08-26	22.0	64	0	1.1	9.5
08-09	22.1	69	3.0	0.5	7.9	08-27	19.1	80	25.6	1.0	7.0
08-10	24.3	64	0	1.1	10.4	08-28	19.7	78	8.6	1.0	2.8
08-11	23.5	68	19.5	1.4	0	08-29	15.3	56	0	1.2	3.8
08-12	23.1	73	0	1.1	10.6	08-30	14.6	62	0	0.7	0
08-13	24.5	67	0	2.2	8.3	08-31	15.1	62	0	0.8	11.1

注:数据由呼和浩特市气象局提供。

新疆杨喜半荫,喜温暖湿润气候及肥沃的中性及微酸性土,耐寒性不强。在年平均气温 11.3~11.7℃,极端最高气温 39.5~42.7℃,极端最低气温-22~-24℃的气温条件下生长最好。在绝对最低温-41.5℃时树干底部会出现冻裂。豆胜等^[7]提出,植物的蒸腾作用受温度影响很大,外界温度过高或过低时,植物会自动调节气孔的关闭,以保障其正常的生理生长状态。气孔的运动直接影响植物的蒸腾作用^[8]。本试验所在地温度适宜,平均气温 16.28~29.94℃,新疆杨的树叶十分有利于植物的蒸腾作用。

试验期间,降雨天数为 19 d,多云天数为 13 d,晴天天数为 8 d,阴天天数为 6 d,其中降雨天气降雨时间多为 18:00 至 20:00,且降雨前都为晴天。风力多为小于 3 级和 3~4 级,仅有 1 d 为 4~5 级。风力较小的天气有利于植物蒸腾作用,微风

带走树叶表面的水分,从而起到类似烟囱效应^[9]的作用,进而加快水分在叶面上的散失。

2.2 树干上含水率的变化

树木进行蒸腾作用时,水分在树干中以水柱状态存在,由根部吸收水分经导管运输到叶片,参与光合作用和蒸腾作用^[10]。因此,去割边材是截断树干从根部获取水分的基本方法。

2.2.1 树干边材含水率的变化

试验期间,不同天数不同处理方式下树干边材不同高度的含水率变化如图 2 所示。

试验共进行 36 d,试验处理材料的树叶在开始阶段很繁茂,随着试验的进行逐渐失水萎焉,到第 8 天左右,由于树叶的含水率过低致使树叶被阳光灼伤完全枯萎,此时不能再进行蒸腾作用。

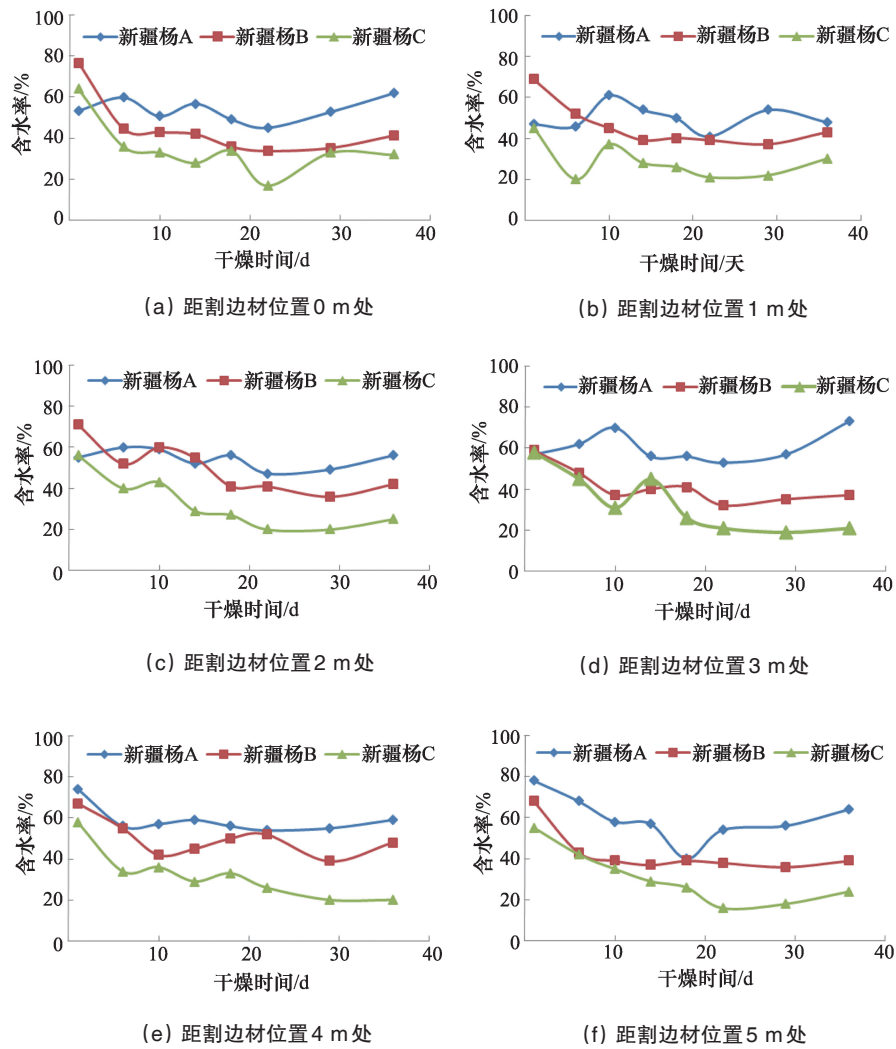


图2 不同高度边材的含水率变化

Fig. 2 Changes of the moisture content of sapwood of different heights

由图2可知:1)在树叶还能进行蒸腾作用的情况下,新疆杨B和新疆杨C树干在各取样位置的含水率有明显的下降,相比较而言,进行去割边材和剥皮处理的新疆杨含水率下降速度较快,原因在于没有树皮的保护,树干中的水分会在边材的表面进行散失。而没有进行处理的新疆杨A,其各高度上边材的含水率一直在60%上下波动;2)在树叶枯萎期间,B和C曲线的斜率具有减小趋势,表明水分的散失速率减缓,蒸腾作用在逐渐减小;3)在树叶枯萎后,处理材B和C在0~1 m处的含水率有小幅增大趋势,原因可能是:在没有根压和蒸腾作用牵引力下,树干中水分主要受重力的作用,从而使水分在树干下部积存;试验期间,试验地每隔2 d就会有降水现象,会对C的含水率有一定的影响;4)试验进行到只有大气干燥起作用的阶段后,相较而言,只有C在这一阶段有水分的散失,A的含水率在初始阶段的含水率附近波动,B的含水率在树叶枯萎后没有太大的变化,在38%附近波动,C的含水率还是处于下降趋势中,在第22天左右,其含水率可以

达到20%,达到了运输含水率的界限,在之后的14 d内,含水率基本处于平稳状态。

2.2.2 树干心材含水率的变化

试验期间,不同的处理方式对不同高度树干心材的含水率影响如图3所示。

由图3可见,新疆杨A的心材含水率变化趋势不明显,在各个高度上维持在60%左右,B和C心材的含水率在树叶枯萎期间有较小幅度的下降,B心材的含水率在树叶干枯之后,随着试验的进行,反而会有小幅度上升趋势,分析原因是重力的作用致使水分在树干的下部积存;C没有树皮的保护,其边材直接和大气接触,水分还会由于心材和边材的水分压的差异,而由心材流向边材^{[11][12]},进而散失到大气中,但效果并不是很明显,在第29天左右达到基本的平衡,从高到低,心材含水率分别为38.46%、36.71%、23.08%、25%、30%、22.22%,基本不再散失。

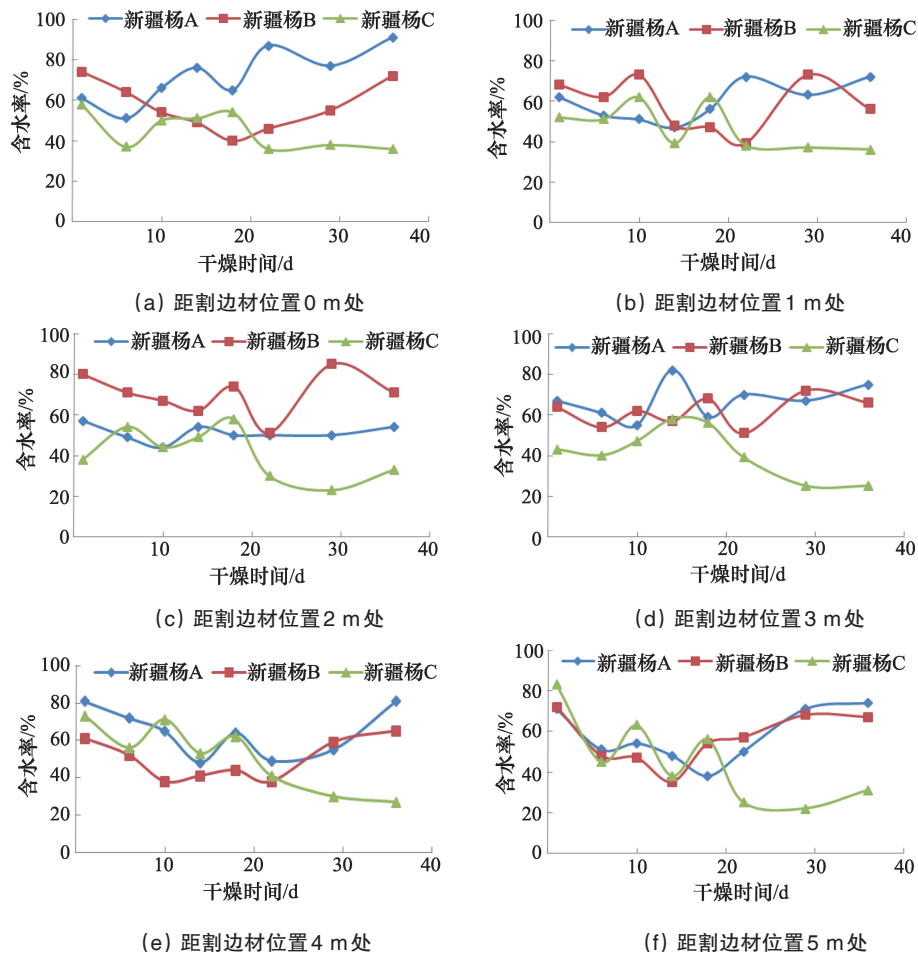


图3 不同高度心材的含水率变化

Fig. 3 Changes of the moisture content of heartwood of different heights

3 结论

1) 在生理干燥试验的进行中,新疆杨A心材和边材变化的趋势基本一致,在其固有的含水率水平上下波动。新疆杨B心材和边材在树叶干枯之前都处于下降趋势,在树叶干枯之后,心材的含水率有小幅上升趋势,边材的含水率维持在36%左右。新疆杨C的心材和边材含水率的变化趋势基本一致,都处于不断下降的趋势中。

2) 单独作用下的蒸腾作用的干燥效果明显不如蒸腾作用与大气干燥结合的应用效果。新疆杨C处理方式最为合理,边材的含水率可以达到20%,心材的平均含水率可以达到29%,基本上达到了木材运输含水率的要求。

3) 立木生理干燥适用于干旱、少雨、日照时间长、且气温不高的中国北方、西北地区,干燥效果较好,且不易遭受病虫害的侵袭。而南方地区温暖、潮湿,去割边材或剥皮的立木很易遭受病虫害和真菌的侵袭,使树干虫蛀和腐朽,故活立木生理干燥不适用于中国南方及沿海地区。

参考文献(References)

[1] 庄寿增. 对我国木材干燥技术创新与发展问题的几点思考[J]. 林产工

业, 2008, 35(2): 6-9.
 Zhuang Shouzeng. Some comments on the technological innovation and development of wood drying in China[J]. China Forest Products Industry, 2008, 35(2): 6-9.
 [2] 张壁光, 谢拥群. 木材干燥的国内外现状与发展趋势[J]. 干燥技术与设备, 2006, 4(1): 7-14.
 Zhang Biguang, Xie Yongqun. Wood drying situation and development trend of domestic and foreign[J]. Drying Technology & Equipment, 2006, 4(1): 7-14.
 [3] 谢拥群, 张壁光. 我国木材干燥技术与研究动态[J]. 干燥技术与设备, 2009, 7(4): 147-152.
 Xie Yongqun, Zhang Biguang. Drying technology and research trends of wood[J]. Drying Technology & Equipment, 2009, 7(4): 147-152.
 [4] 张栋, 刘桂华, 项艳, 等. 3个杨树无性系蒸腾耗水特性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(5): 713-717.
 Zhang Dong, Liu Guihua, Xiang Yan, et al. Transpiration characteristics of three poplar tree clones[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2011, 38(5): 713-717.
 [5] 刘建立, 程丽莉, 余新晓. 乔木蒸腾耗水的影响因素及研究进展[J]. 世界林业研究, 2009, 22(4): 34-40.
 Liu Jianli, Cheng Lili, Yu Xinxiao. Influencing factors of water consumption from tree transpiration[J]. World Forestry Research, 2009, 22(4): 34-40.
 [6] 高桥邦秀, 李裕国. 日本落叶松的立木干燥[J]. 国外林业, 1991(1): 41-

43.
Gaoqiao Bangxiu, Li Yuguo. Japanese larch stumpage dried[J]. Foreign Forestry Journals, 1991(1): 41-43.
- [7] 豆胜, 马成仓, 陈登科. 4种常见双子叶植物蒸腾作用与叶温关系的研究[J]. 天津师范大学学报(自然科学版), 2008, 28(2): 11-13.
Dou Sheng, Ma Chengcang, Chen Dengke. On the relationship between the transpiration rate and the leaf temperature of four dicotyledon plants [J]. Tianjin Normal University: Natural Science Edition, 2008, 28(2): 11-13.
- [8] 董泽军. 植物蒸腾作用高速率之原因[J]. 中国农学通报, 2010, 26(21): 131-135.
Dong Zejun. A primary discussion on high velocity of plant transpiration [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(21): 131-135.
- [9] 张靖岩, 霍然, 王浩波, 等. 烟囱效应形成机理的实验[J]. 中国科学技术大学学报, 2006, 36(1): 73-76.
Zhang Jingyan, Huo Ran, Wang Haobo, et al. Experimental study on generation mechanism of stack effect[J]. Journal of University of Science and Technology of China, 2006, 36(1): 73-76.
- [10] Zimmermann U, Schneider H, Wegner L H, et al. Water ascent in tall trees: Does evolution of land plants rely on a highly metastable state?[J]. New Phytologist, 2004, 162(3): 575-615.
- [11] 孙丙虎. 不同干燥方法的木材水分迁移与横向弛豫特性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
Sun Binghu. Study on characteristics of water movement and transverse relaxation wood during different drying methods[D]. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2012.
- [12] 刘志军, 张璧光. 木材微波干燥内部压力对水分移动的影响[J]. 林产工业, 2006, 33(2): 17-19.
Liu Zhijun, Zhang Biguang. Effect of internal pressure on moisture migration during wood microwave drying[J]. China Forest Products Industry, 2006, 33(2): 17-19.

Physiological drying of standing trunk based on transpiration

ZHOU Zhixin, WANG Ximing

Colloge of Meterial Science and Art Design, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China

Abstract The transpiration of leaves on trunk can remove the water in the trunk. In this paper, based on the leaf transpiration theory, the physiological drying of the *populus alba* standing trunk is achieved. The results show that for the *populous alba* with sapwood cutting and bark peeling, the physiological drying of the standing trunk can be achieved. The final moisture content of the sapwood can reach about 20%, and the heartwood content can reach about 29%.

Keywords physiological drying; sapwood moisture content; heartwood moisture content

(责任编辑 王媛媛)