

纳米木质素制备技术及应用研究进展

周宇, 李改云, 韩雁明, 范东斌, 储富祥

(中国林科院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 纳米木质素兼具木质素和纳米材料的特性, 具有较大应用潜力。总结国内外现有纳米木质素的制备技术和应用研究方面的进展, 提出纳米木质素将是木质素开发利用的新途径。纳米木质素的高比表面积、多基团和抗菌无毒等特点, 在生物医药、新能源、林产品加工等领域具有广阔应用前景。

关键词: 纳米木质素; 制备技术; 应用现状

中图分类号: O629.9; S781

文献标识码: B

文章编号: 1001-8654 (2019) 04-0027-05

Research Progress of Preparation and Performance of Lignin Nanoparticles

ZHOU Yu, LI Gai-yun, HAN Yan-ming, FAN Dong-bin, CHU Fu-xiang

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Lignin nanoparticles possess characteristics of both lignin and nanomaterials, which have great application potential. Research progress of fabrication and application of lignin nanoparticles was reviewed. Lignin nanoparticles could be a new way for better use of the lignin. In addition, due to high specific surface area, multi-groups, antibacterial and non-toxic characteristics, lignin nanoparticles may be widely used in many fields, such as biological medicine, new energy, forest product processing etc.

Key words: lignin nanoparticles; preparation method; application status

木质素是由三种苯丙烷作为基础单元通过酯键和碳-碳键连接形成的无定型聚合物^[1], 结构中包含碳链和苯环, 碳链和苯环上又含有羟基、羧基、羰基、甲氧基、碳碳双键和苯环等官能团, 使植物能够抵抗化学的或微生物的攻击。作为制浆行业的副产物, 全世界每年产量超过 7 000 万 t, 是自然界中仅次于纤维素的第二丰富生物质资源。目前, 我国木质素的应用领域主要集中在树脂产品, 混凝土制备、水凝胶和农药等工业领域^[2]。作为植物类资源中

唯一具有苯环结构的聚合物, 木质素具有成为工业高分子材料替代品的潜力^[3]。

因制浆原理不同, 不同来源木质素的结构差异很大。加之木质素活性基团含量低, 共混、共聚相容性差, 在目前的工业技术水平下, 很难进行大规模工业化生产^[4]。95%的木质素被作为工业剩余物随黑液排出或燃烧产生热量, 仅有 5%用于生产添加剂、分散剂、胶黏剂和表面活性剂等产品, 极大地浪费了资源, 并造成了严重的环境污染^[5]。因此, 如何实现木质素资源的高附加值应用成为研究热点。

随着纳米科学技术的发展, 由可再生资源制备的纳米材料受到关注。木质素纳米化为木质素资源开发提供了新途径^[6]。纳米材料拥有更大的比表面积, 更多的表面原子数和更高的表面能和表面张力, 表现更高的活性, 容易与其他原子结合, 在催化材

收稿日期: 2018-08-21; 修改日期: 2019-06-11

基金项目: 中国林科院国家公益性基础研究专项基金“木质素可控自组装技术”(CAFYBB2016ZX002); 国家自然科学基金“木质素基中空微纳米结构的自组装构筑及其形态控制机理”(31770610)。

作者简介: 周宇 (1987—), 男, 博士研究生。Email: zhouyu_sky@126.com。

责任作者: 储富祥, 男, 研究员。Email: chufuxiang@caf.ac.cn。

料、传感器和生物功能材料等领域,应用前景广泛^[7]。纳米化的木质素除具有纳米粒子的一般特性外,还具有抗菌抗紫外线和无细胞毒性等自身原有特点,在生物功能材料领域具有巨大的潜在应用价值^[8-9]。

鉴此,笔者通过对纳米木质素制备方法和应用现状进行总结归纳,为纳米木质素制备技术的进一步研究和开发新型纳米木质素基产品提供参考。

1 纳米木质素的制备方法

纳米木质素的合成和制备是利用现代科学理论和技术,将木质素材料结构尺寸控制在纳米或微米范围。按反应类型分为物理法和化学法。物理法是利用高精密仪器,将木质素材料破碎至纳米级;化学法是原子、分子、团簇逐步堆积到纳米级尺寸,常见的方法有沉降法、溶胶-凝胶法、水热法、自组装法及化学气相等。

1.1 机械法

机械法通过外部施加机械力或高频振动,让木质素发生界面反应,使大颗粒变为更小级别的颗粒,这个过程中少用或者不用化学试剂,降低了对环境的潜在危害,是一种较为绿色环保的制备方法。

硫酸盐木质素颗粒在高压环境中匀质剪切4 h,可得到尺寸均一且结构未改变的纳米木质素^[10]。超声波产生的机械和热效应破碎大分子木质素过程中,会发生大分子解聚反应和小分子缩聚反应,需调整超声功率和反应时间来调控纳米木质素的尺寸^[11]。

但机械法制备的纳米木质素结构和尺寸不稳定。

1.2 静电纺丝法

作为制备纳米纤维材料最重要的制备方法,静电纺丝法具有制备设备简单、成本低、工艺可控等优点^[12],可以拉伸木质素,使其流体静电雾化形成微小射流,从喷丝口射出后,形成木质素纳米纤维。

研究表明,通过静电纺丝技术制备的纳米木质素纤维,表面积大、强度高、抗氧化能力强,且表面光滑无缺陷^[13-15]。但是制备过程需要加入其他助剂材料,否则难以制备强度高、彼此分离的纤维丝。

1.3 沉降法

将木质素溶解在四氢呋喃、二甲基甲酰胺、乙酸等有机溶剂中,通过改变溶液条件,可以析出沉淀制备纳米木质素。该方法试验环境要求低、操作

简单,成为合成制备纳米木质素的重要方法之一。

目前较为成熟的工艺是,将木质素溶解在某种有机溶剂或强碱性水溶液里,加入低pH值的溶液或是用其他降低pH值的方法,使木质素分子以纳米粒子的形式析出。但这种方法需要前期溶解木质素,通常先要进行木质素分子修饰改性,以提高其在溶剂中的溶解性,另外对工艺控制的要求很严,否则纳米木质素的形貌、尺寸难以控制^[16-18]。

1.4 溶胶-凝胶法

溶胶-凝胶法反应条件温和、操作简单,很早以前就有学者采用此法制备纳米木质素。

将木质素溶液作为前驱体,加入到特定pH值的有机溶剂中,形成稳定的透明溶胶体系,陈化后使胶粒间缓慢聚合,形成三维网络结构的木质素凝胶,经干燥、烧结固化制备出纳米结构的木质素材料。

在碱性条件下,提取黑液制备木质素/二氧化硅混合物颗粒(100~500 nm)能够提高橡胶的交联度,增强橡胶的抗氧化性的同时,改善了橡胶的机械性能^[19];而在弱碱溶液中热处理桦木,分离后可以得到在水-空气、液-液界面均具很好表面活性的纳米级木质素胶体颗粒^[20]。

另外,pH值是溶胶-凝胶法制备纳米木质素的重要因素,通过调节pH值,可以控制材料的尺寸分布^[21]。但是产品尺寸分布不均匀、生产周期太长,限制了此方法在纳米木质素制备领域的应用。

1.5 自组装法

分子能够自发地通过非共价键的弱相互作用力(氢键、范德华力、静电力、疏水作用力、 π - π 堆积作用、阳离子 π 吸附作用)的协同作用发生自组装,但并不是所有分子都能够发生自组装反应,需要两个条件:自组装的动力和导向作用^[22]。木质素结构中,亲水性的醇羟基、羧基羰基,疏水性的酚羟基、碳碳双键、甲氧基可使木质素分子能够在选择性溶剂中形成微纳米胶束^[23]。

早期研究者首先对木质素进行结构修饰,通过增加分子上基团含量,来提高木质素在溶液中的溶解度,然后向木质素溶液中引入极性不同的另一种液相,使体系产生相分离,此时木质素分子在疏水聚集作用下,自组装形成空心的或实心的纳米胶体球。此方法制备的纳米木质素胶体球粒径,随木质

素初始浓度的增加而增大,而多分散系数随初始浓度的增加呈现先减小后稳定的趋势^[6];增大水滴加速度后,胶束的粒径变小,多分散系数增大;在纯水和室温条件下,纳米木质素能保存多达两个月,但低 pH 和高盐浓度能引发纳米粒子的聚合^[24]。

中国林科院木材工业研究所的学者将未修饰的酶解木质素分别溶解在分析纯和光谱纯的四氢呋喃,滴加去离子水,分别制备出空心的和实心的木质素微纳米球。研究表明,木质素球的形成作用力为 π - π 作用和范德华力,并通过控制木质素的初始浓度、去离子水滴加速度和搅拌速度,实现了木质素微球的尺寸可控^[25]。其他研究人员同样通过自组装法,将未做修饰的碱木质素制备成纳米粒子^[26]。

分子自组装是化学发展的新层次,是创造具有新颖结构和功能的有序分子聚集体的重要手段。此方法制备纳米木质素,工艺简单、尺寸稳定可控,目前已经成为纳米木质素的主要制备方法。

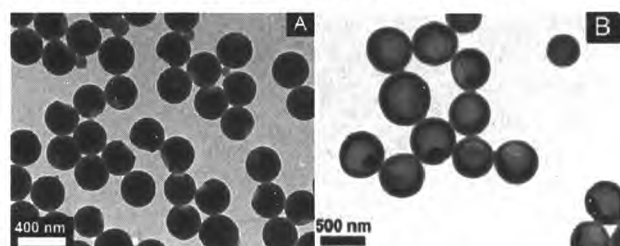


图1 酶解木质素制备的实心微球(A)和空心微球(B)^[25]

Fig.1 Solid nanospheres(A) and hollow nanospheres(B) derived from enzymatic hydrolysis lignin^[25]

2 纳米木质素的应用

由于木质素来源和结构的复杂多样性,至今仍未准确确定其分子结构,与其他有机或无机纳米粒子的应用相比,纳米木质素的制备和应用起步较晚,至今仍处于试验阶段。但是,因为木质素是木本植物中唯一具有苯环的大分子物质,储量丰富、来源广泛,纳米化后不仅具有一般纳米材料的特性还拥有其他天然纳米材料不具备的抗菌防紫外线、表面易修饰等特点,因此,吸引了大批科学家投入对纳米木质素功能应用的研究。

2.1 填充材料

纳米木质素不仅具有纳米粒子的特性,还具有可降解和表面活性性强等特点,作为填充材料可显著提高复合材料的性能,受到广泛关注^[27-28]。

目前已有学者将纳米木质素添加到酚醛泡沫、橡胶、薄膜等材料中。研究表明,纳米木质素能够增强此类材料的热力学稳定性及其机械性能,并且使材料具有木质素本身的抗紫外吸收等特点,更重要的是,能够在保持材料原有性能的同时,减少材料制备过程中其他辅助材料的添加量^[29-31],作为化学合成、无机纳米填充材料的潜在替代材料。

2.2 抗紫外线抗菌材料

木质素结构中的苯环、羰基、苯酚等生色单元结构,使其具有紫外吸收和抗菌性能^[8,32]。纳米木质素具有更大的比表面积,能够充分发挥紫外吸收和抗菌的特点,用于麻织物的紫外防护,能使麻织物在不损害原有天然特性的情况下,获得 UV 阻隔、抗菌和防止静电等对有利人体健康的性能^[33]。

而作为填充材料浸渍到单板中,能够使单板具有较高的生物稳定性和疏水性能,对单板起到很好的保护作用^[33]。利用木质素的抗菌性能,将纳米木质素和纳米阳离子(Ag^+)结合制备的复合材料,具有更强的抗菌活性^[34]。

目前已有针对木质素的紫外防护和抗菌性能,纳米木质素在护肤品领域应用的研究^[35]。但木质素自身的紫外防护和抗菌效果还达不到大部分工业使用要求,利用纳米木质素自身结构的优点,在分子水平上改善其表面特性,将木质素作为紫外防护、抗菌原材料应用到更多领域,是今后重点研究方向。

2.3 生物基载体

相比普通纳米粒子,中空纳米粒子具有独特拓扑结构、完好外观形貌、较大比表面积、较高稳定性、较低密度、较大内部空间和渗透性能,结构特性决定了其具备吸附、装载、催化等材料的潜力^[36]。

利用木质素分子两亲性的特点,通过界面逐步加成聚合制备纳米木质素中空球,能够在有机溶剂或水中保存数天,并且能在漆酶和混合酶中有效降解^[37]。研究人员利用制备的木质素纳米中空球,通过在球表面吸附磁性的 Fe_3O_4 纳米粒子,制备出对甲基蓝和罗丹明 B 有强吸附能力的可循环利用的磁性木质素基纳米粒子,其吸附能力和循环使用的特点远优于其他木质素基吸附材料^[38]。

利用乙酰化的碱木质素,可制备出形状均一的纳米级空心球形胶束,该纳米空心球形胶束对农药

阿维菌素具有较高的载药量^[24]。为了使纳米木质素载药系统具有靶向性,研究人员将木质素空心微球的表面分别吸附铁离子和 Fe_3O_4 纳米粒子,用其作为磁性靶向和核磁共振成像材料;而且作为载药系统后,能显著延长药物的释放周期^[39]。此后具有pH响应和生物靶向性的木质素基纳米载体的研究表明,纳米木质素中空材料在兼具木质素和中空纳米材料优点的同时,也拥有生物学应用的重要性质,即生物相容性、结构稳定、低毒,低溶血作用,能有效包载药物,并使药物持续稳定释放^[26,40]。

3 展望

1) 木质素资源丰富,来源广泛,但也有种类繁多、结构复杂问题,相比其他工业产品,开发利用相对较低。纳米木质素的利用应加强全球技术合作,数据共享,系统制定来源相似木质素的量化制备工艺。

2) 根据使用目的,合理选择纳米木质素的制备方法。物理法制备纳米木质素虽然不会产生额外的污染,但制作的纳米粒子结构无规则,可作为对使用目的结构和均一性无要求、但环保有要求的首选方法。

化学法中,利用木质素分子的两亲性质制备木质素胶体微球的自组装方法,具有方法简单、成本低和成品结构完整均一等优势,是近些年采用的主要方法。有机溶剂的选择和使用,是研究的关键。

3) 木质素高附加值利用领域已经发展到可循环吸附剂、生物医药载体、抗紫外线抗菌材料等制品。但相比无机纳米粒子和纳米纤维素的研究,纳米木质素的应用仍然处于起步阶段。探索高效制备均一稳定的纳米木质素的方法及更广泛的使用途径,仍需投入更多研究。

参考文献:

- [1] Kai D, Tan M J, Pei L C, et al. Towards lignin-based functional materials in a sustainable world[J]. *Green Chemistry*, 2016, 18(5): 1175-1200.
- [2] LI H, DENG Y, LIU B, et al. Preparation of Nanocapsules via the self-assembly of Kraft lignin: A totally green process with renewable resources[J]. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 2016, 4(4): 1946-1953.
- [3] Chirila O, Totolin M, Cazacu G, et al. Lignin modification with carboxylic acids and butyrolactone under cold plasma conditions[J]. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2013, 52(37): 13264-13271.
- [4] Ben H, Ragauskas A J. Influence of Si/Al ratio of ZSM-5 Zeolite on the properties of lignin pyrolysis products[J]. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 2013, 1(3): 316-324.
- [5] Lievonen M, Valle-Delgado J J, Mattinen M L, et al. Simple process for lignin nanoparticle preparation[J]. *Green Chemistry*, 2016, 18(5): 1416-1422.
- [6] QIAN Y, DENG Y, QIU X, et al. Formation of uniform colloidal spheres from lignin, a renewable resource recovered from pulping spent liquor[J]. *Green Chemistry*, 2014, 16(4): 2156-2163.
- [7] HU J, CHEN M, FANG X, et al. Fabrication and application of inorganic hollow spheres[J]. *Chemical Society Reviews*, 2011, 40(11): 5472-5491.
- [8] Baurhoo B, Ruiz-Feria C A, Zhao X. Purified lignin: Nutritional and health impacts on farm animals: A review[J]. *Animal Feed Science & Technology*, 2008, 144(3): 175-184.
- [9] Ugartondo V, Mitjans M. Comparative antioxidant and cytotoxic effects of lignins from different sources[J]. *Bioresour Technol*, 2008, 99(14): 6683-6687.
- [10] Nair S S, Sharma S, Pu Y, et al. High shear homogenization of lignin to nanolignin and thermal stability of nanolignin-polyvinyl alcohol blends[J]. *Chemsuschem*, 2015, 7(12): 3513-3520.
- [11] Gilca I A, Popa V I, Crestini C. Obtaining lignin nanoparticles by sonication[J]. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2015, 23: 369-375.
- [12] LAI C, ZHOU Z, ZHANG L, et al. Free-standing and mechanically flexible mats consisting of electrospun carbon nanofibers made from a natural product of alkali lignin as binder-free electrodes for high-performance supercapacitors[J]. *Journal of Power Sources*, 2014, 247(3): 134-141.
- [13] Ruiz-Rosas R, Bedia J, Lallave M, et al. The production of submicron diameter carbon fibers by the electrospinning of lignin[J]. *Carbon*, 2010, 48(3): 696-705.
- [14] Ago M, Okajima K, Jakes J E, et al. Lignin-based electrospun nanofibers reinforced with cellulose nanocrystals[J]. *Biomacromolecules*, 2012, 13(3): 918-926.
- [15] Dallmeyer I, Ko F, Kadla J F. Electrospinning of technical lignins for the production of fibrous networks[J]. *Journal of Wood Chemistry & Technology*, 2010, 30(4): 315-329.
- [16] Frangville C, Rutkevicius M. Fabrication of Environmentally Biodegradable Lignin Nanoparticles[J]. *Chemphyschem*, 2013, 13(18): 4235-4243.
- [17] Yearla S R, Padmasree K. Preparation and characterisation of lignin nanoparticles: evaluation of their potential as antioxidants and UV protectants[J]. *Journal of Experimental Nanoscience*, 2016, 11(4): 289-302.
- [18] 熊凯, 金灿, 刘贵锋, 等. 液相沉积法制备尺寸可控木质素纳米粒子及其表征[J]. *林产化学与工业*, 2015, 35(5): 85-92.
- [19] Swellem R H, Elsabbagh S H, Zaher K S A, et al. Proper use of rice straw black liquor: lignin/silica derivatives as efficient green antioxidants for SBR rubber[J]. *Pigment & Resin Technology*, 2014, 43(3): 159-174.
- [20] Shulga G, Vitolina S, Shakels V, et al. Lignin separated from the hydrolyzate of hydrothermal treatment of birch wood and its surface properties[J]. *Cellulose Chemistry & Technology*, 2012, 46: 307-318.
- [21] QU Y, TIAN Y, ZOU B, et al. A novel mesoporous lignin/silica hybrid from rice husk produced by a sol-gel method[J]. *Bioresource Technology*, 2010, 101(21): 8402-8405.
- [22] 李雪梅, 贺继东. 两性性聚合物分子自组装的研究进展[J]. *化工进展*, 2014, 33(10): 2665-2675.
- [23] 李浩, 邓永红, 邱学青. 乙酰化处理对碱木质素在四氢呋喃中微结构的影响[J]. *物理化学学报*, 2015, 31(1): 128-136.
- [24] QIU X Q, LI H, DENG Y H, et al. The acetylation of Alkali lignin and its use for spherical micelles preparation[J]. *Acta Polymerica Sinica*,

- 2014, (11): 1458-1464.
- [25] XIONG F, HAN Y, WANG S, et al. Preparation and formation mechanism of renewable lignin hollow nanospheres with a single hole by self-assembly[J]. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 2017, 5(3): 2273-2281.
- [26] DAI L, LIU R, HU L, et al. Lignin nanoparticle as a novel green carrier for the efficient delivery of resveratrol[J]. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 2017, 5(9): 8241-8249.
- [27] Gupta A K, Mohanty S, Nayak S K. Synthesis, characterization and application of lignin nanoparticles (LNPs)[J]. *Materials Focus*, 2014, 3(6): 444-454.
- [28] Ahvazi B, Cloutier E, Wojciechowicz O, et al. Lignin profiling: a guide for selecting appropriate lignin as precursors in biomaterials development[J]. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 2016, 4(10): 5090-5105.
- [29] Saz-Orozco B D, Oliet M, Alonso M V, et al. Formulation optimization of unreinforced and lignin nanoparticle-reinforced phenolic foams using an analysis of variance approach[J]. *Composites Science & Technology*, 2012, 72(6): 667-674.
- [30] JIANG C, HE H, JIANG H, et al. Nano-lignin filled natural rubber composites: Preparation and characterization[J]. *Express Polymer Letters*, 2013, 7(5): 480-493.
- [31] YANG W, Kenny J M, Puglia D. Structure and properties of biodegradable wheat gluten bionanocomposites containing lignin nanoparticles[J]. *Industrial Crops & Products*, 2015, 74(74): 348-356.
- [32] QIAN L, LI R, ZHOU L, et al. Preparation of biomimetic TiO₂ ceramics from rattan templates[J]. *Bioresources*, 2015, 10(3): 1149-1161.
- [33] Zimmiewska M, Kozłowski R, Batog J. Nanolignin modified linen fabric as a multifunctional product[J]. *Molecular Crystals & Liquid Crystals*, 2008, 484(1): 43/[409]-450/[416].
- [34] Richter A P, Brown J S, Bharti B, et al. An environmentally benign antimicrobial nanoparticle based on a silver-infused lignin core[J]. *Nature Nanotechnology*, 2015, 10(9): 817-823.
- [35] QIAN Y, ZHONG X, LI Y, et al. Fabrication of uniform lignin colloidal spheres for developing natural broad-spectrum sunscreens with high sun protection factor[J]. *Industrial Crops & Products*, 2017, 101: 54-60.
- [36] WANG C, YAN J, CUI X, et al. Synthesis of raspberry-like monodisperse magnetic hollow hybrid nanospheres by coating polystyrene template with Fe₃O₄@SiO₂ particles[J]. *Journal of Colloid & Interface Science*, 2011, 354(1): 94-99.
- [37] Yiamsawas D, Baier G, Thines E, et al. Biodegradable lignin nanocontainers[J]. *Rsc Advances*, 2014, 4(23): 11661-11663.
- [38] LI Y, WU M, WANG B, et al. Synthesis of magnetic lignin-based hollow microspheres: A highly adsorptive and reusable adsorbent derived from renewable resources[J]. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 2016, 4(10): 5523-5532.
- [39] Figueiredo P, Lintinen K, Kiriazis A, et al. *In vitro* evaluation of biodegradable lignin-based nanoparticles for drug delivery and enhanced antiproliferation effect in cancer cells[J]. *Biomaterials*, 2017, 121: 97-108.
- [40] CHEN N, Dempere L A, Tong Z. Synthesis of pH-responsive Lignin based nanocapsules for controlled release of hydrophobic molecules[J]. *Acs Sustainable Chemistry*, 2016, 4(10): 5204-5211.
- (责任编辑 劳万里、向琴)

2018 年度《中国林产工业协会社会责任报告》在京发布

2018 年度《中国林产工业协会社会责任报告》于 2019 年 6 月在北京发布。会议由中国林产工业协会主办，国家林业和草原局、中国林业产业联合会支持，北京绿奥诺技术服务有限公司承办，国家林草局领导、发布企业代表及媒体代表到会。

在过去 10 年间，中国企业的社会责任意识不断增强，发布的社会责任报告由 96 份增至 2097 份，且民营企业占比超过 50%。中国林产工业协会积极推动行业企业树立诚信，创建品牌，增强社会责任意识，更好地履行社会责任、环境责任、市场责任，自 2012 年首届发布以来，发布企业数量从 5 家增至 15 家，体现了企业凝聚力、源动力和竞争力。

此次第八届发布《中国林产工业企业社会责任报告》的 15 家行业龙头企业是：巴洛克木业(中山)有限公司；财纳福诺木业(中国)有限公司；重庆星星套装门(集团)有限责任公司；大亚人造板集团有限公司；大自然家居(中国)有限公司；菲林格尔家居科技股份有限公司；广东耀东华装饰材料科技有限公司；广西丰林木业集团股份有限公司；广西国旭林业发

展集团股份有限公司；广西三威林产工业有限公司；宁丰集团股份有限公司；吉林森工人造板集团有限责任公司；久盛地板有限公司；天津市盛世德新材料科技有限公司；浙江世友木业有限公司。

其中大自然家居、广西三威和吉林森工人造板集团已持续发布 8 年；财纳福诺、天津市盛世德则是首次发布。15 家单位就各自的社会责任报告做了发言，并获得协会颁发的荣誉证书。

中国绿化基金会主席陈述贤做了重要讲话。肯定了中国林产工业协会连续 8 年组织行业龙头企业发布社会责任报告，与参与社会责任工作的企业一起，共同用实际行动推进行业社会责任建设的重要引领作用。强调要认真制定企业社会责任战略，落实每一项社会责任工作，和利益相关方进行沟通，不断调整完善，及时总结经验，形成别具特色的“企业社会责任方案”，让社会责任成为企业的源动力，助推企业发展，也为更多的企业做出表率，带领行业向更高的层次迈进。

姜征