

生物质材料的塑性加工研究进展

摘要: 上世纪中后期研究者们开始致力于将生物质材料转化为热塑性材料的研究,近年来进一步提出生物质材料塑性加工的学术理念并开展了相关研究。本文在概要介绍生物质材料热塑化研究相关成果的基础上,从分析生物质材料的粘弹性及其与主要组分的结构性质关系出发,阐述了在基本保持生物质材料优良性能的前提下进行塑性加工的基本原理,进而提出了通过动态塑化和木塑复合等方法实现塑性加工之可能的技术途径,为生物质材料资源的高效利用探索新的加工利用方式。

生物质材料,通常指木质纤维材料(lignocellulosic materials),是由木质化的植物细胞构成的天然有机纤维材料的总称,主要化学成分为纤维素、半纤维素和木质素三种天然有机高分子化合物,主要以木材、竹材、农作物秸秆等形态广泛存在于自然界中。作为丰富的可再生资源,生物质材料是人类社会不可或缺的基础材料,对于经济社会的可持续发展和生态环境建设十分重要。

由于主要组分纤维素的结晶度高达50%~70%以及各组分之间强烈的氢键作用乃至化学结合,具有独特的细胞结构层次,使得生物质材料在通常的条件下既不能被普通溶剂所溶解也不能被高温所熔融,密度低而具有较高比强度和韧性。这就形成了很久以来仍在采用的锯解、刨切、砂光等以损失大量原材料为代价的加工方式,出材率低,尤其对于小径木、间伐材、采伐剩余物和最终尺寸较小的工件,加工所造成的资源浪费极其严重。

与金属、塑料等材料的塑性成型加工相比,木材的一次有效利用率低,而前者几乎能定量利用。虽然人造板技术在拓宽原料来源的同时还提高了生物质原料的利用率,是木材加工技术的重大成就,但是存在胶粘剂污染、力学性能和尺寸稳定性偏低等问题。

近几十年来的研究表明,化学改性可使生物质材料转化为可熔可溶的新一类高分子材料。此类化学改性的生物质材料,有的具有较大的热塑性和类似热塑性塑料一样的加工性能,可单独或与合成高聚物共混热压加工成型为各类塑料制品,或用于制造自黏合型木材和碎料板,不过其代价是化学改性造成的分子结构变化使材料丧失了某些固有的优良属性,同时成本很高,至今未能实现产业化。

生物质材料是一类粘弹性材料,在某些条件下具有一定塑性,例如木材在弯曲加工过程中,先通过水热作用增塑软化,然后弯曲,再固定成形而得到弯曲木制品。在弯曲加工过程中,木材的分子结构基本没有发生大的改变,在基本保留了木材优良物理力学性能的同时提高了原料利用率,然而这种方法依然存在对原料木材的尺寸和性能依赖性大、生产效率不高等问题。

从大幅度提高生物质材料资源的利用率和利用效益出发,作者于上世纪90年代后期开始探索通过木材的选择性酯化等方法进行木材的热塑性改性以期实现全组分的利用,近年来从一个全新的角度进一步提出生物质材料塑性加工的理念(王清文, 2007),为创新木材加工利用方式探索一条新的途径。本文重点对生物质材料的热塑化及塑性加工相关研究进行简要论述。

1 与塑性加工相关的生物质材料学的材料学特性

1.1 热性质

生物质材料及其组分的结构和物理、化学性质与温度有关,大量文献报道了采用TG、DSC、TMA和DTA等热分析技术研究生物质材料的热性质等物理化学性质变化的研究成果。由于生物质材料的非均一性和复杂性,热处理导致了一系列的物理化学转变,许多研究结果都不相一致,甚至有些相互矛盾,这种不一致性或许与所使用的仪器设备或样品的制备方法不同有关。

关于纤维素热性质的大部分研究都跟热降解有关(Nguyen et al., 1981)。结晶度对纤维素热解的影响也有相关报道。纤维素的热解速率与结晶度成函数关系,动态热重分析显示,纤维素的表观活化能是非晶区活化能(30kcal/mol)与结晶区活化能(约60kcal/mol)的平均值(Basch et al., 1973)。除了热化学反应外,纤维素在热的作用下还发生物理变化,有关研究者报道了纤维素的熔融、玻璃化转变和次级转变。由于结晶纤维素在高温下的高反应活性,不可能测定其熔点(Fengel et al., 1984)。Nordin等(1974)利用经验关联式 $T_g = 0.7 T_m$ (K)从纤维素的玻璃化转变温度(T_g)估算出其熔点(T_m)约为450,在二氧化碳激光的连续照射下,通过快速加热(0.1ms内温度升高到500),观察到纤维素纤维表面有熔融效果,SEM观察到有热气泡产生和原纤结构消失。

虽然半纤维素在木材中的含量比纤维素和木质素少,但它对木材和全纤维素的热行为却有重要的影响,这是由于半纤维素与纤维素和木质素相比具有最低的热稳定性(Nguyen et al., 1981)。由于木质素是无定形聚合物,在加热的过程中发生玻璃化转变,这是由于木质素链段开始运动。玻璃化转变伴随着自由体积、热容和热膨胀系数的突变,这些都表现在DTA或DSC温度曲线上的转变(Strella, 1963)。由于木质素在分离过程中不可避免地被破坏和部分降解,分离木质素的热分解行为不一定与原生木质素相一致。

1.2 动态粘弹性

1.2.1 生物质材料的动态粘弹性与其主要组分的关系

生物质材料是由纤维素、半纤维素和木质素三种主成分构成的一种复杂的高分子材料,大分子链段运动、结晶化、取向等运动形式和过程的存在使生物质材料表现出粘弹性行为(王洁瑛等, 2002)。关于木材的化学组分与木材动态粘弹性的关系,研究者们开展了一系列的研究工作。Hillis et al.(1978)指出,从室温至100 °C范围内,能观察到两个力学松弛过程,分别是由半纤维素和木质素引起的。Salm è n(1984)却在与Hillis相同的温度范围内只观察到一个力学松弛过程,是由于木质素的热软化而产生,即饱水原生木质素的玻璃化转变。

可见,半纤维素在木材软化过程中的作用并不明确。Furuta等(1997)发现了在-40 °C附近的一个力学松弛过程,并且推测出此过程产生的原因是水溶性的多糖和水的存在引起的。Garcia等(2000)对比研究了光降解前后巨冷杉木材的动态粘弹性,在压缩和拉伸形变模式下,均只发现一个力学松弛过程,他们认为这是由于木质素的软化引起的,从而得出结论:光照仅对木质素有降解的作用而对纤维素和半纤维素之间的连接没有破坏作用。Å kerholm等(2003)研究表明,木质素比纤维素和半纤维素表现出更多的粘弹性行为,他们认为这一点可以较好地解释木材横向的粘弹性质。

1.2.2 化学处理生物质材料的动态粘弹性

Sadoh(1981)对比研究了木材在甲酰胺、聚乙二醇和水中溶胀后的扭转模量和机械阻尼,在相同的溶胀程度下,甲酰胺溶胀木材的阻尼峰对应的温度最低为40 °C,聚乙二醇次之为80 °C,水最高100 °C。Nakano(1994)采用三氟乙酸酐和脂肪酸对日本榉木进行酯化改性,DMA测试在-150~200 °C范围内发现5个松弛峰,即木质素的主链运动()、受约束的木材组分的主链运动()、无定形区酯化纤维素主链的微布朗运动()、与水分相关的木材组分的局部运动()、引入侧链的运动(),但前两者只是推测,没有得到证明。Sugiyama等(1998)在-150~200 °C范围内对云杉4种化学处理(甲醛化、乙酰化、环氧丙烷处理和聚乙二醇处理)材的贮存模量和损耗角正切值进行测定,并用细胞壁模型进行了估测。

Obataya等(2003)研究了醋酸酐(AA)葡萄糖五乙酸酯(GPA)溶液酰化的云杉木材在弦向的动态粘弹性,发现溶液中GP A/AA用量比值越大,木材膨胀的越明显。蒋佳荔等(2006a, 2006b)测定了含水率在纤维饱和点状态下脱木质素木材、DMSO处理木材和非晶化处理木材以及素材的动态粘弹性。

1.2.3 生物质材料动态粘弹性的温度依赖性

高聚物的内耗(通常用 $\tan \delta$ 来表示内耗大小)与温度有很大关系(何曼君等, 2006)。在 T_g 以下,高聚物受外力作用形变很小,这种形变主要由键长和键角的变化引起,速度很快,应变几乎完全跟得上应力的变化, $\tan \delta$ 很小,所以内耗很小;温度升高,向高弹态过度时,由于链段开始运动,而体系的粘度还很大,链段运动时受到的摩擦阻力比较大,因此高弹形变显著落后于应力的变化, $\tan \delta$ 较大,内耗也大;当温度进一步升高时,虽然变形大,但链段运动比较自如, $\tan \delta$ 小,内耗也小。生物质材料作为天然高聚物,其动态粘弹性同样的具有温度依赖性。

Schaffer(1973)在前人研究的基础上,对无氧加热过程中绝干木材的热转变行为的温度依赖性进行了归纳。Faix等(1988)认为木质素的结构改变发生在47 °C,重量损失发生在180~200 °C。Back等(1982)发现在绝干状态下木材的玻璃化转变温度非常高,纤维素、半纤维素和木素的玻璃化转变温度范围分别为200~250 °C、150~220 °C和130~205 °C。Irvine(1984)认为在自由水存在的条件下,木材中木质素发生玻璃化转变的温度范围是60~90 °C。蒋佳荔等(2008)采用3种方法分别对杉木木材进行干燥处理,在温度-120~250 °C测量了三种处理材的动态粘弹性,结果表明,储存模量和损耗模量均表现为高温干燥处理材最大,低温干燥处理材次之,真空冷冻干燥处理材最小。

1.2.4 生物质材料动态粘弹性的含水率依赖性

水分几乎影响着生物质材料所有的物理力学性质,因此其动态粘弹性的含水率依赖性同样受到研究者的关注。Back等(1982)研究了木材化学主成分的热软化温度,强调水分在木材热软化过程中的作用。Kelly等(1987)对不同含水率

木材的储存模量和损耗因子进行了测定。Ishimaru等(1996)比较研究了分别经有机液体润胀、吸着水润胀和自由水润胀后木材的动态粘弹性,他们认为木材在不同润胀状态下表现出的粘弹性质与润胀液体吸着作用而产生的聚集效应有关。蒋佳荔等(2006b)研究了不同含水率平衡态下杉木人工林木材的动态粘弹性质,力学松弛过程的强度随着含水率的增加而降低。

1.3 化学应力松弛

木材的化学应力松弛与细胞壁主成分密切相关,通常由木质素、纤维素和半纤维素的结构或形态的变化引起。因此,可从改变木材主成分的形态出发,研究木材的化学应力松弛,比如,Fushitani(1965)进行过的脱木质素处理木材的化学应力松弛实验,初步构想从木材分子水平上解明木材的粘弹性。随后,他还在变换温度及木材含水率的条件下,测定了脱木质素木材的应力松弛(Fushitani, 1968)。在另一方面,从木材的化学应力松弛出发可了解木材细胞壁主成分分子之间结合形态的变化。

代表性的研究有:Sato等(1975)利用木质素溶剂SO₂-DMSO(二甲基亚砷)、DMSO、纤维素溶剂N₂O₄-DMSO和SO₂-DEA(二乙胺)-DMSO等处理王桉木材,测定了木材在处理液-水置换-干燥-水处理过程中的应力松弛;Aoki等(1977a, 1977b)分离出了木材细胞壁主成分的形态变化引起的5个松弛过程,即,非结晶区纤维素分子、半纤维素分子的链段运动引起的物理松弛,非结晶区内糖苷键被切断引起的化学松弛,木质素分子运动引起的物理松弛,结晶区内糖苷键被切断引起的化学松弛,但对于木材细胞壁主成分分子间的结合性质及在化学处理过程中木材主成分之间结合形式的变化没有涉及;Xie等(2004b, 2005)研究了温度周期变化过程中脱Matrix处理木材、温度上升或下降过程中化学处理木材的应力松弛。

1.4 化学蠕变

Lemiszka等(1955)认为半纤维素与纤维素之间以氢键结合,这种结合容易生成也容易消失,当木材受到一定的外力时,木材细胞壁中纤维素和半纤维素之间容易产生滑移,从而蠕变增大。Sato等(1975)研究认为,纤维素结晶区和非结晶区中分子的滑移和镶嵌、Matrix之间微纤丝的滑移、细胞壁间层细胞相互间的滑移是木材塑性变形的原因。而Xie等(2004a)认为,除木材细胞壁中分子形态或结构的变化对蠕变有影响外,还有细胞壁主成分分子之间结合形式的变化,这一构想有利于使木材改性深入到木材的结晶领域,但这方面的研究还有待深入。

木材细胞壁主成分分子结合形式包括:纤维素大分子链之间由氢键力和范德华力连接,纤维素分子中有糖苷键结合;半纤维素与纤维素分子间主要以氢键结合;木质素与半纤维素之间主要以醚键、酯键和缩醛键结合,木质素分子链主要以醚键和碳碳键连接形成(Freudenberg et al., 1968)。

胞间层及细胞壁的外层主要由木素组成,木材细胞间的相互滑移引起的蠕变与木质素的关系最大。若细胞壁间层的间隙增大或木质素分子的网状结构被打乱,木材的蠕变势必增大。正是基于这种观点,Sumiya等(1967)报道了化学处理扁柏材的蠕变和红外吸收,通过化学方法除去木材细胞壁中的一部分木质素后测定其蠕变特性,结果蠕变显著增大。Xie等(2001)也讨论了脱木质素杉木木材在吸湿解吸过程中的蠕变,发现处理木材的机械吸湿蠕变显著大于未处理木材。

木材纤维素由结晶区和非结晶区两部分组成,结晶度约为50%~70%。结晶区的纤维素分子排列紧密而有序,因而木材细胞壁中结晶度的大小在一定程度上决定着木材的性质。Xue等(2005)采用DMSO和消晶化溶液DEA-SO₂-DMSO对杉木进行处理,DEA-SO₂-DMSO消晶化处理杉木的蠕变柔量最大,DMSO处理杉木次之,未处理材最小。

半纤维素作为木质素与纤维素之间的连接物质,对木材细胞壁中分子的运动有着重要的作用。Sumiya等(1967)在恒温恒湿的条件下测定了脱半纤维素木材的蠕变,Xie等(2001)讨论脱半纤维素杉木木材在吸湿解吸过程中的蠕变,结果都发现脱半纤维素木材的蠕变显著大于未处理木材及脱木质素木材的蠕变。

1.5 生物质材料的可及性

纤维素的可及性是影响其反应活性的重要因素,这一点已被科学界公认(Young et al., 1986),纤维素的反应活性不完全因为其表观结晶度,还与其超分子结构有关(Kamide et al., 1992)。例如,经碱处理后天然纤维素的结晶度有所降低,但其乙酰化或硝化反应的活性却严重下降(Kennedy et al., 1993);再生纤维素不溶于某些有机溶剂(DMSO),但天然纤维素却很容易溶解于其中(Kamide et al., 1992)。这种独特的行为归因于天然纤维素和再生纤维素在氢键模式上的差异(Kamide et al., 1992; Kennedy et al., 1993)。

可及性在半纤维素和木质素的某些反应中也起重要的作用，尽管它们都是无定形物质(Timell, 1964)。Sepall等(1960)发现在氙交换反应中，桦木木聚糖的可及度只有52%，相反木材纤维素和直链淀粉却具有较高值，分别为58%和99%。这一现象表明，无定形木聚糖可及度较低的原因部分归结于木聚糖中乙酰基与相邻羟基之间形成氢键(Sumi et al., 1964)。半纤维素经过一定降解除去侧链有可能形成结晶(Timell, 1964)。Michell (1982)对磨木木质素及相应的木质素模型化合物的红外谱图分析得出结论，木质素中所有可检测到的羟基都以氢键的形式存在，羟基和酚羟基均趋向于形成分子内氢键。

生物质材料各组分原位反应活性由于细胞壁物质在性质和数量上的高度不均一性而变得错综复杂，同时，木质素-碳水化合物复合体(LCCs)或别的键的存在对木质素的降解和溶解也起了非常重要的作用(Fengel, 1984)。除了以上化学因素外，细胞壁物质的孔隙结构可能影响药剂的渗透扩散，反应环境影响官能团的反应活性(Krassing, 1993)。因此生物质材料的可及性对其原位反应具有非常显著的影响。

1.6 生物质材料的热可塑性

Shiraishi(2000)总结前人的研究结果指出，木材的热塑性取决于纤维素，而纤维素的热塑性又决定于其结晶度，木质素和半纤维的热行为受到它们与纤维素分子间次价键结合的约束。纤维素分子键间由氢键形成结构规整坚固的结晶结构，要使纤维素熔融，必须使结晶结构熔融。而纤维素晶体的熔点高于其降解温度，在这种结晶结构熔融之前纤维素已开始热分解。例如木炭横断面上留有年轮痕迹，这就表明在炭化温度下木材也未产生流动(Nishimiya, 1998)。因此可以得出这样的结论，纤维素是热塑性很低的高分子化合物。

此外，木质素被认为是一种立体的海绵状聚合体存在于细胞壁中，纤维素以原纤束的形式交织贯穿在木质素的聚集结构中，同时半纤维素填充在纤维素和木质素之间，木质素与碳水化合物之间形成强烈的化学键(LCCs)。因此，在木材细胞壁中木材的三种主要成分——纤维素、半纤维素和木质素形成了坚固的互相交叉贯穿的聚合物网状结构(Interpenetrating polymer network, IPN) (Shiraishi, 2000)，若不能使这一结构拆开，也就不能将木材变成象塑料一样的可熔融的材料。

2 生物质材料塑性加工的探索

虽然通过木质材料主要组分的化学反应能够实现木材的热塑性改性，但是由于这类改性方法破坏了材料的基本化学结构，既丧失了固有的优良性能又造成加工成本高昂，这对于以产品物美价廉且环境友好为特征的行业而言是很难被接受的。

生物质材料的任何新的产业化加工方式，只有充分利用生物质材料的性质特点、保持乃至突出其优良特性以及经济有效，才能有好的发展前景。生物质材料的塑性加工，就是在基本保持生物质材料优良性能的前提下，以相对较低的成本和较高的生产效率，通过综合运用机械、物理、化学、生物等方法赋予生物质材料以更高的塑性，使其在塑性较突出的条件下以类似于加工热塑性塑料的方式进行成型加工，制备高性能产品，获得近乎定量的原料利用率，从而实现生物质材料资源的高效利用。

2.1 生物质材料塑性加工的基本原理

在传统的生物质材料加工条件下，生物质材料既不能熔融和流动也不能溶解于普通溶剂。然而，生物质材料并非没有任何塑性，作为天然有机高分子材料的复合体，与高分子材料类似，它实际上是一类粘弹性材料。如果采取有利于表现材料粘性的加工方式和环境条件进行加工，突出该类材料的热塑性，就可能为其热塑性加工创造条件。

具有粘弹性的高分子材料的性质不仅与其组成、分子结构和分子之间结合形式有关，而且与分子的运动状态密切相关。后者的著名例子就是高分子材料的时温等效原理(Ferry, 1980)，可简单表述为：研究高分子运动的宏观表现(如考查应力松弛作用)，或通过宏观现象研究高分子的运动，采用高温短时间或者低温长时间的观测，其效果是等价的。

那么，如果采用有利于生物质材料应力松弛的加工方式(如适当的高温增塑成型)，即使不能达到热塑性塑料熔体的流动效果，但是能在较大程度上使生物质材料产生塑性变形；同时，借鉴生物质材料化学改性方法的有益经验，以破坏生物质材料中固有的氢键体系为切入点，破坏生物质材料原有的结晶结构，建立新的结晶结构/非结晶结构体系，可在一定程度上实现对其粘弹性的控制；此外，从改变高分子的运动状态出发，通过慢速的拉伸/压缩作用有可能迫使生物质材料因应力松弛而发生永久的塑性变形，但是基本不破坏大分子结构。可见，通过创造如上所述的有利于塑性加工条件，就可能在基本保持其固有优良性能的前提下，实现生物质材料的塑性加工。

进行生物质材料的热塑性加工需要解决的关键问题有：（1）破坏纤维素的结晶结构以赋予其塑性，建立无定型结构或者成型后建立新的结晶结构；（2）适度破坏木质素的交联结构或增加链段的柔性，大幅度提高其塑性；（3）弄清楚半纤维素对于生物质材料刚性的作用，以及三种主要高分子物质的相互作用对于材料热塑性的意义，在此基础上建立生物质材料的塑性调控方法；（4）生物质材料塑性加工的高效设备，以及如何在加工过程中降低乃至避免因高温、剪切等作用所造成的大分子降解。

2.2 生物质材料塑性加工的主要途径

生物质材料的塑性加工涉及原材料的结构性质、环境条件、设备与工程手段等诸多因素，通过从不同角度探索实现塑性加工的有效途径，已经并相信将不断取得积极进展。

2.2.1 高温与助剂共同作用下生物质材料的动态塑化改性

高温是加速高分子运动以提高物料流动性的基本手段，同时，高温加工也往往有利于促进高分子材料与助剂的相互作用。增塑剂对于提高生物质材料的塑性至关重要，从多糖及其衍生物、树皮抽提物以及萜类树脂等天然产物中提取环境友好增塑剂作为塑化改性助剂已展现出良好前景（欧荣贤等，2009）。温度对于增塑剂等助剂的作用效果有显著影响，并且往往存在协同效应，因而高温与适当助剂并用可能会产生更加突出的积极效果。

室温离子液体具有很强的破坏纤维素结晶区的能力，因而能溶解生物质材料（Fort等，2007；Kilpeläinen等，2007）。不过，室温离子液体在改善生物质材料热塑性的同时也降低了材料的常温模量，这对于一般的应用情况而言通常是不利的因素。目前正在探索中的以高温离子液体代替室温离子液体进行生物质材料的动态塑化研究展现出广阔前景。动态塑化是利用高温离子液体在高温下具有流动性和强烈的增塑作用，而当冷却至常温后生物质材料重新恢复刚性的暂时性塑化过程，这样就在实现生物质材料的塑化改性与保持其优良的材料性能方面找到了平衡点，从而为实现塑性加工创造了条件。

2.2.2 生物质原材料的基因技术材质改良

有报道表明，某些通过基因技术改良树种的木材，其木质素的含量远远高于同种未改良树种的木材，并且此类木材木质素的分子量和交联度均较低，因而这类木材的塑性明显高于普通木材，可以通过模压方法进行成型加工（Neogi et al., 2002）。可见，通过植物基因改良以提高原材料的塑性，可能是生物质材料塑性加工有希望的发展途径之一。

2.2.3 研制开发生物质材料塑性加工的专用设备

机械作用力是材料变形的必要因素，有效地施加较大的机械作用力是生物质材料塑性加工的重要条件，为此需要研发生物质材料塑性加工的专用设备。生物质材料的流变性质与热塑性塑料和其他填料有很大的不同，即使对于并非典型的塑性加工，而只是研究生物质材料与塑料复合体系（生物质材料基本被视为刚性材料）的塑性加工问题，也发现生物质材料对于现有高分子材料加工设备的适应性很差。因此，专用的加工设备是生物质材料塑性加工研究与开发的重要内容。

2.2.4 木质纤维-热塑性聚合物复合材料技术

木质纤维-热塑性聚合物复合材料，简称木塑复合材料，是近年来发展起来的以生物质材料和热塑性塑料为主要原料的新型复合材料（Klyosov，2007），由于它能够有效利用各种形态和来源的生物质材料资源和废旧塑料，产品具有防水、防腐、综合性能好以及环境友好、可循环利用等诸多优点，其巨大的发展潜力受到广泛关注（王清文等，2007）。

作为产业化技术，目前木塑复合材料主要采用类似于热塑性塑料的挤出或注射方式进行加工，生物质材料作为填料或增强材料使用，添加量可达60%左右，更高的添加量将导致复合材料性能急剧下降、加工过程难以实现等严重问题，其主要原因是大用量刚性生物质材料的添加破坏了复合材料熔体的流变性能。生物质材料的塑化改性有助于改进体系的流变性能，并进而改善加工过程和复合材料性能（欧荣贤等，2009）。木塑复合材料可视为生物质材料塑性加工的初级阶段，其理论基础是高分子复合材料的以刚性纤维/粒子填充聚合物连续介质理论。

从木塑复合材料发展成为真正意义上的生物质材料塑性加工方法，需要解决大幅度提高木质纤维用量，同时保证优异的产品性能和具有较高的生产效率等问题，这需以创新该类复合材料的基础理论为前提。为此，将在高温离子液体存在下进行生物质材料的动态塑化改性与木塑复合技术有机结合起来，可望成为生物质材料塑性加工的有效途径，

相关工作正在进行中。

3 结语

生物质材料的塑性加工是学术界和产业界几代人的梦想，其实现意味着林产工业的一次革命，前景诱人。然而，作为一项具有原始创新特征的研究而在基本科学问题尚未揭示清楚的情况下，生物质材料的塑性加工技术及其产业化应用需要经过长期艰苦的科学研究和技术发展方能从根本上解决。不过，在此过程中取得的阶段性研究成果相信应该具有很大应用空间。由于这项研究的基础性及其与很多重要技术的密切相关性，预期在大幅度提高木塑复合材料中生物质材料的用量、木材弯曲技术中提高弯曲效率和定型质量、人造板生产中降低热压应力和吸湿膨胀、以及竹材成型技术等方面，具有发展潜力。

木塑复合材料是一类以生物质材料和废旧塑料为主要原料的新型生态环境材料，处于迅猛发展的前期，国际学术界和工业界共同关注的热点和难点问题是，如何改善纤维与塑料的界面相容性和熔体的流变性能，从而实现以尽可能高的生物质材料添加量获得高性能的木塑复合材料产品。从改善生物质材料的热塑性或热软化性能入手，完全有可能大幅提高生物质材料的添加量和改善产品的木质感等重要性能，而且能够改善其界面相容性和成型性能，提高木塑复合材料的成型加工效率、降低生产成本，从而使木塑复合材料发展成为大规模利用生物质材料的一条重要途径。(王清文 欧荣贤)

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/60542.html>