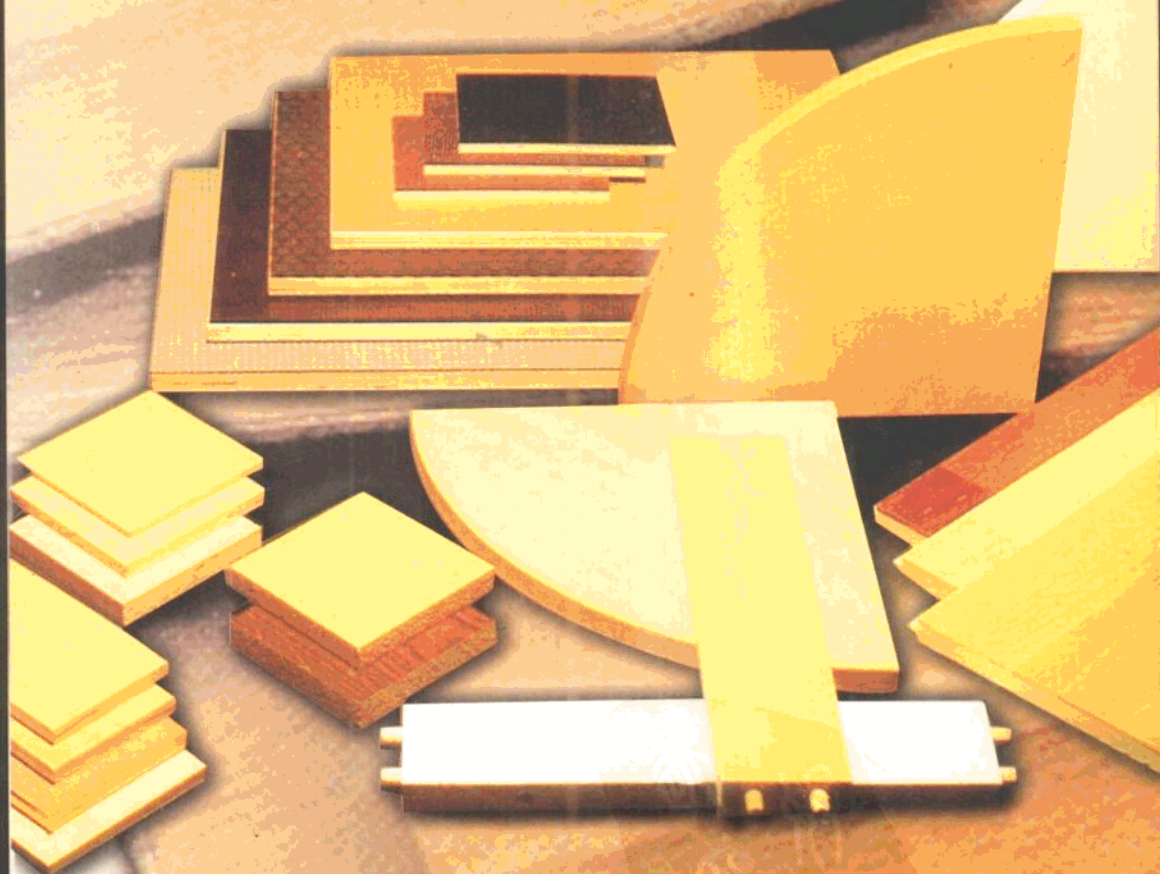


# 非木材植物人造板

向仕龙 蒋远舟 编著



中国林业出版社

# 前 言

木材是人造板工业历来采用的主要原料，但由于世界性的森林资源减少，木材的供应也日趋紧张。因此，开发新的人造板代用原料已势在必行，非木材植物人造板的开发与应用，是解决人造板工业原料短缺和成本高的一条重要途径。

本书所指的非木材植物原料，主要指除木材外的其它植物纤维原料，包括农作物下脚料、野生植物、工业废渣，如稻麦秆、棉麻秆、高粱秆、玉米秆、蔗渣、稻壳、花生壳、葵花壳、龙须草、席草、藤类、竹子，等等。这些原料来源广泛，价格低廉。从可持续发展的角度看，开发这些原料既可以降低生产成本，又可以保护宝贵的森林资源，维持生态环境的平衡，对社会的持续发展有着极其重要的意义。

本书在总结国内外大量资料的基础上，对非木材植物原料的种类、性质及其对人造板生产工艺和质量的影响作了详细的介绍和分析，并从木材人造板的生产基础出发，对非木材植物人造板的生产工艺与设备、产品性能与应用等方面的特点进行了系统介绍，提出了提高产品质量、改革工艺和设备、拓宽原料利用范围的一些看法和建议。

本书资料丰富，内容切合实际，是国内目前论述非木材植物人造板的专著。可用作大专院校人造板、家具、木材加工、建材与包装材料等专业的教学参考书，也可供有关工厂、科研、设计、工程施工等方面的人员参考。

本书引用了大量生产与研究的成果和经验，作者在此对这些成果与经验的创造者表示衷心的感谢。由于非木材植物原料种类繁多，材性复杂，工艺技术千差万别，加之作者水平有限，书中错误在所难免，希望广大读者批评指正。

作 者

2000 年 4 月

# 目 录

## 前 言

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一章 概述                  | (1)  |
| 第一节 非木材植物人造板的开发与应用      | (1)  |
| 一、非木材植物人造板的开发概况         | (1)  |
| 二、非木材植物人造板的种类与应用        | (2)  |
| 三、非木材植物人造板的性能与标准        | (3)  |
| 四、非木材植物人造板的技术经济指标       | (5)  |
| 第二节 非木材植物人造板原料          | (5)  |
| 一、原料的种类与分布              | (5)  |
| 二、原料的性能及对人造板生产工艺与质量的影响  | (6)  |
| 三、原料的应用特点与局限            | (9)  |
| 第三节 非木材植物人造板的生产工艺与设备    | (10) |
| 一、木材人造板生产工艺与设备的借用及其改革   | (10) |
| 二、特殊的工艺与设备              | (14) |
| 三、国内外非木材植物人造板设备的开发      | (14) |
| 第二章 稻草(麦秸)板             | (16) |
| 第一节 稻草(麦秸)的特性及其对板材加工的影响 | (16) |
| 一、稻草的特性及对板材加工的影响        | (16) |
| 二、麦秸的特性及对板材加工的影响        | (17) |
| 第二节 纸面稻草(麦秸)板           | (19) |
| 一、主要原材料                 | (19) |
| 二、纸面稻草(麦秸)板生产工艺与特点      | (20) |
| 三、纸面稻草(麦秸)板的材性          | (22) |
| 四、纸面稻草(麦秸)板的特点与应用       | (25) |
| 五、纸面稻草(麦秸)板生产中的问题       | (26) |
| 第三节 稻草碎料板               | (26) |
| 一、备料                    | (26) |
| 二、干燥与施胶                 | (28) |
| 三、铺装与热压                 | (29) |
| 第四节 麦秸碎料板               | (31) |
| 一、麦秸的种类特点与碎料板性能         | (31) |
| 二、麦秸碎料板的工艺特点            | (32) |
| 三、异氰酸酯麦秸碎料板             | (34) |
| 第五节 其它稻草(麦秸)板           | (35) |

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| 一、稻草(麦秸)软质装饰吸音板 .....     | (35)        |
| 二、草筋板 .....               | (37)        |
| <b>第三章 稻壳板 .....</b>      | <b>(39)</b> |
| 第一节 稻壳的特性及其对板材加工的影响 ..... | (39)        |
| 一、稻壳的形态特征 .....           | (40)        |
| 二、稻壳的化学成分 .....           | (40)        |
| 三、稻壳的碱溶性 .....            | (41)        |
| 四、稻壳的粒度 .....             | (41)        |
| 第二节 稻壳的预处理 .....          | (42)        |
| 一、稻壳的碾磨 .....             | (42)        |
| 二、稻壳的筛分 .....             | (44)        |
| 第三节 稻壳板胶粘剂 .....          | (45)        |
| 一、稻壳的胶合特性 .....           | (45)        |
| 二、胶种对稻壳板性能的影响 .....       | (46)        |
| 三、非碱性热固性酚醛树脂胶 .....       | (46)        |
| 四、改性脲醛树脂胶 .....           | (47)        |
| 五、酚醛-脲醛混合胶 .....          | (48)        |
| 六、异氰酸酯 .....              | (48)        |
| 第四节 稻壳板的生产与应用特点 .....     | (49)        |
| 一、稻壳板生产工艺与设备 .....        | (49)        |
| 二、稻壳板的性能与应用 .....         | (52)        |
| 第五节 提高稻壳板质量的措施 .....      | (52)        |
| 一、原材料的选择与配用 .....         | (52)        |
| 二、最佳工艺条件的选择 .....         | (55)        |
| 三、设备的改革 .....             | (56)        |
| <b>第四章 棉秆人造板 .....</b>    | <b>(58)</b> |
| 第一节 棉秆的特性及其对板材加工的影响 ..... | (58)        |
| 一、棉秆的构造与纤维形态 .....        | (58)        |
| 二、棉秆的吸水、吸湿及干缩性 .....      | (59)        |
| 三、棉秆的力学性质 .....           | (61)        |
| 四、棉秆的化学成分与 pH 值 .....     | (61)        |
| 第二节 棉秆人造板的备料 .....        | (62)        |
| 一、棉秆原料的收购 .....           | (62)        |
| 二、棉秆的贮存 .....             | (63)        |
| 三、棉秆的切断与筛选 .....          | (64)        |
| 四、棉秆的输送 .....             | (68)        |
| 第三节 棉秆纤维板生产特点 .....       | (69)        |
| 一、棉秆段的水洗 .....            | (69)        |
| 二、棉秆的纤维分离 .....           | (69)        |

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 三、棉秆纤维的洗浆 .....          | (70) |
| 四、浆料处理 .....             | (71) |
| 五、棉秆硬质纤维板 .....          | (71) |
| 六、棉秆中密度纤维板 .....         | (71) |
| 七、半干法棉秆硬质纤维板 .....       | (72) |
| 八、湿法棉秆软质装饰吸音板 .....      | (72) |
| 第四节 棉秆碎料板 .....          | (72) |
| 一、棉秆皮用量对碎料板性能的影响 .....   | (72) |
| 二、影响棉秆碎料制备的因素 .....      | (74) |
| 三、棉秆碎料制备与筛选工艺的选择 .....   | (76) |
| 四、棉秆碎料板生产工艺特点 .....      | (77) |
| 五、提高棉秆碎料板质量的措施 .....     | (79) |
| 第五章 蔗渣人造板 .....          | (81) |
| 第一节 蔗渣的特性及对板材加工的影响 ..... | (81) |
| 一、组织结构与纤维形态 .....        | (81) |
| 二、化学成分 .....             | (82) |
| 三、蔗渣的碎料形态 .....          | (83) |
| 四、pH 值 .....             | (83) |
| 第二节 蔗渣的除髓 .....          | (84) |
| 一、蔗髓对板材质量的影响 .....       | (84) |
| 二、除髓对贮存的作用 .....         | (85) |
| 三、蔗渣的除髓 .....            | (85) |
| 第三节 蔗渣纤维板生产工艺特点 .....    | (87) |
| 一、蔗渣的制浆与浆料处理 .....       | (87) |
| 二、湿法蔗渣纤维板的成型与热压 .....    | (89) |
| 三、干法蔗渣中密度纤维板 .....       | (89) |
| 第四节 蔗渣碎料板生产工艺特点 .....    | (93) |
| 一、蔗渣的筛选 .....            | (93) |
| 二、蔗渣的干燥 .....            | (94) |
| 三、施胶 .....               | (94) |
| 四、铺装与预压 .....            | (95) |
| 五、热压 .....               | (96) |
| 六、蔗渣碎料板技术经济指标 .....      | (96) |
| 第五节 覆塑蔗渣瓦楞板 .....        | (96) |
| 一、覆塑蔗渣瓦楞板生产工艺 .....      | (97) |
| 二、覆塑蔗渣瓦楞板生产中的问题讨论 .....  | (98) |
| 三、覆塑蔗渣瓦楞板的性能与用途 .....    | (98) |
| 第六节 自生胶蔗渣碎料板的研究 .....    | (99) |
| 一、蔗渣的自身胶结机理 .....        | (99) |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| 二、自生胶蔗渣碎料板的研制 .....        | (100) |
| <b>第六章 竹材人造板</b> .....     | (102) |
| 第一节 竹材的特性及其对板材加工的影响 .....  | (103) |
| 一、竹材的一般性能 .....            | (103) |
| 二、竹材的力学性能 .....            | (104) |
| 三、竹材的化学成分 .....            | (105) |
| 四、竹材的特殊处理 .....            | (106) |
| 第二节 竹席胶合板 .....            | (107) |
| 一、竹席的制备与要求 .....           | (107) |
| 二、竹席胶合板生产工艺 .....          | (108) |
| 三、竹席胶合板的性能 .....           | (110) |
| 四、竹席胶合板的特种加工 .....         | (110) |
| 第三节 竹帘胶合板 .....            | (110) |
| 一、竹帘的编织与要求 .....           | (111) |
| 二、覆膜竹帘胶合板生产工艺 .....        | (111) |
| 三、覆膜竹帘胶合板的特点、性能及应用 .....   | (113) |
| 第四节 竹篾积成板 .....            | (114) |
| 一、篾片的制作与要求 .....           | (114) |
| 二、竹篾积成板生产工艺 .....          | (114) |
| 三、竹篾积成板的特点、性能与应用 .....     | (116) |
| 第五节 竹片胶合板 .....            | (116) |
| 一、竹片胶合板生产工艺 .....          | (117) |
| 二、竹片胶合板的特点、性能与应用 .....     | (118) |
| 三、竹片胶合板品种与结构的新发展 .....     | (119) |
| 第六节 竹席波形瓦 .....            | (121) |
| 一、材料与设备 .....              | (121) |
| 二、竹席波形瓦生产工艺 .....          | (121) |
| 三、影响竹席波形瓦质量的因素 .....       | (122) |
| 四、竹席波形瓦的性能与应用 .....        | (123) |
| 第七节 竹材复合板 .....            | (124) |
| 一、竹材复合板的结构与性能 .....        | (124) |
| 二、竹片—竹帘复合板工艺特点 .....       | (124) |
| 三、竹片（竹席、竹帘）碎料复合板工艺特点 ..... | (125) |
| 四、竹单板—竹帘复合板工艺特点 .....      | (125) |
| 第八节 竹材碎料板 .....            | (127) |
| 一、竹材碎料板的种类、性能与应用特点 .....   | (127) |
| 二、普通竹碎料板的工艺特点 .....        | (128) |
| 三、竹丝碎料板的工艺特点 .....         | (129) |
| 四、竹大片碎料板的工艺特点 .....        | (129) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 五、定向竹碎料板的工艺特点 .....       | (130) |
| 第九节 竹材纤维板 .....           | (131) |
| 一、备料与纤维分离 .....           | (131) |
| 二、浆料处理或纤维施胶干燥 .....       | (132) |
| 三、成型与热压 .....             | (132) |
| 第十节 重组竹 .....             | (133) |
| 一、重组竹基本生产工艺 .....         | (133) |
| 二、软化与疏解的影响 .....          | (134) |
| 三、水洗与施胶的影响 .....          | (134) |
| 四、组坯与热压 .....             | (135) |
| 第七章 麻屑人造板 .....           | (136) |
| 第一节 亚麻屑的特性及对板材加工的影响 ..... | (136) |
| 一、亚麻屑的生物特性与组织结构 .....     | (136) |
| 二、亚麻屑的密度 .....            | (137) |
| 三、亚麻屑的成分 .....            | (138) |
| 四、亚麻屑的形态 .....            | (139) |
| 五、亚麻屑的化学特性 .....          | (140) |
| 第二节 亚麻屑碎料板的备料工艺特点 .....   | (141) |
| 一、亚麻屑碎料板的几种备料工艺 .....     | (141) |
| 二、麻纤维的分离 .....            | (142) |
| 三、麻屑的碎茎 .....             | (144) |
| 四、粉尘的去除 .....             | (145) |
| 五、麻根的处理 .....             | (145) |
| 第三节 亚麻屑碎料板制板工艺特点 .....    | (146) |
| 一、干燥与分选 .....             | (146) |
| 二、施胶 .....                | (148) |
| 三、铺装与热压 .....             | (150) |
| 第四节 提高麻屑碎料板质量的研究 .....    | (151) |
| 一、密度对板材质量的影响 .....        | (151) |
| 二、麻屑含水率对板材性能的影响 .....     | (152) |
| 三、胶料对板材性能的影响 .....        | (152) |
| 四、防水剂对板材性能的影响 .....       | (154) |
| 五、固化剂对板材性能的影响 .....       | (155) |
| 六、施胶工艺对板材性能的影响 .....      | (155) |
| 七、热压工艺对板材性能的影响 .....      | (156) |
| 第五节 苎麻人造板 .....           | (157) |
| 一、苎麻秆的特性及对板材加工的影响 .....   | (157) |
| 二、苎麻纤维板 .....             | (158) |
| 三、苎麻碎料板 .....             | (159) |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 第八章 芦苇人造板           | (160) |
| 第一节 芦苇特性及对板材加工的影响   | (160) |
| 一、芦苇的生物特性与组织结构      | (160) |
| 二、芦苇的纤维含量与纤维形态      | (161) |
| 三、芦苇的密度与吸湿性         | (161) |
| 四、芦苇的化学成分           | (161) |
| 第二节 芦苇碎料板生产工艺       | (162) |
| 一、生产工艺流程及特点         | (162) |
| 二、芦苇碎料板生产中影响因素      | (165) |
| 第三节 优化芦苇碎料板工艺的研究    | (166) |
| 一、各因素对板材吸水厚度膨胀率的影响  | (166) |
| 二、各因素对板材静曲强度的影响     | (167) |
| 三、各因素对板材内结合强度的影响    | (167) |
| 四、各因素对板材弹性模量的影响     | (168) |
| 五、优化工艺的板材性能         | (168) |
| 第四节 提高芦苇碎料板质量的几项措施  | (169) |
| 一、硅烷偶联剂强化胶合         | (169) |
| 二、芦苇碎料改性            | (169) |
| 三、脲醛树脂胶改性           | (170) |
| 四、不同种碎料的加入          | (171) |
| 第五节 异氰酸酯芦苇碎料板       | (172) |
| 一、异氰酸酯芦苇碎料板的试制      | (172) |
| 二、影响 MDI 芦苇碎料板性能的因素 | (173) |
| 三、MDI 芦苇碎料板成本       | (174) |
| 第九章 复合人造板           | (175) |
| 第一节 夹芯复合细木工板        | (175) |
| 一、材料的制备与要求          | (175) |
| 二、夹芯细木工板生产工艺        | (177) |
| 三、夹芯细木工板的性能及用途      | (178) |
| 第二节 复合胶合板           | (178) |
| 一、单板覆面竹席胶合板         | (178) |
| 二、单板覆面竹席竹帘复合胶合板     | (181) |
| 三、竹片覆面复合胶合板         | (183) |
| 第三节 复合定向碎料板         | (184) |
| 一、非木材植物碎料定向夹芯胶合板    | (185) |
| 二、竹材覆面定向碎料板 (OSB)   | (187) |
| 三、竹木复合定向碎料板         | (189) |
| 第四节 复合空心板           | (192) |
| 一、竹木复合空心板           | (192) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 二、复合网络板 .....                 | (194) |
| 三、木橡-竹碎料复合空心板 .....           | (195) |
| 第五节 其它复合板 .....               | (196) |
| 一、复合积成板 .....                 | (196) |
| 二、植物纤维塑料复合板 .....             | (197) |
| 三、径向竹蔑帘复合板 .....              | (198) |
| 第十章 无机胶凝非木材植物人造板 .....        | (201) |
| 第一节 无机胶凝材料 .....              | (201) |
| 一、几种无机胶凝材料的性能 .....           | (201) |
| 二、无机胶凝材料与非木材植物的结合特征 .....     | (205) |
| 三、非木材植物原料的处理或改性 .....         | (206) |
| 第二节 无机胶凝非木材植物碎料板生产工艺 .....    | (207) |
| 一、堆垛式锁模冷压工艺 .....             | (207) |
| 二、连续式冷压工艺 .....               | (209) |
| 三、热压工艺 .....                  | (209) |
| 四、铸模式工艺 .....                 | (210) |
| 五、无机胶凝植物碎料板生产的影响因素 .....      | (210) |
| 第三节 非木材植物石膏碎料板的研究 .....       | (211) |
| 一、碎料制备方式对非木材植物石膏碎料板的影响 .....  | (211) |
| 二、陈放时间与添加剂对竹材石膏碎料板性能的影响 ..... | (213) |
| 三、石膏棉秆碎料板工艺条件的研究 .....        | (215) |
| 四、几种非木材植物石膏碎料板制板工艺与性能 .....   | (216) |
| 第四节 非木材植物水泥碎料板的研究 .....       | (218) |
| 一、棉秆水泥碎料板的研究 .....            | (218) |
| 二、影响竹材水泥碎料板性能的因素研究 .....      | (219) |
| 三、水泥胶结椰纤板的研究 .....            | (221) |
| 四、提高麦秸水泥碎料板质量的研究 .....        | (224) |
| 五、热压法非木材植物水泥碎料板的研究 .....      | (225) |
| 第十一章 其它非木材植物人造板 .....         | (226) |
| 第一节 玉米(高粱)秆人造板 .....          | (226) |
| 一、原料的特性及对板材加工的影响 .....        | (226) |
| 二、玉米秆碎料板 .....                | (227) |
| 三、玉米秆碎料夹芯板 .....              | (228) |
| 四、高粱秆帘胶合板 .....               | (229) |
| 五、高粱秆纤维板 .....                | (231) |
| 第二节 葵花秆人造板 .....              | (231) |
| 一、原料的特性及对板材加工的影响 .....        | (231) |
| 二、葵花秆碎料板 .....                | (232) |
| 三、提高葵花秆碎料板质量的措施 .....         | (233) |

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| 四、葵花秆积成板 .....          | (235) |
| 第三节 豆秸人造板 .....         | (236) |
| 一、豆秸的特性及对板材加工的影响 .....  | (236) |
| 二、豆秸碎料板工艺特点 .....       | (237) |
| 三、豆秸纤维板 .....           | (238) |
| 第四节 烟秆人造板 .....         | (239) |
| 一、原料的特性及对板材加工的影响 .....  | (239) |
| 二、烟秆碎料板 .....           | (240) |
| 三、烟秆纤维板 .....           | (241) |
| 第五节 花生壳人造板 .....        | (242) |
| 一、原料的特性及对板材加工的影响 .....  | (242) |
| 二、脲醛树脂胶花生壳碎料板 .....     | (242) |
| 三、国外无胶花生壳板的研究 .....     | (243) |
| 四、国内无胶花生壳板的研究 .....     | (244) |
| 第六节 其它非木材植物人造板的开发 ..... | (246) |
| 一、栲胶渣人造板 .....          | (246) |
| 二、椰子壳板 .....            | (247) |
| 三、剑麻头纤维板 .....          | (248) |
| 四、果壳(核)人造木 .....        | (249) |
| 五、污泥纤维板 .....           | (250) |
| 六、垃圾板 .....             | (250) |
| 七、藤、草类人造板 .....         | (251) |
| 八、棉籽壳碎料板 .....          | (252) |
| 主要参考文献 .....            | (255) |

# 第一章 概 述

## 第一节 非木材植物人造板的开发与应用

随着世界性的森林资源短缺，木材的供应日趋紧张，木材人造板的生产已受到一定程度的影响，而人造板的需求量正在逐年增长。因此，寻找新的人造板代用原料已势在必行。通过数十年的研究与探索，非木材植物人造板的产品种类、生产规模、工艺技术、性能质量、检验标准等，都得到了不同程度的发展与提高。

### 一、非木材植物人造板的开发概况

20 世纪初国外已开始利用非木材植物原料制造人造板，我国开发非木材植物人造板原料生产人造板始于 50 年代末。迄今为止，据不完全统计，仅利用蔗渣与棉麻茎秆生产人造板的厂家或车间，已有 60 余家，年生产能力已达 30 万  $\text{m}^3$  以上。在非木材植物人造板的发展中，以蔗渣利用最早，以竹材人造板发展最快。

麻秆是最早用于人造板生产的非木材植物原料之一，比利时在 1948 年就建立了第一条以亚麻秆为原料的刨花板生产线，其产量 1973 年即已达到 93 万  $\text{m}^3$ 。我国除利用麻秆研究与生产刨花板外，也进行了麻秆中密度纤维板及硬质纤维板的研制工作，并已基本取得了成功，可以进行工业化生产。

稻麦秆最早用于造纸，后用于制造纤维板，英国 40 年代中期开始用稻麦秆制造纸面稻草纸，我国 80 年代中期引进这项技术与设备，并已开始自行生产专用设备。稻麦秆进行碎料板生产的工作，也不断进行过小试与中试，到 2000 年初，已开始筹建正规化生产线。

蔗渣是人造板生产的较好原料之一，除了在纸浆、纸和纸板方面的应用得到迅速发展之外，蔗渣也是人造板工业应用最早和范围最广的原料。实际上，美国于 1920 年即将蔗渣用于硬质绝缘板的生产。我国用蔗渣生产湿法硬质纤维板的厂家约有 30 多家。由于废水污染问题，国内外已趋向于用蔗渣生产碎料板，美国于 1963 年建成一家日产 100 $\text{m}^3$  的蔗渣碎料板生产线，我国 80 年代开始进行这方面的研制，其后在广东、福建等省建成了 10 多家蔗渣碎料板厂。蔗渣中密度纤维板的正式生产始于泰国，我国的广东等地随后也建起类似的生产线。由于蔗渣是最早用于人造板生产的非木材植物原料，因此其工艺与设备均已日趋完善，是一种可以大力开发的原料。

棉秆由于来源丰富，近些年来作为人造板原料的发展十分迅速。50 年代末我国即已应用棉秆生产湿法硬质纤维板，但由于大多数厂仍沿用木材原料的工艺设备，对棉秆原料及生产特点研究少，因而其生产工艺技术一直未完全成熟，设备也不能完全适应生产需要，直至 80 年代末期，才基本解决湿法生产的工艺技术问题。棉秆碎料板的生产经过小试、中试和国外技术的引进，已形成一定的生产能力。此外，棉秆软质吸音板和中密度纤维板也曾进行过试制和生产，技术上不存在较大的难题。棉秆在我国具有广泛的资源，是人造板工业具有很大

潜力的原料之一。

稻壳生产人造板的研究早在 50 年代即已在国外进行,但直至 80 年代初,才由菲律宾采用加拿大技术建成世界上第一座稻壳板厂。我国上海木材工业研究所首先开始稻壳板的研究工作,为稻壳板的生产奠定了一定基础。国内先后在江西、浙江等地建成了几条年产 5 000m<sup>3</sup> 稻壳板生产线,由哈尔滨林机厂生产了专用设备,由于工艺还不十分成熟,产品质量波动大,加之在产品应用开发上存在问题,使稻壳板生产与应用没有达到预期目标。

花生壳生产人造板材的研究国外早有报道,我国南京林业大学于 1981 年开始花生壳制板的研究,1985 年陕西省建材所也进行了相同的工作,分别于 1986 年 9 月与 11 月通过鉴定,并建成了相应的生产线。我国是盛产花生的国家,种植地区极广,花生壳的利用将进一步扩大人造板原料的来源。

竹类人造板是我国近几年开发的新型人造板材,由于竹类植物纤维长,强度高,耐酸、耐碱,其抗拉强度是木材的 2 倍,硬度是木材的 100 倍,加之生长快、产量高,是极有前途的人造板原料。竹材人造板比木材人造板有许多更优良的特性,是一种优质、高强度的代木材料。我国是盛产竹子的国家,竹材人造板发展很快,目前已生产的品种有竹编胶合板、竹材积成板、竹片胶合板、竹材碎料板、竹材装饰板等,产品强度高、用途广,随开发时间延长,工艺与设备日趋完善,产品质量不断提高,品种也日渐增多。

近些年来,由于森林资源缺乏,我国对非木材植物人造板进行了大量的研究与试验,除了上述的原料外,对其它一些非木材植物原料也进行了开发,先后研制成功高粱(玉米)秆细木工板、剑麻头板、栲胶渣板、席草板、葵柄板、柠条板等一系列产品,有的已投入正式生产。从根本上来讲,用非木材植物原料生产人造板并没有理论上的难题,其工艺技术无需重大的改变。但是,由于非木材植物原料毕竟与木材的结构组成有所不同,在相同的工艺条件下,非木材植物人造板的质量与木材人造板有不同的差距,有的甚至无法制成产品,因此需要改革工艺条件,研制新设备或改造老设备,不断扩大原料品种,提高非木材植物人造板的质量,使之接近或相当同类木材人造板的物理力学性能。

发展非木材植物人造板生产,国内外已积累了一定的经验,产品质量不断提高,品种不断增加,新的原料也在不断被挖掘。实践证明,生产非木材植物人造板具有明显的经济效益、社会效益及生态效益,而且在发挥这三大效益之中,尚有巨大的潜力可挖。

## 二、非木材植物人造板的种类与应用

非木材植物原料大多用于生产纤维板和碎料板,特别是近些年来,由于废水污染控制愈来愈严,非木材植物原料越来越多地用于碎料板的生产。

纸面稻草板在非木材植物人造板中是一个比较特殊的品种,在生产工艺及产品用途上与纤维板和碎料板均有一定差别,因而与其它几种板材作为特种板材分类。

竹质人造板是一类新型板材,包括纤维板、碎料板、胶合板、装饰板、积成板,木材能够生产的品种,竹材几乎都能生产,而且强度一般更高。

复合板是指非木材植物原料与其它材料复合生产的板材,本书将水泥、石膏等无机矿物材料与非木材植物原料生产的复合板材也归于此类,并作专章论述。

非木材植物人造板种类归纳如表 1-1。

表 1-1 非木材植物人造板种类

| 类 别 | 品 种    | 品 种 举 例                    |
|-----|--------|----------------------------|
| 纤维板 | 软质纤维板  | 湿法棉秆软质吸音板、稻草软质吸音板          |
|     | 硬质纤维板  | 剑麻头硬质纤维板、豆粕硬质纤维板、棉秆硬质纤维板   |
|     | 中密度纤维板 | 蔗渣中密度纤维板、棉秆中密度纤维板、竹材中密度纤维板 |
| 碎料板 | 普通碎料板  | 麻屑板、芦苇碎料板、烟秆碎料板、竹大片定向碎料板   |
|     | 废渣板    | 蔗渣板、桉胶渣板、麻黄渣板、玉米芯板、垃圾板     |
|     | 废壳板    | 稻壳板、花生壳板、核桃壳板              |
| 胶合板 | 普通胶合板  | 竹席(帘)胶合板、竹片胶合板、高粱秆帘胶合板     |
|     | 积成胶合板  | 竹蔑积成板、葵花秆积成板               |
|     | 特种胶合板  | 竹材空心胶合板、竹材(蔗渣)瓦楞板、重组竹      |
| 复合板 | 夹心复合板  | 秆段夹心细木工板、碎料夹心胶合板           |
|     | 复合胶合板  | 竹木复合胶合板、复合层积材、复合空心胶合板      |
|     | 无机复合板  | 石膏碎料板、水泥碎料板、菱苦土碎料板         |
|     | 特种复合板  | 纸面稻草板、果壳核人造木、网络板           |

非木材植物人造板一般可代替木材人造板用作建筑、家具、包装等工业的材料,除了这方面的普通用途之外,一些非木材植物人造板还具有特殊的功用,其中比较突出的是竹材胶合板。

竹材胶合板具有强度高、弹性好、耐磨损、耐腐、耐蚀等特点,是一种理想的工程材料。近几年来,竹材胶合板被用来代替木材制造汽车车厢底板,取得十分明显的经济效益,不仅节约了木材,而且简化了车厢结构和生产工艺,提高了产品质量,降低了车厢制造成本。目前竹材胶合板在汽车制造行业上得到了推广与应用。

竹材胶合板作水泥模板,也正在得到推广应用,其优点是:造价低,比钢模板低40%,比木模板低20%;易脱模,不沾水泥;使用次数多,不易磨损。

稻草板是一种具有综合性能的新型板材,其隔热、隔声、耐火、抗震等性能较木材好,且强度也高,已用于承重外墙板。这种板材在东北、西北等严寒地区尤其受到欢迎。

### 三、非木材植物人造板的性能与标准

表 1-2 列出了部分非木材植物人造板物理力学性能。由于原料产地不同,生产或试验的工艺条件如施胶量、热压参数等不同,采用同类原料加工成的同类产品往往在性能上会有一些的差异,因而表中引用的数据不能完全代表某一种非木材植物原料在不同工艺条件下制造的人造板性能,但它至少使我们对非木材植物人造板有一个一般的了解。

从表中所列板材来看,大多数非木材植物人造板的物理力学指标已达到同类木材人造板的有关正式标准,有些甚至超过木材人造板,其中突出的是竹材人造板材。少数几种板材如稻壳板、席草板、桉胶渣板、垃圾板等,静曲强度低于木材碎料板规定的二级品。但往往不是技术上的原因,而是经济和使用上的原因。因为碎料板生产中,多施加树脂胶或采取其它方法即可使力学性能上升,但这会增加成本,而对某些产品的用途影响不大。因此,只要应用上不存在问题,不必追求非木材植物人造板在性能上完全达到木材人造板的标准。

表 1-2 部分非木材植物人造板物理力学性能

| 板 材 性 能<br>板 材 名 称 | 密 度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 含 水 率<br>(%) | 静 曲 强 度<br>(MPa) | 平 面 抗 拉 强 度<br>(MPa) | 吸 水 率<br>(%) | 吸 水 厚 度<br>膨 胀 率 (%) |
|--------------------|-----------------------------|--------------|------------------|----------------------|--------------|----------------------|
| 稻壳板                | 0.70~0.80                   | 4.7~7.5      | 10.3~13.0        | 0.4                  | —            | 4.6~6.8              |
| 稻草板                | 0.696                       | 6.0          | 16.17            | 0.20                 | —            | 7.9                  |
| 芦苇板                | 0.720                       | —            | 29.60            | 0.51                 | 16.12        | 7.15                 |
| 花生壳板               | 0.83                        | —            | 14.7             | 1.81                 | —            | 6.3                  |
| 棉秆绝缘板              | 0.237                       | —            | 2.16             | —                    | 310          | —                    |
| 棉秆硬质纤维板            | 0.877                       | 1.8          | 34.69            | —                    | 20.09        | —                    |
| 棉秆中密度纤维板           | 0.69~0.72                   | —            | 32.34~34.89      | 0.59~0.69            | 13.44~22.49  | 5.2~10.3             |
| 棉秆碎料板              | 0.74                        | 9.07         | 22.68            | 0.88                 | —            | 5.57                 |
| 蔗渣碎料板              | 0.767                       | 3.3          | 26.56            | 0.54                 | —            | 7.5                  |
| 蔗渣中密度纤维板           | 0.762                       | —            | 44               | —                    | 5.8          | 1.7                  |
| 麦秆碎料板              | 0.45~0.95                   | 6~8          | 14.7~24.5        | 0.39~0.49            | —            | 6                    |
| 麻屑板                | 0.687                       | 10.78        | 18.32            | 1.2                  | 14.5         | 3.2                  |
| 席草板                | 0.638                       | 14           | 12.2             | 0.20                 | —            | 10                   |
| 高粱秆纤维板             | 0.905                       | —            | 31.53            | —                    | 18.92        | —                    |
| 竹质纤维板              | 0.98                        | 5.33         | 44.34            | —                    | 18.9         | —                    |
| 竹中密度纤维板            | 0.69                        | 5.66         | 29.30            | —                    | 17.41        | —                    |
| 竹编胶合板              | 0.75                        | 9.86         | 79.81            | 0.34                 | 38           | —                    |
| 竹材胶合板              | 0.78~0.85                   | 10.00        | 113.3            | 2.94                 | —            | —                    |
| 桉胶渣板               | 0.95                        | 5.22         | 11.59            | —                    | 39.2         | 19.1                 |
| 剑麻头纤维板             | 0.8                         | 12           | 45.28            | —                    | 17.4         | —                    |
| 玉米秆碎料板             | 0.65                        | 5.9          | 12.6             | 0.19                 | —            | 11.5                 |
| 苧麻秆纤维板             | 0.77                        | 6.6          | 23.03            | 0.27                 | 19.3         | 4.7                  |
| 竹材碎料板              | 0.7~0.9                     | —            | 25.48            | 2.94                 | —            | 15                   |
| 模压制品               | 0.78                        | 6~12         | 34.3             | 1.47                 | 15           | 0.4                  |
| 垃圾板                | 0.6~0.8                     | —            | 3~6              | 0.15~0               | —            | 8~10                 |
| 亚麻秆中密度纤维板          | 0.71                        | —            | 29.6             | 1.18                 | 10.51        | 4.53                 |
| 黄麻秆碎料板             | 0.51                        | —            | 17.33            | 0.66                 | —            | 7.8                  |

非木材植物人造板由于原料种类多且材性杂,生产的板材质量参差不齐,在质量鉴别与应用方面均存在一定问题,目前除少数特殊板材已制定出标准外,一般均引用木材人造板标准来判断非木材植物人造板的质量。这往往使生产者不顾原料之间的差异和产品应用上的千差万别,一味追求达到某一固定标准,结果是浪费材料和徒增成本。因此,在发展非木材植物人造板生产的同时,必须注意应用领域研究,制定出适合非木材植物原料客观条件的非木材植物人造板标准。

截至 2000 年 3 月为止,我国制定出下列非木材植物人造板标准:

- (1) 1988 年国家技术监督局发布 GB9781—88《建筑用纸面稻草板》国家标准;
- (2) 1991 年国家技术监督局发布 GB13123—91《竹编胶合板》和 GB13124—91《竹编胶合板试验方法》国家标准;
- (3) 1992 年林业部发布 LY/T1072—92《竹蔑积成胶合板技术条件》和 LY/T1073—92《竹蔑积成胶合板物理力学性能测试方法》部颁标准;
- (4) 1995 年建设部发布 JG/T3026—1995《混凝土模板用竹材胶合板》部颁标准。

## 四、非木材植物人造板的技术经济指标

部分非木材植物人造板技术经济指标见表 1-3。表中数据仅作参考，不能作为设计依据，因设计中的情况是千差万别的。

表 1-3 部分非木材植物人造板经济指标

| 指 标<br>板 材 名 称   | 年产量<br>(m <sup>3</sup> ) | 原料用量<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 胶耗量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 防水剂<br>耗 量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 耗电量<br>(kWh/m <sup>3</sup> ) | 装机容量<br>(kW) | 厂房面积<br>(m <sup>2</sup> ) | 车间<br>定员<br>(人) | 备 注               |
|------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------|---------------------------|-----------------|-------------------|
| 稻壳板 <sup>①</sup> | 5 000                    | 1.00                        | 160                         | 12                                 | 200                          | 210          | 1 250                     | 100             | 板芯不加胶             |
| 纸面稻草板            | 25 000                   | 0.48                        |                             |                                    | 40                           | 191.0        | 3 000                     | 60              |                   |
| 棉秆碎料板            | 5 000                    | 0.90                        | 110                         | 16                                 | 250                          | 350          | 1 300                     | 110             |                   |
| 麻屑板              | 12 000                   | 0.80                        | 85                          | 9.8                                |                              | 1 170        | 2 960                     | 61              | 异氰酸酯胶<br>湿法生产，酚醛胶 |
| 麦秸碎料板            | 15 000                   | 0.80                        | 24                          |                                    | 200                          | 750          | 2 500                     | 80              |                   |
| 烟秆纤维板            | 5 000                    | 1.00                        | 9                           | 23                                 | 350                          | 615          | 2 250                     | 44              |                   |
| 烟秆碎料板            | 5 000                    | 0.85                        | 142                         |                                    | 220                          | 702          | 2 160                     | 36              | 酚醛胶、浸渍            |
| 蔗渣中密度纤维板         | 3 000                    | 0.90                        | 72                          | 12.5                               | 300                          | 2 500        | 5 200                     | 122             |                   |
| 竹蔑积成板            | 2 000                    | 2.4                         | 280                         |                                    |                              | 225          | 1 580                     | 115             |                   |
| 玉米秆碎料板           | 5 000                    | 1.0                         | 145                         | 25                                 | 250                          | 280          | 1 250                     | 100             |                   |

① 纸面稻草板年产量为 50 万 m<sup>2</sup>，原料耗量为 0.024t/m<sup>2</sup>，耗电量为 2kWh/m<sup>2</sup>，表中数据按板材厚度 50mm 折算成每 m<sup>3</sup> 板材 20m<sup>2</sup> 面积计算。

## 第二节 非木材植物人造板原料

非木材植物人造板的原料种类很多，分布的地区极广。各种原料的构造与性能差别较大，而且，大多数非木材植物原料的收获均有不同的季节性，各地收集与贮存的条件也不尽相同。因此，在运用非木材植物原料前，首先应对原料的种类与分布，性能与构造以及应用特点等主要问题进行较为全面的了解，以便从经济和技术可行性方面出发，找到最合适的原料，制定出适合原料特性的工艺，生产出具有一定用途的人造板材。

### 一、原料的种类与分布

已用于人造板生产或实验室使用的非木材植物原料，大多为农作物下脚料和野生植物。如依植物生活期分类，可将非木材植物原料纤维分为 3 类：1 年生植物纤维如棉秆、玉米秆、稻草、麦草等；2 年生植物纤维如甜菜等；多年生植物纤维如竹类、茶壳等。按植物用途分，可分为 4 类：粮食作物纤维如稻麦秆、高粱秆等；油料作物纤维如花生壳、葵花壳、油菜籽壳等；经济作物纤维如棉秆、麻秆、烟梗等；野生植物纤维如龙须草、黄交藤等。

根据纤维在植物组织中所在的部位，非木材植物原料可分为茎秆纤维、韧皮纤维、种毛纤维、叶纤维、果实纤维等 5 类。利用这种分类法并结合人造板生产中不同原料需采取不同的工艺措施，可以把非木材植物原料分为如表 1-4 的 5 大类，其中大部分原料已用于工业化生产，如稻麦秆、棉秆、麻秆、稻壳、蔗渣、竹类等。少部分已进行或正进行中试或小试，有待于工业性开发，如柠条、剑麻头、葵柄、油菜秆、席草等。有的国内尚未进行研制，如啤酒花、垃圾、芳草等。

表 1-4 中所列非木材植物原料在我国分布的地区极广,资源也极其丰富。如稻麦的种植除西藏、青海、新疆等少数地区外,几乎遍及全国。南方数省的水稻年收获 2~3 次,全国稻草的年产量 1984 年已达 1.6 亿 t,稻壳达 3 000 多万 t。我国的甘蔗产量在世界居于前几位,主产区包括:台湾、广东、广西、四川、江西、浙江、云南、湖南、贵州等,蔗渣年产量已达 900 万 t 以上。棉花是我国主要经济作物之一,黄河流域、长江中下游流域及新疆等地,均是盛产棉花的地区,棉秆年产量达 1 800 万 t。1984~1994 年我国主要农作物副产物产量见表 1-5。

表 1-4 非木材植物原料分类表

|     |                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------|
| 秸秆类 | 稻麦秆、小米秆、高粱秆、玉米秆、棉秆、麻秆、葵花秆、烟秆、蓖麻秆、油菜秆、竹、芦苇、剑麻头、芝麻秆、荻、巴茅秆 |
| 茎梗类 | 香蕉梗、木薯梗、烟梗、葵柄、黄豆茎、豌豆茎、蚕豆茎、红苕茎                           |
| 壳类  | 花生壳、稻壳、椰子壳、棉籽壳、菜籽壳、核桃壳、茶壳、果壳                            |
| 废渣类 | 蔗渣、栲胶渣、麻屑、玉米芯、啤酒花、垃圾、污泥、金钢刺废渣                           |
| 藤草类 | 柠条、黄文藤、葡萄藤、龙须草、芨芨草、芳草、席草、芒草                             |

表 1-5 1984~1994 年我国主要农作物副产物产量

单位:万 t

| 品种 | 稻草            | 稻壳          | 麦秸          | 玉米秆               | 高粱秆             | 棉秆              | 花生壳             | 油菜秆               |
|----|---------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 产量 | 14 247~20 100 | 3 250~3 968 | 8 424~9 870 | 8 808~15 864      | 770~1 026       | 1 800~4 146     | 222~385         | 650~3 469         |
| 品种 | 芝麻秆           | 麻秆          | 蔗渣          | 豆秸                | 葵花秆             | 谷子秆             | 烟秆              | 合计                |
| 产量 | 105~275       | 330~415     | 845~909     | 5 533<br>(1994 年) | 603<br>(1994 年) | 752<br>(1994 年) | 260<br>(1994 年) | 46 599~<br>60 427 |

从表 1-5 可以看出,我国主要农作物副产物年总产量高达 4 亿 t 以上,仅利用这部分原料总量的 5%制造人造板,每年可生产 1 300 多万 m<sup>3</sup> 板材,可顶替约 4 000 万 m<sup>3</sup> 原木,不仅可缓解木材供应的问题,也可少伐日渐减少的森林,保护生态环境和实现可持续发展。

此外,我国有丰富的竹类资源,仅毛竹全国就有 200 万 hm<sup>2</sup> 以上,蓄积量 40 亿株以上,其它的废壳、废渣、野生植物也有广泛的来源。因此,开发非木材植物资源作为人造板生产的原料,具有广阔的前景。

## 二、原料的性能及对人造板生产工艺与质量的影响

非木材植物原料在生物结构、纤维细胞含量与形态、化学组成等方面均与木材原料有一定差别。因此,在人造板的加工工艺和质量控制上,非木材植物原料一般存在一些不利因素,需要在工艺与设备上进行一些与木材原料不同的处理,以尽可能使非木材植物人造板质量达到或接近木材人造板,同时减少生产工艺上的一些困难。

### (一) 组织结构与纤维细胞含量

非木材植物原料大多为禾本科植物,其茎秆有明显的节和节间,节间有实心的如玉米、高粱、甘蔗等,也有空心的,如稻草、麦秸、竹等。茎节在生产中往往造成不利影响,如竹类节的性能与节间不一样,加工与热压中不易使板材各部密度与厚度一致。此外,节间的空心使材料占空系数增大,堆集密度变小,压缩率提高,也影响到板材的生产和质量。

禾本科植物的横切面上可见到三种组织:表皮组织、基本薄壁组织和维管组织,其中表

皮组织中细胞的角质化或矿质化,可保护植物本体,防止水分的过分蒸发和病菌的侵入。但是,表皮的这种性质也给人造板施胶带来不利影响,使原料的湿润性变差,不易吸附胶液。此外,表皮中高含量的  $\text{SiO}_2$ ,使表面变得较硬,内外硬度的不一致,给原料的制浆带来困难。

禾本科植物的纤维细胞含量在制浆后一般占细胞总量的 50%~60%,也有低达 30%的,纤维细胞的含量比木材原料尤其是针叶材中的纤维细胞含量低得多,而非纤维细胞含量较高(表 1-6)。

表 1-6 非木材植物原料的非纤维细胞含量

单位: %

| 原 料   | 纤 维     | 薄 壁 细胞 |         | 导 管       | 表皮细胞 |
|-------|---------|--------|---------|-----------|------|
|       |         | 秆 状    | 非秆状     |           |      |
| 部分针叶材 | 98~98.5 | —      | 1.5~1.8 | —         | —    |
| 部分阔叶材 | 73~82.5 | —      | 1.5~5.0 | 12.6~25.2 | —    |
| 慈竹    | 83.8    | —      | —       | 1.6       | —    |
| 毛竹    | 68.8    | —      | —       | 7.5       | —    |
| 芦苇    | 64.5    | 17.8   | 8.6     | 6.9       | 2.2  |
| 棉秆    | 71.3    | —      | 21.8    | 6.9       | —    |
| 龙须草   | 70.5    | 6.7    | 4.9     | 3.7       | 10.7 |
| 荻草    | 67.3    | 17.9   | 11.2    | 1.0       | 0.8  |
| 荻     | 65.5    | 4.9    | 24.5    | 4.8       | 0.3  |
| 蔗渣    | 64.3    | 10.6   | 18.6    | 5.3       | 1.2  |
| 稻草    | 46.0    | 6.1    | 40.4    | 1.3       | 6.2  |
| 麦秸    | 62.1    | 16.6   | 12.8    | 4.8       | 2.3  |
| 高粱秆   | 48.7    | 3.5    | 33.3    | 9.0       | 0.4  |
| 巴茅秆   | 46.9    | 9.7    | 35.4    | 6.6       | 0.4  |
| 玉米秆   | 30.8    | 8.0    | 55.6    | 4.0       | 1.6  |
| 大豆秸   | 68.2    | 3.8    | 20.3    | 6.6       | —    |

由表 1-6 可见,针叶材的非纤维细胞含量最少,仅 1.5%~1.8%,而纤维细胞含量高达 98%~98.5%。阔叶材的非纤维细胞含量多于针叶材,但较非木材植物原料少得多。非木材植物原料中,竹类的非纤维细胞含量较少,而玉米秆的含量最高,达 60%以上。

非纤维细胞在生产中也称杂细胞。杂细胞含量较高,使非木材植物原料性能变差,板材的强度较差,吸水性提高,而且制成浆料后的滤水性也不好,造成脱水困难,给工艺上造成一些问题。因此,在生产中应尽可能应用杂细胞含量低的原料,或当原料杂细胞含量较高时,掺用一些木材原料或纤维细胞含量较高的原料。

## (二) 纤维形态

纤维形态影响着板材的物理力学性能,特别是对强度影响较大。如稻草的纤维细短,胞腔窄,强度较差。麦秆的纤维较稻草长,纤维含量高,相同工艺条件下的同类产品质量优于稻草。芦苇纤维细而短,细胞壁厚,胞腔狭窄,纤维呈棒状,但杂细胞含量较高,约占 35%,故板材强度也不高。蔗渣纤维的胞腔大,纤维扁平,具有长而宽的形态,是非木材植物原料中很好的原料。

纤维形态对纤维的单体强度和纤维之间的交织强度影响很大,一般应优先选择细胞壁厚、纤维细长的植物作原料,表 1-7 中的蔗渣、竹材、棉秆等都是较好的原料。