(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101885199 B
(45)授权公告日 2014.07.02

(21)申请号 200910203495.7
(22)申请日 2009.05.27
(66)本国优先权数据
200910084441.3 2009.05.14 CN
(73)专利权人 国家林业局北京林业机械研究所
地址 100029 北京市朝阳区安苑路20号世纪兴源大厦
(72)发明人 傅万四 余颖 周建波
(74)专利代理机构 北京北新智诚知识产权代理有限公司 11100
代理人 陈英
(51)Int.Cl.
B27M 3/00(2006.01)
B27K 5/04(2006.01)
B27K 3/26(2006.01)

(56)对比文件
CN 2700436 Y,2005.05.18,
CN 101323124 A,2008.12.17,
CN 201198158 Y,2009.02.25,
CN 1457964 A,2003.11.26,
CN 87215231 U,1988.10.12,
CN 1092455 A,1994.09.21,
JP 2002-4223 A,2002.01.09,
CN 1743598 A,2006.03.08,

审查员 张丽仙

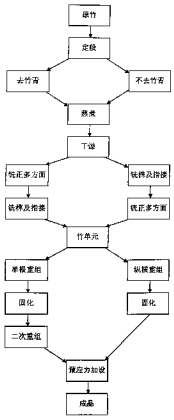
权利要求书3页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

竹材原态多方重组预应力结构材料的制造方法

(57)摘要

本发明提供一种竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，其包括竹材原态多方重组预应力结构材料基材的制造和增强材料的加设。将竹材单元经药水蒸煮、干燥，再将竹单元外侧面加工成正多边形化的竹段，横截面方向上按边对边并列排放、纵向指接延长粘结组坯而成所述基材，再在该基材全部或部分竹材单元中穿设拉筋，并在基材两端设高强度挡板，用锚具或螺母将拉筋的两端拉紧固定在挡板上，使拉筋作为增强材料，制成预应力结构材料。本发明充分利用竹材原态的结构和物理特性以及拉筋的预应张力作用，可加工成高强度、大跨度、低耗能、绿色环保的结构材料，能有效缓解我国木材供需矛盾，且可部分替代混凝土以及钢质材料，具有广阔的开发应用前景。



CN 101885199 B

1. 一种竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，包括竹材原态多方重组预应力结构材料基材的制造和增强材料的加设，所述基材的制造是将若干保持原始竹子基本形态的竹材单元通过横向和纵向的连接形成设定长度和横截面积的重组材料；所述增强材料的加设是将与所述基材长度相当的拉筋纵向穿设在所述基材的至少一部分竹材单元，即在方形轮廓断面的所述基材的四角和中间的所述竹材单元之中，再将该拉筋拉紧，形成所述预应力，将所述拉筋的两端固定在基材的两端；

所述增强材料还包括挡板，在所述增强材料的加设步骤中，在所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材的竹材单元中穿设拉筋，在所述基材的两端设有用于固定拉筋的所述挡板，并用锚具或螺母将拉筋的两端固定于挡板上；

所述竹材单元中用于穿设所述拉筋在竹节上开设的孔的孔截面与所述拉筋的横截面相当，使其以穿设拉筋的竹节上的贯穿孔的大小能够尽可能地保留竹节，即在可以穿过拉筋的前提下贯穿孔尽可能小为原则。

2. 根据权利要求 1 所述的竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，其特征在于：所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材是由若干横截面为正多边形或正多边形化的竹材单元组成，该基材的加工方法是，在原始竹子的外表面上纵向加工出若干平面，形成截面为正多边形或正多边形化的竹材单元，在两个竹材单元横向接触的外侧面上涂设粘结剂层，通过该粘结剂层使得若干该竹材单元外侧面粘结固连在一起，形成横向边对边排列结构，实现横向任意扩展；在所述两个竹材单元纵向连接端加工出指形榫，在竹材单元的指形榫结合面上涂设粘结剂层，通过该粘结剂层使得若干该竹材单元榫接固连在一起，实现纵向任意延长，从而形成基材。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，其特征在于：所述竹材原态多方重组预应力结构材料的加工工艺中对组成所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材的竹材单元的制作步骤包括：

A. 定竹段：即从原始竹子截取设定长度的竹段；

B. 蒸煮：对所述竹段进行蒸或煮的工序；

C. 干燥：将蒸煮后的竹段进行干燥；干燥后，竹段的终含水率为 5% ～ 20%；

D. 铣切加工：将干燥的竹段的侧面铣切，形成正多边形或正多边形化的竹材单元，对竹段的用于纵向连接的端头铣切指接榫；

将上述步骤制作的竹材单元进行组坯：在竹材单元的侧面铣切面及端头指接榫表面涂设胶粘剂，将所述的竹材单元在横向和纵向结合组坯，通过冷压或者热压将若干竹材单元粘接在一起形成所述基材；或者在所述竹材单元制作工艺中还包括：

在所述定竹段步骤和蒸煮步骤之间加设去竹青环节，即将竹段外表面上的竹青层去除。

4. 根据权利要求 1 所述的竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，其特征在于：所述预应力拉筋为钢质材料、尼龙、橡胶、塑料或复合材料；和 / 或，所述挡板为钢质材料。

5. 根据权利要求 3 所述的竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，其特征在于：在设置拉筋时，所述拉筋由锚具固定于挡板上，固定时拉紧该拉筋，形成预应力；和 / 或，将拉筋突出挡板外侧的端头截去；或者，

所述拉筋两端套扣，由相匹配的螺母将拉筋两端固定于挡板上，固定时拉紧该拉筋，形

成预应力；和 / 或，将拉筋突出挡板外侧的端头截去。

6. 根据权利要求 2 所述的竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，其特征在于：所述若干竹材单元是横截面的外轮廓基本相同、所述正多边形或正多边形化的边数目也相同的竹材单元；或者，

所述若干竹材单元包括两组或两组以上的竹材单元，同组竹材单元的横截面的外轮廓大小和边数相同，不同组竹材单元的横截面的外轮廓大小和 / 或正多边形或正多边形化的边数不同，同组竹材单元通过榫接结构形成纵向延长结构，同组或不同组竹材单元通过外侧面横向粘接形成横向延展结构；或者，

所述若干竹材单元是横截面的外轮廓基本相同、边数目也相同的竹材，另外，还包括一组若干横截面的外轮廓与所述竹材单元的横截面的外轮廓不相同的竹材单元，其横截面的外轮廓与所述竹材单元相互重组之间形成的空隙相匹配，填充在所述空隙中；或者，

所述正多边形化的竹材单元的横截面的外轮廓边数是 4 ～ 8；或者，

所述竹材单元纵向榫接的接缝在所述基材的横向上交错排放；或者，

所述竹材单元在非竹节位置经锯切定段形成竹段；所述竹段的外侧面铣切成正多边形化，连接端削成用于榫接组坯的指形榫，形成竹材单元；或者，

所述正多边形化的竹材单元横截面的外轮廓的边长 L2 与同直径圆的内接正多边形的边长 L1 的比值 L2/L1 称为多方化度，该多方化度 L2/L1 ≥ 40%；各个所述竹段分成至少一组，同组中的竹段平均胸径误差在 ±15mm 之内；所述竹段两端的直径差在 ±10mm 之内。

7. 根据权利要求 6 所述的竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，其特征在于：所述竹材单元的横截面的外轮廓边数为 6，各个所述竹材单元横截面的外轮廓为正六边形化；其横截面按照蜂窝状并列排放，通过所述粘结剂层粘结形成横截面任意扩展；所述正六边形化的竹材单元通过所述榫接结构和所述粘结剂层纵向榫接粘结形成长度任意延长；或者，

所述竹材单元包括一组若干正八边形化的竹材单元和一组若干正四边形化的竹材单元，该正四边形化的竹材单元的横截面外轮廓的边长与所述正八边形化的竹材单元的横截面外轮廓的边长对应相等或成倍数，使得所述正四边形化竹材单元置于所述正八边形化竹材单元粘结后的四边形截面的孔隙中；或者，

所述竹材单元包括两组各若干正四边形化的竹材单元，各组竹材单元的边长不同或者相同。

8. 根据权利要求 3 所述的竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，其特征在于：

在 B 步骤的蒸煮工序中，将竹段置于明矾溶液中进行蒸煮；或者，将竹段置于高温高压的容器中，进行明矾溶液蒸煮 4-6 小时；或者，在水中加入明矾，加热溶液，最后形成沸水饱和明矾溶液，将竹段置入沸水溶液中，在温度 100℃～ 200℃，压力 0.1MPa ～ 1.6MPa 条件下蒸煮 4-6 小时，然后取出进行下步干燥步骤；

在 C 步骤的干燥工序中，将竹段置于木材蒸汽干燥窑中进行低温干燥，干燥温度为 30~50℃；

和 / 或，

在 D 步骤的铣切加工工序中，铣切指接榫和铣正多边形化面加工工艺次序是可调换的；

和 / 或，

在所述组坯工序中，所述纵向和横向组坯次序是可调换的。

竹材原态多方重组预应力结构材料的制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于结构材料领域，涉及一种竹材原态多方重组预应力结构材料的制造方法。

背景技术

[0002] 竹子具有生长迅速、轮伐期短的特点，竹材强度高、韧性好、硬度大、外密内疏，具有良好的仿生学研究优势。我国竹子种类、竹林面积和蓄积量均居世界之冠，是世界上竹子资源最丰富的国家之一。将空心竹材重组复合加工成复合材料，可以替代木材，充分利用竹材原态的结构和物理特性以及拉筋材料的预应张力作用，可加工成高强度、大跨度、低耗能、绿色环保、亲近感特性的结构材料，能有效缓解我国木材供需矛盾，且可部分替代混凝土以及钢质材料，具有广阔的开发应用前景。

[0003] 现有竹材重组以及相关建筑材料技术主要有：

[0004] (1) 竹方重组技术：将空心竹材劈裂成弧形竹坯，再将竹坯加工成一定规格的竹方条，把竹方条胶合到一起，组成竹板材或竹方材。该技术的缺点和不足是：将弧形竹坯切削成方条，导致大量原料的浪费，一般竹材利用率不足 30％。

[0005] (2) 碎竹重组技术：将整竹压碎后进行重组胶合到一起，形成竹板材或竹方材。该技术的缺点和不足是：1) 天然竹材的纹理遭到不同程度破坏；2) 竹板材或竹方材内部容易形成微小空隙，影响断面质量。

[0006] (3) 小径竹重组技术：将小径竹竹材揉磋成竹束，重组胶合到一起，形成竹板材或竹方材。该技术的缺点和不足是：破坏了天然竹材的宏观结构，失去了竹材的“原态”，表面质量欠佳，无法替代较高档次实木。

[0007] (4) 弧形竹材原态重组技术：由内弧半径与外弧半径相等、具有光滑的竹青面和竹黄面的弧形竹板，以其弧形的相同朝向并列排放加压粘结而成。该技术的缺点和不足是：由于材料是由弧形竹片叠加而成，没有利用竹材内部中空和竹隔的天然结构，制造大型结构材料很不经济。

[0008] (5) 碳纤维增强塑料 / 竹复合技术：它是由高性能的碳纤维增强塑料与竹结构进行复合，经过一定的加工工艺而制成的高强度复合材料。该技术的缺点和不足是：1) 不能单独用作高强度、大跨度结构材料等建筑构件；2) 制作技术要求高、生产成本较高；2) 在复合的过程中，破坏了竹中空、竹节等特有生理结构，没有真正意义上保持竹原态。

[0009] (6) 拉筋预应力混凝土技术：为了避免拉筋混凝土结构的裂缝过早出现，利用高强度拉筋及高强度混凝土，在结构材料承受使用荷载前，预先对受拉区的混凝土施加压力，使它产生预压应力来减小或抵消荷载所引起的混凝土拉应力，从而将结构构件的拉应力控制在较小范围，以推迟混凝土裂缝的出现和扩展，从而提高构件的抗裂性能和刚度。该技术主要不足：1) 制作技术要求高，施工周期长；2) 耗能高，不利于环保，不可回收利用，属于非绿色建筑材料。

[0010] 上述几种重组技术均没有充分体现竹材本身所具有的结构、物理等原态特性，不

是单位质量内力学性能不高，就是不能实现高强度、长范围、大跨度重组的要求。而钢筋混凝土建筑材料制作技术要求高、生产成本高及属非绿色材料，因此，上述各种材料都不能用作绿色结构材料。

发明内容

[0011] 本发明的目的是改进现有技术的不足，提供一种可保持竹材天然结构，与拉筋材料复合，加工强度高、跨度大且竹材利用率高的竹材原态多方重组预应力结构材料的制造方法。

[0012] 为实现上述目的，本发明采取以下工艺技术方案：

[0013] 本发明提供的一种竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法，包括竹材原态多方重组预应力结构材料基材的制造和增强材料的加设，所述基材的制造是将若干保持原始竹子基本形态的竹材单元通过横向和纵向的连接形成设定长度和横截面积的结构材料；所述增强材料的加设是将与所述基材长度相当的拉筋纵向穿设在所述基材的至少一部分竹材单元中，再将该拉筋的两端固定在基材的两端。

[0014] 所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材是由若干横截面为正多边形或正多边形化的竹材单元组成，该基材的加工方法是，在原始竹子的外表面上纵向加工出若干平面，形成截面为正多边形或正多边形化的竹材单元，在两个竹材单元横向接触的外侧所述平面上涂设粘结剂层，通过该粘结剂层使得若干该竹材单元外侧所述平面粘结固连在一起，形成横向边对边排列结构，实现横向任意扩展；在所述两个竹材单元纵向连接端加工出指形榫，在竹材单元的指形榫结合面上涂设粘结剂层，通过该粘结剂层使得若干该竹材单元榫接固连在一起，实现纵向任意延长，由此，构成竹材原态多方重组预应力结构材料基材，再在这样的基材的至少一部分竹材单元中穿设拉筋，使其作为竹材原态多方重组预应力结构材料的增强材料。上述基材的两端设有用于固定拉筋的高强度挡板，所述拉筋两端拉紧固定在该高强度挡板上。

[0015] 所述竹材原态多方重组预应力结构材料的主要加工工艺中所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材的制作步骤包括：

[0016] A. 定竹段：即从原始竹子截取设定长度的竹段；

[0017] B. 蒸煮：对所述竹段进行蒸或煮的工序；对竹段的蒸煮目的：1）通过蒸煮软化竹材，减小竹材的内应力，防止其开裂，提高耐候性；2）可以溶解浸出一部分竹材中的淀粉、糖分、蛋白质等物质，从而减少整竹生霉、生虫等缺陷；3）清除竹材细胞中多余的盐分、细胞质等，并在细胞间隙、薄壁组织等添加填充物质，充实竹材，提高抗裂性和稳定性，利于结构材料的长期使用。

[0018] C. 干燥：将蒸煮后的竹段进行干燥，降低其含水量；竹段干燥的目的是为减少竹段的内应力，防止在后序制造和产品使用过程中发生变形、破裂等缺陷。干燥后，竹段的终含水率为 5％～ 20％。

[0019] D. 铣切加工：将干燥的竹段的侧面铣切，形成正多边形或正多边形化的竹材单元，对竹段的用于纵向连接的端头铣切指接榫；

[0020] E. 组坯：在竹材单元的侧面铣切面及端头指接榫表面涂设胶粘剂，将所述的竹材单元在横向和纵向结合组坯，通过冷压或者热压将若干竹材单元粘接在一起形成所述基

材；或者还包括：

[0021] 在所述定竹段步骤和蒸煮步骤之间加设去竹青环节，即将竹段外表面上的竹青层去除。实例中，采用专用的整竹去青机或者人工去青即可。

[0022] 在 B 步骤的蒸煮工序中，实例中，优选将竹段置于明矾等高分子化合物溶液中进行蒸煮；或将竹段置于高温高压（温度 100℃～ 200℃，压力 0.1MPa ～ 1.6MPa）的容器中，进行明矾等高分子化合物溶液蒸煮。使用明矾溶液进行蒸煮时，明矾浓度为沸水饱和溶液。具体方法可以是：在水中加入明矾，加热溶液，最后形成沸水饱和明矾溶液。将竹段置入沸水溶液中蒸煮约 4-6 小时，然后取出进行干燥。

[0023] 在 C 步骤的干燥工序实例中，可以将竹段置于木材蒸汽干燥窑中进行干燥。一般进行低温干燥较佳，即干燥温度为 30℃～ 50℃。

[0024] 根据需要可以省去。所述铣榫指接和铣正多边形化面加工工艺次序可以调换。所述纵向和横向组坯工艺次序可以调换。

[0025] 组成所述基材的从原始竹子上切割为一定长度的竹段，各个竹段的平均胸径误差在 ±15mm 之内，且每根竹段两端的直径差在 ±10mm 之内；按照各竹段横截面大小分组，同组中的竹段横截面基本相同，确保加工出来的正多边形化竹材单元的侧面在两端的宽度基本相等，也可避免组合起来的竹材原态多方重组预应力结构材料在竹材单元较小的直径部分出现纵向空隙。

[0026] 在竹材单元的外侧面上加工成若干纵向平面，即按标准正多边形模式加工成双端皆为标准正多边形、或一端为标准正多边形另一端为竹材原有的部分圆弧和部分直线组成的非标准正多边形、或双端为竹材原有的部分圆弧和部分加工直线组成的非标准正多边形截面的竹段，称为“正多边形化”竹材单元。竹段外侧面铣削成正多边形化目的是为获得在竹材单元横向扩展中需要的粘结平面，因保留局部的圆弧，故非严格意义的正多边形。

[0027] 正多边形化的竹材单元横截面的直线段边长 L2 与同直径圆的内接正多边形的边长 L1 的比值称为多边形化度（见图 7）。为了保证有足够的粘结面积，确保竹材单元之间良好胶结，铣切正多边形化时，该多边形化度不能低于 40％，该多边形化度的优选参数为 60％～ 80％。如果多边形化度太大，要对竹子壁厚铣切较多，降低竹材的强度，也降低其利用率；如果多边形化度太小，则正多边形化的竹材单元侧表面没有足够大的粘结面积，影响胶合强度。

[0028] 所述正多边形化的竹材单元的横截面的边数，即侧边数可以是 4 ～ 8。正多边形化竹材单元的侧边数为 6 是最佳的选择。正六边形化竹材单元横向拼接，各竹材单元的外侧面贴合紧密不留空隙，而且将竹子外侧面加工成正六边形化，对竹子壁厚的切除量较少。如果竹材制成的多边形的边数太少，则制成正多边形化对于竹壁切除过多，无疑是对竹材的浪费和对竹材强度的削弱。如果侧边数太多，则加工出的外侧面面积较小，各个竹材单元横向粘结强度将降低。

[0029] 将竹材单元纵向的连接端铣削成指形榫，并在指榫结合面涂胶；选直径相当，外侧的面统一规格正多边形化竹材单元，进行加压和 / 或加热固化，可实现无限长度的指接组坯，形成单根长材。通过所述指接方式可使竹材原态多方重组预应力结构材料基材延长到所需要的任意长度。

[0030] 纵向延长的同时横向扩展。所述竹材单元纵向延长后或延长前以其横截面按照蜂

窝状并列排放通过其侧面粘结成竹材原态多方重组预应力结构材料基材。所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材可包括若干横截面大小、侧边数相同或不同的竹材单元。例如具体的可有如下几种情况，

[0031] 所述若干竹材单元的横截面大小相同、侧边数目也相同；或者，

[0032] 所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材包括两组或两组以上的竹材单元，同组竹材单元的横截面大小和边数相同，不同组的横截面大小和／或边数不同，同组或不同组竹材单元通过外侧面横向粘接形成横向延展结构；或者，

[0033] 所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材包括横截面大小基本相同、侧边数目也相同的竹材，另外还包括一组若干横截面与所述竹材单元的横截面不相同的木质单元，其横截面与所述竹材单元相互重组其间形成的空隙相匹配，填充在所述空隙中。

[0034] 例如，所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材包括一组若干正八边形化的竹材单元和一组若干正四边形化的竹材单元，该正四边形化的竹材单元的横截面的边长与所述正八边形化的竹材单元的横截面的边长对应相等，或成倍数，使得所述正四边形化竹材单元置于所述正八边形化竹材单元粘结后的四方形截面的孔隙中；

[0035] 再如，所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材包括两组各若干正四边形化的竹材单元，各组竹材单元的边长不同。

[0036] 根据需要在横截面方向排布组合竹材单元，增加横截面积，可实现横向任意宽度的扩展。所述竹材单元纵向榫接的接缝应尽量交错排放，避免接口处力学强度降低。上述粘接剂可以选用常规的各种品种，例如可采用PVAc（醋酸乙烯树脂胶）、UF（脲醛树脂胶）、PF（酚醛树脂胶）、MDI（异氰酸酯胶）或本领域常用的其他胶粘剂。粘接方法和条件也是常规的。

[0037] 所述竹材原态多方重组预应力结构材料包括竹材原态多方重组材料构成的基材、穿设其中的拉筋作为增强材料以及两端的高强度挡板。竹材原态多方重组预应力结构材料基材的部分竹材单元的竹节被打通，其中穿设拉筋；依据需要，该拉筋可在所述基材的全部竹材单元或某些竹材单元中穿设。结构材料承载时的受拉层最易损坏，因而最好在所述竹材原态多方重组预应力结构材料基材的横截面的受拉层竹材单元中穿设拉筋。竹材原态多方重组预应力结构材料基材的两端都设有用于固定所述拉筋的高强度挡板，该高强度挡板在拉筋相应伸出处设有孔；拉筋两端从所述孔中伸出，并固定于高强度挡板上。用于固定所述拉筋的装置可以是在拉筋两端套扣并结合螺母，或是使用建筑上常用的锚具；固定时通过锚具或螺母拉紧该拉筋并紧固，形成预应力，进一步提高所述竹材原态多方重组预应力结构材料的力学强度；在实际使用中可截去拉筋突出高强度挡板外侧的端头，方便使用。

[0038] 所述拉筋为钢质材料、尼龙、橡胶、塑料、高强度复合材料等能产生高强度预应力作用的材料。

[0039] 穿设拉筋，需要将竹节贯穿，穿设拉筋的竹节上的贯穿孔的大小以能够尽可能地保留竹节为原则。即在可以穿过拉筋的前提下贯穿孔尽可能小。

[0040] 本发明的创新点主要是，弥补现有技术中破坏竹子原有中空结构的竹材重组的不足，保持了竹子原有生理结构，充分利用了竹子具有中空、竹隔等独特结构，使竹竿抗弯、抗压和抗剪能力强，物理性能优良等特点得到较大限度地保留，保持了竹材的原生态特点，提高了原料利用率。自然竹材是圆筒状，由于竹节的存在和竹材纤维的有序排列，在横向上使

竹材具有较强抗风能力（即抗剪切和抗弯曲能强），在纵向上使竹材具有很强的抗拉和抗压能力。本发明充分利用了竹材的这一物理结构特性，通过外表面正多边形化和指榫结构加工实现竹材横向任意扩展、纵向任意延长的重组，充分发挥竹材自然的力学性能；并且在竹材原态多方重组预应力结构材料基材中穿设拉筋，在固定拉筋时加入预应力增强，从而大幅提高力学强度，可用作大规格、高强度结构材料。现有技术中使用钢筋设于梁柱中以提高其抗拉强度的例子不少，例如钢筋混凝土梁柱，但是，这种梁柱其梁柱中的钢筋是通过先在模具中设置钢筋，然后用混凝土浇筑的办法设置的，而本发明提供的竹材，其为现有已成形的材料，现有技术中没有在其中穿设钢筋的先例。因此，本发明的优点是：

[0041] 本发明针对竹材中空、竹节的物理结构特性，将圆形空心竹材重组加工成横向为多边形边对边并列排放状（如六方重组则为蜂窝状），纵向任意延长的多方重组材，保持了竹材天然结构；在部分竹材单元中穿设拉筋，并于固定拉筋时加入预应力，从而大幅提高本发明的力学强度，可加工成强度高、跨度大的原态重组竹预应力结构材料。竹材原态多方重组预应力结构材料不但可替代木材作为结构材料，提高竹材资源的利用率，节省林木资源，而且可部分替代混凝土、钢材等结构材料，提高结构材料的亲自然能力。

[0042] 本发明提供一种竹材原态多方重组预应力结构材料制造方法。其中包括竹材原态多方重组预应力结构材料基材的制造和增强材料的加设。其是将竹材单元去竹青（或不去竹青）、药水蒸煮、干燥、再将竹单元外侧面加工成正多边形化的直径相当的竹段，横截面按边对边并列排放、纵向指接延长粘结而成竹材重组预应力结构材料的基材，再在该竹材重组预应力结构材料基材横截面的全部或部分竹材单元中穿设拉筋，并在基材两端设高强度挡板，用锚具或螺母将拉筋的两端拉紧固定在高强度挡板上，使拉筋作为增强材料，制成预应力结构材料。竹材单元正多边形化的边数为 4 ～ 8。本发明针对竹材具有中空、锥度、竹节、内密外疏等物理结构特性，充分利用竹材原态的结构和物理特性以及拉筋的预应张力作用，可加工成高强度、大跨度、低耗能、绿色环保、具有亲近感特性的结构材料，能有效缓解我国木材供需矛盾，且可部分替代混凝土以及钢质材料，具有广阔的开发应用前景。

[0043] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明，并非对本发明的限制，凡是依照本发明公开内容所进行的任何本领域的等同替换，均属于本发明的保护范围。

附图说明

[0044] 图 1 为按需要选取直径相当的竹材，锯切定段得到的竹段示意图；

[0045] 图 2a 和图 2b 分别为把竹材外表面铣切成正六边形化的 2 种状态竹材单元的示意图；

[0046] 图 3a 和图 3b 分别为将竹材单元的连接端铣切成指形榫的结构示意图；

[0047] 图 4 为竹材单元的横截面排列组坯方式示意图；

[0048] 图 5 为将正六边形化竹材单元的外表面、指榫结合面涂胶，并加热或冷态加压成材示意图；

[0049] 图 6 为竹材原态六方重组预应力结构材料基材的结构示意图；

[0050] 图 7 多边形化度说明示意图；

[0051] 图 8 为由正八边形化竹材单元和正四边形化竹材单元匹配重组构成的竹材原态多方重组预应力结构材料基材的结构示意图。

[0052] 图 9 是竹材原态六方重组预应力结构材料基材的全部竹材单元或某些竹材单元中加设拉筋的位置示意图。

[0053] 图 10a、10b 是拉筋和高强度挡板示意图。

[0054] 图 11 是在竹材单元中固定拉筋和高强度挡板的剖视图。

[0055] 图 12a、12b、12c 分别是竹材原态多方重组预应力结构材料的主剖视、侧视和俯视结构示意图。

[0056] 图 13 是竹材原态多方重组预应力结构材料的透视图。

[0057] 图 14 是竹材原态多方重组预应力结构材料的主要加工工艺流程图。

具体实施方式

[0058] 实施例 1 :

[0059] 图 12 和图 13 是本发明的一种实施例制出的竹材原态多方重组预应力结构材料，竹材原态多方重组预应力结构材料包括若干外侧面为正六边形化的竹材单元 10a（如图 2a、2b），竹材单元 10a 的部分侧平面或全部侧平面 13 上涂有粘接剂层，通过该粘接剂层使得若干该竹材单元 10a 侧面粘结在一起，实现横向任意扩展 ；在正多边形化竹材单元 10a 的一端或两端榫接其它竹材单元，使其在纵向任意延长，构成竹材原态多方重组预应力结构材料 49。所述竹材原态多方重组预应力结构材料还包括穿设其中的拉筋 41 和两端的高强度挡板 43、48。所述需要穿设拉筋的竹材单元的竹节被打通，其中穿设拉筋 ；在竹材原态多方重组预应力结构材料的两端设有用于固定拉筋的高强度挡板，拉筋两端固定于高强度挡板上。

[0060] 具体的步骤包括 ：

[0061] (1) 首先，将原始毛竹锯切成一定长度的竹段 10（见图 1），即定段，选取直径、锥度、壁厚基本一致而且较笔直竹材，按大小端直径的 d1、d2 差小于 ±15mm 进行定段，锯切成随机长度的竹段 10（见图 1）。在定段中还要遵从两个原则，一是锯口选择在不是竹节 15 之处 ；二是所述竹段 10 的两端 11、12 的直径 d1、d2 的差 C 为 ±10mm。其中根据材料用途的需要，可将定段完毕的竹段通过专用整竹去青机或手工的方式去除竹青，如无特殊需要无需去竹青。

[0062] (2) 将竹段浸渍于化学药水中浸泡、蒸煮以便达到竹单元防腐、防裂、阻燃、易保存等目的。实例中，将竹段置于明矾等高分子化合物溶液中进行蒸煮 ；或将竹段置于高温高压的容器中，进行明矾等高分子化合物溶液蒸煮。使明矾等高分子化合物能充分进入整竹的空隙，达到填充致密的目的。具体做法可以是 ：在水中加入明矾，加热溶液，最后形成沸水饱和明矾溶液。将竹段置入沸水溶液中蒸煮约 5 小时，然后取出进行干燥。蒸煮最好在高温高压条件即温度 100℃～ 200℃，压力 0.1MPa ～ 1.6MPa 下进行。

[0063] (3) 将浸泡蒸煮好的竹材进行气干或人工干燥，使竹单元的绝对含水率介于 5％～ 20％之间。实例中，将竹段置于木材蒸汽干燥窑中进行干燥。一般进行低温干燥较佳，即干燥温度为 30℃～ 50℃。

[0064] (4) 将干燥的竹段的外侧面铣成正六边形状（见图 2）或正六边形状化状（见图 2a），目的是使竹材单元横截面按照蜂窝状并列排放规则组合在一起，竹材单元 10a 外侧面铣切成正六边形化时，或多或少留有竹材原有的部分圆弧 14，而非严格意义的正六边形 ；

实际加工中，可使得竹材单元 10a 的直径较大端成为正六边形，而直径较小端成为非标准正六边形（见图 2b），也可使得竹段的两端都为非标准正六边形。

[0065] 为了保证有足够大的侧平面 13 实施竹材单元之间的粘合，铣切正六边形时，正六边形化的竹材单元横截面侧边的边长 L2 与同直径圆的内接的正六边形的边长 L1 的比值称为六边形化度（见图 7），本实施例的六边形化度选为 70％，即 L2 ： L1 ＝ 70％。

[0066] (5) 将竹材单元一端 101 或双端 101、102 铣削成指形榫（见图 3a、图 3b），可实现无限长度的指接组坯。

[0067] (6) 将正六边形化竹材单元的指榫结合面涂胶，通过指接方式可使竹材原态六方重组预应力结构材料的基材延长到所需要的任意长度。例如，可在纵向将长度不同几根竹材单元 10a 指接成一定长度的单根长材。本实施例选取制成 6000mm 的单根长材 16（见图 5）。

[0068] (7) 将涂胶后的竹材单元 10a 组坯，进行垂直加压，加热或冷态（常温）固化，形成单根 6000mm 六方长材 16 ；该粘接剂可以选用常规的各种品种，例如可采用 PVAc（醋酸乙烯树脂胶）、UF（脲醛树脂胶）、PF（酚醛树脂胶）、MDI（异氰酸酯胶）或本领域常用的其他胶粘剂。粘接方法和条件也是常规的。

[0069] (8) 按要求对单根六方长材进行重组，实现所要求的竹材原态六方重组。具体做法是，将若干单根六方长材 16 的相邻侧面涂胶，以其横截面按蜂窝状并列排放，进行横向的加压，加热或冷态固化，实现横向重组（见图 4、5）形成 ；所用的单根竹材如果是两端大小不同的，如图 2b 所示，在横向重组时，可以将大小头 11、12 交错放置（见图 4）。这样，可以使得由保留原有的部分圆弧在各竹节单元之间所形成的间隙 103 尽可能减小。

[0070] (9) 对所述竹材原态六方重组预应力结构材料基材的边缘和表面进行锯切、砂光、涂漆等处理，并根据需要锯切成一定规格的重组材料 30。也可根据需要进行二次重组，即将几个如图 5 所示竹材原态六方重组预应力结构材料基材 17 通过侧面涂胶粘结在一起，组成横截面更大的重组基材 30，也可以在图 5 所示的重组基材 17 上面粘结更多的六方长材 16，组成更大横截面的竹材原态六方重组预应力结构材料基材 30（或见图 6）。

[0071] (10) 通过专用竹节打通设备或手工等方式打通竹材原态六方重组预应力结构材料基材 30 横截面的全部竹材单元或某些竹材单元 31 中的竹节（如图 9），在其中穿设拉筋 41，拉筋 41 可为钢质材料、尼龙、橡胶、塑料、高强度复合材料等能产生高强度预应力作用的材料，拉筋 41 的型号、直径大小、长度视结构材料强度、大小的需要而确定。因为承压时预应力结构材料的下层最易损坏，最好在所述基材 30 的横截面受拉层的竹材单元中穿设拉筋。

[0072] (11) 竹材原态重组预应力结构材料基材 30 的两端各匹配设有与其横截面相同的高强度挡板 43 和高强度挡板 48，两个高强度挡板都在拉筋相应伸出处开孔 44（见图 10b）。如图 11 所示，在单根长材即基材的一个纵向竹材 47 中拉筋端头 46 从孔 44 中伸出，并使用装置 45 将拉筋 41 固定于高强度挡板 43 上。用于固定拉筋 41 的装置 45 可以是在拉筋两端套扣并分别结合螺母 40 和螺母 42，或是使用建筑上常用的锚具 ；固定时通过锚具或旋紧螺母拉紧该拉筋 41，形成预应力，使其作为增强材料，进一步提高所述竹材原态多方重组预应力结构材料的力学强度 ；可截去拉筋突出高强度挡板外侧的端头 46，方便使用。在所述定竹段步骤和蒸煮步骤之间加设去竹青环节，即将竹段外表面上的竹青层去除。

[0073] 参照图 1 ～图 6 所示，用于制作预应力结构材料的竹材单元 10a 的竹段的两端的直径 d1、d2 平均胸径误差在 ±15mm 以内，竹材外侧面经过面铣加工成规格一致的正六边形化的竹材单元，其一端或双端铣指榫。纵向指接竹材单元达到一定长度（如 6000mm），横向组坯竹材单元成竹材原态六方重组预应力结构材料基材。所述结合面都图上粘接剂层，经加压和 / 或加热粘结形成任意长度的竹材原态六方重组预应力结构材料基材。参照图 9、图 10a、图 10b、图 11、图 12a、图 12b 和图 12c 所示，在竹材原态六方重组预应力结构材料基材 30 中穿设拉筋 41 并在拉筋 41 两端套扣，结合螺母将拉筋固定于两端的高强度挡板，使预应力拉筋作为增强材料，构成原态六方重组预应力结构材料 49。

[0074] 至此，加工成竹材原态六方重组预应力结构材料 49。主要加工工艺步骤如图 14。

[0075] 本实施例中，在重组中是先用若干竹材单元通过指接构成单根长材，再将若干单根长材横向重组。在重组中，也可纵向和横向同时重组，将正六边形化的竹材单元若干个胶接面及指榫结合面涂胶，以其横截面按蜂窝状并列排放；同时，将竹材单元纵向榫接排布，纵向尽量将竹材单元指接缝交错排放，可根据要求组成不同截面规格和不同长度的组坯。将涂胶后的组坯进行垂直和侧向同时加压，加热或冷态固化，形成竹材原态六方重组预应力结构材料基材，再在竹材单元中穿设拉筋，并在基材两端设高强度挡板，将拉筋的两端拉紧固定在高强度挡板上形成增强材料，从而制成预应力结构材料。严格意义上来讲，穿设拉筋在竹节上穿设的孔的大小对预应力结构材料的强度是有影响的，但只要保留竹壁周边的一圈竹节，孔的大小在一定范围内对预应力结构材料强度的影响是不大的，而最好的效果是尽量保留竹节。因此，竹节上贯穿孔的大小最好为刚好能穿过拉筋即可。

[0076] 实施例 2

[0077] 在实施例 1 中，将第 (4) 和第 (5) 步骤进行交换，即是该实例先实现竹材纵向的铣指榫、指接再将原竹的外表面铣成正六边形化，而其他步骤按照实例 1 不变。其主要加工工艺步骤如图 14。

[0078] 实施例 3

[0079] 在组坯过程中也可实现先单根竹单元纵向组坯，再进行横向重组；也可实现纵向横向同时组坯。即是在实例 1 中步骤 (7)、(8)、(9) 有两种不同的工序，其他步骤按照实例 1 不变。其主要加工工艺步骤如图 14。

[0080] 实施例 4：

[0081] 本实施例与实施例 1、2 不同在于竹材原态多方重组预应力结构材料基材的构成。

[0082] 首先，直径相当的竹材包括 2 种规格的竹材单元，一种为直径较大的竹段，另一种为直径较小的竹段，每种竹段中的各个竹材单元按照实施例 1 所述的定段原则定段。

[0083] 然后，将直径较大竹段铣削成正八边形化的竹材单元 201，另一种为直径较小的竹段铣削成正四边形化的竹材单元 202，该四边形化的竹材单元 202 的横截面的边长与正八边形化的竹材单元 201 的横截面的边长对应相等。将 2 种竹材单元分别铣出一端或两端的指形榫，如前实施例 1 之步骤 (4) 和实例 2 之步骤 (5) 所述方法进行纵向重组，之后或同时按照如图 8 所示的方式进行横向重组。其他步骤同实施例 1、2。

[0084] 这种重组，对竹子的利用率更高。

[0085] 相对于大径竹材而言，小径（直径≤ 40mm）竹材壁厚较大，可做到四边形化铣切，作为正八边形化重组材的内部“填空”材料。此外，亦可采用木材作为内部“填空”的“小方

材”，构成“木材竹材原态多方重组复合材料”。

[0086] 对于小径竹材，还可将全部竹材铣削成正四边形化的形状进行重组。

[0087] 当进行正四边形化重组时，组坯所需的竹材单元的边长可相同亦可不同。当若干种正四边形化竹材单元的边长不相等时，其边长之间最好成倍数关系。

[0088] 再有，也可以用正五边形或正七边形的竹材单元进行如上的重组。在进行五边形竹材单元重组时，在重组后的竹材原态五方重组材横截面上，各竹材单元之间会留有孔洞。根据使用要求，可用填充物如木材单元或竹材单元对孔洞进行填充，也可保留孔洞。也可将钢筋穿设在该孔洞中，或是在孔洞中填充填充物，在该填充物中穿设拉筋。也可以同时在竹材单元之间的孔洞中和在竹材单元内穿设拉筋。这样，即可以减少在竹节中穿孔的麻烦，也可以有效利用该孔洞。

[0089] 竹材单元的横截面上的侧边数也不是任意的。如果边数太少，例如铣削成三角形，就不可取，因为竹子的壁就可能被穿透性的破坏而削弱其天然结构的强度等性能；如果边数太多，例如 10 个边或以上，也不可取，因为侧边太短，构成重组的粘合面太小，重组结合强度将降低。

[0090] 因此，本发明的优化竹材单元正多边形化的边数为 4 ～ 8。

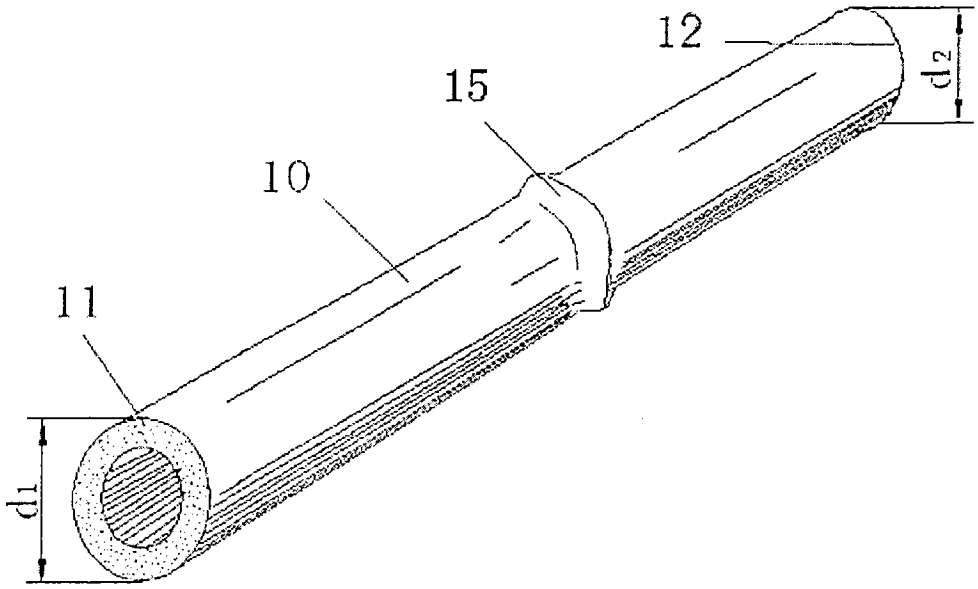


图 1

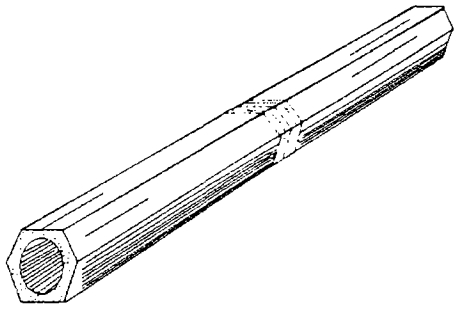


图 2a

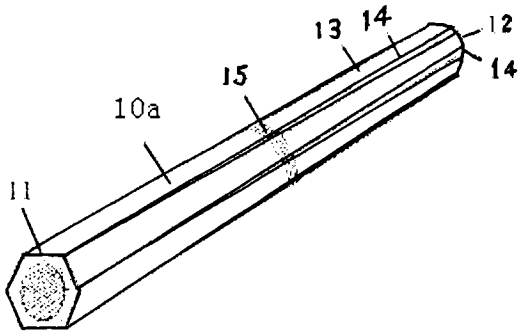


图 2b

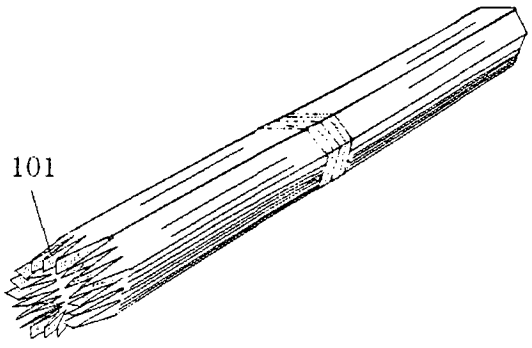


图 3a

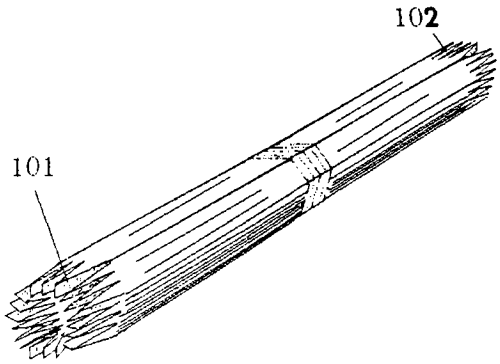


图 3b

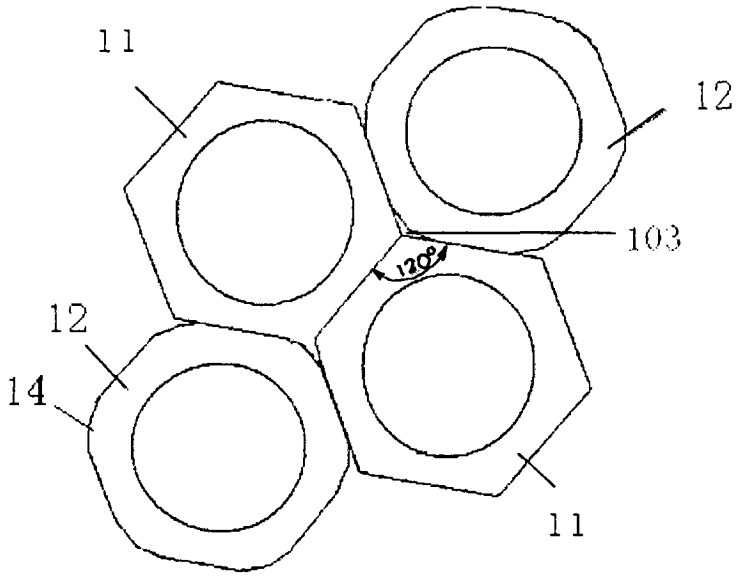


图 4

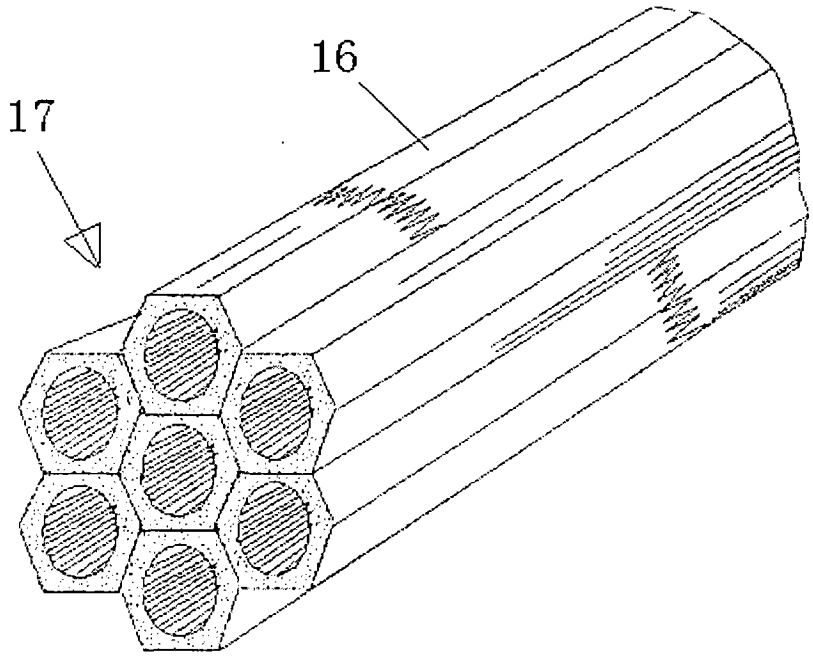


图 5

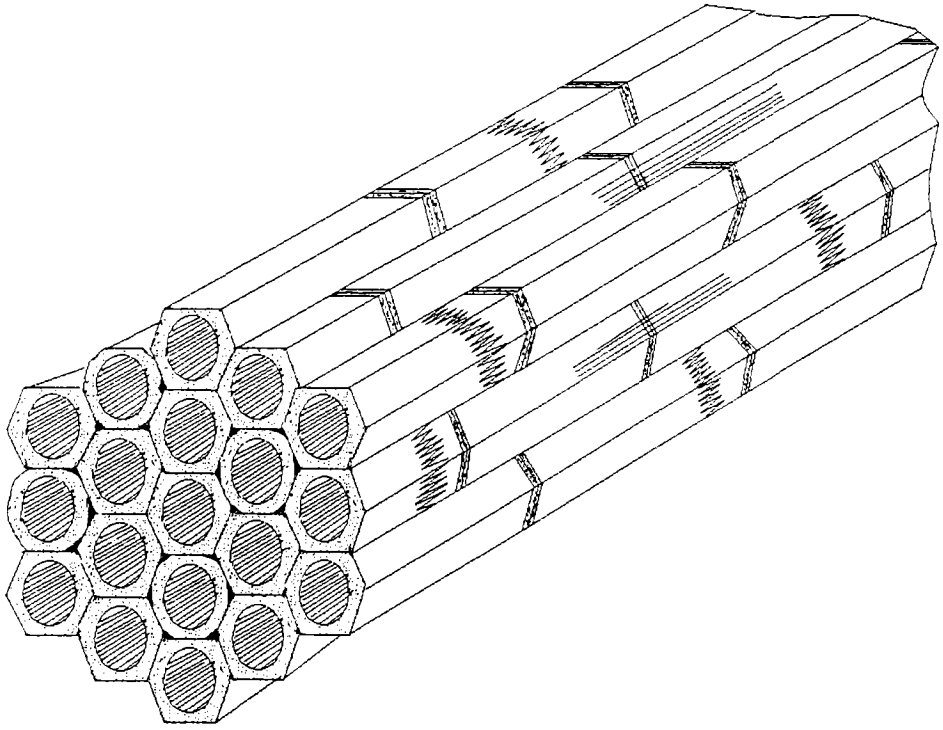


图 6

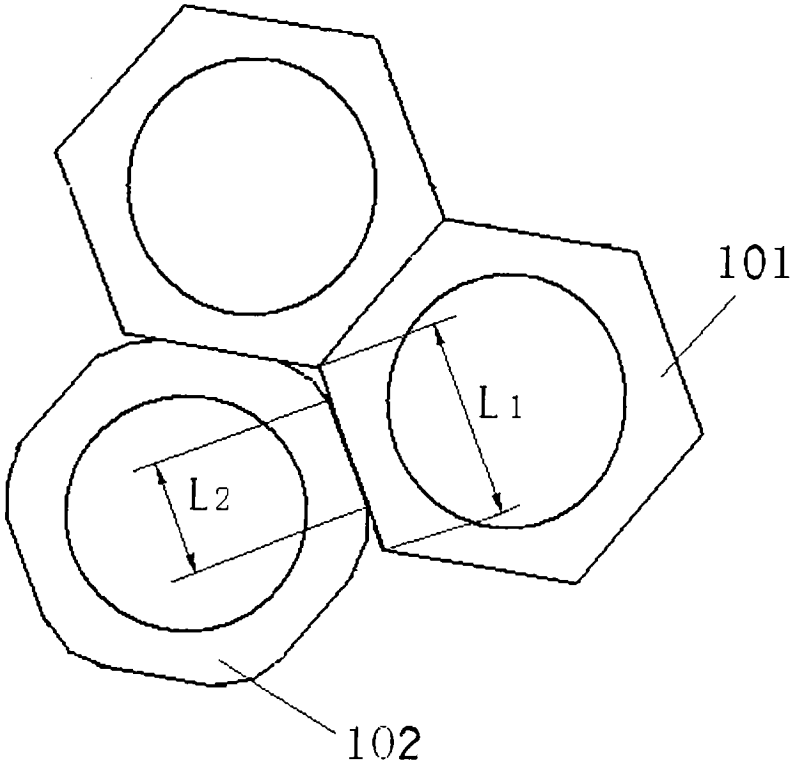


图 7

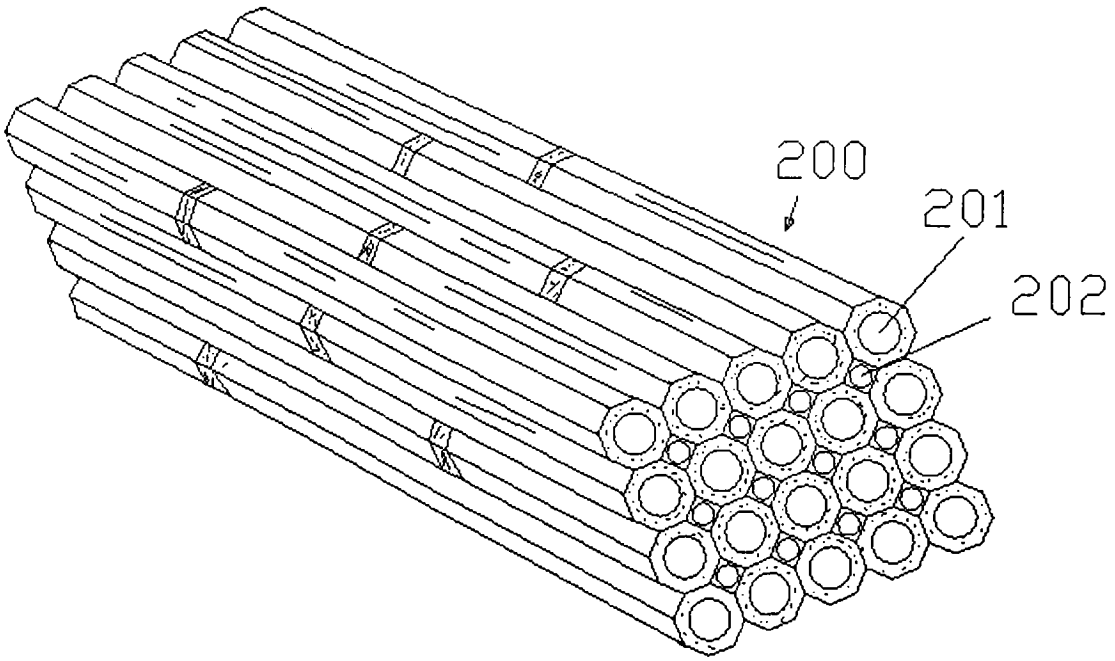


图 8

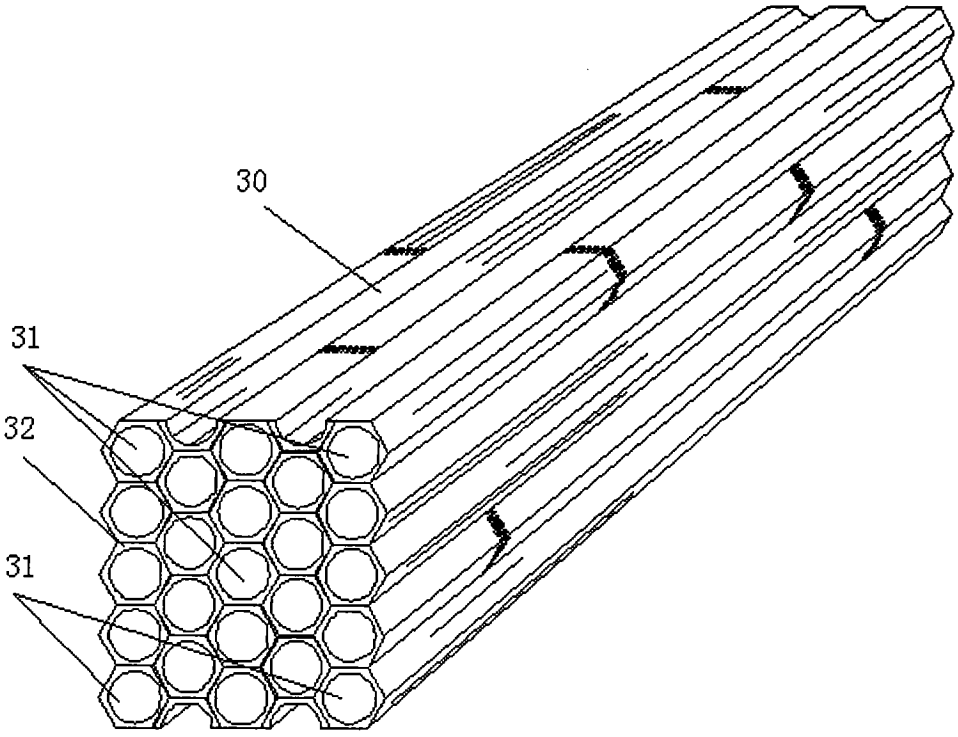


图 9



图 10a

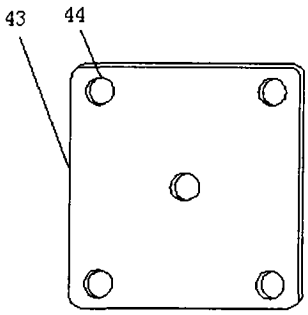


图 10b

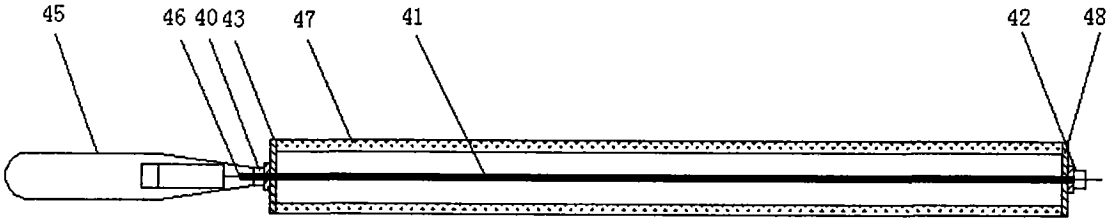


图 11

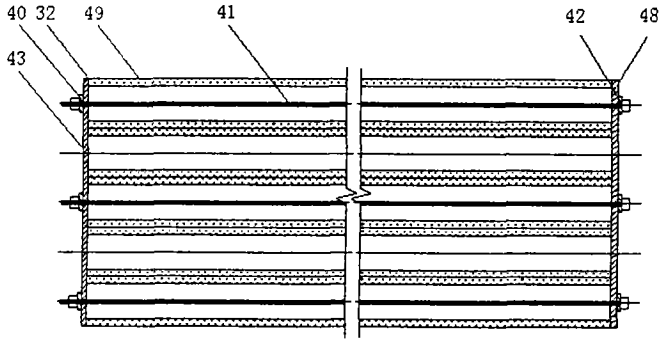


图 12a

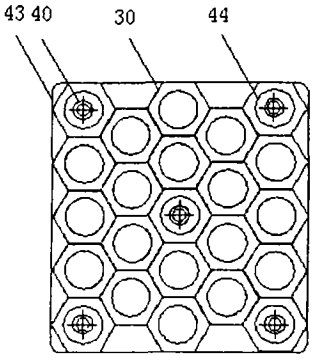


图 12b

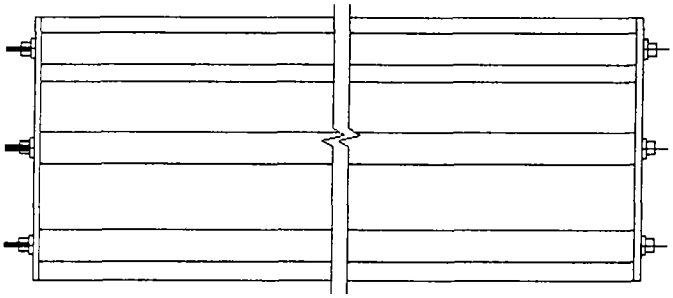


图 12c

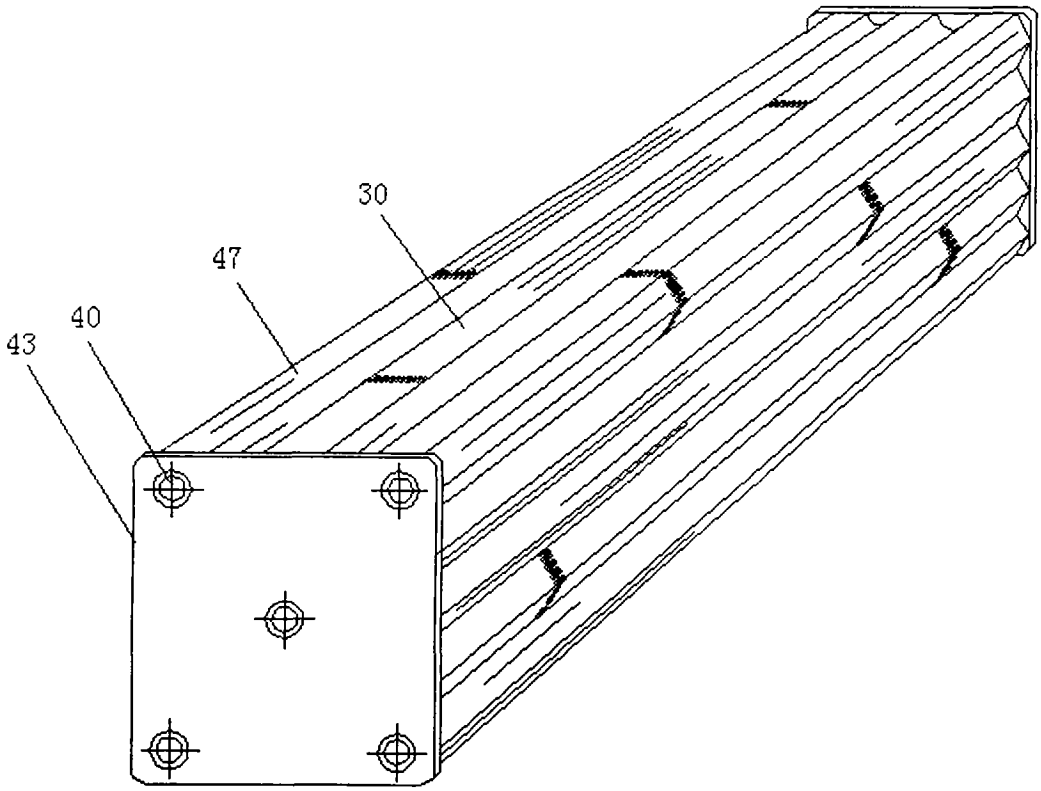


图 13

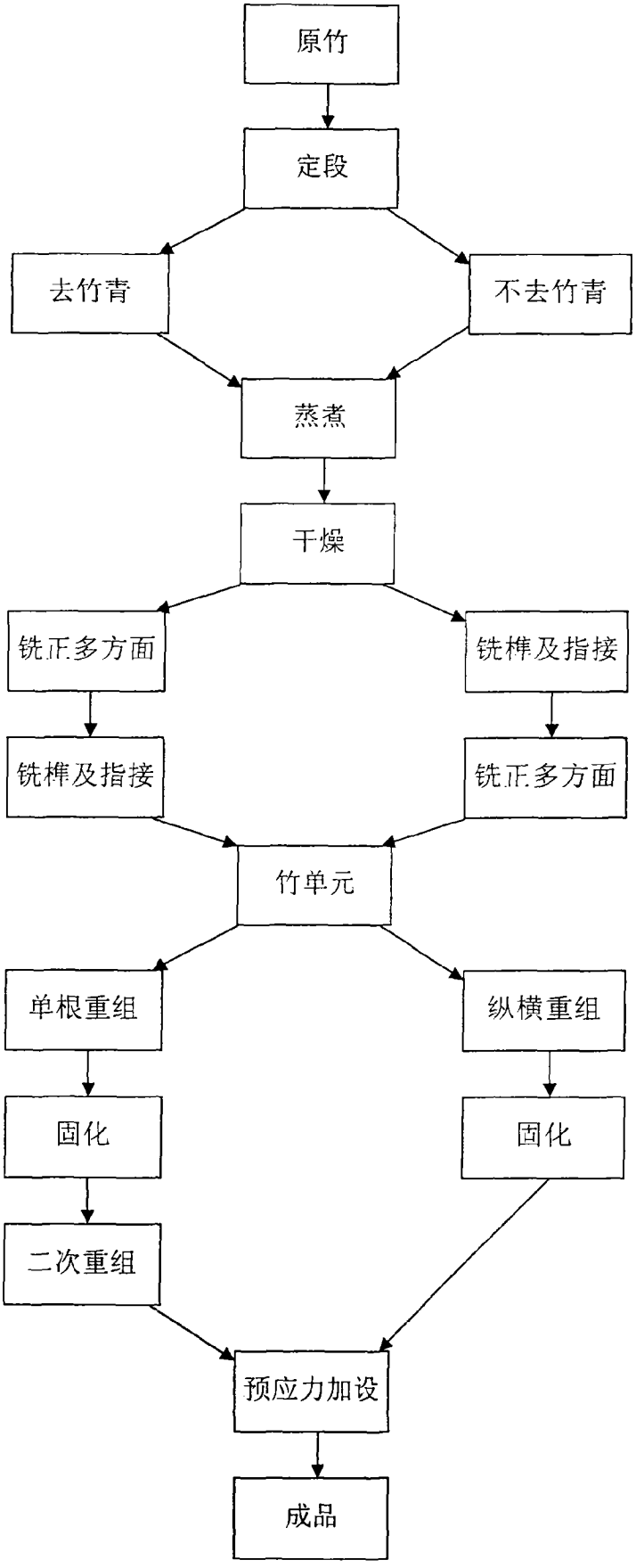

原竹
定段
去竹青
不去竹青
蒸煮
干燥
铣正多方面
铣榫及指接
铣榫及指接
铣正多方面
竹单元
单根重组
纵横重组
固化
固化
二次重组
预应力加设
成品

图 14