

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101306552 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 25

(21) 申请号 200810115913. 2

B27N 3/04 (2006. 01)

(22) 申请日 2008. 06. 30

审查员 陈彦

(73) 专利权人 中国林业科学研究院木材工业研究所

地址 100091 北京市颐和园后中国林科院木工所

(72) 发明人 江泽慧 刘贤淼 傅峰 费本华
王传贵

(74) 专利代理机构 北京中创阳光知识产权代理有限公司 11003

代理人 尹振启

(51) Int. Cl.

B32B 21/02 (2006. 01)

D21H 17/01 (2006. 01)

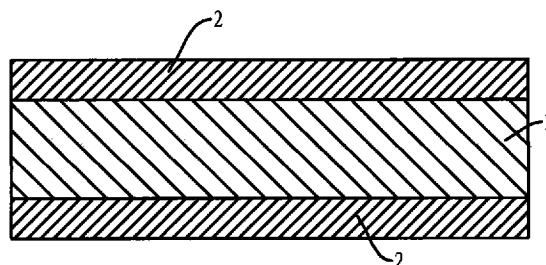
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 2 页

(54) 发明名称

制造造纸污泥人造板的方法

(57) 摘要

本发明公开一种造纸污泥制造的人造板, 包括一个基层, 为造纸污泥、木纤维以及酚醛树脂胶的混合物。一种该人造板的制造方法, 包括: 将造纸污泥在 105℃ 烘到绝干; 将烘干后的造纸污泥磨成细小颗粒, 在 105℃ 进行二次烘干, 颗粒的含水率为 3%~5%; 将酚醛树脂胶用 60 目筛网过滤掉杂质; 将过滤后的酚醛树脂胶均匀拌入到所述造纸污泥的细小颗粒中, 形成基层原料; 将木纤维进行烘干; 将木纤维与酚醛树脂胶混合, 形成增强层原料; 将基层原料与增强层原料混合均匀放入铺装机的模具中进行铺装, 形成人造板胚料; 将铺装后的人造板胚料送入热压机中进行热压成形, 得到成品。本发明解决了造纸污泥的处理问题, 又为人造板工业提供了大量的原料, 促进其快速发展。



1. 一种制造造纸污泥人造板的方法,其特征在于,包括如下步骤:

1) 将造纸污泥在 105℃烘到绝干;

2) 将烘干后的造纸污泥磨成细小颗粒,在 105℃进行二次烘干,颗粒的含水率为 3%~5%;造纸污泥的颗粒大小为:5~10 目的占 30%;10~20 目的占 35%;20~40 目的占 30%;40 目以上的细粉的占 5%;

3) 将酚醛树脂胶用 60 目筛网过滤掉杂质;

4) 将过滤后的酚醛树脂胶均匀拌入到所述造纸污泥的细小颗粒中,形成基层原料备用;所述酚醛树脂胶为固体含量 50%的湿胶,施胶量为 13%,施胶方式为直接拌入;

5) 将木纤维进行烘干;

6) 将木纤维与酚醛树脂胶混合,施胶量为 10%,按固体含量 100%计,采用喷胶方式,喷前先将酚醛树脂胶与水按质量比 5:1 混和,混和后粘度约为 80~90cps,形成增强层原料备用;

7) 将基层原料与增强层原料混合均匀放入铺装机的模具中进行铺装,形成人造板胚料;

8) 将铺装后的人造板胚料送入热压机中进行热压成形,热压的工艺参数为温度 120℃,时间 6min,单位压力 1MPa,得到成品。

2. 根据权利要求 1 所述的制造人造板的方法,其特征在于,所述步骤 8) 后还包括如下步骤:

9) 对成品进行性能测试。

制造造纸污泥人造板的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及人造板及其制造方法以及除臭方法,特别涉及利用造纸污泥制造的人造板及其制造方法以及除臭方法。

背景技术

[0002] 造纸污泥是一向令污水处理厂头疼的副产品。由于污水处理厂的污泥含有有毒物质和重金属,填埋以后将污染地下水。据环保部门监测,1m³造纸污泥造成周边十几米范围内庄稼绝收,地下水无法饮用。这样一来既浪费了不少的土地,又不能从根本上解决二次污染的问题。另一方面,由于填埋场相对短缺,国内许多纸厂污泥随意弃置或不经无害化处理在农田上滥用现象很普遍,造成新的环境污染,生态风险越来越大。“生态安全”是国家安全的重要组成部分,是维系一个国家经济社会可持续发展的基础。焚烧处理方法设备投资大,需要造价昂贵的焚烧炉,还要消耗大量的燃料,从资源利用角度是不合理的,而且焚烧造成二次污染。如何对造纸污泥进行科学合理的治理,以最大限度地降低治污总投资,回收利用可再生资源,变废为宝,使治污能创收,产生正效益,这是国内外专家梦寐以求,治污企业共同关注的热门话题。

[0003] 另一方面,近年来,随着我国人民生活水平的日益提高,我国建筑装饰市场和家具制造业对人造板需求的增长速度越来越快。据最新资料统计,我国2003年四大人造板品种(胶合板、纤维板、刨花板、细木工板)的总产量大到了创纪录的4500万m³,其中胶合板产量为1700万m³,中密度纤维板产量为1300万m³,刨花板产量500万m³,细木工板产量为1000万m³。2004年仅中密度纤维板的产能就增加40%左右。尽管我国的人造板工业发展很快,产量不断提高,但人均占有量仅为0.014m³。同国际人均消费量相比还是相当低的。与此同时,人造板工业的快速发展所面临的最主要的问题就是原料的供应问题。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的是提供人造板,其使用造纸污泥作为原料,并加入木纤维进行增强,这样不仅解决了大量造纸污泥的处理问题,又为人造板工业提供了大量的原料,能够促进人造板工业的快速发展。

[0005] 本发明的另一个目的是提供制造上述人造板的方法。

[0006] 本发明的另一个目的是提供一种上述人造板的除臭方法。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供一种造纸污泥制造的人造板,包括一个基层,所述基层为造纸污泥、木纤维以及酚醛树脂胶的混合物。

[0008] 进一步,所述木纤维的方向均相同。

[0009] 进一步,所述木纤维的方向为随机排列。

[0010] 进一步,所述人造板为一层结构,人造板的厚度为10mm,长×宽为300mm×300mm,密度为0.85g/cm³,所述木纤维为杨树与马尾松的混和纤维,二者各占50%,木纤维的加入量为0~70%。

[0011] 本发明提供一种制造所述人造板的方法,包括如下步骤:

[0012] 1) 将造纸污泥在 105℃烘到绝干;

[0013] 2) 将烘干后的造纸污泥磨成细小颗粒,在 105℃进行二次烘干,颗粒的含水率为 3%~5%;

[0014] 3) 将酚醛树脂胶用 60 目筛网过滤掉杂质;

[0015] 4) 将过滤后的酚醛树脂胶均匀拌入到所述造纸污泥的细小颗粒中,形成基层原料备用;

[0016] 5) 将木纤维进行烘干;

[0017] 6) 将木纤维与酚醛树脂胶混合,形成增强层原料备用;

[0018] 7) 将基层原料与增强层原料混合均匀放入铺装机的模具中进行铺装,形成人造板胚料;

[0019] 8) 将铺装后的人造板胚料送入热压机中进行热压成形,得到成品。

[0020] 进一步,所述步骤 8) 后还包括如下步骤:

[0021] 9) 对成品进行性能测试。

[0022] 进一步,所述步骤 2) 中造纸污泥的颗粒大小为:5~10 目的占 30%;10~20 目的占 35%;20~40 目的占 30%;40 目以上的细粉的占 5%;所述酚醛树脂胶为固体含量 50% 的湿胶,所述步骤 4) 中的施胶量为 13%,施胶方式为直接拌入;所述步骤 6) 中的施胶量为 10%,按固体含量 100%计,采用喷胶方式,喷前先将酚醛树脂胶与水按质量比 5:1 混和,混和后粘度约为 80~90cps;所述步骤 8) 中热压的工艺参数为温度 120℃,时间 6min,单位压力 1MPa。

[0023] 本发明提供另一种造纸污泥制造的人造板,包括至少一个基层、基层两侧为增强层,所述基层为造纸污泥与酚醛树脂胶的混合物,所述增强层为木纤维与偶联剂、酚醛树脂胶的混合物。

[0024] 进一步,所述木纤维的方向均相同。

[0025] 进一步,所述木纤维的方向为随机排列。

[0026] 进一步,所述人造板为三层结构,中间为基层,两侧为增强层,人造板的厚度为 10mm,长×宽为 300mm×300mm,密度为 0.85g/cm³,所述木纤维为杨树与马尾松的混和纤维,二者各占 50%,木纤维的加入量为 0~70%。

[0027] 本发明提供一种制造所述人造板的方法,包括如下步骤:

[0028] 1) 将造纸污泥在 105℃烘到绝干;

[0029] 2) 将烘干后的造纸污泥磨成细小颗粒,在 105℃进行二次烘干,颗粒的含水率为 3%~5%;

[0030] 3) 将酚醛树脂胶用 60 目筛网过滤掉杂质;

[0031] 4) 将过滤后的酚醛树脂胶均匀拌入到所述造纸污泥的细小颗粒中,形成基层原料备用;

[0032] 5) 将木纤维进行烘干;

[0033] 6) 将木纤维与酚醛树脂胶混合,形成增强层原料备用;

[0034] 7) 将基层原料与增强层原料间隔放入铺装机的模具中进行铺装,形成人造板胚料;

[0035] 8) 将铺装后的人造板胚料送入热压机中进行热压成形,得到成品。

[0036] 进一步,所述步骤 8) 后还包括如下步骤:

[0037] 9) 对成品进行性能测试。

[0038] 进一步,所述步骤 2) 中造纸污泥的颗粒大小为:5~10 目的占 30%;10~20 目的占 35%;20~40 目的占 30%;40 目以上的细粉的占 5%;所述酚醛树脂胶为固体含量 50% 的湿胶,所述步骤 4) 中的施胶量为 13%,施胶方式为直接拌入;所述步骤 6) 中的施胶量为 10%,按固体含量 100%计,采用喷胶方式,喷前先将酚醛树脂胶与水按质量比 5:1 混和,混和后粘度约为 80~90cps;所述步骤 8) 中热压的工艺参数为温度 120℃,时间 6min,单位压力 1MPa。

[0039] 本发明提供一种造纸污泥制造的人造板的除臭方法,包括如下步骤:

[0040] 1) 将人造板放入容器中;

[0041] 2) 放入与人造板按重量比大于 1:2 的活性炭;

[0042] 3) 将容器密封;

[0043] 4) 放置 3 周以上,取出人造板检验入库。

[0044] 本发明通过使用造纸污泥作为原料,并加入木纤维进行增强,并且利用活性炭来除去造纸污泥中的臭味等刺激性气味,解决了空气污染,这样不仅解决了大量造纸污泥的处理问题,使废料得以再生利用,减少了环境污染,也为生产人造板开辟了广泛的原料来源,能够促进人造板工业的快速发展。

附图说明

[0045] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明:

[0046] 图 1 为本发明实施例 1 人造板的结构图;

[0047] 图 2 为本发明实施例 2 人造板的结构图;

[0048] 图 3 为本发明实施例 1 人造板的制造流程图;

[0049] 图 4 为本发明实施例 2 人造板的制造流程图;

[0050] 图 5 为本发明实施例 5 祛除造纸污泥人造板刺激性气味方法的测试每周的测试数据与原始重量的差值与时间的效果图;

[0051] 图 6 为本发明实施例 5 祛除造纸污泥人造板刺激性气味方法的测试每周的测试数据与前面一周重量的差值与时间的效果图。

具体实施方式

[0052] 实施例 1:

[0053] 人造板的厚度为 10mm,长×宽为 300mm×300mm,密度为 0.85g/cm³,所述木纤维为杨树与马尾松的混和纤维,二者各占 50%,木纤维的加入量为 0~70%。

[0054] 如图 1 所示,本发明提供一种造纸污泥制造的人造板,人造板为一层结构,包括一个基层 1,基层 1 为造纸污泥、木纤维以及酚醛树脂胶的混合物。人造板的厚度为 10mm,长×宽为 300mm×300mm,密度为 0.85g/cm³。其中木纤维为杨树与马尾松的混和纤维,二者各占 50%,木纤维的加入量为 0~70%,纤维施胶量为 10%,胶按固体含量 100%计(按干酚醛树脂胶(即有效成分)计),采用喷胶方式,由于粘度较大,喷前先将湿胶与水按质量比

5 : 1 混和,混和后粘度约为 80 ~ 90cps ;污泥施胶量为 13%,胶按固体含量 100%计,施胶方式为直接拌入。

[0055] 木纤维的方向为随机排列。在需要某一方向增强的情况下,木纤维的方向均与该方向相同。

[0056] 本实施例提供的造纸污泥制造的人造板还可以根据实际情况制作作为其他尺寸。

[0057] 实施例 2 :

[0058] 如图 2 所示,本发明提供另一种造纸污泥制造的人造板,人造板为三层结构,中间为基层 1,两侧为增强层 2,基层 1 为造纸污泥与酚醛树脂胶的混合物,增强层 2 为木纤维与酚醛树脂胶的混合物。人造板的厚度为 10mm,长 × 宽为 300mm×300mm,密度为 0.85g/cm³。其中木纤维为杨树与马尾松的混和纤维,二者各占 50%,木纤维的加入量为 0 ~ 70%,纤维施胶量为 10%,胶按固体含量 100%计(按干酚醛树脂胶(即有效成分)计),采用喷胶方式,由于粘度较大,喷前先将湿胶与水按质量比 5 : 1 混和,混和后粘度约为 80 ~ 90cps ;污泥施胶量为 13%,胶按固体含量 100%计,施胶方式为直接拌入。

[0059] 木纤维的方向为随机排列。在需要某一方向增强的情况下,木纤维的方向均与该方向相同。

[0060] 本实施例提供的造纸污泥制造的人造板还可以制作作为具有多个基层 1 的结构,每个基层 1 两侧均具有增强层 2,相邻基层 1 之间通过增强层 2 相互间隔。而且本发明提供的造纸污泥制造的人造板还可以根据实际情况制作作为其他尺寸。

[0061] 实施例 3 :

[0062] 如图 3 所示,本发明提供一种制造实施例 1 所述人造板的方法,包括如下步骤:

[0063] 1) 将造纸污泥在 105℃烘到绝干;

[0064] 绝干通常指含水率为 2%~3%的情况。

[0065] 2) 使用电磨机(自制或外购)将烘干后的造纸污泥磨成细小颗粒,在 105℃进行二次烘干,颗粒的含水率为 3%~5%;

[0066] 其中 5 ~ 10 目的占 30%;10 ~ 20 目的占 35%;20 ~ 40 目的占 30%;40 目以上的细粉的占 5%。造纸污泥易吸水,如果放置时间很长的话,使用前应再次将细小颗粒在 105℃烘到绝干,装入密封袋一天内用完,保证使用时候的含水率约为 3%~5%。

[0067] 3) 将酚醛树脂胶(PF)用 60 目筛网过滤掉杂质;

[0068] 4) 将过滤后的酚醛树脂胶均匀拌入到所述造纸污泥的细小颗粒中,形成基层原料备用;

[0069] 5) 将木纤维进行烘干;

[0070] 工艺参数为 105℃,烘干 3 小时,工艺参数跟每次烘干的木纤维量有关系,木纤维量大时间就长,理论上要求烘干到含水率 3%以下。

[0071] 6) 将木纤维与酚醛树脂胶混合,形成增强层原料备用;

[0072] 其中,施胶量为 10%,按固体含量 100%计,假设原料(认为绝干,即含水率为 0)有 100 克,需要加入的固体胶量为 10 克,由于胶的固体含量是 50%,因此实际操作需要加入液体胶 20 克。采用喷胶方式,喷前先将酚醛树脂胶与水按质量比 5 : 1 混和,混和后粘度约为 80 ~ 90cps ;

[0073] 7) 将基层原料与增强层原料混合均匀放入铺装机的模具中进行铺装,形成人造板

胚料；

[0074] 8) 将铺装后的人造板胚料送入热压机中进行热压成形,得到成品。具体工艺参数为温度 120℃ ;时间 6min ;单位压力 1MPa。

[0075] 9) 对成品进行性能测试。

[0076] 按照国家标准 GB-T 17657-1999《纤维板及饰面纤维板理化性能试验方法》测试静曲强度 (MOR)、弹性模量 (MOE)、内结合强度 (IB)、沸腾实验后内结合强度 (IBb)、24h 吸水厚度膨胀率 (TS)。人造板放置 72h 后开始测试,此时含水率为 7%~8%。分别按木纤维含量为 :0、10%、30%、50%、70%、100%进行了试验,试验数据见表 1。

[0077] 表 1

[0078]

增强方式 Reinforce type	木纤维含量 /% Wood fiber content	MOR /MPa	MOE /GPa	IB /MPa	IBb /MPa	TS /%
混和 Mixing	0	6.43	1.36	2.01	1.62	5.62
	10	6.53	1.44	1.88	1.43	6.32
	30	13.20	1.53	1.32	0.83	6.68
	50	14.33	1.95	1.12	0.34	7.40
	70	15.24	2.20	1.02	0.20	7.60
	100	27.08	2.83	0.89	0.17	7.74

[0079] 实施例 4：

[0080] 如图 4 所示,本发明提供一种制造实施例 2 所述人造板的方法,包括如下步骤：

[0081] 1) 至 6) 步与实施例 3 相同；

[0082] 7) 将基层原料与增强层原料间隔放入铺装机的模具中进行铺装,形成人造板胚料；

[0083] 8) 至 9) 步与实施例 3 相同。

[0084] 按照国家标准 GB-T 17657-1999《纤维板及饰面纤维板理化性能试验方法》测试静曲强度 (MOR)、弹性模量 (MOE)、内结合强度 (IB)、沸腾实验后内结合强度 (IBb)、24h 吸水厚度膨胀率 (TS)。人造板放置 72h 后开始测试,此时含水率为 7%~8%。分别按木纤维含量为 :0、10%、30%、50%、70%、100%进行了试验,试验数据见表 2。

[0085] 表 2

[0086]

增强方式 Reinforce type	木纤维含量 / % Wood fiber content	MOR /MPa	MOE /GPa	IB /MPa	IBb /MPa	TS / %
分层 Dividing	0	6.43	1.36	2.01	1.62	5.62
	10	6.76	1.77	1.03	0.25	6.22
	30	15.09	1.95	1.00	0.25	6.58
	50	22.91	2.51	0.93	0.23	6.69
	70	24.10	2.77	0.87	0.20	7.23
	100	27.08	2.83	0.89	0.17	7.74

[0087] 实施例 5 :

[0088] 本发明提供一种造纸污泥制造人造除臭方法,该方法具体步骤为 :

[0089] 1) 将人造板放入容器中 ;

[0090] 2) 放入与人造板按重量比大于 1 : 2 的活性炭 ;

[0091] 3) 将容器密封 ;

[0092] 4) 放置 3 周以上,取出人造板检验入库。

[0093] 取两块造纸污泥人造板小方块,称重为 25.3789g(以 1P 表示),25.2027g(以 2P 表示);活性炭用纱布包 2 层,系好袋子,称重 60.9042g(以 C 表示),可保证活性炭量足够,将活性炭和人造板置于容积约为 200ml 干燥器中,二者用带孔瓷隔板格开,孔直径为 1cm,干燥器开口边缘使用密封油封好,将干燥器置于密封袋子中,可保证气密性。另取相同规格小方块,称重 25.0923g(以 3P 表示),直接置于室内,以做对比。

[0094] 考查指标为活性炭增重,污泥人造板减重,同时测得增重与减重的速度。一周测试一次数据,共测试 18 周。另外,使用嗅觉测量的方式来对污泥人造板气味进行简单判断。

[0095] 每周的测试数据与原始重量的差值,结果见表 3 和图 5;每周的测试数据与前面一周重量的差值,结果见表 4 和图 6。周数表示第几周,如 1 表示第 1 周。

[0096] 表 3

[0097]

指标 Index	周数/ Week								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1P/g	0.3300	0.4362	0.4818	0.52	0.5589	0.5777	0.5979	0.6249	0.6627
2P/g	0.3031	0.3962	0.4295	0.4645	0.4905	0.5126	0.5271	0.5408	0.5748
3P/g	0.1910	0.2475	0.2814	0.2942	0.3072	0.3204	0.3304	0.2749	0.1837
C/g	0.6243	0.8207	0.9037	0.9781	1.0579	1.1137	1.1735	1.2148	1.2789
1P+3P/g	0.6331	0.8324	0.9113	0.9845	1.0494	1.0903	1.1250	1.1657	1.2375
指标 Index	周数/ Week								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1P/g	0.6876	0.6992	0.7098	0.7106	0.7155	0.732	0.7362	0.7389	0.7492
2P/g	0.5904	0.6048	0.6167	0.6172	0.6195	0.6361	0.6399	0.6457	0.6546
3P/g	0.2108	0.2244	0.2491	0.2527	0.286	0.3104	0.3401	0.3783	0.3952
C/g	1.3113	1.3553	1.3837	1.4018	1.4313	1.4797	1.5011	1.5313	1.5577
1P+3P/g	1.2780	1.3040	1.3265	1.3278	1.3350	1.3681	1.3761	1.3846	1.4038

[0098] 表 4

[0099]

指标 Index	周数/ Week								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta 1P/g$	0.3300	0.1062	0.0456	0.0382	0.0389	0.0188	0.0202	0.0270	0.0378
$\Delta 2P/g$	0.3031	0.0931	0.0333	0.0350	0.0260	0.0221	0.0145	0.0137	0.0340
$\Delta 3P/g$	0.1910	0.0565	0.0339	0.0128	0.0130	0.0132	0.0100	-0.0555	-0.0912
$\Delta C/g$	0.6243	0.1964	0.0830	0.0744	0.0798	0.0558	0.0598	0.0413	0.0641
$\Delta 1P + 3P/g$	0.6331	0.1993	0.0789	0.0732	0.0649	0.0409	0.0347	0.0407	0.0718
指标 Index	周数/ Week								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\Delta 1P/g$	0.0249	0.0116	0.0106	0.0008	0.0049	0.0165	0.0042	0.0027	0.0103
$\Delta 2P/g$	0.0156	0.0144	0.0119	0.0005	0.0023	0.0166	0.0038	0.0058	0.0089
$\Delta 3P/g$	0.0271	0.0136	0.0247	0.0036	0.0333	0.0244	0.0297	0.0382	0.0169
$\Delta C/g$	0.0324	0.0440	0.0284	0.0181	0.0295	0.0484	0.0214	0.0302	0.0264
$\Delta 1P + 3P/g$	0.0405	0.0260	0.0225	0.0013	0.0072	0.0331	0.0080	0.0085	0.0192

[0100] 从表 3 和图 5 可知,随着时间增加,活性炭重量增加,污泥人造板的重量不断减少,而且二者在第 10 周之前相差不大,第 10 周之后可能是由于天气变热,空气湿度增大原因,活性炭重量增加大于污泥人造板重量的减少。置于室内污泥人造板重量总体上是下降的,但是表现出一种波动性,说明受当时环境影响较大,置于干燥器中两块污泥人造板失重规律相同,而且都大于直接存放于室内的污泥人造板,说明活性炭确实对污泥人造板失重有起作用,也就是说,人造板中挥发性的有机物大量被活性炭吸附了。而污泥人造板的气味,从放置的第 3 周开始,臭味明显减少,但有一种发酸的味道,这是有机物(不包括蛋白质)分解的味道,从第 5 周开始,酸味也少,污泥人造板的气味降低,保持到 18 周。

[0101] 从表 4 和图 6 可知,从失重速度上看,置于室内污泥人造板失重速度也是波浪型,规律较乱,因此在图上没有画出。置于干燥器内污泥人造板失重和活性炭增重都表现为,前 3 周较为明显,后面的减少较为平稳,总的来说一直都在减少,但 18 周内一直没有到零。因此可以推断,前面时候污泥人造板放出的物较多,后面放的少,因为有机物释放是从外到内释放的,越到里面释放越困难。

[0102] 综上所述,采用上述方法制备出的人造板解决了造纸污泥处理难的问题,而且制

造简单,造价低廉,同时又保证了板材的强度,并且在成形后加入了除臭工序祛除了造纸污泥人造板的刺激性气味,既环保又安全。

[0103] 上述参照实施例对该造纸污泥制造的人造板及其制造方法进行的描述,是说明性的而不是限定性的,因此在不脱离本发明总体构思下的变化和修改,应属本发明的保护范围之内。

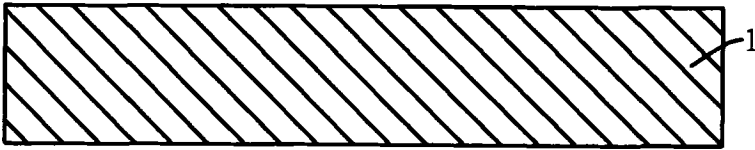


图 1

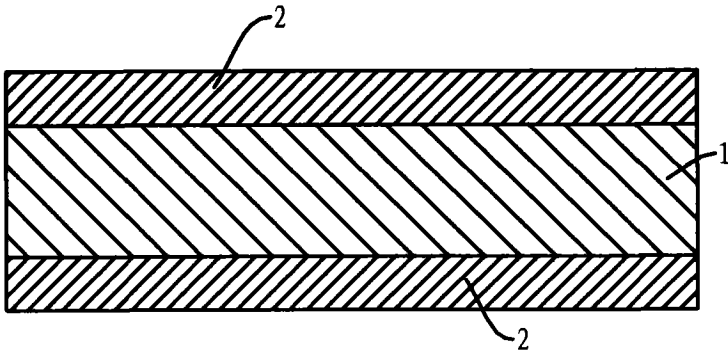


图 2

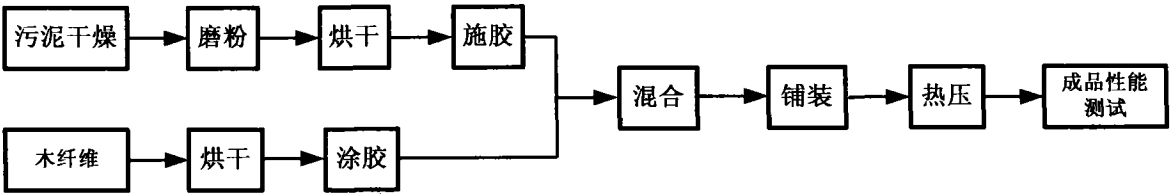


图 3

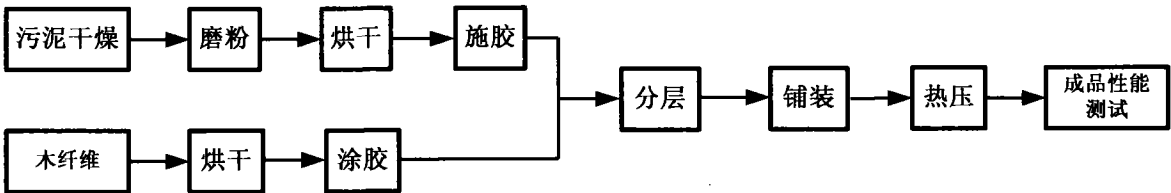


图 4

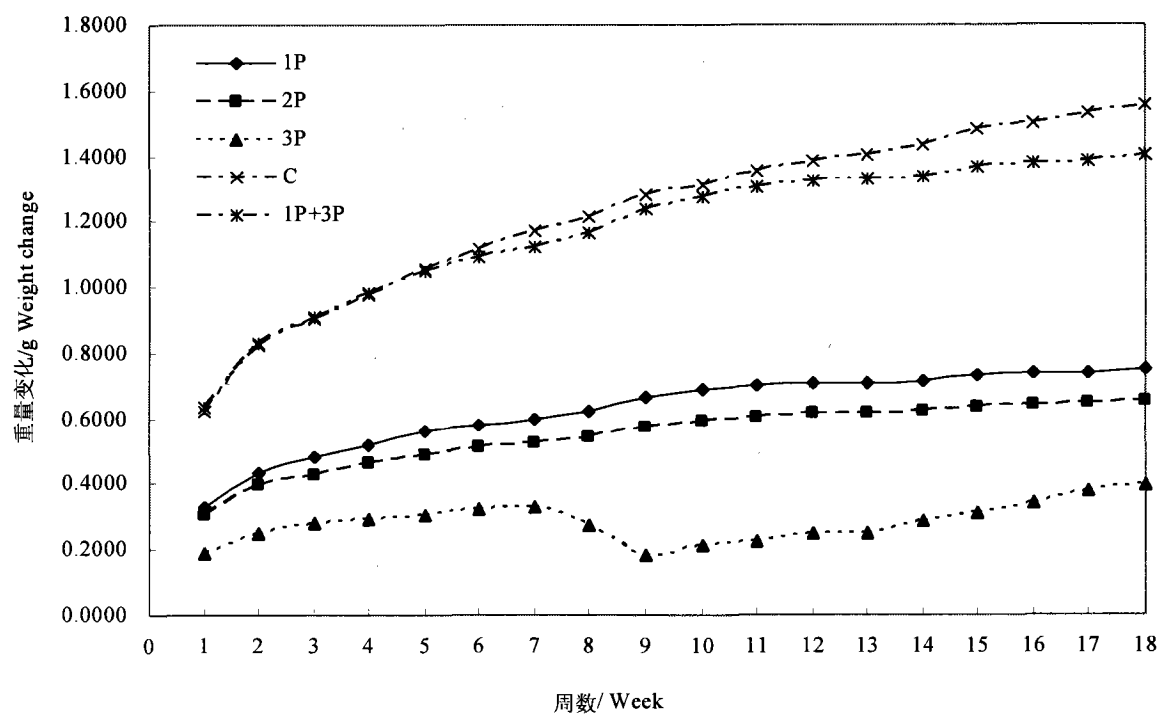


图 5

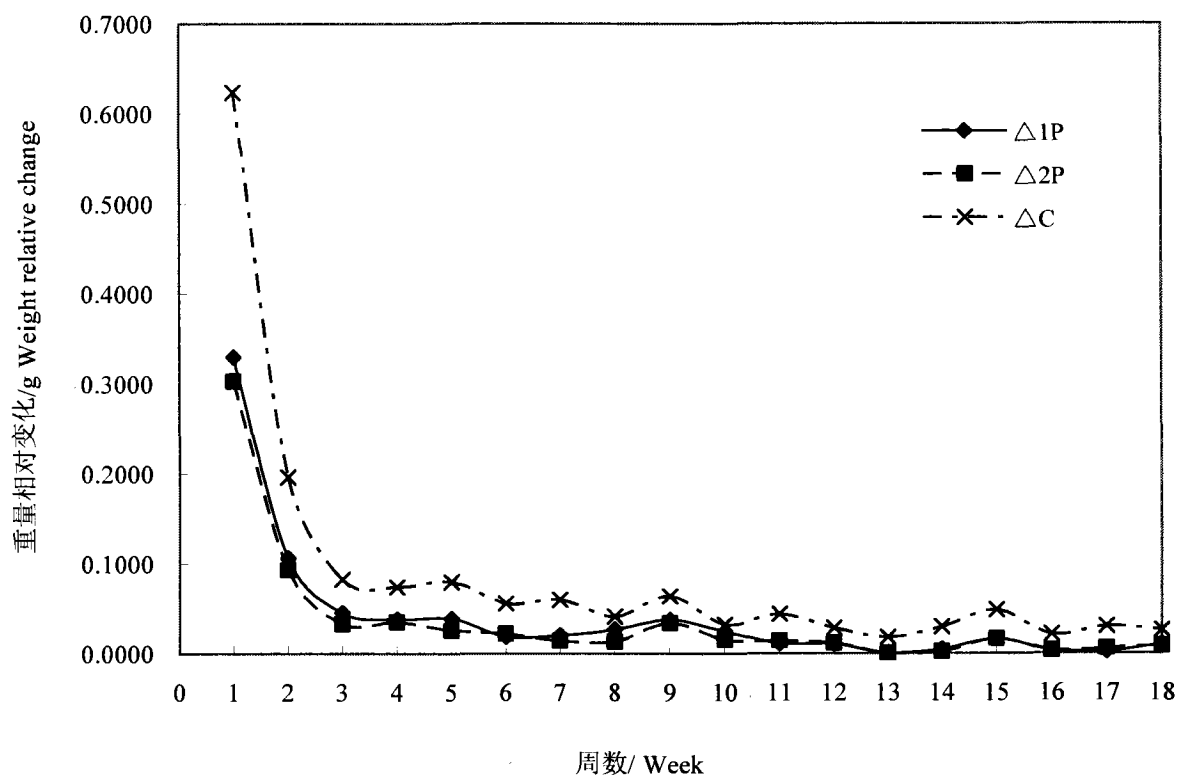


图 6