



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102242512 A

(43) 申请公布日 2011. 11. 16

(21) 申请号 201110111533. 3

D21C 9/18(2006. 01)

(22) 申请日 2011. 04. 30

(71) 申请人 李刚荣

地址 118000 辽宁省丹东市同兴龙兴街 69 号

申请人 李军

(72) 发明人 李刚荣 李军

(74) 专利代理机构 丹东汇申专利事务所 21227

代理人 徐枫燕

(51) Int. Cl.

D21C 1/02(2006. 01)

D21C 1/06(2006. 01)

D21C 1/10(2006. 01)

D21C 3/02(2006. 01)

D21C 9/147(2006. 01)

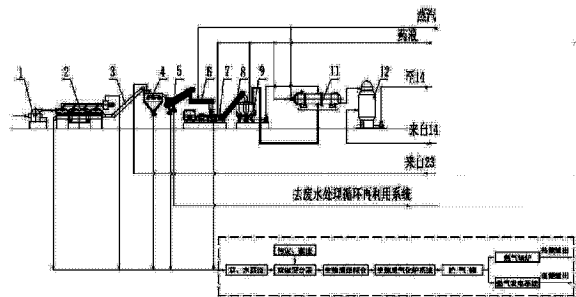
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 6 页

(54) 发明名称

高得率环保造纸制浆工艺方法及其制浆系统

(57) 摘要

本发明申请提供的高得率环保造纸制浆工艺方法,包括原料预处理段、物理丝化浸渍处理段、浸蒸漂三段一体制浆段和浓缩脱水处理段;实现该制浆工艺方法的高得率环保造纸制浆系统,按工艺线路依次包括有切料机、锤丝筛选除尘机、清洗除尘机、脱水输送设备、汽蒸螺旋输送机、挤裂挤丝浸渍机、搅拌浸渍仓、泵管连接至高浓蒸煮漂白制浆一体机、高浓蒸煮漂白制浆一体机排料管连接至浆仓,浆仓泵管连接浓缩脱水机,浓缩脱水机输出至高浓磨浆机,高浓磨浆机输出依次连接筛选净化机及浓缩压榨机。它从根本上解决了目前制浆造纸业高污染、高能耗、造纸原料紧缺等问题,利用自然界中丰富的植物纤维,实现了高效漂白、高得率、无黑液、低能耗的技术目的。



1. 一种高得率环保造纸制浆工艺方法,其特征在于该方法包括原料预处理段、物理丝化浸渍处理段、浸蒸漂三段一体制浆段和浓缩脱水处理段;其中的药剂组成的百分比为占植物原料重量的百分量;

①、原料预处理段:植物原料经切断、锤打丝化、并除去泥砂和渣物后,加入预浸药液,在温度为60-80℃下浸渍5-10分钟,再脱水、通入汽蒸实施软化5-10分钟;所述的预浸药液包括十二烷基苯磺酸钠0.02~0.08%、氢氧化钠0.3~0.8%、螯合剂0.25~0.6%、渗透剂脂肪醇聚氧乙烯醚JFC 0.025~0.1%,其中螯合剂为EDTA或DTPA中任意之一;

②、物理丝化浸渍处理段:①段物料送入挤裂机,被强力挤碾、撕裂、搓揉为绒丝状,在开始成为绒丝状或已成为绒丝状时注入浸渍药剂;所述的浸渍药剂包括有十二烷基苯磺酸钠0.02~0.15%、氢氧化钠2~3.5%、螯合剂0.15~0.35%,其中螯合剂为EDTA或中任意之一;

③、浸蒸漂三段一体制浆段:②段浸渍物料送入高浓蒸煮漂白制浆一体机,由高浓蒸煮漂白制浆一体机中滤除②段物料中的液质,依次开始实施熟化、蒸漂反应和漂白反应,熟化时段:向一体机注入熟化药剂,在80-100℃温度、0.1-0.3MPa压力条件下熟化60-90分钟;蒸漂反应时段为氧漂脱木质素反应时段:向一体机注入蒸漂药剂,并通入氧气,在80-100℃温度、0.3-0.5MPa压力条件下蒸漂反应30-90分钟;漂白反应时段,需分二-四个段陆续注入氧漂药剂,保持0.3-0.5MPa氧气压力、在70-90℃温度条件下漂白反应30-60分钟,排料时是以一体机内积蓄的富氧气压为动力排泄浆料,所述的熟化药剂包括有氢氧化钠1.5~3%、硫酸镁0.1~0.5%、硅酸钠1~3.5%、亚硫酸钠0.5~1.5%、氧漂剂0.5~1.5%,所述的蒸漂药剂包括螯合剂0.25~0.6%、氢氧化钠1~3%、硫酸镁0.2~1%、硅酸钠1.5~3.5%、氧漂剂2~4%,其中的螯合剂为EDTA或中任意之一,所述的氧漂药剂包括硫酸镁0.1~0.5%、硅酸钠2~6%、氧漂剂3~5%,其中氧漂剂为过碳酸钠、过氧化钠、过氧化氢、过氧化尿素、过醋酸中的至少一种;

④、浓缩脱水处理段:由脱水浓缩设备压榨脱水,再经磨浆、筛选、净化、调整得商品浆。

2. 一种实现权利要求1造纸制浆工艺方法的高得率环保造纸制浆系统,其特征在于系统按工艺线路依次包括有切料机、锤丝筛选除尘机、清洗除尘机、脱水输送设备、汽蒸螺旋输送机、挤裂机、搅拌浸渍仓、泵管连接至高浓蒸煮漂白制浆一体机、再排料管连接至浆仓,浆仓泵管连接浓缩脱水机,浓缩脱水机输出至高浓磨浆机,高浓磨浆机输出依次连接筛选净化机及浓缩压榨机,预浸药液管通入清洗除尘机和汽蒸螺旋机,浸渍药剂管通入挤裂机,熟化药剂、蒸漂药剂和氧漂药剂管分时段通入高浓蒸煮漂白制浆一体机。

3. 根据权利要求2所述的高得率环保造纸制浆系统,其特征在于锤丝筛选除尘机为多功能分丝筛选除尘一体机,其结构是:由进料口至出料口的机壳内的隧道通道内平行横置转动支撑有的若干道轴辊,轴辊表面上均匀固定设置有若干数量的销刺,铰接于轴辊的锤刀穿插分布于销刺中间,轴辊上方设置有筛板,下方设有下筛板,下筛板具有与轴辊销刺和锤刀最大边缘圆形轨迹间距设置的弧面,弧面上设置有若干道与销刺和锤刀呈剪切配合的底刀。

4. 根据权利要求2所述的高得率环保造纸制浆系统,其特征在于其中的挤裂挤丝机为双轴辊工作结构的挤裂浸渍机,挤裂浸渍机的机壳内转动支撑设置有两平行啮合轴辊,进料口和出料口分别设置在轴辊两端,至少选择工作区段一、工作区段二和工作区段三中之

一、且被选择工作区段的数量至少为一组沿轴向组合排列设置在每一轴辊上；所述的工作区段一由进料螺旋段和碾压段共同构成，碾压段是轴向的多道碾压盘组成，碾压盘为带有碾压弧曲轮廓的凸轮，多道碾压盘径向交错设置构成碾压段，两轴辊的螺旋段间隙啮合配合，碾压段各对应轴位的碾压盘交错配合；所述的工作区段二由进料螺旋段和啮齿盘段共同构成，啮齿盘为多槽式槽轮，啮齿盘的各环齿上均匀开设有若干斜槽，两轴辊螺旋段和啮齿盘段间隙啮合配合；所述的工作区段三由进料螺旋段与反向螺旋段共同构成，反向螺旋段的反向螺纹齿上均匀设置有若干相对于轴向倾斜的斜槽，两轴辊螺旋段和反向螺旋段间隙啮合配合，药剂口或蒸汽入口设置于各工作区段末端。

5. 根据权利要求 2 所述的高得率环保造纸制浆系统，其特征在于其中的高浓蒸煮漂白制浆一体机是具有封闭夹层的封闭卧式制浆罐，具有以水平中线为轴线的旋转驱动机构，制浆罐上方中部设置进料通道，进料通道的制浆罐内部分设有管口朝向两侧的三通，制浆罐下方设有排液口，铺设在制浆罐下方设有筛板；制浆罐一端设置有管口侧向设置的出料管；制浆罐一端轴线处设置有多路旋转阀，多路旋转阀包括有旋转密封配合的阀体和旋转阀芯构成，阀芯固定在制浆罐上，药液腔道贯通阀芯中央，并与贯穿于制浆罐内的药液管连通，药液管上均布有小孔，阀芯内设置有与药液通道平行的热源引入腔道和引出腔道，阀体与阀芯转动配合的阀壁上设有热源引入环槽和引出环槽，各腔道分别与相应的环槽对应连通，阀体上设有与各环槽相通的外接管路，外接管路的热源入管依次经热源引入腔道、输入管、制浆罐夹层、回管、热源引出腔道、外接管路构成蒸煮加热通路。

高得率环保造纸制浆工艺方法及其制浆系统

技术领域

[0001] 本发明申请涉及的是造纸制浆工艺方法及其工艺系统,尤其是适合于一年生非木纤维的草类、农作物秸秆类植物原料的造纸制浆工艺方法及其系统组成。

背景技术

[0002] 造纸制浆应用的植物原料中包括纤维素、半纤维素、木质素和果胶等。一年生非木本纤维的草类、农作物秸秆类相对于木本植物而言,细小纤维多、硅含量高、灰份大、多戊糖含量高、杂细胞等非纤维组分多而复杂、自身颜色深,其中的木质素结构复杂、含量高,木质素及其衍生物的含量可达到 30-60%,在造纸制浆业中被认为是没有利用价值的组分,在制浆工艺处理中对木质素及其衍生物必须做去除处理。

[0003] 现有的造纸制浆技术普遍存在得率低、能耗高、污染严重等技术问题。其碱法造纸制浆工艺包括有切料、除尘、蒸煮、洗涤、筛选和漂白、浓缩等几大工序。碱法制浆的核心是蒸煮和漂白,其中的蒸煮工序最为关键。洗涤质量的好坏也会影响制浆得率。现有技术仍普遍采用高碱、高温、高压蒸煮方法将木质素尽可能的溶出,蒸煮浆的挤出液为黑液,难以回收。蒸煮技术极大的影响着筛选、漂白和浓缩等工序的进行和质量。高碱、高温和高压条件蒸煮,其常规的强碱用量为植物原料重量的 8-18%,蒸煮温度为 155-185℃,压力达到 0.6-0.8MPa,蒸煮废液中溶出的木质素以碱木素形式存在,硅含量高,导致蒸煮废液粘度大、颜色黑暗,增加了漂白、蒸发浓缩和碱回收的工艺难度,高温、高压、高碱蒸煮工艺条件在溶出木质素的同时,也使更多的纤维素降解而流失,造成蒸煮、洗涤、筛选工序产生大量污水,且污水中的悬浮物及有机物浓度高、粘性大、高碱、色泽黑暗、可生化性差、纤维流失量大。现有碱法制浆工艺的蒸煮前期工序、蒸煮与漂白之间的工序与核心的蒸煮、漂白工序几乎没有什么关联性,它们只是为核心工序做一些简单的物理切断和清洁处理,技术压力全部集中于蒸煮这一段工序上,因而难以顾及多方位技术要求。上述制浆工艺方法中的碱回收技术对于木本造纸制浆黑液而言是较为成熟的,但对于草本原料造纸制浆工艺黑液则存在很大技术障碍,其原因在于草浆废液中硅成份含量高、粘度大、过滤性差,采用石灰碱回收方法时,高含量硅会明显降低活性石灰的可用性,再者流动性差、难以输送,还会导致输送管结垢问题。

发明内容

[0004] 本发明专利申请的发明目的在于提供一种高得率环保造纸制浆工艺方法及其制浆系统,它是一种得率高、能耗低、无污染和适于木本植物、更适于非木本植物原料的造纸制浆工艺方法及制浆系统。

[0005] 本发明专利申请提供的高得率环保造纸制浆工艺方法,其技术方案的主要内容是:一种高得率环保造纸制浆工艺方法,包括原料预处理段、物理丝化浸渍处理段、浸蒸煮三段一体制浆段和浓缩脱水处理段;其中的药剂组成的百分比为占植物原料确定重量的百分量;

[0006] ①、原料预处理段：植物原料经切断、锤打丝化、并除去泥砂和渣物后，加入预浸药液，在温度为 60-80℃ 下浸渍 5-10 分钟，再脱水、通入汽蒸实施软化 5-10 分钟；所述的预浸药液包括十二烷基苯磺酸钠 0.02 ~ 0.08%、氢氧化钠 0.3 ~ 0.8%、螯合剂 0.25 ~ 0.6%、渗透剂脂肪醇聚氧乙烯醚 JFC 0.025 ~ 0.1%，其中螯合剂为 EDTA 或 DTPA 中任意之一；

[0007] ②、物理丝化浸渍处理段：①段物料送入挤裂机，被强力挤碾、撕裂、搓揉为绒丝状，在开始成为绒丝状或已成为绒丝状时注入浸渍药剂；所述的浸渍药剂包括有十二烷基苯磺酸钠 0.02 ~ 0.15%、氢氧化钠 2 ~ 3.5%、螯合剂 0.15 ~ 0.35%，其中螯合剂为 EDTA 或中任意之一；

[0008] ③、浸蒸漂三段一体制浆段：②段浸渍物料送入高浓蒸煮漂白制浆一体机，由高浓蒸煮漂白制浆一体机中滤除②段物料中的液质，依次开始实施熟化、蒸漂反应和漂白反应，熟化时段：向一体机注入熟化药剂，在 80-100℃ 温度、0.1-0.3MPa 压力条件下熟化 60-90 分钟；蒸漂反应时段为氧漂脱木质素反应时段：向一体机注入蒸漂药剂，并通入氧气，在 80-100℃ 温度、0.3-0.5MPa 压力条件下蒸漂反应 30-90 分钟；漂白反应时段，需分二 - 四个段陆续注入氧漂药剂，保持 0.3-0.5MPa 氧气压力、在 70-90℃ 温度条件下漂白反应 30-60 分钟，排料时是以一体机内积蓄的富氧气压为动力排泄浆料，所述的熟化药剂包括有氢氧化钠 1.5 ~ 3%、硫酸镁 0.1 ~ 0.5%、硅酸钠 1 ~ 3.5%、亚硫酸钠 0.5 ~ 1.5%、氧漂剂 0.5 ~ 1.5%，所述的蒸漂药剂包括螯合剂 0.25 ~ 0.6%、氢氧化钠 1 ~ 3%、硫酸镁 0.2 ~ 1%、硅酸钠 1.5 ~ 3.5%、氧漂剂 2 ~ 4%，其中的螯合剂为 EDTA 或中任意之一，所述的氧漂药剂包括硫酸镁 0.1 ~ 0.5%、硅酸钠 2 ~ 6%、氧漂剂 3 ~ 5%，其中氧漂剂为过碳酸钠、过氧化钠、过氧化氢、过氧化尿素、过醋酸中的至少一种；

[0009] ④、浓缩脱水处理段：由脱水浓缩设备压榨脱水，再经磨浆、筛选、净化、调整得商品浆。

[0010] 本发明专利申请还提供了实现上述高得率环保造纸制浆工艺方法的高得率环保造纸制浆系统，该系统按工艺线路依次包括有切料机、锤丝筛选除尘机、清洗除尘机、脱水输送设备、汽蒸螺旋输送机、挤裂机、搅拌浸渍仓、泵管连接至高浓蒸煮漂白制浆一体机、再排料管连接至浆仓，浆仓泵管连接浓缩脱水机，浓缩脱水机输出至高浓磨浆机，高浓磨浆机输出依次连接筛选净化机及浓缩压榨机，预浸药液管通入清洗除尘机和汽蒸螺旋机，浸渍药剂管通入挤裂机，熟化药剂、蒸漂药剂和氧漂药剂管分时段通入高浓蒸煮漂白制浆一体机。

[0011] 上述的高得率环保造纸制浆系统中，其中的锤丝筛选除尘机可以选用羊角除尘机、双锥除尘机或旋风分离机，还可以选用多功能分丝筛选除尘一体机。本多功能分丝筛选除尘一体机由进料口至出料口的机壳内的隧道通道内平行横置转动支撑有的若干道轴辊，轴辊表面上均匀固定设置有若干数量的销刺，铰接于轴辊的锤刀穿插分布于销刺中间，轴辊上方设置有筛板，下方设有下筛板，下筛板具有与轴辊销刺和锤刀最大边缘圆形轨迹间距设置的弧面，弧面上设置有若干道与销刺和锤刀呈剪切配合的底刀。

[0012] 上述的高得率环保造纸制浆系统中，其中的挤裂机可以选用螺旋挤压撕裂机、双螺旋磨浆机、搓磨分丝机、双螺杆辊式磨浆机，还可以采用挤裂浸渍机。本挤裂浸渍机的机壳内转动支撑设置有两平行啮合轴辊，进料口和出料口分别设置在轴辊两端，至少选择工作区段一、工作区段二和工作区段三其中之一、且被选择工作区段的数量至少为一组沿轴向

组合排列设置在每一轴辊上；所述的工作区段一由进料螺旋段和碾压段共同构成，碾压段是轴向的多道碾压盘组成，碾压盘为带有碾压弧曲轮廓的凸轮，多道碾压盘径向交错设置构成碾压段，两轴辊的螺旋段间隙啮合配合，碾压段各对应轴位的碾压盘交错配合；所述的工作区段二由进料螺旋段和啮齿盘段共同构成，啮齿盘为多槽式槽轮，啮齿盘的各环齿上均匀开设有若干斜槽，两轴辊螺旋段和啮齿盘段间隙啮合配合；所述的工作区段三由进料螺旋段与反向螺旋段共同构成，反向螺旋段的反向螺旋齿上均匀设置有若干相对于轴向倾斜的斜槽，两轴辊螺旋段和反向螺旋段间隙啮合配合，药剂口或蒸汽入口设置于各工作区段末端。

[0013] 上述的高得率环保造纸制浆系统中，所述的高浓蒸煮漂白制浆一体机它是具有封闭夹层的封闭卧式制浆罐，具有以水平中线为轴线的旋转驱动机构，制浆罐上方中部设置进料通道，进料通道的制浆罐内部分设有管口朝向两侧的三通，制浆罐下方设有排液口，铺设在制浆罐下方设有筛板；制浆罐一端设置有管口侧向设置的出料管；制浆罐一端轴线处设有各路旋转阀，各路旋转阀包括有旋转密封配合的阀体和旋转阀芯构成，阀芯固定在制浆罐上，药液腔道贯通阀芯中央，并与贯穿于制浆罐内的药液管连通，药液管上均布有小孔，阀芯内设置有与药液通道平行的热源引入腔道和引出腔道，阀体与阀芯转动配合的阀壁上设有热源引入环槽和引出环槽，各腔道分别与相应的环槽对应连通，阀体上设有与各环槽相通的外接管路，外接管路的热源入管依次经热源引入腔道、输入管、制浆罐夹层、回管、热源引出腔道、外接管路构成蒸煮加热通路。

[0014] 本发明专利申请提供的高得率环保造纸制浆工艺方法及其制浆系统，改变传统碱法造纸制浆工艺将木质素视为必须脱除的废弃物的技术偏见，其整套工艺技术方案各步骤均环环相扣，前期处理工艺都为核 心处理段做出了实质性贡献：①段的原料预处理段，由预浸药液浸渍洗涤、预浸已被锤打丝化的原料，由渗透剂 JFC、表面活性剂十二烷基苯磺酸钠和低浓度氢氧化钠水溶液润胀原料纤维，提高渗透效率、增强纤维润湿性和均匀度，为第②段物理丝化浸渍处理段的挤裂处理创造了条件。在物理丝化浸渍处理段中，挤裂机在丝化物料的同时将原料内部不利于制浆的非纤维成分，如木质素、果胶、单宁、杂细胞、灰份、树脂等还包括空气被挤出、去除，最大限度的消除非纤维组分对制浆工艺的不利影响，被挤裂丝化物料如同被压缩的海棉一样具有强有力的吸收浸渍药剂的能力，浸渍药剂迅速、深入的浸渍到纤维内部、直至细胞壁内，就是在核心制浆工序前，将化学反应的传质过程、比表面积、渗透率、均匀度等都做到最佳化，这些都为第③步浸蒸漂三段一体制浆段作出了充分的准备，蒸煮过程也是漂白的开始，在低碱、低温和蒸漂处理工艺大大减少了碳氢化合物的降解损失，在一定程度上改善了浆料的可漂性。浸蒸漂三段一体制浆段既要将木质素从纤维素间充分溶出，以确保纤维素本身质量的同时，还要使溶出的木质素易于在制浆过程中被工艺改性和聚合，聚合成为浆料功能组成部分或者成为抄浆造纸填料，从而最大限度的利用物料中的各类有机物，尤其是占有机物总量 30-60% 的木质素，草本物料制浆后，不再产生影响制浆废水回收的负面作用，且硅的溶出度也大大低于传统碱法制浆工艺，实现高效漂白、高得率、无黑液、低能耗的技术目的。植物纤维间的木质素主要由甲氧基 -OCH₃、羟基 -OH 和羰基 -CO 等基本物质构成，本造纸制浆工艺方法是一种低碱性、70-100℃ 的温和条件下对游离基深度氧化反应，将木质素的各基团改性成为单体分子，并活化成羟基自由基 HOO· 和亲水活性氧自由基 O₂· 等，破坏木质素内的发色基团，氧化色素

中的发色系统,达到消色漂白的技术目的,与此同时,在低碱性 pH 为 9-10.5 的条件下,还引发氧漂剂如 H₂O₂ 生成游离基·OH° 进行深度氧化反应,破坏果胶质、蜡质及含氮物质分子结构中的双键,使其减少纤维素间作用力而脱除,加速了有苯丙烷类结构单元以碳/碳或醚键结合,使含有甲氧基的单体大分子化合物木质素以及半纤维素从纤维壁中充分溶出,单体大分子木质素大多含有双键或共价键,在低碱性和表面活性剂等药剂作用下,发生自由基聚合或自由基型共聚反应,生成新的木质素聚酯,同时溶出的木质素主要以木素磺酸盐、即磺化木素形式存在于溶液中,磺化木素与传统的强碱高温制浆工艺溶出的碱木素相比,其水溶性好,表面活性强,在被软化的介质环境条件下,更增加了与其它离子络合、聚合和改性的机率,成为磺化木素聚合体,并截留在浆料中,达到提高浆料得率的技术目的。木质素聚合物或磺化木质素聚合体,在抄浆造纸中作为“粘合剂”或者“填充料”被有效利用。本技术方案中的各药剂中不含氯、硫等成份,为环境友好型氧漂药剂,蒸漂后浆料中析出废液中不含有机氯化物,如二噁英等有毒有害致癌物质,且最大限度的保留了半纤维素和改性、聚合的木质素不被溶出,发色基团转变为无色基团,因而产生的中段废水污染指标低、易于处理、负荷小,其一部分可经简单的过滤后用于原料预处理段的物料洗涤和稀释浆料用水,剩余中段废水送入废水处理再利用系统,处理成本低,处理后的水可达标排放或者是全部回用于制浆系统中。本技术方案的采用低碱氧漂药剂、常压或低压力、低温蒸漂反应,其纸浆得率可达 50-70%,白度 70-80% ISO。本技术方案尤其解决了一直困扰人们的非木本植物制浆难度大、废水量多、不易回收净化处理技术问题,如一年生草类纤维原料造纸制浆的技术问题,生产的成品纸浆物理指标可达到并超过阔叶木化学浆的指标,裂断长可达 6.94km。本技术方案从根本上解决了目前制浆造纸业高污染、高能耗、造纸原料紧缺等问题,利用自然界中丰富的植物纤维,特别是一年生草类植物纤维,可促进农业资源的循环再利用和可持续发展。

[0015] 本发明高得率环保造纸制浆工艺方法同传统制浆方法的对比表如下:

[0016]

制浆流程	备料	蒸煮	三段或多段 洗涤浓缩	筛选	三段或多段 漂白	洗涤 浓缩	其余工 艺相同
传统工艺	有	有	有	有	有	有	
本发明工艺	有	合并于蒸漂一体机中完成				有	

[0017] 本发明申请的高得率环保造纸制浆工艺方法与传统制浆工艺相关参数对比表如下:

[0018]

主要项目、参数指标	本发明制浆工艺	传统制浆工艺
浸渍处理	采用挤裂浸渍机	无
主要蒸煮设备	高浓蒸煮漂白制浆一体机	蒸球、蒸煮锅、连蒸器
蒸煮方法	蒸煮和漂白一体完成	碱法、硫酸盐法、亚硫酸盐法等
蒸煮药品	环境友好型药剂且低碱量;用碱量 4-6%	强碱、强酸、用量大; 碱法浆用碱量 8~18%
蒸煮压力	常压或<0.3MPa	0.6-0.8MPa
蒸煮温度	60-100℃	155-185℃
蒸煮时间	2-3h	5-8h
漂白药品	氧气、双氧水等 其它过氧化物	大多采用氯气、次氯酸盐、二氧化氯,极少采用双氧水、氧碱等; 氯气用量 4.5~9%/t 浆
制浆蒸汽消耗	300kg 标煤/t 浆	520~800kg 标煤/t 浆
制浆得率	草浆 50~65% 木浆 60~70%	草浆 32~42% 木浆 38~45%
蒸煮黑(红)液	无	有
有机氯化物二噁英(致癌物质)	无	有
黑液(废液)色度	淡茶色、透明	黑色浓液、不透明
COD _{cr} (mg/L)	蒸煮废液 7520-10320	蒸煮黑液 106000-157000
BOD ₅ (mg/L)	蒸煮废液 2140-2480	蒸煮黑液 34500-42500
SS (mg/L)	蒸煮废液 2650-3050	蒸煮黑液 23500-27800
PH	蒸煮废液 7.5-8.5	蒸煮黑液 11-13
中段水量	10~30m ³ /t 浆	100~300m ³ /t 浆
新水补充量	3-5 m ³ /t 浆	50-80 m ³ /t 浆
碱回收	无	草浆碱回收技术不成熟回收率低

附图说明

- [0019] 图 1 和图 2 的组合是本高得率环保造纸制浆系统的组成图
- [0020] 图 3 和图 4 是多功能分丝筛选除尘一体机的主剖视结构图和径向剖视结构图
- [0021] 图 5 和图 6 是挤裂浸渍机的主视图和俯视图
- [0022] 图 7 和图 8 是挤裂浸渍机碾压段的径向剖视图
- [0023] 图 9 和图 10 是挤裂浸渍机啮齿段和反向螺旋段的结构图

[0024] 图 11 是高浓蒸煮漂白制浆一体机的结构图

[0025] 图 12 和图 13 是高浓蒸煮漂白制浆一体机的多路旋转阀的主剖视图和径向剖视图。

具体实施方式

[0026] 本发明专利申请公开的高得率环保造纸制浆工艺方法及其制浆系统,其中实现高得率环保造纸制浆工艺方法的高得率环保造纸制浆系统,按工艺线路设置依次包括有切料机 1、锤丝筛选除尘机 2,由输送设备 3 送入清洗除尘机 4,经脱水输送设备 5、汽蒸螺旋输送机 6、挤裂机 7、经输送设备 8 送物料至搅拌浸渍仓 9,泵管连接至高浓蒸煮漂白制浆一体机 11、再排料管连接至浆仓 12,浆仓 12 泵管连接浓缩脱水机 14,浓缩脱水机 14 输出至高浓磨浆机 16,高浓磨浆机 16 输出经消潜浆池 10 依次送入低浓磨浆机 19、筛选净化机 22 及浓缩压榨机 23 调整浆料浓度得商品浆。清洗除尘机 4 中加入预浸药剂,预浸药剂管通入汽蒸螺旋输送机 6,浸渍药剂管通入挤裂机 7,浸渍药剂加入搅拌浸渍仓 9,熟化药剂、蒸漂药剂和氧漂药剂管分时段通入高浓蒸煮漂白制浆一体机。其中清洗除尘机 4、脱水输送设备 5、汽蒸螺旋输送机 6、搅拌浸渍仓 9 属湿法预浸。

[0027] 其中的切料机可以是刀辊式切草机、盘式削片机或切苇机等。

[0028] 其中的锤丝筛选除尘机可以在是羊角除尘机、双锥除尘机、旋风分离机的结构基础上增加锤打机构组成的,还可以选用多功能分丝筛选除尘一体机。本多功能分丝筛选除尘一体机的构成如图 3 和图 4 所示:由进料口 31 至出料口 32 的机壳内的隧道通道中平行横置转动支撑有的若干道轴辊 30,在本实施例中设置有八道轴辊,轴辊 30 上方的筛板与上部机壳之间构成集尘腔 33,集尘腔 33 连通负压机构。轴辊 30 表面上均匀固定设置有若干数量的销刺 34,穿插分布于销刺 4 中间均匀设置有铰接在轴辊 30 上的锤刀 35,所述的销刺 34 的顶端可以是尖刺,也可以是圆钝顶端。轴辊 30 下方设有下筛板 36,下筛板 36 具有与轴辊销刺 34 和锤刀 35 最大边缘圆形轨迹间距设置的弧面,弧面上设置有若干道与销刺 34 和锤刀 35 呈剪切配合的底刀 37。从进料口 31 向出料口 32 方向各轴辊转速依次递进升高高速旋转。原料被一道道轴辊推进,被各道轴辊 30 的锤刀 35、销刺 34 和底刀 37 作用被破碎、剪丝、锤打、分离,轻质的泥灰、叶碎沫等由上部的集尘腔 33 负压吸走,大块的硬节、髓、渣、石块等通过筛板的筛孔落入集渣室 38 中并排出机外,最终由出料口 32 输出的是洁净、尺寸均一的长丝状粗纤维束。

[0029] 所述的清洗除尘机 4 可以选用鼓式水洗机、水力洗料机,最好选用多辊式砂石金属收集器。

[0030] 所述的挤裂机,可以是螺旋挤压撕裂机、双螺旋磨浆机、搓磨分丝机、双螺杆辊式磨浆机,本实施系统中选用的是挤裂浸渍机,如图 5 至图 10 所示,主体结构包括机壳,机壳由上、下两半机壳 84、85 对扣固定构成,机壳内转动支撑设置有两平行轴辊 80a、80b,进料口 86 和出料口 87 分别设置在轴辊两端上、下侧向。轴辊轴向上按不同顺序或数量排列组合有工作区段一或工作区段二或工作区段三。工作区段一由进料螺旋段和碾压段 A2 构成,碾压段 A1 是轴向的多道碾压盘 81 叠置组成,碾压盘 81 为带有碾压弧曲轮廓的凸轮,多道碾压盘依次在径向上交错设置构成碾压段,且从进料向出料方向,多道碾压盘的径向交错角度是由大逐渐缩小设置;工作区段二由进料螺旋段 B1 和啮齿盘段 B2 构成,啮齿盘 82 为

多槽式槽轮,啮齿盘 82 的各环齿上均匀开设有若干斜槽 83,斜槽 83 的高度与啮齿盘 82 的齿高相同,其槽口呈矩形,且与轴辊轴线呈 $15 \sim 25^\circ$ 的夹角;工作区段三由进料螺旋段 C1 和反向螺旋段 C2 构成,反向螺旋段的反向螺纹齿 88 上均匀设置有若干斜槽 89,斜槽 89 的高度与反向螺纹齿 88 的齿高相同,其槽口呈矩形,且与轴线呈 $30 \sim 45^\circ$ 夹角。原料由汽蒸螺旋输送机 6 送入本挤裂浸渍机,两轴辊啮合实施物理挤压,将原料撕裂成丝状,同时释放的热量使机内温度大幅度升高并产生蒸发气体,原料细胞壁挤压裂开,纤维内部的水份、空气及非纤维成分,如木素、果胶、单宁、杂细胞、灰份、树脂等物质被一定量挤压出来,由机内筛网筛出排掉,原料被极度挤压成丝绒状,浸渍药剂由各工作区段末端的加药剂口或蒸汽入口 84a 加入机内,物料如同极度压缩的海棉一样将药液迅速浸渍到纤维内部直至细胞壁内,使纤维原料得到了快速渗透作用反应。

[0031] 所述的搅拌浸渍仓可以是水力碎浆机、水力洗草机,最好选用水力搅拌浸渍机。

[0032] 所述的高浓蒸煮漂白制浆一体机,它是具有封闭夹层 A 的封闭卧式制浆罐,具有以水平中线为轴线的旋转驱动机构,制浆罐两侧经轴承 150 转动设置,其中央套装有大齿轮 30,经蜗轮蜗杆驱动转动。制浆罐上方中部设置进料管 100,进料管 100 的制浆罐内部分设有管口朝向两侧向的三通 170,浆料由三通 170 向两侧涌入制浆罐,在制浆罐内的分布较为均匀,制浆罐下方设有多个排液口 80,铺设在制浆罐下方设有筛板 B,被滤除的液质由排液口 80 排出制浆罐;制浆罐一侧端下部设置有管口侧向设置的出料管 90,在制浆结束后,罐内已蓄积了相当的富氧气压,该气压主动推动成浆料向外喷放,达到了顺畅泄料的技术目的。制浆罐内贯穿轴向由支撑管 120 支撑设置有药液管 101,药液管 101 上均布有小孔。制浆罐罐壁上固定设置有拨料片 110,在制浆罐旋转中加强均匀搅拌混合效果。制浆罐一端轴线位置设有多个路旋转阀,如图 3 和图 4 所示,多路旋转阀包括有旋转密封配合的阀体 41 和旋转阀芯 42 构成,阀芯 42 固定在制浆罐上,由阀芯中央贯通的药液腔道 43 与制浆罐内药液管 101 连通,阀芯 42 内与药液通道平行还设有热源引入腔道 44 和引出腔道 45 以及压缩空气引入腔道和引出腔道、冷源引入腔道和引出腔道,阀体 41 与阀芯 42 转动配合的阀壁上设有热源引入环槽 144 和引出环槽 145 以及压缩空气引入环槽 140 和引出环槽 141、冷源引入环槽和引出环槽,各腔道分别与相应的环槽对应连通,阀体 41 上设有与各环槽相通的外接管路,热源或冷源外接管路 46 依次经热源引入腔道 44 或冷源引入腔道、输入管 50、制浆罐夹层 A、回管 60、热源引出腔道 45 或冷源引出腔道、外接管路 47 构成蒸煮加热或冷却通路。

[0033] 高浓蒸煮漂白制浆一体机排料口连通至浆仓 12,浆仓泵管连接浓缩脱水机 14,所述的浓缩脱水机为单双螺旋挤浆机、带式压滤机、双辊挤浆机、螺旋压榨机等浓缩脱水设备,实施压榨纸浆脱中段废水操作,其出料浓度控制在 25-30%,其废水提取率 $\geq 90\%$ 。由输送设备输送至高中浓磨浆机,稀释、低浓磨浆机、筛选、浆料压榨浓缩机输出浓度为 25-30%的商品浆。

[0034] 本发明申请公开的高得率环保造纸制浆工艺方法,包括有原料预处理段、物理丝化浸渍处理段、浸蒸漂三段一体制浆段和浓缩脱水处理段,以下各药剂组成的百分比为占植物原料重量的百分量;

[0035] ①、原料预处理段:植物原料经切断并锤打丝化,在除去泥砂和渣物同时添加软化润胀原料的预浸药液,在温度为 $60 \sim 80^\circ\text{C}$ 下浸渍 5-10 分钟,清洗原料中的残留泥砂、碎

屑,其后脱水,汽蒸软化原料 5-10 分钟;所述的预浸药液包括有十二烷基苯磺酸钠 0.02 ~ 0.08%、氢氧化钠 0.3 ~ 0.8%、螯合剂 0.25 ~ 0.6%、渗透剂脂肪醇聚氧乙烯醚 JFC 0.025 ~ 0.1%;所述的螯合剂为 EDTA 或 DTPA 中任意之一;

[0036] ②、物理丝化浸渍处理段:将经①段处理原料送入挤裂机,实施物理强力挤碾、撕裂、搓揉为绒丝状,于挤裂机工作区段末端加入浸渍药剂,在浸渍容器中搅拌浸渍,使药剂充分浸渍于纤维内部;所述的浸渍药剂包括有十二烷基苯磺酸钠 0.02 ~ 0.15%、氢氧化钠 2 ~ 3.5%、螯合剂 0.15 ~ 0.35%,所述的螯合剂为 EDTA 或 DTPA 中任意之一;

[0037] ③、浸蒸漂三段一体制浆段:将②段浸渍原料送入高浓蒸煮漂白制浆一体机,滤网滤除去②段原料的液质成份,在同一制浆容器内依次实施熟化、蒸漂反应和漂白反应;熟化时段:由一体机内中央贯穿药液管加入熟化药剂,在 80-100℃温度和 0.1-0.3MPa 的压力条件下熟化 60-90 分钟;蒸漂反应时段为氧漂脱木质素反应时段:由药液管加入蒸漂药剂,再由药液管通入氧气,在 80-100℃温度和 0.3-0.5MPa 的压力条件下蒸漂反应 30-90 分钟;漂白反应时段,需分二-四个时段由药液管陆续加入氧漂药剂,保持 0.3-0.5MPa 氧气压力、在 70-90℃温度条件下漂白反应 30-60 分钟,最后由一体机空间内积蓄的富氧气压作用排放浆料;所述的熟化药剂包括有氢氧化钠 1.5 ~ 3%、硫酸镁 0.1 ~ 0.5%、硅酸钠 1 ~ 3.5%、亚硫酸钠 0.5 ~ 1.5%、氧漂剂 0.5 ~ 1.5%;所述的蒸漂药剂包括螯合剂 0.25 ~ 0.6%、氢氧化钠 1 ~ 3%、硫酸镁 0.2 ~ 1%、硅酸钠 1.5 ~ 3.5%、氧漂剂 2 ~ 4%;所述的氧漂药剂包括硫酸镁 0.1 ~ 0.5%、硅酸钠 2 ~ 6%、氧漂剂 3 ~ 5%;其中的氧漂剂为过碳酸钠、过氧化钠、过氧化氢、过氧化尿素、过醋酸中的至少一种;

[0038] ④、浓缩脱水处理段:由脱水浓缩设备压榨脱水,再经磨浆、筛选、净化,得商品浆。

[0039] 以下将结合具体实施例,对前述技术方案给以展开和详细说明,但本发明专利申请的技术方案并不受下面实施例局限。

[0040] 实施例 1

[0041] 原料:稻、麦草

[0042] 原料通过刀辊式切草机切草进入分丝筛选除尘一体机中,筛选出的废渣屑送至废渣生物质气化系统,如图 1 的虚线框结构所示,已碎丝处理的原料送入多辊式砂石金属收集机,加入预浸药剂,预浸药剂包括有十二烷基苯磺酸钠 0.05%、渗透剂脂肪醇聚氧乙烯醚 JFC 0.05%、氢氧化钠 0.5%、DTPA 0.5%,液比 1 : 20,通过多辊拨料片和水流的作用,原料经过预洗涤,洗涤、浸渍温度为 75℃,加速渗透,润胀原料纤维,将原料中夹带的大块砂石或金属杂物等比重大的异物清除,落入底部集渣罐中定时排出机外,洗涤原料由水流的作用自流至斜螺旋脱水机中,原料由底部向上输送靠重力作用,原料中夹杂的游离水自螺旋筛孔排出,原料脱水后经汽蒸螺旋机送入挤裂浸渍机中,汽蒸温度 100℃,经挤裂浸渍机的挤压撕裂和浸渍药液的浸渍处理,原料转变为粗纤维,所述的浸渍药剂包括十二烷基苯磺酸钠 0.05%、氢氧化钠 3%、DTPA 0.2%,按输送浓度 6% 计算其液比,经水力预浸机及原料泵管输送至高浓蒸煮漂白制浆一体机中,由水力预浸机的浸渍药液作为输送载体,温度 70℃,输送浓度 6%,向高浓蒸煮漂白制浆一体机加料的同时浸渍药液滤出回流水力预浸机中循环使用,其后加入熟化药剂,温度为 100℃、压力为 0.2MPa、反应时间为 60 分钟;由药液管加入蒸漂药剂及氧气,保持氧压为 0.35MPa、反应温度为 80℃,反应时间为 60min,然后再分二-四段由药液管陆续加入氧漂药剂,温度为 80℃,反应时间为 60min,漂白结束后由

排料口将浆料喷入至浆仓,上述的熟化药剂包含硫酸镁 0.5%,亚硫酸钠 1.5%,氢氧化钠 3%,过碳酸钠 1.5%,硅酸钠 2.5%;蒸漂药剂包括氢氧化钠 2.5%,硫酸镁 0.5%,硅酸钠 3%,过氧化氢 4%;氧漂药剂包含硅酸钠 4%,硫酸镁 0.5%,过氧化氢 4%,过氧化尿素 1%。

[0043] 喷放出的浆料通过螺旋挤浆机压榨脱水后通过螺旋输送机送入串联的两台高中浓度磨浆机依次打浆,打浆浓度 25%,磨后浆料自流落入消潜池 10 消潜处理,再通过浆泵送至压力筛进行筛选,良浆被送入带式压滤机,通过压滤脱水,得到浓度 25-30%湿状商品纸浆,也可送入造纸机系统调浆上网抄纸,压力筛选过程中的渣浆被重新送入磨浆系统重新打浆。

[0044] 漂后喷放出的浆料通过螺旋挤浆机脱出的漂后废残液,其中一部分经简易沉淀过滤后回用于湿法预浸,用做洗料预浸水及浆仓循环稀释水,剩下的大部分的中段废水和脱水输送设备 5 的脱除水共同送入废水处理再利用系统中,经粗格栅过滤、气浮池沉淀、絮凝、气浮、经滤筛、初沉池、调节预酸化池、IC 厌氧反应器、好氧瀑气池和二沉池,输出的处理水回用于制浆系统中。

[0045] 在切草、分丝筛选除尘过程中筛出的碎细废料渣屑、湿法预浸排出的杂物、挤裂浸渍机排出有机物质以及废水处理再利用系统中的沉淀物、高浓度压滤污泥等废渣,通过双辊混合器的充分混合,依次送入生物质燃料仓、生物质气化炉系统,产生生物质燃气贮存于贮气罐内,通过燃气发电机系统产生电能回用于系统设备中使用,还可以燃烧放热应用。

[0046] 实施例 2

[0047] 原料:芦苇

[0048] 原料通过盘式削片机切料,进入多功能分丝筛选除尘一体机中,筛选出的废料渣屑至废渣生物质气化系统,已碎丝处理的原料送入多辊式砂石金属收集机中,加入预浸药剂,预浸药剂包括十二烷基苯磺酸钠 0.05%、渗透剂脂肪醇聚氧乙烯醚 JFC0.05%、氢氧化钠 0.5%、DTPA0.5%,液比 1:20,通过多辊拨料片和水流的作用,原料经过预洗涤,洗涤、浸渍温度为 75℃,加速渗透,润胀原料纤维,将原料中夹带的大块砂石或金属杂物等比重大的异物清除,落入底部集渣罐中定时排出机外,洗涤原料由水流的作用自流至斜螺旋脱水机中,原料由底部向上输送靠重力作用,原料中夹杂的游离水自螺旋筛孔排出,原料脱水后通过汽蒸螺旋送入挤裂浸渍机中,汽蒸温度 100℃,经挤裂浸渍机的挤压撕裂和浸渍药液的浸渍处理,原料转变为粗纤维,浸渍药剂包括十二烷基苯磺酸钠 0.05%、氢氧化钠 3%、DTPA0.2%,按输送浓度 6%计算其液比,经水力预浸机及原料泵输送至至高浓蒸煮漂白制浆一体机中,水力预浸机使用浸渍药液作为输送载体,温度为 70℃,向高浓蒸煮漂白制浆一体机加料的同时滤出浸渍药液自流回水力预浸机中循环使用,其后加入熟化药剂,温度为 100℃、压力 0.3MPa、反应时间 60 分钟,其后由药液管加入蒸漂药剂及氧气,保持氧压为 0.5MPa,反应温度为 80℃、反应时间为 60 分钟,再分二-四段由药液管陆续加入氧漂药剂,反应温度为 90℃、反应时间为 60 分钟,漂白结束后由排料口将浆料喷入至浆仓,其中熟化药剂包含硫酸镁 0.5%,亚硫酸钠 1.5%,氢氧化钠 3%,过碳酸钠 2%,硅酸钠 2.5%;蒸漂药剂包含氢氧化钠 3%,硫酸镁 0.5%,硅酸钠 3%,过氧化氢 4%;氧漂药剂包含硅酸钠 5%,硫酸镁 0.5%,过氧化氢 4%,过氧化尿素 1%。

[0049] 喷放出的浆料通过螺旋挤浆机压榨脱水后通过螺旋输送机送入串联的两台高中

浓度磨浆机依次打浆,高浓打浆后浆料自流落入消潜池消潜处理,再泵送至 1 台 DFSP 锥平式双盘磨浆机精磨,磨浆浓度 3.5%,再送入压力筛进行筛选,良浆被送入带式压滤机,通过压滤脱水,得到浓度 25-30%湿状商品纸浆。压力筛选过程中的渣浆被重新回流送入 DFSP 磨浆机重新精磨打浆。

[0050] 漂后喷出的浆料通过螺旋挤浆机脱出的漂后废残液,其中一部分经简易沉淀过滤后回用于湿法预浸,用做洗料预浸水及浆仓循环稀释水,剩下的大部分的中段废水和脱水输送设备 5 的脱除水共同送入废水处理再利用系统中,经粗格栅过滤、气浮池沉淀、絮凝、气浮、经滤筛、初沉池、调节预酸化池、IC 厌氧反应器、好氧曝气池和二沉池,输出的处理水回用于制浆系统中。

[0051] 在切草、分丝筛选除尘过程中筛出的碎细废料渣屑、湿法预浸排出的杂物、挤裂浸渍机排出有机物质以及废水处理再利用系统中的沉淀物、高浓度压滤污泥等废渣,通过双辊混合器的充分混合,依次送入生物质燃料仓、生物质气化炉系统,产生生物质燃气贮存于贮气罐内,通过燃气发电机系统产生电能回用于系统设备中使用,还可以燃烧放热应用。

[0052] 实施例 3

[0053] 原料:枸树木片

[0054] 原料通过削片机进入木片筛,合格木片通过皮带输送机送入多辊式砂石金属收集机中,加入预浸药剂,预浸药剂包括十二烷基苯磺酸钠 0.05%、渗透剂脂肪醇聚氧乙烯醚 JFC0.05%、氢氧化钠 0.5%、DTPA0.5%,液比 1:20,洗涤、浸渍温度为 80℃,加速渗透,润胀原料纤维,通过多辊拨料片和水流的作用,原料经过预洗涤,将原料中夹带的大块砂石或金属杂物等比重大的异物清除,落入底部集渣罐中定时排出机外,洗涤原料在水流的作用下自流至斜螺旋脱水机中,原料由底部向上输送靠重力作用,原料中夹杂的游离水自螺旋筛孔排出,原料脱水后通过汽蒸螺旋送入挤裂浸渍机中,汽蒸温度 100℃,送入挤裂浸渍机的挤压撕裂作用和浸渍药液的浸渍处理,原料转变为粗纤维,其浸渍药剂包括十二烷基苯磺酸钠 0.05%、氢氧化钠 3%、DTPA0.2%,经水力预浸机泵送至高浓蒸煮漂白制浆一体机中,水力预浸机使用浸渍药液作为输送载体,输送浓度 6%,温度 70℃,向高浓蒸煮漂白制浆一体机加料的同时滤出的浸渍药液自流回水力预浸机中循环使用,其后加入熟化药剂,温度为 100℃、压力 0.3MPa、反应时间 70min,再由药液管加入蒸漂药剂和氧气,保持氧压为 0.5MPa、反应温度为 90℃,反应时间为 80 分钟,再二-四段由药液管陆续加入氧漂药剂,反应温度为 90℃、反应时间为 80 分钟,漂白结束后由排料口将浆料喷入至浆仓,其中熟化药剂包含硫酸镁 0.5%,亚硫酸钠 1.5%,氢氧化钠 3%,过碳酸钠 2%,硅酸钠 2.5%;蒸漂药剂包含氢氧化钠 3%,硫酸镁 0.5%,硅酸钠 3%,过氧化氢 4%;氧漂药剂包含硅酸钠 5%,硫酸镁 0.5%,过氧化氢 3.5%,过氧化尿素 1.5%。

[0055] 喷放出的浆料通过螺旋挤浆机压榨脱水后通过螺旋输送机送入串联两台高中浓度磨浆机依次打浆,高浓打浆后浆料自流落入消潜池消潜处理,再通过浆泵送至 2 台 DFSP 锥平式双盘磨浆机精磨,磨浆浓度 3.5%,再进入压力筛进行筛选,良浆被送入带式压滤机,通过压滤脱水,得到浓度 25-30%湿状商品纸浆。压力筛选过程中的渣浆被重新回流送入 DFSP 磨浆机重新精磨打浆。

[0056] 漂后喷放出的浆料通过螺旋挤浆机脱出的漂后废残液,其中一部分经简易沉淀过

滤后回用于湿法预浸,用做洗料预浸水及喷放浆仓循环稀释水,剩下的大部分的中段废水和脱水输送设备 5 脱除水共同送入废水处理再利用系统中,经粗格栅过滤、气浮池沉淀、絮凝、气浮、经滤筛、初沉池、调节预酸化池、IC 厌氧反应器、好氧曝气池和二沉池,输出的处理水回用于制浆系统中。

[0057] 在切草、分丝筛选除尘过程中筛出的碎细废料渣屑、湿法预浸排出的杂物、挤裂浸渍机排出有机物质以及废水处理再利用系统过程中的沉淀物、高浓度压滤污泥等废渣,通过双辊混合器的充分混合,依次送入生物质燃料仓、生物质气化炉系统,产生生物质燃气贮存于贮气罐内,通过燃气发电机系统产生电能回用于系统设备中使用,还可以燃烧放热应用。

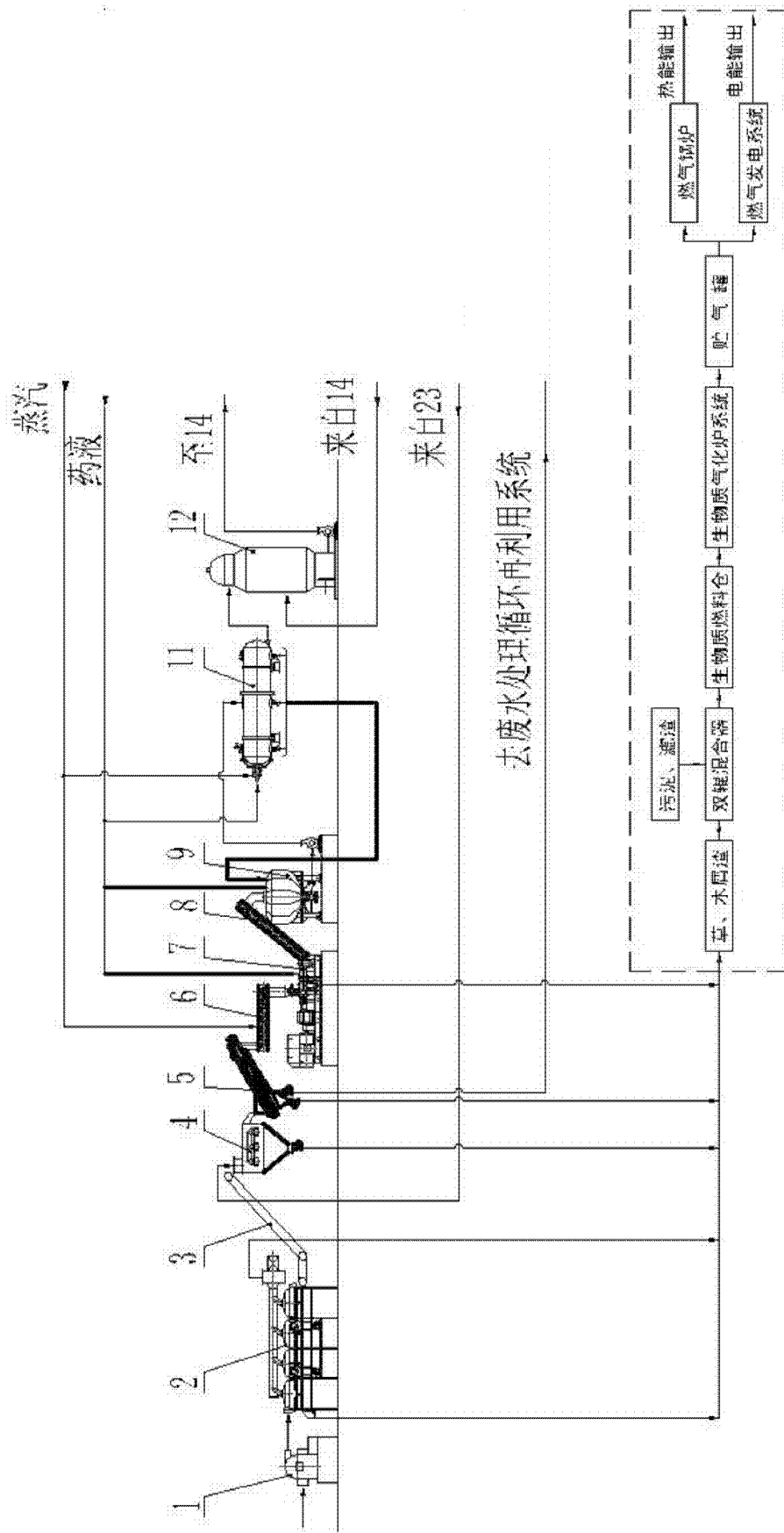


图 1

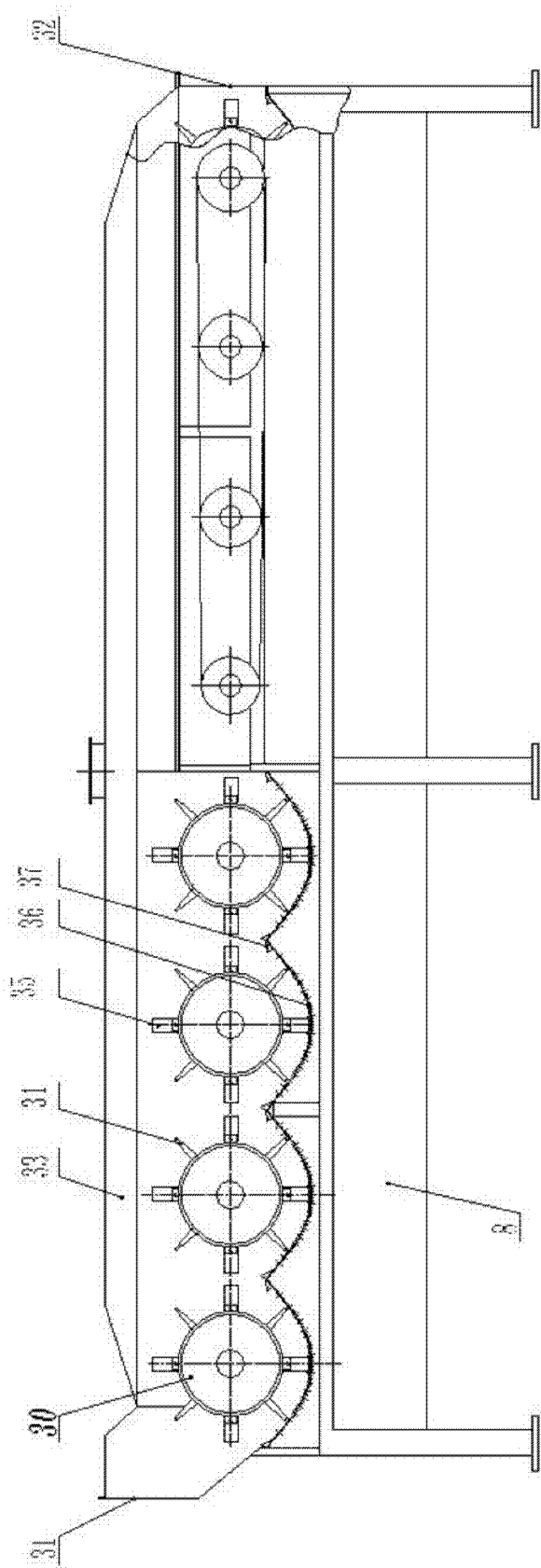


图 3

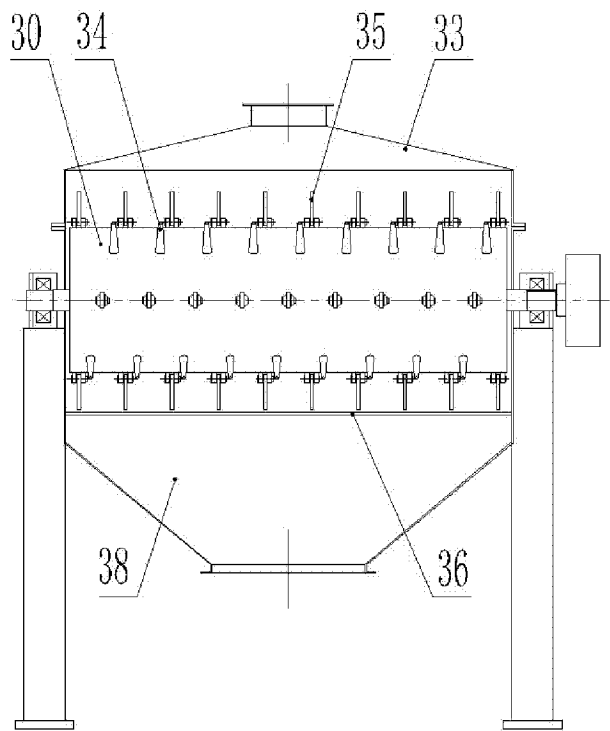


图 4

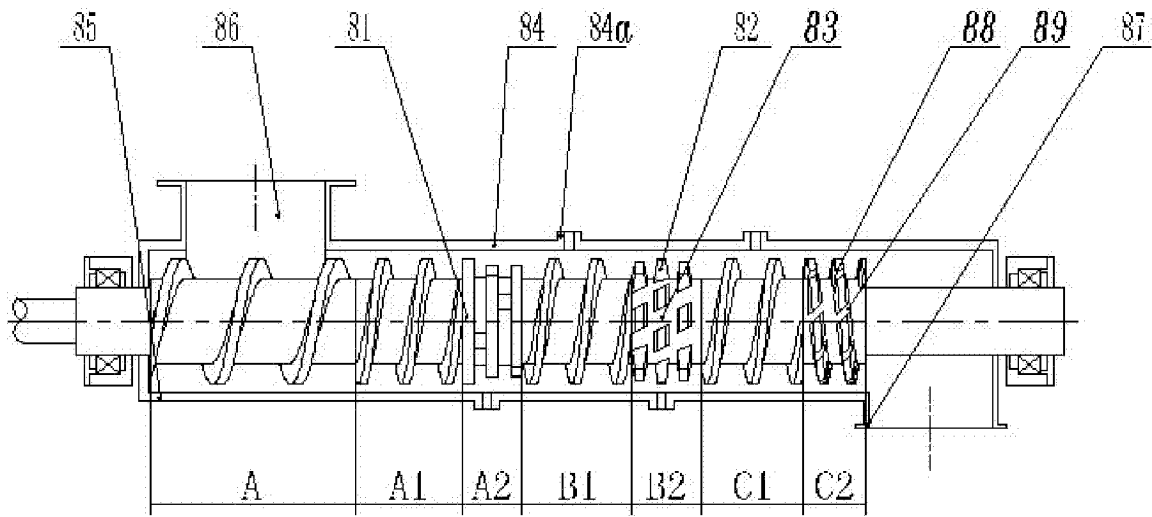


图 5

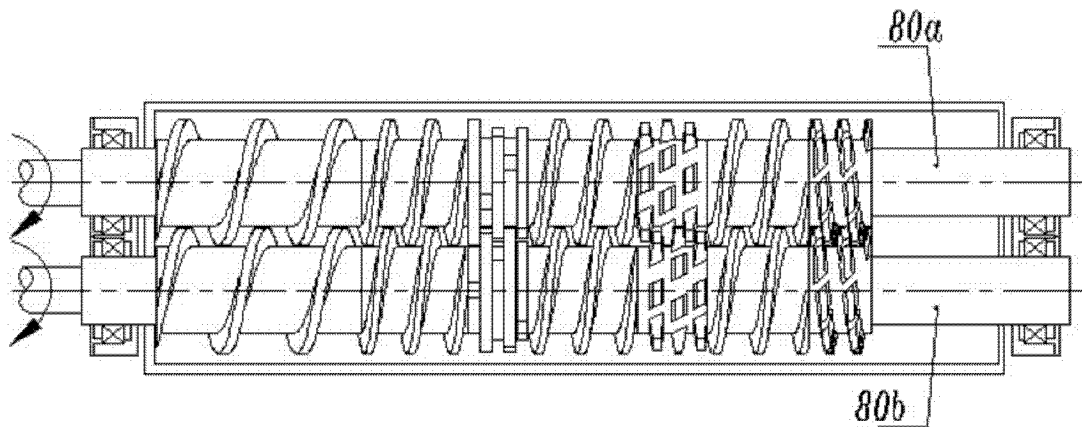


图 6

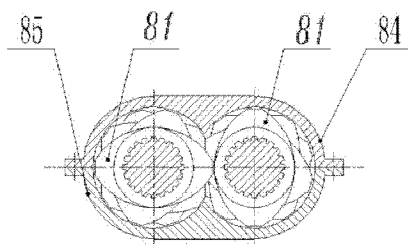


图 7

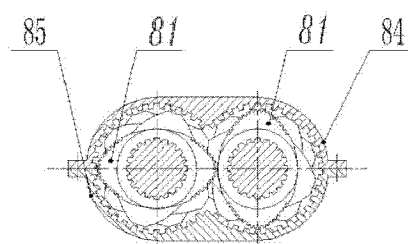


图 8

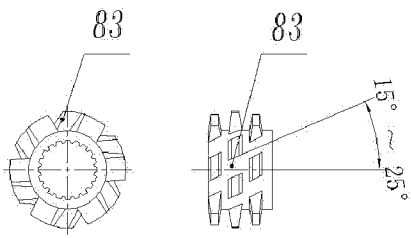


图 9

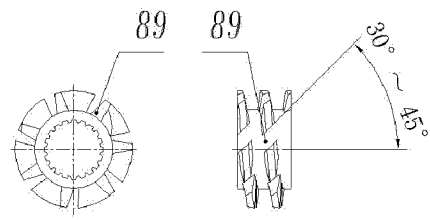


图 10

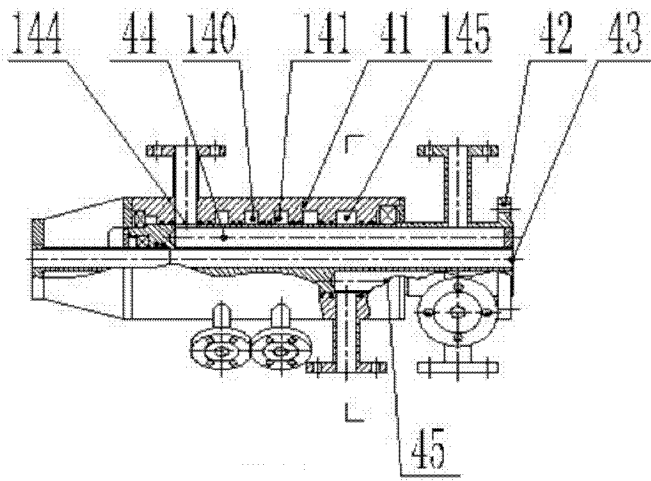


图 12

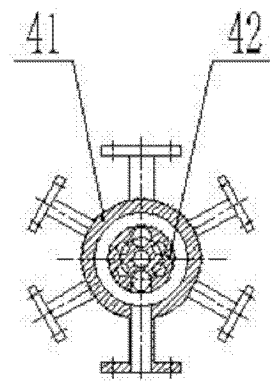


图 13

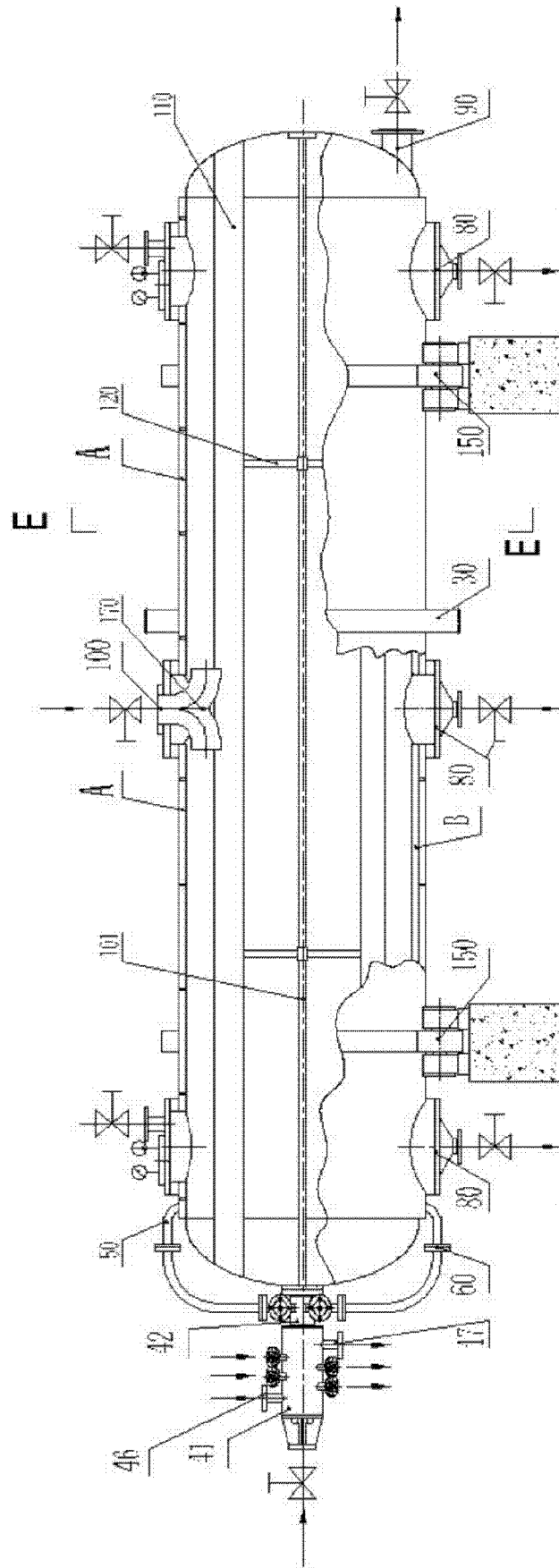


图 11