

附件 2

环 境 保 护 技 术 文 件

造 纸 行 业 非 木 材 制 浆 工 艺

污 染 防 治 可 行 技 术 指 南 (试 行)

**Guideline on Available Technologies of Pollution Prevention and Control for
Non-Wood Pulping Process of Pulp and Paper Industry (on Trial)**

环 境 保 护 部 发 布

前 言

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》，防治环境污染，完善环保技术工作体系，特制定本指南。

本指南以当前技术发展和应用状况为依据，可作为非木材制浆污染防治工作的参考技术资料。

本指南由环境保护部科技标准司提出并组织制定。

本指南起草单位：山东省环境保护科学研究设计院、中国制浆造纸研究院、山东轻工业学院、山东泉林纸业有限公司、中国环境科学研究院。

本指南由环境保护部解释。

1 总则

1.1 适用范围

本指南适用于以麦草、芦苇、蔗渣等非木材为主要原料，采用化学法工艺制浆的企业，采用其他工艺制浆的企业可参照采用。

1.2 术语和定义

1.2.1 非木材制浆企业

指以麦草、芦苇、蔗渣等非木材为主要原料进行制浆生产的企业。

1.2.2 化学法工艺制浆

是指采用化学方法，尽可能多的去除植物纤维原料中使纤维粘合在一起的胞间层木素，使纤维细胞分离或易于分离，而成为纸浆的过程。

2 生产工艺及污染物排放

2.1 生产工艺及产污环节

以麦草、芦苇、蔗渣等非木材为主要原料的制浆工艺主要采用化学法，化学法制浆工艺主要包括烧碱法制浆、硫酸盐法制浆及亚硫酸盐法制浆。非木材化学法制浆工艺流程基本相同，通常为：非木材原料经过备料后，进入蒸煮设备进行蒸煮，非木材原料在高温蒸煮药液的作用下分离溶出木素，所得纸浆通过洗涤筛选工段净化后，获得质量较好的本色浆，如需得到白度较高的纸浆，还需进行漂白处理。非木材制浆工艺生产流程及产污环节见图 1。

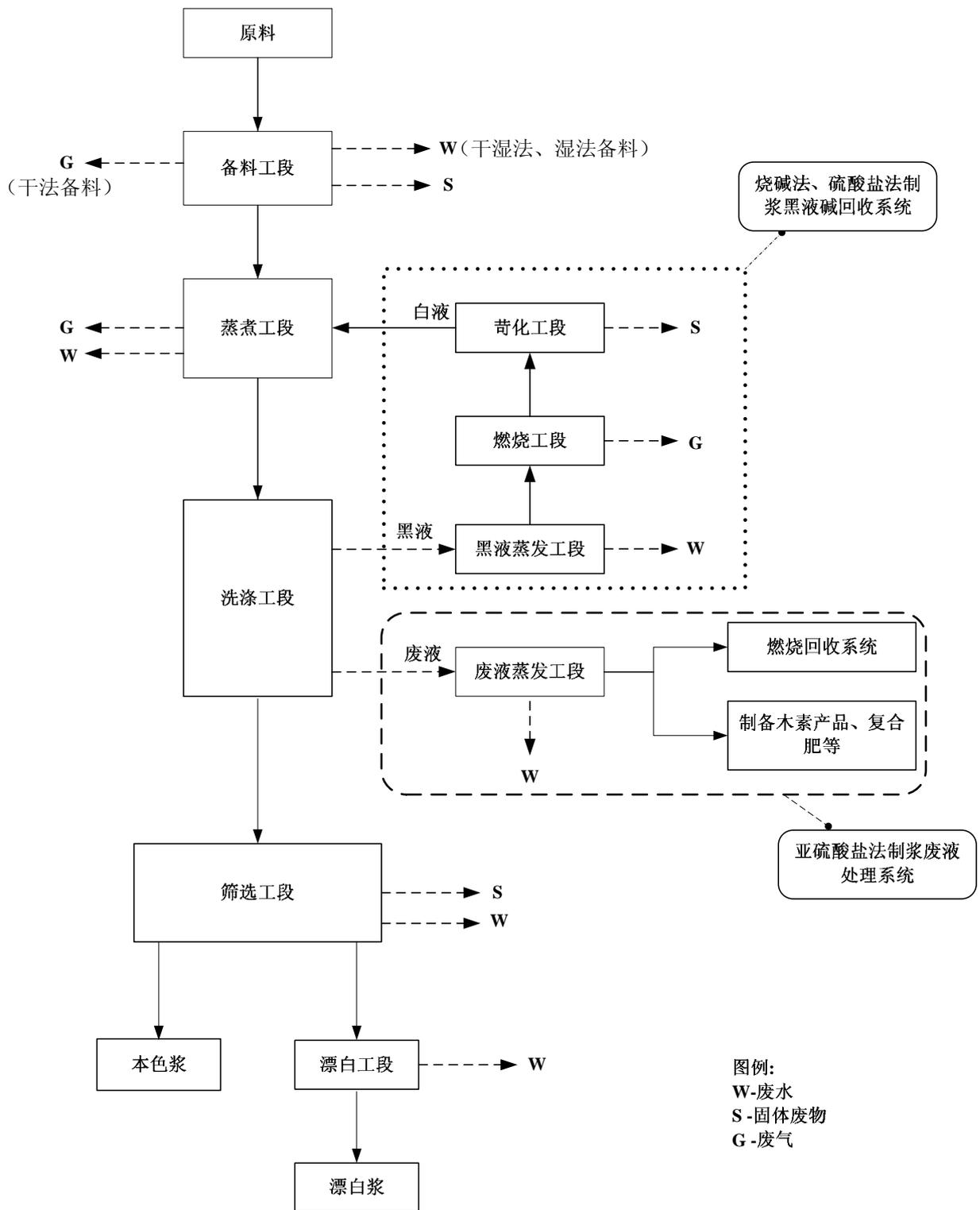


图 1 非木材制浆生产工艺流程及产污环节

2.2 污染物排放

2.2.1 水污染

非木材制浆工艺水污染排放主要来源于：备料工段产生的备料废水（干湿法、湿法）、洗涤工段提取的蒸煮废液、洗选漂后的废水以及污冷凝水等。

备料废水的主要污染物为有机污染物、固体悬浮物等。

蒸煮废液是非木材制浆工艺的主要污染源，产生的污染物质约为制浆全过程污染物总量的 90%以上。蒸煮废液中污染物的大部分经过洗涤工段被提取出来，其中碱法制浆洗涤提取的制浆废液称为黑液，主要污染物为高浓度有机污染物、固体悬浮物等。

洗选漂后的废水通常也称为中段废水，主要污染物为有机污染物、固体悬浮物等，含氯漂白工艺还会产生一定量的含二噁英在内的可吸附有机卤化物（AOX）。

污冷凝水主要来自制浆废液的蒸发系统、蒸煮废气热回收系统以及碱回收系统等。其中，碱回收系统的二次蒸汽污冷凝水中含有甲醇、硫化物，有时还含有少量黑液。蒸煮系统及热回收系统产生的污冷凝水的成分与蒸煮工艺有关。烧碱法蒸煮过程中产生的污冷凝水，主要含有萘烯化合物、甲醇、乙醇、丙酮、丁酮及糠醛等污染物；硫酸盐法制浆过程中产生的污冷凝水除含上述成分外，还含有硫化氢及有机硫化物。亚硫酸盐法制浆废液蒸发产生的污冷凝水，主要成分是乙酸、甲醇和糠醛等。

2.2.2 固体废物污染

非木材制浆工艺固体废物主要来源于备料工段产生的废渣、尘土，筛选工段产生的废浆渣以及碱回收工段产生的绿泥和白泥等。

2.2.3 大气污染

非木材制浆工艺大气污染主要来源于蒸煮工段产生的蒸煮废气及碱回收炉（或废液燃烧炉）产生的废气等。

其中，烧碱法和亚硫酸盐法蒸煮工段（间歇式蒸煮）产生的废气，主要污染物是高温废气，铵盐基亚硫酸盐法非木材制浆蒸煮工段有恶臭气体排放。硫酸盐法蒸煮工段排放的主要大气污染物是臭气，主要成分为硫化氢(H₂S)、甲硫醇(CH₃SH)、甲硫醚(CH₃SCH₃)、二甲二硫醚(CH₃SSCH₃)等。

烧碱法制浆工艺碱回收炉中产生少量的二氧化硫和粉尘，通常不做处理；硫酸盐法制浆工艺碱回收炉中产生的废气主要以二氧化硫为主。亚硫酸盐法制浆工艺废液燃烧炉产生的废气也主要是以二氧化硫为主。

2.2.4 噪声污染

非木材制浆产生的噪声分为机械噪声和空气动力性噪声，主要噪声源包括切草机、疏解磨、压力筛、空压机以及各类浆泵、水泵、污泥泵等。

表 1 非木材制浆工艺主要污染物及来源

工序	水污染物				固体废物			大气污染物				噪声
	蒸煮黑液/废液	备料废水	中段废水	污冷凝水	废渣及尘土	污泥	白泥	TRS 臭气	二氧化硫废气	高温废气	粉尘	
备料工段		● (干湿法、湿法)			●						● (干法)	●
蒸煮工段				●				● (硫酸盐法)		● (间歇蒸煮)		●
洗涤工段	●		●					● (硫酸盐法)				●
筛选工段			●		●							●
漂白工段			●					● (硫酸盐法)				●
黑液碱回收工段 (烧碱法、硫酸盐法)	蒸发工段			●				● (硫酸盐法)				●
	燃烧工段								●		●	●
	苛化工段						●					●
制浆废液处理工段 (亚硫酸盐法)	蒸发工段			●								●
	燃烧工段								●		●	●
废水处理工段						●						●

3 非木材制浆工艺污染防治技术

3.1 工艺过程污染预防技术

3.1.1 备料技术

3.1.1.1 干湿法备料技术

干湿法备料技术是指将麦草原料经切草机切断，除尘机除尘后，再经碎解、洗涤处理，合格的草片经脱水后，通过螺旋喂料器送去蒸煮工段蒸煮。

该技术可较好地解决干法备料存在的飞尘问题，改善工作环境；除杂率高，净化效果好，减少蒸煮用碱量和漂白药品用量；所得纸浆得率高，强度好，滤水性好；有利于后续黑液的提取和碱回收。

该技术适用于以麦草、芦苇等为原料，后续工段采用连续式蒸煮工艺的制浆企业。

3.1.1.2 湿法堆存储备料技术

湿法堆存储备料技术是指蔗渣等原料经过除髓机除髓后，送到原料堆场进行湿法堆存（喷淋），合格原料经脱水后，送入蒸煮工段进行蒸煮。

该技术操作管理方便、损耗少、成本低、保存期长、可有效防止自燃事故；但会产生一定量的废水。

该技术适用于以蔗渣为原料的制浆企业。

3.1.1.3 干法备料技术

干法备料技术是指将原料场的麦草等原料直接通过刀辊式切草机进行切割，得到适合于蒸煮的麦草长度，再除去麦草中的尘土、麦穗、麦节等杂质后，送蒸煮工段进行蒸煮。

该技术流程简单、操作及运行费用较低，不产生备料废水；但切草机和除尘机密闭性较差，备料车间产生较多粉尘，影响人体健康。

该技术适用于采用间歇式蒸煮工艺的制浆企业。

3.1.2 蒸煮技术

3.1.2.1 间歇式蒸煮技术

间歇式蒸煮技术是指一次性进料，蒸煮结束后一次性出料，然后再进料的蒸煮过程，整个过程为间歇操作，通常选用蒸球作为蒸煮设备。

平均每吨风干浆消耗蒸汽约 3m^3 ，蒸煮过程化学品消耗与蒸煮工艺和原料有关，制浆过程还会产生部分高温蒸煮废气。

该技术所用的蒸球设备结构简单，操作灵活，节电，投资较小；但蒸球装锅量小，蒸煮不均匀，产浆量低。也有部分企业采用立锅来进行蒸煮，立锅装锅量大，操作复杂，投资大，且容易糊网，蒸煮不均匀。

该技术适用于年产 5 万吨以下的非木材制浆企业。

3.1.2.2 连续式蒸煮技术

连续式蒸煮技术是连续进料和连续出浆的蒸煮过程，多采用横管式连续蒸煮器。

平均每吨浆消耗蒸汽约 2.3m^3 。蒸煮过程化学品消耗与蒸煮工艺及原料有关。

该技术生产工艺参数稳定，产量高，成浆质量均一，自动化程度高，运行费用较低。

该技术适用于年产 5 万吨以上的非木材制浆企业，要求备料工段使用干湿法备料技术。

3.1.3 洗涤技术

3.1.3.1 多段逆流真空洗浆技术

多段逆流真空洗浆技术是通过多台真空洗浆机串联洗浆的一种方式。该技术除最后一台设备加入新鲜水进行洗涤外，其余各洗浆机均使用前段洗涤后的废液作为洗涤水。

黑液提取率通常大于 80%，剩余部分残留在纸浆中进入后续工段。

该技术可大大减少新鲜水的使用，使用时应结合后续漂白工艺进行设备配置和组合，适用于所有非木材制浆企业。

3.1.3.2 挤浆+多段逆流真空洗浆技术

挤浆+多段逆流真空洗浆技术是指在多段串联的逆流真空洗浆机之前增加挤浆工序。

该技术可有效提高黑液浓度，并在一定程度上提高黑液的提取率。

该技术中的挤浆工段应视具体工艺条件而设置，适用于所有非木材制浆企业。

3.1.4 筛选技术

3.1.4.1 封闭筛选技术

封闭筛选技术是指通常在三段或四段真空洗浆机后增加两段压力筛，对浆料进行封闭式筛选，最后一段真空洗浆机既是黑液提取的洗涤设备，又是筛选的过滤浓缩设备。

该技术工艺流程简单，占地面积小，筛选效率高，成浆质量好，且无废水排放。

该技术适用于所有非木材制浆企业。

3.1.5 漂白技术

3.1.5.1 无单质氯漂白技术（ECF）

无单质氯漂白技术是指采用二氧化氯作为主要漂白剂的漂白工艺。

该技术可大大减少废水中可吸附有机卤化物（包括二噁英）的产生，并可减少废水的排放。

漂白后纸浆的白度高，返黄少，浆的强度好；但二氧化氯须就地制备，生产成本较高，对设备的耐腐蚀性要求高。

3.1.5.2 全无氯漂白技术（TCF）

全无氯漂白技术是指不使用任何含氯漂剂，用双氧水、臭氧及过氧醋酸等含氧化学药品进行漂白的技术。

该技术不产生可吸附有机卤化物，并可杜绝漂白段二噁英的产生，同时可减少废水的排放。

全无氯漂白技术成本更高，生产的纸浆白度相对较低。该技术适用于低卡伯值纸浆的漂白，通常要求配套氧脱木素工艺。

3.1.5.3 本色制浆

本色制浆是指不进行漂白处理的制浆方式。

该技术可从根本上避免因漂白导致的可吸附有机卤化物（包括二噁英）的产生，同时减少废水的产生。

该技术适用于生产本色纸浆的制浆企业。

3.1.5.4 低白度漂白技术

低白度漂白技术是指通过减少漂白剂的用量，得到白度较低纸浆的技术。

采用低白度漂白技术可减少可吸附有机卤化物（包括二噁英）的产生，并可减少新鲜水的使用。

3.1.6 黑液碱回收技术（碱法）

黑液碱回收技术是采用燃烧法将制浆车间洗浆工段送来的浓黑液经多效蒸发浓缩，使黑液浓度提高到 40%以上，再经圆盘蒸发器进一步浓缩后（黑液浓度到 45%以上），送入燃烧炉进行燃烧，回收烧碱和热能，然后进行苛化分离，苛化度达到 85%，最后将清洁的烧碱回收至蒸煮工段循环使用。由于非木材原料中含硅较木材原料高，对碱回收的顺利运行具有一定制约，因此，一般要在黑液中加入一定比例的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，可起到较好的除硅效果。

该技术可以有效处理制浆过程中产生的绝大部分污染物，降低了中段水的污染负荷，并且回收了热量，碱回收率大于 75%。

该技术适用于年产 3.4 万吨以上的非木材碱法制浆企业。

3.1.7 制浆废液处理技术（亚硫酸盐法）

3.1.7.1 废液燃烧回收技术

该技术的工艺流程与黑液碱回收过程相似，包括废液蒸发工段、燃烧工段、回收热能和再生蒸煮液等。

镁盐基废液回收较容易，通常可回收 75%~88%的氧化镁和 65%~70%的二氧化硫，燃烧产生的废气回收后对外界影响很小。

该技术适用于镁盐基亚硫酸盐法非木材制浆企业。

3.1.7.2 木素产品的制备技术

制浆废液先通过发酵蒸馏分离后，进入蒸发工段进行浓缩，得到纯度较高的木素磺酸盐。根据不同用途，对木素磺酸盐进行改性，所得产品可以用作减水剂、化学灌浆材料、石油开采助剂等。

该技术基本不产生二次污染，运行工艺参数与具体的木素产品有关。

该技术适用于铵盐基亚硫酸盐法非木材制浆企业。

3.1.7.3 复合肥的制备技术

制浆废液先经过蒸发工段进行浓缩后，经喷浆造粒、冷却、筛分，生产合格颗粒肥料送去包装。提取后的废液浓度约 13%，经蒸发后浓度约 45%。喷粒干燥机热风炉产生的烟温约 550~660℃。喷浆造粒干燥机和冷却机会排出一定的粉尘，需配除尘器回收后，重新进行配料造粒。

该技术适用于铵盐基亚硫酸盐法制浆废液，并受作物生长季节的影响。

3.2 废水污染治理技术

3.2.1 一级处理技术

3.2.1.1 过滤技术

过滤技术是采用一定网目的过滤设施将废水中的细小纤维等 SS 分离出来，实现废水的初级净化。

该技术通常采用的设施为斜筛。

该技术适用于 SS 浓度较高废水的一级处理，操作简单，投资运行成本低。

3.2.1.2 重力沉降技术

重力沉降技术是借助重力作用，使密度比水大的悬浮物质从废水中沉降下来，从而实现与水分离。该技术常用的设备为沉淀池。

该技术成本低，但占地面积较大，适用于废水中悬浮物含量较高的废水的一级处理。

3.2.1.3 气浮技术

气浮技术是利用空气在一定的压力下溶解于水中产生高度分散的微小气泡来吸附水中的细小悬浮物，使其随气泡一起上浮到水面而加以分离的一种处理方法。该技术成本低，但占地面积较小，目前在一级处理应用比较广泛的是超效浅层气浮。

3.2.1.4 混凝沉淀技术

混凝沉淀技术是通过投加絮凝剂，使水体中的悬浮物胶体及分散颗粒在分子力的作用下生成絮状体沉淀从水体中分离。该技术可有效降低废水中悬浮物的浓度。常用的絮凝剂可分为无机和有机两大类。无机絮凝剂主要有铝盐和铁盐，如硫酸铝、硫酸亚铁和三氯化铁等。有机絮凝剂主要为人工合成的高分子物质，如聚丙烯酰胺和聚丙烯酸钠等。

该技术处理后的水质较好，可回用到洗浆和抄纸工段。

3.2.2 二级处理技术

3.2.2.1 厌氧处理技术

3.2.2.1.1 上流式厌氧污泥床（UASB）技术

上流式厌氧污泥床技术是指污水通过水泵提升到厌氧反应器的底部，使废水与高浓度的厌氧污泥充分接触和传质，将废水中的有机物降解，产生的沼气进入三相分离器内部通过管道排出，废水分离沉淀后排出，污泥则在分离区沉淀浓缩并回流到三相分离器的下部。

该技术具有容积负荷高、出水效果好等优点；但耐冲击力较差。

该技术通常要求进水硫酸根与 COD 的浓度比小于 1:10，且硫酸根浓度应小于 450mg/L。

3.2.2.1.2 内循环升流式厌氧技术

内循环升流式厌氧技术是一种高效的多级内循环反应器，技术的核心是借助反应器内所产沼气的提升作用实现内循环，达到强化过程传质、提高基质转化效率的作用。废水基质浓度愈大、沼气产生量愈大、内循环作用愈强、传质过程愈强烈、基质转化效率愈高。

该技术具有布水均匀、容积负荷高、抗冲击能力强，出水效果好、占地少的特点，特别适用于高浓度有机废水的处理。

3.2.2.2 好氧生物处理技术

好氧生物处理技术是指在有氧条件下，活性污泥吸附、吸收、氧化、降解废水中的有机污染物，一部分转化为无机物并提供微生物生长所需的能源，另一部分转化为微生物自身，通过沉降分离，从而使废水得到净化。

该技术适用于所有制浆企业中段废水的处理。

3.2.3 三级处理技术

3.2.3.1 化学絮凝技术

通常待处理废水中多为带有负电荷的胶体颗粒，当向废水中加入铝盐、铁盐及阳离子型聚合物时，它们的水解产物与废水中的胶体互相吸引或吸附，导致颗粒的相互聚集，从而破坏了胶体系统的稳定性而从废水中分离出来。

该技术需要加入大量的化学药品，同时也会产生金属盐含量很高的污泥。

3.2.3.2 高级氧化技术

高级氧化技术是利用亚铁离子作为过氧化氢的催化剂，在酸性条件下，反应过程中产生氢氧自由基($\cdot\text{OH}$)。氢氧自由基可使有机物发生碳链裂变，直到完全分解为无机物。同时，二价铁离子(Fe^{2+})被氧化为三价铁离子(Fe^{3+})，在一定条件下，生成氢氧化铁 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体，利用胶体的絮凝作用，去除废水中的悬浮物。

该技术会消耗一定量的酸和碱（用于废水的 pH 值调节）、双氧水及硫酸亚铁等化学药品，处理效率较高，可大大减少污染物的排放。

3.3 固体废物综合利用及处理处置技术

3.3.1 备料废渣还田综合利用技术

备料废渣中含有氮、磷、钾、镁、钙及硫等单质，是麦穗、麦秸、麦粒等等作物良好的生物质资源，通过还田可以增加土壤有机质，增肥地力。另外，备料废渣可以形成有机质覆盖，具有抑制土壤水分蒸发、提高地温等诸多优点，因此亦可作为农场垫土。

该技术适用于非木材制浆备料废渣的利用。

3.3.2 纤维回收蒸煮技术

纤维回收蒸煮技术是指将筛选后的未蒸解组分、粗纤维束等进行回煮，再进行提取、筛选和净化。该技术适用于筛选工段中产生的浆渣的回用处理。

3.3.3 用于生产其他纸技术

筛选净化分离出的可利用浆渣，经单独处理系统处理后，可用于生产瓦楞原纸、纸板芯层等。该技术适用于筛选工段产生的纤维含量较高的浆渣的处理和废水处理产生的初沉污泥的处理。

3.3.4 制备碳酸钙填料技术

生产过程中产生的白泥可以被精制成填料级轻质碳酸钙加填到纸机。白泥精制碳酸钙工艺流程主要包括脱碱、除渣、洗涤与调浓、pH 值调节与稳定、防菌处理、匀整等。

该技术适用于碱回收工段中产生的白泥的处理。

3.3.5 填埋技术

填埋技术分为单独填埋和混合填埋，固废填埋前必须经过脱水工序，如果是普通脱水工艺，脱水后固废含水率约为 80%，必须加入填充剂才能达到固废填埋所需要的力学指标，添加剂的加入缩短了填埋场的寿命。如果采用高干度脱水填埋工艺，脱水后固废含水率约 65%，通常可以直接填埋。固体废物填埋方法的选择取决于填埋场地的特性及固废的含水量。

该技术适用于碱回收工段产生的白泥和绿泥的处理、废水处理中生化污泥和三级处理产生的污泥的处理。

3.3.6 焚烧技术

对于热值较高的废渣，直接送入到辅助锅炉进行燃烧，回收热能。该技术适用于备料工段产生的废渣的处理。

对于含水量较高的污泥，首先利用企业热电站锅炉烟气废热，结合旋流喷动干燥技术，先对湿污泥进行干燥，将含水率降低到 40%以下，然后采用污泥燃烧技术对污泥进行燃烧。低温干燥不使有毒有害物质挥发逸出，在锅炉内高温燃烧分解有毒有害物质，同时利用污泥中热值，达到污泥综合处置的目的。燃烧过程中，需严格控制燃烧温度在 850℃以上，烟气停留时间大于 2 秒，除尘器进口温度低于 250℃。

该技术适用于废水处理中产生的生化污泥和深度处理污泥的处理。

3.3.7 制备有机肥技术

为提高造纸污泥中有机质的转化效率，通常采用好氧堆肥技术。一方面可以利用生物质发酵产生的热量干燥污泥，另一方面可降低碳氮比，提高造纸污泥的肥效与利用价值，污泥堆肥后作为土壤改良剂使用。

利用造纸污泥堆肥也可与常用氮、磷、钾化肥混合，可制成高效有机复混肥。以造纸污泥堆肥作为化肥载体有较好的保肥功能，制成的污泥复混肥肥效长，提高土壤肥力，有利于农业生产的可持续发展。

该技术适用于废水处理中产生的生化污泥的处理；其肥效指标和重金属指标应满足相关标准要求。

3.4 大气污染治理技术

3.4.1 蒸煮工段（间歇式）高温废气热回收技术

蒸煮工段（间歇式）高温废气回收技术是先对蒸煮小放气和大放气以及喷放气体进行冷凝，然后将冷凝后的不冷凝气体收集和燃烧处理，通常采用喷射式冷凝器热回收系统。

该技术在减轻或消除大气污染的同时也回收了大、小放气的热量，并杜绝飞浆损失，减轻噪声污染，降低排入空气的有害气体量，有较显著的环境效益。

该技术适用于以间歇式蒸煮设备为蒸煮器的非木材制浆企业。

3.4.2 硫酸盐法蒸煮臭气治理技术

3.4.2.1 燃烧法臭气治理技术

燃烧法是将收集到的高浓臭气和汽提塔排气在碱炉二次风位置，用臭气燃烧器烧掉，低浓臭气作为碱炉供风，并在碱炉顶部设独立的燃烧火炬作为备用，燃烧法可回收部分热量。该技术经济性和处理效果均较好，目前已得到广泛普遍应用。

该技术适用于硫酸盐法非木材制浆企业。

3.4.2.2 液体吸收法臭气治理技术

液体吸收法是用白液洗涤臭气吸收其中的硫化氢和甲硫醇，再用氯水或漂白废水吸收处理剩余的有机硫化物。

该技术比较安全，并可回收硫。

该技术适用于硫酸盐法非木材制浆企业。

3.4.3 碱回收炉废气湿法涤气技术

碱回收炉废气湿法涤气技术是通过在碱回收炉上安装涤气装置,并通过涤气装置中的碱性液体吸收和除去碱回收炉产生的二氧化硫。

该技术二氧化硫的去除率通常大于 90%。

该技术适用于配备碱回收装置的碱法非木材制浆企业。

3.4.4 废液燃烧炉废气湿法涤气技术

废液燃烧炉废气湿法涤气技术是通过在制浆废液燃烧炉上安装涤气装置,并通过涤气装置中的碱性液体吸收和除去废液燃烧炉产生的二氧化硫。

该技术二氧化硫的去除率通常大于 90%。

该技术适用于配备废液燃烧装置的镁盐基亚硫酸盐法非木材制浆企业。

3.5 噪声污染防治技术

通常从声源、传播途径和受体防护三个方面进行噪声污染防治。尽可能选用低噪声设备,采用消声、隔震、减震等措施从声源上控制噪声;采用隔声、吸声、绿化等措施在传播途径上降噪。

3.6 污染防治新技术

3.6.1 麦草二次置换蒸煮技术

麦草二次置换蒸煮技术是采用麦草两段置换蒸煮的方法,将一段蒸煮后取出的黑液送去碱回收,二段蒸煮后取出的黑液用于配制下一次循环的一段蒸煮药液,这样依次对黑液进行循环利用。

该技术浆料质量好,节约能源和化学药品消耗。制浆产生的黑液固形物含量由传统的 10%~11%提高到 17%~19%,吨浆黑液量由 12~16m³减少到 8~10m³,且黑液粘度低、硅含量少、流动性强,减少了后续处理的难度,提高了资源化综合利用效率。

3.6.2 麦草氧脱木素技术

麦草氧脱木素技术是指在蒸煮与漂白工序之间,在 pH 值调为碱性的纸浆中通入氧气,从而去除掉粗浆中部分残余木素的方法。

该技术可以除去蒸煮后纸浆中约 50%的残留木素,同时可减少后续漂白排放废液中约 50%的有机物,可有效减少漂白工段废水中的 COD 和色度。

4 非木材制浆工艺污染防治可行技术

4.1 污染防治可行技术概述

按整体性原则,从设计时段的源头污染预防到生产时段的污染防治,依据生产工序的产污节点和技术经济适宜性,确定可行技术组合。

非木材制浆工艺污染防治可行技术组合见图 2。

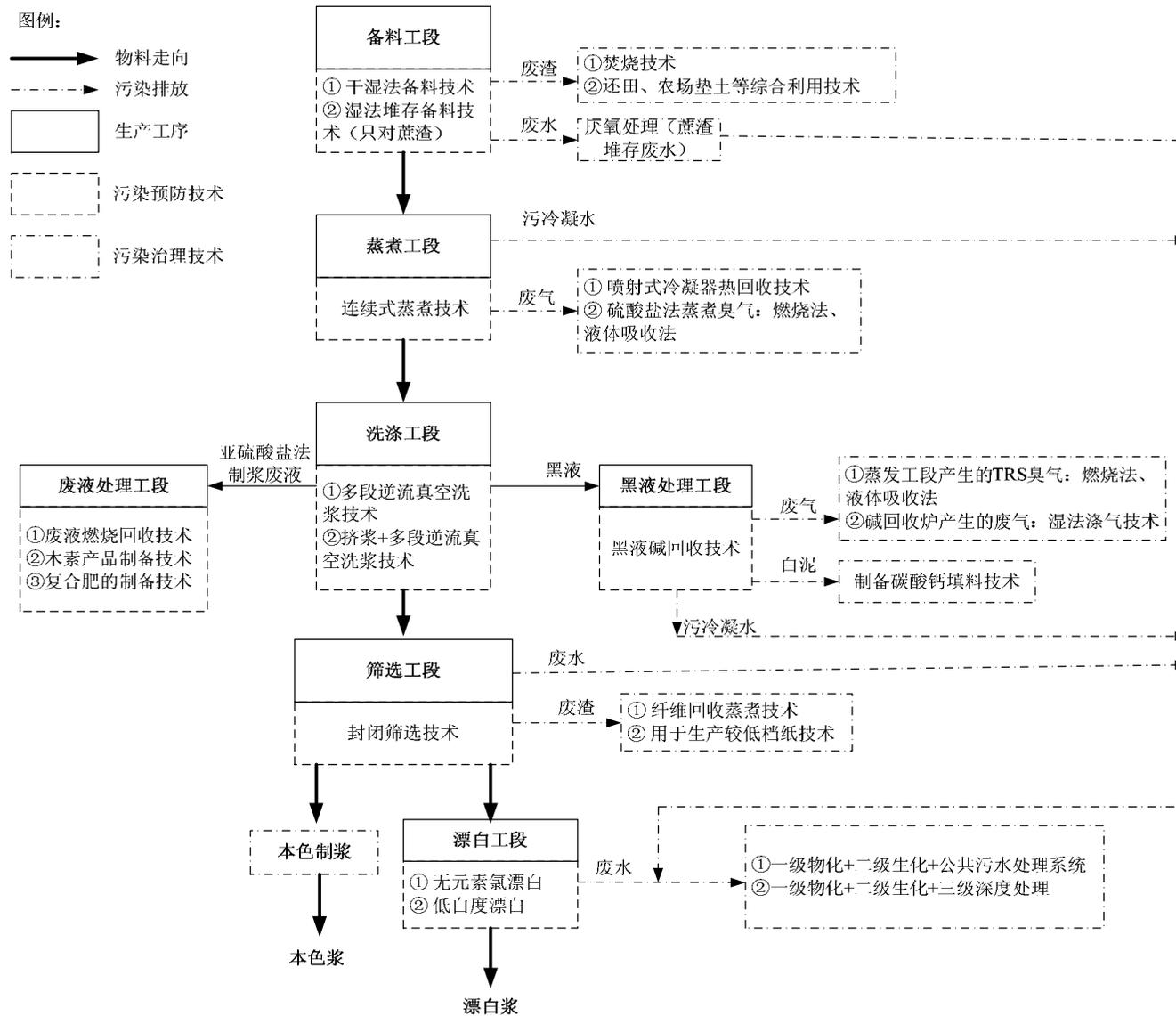


图 2 非木材制浆工艺污染防治可行技术组合

4.2 工艺过程污染预防可行技术

非木材制浆工艺过程污染预防可行技术如表 2 所示。

表 2 工艺过程污染预防可行技术

工序	可行技术	主要技术指标	技术经济适用性
备料工段	干湿法备料技术	经干湿法备料后的草片干度在 15%~18%，草片尺寸 20~40mm，合格率大于 85%。该技术会产生一定的废水，废水中 COD 浓度 3000~5000mg/L。	平均吨风干浆产生备料废水约 20m ³ ，电耗 110~130kwh。适用于以麦草、芦苇等为原料的制浆企业，年产 5 万吨麦草浆的生产线投资约 400 万元。
	湿法堆存备料技术	蔗渣料在堆场通常贮存 3~12 个月，贮存期间，不断向甘蔗渣堆料中进行喷水，保证蔗渣的含水量在 75% 左右。湿法堆存产生的喷淋前期废水中 COD 浓度可达 10000 mg/L，后期降至约 2000 mg/L。	平均吨风干浆产生备料废水约 20m ³ ；适用于以蔗渣为原料的制浆企业，产生的废液可用于发酵生产沼气。
蒸煮工段	连续式蒸煮技术（横管式连续蒸煮）	蒸煮温度在 175~195℃，蒸煮时间为 10~15min，蒸煮压力 0.6MPa，产量约 150t/d，自动化程度高，运行费用较低。	平均每吨浆消耗蒸汽约 2.3m ³ 。蒸煮过程化学品消耗与蒸煮工艺及原料有关。该技术适用于大型非木材制浆企业，要求备料工段使用干湿法备料工艺。年产 5 万吨麦草浆的备料生产线投资约 1200 万元。
洗涤工段	多段逆流真空洗浆技术	黑液提取率通常可达 80% 以上。	适用于所有非木材制浆企业。年产 5 万吨麦草浆洗涤生产线投资约 1200 万元。
	挤浆+多段逆流真空洗浆技术	黑液提取率通常可达 85% 以上。	适用于纸浆滤水性较好的制浆企业。年产 5 万吨麦草浆洗涤生产线投资约 1300 万元。
筛选工段	封闭筛选技术	无废水排放，较开放式筛选技术吨浆节水 50~60m ³ ，节电约 30%。	适用于所有非木材制浆企业。年产 5 万吨麦草浆的生产线该工段投资约 300 万元。
漂白工段	本色制浆技术	从根本上避免生产过程可吸附有机卤化物（包括二噁英）的产生。	适用于生产低白度纸浆的制浆企业，生产的纸种有限制。
	无单质氯漂白技术	可大大减少废水中可吸附有机卤化物（包括二噁英）物质的产生，并可减少废水的排放。吨浆 AOX 排放量可降至 0.25kg 以下。	适用于所有非木材制浆企业，年产 10 万吨的企业生产线改造约投资 6000~7000 万元，其中国产二氧化氯制备设备约 1500~2000 万元。
	低白度漂白技术	可减少可吸附有机卤素（包括二噁英）的产生，与漂白的白度有关。	适用于生产低白度纸浆的制浆企业，生产的纸种有限制。
废液处理及综合利用系统	黑液碱回收技术	通常黑液初始浓度为 9%~11%，多效蒸发后黑液浓度达 40% 以上，圆盘蒸发器蒸发后黑液浓度达 45% 以上，苛化度大于 85%，白泥干度大	适用于年产 3.4 万吨以上的非木材碱法制浆企业。

		于 75%，碱回收率大于 75%。	
	亚硫酸盐法制浆废液燃烧回收技术	燃烧浓废液，消除有机污染物的同时回收热能和再生蒸煮液。	适用于镁盐基亚硫酸盐法非木材制浆企业。
	木素产品的制备技术	从废液中分离木素磺酸盐并进行改性来制备各种木素产品，利用资源，减少污染物排放。	适用于铵盐基亚硫酸盐法非木材制浆企业。
	复合肥的制备技术	将废液干燥后进行制肥，利用资源，减少污染物排放。	适用于铵盐基亚硫酸盐法制浆的废液的利用，受作物生长季节的影响。

4.3 水污染治理可行技术

4.3.1 一级处理技术

4.3.1.1 过滤技术

4.3.1.1.1 可行工艺参数

滤网的网孔为 80 目左右。

4.3.1.1.2 污染物削减和排放

该技术对 SS 的去除率为 20%~40%，COD_{Cr} 的去除率为 15%~30%，BOD₅ 的去除率为 5%~10%。

4.3.1.1.3 二次污染及防治措施

截留的细小纤维可以用于生产纸板或纤维板。

4.3.1.1.4 技术经济适用性

该技术适用于非木材制浆企业废水的预处理。

4.3.1.2 重力沉降技术

4.3.1.2.1 可行工艺参数

初沉池液面负荷 0.8~1.2m³/(m²·h)，水力停留时间 2.5~4.0 h。

4.3.1.2.2 污染物削减和排放

该技术对固体悬浮物（SS）的去除率为 40%~70%，化学需氧量（COD）的去除率为 15%~50%，生物需氧量（BOD₅）的去除率为 5%~30%。

4.3.1.2.3 二次污染及防治措施

产生的剩余污泥定期排放，并与后续处理产生的污泥一并经脱水处理后，进行焚烧、堆肥或填埋等安全处置。

4.3.1.2.4 技术经济适用性

该技术适用于新建及现有非木材制浆企业，SS 浓度大于 2000mg/L 废水的一级处理。

4.3.1.3 气浮技术

4.3.1.3.1 可行工艺参数

采用普通气浮时，气水接触时间 30~100 s，表面负荷 $5\sim 8\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，水力停留时间 20~35 min。采用浅层气浮时，宜采用有效水深 500~700 mm，池内水力停留约 3~5 min。

4.3.1.3.2 污染物削减和排放

该技术对 SS 去除率为 70%~85%，COD 去除率为 50%~70%以上，BOD₅ 的去除率 25%~40%。

4.3.1.3.3 二次污染及防治措施

产生的初沉污泥纤维含量较高，常用于回收制低档纸。

4.3.1.3.4 技术经济适用性

该技术适用于新建及现有非木材制浆企业废水的一级处理。

4.3.1.4 混凝沉淀技术

4.3.1.4.1 可行工艺参数

混凝沉淀池混合区 G 值 $300\sim 600\text{ s}^{-1}$ ，混合时间 30~120 s，反应区 G 值 $30\sim 60\text{ s}^{-1}$ ，反应时间 5~20 min，分离区液面负荷 $1.0\sim 1.5\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，水力停留时间 2.0~3.5 h。

4.3.1.4.2 污染物削减和排放

SS 去除率为 80%~90%，该技术对 COD 去除率为 55%~75%，BOD₅ 的去除率为 25%~40%。

4.3.1.4.3 二次污染及防治措施

产生的初沉污泥纤维含量较高，常用于回收制瓦楞纸等。

4.3.1.4.4 技术经济适用性

该技术适用于新建及现有非木材制浆厂废水的一级处理。

4.3.2 二级处理技术

4.3.2.1 上流式厌氧污泥床技术

4.3.2.1.1 可行工艺参数

应投加氮磷营养物质，使进入厌氧系统的废水中 BOD₅:总氮:总磷达到 200:5:1。反应温度 32~35 °C，污泥浓度 10~20 g/L，容积负荷 $5\sim 8\text{ kg COD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ ，水力停留时间 12~20h。

4.3.2.1.2 污染物削减和排放

SS 的去除率在 70%~80%，COD 去除率约为 50%~60%，BOD₅ 的去除率为 60%~80%。

4.3.2.1.3 二次污染及防治措施

产生的生化污泥中除有部分纤维外，还含有较丰富的氮、磷等营养物质，可用于制有机复合肥或进

行干化焚烧。

沼气可用于发电、供热；若沼气的量较小，则直接燃烧以免污染大气环境。

4.3.2.1.4 技术经济适用性

该技术适用于非木材制浆厂 BOD₅ 浓度高于 1000mg/L 和 COD 浓度高于 2000mg/L 废水的处理。出水后需进一步进行好氧生化处理。

4.3.2.2 内循环升流式厌氧技术

4.3.2.2.1 可行工艺参数

应投加氮磷营养物质，使进入厌氧系统的废水中 BOD₅:总氮:总磷达到 200:5:1。反应温度 32~35℃，污泥浓度 20~40g/L，容积负荷 10~25kg COD/m³·d，水力停留时间 6~12h。

4.3.2.2.2 污染物削减和排放

SS 的去除率在 70%~80%，COD 去除率为 50%~60%，BOD₅ 的去除率为 60%~80%。

4.3.2.2.3 二次污染及防治措施

产生的生化污泥中除有部分纤维外，还含有较丰富的氮、磷等营养物质，可用于制有机复合肥或进行干化焚烧。

沼气可用于发电、供热；若沼气的量较小，则直接燃烧以免污染大气环境。

4.3.2.2.4 技术经济适用性

该技术适用于一级处理后，BOD₅ 浓度高于 1000mg/L 和 COD 浓度大于 2000 mg/L 时废水的处理，出水后需进一步进行好氧生化处理。

4.3.2.3 好氧生物处理技术

4.3.2.3.1 可行工艺参数

常规的好氧生物处理单元工艺参数见表 3。

表3 好氧生化单元主要工艺参数⁽¹⁾

好氧单元处理工艺	污泥浓度 gMLSS/L	污泥负荷 kgCOD _{cr} /kgMLSS	容积负荷 kgCOD _{cr} /m ³ ·d	水力停留时 间 h	污泥回流 比%	污泥沉降 比%	泥龄 d
氧化沟	3.0~6.0	0.1~0.3	0.4~1.2	18~32	60~120	50~80	18~25
完全混合曝气 ⁽²⁾	2.5~6.0	0.15~0.4	0.5~1.5	15~30	100~150	30~80	12~20
A/O	2.5~6.0	0.15~0.3	0.5~1.2	15~32	80~150	30~80	15~25
接触氧化	—	—	0.8~1.8	12~24	0~50	—	—

注：(1)当处理以商品浆和废纸浆为主的制浆造纸废水时，容积负荷取中高值，处理以化学浆和化学机械浆为主的制浆造纸废水或经厌氧处理后的废水时，容积负荷取低值；(2)带选择区的完全混合曝气和两段生化处理的后续，其容积负荷按完全混合曝气池工艺选取。

4.3.2.3.2 污染物削减和排放

SS 去除率 70%~85%，COD 去除率约为 60%~80%，BOD₅ 去除率约为 80%~90%。

4.3.2.3.3 二次污染及防治措施

好氧系统产生的污泥处理相对容易，通常采用填埋处理，但易对周边环境造成二次污染；也可将造纸生化污泥进行制肥利用或干化后焚烧。

4.3.2.3.4 技术经济适用性

该技术适用于一级处理后废水中有机物浓度仍然较高的废水，也可作为高浓废水厌氧处理后的后续强化处理。

4.3.3 三级处理技术

4.3.3.1 化学絮凝技术

4.3.3.1.1 可行工艺参数

沉淀区表面负荷宜为 $0.8\sim 1.5\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，停留时间 $2.5\sim 4\text{h}$ ，排放的污泥含水率 $97\%\sim 98\%$ 。

4.3.3.1.2 污染物削减和排放

SS、COD、BOD₅ 的去除率分别为 $70\%\sim 85\%$ 、 $50\%\sim 75\%$ 、 $40\%\sim 50\%$ ，出水 COD、BOD₅、SS 浓度分别为 80mg/L 、 10mg/L 、 30mg/L 左右。这主要取决于絮凝剂的用量。

4.3.3.1.3 二次污染及防治措施

由于该部分污泥金属盐含量较高（金属盐取决于所用的絮凝剂的种类），为了减少对周边环境的影响，常用干化焚烧或安全填埋的方法进行处理。

4.3.3.1.4 技术经济适用性

该技术适用于新建及现有非木材制浆企业废水二级处理后的强化处理。

4.3.3.2 高级氧化技术

4.3.3.2.1 可行工艺参数

反应 pH 为 $3\sim 4$ ，双氧水与硫酸亚铁的投加比例根据废水水质适当调整，反应时间为 $30\sim 40\text{ min}$ 。

4.3.3.2.2 污染物削减和排放

SS、COD、BOD₅ 的去除率分别为 $70\%\sim 90\%$ 、 $80\%\sim 90\%$ 、 $80\%\sim 90\%$ ，出水 COD、BOD₅、SS 浓度分别为 80mg/L 、 10mg/L 、 30mg/L 左右。

4.3.3.2.3 二次污染及防治措施

由于该部分污泥金属盐含量较高，为了减少对周边环境的影响，常用干化焚烧的方法进行处理。

4.3.3.2.4 技术经济适用性

该技术适用于新建及现有非木材制浆企业废水二级处理后的强化处理。

4.3.4 非木材制浆工艺水污染治理可行技术组合及排放水平

非木材制浆工艺水污染治理可行技术组合及主要技术指标见表4，企业应根据自身的废水水质特点、

建设用地、回用要求等具体分析，选择适宜的废水处理工艺。

表 4 水污染治理可行技术组合及主要技术指标

可行技术组合	主要技术指标	技术适用性
一级物化+二级生化(+公共污水处理系统)	一级物化处理：SS 去除率为 70%~90%，COD 去除率为 50%~75%以上，BOD ₅ 去除率 25%~40%。 二级生化处理：SS 去除率约为 70%~80%；COD 去除率约为 50%~60%；BOD ₅ 去除率约为 60%~80%。	出水可排入市政污水管网的新建及现有非木材制浆企业。
一级物化+二级生化+三级处理	一级物化处理：SS 去除率为 70%~90%，COD 去除率为 50%~75%以上，BOD ₅ 去除率 25%~40%。 二级生化处理：SS 去除率约为 70%~80%；COD 去除率约为 50%~60%；BOD ₅ 去除率约为 60%~80%。 三级处理：SS 去除率约为 70%~90%；COD 去除率约为 80%~90%；BOD ₅ 去除率约为 80%~90%。三级处理后 COD 通常低于 100mg/L。	出水排入地表水体的新建及现有非木材制浆企业。

4.4 固体废物综合利用及处理处置可行技术

非木材制浆工艺固体废物综合利用及处理处置可行技术见表 5。

表 5 固体废物综合利用及处理处置可行技术

固体废物类型	可行技术	技术经济适用性
备料废渣	焚烧技术	所有非木材制浆企业。
	还田、农场垫土等综合利用技术	所有非木材制浆企业。
筛选工段废渣	纤维回收蒸煮技术；	浆纸综合企业，且纸产品档次要求不高。
	用于生产其他纸技术	浆纸综合企业，且纸产品档次要求不高。
碱回收白泥	制备碳酸钙填料技术	碱法非木材制浆造纸联合生产企业。
废水处理初沉污泥	用于生产其他纸技术	浆纸综合企业，且纸产品档次要求不高。
废水处理生化污泥	焚烧技术	所有非木材制浆企业。
	制备有机肥技术	所有采用生化法处理废水的非木材制浆企业，主要受市场需求影响；其肥效指标和重金属指标应满足相关标准要求。
废水深度处理化学污泥	焚烧技术	对废水进行深度处理的企业。

4.5 大气污染治理可行技术

非木材制浆工艺大气污染治理可行技术见表 6。

表 6 大气污染治理可行技术

废气类型	可行技术	适用性
蒸煮工段高温废气	喷射式冷凝器热回收技术	所有非木材间歇式蒸煮制浆企业。
硫酸盐法产生的臭气	燃烧法	所有非木材硫酸盐法制浆厂。
	液体吸收法	
碱回收炉废气	碱回收炉废气湿法涤气技术	装备了碱回收装置的碱法非木材制浆企业。

废液燃烧炉废气	废液燃烧炉废气湿法涤气技术	装备了制浆废液燃烧装置的镁盐基亚硫酸盐法非木材制浆企业。
废水厌氧处理中产生的沼气	燃烧法	采用厌氧工艺处理废水的企业。

注：企业自备电厂参照《燃煤电厂污染防治可行技术指南（试行）》执行。

5 技术应用中的注意事项

- (1) 建立健全各项数据记录和生产管理制度；
- (2) 加强操作运行管理，建立并执行岗位操作规程，制定应急预案，定期对员工进行技术培训和应急训练；
- (3) 合理使用设备，加强设备的维护和维修管理，保证设备正常运转；
- (4) 按要求设置污染源标志，重视污染物的检测和计量管理工作，定期进行全厂物料平衡测试；
- (5) 持续开展清洁生产，导入健康安全环境管理体系；
- (6) 优化制浆生产线，提高洗选能力，提高浆中的废渣杂质去除率，并在保证质量的前提下提高产量，提高制浆效率，降低水、电、汽和药品的消耗，减少生产过程中的污染；
- (7) 调峰用电、避开高峰用电，稳定制浆生产，节约用电；
- (8) 大功率电机使用变频调速控制，避免选用超规格的泵和风机等导致的能源浪费，降低电耗；
- (9) 及时冲刷滤网，保持网面畅通，提高滤液提取率；
- (10) 在设备停机或换网时回收瞬间排放的良浆，减少纤维流失；
- (11) 将回路中的工艺水精确分离并逆流以减少清水使用量；
- (12) 新建或改建企业尽可能实现废水的封闭循环利用；
- (13) 定期对主要设备（包括：提升水泵、气浮设备、曝气系统）进行检查与维修；
- (14) 定期监测系统运行指标，包括：进出水化学需氧量、悬浮物、生化需氧量等指标；
- (15) 新改扩建企业及现有重点造纸企业应建设废水治理设施中控系统，保证设施的正常运转；
- (16) 定期分析初沉池污泥的含水率等指标，实现污泥中纤维的回用；
- (17) 定期分析污水处理站污泥特征，优化药剂的添加；
- (18) 按环保部门要求安装在线监控设备，并对在线监控设备定期进行保养、维护和校正，保证设备正常运行；
- (19) 设备选型时选择低噪声设备，控制噪声源强；
- (20) 定期检查隔声罩密封性、隔声装置、减震器的隔声效果；
- (21) 对于车间厂房采取吸声、消声的措施，一方面在内部墙面、地面及顶棚采用涂布吸声涂料，吊装吸声板等消声措施，另一方面从围护结构，如墙体、门窗上设计采用隔声较好的建筑材料，或者减少窗门面积以减低透声量，降低车间厂房内的噪声对外部的影响。通常材料的隔声效果可达到 15~40dB。