附件 3

环 境 保 护 技 术 文 件

造纸行业废纸制浆及造纸工艺污染防治可行技术指南 (试行)

Guideline on Available Technologies for Pollution Prevention and Control for Recycled Fiber Pulping and Papermaking 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，制定本指南。

本指南以当前技术发展和应用状况为依据，可作为废纸制浆及造纸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订。

本指南起草单位：中国环境科学研究院、山东省环境保护科学研究院设计院、中国制浆造纸研究院。

本指南由环境保护部解释。

1 总则

1.1 适用范围

本指南适用于以废纸为主要原料生产纸及纸板产品的企业，以及采用各种浆料进行造纸生产的企业。

1.2 术语和定义

1.2.1 废纸制浆

指以废纸为原料，经过碎浆处理，必要时进行脱墨、漂白等工序制成纸浆的生产过程。

1.2.2 脱墨制浆

使用机械和化学相结合的处理方法将废纸上的油墨除去而得到再生浆的生产过程。

1.2.3 非脱墨制浆

在废纸制浆过程不进行脱墨处理的生产过程。

1.2.4 废纸造纸厂

指以废纸等为原料生产纸张、纸板等产品的企业或生产设施。

2 废纸制浆生产工艺及污染物排放

2.1 生产工艺及产污环节

废纸制浆是指以废纸为原料，经过碎浆处理，必要时进行脱墨、漂白等工序制成纸浆的生产过程。废纸制浆生产主要由碎浆、筛选及净化、洗涤和浓缩、漂白四部分组成。

根据原料、生产工艺和产品特性的不同，废纸制浆生产工艺主要分为非脱墨废纸制浆和脱墨废纸制浆。

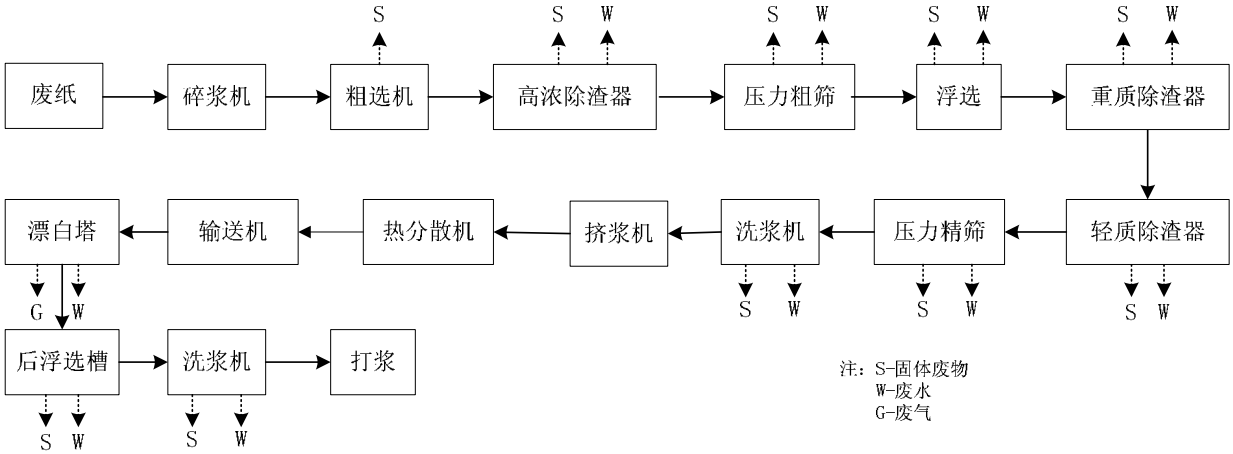


图 1 脱墨制浆生产工艺流程及产污环节

典型脱墨制浆的生产工艺流程及产污环节见图 1。

典型非脱墨废纸制浆生产工艺流程及产污环节见图 2。

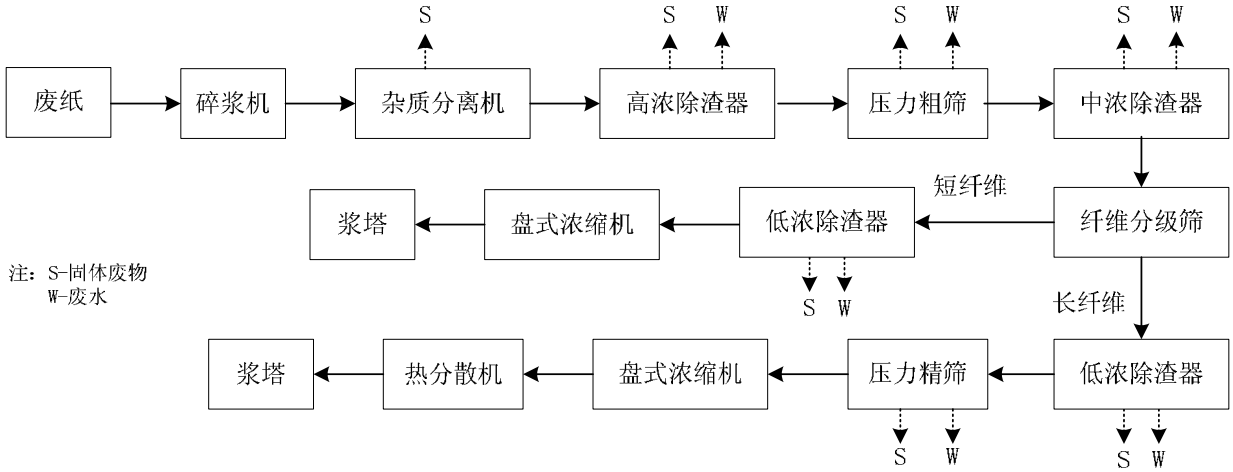


图 2　非脱墨制浆生产工艺流程及产污环节

2. 2 污染物排放

废纸制浆工艺产生的污染包括水污染、固体废物污染、大气污染和噪声污染，其中水污染是主要环境问题。

2.2.1 水污染

废纸制浆产生的废水主要来自废纸的碎浆、疏解，废纸浆的洗涤、筛选、净化、脱墨及漂白过程。通常无脱墨工艺的废纸浆比有脱墨工艺的废纸浆的废水排放量及有机物浓度均低很多。

废水中含有的污染物主要包括：

总固体悬浮物：包括纤维、细小纤维、粉状纤维、矿物填料、无机填料、涂料、油墨微粒及微量的胶体和塑料等。

可生物降解的有机污染物(BOD_5)：主要由纤维素或半纤维素的降解物，或淀粉等碳水化合物构成。

其他有机污染物(COD_{Cr})：由木素的衍生物及一些有机物组分包括蛋白质、胶黏剂、涂布胶粘剂等形成。

色度：由油墨、染料、木素的衍生物，及一些有机物组分包括蛋白质、胶黏剂、涂布胶粘剂等组成。

可吸附有机卤化物（AOX）：采用氯漂白的造纸漂白废水中会含有可吸附的有机卤化物。

污染物主要控制指标为：SS、BOD_5、COD_{Cr}、色度、pH 等。

2.2.2 固体废物污染

废纸制浆产生的固体废物主要包括废纸碎浆时分离出的砂石、金属、塑料等废物，净化、筛选、脱墨过程分离出的矿物涂料、油墨微粒、胶黏剂、塑料碎片、流失纤维等，浮选产生的脱墨污泥和废水处理产生的污泥。固体废物的产生量与所用回收废纸的种类及生产的再生纸或纸板的品种有关。

2.2.3 大气污染

主要为漂白工序产生的少量污染物质，污染物的排放量因漂白方法、漂白剂的种类、未漂浆的种类及质量不同而异。

废纸制浆生产过程中产生的大气污染较轻，本指南大气污染控制参照公共辅助设施污染防治执行。

2.2.4 噪声的产生

废纸制浆产生的噪声分为机械噪声和空气动力性噪声，主要噪声源包括水力碎浆机、磨浆机、泵类、引风机等。

表 1 废纸制浆工艺产生的主要污染物及来源

主要生产环节	水污染物	固体废物	大气污染物	噪声
碎浆	●	●		●
筛选净化	●	●		●
洗涤浓缩	●	●		●
脱墨	●	●		
漂白	●		●	

3 废纸制浆污染防治技术

3.1 工艺过程污染预防技术

3.1.1 废纸原料分选

废纸原料拣选技术是指将回收的废纸分为若干等级，根据生产产品要求选用质量过关、杂质较少的废纸原材料用于制浆。

该技术可提高成品纸的质量，降低生产成本，减少废纸加工过程污染物的产生量，适用于废纸制浆企业。

3.1.2 高浓碎浆技术

高浓碎浆技术是指采用高浓碎浆机在处理浓度为 12%~18%的条件下将废纸分散成纤维悬浮液，同时将废纸中固体污染物如砂、石、金属等重杂质及绳索、破布条、塑料等体积大的杂质有效分离。

该技术具有低比能耗、杂质保持原状并易于除去、油墨分离和纤维疏解效果好等优点，且可节约化学药品。

3.1.3 中浓筛选技术

中浓筛选技术是指在筛浆浓度在 3.5%左右的条件下，分离碎浆后纸浆中的重、轻杂质（杂质包括：薄片、塑料、胶黏物、其它杂质颗粒），去除废纸浆中大于纤维的杂质碎片和固体废物。

该技术可使洗涤、筛选等工序的悬浮体流态化，节约大量水和输送动力。

3.1.4 中浓漂白技术

中浓漂白技术是指纸浆在中浓条件下以不含氯的漂白剂进行漂白，在适当的范围内尽量增大浆浓、降低浆的温度。

该技术可加速漂白作用，节约漂白剂的用量，减少泵的功率和加热蒸汽的消耗。

该技术适用于以废纸为原料生产脱墨浆的企业。

3.1.5 中浓泵送和贮存技术

中浓泵送和贮存技术是指在中浓（8%~12%）条件下，采用中浓混合泵直接将储槽的浆料与其他液态化学剂混合后送出。

该技术可节省电耗约 20~30kWh/t 绝干浆，并降低单位产品耗水量。

3.1.6 中浓打浆技术

中浓打浆技术是采用中浓液压盘磨机等打浆设备，在打浆过程中维持较高的浆料浓度，通过打浆使浆料适当地润胀、帚化、分丝、切断，从而使废纸浆在造纸机上获得良好的成形和纤维结合，提高成纸的强度。

该技术可以在尽可能保留纤维长度的基础上对纤维进行分丝帚化，改善浆的物理性质，有较好的节能效果，且可避免纤维长度较短、强度较差，纤维角质化、废纸纤维难以帚化分丝等问题。

该技术适用于废纸制浆企业。

3.1.7 纤维分级筛技术

纤维分级筛技术是指将废纸浆中的长、短纤维进行分开处理。

该技术可减少设备投资，简化处理流程，节约能源，同时能更好地利用长纤维的优点，克服短纤维的缺点，提高产品质量。

该技术适用于废纸制浆生产箱板纸的企业。

3.1.8 热分散技术

热分散技术是指通过加热揉搓、熔化方式分离混杂在纤维中的油脂、油墨、石蜡、橡胶等杂质。

该技术可有效分散浆料中残留的胶黏物、油墨等，并可改善纸张的物理性能。

该技术适合于用旧瓦楞纸箱（OCC）、废新闻纸（OMP）等生产瓦楞纸、新闻纸、白纸板的企业。

3.1.9 清洁废纸脱墨技术

废纸脱墨技术主要指根据油墨的特性，通过化学药品、机械外力和加热等作用，破坏油墨粒子对纤维的黏附力，将印刷油墨粒子与纤维分离，并从纸浆中分离出去。

脱墨方法分浮选法和洗涤法。

浮选法去除油墨粒子的优点是纤维流失少，减少废水量。洗涤法脱墨比较干净，灰分含量低，操作方便，工艺稳定，电耗低，设备投资少；但用水量大，纤维流失大，得率低。

该技术适用于脱墨制浆企业。

3.1.10 多盘过滤器纤维回收技术

多圆盘过滤器纤维回收技术是指采用多圆盘过滤器将废纸制浆造纸企业浆料浓缩,并回收白水中的纤维。纸浆中 80%的废水通过多圆盘过滤器后，回用于碎浆等工段，同时回收纤维，且排放的废水具有可生化性。

该技术回收效率高、处理效果好，纤维回收率大于 95%。

该技术适用于大、中型纸浆造纸厂白水纤维、填料及水的回收。

3.1.11 质量与过程自动控制技术

质量与过程自动控制技术是指采用可编程序控制器（PLC）或集散控制系统（DCS）以及常规仪表为辅对生产过程进行精确地检测和节能控制。该技术对配浆系统、辅料系统、白水回收系统、上浆和稀释水系统、压榨系统、喷淋系统、压损系统、干损系统、蒸汽系统、通风消防系统、施胶系统、制胶系统、密封水系统等均可采用在线自动化控制，节水节能。

该技术可完善微机控制浆料浓度设施，稳定浆料浓度，减少质量波动；在纸机卷取后部，增置纸页定量、水份在线测设备；在用电峰谷期利用物料储存设施自动调节用电程序，实现节电。

该技术适合在废纸造纸企业应用。

3.2 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悬浮物分离出来，实现废水的初级净化，根据过滤形式可分为斜筛和转鼓式筛网过滤机。

斜筛纤维回收率 40%~60%，SS 去除率 65%~70%，具有操作简单、投资运行成本低等特点；但占地面积相对较大。转鼓式筛网过滤机纤维回收率大于 80%，具有占地面积小、生产能力大、操作管理方便等特点。

该技术适用于废水中悬浮物浓度较高废水的一级处理。

3.2.1.2 溶气气浮技术

溶气气浮是指在加压条件下将压缩空气强制溶解在水中，形成溶气水，产生大量的微气泡与加入絮凝剂后的废水充分接触，并在缓慢上升过程中吸附在絮集好的悬浮物中，使其密度下降而浮至水面，达到去除有机污染物和悬浮物的目的，常用超效浅层气浮。

该技术造纸白水和纸浆纤维回收率 75~95%，COD_{Cr} 去除率 50~80%。

该技术适用于所有企业白水处理以及废水一级处理。

3.2.1.3 涡凹气浮技术（CAF）

涡凹气浮技术是指废水进入涡凹曝气机的充气段，上升过程中与曝气机产生的微气泡充分混合，气水混合物和液体之间密度的不平衡产生一个垂直向上的浮力，将固体悬浮物带到水面，实现固液分离。

该技术应用于白水处理时，COD_{Cr} 去除率大于 85%；SS 去除率大于 95%。该技术无压力容器和压力泵，节省动力耗能与投资；气浮槽结构简单，占地面积少，槽内无需要维修的部件，设备性能好，安装方便；不需要絮凝剂预混合槽，运行稳定。

该技术适用于造纸白水回收以及废水的一级处理。

3.2.1.4 混凝沉淀技术

混凝沉淀技术是指废水在絮凝剂压缩双电层、吸附电中和、吸附架桥及沉淀物网捕等作用下，使废水中悬浮或胶体物质脱稳相互聚集为较大的颗粒而沉淀去除。常用的混凝药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 SS 去除率可达到 70%~95%，COD_{Cr} 的去除率可以达到 60%~80%，处理后的水质较好，可回用到洗浆和抄纸。该技术适用于所有废纸制浆企业废水一级处理，处理后废水可回用于废纸打浆。

3.2.2 二级处理技术

3.2.2.1 厌氧生化处理技术

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，并具有较强的抗负荷冲击能力。

3.2.2.1.2 内循环升流式厌氧（IC）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。

3.2.2.1.3 水解酸化技术

水解酸化技术是一种不彻底的有机物厌氧转化过程，其作用在于使结构复杂的不溶性或溶解性的高分子有机物经过水解和产酸，转化为简单的低分子有机物，便于后续生物降解。

该技术通常作为生物处理的预处理技术。

3.2.2.2 好氧生化处理技术

3.2.2.2.1 传统活性污泥法

传统活性污泥法是以活性污泥为主体的废水生物处理的主要方法。在人工充氧条件下，对污水和各种微生物群体进行连续培养，形成活性污泥。利用活性污泥的生物凝聚、吸附和氧化作用，分解去除污水中的有机污染物。

该技术具有处理效果好、抗冲击负荷能力强等特点，废水中 SS 去除率约 30%~40%，COD_{Cr} 去除率大于 70%~90%，BOD_5 去除率大于 70%~90%。

3.2.2.2.2 序批式活性污泥（SBR）法

序批式活性污泥法是按一定时间顺序间歇操作运行并在单个反应器内完成全部操作和运行处理的工艺。一个操作过程通常分为五个阶段：进水期（或称充水期）、反应期、沉淀期、滗水期、闲置期。

该技术具有流程简单、工程投资少、处理效果好以及抗冲击负荷能力强等特点，适用于小规模废纸

制浆废水的处理。

3.2.2.2.3 氧化沟工艺

氧化沟工艺是传统活性污泥法的一种改型和发展，其基本特征是曝气池呈封闭沟渠形，污水和活性污泥混合液在其中不停的循环流动。

该技术具有处理流程简单、操作管理方便、构造形式多样、运行灵活、污泥产生量少、出水水质稳定的特点，但在运行过程中需采取措施控制池体的表面泡沫。

3.2.2.2.4 厌氧/好氧（A/O）工艺

A/O 工艺是一种改良的活性污泥法，A 段为厌氧/兼氧处理，主要起到菌种的筛选及部分复杂有机物的水解作用。O 段采用传统活性污泥法，有机物在此阶段被好氧菌进一步降解氧化，转化为细胞质及简单的无机物质，从而达到净化作用。

该系统对营养物质要求较低，且不易发生污泥膨胀，更适于造纸污水中氮、磷含量偏低的特点，可以减少投加氮、磷的费用，系统出水效果好、操作相对简单和稳定。

3.2.2.2.5 生物接触氧化技术

生物接触氧化技术是指在池内填充填料，填料表面全部为生物膜所布满，形成一个呈立体结构的密集生物网微生物与废水充分接触。

该技术具有泥龄长，硝化效果好、管理简单、无污泥膨胀、剩余污泥量少、易于沉淀、耐冲击负荷，耐毒性等特点，适用于较小水量处理系统。

3.2.3 三级处理技术

废水三级处理技术是指二级处理后出水再经过滤、沉淀等物理化学作用，进一步去除废水中的有机物和悬浮物，提高出水水质。

废纸制浆废水三级处理通常采用气浮、混凝沉淀、砂滤、化学氧化等技术。

3.3 固体废物综合利用及处理处置技术

3.3.1 原材料中的固体废物回收利用技术

原材料中的固体废物如订书钉、塑料、尼龙绳等进行回收以资源化利用。

3.3.2 脱墨污泥处置技术

脱墨过程产生的污泥，主要含有短纤维、填充物、油墨颗粒、提取物和脱墨助剂，属于危险废物，应委托有危险废物处理资质的单位处理。脱墨污泥可通过焚烧进行处置，所得灰渣用于建筑材料的原料，焚烧相关技术参数参照《危险废物焚烧污染控制标准(GB18484-2001)》。

3.3.3 废水处理产生的初级污泥处理回用技术

废水处理产生的初级污泥经单独的处理系统处理后，可以回收其中的纤维，用于低档纸制品的生产。

3.4 废纸制浆噪声防治技术

由振动、摩擦、撞击等引起的机械噪声，通常采取减振、隔声措施，如对设备加装减振垫、隔声罩等。也可采用将将某些设备传动的硬件改为软件连接等，使高噪声设备变为低噪声设备等措施。设备车间可以采取吸声和消声等降噪措施。

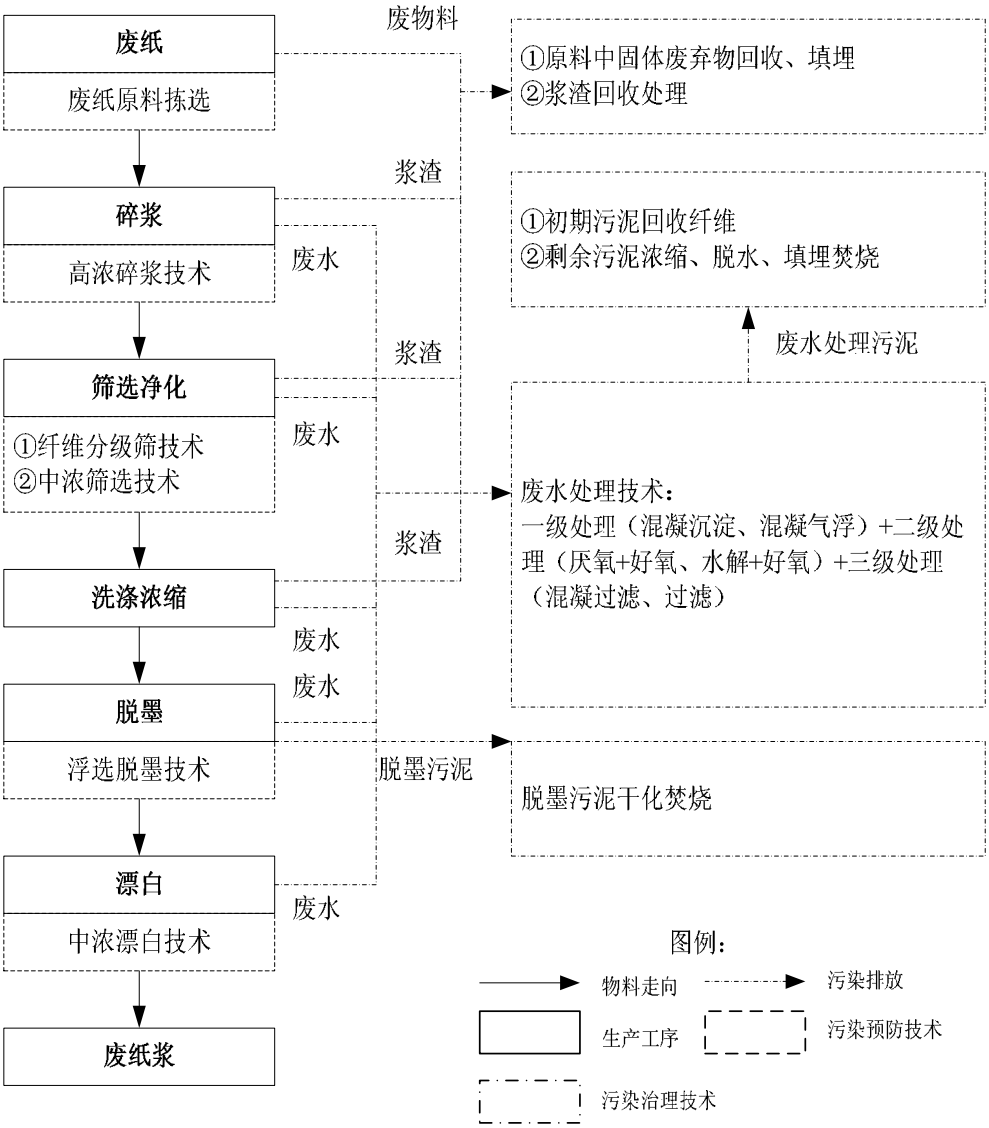
由空气柱振动引发的空气动力性噪声，通常采取安装消声器的措施。

4 废纸制浆污染防治可行技术

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。

废纸制浆工艺污染防治可行技术组合如图3所示。



备注:质量与过程自动控制技术、多盘过滤器纤维回收技术及中浓泵送与储存技术在废纸纸浆工艺多个工序中采用。

图 3 废纸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

废纸制浆工艺污染预防可行技术见表2。

表 2 废纸制浆工艺污预防可行技术

可行技术	技术描述	技术适用性
废纸原料分选	根据废纸的洁净程度及其主要质量，将回用废纸分为若干等级，企业根据需要选用不同等级的废纸原料。	对废纸制浆企业普遍适用。
高浓碎浆技术	采用高浓碎浆技术以及中高浓技术设备(如纸浆流态化设备、洗涤和输送设备、混合设备、打浆设备等)，不仅可以减少用水量，降低输送及其他生产过程的能耗，而且还可以提高纸浆质量。	废纸制浆企业根据自身需要选择合适的高浓技术及其设备。
中浓筛选技术		
中浓漂白技术		
中浓泵送和储存		
中浓打浆技术		
纤维分级筛技术	纤维分级筛技术将废纸浆中的长、短纤维进行分开处理，可减少设备投资，简化处理流程，节约能源，提高产品质量。	废纸制浆生产箱板纸的企业，尤其是规模大的企业。
热分散技术	热分散系统可有效分散浆料中残留的胶黏物、油墨等，并可改善纸张的物理性能，降低吨纸清水用量，提高纸浆品质。	适用于废旧纸箱（OCC）生产废纸浆的企业。
清洁废纸脱墨技术	常用的清洁废纸脱墨技术包括浮选法，其去除油墨粒子的优点是纤维流失少，减少废水量。	脱墨制浆企业。
多盘过滤器纤维回收技术	利用多圆盘过滤机回收白水中纤维和用于制浆过程中的浆料浓缩。	大型废纸制浆企业。
质量与过程自动控制技术	采用可编程序控制器（PLC）或集散控制系统（DCS）等对生产过程进行精确地检测和节能控制。	企业需根据自身的生产工艺特点、产品质量要求、经济条件，有选择的应用一些质量控制系统和过程自动控制系统。

4.3 水污染治理可行技术

4.3.1 一级处理技术

4.3.1.1 可行工艺参数

格栅：处理系统前设置粗格栅，采用机械清除时格栅间隙宜为10~20mm，采用人工清除时宜为15~25mm；

斜筛：水力负荷10~15 m^3 / (m^2·h)，筛网60~100 目；

初沉池：表面负荷0.8~1.2m^3/(m^2·h)，水力停留时间2.5~4.0h；

混凝沉淀池分离区：表面负荷1.0~1.5m^3/(m^2·h)，水力停留时间2.0~3.5h；

气浮池：表面负荷5~8m^3/m^2·h，水力停留时间20~35min；

超效浅层气浮：水力停留时间为3~5min，池体水深一般在0.5~0.7m，表面负荷为5~8m^3/m^2·h。

4.3.1.2 污染物削减和排放

废水经一级处理后，可去除SS 45%~65%、COD_{Cr}40%~50%、BOD_5 20%~45%。

4.3.1.3 二次污染及防治措施

产生的初沉污泥纤维含量较高，回收后可用于制低档纸；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。

4.3.1.4 技术经济适用性

本技术适用于所有废纸制浆及造纸企业白水回用，处理后废水可回用于企业废纸制浆。超效浅层气浮的投资成本约300元/m^3废水，运行成本约为0.5~0.6元/m^3。涡凹气浮（CAF）的水处理成本不高于0.3元/m^3。

4.3.1.2 二级处理技术

4.3.1.2.1 可行工艺参数

水解酸化技术：用于废水中COD_{Cr}浓度高于2000mg/L的废水预处理，容积负荷4~10kgCOD_{Cr}/(m^3·d)，停留时间3~8h；

UASB技术和IC技术的进水悬浮物均需控制在500mg/L以下，并设置均匀布水装置和三相分离器，UASB容积负荷5~8kgCOD_{Cr}/(m^3·d)，IC容积负荷10~25kgCOD_{Cr}/(m^3·d)；

传统活性污泥法：水力停留时间12~30h；

SBR：反应池个数为2个以上，运行周期6~12h，污泥浓度3000~6000mg/L；

氧化沟工艺：污泥负荷0.1~0.3kgCOD_{Cr}/kgMLSS，水力停留时间18~32h，污泥龄大于20d；

生物接触氧化：容积负荷0.8~1.8kgCOD_{Cr}/(m^3·d)，水力停留时间10~24h。

4.3.1.2.2 污染物削减和排放

“厌氧＋好氧”技术组合对SS去除率约为70%~90%；COD_{Cr}去除率约为75%~90%；BOD_5去除率约为90%~95%。“水解＋好氧”技术组合对SS去除率约为65%~80%；COD_{Cr}去除率大于70%；BOD_5去除率约为80%~90%。各类生化处理技术及去除率如表3所示。

表3 废纸制浆工艺废水生物处理可行技术及去除率

可行技术		主要污染物去除率
厌氧处理技术	上流式厌氧污泥床技术	对于脱墨制浆污水CODcr去除率为50%~70%，对于非脱墨制浆污水COD_{Cr}去除率为60%~70%。
	内循环升流式厌氧技术	CODcr去除率为60%~80%。
	水解酸化技术	SS去除率大于20%，COD_{Cr}去除率约为20%-25%。
好氧处理技术	传统活性污泥法	SS去除率约30%~40%，COD_{Cr}去除率70%~90%，BOD_5去除率70%~90%。
	序批式活性污泥（SBR）法	废水中SS去除率约70%~80%，COD_{Cr}去除率75%~85%，BOD_5去除

		率75%~95%。
	氧化沟工艺	SS去除率70%~80%，COD_{Cr}去除率75%~85%，BOD_5去除率75%~95%
	厌氧/好氧（A/O）工艺	SS去除率40%~80%，COD_{Cr}去除率75%~85%，BOD_5去除率75%~95%。
	生物接触氧化	SS去除率30%~40%，COD_{Cr}去除率65%~85%，BOD_5去除率80%~90%。

4.3.1.2.3 二次污染及防治措施

生化处理技术的二次污染主要来自水处理过程产生的剩余污泥和厌氧系统产生的沼气。上流式厌氧污泥床技术和内循环升流式厌氧技术可通过三相分离器将沼气回收。氧化沟工艺、生物接触氧化技术污泥产生量较少，污泥矿化程度高，可用于制有机复合肥或进行干化焚烧处置。

4.3.1.2.4 技术经济适用性

上流式厌氧污泥床技术和内循环升流式厌氧技术可特别适用于高浓度有机废水的处理，废水BOD_5浓度高于1000mg/L和CODcr浓度高于2000mg/L时应用。

水解酸化技术：适用于废水中CODcr浓度高于1200mg/L且小于2000mg/L时，作为生物处理的预处理技术。

SBR适用于小规模废纸制浆废水的处理。

4.3.1.3 三级处理技术

4.3.1.3.1 可行工艺参数

混凝段常用的混凝剂有铁盐、石灰、铝盐及其高分子混凝剂，常用的助凝剂是聚丙烯酰胺（PAM），混凝剂和助凝剂的种类和投加量应通过试验确定，充分考虑混凝反应过程中pH值对药剂投加量和处理效果的影响。

沉淀池表面负荷0.8~1.5$m^3/(m^2\cdot h)$，水力停留时间2.5~4h，采用斜板(管)沉淀池其表面负荷可按比普通沉淀池的设计表面负荷提高1~2倍考虑；

气浮池：表面负荷6~9$m^3/m^2\cdot h$，水力停留时间20~30min；

当SS指标要求较严时，混凝沉淀（气浮）后的废水宜进行过滤处理，其工艺要求如下：过滤的进水悬浮物宜小于30mg/L；过滤系统可采用各种过滤池和机械过滤器；可采用无烟煤、石英砂、陶粒滤料、聚苯烯泡沫滤珠、金刚砂、纤维球、纤维束等滤料。

4.3.1.3.2 污染物削减和排放

单独的过滤技术SS去除率约为45%~65%、COD_{Cr}去除率约为10%~15%、BOD_5去除率约为10%~15%。“混凝+过滤”组合技术SS去除率约为50%~70%、COD_{Cr}去除率约为20%~30%、BOD_5去除率约为15%~25%

4.3.1.3.3 二次污染及防治措施

由于该部分污泥、滤渣金属盐含量较高，为了减少对周边环境的影响，常用填埋的方法进行处理。

4.3.1.3.4 技术经济适用性

废水经三级处理可以直接排放或回用于生产。

表 4 废纸制浆工艺水污染治理可行技术

处理程度	处理方法	主要技术流程	环境绩效	技术适用性
一级处理	混凝沉淀	格栅→斜筛（过滤机）→调节池→混凝沉淀	SS 去除率约为 45%-65%；COD_{Cr} 去除率约为 40%~50%；BOD_5 去除率约为 20%~45%。	所有企业白水回用，处理后废水可回用于企业废纸制浆。
	混凝气浮	格栅→斜筛（过滤机）→调节池→混凝气浮（超浅层气浮）	SS 去除率约为 45%~65%；COD_{Cr} 去除率约为 40%-50%；BOD_5 去除率约为 20%-45%。	本技术适用于所有企业白水回用，处理后废水可回用于企业废纸制浆。
二级处理	厌氧＋好氧	厌氧（UASB、IC）→好氧（活性污泥法、氧化沟、SBR 工艺、生物接触氧化）→二次沉淀池	SS 去除率约为 40%~90%；COD_{Cr} 去除率约为 75%~90%；BOD_5 去除率约为 90%~95%。	废纸制浆脱墨废水、非脱墨废水的处理
	水解＋好氧	水解→好氧（活性污泥法、氧化沟、SBR 工艺、生物接触氧化）→二次沉淀池	SS 去除率约为 40%~80%；COD_{Cr} 去除率大于 70%；BOD_5 去除率约为 80%-90%。	适用于低浓度废水、非脱墨废水的处理
三级处理	混凝—过滤	二级出水→混凝（沉淀、气浮）→过滤	SS 去除率约为 50%-70%；COD_{Cr} 去除率约为 20%-30%；BOD_5 去除率约为 15%-25%。	企业废水直接排放或回用
	过滤	二级出水→过滤	SS 去除率约为 45%~65%；COD_{Cr} 去除率约为 10%~15%；BOD_5 去除率约为 10%~15%。	企业废水直接排放或回用

4.4 固体废物综合利用及处理处置可行技术

废纸制浆工艺固体废物综合利用及处理处置可行技术如表5所示。

表 5 废纸制浆工艺固体综合利用及处理处置可行技术

固体废物类型	可行技术	技术适用性
原料中固体废弃物	废物回收	原料中金属、塑料、尼龙绳等有用物质进行回收
	卫生填埋	对于没有回收价值的物质可以进行卫生填埋处理
脱墨污泥	干化焚烧	适用所有脱墨污泥处理，焚烧过程需满足国家《危险废物焚烧污染控制标准》（GB18484-2001）
废水处理初沉污泥	废物利用	污泥中含有大量的纤维，可以作为其他诸如瓦楞纸的生产原料

5 造纸生产工艺及污染物排放

5.1 生产工艺及污染物排放

造纸企业的纸产品和工艺布局不尽相同，通常包括浆料制备、上浆系统、纸机和纸板机等基本单元。

造纸生产工艺流程及产污环节如图 4 所示。

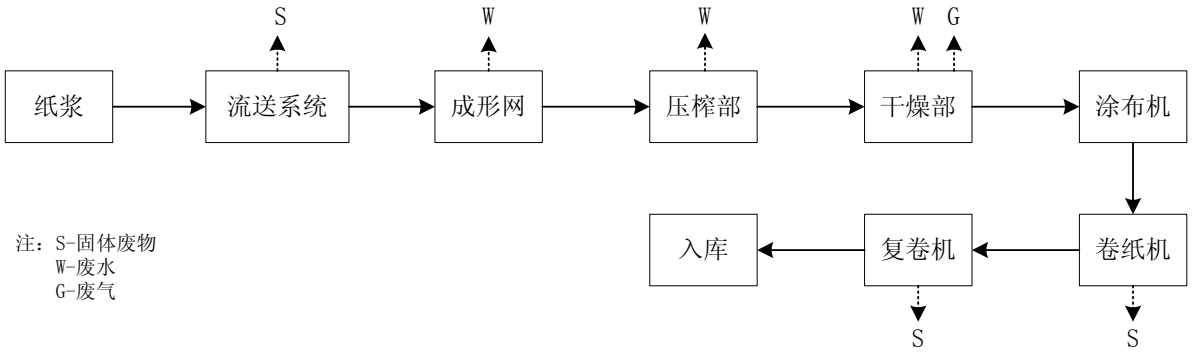


图 4 造纸生产工艺流程及产污环节

5.2 污染物排放

造纸工艺的污染物排放包括废水污染、固体废物污染、大气污染、和噪声污染，其中废水污染是主要环境问题。

造纸工艺产生的主要污染物及来源见表6。

表 6 造纸工艺产生的主要污染物及来源

主要生产环节	废水	固体废物	废气	噪声
网部	●			●
压榨	●			●
烘干			●	
卷取		●		

5.2.1 水污染

造纸生产工艺产生的废水主要为纸机白水，其成分以固体悬浮物和有机污染物为主。COD_{Cr}为500~800mg/L，BOD_5为200~350mg/L。固体悬浮物包括纤维、填料、涂料等；有机污染物主要由细小纤维、填料和胶料，以及添加的施胶剂、增强剂、防腐剂等构成，以不溶性污染物为主，可生化性较低。造纸白水分稀白水和浓白水，稀白水通常处理后回用，浓白水由于含大量的可回用纤维，全部回用作冲浆。

5.2.2 固体废物污染

造纸过程产生的固体废物包括造纸生产工艺产生的纤维性浆渣、造纸机干部产生的软辊压光损纸、卷纸机和复卷机产生的纸毛边等干损纸、造纸机湿部和压榨部产生的损纸、白水澄清产生的污泥、及动力锅炉产生的灰渣。

5.2.3 大气污染

造纸生产过程中排放的大气污染物主要为纸张抄造和涂布过程中的废气、锅炉燃煤燃烧产生的烟尘、二氧化硫等有害气体以及废水处理站产生的臭气。

5.2.4 噪声污染

造纸产生的噪声分为机械噪声和空气动力性噪声，主要噪声源包括纸机、泵类、锅炉鼓风、引风机等。

6 造纸工艺过程污染预防技术

6.1 工艺过程污染预防技术

6.1.1 纸机设备升级

6.1.1.1 长网纸机、夹网纸机技术

采用长网纸机、夹网纸机，通过纸机设备的升级提高纸机车速、抄宽，提高生产效率和纸机产量。造纸机的高效运行可降低生产每吨纸张的电力和蒸汽要求，提高能源的利用效率。该技术适用于大中规模的造纸企业，小规模的造纸企业可根据自己的经济能力尽量选用先进、高效的纸机设备。

6.1.1.2 封闭烘缸罩技术

封闭烘缸罩技术是指用封闭烘缸罩代替敞开型烘缸罩。

封闭式风罩的送风温度高，可增加热空气的吸湿能力，减少进风及排风量，从而节省蒸发湿纸页水分所需的能耗；封闭式烘缸罩还可有效地调节罩内气流，改善操作条件，减少车间的噪声。

该技术适用于造纸企业。

6.1.1.3 袋通风技术

袋通风技术是指在纸机的袋部安装袋通风装置，使干燥热风均匀不断地送到纸幅周围，抵消蒸发阻力，使整个纸幅横向比较均匀。

设计合理的气袋通风装置可使纸机的干燥能力提高20%~40%，使纸机车速平均提高12%。

该技术适用于造纸企业。

6.1.2 造纸机网部喷淋节水技术

经过处理的白水，若水质符合纸机网部喷淋水质要求，可代替新鲜水，用于网部喷淋设备的成型网清洁、网回头辊清洁、冲网喷水等。企业结合自身情况合理设计纸机网部喷淋系统的用水管线和节水方式。

6.1.3 造纸机压榨部喷淋节水技术

造纸机压榨部喷淋系统节水技术是指采用针形喷射器，在大约200mm的喷淋距离，高压喷射（40MPa），清洁造纸机。通常在实际的喷淋清洁操作中，喷淋方案的设计应综合考虑清洁程度、耗水情况以及对毛毯的损害程度，以达到节水节能的目的。

6.1.4 密封水、冲洗水节水技术

密封水、冲洗水节水技术是指将处理后的白水作为密封系统的密封水，以减少清水用量。该技术具有普遍适用性，企业根据设备特点选择合适的节水方案。

6.1.5 烘缸强化传热技术

6.5.1.1 烘缸滴状冷凝技术

烘缸滴状冷凝技术是指将烘缸内壁的膜状冷凝变为滴状冷凝，以达到烘缸内强化传热。该技术采用辛葵树脂在烘缸内壁挂上一层薄膜，可降低传热阻力，使传热系数提高约38%，节约蒸汽约7%。该技术对于造纸企业普遍适用。

6.5.1.2 烘缸盖绝热保温技术

烘缸盖的绝热保温技术是指选择性能良好的保温材料对烘缸盖进行绝热保温，以节约能耗。该技术对于造纸企业普遍适用。

6.1.6 多段通汽供热系统

6.1.6.1 多段通汽供热系统

采用多段通汽供热系统，利用阀门进行节流减压，调节纸机干燥部各段烘缸的供汽压力和用汽量，建立合理的烘缸温升曲线，适用于各类纸机，纸张抄造工艺。

6.1.6.2 蒸汽流量调节热泵

采用蒸汽流量调节热泵，通过改变工作蒸汽喷嘴有效断面积实现热泵工况调节，即供热压力、供气负荷的调节，避免能源浪费，适用于各类纸机，纸张抄造工艺。

6.1.7 优化水回路设计和水净化技术

生产过程中的水回路通常以清水使用量最小化为目的设计，如图5所示。

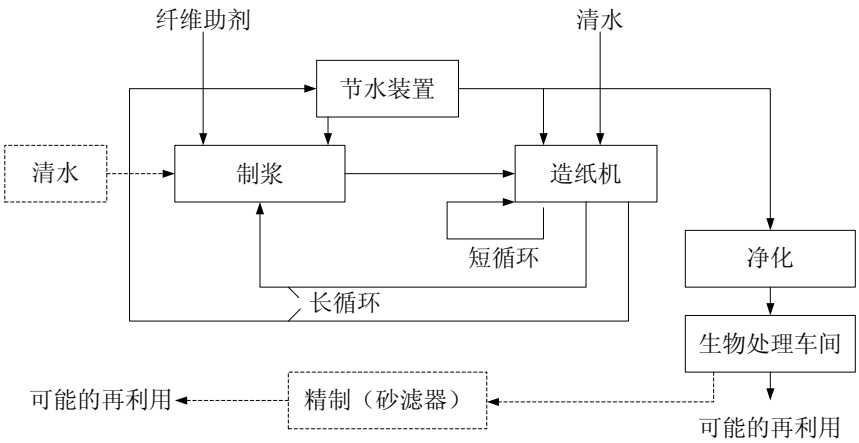


图5　水回路的优化设计

纸机产生的富含细小纤维的浓白水用于稀释上浆系统（短循环），或用于备料阶段（长循环）；部分稀白水在节水装置中通过过滤器（多盘过滤器、鼓式过滤器）、浮选机（溶气气浮，CAF）或沉淀（沉淀漏斗、薄层分离器）被净化，净化后作为纸机网部、压榨部清洗水或生产工艺补充水等。

通过优化水回路设计，生产瓦楞纸板和挂面纸板可达到的最小清水使用量范围为4～7m^3清水/吨纸。

6.1.8 质量与过程自动控制技术

技术描述参见3.1.11。

该技术适合在造纸企业应用。

6.2 造纸行业污染治理技术

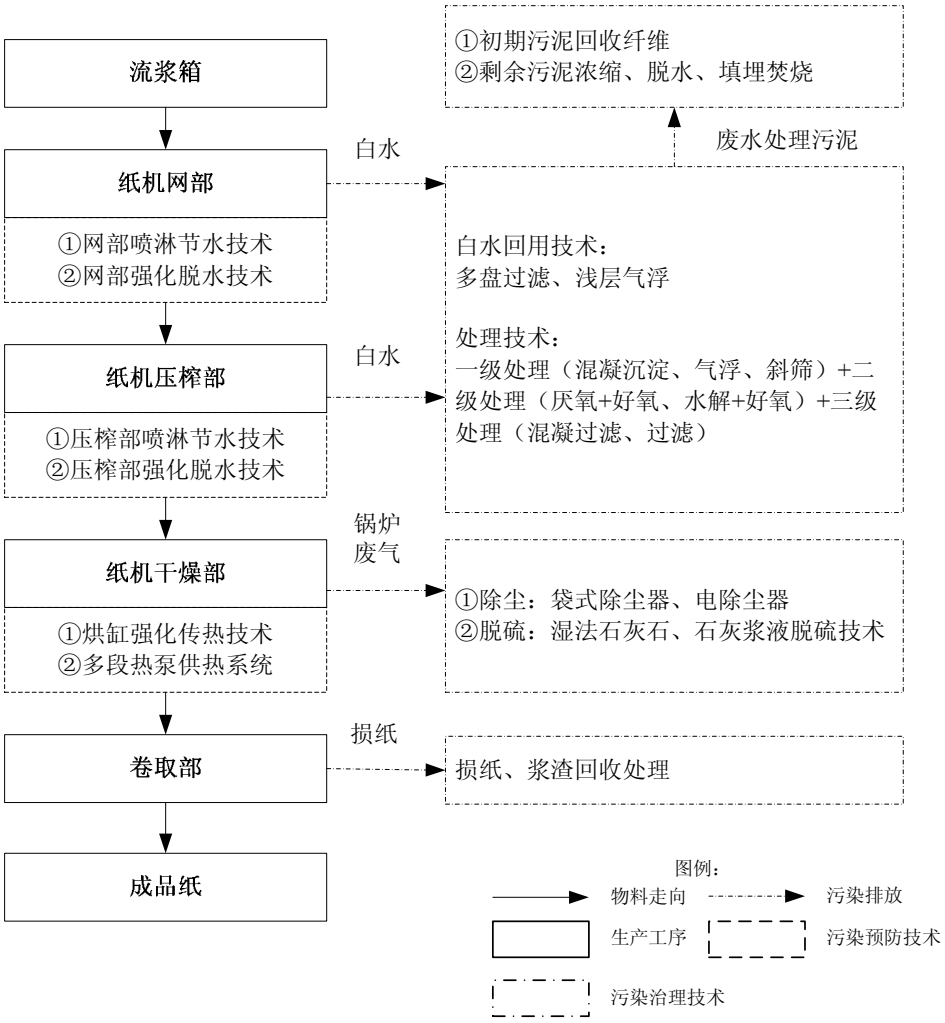
造纸工艺产生的污染较少，主要为纸机白水污染、锅炉废气污染、锅炉废渣及损纸等，相应污染治理技术参见第3.2~3.4节废纸制浆工艺污染治理技术。

7 造纸行业污染防治可行技术

7.1 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。

造纸工艺污染防治可行技术组合见图6。



备注:优化水回路设计及水净化技术、质量与过程自动控制技术、纸机设备升级技术及密封水节水技术在造纸工艺多个工序中采用。

图6　造纸工艺污染防治可行技术组合

7.2 工艺过程污染预防可行技术

造纸工艺污染预防可行技术可如表7所示。

表 7 造纸工艺污染预防可行技术

可行技术	技术描述	技术适用性
纸机设备升级技术	选用新型压榨和干燥技术的高速纸机，提高纸机车速、抄宽，提高生产效率和纸机产量。	造纸企业
烘缸强化传热技术	烘缸内壁的膜状冷凝变为滴状冷凝，烘缸内冷凝水的及时排除，及烘缸盖的绝热保温，均可消减蒸汽用量。	对于造纸企业普遍适用
多段热泵供热系统	利用阀门进行节流减压，调节纸机干燥部各段烘缸的供汽压力和用汽量。	适用于各类纸机，纸张抄造。
造纸机网部喷淋系统的节水技术	将圆盘过滤机的超清滤液和气浮机处理后的白水澄清水作为网部喷淋设备的成型网清洁、网回头辊清洁、冲网喷水管用水。	企业结合自身情况合理设计纸机网部喷淋系统的用水管线和节水方式
造纸机压榨部喷淋系统的节水技术	根据清洁程度、耗水情况以及对毛毯的损害程度等方面平衡选择喷淋方案、喷淋设备。	该技术具有普遍适用性，企业根据自身情况合理采用。
密封水节水技术	密封水循环系统设计使用，可减少生产过程的清水用量。	该技术具有普遍适用性，企业根据设备特点选择合适的节水方案。需注意密封水在管路中的流动应保持连续不断，以防止污垢的形成和沉积。
多盘过滤器纤维回收技术	利用多圆盘过滤机回收白水中纤维和用于制浆过程中的浆料浓缩，使污染物的排放量低于产生量。	较适合大型的造纸企业
优化水回路设计和水净化技术	工艺水重复利用的原则是，反向工艺水流入工艺流程，和纤维流逆流。	企业根据工艺水重复利用原则设计和优化水回路
质量与过程自动控制技术	采用可编程序控制器（PLC）或集散控制系统（DCS）等对生产过程进行精确地检测和节能控制。	造纸企业需根据自身的生产工艺特点、产品质量要求、经济条件，有选择的应用一些质量控制系统和过程自动控制系统。

7.3 污染治理可行技术

参见4.3节。

8 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演练；

（3）加强生产设备的使用、维护和维修管理，保证设备正常运行；

（4）有效地指挥调度生产，合理安排生产计划；

（5）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，加强生产过程控制和计量监督，减少废物产生；

（6）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；

（7）定期检查和维修生产设备，保证设备的正常运行状态，减少运行不正常造成的纤维流失等；

（8）根据产量及季节的变化对造纸机的进风与排风进行合理调节；

（9）合理使用盘磨和热分散等大功率设备；

（10）及时冲刷滤网，保持网面畅通，减少纤维流失；

（11）在设备停机或换网时回收瞬间排放的良浆以减少纤维流失；

（12）贯彻“节约与开源并重、节流优先、治污为本”的用水原则，全面推广“分质用水、串级用水、循环用水、一水多用、废水回用”的节水技术，提高水的重复利用率；

（13）将回路中的工艺水精确分离并逆流以减少清水使用量；

（14）在纤维再生单元，使用弓形筛、多盘过滤器,溶气气浮工艺将白水处理得到净化水，以代替清水；

（15）采取措施避免工艺水循环可能带来的副作用，如控制循环回路中的 pH 值；

（16）增加工艺水的蓄水能力，避免纸浆加工过程中，由于故障或其它不平衡条件造成循环水不必要的溢流；蓄水能力的增加可以通过增加额外的水槽、管道和泵实现；

（17）在水处理系统中设置应急池，保护水处理微生物不受毒性或高浓高温废水的冲击；

（18）废纸堆场要遮盖预防被雨淋，对雨淋等废水要收集处理；

（19）将造纸机干部产生的软辊压光损纸、卷纸机和复卷机产生的纸毛边等干损纸、造纸机湿部和压榨部产生的损纸全部回用，既回收纤维资源又减少固体废物产生；

（20）高浓度除渣机和碎浆机处理系统排出的废渣因为含有高浓度无机物质（石子、砂子、订书钉、曲别针等），可对其进行分类后回收利用；如塑料含量高的筛渣热当量高，可焚烧以获得大量能量，适用于产生大量固体废物的大型造纸厂；含有机纤维材料高的废渣可用于制堆肥；

（21）强化废纸回收过程管理，从源头减少固废产生；

（22）定期对初沉污泥分析，实现污泥中纤维回用；

（23）定期对污泥处理设备进行检查维护；

（24）定期分析污泥特征，优化药剂的添加；

（25）设备选型时选择低噪声设备，控制噪声源强；

（26）定期检查隔声罩密封性、隔声装置、减震器的隔声效果；

（27）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。