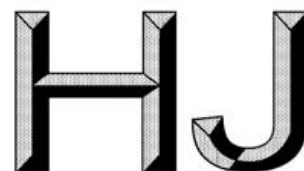


附件 4



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ×××××-2017

造纸行业污染防治最佳可行技术指南

**Guideline on best available technologies of pollution prevention
and control for pulp and paper industry**

(征求意见稿)

2017-××-××发布

2017-××-××实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前言.....	64
1 适用范围.....	65
2 术语和定义.....	65
3 生产工艺及污染物排放.....	66
4 工艺过程污染预防最佳可行技术.....	71
5 废水污染治理技术.....	82
6 废气污染治理技术.....	94
7 固体废物综合利用及处置技术.....	96
8 噪声污染控制技术.....	97

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》以及《中华人民共和国大气污染防治法》等法律法规，防治环境污染，改善环境质量，更好地完成环境保护技术与管理
工作，制定本标准。

本标准提出了造纸行业工艺过程污染预防技术、废水污染及废气污染治理技术、固体废物综合利用及处置技术和噪声污染控制技术。

本标准为指导性文件。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准起草单位：轻工业环境保护研究所、中国造纸协会、环境保护部环境工程评估中心、中国制浆造纸研究院、中国中轻国际工程有限公司、华南理工大学。

本标准环境保护部 2017 年□月□日批准。

本标准自 2017 年□月□日起实施。

本标准由环境保护部解释。

造纸行业污染防治最佳可行技术指南

1 适用范围

本标准明确了造纸行业工艺过程污染预防、污染治理、资源综合利用等方面的最佳可行技术。

本标准适用于造纸行业污染防治技术的选择，同时可作为建设项目可行性研究、环境影响评价、污染物排放标准制修订及污染物排放许可管理等的技术依据。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

2.1 造纸行业 pulp and paper industry

以木材、非木材或废纸等为原料生产纸浆，及（或）以纸浆为原料通过机器或手工抄造的方法生产纸和纸板，和以纸和纸板为原料，进一步加工制成纸制品的工业行业。

2.2 化学法制浆 chemical pulping process

利用含有化学药品的溶液在特定的条件下处理植物原料，溶出绝大部分非纤维素成分而制得纸浆的生产过程。

2.3 碱法化学制浆 alkaline chemical pulping

以碱性溶液蒸煮植物原料制得化学浆的生产过程。主要包括烧碱法制浆和硫酸盐法制浆。

2.4 亚硫酸盐法制浆 sulfite pulping

以亚硫酸盐溶液蒸煮植物原料制得化学浆的生产过程。

2.5 化学机械法制浆 chemi-mechanical pulping

以化学预处理与机械磨解作用相结合的方式，使植物原料解离而制得纸浆的生产过程。

2.6 废纸制浆 recovered paper pulping

以废纸为原料，经过碎浆等处理，必要时进行脱墨、漂白等工序制得纸浆的生产过程。

2.7 机制纸及纸板制造 paper and paperboard process

按使用要求，纤维经处理后悬浮于流体介质中，并在网上互相交织，通过机器抄造脱去流体介质而形成片状产品的生产过程。

2.8 手工纸制造 hand-made paper process

采用手工抄造成型，制成纸和纸板的가生产过程。

2.9 加工纸制造 paper converting process

对原纸及纸板进一步加工的生产过程。

2.10 可行技术 available technologies

针对生产、生活中可能产生的污染，考虑技术、经济等因素，得到应用且有效、可行的污染防治工艺与技术。

2.11 最佳可行技术 best available technologies

针对生产、生活中产生的各种环境问题，为减少污染物排放，从整体上实现高水平环境保护所采取的与某一时期技术、经济发展水平和环境管理要求相适宜、适用于不同应用条件的一项或多项先进、可行的污染防治工艺与技术。

2.12 新技术 new technologies

污染防治技术中出现的新的技术动态，包括未进行生产实践和研究、试验阶段的技术等。

2.13 一级处理 primary treatment

综合废水处理工程中以沉淀、气浮等固液分离措施为主体的过程。

2.14 二级处理 secondary treatment

综合废水处理工程中经一级处理后以生化处理为主体的过程。

2.15 三级处理 tertiary treatment

综合废水处理工程中经一级和二级处理后,采用物理和化学的方法进一步处理污染物的过程。

3 生产工艺及污染物排放

3.1 化学法制浆

3.1.1 硫酸盐法化学木(竹)制浆

典型的硫酸盐法化学木(竹)制浆工艺流程及产污环节见图1。

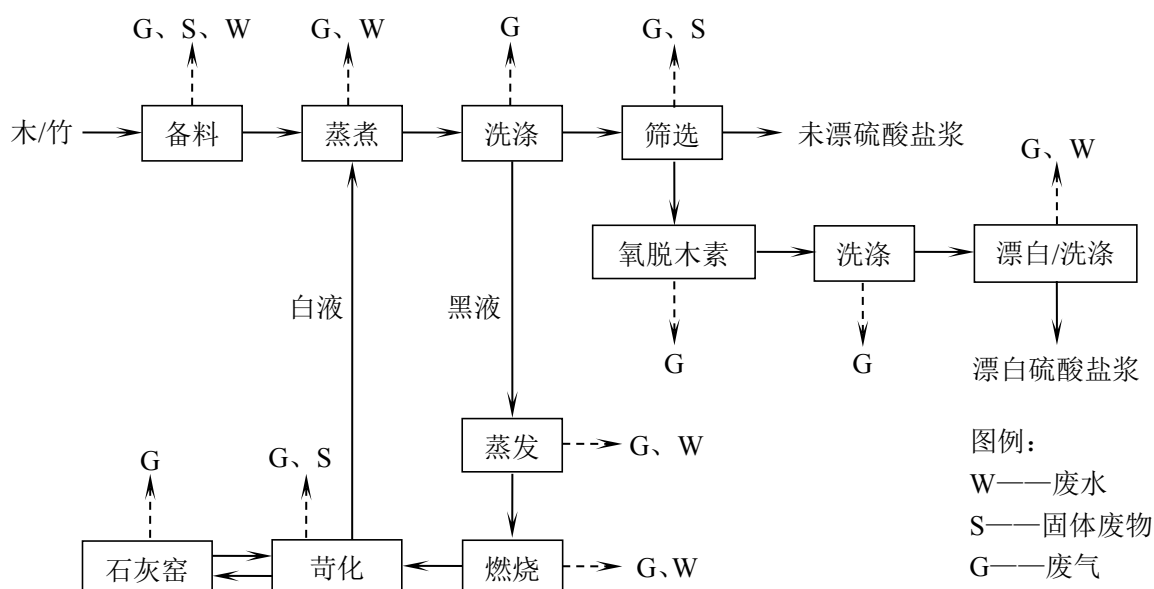


图1 典型的硫酸盐法化学木(竹)制浆工艺流程及产污环节

(1) 废水

废水主要包括：备料废水、蒸煮及黑液蒸发产生的污冷凝水和漂白废水（漂白浆）等，制浆黑液进入碱回收车间处理，综合废水 COD_{Cr} 产生浓度一般为1200~2000 mg/L。主要污染物为碳水化合物的降解产物、低分子量的木素降解产物、有机氯化物（含氯漂白工艺）及水溶性抽出物等。

(2) 废气

废气主要包括：蒸煮、洗涤、筛选、氧脱木素、漂白、黑液蒸发、苛化等工段产生的臭气；备料工段产生的少量粉尘；污水处理厂产生的臭气；碱回收炉及石灰窑产生烟气中的烟尘、二氧化硫及氮氧化物等。

(3) 固体废物

固体废物主要包括：备料过程产生的树皮和木(竹)屑等残渣；制浆过程中筛选工段产生的节子和浆渣；碱回收车间产生的绿泥、白泥和石灰渣；污水处理厂污泥等。

(4) 噪声

噪声主要来自剥皮、削片、传动、泵、风机和压缩机等设备运转，以及间歇喷放或放空，压力、真空清洗或吹扫等过程。

3.1.2 碱法或亚硫酸盐法非木材制浆

典型的碱法或亚硫酸盐法非木材制浆工艺流程及产污环节见图2。

(1) 废水

废水主要包括：备料废水、洗涤废水、蒸煮及黑液（废液）蒸发产生的污冷凝水和漂白废水（漂白浆）等，制浆黑液或废液进入碱回收车间处理或综合利用，综合废水 COD_{Cr} 产生浓度一般为1500~2500 mg/L。主要污染物为碳水化合物的降解产物、低分子量的木素降

解产物、有机氯化物（含氯漂白工艺）及水溶性抽出物等。

(2) 废气

废气主要包括：蒸煮、洗涤、筛选、氧脱木素、漂白、黑液蒸发、苛化等工段产生的臭气；备料工段产生的少量粉尘；污水处理厂产生的臭气；碱回收炉产生烟气中的烟尘、二氧化硫及氮氧化物等。

(3) 固体废物

固体废物主要包括：备料过程产生的麦糠、苇叶、蔗髓及砂尘等废料；制浆过程中筛选工段产生的浆渣等；碱回收车间产生的绿泥、白泥和石灰渣；污水处理厂污泥等。

(4) 噪声

噪声主要来自切草机、传动、泵、风机和压缩机等设备运转，以及间歇喷放或放空，压力、真空清洗或吹扫等过程。

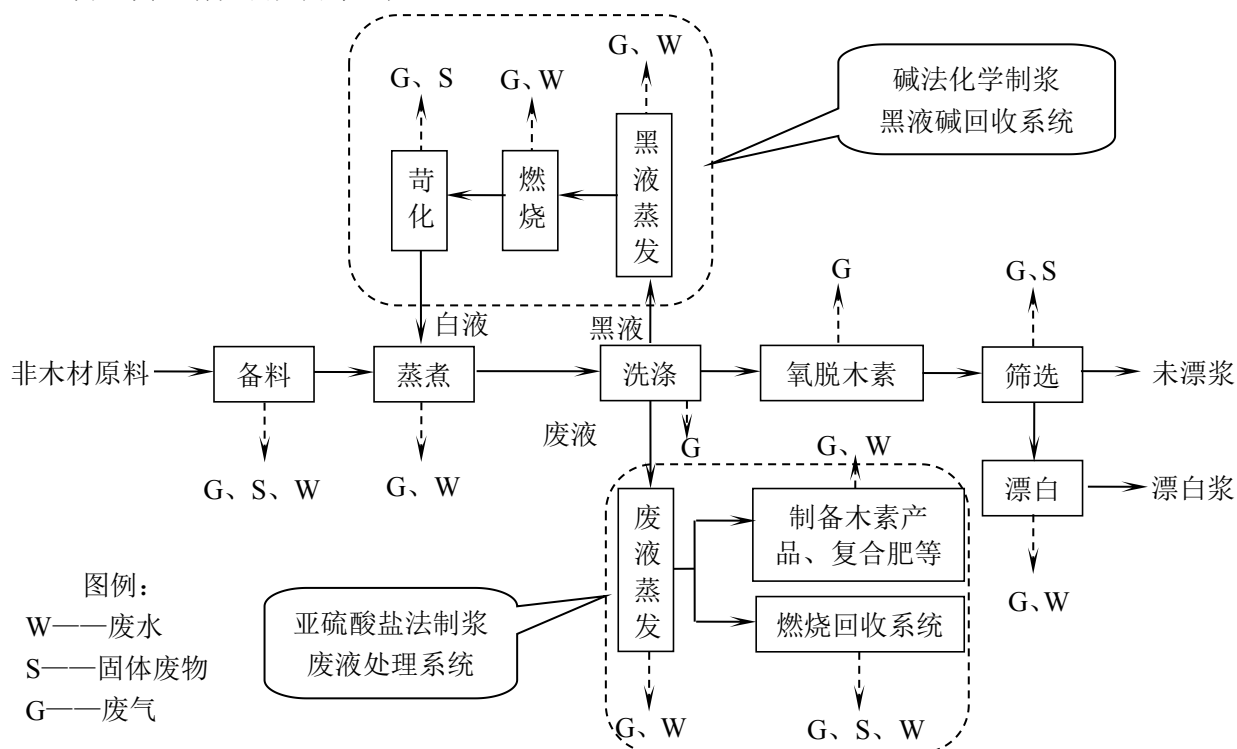


图2 典型的碱法或亚硫酸盐法非木材制浆工艺流程及产污环节

3.2 化学机械法制浆

典型的化学机械法制浆工艺流程及产污环节见图3。

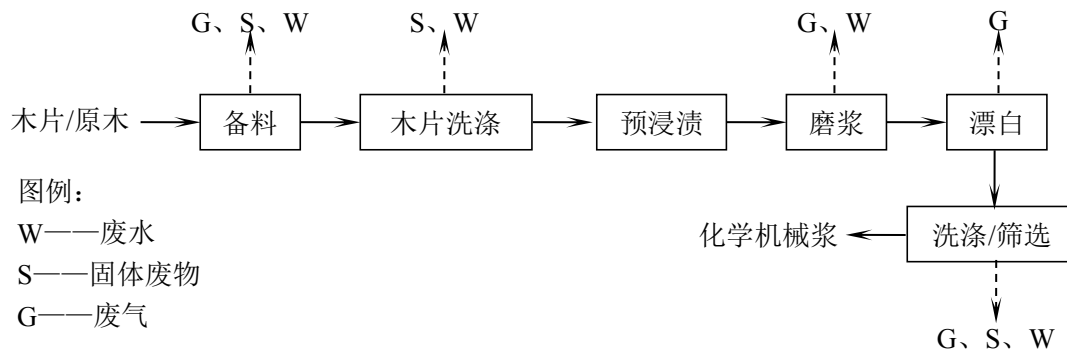


图3 典型的化学机械法制浆工艺流程及产污环节

(1) 废水

废水主要包括：备料、木片洗涤废水及磨浆工段废水，综合废水COD_{Cr}产生浓度一般为

6000~16000 mg/L。主要污染物为以细小纤维为主的悬浮物和以水溶性抽出物为主的溶解物。

(2) 废气

废气主要包括：备料工段产生的少量粉尘及污水处理厂产生的臭气等。

(3) 固体废物

固体废物主要包括：备料过程产生的树皮和木屑等木材残渣；制浆过程中筛选工段产生的浆渣；污水处理厂污泥等。

(4) 噪声

噪声主要来自剥皮、削片、磨浆、传动、泵、风机和压缩机等设备运转，以及压力、真空清洗或吹扫等过程。

3.3 废纸制浆

典型的脱墨废纸制浆和非脱墨废纸制浆工艺流程及产污环节见图4、图5。

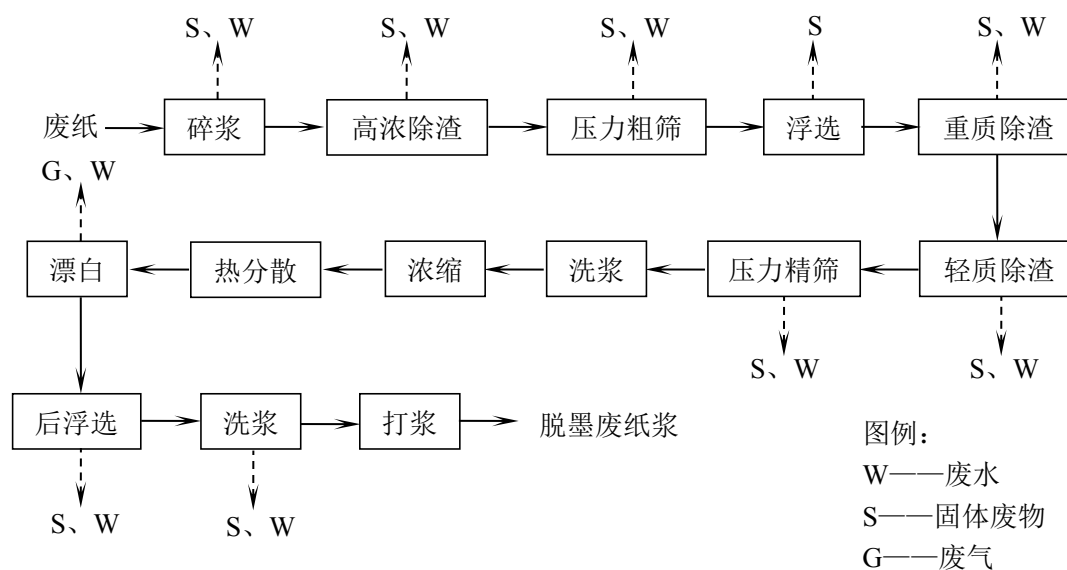


图4 典型的脱墨废纸制浆工艺流程及产污环节

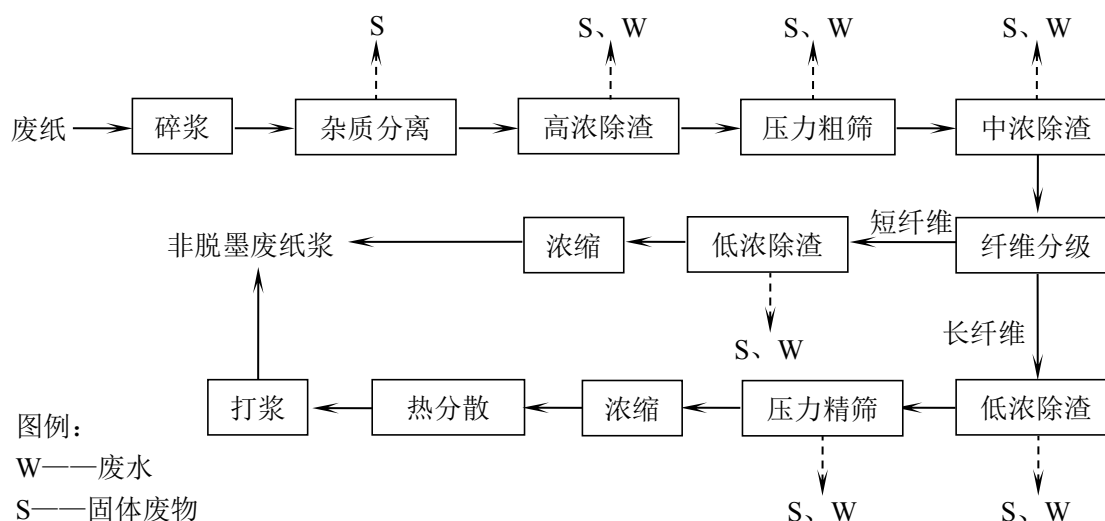


图5 典型的非脱墨废纸制浆工艺流程及产污环节

(1) 废水

废水主要包括：碎浆、洗涤、筛选、净化、脱墨及漂白废水等，脱墨废纸浆综合废水COD_{Cr}产生浓度一般为1200~6500 mg/L，非脱墨废纸浆综合废水COD_{Cr}产生浓度一般为1500~5000 mg/L。主要污染物包括细小纤维及其降解物、油墨微粒、胶黏物及填料等。

(2) 废气

废气主要包括：漂白工序产生的少量废气及污水处理厂产生的臭气等。

(3) 固体废物

固体废物主要包括：碎浆工段产生的砂石、金属及塑料等；净化、筛选工段产生的油墨微粒、胶黏剂、塑料碎片及填料等；浮选产生的脱墨污泥；污水处理厂污泥等。

(4) 噪声

噪声主要来自碎浆、磨浆、热分散、泵、风机和压缩机等设备运转，以及压力、真空清洗或吹扫等过程。

3.4 机制纸及纸板制造

典型的机制纸及纸板制造生产工艺流程及产污环节见图6。

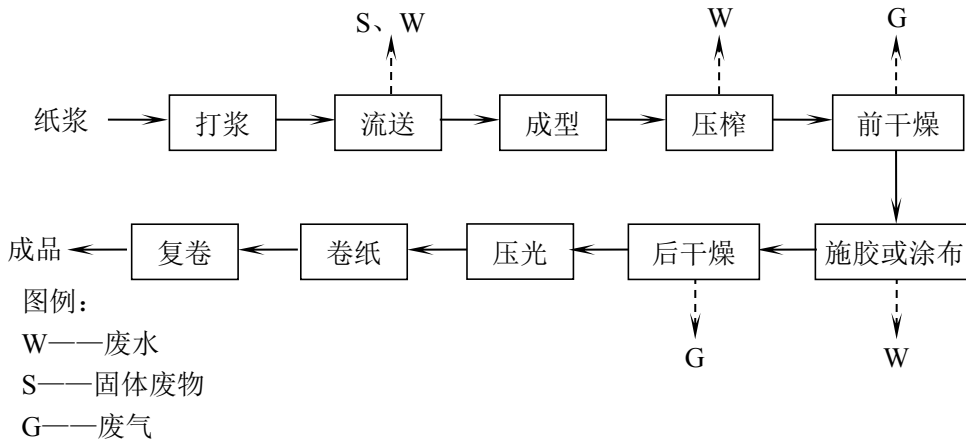


图6 典型的机制纸及纸板制造生产工艺流程及产污环节

(1) 废水

废水主要为纸机白水，COD_{Cr}产生浓度一般为500~1800 mg/L，主要污染物包括细小纤维、胶料及填料等。

(2) 废气

废气主要包括：干燥段产生的少量废气及污水处理厂产生的臭气等。

(3) 固体废物

固体废物主要包括：浆渣及污水处理厂污泥等。

(4) 噪声

噪声主要来自磨浆、泵、传动、风机和压缩机等设备运转，以及压力、真空清洗或吹扫等过程。

3.5 手工纸制造

典型的手工纸制造生产工艺流程及产污环节见图7、图8。

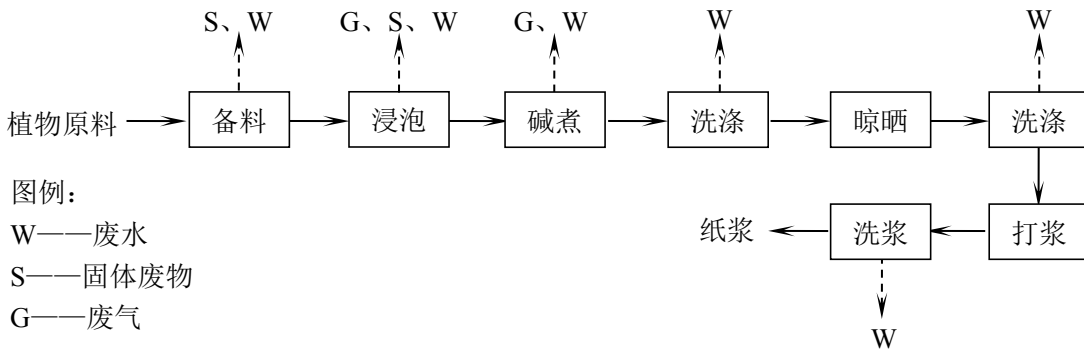
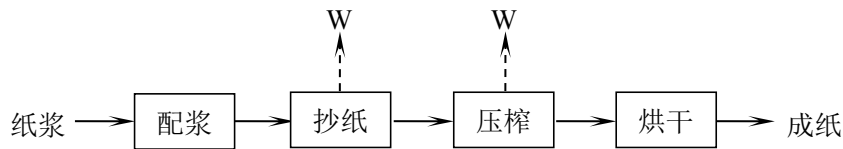


图7 典型的手工纸制造中制浆工艺流程及产污环节



图例：

W——废水

图8 典型的手工纸制造中抄纸工艺流程及产污环节

(1) 废水

废水主要包括：浸泡、碱煮、洗涤及抄纸过程产生的废水，碱煮等工段产生的浓黑液可制成碱木素，洗涤等工段产生的次黑液经厌氧处理后与抄纸等工段低浓废水混合进一步处理。主要污染物为碳水化合物降解产物及低分子量的木素降解产物等。

(2) 废气

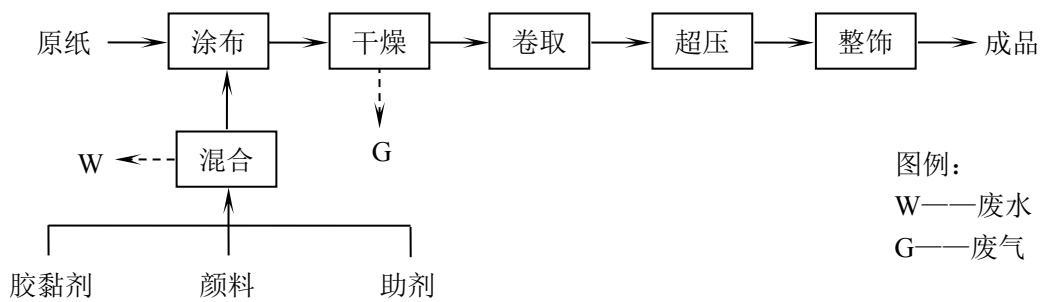
废气主要包括：浸泡、碱煮工段产生的废气及污水处理厂产生的臭气等。

(3) 固体废物

固体废物主要为备料过程产生的残渣等。

3.6 加工纸制造

加工纸根据工艺主要可分为涂布加工纸、浸渍/淋膜加工纸、镀膜加工纸及复合加工纸。典型的工艺流程及产污环节分别见图9~图12。

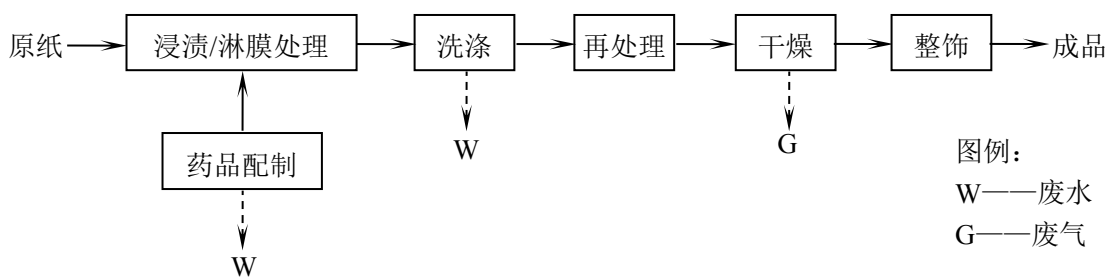


图例：

W——废水

G——废气

图9 典型的涂布加工纸工艺流程及产污环节

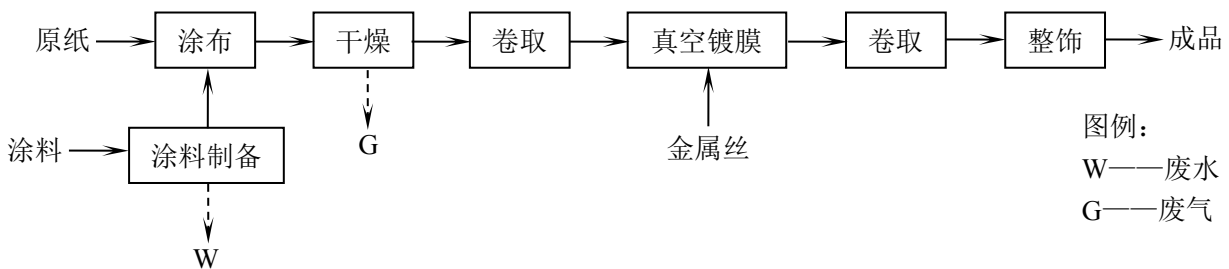


图例：

W——废水

G——废气

图10 典型的浸渍/淋膜加工纸工艺流程及产污环节



图例：

W——废水

G——废气

图11 典型的镀膜加工纸工艺流程及产污环节

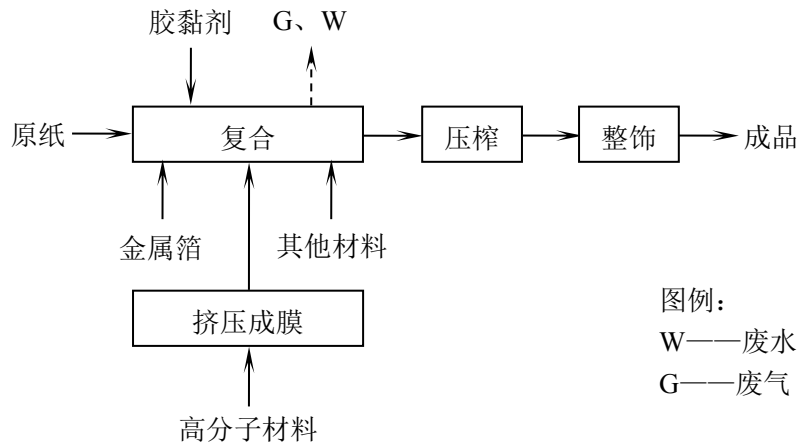


图12 典型的复合加工纸工艺流程及产污环节

(1) 废水

废水主要包括：涂料制备、药品配制及清洗等工段产生的废水。

(2) 废气

废气主要包括：干燥、复合工段产生的废气及污水处理厂产生的臭气等。

4 工艺过程污染预防最佳可行技术

4.1 化学法制浆

4.1.1 硫酸盐法化学木（竹）制浆

4.1.1.1 木（竹）片堆场的废水收集及处置

(1) 技术描述及参数

堆场的木（竹）材在雨淋后，将产生初期雨水。通常情况下，木（竹）片堆场需设置初期雨水收集系统，并按堆场大小设置收集池，将收集的初期雨水送往污水处理厂处理。

(2) 环境效益

减少堆场初期雨水排放可能造成的环境影响。

(3) 技术适用性

该技术适用于以原木（竹）、木（竹）片为原料的制浆企业。

4.1.1.2 干法剥皮

(1) 技术描述及参数

干法剥皮技术是指原木在连续式剥皮机中做不规则运动，通过摩擦、碰撞，使树皮剥离。采用圆筒剥皮机处理桉木时，剥净度可达95%~98%，损失率约为1.0%~1.5%。

圆筒剥皮机采用干法运行的能耗略高于湿法，但可获得较高干度的树皮，更有利于作为锅炉生物质燃料。

(2) 环境效益

与湿法剥皮相比，该技术吨浆用水量明显降低，吨浆节水3~10 m³。吨浆产生备料废水0.5~2.5 m³、COD_{Cr} 1~10 kg、BOD₅ 0.5~2.5 kg。

(3) 技术适用性

该技术适用于以原木为原料的制浆企业，但以相思树为原料，或部分特定种类的桉树贮存一定时间后，采用干法圆筒剥皮机难以剥除树皮，应采用辊式剥皮机或其他剥皮设备。

4.1.1.3 蒸煮技术

4.1.1.3.1 新型连续蒸煮技术

(1) 技术描述及参数

先进的新型连续蒸煮技术主要包括低固形物蒸煮技术（Lo-Solids）和紧凑蒸煮技术（Compact Cooking）等。低固形物蒸煮技术是指将木（竹）片浸渍液及大量脱木素阶段和最终脱木素阶段的蒸煮液抽出而大幅降低蒸煮液中固形物的蒸煮技术，该技术可最大限度地降低大量脱木素阶段蒸煮液中的有机物。紧凑蒸煮技术是将等温蒸煮与黑液预浸渍相结合，即在大量脱木素阶段，通过增加氢氧根离子和硫氢根离子浓度，提高硫酸盐蒸煮的选择性，并

提高该阶段的木素脱除率，从而减少慢速反应阶段的残余木素量。

新型连续蒸煮技术与传统连续蒸煮相比，具有蒸煮温度低、电耗低、纸浆得率高、卡伯值低及可漂性好等特点，吨浆能耗低于其他蒸煮技术，运行成本较低。

(2) 环境效益

该技术可有效降低纸浆卡伯值，纸浆的卡伯值降低一个单位，漂白过程中产生的 COD_{Cr} 将减少约2 kg/ADt（千克每吨风干浆）。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。现代蒸煮系统通常与氧脱木素结合，提高蒸煮得率，降低送漂白纸浆的卡伯值。

4.1.1.3.2 改良型间歇蒸煮技术

(1) 技术描述及参数

改良型间歇蒸煮技术是通过置换和黑液再循环的方式深度脱木素，主要包括由快速置换加热（RDH）发展起来的DDS置换蒸煮、由超级间歇蒸煮（Super Batch）发展起来的连续间蒸（Dual C）和优化间蒸（Opti-Batch）等技术。该技术可降低纸浆卡伯值而不影响纸浆性能，蒸煮后的纸浆卡伯值以针叶木为原料可达20~25，以阔叶木为原料可达14~16。实际生产中，可通过增加间歇蒸煮器，在不降低制浆产能的情况下，对现有间歇蒸煮系统进行改造。

该技术相比传统间歇蒸煮技术可减少漂白化学品消耗量，还可节省约70%蒸汽量和30%电耗，得率提高1%~2%。该技术还有操作灵活等优点，但在运行稳定性、能耗及规模效益方面稍逊于连续蒸煮技术。

(2) 环境效益

该技术可有效降低纸浆卡伯值。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。

4.1.1.4 纸浆高效洗涤技术

(1) 技术描述及参数

纸浆高效洗涤技术是通过挤压、扩散及置换等作用，以最少量的水最大限度地去除粗浆中溶解性有机物和可溶性无机物。

传统鼓式真空洗浆机洗涤损失约为5~10 kg COD_{Cr} /ADt，而对于由压榨洗浆机组成的现代化洗浆系统，损失约为5kg COD_{Cr} /ADt。真空洗浆机的出浆浓度为10%~15%，吨浆带走的液体量为5~8 t；压榨洗浆机出浆浓度为25%~35%，吨浆带走的液体量为1.7~2.7 t。在相同的稀释因子条件下，采用压榨洗浆机较使用真空洗浆机耗水量可减少3~5 t/ADt。

(2) 环境效益

对于多段逆流洗涤系统，黑液提取率可达96%~98%。洗后纸浆滤液中残碱低于0.05 g（ Na_2O ）/L。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。

4.1.1.5 封闭筛选技术

(1) 技术描述及参数

封闭筛选是指用水完全封闭的粗浆筛选系统。通常是组合在粗浆洗涤系统中，使用洗浆机滤液作为系统稀释用水，多级多段对纸浆进行筛选，筛选后的滤液最终进入碱回收系统。筛选系统一般采用两级多段模式，通常一级除节采用孔筛，二级筛选采用缝筛。筛选长纤维时通常采用0.25~0.3 mm缝筛，短纤维时通常采用0.15~0.25 mm缝筛。该技术工艺流程简单，占地面积小。

(2) 环境效益

在筛选过程中采用压力筛等设备进行逆流洗涤，可以实现洗涤水完全封闭。筛选系统无清水加入，除浆渣等带走水分外，无废水排放。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。

4.1.1.6 氧脱木素技术

(1) 技术描述及参数

氧脱木素技术是在蒸煮后，为保持纸浆强度而选择性脱除木素的一种工艺。氧脱木素通

常采用一段或两段氧脱木素，在氧脱木素过程中，氧气、烧碱（或氧化白液）和硫酸镁与纸浆在反应器中混合。一般采用中浓氧脱木素，浆浓为10%~15%、用碱量18~28 kg/ADt、用氧量14~20 kg/ADt、进口温度85~105℃、进口压力0.7~0.8 MPa、出口压力0.45~0.55 MPa、反应时间50~60 min，残余木素脱除率可达40%~60%。

(2) 环境效益

氧脱木素产生的废液可逆流到粗浆洗涤段，然后进入碱回收车间。该过程可减少漂白工段化学品用量，漂白工段COD产生负荷可减少约50%。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。当对无氧脱木素的制浆生产线进行技术改造，增加氧脱木素系统时，应注意由于固形物总量增加，需要提高蒸发、碱回收炉和苛化能力。

4.1.1.7 无元素氯（ECF）漂白技术

(1) 技术描述及参数

ECF漂白技术是指以二氧化氯（ClO₂）替代元素氯（氯气和次氯酸盐）作为漂白剂的技术，二氧化氯耗量为15~22 kg/ADt。经ECF漂白后纸浆的白度高、返黄轻，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。

鼓励在漂白工段使用酸、氧气、臭氧及过氧化氢等部分替代二氧化氯的轻ECF漂白技术，进一步降低二氧化氯使用量。

(2) 环境效益

ECF漂白可将漂白工段废水中二噁英类物质的产生量降至检出限以下，可吸附有机卤素（AOX）排放满足标准限值要求，轻ECF漂白可进一步降低漂白工段AOX的产生量。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。现有采用含元素氯漂白工艺的制浆企业改造为ECF漂白工艺时，应新建二氧化氯制备系统，并对漂白后的洗浆系统进行升级。现有使用二氧化氯漂白的生产线可视条件改造为轻ECF漂白生产线。

4.1.1.8 漂白工段工艺水循环利用技术

(1) 技术描述及参数

漂白工段工艺水循环利用是指将漂白后段的碱性（或酸性）滤液逆流用于前段碱性（或酸性）浆料洗涤，甚至将漂白工段碱性水逆流进入粗浆洗涤，降低漂白工段清水消耗的技术。

(2) 环境效益

该技术可减少漂白工段废水和污染物产生量及新鲜水用量，但具体效果取决于浆种、漂序及洗涤设备等。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。该技术的使用应对原料、工艺过程及设备情况等研究后确定。当对未采用该技术的现有企业实施改造时，需对漂白设备的配水系统等进行改造，还可能涉及漂序调整。

4.1.1.9 黑液降膜蒸发技术

(1) 技术描述及参数

黑液降膜蒸发技术是指黑液在蒸发器内经布膜器分配后，液膜在重力作用下沿加热管（板）向下流动，下降过程中实现黑液蒸发浓缩的技术。可采用多至7效的蒸发站，合理设计可使黑液固形物浓度由提取工段的14%~18%达到出效时的65%左右。

该技术消除了静压力造成的温度损失，同时发挥了液膜蒸发的特点，传热系数高，蒸发强度大，不易结垢。

(2) 环境效益

该技术可降低单位蒸发水量的蒸汽消耗量，提高碱回收蒸发工段的稳定运行性能。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。

4.1.1.10 高浓黑液蒸发及燃烧技术

(1) 技术描述及参数

高浓黑液蒸发及燃烧技术是指黑液在进入碱回收炉前，通过安装超级浓缩器或结晶蒸发器，使黑液固形物浓度进一步提高后再送碱回收炉燃烧的技术。

常规蒸发之后，黑液固形物浓度约为50%~65%。通过安装超级浓缩器或结晶蒸发器，黑液固形物浓度可达65%~80%，蒸汽产量增加7%~9%。

(2) 环境效益

该技术可减少二氧化硫的排放，碱回收炉的硫排放可降至0.1~0.3 kg/ADt。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。

4.1.1.11 蒸发工段二次蒸汽冷凝水分级及污冷凝水汽提技术

(1) 技术描述及参数

蒸发工段二次蒸汽冷凝水分级及污冷凝水汽提是指将蒸发器蒸汽冷凝水分为轻污冷凝水 I、轻污冷凝水 II 及重污冷凝水，重污冷凝水通过蒸汽汽提使污冷凝水中的臭气及有机物分离出来，处理后的冷凝水与轻污冷凝水 II 混合，回用于生产。得到轻污冷凝水 I（COD_{Cr} < 400 mg/L）用于洗浆，轻污冷凝水 II 及汽提后污冷凝水（COD_{Cr} < 1500 mg/L）用于苛化段石灰渣和白泥洗涤，减少清水用量。

污冷凝水汽提塔可以是单独的设备，也可以是蒸发设备的组成部分。前者需要新鲜蒸汽，后者可使用蒸发器产生的二次蒸汽。汽提系统产生的尾气可引入碱回收炉、石灰窑、辅助锅炉或臭气焚烧炉中焚烧处置。

(2) 环境效益

该技术可减少新鲜水使用量，降低废水产生负荷，减少臭气排放。

(3) 技术适用性

该技术适用于以木（竹）为原料的硫酸盐法制浆企业。

4.1.2 碱法或亚硫酸盐法非木材制浆

4.1.2.1 备料技术

4.1.2.1.1 干湿法备料技术

(1) 技术描述及参数

干湿法备料技术是指将原料经切草机切断，再经碎解、洗涤处理，合格草片经脱水后，通过螺旋喂料器送去蒸煮。经干湿法备料后的原料干度在40%左右，尺寸20~40 mm。采用该技术备料废水产生量约20 m³/ADt，废水中COD_{Cr}浓度为3000~5000 mg/L。该技术具有除杂率高，净化效果好等优点。

(2) 环境效益

该技术解决了干法备料的飞尘问题，并可减少蒸煮用碱量和漂白化学品用量。

(3) 技术适用性

该技术适用于以麦草、芦苇等为原料的制浆企业。

4.1.2.1.2 湿法堆存备料技术

(1) 技术描述及参数

湿法堆存备料技术是指蔗渣等原料经过除髓机预除髓后，送至原料堆场进行喷淋，保持蔗渣含水率在75%左右。采用该技术备料废水产生量约20 m³/ADt，喷淋前期废水COD_{Cr}浓度可达10000 mg/L，后期降至约2000 mg/L。

(2) 环境效益

该技术可防止物料霉变，避免干法贮存产生的自燃事故。

(3) 技术适用性

该技术适用于以蔗渣为原料的制浆企业。

4.1.2.2 连续蒸煮技术

(1) 技术描述及参数

连续蒸煮技术多采用横管式连续蒸煮器，蒸煮温度160~170℃、蒸煮时间25~35 min、蒸煮压力0.6 MPa、吨浆消耗蒸汽约2.3 m³。采用该技术粗浆得率为45%~48%，较传统蒸煮技术提高4%。该技术具有工艺稳定、纸浆质量均一、自动化程度高及运行费用低等优点。

(2) 环境效益

该技术可提高纸浆得率，降低污染物的产生量。

(3) 技术适用性

该技术适用于年产5万吨以上的非木材制浆企业。

4.1.2.3 纸浆高效洗涤技术

4.1.2.3.1 多段逆流真空洗浆技术

(1) 技术描述及参数

多段逆流真空洗浆技术采用多台真空洗浆机串联洗浆，除最后一台洗浆机加入新鲜水外，其余各洗浆机均使用后段洗涤滤液作为洗涤水，黑液提取率通常可达80%以上。

(2) 环境效益

该技术黑液提取率较高，可减少新鲜水用量和废水产生量。

(3) 技术适用性

该技术适用于非木材制浆企业，在使用时应结合后续漂白工艺进行设备配置和组合。

4.1.2.3.2 挤浆+多段逆流真空洗浆技术

(1) 技术描述及参数

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前增加挤浆工序。通过机械挤压、纸浆稀释、混合、扩散、置换和过滤等作用，以很小的稀释因子，实现废液中固形物和纤维分离。该技术具有洗涤效率高、热量损失少、滤液中纤维含量少及出浆浓度高等优点，黑液提取率通常可达85%以上。

(2) 环境效益

该技术黑液提取率高，洗浆水用量约为8~10 m³/ADt。

(3) 技术适用性

该技术适用于非木材制浆企业，挤浆工段应视具体工艺条件而设置。当系统配置氧脱木素时，洗涤水来自于氧脱木素洗浆滤液。

4.1.2.4 封闭筛选技术

见4.1.1.5，该技术适用于非木材制浆企业。

4.1.2.5 漂白技术

4.1.2.5.1 氧脱木素技术

见4.1.1.6，该技术适用于非木材制浆企业。

4.1.2.5.2 无元素氯（ECF）漂白技术

见4.1.1.7，该技术适用于非木材制浆企业。

4.1.2.6 黑液碱回收技术

(1) 技术描述及参数

黑液碱回收技术是指采用燃烧法将制浆车间洗浆工段送来的黑液进行多效蒸发浓缩，再经圆盘蒸发器进一步浓缩后，送入碱回收炉燃烧，回收热能，而后进行苛化分离，最终将烧碱回收至蒸煮工段循环使用的技术。

黑液初始浓度通常为9%~11%，多效蒸发后可达40%以上，圆盘蒸发器蒸发后可达45%。由于非木材原料中硅含量较高，对碱回收系统的稳定运行具有一定影响，可通过向黑液中加入一定比例的白液达到降黏的效果。

(2) 环境效益

该技术可有效处理非木材制浆过程产生的黑液，并回收碱和热量。

(3) 技术适用性

该技术适用于碱法非木材制浆企业。高效运行的非木浆黑液碱回收系统采用黑液降膜蒸发技术（见4.1.1.9）、高浓黑液蒸发及燃烧技术（见4.1.1.10），将黑液浓缩至50%~65%，可取消圆盘蒸发器，直接进入碱回收炉中燃烧。

4.2 化学机械法制浆

4.2.1 木片堆场的废水收集及处置

见4.1.1.1，该技术适用于化学机械法制浆企业。

4.2.2 干法剥皮

见4.1.1.2，该技术适用于化学机械法制浆企业。

4.2.3 浆渣筛选及精磨技术

(1) 技术描述及参数

浆渣筛选及精磨技术是指采用锥形除渣器及压力筛将纸浆与杂质分离，锥形除渣器分离出的砂石等重质杂物排出系统，压力筛分离出来的纤维束送往浆渣处理系统，经精磨后返回制浆。该技术通过合理流程布局，可以有效提高纤维的利用率，浆得率可达85%~90%。

(2) 环境效益

该技术可提高纤维的利用率，减少固体废物的产生，减少废水中悬浮物的产生量。

(3) 技术适用性

该技术适用于化学机械法制浆企业。

4.2.4 高效洗涤和流程控制技术

(1) 技术描述及参数

高效的洗涤和流程控制技术是指采用辊式洗浆机、双辊压榨洗浆机或螺旋压榨机，通过置换压榨等作用分离浆中的溶解性有机物，提高纸浆的洁净度，降低后续漂白化学品（漂白化学热磨机械浆）的消耗；同时，通过改进洗涤工艺，可减少洗涤损失，降低洗涤用水量。

化学机械浆的洗涤比化学浆的洗涤难度稍高，需要更大的洗涤设备能力，通常化学机械浆的废液提取率为65%~70%，采用该技术，废液提取率可达75%~80%。

(2) 环境效益

该技术可提高化学机械浆的洁净度，降低纸或纸板抄造过程污染物产生负荷。

(3) 技术适用性

该技术适用于化学机械法制浆企业。

4.2.5 化学机械法制浆废液蒸发碱回收技术

(1) 技术描述及参数

化学机械法制浆废液蒸发碱回收技术是指化学机械法制浆废液除去SS后，先经多效蒸发或机械式蒸汽再压缩技术（MVR）预蒸发，使其浓度达到15%左右，再经多效蒸发浓缩至65%以上送入碱回收燃烧的技术。废液蒸发后的轻污冷凝水用于制浆。为避免含硅废液导致蒸发器结垢，须使用不含硅的稳定剂代替硅酸钠。

(2) 环境效益

该技术可减少新鲜水的使用量及废水产生量。

(3) 技术适用性

该技术适用于同时具有化学浆和化学机械浆的生产企业，但蒸发工段将增加蒸汽和电能消耗。另外，运行过程中可能产生蒸发工段易堵塞的问题。

4.2.6 磨浆系统热回收技术

(1) 技术描述及参数

高浓磨浆过程会产生废热蒸汽，其中，约有80%可被回收利用，通过回收蒸汽中的热能，降低制浆总能耗。

(2) 环境效益

该技术可使制浆系统的总能耗减少15%~18%。

(3) 技术适用性

该技术适用于化学机械法制浆企业。

4.2.7 二段低浓磨浆技术

(1) 技术描述及参数

二段低浓磨浆技术是指在化学机械法制浆过程中，当高浓磨浆机的能耗降到一定程度时，很难产生有效的磨浆间隙，造成纤维束直接穿过磨片，通过在第二段使用低浓磨浆技术，可使更多的纤维束充分磨解。

当采用5%或更低的磨浆浓度时，可使浆料在较小的盘磨间隙下得到更好的磨解，在化学预处理碱性过氧化氢机械浆（P-RC APMP）工艺的二段采用低浓磨浆，可使磨浆能耗降低120~200 kWh/ADt。

(2) 环境效益

该技术可降低能耗，提高成浆质量。

(3) 技术适用性

该技术适用于化学机械法制浆企业。

4.3 废纸制浆

4.3.1 废纸原料分选技术

(1) 技术描述及参数

废纸原料分选技术是指采用机械或人工的方法拣选不可利用杂质，根据生产产品要求和废纸含有的纤维品种对废纸进行再分类或拣选出不合格废纸的过程。

(2) 环境效益

该技术可提高成品纸的质量，减少废纸加工过程污染物的产生。

(3) 技术适用性

该技术适用于废纸制浆企业。

4.3.2 高浓碎浆技术

(1) 技术描述及参数

高浓碎浆技术是指采用高浓碎浆机在12%~20%浓度下将废纸解离，同时将废纸中的砂石、金属及塑料等杂质分离去除。

(2) 环境效益

该技术具有低能耗、杂质易于去除和纤维疏解效果好等优点。

(3) 技术适用性

该技术适用于废纸脱墨浆生产企业。

4.3.3 中浓筛选技术

(1) 技术描述及参数

中浓筛选技术是指在筛浆浓度为3.5%左右的条件下，分离碎浆后纸浆中的重、轻杂质。

(2) 环境效益

该技术可节约清水用量，降低能耗。

(3) 技术适用性

该技术适用于废纸制浆企业。

4.3.4 浮选脱墨技术

(1) 技术描述及参数

浮选脱墨技术是指根据废纸和油墨等的特性，在高浓碎浆机中通过化学、机械摩擦等作用，降低油墨粒子对纤维的黏附力，再利用浮选原理将油墨粒子与纤维分离的过程。

(2) 环境效益

该技术可减少纤维流失，减少废水的污染负荷。

(3) 技术适用性

该技术适用于废纸脱墨浆生产企业。

4.3.5 中浓漂白技术

(1) 技术描述及参数

中浓漂白技术是指纸浆在8%~12%浓度条件下进行漂白。

(2) 环境效益

该技术可提高漂白效率，节约漂白化学品用量，降低蒸汽消耗。

(3) 技术适用性

该技术适用于废纸脱墨浆生产企业。

4.3.6 中浓泵送和贮存技术

(1) 技术描述及参数

中浓泵送和贮存技术是指纸浆在8%~12%浓度条件下，采用中浓混合泵直接将储槽的浆料送出的技术。

(2) 环境效益

该技术可节约电耗20~30 kWh/ADt，并可降低单位产品耗水量。

(3) 技术适用性

该技术适用于废纸制浆企业。

4.3.7 纤维分级技术

(1) 技术描述及参数

纤维分级技术是指将废纸浆中的长、短纤维分开，绝大部分杂质随长纤维排出，简化短纤维净化流程，最大限度提高纤维的利用效率。

(2) 环境效益

该技术可减少设备投资，简化处理流程，节约能源，提高产品质量。

(3) 技术适用性

该技术适用于废纸制浆企业。

4.3.8 热分散技术

(1) 技术描述及参数

热分散技术是指通过加热揉搓、熔化方式分散混杂在纤维中的胶黏物、油墨及石蜡等杂质。

(2) 环境效益

该技术可有效分散纸浆中残留的胶黏物、油墨及石蜡等，降低废水COD产生负荷。

(3) 技术适用性

该技术适用于废纸制浆企业。

4.4 机制纸及纸板制造

4.4.1 高效磨浆技术

(1) 技术描述及参数

高效磨浆技术是指采用多盘磨浆机等高效磨浆设备或通过优化进料泵、操作模式等手段，降低电机损耗、泵送及摩擦引起的“空载功率”，提高打浆效率。

(2) 环境效益

该技术可显著节约电能。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.2 高效低脉冲上浆系统技术

(1) 技术描述及参数

高效低脉冲上浆系统技术包括高效除砂筛选系统、低脉冲网前筛、低脉冲高频上网浆泵技术、新型机外白水池系统及高效除气技术。其中，高效除砂筛选系统可提高筛选浓度；低脉冲网前筛可减少压力脉冲对网部的冲击，提高和稳定产品质量；低脉冲高频上网浆泵技术可减少浆泵运行产生的压力脉冲对网部的冲击，提高和稳定产品质量；新型机外白水池系统可稳定上网系统，同时防止腐浆和纸病产生；高效除气技术可消除上浆系统中的空气、改善产品质量。

(2) 环境效益

该技术可降低水耗、能耗，提高纸机运行效率，改善和稳定产品质量。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.3 流浆箱稀释水横幅控制系统

(1) 技术描述及参数

流浆箱稀释水横幅控制系统是指依据质量控制系统（QCS）检测的定量水分原始数据，进行解耦运算后，使用造纸白水稀释流浆箱中的局部浆料，通过改变局部浓度的方式调节横幅定量分布，以提高横幅定量分布的精度。

(2) 环境效益

该技术可提高成纸率，提高产品质量，降低能耗、物耗。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.4 纸页高效成型技术

(1) 技术描述及参数

浆料在网部脱除95%以上的水分成为纸页，网部是决定纸页性能的关键部位。提高成型脱水效率是在不影响产品质量的前提下提高水循环利用率的关键。

① 长网、夹网成型技术

长网纸机通过增加顶网成型器，将纸页向下单面脱水改为纸页挤压双面脱水，可提高纸机的成型脱水效率，缩短网部长度，提高纸页干度，降低能耗，改善纸页的匀度、两面差和强度等性能。

采用高频无后座力摇振箱技术，仅需摇胸辊，而非整体网案，频率高，摇振强度大，可应用于高中低速纸机，对于改善纸页的纵横向差、改善匀度、获得纸页良好的成型性能、提高纸机运行效率、减少维修工作量、降低能耗效果明显，解决了中高速纸机无法使用摇振的难题。

采用高脉冲陶瓷脱水元件技术、高效洗涤技术，按不同产品需求和运行车速对脱水元件进行升级改造，可提高纸机车速、抄宽，提高生产效率和纸机产量。

采用高效耐磨多层（双层、2.5层、3层）成型网技术，可延长成型网寿命，降低消耗，

提高纸机运行效率。

目前，新型夹网纸机的工作车速已超过2000 m/min，长网纸机+顶网成型器+高频无后座力摇振箱技术工作车速可达1300 m/min。

② 圆网成型技术

新型圆网成型技术包括真空成型、新月形、超成型等多种结构形式，该技术利用离心力、挤压力、真空等作用可实现高效脱除水分。目前卫生纸机的工作车速最高可达2500 m/min。

③ 斜网成型技术

斜网成型技术，是通过将特殊的流浆箱（有一层、二层、三层等一次成型技术）与网部结合在一起，使网案有一定的倾斜角度的技术。该技术通过使用超低上网浓度，可以同时使用不同的纤维配比生产特种纸。

（2）环境效益

该技术可提高纸机运行效率，降低吨纸电耗、水耗、物耗和蒸汽用量，提高能源、水和纤维的利用效率，减少污染物产生量。

（3）技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。1300 m/min以下车速的造纸生产线可使用长网+顶网+高频无后座力摇振箱技术；1300 m/min以上车速的造纸生产线，可采用夹网成型技术；卫生纸生产可采用新型圆网成型技术；以长纤维（如化纤、棉、麻及针叶木浆等）甚至玻璃纤维、金属丝等为主要原料的特种纸生产，可采用斜网成型技术。

4.4.5 宽压区压榨技术

（1）技术描述及参数

宽压区压榨是造纸机压榨部的新型压榨技术，压区宽度可达250 mm，因此可延长湿纸幅在压区内的受压时间，压榨线压可提高到约1700 kN/m。与普通压榨相比，生产挂面纸板时，纸板干燥能耗可节约25%~30%，纸板耐破度可提高约25%。

宽压区压榨技术的典型代表是靴型压榨和大辊径压榨。相比常规压榨技术，纸机压榨部采用靴型压榨技术后，干燥部可节约能耗20%~30%；采用大辊径压榨技术后，脱水效率、车速显著提高，干燥蒸汽消耗降低。

（2）环境效益

该技术可改善纸张质量，降低干燥部能耗。

（3）技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.6 造纸机网部和压榨部清洗节水技术

（1）技术描述及参数

造纸机网部和压榨部清洗节水技术是指采用针形喷射器，自动移动式高压喷射（2.5~4 MPa）清洁造纸机。企业可根据清洁程度、耗水情况及对成型网、毛毯的损害程度等因素平衡选择喷淋方案、喷淋设备。

（2）环境效益

该技术可减少新鲜水用量及废水排放量。

（3）技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.7 膜转移施胶技术

（1）技术描述及参数

膜转移施胶技术是指通过计量棒或计量刮刀将表面施胶料转移到辊子上，再转移到纸张上。表面施胶浓度可达8%~12%，施胶量大，纸张吸水少。

（2）环境效益

该技术可提高纸张质量，减少蒸汽用量。

（3）技术适用性

该技术适用于需要表面施胶或者微涂的机制纸及纸板生产企业。

4.4.8 烘缸封闭气罩技术

（1）技术描述及参数

烘缸封闭气罩技术是指用封闭式烘缸气罩代替敞开式烘缸气罩的技术。封闭式气罩通过回收干燥纸页蒸发水蒸汽中的热量和水分，提高送风温度，减少进、排风量，降低干燥能耗。

(2) 环境效益

该技术可降低能耗，同时，可有效调节罩内气流，改善操作条件，降低车间噪声。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.9 袋式通风技术

(1) 技术描述及参数

袋式通风技术是指在纸机干燥部袋区安装袋式通风装置，将利用封闭式气罩回收的热量和蒸汽加热后的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的技术。设计合理的袋式通风装置可使纸机车速平均提高10%，使纸机干燥能力提高10%~20%。

(2) 环境效益

该技术可降低蒸汽消耗。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.10 固定虹吸管技术

(1) 技术描述及参数

新型固定虹吸管技术可减小虹吸管口与烘缸内表面的间隙，并充分利用纸机运转线速度的动能，形成冷凝水排出压差，从而改善烘缸排水情况，减小水膜厚度，加速冷凝水的排出。

(2) 环境效益

该技术可提高传热系数，减少蒸汽用量。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业的中高速纸机。

4.4.11 多段通汽供热系统

(1) 技术描述及参数

多段通汽供热系统可利用自动阀门调节纸机干燥部各段烘缸的供汽压力和用汽量。常用的分段方案为三段通汽，仅在第一段使用蒸汽加热，第二、三段使用前段的冷凝水产生的二次蒸汽，形成压力和温度梯度，建立合理的烘缸干燥曲线。

(2) 环境效益

该技术可降低能耗。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.12 废气热回收系统

(1) 技术描述及参数

废气热回收系统主要是回收利用干燥部排气中的热能。回收热能首先用于加热干燥部的空气，其次用于加热循环水或喷淋用水，也可用于建筑通风采暖。

热回收系统通常分为干燥部排气-空气换热器、干燥部排气-水换热器。气-气换热器主要用于加热风罩供风和机房通风空气；气-水换热器主要用于循环水和工艺用水的加热。为避免堵塞，热交换器通常配套设有清洗装置。

(2) 环境效益

该技术可节约蒸汽用量。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.13 纸机白水回收及纤维利用技术

(1) 技术描述及参数

纸机白水可回收并利用。浓白水用于上浆系统浆的稀释（短循环），或用于打浆工段（长循环）；部分多余的稀白水通过多圆盘回收机、圆网浓缩机、沉淀塔或气浮装置等处理后作为纸机网部、压榨部清洗水、浓度调节或生产工艺补充水；其余可用于制浆车间或其他造纸车间、密封水等。回收的纤维直接进配浆系统。

(2) 环境效益

该技术可减少清水用量，降低废水产生量，提高原材料利用率。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.4.14 涂料回收利用技术

(1) 技术描述及参数

涂料站（涂布头）和供料系统断纸时的冲洗水中含有大量的涂料和黏合剂，固含量通常在2%~5%，可采用超滤技术截留涂布废水中的涂料、黏合剂等大分子物质，将其回收利用。

(2) 环境效益

该技术可减少清水用量，降低废水的污染负荷，避免黏合剂、防腐剂等物质对污水处理厂运行造成影响。

(3) 技术适用性

该技术适用于有涂布的纸和纸板生产线。

4.4.15 纸机湿部化学品优化技术

(1) 技术描述及参数

纸机湿部化学优化技术可提高纸张强度，增加细料的留着，改善滤水性能。通常采用的湿部化学优化技术主要包括：

- ① 添加湿强剂和干强剂提高湿纸幅和成纸强度；
- ② 添加填料改善纸页表面性能，节约纤维原料；
- ③ 添加施胶剂赋予纸张抗水性能；
- ④ 添加助留、助滤剂提高细小纤维的首程留着率，降低纸机网下白水浓度，提高浆料网部的滤水速度；
- ⑤ 对纸机湿部关键参数进行测量与控制。

(2) 环境效益

该技术可提高水重复利用率，减少新鲜水和化学品用量，减少纤维原料流失量。

(3) 技术适用性

该技术适用于机制纸及纸板生产企业。

4.5 宣纸制造

宣纸生产过程中采用的工艺污染预防技术主要为黑液综合利用生产碱木素技术。

(1) 技术描述及参数

黑液综合利用生产碱木素技术是指碱煮等工段产生的黑液（浓度约为6%~7%）经黑液收集槽自流至黑液收集池，先经圆筒筛过滤去除其中的碎皮屑、枝棍等杂质，过滤后自流至黑液贮存罐，经过三效蒸发器蒸发水分（蒸发后浓度约为35%~40%），最后经喷雾干燥器干燥得到产品碱木素粉末。

(2) 环境效益

该技术可实现浓黑液综合利用，降低进入污水处理厂的有机污染物负荷。

(3) 技术适用性

该技术适用于宣纸生产企业。

4.6 加工纸制造

4.6.1 涂料回收利用技术

见 4.4.14，该技术适用于含涂布工艺的加工纸企业。

4.6.2 氯化锌的蒸发回收技术

(1) 技术描述及参数

氯化锌的蒸发回收技术是指在钢纸生产过程中，采用氯化锌溶液处理原纸，再用水对处理后的原纸进行逆流洗涤，最后通过蒸发器蒸发洗涤水回收氯化锌，而冷凝水则回用于生产过程的技术。

(2) 环境效益

该技术可消除含重金属废水的排放问题，减少新鲜水用量。

(3) 技术适用性

该技术适用于钢纸生产企业。

4.6.3 酸性废水的中和处理技术

(1) 技术描述及参数

酸性废水的中和处理是指在羊皮纸和玻璃纸生产过程中，采用硫酸处理原纸，处理后的

纸进一步用水洗涤并得到酸性的洗涤水，再加碱进行中和的技术。中和后的水一般送污水处理厂进行进一步处理。

(2) 环境效益

该技术可消除酸性废水的直接排放问题。

(3) 技术适用性

该技术适用于羊皮纸和玻璃纸生产企业。

4.7 污染预防新技术

4.7.1 化学法制浆、化学机械法制浆

4.7.1.1 碱灰中的氯、钾元素去除技术

氯、碱元素去除技术包括析滤法、蒸发结晶法、冷却结晶法或离子交换法等。该技术能去除碱灰的氯、钾元素，以减少其富集对碱炉堵塞的影响，延长碱炉的稳定运行周期。一般而言，碱灰中氯、钾元素去除率能够达到90%~95%、50%~85%。

该技术适用于配套碱回收车间的化学法制浆企业。

4.7.1.2 酶制剂使用技术

酶制剂使用技术主要包括酶促漂白和酶促打浆。

酶促漂白技术是指利用生物酶（主要是木聚糖酶）对未漂纸浆进行预处理的技术。该技术通过降解纸浆中的残余木聚糖，提高纸浆的可漂性，降低后续漂白工段的化学品用量，有利于实现ECF漂白，减少漂白过程中AOX及二噁英的产生。

酶促打浆技术可以用于制浆过程，对于化学机械浆而言，在一段磨和二段磨之间加入生物酶（如纤维素酶），可以水解半纤维素并改善纤维素纤维的游离度，降低第二段磨的磨浆时间。

该技术适用于化学法和化学机械法制浆企业。

4.7.1.3 复合肥制备技术

复合肥制备技术是指制浆废液经提取（浓度约10%~15%）和蒸发后（浓度约40%~48%），通过热风炉喷浆造粒制造复合肥的技术。由于喷浆造粒干燥机和冷却机会排放粉尘，需配除尘器回收重新进行配料造粒。

该技术适用于铵盐基亚硫酸盐法非木材制浆企业。

4.7.2 机制纸及纸板制造

4.7.2.1 高浓成型技术

一般将上网浓度大于1.5%的成型操作称为高浓成型。由于上网浓度的提高，高浓成型可节省大量的造纸用稀释水，并由于纸浆流量减少而降低能耗。同时，高浓成型技术使得纸页中填料和微细组分的留着率增加，并赋予纸页以特殊的结构和强度特性。高浓成型技术抄造的单层纸页定量范围约60~280 g/m²，该技术适用于瓦楞原纸、箱纸板或浆板的抄造。

4.7.2.2 膜过滤处理造纸白水技术

膜过滤技术根据膜的截留尺寸、过滤压力分为多种，主要有微滤（MF）、超滤（UF）或纳滤（NF），出水可回用于工艺生产，吨产品可减少2~4 m³的新鲜水消耗量。采取膜过滤技术时，需要定期使用酸或碱清洗膜过滤器，并适时更换。

该技术适用于造纸白水的回收利用。

5 废水污染治理技术

5.1 一级处理技术

5.1.1 过滤技术

(1) 工艺描述

过滤技术是一种利用介质滤除水中杂质的工艺，主要是采用一定网目的过滤设施将废水中悬浮物分离出来，实现废水的初级净化。造纸废水中含有大块悬浮物及细小纤维，主要设备包括格栅和滤筛，格栅通常包括粗格栅和细格栅；滤筛通常包括斜筛和转鼓式筛网过滤机

等。

(2) 可行工艺参数

格栅宜采用机械清污格栅，粗格栅间隙应为10~20 mm，细格栅间隙应为2~5 mm；采用斜筛时，筛网间隙应为60~100目，过水能力宜为10~15 m³/(m²·h)。

(3) 环境效益

COD_{Cr}去除率为15%~30%，BOD₅去除率为5%~10%，SS去除率为40%~60%。

(4) 技术适用性

该技术适用于制浆造纸企业废水的一级处理。

(5) 二次污染及防治

格栅筛出的废渣可送厂内锅炉或焚烧炉焚烧，滤筛截留的纤维可用于生产纸板或纤维板。

5.1.2 沉淀技术

(1) 工艺描述

沉淀技术是通过借助重力作用，使密度比水大的悬浮物从废水中沉降下来，从而实现与水的分离，该技术常用构筑物为沉淀池。如处理废水量大，可采用平流式或辐流式沉淀池；废水量小，可采用竖流式或斜流式沉淀池。

(2) 可行工艺参数

初沉池表面负荷为0.8~1.2 m³/(m²·h)，水力停留时间为2.5~4.0 h，可将二沉池剩余污泥回流至初沉池，提高初沉池的污染物去除率。

(3) 环境效益

COD_{Cr}去除率为15%~30%，BOD₅去除率为5%~20%，SS去除率为40%~55%。

(4) 技术适用性

该技术适用于制浆造纸企业废水的一级处理。

(5) 二次污染及防治

产生的污泥定期排放，并与后续处理产生的污泥一并脱水处理后，通常进行焚烧或填埋处置。

5.1.3 气浮技术

(1) 工艺描述

气浮技术是利用空气在一定压力下分散或溶于水中产生高度分散的微小气泡作为载体粘附废水中的悬浮物，使其密度小于水而上浮到水面以实现固液分离的过程。

(2) 可行工艺参数

采用普通气浮池时，气水接触时间应为30~100 s，表面负荷应为5~8 m³/(m²·h)，水力停留时间应为20~35 min。

(3) 环境效益

COD_{Cr}去除率为30%~50%，BOD₅去除率为25%~40%，SS去除率为70%~85%。

(4) 技术适用性

该技术适用于制浆造纸企业废水的一级或三级处理。

(5) 二次污染及防治

用于废水一级处理时，产生的污泥纤维含量较高，常用于纸板或纤维板的生产。用于废水三级处理时，产生的污泥金属盐含量较高，通常经脱水后进行焚烧或填埋处置。

5.1.4 混凝技术

(1) 工艺描述

混凝技术是通过投加混凝剂、助凝剂，破坏胶体及悬浮物在液体中形成的稳定分散系，使其聚集增大至自然重力分离的过程。常用的混凝剂有铁盐、石灰、铝盐及其高分子混凝剂，常用的助凝剂有聚丙烯酰胺。

(2) 可行工艺参数

混凝工艺混合区宜采用G值300~600 S⁻¹，混合时间30~120 s，反应区宜采用G值30~60 S⁻¹，反应时间5~20 min，分离区应采用液面负荷1.0~1.5 m³/(m²·h)，水力停留时间2.0~3.5 h。

(3) 环境效益

COD_{Cr}去除率为55%~75%，BOD₅去除率为25%~40%，SS去除率为80%~90%。

(4) 技术适用性

该技术适用于制浆造纸企业废水的一级或三级处理。

(5) 二次污染及防治

混凝剂加入过量会对后续生化处理产生不利影响。污泥经脱水处理后，通常进行焚烧或填埋处置。

5.2 二级处理技术

5.2.1 厌氧生物处理技术

5.2.1.1 水解酸化技术

(1) 工艺描述

水解酸化技术是将厌氧生物反应控制在水解和酸化阶段，利用厌氧或兼性菌在水解和酸化阶段的作用，将废水中悬浮性有机固体和难生物降解的大分子物质（包括碳水化合物、脂肪和脂类等）水解成溶解性有机物和易生物降解的小分子有机物的方法。该技术通常作为生物处理的预处理技术。

(2) 可行工艺参数

水解酸化处理单元的可行工艺参数见表1。

表1 水解酸化处理单元主要工艺参数

序号	工艺参数	数值
1	pH值	5.0~9.0
2	容积负荷 (kgCOD _{Cr} / (m ³ ·d))	4~8
3	水力停留时间 (h)	3~8
4	COD _{Cr} :氨氮:磷	100~500:5:1

(3) 环境效益

COD_{Cr}去除率为10%~30%，BOD₅去除率为10~20%，SS去除率为30%~40%。

(4) 技术适用性

该技术适用于COD_{Cr}浓度低于2000 mg/L的废水预处理，出水需进一步进行好氧生化处理。

5.2.1.2 升流式厌氧污泥床 (UASB) 技术

(1) 工艺描述

升流式厌氧污泥床技术是指污水通过布水装置依次进入底部的污泥层和中上部污泥悬浮区，使废水与其中的厌氧微生物反应，将废水中的有机物降解，生成沼气。气、液、固混合液通过上部三相分离器进行分离，污泥回落到污泥悬浮区，分离后废水排出系统，同时回收沼气。

(2) 可行工艺参数

UASB处理单元的可行工艺参数见表2。

表2 UASB处理单元主要工艺参数

序号	工艺参数	数值
1	pH值	6.0~8.0
2	反应温度 (°C)	32~35
3	污泥浓度 (g/L)	10~20
4	容积负荷 (kgCOD _{Cr} / (m ³ ·d))	5~8
5	表面负荷 (m/h)	0.5~1.5
6	水力停留时间 (h)	12~20
7	COD _{Cr} :氨氮:磷	100~500:5:1
8	进水BOD ₅ /COD _{Cr} 浓度比	>0.3
9	进水COD _{Cr} 浓度 (mg/L)	>2000
10	进水SS浓度 (mg/L)	<1500
11	进水硫酸根浓度 (mg/L)	<450
12	进水硫酸根与COD _{Cr} 浓度比	<1:10

(3) 环境效益

COD_{Cr}去除率为50%~60%，BOD₅去除率为60%~80%，SS去除率为50%~70%。

(4) 技术适用性

该技术适用于COD_{Cr}浓度高于2000 mg/L废水的处理，出水需进一步进行好氧生化处理。

(5) 二次污染及防治

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

肥或干化焚烧。沼气可用于发电、供热，若沼气体积较小，可直接火炬燃烧。

5.2.1.3 内循环升流式厌氧（IC）技术

（1）工艺描述

内循环升流式厌氧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。

（2）可行工艺参数

IC处理单元的可行工艺参数见表3。

表3 IC处理单元主要工艺参数

序号	工艺参数	数值
1	反应温度（℃）	32~35
2	污泥浓度（g/L）	20~40
3	容积负荷（kgCOD _{Cr} /（m ³ ·d））	10~25
4	表面负荷（m/h）	3~8
5	水力停留时间（h）	6~12
6	BOD ₅ :总氮:总磷	350~500:5:1

（3）环境效益

COD_{Cr}去除率为50%~60%，BOD₅去除率为60%~80%，SS去除率为50%~70%。

（4）技术适用性

同UASB。

（5）二次污染及防治

同UASB。

5.2.1.4 厌氧膨胀颗粒污泥床（EGSB）技术

（1）工艺描述

厌氧膨胀颗粒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。

EGSB反应器是一种改进的UASB反应器，较高的上升流速使颗粒污泥床处于膨胀状态，不仅能使进水与颗粒污泥充分接触，提高传质效率，而且有利于基质和代谢产物在颗粒污泥内外的扩散、传送，保证反应器在较高容积负荷条件下正常运行。

（2）可行工艺参数

EGSB处理单元的可行工艺参数见表4。

表4 EGSB处理单元主要工艺参数

序号	工艺参数	数值
1	pH值	6.0~8.0
2	反应温度（℃）	35~40
3	污泥浓度（g/L）	20~40
4	容积负荷（kgCOD _{Cr} /（m ³ ·d））	10~25
5	水力停留时间（h）	6~12
6	COD _{Cr} :氨氮:磷	100~500:5:1
7	进水COD _{Cr} 浓度（mg/L）	>2000
8	进水SS浓度（mg/L）	<2000
9	进水硫酸根浓度（mg/L）	<1000
10	进水硫酸根与COD _{Cr} 浓度比	<1:10

（3）环境效益

COD_{Cr}去除率为50%~60%，BOD₅去除率为60~80%，SS去除率为50%~70%。

(4) 技术适用性

同UASB。

(5) 二次污染及防治

同UASB。

5.2.2 好氧生物处理技术

(1) 工艺描述

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。常用处理工艺包括：完全混合活性污泥法、氧化沟、生物接触氧化、序批式活性污泥（SBR）法、厌氧/好氧（A/O）工艺等。

好氧单元宜选用有机负荷低、抗冲击能力强的延时曝气活性污泥处理工艺，如氧化沟、带选择区的完全混合曝气、SBR或两段好氧生化处理工艺等，当处理亚硫酸铵制浆废水时，应采用具有脱氮功能的A/O等工艺。

(2) 可行工艺参数

好氧生物处理各工艺的可行技术参数见表5。

表5 好氧生物处理技术主要工艺参数⁽¹⁾

工艺参数	好氧生物处理技术				
	完全混合曝气 ⁽²⁾	氧化沟	生物接触氧化	SBR	A/O
污泥浓度 (gMLSS/L)	2.5~6.0	3.0~6.0	—	3.0~5.0	2.5~6.0
污泥负荷 (kgCOD _{Cr} /kgMLSS)	0.15~0.4	0.1~0.3	—	0.25~0.50 ⁽³⁾	0.15~0.3
容积负荷 (kgCOD _{Cr} /(m ³ ·d))	0.5~1.5	0.4~1.2	0.8~1.8	—	0.5~1.2
水力停留时间 (h)	15~30	18~32	12~24	8~20	15~32
污泥回流比 (%)	100~150	60~120	0~50	—	80~150
污泥沉降比 (%)	30~80	50~80	—	—	30~80
泥龄 (d)	12~20	18~25	—	—	15~25

(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) 带选择区完全混合曝气和两段生化处理的后段，其容积负荷按完全混合曝气池工艺选取；(3) SBR工艺的污泥负荷单位为kgBOD₅/kgMLSS。

(3) 环境效益

该技术可有效降低废水中可生物降解的溶解性有机物，上述好氧处理工艺对制浆造纸企业废水主要污染物的去除效率见表6。

表6 好氧处理技术对于主要污染物的去除效率

好氧处理工艺	污染物去除效率 (%)		
	COD _{Cr}	BOD ₅	SS
完全混合曝气	60~80	80~90	70~85
氧化沟	70~90	70~90	70~80
生物接触氧化	65~85	70~90	40~80
SBR	75~85	70~90	70~80
A/O	75~85	70~90	40~80

(4) 技术适用性

该技术适用于制浆造纸企业废水的二级生物处理。

(5) 二次污染及防治

好氧系统产生的污泥可进行堆肥或干化后焚烧，也可填埋处置。废水处理过程中产生的臭气宜采取密闭、局部隔离及负压抽吸等措施进行收集，采用物理、生物或化学等工艺进行除臭处置。

5.3 三级处理技术

5.3.1 气浮技术

见5.1.3，三级处理采用普通气浮工艺时，技术参数宜采用：气水接触时间30~100 s，表面负荷6~9 m³/(m²·h)，水力停留时间20~30 min；采用浅层气浮时，技术参数宜采用：有效

水深500~700 mm，池内水力停留约3~5 min。

5.3.2 混凝技术

见5.1.4，三级处理采用混凝工艺时，技术参数宜采用：混合区G值300~600 S⁻²，混合时间30~120 s，反应区G值30~60 S⁻²，反应时间5~20 min；沉淀区表面负荷0.8-1.5 m³/(m²·h)，水力停留时间2.5~4 h。

5.3.3 高级氧化技术

(1) 工艺描述

高级氧化技术通常包括硫酸亚铁-双氧水催化氧化（Fenton氧化）、湿式催化氧化、臭氧氧化及超临界氧化等。目前通常采用Fenton氧化法，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(·OH)。氢氧自由基可氧化废水中的可氧化物质，二价铁离子(Fe²⁺)被氧化为三价铁离子(Fe³⁺)，在一定条件下，生成氢氧化铁Fe(OH)₃胶体，利用胶体的絮凝作用，去除废水中的悬浮物。该技术处理效率较高，但会消耗酸、碱、双氧水及硫酸亚铁等化学药品。

(2) 可行工艺参数

硫酸亚铁与双氧水的投加比例需根据废水水质适当调整，反应pH值为3~4，氧化反应时间为30~40 min。

(3) 环境效益

COD_{Cr}、BOD₅、SS去除率均达到70%~90%，出水污染物浓度取决于化学药品的添加量。

(4) 技术适用性

该技术适用于制浆造纸企业废水二级处理后的三级强化处理。

(5) 二次污染及防治

该技术化学品消耗较高，产生的污泥金属盐含量较高，通常采取与其他污泥混合焚烧或填埋的处置措施。

5.4 废水污染治理最佳可行技术路线

典型废水处理工艺的单元处理效率见表7。

硫酸盐法化学木（竹）制浆废水污染治理最佳可行技术路线见表8。

碱法或亚硫酸盐法非木材制浆废水污染治理最佳可行技术路线见表9。

化学机械法制浆废水污染治理最佳可行技术路线见表10。

废纸制浆废水污染治理最佳可行技术路线见表11。

机制纸及纸板废水污染治理最佳可行技术路线见表12。

宣纸废水污染治理最佳可行技术路线见表13。

鼓励企业采用工艺预防最佳可行技术组合，从源头减少污染物的产生，选择达标可行或最佳可行的末端治理技术组合以满足环境管理的需求，减少污染物的排放。

表7 典型废水治理工艺单元处理效率

处理级别	处理工艺	主要工艺	处理效率 (%)		
			COD _{Cr}	BOD ₅	SS
一级	过滤	格栅、滤筛	15~30	5~10	40~60
	沉淀	初沉池	15~30	5~20	40~55
	混凝气浮		30~50	25~40	70~85
	混凝沉淀		55~75	25~40	80~90
二级	厌氧生化	水解酸化	10~30	10~20	30~40
		UASB	50~60	60~80	50~70
		IC	50~60	60~80	50~70
		EGSB	50~60	60~80	50~70
	好氧生化	完全混合曝气	60~80	80~90	70~85
		氧化沟	70~90	70~90	70~80
		生物接触氧化	65~85	70~90	40~80
		SBR	75~85	70~90	70~80

		A/O	75~85	70~90	40~80
三级*		混凝气浮	30~50	25~40	70~85
		混凝沉淀	50~75	40~50	70~85
	高级氧化	高级氧化、混凝沉淀	70~90	70~90	70~90

注：*根据不同标准限值的要求，最终的出水浓度取决于混凝（絮凝）剂及化学药品的添加量。

表 8 硫酸盐法化学木（竹）制浆废水污染治理最佳可行技术路线

名称	工艺	原料	工艺污染预防技术及污染物产生负荷				末端治理技术及污染物排放情况				
			技术分类	技术组合	污染物产生负荷		技术分类	技术组合	污染物排放情况		
					污染物指标	产生负荷 (kg/t)			污染物指标	排放浓度 (mg/L)	说明
化学法制浆	漂白硫酸盐法制浆	木	可行技术	干法剥皮+新型连续蒸煮/改良型间歇蒸煮+纸浆高效洗涤+封闭筛选+氧脱木素+ECF 漂白+黑液碱回收+白泥石灰窑煅烧	COD _{Cr}	42.5~80	达标可行技术	一级+二级（好氧）	COD _{Cr}	≤300	间接排放
					BOD ₅	14~30			BOD ₅	≤30	
					SS	9~70			SS	≤30	
		最佳可行技术	干法剥皮+新型连续蒸煮/改良型间歇蒸煮+纸浆高效洗涤+封闭筛选+氧脱木素+轻 ECF 漂白+黑液碱回收+白泥石灰窑煅烧	COD _{Cr}	30~50	最佳可行技术	一级+二级（好氧）+三级（高级氧化）	COD _{Cr}	≤100	一般排放限值要求	
				BOD ₅	11~18			BOD ₅	≤20		
				SS	6~45			SS	≤50		
	竹	可行技术	干法备料+新型连续蒸煮/改良型间歇蒸煮+纸浆高效洗涤+封闭筛选+氧脱木素+ECF 漂白+黑液碱回收	COD _{Cr}	55~125	达标可行技术	一级+二级（好氧）	COD _{Cr}	≤80	特别排放限值要求	
				BOD ₅	18~43			BOD ₅	≤10		
				SS	9~120			SS	≤20		
		最佳可行技术	干法备料+新型连续蒸煮/改良型间歇蒸煮+纸浆高效洗涤+封闭筛选+氧脱木素+轻 ECF 漂白+黑液碱回收	COD _{Cr}	38~80	最佳可行技术	一级+二级（好氧）+三级（高级氧化）	COD _{Cr}	≤300	间接排放	
				BOD ₅	13~28			BOD ₅	≤30		
				SS	9~100			SS	≤30		
化学法制浆	未漂硫酸盐法制浆	木	可行技术	干法剥皮+新型连续蒸煮/改良型间歇蒸煮+纸浆高效洗涤+封闭筛选+黑液碱回收+白泥石灰窑煅烧	COD _{Cr}	30~60	达标可行技术	一级+二级（好氧）	COD _{Cr}	≤100	一般排放限值要求
					BOD ₅	15~20			BOD ₅	≤20	
					SS	9~60			SS	≤50	
		最佳可行技术	干法剥皮+新型连续蒸煮/改良型间歇蒸煮+纸浆高效洗涤+封闭筛选+氧脱木素+黑液碱回收+白泥石灰窑煅烧	COD _{Cr}	20~32	最佳可行技术	一级+二级（好氧）+三级（高级氧化）	COD _{Cr}	≤80	特别排放限值要求	
				BOD ₅	11~16			BOD ₅	≤10		
				SS	4~40			SS	≤20		

名称	工艺	原料	工艺污染防治技术及污染物产生负荷				末端治理技术及污染物排放情况				
			技术分类	技术组合	污染物产生负荷		技术分类	技术组合	污染物排放情况		
					污染物指标	产生负荷 (kg/t)			污染物指标	排放浓度 (mg/L)	说明
化学法制浆	未漂硫酸盐法制浆	竹	可行技术	干法备料+新型连续蒸煮/改良型间歇蒸煮+纸浆高效洗涤+封闭筛选+黑液碱回收	COD _{Cr}	45~80	达标可行技术	一级+二级（好氧）	COD _{Cr}	≤300	间接排放
					BOD ₅	16~23			BOD ₅	≤30	
					SS	9~120			SS	≤30	
			最佳可行技术	干法备料+新型连续蒸煮/改良型间歇蒸煮+纸浆高效洗涤+封闭筛选+氧脱木素+黑液碱回收	COD _{Cr}	25~50	最佳可行技术	一级+二级（好氧）+三级（混凝沉淀、气浮或高级氧化）	COD _{Cr}	≤100	一般排放限值要求
					BOD ₅	9~14			BOD ₅	≤20	
					SS	9~100			SS	≤50	
			最佳可行技术	干法备料+新型连续蒸煮/改良型间歇蒸煮+纸浆高效洗涤+封闭筛选+氧脱木素+黑液碱回收	COD _{Cr}	25~50	最佳可行技术	一级+二级（好氧）+三级（高级氧化）	COD _{Cr}	≤80	特别排放限值要求
					BOD ₅	9~14			BOD ₅	≤10	
					SS	9~100			SS	≤20	

表 9 碱法或亚硫酸盐法非木材制浆废水污染治理最佳可行技术路线

名称	工艺	原料	工艺污染防治技术及污染物产生负荷				末端治理技术及污染物排放情况				
			技术分类	技术组合	污染物产生负荷		技术分类	技术组合	污染物排放情况		
					污染物指标	产生负荷 (kg/t)			污染物指标	排放浓度 (mg/L)	说明
化学法制浆	漂白碱法制浆	非木材	可行技术	干湿法备料（麦草或芦苇）或湿法堆存（蔗渣）+连续蒸煮+多段逆流真空洗浆+封闭筛选+黑液碱回收	COD _{Cr}	110~230	达标可行技术	一级+二级（一级处理后 COD _{Cr} >2000mg/L 宜采用厌氧+好氧，否则可采用好氧）	COD _{Cr}	≤300	间接排放
					BOD ₅	32~64			BOD ₅	≤30	
					SS	9~120			SS	≤30	
			最佳可行技术	干湿法备料（麦草或芦苇）或湿法堆存（蔗渣）+连续蒸煮+挤浆+多段逆流真空洗浆+封闭筛选+氧脱木素+ECF 漂白+黑液碱回收	COD _{Cr}	74~170	最佳可行技术	一级+二级（一级处理后 COD _{Cr} >2000mg/L 宜采用厌氧+好氧，否则可采用好氧）+三级（混凝沉淀、气浮或高级氧化）	COD _{Cr}	≤100	一般排放限值要求
					BOD ₅	22~55			BOD ₅	≤20	
					SS	9~80			SS	≤50	
			最佳可行技术	干湿法备料（麦草或芦苇）或湿法堆存（蔗渣）+连续蒸煮+挤浆+多段逆流真空洗浆+封闭筛选+氧脱木素+ECF 漂白+黑液碱回收	COD _{Cr}	74~170	最佳可行技术	一级+二级（一级处理后 COD _{Cr} >2000mg/L 宜采用厌氧+好氧，否则可采用好氧）+三级（高级氧化）	COD _{Cr}	≤80	特别排放限值要求
					BOD ₅	22~55			BOD ₅	≤10	
					SS	9~80			SS	≤20	

名称	工艺	原料	工艺污染预防技术及污染物产生负荷				末端治理技术及污染物排放情况				
			技术分类	技术组合	污染物产生负荷		技术分类	技术组合	污染物排放情况		
					污染物指标	产生负荷 (kg/t)			污染物指标	排放浓度 (mg/L)	说明
化学法制浆	未漂亚硫酸盐法制浆	麦草、芦苇	可行技术	干湿法备料+多段逆流真空洗浆+封闭筛选	COD _{Cr}	120~260	达标可行技术	一级+二级(一级处理后 COD _{Cr} >2000mg/L 宜采用厌氧+好氧, 否则可采用好氧, 好氧宜采用 A/O)	COD _{Cr}	≤300	间接排放
					BOD ₅	40~88			BOD ₅	≤30	
					SS	9~120			SS	≤30	
					氨氮	7.6~11.5			氨氮	/	
					总氮	8.3~12.5			总氮	/	
			最佳可行技术	干湿法备料+多段逆流真空洗浆+封闭筛选+氧脱木素	COD _{Cr}	65~140	最佳可行技术	一级+二级(一级处理后 COD _{Cr} >2000mg/L 宜采用厌氧+好氧, 否则可采用好氧, 好氧宜采用 A/O)+三级(混凝沉淀、气浮或高级氧化)	COD _{Cr}	≤100	一般排放限值要求
					BOD ₅	22~48			BOD ₅	≤20	
					SS	9~120			SS	≤50	
					氨氮	7.6~11.5			氨氮	≤12	
					总氮	8.3~12.5			总氮	≤15	
最佳可行技术	干湿法备料+多段逆流真空洗浆+封闭筛选+氧脱木素	COD _{Cr}	65~140	最佳可行技术	一级+二级(一级处理后 COD _{Cr} >2000mg/L 宜采用厌氧+好氧, 否则可采用好氧, 好氧宜采用 A/O)+三级(高级氧化)	COD _{Cr}	≤80	特别排放限值要求			
		BOD ₅	22~48			BOD ₅	≤10				
		SS	9~120			SS	≤20				
		氨氮	7.6~11.5			氨氮	≤5				
		总氮	8.3~12.5			总氮	≤10				

表 10 化学机械法制浆废水污染治理最佳可行技术路线

名称	工艺	原料	工艺污染预防技术及污染物产生负荷				末端治理技术及污染物排放情况					
			技术分类	技术组合	污染物产生负荷		技术分类	技术组合	污染物排放情况			
					污染物指标	产生负荷 (kg/t)			污染物指标	排放浓度 (mg/L)	说明	
化学机械法制浆(废液采用污水处理方式)	/	木	可行技术	干法剥皮+浆渣筛选及精磨+磨浆系统热回收	COD _{Cr}	110~180	达标可行技术	一级+二级(厌氧宜采用 UASB 或 IC 或 EGSB+好氧)	COD _{Cr}	≤300	间接排放	
					BOD ₅	38~65			BOD ₅	≤30		
					SS	20~37			SS	≤30		
					COD _{Cr}	52~160			COD _{Cr}	≤100		一般排放限值要求
					BOD ₅	19~54			BOD ₅	≤20		
			SS	18~25	SS	≤50						
			最佳可行技术	干法剥皮+浆渣筛选及精磨+高效洗涤和流程控制+磨浆系统热回收+二段低浓磨浆	COD _{Cr}	52~160	最佳可行技术	一级+二级(厌氧宜采用 UASB 或 IC 或 EGSB+好氧)+三级(高级氧化)	COD _{Cr}	≤80	特别排放限值要求	
					BOD ₅	19~54			BOD ₅	≤10		
					SS	18~25			SS	≤20		

名称	工艺	原料	工艺污染预防技术及污染物产生负荷				末端治理技术及污染物排放情况				
			技术分类	技术组合	污染物产生负荷		技术分类	技术组合	污染物排放情况		
					污染物指标	产生负荷 (kg/t)			污染物指标	排放浓度 (mg/L)	说明
化学机械法制浆(废液碱回收方式)	/	木	可行技术	干法剥皮+浆渣筛选及精磨+磨浆系统热回收	COD _{Cr}	3.5~15	达标可行技术	一级+二级(好氧)	COD _{Cr}	≤300	间接排放
					BOD ₅	1.2~5			BOD ₅	≤30	
					SS	1.1~2			SS	≤30	
			最佳可行技术	干法剥皮+浆渣筛选及精磨+高效洗涤和流程控制+磨浆系统热回收+二段低浓磨浆	COD _{Cr}	3.5~15	最佳可行技术	一级+二级(好氧)或一级+二级(好氧)+三级(混凝沉淀、气浮)	COD _{Cr}	≤100	一般排放限值要求
					BOD ₅	1.2~5			BOD ₅	≤20	
					SS	1.1~2			SS	≤50	
最佳可行技术	干法剥皮+浆渣筛选及精磨+高效洗涤和流程控制+磨浆系统热回收+二段低浓磨浆	COD _{Cr}	3.5~15	最佳可行技术	一级+二级(好氧)+三级(混凝沉淀、气浮或高级氧化)	COD _{Cr}	≤80	特别排放限值要求			
		BOD ₅	1.2~5			BOD ₅	≤10				
		SS	1.1~2			SS	≤20				

表 11 废纸制浆废水污染治理最佳可行技术路线

名称	工艺	原料	工艺污染预防技术及污染物产生负荷				末端治理技术及污染物排放情况				
			技术分类	技术组合	污染物产生负荷		技术分类	技术组合	污染物排放情况		
					污染物指标	产生负荷 (kg/t)			污染物指标	排放浓度 (mg/L)	说明
废纸制浆(脱墨)	/	废纸	最佳可行技术	废纸原料分选+高浓碎浆+中浓筛选+浮选脱墨+中浓漂白+热分散	COD _{Cr}	25~60	达标可行技术	一级+二级(厌氧宜采用 UASB 或 IC 或 EGSB +好氧)	COD _{Cr}	≤300	间接排放
					BOD ₅	8~20			BOD ₅	≤30	
					SS	10~25			SS	≤30	
			最佳可行技术	废纸原料分选+高浓碎浆+中浓筛选+纤维分级+热分散	COD _{Cr}	15~30	达标可行技术	一级+二级(厌氧宜采用 UASB 或 IC 或 EGSB +好氧)+三级(混凝沉淀、气浮或高级氧化)	COD _{Cr}	≤90	一般排放限值要求
					BOD ₅	5~12			BOD ₅	≤20	
					SS	8~15			SS	≤30	
最佳可行技术	废纸原料分选+高浓碎浆+中浓筛选+纤维分级+热分散	COD _{Cr}	15~30	最佳可行技术	一级+二级(厌氧+好氧)	COD _{Cr}	≤60	特别排放限值要求			
		BOD ₅	5~12			BOD ₅	≤10				
		SS	8~15			SS	≤10				

表 12 机制纸及纸板废水污染治理最佳可行技术路线

名称	工艺	原料	工艺污染防治技术及污染物产生负荷				末端治理技术及污染物排放情况					
			技术分类	技术组合	污染物产生负荷		技术分类	技术组合	污染物排放情况			
					污染物指标	产生负荷(kg/t)			污染物指标	排放浓度(mg/L)	说明	
机制纸及纸板	抄纸	纸浆	最佳可行技术	高效磨浆+宽压区压榨+膜转移施胶+烘缸封闭气罩+袋式通风+烘缸强化传热+多段通汽供热+纸机白水回收及纤维利用+涂料回收利用+纸机湿部化学品优化	COD _{Cr}	7~30	达标可行技术	一级+二级(好氧)	COD _{Cr}	≤300	间接排放	
					BOD ₅	4~10			一级+二级(好氧)或一级+二级(好氧)+三级(混凝沉淀、气浮)	BOD ₅		≤30
					SS	4~30				SS		≤30
					最佳可行技术	一级+二级(好氧)或一级+二级(好氧)+三级(混凝沉淀、气浮)	COD _{Cr}	≤80		一般排放限值要求		
							BOD ₅	≤20				
							SS	≤30				
					最佳可行技术	一级+二级(好氧)或一级+二级(好氧)+三级(混凝沉淀、气浮)	COD _{Cr}	≤50	特别排放限值要求			
							BOD ₅	≤10				
							SS	≤10				

表 13 宣纸废水污染治理最佳可行技术路线

名称	工艺	原料	工艺污染防治技术及污染物产生负荷				末端治理技术及污染物排放情况				
			技术分类	技术组合	污染物产生负荷		技术分类	技术组合	污染物排放情况		
					污染物指标	产生负荷(kg/t)			污染物指标	排放浓度(mg/L)	说明
宣纸	手工法抄纸	混合浆	最佳可行技术	黑液综合利用生产碱木素	COD _{Cr}	500~850	达标可行技术	一级+二级(厌氧宜采用 EGSB+好氧)+三级(混凝沉淀、气浮)	COD _{Cr}	≤150	达标排放要求
					BOD ₅	160~300			BOD ₅	≤30	
					SS	320~700			SS	≤50	

6 废气污染治理技术

6.1 工艺过程臭气治理

6.1.1 臭气收集系统

硫酸盐法化学浆生产过程中，蒸煮、碱回收蒸发工段及污冷凝水汽提等排出高浓臭气，收集臭气的管道须配有必要的防爆、防火设施和冷凝水分离器。洗浆机、黑液贮槽及溶解槽等排出的低浓臭气，可通过普通管线输送。

该技术适用于硫酸盐法化学制浆企业。

6.1.2 臭气在碱回收炉中焚烧技术

高浓臭气通常通过碱回收炉中的燃烧系统直接焚烧，低浓臭气通过鼓风机输送到碱回收炉中作为二次风或三次风焚烧。

该技术可减轻臭气污染，臭气中的硫可在碱回收炉中被吸收，从而减少二氧化硫排放。

该技术适用于硫酸盐法化学制浆企业，也是目前广泛采用的臭气处理措施。

6.1.3 臭气在石灰窑中焚烧技术

高、低浓臭气可引入石灰窑中焚烧处置，该技术不需要额外的燃烧炉，臭气中的硫可在石灰窑中被吸收，从而减少二氧化硫排放。

该技术适用于硫酸盐法化学木浆企业。

6.1.4 臭气燃烧火炬技术

臭气燃烧火炬技术是指在臭气放空管道头部安装火炬燃烧器。该技术具有结构及操作简单，臭气去除效率高等特点，但会消耗液化气或柴油燃料，单独使用臭气燃烧火炬将造成二氧化硫排放量增加。

该技术适用于硫酸盐法化学制浆企业，可单独使用，也可作为其他臭气处理技术的辅助技术，通常用于事故状态下的臭气应急处置。

6.2 碱回收炉废气治理

6.2.1 烟尘治理

碱回收炉烟尘可采用电除尘，除尘效率可达99%以上，具有除尘效率高、处理烟气量大、使用寿命长及维修费用低等优点。

该技术适用于制浆企业碱回收炉烟尘治理。

6.2.2 二氧化硫及TRS治理

(1) 二氧化硫治理

见4.1.1.10，高浓黑液蒸发及燃烧技术可有效减少二氧化硫的排放，二氧化硫排放浓度可满足相应标准限值要求。

(2) 还原性硫化物（TRS）治理

碱回收炉TRS的浓度与烟气中可燃物的含量密切相关，要使TRS气体完全氧化，可通过控制一次风和二次风的比例，并在风口处使空气与可燃物充分混合，加大燃烧区的湍流程度，使燃烧充分，另外还要保持2.5%~4.0%的过量氧气。

6.2.3 氮氧化物治理

影响碱回收炉氮氧化物产生的因素包括黑液固形物浓度、燃烧过程中过量氧气和一氧化碳含量、进气系统及碱回收炉的设计特点、碱回收炉负荷等。通过控制黑液固形物浓度在合理区间、优化燃烧室供风、控制过量氧气和一氧化碳（浓度控制在250~500 ppm）在合理水平、保证碱回收炉在正常负荷运行、使控制系统得到优化等措施，可以有效减少氮氧化物的产生。

该技术适用于制浆企业碱回收炉氮氧化物治理。

6.3 石灰窑废气治理

6.3.1 烟尘治理

见6.3.1。

6.3.2 二氧化硫及TRS治理

使用压力过滤机对白泥进行洗涤和过滤后，能够有效降低白泥中硫化钠的含量，减少白泥煅烧过程中石灰窑二氧化硫及TRS排放，也可使石灰窑运行更加稳定。

该技术适用于硫酸盐法化学木浆企业石灰窑二氧化硫及TRS治理。

6.4 焚烧炉废气治理

6.4.1 烟尘治理

焚烧炉烟尘可采用袋式除尘技术，除尘效率可达99.50%~99.99%。该技术具有适用范围广、占地面积小、控制系统简单及达标稳定性高等优点。

该技术适用于制浆造纸企业焚烧炉烟尘治理。

6.4.2 二氧化硫治理

(1) 石灰石/石灰-石膏湿法脱硫技术

石灰石/石灰-石膏湿法脱硫技术是用石灰石、生石灰或消石灰的乳浊液作为吸收剂吸收烟气中的二氧化硫，脱硫效率一般可达95%以上。该技术对负荷变化具有较强的适应性。

该技术适用于制浆造纸企业焚烧炉二氧化硫治理。

(2) 循环流化床法脱硫技术

循环流化床法脱硫技术是烟气经过预除尘器（需要时）后，从循环流化床底部进入吸收塔，烟气经过喷水降温后，在吸收塔内与消石灰粉进行反应，除去烟气中的二氧化硫，脱硫效率一般可达85%以上。

该技术适用于制浆造纸企业焚烧炉二氧化硫治理。

(3) 喷雾干燥法脱硫技术

喷雾干燥法脱硫技术是一种半干法烟气脱硫技术，此技术利用喷雾干燥原理，吸收剂喷入吸收塔后将二氧化硫吸收，同时吸收剂雾滴中的水分被烟气热量蒸发，生成的干灰渣一部分沉积在喷雾吸收塔的底部，另外一部分随烟气进入除尘系统净化。该技术脱硫效率可达90%以上。该技术具有投资费用低、低水耗、低电耗及运行和维护费用低等优点，且净化后的烟气不会对尾部烟道及烟卤产生腐蚀。

该技术适用于制浆造纸企业焚烧炉二氧化硫治理。

6.4.3 氮氧化物治理

焚烧炉烟气中氮氧化物无法稳定达标排放时，可采用选择性非催化还原（SNCR）脱硝技术，脱硝效率可达30%~40%。该技术具有不需要催化剂和催化反应器，占地面积较小，建设周期短等优点。

该技术适用于制浆造纸企业焚烧炉氮氧化物治理。

6.4.4 二噁英治理

焚烧炉废气中二噁英采用活性炭吸附技术治理，该技术是在布袋除尘器前喷入粉状活性炭，通过活性炭吸附作用去除二噁英，以降低焚烧炉废气的二噁英排放。

该技术适用于制浆造纸企业焚烧炉二噁英治理。

6.5 厌氧沼气治理

沼气是废水厌氧生物处理过程中的副产品，通过气液分离器及管道将沼气送往脱硫装置脱硫后作为锅炉燃料或用于发电；沼气产生量较少时可采用火炬直接燃烧处理。

该技术适用于废水采用厌氧处理技术的制浆造纸企业。

6.6 废气污染治理最佳可行技术

废气污染治理最佳可行技术见表 14。

表 14 废气污染治理最佳可行技术

序号	废气污染源	最佳可行技术	技术适用性
1	工艺过程臭气	碱回收炉焚烧	适用于硫酸盐法化学制浆企业
		石灰窑焚烧	适用于硫酸盐法化学木浆企业
		火炬燃烧	适用于硫酸盐法化学制浆企业，常用于事故状态下的臭气应急处置

序号	废气污染源	最佳可行技术	技术适用性
2	碱回收炉废气	烟尘	电除尘 适用于制浆企业
		二氧化硫	高浓黑液蒸发及燃烧 适用于硫酸盐法化学制浆企业
		TRS	控制燃烧条件 适用于硫酸盐法化学制浆企业
		氮氧化物	优化燃烧控制条件 适用于制浆企业
3	石灰窑废气	烟尘	电除尘 适用于硫酸盐法化学木浆企业
		二氧化硫及 TRS	白泥洗涤及过滤 适用于硫酸盐法化学木浆企业
4	焚烧炉废气	烟尘	袋式除尘 适用于制浆造纸企业
		二氧化硫	石灰石/石灰-石膏湿法脱硫 适用于制浆造纸企业
			循环流化床法脱硫 适用于制浆造纸企业
			喷雾干燥法脱硫 适用于制浆造纸企业
		氮氧化物	SNCR 脱硝 适用于制浆造纸企业
二噁英	活性炭吸附 适用于制浆造纸企业		
5	厌氧沼气	锅炉燃烧或用于发电 适用于废水采用厌氧处理的制浆造纸企业	
		火炬燃烧 适用于废水采用厌氧处理的制浆造纸企业	

6.7 废气污染治理新技术

6.7.1 碱回收炉烟气袋式除尘技术

可采用袋式除尘技术对碱回收炉烟尘进行治理，除尘效率能够达到99.5%以上。

6.7.2 碱回收炉多次供风技术

为控制氮氧化物产生，碱回收炉引入了四次风系统。四次风采用冷风设计，风量接近总风量的10%。四次风系统有利于降低烟气中氮氧化物产生，其中一氧化氮的减少量通常在10%~25%左右。

该技术适用于碱回收炉氮氧化物治理，但会降低硫的还原率，造成二氧化硫排放量大幅增加及热能损失等问题。

7 固体废物综合利用及处置技术

7.1 资源化利用技术

7.1.1 焚烧技术

制浆造纸生产过程中产生的热值较高的废渣，可直接或通过干化处理后送入锅炉或焚烧炉燃烧，回收热能。

该技术适用于制浆造纸企业产生的备料废渣、浆渣及污水处理厂污泥的处置。对于污泥，可利用锅炉烟气废热干燥，将含水率降至40%以下后焚烧。

7.1.2 回收再利用技术

(1) 作造纸原料

筛选净化分离出的可利用浆渣及污水处理厂细格栅截留的细小纤维经单独处理后，可用于配抄低价值纸板或纸浆模塑产品。

(2) 制备有机肥

木浆生产过程产生的树皮、木屑、节子、浆渣及污水处理厂的活性污泥等有机固体废物经好氧堆肥处理后用于制备有机肥，其肥效指标和重金属指标应满足相关标准要求。

非木浆尤其是草浆生产过程备料废渣中含有氮、磷、钾、镁、钙及硫等营养元素，还田后可增加土壤有机质，增肥地力。

(3) 气化

备料工段产生的树皮、木屑等生物质废渣，可通过生物质气化炉气化，产生可替代石灰窑化石燃料的可燃气。

(4) 白泥烧制石灰回用

白泥经过石灰窑烧制生产石灰，用于碱回收苛化工段。

(5) 白泥生产碳酸钙

白泥可精制成轻质碳酸钙加填到纸幅中。

(6) 作为再生资源

废纸浆生产过程中，原材料中的固体废物，如塑料、金属等，可回收实现资源化利用。

7.2 填埋技术

制浆造纸企业碱回收工段的绿泥、污水处理厂污泥等经过干化处理，含水率达到60%以下可直接填埋处置。

7.3 危险废物安全处置技术

脱墨污泥属于《国家危险废物名录》所列危险废物，如厂内不具备焚烧处置能力，应委托有相应危险废物处理资质的单位进行安全处置。

7.4 固体废物处理处置最佳可行技术

固体废物处理处置最佳可行技术见表15。

表 15 固体废物处理处置最佳可行技术

序号	固体废物		最佳可行技术	技术适用性
1	备料废渣 (树皮、木屑、草屑等)		焚烧	适用于木材及非木材制浆企业
			气化	适用于硫酸盐法化学木浆企业
			堆肥	适用于木材及非木材制浆企业
2	废纸浆原料中的废渣		回收利用	适用于废纸制浆企业
3	浆渣		造纸原料	适用于制浆造纸企业
			焚烧	适用于制浆造纸企业
4	碱回收工 段废渣	白泥	烧制石灰回用	适用于硫酸盐法化学木浆企业
			生产碳酸钙	适用于碱法非木材制浆企业
		绿泥	填埋	适用于制浆企业
			焚烧	适用于硫酸盐法化学木浆企业
		石灰渣	填埋	适用于制浆企业
			焚烧	适用于硫酸盐法化学木浆企业
5	脱墨污泥		焚烧	适用于废纸脱墨浆生产企业
			安全处置	适用于废纸脱墨浆生产企业
6	污水处理厂污泥		焚烧	适用于制浆造纸企业
			堆肥	适用于制浆造纸企业，一般用于生化污泥的处置

8 噪声污染控制技术

噪声污染控制通常从声源、传播途径和受体防护三个方面进行。尽可能选用低噪声设备，采用消声、隔声及减振等措施从声源上控制噪声；采用隔声、吸声及绿化等措施在传播途径上降低噪声。

制浆造纸企业主要的可行降噪措施包括：由振动、摩擦和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，也可将某些设备传动的硬件连接改为软件连接；车间内可采取吸声和隔声等降噪措施；对于空气动力性噪声，通常采取安装消声器的措施。

噪声污染控制最佳可行技术见表16。

表16 噪声污染控制最佳可行技术

序号	噪声源	最佳可行技术	降噪水平
1	设备噪声	厂房隔声	降噪量 20dB(A)左右
		隔声罩	降噪量 20dB(A)左右
		减振	降噪量 10dB(A)左右
2	高压排汽噪声	消声器	消声量 30dB(A)左右
3	风机噪声	消声器	消声量 25dB(A)左右
4	泵类噪声	隔声罩	降噪量 20dB(A)左右