

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2302—2018

制浆造纸工业污染防治可行技术指南

**Guideline for available techniques of pollution prevention
and control for pulp and paper industry**

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2018-01-04 发布

2018-03-01 实施

环 境 保 护 部 发布

目 次

前言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 生产工艺及产污环节.....	2
5 污染防治技术.....	4
6 污染治理技术.....	7
7 污染防治可行技术.....	11
附录 A（资料性附录） 典型制浆造纸工艺过程及污染物产生节点.....	17

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》《中华人民共和国大气污染防治法》等法律，落实《国务院办公厅关于印发控制污染物排放许可制实施方案的通知》（国办发〔2016〕81号），建立健全基于排放标准的可行技术体系，防治环境污染，改善环境质量，推动制浆造纸工业污染防治技术进步，制定本标准。

本标准规定了制浆造纸工业废水、废气、固体废物和噪声污染防治可行技术。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准为首次发布。

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 2018 年 1 月 4 日批准。

本标准自 2018 年 3 月 1 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

制浆造纸工业污染防治可行技术指南

1 适用范围

本标准规定了制浆造纸工业废水、废气、固体废物和噪声污染防治可行技术。

本标准适用于制浆造纸工业污染物排放许可管理，可作为建设项目环境影响评价、国家污染物排放标准的制定与实施、制浆造纸工业企业污染防治技术选择的依据。

本标准不适用于制浆造纸工业企业的自备热电站和工业锅炉。

2 规范性引用文件

本标准引用下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 18484 危险废物焚烧污染控制标准

GB 18485 生活垃圾焚烧污染控制标准

GB 18597 危险废物贮存污染控制标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准

《国家危险废物名录》（环境保护部、国家发展和改革委员会、公安部令 第39号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

制浆造纸工业 pulp and paper industry

以植物（木材、其他植物）或废纸等为原料生产纸浆，及（或）以纸浆为原料生产纸张、纸板的工业。

3.2

可行技术 available techniques

一定时期内在我国制浆造纸工业污染防治过程中，采用污染预防技术、污染治理技术及环境管理措施，使污染物排放稳定达到或优于国家污染物排放标准，且具一定规模应用的技术。

3.3

化学法制浆 chemical pulping process

在特定的条件下利用含有化学药品的溶液处理植物原料，溶出绝大部分非纤维素成分而制得纸浆的生产过程，主要包括硫酸盐法制浆、烧碱法制浆及亚硫酸盐法制浆。

3.4

化学机械法制浆 chemi-mechanical pulping process

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。

3.5

废纸制浆 recovered paper pulping process

以废纸为原料，经过碎浆、净化等处理，必要时进行脱墨、漂白制得纸浆的生产过程。

3.6

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。

3.7

一级处理 primary treatment

废水处理工程中以过滤、沉淀、气浮等固液分离措施为主体的污染物处理过程。

3.8

二级处理 secondary treatment

废水处理工程中经一级处理后以生化处理为主体的污染物处理过程。

3.9

三级处理 tertiary treatment

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

4 生产工艺及产污环节

4.1 化学法制浆

4.1.1 化学法制浆生产工艺过程：植物原料经备料工段处理后进入蒸煮工段，在化学药液作用下蒸煮得到的粗浆经过洗涤、筛选工段净化，再根据需要通过氧脱木素及漂白工段生产纸浆。通常木（竹）采用硫酸盐法制浆，非木（竹）采用烧碱法或亚硫酸盐法制浆。硫酸盐法或烧碱法制浆洗涤工段产生的黑液经蒸发后进入碱回收炉燃烧，燃烧后的熔融物经苛化工段产生白液和白泥。白液回到蒸煮工段作为蒸煮药液。木浆生产产生的白泥通过石灰窑煅烧生产氧化钙回用到苛化工段；非木浆生产产生的白泥作为制备碳酸钙的原料或其他用途，一般不配套石灰窑。亚硫酸盐法制浆洗涤工段产生的废液经蒸发后综合利用。

4.1.2 化学法制浆生产工艺各工段采用的技术：备料工段主要包括原木的干法剥皮，竹材的干法备料，麦草及芦苇的干法、干湿法备料，蔗渣的湿法堆存；蒸煮工段主要包括连续蒸煮、间歇蒸煮；洗涤工段主要包括压榨洗浆、置换洗浆、压力洗浆、真空洗浆等；筛选工段主要包括压力筛选和全封闭压力筛选；氧脱木素为可选工艺，常见为一段或两段氧脱木素；漂白工段主要是无元素氯漂白工艺；碱回收工段由蒸发、燃烧、苛化及石灰回收组成。

4.1.3 废水主要由备料、蒸煮、漂白、蒸发等工段产生，污染物主要为化学需氧量（ COD_{Cr} ）、五日生化需氧量（ BOD_5 ）、悬浮物（SS）及氨氮。各污染物产生浓度： COD_{Cr} 1200~2500 mg/L， BOD_5 350~800 mg/L，SS 250~1500 mg/L，氨氮 2~5 mg/L。

4.1.4 废气污染物主要为备料产生的粉尘，蒸煮、洗涤、筛选、黑液（废液）蒸发、污水处理厂等工段产生的臭气，碱回收炉、石灰窑产生的烟尘、二氧化硫及氮氧化物等。硫酸盐法制浆臭气主要为硫化氢、甲硫醇、甲硫醚及二甲二硫醚等，烧碱法制浆臭气主要为甲醇等挥发性有机物，亚硫酸盐法制浆臭气主要为氨等，污水处理厂臭气主要为氨、硫化氢。

4.1.5 固体废物主要为备料工段产生的树皮和木（竹）屑、麦糠、苇叶、蔗髓及砂尘等废渣，筛选工段产生的节子和浆渣，碱回收工段产生的绿泥、白泥、石灰渣，污水处理厂产生的污泥等。

4.1.6 噪声主要来自剥皮机、削片机、传动装置、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。噪声水平一般为 78~110 dB（A）。

4.2 化学机械法制浆

4.2.1 化学机械法制浆生产工艺过程：植物原料经备料工段处理后，在化学药液作用下预浸渍，而后送磨浆工序对原料进行磨解，再经漂白处理后进行洗涤、筛选生产纸浆。

4.2.2 化学机械法制浆生产工艺各工段采用的技术：备料工段主要为原木的干法剥皮；磨浆工段主要包括一段磨浆、二段低浓磨浆；洗涤工段主要包括螺旋压榨洗浆、真空洗浆等；筛选工段主要包括压力筛选和全封闭压力筛选。

4.2.3 废水主要由备料、木片洗涤、洗涤、筛选等工段产生，污染物主要为 COD_{Cr}、BOD₅、SS 及氨氮。各污染物产生浓度：COD_{Cr} 6000~16000 mg/L、BOD₅ 1800~4000 mg/L、SS 1800~3800 mg/L、氨氮 3~5 mg/L。废气污染物主要为备料产生的粉尘；污水处理厂产生的臭气，主要为氨、硫化氢；废液采用碱回收系统处理时，碱回收炉产生的烟尘、二氧化硫及氮氧化物等。

4.2.4 固体废物主要为备料工段产生的树皮和木屑等废渣；筛选工段产生的浆渣；污水处理厂产生的污泥等。噪声主要来自剥皮机、削片机、磨浆机、传动装置、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。噪声水平一般为 78~110 dB（A）。

4.3 废纸制浆

4.3.1 废纸制浆生产工艺过程：废纸经分选后进入碎浆工段碎解，解离成纤维后，通过除渣、筛选工段净化，再根据需要进行脱墨和漂白生产纸浆。

4.3.2 废纸制浆生产工艺各工段采用的技术：备料工段主要为废纸原料分选，脱墨工段主要包括浮选脱墨、洗涤脱墨，漂白工段主要采用过氧化氢漂白。根据纸浆质量的要求，还可配套热分散或纤维分级技术。

4.3.3 废水主要由洗涤、筛选、脱墨及漂白等工段产生，主要污染物为 COD_{Cr}、BOD₅、SS 及氨氮。各污染物产生浓度：COD_{Cr} 1200~6500 mg/L、BOD₅ 350~2000 mg/L、SS 450~3000 mg/L、氨氮 2~15 mg/L。废气为污水处理厂产生的臭气，主要为氨、硫化氢。

4.3.4 固体废物主要为碎浆工段产生的砂石、金属及塑料等废渣，筛选工段产生的油墨微粒、胶黏剂、塑料碎片及填料等，浮选产生的脱墨渣，污水处理厂产生的污泥等。噪声主要来自碎浆机、磨浆机、热分散系统、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。噪声水平为 85~110 dB（A）。

4.4 机制纸及纸板

4.4.1 机制纸及纸板制造生产工艺过程：外购商品浆或自产浆经打浆工段进行碎浆或磨浆，由流送工段配浆并去除杂质后，上网成型，经压榨部脱水，干燥部烘干，并根据产品要求选择施胶或涂布，再经压光、卷纸生产纸或纸板。

4.4.2 机制纸及纸板制造生产工艺各工段采用的技术：压榨部主要技术包括宽压区压榨及常规压榨；干燥部采用烘缸干燥的配套技术主要包括烘缸封闭气罩、袋式通风及废气热回收；成型、压榨部可进行纸机白水回收及纤维利用，施胶或涂布工段可采用涂料回收利用技术。

4.4.3 废水主要由打浆、流送、成型、压榨、施胶或涂布等工段产生，主要污染物为 COD_{Cr}、BOD₅、SS 及氨氮。各污染物产生浓度：COD_{Cr} 500~1800 mg/L、BOD₅ 180~800 mg/L、SS 250~1300 mg/L、

氨氮 1~3 mg/L。废气为污水处理厂产生的臭气，主要为氨、硫化氢。

4.4.4 固体废物主要为打浆、流送工段产生的浆渣，成型工段产生的废聚酯网，污水处理厂产生的污泥等。噪声主要来自磨浆机、泵、传动装置、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，噪声水平一般为 78~110 dB（A）。

5 污染防治技术

5.1 化学法制浆

5.1.1 干法剥皮技术

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，剥皮过程不用水。主要设备包括圆筒剥皮机、辊式剥皮机。该技术适用于以原木为原料的制浆企业。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 t。

5.1.2 干湿法备料技术

将麦草、芦苇等原料经切草机切断，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，通常与连续蒸煮配套使用。经干湿法备料后的原料干度在 40%左右，尺寸 20~40 mm。该技术具有除杂率高，净化效果好等优点，可减少蒸煮用碱量和漂白化学品用量。

5.1.3 新型立式连续蒸煮技术

包括低固形物蒸煮技术和紧凑蒸煮技术等。低固形物蒸煮技术是将木（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，大幅降低蒸煮液中固形物浓度的蒸煮技术，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。主要设备为立式连续蒸煮器（蒸煮塔），与传统立式连续蒸煮相比，该技术具有蒸煮温度低、电耗低、纸浆得率高、卡伯值低及可漂性好等特点。该技术与后续氧脱木素技术结合，可使送漂白工段的针叶木浆卡伯值降低 10~14，阔叶木浆或竹浆卡伯值降低 6~10。该技术主要适用于化学木（竹）浆生产企业。

5.1.4 改良型间歇蒸煮技术

通过置换和黑液再循环的方式深度脱木素，主要设备为立式蒸煮锅及不同温度的白液槽和黑液槽。该技术可降低纸浆卡伯值而不影响纸浆性能，与传统间歇蒸煮相比，该技术可有效降低蒸煮能耗，降低蒸汽消耗峰值。

5.1.5 横管式连续蒸煮技术

主要设备为横管式连续蒸煮器，采用该技术较传统的间歇蒸煮技术粗浆得率提高 4%左右，还具有工艺稳定、自动化程度高及运行费用低等优点。该技术主要适用于化学非木（竹）浆生产企业。

5.1.6 纸浆高效洗涤技术

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。传统真空洗浆机洗涤损失约为 5~10 kg COD_{Cr}/t 风干浆，出浆浓度 10%~15%，吨浆带走的液体量 5.7~9.0 t，而由压榨洗浆机组成的洗浆系统，洗涤损失约为 5 kg COD_{Cr}/t 风干浆，出浆浓度 25%~35%，吨浆带走的液体量为 1.9~3.0 t。在相同的稀释因子条件下，采用压榨洗浆机较采用真空洗浆机耗水量可减少 3~5 t/t 风干浆。另外也可通过在传统的真空洗浆机等洗浆设备前增加挤浆工序，通过机械挤压的作用，以很小的稀释因子，实现废液中固形物和纤维的分离。

5.1.7 封闭筛选技术

用水完全封闭的粗浆筛选系统，主要设备为压力筛。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。封闭筛选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。

5.1.8 氧脱木素技术

在蒸煮后，为保持纸浆强度而选择性脱除木素的一种工艺。该技术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，残余木素脱除率可达40%~60%。氧脱木素产生的废液可逆流到粗浆洗涤段，然后进入碱回收工段。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%。

5.1.9 无元素氯（ECF）漂白技术

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。采用该技术，可有效降低漂白工段废水中二噁英及可吸附有机卤素（AOX）的产生。

5.1.10 黑液碱回收技术

制浆洗涤工段送来的黑液经多效蒸发浓缩后，送碱回收炉燃烧，回收热能，而后进行苛化分离，最终回收碱送蒸煮工段循环使用的技术。

化学法木（竹）制浆黑液固形物初始浓度通常为14%~18%，多效蒸发后黑液固形物浓度可达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%，碱回收炉烟气中硫排放可降至0.1~0.3 kg/t 风干浆。对于化学法非木（竹）制浆黑液固形物初始浓度通常为9%~11%，多效蒸发后可达42%~45%，采用圆盘蒸发器蒸发后可达48%~50%。

5.1.11 废液综合利用技术

铵盐基亚硫酸盐法非木材制浆废液经提取（固形物浓度约10%~15%）和蒸发后（固形物浓度约40%~48%），通过热风炉喷浆造粒制造复合肥的技术。

化学法制浆污染防治技术参数见表1。

表 1 化学法制浆污染防治技术参数

序号	工序	技术名称	技术参数
1	备料	干法剥皮	剥净度：95%~98%；损失率：<5%
2		干湿法备料	除杂率：15%左右
3	蒸煮	新型立式连续蒸煮	蒸煮温度：140~160 ℃；蒸汽消耗：0.5~1.0 t/t 风干浆；粗浆得率：50%~54%；卡伯值：针叶木 20~28，阔叶木 14~18
4		改良型间歇蒸煮	蒸煮温度：150~170 ℃；蒸汽消耗：0.5~0.8 t/t 风干浆；粗浆得率：50%~54%；卡伯值：针叶木 20~25，阔叶木 14~16
5		横管式连续蒸煮	蒸煮温度：165~175 ℃；蒸汽消耗：2.0~2.5 t/t 风干浆；粗浆得率：45%~52%
6	洗涤	纸浆高效洗涤	进浆浓度：低浓 3%~5%，中浓 6%~10%；出浆浓度：25%~35%；洗涤效率：木浆 95%~98%、竹浆 89%~92%、非木（竹）浆 83%~88%
7	筛选	全封闭压力筛选	压力差：50 kPa；进浆浓度：木浆 3.5%左右、竹浆 2.5%左右、非木（竹）浆 0.6%~2%

序号	工序	技术名称	技术参数
8	氧脱木素	氧脱木素	浆浓：10%~15%；用碱量：18~28 kg/t 风干浆； 用氧量：14~28 kg/t 风干浆；残余木素脱除率：40%~60%
9	漂白	ECF 漂白	二氧化氯消耗量：15~30 kg/t 风干浆；厂内配套二氧化氯制备车间
10	碱回收	黑液碱回收	碱回收工段需配套蒸发、燃烧、苛化工序
11		高浓黑液蒸发 及燃烧	蒸发后黑液固形物浓度：50%~65%； 超级浓缩器或结晶蒸发器后黑液固形物浓度：65%~80%
12	废液处置	废液综合利用	厂内配套热风炉，用于喷浆造粒制造复合肥

5.2 化学机械法制浆

5.2.1 两段磨浆技术

在化学机械法制浆过程中，通常在第一段采用30%~40%的磨浆浓度，在第二段采用5%或更低的磨浆浓度，使更多的纤维束充分磨解。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/t 风干浆。

5.2.2 高效洗涤和流程控制技术

采用螺旋压榨机等高效洗涤设备，通过置换压榨等作用分离浆中的溶解性有机物，优化用水回路，提高纸浆的洁净度，降低后续漂白化学品消耗量；同时，通过改进洗涤工艺，可减少洗涤损失，降低洗涤用水量。采用该技术，废液提取率可达75%~80%，较传统的洗涤设备提高10%左右。

5.2.3 化学机械法制浆废液蒸发碱回收技术

化学机械法制浆废液除去悬浮物后，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%以上送入碱回收炉燃烧的技术。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。该技术尤其适用于同时生产化学浆和化学机械浆的企业，可减少新鲜水使用量5 t/t 风干浆左右，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。

化学机械法制浆各预防技术的技术参数见表2。

表2 化学机械法制浆污染预防技术参数

序号	工序	技术名称	技术参数
1	磨浆	两段磨浆	一段磨浆浓度：30%~40%；二段磨浆浓度：3%~4.5%； 磨浆电耗：800~1200 kWh/t 风干浆
2	洗涤	螺旋压榨机组成的洗浆系统	进浆浓度：3%~5%；出浆浓度：20%~25%
3	碱回收	废液碱回收	废液初始浓度：1.5%~2.0%；预蒸发后浓度：15%； 多效蒸发后浓度：65%

5.3 废纸制浆

5.3.1 废纸原料分选技术

将回收的废纸分类，根据生产产品要求选用质量过关、杂质较少的废纸原材料的过程。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量。

5.3.2 浮选脱墨技术

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。该技术可减少纤维流失，降低废水的污染负荷。

5.4 机制纸及纸板制造

5.4.1 宽压区压榨技术

由压脚顶着压辊形成压区（压区宽度达到100~300 mm），延长湿纸幅在压区内的受压时间，提高压榨线压至500~2500 kN/m。该技术的典型代表是靴型压榨和大辊径压榨。相比常规压榨，采用宽压区压榨技术后，干燥部可节约能耗20%~30%，同时，脱水效率、车速显著提高。适用于生产包装纸、文化用纸、纸板等的中高速纸机。

5.4.2 烘缸封闭气罩技术

用封闭式烘缸气罩代替敞开式烘缸气罩。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，有效调节罩内气流，改善操作条件。该技术可降低干燥能耗及车间噪声，适用于中高速纸机。

5.4.3 袋式通风技术

在干燥部袋区安装袋式通风装置，将经回收热量、蒸汽加热的干燥热风均匀地送到纸幅周围，抵消蒸发阻力，使整个纸幅横向比较均匀，提高车速及蒸发能力。该技术可使纸机车速提高约10%，干燥能力提高10%~20%。适用于中高速纸机，一般与烘缸封闭气罩技术配套使用。

5.4.4 废气热回收技术

回收干燥部的热能，用于加热干燥部空气、循环水或喷淋用水，以及建筑通风采暖等。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-水换热器主要用于加热循环水和工艺用水。为避免堵塞，热交换器通常配套清洗装置。该技术一般与烘缸封闭气罩技术配套使用。

5.4.5 纸机白水回收及纤维利用技术

对成型、压榨部白水，直接或通过处理后回收利用。其中，浓白水可用于上浆系统浆的稀释，或用于打浆工段；稀白水可通过多圆盘回收机、圆网浓缩机、沉淀塔或气浮装置等处理后作为纸机网部、压榨部清洗水或生产工艺补充水等；其余可回用于制浆车间或其他造纸车间、密封水补水等。回收的纤维直接进配浆系统。该技术可减少清水用量，降低废水产生量，提高原料利用率。

5.4.6 涂料回收利用技术

采用超滤等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。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。

6 污染治理技术

6.1 废水污染治理技术

6.1.1 一级处理

a) 过滤。废水经过格栅和滤筛，去除其中悬浮物的过程。应设置粗格栅，当不设置纤维回收间时，应设置细格栅；设置纤维回收间时，应安装滤筛，截留的纤维可回用于生产。

b) 沉淀。由于重力作用，密度比废水大的悬浮物通过自然沉降，从废水中分离的过程。常见构筑物为沉淀池。污泥脱水处理后，通常可焚烧或填埋处置。

c) 混凝。通过投加混凝剂、助凝剂，废水中的悬浮物、胶体生成絮状体，从废水中分离的过程。主要包括混凝沉淀、混凝气浮技术。

一级处理技术主要工艺参数见表3。

表 3 一级处理技术主要工艺参数

序号	名称	技术参数	污染物去除效率
1	过滤	粗格栅栅缝: 10~20 mm。无纤维回收, 采用细格栅, 栅缝: 2~5 mm。 有纤维回收, 采用细格栅, 栅缝: 0.2~0.25mm; 采用筛网: 60~100 目, 过水能力 10~15 m ³ /(m ² ·h)	COD _{Cr} : 15%~30% BOD ₅ : 5%~10% SS: 40%~60%
2	沉淀	初沉池表面负荷: 0.8~1.2 m ³ /(m ² ·h); 水力停留时间: 2.5~4.0 h	COD _{Cr} : 15%~30% BOD ₅ : 5%~20% SS: 40%~55%
3	混凝	采用混凝沉淀池, 混合区速度梯度 (G) 值 300~600 s ⁻¹ ; 混合时间 30~120 s; 反应区 G 值 30~60 s ⁻¹ , 反应时间 5~20 min; 分离区表面负荷 1.0~1.5 m ³ /(m ² ·h), 水力停留时间: 2.0~3.5 h	COD _{Cr} : 55%~75% BOD ₅ : 25%~40% SS: 80%~90%
		采用混凝气浮池, 气水接触时间: 30~100 s; 表面负荷: 5~8 m ³ /(m ² ·h); 水力停留时间: 20~35 min	COD _{Cr} : 30%~50% BOD ₅ : 25%~40% SS: 70%~85%

6.1.2 二级处理

a) 厌氧技术。指在无氧条件下通过厌氧微生物的作用，将废水中有机物分解为甲烷和二氧化碳的过程。主要技术包括水解酸化、升流式厌氧污泥床（UASB）、厌氧膨胀颗粒污泥床（EGSB）及内循环升流式厌氧反应器，其中水解酸化技术是将厌氧生物反应控制在水解和酸化阶段，一般要求进水COD_{Cr}浓度<1500 mg/L，其余厌氧处理技术一般要求进水COD_{Cr}浓度>1500 mg/L。厌氧进水COD: N: P宜为100~500: 5: 1，出水需进一步采用好氧生化处理。厌氧技术主要工艺参数见表4。

表 4 厌氧技术主要工艺参数

序号	名称	技术参数	污染物去除效率
1	水解酸化	pH: 5.0~9.0; 容积负荷: 4~8 kgCOD _{Cr} / (m ³ ·d) ; 水力停留时间: 3~8 h	COD _{Cr} : 10%~30% BOD ₅ : 10~20% SS: 30%~40%
2	UASB	污泥浓度: 10~20 g/L; 容积负荷: 5~8 kgCOD _{Cr} / (m ³ ·d) ; 水力停留时间: 12~20 h	COD _{Cr} : 50%~60% BOD ₅ : 60%~80% SS: 50%~70%
3	EGSB (或内循环升流式厌氧反应器)	污泥浓度: 20~40 g/L; 容积负荷: 10~25 kgCOD _{Cr} / (m ³ ·d) ; 水力停留时间: 6~12 h	COD _{Cr} : 50%~60% BOD ₅ : 60%~80% SS: 50%~70%

b) 好氧技术。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，另一部分转化为污泥，污泥通过沉降分离，使废水得到净化。好氧技术主要可分为活性污泥法及生物膜法，制浆造纸废水处理主要采用活性污泥法，其

中包括完全混合活性污泥法、氧化沟、厌氧/好氧（A/O）工艺、序批式活性污泥（SBR）法等。好氧技术主要工艺参数见表5。

表 5 好氧技术主要工艺参数

序号	名称	技术参数	污染物去除效率
1	完全混合活性污泥法	污泥浓度：2.5~6.0 g/L； 污泥负荷：0.15~0.4 kgCOD _{Cr} /kgMLSS； 水力停留时间：15~30 h	COD _{Cr} ：60%~80% BOD ₅ ：80%~90% SS：70%~85%
2	氧化沟	污泥浓度：3.0~6.0 g/L； 污泥负荷：0.1~0.3 kgCOD _{Cr} /kgMLSS； 水力停留时间：18~32 h	COD _{Cr} ：70%~90% BOD ₅ ：70%~90% SS：70%~80%
3	A/O	污泥浓度：2.5~6.0 g/L； 污泥负荷：0.15~0.3 kgCOD _{Cr} /kgMLSS； 水力停留时间：15~32 h	COD _{Cr} ：75%~85% BOD ₅ ：70%~90% SS：40%~80%
4	SBR	污泥浓度：3.0~5.0 g/L； 污泥负荷：0.15~0.4 kgCOD _{Cr} /kgMLSS； 水力停留时间：8~20 h	COD _{Cr} ：75%~85% BOD ₅ ：70%~90% SS：70%~80%

6.1.3 三级处理

三级处理主要包括混凝沉淀或气浮、高级氧化技术。高级氧化技术是通过加入氧化剂，对废水中的有机物进行氧化处理的方法，一般包括pH调节、氧化、中和、分离等过程，目前多采用硫酸亚铁-双氧水催化氧化（Fenton氧化），氧化剂的投加比例需根据废水水质适当调整，反应pH一般为3~4，氧化反应时间一般为30~40 min，COD_{Cr}去除效率为70%~90%。

6.2 废气污染治理技术

6.2.1 工艺过程臭气治理技术

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的高浓臭气，洗浆机、塔、槽、反应器及容器等排出的低浓臭气，可通过管道收集后进入碱回收炉、石灰窑、专用火炬或专用焚烧炉焚烧处置。各技术特点见表6。

表 6 工艺过程臭气治理技术特点

序号	治理技术	技术原理及特点
1	在碱回收炉中焚烧	高浓臭气通常通过碱回收炉中的燃烧系统直接焚烧，低浓臭气通过引风机输送到碱回收炉中作为二次风或三次风焚烧
2	在石灰窑中焚烧	工艺过程臭气可引入石灰窑焚烧处置
3	火炬燃烧	在臭气放空管道头部安装火炬燃烧器，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，一般可用于事故状态下的臭气应急处置
4	在臭气专用焚烧炉焚烧	高浓臭气经收集后采用专用焚烧炉焚烧，高温烟气可经余热锅炉回收热量，最终洗涤后排空

6.2.2 碱回收炉烟尘治理

通常采用电除尘，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。

6.2.3 石灰窑废气治理

- a) 烟尘治理。通常采用电除尘，除尘效率可达 99%以上。
- b) 总还原性硫化物（TRS）控制。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 TRS 排放，也可使石灰窑运行更加稳定。

6.2.4 焚烧炉废气治理

焚烧炉废气污染物主要包括烟尘、二氧化硫、氮氧化物及二噁英。烟尘治理技术主要为袋式除尘，二氧化硫治理主要包括石灰石/石灰-石膏湿法脱硫及喷雾干燥法，氮氧化物治理主要为选择性非催化还原法（SNCR），二噁英采取过程控制及末端活性炭吸附的措施，主要技术参数见表7。

表 7 焚烧炉烟气治理技术参数

序号	名称	技术原理	污染物去除效率	技术特点
1	袋式除尘	利用纤维织物的拦截、惯性、扩散、重力、静电等协同作用对含尘气体进行过滤	除尘效率： 99.50%~99.99%	适用范围广、占地面积小、控制系统简单、达标稳定性高
2	石灰石/石灰-石膏湿法脱硫	以含石灰石粉、生石灰或消石灰的浆液为吸收剂，吸收烟气中的二氧化硫	脱硫效率： 95%以上	对负荷变化具有较强适应性
3	喷雾干燥法脱硫	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	脱硫效率： 90%以上	投资费用低、低水耗、低电耗、净化后的烟气不会对尾部烟道及烟囱产生腐蚀
4	SNCR 脱硝	在不使用催化剂的情况下，在炉膛烟气温度适宜处喷入含氨基的还原剂，与炉内 NOx 反应	脱硝效率： 30%~40%	不需要催化剂和催化反应器，占地面积较小，建设周期短
5	二噁英综合治理技术	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，焚烧炉炉膛内焚烧温度等参数须满足 GB 18484 或 GB 18485 要求	—	污染物排放满足 GB 18484 或 GB 18485 要求

6.2.5 厌氧沼气治理

沼气是废水厌氧处理过程中的副产物，通过厌氧反应器上部的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。

6.3 固体废物污染治理技术

6.3.1 资源化利用技术

- a) 制浆造纸生产过程中产生的热值较高的废渣，如备料废渣、浆渣及污水处理厂污泥等，可直接或通过干化处理后送入锅炉或焚烧炉燃烧。
- b) 非木浆尤其是草浆生产过程中产生的备料废渣可还田。
- c) 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处理后，可厂内回用或用于配抄低价值纸板、纸浆模塑产品。
- d) 化学木浆生产过程产生的白泥经过石灰窑煅烧生产石灰，回用于碱回收苛化工段。化学非木浆或化学机械浆生产过程产生白泥可作为生产轻质碳酸钙的原料或作为脱硫剂。
- e) 废纸浆生产过程中，原材料中的塑料、金属等固体废物，机制纸及纸板生产过程中产生的废

聚酯网，均可回收实现资源化利用。

6.3.2 填埋技术

制浆造纸企业碱回收工段产生的绿泥、白泥，污水处理厂污泥等经过脱水处理后，可进行填埋处置，在厂内暂存及填埋处置应符合GB 18599的要求。

6.3.3 危险废物安全处置技术

脱墨渣属于《国家危险废物名录》所列危险废物，危险废物的贮存应符合GB 18597的要求，焚烧处置时应符合GB 18484的要求。

6.4 噪声污染治理技术

制浆造纸企业主要的降噪措施包括：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。

7 污染防治可行技术

7.1 废水污染防治可行技术

7.1.1 化学法制浆

化学木（竹）浆生产企业废水一级处理一般采用混凝沉淀，二级处理采用活性污泥法，通常可选择完全混合活性污泥法、氧化沟或A/O处理工艺，三级处理采用Fenton氧化、混凝沉淀或气浮。化学木浆生产企业废水污染防治可行技术见表8。化学竹浆生产企业废水污染防治可行技术见表9。

表8 化学木浆生产企业废水污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平/（mg/L）			
			COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮
可行技术 1	①干法剥皮+②新型立式连续蒸煮（或改良型间歇蒸煮）+③纸浆高效洗涤+④全封闭压力筛选+⑤氧脱木素+⑥ECF 漂白+⑦碱回收（配套超级浓缩或结晶蒸发器）	①一级（混凝沉淀）+②二级（活性污泥法）+③三级（Fenton 氧化）	≤60	≤20	≤30	≤5
可行技术 2		①一级（混凝沉淀）+②二级（活性污泥法）+③三级（混凝沉淀）	≤90	≤20	≤30	≤8
可行技术 3	①干法剥皮+②连续蒸煮（或间歇蒸煮）+③压力洗浆机（或真空洗浆机）+④全封闭压力筛选（或压力筛选）+⑤氧脱木素+⑥ECF 漂白+⑦碱回收	①一级（混凝沉淀）+②二级（活性污泥法）+③三级（混凝沉淀或气浮）	≤90	≤20	≤30	≤8
注 1：干法剥皮仅限于厂内有原木剥皮操作的企业。						
注 2：表中“+”代表废水处理技术的组合。						

表9 化学竹浆生产企业废水污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平/（mg/L）			
			COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮
可行技术1	①干法备料+②新型立式连续蒸煮（或改良型间歇蒸煮）+③纸浆高效洗涤（或真空洗浆机）+④全封闭压力筛选+⑤氧脱木素+⑥ECF漂白+⑦碱回收	①一级（混凝沉淀）+②二级（活性污泥法）+③三级（混凝沉淀）	≤90	≤20	≤30	≤8
可行技术2	①干法备料+②间歇蒸煮+③压力洗浆机（或真空洗浆机）+④全封闭压力筛选（或压力筛选）+⑤氧脱木素+⑥ECF漂白+⑦碱回收	①一级（混凝沉淀）+②二级（活性污泥法）+③三级（Fenton氧化）	≤90	≤20	≤30	≤8
可行技术3		①一级（混凝沉淀）+②二级（活性污泥法）+③三级（混凝沉淀或气浮）	≤90	≤20	≤30	≤8

注：表中“+”代表废水处理技术的组合。

化学蔗渣浆生产企业备料工段废水经过预处理后进入厌氧处理单元；制浆废水经一级混凝沉淀处理后，与处理后的备料工段废水混合进入二级活性污泥法处理单元，通常可选择氧化沟处理工艺，三级处理一般采用Fenton氧化。化学蔗渣浆生产企业废水污染防治可行技术见表10。

表10 化学蔗渣浆生产企业废水污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平/（mg/L）			
			COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮
可行技术1	①湿法堆存+②横管式连续蒸煮+③纸浆高效洗涤（或真空洗浆机）+④全封闭压力筛选+⑤氧脱木素+⑥ECF漂白+⑦碱回收	①一级（混凝沉淀）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（Fenton氧化）	≤90	≤20	≤30	≤8
可行技术2	①湿法堆存+②横管式连续蒸煮+③真空洗浆机+④全封闭压力筛选+⑤ECF漂白+⑥碱回收		≤90	≤20	≤30	≤8

注：表中“+”代表废水处理技术的组合。

化学麦草、芦苇浆生产企业废水一级处理一般采用混凝沉淀，二级处理采用厌氧处理后，进入活性污泥法处理单元，对铵盐基亚硫酸盐法制浆而言，宜选择A/O处理工艺，对于碱法制浆而言，通常可选择完全混合活性污泥法或氧化沟处理工艺，三级处理一般采用混凝沉淀或Fenton氧化。化学麦草及芦苇浆生产企业废水污染防治可行技术见表11。

表11 化学麦草及芦苇浆生产企业废水污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平/（mg/L）			
			COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮
可行技术1	①干湿法备料+②连续蒸煮+③纸浆高效洗涤+④全封闭压力筛选+⑤氧脱木素+⑥废液综合利用	①一级（混凝沉淀）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（Fenton氧化）	≤90	≤20	≤30	≤8

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平/（mg/L）			
			COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮
可行技术 2	①干湿法备料+②横管式连续蒸煮+③纸浆高效洗涤（或真空洗浆机）+④全封闭压力筛选+⑤氧脱木素+⑥ECF 漂白+⑦碱回收	①一级（混凝沉淀）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（混凝沉淀）	≤90	≤20	≤30	≤8
可行技术 3	①干湿法备料+②间歇蒸煮+③真空洗浆机+④全封闭压力筛选（或压力筛选）+⑤ECF 漂白+⑥碱回收	①一级（混凝沉淀）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（Fenton 氧化）	≤90	≤20	≤30	≤8
注 1：可行技术 1 为铵盐基亚硫酸盐法制浆废水污染防治可行技术。						
注 2：可行技术 2、可行技术 3 为碱法制浆废水污染防治可行技术。						
注 3：表中“+”代表废水处理技术的组合。						

7.1.2 化学机械法制浆

化学机械法制浆生产企业废水一级处理一般采用混凝沉淀，制浆废液采用碱回收处置的企业，废水二级处理可采用单独的好氧处理单元；制浆废液进入污水处理系统处理，二级处理采用厌氧与好氧处理相结合的方式，好氧处理单元通常可选择完全混合活性污泥法、氧化沟或SBR处理工艺，三级处理采用Fenton氧化、混凝沉淀或气浮。化学机械法制浆生产企业废水污染防治可行技术见表 12。

表 12 化学机械法制浆生产企业废水污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平/（mg/L）			
			COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮
可行技术 1	①干法剥皮+②两段磨浆+③过氧化氢漂白+④螺旋挤浆机+⑤全封闭压力筛选（或压力筛选）+⑥碱回收	①一级（混凝沉淀）+②二级（活性污泥法）+③三级（Fenton 氧化）	≤60	≤20	≤30	≤5
可行技术 2		①一级（混凝沉淀）+②二级（活性污泥法）+③三级（混凝沉淀或气浮）	≤90	≤20	≤30	≤8
可行技术 3	①干法剥皮+②一段（或两段）磨浆+③过氧化氢漂白+④螺旋挤浆机（或真空洗浆机、带式洗浆机）+⑤全封闭压力筛选（或压力筛选）	①一级（混凝沉淀）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（Fenton 氧化）	≤90	≤20	≤30	≤8
可行技术 4		①一级（混凝沉淀）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（混凝沉淀或气浮）	≤90	≤20	≤30	≤8

注：表中“+”代表废水处理技术的组合。

7.1.3 废纸制浆

废纸制浆生产企业废水回收纤维后，一级处理一般采用混凝沉淀或气浮，二级处理采用厌氧与好氧处理相结合的方式，好氧处理单元通常可选择完全混合活性污泥法或A/O处理工艺，三级处理采用Fenton氧化、混凝沉淀或气浮。废纸制浆生产企业废水污染防治可行技术见表13。

表13 废纸制浆生产企业废水污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平/ (mg/L)			
			COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮
可行技术 1	①原料分选+②浮选脱墨	①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（Fenton 氧化）	≤60	≤10	≤10	≤5
可行技术 2		①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（混凝沉淀或气浮）	≤90	≤20	≤30	≤8
可行技术 3	①原料分选	①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（Fenton 氧化）	≤60	≤10	≤10	≤5
可行技术 4		①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（厌氧+活性污泥法）+③三级（混凝沉淀或气浮）	≤90	≤20	≤30	≤8

注：表中“+”代表废水处理技术的组合。

7.1.4 机制纸及纸板

机制纸及纸板生产废水回收纤维后，一级处理一般采用混凝沉淀或气浮，二级处理采用单独的活性污泥法好氧处理单元，通常可选择完全混合活性污泥法或A/O处理工艺，企业根据需要选择三级处理工序，一般采用混凝沉淀或气浮。机制纸及纸板生产企业废水污染防治可行技术见表14。

表 14 机制纸及纸板生产企业废水污染防治可行技术

可行技术	预防技术	治理技术	污染物排放水平/ (mg/L)			
			COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮
可行技术 1	①宽压区压榨+②烘缸封闭气罩+③袋式通风+④废气热回收+⑤纸机白水回收及纤维利用+⑥涂料回收利用	①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（活性污泥法）+③三级（混凝沉淀或气浮）	≤80	≤20	≤30	≤8
可行技术 2		①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（活性污泥法）	≤80	≤20	≤30	≤8
可行技术 3	①宽压区压榨+②烘缸封闭气罩+③袋式通风+④废气热回收+⑤纸机白水回收及纤维利用	①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（活性污泥法）+③三级（混凝沉淀或气浮）	≤50	≤10	≤10	≤5
可行技术 4		①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（活性污泥法）	≤80	≤20	≤30	≤8
可行技术 5	①纸机白水回收及纤维利用	①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（活性污泥法）+③三级（混凝沉淀或气浮）	≤50	≤10	≤10	≤5
可行技术 6		①一级（混凝沉淀或气浮）+②二级（活性污泥法）	≤80	≤20	≤30	≤8

注：表中“+”代表废水处理技术的组合。

7.2 废气污染防治可行技术

废气污染防治可行技术见表15。

表 15 废气污染防治可行技术

序号	废气污染源		可行技术	技术适用性
1	工艺过程臭气		在碱回收炉中焚烧	适用于硫酸盐法化学制浆企业
			在石灰窑中焚烧	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
			臭气专用焚烧炉	适用于硫酸盐法化学制浆企业
2	碱回收炉废气	烟尘	电除尘	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
		TRS	白泥洗涤及过滤	
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	
			喷雾干燥法脱硫	
		氮氧化物	SNCR 脱硝	
		二噁英	过程控制、活性炭吸附	
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	

7.3 固体废物污染防治可行技术

固体废物污染防治可行技术见表16。

表 16 固体废物污染防治可行技术

序号	固体废物		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
			堆肥	
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	
4	碱回收工 段废渣	白泥	煅烧石灰回用	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及化学机械法制浆企业
			作为脱硫剂	
			填埋	
		绿泥	填埋	适用于制浆企业
			焚烧	适用于硫酸盐法化学木浆及化学机械法制浆企业
		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及化学机械法制浆企业
5	脱墨渣		焚烧	适用于废纸制浆企业
			安全处置	
6	污水处理厂污泥		焚烧	适用于制浆造纸企业
			填埋	适用于制浆造纸企业
7	废聚酯网		回收利用	适用于机制纸及纸板生产企业

7.4 噪声污染防治可行技术

噪声污染防治可行技术见表17。

表 17 噪声污染防治可行技术

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

附录 A

(资料性附录)

典型制浆造纸工艺过程及污染物产生节点

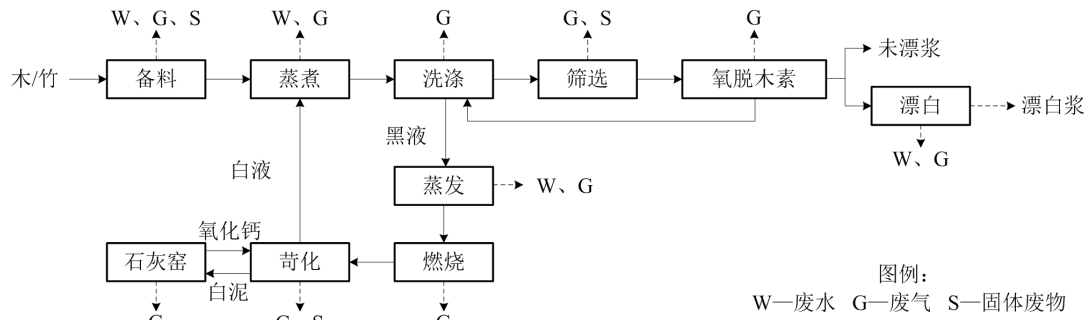


图 A.1 典型硫酸盐法化学木（竹）制浆工艺过程及污染物产生节点

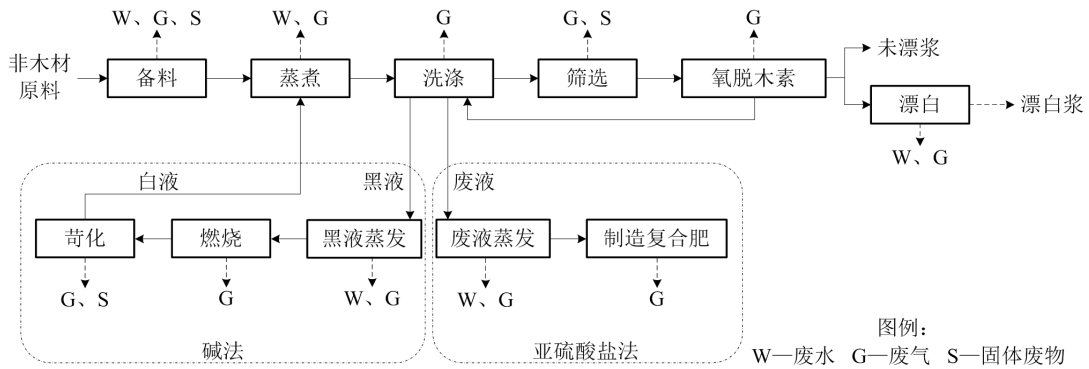


图 A.2 典型碱法或亚硫酸盐法非木材制浆工艺过程及污染物产生节点

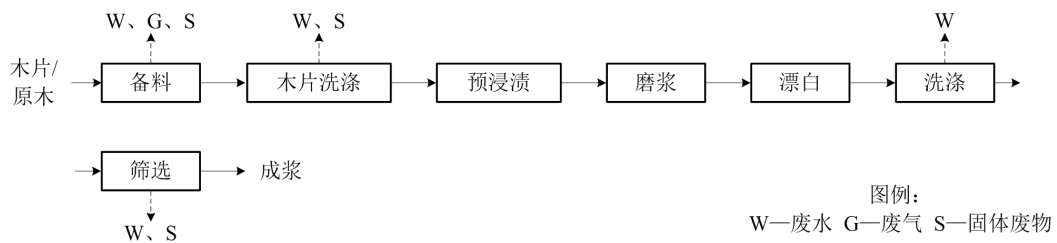


图 A.3 典型化学机械法制浆工艺过程及污染物产生节点

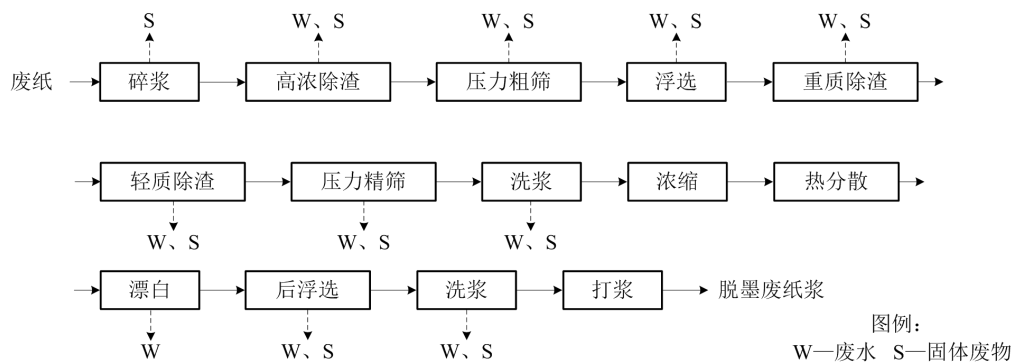


图 A.4 典型脱墨废纸制浆工艺流程及污染物产生节点

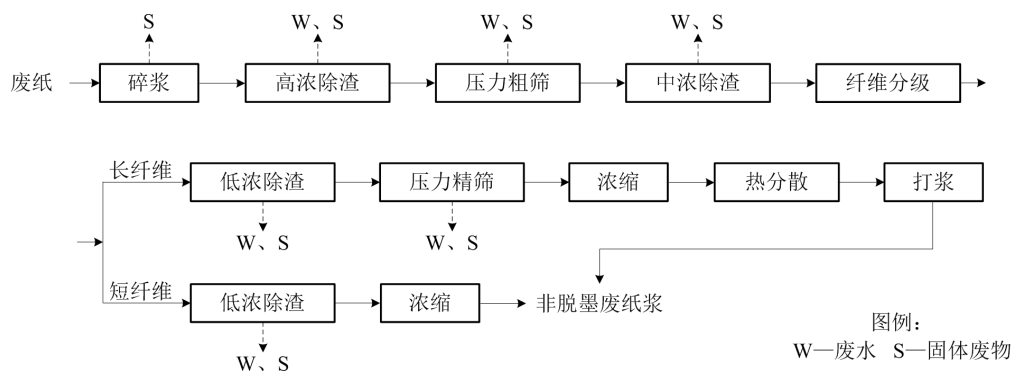


图 A.5 典型非脱墨废纸制浆工艺流程及污染物产生节点

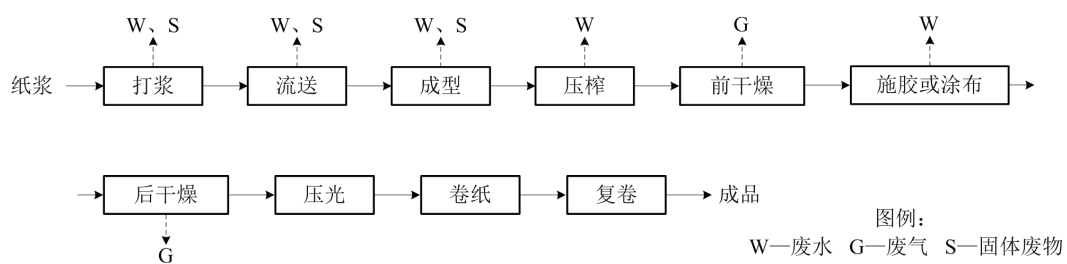


图 A.6 典型机制纸及纸板制造工艺过程及污染物产生节点