

附件 3

# 造纸工业污染防治技术政策

(二次征求意见稿)

## 编制说明

2017 年 4 月

环境保护部

项目名称：造纸工业污染防治技术政策

项目编码：13.1.4

承担单位：中国环境科学研究院、山东省环境规划研究院、  
轻工业环境保护研究所、华南理工大学、山东省环境保护科  
学研究设计院

主要起草人：蒋进元、史会剑、白璐、袁奇、李玄、李军、  
程言君、胡欣欣、王文君、徐驰、刘建安、王凯

项目管理负责单位及负责人：中国环境科学研究院 白璐

环境保护部科技司项目管理人：周鹏

# 目 录

1 项目背景与工作过程.....	13
1.1 任务来源.....	13
1.2 项目承担单位.....	13
1.3 工作过程.....	13
2 行业概况及发展趋势.....	14
2.1 造纸工业发展概况.....	14
2.2 造纸工业发展趋势.....	18
3 技术政策编制的必要性.....	19
3.1 国家及环保主管部门的相关要求.....	19
3.2 国家相关产业政策及行业发展规划中的环保要求.....	19
3.3 行业发展带来的主要环境问题.....	20
3.4 推动行业新技术的应用和发展的需要.....	21
3.5 污染防治技术政策发展需求.....	22
4 相关政策与标准.....	23
4.1 国外相关环境技术管理体系.....	23
4.1.1 美国相关环境技术管理体系.....	23
4.1.2 欧盟相关环境技术管理体系.....	24
4.2 国内相关环境技术管理体系.....	27
4.2.1 国家标准制修订情况.....	27
4.2.2 清洁生产标准.....	28
4.2.3 地方标准.....	28
5 主要生产工艺、产排污分析及污染防治技术.....	29
5.1 木材制浆工艺与污染物排放.....	29
5.1.1 木材制浆工艺与产污节点.....	29
5.1.2 木材制浆污染物来源与种类.....	30
5.1.3 木材化学法制浆生产过程污染防控技术现状.....	31
5.1.4 化学机械法制浆生产过程污染防控技术现状.....	33
5.2 非木材制浆工艺与污染物排放.....	34

5.2.1	非木材制浆工艺与产污节点.....	34
5.2.2	非木材制浆污染物来源与种类.....	35
5.2.3	非木材制浆污染防治技术现状.....	36
5.3	废纸制浆工艺与污染物排放.....	37
5.3.1	废纸制浆工艺与产污节点.....	37
5.3.2	废纸制浆污染物来源与种类.....	39
5.3.3	废纸制浆污染防治技术现状.....	40
5.4	机制纸及纸板制造工艺与污染物排放.....	41
5.4.1	机制纸及纸板制造工艺与产污节点.....	41
5.4.2	机制纸及纸板制造污染物来源与种类.....	41
5.4.3	机制纸及纸板生产过程污染防控技术现状.....	42
5.5	污染治理技术.....	42
5.5.1	水污染治理技术.....	42
5.5.2	大气污染治理技术.....	43
5.5.3	固体废物处理处置技术.....	44
5.5.4	噪声污染防控技术.....	45
6	技术政策制修订的基本原则和技术路线.....	45
6.1	基本原则.....	45
6.2	方法.....	46
6.3	技术路线.....	46
7	技术政策条文说明.....	48
7.1	总则.....	48
7.2	生产过程污染防控.....	50
7.3	污染治理及综合利用.....	56
7.3.1	水污染治理.....	56
7.3.2	大气污染治理.....	56
7.3.3	固体废物处理处置.....	57
7.3.4	噪声污染防控.....	58
7.4	二次污染防治.....	59
7.5	鼓励开发的新技术.....	59

# 1 项目背景与工作过程

## 1.1 任务来源

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》等法律法规，防治环境污染，保障生态安全和人体健康，促进造纸工业污染防治技术进步，环境保护部下达了《非木材制浆造纸工业污染防治技术政策》（2008年）、《木材制浆造纸工业污染防治技术政策》（2008年）和《废纸造纸工业污染防治技术政策》（2010年）的制修订计划。

## 1.2 项目承担单位

承担单位有中国环境科学研究院、山东省环境规划研究院、轻工业环境保护研究所、华南理工大学和山东省环境保护科学研究设计院。

## 1.3 工作过程

任务下达后，项目承担和参与单位依据项目要求成立了技术政策编制组，组织开展工作。

（1）依据计划进度，对造纸行业污染现状及防治技术进行了全面调研，编制完成了《非木材制浆造纸工业污染防治技术政策开题报告》《木材制浆造纸工业污染防治技术政策开题报告》及《废纸造纸行业污染防治技术政策开题报告》。2010年9月25日，环境保护部科技司组织召开了《废纸造纸行业污染防治技术政策》的开题报告会。2010年12月21日，环境保护部科技标准司组织召开了《非木材制浆造纸工业污染防治技术政策》和《木材制浆造纸工业污染防治技术政策》两项技术政策的开题报告会。2011年4月，编制组在咨询了轻工业环境保护研究所、中国造纸学会、山东轻工业学会等单位专家的意见后，分别形成了三项技术政策及编制说明的初稿。

（2）2011年7月，根据专家意见以及环境保护部的要求，编制组将三项技术政策合并，形成了《制浆造纸工业污染防治技术政策》及编制说明的初稿。

（3）2011年7月27日，环境保护部科技标准司在山东聊城主持召开了《制浆造纸工业污染防治技术政策》专家研讨会，对文本内容逐字进行讨论。

（4）2011年8月，依据研讨会专家意见修改形成了技术政策征求意见稿。

（5）2013年10月，环境保护部科技标准司组织对《制浆造纸工业污染防治

治技术政策》公开征求意见和建议。

(6) 2013年12月26日,《制浆造纸工业污染防治技术政策》通过了环境保护部科技标准司组织的专家预审会。

(7) 2016年9月,为配合造纸行业试点实施排污许可证管理制度,结合行业新技术发展趋势,编制组再次召开专家咨询会,对文本进行讨论和修改。

(8) 2017年2月,环境保护部科技标准司在北京组织了《造纸工业污染防治技术政策(征求意见稿)》的评审会,同意二次公开征求意见。

## 2 行业概况及发展趋势

### 2.1 造纸工业发展概况

我国造纸工业近二十年来发展迅速,目前产量和消费量均居世界首位,总产量接近全球产量的1/4。“十二五”期间,随着我国造纸行业的产业结构调整,生产量和消费量增幅明显放缓,原料结构不断改善,资源利用水平逐步提高,落后产能逐步淘汰,节能减排效果日益明显。

#### (1) 生产量及消费量情况

2015年,全国制浆造纸生产企业约2900家,纸及纸板生产量10710万吨,消费量10352万吨。2006—2015年,纸及纸板生产量年均增长5.71%,消费量年均增长5.13%。2010—2015年生产量和消费量分别年均增长3.0%和2.4%,总体来看,近五年造纸行业的生产量增幅放缓,见图1。

单位：万吨

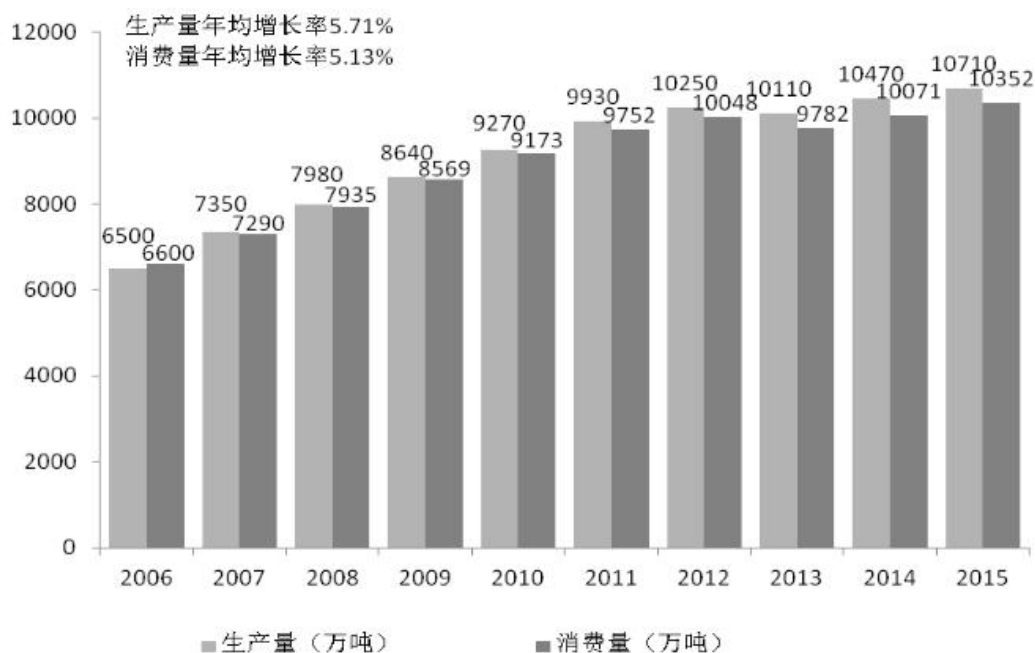


图1 2006—2015年纸及纸板生产和消费情况

### (2) 原料结构

近年来，我国造纸工业在原料结构方面，提高了木纤维比例，加大了废纸回收利用，逐步减少了非木材纤维的生产和消耗量，木浆、废纸浆和非木材浆的生产量比例分别由2010年的8.3%、63.3%和28.4%调整到2015年的12.1%、79.4%和8.5%。近十年纸浆生产情况见表1。

表1 2005—2015年纸浆生产情况

单位：万吨

年份		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
生产	木浆	371	526	605	679	560	716	823	810	882	962	966
	废纸浆	2180	3380	4017	4439	4997	5305	5660	5983	5940	6189	6338
	非木浆	1260	1290	1302	1297	1176	1297	1240	1074	829	755	680
	合计	4441	5196	5924	6415	6733	7318	7723	7867	7651	7906	7984

### (3) 产品结构

“十二五”我国造纸工业进行产品结构优化调整，为适应数字网络发展和消费结构变化，适当减产新闻纸，由2010年的430万吨减至2015年的295万吨；而生活用纸、特种纸及纸板、包装纸及纸板年需求量有所增加，2015年与2010

年相比，增量分别为 265 万吨、85 万吨和 930 万吨；增加了国内高档纸及纸板供给能力，产能由“十一五”的 35%提高至 50%以上。2015 年纸及纸板各品种生产量占总生产量的比例，见图 2。

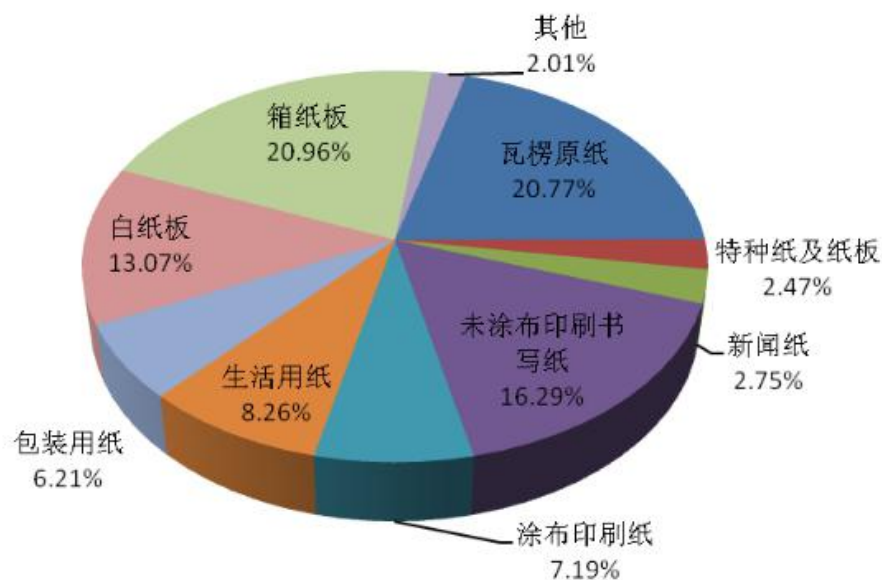


图 2 2015 年纸及纸板各品种生产量占总生产量的比例

#### (4) 生产布局与集中度

从区域看，我国造纸工业主要分布在东部地区。2015 年我国东部地区 11 个省（区、市），纸及纸板产量占全国纸及纸板产量的比例为 75.0%；中部地区 8 个省（区）比例占 16.3%；西部地区 12 个省（区、市）比例占 8.7%。从省份看，广东、山东、浙江、江苏、福建、河南、湖南、河北、重庆、安徽、天津、湖北、广西、四川、江西和海南 16 个省（区、市）纸及纸板产量超过 100 万吨，产量合计 10226 万吨，占全国纸及纸板总产量 95.48%（见图 3）。



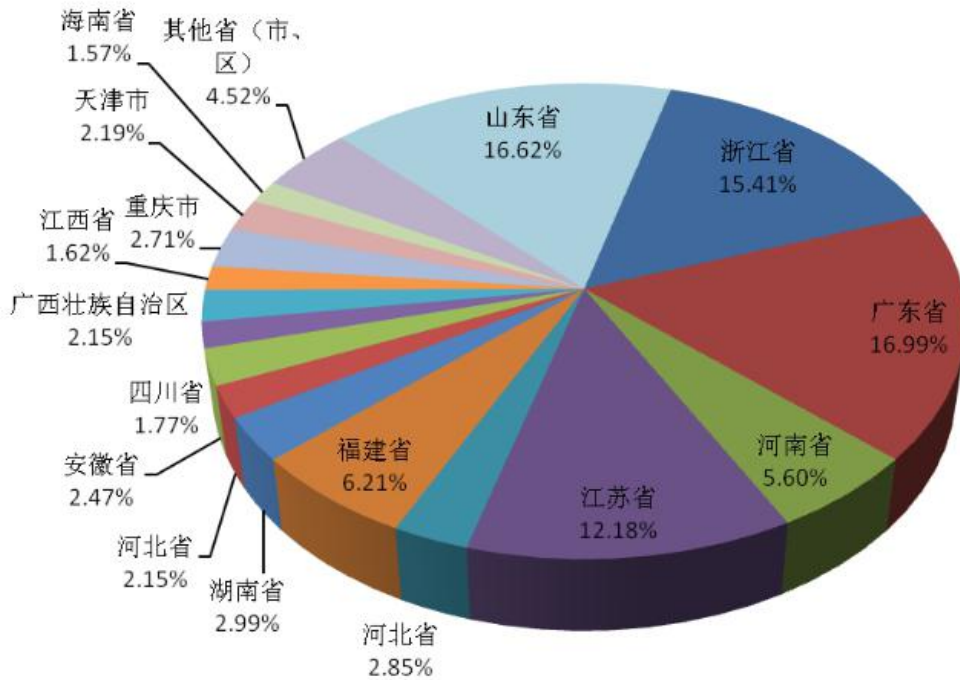


图3 2015年主要省(区、市)纸及纸板产量比例

近年来,通过调整产业政策和行业准入条件,关停和淘汰了相当数量的落后产能,尤其是严格限制非木材制浆生产企业的规模,同时,造纸企业利用兼并重组政策,采用多种形式进行整合,逐步提高产业集中度和优化改善产业组织结构。2010—2015年,大中型造纸企业由421家增至517家,小型企业由3303家减至2274家。在纸及纸板产品主营业务收入中,大中型企业占66.28%,小型企业占33.72%。2015年我国纸及纸板年产100万吨以上企业有18家,年产100万吨以上木浆生产企业有3家。

#### (5) 资源能源消耗和污染排放情况

近年来,我国造纸工业节能降耗减污工作取得积极进展。2014年我国纸及纸板生产量比2010年增长了12.9%,而废水排放量由39.4亿吨降至27.6亿吨,降低29.9%。排放废水中COD总量由2010年的95.2万吨降至2014年的47.8万吨,降低49.8%。2010—2014年,COD排放强度由万元产值18千克降至6.6千克,降低63.3%;氨氮排放量由2.5万吨降至1.6万吨,降低36.0%;二氧化硫排放量由50.8万吨降至41.2万吨,降低18.9%,氮氧化物排放量由23.6万吨降至19.4万吨,降低17.8%。清水取用量由46.1万吨降至33.6万吨,降低27.1%,

水的重复利用率由 62.2%提高至 71.9%，提高 9.7 个百分点；吨浆纸平均取水量由 49.7 吨降至 32.1 吨，降低 35.4%；吨纸及纸板原生纸浆消耗量由 340 千克降至 317 千克，降低 6.8%，其中，国产原生纤维资源消耗由 216 千克降至 163 千克，降低 24.5%（2015 年降至 153 千克）；重点制浆造纸企业纸及纸板吨产品平均综合能耗降低 29.2%；标准煤由 0.65 吨降至 0.41 吨，降低 36.9%；吨纸浆平均综合能耗由 0.45 吨降至 0.37 吨，降低 18%。“十二五”造纸工业实现了增产节能减排。造纸工业主要污染物排放情况见表 2。

表 2 造纸工业主要污染物排放情况

项目	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
汇总企业数	5570	5871	5235	4856	4664
工业废水排放量/亿吨	39.4	38.2	34.3	28.5	27.6
COD 排放量/万吨	95.2	74.3	62.3	53.3	47.8
氨氮排放量/万吨	2.5	2.5	2.1	1.8	1.6
二氧化硫排放量/万吨	50.8	54.3	49.7	44.9	41.2
氮氧化物排放量/万吨	23.6	22.1	20.7	19.3	19.4
清水取用量/万吨	46.1	45.6	40.8	34.5	33.6

## 2.2 造纸工业发展趋势

### （1）生产规模保持稳定，产业结构持续优化

我国造纸工业在经历了高速发展，实现生产量和消费量均过亿吨后，进入了行业调整阶段。纸和纸板生产量还会适当增长但增幅不会太高，产品质量和效益会有新的提高，因此，结构优化调整和产业升级是未来的主要发展趋势。预计，“十三五”期间，造纸行业发展总体是以企业内部结构调整为主，市场总体平稳。项目建设以环保、高效和资源节约为主，达到技术经济的最优化，不以追求设备先进（引进）或纸机的宽幅、高速为目标。新建生产线将会大幅度减少，项目建设以技术改造为主。

### （2）清洁生产和节能减排效果将更加明显

环境保护部将火电和造纸行业作为新环保政策的试点行业，优先实施更严格的监管制度，即试行重点企业环境保护实施排污许可证管理制度，对企业的排污实行排污许可“一证式”管理。我国造纸行业将面临更加严格的环境保护压力，

此政策也将推动更多的企业考虑环保技改和资源利用项目，如控制废水可吸收有机卤素（AOX）、总氮和总磷，大气氮氧化物（NO<sub>x</sub>）和恶臭污染物，处理固体废物等项目；资源利用方面的生物质气化、甲醇提取、非工艺元素去除、木素产品和其他制浆副产品开发等项目。这类项目的建设将进一步推进造纸行业新技术应用、技术进步和跨领域合作，引领我国造纸行业技术水平上升一个新台阶，行业节能减排、清洁生产达到一个新高度。

### 3 技术政策编制的必要性

#### 3.1 国家及环保主管部门的相关要求

2015年，国务院印发了《水污染防治行动计划》，要求狠抓工业污染防治，全部取缔不符合国家产业政策的小型造纸等严重污染水环境的生产项目。专项整治包括造纸行业在内的十大重点行业，实施清洁化改造。新建、改建、扩建造纸行业建设项目实行主要污染物排放等量或减量置换。要求2017年底前，造纸行业力争完成纸浆无元素氯漂白改造或采取其他低污染制浆技术，鼓励造纸企业废水深度处理回用。具备使用再生水条件但未充分利用的钢铁、火电、化工、制浆造纸、印染等项目，不得批准其新增取水许可。到2020年，电力、钢铁、纺织、造纸、石油石化、化工、食品发酵等高耗水行业达到先进用水定额标准。

为推进生态文明建设，全面深化环境治理基础制度改革，2016年11月，国务院办公厅印发了《控制污染物排放许可制实施方案》（国办发〔2016〕81号），方案要求做好排污许可证制度实施保障，健全技术支撑体系，梳理和评估现有污染物排放标准，并适时修订。建立健全基于排放标准的可行技术体系，推动企事业单位污染防治措施升级改造和技术进步。同年12月，环境保护部发布了《关于开展火电、造纸行业和京津冀试点城市高架源排污许可证管理工作的通知》，要求各地应立即启动火电、造纸行业排污许可证管理工作。

#### 3.2 国家相关产业政策及行业发展规划中的环保要求

《轻工业发展规划（2016—2020年）》提出推动造纸工业向节能、环保、绿色方向发展。加大造纸行业节能降耗、减排治污改造力度，利用新技术、新工艺、新材料、新设备推动企业节能减排。在造纸、制革等行业采用清污分流、闭

路循环、一水多用等措施，提高水的重复利用率。加强废弃物综合利用技术的研发与推广应用，提高工业固废综合利用和再生资源回收利用水平。

2016年，国务院印发了《“十三五”节能减排综合工作方案》，方案中提出造纸行业“十三五”的节能目标是纸及纸板综合能耗由2015年的530千克标准煤/吨降至2020年的480千克标准煤/吨；要求优化产业和能源结构，强化节能环保标准约束，严格行业规范、准入管理和节能审查，对电力、钢铁、造纸等行业中，环保、能耗、安全等不达标或生产、使用淘汰类产品的企业和产能，要依法依规有序退出；要求分区域、分流域制定实施钢铁、水泥、造纸等重点行业限期整治方案，升级改造环保设施，确保稳定达标。实施重点区域、重点流域清洁生产水平提升行动。

国家发展改革委、商务部2016年发布的《市场准入负面清单草案(试点版)》，明确禁止准入的造纸行业新建项目包括单条化学木浆30万吨/年以下、化学机械木浆10万吨/年以下、化学竹浆10万吨/年以下的生产线，新闻纸、铜版纸生产线，元素氯漂白制浆工艺；禁止投资经营的造纸行业落后生产工艺装备，包括5.1万吨/年以下的化学木浆生产线，单条3.4万吨/年以下的非木浆生产线，单条1万吨/年及以下、以废纸为原料的制浆生产线，幅宽在1.76米及以下并且车速为120米/分以下的文化纸生产线，幅宽在2米及以下并且车速为80米/分以下的白板纸、箱板纸及瓦楞纸生产线。

污染防治技术政策作为环境技术支撑体系的重要内容之一，一方面响应国家的相关要求，支持排污许可、环境保护相关规划、污染物排放标准、环境影响评价等环境管理有关工作；另一方面指导污染防治技术路线选择，引导污染防治技术进步。

### 3.3 行业发展带来的主要环境问题

我国造纸行业的环保工作近年来有很大进步，但从国家相关行业统计数据来看，我国造纸行业还存在着一些环境问题。

(1) 企业规模问题。虽然“十二五”期间我国造纸行业大型企业得到了快速发展，并且关停了许多小企业，淘汰了许多落后的小生产线，但造纸企业还有近3000家，企业平均年生产量5万吨左右，纳入统计的小企业占80%。

(2) 污染排放问题。近十年我国造纸行业污染减排力度很大，但 2014 年造纸行业 COD 和氨氮排放总量仍占我国工业排放总量的 17.4%和 7.6%，分别排名第一和第四。由于造纸工业原料种类多、工艺复杂，不同原料、不同产品、不同生产过程产生的废水污染负荷均不同，产生的水污染物也千差万别，废水处理困难，制浆造纸工业废水排放达标率低。对 AOX、二噁英等特征污染物缺乏有效的监管，依然有相当数量的企业使用含元素氯漂白工艺，废水处理过程中产生的二次污染问题也难以解决。另外，我国造纸企业自备热电厂（燃煤锅炉）未配备脱硫、脱硝设施的高达 90%以上，还远远不能满足环保要求。

(3) 二次污染的问题。废水处理过程中产生的二次污染问题难以解决，近几年我国造纸行业产生的一般工业固体废物逐年上升，从 2011 年的 1482 万吨，上升到 2014 年的 2170 万吨，其中主要以污水处理过程产生的污泥为主。尤其是三级处理产生的污泥，由于热值很低，金属盐含量高，大部分企业将它与其他热值高的物质混在一起进行焚烧处理或直接进行填埋，污泥处置费用占造纸废水处理费用的 50%以上，污泥处置已成为困扰造纸企业经营的难题。

因此，尽快制订《造纸工业污染防治技术政策》，可推动行业产业结构调整，也可使造纸企业针对自身的情况，选择适宜的污染防治技术，推动行业内现有污染排放问题的解决，促使我国造纸工业整体清洁生产水平达到国际先进水平，实现企业废水、废气、固体废物的达标排放或综合利用，厂界噪声稳定达标。

### 3.4 推动行业新技术的应用和发展的需要

近年来，为满足国家环境管理的需求，切实降低行业发展所带来的环境影响，我国造纸工业在清洁生产工艺和污染防治技术方面都得到了长足的发展。包括新一代连续蒸煮工艺、新型压榨洗浆机、高温二氧化氯漂白技术、无元素氯漂白（ECF）、高浓黑液结晶蒸发、高浓黑液燃烧技术、非工艺元素去除技术、高效白液过滤和洗涤设备等新技术和装备已成熟，完全能够满足企业升级改造的需要。国内在制浆设备如立式连蒸、压榨洗浆机、中浓浆泵以及二氧化氯制备系统等关键技术方面也有了重大突破。通过制订造纸工业污染防治技术政策，能够推动行业新技术的应用。

同时，随着我国环境保护要求的愈加严格，造纸工业在清洁生产、末端治理和二次污染防治方面还需要进一步的技术革新。需要制订造纸工业污染防治技术政策，推动新技术研发。

### 3.5 污染防治技术政策发展需求

1999年，原国家环保总局发布《草浆造纸工业废水污染防治技术政策》，该技术政策针对造纸工业中污染最严重的草浆造纸，指导废水污染防治技术选择，推动草浆造纸工业的污染防治技术进步。

2013年，环境保护部发布了《造纸行业木材制浆工艺污染防治可行技术指南（试行）》《造纸行业非木材制浆工艺污染防治可行技术指南（试行）》及《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）》等三项指导性技术文件，分别推荐了木材制浆、非木材制浆、废纸制浆和造纸生产环节的污染防治可行技术。

本技术政策编制参考了2013年发布的三项技术指南。与1999年发布的《草浆造纸工业废水污染防治技术政策》相比，本技术政策扩大了行业范围，涵盖了木材、非木材和废纸制浆，纸和纸板生产及纸制品加工等全面的造纸工业类型，增加了废气、固体废物和噪声的污染防治技术内容，并结合行业技术发展现状，推荐适应当前环境保护要求的污染防治技术。

## 4 相关政策与标准

### 4.1 国外相关环境技术管理体系

#### 4.1.1 美国相关环境技术管理体系

1970 年以前，美国的相关环境技术管理体系是由各州分别负责制定的，全国没有统一的标准。1970 年成立了国家环境保护局（EPA）后，国家对环境技术开始进行统一管理与控制。1977 年和 1983 年 EPA 先后公布了“最佳实用技术”（BPT）和“最佳可行技术”（BAT），并按工艺分 12 个大类制定了造纸行业的污染物排放限值。其中，每个大类又按照产品种类、采用的设备、工艺等进行了更加具体的划分。

美国制定标准的方法是依据 BPT 制定现有污染源排放限值，采用 BAT 制定新污染源的排放限值。1983 年制定的“造纸出水准则和标准”选取的污染物指标主要有 pH、SS、BOD<sub>5</sub>、AOX 等。与我国不同，美国并未对 COD 规定具体的排放限值。此外，由于目前美国无非木浆生产工艺，虽然保留了该类别的划分，但排放限值空缺。本次选择了与我国对应的 7 类主流工艺作为参考。表 3 列出了 1988 年 6 月 5 日—1998 年 6 月 5 日期间建成的制浆造纸厂的污染物排放限值。1997 年 EPA 签署联合法规，其中（第一期）规定了漂白硫酸盐法制浆造纸、烧碱法制浆造纸和亚硫酸盐法制浆造纸的排放要求。该法规中对已有的制浆造纸企业 BOD<sub>5</sub>、SS 限值仍保持原标准要求，对新建制浆造纸企业要求从 1998 年 6 月开始实施更加严格的标准，见表 4。此外，美国还规定了二噁英类污染物水体排放的限值，要求进入水体的污染物浓度不得超过 10 pg/L。

表 3 EPA 规定的部分工艺造纸废水排放标准

(1988 年 6 月 5 日—1998 年 6 月 5 日建成企业, 千克/吨)

类别	工艺	BOD <sub>5</sub>		SS	
		日最高	月均	日最高	月均
造纸用漂白硫酸盐浆和碱法浆子类	漂白硫酸盐商品浆生产	10.3	5.5	18.2	9.5
	纸板生产用漂白硫酸盐浆生产	8.5	4.6	14.6	7.6
	高级纸用漂白硫酸盐浆生产、漂白碱法浆	5.7	3.1	9.1	4.8
本色硫酸盐浆	生产挂面纸用本色浆	3.4	1.8	5.8	3.0
	纸袋、混合产品用本色浆	5.0	2.7	9.1	4.8
机械浆	热磨机械浆	4.6	2.5	8.7	4.6
	纸浆、粗纸、新闻用纸综合厂	4.6	2.5	7.3	3.8
	高级纸用机械浆	3.5	1.9	5.8	3.0
非木化学浆	—	—	—	—	—
废纸脱墨	脱墨废纸生产高档纸	5.7	3.1	8.7	4.6
	新闻纸	6.0	3.2	12	6.3
废纸本色	纸板	2.6	1.4	3.5	1.8
	建筑用纸	1.7	0.94	2.7	1.4
造纸厂	非综合性高级纸厂	3.5	1.9	4.4	2.3

表 4 新建漂白硫酸盐法和烧碱法纸浆厂部分工艺造纸废水排放标准

(1998 年 6 月 5 日后执行, 千克/吨)

污染物参数	日最高值	月均值	年均值
BOD <sub>5</sub>	4.52	2.41	1.73
SS	8.47	3.86	2.72
AOX	0.476	0.272	0.208

#### 4.1.2 欧盟相关环境技术管理体系

欧盟的法律体系包括基本立法、国际条约、二次立法和其他法律文件等, 欧盟委员会污染防治指令 (IPPC 指令) 属于二次立法的范畴。该指令于 1993 年提出草案, 1996 年正式采纳发布, 1999 年开始实施。IPPC 指令实质上是在欧共体范围内为减少各种工业



污染而实施的许可证制度，根据指令的第 11 条规定，成员国有义务确保责任当局遵循最佳可行技术，因此它是欧盟 27 个成员国必须遵守的共同的指令，IPPC 成为欧盟环境法规的核心内容。2001 年欧盟委员会对上述指令进行了修订，形成了《欧盟制浆造纸厂环境保护导则》（IPPC 造纸部分）。

该导则是直接参考 BAT 技术来制定的，污染物控制指标主要包括 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、AOX、TN、TP 等，并加入了吨产品排水量指标。排放标准体系与我国 2008 年版的排放标准体系有相似之处。与美国标准一样，该标准中同样没有涉及非木浆工艺的标准限值。标准的各项数值均比美国的排放限值严格，见表 5。

表 5 欧盟制浆造纸业排放限值 (IPPC, 2001 年 12 月, 数据为年均值)

产品名称	排水量	COD	BOD <sub>5</sub>	悬浮物	AOX	TN	TP
	m <sup>3</sup> /t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
本色硫酸盐木浆	15~25	5~10	0.2~0.7	0.3~1	—	0.1~0.2	0.01~0.02
漂白硫酸盐木浆	30~50	8~23	0.3~1.5	0.6~1.5	<0.25	0.1~0.25	0.01~0.03
亚硫酸盐漂白浆	40~55	20~30	1~2	1~2	—	0.15~0.5	0.02~0.05
CTMP (非综合厂)	15~20	10~20	0.5~1.0	0.5~1	—	0.1~0.2	0.005~0.01
综合的机械制浆造纸 (例如新闻纸、SC、LWC 造纸厂)	12~20	2~5	0.2~0.5	0.2~0.5	<0.01	0.004~0.1	0.004~0.01
用废纸的新闻纸、印刷纸、书写纸 (有脱墨)	8~20	2~4	<0.05~0.5	0.1~0.3	<0.005	0.05~0.1	0.005~0.01
用废纸的薄绵纸造纸厂	8~25	2~4	<0.05~0.5	0.1~0.4	<0.005	0.05~0.25	0.005~0.015
用废纸的瓦楞原纸、挂面纸板, 涂布白板纸 (无脱墨)	<7	0.5~1.5	<0.05~0.15	0.1~0.4	<0.005	0.02~0.05	0.002~0.005
用木浆的薄棉纸 (非综合厂)	10~25	0.4~1.5	0.15~0.4	0.2~0.4	<0.01	0.05~0.25	0.003~0.015
不涂布高级纸 (非综合厂)	10~15	0.5~2.0	0.15~0.25	0.2~0.4	<0.005	0.05~2	0.003~0.01
涂布高级纸 (非综合厂)	10~15	0.5~1.5	0.15~0.25	0.2~0.4	<0.005	0.05~2	0.003~0.01

## 4.2 国内相关环境技术管理体系

### 4.2.1 国家标准制修订情况

国家造纸工业水污染物排放标准首次于 1983 年发布，1992 年第一次修订，1999 年第二次修订，2001 年以 GB 3544—2001 替代 GWPB 2—1999，2003 年 9 月由国家环境保护总局发布公告对 GB 3544—2001 部分内容进行了修订。2008 年，环境保护部又颁布了《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB 3544—2008）。

GB 3544—92 标准于 1992 年 7 月 1 日实施，代替 GB 3544—83 及 GB 8978—88 造纸工业部分。该标准按生产工艺和废水排放去向，分级别、分年限、分工艺规定了造纸工业水污染物最高允许排放浓度、吨产品最高允许排水量和吨产品污染物排放量。

GWPB 2—1999 不再分级，按生产工艺规定了造纸工业吨产品日均最高允许排水量、日均最高允许排放浓度和吨产品最高允许水污染物排放量，对 GB 3544—92 的指标值进行了调整，不再分年限规定标准限值，与 GB 3544—92 第二时间段二级标准值相比，排水量、BOD<sub>5</sub>、SS 加严，COD 基本保持不变。

2001 年 11 月，国家环境保护总局、国家质量监督检验检疫总局联合发布《造纸工业污染物排放标准》（GB 3544—2001），原 GWPB2—1999 废止，但内容不变，自 2002 年 1 月 1 日起实施。

2003 年 9 月，国家环境保护总局下达环发〔2003〕152 号文件对 GB 3544—2001 进行补充修改，增补、更改了部分内容，对标准中的 3.3、3.4、4.5 等内容进行了修订，对标准附录 A 的第一款做了修改，对废纸制浆造纸企业排放的水污染物排放限值做了新规定。

为适应新时期环境保护的要求，促进造纸行业的节能减排和行业健康、持续发展，根据 2005 年度 254 号国家标准制修订计划，对 GB 3544—2001 进行全面修订。2008 年，为了加快清洁生产技术改造的步伐，环境保护部又颁布了《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB 3544—2008），该标准规定新建制浆企业、制浆和造纸联合生产企业、造纸企业的 COD 排放限值分别为 100 mg/L、90 mg/L、80 mg/L，单位产品基准排水量分别为 50 m<sup>3</sup>/t、40 m<sup>3</sup>/t、20 m<sup>3</sup>/t，增加了氮、磷、色度和二噁英等污染物控制项目，将可吸附有机卤素（AOX）调整为控制指标，

AOX 和二噁英的污染物监控位置位于车间和生产设施排放口。规定了水污染物特别排放限值，排水量和排放浓度限值进一步降低。

#### 4.2.2 清洁生产标准

为造纸工业开展清洁生产提供技术支持和导向，2015 年 4 月 15 日，国家发展和改革委员会、环境保护部、工业和信息化部共同发布了《制浆造纸行业清洁生产评价指标体系》。

上述清洁生产标准为指导性标准，主要用于企业清洁生产审核和清洁生产潜力的判断。标准根据当前行业技术、装备水平和管理水平及造纸工业清洁生产的一般要求而制定，共分为 3 级：I 级为国际清洁生产领先水平；II 级为国内清洁生产先进水平；III 级为国内清洁生产基本水平。标准将清洁生产指标分为六类，即生产工艺及设备要求、资源和能源消耗指标、资源综合利用指标、污染物产生指标、产品特征指标和清洁生产管理指标。

#### 4.2.3 地方标准

为适应新时期污染控制与环境质量改善的需要，各省市因地制宜，积极开展了地方造纸工业水污染物排放标准的研究和探索，针对区域和流域特点，制订了严于《制浆造纸工业水污染物排放标准》（GB 3544—2008）要求的地方标准，极大地促进了区域水环境保护目标的实现。

2013 年 1 月 21 日，福建省质量技术监督局和福建省环境保护厅联合发布了《福建省制浆造纸工业水污染物排放标准》（DB 35/1310—2013）。其他部分地区也发布了执行 GB 3544—2008 表 3 特别排放限值要求的文件，如《关于钱塘江流域执行国家排放标准水污染物特别排放限值的通知》（浙环函〔2014〕159 号）、《广东省环境保护厅关于珠江三角洲地区执行国家排放标准水污染物特别排放限值的通知》（2012 年 11 月 30 日）。另外，地方也根据流域环境质量的要求，发布了一系列的流域污染物排放标准的要求，如《山东省小清河流域水污染物综合排放标准》（DB 37/656—2006）《山东省南水北调沿线水污染物综合排放标准》（DB 37/599—2006）及《河南省惠济河流域水污染物排放标准》（DB 41/918—2014）等文件。

## 5 主要生产工艺、产排污分析及污染防治技术

### 5.1 木材制浆工艺与污染物排放

#### 5.1.1 木材制浆工艺与产污节点

根据制浆方式的不同，木材制浆技术通常分为化学法制浆和化学机械法制浆。

##### (1) 化学法制浆工艺与产污节点

木材化学法制浆主要为硫酸盐法制浆，是以氢氧化钠和硫化钠为蒸煮化学药剂处理木片的制浆方法，工艺与产污节点见图4。竹子原料也可采用此法制浆。

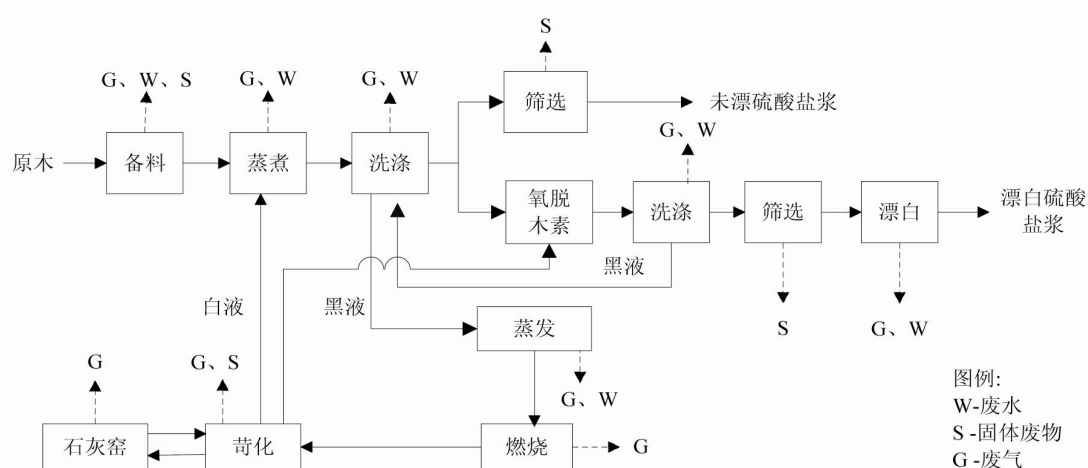


图4 木材硫酸盐法制浆生产工艺及主要产污节点

##### (2) 化学机械法制浆生产工艺流程

化学机械法制浆是利用化学作用对木片进行预处理后，再利用机械作用将木材纤维分离成纤维束、单根纤维和纤维碎片的过程。

化学机械法制浆主要包括漂白化学热磨机械制浆（BCTMP）、碱性过氧化氢机械制浆（APMP）和盘磨化学预处理碱性过氧化氢机械制浆（P-RC APMP），化学机械法制浆工艺流程及产污环节见图5。采用碱回收方式处理化学机械制浆废水工艺流程及产污节点见图6。

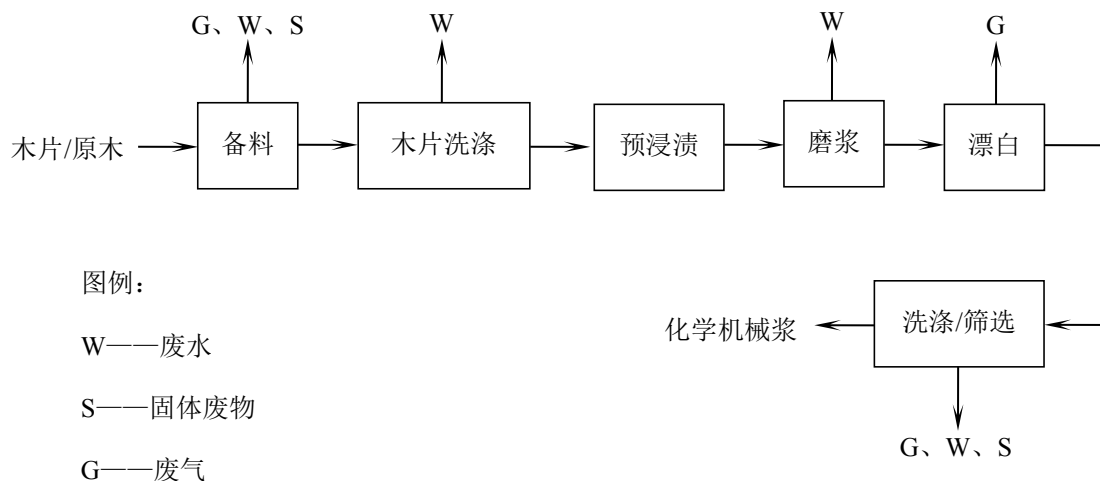


图 5 化学机械法制浆工艺流程及产污节点

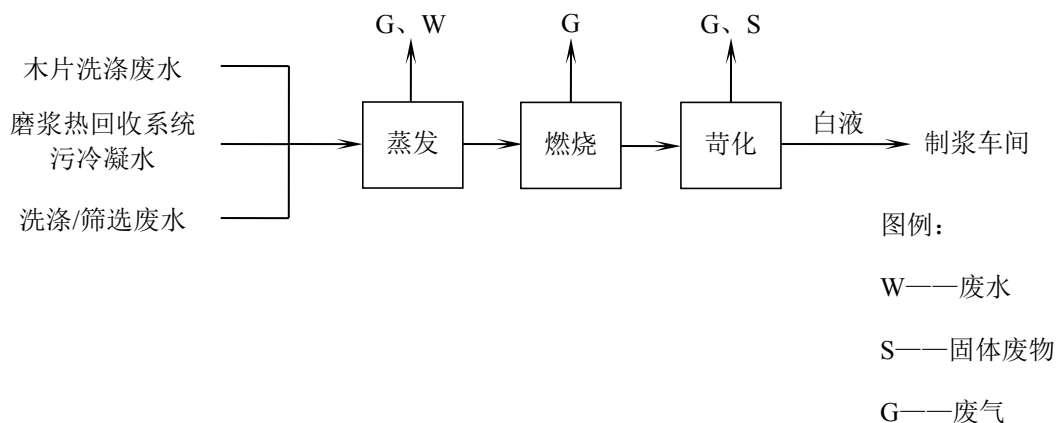


图 6 化学机械法制浆废水碱回收处理工艺流程及产污节点

### 5.1.2 木材制浆污染物来源与种类

木材制浆工艺产生的污染主要包括废水、废气、固体废物和噪声。

#### (1) 废水

硫酸盐法制浆产生的废水主要包括备料废水、黑液蒸发产生的污冷凝水、粗浆洗涤筛选废水、漂白废水、各工段临时排放的废水。废水中主要污染物为碳水化合物化合物的降解产物、低分子量的木素降解产物、有机氯化物及水溶性抽出物等。采用元素氯漂白会产生一定浓度的 AOX 和二噁英。

化学机械法制浆产生的废水主要来自备料、木片洗涤和制浆过程中溶出的有机化合物和细小纤维。废水中的污染物主要为以细小纤维为主的固体悬浮物（SS），

以低分子量的木素降解产物、碳水化合物降解产物和水溶性抽出物等为主的溶解物。

化学机械制浆废液如采用碱回收处理，废液经预处理后再进入碱回收蒸发系统，蒸发产生污冷凝水。

## (2) 废气

木材硫酸盐法制浆废气主要来源包括：备料、蒸煮、洗选、漂白、漂白化学品制备、黑液蒸发、辅助锅炉、碱回收炉、苛化、石灰窑、污水处理厂等。排放物主要包括粉尘、二氧化硫、氮氧化物、臭气等。臭气的组分比较复杂，其中含硫组分包括硫化氢、甲硫醇、甲硫醚和二甲二硫醚等，无硫组分包括甲醇、乙醇及低分子有机酸等。

木材化学机械法制浆废气主要来源于备料及制浆产生的无组织排放，量小且难以计量；另外，废水厌氧处理过程会产生甲烷及含硫化物的臭气。

## (3) 固体废物

木材硫酸盐法制浆过程产生的固体废物主要为备料过程产生的树皮和木屑等木材残留物；制浆过程筛选工段产生的节子及浆渣；锅炉燃烧过程产生的炉灰，碱回收车间苛化工段产生的绿泥、白泥和石灰渣；废水处理过程产生的污泥；锅炉产生的灰渣。

木材化学机械法制浆过程中产生的固体废物包括原木剥皮、木片洗涤和筛选（约 1.5%筛渣）产生的树皮、锯末及木屑等木材残留物；木片压榨螺旋及纸浆筛选排出的纤维束；辅助锅炉产生的灰渣；废水处理产生的污泥。

## (4) 噪声

木材硫酸盐法制浆产生的噪声分为机械噪声和空气动力性噪声，主要噪声源包括剥皮设备、削片设备、传动类、泵类、风机压缩机，间歇喷放或放空、工艺设备或管道压力、真空清洗或吹扫等。

木材化学机械法制浆产生的噪声分为机械噪声和空气动力性噪声，主要噪声源包括剥皮设备、削片设备、磨浆机、传动机械、泵类、风机压缩机，工艺设备或管道压力、真空清洗或吹扫等。

### 5.1.3 木材化学法制浆生产过程污染防控技术现状

#### (1) 备料

原木剥皮。大部分企业采用干法剥皮技术，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 m<sup>3</sup>。

木材的削片及筛选。用木材生产化学浆时，需要将原木、枝桠材和木材加工厂下脚料削成木片。削出的木片的规格一般为：长 15~25 mm，宽 5~20 mm，厚 3~7 mm。

## （2）蒸煮

木材原料蒸煮工艺分为间歇法和连续法。间歇法采用传统间歇蒸煮、快速置换加热(RDH)和超级间歇蒸煮等，蒸煮设备使用立锅；连续法采用改良型连续蒸煮(MCC)、深度改良型连续蒸煮(EMCC)、等温蒸煮(ITC)、紧凑蒸煮(Compact Cooking)及低固形物蒸煮(Lo-Solids Cooking)等技术，蒸煮设备使用立式连蒸器。

## （3）洗选

洗选工段可细分为洗涤和筛选净化。一般采用多段逆流洗涤和封闭筛选，水系统封闭操作，理论上不排放废水，但在实际操作中，由于工艺管线长，浆泵和黑液槽多，容易发生跑冒滴漏的现象，末端锥形除砂器排渣时会带出部分黑液，这是洗浆废水的主要来源。这部分废水处理方式为通过地沟收集后送黑液槽，回到系统中。逆流洗涤和封闭筛选是提高洗涤效率、减少废水排放量的有效措施。

由于木浆浆料的滤水性能相对较好，黑液提取率相对较高，一般可达到 95% 以上。

## （4）氧脱木素

氧脱木素技术是在蒸煮之后，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）和硫酸镁与高浓度（25%~30%）或中等浓度（10%~15%）纸浆在反应器中混合。氧脱木素工段产生的废液可逆流到粗浆洗涤段，然后进入碱回收车间处理。该技术可减少后续漂白工段化学品用量，减少漂白阶段 COD 排放负荷。

## （5）漂白

传统的 CEH 漂白是由氯化（C）、碱抽提（E）、次氯酸盐漂（H）等三段组成。由于该方法使用了含元素氯的漂剂，因此，会产生大量的氯化废水，废水中含有致癌和致变性质的 AOX，产生量在 3~4 kg/t 浆，个别企业超过 7 kg/t 浆。



无元素氯漂白技术 (ECF) 是以二氧化氯替代元素氯作为漂白剂的漂白技术, ECF 漂白后纸浆的白度高, 返黄少, 浆的强度好; 但二氧化氯必须就地制备, 生产成本较高, 对设备的耐腐蚀性要求高, 通常需要多段漂白。现代 ECF 漂白技术的目标是进一步降低二氧化氯使用量, 降低漂白废水发生量和漂白产生的 COD。如在流程中采用两段氧脱木素技术、酸处理技术、臭氧漂白技术、压力过氧化氢漂白技术等, 使二氧化氯用量大大降低, 称之为轻 ECF 漂白, 国内运行的 ECF 漂白程序如表 6 所示。

表 6 国内运行的 ECF 漂白程序

序号	漂白程序	序号	漂白程序
1	O/O-D-Eop-D-PO	5	O/O-D-Eop-D-P
2	O/O-Q-OP-D-PO	6	O/O-D-Eop-D
3	O/O-AZe-D-P	7	O/O-D-Eop-D-D
4	O/O-ZQ-Eop-D	8	O/O-D-Zq-PO

注: O 代表氧脱木素 (氧漂); D 代表二氧化氯漂白; E 代表碱抽提 (碱处理); P 代表过氧化氢漂白; Q 代表螯合处理; A 代表酸处理; Z 代表臭氧漂白; Eop 代表氧和过氧化氢强化的碱抽提; PO 代表压力过氧化氢漂白; OP 加过氧化氢的氧脱木素。

#### (6) 碱回收

硫酸盐法制浆厂中配套的碱回收系统有三个功能: 回收用于制浆过程中所用氢氧化钠及硫化钠化学药品; 通过燃烧将制浆过程溶出的有机物转化为热能及电能实现能量的回收; 回收制浆过程中所产生的副产品(松节油或塔罗油), 前两项是碱回收的主要目的。

碱回收系统包括: 稀黑液在蒸发工段的蒸发浓缩, 浓黑液在碱回收炉中的燃烧实现有机物与无机物的分离。黑液经过燃烧后产生的无机熔融物溶解于稀白液或水中形成绿液。绿液的主要成分是碳酸钠和硫化钠等, 绿液经苛化段将碳酸钠转化为氢氧化钠, 此时的溶液为白液, 可回用于蒸煮系统。灰分残留物和其他杂质作为绿液渣从流程中除去。苛化产生的碳酸钙(白泥)从白液中分离出来, 经洗涤浓缩后在石灰窑中煅烧产出石灰回用于苛化段。

部分企业采用黑液降膜蒸发技术和黑液高浓蒸发技术, 来提高黑液蒸发效率与黑液的浓度, 最终提高黑液的碱回收率和降低碱回收锅炉硫的排放。

### 5.1.4 化学机械法制浆生产过程污染防控技术现状

#### (1) 浆渣筛选及精磨技术

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。该技术可以提高纤维的利用率，减少固体废物的产生，减少废水中悬浮物的产生量。

## （2）高效洗涤和流程控制技术

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%。采用高效洗涤和流程控制技术废液提取率可达到 75%~80%，该技术采用辊式洗浆机、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，减少洗涤损失，降低洗涤用水量。

## 5.2 非木材制浆工艺与污染物排放

### 5.2.1 非木材制浆工艺与产污节点

化学法非木材制浆主要包括烧碱法制浆、硫酸盐法制浆及亚硫酸盐法制浆。根据漂白程度的不同，非木浆包括本色浆和漂白浆两种。

烧碱法或硫酸盐法制浆产生的废液进入碱回收系统处理，亚硫酸盐法制浆进行废液的综合利用。

非木材制浆过程中会向水体、大气、土壤等环境排放污染物质，其中，水污染问题最为突出，非木材制浆生产工艺及主要产污节点见图 7。

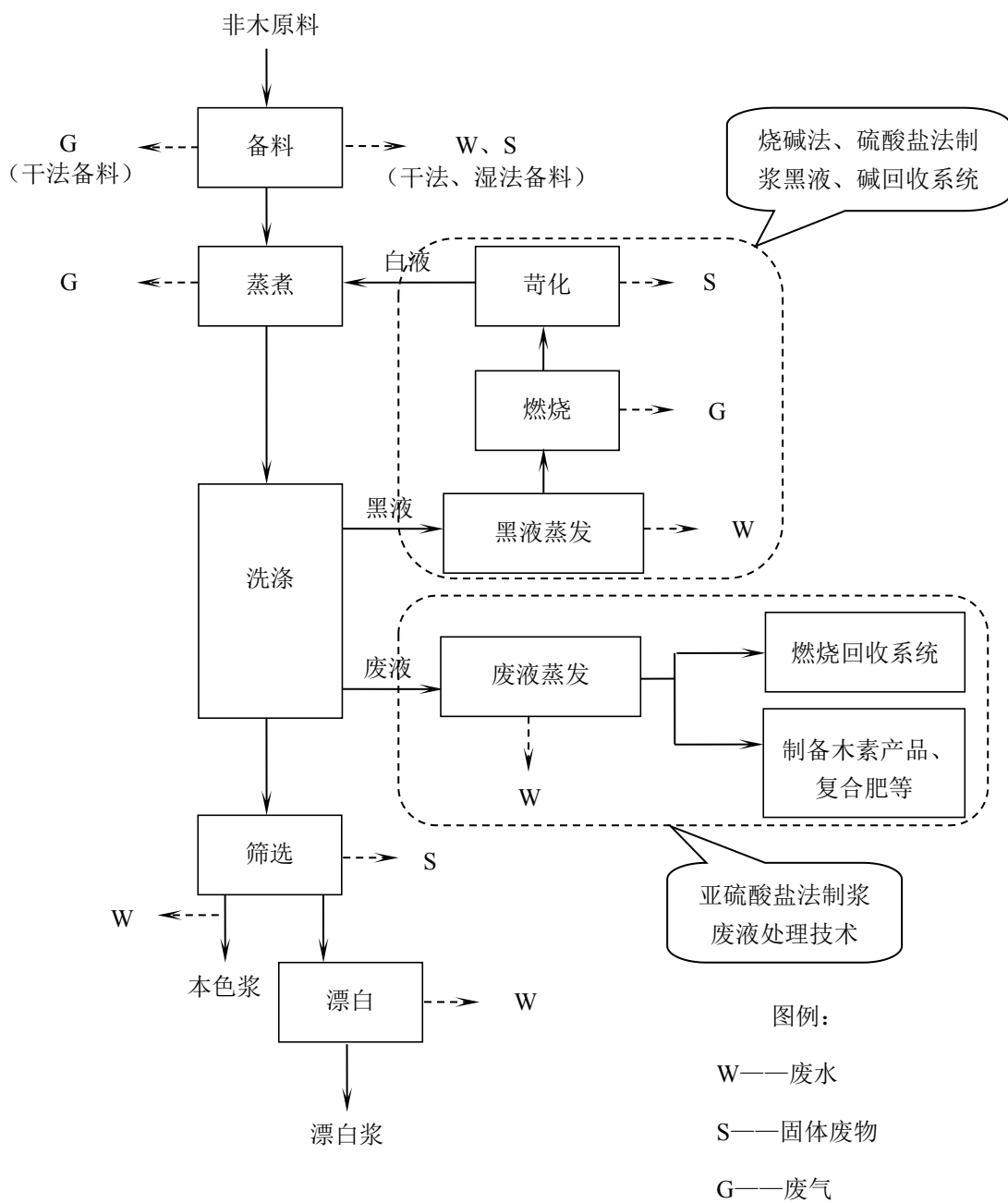


图7 非木材化学法制浆生产工艺及主要产污环节

## 5.2.2 非木材制浆污染物来源与种类

### (1) 废水

非木材化学法制浆产生的废水主要包括备料废水、蒸煮及黑液蒸发产生的污冷凝水、粗浆洗涤筛选废水、漂白废水（采用元素氯漂白会产生一定浓度的 AOX

和二噁英)、各工段临时排放的废水。废水中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、有机氯化物及水溶性抽出物等。

#### (2) 废气

非木材化学法制浆大气污染主要来源包括：备料、蒸煮、洗涤、漂白、漂白化学品制备、黑液蒸发、动力锅炉、碱回收炉、苛化、石灰窑、污水处理厂等。排放物主要包括粉尘、二氧化硫、氮氧化物、臭气等。

#### (3) 固体废物

非木材制浆固体废物主要来源于备料工段产生的废渣、尘土，筛选工段产生的浆渣、碱回收工段产生的绿泥、白泥以及污水处理过程中产生的污泥等。

#### (4) 噪声

化学法非木原料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、传动类、泵类、风机压缩机、间歇喷放或放空、工艺设备或管道压力、真空清洗或吹扫等。

### 5.2.3 非木材制浆污染防治技术现状

#### (1) 备料

草类原料(如麦草、芦苇等)的备料方法包括干法备料和干湿法备料两种。大部分企业使用的是干湿法备料技术。该技术的主体设备是切草机和水力碎草机，以国产设备为主。蔗渣备料目前均使用湿法堆存备料工艺。竹子原料使用干法备料工艺。

#### (2) 蒸煮

蒸煮一般可分为间歇式蒸煮和连续式蒸煮两种。间歇式蒸煮以蒸球或立锅作为主要蒸煮设备，而连续式蒸煮则以管式连蒸器为主要设备。大部分非木材制浆企业使用三管或四管的横管式连蒸器，也有少量企业使用蒸球。对于芦苇原料，大部分企业使用立锅。

#### (3) 洗选

见 5.1.3，(3) 洗选。

#### (4) 氧脱木素

见 5.1.3，(4) 氧脱木素。

#### (5) 漂白

见 5.1.3, (5) 漂白。

#### (6) 碱回收

碱回收车间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, 送入燃烧炉进行燃烧, 消除污染, 回收烧碱和热能, 然后进行苛化分离, 最后将清洁的烧碱回收至蒸煮工段循环使用。目前, 芦苇浆的黑液碱回收率一般在 85~90%, 蔗渣浆的黑液碱回收率一般在 83~87%, 麦草浆的黑液碱回收率相对较低, 一般在 70~80%。

黑液在综合利用或送碱回收炉燃烧前, 都要通过多效蒸发器浓缩, 蒸发浓缩过程中产生的冷凝水是一种污染源。冷凝水中一般含有甲醇、硫化物和少量黑液。污冷凝水经过汽提法处理后, 方能回用或排放。

#### (6) 亚硫酸盐法制浆废液的处理

##### 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近, 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, 一般可回收 75%~88% 的 MgO 和 65%~70% 的二氧化硫 (SO<sub>2</sub>); 铵盐基废液回收过程中, 盐基部分将分解挥发而难以回收, 只有 SO<sub>2</sub> 和热能可以回收利用。

##### ② 废液综合利用技术

非木材亚硫酸盐法制浆废液中主要以糖类有机物和木素磺酸盐为主。其中, 亚铵法制浆废液中还含有一定量的铵盐。目前, 其综合利用技术主要包括木素产品的制备技术和复合肥的制备技术。

## 5.3 废纸制浆工艺与污染物排放

### 5.3.1 废纸制浆工艺与产污节点

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脱墨废纸制浆和非脱墨废纸制浆。

脱墨废纸制浆和非脱墨废纸制浆工艺流程及产污节点分别见图 8 和图 9。

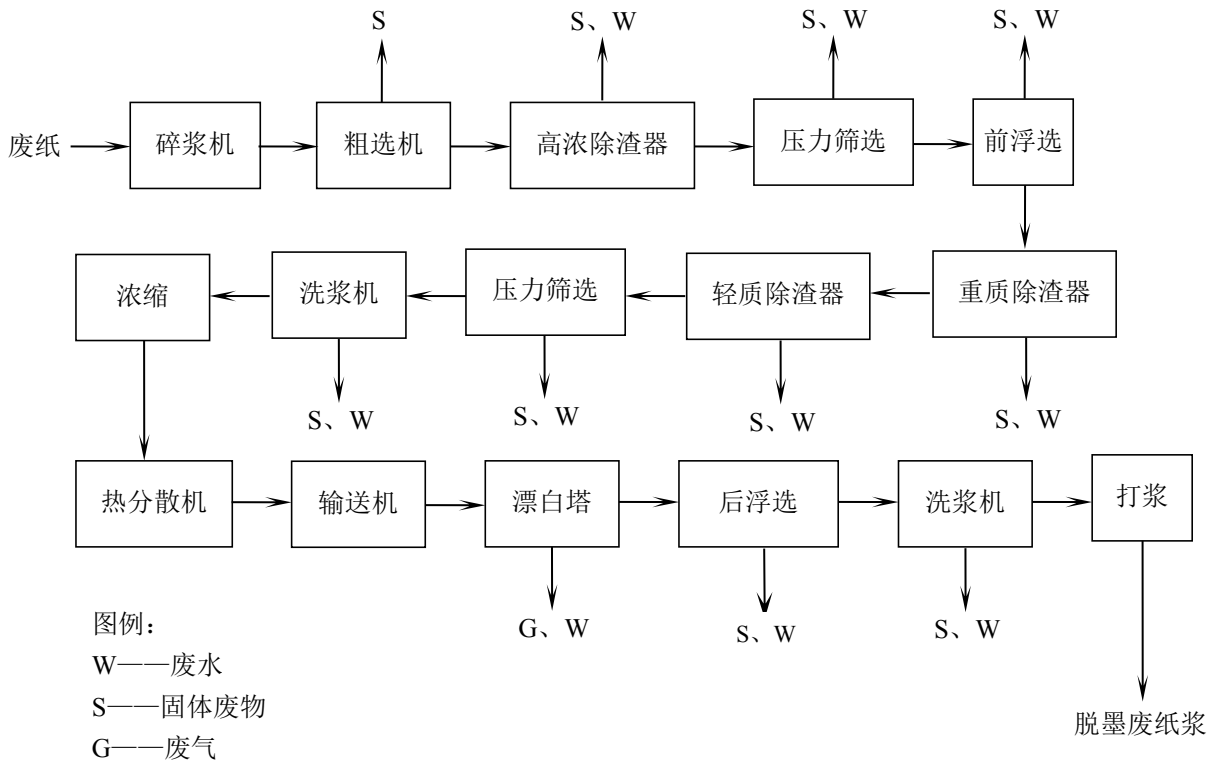


图 8 脱墨废纸制浆工艺流程及产污节点

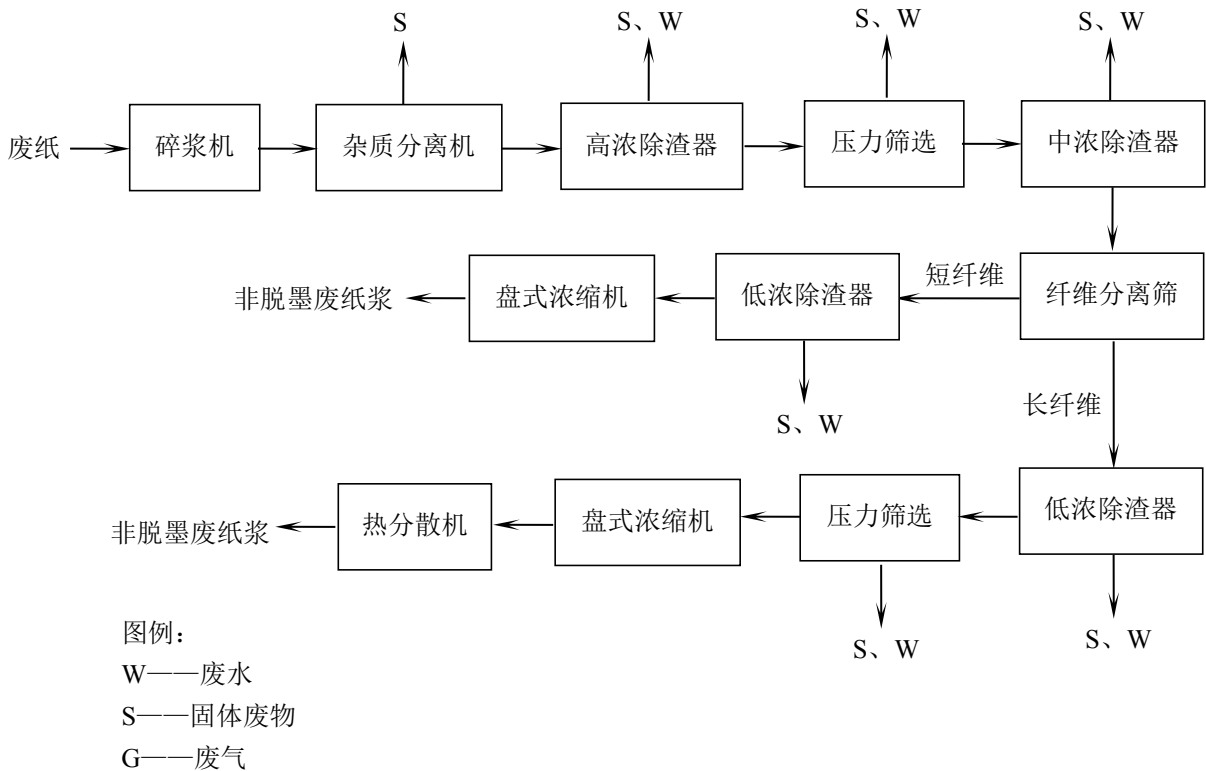


图 9 非脱墨废纸制浆工艺流程及产污节点

### 5.3.2 废纸制浆污染物来源与种类

废纸制浆工艺产生的污染包括废水、废气、固体废物和噪声。

#### (1) 废水

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制浆比有脱墨工艺的废纸制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：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<sub>5</sub>）：纤维素或半纤维素的降解物、淀粉等碳水化合物。

其他有机污染物（COD）：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。

色度：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。

可吸附有机卤化物（AOX）：采用氯漂白的造纸漂白废水中所含有的可吸附有机卤化物。

污染物主要控制指标为：SS、BOD<sub>5</sub>、COD、色度、pH 等。

#### (2) 废气

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。

#### (3) 固体废物

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。

#### (4) 噪声

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、泵类和引风机等。

### 5.3.3 废纸制浆污染防治技术现状

#### (1) 碎浆

碎浆一般采用连续或间隙式，设备通常有两种：水力碎浆机和圆筒疏解机。水力碎浆机从结构形式上分为立式和卧式，从操作方法上可分为连续式和间歇式，从碎浆浓度上可分为低浓、中浓和高浓，高浓碎浆浓度可达 15%~20%，中浓碎浆浓度一般约为 8~12%，低浓碎浆浓度在 6%以下。目前国内投产的大规模生产线一般采用圆筒碎浆机进行高浓碎浆，圆筒碎浆机为高浓连续碎浆设备，高浓碎浆对纤维损伤小，水耗、能耗低。

#### (2) 筛选及净化

筛选是为了从废纸浆中将大于纤维的杂质碎片去除，并尽量减少处理过程中纤维的流失，废纸处理流程中使用的筛绝大多数为压力筛。净化是利用杂质与废纸浆悬浮液的密度不同，将轻重杂质分离，净化的设备一般采用锥形除渣器。筛选及净化系统应有较高的净化效率，并减少纤维的流失。

#### (3) 洗涤和浓缩

洗涤的目的是从有用的纤维中将悬浮固形物和废杂质除去的一种处理方法，故其滤液中的固形物含量一般都比较低。洗涤去除颗粒大小在 30~40 $\mu\text{m}$  以下的废杂质，如白土或填料、细小油墨、细小胶粘物等废杂物，片状油墨、胶印油墨也有一些可以通过洗涤除去。洗涤设备有带式洗浆机、喷淋式圆盘过滤机、鼓式洗浆机等，在洗涤的同时，也实现了浓缩的功能。

浓缩是提高出口纸浆浓度，将纸浆浓缩以供后续工序（如漂白、分散与搓揉）处理。这一类的设备有多盘浓缩机、夹网挤浆机、双辊脱水压榨机等，这类设备滤液一般逆流回用。

#### (4) 脱墨（用于脱墨浆生产）

分离油墨粒子一般有两种方法：洗涤法和浮选法。

洗涤法是将油墨粒子预先在碎浆机中进行预洗涤，然后送到除渣、筛选、洗涤设备中进一步除去。洗涤法脱墨时须加入分散剂和沉淀剂。洗涤法脱墨比较干



净，所得纸浆白度高，灰分含量低，操作方便，工艺稳定，电耗低，设备投资少。缺点是用水量大，纤维流失大，得率低。

浮选法脱墨是向浆料中通入空气，送入的空气产生气泡，发泡剂又使这些气泡凝聚不散，油墨粒子和杂质吸附在泡沫上，聚集在浆料表层，不断地刮去这些附有油墨粒子的泡沫，即可达到除去油墨的目的。浮选法的优点是纤维流失小，纸浆得率可达 85%~95%，使用的脱墨剂少；缺点是纸浆白度低，灰分含量高，所用设备比洗涤法复杂、昂贵，动力消耗大。

#### (5) 漂白（用于漂白浆生产）

通常采用中浓漂白技术，即纸浆在 8%~12%浓度条件下进行漂白，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。适用于废纸脱墨浆生产企业。

## 5.4 机制纸及纸板制造工艺与污染物排放

### 5.4.1 机制纸及纸板制造工艺与产污节点

机制纸及纸板生产工艺流程及产污节点见图10。

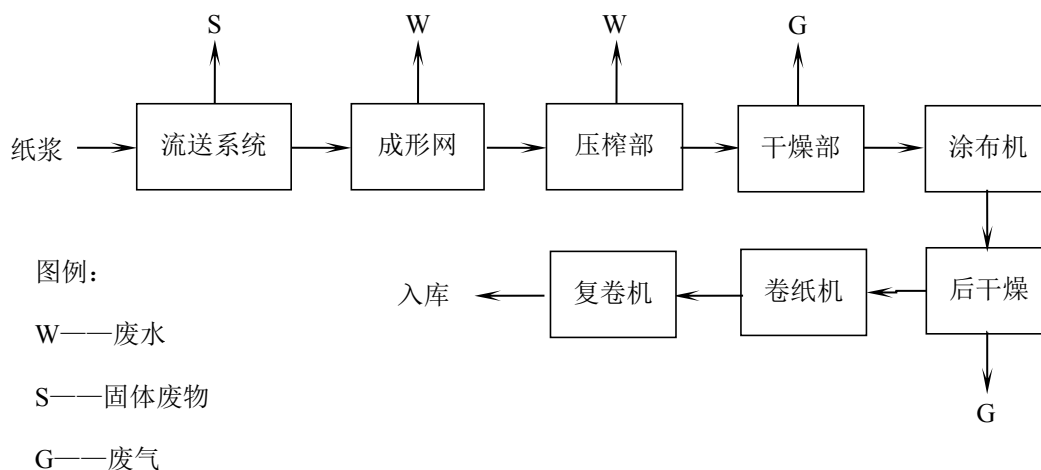


图 10 机制纸及纸板工艺流程及产污节点

### 5.4.2 机制纸及纸板制造污染物来源与种类

机制纸及纸板制造工艺产生的污染主要包括废水、废气、固体废物和噪声。

#### (1) 废水

机制纸及纸板制造过程产生的废水主要为纸机白水，其成份以固体悬浮物和有机污染物为主。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。造纸白水分为稀白水和浓白水，稀白水通常处理后回用，浓白水由于含有大量的可回用纤维，全部回用于冲浆。

## (2) 废气

机制纸及纸板制造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，以及配套锅炉产生的烟气、污水处理厂产生的臭气。

## (3) 固体废物

机制纸及纸板制造过程产生的固体废物主要为造纸生产工艺产生的纤维性浆渣，以及配套锅炉产生的灰渣、脱硫石膏、污水处理厂产生的污泥等。

## (4) 噪声

机制纸及纸板制造过程中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、锅炉鼓风和引风机等。

### 5.4.3 机制纸及纸板生产过程污染防控技术现状

机制纸及纸板生产过程污染防控技术主要有高效磨浆技术、高效低脉冲上浆技术、浆箱稀释水横幅控制技术、纸页高效成型技术、宽压区压榨技术、造纸机网部和压榨部清洗节水技术、膜转移施胶技术、烘缸封闭气罩技术、袋式通风技术、固定虹吸管技术、纸机白水回收及纤维利用技术等。

## 5.5 污染治理技术

### 5.5.1 水污染治理技术

直接排放的制浆造纸企业通常采用三级处理工艺处理综合废水。

一级处理技术包括混凝沉淀/混凝气浮技术，对废水在进入生化处理系统前进行物理化学处理，去除废水中大部分 SS 以及部分 COD。

二级处理技术为废水生化处理技术，包括厌氧处理技术和好氧处理技术。厌氧处理技术主要包括水解酸化技术、UASB 及 IC 反应器技术，好氧处理技术主要包括活性污泥法、生物接触氧化技术。通常企业将厌氧及好氧技术有机组合。

三级处理技术主要包括化学絮凝和高级氧化技术。

## 5.5.2 大气污染治理技术

### (1) 蒸煮工段高温废气热回收技术

通常采用喷射式冷凝器热回收系统进行处理。先对蒸煮喷放气体进行有效的冷凝，然后将冷凝后的不冷凝气体进行收集和燃烧处理。

此方法在减轻或消除大气污染的同时也回收了热量。

### (2) 硫酸盐法蒸煮臭气的治理技术

硫酸盐制浆臭气污染物质的排放点主要是蒸煮锅、喷放锅、洗浆设备和黑液蒸发系统等，通常可在每一污染源装设集气系统，并将各污染源集气系统连接起来，进行集中处理。处理方法有燃烧法、液体吸收法及湿法涤气等。

#### ①低浓恶臭气体处理

对制浆系统、碱回收系统收集的低浓恶臭气体及熔融物溶解槽经碱液洗涤后的恶臭气体作为碱炉的二次风焚烧掉，降低低浓恶臭气体的排放量。

低浓恶臭气体的主要来源是黑液及白液处理、纸浆洗涤未漂白纸浆的洗涤和过滤设备、洗涤和过滤中的贮浆槽和洗涤液贮槽、蒸发工段的黑液储存槽，以及苛化工段的白液储存槽。收集的低浓恶臭气体可以作为二次风和三次风在碱回收炉中焚化。

#### ②高浓恶臭气体处理

对蒸煮工段、蒸发工段和污冷凝水汽提产生的高浓度恶臭气体进行收集和焚化，通过燃烧条件的控制来减少碱回收炉的总还原硫（TRS）、二氧化硫（SO<sub>2</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）的排放。

高浓恶臭气体形成于塔罗油回收系统、连续蒸煮器溢出蒸汽冷凝器、污冷凝物储存槽和蒸发器不冷凝气体释放装置。在间歇蒸煮中，则形成于喷放锅蒸汽热回收系统。这些气体可通过管道来收集，采用鼓风机输送。

高浓不冷凝气体(NCG)的处理方式通常是从蒸煮和蒸发工段中收集 NCG，并通过焚化来处置。高浓 NCG 的焚化可以在石灰窑中进行，也可以在装配了 SO<sub>2</sub> 涤气器的单独 NCG 焚化器中进行。只要收集和燃烧高浓 TRS 化合物，就能减少硫酸盐法制浆过程中产生的 90%以上的 TRS。

### (3) 碱回收炉废气湿法涤气技术

该技术常用在碱回收炉上，是为了减少碱回收炉二氧化硫的排放。

该技术 SO<sub>2</sub> 的去除率通常大于 90%。

#### (4) 厌氧沼气治理与回收技术

废水处理车间的废气通常通过火炬直接燃烧，产生的沼气量大时可并入市政燃气管网或沼气发电。

### 5.5.3 固体废物处理处置技术

#### (1) 备料废渣综合利用技术

备料废渣中含有氮、磷、钾、镁、钙及硫等元素，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，亦可作为养殖场垫土。

#### (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) 用于生产较低档纸技术或纤维板技术

筛选净化分离出的可利用浆渣，或进水处理系统前细格栅截留的细小纤维经单独的处理系统处理后，可用于抄造瓦楞原纸、纸板芯层及纤维板等。

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。

#### (4) 制备碳酸钙填料技术

碱回收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。其主体工艺是绿液提纯、白泥二次苛化、白泥二次洗涤、研磨微细化、浓缩成品，产品可替代外购轻质碳酸钙用作抄纸过程中的填料。

#### (5) 白泥回用烧制石灰技术

木材制浆过程碱回收车间产生的白泥经石灰窑烧制转化为石灰，回用于碱回收苛化工段。

#### (6) 填埋技术

锅炉燃烧产生的炉灰，碱回收车间苛化工段产生的绿泥、白泥和粗砂，废水处理产生的污泥(格栅截留的细小纤维、初沉池的砂石及二沉池产生的剩余生化污泥)，锅炉和熔炉中产生的烟尘灰，通常采用安全填埋技术进行处理。

#### (7) 焚烧技术

①对于热值较高的废渣，直接送入辅助锅炉进行燃烧，回收热能。该技术适用于备料工段产生的废渣的处理。

②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。该技术适用于废水处理中产生的生化污泥和三级污泥的处理。

#### (8) 制备有机肥技术

制浆过程产生的备料废渣(如树皮、木屑、麦穗、麦秸等)、节子、浆渣及水处理活性污泥等有机固体废物经一定的处理，作为林场有机肥料，进行综合利用。

### 5.5.4 噪声污染防控技术

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，对设备加装减振垫、隔声罩等，也可采用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。

## 6 技术政策制修订的基本原则和技术路线

### 6.1 基本原则

#### (1) 满足环境保护标准和环境保护工作要求

污染防治技术政策是环境污染防治工作的技术指南，是实施环境管理的技术依据。充分调研造纸工业的生产和污染治理现状，了解污染防治的最新研究和实践成果，使该技术政策具有科学性，为各级环保部门环境管理提供技术依据。

#### (2) 内容全面和全过程控制

本技术政策内容全面，涵盖了化学制浆、化学机械制浆、废纸制浆、机制纸及纸板和纸制品等企业类型。结合我国造纸工业的环境管理目标和要求，全面考虑造纸工业生产与污染治理整个过程，体现全过程控制的原则，推行清洁生产，将污染预防、末端治理与综合利用相结合。

#### (3) 突出适用性和可操作性

技术政策编制工作在充分调研和征求专家意见的基础上稳步开展，认真分析、研究造纸工业现有技术水平和管理水平，使所选择的工业污染防治技术成熟可靠、先进实用、衔接性好。企业可根据实际情况，选用符合本企业实际生产状况的污染防治技术。

## **6.2 方法**

技术政策编制工作主要采取调研、专家咨询、座谈、公开征求意见以及专家评审等方式形成最终的技术政策文本和编制说明。其中调研过程，除了书面调研外，更加注重实地调研和现场监测，提高数据可信度；与企业、行业专家以及环境管理部门开展了十余次座谈会和预审会，确保内容全面、描述准确。

## **6.3 技术路线**

编制的技术路线见图11。

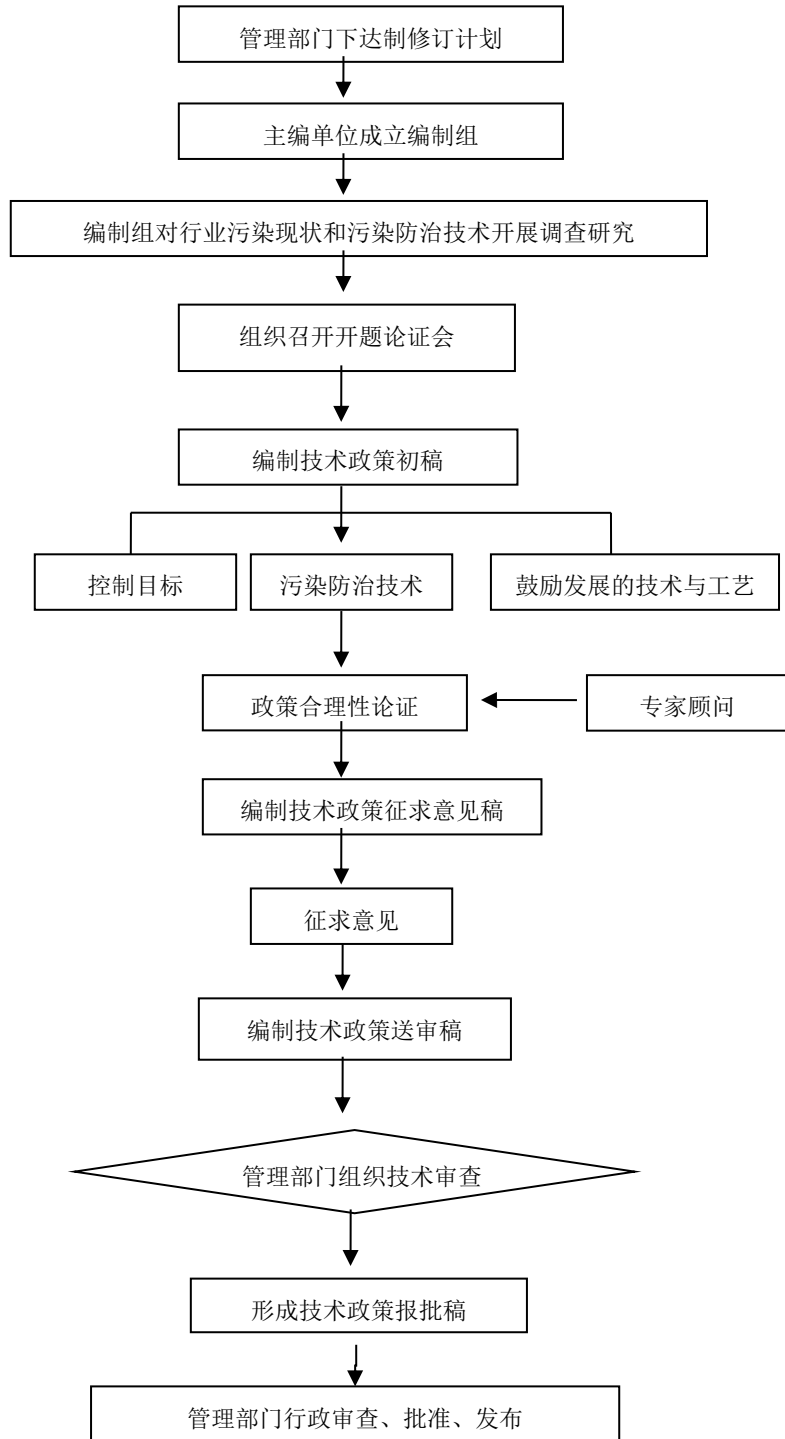


图 11 技术政策制订技术路线图

## 7 技术政策条文说明

### 7.1 总则

(1) 文中提出“为贯彻《中华人民共和国环境保护法》等法律法规，防治造纸企业因废水、废气、固体废物、噪声等排放造成的环境污染，提高污染防治技术水平，促进造纸工业健康持续发展，保护生态环境，改善环境质量，制定本技术政策”。

本技术政策制订是为了引导造纸企业选择最佳的生产工艺和适宜的污染防治技术路线和措施，促进造纸工业产业结构优化升级，推进行业可持续发展。

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国清洁生产促进法》《产业结构调整指导目录（2011年本）（2013年修正）》《水污染防治行动计划》《大气污染防治行动计划》《土壤污染防治行动计划》《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）《排污许可证管理暂行规定》（环水体〔2016〕186号）和《关于开展火电、造纸行业和京津冀试点城市高架源排污许可证管理工作的通知》（环水体〔2016〕189号）等政策文件要求制定本技术政策总则。

污染防治技术政策作为我国环境政策体系的重要组成部分，是环境保护战略的延伸和具体化，是政府部门根据一定阶段的经济技术发展水平、发展趋势和环境保护的工作需要，按照可持续发展的思想，针对污染严重的生产企业提出的指导性技术原则和技术路线，用来指导行业技术进步和技术革新。因此，针对我国造纸工业的实际需求，制定《造纸工业污染防治技术政策》具有重要意义。

(2) 文中提出“本技术政策适用于以木材、非木材或废纸等为原料生产纸浆，及（或）以纸浆为原料生产纸和纸板、纸制品等产品的企业或生产设施”。

该条文明确了该技术政策的适用范围。适用范围参考了《关于开展火电、造纸行业和京津冀试点城市高架源排污许可证管理工作的通知》（环水体〔2016〕189号）。

(3) 文中提出“本技术政策为指导性文件，可用于指导产业相关政策制订、环境管理及企业污染防治工作”。

该条文明确了本技术政策的文件性质，指出了本技术政策能够发挥的作用。



(4) 文中提出“造纸工业污染防治应坚持提高准入门槛与淘汰落后产能相结合，推动造纸工业生产方式转变和产业结构调整；坚持生产过程污染控制、末端污染治理与废物综合利用相结合，强化化学需氧量、可吸附卤素和二噁英等污染物的防治，鼓励污泥的安全利用，构建全防全控污染防治体系；坚持废水、废气和固体废物的协同处理，避免和减少二次污染，推广可行、先进的污染防治技术，率先实现污染源全面达标排放”。

“十二五”期间我国退出、关停、淘汰的造纸产能达 3136 万吨，通过产业调整，我国造纸行业“十二五”期间，节能减排效果显著。同时造纸行业大型企业也得到了快速发展。目前，制浆造纸企业还有近 3000 家，企业平均年生产量 5 万吨左右，纳入统计的小企业占到 80%，依然有不符合产业政策的造纸企业存在。

《水污染防治行动计划》要求“专项整治包括造纸行业在内的十大重点行业，实施清洁化改造。新建、改建、扩建造纸行业建设项目实行主要污染物排放等量或减量置换”。因此，造纸工业污染防治应坚持提高准入门槛与淘汰落后产能相结合。

另外，从造纸工业的生产工艺与产排污分析可以看出，末端污染物的排放水平与其采用的清洁生产工艺密切相关，废水、废气、固体废物的综合利用也能够有力的提高企业的污染防治水平，随着我国造纸工业环境保护要求的不断提高，必须坚持生产过程污染控制、末端污染治理与废物综合利用相结合。造纸工业化学需氧量排放总量，在我国工业行业中排名第一，而可吸附卤素和二噁英是造纸工业的特征污染物，需加强对这些污染物的控制。

造纸工业污染防治面临的难题之一是生产过程和废水处理产生的污泥，目前，部分造纸企业已积极探索污泥的综合利用，包括回收污泥中的纸浆纤维，污泥焚烧发电等。

现阶段，很多造纸企业还面临着废水和废气的污染物指标不能稳定达标排放的问题，应坚持废水、废气和固体废物的协同处理，避免和减少二次污染，推广可行、先进的污染防治技术，率先实现污染源全面达标排放。

(5) 文中提出“本技术政策的目标是淘汰含元素氯漂白工艺，开展废水、废气和固体废物的综合防治，实现造纸工业污染源全面达标排放”。

采用含元素氯漂白工艺是产生 AOX 和二噁英的主要原因，《造纸产业发展政策》提出逐步淘汰该工艺，《产业结构调整指导目录（2011 年本）（2013 年修正）》将含元素氯漂白工艺列入了限制类。目前，无元素氯漂白技术已经成熟，可替代含元素氯漂白技术。

## 7.2 生产过程污染防控

**（1）文中提出“木材原料宜采用干法剥皮技术；芦苇和麦草原料宜采用干湿法备料技术；蔗渣原料宜采用半干法除髓及湿法堆存储备料技术；废纸原料宜根据产品质量要求，合理配料和分拣杂质”。**

该条文推荐了各类型原料的备料技术。

### 1) 木材原料的备料

木材原料的备料主要经过剥皮和切片两个环节。其中，剥皮一般包括干法剥皮和湿法剥皮两种。湿法剥皮用水量大，且废水中的污染物即树皮的水溶解物(有机酸和酚类等物质)较难处理。干法剥皮用水量少，仅用于原木洗涤和除冰（在寒冷气候条件下，使用水或蒸汽为木材解冻），且能有效循环回用，降低废水量和废水污染物。

为减少新鲜水耗和废水的排放，木材备料应鼓励采取干法剥皮技术。

### 2) 非木材原料的备料

麦草、芦苇等原料的备料，国内一般采用干法备料和干湿法备料。干法备料技术由于备料车间产生较多飞尘，影响人体健康，且不适合后续工段采用连续蒸煮工艺的企业，技术先进性差。干湿法备料技术使得原料净化程度高，能够实现均匀连续供料，为连续蒸煮的正常生产提供保障，所得纸浆质量较好，减少化学药品的用量，并利于碱回收的操作。

蔗渣中除含有纤维细胞外，还有 30%左右的蔗髓及 5%左右的非纤维表皮细胞。所以蔗渣备料的关键工序是除髓。除髓的方法有干法、半干法和湿法。目前，绝大多数企业采用半干法除髓。此法一般在制糖厂进行，可减少贮存面积和运输费用，降低原料成本，并且纤维损失少。蔗渣原料经除髓后，一般均进行湿法堆存。

因此，麦草、芦苇等原料宜采用干湿法结合的备料技术；蔗渣原料宜采用半干法除髓及湿法堆存的备料技术。

### 3) 废纸原料的备料

废纸原料的备料比较简单，许多废纸造纸企业都没有备料这个环节，直接将购买来的废纸成捆送到碎浆机碎浆。加强对原料废纸的分拣，清除废纸中的杂质，根据生产产品要求和废纸含有的纤维品种对购买的废纸进行再分类或拣选出不合格废纸，合理配料，可以提高纸品质量，降低制浆过程中浓缩和洗涤用水量。

**(2) 文中提出了“化学制浆宜采用低能耗置换蒸煮和氧脱木素技术；废纸制浆宜采用中高浓碎浆技术和纤维分级技术；废纸脱墨宜采用浮选法脱墨技术和酶促脱墨技术”。**

本条文推荐了蒸煮、废纸制浆和废纸脱墨技术。

#### 1) 化学制浆蒸煮技术

木（竹）材原料的蒸煮分为间歇式蒸煮和连续式蒸煮两类，应用的设备一般为立式蒸煮锅和立式或横管连续蒸煮器。在间歇蒸煮系统中，有4种工艺已得到工业化应用，即传统间歇蒸煮、快速置换加热（RDH）、超级间歇蒸煮和DDS置换蒸煮，目前除传统间歇蒸煮外，其他改良型间歇蒸煮技术也均有采用。在连续蒸煮工艺中，具有代表性的有改良型连续蒸煮技术（MCC）、深度改良型连续蒸煮技术（EMCC）和等温蒸煮技术（ITC）、低固形物蒸煮技术（Lo-Solids）技术、紧凑蒸煮技术（Compact Cooking）5种。目前新建或技术改造后企业普遍采用低固形物蒸煮技术和紧凑蒸煮技术，仅有少数企业仍采用深度改良型连续蒸煮技术（EMCC）。

非木材原料的蒸煮也分为间歇式和连续式蒸煮两类。间歇式蒸煮以蒸球和立锅作为主要蒸煮设备，连续式蒸煮以管式连蒸器为主要设备。

蒸球结构简单，操作方便，投资较小，但由于采取直接通汽的方式来加热，蒸煮时间长，蒸煮不均匀，粗浆得率低。另外，由于蒸球装锅量小、单套设备产浆量低、占地大等问题，已被逐步淘汰。

连续蒸煮技术一次性投资较高，但产量高，生产工艺参数稳定，成浆质量好且均匀，自动化程度高，蒸煮时间短，药品消耗少，粗浆得率相对较高，运行费用较低。目前越来越多的非木材制浆企业选择以管式连蒸器为蒸煮设备来扩大其生产规模。

置换蒸煮是将上一次蒸煮排出的黑液回用，可在大量脱木素阶段的末期将部分已经溶出的木素、半纤维素及抽出物移出蒸煮系统，这样操作使黑液中的热能及化学品得到回用，使整个蒸煮过程的蒸煮条件趋于均衡，有利于提高纸浆质量及生产效率。采用该工艺，不仅浆料质量好，节约能源和化学药品消耗，而且提高了制浆产生的黑液固形物含量，减少了吨浆黑液量，节约了蒸煮蒸汽消耗。

为减少蒸煮工段的能耗和后续污染物的产生量，应鼓励企业采取低能耗的置换蒸煮技术。

## 2) 氧脱木素技术

氧脱木素技术利用氧气在碱性条件下对蒸煮后的粗浆进行更深入的脱木素，可简化后续的漂白程序，减少漂白化学品用量，氧脱木素工段产生的废液可逆流回用至洗浆工段最后并入碱回收系统进行处理，从而减轻整个制浆系统的污染负荷。因此，应鼓励企业采用氧脱木素技术。

## 3) 废纸原料的碎解

碎浆是废纸制浆的第一步，目的是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、金属及绳索、破布条、塑料等杂质有效分离。碎浆一般采用连续或间歇式碎浆机，形式主要有低浓、中浓和高浓碎浆及转鼓式碎浆。

高浓碎浆技术具有低能耗、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。

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。

为提高纸浆质量，降低资源消耗，鼓励根据原料和生产工艺采用中高浓碎浆技术和纤维分级技术。

## 4) 废纸脱墨技术

废纸的脱墨是废纸脱墨制浆过程中一个非常关键的过程。废纸脱墨是化学反应和物理反应相结合的过程，一般包括洗涤法和浮选法。

洗涤法是采用水洗涤去除碎解后浆料中油墨的一种脱墨方法。洗涤法脱墨所得纸浆白度高，灰分含量低，操作方便，工艺稳定，电耗低，设备投资少。缺点是用水量大，纤维流失大，得率低。

浮选法脱墨是向浆料中通入空气，送入的空气产生气泡，发泡剂又使这些气泡凝聚不散，油墨粒子和杂质吸附在泡沫上，聚集在浆料表层，不断地刮去这些附有油墨粒子的泡沫，即可达到除去油墨的目的。浮选法的优点是纤维流失小，纸浆得率高，使用的脱墨剂少；缺点是纸浆白度低，灰分含量高，所用设备比洗涤法复杂、昂贵，动力消耗大。但是浮选法脱墨自 20 世纪 90 年代以来发展很快，大多数工厂采用浮选法脱墨。

此外，酶法脱墨技术利用生物酶代替或减少使用化学药品处理废纸，使油墨从纤维上游离出来，然后用传统的脱墨工艺分离出油墨。酶法脱墨具有很多优点。首先，可大量减少碱的用量，从而降低设备和管道结垢的发生；其次，可使脱墨浆的白度略有上升，从而减少后面漂白工序的漂白剂用量；而且，产生废水的 COD 和毒性都较低。

为降低污染，应逐步推广浮选法脱墨技术，鼓励使用酶促脱墨技术，减少化学脱墨剂的使用。

**(3) 文中提出了“非木材化学制浆宜采用高效多段逆流洗涤及封闭筛选技术；废纸制浆宜采用轻质、重质组合除杂技术或高效筛选技术”。**

#### 1) 洗涤技术

洗浆的目的是将纸浆充分洗净的同时，提取较高浓度的蒸煮废液。单段洗涤耗水量大，而且会导致黑液浓度下降，不利于碱回收和废液资源化利用。

为减少新鲜水的消耗和水污染物排放，提高蒸煮废液的综合利用率，应鼓励企业采用高效的多段逆流洗涤技术。

#### 2) 化学浆筛选

对于纸浆的筛选一般有开放式筛选和封闭式筛选两类。开放式筛选与洗浆一般是一体式的，该技术所用的筛选净化设备，如跳筛、CX筛及除砂器均为低浓处理设备，故整个工艺耗水耗电量大，该方法已逐步被封闭筛选工艺所代替。封闭式筛选选用封闭式的压力筛代替开放式系统的跳筛和CX筛，可以有效分离置换出节子、浆渣中夹带的纤维和黑液，并减少了稀释水的用量，达到了节能、节水和提高筛选质量的目的，是目前较先进的一种筛选工艺。

为实现节能、节水、提高筛选质量和减少水污染物排放的目的，应鼓励企业采用先进的封闭式筛选技术。

### 3) 废纸浆筛选和净化

筛选及净化的目的是分离碎浆后纸浆中的重、轻杂质，杂质包括：塑料、胶粘物、其它杂质颗粒。高浓除渣器与低浓重质除砂器、轻质除渣器配合使用，可以除去浆料中不同粒度的重杂质及各类轻杂质，提高除杂效率。筛选是为了从废纸浆中将大于纤维的杂质碎片和固体污染物去除，并尽量减少处理过程中纤维的流失，废纸处理流程中使用的筛绝大多数为中高浓压力筛。中高浓压力筛选系统可以提高筛选浓度，从而提高筛选效率，减少纤维流失，降低污染负荷，降低动力消耗。

为提高杂质的去除率和筛选效率，降低污染负荷和动力消耗，应鼓励废纸制浆采用轻质、重质组合除杂技术和高效筛选技术。

**(4) 文中提出了“纸浆漂白应采用无元素氯（ECF）漂白或全无氯（TCF）漂白技术，不得采用含元素氯漂白工艺。造纸企业应设置规范化的漂白车间废水排污口，应按日记录产品产量和漂白化学品用量”。**

目前一般将漂白分为含元素氯漂白、无元素氯（ECF）漂白和全无氯(TCF)漂白三大类。因为传统的含元素氯漂白，即 CEH 三段漂会产生大量的氯化废水，废水中含有有毒有害的 AOX 和二噁英等有机氯化物。而 ECF 漂白技术可以大大降低废水中 AOX 和二噁英的含量，TCF 则不会产生 AOX。

为减少漂白段 AOX 及二噁英物质的产生和排放，企业应采用 ECF 和 TCF 漂白技术。

目前，部分造纸企业并未设置规范化的漂白车间废水排污口，也未要求企业定期提供产品产量、漂白化学品用量等信息，不利于 AOX、二噁英等特征污染物的监管。根据《控制污染物排放许可制实施方案》（国办发〔2016〕81号）的要求，提出本条。

**(5) 文中提出“碱法制浆应配套碱回收系统，亚硫酸盐法制浆应配套废液综合利用技术”。**

目前碱法制浆黑液采取黑液碱回收的技术无论在非木材制浆造纸企业和木材制浆造纸企业都得到了广泛的应用，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%。

对于亚硫酸盐法制浆的废液一般采用浓缩后制备有机肥或提取木素产品等综合利用方式。

**(6) 文中提出“造纸生产线应配套完善的白水回收利用系统及余热回收系统，大型纸机应配套全封闭密闭气罩”。**

提高造纸白水回用率可取得节水降耗的效果，但白水系统经多次循环后，白水中富集的物质对纸机湿部和纸页的抄造带来一定的负面影响。由于对白水彻底处理的成本很高，因此企业要根据自身的实际情况，选择适当的白水封闭程度和合理的白水处理措施。

配套余热回收系统的目的是回收利用废弃的能源，造纸企业大部分能耗用于干燥部，干燥部约有 80% 的能量消耗以蒸汽的形式进入烘缸。热回收系统首先将热量回收到干燥部用于再次加热进气，然后用于加热循环水或喷淋用水，循环水回收的热量主要用于建筑物通风空调；此外，另一个主要用途是加热工艺用水（如喷淋水）和白水。

全封闭密闭气罩有利于节约烘干段蒸汽消耗，维持烘干段温度的稳定，同时减少断纸的情况，改善烘干段的操作条件。

**(7) 文中提出“制浆造纸过程应采用水、蒸汽梯级利用和分质回用等节能节水降耗清洁生产技术，鼓励采用变频电机、透平机等节能设备”。**

水、蒸汽梯级利用和分质回用是节能节水、降耗的关键，目前造纸行业已积极研发、推广和实践中浓技术、封闭筛选技术、纸机白水回用技术、废水深度处理回用技术、生物技术、蒸煮工段的余热利用等一系列的节能节水、降耗技术。同时，还要鼓励企业采用变频电机、透平机等节能设备。

**(8) 文中提出“鼓励采用热电联产等节能降耗技术，充分利用黑液、废渣、污泥、生物质气体等生物质能源”。**

制浆造纸生产过程中需用大量热能和电能，而且负荷较为均衡。大中型制浆厂设置燃料锅炉及碱回收炉等产生高压蒸汽发电，并利用其中压和低压蒸汽供应制浆造纸过程用汽，可提高能源的热效率，节约燃料。

为了进一步的节能减排，造纸行业在生物质能源回收利用方面开展了一系列的实践。包括在碱回收系统中，利用黑液中的有机质燃烧产生的热能发电；备料废渣（树皮、锯木屑、苇末、麦糠等）作为生物质能源，用于锅炉燃烧发电，或

在生物质气化炉内气化，转变为高品质燃料；将废水处理产生的生物质含量丰富的污泥，经干化后，作为燃料；利用废水处理过程中产生的沼气燃烧供热、发电。

**(9) 文中提出“纸制品生产应采用低污染的成熟工艺，不应使用含甲醛、苯类和苯酚类等有毒物质”。**

纸制品企业类型多，除了纸箱、纸板的纸制品企业，大部分的纸制品规模小，部分的纸制品企业在生产过程中使用胶粘剂等化学品，为减少污染，纸制品企业应选择环境友好的原料，不应使用含有毒物质的化学品。

## **7.3 污染治理及综合利用**

### **7.3.1 水污染治理**

**(1)文中提出“化学机械制浆和废纸制浆等高浓有机废水宜先采用厌氧生物技术处理后，再并入综合废水进行处理”。**

化学机械制浆和废纸制浆废水含有浓度较高的有机物，如果直接进入综合废水处理系统，会大大增加污水处理的运行费用，因此高浓废水宜经厌氧处理后，再与其他废水混合进行深度处理。

**(2) 文中提出“综合废水应采用二级或三级处理后达标排放。其中，三级处理宜采用化学絮凝或高级氧化等技术”。**

若企业废水排放量少，且当地的污水处理厂可接纳生产企业排放的废水，一般经二级处理即可达到城镇污水处理厂的进水要求。

对于直接排放废水的企业，综合废水一般经过三级处理后才能达到排放标准的要求。

**(3) 文中提出“生产过程中产生的污冷凝水应采用生化等技术处理”。**

蒸发段排出的污冷凝水含有挥发性有机物，应采用生化等技术处理，不得直接排放。

**(4) 文中提出“纸制品企业产生的废水应据其性质分类采取有效的治理措施”。**

多数纸制品企业用水量少，很多企业的生产废水不处理，但由于纸制品种类多，部分品种的纸制品在生产过程中会产生污染物浓度较高的废水，应根据废水性质分类采取有效的治理措施进行处理。

### **7.3.2 大气污染治理**



(1) 文中提出“蒸煮工段应对蒸煮过程废气进行收集和处理, 并进行余热利用”。

化学法制浆蒸煮过程会产生部分废气, 为了节能降耗, 应对废气进行收集、处理和余热利用。

(2) 文中提出“碱法制浆蒸煮、洗选、漂白、蒸发(含重污冷凝水汽提)、碱回收炉、苛化等工段产生的高、低浓度恶臭气体应进行收集和集中处理”。

硫酸盐法制浆企业制浆及碱回收工艺过程中, 会产生高、低浓度臭气, 一般采用收集后燃烧的措施, 燃烧可采用碱回收炉燃烧, 高浓度臭气通过碱回收炉中的燃烧系统直接焚烧, 低浓度臭气通过鼓风机输送到碱回收炉中作为二次风和三次风进行焚烧, 消除制浆过程的工艺臭气影响, 此方法适用于所有的硫酸盐法制浆企业; 也可选择在石灰窑燃烧, 将收集起来的高、低浓度臭气作为二级空气引入到石灰窑中统一进行焚烧处理, 消除臭气的影响, 但对于现有制浆企业, 通过改造实现对低浓度臭气的收集和处理存在一定困难; 另外也可在臭气放空管道头部安装火炬燃烧器, 消除臭气的影响, 此技术可单独使用, 也可作为其他臭气处理技术的辅助技术, 通常作为事故状态下的臭气处理技术措施。

(3) 文中提出“碱回收炉、动力锅炉、石灰窑炉和废渣锅炉应安装高效除尘设备及其他环保处理措施实现烟气达标排放”。

碱回收锅炉、动力锅炉、石灰窑炉和废渣锅炉的烟气中往往含有较高浓度的粉尘、氮氧化物及硫氧化物等污染物, 应首先鼓励采用清洁的能源, 对尾气安装高效的除尘设备, 并采用有效的环保措施减少或去除氮氧化物、硫氧化物, 以保证废气实现达标排放。

(4) 文中提出“纸制品生产废气应据其性质分类收集、分质处理”。

部分纸制品生产过程中, 可能产生挥发性有机污染物, 应根据废气的性质进行收集处理。

### 7.3.3 固体废物处理处置

(1) 文中提出“木材和非木材备料废渣等有机固体废物、废纸制浆固体废物(不含脱墨污泥)应分类处理后综合利用”。

备料废渣主要是草叶、树皮等有机物质, 对有机物质一般经燃烧处理回收热量, 近来也有一些企业采取有机废料生产沼气、乙醇等利用方式。废纸原料中金

属、塑料、尼龙绳等有用物质应进行回收，废水处理初沉污泥中含有大量的纤维，可以用作低档次瓦楞纸的生产原料。

**(2)文中提出“木材制浆碱回收产生的白泥宜进行煅烧回收生石灰，并循环使用或综合利用；非木材制浆碱回收产生的白泥宜采用制成轻质碳酸钙等方式予以综合利用”。**

对于木材碱回收白泥，多数的企业采用高温煅烧回收生石灰技术，生成的石灰回用于碱回收苛化工段、电厂脱硫或外卖，该技术已经非常成熟，但仍有部分企业外运填埋。由于非木材原料中硅含量较高，从而使得其碱回收过程中产生的白泥中硅含量较高，不利于白泥的澄清分离，很难用于煅烧回收石灰。目前，对于非木材制浆碱回收白泥的利用方式还是以填埋为主，个别企业采取精制成填料级轻质碳酸钙加填到纸机等技术，总体上其综合利用技术不够成熟。

为减少固体废物的排放，提高综合利用的有效性和经济性，应鼓励木材碱回收采用成熟的白泥煅烧生石灰并循环使用。对于非木材碱回收白泥，应鼓励采用精制成填料级轻质碳酸钙等综合利用技术。

**(3)文中提出“废纸制浆产生的脱墨污泥应当按照危险废物处置有关要求进行无害化处置”。**

脱墨污泥属于危险废物，应当按照危险废物处置有关要求进行无害化处置。

#### **7.3.4 噪声污染防治**

文中提出“造纸企业应通过合理的生产布局减少对厂界外噪声敏感目标的影响。鼓励采用低噪音设备，对高噪音设备应采取隔音、消音等降噪措施。厂界噪声稳定达到排放标准要求”。

造纸企业噪声主要分为机械噪声和空气动力性噪声，木材制浆主要噪声源包括蒸煮器、磨浆机、传动机械、泵类以及引风机等；非木材制浆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；废纸制浆主要噪声源包括水力碎浆机、磨浆机、泵类以及引风机等；造纸主要噪声源包括纸机、泵类、锅炉鼓风以及引风机等。

噪声的控制通常从声源、传播途径和受体防护三个方面进行。尽可能选用低噪音设备，采用消声、隔振、减振等措施从声源上控制噪声；采用隔声、吸声以及种植高大绿植等措施在传播途径上降噪。

造纸企业主要的可行降噪措施包括：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，也可采用将某些设备传动的硬件改为软件连接等，使高噪音设备变为低噪音设备等措施；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。

## 7.4 二次污染防治

**(1) 文中提出“废水处理产生的污泥应脱水浓缩后安全处理处置”。**

在废水处理过程中会产生大量的污泥，包括初沉污泥、生化污泥、化学污泥等，由于污泥中含有部分纤维物质、生物体及金属盐，因此需要对其进行处理，以免对周边环境造成二次污染，现在常用的处理方法有生产有机肥料、焚烧处理、卫生填埋及添加生产工业用纸板等综合利用或处理处置方式。

为减少污泥排放和处理措施不当带来的二次污染，应鼓励企业采取安全处理和处置措施。

**(2) 文中提出“废水厌氧生物处理产生的沼气应回收，用作燃料或发电，未经处理不得直接排放”。**

沼气是在废水厌氧生物处理过程中产生的副产品，通过上部的气液分离器及相应的管道将沼气送往脱硫装置脱硫后可作为锅炉燃料或发电。因此，应鼓励回收利用。有部分企业厌氧沼气产生量少，存在着直接排放的现象，会对环境造成污染，需要限制这种情况。

**(3) 文中提出“造纸厂区应采取分区防渗等措施，有效防范对地下水环境的不利影响”。**

造纸厂区应分区防渗，原料、化学品、固废等堆场地面应采用硬化防渗等措施，有效防止雨水通过地面渗透，减少废水的无组织排放对地表水、地下水和土壤的污染。

## 7.5 鼓励开发的新技术

**(1) 文中提出“低能耗、少污染的非木材制浆新工艺和新技术”。**

由于非木材原料在我国年产量很丰富，尤其是麦草和芦苇，但这些原料中硅和杂细胞含量较高，会影响纸浆的滤水性能及废液的提取等，从而制约了其在本行业的应用。此外，《产业结构调整指导目录（2011年本）（2013年修正）》

鼓励类已经明确提出“采用清洁生产工艺、以非木纤维为原料、单条 10 万吨/年及以上的纸浆生产线建设”。因此需要鼓励低能耗、少污染的非木材制浆造纸新工艺、新技术和新设备的研发。

**(2) 文中提出“化学制浆全无氯漂白新技术”。**

TCF 漂白技术基本上不会排放 AOX 和二噁英，但成本较高，应用较少。为从源头控制 AOX、二噁英等污染物，应鼓励 TCF 漂白新技术的研发和应用。

**(3) 文中提出“高效、低污染制浆造纸用化学品和酶制剂等新技术”。**

主要包括消泡剂、脱墨剂等生产和污染物末端治理过程中添加的化学品，合理选用或采用酶制剂替代化学品可以大大减少生产过程污染物的产生和污染物末端治理过程二次污染的产生。

**(4) 文中提出“碱回收炉及石灰窑低氮燃烧技术”。**

碱回收炉的氮氧化物产生取决于燃烧控制的多个方面，具体的影响因素包括黑液固形物的浓度、燃烧过程中过量的氧气和一氧化碳（CO）含量、进气系统及碱回收炉的设计、黑液固形物的含氮量、碱回收炉的负荷等。

黑液固形物浓度的增加会造成炉温的升高，但能够有效减少硫的排放，在控制氮氧化物的浓度和黑液固形物之间要找到一个平衡点；减少氮氧化物的产生，同时要优化燃烧室内的进气，保证末端燃烧过程在温度较低的燃烧室上部进行，另外通过控制过量空气和 CO 在合理水平，能够有效减少氮氧化物的产生，实际运行表明，控制 CO 的浓度在 250~500 ppm，可以减少氮氧化物的产生及排放；碱回收炉的负荷也会影响氮氧化物的排放，碱炉在正常负荷下，控制系统能够得到最好的优化，最终的氮氧化物的排放也能够控制在最优的水平。

**(5) 文中提出“造纸生产过程高效节能节水技术”。**

造纸企业中多数是专门从事造纸生产的企业，小规模企业多，行业内对造纸生产过程的节能减排技术研发重视不足，应鼓励造纸生产过程的高效节能节水技术。

**(6) 文中提出“造纸综合废水高效‘三级处理’技术及化学污泥高效脱水技术”。**

为了达到制浆造纸工业水污染物排放标准（GB 3544—2008）的要求，制浆造纸厂在废水处理过程中大部分增加了三级处理技术，主要包括化学絮凝、高级

氧化法（应用较成熟的是 Fenton 法）等，这些方法可以有效地降低废水中 COD 的含量，但同时会提高废水的处理成本，带来污泥二次污染。因此，需要鼓励开发污染物去除率高、处理设施投资省、运行费用低、二次污染少的废水深度处理技术。另外，化学污泥量大，普通脱水工艺，脱水后污泥的含水率为 70%~80%，较高的含水率增加了污泥运输和最终处置的难度和费用。因此，需要鼓励开发化学污泥的高效脱水技术。