

# 造纸工业碱回收

造纸工业碱回收编写组  
编



工业出版社

# 造纸工业碱回收

《造纸工业碱回收》编写组 编

轻工业出版社

## 内 容 提 要

本书内容包括黑液提取、蒸发、燃烧和绿液苛化、白泥回收的基本原理、生产流程、工艺技术条件、常用设备、操作要点，以及事故的防止和处理等。

本书主要供从事造纸工业碱回收的生产工人阅读，也可供造纸厂技术人员、管理人员以及造纸专业院校师生参考。

## 造 纸 工 业 碱 回 收

《造纸工业碱回收》编写组 编

\*

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

\*

850×1168 毫米 1/32 印张：10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 字数：234 千字

1977年1月第一版第一次印刷

印数：1—7,000 定价：1.01 元

统一书号：15042·1405

# 毛主席语录

我们的责任，是向人民负责。

人民群众有无限的创造力。他们可以组织起来，向一切可以发挥自己力量的地方和部门进军，向生产的深度和广度进军，替自己创造日益增多的福利事业。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

FJ72/12

## 前 言

搞好造纸工业的碱回收，对于保护人民健康、巩固工农联盟和多快好省地发展造纸工业，具有极为重要的意义。

我国造纸工业广大职工，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，遵照伟大领袖毛主席“备战、备荒、为人民”的教导，大力开展了碱回收工作。尤其是通过无产阶级文化大革命，深入批判了刘少奇、林彪的反革命修正主义路线，提高了执行毛主席革命路线的自觉性，使造纸工业碱回收有了显著发展，取得了很大成绩。

当前，为了适应我国造纸工业碱回收的发展，培养碱回收技术队伍，迫切需要普及碱回收知识。为此，轻工业部第一轻工业局组织了佳木斯造纸厂、青州造纸厂、宜宾造纸厂、镇江纸浆厂、湖南省轻工业局造纸设计室、西北轻工业学院、天津轻工业学院编写了本书。在本书编写过程中，曾邀请有关工厂、院校、设计和科研单位参加编写会议，讨论了编写大纲，会后有关单位提供了不少宝贵的资料。初稿写成后，又召开了审稿会议，对初稿进行了全面审阅，并作了修改补充，最后编写成书。

由于我们的水平和生产实践经验有限，书中错误之处难免，望读者批评指正。

《造纸工业碱回收》编写组

一九七六年三月

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	(1)
第一节 什么叫碱回收 .....	(1)
第二节 碱回收发展简史 .....	(3)
第三节 碱回收的重大意义 .....	(4)
<b>第二章 黑液提取</b> .....	(7)
第一节 黑液提取的原理 .....	(8)
一、挤压与扩散 .....	(8)
二、多段逆流洗涤 .....	(10)
三、高温洗涤 .....	(11)
第二节 喷放锅和热回收设备 .....	(11)
一、喷放锅或喷放仓 .....	(12)
二、热回收系统 .....	(13)
第三节 黑液提取设备 .....	(17)
一、真空洗浆机 .....	(17)
二、压力洗浆机 .....	(29)
三、螺旋挤浆机 .....	(36)
四、双辊沟纹挤浆机 .....	(43)
第四节 黑液的消泡和过滤 .....	(48)
一、消泡 .....	(48)
二、过滤 .....	(51)
第五节 黑液提取工艺计算 .....	(52)
一、四段真空洗浆机黑液提取率计算 .....	(52)
二、三段双辊沟纹挤浆机黑液提取率计算 .....	(54)
<b>第三章 黑液蒸发</b> .....	(57)
第一节 黑液组成及性质 .....	(58)
一、黑液组成 .....	(58)

二、黑液的物理性质 .....	( 60 )
三、黑液的化学性质 .....	( 67 )
第二节 黑液处理 .....	( 69 )
一、松木浆黑液除皂 .....	( 69 )
二、木浆黑液氧化 .....	( 72 )
三、草浆黑液除硅 .....	( 75 )
第三节 蒸发工艺流程 .....	( 78 )
一、黑液流程 .....	( 78 )
二、蒸汽流程 .....	( 85 )
三、冷凝水流程 .....	( 87 )
第四节 蒸发设备 .....	( 87 )
一、蒸发器 .....	( 88 )
二、预热器 .....	( 105 )
三、冷凝器 .....	( 107 )
四、真空泵 .....	( 109 )
五、排汽阻水器 .....	( 112 )
六、仪表 .....	( 114 )
第五节 黑液蒸发工艺计算 .....	( 115 )
一、蒸发黑液时传热系数计算 .....	( 115 )
二、蒸发水量计算 .....	( 115 )
三、稀浓黑液混合时浓黑液量的计算 .....	( 116 )
四、蒸汽消耗量计算 .....	( 116 )
五、预热器加热面积计算 .....	( 117 )
六、冷凝器计算 .....	( 117 )
七、蒸发效率的估算 .....	( 119 )
第六节 蒸发操作 .....	( 125 )
一、正常操作条件 .....	( 125 )
二、开停机操作要点 .....	( 129 )
三、蒸发系统运行周期 .....	( 132 )
四、异常现象及产生原因 .....	( 133 )
第七节 管垢 .....	( 136 )

一、管垢的形成 .....	(137)
二、结垢的判断 .....	(138)
三、除垢 .....	(140)
<b>第四章 黑液燃烧 .....</b>	<b>(144)</b>
<b>第一节 黑液燃烧的工艺流程 .....</b>	<b>(144)</b>
一、喷射炉燃烧工艺流程 .....	(144)
二、除臭式碱回收燃烧工艺流程 .....	(147)
三、简易喷射炉燃烧工艺流程 .....	(148)
四、回转炉燃烧工艺流程 .....	(149)
<b>第二节 碱回收炉 .....</b>	<b>(150)</b>
一、碱炉 .....	(150)
二、锅炉 .....	(169)
<b>第三节 烟气的净化及黑液增浓 .....</b>	<b>(180)</b>
一、文丘里系统 .....	(181)
二、静电除尘器 .....	(185)
三、圆盘蒸发器 .....	(187)
<b>第四节 碱回收炉的辅助系统 .....</b>	<b>(188)</b>
一、供排风系统 .....	(188)
二、燃油系统 .....	(189)
三、芒硝系统 .....	(189)
四、锅炉水处理系统 .....	(192)
<b>第五节 黑液燃烧原理及其影响因素 .....</b>	<b>(196)</b>
一、黑液燃烧原理 .....	(196)
二、影响黑液燃烧的因素 .....	(202)
<b>第六节 黑液燃烧工艺计算 .....</b>	<b>(213)</b>
一、喷射炉尺寸计算 .....	(213)
二、文丘里喉管选择 .....	(214)
三、旋风分离器选择 .....	(215)
四、物料衡算 .....	(216)
五、热量衡算 .....	(221)
<b>第七节 碱回收炉开停炉及新炉的烘炉与煮炉 .....</b>	<b>(225)</b>



一、开炉 .....	(225)
二、停炉 .....	(227)
三、新炉的烘炉与煮炉 .....	(229)
<b>第八节 喷射炉事故的预防与处理</b> .....	(231)
一、水与熔融物接触爆炸的预防和处理 .....	(231)
二、可燃气体爆炸的预防和处理 .....	(232)
三、设备腐蚀、结垢引起爆炸的预防和处理 .....	(233)
四、缺水事故的处理 .....	(233)
五、满水事故的处理 .....	(234)
六、汽水共腾的处理 .....	(234)
<b>第九节 炉衬</b> .....	(235)
一、炉衬的作用 .....	(235)
二、炉衬的配方 .....	(235)
三、炉衬的施工方法 .....	(237)
四、炉衬损坏的因素 .....	(239)
<b>第五章 绿液苛化</b> .....	(241)
<b>第一节 苛化工艺流程</b> .....	(241)
一、连续苛化工艺流程 .....	(242)
二、间断苛化工艺流程 .....	(246)
<b>第二节 连续苛化设备</b> .....	(246)
一、石灰消化器 .....	(246)
二、连续苛化器 .....	(253)
三、澄清器 .....	(257)
四、洗涤器 .....	(260)
五、带式过滤机 .....	(262)
六、真空洗渣机 .....	(263)
七、膜泵 .....	(266)
<b>第三节 间断苛化设备</b> .....	(268)
一、间断苛化器 .....	(268)
二、叶片真空吸滤机 .....	(269)
<b>第四节 苛化原理及其影响因素</b> .....	(271)

一、苛化平衡与苛化度 .....	(271)
二、影响苛化的因素 .....	(272)
<b>第五节 绿液苛化工艺计算</b> .....	(275)
一、白液成分计算(以 $\text{Na}_2\text{O}$ 计).....	(275)
二、石灰用量计算 .....	(276)
三、白泥量计算 .....	(276)
四、苛化器蒸汽用量计算 .....	(277)
<b>第六章 白泥回收</b> .....	(278)
<b>第一节 回转炉白泥回收流程</b> .....	(278)
<b>第二节 白泥、石灰石和燃料</b> .....	(280)
一、白泥 .....	(280)
二、石灰石 .....	(281)
三、燃料 .....	(282)
<b>第三节 石灰回转炉及其附属设备</b> .....	(284)
一、回转炉的长度 .....	(284)
二、物料在炉中停留时间和斜度及转速的关系 .....	(284)
三、回转炉的生产能力和规格 .....	(285)
四、链条和炉衬 .....	(286)
五、冷却器 .....	(290)
六、沉降室, 炉尾密封圈, 炉门罩 .....	(291)
七、烟气的除尘设备 .....	(293)
八、石灰石补充系统 .....	(295)
九、其它附属设备 .....	(296)
<b>第四节 回转炉的操作</b> .....	(298)
一、回转炉的开停机 .....	(298)
二、工艺条件的控制 .....	(299)
三、炉内结圈的处理 .....	(301)
四、回转炉设计上应考虑的几个问题 .....	(302)
<b>第五节 回转炉的安装和调整</b> .....	(302)
一、炉体的安装 .....	(302)
二、炉体的调整 .....	(303)

第六节 其它型式的白泥回收设备	(305)
一、流化床沸腾炉	(305)
二、闪急炉	(308)
第七节 白泥回收工艺计算	(309)
一、回转炉生产能力计算	(309)
二、石灰在回转炉中的停留时间计算	(310)
三、回转炉中焙烧区长度计算	(310)
四、重油燃烧所需理论空气量计算	(311)
附录	(312)
一、碱回收常用术语	(312)
二、废水排放标准	(313)
三、从蒸煮到苛化碱、硫衡算示例	(313)
四、某厂麦草浆硅衡算	(314)
五、水的饱和蒸汽压(-20 至 100℃)	(317)
六、饱和水蒸汽性质(以温度为准)	(318)
七、饱和水蒸汽性质(以压强为准)	(320)
八、碱回收系统常用无机物热化学常数	(322)
九、常用钠化合物当量换算	(322)
十、空气的重要物理性质	(323)
十一、空气及各种气体的平均比热	(324)
十二、烟道气物理常数	(325)

# 第一章 概 论

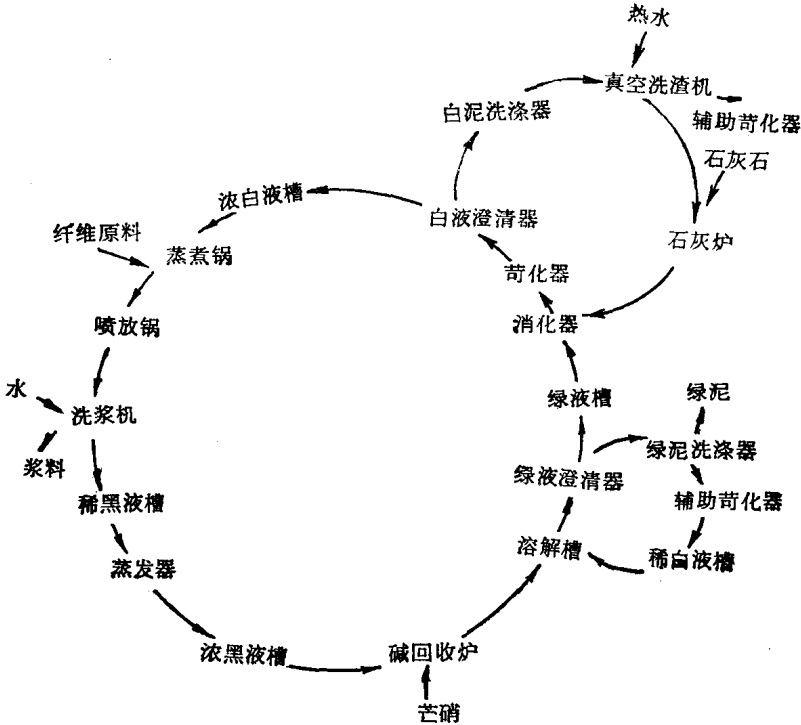
## 第一节 什么叫碱回收

造纸工业碱回收，可简单概括为把硫酸盐法和烧碱法（统称为碱法）制浆蒸煮后的废液（即黑液），尽量从浆料中提取出来，再经过一系列加工处理，从而把黑液中的碱大部分回收再用于生产，不断循环使用，这样可以大大减少烧碱的耗用量。如果是硫酸盐法，其损失部分的碱及硫化钠，可用芒硝补充，原则上不再补充新的烧碱和硫化钠。

碱法制浆过程中，大约有50%的纤维原料物质溶解于蒸煮液中，成为黑液，黑液中的固形物有70%左右是有机物，30%左右是无机物。这些无机物的主要成分是与有机物结合的钠盐、游离的氢氧化钠、碳酸钠、硫化钠、硫酸钠，草浆黑液中还有硅酸钠。

目前国内外造纸工业碱回收，仍是传统的燃烧法，其过程是：首先是尽量使黑液与浆料分离，把黑液提取出来；经过蒸发浓缩到50%以上浓度，送入碱回收炉燃烧，将有机物烧去，剩下的无机物为碳酸钠和硫化钠（草浆黑液还有硅酸钠），燃烧后呈熔融状态，经溶解澄清后成为绿液；然后把石灰加入绿液中，使碳酸钠（草浆包括硅酸钠）等苛化成为氢氧化钠，并将苛化所生成的碳酸钙和硅酸钙（即白泥）沉淀分离，最后得到氢氧化钠和硫化钠的混合溶液，通称白液，即为可供制浆用的蒸煮液（烧碱法制浆碱回收过程中，黑液、绿液和白液中都没有硫化钠、硫酸钠等硫化物）。所以造纸工业碱回收是由黑液提取、蒸发、燃烧、绿液苛化四个主要过程组成。苛化后的白泥，如含硅量很少，还可以将

白泥进行煅烧回收石灰，再用于苛化。因此有的工厂碱回收包括石灰回收在内，如下图所示。



黑液有机物在燃烧时放出的热量，可以用于产生蒸汽供生产使用，碱回收炉炉尾还有 300°C 左右的烟气也可用于直接蒸发浓缩黑液。

燃烧法碱回收，在技术上是成熟的，碱回收率很高，搞得好可以使回收率达 95~98%。损失的部分以芒硝补充，先进的指标生产一吨纸浆只补充 40 公斤的芒硝。

其它碱回收方法如水热解法、电渗析法、反渗透压法等尚在研究阶段。

## 第二节 碱回收发展简史

造纸工业碱回收，国外从十九世纪八十年代开始，用燃烧法从烧碱法制浆黑液中回收碱，它的发展过程是与碱回收炉的发展和改进相联系的，大致可分为四个阶段。

第一阶段是用回转炉，生产能力为处理日产浆 20~50 吨的黑液。1916 年开始有余热锅炉，对余热加以利用。1925 年发展了从炉顶喷射黑液的立式喷射炉，进入了第二阶段。1929 年在立式喷射炉的基础上产生了射壁干燥方式的“B&W”型喷射炉。第三阶段从三十年代末期起，随着硫酸盐法制浆的迅速发展和工厂规模的进一步扩大，碱回收炉也相应地向大型发展。喷射炉能充分利用黑液有机物燃烧产生的热，加上炉子的能力增大，更注意了热的利用，出现了利用烟气余热的除尘蒸发设备。到四十年代初建成了“C. E”型喷射炉，这种炉子，采用圆盘蒸发器，利用烟气的余热，将黑液直接蒸浓到 65% 左右固形物（木浆黑液），而且黑液喷入炉内呈悬浮干燥。四十年代末，北欧制造了炉尾不同设备流程的“JMW”型喷射炉。这个时期的特点是尽量减少烟囱飞失的碱尘和充分提高锅炉热效率，以及利用烟气中的热来直接蒸发黑液，减轻间接蒸发的负担。第四阶段从五十年代中期起，喷射炉能力随着纸厂规模的扩大而增加，结构上、防爆措施上也有改进，如改进了水冷壁管、过热器、油燃烧系统、紧急排水设施、静电除尘等。目前国外最大的喷射炉的能力达到处理日产 1200 吨浆料的黑液。

国外碱回收几乎全是回收木浆黑液中的碱。而草浆碱回收，一方面由于用草类原料的纸厂少，另一方面由于草浆黑液比木浆黑液粘度大、含硅多、热值低、回收困难，在投资和运行的费用上都比木浆黑液碱回收高，所以很少应用。直到六十年代开始，才略有增加。为此，有关草浆碱回收的系统研究和技术装备，都比

木浆碱回收要差得多。

解放以来，特别是经过无产阶级文化大革命，我国造纸工业得到了迅速的发展，新建和扩建了大批纸厂，到1975年纸的产量比解放初期增加了二十多倍。与此同时，也广泛开展了碱法制浆黑液的回收利用工作。1956年开始在我国以木浆为原料的大型纸厂建设碱回收车间，1958年在大型苇浆厂也开始设置碱回收车间，为发展我国造纸工业碱回收积累了一定的经验。但由于刘少奇反革命修正主义路线的干扰，无产阶级文化大革命以前，除了几家大厂(主要是木浆厂)有碱回收外，中、小型厂都没有碱回收。

造纸工业广大职工通过无产阶级文化大革命，深入批判了刘少奇、林彪推行的反革命修正主义路线。他们遵照毛主席关于“备战、备荒、为人民”的教导，以阶级斗争为纲，发扬艰苦奋斗、自力更生的精神，根据我国目前制浆原料主要是草类纤维的实际情况，解放思想，勇于实践，大胆创新，走我国自己工业发展的道路，使草浆碱回收取得了显著的成就。现在不仅木浆碱回收已经积累了丰富的经验，而且日产15吨以上纸厂用芦苇、芒杆、蔗渣、芦竹、麦草等草类原料制浆的碱回收已过关，成功地投入了生产。就是最难进行碱回收的稻草浆黑液，也取得了与其它草浆黑液混合进行碱回收的经验。目前，15吨以上的纸厂大部分有碱回收车间或正在建设碱回收车间；日产5~8吨的小纸厂，正在广泛研究采用较简易的碱回收方法。有的中型纸厂成功地采用土洋结合的办法，用简易喷射炉进行碱回收。碱回收的关键设备喷射炉，从平衡浆日产量15吨到200吨的炉子我国已都能制造，技术装备上有了较大的提高。

### 第三节 碱回收的重大意义

碱法制浆造纸企业每天都有大量的废水排出，危害较大的是制浆黑液，一般来说生产一吨纸浆就有一吨有机物以及四百多公

斤碱类、硫化物溶解于黑液中。黑液中含有大量的游离碱、硫化物和有机物，致使黑液碱性大、颜色深、臭味强、泡沫多和严重消耗水中溶解氧。如果对这种黑液不回收处理任其排放，大量的残碱将随废水排入江河，既浪费国家资源，又污染水源，给工业、农业、渔业生产和人民健康带来危害。另一方面，生产一吨化学纸浆需用三百公斤至五百公斤的烧碱，我国造纸工业制浆方法，现在主要是碱法，每年需要大量的烧碱，随着造纸工业的发展，用碱量越来越大，而烧碱是基本化工原料，用途极为广泛。若不进行碱回收，势必因烧碱供应困难影响发展。此外，自行回收碱的成本比外购商品碱的费用低一半以上，对降低成本有很大作用。所以，造纸工业搞碱回收和综合利用，是轻工业环境保护的重点之一，它是关系到保护人民健康，加强工农联盟和多快好省地发展造纸工业的一个重要问题，也是关系到能否贯彻执行毛主席革命路线的大问题，认真做好这项工作，是有很大的政治和经济意义。

当前全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗。各行各业在党中央的伟大号召下大力支援农业，为普及大寨县作贡献。搞好造纸工业碱回收，保护和改善广大社会主义农村的自然环境，使其不被污染，保证社会主义农业以更快的速度发展，这是对农业的有力支援，是为普及大寨县作贡献的实际行动。

毛主席指出：“社会主义不仅从旧社会解放了劳动者和生产资料，也解放了旧社会所无法利用的广大的自然界。”无比优越的社会主义制度为我们广泛开展“三废”综合利用，创造了十分有利的条件。我们必须遵照毛主席关于开展综合利用的指示，提高对保护和改善环境的重大意义的认识，提高执行毛主席革命路线的自觉性，为进一步发展我国造纸工业碱回收，力争在近几年内达到如下表的要求，为保护良好的环境，造福人民而努力奋斗！



工厂规模	浆种	黑液提取率 %	碱回收率 %	碱自给率 %
大型厂	木浆	95~98	85~95	96~99
	草浆	90~95	80~85	90~95
中型厂	木浆	90~95	85~90	90~95
	草浆	85~90	75~80	85~90
小型厂		85~90	70~75	