

制浆造纸手册

第五分册·酸法制浆

轻工业出版社

制浆造纸手册

(第五分册·酸法制浆)

《制浆造纸手册》编写组 编

轻工业出版社

内 容 简 介

《制浆造纸手册》是一部根据我国造纸工业生产经验编写的，以造纸工艺为主的工具书。主要内容包括工艺流程、工艺技术条件、工艺计算、工艺操作要点和主要产品质量标准以及设备的规格、型号和性能等。对国外造纸工艺技术也作了简要介绍。《制浆造纸手册》共分十三分册，本书是第五分册。内容包括亚硫酸溶液的制备、亚硫酸盐蒸煮、红液的综合利用和回收、亚硫酸盐法蒸煮锅耐酸合金衬里、糖砌和其他耐酸建筑。本书可供造纸工业技术人员、造纸专业院校师生参考。

《制浆造纸手册》

(第五分册·酸法制浆)

《制浆造纸手册》编写组 编

轻工业出版社出版

(北京阜成路8号)

外文印刷厂印刷

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，13¹/₆插页，2字数，337千字

1986年12月 第一版第一次印刷

印数：1-6,590 定价：5.30元

统一书号：15042·2021

前 言

新中国成立以来，造纸工业有了比较迅速的发展，在生产、建设、科研、设计、设备制造等方面都奠定了基础，造纸工业已初步形成了一个比较完整的体系，并积累了一定经验。为了适应造纸工业今后发展的需要，我们必须认真总结和介绍国内外的生产经验，提高我国造纸工业的科学技术水平，为造纸工业的现代化作出贡献。为此，我们编写了《制浆造纸手册》以满足国内广大造纸工作者工作和学习的需要。

《制浆造纸手册》是一部根据我国造纸工业生产经验编写的，以造纸工艺为主的工具书。主要内容包括工艺流程、工艺技术条件、工艺计算、工艺操作要点和主要产品质量标准以及设备的规格、型号和性能等，对国外造纸工艺技术也作了简要介绍。由于工具书的性质，其内容尽可能用图或表格表示，必要的文字叙述则力求简明扼要。

《制浆造纸手册》分为十二分册，将陆续出版。第一分册：第一章化工原料，第二章造纸纤维原料；第二分册：第三章备料；第三分册：第四章碱法制浆；第四分册：第五章黑液回收；第五分册：第六章亚硫酸盐法制浆及红液处理；第六分册：第七章机械法制浆；第七分册：第八章纸浆的洗涤与筛选，第九章纸浆的漂白；第八分册：第十章纸料的准备；第九分册：第十一章纸张抄造；第十分册：第十二章纸板与浆板抄造；第十一分册：第十三章加工纸；第十二分册：第十四章供水与供汽，第十三分册：第十五章仪表及自动化。

《制浆造纸手册》是由中国造纸学会和轻工业部造纸局联合组织编写的。参加编写的约有六十多位造纸工程技术人员，并请有关专家、学者审阅。虽然如此，由于初次编写，经验不足，资

1/AG 22/04

料收集不全，加以水平有限，有些数据不确或谬误之处，请广大读者指出，再版时予以修订。

编写过程中承有关各地造纸学会、行政领导单位、造纸企业、设计院、研究所和有关院校以及单位的大力支持，使编、审工作得以顺利完成，在此一并致谢。

《制浆造纸手册》编写组

第五分册编写说明

本分册由曹光锐、张燕谋、安建华编写，曹光锐主编。初稿写成后曾召开由国内几个亚硫酸盐法制浆厂的技术人员参加的审稿会，对初稿提出了修改意见。初稿也经余贻骥、张家录等同志审阅。根据审稿人提出的意见，编者对初稿进行了修改，修改后的稿子由中国造纸学会李树植、戴家璋审阅定稿。

目 录

第六章 亚硫酸盐法制浆及红液处理

第一节 概述	(1)
一、亚硫酸盐法制浆在化学浆生产中的地位.....	(1)
二、我国亚硫酸盐浆生产的发展.....	(2)
三、亚硫酸盐法专用术语的含义.....	(3)
四、各种亚硫酸盐法制浆的比较.....	(6)
五、亚硫酸盐法制浆的基本流程.....	(12)
第二节 亚硫酸盐溶液的制备	(12)
一、硫铁矿的准备.....	(12)
(一) 硫铁矿的性质和质量要求.....	(12)
(二) 硫铁矿的卸车和贮存.....	(15)
(三) 块矿的破碎.....	(17)
(四) 尾砂的干燥.....	(22)
二、硫铁矿的焙烧.....	(22)
(一) 概述.....	(22)
(二) 二氧化硫的性质及卫生标准.....	(22)
(三) 硫铁矿的焙烧过程.....	(26)
(四) 沸腾焙烧炉.....	(48)
(五) 沸腾焙烧炉工艺计算示例.....	(63)
(六) 沸腾焙烧炉的附属设备.....	(69)
三、炉气的净化和冷却.....	(75)
(一) 概述.....	(75)
(二) 炉气的冷却.....	(78)
(三) 干法除尘.....	(79)
(四) 湿法净化.....	(86)
(五) 冷却净化系统工艺计算示例.....	(107)

(六) 洗涤污水的处理	(119)
(七) 炉气的输送	(122)
四、二氧化硫的吸收	(124)
(一) 亚硫酸盐溶液的成分和性质	(124)
(二) 二氧化硫的吸收	(150)
第三节 蒸煮	(193)
一、概述	(193)
二、亚硫酸盐蒸煮过程的反应	(193)
(一) 蒸煮过程中纤维原料和蒸煮液的变化	(193)
(二) 亚硫酸盐蒸煮和硫酸盐蒸煮的比较	(197)
(三) 蒸煮液的浸透	(206)
(四) 木素磺酸的生成和溶解	(213)
(五) 蒸煮速率	(217)
(六) 半纤维素的溶解	(226)
(七) SO_3^- 和 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 的生成	(230)
三、蒸煮规程	(232)
(一) 间歇蒸煮	(232)
(二) 连续蒸煮	(244)
四、技术经济指标	(249)
(一) 蒸煮时间	(249)
(二) 得率	(252)
(三) 硫和盐基耗用量	(257)
(四) 蒸汽用量	(258)
五、蒸煮浆的质量指标	(263)
(一) 硬度	(263)
(二) 粘度	(265)
(三) 机械强度	(266)
(四) α -纤维素和多戊糖含量	(270)
(五) 白度	(272)
六、蒸煮锅及其附属设备	(274)
(一) 蒸煮锅	(274)

(二) 循环系统	(277)
七、蒸煮过程中SO ₂ 和热的回收	(280)
(一) 概述	(280)
(二) 回收SO ₂ 的数量	(280)
(三) 放气的成分	(281)
(四) 回收的热量	(282)
(五) 回收SO ₂ 和热的装置	(283)
第四节 红液的成分和性质	(285)
一、红液的成分	(285)
二、红液的比重和浓度	(285)
(一) 亚硫酸氢镁红液	(285)
(二) 酸性亚硫酸盐红液	(287)
三、红液的粘度	(289)
(一) 亚硫酸氢镁红液	(289)
(二) 酸性亚硫酸盐红液	(294)
四、红液的冰点和沸点	(296)
五、红液的热容量	(297)
六、红液中固形物的热值	(298)
七、红液的导热系数	(298)
第五节 红液的综合利用	(300)
一、概述	(300)
二、木素磺酸盐	(302)
(一) 概述	(302)
(二) 木素磺酸盐的性质	(302)
(三) 木素磺酸盐的改性	(306)
(四) 木素磺酸钙	(312)
(五) 铁铬木素磺酸盐	(312)
(六) 木素磺酸钠	(315)
(七) 木素磺酸盐的喷雾干燥	(316)
三、酒精	(317)

(一) 概述	(317)
(二) 发酵前红液的准备	(318)
(三) 发酵	(320)
(四) 蒸馏	(322)
(五) 酒精的品质	(323)
(六) 技术经济指标	(324)
四、酵母	(324)
(一) 概述	(324)
(二) 准备工作	(324)
(三) 酵母的增殖	(325)
(四) 酵母的分离、洗涤和干燥	(325)
(五) 酵母的质量	(326)
(六) 技术经济指标	(326)
五、香兰素	(326)
(一) 概述	(326)
(二) 红液的预处理	(327)
(三) 碱性氧化反应	(328)
(四) 萃取	(330)
(五) 精制	(331)
(六) 香兰素的质量指标	(332)
第六节 红液的蒸发	(333)
一、概述	(333)
二、红液蒸发系统	(334)
(一) 真空多效蒸发	(335)
(二) 背压多效蒸发	(341)
(三) 热泵蒸发	(341)
(四) 几种蒸发系统的比较	(342)
三、红液蒸发设备	(346)
(一) 我国北方某厂红液蒸发器	(346)
(二) 板壳换热器	(346)
(三) 卧式喷膜蒸发器 (Aqua Chem式)	(349)

四、结垢的形成与消除	(351)
第七节 红液的燃烧	(355)
一、镁、钙盐基的红液燃烧	(355)
(一) 镁、钙盐基红液燃烧工艺	(355)
(二) 红液燃烧炉	(363)
二、钠盐基的红液燃烧	(374)
(一) SCA-Billerud法	(374)
(二) Stora法	(378)
(三) Tampella法	(379)
(四) 美国造纸化学学院向绿液中直接通SO ₂ 的回收法	(379)
(五) 采用Al ₂ O ₃ 循环的新的回收方法(SSRP)	(380)
第八节 亚硫酸盐法蒸煮锅耐酸合金衬里、搪砌 和其他耐酸建筑	(383)
一、对蒸煮锅锅体钢壳及耐酸衬里的基本要求	(383)
(一) 对蒸煮锅锅体钢壳的基本要求	(384)
(二) 蒸煮锅锅体除锈	(387)
(三) 对蒸煮锅耐酸衬里的基本要求	(389)
二、亚硫酸盐蒸煮锅耐酸砖衬里的搪砌	(390)
(一) 耐酸材料	(390)
(二) 耐酸衬里的结构及搪砌要点	(396)
(三) 空煮及试煮	(401)
(四) 搪砌工程的检查及验收	(403)
三、亚硫酸盐蒸煮锅耐酸砖衬里的维护	(403)
(一) 严禁超压及冬季冷风直吹锅体钢板	(404)
(二) 严禁放锅产生真空	(404)
(三) 严禁冷水放锅及冷水冲锅	(404)
(四) 锅体保温层要保持完整,严禁用冷水冲洗	(404)
(五) 严格执行检查、维修制度	(404)
(六) 严格掌握凉锅曲线	(405)
(七) 检修后试煮	(405)

(八) 尽量防止空锅长时间停煮	(405)
四 耐酸地面及耐酸槽罐砌筑	(405)
(一) 地面基础	(405)
(二) 保护层	(405)
(三) 沟道	(408)
(四) 设备基础	(409)
(五) 其他施工方法及有关参考数据	(409)
五 关于耐腐蚀合金的使用	(414)
(一) 酸煮锅不锈钢衬里防腐蚀应注意的一些问题	(414)
(二) 发现腐蚀后的处理	(415)
· 主要参考文献	(415)

第六章 亚硫酸盐法制浆及 红液处理

第一节 概 述

一、亚硫酸盐法制浆在化学浆 生产中的地位

亚硫酸盐法制浆为美国人贝及明·铁夫曼 (Benjamin Tilghman) 于1866年发明, 1874年在瑞典化学家埃克曼 (C. D. Ekman) 的指导下建立了第一个亚硫酸盐法制浆厂, 大约从1890年起, 亚硫酸盐制浆法成为工业成熟的而且是最重要的化学浆制造方法。由于传统的钙盐基酸性亚硫酸盐制浆法的固有缺点 (适用的木材品种有很大局限, 所制得的浆的强度较低和蒸煮废液所引起的污染较难解决) 和硫酸盐法制浆的优点 (能适用于不同木材品种和浆的强度较高), 以及技术上的进步 (有效的碱回收技术和采用多段漂白生产高白度硫酸盐浆的成功) 等原因, 在本世纪30年代以后, 亚硫酸盐制浆法的重要性, 特别是在化学纸浆生产领域中已逐渐为硫酸盐法所取代。尽管如此, 亚硫酸盐制浆法也有它的优点 (蒸煮得率较高和容易漂白、打浆的性能), 以及最近30年来技术上的进步 (采用半溶性或可溶性盐基和多级蒸煮技术), 从而使这种制浆方法能适用于较广泛的木材品种, 同时也成功地发展了蒸煮废液的回收技术, 因此, 亚硫酸盐法制浆仍保留一定的地位, 特别在溶解浆和化学机械浆生产领域中保持着主导地位。

二、我国亚硫酸盐浆生产的发展

我国造纸工业化学浆的生产方法以碱法为主。解放初期我国有亚硫酸盐木浆厂三个，苇浆厂三个，解放后又新建蔗渣浆厂一个，木浆厂两个。

我国亚硫酸盐制浆在设计与生产上有以下特点：

- (1) 亚硫酸盐针叶木浆的纤维较长，多供抄纸时搭配用。
- (2) 一部分亚硫酸盐木浆作为溶解浆用。
- (3) 以亚硫酸盐苇浆生产的凸版印刷纸，其纸页较松软，有弹性，上版印刷适应性好（表6-1-1）。

表 6-1-1 苇浆凸版印刷纸主要指标比较

浆 种	紧 度 (克/厘米 ³)	不透明度 (%)
亚硫酸盐苇浆	0.69	85.2
硫酸盐苇浆	0.76	74.5
部颁标准	>0.6	>82.0

(4) 亚硫酸盐法化学浆的得率比硫酸盐法高：

① 苇浆得率约高 5%，每吨浆苇耗约少 200 公斤；

② 每吨马尾松浆木耗约少 0.6 米³；

(5) 亚硫酸盐木浆厂不锈钢材用量较多。

(6) 生产技术方面：

① 我国亚硫酸盐苇浆的生产已有 30 多年的历史，生产的文化用纸质量较好；

② 红液的回收和综合利用方面，从针叶木亚硫酸盐浆红液回收酒精已投产多年。此外还回收制造香兰素、饲料酵母、核糖核酸、木素磺酸钙、铁铬木素磺酸盐以及活性炭等。

新建、扩建、改建的工厂企业将三废综合利用和净化设施与主体工程同时设计、施工、投产。

目前新建和扩建的亚硫酸盐制浆厂已采用燃烧法回收 SO_2 和 MgO 。

三、亚硫酸盐法专用术语的含义

亚硫酸盐法制浆是指用含有盐基的亚硫酸溶液（即蒸煮液）处理植物纤维原料。一般根据蒸煮液中主要离子的浓度和起始pH值来确定不同的亚硫酸盐法的专用术语的含义（表6-1-2）。

1. 酸性亚硫酸盐法

在这种方法中使用含有高浓度过剩游离 SO_2 的蒸煮液，所以具有很低的起始pH值。盐基通常用钙，但也可以是可溶性盐基，如钠、镁或铵。

2. 亚硫酸氢盐法

在这种方法中使用主要含有重亚硫酸离子的蒸煮液，pH4~6，很少或不含过剩游离 SO_2 。盐基必须是溶解度比钙大的钠、镁或铵。

3. 微酸性亚硫酸盐法

在这种方法中使用除亚硫酸氢盐外还含有亚硫酸盐的蒸煮液，pH5~6。可适用的盐基为钠、镁或铵。

4. 中性亚硫酸盐法

在这种方法中主要使用含有亚硫酸离子的蒸煮液，pH7~9。此法可由草类原料制取化学浆或者由木材（一般为阔叶树）制取半化学浆。钠或铵盐基能够在上述整个pH值范围内应用，而镁盐基，由于其溶解度的限制，只能在上述pH值的下限应用。

5. 碱性亚硫酸盐法

在这种方法中使用含有亚硫酸盐和碱的蒸煮液，pH值在10以上。除蒸煮草类原料外，这种方法不单独应用，而从属于多级

表 6-1-2

各种亚硫酸盐制浆法

	蒸煮液 pH值	Ca盐基			Mg盐基			NH ₄ 盐基			Na盐基		
		限于pH ₁₂ 以下	限于pH ₆ 以下	限于pH ₁₁ 以下	限于pH ₆ 以下	限于pH ₁₁ 以下	限于pH ₁₁ 以下	限于pH ₁₁ 以下	限于pH ₁₁ 以下	限于pH ₁₁ 以下	限于pH ₁₁ 以下	限于pH ₁₁ 以下	限于pH ₁₁ 以下
酸性亚硫酸盐法 (acid sulfite)	1— (约3以下)	Ca(HSO ₃) ₂ + H ₂ SO ₃	Mg(HSO ₃) ₂ + H ₂ SO ₃	NH ₄ HSO ₃ + H ₂ SO ₃	NaHSO ₃ + H ₂ SO ₃								
	2—	Ca—酸性SP法	Mg—酸性SP法	NH ₄ —酸性SP法	Na—酸性SP法								
	3—												
亚硫酸氢盐 (Bisulfite)	4—		Mg(HSO ₃) ₂	NH ₄ HSO ₃	NaHSO ₃								
	5—		Magmefite法	Hudson纸浆公司法	pH _{3.5} ~4.5arbisof法 NaHSO ₃ + NaOH pH ₄ ~6 SAAP法								
微酸性亚硫酸盐法 (ASCP)	6—			NH ₄ HSO ₃ + (NH ₄) ₂ SO ₃	NaHSO ₃ + Na ₂ SO ₃								
				NH ₄ ASCP法	NaASCP法 Stora法前段								

续表

	煮沸液 pH值	Ca盐基	Mg盐基	NH ₄ 盐基	Na盐基
		限于pH2以下	限于pH6以下	限于pH11以下	适用全部pH值范围
中性亚硫酸盐法 (SCP)	7—			(NH ₄) ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄
	8—			(NH ₄) ₂ SO ₄ + NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄ + Na
	9—			或 (NH ₄) ₂ SO ₄ + Na ₂ CO ₃	NaHCO ₃ 或 Na ₂ SO ₄ + Na ₂ CO ₃ Sivola法后段 NSSC法
多级蒸煮法		Kramfors法 (Na ₂ SO ₃ + NaHSO ₃) pH5 → (钙酸性亚硫酸盐)pH1.5	Weyerhaeuser法 ① (Mg(HSO ₃) ₂) + MgSO ₃ pH5 → H ₂ SO ₃ pH1.5 ② Mg(HSO ₃) ₂ pH4 → Mg(OH) ₂ pH6	Saugbrugs Foremingsen法 (NH ₄ HSO ₃) ₂ pH ₄ → H ₂ SO ₃ pH1.5	Stora法 (Na ₂ SO ₃ + NaHSO ₃) pH4 ~ 7 → H ₂ SO ₃ pH1.5 Stora-Billerud法 (Na ₂ SO ₃ + NaHSO ₃) pH8 → NaHSO ₃ pH4 Sivola法 ① (NaHSO ₃) + H ₂ SO ₃ pH1.5 ~ 4.5 → Na ₂ CO ₃ pH8 ~ 9 ② NaHSO ₃ pH4.5 → H ₂ SO ₃ pH1.5 → Na ₂ CO ₃ pH4