

THE MANUFACTURE
OF MAGNESIUM
BISULFITE
REED PULP

亚硫酸镁盐苇浆
的制造

亚硫酸镁盐苇浆的制造

余贻骥 张 珂 主编

轻工业出版社

内 容 提 要

亚硫酸镁盐苇浆的制造是我国独有的制浆方法。解放三十多年来,亚硫酸镁盐苇浆的生产得到很大发展,积累了丰富的经验。本书在总结我国亚硫酸镁盐苇浆制造经验的基础上,系统叙述了亚硫酸镁盐苇浆生产过程各工序(包括备料、蒸煮、洗涤和筛选、漂白)的基本原理、生产工艺、设备结构、生产操作以及新技术、新工艺等,对苇浆红液的回收与综合利用也作了扼要介绍。

本书适合于从事亚硫酸镁盐苇浆生产的技术人员、工人阅读,也可供造纸工业设计、科研部门的技术人员以及大专院校造纸专业师生参考。

亚硫酸镁盐苇浆的制造

余贻骥 张 珂 主 编

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

轻工业出版社印刷厂印刷

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: $12^{12}/_{32}$ 插页: 1 字数: 312 千字

1982年10月第一版第一次印刷

印数: 1-3000 定价: 1.70元

统一书号: 15042·1690

前 言

亚硫酸镁盐苇浆的生产在我国已有 40 多年历史。解放 30 年来，勤劳智慧的中国造纸工人在中国共产党的领导下，不但克服重重困难迅速恢复了解放前遭受严重破坏了的生 产，而且在亚硫酸镁盐法苇浆制造技术的备料、制药、蒸煮、筛选、漂白等一系列环节上都进行了重大技术改革。以相同容积的蒸煮锅，通过工艺改革，蒸煮生产能力提高了 3 倍以上；切苇机生产能力提高 4 倍以上；制药设备已经进行了三代的改革，即从燃硫炉到机械焙烧炉，又发展到沸腾炉；筛选设备的改革使单机能力提高 5 倍以上。1978 年用亚硫酸镁盐法苇浆制造的纸及纸板总产量比解放前的最高年产量提高近 5 倍。

1959 年，在轻工业部造纸工业管理局生产技术处的组织下，出版了《亚硫酸盐苇浆的制造及其利用》一书。该书基本总结了 1958 年以前亚硫酸镁盐法苇浆的制造技术，可说是第一部亚硫酸镁盐法苇浆制造技术的专著。从那以后又过去了 20 多年，20 多年来亚硫酸镁盐苇浆制造和利用在技术上又积累了更为丰富的经验。为了进一步总结这些经验，在原编著者工作变动很大的情况下，轻工业出版社委托以营口造纸厂为主的有关同志进行这一编写工作。

这次编写集中于亚硫酸镁盐苇浆的制造，尽量突出其有关特点：关于苇浆的应用方面，由于多年来品种发展甚多，如打字纸、卫生纸、薄页纸、薄型凸版纸、铜版纸（配用木浆）、白版纸等，品种不同加工处理方法各异，经验积累也十分丰富，需要另行汇集编著，因此未编入本书。关于亚硫酸镁盐苇浆制造过程中的分析检验方法，已有制浆造纸分析检验的专著出版，因而在这次编

写中，不再赘述。鉴于蒸煮废液的回收与综合利用，对消除环境污染及有效利用原料资源上的重要意义，以及20多年来在这方面的技术进展，专门介绍了蒸煮废液的回收与综合利用一章。编写本书时力求在一般亚硫酸盐法制浆工艺理论的指导下，探索亚硫酸镁盐苇浆制造的工艺规律，但限于水平，谬误之处希广大读者批评指正。

本书由余贻骥、张珂主编。各章的编著者是：第一、二、五、七章张珂，第三章闵君威，第四章欧阳孝全，第六章骆亨溢，第七章第二节魏正，第八章余贻骥。

本书是在营口造纸厂党委、有关领导和同志的关怀支持下编写的。在编写过程中承蒙轻工业部造纸局胡宗渊，轻工业部设计院柴秉权，西北轻工业学院张玉范，轻工业部造纸工业科学研究所李玉华、黄菊华，辽宁省造纸研究所王修义、蒋荣冠，石岘造纸厂张家禄、丁明秀，丹东造纸厂金礼辑，金城造纸厂寇裕宽，天津造纸厂李忠亭、丁树古，孙经烈，汉阳造纸厂唐孟平，镇江纸浆厂冯启基等同志提供了宝贵的意见、资料和照片，谨在此表示深切感谢。

编者

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 亚硫酸盐法制浆技术的沿革.....	(1)
第二节 亚硫酸盐药液的分类.....	(3)
第三节 亚硫酸镁盐苇浆的特点.....	(4)
第四节 亚硫酸镁盐苇浆的生产概况.....	(11)
第二章 芦苇	(13)
第一节 芦苇的形态.....	(13)
一、根.....	(13)
二、根状茎（地下茎）.....	(13)
三、茎（地上茎）.....	(15)
四、苇叶.....	(15)
五、花序.....	(16)
第二节 芦苇的分类.....	(16)
第三节 芦苇纤维的微观结构和组成.....	(20)
一、芦苇及苇浆纤维的微观结构.....	(20)
二、芦苇的纤维形态.....	(29)
三、芦苇的化学组成.....	(31)
第四节 芦苇的收割、运输和贮存.....	(35)
一、芦苇的收割、打捆.....	(35)
二、芦苇的运输.....	(37)
三、芦苇的贮存和堆垛.....	(38)
第三章 备料	(41)
第一节 备料的生产流程.....	(41)
第二节 厂内的原料运输.....	(43)

第三节 切苇	(44)
一、运苇皮带及刀槽衔接板	(44)
二、切苇机	(45)
第四节 苇片的除尘和筛选	(56)
一、除尘和筛选设备	(57)
二、苇尘的处理	(68)
第五节 苇片的输送	(73)
一、风力输送	(73)
二、皮带输送	(75)
三、埋刮板和刮板输送	(77)
第四章 亚硫酸镁盐药液的制造	(79)
第一节 亚硫酸镁盐药液制造流程	(79)
一、二氧化硫的制造	(79)
二、二氧化硫吸收流程	(81)
第二节 原料及其预处理	(82)
一、硫铁矿的预处理	(82)
二、氧化镁乳液的制备	(84)
第三节 硫铁矿的焙烧	(86)
一、硫铁矿焙烧反应原理	(86)
二、硫铁矿的沸腾焙烧	(91)
三、磁化焙烧	(98)
第四节 炉气的冷却和净制	(102)
一、炉气的冷却	(102)
二、炉气的净化	(105)
三、炉气输送	(116)
第五节 二氧化硫的吸收	(118)
一、二氧化硫的性质	(118)
二、药液组成和表示方法	(119)
三、吸收机理	(121)

四、填料吸收塔 (填充塔).....	(122)
五、湍流吸收塔	(128)
第六节 药液的贮存	(133)
第七节 “三废”处理	(134)
第五章 芦苇的亚硫酸镁盐法蒸煮	(136)
第一节 亚硫酸氢镁蒸煮药液的特性	(136)
第二节 蒸煮原理	(141)
一、药液对芦苇原料的渗透	(141)
二、亚硫酸盐药液与木素的反应	(142)
三、苇片在亚硫酸镁盐法蒸煮中的脱木素过程	(144)
四、亚硫酸盐药液与半纤维素的反应	(153)
五、亚硫酸盐药液与纤维素的反应	(153)
第三节 影响蒸煮的主要因素	(154)
一、苇种及其质量的影响	(154)
二、蒸煮温度和压力的影响	(160)
三、蒸煮液中总酸与酸比的影响	(160)
四、液比的影响	(163)
五、升温速度与蒸煮时间的影响	(164)
六、蒸煮中的质量事故	(166)
第四节 蒸煮操作	(168)
一、装锅	(169)
二、送液	(171)
三、通汽升温	(173)
四、小放汽	(174)
五、药液回收	(174)
六、保温	(175)
七、蒸煮终点的确定	(176)
八、大放汽	(176)
九、放锅	(177)

第五节 蒸煮的蒸汽消耗计算	(177)
第六节 蒸煮设备	(180)
一、蒸煮锅	(180)
二、药液循环泵	(185)
三、间接加热器	(185)
四、直接加热器	(187)
五、蒸煮锅耐酸砖衬的搪砌	(187)
第六章 亚硫酸镁盐苇浆的洗涤、筛选与净化	(199)
第一节 洗选工段的生产流程	(199)
第二节 苇浆的洗涤	(201)
一、浆料洗涤的意义及原理	(201)
二、影响浆料洗涤效果的主要因素	(203)
三、多段逆流洗涤	(207)
四、亚硫酸镁盐苇浆洗涤的特点	(208)
五、洗涤设备	(208)
第三节 苇浆的筛选	(222)
一、粗选	(222)
二、精选	(225)
第四节 苇浆的净化	(238)
一、涡旋除渣器	(238)
二、锥形除渣器	(240)
第五节 苇浆浓缩与贮存	(246)
一、浓缩设备	(246)
二、贮浆设备	(249)
第六节 筛渣的处理	(252)
第七章 亚硫酸镁盐苇浆的漂白	(254)
第一节 浆料白度和基本的光学概念	(254)
一、白度的概念	(254)
二、浆料白度的回色与回色值	(255)

第二节 漂白原理	(256)
一、氯-水平衡系统	(257)
二、氯化	(258)
三、碱处理	(262)
四、次氯酸盐漂白	(263)
五、二氧化氯漂白	(264)
六、过氧化物漂白	(265)
七、氧-碱漂白	(266)
八、还原漂白剂漂白	(266)
九、漂白浆的酸化	(267)
第三节 漂白剂的制造	(267)
一、次氯酸盐漂液的制造	(267)
二、二氧化氯漂液的制造	(276)
第四节 亚硫酸镁盐化学苇浆的漂白	(278)
一、次氯酸盐单段漂白	(278)
二、两段漂白	(295)
三、多段漂白	(299)
第五节 化学机械法苇浆的漂白	(302)
一、 H_2O_2 漂白	(303)
二、二氧化氯-次氯酸盐漂白	(307)
三、氧碱-次氯酸钙漂白	(307)
第六节 漂白设备	(313)
一、浆料输送设备	(313)
二、浆料混合设备	(314)
三、漂白反应设备	(315)
四、漂白设备的材质	(319)
五、漂白过程的自动控制	(321)
第八章 蒸煮废液的回收与综合利用	(323)
第一节 概述	(323)

第二节 苇浆红液的成分与主要物化性质	(324)
一、苇浆红液的主要化学成分	(324)
二、苇浆红液的粘度	(327)
三、苇浆红液比重与固形物含量的关系	(328)
四、苇浆红液的其他性质	(330)
第三节 苇浆红液的综合利用	(332)
一、苇浆红液浓缩物的制造	(332)
二、苇浆红液浓缩物的利用	(333)
三、经过加工改性后, 红液浓缩物的利用	(335)
四、苇浆红液中糖分的利用	(336)
第四节 从红液中回收化学品与热能	(338)
一、酸回收的基本工艺流程	(338)
二、红液的蒸发浓缩	(338)
三、红液的燃烧	(353)
四、苇浆红液的燃烧试验	(363)
五、二氧化硫及氧化镁的回收(二级回收系统)	(377)
六、回收酸液的增浓与净化	(381)
七、酸回收系统需要补充的化学药品量 及其污染负荷量	(381)

第一章 绪 论

第一节 亚硫酸盐法制浆技术的沿革

亚硫酸盐法制浆技术发明于1866年，8年以后世界上建立了第一个以木材为原料的亚硫酸盐法制浆厂。这第一个亚硫酸盐法制浆厂使用的药液恰恰就是亚硫酸氢镁。但是随着亚硫酸盐法制浆的大规模发展，采用的盐基绝大部分是钙盐基，这可能是由于在制药原料中以石灰石最便宜。用亚硫酸盐法制造的浆料色泽较浅、易于漂白、得率较高。20世纪初期，亚硫酸盐法制浆曾经是世界上制造漂白浆的主要方法，在40年代以前，曾经相当迅速地发展过。但是亚硫酸盐法制浆也存在着适用材种狭窄、强度较低，特别是解决蒸煮废液的污染进展较慢等问题。而从30年代开始，硫酸盐法制浆在技术上突破了难于漂白的关键，不但可以漂至较高白度而且强度高于亚硫酸盐浆，加之材种的适用性广泛，碱回收技术也日益成熟，因此硫酸盐法制浆逐渐迅猛发展，取代了亚硫酸盐法制浆的主导地位。40年代以后，一段时间内已很少有新建的以钙盐基为蒸煮剂的亚硫酸盐法浆厂投产。

但是亚硫酸盐法制浆在经过一段时间的徘徊之后，通过对可溶性盐基如铵、镁、钠等进行了大量研究工作，从40年代开始已有一些钙盐基的制浆厂改用铵、镁、钠盐基。其中50年代铵盐基曾有一度发展，但由于成浆质量不理想，在60年代又有改产趋势。钠盐基从60年代开始有所发展，主要是采用中性亚硫酸钠药液制造半化学浆。它的优点是得率较高，易于漂白，浆料质量良好。它的蒸煮废液回收技术虽然已经过关，但比较复杂，影响了它的大幅度推广。而亚硫酸镁盐法制浆，在进行了10年左右的试验基

基础上，从1948年开始成功地解决了从蒸煮废液中回收镁、硫、热能的技术。随后在50年代不但有钙盐基和钠盐基的制浆厂改为镁盐基，而且在1956年又有新建的镁盐基制浆厂投入生产。这是美国在中断了20年之后又重新开始新建的第一个亚硫酸盐法制浆厂。在60年代几个主要产浆国家新建的10个亚硫酸盐法浆厂中有6个采用镁盐基，4个采用钠盐基。以美国为例，20世纪以来的70年间各种制浆法产量的增长情况可以参看表1-1。

表 1-1 美国历年来化学木浆估计产量* (万吨/年)

年 份	亚 硫 酸 盐 浆					硫酸盐浆	烧碱法	半化学浆	总 计
	Ca	NH ₄	Na	Mg	总				
1973					359.6	2942.6	—	350.8	—
62	232.0	26.8	11.2	75.1	345.1	1598.7	52.0	210.5	2206.3
58	215.4	46.4	—	51.3	313.1	1270.7	42.9	162.2	1788.9
55	240.7	47.2	—	21.6	309.5	1128.9	44.1	140.8	1623.3
50	252.8	23.0	—	9.0	384.8	750.1	52.2	68.6	1155.8
46	225.0	10.8	—	—	235.8	446.9	43.0	—	725.7
40	260.8	—	—	—	260.8	374.8	53.2	16.5	705.3
35	158.0	—	—	—	158.0	146.8	48.5	—	353.3
30	156.7	—	—	—	156.7	95.0	47.4	—	299.1
25	144.7	—	—	—	144.7	41.0	47.3	—	233.0
20	158.3	—	—	—	158.3	18.9	—	—	—
1909	117.9	—	—	—	117.9	—	—	—	—
1899	58.6	—	—	—	58.6	—	—	—	—

*摘自 Pulp and Paper Science and Technology Vol.1.P242, 1973年资料
引自PPI Vol.19, No.8, 1977.

然而还必须看到，亚硫酸盐法制浆尽管在20世纪50年代至60年代有所突破、有所发展，但是不论从绝对量的增长或发展速度上都远远落后于硫酸盐法。60年代由于亚硫酸盐法废液回收技术，

特别是镁盐废液回收技术突破后，关于“酸法制浆复兴”的估计和期望，在很大程度上并没有实现。近年来国际上由于对环境污染的控制进一步严格，而亚硫酸盐法废液的回收效率仍然偏低，加以在投资、成本、质量等各方面因素的权衡下新建厂仍以硫酸盐法为多。

第二节 亚硫酸盐药液的分类

早期的亚硫酸盐法制浆以钙盐基为基础。由于钙盐基的溶解度相当低，所以蒸煮药液中含有的主要成分是游离 SO_2 ，pH 值在 1 ~ 2 之间。后来人们逐渐认识到适当降低蒸煮液中的游离 SO_2 组分，提高药液 pH 值，可以提高浆料得率和强度，因而逐渐采用了各种可溶性或溶解度比钙高的盐基。区别亚硫酸盐法制浆，首先要区分所采用的不同盐基。在区别盐基的基础上又按 pH 值的不同、药液中所含主要离子成分的不同，可分为酸性亚硫酸盐法、亚硫酸氢盐法（或称重亚硫酸盐法）、中性亚硫酸盐法和碱性亚硫酸盐法四种，如表 1-2 所示。不同 pH 值的亚硫酸盐药液的组分变化见图 1-1。

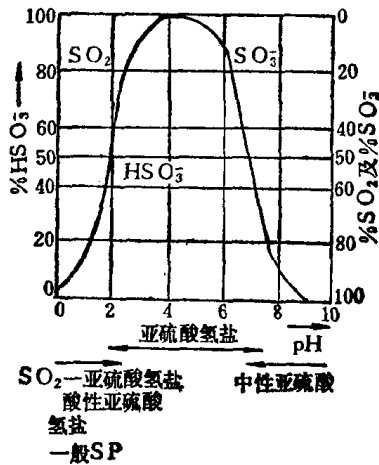


图 1-1 $\text{SO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 稀溶液的 pH 值及其组成的关系

亚硫酸盐法苇浆的蒸煮药液是以亚硫酸氢镁及亚硫酸镁为主要组成，pH 值一般在 4 左右。一般亚硫酸盐法苇浆采用的蒸煮药液中总 SO_2 含量约为 3 ~ 4%。其中化合 SO_2 占 2.1 ~ 2.9% 甚至更高，游离 SO_2 只占 0.9 ~ 1.1% 或更低。这里所谓的游离 SO_2 ，

表 1-2

亚硫酸盐药液 的分类

名 称	蒸煮液中主导药剂	25℃时 pH值
酸性亚硫酸盐法	$H_2SO_3 + XHSO_3$	1~2
亚硫酸氢盐法	$XHSO_3$	2~8
中性亚硫酸盐法	$XSO_3 + XCO_3$ (或 XOH 或无)	6~9 ⁺
碱性亚硫酸盐法	$XSO_3 + XOH$ (或 Na_2S)	10 ⁺

指在分析过程中可以用标准 NaOH 溶液滴定出来的酸；而所谓化合酸，是指全部可以与标准碘溶液起反应的总 SO_2 减去游离 SO_2 后的剩余部分。实际上使用的蒸煮药液中并无真正的游离 SO_2 ，在药液中只有 $Mg(HSO_3)_2$ 和 $MgSO_3$ 。

第三节 亚硫酸镁盐苇浆的特点

目前世界上利用芦苇制浆造纸的国家除我国外还有朝鲜、罗马尼亚、巴基斯坦、埃及、埃塞俄比亚、叙利亚、伊拉克、乌干达、苏联、波兰等国。罗马尼亚多瑙河三角洲有苇田1700平方公里，每年可收割芦苇150万吨，可生产35~45万吨化学浆和半化学浆。苏联有四个芦苇制浆造纸厂，其中最大的一个可年产纸浆和纸板27万吨，年耗芦苇60万吨。但是国外多采用硫酸盐法或烧碱法制浆，除我国外，尚未见到采用亚硫酸镁盐法制造苇浆的报导。70年代初，我国造纸用原料约有12%左右依靠芦苇，其中亚硫酸镁盐苇浆约占50%。

实践证明，在我国具体条件下，用于生产一般文化用纸，亚硫酸镁盐苇浆不失为一个好的浆种。这可由以下几方面看出：

(1) 制浆效率比较高：实践证明亚硫酸镁盐苇浆适于快速蒸煮，蒸煮时间可在4小时左右，而制浆得率较高，因此总的制浆效率虽然赶不上硫酸盐苇浆，但高于亚硫酸钙盐木浆，与中性

钠盐苇浆相似。这可由表1-3看出。表1-3为1957年及1978年生产实际平均数字，由于各种因素的干扰，并不绝对可比，只可供参考。

表 1-3 不同制浆方法的制浆效率比较①

项 目	亚硫酸镁盐苇浆		亚硫酸钙盐木浆		硫酸盐苇浆	中性钠盐苇浆
	1957年	1978年	1957年	1978年	1978年	1978年
蒸煮锅净运转时间 (时·分)	4:14~5:03	5:05	7:11	8:23	2:30~3:20	5:10
蒸煮锅装原料量 (公斤/米 ³)	178~189 ^②	162 ^③	194 ^④	185.5	170~183 ^⑤	173 ^⑥
蒸煮锅粗浆产量 (公斤/米 ³)	98.8~102	88.3	92	88.2	—	99
(公斤/米 ³ /时)	20.3~23.5	17.4	12.7	10.5	34.5	18.8
蒸煮锅细浆产量 (公斤/米 ³ /时)	19.1~22.2	16.4	11.8	—	31.1	16.0

① 亚硫酸镁盐苇浆蒸煮锅容积为153~204米³，附循环装置；亚硫酸钙盐法木浆蒸煮锅容积为200~204米³，附循环装置；硫酸盐苇浆蒸煮锅容积为75~110米³，附循环装置；中性钠盐苇浆蒸煮锅容积为75米³，附循环装置。

② 掺用2.4~24.7%代用料(麦秆、稻秆、高粱秆)。

③ 掺用20%左右代用料(高粱秆、谷草、芒秆等)。

④ 掺用少量杨木。

⑤ 掺用芒秆。

⑥ 掺用约20%代用料(麦秆、谷草)。

(2) 制浆消耗和成本较低：亚硫酸镁盐苇浆与亚硫酸钙盐木浆，以及与有碱回收的硫酸盐苇浆相比，制造一吨风干漂白浆板，所消耗的主要原材料大体可由表1-4看出。由此可见，三种漂白浆板相比，原料消耗以亚硫酸镁盐苇浆最低。与硫酸盐苇浆板相比每吨浆板要少消耗原料300多公斤。在化工材料方面，亚硫酸镁盐苇浆每吨浆板共需要化工材料(硫、氧化镁、液氯)约303

表 1-4 不同浆种浆板主要消耗的比较 (均为年平均数字)

项 目	亚硫酸镁盐苇浆板		亚硫酸钙盐木浆板		硫酸盐苇浆板*
	1957年	1978年	1957年	1978年	1978年
原 料 (公斤/吨)	1929~2041	1999 (20%高粱秆等)	约2300	约2300	2375 (60%芒秆)
纯 碱 (公斤/吨)	108~116	126	95	106	—
氧化镁 (公斤/吨)	91~92	114	—	—	—
氯 (公斤/吨)	38~41	62.9	41	70	30~40
石灰石 (公斤/吨)	—	—	118	141	—
氧化钠 (公斤/吨)	—	—	—	31.8	277~286
电 (度/吨)	204~209	268	239	497	160~290
煤 (公斤/吨) (7000千卡)	390~876	569	1010	1868	1061(非标准煤)
水 (米 ³ /吨)	194~236	184	284	395	不 详

*系有部分碱回收, 氧化钠用量包括回收碱。

公斤, 而硫酸盐苇浆包括部分回收碱在内需要化工原料326公斤。

再以三个都生产液体苇浆的亚硫酸镁盐法 硫酸盐及中性钠盐法苇浆厂相比较 (皆按使用 20% 左右代用料计算), 其1978年的原材料消耗可由表1-5 概略看出。硫酸盐苇浆原料消耗比亚硫酸盐苇浆高304公斤, 即15%左右; 中性钠盐苇浆与亚硫酸镁盐苇浆相接近。化工材料方面, 亚硫酸镁盐苇浆硫、镁、氯共需约299公斤; 硫酸盐苇浆包括部分回收碱需氧化钠及氯近 400 公斤; 中性钠盐苇浆约需297.4公斤。

三种浆以及其他浆料的成本比较可见表1-6。由 1955 年比较