

制浆造纸手册

第十二分册·供水与供气

轻工业出版社

制 浆 造 纸 手 册

(第十二分册·供水与供汽)

《制浆造纸手册》编写组 编

轻工业出版社

内 容 提 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。整个手册分十三个分册，本书是第十二分册。内容包括：造纸厂用水、用汽的特点，对水、汽的要求，水的净化处理，锅炉的选择，有关热力计算，纸厂的能量平衡及能量的节约等。

本书可供造纸工业工程技术人员、管理人员以及造纸专业院校师生参考。

制浆造纸手册

(第十二分册·供水与供汽)

《制浆造纸手册》编写组 编

轻工业出版社出版
(北京安外黄寺大街甲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: $8^{10}/32$ 字数: 216千字

1990年12月 第一版第一次印刷

印数: 1—3,000 定价: 11.50 元

ISBN7-5019-0148-1/TS·0097

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、设计和设备制造等方面都已奠定了一定的基础，造纸工业已初步形成了一个比较完整的体系，并积累了一定的经验。为了适应造纸工业今后发展的需要，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技术水平，为造纸工业现代化做出贡献。为此我们编写《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规格、型号和性能等，并对国外造纸工艺技术也作了简要的介绍，由于工具书的性质，其内容尽可能用图和表格表示，必要的文字叙述则力求简明扼要。

《制浆造纸手册》分为十三个分册，将陆续出版。第一分册：第一章纤维原料，第二章化工原料；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，第九章纸浆漂白；第八分册：第十章纸料的准备；第九分册：第十一章纸张的抄造；第十分册：第十二章纸板与浆板的抄造；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：第十五章仪表与自动化。

《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，参加编写的有六十多位造纸工业的工程技术人员，并请有关专家、学者审阅。尽管如此，因为初次编写，经验不足，资料收集不全，加上水平有限，有些数据不准确或错误，请广大读者指出，再版时予以修改。

编写过程中承各地造纸学会、有关行政领导单位、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

第十二分册编写说明

本分册由王涤吟编写。编写后的初稿经轻工业部上海设计院审阅。根据审阅者提出的修改意见作者对初稿作了较大的修改。修改稿最后经中国造纸学会曹光锐审阅定稿。

目 录

第十四章 供水与供汽

第一节 供水	1
一、水在制浆造纸工业中的重要性	1
二、水中杂质对制浆造纸的影响	2
三、水的硬度	5
四、制浆造纸工艺过程对水质的要求	7
五、制浆造纸工业的用水量	11
六、制浆造纸工业用水压力情况	12
七、水的净化	12
(一) 地表水的净化	12
(二) 地下水的净化	28
八、制造高级浆、纸或特种浆、纸用水的处理	31
(一) 水的软化、脱碱或脱盐	31
(二) 除铁除锰	55
(三) 除硅	59
九、有关节约用水资料	60
(一) 纸机节水与封闭循环用水	60
(二) 国外封闭循环用水情况	66
第二节 供汽	70
一、概论	70
二、制浆造纸各工序使用的蒸汽压力、温度和蒸汽量	71
三、供造纸工业蒸汽锅炉用的燃料	71
(一) 固体燃料	71
(二) 液体燃料	81
(三) 气体燃料	84
四、制浆造纸工业用蒸汽锅炉的选择	85

(一) 用汽的特点·····	85
(二) 蒸汽质量对蒸煮和纸机的影响·····	87
(三) 用汽负荷的确定·····	88
(四) 锅炉能力的表示方法·····	89
(五) 我国锅炉的容量和参数系列·····	89
(六) 锅炉的燃烧方式·····	90
五、燃料的准备·····	115
(一) 贮煤场·····	115
(二) 煤的运输·····	116
(三) 碎煤用粉碎机·····	117
(四) 煤粉的制造与供应·····	118
(五) 重油的贮藏与输送·····	133
六、锅炉能量平衡计算·····	142
七、锅炉通风·····	149
(一) 烟风管道·····	149
(二) 烟囱的计算·····	151
(三) 鼓风机与引风机·····	157
八、净化厂区、防止污染、确保纸张质量·····	160
(一) 锅炉房在纸厂总平面图中的位置·····	160
(二) 消烟除尘·····	162
(三) 粉煤灰和灰渣的处理与利用·····	179
九、造纸工业的节能·····	190
(一) 余热的利用与热能的节约·····	190
(二) 充分利用制浆废液资源, 提高纸厂的能源自给率·····	217
(三) 对旧式锅炉进行技术改造, 以提高出力和热效率·····	221
(四) 在燃料中掺水燃烧·····	231
十、制浆造纸企业的能量平衡·····	234
(一) 蒸煮锅能量平衡及计算方法·····	234
(二) 蒸球能量平衡及计算方法·····	241
(三) 漂白池能量平衡及计算方法·····	245
(四) 松香锅能量平衡及计算方法·····	247
(五) 造纸机能量平衡及计算方法·····	250
(六) 碱回收蒸发装置能量平衡及计算方法·····	253

(七) 碱回收炉能量平衡及计算方法.....	256
(八) 碱回收苛化部分能量平衡及计算方法.....	259
(九) 碱回收石灰转窑能量平衡及计算方法.....	261
(十) 企业能源利用率计算.....	264
(十一) 产品能耗量计算.....	266
(十二) 产品综合能耗计算.....	268
(十三) 产品单位产值综合能耗量.....	268

第十四章 供水与供汽

第一节 供水

一、水在制浆造纸工业中的重要性

制浆造纸工业是用水量很大的行业之一。从蒸煮液的制备、纸浆的生产、纸页的形成到蒸汽的制造等，都以水作为工作介质来使纸浆纤维分离，输送和抄造，纤维和水的关系十分密切。因此，水对纸浆生产的作用是非常显著和重要的。它好似人体的血液，贯穿在整个生产之中，其用途为：

(1) 运送原料和浆料：近年来，在原料运输上，已广泛地用水来运送原木、毛竹、木片等。而自蒸煮锅放料开始，纸浆在水中一直呈悬浮状态，随着水流送到洗涤、筛选、漂白、打浆和抄纸各工序、直到纸页的形成。

(2) 用于清洗：如用于原料、气体、纸浆、毛毯及机械设备的洗涤和地面的清扫等。

(3) 用于冷却：如作为各种机械轴、轴承、冷却器和纸机冷缸等的冷却水。

(4) 作为吸收气体和溶解各种化学物质的溶剂：如吸收酸法制浆中的二氧化硫、漂白中的氯及其他气体以及溶解和乳化氧化镁、氢氧化钠、硫酸钠、硫化钠、亚硫酸钠等化学物质。

(5) 用于工厂的环境保护工程：如用来冲淡并中和废酸和废碱等。

(6) 作为耐腐蚀设备的转动或不转动件的高温高压密封介质等。

(7) 作为一种工作介质：广泛用于制浆造纸厂的锅炉生产蒸汽、供加热、直接传动机器、空调乃至发电、原木剥皮等。

(8) 作为产品的一部分成为商品出售，如纸浆或纸张成品中

的水分等。

总之，纸浆及纸的生产过程需要大量的水。

二、水中杂质对制浆造纸的影响

水的品质优良与否，对浆、纸的生产和质量影响很大，特别是水中悬浮物、硬度、总碱度、pH 值等指标，另外水中一些金属离子（如铁、锰）的影响更大，如：

(1) 当水中悬浮物含量高时，除降低纸的白度和增加尘埃外，还会使浆或纸中灰分含量增高，从而影响强度。

(2) 硬度对于浆、纸系统的影响：

①硬水用于洗涤，将增加纸浆灰分。

②硬水中钙、镁离子易使化学木浆的树脂凝聚在纤维上，很难从纸浆中洗掉。兰氏 (Lang) 和劳林 (Laubin) 的报告曾指出：如在洗涤水中有 $15 \sim 35 \text{ mg/L}$ 的六偏磷酸钠，就能增加洗涤效果，尤其是亚硫酸盐纸浆。洗涤水愈软，洗涤的效果就愈好。

③硬水用于洗涤碱法木浆，则水中所含的钙盐或镁盐，就会与黑液中已溶解的树脂起作用，生成不溶解性的钙皂或镁皂，并吸附或沉淀于纤维上，造成漂白的困难、更为严重的是还会引起树脂障碍。

④水中金属阳离子的存在，会使打浆过程缓慢、从而严重影响纤维的润胀，而纤维的润胀程度又与纸张的强度有直接关系。从这一点来说，高价阳离子的危害更大。

生产电容器纸时，如水中钙离子含量高，会显著地使打浆过程缓慢，而且愈高愈缓慢。

⑤用亚硫酸法生产可溶性人造丝浆粕时，水的硬度，不但能增加纤维的灰分，影响其质量，而且在纺丝中堵塞喷丝头、危害生产。

⑥如果水的暂时硬度高，会因受热蒸发而使得纸机上某些部件，象铜网、泵等产生严重的结垢现象。这些水垢也和硬水一样，在纸的生产过程中产生同样的危害性。

⑦硬水对于纸张施胶是不利的，主要因为水中钙、镁的盐类会与已皂化的胶料作用、形成不溶性的钙皂或镁皂，从而造成松香胶料的损失。同时还有某些硬水，因施胶时加入了硫酸铝，使水的pH值降低，在这种情况下，水中所含的部分碳酸盐，就会分解析出二氧化碳气体，使纸机上产生大量泡沫、纸页上出现“针眼”最终影响产品质量。

⑧水的硬度对纸张的染色影响也是很大的，对直接染料、将降低染料的染色能力；对碱性染料，将降低其溶解度；对酸性染料，将促使染色光亮鲜艳、染料盖面能力良好。水的硬度对硫化染料和还原染料无影响。

(3) 总碱度及pH 值对造纸过程亦有影响，它们主要使设备受到腐蚀。

(4) 水中一些金属离子对制浆造纸方面的影响：

①水中的铁、锰等金属离子会在制浆造纸过程中吸附在纤维上，引起纸或浆变色、已吸附有铁的纤维不易用不含铁的水洗去。

②铁、锰、铜的存在、对漂白剂的分解还会起催化作用、造成漂白剂的损失。特别是锰危害性更大、它不仅使漂白剂损失，而且还会在漂白过程中，受漂剂氧化而变成过锰酸盐，使纤维显红色。

③在一些特殊浆、纸的生产中（如绝缘浆、纸），因有钠、铜、铁、锰的存在，会增加纸的介质损耗和导电点，降低击穿电压和耐老化性能等。

④在玻离纸的生产中，铁、锰又易与粘胶液中纤维素的磺酸钠进行离子交换；同时，影响人造纤维与薄膜的白度，也会使粘胶有自行凝固的现象；在后期处理中，这些盐类被氧化和分解而生成红色的沉淀〔 Fe_2O_3 或 $\text{MnO}(\text{OH})_2$ 〕，而影响到染色的均匀性，即使水中含有较少的铁（0.4~0.5ppm）也是如此。

⑤水里存在过量的铁和锰，其沉淀物会改变水的外观，使它转化为浑浊的棕黄色甚至为黑色。在配水系统中，铁和锰还会使微生物繁殖，微生物的生长物积累，会导致管线的输水容量减少

及水表、阀门的阻塞、积累物（水化铁、氧化锰、细菌团的沉淀，脱落，常导致不良的水味和气味、并污染产品及造成操作上的困难，管线里沉淀的铁和锰，常因流量增加而悬起来，致使浊度增高、最终增加浆、纸黑色尘埃量。

⑥水中锰和铁的含量、虽只几个 mg/l ，就会有一股铁腥味，它的沉淀将会使水的处理过程（例如离子交换）发生阻塞问题，覆在交换剂表面，导致交换容量加速减退，故在地下水供水系统中，常实行先去除或控制铁、锰的措施。

(5) 有机物的存在、常呈胶体或溶解状态，它使水产生颜色、浑浊、用于制浆造纸时，纤维会对有机色素或胶质强烈地吸着。如用硫酸铝处理，会使这些物质沉淀在纸浆上，从而降低纸浆的白度或影响漂白过程的进行；所以，溶解的有机物，由于悬浮物的凝聚会引起处理的困难。

(6) 对于浆料的洗涤，热水比冷水好，假如有足够的时间，冷水洗涤和热水洗涤一样，可以洗去很多不纯物质，故有的主张在条件许可的前提下，洗涤水温可高达 70°C 。

有的地方，水温却不宜过高、如纸张的施胶和打浆，水温高时，会使分散悬浮在浆中的松香皂凝聚，影响施胶效果，使纸浆在打浆时，纤维不易润胀；去贮浆池的夏季水温度较高时，极易造成腐浆等。在造纸机（或浆板机）上，如水温较高，由于滤水性能好而网部可以提高脱水能力，干燥部可以缩短纸页的预热时间，提高抄造量，节约能源。

(7) 水中氯离子含量过高时，在制造某些高级纸，如滤纸及工业用电气绝缘纸板时，则会影响这些纸及纸板的质量。在电容器纸的生产中、对介质损失角正切有极大的影响。

(8) 水中含有游离二氧化碳和硫化氢时，会腐蚀造纸设备。特别是游离二氧化碳的含量在 25mg/l 以上时，在抄纸过程中，将导致纸页形成困难，纸的质量恶化（如容易破裂或产生孔眼，表面平滑度低下等）。

(9) 水中含有空气也会影响抄纸的进行：

①空气在纸浆流动的过程中分离出来后，成为流量变动的原

因。

②纤维吸着空气后造成相对密度差，重的沉降，轻的浮上，形成纤维块，分散不均匀，影响纸张匀度。图14-1-1示出亚硫酸盐浆中气泡残留在纤维中的显微镜下的照片。



图 14-1-1 在亚硫酸盐浆中气泡在纤维中的显微镜下的照片

③阻碍热的传导，使烘缸的蒸汽消耗提高，如以新闻纸为例，脱气浆的蒸汽用量约可减少7%左右。

三、水的硬度

1. 硬度单位

(1) 德国硬度：相当于1L水中含10mg氧化钙(CaO)为1度。

(2) 法国硬度：相当于1L水中含10mg碳酸钙(CaCO_3)为1度。

(3) 英国硬度：相当于0.7L水中含10mg碳酸钙(CaCO_3)为1度。

(4) 美国硬度：相当于1L水中含1mg碳酸钙(CaCO_3)为1度。

(5) 苏联硬度：相当于1L水中含10mg氧化钙(CaO)为1度。

2. 硬度单位的换算 (表14-1-1)

表 14-1-1

硬度单位	mmol/L	德国度	法国度	英国度	美国度
mmol/L	1	2.804	5.005	2.512	50.045
德国度	0.35663	1	1.7848	1.2521	17.847
法国度	1.9982	0.5603	1	0.7015	10.0
英国度	0.28483	0.7987	1.4285	1	14.285
美国度	0.01898	0.0560	0.1	0.0702	1
苏联度	0.35663	1	1.7848	1.2521	17.847

3. 水的硬度分类 (表14-1-2)

表 14-1-2

总硬度(德度)	0°~4°	4°~8°	8°~16°	16°~30°	>30°
水的性质	很软水	软水	中等硬水	硬水	很硬水

4. 钙、镁等离子浓度折算成硬度的系数 (表14-1-3)

表 14-1-3

离子名称	系 数	
	折算成 mmol/L	折算成德固度
钙 (mg/L)	0.0499	0.1399
镁 (mg/L)	0.0822	0.2305
铁 (mg/L)	0.0358	0.1004
锰 (mg/L)	0.0364	0.1021
锶 (mg/L)	0.0228	0.0639
锌 (mg/L)	0.0306	0.0858

注：将水中测得的各种离子浓度值 (mg/L)，乘以系数后相加，即为总硬度。

5. 1L水中硬度为1德度的化学物质含量 (mg/L) (表14-1-4)

表 14-1-4

序 号	化学物质名称	化学物质含量
1	CaO	10.00
2	Ca	7.14
3	CaCl ₂	19.17
4	CaSO ₃	17.85
5	CaSO ₄	24.28
6	Ca (CHCO ₃) ₂	28.90
7	Mg	4.34
8	MgO	7.19
9	MgCO ₃	15.00
10	MgCl ₂	16.98
11	MgSO ₄	21.47
12	Mg (HCO ₃) ₂	26.10
13	BaCl ₂	37.14
14	BaCO ₃	35.20

四、制浆造纸工艺过程对水质的要求

1. 一般制浆造纸厂用水标准 (表14-1-5)

表 14-1-5

水的等级	I	II	III	IV	V
产品等级	高级漂白纸 (卷烟纸、证 卷纸、制图纸、 一号胶版纸、 白度为 80° 的 打字纸)	中级漂白纸 (2~4号书写 纸, 2~4号胶 版纸, 白度小 于 80° 的打字 纸)	普通纸新闻 纸	低级纸(水 泥袋纸包装 纸)	粗纸
浊度	10	25~30	50	100	600
色度	15	15~20	30	100	不规定
铁	1.5	1.5	2.0	不规定	不规定
总硬度	160	160	200	不规定	不规定
pH值	7~7.5	6.5~8.0	6.5~8.0	6.5~8.0	6.5~8.0

注: 浊度、色度、铁、总硬度的单位均为mg/L。

表14-1-6为几个造纸厂的用水分析

2. 电容器纸生产用水质量 (表14-1-7)

A组适用于低损耗纸、B组适用于高耐电强度纸, C组适用于普通电容器纸。表中列出的要求是最低限度值、在各具体条件下必须加以修订。

3. 玻璃纸生产对水质的要求 (表14-1-8)

4. 日本对浆、纸、纸制品工业用水要求 (表14-1-9)

五、制浆造纸工业的用水量

制浆造纸用水量随制浆方法、浆种、纸种、回收使用等情况不同而异, 情况较复杂, 下列数字仅供参考。

表 14-1-6

项目	厂别		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	单位	厂别									
取样日期			1979.3.9	1981			1982.1.29			1982.2.15	
取样地点			井水	江水	原水	江水			江水	江水	江水
水温	℃		11	10.1				10			
总硬度	德国		11.8	39.85		3.92	19.63	7.98	4.77	3.0	3.23
永久硬度	德国		0.8		0.28				0.00		0.71
暂时硬度	德国		11.0		2.52				4.77		2.52
总碱度	毫克当量/L		11	0.65	0.90	1.38	2.78	2.18	1.80	0.9	0.9
悬浮物	mg/L			10.5	0					0.8	42
可溶固体	mg/L		279.8	77.6	94.8			190	120.6	73.2	37.5
总固体	mg/L		399.9		94.8	168~234	0.181		131.2		99.5
可溶性硅酸	mg/L		10.4		12		0.002		12.64		10
耗氧量	mg/L		0.7	5.36	6.08	7~13		1.68	1.52		2.71
溶解氧	mg/L		1.2	9.99		9.1	6.2	10.4			
游离CO ₂	mg/L		6.7		2.20	10		4.58	18.4		8.8

续表

项目	单位	厂别	A	B	C	D	E	F	G	H	I
pH值			7.5	7.05	7.6	7.4	7.0	7.5	7.15	7.45	7.18
Na ⁺	mg/L		23.4						3.91		
Ca ²⁺	mg/L		63.5		13.23		0.07	5.4	33.20		16.54
Mg ²⁺	mg/L		12.5		4.14		0.008	2.32	0.50		3.95
Fe ³⁺ Fe ²⁺	mg/L		0.07		0.13	0.5~1	400	0.012	0.64	0.061	0.2
NH ₄ ⁺	mg/L		<0.05				2.34	2.34			
Zn ²⁺	mg/L		0.03								
Cl ⁻	mg/L		21.3		4.0	10	16.5	17	2.00	4.08	7.09
S ²⁻ /s ⁻²	mg/L		26.8	10.37	0.005	15	0.74		1.78	10.48	44
HCO ₃ ⁻	mg/L		240.3		54.9						54.9
NO ₃ ⁻	mg/L		0			1.6~2.8					
CO ₃ ⁻²	mg/L		0							109.8	
F ⁻	mg/L		0.4								
NO ₂ ⁻	mg/L		0			0.004					