

制浆造纸工业自动化

莫芳灿 编



轻工业出版社

制浆造纸工业自动化

莫芳灿 编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书比较详细地叙述了制浆造纸工业生产的自动化问题。第一篇共九章,介绍了国内外制浆造纸工业特殊参数的自动测量方法和仪表;第二篇共七章,结合制浆造纸工业设备,介绍了自动调节理论的应用及其调节系统,常用和专用的自动调节器的原理、结构和整定方法,以及自动调节阀的选型、设计计算;第三篇共二章,简要介绍工业控制机的原理、结构及其在制浆造纸工业自动化中的应用。

本书可供从事制浆造纸工业自动化工作的技术人员和有关院校师生参考。

制浆造纸工业自动化

莫芳灿 编

轻工业出版社出版

(北京阜成门内大街3号)

北京印刷厂印刷

北京发行所发行

各地新华书店经售

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 18 3/32 字数: 417 千字

1981 年 1 月 第一版第一次印刷

印数: 1—6,700 定价: 1.60 元

统一书号: 15042·1533

前 言

解放以来,在广大造纸职工的努力下,我国制浆造纸工业获得了很大发展,生产技术水平不断提高,自动控制技术也得到越来越广泛的应用;许多自动化仪表已经成为工人控制生产必不可少的“耳目”和灵敏可靠的“手足”。实践证明,使用仪表控制生产过程,可以得到高产优质低耗的效果,并且能减轻劳动强度和保证安全生产。正如邓小平副主席在全国科学大会开幕式上的讲话中所指出的:“当代的自然科学正以空前的规模和速度,应用于生产,使社会物质生产的各个领域面貌一新。特别是由于电子计算机、控制论和自动化技术的发展,正在迅速提高生产自动化的程度。同样数量的劳动力,在同样的劳动时间里,可以生产出比过去多几十倍几百倍的产品”。为了加速发展造纸工业,在本世纪末实现造纸工业的现代化,必须广泛采用自动化技术,不断地提高生产的自动化水平。

为满足从事制浆造纸工业自动化工作的技术人员、工人和大专院校师生的需要,根据国内外有关书籍、杂志以及生产实践经验编写成本书。本书比较详细地叙述了制浆造纸工业中的自动化问题。主要内容包括国内外制浆造纸工业特殊参数的自动测量方法和仪表;自动调节理论的应用及其造纸工业典型调节系统实例、常用和专用的自动调节器的原理、结构以及自动调节阀的选型;简要介绍了工业控制机的原理、结构及其在制浆造纸工业自动化中的应用。

本书在编写过程中,得到了轻工业部造纸工业科学研究所王德志、轻工业部南宁设计院杨念椿、轻工业部科学研究院余贻骥、轻工业部设计院李民选、西北轻工业学院孙怀禄、哈尔滨计算

技术研究所潘成宝、四机部六所龚炳铮、北京造纸一厂高宝恒等同志的大力支持和帮助，并提出了许多宝贵意见，编者在此表示感谢。

由于编者的思想水平和业务能力所限，又是初次编写，本书的缺点和错误在所难免，希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 自动检测装置

第一章 纸浆浓度测量仪	1
第一节 中、高浓度纸浆测量仪	2
第二节 低浓度纸浆测量仪.....	33
第三节 浓度变送器的安装和调整的特点.....	40
第二章 纸浆流量测量仪	44
第一节 测量纸浆流量的方法和仪表.....	44
第二节 纸浆中绝干纤维量的自动计算.....	51
第三章 纸浆液位和压力测量仪	55
第一节 测量纸浆液位和压力的特性及测量方法.....	55
第二节 测量纸浆液位和压力的仪表及装置.....	56
第四章 化学浆和机械浆质量指标测量仪	67
第一节 粗渣含量测量仪.....	67
第二节 化学浆白度测量仪.....	69
第三节 纸浆打浆度测量仪.....	72
第五章 纸页和纸板水分、定量和厚度的测量仪	79
第一节 对仪表的要求.....	79
第二节 纸页水分测量仪.....	80
第三节 纸页定量测量仪.....	111
第四节 纸页水分和定量联合测量仪.....	115
第五节 纸页和纸板厚度测量仪.....	117
第六章 纸页质量指标测量仪	121
第一节 纸页纤维均匀度测量仪.....	121

第二节	透气度测量仪·····	123
第三节	光学特性测量仪·····	124
第四节	电气绝缘性能测量仪·····	126
第五节	灰分测量仪·····	127
第七章	烘缸温度测量仪·····	128
第八章	木片流量、水分和料位测量仪·····	132
第一节	木片流量测量仪·····	132
第二节	木片水分测量仪·····	139
第三节	木片重量和水分联合测量仪·····	151
第四节	木片料位测量仪·····	152
第九章	液体和气体质量指标测量仪·····	156
第一节	pH 值和氧化还原电动势测量仪·····	156
第二节	溶液和悬浮液的浓度测量仪·····	162
第三节	蒸煮液分析仪·····	176
第四节	气体分析仪·····	187

第二篇 自动调节系统及其装置

第十章	自动调节系统的特性及其研究方法·····	193
第一节	表示自动调节系统动作方程式的组成·····	197
第二节	典型的动态环节·····	201
第三节	自动调节系统·····	208
第四节	有差系统和无差系统的稳态偏差·····	211
第五节	稳定性的研究·····	212
第六节	过渡过程品质的研究·····	217
第七节	改善自动调节系统动态特性的几种方法·····	224
第十一章	滞后对调节质量的影响及其克服方法·····	227
第一节	测点位置引入的纯滞后·····	227
第二节	测量元件的测量滞后·····	227
第三节	信号传送滞后·····	231

第十二章 调节对象的特性	235
第一节 液位调节.....	236
第二节 温度调节.....	243
第三节 压力调节.....	263
第四节 浓度调节.....	268
第十三章 用试验方法求取对象特性和计算调节系统举例 ...	273
第一节 用试验方法求取调节对象的特性.....	273
第二节 求取间接加热蒸煮锅的特性.....	278
第三节 纸浆液位调节系统的计算.....	281
第十四章 制浆造纸工业典型的自动调节系统举例	294
第一节 位置式自动调节系统.....	294
第二节 单参数自动调节系统.....	296
第三节 多参数自动调节系统.....	302
第十五章 自动调节器	306
第一节 调节器的特性.....	306
第二节 自动调节器的动作原理和结构.....	320
第三节 自动调节器的整定.....	353
第十六章 自动调节阀	377
第一节 调节阀的特性.....	378
第二节 调节阀的选择.....	389
第三节 调节阀的计算.....	402
第四节 调节阀的执行机构.....	418
第五节 阀门定位器.....	424

第三篇 电子计算机的应用

第十七章 电子计算机如何控制生产过程	431
第一节 工业控制机的主要组成部分.....	431
第二节 生产过程数学模型的求取.....	436
第三节 生产过程最优工况的控制.....	450

第十八章 电子计算机在制浆造纸工业中的应用	459
第一节 蒸煮锅的电子计算机控制	459
第二节 连续蒸煮器的电子计算机控制	477
第三节 漂白过程的电子计算机控制	481
第四节 打浆机的电子计算机控制	485
第五节 造纸机的电子计算机控制	489
第六节 结语	516
参考文献	519

第一篇 自动检测装置

第一章 纸浆浓度测量仪

纸浆浓度就是纸浆中含有的绝干纤维重量百分数。保持纸浆浓度恒定在大多数制浆造纸生产过程(洗选、除渣、打浆)中都有决定的作用,而且在纤维配比中纸浆浓度有着重要的意义。因为当各流量比例一定时,纸浆浓度的恒定就保证了各种纤维配比的正确性,所以,早在1886年,第一个纸浆浓度调节器就已经在制浆造纸工业中得到了应用。现在,各种型式的纸浆浓度测量仪和调节器已经在很多制浆造纸企业中广泛应用。

大家知道,直接测量纸浆浓度即单位体积内绝干纤维的含量,只有在实验室内才是可以的。这种测量方法是将一定体积的样品,把纤维和水分开并将纤维干燥至恒重。现在生产的一切浓度测量器都是利用悬浮液的各种特性,例如流体的运动特性、光或声的吸收等特性的各种间接测量方法。所有这些方法其测量范围都受到一定的限制,因此,只适用于一定的浓度范围。

此外,利用间接法,由于各种附加因素——温度、压力、流速、纤维配比和打浆度等的影响而带来附加的测量误差。因此需要寻找新的比较现代化的浓度测量方法,并根据现有的测量原理来改进变送器的结构,其方向是提高测量精度,减少外来因素的附加影响,扩大测量范围,又要操作简便和可靠性高。这就是发展多种型式的纸浆浓度测量仪和不断更新其结构的原因。

第一节 中、高浓度纸浆测量仪

现在,为了测量纸浆中、高浓度(即浓度大于1~1.5%),采用了根据纸浆流体动力学,尤其是根据表面摩擦力、剪力和视在粘度与纸浆浓度的关系的专用变送器,这种关系只有当纸浆沿管道运动时或者相对于敏感元件的运动时才表现出来。

为了更好地了解这些变送器的工作原理,必须考察纸浆悬浮液的运动特性。

关于纸浆悬浮液流体动力学的若干概念如下所述。

水和其他牛顿液体沿管道的运动服从于下述关系:

$$T = \eta \frac{dv}{dy} \quad (1-1)$$

式中 T ——剪切应力,即引起液体运动的力;

η ——粘度系数(或内摩擦系数),表示液体相邻两层之间的相互偏移(剪切)的反作用;

$\frac{dv}{dy}$ ——速度梯度(液体相邻两层之间)。

牛顿液体的运动速度与上述的剪切应力成线性关系(在沿管道运动的情况下,与始末两端的压差成线性关系),而沿管道截面的速度分配则有抛物线特性,沿管道中心线的抛物线的尖端为 $V_M = 2V_{CP}$ (图 1-1 中曲线 1)。然而,有许多液体和悬浮液(纸浆属于此类悬浮液),它的运动速度与剪切应力成非线性关系。

这样,在稳定情况下具有稳定的体积结构的粘塑性液体(例如树脂、沥青、润滑油),只有在剪切应力 T 大于纵坐标 T_y 值,以便破坏这种结构的情况下才能产生剪切力(图 1-1 中曲线 2)。当粘塑性液体开始运动之后,其本身就与牛顿液体相似;

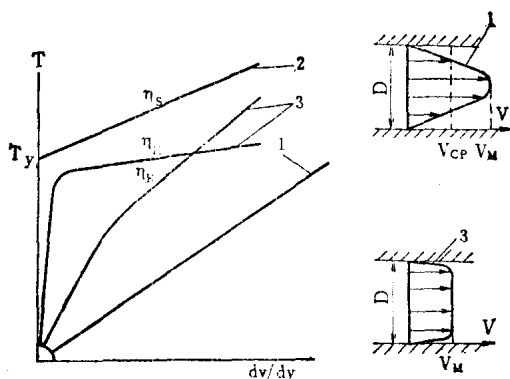


图 1-1 不同液体沿管道的运动速度与移动压力
及其沿管道截面的速度分布的关系
1—牛顿液体；2—粘塑性液体；3—非粘塑性液体

$$T - T_y = \eta_s \frac{dv}{dy} \quad (1-2)$$

式中 η_s ——稳定运动时粘塑性液体的粘度系数。

假如粘塑性液体例如各种脂膏的运动（图 1-1 中曲线 3），服从下列关系：

$$T = \eta_k \left(\frac{dv}{dy} \right)^n \quad (1-3)$$

式中 η_k ——视在粘度系数，取决于液体浓度和剪切应力；

n ——表示液体沿管道流通截面的速度分配偏离牛顿液体的流体品质指标，也就是偏离于抛物线形状的品质指标；若 n 越小，则抛物线的尖端就越大。

如果我们来研究一下压头损失（即实际上是附加剪应力）与纸浆悬浮液沿管道的运动速度的关系（图 1-2），那么就可以看出，当条件（纸浆品种、组分和浓度、管道直径）不同时，纸浆可以有粘塑性液体和非粘塑性液体的特征，而且它们当中的特性也并不完全相同，因为还没有考虑纸浆悬浮液的基本特性——具有纤维的弹

性体积结构特性, 这种特性是当浓度高于 0.3~0.8% 的纸浆在运动时, 由于纸浆纤维相互之间的交织而形成的。然而, 实际上在一定的纸浆浓度和管道直径中, 纸浆的运动接近于非粘塑性液体的运动, 其流体品质指标 $n \approx 0.2$, 这是与管道截面速度分配特性的“活塞形式”相对应的(见图 1-1, 曲线 3)。

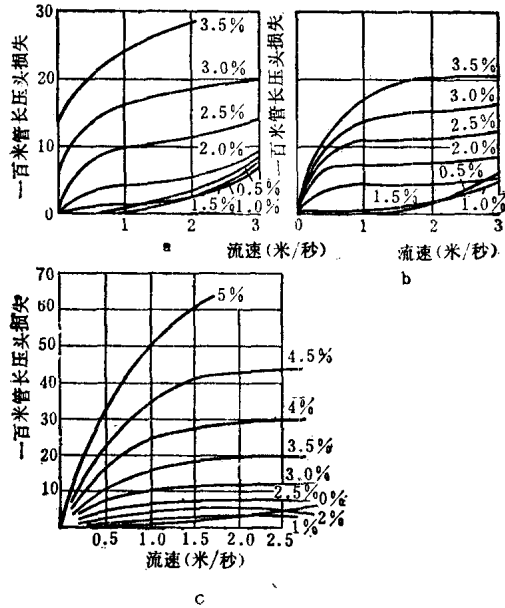


图 1-2 纸浆在管道运动时压头损失与速度的关系

- a—沿 D_0 200 毫米管道运动时的机械浆;
- b—沿 D_0 250 毫米管道运动时的亚硫酸盐浆;
- c—沿 D_0 300 毫米管道运动时的硫酸盐浆

纸浆悬浮液运动的理论暂时还没有完全弄清, 但是按照试验资料来看, 这种运动可以用下述形式来描述。

在剪切应力小及其相应的运动速度小的情况下, 纸浆纤维对管壁的摩擦力比纤维各层之间的摩擦力大(图 1-3), 因此, 管壁附近的纸浆不运动, 并且其运动阻力是由各层纤维之间的摩擦力来决定的。若纸浆浓度越大、纸浆各层纤维间的交织越好, 则该摩擦

力就越大于水的阻力。

当速度提高时,各纤维之间的摩擦(联结)力增加,当略高于临界速度(约 0.3~0.6 米/秒)时,各纤维之间的摩擦力就比纤维对管壁的摩擦力大,并且当纸浆沿着管壁滑动时,其各层纤维没有相对的移动而开始成为“活塞”。同时在内摩擦力的作用下,在管壁-液体分界处发生了纤维的分离,并且它沿着流束中心线的方向发生了放射型的压缩而形成水环,该水环减少了管壁-液体之间的摩擦力。水环的厚度为:

$$d = \eta \frac{v}{\tau_w} \quad (1-4)$$

式中 η ——水的动力粘度;

v ——平均流速(等于“活塞”的边界速度);

τ_w ——对管壁的剪切应力。

$$\tau_w = K' \left(\frac{8v}{D} \right)^{n'} \quad (1-5)$$

式中 D ——管道直径;

K' 和 n' ——取决于纸浆浓度和管道直径的系数,而与运动速度无关。

计算表明,在通常的纸浆运动速度(0.6~1.5 米/秒)和浓度(2.5~4.0%)的情况下,在管道直径 100~300 毫米中,水环的厚度为几百分之一毫米。计算又表明,当水和其他牛顿液体沿管道运动时,其水环的厚度一般小一些。流速从管壁处的 0 到“活塞”速度 v_M 的变化产生了水环。因此,若水环厚度越小,则其速度梯度值(在其他相同条件下)和压头损失就越大。

因此,浓度高于 0.3~0.6% 的纸浆运动阻力就比在同样速度下水的运动阻力大,而提高浓度,强化纤维结构和压缩水环,则该运动阻力就增加。应当指出,纤维的联结力,与“活塞”结构的稳定性和水环的厚度,是相对应的,它在很大程度上取决于纤维的特

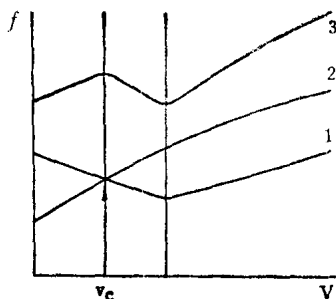


图 1-3 摩擦力与纸浆沿管道运动速度的关系

- 1—纸浆对管壁的摩擦力;
- 2—纸浆层之间的摩擦力;
- 3—1 和 2 的合成摩擦力

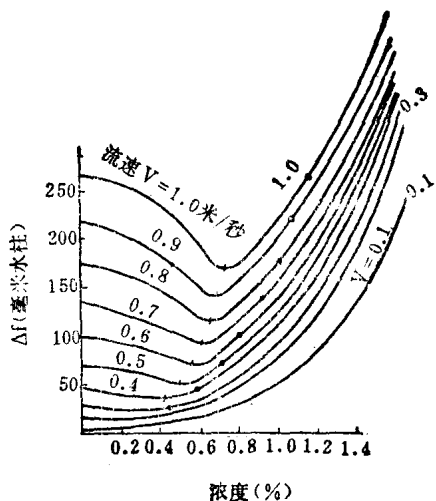


图 1-4 纸浆沿 D_{930} 管道的运动阻力与其浓度的关系

性，尤其是取决于它的长宽比。若纤维越长越硬，则“活塞”就越稳定。

根据这个指标，各种纸浆纤维的结构强度大小的顺序为：牛皮纸浆、未漂白的硫酸盐浆、漂白的硫酸盐浆、未漂白的亚硫酸盐浆、漂白的亚硫酸盐浆、中性亚硫酸盐半料浆、中性亚硫酸盐木浆、锯末的厚纸纸浆、草浆。

表示纸浆悬浮液沿管道运动的阻力与其浓度的关系可以按图 1-2 的曲线来判断。这个关系在纸浆流速和浓度小的范围内特别明显。当流速很小时（图 1-4），曲线没有拐点；而当流速大于 0.4~0.5 米/秒，即相当于形成水环的时候，浓度为 0.5~0.8%，则压降损失很小。该压降可由式 (1-5) 的系数 K' 和 n' 以及纸浆流速对管道直径的比例来决定。当管道直径减小和运动速度提高

时,对短纤维的悬浮液(废料、机浆等)来说,特别明显地表现出这种压降损失很小。

由于流速增加而使管壁上的剪切应力增加,从而在一定程度上补偿了水环厚度的增加。因此对于纸浆悬浮液来说,管道上压力损失与速度的关系曲线在开始比较陡的地方之后,它的压力损失又比水在管道上的压力损失增加得更多了(见图 1-2c)。

应当指出,在通常纸浆流速(2 米/秒以下)和浓度时,水环的运动具有分层的特征。当流速继续提高时,其运动就成为湍流的,而且该湍流最初是水环,以后当线状结构被破坏时,则管道的整个断面就成为水环的了。

悬浮液的温度影响到水的粘度 η 的变化,对水环的厚度和管道中的压力损失的影响也很大。当浆料流速和浓度都很小时,温度的影响就大于浓度的变化。所有这些因素的影响在以后的章节中都有详细的叙述。

由上所述可以看出,当纸浆悬浮液在运动时,纤维结构的坚固性(也就是纤维折断所需的力——剪切力)和纸浆与固体物质(管壁、转子、搅拌器等等)接触时在其表面上所产生的接触压力,也就是在沿管道运动时的压力损失或者转子在旋转时的制动力矩的数值,就可确定出纸浆纤维的浓度(当流速不变和其他条件相同时)。

一、根据测量浆料沿管道和流槽的运动阻力的变送器

按照上述纸浆运动的理论,测定纸浆沿管道运动的压力损失,就可确定纸浆浓度,也就是说,纤维悬浮液沿管道运动的阻力就是纸浆纤维量的量纲。

谢鲁式和春拜式浓度变送器就是根据这种原理动作的。在谢鲁式(图 1-5a)变送器中,由接收器溢流(保持恒压)出来的纸浆,沿着斜槽流回管道中。斜槽中的液位由纸浆在斜槽中的运动来决定。在斜槽的倾斜度一定时,斜槽中液位也就取决于纸浆的浓度。为了测出斜槽中液位,在谢鲁式变送器中采用了带机械传送的浮

子,而按作用原理来说,相似于苏联的勃拉米尔变送器,是和现代化的谢鲁式变送器——液压管相同的。测量范围随斜槽的倾斜角和流经斜槽的纸浆流量而变化,而且,若所测浓度越高,则斜槽的倾斜角度就应当越大。这种变送器有两种变型产品,测量范围

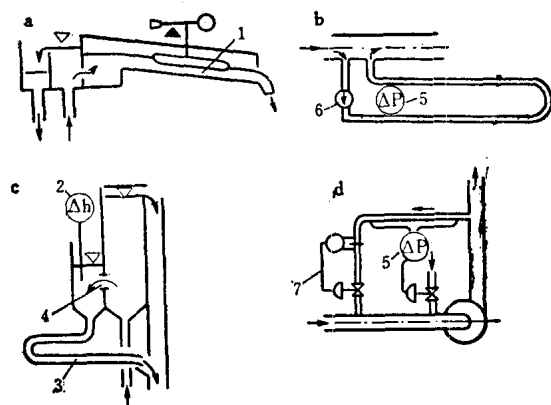


图 1-5 根据测量纸浆运动阻力的原理而工作的浓度变送器

a—根据开口斜槽的液位测定; b—根据在出口处带摩擦管的容器的液位测定; c、d—根据管段的压差测定 1—浮子; 2—测压计; 3—摩擦管; 4—校准孔; 5—差压计; 6—定量泵; 7—流量调节器

为 0.5~1.5% 和 1.5~3.5%, 其斜槽及浮子的长度不同。实际上只是采用了第二种变型产品, 因为在低浓度时, 测量的灵敏度不够, 而各因素(温度、打浆度、纸浆组分)的影响较纸浆浓度的变化为大。谢鲁式浓度调节器在整定和维护好的情况下, 能保持纸浆浓度稳定在 $\pm 0.2\%$ 以上的范围。1940~1950 年期间, 在大多数的制浆造纸企业中都采用了这种变送器。这种仪表现在已经陈旧, 在国外新的企业中已不采用, 而在我国许多制浆造纸工厂中还在使用。

在春拜式变送器(图 1-5b)中, 漏斗是测量元件, 纸浆从恒定溢流装置的旁通孔中流入到漏斗内, 纸浆从漏斗中经过摩擦管流