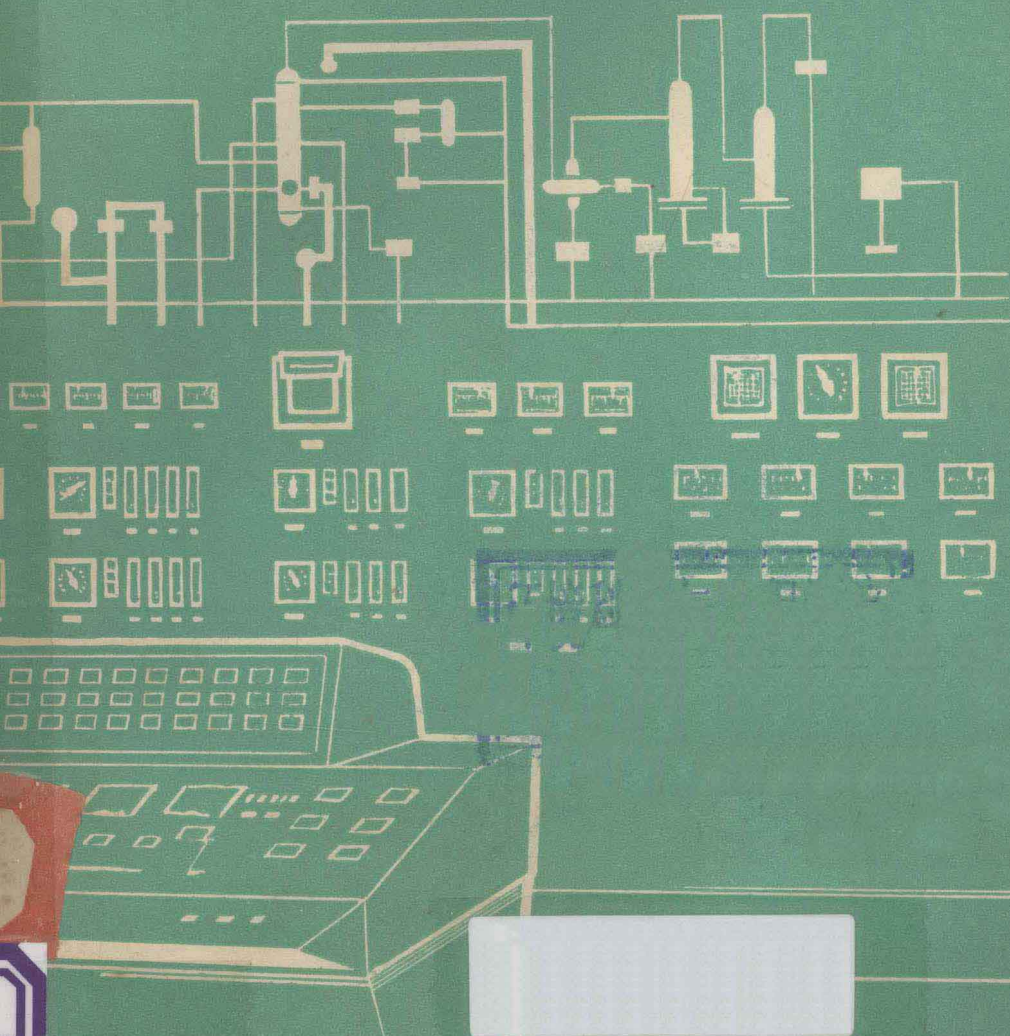




成分分析仪表译文集



上海工业自动化仪表研究所

一九七二年十月

毛主席语录

外国一切好经验，
好的科学技术，我们都
要吸收过来，为我们所
用。拒绝向外国学习是
不对的。当然，迷信外
国认为外国的东西都是
好的，也是不对的。

成分分析仪表译文集

目 录

纸浆浓度、转数、气体密度测量.....	1
ПР-1014型放射性密度计.....	13
实用的密度测量仪.....	29
液体密度连续测量仪.....	34
辐射式比重密度计.....	40
超声波粘度计.....	47
大量程的可携式粘度计.....	55
粘 度 计.....	58
摆片粘度计.....	67
超声波粘度计.....	76
微波湿度测量.....	85
湿度调节回路中的湿度变送器.....	90
运转中块粒物湿度测量问题.....	102
红外线光学测湿度.....	107
红外线气体分析仪灵敏度的提高.....	112
连续测量保护气体中氧量的仪表.....	121
电导率测量仪.....	128
电导率测量仪器的构造和试验.....	131

纸浆浓度、转数、气体密度测量

(《ヘルプ濃度、回轉數、氣體密度の測定》

オートナーミヨソ, Vol. 12. (1967)

圖 12, PP. 87~92.)

在温度、压力流量、液位等工业测量范围中，仪器制造厂生产了多种仪表来测量代表性的变量，因此在选用时感到无所适从。

但是，仅以一个生产过程及工场的仪表装置对于代表性的变量所作之测量控制是不足以提供参考的。

所比较的例子较少，现在举纸浆浓度、转数、气体密度等变量作为测量控制对象为例，并叙述关于把这些变量转换为 $0.2 \sim 1.0$ 公斤/厘米² 的气动式变送器。

1. 纸 浆 浓 度

纸浆浓度是纸浆工业仪表装置中最重要的变量之一。纸浆浓度控制不单为制造均匀纸浆及优质纸张时所必须，也是使纸浆制造中各项工程能均衡操作所必不可少者。一般来说，按照(1)式的定义，纸浆浓度是以纸浆原液中所含纤维成分占原液总重量的重量百分率来表示的。

因此，如果将纸浆浓度与原液之重量流量同时测出并加以乘算，就可以知道纤维成分绝对量的变动，而且大致上可以进行均衡的操作。

纸浆浓度变送器以能直接测量纤维成分绝对量的方式最为理想。实际中，除了采用取样法的实验室技术以外，直接测量绝对量是不可能的。

今天，实用化的变送器是对与纸浆浓度有关的其他特性（如粘稠度）进行测量，间接地测量纸浆浓度。

所谓粘稠度在概念上是指固体与液体中间的物体硬度（及软度）。广义的说，是指对变形的阻抗而言。根据美国材料试验规格（ASTM E24-58T），粘稠度的定义为对非牛顿液体变形的阻抗。

以纸浆工业来说，根据(1)式，粘稠度在定义上与纸浆浓度是同义的。

可是，严格地说，粘稠度与纸浆浓度之间一定的相关特性较少。粘稠度要受到纸浆原液的种类、流速、打浆度、温度、压力、纤维形状等种种条件之影响。其中，除了流速影响以外，实际工程与测量装置可以是一定的，而流速由于操作条件关系，不能不发生变化，因此，如果不采取措施补偿流速影响，就会产生误差。

但是，对于象纸浆原液那样的非牛顿流体，要补偿随着流速变化而发生的粘稠度变化是非常困难的，过去的纸浆浓度计对这方面一向感到棘手。

(1) 纸浆浓度的定义

纸浆浓度的定义如下式所示。

$$C = \frac{F}{W} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

C = 纸浆浓度 (%) ;

W = 纸浆原液 (水及纸料等其他混合流体) 的总重量 ;

F = 纸浆原液中纤维成分的干燥重量。

实验室中在求出纸浆浓度时，将重量明确的纸浆原液充分干燥，然后只计量纤维成分的干燥重量，并加以计算，求出浓度，而且根据干燥程度分为绝干标准和风干标准。

绝干亦称绝干纤维、烘干或脱湿等，是对在纸浆原液加热后完全除去水分的纤维成分的重量用的。风干是在空气中进行干燥的，是在纸浆的水分含量与大气中湿度平衡的状态下使用的。商业习惯上，水分含量约为 10 % 左右。绝干广泛地用于实验室中及装置设计等场合中，1.5% b.d. (绝干) 可用 3.0% b.d.f. 来表示。在一般纸浆工业中，纸浆浓度一般处理到 1 ~ 6 % b.d.。

(2) 纸浆浓度变送器

一般来说，纸浆浓度变送器可分为取样式和全流式两种。图 1、图 2 所示是采用流动槽 (flow box) 的取样式和全流式的例子。

全流式是在生产流程线的一部分中安装的，使流程中的全部流量

流过变送器的检测机构；而取样式则是对从生产流程线所分流的试样进行浓度测量。

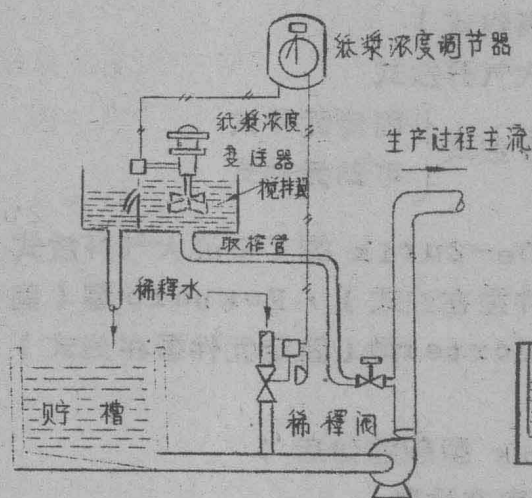


图1. 取样式纸浆浓度调节的例子

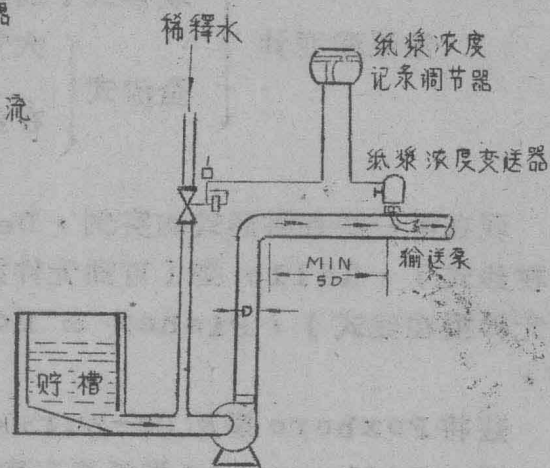


图2. 全流式（在线式）纸浆浓度调节的例子

取样式由于流速和压力能够比较简单地稳定下来，所以早期多采用这种形式。

但是，取样式的取样装置太大，而且稀释点与测量点的距离太大，时间延迟是个问题，因此现在几乎都是采用全流式。

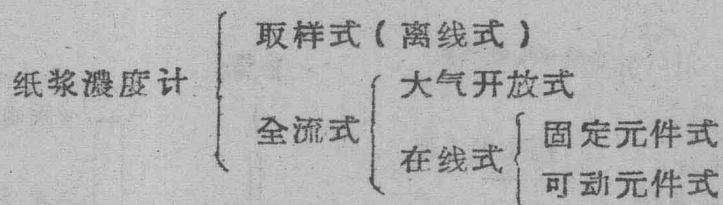
全流式又细分为大气开放式和在线式两种。大气开放式是在生产流程线的某一部分上设置通向大气的测量槽来测量浓度，其原理、结构与取样式相似。但是，它直接安装在流程线上和改进泵浦容量这两点上却比取样式更具优点，然而，由于测量槽较大，时间延迟依然是个问题。为了改进这个问题，进一步考虑了在线式。

在线式可直接安装在压力状态下，因此无需大型测量槽，所以对任意一点进行测定。

在线式中，因为采用可动元件的装置发生旋转，所以要对必要的转矩进行测量，而在采用固定元件的装置中则测量流体阻力。可动元

件式因为需要动力源，所以结构复杂。固定元件式不需要动力源，所以结构简单、小型。

根据以上说明，纸浆浓度的种类可分类如下：



现在举一些各种形式的实例，De-Zurik 型 (全流大气开放式及在线式)，Kalle 型 (可动元件型在线式)，Foxboro 型 (固定元件型在线式)，Fisher & Porter 型 (固定元件型在线式) 等。

兹将 Foxboro 型及 De-Zurik 型叙述如后：

(3) Foxboro 19C 型纸浆浓度变送器

19C 型纸浆浓度变送器 (参看照片 1) 是固定元件型在线式变送器，系在 1963 年由 Foxboro 公司所发展。

检测元件是弯月刀形固定元件，可用来检测由于纸浆原液表面粘性所产生的剪应力，并具有对流速变化影响作自己补偿的独创形状。上部的传送机构中，采用了与该公司所制之差压变送器同样的力平衡式传送机构。因此灵敏度极高，并能保持 0.01% b.d. 的浓度变化。测定范围的跨度为 0.5~3.0%，范围为 2~5%，零点漂移，范围变更等与上述差压变送器完全相同。变送器的安装方法是在生产过程管道中开一只直径 56 毫米的安装孔，并焊接上变送器所附的专用法兰。安装位置可任意选择水平管、垂直管、倾斜管等位置。在安装直径 6B 以上的管道中时，对应于 5:1 的流量变化，输出压力变化在 1.5% 以下。如果测量跨度为 1% b.d.，流量变化的影响至多是 $\pm 0.015\%$ b.d.，这是可以忽略不计的。

① 原理

19C 型纸浆浓度变送器是将图 3 所示之弯月刀形检测元件直接插入到纸浆原液流中，通过对检测元件中动作的流体阻力的检测，测

量出纸浆浓度。把力转换为空气压力的力平衡式传送机构是众所周知的，故仅表示其原理图。

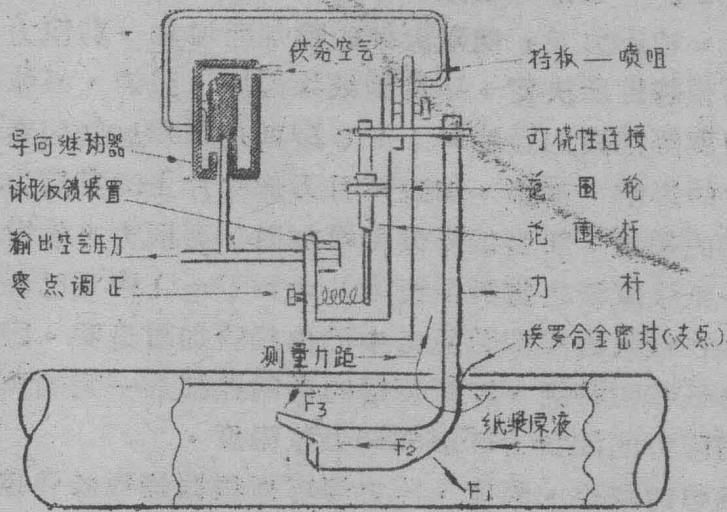
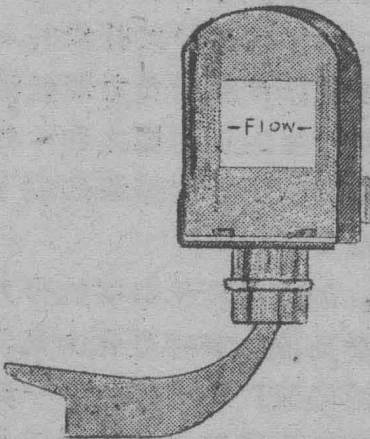


图3. Foxboro 19C型纸浆浓度变送器原理图

照片1
19C型纸浆浓度
变送器的外观



在纸浆原液流动状态下，弯月刀形叶片中有三种力在动作。第一种力为 F_1 ，它是纸浆原液冲击到叶片前缘部分所产生的冲击力和剪力（以下称为冲击力），当纸浆原液流冲击了叶片的边缘部分，这个力就使流向改变，同时由纤维成分流所产生的力对作用面作垂直运动。第二种力是 F_2 ，它是纸浆原液冲击叶片两侧时，由于表面粘性所产生的剪应力。冲击力 F_1 随着流速的增加而增加，剪应力 F_2 由纸浆原液之非牛顿特性所决定，要受到纸浆浓度、流速、纸浆种类、温度、压力、打浆度等因素的影响。19C型就是利用这些因素中由于纸浆浓度所产生的影响。亦即，加到弯月刀形叶片上的剪应力和纸浆浓度之间有特定的关联，即当纸浆浓度增加时，剪应力必然增加。

今天，纸浆原液之雷奥罗奇（レオロジー）性质已经十分清楚，这个关联性在纸浆浓度测量历史中已由经验加以证实。因此，把流速、温度、压力、纸浆的种类、打浆度等的影响控制在一定的程度或加以补偿，根据剪应力的测量，可以知晓纸浆浓度。

由于纸浆的种类、温度、压力等可以根据操作条件控制在一定范围，实际的问题是对流速影响的补偿。

由于弯月刀形叶片尾部与液流间成为一个角度，当前缘部分上的冲击力 F_1 动作，尾缘部分上的第三种力 F_3 亦动作。力 F_1 、 F_2 和 F_3 分别产生绕着（エルジロイ）支点旋转的力矩。 F_3 的力矩与 F_1 和 F_2 的力矩在极性上不同，而且 F_3 随着流速的增加而增加，流速对 F_1 和 F_2 的影响是可以补偿的。所用之尾部形状及大小应选择得可使冲击力 F_3 所产生的负力矩抵消掉由冲击力 F_1 和剪应力 F_2 有关的分力所产生的正力矩之和。如果是这样的形状，叶片中动作的力矩之和对剪应力（亦即纸浆浓度）很敏感，所以受到的流速变化之影响变得极微。

与剪应力 F_2 的流速变化有关的分力，随纸浆原液之非牛顿特性而异，在纸浆种类及测量条件变化的场合下，与此有关的尾部形状亦必须改变。在普通纸浆厂的应用中，一般是使用一个种类。

流速变化对剪应力影响在技术上未经解决的方面还很多，弯月刀形叶片所以能不受过多的流速变化的影响之理由如下。

其一，由于纸浆原液的表面粘性特性。亦就是说，纸浆原液表面粘性要受到剪切速度的微妙影响。一种说法是如图4所示的拟塑性（Pseudoplastic）。也就是说，当剪切速度越过一定的界限值，纸浆原液对剪切有比较大的阻抗，剪应力急剧地增加，在某一点上出现降伏现象，即使剪切速度变化，与它成比例的剪应力亦不变化。因此，如纸浆原液以降伏点以上的速度流动时，流速影响小。19C型中，最低流速限制在0.225米/秒。

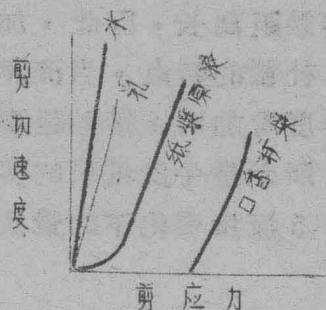


图4 纸浆剪切速度——剪应力图

其二，由于叶片前缘上纸浆纤维的脱水现象。图5中，当纸浆原液与前缘冲突时，原液中的水分向着切线方向流动。与此相反，纤维成分由于柔软而且具有剪断降伏特性，不向着切线方向流动，而是绕着前缘，滑过叶片的侧面而流动的。因此，引起了前缘上的纸浆原液脱水现象。纤维成分较多的流，从所谓水壁主流中分流，与叶片两侧接触。水壁是原液流入管道中所出现的现象。是当部分液流中纤维成分较少，而水的成分多时所发生的现象。在纸浆浓度为一定的场合下，纤维成分多的流接触到

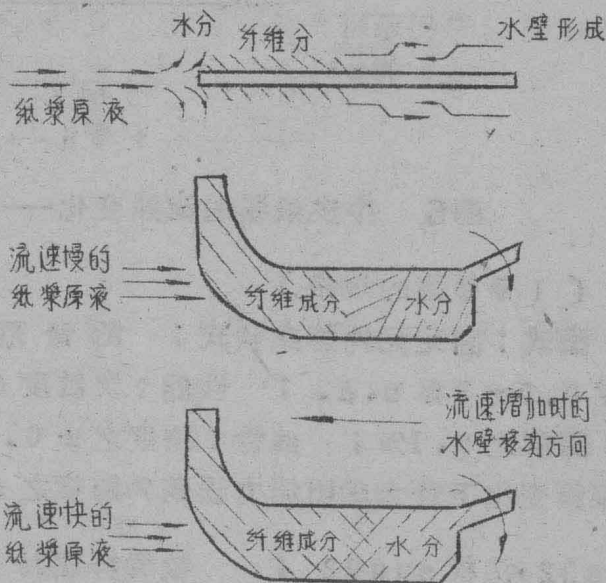


图5 弯月刀形叶片的脱水现象

叶片的接触距离与流速的增减有关。亦即，流速快则接触距离短；流速慢则接触距离长。因此，加到叶片上的剪应力 F ，具有根据流速变化进行自补偿的特点。当流速为一定时，接触距离随着纸浆浓度而定，当纸浆浓度增加时，接触距离亦增大。

图6所示是牛皮纸浆的实例。在常用流量范围中，流速的影响极小，1:5流量变化下的最大偏差约为输出空气压力变化之 $\pm 1.5\%$ 。

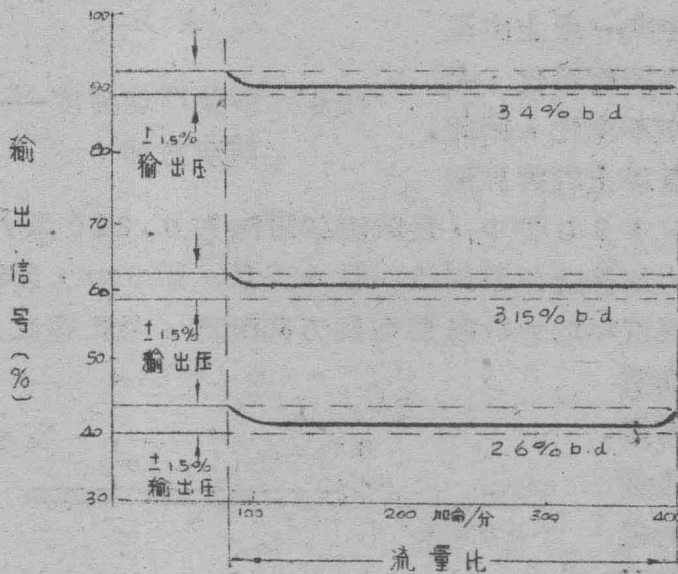


图6. 牛皮纸浆的流速变化——输出压变化图

〔19C型的规格〕

型式：固定元件型在线式； 测量范围：范围2~5% b.d.。
 跨度0.5~3% b.d.； 性能：灵敏度0.01% b.d.； 再现性：跨度之0.1%； 线性：跨度之 $\pm 0.3\%$ ； 流速影响：1:5之流量变化下最大输出压力误差为跨度之 $\pm 1.5\%$ ； 材料：本体sus32, 边板sus32； 软管杆密封(ホースベアリング)エルジロト(膜)； 涂饰：耐酸涂饰； 安装：专用法兰安装(生产过程管路上开有56 ϕ 的孔, 焊接专用法兰)； 安装位置：可装在6B以上的水平管、垂直管、倾斜管的任何位置上。 使用压力：0.3

~7公斤/厘米·克； 使用温度：-29~82℃； 输出信号：0.2
 ~1.0公斤/厘米²； 供给空气：1.4公斤/厘米²； 空气消耗量：
 1.3标称米³/时； 重量：4公斤。

19C型的外形尺寸(参考图7)。

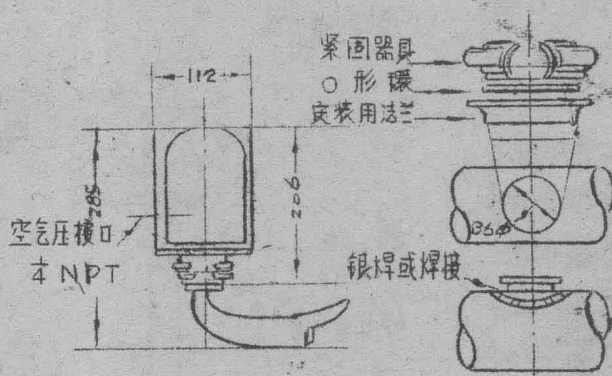


图7. 19C型纸浆浓度计外形尺寸

(4) De-Zurik 型纸浆浓度变送器

De-Zurik 型浓度变送器是采用可动元件(搅拌翼)的全流式变送器。起先是制成大气开放式。在管道中装有密闭装置。图8为大气开放式的例子，由《stock》泵送出的纸浆原液从入口进入搅拌槽，通过搅拌翼机构从出口进入到下一道工序，过剩的液流则返回到前一道工序的贮槽中。

这种型式的变送器对流速有所限制，进入搅拌槽中的流速必

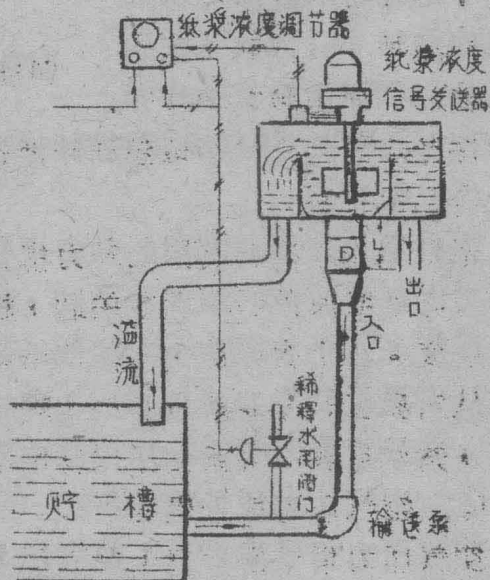


图8 大气开放式纸浆浓度计

抑制在 0.6 米 / 秒以下。
跨度：约 1 % b.d.

测量范围：约 2 ~ 6 % b.d. ; 测量

① 构造、原理

变送器由图 9 中所示的驱动装置（电动机、减速装置），搅拌翼，空气压力信号发送器，搅拌槽构成。

② 驱动装置

根据图 9，安装法兰的中心有由电动机和减速机构驱动的旋转轴，其中装有三个同一形状的搅拌翼。电动机和减速机构是一个整体，由可对法兰作自由旋转的滚珠轴承所支撑，当搅拌槽内的翼片旋转时，由于其反力之故，电动机和减速机构向反方向旋转。一方面，在减速机构的侧面上装有动作臂，向着法兰上的传送机构传送旋转动作。

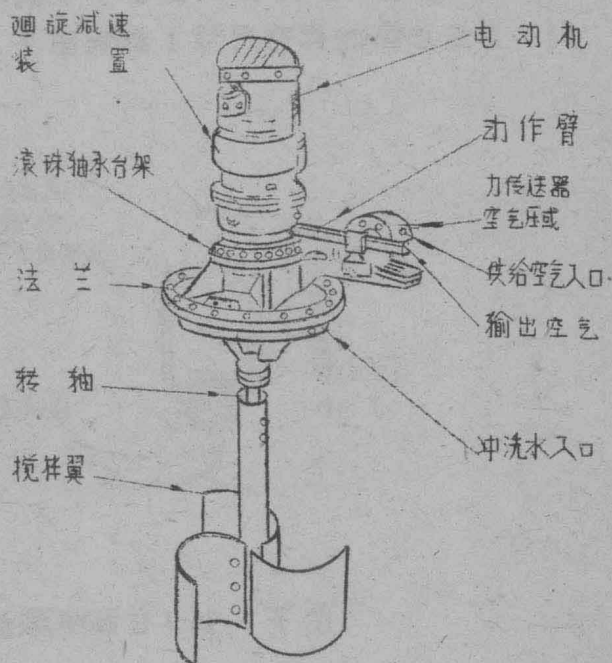


图9. De-Zurik 型纸浆浓度变送器

③ 搅拌翼

搅拌翼依靠驱动装置的动力搅拌纸浆原液。由于搅拌所需要的旋转反力与纸浆原液的浓度有关联，根据对旋转反力的测量，可以知道纸浆浓度。这个关联性，与其他纸浆浓度变送器的原理一样，不是严格地从雷奥罗奇（レオロジー）理论中推导出来的，在特定的流速范围内，充分可靠的关系是从经验中求得的。

④ 空气压力信号发送器

空气压力信号发送器（参考图 10）把旋转反力转换为 0.2 ~ 1.0 公斤 / 厘米² 的空气压力信号，因此采用了非放洩式导阀机构。由于旋转反力的缘故，当动作臂压缩弹簧时，膜片 1 和 2 就掀押挡板

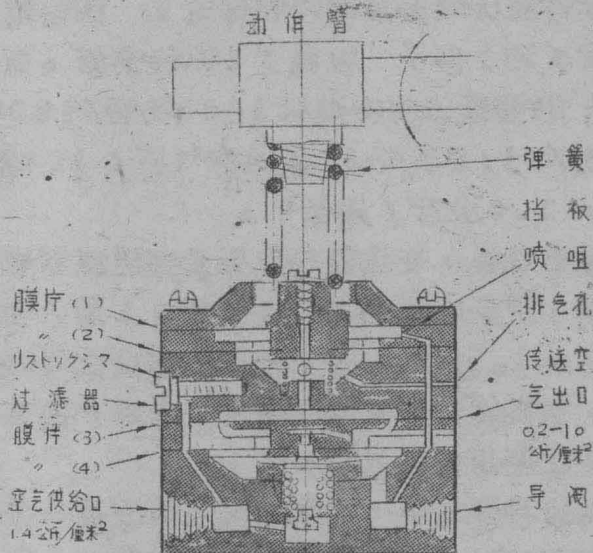


图 10. 空气压力信号发送器

将喷嘴关闭。因此喷嘴背压上升，膜片 3 和 4 被压下，导阀开放，输出空气压力很高。但是，由于输出空气压力要负反馈到膜片 1 和 2 之间，在压力上升的同时，将弹簧押回，在与旋转反力相平衡的一点上稳定下来。

⑤ 搅拌槽

这种型式的传送器必须要在测量场所设置一个搅拌槽（测定槽），搅拌槽一般由用户准备。

搅拌槽的形状，由于对纸浆浓度和旋转反力的关联性有影响，所以是相当重要的。当搅拌翼外周与搅拌槽内壁之间隔、浸渍深度、通过翼片部分时的流速、以及搅拌槽内周的形状改变时，即便在同一浓度下的旋转反力值亦不相同。

为了尽量避免这一影响，采用了溢流式使液位保持一定，为使纸浆流量保持一定，有必要进行流量调节。

此外，还必须考虑在结构上能便于纸浆原液之观测和试料取样等。

⑥ De-Zurik 型的规格

型式：可动元件型大气开放式或在线式； 测量范围：范围：约2~6%， 跨度：约1%； 电源：200伏交流，50周/秒/60周/秒； 电动机 $\frac{1}{2}$ HP 豎形三相电动机1000转/分/1200转/分； 搅拌翼：34.8转/分/41.8转/分； 供给空气压：1.4公斤/厘米²； 输出信号：0.2~1.0公斤/厘米²。

以上所记是主要规格，变送器输出要受到电源频率和流进搅拌槽的流入速度的影响。所受电源频率的影响是：1周/秒的变化下，变送器输出发生1%~1.5%左右的变化。由于变送器的测量跨度约为纸浆浓度的1%，当换算到纸浆浓度时，在1周/秒下有0.01%~0.015%的程度在实用中可忽略不计。

另一方面，在这种型式中，纸浆的流入速度是一个重要的因素，当速度达到0.6米/秒以上时，就形成了紊流状态，出现了动压影响，使正确的测量发生困难。因此，如图10所示，在最大流入量时，L和D之间有一定的限制。一般来说，即便在同一纸浆浓度下，如果流速增加，变送器的输出变得很大。

参 考 文 献

- (1) 各公司技术资料
- (2) レオロジーハンドブック，高分子学会编
- (3) John R. Lavigne: Consistency Control Concepts Old and New Presented at Eighth International Pulp & Paper Symposium St. Paul, Minnesota May 3-5, 1957.
- (4) Douglas M. Considine: Process Instrument & Controls Handbook.

ПР-1014 型放射性密度计

Л.И.Файнберг, И.Н.Котик, И.Я.Серебрянников

在许多工业部门中,在这种或那种生产所固有的工艺环节的各个不同阶段上,都必须进行浆液、溶液、浓缩物质和其他工业产品密度的测量和调节。

近年来对密度测量仪表的要求显著地提高了;这既关系到测量的精度和被测密度的范围,也关系到仪表可能应用的范围。

在许多情况下浆液或溶液密度的测量必须以 0.005 克/厘米^3 的精度进行,有时还要高些;检测密度达 3.5 克/厘米^3 的各种介质的问题已经提出来。有强侵蚀性和磨料浆液的密度以及易于沉附在管道壁上的浆液密度等也须经常测量。

有色金属自动装置设计局制成了一种 ПР-1014 型放射性密度计,其工艺数据在各方面都满足了所提出的较高的要求。该仪表供测量沿着密闭管道输送的浆液和溶液的密度之用。

1. 密度测量范围为 $0.75 \sim 3.5 \text{ 克/厘米}^3$, 范围的划分可从或高于 0.1 克/厘米^3 开始。

2. 测量误差不大于范围的 $\pm 2\%$, 高于 0.25 克/厘米^3 。当范围低于 0.25 克/厘米^3 时,误差不大于 $\pm 0.005 \text{ 克/厘米}^3$ 。

3. 仪表示值与浆液的微粒测量和矿物成份无关。

4. 仪表可安装在外径 100 到 150 毫米,钢质管壁的总厚度不大于 20 毫米的管道上。

5. 仪表适合在周围空气温度从 -5° 到 $+35^\circ\text{C}$ 和相对湿度不超过 98% 的非侵蚀性介质中使用。

6. 用 МСР-1 或 ЭМД 型交流电子电桥作二次仪表,讯号输入电动或气动调节系统中。

7. 在密度突然变化时在整个范围内仪表指针全刻度行程时间不超过 2 分钟。

8. 仪表电源用 $220 \text{ 伏} \pm 10\%$ 、 $50 \text{ 赫} \pm 0.5\%$ 的交流电流。

9. 马达消耗的功率不超过 90 伏安。
10. 变送器的外形尺寸 655×440×226 毫米。
11. 放射源的最大放射性： Co^{60} —40 毫居里或 Cs —135~250 毫居里。
12. 按照放射源的卫生标准和工作规范，变送器表面的辐射剂量不超过 10 毫居里/时。

仪 表 的 原 理 线 路

正如大家所知，用放射性射线测量密度是基于此射线由被检测介质吸收与介质密度的关系。因此，要测量出经过介质通过的射线的强度。

当用计算辐射接收器的脉冲数直接测量射线强度的方法和测量平均电流时，接收器和电子装置各参数的变化直接在测量结果上显示出来。因此，基于直接测量方法的仪表带有较大的仪器误差。为了降低这种误差采用了减少测量结果与整个接收线路各参数变化的关系的线路。补偿线路，带检测讯号的线路等都可归纳于这种线路。它们的共同特点是，其中除了其射线可以测量密度的基本能源以外还采用了附加能源，其射线可用来消除由于接收线路各参数的变化而引起的误差。这两个能源的射线都用同一个接收器记录下来，这时基本能源的射线经过被测量介质通过，而附加能源则不涉及介质而进入辐射接收器中。在 $\Pi\text{P}-1014$ 型仪表中也采用了两个辐射源（图 1）。辐射检测器是一个闪烁计数器。

基本能源的射线流用一特殊切换装置以 2 秒的周期这样进行调制，在 0.8 的调制周期内射线经过被检测介质通过而 0.2 周期移动能源进行保护，加码射线流的衰减超过 1000 倍。

检测能源的射线固定由接收器记录下来。在 0.8 个调制周期内接收器记录由两个能源发出的射线，而在 0.2 个周期内只记录检测能源的射线。

选择这样的记录的时间关系，目的是减少基本放射源的放射性。检测能源与辐射接收器离基本能源靠得很近。因此所需能源放射性的