

印染生产中溶液濃度的 自动控制与調整

Л. И. 貝連基 著

楊 克 譯

紡織工業出版社

譯 序

本書敘述了對繩狀浸軋機中酸液和鹼液按其電導度進行自動控制與調整的基本原理，並對蘇聯中央棉紡織科學研究院型溶液濃度調整器的結構和应用作了介紹。同時說明溶液濃度如經自動調整，就可以獲得節省藥劑；減少耗水量和疵品，並能加速與改進工藝過程及使質量標準化等技術經濟效果。可作為我國印染生產走向自動化的參考。

在翻譯這本書的過程中，承中紡部基建設計院張竟成、黃懋年二位工程師在技術方面給予審核，特致謝意。

譯者限于水平，譯文中可能有錯誤和不妥之處，希讀者指正。

譯者

一九五九年五月

目 录

緒言.....	(3)
按电导度来控制溶液的濃度.....	(5)
实驗室溶液电导度的測定.....	(13)
远距离測定溶液的电导度.....	(15)
溶液濃度的自动調整.....	(19)
中央棉紡織科学研究院型調整器在繩状浸軋机上 的应用.....	(30)
織物加工过程中溶液濃度的变化.....	(30)
在机器上調整器的安装.....	(32)
自动調整的結果.....	(36)
自动調整的技术經濟效果.....	(44)

緒 言

溶液濃度是纖維材料化學工藝學的一系列過程中所採用的主要參數之一。這些過程可能是週期性的，也可能是連續性的，控制和調整的目標也因此而有所不同。

棉布在煮練鍋中的煮練、紗綫的機械染色、毛織品在繩狀染色機中的染色等都可作為週期性過程的例子。在這些過程中，工作溶液的濃度具有重大的意義。

加工的進程是由藥劑的最初濃度、過程的物理條件及其延續時間來決定的。在這些條件下，發生藥劑濃度需要控制的問題，但非自動調整的問題。

在染整工藝程序中，特別是在棉布印染廠里，大部分是用固定濃度的酸、鹼、次氯酸鹽、各種助劑、染料以及其他的溶液連續處理平幅的或繩狀的織物（如容布器中的酸洗和漂白，繩狀浸軋機上的處理，連續軋染機上的染色）。這樣，溶液的濃度就必須加以調整。在處理同一批織物時維持不變的濃度，乃是過程自動化的重要前提之一。

酸鹼溶液濃度的遠距離控制和自動調整，目前在技術上已經獲得解決，其措施是根據輔助的物理特性，採用各種間接控制濃度的方法。用於此目的各種方法和裝置，已由中央棉紡織科學研究院（ЦНИИХБ）自動裝置科擬就，現敘述於本書中。

本書所探討的主要是棉紡織和亞麻紡織工業中繩狀浸軋機工作溶液的控制和調整問題。作者的任務在於幫助印染廠的工程技術人員、大專學校學生和斯達哈諾夫式工作者從事溶液濃度的自動控制。

按电导度来控制溶液的濃度

实施溶液濃度的远距离控制和調整，目的在于完成下面二个任务中的一个：控制濃度本身，或者控制工业溶液中电解质离子的活度^①。在第一种情况下，以工业溶液的容积单位来确定作用藥剂的重量含量；在第二种情况下，則确定这种藥剂的离子活度。pH 值的調整是活度的远距离控制和調整的典型例子。

我們在本書中要談的只是藥剂容积濃度的控制問題。在現代技術上，为了达到这一目的，乃利用可以根据与濃度发生一定相互关系的物理特性来測量濃度的各种不同的間接方法。下列各种远距离控制方法，对于印染厂里所采用的溶液具有重要意义：

- 一、比重測定法；
- 二、光学法；
- 三、电导度測定法；
- 四、自动滴定法。

作者与中央棉紡織科学研究所的同事們的試驗表明，在紡織工业的条件下，利用电导度測定法来控制溶液的濃度

①活度 $a = f \cdot c$ 式中： f —活度系数， c —容积濃度，对0.001M 的 H_2SO_4 溶液來說， $f = 0.837$ ，而对于1M則 $f = 0.186$ [1]

是最合理的。工业溶液内含有大量呈膠态和机械悬浮状态的杂质，这就妨害其他几种方法的实际应用。此外，电导度测定法，如同测量非电值的数种电气法之一，具有一系列的优点。

导电仪器是根据所有电解质溶液都能传导电源这一通性而采用的。

溶液的电导度，由该溶液中被溶解的物质数量；它离解为离子的程度和离子迁移率，即离子在电场中移动的速度来决定。在生产条件下，主要是要控制强电解质的溶液，根据现代的意见，在实际观察的浓度中，这些电解质完全离解为离子；离子的迁移率取决于它们彼此之间与溶剂（水）微粒的相互作用；因此，在其他条件相同的情况下，迁移率取决于温度〔2〕。

位居二个电极（浸于溶液中）之间的电解质溶液的电阻，由下列算式求得（在已知的温度下）：

$$R = \frac{1}{x} \times \frac{l}{S},$$

式中： R ——电阻，以欧姆计；

x ——比电导度，即一立方厘米溶液的电导度
（电极之间的距离以厘米计）；

S ——液柱横截面积，以平方厘米计。

不难看出比电导度的因次：

$$x = \frac{1}{R} \times \frac{l}{S} = \frac{C}{R} \Omega^{-1} \text{CM}^{-1}$$

$C = \frac{l}{S}$ 值称为电极的几何常数^①

溶液的比电导度等于所有被溶解的离子电导度的总和，即阴离子和阳离子电导度的总数（柯尔拉乌希定律）^②。

$$\kappa = \frac{C}{1000} \alpha \nu z (U + V)$$

式中：C——溶液浓度，以每升中克分子计

α = 离解度

ν = 已知电解质离解为离子的数目

z ——化合价

U ——阴离子迁移率

V ——阳离子迁移率

$U = F \times u$ (相当于 $V = Fv$)

式中： U (V) ——离子的绝对迁移率（速度），
以厘米/秒计

F ——法拉第数 (96494 库仑)

离子的迁移率是离子极限当量电导度，这可从溶液当量电导度所用的公式中得知：

$$\lambda = \alpha (U + V)$$

注意，在稀度很大的情况下，强电解质可以采用 $\alpha = 1$ 。

①在较为普遍的情况下，当截面 S 不相同， $C = \int \frac{dl}{S}$ 。

②柯尔拉乌希定律即电导度的加和定律，或称为离子独立运动定律。

表1中引載着各种离子在18°C时迁移率的数值（即在无限稀释时的当量电导度）。

表 1

阳 离 子	迁 移 率 $\Omega^{-1} \text{ cm}^2$	阴 离 子	迁 移 率 $\Omega^{-1} \text{ cm}^2$
H ⁺	315	OH ⁻	168
K ⁺	64.4	Cl ⁻	65.4
Na ⁺	43.5	F ⁻	46.8
NH ₄ ⁺	65.0	ClO ₃ ⁻	55
$\frac{1}{2}\text{Ca}^{++}$	51.5	$\frac{1}{2}\text{SO}_3^{--}$	83.9
$\frac{1}{2}\text{Mg}^{++}$	43.5	$\frac{1}{2}\text{SO}_4^{--}$	69.5
$\frac{1}{2}\text{Fe}^{++}$	45.3	CH ₃ COO ⁻	32.5
$\frac{1}{2}\text{Cu}^{++}$	45.9	$\frac{1}{2}\text{CO}_3^{--}$	60
$\frac{1}{2}\text{Al}^{+++}$	40	HCOO ⁻	46

离子H⁺和OH⁻具有最大的迁移率。因此，酸碱溶液的电导度大大地高于与其当量的盐溶液的电导度。这有很大的实际意义，因为有可能来控制含有若干数量盐的酸碱溶液。

在18°C时，一系列酸、碱和盐的水溶液浓度与比电导度之间的关系，示于图1中。

具有工业意义的电解质溶液的比电导度，可以在图1中的曲线上查得。大部分的曲线都通过最高值；只有在浓度比较低的溶液中，电导度和浓度之间才接近直线关系。不难看出，印染厂里工作溶液的浓度（丝光碱液例外）不会超过这些曲线始段的范围以外。因此可以控制硫酸溶液的浓度为0

~20% (0~200克/升) 和烧碱的浓度为 0~10% (0~100克/升)。

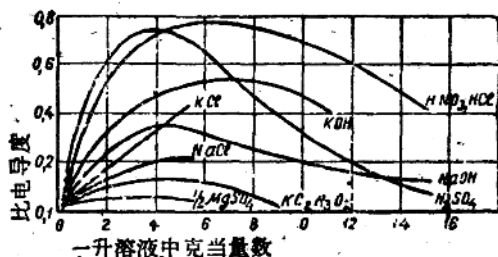


图 1 18°C 时电解质溶液的浓度与比电导度之间的依赖关系

电导度测定法不能控制丝光碱液。

曲线进一步表明，盐的杂质在工业酸液中的影响比在浓度上当量的碱液中小。

温度对比电导度的影响，根据柯尔拉乌希定律，由下式确定：

$$x_t = x_{18} [1 + a(t - 18) + b(t - 18)^2]$$

x_t 和 x_{18} —— 相当于温度 t° 和 18°C 时的比电导度；

a 和 b —— 常数。

常数之间的关系如下：

$$b = 0.0163 (a - 0.0174)$$

第一个常数(温度系数)在技术条件下具有主要的意义：

$$a = \frac{x_t - x_{18}}{x_{18}(t - 18)}$$

对于 $0 \sim 30^\circ\text{C}$ 温度范围内的弱电解质溶液 (0.001

克当量/升)来说, 这个温度系数的数值是从 0.0164 (HCl) 到 0.0251 (Na_2CO_3)。

对于漂白间“白段”①繩状浸軋机来说, 一般存在的杂质(电解质和胶质)实际上不会改变系数的数值。

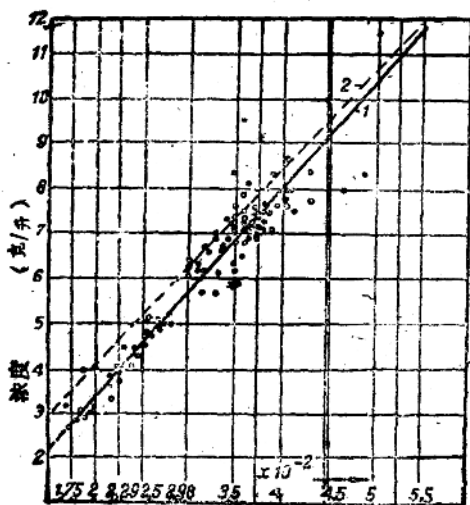


图 2 繩状浸軋机上硫酸工作溶液的浓度与电导度

表 2 中列举有关在 $10 \sim 70^\circ\text{C}$ 温度范围内温度升高时, 工业硫酸和烧碱溶液的电阻减少(即电导度提高)的数据。

① “白段”指漂白本身的过程。

表 2

溶 液	在下列范围内温度升高1°C时, 电阻的减少 (以%计)		
	10~30°	30~50°	50~70°
硫 酸 5克/升	1.45~0.9	0.9~0.5	0.5~0.25
烧 碱 5克/升	2.0 ~1.4	1.4~1.1	1.1~0.9

表2中表明, 硫酸和烧碱的电导度的温度系数是不同的。温度系数随着温度的升高而减少, 并且随着浓度的提高而提高。关于在0~80°C温度范围内各种浓度的工业溶液 电导度变化的数据载于貝連基和施魏廖夫的著作〔3〕中。显而易见, 在实行远距离控制和调整时, 应当考虑到温度校正的必要性, 因为在许多工厂中使用着预热的溶液 (例如, 温度为30~50°C的硫酸)。

工业溶液中的浓度与电导度之间充分的相关性, 是这种方法实际采用的必要条件。图2中提示的是在生产条件下各种浓度的硫酸工作溶液电导度大量变化系列结果中的一种。电导度是在20°C时测定的。在低浓度、达5克/升时, 平均值的偏差为±7%, 在高浓度时, 偏差为±10%。同时, 图线1表示工业溶液, 它处于纯溶液用的图线2的下部; 在酸的浓度相同的情况下, 工业溶液的比电导度由于电解质的杂质而具有较大的数值。

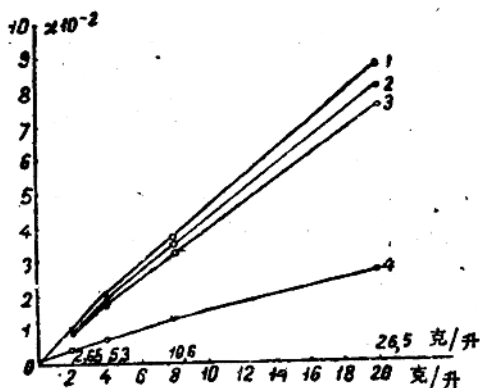


图 3 工业杂质对烧碱溶液的比电导度的影响

1—NaOH; 2—90% NaOH+10% Na₂CO₃;

3—80%Na₂CO₃, 20%Na₂CO₃; 4—Na₂CO₃

烧碱溶液也有与上类似的结果。

图3中表明, 在18°C时各种杂质对 NaOH溶液的电导度的影响。对照了含有不同数量的碳酸钠溶液电导度的数值, 可以判断由于工业NaOH溶液这种永久伴生物的存在所引起的电导度的变化。

上面列举的数据表明, 浓度与比电导度之间的直线依赖关系, 甚至于在最污秽的工业用H₂SO₄和NaOH的溶液中也保存着。在这种情况下所达到的测量的精确度, 属于完全容许的范围以内。

實驗室溶液電導度的測定

普通在實驗時应用的交流電橋^①的原理圖示于圖4上。

分度電阻 AB (滑
綫變阻器) 由電源 E 接

入交流電路。譬如俞可
夫感應綫圈的副綫圈就

可作為電源。電阻 AC
(R_1) 和 CB (R_2) 是

二只電橋臂；其他二只

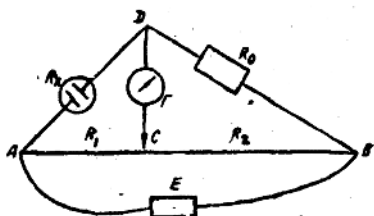


圖 4 測定溶液電導度用的電橋

電橋臂由被測定的電阻 R_x 和電阻箱 (電阻組) R_0 組成。對
角綫 DC 上的電流由電話或電流計 Γ 來控制。測定時移動滑綫
變阻器 C 的游標來尋找電橋的均衡 (平衡) 位置，這時，對
角綫 DC 上不通電流。因此，按照已知的定律

$$\frac{\text{電解質的電阻 } R_x}{\text{電阻 } R_0} = \frac{R_1}{R_2}$$

由此不難得出 R_x ，因為其餘的數值都是已知的：

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \times R_0$$

^①測量電導度的儀表已有生產，如蘇聯食品工業部莫斯科控制測量儀器
(МОСКНИП) 工廠。

被測定的電阻 R_x 在實驗室條件下，是由放在專用器皿中二個鍍鉑的鉑電極之間的液體（溶液）所發生的。

這個電阻的數值等於：

$$Z = R \sqrt{1 + \frac{P^2}{p^2 R^2}}$$

式中： P ——極化電動勢

P ——交流電頻率

如果 $\frac{P^2}{p^2 R^2}$ 的數值小於 1 的話，那末，被測定的電阻接

近於歐姆電阻，而且在測定時誤差最小： $Z = R$

極化度用電極鍍鉑的方法或在測定時利用較高頻率的交流電（800~1000周/秒）來使之減少。

帶電極 C 的器皿的幾何常數（參閱第 6 頁）是由測量已知電導度的溶液（通常是氯化鉀溶液）的電阻的方法來確定的：

$$C = R_x x$$

知道了常數 C ，就可以求出被測溶液的電導度：

$$x = \frac{C}{R_x}$$

远距離測定溶液的电導度

利用連續測定电導度的方法，既可實現远距離控制，又能自动調整一系列工业溶液的濃度。远距離控制可以有独立的意義，特別是對於非調整的周期性流程（例如，棉和亞麻的机械漂白、纖維和紗綫的染色等等）而言^①。可是，电導度的記錄，在溶液濃度自动調整的情況下最为合理。这样得到的圖綫，不仅表明調整的过程，而且表明工艺組織因素——規定制度的遵守与否、停車時間的長短等等。

溶液电導度的远距離控制仪器是由測量仪表，電極系統和电源組成的。在紡織工业中，利用下列二种仪表：自动記錄的电桥和感应式調整仪表。控制溶液电導度用的自动記錄的电桥已在苏联工业中研究成功〔3〕。

電極系統由電極本身和用以調節被控制溶液溫度变化的电阻溫度計所組成。記錄仪表和調整仪表的電極系統都是同样的。目前，在測鹽表和其他裝置上采用的電極系統有多种多样的結構，这些結構都曾經被我們試驗过，并且看来都不适用于含杂的工业溶液。

用中央棉紡織科学研究所（符·阿·特拉彼茲尼科夫）

①作者經驗証明，在用煮練繩煮練过程中，对煮練碱液濃度采用电導控制是不适宜的。

型結構独特的電極，可以獲得良好的效果。

帶有銅電阻溫度計的中央棉紡織科學研究院型電極系統的裝置如圖5甲。四只石墨電極4安裝在硬橡膠圓筒2中，在一個平面上成幅射狀并用十字管成對地連結起來。電極以鉛6封上。連結電極與儀器的導線5敷設在拉到金屬管接頭1上的撓性橡皮管中。電阻溫度計用不銹鋼管3保護着。電極系統直接浸入被控制的溶液中。與目前已知的幾種系統來比較，這種電極的結構具有二個主要的優點。第一，溶液中電極之間的電阻，實際上不受液面變動的影響；第二，電極系統完全不會被堵塞，這點更為重要。長時期的經驗證明，電極由於本身的流線型，故在最髒的解質中不致堵塞。

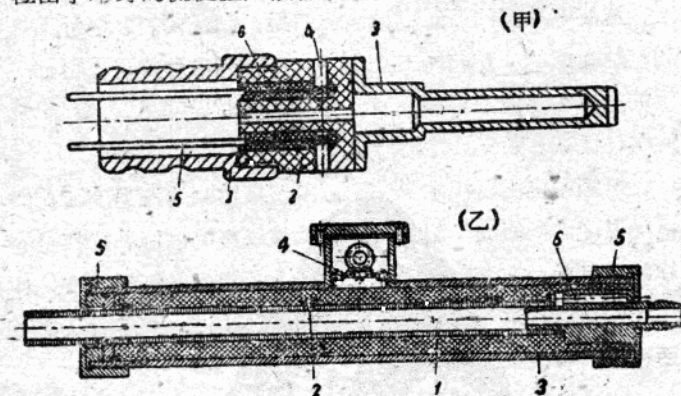


圖 5 遠距離控制溶液濃度用的中央棉紡織科學研究院型電極系統（發送器）

甲—帶電阻溫度計的浸液發送器 乙—活動發送器

- | | | |
|----------|--------|---------|
| 1—硬撓性橡皮管 | 2—碳質電極 | 3—鐵管 |
| 4—接線盒 | 5—青銅套管 | 6—電阻溫度計 |