

硫酸鹽漿厂蒸發站的 構造和操作

[苏] Б. Г. 高尔鮑夫斯基著

輕工業出版社

硫酸鹽漿厂蒸發站的 構造和操作

蒸發工長及蒸發工人參考書

[苏] Б. Г. 高尔鮑夫斯基 著

王照宁 譯

輕工業出版社

1958年·北京

內 容 介 紹

本書敘述了碱回收工程在硫酸鹽制漿上的主要作用，在這工程中蒸發站所採用蒸發器及其附屬設備的基本結構；特別詳述了其中最典型的沸騰器在內與沸騰器在外的兩種蒸發器的結構與操作原理，蒸發由蒸煮樹脂多的松木硬漿所得到的黑液的技术知識；並敘述了蒸發設備及其附屬設備的維護檢修和安全技术知識等。

本書也包括了蒸發理論與實踐相結合的技术知識，蒸發技术过程所發生的疑難問題。列舉实例使從事蒸發的工作人員得到互相交流經驗，以便進一步改進硫酸鹽制漿廠中一些重要設備和管理。

本書適用於硫酸鹽制漿廠的工人和工程技術人員的學習閱讀，也適用於從事這方面工作的管理干部、院校師生和研究人員的研究參考。

Б. Г. ГОРБОВСКИЙ
УСТРОЙСТВО И ОБСЛУЖИВАНИЕ
ВЫПАРНЫХ СТАНЦИЙ
СУЛЬФАТ-ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО
ПРОИЗВОДСТВА
ГОСЛЕСБУМИЗДАТ

(本書系根據蘇聯國家林業造紙出版社 1953 年版譯出)

硫酸鹽制漿廠蒸發站的構造和操作

[蘇] Б. Г. 高爾鮑夫斯基 著

王照寧譯

輕工業出版社出版

(北京市安門內白灰路)

北京市書刊出版營業許可證出字第 099 號

北京市印刷一廠印刷

新華書店發行

787×1092 公厘 1/32 • 60⁰⁰/₃₂ 印張 • 1 冊重 140,000 字

1958 年 10 月第 1 版

1958 年 10 月北京第 1 次印刷

印數 1—5,000 定價 (40) 0.94 元

統一書號: 15042·358

目 录

导 言	7
第 一 章 碱回收和黑液蒸发	9
第 1 节 什么是碱回收	9
第 2 节 黑液	10
第 3 节 液体比重计	11
第 4 节 影响黑液密度的原因	13
第 5 节 黑液量	14
第 6 节 沸腾的概念	14
第 7 节 影响沸腾温度的原因	15
第 8 节 关于气压表、真空表、压力表的概念	16
第 9 节 绝对气压、表气压、真空度	17
第 10 节 蒸发站所蒸发的水量	19
第 二 章 蒸发器和蒸发站	20
第 1 节 蒸发器	20
第 2 节 蒸发站	22
第 3 节 多效蒸发站的优点	23
第 4 节 蒸发用的蒸汽消耗量的计算实例	25
第 5 节 真空蒸发站和在压力下工作的蒸发站	27
第 6 节 黑液的供给方式	28
第 7 节 现代蒸发器最主要的结构	29
第 三 章 由沸腾器在内的蒸发器组成的蒸发站	34
第 1 节 蒸发器的构造	35
第 2 节 浓缩黑液至高浓度	38
第 3 节 完成液蒸发罐(完成罐)	39
第 4 节 预热器	40
第 5 节 蒸发站管道	40

第 6 节	新鮮蒸汽管道	51
第 四 章	由沸騰器在外的蒸發器組成的蒸發站	53
第 1 节	蒸發器的構造	56
第 2 节	蒸發站管道	66
第 五 章	安全技术	70
第 六 章	真空的产生和冷凝裝置	73
第 1 节	冷凝器型式的概念	74
第 2 节	冷凝器前二次蒸汽热量的利用	75
第 3 节	混合式大气压冷凝器	77
第 4 节	真空泵和噴射器	79
第 5 节	冷凝器冷却水的送入	84
第 七 章	真空蒸發站配件	87
第 1 节	球心閥	88
第 2 节	閘門閥	91
第 3 节	旋塞	93
第 4 节	止逆閥	94
第 5 节	閥件和密封材料、烙印、試驗、安裝与檢修	96
第 6 节	填料(或称盤根)	100
第 7 节	襯墊	103
第 8 节	閥件的維護	103
第 9 节	玻璃(觀視孔)	105
第 10 节	取試样、溫度計	106
第 11 节	压力表、真空表及压力真空表	106
第 12 节	安全閥	110
第 13 节	水汽分离器	110
第 14 节	蒸發站控制仪表	111
第 八 章	沸騰器在內的蒸發站的開車、調整和停車	113
第 1 节	開車前閥件的位置	113
第 2 节	蒸發站从四效到三效的轉換	116

第3节	蒸發站安裝后的試車	117
第4节	蒸發站按順流供液方式開車	117
第5节	蒸發站的停車	126
第九章	沸騰器在外的蒸發站的開車、調整和停車	127
第1节	混流供液方式的開車及調整的一般順序	127
第2节	蒸發站停車的一般程序	131
第3节	蒸發站各效內的壓力和溫度	131
第4节	開車、停車和洗滌時操縱閥件的程序	133
第十章	各種黑液蒸發的特點	144
第1节	樹脂性	144
第2节	黑液的適當濃度	148
第3节	粗硫酸鹽皂的產量	149
第4节	蒸發站蒸發多皂稀液時的工作	150
第5节	黑液循環的觀察	154
第6节	送液和送汽流程的特點	155
第7节	粗硫酸鹽皂的利用	155
第十一章	蒸發站運轉和看管的一般條件	156
第1节	黑液損失增加的原因	156
第2节	間歇供液和連續供液	158
第3节	提高生產能力的條件	159
第4节	沸騰管的污垢及蒸發器的清洗	171
第5节	泡沫的消除和油的应用	176
第6节	交接班	177
第7节	蒸發站正常運轉的表征	178
第8节	蒸發站與其他車間的工作联系	179
第十二章	蒸發站的車間設備	181
第1节	槽和濾過器	181
第2节	泵	182
第3节	其他設備	191

第4节	蒸發站设备零件的磨損	191
第5节	蒸汽管配件	192
第6节	保温	192
第十三章	蒸發站工作的統計	193
第1节	記錄方式	193
第2节	技术指标	195
第3节	蒸發前混合黑液的計算	197
第4节	結語	200
附录1	黑液比重及其中絕干物質的含量(在15°时)	204
附录2	黑液濃度与溫度的关系	205
附录3	黑液濃度与溫度的关系	207
附录4	在不同黑液的初濃和終濃下,溫度为15°时从1米 ³ 黑液中所蒸發的水量(公升)	208
附录5	溫度在0°和100°之間的水蒸汽的性質	209
附录6	溫度在100°到208°的範圍內飽和水蒸汽的性質	211
附录7	进入混合冷凝器的每公斤蒸汽所耗的冷却水量(公升)	212
附录8	关于高濃度黑液的数据	212

导 言

按硫酸鹽法用植物原料制造紙漿，在苏联發展得很快。

如果硫酸鹽紙漿不久以前还是当作一种制造只供包裝用的牛皮紙和硬板紙的半制品，那末，这种情况現在已經完全改变了。

硫酸鹽紙漿不但已成為絕緣紙、各种用途的袋紙，以及紙箱、建筑裝飾用板紙等的主要半制品，而且在掌握硫酸鹽紙漿的多段漂白法以后，又成為制造高級紙和作化学加工用的半制品。

使硫酸鹽紙漿生产在經濟上發生剧烈变化的重大技术改进，首先涉及的是紙漿的蒸煮和洗滌、碱回收和沉渣中石灰回收等这一类的生产过程。

过去和黑液一起燒掉的硫酸鹽皂，現在已成為取得各种化学产品的泉源。

在黑液的蒸發和燃燒方面，作出了重大的改进。这些黑液除了原有的意义，即作为回收碱的泉源以外，还可以作为热源，故能供应漿厂需用的大部分蒸汽。

硫酸鹽半化学漿是用于制造包皮用紙和板紙的一种半制品，其生产已开始發展。木材半化学漿的得率，比化学漿高20~30%，这对于降低制造包皮的原料消耗是很重要的。

显然，按照一定規程蒸煮出来的硫酸鹽紙漿，不能同时符合不同用戶对紙漿提出来的所有要求。因此，建立了硫酸鹽紙漿制造的专业化：即高得率的半化学漿；硬漿，即牛皮漿（未漂和漂白漿）；各种硬度的預漂漿；漂白漿（多段漂白）等的事

業化。

苏联硫酸鹽紙漿工業的設備和實踐，比起15~20年以前，已經大踏步地前進了。

本書不強求完全詳盡地敘述在硫酸鹽紙漿廠中，可能有的所有新式蒸發站的設備。

蒸發站的管理和黑液蒸發前的準備，隨着所造紙漿的硬度、所採用的植物原料的性質、以及蒸發時黑液的濃縮程度而改變。

本書敘述了蒸發器最典型的兩種結構，即沸騰器在內的蒸發器和沸騰器在外的蒸發器。

應當指出，在組成硫酸鹽法制漿的全部過程中，除了蒸煮本身以外，決定全廠工作成績的，主要是鹼的回收過程。

蒸發站在回收系統中佔據着中心地位，因為回收鹼和取得蒸汽的可能性，取決於廢黑液的適當濃縮。

第一章 碱回收和黑液蒸发

第1节 什么是碱回收

为了制得纸浆,把木片(或草片)放在锅内用碱蒸煮,碱的活性部分由苛性钠和硫化钠组成^①。经过蒸煮和放锅后,便可得到纸浆和液体(黑液)。黑液中含有碱和蒸煮时被溶解的一部分木材(或禾草)的各种化合物,被溶解的这一部分木材(或禾草)就是黑液的所谓有机部分。下一个生产工序是洗涤,即使黑液与蒸煮好的纸浆分开来^②。因为黑液中含有蒸煮用过的贵重化学药品,当然应当把它们收回来,并使其适用于蒸煮。

在生产过程中,从黑液中收回有用的化学药品(活性碱),叫做碱的回收。

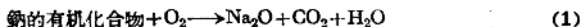
回收是以什么为根据呢?

黑液中的钠碱是和有机物质化合在一起的,而有机物质的主要组成部分是碳。这种物质烧掉以后,碱便成苏打^③形式留下。苏打是氧化钠与碳燃烧时生成的二氧化碳的化合物。

①苛性钠的化学式是 NaOH , 硫化钠是 Na_2S 。

②制造特别硬的纸浆和半化学浆时,有时在洗涤之前,使料子和黑液一起经过轻微打浆,此时打浆在纸浆和黑液从蒸煮锅内放出后立即趁热进行。经过和黑液一起热打浆后的半化学浆(或纸浆),送去洗涤。

③苏打的化学式是 Na_2CO_3 。假定有机物燃烧时,苏打按方程式(1)和(2)生成:



紙漿用热水洗滌，即从紙漿中分离出黑液。洗滌时黑液被稀釋。要燒掉溶解于黑液中的有机物，首先需要从其中除去几乎全部的水。回收过程的这个第一阶段，就是除去黑液中的水分。这是在蒸發器內进行的，並被称为黑液的蒸發。

下一(第二)阶段，即从蒸發后的黑液干殘渣中取得苏打，这是在回收車間爐部的碱熔爐內进行的。在碱熔爐內加入芒硝，芒硝还原后，生成蒸煮所需的葯剂，即硫化鈉①。

回收的第三阶段，即从爐內熔融的苏打中取得活性苛性鈉，这是在苛化部分进行的，它叫做苛化。

这样，蒸發乃是回收的不可缺少的組成部分，沒有蒸發，就不能用燃燒有机物的方法回收碱，就不能在爐內还原芒硝。

从洗滌部門得到的黑液，是蒸發的原材料。

第2节 黑 液

黑液的質量决定于其中干殘渣(干物質)的含量，干物質的有机部分在爐內燒掉，而無机部分則变成熔融物从其中分离出来，熔融物中含有苏打、硫化鈉、苛性鈉、硫酸鈉及其他鹽类。

从黑液蒸發和干燥后，即除去其中水分后的殘渣，可定出干物質的量。用蒸發和干燥方法，正确地測定干物質的含量，是一个相当复杂的任务，而这一任务只有在試驗室內才能解

①在熔爐中，硫化鈉的生成，是由于黑液中有机的碳对芒硝的作用，其化學方程式如下： $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{芒硝}) + 2\text{C}(\text{有机物的碳}) = \text{Na}_2\text{S}(\text{硫化鈉}) + 2\text{CO}_2(\text{二氧化碳})$ ； $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{C} = \text{Na}_2\text{S} + 4\text{CO}(\text{一氧化碳})$ ； $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{CO} = \text{Na}_2\text{S} + 4\text{CO}_2$ 。硫化鈉留在熔融物中，二氧化碳和煙道气一起逸出。芒硝和碳的相互作用，当芒硝在爐內熔化后，即溫度在 890° 以上时才开始(芒硝的熔化溫度为 $883-892^\circ$)。

决。

假定，試驗室取 50 克黑液作分析，蒸發和干燥后，干殘渣的重量是 6 克。这就是說，該黑液中含有 $\frac{6 \times 100}{50} = 12\%$ 干物質。这个数字就是該黑液試样的質量标准。

用上述重量方法測定干物質，需要很多時間，这样就很自然地常常落在生产进程的后面。在工厂實踐中，需要迅速而簡易地測定黑液中干物質含量的方法。大家知道，黑液中干物質含量越多，其比重就越大。可以說，实际上黑液中干物質的一定含量，是相当于一定比重的。因此，只要作出一次試驗室分析，測定出不同比重的黑液中所含干物質的百分率，以后就不需要再作黑液中干物質含量的重量分析了。黑液密度和絕干物質百分率表（附录一）也就得出了，这一个表在日常實踐中可以利用。

黑液的密度，利用一种專門的仪器——液体比重計，就可很快地測出来。

第 3 节 液体比重計

一种供測定液体密度用的仪器，叫做液体比重計。比重計的应用是以阿基米得定律^①为根据的。液体的密度越小，物体（比重計）浸沒其中的深度就越大；密度越大，浸沒的深度就越小。

現代比重計的刻度都是密度單位，即比重計放入液体后，立即表示出該液体的密度（比重）。

假定，黑液的密度根据比重計的讀数是 1.052，从附录 1 的表內我們可以查出，在这一密度的黑液中，干物質含量等于

① 浸入水中的任何物体，其本身失去的重量，恰等于其所排除液体的重量。

9.4%。

將要試驗的黑液注入一圓筒內，仔細攪勻，而聚在上面的泡沫則應隨時除去。將圓筒完全垂直地放置着，然後把清潔的、用軟毛巾擦干的比重計浸入其中。比重計的度數按液面讀出，頸部略為高出的液層（彎液面）不考慮在內。蒸發工應在試驗室工作人員的指導下，學會正確讀出比重計的度數。

蒸發工使用的比重計，必須保存在開口的、寬大的圓柱形容器（桶）內，桶內裝滿 $3/4$ 容積的水，容器底部應有厚 3 厘米的一層砂子。

黑液的密度隨其溫度而變化。例如，溫度在 55° 時，密度為 1.029 的黑液，當冷卻至 15° 後，便是 1.045。這就是為什麼在測量密度的時候，必須同時檢查黑液的溫度的原故（這一點是特別重要的）。以後我們在各種技術計算中，在碰到各種不同溫度的黑液的時候，以及在檢查蒸發站不同蒸發器內黑液的濃縮的時候，都可以看到。

從前我們製造的比重計是波美刻度（用符號 Be 表示）。這種分度在制漿造紙生產的所有技術文獻中都能遇到，而現在在實踐中仍然廣泛應用。

應用不同的波美刻度的構造方法，常常引起混亂。因此，我們的比重計已開始直接用密度單位分度，而且從密度單位換算成溫度 20° 的波美度和反算時，已利用了專門的表。

表內（附錄 1）與密度的數值並列的，是與其相對的在 15° 時的波美度和干物質的百分率。由一種度量制換算成另一種，是沒有任何困難的。前面已經說過，液體的密度與溫度有關。隨時都必須指出進行測量時的溫度。波美度的密度與溫度的關係，見附錄 2 和附錄 3。

附錄 2 表的每一豎行內，是在各行頭上所指出的溫度的

波美度数。黑液內干物質含量的百分率，对在同一水平綫上所有波美密度的数值来說是相同的。例如，在 15° 时 12°Be 黑液中的干物質含量，等于在 30° 时 11.8°Be 黑液中的干物質含量。

附录 3 內圖表的使用方法，見圖表下的例子。

第 4 节 影响黑液密度的原因

由洗滌部門送来蒸發的黑液的平均密度(15° 时)，木漿为 $1.07\sim 1.10$ ，漂白禾草漿为 $1.05\sim 1.07$ 。

送来蒸發的黑液的密度取决于：

- (1) 送去蒸煮的木材或禾草的水分含量；
- (2) 蒸煮方法——蒸汽是否直接通入鍋內（用活蒸汽蒸煮），或者在蒸煮鍋附設的預热器內加热药液；在前一种情况下，得到的黑液較稀，因为它被冷凝蒸汽稀釋了；

(3) 洗滌方法和洗滌的正确性。为了收回大量的碱，必須使黑液从紙漿中充分地分离出来，同时不耗費多余的水，因为水在蒸發时还要除去。洗滌工要善于把最大密度的黑液送去蒸發，同时又要使紙漿洗滌得好，使紙漿中残留的碱不致超过規定的损失定額。不用說，被送去蒸發的黑液，在洗滌时总是不会得到上述平均密度的。从扩散洗滌器出来的黑液，假定其最初密度是 1.10 ；以后其密度会逐步降低，一直降到保証洗滌时的标准损失和該厂所規定的最小值，例如 1.05 为止。低于这一密度的黑液，不送去蒸發。扩散洗滌器內出来的黑液的平均密度为 1.08 。蒸發工必須知道，送去蒸發的黑液，厂內准許的最低密度是多少，黑液的平均密度应当多大。發現偏差时（送来黑液密度較低），必須立刻通知值班長；

- (4) 加入蒸煮鍋的白液和黑液的密度。

蒸發站黑液的最后濃縮程度，取決于爐部所設爐子的型式。黑液必需的密度，對噴射式爐在 100°C 時為 $1.29 \sim 1.32$ ；對帶圓盤蒸發器的熔爐，如為禾草漿在 60° 時為 $1.22 \sim 1.25$ ，如為木漿在 60° 時為 $1.18 \sim 1.22$ 。對不帶圓盤蒸發器的熔爐，在 85° 時為 $1.25 \sim 1.29$ 。

第5节 黑液量

送去蒸發的稀黑液量，取決于蒸煮用碱量、洗滌中的碱損失、洗滌用水量及蒸煮紙漿的硬度。以1噸紙漿計，黑液量一般為：禾草漂白漿 $10 \sim 11 \text{米}^3$ ，硫酸鹽硬漿 $7.2 \sim 10 \text{米}^3$ ，漂白木漿 $10 \sim 12 \text{米}^3$ 。

蒸煮和洗滌紙漿后，黑液中含有的絕干物質，每噸木漿為 1050 至 2000 公斤。下限（即 1050 ）屬於蒸煮用碱量低時所得到的特別硬的紙漿，而上限（即 2000 ）則是軟漿的數值。

顯然，蒸煮硬度不同的紙漿所得到的黑液的比重，是不同的，而且隨紙漿硬度的降低而增加。

第6节 沸騰的概念

加熱液體時，例如水，大家都知道，其溫度不斷增高。在某一定溫度下，液體內就開始劇烈地產生汽泡，汽泡達到液體表面即破裂，蒸汽便跑出外面，也就是說可以看到蒸汽從表面大量分出，水的表面和內部發生劇烈的不規則的運動。我們說：這樣的液體算是沸騰起來了，並繼續沸騰着。

發生沸騰時的溫度，叫做沸騰溫度。例如，假使在黑液中，這種現象是當溫度為 102° 時看到的，那末，黑液的沸騰溫度便是 102° 。沸點——這是在某液體的沸騰溫度下，溫度計內水銀柱所升高到的一點。

加热液体至出现沸腾所消耗的热，用于升高液体的温度至沸点。只要沸腾一开始，液体的温度便停止升高，当沸腾继续时，温度始终不变。但是，如果此时停止加热液体，则沸腾也停止。因此，假使我们想使液体沸腾，虽然此时温度一点也不升高，仍然必须继续加热液体。液体沸腾时给予液体的热，消失到哪里去了呢？原来这种热是消耗到转变液体为蒸汽上去了，因而这种热叫做蒸汽生成的潜热。

如果我们使生成的水蒸汽冷却，它就会变成水，或称为冷凝，并且在这一变化的同时，将放出热量，其量和变水为蒸汽时所消耗的热量一样多。

第 7 节 影响沸腾温度的原因

沸腾温度与很多情况有关。我们只介绍其中一些最重要的，以便清楚地了解蒸发站的工作原理。

(1) 液体所受的外部压力，决定着它的沸腾温度。例如，在通常条件下开口容器中的水，受着我们周围空气的外压，或称为大气压。我们知道，加热时水在 100° 开始沸腾。如果把水放在已抽去一部分空气的容器中，即容器中的压力低于大气压，那末，沸腾温度就会低于 100° ，而且容器中压力越低，沸腾温度也越低。例如，假设容器中的压力降到 0.5 大气压，水就在 82° 时沸腾。当升高至大气的上层时，空气的压力便逐渐减少。例如，在距海面 3500 米的高处，压力为 0.67 大气压左右，在这样的压力下，水在温度 89° 左右便已开始沸腾。

相反地，在完全密闭的容器中加热水时，可以使其中压力达到非常大，随着压力的增加，沸腾温度也升高。在蒸汽锅炉内，压力按压为表(Манометр)为 13 大气压时，水在 194° 时开始沸腾。

因此,任何液体的沸騰温度,都随該液体所受压力而定。
附录 5 和附录 6 所引諸表,指出了水的沸騰温度、温度在 0° 到 208° 之間水蒸汽的性質、以及水蒸汽的压力、温度、容积和重量之間的关系。

这些表在今后談到蒸發站的工作时对我们是有用处的。

(2) 在同一压力下,不同液体具有不同的沸騰温度。例如,在大气压力下,水在 100° 时沸騰,乙醇在 78° 时沸騰。因此,沸騰温度随液体种类而定。

(3) 如果水中溶解有任何物質,溶液的沸騰温度升高,而且,沸騰温度的升高随着被溶解物質量的增加(即溶液濃度的增加)而增加。例如,在大气压下,水在 100° 时沸騰,比重为 1.09 的黑液在 104° 时沸騰, 1.18 則在 106° 时沸騰, 1.38 則在 110° 时沸騰。沸騰温度的差異,是由于黑液的濃度不同所致。

(4) 如果在黑液中溶有任何气体(如空气),那末,把这样的黑液加热到沸騰温度比沒有气体溶于其中的容易。

第 8 节 关于气压表、真空表、压力表的概念

我們周圍大气的压力,用称为气压表(Барометр)的仪器来测量。在海面上它平均等于高 760 毫米的水銀柱(在 0° 时),並称为物理大气压。随着气象条件(風、雨等)的变化,空气的压力在 710 至 800 毫米水銀柱范围內变动。

我們一看当时气压表的度数,就可以說出空气或大气的绝对气压是 720、740 毫米等。

我們把密闭容器中的空气抽出后,自然就使其中的压力降低。随着被除去的空气量的不同,該容器中的绝对气压,例如將是 700、600 或 300 毫米等。減压度或真空度,意味着容