

QB

中华人民共和国行业标准

QB/T 1927、1928—93

制浆造纸设备能量平衡及 热效率计算方法

1994—01—06 发布

1994—08—01 实施

中华人民共和国轻工业部 发布

中华人民共和国行业标准

QB/T 1927.8-93

漂白塔能量平衡及热效率计算方法

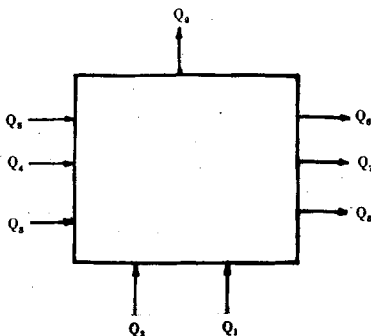
1 主题内容与适用范围

本标准规定了漂白塔的能量平衡及热效率计算的一般原则和测算方法。
本标准适用于制浆造纸工业企业所用的漂白塔漂白的热平衡计算。

2 引用标准

QB/T 1927.1 制浆造纸企业设备能量平衡计算方法通则

3 能量平衡方框图



3.1 体系边界：从混合器至漂白塔浆出口。

3.2 图中符号说明

Q_1 ——加热纸浆至漂白温度时蒸汽供给的热量, MJ/h;

Q_2 ——单位时间内漂白化学反应放出的热量, MJ/h;

Q_3 ——单位时间内进混合器绝干浆带入热量, MJ/h;

Q_4 ——单位时间内进混合器浆中水分带入热量, MJ/h;

Q_5 ——单位时间内进漂白塔稀释水带入热量, MJ/h;

Q_6 ——单位时间内漂白绝干浆带出的热量, MJ/h;

Q_7 ——单位时间内原纸浆中水分带出的热量, MJ/h;

Q_8 ——单位时间内稀释水带出的热量, MJ/h;

Q_9 ——漂白总热损失, MJ/h。

3.3 针对漂白塔连续漂白的特点, 有关的能量平衡和热效率的计算均以稳定生产时单位时间进行计算。

4 能量平衡计算

4.1 实际供给漂白的热量计算

4.1.1 单位时间内实供漂白总热量 Q_{GG} , MJ/h, 按(1)式计算

$$Q_{GG} = Q_1 + Q_2 \dots \dots \dots (1)$$

式中: Q_{GG} ——单位时间内实供漂白总热量, MJ/h;

4.1.2 单位时间内加热纸浆蒸汽供给的热量 Q_1 , MJ/h, 按(2)式计算

$$Q_1 = D(i'' - i_1) \dots \dots \dots (2)$$

式中: D ——漂白纸浆所耗蒸汽量, t/h;

i'' ——进混合器蒸汽的热焓, MJ/t;

i_1 ——环境温度下水的热焓, MJ/t。

4.1.3 单位时间内漂白化学反应放出的热量 Q_2 , MJ/h, 按(3)式计算

$$Q_2 = V \cdot A \cdot B \dots \dots \dots (3)$$

式中: V ——单位时间内加入的漂液量, m^3/h ;

A ——有效漂液浓度, t/m^3 ;

B ——有效漂剂活化能, MJ/t。

有效氯, $B_{cl} = 4605$ MJ/t

过氧化氢 $B_{H_2O_2} = 2117.65$ MJ/t

4.2 工质带入热量计算

4.2.1 单位时间内工质带入总热量 Q_r , MJ/h, 按(4)式计算

$$Q_r = Q_3 + Q_4 + Q_5 \dots \dots \dots (4)$$

4.2.2 单位时间内进混合器绝干浆带入热量 Q_3 , MJ/h, 按(5)式计算

$$Q_3 = G_1 \cdot c_1 (t_1 - t_0) \dots \dots \dots (5)$$

式中: G_1 ——单位时间内所漂浆绝干量 t/h;

c_1 ——纤维比热, 一般取 1.423 MJ/(t·K);

t_1 ——进混合器浆温, °C;

t_0 ——周围环境温度, °C。

注: 计算时摄氏温度 t (°C) 之差等于热力学温度(K)之差。

4.2.3 单位时间内进混合器浆中水分带入热量 Q_4 , MJ/h, 按(6)式计算

$$Q_4 = G'_2 \cdot c_2 (t_1 - t_0) \dots \dots \dots (6)$$

式中: G'_2 ——单位时间进混合器浆中水分重量, t/h;

c_2 ——水的比热, 一般取 4.187 MJ/(t·K)。

注: G'_2 不包括加入的漂液量, 因漂液温度与环境温度相同, 故漂液带入热量为零。

4.2.4 单位时间内稀释水带入热量 Q_5 , MJ/h, 按(7)式计算

$$Q_5 = G_3 \cdot c_2 (t_3 - t_0) \dots\dots\dots (7)$$

式中: G_3 ——单位时间内所加入的稀释水重量, t/h;

t_3 ——所加入稀释水温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

4.3 工质带出热量计算

4.3.1 单位时间内工质带出总热量 Q_c , MJ/h, 按(8)式计算

$$Q_c = Q_6 + Q_7 + Q_8 \dots\dots\dots (8)$$

4.3.2 单位时间内漂白绝干浆带出热量 Q_6 , MJ/h, 按(9)式计算

$$Q_6 = G_1 \cdot c_1 (t_2 - t_0) \dots\dots\dots (9)$$

式中: t_2 ——纸浆出漂白塔时的温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

4.3.3 单位时间内原纸浆中水分带出的热量 Q_7 , MJ/h, 按(10)式计算

$$Q_7 = G_2 \cdot c_2 (t_2 - t_0) \dots\dots\dots (10)$$

式中: G_2 ——单位时间内进漂塔原浆中水分量, t/h(包括加入的漂液量)。

4.3.4 单位时间内稀释水带出热量 Q_8 , MJ/h, 按(11)式计算

$$Q_8 = G_3 \cdot c_2 (t_2 - t_0) \dots\dots\dots (11)$$

4.4 漂白热损失计算

4.4.1 单位时间内漂白总热损失 Q_{SS} , MJ/h, 按(12)式计算

漂白塔总热损失指混合器散热损失、蒸汽泄漏损失、漂白塔散热损失等, 因直接测定、计算较困难, 故一般用反平衡法。

根据 $Q_{SS} = Q_9$

$$Q_9 = Q_{GG} + Q_r - Q_c$$

$$Q_{SS} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 - (Q_6 + Q_7 + Q_8) \dots\dots\dots (12)$$

5 能量平衡表

序号	输入能量			输出能量		
	项 目	数 值 MJ/h	百分数 %	项 目	数 值 MJ/h	百分数 %
1	单位时间内蒸汽所供给的热量	Q_1				
2	单位时间内漂白化学反应所放出的热量	Q_2				
3	单位时间内进混合器绝干浆带人的热量	Q_3				
4	单位时间内进混合器浆中水分带入热量	Q_4				
5	单位时间内稀释水所带人热量	Q_5				
6				单位时间内漂白绝干浆带出的热量	Q_6	
7				单位时间内原纸浆中水分带出的热量	Q_7	

续 表

序号	输入能量			输出能量		
	项 目	数 值 MJ/h	百分数 %	项 目	数 值 MJ/h	百分数 %
8				单位时间内稀释水带出的热量	Q_8	
9				单位时间内漂白塔总热损失	Q_9	
	合 计		100	合 计		100

6 漂白塔热效率计算

6.1 漂白有效总耗热量计算

6.1.1 单位时间内漂白有效总耗热量 Q_{yx} , MJ/h, 按(13)式计算

$$Q_{yx} = (G_1 \cdot c_1 + G_2 \cdot c_2)(t_4 - t_1) \dots\dots\dots (13)$$

式中: t_4 ——漂白工艺要求的最高温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 漂白单位风干浆有效耗热量 Q'_{yx} , MJ/(t·h), 按(14)式计算

$$Q'_{yx} = \frac{Q_{yx}}{G_1} \times 0.9 \dots\dots\dots (14)$$

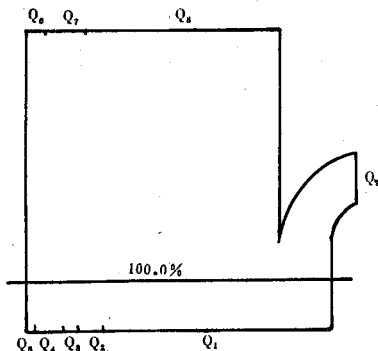
式中: 0.9——换算为风干浆的系数。

6.2 热效率计算

正平衡漂白塔热效率, %, 按(15)式进行计算

$$\eta = \frac{Q_{yx}}{Q_{GG}} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

7 能流图



附录 A

机木浆降流式过氧化氢漂白塔
能量平衡及热效率计算实例
(参考件)

A1 漂白塔热平衡测试数据

- A1.1 每小时绝干浆生产量 $G_1=2\text{t/h}$;
 A1.2 每小时所漂纸浆中全部水分重量 $G_2=8\text{t/h}$;
 A1.3 每小时进混合器浆中水分重量 $G'_2=6\text{t/h}$;
 A1.4 每小时所加稀释水重量 $G_3=56\text{t/h}$;
 A1.5 纸浆进双辊混合器时温度 $t_1=25^\circ\text{C}$;
 A1.6 纸浆出漂白塔时温度 $t_2=30^\circ\text{C}$;
 A1.7 漂白塔周围环境温度 $t_0=20^\circ\text{C}$;
 A1.8 稀释水初温 $t_3=20^\circ\text{C}$;
 A1.9 漂白工艺要求的最高温度 $t_4=60^\circ\text{C}$;
 A1.10 H_2O_2 漂液浓度 $A=0.015\text{t/m}^3$;
 A1.11 H_2O_2 漂液(NaOH 、 Na_2SiO_3 混合液)加入 $V=2\text{m}^3/\text{h}$;
 A1.12 终漂时浆中残留 H_2O_2 为 $0.05\sim 0.1\text{g/t}$ (忽略不计);
 A1.13 每小时进混合器蒸汽重量 $D=1.2\text{t/h}$;
 A1.14 进混合器蒸汽的热焓 $i''=2741\text{MJ/t}$ (表压为 0.3MPa);
 A1.15 环境温度下的热焓 $i_1=83.9\text{MJ/t}$;
 A1.16 漂白化学反应中 H_2O_2 活化能 $B=2117.65\text{MJ/t}$;
 A1.17 纤维的比热 $c_1=1.423\text{MJ}/(\text{t}\cdot\text{K})$;
 A1.18 水的比热 $c_2=4.187\text{MJ}/(\text{t}\cdot\text{K})$ 。

A2 热平衡计算

A2.1 实际供给漂白的热量计算

A2.1.1 单位时间内加热纸浆蒸汽供给的热量

$$\begin{aligned} Q_1 &= D(i'' - i_1) \\ &= 1.2 \times (2741 - 83.9) \\ &= 3188.52 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.1.2 单位时间内漂白化学反应放出的热量

$$\begin{aligned} Q_2 &= V \cdot A \cdot B \\ &= 2 \times 0.015 \times 2117.65 \\ &= 63.53 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.1.3 单位时间内实供漂白总热量

$$\begin{aligned} Q_{\text{GG}} &= Q_1 + Q_2 \\ &= 3252.05 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.2 工质带入热量计算**A2.2.1 单位时间内进混合器绝干浆带入热量**

$$\begin{aligned} Q_3 &= G_1 \cdot c_1 (t_1 - t_0) \\ &= 2 \times 1.423 \times (25 - 20) \\ &= 14.23 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.2.2 单位时间内进混合器浆中水分带入热量

$$\begin{aligned} Q_4 &= G'_2 \cdot c_2 (t_1 - t_0) = 6 \times 4.187 \times (25 - 20) \\ &= 125.61 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.2.3 单位时间内稀释水带入热量

$$\begin{aligned} Q_5 &= G_3 \cdot c_2 (t_3 - t_0) = 56 \times 4.187 \times (20 - 20) \\ &= 0 \end{aligned}$$

A2.2.4 单位时间内工质带入总热量

$$\begin{aligned} Q_r &= Q_3 + Q_4 + Q_5 \\ &= 14.23 + 125.61 + 0 \\ &= 139.84 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.3 工质带出热量计算**A2.3.1 单位时间内漂白绝干浆带出热量**

$$\begin{aligned} Q_6 &= G_1 \cdot c_1 (t_2 - t_0) \\ &= 2 \times 1.423 \times (30 - 20) \\ &= 28.46 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.3.2 单位时间内原纸浆中的水分带出热量

$$\begin{aligned} Q_7 &= G_2 \cdot c_2 (t_2 - t_0) = 8 \times 4.187 \times (30 - 20) \\ &= 334.96 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.3.3 单位时间内稀释水带出热量

$$\begin{aligned} Q_8 &= G_3 \cdot c_2 (t_2 - t_0) = 56 \times 4.187 \times (30 - 20) \\ &= 2344.72 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.3.4 单位时间内工质带出总热量

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_6 + Q_7 + Q_8 \\ &= 28.46 + 334.96 + 2344.72 \\ &= 2708.14 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A2.4 单位时间内漂白总热损失计算

$$\begin{aligned} Q_{\text{总}} &= Q_9 \\ &= Q_{\text{CG}} + Q_r - Q_c \\ &= 3252.05 + 139.84 - 2708.14 \\ &= 683.75 \text{ MJ/h} \end{aligned}$$

A3 能量平衡表

序号	输入能量			输出能量		
	项 目	数 值 MJ/h	百分数 %	项 目	数 值 MJ/h	百分数 %
1	单位时间内蒸汽所供给的热量 Q_1	3188.52	93.95			
2	单位时间内漂白化学反应所放出的热量 Q_2	63.53	1.93			
3	单位时间内进混合器绝干浆带人的热量 Q_3	14.23	0.42			
4	单位时间内进混合器浆中水分带人热量 Q_4	125.61	3.70			
5	单位时间内稀释水所带人热量 Q_5	0	0			
6				单位时间内漂白绝干浆带出的 热量 Q_6	28.46	0.84
7				单位时间内原纸浆中水分带出 的热量 Q_7	334.96	9.87
8				单位时间内稀释水带出的热量 Q_8	2344.72	69.13
9				单位时间内漂白塔总热损失 Q_9	683.75	20.16
	合 计	3391.89	100	合 计	3391.89	100

A4 漂白塔热效率计算

A4.1 单位时间内漂白有效总耗热量

$$\begin{aligned}
 Q_{yx} &= (G_1 \cdot c_1 + G_2 \cdot c_2)(t_4 - t_1) \\
 &= (2 \times 1.423 + 8 \times 4.187) \times (60 - 25) \\
 &= 1271.97 \text{ MJ/h}
 \end{aligned}$$

A4.2 漂白单位风干浆有效耗热量

$$\begin{aligned}
 Q'_{yx} &= \frac{Q_{yx}}{G_1} \times 0.9 \\
 &= \frac{1271.97}{2} \times 0.9 \\
 &= 572.39 \text{ MJ/(t} \cdot \text{h)} (\text{风干浆})
 \end{aligned}$$

A4.3 热效率计算

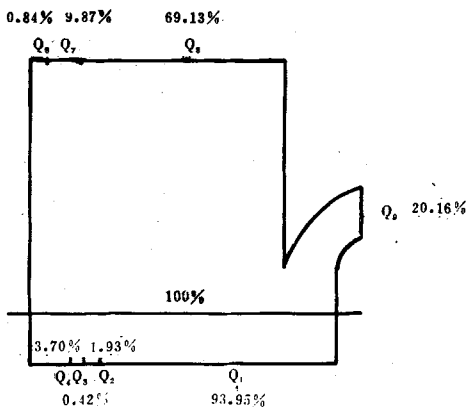
A4.3.1 漂白塔热效率

$$\eta = \frac{Q_{yx}}{Q_{GG}} \times 100\%$$

$$= \frac{1271.97}{3252.05} \times 100\%$$

$$= 39.1\%$$

A5 漂白塔能量流向图



附加说明:

本标准由轻工业部造纸工业司提出。

本标准由全国造纸标准化中心归口。

本标准由岳阳造纸厂、轻工业部造纸工业科学研究所负责起草。

本标准主要起草人:陈金山、徐桂华、李维新、刘江毅、张少玲。