

# 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 1927.10-93

## CEH 三段漂白系统能量平衡及热效率计算方法

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了制浆造纸企业中CEH三段漂白系统的能量平衡及热效率的一般计算方法。本标准适用于制浆造纸企业中CEH三段漂白系统的能量平衡的计算。

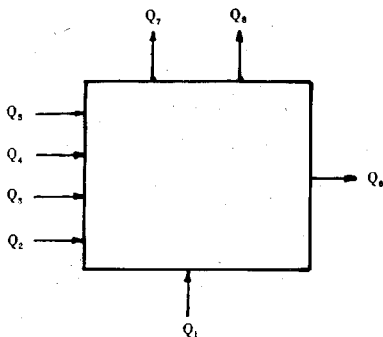
## 2 引用标准

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 能量平衡方框图的边界

本框图的计算范围 CEH (氯化、碱化、漂白)三段漂白系统,体系从浆料进氯化塔开始到成浆池进口为止。



## 3.2 能量平衡图中符号的意义

$Q_1$ ——漂白系统蒸汽加热用热量, kJ/h;

$Q_2$ ——漂白过程化学反应热, kJ/h;

$Q_3$ ——浆料带入体系的热量, kJ/h;

$Q_4$ ——氯气、碱液、漂液带入体系的显热, kJ/h;

$Q_5$ ——清水带入漂白系统的热量, kJ/h;

$Q_6$ ——成浆带出的热量, kJ/h;

$Q_7$ ——排放白水损失的热量, kJ/h;

$Q_8$ ——散热及其它损失, kJ/h。

#### 4 能量平衡的计算

##### 4.1 漂白系统蒸汽加热用热量 $Q_1$ , kJ/h, 按(1)式计算

$$Q_1 = (G_E + G_H)(i'' - i') \quad \text{..... (1)}$$

式中:  $G_E$ ——碱化段加热用蒸汽量, kg/h;

$G_H$ ——漂白段加热用蒸汽量, kg/h;

$i''$ ——加热用蒸汽热焓, kg/h;

$i'$ ——环境温度下水的热焓, kg/h。

##### 4.2 漂白过程化学反应热 $Q_2$ , kJ/h, 按(2)式计算

$$Q_2 = 1000 \times G_{H4} \times A_H \times B \quad \text{..... (2)}$$

式中:  $G_{H4}$ ——漂白用漂液量, m<sup>3</sup>/h;

$A_H$ ——漂液中有效氯浓度, g/l;

$B$ ——漂白化学反应中每克有效氯放出的热量, kJ/g。

##### 4.3 浆料带入体系的热量 $Q_3$ , kJ/h, 按(3)式计算

$$Q_3 = (G_{c1} \cdot c_1 + G_{c2} \cdot c_2)(t_c - t_n) \quad \text{..... (3)}$$

式中:  $G_{c1}$ ——进氯化塔浆料中绝干浆的重量, kg/h;

$G_{c2}$ ——进氯化塔浆料中水分的重量, kg/h;

$c_1$ ——纤维比热, 取 1.423 kJ/(kg · K);

$c_2$ ——水的比热, 4.187 kJ/(kg · K);

$t_c$ ——进氯化塔浆料温度, °C;

$t_n$ ——环境温度, °C。

##### 4.4 氯气、碱液、漂液带入体系的显热 $Q_4$ , kJ/h, 按(4)式计算

$$Q_4 = Q_{4C} + Q_{4E} + Q_{4H} \quad \text{..... (4)}$$

式中:  $Q_{4C}$ ——氯气带入体系的显热, kJ/h;

$Q_{4E}$ ——碱液带入体系的显热, kJ/h;

$Q_{4H}$ ——漂液带入体系的显热, kJ/h。

$$Q_{4C} = G_{C4} \cdot c_{C1} (t_{C4} - t_n) \quad \text{..... (5)}$$

$$Q_{4E} = G_{E4} \cdot c_E (t_{E4} - t_n) \quad \text{..... (6)}$$

$$Q_{4H} = G_{H4} \cdot c_H (t_{H4} - t_n) \quad \text{..... (7)}$$

式中:  $c_{C1}$ ——氯气的比热, kJ/(kg · K);

$c_E$ ——碱液的比热, kJ/(kg · K);

$c_H$ ——漂液的比热, kJ/(kg · K);

$G_{C4}$ ——氯化耗用氯气量, kg/h;

$G_{E4}$ ——碱液的用量, kg/h;

$G_{H4}$ ——漂白用漂液量, kg/h;

$t_{C4}$ ——氯气的温度, °C;

$t_{E4}$ ——碱液的温度, °C;

$t_{H4}$ ——漂液的温度, °C。

4.5 清水带入漂白系统的热量  $Q_5$ , kJ/h, 按(8)式计算

$$Q_5 = G_w \cdot c_2 (t_w - t_n) \dots\dots\dots (8)$$

式中:  $G_w$ ——漂白系统耗用的清水量, kg/h;

$t_w$ ——清水的温度, °C。

4.6 成浆带出的热量  $Q_6$ , kJ/h, 按(9)式计算

$$Q_6 = (G_1 \cdot c_1 + G_2 \cdot c_2) (t_1 - t_n) \dots\dots\dots (9)$$

式中:  $G_1$ ——绝干成浆产量, kg/h;

$G_2$ ——成浆中水的重量, kg/h;

$t_1$ ——出漂白塔浆料温度, °C。

4.7 排放白水损失的热量  $Q_7$ , kJ/h, 按(10)式计算

$$Q_7 = [G_{W1}(t_{W1} - t_n) + G_{W2}(t_{W2} - t_n) + G_{W3}(t_{W3} - t_n)] c_2 \dots\dots\dots (10)$$

式中:  $G_{W1}$ ——1号洗浆机排放的白水量, kg/h;

$G_{W2}$ ——2号洗浆机未封闭使用排放的白水量, kg/h;

$G_{W3}$ ——3号洗浆机未封闭使用排放的白水量, kg/h;

$c_2$ ——水的比热, 4.187 kJ/(kg · K);

$t_{W1}$ ——1号洗浆机排放的白水温度, °C;

$t_{W2}$ ——2号洗浆机排放的白水温度, °C;

$t_{W3}$ ——3号洗浆机排放的白水温度, °C。

4.8 散热及其他损失  $Q_8$ , kJ/h, 按(11)式计算:

$$Q_8 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 - Q_6 - Q_7 \dots\dots\dots (11)$$

5 漂白系统热效率计算

5.1 有效用热量

参照 GB 2588 中有效用热量计算的规定, CEH 三段漂白系统的有效用热量  $Q_{yx}$ , kJ/h, 按(12)式计算

$$Q_{yx} = (G_{E1} \cdot c_1 + G_{E2} \cdot c_2) (t_E - t_C) \dots\dots\dots (12)$$

式中:  $G_{E1}$ ——进碱化塔浆料中绝干浆的重量, kg/h;

$G_{E2}$ ——进碱化塔浆料中水分的重量, kg/h;

$t_E$ ——纸浆碱化工艺要求温度, °C。

5.2 单位重量风干浆有效用热量  $Q'_{yx}$ , kJ/kg, 按(13)式计算

$$Q'_{yx} = 0.9 \times Q_{yx} / G_1 \dots\dots\dots (13)$$

式中: 0.9——风干浆折绝干浆系数。

5.3 漂白系统耗热量  $Q_{GG}$ , kJ/kg, 按(14)式计算

$$Q_{GG} = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (14)$$

5.4 漂白系统单位耗热量  $Q'_{GG}$ , kJ/kg, 按(15)式计算

$$Q'_{GG} = 0.9 \times Q_{GG} / G_1 \dots\dots\dots (15)$$

5.5 漂白系统热效率  $\eta$ , %, 按(16)式计算

$$\eta = (Q_{yx} / Q_{GG}) \times 100\% = (Q'_{yx} / Q'_{GG}) \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

5.6 漂白系统总的热损失量  $Q_{SS}$ , kJ/h, 按(17)式计算

$$Q_{SS} = Q_{GG} - Q_{yx} \dots\dots\dots (17)$$

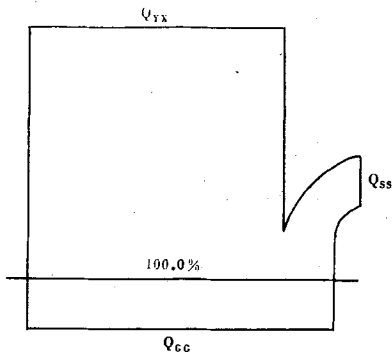
5.7 漂白系统热损失率  $\eta'$ , %, 按(18)式计算

$$\eta' = \frac{Q_{SS}}{Q_{GG}} \times 100\% \dots\dots\dots (18)$$

6 CEH 三段漂白系统能量平衡表

序号	输入能量			输出能量		
	项 目	数 值 kJ/h	%	项 目	数 值 kJ/h	%
1	漂白系统蒸汽加热用量 $Q_1$					
2	漂白过程化学反应热 $Q_2$					
3	浆料带人体系热量 $Q_3$					
4	氯气、碱液、漂液带入显热 $Q_4$					
5	清水带入漂白系统的热量 $Q_5$					
6				成浆带出的热量 $Q_6$		
7				排放白水损失的热量 $Q_7$		
8				散热及其他损失 $Q_8$		
	合 计		100	合 计		100

7 能流图



## 附录 A

## CEH 三段漂白系统能量平衡及热效率计算实例

(参考件)

## A1 计算原始数据

符 号	单 位	名 称	数 值
$G_E$	kg/h	E 段双辊加热器用蒸汽量	2380
$G_H$	kg/h	H 段双辊加热器用蒸汽量	0
$i''$	kJ/kg	加热用蒸汽的热焓	2753
$i'$	kJ/kg	环境温度下凝结水热焓	123.5
$G_{H_1}$	$m^3/h$	漂白用漂液量	9.886
$A_H$	g/l	漂液中有效氯浓度	16.35
$B$	kJ/g	漂白化学反应中每克有效氯放出的热量	4.605
$G_{E_1}$	kg/h	碱液的用量	1663
$G_{C_1}$	kg/h	氯化耗用氯气量	183.5
$G_{C_1}$	kg/h	进氯化塔浆料中绝干浆量	3470
$G_{C_2}$	kg/h	进氯化塔浆料中水分重量	184574
$c_1$	kJ/(kg·K)	纤维比热	1.423
$c_2$	kJ/(kg·K)	水的比热	4.187
$t_n$	°C	环境温度	29.5
$t_C$	°C	进氯化塔浆料的温度	30.8
$c_{C_1}$	kJ/(kg·K)	氯气的比热	0.482
$c_E$	kJ/(kg·K)	碱液的比热	3.915
$c_C$	kJ/(kg·K)	漂液的比热	3.978
$t_{C_1}$	°C	氯气温度	60
$t_{E_1}$	°C	碱液温度	31.5
$t_{H_1}$	°C	漂液温度	40.8
$G_w$	kg/h	漂白系统耗用的清水量	199500
$t_w$	°C	清水温度	29.9
$G_1$	kg/h	绝干成浆产量	3155
$G_2$	kg/h	成浆中水的重量	34071
$t_1$	°C	成浆温度	31.6

续 表

符 号	单 位	名 称	数 值
$G_{W1}$	kg/h	1号洗浆机排放的白水量	244000
$G_{W2}$	kg/h	2号洗浆机未封闭使用的白水量	88000
$G_{W3}$	kg/h	3号洗浆机未封闭使用的白水量	17270
$t_{W1}$	℃	1号洗浆机排放的白水温度	34.0
$t_{W2}$	℃	2号洗浆机排放的白水温度	39.0
$t_{W3}$	℃	3号洗浆机排放的白水温度	31.0
$G_{E1}$	kg/h	进碱化塔浆料中绝干浆重量	3313
$G_{E2}$	kg/h	进碱化塔浆料中水分重量	48220
$t_E$	℃	纸浆碱化工艺要求温度	60

## A2 计算公式及结果

## A2.1 漂白系统蒸汽加热用热量

$$Q_1 = (G_E + G_H)(i'' - i') = (2380 + 0)(2753.7 - 123.5) = 62.599 \times 10^5 \text{ kJ/h}$$

## A2.2 漂白过程化学反应热

$$Q_2 = G_{H4} \cdot A_H \cdot B = 9.886 \times 1000 \times 16.35 \times 4.605 = 7.443 \times 10^5 \text{ kJ/h}$$

## A2.3 浆料带入体系的热量

$$\begin{aligned} Q_3 &= (G_{C1} \cdot c_1 + G_{C2} \cdot c_2)(t_c - t_n) \\ &= (3470 \times 1.423 + 184574 \times 4.187) \times (30.8 - 29.5) \\ &= 10.111 \times 10^5 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

## A2.4 氯气、碱液、漂液带入体系的显热

$$\begin{aligned} Q_4 &= G_{C4} \cdot c_C(t_{C4} - t_n) + G_{E4} \cdot c_E(t_{E4} - t_n) + G_{H4} \cdot c_H(t_{H4} - t_n) \\ &= 183.5 \times 0.482 \times (60 - 29.5) + 1663 \times 3.915 \times (31.5 - 29.5) + 9886 \times 3.978 \times (40.8 - 29.5) \\ &= 2690 + 13021 + 444390 = 4.601 \times 10^5 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

## A2.5 清水带入漂白体系的热量

$$\begin{aligned} Q_5 &= G_W \cdot c_2(t_w - t_n) \\ &= 199500 \times 4.187 \times (29.9 - 29.5) \\ &= 3.341 \times 10^5 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

## A2.6 成浆带出体系的热量

$$\begin{aligned} Q_6 &= (G_1 \cdot c_1 + G_2 \cdot c_2)(t_1 - t_n) = (3155 \times 1.423 + 34071 \times 4.187) \times (31.6 - 29.5) \\ &= 3.090 \times 10^5 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

## A2.7 排放白水损失的热量

$$\begin{aligned} Q_7 &= [G_{W1}(t_{W1} - t_n) + G_{W2}(t_{W2} - t_n) + G_{W3}(t_{W3} - t_n)] \times c_2 \\ &= [244000 \times (34 - 29.5) + 88000 \times (39 - 29.5) + 17270 \times (31 - 29.5)] \times 4.187 \end{aligned}$$

$$= 82.061 \times 10^5 \text{ kJ/h}$$

### A2.8 散热及其他损失

$$\begin{aligned} Q_8 &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 - Q_6 - Q_7 \\ &= 3.149 \times 10^5 \text{ (kJ/h)} \end{aligned}$$

## A3 漂白系统热效率计算

### A3.1 有效用热量

$$\begin{aligned} Q_{yx} &= (G_{E1} \cdot c_1 + G_{E2} \cdot c_2)(t_E - t_C) \\ &= (3313 \times 1.423 + 48220 \times 4.187) \times (60 - 30.8) \\ &= 60.331 \times 10^5 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

### A3.2 有效单位耗热量

$$Q'_{yx} = \frac{Q_{yx}}{G_1} \times 0.9 = \frac{6033100}{3155} \times 0.9 = 1721 \text{ kJ/kg}$$

### A3.3 漂白体系耗热量

$$Q_{GG} = Q_1 + Q_2 = (62.599 + 7.433) \times 10^5 = 70.032 \times 10^5 \text{ kJ/h}$$

### A3.4 漂白体系单位耗热量

$$Q_{GG}' = \frac{Q_{GG}}{G_1} \times 0.9 = \frac{7003200}{3155} \times 0.9 = 1998 \text{ kJ/kg}$$

### A3.5 漂白系统的热效率

$$\eta = \frac{Q_{yx}}{Q_{GG}} \times 100\% = \frac{6033100}{7003200} \times 100\% = 86.15\%$$

### A3.6 漂白系统总的热损失量

$$Q_{SS} = Q_{GG} - Q_{yx} = 70.032 \times 10^5 - 60.399 \times 10^5 = 9.701 \times 10^5 \text{ kJ/h}$$

### A3.7 漂白系统热损失率

$$\eta' = \frac{Q_{SS}}{Q_{GG}} \times 100\% = \frac{9.701 \times 10^5}{70.032 \times 10^5} \times 100\% = 13.85\%$$

## A4 CEH 三段漂白系统能量平衡表

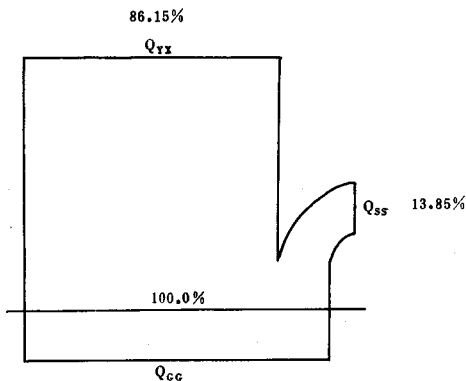
序号	输入能量			输出能量		
	项目	数值 kJ/h	%	项目	数值 kJ/h	%
1	漂白系统蒸汽加热用热量 $Q_1$	$62.599 \times 10^5$	70.89			
2	漂白过程化学反应热 $Q_2$	$7.443 \times 10^5$	8.43			
3	浆料带人体系热量 $Q_3$	$10.111 \times 10^5$	11.68			
4	氯气、碱液、漂液带入显热 $Q_4$	$4.601 \times 10^5$	5.21			
5	清水带入漂白系统的热量 $Q_5$	$3.341 \times 10^5$	3.79			



续表

序号	输入能量			输出能量		
	项 目	数 值 kJ/h	%	项 目	数 值 kJ/h	%
6				成浆带出的热量 $Q_6$	$3.090 \times 10^5$	3.50
7				排放白水损失的热量 $Q_7$	$82.061 \times 10^5$	92.93
8				散热及其他损失 $Q_8$	$3.149 \times 10^5$	3.57
	合 计	$88.10 \times 10^5$	100	合 计	$88.10 \times 10^5$	100

## A5 能流图



## 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。

本标准由南平造纸厂、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:林从明、林信康、张少玲、刘江毅。