

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 1927.15-93

苛化设备能量平衡及热效率计算方法

1 主题内容与适用范围

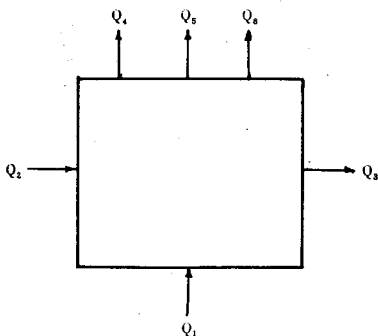
本标准规定了苛化设备能量平衡及热效率的计算方法。

本标准适用于制浆造纸企业碱回收苛化设备的能量平衡及热效率测试与计算。

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 能量平衡方框图说明

体系是以苛化乳液和加蒸汽进口开始至苛化乳液和蒸汽冷凝水(间接加热)出口为本体系的边界。

3.2 图中符号意义

Q_1 ——加热蒸汽带入热量；

Q_2 ——苛化乳液(水和碱及固体物)带入热量；

Q_3 ——加热苛化乳液中水和碱及固体物至最高苛化反应温度时所需的热量；

Q_4 ——加热蒸汽冷凝水带出热量；

Q_5 ——设备散热损失热量；

Q_6 ——排汽及其他损失热量。

3.3 图中符号单位均为 kJ/h。

4 能量平衡计算

4.1 输入热量

4.1.1 加热蒸汽带入热量 Q_1 , kJ/h, 按公式(1)计算

$$Q_1 = G_1(i'' - i') \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: G_1 ——加热蒸汽用量, kg/h;

i'' ——加热蒸汽的热焓, kJ/kg;

i' ——环境温度下水的热焓, kJ/kg。

4.1.2 苛化乳液(水和碱及固体物)带入热量 Q_2 , kJ/h, 按公式(2)计算

$$Q_2 = (G_s \cdot c_s + G_1 \cdot c_1) \cdot (t_2 - t) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: G_s ——进入苛化器苛化乳液中水分量, kg/h;

c_s ——水的比热, kJ/(kg·K);

G_1 ——进入苛化器苛化乳液中碱及固体物量, kg/h;

c_1 ——碱和固体物比热, $c_1 = 1.465$ kJ/(kg·K);

t_2 ——进入苛化器苛化乳液温度, °C;

t ——环境温度, °C。

注: 摄氏温度 t (°C)之差等于热力学温度(K)之差。

4.2 输出热量

4.2.1 加热苛化乳液中水和碱及固体物至最高苛化反应温度时所需要的热量 Q_3 , kJ/h, 按公式(3)计算

$$Q_3 = (G_{sch} \cdot c_{sch} + G_{jch} \cdot c_{jch}) \cdot (t_3 - t) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: G_{sch} ——出苛化器苛化乳液中水分量, kg/h;

c_{sch} ——水的比热, kJ/(kg·K);

G_{jch} ——出苛化器苛化乳液中碱和固体物量, kg/h;

c_{jch} ——碱和固体物比热, $c_{jch} = 1.465$ kJ/(kg·K);

t_3 ——出苛化器苛化乳液温度, °C。

4.2.2 加热蒸汽冷凝水带出热量 Q_4 , kJ/h, 按公式(4)计算

$$Q_4 = G_4(i_4 - i') \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: G_4 ——加热蒸汽冷凝水量, kg/h;

i_4 ——加热蒸汽冷凝水的热焓, kJ/kg;

i' ——环境温度下水的热焓, kJ/kg。

4.2.3 设备散热损失热量 Q_5 , kJ/h, 按公式(5)计算

$$Q_5 = \sum_{i=1}^n F_i \cdot \alpha (t_5 - t) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: F_i ——每一个苛化器散热面积, m^2 ;

α ——苛化器保温层表面放热系数；

对于表面不超过 150℃ 时，其放热系数可以近似计算：

$$\alpha = [8.4 + 0.06(t_5 - t)] \times 4.187 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{h})$$

t_5 ——苛化器保温层表面温度，℃；

n ——苛化器的个数。

4.2.4 排汽及其他损失热量 Q_6 , kJ/h, 按公式(6)计算

$$Q_6 = (Q_1 + Q_2) - (Q_3 + Q_4 + Q_5) \dots\dots\dots (6)$$

5 设备热效率计算

5.1 有效热量 Q_{YX} , kJ/h, 按公式(7)计算

$$Q_{YX} = Q_3 - Q_2 \dots\dots\dots (7)$$

5.2 供给热量 Q_{GG} , kJ/h, 按公式(8)计算

$$Q_{GG} = Q_1 \dots\dots\dots (8)$$

5.3 损失热量 Q_{SS} , kJ/h, 按公式(9)计算

$$Q_{SS} = Q_4 + Q_5 + Q_6 \dots\dots\dots (9)$$

5.4 苛化器正平衡热效率 $\eta_{正}$, 按公式(10)计算

$$\eta_{正} = \frac{Q_{YX}}{Q_{GG}} \times 100\% = \frac{Q_3 - Q_2}{Q_1} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

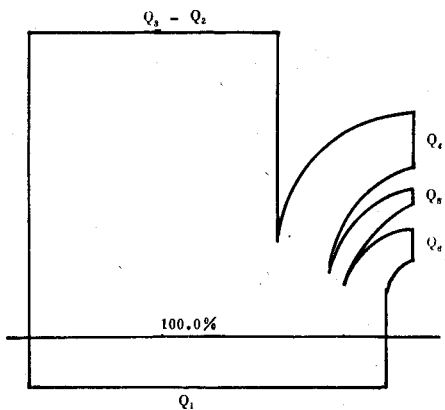
5.5 苛化器反平衡热效率 $\eta_{反}$, 按公式(11)计算

$$\eta_{反} = (1 - \frac{Q_{SS}}{Q_{GG}}) \times 100\% = (1 - \frac{Q_4 + Q_5 + Q_6}{Q_1}) \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

6 能量平衡表

序号	输入能量			输出能量		
	项目	数值 kJ/h	百分数 %	项目	数值 kJ/h	百分数 %
1	加热蒸汽带入热量 Q_1		100			
2				加热苛化乳液中水和碱及固体物至最高苛化温度反应时所需热量 $Q_3 - Q_2$		
3				加热蒸汽冷凝水带出热量 Q_4		
4				设备散热损失热量 Q_5		
5				排汽及其他损失热量 Q_6		
	合计		100	合计		100

7 能量流向图



附录 A

苛化设备能量平衡及热效率计算实例

(参考件)

A1 苛化器热平衡测试数据(平均值)

A1.1 进苛化器:蒸汽量 1100kg/h;热焓 2710.513kJ/kg

A1.2 绿液:流量 40m³/h;温度 78℃

A1.3 绿液总碱浓度:116.62g/L

A1.4 苛化乳液含泥量(绝干):136.83g/L

A1.5 苛化乳液进苛化器时的温度:91℃

A1.6 苛化乳液最高苛化温度:102℃

A1.7 蒸汽冷凝水温度:132℃

A1.8 苛化器保温层外表温度:48℃

A1.9 环境温度:25℃

A2 能量平衡方框图(参见第三章)

A3 能量平衡计算

A3.1 输入热量

A3.1.1 加热蒸汽带入热量 Q_1

$$Q_1 = G_1(i'' - i')$$

$$= 1.1 \times 10^3 \times (2710.513 - 104.67) = 2866.427 \times 10^3 \text{ kJ/h}$$

A3.1.2 苛化乳液(水和碱及固体物)带入热量 Q_2

$$Q_2 = (G_s \cdot c_s + G_1 \cdot c_1) \cdot (t_2 - t)$$

$$= [40 \times 4.187 + (0.1166 + 0.13683) \times 40 \times 1.465] \times (91 - 25) \times 10^3$$

$$= 12033.912 \times 10^3 \text{ kJ/h}$$

A3.2 输出热量

A3.2.1 加热苛化乳液中水和碱及固体物至最高苛化反应温度时所需要的热量 Q_3

$$Q_3 = (G_{sch} \cdot c_{sch} + G_{jsh} \cdot c_{jsh}) \cdot (t_3 - t)$$

$$Q_3 = [40 \times 4.187 + (0.1166 + 0.13683) \times 40 \times 1.465] \times (102 - 25) \times 10^3$$

$$= 14039.564 \times 10^3 \text{ kJ/h}$$

A3.2.2 加热蒸汽冷凝水带出热量 Q_4

$$Q_4 = G_4(i_4 - i')$$

$$= 1.1 \times 10^3 \times (552.658 - 104.67) = 492.79 \times 10^3 \text{ kJ/h}$$

A3.2.3 设备散热损失热量 Q_5

$$Q_5 = \sum_{i=1}^n F_i \cdot \alpha \cdot (t_5 - t)$$

$$\sum_{i=1}^n F_i = \left(\frac{3.14}{4} \times 3.2^2 + 3.14 \times 3.2 \times 3.2 \right) \times 3 = 120.576 \text{m}^2$$

$$\alpha = [8.4 + 0.06(t_5 - t)] \times 4.187$$

$$= [8.4 + 0.06 \times (48 - 25)] \times 4.187 = 40.949 \text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{h})$$

$$Q_5 = 120.576 \times 40.949 \times (48 - 25) = 113.562 \times 10^3 \text{kJ/h}$$

A3.2.4 排汽及其他损失热量 Q_6

$$Q_6 = (Q_1 + Q_2) - (Q_3 + Q_4 + Q_5)$$

$$= (2866.427 + 12033.912) \times 10^3 - (14039.564 + 492.79 + 113.562) \times 10^3$$

$$= 254.423 \times 10^3 \text{kJ/h}$$

A4 苛化器设备热效率计算

A4.1 有效热量 Q_{YX}

$$Q_{YX} = Q_3 - Q_2$$

$$= 14039.564 \times 10^3 - 12033.912 \times 10^3 = 2005.652 \text{kJ/h}$$

A4.2 供给热量 Q_{GG}

$$Q_{GG} = Q_1 = 2866.427 \times 10^3 \text{kJ/h}$$

A4.3 损失热量 Q_{SS}

$$Q_{SS} = Q_4 + Q_5 + Q_6$$

$$= (492.79 + 113.562 + 254.423) \times 10^3 = 860.775 \times 10^3 \text{kJ/h}$$

A4.4 苛化器正平衡热效率 $\eta_{正}$

$$\eta_{正} = \frac{Q_{YX}}{Q_{GG}} \times 100\% = \frac{Q_3 - Q_2}{Q_1} \times 100\%$$

$$= \frac{(14039.564 - 12033.912) \times 10^3}{2866.427 \times 10^3} \times 100\% = 69.97\%$$

A4.5 苛化器反平衡热效率 $\eta_{反}$

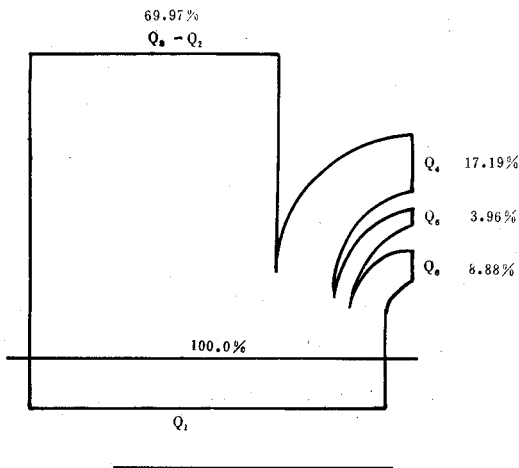
$$\eta_{反} = \left(1 - \frac{Q_4 + Q_5 + Q_6}{Q_1} \right) \times 100\%$$

$$= 1 - \frac{(492.79 + 113.562 + 254.423) \times 10^3}{2866.427 \times 10^3} = 69.97\%$$

A5 能量平衡表

序号	输入能量			输出能量		
	项目	数值 kJ/h	百分数 %	项目	数值 kJ/h	百分数 %
1	加热蒸汽带入热量 Q_1	2866.427×10^3	100			
2				加热苛化乳液中水和碱及固体至最高苛化温度反应时所需热量 $Q_3 - Q_2$	2005.652×10^3	69.97
3				加热蒸汽冷凝水带出热量 Q_4	492.79×10^3	17.19
4				设备散热损失热量 Q_5	113.562×10^3	3.96
5				排气及其他损失热量 Q_6	254.423×10^3	8.88
	合计	2866.427×10^3	100	合计	2866.427×10^3	100

A7 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。

本标准由福建省青州造纸厂、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:魏启光、刘江毅、张少玲。