

### 印染企业系统能量平衡计算方法

Calculation method of the system energy equilibrium in printing and dyeing  
enterprise

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

# 目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 计算能量平衡的依据.....	2
5 计算能量守恒的步骤.....	2
6 能量平衡计算时需要注意的问题.....	5
7 印染企业能量平衡体系计算要求.....	7
8 其他.....	7
附录 A（规范性附录） 印染企业各类能源热值折算.....	8

## 前 言

本标准依据GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由浙江省质量技术监督局提出并归口。

本标准起草单位：浙江省计量科学研究院、浙江省纺织测试研究院、嘉兴市计量检定测试院、嘉兴新大众印染有限公司。

本标准主要起草人：吴东旭、张永超、朱怀球、沈伟、杨其根、詹志杰、陈慧云、王凯于。

# 印染企业系统能量平衡计算方法

## 1 范围

本标准规定了印染企业系统能量平衡的计算方法。

本标准适用于印染企业为掌握企业能量消耗状况，分析企业用能水平，查清企业节能潜力，明确企业节能方向，为改进能源管理，实行节能技术改造，提高能源利用率等而进行能量平衡测试。

本标准与GB/T 2587、GB/T 2589标准组成印染企业系统能量平衡的系列标准。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2587 用能设备能量平衡通则

GB/T 2589 综合能耗计算通则

FZ/T 01002 印染企业综合能耗计算办法及基本定额

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**用能单位** energy consumption unit

具有确定边界的耗能单位。

### 3.2

**综合能耗** comprehensive energy consumption

用能单位在统计报告期内实际消耗的各种能源实物量，按规定的计算方法和单位分别折算后的总和。对企业，综合能耗是指统计报告期内，主要生产系统、辅助生产系统和附属生产系统的能耗总和。企业中主要生产系统的能耗量应以实测为准。

### 3.3

**产品单位产量综合能耗** comprehensive energy consumption for unit output value

统计报告期内，用能单位生产某种产品或提供某种服务的综合能耗与同期该合格产品产量（工作量、服务量）的比值。

注：产品是指合格的最终产品或中间产品；对某些以工作量或原材料加工量为考核能耗对象的企业，其单位工作量、单位原材料加工量的综合能耗的概念也包括在本定义之内。

### 3.4

产品单位产量可比综合能耗 comparable comprehensive energy consumption for unit output of product

为在同行业中实现相同最终产品能耗可比,对影响产品能耗的各种因素加以修正所计算出来的产品单位产量综合能耗。

## 4 计算能量平衡的依据

制定印染企业系统能量平衡计算方法的理论依据,主要包括:

- a) 能量守恒和转换定律;
- b) 热力学第二定律。

## 5 计算能量守恒的步骤

### 5.1 准备

#### 5.1.1 收集如下基础资料和数据

- 5.1.1.1 原始资料和数据,如设计参考、设计依据、工艺规程、操作规程、设备性能等情况。
- 5.1.1.2 运行资料和数据,如产品、原材料、能耗、负荷、效率等参数。
- 5.1.1.3 测试资料和数据,如能量的有效利用、各项损失、过程消耗、产品能耗。
- 5.1.1.4 理论资料与数据,如理论能耗,各种计算方法、公式和图表等。

#### 5.1.2 制定计划

- 5.1.2.1 确定测试范围与对象。
- 5.1.2.2 统一调度、人员与分工、安全措施等。
- 5.1.2.3 计算方法与记录表格和统计表格。
- 5.1.2.4 要求与进度。

### 5.2 测试统计

测试统计内容包括:选择测量点;仪表校准和安装;按规定的体系范围进行测试和统计。注意各项测试,应在正常生产条件下的统一时间内进行,并将数据填入相关表格。

### 5.3 计算

#### 5.3.1 物料平衡计算

根据系统的特点,明确体系的边界,并加以简要的说明。整理取得的数据,绘制生产流程图,首先进行物料平衡计算。以单位物料(如:百米标准品)为计算基础,对从实际生产线获得的或者工艺规程获得的数据进行适当的转换、加工。

#### 5.3.2 确定能量平衡方案

结合印染企业实际生产流程,确定能量平衡方框图。补充有关能量的参数:温度、流量,查阅饱和蒸汽表等参数。

在能量平衡方框图中，系统内部进行能量交换的设备，可以将方框图合并或者省略；系统一经确定，可按 GB/T 2587 中能量平衡模型（见图 1）的规定把系统输入能量和输出能量，逐项分别用箭头画在方框图的四周，以减少能量的漏计、重计和错计。

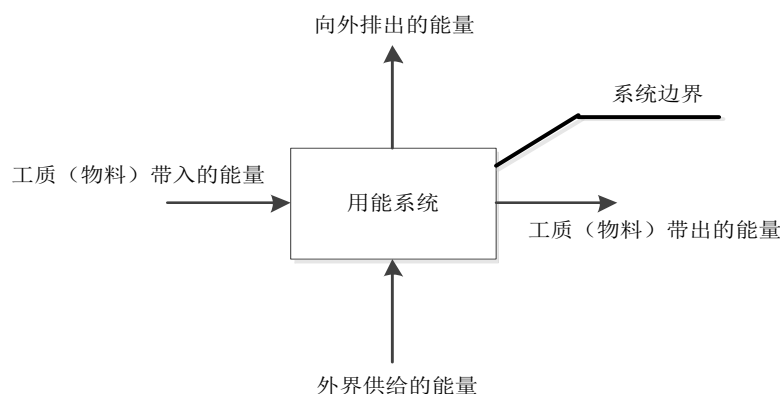


图1 能量平衡方框图

### 5.3.3 能量平衡计算

确定能量平衡方框图和有关参数后，进行能量平衡计算。每一个单元，按照输入能量和输出能量分别进行计算。基准温度可设定为 0℃或环境温度；能量单位一般取吉焦（GJ）、兆焦（MJ）、千焦（kJ），质量单位为吨（t）、千克（kg），电能单位为千瓦时（kW h），也可以折算为吉焦（GJ）、兆焦（MJ）作为统计单位。也可以根据印染企业内设备的特点分别采用功率单位：MJ/h，kJ/h。数据的处理保留小数点后两位。单位需使用符号表示，如不能使用符号表示，则用文字表示。

### 5.3.4 编制能量平衡表

将分单元计算的输入能量和输出能量，填在能量平衡表内（见表 1），若出现不平衡情况，要返回进行检查；当出现缺项、漏项时，需要修改能量平衡方案，重新计算；由于保留有效数字等因数据处理而导致的能量不平衡，需要重新调整数据，使能量平衡表达达到基本平衡。表 1 中数据应采用统一单位。

表1 能量平衡表

序号	输入能量		输出能量	
	项目	数量	项目	数量
1	$Q_1$			
2	$Q_2$			
3	$Q_3$			
4	$Q_4$			
5	$Q_5$			
6			$Q_6$	
7			$Q_7$	
8			$Q_8$	
9			$Q_9$	
	合计		合计	

### 5.3.5 绘制能流图

5.3.5.1 体系的能流图与能量流程方框图相对应，每个方框（设备或单元）输入和输出的能量应完全相等。选择适当的比例表示能量的大小，在能流图上以线条的宽度表示输入或输出能量的多少，对于能量太小，能流图无法以宽度表示时，以单线条来表示。以箭头表示能量的流向，在流动过程中，能量应当保持恒定（即能流图中的线条宽度保持不变，包括转弯的圆弧处）。能流图上能量的流动方向为：从下向上，从左向右流动。

5.3.5.2 对于供印染过程物料流送、搅拌或者设备运转的电能，都属于输入能量，在能流图上不必画出。

示例：以 CAD 绘图软件为例，其绘制的步骤为：

- 首先要取适当的比例（即线条的宽度 mm 长度，代表能量的 MJ 数量）。
- 根据能量平衡方框图，绘制能流图的各个工艺设备单元，标注各单元名称。
- 根据能量平衡表，准确地绘制各个单元输入和输出的能量。注意输入能量与输出能量上下对齐，能量在输送过程中保持恒定，即线条的宽度保持不变。对于能量数值比较小，无法用线条宽度表示时，使用单条线表示。
- 用箭头表示能量的输入、输出方向。
- 按照能量平衡表标注每一个输入、输出能量的名称和具体数值。
- 无误后，将 CAD 形式转化为 word 形式，附在编制文件的后面。

### 5.3.6 计算效率和单产消耗

5.3.6.1 在上述物料平衡和能量平衡计算的基础上，计算设备的能量效率和单位产品的能量消耗等技术指标。能量效率是指该体系或设备为达到目的，供给能量利用的有效程度在数量上的表示，它等于有效能量对供给能量的百分数。

5.3.6.2 设备或系统的热效率  $\eta_R$  按 GB/T 2588 的规定式（1）或式（2）进行计算。

$$\eta_R = \frac{Q_{YX}}{Q_{GG}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

$$\eta_R = (1 - \frac{Q_{SS}}{Q_{GG}}) \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$\eta_R$  ——设备或系统的热效率，%；

$Q_{YX}$  ——有效热量，MJ；

$Q_{GG}$  ——供给热量，MJ；

$Q_{SS}$  ——损失热量，MJ。

5.3.6.3 设备或系统的净热效率  $\eta_{RJ}$  按式（3）计算：

$$\eta_{RJ} = \frac{Q_{YX} - Q_Z}{Q_{GG}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

式中：

$\eta_{RJ}$ ——设备或系统的净热效率，%；

$Q_Z$ ——自用热量，MJ。

5.3.6.4 设备或系统的能量效率 $\eta_N$ 按式（4）计算：

$$\eta_N = \frac{Q_{YX}}{Q_{GG} + Q_D} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

式中：

$\eta_N$ ——设备或系统的能量效率，%；

$Q_D$ ——供给的电能，MJ。

5.3.6.5 设备或系统的净能量效率 $\eta_{NJ}$ 按式（5）计算：

$$\eta_{NJ} = \frac{Q_{YX} - Q_Z}{Q_{GG} + Q_D} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

式中：

$\eta_{NJ}$ ——设备或系统的净能量效率，%。

注：为了便于和本企业进行纵向比较，也便于和同行业同类型企业进行横向比较，相应印染企业的能量效率应当表示为生产百米标准品所消耗的热能（或蒸汽）或标准煤、电能和水，以及总能量的消耗。

#### 5.4 印染企业综合能耗计算

根据各类分项能源的消耗情况，可以计算印染企业的综合能耗。

企业综合能耗计算见公式（6）。

$$U_q = \sum_{i=1}^n (E_i \times K_i) \dots\dots\dots(6)$$

式中：

$U_q$ ——企业综合能耗,单位为千克标煤（kgce）；

$E_i$ ——生产过程中消耗的第*i*类能源实物量；

$K_i$ ——第*i*类能源折算标煤系数。

注：比较两个时期的企业综合能耗，进一步得到企业在一段时期内的产品单位产量综合能耗、产品单位产量可比综



合能耗、节能量等数据。

## 5.5 结果评价

5.5.1 分析结果，找出问题，确定节能技术改造方案。

5.5.2 修订能源管理定额。

5.5.3 制定远、近期节能规划。

5.5.4 编写企业能量平衡报告。

## 6 能量平衡计算时需要注意的问题

### 6.1 基准温度

取0℃作为基准温度；也可取环境温度即外界空气温度为计算的基准温度。

### 6.2 对电能的处理

电能是能量平衡的重要组成部分。设备或系统消耗电能的确定，首先通过调研，收集一个系统（或者一段工艺过程、一个车间、一个工段）实际使用电负荷的具体数据，通过按照需要系数法具体分配到每个相应的用电设备。其计算过程如下：

- a) 确定测定系统内部的用电设备，一般不包括照明、采暖、空调和仪表自动化的用电；
- b) 明确用电设备的连续使用时间；
- c) 查定用电设备的需要系数，参差系数；
- d) 按式（7）计算全系统的总用电负荷  $P$ ：

$$P = \sum \phi \times K_i \times P_i = \phi \times (K_1 P_1 + K_2 P_2 + \dots + K_n P_n) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$\phi$  ——参差系数， $\phi$  一般取0.8~0.9；

$K_i$  ——用电设备的需要系数（可根据实际用电设备查到，与运行时间有关）；

$P_i$  ——用电设备的装机容量，kW（可在企业的设备表中查到，或者直接查铭牌）。

- a) 该系统生成单位产品所消耗的电能  $p$ （kW h/单位产品）按式（8）计算，即：

$$p = \frac{t \times P}{G} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$t$  ——每天工作的时间，h/d；

$P$  ——全系统的用电负荷，kW；

$G$  ——某印染产品换算成标准品的产量，百米每天，hm/d。

注：电能一般只有输入，另外在能流图上所占的比例比较小，所以在能流图上一般不画电能。

### 6.3 过热蒸汽热焓值的计算方法

过热蒸汽的热焓值  $h$  如果能够通过查表找到，直接通过查表求得。若无法查表求得，可以通过式（9）计算求得。

$$h = C_{\text{汽}} \times (t_{\text{g}} - t_{\text{b}}) + \gamma_{\text{b}} + C_{\text{水}} \times (t_{\text{b}} - t_0) \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$C_{\text{汽}}$ ——通入过热蒸汽的比热容，kJ/(kg·°C)；

$t_{\text{g}}$ ——通入过热蒸汽的温度，°C；

$t_{\text{b}}$ ——通入过热蒸汽在相应压力下的饱和温度，°C；

$\gamma_{\text{b}}$ ——通入过热蒸汽在相应压力下饱和蒸汽的汽化热，kJ/kg；

$C_{\text{水}}$ ——标准状况下水地比热容，取4.18kJ/(kg·°C)；

$t_0$ ——计算用基准温度。

#### 6.4 散热损失

在计算印染企业系统能量平衡中，散热损失难以通过测量计算得到，可以采取以下三种计算方法：

- 根据能够查到的有关数据计算，比如计算设备散热损失，计算设备的加热前后温差所消耗的热量；
- 根据查到的有关文献，按照一定的比例进行计算，比如电机、汽轮机、发电机的效率等；
- 按照能量守恒的原理，对一个单元，以全部输入能量减去全部输出能量，其差值作为散热损失。

#### 7 印染企业能量平衡体系计算要求

本着尽可能有利于测试和计算的原则，结合印染企业的生成工艺流程，主要分为坯布准备、前处理、后整理及成品包装四个阶段，由于生产的产品不同，每个产品的工艺和生成设备不同，在计算能量平衡体系，可根据实际情况划分到四个阶段，对每个阶段的能量进行计算得到印染企业的整体能量平衡体系。

#### 8 其他

本标准如有与国家能源标准不协调之处，则按国家能源标准的规定执行。

附 录 A  
(规范性附录)  
印染企业各类能源热值折算

A.1 一次能源平均低位发热量热值折算见表A.1。

表A.1 一次能源平均低位发热量热值折算表

名称	单位	燃料低位发热量/MJ(kcal)	折算标煤系数
原煤	kg	-	-
原油	kg	41.816 (10000)	1.4286
天然气	m <sup>3</sup>	38.931 (9310)	1.3300

注：原煤应采用认可单位的实测数据，或采用供应单位提供的数据。

A.2 二次能源平均当量值和等价值折算见表A.2。

表A.2 二次能源平均当量值和等价值折算表

名称	单位	能源当量热值		能源等价值	
		热值/kJ(kcal)	折算标煤系数	热值/kJ(kcal)	折算标煤系数
水蒸气	kg	—	—	—	蒸汽热焓 (kJ) /29271×0.7
电	kW h	3596.176(860)	0.1229	11825.565(2828)	0.4040
城市煤气	m <sup>3</sup>	16726.400(4000)	0.5714	32198.320(7700)	1.1000
柴油	kg	42652.320 (10200)	1.4571	46917.552 (11220)	1.6029
煤油	kg	43.070.480 (10300)	1.4714	47377.528 (11330)	1.6186
重油	kg	41816.000 (10000)	1.4285	45997.600 (11000)	1.5714
渣油	kg	37634.400 (9000)	1.2857	41397.840 (9900)	1.4143
汽油	kg	43070.480 (10300)	1.4174	47377.528 (11300)	1.6186
液化石油气	kg	50179.200 (12000)	1.7143	55197.120 (13200)	1.8857

注1：水蒸气计量点在印染企业厂区热力站或根据主要蒸汽管道选取，热焓根据压力、温度查表（蒸汽 1 kcal=4.1868 kJ）；

注2：自发电耗用能量已在企业能耗中计算，自发自用部分在总用电量中减去，自用余额外售部分在企业综合能耗中剔除，电的等价值同外供电；

注3：自制水煤气按实耗能源计算，加温热载体等耗用能源量，按其燃料热值折算标煤。

A.3 能耗工质能源等价值折算见表A.3。

表A.3 能耗工质能源等价值折算表

名称	单位	能源等价值	
		热值/kJ(kcal)	折算标煤系数
新鲜水	t	7526.880 (1800)	0.2571
软化水	t	14217.440 (3400)	0.4857

注：自制水（包括抽江、河水、深井水）的用电，已在总用电量中计算，不再重复计算电及水耗量。

---