

染整工业供热系统的节能

倪 铸 鼎

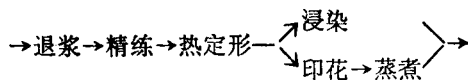
(苏州丝绸工学院)

【提要】 本文分析了染整工业供热与用热的矛盾和特点,介绍了节能措施的共性,提出在供热系统中采用蒸汽蓄热器、热电联供、热泵供热、用燃煤热风炉供应热风等节能措施。

一、前 言

据上海纺织系统统计,染整能耗占系统总能耗的60%,其中热能耗占70~80%。染整行业能源费用约占总成本的6%,燃料费占加工成本的14%,故染整业的热能节约潜力很大。

染整业主要采用二次能源,低压饱和蒸汽和电力来加热载热介质(水或空气)。现以织物染色加工工艺流程为例,说明其用热与供热状况。



水洗→干燥→热定形→整理→

其中各工序所需动力均由地区发电厂供给;热定形的热风可由电力或燃油热载体锅炉及直接燃烧汽油、煤气供给;其余各工序所需供热均由小容量低压饱和蒸汽锅炉产生的蒸汽供给。

由上可知,染整业中,供热与用热之间存在如下矛盾及特点:

1. 供热装置的能量转换效率较低,一次能源浪费很大。企业一般采用小容量低压饱和蒸汽锅炉,其热效率常在65~70%之间,远较热效率为90%以上的大型电站锅炉低。

2. 用热与余热品质均低,且热能利用幅度小。染整工艺使用热水温度均为60~130℃,而排水温度约为40~100℃,即热能品质低,而且利用幅度只有30~40℃。

3. 供热与用热参数不匹配,使大量可用能转化为无用能。如容量不匹配,锅炉容量一般按企业最大负荷选取,实际上染色、整理设备属分批配料系统,用汽量变动很大,锅炉负荷变动幅度为20~80%,平均负荷不及高峰负荷的50%,故染整厂多数锅炉在低负荷下运行,其实际热效率总是较低的。又如压力、温度不匹配,染整厂锅炉供汽额定压力一般为8~13公斤/厘米²,用汽压力为3~5公斤/厘米²,部分为2~3公斤/厘米²,故无论采取降压运行,还是节流降压,都将使热能损失增加。且用热品质要求低,大部分为制备100℃左右的热水,其焐值仅为10千瓦/吨,但要用热能品质高的煤燃烧而得,以标准煤而言,其焐值约为7000千瓦/吨,这就造成了供热与用热两者在能量品质上的极大差异,致使大量有用能锐退为无用能。

4. 染整业的热风往往以消耗电力、燃油或煤气获得,故经济效益欠佳。

鉴于上述原因,染整业的能量利用率较低,一般中型厂仅为30%左右。

二、节能措施的共性及染整业的做法

节能措施有如下的共性:(1)防止和减少能量的耗散;(2)能量的再利用;(3)尽量降低用能的数量和品质,按质按量用能;(4)提高能量的转换效率和利用率。

目前国内染整业中节能工作的习惯做法是先易后难,工厂多从堵漏、保温为起点,

然后回收冷凝水、高温余热(水、气),整顿管道系统,改革工艺,改进设备,直至回收大量低温余热(水、气)。至今已取得明显效果,但应强调指出的是,必须进一步加强管理和重视计测工作,凡有条件的工厂应绘制全厂或主要耗能车间的热平衡图,以了解全面情况,从而按热流程-热能的发生、输送、使用及余热回收等四方面来采取相应的节能措施。本文仅以热能发生系统的节能途径及实例展开讨论和分析。

三、供热系统的节能

染整行业的供热系统是影响全厂是否节能的关键,针对染整业中供热与用热的矛盾和特点,建议采用如下措施。

1. 采用蒸汽蓄热器

针对染整厂瞬时供热与用热负荷的不匹配及供汽和用汽压力的不匹配,采用具有负荷延时特性的变压蒸汽蓄热器,以均衡锅炉和用户的负荷,从而提高锅炉效率以达到节能的目的。

蓄热器是一大容量的压力容器,如图1所示,其内部60~90%的容积贮水,其余部分为蒸汽空间,并设有贯通全容器的多枝歧管和蒸汽分配器,使内部喷射、混合、搅拌均匀,可使内部温差在0.5°C以内。

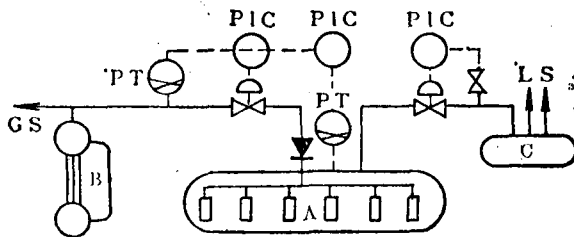


图1 蓄热器及其系统

GS-高压系统; LS-低压系统; A-蓄热器;
B-锅炉; C-分汽筒。

蓄热器的蓄热原理:当用汽系统负荷减少时,锅炉多余蒸汽向蓄热器充汽,使蒸汽与水泥和而加热水,使器内水温、液面和压力上升,直至水被加热达充汽压力下的饱和

温度时为止。当用汽系统负荷加大,压力下降时,因器内水温高于用汽系统此时压力的饱和温度,器内的饱和水被闪蒸蒸发,向用汽系统供汽,器内压力、液面、温度下降而放出潜热,直至其温度下降到用汽系统压力的饱和温度时为止。虽然蓄热器存在阻力及散热损失,是一耗能设备,但由于它具有使系统负荷延迟的特性,在一定时间内能抵消供汽与用汽间的不平衡,使锅炉运行趋于稳定,因此它有较好的节能效果。

蓄热器系统的优点:(1)采用变压式蒸汽蓄热器后,锅炉能在较高负荷下稳定运行,易实现低氧燃烧,使锅炉运行效率提高,且符合蒸汽在高压下发生,低压下使用的原则,可节约燃料5~15%;(2)使锅炉供汽压力及设备用汽压力基本稳定;(3)能增加高峰容量(锅炉容量+蓄热器放汽容量);(4)稳定地供应优质蒸汽,蓄热器出口蒸汽带水极少,其湿度可小于1%;(5)可减少公害,锅炉负荷稳定可少冒或不冒黑烟;(6)能短期代替锅炉供汽,当锅炉发生事故时,可由蓄热器短期供汽,减少或避免对生产工艺造成损失;(7)能提高生产量及降低单位能耗。据国外某染整厂使用蓄热器的效果为锅炉效率提高7.8%,节约燃料9.1%,用汽干度达100%;国内松江纸浆厂采用蓄热器后,使锅炉效率提高4.3~8.4%,用汽干度大于99%,且使产量提高,单耗下降,经济效率明显,投资回收期仅为8~9月。

蓄热器选取的步骤如下:

(1)确定蓄热容量,可按锅炉房负荷曲线的积分法或按高峰负荷计算法进行计算,前者的实质是削峰填谷,有时为避免蓄热器过大,可分段进行;后者是以用汽设备在高峰负荷最大持续时间内的用汽量和锅炉在该段时间内的供汽量之差为依据,即蓄热器的蓄热容量为 $G_0 = (D_{max} - D)T$ (公斤);式中 D 为锅炉在高峰负荷最大持续时间内的实际蒸发量(公斤/小时); D_{max} 为用汽设备在高峰

负荷最大持续时间内的最大用汽量(公斤/小时); T 为高峰负荷最大持续时间(小时)。

(2) 确定工作压力, 变压式蒸汽蓄热器根据工作压力的变化进行充热和放热, 其上限为充热压力 P_1 , 可视为供汽管系的压力 P , 其下限为放热压力 P_2 , 可视为用汽管系的压力 P_3 。当计及蓄热器进出口管道及阀门阻力 ΔP 时, 可相应地求得 P_1 及 P_2 。

$P_1 = P + \Delta P_1$ 及 $P_2 = P_3 + \Delta P_2$ (公斤/厘米²)
其中, ΔP_1 、 ΔP_2 分别为进、出口阻力, 通常可近似地取为 0.5 公斤/厘米²。

(3) 确定单位水容积的蓄热量, 按能量平衡方程式求得为:

$$g_0 = (i_1' - i_2') \gamma_1' / r_1 \text{ (公斤/米}^3\text{)}$$

式中: g_0 为单位水容积的蓄热量(公斤/米³);
 i_1' 为充热压力 P_1 下的饱和水焓(千卡/公斤);
 i_2' 为放热压力 P_2 下的饱和水焓(千卡/公斤);
 r_1 为充热压力 P_1 下的汽化潜热(千卡/公斤);
 γ_1' 为充热压力 P_1 下的饱和水的比重(公斤/米³)。

(4) 计算蓄热机的容积 V :

$$V = G_0 / g_0 \psi_V \eta_t \text{ (米}^3\text{)}$$

式中: ψ_V 为蓄热器的充水系数, 一般取 0.85 ~ 0.90; η_t 为蓄热器热效率, 一般取 0.95 ~ 0.98。

(5) 蓄热器的应用举例:

蓄热器的适用条件是蒸汽负荷变动频繁的行业, 故对染整行业是适用的, 特别是厂用蒸汽在满负荷时用量不足, 在低负荷时又有剩余的情况下, 备有蓄热器就可避免购买燃煤的锅炉, 既节约了投资, 又可大大减少运行费用。现举上海松江纸浆厂使用蓄热器的情况如下。

蓄热器容量为 100 米³。

总投资 = 本体制造费 + 仪表、阀门、管道材料费 + 其它 = 40000 + 27632.17

$$+ 63656.83 = 131289 \text{ 元。}$$

年总经济效益 = 年节煤费 + 年节电费 + 增产及成品率提高的年收益 = 60000 + 10793

+ 104644 = 175437 元。

回收期 = 131289 / 175437 = 0.75 年。

2. 实行热电联供

热电联供后可提高蒸汽机排气背压, 使排汽的焓值符合工艺要求, 变排放热损失为工艺有用热而使热效率提高, 这可由背压机组热效率 η 计算公式看出:

$$\eta = (860N + Q_n) / BQ_H^p \%$$

式中: N 为发电功率(千瓦); B 为锅炉燃料耗量(公斤/小时); Q_H^p 为燃料低位发热量(千卡/公斤); Q_n 为排汽供热量(千卡/小时)。

对凝电站 Q_n 为排放损失而不计入, 显见背压式热电联供的热效率将大幅度提高。同时, 为更有效地利用压差发电, 必然要提高进入汽机的蒸汽初参数(压力、温度), 即必然要采用压力、温度较高的锅炉, 致使锅炉热效率提高。这样不仅符合热能按质利用(先发电后供热), 且变排放热损失为有用热。据有关文献报导, 不同供电供热方式的一次能源利用率及单位功率投资比较如表 1 所示。

表 1 不同供能方式一次能源利用率与投资比较

供 能 方 式	一次能源利用率(%)	单位功率投资比(%)
大规模凝汽电厂	32	100
大规模热电厂	75	94
小规模分散热电厂	85	65

目前, 国内虽有部分染整厂采用热电联供的供能方式, 但大多数为低压机组, 少量为中压机组。如能采用次高参数锅炉及背压式汽轮发电机组实行小规模热电联供, 必然会取得更好的节能效果, 且经济效益也将更大。现举例说明如下:

设一染整厂需热量为 23×10^6 千卡/小时, 电量 4500 千瓦, 试比较热电分供与次高压热电联两种方式的耗能情况。为保持热电站的高效, 应采取以热定电的方针。取电热比为 1.26 千瓦/10⁴ 千卡, 即企业在供给 23×10^6 大卡/小时热量的同时供应 2900 千瓦的电量,

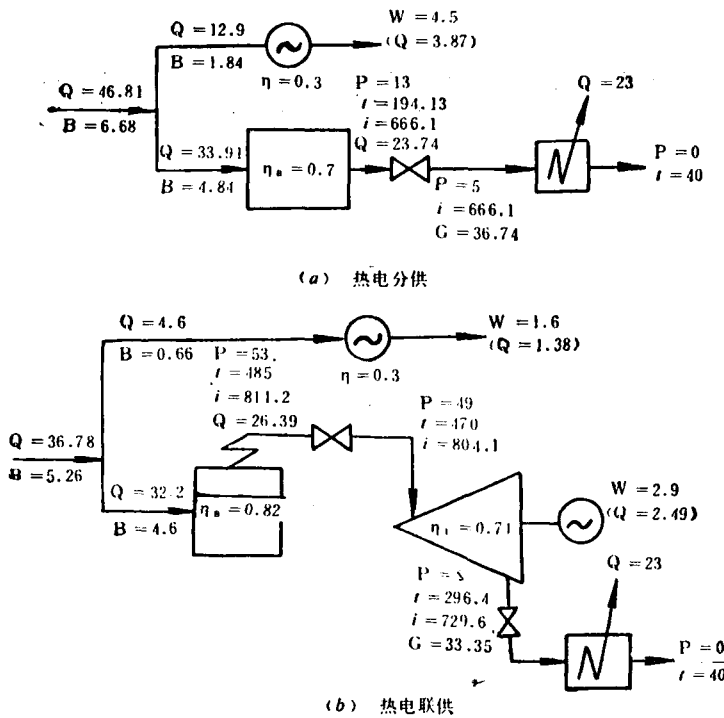


图2 热电联与分供示意图

Q-输入输出热 (10⁶千卡/小时); B-标煤耗量 (吨/小时); G-蒸汽量 (吨/小时); W-电量 (千瓩); η_B-锅炉效率 (%); η_t-汽机效率; P-压力 (公斤/厘米²); t-温度 (°C); i-热焓 (千卡/公斤); η-电网效率 (%).

表2 热电联与分供的节能比较

方式	一次能效 (%)	耗煤量 (吨/小时)	节煤量 (吨/小时)	节煤率 (%)	厂用煤减少 (公斤/小时)	节电量 (千瓦)
分供	57.4	6.68				
联供	73.1	5.26	1.42	21.3	240	2900

其不足部分1600千瓦再由电网供给,按热力学计算,其结果与比较分别示于图2及表2。

由表2可知,次高压参数热电联供每小时节煤达1.42吨,节煤率为21.3%,一次能源利用率提高15.7%。企业不仅每小时节煤240公斤,且使电网供电减少2900千瓦(节电64%),节能效果十分明显。

另外,需要注意的是背压式供热装置的发电量是取决于供热负荷的大小,而染整的用热负荷变动较大,故常常无法同时满足用电量和用热量的需要,使机组效益不能充分

发挥,其解决的方法有二。

(1) 改用抽汽供热装置,参见图3。在同样的电功率时,由于大量抽汽供热,使排汽给冷源的热损失大为减少,使一次能源利用率提高。同时,发电量可藉助于改变排汽进行调节,使在较大范围内同时满足用电和用热量的需要。

(2) 添置蓄热器,参见图4。当背压机组接入蓄热器后,可均衡排汽负荷,就能使机组不直接受系统用汽量所左右,即能稳定地发电。

3. 热泵部分供热

由于染整厂用热与余热品质均低,且差异小,若以大量的20~60°C的余热用热泵制取部分45~95°C的工艺用水或锅炉给水,可节能40~50%,甚至更高。国外染整业用吸收式热泵部分供热的投资偿回期为1~1.5年^[1,2]。

4. 以燃煤热风炉制取热风

以燃煤热风炉替代电加热、汽油直接燃烧及燃油载热体锅炉,将使热定形机的耗能费用大为下降。热风炉的能耗费用仅为电加热的16%,为汽油直接燃烧的36%,为燃油载热体锅炉的44%。同时符合以煤代油,以

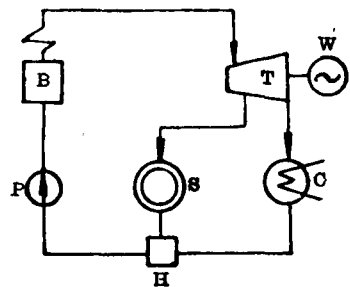


图3 抽汽供热示意图

B-锅炉; T-抽汽汽机; W-发电机; S-热用户; C-冷凝器; H-加热器; P-水泵。

(下转第33页)

(上接第49页)

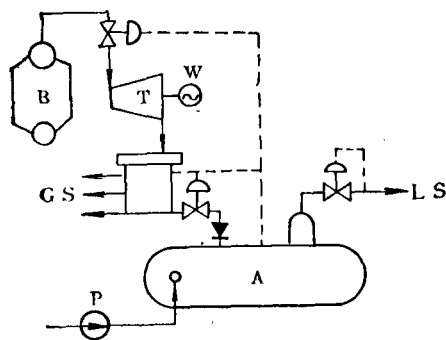


图4 用蓄热器的热电联供系统（代号含义同图1、3）
煤代电的原则，并具有安全、可靠、污染小及投资少等优点，仅需2~5月就能收回投资。

5. 以锅炉为中心的节能措施

现将供热系统主要措施归纳于图5。图中的数字表示锅炉效率提高的百分数，*为

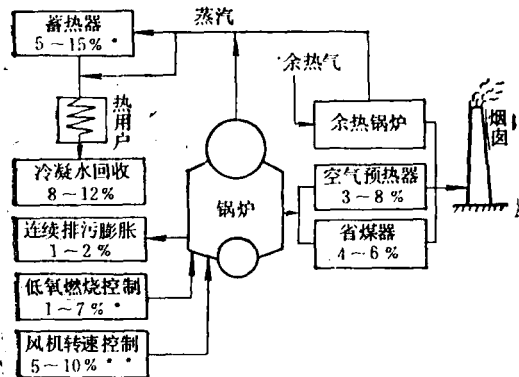


图5 锅炉节能措施示意图
燃料节约百分数，**为节电百分数。

参 考 资 料

- [1] 加藤征彦等“特集Ⅰヒートポンプによる省エネルギー”《加工技术》，1984，Vol.19, No. 4。
- [2] 田宮靖功等“排热回收の实际 3-2ヒートポンプ”，《省エネルギー》，1983，Vol.35, No.3。