

## 集中供热、热电联产中热负荷计算方法的探讨

王 勇

(山东省冶金设计院, 山东 济南 250014)

**摘 要:** 分析了集中供热、热电联产系统中热负荷折算公式存在的错误, 提出了以用户有效用热量作为热负荷设计依据的概念。对比计算结果证明, 采用“有效热量”方法进行计算, 可以正确地计算用户的用热负荷, 并折算成热源点供出的热量。

**关键词:** 热负荷; 焓; 有效热量; 折算公式

中图分类号: TK212 文献标识码: A 文章编号: 1004-4620(2002)05-0051-03

Discussing on the Way of Calculating Thermal Load in the System of Centralized Supplying Heat and Thermoelectric Unite Producing

WANG Yong

(Shandong Metallurgical Design Institute, Jinan 250014, China)

**Abstract:** Analyzes the mistakes existed in the convert formula of centralized supplying heat and unitive thermoelectric producing system, and puts forward the conception using the available useful heat of user as reference to designing thermal load. Contrasting the calculating results has certificated that using the method of “available heat” can calculate the thermal load of user correct, and then converting into the supplying heat of the thermal source point.

**Key words:** thermal load; enthalpy; available heat; convert formula

热负荷整理、分析和汇总的计算方法正确与否, 直接影响着集中供热、热电联产各项技术经济指标的正确性或准确性<sup>[1]</sup>。但目前在实际工程上对工业热负荷整理分析和汇总的计算过程中, 对工业蒸汽用热的回水率或回水温度的处理方法尚有待探讨。本文提出了以热用户有效用热量作为热负荷设计依据的概念, 这一方法为正确计算供热系统的各项指标提供了依据。

## 1 目前使用的方法及存在问题

在集中供热、热电联产建设项目的前期工作中, 需要把用户的热负荷折算成热源出口的蒸汽参数和数量。

目前工程上一般使用的热负荷折算公式为:

$$D_p = \frac{D_y [\bar{i}_y - \bar{i}_\delta - \psi(t_{yk} - \bar{i}_{\delta_s})]}{\eta_w [\bar{i}_p - t_\delta - \psi(\bar{i}_k - t_\delta)]} = \frac{10^3 Q_y}{\eta_w [\bar{i}_p - t_\delta - \psi(t_k - t_\delta)]} \quad (1)$$

式中  $D_p$ 、 $D_y$ ——分别为热源出口及用户要求的蒸汽量, t/h;

$i_p$ 、 $i_y$ ——热源出口及进入用热设备的蒸汽焓, kJ/kg;

$t_h$ 、 $t_{yh}$ ——热源及用热设备的回水焓, kJ/kg;

$\eta_\omega$ ——热网效率, 取值0.95左右;

$\psi$ ——回水率;

$t_b$ ——补充水焓, kJ/kg;

$Q_y$ ——用户用热量, kJ/h<sup>(2)</sup>。

式(1)的实际物理意义是: 根据用户的用热量 $Q_y$ , 按热源的热焓 $i_p$ 和回水焓 $t_h$ 折算成热源应承担的热负荷。

需要指出的是, 上述计算公式在实际工程计算中常常得出不正确的结果。式(1)不能正确计算热源承担的实际用热负荷。在式(1)的分母上含有热源点的回水焓 $t_h$ , 可以明显看出, 当热用户实际用热量 $Q_y$ 不变时, 回到热源点的回水焓 $t_h$ 越低, 或回水率 $\psi$ 越低, 则折算成热源点应向外供出的蒸汽量(按重量t/h计算)越少。

例如: 若用户原来采用自备锅炉供热, 用热设备入口蒸汽焓2933kJ/kg, 蒸汽的凝结水焓419kJ/kg, 用蒸汽量为200/h。改为集中供热后, 热源外供蒸汽焓为3016kJ/kg。若不考虑热网损失, 即假定 $\eta_\omega$ 为1, 按式(1)计算, 当热源点处回水率为100%时,  $D_p$ 为193.55t/h; 但是当回水率为0, 补水焓值 $t_b$ 为83.8 kJ/kg时,  $D_p$ 为171.47t/h。即由于回水率的降低, 折算热源点外供蒸汽量减少了。这显然是不正确的。其结果是热源点外供蒸汽量与热用户实际用汽量不相符。

出现上述错误的原因, 是把热源供出的热量与热用户实际用热量等同起来。式(1)虽然考虑了一定的热网效率 $\eta_\omega$ , 但 $\eta_\omega$ 中未考虑由热用户至热源点的输送过程中, 回水温度的降低, 或者回水未回收而损失的热量。损失的这部分热量不应认为是用户用掉了, 而是热源向用户供热的过程中的附加损失。而式(1)把这部分热量损失仍作为用户用热设备的用热量, 这就导致了上述错误。

## 2 引入“有效热量”概念的计算方式

### 2.1 “有效热量”的概念

为了正确地进行上述计算, 引入“有效热量”的概念。所谓“有效热量”, 即热用户在工艺过程中实际使用的热量。准确地说, 是蒸汽在用热设备中实际发挥了工艺作用的热量, 它是蒸汽在工艺过程开始至工艺过程结束热焓的减少量。即:

$$Q_y = D_y (i_y - \Phi t_{yj}) \quad (2)$$

式中 $\Phi$ ——考虑蒸汽的泄漏和其它消耗后, 用热设备出口的凝结水率;

$t_{yj}$ ——凝结水焓, kJ/kg。

### 2.2 计算方法

有了“有效热量”的概念, 可以正确地折算热源出口蒸汽的重量:

$$D_p = \frac{Q_y}{\eta_\omega i_p - \Phi \bar{t}_{yh}} \quad (3)$$

式中 $\eta_\omega$ ——考虑蒸汽从热源到用户焓值下降后的效率。

分母中 $\eta_\omega i_p - \Phi \bar{t}_{yh}$ 为每公斤蒸汽在用热设备中真正发挥工艺作用的“有效热量”。热源出口供出的热量应该是:

$$Q_p = D_p [i_p - t_b - \psi(\bar{t}_h - \bar{t}_b)] \quad (4)$$

显然,  $Q_p$ 大于 $Q_y$ , 即热源实际供出的热量应大于热用户使用的有效热量。

从式(4)可以看出, 在有效热量 $Q_y$ 一定时, 热源点入口处的回水温度(或回水率)越低, 热源应供出的热量 $Q_p$ 越大。但 $D_p$ 不受热源回水温度(或回水率)的影响。而不是象式(1)那样, 不管回水温度或回水率如何变

化，热源点供出的热量都是一样的。

只有象式(2)~(4)那样，应用“有效热量”计算热源点的供热煤耗和各项热经济指标，才能使满足同一供热要求的各个供热方案之间具有可比性。例如，目前在比较热电厂集中供热后相对于热用户利用自备锅炉供热的节能效益时，并没有考虑原有自备锅炉回水率要高于热电厂回水率(因后者供热距离远得多)这一因素，因此计算出的节能效益是不准确的。

引用“有效热量”的概念后，热电厂各项主要热经济指标可按以下各式计算：

从用热方面分摊的总热耗：

$$Q_t = \frac{Q_p}{\eta_b \cdot \eta_p} \quad (5)$$

式中 $Q_p$ ——热电厂供出的热量，kJ/h；

$\eta_b, \eta_p$ ——分别为热电厂内的锅炉效率和管道效率。

发电厂分摊的热耗为：

$$Q_e = Q_s - Q_t \quad (6)$$

式中 $Q_s$ ——热电厂总的热耗。

热电厂供热热耗率为

$$b_t = \frac{Q_t}{Q_y} \quad (7)$$

式中 $Q_y$ ——热用户消耗的“有效热量”。

可以看出，引入“有效热量”的概念后，只是在计算供热耗率时与以前有所不同。在计算 $b_t$ 时，分母为“有效热量” $Q_y$ ，而不是热源供出热量 $Q_p$ 。

### 2.3 计算实例

假定热用户用蒸汽200t/h。在用自备锅炉供热时用热设备进口蒸汽焓为2933kJ/kg，用热设备出口的凝结水温度100℃（热焓419 kJ/kg），回到自备锅炉的回水率100%。若假设由热电厂供热，回到热电厂的回水温度仍为100℃。热电厂装有C50-90/10供热机组1台，外供蒸汽焓为2986kJ/kg，锅炉效率90%，补水温度为20℃，分别按式(2)~(4)和(1)计算热电厂不同回水率下发电功率保持为50000kW·h热电厂外供汽量、汽轮机进汽量等热经济指标。为计算简便，不考虑热网的热损失，即 $\eta_w$ 为1；不考虑热电厂内管道损失和汽水损失以及辅汽循环等等。按式(1)计算和按有效热量法计算结果见表1。

表1 计算结果

计算方法	回水率/%	电厂外供汽量/t·h <sup>-1</sup>	汽轮机进汽量/t·h <sup>-1</sup>	发电煤耗/g·(kW·h) <sup>-1</sup>	供热煤耗/kg·GJ <sup>-1</sup>	电厂小时耗煤/t·h <sup>-1</sup>
按式(1)进行计算	100	195.85	309.63	218.91	37.88	29.99
	50	183.85	307.89	215.55	37.88	29.83
	0	173.24	302.69	205.46	37.88	29.33
按有效热量法进行计算	100	195.85	309.63	218.91	37.88	29.99
	50	195.85	315.95	206.28	40.36	30.61
	0	195.85	318.11	185.60	42.83	30.82

从表1可以看出，按有效热量法计算，当热用户的有效热量一定时，热电厂供出的蒸汽重量是一定的。随着回水率的降低，热电厂在供同样“有效热量”和发电功率不变的情况下，汽轮机进汽量增加了，即热电厂耗煤量增加了。所增加消耗燃料量，就是为了补偿供热回水率或回水温度降低所损失的热量。按上述计算实例，用户用蒸汽200t/h，当回水率从100%降到50%时，热电厂多消耗新蒸汽6.32t/h；当回水率从100%降到0时，多消耗新蒸汽8.48t/h。如果最大热负荷持续小时数为6000h，则回水率由100%降到0时每年多耗标准煤1980t。可见，供热回水率和回水温度的降低对热源的热经济性是很不利的。

而按公式(1)计算，在同样条件下，回水率越低，热电厂供出的蒸汽量越少，汽轮机进汽量越少。即随着回水率的降低，热电厂的热经济反而提高了。显然这种计算方法是不正确的。比较表1的计算结果可知，在回水率为0的条件下，按式(1)计算的热电厂供汽量比实际用汽量少22.59t/h，热电厂耗煤少1.49t/h。因此，在做不同供热方案的热经济性比较时，会导致错误的结果。例如，若甲乙两方案的供热设备相同，甲方案不回收供热回水，乙方案回收供热回水。若按式(1)进行计算，则甲方案的热经济性反而高于乙方案。

### 3 结论

3.1 “有效热量”的提出，使用热设备真正利用的“有效热量”与供给用户的热量在概念上有了区别，这有助于促使用户提高用热储备的用热效率，进一步做好节能工作。

3.2 采用“有效热量”方法，可以正确地计算用户的用热负荷和折算成热源点供出的热量。在计算时除了可以正确反映回水率和回水温度等因素外，实际上还可以反映出由于蒸汽参数不同而使用热储备的“用热效率”不同，完成某一工艺过程的用热量有所不同。例如，在化学工业的某些化学反应过程中，使用的蒸汽参数不同，则完成这一化学反应的用热量也不相同，在纺织、印染等行业中，不同的蒸汽参数会影响单位产量的用热量。引入“有效热量”的概念之后，就可以反映出这一因素，更准确地计算热用户的用热负荷和热电厂的供热负荷。

3.3 由于采用“有效热量”的概念可以正确反映回水率和回水温度对热源经济性的影响，这就促使在供热工程中尽可能回收供热回水，进一步提高集中供热、热电联产系统的节能效益

---

[返回上页](#)