

# 热电联产热、电分摊新概念

王世忠  
(南通热电厂)

[摘要]从热量法入手,进行多层次剖析,建立了分摊新概念;通过数学推导,得出了实际焓降法(或称内功法)的数学表达式。该法概念清晰,物理意义明确,符合整体性原理,热、电双方得益。

关键词:热电联产 热、电按质分摊比 抽汽供热机组 抽汽发电  
分类号 TM621.4

## 0 前言

到目前为止,我国能源部综合计划司文献“电力工业生产统计指标解释<sup>[1]</sup>”中热电联产部分仍做为热电联产工程可行性研究中确定热、电成本的准则。该部分文献的理论基础是热量法。热、电成本均可表示为固定成本和变动成本两部分。固定成本的热、电公用部分和变动成本的燃料消耗都按热量法进行分摊计算。广为采用热量法的国家还有苏联、德国和日本等。

热量法之所以能广为采用,绝不只是因其简单方便,而是因为研究的角度不同而产生偏向,形成得益全归电的格局。

尽管热量法广为采用,但其有关概念尚不完善,不能广为接受。因为火力发电厂只有一种产品,其冷源损失全归于发电成本中,这已为人们所熟知,当然能广为接受。照此推理,热电联产中的抽汽部分相应于其发电和

发电不足的冷源损失将如何分摊到热、电两种产品的成本中去呢?理论上,该部分冷源损失应对两种产品按质分摊,这正是热能工作者想要解决的问题。尽管当前分摊法有多种多样,但正如钟史明老师<sup>[2]</sup>所归纳的那样,当前受到国内外热能工作者普遍关心的无非是热量法、实际焓降法和焓法等。

本文从热量法入手,进行多角度多层次的剖析,建立分摊新概念;通过数学推导得出实际焓降法的数学表达式,确认了该法的合理性。实际焓降法概念清晰,物理意义明确,符合整体性原理,热、电双方得益。

## 1 从热量法入手

热量法的热、电分摊比为

$$\alpha_r = \frac{D_r(i_r - i_t)}{D_0(i_0 - i_t)} \quad (1)$$

式中  $D_r$ 、 $D_0$ ——分别为热机抽汽量和总进汽量(kg/h);

收稿日期 1994-10-25 收修改稿 1995-01-25

本文联系人 王世忠 男 57 高工 226005 江苏南通热电厂

$i_r, i_0$ ——分别为热机抽汽焓和进汽焓 (kJ/kg);

$i_r$ ——给水焓 (kJ/kg)。

为剖析方便,可将式(1)改写为

$$\alpha_r = \frac{D_r(i_r - i_p) + (i_p - i_r)}{D_0[(i_0 - i_p) + (i_p - i_r)]} \quad (2)$$

式中  $i_p$ ——热机排汽焓 (kJ/kg)。

式(2)的实质是把热量析合为功的一种表达形式。其右侧分子中括号中第一项为供热抽汽的发电不足;第二项为抽汽部分相应于发电和发电不足所公有的冷源损失。

式(2)的物理意义有两点:

第一,把抽汽发电和发电不足的公有冷源损失全归发电不足部分,而抽汽发电部分没有合理承担其相应的冷源损失,造成总发电煤耗偏低的假像。

第二,式(2)右边分子中括号中两项没有体现热、电两种能量产品在质上的差别。

热量法的不足之处就在于以上两点,而前者是问题的关键。

## 2 从另一角度看热量法

前文虽指出了热量法的不足之处,但还不足以说明热量法被广为采用的原因。苏联就一直沿用至今,并采用供热循环电能生产率  $\omega$  做为比较热电联产企业间技术完善程度的主要技术指标。

为说明热量法的这种市场效应,不妨从另一角度把式(1)改写成不同于式(2)的另一种形式。

$$\alpha_r = \frac{D_r[(i_r - i_r') + (i_r' - i_r)]}{D_0[(i_0 - i_p) + (i_p - i_r)]} \quad (3)$$

式中  $i_r'$ ——供热抽汽饱和水焓 (kJ/kg)。

式(3)右边分子括号中第一项为供热的过热蒸汽焓和汽化潜热;第二项为供热蒸汽的凝结水焓。

该式思路出于传热学机理和能量守恒

转换定律中的守恒,也像式(2)那样没有体现热量在温差上的差异。尽管如此,式(3)却反映了热用户实际用热工况,最为直观,当然容易接受。

实际上,式(3)是受火力发电系统和分散供热系统间无关联的传统影响,把热电联产系统分割为热、电两个系统的表达形式;当式(3)中凝结水被全部利用后,从用热的数量上所起的效应和式(2)相当,并最终归宿于表达式(1)。

## 3 新思路形成

热电联产本是热、电两种能量产品的有机生产体系,决不能将其视为热、电分产两系统的随意叠加。热电联产热、电两种产品的生产过程是相互制约的,其效应决不像热电联产形和纯凝机组结合而成的热电厂那样,也不像锅炉新汽经减压后和抽汽混合供热那样,更不像热、电分产过程那样毫无关联;决不能用式(1)纯数量地去处理热电联产的分摊问题。本文提出的整体性方法的科学性在于把热电联产企业和热用户形成一个不可分割的有机系统,热电联产企业和热用户任何一方的技术完善程度都涉及到各方的切身利益,会形成一个各行各业的热能工作者都来关心热电联产事业发展的新局面。

为进一步说明上述式(2)第一点的物理意义,揭示总发电煤耗偏低的假像,本文将抽凝机组总进汽量分成两股;一股是抽汽量  $D_r$ , 另一股就是  $(D_0 - D_r)$ 。这样,可将抽凝机组看做进汽量为  $D_r$  的背压机和进汽量为  $(D_0 - D_r)$  的纯凝机组所组合而成。纯凝机组进汽是由发电  $(D_0 - D_r)(i_0 - i_p)$  和冷源损失  $(D_0 - D_r)(i_p - i_r)$  两部分组成;背压机组的进汽量是由发电  $D_r(i_0 - i_r)$ 、发电不足  $D_r(i_r - i_p)$  和冷源损失  $Q_r = D_r(i_p - i_r)$  三部分组成。

为保持电力工业生产统计指标体制的一致性,纯凝机组的冷源损失 $(D_0 - D_r)(i_p - i_r)$ 归发电 $(D_0 - D_r) \cdot (i_0 - i_p)$ 是大家熟知的;而背压机组的冷源损失归属问题是本文研究的目标。该思路的实质是将陌生对象(抽凝机组)切分为熟知对象(纯凝机组)和陌生对象(背压机组);又进一步将背压供热折合成功。本文把这种研究陌生事物的方法也称之为拟喻思维方法。

#### 4 新概念的建立

为弥补热量法理论上的不足,现以前节整体性方法和拟喻思维方法,并根据式(2)建立新概念。众所周知,热量法的实质是把抽汽部分相应于发电和发电不足的冷源损失 $(Q_r)$ 全归发电不足部分,如式(2)所示。

如将抽汽部分发电和发电不足的冷源损失 $(Q_r)$ 全归抽汽发电部分,则其热、电分摊比的表达式可写为如下形式。

$$\alpha_r = \frac{D_r(i_r - i_p)}{D_0[(i_0 - i_p) + (i_p - i_r)]} \quad (4)$$

式(2)和式(4)对冷源损失 $(Q_r)$ 的处理方式形成了两个极端:要么将冷源损失 $(Q_r)$ 全归供热,效益归电;要么将冷源损失 $(Q_r)$ 归

电,效益归热。这显然不合理,当然不能广为接受。

从式(2)和式(4)得到启示,不难建立分摊冷源损失 $(Q_r)$ 的新概念——将冷源损失 $(Q_r)$ 对抽汽发电和发电不足两部分进行比例分摊——按质分摊。

#### 5 数学推导

按分摊新概念的建立,抽汽发电不足部分的冷源损失分摊量为

$$Q = \frac{(i_r - i_p)}{(i_0 - i_r) + (i_r - i_p)} \cdot (i_p - i_r) \quad (5)$$

发电不足部分总耗热量经整理为

$$Q_r = (i_r - i_p) \cdot \left[ \frac{(i_0 - i_r)}{(i_0 - i_p)} \right] \quad (6)$$

式(6)也可用比例方法直接推得。

抽汽供热分摊比经整理为

$$\alpha_r = \frac{D_r(i_r - i_p)}{D_0(i_0 - i_p)} \quad (7)$$

式(7)为各类热机热、电分摊比的通用公式。当 $D_r$ 为零时,表明抽凝机组处纯凝运行状态;当 $D_r = D_0$ 时,式(7)变为

$$\alpha_r = \frac{(i_r - i_p)}{(i_0 - i_p)} \quad (8)$$

式(8)是背压机组的热分摊比公式。

表1 各种分摊比 $\alpha_r$

| 分摊法        | 公式  | 分摊比 $\alpha_r$ |                |
|------------|---|----------------|----------------|
|            |   | C6000-35/5-435 | B3000-35/5-233 |
| 热量法        | 式(2)  | 0.6960         | 0.8792         |
| 冷损归电法      | 式(4)  | 0.1965         | 0.2410         |
| 实际焓降法(内功法) | 式(7)(8)   | 0.5431         | 0.6662         |
| 焓法         | $e_{q^5}^5 = e_{tr} - (T_u - T_r) \cdot S^{[1]}$          | 0.5124         | 0.6441         |
|            | $e_{q^5}^5 = e_{tr} - (T_u - T_r) \cdot S$                |                |                |
| 热电联合法      | $D_r[e_r + \varphi(q_r - e_r)]^{[2]}$                     | 0.5618         | 0.7075         |
|            | $D_0[e_0 + \varphi(q_0 - e_0)]$                           |                |                |
| 供热折电法      | $\frac{\beta(i_r - i_p)}{(i_0 - i_p) + \beta(i_r - i_p)}$ | 0.5128         |                |

## 6 实例

现以我厂抽凝机组 C6000 - 35/5 和背压机组 B3000 - 35/5 为例计算各种热分摊比,如表 1 所示

• C6000 - 35/5 机组参数如下:

额定进汽量为 57.51 t/h, 参数为  $P_0 = 3.5 \text{ MPa}, t_0 = 435^\circ\text{C}$ ;

额定抽汽量为 45 t/h, 参数为  $P_r = 0.5 \text{ MPa}, t_r = 243^\circ\text{C}$ ;

排汽参数  $P_p = 7.5 \times 10^{-3} \text{ MPa}$ 。

• B3000 - 35/5 机组参数:

进汽参数  $P_0 = 3.5 \text{ MPa}, t_0 = 435^\circ\text{C}$ ; 背压  $P_r = 0.5 \text{ MPa}, t_r = 233^\circ\text{C}$

## 7 结论

1. 本文从热量法入手,建立分摊新概念,确立以抽汽部分冷源损失如何分摊为主要目标,通过数学推导,得出热电联产合理热分摊比的公式(7)。

式(7)概念清晰,物理意义明确,热电双方得益。热、电共同承担损失,得益共同分享。

2. 根据式(7)对固定成本中热、电公用部分和变动成本中燃料消耗进行分摊,求得和固定成本相等的边际成本,即保本值;根据“保本微利”原则确定热、电成本。

3. 供热折电法更接近焓法。

### 参考文献

- 1 能源部综合计划司编. 电力工业生产统计指标解释. 1989. 4
- 2 钟史明. 再论《热电厂供热热价的讨论》. 1992. 5
- 3 清华大学编. 热力发电厂. 1961
- 4 钟史明、汪孟乐、范仲元编著. 水和水蒸气性质参数手册. 水利电力出版社, 1989. 5

### 电站维护

## 冷凝器管子的清洗系统

据“Электрические Станции”1995年10月号报道,利用安装在冷凝器前带自动洗净的过滤器清除去冷却水中的脏物以及利用多孔橡皮球清洗冷凝器管的方法在世界各国电站中得到了广泛的应用。

全俄罗斯热工研究所(ВТИ)为贝尔米市火力发电站 800MW K-800-240-5 型汽轮机的冷凝器研究并采用了净化冷却水和清洗冷凝器管的系统,该系统已于 1993 年 \* 投入运行。

系统的主要部件是自清洗回转式过滤器(ФГПГ-2400)、橡皮小球收集装置、小球泵汲泵、加料室、检测仪表、阀门和管道。

过滤器是由分成几部分带径向隔板的过滤表面组成,过滤表面被固定于在两个轴承中旋转的转子中。

试验和运行经验表明,上述系统工作性能良好、可靠和效率高,将它装在所有 K-800-240-5 型汽轮机中。其结构远比“Тапгорге”公司的清洗系统简单,而价格仅为后者的十分之一。

(学牛 供稿)

蒸汽供热系统对流水击研究=A Study on the Convection Water Hammer of a Steam Heat Supply System[刊,中]/Shang Demin, Chen Anbin, et al (Harbin Institute of Technology)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(4)-193~196

Convection hammering of water and steam often occurring in steam heat supply systems such as water/steam pipings, water storage vessels and steam drums is one of the most common malfunctions leading to the instable operation of boilers and steam supply equipment. The present paper analyses the thermodynamic cause of the convection water hammer and presents a method for calculating its speed and intensity with results of calculation being given for some specific examples. **Key words:** boiler, convection water hammer, thermodynamics

回热加热器的散热对机组热经济性的影响=The Effect of Heat Release of a Regenerative Heater on the Economics of a Steam-Electric Generating Set[刊,中]/Li Luping (Changsha Electrical Engineering Institute)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(4). -197~200

By the use of an equivalent heat drop method an analysis was performed of the effect of regenerative heater heat release on the thermodynamic economics of a turbine-electrical generating set with the conception of an effective steam extraction factor being proposed, The effective steam extraction factor can be employed to evaluate the effect of the heater heat release loss on the thermodynamic economics of the above-cited generating set. **Key words:** turbine-electrical generating set, regenerative heater, equivalent heat drop, effective steam extraction factor

热电联产热电分摊新概念=A New Conception on the Apportionment of Heat and Electricity for a Cogeneration Plant [刊,中]/ Wang Shizhong (Nantong Cogeneration Plant)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(4). -201~204

Proceeding from a calorimetry method and by way of multi-layer analysis the author has come up with a new conception of apportionment. Through a mathematical derivation obtained is the mathematical expression of an actual enthalpy drop method (also called internal work method), which features conception clarity, a clear-cut physical meaning and compliance with the principle of integrity, thus ensuring the economic benefits of both the heat and electricity producers. **Key words:** cogeneration, apportionment ratio of heat and electricity based on quality, steam extraction heat supply unit, steam extraction power generation

高效液力偶合器的动态特性分析=Dynamic performance Analysis of a High-efficiency Hydraulic Coupling [刊,中]/Wang Liwen, Xie Wenlan, et al (Harbin Institute of Technology)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1996,11(4). -205~208

This paper analyses the dynamic performance of a high-efficiency hydraulic coupling transmission system and studies the transfer function under three kinds of basic loading modes. Through the analysis of