

某钢铁企业产电和购电采用折标煤系数的研究

刘精宇¹, 殷瑞钰², 蔡九菊¹
(1. 东北大学 国家环境保护生态工业重点实验室, 辽宁 沈阳 110819; 2. 钢铁研究总院, 北京 100081)

摘 要: 钢铁企业电力主要来源于两个部分: 自产电和外购电, 如何合理搭配它们之间的比例显得尤为重要. 开展科学合理的电力生产和分析, 对于电力生产调度、减少企业的经济成本是非常重要的工作. 运用电力折算标准煤等价系数对某钢铁联合企业的电力进行分析, 推导出计算的通用公式, 并通过实例数据说明该钢铁企业外购电比例为 29.5% 最经济, 与企业实际情况相符, 验证了公式的准确性.
关 键 词: 电力; 自产电; 外购电; 折标煤等价系数
中图分类号: TK 018 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-3026(2014)06-0824-04

Research of Self-generating Electricity and Outsourcing Electricity by Standard Coal Coefficient in an Iron & Steel Factory

LIU Jing-yu¹, YIN Rui-yu², CAI Jiu-ju¹
(1. SEP Key Laboratory on Eco-industry, Northeastern University, Shenyang 110819, China; 2. Central Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081, China. Corresponding author: LIU Jing-yu, E-mail: hst_ljy@163.com)

Abstract: Electricity in an iron & steel factory mainly comes from two parts; one is self-generating electricity, and the other is outsourcing electricity. How to allocate reasonably the ratio between them is particularly important. Carrying out scientific and rational power production and analysis for production scheduling, reducing economic costs are very important work. In this paper, the standard coal equivalent coefficient was used to analyze power and the calculating formula was deduced. The data from the factory was used and showed that the outsourcing electricity of 29.5% is the most economic. The accuracy of the formula is verified.
Key words: electric power; self-generating electricity; outsourcing electricity; standard coal equivalent coefficient

电力是钢铁企业主生产工序的重要能源, 对于钢铁联合企业而言, 开展科学合理的电力生产和分析, 对于指导电力调度、节省能源、减少电力成本具有重要的意义. 按照电力需求生产电力既可以避免电力生产过多而造成富余电的浪费, 又可以避免外购电量过多而增大电力成本. 目前, 大部分企业电力仍盲目外购, 大马拉小车的现象极其严重, 没有建立科学的自产电和外购电分析方法, 导致电力成本消耗过高.

国内外对钢铁生产中的电力调度问题的研究取得了许多成果, 但大部分是针对钢铁企业电力需求侧所做的研究, 比较常见的有负荷预测、负荷调

度等^[1-8], 而从自产电和外购电比例上分析, 利用最优化理论对电力生产调度的研究比较少^[9].

本文结合钢铁企业电力的来源, 提出应用折标煤等价系数进行电力折算, 并将其应用于北方某钢铁企业, 说明该钢铁企业外购电比例为 29.5% 是最经济的, 与企业实际情况相符合, 说明该系数具有重要的实践意义.

1 钢铁联合企业自产电和外购电比例的分析

电力是钢铁企业生产中的重要能源, 在能源

消耗结构中,电力所占比例大致在 20% ~ 30% , 电力成本占生产总成本的 10% 左右。

以北方一家钢铁联合企业为例,对该企业电力进行综合分析.该企业有多种自发电装置,包括燃气机组、煤粉-煤气机组、余热饱和蒸汽机组、TRT、干熄焦、CCPP 等发电设备.年产 1 000 万 t 钢,吨钢能耗为 0.619 t(标煤)/t,吨钢电耗为 470 kWh/t,则总的需求电量为 47 亿 kWh,生产过程中产生的二次能源(包括煤气的化学热、物料物理热、烟气的物理热)大约占钢铁总能量的 71.7%. 则总的能耗为 619 万 t(标煤),产生的二次能源大约为 443.823 万 t(标煤),其中余热和显热发电能耗占 30% 左右,即约 133.146 9 万 t(标煤);因为 2006 年以后电力折算系数为当量系数 0.122 9 kgce/kWh,如果这些余热余能全部用于发电(不考虑机组参数、汽轮机、发电机效率等因素),则最多能发 108.337 6 亿 kWh;远远大于电的总需求量 47 亿 kWh,但是实际上大部分企业电力很难做到自给有余,这就说明有一个电力折标煤系数的选择问题.电力折标煤系数分为当量系数和等价系数,电力折算标准煤当量系数是电力折算成标准煤量的计算系数之一,国家规定每千克标准煤的热值(低位发热量)29 307 kJ 去除各种能源每千克的热值就获得各种能源的折标煤当量系数.电力折算标准煤等价系数就是发电标准煤耗,即火电厂每生产 1 kWh 电所消耗的热量.由于发电煤耗随着发电机组效率的提高逐年变化,电力能耗换算应以当年发电平均标准煤耗计算,因此钢铁企业电力自发电折标煤系数取当量系数 0.122 9 kgce/kWh 是不科学的.这样不足以表现各个企业自发电消耗的能量标准,因为钢铁企业发电机组较国家火力发电机组容量小、效率低,还有 TRT 设备很难准确进行折标.我国重点钢铁企业一般发电煤耗为 360 ~ 380 gce/kWh,远远大于 0.122 9 kgce/kWh.通过上述分析,钢铁企业应该采用电力折标煤等价系数计算较为合理,即

$$k=\frac{p}{g}.$$

式中: k 为企业自发电的电力折标煤系数; p 为企业实际的发电量,kWh; g 为企业实际消耗的总热量,kgce.

在国外,电力折标煤系数采用的都是等价系数.日本电力折标准煤系数为 0.357 kgce/kWh,韩国为 0.380 kgce/kWh,欧洲为 0.320 kgce/kWh 左右.采用电力折标准煤等价系数,有利于钢铁企

业与国内外先进企业之间进行能耗指标对比. 该企业当年的实际发电量为 23.5 亿 kWh,当年实际消耗的总热量为 86.95 万 t 标准煤,则该企业自发电的电力折标煤系数为 370 gce/kWh,即每产千瓦时电需要消耗 370 g 标准煤,和国内外先进的钢铁联合企业(电力折标煤系数为 320 ~ 350 gce/kWh)相比有很大差距.

2 折标煤等价系数的实际应用

在企业电力折标煤等价系数为 0.37 kgce/kWh 的条件下,表 1 为该企业自产电和外购电不同比例下一年电力上的消耗数据(自产电成本 0.23 元/kWh 为企业各发电机组的平均成本,自发电量上网).

通过图 1 可以看出,外购电消耗成本随着所占百分比的增大,总体上呈现上升的趋势;而自产电节省成本随着外购电所占百分比的增大,呈现下降的趋势.但是外购电消耗成本和自产电节省成本曲线有交叉点,这一点就是电力最经济点,在这个经济点不会担心产电过多卖不出去会浪费,也不会担心外购电过多而增加电力成本.这个经济点大致在外购电占 30% 左右,企业自发电占 70% 左右.

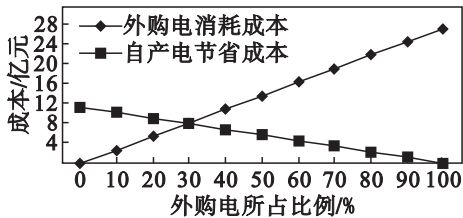


图 1 该企业一年内电力成本数据走势图
Fig. 1 The enterprise electricity cost data within a year

通过上述分析,可得出一般的计算通用公式. 设企业年产钢 w t,吨钢耗电量为 g kWh,自产电成本为 c_1 元/kWh,外购电成本为 c_2 元/kWh,自产电比例为 x ,外购电比例为 y . 则有如下约束条件:

$$x+y=1,$$

$$\parallel w g x c_1 \mid - \mid w g y c_2 \parallel \approx 0. \tag{1}$$

通过约束条件(1),可见外购电比例和自产电节省成本、外购电消耗成本有很大的关系.

表 2 为企业自产电和外购电在经济点区域的电力消耗数据.

通过表 2 数据进一步分析,可以看出该企业自产电占 70.5% 最好,也就是外购电比例为

29.5% 最好,总损失达到了最低的程度,和用通用公式的准确性.

公式(1)算得的结果是一致的,符合该企业实际情况,验证了在采用折标煤等价系数条件下,通用各个企业的自产电成本和外购电成本不同,因此最佳购电经济点也不同.

表 1 该企业在自产电和外购电不同比例下一年电力消耗数据						
Table 1 The power consumption data in the different self-generating and outsourcing proportions within a year						
类别	所占比例/%	用电量 亿 kW·h	外购电电价 元/(kW·h)	自产电成本 元/(kW·h)	各自总成本 /亿元	总损失 /亿元
自产电	30	14.1	0	0.23	-3.243	14.852
外购电	70	32.9	0.55	0	18.095	
自产电	40	18.8	0	0.23	-4.324	11.186
外购电	60	28.2	0.55	0	15.51	
自产电	50	23.5	0	0.23	-5.405	7.52
外购电	50	23.5	0.55	0	12.925	
自产电	0	0	0	0	0	25.85
外购电	100	47	0.55	0	25.85	
自产电	10	4.7	0	0.23	-1.081	22.184
外购电	90	42.3	0.55	0	23.265	
自产电	100	47	0	0.23	-10.81	-10.81
外购电	0	0	0	0	0	
自产电	20	9.4	0	0.23	-2.162	18.518
外购电	80	37.6	0.55	0	20.68	
自产电	60	28.2	0	0.23	-6.486	3.854
外购电	40	18.8	0.55	0	10.34	
自产电	70	32.9	0	0.23	-7.567	0.188
外购电	30	14.1	0.55	0	7.755	
自产电	80	37.6	0	0.23	-8.648	-3.478
外购电	20	9.4	0.55	0	5.17	
自产电	90	42.3	0	0.23	-9.729	-7.144
外购电	10	4.7	0.55	0	2.585	

表 2 该企业自产电和外购电在经济点区域的电力消耗数据						
Table 2 The power consumption data in the economic area between self-generating and outsourcing						
类别	所占比例/%	用电量 亿 kW·h	外购电电价 元/(kW·h)	自产电成本 元/(kW·h)	各自总成本 /亿元	总损失 /亿元
自产电	70	32.9	0	0.23	-7.567	0.188
外购电	30	14.1	0.55	0	7.755	
自产电	71	33.37	0	0.23	-7.675 1	-0.178 6
外购电	29	13.63	0.55	0	7.496 5	
自产电	69	32.43	0	0.23	-7.458 9	0.644 6
外购电	31	14.57	0.55	0	8.103 5	
自产电	70.5	33.135	0	0.23	-7.621 05	0.004 7
外购电	29.5	13.865	0.55	0	7.625 75	
自产电	70.45	33.111 5	0	0.23	-7.615 645	0.023 03
外购电	29.55	13.888 5	0.55	0	7.638 675	
自产电	70.445	33.109 15	0	0.23	-7.615 104 5	0.024 863
外购电	29.555	13.890 85	0.55	0	7.639 967 5	