

电力行业管理与执法实务全书

电力安全管理 (二十七)

卢炳瑞 主编

中国言实出版社

图书在版编目(CIP)数据

电力行业管理与执法实务全书/卢炳瑞主编.

—北京:中国言实出版社,2004.9

ISBN 7-80128-321-6

I. 电…

II. 卢…

III. 电力工业—法规—中国—汇编

IV. F407.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 103281 号

中国言实出版社出版发行

(北京市西城区府右街 2 号 邮政编码 100017)

中铁十六局印刷厂

787×1092 32 499.125 印张

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1~1 000 册

定价: 2560.00 元(本卷 16.00 元)

目 录

◎热电比和总效率在热电厂节能分析中的应用	1
◎21 世纪中国水电开发前瞻	10
◎资源(垃圾)电厂大有可为	14
◎小热电的评价及热电厂经济指标的探讨	27
◎优化广州市电源结构的探讨	36
◎当前实施峰谷分时电价存在的问题与思考	46
◎BOT 投资方式与我国的电力建设	51
◎超导电力科学技术——发展中的新学科和新技术	59
◎电力发展重在优化电力结构	71
◎从热电联产走向冷热电联产	76
◎21 世纪中国输电线路发展前景展望	84
◎电业改革出路在竞争——从英国电力工业改革 的成功经验说起	94
◎二十一世纪的电力工程勘测	98
◎关于发电企业走向电力市场的探索与实践	107
◎广西电力工业五十年建设成就	120
◎个人发电厂	134
◎火电厂粉尘危害及其防治对策	135
◎发电用天然气如何定价	144
◎电监会关于开展华东电力市场试点工作的通知	146

◎模式选择:先量体后裁衣	对电力市场竞价
模式问题的一些看法	150
◎统一认识加强组织稳步推进	156
◎蓄能空调技术及其发展	162
◎二滩水电为何卖不掉	173
◎北京地区蓄能空调应用情况的报告	179

◎热电比和总效率在热电厂节能分析中的应用

一、前言

节能法第三十九条 提出,国家鼓励发展下列通用节能技术:推广热电联产、集中供热、提高热电机组的利用率……。因此在热电联产工程中,用一指标简明而准确地反映热电机组的利用率和节能程度就是一个需要解决的问题。从 60 年代我国就有部分热电厂用热电比这一指标来反映热电机组的利用率和节能效果,目前一些热电厂仍在应用这一指标。1998 年国家三部委为贯彻节能法下发的计交能(1998)220 号文《关于发展热电联产的若干规定》中就明确提出,用热电比和总热效率两个经济特性指标考核热电厂的经济效果,其目的就是要保证热电机组的利用率,使热电厂具有节能效益。但由于各种原因,人们对热电比的理解还不够统一,对其计算也有不同的解释。为此本文就热电比这一指标的特性进行分析以供讨论。

二、热电比的含义及其特性分析

热电比 $\delta h = Qh/3600W$ 是热机组对外供热量与同一时间机组在额定功率下总发电量的比值,总发电量即 $W = W_h + W_c$ (W_h 为供热汽流的发电量, W_c 为凝

汽流的发电量)。

一般热机组的设计热电比即最佳值是指机组在设计工况下的额定抽汽供热量与额定发电量的比值，此时热机组的利用率和热电联产程度最高，因此确定运行热机组的利用率及其节能效果应以设计工况的最佳热电比为基准。因供热机组运行热负荷经常变化，所以这一指标通常是以热机组实际抽汽供热量来表明运行中机组的利用率和热电联产的程度，所以可用它来评价热机组节能效果的优劣，但它不能表明热经济性的绝对值，所以称它为经济特性指标。

对于广泛应用的 C 型机，当供热抽汽量达到额定值(即设计工况)时，机组相似于背压机，热电联产程度和机组的利用率最高，此时的热电比为最佳值。随着供热抽汽量的减少， W_h 减小， W_c 增大，机组的热电比逐渐减小，热电联产程度和机组利用率降低，当供热抽汽量减至零时，热电联产程度为零，热电比也为零，这时热机组为纯凝汽发电工况，其热经济性较低，因此用热电比这一指标考核运行热机组的利用率和节能效果是一种科学而有效的方法。

对于 B 型机，因其热、电能生产具有相互制约性，当机组从满负荷降至低负荷运行时，机组的发电量 W

随 Q_h 的变化基本上按线性比例关系同时增减，反映了 B 型机以热定电的运行特性，因此其热电比 δh 基本上为一常数，但由 B 型和 C 型两种以上热电机组构成的热电厂，一般是先由 B 型机带基本热负荷后用 C 型机带变动热负荷，因此热电厂仍可以用热电比这一经济特性指标考核热电厂或机组的利用率和节能效果。

热电比是反映机组本身热力特性及热电联产状态的经济特性指标，其值的大小与机组的初参数、供热参数、容量、型式等因素有关，不同热电机组有不同的最佳热电比，由于热电比只表明本机组热电联产的利用程度，所以其值不宜作为热电机组之间的横向比较，只能用它衡量热电机组本身的利用率或节能经济效果。

一般热电厂是由多台热电机组构成，各台机组的初参数、供热参数、容量、型式等可能有差异，但各台机组的综合热电比可以作为全厂总的经济特性指标，对本厂不同时间(或时期)的热经济性进行纵向比较，即退过热电比了解不同时期热负荷的变化程度和趋向，从热电比的升高或降低来判断本厂的节能效益是提高还是降低了。虽然热电比指标不是用经济的绝对值形式来衡量热电厂的经济性，但通过热电比值的

变化来说明热电厂节能经济效果的程度和变化趋势有重要的实际意义。

尽管热电比的值是针对具体机组或热电厂而言的，但其定义可适用于任何热电机组或热电厂。

三、热电比与热电厂总效率的关系

热电厂的总热效率表达式为：

$$\eta_{tp} = (3600W + Q_h) / B_{q1} = (3600W + Q_h) / Q_{tp}$$

(1)式中 Q_{tp} ——热电厂总热耗量；

Q_h ——热电机组的对外供热量。

式

(1)可写成如下形式：

$$\eta_{tp} = (3600W + Q_h) / Q_{tp} = \eta_{totp(e)} (1 + \delta_h)$$

(2)式中 $\eta_{totp(e)} = 3600W / Q_{tp}$ ——热电厂总热耗量仅生产电能时的热效率；

$\delta_h = Q_h / 3600W$ ——供热机组的热电比。

(3)可看出式

(1)中分子为两种质量不等价的能量相加，因此热电厂总热效率 δ_{tp} 只能表示热电厂在不同工况下的燃料有效利用程度。 η_{tp} 和 δ_h 之间的动态变化特性可用以下三种情况分析：

(1)当热电机组的热负荷 $Q_h=0$ 时， $W_h=0$ ，机组进入纯凝汽发电状态，此时 $\delta_h=0$ ，式

(2) $\eta_{tp} = \eta_{totp(e)}$, η_{tp} 值降到仅生产电能时的总热效率值, 其值与凝汽式电厂效率基本相同约为 0.35 左右。

(2) 当热电机组的热负荷 $Q_h > 0$ 时, 其 $W_h > 0$, 此时热电联产发电比重增大, 凝汽发电比重减小, 热电比 $\delta_h > 0$, 其值主要决定于 Q_h 的大小, η_{tp} 可看成是 $\eta_{totp(e)}$ 乘以一个大于 1 的热电比因子, 即 $\eta_{tp} = \eta_{totp(e)}(1 + \delta_h)$, 此时 $\eta_{tp} > \eta_{totp(e)}$, 即热电厂总热效率大于同档次凝汽式电厂总热效率, 其值也是决定于热负荷的大小, 变化范围在 0.35~0.8 左右之间。

(3) 当热电机组的 Q_h 值达到额定抽汽供热量时, 机组额定工况运行, 热电联产比重增至最大, 设备利用率最高, 此时少许凝汽量只是为了冷却尾部叶片, 这种运行状态的 δ_h 为最佳热电比, η_{tp} 也达到最大值, 约为 0.8 左右。

由上述分析看出 δ_h 和 η_{tp} 是反映热电联产的同—特性, 即热电联产节能程度和热电机组的利用率。上述分析是建立在机组的额定工况即额定发电功率(或发电量)为基准的条件下进行的, 如果运行机组的热电比不是用额定发电功率(或发电量)计算, 而是用机组生产的实际发电功率(或发电量)计算, 用此热电比对热电机组的利用率和节能效果进行考核就没有

实际意义。例如对于 C 型机。因其热、电能生产量可自由调节，在运行时因热负荷低机组的抽汽供热量很小时，若想使热电比保持基本不变，就可以人为地减少汽轮机进汽量，从而减少凝汽发电量，使机组发电功率减少，从而达到热电比值基本不变的目的，这就是所谓的 C 型机以热定电的运行方式，此时就会导致机组严重偏离设计工况运行，使机组的效率和利用率显著降低，同时还会使锅炉及有关辅助设备严重偏离设计工况运行，这样不但影响它们的热经济性，甚至影响其安全运行。

要说明的是，在运行的热电厂中，热电机组的实际发电功率(或发电量)是根据电网调度或热电厂值班调度通过优化原则确定的。因此用增减供热汽轮机进汽量的方法来改变机组发电量的可能性及幅度各电厂是不同的，也不是自由的，所以，用实际发电功率(或发电量)

求出的热电比已失去考核热电机组利用率和节能效果的作用。

四、供热机组的热电比与机组参数、容量、型式的关系热电比的计算目前有以下两种公式。即:

$$\delta h = Qh / 3600W = (D_{hh} \times 1000) / 3600W$$

$$(4) \delta h = Qh / 3600W = D_h (h_h - h_{wh}) \times 1000 / 3600W$$

(5)式中 D_h —热电机组供热抽(排)汽量 t/h;

h_h —热电机组供热抽(排)汽焓 tJ/kg;

h_{wh} —抽汽供热回水焓 kJ/kg。

(4)简单、易算，为 98 年国家三部委在 220 号文中提出的方法，式

(5)为很多运行热电厂计算热电比时采用的方法。下面对国产四种热电机组用上述两种公式按本文定义对其热电比进行计算。

各机组随着抽汽供热量的增加，热电联产的比重增大，热电比逐渐增大，冷源损失减小，机组的利用率和经济效益逐渐提高，为线性关系。而热电比的最佳值的大小及其随供热量的变化规律主要决定于机组的初参数、供热参数、容量、型式等因素。

当热电机组的抽汽供热量增加到额定抽汽供热量和额定发电量时，其热电比为最佳，节能效益最大，由表 1 看出不同机组对应不同的最佳热电比，如上述计算的四种热电机组最佳热电比分别为 1.47，2.7，4.2，3.64，当机组实际热电比偏离最佳热电比时，其节能经济效益降低。计算结果表明，由于不同热电机组的最佳热电比不同，因此它只能作为比较各种热电机组本身及热电厂经济状态变化的特性指标。

此外，热电联产节能是相对于热电分产而言的，

因此，不同热电机组的热电比均有一临界值，其值的确定将另行论述。

五、热电比在热电工程中的应用

东北地区某厂有两台双抽热电机组，机型均为 CC12~50/10/1.75，额定工况时抽汽量分别为 D 采暖=30t/h，D 工业=30t/h，采暖期为六个月，求 10 个月的热电比变化情况。

从计算结果看，当 D 采暖=0，只有 D 工业时， δh 随 D 工业的改变而变化，D 工业增大， δh 也增大，反之 δh 减小。当机组同时有 D 采暖与 D 工业时， δh 随两者的改变作相应变化，总供热量增大， δh 增大，经济效益高，反之 δh 减小，经济效益降低。

上述规律表明，用热电比这一经济特性指标可以考核热电机组的利用率及热电联产的节能效果，即考核机组设计工况的利用程度。如表 2 所示的 CC12 型机电厂，1 月份机组在设计工况运行时，所发出的额定电功率全部是由热电联产汽流生产的，而凝汽发电几乎为零，此时 $\delta h=3.00$ ，为机组最佳热电比，机组利用率最高，节能效益最好，当机组偏离设计工况运行时， δh 减小，此时虽能发出额定电功率，但其凝汽发电比重增加，机组设计工况利用率降低，电厂节能效益就会减少。对于 NC 型 200MW 以上大型两用

热电机组，其设计特点是凝汽工况为设计工况，这就是说机组不供热凝汽工况运行时，其热经济性与同档次的凝汽机组热经济性基本相同，当机组抽汽供热时，凝汽流量减少，机组低压缸的相对内效率 η_{ri} 降低，但由于热电联产比重增加，凝汽流减小，提高了机组循环热效率 η_t ，当供热抽汽量增大到额定值时，其发电功率将低于机组的额定功率，但其综合经济性最高，发电煤耗最低，此时热电比最佳。因此，NC型机的最佳热电比不是基于机组的设计工况，而是基于最大供热工况，NC型机组的热力特性虽然与C型机组不同，但增大热电联产的比重使热电机组的经济效益提高是一致的。

六、结论

从上述分析看出，一般热电机组是以机组的设计工况为准去定义和计算热电比，从而确切的反映热电机组的利用率(即热电机组设计工况的利用率)，而NC型热电机组因其热力特性不同是以最大供热工况定义和计算热电比。因此用热电比这一经济特性指标来考核热电厂的节能效果是科学和直观的，它适用于对热电机组或热电厂热经济效果的分析评价。只要正确理解并运用热电比，就可以用热电比这一经济特性指标考核新建热电厂或已运行热电厂节能经济效果，从

而进一步挖掘其节能潜力，提高热电机组或热电厂的经济效益。

◎21 世纪中国水电开发前瞻

21 世纪，中国将坚定地向着中等发达国家迈进，其中能源、电力供应是首当其冲要解决的问题。水力发电在未来能源、电力供应中的地位和作用是水资源工最为关心的问题之一。

我国的能源状况可以概括为：人均能源占有量低，能源利用率低，能源消费以煤为主，环境污染问题严重，农村商品能源匮乏。

我国常规能源按人均计算仅为世界平均水平的 61.4%。我国能源消费以煤为主，约占 75%，石油、天然气占 19%，水电占 6%。大量使用煤炭所造成的环境污染不可忽视，同时能源效率低下，单位能耗创造的价值只是发达国家的 1/4~1/2。我国农村以使用生物质能源为主，商品能源很少，燃烧薪柴的后果是森林植被大面积破坏，水土流失严重。

就终端能源消费而言，电能是清洁、方便且高效的能源，电力技术是优化能源结构的主要手段。自 1978 年以来，我国电力工业发展很快，每年新增装机容量 1000 万千瓦以上，1999 年全国总装机容量达到 2.94 亿千瓦，人均装机容量 235 瓦，其中水电装机容

量 7200 万千瓦，在低水平下实现了用电供求平衡。但人均用电仅相当于世界平均水平的 1/3。要适应国民经济 7%~9% 左右的增长速度，电力工业必须保持 5%~6% 的年增长率，每年新增装机容量应在 1000 万千瓦以上。

我国的水电占电力总装机的 23%，发电量占总发电量的 17%。2000 年大型水电在建规模为 2424 万千瓦，其中三峡 1820 万千瓦。水电占电力总装机的比重自 1985 年以来一直呈下降趋势，由 30% 下降到 23% 左右。李鹏委员长去年提出，2010 年水电装机争取达到电力总装机的 30%。按照电力规划指标计算，届时水电装机应达到 1.5 亿千瓦。目前水电运行和在建容量合计 9624 万千瓦。这意味着从 2000 年起到 2010 年的 11 年间，要新开工并建成水电装机 5400 万千瓦。其中应有 1000 万千瓦是地方修建的中小型水电，1000 万千瓦为抽水蓄能电站，3400 万千瓦为大型水电。一般水电项目开工后五年才能发电，因此 4400 万千瓦的大型项目必须在前七年内全部开工，平均年开工规模达到 630 万千瓦。但近几年来大型水电的实际开工情况是五年总计开工 247 万千瓦。如果这种情况继续下去，2010 年水电装机实际只能达到 1.2 亿千瓦左右，所占比例仍保持现有水平，李鹏委员长提出的目标难

以实现，为此必须采取必要措施才能扭转上述局面。

水电发展缓慢有其内在原因，有三个问题亟待解决：一是投资大，工期长；二是长期效益好，短期效益差，资金回收慢；三是自然与社会风险大。

以单位千瓦造价相比较，水电大约为 7000~10000 元，火电 30~60 万千瓦国产机组 5400~6300 元，进口的 66 万千瓦机组为 7200~8200 元，水电比火电高约 40%。加上水电发电量受季节的影响，电网必须以重复容量来弥补，再加上水电的输电距离一般比较远，综合上述因素，水电单位千瓦造价比火电贵一倍左右。

建设大型水电的工期一般是 2 年截流，而后 5 年第一台机组发电，此后每半年投产一台。火电 30 万千瓦主力机组准备工期半年到 1 年，而后 3 年第 1 台发电，10 个月后第 2 台投产。对投资方而言，工期和造价的差异最终反映到收益上。按现在的电价水平，大型水电股东在第一笔大规模投资 15 年后，可以获取资本金收益。在此之前，还贷付息占用了全部利润和折旧。长期占用资金将阻碍企业的发展，和企业的利益相悖。因此，除了专业的水电开发公司以外，很少有企业对大型水电进行投资。

建设大型水电的风险是显而易见的。建设期有水

文、地质方面的自然风险，移民费增加、物价变动带来的造价风险，运行期还会遇到水文、移民、电力市场等回报方面的风险。在 1998 年的长江洪水中，隔河岩，葛洲坝几次拦洪分别使沙市水位降低了 0.21 米、0.29 米，但防洪效益无法回收，相反还需要救济上游因超蓄洪水造成的淹没损失。

上述问题造成企业对投资大型水电站望而却步，缺乏市场动力是水电发展缓慢的内在原因。没有政府在决策、资金、移民等方面的支持，大型水电站将无法建设。三峡工程就是政府开发水电的典型模式。

近几年来建立了一批水电开发机构，但是由于电价、电量、税收等方面的原因，多数尚未从自有资金取得滚动开发资金，自筹的少量资金只能开发 10 万千瓦以下的中小型项目，无法独立启动大型项目。因此需要类似于三峡建设的政策，从财政上得到一笔拨款，充实资本金。

水电系统需要在提高质量的同时着力缩短工期。工期缩短可以降低造价，加快资金回收，迅速取得社会和企业效益。从工程实践分析，大型项目可以把发电工期从截流后 5~6 年缩短到 4 年，天生桥一级水电站已经做到了这一点。面板坝还可以争取把工期缩短到 3 年，装机容量 150 万千瓦的公伯峡水电站准备