

基于能级概念的烟经济学计价策略

孙家宁, 陈清林, 尹清华, 华 贵

(华南理工大学 传热强化与过程节能教育部重点实验室, 广东 广州 510640)

摘 要: 正确合理地对烟流计价, 确定从燃料到产品烟流的转换过程中费用形成及变化过程, 是实现能量系统的烟经济学分析和优化的关键之一。将能级的概念引入热经济学计价体系, 把供入能流按能级拆分, 依据能级相近最大化相供的原则, 解决能量取出与供入间的对应问题, 提出了基于能级相近最大化相供的烟流计价策略, 以减少求解过程中所涉及的未知变量数, 说明产品烟流存在时的附加方程引入情况。最后以典型的热电联产系统(CGAM 系统)的烟经济分析优化中烟流计价为例, 介绍了该计价方法的应用。

关 键 词: 烟经济学; 能量系统; 能级; 热电联产

中图分类号: TK11 文献标识码: A

符 号

c : 烟流单价/ $\$/GJ^{-1}$; C : 烟流成本/ $\$$;
 D : 过程烟损/MJ; E : 能量流/MJ;
 E_x : 火烟流/MJ; Z : 非能费用/ $\$$;
 ϵ : 能级;

下 标

F : 燃料; in : 输入;
 j : 单元数; J : 排弃烟;
 K : 过程烟损耗; o : 输出;
 out : 输出; P : 产品
上标: \circ 单位时间

1 引 言

基于热力学第二定律的火烟分析, 能够有效指出能量系统用能的薄弱环节, 明确相应的用能改进方向, 以达到有效利用能源的目标。如何设计效率高、费用低的能量系统是能源动力研究者们面临的挑战之一。烟经济学则通过将烟分析与经济学评价相结

合, 依据烟含量而赋予能流一定的价值, 结合价值平衡思想, 估算能量在传递与转换过程中价值的变化, 最终以经济效益为目标的科学地评价系统用能的完善性与现实可能性, 因此, 烟经济学为能源的合理利用提供了科学的理论基础。其中烟流的计价方法与策略构成了烟经济学研究的重要内容之一, 特别是针对多产品烟流的费用分配问题, 火的准确计价构成了后续的系统烟经济分析与优化的前提。

联产多烟流计价研究中辅助方程的引入, 一般是因人因研究对象及研究目的而异, 存在相当的人为性, 因而对其共性的研究得到了烟经济学界广泛的重视, 并针对不同的研究对象与应用背景, 在深入研究的基础上提出了相应的烟流定价方法^[1-4], 如“孤立化”方法提出在各个子系统边界上给烟定价^[1]; 代数模式研究则主张在子系统的中心点上给烟定价^[2]; Tsatsaronis 等则建议以子系统的平均烟价来定价, 并以此为基础提出了“AVCO”法则和“后进先出”(LIFO)法则^[3]; 华贵等在进行过程系统的烟经济分析优化研究中, 对待回收烟和排弃烟计价作了较为详细的讨论, 所提出的反向当量计价策略具有一定的工程意义^[4]。

能级分析是热力学第二定律分析的重要组成部分, 能级即能量的品位是能的质的反映。当能量系统中涉及多种级别的能源与能阱时, 能级的优化匹配则成为系统合理用能的关键之一。用能过程是能量降质的过程, 故取出与供入能流的能级难以完全对应。基于能级匹配的思想, 发展了多产品烟流的计价与策略, 依据各烟流所属能流的能级差别, 通过将取出和供入的烟对应, 以此减少烟价估算过程中所需的辅助方程数。同时采用将供入能流依能级拆分的方法, 依据能级相近最大化相供原则, 以解决能

收稿日期: 2003-04-16; 修订日期: 2003-06-09

基金项目: 国家重点基础研究发展规划基金资助项目(G2000026307); 广东省自然科学基金资助项目(000474)

作者简介: 孙家宁(1975-)男, 辽宁锦州人, 华南理工大学硕士生。

量取出与供入间的对应问题。以典型的热电联产系统—CGAM 系统^[3]为例, 阐述了所提出的能流计价策略在能量系统分析优化中的应用。

2 能级相近最大化相供原则

2.1 火用与火用费用平衡方程

考虑到能量的序贯转换与利用, 将能(火用)流按实际过程的供需关系划分为燃料系和产品系, 提供能量的一方视为燃料系, 得到能量的一方视为产品系, 如图 1 所示, 其中燃料系的入方与出方的差值定义为过程进行所需耗用的总燃料(F); 产品系的出方与入方的差值定义为过程进行中得以有效转移的燃料, 即产品(P), 燃料与产品的差值为过程火用损耗。其火用平衡方程及火用费用平衡方程分别为:

$$EX_{F, in} - EX_{F, out} = EX_{P, out} - EX_{P, in} + D_K + D_J \quad (1)$$

$$c_{F, in}EX_{F, in} + c_{P, in}EX_{P, in} + Z_K = c_{P, out}EX_{P, out} + c_{F, out}EX_{F, out} \quad (2)$$

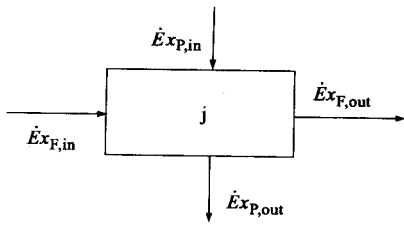


图 1 单元 j 的火流平衡

火用费用平衡方程同时考虑了能量降级(火用损 D)和非能投资(Z_j)两个方面。通常由于方程数少于未知变量数, 为求得未知的输出火用价 c_{F, out}、c_{P, out}, 尚需根据系统的目的人为地补充辅助方程。但目前引入辅助方程时大多只是考虑了能流间火用量的比较(如均值法、提取法和增时法等), 或者依据能流进入和取出的顺序(如 LIFO 法)将火流对应^[3], 或者依据能流的功用借助一定的边界条件给火流定价(如反向计价策略)^[4], 而较少考虑能流间能级的差别。下面将按照能级的大小将系统的供入火流和取出火流进行对应, 以减少火用费用平衡方程中的变量数。

2.2 能级相近最大化相供原则

能级是能流火用量与能流总量之比, 即 $\epsilon = EX/E$ 。当忽略能量损失, 即 $E_F = E_P$ 时, 有:

$$\epsilon_F - \epsilon_P = \frac{EX_F - EX_P}{E_F} = \frac{D}{E_F} = \Delta\epsilon \quad (3)$$

由式(1)与式(3)看出, 完成一定能量的转换与传递, 火用损是推动过程所付出的代价, 而能级差 $\Delta\epsilon$ 是直接过程的推动力相联系的物理量, 若能流间依据能级进行匹配, 则可以减小不同火流之间的推动力的差, 从而可以减小系统的总火用损。能量经转换环节转换成所需要的能量形式后提供给能量系统中用能环节和能量回收环节^[6], 因此从系统中取出的能量可以依能级与供入能流对应并取相应的火用价。由于供入与取出的能量之间能级难以完全对应, 可采用能级相近最大化相供的方法予以解决。

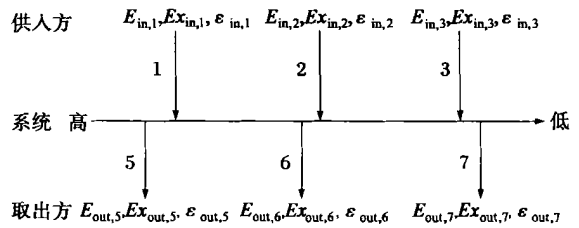


图 2 系统能流分布图

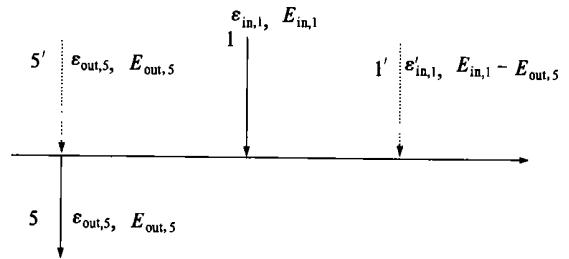


图 3 第一种能流拆分方法

将供入系统和从系统取出的能量流按能级由高到低排列, 如图 2 所示。其中 7 为取出方能级最低能流, 5 为取出方能级最高能流。将每一股取出的能流依能级与所供入的能级最为相近的能流对应, 如图 2 中能流 5 与能流 1 能级相近, 能流 5 的能级略高于能流 1。依能级相近最大化相供的方法, 取出方能流 5 将由供入方能流 1 最大化供给, 此时存在两种可能: (1) $EX_{in,1} \geq EX_{out,5}, E_{in,1} \geq E_{out,5}$, 即供入方的能量和火用量均大于取出方; (2) $EX_{in,1} \leq EX_{out,5}, E_{in,1} \leq E_{out,5}$; 或者 $EX_{in,1} \leq EX_{out,5}, E_{in,1} \geq E_{out,5}$, 即供入方火用量小于取出方。对于第一种情况, 可将能流 1 拆分为能级为 $\epsilon_{out,5}$ 的能流 5' 和能级为 $\epsilon'_{in,1}$ 的能流 1', 能量则按能级相近最大化相供的原则分别取 $E_{out,5}$ 和

($E_{in,1} - E_{out,5}$), 如图 3 所示; 对于第二种情况, 由于供入方焓量 $E_{in,1}$ 小于取出方 $E_{out,5}$, 可将能流 1 按能级拆分为 $\epsilon_{out,5}$ 和 $\epsilon_{out,7}$, 即按能级相近最大化相供的原则, 将能流 1 按取出能流级 $\epsilon_{out,5}$ 和系统内取出方的最低能级 $\epsilon_{out,7}$ 拆分为能流 5' 和 1', 能量依杠杆原则分配, $E'_{5'} = E_{in,1} \times \frac{\epsilon_{in,1} - \epsilon_{out,7}}{\epsilon_{out,5} - \epsilon_{out,7}}$; $E'_{1'} = E_{in,1} \times \frac{\epsilon_{out,5} - \epsilon_{in,1}}{\epsilon_{out,5} - \epsilon_{out,7}}$, 如图 4 所示, 此时能流 5 不足部分可由供入方其它能流拆分的部分填补。当供入方能级略大于取出方时, 供入能流 3 和取出能流 6 同样存在两种情况, 仍可按以上提出的能级相近相供的原则进行拆分。但对于第二种情况, 要选择取出方能级最高点, 以达到最大化相供的目的。

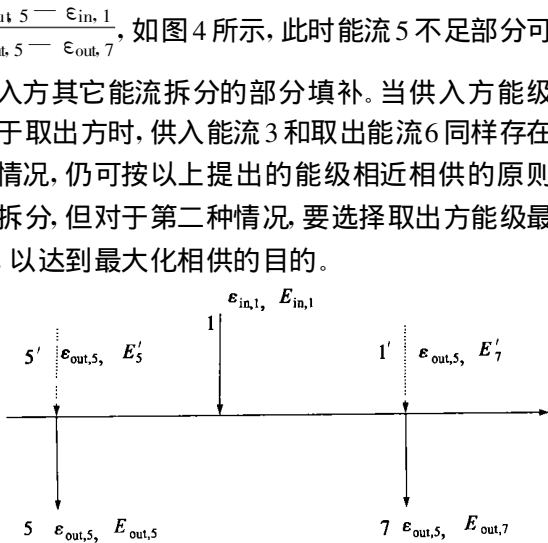


图 4 第二种能流拆分方法

按照上述的匹配方法, 每股取出的能流均可与

供入的一股或多股能流对应。若将焓价亦按此方法对应, 则可解决焓流计价中辅助方程的引入问题。下面以典型的热电联产系统—CGAM 系统为例^[5], 应用以上介绍的能级相近最大化相取策略估算系统中相关焓流的焓价。

3 能级相近最大化相供焓流计价

3.1 流程简介

简化的热电联产系统原则工艺流程如图 5 所示, 燃料甲烷与压缩空气在燃烧室(CC)中燃烧后产生的高温烟气, 首先通过燃气轮机(GT)膨胀做功, 同时带动空气压缩机(AC)压缩燃烧用空气, 对外净输入功 30 MW, 烟气做功后先经过空气预热器(APH)预热压缩空气, 最后进入余热锅炉(HRSG)生产部分中压蒸汽后排入大气。系统总共包括 5 个组元, 12 股焓流。各能流有关参数及相应的能量、焓及能级计算结果如表 1 所示; 各组元的焓损、焓效率等热力学参量计算结果如表 2 所示, 各组元非能费用流率如表 3 所示^[5]。其分析优化的基准参数取: $P_0 = 1.1013 \text{ MPa}$, $T_0 = 298 \text{ K}$, $\eta_{AC} = 0.8468$, $\eta_{GT} = 0.8786$; 经济参数: $c_{f,CH_4} = 3.86 \text{ \$/GJ}$; 在计算各物流的焓、焓及焓时, 将烟气作为理想气体处理。

表 1 联产系统中各物流热力学数据

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$M/\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$	96	96	96	98	98	98	98	14	14	—	—	1.77
P/MPa	0.101	0.013	0.962	0.914	0.110	0.107	0.101	2.00	2.000	—	—	1.20
$T/\text{°C}$	25.0	347.66	576.85	1246.85	712.48	519.36	189.78	25.0	212.37	—	—	25.0
E/MW	0	31	53	140	79	57	19	0	38	30	31.07	88
E_x/MW	0	28.91	41.54	104.30	40.10	25.22	5.40	0	12.78	30.00	31.07	92.20
ϵ	0	0.932	0.784	0.744	0.509	0.444	0.286	0	0.340	1.0	1.0	1.04

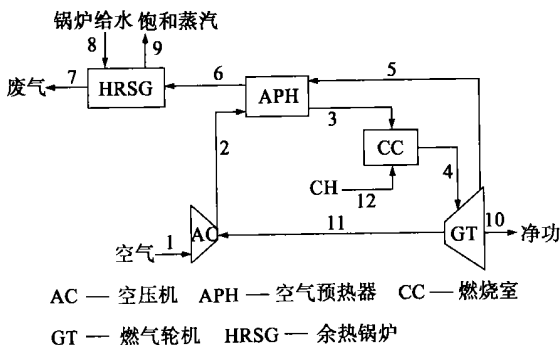


图 5 热电联产系统工艺流程简图

表 2 系统组元热力学参数计算结果

	$D = D_k + K_f/\text{MW}$	$\eta_{ex} \%$	E_f/MW	E_p/MW	ϵ_f	ϵ_p	$\Delta\epsilon$
AC	2.16	93.05	31.07	28.91	1.000	0.932	0.068
APH	2.27	85.19	15.32	13.05	0.677	0.573	0.104
CC	29.45	74.45	92.21	62.76	1.040	0.721	0.319
GT	3.13	95.13	64.20	61.07	1.068	1.000	0.068
HRSG	7.03	64.45	19.78	12.75	0.579	0.340	0.239

表 3 系统各组元非能费用计算结果

单元	AC	APH	CC	GT	HRSG
$Z_f (\times 10^{-3}) \text{ \$/s}^{-1}$	15.83	3.4	1.22	13.3	4.7

3.2 能级相近最大化能流对应与拆分

联产系统的能流分布如图 6 所示。

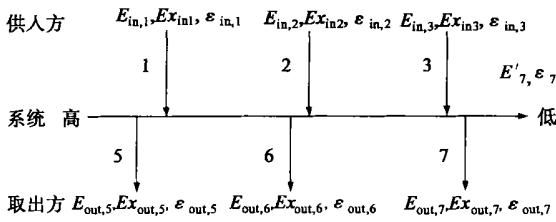


图 6 联产系统能流分布图

由热力学分析数据可知, 能流 1 与能流 5 能级相近且 $EX_{P,AC} < EX_{F,GT}$; 能流 3 与能流 7 能级相近且 $EX_{P,APH} < EX_{P,HRSG}$; 首先将能流 1、3 以 $\epsilon_{F,GT}$ 和 ϵ_7 作为体系内能级最高点和最低点按杠杆原则进行拆分, 以达到能级相近最大化相供。然后将能流 2 拆分, 由于 $EX_{P,CC} > EX_{F,APH}$, $E_{R,CC} > E_{F,APH}$, 可将其拆分为能流 6 和 $\epsilon = 0.7132$ 的能流 2'。2' 的能级与能流 5 的能级相近且 E_2', EX_2' 大于能流 5 尚未填满部分, 故将能流 2' 依杠杆原则拆分为 $\epsilon = \epsilon_{F,GT}$ 的能流 2'' 和 $\epsilon = 0.4512$ 的能流 2'''。最后能流 7 的不足部分由能流 2''' 填满。依此方法可将取出能流视为一股或多股供入能流组成, 如表 4 所示, 其成本与供入能流相同。

对于单元 GT, $E_{F,GT}$ 由能流 1、2、3 拆分后能流构成, 其量分别为:

$$E_{P,AC} \times \frac{\epsilon_{P,AC} - \epsilon_7}{\epsilon_{F,GT} - \epsilon_7} = E_{F,GT,AC}$$

$$E_{P,APH} \times \frac{\epsilon_{F,GT} - \epsilon_{P,APH}}{\epsilon_{F,GT} - \epsilon_{P,HRSG}} = E_{F,GT,APH}$$

$$E_{F,GT} - E_{F,GT,AC} - E_{F,GT,APH} = E_{F,GT,CC}$$

表 4 取出能流合成数据表 (MW)

	$E_{P,AC}, \epsilon_{P,AC}$	$E_{P,CC}, \epsilon_{P,CC}$	$E_{P,APH}, \epsilon_{P,APH}$
$E_{F,GT}, \epsilon_{F,GT}$	25.6108	28.5339	7.0493
$E_{F,APH}, \epsilon_{F,APH}$	0	20.0000	0
$E_{P,HRSG}, \epsilon_{P,HRSG}$	0	22.6493	14.9507

3.3 煤流计价策略

根据各组元的煤流变化可以同以下费用平衡方程:

$$AC: c_{11}W_{11} + Z_{AC} = c_2Ex_2 \quad (4)$$

$$APH: c_2Ex_2 + c_5Ex_5 + Z_{APH} = c_3Ex_3 + c_6Ex_6 \quad (5)$$

$$CC: c_3Ex_3 + c_{12}Ex_{12} + Z_{CC} = c_4Ex_4 \quad (6)$$

$$GT: c_4Ex_4 + Z_{GT} = (W_{11} + W_{10})c_{11} + c_5Ex_5 \quad (7)$$

$$HRSG: c_6Ex_6 + Z_{HRSG} = c_9Ex_9 + c_7Ex_7 \quad (8)$$

从以上费用平衡方程可以看出, 空气预热器 (APH)、燃气轮机 (GT)、余热锅炉 (HRSG) 各包含两个未知变量, 为求解此线性方程组, 可采用一定计价策略减少未知变量 (如后进先出法), 或者增加辅助方程 (如均值法、提取法等) 来实现^[3]。基于以上能级概念的能级相近最大化相取, 通过能流的对应与拆分, 以增加求解所需的辅助方程。对于供入能流成本可采用加权平均成本^[3]。

对于图 1 所示的单元 j :

$$c_j = \frac{c_{P,out}EX_{P,out} - c_{P,in}EX_{P,in}}{E_{out} - E_{in}} \quad (j = AC, CC, APH) \quad (9)$$

对于单元 GT, 其成本组成为:

$$C_{F,GT} = c_{AC}\epsilon_{F,GT}E_{F,GT,AC} + c_{APH}\epsilon_{F,GT}E_{F,GT,APH} + c_{CC}\epsilon_{F,GT}E_{F,GT,CC}$$

由燃料的费用平衡可得:

$$c_5Ex_5 = c_4Ex_4 - C_{F,GT} \quad (10)$$

即: c_5 可由其它已知量求得。

同理, 对于单元 APH 和单元 HRSG, 分别有:

$$c_6Ex_6 = c_5Ex_5 - C_{F,APH} \quad (11)$$

$$c_7Ex_7 = c_6Ex_6 - C_{P,HRSG} \quad (12)$$

基于以上各单元的费用平衡及相应的辅助方程式(4) ~ 式(12)构成一线性方程组, 其解即为联产系统内每股煤流的价格。借助 Matlab 计算软件求解以上线性方程组, 得到系统中各煤流的煤价如表 5 所示。从表中可以看出, 热电的煤流单位成本计算结果比较合理, 由于电相对热量来说具有较高的品位, 因此具有相对较高的单位煤价。

表 5 物流煤价估算结果

能流号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$c_j / \$ \cdot GJ^{-1}$	0	1.4684	1.1094	0.4535	0.2049	0.3179	1.2895	0	0.4503	0.8577	0.8577

(下转第 596 页)

10 m/s 时, 气泡向上运动的过程中, 有大量的漩涡, 从而形成局部扰动, 使气泡在液相中的滞留时间增长, 对气液反应非常有利。

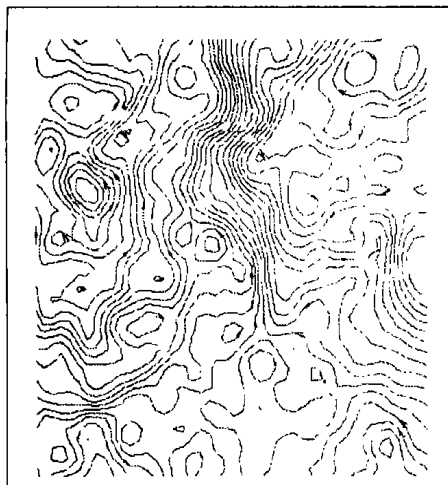


图 14 喷射速度 20 m/s 时流线图

图 14 为喷射管插入深度 0.2 m, 速度为 20 m/s 时的流线图。由图可以看出, 此时气液的紊乱度减小, 形成的涡流减少, 并且主要集中在壁面附近和顶端, 对气液的接触非常不利; 试验时可以通过可视化的反应塔用肉眼观察到, 大量的气泡聚集向上运动, 有时会形成一个气相空腔, 试验还发现此时的喷射器的压力降低, 这种情况主要出现在喷射速度大于 16 m/s 后。

(上接第 555 页)

4 结 论

提出的能级相近最大化相供策略能够解决多产品
 火用流计价中的辅助方程的引入问题, 把供入能流按能级拆分, 依据能级相近最大化相供的原则与取出能流对应是切实可行的, 同时将供入与取出的能流进行对应时既考虑了火用量的差别, 又同时考虑了不同火用流所对应能流的能级间的差异, 解决了多产品火用存在时的附加方程引入问题, 能够降低计价过程的人为性, 为实现能量系统的火用经济学分析和优化提供依据, 将能级相近最大化相供方法用于热电联产系统—CGAM 系统的火用流计价, 得到了合理的火用流火用价, 真实反映了系统中联产火用流的价值, 说明所提出的计价方法能够有效用于能量系统火用经济分析优化。该方法具有普遍的理论

4 结 语

对不同喷射管管型在变化喷射管插入深度和喷射速度的冷态试验条件下, 进行了压力降和鼓泡层高度的比较。试验发现, 对管外喷射, 三种试验管型中底端封口的喷射管的鼓泡层高度和压力降的变化都非常稳定; 对管内喷射, 随喷射速度和喷射管插入深度的变化, 喷射器压力降波动很大, 很不稳定。因而建议工程应用时采用管外喷射。采用 PIV 仪器对底端封口喷射管管外喷射情况进行速度场的测定, 试验发现在气液充分混合区域内, 气泡的运动轨迹非常复杂, 形成大量的涡团, 气液剧烈扰动; 在速度超过 16 m/s, 涡团主要存在管壁附近, 中间气体形成腾涌, 对气液接触非常不利。

参考文献:

- [1] 郝吉明, 马广大. 大气污染控制工程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [2] 王励前. 中国火电厂的环境保护[A]. 第五届海峡两岸环境保护学术研讨会论文集续集[C]. 南京: 东南大学, 1998: 1-21.
- [3] 史密斯 A, 苏德 H. 低成本烟道气脱硫技术[J]. 中国煤炭, 1999, 25(5): 45-49.
- [4] SOMESHWAR ARUN, BHAGAT SNEHAL, HOPKE PHILIP K. CT-121 FGD system monitoring project of the university of Illinois Abbott plant: A preliminary evaluation. Proceedings A&WMA Annual Meeting[J]. ASCE Anaheim CA USA, 1989, 2(6): 216-221.

(渠 源 编 辑)

意义和应用价值。

参考文献:

- [1] EI SAYED Y M, TRIBUS M. Strategic use of thermoeconomics for system improvement[J]. Efficiency and Costing ACS Symposium Series, 1983, 235: 215-238.
- [2] EI SAYED Y M, GAGGIOLI R A. A critical review of second law costing methods — I: background and algebraic procedures[J]. Journal of Energy Resources Technology, 1989, 111: 1-7.
- [3] TSATSARONIS G. Thermoeconomic analysis and optimization of energy systems[J]. Prog Energy Combust Sci, 1993, 19: 227-257.
- [4] HUA B, CHEN Q L. A new exergoeconomic approach for analysis and optimization of energy systems[J]. Energy-The International Journal, 1997, 22: 1071-1079.
- [5] TSATSARONIS G, PISA J. Exergoeconomic evaluation and optimization of energy systems: application to the CGAM problem[J]. Energy-The International Journal, 1994, 19(3): 287-321.
- [6] 杨东华. 火用分析和能级分析[M]. 北京: 科学出版社, 1986.

(辉 编 辑)

船用齿轮设计技术的发展趋势 = **Development Tendency of Marine Gear Design Technology** [刊, 汉] / WANG Shi-an, TIAN Guang, YOU Ke-quan, et al (Naval Representative Office Stationed at No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(6). — 547 ~ 551

The outstanding features of a marine high-capacity gear transmission device are high speed, heavy load and low noise. Through a description of the main types of marine gear transmission units and an analysis of their uses it can be shown that the technology of marine gear transmission devices are developing in the direction of attaining high-load capacity, high reliability, low noise, variegated transmission forms and miniaturization. After a discussion of the hot-spot problems of gear design technology both at home and abroad the authors expound some key issues concerning marine gear technology in China. They include the design technology of multi-engine, multi-shaft combined crossover transmission units and high-power density ones, comprehensive control techniques for vibration and noise reduction and the dynamic design of innovative transmission elements and components. **Key words:** marine gear unit, power transmission layout, design technology

基于能级概念的焓经济学计价策略 = **Exergoeconomic Cost Valuation Strategy Based on an Energy-level Concept** [刊, 汉] / SUN Jia-ning, CHEN Qing-lin, YI Qing-hua, et al (Education Ministry Key Laboratory on Intensified Heat Transfer & Process Energy Conservation under the South China University of Science & Technology, Guangzhou, China, Post Code: 510640) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(6). — 552 ~ 555, 596

A correct and rational cost valuation of exergy flows and the determination of the process of cost formation and variation during a fuel-to-product exergy flow transformation constitute one of the key issues for the realization of exergoeconomic analysis and optimization of an energy system. A concept of energy level is introduced into the system of thermoeconomic cost valuation with the supplied energy flows being split according to their energy levels. On the basis of the principle of close energy levels and maximum energy supply, the problem of matching the energy extraction and supply has been solved. Moreover, the authors have come up with a cost valuation strategy of exergy flows based on the above-mentioned principle. This strategy is aimed at decreasing the number of unknown variables involved in the calculation process. An explanation is also given of the introduction of an additional equation in the presence of a multi-product exergy flow. Finally, with a typical heat and electricity cogeneration system serving as an example described is the application of the method of exergy-flow cost valuation in the optimization of exergoeconomic analysis. **Key words:** exergoeconomics, energy system, energy level, cogeneration of process heat and electrical power

压缩式热泵系统焓效率定义方法初探 = **Preliminary Exploratory Study of a Method for Defining the Exergy Efficiency of a Compression-type Heat Pump System** [刊, 汉] / MA Yi-tai, WANG Zhi-guo, ZHA Shi-tong (Thermal Energy Research Institute under the Tianjin University, Tianjin, China, Post Code: 300072) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2003, 18(6). — 556 ~ 557

After an analysis of the method for defining the exergy efficiency of a compression-type heat pump some deficiencies of such a definition during its practical use are pointed out. This means that in an environment of low-temperature heat source the definition under discussion has been found to be rational. Otherwise, even with an endo-reversible heat pump system the exergy efficiency of the system will still not be "unity". The cause which gives rise to such a problem is analyzed. By adopting the exergy balance equation or the heat pump system as a basis and referring to the basic characteristics of exergy efficiency and its definition method the exergy efficiency of a compression-type heat pump is defined once again. Through a contrast analysis of two expressions not contradictory to the exergy-efficiency definition characteristics determined is a rational expression of the exergy efficiency for the heat pump system. In conclusion, it is noted that in the absence of an environment of high-temperature heat source for a compression-type refrigeration system the same defect may