

吸附式制冷系统热经济学分析及面向对象模型

滕毅¹ 游全根² 王如竹¹

(¹ 上海交通大学 ² 机械工程系)

摘 要 利用热经济学原理将连续回热型吸附式制冷系统演化为热经济学系统,并在此基础上,建立了该系统的面向对象模型¹⁹该模型可以对连续回热型吸附式制冷系统及其子系统进行热经济学分析,并采用面向对象的方法关联各子系统,提高模型的运行速度¹⁹.

关键词 吸附式制冷;热经济学;面向对象模型

分类号 TB618

0 引 言

吸附式制冷系统无 CFCs 问题,能直接被低品位热源驱动,且具有无噪声、无运动部件、结构简单、使用寿命长等优点,吸附式制冷作为具有环境友好性并能有效利用低品位能源的一种技术得到了广泛深入的研究¹⁹近年来,通过各种吸附式制冷系统的分析(包括各种不同工质对和不同结构的吸附器、以及不同类型的循环),对吸附式制冷的研究已取得了较大的进展^[1~6],其应用也愈加广泛^[7,8]¹⁹但是,以往的大部分研究工作仅从能效率(制冷系数)的角度进行的,从热经济学角度进行分析研究的报导目前还比较少见¹⁹制冷系数等能效率不能反映系统内部各环节的不可逆损失,因而不能准确地揭示出系统的薄弱环节¹⁹对吸附式制冷系统的经济分析,可以对系统内部各环节的性能作出科学而准确的评价,为改善系统的整体性能指出途径和方向¹⁹吸附式制冷系统热经济学分析的面向对象模型的建立对于提高分析模型的计算速度有着重要意义,可以从多种角度对循环进行快速分析¹⁹.

1 吸附式制冷系统及其热经济学分析的通用模型

常见的连续回热型吸附式制冷系统及工作循环如图1、图2所示⁽¹³⁾根据文献^[9]的分析,可以得到如图3所示的热经济学分析模型⁽¹³⁾图中子系统(1)为两个吸附器以及冷却换热器;子系统(2)为冷凝器;(3)为节流阀;(4)为蒸发器⁽¹³⁾

由于实际过程中冷却水从冷却换热器和冷凝器带走的热量 Q_L 和 Q_C (对应 流 E_1' 和 E_2') 未被利用,本文直接按照内部损失处理⁽¹³⁾在系统作为热泵运行时应采取另外的处理方法⁽¹³⁾

根据图3,可以得到系统的经济平衡方程式

$c_1E_1 = c_{in}E_{in} + c_4'E_4 + C_{n1}, \tag{1}$

$c_2E_2 = c_1E_1 + C_{n2}, \tag{2}$

$c_3E_3 = c_2E_2 + C_{n3}, \tag{3}$

$c_{out}E_{out} + c_4'E_4 = c_3E_3 + C_{n4} \tag{13}$ (4)

这里, E_{in} 表示锅炉输入的蒸汽流; E_1 表示进入冷凝器的制冷剂蒸汽的流; E_2 表示进入节流阀的流; E_3 表示进入蒸发器的流; E_{out} 表示蒸发器冷凝水的流(如果忽略其他损失,即为收益); E_1' 和 E_2' 分别表示吸附器处和冷凝器处冷却水的流; E_4' 表示进入吸附器的制冷剂的流; c_{in} 为输入蒸汽的单价; c_1 、 c_2 、 c_3 、 c_4' 、 c_{out} 分别为 E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4' 、 E_{out} 的单价; C_{n1} 、 C_{n2} 、 C_{n3} 、 C_{n4} 为各子系统的非能量费用(13)为简化

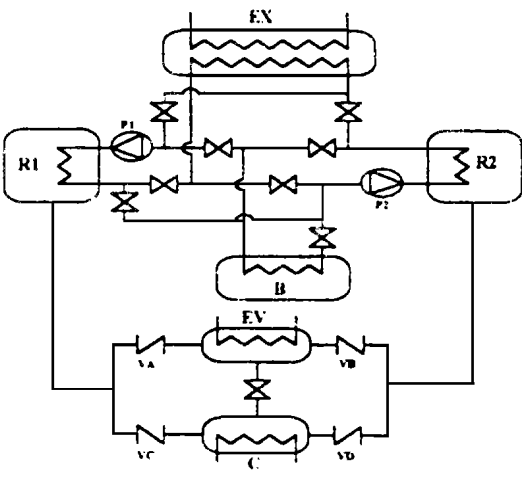


图1 吸附式制冷系统图

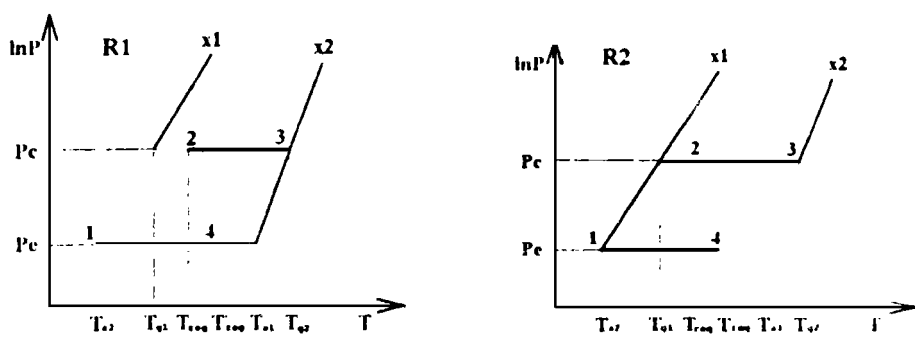


图2 吸附式制冷循环图

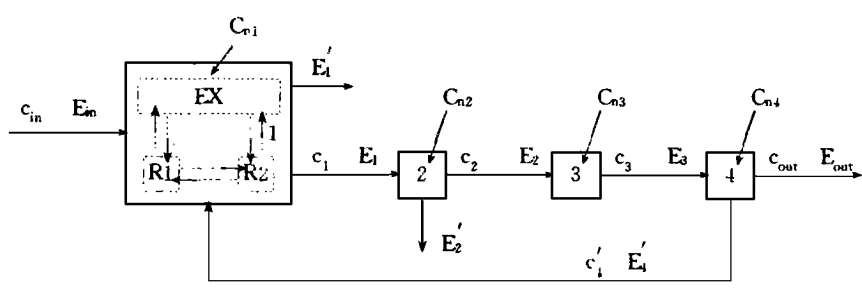


图3 吸附式制冷系统的热经济学分析图

计,以流 E_4' 和 E_3 的单位价格相等的方法进行成本分摊,这样便有 $c_4' = c_3$ (13)联立求解以上方程得

中国知网 <https://www.cnki.net>

$$c_{in}E_{in} = \frac{1}{E_{out}}(c_{in}E_{in} + C_{n1} + C_{n2} + C_{n3} + C_{n4}), \tag{5}$$

$$c_3 = \frac{1}{E_3 - E_4} (c_{in} E_{in} + C_{n1} + C_{n2} + C_{n3}), \quad (6)$$

$$c_2 = \frac{1}{E_2} \left[\frac{E_3}{E_3 - E_4} (c_{in} E_{in} + C_{n1} + C_{n2}) + \frac{E_4'}{E_3 - E_4} C_{n3} \right], \quad (7)$$

$$c_1 = \frac{1}{E_1} \left[\frac{E_3}{E_3 - E_4} (c_{in} E_{in} + C_{n1}) + \frac{E_4'}{E_3 - E_4} (C_{n2} + C_{n3}) \right] \quad (13) \quad (8)$$

运用以上模型,可以对任何吸附式制冷系统进行热经济学分析^[13]

2 子系统之间的 传递过程及变量参数

由于系统结构和运行情况特别复杂,为了便于分析,作如下假设:

- (1) 两个吸附器的结构和性能完全相同;
- (2) 系统及其部件在设定的标准工况下运行;
- (3) 加热流体和冷却流体的入口参数恒定,不受系统的影响;
- (4) 忽略因管道阻力和漏热引起的各种损失;
- (5) 系统中载热流体在各种连接方式组成的回路中的流动情况完全相同;
- (6) 忽略泵功^[13]

2.1 子系统(1)

由两个吸附器以及冷却换热器组成的子系统(1)在每个循环中完成四个过程:回热— R_1 加热、 R_2 冷却—回热— R_1 冷却、 R_2 加热^[13]由于 R_1 、 R_2 的对称性,实际上只有三个过程:

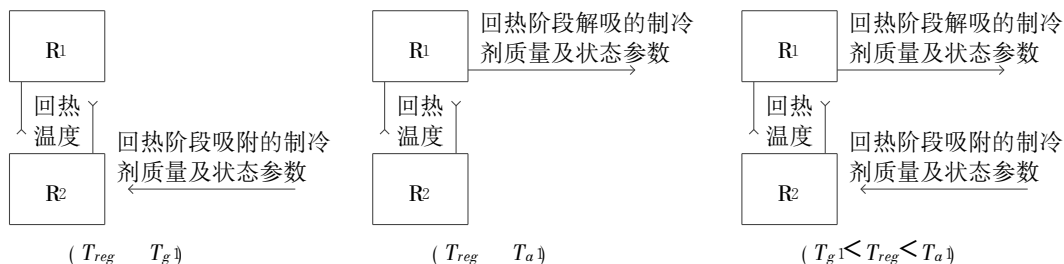
- (A) 两个吸附器之间通过载热流体回热;
- (B) 冷却流体通过冷却换热器冷却吸附器;
- (C) 载热流体加热吸附器^[13]

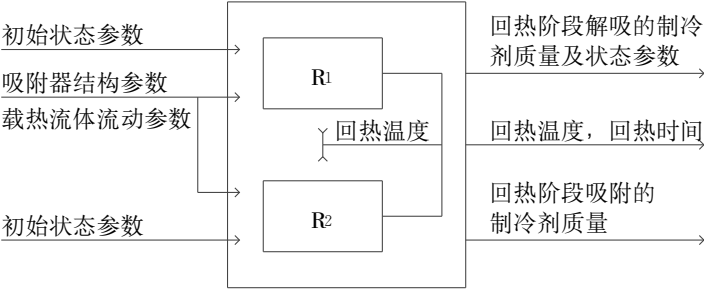
(A) 回热

考虑理想回热的情况,认为 $T_{reg}' = T_{reg}'' = T_{reg}$ ^[13]回热温度的求取分三种情况:

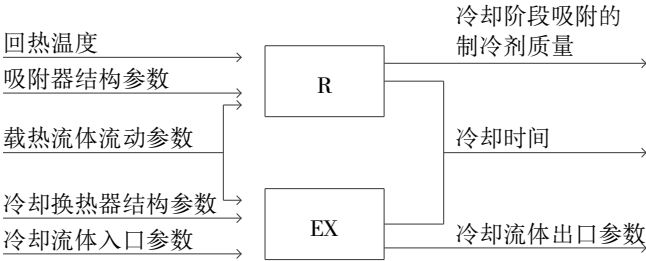
- (a) $T_{reg} = T_{g1}$:回热过程中只有吸附,没有解吸;
- (b) $T_{reg} = T_{a1}$:回热过程中只有解吸,没有吸附;
- (c) $T_{g1} < T_{reg} < T_{a1}$:回热过程中既有解吸,又有吸附^[13]

以上三种情况分别用框图表示为

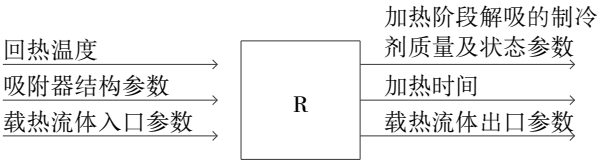




(B) 冷却吸附器

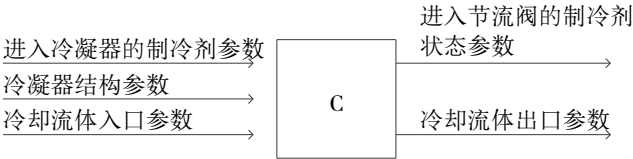


(C) 加热吸附器

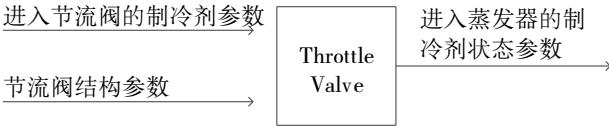


同样方法可以得到其他子系统的 传递过程及变量参数的计算框图^[13]

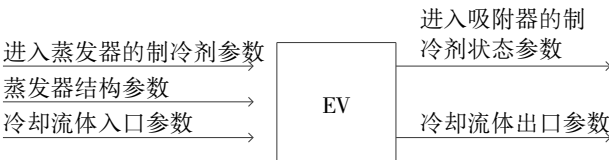
2.2 子系统(2)



2.3 子系统(3)



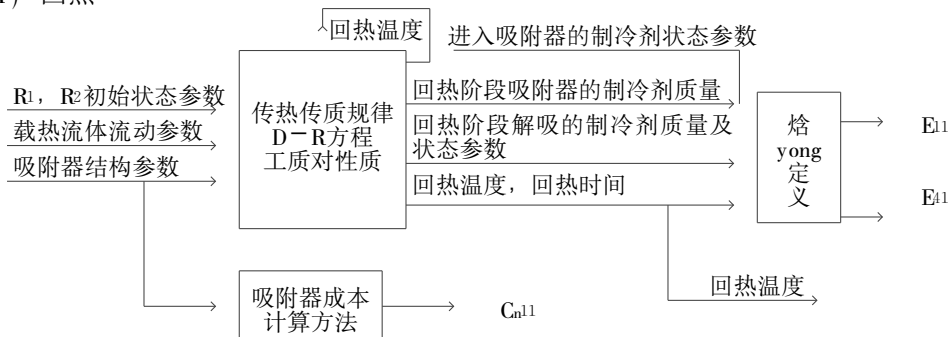
2.4 子系统(4)



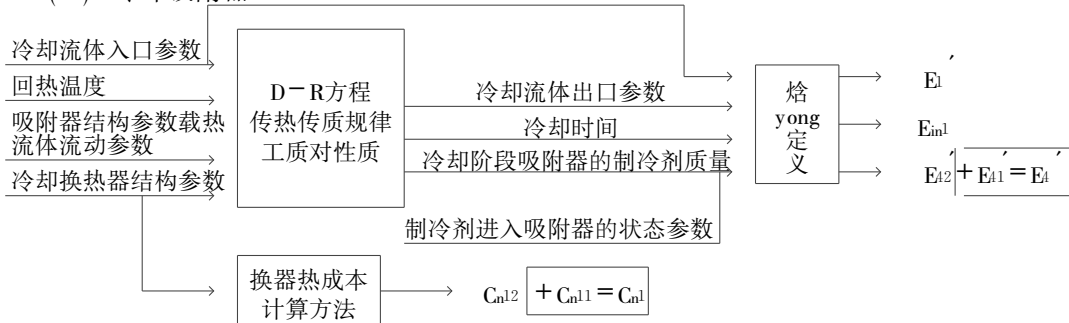
3 系统的热经济学分析模型

3.1 子系统(1)

(A) 回热

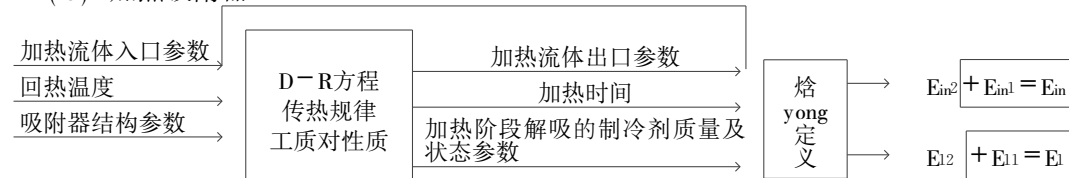


(B) 冷却吸附器

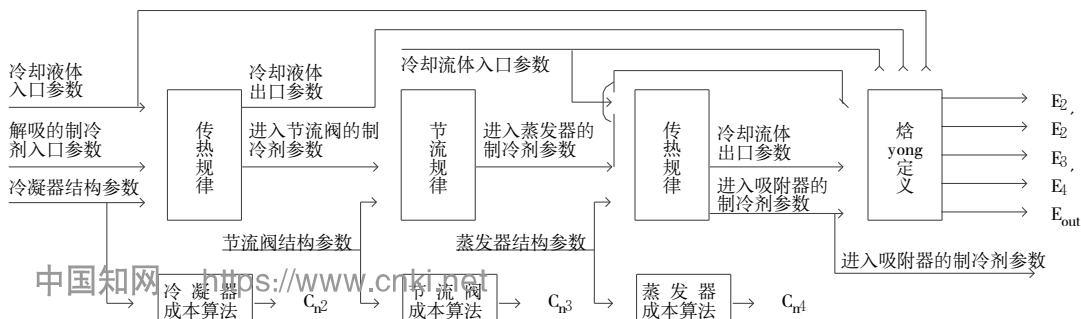


说明: 当冷却流体入口参数跟环境参数一致时, E_{in1} 的值为零; 若 E_{in1} 不为零, 其 成本价格应不同于加热流体的 成本价格^[3]

(C) 加热吸附器



3.2 其他子系统



4 系统的面向对象模型结构

从上面的计算模型可以看到,其计算过程相当复杂^[13]为了提高计算速度,本文借助面向对象的原理来对系统进行热经济学分析的计算^[13]其主程序框图如图4所示^[13]

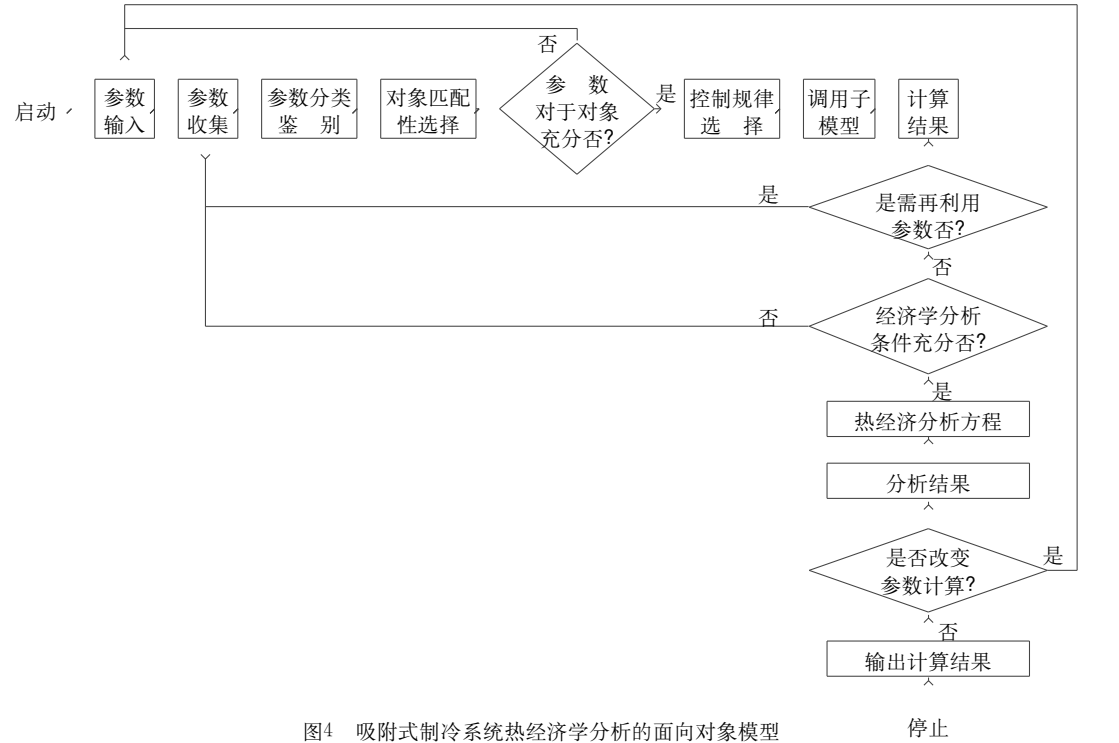


图4 吸附式制冷系统热经济学分析的面向对象模型

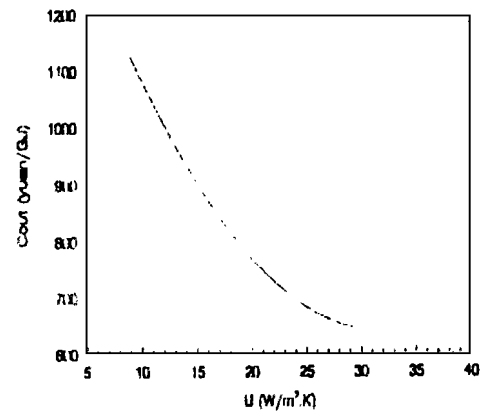


图5 吸附器传热系数对系统冷量 单价的影响

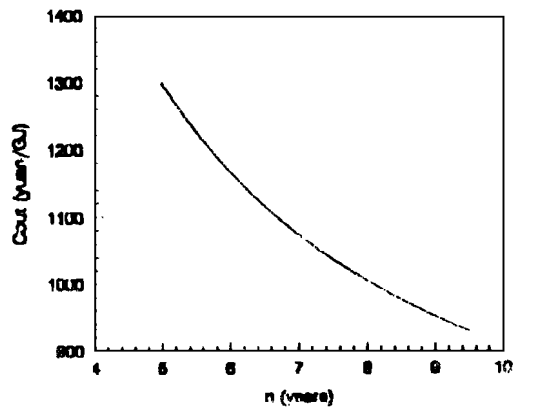


图6 计息周期对系统冷量 单价的影响

该模型的建立主要是根据吸附式制冷系统热经济学分析的复杂性和控制规律的同一性而设计的,因而更具有通用性^[13]运用该模型既可以对整个系统进行热经济学分析,又可分析系统

中的某一部件,具有很大的灵活性^[13]此外,由于吸附式制冷系统中的能量流动是一个循环过程,普通的计算方法必须在某处设置断点,作为初始点和终止点,并通过反复计算耦合得到正确的解^[13]断点设置不合适的话,可能导致计算速度很慢,甚至难以得到正确的解^[13]而采用面向对象模型可以回避这一问题^[13]

利用该模型,本文针对活性炭-甲醇连续回热型吸附式制冷系统作了简单的分析,部分结果如图5、图6所示^[13]

5 结 论

对连续回热型吸附式制冷系统的热经济学分析是建立在对系统的传递过程的分析以及热经济学原理基础之上的^[13]鉴于计算过程的复杂性,采用面向对象的模型结构,可以大大提高计算速度,为连续回热型吸附式制冷系统的热经济优化设计计算提供了条件^[13]

参 考 文 献

- 1 M Pons, J J Guillemint. Design of an experimental solar-powered solid-adsorption ice maker. Trans. of the ASME (J. Solar Energy Eng.) 1986, 108:332~337
- 2 N Douss, F E Meunier, L M Sun, Predictive model and experimental results for a two-adsorber solid adsorption heat pump, Ind. Eng. Chem. Res., 1988, 27(2):310~316
- 3 F Meunier, N Douss, Performance of adsorption heat pumps: active carbon-methanol and zeolite-water pairs, ASHRAE Trans., 1990, 267~274
- 4 S V Shelton, W J Wepfer, Solid-Vapor heat pump technology, IEA Heat Pump Conf., Tokyo 1990, 525~535
- 5 R E Critoph, Forced convection enhancement of adsorption cycles, Heat Recovery Systems & CHP, 1994, 14(4):343~350
- 6 张辉,滕毅,王如竹¹⁹吸附式制冷系统传热传质的简化分析及吸附床的设计¹⁹低温工程, 1995, (6):43~47
- 7 G Cacciola and G Restuccia, Progress on adsorption heat pump. Heat Recovery Systems & CHP, 1994, 4(4):409~420
- 8 Meunier, Solid sorption: an alternative to CFCs, Heat Recovery Systems & CHP, 1993, 13(4):289~295
- 9 滕毅,王如竹¹⁹连续回热型活性炭-甲醇吸附式制冷循环研究¹⁹低温工程, 1995, (3):48~52
- 10 Y Teng, R Z Wang, J Y Wu, Study of the fundamentals of adsorption systems, Applied Thermal Engineering, 1997, (4):327~338
- 11 王加璇,张恒良¹⁹动力工程热经济学¹⁹北京:水利电力出版社
- 12 朱明善¹⁹能量系统的分析¹⁹北京:清华大学出版社
- 13 G H W VAN Benthem, G. Cacciola and G. Restuccia, Regenerative adsorption heat pumps: optimization of the design, Heat Recovery Systems & CHP, 1995, 15(6):531~544
- 14 刘金平¹⁹制冷系统的经济评价及其优化设计¹⁹制冷, 1995, (2):19~23

(下转第53页)

参 考 文 献

- 1 Y K Cheung. The finite strip method in the analysis of elastic plate with two opposite simply supported ends. Proc. Inst. Civil Engrs. 1968, 40, 1~7
- 2 Z G Azizian and D J Darve. Geometrically nonlinear analysis of rectangular mindlin plates using the finite strip method. Computer & Structure 1985, 21(3): 423~436
- 3 S A Zagloul, J B Kendy. Nonlinear Behaviour of symmetrically laminated plates. J. App. Mech. 1975, 42, 234~236
- 4 Y K Cheung. 19结构分析的有限条法 19北京:人民交通出版社 19.
- 5 刘锡礼, 王秉权. 19复合材料力学基础 19北京:中国建筑工业出版社 19.

Geometrically Nonlinear Analysis of the Laminated Plates with Fiber Reinforced Composites

Zhang Weijin

(Civil Engineering Department)

Abstract The geometrically nonlinear problem of laminated plates with fiber reinforced composite is analysed with finite strip method and the nonlinear equations are resolved using the Newton-Raphson method. Through the comparison of the experimental results, numerical results are proved satisfactory.

Key words laminated plates, geometrically nonlinear, Newton-Raphson iterations.

(上接第34页)

Thermal Economical Analysis of Adsorption Refrigeration Systems and the Object Oriented Model

Teng Yi¹ You Quangen² Wang Ruzhu¹

(¹ Shanghai Jiao Tong University ² Department of Mechanical Engineering)

Abstract Thermal Economical analysis is more reasonable than thermal dynamic analysis for adsorption refrigeration systems when the characteristics and cost of systems are considered comprehensively. In this paper a thermal economical system with heat regenerated adsorption refrigeration system as origin is given according to thermal economical theories. An object oriented model related all sub-systems is presented to speed up the calculation, by which the thermal economical analysis and optimization of adsorption refrigeration systems can be done with fast calculating speed.

Key words adsorption refrigeration, thermal economics; object oriented model