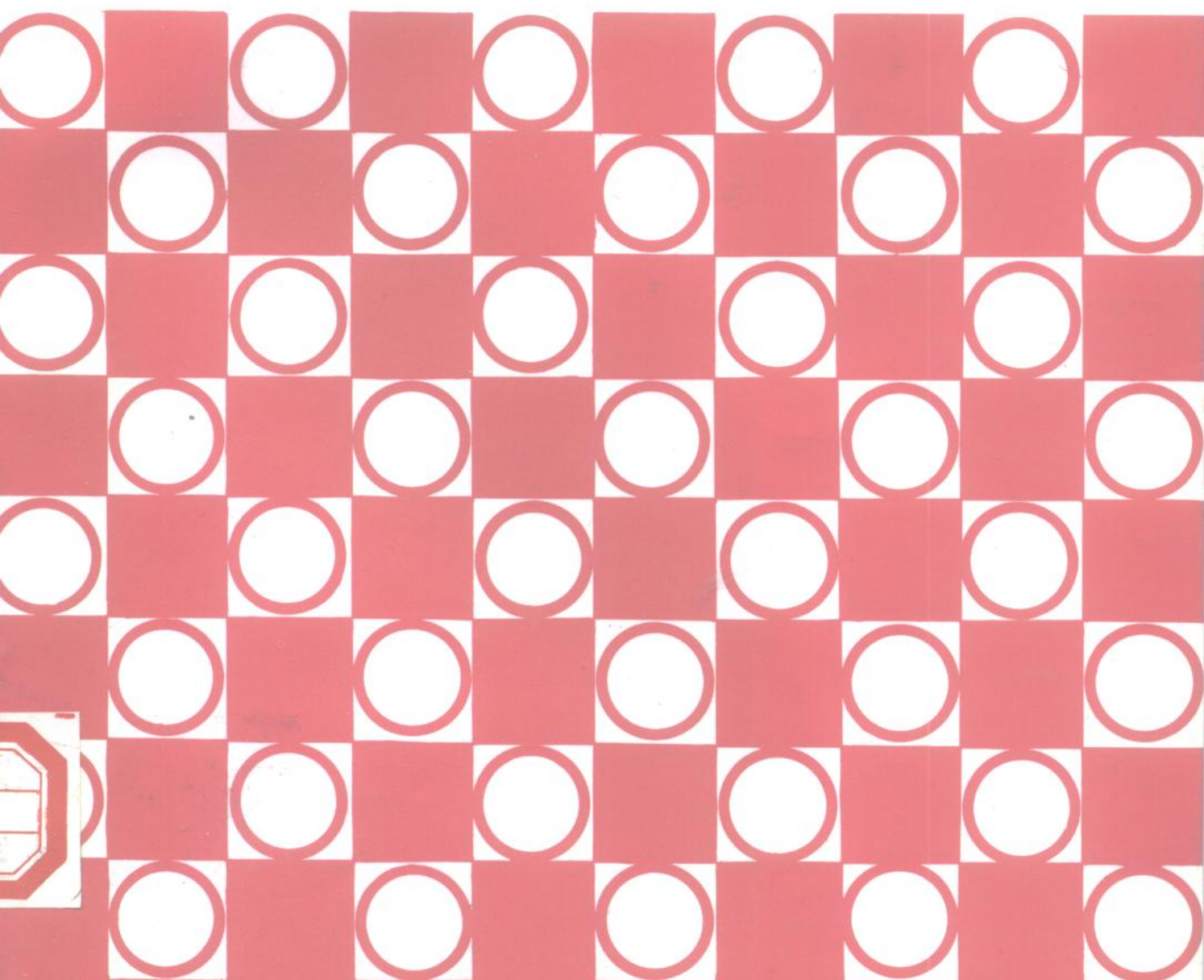


热力学分析与节能

· 论文集 ·

第八届全国热力学分析与节能学术讨论会学术委员会 编



科学出版社

439633

热力学分析与节能论文集

第八届全国热力学分析
与节能学术会议学术委员会 编

科学出版社

1997

内 容 简 介

1996年11月在成都召开了第八届全国热力学分析与节能学术会议。本文集辑录的是会议上宣读论文的一部分,经本届会议学术委员会评审后录用,共42篇。

本文集从总体上体现了近年来我国热力学分析与节能这一领域,理论与实际相结合、科研院所与工矿企业相结合的研究特色和取得的成果,某些成果显示了较高学术水平。

所辑论文分为四类,一类是大会宣读论文与报告4篇,主要反映近年来热力学分析学术领域新的研究方向与进展;二、三类是能量系统的(烟)分析和热经济分析,均收录11篇,内容涉及能量系统的分析评价、过程模拟及优化改进等方面,既有理论探讨,也有实例分析;第四类是工业节能技术及用能管理16篇,主要介绍石油、化工、石化、煤炭等企业一些节能效果较好的应用技术和方法。

本书可供石油、石化、化工、冶金、建材、轻工、医药等部门,以及热能工程、工程热物理、空调制冷等领域从事研究、设计、管理的工程技术人员和高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

热力学分析与节能论文集/第八届全国热力学分析与节能学术会议学术委员会编. —北京:科学出版社,1997.8

ISBN 7-03-005940-9

I. 热… II. 第… III. ①工程热力学-分析-学术会议-中国-文集
②节能-学术会议-中国-文集 IV. TK123-53

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第05088号

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1997年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16
1997年8月第 一 次印刷 印张:15 1/2
印数:1—1 500 字数:351 000

定价:28.00元

序

能源需求的增长势不可挡. 全球能源需求量按目前年增 2% 的增长率统计, 至 2030 年就将翻一番. 东欧和独联体的增长还要快一些, 至 2010 年就有可能超过一番, 而发展中国家由于人口增长、城市化、工业化和生活水平的提高, 能源需求的增长可能要更快. 总之, 这是不由主观意志为转移的客观发展趋势.

但应记住任何一次能源消耗的增长, 都不是单纯消耗的增长, 它必然伴随着与此消耗增长量成比例的排放对环境污染的加剧. 因为要生产有用的东西, 必然会伴随着废物的排放, 这几乎成为定律.

当前世界正面临着能否持续发展的大讨论. 不论一次能源消耗的增长, 还是排放造成环境污染的加剧, 都与此能否持续发展的主题息息悠关.

在上千年的历史长河中, 人们总是把所居住的地球视为取之不尽、用之不竭的仓库, 可以毫无节制地从中取得自己所需要的一切. 同时, 又把它当作无边无垠的垃圾场, 可以随意往其中丢弃自己所不需要的一切. 直到 70 年以前, 能源富裕的美国所生产的电器设备, 在铭牌上往往只给出电压, 而不给功率和电流, 人们似乎并不在意消耗多少电. 更不屑于为了效率的些许提高而去精雕细刻地研究. 如今情况已发生了变化, 对所居住的地球有限性的意识在增长, 不仅在提供的资源(含一次能源)的有限性, 而且对利用能源和物资时排放物的吸收, 或用我们的术语叫做“缓冲能力”(buffer capacity)也是有限的意识, 越来越深入人心. 这个问题的两个方面的结合, 构成了发展有限性的威胁. 当然我们不必像那些悲观主义者那样, 好像地球的末日将要来临, 而惶惶不可终日, 但也不能像那些盲目乐观主义者那样, 认为车到山前必有路, 船到桥头自然直, 而是坚信只要认识客观必然, 掌握自然规律, 就有可能创造条件扩大持续发展的可能性.

对于热力学和热经济学等节能理论与技术的深入钻研, 就是对此类客观必然和自然规律认识的持续深化. 这类研究是很有意义的. 譬如, 一次能源利用效率的提高就具有双重意义: 在其他条件相同的情况下既可节省一次能源的消耗, 又可降低废物排放所造成的污染, 可谓一举两得. 在能量转换和化工过程领域中这种一举两得的事情比比皆是.

这本论文集就是反映在提高和改善能源利用和节能理论与技术研究方面的理论成果, 选登两年一度的全国热力学分析与节能的系列学术会议上的重点论文、报告及优秀论文的论文集. 1996 年 11 月于成都四川联合大学召开的第八届会议除了所宣读的论文在总体质量上有所提高外, 还有一重要特点, 就是本次大会同时也是中国能源研究会下设的“热力学及工程应用”专业委员会宣告成立和全国节能协会下设的第七(系统分析与综合优化)专业委员会情况介绍的大会. 这两个专业委员会完全可以覆盖本学术会议所涉及的各学科领域, 是完全可以承担起组织和领导本领域学术活动的学术团体. 我们这些同行专家们多年来梦寐以求的希望如今得以实现, 自然是值得大书而特书的事. 能源研究会秘书长鲍云樵同志代表该会到会祝贺, 并作了有关我国能源形势的报告, 对今后的研究和学会的学术活动方向很有启迪.

这次会议的另一特点是与会的企业单位的比例有所增大,选登企业部门论文的数量与质量均有提高,这对于高校院所与工矿企业的结合以及把科研成果迅速转化为生产力都是极其有利的.这次会议包括本论文集的出版得到许多企业部门,如大庆、胜利、辽河三大油田的石油管理局和大庆市三维公司等赞助;科学出版社一如既往地支持我们,承担论文集的出版工作.在论文集即将付梓之际,谨在此一并致谢.

新世纪的曙光正在冉冉升起,让我们加倍努力为扩大持续发展的可能性作出应有的贡献,以期将一个清洁高效的生存环境带入 21 世纪.

王加璇

1997 年元旦于华北电力大学(北京)

中国能源研究会热力学及工程应用 专业委员会委员名单

主任委员：王加璇

副主任委员：(按姓氏笔画为序)

王 玲 冯 霄 华 贵 朱明善 杨友麒
杨东华 张长和 项新耀 (暂缺一)

秘 书 长：项新耀(兼)

副 秘 书 长：王清照

委 员：(按姓氏笔画为序)

马一太	马士勋	王福乔	尹清华	史美声
江哲生	刘元虎	汤为华	汤学忠	陈步宁
李友荣	李世武	李有润	李吉锡	李 昆
肖云汉	张世铮	张壁光	金志本	苗 毅
尚德敏	姚平经	党洁修	徐 达	黄友荣
程惠尔	解焕民	詹作龙	翟立英	

第八届全国热力学分析与节能学术会议组织委员会

主任：王加璇

副主任：党洁修 项新耀 杨友麒 史美声

秘书长：王清照

委员：(按姓氏笔画为序)

冯 霄 汤为华 华 贵 刘元虎 李吉锡
宋 航 陈步宁 梁 斌 靳海明

第八届全国热力学分析与节能 学术会议学术委员会

主任：华 贵

副主任：涂敏端 史美声 冯 霄 李 昆

秘书长：项新耀

委员：(按姓氏笔画为序)

王加璇 王清照 尹清华 李世武 宋 航
杨友麒 党洁修

目 录

第一部分 大会宣读论文与报告

9601	网络模式热经济学引论·····	王加璇 王清照 程伟良	2
9602	普遍化焓方程的动力学分解分析·····	华 贲 王松平	9
9603	焓传递研究的形成背景与初步发展 ·····	项新耀 成庆林	15
9604	Ω - H 图及其在压缩式制冷机中的应用 ·····	冯 霄 李勤凌	19

第二部分 能量系统的分析与评价

9605	强化传热表面性能的焓经济评价指标及其应用 ·····	李友荣 曾丹苓	26
9606	用矩阵消去法进行换热器网络技术改造的案例研究 ·····	杨友麒等	32
9607	增温型吸收热泵的过程焓损耗及操作条件分析 ·····	杨景昌 党洁修	45
9608	火驱原油过程稳态区的焓传递方程及驱动功 ·····	成庆林 项新耀	51
9609	电厂热系统定量分析的热(汽)耗变换系数法 ·····	····· 郭民臣 王清照 魏 楠 王加璇	57
9610	机械压缩热泵的热力学分析和三种工质的操作性能比较 ···	涂敏端 陈世途	63
9611	稠油热采深井井筒热损合理分布的研究 ·····	陈艳华 项新耀 李景勤	69
9612	注蒸汽开采稠油过程中的热力学分析 ·····	朱法银 邓寿禄	75
9613	太阳能吸附式致冷空调系统的热力学分析 ·····	李东明 张 华 项新耀	81
9614	基于焓分析的流动工况及强化传热方式的选择 ···	陈烈强 马晓茜 李忠林	88
9615	蒸汽动力装置的焓分析 ·····	陈文威 牛存镇 冯权莉	92

第三部分 能量系统的(焓)经济分析、模拟与优化改进

9616	HAT 循环与联合循环的性能比较及技术经济分析 ·····	····· 靳海明 张世铮 蔡睿贤	100
9617	面向对象的过程能量结构模拟·····	罗衣霞 华 贲	106
9618	区域集中供热优化规划方法·····	王志国 项新耀 周 莉 殷洪良	112
9619	热经济寿命的概念及确定方法·····	胡卫东 李世武	116
9620	增温型吸收热泵热管式溶液再生器的计算机过程模拟·····	杨景昌 党洁修	121
9621	水泥窑余热发电热力系统优化·····	王 逊 张国勋	126
9622	能量系统分析优化中排弃焓计价探讨·····	陈清林 华 贲	132
9623	多效真空蒸发制盐装置的节能对策·····	党洁修 涂敏端 秦 刚 杨景昌	139
9624	稠油集输系统运行参数优选·····	李传芹 吴照云 王志国	146
9625	城市工业用煤技术经济分析·····	杨 历 王其均	150
9626	蒸汽压缩制冷系统制冷剂充灌量计算模型·····	党超镔 杨春信 袁修干	156

第四部分 工业节能技术应用与管理

9627	一个用能管理的新方法——以考核主导产品单耗控制能耗总量(IUCT) …	金志本	166
9628	节能型工程项目的评价与管理	詹作龙 文辉	169
9629	关于油田实施“关、并、改”节能项目的思考	刘美祯 王润英	173
9630	热泵蒸发工艺在粘胶纤维酸浴浓缩中的应用	王有正 刘伟 姚玉志	178
9631	抽油机的耗功分析与节电技术	张长和 李吉锡	182
9632	运用能量损失方程评价抽油机井用能水平	张芝 张志超	188
9633	小容量锅炉燃用水煤浆试验研究	方云 田福丁 潘玉琦 吕燕芳	193
9634	粉煤代油技术的实践研究	朱庚昌	197
9635	油田注汽锅炉“煤代油”探讨	林回春	201
9636	重油乳化节能机理及其在电站锅炉中的应用	陈召云 孙娅平 丁一刚 李定或	205
9637	重油破乳降粘的应用研究	孙娅平 陈召云 丁一刚 李定或	210
9638	谈谈锅炉改烧渣油的几点经验和做法	安学先 杨向东 孟丽娜 刘建堂	213
9639	燃油掺水乳化燃烧技术的若干问题	冯海东 李吉锡 宋鑫 丁景山	217
9640	调整湿蒸汽发生器运行参数,提高渣油掺烧量	张乃峰 唐立杰 魏传海 张德贵 倪爱珍	220
9641	锅炉正平衡效率测试结果的误差分析与减少误差的方法	冯海东	226
9642	变频调速技术在石化行业中的应用与探讨	石玉学	231

第一部分

大会宣读论文与报告

网络模式热经济学引论*

王加璇 王清照 程伟良

[华北电力大学(北京)]

摘 要

本文介绍并引用发展比较成熟的网络热力学近年来的进展,特别是在解生态系统方面的成就,论述建立网络模式热经济学的必要性与可能性,强调了Kirchhoff的网络理论与图论和其他形形色色的网络理论在原则和方法上的区别。

一、引 言

诞生于60年代的热经济学近些年来得到飞速发展,先后出现了若干不同的模式:“孤立化”模式、代数模式、结构系数模式和符号焓经济学模式等^[1]。符号焓经济学模式是西班牙学者A. Valero与其同事们在其焓成本理论的基础上开发的^[2],加上其能量系统扰动理论(Perturbation),基本上可将他以前所有模式的热经济学都囊括于其理论体系,而且有着较好的形式,应该说热(焓)经济学已经很完善了,那么为什么还要开发网络模式热经济学?是否有此必要?

我们的回答是肯定的。网络模式热经济学是建立在网络热力学(network thermodynamics)基础上的,其目的主要是为了考虑结合生态平衡。我们知道研究网络热力学的初衷是为了解生态平衡,但其结果发现所形成的公式和方法却远远超出生态平衡的范围,而可用于求解各种复杂的非线性系统的问题。

二、网络热经济学中的网络理论

我们知道作为分析工具,近年来出现了形形色色的网络理论和技术,为避免混淆,这里必须将网络模式热经济学所用的网络理论加以阐明^[3]。

网络热经济学所用的网络不仅要服从Kirchhoff的电压和电流两定律,而且是把它作为电子系统或电气系统的网络来处理的。这种网络理论起源于1976年,也就是Kirchhoff为讨论网络理论和图论而举行的学术讨论会的那年。在会上Kirchhoff阐明了其网络理论的基本原理,不仅把它与图论相区别,而且也与其他形形色色的网络理论相区别,他确切地定义其理论,其突出特点是要服从电流、电压两定律,而这两条定律是正交的,

* 本课题属于国家自然科学基金资助项目,本文系由会上专题报告发言稿改写。

因而很适于表达各种强度量与广延量之间的关系,从而可以表达任意参数与信息.此网络理论是随着电子学和计算机的发展而发展起来的.它虽然是电子的或电的网络,却可以用于其他各种学科,因为在这种电子或电的网络中都可以找出各种量的对应物.如电阻在网络中可以理解为能量的耗散器;电容是能量的储存器;而电感则可理解为惯性能的储存器,等等.正是由于这个原因,用这种网络理论于热力学或热经济学是非常自然而直接的了.

三、网络有别于图论

网络与图论之间有不少相似之处,比如两者都是以点(node)或叫顶点(Vertex)和边(edge)所构成的不同图形来表达各种量之间的关系(这里只限于平面网络与图论).作为数学技术,它们都是“以形代数”,这是网络与图论的共性,也是它分析问题的基本手段和方法.但是,网络与图论却有原则上的不同,首先,图论是几何范畴,注重者为几何参量,而网络虽然也有几何特性,但主要是研究拓扑关系,对图论来说,两图形完全相等的条件是,图形所有的边长与所有的夹角在数值上必须一一对应相等,而网络只注意图形间的拓扑关系,在图形的边上只有以箭号表达的方向,而不需尺寸相等.拓扑学认为,两图形之间不论其尺寸大小,只要它们的各点边关系相同就可视为相等,也就是说在 1cm^2 表面上所绘图形与在整个地球表面上所绘图形,只要它们的各点与边的关系相同也就是相等的.甚至若把图形绘在橡皮上,不论怎样拉伸和压缩使它扭曲变形,只要不拉断,即其点边各相应关系不变就依然相等.因此,网络理论处理问题十分灵活,以它来描述系统及其参量关系非常优越.因为只要找出这种存在着逻辑关系,求取这些参量可以先验于度量.当然,这样求得先验值最终还需有补充信息,才能将它从不确定性信息变成确定的,而这类补充信息一般为几何参量.从这个意义上我们讲网络应具备两类参量:拓扑的和几何的.几何参量使网络与图论成为近亲,而拓扑参量又使它们相区别.

四、常用代数函数概念与其网络对应物

一个函数常可想象为一输入 x 和一输出 y 的黑箱,其输入为实数,则输出也必为实数.输入集为函数的定义域(domain),而所得到的输出集为其约束域(Range).我们知道,一函数不一定只由一个公式给出,如 $f(x) = x^2$.换句话说,它可能对不同的 x 值具有不同的形式.这样,此黑箱便可用不同的方式处理其输入.在计算中也常遇到变换式.

变换式 F 具有一集属于某种随意集 x 的输入和一集属于二次集 y 的输出.线性变换可用矩阵表达,而矩阵 $A(n \times m)$ 为元素 $[a_{ij}]$ 的直角数组排列成 n 行和 m 列的形式.元素的角标 i 为行, j 为列.

热经济学中这种一输入和一输出的系统是很多的,一般叫做双口(two ports)系统.其网络表达如图1所示的各种四端网络即双口黑箱.表1给出双口参数的相互换算公式.

实际上这种双口系统可以推广到链式系统(Chain system),而在热经济学和焓分析中有很多复杂系统,只要沿着焓流方向依次寻找,总会把它们化为链式系统(当然是没有分支的系统).

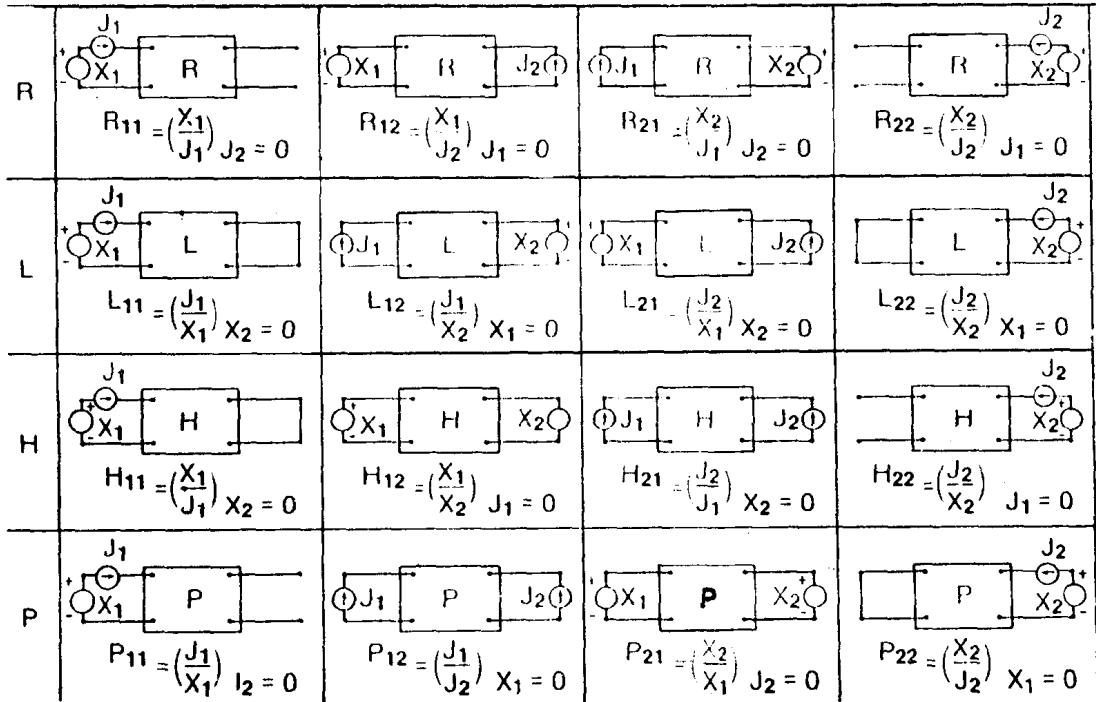


图 1 双口系统的四端网络^[3]

表 1 双口参数之间换算表^[3]

		From							
To		[R]		[L]		[H]		[P]	
[R]	R_{11}	R_{12}	$\frac{L_{22}}{\det L}$	$-\frac{L_{12}}{\det L}$	$\frac{\det H}{H_{22}}$	$\frac{H_{12}}{H_{22}}$	$\frac{1}{P_{11}}$	$-\frac{P_{12}}{P_{11}}$	
	R_{21}	R_{22}	$-\frac{L_{21}}{\det L}$	$\frac{L_{11}}{\det L}$	$-\frac{H_{21}}{H_{22}}$	$\frac{1}{H_{22}}$	$\frac{P_{21}}{P_{11}}$	$\frac{\det P}{P_{11}}$	
[L]	$\frac{R_{22}}{\det R}$	$-\frac{R_{12}}{\det R}$	L_{11}	L_{12}	$\frac{1}{H_{11}}$	$-\frac{H_{12}}{H_{11}}$	$\frac{\det P}{P_{22}}$	$\frac{P_{12}}{P_{22}}$	
	$-\frac{R_{21}}{\det R}$	$\frac{R_{11}}{\det R}$	L_{21}	L_{22}	$\frac{H_{21}}{H_{11}}$	$\frac{\det H}{H_{11}}$	$-\frac{P_{21}}{P_{22}}$	$\frac{1}{P_{22}}$	
[H]	$\frac{\det R}{R_{22}}$	$\frac{R_{12}}{R_{22}}$	$\frac{1}{L_{11}}$	$-\frac{L_{12}}{L_{11}}$	H_{11}	H_{12}	$\frac{P_{22}}{\det P}$	$-\frac{P_{12}}{\det P}$	
	$-\frac{R_{21}}{R_{22}}$	$\frac{1}{R_{22}}$	$\frac{L_{21}}{L_{11}}$	$\frac{\det L}{L_{11}}$	H_{21}	H_{22}	$-\frac{P_{21}}{\det P}$	$\frac{P_{11}}{\det P}$	
[P]	$\frac{1}{R_{11}}$	$-\frac{R_{12}}{R_{11}}$	$\frac{\det L}{L_{22}}$	$\frac{L_{12}}{L_{22}}$	$\frac{H_{22}}{\det H}$	$-\frac{H_{12}}{\det H}$	P_{11}	P_{12}	
	$\frac{R_{21}}{R_{11}}$	$\frac{\det R}{R_{11}}$	$-\frac{L_{21}}{L_{22}}$	$\frac{1}{L_{22}}$	$-\frac{H_{21}}{\det H}$	$\frac{H_{11}}{\det H}$	P_{21}	P_{22}	

五、系统的分析与综合

在热经济学中,除了对系统进行分析之外,还有对系统进行优化综合的问题,而对具体电路的分析与综合同样也是网络理论的两个中心问题.这两个问题的区别在于:对系统进行分析时是给定代表某一物理系统的网络,求取能描述此网络行为的方程组,而系统综合问题与之相反,它是已知描述系统行为的方程组,返回去求取被描述的系统或系统的同形体(isomorphie).

解题前需有一粗略估计,看此问题是否有解.对于分析,就是要在动手解题之前就有对所研究的物理变量行为的见解,而在综合时,问题就变成了“此网络在物理上能够实现吗?”比如在信号出现之前,就有对可能出现响应的想法.实际上这已成为对未来的“预测”了.进而言之,一个网络完全不必要在物理上实现,因为网络的物理结构必须与网络的数学参数(测得的参数或拓扑的)分清.

一般我们只把注意力放在物理上能实现的网络上.因为,如果一个系统与真实生命过程为同形体,则必为其真实物理过程所代表.

此外,只要各口上全局特性与所描述的系统一致,我们总是寻求该物理系统最简单的网络表示,其中包括:服从Kirchhoff电流定律的阻抗网络;带被控源的阻抗网络和具有两类耗散元件(电阻或其他摩擦元件为一类,电容与电感等储存元件为另一类)的网络等.

上述这些网络都是极简单的电路计算.利用它们就可以把热经济学中的一般性问题轻而易举地得到解决.取其中之一简单阻抗系统分析为例可见其一般.

取一阻抗 R 与一力源 E 串联,如图 2 所示,要求取一点的集合,用以描述网络在 $i-v$ (电流-电压)平面或 $x-J$ (力-流)平面上的性能(我们曾定义过 J 表示进入黑箱的流).根据 Kirchhoff 的电压定律,我们有

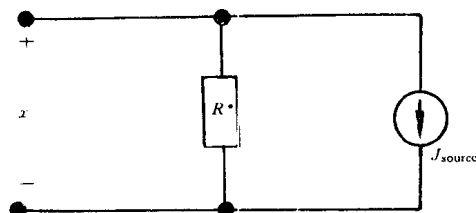


图 2 本例的网络系统图^[3]

$$x_E - x + x_R = 0$$

式中, x_R 为跨过阻抗 R 的力; x_E 为跨过力源或“电池”的力; x 为负值与所有被测的力在回路中都沿着相同的方向.

跨过电阻 R 的力为该电阻与其共轭电流 J_R 的乘积(欧姆定律),即 $x_R = RJ_R$.

再应用 Kirchhoff 电流定律于电路中的 N 节点,得

$$J - J_R = 0$$

合并前两式,得

$$x = J_R + x_E$$

此式代表着所研究电路的特性,它在坐标的 x 轴上截取的线段由源来规定,而其斜率则

由阻抗决定.

至于综合,可以说,简单的综合的概念是这样理解的,一般的情况是给定一物理系统,已知它可用单纯的力和单纯的并与该力共轭的位移来描述,要求取与给定的物理系统成同形体的网络,就是说能像一台模拟计算机一样对此系统发挥作用.当然,我们可以再次确定 x 为一截取的直线及其斜率,并把它们返译为上面所研究的阻抗与源.然而更带有物理性的方法,应该是问当没有力时的力,即断络时的力 x_{oc} 与当没有力时的流,短路电流 J_{sc} . 这两个运行点具有相同的特性,它们的耗散损失都等于零.

即

$$x_E = x_{oc} \quad [\text{力源(电池) = 断路力}]$$

$$R = -x_{oc} / J_{sc} \quad (\text{电阻} = \text{断路力} / \text{短路电流之比})$$

六、网络的建立与分析

任何系统的网络分析都可能三种基本方法,这与网络本身的结构和其矩阵解法有关.最好是结合实例说明^[4].取一生物体最普通的表皮组织(如图3所示),它以生物薄膜(AM)与外界接触并从外界吸收光能(L).

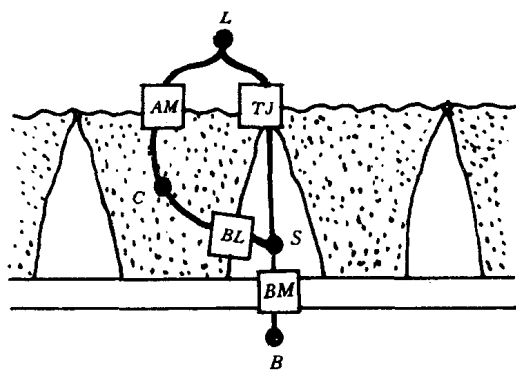


图3 生物组织表皮膜上构成网络流的示意图^[4]

AM 顶层表皮薄膜 L 流明(光通量) TJ
细胞紧密结合部 BL 细胞之薄膜 S 细缝隙的
空间 BM 底层表皮薄膜 B 血管

外皮由细胞(C)组成,细胞与细胞之间的间隙(S)中流动着某种物质.在最外层的生物薄膜中有两细胞之间的紧密连接处(TJ),而此表皮的最下层为底层(BM),穿过它之后就与表皮下的血管相联系.

对于这样似乎很复杂的系统,建立其网络,首先要取外部光源L、细胞C、其间隙S和血管B,把它们当作节点(或顶点),而把联系各节点的分支流(AM)、(BL)、(TJ)和(BM)当作网络的边.这些

支流是流动着的非电解质,它们要消耗相连的两节点之间势差来克服流阻.这些势差可能是浓度差、密度差、压力差、化学势差或电位差,所要克服的阻力可能是流体流阻、欧姆电阻,也还可能是化学反应过程.这是网络中可能存在的一种流,即电阻电流式的流动,概而言之,可叫做耗散流.此外还可能有另一种流,就是各节点对一共同基准势之间的势差所形成的电容电流.这些流可形成对“地”的接地点.不过在稳定状态下这些流可以忽略.经过这样地离散和简化,图3所示的系统便可绘制成图4所示的有向线性图,即网络.

这类有向线性图的数学表达的最好方法是关联矩阵,也可以叫事件矩阵.事件的概念已经包含在上述讨论中了.简言之,顶点 V_i 是边 e_j 的一个端点.根据 V_i 与 e_j 的关系可以排列关联矩阵,对应着前述三种分析方法,有三种基本的关联矩阵.

第一个为节点与支路矩阵,其维数为 $v \times e$,其中 v 是指图上的节点数, e 为其边数,矩

阵为 $A(v \times e)$, 其元素 a_{ij} 按下列定义:

$$a_{ij} = \begin{cases} +1 & \text{如果 } V_i \text{ 为边 } e_{ij} \text{ 上的事件, 而且 } e_{ij} \text{ 是从 } V_i \text{ 至 } V_j \text{ 的} \\ 0 & \text{如果 } V_i \text{ 非 } e_{ij} \text{ 边上的事件} \\ -1 & \text{如果 } V_i \text{ 为边 } e_{ij} \text{ 上的事件, 而且 } e_{ij} \text{ 是从 } V_j \text{ 至 } V_i \end{cases}$$

这样, 代表图 5 关联矩阵展开为

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

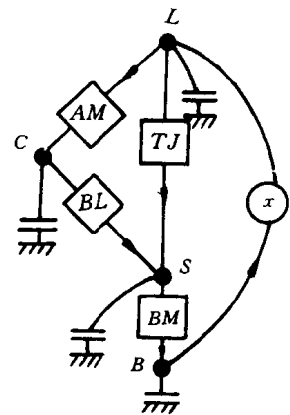


图 4 图 3 模型网络系统图^[4]

第二个是回路关联矩阵. 所谓回路系指在连接的图形中边的顺序中只少有一个是路径, 是 E 与 V 的子集, 从一个给定的顶点经过一周又回到原点, 这就是回路. 我们所关心的是独立回路. 有些回路虽能形成但其中有边方向与原边相反而相互抵消, 这就不足为独立回路. 独立回路的数目 l :

$$l = e - v + 1$$

此外还有“树”的概念, 依次从某一顶点向所有其他顶点引出边, 所有图形都是开放的, 但没有一顶点是孤立的, 这就是树的结构.

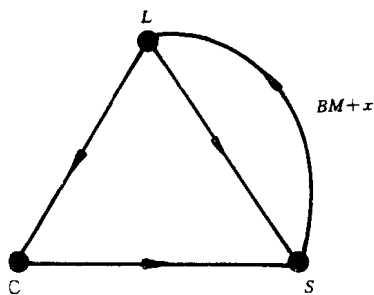


图 5 在稳定态下图 4 的表示图形

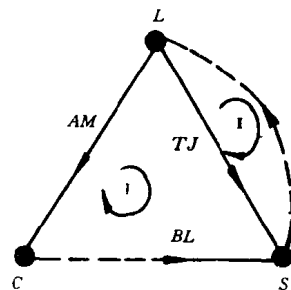


图 6 稳定态下图 4 的网络表示

图 6 示出这样的结构, 其中以罗马字标出的为回路, 用实线表示的为“树”, 而以虚线表示的只能是联系, 而非树的成份. 很明显, 此图上只有回路 I 是独立的(回路表示方法总是顺时针的, 而与“树”的有向边方向无关).

回路一支路关联矩阵为一 $l \times e$ 维的矩阵, 其元素为 b_{ij} , 定义如下:

$$b_{ij} = \begin{cases} +1 & \text{若回路 } l_i \text{ 与支路(边) } e \text{ 相关而且方向一致} \\ 0 & \text{若回路 } l_i \text{ 与 } e_k \text{ 无关联} \\ -1 & \text{若回路 } l_i \text{ 与 } e_k \text{ 相关联, 但方向相反} \end{cases}$$

这样建立起的矩阵为

$$\underline{B} = \begin{pmatrix} -1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

第三种方法是割集关联矩阵,限于篇幅不再引用.

七、讨论与结束语

限于一篇论文篇幅,以上引用和介绍了 Kirchhoff 网络理论与网络热力分析的一般性的问题. 这些理论与方法对于运用于热(焓)经济学的基本问题是足够的了,而运用于热经济学尚须增加两个步骤:其一,在热力学分析中应用网络理论时须以焓分析为基础这是很容易做到的;其二,在热经济学中应用时,系统中的现金流的流向应取与焓流相反.

应该说当前网络热力学所取得的成就远远超出热经济学的一般应用,如扩散-化学反应-对流的藕合求解问题和相关的传输问题,建立微观可逆性、翁萨格热力学和运动学网络,求取微观网络的拓扑均值、三角化学反应、线性物质作用多次化学反映问题、微观对称网络与混合网络、非平衡态热力学与运动学系统的时间特性与进化、分段非线性网络、稳定与摇摆等等,这些都可以在热经济学进一步发展中提供应用的基础,而得到相应的发展. 因此,结合的前景是很广阔的.

网络热力学之所以能开拓这样广阔的领域,有许多因素值得总结,但最根本的一条就是它通过网络理论将本来需要用微分拓扑和张量代数来分析计算的问题使之离散化,变成一般数学特别是矩阵分析可以解决的问题,而所牺牲的精度是很微小而不足道的.

参 考 文 献

- [1] 王加璇, 论热经济学发展的几个阶段. 中国工程热物理学会第八届年会论文集, 1992
- [2] Valero A, et al., A General Theory of Thermoeconomics. Proceedings of Ecos '92, 137~154
- [3] Peusner L. Studies in Network Thermodynamics. Elsevier Amsterdam, 1986
- [4] Mikulecky D C. Network Thermodynamics: A Simulation and Modeling Method Based on the Extension of Thermodynamic Thinking into the Realm of Highly Organized System. Mathematical Biosciences, 72(1981). Elsevier Sierce Publishing CO, Inc., New York