

普通高等教育“十五”规划教材



GUIDEBOOK OF
ENGINEERING THERMODYNAMICS

工程热力学 学习指导

武淑萍 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十五”规划教材



GUIDEBOOK OF
ENGINEERING THERMODYNAMICS

工程热力学 学习指导

武淑萍 主编
虞维平 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书是工科能源动力类学生学习“工程热力学”课程的辅导教材。本书被列为普通高等教育“十五”规划教材。

全书以“工程热力学”学科知识体系和框架为主要线索,结合工程实践,以解决热能工程问题的一般思路、做法及理论要求安排全书内容。每章按内容浏览、学习目标与要求、基本知识点三个方面加以论述。内容简明扼要,明确指出本课程的重点和难点内容,以及学生在学习中的疑难之处与易混淆的概念,并有针对性地结合例题指导学生展开思维,进而掌握学习方法。

本书可作为热动力工程、热力机械、建筑环境与设备等专业本科学生学习的辅导教材,也可作为教师的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程热力学学习指导/武淑萍主编. —北京:中国电力出版社, 2004

普通高等教育“十五”规划教材

ISBN 7-5083-2059-X

I. 工... II. 武... III. 工程热力学-高等学校-教学参考资料 IV. TK123

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 044856 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 8 月第一版 2004 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 18.75 印张 431 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

序

由中国电力教育协会组织的普通高等教育“十五”规划教材，经过各方的努力与协作，现在陆续出版发行了。这些教材既是有关高等院校教学改革成果的体现，也是各位专家教授丰富的教学经验的结晶。这些教材的出版，必将对培养和造就我国 21 世纪高级专门人才发挥十分重要的作用。

自 1978 年以来，原水利电力部、原能源部、原电力工业部相继规划了一至四轮统编教材，共计出版了各类教材 1000 余种。这些教材在改革开放以来的社会主义经济建设中，为深化教育教学改革，全面推进素质教育，为培养一批批优秀的专业人才，提供了重要保证。原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会在此间的教材建设工作中，发挥了极其重要的历史性作用。

特别需要指出的是，“九五”期间出版的很多高等学校教材，经过多年的教学实践检验，现在已经成为广泛使用的精品教材。这批教材的出版，对于高等教育教材建设起到了很好的指导和推动作用。同时，我们也应该看到，现用教材中有不少内容陈旧，未能反映当前科技发展的最新成果，不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要，而且一些课程的教材可供选择的品种太少。此外，随着电力体制的改革和电力工业的快速发展，对于高级专门人才的需求格局和素质要求也发生了很大变化，新的学科门类也在不断发展。所有这些，都要求我们的高等教育教材建设必须与时俱进，开拓创新，要求我们尽快出版一批内容新、体系新、方法新、手段新，在内容质量上、出版质量上有突破的高水平教材。

根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神，“十五”期间普通高等教育教材建设的工作任务就是通过多层次的教材建设，逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系。为此，中国电力教育协会在充分发挥各有关高校学科优势的基础上，组织制订了反映电力行业特点的“十五”教材规划。“十五”规划教材包括修订教材和新编教材。对于原能源部、电力工业部组织原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会编写出版的第一至四轮全国统编教材、“九五”国家重点教材和其他已出版的各类教材，根据教学需要进行修订。对于新编教材，要求体现电力及相关行业发展对人才素质的要求，反映相关专业科技发展的最新成就和教学内容、课程体系的改革成果，在教材内容和编写体系的选择上不仅要有本学科（专业）的特色，而且注意体现素质教育和创新能力与实践能力的培养，为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。考虑到各校办学特色和培养目标不同，同一门课程可以有多本教材供选择使用。上述教材经中国电力教育协会电气工程学科教学委员会、能源动力工程学科教学委员会、电力经济管理学科教学委员会的有关专家评审，推

荐作为高等学校教材。

在“十五”教材规划的组织实施过程中，得到了教育部、国家经贸委、国家电力公司、中国电力企业联合会、有关高等院校和广大教师的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务，不可能一蹴而就，需要不断完善。因此，在教材的使用过程中，请大家随时提出宝贵的意见和建议，以便今后修订或增补。（联系方式：100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416222）

中国电力教育协会

二〇〇二年八月

前言

本书是应用型本科“工程热力学”课程教材的补充,是学生学习“工程热力学”的辅导教材。本书被列为普通高等教育“十五”规划教材。

“工程热力学”是一门研究能量、能量转换规律的基础学科,是能源动力类专业的主干课,常常也被学生认为是一门难学的课程。分析学生学习上的主要障碍在于:

1. 对热现象感性认识不足

工程热力学是一门应用型学科,它从工程的观点出发,研究物质的热性质、能量转换及热能利用等问题。它由工程实践问题抽象、概括形成经典的理论体系。然而我们的学生缺乏这方面的感性认识,这就极大地阻碍了学生学习中思维加工、建立正确概念的进行。

2. 思维缺乏深度

工程热力学是研究能量、能量转换规律的学科,其中任何一个物理规律都是以一些基本概念为基础的。基本概念的理解掌握离不开个人思维加工,需要很好地去“悟”。然而学生一般仅满足于字面上肤浅的理解,并不深究其内涵和外延,同时亦缺乏这方面思维方法的训练。

3. 学习各阶段中,不注意前后的联系和概念的深入

教材为了考虑学习的循序渐进,通常是将知识点、概念分散在各章各节。然而,学科知识内容的主线——能量、能量转换规律所要求的知识点、概念在不同的阶段有不同的新的内涵扩展,认识需要不断地深化,这就需要学生通过思维加工、练习、小结等,在知识体系的框架中不断地纳入新的知识内涵。但在这方面学生做的较差,往往学过了就放在一边,学了后面的忘了前面的,缺乏系统链接、融汇贯通。

4. 不懂得运用能量转换规律分析问题

学生在应用所学的知识、概念解决问题时,往往束手无策,无从下手,这与学生不了解运用工程热力学规律分析、处理解决热现象问题的思路、方法有关。这不是靠死记硬背、题海战术能解决的。

传统的教学以研究教学方法为主,现代教学理论则要求教学中应兼顾教与学。要教学生学会学习,学会思维,这是形成创造性思维、培养创造性人才的核心。我们以此为指导思想,结合教学工作,针对学生学习“工程热力学”存在的问题编写了《工程热力学学习指导》。

本书以“工程热力学”学科知识体系和框架为全书的主要线索,结合工程实践,以解决热能工程问题的一般思路、做法及理论要求安排全书内容。

本书按基本概念、工程热力学的研究思路与方法、热力学第一定律、第二定律、工

质的性质与计算、循环及循环分析方法各部分内容编排。针对各部分的知识点、概念，总结概括重点内容；提出学习目标与要求；以典型例题分析介绍相应的思维方法、解题思路，介绍与之相应的学习方法。本书引进当今较为流行的“学习地图”的概念，旨在学习中增加一点趣味。希望学生通过学习、练习、总结，构建“工程热力学”知识体系框架，只有经过个人思维过程形成的知识体系，才是学生所能真正掌握的。

“工程热力学”对于不同层次的学生有不同的学习要求，最重要的是通过“工程热力学”的学习，应该使学生建立起能源及其能源利用的基本概念，具有最基本的计算、分析能力，只有这样才有可能进一步地深入学习、创新发展。就本课程的特点而言，任何层次的学生建立扎实的基本概念是一致的要求，是必须得掌握的内容。本书提供有关基本概念 of 《自适应练习诊断软件》，学生可以在软件中选择相应的知识点及概念进行练习。软件提供诊断功能，提示掌握尚欠缺的知识点及概念。

本书精选了各类工质热力参数表，较全的附表有助于学生练习时查用。

本书可作为热动力工程、热力机械、建筑环境与设备等专业本科学生学习的辅导教材，也可作为教师参考用书。

本书由南京工程学院武淑萍（第一、二、三、四、五、十章）、上官剑峰（第九章）、赵雅菊（第七、八章）、翟俊霞（第六章）编写。由武淑萍副教授担任主编。本书《自适应练习诊断软件》由上官剑峰、武淑萍、宋学广编制。上官剑峰、宋学广绘制了全书的插图。

本书由东南大学博士生导师虞维平教授担任主审。南京工程学院管天老师帮助校对了部分书稿。

在本书编写过程中，得到了东南大学王素美教授的大力帮助，东南大学徐益谦教授、南京航空航天大学赵承龙、刘德璋教授也给予了充分的指导，同时南京工程学院领导的支持和学院的资助为工作的顺利开展提供了极大的帮助，在此一并表示衷心的感谢。

编者

2004年1月于南京

主要符号表

A	面积, m^2	H_m	摩尔焓, J/mol
c_m	摩尔热容, $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$	H	焓, kJ
$c_{p,m}$	摩尔定压热容, $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$	ΔH_c^0	标准燃烧焓, J/mol
$c_{v,m}$	摩尔定容热容, $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$	ΔH_f^0	标准生成焓, J/mol
c	质量热容 (比热容), $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$; 声速, m/s	K_c	浓度表示的化学平衡常数
c_f	流速, m/s	K_p	分压力表示的化学平衡常数
c_p	定压质量热容, $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	L, l	长度, m
c_v	定容质量热容, $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	M	摩尔质量, kg/mol
c_n	多变质量热容, $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	Ma	马赫数
d	含湿量 (比湿度), g/kg(a)	m	质量, kg
d_0	汽耗率, $\text{kg/kW}\cdot\text{h}$	n	多变指数; 物质的量, mol
E	储存能, kJ	p	绝对压力, Pa
e	比储存能, kJ/kg	p_B	喷管背压, Pa
E_k	宏观动能, kJ	p_b	大气压力, Pa
E_p	宏观位能, kJ	p_g	表压力, Pa
E_x	有效能 (焐), kJ	p_i	分压力, Pa
e_x	比有效能 (比焐), kJ/kg	p_s	饱和压力, Pa
$E_{x,Q}$	热量有效能 (热量焐), kJ	p_v	真空值, Pa ; 湿空气中水蒸气分压力, Pa
$e_{x,q}$	比热量有效能 (比热量焐), kJ/kg	P	功率, W 、 kW
E_n	无效能, kJ	Q	热量, kJ
e_n	比无效能, kJ/kg	q	单位质量的热量, kJ/kg
F	力, N ; 自由能 (亥姆霍兹函数), kJ	q_m	质量流量, kg/s
f	比自由能, kJ/kg	q_v	体积流量, m^3/s
G	自由焓 (吉布斯函数), kJ	$\dot{Q}$	热流率, kJ/s
g	比自由焓, kJ/kg ; 重力加速度, m/s^2	Q_p	定压热效应, kJ
ΔG	自由焓变化, kJ	Q_v	定容热效应, kJ
H	焓, kJ	R	摩尔气体常数, $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$
		R_g	气体常数, $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
		r	汽化潜热, kJ/kg

S	熵, kJ/K
S_m	摩尔熵, J/(mol·K)
T	热力学温度, K
t	摄氏温度, °C
T_s (t_s)	饱和温度, K(°C)
T_i	转回温度, K
T_w (t_w)	湿球温度, K(°C)
U	热力学能, J, kJ
u	比热力学能, J/kg, kJ/kg
U_m	摩尔热力学能, J/mol
V	体积, m ³
v	比体积, m ³ /kg
V_m	摩尔体积, m ³ /mol

W_f	流动功, kJ
w_f	比流动功, kJ/kg
W_l	耗散功, kJ
w_l	比耗散功, kJ
W_{net}	净功, kJ
w_{net}	比净功, kJ/kg
W_t	技术功, kJ
w_t	比技术功, kJ/kg
W_e	有用功, kJ
w_e	比有用功, kJ/kg
x	干度
z	压缩因子, 高度, m

希腊字母

α	抽汽量	κ_T	等温压缩率, Pa ⁻¹
α_v	体膨胀系数, K ⁻¹	λ	气体循环定容增压比
β	压力的温度系数, Pa ⁻¹	μ_J	绝热节流系数, K/Pa
γ	比热比	ν	喷管出口与进口压力比
ϵ	制冷系数; 气体循环压缩比; 热湿比	ν_{cr}	喷管临界压力比
ϵ'	采暖系数	ξ	能量利用系数; 喷管能量损失系数
η	效率	π	压缩机增压比
η_{tc}	卡诺循环效率	ρ	密度, kg/m ³ ; 内燃机循环的膨胀比
η_e	有效能(焔)效率	σ	回热度
η_n	喷管效率	τ	时间, s
η_T	汽轮机和燃气轮机内效率	φ	喷管的速度系数; 相对湿度
η_l	循环热效率	φ_i	体积分数
κ	等熵指数	ω_i	质量分数

角注符号

a	空气中干空气的参数	f	流体的参数
B	锅炉	g	气体的参数
cr	临界状态参数	i	序号
c	卡诺循环	in	进口参数
CV	控制体积	irre	不可逆过程

iso	孤立系
j	序号
m	摩尔物质的物理量；平均值
out	出口参数
P	管道；水泵
p	定压过程的物理量
R	制冷机；可逆机
re	可逆过程；化学反应物
s	定熵过程的物理量

s	饱和状态；固体的参数
T	定温过程的物理量
T	汽轮机；燃气轮机
T_p	三相点
e	有用功
v	湿空气中蒸汽的参数
w	水的参数
0	周围环境参数
*	滞止状态的参数

本书导读

全书以《工程热力学》学科知识体系和框架为主要线索,结合工程实践,以解决热能工程问题的一般思路、做法及理论要求安排全书内容。每章按“内容浏览”、“学习目标与要求”、“基本知识点”三个方面加以论述。内容简明扼要,明确地指出本课程的重点和难点内容,以及学生在学习中的疑难之处与易混淆的概念。本书结合典型例题指导学生开展思维,在学习热力学基本规律的同时学会学习。



内容浏览,每章的内容梗概;有关理论问题的工程背景;有针对性的学习方法。



学习目标与要求,这是对学生学习各章内容提出的要求,针对重点和难点给出了哪些是必须掌握、理解的,哪些是重要的分析计算以及哪些只需一般了解。学习中根据自己的专业、学习能力确定相应的目标,这与最终达到的效果有一定的关系。



基本知识点,这是编者对教材内容各章各节的扼要说明,为同学们提出学习纲要。对重点、难点应如何安排处理;调用什么样的学习方法;解答学习中的疑惑;提出应注意的问题。基本知识点构成热力学的基本理论。



典型例题,这是结合实际问题的指导学生如何解题。解题前要认真审题,弄懂题意。考虑同学们初次接触热力学问题,本书在部分例题解题前分析解题思路与步骤,对一些具有普遍性规律、技巧的题目,在解题后展开讨论,归纳,使同学能举一反三。本书采用边讲边练的编排方式,每一部分知识点后即安排与之相应的例题讲解。

学习中不提倡题海战术,关键是学会解决问题的思路、方法、技能与技巧。任何类型的学习都不可能把将来可能会遇到的问题都操练一遍,学习的关键是学会解决问题的方法,掌握必备的技能,培养解决问题的能力。



提示，这个标记常常在需要的地方给你提示，同时也表示这是应该牢牢记住的。

本书将重要的学习方法的内容编排为黑体字，提示同学们多关注。

本书留出了较宽的页边距，学习中可以在那里记下自己感悟到的段落要点。

《自适应练习诊断软件》简介

《自适应练习诊断软件》为一个可扩充的试题库，精选了涵盖基本知识点的概念题，采用四选一选择题型，其 1.0 版本含有 161 道试题，且可以随机排列四个选择项以丰富试题库容量。

试题库分为三个部分，配合工程热力学各个学习阶段的练习。每次练习，计算机自动选择生成含有 15 道或 10 道该部分内容试题的试卷供练习。交卷后列表显示练习状态，软件对练习状态分为四个等级进行评价。当试卷评价低于 60 分时应该重新开始练习，直至 80 分以上可以认为基本掌握了这部分知识点。软件还为同学们提供部分试题“提示”，练习完毕可返回试卷检查每题的答题情况。

目 录

序

前言

主要符号表

本书导读

第一章 关于工程热力学	1
1-1 工程热力学的特征	1
1-2 工程热力学的知识结构	2
1-3 工程热力学的学习策略	3
第二章 基本概念	7
内容浏览	7
学习目标与要求	7
基本知识点	8
2-1 热力系	8
2-2 状态参数	10
2-3 平衡状态	13
2-4 热力过程	14
2-5 功与热量	16
2-6 循环	20
2-7 工程热力学分析问题的基本线索	21
练习题	22
第三章 热力学第一定律	25
内容浏览	25
学习目标与要求	25
基本知识点	26
3-1 热力学第一定律	26
3-2 热力系的储存能	26
3-3 迁移能	27
3-4 焓	28
3-5 闭口系热力学第一定律	29
3-6 稳定流动能量方程	32
3-7 稳定流动能量方程的工程应用	35
3-8 非稳定流动能量方程简介	41
练习题	44
第四章 理想气体热力性质与过程	46

内容浏览	46
学习目标与要求	46
基本知识点	47
4-1 理想气体状态方程	47
4-2 理想气体热容	49
4-3 理想气体热力学能、焓、熵的计算	55
4-4 理想气体热力过程	58
练习题	70
第五章 热力学第二定律	73
内容浏览	73
学习目标与要求	73
基本知识点	74
5-1 工热力学第二定律的文字表述	74
5-2 卡诺循环卡诺定理	75
5-3 热力学第二定律的数学表达式	79
5-4 熵方程	87
5-5 能量贬值原理	91
练习题	98
第六章 化学热力学基础	100
内容浏览	100
学习目标与要求	100
基本知识点	101
6-1 化学反应过程的质量守恒定律应用	101
6-2 热力学第一定律在化学反应过程中的应用	104
6-3 热力学第二定律在化学反应过程中的应用	109
练习题	113
第七章 实际气体及蒸汽的热力性质	114
内容浏览	114
学习目标与要求	114
基本知识点	115
* 7-1 实际气体的性质及热力学的一般关系式	115
7-2 水蒸气的热力性质	128
7-3 制冷剂及其热力性质	140
练习题	144
第八章 理想气体混合物及湿空气	146
内容浏览	146
学习目标与要求	146
基本知识点	147
8-1 理想气体混合物	147

8-2 湿空气	154
练习题	168
第九章 气体、蒸汽的流动	170
内容浏览	170
学习目标与要求	170
基本知识点	170
9-1 气体、蒸汽稳定流动的基本概念	170
9-2 气体流动特性	172
9-3 气体滞止状态与临界状态	175
9-4 喷管的热力计算	178
9-5 有摩阻的绝热流动	183
9-6 绝热节流	185
练习题	186
第十章 动力循环	188
内容浏览	188
学习目标与要求	188
基本知识点	189
10-1 动力循环分析的方法	189
10-2 气体动力循环	190
10-3 蒸汽动力循环	202
* 10-4 实际蒸汽动力循环的分析	219
练习题	225
第十一章 制冷循环	227
内容浏览	227
学习目标与要求	227
基本知识点	228
11-1 逆卡诺循环	228
11-2 蒸气压缩制冷循环	232
11-3 吸收式制冷循环	237
11-4 蒸气喷射制冷循环	239
11-5 热泵采暖循环	240
练习题	243
附录	244
附表1 气体的摩尔质量、气体常数和低压下的比热容	244
附表2 理想气体摩尔热容公式	244
附表3 气体的平均摩尔定压热容	245
附表4 气体的平均摩尔定容热容	246
附表5 气体的平均定压比热容	246
附表6 气体的平均定容比热容	247

附表 7	气体的直线关系平均比热容公式	248
附表 8	空气的理想气体性质	248
附表 9	理想气体性质 (热力学能、焓和绝对熵)	249
附表 10	一些物质的临界参数	252
附表 11	饱和水与饱和蒸汽热力性质 (以温度为序)	252
附表 12	饱和水与饱和蒸汽热力性质 (以压力为序)	255
附表 13	未饱和水与过热蒸汽热力性质	257
附表 14	氨 (NH_3) 饱和液与饱和蒸汽热力性质	264
附表 15	HFC-134a 饱和液与饱和蒸汽热力性质 (以温度为序)	266
附表 16	HFC-134a 饱和液与饱和蒸汽热力性质 (以压力为序)	267
附表 17	HFC-134a 过热蒸汽热力性质	268
附表 18	物质在 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1atm)、 25°C 下的生成焓 ΔH_f^0 生成吉布斯函数 ΔG_f^0 和绝对熵 S_m^0	272
附表 19	物质在 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1atm)、 25°C 下的燃烧焓 ΔH_c^0	272
附表 20	一些反应的定压热效应 Q_p	273
附表 21	一些反应的平衡常数 K_p	273
附图 1	通用压缩因子图	274
附图 2	氨的 $\lg p-h$ 图	276
附图 3	HFC-134a 的 $\lg p-h$ 图	277
附图 4	湿空气的 $h-d$ 图	278
练习题参考答案		279
主要参考书		282

第一章 关于工程热力学

热现象是自然界与科学技术领域中最普遍的物理现象。有关统计表明：自然界能源资源中，经过热能形式而被利用的部分占 85%，甚至可达 90% 以上，工程领域的技术工作都离不开能量的利用。工程热力学是在阐述热力学普遍原理的基础上，从工程观点来研究热能与其他形式能量间的转换规律，研究热力学原理在技术上的各种具体应用。通过工程热力学的学习，可以使同学们知道怎样遵循能量传递和转换技术的客观规律，来合理组织和优化各种热力系统的工程方法；初步具备分析如何提高能量利用的技术水平、减少能量使用中的浪费等基础理论知识。

在日常生活和工程技术工作中，利用矿物、气体或液体燃料通过燃烧获取热能，进而加以转换为其他能量形式，是极为普遍的现象。每当我们把能量从一种状态转化为另一种状态时，这就意味着能量的品质下降，能量被贬值了，最终贬值了的能量都将以热能的形式散失在自然环境中。在能量转换、利用过程中产生的排放物，是造成大气污染的主要工业污染源。了解能量利用对环境的影响，提高同学们的环境意识，也是工程热力学课程应该关注的知识点。

工程热力学有些什么区别于其他学科的特征？工程热力学具体研究什么内容？知识结构上有什么特点？应该采用什么样的方法、策略学习工程热力学？下面结合同学们感兴趣的问题谈谈：

- ☆ 工程热力学的特征；
- ☆ 工程热力学的知识结构；
- ☆ 工程热力学的学习策略。

1-1 工程热力学的特征

一、工程热力学具有鲜明的工程实践性

工程热力学是伴随着人们对热现象的认识以及热能在工业上利用的发展、进步而逐渐形成完善的，是一门成熟的具有广泛应用的基础学科。工程热力学研究的专题源于生活，源于工程实践，有鲜明的工程应用背景。工程热力学除了阐述热力学的基本规律以外，还要为工程应用服务。例如，推出适合工程应用的参数、计算公式，介绍实际动力机械的工作原理、工程应用系统的热力分析方法等。学习工程热力学必须注意理论联系工程实际。

二、工程热力学知识内容的抽象性

热力学的基本定律是大量实践的总结，是高度归纳概括客观现实的规律。热力学从少数的抽象概念和热力学的定律出发，用严密的逻辑推理方法得出对实践有指导意义的结论。工程热力学的分析方法是依据热力学最基本的定律，从各种复杂的具体事件中透过现象看本质