

热力学新论 及工程应用

◎ 宋学让 著

原理开拓

科技创新

思维超前



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

热力学新论 及工程应用

© 宋学让 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书在热力学方面提出了3个原理体系:环境气体在压缩与膨胀中的大气压力跟随功原理体系;气体在压缩中的功热对抗原理体系;气体具有密度内能,在膨胀中密度内能可直接转化为热内能的原理体系。还提出了3个原理体系所属的(创立的)50多个关系式和方程式,并将这些关系式和方程式融入了有关热力计算中,也应用于作者的发明专利——“高能效采暖机”的计算中。热力学在气体的最基本问题上缺乏充分的研究,不够扎实,本书试图让最基本的问题更加充实。

本书可供专家、学者、高校师生以及熟悉热工基础的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

热力学新论及工程应用 / 宋学让著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-5170-0262-8

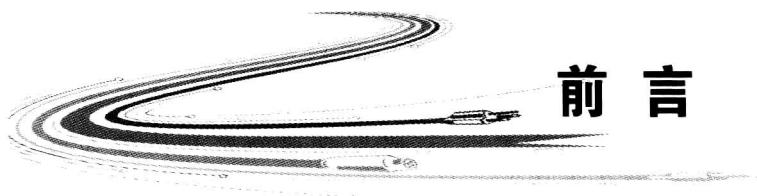
I. ①热… II. ①宋… III. ①热力学—研究 IV.
①0414.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第245603号

书 名	热力学新论及工程应用
作 者	宋学让 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	140mm×203mm 32开本 6.625印张 178千字
版 次	2012年10月第1版 2012年10月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



前言

早在作者 23 岁时 (1958 年) 就构想过一种装置, 这一构想的基本概念是: 气体被压缩后会产生相当的热量, 这个热量是可以利用的; 同时, 被压缩气体的压力势能也是可以利用的。这种装置就是作者近年来已获得发明专利权的“高能效采暖机”。

本书的重要意义在于: 提出了热力学方面的“3 个原理体系”; 在这 3 个体系的支撑下发明了“高能效采暖机”并取得了发明专利。

作者 1978 年对运动在大气中的物体及伴随其运动的气体的能量问题有了充分认识, 理解了气体变位时的能量转化, 并于 1990 年写下了《大气压力跟随功原理》的初稿。这一原理的发现为“高能效采暖机”的设计奠定了基础。该设计的目的是试图令大气压力跟随功为人类作贡献。

在“大气压力跟随功原理”之后, 作者相继论述了“温位升迁功原理”、“气体在压缩中密度内能变化的定量关系”和“气体膨胀功的双因素原理”理论, 此后又提出了“气体在压缩中的功热对抗原理”, 跟踪而至的是第六、七条基本原理, 最终概括构成为“3 个原理体系”。科学的进步往往源于解决技术问题, 在研究技术问题过程中, 可能遇到某个原理尚未明确, 当有关原理明确之后, 将可能成为一种新观念, 也可能在另一些问

题上结出硕果，从这个意义上讲，“3个原理体系”的确立已经远远地超出了发明“高能效采暖机”。

高能效采暖机发明之前，国内外尚无理想的采暖产品。现有的五种采暖装置各有缺憾：常规热力站污染严重；当环境温度低于 -5°C 时空调器的效果还不如电暖器；电暖器的能效比太低；以江河湖海为热源的水源热泵在内陆无能为力；建设以地下热量为热源的地源热泵则需要挖掘庞大的地下工程。最具代表性的全球采暖巨头威能公司，虽然其产品在我国能够实现销售额每年以40%的速度增长，但因为它的制热原理均为能量转化（将电能转化为热量），其能效比都不会超过1:1。

高能效采暖机（专利号：ZL200710095934.8）项目是一种具有崭新理念的设计，其制热过程不是能量转化，而是热量转移，能效比可达1:2~1:3。除此之外，该装置还具备：凡是有空气和电源的地方均可应用；满足个性化采暖需求；具有开、关机自主性，启停自如；供热温度可由用户调控等优势。由此可以预见，高能效采暖机将具有相当的市场空间，形成规模化生产后，有望占据市场半壁江山，数十年后，其需求量将会像今天的电冰箱一样普遍。

本书的上一版本为《热物理的新概念》。世界管理科学研究院（总部设在美国洛杉矶）学术委员会曾专函致作者：《热物理的新概念》得到相关学术机构、权威新闻媒体以及社会知名专家学者的鼎力举荐和宣传，经世界管理科学研究院学术委员会总干事黄河先生特别提名推荐，世界杰出华人专家评审委员会三审论定，该学术成果独立成文，立意深远，结构严谨，具有很高的科学学术价值和现实意义，同时也具备很高的科学性、知

识性、实用性和信息性，达到了国际先进水准。并告知该学术成果在本次国际交流活动中经严格审核、评议被评为特等奖，并以重点学术论文编入《世界大百科全书藏典——中华学术成果卷》中，该典于2012年9月由世界文献出版集团出版，全球发行。同时，作者在本次国际交流评选活动中，被世界管理科学研究院学术委员会、世界杰出华人专家评审委员会授予“最具权威的世界学术华人”称号。

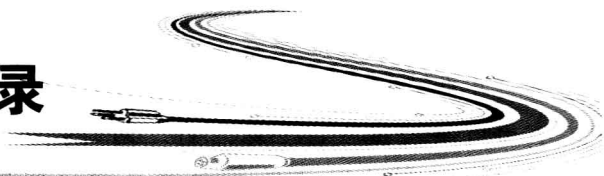
爱因斯坦曾经说过，科学绝不是也永远不会是一本写完的书。特别是对于这部内容全新的专著，很难想象会是完美无缺的，更由于作者水平有限，错误实属难免，恳请广大读者提出宝贵意见。更希望有兴趣的读者继续深入研究，去占领新的更广泛的科学发展空间。

作者

2012年9月



目 录



前言

第 1 章 大气压力跟随功原理及有关问题	1
1.1 大气压力跟随功原理	1
1.2 闭口过程是否存在大气压力跟进功	17
1.3 大气压力跟随功原理的启蒙原理	20
本章中心思想	25
第 2 章 气体在压缩中输出的热量	26
2.1 隐热量和显热量	26
2.2 气体在压缩中升温的原因	27
2.3 制冷机和热泵中的热量转移	28
2.4 理想气体的压缩与膨胀过程亦存在热量转移	28
2.5 大气压力跟进功在全部压缩功中所占的分量	29
2.6 为阐述新原理而设计的高能效采暖装置模型	30
2.7 此地借用彼地归还	33
2.8 温位升迁功原理	34
2.9 连续压缩, 热量在恒温 (固定温差) 条件时 输出的热量值	36
2.10 关于热量单位和功量单位	37
本章中心思想	38
第 3 章 气体在压缩中密度内能变化的定量关系	39
3.1 在常态下气体具有密度势能的原理	39

3.2	受压缩气体的内能包括密度内能	42
3.3	密度势能随气体密度变化而变化	42
3.4	热力学未提及气体密度内能的变化	43
3.5	气体状态变化的综合平衡	44
3.6	气体的内能究竟是否仅跟温度有关	45
3.7	密度内能是热能的表现形式吗	45
3.8	“密度内能概念”的意义	46
3.9	压缩功与热内能之间的关系是排挤关系	47
3.10	压缩过程中能量不会增值	48
3.11	密度内能出功量（密功量）和热内能的出功量 （热功量）	48
3.12	热工学中的一道例题	49
3.13	等温压缩过程输出的等温热量	54
3.14	气体在压缩中温位升迁功的分配关系	55
3.15	热量——蜕变过程中的能量	55
3.16	以功论能和功热等量	55
3.17	初步提出气体在压缩中的功、热俱在概念	56
3.18	热量的抗功能力随着温度的上升而增加	57
3.19	理想气体与非理想气体	57
3.20	统计物理学忽视了理想气体层面上的内能	59
	本章中心思想	59
第4章	气体膨胀功的双因素原理及有关问题	61
4.1	气体的内能仅跟温度有关的适用范围	62
4.2	内热量的热功量	63
4.3	密度内能做功效率小于1的原理	65
4.4	气体热力膨胀的阻滞势能——欠密度阻滞势能	66
4.5	η_Q 小于 η_M 的原理	68
4.6	等压膨胀过程的欠密度阻滞势能	69
4.7	热量在压缩中趋显在膨胀中趋隐的原理	70

4.8	单因素膨胀和双因素膨胀	71
4.9	气体温度和气体密度的共同作用	72
4.10	关于第二个原理体系	73
4.11	压缩与膨胀过程的能量沉浮图	74
	本章中心思想	77
第5章	第五、六、七条基本原理及其派生原理	78
5.1	第五条基本原理——气体压缩过程中的功热俱 在原理	78
5.2	第六条基本原理——气体扩容降温原理 (自由膨胀降温)	85
5.3	第七条基本原理——气体无阻力膨胀时的功 热转化原理	86
5.4	第六、七两条基本原理的复合派生原理——气体 向真空膨胀时温度不变原理	86
5.5	第五、六、七条基本原理的集中显示	91
5.6	等温压缩状态储存了全部压缩功	92
5.7	公式的推导必须有物理概念的参与	93
5.8	与热现象有关过程的不可逆性原理(新论)	95
5.9	膨胀过程与压缩过程的重要区别	97
5.10	压缩过程的三方力能平衡	98
5.11	气体在自由膨胀中内能亏损在下滑性转化之中	98
5.12	气体向真空膨胀温度不变过程伴随于气体的 一切膨胀过程中——属于本书第三原理体系	99
5.13	初述定压容积比热值	100
	本章中心思想	101
第6章	压缩与膨胀过程中能量的初步计算	103
6.1	理想气体压缩与膨胀过程的基本计算	103
6.2	压缩过程的总热量等于总压缩功	107
6.3	等温压缩后再做绝热膨胀功的基本计算例	108

6.4	绝热过程的能量计算	110
6.5	压缩与膨胀过程中的能量计算	113
6.6	压缩过程中热量的受功量只能是温位升迁功	115
6.7	在常态下气体中热量抗功能力低下的另一种证明	116
6.8	基本热量的抗功能力——升迁功的值可以 大于基本热量值	117
6.9	从气体膨胀中获得机械功的量具有低浮性	119
6.10	用实验证明大气压力跟随功的存在	120
	本章中心思想	126
第7章	高效采暖机的计算	127
7.1	对构想中采暖装置模型概述	127
7.2	系统具有力能反馈功能时的能效比方程式	129
7.3	改进的方案——被压缩气体直接进入暖气包组的 方案	130
7.4	开口系统不能提供系数大于1的功量	147
7.5	力能反馈的意义	147
7.6	空气能热泵	149
7.7	压缩取热就是低品位热量的回收利用	150
	本章中心思想	151
第8章	制冷系数的分析计算	152
8.1	制热和制冷系数方程式	152
8.2	冷热联供能效比	159
	本章中心思想	160
第9章	内能密度概念及其在熵概念方面的试用	161
9.1	定压过程的比热容与定容过程的比热容的差值	161
9.2	体系本身的熵	166
9.3	扩容容积比热	175
9.4	气体的内能密度	179
9.5	一个十分重要的矛盾	182

9.6 内能密度概念的重要意义	185
9.7 非理想气体的内能	185
本章中心思想	187
归纳和结论	188
附录 A 常用公式	195
附录 B 本书创立的关系式和方程式	196
附录 C 主要符号说明	199
参考文献	202

第 1 章 大气压力跟随功原理 及有关问题

本章揭示了气体压缩与膨胀过程中的大气压力跟随功原理。压缩中大气压力在做功，膨胀中大气压力在受功。大气压力可以做功，也可以受功，但不能独立地进行，必须伴随一种过程，因此称为“大气压力跟随功”。压缩是热量的获得过程，如果机械能的投入是连续的，大于功量的热量出现也是连续的，超额部分是大气压力跟进功给予的，也是万有引力给予的。

这是整个物理学尚未明确的原理，也是可能被人们利用的原理。

本书的 3 个原理体系是由 7 条基本原理及其派生原理构成的，本章讲述第一条基本原理。

1.1 大气压力跟随功原理

由沉、浮动力学原理到大气压力跟随功原理。身居这个气体海洋中，觉察不出大气势能的变化。人们在大气中的一切运动，不论乘车乘船，不论骑车步行，或者升空飞行，只知人或物体到达了什么地方，而不曾想过，我们的一举一动都在和相等容积的空气交换着位置。运动中如果没有高度上的变化，也就没有势能的变化。如果位置有所升迁，人或物体的势能就在增加，而同容积的空气的势能则在减少。相反地，如果人或物体的位置有所降迁，则其势能在减少，同容积空气的势能在增加。这一原理可用图 1.1 所示的滑轮装置借意理解。

因而可引申出大气压力跟随功原理。

大气压力跟随功原理是 1990 年发现的，是一环扣一环地发

展过来的。本章 1.3 节将通过一道例题的重演，阐明“由于缺少一个物理概念导致的错误”，因而阐明了沉降和浮升的动力学原理，这是大气压力跟随功原理的启蒙原理之一。

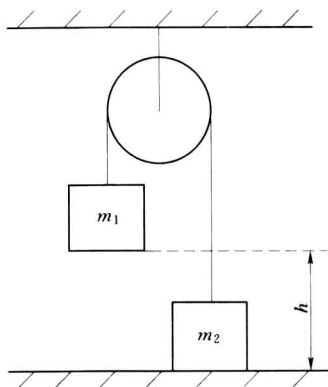


图 1.1 两物体在滑轮装置上的势能变化

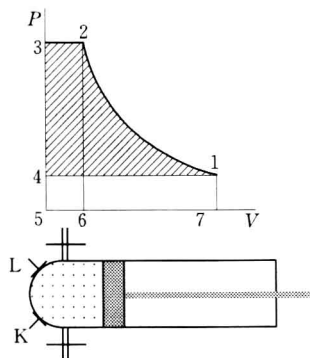


图 1.2 《热工学底理论基础》^[1]一书中活塞式压缩机的示功图

1.1.1 否认“大气压力在做功”的文献

笔者发现了与自己观念不同的文献，即《热工学底理论基础》一书中的 4.2 节压气机的功，也提到了大气空气的功——未曾做功，如图 1.2 所示。

工作流程为：被压缩的气体即大气中的空气，经过阀 K 进入气缸，并推动活塞由左向右运动，线 4-1 表示进入气缸中空气容积的增加。在这种情形下压力保持不变。然后由于作用到活塞杆的外力，使空气沿着 1-2 线被压缩。在这以后，于定压下经阀门 L 将压缩空气排入容器中。线 2-3 表示气缸内空气容积的减少。书中的关键性论述是：“在活塞右面的大气空气（压力）的功，当活塞由左向右运动时是负的功，而当运动由右向左时是正的功，且在两个活塞冲程后，即在轴的一转后等于零。因此这个功我们不加以计算”。此论述是有问题的。在图 1.2 中，4-1-7-5-4 这个矩形面积是大气空气的功，由于这个功在轴的一

转后等于零而未予计算。

《热工学底理论基础》是 20 世纪 50 年代由苏联译进我国的，对我国科学有过贡献。虽然在大气压力功的认识上有问题，但正是因为苏联作者不隐瞒自己的观点，才启发了笔者的思考，何况苏联作者的观点并不是唯一的，其他热力学文献无不具有同感，虽然并不重复苏联作者的语言，但在处理问题上，均不予计算大气压力的功。

在科学上，无论哪一种观念，都勿需顾忌，追求真理是大局，正如爱因斯坦所说，“科学绝不是也永远不会是一本写完的书”。

1.1.2 大气压力跟随功根本原理的显现

1990 年，在笔者细读了《热工学底理论》有关论述后，认为其中的说理不能接受，在反复思考之后，终于认识到其中有一个隐蔽的原理尚未揭示。

本书的分析与《热工学底理论》不同，在图 1.2 中，轴转过一转后，大气的功并非为零。活塞由右向左推进时大气做了功，但当活塞由左向右退出时，大气并未受功，因为被压缩空气进入储气罐，活塞左右两面压力相等，均为一个大气压，此时活塞是空行程，并未做功。

也就是说，当活塞自左至右退出时，右面在排气，左面在进气，相当于排出的空气沿着外周环路右出左进，所以活塞并未对大气做功，仅作流动功，如图 1.3 所示。

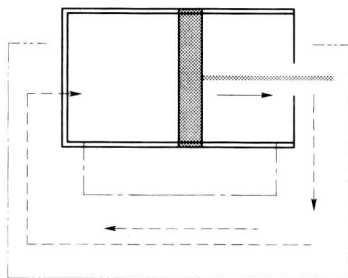


图 1.3 压气机活塞退出时环境气体流向图

在活塞退出时大气未做负功，原理为：只有在排出的气体推开环境气体并将大气向后推移时，大气压力才会做负功，然而压气机不存在这种情况，压气机活塞并没有被压缩空气反推回原位。

由于热力学尚未明确过大气压力跟进功的存在，很自然地，人们会把下列公式：

等温过程的功公式

$$W = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \tag{1.1}$$

绝热过程的功公式

$$W = \frac{1}{K-1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) \tag{1.2}$$

多变过程功的公式

$$W = \frac{1}{m-1} (p_1 V_1 - p_2 V_2) \tag{1.3}$$

计算的功量均视为机械压缩功，而且无人提出疑义。

1.1.3 气柱随活塞的推进而助推

压气机活塞在推进时大气压力亦在助推，如图 1.4 所示。

活塞上方有一个气柱，这个气柱一直延伸到大气层顶。在压缩过程中，空气柱跟随下移。虽然事实上不只是一个独立的气柱，但需要假设为一个独立的气柱，这个气柱的总重量就是作用在活塞上方大气的总压力。当活塞向下推进时，整个气柱亦跟随下移。如果活塞下面是真空的，气柱猛烈下移，活塞被迫下冲，气柱势能转化为冲击功。

气柱的跟随下移将导致气柱势能的减少，气柱势能减少不是没有成效

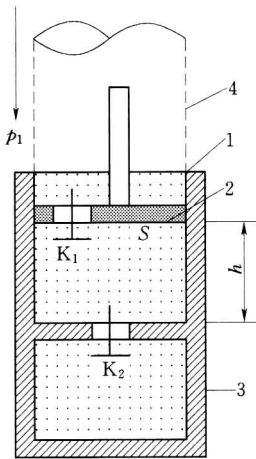


图 1.4 大气压力跟随功原理图

1—汽缸；2—活塞；3—储气罐；
4—气柱；K₁—进气活门；
K₂—储气活门；p₁—环境
大气压；S—活塞截面
积；h—活塞行程

的，气柱势能减少量，等于受压缩气体内能的增加量，即

$$p_1 Sh = p_1 V = \Delta U_K \quad (1.4)^*$$

式中： p_1 为环境大气压； S 为活塞截面积； h 为活塞下移距离， $Sh=V$ ； $p_1 V$ 为大气压力的功； ΔU_K 为空气柱下移转化的内能。

注：全书中公式序号上角标的*号为作者提出的关系式、方程式或修正式。

当活塞由下向上返回时，因为被压缩气体进入储气罐，尚未在气缸中膨胀，已下降的气柱并不上移。活塞在返回时，活塞上下均为一个大气压，被压缩气体并未向大气做功。

在抽真空的时候是多么艰难，那是因为在将一个沉重的大气柱向上推移。大气压力跟随功是一个隐蔽的伴随者，其原理不一定能够轻松地被认同，但在讨论了气柱势能变化之后，将有助于理解。

1.1.4 双重压缩功和双重膨胀功

压缩功和膨胀功的代号为 W ，其他功的代号为 L 。当具有压力的气体推动活塞做膨胀功时，其实在做双重的功，除对机械做功外，还对大气做功，大气压力跟出功的值为

$$L_C = p_1 (V_2 - V_1) \quad (\text{J 或 kJ}) \quad (1.5)^*$$

式中： $p_1 = 101.325 \text{ kPa}$ （标准大气压）； V 为容积， m^3 。

当压缩机在压缩空气时，除了压缩机在做功外，大气压力也在做着跟进功，跟进功的值为

$$L_G = p_1 (V_1 - V_2) \quad (\text{J 或 kJ}) \quad (1.6)^*$$

书后附录 C 为本书符号说明。

假设活塞的外面是真空，不存在大气压力的话，膨胀功就只有机械功，而不存在大气压力跟出功；相反的，压缩功就只有机械压缩功，而不存在大气压力跟进功，压缩功必须完全由压缩机提供。

大气压力跟进功的功劳。研究大气压力跟随功的目的，除追求真理之外，也有助于准确地计算开口式热泵的制热系数。受压

缩气体献出多少热量，在气体膨胀时又要讨回它曾经献出的热量。人们不会拥有这个热量，要利用的只不过是热量的趋散过程（能量的下滑过程）。由于被压缩气体接纳了跟进功，整个压缩功大于机械压缩功，而压缩过程出现的热量值等于全部压缩功的值，在热量值中也有大气压力跟进功的功劳。

1.1.5 开口过程与闭口过程的不同

所谓开口过程是指工质的出入连通着大气，也就是工质取自环境（空气），又在工艺流程的尾端回归环境，而不像目前普及的制冷设备那样，将工质封闭在循环系统中，与环境气体隔绝。在开口系统中，进入气缸的空气有来无回，大气不断地补缺，气缸外界的空气减少，也是大气势能的减少，大气势能的减少量，就是受压缩气体内能的增加量。

1.1.6 大气压力跟进功及其示功图

凡是对环境气体进行压缩的过程，均具有大气压力跟进功：不论等温过程、绝热过程还是多变过程，只要压缩是开口过程，均包含着大气压力跟进功，这里仅以等温压缩过程为例进行计算分析。

现将 2m^3 空气等温压缩为 1m^3 ，计算其等温功：若 $p_1 = 101.325\text{kPa}$ ， $V_1 = 2\text{m}^3$ ， $V_2 = 1\text{m}^3$ ， $T = 273.15\text{K}$ ，如图 1.5 所示。

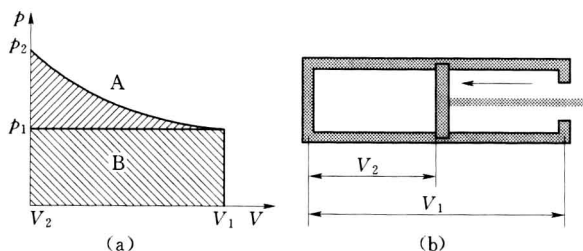


图 1.5 气体在压缩中的示功图

A—机械压缩功；B—大气压力跟进功；A+B—全部压缩功