

■ 非线性动力学方程的构建及研究

多维时间与运动分形论

——化学反应、相对论、量子力学的运动统一

Multidimensional Time and Motion Fractal Theory

张少军 著

$$(k\tau)^Z = \begin{cases} \frac{1}{1-n} [1 - (1-a)^{1-n}], & n \neq 1 \\ -\ln(1-a), & n = 1 \end{cases}$$

 郑州大学出版社

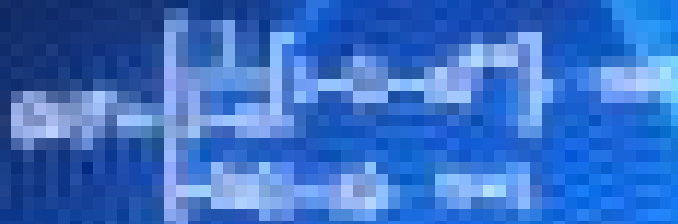
中国出版集团 中国财政经济出版社

多维时间●运动分形论

——经济周期、货币供给、货币利率的波动

Multidimensional Time and Motion Fractal Theory

张其成 著



中国出版集团
中国财政经济出版社

■ 非线性动力学方

多维时间与运动分形论

——化学反应、相对论、量子力学的运动统一

Multidimensional Time and Motion Fractal Theory

张少军 著

 郑州大学出版社

郑州

图书在版编目(CIP)数据

多维时间与运动分形论/张少军著. —郑州:郑州大学出版社,2018.6
ISBN 978-7-5645-5471-2

I. ①多… II. ①张… III. ①动力学-研究 IV. ①0313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 094495 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

新乡市豫北印务有限公司印制

开本:710 mm×1 010 mm 1/16

印张:15.75

字数:303 千字

版次:2018 年 6 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

印次:2018 年 6 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-5471-2 定价:58.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

前言

众所周知,量子力学与相对论是不相容的,也与粒子数不守恒的化学反应及核反应不相容。量子场论虽然实现了与狭义相对论的相容,也容许粒子产生和湮灭(即粒子数不守恒),但却并不能与广义相对论相容,不能用一个数学方程建立起广义相对论、量子力学、化学反应等之间的联系。

本书从研究非线性复杂化学反应入手,推导给出了浓度场方程,并根据分形学证明浓度场方程就是时间及运动的分形方程,可称为“运动分形方程”。该方程能够表达化学反应、核反应、广义相对论、量子力学、熵等各种自然运动之间的数学关系,能够将自然界物质的五种基本运动全部统一在一个方程中——时间维数, z 为不同值的静止状态($z=0$)、随机运动($z=\frac{1}{2}$)、

引力效应运动($z=\frac{2}{3}$)、惯性运动($z=1$)、旋绕运动及转动($z=2$)等,都可用运动分形方程来描述。本书介绍了运动分形方程的推导、验证及运动分形理论的构建、完善过程,并通过运动分形理论解释了以化学反应为代表的介观运动、牛顿力学和狭义相对论为代表的宏观运动、以广义相对论为代表的宇观运动和以量子力学为代表的微观运动。

1~6章为本书上篇。第1章介绍了复杂体系复杂反应的热分析动力学理论及研究方法。第2~6章首先通过化学反应质量作用定律和广义相对性原理,推导给出了反应速率系数 k 、反应时间 τ 、反应级数 n 以及转化率 α 之间的数学关系

$$(k\tau)^z = \begin{cases} \frac{1}{1-n} \left[1 - (1-\alpha)^{1-n} \right], & n \neq 1 \\ -\ln(1-\alpha), & n = 1 \end{cases}$$

即浓度场方程,进而通过材料学、冶金学、热力学、吸附学、传热学等相关学

科学研究发现,动力学机理不同则时间项指数 z 不同,机理相同则时间项指数 z 相同,如化学反应 $z=1$ 、扩散 $z=\frac{1}{2}$ 、晶粒长大 $z=\frac{3}{2}$ 等,并且通过热分析动力学已有大量实验及研究结果,验证了浓度场方程的正确性。然后通过深入研究非均质、非均相、非等温、非稳态“四非”复杂系统化学变化、质量传递、能量传递等复杂反应过程,建立了复杂系统复杂反应浓度场理论,解决了热分析动力学温度积分不收敛等一系列理论问题,并建立了相应的实验研究方法。上篇内容属于非线性化学动力学的研究范畴。

7~11 章为本书下篇。第 7 章通过对浓度场方程进行分形学研究发现,当且仅当以时间 τ 为标度[等同于以“运动过程量”($k\tau$)为标度]时,浓度场方程具有分形学意义上的“自相似性”或者说“标度不变性”,其物理意义就是:浓度场方程的时间 τ 是可分形并且多维的, z 就是时间分形维数,并且时间 τ 分形与运动过程量($k\tau$)分形是等价的,因此 z 也是运动分形维数,可将浓度场方程称为“运动分形方程”。

基于第 7 章对时间及运动分形方程的确认,从第 8 章开始,研究认识问题的角度有了显著变化。首先在探究时间及运动分形起源的基础上,发现宇宙中存在维数 z 分别为 0 、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{2}{3}$ 、 1 、 2 共五种基本运动形式,所有自然运动都受这五种基本运动单独或两者及以上约束;运动分形方程在时间维数 $z=1$ (惯性运动)和 $z=\frac{1}{2}$ (随机运动)时的时间对称破缺^①,代表着永远指向未来的时间方向;近似取八维时间和三维空间即十一维时空的宇宙已足够精确,并与爱因斯坦的四维弯曲时空等价,还与 M 理论和十一维超引力理论的时空维数相等,区别仅在于对时间及运动维数的认识不同。并且基于运动分形和宇宙大爆炸模型,给出了宇宙发展演化的三个阶段:先经历了物质生成阶段 $z=1$ 的“惯性膨胀期”,后经历了宇宙热膨胀阶段 $z=\frac{1}{2}$ 的“热膨胀期”,目前正处在 $z=\frac{2}{3}$ 引力效应、 $z=1$ 惯性运动、 $z=2$ 旋绕运动共处的“加速冷膨胀期”,还推导给出了冷膨胀期并不需要假设存在暗能量的宇宙加速膨胀表达式和并不需要假设存在暗物质的“质量缺失”表达式。

第 9 章基于对 $z=\frac{1}{2}$ 气体分子运动量子效应^②的分析确认,通过布朗运动

① 在表达物理过程的数学方程中,若时间 τ 用“ $-\tau$ ”替换后方程仍然成立,则称为“时间对称”;反之,则称为“时间对称破缺”。

② 本书“量子效应”的含义是指具有量子力学理论及其薛定谔方程表达的相关性质。

高斯分布的基本性质,推导出量子力学薛定谔方程,并建立了不需要五个基本假设(即量子力学五个基本原理)的“碰撞说”量子力学体系,指出量子力学的仅仅是 $z=\frac{1}{2}$ 的微观运动,因此不可能包含 $z=1$ 的物质反应和 $z=2$ 的广义相对论;并基于第8章对基本粒子自转的认识,指出碰撞后的自转圈数就是量子纠缠的定域性隐变量,并且贝尔不等式是不可能发现这个隐变量的。

第10章首先分析并研究了为什么物质反应和惯性运动的时间及运动维数都为 $z=1$ 的问题;其次通过对普利高津耗散结构论的研究,发现熵增过程就是 $z=\frac{1}{2}$ 的运动过程,并给出了具有普遍意义的熵增定律表达式和运动分形论对热力学第二定律的表述;最后通过运动分形方程即化学反应浓度场方程,研究并分析化学反应控制和扩散控制两类非线性动力学问题,用十八幅图基本完整地描述了非线性化学过程存在的化学震荡、化学波、图灵结构、多重定态以及化学分岔等各种主要非线性动力学现象。

第11章通过构建运动分形论的物理学构架,用一幅图反映了运动分形方程对各种自然运动的统一描述,相当于对运动分形论做了一个简单直观的总结。

二

本书是在整理前期固相复杂反应动力学研究笔记过程中,将研究逐渐推向深入的结果。原本只计划将复杂体系复杂反应动力学研究笔记整理成一个小册子,也就是本书“上篇”的内容,因此“第1章 绪论”讲的全部是热分析动力学的背景,几乎没有出现有关分形学、相对论、量子力学、耗散结构论、非线性动力学等相关论述。在整理完成1~6章内容后,为解决“分数维时间”问题,又一步步将研究推向深入,增加了7~11章内容。虽然各章之间逻辑清晰、衔接紧密,但成稿后还是觉得凌乱,为此,将篇幅并不太长的一本小书分成了上、下两篇,并在“下篇”前面加了个“引子”。最后,为将本书主要研究思路及内容向读者做个交代,方便没有时间通读本书、但有兴趣了解大概内容的读者对运动分形论略知一二,又写了一个“超长”的总结性“后记”,且后记中的一些观点在正文中并未全部提到,因此建议读者阅读本书时先看后记,带着对“后记”中许多观点的疑问,再回头看正文。

运动分形论并不复杂,只是在证明“时间及运动是多维的”基础上,从“多维时间”角度观察和研究物质运动。运动分形论不但完全自洽,并且也与牛顿力学、相对论、量子力学、化学动力学等现有理论相容,特别是运动分形方程即浓度场方程的正确性,已在第2章通过大量复杂反应进行了验证。

我国著名物理学家周培源在《我的人生道路与治学观》一文中提出“一个新的科学理论所必须同时满足的三个条件：一要能够说明旧的科学理论所能说明的科学现象，二要能够解释旧的科学理论所不能解释的科学现象，三要能够预见到新的科学现象并能够用科学实验证明它。如果某个理论或结论有不实之处，或人为地掺入了非科学的成分，就不可能同时满足这三个条件，特别是第三个条件”。运动分形论不仅能够解释广义相对论、量子力学、非线性化学等能够解释的大量科学现象，而且还解释了广义相对论不能解释的宇宙加速膨胀以及与加速膨胀相关的质量缺失、宇宙发展演化的三个阶段等科学现象，乃至量子力学不能解释的五大基本假设和量子纠缠等科学问题，特别是关于宇宙加速膨胀的“暗能量”和与之相关的缺失质量即“冷暗物质”并不存在、也不可能被找到的预言，至少被截至目前的天文观察事实证明是正确的，可见运动分形论完全满足新科学理论三个必备条件。需要强调的是，本书只是证明了与宇宙加速膨胀相关的暗能量和冷暗物质不存在，用引力透镜效应计算的质量不能作为冷暗物质存在的证据，并未证明所有暗物质都不存在。中微子是“热暗物质”，并且现有研究已经证明是存在的。

科学研究最能令人产生“兴奋点”的地方在交叉学科领域。运动分形论涉及化学、物理、数学等基础学科，在有限的时间和精力下，我的研究也只是在知识和能力所及范围内，进行了一点初步探讨。由于涉及学科宽泛，为方便不同学科背景的读者研究阅读，本书在努力不失学术严谨性的前提下，尽量采用了通俗形象的“科普”语言阐述问题。但由于从多维时间和运动分形的角度研究问题，是前人从未有过的全新视角，没有类似的研究资料可参考，并且书中主要结论和观点都是首次表述，加之本人水平确实有限，对相对论、量子力学等学科本身并无深入研究，只能算是“懂一点”而已，因此作为学术探索，肯定有许多谬误之处，恳请读者批评指正。同时，随着研究的深入，我越来越感到运动分形论是博大精深的，自己的研究是很肤浅粗糙的，它的形成和发展需要更多科学家投身其中，深入探索和挖掘其中的奥秘，因此也希望更多有兴趣者能够参与本课题研究，共同努力完善和发展运动分形论的理论体系。本书如果能够为此而起到抛砖引玉的作用，则甚幸矣！

数学家和哲学家怀海德(Whitehead)说，“几种学说的交锋并不是一场灾难，而是一个好机会”。科学在批判中才能发展，以批判的精神进行科学研究，才是科学精神的精髓，才能去伪存真、摒弃谬误、认识真理。因此，我期待着接受科学界的“批判”，特别欢迎从事化学动力学、分形学、相对论、宇宙学、量子力学和非线性理论研究者广泛发表看法，提出批评意见，进行学术争鸣。

本课题研究和本书出版,得到了中国工程院院士、郑州大学校长刘炯天教授,中国工程院院士、郑州大学河南省资源与材料工业技术研究院院长何季麟教授和常务副院长王利国教授,郑州大学材料科学与工程学院院长陈静波教授的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

本课题研究得到了作者的博士学位导师、我国著名能源动力科学家、九三学社原中央副主席、中国科学院院士、西安交通大学教授[陈学俊]先生的许多鞭策和鼓励,令学生终生难忘。可惜陈先生不幸于2017年7月4日突然病故,学生谨在此深切缅怀先生,并感谢先生栽培之恩。我将永远铭记恩师留给弟子的最后一句话——“做一名好教授,做一个好学者”。

在西安交通大学读本科和研究生期间,我曾经师从中国工程院院士林宗虎教授、中国科学院院士陶文铨教授、原校长徐通模教授,以及许晋源教授、[张燕谋]教授、张永照教授等,并与各位老师持续保持数十年的师生交往,在此感谢各位老师的培养、教育和支持、帮助。

本课题研究中,我的大学同窗好友、中国科学院院士、西安交通大学多相流国家重点实验室主任郭烈锦教授,多相流国家重点实验室副主任白博峰教授、陈斌教授,化工学院院长魏进家教授,能动学院副院长赵亮教授,中学同窗好友、西安石油大学副校长李天太教授,同门师兄弟、上海交通大学机械与动力工程学院缪正清教授,中国铝业郑州轻金属研究院轻金属研究所所长肖阳教授等,与我进行过许多有益的探讨和交流,在此表示感谢;还感谢郑州大学孙玉福教授、李倩教授、韩一帆教授、李庆奎教授、陈德良教授、陈喜平教授、古新教授、王成铎副教授、杨沛胥高工、徐建伟讲师以及张伟东、周寿山、张泽学、刘刚工程师等各位同事的工作支持;感谢我的中学老师李瑞兰、唐德荣、杨宗仁、王永茂、王春祥、[王景禹]、朱万仓、王月英、谭永祥等对我培养教育;感谢关心支持我的同学、校友,以及曾经给予我许多支持和帮助的领导、长辈和朋友,恕我在此不能一一提及。这些年,我近乎“两耳不闻窗外事”,潜心于本课题研究,疏于和师友及同学联系,感谢大家理解并原谅我的失礼。

最需要感谢的是我的家人。夫人是一名身兼领导职务的高级职称医师,在干好自己事业的同时,还把家里打理的井井有条;女儿从小很懂事,现在是一名很有事业心的影视剪辑师。数十年来,夫人和女儿大力支持我潜心于科研和工作,是我最坚强的后盾。还要感谢我的兄嫂和姐姐,他们不仅承担起为父母养老送终的责任,为我解除后顾之忧,还在生活和工作上给予

我关心和支持,让我享受到了浓浓的亲情之爱。

我的中学同窗好友、宁夏大学化学系主任李学强教授,参与了本课题部分实验研究,并先后审阅本书上篇几稿的部分内容,在此表示感谢;博士研究生李荣斌、王超、车玉思等参与了本课题部分实验研究和分析计算,并为本书绘制插图和校对原稿,在此一并致谢。

最后,感谢郑州大学出版社编审崔青峰教授为本书出版所做的工作,并感谢出版社崔勇编辑和各位编校、排版、设计者的辛勤工作。

郑州大学材料科学与工程学院
教授、工学博士、博士生导师
张少军

2018年3月18日于郑大柳园
zhangshaojun@zztu.edu.cn

主要符号表

A	Arrhenius 公式指前因子, s^{-1} , 也称频率因子; 波函数的振幅
B	球团内无因次温度分布系数
Bi	毕渥数(无因次数)
C	质量热容, $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$; 常数
C_r	反应热折算体积热容, $J \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$
D	晶粒平均直径, m ; 质扩散系数, $m^2 \cdot s^{-1}$
D_{Kn}	克努森扩散系数, $m^2 \cdot s^{-1}$
E	能量, J ; 活化能, $J \cdot mol^{-1}$
$\hat{E}$	量子力学的能量算符
$E(r)$	数学期望(值)
F	力, N
Fo	傅里叶数(无因次数)
G	万有引力常数, $m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$, $G = 6.67259 \times 10^{-11} m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}$
$G(\alpha)$	动力学机理函数(积分形式)
H	赫斯特指数; 哈勃常数, $km \cdot s^{-1} \cdot Mpc^{-1}$, $H \approx 74 km \cdot s^{-1} \cdot Mpc^{-1}$
$\hat{H}$	量子力学的哈密顿算符
I	转动惯量, $kg \cdot m^2$
J_i	i 组元的质量通量, $kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, 即单位时间通过单位面积的质量
K	传热速率系数, s^{-1} ; 常数
L	平均自由程, m ; 长度, m
M	质量, kg ; 力矩, $N \cdot m$
M_{mol}	气体分子的摩尔质量, $kg \cdot mol^{-1}$

$N(\geq r)$	标度大于等于 r 随机事件的数目
$N(l)$	以 l 为标度的测度, 广义体积
$N(\lambda l)$	以 l 为标度、 λ 为标度因子的测度, 广义体积
N_A	阿伏伽德罗常数, mol^{-1} , $N_A = 6.02214129 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
P	微观状态的数量, 也称配容数、热力学几率
P_0	熵最大时微观状态的数量
$P(\geq r)$	标度大于等于 r 随机事件的概率
Q	热量, J
R	摩尔气体常数, $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $R = 8.3144 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; 极差
S	均方差; 熵, $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
S^2	方差, 也称标准差
T	温度, K; 动能, J; 运动周期, s
$\hat{T}$	量子力学的动能算符
$T(r, \tau_\infty)$	反应结束时球团内 r 位置的温度, K
T_0	化学反应起始温度, K
T_∞	团块外部环境温度, K
$\bar{T}$	平均温度, K
V	势能, J
W	速率, $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$
a	加速度, $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; 热扩散系数, $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
b	阿弗拉米指数
c	组元浓度, $\text{kmol} \cdot \text{m}^{-3}$; 光速, $c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 总比热容, $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; 常数
c_p	内能比热容, $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
d	直径, m; 豪斯多夫维或容量维, 也称盒子维数、相似维数

d_f	相界面分形结构的分形维数
d_s	分形子维数
d_w	分子(或原子)在相界面分形结构中行走路径的分形维数
$f(\alpha)$	动力学机理函数(微分形式)
g	重力加速度, $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$, 引力场强度
h	对流换热系数, $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$; 普朗克常数, $\text{J} \cdot \text{s}$, $h = 6.6260755 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
$\hbar$	约化普朗克常数, $\text{J} \cdot \text{s}$, $\hbar = 1.05457267 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
k	速率系数, s^{-1} ; “混乱事件”的发展速度或发生频率, s^{-1}
k_B	玻尔兹曼常数, $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$, $k_B = 1.3806505 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
l	长度, 线度, m ; 标度
m	质量, kg ; 天体旋绕运动级数 ($m = 1, 2, 3$)
n	化学反应级数; 运动分形论的运动级数
p	动量, $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
$\hat{p}$	量子力学的动量算符
q	单位质量吸附剂在 τ 时刻的吸附量
q_0	单位体积 τ_∞ 时刻总吸热量, $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$; 单位质量吸附剂的饱和吸附质量
q_τ	单位体积 τ 时刻化学反应吸热量, $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$
q_{τ_0}	单位体积热效应, $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$
$\dot{q}$	导热微分方程的热源项, $\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$
r	反应速率, s^{-1} ; 标度; 随机变量; 空间相对距离, Mpc ; 位置坐标
r^*	团块内无因次位置
r_0	定性尺寸, m
s	距离, m ; 无量纲熵增, 即混乱事件增加的数量
w	速度, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; 线速度, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$\bar{w}$	平均速度, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
x, y, z	距离(坐标), m
∇	梯度算符
∇^2	拉普拉斯算符
$\nabla \cdot J_j$	第 j 种组分扩散流 J_j 的梯度
$\Gamma(\tau)$	分子碰撞的涨落力即郎之万力, N
Δx	自由粒子的运动位移, m
$\overline{\Delta x}$	自由粒子布朗运动平均位移偏差, m
$\Delta \tau$	产生一次波动所需要的时间, s
$\overline{\Delta \tau}$	产生平均 $\overline{\Delta x}$ 位移所需的时间, s
α	生成物的生成率, 或称转化率, 生成物的浓度; 混乱程度(百分比)
β	变温速率, $\text{K} \cdot \text{s}^{-1}$; 熵增程度(百分比)
δ	层流边界层厚度, m
ε	表面黑度
ζ_n	与 Bi 数有关的一个特征值
θ^*	球团内 r 处的无因次温度
λ	导热系数 $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; 标度因子; 波长, m
ν	运动黏度, $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$; 波动频率, s^{-1}
ρ	密度, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
ρ_j	第 j 种组分的浓度
σ	黑体辐射常数, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$, 即 Stefan-Boltzmann 常数
τ	时间, s
$\varphi(r, \tau)$	“碰撞说”量子力学波函数
$\psi(r, \tau)$	“抖动说”量子力学波函数
ω	角频率, s^{-1} ; 角速度, $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$

目 录

上篇 非线性化学动力学方程与浓度场理论

第1章 绪论	1
1.1 复杂化学反应体系动力学	3
1.2 热分析动力学简介	5
1.2.1 热分析动力学理论基础	6
1.2.2 动力学机理函数	7
1.2.3 热分析动力学实验研究方法	10
1.3 热分析动力学发展碰到的问题	12
1.3.1 热分析动力学理论基础的完善性	12
1.3.2 热分析动力学机理函数的完善性	12
1.3.3 热分析动力学研究方法的完善性	13
1.4 复杂体系动力学问题研究方向	14
1.5 关于“分子输运”与“介观过程”	14
第2章 复杂反应动力学方程及非稳态系统	16
2.1 复杂反应的本征化学过程	16
2.1.1 基元反应的动力学方程	16
2.1.2 总包反应的动力学方程	17
2.2 非线性动力学浓度场方程	17
2.2.1 浓度场非线性动力学方程建立	17
2.2.2 浓度场非线性动力学方程验证	20
2.3 非稳态复杂反应系统	23

第3章 非均质扩散与非均相结晶 z 指数	25
3.1 非均质系统质量扩散过程 z 指数	25
3.1.1 传质与扩散	25
3.1.2 固相扩散过程 z 指数	26
3.1.3 气相或液相扩散过程 z 指数	27
3.1.4 非稳态分子扩散 z 指数	28
3.2 非均相系统晶粒长大过程 z 指数	30
3.3 结晶形核过程 z 指数	31
3.4 各种分子输运过程 z 指数验证及分析	32
第4章 非等温反应传热控制与“三传”过程指数 z	36
4.1 固相团块内温度分布	36
4.1.1 团块导热微分方程	36
4.1.2 团块温度分布	39
4.2 非等温系统复杂反应及传热控制 z 指数	43
4.2.1 非等温系统动力学方程	43
4.2.2 传热控制 z 指数	43
4.2.3 传热控制条件	47
4.2.4 熔化或升华控制 z 指数	47
4.3 常规热扩散及“三传”问题 z 指数	48
4.3.1 热扩散(即导热) z 指数	48
4.3.2 分子动量扩散 z 指数	49
4.3.3 “三传”相似性的本质——熵增	51
第5章 非均相系统吸附和吸收过程 z 指数	52
5.1 吸附与扩散	52
5.2 吸附过程动力学机理	54
5.2.1 化学反应控制吸附过程	54
5.2.2 常规扩散控制吸附过程	54
5.2.3 微孔内扩散及表面吸附控制	55
5.2.4 本征吸附过程	57
5.3 吸附相关问题讨论	58
5.3.1 脱附过程	58
5.3.2 微孔内扩散控制固相反应	58

5.3.3 气相压力对吸附的影响	59
5.3.4 气-液系统吸收过程	59
5.3.5 浓度场方程在吸附研究中的应用	59

第6章 浓度场理论在动力学热分析中的应用	61
6.1 浓度场方程的几种形式	61
6.1.1 浓度场方程基本形式	61
6.1.2 等温系统非稳态过程浓度场方程	62
6.1.3 非等温系统非稳态过程浓度场方程	63
6.2 浓度场方程相关变量的物理意义	64
6.3 复杂系统动力学及分子运动类型	66
6.3.1 复杂系统的动力学类型	66
6.3.2 浓度场方程的分子运动类型	67
6.4 浓度场方程的动力学因子	68
6.4.1 动力学四因子与动力学六因子	69
6.4.2 影响动力学因子的相关因素	69
6.5 复杂系统动力学热分析	70
6.5.1 浓度场理论对热分析动力学的发展	70
6.5.2 浓度场理论的动力学热分析方法	71
6.5.3 浓度场理论的意义	73

下篇 多维时间与运动分形理论

引子	77
-----------------	----

第7章 分形学:浓度场方程时间及运动分形	81
7.1 分形学简介	81
7.1.1 分形几何基本概念及数学分形	81
7.1.2 统计分形及随机运动	85
7.1.3 非均相反应相界面分形及分形子动力学	88
7.2 浓度场方程分形研究	91
7.2.1 浓度场方程时间及运动分形	91
7.2.2 浓度场时间分形与分形子的关系	92
7.2.3 化学反应级数与运动级数 n	94