

# 网络科学与统计物理方法

## 目 录

内容提要 (中英)	0
序言	1-27
<b>第一部分 基础理论篇</b>	
<b>1. 网络科学概论——与统计物理联系</b>	<b>1-223</b>
1. 1 网络的发展简史:三个发展时期	1
1. 2 网络科学研究的若干特点	6
1. 3 统计物理方法概貌	8
1. 4 网络网络与统计物理的联系	10
1. 5 平均场理论方法	11
1. 6 郎之万方程	15
1. 7 主方程	18
1. 8 马氏链方法	21
1. 9 福克和普朗克 (F-P) 方程	22
1. 10 环境噪声或外部随机力的作用和影响的影响	23
1. 11 波色-爱因斯坦凝聚与复杂网络	25
1. 12 渗流理论方法在网络中的应用	29
参考文献说明	30
<b>2. 复杂网络的基本理论模型 与实证研究</b>	<b>32</b>

2.1 随机图模型与广义随机模型	32
2.2 小世界网络	39
2.3 无标度网络	41
2.4 可导航模型	46
2.5 若干有权网络模型	51
2.6 演化的加权网络模型	55
2.7 社会网络的实证研究	59
2.8 生物网络的实证研究	65
2.9 技术网络的实证研究	66
参考文献选说明	67
<b>3. 复杂网络的统计物理基础</b>	<b>69</b>
3.1 宏观量和微观动力学函数	69
3.2 Hamilton 函数和粒子数密度	71
3.3 约化分布函数	73
3.4 经典 Liouville 方程	75
3.5 BBGKY 方程链	77
3.7 量子系统可观测量与算符	81
3.8 量子统计算子	83
3.9 Liouville 空间	85
3.10 量子 Liouville 方程	89
参考文献选说明	90
<b>4. 平衡态系综理论</b>	<b>92</b>
4.1 熵极值原理	92
4.2 一些讨论	94
4.3 指数随机网络的统计系综理论	96
4.4 例子	97
参考文献选说明	99
<b>5. Liouville 算子的复本征值和系统不可逆演化</b>	<b>101</b>

5.1 Liouville 方程的形式解和不可逆演化	101
5.2 预解式求解 Liouville 方程	104
5.3 预解式的基本关系式	106
5.4 Liouville 算子复本征谱	109
参考文献说明	114
<b>6. 复杂网络的熵</b>	<b>116</b>
6.1 网络的熵	117
6.2 开放网络的 Liouville 方程	117
6.3 解的分析	119
6.4 度和熵的关系	119
参考文献说明	124
<b>7. 不可积系统的关联动力学</b>	<b>126</b>
7.1 子动力学初期思想	126
7.2 $\Pi$ 投影算符的引进	127
7.3 $\Pi$ 关联动力学	130
7.4 时间演化和谱的分解	137
7.5 碰撞算符和中介算符	143
参考文献说明	147
<b>8. 动力学系统的演化</b>	<b>148</b>
8.1 时间离散的动力系统	148
8.2 Markov 算子和 Ferron-Probinious 算子	149
8.3 Koopman 算子	152
8.4 不变测度和保测映射	153
8.5 遍历性、混合性和正合性	156
8.6 时间连续的动力系统	158
8.7 最小产生子及其与动力学系统的关系	159
参考文献说明	163

<b>9. 一般动力系统的关联动力学</b>	<b>164</b>
9.1 产生和消灭关联算符的引入	164
9.2 产生和消灭算子的基本方程	167
9.3 编时法则	169
9.4 中介算子和非么正相似关系	169
9.5 本征谱的分解	174
9.6 三角算子	177
参考文献说明	185
<b>10. 谱分解的意义和广义函数空间</b>	<b>187</b>
10.1 Rigged Hilbert 空间	187
10.2 状态空间的代数结构	188
10.3 线性拓扑空间	191
10.4 对偶空间	194
10.5 原子核谱定理	195
10.6 复谱分析理论说明	197
参考文献说明	199
<b>11. 显含时间系统的关联动力学</b>	<b>200</b>
11.1 显含时间的动力学系统的 $\Pi(t)$	200
11.2 C、D 算符的基本方程	203
11.3 密度算符的演化	207
11.4 新的相似共轭关系	211
11.5 系统对含外场的非线性响应	212
参考文献说明	223
<b>第二部分：宏观网络的若干研究进展</b>	<b>224-386</b>
<b>12. 统一混合网络理论体系</b>	<b>224</b>

12.1 引言	224
12.2 有权演化网络模型	224
12.3 统一混合网络模型理论的三步曲	228
12.4 总结	243
参考文献说明	244

## **13. 广义 Farey 组织的无权和加权网络金字塔 245**

13.1 从生命复杂性金字塔与网络模型复杂性金字塔	245
13.2 广义 Farey 组织	253
13.3 广义 Farey 组织的网络金字塔 (GFONP)	254
13.4 GFONP 的网络特性	258
13.5 三类确定性的加权广义 Farey 组织的加权网络金字塔	263
13.6 三类确定性加权广义 Farey 组织的网络金字塔的主要特性	267
13.7 讨论与总结	274
参考文献说明	275

## **14. 若干核科技网络 276**

14.1 束流传输网络	276
14.2 全球核电站网络	289
14.3 连续渗流网络模型特性	291
14.4 能量核武器复杂网络	298
14.5 核辐射监测与反核恐怖网络	299
14.6 核衰变网络	300
14.7 相关的的挑战性课题	303
参考文献说明	304

## **15. 确定性网络模型 305**

15.1 确定性均匀递归树	305
15.2 确定性小世界网络	307
15.3 加权的确定性无标度网络	316
15.4 总结与展望	318

参考文献说明	321
<b>16. 探索大脑网络</b>	<b>322</b>
16.1 探索大脑之路	322
16.2 大脑网络的构建方法与描述方式	325
16.3 大脑皮层功能网络	330
16.4 大脑网络研究的新趋势	331
16.5 结构性与功能性连接之间的关系及其计算模型	333
16.6 大脑网络引起的若干思考问题	337
参考文献说明	347
<b>17 网络科学的若干前沿与重要课题</b>	<b>348</b>
12. 1 一个前沿课题：动力学、功能与结构之间的关系	348
12. 2 复杂动力网络结构其它识别方法	353
12. 3 复杂网络的中尺度问题	359
12. 4 复杂网络链路预测	361
12. 5 重大网络工程与“网络中心战”	365
12. 6 信息推荐系统的研究	367
12. 7 人类行为动力学研究	374
12. 8 若干其他重要课题	378
主要参考文献	386
 <b>第三部分：微观网络和统计物理的若干研究进展</b>	<b>388-</b>
<b>579</b>	
<b>18 关联动力学的新进展</b>	<b>388</b>
18.1 BBKGY 的关联动力学的新表述	388
18.1.1 子动力学方程	389

18.1.2 产生和湮灭算子	391
18.1.3 BBGKY 子动力学方程	392
18.2 关联子动力学和 Boltzmann 方程	394
18.2.1 构造非平衡系综理论	395
18.2.2 物体在强场中的能级计算	397
18.3 Schrodinger 关联子动力学方程	398
18.4 广义 Liouville 方程一种表述和系综理论	400
参考文献选说明	404
<b>19 量子信息的关联动力学方程</b>	<b>405</b>
19.1 量子信息的 Liouville 方程	405
19.2 量子信息关联动力学方程	406
19.3 狭义相对论体系的量子信息方程	407
19.4 广义相对论体系的量子信息方程	408
19.5 量子互信息	411
参考文献选说明	415
<b>20. 量子网络</b>	<b>417</b>
20.1 基本出发点	417
20.2 量子计算	418
20.3 量子信息密度隐形传输	419
20.4 量子 Gauss 信道	420
20.5 量子网络连接	424
20.6 度分布的性质	427
20.7 结论和讨论	430
参考文献选说明	431
<b>21. 量子信息网络抗退相干</b>	<b>435</b>

21.1 基本概念	435
21.3 退消相干三角子空间	437
21.4 由三角构建的广义退消相干子空间	441
21.5 几点讨论	442
参考文选说明	443
<b>22. 反量子信息密钥传输的方案</b>	<b>444</b>
22.1 信息密钥	444
22.2 RHS 规则	445
22.3 方案机制的特征	447
22.4 低效率的不可克隆的性质	451
22.5 广义态例子	453
22.6 实现 Hardy 空间下的 RHS	455
22.7 几点讨论	457
参考文选说明	457
<b>23. 纳米网络</b>	<b>458</b>
23.1 一般公式	458
23.2 量子相干网络	459
23.3 六边形纳米线网络	461
23.4 纳米网络连接	468
参考文选说明	470



<b>24. 纳米网络电导</b>	<b>471</b>
24.1 物理模型	471
24.2 广义 Kube 方程	475
24.3 非线性电导系数	478
24.4 特征讨论	479
参考文献选说明	482
<b>25. 生命网络的虚熵</b>	<b>483</b>
25.1 物理模型	483
25.2 格林函数切断近似	484
25.3 有关子动力学公式	486
25.4 虚熵的计算	487
25.5 虚熵的特征	490
参考文献选说明	492
<b>26. 时空网络的凝聚和演化</b>	<b>493</b>
26.1 自旋网络的连接性	494
26.2 时空网络凝聚	495
26.3 连接度分布	497
26.4 几点结论	497
参考文献选说明	498
<b>27. 投影空间的格林函数</b>	<b>499</b>

27.1 开放系统的广义动力学方程 (GKE)	500
27.2 非线性刘维尔方程	501
27.3 投影格林函数	504
27.4 开放量子体系的格林函数	507
27.5 GKB 方程和 Keldysh 方程	510
27.6 PGF 和 GF 之间的关系	512
27.7 子空间中的移相	513
27.8 投影子空间的纠错码	518
27.9 控制消相干的强场	520
参考文选说明	526
<b>28. 非线性格林函数</b>	<b>527</b>
28.1 假设和非线性算符	527
28.2 孤立子的量子化	529
28.3 传播子算符, S 算符和生成算符	531
28.4 非线性格林函数	533
28.5 非线性生成泛函	534
28.6 广义维克定理	536
28.7 生成泛函的微扰展开	537
28.8 非线性响应	539
28.9 利用量子孤子和退相干控制的量子计算	540
参考文选说明	543
<b>29. 网络关联动力学方程的解法</b>	<b>544</b>

29.1 一般程序	544
29.2 微扰解法	548
29.3 非微扰解法	551
29.4 戴松方程的非微扰解法	555
参考文选说明	559
<b>30. 非平衡统计系综和量子网络</b>	<b>560</b>
30.1 关联动力学方程同各种各样的动力学方程	560
30.2 基于关联动力学方程的系综理论	564
30.3 在量子强关联网络中的应用	566
30.4 非平衡统计力学系综理论探索	572
30.4.1 子动力学方程和系综方程的构造	573
30.4.2 自旋玻色子模型的应用	575
参考文选说明	579
<b>结束语：网络科学与统计物理面临的挑战与思考</b>	<b>580-590</b>
参考文献总汇	591-624