

资源、环境与经济社会 协调发展的模拟研究

SIMULATION RESEARCH ON
COORDINATED DEVELOPMENT OF
RESOURCES, ENVIRONMENT, ECONOMY
AND SOCIETY

吕胜利 吕晓英/著



中国环境科学出版社

资源、环境与经济社会协调发展的模拟研究

**Simulation Research on Coordinated Development of
Resources, Environment, Economy and Society**

吕胜利 吕晓英 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

资源、环境与经济社会协调发展的模拟研究/吕胜利,
吕晓英著. —北京: 中国环境科学出版社, 2008.12

ISBN 978-7-80209-804-6

I. 资… II. ①吕… ②吕… III. ①自然资源—资源
保护—关系—经济发展—研究 ②自然资源—资源保护—
关系—社会发展—研究 ③自然环境—环境保护—关系—
经济发展—研究 IV. X22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 140286 号

责任编辑 陈金华
封面设计 龙文视觉

出版发行	中国环境科学出版社 (100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号) 网 址: http://www.cesp.cn 联系电话: 010-67112765 (总编室) 发行热线: 010-67125803
印 刷	北京中科印刷有限公司
经 销	各地新华书店
版 次	2008 年 12 月第 1 版
印 次	2008 年 12 月第 1 次印刷
开 本	787×960 1/16
印 张	14.75
字 数	255 千字
定 价	36.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

动态模拟是研究区域资源、环境与经济社会可持续协调发展的重要理论和方法。在传统经济学里缺少了对资源、环境约束的假设。但是，无论是在今天的现实生活里，还是假设把资源、环境和经济社会看作一个复杂的大系统，资源、环境与经济社会之间存在着相互联系和相互作用，已经是毋庸置疑的事了。实现资源、环境和经济社会的协调发展已经成为人类社会共同追求的永恒目标。然而，经济社会与资源和环境如何协调发展，怎样才能做到可持续协调发展，以及协调发展的效益如何等，都还有许多问题需要认真研究和探索。尤其是要动态地把握具有复杂反馈机制的大系统的行为趋势，不仅停留在传统定性描述阶段的“这种只是叙述的分析形式对揭示系统的真实性是不够的”，即使“在自然科学研究中已经被用于建立知识结构的数学，在处理重要的社会系统中所必须解决的实际问题方面，也不是完全适应的”，（福瑞斯特，1968）因而人们不得不另辟蹊径。动态模拟尤其是系统动力学，是解决具有高阶次、多回路、非线性复杂大系统的有效方法。动态模拟避免了传统经济学理论的局限，把资源、环境与经济社会之间的相互联系和作用作为观察问题的基点，以可持续协调发展为基本原则，在资源、环境制约和科学技术进步的共同影响下，致力于揭示系统内部的反馈机制和展示行为动态变化的趋势，并在这种研究过程中分析和测试各种政策和策略实施的中长期效果，揭示发展过程中可能出现的问题和障碍因素，寻求改进的途径，以此实现区域资源、环境与经济社会的可持续协调发展。因此，动态模拟既有自身独具的理论，更是一种独特的方法，在区域经济社会发展研究中被广泛应用。

尽管目前已有大量动态模拟的研究论文，但还缺乏通过大量研究成果实例，介绍区域资源、环境与经济社会协调发展动态模拟方法的专著。而要真正搞清楚

研究者如何建立有效的动态模型，仅靠短短的论文是远远不够的。因此，出版这样一本专著是有必要的。

这本专著是在作者先后主持和完成的三项国家社会科学基金资助项目成果的基础上形成的。1990年、2000年和2003年，国家社会科学基金相继资助了“中国草地生产力的模拟（社科1990基字244号）”、“我国西部草地资源和草地畜牧业可持续发展问题（00BJY039）”以及“西部农业生态环境改善的经济机制和经济政策研究（03BJY065）”等项目。在这三项国家社会科学基金项目研究中，运用系统动力学原理和方法，先后创建了“中国草地生产力动力学模型”、“退耕还林和粮食供需平衡动力学模型”、“西北内陆河流域综合治理方略动力学模型”以及“天然林保护工程森林生态服务功能及价值动力学模型”等大型系统动力学模型，开展了相关应用研究，提出了一些有一定参考价值的结论和建议，有些还被甘肃省委、省政府采纳，公开发表的研究论文有些被《新华文摘》（2007年第16期）和中国人民大学书报信息中心等杂志全文转载；一项最终成果、二项阶段性成果和一篇论文，曾分别获得甘肃省社会科学优秀成果奖二、三等奖。一项动态模拟研究成果的可行性，同时还要接受历史的检验。实践证明，上述三项国家社会科学基金资助项目中，有些动态模拟的研究结论是具有前瞻性的，经得起历史检验的。例如，2000年前后，退耕还林工程伊始，甘肃省提出了退耕还林200万 hm^2 的规划。2001年，我们在“甘肃省退耕还林（草）和粮食供需动态平衡问题”研究中，借助建立的系统动力学模型，设计多种方案，“超前研究退耕还林还草对全省和各地区粮食及农业结构调整问题的影响”，大胆提出了“甘肃省退耕还林适宜面积为66.7万~100万 hm^2 ”的研究结论。退耕还林工程实施已经9年过去了，目前不再增加新的退耕任务。据报道，到2008年初，甘肃省共完成退耕还林66.9万 hm^2 ，这与我们早在2001年提出的观点基本吻合，历史证明，当年动态模拟研究的前瞻性结论是符合甘肃省实际的，是可行的。

本书共9章。第1章重点论述了协调是自然界和人类社会存在和发展的基本规律，以及动态模拟是研究区域资源、环境与经济社会协调发展的重要理论和有

效方法；第2章简要介绍了系统动力学诞生的背景、重大应用成果及基本原理和方法；从第3章开始到第9章，以完成的国家自然科学基金资助项目的研究成果为例，从建模思路、方案设定、模型构建、参数选取、模拟检验及结果分析和结论与建议等方面，详细叙述了系统动力学在西北内陆河流域综合治理、天然林保护工程的森林生态服务功能及价值和项目经济分析、草地资源和草地畜牧业可持续发展，以及退耕还林和粮食供需平衡等不同领域中的应用研究方法。

尽管我们认为这些模型对所研究的问题是比较有效的，基本能够达到研究目的。但是，由于系统动力学建模本身就是一种艺术，用模型去设计一个系统就是在创造未来（福瑞斯特，1987）。因此，相信这些研究成果还会存在各种不足，所建立的模型也有值得改进和完善之处。希望这些研究成果能够起到抛砖引玉的作用。

借此机会向国家自然科学基金会表示衷心感谢。没有国家自然科学基金会三次大力资助，就没有这些动态模拟研究成果。在课题研究过程中，曾经得到许多有关部门的领导和工作人员的大力支持；书中曾引用了许多学者和专家的研究成果，在此谨向他们表示感谢。

宋秉芳副研究员曾经和吕胜利共同主持和完成“中国草地生产力的模拟”课题研究，还在我们此后主持和完成的两项国家课题中，做了许多工作。吕晓侠博士以及王国军、倪海、郑慧娟等，都从不同方面参与和支持课题研究工作。感谢中国环境科学出版社的陈金华副编审，她为此书及时出版付出了辛勤劳动。

作者

2008年7月

目 录

第 1 章 资源、环境与经济社会的协调发展	1
1.1 协调是自然界的基本规律	1
1.2 资源、环境与经济社会的协调发展	7
第 2 章 系统动力学基本原理和方法	15
2.1 系统动力学及其应用	15
2.2 系统的结构和 DYNAMO 语言	22
2.3 DYNAMO 的高级语言	29
第 3 章 西北内陆干旱区流域综合治理方略的模拟研究	34
3.1 西北干旱区内陆河流域的特点及流域动态模拟研究述评	35
3.2 石羊河流域及武威市基本情况	40
3.3 内陆河流域综合治理的动力学模型	48
3.4 石羊河流域综合治理方案设置	69
3.5 模型检验	72
3.6 模型运行结果及治理方略比较	75
3.7 模拟研究的结论与建议	87
第 4 章 天然林资源保护工程动态模拟与项目的经济分析	92
4.1 生态环境项目评估现状	93
4.2 森林生态服务功能及价值研究现状	94
4.3 南部林区概况	101
4.4 森林资源动态模型基本思路和模型设计	102
4.5 森林面积和蓄积量变化趋势	114
4.6 森林直接使用价值和生态服务功能及价值动态模拟结果分析	123
4.7 天保工程森林建设投资的费用—效益分析	129

4.8 结论与建议.....	131
第 5 章 草地畜牧业可持续发展的动力学模型.....	134
5.1 草地畜牧业可持续发展的概念.....	135
5.2 草地畜牧业可持续发展的评价指标及决策支持技术.....	138
5.3 中国草地生产力动力学模型.....	141
5.4 天然牧区的气候暖干化趋势分析.....	152
5.5 西部草地畜牧业发展的前景.....	161
第 6 章 甘南州草地畜牧业发展 10 年跟踪与发展前景模拟研究.....	168
6.1 甘南州气候暖干化趋势分析.....	168
6.2 1990—2000 年动态模拟结果与畜牧业生产实际的比较.....	176
6.3 甘南州草地畜牧业发展前景的动态模拟.....	178
6.4 草地畜牧业发展的前景.....	182
第 7 章 青南江河源头草地畜牧业发展前景的模拟研究.....	186
7.1 江河源头牧区气候暖干化趋势.....	187
7.2 江河源头草地畜牧业发展的特点.....	189
7.3 2000—2020 年江河源头草地畜牧业发展前景的模拟.....	192
第 8 章 锡林郭勒盟草地畜牧业发展前景的模拟研究.....	199
8.1 方案设计.....	199
8.2 模型参数.....	200
8.3 拟合检验.....	201
8.4 草地畜牧业发展的前景.....	204
第 9 章 退耕还林(草)与西部省区粮食供需动态平衡的模拟研究.....	209
9.1 甘肃省河东、河西地区概况.....	209
9.2 需求导向和开放市场动态模型.....	210
9.3 未来发展趋势和可能出现的新情况.....	213
9.4 对退耕还林工作的建议.....	223
参考文献.....	226

第 1 章

资源、环境与经济社会的协调发展

实现资源、环境和经济社会的协调发展是人类社会共同追求的永恒目标。

《中国 21 世纪议程》认为，可持续发展“就是既要考虑当代发展的需要，又要考虑未来发展的需要，不以牺牲后代人的利益为代价来满足当代人的利益的发展；可持续发展就是人口、经济、社会、资源和环境的协调发展，既要达到发展经济的目的，又要保护人类赖以生存的自然资源和环境，使我们的子孙后代能够永续发展和安居乐业”^①。

但是，经济社会与资源和环境如何协调发展，怎样才能做到可持续协调发展，以及协调发展的效益如何等，都还有许多问题需要认真研究和探索。

1.1 协调是自然界的基本规律

协调就是系统的各种构成部分之间的相互作用，配合得当，从而使系统在动态变化的过程中能够维持稳定以及不断进化和发展。“和谐”同“协调”基本上是同义词，如《现代汉语规范词典》把和谐解释为：协调；配合得当。^②因此，本文在不同场合将“和谐”、“协调”这两个词交替使用。大量事实表明，协调运动、协调发展是自然界和人类社会中普遍存在的一条基本法则。

1.1.1 自然界是协调的世界

1.1.1.1 和谐的宇宙

无论从宏观宇宙还是微观粒子来看，协调运动在自然界普遍存在。广义的宇宙意为“世界”，或“无穷无尽的时空”；或者说宇宙是时空存在的物质现象的总和。^③从天文学理论我们得知宇宙是由演化着的星系构成的，而星系又是由几十亿乃至几千亿颗恒星以及星际气体和尘埃等物质所组成。星系和星系之间往往存

① 参见国务院办公厅（1996）31 号文国务院办公厅转发国家计委国家科委“关于进一步推动实施《中国 21 世纪议程》意见的通知”。

② 李行健，等. 现代汉语规范词典. 2004：527.

③ 殷登祥，等译. 当代国外天文学哲学. 北京：知识出版社，1991.

在着千丝万缕的联系，它们形成尺度更大的星系团结构，而星系团又结合成超星系团系统。星系是运动着的，而且是有规则的协调运动，它的运动包括两类，一是星系内部恒星的运动，二是星系整体的运动。

我们所居住的地球是太阳系中一颗普通但却存在生命的行星，而太阳系所在的银河系只是茫茫宇宙中一个极其普通的星系：拥有 1 000 亿颗以上的恒星，以及各种类型的银河星云、星际气体和尘埃。银河系中大多数恒星都处在一个扁平圆盘中运动，这个圆盘很大，光线从一侧穿越到另一侧需要 10 万年。恒星在万有引力作用下沿着复杂的轨道围绕圆盘中心运动，同时银河系圆盘自身也在自转。银河系以外的数以十亿计的星系称为河外星系。这些星系的外形和结构多种多样，以其形态分类，可以划分为椭圆星系、旋涡星系和不规则星系三大类型，银河系即属于旋涡星系。

再看构成星系的恒星。晴朗夜空我们所能看到的满天星斗，除了个别是行星或星云外，绝大多数都是恒星。恒星是由炽热气体组成的、能自己发光的球状或类球状天体。^①这团气体由于各部分彼此之间的引力和由于压力向里逐渐增强而产生的膨胀力这样两种相反的力的相互作用而长期保持稳定状态。恒星很少孤栖独处，往往组成了各种大大小小的集团。两颗恒星在一起互相绕转的情形居多，形成双星。这种双星结构约占据了全部恒星的 1/3。在双星中，每一个子星绕它们共同的质量中心作旋转运动，轨道是一个椭圆，绕行周期长则若干年，短则几十天甚至几小时。另外还有三五颗星聚在一起的聚星，以及由几十、几百乃至几万颗星组成的星团。恒星在不停地、有规律的运动，有自转运动、空间运动（相对于太阳的运动）和围绕银河系中心的转动。

我们所在的太阳系是由太阳（恒星）、行星及其卫星、小行星、彗星、流星体以及星际物质组成的天体系统。太阳系只是更大天体系统银河系的极微小部分，而太阳只是银河系中上千亿个恒星中的普通一员。太阳是太阳系中唯一的恒星，是一个总体上稳定、平衡、发光的气体球，它是太阳系的中心天体，其他天体都受太阳引力的支配而绕着太阳旋转。目前已知有九大行星，从离太阳最近算起，依次是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星。它们沿着椭圆轨道围绕太阳旋转，其轨道面大致在同一平面上。除九大行星外，太阳系还有 2 000 多颗小行星，大部分小行星分布在火星和木星的轨道上。环绕着行星运动的叫做卫星，木星至少有 15 个卫星，土星的卫星更多，至少有 22 个，天王星有 15 个。彗星是太阳系中比较特殊的天体，它们在扁长的轨道上绕着太阳运行。太阳系还有为数众多的流星体、行星际介质，它们沿着千差万别的轨道

① 吴延浩，等. 天文学概论. 北京：中国人民大学出版社，1987.

绕太阳转动。

从以上对宇宙宏伟自然奇观的概略介绍可以看出，恒星、星系以及星系团，不仅在结构上而且在运动中都处于一种和谐有序状态，如果没有宇宙自身造就的这种令人惊叹的高度协调，就不可能有今天的地球以及生存在地球上的生物，也不会有人类的文明；同时也表明“协调”是宇宙存在以及演化的基本法则。

1.1.1.2 和谐奇妙的粒子世界

再来看微观世界，世界上所有的物质——岩石或矿物，空气或大海，动植物的细胞，乃至宇宙中的气体星云和恒星，都是由 92 种化学元素所组成。而这 92 种化学元素最终由 3 种类型的基本物质所组成，它们是：质子、中子和电子。^①质子和中子的质量大致相同。质子带正电，电子带负电。所有的原子核都是由一定数目的质子和中子组成的。通常原子核中有多少个质子，核外就有多少个电子围绕着它运动，从而使原子的正负电荷正好中和。例如，氢的原子核由两个质子和两个中子组成。质子是带正电的粒子，因此氢原子核也带正电。围绕着氢原子核运动的有两个带负电的轻粒子——电子，它们形成了氢原子的电子壳层。碳元素的结构复杂一些，它的原子核中有 6 个质子和 6 个中子，在外部的电子壳层中还有 6 个电子围绕着原子核运动。最简单的原子是氢原子，它的原子核由一个质子组成，有一个电子围绕着这个质子在不停地运动。原子核中的质子数与中子数之和称为原子核的质量数，而把原子核的质子数称为原子序数。围绕原子核运动的电子数必须和原子序数相同，才能使原子整体呈电中性。电子壳层决定了元素的化学性质。原子序数不同的元素，它们的电子壳层不同，因而化学性质也不同。原子序数相同而中子数不同的原子，它们的质量数不同，但化学性质相同，人们把它们称为同位素。如除了正常的氢以外，还有氢的同位素重氢，它的原子核是由一个质子和一个中子组成，人们把它叫做氘，含有一个质子和二个中子的叫氚。一般情况下，电子为什么会绕着原子核不停地旋转，既不会飞出原子核壳层也不会落入原子核内呢？这是因为两个带电体之间存在着一种力，即电磁力。如果两个带电体所带电荷相同就会产生排斥力，如果所带电荷相反就会产生吸引力。电磁力的表达式与牛顿的万有引力公式具有相似的形式：均与作用距离的平方成反比。但是电磁力比引力强得多。例如，氢原子中一个质子和一个电子之间不仅存在着电磁力而且存在着引力，引力为 $3.6 \times 10^{-47} \text{ N}$ ，而电磁力为 $8.2 \times 10^{-8} \text{ N}$ ，质子和电子之间的电磁力比它们之间的引力强过 10^{39} 倍之多。可见，在原子内部引力效应完全被电磁力所淹没。因此，当电子绕着原子核快速旋转时，达到吸引力和离心力相等的情况下，便出现原子中电子和原子核的动态和谐。

① [德]鲁道夫·基彭哈恩. 千亿个太阳——恒星的诞生、演变和衰亡. 长沙：湖南科学技术出版社，1996.

再看看原子核内部。现在已经清楚地认识到,对所有发生在宇宙中的大尺度天体物理现象,以及发生在原子和分子领域里的微观现象,只需要考虑引力和电磁力都可以得到解释。但是,要解释原子核内部的许多现象,例如原子核里质子和中子为什么会束缚在一起,描述放射性衰变、核反应和核聚变那样一些原子核现象,单靠引力和电磁力已经无能为力,从而科学家又引进了新的基本作用力。^①首先是强核力,或叫强力、核力。所有的原子都是极小的,典型的原子核半径仅有几个 10^{-15}m 那样长。在极小的原子核里,有许多质子和中子挤在一起。质子都带有相同的正电荷,而且相互之间距离极小,因此质子间都应该产生非常强大的排斥力。那么是什么力能使质子克服如此巨大的排斥力而束缚在一起呢?科学家认为,在原子核里极小距离上起作用的,不管电排斥力使原子核怎样倾向于散开,而仍保持原子核不致散掉的力称为强核力,它不仅存在于质子和质子之间,还存在于质子和中子之间、中子和中子之间。这种强作用与引力和电磁力截然不同,强作用力不仅在强度上比其他两种力大许多,而且强力依赖于距离的方式也与通常的引力和电磁力对距离的依赖方式不同:强力只在很小的距离上才起作用,是短程力。如果质子和中子的距离超过 10^{-15}m ,它们之间就没有强作用力,然而当这个距离小于 $(0.1\sim 0.2)\times 10^{-15}\text{m}$ 时,强作用力就变成了排斥力,因而又防止了核坍塌。

再来看不稳定的原子核。不稳定的原子核表现为两种不同类型的放射性衰变过程:发射氦核的 α 衰变和同时发射电子与中微子的 β 衰变。由于在 α 衰变中只发射了质子和中子,这个过程是由强作用力(和电磁力)支配的。在 β 衰变中,发射的粒子是电子和中微子,没有通过强力相互作用,不能用强力来解释。为了说明电子和中微子是怎样相互作用的,又引进了第四种基本作用力,即弱作用力。弱作用力的力程极短,小于 10^{-15}m ,甚至更小。

可见,从 140 亿年前宇宙大爆炸而形成的这个大千世界里,是引力、电磁力、强作用力和弱作用力这四种基本相互作用力的存在,才保持了浩浩然、似无边际的宏观宇宙里各种天体的协调运动以及奇妙的微观世界里各种粒子间的和谐相处。以致 20 世纪最伟大的物理学家、人类思想的巨人——爱因斯坦曾这样表达他的赞美之情:“世界富于秩序与和谐,我们只能以谦卑的方式不完全地把握其逻辑的质朴的美。”而在物理学家看来,美这一概念的关键是和谐、质朴、对称。^②

① [美]J·B·马龙. 现代世界中的物理学. 勾亮,译. 北京:科学出版社,1998.

② [英]保罗·戴维斯. 上帝与新物理学. 徐强,译. 长沙:湖南科学技术出版社,1995.

1.1.2 协调和谐的生物世界

生物不仅与环境之间相互作用、相互依赖,形成了协调和谐的统一体,而且各种生物之间既相互竞争又表现出一种协调和谐状态。首先,从生态系统的能量流动和物质循环过程来看,生物及其环境构成了一个协调作用的统一整体。生态系统中的绿色植物,利用自然环境中的二氧化碳和水,通过叶绿体进行光合作用,把这些无机物变成了有机物质,为那些食草类动物提供了食物来源;食草类动物本身又成为食肉类动物的食物;而动物、植物的躯体死亡后,又借助微生物的分解作用形成土壤的养分,再度被植物吸收利用。特别是植物的光合作用吸收二氧化碳和释放氧气的功能,对于维持大气成分的平衡和一切生命体的代谢活动所必需的氧气的来源方面,具有极其重要的意义。可见,生态系统中能量传递和物质循环的协调作用成为生态系统维持平衡稳定的基本条件。生物与生物之间及其与环境之间彼此紧密联系和相互依赖,使生态系统各组分、要素之间在空间和时间上形成了一定的数量比例,互相搭配合理,呈现出平衡稳定、协调和谐的状态。

其次,从生物种群的调节方式来看,通过密度和非密度制约作用(或者叫生物因素和物理因素调节作用)的调节使种群保持着一种数量协调状态。非密度制约作用是指其影响和作用与种群的大小无关,如气候因素常常是按非密度制约的方式起作用。密度制约即其对种群的影响与密度有关,是密度的函数,如生物因素(竞争、寄生、病原等)常常是按密度制约的方式起作用。而且对种群的密度制约性调节和非密度制约性调节,二者又是彼此相互影响的。环境的非密度制约因素,能够引起种群密度的改变(有时是很剧烈的)以及种群数量的上渐近线或容纳量水平的改变;而密度制约是通过死亡率或出生率的改变,使种群维持在“稳定状态”或促使种群返回到某种稳定水平。非密度制约性因素在调节受物理因子压力较大的生态系统中作用较大,而密度制约因素的作用,则随着外因性压力的减少而显得更为重要。“像调整良好的控制系统一样,附加的负反馈控制,是由不同物种的种群之间的相互作用提供的,这些物种或者是通过食物链,或者是通过其他重要的生态关系而联结在一起的”。^①

再次,从生物之间的关系来看,两个种群会通过多种作用而达到种群之间在空间、时间上的数量协调。两个种群之间的关系,大体可以划分为中性、竞争、寄生、共生以及捕食五种类型。种间竞争、捕食、寄生和拮抗作用都能够产生对种群间的负相互作用,而偏利、合作和互利共生则产生正的相互作用。“竞争”

^① [美]E·P·奥德姆. 生态学基础. 北京: 人民教育出版社, 1981.

用来表示由于两个物种竞争资源而带来的负影响。种间竞争不论其作用的基础是什么,其结果,可能是两种间形成平衡调节,也可能是一个物种取代另一个物种或将其赶到另一空间、利用另一种食物。当寄生者和捕食者长期地与它们对应的宿主和猎物伴生在一起以后,它们对其他种群的影响就趋于缓和,成为中性的,从长远来看甚至是有利的。而那些新成为寄生者或捕食者的,其有害作用最强。引起致病力或流行病的原因,最常见地是突然把高内禀增长率的生物带入了一个新的生态系,而生态系统对这种生物还缺乏与之合适的调节机制,或调节机制表现很弱;其次是环境的剧烈变化,使得原来系统自我控制的能力遭受破坏。

两个种群之间还可能产生有益的相互作用,如对一个种群有利和偏利作用,原始合作和互利共生。在海洋中有许多生物都有着互利行为,腔肠动物着生于蟹背之上,对蟹起到伪装或保护作用;而腔肠动物又以蟹为运输工具,并能在蟹捕捉或吃食其他动物时得到食物。互利互生最多的是在自养生物和异养生物之间。生态系统中自养生物和异养生物这两个组成成分最后总是要达到某种平衡的,即一种异养生物完全地依赖于另一种自养生物,而后者又依赖于前者而得到保护。最常见的例子是固氮细菌和豆科植物之间的相互协作。在生态农业中,农田中氮素持续肥力靠包括豆科植物在内的作物轮作来提供。豆科植物根的分分泌物刺激根瘤细菌的发展,而细菌的分泌物又引起根毛变形,这样便形成了根瘤,成为固氮细菌的场所;根瘤细菌可以固定空气中的氮,从而成为豆科植物构建自身物质的营养来源。豆科植物、固氮细菌相互依赖,共生互利,使它们成为协调的统一体。能消化纤维素的微生物与动物之间有着专性共生。例如,白蚁和肠道鞭毛类之间就有很好的协作。许多白蚁如果没有专门的鞭毛共生,便不能消化吞入的木质,会因饥饿而死亡,所以它们共生协调十分密切。^①最有趣的是,热带有一种蚁,它们像勤劳的农民一样,在蚁巢中栽培真菌,为之施肥、管理。蚁的粪便中含有真菌所缺乏的蛋白酶,为真菌提供了分解蛋白质的酶装置,通过真菌促进雨林中叶子的生长——贮存大量的纤维素,以此作为供给蚁的食物,这种代谢同盟把两种生物的碳和氮代谢统一和协调起来。微生物和植物的共生能加强矿质循环和食物生产。最明显的例子是菌根(真菌丝状体)与植物活根的互利共生。常见的根菌有外营养根菌、内营养根菌和周边营养根菌。像固氮细菌和豆科植食的情况一样,真菌与根组织形成了“有机体”,能增加植物从土壤中吸取矿物质的能力,同时植物也为真菌的生存提供了光合作用的某些产物。而地衣则是某些真菌和藻类的联合,其密切程度已达到机能上相互依存、形态上统一,成为一种既不像真菌又不像藻类的特别生物。在地衣类群中可以看到从寄生到互利共生的进化证

① [美]E·P·奥德姆. 生态学基础. 北京:人民教育出版社, 1981.

据。某些比较原始的地衣，真菌伸入到藻类细胞内，基本上是藻类的寄生物。比较进步的地衣，真菌丝状体不长入到藻类细胞内，或混合在一起，或真菌丝紧靠在藻类细胞周围而不伸入其内，两者密切配合，生活十分协调，彼此受益。美国著名生态学家 E·P·奥德姆，在很早以前就十分感慨地说：“地衣模型可能对人类是一个‘象征’。直到今天，人类还像寄生者一样，依赖于他们的自养环境，拿取他们的需要而很少关怀他们的宿主的状况。”“在人类与自然的关系上，已经应该进化到互利共生期的时候了；人类是依赖于自然的异养者，人类的文明更依赖于它，对资源的需求越来越增加。假如人类不能学会与自然互利地共生，那么，他们将像‘愚蠢的’或‘不适合’的寄生生物一样，把他们的宿主利用过度，以致达到破坏人类本身的程度。”^①

1.2 资源、环境与经济社会的协调发展

人类对人与自然和谐相处的认识经历了漫长的过程。直到工业化的发展造成严重的生态和环境问题，人类才真正认识到地球的资源数量和环境容量是有限的，人与自然必须和谐相处，资源、环境与经济社会必须协调发展，只有这样才能实现人类社会的可持续发展。

1.2.1 生态和环境问题的出现

1.2.1.1 严峻的生态和环境问题

20 世纪 70 年代，西方国家出现了研究“全球问题”的热潮。所谓全球问题是指人类历史发展阶段产生的一种特殊现象，它的出现，同人类发展中的一些客观过程，特别是同 20 世纪中叶科学技术的加速发展有关。科学技术的迅猛发展，特别是微电子学和生物技术所推动的加速变化，一方面为极大地满足了人类的物质需要，迎来了人类文明的繁荣；另一方面，正因为它极大地提高了人类征服自然的强大能力，也极大地扩大了人类对居住环境的影响，在人类对其失去控制的情况下造成了不良的后果，引发了影响人类未来的极其复杂的问题，而且这些问题还相互纠缠、相互联结，在规模上具有全球性，在性质上涉及全人类的利益，在解决时需要全世界各国共同努力，所以叫做“全球问题”。^②

在 20 世纪 70 年代，人们普遍认为的全球问题分为两大类：一类是人类社会与自然界之间相互作用产生的生态和环境问题；另一类是国际关系问题。一些民

① [美]E·P·奥德姆. 生态学基础. 北京: 人民教育出版社, 1981.

② 徐崇温. 全球问题和“人类困境”——罗马俱乐部的思想和活动. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1986.

间组织，如“罗马俱乐部”把这些全球问题形成的危机称之为“人类困境”。他们认为在第一类全球问题中，“人类困境”表现在四个方面。第一种表现是人口爆炸。在公元初，地球上只有2亿~3亿人；到了公元14世纪，世界人口不到5亿；在18世纪中叶，世界人口约7亿；1830年增加到10亿；进入20世纪时，1900年的人口约16亿；1925年为20亿；1962年为30亿；1975年为40亿。在人口爆炸的同时，个人消费需求也在爆炸式扩大。人口增长和消费需求增长，使得人类对自然系统的压力直线上升，在20世纪增加了70倍。在20世纪的最后25年中，人类对于能源的需求将等于人类已经消耗掉的全部能源。全球人均耕地面积，1950年为 0.24 hm^2 ，1975年为 0.184 hm^2 ，预计到20世纪末为 0.128 hm^2 。

“人类困境”的第二种表现是粮食不足和贫困问题。世界近四分之一的居民生活在绝对贫困和危难之中，有5.7亿人吃不饱饭，有4.5亿~5亿人严重营养不良。全世界文盲有8亿，第三世界中有2000多万人失业。

“人类困境”的第三种表现是污染严重，生态环境退化。生物界受到劫掠和退化，支持人类生活的四大主要系统——农地、草原、森林、渔业，都开发过度，全球生态系统遭受人类的劫掠和污染带来的威胁。人造世界的单纯扩张，到处倾倒越来越多的废物、毒物，毁坏物种和自然栖息地。

“人类困境”的第四种表现是资源大量消耗和世界经济危机。自然资源被大量消耗，代替它的是成本日益昂贵和消费更多的能源和技术。通货膨胀、经济衰退、贫富悬殊，使人类社会出现混乱和不平衡。应该重新审视从财富到产品、从福利到价值的经济观念。

20世纪70年代以来，全球性环境问题更加突出。主要表现在以下几个方面：①全球气候变暖。由于人类活动能源消耗加剧，特别是燃烧化学原料，导致大气 CO_2 浓度提高，使全球气候出现暖干化趋势，1870—1990年全球气温上升了 $0.3\sim 0.6^\circ\text{C}$ ，平均上升了 0.5°C 。^①全球变暖使北极冰层融化，海平面升高，传染病流行，干旱、风暴和水涝等自然灾害频繁出现。②大气臭氧层出现空洞。大气平流层中的臭氧层具有吸收太阳紫外线辐射功能，使到达地球紫外线不致影响地球生命的生存。在1985年英国科学家发现南极上空出现了“臭氧层空洞”，1988年又发现在北极上空同样出现了臭氧层衰落现象。而造成臭氧空洞的直接原因是由于人类在制冷、发泡、溶剂和气雾剂中，大量使用氟氯烃类化合物造成的。③土地荒漠化。按照联合国定义，荒漠化是指包括气候变异和人类活动在内的种种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化现象。土地荒漠化包括土地沙化、盐渍化、水土流失和土地生物生产力衰减等。荒漠化已经成为当今世

① 董云春. 环境变迁. 北京: 科学出版社, 1998.

界的重大生态环境问题。据联合国资料,目前荒漠化的面积已达 40 多亿 hm^2 ,每年以 600 万 hm^2 的速度扩展,吞噬着森林、田野和村庄,已影响到世界 1/5 的人口和 1/3 的陆地。荒漠化给全球环境及许多发展中国家人民生活和生存带来了严重灾难,已成为导致贫困和阻碍经济与社会持续发展的重要因素。^① ④酸雨。雨水中 pH 值小于或等于 4.5,则称为酸雨。酸雨可造成森林消失、加速岩石风化、湖泊生物死亡,同时引起人的呼吸道疾病。⑤海洋污染。人类的活动改变了海洋原来状态,反过来又给人类活动和海洋生物的生存造成不利影响。海洋每年要接纳几十万吨的垃圾和不计其数的污水以及大量的农药、化肥和有毒有害的废弃物。每年有 200 亿 t 的悬浮物和不可溶解的盐类、350 万 t 的石油排放到海洋中。⑥生物多样性丧失。国际自然资源保护同盟发表的调查材料指出,从 100 万年前到现在,平均每 50 年就有 1 种鸟类在灭亡,而最近 100 年来,平均每年就要灭绝 1 种;在热带森林,平均每天至少要灭绝 1 个物种。^② 人类的过度捕捞、捕杀以及对生态系统环境的破坏,都是造成生物物种种类和数量减少、甚至濒临灭绝的原因。物种灭绝是一个不可逆转的过程,关键物种的灭绝可能会导致整个生态系统的崩溃,最终导致人类自身的毁灭。

1.2.1.2 全球生态和环境问题形成的原因分析

造成日益严重的全球生态和环境问题的根本原因,①自然环境的自身变化导致在一些自然因素,如气温、降水等的变化和直接影响下,出现了一些人类难以驾驭的生态和环境问题,特别是一些自然因素的变化,有可能与人类的活动有关;②人类活动形成的生态和环境问题。人类不可能停止发展,而传统的发展模式又造成了严重的生态和环境问题。因此,探寻人类活动对生态环境的影响成为研究全球生态和环境问题的重要内容。

从人类活动角度研究造成全球生态和环境问题的原因,主要从对生态系统的认识和对传统经济学原理、发展方式的反思这两个大的方面展开了广泛讨论。

(1) 忽略了生态法则。生态法则是对自然生态系统基本规律的描述。出现“人类困境”,“是人类缺乏自然界其他物种的生存智慧、自我调节机制、动态平衡的危机”。^③ 人类是自然中的一员,是生物进化树上最高的一枝。人类的智慧使人区别于地球上的其他生物,但无论怎样进化,人还是属于大地,而大地并不完全属于人类。人类不恰当地把自己看成是自然的中心,而实际上人类从来不是、永远也不会成为自然的中心。人要努力地改变自然,做自然的主人,但人却永远是

① 石玉林,等. 西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究——土地荒漠化卷. 北京:科学出版社,2004.

② 杨文进. 可持续发展经济学教程. 北京:中国环境科学出版社,2005.

③ 徐崇温. 全球问题和“人类困境”——罗马俱乐部的思想和活动. 沈阳:辽宁人民出版社,1986.