



生态系统

耦合的原理与方法

●王让会 张慧芝 著

Principle and Methodology of
Ecosystem Coupling

新疆人民出版社

生态系统

耦合的原理与方法

●王让会 张慧芝 著

新疆人民出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生态系统耦合的原理与方法 / 王让会 张慧芝著. —乌鲁木齐:
新疆人民出版社, 2004.7

ISBN 7-228-08884-0

I. 生... II. ①王... ②张... III. 生态系统—耦合—研究 IV. Q147

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 063876 号

生态系统耦合的原理与方法

王让会 张慧芝 著

出 版 新疆人民出版社

地 址 乌鲁木齐市解放南路 348 号

邮 编 830001

发 行 新疆人民出版社

印 刷 新疆有色地质勘查局印刷厂

开 本 1/16 787 × 1092

印 张 14.25

字 数 300 千字

版 次 2005 年 10 月第 1 版

印 次 2005 年 10 月第 1 次印刷

印 数 1-800 册

ISBN 7-228-08884-0 定价: 40.00 元

序 言

21 世纪是人类必须认真对待和忠实实践可持续发展的世纪,如果做不到可持续发展,那就意味着人类社会陷入消亡的灾难之中,这是必须防止的。而要做到可持续发展,人类就必须用科学的理论和方法规范自身的行为,调控人与自然的关系,实现生态环境与人类生存、经济发展以及社会进步的相协调。在这些需要协调的关系中,生态环境具有十分重要的地位,因为人类活动时刻离不开生态环境,因为生态环境的演化往往是渐变式的,但若出现突变,或演化为灾难性后果,则修复和挽回十分不易,甚至是不可能的。

因此,开始醒悟的人们越来越把生态问题的研究看成重大难题,从不同的侧面向核心钻研。王让会研究员、张慧芝高级工程师撰写的专著《生态系统耦合的原理与方法》便反映了这种努力的成功范例。

这本专著——《生态系统耦合的原理与方法》主要取材于作者们完成科研项目所取得的成果,这些项目包括中国科学院知识创新工程领域前沿项目“绿洲荒漠系统耦合界面的时空特征研究”;中科院知识创新工程重要方向项目“新疆近 50 年来土地利用覆盖变化(LUCC)与绿洲和城镇化研究”,以及中科院“九五”资源与生态环境研究重大项目“吐加依林的生态过程及其管理研究”等。但统观全书,其内容却不是简单的成果堆积,而是分八章系统化了的的知识凝练和扩展。这八章是生态系统耦合研究导论、生态系统耦合研究的方法与途径、生态系统耦合的时空特征、水文过程在生态系统中的地位与作用、生物过程的作用与意义、生态系统的监测与生态安全评价、流域生态系统的生态过程以及生态系统耦合研究的典型范例等。

在这些不同的章节中,作者深入分析了生态系统耦合的时空特征,论述了水文过程在生态系统中的地位和作用,揭示了生态过程的作用和意义以及流域生态系统生态过程的特点。为了使这些理论阐述更富说服力,作者在第八章

列举了研究实例,其中包括“昆仑山—和田绿洲—塔克拉玛干沙漠复合系统耦合关系研究”,以及“天山—阜康绿洲—古尔班通古特沙漠复合系统耦合关系研究”。

这种有理论有实例的论述,能使读者更为深刻和真切的从理论与实际的结合上认识山地—绿洲—荒漠系统耦合关系的机理和特征,进而领悟生态系统耦合系统的动态变化和耦合规律。

这是一本充满激情和创新活力的著作,我愿为它摇旗呐喊,希望更多的读者从中受益。

中国工程院院士
长安大学教授、博导

李佩霞

2005 年 7 月 18 日

前 言

任何一门学科的产生与发展都是在相关理论、方法与技术体系的基础上,而逐渐完善起来的。刚刚过去的 20 世纪,人类的聪慧与敏锐在科学技术的发展中得到了空前的体现。无论是在自然科学领域,还是在社会科学领域,人类均取得了巨大的成就。科学技术的快速发展,极大地推动了人类文明前进的脚步。

现代科学的发展更多地体现出不断拓展和融合与交叉的发展态势。自 20 世纪 80 年代以来,特别是近 10 年来,可持续发展作为人类共同遵循的原则和追求的目标被世界各国广泛接受,围绕着全球资源、环境、生态、社会等领域的重大问题,世界各国不同程度地开展了一系列的研究与探索项目,极大地推动了相关学科领域研究的进展。与此同时,为适应新世纪全球资源环境问题与人类生存和发展的需要,生态学的各个发展领域也出现了新的生机。在过去个体生态学、种群生态学、群落生态学、系统生态学日益发展的背景下,景观生态学得到了空前的发展,RS、GIS 等与景观生态学的结合,为解决许多地方性、区域性,甚至全球性的生态环境问题提供了重要的途径。目前,恢复生态学、灾害生态学、污染生态学、界面生态学等交叉学科也正在孕育与发展之中。因此,生态学的研究方向、研究内容、研究尺度、研究方法等方面都有了较大的转变。除上述学科之外,随着科技创新的日益发展,一些新的研究领域也正在逐步形成和不断开拓。诸如全球变化、可持续发展、生物多样性、退化生态、湿地生态、生态工程、生态经济、生态边界层、生态过渡带、生态场等新领域,正成为生态学家不断开拓与耕耘的广阔空间。对生态系统耦合问题的认识,可以说是在生态科学、环境科学、地理科学、信息科学迅猛发展,知识经济的浪潮席卷全球背景下,人类认知领域的延伸和拓展。系统化、信息化、数字化、网络化的发展,对我们的思想方式和生活方式正在产生巨大的影响,科学技术也正以前所未有的

随着信息科学与相关学科的交叉与融合,地球信息科学也在不断发展与完善;同时,地理信息科学、资源信息科学、环境信息学、土地信息学、信息生态学等学科也正处在迅速发展之中。这些学科的发展对于系统耦合的理论发展、技术支撑、方法体系有着重要的借鉴价值。

在过去的科学研究中,围绕着干旱区生态系统及相关领域的问题,自己在从事国家七五攻关项目“‘三北’防护林地区生态环境遥感研究”、国家九五攻关项目专题“塔里木河水资源与生态环境保护”、中国科学院九五资源与生态环境重大项目“绿洲生态系统的生态过程及管理研究”,以及国家重点基础研究发展规划项目专题“山地—绿洲—荒漠系统耦合关系”和正在运行的中国科学院知识创新工程前沿领域项目“绿洲—荒漠系统耦合界面的时空特征研究”,中国科学院知识创新工程重要方向项目“新疆近 50 年 LUCC 及其生态环境效应研究”中,对于干旱区特殊的地理背景下,生态系统的内在机制、稳定机理、相互关系、变化过程、演变趋势等产生了浓厚的兴趣,并在理论与实践方面做了一些研究和探索。国际和国内学术交流的日趋频繁,以及互联网的普及和应用,关于生态系统的时空特征、变化规律、耦合关系等领域研究的信息,使我能够更为快捷地获取上述领域的国内外研究动态,同时,能够及时掌握与生态系统耦合相关领域研究的学术前沿,逐渐地形成了目前生态系统耦合的学术思想。

科学技术的发展的确是日新月异,许多研究在新技术的支撑下得以快速发展。自己所在的研究所已与15年前发生了重大变化,目前,依据国家创新体系建设目标和中国科学院新时期的办院方针,正在进行一系列的改革和创新建设,这对于我们开展前瞻性、战略性、基础性的研究工作提供了一个良好的机遇。“唯实、求真、协力、创新”的中国科学院院风以及“团结、开拓、奉献、创新”的我所“生地精神”,始终激励自己勇于立足于国际前沿,尽力地团结协作,不断地开拓进取。近期中科院新疆分院的科学园区建设,正在紧锣密布地进行,创新的氛围、创新的环境、创新的机制正在营造和建立之中,科技创新的动力将有力地推动社会前进的步伐。2000年5月,在北京国际科技周期间,我有机会参观了世界各国在航天、通讯、经贸等领域的巨大成就,同时也参观了我国发射成功的“神舟二号”无人驾驶飞船回收舱以及正在安装调试的“神舟

三号”载人飞船等航天设备,为我国在航天领域取得的巨大成就而感到无比骄傲。2002年3月25日,承载着中华民族“飞天”梦想、凝聚着中国科技工作者无数心血的“神舟”3号飞船发射成功,标志着中国在载人航天技术领域又迈出了坚实的一步。这正如“两弹一星”成功发射对中国人民的鼓舞一样,正在激励我们开拓奋进,不断创新!

科学创新需要智慧的启迪和艰辛的探索,而上述这一切都对于自己静心思考和潜心钻研生态系统耦合的理论与方法起到了巨大的推动作用。在过去10多年的研究工作中,自己感受到了山地系统的博大与神奇,领略了荒漠系统的广袤与浩瀚,经历了绿洲系统的丰富与多彩。阿尔卑斯山的瑰丽与优美,长白山的清幽与俊秀,秦岭的清秀与漫长,祁连山的高耸与逶迤,阿尔泰山的神秘与雄奇,天山的幽深与雅致,昆仑山的巍峨与浩大,均使我对世界和中国神奇而美丽的山山水水惊叹不已。塔克拉玛干沙漠的博大与浩渺,古尔班通古特沙漠的深邃与宽广,毛乌素沙地与腾格里沙漠的残酷与无情,都使我终身难忘。无论是在塔里木盆地、准噶尔盆地从事野外工作,还是在柴达木盆地以及四川盆地进行科学考察,它们都给予我巨大的震撼和深刻的启示。黄土高原的浩大与广袤,青海湖、博斯腾湖、安大略湖的壮美与浩渺,多瑙河、黄河和长江的浩荡与悠长,还有塔里木河的美丽与神奇,都为我了解自然,认识不同生态系统类型,提供了良好的条件和天然的实验室,使我在大自然的博物馆里尽情地汲取知识与智慧的滋养。巍巍雪山、雄奇大漠、瑰丽绿洲、辽阔草原……,将永远是我智慧之源、力量之源、精神之源!

生态系统耦合的研究得到了许多专家的关心和指导,并及时得到了中国科学院知识创新前沿领域等项目的大力支持。在学术思想的形成、研究方法的完善以及研究成果的应用等方面,作者受益于许多同仁的启示和指导。在研究与探索生态系统耦合领域的问题中,中国工程院院士石玉林先生、原中国生态学会理事长、北京大学教授陈昌笃先生,新疆遥感中心暨新疆资源环境中心研究员马映军先生,北京林业大学博士生导师游先祥教授、陆守一教授、冯仲科教授,新疆大学潘晓玲教授、孙保生教授,中国科学院新疆生态与地理研究所研究员张立运先生、樊自立先生等,均给予了作者极大的启迪和教诲,在此对于他们的帮助和关心一并表示感谢。

在关于生态系统耦合学术思想的形成过程中,自己也曾得益于许多学术大师的思想启迪和影响,并从他们的学术思想中及时地汲取了营养,不断地充

.....
生态系统耦合的原理与方法
.....

实和丰富了这一创新领域的学术内涵。1998年初,听取了陈宜瑜院士精辟地论述生物与环境问题以及全球变化等领域研究进展的报告,启发了自己对于地球系统相关问题宏观理解与认识的思路;1999年7月,在承德召开的全国第七届青年地理学学术讨论会上,聆听了中国地理学会理事长吴传均院士关于“人—地关系”学术思想的进一步论述,使自己对人与自然以及生态环境的理解有了更深一步的认识和理解;1999年8月,在西安召开的“中国西部生态重建与经济协调发展”学术讨论会上,聆听了马建章院士等关于生态环境建设的新观点,对于人类与生物和环境相互关系的认识进一步深化;2000年6月,在参加国家林业局、全国人大资环委、全国政协人口资源委等组织的“开发大西北,建设绿色家园”活动中,聆听了王涛院士关于社会林业与生态环境保护等问题的创新性观点,加深了对不同地域生态环境建设的示范与模式问题的认识;2000年12月,在北京关于中国塔里木河流域综合整治的项目论证会上,有感于刘昌明院士关于“四水转化”以及徐乾清院士关于“生态用水”学术思想的精辟论述,感悟到了干旱区生态系统的维系,有赖于水分要素的协调和水资源问题的根本解决;在2001年初乌鲁木齐有关“中国西部干旱区生态环境演变与调控”项目讨论中,听取了中国生态学会理事李文华院士关于“植被与环境”关系以及李泽椿院士关于气候环境与生态问题的创新论断,激发了进一步研究系统耦合研究的热情;同时,获取了张新时院士关于“西北山地—绿洲—荒漠系统可持续农业范式”的观点,极大地鼓舞了自己对于干旱区系统耦合问题研究的信心;2001年4月,在成都召开的中国沙产业协会暨学术讨论会上,聆听了关君尉院士关于西部干旱区绿洲与荒漠问题的论述,对于生态工程意义的理解逐步加深;2001年5月,在沈阳召开的全国首届污染生态学学术讨论会上,听取了孙铁珩院士关于“生态系统污染过程”,丁德文院士关于“海洋污染生态化学研究进展”的报告,对陆地生态系统及海洋生态系统以及生态系统的相关问题有了更为系统的认识;2001年6月,在北京听取了蒋有绪院士关于脆弱生态环境问题的评述,更进一步地建立了荒漠与绿洲系统耦合的直观概念;2001年9月,在第六届国际沙漠工程大会期间,领略了刘东生院士关于生态与环境相关重大问题的新观点……正是上述许许多多学者的聪慧和睿智,给予了自己不断创新的广阔空间以及深入开拓的沃土与滋养,而自己一次又一次从“香山论坛”的报导中,以及网络信息的查询中,也逐渐地对于生态系统的耦合问题,有了更进一步的认识与理解。

回想起自己的成长道路,不能不提及我的父亲王珩先生。多少年来,父亲崇尚科学、博学多闻、胸怀坦荡、为人楷模的高尚情操,父亲追求真理、实事求是、知难而进、精诚奉献的博大胸怀,一直鼓舞自己不断奋进的步伐;父亲那种卓越博大的胸襟和坦诚深邃的思想,给我留下了永恒的记忆,同时也给予了我深刻的启迪和莫大的鼓舞。在自己的人生旅途中,父亲既是我的严慈长辈,更是我的良师益友!在此,我也为我失去了这样一位伟大父亲而忧伤,同时,也为我失去了这样一位知心朋友而遗憾。本部论著在一定程度上,反映了自己十多年来,在生态科学、环境科学、地理科学等学科领域学习、探索、研究、开拓、创新的感悟,也是对培养我的三所母校的又一次汇报,同时,我也把它敬献给我的慈爱父亲,并谨以纪念父亲逝世 15 周年!

这本论著的提纲是在紧张的出差途中完成的,而一些章节的内容是在新疆医科大学第一附属医院的病榻上完成的,而所有的内容,也都是在正常的研究工作与社会活动之余,更多地利用休息时间完成的。2002 年 6 月 16 日,当我 11 岁的女儿——这位降生在世界环境日的小天使,把鲜花和贺卡送到我的病榻前时,女儿告知我那天是父亲节,并祝愿我早日康复。我又一次感受到了为人父亲的欢欣和喜悦,也为我有这样一位天使般的女儿而无比自豪和高兴。事实上,女儿在学习之余,还经常用她那灵巧的双手,帮助自己的父亲,用计算机绘制了书中的一些插图,使书稿能够更生动地体现所反映的内容。这些都是我不断开拓的力量源泉。为了不中断对该学术思想的探索、凝练和升华,使之逐渐形成和发展成为一个较为系统的学科增长点或学科体系;1999~2000 年,自己放弃了赴童话王国——丹麦攻读博士学位的机会,把精力继续致力于日渐发展的生态系统耦合领域的研究中。虽然学术思想的形成,经过了 10 余年的历史,但由计划把该学术思想以论著的形式公之于世到完全脱稿,仅仅只有几个月的时间。这是国家创新体系建设给予的巨大动力,也是作为一名生态环境工作者的历史责任,同时,也是父亲那种坚韧不拔、顽强拼搏精神的激励与鼓舞。

2002 年世界环境日期间,专家呼吁并倡导“以生态环境为本”的思想,在生态环境领域,慎用或摒弃“以人为本”的观念,这在一定程度上反映了新千年、新世纪,人们寻求与自然和谐相处,尊重生态伦理,维护生态安全的一种夙愿。2002 年 8 月,在南非约翰内斯堡举行了“地球峰会”,这是继 1992 年巴西里约热内卢可持续发展首脑会议之后的又一次人类发展模式抉择的大会。时代昭示人们,尽快改变狭隘的人类中心主义观念,抛弃无视自然存在和权利的

.....
生态系统耦合的原理与方法
.....

008

旧式文明，崇尚一种尊重和关心自然的崭新文明——生态文明，这是人类 21 世纪可持续发展的必由之路。

事物总是向前发展的，科学技术更是日新月异。培根曾说过：“科学的力量取决于大众对它的了解”，当人们逐渐地开拓了一个又一个崭新的领域，或者认识了一系列棘手而困惑的问题的时候，人们驾驭自然的能力也在不断的得以增强，科学也就赋予了新的内涵而具有了无限的生机。与时俱进，开创未来，发展科学，繁荣文化，振兴经济，传承文明，是人类永恒的主题。

回顾人类社会的发展历史，人类社会已经取得了前所未有的巨大进步，并创造了无比辉煌和灿烂夺目的现代文明。人类在工业时代里的最大收获，不是所谓日益改善和提高生活质量的技术文明，而是在人文思想领域中对于环境意识的觉醒和生态观念的真正确立。珍爱自然、关爱人类、保护环境、协调发展，应当是当代人类的明智选择。我们可以预言，21 世纪是知识经济发展和繁荣的世纪，同时也是各种科学技术日臻完善和快速发展的世纪，更是人类生态理念和环境意识不断增强的世纪。目前，人们把 21 世纪称之为“信息时代”、“网络时代”、“生物技术时代”、“空间技术时代”……不难发现，这些称谓从不同角度反映了人们对 21 世纪的科学技术的美好憧憬和热切展望，也反映了人们对科学技术的殷切渴望和执著追求。不管怎样，一个如火如荼的新世纪已经展现在我们面前，我们已又一次开始了新世纪的豪迈长征。具有里程碑意义的一系列重大事件，都将鼓舞人们精神抖擞地投入到伟大的时代潮流中。我也坚信，人类将以自己的聪慧与敏锐，坚强与执著，高尚与善美，去创造一个又一个的人间神话；科学技术也将不断地推陈出新，向前发展。

王让会

2002 年 9 月

Principle and Methodology of Ecosystem Coupling

(Abstract)

This book not only discussed the present situation and tendency as well as dynamic state of ecology, but also introduced foundational thoughts and elemental contents as well as basic principle and methodology of ecosystem coupling. Especially, based on the reviews of development of ecosystem coupling at home and abroad, the methodology and process of ecosystem coupling are emphasized. Meanwhile, the temporal and spatial characteristics of ecosystem coupling are analyzed. Furthermore, the position and function of hydrological process are emphasized in ecosystems. In addition, some features including function and significance of biological process and ecological process of river basin ecosystem are revealed. Moreover, based on the analysis of ecosystem monitoring and ecosystem assessment as well as typical examples of ecosystem coupling, which of the scientific supports of theory and method and technique and application are systemically built up. As a result, the scientific concept and discipline position and scientific system of ecosystem coupling research are realized and understood.

This book is also represented the methodology and process of ecological information of acquiring, processing, analyzing, management and renewal. Meanwhile, the principles of ecological mapping method and model simulation method and 3S techniques are

pointed out. In addition, the importance of resource and environment and social-economic harmonized development with following ecological laws, proposing ecological civilization, and strengthening ecological security, is pointed out. Some hot spot issues of digital basin and ecological industry are approached. Based on the research on climate, hydrology, vegetation and natural disasters in typical areas in China, the ecosafety assessment method of ecosystem is synthetically posed. At last, the general harmonized development pattern of relation between human and earth is made.

Key words:

目 录

1	序
3	前言
9	英文摘要
第一章	生态系统耦合研究导论
1	第一节 关于耦合的若干概念
16	第二节 系统耦合研究的进展
24	第三节 生态系统耦合研究的内容及特点
第二章	生态系统耦合研究的方法与途径
34	第一节 系统生态学的原理与方法
50	第二节 景观生态学的原理与方法
54	第三节 地理信息科学的原理与方法
59	第四节 生态制图的原理与方法
第三章	生态系统耦合的时空特征
75	第一节 生态系统划分的原则及类型
80	第二节 生态系统耦合的主要类型
86	第三节 干旱区 MODS 耦合关系
第四章	水文过程在系统中的地位与作用
97	第一节 GSPAC 及 SVAT 研究

100	第二节 水与生态系统中的“三流”
104	第三节 水旱灾害的特征及发展趋势
113	第四节 气候变化对水文过程的影响
第五章	生物过程的作用与意义
120	第一节 生物在生态系统中的作用
126	第二节 干旱区生物多样性保护的特点
129	第三节 荒漠河岸林生态系统的结构分析
134	第四节 吐加依林生态系统多样性保护
第六章	生态系统的监测与生态安全评价
139	第一节 生态系统监测的必要性
142	第二节 生态系统监测的主要内容
147	第三节 生态安全的内涵及原理
151	第四节 生态安全评价
第七章	流域生态系统的生态过程
156	第一节 流域生态系统的特征
161	第二节 生态农业
165	第三节 七大江河流域的洪水灾害
167	第四节 数字流域建设的模式
第八章	生态系统耦合研究的典型范例
174	第一节 昆仑山—和田绿洲—塔克拉玛干沙漠系统耦合
201	第二节 天山—阜康绿洲—古尔班通古特沙漠系统耦合
206	第三节 两种耦合类型的特征比较
211	后记

Contents

1	Preface
3	Foreword
9	Abstract
Chapter 1	Introduction of ecosystem coupling research
1	Part 1 Some concepts of coupling
16	Part 2 Development of system coupling
24	Part 3 Contents and characteristics of ecosystem coupling
Chapter 2	Methodology and processes of ecosystem coupling research
34	Part 1 Principle and methodology of system ecology
50	Part 2 Principle and methodology of landscape ecology
54	Part 3 Principle and methodology of geographical information science
59	Part 4 Principle and methodology of ecological mapping
Chapter 3	Spatial and temporal characteristics of ecosystem coupling
75	Part 1 Principles and types of ecosystem classification
80	Part 2 Main types of ecosystem coupling
86	Part 3 MODS coupling characteristics in arid zone
Chapter 4	Status and function of hydrological processes in ecosystems
97	Part 1 GSPAC and SAVT research
100	Part 2 Water and the three flows in ecosystems

104	Part 3	Characteristics and tendency of disasters of drought and flood
113	Part 4	Climate change influence on hydrological process
Chapter 5	Function and significance of biological processes	
120	Part 1	Function of organism during ecological process in ecosystems
126	Part 2	Characteristics of biodiversity conservation in arid zone
129	Part 3	Structure analysis on desert riparian forest ecosystem
134	Part 4	Protection of Tugayi forest ecosystem diversity
Chapter 6	The monitoring and safety assessment of ecosystems	
139	Part 1	Necessary of ecosystem monitoring
142	Part 2	Main contents of ecosystem monitoring
147	Part 3	Principles and connotation of ecosystem safety
151	Part 4	Ecological security assessment
Chapter 7	Ecological process of waters ecosystems	
156	Part 1	Characteristics of waters ecosystem
161	Part 2	Ecological farm
165	Part 3	Flood disasters in the seven biggest river basins
167	Part 4	The model of digital basin construction
Chapter 8	Typical examples in ecosystem coupling research	
174	Part 1	Coupling among Kunlun Mountains and Hotan oasis and Taklimakan Desert
201	Part 2	Coupling among Tianshan Mountains & Fukang oasis and Gurbantonggut Desert
206	Part 3	Characteristics comparison between the two types of coupling relation
211	Postscript	