



IGBP Report 53 / IHDP Report 19

全球陆地计划



科学计划(Science Plan)
与实施战略

GLOBAL
IGBP
CHANGE



引用

这个报告应该作为以下内容被引用：

GLP (2005)科学计划与实施战略，

IGBP报告No. 53/IHDP报告No. 19, IGBP 秘书处，

斯德哥尔摩 64pp.

出版物的详细信息

出版：IGBP秘书处

Box 50005

SE-104 05, 瑞典, 斯德哥尔摩

Ph: +46 8 166448, Fax: +46 8 166405

网址: www.igbp.net

编辑: Dennis Ojima, Emilio Moran,

William McConnell, Mark Stafford Smith,

Gregor Laumann, João Morais, Bill Young

丛书编辑: Bill Young

图像设计: Hilarie Cutler

ISSN 0284-8105

版权 © 2005

这个报告的副本能够在GLP, IGBP 和IHDP的网站下载

网址: www.glp.colostate.edu

科学计划与实施战略

GLP工作组：

Emilio Moran (主席), 美国
Dennis Ojima (主席), 美国
Nina Buchmann, 荷兰
Josep Canadell, 澳大利亚
Oliver Coomes, 加拿大
Lisa Graumlich, 美国
Robert Jackson, 美国
Victor Jaramillo, 墨西哥
Sandra Lavorel, 法国
Paul Leadley, 法国
Pamela Matson, 美国
Daniel Murdiyarso, 印尼
John Porter, 丹麦
Alexander Pfaff, 美国
Louis Pitelka, 美国
Krishnan Rajan, 日本
Navin Ramankutty, 美国
Billie Turner II, 美国
Kazuyuki Yagi, 日本

GLP顾问组：

Mark Stafford Smith (主席), 澳大利亚
Eric Lambin, 比利时
Gregor Laumann (IHDP秘书处)
Nelson Lourenço, 葡萄牙
João Morais (IGBP秘书处)
Steven Running, 美国
Sander van der Leeuw, 美国

得到以下专家的帮助：

William McConnell, 美国
Diane Pataki, 美国

前言

全球环境变化归因于人为因素和自然因素。面临的挑战包括：理解全球环境变化，及提供应对这种变化的政策相关的知识，这些知识是社会需求的，这些挑战是科学需要努力的方向。为了提高解释和预测全球环境变化的能力，研究包括观测、过程研究、实验及模拟。除了国际地圈生物圈计划（IGBP）、全球变化人文因素计划（IHDP），还包括生物多样性计划（DIVERSITAS）和世界气候研究计划（WCRP），这四个计划推动了全球环境变化研究。详细的计划和研究包括这四个计划的具体项目，此外，更多规律方面的努力愈来愈能解决临界系统水平的问题。这些问题的解决需要综合更多学科及项目研究方法。

国际地圈生物圈计划（IGBP）和全球变化人文因素计划（IHDP）联合提出全球陆地计划（GLP）的科学计划和实施战略，在地球系统功能范畴内提高对土地系统动力学的理解。因此，这个计划是研究人与环境相互作用的重要一步，此外，它成为理解地球系统内不同土地系统间相互作用是如何发生的、预测未来的趋势、陆地生物圈的可持续性及其间的相互作用和反馈的一部分。GLP在两个方面将起到显著作用，一是加强对区域和全球尺度土地系统的理解，二是极大的促进全球变化计划中的科学融合。

科学计划和实施战略是以可靠的、严谨的科学为基础，制定了未来十年的研究规划。它不但为研究者和有潜力的赞助商服务，也为更广泛的科学界提供帮助。全球陆地计划（GLP）的一个最重要的作用是为国际研究建立科学有效的实施战略。国际社会所作的长期协调工作将更好的解答众多问题。GLP网络将共享专家经验，因此，它会为加速知识库的形成作贡献，知识是以正在形成的土地系统科学为依据。

科学计划和实施战略形成一个新的集成范式，这种范式以耦合系统的两个概念为主：第一，论述陆地系统中人类、生物和自然资源间的交互作用；第二，从全球角度、采用对比方法进行详细的区域研究。GLP将以为生态系统服务作为出发点，为人类陆地环境制定决策。这些主题位于社会和环境域的临界处，作为概念性透镜为研究计划服务。

科学计划强调社会—环境耦合系统的变化，众多科学家、数据和大量科学规律的理解形成国际地圈生物圈计划（IGBP）和全球变化人文因素计划（IHDP）全球网络，GLP的建立基于全球网络的大量传承，尤其是国际地圈生物圈计划（IGBP）中的全球变化与陆地生态系统（GCTE）和IGBP-IHDP联合发起的土地利用/覆盖变化（LUCC）。此计划促进新网络的形成，并研究了不同尺度社会—环境耦合系统。

全球变化人文因素计划（IHDP）科学委员会主席：Coleen Vogel

国际地圈生物圈计划（IGBP）科学委员会主席：Guy Brasseur

2005年9月

致谢

这个科学计划和实施战略是众多会议的研究成果。开始于2000年12月瑞典的斯德哥尔摩召开的“未来陆地会议”，随后是2001年10月德国美因法的马克斯-普朗克大气化学学院召开的会议，在这次会议上，第一次讨论了GLP和国际地圈生物圈计划（IGBP）土地生态系统-大气集成过程研究的临界条件。2002年国际地圈生物圈计划（IGBP）和全球变化人文因素计划（IHDP）联合委任了GLP工作组。随后的一系列会议于2002年1月和2003年4月美国科罗拉多州立大学的自然资源生态实验室召开。2002年10月IHDP/IGBP在荷兰的Bilthoven联合主办了一次会议，在此次会议上，科学家们为科学计划的进一步发展做出重大贡献。

2003年召开的国际地圈生物圈计划（IGBP）会议，付出了额外的努力，特别是源于IHDP秘书处的信息，为研究框架提供了依据。2003年12月，于墨西哥的莫雷利亚，召开了土地开放科学会议，重新回顾和讨论了此框架。科学计划和实施战略扩展的草案初稿由开放科学会议上的工作组制定；而后在Jill Lackett和Patti Orth的协助下，GLP工作组进一步修正；最后，由国际地圈生物圈计划（IGBP）和全球变化人文因素计划（IHDP）任命的GLP顾问组，对计划的中心和平衡性做了进一步修正。

除了要感谢那些已被列出的为“科学计划和实施战略”做准备工作的贡献者，还要感谢参与以上所提会议并做出贡献的人们，列表如下：

Gina Adams 美国，	Hans Cornelissen 荷兰，	Andrew Hansen 美国，
PK Aggarwal 印度，	Rachael Craig 美国，	Sandy Harrison 德国，
Mariana Alvarez 墨西哥，	Nate Currit 美国，	Kathy Hibbard(AIMES IPO)，
Meinrat Andreae 德国，	Robert Cushman 美国，	Yukio Himiyama 日本，
Tulio Arredondo墨西哥，	Junhu Dai 中国（北京），	Elizabeth Holland 美国，
Jesse Baker美国，	Francesco de Bello西班牙，	Richard Houghton 美国，
Patricia Balvanera 墨西哥，	Bernardus de Jong 墨西哥，	Elisabeth Huber-Sannwald 墨西哥，
Terry Barker 联合国，	Alex de Sherbinin 美国，	John Ingram，Peter Jamieson 新西兰，
Jill Baron 美国，	Ton Dietz 荷兰，	Pavel Kabat 荷兰，
Laura Barraza 墨西哥，	Martin Doevenspeck 德国，	Kate Kirby巴拿马，
Héctor Barrios巴拿马，	James Ehleringer 美国，	Christian Koerner 瑞士，
Gerard Begni 法国，	Bas Eickhout 荷兰，	Kasper Kok 荷兰，
Gerardo Bocco 墨西哥，	Markus Erhard 德国，	Caroline Kroeze 荷兰，
Javier Bonatti 哥斯达黎加，	Exequiel Ezcurra 墨西哥，	Marianne Kuypers荷兰，
Alberte Bondeau 德国，	Richard Fleming 加拿大，	Rik Leemans荷兰，
Lex Bouwman 荷兰，	Rowena Foster 澳大利亚，	Yiqi Luo 美国，
Peter Burrough 荷兰，	Eric Fraim 美国，	Michael Coe 美国，
Floor Brouwer 荷兰，	Luis Fregoso 墨西哥，	Manuel Maass 墨西哥，
Bruce Campbell 新西兰，	Leopoldo Galicia-Sarmiento 墨西哥	Jaroslav Machacek 捷克斯洛伐克共和国，
Anna Carrabetta 意大利，	Kathleen Galvin 美国，	Anders Malmer 瑞典，
Alejandro Castellanos 墨西哥	Chandra Giri 美国，	Elio Manzi 意大利，
Alicia Castillo 墨西哥，	Merle Gomez 墨西哥，	Angelina Martínez-Yrizar 墨西哥，
Arturo Chacón 墨西哥，	Leticia Gómez-Mendoza 墨西哥，	Luiz Martinelli 巴西，
Chris Cocklin 澳大利亚，	Bram Govaerts 墨西哥，	JF Mas 墨西哥，
Michael Coe 美国，	Edgar Guitierrez-Espeleta 哥斯达黎加	Omar Masera 墨西哥，
Bruce Coffland 美国，	Helmut Haberl 澳大利亚，	Lenin Medina-Orozco 墨西哥，

继续感谢：

Manuel Mendoza墨西哥， Roger Pielke 美国， Ryosuke Shibasaki 日本，
Gunter Menz 德国， Catherine Potvin 加拿大， Diane Sietz 德国，
Guy Midgley 南非， Joerg Priess 德国， Carlomagno Soto 哥斯达黎加，
Harold Mooney 美国， Francisco Pugnaire 西班牙， Will Steffen (IGBP秘书处)，
João Morais (IGBP 秘书处)， Shaun Quegan 联合国， Robert Sutherst 澳大利亚，
Alejandro Morón-Ríos 墨西哥 Gloria Rapalee 美国， Fekru Tadeyos 埃塞俄比亚，
Arturo Muhlia 墨西哥， Kjeld Rasmussen 丹麦， Allison Thomson 美国，
Shahid Naeem 美国， James Reynolds 美国， Chuluun Togtohyn 美国，
Tidaine Ngaido 叙利亚共和国， Kim Ritman 澳大利亚， Petra Tschakert 加拿大，
Kevin Noone (IGBP秘书处)， Claudino Rodríguez-Barrueco 西班牙， Jotaro Urabe 日本，
Richard Norby 美国， Nuria Roura 西班牙， Alfonso Valiente-Baunuet 墨西哥，
Walter Oechel 美国， Stephen Roxburgh 澳大利亚， Wim van der Putten 荷兰，
Ivan Ortiz Monasterio 墨西哥， Carlos Russo 葡萄牙， Martin van Ittersum 荷兰，
Mitsuru Osaki 日本， Wim Salomons 荷兰， Tom Veldkamp 荷兰，
Yude Pan 美国， Malena Sarlo 加拿大， Reynaldo Victoria 巴西，
Suparb Pasong 泰国， Michiel Schaeffer 荷兰， Hassan Virji (START秘书处)，
Debra Peters 美国， David Schimel 美国， Jin Ya, 美国。
Gerhard Petschel-Held 德国， Teresa Sebastia 西班牙，
Linda Phillips 美国， Karen Seto 美国，

全球变化人文因素计划 (IHDP) 科学委员会主席：Coleen Vogel
国际地圈生物圈计划 (IGBP) 科学委员会主席：Guy Brasseur

目录

执行概要	1
研究框架	1
主题一：土地系统动力学.....	2
主题二：土地系统变化的后果.....	2
主题三：土地可持续性的集成分析和模拟.....	2
计划实施的注意事项.....	2
介绍	3
主要的科学问题.....	5
研究框架	7
主题一：土地系统动力学.....	9
问题1.1：全球化和人口变化如何影响区域和局地土地利用决策及其实施？	10
全球化与土地变化.....	10
人口动力学与土地利用变化.....	12
政治和经济转换、政策失误与土地利用.....	13
局地知识、价值与土地利用.....	13
总结.....	15
问题1.2 土地管理决策及实施的变化如何影响陆地和淡水生态系统的生物地 球化学效应、生物多样性、生物物理性质及干扰？	16
土地利用强度和土地利用变化对生态系统动力学的影响.....	16
不同土地利用方式与生态系统性质的空间关系.....	17
土地利用在城市-荒地梯度对生态系统结构和功能的影响.....	17
总结	18
问题1.3 全球在大气、生物地球化学和生物物理维的变化如何影响生态系统 结构和功能？	20
气候和大气成分变化对生态系统产生的影响.....	20
极端气候的季节性和年际变化对陆地系统及干扰机制的影响.....	22
有毒物质和污染物对生态系统和人类健康的影响.....	23
土地和水域管理或土地利用的变化对大气组成和气候的影响.....	23
总结.....	25
主题二：土地系统变化的后果.....	26
问题2.1 生态系统变化带给耦合地球系统的临界反馈是什么？	27
地球系统的临界反馈.....	27
影响生态系统反馈要素的时空联系.....	28
总结	30

问题2.2 生态系统结构和功能的变化如何影响生态系统服务的传递？	31
生态系统结构和功能变化的驱动机制	31
不同尺度生态系统的联系	32
总结	32
问题2.3 生态系统服务如何与人类生存建立联系？	33
生存系统环境下的生态系统服务	33
评价生态系统服务	33
基于土地的生态系统服务的基质和尺度	34
总结	34
问题2.4 在不同尺度和不同变化范围，人类如何对生态系统供给做出响应？	35
土地系统的临界反馈和阈值转换	35
社会对环境变化的响应	36
复杂的分层制度体系	36
总结	37
主题3：土地可持续性的集成分析和模拟	38
问题3.1 土地系统变化的临界路径是什么？	39
多级组织的系统动力学及相互作用	39
土地变化的长期观点（史实性）	39
不同程度复杂性模型	40
总结	41
问题3.2 土地系统对灾害和干扰的脆弱性与恢复力如何	42
对人类-环境相互作用的变化做出不同响应？	
分析土地系统脆弱性和恢复力的基质和尺度	42
土地系统的应对（响应）能力	42
总结	44
问题3.3 哪些制度能够加强土地系统可持续性决策的制定和管理？	45
长期维护土地系统的制度	45
促使土地系统管理变化的因素	46
把生态系统结构和功能与制度发展结合	46
总结	46
计划实施的注意事项	48
案例研究，实验操作和区域集成研究	48
集成分析和模拟	51
数据问题	53
研究网络和沟通	57
优先度/快速追踪/联合方案	57
参考文献	58
附录	62
附录一：缩略语列表	62
附录二：术语表 50	63

执行概要

地球的变化主要源于人类对生态系统和景观的改变，它们影响了生物圈维持生命的能力。人类已经变得愈来愈能够根据自身需要适应和改变地球资源。土地利用的多样化和高强度化及技术的先进化使得生物地球化学循环、水文过程和景观动力学发生了显著变化。土地利用和土地管理的变化影响了生态系统的状态、性质和功能，反之，它们又影响生态系统服务的供应及人类的生存。此外，生物物理性质的改变和社会驱动力引起了不同的响应，北半球大于南半球，城市环境大于农村环境，发达国家大于发展中国家。

在局地 and 区域及全球尺度，决策的制定、生态系统服务和全球环境变化之间的联系定义了人类—环境耦合活动反馈的重要路径。然而，需要加速理解：人类活动如何影响陆地生物圈的自然过程，更加需要评估这些变化产生的后果。

因此，GLP的目标是：

量测、模拟和理解人类—环境耦合系统。

为了实现这个目标，人们付出努力，对于人类和环境相互作用的变化，相互作用发生的方式，未来的趋势及地球系统的可持续性有了部分理解。人类—环境耦合系统的变化影响全球尺度能量、水、要素及生物的循环，同时，全球尺度的政治经济变化（如，国际条约和自由市场），也影响局地和区域的资源决策。直接在生态系统水平考虑问题，我们能够更好地理解包括生物物理变化对人类造成的影响在内的人类—环境耦合系统的变化及人类活动和社会结构的协同作用。

因此，GLP关注包括从局地到区域尺度陆地和淡水系统在内的人类、生物和自然资源的相互关系。这种方法为研究世界不同区域耦合系统的脆弱性和持续性提供了整体框架。

GLP的建立是基于国际地圈生物圈研究计划（IGBP）和全球变化人文因素计划（IHDP）的超过十年的核心计划，尤其是全球变化与陆地生态系统（GCTE）和土地利用/覆盖变化（LUCC）的计划，以及由国际全球变化计划发起的其它计划。这些学术遗产为研究人类—环境耦合系统提供更多机会，包括过去不可能出现的机会。GLP不仅融合现有的研究群体，而且吸收自然、社会和人文科学的研究者。

研究框架

GLP具有三个研究目标，它们确定了研究框架：

- (1) 识别陆地上人类—环境耦合系统在动因、结构和本质方面的改变，并量化其对耦合系统的影响；
- (2) 评估(1)所述的变化如何影响生态系统服务的供给；
- (3) 识别人类—环境耦合系统的脆弱性和持续性与干扰（包括气候变化）相互作用的特征及动力学。

源于目标的三个主题：(1)土地系统动力学；(2)土地系统变化的后果；(3)土地可持续性的集成分析和模拟。焦点问题是影响决策制定、土地利用管理实施的因素，对生态系统和环境动态的影响，

生态系统服务的供给及全球环境变化引起的土地系统脆弱性或持续性评价。

主题一：土地系统动力学

问题1.1 全球化和人口变化如何影响区域和局地土地利用决策及其实施？

问题1.2 土地管理决策及实施的变化如何影响陆地和淡水生态系统的生物地球化学效应、生物多样性、生物物理性质及干扰？

问题1.3 全球在大气、生物地球化学和生物物理维的变化如何影响生态系统结构和功能？

主题二：土地系统变化的后果

问题2.1 生态系统变化带给耦合地球系统的临界反馈是什么？

问题2.2 生态系统结构和功能的变化如何影响生态系统服务的传递？

问题2.3 生态系统服务如何与人类生存建立联系？

问题2.4 在不同尺度和不同变化范围，人类如何对生态系统供给做出响应？

主题三：土地可持续性的集成分析和模拟

问题3.1 土地系统变化的临界路径是什么？

问题3.2 土地系统对灾害和干扰的脆弱性与恢复力如何对人类-环境相互作用的变化做出不同响应？

问题3.3 哪些制度能够加强土地系统可持续性决策的制定和管理？

计划实施的注意事项

形成详细优化的实施战略将成为GLP科学指导委员会的首要任务，然而，预期GLP将通过新数据的收集分析和预先工作的结合实施计划。跨学科、跨尺度的集成需要发展新的分析工具，跨区域的土地动力学对比需要编辑和传播数据。

区域集成研究将被用于集成生物物理和社会维，然而，小尺度的研究（过程或实例研究和实验）将用于探索生态系统性质和服务、生态系统服务传递和社会结构之间的联系。

GLP设计战略的目的是形成广泛尺度的模型，并对它们进行实验研究，综合自然和社会动力学。它将从国际地圈生物圈计划（IGBP）和全球变化人文因素计划（IHDP）的各项活动，目的在于综合认识论、概念论和方法论，模拟社会—环境耦合系统。

GLP需要以数据共享的方式有效利用现有数据，并具备数据特性和新数据代的知识。GLP将为土地应用形成元数据标准，采用标准的土地覆盖分类系统，为土地覆盖分类形成通用的术语表和技术手段，扩展数据档案并与现存数据管理系统联系起来。

GLP将使用能够加速知识传播的传递信息系统（网站、报道和研讨会），努力提高研究者间及研究者与赞助者的交流。此外，GLP将现有的研究网络与现存机制进一步结合，把学术成果传递给政策的制定者和决策者（如，IPCC和MEA）。

GLP也要努力推动南北平衡，包括申请基金的机会和构建能力。

介绍

具有深远意义的地球环境变化正在进行中，这种变化主要源于人口数量的变动和人类活动的转变。过去的五十年，人口数量从25亿增加到60多亿；经济活动增加了十倍；人类活动的联系程度由于经济的全球化，人口、信息、产品和疾病的流动也得到显著提高。地球自然系统的变化主要源于人类对生态系统和景观的改变，它们影响了生物圈维持生命的能力。(Steffen et al., 2004; Vitousek et al., 1997)。

土地利用的高强度化和多样化及技术先进化已经使生物地球化学循环、水文过程和景观动态发生显著变化(Melillo et al., 2003)。

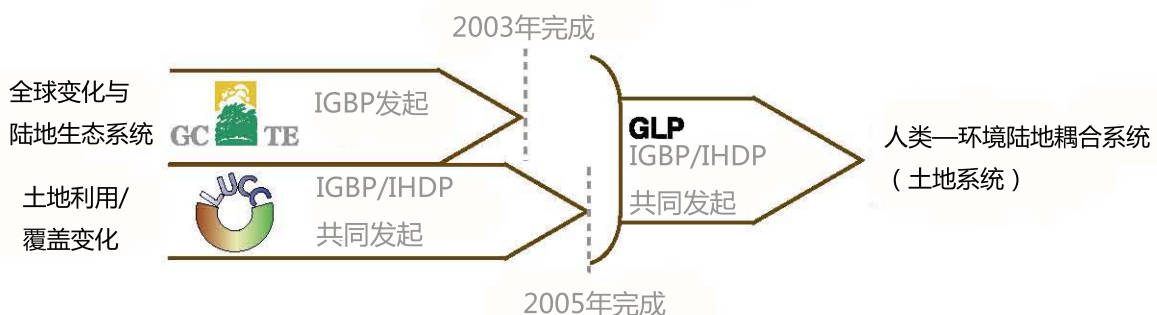
地球上这些活动的烙印很明显：与一个世纪前相比，大气成分已显著不同；地球陆地表面的一半已经直接为人类利用，剩余的大部分也根据不同目的由人类管理；世界上的大部分渔场被完全或过度开发；地球上第六大灭绝现象正在发生，这些变化主要归因于一个物种的行为——现代人类。

地球系统指的是全球尺度的社会—环境耦合系统；地球系统的陆地组分——“土地系统”是理解人类与环境关系的关键。人类从陆地环境中获得大量产品和服务，因此严重改变了陆地环境。

土地利用和管理的变化影响了生态系统的状态、性质和功能。反之，它们又影响人类生存、社会决策的制定和人类生存的能力。与此同时，土地系统是地球系统中与全球尺度的物理、化学和生物循环及能量流动相互作用的重要子系统，这些循环和流动提供了在地球上生存的必要条件，又影响地球系统内部变化的速率。

研究人类对土地系统造成的变化与土地系统在地球系统功能中角色改变之间的联系，面临两个重要挑战：(1)尺度上推，从对局地 and 区域过程的理解转为理解全球过程；(2)集成社会-环境维问题。作为LUCC工作一部分的早期工作，它已经帮助国际研究团体进一步理解土地利用变化机制及其后果。它也使我们愈来愈意识到这样一个事实，我们对社会动力学内涵的理解还非常有限。同时，全球变化与陆地生态系统(GCTE)的工作增强了我们对潜在影响的理解，即全球环境变化对自然和农业生态系统的潜在影响，但社会存在的脆弱性如何响应上述变化，极大地限制了生物物理透视。因此，我们目前对自然-社会临界面的理解存在较大不足。GLP将基于过去研究中有价值的遗产，帮助解决这些挑战(图1)，但在土地系统研究中，也将采用一个趋于综合的方法。

图1 GLP源于早期全球变化计划

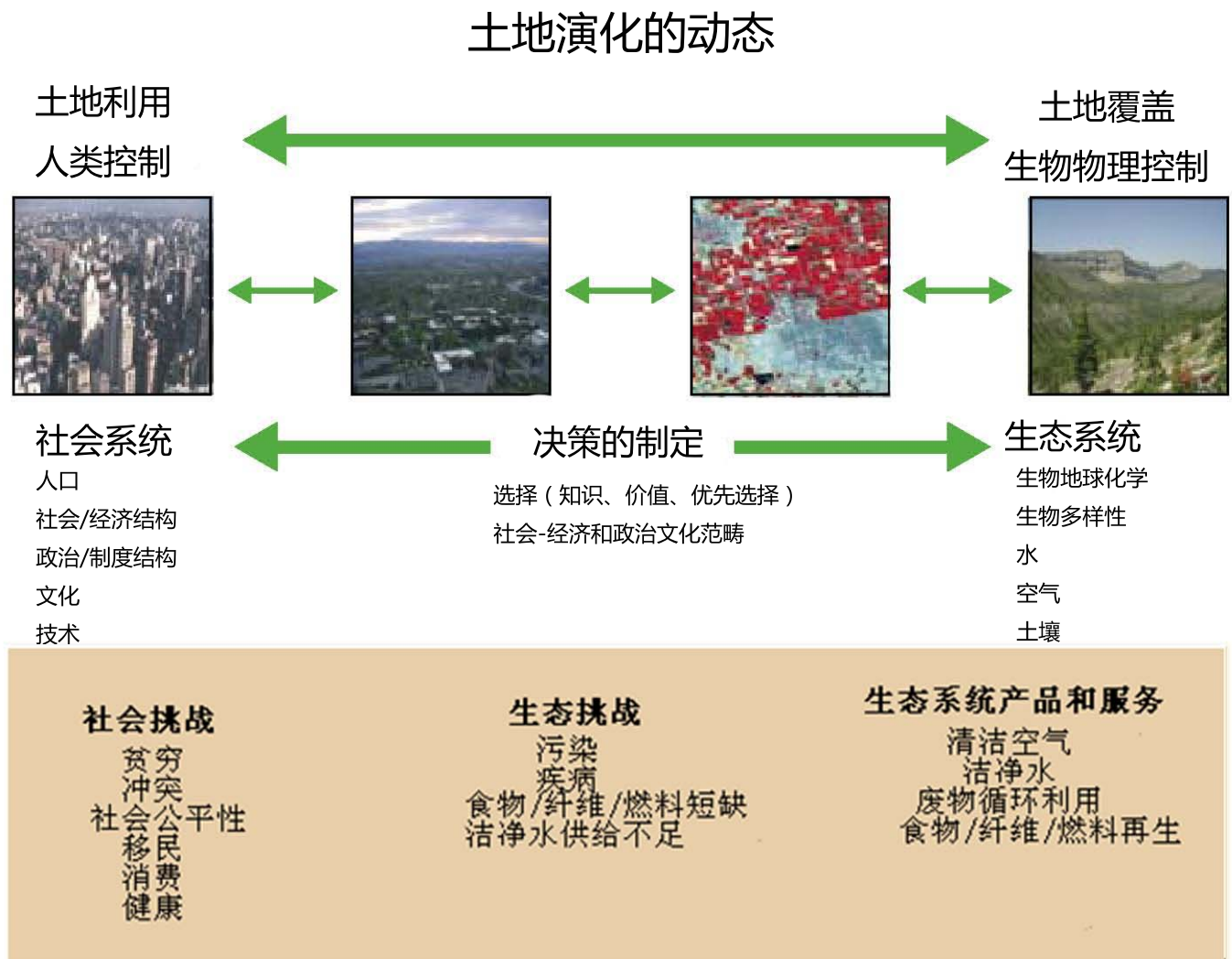


我们需要加强对人类行为如何影响陆地生物圈自然过程的理解和这些行为主要的社会驱动力和动力机制的理解；更需要评价由不同土地系统变化引起的后果(Kates et al., 2001; NRC, 1999)。一个连续的状态（从荒野到数百万人口的城市）能够定义地球上的每个点，这些是由于自然和社会之间的动态相互作用导致的结果（图2）。一般来说，并不总是这样，连续性的动态作用增加了人类对自然的作用和影响。废弃的农田可能转变为林地，完全砍伐的林地也可能重生。然而，一旦一个地区存在人类建筑物，它很少能够转变为空地。连续性的时间尺度也在不断变化。随着社会和经济活动的增加，人类的发展可能发生在几

年，甚至几个月，但返回到荒野需要几个世纪。GLP目的在于更清楚地定义这个连续性，量化景观变化的速率，以便解释潜在的因果性和所涉及的决策。

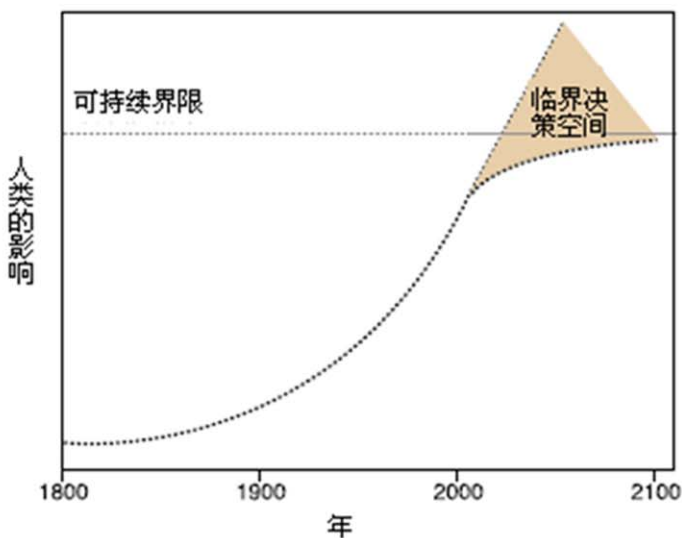
对人类活动如何影响陆地生物圈自然过程的更好理解，将帮助我们评估社会和环境所面临的风险，也帮助我们了解社会处理这些风险的方式。过去的几十年，如果仅仅以全球经济生产总值来简单计算，人类生活水平的增长是显而易见的，而且没有迹象显示减速的趋势。然而，社会和经济的发展依赖地球提供的服务，如淡水、清洁空气、大气温度控制、初级生产力和系统对遗传多样性的恢复力。经济增长所带来的破坏很难与地球系统提供的服务持平。

图2 自然和社会动态相互作用导致的连续性状态



而地球系统（包括经济、技术和其它社会响应）的一些临界值不再对这些影响产生响应——可持续的界限（图3）。然而，阈值是多少？我们何时能够达到这一点——生产和消费模式转换的临界点——例如，采用更有效的资源利用方式？GLP将从土地系统的角度阐述这些问题，因此，在有效结合获取的知识和管理过程中，帮助说明实施需要考虑的问题。

图3全球人类累积效应（人口、人类利用土地的比例、淡水的利用、生物多样性损失和国民生产平均值）形成了临界决策空间的概念



GLP的目标是：

量测、模拟和理解陆地社会-环境耦合系统。

今后，这个陆地社会-环境耦合系统就指“土地系统”。为了实现GLP的目标，人们付出努力，对于地球系统人类和环境相互作用的变化，相互作用发生的方式，未来的趋势及地球系统的可持续性有了部分理解。GLP的努力也必须为社会-环境相互作用的本质和可行性提供建议。

主要的科学问题

GLP的研究目标涵盖几个主要的科学问题：

(1)从目前的土地系统科学的学科独立转至学科综合的需要；(2)对真正意义上科学集成的需要，以便应对发生在土地系统中的大尺度变化；

(3)观测系统和观测方法在自然科学维的尺度推绎法，例证、实验和模型分析；(4)历史角度与社会和环境变化的时间尺度结合的方法。这些问题中的一部分在下面列举出来，并伴随表述了GLP研究框架。

克服学科独立

在研究社会-环境系统时，GLP采用了一种真正跨学科的方法，解决了从整体和进化观点出发的动力学问题。事实上，这意味着GLP将从社会和环境系统相互作用的动态研究转至相对复杂的、跨越各尺度的自然、社会及其混合过程同步的相互作用动态研究。在这些相互作用中，人类定义了环境和与其相关的资源、问题和动力学。人类试图寻找解决方法，并把它们应用于实践中。社会中的相互作用和交流决定了人类对环境的感知能力和人类与环境的相互作用。在这种意义上，人类并不与环境进行交流，这种交流仅仅发生在人类群体内部(Luhmann, 1992)。

强调生物物理过程与社会相互作用时，GLP关注陆地环境（主题一）和生态系统服务（主题二）方面决策的制定和人类行为。这些问题都处于社会和环境域的临界处，在社会-环境域中，土地和景观随着时间协同发展。不要低估这个挑战，因为它形成了一种新型科学观点、认识论、理论和方法论，不同于现在处理独立的社会和环境系统的学科方法。

尺度问题

社会和环境动力学发生于多尺度，不同尺度的动力学具有许多联系。在区域和全球尺度考虑问题时，这种联系显得尤为重要。因此，在单个区域理解局地现象的方法不能完全解决问题。此外，优先考虑并区分不同相互作用发生的多空间尺度是至关重要的。

研究的现象决定了观测和分析选择的尺度。然而，指定尺度可能将研究局限在不适宜（无意识的片面性）的样带。目前，运用遥感技术和地理信息系统研究问题，允许选取多个变量，并在多尺度同时进行。这帮助我们从不不同角度模拟人类活动，在空间上精确建立模型。然而，这些仅仅是工具，没有理论指导的快速发展需要决定哪些尺度和相互作用是最重要的。

土地利用/覆盖变化（LUCC）的实例研究显示并非所有引起土地变化的原因和所有等级的结构同等重要（例如，Geist and Lambin, 2004）。有限数量的原因对预测给定土地系统的大体趋势是必要的。例如，综合症状方法描述了人类-环境相互作用的主要的、典型的、共同进化的动态模式，从驱动力中寻找周期性相互作用，这些驱动力将导致特定模式的改变（Petschel-Held et al., 1999）。在适宜的尺度连续形成这种预测能力对GLP来说是一种挑战（主题三），GLP也必须探索和形成一些方法，帮助识别多尺度重要的相互作用，如稳定系统中引起快速变化的空间现象尺度和出现的阈值。

例证的对比

GLP将对全球区域土地系统的研究进行对比。世界的不同区域，全球环境变化对社会-环境耦合系统的影响存在差异。生物物理变化（如，大气二氧化碳浓度增加或土壤侵蚀增强）和社会驱动力（如，市场和媒体的全球化）在不同区域引起不同的响应，北半球大于南半球，城市环境大于农村环境，发达国家大于发展中国家。反之，通过影响局地土地利用的决策和生态系统服务的供给，这些不同的响应又影响土地的形式。但相反的事例也是成立的，根据少见的迹象，甚至与之相似的自然条件下，社会动力学、经济环境和文化价值的差异意味着许多景观已经得到发展（Kasperson et al., 1995）。复杂的人类-环境系统的变化不应该仅仅是简单的重复，它

们的复杂性意味着个别的案例研究不能预测整体的趋势。只有选择准确的概念模型构建区域对比，我们才能够具有分析能力，以便得出全球范围的完整结论（主题三）。更重要的一点，这种对比对不同时空分析尺度提取更显著的动态规律是必要的。

过去的一些工作，全球变化与陆地生态系统（GCTE）和土地利用/覆盖变化（LUCC）及其它的一些成绩包括：就生物物理环境不同方面的问题，建立全球网络，起到极好的示范作用。此外，GLP还将基于这些成绩，创建新网络，目的在于对局地和区域尺度的社会-环境耦合系统进行对比研究，并综合不同区域特征，形成一种地球系统方法，以便在多尺度建立地球系统动力学模型。

根据过去预测未来

很难根据过去有限的知识改进当代研究系统决策相关的内容。原因之一在于过去研究的方法相对少，并且大部分依赖假设，即假设潜在的过程没有发生变化。如果模型基于因果的静态假设，则推测具有风险性，那么这种具有风险的主张中，以我们过去的知识预测现在和以现在的知识预测未来，效果是等同的。事实上，先前许多系统动态研究并不起作用或不存在相互作用，而现在却在第二次动态中发生较大的变化——以变化过程本身在转变的方式研究。

一般来说，为重要决策服务的环境动力学研究基于几十年或最多一或两个世纪生物物理条件的历史观测（cf. IPCC, 2000; Houghton et al., 1996）。然而，历史数据通常不足以完整描述土地系统各种因果关系，尤其是区分不同稳定状态的系统阈值。许多可利用的古记录，为研究过去的选择如何影响现在的景观提供了机会，从而，帮助把长期观点引入政策相关的土地系统预测中。审慎检测动态模型是推测未来条件的一种方法，同时，制定政策也需要其它方法（主题三）。

这些方法，如情景分析方法的开发，都是至关重要的，它们具有逻辑基础并直接预测未来，根据转变、感知、选择、风险和长久的不可预测性阐明问题。

多角度综合分析动态模型

研究相对未知的复杂的动态系统，需要在多时空尺度运用不同提取标准形成一个较大的集成模型。由于其它方法难以解决这些系统问题，它将模拟“自下而上”和“自上而下”过程结合，尤其处理紧急的复杂系统现象时，这种方法显得尤为必要，考虑空间相互作用时，GLP需要迅速形成复杂系统和智能体模型研究基地，这将使一般过程和个别不同实体相互作用的研究成为可能。这种方法的一个益处是使来自不同背景的人们关注同一相关问题，否则，他们会对学科术语和概念感到困惑。

集成模型—模拟自然-社会动力学相互作用的模型—是一个研究贫乏区，其中，可预测的经验模型或决策支持系统不够成熟。目前，模型的发展目标是形成关注人类和环境组分相互作用的动态理论模型，随后，这些模型又被数据检测以便完善关于复杂过程功能的观点。它们是形成模型的关键一步，使其尽可能详尽并与过去的观测尽可能吻合，进而预测未来，这些预测对土地利用/覆盖变化政策的形成尤为重要。

研究框架

上述问题对我们关注的环境极其重要，国际地圈生物圈计划（IGBP）和全球变化人文因素计划（IHDP）的核心计划，尤其是全球变化与陆地生态系统（GCTE）和土地利用/覆盖变化（LUCC），GLP将把它们过去十年的研究作为基础阐述问题。这种做法为研究人类-环境耦合系统提供更多机会，包括过去不可能出现的机会。此外，GLP融合现有的研究体系，吸引自然和人文科学方面的研究者。

面对这一系列问题，GLP将首先关注陆地系统中的人类、生物群和自然资源的临界问题，其次，在

全球和区域比较的视角下，开展详细的区域研究。

GLP有三个研究目标，它们确定了研究框架：

- (1)识别陆地社会-环境耦合系统在动因、结构和本质方面的改变，并量化对相关系统的影响；
- (2)评估(1)所述的变化如何影响生态系统服务的供给；
- (3)识别陆地社会-环境耦合系统脆弱性和持续性与干扰（包括气候变化）相互作用的特征及动力学。

源于目标的三个主题：

- (1)土地系统动力学；
- (2)土地系统变化的后果；
- (3)土地可持续性的集成分析和模拟。

焦点问题是影响决策制定、土地利用管理实施的因素，对生态系统和环境动力学的影响，生态系统服务的供给及全球环境变化引起的土地系统脆弱性或持续性评价。

主题一：土地系统动力学

问题1.1 全球化和人口变化如何影响区域和局地土地利用决策及其实施？

问题1.2 土地管理决策及实施的变化如何影响陆地和淡水生态系统的生物地球化学效应、生物多样性、生物物理性质及干扰？

问题1.3 全球在大气、生物地球化学和生物物理维的变化如何影响生态系统结构和功能？

主题二：土地系统变化的后果

问题2.1 生态系统变化带给耦合地球系统的临界反馈是什么？

问题2.2 生态系统结构和功能的变化如何影响生态系统服务的传递？

问题2.3 生态系统服务如何与人类生存建立联系？

问题2.4 在不同尺度和不同变化范围，人类如何对生态系统供给做出响应？

主题三：土地可持续性的集成分析和模拟

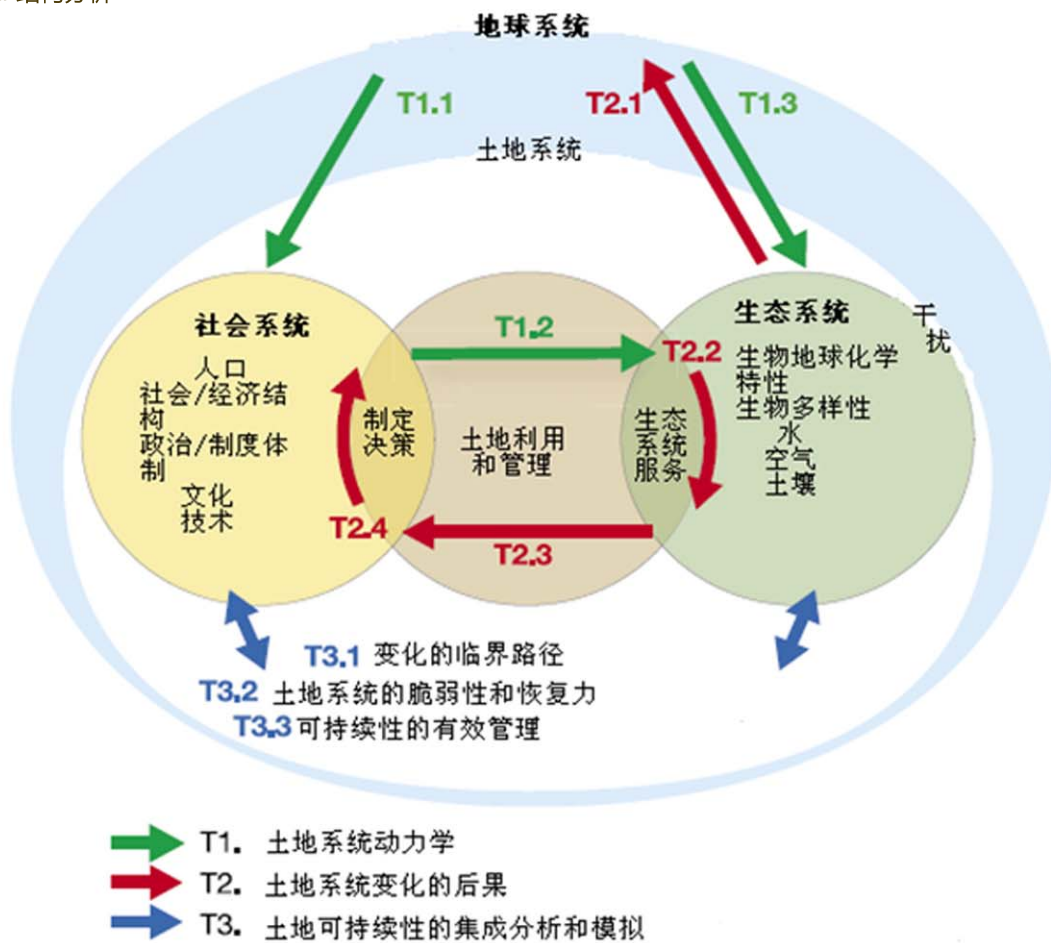
问题3.1 土地系统变化的临界路径是什么？

问题3.2 土地系统对灾害和干扰的脆弱性与恢复力如何对人类-环境相互作用的变化做出不同响应？

问题3.3 哪些制度能够加强土地系统可持续性决策的制定和管理？

GLP的成功将基于计划对它做出的贡献，计划从可持续角度平衡并改进战略措施，以便处理环境问题。同时，它也对可持续性做出贡献，GLP从事的研究必须与政策建立联系。然而，这并不意味着仅仅从事应用研究，或仅仅考虑政策；它意味着研究的重心应该是社会面临的问题 (Clark et al., 2004)。这意味着强调重心从以问题为驱动力转至以解决办法为驱动力。研究仍需要解答问题，但方法的选择具有战略性，首要任务是制定科学的与政策相关的策略。

图4 GLP结构分析



主题1：土地系统动力学研究

全球变化的理解是基于人类活动在陆地生态系统结构和功能变化中的角色，以及地球系统变化对较小尺度人类-环境耦合系统的影响。深层理解与土地利用管理相关的决策制定过程，为评价影响人类活动的因素及人类-环境耦合系统内反馈间的相互作用奠定基础。土地利用决策的制定对土地利用及随之发生的土地覆盖变化和生态系统动力学的影响非常显著。

该主题有助于理解人类活动和全球环境变化如何影响陆地生态系统和淡水生态系统。该主题将特别关注土地利用决策形成过程中广义人口统计学、经济、社会和政治驱动力的角色，并发展和综合了土地利用变化的近因和潜因知识（问题1.1）。并未很好的研究或量化土地利用实践（如，农业系统、林业系统、牧业系统）对生态系统服务的影响及其对地球系统的反馈。我们应该特别关注人类在景观影响中的优势地位，因为这些影响与城市区域、生境管理相关，更加关注入侵物种和其它环境特征的影响（问题1.2）。

这个主题试图进一步理解全球环境变化前提下生态系统的功能；评定大气组成、物理性质变化对水循环、生物地球化学循环、生物多样性和生态干扰的影响（问题1.3）。最大的挑战是综合这些知识理解土地利用和广义全球环境变化对生态系统结构和功能的交互影响。



问题1.1：全球化和人口变化

如何影响区域和局地土地利用决策及其实施？

环境变化与全球化进程密切相关。从经济、政治、社会和文化意义上，全球化正在进行，并逐渐加速世界的相互联系。由于较少地阻碍商品、资本、信息和人口的流动，世界的联系更加紧密了，不同地区的人们可以共享相同的知识和生活方式，不同的体制功能成为某一复杂系统组成部分。结果，不可预知的外部因素被认为影响了局地情形和事件(Göbel, in press)。全球化把消费区从生产区分离出来，不理解各地决策和机构的联系就无法很好地理解土地系统(Blaikie and Brookfield, 1987)。例如，整个非洲的商品粮直接从欧洲订购(Bassett, 2001)，日本木浆造纸业的发展直接导致婆罗洲大规模的采

伐森林(Brookfield et al., 1995)。然而，局地政策和制度能够调节土地系统转换的需求(Angelsen and Kaimowitz, 1999)。任何情况下，土地动力学问题与世界尺度决策的制定或全球政策的操作过程有直接关系。研究需要以这种方式进行，即，全球化的社会-经济驱动力试图用于具体土地利用政策实施中，并将它们与能够调节后果的机制结合——包括对生态系统服务的影响机制，尤其在大规模快速变化过程。

在社会-经济和环境发生变化的区域，分析土地利用决策的政治经济因素、体制因素及赞助者情况对建立各种土地变化模型至关重要，并为局地和区域尺度运用适当的土地利用决策提供分析角度。我们尤其应该关注区域间和区域内由于大规模人口重新分配导致的社会-经济和政治变化。理解这些相互作用，并了解它们是如何影响生态系统服务——通常情况下随土地利用变化而变化——将推动缓解进一步干扰的策略形成。

全球化与土地变化

当代的全球化加强了社会生活各个方面的

全球联系(Held et al., 1999)。如果一种现象能够排除不同地域相互联系的障碍，或增加它们的联系程度，我们就认为这种现象包含全球化过程。

全球化的一个关键理论是“世界一个部分的发展为全球其它部分个体和区域生活造成重要影响”(Gibbs, 2000)。全球化的具体影响因空间而异，它包括国际货币的发展、政治、国际环境和谐、贸易统一、商品链、技术转让、交通和通讯设施的发展。全球化对土地利用及其决策制定的影响可能是直接的，正如下面的例子所述。

国际货币和发展政策（如，结构的调整）经常把环境状况强加于接受援助的国家。

这些条件可能导致资源利用发生变化，但也可能推动主要城市的工业发展，这些发展反过来又能重组农村-城市人口动力和城市资源利用。后一种情况，全球化对局地土地利用的影响是间接的。国际环境协定（如，生物多样性公约、联合国抗击沙漠化公约、联合国气候变化框架公约和湿地拉姆萨尔公约）为利用水、碳释放、大气污染和开发资源（渔业）建立统一的标准。例如，贸易协定（如，北美自由贸易法案、欧盟和世界贸易组织）通常伴随对环境潜在影响的评价，因此，将环境协定发展成贸易协定的一个组成部分。此外，贸易协定可能改变自然资源（如，农业产品）的国家竞争力，结果使资源开发也发生改变；远程交互联系也变得普遍，例如，欧盟对进口食品的规定直接改变了欧盟共和体的食品生产结构，同时，也改变了泰国北部农村的生产状况(UK Parliament, 2002; Tanticharoen, 2000)。

全球贸易（如，跨国公司）采用半独立国际贸易协定。对它们而言，商品链中，劳动力成本比地理区位更重要。因此，全球贸易的地理区位经常改变，以便减少生产和分配成本（如，劳动力成本），这对局地的社会-经济结构产生影响，继而又影响土地利用的选择和决策的制定。其它的全球商业活动有一元化和垄断的情况。例如，主要作物的种子逐渐被少数种子控制，缩小农民对种子的需求范围。这种影响，无论是积极的还是消极的，可能从本质上改变世界许多区域的农业景观。作物和牲畜的多样化日益减少，危及农业生产的可持续性，从而，威胁到农业群落。

技术转让（如，基因改良的农业有机体、家畜、能量和水）是新方法从一个地区传播到另一个地区的一种方式。当新方法在一个地区被证明是成功的，其它地区都希望采用它们时，传播才会发生。然而，新方法的引入可能导致不同的土

地利用实践。例如，基因改良的种子可能增加农业产出，同时需要不同的输入和投资，比如灌溉、施肥和杀虫剂的使用。

市场的集成可能对土地利用产生一系列影响，尤其对农业生产系统，包括耕作区的扩张、从口粮到商品粮的变化、生产的加强（包括增加投入）。加强生产情况下，边缘区的农业可能废弃。提高市场的集成将会导致社会结构的变化，包括出现较大的不均衡（或在较少情况下出现较小的不均衡）。

交通和通信设施的发展及经济往来推动全球知识和技术的传播。这种传播可能间接的促进土地利用发生其它形式的变化，如迁移、生活方式和价值系统的变化。此外，交通网络的建设能够直接改变生态系统（如，热带雨林道路的建设）。

土地利用/覆盖变化（LUCC）、全球环境变化与人类安全（GECHS）、海岸带海陆相互作用（LOICZ）、全球环境变化的制度因素（IDGEC）、工业转型（IT）、城镇化、地球系统科学合作组织（ESSP）的计划——全球碳计划（GCP）、全球环境变化与食物系统（GECAFS）和全球水系统计划（GWSP）已经验证了全球化对局地土地利用变化的影响。然而，目前全球化和局地土地利用的相互影响只有部分被人们掌握。

详细的案例研究将帮助解释导致市场统一的驱动力（通过国家政策和计划强加于生存为主的农民身上的外因和对这些外因的内部反应，如针对消费和生活方式的设施发展和优先变化权）和市场统一引起的土地变化后果。我们能够通过对比多尺度（从概念或建模角度）相互作用的变化驱动过程的案例研究来获得较为普遍的解释，

包括城市作为引起农村——城市结构调整的全球化焦点。全球的综合需要理解并解释全球化的空间格局及其在边远地区对土地利用的影响。

人口动力学与土地利用变化

人口统计因素，包括家庭中人口增长、密度、出生率、死亡率、年龄和性别组成，被认为是影响土地利用/覆被变化的重要因素。过去十年的研究显示：当人口增长与土地覆盖动力机制（如采伐森林）高度相关(Allen and Barnes, 1985)，这种关系就会被其它因素调解，如土地殖民政策

和市场驱动力(Geist and Lambin, 2002)。人口动力学的关键方面是人口迁移，包括农村和城市间的迁移，迁移通常与全球化联系在一起。当城市持续从农村农业区吸收劳动力，全球劳务市场导致大规模的人口跨国家和跨洲流动。同时，在亚马逊流域和印尼继续进行大范围的有计划再移民，那里的土地利用依赖家庭组成、收入、土壤肥沃度、与市场的距离和租赁期(NRC, 2005)。土地租赁本身能够影响家庭层次的决策，该决策决定着出生率，可靠的租赁期越长，生育率越低 (Moran, 1993)。对这种发现建立一般性成为研究的一个挑战。

Box 1 全球化

全球化指由商品流、信息流和观念流形成的国家间相互依赖的网络。全球化源于十六世纪的商业主义，并随着时间稳步发展。面对跨边界、国家和国际的全球市场的动力机制和能量流、物质流和信息流的交互作用，政府组织在试图控制、调节或在全球经济中承担重要角色时面临着新的挑战。



图5 热带雨林木材的运输

全球化对环境的影响及国际贸易

自由的加强是政策议程的热点问题。自1970年以来，已经创建了七百多个多边环境协议。大部分协议旨在既对环境问题进行补救，也为生态系统可持续利用寻求解决办法。Kates (2003)认为全球化将导致人口增长出现下降趋势，但会提高消费水平、贸易、运输能力，同时，基于西方发展手段的资源模型也随之扩散。

全球变化人文因素计划 (IHDP) 的工业转型 (IT) 计划是基于假设，假设内容为：世界的生态系统未遭到连续破坏的情况下，生产和消费系统的改变是必要的，以便满足世界人口增长的需要。它的目的在于更好的理解耦合系统的转化作用，考虑技术和体制在管理转化过程中的角色。

通过对关于迁移情况、发生迁移潜在的原因及出现人口减少和增加区域的后果的案例进行研究，我们能够更好地理解这些关系。后果可能包括使用大量资金，传播知识或技术，及出现土地集中、缺乏、侵蚀和农业亏损等。作为一系列补充活动，对二十世纪国家尺度农村人口减少数量的评估及其引起的土地覆盖、土地利用和人类生活的变化也能使我们更好的理解人口和土地利用变化的关系。在这种情况下，详细研究案例，通过对迁移过程进行对比研究，尤其关注生物地球化学循环的大尺度变化和生态系统的影响。这些活动中，我们评估“人口迁移”的趋势，和发展中国家追随工业国家格局的可能性——农村人口不断减少，人口向城市集中。

政治和经济转换、政策失误与土地利用

政治和经济变动对土地利用影响很大。政策影响着土地利用，它能渐变或突然地转变土地利用方式。事实上，现代大尺度生态系统的崩溃最终与早期苏维埃政权出台的一系列决策有密切联系，咸海就是一个例子，把两个补给河流转变成大的、低效的灌溉系统(Micklin, 1988)。重要的转变过程包括：加拿大东部 (Block) 和苏维埃共和国的计划经济转变为市场经济；政府的管理权被一些国家、国际借贷机构和无政府组织分散；转变，如把社会转变为具有持续性。变革时期，发生了许多事情。重新评估旧结构的有效性及其新网络和格局的出现。人口的变动可能以经济变化为导向。旧格局继续维系，新格局已经出现时，表现为极端的无组织状态；通过转变体系寻找出路，也被认为具有无效性。这一时期，由于调节

组织没能运作或无效，在极大程度上，忽视了环境保护和潜在的污染。发生政治和经济变动的社会为研究政治-经济、土地利用、土地覆盖和人类生存的动态关系提供了机会。

世界各地都遭受过社会动荡，并伴随全国性的人口流动。一般来说，当动荡的影响是局域性的，它们的影响将优于其它形成区域土地利用的因素。武装冲突，包括国际性战争和小范围国内动乱，对社会和土地利用具有深远影响。影响的持续时间可能是短期的，也可能是长期的，并可能与不确定性的产生（如，使用土地和其它资源）、不安全区域被迫或自愿的人口缩减以及投入补给和生产出市场的破坏有关，同时也伴随冲突带来的直接影响（如，化学替代物和土地矿藏的使用）。

对案例详细的研究将揭示一些条件，在这些条件下，自组织团体能够在政治和经济瓦解情况下管理资源和日常事务，也能够管理阻碍自组织的政策。系统的比较研究能够决定在何种条件下，权力分散提供更好的土地管理措施（减少森林砍伐和土地退化）。跨国研究将会评估这些转变的相关速度、人口安置需要环境付出的代价和对环境的影响、人类健康和幸福、导致转换价值最终纠正的反馈及运用资金和土地覆被变化的关系。

局地知识、价值与土地利用

科研团体已经掌握了研究和部分量化全球变化影响的理论方法和数学手段。虽然许多成果已经公开，但我们仍然不清楚社会-经济或环境变化是否或如何被全世界不同群体认知。例如，对于一个“健康”或“最佳状态”的林地由什么组成，围绕保护生物圈的局地社团与生物学家或保护官员持不同观点(Haenn, 2003)。

理解这些认识是理解潜在反作用的一个必要先决条件。无疑，全球变化的感知仅仅能够在局地社会的知识和价值系统内被分析。此外，需要研究通信渠道间的关系（如，大众媒体、因特网）、生活方式的匀化、消费优先权，这些可能对土地利用变化起间接作用，而如食物这种问题对土地利用变化产生直接的影响。

此外，局地环境态度的研究对教育和基于保护计划的社会至关重要。目前，需要关注农村和城市学校的发展。研究应该关注学习这个传统系统，包括教与学的整个过程。教师、家长和孩子紧密的联系在一起是至关重要，以便理解他们如何学习、吸收和传播提高环境价值和与自然态度

的信息。同时，这个过程将帮助我们在保护教育和科学教学领域形成具体的方法。在环境信息传递过程中，媒体的作用不容忽视，并需要分析通信和信息如何影响人类在环境方面具备的知识。

详细的案例研究将帮助我们寻找一些方式，通过它们，我们能够了解：知识、价值系统（尤其“传统”/本土知识）和生活方式与土地利用的选择息息相关；教育和大众媒体如何传播这些方式。对比分析将会揭示典型的决策制定过程及它们在时空上的影响。

Box 2. 违法的土地利用方式

发达国家和发展中国家违法的土地利用方式对土地覆盖变化产生深远的影响。可可、大麻和鸦片的生产已经造成一些区域森林采伐现象严重，如缅甸、泰国和安第斯国家的高地。哥伦比亚马德雷山脉的研究发现可可的种植直接造成严重的森林砍伐。毒物的生产区经常具有潜在冲突——非法，导致生态上出现有害的土地利用方式。反之，收益通过发展旅游业显现出来，墨西哥Yucatán高度敏感的沿海生态系统已经证明。保护区违法的伐木搬运业已经由全球林地监测组织运用遥感影像和详细的土地租赁记录追踪。研究违法的土地利用方式具有政治敏感性，同时存在风险，然而，违法的土地利用方式已经覆盖了世界各地许多重要的区域。



图6热带雨林违法的砍伐树木

总结

- ☆ 在社会-经济和环境发生变化的区域，制定土地利用决策时，要分析政治经济因素、体制因素和参与者情况。
- ☆ 研究市场综合的驱动力及其对土地利用造成的影响，尤其对农业生产系统造成的影响。
- ☆ 通过对比研究，了解多尺度变化驱动力的相互影响，在全球综合意义上，理解全球化的空间格局和土地利用后果。
- ☆ 研究策略要包括详细案例研究、对比分析和国家尺度评估，以便了解人口动力学和土地变化的关系。
- ☆ 研究政治-经济与土地利用、土地覆盖和人类生存关系的动力学。
- ☆ 详细分析案例，并对政治和经济变动与土地利用政策失误造成的后果进行对比研究。
- ☆ 形成关于环境变化感知力、环境价值和环境态度的研究计划，以便更好的理解土地系统变化过程中不同系统的知识和研究过程。

做出贡献的团体

土地利用/覆盖变化 (LUCC)、全球环境变化的制度因素 (IDGEC)、工业转型 (IT)、城镇化、全球环境变化与人类安全 (GECHS)、海岸带海陆相互作用 (LOICZ)、生物多样性计划 (DIVERSITAS)、全球环境变化与粮食系统 (GECAPS)、主要粮食生产系统的农业经济学家网络、人口环境研究网络、农业和农村发展的本土知识中心、欧亚北部生态系统研究计划 (NEESPI)、冒险团体和人类环境生态学家、人口统计学家。



问题1.2 土地管理决策及实施的变化如何影响陆地和淡水生态系统的生物地球化学效应、生物多样性、生物物理性质及干扰？

较好的理解与土地利用管理相关的决策制定过程为评估影响人类活动的因素和它们对生态系统结构和功能的影响之间的相互作用奠定基础。在这种情况下，影响土地管理的决策过程对于理解一系列居民点格局、资源开发、生产实践、土地保护方式和保护方式实施如何影

响生态系统动至关重要。因此，问题1.2的目标是评估土地管理对与生物地球化学、生物多样性和生物物理特性相关的生态系统性质的影响。

生物圈发生变化主要源于人类对景观造成的改变，这种变化呈递增趋势(Vitousek et al., 1997)。土地管理组织将与土地利用（如，放牧、有意放火、保护不受火灾）相关的某些干扰类型和人为的环境改良（如，施肥、灌溉）结合。在景观渐变条件下，如果土地管理体制能够长期运行，人类和生态系统则能够达成共识。环境得到改善的情况下，生物体具体的结合可能形成新的生态系统。“出现的生态系统”可能导致生态系统结构和功能出现新的改进。然而，管理体制能够随着环境和/或人类冲突发生突变，破坏这个“平衡”。例如，土地管理体制的飞速转变能够导致：由于市场或局地对粮食生产的需要出现的农业扩张，农业投入价格的突变（如，油价），关于环境价值的政策变动或政治危机。这些实例表明：沿着城市-荒地连续带，由于生物地球化学循环、生物多样性和生物物理性质都在发生变化，我们需要分析环境子系统受到影响的方式。

土地利用强度和土地利用变化对生态系统动力学的影响

人类活动直接或间接地影响着世界范围的陆地和淡水生态系统。土地管理的加强调节了生物地球化学过程和交换的速率，改善了生物多样性和能量、水分的流动。例如，欧亚大陆牧业系统形成的方式、亚洲或其它热带区域农业扩张发生的方式，目前不能确定它们是否与土地利用改进过程中的肥料工业源作用、土地灌溉和机械化设备利用相关。尽管目前已经编纂了关于全球农业系统(Dixon et al., 2001)、灌溉系统(Doll and Siebert, 2002)、农田(Ramankutty and Foley, 1998)和牲畜(Kruska et al., 2002)的某些信息，但并不存在以全世界各个不同区域不同土地管理为基础的综合信息。考虑到干扰（如，火灾、放牧、收割）的影响，我们需要对土地利用活动进行功能分类。

那么，我们需要建立新研究，目的在于表现

例如，改变主要生物和生物地球化学混合物的侧向和气态通量的动态时，强化和泛化农业管理决策的影响程度。土地利用对生态系统动力学具有影响，对影响进行对比研究应该以土地利用强度的梯度为导向，并补充全球和区域的土地利用特征分析，包括农作物轮作、牲畜管理、投入水平和其它土地管理信息。与不同土地利用转换相关的生态系统变化也应该以系统的方式进行研究。

不同土地利用方式与生态系统性质的空间关系

土地利用的空间格局能够影响区域环境，如，净养分释放、生物相互作用、干扰模式、大气化学和区域气候模式。管理体制变化对生态的影响跨越局地到全球的各个尺度，并且是高度非线性的。例如，它们可能使土地覆盖的自然和/或空间格局发生转换，导致人口的再分配，优化生物多样性（如，动物和植物数量破碎化，或害虫或外来物种入侵或大爆发），或改变生物地球化学过程的速率。归因于生物间相互作用、水和养分的通量或干扰现象（如，火灾、放牧）发生变化，不同土地利用方式的空间联系能够影响生态系统动力学。这些影响能够导致生态系统动力学发生变化，反之，影响依赖生态系统的人类系统。

土地管理不但影响土地利用的空间格局，也影响景观的时间格局。土地管理决策通常不同期的运用在邻近景观，以致水、生物和营养资源被不同程度的影响。例如，火灾、放牧和收割能够在区域尺度的干旱土地上形成复杂的镶嵌体。这种时空变化也能够导致出现新的景观，并使生态系统发生动态变化。目前，我们仍未搞清楚这些问题如何影响生态系统结构和功能，现存的问题还包括：(1)景观一个部分的土地利用如何影响其它（邻近、周围和远距离）区域？(2)生态系统和社会-经济在时空上的反馈是什么？(3)局地的土地

利用决策如何在区域尺度反应出来？(4)保护区外部的土地利用变化如何影响保护区内部的生态系统特征？(5)保护区如何影响周围区域的社会和环境特征？

研究上述问题将通过这种方法进行：空间分析不同土地利用的景观特征对生态系统过程的影响，如，水的通量，种子传播，干扰机制和动植物的关系。同时，也将开始研究：景观格局和土地利用在生态系统和群落发展中的角色，包括入侵物种的扩张及“出现的生态系统”的发展。此外，还将采取一系列研究，评估景观和土地利用格局对生态系统功能和水、养分、能量和生物资源交换的影响。

土地利用在城市-荒地梯度对生态系统结构和功能的影响

城市土地扩张速率大于人口增长，且人口增长多发生于城市及其周围。因此，城市社会-环境耦合系统在研究陆地过程中起着愈来愈重要的作用。虽然城市土地仅占土地表面的2%，它却影响了大部分区域，原因在于城市对能源、食物、水和原材料需求很大。生物地球化学效应在城市发生的方式重要且独特。人类活动支配着生态系统，肥料的运用、能源的消耗、生态系统结构改进、灌溉体制和物种集聚，它们在城市群落中通常表现显著。城市痕量气体含量逐渐增加，已经能够影响生物地球化学作用(Pataki et al., 2003; Chamedies et al., 1994)。

农村生态系统也存在显著的土地利用变化，森林的砍伐、入侵物种的增加、景观破碎化和土壤退化。环境子系统被影响主要由于城市-荒地梯度上生物地球化学循环、生物多样性特征和生物物理性质的变化，影响的方式尚需进一步研究。

研究应该解决以下问题：(1)城市发展过程中，城市消费格局、全球经济和空间结构如何影响全球土地变化？(2)过渡区决策的制定（如，城市-农业梯度）如何改变土地管理的实施、如何影响生物地球化学循环？(3)城市足迹范围内，城市区域如何影响生态系统结构和功能？

现存城市生态系统研究网络将被扩展，并主要围绕城市、荒地梯度上生态系统变化的一系列问题和方法。在这个梯度上，我们定义一些尺度，以便识别生态系统性质的变化，此外，还将形成新的方法，以便发现人类相关的结构变化对土地表面特征和生态系统性质的影响。

总结

- ☆ 研究土地管理变化对城市-荒地连续带与生物地球化学循环、生物多样性特征和生物物理性质相关的主要生态系统性质的影响。
- ☆ 扩展基于不同土地管理实践的信息，并评估土地管理变化通过何种方式影响生态系统。
- ☆ 形成一系列土地利用影响生态系统动力学的系统研究方法，包括由区域和全球分析补充的土地利用梯度上的对比研究。

Box 3 城市临界区

城市扩展到城市临界区是全世界各个地区的普遍现象。临界区城市化指一种高度动态的过程，城市中心被农村（邻近也包括远离城市的区域）包围，并将它们转化成大都市。这些变化通常是破碎化、非统一的过程，但也包括社会生态系统复杂的调和

因为它们也被吸收到城市经济圈中(Simon et al., 2004)。由于临界区从双向提供必要的服务，因此，它们是农业和城市的交界面。

它们受城市负面效应影响，又被多数城市与环境研究忽略。因此，IHDP在城市化方面的核心计划已经确定将城市边缘区的土地保护作为研究的一个重点区域，并将城市规划和决策的综合观点引入城市土地利用变化的研究中(Schneider et al., in press)。与生态系统服务变化相关的节点区研究、城市化计划和全球土地计划的土地利用决策制定，这些问题都将以合作的方式进行研究。



图7中国深圳城市农村临界区

- ☆ 开始研究景观特征和土地利用格局的时空动态，及它们在生态系统过程、功能和群落发展中的作用。
- ☆ 分析城市发展中的消费模式、全球化经济和空间结构这些驱动机制如何影响不同尺度的土地利用变化。
- ☆ 形成通用的框架和新的方法手段，以便评估：城市足迹内，城市过渡带决策的制定如何改变土地管理的实施，及如何影响生物地球化学循环和生态系统结构和功能。

做出贡献的团体

工业转型 (IT)、全球环境变化的制度因素 (IDGEC)、全球集成分析与模拟 (AIMES)、土地利用/覆被变化 (LUCC)、生物多样性计划 (DIVERSITAS)、城镇化、生态系统对环境计划的科学委员会 (SCOPE)、全球变化与陆地生态系统 (GCTE)、陆地生态系统对大气与气候变化的响应 (TERACC)、全球碳计划 (GCP)、全球环境变化与粮食系统 (GECAPS)、海岸带海陆相互作用 (LOICZ)、城市长期生态研究、欧亚北部生态系统研究计划 (NEESPI)、世界保护联盟、千年生态系统评估 (MEA)、政府间气候变化专门委员会 (IPCC)、林地研究机构的国际联盟。



问题1.3 全球在大气、生物地球化学和生物物理维的变化如何影响生态系统结构和功能？

大气化学组成引起的气候变更直接影响生态系统动力学，同时，全球环境变化对生态系统动力学也有直接影响，从生物地球化学循环、生物多样性的变化到干扰事件的频度和强度（如，害虫大发生、火灾和暴风雪）。这些影响模式的数量并未很好的通过文件说明。我们也未能完全预

测生物地球化学作用，而且，在“北半球碳汇”的存在和数量方面仍存在争议。然而，通过对各种气体、有机体和侧向流进一步新的研究，表明：这些方法能够平衡生物地球化学预测(Matson et al., 2002; Melillo et al., 2003)。

不同营养级物种的减少和物种组成的变化正以新的方式改变着生态系统结构，然而，我们对这些变化影响生态系统功能的方式还不甚了解(Loreau et al., 2001; Wardle, 2002)。此外，考虑到全球环境和与之相关的生物多样性的改变，尤其是非线性特性和阈值，我们仍然不能确定生态系统如何对干扰做出响应。生物多样性变化如何影响生物地球化学循环，对它的评价是一种量化方式，它能够量化针对全球环境变化的生物多样性反馈。

气候与生物相互作用的改变引起干扰作用也随之变化，干扰作用改善了影响连续次序的环境条件。不同时空尺度的多干扰作用已经影响陆地和淡水生态系统，例如，土地变化、大气二氧化碳浓度、氮沉积、气候变暖、生物种变化、大气、土壤和水中的污染物和有毒物质(Körner, 2000; Mooney and Hobbs, 2000; Sala et al., 2001; Matson et al., 2002; Rustad and Norby, 2002; Reynolds and Stafford Smith, 2002)。全球环境变化多干扰的本质需要理解三方面内容：干扰

间相互作用（通常是非线性）的本质；改进的多干扰作用如何影响生态系统过程；这些干扰作用对生态系统功能总的的影响。此外，我们尤其应该识别生态系统响应的非线性（如，阈值）和反馈，因为生态系统响应能够影响生态系统的恢复力及生态系统传递服务的持续力。

研究目的是：在全球变化驱动力相互影响情况下，量化具体区位、系统和时空尺度上的营养（碳和水）源和汇，并接近自然、人为管理和城市生态系统的生物地球化学预算。

气候和大气成分变化对生态系统产生的影响

有足够迹象表明：气候变化、二氧化碳浓度增加、氮沉积和大气质量变化已经影响陆地和水域生物地球化学循环、植被动态和分布、物种多样性、营养结构和生态系统提供食物、水和其它服务的能力(Körner, 2000; Matson et al., 2002; Jackson et al., 2001; Baron et al., 2002; Parmesan and Yohe, 2003; Felzer et al., in press)。

目前，一些区域的氮沉积量已经超过了陆地生态系统的承载力，氮正向邻近的水域系统渗透。此外，证据愈加明显：出现氮渗透景观的径流也正在制造沿海的缺氧带，如，密西西比河口。我们应该进一步研究全球变化影响的本质、强度和空间范围，尤其是变化速率，并将它们与

全球变化的其它驱动力的影响综合起来。

过去的五十年，高纬度升温已经将北半球季节长度增加了2-4周。植被已经响应了导致夏季出现较长干旱效应的初春物候现象。在不同压力、这些压力与生态系统过程和生物多样性不同层次（基因型、物种、功能群）相互作用方面，

Box 4.与自然气候耦合的土地过程

十年前，人们认为海洋-大气系统强烈的影响气候变化的动态，气候变化又影响着土地系统。目前，我们已经能够理解：在气候动态方面，土地系统具有主动性，并非处于被动状态 (Steffen et al., 2004)。

土地系统通过多种方式影响气候。植被影响地表的物理性质，地表的物理性质又影响水的蒸发和蒸腾、日光辐射的反射和吸收、随大气流动产生的动量的传递。这些过程决定大气较低界面的水和能量的交换，同时，对所有尺度的气候也有显著的影响。土地系统也影响化学元素的循环，最显著的是对碳循环的影响，尤其调节温室气体（二氧化碳和甲烷）在大气中的聚集度时，土地系统所起的作用。土地系统是大气碳的网络汇（点），但这个汇的“寿命”存在很大争议，并有待进一步研究。通过制造温室气体（氧化氮）、释放不稳定的有机混合物，土地系统能够影响气候，反之，气候影响云的物理和降水过程。

土地系统的空间格局能够给气候带来惊人的反馈。“湿润”和“干旱”表面的不同格局（如植被和干旱土）对区域降水模式产生强烈影响。依赖不同表面的空间排列，湿润到干旱表面的相同的总体比率产生不同的降雨模式。植被的固定模式和土壤特征对土壤湿度和植物吸收的土壤湿度起着极其重要的作用，它又影响蒸发和径流间水分的分配。因此，最终影响土地和大气的能量转换。

最后，由于对生物地球物理和生物地球化学的间接影响，土地系统通过生物多样性变化影响气候。例如，土地系统生物多样性的控制实验表明了多样性和初级生产力、多样性和营养循环的联系，它们两个影响着土地和大气间温室气体的交换。此外，生物多样性也能够作为缓冲器限制土地系统结构的快速变化，反之，又影响着气候。

未来的一个世纪，由于土地系统很可能在结构和功能方面出现较大变化，土地系统对气候的反馈在土地系统科学中的地位愈来愈重要。

仍存在很大的不确定性。大多数情况，区域水平的驱动力和影响与全球平均水平（如，温室气体、大气质量、氮沉积和气候）存在显著差别。我们需要研究所有尺度影响机制的属性变化，包括全球和区域水平的自然可变性及对人类直接和间接的影响。

我们需要协调局地到全球尺度的引起生态系统效应的两方面数据，即多环境压力与它导致的成层现象。此外，我们还需要改进模型，以便评估生态系统对多环境压力的响应，如气候变化、大气二氧化碳浓度增加、氮沉积、臭氧层变化和

紫外线辐射。这些模型需要提高生物地球化学、生物多样性和干扰动态的整合力。

极端气候的季节性和年际变化对陆地系统及干扰机制的影响

大量经验事实表明：近来，世界不同区域气候发生导向的变化，包括降雨分布的转移和平均降雨量增加或减少的转移。例如，证据显示：全球的干扰现象，曾经一年只发生一次的事件，

Box 5.火灾和昆虫

火灾和昆虫的大爆发已经成为许多森林生态系统自然循环的一部分，此外，火灾在重建森林生态系统自然演替循环方面，起着至关重要的作用。然而，近来的研究显示：由于季节温度升高导致出现大面积的死亡或毁坏的树木，昆虫大爆发的频度也增加了(Logan et al., 2003)。反之，被昆虫破坏的森林面积扩张又在改变气候条件情况下，增加火灾的范围和强度。因此，我们需要进一步理解全球变化如何影响各种干扰因子（干扰的速率、频度、强度和范围）。

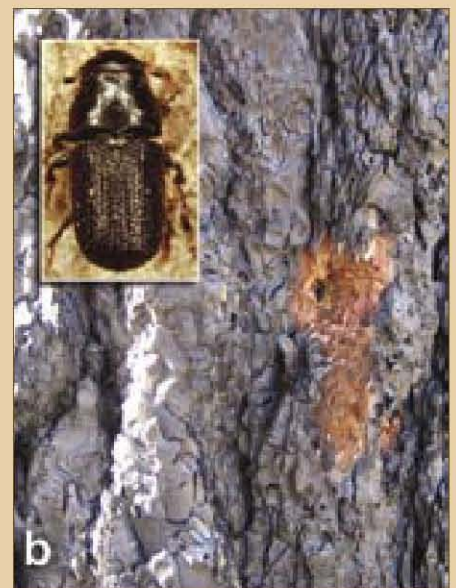


图8(a)2002发生灾难性火灾，两年后俄勒冈州的松树林。表明火烧严重的土壤缺少重建（Kathy Hibbard提供）。
(b)松树的甲虫危害（Kathy Hibbard 提供）；插图即显示山体松树甲虫（USDA Forest Service提供）。

现在经常被报道，美国西部地区野外火灾季相的频度渐增（火烧面积超过3,000,000公顷）。极端气候事件（如，干旱、洪水、飓风、南部厄尔尼诺现象变化的频度）发生的频度及它们对干扰（如，火灾和昆虫大爆发）的影响也随着未来气候变化而增加。

由于这些事件对生态系统结构、功能和极端干扰的时空数据库的影响并不显著，它们对生态系统结构和功能的影响的数据不足，我们需要量化非线性反馈和跨尺度相互作用，并确定干扰活动和景观属性（如，连结度和异质性）间的临界值(Peters et al., 2004)。

因此，我们关键是要建立极端事件的全球数据库，量化它们对生态系统结构和功能的影响，包括在破碎和具有高度连结度的景观中，对干扰扩散的量化。量化极端事件对生态系统性质和动力学的影响，需要促进整体的研究，包括生物地球化学循环、土地-大气的相互作用、生物多样性、空气和水的质量、生态系统恢复模式、必要的生态系统服务供给对时空尺度人类社会的影响。此外，完整的生态系统动态模型需要建立临界值的响应和极端事件的影响，模型中还应包括陆地和淡水系统机制的联系。

有毒物质和污染物对生态系统和人类健康的影响

生物地球化学循环的干扰主要源于这样一个事实，即人类的工业活动正带给社会大量新的有用的产品，但它们可能对社会存在危险，可能是有机和无机化学产品。全球尺度的生物地球化学循环工作主要关注干扰影响的由自然过程调节的自然循环。然而，我们需要对更多的外来产品进行最小风险评估，这样做，可能对人类和自然生态系统产生较小的负作用。

这些产品主要分为四类：破坏内分泌的产品，医药品（包括抗生素），有机混合物和金属材料。它们能够在使用地较远处出现，甚至出现在南极，

它们能够在使用地较远处出现，甚至出现在南极，它们能够分布在全球的各个角落，这是一个相当严重的问题。已经证实：它们的负面效应非常广泛，以致威胁人类和其它物种的性能(Kolpin et al., 2002; Porter et al., 1999)。虽然目前存在大量这类数据和研究成果，但它们都没能在全球尺度和产品影响方面进行评估。因此，我们不清楚：这些化学产品对生态系统过程潜在的影响，如产品分解和初级生产力的速率，更不清楚：它们对主要的生物地球化学循环的影响。GLP 应该在多尺度建立联系，以便探究新的有机混合物对生理、物种、群落，尤其生态系统过程的影响，最后，将影响循环的自然和人为过程结合。生态系统模型必须把有毒物质的传输和对生态的影响联系在一起。

土地和水域管理或土地利用的变化对大气组成和气候的影响

随着人口增长，人类对自然资源的需求愈来愈大，同时极大地影响生态系统的各个部分。热带、温带森林，热带、亚热带草原的过渡开发及所有气候带农业的扩张已经导致土地覆盖发生变化，土地严重退化、土壤侵蚀，径流增加等。大量证据显示：土地管理（如，农业、草地和森林管理）(Vitousek et al., 1997)和水域管理(Gleick, 2003)的变化对生物物理性质和生物地球化学循环造成影响。生物物理性质和生物地球化学循环又改变能量预算、大气组成、辐射驱动力、蒸发和降水，最终改变水、碳和营养物质的源、汇及循环，上述改变又影响生态系统过程及生态系统服务的持续供应。

由于土地利用变化导致的二氧化碳浓度增加，这类数据很多，但可利用的关于土地利用变化（热带的森林砍伐、干旱区过渡放牧和雨养农业）对五方面造成影响的数据却很少，五方面有：浮质的制造（来自火灾的碳颗粒、土壤退化的矿物残渣、城市系统的硫酸盐）、浮质的传播形式，

Box 6.干旱网

由于对人口（如，食物安全、经济和持续力）和环境质量（如，沙尘暴、痕量气体散射和土壤侵蚀）的影响，干旱土地退化（如，荒漠化）成为社会关注的焦点之一。GCTE 和 LUCC主动联合起来研究全球问题，并通过对荒漠化研究网（干旱网）的评估、研究和综合来协调 GCTE 和LUCC的问题。干旱网是由三个节点（南北美洲、亚洲-澳大利亚和欧洲-非洲）及四个任务组成。

任务一：建立范式。运用专题研讨会和座谈会，建立一个概念式的土地退化等级模型——Dahlem 荒漠化范式(DDP)，见网址www.biology.duke.edu/aridnet，并参考Reynolds和Stafford Smith (2002)——这个问题正在由国际荒漠化研究者、赞助者和政策执行者研究、运用和修改。DDP是一个无价的工具，原因在于：(1)在一个独立综合系统的各个尺度，强调社会-经济和生物物理系统的重要联系(2)经得起检验，并能够得到改进。

任务二：案例研究。工作组运用成层、对比方法中精选的案例研究测试DDP，以便在全世界范围内表现大尺度的生物物理和社会-经济问题。这些案例的研究是基于现存数据和具体赞助者。第一个研究地是墨西哥中部La Amapola的一个小村落。DDP的运用主要确定了La Amapola土地退化方面的主要的社会-经济和生物物理变量，并找到了潜在的土地恢复方法。

任务三：综合。案例研究将对荒漠化过程的物质进行定量评估，尤其研究主要生物物理和社会-经济变量的相互联系。

任务四：联网。干旱网努力招募和培养复合型研究者。

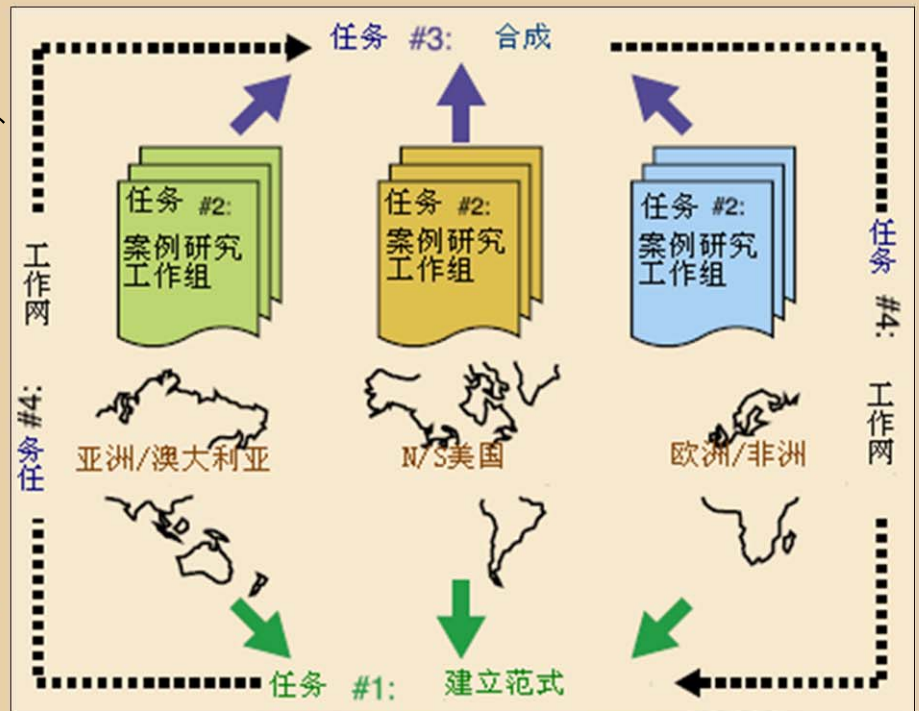


图9：干旱网的三个节点及四个任务Reynolds et al. (2003)

它们对气候的影响、降水状态和降水率。重要的问题包括：(1)城市的热岛效应是否影响同风向的生态系统？(2)大面积灌溉是否增加干旱区的湿度和疾病的发生？(3)依赖地下水灌溉的农业衰竭时，生态系统是否将在原来的气候条件下恢复？

陆地和淡水生态系统中大气变化及它们反馈的单一和多效应将成为这个领域关注的问题。此外，需要把案例研究大量的数组编纂并组织起来，使它们成为时间上一致，空间上具有地理相关性的数据库，为全面评估效应服务。通过对控制土地利用变化的政策和经济决策进行分析，我们了解到：研究土地覆盖变化时，不要仅仅研究它的量化率，这一点非常重要。

总结

- ☆ 全球变化驱动力相互影响情况下，我们要关注整个系统不同时空尺度的生物地球化学预算。
- ☆ 建立十年的研究，理解全球变化的不同因子如何对局地、区域尺度的生态系统造成影响。
- ☆ 强调可变性，关注全球变化的极端事件和非线性或临界响应。
- ☆ 考虑有毒物质和污染物在干扰生物地球化学循环时的作用，及最终对环境和人类健康造成的影响。
- ☆ 为主题二的一个问题——全球变化如何影响生态系统服务——提供基础，并优先研究主题二的生态系统服务问题。

做出贡献的团体

农业研究群体、大气科学研究群体、土地生态系统-大气过程集成研究 (iLEAPS)、水资源群体、生物多样性计划 (DIVERSITAS)、BioMerge、陆地生态系统对大气与气候变化的响应 (TERACC)、生物圈-大气圈稳定同位素网络 (BASIN)、通量网 (FluxNet) 和过去全球变化 (PAGES)。

主题二：土地系统变化的后果

土地利用和全球环境变化（包括对人类和生态系统的反馈）推动土地系统发生改变，这种后果对地球科学系统造成深远的影响。通过生态系统服务在大尺度发生变化，如农业生产力、清洁空气、饮用水和其它，我们能够更好理解对人类的反馈。通过土地管理决策框架的变化，我们也能够更好理解对生态系统的反馈，此外，对生态系统反馈可能包括对社会变化的反馈。真实或潜在的土地系统变化促使上述变化发生，或在形成局地土地利用决策时，社会、人口统计和经济驱动力的影响能够协调这些变化。

生态服务有效性的变化影响人类赖以生存的社会-环境耦合系统的生存力、生产力和稳定性。土地管理决策可能导致不同生态系统服务传递的权衡。因此，主题二的目的是确定土地利用决策可能的平衡，理解强加于土地管理的多重复杂的因果关系。通过调节自然输入和经济回报，土地管理决策可能推动土地生产力转换，我们将付出努力来量化生态系统的变化，生态系统服务的变化由干扰或管理框架的改变引起。

人类活动和资源基础条件的关系不能简单的根据因-果范式制图。对土地系统变化做出响应，由于技术知识或理想方法的可利用性，真实的决策过程可能被经济、社会、政治、文化，甚至心理因素影响，此外，这个过程还将包括协商问题和解决冲突。已经证明：影响资源管理决策和环境变化的反馈时，社会分化和社会动态起着重要的作用。变化的感知方面也存在较大的差异，这主要由于看法、知识、喜好和行为的不同导致。

主题二的研究需要综合复杂的社会-经济、政治和环境文化的特征，在这些特征中也包括土地利用决策，并把这些决策在不同尺度的格局和过程中概念化。许多研究中，土地系统重要的联系往往在局地或区域尺度研究，然而，GLP的挑战是理解全球尺度这些联系影响与被影响的过程。决策制定过程的许多关键因素也可能随着时间改变。因此，时间尺度也是综合分析社会与环境关系的一个必不可少的元素。最终目标是更好的理解可持续土地管理战略的定义过程。



问题2.1 生态系统变化带给耦合地球系统的临界反馈是什么？

由于人类活动直接（如，土地利用变化）和间接（如，大气和气候的变化）的影响，陆地和淡水生态系统正处于变化之中。生态系统结构或功能被改变时，生态系统中的生物地球化学循环、生物物理性质很有可能也被改变，尤其是碳、营养物质、水和能量的通量。由于这些通量在影响区域和全球大气化学和气候时的重要性，它们对地球系统同样会带来较大的反馈。例如，如果生态系统中的碳和其它温室气体流向大气的量增加，或者如果生态系统表面性质的变化引起局地或区

域气温升高，积极的反馈（增加人类引起的气候变化）将会发生。如果陆地系统储存更多的碳，负面的反馈（减少净气候变化）将会发生。确定生态系统变化对地球系统反馈的范围是非常重要的。不同的生态系统区域可能反馈的方式不同，所以，除了用地球系统模型模拟全球尺度反馈，具体区域的分析也是必不可少的。

问题2.1主要关注通过土地变化表现出来的地球系统功能问题，并把研究广泛的建立在主题一的基础之上。然而，问题 2.1的具体研究内容是：人类活动和环境变化导致的生态系统变化，研究重心放在生态系统变化影响土地反馈的方式。因此，这一系列研究强调：(1)生态系统反馈的多重压力的相互作用；(2)跨越时空尺度（从斑块尺度到全球尺度）和土地利用管理各种类型的景观尺度；(3)综合研究，与地球系统科学合作组织（ESSP）的其它研究小组结合。

地球系统的临界反馈

问题2.1主要研究：由于垂直和侧向通量的变化，生态系统动态变化对地球系统的影响。GLP将为理解发生在全球的生物地球化学循环的变化，包括这些变化的自然和人为因素服务。这

些变化包括：各种气体直接和间接向大气扩散，一些物质通过河流传输到沿海区，这些沿海区主要通过人为驱动力对土地系统作用形成。由于农业生态系统和城市区域对地球系统潜在的作用，它们是地球系统重要的组成元素，然而，还未充分研究这些系统的生物地球化学作用。

大多数反馈相对慢，主要由生态系统生理的变化直接导致；突变也是有可能的，并包括陆地生态系统功能阈值的反馈。例如，气候改变和土地利用变化有造成生态系统结构或功能相对快速变化的潜力，反之，生态系统结构或功能又对地球系统造成深远的影响。

问题2.1将主要揭示不同大气和气候因素（如，二氧化碳浓度增加、气温升高和降水量的变化）对生态系统结构和功能的影响，并改进生态系统动态模型。由于水和原料侧向通量的变

化，景观的变化也能够造成淡水水生系统发生改变，进而，导致这些淡水系统给地球系统带来各种反馈。研究陆地到水域系统中的水、营养物和沉积物通量的机制和数量对各种尺度不同区域都是非常重要的。

从管理的直接干涉到气候变化的间接影响，各种人类活动不同程度地影响火灾和其它干扰现象（如，脊椎动物和无脊椎的草食动物）。动物（如，草食动物、授粉者和种子传播者）调节陆地生态系统的结构和功能，因此，它们间接的决定景观储存碳和营养物质的能力。通过把火灾和其它干扰现象的因果研究和全球模型相结合，问题2.1将确定地球系统功能火灾和放牧等干扰现象的临界值。

重要的缺口包括：(1)土地利用和土地管理的变化如何改变河流流量（量、质和时限）？(2)从高地到河流如何滤去碳，这点对全球碳的预算多重要？(3)沉积物的传输如何在主要的河流系统中

存在差异？人类在改变沉积物流量中的角色是什么？(4)湿地的生物地球化学功能是什么？(5)火灾现象的变化如何改变生态系统的生物地球化学和生物物理性质？(6)动物动态的改变如何影响景观尺度的能量、水和营养物的传递，区域对地球系统的反馈是什么？

影响生态系统反馈要素的时空联系

土地覆盖、土地利用、土壤和地形的空间格局能够影响过程间相互作用的方式，同时也影响着地球系统。例如，研究指出：雨量对森林砍伐的反馈是非线性的(Goitre et al., 1997)，且因砍伐模式而定。模型和观测研究需要考虑空间格局和景观异质性对过程的影响，包括非线性反馈和突变的可能性。仍未回答的几个关键问题：(1)景观格局如何影响来自土地的原料和能量通量，对它们的控制包括几个方面？(2)能够很好的表现对侧向和气体流量的影响，这需要土地利用和土地覆盖什么精度的空间分辨率？

Box 7.生态系统产品和服务

地球系统的各个过程为人类提供环境产品和服务，它们能够维持生命，并对人类的生活至关重要。这些“生态系统产品和服务”包括饮用水、肥沃土地、清洁空气和减缓洪水。整个历史过程中，一直认为这些是理所当然的，因为它们并未被人类活动强烈影响。因此，多数经济体制在评估生态系统产品和服务时并不健全，不符合市场经济。目前，人类对环境的影响——包括对生物地球化学循环的直接影响，已经威胁到生态系统产品和服务的质量和长期供给。

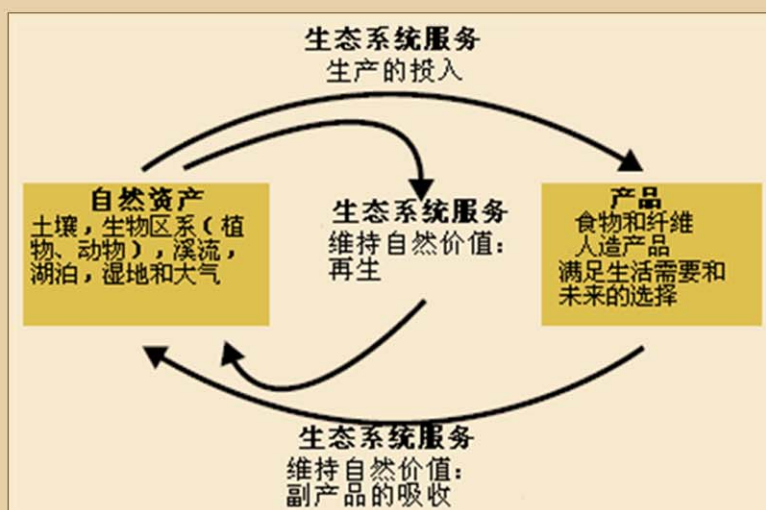


图10 生态系统自然资产与生态系统的产品和服务的关系ASEC (2001)

(3)反馈对世界上一些区域的空间格局比对其余的更敏感吗？

针对各生物物理过程，存在不同尺度的方法论(Feddes, 1995; Moorcraft et al., 2001; Avissar and Chen, 1995; Norman, 1993; Box, 1996)；然而，生态学家对尺度的研究往往没有考虑社会-经济系统，而社会科学家则没有很好的考虑生态过程。此外，土地系统对地球系统的反馈是非线性的，并通过复杂的过程反映出来，这些复杂的过程还未被很好的理解或量化。GLP的挑战是在社会-环境耦合系统内形成全新尺度的方法论，这也包括新模型和观测系统的形成(Running et al., 1999)。

土地系统生物地球化学研究的范围将被扩展，

首先向城市和城市过渡区发展，其次，是广泛的农业生态系统（包括农作、放牧和混合系统）。这些研究的最终目标是：根据输入（如，肥料的应用）、输出（向大气和淡水系统）和内部累积或损耗（包括化学转换），在局地尺度，如果可能的话，或在区域尺度，调节碳、氮和磷的系统预算。

生物地球化学的预算完成的可能性极小，甚至在研究相对好的生态系统中也是如此。部分原因是：陆地和淡水系统中的碳和氮具有很大的不确定性(Hungate et al., 2003)。尽管目前已经存在有力的证据，证明大部分陆地系统存在碳汇，但是，碳汇的位置或响应的过程仍有异议。相似地，假设响应的氮在土地系统中

Box 8 城市二氧化碳

生态系统过程（如，植物和土壤的生物地球化学性质）正严重地影响着人类支配的土地系统（如，城市）。GCTE主办的生物圈-大气圈稳定同位素网络(BASIN)，它运用同位素追踪并探寻生态系统过程对大气的影响，并确定这些过程如何被全球变化调节。

检测美国犹他州盐湖市碳同位素，并把夜间二氧化碳的浓度分成两个部分，即城市森林呼吸作用的物种起源元素和化石燃料燃烧的人类起源元素。

结果显示：尽管化石燃料的释放对城市大气的影响，生物过程还是很容易察觉。这些过程为城市碳循环服务，并为城市居民提供广泛的服务，包括吸收碳、转移大气污染和蒸发及转换反照率的冷却效应。

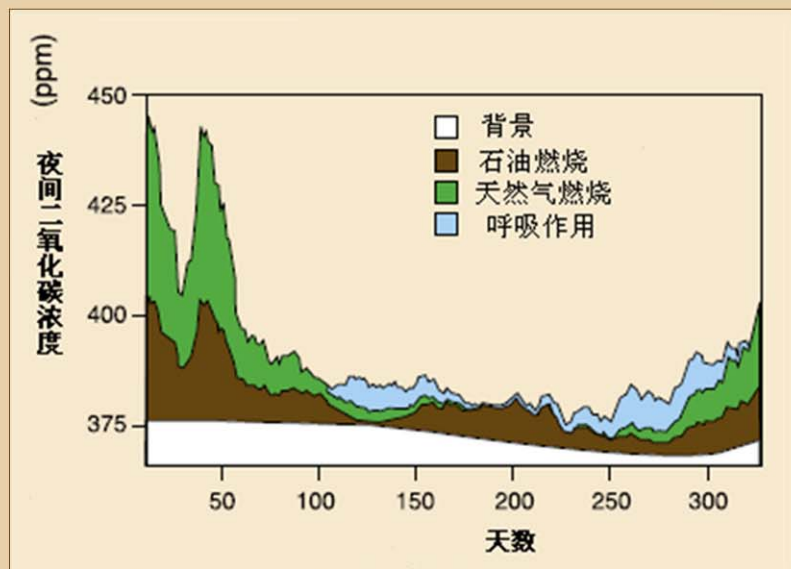


图11 2002年犹他州盐湖市二氧化碳在夜间的浓度分配Pataki et al. (2003)

汇聚，但证据仍然不足，或有时候恰恰相反。土地系统中的碳、氮和磷的临近预算将极大地帮助我们减少这些不确定性，使我们更加了解生物地球化学循环的相互作用。

近来，墨西哥雅西族山谷的研究为区域尺度人类支配的复杂系统提供了有力的模式。关于城市生态系统生物地球化学循环的一些建议为GLP的研究活动服务。尽管通量网站很少研究元素的侧向流动，它仍然为评估生物地球化学预算提供了技术方法。因此，通常认为应该为不同土地系统建立新的网络，在网站内我们建立模型研究。在对比预算，扩展尺度（从局地到区域再到全球尺度）过程中，运用一个基本的、公共的方法论是非常重要的。对不同生态系统的存储功能、主要生物地球化学循环的通量和人类活动在改变这些预算中的角色进行集成研究时，应该为检测全球和区域土地系统模型传递重要的数据集。

（LOICZ）、陆地生态系统对大气与气候变化的响应（TERACC）、生物圈 - 大气圈稳定同位素网络（BASIN）、通量网（FluxNet）生物圈-大气圈痕量气体交换(BATREX)、土地利用/覆盖变化（LUCC）、全球碳计划（GCP）、全球水系统计划（GWSP）、全球环境变化的制度因素（IDGEC）。

总结

- ☆ 在过程尺度，进一步理解土地系统生物地球化学特性（包括城市和农业生态系统），尤其影响原料通量时，多重压力对过程的作用。
- ☆ 提高对碳、水、氮和沉积物侧向通量动态的理解，及它们作为地球系统反馈路径的角色。评估干扰现象（火灾和放牧）的变化，及源于土地管理和气候变化导致的生态系统反馈的变化。
- ☆ 改进模型，使它们能够从局地和区域尺度到全球尺度表现生物地球化学通量。
- ☆ 接近土地系统区域的碳、氮和磷的预算，尤其是城市、城市过渡区和农业生态系统的预算。

做出贡献的团体

全球变化与陆地生态系统（GCTE）、全球分析、集成和模拟（AIMES）、土地生态系统 - 大气过程集成研究（iLEAPS）、海岸带海陆相互作用（



问题2.2 生态系统结构和功能的变化如何影响生态系统服务的传递？

生态系统结构和功能与生态系统服务并非平衡的。Mooney (2003)做出巨大努力，定义生态系统服务及生态系统服务、结构和功能的关系。问题2.2将研究这个问题，并探究生态系统结构和功能的变化如何影响生态系统服务的传递。目前，许多关于生态系统的研究已经关注了生态系统的性质（如，初级生产力和硝酸盐渗漏），但并未把具体的生态系统服务（如，碳较少、水质）考虑进来。因此，对于

不同管理强度的生态系统镶嵌体提供的服务尺度，上述研究在评估气候、大气组分或土地覆盖变化的潜在影响时，并没有提供任何帮助。所以，到目前为止，我们还不能确定这些后果如何影响土地利用和土地管理权衡决策。问题2.2的焦点：测量或模拟生态系统结构、功能及它们与土地管理的联系，形成详尽的分析框架和方法，评估生态系统服务传递的变化。

在给定尺度下，评估土地管理变化后果的本质需要综合各方面的科学知识。例如，给定土地覆盖类型（包括土地覆盖类型间的转换）提供服务的反馈知识。目的在于：综合知识，修补空缺，为这些复杂的管理决策提供基础。这对确定土地管理路径尤为重要，路径能够权衡或协调各种生态系统服务。

问题2.2将关注生态系统服务一个子集的变化，它是由千年生态系统评估（MEA）定义，并在全球或局地尺度具有很高价值，可以基于主题一的内容作进一步研究。这些生态系统服务包括：食物和纤维的供给、水量和水质的调节、通过生物物理性质或温室气体通量调节气候，土质的调节，稳定性和重建能力及具体系统内具有很高价值的其它服务（如，热带地区，提供本地居民药性植物）。此外，为这些变化找出恰当的规律和尺度，这一点尤为重要。

我们需要进一步理解何种生态系统性质和过程为传递和维持具体的生态系统服务，并有一个可靠的理论基础支撑，这个理论基础主要是对生态系统机制的假定，而这种假定是基于生态系统服务的相互作用、权衡和协调。目前，研究中一系列生态系统服务已经被量化，同时，我们要用这些研究的数据论证上述假设。此外，我们尤其要关注：引起生态系统服务突变的非线性和反馈的确定。这种结果能够通过暗示生态不匹配的需求，引导土地管理的实施，例如，仅考虑个别的土地管理观点时，权衡不同生态系统服务。

生态系统结构和功能变化的驱动机制

生态系统结构和功能变化的多驱动力（生物物理和社会-经济方面）的影响需要在不同时空尺度进行评估。驱动力的例子：(1)全球生物物理或生物地球化学变化，例如，气候、大气二氧化碳浓度；(2)制度的转变，例如，管理分散；

(3)管理实施的改变,例如,放弃集中收割;(4)社会转变,例如,从中央集权到自由的市场经济。

由于不同时间尺度的响应,仅仅通过观察现有土地覆盖类型评估土地覆盖转化带来的变化是不充分的。例如,遗弃的农田和牧场对土壤造成的变化相当滞后,碳的恢复相当缓慢,或者年老森林提供的服务很迟缓(Foster et al., 2003)。因此,研究将关注世界不同区域最普通的土地利用迹象。

为了实现研究覆盖全球,应该综合考虑全球尺度的土地覆盖类型。除此之外,运用精选的局地或区域研究,综合考虑小尺度土地覆盖类型(包括具体立地的生态系统服务)。这些变化如何影响土地覆盖提供的多重服务的传递,这个问题将通过多种方法解决,即综合分析方法、运用多种类型的实验,及观测技术和模型。考虑到土地覆盖和土地利用类型提供的多重服务,研究也需要评估它们的自然变异性。无疑,综合研究复杂的变化将导致一些区域(由强化过程研究引导的区域)集中付出大量的科学努力(问题1.3)。

这个主题主要的任务是:从定性和定量角度,理解土地覆盖的转移和土地利用强度的变化如何从定性和定量角度改变生态系统服务的传递,同时,也要理解生态系统服务的传递如何随灾难性干扰、或不寻常的干扰而改变。

不同尺度生态系统的联系

主要的挑战将是分析不同尺度生态系统的联系,及连接度对服务传递脆弱性的影响方式,脆弱性主要在由内外部自然或社会-经济变量的变化或不寻常的干扰现象引起的压力下表现出来。由于一个独立的土地斑块产生一系列生态系统服务,这种服务改变局地生态系统的功能,所以,独立斑块的景观环境影响它提供服务的能力。多数情况下,不能通过总结个别土地覆盖类型提供的服务推断景观尺度的生态系统服务。原因主要有两点,第一,一种土地利用类型一定存在相当多的异质性;例如,局地的地形、土质和水环境可能导致吸收碳的潜力的改变。第二,通过确定景观尺度生物间的相互作用,水、能量和信息流,土

地利用镶嵌体能够影响生态系统服务的传递。例如,农业生态系统中,解决与食物安全相关的问题时,需要理解区域净生产力的变化(考虑到复杂的土地利用格局和相互作用)而不仅仅考虑小范围的生产力情况。

生态系统服务传递过程中,景观连接度和景观动力学的作用并未得到充分理解。研究需要考虑:不同格局的土地覆盖和土地管理如何影响它们传递服务的能力,或传播害虫和疾病的能力。这一论点中尤其重要的是研究迅速转变的地区:例如,城市过渡区或农业强化区。理解各尺度不同生态系统的连接度要与一个区域内多元素的临近预算结合(问题2.1)。

总结

形成详细的分析框架和方法,分析生态系统服务传递的变化;检测或模拟生态系统属性(结构和功能)的变化,并为这些变化找出适当的规律和尺度。

形成关于生态机制的假设,这种假设是基于生态系统服务的相互作用、权衡和协调,并检验它们是否符合现有数据。

评估引起生态系统结构和功能变化的多重驱动力(生物物理和社会-经济方面)在不同时空尺度的效应,并关注非线性和反馈。

从定性和定量角度,理解土地覆盖和土地利用强度的变化(包括灾难性或不寻常干扰的效应)如何改变生态系统服务的传递。

分析各尺度生态系统的连接度,及景观连接度和景观动力学在生态系统服务的传递和脆弱性方面所起的作用。

做出贡献的团体

千年生态系统评估(MEA)、生物多样性计划(DIVERSITAS)、陆地生态系统对大气与气候变化的响应(TERACC)、生物圈-大气圈稳定同位素网络(BASIN)、通量网(FluxNet)、IGBP Transects、土地生态系统-大气过程集成研究(iLEAPS)、海岸带海陆相互作用(LOICZ)、全球碳计划(GCP)、全球环境变化与食物系统(GECAFS)、全球环境变化与人类健康(GECHH)。



问题2.3 生态系统服务如何与人类生存建立联系？

人类生活依赖陆地生态系统提供的一系列产品和服务，它们在维持、调节、支撑地球上的生命和提供经济产品时起着至关重要的作用 (Costanza et al., 1997; Daily, 1997; Daily et al., 2000)。人类对生态系统服务的依赖除了经

济方面（包括收入，资产和能力），健康、安全、食物和营养，还包括文化、艺术和精神方面。土地系统的变化能够改变它们传递服务的能力、降低服务质量并威胁到生态系统的恢复力。问题2.3旨在理解人类生活如何被这一系列变化影响。

GLP的关键问题：生态系统服务的变化如何影响特定区域的人类生活。这需要结合前人的研究，研究包括：自然和人文环境的变化如何影响人口、经济和社会。然而，一些研究则寻求证据：极端事件（如，干旱、暴风和害虫入侵）和生态干扰如何影响生命、生活和脆弱性，或如何预测对预期全球环境变化的影响。一系列生态系统服务供给突变前后，很少有研究提供控制对比或自然实验对比条件(Turner et al., 2003)。例如，生态系统服务传递的变化如何影响农业生产力、农业经济（参与、成本条件、经济收益和投资）、农村生活和迁移、土地与水的冲突、公众健康与安全？

生态系统干扰的不同状态下，研究需要寻求生态系统服务价值在样地一级的变化，同时，需要证实时间尺度多种生态系统服务发生变化的影响。解决这些问题，需要通过案例的对比研究，评估不同社会-经济条件下，不同土地系统对生态系统服务的依赖程度，并确定影响生态系统功能和人类生活关系稳定性的因素。

生存系统环境下的生态系统服务

为了评估生态系统服务在人类生存中的重要性，需要将生态系统服务置于生存系统环境中。生存

不但要满足基本的食物、营养和收入的需求，也要形成资产，并建立表现生存前景的能力。可持续生存力的发展方向是：将多生态系统服务与资产形成和收入集成的功能更好的结合起来。农业生产者对自然资源的依赖，从农业到林业产品的收获，原则上讲，广为人知，然而，还需要对资源进一步评估，以及在土地系统变化中，评价生存和生态系统服务关系的敏感度。

鉴于土地系统提供的消费产品（如，谷物、动物蛋白质、纤维和林木产品）通常由市场进行评估，它们对人类生存和生态系统基础服务所作的贡献往往不受重视。例如，可以把生物多样性看作连接自然结构和过程的“胶水”，它对维持人类生存依赖的生态系统功能至关重要。但是，很难对经济生活直接或间接依赖生物多样性的幅度和变化程度进行评估。进一步理解生态系统服务对城市中心区家庭、群落和工业的直接影响，将显示着一种需求，不但考虑初级部分，也要考虑与局地、区域和全国经济的第二、三和四部分的联系。

评价生态系统服务

自然学科中，“评价”的概念存在争议。自然和社会科学的各学科中，“评价”、“评价系统”和“估价”在含义和解释方面存在较大差异，尤其

是经济学和生态学，还有心理学、哲学、社会学、人类学和政治学(Faber et al., 2002)。评估的基础也可能因文化或社会背景不同而异。社会差异的多维（如，年龄、性别、财产、阶级和种族）及它们随时间的变化影响生态系统服务的评估。仅仅依赖它们时，某些生态系统的服务可能不能均衡分布，环境变化的影响也不平衡。因此，虽然在全球尺度，生态系统服务对生态系统功能的贡献遵循一致的原则，由于人类以不同方式从服务的传递中获益，生态系统服务对人类生存的贡献可能具有异质性。

任何试图评价生态系统服务的行为都需要考虑：它们的成本和收益如何在不同社会群体中分布，以及哪些因素决定生态系统服务的分配、管理。在这种分析中，观测的尺度尤为重要。典型地，局地用户高度评价生态系统近期直接提供的服务，而距离远的群体则更重视对生态系统长期间接提供的服务（调节、维持、支撑功能）进行评价。大环境中，成本和收益在社会群体中的分布显而易见：从局地到全球；从流域的上游到下游的用户；城乡居住者间；具有不同财富、权力和脆弱性的社会-经济群体。发展中国家，为了全球潜在的大收益，投入的保护局地生态系统的费用相对高。工业化发展较快的国家，为了平衡全球收益，局地费用相对低(Turner et al., 2003)。社会群体对生态系统服务的成本和收益分配的分析是讨论政策的基础，目的在于减少社会冲突和增强社会公平性，同时也考虑生态可持续性（例如，通过国际补偿或“为生态系统服务付费”的计划）。

基于土地的生态系统服务的基质和尺度

为了对基于土地的生态系统服务的基质和尺度进行重新评价，需要更多的研究为评估提供理论和方法论基础。通过对生态系统服务的评估方法进行系统研究，及建立模式概念，我们了解：评估生态系统服务，需要为自然和人文学家提供

一个跨学科的思想，因为这种思想考虑到多元性问题。重要的研究是：评估功能用途和非功能用途的完整补充性（如，超出个别生态系统功能，延伸到多功能多用途的角度），尤其要评估引起多尺度因素和被多尺度因素影响的价值，这些多尺度因素仅能通过跨区域和跨尺度的研究阐明。

总结

为生态系统服务供给突变前后的条件，提供对比研究和实验方法。

对案例进行对比研究，评估不同土地系统、不同社会-经济条件下，生存对生态系统服务的依赖程度。

识别并评价影响生态系统功能与人类生存联系稳定性的因素。

系统地探究生态系统服务的评估方法，并为生态系统服务的评估建立模式概念。

分析社会群体中，生态系统服务的成本和收益的分布。

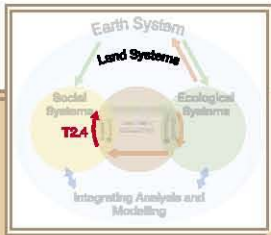
为基于土地生态系统服务的基质和尺度进行重新评估（包括功能用途和非功能用途的完整补充性的评价）。

为基于土地的生态系统服务的评估建立理论和概念基础（包括间接的生态系统服务）。

评估生存与生态系统服务的关系对土地系统变化的敏感度。

做出贡献的团体

生物多样性计划（DIVERSITAS）、陆地生态系统对大气与气候变化的响应（TERACC）、BioMerge、国家自然科学基金资助的生物复杂度法案、千年生态系统评估（MEA）、过去全球变化（PAGES）、全球碳计划（GCP）、全球环境变化与食物系统（GECAFS）、全球环境变化的制度因素（IDGEC）、与地球位置相对不变的地球气候传感器、工业转型（IT）、集成污染防治与控制、公共性质网络、生物圈-大气圈痕量气体交换（BATREX）、全球环境变化与人类健康（GECHH）。



问题2.4 在不同尺度和不同变化范围，人类如何对生态系统供给做出响应？

人类已经寻找了几千年管理自然资源的方法，自然资源源于陆地系统，并由人类生存和生活所依赖。过去的三十年，许多环境科学和政策已经充分发展，目前，它们的方向是注重土地、林地和其它资源的管理，及生态过程动态的重要性，动态的生态过程能够提供具体的经济和非经济产品效益。伴随着对生态系统服务和功能重要性的正确评价，环境管理方面正在发生重要转移，

从自然资源管理转向生态系统服务和功能的管理。这样的转变需要我们提高对生态系统管理与一个问题的联系，即：在不同尺度和决策制定的大环境下，人类如何对生态系统服务的供给做出响应，及如何协调这些服务的供给。这需要我们分析人类这个主体如何对这些变化进行反馈。

生态系统服务和服务环境的传递不能认为是相互独立的。根据时空条件或社会文化范畴这个大环境，影响在其中产生并被评估，生态系统属性的任何变化或这些变化的反馈可能产生积极或消极的后果。例如，加强农业生产可以获得局地人口预期的收益，却对其它社会群体，或其它地点或时期造成负面影响。然而，在景观尺度，生产力增加也可能允许把土地分配给保护区，从而在特定尺度提高生物多样性，提供消遣或美学收益及其它积极的效应。

问题2.1考虑问题主要的角度是：不同土地系统的生态系统功能和人类生活的关系。而问题2.4则不同：它认为土地利用决策经常包含在与不同尺度不同驱动因素相关的复杂、分层系统。管理决策使普遍复杂的权衡成为必须，这些权衡过程不同程度的影响着一系列社会群体。我们需要付出努力，以便理解基于可持续土地管理的特定环境下，如何平衡生态系统结构和功能的正负面效应。

土地系统的临界反馈和阈值转换

近年来，对LUCC所作的努力（焦点一）已经帮助我们揭开了潜在的生物物理和人类的特征（这些特征与森林砍伐与恢复的不同程度相关），如，农民受教育的程度、人口数量和分布，利用资源方式的改变及在先前土地利用基础上对生物资源的破坏程度(Geist and Lambin, 2001)。此外，需要进一步确定全球环境变化、生态系统结构和功能的改变与主要的土地利用/覆盖变化的反馈。尤其需要关注的是：不同土地系统的“阈值转换”或驱动机制的影响，生态系统改变与土地利用、土地覆盖与土地管理形成的临界反馈。这包括耦合系统中自然和社会-经济性质方面发生的快速且极端的转变。由于社会群体不同程度的依赖生态系统服务，并占据不同的财富和权力，它们很有可能被这种转变异质的影响（如，贫瘠的土地对肥沃的土地，乡村居民对城市居民，上游的土地所有者对下游的土地所有者）。脆弱性的

等级必须通过土地使用者和非使用者群体来评估，而生态系统服务的变化必须与社会因素联系起来，如迁移、制度改变和社会-政治冲突。这需要我们理解：在生态系统提供服务的前提下，哪些因素能够提高社会参与者和公众适应自然和人为驱动转变的能力。

社会对环境变化的响应

从目前关注的焦点中，我们能够发现两个问题：不同社会群体运用什么策略应对生态系统服务的变化；这些策略跨越时间的最终后果是什么。最初关注的焦点是：理解土地利用行为和全球环境变化关系的集成与回归本质。全球环境变化影响局地生态系统服务的传递，以及通过使用者的决策对土地利用/覆盖变化的反馈。人类是积极的主体，他们寻找感知到的临界环境变量变化的适当反应。显而易见，不同社会群体选择不同策略，以便保证、维持并保护他们生活所依赖的生态系统产品和服务。因而，土地管理确保影响土地用户决策的因素相互作用，反之，土地覆盖变化又影响土地管理。例如，部分由于土地利用覆盖导致的中国南部季风区的变化，这迫使农民采用新的土地利用决策，这些新的土地利用决策又影响土地覆盖及季风本身。运用气象学及传统知识的预测，我们意识到正在发生的厄尔尼诺现象，它影响农民的种植决定，也即影响土地覆盖变化，因而，影响潜在的火灾，它们又作为随后土地利用行为的条件，带来不同的土地覆盖后果。由于荒漠草原区土地变化所导致的土地退化，人口过度迁移到农作区（疾病的出现，包括免疫力下降），而迁移的花费是以局地对牲畜的投资前景为条件，它们影响着土地覆盖及最终的荒漠化的命运。

具有更大难度的权衡是那些基于土地的局地社会-经济发展与局地-国家-全球尺度自然保护的问题。例如，确保全球生态系统服务收益

聚集在一起，保护热带雨林则把高成本潜在的强加于当地农民身上。上游土地用户可能减少生态系统服务的质量和利用性（包括生态系统恢复力），它们为下游用户提供服务。城市发展的某些类型为城市生态基础建设让步，它们对社会的群体产生不同的影响，也促进了与农村居民，尤其是生活在城市过渡环境中居民的平衡。自然资本的保护，反对运用人造技术恢复或替代生态系统服务的供应。这种取代的潜力和局限性有待进一步详细证实。

人们仍然未能很好的理解这种权衡的内在本质。评估需要进一步努力，协调生态系统服务的困境和冲突，推动生态可持续性及其社会的公平性。然而，他们还需要考虑人类选择的多样性、灵活性及模糊性，以及这样的事实：人类驱动的过程具有明显的随机性。考虑到权衡问题在何地、何时以及何人能够接受，一系列社会协定构成了各自的决策路径，那么，深入分析自然资本的使用，则试图揭开基本的社会冲突与能力的关系（如，权利）。

土地管理决策可能依赖某些行为（作用于人类健康的自然资源基础的某些行为）潜在影响的知识及预测，更依赖具体社会-经济和政治环境中收益和成本的分布形式。此外，它们也依赖知识形成、累积、分布及调节的方式。对可持续发展方式进行全面评估，需要仔细分析具体环境中的潜在权利的关系（控制环境所属及协商的权利）、权利的基本原理和实践。需要寻找适宜的方式，即运用严密的模型协调复杂的社会-政治与社会-文化过程。

复杂的分层制度体系

这些问题与全球环境变化的多尺度研究框架的发展具有高度相关性。土地利用决策包含在一个不同尺度制度的复杂和分层系统中。制度通常作为指导原则和标准的公共集被理解，这个公共集在调节、推动自然资源使用上起到

关键作用。重要的一点是：探究具有不同效力的制度如何管理生态系统服务和如何管理权衡在传递角度的变化。对土地系统尤为重要的制度包括：市场体制、所有权问题、社会网络国家政治体制和国家官僚机构、环境管理政策及不同尺度的计划。尽管日益重视内源体制变化对环境变化的响应、制度设置的迅速转变及它们对土地系统影响的相互作用，大量的文献仍然检验了制度在资源管理中的角色（通常处于稳定环境条件下）。

由于环境管理日益关注生态系统服务（而不是个别的资源或使用），愈加需要新的制度安排和过程，它们有能力调节由不同社会群体的多生态系统功能带来的收益(PNAS, 2003)。这将包括对现存制度——具体管理生态系统服务的供应，评估它们在有效维持和管理不同尺度间接的多生态系统服务的作用——的映射和评估。此外，自然和社会科学家需要大量的研究支持灵活的生态系统服务制度的发展，这些制度有能力对全球环境变化做出响应。在全球环境变化的条件下，日益需要能够提供机制和步骤的制度，调节并解决社会群体在使用和管理生态系统服务时的冲突。

总结

☆ 不同社会-经济条件下，评估不同土地系统中的生存对生态系统服务的依赖程度，并识别影响生态系统功能和人类生活稳定性关系的因素。

☆ 生态系统处于不同干扰状态下，鼓励对生态系统服务价值的变化进行样地级的对比研究，并将跨越时间尺度的多生态系统服务变化的影响形成文件。

☆ 试图揭开不同土地系统中与生态系统变化和土地利用、土地覆盖和土地管理的阈值和临界

☆ 反馈相关的生物物理及人类特性（包括一个相关系统中自然和社会-经济性质的快速和极端转变）。

☆ 与生态系统结构和功能变化相关的决策制定，分析它的复杂和分层条件，并为一个学习过程服

务，在这个过程中，考虑在一个具体环境中如何平衡这些变化和管理的积极与消极影响，并将它们作为土地可持续管理的基础。

☆ 为了应对生态系统服务的变化，分析不同社会群体的策略、评估这些群体的脆弱性，并将生态系统服务的变化与社会转变、制度变化和社会-政治冲突联系起来。

☆ 探索如何调节模型，使之更能有效的表述社会-政治和社会-环境问题。

☆ 分析并评估现存制度在不同尺度的设置，评估它们在管理生态系统服务供应和解决运用和管理生态系统服务冲突的有效性。

做出贡献的团体

生物多样性计划（DIVERSITAS）、陆地生态系统对大气与气候变化的响应（TERACC）、欧盟框架第六计划网络、BioMerge、国家自然科学基金资助的生物复杂度法案、全球变化与陆地生态系统主题三、千年生态系统评估（MEA）、全球碳计划（GCP）、全球环境变化与食物系统（GECAFS）、全球环境变化的制度因素（IDGEC）、全球环境变化与人类安全（GECHS）、工业转型（IT）、城市化、海岸带海陆相互作用（LOICZ）、公共性质网络、生物圈-大气圈痕量气体交换（BATREX）。

主题3：土地可持续性的集成分析和模拟

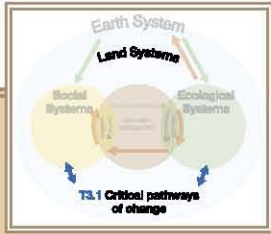
主题一和二为主题三的进一步研究奠定了基础，主题三检测了作用于广阔的地球系统的反馈的综合效应，包括发生在生物地球化学圈的反馈、生物多样性和自然干扰体制的反馈，及对土地生态系统变化的反馈。主题三正探索方式，综合人类与环境子系统的动态相互作用，以便评估可持续土地系统的脆弱性、恢复力和适应性，目的在于提供对决策和政策有意义的理解方式。为了解决上述问题，主题三将综合主题一和二发现，及国际地圈生物圈计划（IGBP），全球变化人文因素计划（IHDP），生物多样性计划（DIVERSITAS），千年生态系统评估（MEA）和其它项目的相关计划。

不同的科学研究已经为建立集成分析提供了充分的基础。研究高度重视出现在社会-环境耦合系统中基于路径的性质的作用，及改变了结构和功能的复杂系统的临界值(如，Berkes and Folke, 1998; Holling, 1978; Levin, 1998; Schellnhuber and Wenzel, 1998)。对脆弱性、恢复力和生态系统服务的研究，已经证明对土地系统产生威胁的本质，尤其是食物、纤维和水的供应(Daily et al., 2000; Dow and Downing, 1995; Folke et al., 2002; Kaspersen et al., 1995; Raskin et al., 1996; Rosenzweig, 2003; Turner et al., 2003a, b)。对社会知识和决策制定的研究使我们进一步理解了社会-环境耦合系统如何被维持，及如何与变化的驱动力相互作用(Cash et al., 2003; Kates et al., 2001; Lubchenco, 1998; Mooney, 2003; NRC, 1999; Raven, 2002)。此外，目前基于智能体和集成模型的发展使这

些复杂的要素能够被处理的更加系统和全面(如，Parker et al., 2001, 2003)。

土地系统是复杂的，被高度变化的驱动功能影响(如，Berkes and Folke, 1998; Lambin et al., 2003; Lambin et al., 2001; Levin, 1998)，并对人类-环境子系统的协调性表现出局地特有的响应(Schellnhuber et al., 1997)。所有这些要素都强调了研究脆弱性、恢复力和持续性时基于地点分析的需要(如，家庭，生产、消费和分布单元，或生态系统)(Cutter et al., 2000; Cutter, 2001; NRC, 1999; Wilbanks and Kates, 1999)。同时，土地系统中重要的数量动态(Parker et al., 2003; Schellnhuber and Wenzel, 1998; Steffen et al., 2004)及对社会带来的多种收益都需要在集成分析和评估时具有多尺度时空分辨率。

主题三的三个问题强调了在满足主题集成和与决策相关目标的科学需要方面的较大进步。反之，它们探讨：(1)土地系统变化的临界路径，包括在数据和模型集成方面必要的观点；(2)土地系统脆弱性和恢复力耦合的本质，及它们与多种灾害和干扰的关系；(3)制度在土地系统持续性方面的作用。



问题3.1 土地系统变化的临界路径是什么？

对具体生态系统、植被复杂性和土地利用的理解已经取得显著进步。然而，这项工作仍需进一步细化，尤其要关注：揭示土地变化动力学的某些“系统”特性(Schellnhuber et al., 1997; Holling, 2001; Steffen et al., 2004)。土地系统经历的历史过程可能形成变化的未来路径（或可能性），重新配置土地系统及它们的脆弱性和适应能力，这个过程被看作具有“史实性”或“路径依赖性”。土地系统日益被看作源于系统组分相互作用形成的时空格局(Lambin et al., 2003;

Reynolds and Stafford Smith, 2002)。此外，一旦以非线性的方式把系统跨越或移至新的状态，土地系统动力学可能遇到阈值。世界范围内给定土地变化的速率、数量和新颖度，土地系统的这些特征显得尤为关键。对主题三的其它问题来说，理解土地系统变化的临界要素、动力学及路径是基础问题。

多级组织的系统动力学及相互作用

针对多数土地系统，并未很好的理解多级组织和尺度的不同系统性质的相互作用。生物物理或人为变量的变化（气候变化或管理实施的改变）影响这些相互作用，反之，通常导致出现先前不能确定的性质或带给耦合系统不确定的后果。土地系统基本特征的变化能够使其转变为另一种状态，因此，功能得到转变。例如，在Yucatán南部，一大块土地充分的重复发生火灾，结果导致出现一种入侵的蕨类。一旦确定，这种蕨类将长期阻止自然林地演替，对生物区系、生物量和营养圈产生某些影响，破坏正常的土地利用的砍伐-燃烧循环，因而导致大片林地被砍伐(Turner et al., 2001)。在复杂的协调系统发展过程中，我们有必要提高对系统动力学、阈值和反馈的理解。

生态系统结构或功能被改变时，它的生物地球化学循环和生物物理性质也可能随之改变，包

括碳、营养物、水和能量的通量。由于这些通量在影响区域和全球大气化学和气候中所起的重要作用，它们也将带给地球系统重要的反馈。

土地变化的长期观点（史实性）

对作用于土地系统的史实性（或路径依赖性）的识别是系统研究和集成模拟的成果。过去做出的决策为我们目前景观的形成提供初始条件。换言之，过去的土地系统实践可能“阻碍”未来的选择，限制能够采取的方式。例如，生物多样性的破坏（尤其是珍惜物种）减少了生态系统改变的可能路径，包括回到从前的结构和功能的机会。褐色 - 领域是位于城市 - 农村交界面的一个显著的例子。一般地，调节被有毒废物污染的土地用途，阻止它们复原，将导致这些土地被遗弃，把城市土地利用转变为低密度的稳定裸地。在这种情况下，城市区域失去了它们征税的基础，及城

市占用的潜在区域(如, Colten, 1994)。

褐色-领域是一种极端情况, 过去土地系统的条件和偶然性通过一系列因素影响未来的土地系统。这些因素中的大部分并未存在很好的文字记载, 或与土地模型结合。研究需要采取这种方式, 即采取一个覆盖过去、现在和未来发展的长期观点, 搜寻变化的非线性特征、路径依赖性及其出现的性质。

不同程度复杂性模型

通过将世界不同区域土地系统结构和功能及复杂动态模型的专家知识结合, 进行综合和对比案例研究的评估, 使问题3.1取得了许多进展。已经形成了时间、空间和过程不同复杂

程度的模型, 以便检验过去、现在和未来行为的假设是否与不同的数据相符。(Irwin and Geoghegan, 2001; Parker et al., 2003)。较简单的模型更容易阐明, 并减少了人类驱动错误的可能性, 计算起来也较经济, 此外, 能够进行多敏感度实验, 产生的结果易于分析和理解。事实上, 根据抽象的等级, 运用简单的模型通常能提高对主要系统控制的理解。

然而, 这些较简单的模型常常忽略重要的过程或尺度, 在这种过程或尺度上, 使用较复杂模型, 真实的世界会起作用。主要的挑战之一是: 将次级变化动态(长期水平变化基础上的再变化)与这种模型合并, 将时空尺度内和跨越时空尺度

Box 9 生物量增加

由于人类活动导致的大气二氧化碳浓度增加, 可能影响陆地植物的生长——可能对大气二氧化碳产生负反馈。目前, 正在世界许多生态系统内研究这个反馈问题, 并由IGBP的国际陆地生态系统对大气与气候变化的响应(TERACC)网协调工作。已经出现了协调的模式, 包括水的可用性与生态系统二氧化碳反应的连结, 尤其在水量有限的草地。

生态系统二氧化碳量增加的影响并非随时间呈稳定趋势, 而是随气候的年际和空间变化而改变, 如全球和区域气温、降水量和其它变量的变化都有可能提高或抵消二氧化碳增加的后果。GLP将帮助进一步理解这些复杂的相互作用, 并量化它们。

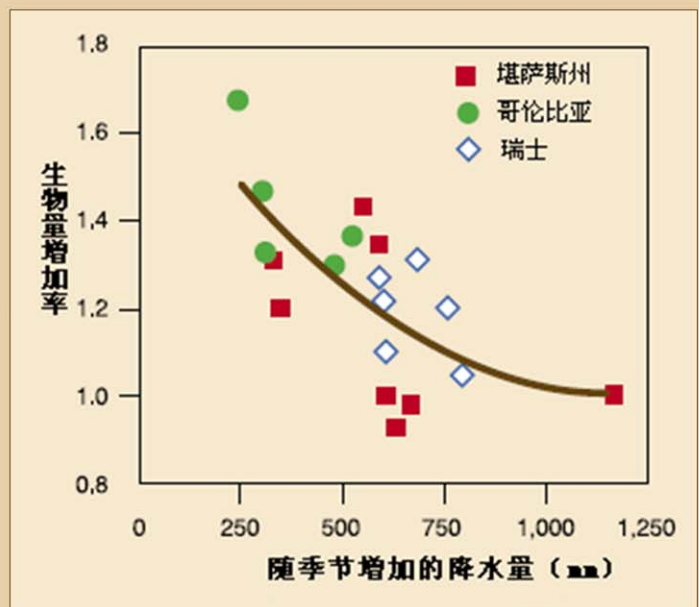


图12 在三个草地的实验中, 三个干旱年份, 由于二氧化碳浓度增加而导致的地上植物生物量的增加是最大的 (Morgan et al.(2004); 经Springer-Verlag 同意再版)。

的所有反馈结合。由于较复杂的模型能够更好的表现真实世界的机制，它们的结果通常更难理解，也有可能将导致出现不稳定结果的错误掺杂进去，计算起来也较昂贵。对土地系统进行全面理解，在表述相同区域或问题时，必须运用不同复杂程度的嵌套和级联模型。解决不确定性和传播误差问题应该成为此研究的一个目标。

根据半-定量、定性信息，我们可以预测许多土地系统的知识。需要形成一些方法，以便把这些定性数据与现存模型和特定事件联系起来，通过这种方式，将使建模者和使用者清晰可见定性数据和知识的一贯不确定性。集成模型在控制土地系统时是无价的，不同的特定技术和智能体模型能够为决策制定本身提供多角度洞察方式（参考实施需要注意的事项）。为了保证这个工作的政策相关性，这些模拟活动的最终逻辑性需要直接通过未来检测。通过明确叙述备选方案、感知、选择、风险和机遇方面的后果，他们需要应对土地系统变化的不可预见性。

总结

☆ 复杂的协调系统发展过程中，提高对土地系统动力学、阈值和反馈的理解。

☆ 进一步发展并优化生态系统的区域和全球动态模型，以便综合理解和检测对反馈和反馈时空格局的控制，并设计未来源于陆地系统的区域或全球反馈趋势。

☆ 设计一些研究活动，它们应该采取一种覆盖过去、现在和未来的长期观点，并为提高理解土地系统变化的史实性和这些变化的性质及非线性特征服务。

☆ 改进不同复杂程度的模型，以便把关于世界不同区域土地系统的结构和功能的定量和定性数据结合。

☆ 试图把变化的次级动态与复杂的动态模型和

时空尺度内及跨越时空尺度的反馈结合。

☆ 通过明确叙述备选方案、感知、选择、风险和机遇方面的后果，试图实现政策的适宜性。

做出贡献的团体

全球变化与陆地生态系统 (GCTE)、全球分析、集成和模拟 (AIMES)、土地生态系统 - 大气过程集成研究 (iLEAPS)、千年生态系统评估 (MEA)、海岸带海陆相互作用 (LOICZ)、全球环境变化与人类安全 (GECHS)、全球环境变化的制度因素 (IDGEC)、土地利用 / 覆盖变化 (LUCC)、过去全球变化 (PAGES)、全球碳计划 (GCP)、全球水系统计划 (GWSP)、全球环境变化与食物系统 (GECAPS)、恢复力网络、陆地生态系统对大气与气候变化的响应 (TERACC)、生物圈 - 大气圈稳定同位素网络 (BASIN)、通量网 (FluxNet)、生物圈 - 大气圈痕量气体交换 (BATREX)。



问题3.2 土地系统对灾害和干扰的脆弱性与恢复力如何对人类-环境相互作用的变化做出不同响应？

脆弱性和恢复力这个研究主体在许多自然、社会和应用科学领域占有重要的地位(如, Kasperson and Kasperson, 2001; Turner et al., 2003a; Blaikie et al., 1994; Carpenter et al., 2001; Gunderson, 2000; Gunderson and Holling, 2002; Harrison, 1979)。分别从风险-灾害研究及生态学角度, 脆弱性和恢复力,

已经被合并到土地系统应用框架中。(如, Downing et al., 2001; Kasperson and Kasperson, 2001; McCarthy et al., 2001; Turner et al., 2003a, b; Watson et al., 1997)。这些框架评价了灾害、干扰和暴露于它们的问题如何影响土地系统的敏感度和恢复力, 包括作为结果出现的土地系统的调节和适应的后果。

脆弱性-恢复力评价是GLP的研究重心, 原因有两点: 第一, 土地系统暴露于灾害和干扰环境下, 并对它们做出响应(调节, 适应或抵制), 那么土地系统的机制就会维持系统或使其处于变化的风险中。第二, 识别处于风险的土地系统组分, 并提高减缓灾害的机制, 是社会关注的焦点。决策制定者需要这两方面的信息。

分析土地系统脆弱性和恢复力的基质和尺度

近来的工作指出: 脆弱性和恢复力的概念能够用于土地系统, 包括运用定量指标(如, Adger et al., 2000; Luers et al., 2003)。近年来或当前, 已经多次尝试形成与土地系统持续力评估相关的基质和尺度, 通常认为, 这些工具和方法必须对基于地点的分析高度敏感, 综合定量和定性数据, 开发土地系统复杂的综合指数, 集成模型和模拟技术, 运用统计下推方法(Turner et al., 2003a)。许多研究者实践者

已经开始形成脆弱性和恢复力的基质及尺度。然而, 大多数情况, 这些努力仅仅包括土地系统的一个或另一个人类和环境组分, 而不是在它们的耦合中发现的脆弱性和恢复力。因此, 到目前为止, 脆弱性评价主要关注被定义的独立的人类或环境子系统中一种灾害或干扰的后果, 但是同时, 它也未能对人类与环境相互作用进行综合研究。

分析这些相互作用、确定规律的一个重要方面是理解不同社会中各类社会参与者(包括政策制定者)的价值、知识结构和优先权。发展不同群体首选的未来潜在条件或状态, 是有益处的, 以便确保所有参与者了解可持续性的规律, 并使他们具有平等权利参与未来的选择问题。

土地系统的应对(响应)能力

土地系统通常经历多灾害和干扰, 它们的速度、先后顺序和程度最终会影响土地系统及协调和适应的机制, 这些机制能够弥补它们的破坏(Turner, 2003b)。以这种方式对待脆弱性和持续

性是一种新型的观点，需要进一步理解灾害和干扰的类型与性质如何影响土地系统和它的应对能力。

一个基本问题：土地系统的协调适应及应对能力如何改变它们经历灾害和干扰，及应对能力的改变如何影响经历的后果。例如，沿密西西比河下游建立了大规模的工程，控制“正常的”泛滥，这项工程已经减少了在居民点和耕地的洪水事件，改变了这些土地——经过工程改造的土

地——遭受1993年的灾难性的洪水的命运 (Mathur and da Cunha, 2001)。

能够假定：世界范围的土地系统已经遭受或将招致由于全球社会-经济转变和全球环境变化导致的应对能力的变化。土地系统并未与这些外部因素紧密相连(Blaikie 和 Brookfield, 1987)。气候变化对土地系统的影响直接指向自然过程。然而，世界范围的经济活动的联系日益需要理解土地系统如何也需要依赖人类这样的外部因素。例

Box 10 脆弱性

参考科学家关于土地系统的不同观点，决定和检验脆弱性和恢复力的联系仍面临很大挑战。

脆弱性的概念源于应对风险和灾害的社会科学和应用科学。它考虑：个体或群体参与、应对、抵制和恢复灾害影响的能力方面的特点(Blaikie et al., 1994)。恢复力——脆弱性的对立面——被用于更广泛的生态群落中(e.g. Folke et al., 2002)，主要理解为生态系统元素如何被配置，以致它们能够在干扰后恢复。到目前为止，自然系统在大多数脆弱性评估方面显而易见，而生态系统恢复力则主要关注存在争议的生物物理过程。

土地系统的脆弱性和恢复力是由生态系统和一系列政治、经济和社会条件及过程的相互作用决定。不但冲突或干扰（如，战争、冲突和气候改变），而且更持续的压力（如，经济、土地利用和营养循环），同时影

响着土地系统的环境和人类因素，然而，结果却是以改变脆弱性和恢复力的方式起作用。必须以一种集成的方式研究土地系统的脆弱性和恢复力：即，GLP的一个研究挑战。

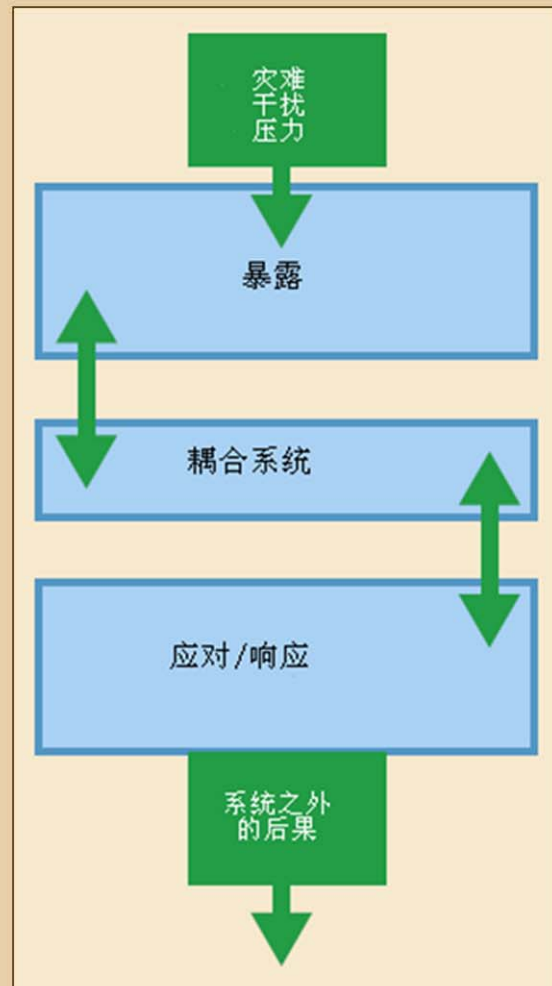


图13 脆弱性观念下的干扰与系统反应的联系

如，1997年发生在婆罗洲的大规模森林火灾就是由许多外部因素所致，包括国际木材的需要、对伐木权无效的控制和厄尔尼诺现象(Wooster and Scrub, 2002)。土地系统之外，哪些因素和过程影响它们的脆弱性和恢复力，土地系统相关的协调和适宜功能如何影响那些因素和过程？

耦合系统中，为了分析土地系统的脆弱性、恢复力和适应性，需要在不同群体中开展一系列活动，包括具体设计的案例研究，主要从事土地耦合系统的脆弱性和恢复力问题。它们需要追求近年形成的整体框架，也要综合现行研究的对比评价。需要扩大研究类型的尺度，以便传递定量产物，然后将这些产物通过模型综合起来（问题3.1）。

（START）、亚洲东南部生物圈-大气圈稳定同位素网络、全球碳计划（GCP）、全球水系统计划（GWSP）、全球环境变化与食物系统（GECAPS）、全球能量和水循环实验、全球变化与陆地生态系统（GCTE）、国际热带农业中心、联合国环境计划、世界银行。

总结

☆ 为了分析耦合系统中的土地系统，形成脆弱性和恢复力的基质及尺度。

☆ 分析灾害和干扰的不同类型和性质如何影响土地系统及它们的应对能力。

☆ 探究应对能力的变化如何影响生态系统经历灾害和干扰，如何影响灾害和干扰的后果。

☆ 评估土地系统外的哪些因素和过程影响它的脆弱性和恢复力，土地系统相关的协调性和适应性如何影响这些因素和过程。

☆ 设计案例研究，研究耦合系统中土地系统的脆弱性和恢复力。

☆ 将这些活动的结果反馈到复杂的动态模型中。

做出贡献的团体

人类土地系统管理与生态系统保护、千年生态系统评估（MEA）、恢复力网络、土地生态系统-大气过程集成研究（iLEAPS）、海岸带海陆相互作用（LOICZ）、全球变化人为因素计划（IHDP）、全球环境变化与人类安全（GECHS）、全球环境变化的制度因素（IDGEC）、土地利用/覆盖变化（LUCC）、全球变化的分析、研究与培训系统



问题3.3 哪些制度能够加强土地系统可持续性决策的制定和管理？

制度、权利、准则和决策的结构在控制人类对土地系统的干扰方面起着重要的作用。事实上，世界的一些区域，尽管较差的顺应机制导致出现“开放”后果，即“公共的灾难”，并不存在对部分用户“开放的”土地，或者说，没有土地完全不受制度影响(Hardin, 1968, 1998; Ostrom et al., 2002)。许多情况可能在强制制度驱动的土地不可持续利用实践中出现，如近来在印尼发生的大规模失控的森林火灾(如, Jepsen et al., 2001; Vayda, 1999)，咸海的销声匿迹(Kasperson et al., 1995)。对土地系统有害的影响也可能发生在这样的一些区域，其中，不同权威机构（如，局

地管理者，政府和无政府组织）支持并强加的多制度体系与对相同资源或土地的控制竞争，通常这些资源或土地在观念上具有不同用途和土地覆盖后果。实例有：局地与国家的竞争，控制拉贾斯坦邦的疏林(Robbins, 1998)，控制马里和非洲西部其它地区草原-疏林的火灾(Laris, 2002)。更好的理解土地利用实践的制度维对研究土地系统的敏感度、脆弱性和恢复力具有必要性。

土地系统的管理体制维恰好为赞助者和文明社会提供了一座桥梁。当然，政策与统治系统存在联系，即国际体制，国家、区域和局地统治系统及无政府组织政策的变化影响着土地利用实践对生态系统、农业和水的作用(Lambin et al., 2001)。例如，政策转变能够：(1)影响移民向人口稀疏的地区流动，例如，巴西的亚马逊河(McCracken et al., 2002)；(2)国际指导开辟新的土地，例如，印度尼西亚的伐木区(Jepsen, 2001)；(3)改变影响农业收益率和发生土地退化的补贴（至少是短期有效），例如，南非的干旱台地高原，家畜的生产(Archer, in press)；(4)把生存耕作区转为商业用地，通常是不正当的，例如，墨西哥东南部牧场的扩张(Klepeis and Vance, 2003)。

这些例子都列举了制度和相关政策对土地系统中的人类和生物物理元素的影响。然而，人类并未很好的理解土地系统的这些问题，例如，在概念方面的理解远远多于土地管理者对决策的制定。因此，对维持不同土地系统来说，研究生态系统服务、土地利用、制度和政策的相互作用的后果至关重要，包括制度在引起和面对土地系统变化时的作用。

长期维护土地系统的制度

不同的制度、统治方式和政策以不同的方式与土地系统交互作用，导致了土地系统长期维护的不同后果。研究仅仅从解决不同土地系统的这些动态问题入手，如，保护区保护生物多样性，土地的多种利用方式和强制实施策略(Bruner et al., 2001)。最初工作中一个深刻的教训：设计有

效的管理和执行规则时，需要局地与政府合作 (Narayan-Parker, 1996)。然而，在一致通过保持几乎所有的人类活动远离南极，维持碳量，通过这个问题发现，国际协定日益对土地利用造成极大影响，因而影响世界范围的土地系统。

问题3.3确定国际与局地尺度制度的联系是十分必要的。统治或权限尺度，制度的联系有多种级别，它们都影响着不同统治或管理条件下土地利用决策的制定。例如，土地使用期限、进入市场和保护环境特性等，这些管理制度的设置描述了一系列复杂的相互作用，因而，需要理解作为土地利用决策的驱动力，国家和国际政策如何转变为家庭行为。

以土地利用作为目的，分析国际资源环境体制的效力和性能同等重要，例如，国际热带木材协定。这些努力中的一些是有效的，而其它的则无效，了解这种区别的原因，需要理解未来制度的指导作用。许多计划，如全球环境变化的制度因素 (IDGEC)，研究这个问题时，仅考虑具体资源 (如，木材) 或一般性问题 (如，生物多样性破坏) (Young et al., 1999)。然而，很少关注土地系统和社会-环境耦合系统具体问题 (如，热带雨林生物区系，干旱草地和灌溉系统) 的联系。

促使土地系统管理变化的因素

土地系统的变化反作用于政治经济与制度，影响着它们对管理和统治的有效性。例如，一个普通的所有权问题，维持零星放牧是高度有效的，然而，强化放牧则是无效的。随着用途的强化增加，如果试图维持土地系统的生态系统服务，必须改变统治方式。这个问题比公共-所有权-私有-土地所有权独立复杂的多，通常它使得土地系统内部的协调成为必须，而源于制度的外部因素则并非必须。研究需要进一步理解土地系统的因素，它们与管理方面的基本变化相互作用。这包括那些推动内部制度发生变化的因素，同时，也包括决策制定、限制土地活动选择权或决定持续策略

等外部因素。这些因素的影响也需要与它们自然发生的跨尺度问题结合。

把生态系统结构和功能与制度发展结合

多数制度并不能支配土地系统的各个域，但却能够管理系统中具体产品和服务的使用，如，木材、水质、食物安全或空气质量。确定的制度能够控制这些产品和服务，它们也具有政治目的和一系列动机或惩罚。然而，在许多生态系统服务方面，如，营养圈、土壤构造或生物复杂性，未能很好的定义执行的制度。即使存在与具体环境要素相关的制度，也未能很好的把它们与生态系统结构和功能结合，这些制度也并非在与生态过程最匹配的尺度创建。研究需要理解：为了实现更好的管理，不同的制度如何把生态系统服务变化的信息与它们的框架结合。

问题3.3的主旨能够通过一系列综合研究和对比研究完成，研究考虑的范围：从公共所有权网络到制度方面的理论。综合研究是将大量的研究综合在一起，决定从土地系统的多角度分析问题，评价哪一个才是回答主要问题的临界点。此外，需要结合全球环境变化的制度因素 (IDGEC)，研究国际体制和土地系统的问题，确定直接或间接影响土地系统的管理问题。这些研究的结果应该与模型结合，进行综合评估。

总结

- ☆ 理解制度在引起和面对土地系统变化时的作用。
- ☆ 评估不同尺度制度的有效性，并理解这些制度间的相互影响作用。
- ☆ 理解作为土地利用决策主要的驱动力，不同级别的政策如何转变为家庭行为。
- ☆ 管理土地系统时，从制度的性能在未来管理的有效性中得到教训。
- ☆ 研究需要进一步理解土地系统的要素，它们与管理方面基本变化的相互作用，包括那些推动

理解与具体环境要素相关的制度如何与生态系统结构和功能结合，这些知识如何用于土地系统的制度发展的持续性管理中。

做出贡献的团体

千年生态系统评估 (MEA)、海岸带海陆相互作用 (LOICZ)、全球环境变化与人类安全 (GECHS)、全球环境变化的制度因素 (IDGEC)、土地利用 / 覆盖变化 (LUCC)、全球碳计划 (GCP)、全球水系统计划 (GWSP)、全球环境变化与食物系统 (GECAFS)、恢复力网络、公共性质网络。

计划实施的注意事项

GLP具有强有力的知识后盾，其中，建立了源于全球变化与陆地生态系统（GCTE）和土地利用/覆盖变化（LUCC）的综合知识及研究网络，尤其是数据集。然而，进一步综合计划的补充工作将成为GLP执行的基础。其它的计划或项目，包括生物多样性计划（DIVERSITAS），全球环境变化的制度因素（IDGEC），全球环境变化与人类安全（GECHS），全球分析、集成与模拟（AIMES），过去全球变化（PAGES），陆地生态系统-大气过程集成分析（iLEAPS），海岸带海陆相互作用（LOICZ），全球碳计划（GCP），全球水系统计划（GWSP）和全球环境变化与食物系统（GECAFS），已经正视了调节或综合问题。

由于土地利用变化和人类对生物地球化学循环的干扰，以致对生物多样性造成极大影响，同时，生物多样性的变化也将改变陆地生态系统的功能，因此，全球陆地计划（GLP）和生物多样性计划（DIVERSITAS），还包括主题一所述的几个组分，他们已经建立了坚实的伙伴关系。合作双方将在计划执行问题上进行合作，建立网络，检验生物多样性和陆地生态系统功能的关系。

形成详尽优化的执行策略将成为GLP科学指导委员会的早期任务，预期GLP的执行将通过综合优选工作、收集并分析新数据完成。多学科跨尺度的集成将需要形成新型分析工具，实现跨区域土地动态的对比将需要编辑并扩展数据。研究

Box 11. LBA: 一个集成的科学计划

亚马逊流域是世界最大的热带雨林和湿润森林分布地区，据悉这里大约具有世界25%的生物多样性。自从1970年，流域已经能够感受到道路建设、居民点、采矿和伐木对它的影响。每年的森林采伐量不少于20,000平方公里，目前已经有多于15%的森林被砍伐。这些变化预期将改变水、能量、碳和养分的循环，以致影响局地、区域和全球气候。大尺度生物圈-大气圈实验(LBA)是一个国际集成的科学计划(Nobre et al., 2002)，包括40个巴西的机构，25个在巴西、哥伦比亚、厄瓜多尔或秘鲁，还有一些在美国和欧洲。

LBA 由三个关键问题指导，它们综合了物理、化学、生物和人文科学：(1)目前，关于水、能量、碳、痕量气体和养分循环，亚马逊流域如何作为一个区域实体行使功能？(2)土地利用和气候的改变如何影响亚马逊流域的生物、化学和物理功能，区域可持续发展，及亚马逊流域对全球气候的影响？(3)热带雨林的保护、再生，有选择砍伐如何影响亚马逊流域的碳储量、养分动态、痕量气体通量和土地可持续利用的前景？

区域集成研究中，LBA通常作为一个模型被涉及，原因在于：(1)它被设计为跨越一系列尺度，运用遥感技术、模型、样带和具体立地研究的集成科学；(2)运用模型的方法，促进各学科交叉时，允许研究组共同工作；(3)不但研究科学问题，还研究巴西的政策制定问题；(4)具有先进的局地教育和培训，不到十年，培养了几百个具有硕士和博士学位的人才。

LBA主要强调的是观测和分析，以便增加自然气候、碳储量和交换、大气化学、土壤表面水文学和水化学、生物地球化学、土地利用/覆盖变化和人类维方面的知识。

为了促进学科间合作及集成科学，研究主要围绕四个主题：(1)碳元素动力学；(2)养分动力学；

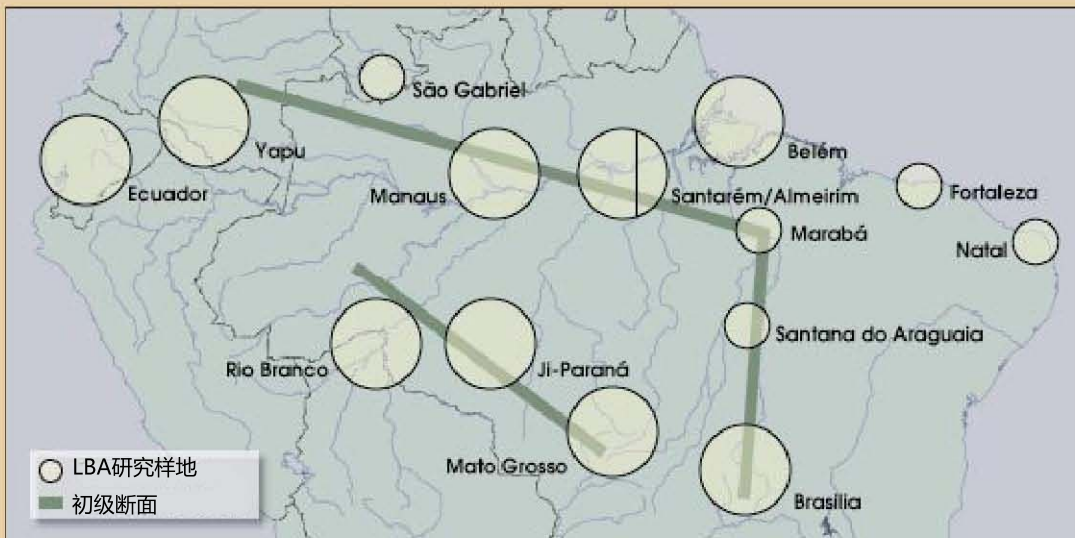


图14. LBA的立地跨越亚马逊河，从安第斯山脉河的源头，沿着亚马逊河及支流到巴西的海岸口（LBA的科学团体提供，由Robert Simmon改编）。

(3)痕量气体；(4)土地利用/覆盖变化。碳元素动力学主要研究：植被与土壤中碳库的量化；大气、植被和土壤中碳交换的速率；自然和人为干扰，改变这些速率的方式。养分动力学的研究主要关注养分库和养分通量的量化，及它们与土地利用、土地可持续能力的关系。痕量气体和气溶胶的研究主要关注这些通量的量化，确定控制通量的生物和物理因子，包括人类管理的影响。土地利用/覆盖变化主要证实过去和现在的变化情况，形成预测未来土地覆盖变化的区位和数量的能力，并制定能够促进可持续性的策略。

由于LBA已经发展到一定程度，因此，关于人类维的计划并未得到详细研究，这点日益明显，此外，提出的问题并未充分地考虑自然、社会维与它们反馈间的相互作用。通过假设自然或社会变量并非单独起决定作用，GLP能够以这种方式提出问题，为像LBA这样的计划服务。

更多的信息能够在网址www.lbaeco.org 和earthobservatory.nasa.gov/Study/LBA获得。

执行作基础。

案例研究，实验操作和区域集成研究

任何指定区域，复杂的社会-环境因子同时起作用，只有通过研究区大量的实验研究，才能发现多重交互式影响。位于亚马逊流域的大尺度生物圈-大气圈实验带（LBA），区域集成研究将在GLP的研究中占有重要地位，主要集成一些研究样带的生物物理和社会维。目前，新的区域集成研究已经形成，例如，亚洲季风、欧亚大陆北部和非洲西部可能成为GLP重要的实施样带。然而，不可能存在足够多的区域集成研究，覆盖地球所有的生物区系。

小尺度研究——过程或案例研究，及实验操作——将被需要，以便探究生态系统性质与服务的联系，生态系统服务传递与社会结构的联系。一般地，由于一些问题和数据存在矛盾，所以，需要进行对比分析，这意味着研究结果不能简单的从现有文献中获得。然而，区域科学家团体进行了新的综合性工作，并遵循一个最小值协定。此外，案例研究需要结合观察和测量，考虑区域外推和尺度问题。

并非所有的过程或案例研究尺度需要充分完整或全面；然而，一些关键的联系必须研究。采用基于生物地球化学预算或土地系统脆弱性的原则将保证案例研究更加集成化，能够考虑到子系统要素间的相互作用。案例研究应该基于位置，应该建立各学科间的研究梯队，应该在各学科尺度都具有认知性，应该明确地定义研究与更广尺度社会-环境耦合系统框架的联系。此外，应为区域案例选择明确的标准，同时，从开始就应使用它。由于一些参与的学科并未准备好在大尺度上进行合作，因此，小的研究群体则在自然和社会科学的临界面研究集成问题，他们需要运用新方法，更需要有数据支持。

一旦一系列区域案例具有可用的标准，我们就能够从事区域间的对比研究。过去的许多努

力能够指导这项工作，包括区域内对比(如，Turner et al., 1993)和陆地间对比(如，Tri-Academy Panel, 2001)。对比分析和综合分析是GLP研究的两个主要方法，研究取得成功将需要认真定义重要的变量。大量工作已经关注最简单的转变，如，成熟林向农田的转变。很难分析这个简单案例的中间部分（如，森林退化），其它的过程，如，荒漠化，分析更具有挑战性。复合分析必须努力克服协议的差异，如，植物生长操作实验中的不同技术，或对人类“群体”的不同定义。

学科内及学科间的尺度都将成为GLP从事研究的重要方面。一些现象很难用尺度进行研究，尤其那些将社会活动与生态系统服务联系到一起的现象。此外，某些现象很难被观测，因此，很难在尺度上研究，如，土壤和侧向水通量。有必要确定：在物理、化学、生物和社会结构、功能方面，如何表现社会-环境耦合系统的时空可变性。需要重点考虑的问题：景观组分间侧向交换的表象和模拟与土地耦合系统组分间反馈和相互作用变化的关系。

最初执行的步骤

GLP将利用现有的案例研究：(1)农村土地转变为城市土地；(2)运用全面综合的方法考虑干旱土地问题；(3)不同区域的山地生态系统；(4)碳循环管理；(5)全球环境变化对农业用地的影响；(6)淡水生态系统及其与陆地生态系统的相互作用。GLP将运用这种案例研究，将农村土地转变为城市土地（沿着城市-农村梯度），考虑它们对生态系统功能和生态系统服务的影响。GLP也将对受到系统和人类威胁的山地生态系统这种案例进行对比分析。就碳循环管理问题，GLP将通过评估土地利用、土地覆盖和土地管理变化导致的碳吸收潜力，为它服务。同时，GLP将从开始为区域案例定义明确的标准，以便促进案例与更广尺度社会-环境耦合系统框架结合。

集成分析和模拟

科学计划的三个主题已经剖析了土地系统，以便阐述其包含的各个组分。然而，较全面的了解复杂的土地系统动力学（包括介绍中提到的挑战），则需要更好的综合理解各个组分。

理解复杂土地系统的多重动态相互作用已经取得显著进展，一些进步则源于动态的计算机模型。今后的几年，GLP的努力方向：建立综合自然和社会动力学的一系列模型，进行实验操作。以不同学科人员都能理解的方式，模型能够严格的表现过程和思想。因此，它们能够帮助克服由于具有不同理论或假设产生的误解。这些属性与基于综合理解生物物理科学、社会科学和人文科学的域具有高度相关性。模型也能够帮助形成动态理论，这些理论又能与观测结果进行比较，以便泛化过程。

迄今为止，人们主要为土地系统的生物物理组分建模。应该付出更多的努力：建立决策集成模型、全球土地动态模型，运用数据模型融合技术和遥感技术。这将需要综合观察和实验的方法。例如，生物地球化学循环领域的研究、地下生物地球化学过程的研究和包含所有生物区系的陆地和淡水生态系统的流水通量模型的研究，它们都需要更好的量化区域和全球尺度与生物地球化学循环耦合的土地利用变化、土地覆盖变化和其它环境变化的后果。这种集成将提供新的分析角度，帮助在不同尺度接近生物地球化学预算。此外，需要一些研究，综合人类活动和其它干扰事件对生物地球化学循环的影响。遥感数据的应用将使跨区域的推理及时空评估成为可能。

集成研究技术的形成主要基于高级的同位素分析，如，用于生物圈 - 大气圈稳定同位素网络（BASIN）的分析。这些技术能够帮助将通量测量的尺度分成各个组分，如光和作用、呼吸作用和分解。同理，运用痕量气体通量（氧化氮、甲烷、挥发性有机混合物和一氧化碳）的耦合估计值，进行自由-大气-碳-交换

实验和生态系统升温实验，将帮助我们更好理解集成生态系统对多重应力的响应。通过创建遥感和建模技术，进一步发展了区域向全球尺度推进的方法。全球植被动态模型(DGVM)的发展受益于一种新型的相互对比模型，使它能够在学科间和学科内完成数据模型的融合。

我们也需要扩展模型的范围，使它包括社会-经济和社会-文化各个组分。由于多数研究主要关注社会或自然动力学，所以我们对社会-自然相互作用的本质和土地系统动力学的理解相对贫乏。模型的发展不但要简单的关注自然和人文变量，同时也要关注人为的两者关系的不同格局，其中，自然方面或者人文方面占主导地位。我们应该理解研究的转变方向，从以一个域或另一个域的角度研究人类-环境相互作用转向以相互作用本身的角度研究这两个域。

当代景观是过去景观累积的结果，至少从大约一万年人类开始改造景观开始算起。过去的决策是在不同情况，以本质不同的观点，运用不同的技术制定的，并具有不同目的性。因此，社会和环境动力学的本质已经随着时间改变，对景观造成了重要影响。研究长期的变化不但能够帮助我们了解变化的历史，也能清楚现在的情形。一个较大的挑战是，模型对第二次动态变化（处于长时间水平）的模拟，及对时空尺度内和跨越时空尺度反馈的模拟。

对土地系统及其变化建模需要注意：(1)不同时空发生的过程；(2)驱动力间的相互作用，尤其是通常导致出现所有权问题和非线性后果的政策变动；(3)空间上出现的明确后果，它们主要被数据形成和模型应用的尺度影响(Riebsame and Parton, 1994; Rajan and Shibasaki, 1997; Schulze, 2000)。

Box 12. 全球植被动态模型

过去十年，地球系统科学最重要的进步之一是建立了全球植被动态模型(DGVM)，它在一个独立的框架下结合了地表过程、生态系统生理学和植被动态及生物地球化学循环的知识。这些可以用来综合理解反馈控制因子及反馈的时空格局，以便对它们进行检测。

DGVM的进一步发展需要：(1)提高对植物功能类型的认识；(2)将动物功能类型与生物地球化学过程、生物物理过程的相互作用补充进来；(3)提高对群落发展过程的认识，即应对迁移、

扩散和定居的过程；(4)提高对食草动物和害虫控制植被生产力的认识。运用有限数量的动物功能类型，模拟自然和农业放牧体制转变的影响，具有可能性。我们应该更加关注景观对影响碳、水、养分和沉积物侧向通量的景观单元的连接度的控制。改进的模型在描述来自陆地生态系统的区域或全球反馈的未来趋势上是必要的。

人类与植被的相互作用在许多景观动力学中起着日益重要的作用，在某种情况下，景观依赖于人类有规律的干扰。这些相互作用并未在DGVM中表现出来。因此，建立全球土地动态模型，必须使其综合人类和环境子系统。

对古记录和现代观测资料的解译仍存在争议——它是理解自然生态系统在未来生存的一个重要问题。因此，需要更多系统的研究，寻找古记录中发现的不同环境情况下再度拓展土地的例子。同时，仍然需要大量的工作解决哪些传播媒介导致长距离的扩散，也需要表现个体植物功能类型的主要扩散模式。

许多全球植被动态模型没能很好的表现集成的生物地球化学循环。例如，通过对反应氮的可持续源和汇进行评估，表明：随着大气二氧化碳浓度增加，运用目前的全球植被动态模型的土地(如，Cramer et al., 2001)，未来碳储量存在特定值，可能是不现实的(Hungate et al., 2003)。因此，在全球植被动态模型中，改进氮循环的表象，尤其是控制氮固定和氮淋洗，是具有高度优先权的工作。

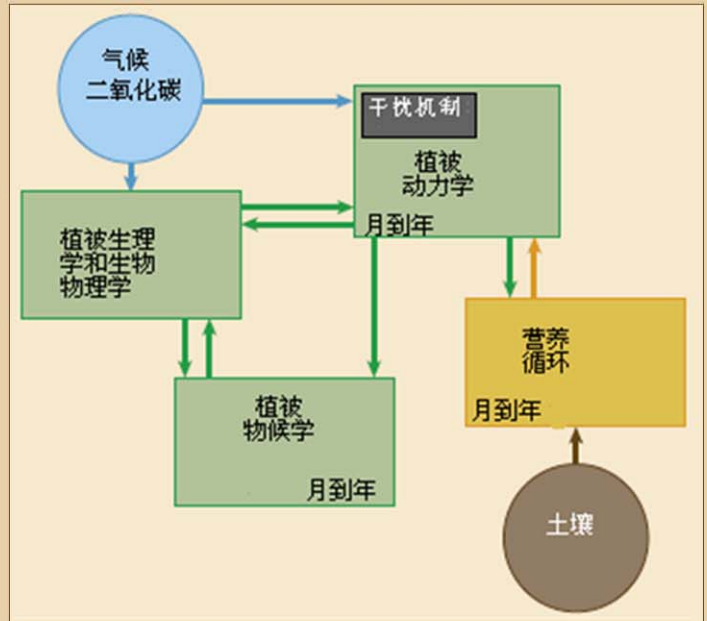


图15. 一个一般的DGVM的模型结构，具有模块的时间序列，以斜体字表现出来。Cramer et al. (2001) (由Blackwell Science Limited 允许)。

社会科学试图在微观尺度考虑个体行为，并在个体土地管理层次上，通过测试或理论 (Angelsen and Kaimowitz, 1999)，或多智能体模拟，检验制定的决策并寻找系统出现的性质问题 (Parker et al., 2003)。由于多智能体模拟能够在同质情况下运用决策规则，转向中尺度高度简化的景观，所以在考虑个体行为时，应该寻求方法，使其在空间上出现明确的后果，包括中尺度的应用 (Irwin and Geoghegan, 2001)。人类正在付出各种努力，改进建模的方法 (如，Bura et al., 1996, Rouchier et al., 2001; Veldkamp and Lambin, 2001)。

自然科学趋向关注大尺度土地 (Blöschl and Sivapalan, 1995; Peterson and Parker, 1998)，通常依赖强调土地利用、土地覆盖空间结构和土地覆盖变化未来趋势的经验步骤 (Veldkamp and Fresco, 1996; Verburg et al., 2002)。近来，这种方法已经能够与大-经济理论的应用匹配，并运用在应用平衡模型的土地系统中 (Fischer and Sun, 2001)。

然而，集成土地变化科学要求：建模者运用一系列技术和分析手段，包括数据的集合、结果稳定性的基质及自然和社会过程“真正的”反馈 (Kok and Veldkamp, 2001; Peterson and Parker, 1998; Pontius, 2000, 2002; Veldkamp and Fresco, 1997; Rajan and Shibasaki, 2000; Walsh and Crews-Meyer, 2002)。这些进步对GLP非常重要，建模群体已经准备好从事这项工作。

最初执行的步骤

为了集成自然和社会动力学，GLP必须设计策略，以便形成广泛尺度的模型并对它们进行实验。策略包括：(1)探索方法，使之包括现有模型和具体情况的半-定量、定性信息；(2)在各个尺度，运用不同建模方法及上述技术和分析方法，集成自然和社会因子。(3)发展全球

植被动态模型，使之朝着全球土地动态模型的方向发展，后者能够集成人类和环境子系统。社会-环境耦合系统建模过程中，GLP也必须从事IGBP和IHDP的活动，目的在于从认识论、概念上和方法论方面达到集成的效果。

数据问题

GLP科学计划的发表将需要：有权使用现有数据、较好的运用数据质量和数据代的知识，使数据在研究者间共享。土地动态的时空数据库能够反映极端事件、其它干扰和土地利用变化的频度和强度，形成免费使用的不断更新的数据库需要我们更好的评估现有的土地条件，并预测未来土地系统变化。

评估生态系统结构和功能变化对土地系统造成的影响，检测全球土地模型，这个过程需要几个关键的全球和区域数据集。一个显而易见的数据集是历史上空间明确的气候数据，近来已经创建了高分辨率的气象数据。目前，通过运用基于卫星的遥感技术，全球土地覆盖数据也是可以获得的。然而，人类对生态系统的几个重要性质了解甚少，包括生物量、林冠高度、物种分布、干扰和土壤性质。就土地覆盖的生物物理驱动力，我们应该形成高分辨率的全球数据库，包括基线数据和每个变量的变化率。这些数据库中的许多是不存在的，因此，我们应该建立一个重要的输出，即监测网络，使之监测大气沉积、大气组分、物种多样性（如，对高山环境的全球观测研究）和水质。

目前，急迫的需要土地利用地图，尤其是全球和区域尺度。通常，多数全球制图产品是关于土地覆盖分类的，并把土地利用限制在农田、牧场和城市。我们需要土地利用信息，表现人类活动的作用及土地的幅度和强度，包括农作物系统、灌溉、施肥、作物产量和家畜密度。尽管这些数据在行政级别上可用，然而对于不同的国家却不能匹配，在明确的空间上，不能总适合生态系统建模。因此，数据的融合和栅格处理是必须的。此外，由于当代的土地系统受历史变化的后果影响，所以，人口增

长趋势、制度框架（经济和政治决策）和生态系统结构变化的史实性（包括人类活动和干扰，如，火灾），这些方面的区域和全球数据集都是需要获得的。仍然面临一些挑战：运用基于地面的观测，确认卫星数据的质量，评估领域观测的空间代表性（通常是点测），以便实现尺度上推，达到区域或全球尺度。

评估及协调数据

人们了解关键数据集的现行状况是必要的，以便对比基线数据。监测系统必须扩展到现存气候监测系统外围。目前，每天每小时都收集了全世界大量的表层数据，包括大气和水质，然而，获取局地数据很困难，获取整个陆地的数据更具有挑战性。

同样，我们需要付出努力，聚集必要的数据集，评估数据质量，并证明数据的有效性。土地覆盖和土地利用的描述需要标准化。联合国粮农组织已经为土地覆盖标准化奠定了坚实的基础，它编制的土地覆盖分类系统(LCCS)也已经广泛的投入使用。GLP必须马上采用、改进或替代土地覆盖分类系统(LCCS)，为城市形成一个等效系统。人们已经付出最初的努力，使土地利用的描述标

准化，然而，在工作的初始阶段，仍需要付出额外的努力。这可能使扩充土地覆盖分类系统(LCCS)、发展平行系统或全新的合作努力成为必须。无论何种情况，GLP迅速的计划和执行一个土地利用描述的标准方法，是必要的。

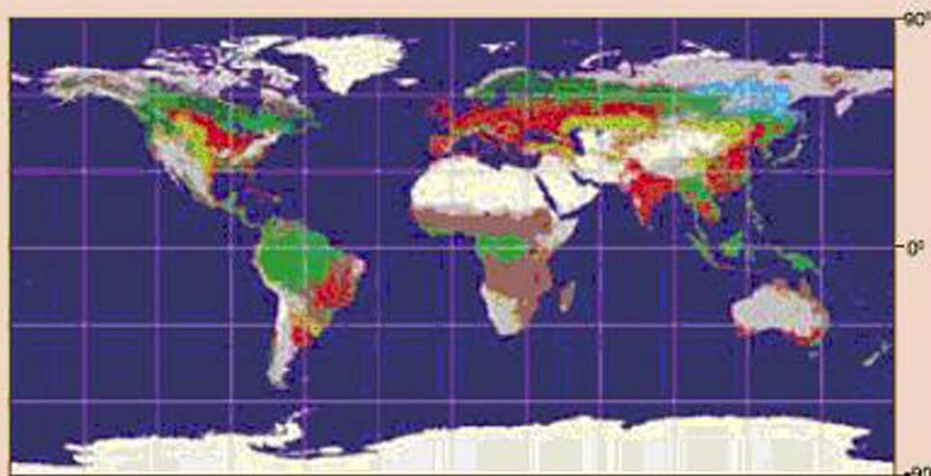
一旦确定了这些重要的因变量，我们就可以开始对表示因果关系的自变量进行研究。我们需要在处理生物物理变量上做一些工作，尤其是人类和社会变量，它们存在疑问。问题1.1.1阐述的因素已经在许多社会科学和人文科学中研究，它们都运用了各自的知识和方法进行描述、测量和分析。为了解决定性结构如何为特定的土地管理者做出选择，及如何限制他们的选择，需要建立一个严密的系统，描述和分析与那些变化相关的因果因素。

全球变化与陆地生态系统（GCTE）和土地利用/覆盖变化（LUCC）从事的复合分析为两方面提供了良好开端，其一，为重要的变量形成一个全面的目录；其二，至今为止，研究中对待它们的方式。为这些变量形成标准，具有合作关系的研究组必须紧密联合，尤其是生物多样性计划（DIVERSITAS）、千年生态系统评估（MEA），

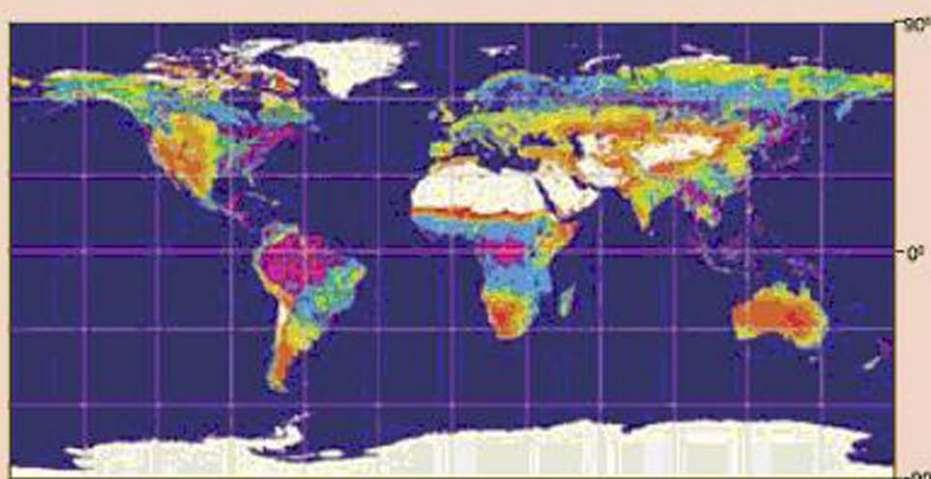
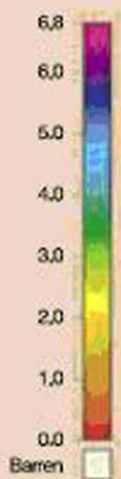
Box 13. 全球土地遥感数据集

近来，卫星工程、生物物理算法和数据自动处理取得了显著进步，这些进步使重要的土地变量组成的全球数据集产品能够公开的用于科学研究。最初始于1999年12月的地球观测系统，它已经运用MODIS传感器完成了连续五年的全球土地数据。目前，MODIS土地工作组每年提供一米分辨率的每三个月全球土地利用变化监测图，每16天更新一次的0.5km植被指数图、每8天更新一次的叶面积指数图及每天1km的初级生产总量、每年的净初级生产量。这些内容的详细信息及全球土地数据集在www.modis-land.gsfc.nasa.gov获得，真实的可用数据能够在线查找，网址www.edcdaac.usgs.gov/modis/dataproducts.asp。

水
 常绿针叶林
 常绿阔叶林
 落叶针叶林
 落叶阔叶林
 混交林
 灌木
 大草原
 草地
 作物
 城市
 贫瘠区



每年最大叶面积指数



每年净初级生产总量

(gC m⁻² yr⁻¹)

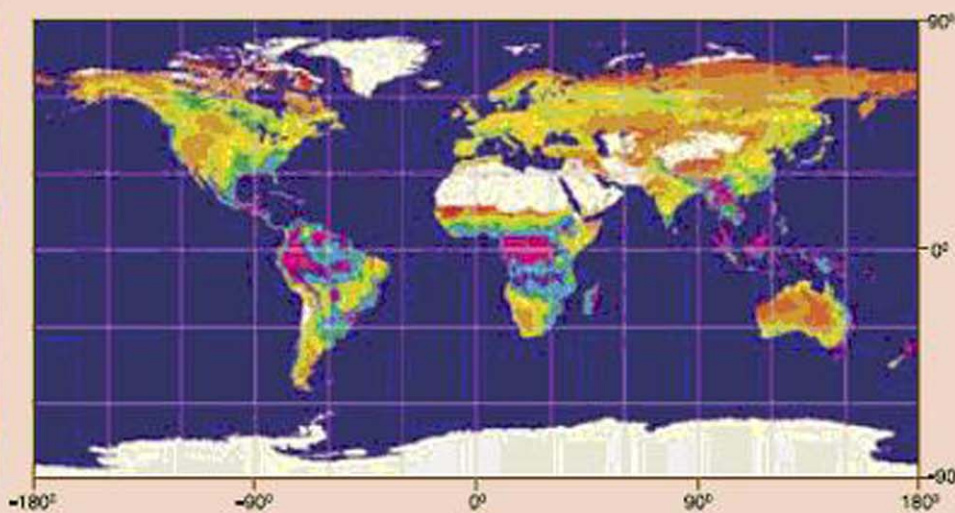
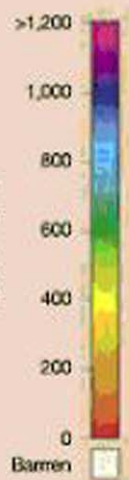


图16.全球土地覆盖（上），年最大叶面积指数（中）和年净初级生产总量（下）
 数据 From Running et al. (2004).

还包括全球分析、集成和模拟 (AIMES)、过去全球变化 (PAGES) 及国际地圈生物圈计划 (IGBP)、全球变化人文因素计划 (IHDP) 和地球系统科学合作组织 (ESSP) 其它的计划。为了使现行的复合分析有效, 建立现有分析的网络, 尤其是区域尺度的分析, 并发展它, 是非常重要的。

数据共享并存档

需要鼓励数据共享, 并增加数据存取。尤其对从个别案例中收集的分辨率用户和生物物理数据, 非常重要。为了在GLP群体内实现数据共享, 必须采用复合数据的标准。数据集成, 尤其在多空间尺度, 将成为挑战。社会-经济数据、遥感影像和生态系统的特征, 它们的空间分辨率在通常情况下并不能匹配。特别地, 需要聚集具体案例以外的社会-经济数据。

Box 14. 通量网

通量网是一个关于微气象塔——能够连续测量地表和大气二氧化碳、水及能量的通量——的全球网络(Baldocchi et al., 2001; Law et al., 2002)。二十世纪初期, 国际地圈生物圈计划 (IGBP) 中, 研究水圈和全球变化与陆地生态系统的生物圈方面的科学家构建了通量网。目前, 已经包括42个国家超过275个气象塔, 每年发表近400篇科学论文。这些全球数据的协调与分布在网站 www.fluxnet.ornl.gov/fluxnet/index.cfm。通量网站覆盖了所有主要的全球生物类型, 及全球范围的生物气候要素, 每年平均温度-13至+26oC, 每年降水量的分布从100mm至3,000mm。

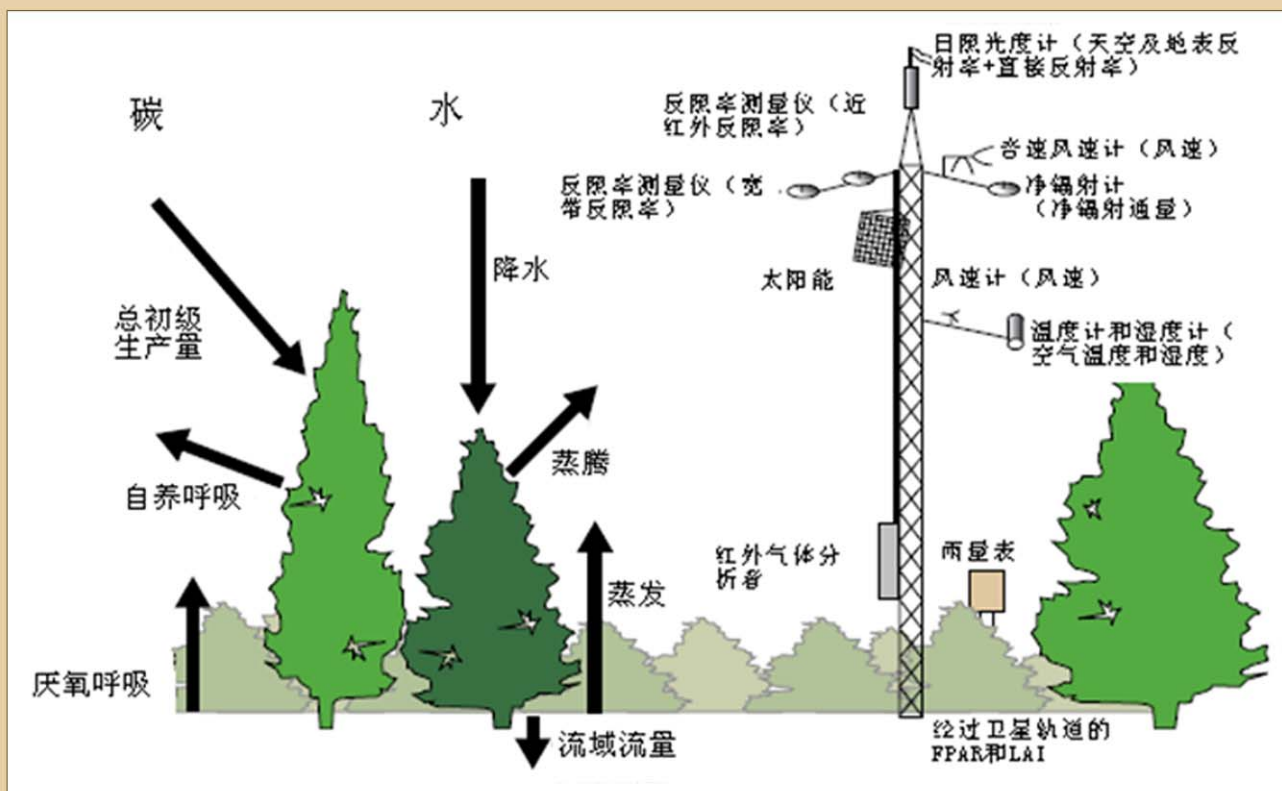


图17.通量塔一般的构造, 显示测量手段及被测的碳和水通量。FPAR是光合有效辐射植被吸收分量, LAI是叶面积指数。

From Running et al. (1999) ; 经Elsevier允许再版。

这些数据安全存档是关注的一个焦点，GLP应该利用现存档案系统，包括全球陆地观测系统和土地覆盖的全球观测计划。洽谈国际数据交换政策对事业的成功起到重要作用。关键的数据包括土地覆盖和土地利用、社会和环境数据。

最初执行的步骤

为土地应用系统建立复合数据标准。

转至使用土地覆盖分类系统的标准。

为土地覆盖分类形成共享的术语和技术。

扩大数据存储，与现存数据管理系统结合。

研究网络和沟通

为了更好的关注GLP的目标，避免所作的努力没有起到作用，GLP应该协调关键领域的报道并综合它们。与其他研究相似问题的群体联合——包括自然和社会科学家——将是非常重要的。此外，GLP将运用网络、网络中的网络，包括由全球变化与陆地生态系统（GCTE），土地利用/覆盖变化（LUCC）和陆地生态系统对大气与气候变化的响应（TERACC）（目标是综合研究生态系统的反应并提高实验人员和建模者间的交流），通量网（目标是理解控制机制，主要控制一光谱时空尺度内，二氧化碳、水蒸气和能量的交换）和生物圈-大气圈稳定同位素网络（BASIN）（目标是在区域和全球尺度进一步理解发生在生态系统中的碳循环过程）建立的网络。为了确保工作的协调，GLP应该招募从事MEA的科学家网络人员。

需要形成新的网络，以便研究出现的主题，如，干扰系统中生物地球化学循环的研究，城市对社会-环境耦合系统的影响，或土地利用变化加强对主体的研究。建立区域网络的地方及建立区域网络需要帮助的地方，如亚洲中心，实施全球变化的分析、研究和培训系统（START）时，需要建立联合活动。在全球变化的分析、研究和培训系统（START）已经起作用的许多区域，发起了与各学科研究组的研究、培训和发展相关的联

合活动。协调这些努力，将扩大GLP包括的研究群体，帮助这些区域科学家和决策者交流研究中的发现。此外，仍需要进一步发展，进行全球变化的分析、研究和培训系统（START）的协调活动及其它地球系统科学合作组织（ESSP）的活动。这些将促进区域间相互交流，学科间更好的相互影响。

加速知识的传播，使之传播到社会的所有级别中，这种传递系统是非常重要的，包括网站、报道和研讨会。人们将做出努力，提高研究者（学科内和学科间）及研究者与赞助者的交流。此外，需要加强现存网络及其与现存机制的联系，将科研成果传递给政策制定者（如，IPCC和MEA）。同时，GLP也将促进南北平衡，申请基金的机会及构建能力。

优先度/快速追踪/联合方案

GLP和生物多样性计划（DIVERSITAS）正在研究：人类系统对生态系统服务变化响应的方式，生态系统服务通过何种方式与生态系统性质相关。由于这些问题的共享，尽管生物多样性计划（DIVERSITAS）仅仅关注由于生物多样性变化引起的人类系统与生态系统性质的联系，GLP和生物多样性计划（DIVERSITAS）将对生态系统服务发起联合研究活动。

参考文献

- Adger WN, Brooks N, Kelly M, Bentham S and Eriksen S (2004) New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. Tyndall Centre Technical Report 7. Pp126.
- Allen MJ and Barnes MR (1985) The causes of deforestation in developing countries. *Annals of the Association of American Geographers* 75(2): 163–184.
- Angelsen A and Kaimowitz D (1999) Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *The World Bank Research Observer* 14: 73–98.
- Archer ERM (in press) Beyond the “climate versus grazing” impasse: using remote sensing to investigate the effects of grazing system choice on vegetation cover in eastern Karoo. *Journal of Arid Environments*.
- ASEC (2001) Australia State of the Environment 2001, Independent Report to the Commonwealth Minister for the Environment and Heritage from the Australian State of the Environment Committee. CSIRO Publishing on behalf of the Australian Department of the Environment and Heritage.
- Avissar R and Chen F (1995) An approach to represent mesoscale (subgrid-scale) fluxes in GCMs demonstrated with simulations of local deforestation in Amazonia. In: Feddes RA (Ed.), *Space and Time Scale Variability and Interdependencies in Hydrological Processes*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp89–109.
- Baron JS, Poff NL, Angermeier PL, Dahm CN, Gleick PH, Hairston NG Jr., Jackson RB, Johnston CA, Richter BG and Steinman AD (2002) Balancing human and ecological needs for freshwater: the case for equity. *Ecological Applications* 12: 1,247–1,260.
- Bassett T (2001) *The Peasant Cotton Revolution in West Africa, Côte d'Ivoire, 1880–1995*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp243.
- Berkes F and Folke C (1998) *Linking Social and Ecological Systems*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp476.
- Blaikie P and Brookfield HC (1987) *Land Degradation and Society*. Methuen, London. Pp247.
- Blaikie P, Cannon T, Davis I and Wisner B (1994) *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge, London and New York. Pp320.
- Blöschl G and Sivapalan M (1995) Scale issues in hydrological modelling: a review. *Hydrological Processes* 9: 251–290.
- Bohle H-G (2001) Conceptual approaches to vulnerability: searching for common ground. In: Kasperson JX and Kasperson RE (Ed.s), *International Workshop on Vulnerability and Global Environmental Change*. Stockholm Environment Institute, Stockholm. Pp11–18.
- Box EO (1996) Plant functional types and climate at the global scale. *Journal of Vegetation Science* 7: 309–320.
- Brookfield H, Potter L and Byron Y (1995) *In Place of the Forest: Environmental and Socio-economic Transformations in Borneo and the Eastern Malay Peninsula*. UNU Press, Tokyo. Pp310.
- Bruner AG, Gullison RE, Rice RE and da Fonseca GAB (2001) Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291: 125–128.
- Bura S, Guerin-Pace F, Mathian H, Pumain D and Sanders L (1996) Multi-agent systems and the dynamics of a settlement system. *Geographical Analysis* 28: 161–178.
- Carpenter S, Walker B, Anderies JM and Abel N (2001) From metaphor to measurement: resilience of what to what? *Ecosystems* 4: 765–781.
- Cash DW, Clark WC, Alcock F, Dickson NM, Eckley N, Guston DH, Jager J and Mitchell RB (2003) Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 8,085–8,091.
- Clark WC, Crutzen P and Schellnhuber H-J (Ed.s) (2004) *Earth System Analysis for Sustainability*. Dahlem Workshop Report No. 91. MIT Press, Cambridge, MA. Pp352.
- Colten CE (1994) Creating a toxic landscape: chemical waste disposal policy and practice 1900–1960. *Environmental History Review* 18: 85–116.
- Costanza R, d'Arge R, de Groot RS, Farber S, Grasso M and Hannon B (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253–260.
- Cramer W, Bondeau A, Woodward FI, Prentice IC, Betts RA, Brovkin V, Cox PM, Fisher V, Foley JA, Friend AD, Kucharik C, Lomas MR, Ramankutty N, Sitch S, Smith B, White A and Young-Molling C. (2001). Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: results from six dynamic global vegetation models. *Global Change Biology* 7: 357–373.
- Cutter S (2001) American Hazardscapes: The Regionalization of Hazards and Disasters. Joseph Henry Press, Washington, DC. Pp211.
- Cutter S, Mitchell JT and Scott MS (2000). Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers* 90: 713–737.
- Daily GC (Ed.) (1997) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC. Pp392.
- Daily GC, Soderquist T, Aniyar S, Arrow K, Dasgupta P, Ehrlich PR, Folke C, Jansson AM, Jansson BO, Kautsky N, Levin S, Lubchenco J, Maler KG, David S, Stannett D, Tilman D and Walker B (2000) The value of nature and the nature of value. *Science* 289: 395–396.
- Dixon J, Gulliver A and Gibbon D (2001) *Global Farming Systems Study: Challenges and Priorities to 2030*. Synthesis and Global Overview, Consultation Document. World Bank/FAO, Rome. Pp83.
- Doll P and Siebert S (2002) Global modelling of irrigation water requirements. *Water Resources Research* 38(4): Article No. 1,037.
- Dow K and Downing TE (1995) Vulnerability research: where things stand. *Human Dimensions Quarterly* 1: 3–5.
- Downing TE, Butterfield R, Cohen S, Huq S, Moss R, Rahman A, Sokona Y and Stephen L (2001) *Climate Change Vulnerability: Linking Impacts and Adaptation*. Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford.
- Faber SC, Costanza R and Wilson MA (2002) Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics* 41: 375–392.
- Feddes A (1995) *Space and time scale variability and interdependencies in hydrological processes*. Cambridge University Press, New York. Pp181.
- Felzer B, Kicklighter D, Melillo J, Wang C, Zhuang Q and Prinn P (in press). Ozone effects on net primary production and carbon sequestration in the conterminous United States using a biogeochemistry model. *Tellus*.
- Fischer G and Sun LX (2001) Model based analysis of future land use development in China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85: 163–176.
- Folke C, Carpenter S, Elmqvist T, Gunderson L, Holling CS, Walker B, Bengtsson J, Berkes F, Colding J, Danell K, Falkenmark M, Gordon L, Kasperson R, Kautsky N, Kinzig A, Levin S, Maler K, Moberg F, Ohlsson L, Olsson P, Ostrom E, Reid W, Rockstrom J, Svenijie H and Svendin U (2002) Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. ICSU Series for Sustainable Development, No.3, www.resalliance.org/reports/resilience_and_sustainable_development.pdf.
- Foster D, Swanson F, Aber J, Burke I, Brokaw N, Tilman D and Knapp A (2003) The importance of land use legacies to ecology and conservation. *BioScience* 53: 77–88.

- Geist HJ and Lambin EF (2001) What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub-national case study evidence. LUCC Report No.4. CIACO, Louvain-la-Neuve. Pp116.
- Geist HJ and Lambin EF (2002) Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 52:143–150.
- Geist H and Lambin E (2004) Dynamic causal patterns of desertification. *BioScience* 54: 817–829.
- Gibbs D (2000) Globalisation: the bioscience industry and local environmental responses. *Global Environmental Change* 10(4): 245–257.
- Gleick PH (2003) Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21st Century. *Science* 302: 1,524–1,528.
- Gunderson LH (2000) Ecological resilience: in theory and application. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31: 425–439.
- Gunderson L and Holling CS (2002) *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, Washington, DC. Pp507.
- Göbel B (in press) Entries on Globalisation, IHDP, ESSP. In: Geist H (Ed.), *The Earth's Changing Land: An Encyclopaedia of Land Use/Cover Change*. Greenwood, CT.
- Haenn N (2003) Risking environmental justice: culture, conservation and governance at Calakmul, Mexico. In: Eckstein S and Wickham-Crawley T (Ed.s), *Social Justice in Latin America*. Routledge, New York. Pp.81–101.
- Hardin G (1968) The tragedy of the commons. *Science* 162: 1,243–1,248.
- Hardin G (1998) Extensions of the tragedy of the commons. *Science* 280: 682–683.
- Harrison G (1979) Stability under environmental stress: resistance, resilience, persistence and variability. *American Naturalist* 13(5): 659–669.
- Held D, McGrew A, Goldblatt D and Perraton J (1999) Globalisation. *Global Governance* 5(4): 483–496.
- Holling CS (1978) *Adaptive Environmental Assessment and Management*. Wiley, London. Pp307.
- Holling CS (2001) Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems* 4: 390–405.
- Houghton JT, Meiro Filho LG, Callander BA, Harris N, Kattenburg A and Maskell K (1996) *The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp584.Pp27.
- Irwin EG and Geoghegan J (2001) Theory, data, methods: developing spatially-explicit economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 84(1–3): 7–24.
- Jackson, RB, S.R. Carpenter, C.N. Dahm, D.M. McKnight, R.J. Naiman, S.L. Postel, S.W. Running. 2001. Water in a changing world. *Ecological Applications* 11:1027-1045.
- Jepsen P, Jarvie JK, MacKinnon K and Monk KA (2001) The end for Indonesia's lowland forests? *Science* 292: 859–861.
- Kasperson JX and Kasperson RE (2001) Summary: International Workshop on Vulnerability and Global Environmental Change. Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- Kasperson JX, Kasperson RE and Turner BL II (1995) *Regions at Risk: Comparisons of Threatened Environments*. United Nations University Press, Tokyo. Pp582.
- Kates RW (2003) The nexus and the neem tree: globalization and a transition to sustainability. In: Speth JG (Ed.), *Worlds Apart: Globalization and the environment*. Island Press, Washington, DC. Pp85–107.
- Kates RW, Clark WC, Corell R, Hall JM, Jaeger CC, Lowe I, McCarthy JJ, Schellnhuber H-J, Bolin B, Dickson NM, Faucheux S, Gallopin GC, Grubler A, Huntley B, Jäger J, Jodha NS, Kasperson RE, Mabogunje A, Matson P, Mooney H, Moore B III, O'Riordan T and Svedin U (2001) Sustainability science. *Science* 292: 641–642.
- Klepeis P and Vance C (2003) Neoliberal policy and deforestation in Southeastern Mexico: an assessment of the PROCAMPO Program. *Economic Geography* 79(3): 221–240.
- Kok K and Veldkamp A (2001) Evaluating the impact of spatial scales on land use pattern analysis in Central America. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85: 205–221.
- Kolpin DW, Furlong ET, Meyer MT, Thurman EM, Zaugg SD, Barber LB and Buxton HT (2002) Pharmaceuticals, hormones and other organic wastewater contaminants in U.S. streams 1999–2000: a national reconnaissance. *Environmental Science and Technology* 36(6): 1,202–1,211.
- Körner C (2000) Biosphere responses to CO₂ enrichment. *Ecological Applications* 10: 1,590–1,619.
- Kruska RL, Reid RS, Thornton PK, Henninger N and Kristjansson PM (2002) Mapping livestock-oriented agricultural production systems for the developing world. *Agricultural Systems* 77(1): 39–63.
- Lambin EF, Turner BL II, Geist HJ, Agbola SB, Angelsen A, Bruce JW, Coomes OT, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George PS, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li X, Moran EF, Mortimore M, Ramakrishnan PS, Richards JF, Skanes H, Steffen W, Stone GD, Svedin U, Veldkamp TA, Vogel C and Xu J (2001) The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change: Human and Policy Dimensions* 11: 2–13.
- Lambin EF, Geist HJ and Lepers E (2003) Dynamics of land use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 205–241.
- Laris P (2002) Burning the seasonal mosaic: preventing burning strategies in the wooded savannah of southern Mali. *Human Ecology* 30(2): 155–186.
- Levin SA (1998) Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems* 1(5): 431–436.
- Logan JA, Regniere J and Powell J (2003) Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1(3): 130–137.
- Loreau M, Naeem S, Inchausti B, Bengtsson J, Grime JP, Hector A, Hooper DU, Huston MA, Raffaelli D, Schmid B, Tilman D and Wardle DA (2001) Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and challenges. *Science* 294: 806–808.
- Lubchenco L (1998) Entering the century of the environment: a new social contract for science. *Science* 279: 491–497.
- Luers AL, Lobell DB, Sklar LS, Addams CL and Matson PA (2003) A method for quantifying vulnerability applied to the agricultural system of the Yaqui Valley. *Global Environmental Change (Part A)* 13: 255–267.
- Luhmann N (1992) *Ecological Communication*. Polity Press, London. Pp200. Pp288.
- Matson PA, Lohse K and Hall S (2002) The globalization of nitrogen deposition: consequences for terrestrial ecosystems. *Ambio* 31(2): 113–119.
- McCarthy JJ, Canziani OF, Leary NA, Dokken DJ and White KS (Ed.s) (2001) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change: Working Group II. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp1,042.
- McCracken S, Siqueira A, Moran EF and Brondizio ES (2002) Land Use Patterns on an Agricultural Frontier in Brazil: Insights and Examples from a Demographic Perspective. In: Wood C and Porro R (Ed.s), *Deforestation and Land Use in the Amazon*. University of Florida Press, Gainesville, FL. Pp162–192.
- Melillo JM, Field CB, Moldan B (2003) Interactions of the major biogeochemical cycles. Island Press, Washington, DC.
- Micklin PP (1988) Desiccation of the Aral Sea: a water management disaster in the Soviet Union. *Science* 241: 1,170–1,176.
- Mooney H (Ed.) (2003) *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington, DC.
- Mooney HA and Hobbs RJ (2000) *Invasive Species in a Changing World*. Island Press, Washington, DC.
- Moran EF (1993) Deforestation and land use in the Brazilian Amazon. *Human Ecology* 21(1): 1–22.

- Morgan JA, Pataki DE, Gruenzweig J, Körner C, Newton P, Niklaus PA, Nippert J, Nowak RS, Parton W, Clark H, Del Grosso SJ, Knapp AK, Mosier AR, Polley W and Shaw R (2004) Grassland responses to rising atmospheric CO₂ are driven primarily by water relations. *Oecologia* 140: 11–25.
- Narayan-Parker D (1996) Towards Participatory Research. World Bank Technical Paper Number 307. World Bank, Washington, DC.
- Norman JM (1993) Scaling processes between leaf and canopy levels. In: Ehrlinger JR and Field CB (Ed.s), *Scaling Physiological Processes: Leaf to Globe*. Pp41–76.
- NRC (1999) *Our Common Journey: A Transition Toward Sustainability*. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC. Pp363.
- NRC (2005) *Population, Land Use and the Environment: Research Directions*. In: Entwisle B and Stern PC (Ed.s), *Panel on New Research on Population and Environment*. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- Ostrom E, Dietz T, Dolsak N, Stern PC, Stonich S and Weber EU (Ed.s) (2002) *The Drama of the Commons*. National Academy Press, Washington, DC. Pp534.
- Parker D, Manson S, Janssen MA, Hoffmann MF and Deadman P (2001) Multi-agent systems for the simulation of land use and land-cover change: a review. Center for the Study of Institutions, Population and Environmental Change, Indiana University, Bloomington, IN. CIPEC Working Paper CW-01-05.
- Parker DC, Manson SM, Janssen MA, Hoffmann MF and Deadman P (2003) Multi-agent systems for the simulation of land use and land cover change: a review. *Annals of the Association of American Geographers* 93(2): 316–340.
- Parnesan C and Yohe G (2003) A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37–42.
- Pataki DE, Bowling DR and Ehrlinger JR (2003) Seasonal cycle of carbon dioxide and its isotopic composition in an urban atmosphere: anthropogenic and biogenic effects. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)* 108(D23): 4735, doi:10.1029/2003JD003865.
- Peters DPC, Yao J, Huenneke LE, Gibbens RP, Havstad KM, Herrick JE, Rango A and Schlesinger WH (2004) A framework and methods for simplifying complex landscapes to reduce uncertainty. In: Wu J, Jones B, Li H and Loucks O (Ed.s), *Scaling And Uncertainty Analysis In Ecology: Methods And Applications*. Columbia University Press, New York.
- Peterson DL and Parker VT (Ed.s) (1998) *Ecological Scale: Theory and Applications*. Columbia University Press, New York, NY. Pp608.
- Petschel-Held G, Block A, Cassel-Gintz M, Kropp J, Lüdeke MKB, Moldenhauer O, Reusswig F and Schellnhuber H-J (1999) Syndromes of global change: a qualitative modelling approach to assist global environmental management. *Environmental Modelling and Assessment* 4: 295–314.
- PNAS (2003) Science and Technology for Sustainable Development (Special Feature). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 100: 8,059–8,091.
- Pontius RG (2000) Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 66: 1,011–1,016.
- Pontius RG (2002) Statistical methods to partition effects of quantity and location during comparison of categorical maps at multiple resolutions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 68: 1,041–1,049.
- Porter WP, Jaeger JW and Carlson IH (1999) Endocrine, immune and behavioral effects of aldicarb (carbamate), atrazine (triazine) and nitrate (fertilizer) mixtures at groundwater concentrations. *Toxicology and Industrial Health* 15: 133–155.
- Rajan KS and Shibasaki R (1997) Dataset resolution and classification: effect on modelling land use at the national level. In: Himiyama Y and Crissman L (Ed.s), *Information Bases for Land Use/Cover Change Research*. Proceedings of IGU-LUCC'97, International Geographical Union Study Group on Land Use and Land Cover Change (IGU-LUCC). Pp25–30.
- Rajan KS and Shibasaki R (2000) A GIS based integrated land use/cover change model to study human-land interactions. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 33 Part B7(3): 1,212–1,219.
- Ramankutty N and Foley JA (1998) Characterizing patterns of global land use: an analysis of global croplands data. *Global Biogeochemical Cycles* 12 (4): 667–685.
- Raskin P, Chadwick M, Jackson T and Leach G (1996) *The Sustainability Transition: Beyond Conventional Development*. Stockholm Environment Institute, Stockholm. POLESTAR Series Report No.1.
- Raven PH (2002) Science, Sustainability and the Human Prospect. *Science* 297: 954–958.
- Reynolds JF, Stafford Smith DM and Lambin E (2003) ARIDnet: seeking novel approaches to desertification and land degradation. *Global Change NewsLetter* 54, 5–9. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm.
- Reynolds JF and Stafford Smith M (Ed.s) (2002) *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts? Dahlem Workshop Report 88*. Dahlem University Press, Berlin. Pp437.
- Riebsame WE and Parton WJ (1994) Integrated modelling of land use and cover change. *Bioscience* 44: 350–357.
- Robbins P (1998) Authority and environment: institutional landscapes in Rajasthan, India. *Annals of the Association of American Geographers* 88: 410–435.
- Rosenzweig ML (2003) *Win-Win Ecology: How the Earth's Species Can Survive in the Midst of Human Enterprise*. Oxford University Press, New York, NY. Pp211.
- Rouchier J, Bousequet F, Requier-Desjardins M and Antona M (2001) A multi-agent model for describing transhumance in North Cameroon: comparison of different rationality to develop a routine. *Journal of Economic Dynamics and Control* 25: 527–599.
- Running SW, Nemani RR, Heinsch FA, Zhao M, Reeves M and Hashimoto H (2004) A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. *BioScience* 54(6): 547–560.
- Running SW, Baldocchi DD, Turner DB, Gower SP, Bakwin PS and Hibbard KA (1999) A global terrestrial monitoring network integrating tower fluxes, flask sampling, ecosystem modelling and EOS satellite data. *Remote Sensing of Environment* 70: 108–127.
- Rustad LE and Norby RJ (2002) Temperature increase: effects on terrestrial ecosystems. In: Mooney HA and Canadell JG (Ed.s), *Encyclopedia of Global Environmental Change Vol.2, The Earth System: biological and ecological dimensions of global environmental change*. Pp575–581.
- Sala OE, Chapin FS III and Huber-Sannwald E (2001) Global Biodiversity in a Changing World. *Ecological Studies* 152. Springer, New York, NY. Pp376.
- Sarewitz D, Pielke RA and Byerly R Jr. (Ed.s) (2000) *Prediction: Science, Decision Making and the Future of Nature*. Island Press, Washington DC. Pp405.
- Schellnhuber H-J and Wenzel V (Ed.s) (1998) *Earth System Analysis: Integrating Science for Sustainability*. Springer-Verlag, Berlin. Pp352.
- Schellnhuber, HJ, Black A, Cassel-Gintz M, Kropp J, Lammel G, Lass W, Lienenkamp R, Loose C, Lüdeke MKB, Moldenhauer O, Petschel-Held G, Plochl M and Reusswig F (1997) Syndromes of global change. *GAI A* 6: 19–34.
- Schulze R (2000) Transcending scales of space and time in impact studies of climate and climate change on agrohydrological responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 82: 185–212.
- Schneider A, Seto KC and Webster D (in press) Urban growth in Chengdu, western China: linking remote sensing, urban planning and policy perspectives. *Environment and Planning B* 32(3): 323–345.
- Simon D, McGregor D and Nsiah-Gyabaah K (2004) The changing urban-rural interface of African cities: definitional issues and an application to Kumasi, Ghana. *Environment and Urbanization* 16(2): 235–247.
- Steffen W, Sanderson A, Tyson PD, Jäger J, Matson PA, Moore B III, Oldfield F, Richardson K, Schnellhuber H-J, Turner BL II and Wasson RJ (2004) *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*. Springer-Verlag, Berlin. Pp336.
- Tanticharoen M (2000) Thailand: Biotechnology for Farm Products and Agro-Industries. www.cgiar.org/biotech/rep0100/Tanticha.pdf

- Tri-Academy Panel (2001) *Growing Populations, Changing Landscapes: Studies from India, China, and the United States*. Tri-Academy Panel on Population and Land Use (Indian National Science Academy, Chinese Academy of Sciences and U.S. National Academy of Sciences). National Academy Press, Washington, DC. Pp300.
- Turner BL II, Hyden G and Kates R (Ed.s) (1993) *Population Growth and Agricultural Change in Africa*. University Press of Florida, Gainesville, FL. Pp461.
- Turner BL II, Villar S, Foster D, Geoghegan J, Keys E, Klepeis P, Lawrence D, Mendoza P, Manson S, Ogneva-Himmelberger Y, Plotkin AB, Salicrup D, Chowdhury R, Savitsky B, Schneider L, Schmook B and Vance C (2001) Deforestation in the southern Yucatán Peninsular region: An Integrative Approach. *Forest Ecology and Management* 154: 343–370.
- Turner BL II, Kasperson RE, Matson P, McCarthy JJ, Corell RW, Christensen L, Eckley N, Kasperson JX, Luers A, Martello ML, Polsky C, Pulsipher A and Schiller A (2003a) Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: three case studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences (U.S.)* 100(14): 8,080–8,085.
- Turner BL II, Kasperson RE, Matson PA, McCarthy JJ, Corell RW, Christensen L, Eckley N, Kasperson JX, Luers A, Martello ML, Polsky C, Pulsipher A and Schiller A (2003b) A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences (U.S.)* 100(14): 8,074–8,079.
- Turner RK, Paavola J, Cooper P, Farber S, Jessamy V and Georgiou S (2003) Valuing nature: lessons learned and future research directions. *Ecological Economics*, 46(3): 493–510.
- UK Parliament (2002) www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/cm200102/cmselect/cmintdev/519/2011509.htm
- Vayda AP (1999) Finding causes of the 1997/98 Indonesian forest fires: problems and possibilities. World Wildlife Fund for Nature, Jakarta, Indonesia. Pp51.
- Veldkamp A and Lambin E (2001) Predicting land use change (Editorial). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85: 1–6.
- Veldkamp A and Fresco LO (1996) CLUE-CR: an integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica. *Ecological Modelling* 91: 231–248.
- Veldkamp A and Fresco LO (1997) Reconstructing land use drivers and their spatial scale dependence for Costa Rica. *Agricultural Systems* 55: 19–43.
- Verburg PH, Soepboer W, Veldkamp A, Limpiada R, Espaldon V and Mastura SSA (2002) Land use change modelling at the regional scale: the CLUE-S model. *Environmental Management* 30: 391–405.
- Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J and Melillo JM (1997) Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494–500.
- Walsh SJ and Crews-Meyer KA (Ed.s) (2002) *Linking People, Place, and Policy: A GIScience Approach*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA. Pp348.
- Wardle DA (2002) *Communities and ecosystems – linking the aboveground and belowground components*. Monographs in Population Biology 34. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. Pp400.
- Watson RT, Zinyowera MC and Moss RH (Ed.s) (1997) *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis*. International Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp878.
- Wilbanks TJ and Kates RW (1999) Global change in local places. *Climatic Change* 43: 601–628.
- Wooster MJ and Strub N (2002) Study of the 1997 Borneo fires: quantitative analysis using global area coverage (GAC) satellite data. *Global Biogeochemical Cycles* 16(1), 10.1029/2000GB001357.
- Young OR, Agrawal A, King LA, Sand PH, Underdal A and Wasson M (1999) *Institutional Dimensions of Global Environmental Change*. IHDP Report No.16. International Human Dimensions Programme, Bonn.

附录

附录1：缩略语列表

AIMES	全球分析、集成和模拟	NGO	无政府组织
BASIN	生物圈 - 大气圈稳定同位素网络	NSF	国家自然科学基金(美国)
BATREX	生物圈 - 大气圈痕量气体交换	PAGES	过去全球变化
DGVM	全球植被动态模型	SCOPE	环境问题科学委员会
DIVERSITAS	生物多样性计划	START	全球变化的分析、研究与培 训系统
ENSO	厄尔尼诺南方涛动	TERACC	陆地生态系统对大气与气候 变化的响应
ESSP	地球系统科学合作组织	WCRP	世界气候研究计划
EU	欧盟		
GCP	全球碳计划		
GCTE	全球变化与陆地生态系统		
GECAFS	全球环境变化与食物系统		
GECHH	全球环境变化与人类健康		
GECHS	全球环境变化与人类安全		
GLP	全球土地计划		
GWSP	全球水系统计划		
IDGEC	全球环境变化的制度因素		
IGBP	国际地圈生物圈计划		
IHDP	全球变化的人文因素计划		
iLEAPS	土地生态系统 - 大气过程集成研究		
IPCC	政府间气候变化专门委员会		
IPO	国际计划办公室		
IT	工业转型 (IHDP)		
LBA	亚马逊流域大尺度生物圈 - 大气圈 试验		
LCCS	土地覆盖分类系统		
LOICZ	海岸带海陆相互作用		
LUCC	土地利用 / 覆盖变化		
MEA	千年生态系统评估		
MODIS	中分辨率成像光谱仪		
NEESPI	欧亚北部生态系统科学计划法案		

附录2：术语表

Adaptation: a system response to perturbations or stress that is sufficiently fundamental to alter the system itself, sometimes shifting the system to a new state.

Adjustment: a system response to perturbations or stress that does not fundamentally alter the system itself. Adjustments are commonly – but not necessarily – short-term and involve relatively minor system modifications.

Biodiversity: the numbers of entities (genotypes, species, or ecosystems), the evenness of their distribution, and the differences in their functional traits and their interactions. The term encompasses a broad spectrum of biotic scales, from genetic variation within species to biome distribution on the planet.

Biophysical characteristics: land surface characteristics which affect land-atmosphere interactions. For example, properties related to albedo, surface roughness, fraction of vegetative ground, evapo-transpiration or biospheric water vapour exchange, and Leaf Area Index jointly contribute to define the biophysical state of a particular land surface.

Biogeochemical budget: stocks and fluxes of chemical constituents of the Earth System or its sub-systems.

Biogeochemical cycling: movement of key chemical constituents, such as carbon, nitrogen, oxygen and phosphorus through the Earth System or its sub-systems.

Decision making: unconscious or deliberate choices made on the basis of knowledge, perceptions and preferences. The range of choices available may be constrained by external factors.

Earth System: the Earth regarded as a unified system of interacting components, including geosphere (land), atmosphere (air), hydrosphere (water and ice), biosphere (life), and human activities and societies.

Ecosystem: a set of organisms (plants, animals, micro-organisms) and abiotic resources (e.g. nutrients and water) occurring and interacting within a given space, and characterised by the stocks (or pools) of elements, genes and energy and fluxes between them.

Ecosystem structure: composition of organisms present, their relative abundances, and their interactions (within and across trophic levels).

Ecosystem properties: sizes of compartments (e.g. pools of elements such as carbon, nitrogen and phosphorus) and rates of processes (fluxes of elements, compounds, material, organisms and energy among pools).

Ecosystem function: biogeochemical cycles (fluxes of elements) and other processes such as the dispersal of genes (e.g. via pollen) or organisms, and energy transfers.

Ecosystem services: benefits obtained from regulation of ecosystem processes, such as climate regulation, disease control, flood control and detoxification. Cultural and non-material benefits obtained from ecosystems include spiritual, recreational, aesthetic, educational, communal and symbolic services. Services that maintain or support conditions for life on earth include soil formation, nutrient cycling, pollination and biodiversity.

Environment: generically, the conditions in which a system or unit is embedded, either human, biophysical or both. Herein, environment refers to the abiotic factors of an ecosystem, including climatic, atmospheric and abiotic resource factors.

Exposure: the character of the hazard and the manner in which the exposure unit (e.g. ecosystem, agriculture, or coupled system) experiences the hazard.

Global environmental change: the set of biophysical transformation of states and flows of land, oceans and atmosphere, driven by an interwoven system of human and natural processes; these are intimately connected with processes of socio-economic and cultural globalisation.

Globalisation: the growing and accelerated interconnectedness of the world in an economic, political, social and cultural sense.

Hazard: threats to a system from stress or perturbation and the consequences produced.

Institutions: societal rules of governance that determine access and use of natural resources and environment. Land tenure, for example, is an institution governing land access.

Land cover: the observed (bio)physical cover on the Earth's surface, including wetlands, forests and grasslands.

Land management: the practices applied in the management of agricultural land (e.g. crop rotation, contour strip-cropping and fertiliser application) or forest land (clear cutting and selective logging).

Land system: an abbreviated term for the coupled socio-environmental terrestrial system that includes land use, land cover and ecosystems.

Land use: the arrangements, activities and inputs people undertake in a certain land cover type to produce, change or maintain it, including parks, reserved, national-state forests, cultivation and settlement.

Perturbation: a disturbance to a system resulting from a sudden shock with a magnitude outside the normal vulnerability.

Resilience: the ability of a system to absorb perturbations or stresses without changes in its fundamental structure or function.

Risk: the conditional probability and magnitude of consequences following a hazard.

Sensitivity: the extent to which a system or its components is likely to experience harm, and the magnitude of that harm due to exposure to perturbations or stresses.

Stress: continuous or slowly increasing pressure (e.g. soil degradation) within the range of normal variability.

Sustainability: the development of systems capable of ensuring that future generations will have coupled human-environment systems capable of providing goods and services without degradation of structure or function.

Vulnerability: the degree to which a system, subsystem or system component is likely to experience harm due to exposure to a hazard. Herein involves not just exposure to a hazard, or a diminution in the provision of goods and services, but also the coupled system's sensitivity and resilience to multiple changes.

Well-being: includes basic material for a good life, freedom and choice, health, good social relations and security. The constituents of well-being, as experienced and perceived by people, are situation-dependent, reflecting local geography, culture and ecological circumstances.

GLP

全球陆地计划是国际地圈生物圈计划(IGBP)和全球变化人文因素计划(IHDP)联合发起的跨多学科计划。国际地圈生物圈计划(IGBP)和全球变化人文因素计划(IHDP)都是国际科学委员会(ICSU)实施的跨学科实体。

关于计划赞助更多的信息能够在以下网站获得：

IGBP: www.igbp.net

IHDP: www.ihdp.org

ICSU: www.icsu.org

