

农业生态环境评价的土壤侵蚀退耦指标体系*

贺秀斌 文安邦 张信宝 朱波

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

DECOUPLING INDICATORS OF SOIL EROSION FOR AGRO-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

He Xiubin Wen Anbang Zhang Xinbao Zhu Bo

(Institute of Mountain Hazard and Environment, CAS and MWR, Chengdu 610041, China)

关键词 土壤侵蚀; 农业生态环境; 退耦理论; 指标体系

中图分类号 S181 文献标识码 A

在全球变化和人为活动日益增强的背景下, 现代土壤侵蚀不仅使表土遭受流失, 引起土壤质量下降, 导致非点源污染, 同时也与洪旱灾害, 粮食安全, 甚至社会稳定密切相关。近年来, 土壤侵蚀问题引起国际社会的广泛关注, 土壤侵蚀被列为农业生态环境健康, 土壤质量, 水质和空气质量(风蚀)诊断的首要指标。各国政府都提出相应的政策措施控制土壤侵蚀的发生。近年来我国政府采取了一系列生态环境建设的政策措施, 这些措施一方面在经济和科技投入的前提下使得生态环境得到了初步改善, 而另一方面这些环境保护政策给地方农业, 工业和商业等社会经济的发展带来巨大的压力。如何确切地评价土壤侵蚀、水土保持措施和政策法规, 怎样制定对社会经济发展压力最小且环境效益最高的水土保持政策是政府以及自然科学家和社会科学家关注的焦点。本文简要地介绍了国际新近发展的退耦理论; 提出农业生态环境可持续发展的土壤侵蚀评价的退耦指标体系, 以供同仁探讨。

质量退化、流域内农业生产力的下降, 而且是下游河道淤积抬高发生水患的主要原因之一, 同时还会破坏陆地水文系统的平衡, 引发一系列的生态环境问题(图1)^[1-9]。由于土地覆盖的变化和气候变化导致土壤微生物活性变化, 进而导致土壤团聚体等特性的变化, 使得土壤抗蚀性发生改变^[10]。同时土壤侵蚀是土壤有机碳进入河湖、海洋和大气, 成为全球碳循环等全球变化过程的重要动力之一^[11,12]。

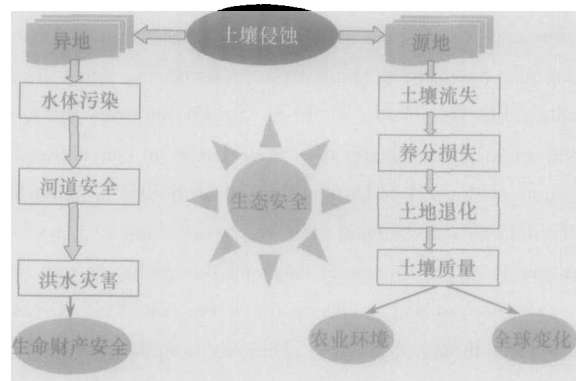


图1 土壤侵蚀环境效应概念框架

1 土壤侵蚀与生态安全

严重的水土流失不仅导致耕地面积减少、土壤

世界各国都存在程度不等的土壤侵蚀, 如1934年美国发生震惊世界的黑风暴席卷美洲大陆; 20世

* 国家“973”研究课题(2003CB415201)和中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-330)资助

作者简介: 贺秀斌(1967~), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀与水土保持等方面的研究工作。E-mail: xiubinh@imde.ac.cn; 电话: 028-85232105

收稿日期: 2004-02-26; 收到修改稿日期: 2004-04-28

纪 50 年代初,前苏联欧洲部分也发生了类同的黑风暴;1953 年日本发生了灾害性特大的洪水;索马里 90% 的农地遭受侵蚀;以及我国 1998 年长江和松花江的洪涝灾害^[13,14]。土壤侵蚀已成为与干旱和洪水密切相关的世界性环境灾害。经济发展与合作组织(OECD)将土壤侵蚀作为农业环境核心指标体系的首要指标 and 环境保护协议的重要内容。

2 现有土壤侵蚀的评价指标体系

常用的反映土壤侵蚀状况的概念指标有土壤侵蚀强度、土壤侵蚀程度和允许土壤流失量等;可测指标有侵蚀模数、年均土壤流失厚度和土壤侵蚀面积。侵蚀强度是指单位面积上土壤流失量的大小,通常以侵蚀模数($t\ km^2\ a^{-1}$)或用每年侵蚀掉的土层厚度表示。土壤侵蚀强度可分为 6 级:微度侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强度侵蚀、极强度侵蚀和剧烈侵蚀^[15~21]。但是土壤侵蚀强度不能反映土壤侵蚀发生的阶段和程度差异。土壤侵蚀程度是以土壤侵蚀模数作为主要的指标,参照土壤、地形地貌、植被覆

盖和侵蚀类型,对土壤侵蚀的发生阶段或侵蚀状况作出判断,是土壤侵蚀调查制图和水土保持规划的基础。允许土壤流失量是使作物在长时期内能经济、持续稳定地获得高额产量而许可的最大年土壤侵蚀量,它小于等于成土速度。

侵蚀面积是以在一定区域或行政边界内,一定程度土壤侵蚀面积的总和,有时用侵蚀面积占总面积的百分数表示。我国在 1955 年第一次统计全国水力侵蚀面积为 153 万 km^2 (新疆、西藏、上海、天津、台湾未作统计),但当时的调查没有统一的标准和规则,数据的可用性不大;1983 年开始,水利部应用遥感技术对全国的水土流失开展了普查,截止 1989 年,全国水力侵蚀面积 178.41 万 km^2 , 风力侵蚀面积 187.61 万 km^2 , 冻融侵蚀面积 125 万 km^2 。2002 年公布的全国水力侵蚀面积 164.88 万 km^2 , 风力侵蚀面积 190.67 万 km^2 , 冻融侵蚀面积 126.98 万 km^2 。OECD 成员国认为加速土壤侵蚀主要发生在农业用地上,因此采用侵蚀面积占农业用地的百分数作为国家或地区土壤侵蚀评价指标(表 1)^[22]。

表 1 经济合作与发展组织部分成员国的农耕地土壤侵蚀面积占总耕地面积的百分数^[22] (%)

国家	低度侵蚀 ($< 10.9\ t\ hm^{-2}\ a^{-1}$)	中度侵蚀 ($11 \sim 21.9\ t\ hm^{-2}\ a^{-1}$)	严重侵蚀 ($> 22\ t\ hm^{-2}\ a^{-1}$)	评价年份
日本	99	1	0	1987
挪威	96	4	0	1997
韩国	77	18	5	1997
意大利	39	31	30	1990
西班牙	8	10	82	1980
葡萄牙	6	27	67	1990
加拿大	92	5	31	1996
匈牙利	63	22	15	1998
波兰	55	31	14	1998
美国	79	12	9	1992
瑞士	70	30	0	1989
奥地利	64	26	10	1996

3 退耦理论与退耦指标

环境保护与受损生态环境的修复已成为政府决策、国际合作协议、社会生存发展和商业运作的关注焦点。通过环境政策法规、政府补贴、科技投入、教育和其他服务等措施减轻社会经济发展对环境的破坏,同时也减轻社会经济发展的环境压力,即为促进

环境退化与社会经济发展的退耦。近年来欧洲科学家提出环境压力与社会经济发展退耦理论^[22~27],如式(1)、式(2)或式(3)。

$$D_i = \frac{E_p}{D_f} \quad (1)$$

其中 D_i —退耦指标; E_p —环境压力指标; D_f —动力因子指标。退耦指标能够反映单位动力因子(如 GDP, 人口或资源耗用等)产生的环境影响。

评价政策实施前后或过程中变化,可以使用退耦指标的参比值:

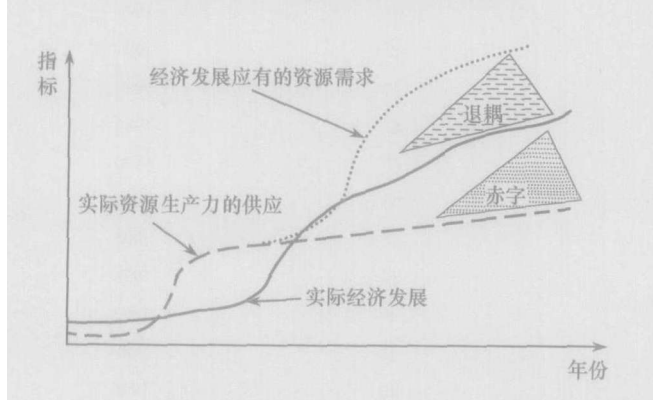
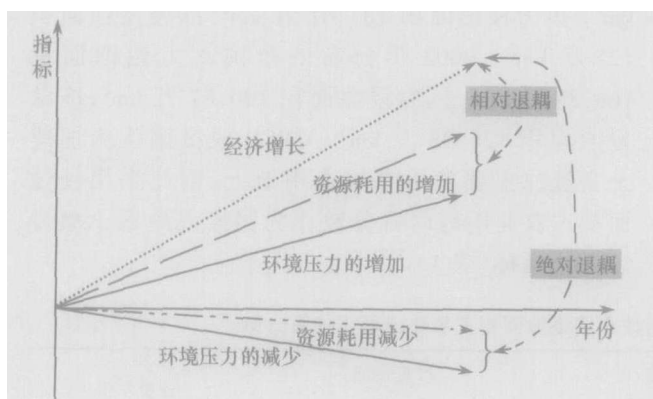
$$D_r = \frac{D_i^{\text{期始}}}{D_i^{\text{期末}}} \quad (2)$$

当 $D_r < 1$ 时,这一时期就有退耦发生,该值越小退耦越显著,但该值不能判断是绝对退耦还是相对退耦。

应用退耦指数 (D_r) 能更好的判断是否有退耦发生:

$$D_f = 1 - D_r \quad (3)$$

当 $D_f < 0$ 时,没有退耦发生;当 $D_f > 0$ 时,有退耦发生; D_f 的最大值为 1,这时环境压力为零(图 2 和图 3)^[27]。



2002 年 OECD 成员国的部长委员会要求对环境退化和社会与经济持续发展之间的退耦机制进行研究,建立适应各国的退耦指标 (Decoupling indicators) 和数据采集标准,为政府的环境决策提供科学指导,并监测政策实施的环境效应。减轻社会经济环境压力已成为 OECD 国家 21 世纪第一个十年环境规划战略的主要任务。其他国际组织如 FAO、

UNEDP、世界银行和国际论坛等也在积极推动这一环境与发展综合决策机制的形成与发展^[28,29]。

同时,科研机构开展了针对退耦理论的退耦指标体系的研究。以美国和世界银行等为代表的压力 (Pressure)—状态 (State)—响应 (Response) 框架 (PSR); 欧盟的动力-(Driving force)—压力—状态—影响 (Impact)—响应框架 (DPSIR) 或动力—状态—响应框架 (DSR) 和欧盟的第五、第六研究框架都对环境与资源指标体系、社会指标体系、经济发展指标体系、域外影响和可持续发展能力指标体系进行了系统数据收集和研究,建立对退耦过程的监测、评价和动态模拟的技术体系^[30-32]。

4 土壤侵蚀退耦指标体系

土壤侵蚀涉及到土壤质量、土地利用与覆盖变化、农业生产力、水质(河库泥沙与水体的养分富集)和大气粉尘(风蚀)等诸多的环境问题,是生态环境,特别是农业生态环境中的重要动力因子。土壤侵蚀的相关指标数据,在所有的环境评价框架中,都被列为重要的研究内容。现有的有关土壤侵蚀的数据资料或指标仅有土壤侵蚀模数或定性的强弱分级和相应土壤侵蚀面积。这样的指标数据过于简略,受影响的因素较多,而所含信息量低,不能真实地反映或区别自然变化、社会经济发展和政策实施的效应。例如,土壤侵蚀模数的变化,仅从数据很难判断是自然条件(降雨等)变化引起的,还是水土保持政策实施(退耕,人口迁移等)或社会经济发展速度变化引起的,因而对区域水土保持规划和宏观决策指导意义不大。

图 4 是农业生态环境持续发展的土壤侵蚀评价的 DPSIR (D—动力; P—压力; S—状态; I—效应; R—响应) 战略框架,它不仅采用常用的侵蚀模数、侵蚀面积等土壤侵蚀状态指标,而且考虑土壤侵蚀动力或压力的引发等因素的指标和土壤侵蚀的后果效应指标以及政策等响应指标。这样就可以提出公式(4)作为相应的土壤侵蚀退耦指标^[33,34]:

$$D_c = \frac{S}{f(d, p, i, r)} \quad (4)$$

其中 S 为土壤侵蚀状态指标; D 为动力因子指标; P 为压力因子指标; I 为效应指标; R 为响应指标。

单位 GDP 的土壤侵蚀模数、人均侵蚀模数、单位降雨量或单位雨强的侵蚀模数等指标都是简单的土壤侵蚀退耦指标。利用式(2)和式(3),可以分析

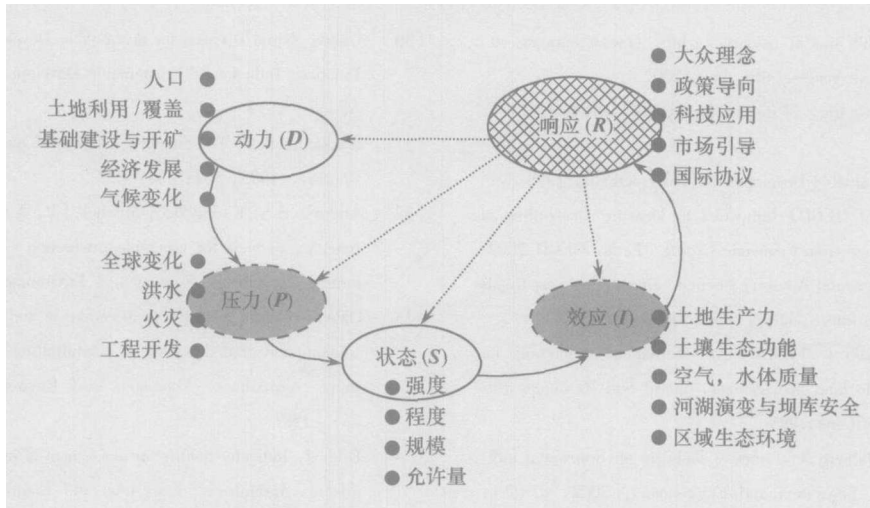


图 4 农业生态系统持续发展的土壤侵蚀 DPSIR 评价指标框架

某一阶段的政府政策,或水土保持措施,或社会经济发展和土壤侵蚀演变动态的关系;探索有利于农业生态环境持续发展的最佳水土保持政策和措施。

近年来国家采取了一系列生态环境建设的政策措施,这些措施一方面在一些地区既提高了农业生产能力,又促进了社会经济的发展,生态环境还得到了初步改善,而在部分地区只是以巨大的经济投入(政府补贴)和农业生产力的降低(耕地减少,粮食减产)为代价,使得土壤侵蚀得到基本控制;另一方面这些环境保护政策给地方农业,工业和商业等社会经济的发展带来巨大的压力。如何确切的评价土壤侵蚀,分析近几十年来政府政策、水土保持措施、社会经济发展和土壤侵蚀演变的动态关系;提出有效的评价指标体系,监测政策实施的环境效应;发现土壤侵蚀与生态环境持续发展及社会经济健康发展的退耦规律与机理;探索有利于农业生态环境持续发展的最佳水土保持政策和措施,是国家宏观科学决策的重要依据和土壤侵蚀与水土保持科学研究亟待解决的理论问题。

参考文献

- [1] 赵其国. 土壤质量与持续环境. 土壤, 1997, 30(3): 113 ~ 120
- [2] 史德明, 韦启潘, 梁音, 等. 中国南方侵蚀土壤退化指标体系研究. 水土保持学报, 2000, 14(3): 1 ~ 9
- [3] 景可, 陈永宗. 黄土高原侵蚀环境和侵蚀速率的初步研究. 地理研究, 1983, 2(2): 26 ~ 31
- [4] 唐克丽. 黄土高原人为加速侵蚀与全球变化. 水土保持学报, 1992, 6(2): 88 ~ 96
- [5] 刘宝元, 张科利, 焦菊英. 土壤可蚀性及其在侵蚀预报中的应用. 自然资源学报, 1999, 14(4): 345 ~ 350
- [6] 蔡强国, 陆兆熊, 王贵平. 黄土丘陵沟壑区典型小流域侵蚀产沙过程模拟. 地理学报, 1996, 51(2): 108 ~ 116
- [7] 史学正, 于东升. “数字土壤”——21 世纪土壤学面临的机遇与挑战. 土壤通报, 2000, 31: 104 ~ 106
- [8] 刘良梧. 全球土壤退化评价. 自然资源, 1995, 1: 10 ~ 14
- [9] 蔡运龙, Barry S. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策. 地理学报, 1996, 51(3): 202 ~ 212
- [10] Lal R. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. Critical Rev. Plant Sci., 1998, 17: 319 ~ 464
- [11] Lal R. Soil quality and food security: The global perspective. In: Lal R. ed. Soil Quality and Soil Erosion. Boca Raton: CRC Press, 1999. 3 ~ 16
- [12] Cai Q G. Soil erosion and management on the Loess Plateau. Journal of Geographical Sciences, 2001, 11: 53 ~ 70
- [13] He X, Jiao J. The 1998 flood and soil erosion in Yangtze River. Water Policy, 2000, 1: 653 ~ 658
- [14] 郑粉莉, 高学田. 黄土坡面土壤侵蚀过程及其模拟. 西安: 陕西人民出版社, 2000
- [15] 符素华, 刘宝元. 土壤侵蚀量预报模型研究进展. 地球科学进展, 2002, 17(1): 78 ~ 84
- [16] 江忠善, 王志强, 刘志. 黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 1 ~ 9
- [17] Meyer L D. Evolution of the universal soil loss equation. J. Soil and Water Cons., 1984, 32(2): 99 ~ 104
- [18] Morgan R P C, Nearing M A. Soil erosion models: Present and future. 3rd International Congress of European Society for Soil Conservation, 2000. 11 ~ 24
- [19] Nearing M A, Foster G R, Lane L J, et al. A process-based soil erosion model for USDA-water erosion prediction project technology. Trans. ASAAAE., 1989, 32: 1 587 ~ 1 593
- [20] 张洪江, 王礼先. 坡面林地土壤流失系统动力学模型研究. 北京林业大学学报, 1996, 18(4): 43 ~ 49
- [21] 王兆印, 王光谦, 高菁. 侵蚀地区植被生态动力学模型. 生态学报, 2003, 23(1): 98 ~ 105
- [22] Evan S, Hironaka A. Decoupling and “recoupling”: International pressures and national environmental protection. OECD Observer, 2001, 10: 567 ~ 602
- [23] Directorate General in Environment of European Commission. Thematic

- strategy on sustainable use of resources. <http://www.europa.eu.int/comm/environment/natres/index.htm>. 2002
- [24] Ruffing K G. Keeping track of decoupling. *OECD Observer*, 2001, 11:856 ~ 897
- [25] OECD. *Toward Sustainable Development*. Paris: OECD, 1998
- [26] Secretary General of OECD. *Indicators to Measure Decoupling of Environmental-Pressure from Economic Growth*. Paris: OECD, 2002
- [27] The Swedish Environmental Advisory Council. *Decoupling-Past trends and prospects for the future*. <http://www.mvb.gov.se>. 2002
- [28] Smyth A J, Dumanski J. *FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management*. World Soil Resources Report No. 73, FAO, Rome, 1993
- [29] Stein A, Riley J, Halberg N. Issues of scale for environmental indicators. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 2002, 87(2): 215 ~ 232
- [30] United Nation Division for Sustainable Development. *From Theory to Practice: Indicators of Sustainable Development*. New York: United Nations, 1997
- [31] Warkentin B P. The changing concept of quality. *J. Soil and Water Conserv.*, 1995, 502: 226 ~ 228
- [32] Andrews S S, Karlen D L, Mitchell J P. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 2002, 90:25 ~ 45
- [33] Ogle R B. The need for socio-economic and environmental indicators to monitor degraded ecosystem rehabilitation: A case study from Tanzania. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 2002, 87(2): 151 ~ 158
- [34] Riley J. Indicator quality for assessment of impact of multidisciplinary system. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 2002, 87(2): 121 ~ 128

欢迎订阅 2006 年《土壤学报》

《土壤学报》是中国土壤学会主办、中国科学院南京土壤研究所承办、科学出版社出版的学术性期刊,主要刊登土壤科学各分支学科及相关领域(如植物营养科学、肥料科学、环境科学、国土资源等领域)的最新研究成果,包括学术论文、研究简报、综述与专论、问题讨论等。读者对象主要为土壤学及相关学科的科技人员、高等院校师生和管理干部等。

《土壤学报》2006 年为双月刊,大 16 开,160 页,国内外公开发行。国内统一刊号:CN 32-1119/P,国际标准刊号:ISSN 0564-3929。国内邮发代号:2-560,每期定价 50.00 元,全年定价 300.00 元;国外邮发代号:BM45,每期定价 50.00 美元,全年定价 300.00 美元。订购处:全国各地邮局。总发行:科学出版社;地址:北京东黄城根北街 16 号;邮政编码:100717;电话:010-64034563;E-mail:journal@cspg.net。

编辑部地址:南京市北京东路 71 号 中国科学院南京土壤研究所《土壤学报》编辑部。邮政编码:210008;电话:025-86881237,86881238;传真:025-86881000;E-mail:actapedo@issas.ac.cn;网址:<http://trxb.periodicals.net.cn>,<http://trxb.chinajournal.net.cn>。