

DPSIR 体系及其在土壤圈环境管理中的意义^①

骆永明^{1,2,3}, 郑茂坤^{1,2,3}, 赵其国^{1,2,3}, 滕应^{1,2}

(1 中国科学院南京土壤研究所土壤与环境生物修复研究中心, 南京 210008; 2 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 3 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: DPSIR (驱动力-压力-状态-影响-响应) 体系是一种便捷、有效的环境管理思路。它不仅能提供环境现状的信息, 还能明确环境压力的关键因子和明示环境管理中应首控的因素以及监测政策的响应效果。本文即剖析该体系内各参数间存在的因果关系, 并将各参数在土壤圈层理论中实现定位, 为 DPSIR 体系在土壤圈环境管理中的应用提供新的思路。

关键词: DPSIR 框架; 环境管理; 土壤圈; 圈层理论

中图分类号: X32

自 20 世纪 80 年代以来, 环境污染已成为我国经济发展中面临的不可忽视的问题。它是一个错综复杂的问题复合体, 兼具发达与发展中国家环境问题的特点。中国尤其是经济高速发展地区的环境问题, 可借鉴已有的经验并结合自身的特点进行解决。

解决环境问题的管理模型主要有 3 个^[1]: 一是 20 世纪 80 年代末国际经济合作与发展组织 (OECD) 提出的压力-状态-响应框架 (PSR) 模型; 二是联合国 (UN) 修改前者后提出的驱动力-状态-响应框架 (DSR); 三是欧洲环境局 (EEA)^[1] 综合前两种的优点提出的驱动力-压力-状态-影响-响应体系 (DPSIR)^[2]。在 DPSIR 体系中, 各参数的意义如下^[1,3-4]: D (drive force) 是指规模较大的社会经济活动和产业的发展趋势, 是造成环境变化的潜在原因; P (pressure) 是指人类活动对其紧邻的环境以及自然生态的影响, 是环境的直接压力因子; S (state) 是描述可见的区域环境动态变化和可持续发展能力的因子; I (impact) 指人地系统所处的状态对人类健康、自然生态和经济结构的影响, 它是前 3 个因子作用的必然结果; R (response) 指系统变化的响应措施, 如相关法律的制定、环保条例的颁布及其配套政策的实施等。

DPSIR 框架是一种新兴的环境管理体系。它的应用在国际上尚不多, 应用较早的是欧洲环境局

(EEA)^[2,5]。目前, 该模型的应用领域主要包括水^[6-14]、土壤^[15-16]、生物^[17]、农业^[18,19]、海洋^[7,20,21]资源的管理与保护以及环境管理科学的决策与实施等^[1,3,5,22]。国内对该模型的研究尚处于起步阶段。主要是在环境评价^[23-26]、环境管理^[27]和可持续发展指标体系^[28]等领域的研究尝试以及一些介绍性的文献, 应用该模型来解决中国的区域土壤环境管理问题的研究尚未见到。本文旨在阐述 DPSIR 体系并探讨其与圈层理论的关系及在土壤圈环境管理中的应用意义。

1 DPSIR 模型介绍

1.1 建立模型的目的

根据文献^[29], 建立模型的目的有以下 3 点:

- (1) 提供环境问题的信息, 以便使政策制订者能够评估环境问题的严重程度。
- (2) 确定环境压力的关键因子, 为环境政策的制定和优势因子的选择提供支持。
- (3) 监测政策调控的效果。

1.2 模型中因果关系的阐释

DPSIR 模型中的各因子间存在着相互的因果关系^[8]。图 1 给出了它的这种关系。从模型的整体来看, D、P、S 和 I 是描写和叙述环境中各个因子的客观存在状态, R 则是为使环境保持和谐或更宜人

①基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目 (2002CB410810)、国家自然科学基金重点项目 (40432005) 和中国科学院知识创新项目 (CXTD-Z2005-4) 资助。

作者简介: 骆永明 (1962—), 男, 浙江义乌人, 研究员, 博士生导师, 主要从事土壤环境与修复管理方向研究。E-mail: ymluo@issas.ac.cn

而采取的措施。其本身即构成因果关系：因客观环境存在了不和谐或不宜人的状况，才有必要付出代价采取措施调控环境的状态和规范人的行为，进而达到人与自然的和谐。

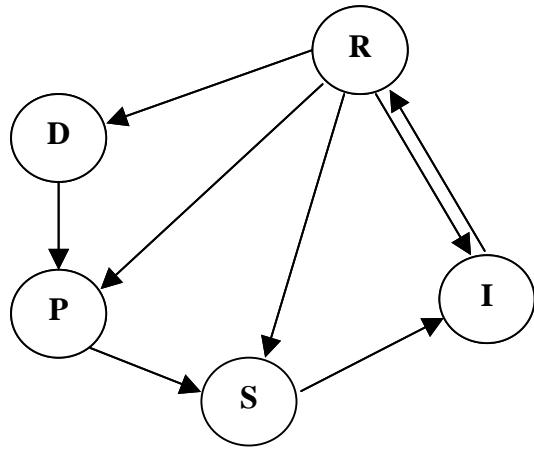


图 1 DPSIR 模型

Fig. 1 DPSIR model

在 D-P-S 分析链中，D 和 P 分别为环境现有状态的间接和直接的压力。两者均是环境状态趋向恶化的驱动力，三者构成了明显的因果关系。关系链中，驱动力包括人口的增长、土地的开发、旅游业的发展、农产品需求量的增加、交通运输的发展、工业和能源需求的膨胀、矿产资源的开采、自然突发事件的发生、全球及局部环境的改变和淡水相对短缺等；压力包括“三废”的排放、城市的扩张、基础设施建设的开展、各式建筑的修建、森林的砍伐、火灾的发生和土壤中营养物质的淋失等；状态包括土地功能的退化（土壤的污染、土壤的酸化与盐碱化、营养物质的过剩或缺乏、土壤的物理退化和生物退化等）和土壤的流失（优质土地的封存和土壤腐殖质层的流失）等。人口的增长驱动了各种建筑和各类基础设施的建设与建修，引发了土地功能的物理性退化和优质土地的封存等系列问题。土壤的污染和酸化来源于污染物和各类废弃物的排放，而这些污染物的排放直接与工业、能源、交通运输和旅游业的发展息息相关。各因子内部的因果关系不一而足。

在 S-I-R 对策分析链中，亦有明显的因果关系。因为环境状态的恶化和对人类健康的影响才有调控措施的实施。其中，影响包括环境对人类健康、自然生态和社会经济的影响等，响应措施包括了政策、法律和工程的措施等。

1.3 用模型来进行环境管理的思路

Fassio 等^[11]用 DPSIR 体系建立了多标准的决策支持系统（MDSS）。在系统中，采取了图 2、3 的分析思路。

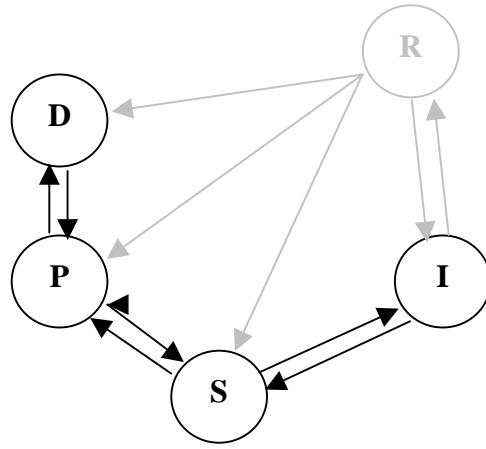


图 2 分析思路 a

Fig. 2 Analysis thought line a

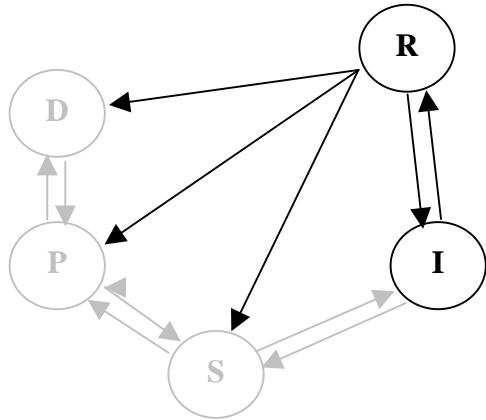


图 3 分析思路 b

Fig. 3 Analysis thought line

从图 2 可以看出，欲知环境对人类健康的影响或风险，应首先了解环境的目前存在状态。若状态不和谐，再寻找造成该种状态的原因即压力和驱动力。也就是说，驱动力导致了环境压力，环境压力直接作用于环境便形成了目前环境的不宜人状态，环境的不宜性对人类的生存和发展带来了负面甚至灾难性的影响。

图 3 给出了调控策略，我们可以沿着这个思路进行设计和执行。前部分的分析知道了环境对人类健康的影响，这里就要考虑如何响应的问题了。环境对健康的风险引起了人们的重视，诱发了各项调控措施的出台。这些措施既有治标的也有治本的。

R-I 的调控体现了对土壤功能及其生物多样性的直接干预, 该措施见效快但持续时间短, 属于治标的手段。如果没有后续对其他因子进行调控, 治理的效果很快就会被蚕食。治本的方式是对驱动力和压力因子进行调控, 使其向着有利于环境健康的方向发展, 它的措施主要体现在政策、法规的制订和人类环境道德和伦理水平的提高上。当然, 环境状态的改变对环境影响有着直接的作用, 它最突出的特点是见效快, 但有时成本较高。但在局部环境对人风险较大甚至直接导致疾病发生的区域, 间接措施已经无法见效的情况下, 高成本解决问题的途径还是必需的。

总之, DPSIR 体系具有分析问题简单方便, 解决问题便捷的特点。它能使人快捷地把握问题的要害, 从而对症下药。

2 DPSIR 体系与土壤圈

2.1 土壤圈的概念与内涵^[30]

土壤圈是覆盖于地球表面和浅水域底部的土壤所构成的一种连续体或覆盖层, 它犹如地球的地膜, 在一定程度上类似生物体的生物膜。土壤圈是地圈系统的重要组成部分, 其位置处于地圈系统, 即气圈、水圈、生物圈与岩石圈的交接界面, 它既是这些圈层的支撑者, 又是它们长期共同作用的产物。土壤圈的基本概念有以下 5 点: ①永恒的物质与能量交换, ②最活跃与最富生命力的圈层, ③“记忆块”的功能, ④时空限制特征, ⑤仅部分为可再生资源。

从土壤圈与整个地球系统的关系看, 其功能有以下几个方面: ①对生物圈: 支持和调节生物过程; 提供植物生长的养分、水分与适宜的物理条件; 决定自然植被的分布与演替。但土壤圈的各种限制因素对生物也起不良影响。②对气圈: 影响大气圈化学组成, 水分与热量平衡; 吸收氧气, 释放 CO₂、CH₄、H₂S 和 N₂O 等, 对全球大气变化有明显影响。③对水圈: 影响降水在陆地和水体的重新分配; 影响元素的表生地球化学行为, 水分平衡、分异、转化及水圈的化学组成。④对岩石圈: 作为地球的“皮肤”, 对岩石圈具有一定的保护作用, 以减少其遭受各种外营力破坏; 与岩石圈进行互为交换与地质循环。

2.2 DPSIR 体系与土壤圈

驱动力-压力-状态-影响-响应体系的提出, 是为解决区域环境问题服务的。这与土壤圈的提出具

有相同的目的, 不论这个区域是县级、省级、国家级还是全球级的。因此, 解决环境问题而提出的理论之间必然存在着某种程度的联系。土壤圈处于地圈系统中并为其中各圈层的支撑者, DPSIR 模型的各个因子亦处于地圈系统中。

从模型的状态因子方面考虑, 土壤的现存状态是我们关注的主要对象。因为, 土壤的功能发生变化, 将带来不可预测的后果。土壤圈发挥着永恒的物质和能量交换的作用, 没有了这个作用, 地球将失去活力。建筑业的原料很大一部分来自于土壤, 而生产和生活垃圾的大部分也是最终回归土壤, 这就是土壤发挥了物质交换的作用。其中, 建筑业的发展是属于驱动力范畴的, 而垃圾的产出是属于环境压力。如果土壤的功能发生了改变, 土壤对垃圾的自然净化能力降低, 环境将受到污染, 进而对人类的健康产生影响。这在模型中就是影响因子要表达的内容。对于能量的交换, 太阳能通过生长在土壤圈中植物的光合作用, 转化为包括人类在内的动物所需的能量, 维持动物生命机体的正常运行。如果土壤圈作为能量的传递中介传递的能量减少, 那么必然要威胁到人类的生存。在这种情况下, 人类必然采取措施恢复土壤圈的功能。显然, 在土壤圈的物质和能量的交换过程中, 涉及到了体系中的全部的因子。土壤圈的“记忆块”功能可以帮助我们寻找影响环境质量的历史上的驱动力和压力因子。土壤圈的部分可再生的特点也提示我们要科学利用和保护土壤。而保护土壤的思路可以借助 DPSIR 体系提供的思路来进行。因此, DPSIR 体系与土壤圈是相辅相成的。

3 DPSIR 体系在圈层理论中的定位

目前, 圈层理论有 3 种说法: 一种是包括土壤圈、大气圈、水圈、生物圈和岩石圈等 5 大圈层; 另一种也是 5 大圈层, 与前者不同的是增加了冰冻圈但去除了土壤圈^[31]; 第三种是把地球划分为 7 大圈层即大气圈、水圈、冰冻圈、岩石圈、土壤圈、生物圈和智慧圈^[32]。

在 DPSIR 体系中, 驱动力和压力均来自 5 (或 7) 个圈层, 驱动力中人口、旅游、农业、工业、采矿业和交通运输业是属于生物圈的, 气候的变化属大气圈的范畴, 水的压力当然要归为水圈。但自然偶发事件却可以分属土壤圈、水圈、大气圈、岩石圈和生物圈。

在压力所属领域，“三废”的排放问题涉及大气圈、水圈和土壤圈3大圈层，城市的扩张和基础设施的建设等问题又分属于土壤圈和岩石圈。生物圈内产生的压力表现为森林的砍伐和火灾问题。明显地，研究的状态应该分属5（或7）大圈层。

影响是指前面诸因素对人类的作用，农作物来自土壤圈即土壤圈受到的影响；只有在特定大气温度范围内人类才能生存即气候（大气圈）的变化所带来的影响是不可忽略的；水是生命之源，水（水圈）的污染状况亦是被影响的因素之一；人是生物圈的高级组成部分，当然我们也要关注对生物圈的影响；人类饮用的地下水，土壤矿物的来源都与岩石圈关系密切，所以对岩石圈的影响也在我们的关注之列。响应的主体应该是人，所以属于智慧圈或生物圈。

参考文献：

- [1] Van GT, Block C, Geens J, Cornelis G, Vandecasteele C. Environmental response indicators for the industrial and energy sector in Flanders. *Journal of Cleaner Production*, 2006 (in press)
- [2] de Domingo PDJ. The EEA and its role in encouraging better water. Copenhagen: 1996
- [3] Bowen RE, Riley C. Socio-economic indicators and integrated coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 2003, 46 (3/4): 299-312
- [4] 于伯华, 吕昌河. 基于 DPSIR 概念模型的农业可持续发展宏观分析. *中国人口·资源与环境*, 2004, 14(5): 68-72
- [5] Pillmann W, Geiger W, Voigt K. Survey of environmental informatics in Europe. *Environmental Modelling & Software*, 2006 (in press)
- [6] Harremoes P. The challenge of managing water and material balances in relation to eutrophication. *Water Science and Technology*, 1998, 37 (3): 9-17
- [7] Cave RR, Ledoux L, Turner K, Jickells T, Andrews JE, Davies H. The humber catchment and its coastal area: From UK to European perspectives. *The Science of the Total Environment*, 2003, 314/316: 31-52
- [8] La JI, Rounsevell M, Vanclooster M. Delivering a decision support system tool to a river contract: A way to implement the participatory approach principle at the catchment scale? *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C, 2003, 28 (12/13): 547-554
- [9] Giupponi C, Mysiak J, Fassio A, Cogan V. MULINO-DSS: A computer tool for sustainable use of water resources at the catchment scale. *Mathematics and Computers in Simulation*, 2004, 64 (1): 13-24
- [10] Scheren PA, Kroese C, Janssen F J, Hordijk L, Ptasinski KJ. Integrated water pollution assessment of the Ebrie Lagoon, Ivory Coast, West Africa. *Journal of Marine Systems*, 2004, 44 (1/2): 1-17
- [11] Fassio A, Giupponi C, Hiederer R, Simota C. A decision support tool for simulating the effects of alternative policies affecting water resources: An application at the European scale. *Journal of Hydrology*, 2005, 304 (1/4): 462-476
- [12] Giupponi C. Decision Support Systems for implementing the European Water Framework Directive: The MULINO approach. *Environmental Modelling & Software*, 2005, 304: 462-476
- [13] Mysiak J, Giupponi C, Rosato P. Towards the development of a decision support system for water resource management. *Environmental Modelling & Software*, 2005, 20 (2): 203-214
- [14] Borja A, Galparsoro I, Solaun O, Muxika I, Tello EM, Uriarte A, Valencia V. The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 66 (1/2): 84-96
- [15] Gobin A, Jones R, Kirkby M, Campling P, Govers G, Kosmas C, Gentile AR. Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water. *Environmental Science & Policy*, 2004, 7 (1): 25-38
- [16] Smaling EM, Dixon J. Adding a soil fertility dimension to the global farming systems approach, with cases from Africa. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2006, 116 (1/2): 15-26
- [17] Elliott M. Biological pollutants and biological pollution—An increasing cause for concern. *Marine Pollution Bulletin*, 2003, 46 (3): 275-280
- [18] Zalidis GC, Tsiafouli MA, Takavakoglou V, Bilas G, Misopolinos N. Selecting agri-environmental indicators to facilitate monitoring and assessment of EU agri-environmental measures effectiveness. *Journal of*

- Environmental Management, 2004, 70 (4): 315–321
- [19] Aubry A, Elliott M. The use of environmental integrative indicators to assess seabed disturbance in estuaries and coasts: Application to the Humber Estuary, UK. Marine Pollution Bulletin, 2006, 53 (1/4): 175–185
- [20] Elliott M. The role of the DPSIR approach and conceptual models in marine environmental management: An example for offshore wind power. Marine Pollution Bulletin, 2002, 44 (6): 3–7
- [21] Rogers SI, Greenaway B. A UK perspective on the development of marine ecosystem indicators. Marine Pollution Bulletin, 2005, 50 (1): 9–19
- [22] Luiten H. A legislative view on science and predictive models. Environmental Pollution, 1999, 100 (1/3): 5–11
- [23] 郭红连, 黄懿瑜, 马蔚纯, 余琦, 陈立民. 战略环境评价 (SEA) 的指标体系研究. 复旦学报 (自然科学版), 2003, 42 (3): 468–475
- [24] 陈洋波, 陈俊合, 李长兴, 冯智瑶. 基于DPSIR模型的深圳市水资源承载能力评价指标体系. 水利学报, 2004, (07): 98–103
- [25] 李智, 鞠美庭, 史聆聆, 陈敏, 李珀松. 交通规划环境影响评价的指标体系探讨. 交通环保, 2004, 25 (6): 16–19
- [26] 许玉, 钱翌, 王秀珍, 黄敬峰. 规划环境影响评价 (PEIA) 技术框架与指标体系构建初探. 新疆环境保护, 2005, 27 (03): 36–39
- [27] 杜晓丽, 邵春福, 孙志超. 基于DPSIR框架理论的环境管理能力分析. 交通环保, 2005, 26 (3): 50–52
- [28] 张丽君. 可持续发展指标体系建设的国际进展. 国土资源情报, 2004 (4): 7–15
- [29] Edith Smeets RW. Environmental indicators: Typology and Overview. Copenhagen: European Environment Agency, 1999
- [30] 赵其国. 土壤圈在全球变化中的意义与研究内容. 地学前缘, 1997, 4 (2): 153–162
- [31] 林振山, 袁林旺, 吴得安. 地学建模. 北京: 气象出版社, 2003
- [32] 李天杰, 宁大同, 薛纪渝, 许嘉琳, 杨居荣. 环境地学原理. 北京: 化学工业出版社, 2004

DPSIR System and Its Significance in Pedosphere Environmental Management

LUO Yong-ming^{1,2,3}, ZHENG Mao-kun^{1,2,3}, ZHAO Qi-guo^{1,2,3}, TENG Ying^{1,2}

(1 Soil and Environment Bioremediation Research Centre, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China;

3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: DPSIR (Drive Force-Pressure-State-Impact-Response) framework is a kind of simple and effect model to apply to the environmental management. It can supply information on environmental problems in order to enable policy-makers to value their seriousness, support policy development and priority setting by identifying key factors that cause pressure on the environment and monitor the effects of policy responses. This article analysed the cause-effect relationship of the DPSIR model and discussed the linkage between the factors in model and the sphere theory.

Key words: DPSIR framework, Environmental management, Pedosphere, Sphere theory