

应用 DPSIR 体系解决长江、珠江三角洲地区环境问题的初步思考^①

郑茂坤^{1,2,3}, 骆永明^{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: 长江、珠江三角洲地区是我国经济高速发展而环境问题突出的典型区域。本文将引入 DPSIR 体系(驱动力-压力-状态-影响-响应模型), 并结合对策论的初步分析, 寻找解决该区域整体环境问题的研究方法和思路。

关键词: DPSIR 模型; 长江三角洲; 珠江三角洲; 环境问题; 对策论

中图分类号: X32

改革开放 20 多年来, 我国的经济保持了近两位数的增长速度。但是伴随着经济的增长, 环境问题也接踵而至。据世界银行 1999 的统计报告^[1], 中国每年因空气污染而造成的损失已占 GDP 的 2%~3%。

长江三角洲是中国最大的综合性经济区, 其土地面积占全国的 1%, 人口占全国的 6%, 但 GDP 占全国的 22% (2003 年)^[2]。珠江三角洲也是中国经济最发达、增长速度最快的地区之一。从 1980—2003 年, 珠江三角洲 GDP 年均增长 13.92%^[3]。长江、珠江三角洲地区经济取得高速发展的同时, 也面临着严重的环境问题。对于环境问题的解决, 比较常用的是 DPSIR 体系^[4]。

对策论是一门新兴的学科。自从 1994 年 10 月 12 日瑞典皇家科学院宣布把该年度的诺贝尔经济奖授予美国普林斯顿大学教授约翰·纳什 (J·Nash)、加州大学教授约翰·豪尔萨斯 (J·Harsanyi) 和德国波恩大学教授艾因哈德·泽尔腾 (Reinhard Selten), 以表彰他们把对策论应用于现代经济分析所作的突出贡献以来, 对策论得以迅速发展^[5]。它不但在军事、体育等传统领域取得进展, 还逐渐应用于经济、环境^[6]等研究上。但将对策论与 DPSIR 体系相结合的

思路应用于区域环境管理方面的研究, 至今还未见报道。

1 长江、珠江三角洲地区的环境现状

1.1 两地区土壤环境的整体现状严峻

环境压力的增大, 使土壤的现存状态发生了很大的改变。耕地土壤微量持久性毒害物质复合污染突出, 城郊农产品安全令人担忧: 根据我们的研究 (尚未发表), 长江三角洲地区浙江部分的耕地土壤中持久性毒害物质大量积累, 农田和菜地中农药、重金属和持久性有机污染物复合污染突出。浙江某地有数千公顷农田受多氯联苯和多环芳烃等多种持久性有机毒害物复合污染, 并且部分农田土壤中出现二噁英类剧毒物污染。浙江另一地方稻米镉、铅等毒害重金属超标率分别达 92% 和 28%, 最高的镉含量超标 15 倍, 出现可引起人体“痛痛病”的“镉米”现象。万红友等^[7]对苏南经济快速发展区土壤重金属含量的研究发现, 重金属的含量大大超过其自然背景值。李芸云等^[8]对江苏省常州市农田土壤主要污染物调查和分析, 发现该地区重金属污染较严重, DDT 和六六六等农药在土壤中还有相当的残留。魏秀国等^[9]的研究表明, 广州市蔬菜地土壤中重金属

^①基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (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 (KZCX3-SW-429, CXTD-Z2005-4) 共同资助。

* 通讯作者 (ymluo@issas.ac.cn)

作者简介: 郑茂坤 (1978—), 山东肥城人, 博士研究生, 主要从事土壤环境管理方面研究。E-mail: mkzheng@issas.ac.cn

铅、镉、铬、砷和汞等都存在不同程度的污染。

农业面源污染持续加重，农村农田生态环境质量趋向恶化。据调查分析，浙江农业面源污染在各类环境污染中的比重占到 30%~60% 以上，并在环境污染中的比重不断加重。

新型污染物不断出现，土壤与环境污染治理面临新的挑战。污水处理产生的污泥及河道疏浚产生的底泥携带大量病原菌、重金属和持久性有机污染物，通过污泥农用进入农田系统，产生二次污染和潜在生态健康风险。中小城市和农村地区随意处理医疗废物、废旧电子产品、垃圾及其他多种废弃物更为常见。近年来，在浙江台州、宁波等部分地区电子垃圾污染严重。畜禽养殖业和水产养殖业已经成为很大的土壤和滩涂湿地重金属、抗生素等污染源。此外，轻工、化工和医药业等行业的蓬勃发展，染料和医药中间体等化学品的大量排放，已构成浙江土壤与环境的新的污染源。

另外，该区域水土流失严重，据 1999 年浙江大地科技开发公司和浙江省水土保持委员会的联合调查^[10]，浙江全省的现有水土流失面积 18998.26 km²，占浙江全省土地面积的 17.3%。

1.2 大气环境现状堪忧

据广东省气象局环境气象中心监测资料^[11]，广州最严重的灰霾天气 2002 年有 85 天，2003 年达 98 天，而 2004 年已高达 144 天。罗丽红等^[12]对珠江三角洲某乡镇的城区及 3 个乡村气溶胶有机物进行测定，发现所有样品均含有多种美国环保局 (EPA) 公布的优先控制的多环芳烃，并均含有机机动车尾气排放的标志化合物烷基苯 (M/Z91, 92) 和塑料增塑剂等来源的邻苯二甲酸酯类 (M/Z149)。珠江三角洲大气中的细粒子污染^[13]、气溶胶中的有机物污染^[14]和 SO₂ 污染^[15]等也成为不可忽视的环境问题。近几年来，长江、珠江三角洲已成为酸雨最严重的地区之一^[16-18]。

1.3 水环境质量令人担忧

长江、珠江三角洲地区河、湖水的水质总体不尽如意^[19-20]。近海海域的海水污染亦较严重：据国家海洋局 2005 年 1 月 9 日公布的《中国海洋环境质量公报》显示^[21]，江苏近岸、长江口、杭州湾、珠江口等局部海域已被列为污染最严重的海域行列。

1.4 生物多样性受到威胁

长江、珠江三角洲地区地处热带、亚热带地区，该区湿地、森林等资源丰富，保存有较好的生物多

样性资源。但也存在不少的问题，如过度围垦、生物入侵和生态恶化等，应该引起人们的重视^[22-26]。

2 区域环境问题的解决思路

围绕区域环境问题的解决，目前国内正在实施的思路是：借助媒体的宣传，提高公众的环保意识；制定环保法，规范公民的行为；建立生态保护区，有效地保护环境。显然，这些措施在某种程度上遏制了环境继续恶化的趋势。但是，环境现状并未根本好转。相反，在某些地区还出现持续恶化的趋势。究其原因是尚未认清引起区域环境问题的症结与根源，更没有建立行之有效的环境管理模式（如因因子分析模型）。

图 1 是 DPSIR 框架模型的示意图。DPSIR 为我们提供了解决区域环境问题的思路：首先找出影响环境质量的间接压力即驱动力 (D)，根据生态效率指标和废物排放因子，找出环境的直接压力 (P)；接着明确压力作用于环境的路径和压力分配模型，从而准确地把握环境的真实状态 (S)；然后根据剂量效应指标和环境质量的关系确定恶化的环境对人类健康、自然生态和社会经济的影响 (I)；最后通过对影响进行风险评估，评估环境对人类健康的影响程度、给社会经济带来的损失，评估采取措施所带来的效益和不采取措施所遭受的损失是否相抵，如果损失已经使人无法忍受，就应该采取措施进行响应 (R)。

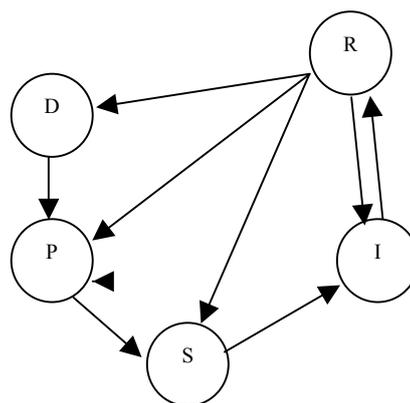


图 1 DPSIR 模型
Fig. 1 DPSIR model

2.1 驱动力

驱动力是指社会经济活动和产业经济发展的趋势，是造成环境变化的潜在原因。它包括人口、经济、土地利用方式等。

2.1.1 人口 人口因素是该地区环境恶化的首要驱动因素之一。它包括常住人口和流动人口。量化该驱动因子的指标可用常住人口的年增加量和地区流动人口的年人次数表示。

2.1.2 经济 经济利益是环境恶化的最主要的驱动力之一。量化该驱动力的指标有很多,如地区 GDP、人均 GDP、政府年度税收量和年度对外(国际和区际)贸易量等。

2.1.3 土地 土地利用方式的改变也是环境恶化的驱动力之一。该驱动因子的指标可选择耕地的年减少量、城市的年扩张速率等来表示。

2.1.4 产业结构 产业结构的变化(如高污染企业所占比例增加等)也能驱动环境的恶化。它一般用第一、二、三产业在国民经济中所占的比重来衡量。

2.1.5 旅游 旅游的发展也能给环境带来负担,也是环境问题的驱动因子之一。表征该因子可用区内景点年接待旅客的人次等衡量。

2.1.6 其他 影响环境的驱动因子还包括:区内人口的素质、外资企业的状况等。它们均可采用相应的指标衡量。

2.2 压力

压力指人类活动对其紧邻的环境以及自然环境的影响,是环境的直接压力因子。

2.2.1 工业“三废” 工业“三废”是环境的首要压力因子。为衡量此压力因子,可采用如下的指标:万元产值排放的废气、废液和废渣量等。

2.2.2 资源的利用 资源的利用是环境压力的又一因子。此因子可用区内金属矿和非金属矿的个数和矿业单位的技术水平等指标来衡量。

2.2.3 化肥、农药的使用 该区域化肥、农药的大量施用也是环境恶化的重要压力。各种作物对肥料的平均利用率仅为:氮 40%~50%,磷 10%~20%,钾 30%~40%^[27]。据对我国主要粮食作物氮肥去向的研究数据,我国氮肥的利用率在 9%~72%之间,平均为 30%~41%^[28]。化肥每年的流失量占施用量的 40%左右^[29]。从 1972 年到 1982 年,珠三角地区内的农业用地有机氯农药平均施用量高达 1.8~2.7 kg/年^[30]。衡量该压力的指标可用区域化肥、农药的年施入量来表示。

2.2.4 区内外物质流的交换 将长江、珠江三角洲地区看作一个整体,区际间的物质流动会把污染物从区外带到区内,直接给该区域的环境造成了压

力。衡量该种压力的标准可以是煤、石油和天然气等的年调入量和能量消耗大户如发电厂的年产值等。

2.2.5 其他 促使该区环境恶化的压力因子除以上提到的 4 种外,还包括自然灾害、森林的砍伐、偶发事故等,其均有衡量的指标。

2.3 状态

状态是用来描述可见的区域环境动态变化和可持续发展能力的因子。具体讨论见本文的第 1 部分。

2.4 影响

影响是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。人口的增加,土地利用方式的转变,产业结构的调整和农药、化肥的大量施用等改变了环境原有的状态,对自然生态、人类健康和经济结构都造成了影响。该影响可用区内癌病、怪病的发病率、物种多样性变化和第三产业创造的 GDP 占地区 GDP 的比值等指标来衡量。

2.5 响应

响应是指抑制系统变化的相应措施,如相关法律法规的制定、环境保护条例的颁布及其配套政策的实施等。响应的具体措施还需前面各因子均明确后方能给出。

3 解决区域环境问题的初步思考

前面分析了用 DPSIR 概念模型的方法来解决环境问题的思路。即先尽可能全找出驱动力、压力、状态和影响等各参数的组成因子,然后对影响中各因子进行评估,明确参数中所占比重较大的因子。接着根据影响参数中确定的优势因子,因循模型的因果关系,找出相应的驱动力、压力和状态各参数的优势因子,设定调控目标。最后考虑用政策、法律还是工程的办法对环境进行响应(图 2)。

由图 2 可以看出,整个思路清晰地分为两块:D、P、S 和 I 组成一块,R 为另一块。这个思路的形式明显地与对策论所研究的内容具有形式上的相似之处。它们是否在研究的思想可以相互借鉴呢?

3.1 对策论简介

对策论^[6, 31]是基于应用数学而发展起来的一门学科。它主要研究团体与团体或个体间的竞争或相互利益的冲突问题,如体育比赛、经济市场中买卖双方价格争议、资源环境的利用与保护和战争冲突等。它研究的范围包括一对一和多对一的对抗性

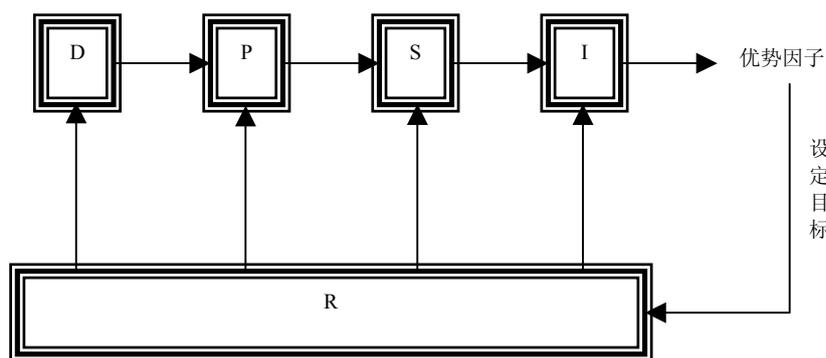


图 2 环境问题的解决思路

Fig. 2 Method of solving the environment problem

与非对抗性策略等。在对策论中，存在冲突的各方的代表称为局中人，每个人可采取一系列的行动，这些行动成为局中人的策略，局中人的一切可能的策略构成了该局中人的策略集；各局中人分别采取各自的策略后，就会有一种结局，用数字或函数把此结局对每个人的利益进行量化，将得到局中人在此结局下的赢得或支付，局中人及其支付函数构成了对策的 3 个基本要素。设两个局中人分别成为 1 和 2，其策略集即对策矩阵分别为 S_1 和 S_2 。在双方的对弈过程中，若是对抗性的，则若局中人 1 赢得了利益那么局中人 2 必定支付利益。对弈的过程是局中人尽可能地赢得更多的利益，支付更少的利益。

3.2 DPSIR 模型与对策论

对照 DPSIR 模型与对策论的思路，发现，两者有如下的相似性：①两者研究的对象都是既可以是对抗性的，也可以是非对抗性的。由对策论的简介知，它的研究对象不存在任何问题；DPSIR 模型所研究的人与环境问题同样如此：历史上，人与环境是非对抗性的，现在处在了对抗性的十字路口。如果措施得当，将来的人与环境又会回归和谐的非对抗性状态。②两者所研究的对象都能实现双赢。对策论本身有研究双赢局面的内容，DPSIR 管理模型运用得当，人与环境也能实现双赢。

虽然对策论中已经发展了决策分析^[6]作为解决环境问题的一套方法，但若将对策论与 DPSIR 模型结合，或许能为该方法的发展和广泛应用拓展有效空间。

4 小结

DPSIR 框架是一个简捷、方便、有效的环境管

理模型。它不但能使我们明确在目前的情况下，环境和人类的健康到底处于什么样的状态，从而指导我们的响应行动，还能检验我们调控的局部和整体效果。

我国经济高速发展地区的环境问题形势严峻，将该模型的思路引入用以解决该地区遇到的环境与发展难题将是一个正确而有效的选择。同时，将对策论与 DPSIR 模型结合来解决环境问题也可能是可行的。

参考文献：

- [1] Dasgupta S, Laplante B, Wang H, Wheeler D. Confronting the Environmental Kuznets Curve. *Journal of Economic Perspectives*, 2002, 16 (1): 147-168
- [2] 余之祥. 长江三角洲的发展与外向型经济. *长江流域资源与环境*, 2006, 15 (2): 152-156
- [3] 黄国华, 吕开颜. 珠江三角洲经济增长因素分析. *南方经济*, 2006, (3): 5-18
- [4] 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)
- [5] 冯文权. 对策论及其应用浅说 (上). *科学决策*, 1997 (5): 46-48
- [6] 谢政. 对策论. 长沙: 国防科技大学出版社, 2004
- [7] 万红友, 周生路, 赵其国. 苏南经济快速发展区土壤重金属含量的空间变化研究. *地理科学*, 2005, 25 (3): 329-334
- [8] 李芸云, 徐加宽, 吴建敏, 蒋治国, 徐俊, 沈剑, 王洁琼. 江苏省常州市农田土壤主要污染物调查与分析.

- 江苏农业科学, 2005 (4): 126-128
- [9] 魏秀国, 何江华, 陈俊坚, 杜应琼, 杨秀琴. 广州市蔬菜地土壤重金属污染状况调查及评价. 土壤与环境, 2002, 11(3): 252-254
- [10] 蔡依萍. 浙江水土流失状况分析. 浙江统计, 2000 (7): 10-11
- [11] 杨绮薇. 珠三角大气灰霾的思考. 气象知识, 2005 (1): 34-38
- [12] 罗丽红, 梁润秋, 汪五珍. 珠江三角洲某乡镇大气气溶胶中毒害性有机污染物的初步研究. 广州环境科学, 1999, 14 (3): 17-20
- [13] 任阵海, 黄新民. 珠江三角洲地区大气中的粒子污染. 环境科学研究, 1991, 4 (1): 21-36
- [14] 成玉, 闵育顺. 珠江三角洲气溶胶中有机污染及控制对策. 环境科学研究, 1998, 11 (2): 28-30
- [15] 谢文彰, 杜国瑶. 珠江三角洲火电群SO₂污染及防治对策研究. 上海环境科学, 1998, 17 (4): 25-29
- [16] 彭海君. 珠江三角洲酸雨及其造成的农作物损失的研究. 环境与开发, 1998, 13 (2): 19-20
- [17] 姜勇, 沈红军. 江苏省酸雨形势与污染状况分析. 江苏环境科技, 2006, 19 (1): 55-56
- [18] 牟永铭, 朱光良. 基于GIS技术的浙江省酸雨区分布研究. 科技通报, 2005, 21 (3): 356-359
- [19] 白秀玲, 谷孝鸿, 杨龙元. 东太湖水环境现状及保护对策. 湖泊科学, 2006, 18 (1): 91-96
- [20] 李一平, 严莹, 韩广毅. 太湖水质时空相关性分析. 河海大学学报 (自然科学版), 2005, 33 (5): 505-508
- [21] 惠季. 2004年中国全海域海水水质污染加剧. 交通环保, 2005, 26 (1): 12-12
- [22] 韩永伟, 高吉喜, 李政海, 刘云波. 珠江三角洲海岸带主要生态环境问题及保护对策. 海洋开发与管理, 2005, 22 (3): 84-87
- [23] 吴玲, 陈培栋. 粤港澳三地联手保护珠三角湿地. 中国林业, 2004 (04B): 17-18
- [24] 谭湘萍, 丁平. 浙江省生物多样性保护对策研究. 环境污染与防治, 2003, 25 (6): 377-379
- [25] 胡仲义, 王志龙, 俞炜国. 浙江森林生物多样性现状与保护对策. 华东森林经理, 2003, 17 (3): 40-42
- [26] 薛玉中, 唐建军. 浙江省农业生物多样性的保护、利用与WTO. 当代生态农业, 2001 (3): 60-65
- [27] 屈宝香. 农业中的化肥使用与环境影响. 环境保护, 1994 (8): 41-44
- [28] 刘青松. 农村环境保护. 北京: 科学出版社, 2003
- [29] 王敬国. 农用化学物质的利用与污染控制. 北京: 科学出版社, 2001
- [30] 安太成, 陈嘉鑫, 傅家谟, 盛国英, 李桂英, 胡振宇, 匡耀求. 珠三角地区POPs农药的污染现状及控制对策. 生态环境, 2005, 14 (6): 981-986
- [31] 赵景柱, 叶田祥. 对策论理论与应用. 北京: 中国科学技术出版社, 1995

Consideration of Using the DPSIR Framework to Solve the Environmental Problems of the Yangtse and Pearl River Delta Regions

ZHENG Mao-kun^{1,2,3}, LUO Yong-ming^{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: Yangtse and Pearl River Delta regions are the most developed regions of China, while their environmental pollution problems are rather serious. People have been trying to solve the problem with different kind of methods, but the effects are not in line with the expectation. This article is to introduce the DPSIR (Drive Force-Pressure-State-Impact-Response) framework to these areas to cope with the environmental deterioration. Moreover, this article also conceives of the combination of game theory and DPSIR framework to tackle the environmental problems.

Key words: DPSIR Frame work, Yangtse River Delta, Pearl River Delta, Environmental problem, Game theory