

工业-环境系统可持续发展定量研究

冯玉广

王华东

(山西师范大学物理系, 临汾 041004) (北京师范大学环境科学研究所, 北京 100875)

摘要 应用系统论分析了工业-环境系统内部相互作用的特征; 建立了工业-环境系统可持续发展的定量判据; 对区域工业-环境可持续发展问题进行了定量研究.

关键词 工业-环境系统; 可持续度; 可持续发展判据.

自从1987年世界环境与发展委员会(WCED)的著名报告《我们共同的未来》发表后, 可持续发展的概念已为国际社会所公认. 特别是1992年里约环境与发展大会(UNCED)召开以来, 协调好社会、经济、资源和环境的关系, 走可持续发展的道路, 已成为全球在下一世纪所追求的基本目标. 因此, 如何判断一个具体区域的发展是否可持续, 已是一个亟待解决的问题, 这对于贯彻实施可持续发展战略是至关重要的. 本文首先分析工业-环境系统的特征, 在此基础上建立衡量工业-环境系统发展是否可持续的数学表达式及定量化判据, 并将其应用于盘锦市的工业-环境系统.

1 工业-环境系统的特征

工业-环境系统是 PREE(人口、资源、环境、经济的简称)系统的一个次级子系统, 它仍是一个多要素、多层次的复杂开放巨系统. 它由工业子系统和环境子系统组成, 各子系统又分别由一系列次级子系统组成, 各级子系统之间有着复杂的相互作用.

考虑工业子系统与环境子系统这一层次, 自然环境对工业活动的作用表现在: 提供人类栖息、生活所需的土地、食物、空气、山水、花草、树木等; 提供工业生产所需的原料、能源、土地等; 接纳人类生活、生产的废弃物和污染物, 以其自身的净化作用将废弃物、污染物降

解、消散和吸收, 实现物质间的转换. 可见, 自然环境是工业活动的物质基础, 保持优良的环境状况是发展工业的前提条件. 然而, 环境对工业活动也有制约作用. 一方面, 自然资源是有限的, 大量的长期开采利用必然使资源短缺以至枯竭, 最终必将限制工业的发展. 另一方面, 环境对污染物的承载能力也有一定的限度, 环境对污染物的净化功能必须在环境容量限度之内才能得以发挥, 所以污染物排放不能超过环境容量的限制. 否则环境状况将急剧恶化, 恶劣的环境状况必将破坏人类生存、生活、生产的基础和条件; 疾病增多, 生产成本增高, 为了保护环境, 甚至必须限制或终止某些工业活动. 工业活动对自然环境的作用表现在: 占据空间, 索取自然资源, 排放生活、生产活动中的废弃物. 可见, 工业活动必然要影响(负影响)自然环境, 这种影响超过一定限度(环境承载力)便构成对环境的破坏. 然而, 经济又是解决环境问题的根本手段. 工业发展, 产品、产量增加, 产值、效益提高, 经济发展, 可为环境的治理和改善提供必要的资金和技术, 提高人们保护环境的能力.

总之, 工业子系统与环境子系统紧密地耦合在一起, 既可能相互正影响协调发展, 也可能相互负影响, 导致恶性循环.

2 工业-环境系统可持续发展的定量描述

笔者引入可持续度(记为 H) 定量描述工业-环境系统发展的可持续程度.

$$H = K \frac{G/G_0}{\frac{M}{M_0} e^{\sum_{i=1}^n (\lambda_i \rho_i / \rho_{i0}) - n}} \quad (1)$$

式中, G 为当年工业生产总产值, G_0 为参考年的工业生产总产值; M 为当年工业消耗能源总量, M_0 为参考年的工业消耗能源总量, λ_i 为工业对水和大气污染的权重, ρ_i 为水或大气中第 i 种超标污染物当年的浓度, ρ_{i0} 为水或大气中第 i 种超标污染物的允许浓度; n 为水或大气中超标污染物种数, K 为常数. 若各种污物都不超标, 只取其中最大的一项.

在(1)式中, 令: $\alpha = G/G_0$, 称为经济发展因子; $\beta = M/M_0$, 称为能源消耗因子;

$$I = \sum_{i=1}^n \lambda_i \rho_i / \rho_{i0} - n, \text{ 称为环境状况因子;}$$

则(1)式变为:

$$H = K \frac{\alpha}{e^I} \quad (2)$$

为了明确(1)、(2)两式所表示的可持续度的含义, 讨论以下几点:

(1) 由(2)式可见, $H = H(\alpha, \beta, I)$, 即工业-环境系统发展的可持续程度决定于反映经济发展水平的 α , 反映能源消耗强度的 β , 反映环境状况优劣的 I . $\{\alpha, \beta, I\}$ 反映了工业-环境系统的主要特征, 称其为特征量.

(2) α 反映了经济发展的水平, 在其它因素不变的条件下, α 愈大, 产值愈高, H 愈大, 可持续发展程度愈高; β 反映了消耗能源的多少, 在其它因素不变的条件下, β 愈大, H 愈小. β 对 H 的负影响是双重的: 其一, β 愈大, 消耗能源愈多, 效益愈差, 使工业发展的可持续性降低; 其二, β 愈大, 消耗能源愈多, 对环境的破坏愈大.

(3) I 反映了环境被污染的程度. I 愈大, 环境状况愈差, H 愈小, 可持续度愈低; 反之亦然. 由(2)式可见, H 随 I 的增大指数地减小.

应当指出: 许多文献中用 $I = \sum_{i=1}^n W_i \rho_i / \rho_{i0}$ (其中 ρ_i 为水或大气中第 i 种污染物的浓度, ρ_{i0} 为水和大气中第 i 种污染物的允许浓度, W_i 为权重系数, n 为污染物种数) 表示环境质量的优劣, 称为环境质量指数. 它有许多不合理之处, 笔者将另文阐述.

3 工业-环境系统可持续发展的判据和分级

由(2)式可见, 当 $K\alpha < \beta e^I$ 时, $H < 1$;

当 $K\alpha = \beta e^I$ 时, $H = 1$;

当 $K\alpha > \beta e^I$ 时, $H > 1$.

如图 1 所示, $H=1$ 的曲线将 α - I 构成的坐标平面分成 $H>1$ 和 $H<1$ 两个区域. 在曲线上任一点, I 不变时增大 α 或 α 不变时减小 I , 就可从 $H=1$ 的状态过渡到 $H>1$ 的状态; 反之, I 不变时减小 α 或 α 不变时增大 I , 就可从 $H=1$ 的状态过渡到 $H<1$ 的状态. 可见, $H=1$ 的曲线是 $H>1$ 和 $H<1$ 之间的转换曲线, 称其为临界曲线.

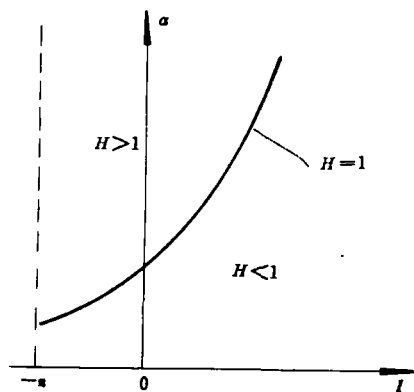


图 1 可持续发展判据

下面讨论 $H=1$ 的曲线及 $H>1$ 和 $H<1$ 两个区域的含义.

当 $H=1$ 时, $K\alpha = \beta e^I$. 设想 α 、 β 和 I 各有一虚变动, 则有:

$$\delta\alpha - \frac{1}{K} e^I (\delta\beta + \beta \delta I) = 0 \quad (3)$$

(3)式表明经济的增长全部被能源消耗的增加和环境的恶化所抵消, 称之为临界状态.

显然, $H > 1$ 表明经济的增长超过能源消耗增多和环境恶化所需的费用. 粗略地, 这可称为可持续发展状态.

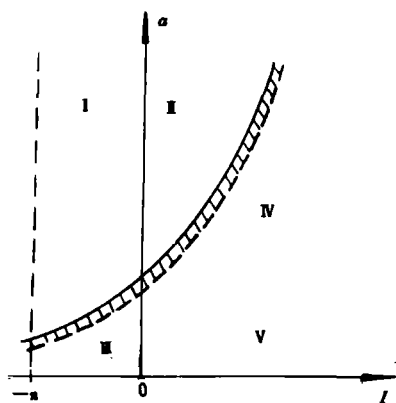


图 2 可持续发展分级

同理, $H < 1$ 表明经济的增长还不够补偿能源消耗的增加和治理更加恶化的环境. 粗略地, 这称为不可持续发展状态.

可见, 可以根据 H 的取值判断区域工业-环境系统的发展是否可持续.

工业-环境系统发展的可持续性还可进一步细化分级. 如图 2, α - I 坐标平面被分成 5 个区域, I、II 两区 $H > 1$, III、IV、V 三区 $H < 1$.

在 I 区中, α 较大, 经济发展水平较高; $I < 0$, 污染物含量在环境容量之内, 环境质量较高; I 区称为可持续发展区.

在 II 区中, α 较大, 经济发展水平高; $I > 0$, 污染物含量超过环境容量; 但 $K\alpha > \beta e^I$, 有治理污染的能力. II 区称为弱可持续发展区. 在 III 区中, $I < 0$, 污染物不超环境容量, 但 α 较小, 经济发展水平较低. 在 IV 区中, 经济发展水平较高, 但环境污染严重. 在此二区内, 若 $1 - \epsilon < H < 1$ (如图 2 中阴影部分, ϵ 为一小量), 则有能力使经济发展或治理环境的污染, 称为弱不可可持续发展区. 若 $H < 1 - \epsilon$, 则称为不可可持续发展区.

在 V 区中, 经济发展水平低下, 环境污染严重, 称为极不可可持续发展区.

将工业-环境系统的发展分为可持续、弱可

持续、弱不可持续、不可持续、极不可持续 5 级, 对于任一区域工业-环境系统, 可以计算出其可持续度, 结合特征量 I 看其落入 α - I 图中哪个区域, 从而判断其发展的可持续程度, 再结合特征量 α 、 β 、 I 的值分析可持续或不可持续的原因, 为宏观决策, 微观治理提供科学的依据.

4 实例

现以辽宁省盘锦市为例作一具体应用说明. 统计资料表明, 盘锦市大气中的各污染物均不超标, 其环境问题主要是水污染, 地面水中的氨氮、石油类含量均超标. 盘锦市工业-环境系统 1989—1994 年的统计数据见表 1、表 2, 其特征量计算值见表 3 (取 $K=1$, $\lambda=3/5$, 1985 年为参考年).

表 1 工业生产总值、耗能总量

年度	G/万元	M/万 t
1989	232803.6	260.63
1990	250820.4	258.67
1991	284405.4	268.67
1992	412597.2	283.22
1993	664880.4	247.97
1994	926942.4	367.46
1985(参考年)	122494.8	146.95

表 2 各超标污染物浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

年度	氨氮	石油类
1989	5.33	0.34
1990	4.37	0.26
1991	4.20	0.23
1992	3.65	0.21
1993	0.94	0.14
1994	0.96	0.10
GB3838-88(三级)	0.50	0.05

由表 3 可见, 盘锦市的工业-环境系统, 1989—1992 年经济发展水平较低, 环境污染严重, 处于不可可持续发展状态; 1993—1994 年, 经济发展水平较高, 环境状况较前极大改善, 但地面水中的污染物氨氮和石油类均超过国家三级标准 (见表 2), 处于弱可持续发展状态. 今后若想进入可持续发展状态, 必须经济、环境

(下转第 86 页)

效率应该更符合研究的本来意图。

(5) 该过程虽已发展到生产性装置的设计阶段,但机理和动力学方面的研究深度仍稍逊。换言之,过程优化的潜力仍是存在的。

参 考 文 献

- 1 Bayer E et al., Thome-Kozmiensky K T Eds., Proc. of the International Recycling Congress. Berlin: E F Verlag, 1982: 314—318
- 2 Campbell H W, Dirkzwager A H Eds., Sewage Sludge Treatment & Use. London: Elsevier Applied Science, 1989: 281—290
- 3 Campbell H W et al., L' Mermite P Eds., Processing and Use of Sewage Sludge. Dordrecht: D. Reidel Publishing Co., 1984: 87—89
- 4 Boocock D C B et al., proc. of International Conf. on Research

- in Thermochemical Biomass Conversion. London: Elsevier Applied Science, 1988: 497—508
- 5 Urban D L et al., Fuel, 1982, **61**(7): 799
- 6 Konfopoulos C A et al., Can. J. of Chem. Eng., 1989, **67**(1): 75
- 7 Dimpelmann R et al., Can. J. of Chem. Eng., 1991, **69**(8): 953
- 8 Campbell H W et al., Wat. Environ. & Technol. 1991, (July): 64
- 9 Bridle T R et al., Wat. Sci. Tech., 1990, **22**(12): 249
- 10 Kistler R C et al., Environ. Sci. Technol., 1987, **21**(7): 704
- 11 Frost R C et al., Hall J E Eds., Alternative Uses of Sewage Sludge. Oxford: Pergamon Press, 1991: 323—341
- 12 Gruter H. Wat. Sci. Tech., 1990, **22**(12): 257
- 13 Fernanders X. Water & Waste Treatment, 1991, (Sept.): 114

(上接第 81 页)一齐抓,大力发展经济的同时加大环保投资,加强环境保护。

表 3 特征量计算值

年度	α	β	I	H
1989	1.90	1.77	8.48	2.2×10^4
1990	2.05	1.76	6.36	2.0×10^{-3}
1991	2.32	1.83	5.80	3.8×10^{-3}
1992	3.37	1.93	4.90	1.3×10^{-2}
1993	5.43	1.69	0.81	1.43
1994	7.57	2.50	0.35	2.13

5 结语

从分析工业-环境系统的特征出发,建立了衡量工业-环境系统的发展是否可持续的定量化的判据。该判据意义明确,计算简单,易于应用,预期对当前的可持续发展研究有一定的意义。

参 考 文 献

- 1 陈国阶. 中国环境科学. 1990, **10**(4): 294
- 2 林逢春, 王华东. 中国环境科学. 1995, **15**(6): 429

ment models have been gained, which have provided important scientific basis with guidance significance for construction project of the protection forest system in the upper reaches of the Changjiang River.

Key words: construction project of the protection forest system in the Changjiang River, ecological environment, social economic environment, ecologic-economy protection forest system.

Tentative Approach to the Principles and Features of Environmental Disasters. Cheng Shengtong and Zeng Weihua (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua University, Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(5), 1996, pp. 76—78

The Environmental Disasters caused by the natural and artificial factors are more and more noticeable. The important research contents consist of the occurring and expanding mechanisms of environmental disasters, the ordinary principles and features of environmental disasters, and the principles and methods which environmental disasters are controlled and avoided by. It is all the objects of studying environmental catastrophology that how to deal with the relation between economic development and environmental protection, how to remove the hidden dangers of environmental disasters, and how to reduce the influence of the disasters after disasters occur. The basic concepts, features and principles of environmental disaster will be approached tentatively in this paper.

Key words: environmental disaster, environmental disaster system, environmental catastrophology.

Study Quantitatively on Industry-Environment System Sustainable Development. Feng Yuguang (Dept. of Physics, Shanxi Normal University, Linfen 041004), Wang Huadong (Institute of Environ. Sciences, Beijing

Normal University, Beijing 100875); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(5), 1996, pp. 79—81

The characteristics of interaction in industry-environment system was analyzed using system theory, a quantitative criterion was set up, and the sustainable development problem of regional industry-environment system was studied quantitatively using the criterion.

key words: industry-environment system, sustainable development, sustainable development criterion.

A Review on the Technology of Oil from Sludge by Low Temperature Thermo-Chemical Conversion. He Pinjing et al. (School of Environ. Eng., Tongji Univ., Shanghai 200092); *Chin. J. Environ. Sci.*, 17(5), 1996, pp. 82—86

The paper gives a review on the research and developing situation about the process of oil from sludge by a low-temperature thermo-chemical conversion. It is involved in the mechanism, kinetics, technological factors, flowage, equipments, environmental and economic features and so on. The technical characteristics of the process is a distillation process of the organics. The conclusion is that the maximum oil yield can be achieved under the temperature 450°C and retention time 0.5 hour, the process is a net energy exporter, the final effluences of the process meet the current environmental standards, the treatment cost of the process is lower than the incineration process and the thermo-chemical technology used for the sludge treatment can be commercialized applied. Finally, the main equipments of the process have been appraised in a pilot scale test.

Key words: oil from sludge, sludge conversion by a low-temperature thermo-chemical process, sludge treatment.