

国外环境管理、经济与法学丛书

世界动态学

——经济环境预测方法

〔美〕 福瑞斯特 著

庄 一 民 编译



中国环境管理、经济与法学学会

国外环境管理、经济与法学丛书

世界动态学

——经济环境预测方法

〔美〕福瑞斯特 著

庄 一 民 译

中国环境管理、经济与法学学会

1984年

出版说明

我们国家的环境保护事业，应该建立在牢固的科学基础之上。在整个环境科学体系中，环境管理、环境经济与环境法学等分支学科的建立和发展，至为重要。因此，我们组织编译了这套《国外环境管理、经济与法学丛书》，供有关人员在教学、科研和实际工作中参考。

这套丛书是在我学会理事长陈西平同志亲自领导下完成的。分学科审阅的总体安排是环境管理学由刘天齐同志负责、环境经济学由刘文同志负责、环境法学由金瑞林同志负责。截至目前已经出版的十一本书是：

之一 环境管理

之二 资本主义国家环境管理理论与实践

附录：①排污收费的实施

②排污收费政策

之三 环境保护经济学概论

附录：①费用效益分析和环境问题

②自然资源经济评价与保护效益

之四 美苏第一届环境经济讨论会论文集

之五 日本公害法概论

之六 欧洲共同体污染控制的法律与实践

之七 环境影响评价

附录：我国实施“评价”制度的问题

之八 环境—经济预测模型

附录：①生态预测数学模型和时间因素

②环境保护经济评价实例研究

之九 自然利用的生态经济效益

之十 世界动态学——经济环境预测方法

附录：①21世纪的课题与人类的选择

②亚太地区的开发和环境趋势

③全球最佳前景

之十一 国外环境经济问题

这本**世界动态学——经济环境预测方法**主标题的英文原文是 **World Dynamics**，因而一译“世界动力学”，副标题是编译者根据所编内容加的。原作由美国麻省理工学院教授福瑞斯特（Jay W. Forrester）著，中国人民大学计划统计系统研究生庄一民同志编译，上海机械学院自动化系王其藩同志校订，中国环境科学学会张锡声同志编辑。

本书所描绘的是一个世界的动态模型，体现了人口、投资、资源、环境和粮食生产等因素之间的相互制约关系，目标是使它们达到均衡状态。作为一种宏观预测的方法，它已经在国内外受到广泛重视和多次采用，特予编印，以飨读者。

本书的三个附录分别收入了最近在东京、曼谷、华盛顿召开的讨论社会、经济、环境和资源发展趋势的三次重要的国际会议的主要文献，它们是由日文翻译的**二十一世纪的课题与人类的选择**，由英文翻译的**亚太地区的开发和环境趋势**（Development/Environment Trends in Asia and the Pacific）及**全球最佳前景**（The Global Possible）。

环境管理学、环境经济学与环境法学都是属于自然科学

与社会科学相交叉的应用性学科，都具有两重性，即既有科学性又有社会性。资产阶级的环境管理、经济与法学，是建立在资本主义生产关系和现代化大工业基础上并为资本主义制度服务的。但是，它在结合环境问题进行的研究中，也提出了一些环境保护活动中共同的带有规律性的东西，应该有分析、有批判地吸取。就是某些社会主义国家出版的著作，我们也不宜照搬，而要从中探索他们提出的理论和方法在我国发挥作用的特殊形式。我们编译这套丛书的目的，就是为了便于读者在总结我国经验和借鉴外国经验教训的基础上，更好地建立和发展适合我国国情的社会主义的环境管理学、环境经济学和环境法学，为搞好我国的环境保护事业并进而促进现代化建设作出贡献。

中国环境管理、经济与法学学会

目 录

一	导 言	(1)
	(一) 世界系统	(1)
	(二) 向均衡状态转变	(4)
	(三) 结论	(7)
	(四) 背景	(10)
	(五) 社会系统在人脑中的模型	(12)
	(六) 社会系统的计算机模型	(13)
二	世界系统的结构	(15)
	(一) 系统流图	(17)
	(二) 人口回路	(18)
	(三) 资本回路	(19)
	(四) 污染回路	(19)
	(五) 拥挤限制人口增长	(20)
	(六) 粮食供应限制人口增长	(20)
	(七) 污染控制人口	(21)
	(八) 自然资源调节人口	(22)
三	世界模型的结构和假定	(23)
	(一) 人口	(23)
	(二) 出生人口	(24)
	(三) 物质生活水平影响出生乘子	(25)
	(四) 物质生活水平	(26)
	(五) 有效资本	(27)
	(六) 自然资源采掘乘子	(27)
	(七) 自然资源	(28)

(八) 自然资源使用率	(29)
(九) 死亡人口	(29)
(十) 物质生活水平影响死亡乘子	(30)
(十一) 污染影响死亡乘子	(31)
(十二) 粮食影响死亡乘子	(31)
(十三) 拥挤影响死亡乘子	(32)
(十四) 拥挤率	(33)
(十五) 拥挤影响出生乘子	(33)
(十六) 粮食影响出生乘子	(34)
(十七) 污染影响出生乘子	(34)
(十八) 粮食供应率	(34)
(十九) 拥挤影响粮食乘子	(35)
(二十) 农业资本影响粮食生产潜力	(36)
(二十一) 农业资本	(36)
(二十二) 人均资本	(37)
(二十三) 总资本	(37)
(二十四) 投资产生	(38)
(二十五) 投资乘子	(38)
(二十六) 资本减少	(39)
(二十七) 污染影响粮食乘子	(40)
(二十八) 污染率	(40)
(二十九) 污染	(41)
(三十) 污染产生	(41)
(三十一) 资本影响污染乘子	(42)
(三十二) 污染吸收	(43)
(三十三) 污染吸收时间	(43)
(三十四) 农业资本比重	(44)
(三十五) 粮食需要的资本比重	(45)
(三十六) 生活质量	(45)

(三十七) 物质生活水平影响生活质量乘子·····	(47)
(三十八) 拥挤影响生活质量乘子·····	(47)
(三十九) 粮食影响生活质量乘子·····	(48)
(四十) 污染影响生活质量乘子·····	(48)
(四十一) 物质生活水平影响自然资源乘子·····	(48)
(四十二) 生活质量调节资本比重乘子·····	(49)
四 增长的极限·····	(51)
(一) 自然资源枯竭·····	(52)
(二) 污染危机·····	(54)
(三) 拥挤·····	(57)
(四) 粮食短缺·····	(59)
五 常规对策无效·····	(61)
(一) 增加投资·····	(64)
(二) 减少出生率·····	(66)
(三) 减少污染·····	(68)
(四) 提高农业生产率·····	(69)
(五) 综合措施·····	(70)
(六) 小结·····	(71)
六 走向全球均衡状态·····	(73)
七 结束语·····	(79)
(一) 人脑模型的不足·····	(79)
(二) 世界局势·····	(80)
(三) 社会价值观念·····	(82)
(四) 改善社会系统的模型·····	(83)
(五) 下一个开发领域·····	(86)
附录一 二十一世纪的全球性课题和人类的选择·····	(89)
附录二 亚太地区的开发与环境趋势·····	(197)
附录三 全球最佳前景·····	(255)

一 导 言

（一）世界系统

世界系统正面临新的压力。我们所说的“世界系统”是指人类、人类社会系统、人类的技术和自然环境。这些因素相互作用，产生出增长、变化和压力。在社会-技术-自然系统中可以产生极大的力量，这一点人们已熟知。但是直到最近，人们才认识到，有一股力量正在崛起，传统的解决办法（如人口迁移、扩张、经济增长和技术措施）对此是无能为力的。

世界系统的压力表现为人口过多、不断增长的污染和生活水平的巨大差异。但是增长的人口、污染和经济不平等是原因还是征兆？能使它们直接得到改善呢，或者压力的根源深植于世界系统的其他地方？

人们越来越认识到，过去的那些措施常常只触及表象，而未改变内在根源。世界系统各部分正在越来越紧密地联系在一起。系统中某一组成部分的变动会影响另一部分，并且这种影响往往是未料到的，也是人们不希望看到的。如果我们要改善世界情况而不是使它更糟的话，我们就需要理解世界系统主要因素是如何彼此影响的。

我们对于某一系统各组成部分的各种知识和各种假定，可以用过去几十年中发展起来的方法进行综合和检验，即使

对于象社会系统这样复杂的系统也是如此。方法是：将个别的概念组成“模型”，计算模拟得出结果，这样就可以看出我们的假定和知识体系中内在的不协调的地方。通过这样的检验就可以大大改善我们对于世界系统的认识。

本书描绘世界的动态模型，模型中建立了人口、投资、自然资源、污染和粮食生产等因素的相互联系关系。这些因素及它们的相互作用便构成了世界系统的动态变化。人口增长形成一种压力，要求工业发展、生产更多粮食并占用更多土地。但反过来，粮食多了、工业品多了、占用土地多了又允许并鼓励人口增长。这样，各个因素相互促进，构成循环过程。但到了某一时间，增长就会遇到自然界的极限。这时土地和自然资源耗尽，污染物大大超过地球的净化污染能力。

增长的力量与自然的约束之间的矛盾可以通过几条途径来解决。如果人类深刻理解并明智地行动，就可以找到一条效果更好的道路。这条道路必然是走向停止增长和世界系统平衡状态的道路。人们面临的挑战是，如何选择一种最好的转变方式，平稳地由过去的增长状态转入未来的全世界均衡状态。

大约 150 年前马尔萨斯提出了将人口与粮食联系起来考虑问题的观点，他认为粮食最终决定人口，这一点一直有争议。人们常常引用人口不断增长、农业生产率也在增长的情况来反驳马尔萨斯。但马尔萨斯提出的存在一个最终障碍使人口不能无限增长的论点是无可否认的。他的观点并没有错，只是不完善。

粮食供应也许并不是限制人口增长的第一个障碍。世界

社会-技术系统中其他因素也许会在饥荒到来之前就阻碍了人口增长。

有史以来，人口、投资、污染、粮食消费，以及生活水平都是以指数形式增长的。人们期望增长，视增长为人类行为的天然状态，并将增长等同于“进步”。我们谈论国民生产总值（GNP）的年增长百分比和人口增长百分比。每年以固定的百分比增长的因素表现为“指数形式”增长。但指数增长不可能无限地持续下去。

纯粹的指数增长的特征取决于“翻番时间”。某一系统变量可能在几个“翻番时间”之后数量仍不很大，但以同样的速度再翻一番或两番后，它就一下子变得大得惊人。

指数增长在心理上的影响很少得到研究。假定在某变量指数增长的过程中存在着一个物质障碍，构成它的最终增长极限。当它未达到极限之前，它远比极限小，但是突然在一个翻番间隔里，它由相当于极限一半的数量一下子增长到极限。如果这时没有足够的压力，增长仍会继续，直到大大超过极限之后产生出足够的压力，才刹住增长。

在几十年内，潜伏在世界系统中的某些力量将会插足进来，并起决定性作用。粮食供应减少、污染增加、人均空间缩小已达到这样一个临界点，超过这一点之后，它们将联合起作用，形成一种降低出生率、增加死亡率的强大力量。当达到极限时，负作用力将逐步聚集起来，最终制止增长过程。当某一关键时刻到来之时，世界将发现指数增长的规律并不总是起作用的。那时另一个自然和社会系统的基本规律将取而代之。世界系统中的新力量必将崛起并压倒增长的势力。

(二) 向均衡状态转变

本书考察增长过程中将成为障碍的几股力量，考察那些将制止指数增长的变化。首先要研究一下由增长状态转入均衡状态。

考虑这样一个例子：在有限的空间内人口不断增长。假定每个人需要一个单位的土地作为“占用空间”，它用于住宅、商业活动、运输以及污染处理。假定为了得到足够的食物每个人还需要两个单位的土地用于粮食生产。这里不考虑土地质量和农业生产率的变化。

如果从总土地中扣除占用空间，剩下的就是农业可以利用的土地。根据人均农业用地的情况就可以确定粮食满足情况。

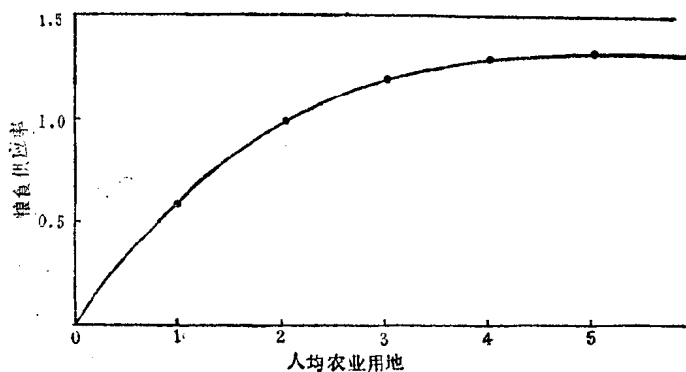


图1-1 粮食供应率与农业用地的关系

假定粮食满足情况（以粮食供应率表示）与人均农业用

地的关系如图 1-1 所示。当人均农业用地为 2 个单位时，粮食供应率为 1.0；当人均农业用地增加时，粮食供应率也随之增加，但其增长速度低于人均农业用地增长速度；当人均农业用地增长到 4 个单位以上时，粮食供应率便基本上不再增长；当人均农业用地下降到零时，粮食供应率也变为零，表明没有土地也就没有粮食。

表1-1 表明人口增长与土地的关系。这里假定每隔50年人口翻一番，基年人口为一百万，土地总数始终为 240 亿个

表 1 - 1 人口增长与土地的关系

年	(人口百万)	占用土地 (百万单位)	农业土地 (百万单位)	人均农业 土地(单位)	粮食供应率
0	1	1	23999	23999	1.35
50	2	2	23998	11999	1.35
100	4	4	23996	5999	1.35
150	8	8	23992	2999	1.35
200	16	16	23984	1499	1.35
250	32	32	23968	749	1.35
300	64	64	23936	374	1.35
350	128	128	23872	187	1.35
400	256	256	23744	93	1.35
450	512	512	23488	46	1.35
500	1024	1024	22976	22	1.35
550	2048	2048	21952	10.72	1.35
600	4096	4096	19904	4.86	1.34
620	5405	5405	18596	3.44	1.26
640	7132	7132	16868	2.37	1.09
660	9410	9410	14590	1.55	0.85
680	12417	12417	11583	0.93	0.57
700	16384	16384	7616	0.46	0.30

单位。表中第三列为每人占用空间为一单位土地时总占用土地数量。第四列为留作农业用途的土地。第五列为人均农业土地。第六列为粮食供应率，这里假定当超过人们基本需要后，粮食的效用递减，因此人均农业土地大于五个单位后粮食供应率保持在1.35水平。

在前600年中，人口增长了4000倍，而农业土地只下降了17%，粮食供应率保持在上限不动。但在下一个100年间，人口只增长了四倍，而农业土地下降了62%。占用空间的面积也第一次超过了农业土地面积。在前640年时间内，粮食都是足够的（粮食供应率保持在1.0以上），然而在几十年的短短时间内，粮食率骤然下降到0.3的水平，这样粮食便构成了人口进一步增长的一个极限。

在美国，城市化正在迅速侵食农业用地。农业可利用土地几乎全部开发了。在新泽西和加利福尼亚，据报道农村土地以每月几千英亩的速度变为住宅和工业用地。1945年以来，新泽西州的近半数农业地转为其他用途。土地减少对产量的影响被单位土地上生产率提高弥补了，但这种情况不可能无限制地持续下去。

当然，表1-1的趋势在现实生活中不会那么严重，这是由于土地有不同的质量，饥饿的压力迫使提高土地集约利用程度，人口增长也会放慢以适应粮食情况。但是，人口增长与土地减少结合起来造成的局势远比粮食供应问题严重。随着人口增长，自然资源的使用速度也在增长，于是产生了资源剩余量缩小与需求不断扩大的矛盾。工业化的进展引起了污染的增长，但污染本身又会损害自然界净化能力，于是又造成污染不断增加与环境净化能力减退间的矛盾。

本书研究当增长使环境超载时，世界几大因素相互作用的结构变化。世界的未来格局面临几种可能性，这取决于人口增长是否遇到自然资源短缺，或污染，或拥挤，社会不和，或粮食不足这几种情况的制约。马尔萨斯只提到了最后一种情况，但文明社会也可能在粮食短缺之前就成为其它压力的牺牲品。

可以肯定，如果信仰和心理因素不能使人口和工业停止增长的话，那么资源短缺、污染、拥挤、粮食不足，或其它同等重要的因素将做到这一点。指数增长不可能永远持续下去。我们面临的最大的、最紧迫的挑战就是如何引导世界从增长走向均衡。世界系统中有许多内在机制将迫使增长停止，将不可避免地出现其中一个或几个联合起作用的局面。如果我们不认识这一点并做出选择，社会系统由于内在机制的作用，将自行选择并将结果强加于我们。除非我们迅速理解、迅速行动，我们将被社会经济系统压倒，这个系统是我们已经创造出来的，但我们不能控制它。

(三) 结 论

本小节集中阐述第四、五、六章中得出的结论。这些结论来自第三章所描述的模型，这一模型是根据人们对于世界系统的陈述、观察和假定构造的。这一计算机模型将人口学、经济学、农业、技术方面的概念联系起来。模型描述了一个表现不同行为的世界系统。这些行为是未来最可能发生的局面的概要，这些行为的产生取决于人类目前尚可以选择的政策。

人类可以在人口增长、进行投资、自然资源使用、污染控制和农业产出方面选择不同的政策，这些政策将使世界系统表现出不同的行为模式。其中一种情况是：人口和投资不断增长，直到自然资源减少到限制增长的程度。当资源进一步减少时，世界系统支撑不了原有人口，于是人口和投资都衰减下来。生活质量取决于物质生活水平、粮食供应、拥挤和污染。由于资源短缺，这时生活质量也随之下降。

然而自然资源的耗尽也许并不是人口增长遇到的第一个和最可能出现的极限。看来世界正在进入这样一个各种限制因素一起发生作用的时期。现在还搞不清楚，如果人类照旧这样增长下去，哪一个限制因素将起决定性作用？

也许科学技术可以找到解决资源不足的办法，使我们使用那些储量更丰富的金属，增加能源资源，最终使资源不成问题。在这种情况下，增长就可以继续下去，直到系统内出现其它压力为止。假定从1970年起资源的消耗减少到原来的25%，把这一假定代入计算机模型进行运算，结果并不美妙。人口和投资继续增长，最后出现了污染危机。污染直接减少出生人口，增加死亡人口，并减少粮食产量。人口在2030年达到顶峰，随后大量减少，在20年之后减少到最高峰时的六分之一。这一巨大波动将是世界范围的大灾难。我们可以推测世界上哪一部分将首先遭难。很可能工业化国家具有最小的生存可能性，因为污染多半是从这些国家产生的。它们可能在崩溃中首当其冲。这就产生一个疑问，技术究竟是不是人类的拯救者。我们可以看到，技术上的某一胜利（减少了对资源的依赖）会使我们成为另一场灾难的牺牲品（一场污染灾难）。

从世界模型的动态行为中，我们得出以下结论。这些结论当然还需要以更加深入的研究来证实，需要进一步研究关于世界系统的结构的假定和世界系统的详细情况。正如本书前言中所讲的，在罗马俱乐部的赞助下，一项重大的关于世界系统内相互作用关系动态的研究项目正在进行。

1) 在世界生态系统中，工业化比人口的干扰作用更大。实际上，也许人口爆炸最好是看作技术和工业化的后果（医药和公共卫生被看做工业化的一个部分）。

2) 在下一世纪内，人类将面临在四重窘境前的选择问题——现代工业社会受到资源短缺的压力；污染造成的世界人口衰减；粮食短缺造成人口限制；或者由于战争、疾病和物质上和心理上拥挤造成的社会压力，使人口崩溃。

3) 我们目前生活在“黄金时代”，尽管有些小毛病，但按一般情况来看，生活质量比历史上任何时候都要高，而且比未来的情况要好。

4) 劝告人们少生育或人口控制规划都是白费气力。一旦人口控制有了成效，使人均粮食供应和人均生活水平得到了提高，这些因素反过来又刺激人口增长，结果人口并未减少。

5) 现代工业社会的高生活水平看来是粮食和物质产品生产的结果，而后者以前是超过人口增长速度的。然而，随着农业达到空间的极限，工业达到自然资源的极限，两者又都达到污染的极限，这时人口增长就将超过生产增长。人口将增长到生活质量大大下降为止，生活质量下降将制止人口增长，使之稳定下来。

6) 不发达国家要想达到目前发达国家的生活水平看来