

ZIRAN ZIYUAN KAIFA YUANLI

自然资源开发原理

牛文元 著



河南大学出版社

自然资源开发原理

牛文元 著

.....

河南大学出版社

内 容 提 要

本书以一种较新的角度,抛开传统的体例,从对自然资源的总体认识上,开拓出较深层次的理论思索。作者把“资源开发—生产过程—环境效应”视为一个环圈,把“自然存在—人地关系—区域发展”联成一个整体,充分体现了自然资源的基本属性和基本规律。全书以资源系统为中心,以资源模型为方向,以数理分析为手段,以自然资源的开发原理为内容,以物质、能量、信息在资源系统中的运动、交换、贮存为脉络,共同编织出资源学统一基础的整体阐述。本书可供从事资源学、生态学、地理学和区域规划的人员阅读参考。

自然资源开发原理

牛文元 著

责任编辑 陈波涔

河南大学出版社出版

(开封市明伦街85号)

河南省新华书店发行

中国科学院开封印刷厂印刷

开本:850×1168毫米1/32印张:10.875字数:275千字

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

印数1——3000册 定价:2.80元

ISBN 7-81018-258-7/K·30

绪 言

人口的膨胀,资源的短缺,环境的胁迫,生态的危机,这一系列世界性问题,在我们面前描绘出一幅色彩并不明丽的图画。许多黯淡的阴影,正在困扰着无数的科学家和政治家。由这类基本问题所带来的附加效应,已深入到现代社会的各个角落。随着生产规模的日益扩大,随着城市人口的不断增长,物质与能量以加速的趋势被不断消耗。这个基本事实,迫使人们不得不冷静地思考:地球的文明究竟还能维系多久?要求人们去反躬自问:对于资源的利用是否合理?当然更需要人们去回答:怎样才能导出健康的途径,去清醒地、明智地、非短期地实施自然资源的开发。

到目前为止,资源学所拥有的全部理论和方法,还远远不能恰当地反映和解析它所研究的对象。此种状况,一方面反映了问题的复杂性;另一方面也使得一切从事资源学研究的人们,去深自反省并且重新体念肩负的责任。资源学已经在社会发展的不同阶段,作出了一定的努力和贡献。但在跨入信息时代的今天,它所得到的“社会承认”,与其实实际的“社会功能”之间,发生了明显的差距。这就使得在挑战的面前,一切资源学研究者都无法回避这样的责任,完成现代资源学的复兴,并助长它的突破和萌动。

三十余年来,其它学科的进步与繁荣,给整个现代科学注入了强大的活力。学科之间的协同互补、交叉渗透,已经形成了一股真正的潮流。“它山之石,可以攻玉”,兄弟学科的思维方式与成熟理论,一经用于解决资源学中的问题,往往能引发智力上的裂变,常有豁然开朗,又见洞天之感。

总括上述,这种既来自社会需要的“动力牵引”,又来自相邻

学科的“感召效应”，更来自于资源学本身在价值取向上的“自我完善”，共同产生了“增幅共振”的强烈结果，构成了加速和深化研究自然资源的推动力。

贝塔朗非所建立的系统观点，以及维纳等所倡导的系统工程理论，经过几十年的发展与应用，已经日渐成熟，并且超越原先的领地，被奉为多种学科的思考准则。资源学亦不例外，当其由哲学语言代替了自然语言；当其由深层解析置换了表面叙述；当其由多元分离复归到一元本体；当其由被动追随觉醒到强烈参与的时候，也就是它的“现代化”进程开始起步的时候。正如当代著名学者哈维所说的那样，只有当把一个意外的结果变成一个意料中的结果；把一个偶然的事件变成一个当然的事件时，资源学才有了作为学科的“独立品格”。

在当代资源学的规律探求方面，世界范围内均呈现着“模式化”的趋向。任何资源的开发，其目的总是十分明确的。因此，只要提及资源学理论，一般均可以概括为结构、关系、非均衡、势产生、驱动力、资源流以及关系转化、广义对称、充分建模、优化处理、风险分析等一般机理性的探讨。资源的开发当然不是孤立的事件，从其对象、目标、理论和方法中，一直存在着自然、社会、经济的广泛交叉和联系（包括因果联系与逻辑联系），对这种联系实施有深度的解析，是研究资源开发的基本出发点。

所谓资源学研究的“现代化”，当然不应理解成只是一种语义上的称谓，它包含着特定的背景，丰富的内涵和坚实的基础。把“资源开发—生产过程—环境效应”视为一个环圈；把“自然存在—人地关系—区域发展”联成一个整体，充分体现了综合、复杂、宏观、整体的基本性质。以资源系统为中心，以区域开发为对象，以宏观决策为方向，以数理方法为手段，以自然资源的开发原理为内容，以物质、能量、信息在资源系统中的运动、交换、贮存为脉络，共同勾勒出本书的基本轮廓。

自然资源是一个庞大的集合名词，它所涉及的内涵不可能用一句简单的话去概括。广义而言，人类在生产上、生活上、精神上所需求的物质、能量、信息等“初始投入”，均可称之为资源。本书给自然资源以如下的定义：“对自然系统而言，人在自然介质中可以认识的、可以萃取的、可以利用的一切要素及其集合体，包含这些要素互相作用的中间产物或最终产物，只要它们在生命建造、生命维系、生命延续中不可缺少；只要它们在经济系统中构成必需的‘投入’并产生积极效益；只要它们在社会系统中带来合理的福祉、愉悦和文明，即称之为自然资源”。纵观国际资源界的动态，对于自然资源的研究，明显地存在着三种不同的方向，即经济学方向、生态学方向和地理学方向。本书的目的不在于评判三者之间的优劣，而在于汲取不同方向的精粹，企图去构架新的自然资源研究体系。

众多的自然资源研究者，为了探索作为学科特征的现代构架，往往从两个彼此平行的轨道上，载荷着如下共同的思路：从静止的观点去考察，主要联系到地域规模、结构形式、地理关系、配置格局、分布效应等宏观的空间性质；从动态的观点去考察，主要联系到区域沿革、系统演替、过程预测、趋势判断、开发周期等连续的时间性质。把这两个平行的轨道，在统一的基础上纳入更高层次的思考，就能发现“时空耦合”的交汇点。发现和解释此类交汇点的机制，这正是自然资源开发原理的本质探索，也是著者奉献本书的初衷。

本书试图以一种较新的角度，抛开传统的体例，从自然资源开发的总体认识上，开拓出较深层次的理论思索，以系统科学和系统分析为经，以“自然—经济—社会”的复合作用为纬，共同编织出自然资源基本原理的整体阐述。

在本书写作过程中，受到了不少师友的关怀和鼓励，尤其是河南大学地理系李克煌教授，以及许多青年资源学研究者，一直

对作者寄予厚望，特此深表谢忱。希望有更多的资源学家，尤其是青年学者，对本书提出批评，期待在讨论和争鸣的气氛中，获得收益和慰藉。

1988年6月于北京

目 录

绪言	(1)
第一章 自然资源的基本属性	(1)
第一节 资源的稀缺性	(1)
第二节 资源的竞争性	(6)
第三节 资源的选择性	(8)
第四节 资源的分散性	(10)
第五节 资源的传布性	(16)
第六节 资源的增值性	(23)
第七节 自然资源与熵	(33)
第二章 自然资源的基本模型	(41)
第一节 资源模型的基本思考	(41)
第二节 简单的“李嘉图模型”	(52)
第三节 随时间变化的资源最优利用模型	(53)
第四节 费舍尔模型	(59)
第五节 “资源—环境”模型	(62)
第六节 耗竭性资源模型	(71)
第七节 可更新资源模型	(76)
第三章 自然资源的系统优化	(84)
第一节 引言	(84)
第二节 资源系统的优化	(85)
第三节 资源系统优化的计算机模拟	(95)
第四节 资源系统的互依关系	(99)

第五节	非线性优化的一维搜索·····	(101)
第六节	生态资源优化定律·····	(106)
第四章	自然资源的数量估算·····	(111)
第一节	资源估算的生态学原则·····	(112)
第二节	基夫定则与资源估算·····	(120)
第三节	非再生能源生产周期·····	(132)
第四节	贝兹极限·····	(136)
第五章	自然资源的开发基础·····	(139)
第一节	资源开发的一般认识·····	(139)
第二节	世界人口增长·····	(141)
第三节	资源过程系统·····	(148)
第四节	资源消耗系数·····	(159)
第五节	资源开发的“投入—产出”分析·····	(166)
第六节	资源开发的有效能概念·····	(173)
第七节	有效能的热力学基础·····	(184)
第六章	资源开发的经济思考·····	(191)
第一节	资源与经济·····	(191)
第二节	资源经济的“投入—产出”原理·····	(192)
第三节	资源、生产、环境的自我反馈·····	(201)
第四节	资源开发中的成本与规模·····	(209)
第七章	资源开发的效益分析·····	(217)
第一节	效益分析中的有效能概念·····	(217)
第二节	效益测度指标·····	(218)
第三节	污染物因素分析·····	(228)
第四节	多链加工系统·····	(231)
第八章	自然资源的分配规则·····	(236)
第一节	资源分配的康托洛维奇系统·····	(236)
第二节	资源分配的模型建造·····	(240)

第三节	自然资源的“多重分配”	(245)
第四节	资源分配系数	(248)
第五节	资源利用的“世代”分配	(253)
第六节	资源分配的空间思考	(255)
第七节	空间的竞争与均衡	(257)
第九章	自然景观的资源潜力	(264)
第一节	旅游资源的本质	(264)
第二节	森林旅游资源潜力评价	(269)
第三节	旅游资源的吸引力分析	(286)
第十章	资源的空间行为分析	(297)
第一节	空间行为概说	(297)
第二节	空间的“搜寻”与“学习”	(300)
第三节	资源空间决策	(308)
第四节	阿伯勒模式的改进	(322)
第五节	地理空间优化	(328)
第六节	空间决策中的克瑞斯泰勒理论	(331)
主要参考文献		(336)

第一章 自然资源的基本属性

第一节 资源的稀缺性

无论是物质抑或能量，一旦被定义为“资源”，都是针对某一特定对象的“需求”而言的。这种需求在某种程度上亦可理解为“关系”，但是此类关系在其基本属性上又表现为“不可逆的”。这样就从本质上规定了资源的“单流向”特征。毋庸置疑，如果土地作为资源并给人类提供基本食物来源时，那么它的存在并被认识为“资源”，是针对人类的需求这种特定关系下才是真确的。与此同时，人类本身对于土地而言就没有类似的也可称为“资源”的关系，这种单向性与不可逆性，在实际的资源开发和管理中，似乎不加证明都能普遍成立。

建立“资源(供体)和需求(受体)”的单一系统和复合系统的思想，并且进一步演变成多层次的或资源间接作用的系统组合，都须承认作为供体的资源，是制约“系统”规模、速率和行为的基础因素。我们不否认“受体”的自我选择、自我搜寻、自我调节等作用，但这种作用只有在“供体”客观存在的前提下才有实质性意义。从这种思路出发，必然得出的结论是：只要作为资源，它总是被消耗的；只要是被消耗的，也就总是稀缺的。即使是可再生资源如生物第一性生产力等，从潜在的意义上去分析，随着“受体”的动态增长，它也表现出稀缺的特征。即使人为地规定受体保持恒定或者随时间有动态下降的趋势，但从资源的本意去理解，稀缺的特性亦不能被否认。何况还要加上空间分布的非均衡以及竞争、共存、生克等功能的影响，这种稀缺性的推论不仅不能被否

认，反之还会有更加丰富的表现。

一个最为简单的模式思考，可以设想成“离散时间序列”的资源行为。在每一个时段中，生产或发展(从广义上去理解)均需要“供体”的资源。使 R_i 代表 i 时段所必需的资源数量。由于资源的总体，无论从物质的表现形式还是能量的表现形式上，均可归结为某个固定的常数。这里用 $\bar{R}$ 表示资源总量，则有

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n R_i \quad (1.1)$$

每个时段的资源消耗速率，既取决于供体的可给性，又取决于受体的需求水平，同时与所考虑的时段数目有关。在这样的约束下，资源的消耗随着时间的延长，在一般意义上总是越来越少，最终达到零。设 m 代表时段的数目，那么从平均性状去估计，每个时段的资源消耗应为 $\bar{R}/m$ ，当 m 趋近于无限大时，必然有

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \frac{\bar{R}}{m} = 0 \quad (1.2)$$

它同时还意味着当 $m \rightarrow \infty$ 时，每个时段中所占有的资源量趋于无穷小，实际上等于零。由此出发，去理解资源的稀缺性，总是能成立的。在资源开发与资源管理中，不管我们所取的时段是长还是短，从发展的观点去考察，总会具有无限大的延续。而资源本身(具有边界的以地球为本体的开放系统)就其数量形态而言，只要不构成无限大的特征，则资源稀缺性的概念表征就永远具有合理性。

涉及到资源的稀缺性，常常会使人想到“世界的末日”(doom)。我们原则上不赞同这种结论，但是却不能完全否认“世界末日”论中包含着的对于资源稀缺性的深刻认识。弗瑞斯特教授(Forrester, 1971)和梅多斯(Meadows, 1972)等人的研究，就建立在对于资源稀缺认识的基础上。他们认为：随着世界人口

的膨胀,随着生产发展水平的不断提高,经济活动的总增长将面临着三个方面的限制:其一,地球上有限的面积;其二,资源稀缺的限制;其三,环境自净能力的限制。事实上,如果把地球表面积(空间)以及容纳污染物的环境均看作是“广义的资源”,那么最终限制经济增长的极限,可以完全归结为“资源的短缺”。与此相适应,又可增加第四个限制因子,即人类的科技水平和控制世界的能力。总之,只要讨论“世界的末日”,肯定离不开“资源”总限制的前提。

在 Forrester-Meadows 的世界发展动力模型中,可以概括

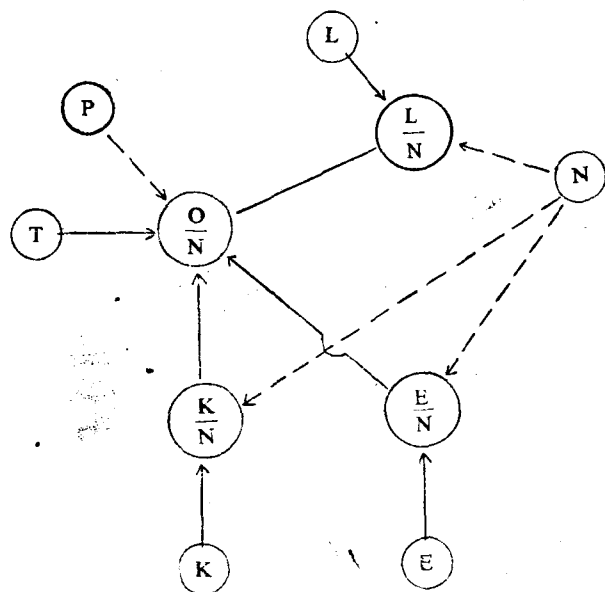


图1.1 世界发展的生产系统

N —人口数目; L —土地数量; E —耗竭性资源数量;
 K —基础设施的数量; T —技术水平的状态; P —环境污染的数量;
 O —产品或服务的总产出。

为如下的基本思路：由于人口的增长，使得按人平均的基本资源量（不可更新的自然资源及可更新的自然资源）、使得环境负荷能力等均处于下降的状态，这种总制约构成了世界发展的图式。图 1.1 按弗瑞斯特—梅多斯观点，表现了生产系统的模型：

图中的实线箭号，代表正向关系；虚线箭号代表负向关系。
图 1.1 把资源稀缺性（如耗竭性资源、土地资源、基础设施等，其中也包括环境能力）的影响，十分明确地刻划了出来。

在此基础上，再把生产系统和统计关系综合在一起，就使得对于资源稀缺性的认识，朝着更加量化的方向发展：

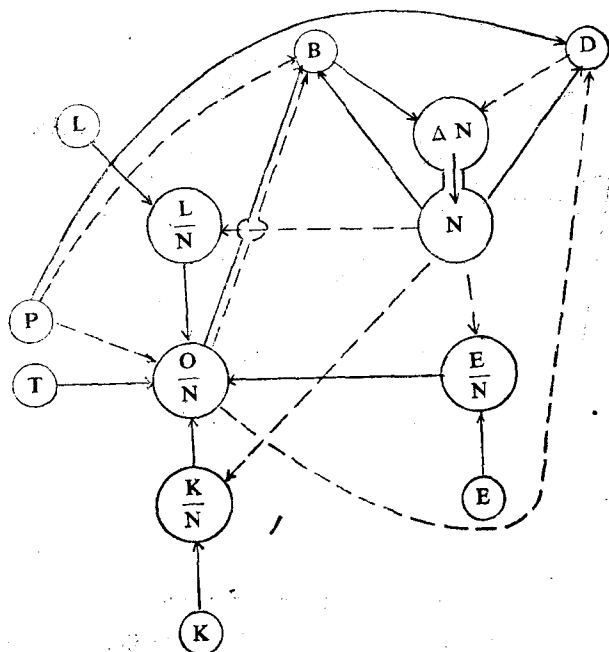


图1.2 生产系统与统计关系

在图1.2中的 B ，代表人口出生数目； D 代表人口死亡数目。

ΔN 代表了总人口的增长率。

把以上两图完善后，放在统一的基础上加以考察，可以表达在又一个图上(图 1.3)：

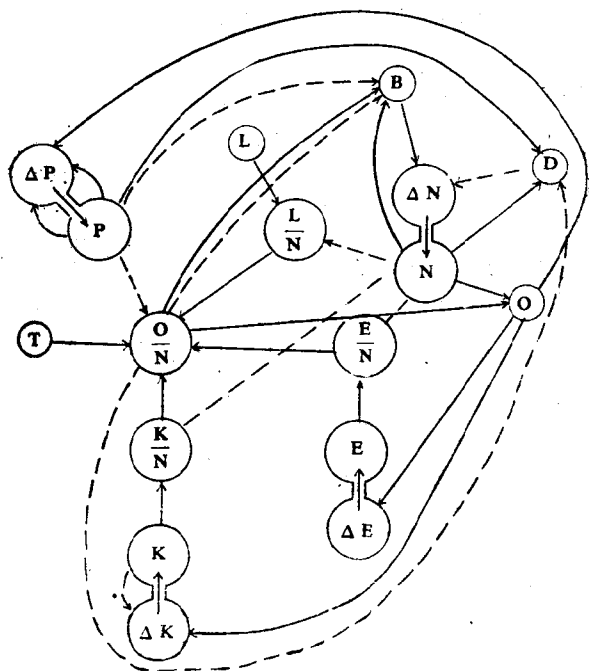


图1.3 涉及到资源、人口、环境的经济增长关系

由以上的叙述，越来越明确了资源在经济发展中的作用和价值。它总是作为一个“最终”限制因子，制约着区域的、国家的、乃至全球的经济发展前景。由此，体现了资源稀缺性的本质。如果我们将来发现了更加有效的资源，或者是从“外星”开辟了资源基地，仍然无损于资源稀缺性本质的论断。

第二节 资源的竞争性

资源的竞争性, 来源于资源的稀缺性。在一般意义上所讨论的竞争行为, 可以区分为两个主要的范畴。其一, 在众多资源构成中, “受体”努力选择在其应用上最为合适的、在经济上最为合算的、在时间上最为合宜的那一类资源。这种选择上的“受胁迫”状态或“非自由”状态, 本身就体现出了竞争的内涵。其二, 在众多“受体”中, 均不同程度地需要同一类的资源。此条件下的“供体—受体”行为, 以及“受体—受体”关系, 势必出现对于资源占有量、对于资源利用经济性、对于资源识别优先性等一系列复杂的竞争现象。

在资源开发与资源利用范畴中所理解的竞争, 可以还原到一种最本质的解释。如果令

r —在竞争者存在时的资源供给量;

r_0 —在无竞争时的资源供给量;

e_r —竞争效应

则可以总结出

$$e_r = \frac{r_0 - r}{r_0} \quad (1.3)$$

由此得出 $r = r_0(1 - e_r)$ 。

十分明确, 竞争效应 e_r 处于 0—1 之间的数值。若 e_r 为 0 (即无竞争存在), 则 $r = r_0$; 如果 e_r 等于 1, (即竞争达到无限大), 则 $r = 0$ 。事实上竞争者的数目均是有限的, 因此不可能出现 $e_r = 1$ 的极端情形。

更加具体地进行阐述时, 我们企图在资源竞争的研究中引入一个称之为“集聚指标”的 σ , 它表达了在一个区域空间中资源的分布状况。因为在实际的资源开发与资源利用中, 由于空间分布

的非均衡(几乎是一种绝对的事实),引起对于资源的竞争,将为人们去认识“竞争效应” e ,带来极大的帮助。有鉴于此,这个集聚指标 σ 通常可以写成:

$$\sigma = \sqrt{\sum \alpha^2 / n} \quad (1.4)$$

从某种抽象的意义上,上式中的 α 与 n 可以用如下的方式去定量地测知,并且从统计的分析中得出相应的物理概念。可以想象出,在一个地理环境中,划分出具有数量意义的方格网络,其中的资源就分配在这个想象的空间当中,该网络能较好地表达资源的空分布格局。由于在每一方格中的资源密度均被测知,即可用 $\sum \alpha^2$ 代表每个方格中资源密度,及其偏离全体方格“平均资源密度”的离差平方和。其中的 n 恰好表达了网格中的方格数目。统计分析的结果, σ 实质上就是相对于资源平均密度的“标准差”。

可以看出,随着 σ 数值的增加,表示在特定位置上的“资源浓度”增加,这样通过运输的联结与移动,就可以使“资源攫取者”去搜寻此种密度存在的空间位置,以便能更好地得到所必需的供给。在增加了“资源浓度”的前提下,对于能“移动”搜寻的“受体”而言,同在空间内所有方格上均增加“平均资源密度”,应当具有相同的功效。可以写出相应的方程为

$$r = r_0(1 - e^{-\sigma}) \quad (1.5)$$

在式中的系数 e ,表示着资源空间分布的浓度特征。

但是上式存在着一定的缺陷。试想,当资源处于完全均衡地分配时,即在空间中各方格出现了“绝对”的平均分布时,必然使 $\sigma = 0$,则上式被解为:

$$r = r_0(1 - 1) = 0 \quad (1.6)$$

它说明了在地理环境中,当资源出现均衡分布时,反而使得在竞争对手存在条件下,资源的供给量变为0,这显然是一种违反事实的荒谬。为了改正这一点,就必须对上式加以适当的改