

〔英〕A·G·威尔逊著

# 地理学与环境

——系统分析方法

商 务 印 书 馆

98273

X192

1

# 地 理 学 与 环 境

——系统分析方法

〔英〕A. G. 威尔逊 著

蔡运龙 译

商 务 印 书 馆

1997年·北京

*A. G. Wilson*  
**GEOGRAPHY AND THE ENVIRONMENT**  
Systems Analytical Methods

John Wiley & Sons Ltd., N.Y.,

1981

(根据美国约翰·威利出版公司 1981 年版本译出)

DÌLIXUÉ YŪ HUÁNĀNG

地理学与环境

——系统分析方法

[英] A. G. 威尔逊 著

蔡运龙 译

商务印书馆出版

(北京王府井大街 36 号 邮政编码 100710)

新华书店总店北京发行所发行

北京振兴华印刷厂印刷

ISBN 7-100-01638-X/K·383

1997 年 8 月第 1 版

开本 850·1168 1/32

1997 年 8 月北京第 1 次印刷

字数 283 千

印数 2 000 册

印张 12 1/4

定价: 19.30 元

# 目 录

序言 .....	1
<b>第一编 系统分析的基本思想 .....</b>	<b>3</b>
<b>第一章 系统分析简介 .....</b>	<b>3</b>
第一节 目标 .....	3
第二节 关于对复杂系统的认识和规划 .....	4
第三节 背景：科学中的系统分析 .....	5
科学方法的主要概念 .....	5
需要某种哲学基础 .....	7
与“艺术”方法的关系 .....	9
在此框架内的系统分析 .....	10
第四节 三个实例 .....	11
导言 .....	11
高沼地生态系统 .....	11
水资源 .....	17
城市 .....	20
从实例中得出的几个基本观点 .....	22
关于进一步读物的说明 .....	23
<b>第二章 系统分析的形式基础 .....</b>	<b>25</b>
第一节 基本概念：定义及其讨论 .....	25
第二节 系统图示 .....	35
第三节 概念与图示：小结 .....	42
第四节 系统分析中的问题类型 .....	45
第五节 系统的类型 .....	46

关于进一步读物的说明	53
<b>第二编 系统论方法与空间分析方法</b>	<b>55</b>
<b>第三章 系统分析的“方法”透视</b>	<b>55</b>
第一节 系统、方法和空间分析	55
第二节 数学前提	57
第三节 关于某些标准方法的说明	57
第四节 走向环境系统空间分析的数学表达	58
关于进一步读物的说明	63
<b>第四章 散乱的复杂性之一：熵最大化方法简介</b>	<b>65</b>
第一节 导言	65
第二节 作为概率的熵：城市中的上班路程	65
第三节 空间相互作用模型族	73
第四节 计算的各方面	81
第五节 熵最大化模型构建原理：小结与引伸	83
第六节 熵最大化模型在城市规划中的某些应用	86
第七节 对水资源系统的应用	88
第八节 熵最大化的系统分析方面	89
第九节 熵的概念：小结性讨论	90
关于进一步读物的说明	95
<b>第五章 散乱的复杂性之二：计算和基于计算的模型</b>	<b>97</b>
第一节 基本概念：状态、状态变化和计算	97
第二节 计算变量的实例	99
人口计算	99
经济计算	105
生态计算	108
水资源模型中的计算	109
第三节 关于计算变量的某些一般说明	111
第四节 基于计算的简单模型	111
建模原理	111

实例 1：社会移动性	113
实例 2：罗杰斯的人口增长模型	114
实例 3：投入—产出模型	117
几种简单模型的比较	120
实例 4：生态“分室”模型的速率	122
实例 5：变换为水污染模型	123
第五节 基于计算的较复杂模型	125
较复杂模型是如何产生的	125
平衡因子	125
平衡因子与熵最大化	128
一个人口实例	130
新投入—产出模型	132
其它可能性	133
第六节 小结性评论	134
关于进一步读物的说明	135
<b>第六章 优化</b>	<b>138</b>
第一节 优化的性质	138
第二节 优化数学简介	140
目标函数与约束	140
几类线性规划问题	143
非线性规划	146
对偶性	146
求解方法	148
通过随机效用理论达到优化	153
规划、随机效用和熵最大化	158
第三节 小结性评论	167
关于进一步读物的说明	168
<b>第七章 区位结构与网络结构：结点和连接</b>	<b>170</b>
第一节 作为系统成份的结点和连接	170

网络分析的性质.....	170
系统中的结点和连接.....	172
网络类型：树和回路.....	173
系统中较抽象的网络.....	175
第二节 几种网络分析技术.....	177
网络描述.....	177
最短路径.....	182
流的分派.....	187
流—连接时间相互依存：网络均衡.....	189
数学规划与网络均衡.....	191
关联 1：初等方法.....	194
关联 2：指向图.....	196
关联 3：q 分析.....	200
等级系统、结点、网络.....	208
网络与决策.....	214
网络变化：设计与增长.....	217
第三节 小结性评论.....	223
关于进一步读物的说明.....	224
第八章 动态.....	226
第一节 动态系统论方法.....	226
导言.....	226
相对静态.....	227
差分方程.....	228
微分方程.....	229
从拓扑观点看动态系统论.....	231
第二节 相对静态与数学规划.....	232
购物设施规划中的力量.....	232
网络中的干线路径及有关问题.....	235
第三节 差分方程.....	237

导言与实例·····	237
简单方程中的复杂动态: 对生态系统和城市的应用·····	239
第四节 微分方程·····	244
被食者—捕食者系统·····	244
资源竞争·····	245
第五节 动态微仿真方法·····	249
静态预试·····	249
动态与微仿真·····	250
第六节 突变论·····	251
导言·····	251
折叠突变·····	252
尖顶突变·····	254
设施规模与通行距离: 应用折叠突变的一个例子·····	256
尖顶突变与模式选择·····	262
第七节 分歧: 小结性评论·····	263
关于进一步读物的说明·····	264
<b>第九章 控制与规划</b> ·····	<b>266</b>
第一节 导论·····	266
第二节 控制的诸方面·····	267
导言·····	267
必要多样性规律·····	268
作为一种“模型”控制系统的中枢神经系统·····	269
第三节 规划的诸方面: 几个基本概念·····	272
第四节 某些特殊的规划框架和规划手段·····	275
共同规划及有关框架·····	275
朗格—勒纳规划·····	276
政策手段与达到目的的关系·····	276
成本效用、达到目的与费用—收益分析·····	278
优化方法·····	276



关于实例的说明·····	279
第五节 规划与体制·····	279
导言·····	279
环境规划中的体制类型·····	280
几个例子·····	281
第六节 小结：规划与控制的要义·····	288
关于进一步读物的说明·····	288
<b>第三编 环境系统分析实例</b> ·····	<b>290</b>
<b>第十章 应用与结论</b> ·····	<b>290</b>
第一节 导言·····	290
第二节 高沼地生态系统·····	291
导言·····	291
描述和几个基本概念·····	291
生态系统动态的诸方面·····	292
规划与控制·····	301
第三节 水资源系统·····	311
导言·····	311
描述和几个基本概念·····	311
实例1：一个基本优化模型·····	313
实例2：水库流量决策·····	319
实例3：关于优化和污染控制的说明·····	324
小结性评论·····	326
第四节 城市系统·····	327
导言·····	327
描述和若干基本概念·····	327
城市模型：艺术现状简评·····	332
一个城市模型实例·····	338
模型在规划中的应用·····	344
城市模拟的未来发展·····	346

第五节 总结性评论.....	347
关于进一步读物的说明.....	349
参考文献目录 .....	350
索引 .....	361

## 序 言

形成本书主题的“环境”被看作是包括天然的、人一自然的以及人为的“有趣系统”。环境研究为若干学科所关注，虽然本书题目认定地理学是其中主要的一门学科，但仍希望本书对那些自认为带有其它学科——无论是诸如经济学、民用工程或城市规划这样的领域，还是诸如区域科学或“环境研究”这种本质上为交叉学科的组合——色彩的从事者们将有所裨益。 xi

环境研究的“系统”方法业已风行了多年，而关于其到底有何用处却一直是一个众说纷纭的问题。系统方法的基础在于若干概念，第二章对此作了阐述，力图对由大量相互依存的因素所构成的复杂系统加深理解。本书的主要论点是：有必要进一步显示，怎样才能“系统”的大伞之下把各种方法的范围拓展得更宽。本书尤其认为这些方法为构建若干实例的环境系统模型提供了基础。这就说明了系统分析方法的另一特征：不仅存在可用以驾驭复杂事物的多种方法，而且能以一般的方式来理解这些方法，还可能学会鉴别它们可应用于其中的系统“类型”。无需讳言，仍然还有很多研究难题，但是可以认为已取得了充分的进展，以至可以把当前可得到的知识状况以教科书的形式加以表达。

可以多种方式将本书用于教学。希望它为整个学习过程提供一个适当的序列。就我本人目前的实践经验，最好在大学生课程的第一年里教授本书的定性内容，尤其是第一、第三和第九章，同时也说明如何用数学术语来描述环境系统，说明第四至第八章中方法的定性描述；然后在第二年里更详细地教授这些方法。如

果以最大的可能深度呈现这些论题，并以文献目录中引用的文献作为补充，本书也可形成研究生课程的基础。还可以由教师提供<sup>xii</sup> (或由学生发现) 远为广泛的、可说明普遍论点的、并且可能更为适合于特定上下文的实例。

在每章末尾关于进一步读物的说明中，前面加有 \* 号的参考文献是对有关内容的有益补充，并大致属于同样水平；前面加有 \*\* 号的参考文献则属于更高水平。

提供一系列方法讲座的思想最早是由宾夕法尼亚大学的戴维·博伊斯(David Boyce)和布里顿·哈里斯(Britton Harris)对我建议的，我对他们及其同事们邀请我从 1976 年起连续三年到该校讲学表示感谢。我还要感谢我在利兹大学的同事们和学生们，他们在校课程中使用本书的材料时提出了很好的评论。罗莎娜·怀特黑德(Rosanna Whitehead)为前几章的部分打字，其余则由帕梅拉·塔尔伯特(Pamela Talbot)打清。图表由戈登·布赖恩特(Gordon Bryant)、蒂姆·哈德文(Tim Hadwin)和约翰·狄克逊(John Dixon)绘制。我对这两个小组在本书准备期间所作的关键性工作致以最衷心的感谢。

艾伦·威尔逊

1980年6月于利兹

# 第一编 系统分析的基本思想

## 第一章 系统分析简介

### 第一节 目标

地理学、规划和环境科学一般都属于许多已有效地结合了系统分析(或广而言之为系统论)概念的学科之列。关于系统概念,本书的各个阶段都将给予精练和发挥,但可初步简单地把它定义为由若干(通常是大量)相互关联的组成成分所构成的研究客体。多数乃至大多数研究客体都是据此被定义为系统的,并因而广泛地渗透着系统分析的影响。然而,有一种系统分析研究通常所强调的东西却在某种程度上限制了其应用范围:主要是指其组成成分显示了高度相互依存的复杂系统。于是“整个”系统的行为常常就是远大于部分之和的某种东西。

关于系统论的争论有时被行话弄得模糊不清,而本书的基本目标是尽可能清晰地表述与环境科学有关的主要概念和方法。在需要的地方将介绍一些专门术语,但在可能的地方将从初步原理上加以定义。本书一个次要但又重要的目标是讨论其它作者如何使用系统概念(因为同样的这些词语频繁地被不同人以不同方式所使用),以有助于为漫无边际的文献提供一个引导。希望读者能以一种顺理成章的方式汲取系统论的概念和方法,并能将它们应用到各种各样的情况中。在各阶段都使用了很多实例来说明论点,但实际上还可从文献中补充更多的实例。系统论的主要准则之一是:共同的分析方法常常可应用于表面上极不相同的多种系

统。读者应当力图获得将各种方法转移到新情况中去的能力。当然，这样做时必须十分小心谨慎。在很多场合里，特殊性和独特性比普遍性更为重要，对此必须作出判断。

本章具有入门性质，在其余三节里将包含一系列基本论题。第二节探究系统分析和系统论的广泛性质，第三节评论系统论在科学(和艺术)中的地位，第四节提出三个实例——高沼地生态系统、水资源系统和城市——来说明需要系统方法。第二章将表述系统论的形式基础，并讨论关于系统的概念、图示、问题类型、系统类型、模型和理论。这就使对第一编中入门性基本思想的表述趋于完满。

第二编由第三至第九章构成，用以对“各种方法”进行透视。对越来越复杂的各种方法都作了阐述，并与第二章中关于系统类型的讨论联系起来。其目标是要尽可能非专业性地把这些讨论表述出来，特别是要把对高等数学技巧的需要降至最低（虽然数学表达常常更为恰当）。这样就提供了一个广泛的概念性导论，而想要进一步探索特定论题的读者则得到一个文献指南。

第三编强调指出：对各种方法作某种折衷主义的综合在任何特定情况下往往都是必要的，同时也给出了这种方法的一些实例。

## 第二节 关于对复杂系统的认识和规划

系统论的基本目标是对研究客体——有趣系统——作出深刻认识，然后常可在对此类系统的将来作规划时展开这种认识。我们用以获得认识的这种过程可称为分析或理论构建，因此，“系统分析”和“系统论”的使用几乎是可互换的。分析具有普通方法的内涵，而理论有时稍微趋于具体并可能应用于特定系统类型。以

下章节将更为正式地对待理论这个概念。

在寻求认识复杂系统时，头脑中必须牢记三个主要目标。第一，我们要努力建立研究复杂事物的框架，这在开始时可以是对研究客体的系统描述及其有关结构(其组成成分)和过程(其部分或整体的变化方式)的某种关注。第二，在整个系统的行为以有些出人意料的方式大于其可预料的部分之和的地方，我们应努力切实鉴定系统的行为，这种行为很可能是一种高层次相互依存的结果。第三，在以这种方式研究特定系统时，我们要寻求普遍性：是否可将为一个系统设计的分析方法应用于其它系统；是否可获得更普遍的看法。

必须看到，上述目标中的第一个是独立于第二个的，前两个又是独立于第三个的。正如本章后面将要论述的那样，第一个目标只不过是科学的一个标准目标的重申，但它并不强调复杂性，在研究相互依存关系时也不强调需要力图研究“整个”系统。这点本身就很重要，虽然也象后面将要看到的那样，系统界线的定义常常还是一个有待判决的事。

### 第三节 背景：科学中的系统分析

#### 科学方法的主要概念

正是彼得·梅达沃爵士(Sir Peter Medawar, 1969)作过下述议论：科学无疑一直是迄今所从事过的最成功的事业之一，但是很难找到一位科学家能对其根本方法给出合情合理的说明。确实，可以认为关于科学方法之性质的混乱和误解是如此之多，以至于在着手讨论象系统论这样的事前有必要着力澄清一些有关概念。例如，通常认为科学家从各种事实中导出普遍真理，而科学方法则为此提供切实可靠的途径。甚至象“真理”和“事实”这样的概念

也常常被危险地简单化了。在某种意义上，并不存在象事实这样的东西——只有特定个人在某一时刻以某种方式所作的观察。同样，在某一时刻被认为是真的东西，在另一时刻则不会认为是真，科学论题的真就如同政治那样也是如此。科学家从事实中发现普遍真理的观点本质上是培根主义的。只是到了本世纪，像卡尔·波珀爵士(Sir Karl Popper, 1959)这样的哲学家才认识到：无论这样一种想法如何诱人，它终不代表成功的科学家的工作方式。

可以认为科学方法的实质是构筑理论，并通过从中得出的预测与观察作对比来不断地检验这些理论。而这种检验的实质在于力图反驳理论——找出那些与理论预测相左的观察来。用波珀的话说：科学家所关心的是有意识的证伪而不是直接证实。在这个意义上，理论从不会被普遍地证明为真，而仅仅是“尚未证明为伪”。理论的产生开始时是作为一些假设，即旨在解释某一系统之结构及其发展的一系列命题。这就是说，我们所关心的是构型(或结构)和过程。关于理论和假说的这种讨论中有一个关键词是“解释”。可以用多种多样的语言来表达命题，在某些复杂系统的场合中，只有借助数学语言才能获得充分的解释。还应注意：解释可以有不同的层次，而科学家总是不断地寻求更深层次的解释。例如，系统描述就可以看成是一种有用但本质上是低层次的解释。高层次的解释通常是一种包含抽象概念的理论。注意到下述观点也是很有意思的：按波珀的话说，解释的层次越高，关于世界的说明就越站得住脚，因而这样一种理论就越具有潜在的可证伪性。

常用理论这个词来概指已在相当程度上被检验过且能以充分的把握给予信任的假说——虽然要注意与“信任”和“把握”有关的主观特点。理论决不能被充分证实并显示出普遍为真(所谓归纳问题)，这一点虽然自18世纪大卫·休谟的著作后就已正式确立，



但引进法则的概念还是有益处的，法则是经过充分检验并已建立的理论。然而重要的是要永远牢记：即使是最好的法则，经过一定的时间也很可能被修正和取代，就象牛顿的经典物理学被爱因斯坦的相对论物理学取代那样。

那么科学家的主要任务就是发现和检验理论。对此有两种根本不同的途径：归纳和演绎。归纳方法常常被看作是最纯正的：它避免了理论上的先入之见，科学家研究他的资料并旨在推导出较为普遍的理论。另一方面，演绎家则推究（至少通常公认地以某种有情报根据的方式）其有趣系统如何运作，并据此建立他的理论。然后他从他那经得起观察检验的理论中作出演绎，根据其结果否定或修正或扩展理论。归纳方法实质上是前面提到的培根的方法，它终于支配了社会科学。在较发达的科学中，常常是口头上重视归纳方法实际上则另搞一套。演绎方法已被证明要成功得多，因此这里将更重视演绎方法在环境科学中的应用。但是可把形式系统论看成是代表着理论建构的另一种归纳方法，我们以后还将探究这个思想。

### **需要某种哲学基础**

常听人不无道理地说：很难找到原先曾经是科学家的科学哲学家。我们在前面也曾指出：某些科学家会发现难以为他们的方法给出一个有条理的说明。然而重要的是，任何人对于他如何运用诸如假说、理论或法则这些经常使用却又经常理解不透的概念，必须有一个明确的认识。然后必要时方可将他本人的定义与其它人可能不尽相同的定义联系起来。换言之，重要的是要确立最大限度的清晰以避免混乱。之所以要力图如此，还有另一个同样重要的理由。如果不加批判地采纳已被接受的科学方法观，那么学生和研究人员都很可能会认为他们是唯一正确者。正是这种