

试论区域的系统研究

浦 汉 昕

(中国科学院地理研究所)

提 要

本文运用系统科学的观点与地理学的方法相结合研究区域,并以京津地区的研究为试点,探索区域系统研究的理论与方法。

当前我国的区域研究十分兴旺,环境科学、生态学、国土经济学、遥感技术、系统工程等,都相继活跃在区域研究领域。这对地理学的研究是个促进。地理学应当吸收新理论,应用新技术,加强学科间的交流与渗透,在区域研究领域发挥应有的作用。

本文分析了区域系统的特性,探讨应用系统科学研究区域的理论与方法。

一、区域系统的特性

系统的观点是将物质世界看作有机联系的整体,内部的物质、能量和信息运动使各组成部分相互联系、相互作用。地理学所研究的地球表层就是一个复杂的系统。地理学家很早就对地球表层的整体性有所认识。十九世纪近代地理学的奠基人洪堡德(Alexander von Humboldt)指出地球是一个不可分割的有机整体,它们各个部分在空间排列中都是相互联系的,他还指出人是自然平衡统一体的一个方面^[1]。地理学关于地球表层的整体思想和综合思想与系统的观点在本质上是相近的。

近年兴起的系统学是以系统的观点研究客观世界。有人认为,“系统研究(Systems Approach)是二十世纪下半叶科学与技术的基本特点之一”^[2]。系统科学的一些新理论,例如比利时物理学家I.普利高津(I. Prigogine)^[3]的耗散结构(Dissipative Structure)理论对于认识地球表层的性质很有帮助。耗散结构理论认为,对于一个不与环境交换能量与物质的封闭系统,它的熵将随时间不断增加。封闭系统由于熵的不断增长最终要达到热力学的平衡态,系统内部能量与物质分布均匀一致。但是一个与外界环境交换能量与物质的开放系统却不一样。如果开放系统输入的能与物质熵低,而输出时熵增高,这样的熵流负数,它能抵消熵产生,降低系统的总熵,这样的熵流为负熵流。开放系统只要有足够强的负熵流,就使系统总熵不增长,甚至减少。这样开放系统就能在远离平衡态的情况下形成有序稳定的结构,普利高津称之为耗散结构。耗散结构是靠不断与环境交换能量与物质形成负熵流并在系统内部逐渐消耗散失来维持的。这是一种“活”的有序结构,不断吐故纳新,有着稳定的结构与功能,并表现出一定的自组织能力。有机体是耗散结构,生态系统也是耗散结构。太

阳辐射进入地球表层后引起全球的大气循环、水循环、地表物质的迁移、沉积等。太阳辐射就是地球表层的负熵流，它在地球表层内流通转化，作功消耗，形成地球表层稳定的结构与功能。要判断一个系统是不是耗散结构，需要考察它的历史。地球表层从无机到有机，从生物到人类的发展史，充分说明了它从无序到有序，从低级到高级的自组织的进化过程。所以说地球表层是在太阳辐射能作用下，大气圈、水圈、岩石圈相互渗透、相互作用，不断进化形成的，包括了生物和人类社会的有着复杂功能与结构的耗散结构。区域是地球表层的一部分，是指多少具有某种一致特性的地理单元，而它的边界又总与某种特性的地理范围相一致。一般来说，我们往往注意区域的水平方向，即地表的边界，并不十分注意它在垂直方向上的延伸。事实上，区域在地球表层中是具三度空间的实体。虽然难说它的垂直尺度与水平尺度有一定比例，但总可断言，水平领域越宽广的区域，它的区域特性在垂直方向上也必然延伸得更高和更深，甚至到达地球表层的上下边界。可见区域是地球表层这最高一级系统下不同层次的子系统。区域也是耗散结构。区域不仅仅开放于太阳能流，还有人工辅助能的输入，它还开放于相邻的区域，相互之间有着能量、物质与信息的交流。

地球表层的系统可分为三大类型：以非生物为主体的自然地理系统，以生物为主体的生态系统和以人类为中心的人类生态系统。自然地理系统是地球表层内大气水体岩石等无机成份和生物之间能量、物质的流通转化构成的系统。生态系统是一定地段的生物和它的无机环境构成的系统。自然地理和生态系统有一部分相互重叠。人类生态系统是人与环境的结合。人的环境包括了两部分，一是社会环境，二是自然环境。社会环境是人类自己建造的环境，人与社会环境的结合构成社会经济系统，它是人类生态系统的核心部分。人的自然环境广及整个地球表层。因此广而言之，人类生态系统可以包括整个地球表层。这三大类系统之间有着发生学的联系。生态系统是在自然地理系统中孕育发生的，人类生态系统又是生态系统长期进化发展的结果。它们都是远离平衡态的耗散结构。它们进化的方向是结构与功能越来越复杂，进化发展的速率也越来越快。地球表层内负熵流的流通途径是从自然地理系统到生态系统，再进入人类生态系统。地球表层巨系统的功能突出表现在这三大类系统之间通过能量、物质与信息的交流，相互作用相互制约相互适应。也就是它们之间通过复杂的反馈关系不断地调整交换。自然地理系统和生态系统都属于人类的自然环境，可合并简称为自然-生态系统(或物理-生态系统)。这样地球表层可以概括为自然-生态系统和社会经济系统之间的相互作用。社会经济系统必须不断从自然-生态系统中获取能量与物质——负熵流，才能维持自己，降低本身不断增长的熵产生，保持有序状态。而且，迄今为止，社会经济系统始终是一个以正反馈为主的系统，即增长型的系统。而自然-生态系统是以负反馈为主的系统，是一个自身趋于稳定的系统。社会经济系统的不断增长，需要从环境中获取越来越强的负熵流，这样引起自然-生态系统的熵增，打破平衡，引起退化。可见社会经济系统的增长，要受到环境的扼制。但是人们可以将科学技术转化为生产力，不断地调整人和自然的关系，改造自然-生态系统，一句话，保持生态平衡。自然-生态系统和社会经济系统之间这种既相适应又矛盾的对立统一关系，不断地调整，不断地发展，是现阶段地球表层的主要功能。

区域系统研究从根本上来说是阐明本区域自然-生态系统和社会经济系统这一对矛盾的特殊性，总的目标就是协调自然-生态系统和社会经济系统之间的关系，谋求自然-生态系统

对社会经济系统最大的支持。这种最大的支持，就是我们所企望的生态平衡。

二、生态地理类型与区划

传统的地理学虽然没有运用系统的理论，但对地球表层多层次有序结构早有认识。地域分异是地理类型和区划的理论依据，而地域分异的单位是不同等级的地理综合体。苏联的景观学派将最基本的地理综合体称为地理景观。如宋采夫（Н.А.Солнцеv）认为“地理景观应当是指这样一个发生上一致的地域，在它的范围内观察到地质构造、地形形态、地表水和地下水、小气候、土壤变种、植物群落和动物群落的同一种相互联系的结合的有规律的和典型的重复”〔4〕。显然不同等级的地理综合体，也就是地球表层不同层次的系统。但无论自然综合体、景观，或索恰瓦（В.Е.Сочава）提出的地理系统，都没有将人包括在系统之内，人都是作为环境要素考虑的。人类社会是地球表层不可分割的一部分，要真正认识地球表层的空间有序结构，必须研究自然-生态系统与社会经济系统的复合系统的地域分异规律。

钱学森同志指出“地球表层的有序性还表现在它的多层次结构，而多层结构是有序巨系统的特征”。文献〔5〕将地球表层划成四个层次，并且强调：“在分层次中，我们以人的活动为主，自然条件为辅来划分，其原因就是因为人在今天是主宰地球表层的，是地球表层最活跃的因素”。

区域的类型与区划是认识地球表层多层次结构的途径。类型是指同一组织水平（即层次）的系统根据相似性的分组。区划是对低组织水平系统的类型在空间上的有序组合所形成的具有一定功能的连续地域的划分。区划是表现区域内部相似性和区域之间差异性的方法。以自然-生态系统与社会经济系统的复合系统为对象的类型与区划称为生态地理类型与区划。也就是说每一个生态地理类型与区划的单位，都是自然地理系统、生态系统和经济社会系统的复合系统，是它们在某一地理单元上的特有组合，因此它称为生态地理单元。

生态地理类型是多因素、多相关的复杂系统，传统的主导因素人工判别分类法不能全面考虑它们的特征。用数学方法借助计算机分类可以处理大量数据，较全面地反映复杂系统的特征。为此首先要建立分类的指标体系。生态地理类型的指标体系应选取可以独立又充分反映自然地理系统、生态系统和社会经济系统的特征向量，同时也要参照当地地域分异的规律。这样生态地理类型的划分基本可以变换成数学的有限集合上多因素的聚类分析问题。聚类分析的原理是实体作为集合，按其全部属性以距离表示的相似程度，逐级地分组。

在北京大兴县作了划分生态地理类型的试验。类型划分的指标体系分为三部分：自然地理指标、生态指标、经济指标。由于全县地处平原，自然地理条件差异不大，因此自然地理指标只选取了土壤和水文两项。反映农业生态系统的指标共12项，主要有林地复盖面积，几种主要作物的占地面积比和农田生态系统及整个农业生态系统能量的产投比，也即生态效率。反映社会经济系统的指标共18项，主要有人口密度，农、林、牧、副业的产值比及劳力构成等。

生态地理类型单元的面积可根据成图比例尺和研究的目的拟定。类型单元可与行政单位

一致,如大队、乡、县等,也可以划分为等距的网格。前一方法研究结果便于实施应用,后一方法便于科学研究。大兴县的生态地理类型划分是以大队为基本单元。这样我们得到的是所有大队各项指标的基本数据矩阵。基本数据经过标准化后用欧氏距离法聚类分析,在科学院计算中心的IBM系列大型计算机上运算,最后全县生产大队分出7大类,15亚类。

生态地理类型的分类体系可以根据不同的目的建立。由于能量流通是系统的本质属性,因此根据复合系统输入能量的数量与质量建立生态地理类型的分类体系,可以反映类型间的本质关系,甚至发生学的特点。为此,我们考虑生态地理类型的高级分类单位主要以自然地理系统中太阳辐射能的数量确定,分为热带、亚热带、温带等。生态地理类型的中级分类单位主要以生态系统能量的来源确定。如太阳能生态系统(天然生态系统),人工辅助的太阳能生态系统(农业生态系统),燃料供能的城市—工业生态系统。生态地理类型的低级单位分类主要以生态系统的结构特征(如森林生态系统、草原生态系统)、能量流的数量(如低、中、高辅助能的农业生态系统)及能量在社会经济系统中流通的路径来划分。社会经济系统是以人为中心的生态系统,以人类的生产与消费活动实现系统中能量与物质的流转。能量在社会经济系统中流通的路径是从重工业流向轻工业,再进入消费、服务行业,最后到达文教、行政机关。能量在社会经济系统中流通途径中不断改变其性质,因此我们以此划分类型。按此分类体系的类型名称采用双名法。前一名词反映自然地理特征,后一名词反映生态系统的特性。例如温带湿润地区人类辅助的太阳能生态系统,下一级划分亚型:山地低辅助能农业生态系统,丘陵中辅助能农业生态系统和平原高辅助能农业生态系统。以能量建立的生态地理分类体系反映了生态地理类型的本质属性和发生学的特点,可以找出它们的动态演替系列,评价人类活动的影响,预测类型发展方向。

生态地理区划仍然可用传统的两种方法。一种是确定主要指标划定界线,一种是以类型的空间组合规律划区。在已有生态地理类型的基础上,用后一种方法显然是比较方便的,这样还便于与分类系统相对应。当然,如果再考虑主要指标,两相配合就更好。

区域是一个复杂的巨系统,根据研究的目的和任务,可以从不同的角度进行分类和区划。对于国土整治,要突出经济要素。对于环境保护,要突出环境污染指标。对于复杂的巨系统,只有多途径、多学科地研究才能深入。以上所说的生态地理类型和区划,只能揭示区域作为自然—生态系统和社会经济系统复合系统最一般的地域分异规律。

三、能流物流的系统分析

地理学强调综合,但要真正作到高水平的综合,至少取决于三个先决条件:一是综合的理论,二是综合的手段,三是各子系统(要素)研究的水平。区域系统研究应用系统理论和系统分析的方法,为综合开拓了一条新路。

通过能流、物流的系统分析,揭示区域系统的功能与结构,虽然目前还只有一些尝试性的研究,但已显示出是一条新的综合的途径。

区域的能量流通研究重点可先放在天然生态系统、农业生态系统和城市生态系统中。农业生态系统是自然—生态系统与社会经济系统的交接部,因此分析它的能量流通转换关系很

有意义。首先搞清能量流通转化的环节和反馈的线路，建立能量流通的模式图。然后通过统一的能量折算标准，计算能量的数值。在此基础上可以计算系统中能量转化的生态效率。能量转化效率是系统主要功能之一，是评定系统状态的重要指标。或者说是生态效益的重要指标。评定能量转化效率还应当与经济产值相联系。奥德姆（H·T·Odum）认为能流在社会经济系统中带动了货币流。应当研究能量流与货币流之间的关系，提高经济效益和生态效益。经济效益最高时生态效益，或生态效率未必最高，这就需要相互协调，使总体效果最佳。为此应建立能量流通的数学模型，进一步揭示系统能量流通的特性，内在的反馈关系，通过模拟，根据不同的目标选取改进方案。

物质循环同样是系统的重要特征。可以根据区域的具体情况和目的、任务选取最为重要的物质循环作重点研究。例如京、津地区水资源是经济发展的主要限制因子之一，抓住水循环的研究为区域开发服务。为了分析工业污染情况，也可选取某种污染元素，搞清它的循环转化途径。同样要注意物质在三大类系统中的流转。例如，不仅要分析水在自然地理系统中作为地上水、地下水，通过蒸发、降水等循环过程，还要研究它进入生态系统、社会经济系统中的流通转化过程。计算水的利用效率，要与经济产值、污染状况、防治污染的费用、提供就业的人数等等各方面联系起来。

作者等对大兴县典型农业生态系统的功能结构、能流、物流、生态效益、经济效益以及自然地理特点等各方面进行对照研究，选取崔指挥营大队沙地农业生态系统作了线性规划。崔指挥营的优化方案指出沙地改造方面，在扩大耕地面积（由2761亩扩大到4600亩）的同时，必须调整农业生态系统的内部结构。实施优化方案主要是缩小了种植业面积，从原占总土地面积的57.4%下降到34.8%；扩大林果业和畜牧业的面积，林果业面积从31.7%增加到33.1%，畜牧业用地由10.9%增加到32.1%。种植业内部结构中粮田大幅度下降，增加花生与绿肥面积。农业生态系统的结构调整以后，种植业净产值为760587元，改变过去连年亏损的局面（1983年种植业亏损22508元）。林果业净产值达35万元，比1983年增长141.6倍，畜牧业净产值16万元，比1983年增长33.5倍。全大队农、林、牧净产值达584662元，而1983年是亏损15381元。农业生态系统结构的调整，同样也改善了生态环境，提高生态效益。与1983年相比，农业生态系统的光合效率从1.26%提高到1.35%，农产品能量产投比从0.4提高到0.85，农田生物量能量产投比从1.26提高到1.35。

区域的系统研究强调从整体上探索区域系统的本质属性与动态功能。通过生态地理类型与区划阐明区域系统的各层有序结构，用能流、物流的系统分析方法综合研究区域系统的结构、功能与动态，并与系统工程相衔接，提出区域系统调控的方针与优化方案。区域系统研究力求作到既有分析又有综合，既定性又定量，向着数据化、指标化，形成完整的区域信息管理系统努力。据此对区域系统可以经常作出诊断、调控和预测，为资源管理、环境保护、经济发展、国土整治等服务，为区域开发提供比较完备的理论基础。

参 考 文 献

- 〔1〕 李旭旦、陆诚：论十九世纪德国地理学的统一性观点，地理研究，2（3），1983年。

- (2) 瓦·尼·萨多夫斯基：一般系统论原理，人民出版社，1984年。
- (3) Nicolis G., Prigogine I.: *Self-Organization in Nonequilibrium from Dissipative Structure to Order through Fluctuations*, John Wiley and Sons 1977.
- (4) 钱学森：保护环境的工程技术——环境系统工程，环境保护，(6)，1983年。
- (5) 钱学森：系统思想、系统科学和系统论，系统理论中的科学方法与哲学问题，清华大学出版社，1984年。
- (6) 魏宏森：系统科学方法论导论，人民出版社，1983年。
- (7) 马世骏、王如松：社会——经济——自然复合生态系统，生态学报，4(1)，1984年。
- (4) A.Γ·伊萨钦科：自然地理学基本问题，科学出版社，1958年。
- (9) 浦汉昕：地球表层的系统与进化，自然杂志，6(2)，1983年。
- (10) 浦汉昕：对于生态平衡概念的几点认识，农业经济问题，(4)，1984年。
- (11) 阳含熙、卢泽愚：植物生态学的数学分类方法，科学出版社，1981年。

AN EXPLORATION ON THE SYSTEM APPROACHES TO REGIONS

Pu Hanxin

(Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

The system approaches to regions are mainly using system theory and system analysis and associating regional theories of geography and other sciences. They emphasize the holistic approach to essential of attributes of regions and active characteristics and attempt to explicate the structure and function of the regional and system characteristics of energy flows and matter cycles and spacial differentiation.

A region is a large open system which contains abiotic, biotic materials and human beings. The system as a part of the earth's surface is just the dissipative structure, according to the theory presented by the Belgian physicist I. Prigogine. Because of human activity, a striking attribute of the regional system is its inflow of subsidised energy and matter besides the flow of solar energy as negative entropy flux.

The regional system as dissipative structure has its own evolutionary history. It has been evolving gradually from physical system to ecosystem, at last to human ecosystem. Human ecosystem has been referred to socio-economical

system with all its regional environment i. e. physical system and natural ecosystem or physico-ecosystem. The important task of research on the regional system is to explore the relationship between physico-ecosystem and socio-economical system and to find a way to manage and coordinate the development of socio-economical system with its environment.

Geocological classification and regionalization are best ways to recognize spacial order of the regional system. According to our experiences in Beijing area, the author suggests a genetic geocological classification system. The principle of this classification system has been mainly considered the quality and quantity of the input energy of geocological type (landscape). For example, mountain solar-powered ecosystem, mountain man subsidized solar-powered ecosystem, plain fuel-powered urban industrial ecosystem etc. have been divided. Cluster analysis has been applied to this classification and regionalization in Beijing area.

System analysis should be applied to study the energy flows and matter cycles in the regional system. By these, it would be possible to explain the structure and function of geocological types and to suggest optimal plans for every type.

欢迎订阅下列地理刊物

地理学报	地理研究	地理科学
自然资源	自然资源学报	环境遥感
经济地理	山地研究	热带地理
地理知识	冰川冻土	中国沙漠
干旱区研究	干旱区地理	四川地理
地理学与国土整治		地域研究与开发