

流域是生态学研究的最佳自然分割单元

研究一个具体问题,应先明确其研究对象的范围。在大多生态学研究中,一个生态系统的边界是相对模糊的,所设定的研究单位一般仅强调其表现上的匀质性。这里存在的矛盾是,在回答生态系统的一些具体问题时,比如物质循环和能量流动问题,所面临的困难就是对系统输入和输出的了解需要有明确的边界和大小。相对来说,湖沼学的研究对象边界明确,也因此对生态系统生态学基本原理的发展亦有重要贡献,这一直是湖沼学家们引以为豪的地方。生态系统模糊边界和表现匀质的处理,主要是因为曾经的技术限制,这样可简化模型。但是,如果试图从小尺度上建立起来的概念来阐述和调控整个地球生态系统的机理,则可能是错误的。全球变化生态学的发展正面临着这样一个机遇和挑战。因此,打破之前因技术限制而简化的人为边界,还原系统本来的面貌,是技术发展的必然选择。

那么,何种边界对生态学研究来说是最佳尺度呢?流域是在地球内营力作用下构造的基本轮廓,并由外营力和人类活动修饰而形成的清晰的物理边界(分水岭)范围,包括其中的森林、河流、湖泊、农田、城市等组成的一个复合生态系统。水是推动流域内生态系统相互作用的重要媒介,营养盐也通过水完成了流域内的物质循环过程。显然,流域构成了地球陆地生态系统运行的基本空间生态单元,是生态系统的最佳自然分割。以流域的空间分割为研究对象,可能是生态系统生态学所面临的新机遇和新挑战。

流域生态学这个术语早在20世纪末就已提出,但由于多方面的限制,使得这个看似很有生命力的学科仅仅停留在概念探讨上,或者退化成研究“流域内的生态学”问题,这背离了流域生态学提出的初衷。流域生态学要得到发展,着重需要解决的应该是其他学科目前还尚未涉猎的领域,或者并未被其他姊妹学科所强调的内容,换言之,这些问题必须是用传统学科无法很好诠释的内容。

举一个例子。在水体的污染治理中,一般仅关注对单一水体的治理效果,但这可能会导致顾此失彼。在大多温带天然湖泊中,藻类生长常常受到磷限制,氮则可通过蓝藻固氮作用从大气中获取。从单个湖泊考虑,控制磷输入就能让这个水体免受藻华的困扰。但从一个流域来看,这种做法是错误的,因为在上游湖泊减少磷输入,藻类生长和氮同化随之下降,将氮输送到湖底的生物泵也减缓了。更多的氮保留在湖水的表层,随水流输出到下游水体,最终导致沿海水域的氮污染,而沿海区域的藻类生长通常是氮限制的。因此,在上游湖泊中降低磷的输入可能会大大增加全流域氮污染的可能性。这是发表在2013年10月*Science*上的例子,充分说明了从全流域考虑问题的重要性。

水文学中的流域概念,关注的是物质的单向流动——水从高海拔向低海拔地区移动,同时带动水中的矿质元素运动。生态学研究,会关注生物的作用。比如,生态学家常常会联想到如下场景:一头灰熊到湖边或者溪流捕鱼,之后跑到高处享受这顿晚餐,这个过程就将一些物质从低海拔转移到高海拔地区。

水可通过物理蒸发作用上升至高海拔处并以露水的方式冷凝,或者通过土壤的毛细管现象提升,也可以藉由植物的蒸腾作用和动物的携带转移到高海拔地区。在传统具有模糊边界的生态系统中,对物质输入和输出的计算,其准确性总是令人质疑的。而如果将整个流域作为一个研究对象,则可忽略这些原本并不需要仔细划分的进出问题。人们真正关心的,只是流域尺度所提供的生态系统功能与服务。

流域的分水岭对许多生物来说是一个重要屏障,对人类来说也是难以逾越的障碍,因此流域中的人群组成相对是比较固定的,这在历史上造就了各种以流域为边界的独特流域文化。正是这些文化驱动了人们按照同样的处事方式和行为准则与大自然和谐相处。经过数千、数万年的演化和发展,人们已经逐步驯化出与流域相适应的地方文化,比如具有朴素的保护自然和生态系统的风俗习惯等。因此在生态系统管理问题上,以流域为边界的蕴含地方文化特色的管理活动更能凸显人类与自然打交道的合理性。同一种文化、同一个思考。也许,从尊重流域文化的角度出发,更能解决一些流域管理中的社会问题,比如不同行政区划、不同部门之间的相互协调问题。

水利工程是人类在流域内的改造活动,会打乱流域内各子系统之间的边界。这种改造是在人类强干预下展开流域生态学研究天然实验室。如果从全流域而不仅仅是某个水体来考察系统的整体行为,能让水利工程在整个流域中发挥积极的作用,维护流域系统的健康运行。水利工程导致子系统发生一些变化,甚至出现一些与常识不相符的现象,这正是流域生态学的重要突破口。水利工程是跨生态系统类型的改造活动,那些仅仅针对单一类型生态系统考察的思维和在这里可得到发展。以三峡工程为例,人们已经发现三峡水库库区在高水位运行时水体叶绿素浓度更高,这与我们所理解的高水位被更多来水所稀释而出现叶绿素浓度下降的趋势是相悖的,其原因可能涉及到多个生态系统之间的相互作用。其他,类似三峡库区淹没区所发生的变化对温室气体的贡献如何,对周边小气候的影响以及植物群落的演替都涉及到多个系统之间的相互作用,也理应在更广泛的流域尺度上进行考虑。

传统生态学中的种群和群落概念,结合空间生态学,分别发展了集合种群(metapopulation)和集合群落(metacommunity)理论。可预见的是,随着该学科的不断发展和壮大,集合生态系统(metaecosystem)理论最终在流域生态学中取得突破是必然趋势,这同时也完善了生态系统生态学理论。与生态系统生态学强调系统内部联系相比,集合生态系统将更注重系统之间的物质循环和能量流动。

文/赵斌

作者简介 复旦大学生命科学学院,教授。

本栏目专门刊登就促进科学技术发展提出的意见和建议,欢迎国内外科技工作者投稿。

(编辑 祝叶华)