

土壤灰色系统和耗散结构

杨 艳 生

(中国科学院南京土壤研究所)

分类学科既是一门理论学科,也可说是一门应用学科。门捷列夫周期律的发现,从根本上解决了物质元素的分类问题,也为物质结构奠定了坚固的理论基础,并推动了许多学科的发展。土壤分类要获得突破性的进展,必须要有一定的理论思想作先导,这一理论思想又必须要包括土壤,而又高于土壤,能站在更高一级层次上,而不只站在同土壤一个水平上去纵观研究客体的全貌。只有这样才能进一步看清土壤的分异及其实质,才能看出这种分异的另一面——它们相互间的联系,从而建立起土壤分类理论。本文以此为出发点,试图能从具有耗散结构的灰色系统中,找到更高层次的立足点。

一、系统与土壤

我国学者钱学森等,对系统、系统思想、系统工程有过重要论述^[1,2]:把极其复杂的研究对象称为系统,它是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体。系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。系统的主要特点是:由很庞大的,诸多子系统组成,并由人为划定或设置的;系统结构很复杂,具有显著的层次性;它的各个组成部分都是有组织的,并体现共同目的,而不是杂乱无章的各组成部分的堆砌。

了解和掌握系统概念和知识,对研究复杂的事物很重要,它可以使人们在思考和处理复杂问题时,避免混乱的综合,而作出系统的综合。对复杂系统有所认识,只有科学技术发展到现代才得以实现。在此以前,人们对世界的见解认为世界是由物质组成的,而物质是不断运动、变化的,物质的运动总是伴随能量的变化和交换。既没有无能量的物质,也没有脱离物质而存在的能量。到了现代,才具有一套数学理论,能够定量处理系统各组成部分联系关系的科学方法,亦为量化系统思想方法的实际应用,提供了强有力的计算工具。当人们研究了生物体和自动控制系统之后,又提出了“信息”这一基本概念,它既不是物质,又不是能量,但又不能脱离物质和能量而存在。所以现代观点认为世界是由物质、能量和信息这三种既相互区别、又相互依存的部分构成的,这三者也决定了客观事物的本质。人们要对客观事物的本质特征有所了解,也必须对这三个方面有综合、全面的了解。这也就是系统观点的实际内容。

应用系统思想和系统分析方法研究土壤很重要。因为土壤是非常复杂的研究对象,所研究的任何问题都只是土壤系统网络中的一部分,而若把这一部分当作一个子系统,它又还可能包括其它更小的系统。弄清了母子系统间的层次关系,才能把局部研究的目的和结果,隶属于总系统之下,达到协调各项研究,解决一定层次的系统问题。比如可将一定区域内的

土壤划作为一个系统；为了要研究土壤的发生分类，还必须将所研究的一个个土壤剖面作为子系统；在一个土壤剖面中，每一个土壤发生层同样可作为一个系统；在同一个土壤发生层内还可分土壤母质系统、土体性质系统等等。这样做的目的就是要体现系统分析的思想，避免在作资料分析处理时，将不同层次的问题相互混杂，将不同层次的影响因子进行混乱的而不是系统的综合。

由于系统相当复杂，传统的数学处理方法常常很难介入这一领域，比如土壤结构：团粒状、团块状、块状等等，很难采用某种仪器去进行量测，即使能得到量测值，不同结构间的界限也很难确定，因而就引进了模糊集论，可以比较好地解决上述一类问题。但是模糊集论中模糊概念主要指两事物所处于中介过渡区的界限的不清晰，如甲、乙两类土壤在中介过渡区，土壤可以同时兼有两土类的性质，因而它们的边缘是模糊的，或用抽象的语言说，模糊概念是属研究对象的外延的不确定性的概念。在研究工作中，人们不只要研究事物的外延，而且要研究事物内涵，这就有待灰色系统的引进。

二、灰色系统

灰色一词是从控制论中套用来的。在控制论发展史上有“白箱”、“灰箱”、“黑箱”之说^[3-5]。这里的“箱”意味着有限的范围。“白”与“黑”意味着明与暗，或确知与不确知。而“灰”则意味着介于二者之间，部分为确知，部分为不确知。如果人们对所研究的系统的各个方面都有明确的了解，或完全确知这一系统的各个方面，就称这个系统为白色系统，相反，就称为黑色系统。在通常情况下，对研究系统的各个方面，要达到完全确知是不可能的。但是对一个系统，人们要去研究它，总是可以掌握其中一部分信息资料，甚至对某一方面的资料完全确知，而对另方面的资料完全不知或知之甚少，这样的系统就称为灰色系统，有时也称灰系统。事实上，人们所从事研究的系统，对其各方面的信息资料，并不能完全确知，而又可以掌握其中的一部分，因而几乎都是灰色系统。

土壤作为一个研究系统就是灰色系统，之所以为灰色是因为：1. 该系统的许多信息还不能应用一定的量测手段去获得，而只能用文字描述，或用语言值表达；2. 有些信息虽然可以通过量测手段去获得数值资料，但当使用精确数值说明系统某项因子的特征时，反而无法反映该因子的实际情况；3. 由于影响系统的因子很多，在进行资料处理时，常常只抓住其中的主要因子，而忽略一些次要因子。例如说明土壤环境的地形变化、土壤结构等，一般都无法用量测手段去得出准确的数值；土壤有机质等，虽然可以量测出准确的量测，但由于土壤本身的复杂性，用某一精确值去说明实地的土壤有机质含量，还不如用非精确值更符合实际，所以对土壤系统某些因素的了解只能是灰色的。

灰色系统的灰色概念是指外延确定，而内涵不完全确定的概念。例如某类土壤，它同别类土壤的主要区别是确知的，但对这类土壤的内在性质并不完全确知，因而无法提出有效的改良利用途径；在农业区划中，一个县的范围确知，但对县范围内各个方面的情况不完全确知，因而也无法确定适合于该县的生产发展方向。灰色系统理论提出了根据这些不完全确知的信息资料的处理方法，从而得到较为符合实际的结果。而且这些结果由于以下原因靠传统数学方法无法得到：如用多元分析法，要求精确的量测数据；要求有大量的样品资料；要求这些样品呈正态分布。对于灰色系统这些条件都无法满足，因而需要用灰色系统理论和方法去进行处理。

由于系统具有层次性,所以清楚、不清楚,确知、不确知,灰色与白色也具有层次性。以土壤分类为例,假定在土类这一层次上,各土壤类型完全确知,是白色的,但随着向亚类、土属等更低一级层次过渡时,灰色程度就逐渐增加,甚至由于缺乏任何资料变得完全不确知,变成了黑色。人们研究灰色系统的目的,是要在一定层次上由灰变白。当然,在某层次上由灰变白以后,对下一层次就可能由黑变灰,从而促进事物研究的深入。

土壤作为一类灰色系统,具有特定的类型结构,土壤剖面层次和结构,反映出土壤形成过程的漫长历史,是土壤形成发育的历史记录;土壤类型的变化,则是土壤环境综合变化的反映,它体现出土壤形成发育的空间变异。特定的土壤类型即为时间和空间变化的统一体,这个统一体所具有的特定的类型结构,称之为耗散结构,所以,从事研究的土壤系统就是具有耗散结构的灰色系统。

三、耗散结构与灰色系统

1969年比利时学者普利高津提出了耗散结构理论,钱学森认为这一理论可作为系统学的物理学理论基础之一^[6]。由于这一理论在各个方面取得了可喜成果,普利高津曾荣获1977年度诺贝尔奖金,它的研究成果已被许多学科所应用,当然对土壤学也会有重要影响。这一理论指出,一个远离平衡的开放系统,通过不断地与外界交换物质和能量,在外界条件的变化达到一定的阈值时,就可能从原有的混沌无序的混乱状态,转变为一种在时间上、空间上或功能上的有序状态。这种在远离平衡情况下形成的新的有序结构,普利高津称它为耗散结构。它的热力学本质是“结构产生”理论,即研究宏观系统从无序态变为有序态的理论;而经典热力学的本质则是研究“结构破毁”的理论,即研究宏观系统从有序态度变为无序态的理论。可见耗散结构理论是对经典热力学的一个重要方面的补充,它的产生是建立在热力学第二定律的基础上,并且是研究耗散结构的性质、它的形成、稳定和演化规律的科学。

耗散结构理论中提出了一些新的科学思想和新的哲学观点:如时间的不可逆性。在经典力学和量子力学中,时间都被认为是可逆的,而耗散结构理论则是建立在时间不可逆的基础之上的;结构的平衡与稳定,经典热力学认为系统达到平衡而稳定,稳定则导致结构的破坏。而耗散结构理论认为,在开放系统中,非平衡是有序之源,非平衡亦能维持有序的稳定态;系统的简单性和复杂性,局部性和整体。普利高津批评了自十七世纪以来在近代科学发展中,在人们思想上形成的简单性原则,那种片面强调事物简单性的方面,并强调了对系统复杂性和整体性研究的重要意义,等等。这些崭新的科学和哲学思想,对所研究的系统更全面的提出了研究途径。

一个具有发生层次的土壤剖面,就是具有耗散结构的系统。首先它是一个开放系统,长期缓慢地经历一系列物理、化学变化,并处于非平衡的稳定状态。这里的非平衡,可以看作土壤在时空经纬网络结构中的不平衡。1.把时间看成是不可逆的,随着地质条件的变化,时间可以有正迭加、负迭加;2.把空间看成是一维的,它就综合客观环境中光、热、水、气和生物以及人的作用,而其中任一要素的改变,都必然牵动其它要素的改变。即使处于同一经纬网格中的土壤仍处于非平衡,这是指土壤系统内部物质元素的变化。以土壤剖面内土体胶粒而论,一方面由于矿物颗粒的不断风化,给土壤胶粒以补充;另一方面土壤胶粒由于物理化学作用又有部分被分解或被输出系统之外,在宏观上,土体胶粒维持一定的比例,或称保持非平衡状态下的稳定性。但光由此还不足以说明系统的耗散结构,更重要的是土壤剖面从上

湖相砂泥岩, 次为三迭系飞仙关组浅海相粘土岩, 岩相岩性较为复杂。这类土壤主要分布在立陵地区和部份低山区, 地貌、植被、小气候条件有所差异, 土壤中微量元素的含量仍是不均一的, 变化也较为复杂。因此紫色土类中微量元素仍呈多态分布: 偏态分布、对数正态分布和正态分布。其中锰、铬、砷、铅、镍、铜、钴的概率分布型与全土中相同, 汞、硼、锌的概率分布型与土壤总体中不同。

对比紫色土类和重庆全区土壤的成土因素, 前者比后者简单得多, 理应微量元素分布型前者要比后者单一, 但上述检验结果却不能得出这一结论。为此, 我们降低信度进行检验, 定偏度峰度检验的显著性水平为0.02, 其余4种检验的显著性水平均定为0.05。其检验结果为: 重庆地区土壤中砷、汞、铜、锰、铬服从对数正态分布, 铅、镍、锌服从正态分布, 硼、钴为偏态分布, 仍为多种分布型。而紫色土中则为: 砷、硼、铜、锰、锌、铬、钴服从对数正态分布, 汞、铅、镍服从正态分布, 比土壤总体中的分布型单一。

3、灰棕紫泥是紫色土类中分布最广的土属, 其成土母岩为中侏罗统沙溪庙组河湖相砂泥岩, 岩相单一, 岩性一致, 微量元素在岩石中呈分散状态分布, 含量均一。这类土壤在区内分布于向斜立陵区, 其地貌部位、植被、小气候条件相同, 因此土壤中各微量元素的含量也是比较均一的, 故其微量元素都服从正态分布。 (下转第74页)

(上接封3)

到下, 由于同系统外进行物质和能量交换的不同产生的系统内部的不平衡: 靠近表面的土壤接受光、热、水、气及生物作用的条件较好, 具有较高的物理、化学反应速度, 因此不同深度的土壤之间, 呈现出非平衡的稳定态。耗散结构也就是系统在一定条件经自组织作用, 形成的有序结构。这个“序”就构成系统的基本轮廓或主体。研究不同对象这一“序”的异同, 也就是研究土壤本质的异同, 因而是土壤分类所要解决的根本问题。

随着科学技术的不断发展, 不断提出一些新的理论和方法。从力图解决电子计算机的人工智能开始, 美国的查德提出了模糊集理论^[7], 我国邓聚龙提出了灰色系统理论, 普利高津提出了耗散结构理论。这些理论以现有科学为基础, 创立出新学科, 开拓出新领域。这些理论的一个共同点是, 它们都包括有丰富的哲学思想, 它们的基本原理和一些方法, 能为其它学科所利用。从以上讨论中可以看到, 土壤分类也应该利用这些新理论、新学科的研究成果。以具有耗散结构的灰色系统为立足点, 就可能绕过土壤学复杂、特殊论, 使土壤分类研究走上其它类似学科共同前进的道路。

最后以普利高津讲过的话来作本文的结束, 他说: 当代科学的迅速发展, 一方面是人对于物理世界认识在广度和深度上量的扩大; 另一方面是由于研究越来越复杂的对象引起科学观念研究方法的质的变化, 这后一方面可能更为重要。恐怕土壤学的发展也是这样。

参 考 文 献

- [1] 钱学森等: 系统思想和系统工程, 系统工程普及讲座汇编, 中国科协普及部编印, 1—6页, 1980。
- [2] 顾基发: 系统工程的一些基本概念、观点和方法步骤, 系统工程普及讲座汇编, 中国科协普及部编印, 7—13页, 1980。
- [3] 邓聚龙著: 灰色控制系统, 1—7页, 华中工学院出版社, 1985。
- [4] 陈绵云: 灰色系统及其研究方向, 灰色系统与农业论文集, 7—14页, 太原, 1984。
- [5] 杨荫华等编: 灰色概念的度量与运算, 模糊数学, 2期, 1985。
- [6] 湛昱华等编: 普利高津与耗散结构理论, 陕西科学技术出版社, 21—110页, 1984。
- [7] 汪培庄: 模糊集合论及其应用, 上海科学技术出版社, 1—17页, 1983。