

文章编号: 1008—2786(2000)增—0098—04

论工程地质的系统思维观

李天斌

(地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 四川成都 610059)

摘 要: 以现代工程地质学的研究实践为依据, 分析、总结和论述了工程地质研究中的系统思维观, 即复杂性的思维观、开放性思维观、动态过程思维观、层次性思维观和整体性与综合性思维观。

关键词: 系统思维观; 工程地质

中图分类号: N94, P64

文献标识码: A

人们在探索客观世界规律的过程中, 在其世界观和方法论上总会自觉或不自觉地受到某种哲学思想的影响。根据作者在科研中的体会, 如果科技工作者能够自觉地掌握和运用科学的思维观, 一定会如虎添翼, 更有利于推进其研究工作; 同时, 若能够联系实际, 深入思考, 勤于总结, 也可以在科研实践中用科学的新发现来丰富和发展科学哲学, 形成更加先进的认识论和方法论。基于上述认识, 本文以现代工程地质学的研究实践为依据, 总结和论述了工程地质学科的系统思维观, 希望能够达到抛砖引玉的目的。

50 年代以来, 科学家们已经逐渐接受了客观世界的系统性的观念^[1]。工程地质领域中明确阐述工程地质问题的系统性, 提出“系统工程地质”^[2] (SEG) 并运用系统论原理解决工程地质问题始于 80 年代中后期。如今工程地质的系统思维已经广泛被工程地质研究者所接受, 并推动了工程地质学科的发展。概括起来, 工程地质的系统思维观包含以下五方面的内容。

1 复杂性思维

各种类型和各个层次的工程地质问题在不同的尺度上都是一系列复杂的开放系统。系统中各要素(或子系统)之间的联系既广泛又紧密, 构成一个复杂网络。系统中每一要素的变化都会受到其它要素变化的影响, 并会引起其它要素的变化。要素之间的相互作用最终导致系统特征和行为的改变。由于地质体的复杂性, 工程地质系统中各要素的性质、要素之间的相互作用及其对系统行为的影响是很难被认识清楚的。例如, 斜坡系统由地形地貌、地层岩性、岩土结构、岩土性质、地应力、地下水等要素组成。这些要素在斜坡的演化过程中不断发生变化和相互作用, 通过对立、竞争、协调、耦合等方式促使斜坡从平衡态向近平衡态发展, 最终远离平衡态, 然后又经历新一轮的演化。在这种循环过程中, 岩体结构的高度非均匀性, 岩体性质的各向异性, 地应力和地下水的非线性变化以及外部因素的随机作用, 使人们对斜坡系统及上述要素的性质和状态的认识充满了不确定性, 斜坡系统的演化也表现得非常复杂。因此, 复杂性是工程地质问题的根本属性。

强调工程地质系统的复杂性, 并不是要宣扬客观世界的不可知论。相反, 只有认识到了系统的复杂性, 才能主动地运用处理复杂性问题行之有效的方法来进行科学研究, 得到尽可能符合实际的认识。90

收稿日期: 1999—10—12; 改回日期: 1999—11—10

基金项目: 国家自然科学基金(青年)资助项目(49602040)的部分研究成果

作者简介: 李天斌(1964—), 男, 四川西充人, 硕士, 教授, 主要从事工程地质和岩土工程方面的教学和科研工作。

联系电话: (028)4078954

年代以来,非线性科学理论(如分形理论、突变理论……)被广泛应用于工程地质领域并取得了可喜的进展,正是认识到了工程地质系统的复杂性的结果。另一方面,工程地质系统的复杂性决定了人们对系统行为和状态的认识以及对系统采取的措施通常具有局限性,因此,对工程地质问题所形成的概念模型或采取的工程措施都必须通过监控和反馈来进行检验、修改和优化。例如,人们对隧道工程地质问题的认识不可能利用施工前的物探和钻探资料就了解得非常清楚。施工过程中,地质条件、围岩类别可能与施工前的判断相差甚远,各种灾害地质现象(如岩爆、大变形等)随时都可能发生。这就要求工程地质人员实时做好施工编录、监控量测和反馈分析工作,以便优化设计并及时采取相应的措施(改变施工方式或进行加固处理等),实现对不良地质现象的有效控制。可见,监控与反馈是工程地质系统思维观的重要组成部分之一。

2 开放性思维

工程地质系统思维也强调系统的开放性。通常为了研究方便,将研究对象看作系统,而将其外部世界看作环境。当然,系统与环境的相对性。例如,研究岩体稳定性问题时,斜坡、地基、洞室构成系统,而区域地应力场、地震、新构造运动、地貌改造等便成为环境。而将所有工程地质问题看成为一个系统时,则岩石圈、生物圈、人类圈、水圈和大气圈便成为了工程地质体的环境。在研究工程地质问题时,决不能将系统看成是处于与环境隔绝的平衡状态。系统与环境之间有着千丝万缕的联系,并常有物质、能量和信息的交换。也就是说,工程地质问题所构成的每一个系统都是开放的。科学研究中必须注意系统与环境的联系,重视系统与环境之间的相互作用。环境的变化固然会影响系统的发展,但系统的变化也常会引起环境的变化。近年来,工程地质界所开展的“工程地质体与人类工程活动的相互作用研究”正是这一系统开放性思维的体现。同时,还应看到,工程地质各系统及其环境都不是均匀的,因此,系统内部各要素(单元)之间的相互作用以及系统的某一部分与环境的某一部分之间相互作用的可能集合几乎是无穷无尽的,这也是工程地质系统具有复杂性的原因之一。

3 动态过程思维

马克思主义哲学认为,客观事物总是处于不断的发展变化之中。工程地质系统是地质历史的产物,在漫长的地质历史时期,它不断地从一个状态推移到另一个状态,我们将这种推移称为过程。因此,工程地质系统的演化就可以看成是“状态”与“过程”的交迭。我们既可以从静态的角度研究其状态,又可以从动态的角度研究其过程^[1]。随着工程地质实践的深入,人们逐渐发现,静态是相对的,对状态的把握仅依靠静态研究是不够的;动态是绝对的,追踪系统的动态过程不但能加深对其状态,尤其是现状的认识,而且能预测出其发展变化的趋势和方向。例如,对斜坡稳定性的研究,如果仅仅依据斜坡的现状条件对其稳定性进行分析和评价,往往不能获得全面反映客观实际的认识,甚至得出错误的结论。因为,斜坡目前的稳定性只是整个演化过程中的一个状态,这个状态不可能是独立的、前后不相关的,而是无数个状态不断推移的结果,即演化过程的结果。同时,它也是斜坡将来发展变化的起点、先兆。因此,必须重视对斜坡演化过程的研究。正确的研究思路应该是:从动态的、历史的观点出发,研究斜坡岩体的建造、构造改造及浅表生改造作用,追溯斜坡演化发展的全过程;通过对斜坡变形现象、坡体结构及赋存环境的研究,从全过程上、内部作用机理上掌握其变形破坏的演变规律,判明其变形阶段。只有这样,才能对斜坡的稳定性现状和今后的发展趋势作出科学合理的评价和预测。这就是工程地质界所倡导的“动态地质历史过程分析”学术思路。这一学术思路已经广泛应用于工程地质问题的研究中,例如,在官地水电站坝区斜坡稳定问题的研究中,通过追溯斜坡岩体的建造、构造改造和浅表生改造过程,尤其是对斜坡岩体在现代地貌形成过程中,在区域性剥蚀和河谷深切这种卸荷应力状态下形成的变形破裂形迹的深入调研,从斜坡动态演化的观念出发,将坝区斜坡分为卸荷—松动岩体、卸荷—碎裂岩体、变形

体、滑坡体等层次。为斜坡稳定性评价提供了可信的地质判断,也解决了人们先前对坝区斜坡稳定性判断方面的许多疑难问题,尤其是对变形体的认识问题。

4 层次性思维

按照系统论的观点,任何系统都具有层次结构^[3]。工程地质系统也不例外,任何一类工程地质问题都是由不同的层次构成的,每一个层次均构成系统的子系统或子系统……。如前所述,复杂性是工程地质系统的根本属性。要在错综复杂的工程地质问题面前获得符合客观实际的认识,首要的就是要分清系统的各种层次。然后,针对不同层次的问题采用相应的方法和手段进行研究。从广义的角度来讲,工程地质问题包括区域稳定性、岩体稳定性……等问题。岩体稳定性又包括斜坡稳定性、地下硐室稳定性、地基稳定性……等工程地质问题。这就是系统的层次性表现。某一层次的问题分析清楚了,就为其上一层次的研究打下了基础;各个层次的问题都解决了,经过综合,系统的总体行为和功能也就清楚了。例如,岩体结构模型研究的主体是岩体中不同层次的结构面,我们可依据结构面的规模、性质和工程地质意义将其划分为不同的级别(层次),即:以区域性断裂为主的Ⅰ级结构面;以小规模断层或错动带为主的Ⅱ级结构面;以贯通性长大裂隙为主的Ⅲ级结构面;以断续延伸裂隙为主的Ⅳ级结构面。每种级别还可进一步再分为不同的亚级。不同级别的结构面,其工程地质意义、力学性质的控制指标各不相同。Ⅰ级结构面对区域稳定性起控制作用,其力学性质主要受结构面充填物的成分和性质的控制;Ⅱ级结构面主要控制岩体的稳定性,其力学性质受充填物特征控制,或充填物与起伏差的共同控制;Ⅲ级结构面控制着局部岩体的稳定性,其强度指标主要受起伏差控制;Ⅳ级结构面主要破坏了岩体的整体性,降低了岩体的质量,其强度主要受连通率、起伏差等控制。不同级别的结构面其研究方法和手段也不相同。Ⅰ、Ⅱ级结构面规模大,数量相对较少,对场地稳定性和工程建设起重要控制作用,必须采用确定性方法(如平硐追踪、测绘、全断面素描、现场试验等)建立确定性模型;Ⅲ、Ⅳ级结构面数量多,规模少,呈随机分布,一般采用非确定性方法(如统计窗精测、起伏差统计、网络模拟、室内试验等)建立概率统计模型。如果一个地区不同层次(级别)的结构面都研究得十分清楚了,那么,通过综合与概括,这个地区的岩体结构模型也就容易建立起来了。因此,层次性分析是工程地质研究中运用非常广泛的一种系统思维观。

5 整体性与综合性思维

在工程地质实践中,人们对复杂问题(系统)的研究首先是对系统的各个要素(或子系统)的研究开始的。在此基础上,再进行归纳、推理与综合,最后形成对系统综合性、整体性的认识。系统科学理论认为,整体与组成它的部分密切相关,但整体并不等于各部分之和,无规律运动的部分可以组成有规律运动的整体。因此,工程地质研究中,不但重视对研究对象的各个部分的深入分析,而且更加强调和重视在各个部分研究基础上的整体和综合效应研究。这就是我们所倡导的工程地质系统建模思想,即:地质原型调研(对“部分”研究)→机制分析(综合)→概念模型建立(抽象)→再现模拟与反馈对照(对“整体”研究)→结论。例如,在斜坡稳定性研究中,首先研究的就是组成斜坡系统的各个部分(要素),即:地形、地貌、地层岩性、岩土结构、岩土物理力学性质、变形破坏迹象、地应力、地下水……。然后,从变形破坏机制分析出发,将各部分的特征联系起来,经过综合、归纳,建立起斜坡变形破坏的概念模型。然而,这个模型仅仅是根据对地质条件、地质现象的观察和分析而得出的第一性认识。由于地质现象、条件的复杂性以及人们观察的局限性和人为性,概念模型就可能存在缺陷甚至错误。它是否反映了斜坡的变形破坏机制,还必须通过检验和验证。这一步的实质就是对斜坡的整体性特征进行研究。采用数值模拟和物理模拟方法,模拟斜坡的各种地质条件和作用,再现斜坡变形破坏的全过程,并将模型中的现象与地质原型对比,以此来验证概念模型的正确性和合理性。概念模型经过检验合理后,我们就可以进一步根据再现模拟的成果,超越“部分”和“静态”,从整体上、动态过程中深入考察斜坡变形破坏的内部作用

机理及发展趋势, 为稳定性评价和工程措施设计提供依据并获得正确的结论。

6 结论

系统思维给工程地质研究注入了活力, 推动了工程地质学科的发展, 并将继续为工程地质学科理论体系的补充和完善提供认识论和方法论的保证。本文重点论述的是工程地质的系统思维观, 对工程地质的辩证统一思维观和非线性思维观涉及较少。

参考文献:

[1] 成思危. 试论科学的融合[J]. 自然辩证法研究, 1998, (1): 1~6
[2] 黄润秋. 现代系统科学理论与工程地质观[A], 见: 黄润秋, 环境地质工程论文集[C]. 成都: 成都科技大学出版社, 1996 1~8
[3] 钱学森. 论系统工程[M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1982

THE SYSTEMATICAL VIEWS OF
THOUGHT ON ENGINEERING GEOLOGY

LI Tian-bin

(National Laboratory of Geological Hazard Prevention, Chengdu 610059)

Abstract: On the basis of the research practice on modern Engineering Geology, the systematical views of thought on the research of Engineering Geology were analyzed, discussed and summarized in this paper, including complexity thought, opening thought, dynamic process thought, stratified thought, integrated and compredensive thought.

Key Words: Views of thought; enginerring geology