

地质灾害与区域地壳稳定性

地质灾害与区域地壳稳定性研究的某些发展趋势

吴树仁

(中国地质科学院地质力学研究所)

王瑞江

(地质矿产部科学技术司)

地质灾害和区域地壳稳定性评价一直是应用地质力学研究的重要内容之一。从李四光教授提出地壳稳定性分析的“安全岛”理论和地震是可以预报的科学论题,到陈庆宣主持完成的国际地质对比计划 250 项:区域地壳稳定性与地质灾害;从核电站工程、长江三峡工程的地壳稳定性评价和地质灾害预测,到全国区域地壳稳定性分区评价图和活动断层分布图的编辑出版;从金川矿区巷道变形的科学防治,到十三陵水库危险边坡的锚固和长江三峡链子崖危岩体的监测和治理等,这些研究内容和成果所解决的国计民生的疑难问题,所涉及到的学科广度和深度,所建立的研究基础和发展宏图,也许不是本专题会议所能包容的,更不是十几篇论文和本主题报告所能概括的。因此,本文试图论述当前地质灾害与区域地壳稳定性研究方面的某些发展趋势。

1. 90 年代开始的“国际减轻自然灾害十年”计划,给有关灾害科学注入了新的活力。特别是地质灾害研究得到了空前的发展,并初步形成不同地质学科均重视灾害性地质现象研究的新局面。如工程地质、环境地质、地质力学、地球物理、地震地质和新构造地质等等。因此,当代地质灾害研究并非地质力学能够完全包容,不同学科的相互交叉、相互结合共同探讨和攻克复杂地质灾害的规律性和预测学,是当代地质灾害研究的重要发展趋势之一。

2. 国际减灾计划围绕减轻灾害展开的研究工作以监测、预报、防护、治理为主体。其基本原则是在有限的科技水平、人力、财力条件下把地质灾害的损伤降低到最低程度。因此,溶监测、预报和防护于一体的地质灾害预警系统研究;将预测与防护和行政管理相结合的区域地质灾害区划研究;将监测和治理相结合的风险评价研究和环境地质质量综合评价等多种技术、方法相结合形成一条龙的技术优势是当前地质灾害学的发展趋势之一。我们必须意识到这一点,并从中找到适合自身特点的位置,才会有所作为。比如有些学者擅长于地质灾害的力学成因分析,有些学者擅长于预测,有些学者擅长于监测,有些则擅长于治理。这些都是减灾防灾的重要步骤,我们必须在实践中不断改进、优化组合,使特长变成社会各界承认的优势技术或名牌技术,为减灾防灾作出贡献。

3. 地质灾害预测学一直是人们攻克的主题和难点。虽然建立和发展了多种多样的预测模型,包括确定性模型、统计模型、灰色模型和人工智能模型等,但还没有比较完整的预测理论。因此,在预测模型,特别是预测过程中的数据获取和数值化存在一些人为的经验因素,缺乏对预测模型和预测结果的理论检验和优化对比选择,常常是建立了模型就用。这可能导致局部

的、具体灾害事件的有效预测预报或偶然成功预报,却无法推广应用于规律性的预测。例如,60年代末至70年代初,我国曾几次较成功的地震灾害时、空预报的例子;同样在滑坡预报方面也有极成功的例子,如1985年对长江三峡新滩滑坡的成功预报,1992年对江苏镇江滑坡的成功预报等。这应该说是减灾防灾极成功的典型。然而,对于地震和滑坡的时间预测技术和方法并没有产生明显的影响,因为还没有形成普适性的预测理论。相对来说,地质灾害空间预测已取得了某些公认的成就,例如,地震带的划分和滑坡危险区的确定是完全可能的。但是离问题的真正解决还有很大差距,特别是预测精度还有待改进,还需要从理论方法上不断探索。

4. 地质灾害事件的动力学机制和过程研究。地质灾害研究可归结为两类最基本的问题。一个是背景问题,另一个是偶然性(随机性)问题。前者包括灾害发生的条件和环境、动力学机制和过程及灾害的共性特点;后者则指动力学过程中的随机扰动、分叉、诱发作用。这两者大致相当动力学上的确定性的和不确定性(随机)的问题。应该说,我们对地震发生和断层活动的力学机制还是比较了解的,比如摩擦失稳和破裂扩展等。但是对岩石圈动力学背景缺乏系统的了解,还不知道哪些动力学参数在灾害事件中起决定性作用,如何起作用。这不仅影响了地质灾害的基础研究进展,而且也阻碍了灾害预测理论的发展。对滑坡、崩塌这类灾害而言,其动力学背景和成因都比较简单,关键是动力学过程中的临界扰动、分叉作用,没有从理论上突破,阻碍了预测学的发展。由此可见,地质灾害的动力学机制和过程研究不仅大有发展潜力,而且有可能成为地质灾害研究的突破口。应该说地质力学在这方面有所特长,我们应该找准突破口,把特长转化为学科优势。

5. 非线性科学的兴起,给地质灾害研究,特别是地质灾害动力学机制和预测学研究带来了新的希望。非线性科学关于确定性方程中的随机行为和尖点灾变状态的动力学刻画,为揭示地质灾害事件的动态发展过程提供了理论基础。灾害性的地质现象,无论发生在水圈、气圈,还是固体圈,都是其运动轨道(指相空间)与规律轨道的分离,都是某种意义上的突变。突变必然发生在非线性系统之中,其系统演化对初始条件极为敏感。因此,具有预测时限问题和可预报性问题。其中,利用非线性理论进行地震可预报性和预测时限的研究,已取得了若干重要进展,初步揭示了地震前兆过程的复杂性、自组织行为和混沌行为。并建立了多种非线性预测模型,如地震预报的门限模型、尖点突变模型和指数模型等。但是,这些预测模型仍有较大局限性,因为关于地震预报能力和预测时限为多大,预报未来地震所需的信息量多少等还不很清楚。这主要是地震、滑坡等地质灾害的演化过程可能存在无序态、有序态、混沌态和自组织临界态。其中无序态是结构无序的系统所产生的无确定性规律的状态,其未来行为是不可能有效预测的,只能概率性推断。大多数地质灾害事件的无序态只是系统临界点(或突变点)附近的暂存现象,系统可通过与环境的物质、能量和信息的交换以及内部的自组织行为达到新的有序态。因此,地质灾害事件的不可预测时限是相对短暂的。然而,正是这种短暂不可预测性的随机存在,导致地质灾害事件预测学上的困难。总之,非线性科学既给地质灾害研究带来希望,同时也带来挑战,目前要估计它究竟能取得多大的成功还为时过早。

6. 区域地壳稳定性研究已初步形成特色性的学科理论基础。所包含的内容可分为地质构造基础、地质灾害和工程地质3个层次。从实际效果分析与国际上开展的区域地质灾害综合区划研究相类似。例如,活动断层安全度分析、地震灾害危险性评估、滑坡和场地稳定性评价等都是两者共同研究的内容。现在面临的主要任务是提高研究精度,改进评价模型和方法技术。其中有两个关键问题需要有所突破。一是地质灾害危险性定量估算及其与地壳稳定性的关系。一定地区的地质灾害程度决定了其地壳稳定性。有些灾害事件(如地震和活动断层),对区域(包

括场地)地壳稳定性有重大影响;有些灾害事件,如滑坡、泥石流、地裂缝等,只对特殊场地稳定性有重大影响,而对场地周围的区域影响不大。因此,地质灾害与地壳稳定性之间的关系具有层次性。在高层次上,重点是在地质灾害相对危险区寻找“安全岛”,而在相对低灾区判断相对较危险地带;在低层次上,则要划分区域性灾害与场地性灾害之间的关系及其对地壳稳定性的贡献。其二是在地壳稳定性评价过程中引入时间箭头,用动态演化的思维,重点研究新生代以来的地壳稳定状态和发展趋势,评价工程区未来100年或200年内地壳稳定性和可能出现的危险概率。总之,区域地壳稳定性评价应与地质灾害和地质环境评价相结合,才会有更强的生命力。

7. 关于环境灾害现象研究,也是目前重要的发展方向之一。其涉及面更广,除了上述地质灾害之外,还包括与地质学相关的水、土质量、数量评价与保护,自然资源的合理开采、利用和保护,气候变迁、海平面变化,河、湖变迁,第四纪地质,城市垃圾问题,人类工程活动的反馈作用等等。这方面的研究侧重于地质环境的潜在变化和动态进程。因此,评价、预测是其关键内容。在国内目前处于起步探索过程之中,还没有成型的经验,更缺乏成熟的理论。特别是人类工程活动对其生存环境的影响,已受到世界各国有识之士的高度关注。

这次会议,由于时间较紧,加之又处于八、五项目收尾,九、五项目论证的繁忙时期,所以收到的论文不多。但所涉及到的内容还是很广的,既有自然灾害综合研究和预测模型分析,也涉及到活动断层研究和水库诱发地震分析,还包括工程场地和岩体质量评价、滑坡空间预测和稳定性评价及第四纪地质与环境等方面的研究论文。总体上分析,这些论文的内容和质量符合当代地质灾害科学发展的主旋律,因此将其纳入会议论文选集,并给予正式出版,以期达到更广泛的交流讨论,使地质力学在地质灾害研究过程中发挥更重要的作用。

参 考 文 献

- 1 Chen Qingxuan, Proceeding of regional crustal stability and geological hazards, IGCP-250, Beijing, printed by Seismological press, 1991.
- 2 Petak, W. J等著,向立云等译,自然灾害风险评价与减灾政策。北京,地震出版社,1993
- 3 吴树仁等,我国区域地壳稳定性研究的新进展。地质力学学报,1995,1(1): 31- 37
- 4 晏同珍等,滑坡系统静态规律及斜坡不稳定性空时定量预测。地球科学,1989(3)
- 5 石特监等,地震学中非线性预测方法的初步研究。地球科学进展,1995,10(3): 273- 277