

运用地质力学方法 研究区域地壳稳定性

陈庆宣 孙 叶 王治顺

(中国地质科学院)

内 容 提 要

运用地质力学理论和方法研究区域地壳稳定性,是我国工程地质学的重要特色,现已取得了重要的进展,解决了一批重大工程建设的选址及预防地质灾害等实际问题。如我国西南川滇构造地震活动带中“三线”重大工程建设的选址与评价、西北金川镍矿矿山建设与开发中地下工程变形原因及预防、华南深圳及大亚湾核电站区域稳定性评价,以及在我国地震中长期预测预报方面,都做出了重要的贡献。通过30多年的探索,已形成了一套行之有效的研究方法,深化和拓宽了地质力学的研究领域,促进了学科的发展。

区域稳定性评价研究,属于工程地质学的范畴,它的应用性很强,其主要任务是适应不同重大工程或城市建设的需要,划定相对稳定的地块——即安全岛,作为建设基地,以求降低造价,保证建筑物和人民生命安全。对稳定性相对较差的地段,通过评价提出建筑物合理设防措施;对稳定性很差,不适宜作为某些重要建筑工程场地的地区(段),应认真圈定范围,提出土地使用方案等。这是国家工程建设与国土资源开发利用中的重要依据之一,它具有重大的社会效益,与国家建设和人民生命财产安全息息相关,因而愈来愈受到人们的关注。

在60年代早期,李四光根据我国社会主义建设事业发展的需要,提出了在构造活动区寻找“安全岛”作为建设基地的指导思想,他十分重视区域构造背景及现今活动构造的研究,要求首先确定和划分区域构造体系,找出晚近时期以来仍在活动的构造体系。同时指出,活动性构造体系所展布的地区,并非都是活动区,仅是其中的构造带有不同程度的活动性,而构造带间夹持的地块、地带,则是相对稳定的;就是组成活动构造带的各断裂带亦有活动强弱之分,这些断裂带间所夹地块或被包容的古老构造片段,又是次级的相对稳定区。而在稳定区内也可能存在某些相对活动的地带,这些在局部范围内是不易确定的,因而要充分考虑区域地质构造背景。这就是从区域构造体系分析着手,根据活动构造体系的某些断裂的现今活动性,进行区域稳定性评价,寻找不同级别的“安全岛”,为不同类型、不同要求的重大工程建设,提供建设场地(或基地)和提出应采取的预防措施,这是区域稳定性评价的目的。

在李四光教授这一思想指导下,经过从事地质力学和工程地质学的同志们的共同努力

力,现已形成我国独具特色的工程地质学,或称工程地质力学,且探索出一套行之有效的研究方法,拓宽了地质力学的研究领域,促进了本学科的发展。可以说区域地壳稳定性评价研究,在我国起步不是很早,但发展较快,成果显著,现已步入世界先进行列。

二

在工程地质学形成的早期,对一些重大工程建设场地从构造地质、岩土力学性质和地震、滑坡、崩塌等内外地质营力造成的地质灾害的讨论和评估,到构造在晚近地质时期以来的活动性的认识,多是从第四纪地貌、第四纪地质方面,结合岩土力学、地质灾害调查,进行区域稳定性研究,这在国内外基本上沿用到50年代后期。在这种研究思想指导下,在地震活动区、活动带一般视为进行重大工程建设的禁区。但是,自李四光教授关于在活动区选择安全岛的思想渗透在区域稳定性评价研究之后,迅速促进了这一领域研究工作的新进展。

60年代初,国家要在西南“大三线”进行重大工程建设。这一地区正是我国西部的强震活动带——川滇南北地震活动带和滇西地震活动带。由于地震是现代构造活动的重要表现,是稳定性评价的主要依据之一,所以在李四光的直接指导下,地质力学研究所派出了一批技术骨干,配合地质部西南地震地质队,开展了以地震地质和断裂现今活动性为中心的大面积区域稳定性评价研究。按照地质力学的研究步骤,探寻地震与现今的活动构造的关系,是稳定性评价的主要依据之一;但是断裂构造的活动方式,除以地震形式(突发式)表现外,还有缓慢的蠕滑运动,后者亦能对工程建筑物带来不同程度的破坏。因此,李四光教授及时提出,在进行地震地质研究的同时,要积极开展断层微量位移和地形变等测量,并且开始探索现代地壳应力测量等的半定量及定量研究。

通过对川滇黔地区的区域稳定性评价,系统地划分了区内主要构造体系,确定了自晚近地质时期以来,尤其是现今仍在活动的主要构造体系和它们的主要活动构造带,以及它们之间相对稳定地块,进行了重要工程区的稳定性评价。如攀钢主厂区,虽位于安宁河—龙川江地震活动断裂带附近,但它处于相对稳定的地块上,本区发生强震的可能性不大,同时对厂区附近的断裂经过测试,未发现明显的活动迹象,东部地震带的地震活动对厂区虽有影响,但强度不会大,因而为主厂区建设提供了可靠的依据;而对原拟建攀钢二厂的西昌牛郎坝,因它处于现今活动较强的则木河断裂和安宁河断裂的复合区,且属1850年西昌8级强震的极震区,因而不宜进行重大工程建设,对这两个厂区的评价结论,被主管部门接受,为攀西地区的建设提供了科学依据。同时,也为区域稳定性评价研究探出了新路。

三

李四光教授在指导区域稳定性评价研究中,十分重视现代地壳应力的测量与活动构造体系的构造应力场分析。因为从地质力学的观点看,地壳的隆升、沉降与地壳物质的形变、相变、断层的位移以及区域重、磁、电场的变化等,都是由于地应力作用和地球内部物质的物理和化学的调整所致。如物质组构、密度、介质的改变、地下流体的移聚和能量的转化等。因此,抓住现代地应力作用的大小、方式、方向及现代构造应力场的分布和变化

规律,是区域稳定性评价研究的关键,是地震预测预报和重大工程建设基地评价的主要依据,也是区域稳定性评价工作由定性走向半定量和定量研究的必经之途。

1966年邢台地震发生后,李四光亲临现场进行考察,国家加强了华北京、津、塘地区和西北地区的地震地质工作,现今地应力测量、断层位移测量等得到了迅速的发展,出现了以地震地质调查为基础,以地应力、断层位移测量等为中心的半定量一定量的进行区域地壳稳定性评价研究的新阶段。地震活动是现代地应力在某些活动构造带的重要部位积累与释放的表现形式,到70年代,地震系统的测试手段不断完善,地震区的地应力、断层位移、地震及大地重、磁、电、地形变、水氡气等观测台网基本建成,且在地震的中长期预测、预报方面起到了重要作用,使我国的中长期预测、预报,步入了世界先进行列,对临震预报已取得了初步成果。这当中都凝聚着李四光教授的心血和贡献。

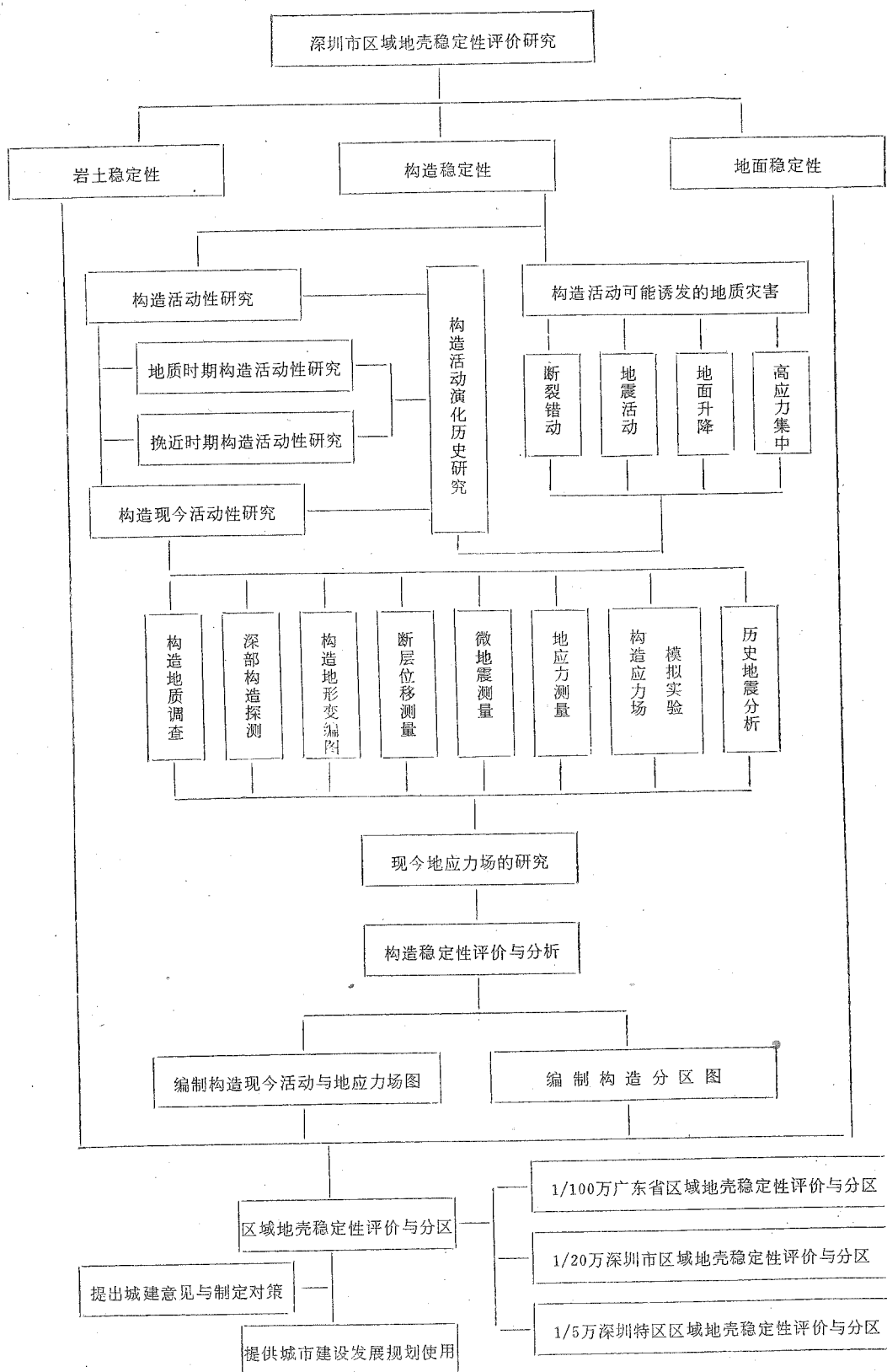
随着矿山开发建设的需求,区域稳定性评价研究逐步深入矿山,为矿山开发服务。通过矿区现代地应力测量,预测巷道冒顶、瓦斯突出等事故,起到了积极作用,更重要的是为解决矿山地下工程的变形及其预防方面,做出了重要成绩。如我国的镍都——甘肃金川镍矿,正处于现代活动断裂构造带南侧,在开发建设中区域稳定性未能进行深入研究,因矿区工程地质条件复杂、现今地应力强大,致使已建成的巷道、竖井等产生严重变形和破坏,影响了矿区的建设和开发。

为解决金川矿区地下工程变形与矿山开采设计的有关问题,地质力学研究所和有关兄弟单位一道,经过六年的努力,在矿区及其外围开展了原岩应力实测、地质构造调查和构造应力场的研究,寻找出巷道变形与破坏的主要原因,是矿区处于以水平应力为主导的高应力值区,而且随着区域构造活动和矿山开拓建设的影响,地应力也在不断变化和调整,当某些应力集中部位所积累的应力超过其支撑能力时巷道开始变形和破坏。在系统地掌握了区内地应力作用大小、方向和不同构造部位应力作用方式的变化(含水平应力随深度变化)等规律的基础上,提出了防治巷道变形和破坏的措施,经过矿山开拓建设生产实践的检验,取得了良好的结果,保证了生产建设的顺利进行。这一实例证实了李四光教授以地应力为中心进行稳定性评价的指导思想是正确的,方法是可行的,这不仅为矿山建设及深部开采提供了科学依据,而且对地震预测、预报和研究地壳运动,都有重要意义。

四

由于构造地质学定量研究的进展,各种地质灾害预测、预报的开展及其定量数据的积累,岩、土体原位定量测试推广应用,已为地壳稳定性的定量研究创造了条件。同时,由于工程建设规模的日益扩大,建筑师们不断要求取得有关定量数据,以满足工程建设的需要,这就推动着稳定性评价定量研究的发展。

当前构造应力场研究已取得了新的进展,主要是构造应力场模拟实验方法的不断改进和完善。将应力测量的数据,采用适当的模拟实验方法,使应力场得以再现,提高测试结果的可信度。随着工程建设的需要及鉴定技术的进展,对构造活动时代的鉴定由老构造、新构造、第四纪构造、全新世构造,进入现今活动构造的年代测定。从现有资料看,构造的现今活动性与晚近时期的构造活动既有继承又有发展的双重性。因而从地质角度考虑,为了更好地认识构造的现今活动性,从构造发展演化历史,尤其晚近活动与现今活动发展



深圳市区域地壳稳定性评价研究程序框图

规律的研究,是认识构造现今活动的重要途径,所以李四光一再强调要了解晚近时期以来的构造活动规律。

为了具体阐述前面的一些认识,下面结合深圳市区域稳定性评价研究程序框图实例加以讨论。

构造稳定性评价研究,除前述实例外,近几年我们对深圳地区可能存在的地质灾害和构造失稳的问题进行了研究。深圳市区域地壳稳定性研究初始,即提出五华—深圳断裂带斜贯罗湖区,对高层建筑群的危害和影响程度问题,所以断裂现今活动性特征及其量级,是评价研究的重点。此外,地震活动及其影响场、地面升降对城市的影响、是否存在高应力集中区等问题,也需加以认真研究。

深圳现今地应力场的研究,首先是研究构造活动演化历史,同时通过各种仪器测试,获得构造现今活动的数据,配合构造应力场模拟实验,进行现今地应力场研究。

(一) 构造活动演化历史研究

目的在于认识深圳区域构造现今活动规律和特征。一般说来,现今活动构造与晚近构造运动间除有其新生性外,还可能有一定的继承性,因此首先侧重新、近期方面的研究,对燕山运动晚期和喜马拉雅早期构造活动性,从岩石组构、有限应变测量、差应力测量等方面,试图进行半定量研究,以便配合构造现今活动的定量研究分析。在晚近地质时期构造活动性研究中,加强对断裂活动年代的鉴定,同时配合构造模拟实验,了解不同时期构造活动特征。结合构造现今活动情况,进而认识深圳区域构造活动演化发展历史。

(二) 现今地应力场研究的思路和方法

深圳区域现今地应力场的研究,大体步骤如下:

(1) 在查清区域构造格架的基础上,增加部分深部构造探测和资料分析,以保证选取主要构造作为实验模型。

(2) 综合分析构造现今活动资料,了解认识深圳区域构造现今活动基本特征,确定模拟实验的有关边界条件及其受力方式。根据各方面资料分析结果,我们采用了新华夏系现今活动的加力方式进行模拟。

(3) 通过多种构造应力场模拟实验方法,获得本区现今地应力场的基本轮廓,及有关的图件资料。

(4) 应用各种仪器测量的数据资料,包括地应力、地形变、断层位移、地震活动等,检查核实构造应力场模拟实验结果的可信度。

(5) 编制构造现今活动与现今地应力场的专门性图件,提供稳定性评价和分区使用。

五、构造稳定性分区

构造稳定性的分区评价研究,我们采用了李四光教授有关“安全岛”的指导思想及其关于地震地质工作的思路。从研究和划分活动构造体系、构造活动带,以了解和比较不同部位的相对稳定与相对活动程度,划分不同级序的“安全岛”。仍以深圳为例:

(一) 编制广东省构造现今活动与地震关系图

这是一张1/100万小比例尺图件,主要目的在于确定全省现今活动断裂带的展布及其

相对活动程度的变化规律,研究确定地震活动与现今活动断裂带的关系,厘定发震构造体系,分析历史上破坏性地震发生部位,预测未来破坏性地震危险地段,同时划分出相对活动带及它们之间所夹持的相对稳定地块。从全省广大区域上分析认识深圳所处构造部位,对相对活动和稳定程度,作出轮廓性的判别,统计和计算地震影响场,从历史和今后分析了解深圳的地震基本烈度等。

(二) 编制深圳市构造稳定性分区图

这是一张1/20万中等比例尺的图件,主要目的是在区域构造稳定性分析研究基础上,具体划分区内莲花山断裂相对活动带和兴宁—宝安相对稳定地块的细部结构,及各部位、地段的活动和稳定程度,进行构造稳定性评价和分区研究。

应该指出,对深圳市区域构造稳定性分区评价研究,不仅是在区域构造基础上进行的,而是通过构造演化发展历史、构造现今活动性、现今地应力场等多方面综合研究的基础上进行的。由于莲花山断裂相对活动带是区内主要活动构造带,也是主要发震构造带,因此,对它进行较为详细的分区评价,具有实际意义,也是这里构造稳定性分区的关键问题。根据其内部构造特征,可以分为南北两支,即五华—深圳断裂带相对活动亚带和大埔—海丰断裂带相对活动亚带,在这两个亚带之间的大鹏半岛为相对稳定地块。对每个活动亚带再分清主、次断裂的展布,进而进行三级分区,即沿着走向,根据断裂发育特征及其复合关系、交切情况、地震活动及其基本烈度变化等,按段分区评价其稳定或活动程度。对相对稳定地块内部,根据构造发育情况、地震活动特征,进一步区分稳定程度。由此达到中比例尺的构造稳定性评价和分区的目的。

(三) 编制深圳经济特区构造稳定性分区图

这是一张1/5万的图件,主要目的是进行较为详细的构造稳定性评价和分区,以便为城市建设发展规划,提供具体资料,作为制订对策和建议的依据。对深圳经济特区构造稳定性评价和分区的原则和方法,与上述1/20万深圳市构造稳定性研究相似,只是在比例尺较大的图面上,作较详细的单元划分,以求实用。

结 语

我们通过区域地壳稳定性评价研究的实践,应用地质力学理论和方法,探索定量、半定量的研究途径,深得教益。在这一领域的研究中目前已形成的、由地质力学研究所主持的国际地质对比计划中“区域地壳稳定性与地质灾害研究”的国际合作项目——简称IGCP—250项目,正在深入的进行之中,并已取得了一定的进展。在李四光教授诞辰100周年之际,对近30年来地质力学研究区域地壳稳定性的工作,进行初步归纳,草就此文,以表我们对地质力学的创建人李四光教授的深切怀念。

APPLICATION OF THE PRINCIPLES OF GEOMECHANICS TO THE STUDY OF REGIONAL CRUSTAL STABILITY

Chen Qingxuan Sun Ye Wang Zhishun

(Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

Application of the principles and methods of Geomechanics to the study of regional crustal stability has achieved some progress in recent years in the prediction of and prevention from geological hazards and siting of major engineering works. The siting and assessment of the key engineering constructions in the Sichuan-Yunnan seismotectonic zone in Southwest China, the investigation of the deformation of the underground constructions and their prevention in the exploitation of the Jinchuan nickel mine of Gansu province, the evaluation of the stability of the Dayawan Gulf nuclear power station and the monitoring and medium and Long term predication of destructive earthquakes in some seismic areas in China are some of the examples.