

区域地壳稳定性研究 理论与方法

李兴唐 许兵 等著
黄鼎成 许学汉



地质出版社

区域地壳稳定性研究理论与方法

李兴唐 许 兵 等著
黄鼎成 许学汉

李兴唐教授于1992.9.18日 猝死于他的办公室内。上午10点左右。享年59岁。
原定明早戏院宴一起给他庆祝60寿但他却先走了。

地质出版社

内 容 提 要

本专著用岩石圈结构、岩石圈动力学和工程地质力学观点论述了区域地壳稳定性研究的理论和方法。其重点是研究和评价由地球内力引起的地震和断裂现代活动及其地质灾害对地壳稳定性的影响,并讨论和分析了影响地壳近代活动性的因素、地壳稳定性分级及编图方法;同时,还列举了几类工程的区域地壳稳定性评价实例。

本书可供从事工程地质、工程建筑和地震地质等专业的生产和科研人员及有关大专院校师生参考。

区域地壳稳定性研究理论与方法

李兴唐 许 兵 等著
黄鼎成 许学汉

责任编辑:戴鸿麟

地质出版社出版

(北京西四)

河北蔚县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: $787 \times 1092^{1/4}$, 印张: $20^{3/4}$, 字数: 471,000

1987年12月北京第一版·1987年12月北京第一次印刷

印数: 1—2,300册 国内定价: 4.80元

统一书号: 13038·新423

序

区域地壳稳定性的涵义，过去国内意见不太一致。本书作者认为，它是指岩石圈内正在进行的地质、地球物理作用对地壳表层及工程建筑安全的影响程度，即由地球内力作用下的地表形变、断裂位移形成的地质灾害对人类和工程建筑安全的影响程度。简言之，即地壳现代活动对工程安全的影响程度。本书的中心指导思想也就是研究地壳现代活动性（稳定性的反义词）。

过去还没有这方面的专著。50年代初，苏联学者И·В·Попов 虽曾提出过区域稳定一词，但没见专著。在当前祖国四化建设突飞猛进之时，写出这样一本专著是很有意义的，也是非常重要的。

区域地壳稳定工程地质是与岩石圈动力学、大地构造学、构造地质学、地质力学、第四纪地质学、岩石学、工程地质学、地貌学、地球物理学、地热学、地应力测量、遥感技术、地震学、岩体力学等学科紧密相关的。因此，它的理论和方法大部分来自这些学科，但尚需归纳和总结。如对断裂分类的选用，经过分析研究，最后还是选用了张文佑教授的断裂分类，分为岩石圈、地壳、基底和盖层四类断裂，因为它最能反映地壳的活动性。本书的理论丰富，方法完善。正如作者所述，“它是区域工程地质学的一部分，需要其它学科的理论和方法。因此，要预测岩石圈内各个构造带的近代活动性及其与工程建设、人类活动之间的关系及条件变化，必须密切与其它科学的联系”。在方法上，还介绍了重力、航磁、遥感技术、数学模拟、活动断裂年龄测试、光弹试验等，可谓方法齐全。

本书围绕着地壳现代活动性这一中心指导思想，提出了定性的和半定量的分区指标，作为地壳稳定性分区的基础，并划分为稳定、基本稳定、次稳定和不稳定四级。这些指标有深断裂、地壳结构、活动断裂、第四纪地壳升降运动速率、叠加断裂角、重力梯度、热流值、地壳静压力差值、地震应变能量、地震能量级和地震烈度等。地壳稳定性等级的划分和指标，详见本专著第三章所附之表3-23。

本书围绕着地壳现代活动性对一些问题论述得较透彻，逻辑性较强。如对活动断裂的论述，从基本概念及特征谈起，明确了活动断裂的涵义。认为“活动断裂以深断裂运动为基础，第四纪以来反复活动，特别是晚更新世、全新世至现今活动加剧或未停止，并涉及盖层及地表，经常伴生地震、形成现代地震带”。然后论述活动断裂的鉴定方法，如构造形变观测、地震地质分析、活动年龄鉴定等。最后，据活动断裂活动方式及其与地震活动的内在联系与特征提出编制活动断裂图的设想。又如，对构造应力场的论述，从基本概念谈起，然后谈基本分析方法，其中包括地质力学分析、地震震源机制解、地应力观测、变形力学分析及地应力测量方法。最后还论述了有关应力场的问题，如中国现代应力场的基本特征，应力场的时空变化及地壳运动的力源问题等。

对数学模拟、物理模拟、遥感技术等，从涵义到方法都讲得很详细，甚至连注意事项也详加论述，并在每章中举例说明。这对初学的人来说更为适宜。

本书每章都列举了作者亲身实践的实例，使读者更易理解。最后，在作者前述中心思想指导下，还增编了第十二至十四章，作为总例题。这些都是作者亲身实践的生产和研究

工作，更能反映前述的中心指导思想。可以说，本书前后呼应，融会贯通，布局合理，尽善尽美。

总之，本书围绕着一个中心指导思想，即地壳活动性来展开论述，理论丰富有据，方法完善有效；章节虽多，但融会贯通，举例颇多，易于理解。在今天看来，本书对搞这一专题的人来说，是一本很有价值的参考书籍。

本书是以李兴唐同志为主的集体创作，也是作者们多年工作经验的总结。不经过实践焉能有如此丰富的内容，真是难能可贵，可喜可贺。愿与作者共勉之！

刘国昌

前 言

在新中国建立初期进行工程建设时,经常遇到的工程地质问题是地质构造和活动断裂(当时称新构造运动)对工程建筑安全的影响。因此,在水利水电工程地质勘测中,首先对它给予了重视。60年代初,在我国进行区域工程地质研究和大型工程规划、勘测时,刘国昌教授和谷德振教授曾根据中国地质构造和地壳近代活动特点与工程建设的关系,指出了区域地壳稳定性研究和评价的必要性。1966年以来,我国地壳活动性较本世纪前半期有所增强,地震活动频繁。一些地区的地壳活动带发生山崩、滑坡和地面裂缝,给人民生命财产和工程建设带来了严重损失。党和政府,以及工程部门,对这些地质、地震灾害给予了高度的重视。因此,在工程地质勘测中开展了区域地壳稳定性评价和研究。虽然各部门和各专家评价的原则和方法有所不同,但其目的都是揭示和认识这些灾害的发生和发展规律,及其对工程建筑的影响。

目前,国外还没有提出区域地壳稳定性评价问题,只是侧重于地震和活动断裂对工程影响的评价,还缺乏区域地壳稳定性评价的理论和方法。

80年代以来,由于世界人口迅速增长和经济发展的需要,建筑面积日益扩大,各国都加强了地质环境的研究和评价。日前,我国社会主义四化建设蓬勃发展,能源、交通和矿山建设的规模日益加大,数量增多;沿海及内地工业和城镇建设日新月异。在这种形势下,迫切地需要对地质环境有充分的认识和正确的评价。区域地壳稳定性是重要的环境因素之一。为了合理、经济地进行工程建设,迫切需要开展全国和重大工程区、城镇区的区域地壳稳定性研究和评价工作。为此目的,著者撰写了本专著,供从事区域地壳稳定性评价及有关专业工作的同志们参考。

谷德振教授生前曾积极、热情地支持开展本项研究。在1959—1961年进行中国西部地区南水北调工程地质勘测时,他就指出过区域地壳稳定性评价的重要意义和必要性。在他的指导下,本书著者进行了二滩水电站区域地壳稳定性评价和研究。谷德振教授指出,区域地壳稳定性评价,需从地壳结构分析入手。1983年,著者又对苏南核电站工程的区域和厂址稳定性、活动断裂进行了评价。近些年来,我们还调研了一些其它工程。这些都是撰写本书的基础。本书内容是以我们的实践和综合研究成果为基础,并吸收和参考了有关学科的理论和方法。

本专著在内容方面具有以下特点:(1)从地壳结构、岩石圈动力学和工程地质力学观点出发,研究和分析深断裂、地壳结构、地壳近代运动、活动断裂、重力、地热作用及地球自转速率变化等因素对地壳稳定性的影响;(2)根据地质、地球物理现象、地震及断裂活动引起的地质灾害对建筑物稳定的影响,结合工程抗震要求,我们提出了地壳稳定性分级、命名和综合指标,使评价达到半定量化程度;(3)提出了编制区域地壳稳定性分区(级)图的原则和方法;(4)引用和介绍了相关学科的先进技术手段和方法,如遥感技术、活动断裂年龄测试、光弹性实验模拟应力场等。

我们提出的地壳稳定性分级和评价原则,既适合于全国和大型工程区域,亦适合于中、

小型工程及城镇地区。两者的区别是，前者可能包括两种或更多的地壳稳定性级别区；后者可能仅属单一类型级别区。需要说明的是，第一，在撰写本书的过程中，著者搜集和增补了一些新资料。因此，本书的地壳稳定性分级指标、命名等与著者过去发表的论文相比，有部分修改和补充，并向量化方向发展。第二，本专著第三篇工程实例，以能源、矿山工程为主，望能起到画龙点睛的作用，以示地壳稳定性评价的原则和工作方法。第三，书中提出的地壳稳定性指标，绝大部分均可通过野外调查、室内分析和计算获得。极少数指标目前尚难确定和搜集到（如大地热流值），但这并不影响完成地壳稳定性分级和评价工作。

本专著是我们近些年来研究成果的总结。对区域地壳稳定性评价如此重大而复杂的问题来说，它是初步的探讨。这一问题的研究，虽须以工程地质学为主，但迫切地需要大地构造、地球物理、地震等相关学科密切配合，是工程地质学及与本问题有关学科的共同任务。恳切希望从事区域地壳稳定性评价和研究工作的同行们和广大读者对本书提出批评和宝贵意见。我们深信，随着科学技术的发展和大家的共同努力，地壳稳定性研究会日趋完善和向量化阶段发展，以便更好地满足工程建设的需要。

本书的主编工作由李兴唐承担，并在撰写之前提出了本书的中心思想和章节。后经著者等讨论和补充，最后确定出现今的内容。王思敬、丁恩保和陈月娥同志被专门邀请写了有关章节。最终，由李兴唐和许兵同志修改定稿。

本书初稿完成后，刘国昌教授和胡海涛教授在百忙中进行了审阅，并提出了宝贵意见。吾师刘国昌教授热情地作序，给予我们极大的鼓励和鞭策。值此，我们表示衷心地感谢。

书中绝大部分图件是由沈晓东同志清绘的，第十二章图件由陈爱华同志清绘。复照图件由邵兴亚、胥云同志完成，特此致谢。

区域地壳稳定性及其评价是十分复杂而重大的科学问题，是现代工程地质学和有关地学研究的主攻对象。因此，我们的研究和本专著内容与工程实践的要求还存在着很大的差距。限于著者水平，本书一定存在着某些欠妥或错误之处，敬请广大读者批评、指正。

李兴唐

目 录

序 前言

第一篇 理论基础

第一章 绪论	李兴唐 (1)
第一节 区域地壳稳定性研究和评价的必要性	(1)
第二节 区域地壳稳定性的涵义、研究内容和方法	(3)
第三节 研究动态和现状	(5)
第四节 区域地壳稳定性研究与其它科学的关系	(7)
第五节 今后工作和研究方向	(8)
第二章 控制地壳近代活动性的因素和作用	李兴唐 (9)
第一节 地壳演化模式与不均一带(面)	(11)
第二节 深断裂及其近代活动性	(14)
第三节 重力均衡与岩石圈动力条件	(20)
第四节 新生代及第四纪构造运动和形变	(26)
第五节 叠加断裂作用	(37)
第六节 地震作用	(39)
第三章 区域地壳稳定性分级和评价	李兴唐 (41)
第一节 工程抗震要求与地壳稳定性分级	(41)
第二节 判定地壳稳定性的综合指标	(45)
第三节 地壳稳定性分级	(58)
第四节 中国地壳稳定性分区(级)概论	(61)

第二篇 研究方法

第四章 深断裂分析与研究	黄鼎成 (68)
第一节 深断裂分类及其标志	(68)
第二节 深断裂的地质分析	(69)
第三节 深断裂的地球物理分析	(75)
第五章 区域地质构造与遥感技术的应用	黄鼎成 (84)
第一节 区域断裂构造的组合模式及其地质力学分析	(84)
第二节 遥感技术在区域构造研究中的应用	(93)
第三节 工程区地质构造遥感图像的应用	(99)
第六章 地壳现代构造应力场分析	许 兵 (102)
第一节 基本概念	(102)
第二节 确定与分析现代构造应力场的方法	(105)

第三节	关于现代构造应力场的一些问题探讨	(122)
第七章	活动断裂研究与分析	许学汉 (133)
第一节	活动断裂的基本概念与特性	(133)
第二节	活动断裂的鉴定	(137)
第三节	活动断裂的年龄鉴定	(142)
第四节	活动断裂图的编制	(148)
第八章	地震地质研究和地壳稳定性分级指标的计算与分析	李兴唐 (153)
第一节	发震构造特征和标志	(153)
第二节	地震指标计算与分析	(157)
第三节	地震小区划	(165)
第四节	地质指标分析和计算	(172)
第五节	地球物理指标计算	(176)
第九章	地壳现代构造应力场的数学模拟	王思敬 丁思保 (181)
第一节	构造应力场研究的现状	(181)
第二节	应力场研究中判据的建立	(185)
第三节	边界条件的确定和参数选取	(186)
第四节	数值模拟计算方法	(188)
第五节	计算和分析实例	(198)
第十章	地壳现代构造应力场的光弹实验模拟和分析	陈月娥 (202)
第一节	光弹实验原理概述	(202)
第二节	光弹实验的设备和材料	(207)
第三节	模拟实验条件和图谱类型	(210)
第四节	实验实例及分析	(213)
第十一章	区域地壳稳定性分区图的编制原则与方法	许汉学 (222)
第一节	编图的原则和步骤	(222)
第二节	分区指标的分析、运用和编图方法	(225)
第三节	工程地段稳定条件分析与评价	(229)

第三篇 几类工程的区域地壳稳定性评价和研究实例

第十二章	大型水利水电工程——二滩水电站	李兴唐 (232)
第一节	区域地质构造和深断裂	(233)
第二节	活动断裂和地壳现代应力场	(253)
第三节	地震活动特征与基本烈度	(262)
第四节	区域和二滩坝址地壳稳定性评价	(266)
第十三章	核电站工程——苏南核电站	许 兵 (278)
第一节	核电站地壳稳定性的基本要求	(278)
第二节	地质构造特征	(279)
第三节	新构造变形与活动断裂	(285)
第四节	地震活动性	(288)

第五节 区域地壳稳定性评价	(291)
第十四章 矿山工程——金川矿	黄鼎成 (300)
第一节 区域地壳结构和矿区地质构造特征	(301)
第二节 区域地壳近代活动与地震	(305)
第三节 金川矿区地壳稳定性评价	(310)
参考文献	

CONTENTS

preface
Foreword

PART 1. Theoretical Basis

Chapter 1. Introduction **Li Xing tang**

1. Necessity of the research for regional crust stability and evaluation (1)
2. Implication, research substance and method of regional crust stability (3)
3. Research developments and present situation (5)
4. Relationship between regional crust stability research and other sciences (7)
5. Tasks and research direction in future (8)

Chapter 2. The factor and action that control crustal activity in modern times *Li Xing tang* (9)

1. Evolution pattern of crust and nonhomogeneous zone (surface) (11)
2. Deep seated fault and its activity in modern times (14)
3. Gravity isostasy and lithosphere dynamic condition (20)
4. Tectonic movement and deformation of Cenozoic Era and Quaternary period (26)
5. Superimposed fault function (37)
6. Earthquake function (39)

Chapter 3. Order and evaluation of regional crust stability *Li Xing tang* (41)

1. Requirement of engineering earthquake-proof and crust stability order (41)
2. Synthetical index for determining crust stability (45)
3. Crust stability order (58)
4. Introduction of crust stability zoning in China (61)

PART 2. Research method

Chapter 4. Analysis and study of deep seated fault *Huang Ding chang* (68)

1. Deep seated fault classification and its sign (68)
2. Geological analysis of deep seated fault (69)

3. Geophysical analysis of deep seated fault	(75)
Chapter 5. Regional geologic structure and application of remote sensing technique	<i>Hoang Ding chang</i> (84)
1. Composed pattern of regional fault tectonics and its geomechanics analysis	(84)
2. Application of remote sensing Technique in regional tectonic study	(93)
3. Application of geologic tectonic remote sensing image in engineering area	(99)
Chapter 6. Analysis of the recent crustal tectonic stress field	<i>Xu Bing</i> (102)
1. Basic concept	(102)
2. Method for determining and analysing recent tectonic stress field	(105)
3. Discussion of problems about recent tectonic stress field	(122)
Chapter 7. Study and analysis of active fault	<i>Xu Xue han</i> (133)
1. Basic concept and character of active fault	(133)
2. Identification of active fault	(137)
3. Age identification of active fault	(142)
4. Drawing of active fault map	(148)
Chapter 8. Seismogeology study, calculation and analysis of crust stability order index	<i>Li Xing tang</i> (153)
1. Characteristics and sign of seismogenic structures	(153)
2. Calculation and analysis of seismic index	(157)
3. Small provincial dividing of seism	(165)
4. Analysis and calculation of geologic index	(172)
5. Calculation of geophysical index	(176)
Chapter 9. Mathematical simulation of recent crust tectonic stress field	<i>Wang Singjing, Ding Enbao</i> (181)
1. The current research situation of tectonic stress field	(181)
2. Establishment of criterion in stress field research	(185)
3. Determination of boundary condition and parameter selection	(186)
4. Calculation method of numerical simulation	(188)
5. Examples of calculation and analysis	(198)
Chapter 10. photoelastic simulation of recent tectonic stress field	<i>Chen Yue</i> (202)
1. Outlines of photoelastic experiment principle	(202)

2. Equipment and materials of photoelastic simulation	(207)
3. Condition and types of collection of illustrative plates about photoelastic experiment	(210)
4. Examples and analysis of photoelastic experiment	(213)
Chapter 11. Drawing principle and method of regional crust stability zoning map	<i>Xu Xue han</i> (222)
1. principle and step of mapping	(222)
2. Analysis, and application of zoning index and drawing method	(225)
3. Stable condition analysis and evaluation of engineering area	(229)
PART 3. Evaluation and study of regional crust stability for some engineering	
Chapter 12. Large scale irrigation works and hydroelectric engineering —Ertan hydropower station	<i>Li Xing tang</i> (232)
1. Regional geologic tectonics and deep seated fault	(233)
2. Active fault and recent crust stress field	(253)
3. Characteristics of seismicity and basic earthquake intensity	(262)
4. Evaluation of the crust stability for region and Ertan dam site	(266)
Chapter 13. Nuclear power station—Sunan Nuclear power Station	<i>Xu Bing</i> (278)
1. Basic requirement of nuclear power station crust stability	(278)
2. Characteristics of geologic structure	(279)
3. Neotectonic deformation and active fault	(285)
4. Seismic activity	(288)
5. Regional crust stability evaluation	(291)
Chapter 14. Mining engineering—Jinchuan Mine	<i>Huang Ding cheng</i> (300)
1. Regional geologic structure and geologic structure characteristics in mine area	(301)
2. Recent regional crust activity and seism	(305)
3. Crust stability evaluation of Jinchuan Mine area	
Reference	(310)

第一篇 理论基础

第一章 绪 论

第一节 区域地壳稳定性研究和评价的必要性

一、问题的提出

我国疆域辽阔，幅员广大，既有一望无际的大陆，亦有众多的岛屿及宽广的海域，蕴藏着丰富的自然资源。新中国建立后，兴修了许多大型工程，并新建和扩建了一些城镇。随着能源和资源的开发，社会主义四化建设的发展，要求对环境因素的研究和评价日趋迫切。区域地壳稳定性是建设重大工程和城镇的重要环境因素之一。

我国地壳经过许多构造阶段（期）的演化，形成了现今的构造格局和特征。因此，地质构造复杂，断裂发育；各地区地壳近代活动程度也有很大的差异。据地质构造、地壳近代活动性、重力场及地震活动等，以贺兰山、龙门山、横断山为界，可将中国地壳分为东西两大区域。东部区域，以元古代形成的大陆地壳为主，一部分地区为古生代洋壳区。因此，大部分地区近代地壳活动性低，稳定性良好。但是，由于中生代和新生代时太平洋板块向欧亚大陆板块下的俯冲作用及地幔上涌，使岩石圈张裂，产生裂谷和边缘海断陷。在近代太平洋板块作用下，这些构造带成为现代地壳活动带，如渭河、汾河裂谷、渤海断陷等。台湾省是新生代断褶带区，又处于现代板块边界带之西。因此，那里地壳活动性甚高。西部地区，除塔里木、柴达木、扬子等断块是元古界固化的断块外，其余地区均属古生代和中生代大洋地壳区，西藏还有新生代洋壳区。这些地区深断裂发育。由于在新生代期间印度次大陆板块与欧亚大陆板块碰撞，使西部区域深断裂复活，地壳剧烈上升。因此，我国西部较东部区近代地壳活动性大，地震活动频繁，山崩、滑坡发育。

在我国极复杂的地质条件下进行工程建设，如大型水库、核电站、城镇和引水工程以及公路、铁路建设时，地壳稳定条件成为重要的因素。前三类工程要求选择稳定条件较好的地区；后一些工程须跨越不同稳定性的地区。它们均要求对地壳稳定性做出正确的评价。地震烈度高、活动断裂发育、高地应力带，以及由断裂活动引起的滑坡、山崩、地裂缝区等均是不利于工程建设的地区（带）。

50年代末期，我国水利水电工程地质勘测工作已开始重视对枢纽区和水库区新构造和第四纪活动断裂的评价和研究。1961年，为西部南水北调工程规划进行工程地质勘测时，谷德振教授指出^①：“从本区的地质发展历史、大地构造特征、地貌景观、第四系的断裂变

^① 中国科学院西部地区南水北调综合考察队，1961，中国西部地区南水北调引水河线工程地质特性。

形、强烈的自然地质现象、大断裂带的温泉分布与历史地震事实等资料反映出,引水地区的地壳活动性是非常显著而突出的。但在不同的地区,活动的性质和强度是有很大的区别的。在空间分布上有些地区是比较稳定的,有些地区是比较活动的。”他提出了与工程建设有关的地区(区域)稳定性问题。1961年,新丰江水库地震发生时,谷德振教授提出,该水库地震的产生,是由于水库蓄水的渗透减少了断裂的抗剪强度而形成的。其内因是断裂发育,地壳活动性强。他首先提出了水库地震是蓄水诱发形成的假说和理论。刘国昌教授提出,“区域工程地质学是工程地质学的一个组成部分,是研究工程地质条件区域分布及变化规律,并结合工程建筑方面及其它经济目的对这些工程地质条件进行初步评价、预测以至改造的学科。对任何建筑都有影响的就是区域稳定性问题。”他将区域稳定性评价作为区域工程地质学基本任务之一。

可见,区域地壳稳定性评价和研究是中国工程地质学家刘国昌教授、谷德振教授根据中国的地质构造和工程地质特点,在工程建设实践中提出的问题。我国广大的工程地质工作者,在实践中认识到地壳稳定性(包括活动断裂、地震、地裂缝、水库地震、活动断裂带的滑坡和山崩)对工程建筑安全影响的重要性,并开展了这方面的工作。

二、区域地壳稳定性研究和评价的必要性

地质环境既蕴藏着能源和矿物原料,亦是人类生活和建筑的环境。随着人口的增长,经济建设的发展,要求开发地区的规模愈来愈大。因此,须评价和研究地壳稳定条件,以便合理地规划、利用土地资源。我国是历史上多地震的国家之一,地震灾害给人民带来重大损失。自1966年邢台地震以来,我国地震活动比任何历史时期都有所加剧,活动频繁。从1966年至1984年,共发生震级 $M_s \geq 6$ 、相当于震中烈度八度及更高的地震约100次。1976年是我国地震活动频度最高的一年,共发生21次 $M_s \geq 6$ 级地震(其中一次在台湾省),如唐山、龙陵和松潘等地震。这些强烈的地震给人民生命财产和工业建设造成了重大损失。

我国西部地区,由于印度次大陆板块与欧亚板块在喜山运动期碰撞,自新生代以来地壳强烈上升,河谷深切。在一些近代构造活动带邻近地段(带),滑坡、山崩极为发育。特别是在山区急剧上升、平原相对沉降的活动断裂带上,山岩不断的崩塌、滑落,给交通、工矿企业带来了严重危害。在地壳活动区,由于断裂蠕变引起地面裂缝,危害建筑物安全。近数年来,古都西安等地的地面裂缝,都是断裂缓慢位错(蠕变)引起的灾害。一些活动断裂对工程的危害,亦需研究。

我国已蓄水的大、中型水库,近20年来,发现少部分水库发生水库诱发地震。部分油田区,由于注水压力引起岩体位错,引起油管弯曲和损坏,影响了生产。这些现象都是由于地质体内存在构造断裂,在地壳现代动力条件下和人类工程活动下造成的地质灾害。它属地壳稳定性研究和评价的重要内容。

综上所述,区域地壳稳定性评价是工程建设中决定工程安全的重要环境因素之一。重大工程或重要城镇地点的选择,除了考虑经济和自然条件之外,地壳稳定性是最重要的因素。不稳定的地壳区,包括:(1)强烈而具破坏性的地震区(地震基本烈度 $I > 九度$);(2)近代活动断裂带上;(3)近代地壳运动强烈,山崩、滑坡发育区;(4)其它内力形成的严重地质灾害区等。在上述几种类型地区修建工程时,这些灾害会使工程遭到破坏或严重损伤,给工程建设和人民生命财产带来巨大损失。除此之外,由于对建筑地段的灾害地质现象缺乏正确的认识和评价,导致错误的工程设计,其后果是增大工程造价,或者

使工程受到损失。如在高地震烈度区,断层蠕动、位移、山崩、地裂等,都会导致建筑物破坏。

为了保证建筑物安全,工程设计合理,必须进行区域稳定性评价。进行区域地壳稳定性评价,主要是针对重大工程,如大型水电站、核电站、大型火电厂和重要城市、港口以及重要的铁路、公路工程等。一般的中、小型工程只需进行单项地质、工程地质因素评价。区域地壳稳定性评价是工程规划、选址阶段,即初步可行性和可行性阶段工程地质勘测的重要内容。因为它具有战略意义,所以它显得更为重要。区域地壳稳定性研究的主要目的是,在符合工程规划、设计意图的条件下,选择具有良好或较好地壳稳定性的工程地段和为正确的规划、设计提供依据。

第二节 区域地壳稳定性的涵义、研究内容和方法

一、涵义和概念

区域地壳稳定性研究首先为刘国昌和谷德振两位教授所倡导。二十余年来,它已受到我国工程地质界的支持,并开展了这项工作。刘国昌教授指出^①:“区域稳定,主要是由于地壳运动形成的地表水平位移、升降错动、褶曲以及地震等造成不同区域的安全程度;其次,是在特定的地质条件下形成的物理地质现象,如滑坡、震动液化、粘土塑流、岩溶塌陷、黄土湿陷等造成对不同区域的安全程度。”谷德振教授提出,区域稳定性是指工程所在区域的地壳稳定性,即在该区内地壳有无倾斜、拗折及升降等显著变化的迹象;有无发震构造和地震活动及相邻地区地震活动对本区的影响。论证区域稳定性应从地震活动与区域构造断裂的关系,区域I级结构面的发生发展及其与派生结构面的组合关系和断块之间的相互关系入手。胡海涛教授提出(1979, 1984):“区域稳定性是指工程建设地区在内、外动力(以内动力为主)的作用下,现今地壳及其表层的稳定程度。以及这种稳定程度与工程建筑之间的相互作用和影响。”^②

近些年来,在有关的论文和报告中,提出一些术语,它们是“区域地质稳定性”、“区域构造稳定性”、“地质稳定性”等。这些术语大多是构造地质或地震地质工作人员所常用,是从某一学科的角度提出的。它们与“区域稳定性”或“区域地壳稳定性”不是同义词。后两种术语是同意词。它包含了从工程地质学观点,综合研究、综合评价与内力有关或以内力为主形成的地质灾害对工程安全的影响。所谓“区域稳定”是在评价“工程区地基(山体)稳定”、“岩体稳定”时,就其规模相对而言的。“区域地壳稳定性”也是具相对地域大小的综合涵义。这也是从工程地质学角度研究地壳稳定性有别于其它学科之处。正如,“地震烈度区划图”不等于综合性强的“区域地壳稳定性分区图”一样。

从工程地质学观点出发,我们认为,区域地壳稳定性是指岩石圈内,正在进行的地质、地球物理作用对地壳表层及工程建筑安全的影响程度,即是在地球内力作用下地壳形变、断裂位错形成的地质灾害影响人类和工程建筑的安全程度。简言之,即地壳现代活动对工

^① 刘国昌, 1979, 区域稳定概论, 全国首届工程地质学术会议文献。

^② 胡海涛等, 1984, 区域地壳稳定性工程地质图的编制及稳定性评价的原则和方法, 第二届全国工程地质学术会议文献。

程安全的影响程度。这些地质灾害包括地震、现代火山活动和由断裂带活动引起的地裂(缝)、山崩、滑坡等。后一类现象中亦包括一部分以内力为主,以外力作为激发因素的灾害地质现象,如水库诱发地震、某些山崩、滑坡等。

作为工程地质学研究内容的“区域地壳稳定性”与其它学科研究的上述“稳定性”的原则区别是:(1)将“区域地壳稳定性”视为环境因素,并结合各种类型工程的要求予以评价;(2)侧重研究工程和人类活动与地质因素之间的相互作用及后者的变化对工程安全的影响;(3)在工程稳定条件评价中,需要考虑建筑地段的水文、工程地质条件,包括:(1)岩石和土层的结构、物理力学性质;(2)岩体构造断裂特征;(3)地下水位等。

二、研究内容和方法

区域地壳稳定性是由内力造成的地质灾害对工程建筑影响程度的综合反映。因此,它的研究内容可概括为两大方面:1)岩石圈结构及其动力条件;2)内力的灾害地质现象及其对建筑物安全的影响。亦即研究地壳的演化过程、现代动力条件,分析它们所产生的地质现象与工程建筑的相互关系。在较大的区域内,分析和研究不同地区、地段的地壳现代活动程度,选择稳定性良好的地区作为规划、建设地段。其具体研究和评价内容有以下几个主要方面:

(1) 岩石圈(或地壳)结构,包括地壳演化和深断裂的形成、分布和活动期。它是决定地壳形变的内在因素和条件。地震的发生、断裂的蠕动等都是由它形成的。尚须研究和确定发震断裂的特征;

(2) 岩石圈动力条件,岩石圈运动的力源是多方面的。其中,最重要的是地幔物质的运动及其与地壳的相互作用,其次是热对流作用。这两种作用的地面反映和表现,即是重力异常和大地热流值。重力梯级带或布格异常变化带是重力变化的地点;高热流值带是地幔物上涌,地壳形变的动力源;等等。这就需要研究重力场、地热场的分布及其特征;

(3) 确定地壳近代升降差异带及活动断裂带,以及造成的断裂蠕动物量、山崩、滑坡与它的关系。圈定这一类地质灾害的分布区,并评价它们对人类和工程建筑的影响;

(4) 活动断裂的分布、年龄及其对工程稳定性的影响和评价;

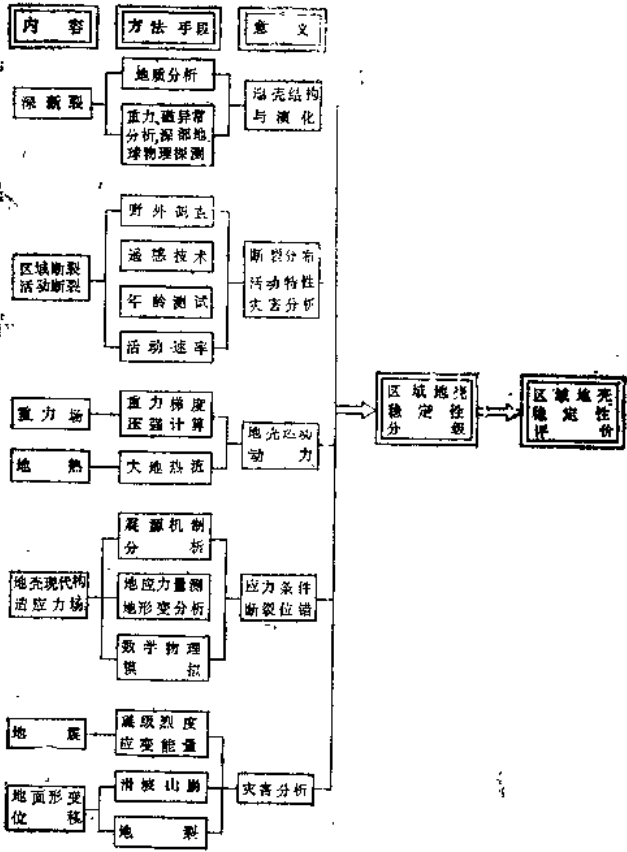


图 1-1 区域地壳稳定性研究内容和方法框图