

岩体工程地质力学问题

(八)

中国科学院地质研究所 编

科学出版社

岩体工程地质力学问题

(八)

中国科学院地质研究所 编



科学出版社

1987

内 容 简 介

本文集主要总结了中国科学院地质研究所在工程地质力学研究方面的工作成就,并讨论了我国工程地质力学的发展与现状,共收集论文十七篇。第一篇系统地论述了工程地质力学的形成和发展历史、理论上和技术上取得的成绩以及今后的发展方向。第二至第九篇总结了工程地质力学各个方面的研究和进展情况。第十至第十七篇为活动断裂、泥质岩、变形体系等方面的专题研究论文。

本书可供工程地质、岩土力学研究工作者、工程勘测设计人员以及有关院校师生参考。

岩体工程地质力学问题

(八)

中国科学院地质研究所 编

责任编辑 谢洪源

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年11月第一版 开本:787×1092 1/16

1987年11月第一次印刷 印张:10 3/4

印数:0001—1,650 字数:245,000

ISBN 7-03-000040-4/P·5

统一书号:13031·3933

定价: 2.60 元

前 言

中国科学院地质研究所水文地质工程地质研究室建立于1956年,迄今已三十年了。三十年来,这个研究室在已故谷德振教授(1914—1982)领导下,参加了我国治理淮河、武汉和南京长江大桥、成昆铁路等百多项重大的水利水电、铁路交通、矿山开采和国防工程的工程地质研究工作,为发展我国的工程建设做出了一定的贡献。同时,这个研究室在广泛联系实际的基础上,创立和发展了以“结构控制论”为核心的比较完整的工程地质力学理论体系。工程地质力学作为工程地质学的一个学科分支,其理论、方法和技术已经在许多生产部门得到了应用,在工程实践中得到了验证,为大多数工程地质工作者所采纳,获得了较高的声誉,在国际学术会议上和其它交往中也得到了国外学者的称赞和肯定。

1985年4月,在“中国科学院工程地质力学研究实验室评议会”上,刘国昌、张咸恭、常士骝、张倬元等十多位专家、教授认为,工程地质研究室在多年的实践中,取得了丰硕的科研成果;在全国工程地质研究中居领先地位,有自己的特色;具有一定现代化水平的、相当齐全的测试技术系统和仪器设备;有一支素质较好的科研技术队伍。因此,建议以这个研究室为基础,建立一个开放的研究实验室,为我国的工程地质工作者提供一个理论研究的基地。同年7月,中国科学院批准,这个研究室以“中国科学院工程地质力学研究实验室”的建制,对国内外工程地质专家开放。我们相信,这对于推动我国工程地质学的研究,进一步发展工程地质力学,加强国内外不同学派、各种学术观点之间的相互交流,将起到重大的作用,取得更大的成绩。

本文集是我们三十年来开展工程地质力学研究的一个简要总结。不仅系统地介绍了工程地质力学的形成和发展过程、其基本理论观点、在理论上和技术方法上已经取得的成就和今后的研究课题、发展方向,而且对工程地质力学的各个方面,如地质构造、边坡、地下洞室稳定性、地应力、岩体力学和测试技术、分析方法等的研究进展情况都做了较为详细的论述。此外,还对工程地质力学研究的若干新领域和新课题,如活动断裂、变形反分析等进行了一些探讨。我们希望通过本文集能够得到国内外工程地质工作者更多的支持和帮助,并欢迎参加“中国科学院工程地质力学研究实验室”的研究工作,为发展工程地质力学而共同努力。

编 者

一九八六年六月

目 录

前言.....	(i)
工程地质力学与工程地质力学研究实验室的形成和发展.....	孙广忠 许 兵 (1)
工程地质构造研究与发展.....	李兴唐 (12)
边坡稳定性研究的发展.....	孙玉科 许 兵 李毓瑞 牟会宠 (22)
地下工程的岩体工程地质力学研究.....	王思敬 杨志法 (31)
岩体结构力学效应研究的进展.....	孙广忠 周瑞光 郭 志 (40)
地应力研究及其进展.....	姚宝魁 (54)
岩体工程地质力学模拟实验研究.....	杜永廉 (63)
岩体工程地质力学中的数值分析.....	王思敬 (72)
岩体声学的应用与发展.....	吴志勇 (86)
水工枢纽区岩体特性与稳定性基础研究.....	许学汉 (96)
岩体工程地质力学工作的基本内容和程序问题的探讨.....	徐嘉谟 (102)
活动断裂宽度的工程地质评价.....	古 迅 (111)
泥质岩的胶结作用与活化作用.....	曲永新 徐晓岚 时梦熊 吴芝兰 (120)
地震条件下二滩水库岸坡稳定性研究.....	王存玉 (129)
节理剪切扩容效应与地下洞室稳定分析.....	丁恩保 (143)
变形体系与岩体工程地质力学.....	杨志法 张连弟 (154)
裂隙岩体的地质力学模型试验研究.....	余定生 吴玉庚 (161)

PROBLEMS OF ENGINEERING GEOMECHANICS OF ROCK MASS

(Vol.VIII)

CONTENTS

Preface.....	(i)
Origination and Developments of Engineering Geomechanics and Engineering Geomechanics Laboratory.....	Sun Guangzhong Xu Bing (1)
Study and Development on the Engineering Tectonics	Li Xingtang (12)
Developments on Research of Slope Stability	Sun Yuke Xu Bing Li Yurui Mu Huichong (22)
Study of Rock Mass Engineering Geomechanics in Underground Project	Wang Sijing Yang Zhifa (31)
Development on Study of Mechanical Effects of Rock Mass Structure	Sun Guangzhong Zhou Ruiguang Guo Zhi (40)
Research of In-Situ Stresses and Their Progress	Yao Baokui (54)
On the Model Experiment in Rock mass Engineering Geomechanics ...	Du Yonglian (63)
Numerical Methods in Rock mass Engineering Geomechanics	Wang Sijing (72)
Application and Progress of Rock Acoustics	Wu Zhiyong (86)
Research on the Feature and Stability of Rock Mass in a Key Water Control Project Area.....	Xu Xuehan (96)
Study on Problems of Working Main Contents and Procedure in Rock Mass Engineering Geomechanics	Xu Jiamo (102)
Evaluation of the width of Active Fault in the Engineering Geology.....	Gu Xun (111)
Cementation and Activation on Argillaceous Rocks	Qu Yongxin Xu Xiaolan Shi Mengxiong Wu Zhilan (120)
Research on the Stability of Natural Slopes at Ertan Reservoir During Earthquake	Wang Cunyu (129)
Shear Dilatant Effect of Joints and Stability Analysis for Underground Opening.....	Ding Enbao (143)
Deformation System and Rock Mass Engineering Geomechanics	Yang Zhifa Zhang Liandi (154)
Geomechanical Model Experiment of Jointed Rock Mass...Yu Dinsheng Wu Yugeng	(161)

工程地质力学与工程地质力学研究实验室 的形成和发展

孙广忠 许兵

三十多年来,中国科学院地质研究所工程地质研究室在已故谷德振教授的领导下,在完成国家重大建设工程项目的工程地质问题的研究和实践过程中,创立和发展了工程地质力学,为我国工程地质学的发展做出了一定的贡献。本文简略地回顾了我們走过的道路和工程地质力学的形成和发展过程,总结工程地质力学研究在理论上和技术上取得的成绩,展望今后的发展方向,以利继续前进。

一、工程地质力学的形成和发展过程

解放前,我国的工程地质工作基本上处于空白状态,仅有叶连俊等少数人做过一些工作。解放后,我国开始了大规模的工程建设,并参照苏联的经验,建立了我国的工程地质队伍。1955年地质部成立了水文地质工程地质研究所。1956年中国科学院地质研究所建立了水文地质工程地质研究室,已故谷德振教授任研究室主任。

1958年是研究室大规模地开展研究工作的第一年,组织了四个考察队,实际上是四个专题组,开展了大规模的野外考察工作。这四个考察队是:1)引洮工程地质队,2)新疆水文地质队,3)广西喀斯特水文地质队,4)南水北调工程地质队。与此同时,还参加了三峡坝址工程地质条件研究、武汉和南京长江大桥工程地质研究、引渭工程地质条件研究等工作。1959年底,全室在编人员达七十余人,成立了四个研究组:1)土质土力学研究组,2)工程地质研究组,3)水文地质研究组,4)喀斯特水文地质研究组。在野外考察基础上开展了室内试验和实验研究工作。全室同志通过实践的体会,反复的论证,于1961年提出了以区域稳定性、边坡稳定性、坝基稳定性及隧洞稳定性为本室工程地质研究的中心课题,明确地提出了工程地质研究不仅要定性地研究工程地质条件,而且要定量地研究地质体在受力条件改变时稳定分析的原理及方法,提出了工程地质力学的概念。在这短短的五年里,出版了四本有关这方面的论文集,记录了这个时期的发展历史。这四本论文集是:

(1) 引洮上山工程地质问题(一),中国科学院青海甘肃综合考察队,1959,科学出版社。

(2) 引洮上山工程地质问题(二),中国科学院青海甘肃综合考察队,1962,科学出版社。

(3) 水文地质工程地质论文集,第一辑,中国科学院地质研究所,1961,科学出版

社。

(4) 水文地质工程地质论文集, 第二辑, 中国科学院地质研究所, 1962, 科学出版社。

在 1960 年底至 1961 年初的缩短战线、精简机构中, 我们进行了一次重大调整。调整后, 在编人员由七十多人减到三十多人, 其中水文地质 22 人, 工程地质 8 人, 研究课题由 8 项减到两项, 即 1) 三峡水利枢纽工程地质研究及 2) 华北地下水研究。1961 年秋, 从高等院校分来了一批大学生, 增加了新生力量, 到文化大革命前, 研究人员又增加到七十多人。课题也逐渐增多起来, 工程地质方面承担过的重大课题达十多项。其中主要的有:

- (1) 成昆铁路病害地段工程地质分析;
- (2) 川汉铁路选线工程地质勘察;
- (3) 襄渝铁路大巴山长隧洞工程地质勘察;
- (4) 渡口朱家包包露天矿边坡稳定性研究;
- (5) 冀东铁矿边坡及基坑涌水问题研究;
- (6) 黄河龙门坝址工程地质研究;
- (7) 新丰江水库坝址工程地质条件研究;
- (8) 丹江口水库坝址工程地质条件研究;
- (9) 锦屏电站坝址工程地质条件研究。

与此同时, 我们组织了系统的理论总结。其中最重要的是, 在已故谷德振教授亲自主持下, 与水利电力部一起总结, 撰写了《水利水电工程地质》的第一部具有中国特色的工程地质专著, 这部专著, 对我国工程地质的发展具有重大和深远的影响。在这部专著中, 明确地提出了岩体结构概念和工程地质力学作为一个学科的观点。从此, 各项研究工作进入了一个新的轨道, 并开始深入、全面地揭示作为工程对象或实体的地质体的结构特性及其形成过程、变形破坏规律, 进而研究工程稳定性。

关于岩体结构概念, 在《水利水电工程地质》这一专著第 39 页上明确地指出: “岩体被各种类型的地质结构面切割成不同形状和大小的块体, 这种块体称为结构体或岩块。在层状岩体中结构面是层面及断裂, 块状岩体中的结构面为原生节理与断裂。由于断裂及层面、原生节理均有规律的展布, 被它们切割的岩块组成一定的几何形式, 因此岩体结构就有了一定的形式”。岩体结构概念的建立为认识看起来杂乱无章的地质体的内在规律提供了依据, 为工程地质力学的形成和发展奠定了理论基础。关于工程地质力学及其基本观点, 已故谷德振教授在《水利水电工程地质》专著中作了精辟的阐述。他写道: “虽然《水利水电工程地质》是分篇编写的, 但是全书以工程地质力学为理论基础, 从而构成系统。在我国大量的建设实践中, 尤其是水利水电工程实践中积累起来的经验认为, 应该以力学的理论和方法来认识地质构造现象, 评价工程地质条件, 分析岩体稳定及渗漏, 把地质研究和力学分析紧密结合起来。大量工程实践中遇到的问题表明, 岩体结构(及水文地质结构)是岩体变形破坏(及渗漏)的内在因素, 是矛盾的主要方面。因而, 工程地质力学解决问题的基本途径是, 首先抓住岩体结构, 对岩体结构及构造体系进行地质力学分析, 进而采用岩体力学的物理和力学方法手段, 结合岩体结构特征, 测试并掌握岩体特性, 然后进行岩体稳定及渗漏的分析评价, 以及采取与地质条件相结合的设计和技术措施”。因

此,也可以说,《水利水电工程地质》实际上就是工程地质力学的处女作。

由于文化大革命、1966年邢台地震和1967年河间地震的影响,大批人员被抽调参加地震工作,全室仅剩下9名从事工程地质研究的科技人员。然而,就是这些骨干力量,加上后来的一些大学毕业生和归队人员,不顾文化大革命的干扰,继续顽强地奋战在工程地质力学的研究上。

1970年,我们应冶金工业部的邀请,在已故谷德振教授亲自带领下,一齐奔赴西北金川镍矿基地,对一个工程地质条件极其复杂的大型矿山开展了长达十年之久的全面的工程地质力学研究。他们进行了区域稳定性、矿区地质构造、工程地质岩组和岩体结构分类、露天矿稳定边坡角、井巷变形破坏分析与预测等矿山工程地质问题的研究。除了进行大量的工程地质调查工作外,还进行了岩体力学试验、动态测试、地应力测量、地质力学模拟试验和有限元数值分析等工作。金川矿山工程地质力学研究,是以“岩体结构控制论”为中心的工程地质力学的有意义的实践,它极大地丰富和发展了工程地质力学。

与此同时,我们还组织了以下一些研究项目:

- (1) 330工程坝基稳定性及软弱夹层研究;
- (2) 820工程地下洞室稳定性研究;
- (3) 405工程地下洞室稳定性研究;
- (4) 816工程地下洞室稳定性研究;
- (5) 728工程边坡稳定性研究。

通过这些工程项目的研究,工程地质力学的基本观点、原理和方法也进一步得到了实践的检验。工程地质力学作为一个分支学科已经形成,并在国内普遍推广。

1976年以后,我们一方面继续开展大规模的实验研究,一方面进行专题的理论总结。在这十年里,共开展了十余项大型综合性的实验研究,如:

- (1) 河南林县金牛山水库坝址工程地质力学研究;
- (2) 古城水库坝址岩体力学实验研究;
- (3) 黑龙观水库坝址岩体力学试验研究;
- (4) 大冶铁矿边坡稳定性研究;
- (5) 白云鄂博铁矿边坡稳定性研究;
- (6) 南湾水库引水隧洞工程地质力学研究;
- (7) 雅砻江二滩电站可行性工程地质力学研究;
- (8) 苏南核电站区域稳定性研究;
- (9) 燕山地区砖红色粘土岩工程地质力学研究;
- (10) 大同煤矿坚硬顶板有控压裂放顶理论和技术研究;
- (11) 汾西煤矿软岩巷道破坏机制及加固措施研究;
- (12) 渡口-西昌能源资源开发工程地质力学综合研究。

在这些实验研究中,重点抓了岩体力学试验和岩体稳定的定量分析与评价,以及新领域和新技术的开发实验研究。如区域地壳稳定性的多指标综合分析与评价、活动构造的年代学研究、声波测试技术、遥感技术、钻孔岩体力学参数测试技术、变形测试技术和变形反分析等。在环境工程地质、土体结构和地质体改造等方面也进行了有意义的探索。

在这十年中,一共出版了《岩体工程地质力学基础》等六部专著和十二部论文集,并开

展了广泛的学术交流,受到外国同行的好评。

1978年以来,我们在工程地质力学方面的研究成果,获得科学大会奖一次,院部级奖6次,所级奖35次。

鉴于研究室三十年来所取得的成绩及其具有的理论和技术水平,经全国二十几位专家评议通过,1985年7月中国科学院院长办公会议批准,在现研究室基础上,成立了工程地质力学开放研究实验室,对国内外同行专家开放,标志着研究室的发展又进入了一个新阶段。

二、理论上的成就

(一) 工程地质力学原理

三十年来,我们在已故谷德振教授带领下,在广泛实践和研究的基础上,建立和发展了工程地质学的理论基础——工程地质力学。概括地说,工程地质力学的基本观点和原理是:

(1) 地质体是经受过变形和破坏的,工程地质力学是研究地质体在受力条件变化时再变形、再破坏的规律的科学。

(2) 地质体是有结构的,它的结构单元是结构面和结构体。结构面和结构体有规律的组合构成地质体不同的结构模式。

(3) 地质体的结构是在一定的地质环境和地质历史过程中形成的。地质体的形成、演化历史的研究是认识地质体结构特性及其发育分布规律的根本途径。

(4) 不同结构的地质体具有不同的工程地质特性和力学效应。地质体结构对岩体变形、破坏起控制作用,结构面作用远大于其它地质因素的作用。

(5) 在结构控制下的地质体具有多种力学介质和力学模型。工程地质力学是研究多种力学介质和力学模型的一个力学体系。

(6) 地质体存在于一定的地质物理环境中,环境条件的改变可以改变结构面力学效应。

(7) 地质体与工程建筑物有密切关系。

简而言之,工程地质力学的基本理论是“结构控制论”,这一理论的核心是地质体结构的力学效应。

(二) 岩体结构

在多年的实践中,我们发现岩体和自然界中的一切物体一样是有一定的结构的。岩体结构由结构面和结构体组成,结构面是各种不同成因、不同类型的分割面。结构体即结构面切割的岩块。岩块的形状决定于结构面的组合形式。结构面发育程度、特征、结构体组合和接触状态规定了岩体结构的不同类型,从而也就规定了岩体的工程地质特征、力学介质类型和力学效应。岩体结构的研究和类型划分是创建工程地质力学的基础,岩体结构概念的提出是工程地质力学研究和岩体力学研究具有重大意义的突破性进展。

岩体结构分类方案见表1和表2。

表 1 岩体结构分类方案

类 型	亚 类	地 · 质 类 型
块 状 结 构	整 体	巨厚层及完整岩体, 节理稀少
	块 状	巨厚的层状及块状岩体, 节理一般发育
	裂 隙 块 状	中厚层岩层及块状岩体, 节理交互切割
层 状 结 构	互 层	软弱相间的砂页岩及灰、页岩互层岩体
	间 (夹) 层	硬层间夹软层
	薄 层	薄层及片状岩体、片岩、千枚岩
	软 层	均一软弱沉积岩层, 如页岩、粘土岩
碎 裂 结 构	镶 嵌	均一坚硬岩体的压碎岩、裂隙紧闭
	碎 裂	均一岩体的破碎岩, 裂隙张开夹泥
	层 状 碎 裂	层状岩体的破碎岩
松 散 结 构	松 散	岩体破碎或大小不等的岩块岩屑和团粒
	松 软	岩体由大块夹泥、泥团、小岩屑岩粉碎块组成

表 2 岩体结构分类方案

结 构 类 型	结 构 特 征	岩体力学介质类型	岩体力学研究方法
块裂结构	软弱结构面切割, 块状结构体组成	块裂介质	块裂介质岩体力学
板裂结构	软弱结构面切割, 板状结构体组成	板裂介质	板裂介质岩体力学
碎裂结构	坚硬结构面切割, 块状结构体组成	碎裂介质	碎裂介质岩体力学
完整结构(断续结构)	结构面断续切割	连续介质	连续介质岩体力学
散体结构	结构面有软有硬, 无序状分布, 结构体形状大小不一		

表 1、表 2 两种岩体结构类型划分方案, 各有其使用上的方便, 表 1 的分类便于确定岩体工程地质力学特性和定性评价其各种工程状态下的稳定性。表 2 的分类便于正确抽象岩体力学模型、选择岩体力学试验方案和岩体力学分析方法。

(三) 岩体结构的地质力学分析

结构面地质特性和力学特性的研究是岩体结构研究中最基本的部分, 也是主导的部分。事实上, 岩体结构概念就是在对各类结构面生成、组合配套规律进行广泛深入的地质力学研究的基础上提出来的。也就是说, 地质体的生成、演化历史的地质力学分析, 在整个岩体工程地质力学研究中起着本质的、决定性的作用。

在多年的实践和研究中, 我们研究总结了各类地质体中构造形迹的发育组合规律, 建

立了由确定构造线—鉴定构造形迹序次和等级—建立构造形变场(构造应力场)—各类结构面组合配套关系和组合规律—未揭露结构面的预测的系统理论和工作方法。同时,也对不同成因类型结构面的地质特征进行了广泛的研究,并根据结构面的规律及其对岩体稳定性所起的作用进行了分级。近几年来叠加断裂作用的研究也为岩体稳定性评价提供了理论根据。

(四) 岩体结构力学效应

谷德振教授生前多次指出过,岩体是在建造和改造的地质过程中形成的,特别是在改造过程中经受过变形和破坏,形成了与其它物体不同的结构。工程地质力学就是研究遭受过变形和破坏的地质体在工程作用下再变形和再破坏的规律的科学。这充分地揭示了岩体结构对岩体的再变形和再破坏的控制作用(这种控制作用我们称之为岩体结构力学效应),并建立了以下规律性的概念。

1. 岩体变形

环境应力改变时,岩体可以发生结构体和结构面体积增减、形状改变和结构体沿结构面滑移,板状结构体弯曲等变形或综合变形。也就是说,岩体变形 u 由材料变形 u_m 和结构变形 u_s 两项组成,即

$$u = u_m + u_s. \quad (1)$$

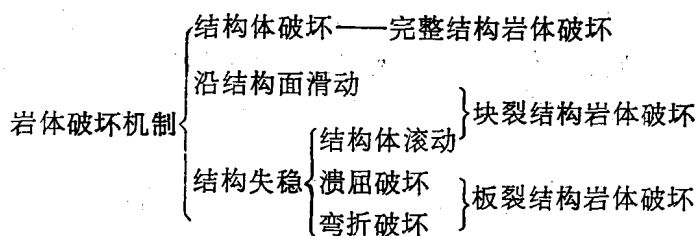
材料变形包括结构体变形 u_b 和结构面变形 u_j ,结构变形包括结构滑移变形 u_{sj} 、结构体转动(滚动)变形 u_{tr} 及板状结构体弯曲变形 u_c 。因此式(1)为

$$u = u_b + u_j + u_{sj} + u_{tr} + u_c.$$

每项结构因素变形都具有不同的机制和力学法则。

2. 岩体破坏

环境应力作用下,岩体变形达到一定界限时,岩体的原结构将发生改变,转变为新的结构,以满足新的应力平衡状态。这种结构转变或改组定义为岩体破坏。根据这一定义,综合岩体破坏现象,各类结构岩体的破坏机制及破坏判据可以概括如下:



3. 岩体力学性质

岩体结构同样对岩体的力学性质起控制作用,它表现在许多方面,可归纳为三个法则:

- 1) 爬坡角效应法则;

- 这三个法则概括了岩体结构对岩体力学性质影响的主要方面。

(五) 工程地质力学分析原理

- 1) 块裂介质——块裂介质岩体力学;
- 2) 板裂介质——板裂介质岩体力学;
- 3) 碎裂介质——碎裂介质岩体力学;
- 4) 连续介质——连续介质岩体力学。

力学介质和介质力学只是描述地质体力学作用的一般规律。在不同的工程结构和地质体边界控制下，还将构成不同的岩体力学模型(图1)。同一种介质岩体对同一种地质工程结构还可形成多种力学模型。如板裂介质边坡，由于边坡地质结构不同，又可形成溃屈破坏(顺层边坡)，倾倒破坏(反倾向边坡)以及顺层滑动等。工程地质力学的分析方法绝不能机械地照搬、硬套。

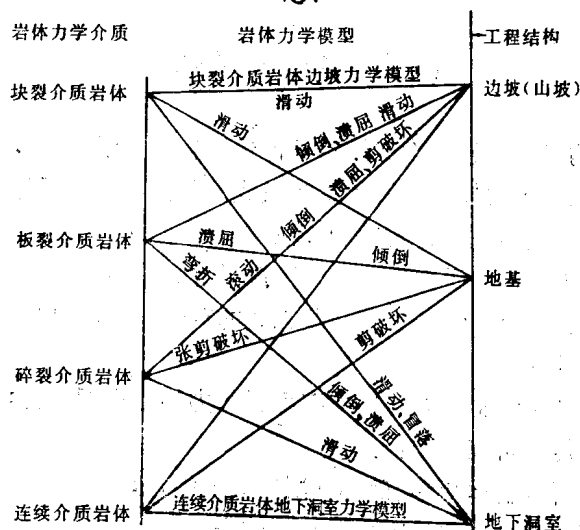


图 1 岩体力学模型形成条件

三、技术和方法上的成就

科学和技术具有极其紧密的相互关系,没有科学的理论依据,技术就不能得到高水平的发展。同样,没有先进的技术武装,在理论研究上要获得突破性进展也是困难的。在已故谷德振教授领导下,在建立和发展工程地质力学理论的同时,也非常重视技术方法的研究,逐步形成了一套具有现代水平的技术和方法。如:

- 1) 地质结构探测技术系统;
- 2) 地应力测量技术系统;
- 3) 岩体力学性质测试系统;
- 4) 微结构及软岩实验技术系统;
- 5) 声波测量技术系统;
- 6) 钻孔测量技术系统;
- 7) 变形测量及位移反分析技术系统;
- 8) 地质力学模拟实验技术系统;
- 9) 光测应力技术系统;
- 10) 微型计算机技术系统。

虽然这些技术系统在技术装备、技术水平和经验方面均有所不同,但在不同程度上都开展了一些工作。

(一) 岩体稳定的图解分析方法

早在六十年代初,孙玉科等同志首先将赤平极射投影方法引入到工程地质力学研究中来,并进一步建立实体比例投影方法。二者结合起来,形成了块裂介质岩体稳定的定性和定量图解分析方法。这一方法已在全国工程地质和岩体力学界得到了广泛的应用。

(二) 岩体力学测试

岩体力学参数的测试是岩体稳定性定量评价和岩体力学分析的关键。因此,岩体力学测试方法是工程地质力学技术方法的重要组成部分。我们已经建立了完整的、野外和实验室岩体力学参数(包括地应力)测试的设备和技术系统,并进行了野外和实验室的测试研究,在工程建设和工程地质力学发展中发挥了重要的作用。

在岩体力学测试中,我们强调了必须做正确的实验设计,并提出了岩体力学工作程序和试验工作的四条准则:

- 1) 一般的岩体力学试验原理与模拟实际岩体力学作用相结合;
- 2) 力学试验与地质研究相结合;
- 3) 数值资料分析与岩体变形、破坏机制研究相结合;
- 4) 典型地段原位试验与采样室内试验相结合。

上述准则中最重要的是典型地质单元的岩体力学试验必须与岩体的地质条件分析相

结合,必须根据岩体结构力学效应和地应力等进行综合研究,综合分析。

(三) 工程岩体变形原位观测及位移反分析

实际岩体是非常复杂的,人们不可能非常精细地测定其各个微小部分的力学参数,即使采用综合分析方法也难以反映岩体综合特性,所给出的结果也常常与实际有很大出入。因此,近年来又发展了一种新的岩体力学分析方法——位移反分析法。这种方法是在岩体工程变形实际监测的基础上发展起来的。通过工程岩体的实际变形位移反推岩体的力学参数,可以从宏观上给出表征岩体特性的力学指标,这方法具有极大的实用价值。我们是从1979年开始这方面研究工作的,目前已拥有一批程序,并进行了多点位移计和倾斜仪等变形观测仪器的应用和研制。

(四) 有限元分析及图谱

我们是国内开展岩体工程有限元分析研究较早的单位之一,从七十年代以来,我们不仅开展了平面课题研究,而且开展了三维分析工作。为了便于现场工作人员使用,近年来又开展了典型地下洞室的有限元分析,积累了一套典型洞形的有限元图谱。

(五) 微型计算机的应用

微型计算机出现以后,我们及时将这一技术引入到工程地质力学研究中来,已在数据库、专家系统、智能系统方面初步做了一些工作。计算机技术的引进必将大大地提高我们综合分析的能力,使工程地质力学研究水平向前跨进了一步。

以上技术的应用和发展在工程地质力学发展上起了重大作用。但其中每项技术方法都不是唯一的,都不可能单独地完满解决复杂的工程地质力学问题,而必须始终以地质研究为基础,不能脱离也不能代替深入实际的地质研究。应该说,这也是工程地质力学的一个基本观点。

四、展 望

中国科学院地质研究所工程地质研究室在全国兄弟单位协助下,在工程地质力学的创立和发展中取得了一些成绩。同时我们也看到,在工程地质力学的理论 and 应用方面还存在许多问题,必须组织更多的力量加速进行研究。经同行专家评议,中国科学院于1985年7月批准,我所工程地质研究室以“工程地质力学开放研究实验室”的建制对国内外同行科技人员开放,欢迎并组织国内外专家前来进行工程地质力学的研究工作。这一体制的改变标志着工程地质力学的发展进入了一个新阶段。这样,工程地质力学的发展就将由“工程地质力学开放研究实验室”的研究方向来体现和具体化。因此这里就以1985年9月25日工程地质力学开放研究实验室学术委员会通过的“1985—1986年工程地质开放研究实验室课题基金指南”作为对工程地质力学今后发展和研究方向的基本指针,希

望同行们共同努力,使这一学科在理论上和实践中有新的突破,同时也作为本文的结束语。

1. 方 向

以地质为基础,以力学为手段。以结构控制论为指导,研究资源、能源开发、城乡、国防及交通等工程建设中出现的问题,如:

- 1) 区域工程地质环境演化预测;
- 2) 重大工程建设地区地壳稳定性评价;
- 3) 各类地质工程(地基、边坡、地下洞室)稳定性预报;
- 4) 人类活动引起的和对人类活动有威胁的地质灾害和灾害地质防治等急待解决的理论问题。

2. 主要研究内容

为了成功地定量地解决上述国民经济建设中出现的工程地质问题,必须开展如下一些工程地质力学课题研究:

- 1) 地质建造的形成、演化及其工程地质力学特性,特别是易变和软弱岩组的特性;
- 2) 构造体系的形成、演化及其工程地质力学特性,特别是断裂构造形成机制和演化规律;
- 3) 新构造和活动构造规律、特征标志、鉴别方法,以及年代学研究;
- 4) 地应力场形成机制及规律、地应力测量原理及方法;
- 5) 岩体水力学研究,包括地下水埋藏条件、运动规律、水力作用及冲刷特性等;
- 6) 岩体及土体结构规律、划分依据及定量标志;
- 7) 岩体质量评价原理及定量分析方法;
- 8) 岩体和土体变形及本构规律;
- 9) 岩体和土体破坏机制及破坏判据;
- 10) 岩体和土体改造原理及技术;
- 11) 地质体力学模型及力学分析原理、方法;
- 12) 人类活动与环境地质体相互作用规律;
- 13) 地壳稳定性评价原理及方法;
- 14) 工程地质信息分析、处理及数值模拟技术;
- 15) 工程地质预测、预报、评价的数学方法。

3. 近 期 选 题

为了有效的发展工程地质力学理论和更好地为国民经济建设服务,在近五年内拟按下列四项原则选题:

- 1) 工程地质力学前沿课题;
- 2) 目前生产实践中遇到的难题;
- 3) 今后5—10年将出现远景课题;
- 4) 工程地质力学基础理论研究。

4. 1985—1986年选题指南

(1) 基础和理论方面

- 1) 断裂构造规律研究;
- 2) 软岩及特殊土的工程地质力学性能;
- 3) 岩体及土体结构定量划分方法及岩体质量评价原理和方法;
- 4) 岩体及土体结构的力学效应,特别是尺寸效应;
- 5) 岩体及土体变形本构规律;
- 6) 断续结构、碎裂结构及板裂结构岩体力学研究;
- 7) 概率分析及模糊数学分析在工程地质力学研究中的应用。

(2) 应用研究中的基础性课题

- 1) 矿山中与工程地质有关的灾害事故预报和预防的理论基础;
- 2) 复杂地质条件下水利电力建设中的地质工程稳定性预报及灾害防治的原理和技术;
- 3) 山区、沿海及浅海地区城乡建设及石油开发工程地质环境演化预测及防治原理和方法;
- 4) 核电站建设中工程地质力学问题的研究;
- 5) 隧道快速施工地质超前预报及灾害超前预防原理和技术。

(3) 技术和方法研究

- 1) 小构造探测技术和方法;
- 2) 工程地质力学试验,实验及观测技术和方法;
- 3) 地质灾害防治和岩体、土体改造技术和方法;
- 4) 环境监测技术和方法;
- 5) 信息处理技术和方法。