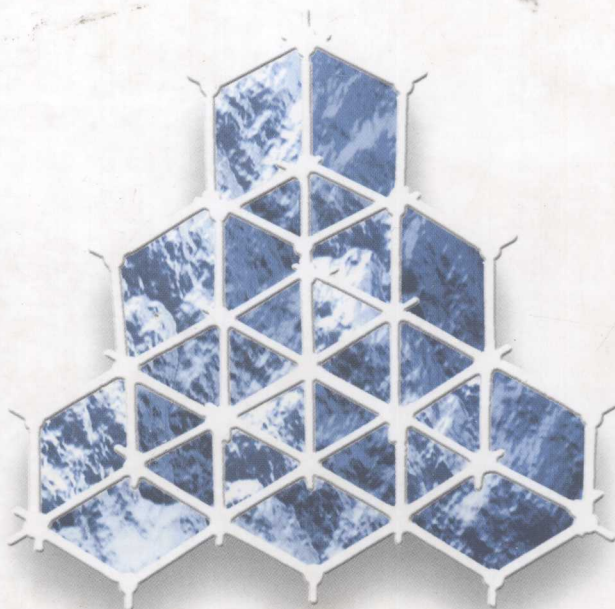




中国岩石力学与工程 世纪成就

王思敬 主编
杨志法 傅冰骏 副主编



河海大学出版社

中国岩石力学与工程

—— 世纪成就

王思敬 主 编

杨志法 傅冰骏 副主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

河海大学出版社

2004

图书在版编目(CIP)数据

中国岩石力学与工程:世纪成就/王思敬主编. —南京:
河海大学出版社, 2004. 9

ISBN 7-5630-2027-6

I. 中... II. 王... III. ① 岩石力学-研究-中国
② 岩土工程-研究-中国 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 095330 号

书 名 / 中国岩石力学与工程——世纪成就

书 号 / ISBN 7-5630-2027-6/TV·237

责任编辑 / 查一民

责任校对 / 朱 庆等

封面设计 / 童哲明

出 版 / 河海大学出版社

地 址 / 南京西康路 1 号(邮编:210098)

电 话 / (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)

经 销 / 江苏省新华书店

印 刷 / 南京工大印务有限公司

开 本 / 890 毫米×1240 毫米 1/16 61.25 印张 1770 千字

版 次 / 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 200.00 元(精装)

中国岩石力学与工程 ——世纪成就

编委会

主 编：王思敬

副主编：杨志法 傅冰骏

编 委：常务理事(按姓氏笔画排列)

马 瑾	王建宇	王新友	方祖烈	朱维申
朱德仁	朱 彪	宋振骥	李永盛	李长进
陈祖煜	陆培炎	张铁岗	周维垣	哈秋舫
徐文耀	徐林生	夏可风	段庆芳	黄鼎成
崔政权	梁炯璠	殷有泉	矫 勇	葛修润
程良奎	谢和平	蔡美峰	薛继连	

名誉主编：潘家铮

名誉编委：名誉理事(按姓氏笔画排列)

于学馥	王新杰	牛锡倬	孙 钧	宋永津
张 清	徐小荷	秦淞君	谢量瀛	

中国岩石力学与工程学会责任编辑：

杜荣云 宋玉环

序

我高兴地看到《中国岩石力学与工程》专著即将问世,并乐于为它撰序。

这部专著载录着我国自二十世纪五十年代以来的岩石力学与工程学科的代表性成果,它反映了这门学科在我国成长和进步。

我国古代有许多土木工程和矿业工程同岩石力学有着密切的联系,如举世闻名的万里长城显示了古人在岩石工程建设中的聪明才智。

国际上现代岩石力学学科从二次世界大战后就发展起来,到1962年成立了国际岩石力学学会,标志着岩石力学成长为世界性的科学分支。

我国岩石力学与工程的理论研究和工程实践从二十世纪五十年代就开始了,到六十年代已具有相当的规模。三峡水利枢纽工程从那时起就成为全国岩石力学研究的基地。到七十至八十年代,岩石力学工作在全国得到普及,金川矿山、葛洲坝工程、成昆铁路及一批大型国防地下洞室等重点工程的建设对我国岩石力学学科的发展起了重要的推动作用。在陈宗基、谷德振等老一辈科学家的带领下,我国岩石力学界于1979年被国际岩石力学学会接纳为理事会成员国国家小组,后来到了1985年建立了作为中国科协一级学会的中国岩石力学与工程学会。

从九十年代到现在,我国岩石工程建设的规模和难度均大幅度提高,许多工程举世瞩目。岩石力学理论和工程研究得到了国家科技领导部门的重视和支持。通过几个五年计划的攻关计划的实施和国家基金的资助,我国岩石力学与工程学科各领域的理论研究和工程实践得到较大的发展,年轻人才脱颖而出,科研水平和工程技术能力得到大幅度的提高,在岩体力学表征原理、岩体力学理论模型和分析方法,以及测试技术等方面有效地支持了高坝、高陡边坡、大型地下工程和深部资源开发等工程的规划、设计和建设。

进入二十一世纪后,我国国民经济建设迎来新的机遇期,在振兴中华和科学协调发展战略的旗帜下,工程建设的规模、速度和质量要求皆空前提高。世界上有些具最高规格的工程将在我国国土上落成。在此期间,工程建设将向西部进军,会遇到更多的复杂的地质和岩石工程问题,岩石力学界面临着严峻的挑战。

我们需要的是创新的精神和坚持不懈的努力。我深信我国年青一代岩石力学与工程工作者将发奋图强,“青出于蓝而胜于蓝”,在振兴中华的宏伟建设中,把我国岩石力学与工程的理论研究和工程实践提高到新的水平,并对世界岩石力学与工程学科的发展做出新的贡献。

潘家铮

潘家铮

中国科学院院士

中国工程院院士

2004年6月

目 录

序	潘家铮(1)
---------	--------

绪论	王思敬 杨志法 傅冰骏(1)
----------	----------------

第一篇 岩石力学基础与理论研究

1 岩石工程地质力学原理	王思敬(11)
2 岩体结构力学	孙广忠(49)
3 岩体的基本力学性质	董学晟 郭爱清(70)
4 统计岩体力学基本理论	伍法权 王思敬 潘别桐(101)
5 岩石流变力学	孙 钧 王贵君(123)
6 岩石的剪切断裂和发生不同断裂模式的条件	孙宗颀(147)
7 卸荷岩体力学	哈秋龄(163)
8 岩石力学与工程研究中的非线性问题	秦四清(175)
9 岩石力学的分形研究	谢和平(205)
10 岩土塑性力学的新进展	郑颖人(227)
11 岩石强度理论和岩土结构强度理论	俞茂宏 咎目稳 范 文(247)
12 断续结构岩体流变力学分析	徐卫亚 杨松林(262)
13 岩石水力学的理论及应用	张有天(278)
14 强动载作用下的岩石动力学	钱七虎 戚承志 王明洋(304)
15 岩石的破裂、失稳及岩爆	唐春安(324)
16 软岩工程力学理论与实践	何满潮(338)

第二篇 岩石力学与工程的研究方法——原理与技术

17 岩石力学的解析与数值模拟	周维垣 杨若琼 杨 强 刘耀儒(357)
18 损伤理论在岩体工程中的研究现状与岩石损伤 CT 实时检测技术	葛修润 任建喜(387)
19 地质力学模型试验技术及其工程应用	顾金才 沈 俊 陈安敏(403)
20 工程岩体质量评价与岩体力学参数	柳赋铮 蔡 斌(413)
21 岩石力学性质的室内试验	夏熙伦 韩 军(434)

- 22 岩体力学性质的现场试验 李 迪 周火明 聂运钧(459)
- 23 地应力及原位地应力测量 蔡美峰(485)
- 24 岩石工程位移反分析原理和方法
..... 杨志法 王思敬 杨林德 王芝银 张路青(516)
- 25 岩石力学的智能分析方法 冯夏庭(529)
- 26 岩石力学实验中的声发射观测技术 刘力强 马 瑾(544)
- 27 高压水射流破岩及应用技术 沈忠厚 王瑞和(553)

第三篇 岩石力学的工程应用研究

- 28 石油工程的岩石力学研究
..... 陈 勉 张广清 李传华 李 军 耿宇迪(567)
- 29 长大隧道掘进机的应用及其主要岩石力学问题的处理
..... 张镜剑 李典璜 薛继洪 傅冰骏(582)
- 30 岩体工程锚喷支护原理与技术 梁炯鋈 潘秀明(598)
- 31 岩土锚固 程良奎 韩 军(604)
- 32 公路隧道建设中的岩土力学问题与研究 蒋树屏(619)
- 33 边坡稳定的二、三维极限分析方法和工程应用 陈祖煜 弥宏亮(648)
- 34 水利水电大型地下工程稳定性研究与工程实践
..... 傅冰骏 张镜剑 耿克勤(678)
- 35 铁路隧道工程和地铁隧道工程 王建宇(698)
- 36 地下工程复合支护的研究 杨林德 朱合华 丁文其(710)
- 37 干旱环境下土遗址防风化加固室内实验研究
..... 王旭东 李最雄 韩文峰 郭青林(725)
- 38 岩体动态施工过程力学和开挖方案优化 朱维申 李术才(737)
- 39 复杂地质条件下的矿山巷道支护理论与技术 康红普(756)
- 40 岩溶地区盲谷水库的防渗技术 张邦仞 刘传文 夏可风(773)
- 41 坠溃及其堆积“坠覆体”——岸坡的变形、失稳形式之一 崔政权(790)

第四篇 岩石力学工程实例

- 42 三峡双线五级船闸岩石力学问题研究及施工实践 ... 张超然 戴会超(799)
- 43 二滩水电站建设及若干重大岩石力学问题的进展 白世伟(815)
- 44 黄河小浪底水利枢纽岩石力学研究和工程实践
..... 林秀山 刘宗仁 郑谅臣(829)
- 45 三维地质力学模型试验新技术及其在溪洛渡地下厂房洞群研究

	中的应用	李仲奎(861)
46	十三陵抽水蓄能电站场区复成分砾岩物理力学试验和监测研究	齐俊修(878)
47	天荒坪抽水蓄能电站地下工程及有关的岩石力学问题	肖贡元(899)
48	三峡链子崖危岩体稳定性分析及锚固工程优化设计	殷跃平 张 颖(907)
49	金川矿山岩石力学研究的发展与成就	田永绥 刘同有(917)
50	科技创新与大瑶山隧道的修建	王梦恕 王福柱 徐济川 黄少霞(942)
	展望	王思敬 杨志法 傅冰骏(962)

绪 论

一、中国岩石力学与岩石工程的发展历程

岩石力学是运用力学原理和方法来研究岩石的力学性能以及与力学有关现象的一门新兴科学。它既是力学的一门应用性分支,又是力学和地质学相结合的一个基础学科。它不仅与国家基础设施的工程建设有密切联系,而且也是资源开发、环境保护、减灾防灾等事业的支柱,具有重要的实用价值。

人类把最简单的岩石力学知识用于生产、生活,可以追溯久远。早在远古时代,我们的祖先就在洞穴中繁衍生息,并利用岩石做工具和武器,出现过“石器时代”。公元前 2700 年左右,古代埃及的劳动人民修建了金字塔。公元前 6 世纪,巴比伦人在山区修建了“空中花园”。公元前 613~前 591 年我国人民在安徽淝河上修建了历史上第一座拦河坝,公元前 256~前 251 年,在四川岷江修建了都江堰水利工程。公元前 219 年在广西开凿了沟通长江和珠江水系的灵渠,筑有砌石分水堰。公元前 221~前 206 年在北部山区修建了万里长城。最近发现若干大跨度人工岩石洞室和洞室群,最早可追溯到约二千年前的西汉时代。至于我国的古代地下矿山更是遍布各地。到 20 世纪初,我国杰出的工程师詹天佑先生主持建成了北京-张家口铁路八达岭隧道。

在修建这些工程的过程中,不可避免地要运用一些岩石力学方面的基本知识,但是,作为一门学科,岩石力学研究是从 20 世纪 50 年代前后才开始的。当时世界各国正处于二战后的经济恢复时期,大规模的基本建设,有力地促进了岩石力学的研究与实践。1951 年在奥地利萨尔茨堡(Salzburg)由 Leopold Müller 教授发起成立了 Salzburg Geomechanik Kolloquium。1962 年,以此

本章作者

王思敬:中国科学院地质与地球物理研究所研究员,中国工程院院士

杨志法:中国科学院地质与地球物理研究所研究员

傅冰骏:中国科学院地质与地球物理研究所研究员

为基础建立了国际岩石力学学会(International Society for Rock Mechanics, ISRM)。迄今为止,这个学会已召开了 10 次国际岩石力学大会和多次区域性专业学术会议,形成了国际岩石力学学界。

解放前,连年战乱,民不聊生,我国工程建设规模极为有限,岩石力学研究基本上属于空白。中华人民共和国成立以后,随着水利、水电、采矿、交通、建筑、冶金、国防等建设工程的发展,提出了大量急待解决的岩石力学问题,从而使这门学科逐步发展壮大起来。上世纪 50 年代初,一些单位就建立了岩石力学实验室,初步开展了若干研究工作。

系统地、全面地对岩石力学进行研究,是从 1958 年开始的。当时,为适应长江三峡水利枢纽建设的需要,在国家科委领导下成立了三峡岩基研究组,以长江流域规划办公室及中国科学院为主体,在陈宗基教授指导下,集中了全国水利、水电、建工、矿冶、高等院校等 18 个单位 100 余名科技人员,下设大坝地基、地下结构、岩质边坡、动力特性、灌浆加固等 5 个专业组,在室内外开展了大量试验研究工作,如:岩体流变试验、隧洞压水试验、地应力测试、振动爆破试验等。根据科研工作的需要,还研制成功一批仪器设备,如岩石三轴仪(垂直荷载 5 000 kN,围压 150 MPa,试件直径 9 cm,高度 20 cm)、大型电磁振动台、岩石扭转流变仪、液压钢枕等。三峡岩基组的工作,为我国岩石力学的发展奠定了基础。

文化大革命期间,同全国的情况一样,我国的岩石力学事业遭到严重的干扰。尽管如此,我国的科技人员仍然发挥自强不息的爱国主义精神,在若干重点水电工程(如葛洲坝、刘家峡)、矿山(如金川镍矿)、铁路工程(如成昆线)及国防工程建设中,做出了突出的贡献,其中针对葛洲坝水利枢纽进行的岩石力学研究最有代表性。

葛洲坝工程是我国于 20 世纪 70 年代在长江干流上自行设计、自行施工的第一座巨型水利枢纽,当时有“万里长江第一坝”之称。主要的工程地质问题是坝基中广泛分布有原生或构造软弱夹层,总计约 80 余层。在陈宗基、谷德振等先生指导下,来自水利电力部、中国科学院等单位的科技人员对此进行系统深入的研究。为全面探索夹层的矿物、物理、力学、化学性质,除进行一系列宏观、微观分析外,着重进行了室内和野外抗剪、蠕变、松弛、振动爆破及抗力岩体试验。在抗剪试验中,考虑到浸水、振动、长期渗透、反复荷载等因素对强度参数的影响,野外抗剪试验采用的试件尺寸为 50 cm×60 cm,持续时间长达 3 个月。抗力岩体试验尺寸分别为 11.65 m×1.70 m×2.30 m 及 9.54 m×1.70 m×2.30 m(长×宽×高),规模之大,在国内外均属罕见。根据大量试验研究结果,运用流变力学原理,解决了软弱夹层及非连续、多层岩体结构的力学问题,并提出了有关的数学、力学模型及计算方法,为大坝设计和施工提供了重要依据。通过兴建葛洲坝,不但有力地促进了我国坝工技术的全面发展,而且在岩石力学研究上取得了重要的发展。

后来在金川镍矿、二滩水电站进行的工程地质力学和岩石力学研究,也在我国岩石力学与工程学科发展和实际应用中起到重要的奠基和推动作用。

我国实行改革开放政策以来,岩石力学得到突飞猛进的发展。1978 年 12 月 26 日,中国科学院、外交部联合向国务院呈送了“关于拟申请参加国际岩石力学学会和出席该学会第四届大会的请求”报告[(78)科发外字第 2041 号],同年 12 月 31 日获得国务院方毅副总理等的批准。紧接着,我国即正式成立了国际岩石力学学会中国小组(National Group China, ISRM),并以团体会员身份加入国际岩石力学学会。1979 年 9 月以陈宗基先生为团长、谷德振先生为副团长的中国 10 人代表团参加了在瑞士 Montreux 召开的第 4 届国际岩石力学大会。陈宗基先生分别在国际岩石力学学会理事会及学术大会上做了介绍中国岩石力学学科发展的报告,在国际上产生了广泛的影响。

此后,在陈宗基先生倡导下,1982 年成立了中国岩石力学与工程学会筹备委员会。经过三年多的不懈努力,1985 年成立了全国性一级学会:中国岩石力学与工程学会(对外为国际岩石力学学会中国国家小组)。在学会历届理事长陈宗基、潘家铮、孙钧、王思敬的努力推动下,学会工作得到

很大发展,会员从成立时的2 000余名发展到12 000余名,约为国际岩石力学学会会员总数的两倍。此外,在水利、水电、煤炭、铁道、建筑、冶金等部门也根据行业特点,建立了各自的岩石力学专业委员会,并对若干重大工程项目开展了广泛的科技咨询和技术支持。

这支队伍为解决国家重大工程项目,如三峡、葛洲坝、小浪底、二滩、南水北调等水利水电工程,大冶、攀枝花、金川等矿山工程,成昆、南昆、京九、青藏等铁路工程,抚顺、大同、两淮、兖州等煤矿工程,大庆、胜利、克拉玛依等石油工程,秦山、大亚湾、岭澳等核电工程,北京、上海、广州、深圳等地铁工程,以及成千上万个中、小型工程建设中所遇到的岩石力学难题,开展了大量的工作,取得了丰富的成果。

值得提出的是,自1981—1985年的第六个国民经济发展五年计划(“六五”)实施以来,我国充分发挥社会主义制度的优越性,对岩石力学中的一些前沿课题,在全国范围内组织力量进行科技攻关。

“六五”期间(1981~1985),涉及到岩石力学方面的国家科技攻关项目为:

- 地下工程快速施工,包括水电站大型地下洞室围岩稳定和支护的研究;地下洞室快速施工机械和施工技术的研究;应用隧道掘进机加速地下工程施工的研究

- 复杂地基的勘测与处理技术研究,包括复杂地基的工程地质研究与勘测技术;复杂地基的基础处理设计与施工技术研究

在1986~1990年的“七五”期间涉及到岩石力学与工程的课题有:

- 勘测新技术研究
- 岩体力学测试及高坝地基原位监测技术研究
- 高坝地基岩体稳定性评价及可利用岩体质量标准研究
- 高坝地基处理技术研究

为了论证三峡工程的技术可行性,在“七五”期间专门就三峡工程的岩石力学问题列项进行攻关,涉及的课题有:

- 坝区及外围地壳稳定性研究
- 坝区高边坡和坝基岩体工程问题研究
- 水库诱发地震研究
- 库岸稳定性研究
- 环境地质评价与预测
- 三峡工程高陡边坡开挖、加固技术研究

在1991~1995年的“八五”国家重点科技涉及岩石力学的课题主要集中在岩质高边坡和高拱坝问题,以及勘测关键技术:

- 高边坡稳定及处理技术研究
 - ◎ 岩质高边坡稳定分析方法及软件系统
 - ◎ 大型滑坡(包括位移边坡)调查总结及相应的数据库
 - ◎ 岩质高边坡失稳破坏规律及分析方法研究
 - ◎ 岩体结构特征及力学特征研究
 - ◎ 岩质高边坡稳定评价和分析设计的计算机软件综合系统
 - ◎ 岩质高边坡开挖及加固措施研究
 - ◎ 岩质高边坡开挖控制爆破及动力反应
 - ◎ 预应力锚固技术
 - ◎ 边坡施工合理顺序及综合加固处理的优化设计
 - ◎ 岩质高边坡勘测及监测技术方法研究

- ⊙ 摄影(像)图像分析技术在边坡岩体结构研究中的应用
- ⊙ 直接横波测井技术及其应用研究
- ⊙ 层析成像技术在边坡岩体勘测中的应用
- ⊙ 钻孔彩色电视孔壁成象系统及其应用研究
- ⊙ 钻孔多点渗压测量及压模系统
- ⊙ 近坝库段的安全监测技术研究
- ⊙ 边坡监测数据处理系统预报软件及应用研究
- 高拱坝坝体、库水和坝基相互作用动、静力分析研究
 - ⊙ 坝体渗流特性及基座稳定分析研究
 - ⊙ 安全监控标准及反馈分析理论
- 勘测关键技术及综合应用研究
 - ⊙ 原位保真取芯技术研究
 - ⊙ “3 000”系列测井仪的改造和原位密度的测试研究
 - ⊙ 岩体裂隙结构面的计算机处理系统
 - ⊙ 高分辨率地质勘探技术方法研究
 - ⊙ 岩溶勘测新技术
 - ⊙ 地应力测试新方法

为鼓励应用基础研究发展学科理论,国家自然科学基金委员会于 1989~1992 年将《岩土与土工建筑相互作用》列为重大项目,该项目中与岩石力学有关的有 3 项课题:

- 裂隙岩体力学特性与洞群施工力学研究
- 加固后裂隙岩体力学特性及建基面准则研究
- 裂隙岩体中水的运动与土工建筑物相互作用研究

在 1996~2000 年“九五”期间,国家科技攻关重点加强了勘探技术的发展,同时继续组织重大岩石工程的关键问题研究,并注意滑坡稳定性的研究。

- 快速勘探技术的综合应用
 - ⊙ 遥感技术及其应用研究
 - ⊙ 遥感与地理信息系统技术集成及应用研究
 - ⊙ 深挖高边坡快速地质编录成图技术开发与应用研究
 - ⊙ 地下洞室围岩地质编录成图技术开发与应用研究
 - ⊙ 综合物探技术研究及其应用
 - ⊙ 地震波 CT 技术及应用研究
 - ⊙ 钻孔彩色电视孔壁成像系统及应用研究
 - ⊙ 声波测井技术应用研究
 - ⊙ 高密度电法勘探研究
 - ⊙ 钻探新技术的开发及其应用
 - ⊙ 复杂地层安全快速钻进技术研究
 - ⊙ 钻孔岩芯定向技术研究
 - ⊙ 自振法抽水试验技术应用研究
 - ⊙ 工程地质综合分析技术的开发及其应用
 - ⊙ 工程地质综合分析系列软件研究
 - ⊙ 岩体物理力学特性及强度参数取值研究
 - ⊙ 软弱层力学特性参数研究

- 300 m 级高拱坝坝基稳定研究
- ◎ 高拱坝抗滑稳定安全系数及岩体力学参数研究
- ◎ 拱坝与地基整体失稳机理、分析方法及对策研究
- ◎ 考虑暴雨入渗等因素拱坝坝基滑动可靠度分析方法研究
- 超大型地下洞室群合理布置及围岩稳定研究
- ◎ 水库蓄水后地下洞室结构和围岩稳定与支护方式分析
- ◎ 地下洞室群合理施工顺序研究
- ◎ 地下洞室围岩稳定性研究
- 坝址及近岸坡体稳定性研究
- ◎ 溪洛渡近坝滑坡体的稳定性分析和治理检测方案
- ◎ 小湾坝前堆积体稳定与加固方案研究

上述一系列研究计划的实施取得了若干重要成果,有所创新,推进了岩石力学学科的发展。

经过半个世纪的不懈努力,我国已经积累了在复杂地质条件下修建多种岩石工程的丰富经验。但是从总体上看,与国际先进水平相比,我国尚有一定的差距,尤其在综合运用研究成果,并将成果转化为生产力方面,尚嫌不足。不少科研成果,未能广泛应用于工程实践,发挥更大的效益,也影响迅速走向世界。

1981 年 Leopold Müller 来我国访问期间曾多次指出,他看到中国岩石力学的发展很健康,发展道路是正确的。近年来,我国岩石力学界同行不但在国外积极参加学术活动,而且在国内也卓有成效地组织了许多次国际会议。以中国岩石力学与工程学会为例,自 1985 年成立以来,就主办过 12 次国际会议,如 1993 年举办了“三峡工程岩石力学与工程国际科学技术讨论会”。会后,当时的国际岩石力学学会主席 C. Fairhurst 教授在《国际岩石力学信息学报》第 1 卷第 4 期(1994)上,以大量篇幅进行了报导。在卷首语中,他指出:“在这个世界上迅速发展的国家——中国,岩石力学面临数不清的机遇和挑战。中国科学家和工程师的首创、献身精神令人敬佩。除了国际著名的三峡工程以外,中国还有其他一些在建或拟建的大工程。通过对这些重大工程的实践,中国会对岩石力学的发展做出重要贡献。”

此后,原国际岩石力学学会副主席,《国际岩石力学与矿业科学学报》主编 J. A. Hudson 教授(英国)于 2000 年与王思敬、杨志法合作,在该学报上组织出版了一期介绍中国岩石力学发展与成就的专刊(Special Issue: Rock Mechanics in China, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, Vol. 37, No. 3, 1000)。2001 年我国成功地举办了国际岩石力学学会 2001 年年会暨第 2 届亚洲岩石力学学术大会。由王思敬、傅冰骏、李仲奎主编,在 Balkema 出版了题为 Frontiers of Rock Mechanics and Sustainable Development in the 21 Century 的专刊。会后,国际岩石力学学会副主席 Chung-In Lee 教授、国际岩石力学学会秘书长 J. D. Rodrigues 博士、美国地下建筑协会主席 J. Reilly 教授等均致函会议主席王思敬院士,对会议的胜利召开以及成功的学术交流表示热烈的祝贺,对会议的盛情接待表示感激。上述种种事实均说明,岩石力学作为一门现代分支学科在我国已经建立起来,所取得的成就在国际上已引起高度重视。

二、基础理论研究进展

通过大量的工程实践,我国岩石力学学界充分认识到岩体和岩石在工程意义上的本质区别,并理解到工程岩体的复杂性,包括多元结构性,以及由此而形成的不均一性、不连续性和各向异性等。我国学者不仅深入地研究了岩石基质的力学特性,而且重点对现场工程岩体的力学行为进行了全面而系统的研究,从而对岩石力学的基本问题取得了若干的理论认识。

岩石和岩体的基本特性及其复杂性主要赋存于结构性之中。中国科学院地质研究所谷德振等开展了围绕岩体结构为中心的系统研究,创建了岩体工程地质力学理论。王思敬于1974年在《中国科学》撰文,探讨了岩体工程地质力学原理,指出它的主题是岩体结构在其力学特性和工程稳定性中的基础性和关键性作用。在对岩体的不均一和不连续结构进行了地质演化研究和地质力学分析,以及在对工程岩体变形、破坏机理研究的基础上,王思敬、孙玉科、李兴唐等论述了地下工程、边坡工程、大坝工程和区域地壳稳定性的工程地质力学分析。孙广忠研究了岩体结构的力学效应,提出了岩体介质的划分和岩体结构力学理论。所有这些,无疑为我国岩石力学研究和工程实践植入了强固的基石。

岩石和岩体的内在特性和力学行为的时效性是岩石力学研究和工程预测中的基本理论问题。中国科学院岩土力学研究所陈宗基等提出并率先开展了岩石流变学的研究。岩石力学的时效性,包括蠕变、应力松弛、长期强度等均获得深入的研究,尤其是软弱结构面的流变特性研究有重要的实用价值。在同济大学孙钧等推动下岩石流变学从试验工作、理论模型到分析原理皆得到系统的发展和突破。

我国学者在岩体力学本构关系和力学模型理论方面有很多的研究,如弹塑性、刚塑性、粘弹塑性模型,断裂蠕变、蠕变损伤等,葛修润、周维垣、朱维申等做出了若干卓有成效的研究。俞茂宏等在双剪强度理论、郑颖人等在岩土塑性力学方面均取得了创新性成果。在岩土特性及水电岩石工程稳定性理论上潘家铮做出了重要建树。在矿山岩石力学领域刘宝琛研究并发展了随机散粒介质力学模型和理论。

岩体受多组结构面切割,往往具有很强的不连续性,在变形、破坏过程中常表现为块体位移或运动。因此,块体力学一向受到重视,从单块体到多快体,从极限平衡到刚塑性等数值模型。石根华在中国已开始了此项研究,后来在美国得到进一步发展,包括关键块体、不连续变形分析(DDA)、流形法等,受到国际学人的重视。

岩体力学的统计模型、可靠度模型、人工智能模型,以及分形模型和非线性系统理论等研究受到广泛的重视,而系统工程和系统集成研究取得了重要的进展。

三、测试和试验方法及技术的研究进展

我国岩石力学的大规模现场试验工作是从70年代葛洲坝和三峡等工程开始的,后来到80年代初在二滩工程及金川镍矿等处也作了系统的试验研究工作。在大量工程中的试验工作为我国岩石力学的发展提供了坚实的基础。

实验室研究是岩石力学理论发展的基础性工作。由于陈宗基的倡导在中国科学院岩土力学研究所建设了岩石力学实验室,开展了岩石流变学及岩石基本特性的试验研究,之后葛修润研究了岩石脆性破裂和损伤问题。长江水利委员会的长江科学院董学晟等则开展了不同应力条件下的岩石力学试验,取得了新的进展。孙钧等在同济大学对岩石流变和岩石力学做出了卓有成效的实验研究。我国地应力研究颇具特色,不仅发展了各类测试技术,而且在地应力的地质力学分析和三维反演等方面也卓有成效。

岩石力学的物理模拟试验在我国得到广泛的应用。清华大学周维垣等开展了大坝地质力学模型研究,中国水利水电科学研究院陈祖煜开展了岩石工程的离心机模拟试验,清华大学李仲奎完成了大型地下厂房岩石开挖的地质力学模拟试验等,得到重要的理论认识和工程应用。在中国矿业大学、煤炭科学研究院、北京科技大学等一批科研院所也广泛地开展了岩石力学的试验和模拟研究,既充实了岩石力学理论,又解决了许多工程难题。

四、岩石力学的工程实践和成就

大规模工程实践可以说是岩石力学之源。我国岩石力学工作是在从三峡、葛洲坝、二滩、龙羊峡、乌江渡、天生桥等水电水利工程,成昆、宝成、京广等铁道工程和国防地下工程,以及抚顺、大同、徐淮、金川矿山等一大批项目建设中发展起来的。

工程的难题促进了科研工作,例如,通过葛洲坝坝基的工作,软弱泥化夹层成因及力学性能得以深入研究;通过金川矿山、二滩工程等研究,发展了地应力量测技术和地应力反演分析方法;通过大量工程的工作,发展了岩体质量评价方法及岩体分类系统,并制订了国家标准;发展了岩体监测技术及反分析原理,如杨志法等研究的位移反分析方法得到工程的实际应用;信息化岩石工程施工原理和技术在三峡等许多重大工程得以实施。

一批地质条件复杂、规模巨大的工程和矿山的实际问题在岩石力学原理的指导下和岩石力学方法和技术的支持下得以解决,如三峡工程永久船闸高陡边坡的锚固和排水系统的设置及变形的控制,天生桥、李家峡、隔河岩等高边坡的加固,二滩工程在高地应力条件下的大跨度地下洞室群的建设,二滩工程高拱坝坝基建基面的优化,金川高地应力条件下的无矿柱充填法深部采矿,以及秦岭等深埋长隧道的建设等等。

五、本书的构成及要点

为了表征我国岩石力学与工程的世纪成就,本书主编邀请了近五十位知名的岩石力学专家,请他们组织有关专家撰写专题,论述专题涉及领域中的世纪成就,并请他们尽可能介绍全面的进展概况。在他们的组织下,约有一百多位专家参加了本书的撰写工作。尽管如此,一些专题仍不可能包括有关领域的全部工作和成就,因为许多岩石力学的重要问题曾经是全国很多单位和专家长期以来合作或平行完成的。但是,这样组织撰写出来的专著仍具有相当的代表性,且可操作性亦较强。

对最终完稿的 50 项专题进行分类后归纳为 4 篇,包括岩石力学与工程的基础理论、分析和工作方法、技术工程应用原理及工程实例等方面,以期反映我国岩石力学与工程学科在上世纪所取得的主要进展和成就。

应该指出,上世纪末及本世纪初,在西部开发和振兴中华的战略指引下基础工程建设、资源开发项目和规模剧增,岩石力学与工程的理论研究和工程实践得以前所未有的蓬勃发展,出现许多学术上创新研究成果和突破性进展,学科领域有所扩展,研究工作进一步深入,研究水平有很大提高。然而,这些成就未能纳入本专著中,本书主编的希望是在不久的将来,再出版一部岩石力学与工程的世纪前沿,以推进我国岩石力学与工程学科的更大发展和进步。

参 考 文 献

- [1] Jun Sun & Sijing Wang. Rock mechanics and rock engineering in China: developments and current state-of-the-art, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sci., 2000: 37, 447~465.

第一篇

岩石力学基础 与理论研究