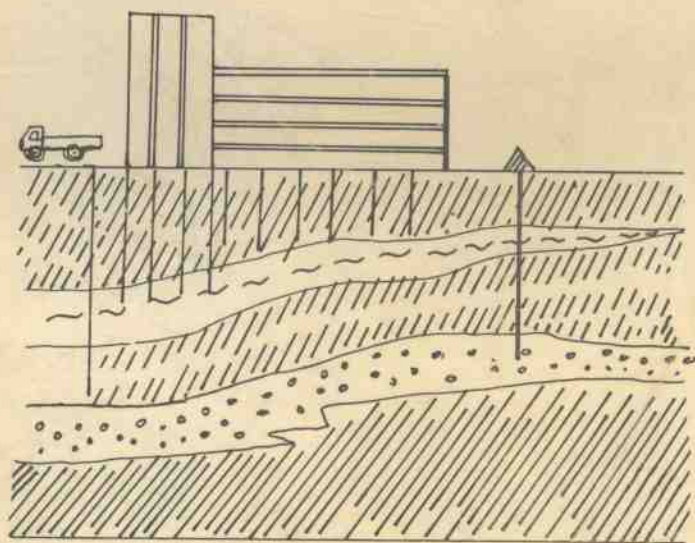


工程地质 及环境地质 论文选集

主编：陈德基 副主编：范士凯 任自民 刘世凯 苏景中



中国地质大学出版社

工程地质及环境地质论文选集

主 编 陈德基
副主编 范士凯 任自民
刘世凯 苏景中

中国地质大学出版社

· (鄂) 新登字第 12 号 ·

内 容 简 介

本论文选集共精选论文 59 篇,主要内容分四部分:工程地质及岩土工程;灾害地质及环境地质;岩溶及水文地质;新技术应用及其他。该选集内容广泛,实用性强,反映了 80 年代以来工程地质、环境地质、水文地质、岩土工程等方面的新理论、新技术的新进展。可供水利水电、工业与民用建筑、能源、交通等部门从事工程地质、水文地质、岩土工程等方面的工程技术人员及管理人员和大专院校师生参考。

© 工程地质及环境地质论文选集

主 编 陈德基

副主编 范士凯 任自民

刘世凯 苏景中

出版发行 中国地质大学出版社 (武汉市·喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 张晓红 贾晓青 责任校对 熊华珍

开本 787×1092 1/16 印张 23.875 插页 1 字数 610 千字
1993 年 10 月第 1 版 1993 年 10 月第 1 次印刷 印数 1—1000 册

ISBN 7-5625-0867-4/P·297 定价: 18.00 元

编辑委员会：
(按姓氏笔划)

丁 琪
由宝纯
陈光钧
周炳源
敖水生

于 珉
叶德华
邸作述
侯石涛
戴诗森

王宝文
孙连发
范士凯
杨先坤
蔡耀军

刘广润
任自民
苏景中
林振添

刘世凯
陈德基
吴鳌渊
郝用威

序

以武汉地区为主的专家学者们撰写的《工程地质及环境地质论文选集》，是一本具有区域代表性的当代工程地质、环境地质论文精选。由于作者们的经验和所论课题内容，不仅限于长江流域，故其学术价值具有普遍意义。

长江流域一向是我国经济比较发达的地区之一，在全国经济开发规划中沿江与沿海地区共同组成T字形骨干网络。随着全江流域，特别是干流沿岸地区的水电、矿山、城市、交通等工程建设事业的蓬勃发展，有关的工程地质、环境地质及水文地质工作也取得了长足的进步。武汉地区是我国工程地质、环境地质科技力量聚集的中心之一，更是从事长江流域工程地质、环境地质工作的科技队伍的主要基地，故以武汉地区的专家学者的文章为主，形成的这本论文选集，可以反映长江流域工程地质、环境地质及水文地质科学应用及发展的基本面貌和最新水平。

工程地质与环境地质关系密切，同属应用地质科学范畴，都因工程经济建设的需要而兴起，又随工程建设的发展而提高。两者都是研究工程建设活动与地质环境条件之间的相互关系的，而其侧重点或出发点不同。工程地质的着眼点或主要目标在于如何最好地利用或改造地质环境条件，为工程建设服务，以谋求最大的工程经济效益；环境地质的着眼点或主要目标在于如何最好地控制或调整工程经济活动，去适应地质环境条件，以谋求保护地质环境，实现最大的社会环境安全效益、经济效益与环境效益的统一，是工程地质与环境地质工作的共同目标。

地质灾害的防治研究是环境地质工作的一个重要组成部分，也是最能体现其实际效果的一个专门领域。有人强调其独立发展价值，称之为灾害地质，也是合乎逻辑的。

环境地质问题可再区分为环境工程地质问题和环境水文地质问题。不过很多所谓环境水文地质问题，其本身的作用性质虽然属于水文地质范畴，但其成因亦常起源于相应的工程经济活动，从较高的层次来讲，无异于环境工程地质问题。故涉及环境问题时，水文地质与工程地质密不可分。

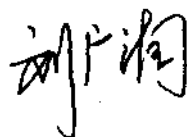
本论文选集将工程地质、环境地质及有关的水文地质论文汇编在一起就是出于上述这种亲密的学科缘份。

论文选集中共编入论文 59 篇，涉及的面比较广，有区域性或特殊性的岩土体工程地质特征及有关的工程地质问题研究成果；水电、铁路、港口及城市建设等的工程地质勘察经验总结；不同类型的环境地质问题专门论述和区域性地质灾害的防治对策；滑坡、危岩及岩溶塌陷的变形破坏机制分析和斜坡稳定性预测；区域地貌演变原因追溯以及地震小区划研究；等等，内容十分丰富。更主要的还在于论文选集中不少文章所具有的较高的科学、实用价值。如以三峡工程为首的长江干支流上多座大型水利水电工程的地质勘察研究，长江中下游沿岸港口、码头建设和堤防工程防护的勘察研究，武汉地区软土地基问题及其上建筑物倾斜防治研究以及江汉平原湖泊兴衰机制和长江中下游河道弯曲演变分析等，所研究论述的都是受到全国或全江流域广泛关注的重大问题，并取得了丰硕成果，对长江沿岸地区的工程地质环境条

件提供了许多宝贵例证和独到见解，为科学地认识和开发、治理长江增添了地质依据；在理论方法上也有不少值得推广之处。

总之，这本论文选集是从事湖北省及长江流域开发建设的一批老、中、青工程地质、环境地质专家的集体奉献，也有某些时代阶段总结性质，在一定程度上体现了有关学科在湖北省及长江流域工程地质、环境地质等方面研究的当今发展水平，可用于学术交流，可供有关地区的经济开发及工程规划建设的工作人员参考。对于从事有关工作的青年地质工作者，也有搭桥铺路的作用。

祝愿湖北省及长江流域的工程地质、环境地质工作不断取得新成就！



1993年9月6日

编者的话

广大地质科技工作者盼望已久的《工程地质及环境地质论文选集》终于出版，并和广大读者见面，这是湖北省及武汉地区工程地质界值得祝贺的令人欣慰的事。这本论文选集凝集了地质科技工作者的辛勤劳动、智慧与创造，也体现了科学技术作为第一生产力，广大科技工作者积极的投身于经济建设主战场所取得的丰硕成果。

该论文选集的主办单位有：水利部长江水利委员会、煤炭工业部武汉煤炭设计研究院、湖北省地矿局、中南勘察设计院、中国地质大学、武汉水运工程学院、电力工业部中南电力设计院、武汉市水利局等8个单位。这些单位为论文选集的顺利出版，给予了大力支持与协作，在此表示衷心的感谢。

论文选集得到国家级勘察大师陈德基教授和湖北省地矿局技术顾问刘广润教授的关心与指导，他们分别为论文选集作主编和作序，在此表示诚挚的谢意。

经历一年多的论文征集、稿件精选、审稿、修改过程中，刘世凯、任自民、王宝文、蔡耀军等四位高级工程师作了大量工作，在此一并表示感谢和敬意。

编辑委员会

1993年8月于武汉

目 录

一、工程地质及岩土工程

- 三峡工程地质勘察研究理论与实践 陈德基 (3)
- 采用应力调整法纠正建筑物倾斜十例 侯石涛等 (10)
- 长江中、下游河漫滩的工程地质条件探讨 周炳源 (20)
- 砂土液化的工程地质判别法 栗怡然等 (30)
- 铁路施工地质问题 吴鳌渊 (38)
- 水电工程坝基建基岩体选择及岩体质量评价等有关问题研讨 任自民等 (41)
- 武汉地区高层建筑中岩体地基的利用 苏景中等 (47)
- 国内地基处理发展动向 邱作述等 (54)
- 膨胀土抗剪强度取值讨论 刘特洪等 (61)
- 论三峡工程与崩塌、滑坡对川江航道影响的关系 刘世凯 (65)
- 我国复杂地基软弱层(带)工程地质分类及其基本特性的研究 任自民等 (70)
- 葛洲坝在红层上建坝的实践经验 周兴志 (76)
- 90年代水利水电工程勘测科技发展战略要点 范中原 (83)
- 提高汉口地区大口径深长桩承载力的措施 贲坤 (86)
- 武汉软土地基特征与软土工程问题 苏景中 (90)
- 夯扩桩处理大型油罐软基实例 姚永华等 (97)
- 谈编制城市工程地质图 郭连菊 (103)
- 武汉地区基坑支护方案浅析 刘大鹏 (109)
- 塑性图及其应用 雷淑贤 (114)
- 东南沿海地区火山岩隧道不良工程地质问题 周庆良等 (122)
- 粉煤灰填筑地基的试验及应用 刘敬先 (126)

二、环境地质及灾害地质

- 湖北省的地质灾害及防治对策 刘广润 (135)
- 美国对地质灾害问题的研究动向 崔政权 (139)
- 地下工程建设中地质灾害预测预报及防治 陈德基 (146)
- 采煤对南水北调工程的影响及其对策 王宝文等 (152)
- 以黄龙滩水库为例论水库区城镇的环境地质问题 刘世凯等 (156)
- 红层建坝的环境工程地质问题 程开庠 (160)
- 滑坡时间预报 蔡耀军等 (166)
- 江汉平原湖泊兴衰与环境关系 孙锡年 (172)
- 堤防工程的地质灾害类型及其防治对策 陈汉宝 (179)
- 荆沙地区地下水污染研究 郭恒贞等 (186)
- 三峡工程库区秭归水田坝镇新址环境地质研究 欧湘萍等 (193)
- 万县市豆芽棚滑坡失稳机制及变形特征 蔡耀军等 (198)

| | |
|---------------------------|------------|
| 链子崖危岩体变形破坏机制探讨 | 严学清 (204) |
| 几个地质灾害的生长曲线及灰色数列预报 | 徐卫亚 (209) |
| 金龙山岩体稳定性的初步分析 | 敖水生 (215) |
| 地下采空区与地面变形及其对建筑物的影响 | 由宝纯 (220) |
| 湖北省东部环境地质灾害主要特征 | 胡亚波 (230) |
| 一个曾经阻塞长江的巨型滑坡 | |
| ——范家坪滑坡 | 钟荫乾等 (236) |

三、喀斯特及水文地质

| | |
|---------------------------------|------------|
| 碳酸盐岩地层剖面的差异性溶蚀分析 | 沈继方等 (243) |
| 乌江流域温泉成因及其工程地质实践意义 | 杨先坤等 (249) |
| 长江三峡工程水库岩溶渗漏问题研究 | 徐福兴 (256) |
| 湖北省岩溶区地面塌陷特征及形成机制分析 | 程伯禹 (263) |
| 岩溶研究中的若干分形问题初探 | 胡章睿等 (269) |
| 对龙洞水库河间地块岩溶发育特征及水库渗漏问题的探讨 | 涂光美等 (273) |
| 小分水岭区划水均衡法判断岩溶地下水径流系统 | |
| ——以溇水江坪河坝区为例 | 冯德顺等 (279) |
| 襄樊市区地下水动态趋势分析及初步预测 | 鲍东升 (283) |
| 武汉市区地下水环境同位素及地下水水质研究 | 马霄汉等 (288) |
| 水尺与蒸发皿法研究稻田灌溉水对地下水的补给 | 楚德亮 (295) |

四、新技术应用及其他

| | |
|--------------------------------|------------|
| 澳大利亚新南威尔士滨海地区公路、铁路边坡概况 | 范中原 (303) |
| 长江中下游河道特征及几个弯曲河段河道演变遥感分析 | 李平治等 (313) |
| 三峡工程库首区现代地震活动特点分析 | 姜本鸿等 (318) |
| 遥感技术在公路工程地质中的应用效果 | 许也平等 (327) |
| 工程设计用地震小区划工程地质 | |
| ——地震工程准则 | 范士凯等 (330) |
| 武汉市区域地壳稳定性及地震评价 | 叶升安 (341) |
| 地应力研究中的几点新认识 | 朱焕春等 (348) |
| 人工边坡岩体的位移反分析 | 孙万和等 (354) |
| 水域浅地震剖面勘探 | 夏支焕等 (361) |
| 中国工程建设标准化委员会标准袖珍贯入仪试验规程 | 侯石涛等 (364) |
| 外文目录 | (369) |

一、工程地质及岩土工程

三峡工程地质勘察研究理论与实践

陈德基

(水利部长江水利委员会勘测局)

举世瞩目的三峡工程已经全国人民代表大会七届五次会议审议通过，工程初步设计也已审查批准，即将进入全面实施阶段。自1919年民主革命的先驱者孙中山先生在建国方略中提出在长江三峡建坝壅水发电的设想以来，已经过去70多个春秋。在这漫长的历史过程中，几代科技工作者为了寻求先进、经济、可靠的建设方案和设计蓝图，为了有根据地回答国内外、社会各界对兴建三峡工程不断提出的种种质疑，围绕工程建设有关的科学技术问题，进行了空前规模的研究，取得了丰硕的成果，不仅适时地满足了工程规划设计工作的需要，也为推动有关学科的发展起了重要作用，工程地质勘察研究就是其中一个极其重要的组成部分。

自50年代以来，除主持三峡工程勘测设计工作的长江水利委员会（长江流域规划办公室）进行了长期不懈的工程地质勘察研究外，尚有来自全国40多个生产科研教学部门的上百位专家、学者、数千名地学工作者参加过三峡工程地质问题的研究。针对工程建设的重大地质地震问题，国家还曾两次组织过全国规模的科技攻关。并先后有美国、瑞典、加拿大、意大利、法国、奥地利、日本等国的政府机构、公司和世界银行的知名专家、学者参与了三峡工程有关地质问题的技术咨询、合作与交流。

三峡工程所进行的地质研究，包括区域地质、区域地貌、第四纪地质及新构造运动、地震及地震地质、深部地球物理、水库及坝址工程地质和水文地质、岩土力学、矿产地质、环境地质、天然建筑材料等与工程建设有关的所有地质地震问题，采用了地面地质、遥感地质、地球物理勘探、钻探、硃井探、高精度形变测量、实验室及现场岩（土）体物理力学试验、原位测试、物理模拟、数值解析、专用地震台网等各种先进的分析、鉴定手段和方法，并随着科学技术的发展，研究领域不断扩大和深化，为三峡工程各阶段的规划设计工作提供了丰富翔实的地质资料。工作的广度和深度在世界工程勘察史上是前所未有的。同时也在众多领域，特别是大型水利水电工程地质，为推动我国的工程地质学理论和实践的发展作出了重要贡献。

三峡工程所进行的广泛的地质勘察研究，可归纳为5个主题，即区域稳定性与地震危险性、水库区工程地质与环境地质、水库诱发地震、坝址及建筑物工程地质、天然建筑材料。各主题的研究内容和采取的手段不同程度地反映了各相关学科的实际应用价值及水平。

（一）区域稳定性与地震危险性

这一课题的研究始终被放在极其重要的位置，所采用的手段和方法也尽可能地多样和综合，包括：

* 本文已于1993年在《工程地质学报》刊登。

(1) 区域大地构造环境的研究 包括区域地层岩性、构造地质发展史、大地构造单元划分及其相互关系等。为此进行了数万平方公里的地面地质测绘、多学科多层次的专门性调查和专题研究。

(2) 深部构造和地球物理场的研究 包括大面积的航空重力、磁力测量成果分析、大坝及库首段高精度航磁测量、地面重力测量,总长 2900 余公里的纵和非纵人工地质测深等,以研究区内地壳结构、厚度、莫霍面特征、深部构造及重力场均衡状况。

(3) 区域及坝区断裂构造特征展布规律的研究 包括各种比例尺的专门性地质测绘、沿主要断裂详尽的地质调查;多种航空、航天遥感图像线性构造解译和实地核查。

(4) 地貌及新构造运动性质的研究 包括山区夷平面特征及变形、中—新生代盆地的形成及演变历史、河流阶地形成年代和位相对比、河床纵剖面特征研究、第四纪堆积物变形的调查研究等。

(5) 主要断裂活动性研究 坝区及外围(距坝址 16~70km)几条主要断裂的活动历史、宏观和微观特征(几何学、运动学)研究;断裂活动年龄、微量气体含量测定;断裂位移平面和三维网测量;断裂和微震活动关系分析研究等。

(6) 现代地壳运动性质的研究 环绕近坝库区进行周期性精密水准测量,全库区及其外围大面积(约 60 万平方公里)长周期精密水准测量成果整理分析,应用 GPS 全球卫星定位系统进行大范围地形变监测等,以研究坝区及附近地区地形变特征、现代地壳运动的性质和强度。

(7) 地震时空特征和规律研究 研究范围以坝址为中心的半径 320km 区域。利用区内近 2000 年历史地震资料和 1959 年起在坝址及周围 70km 范围设立的 7 个地震监测台网所获得的大量成果,结合区域地震地质条件,研究本区地震活动的时空分布规律、震型、震源物理模型,进行地震构造带划分,确定各种地震分析预测的数学-物理模型。

(8) 地震危险性分析和地震动参数的确定 在前述工作的基础上,划分潜在震源区,确定地质活动性参数、地震烈度和加速度衰减规律;求取坝址区不同超越概率水平下地震烈度、基岩水平加速度峰值和加速度反映谱值。

(二) 水库区工程地质、环境地质

经多年深入研究,传统工程地质学所论述的 4 大工程地质问题在三峡工程库区已不占有主导位置,面临的主要工程地质问题有两个:一是库岸稳定;二是由于大量移民和城镇迁址可能引起的环境地质问题。对之进行了多学科、多手段、多层次的协同攻关研究,主要的工作内容和方法有:

(1) 干、支流库岸岸坡的地质条件、岸坡类型、结构、稳定程度专门性调查 已有崩塌滑坡体的位置、规模和稳定性调查,部分大型和典型崩滑体、危岩体大比例尺地质测绘及相应的勘探、试验和分析研究工作。干流库段大型崩塌、滑坡史实调查考证。

(2) 干、支流大型崩、滑体类型、地质条件、成因、稳定性研究 结合蓄水后的可能变化,运用综合手段进行稳定性分类和评价。

(3) 与大坝及主要城镇关系密切的大型崩、滑体,对其失稳后入江物质可能造成水下堆积体的规模,引起的涌浪,衰减过程和可能造成的危害进行计算和模型试验,对变形正在发展,且位置重要的几处,建立了监测网进行监测、预报。

(4) 对基岩岸坡尤其是顺层高边坡的结构类型、变形机制、破坏方式等进行了专题研究,

并作出现状评价和蓄水后的变化预测。

(5) 全库区进行了 1:10 000 (精度 1:50 000) 的第四纪地质填图, 进行不同类型第四系岸坡的坍塌计算, 库区泥石流类型规模、活动性及危害性研究, 泥石流活动监测。

(6) 库区土地容量调查, 搬迁城镇新址选择, 环境工程地质评价。

(7) 库区矿产资源及其受水库淹没和淹没损失情况的核查。

(8) 库区沿岸水文地质环境变化研究, 对地下水动力场、化学场、温度场在水库蓄水后的可能变化及其影响作出预测。

(三) 水库诱发地震

这一课题从 70 年代起就给予了足够的重视, 近期又列为重点专题进行研究, 开展的主要工作有:

(1) 分析整理了全世界 106 个水库诱发地震的震例, 从中找出它们在发震位置、时间、强度、震源机制等方面的特点和规律, 以进行震例分析对比。

(2) 全面研究了水库区的岩体特性、地质构造和渗透条件, 着重研究了坝址和库首区的水文地质条件和断裂活动性。

(3) 在坝区和库首的茅坪镇和秭归县城附近进行了深孔 (孔深分别为 300m、800m 和 500m) 地应力、孔隙水压力、渗透率、节理裂隙和地温测量, 得出了近坝地段地应力状态的宝贵资料。

(4) 利用小口径台网对重点地段进行地震强化观测, 研究上述地区的微震活动特征及成因。

(5) 用三维有限元数值模拟方法研究了区域应力场及水库蓄水后的变化。

(6) 结合三峡工程水库区的地震地质背景, 从各库段岩性、地质构造、渗透条件、地应力状态和地震活动等, 进行水库诱发地震可能性综合评价。

(7) 在上述成果的基础上, 对三峡工程建成后是否可能产生水库诱发地震, 可能发震地点、强度, 对工程建筑物和库区环境的可能影响进行预测评价。

(四) 坝址工程地质条件

三斗坪坝址的工程地质勘察研究, 自 50 年代中后期开始, 已持续了 30 多年, 针对坝区主要水文工程地质问题, 有重点地进行了下列专题的研究:

(1) 风化壳工程地质特性研究 包括风化壳形成和发育的物理化学条件、影响因素, 风化分带的定量化, 风化壳分布规律, 风化岩体的工程地质特性, 特殊风化现象的形成规律、位置、性状及其对工程的可能影响等。

(2) 断裂构造研究 研究断裂构造的展布特征、规律、力学属性、成生联系。构造岩的类型及其性质, 不同时期、不同方向断裂构造的分布规律及其工程地质特性。岩体裂隙网络和连通模式的数学模型研究。

(3) 缓倾角结构面的工程地质研究 利用一切可能的技术方法, 研究缓倾角结构面的成因、分布规律、性状及其力学特性, 进行缓倾角结构面发育程度分区, 确定坝基缓倾角结构面的优势方向及其连通率, 提出典型地段概化地质模型, 进行坝基深层抗滑稳定性的评价。

(4) 岩体卸荷带特征研究 通过大量勘探、测试试验资料的统计分析, 得出不同地貌单元卸荷带特征、深度以及卸荷作用对坝基岩体工程地质特性的影响。

(5) 坝基岩 (土) 体水文地质特性研究 岩土体水文地质介质类型、水文地质结构、渗透性及分区, 裂隙岩体水动力特征、不均一性、各向异性及疏干效应的现场试验及物理-数学

模型研究。

(6) 大坝建基岩体结构及质量研究 在划分坝基岩体结构类型的基础上,采用多因子综合分析的方法,对大坝建基岩体进行质量分级、分区和评价。

(7) 深挖岩质边坡稳定性研究 船闸区基本地质条件的详细勘察,地应力测量,岩体力学和岩体水力学的试验研究,自然边坡和人工开挖边坡调查和回归分析。根据岩体结构、强度、地应力场、渗流场、边坡几何形态及开挖程序,通过地质力学模型、二维及三维有限元分析、块体理论、极限平衡等多种方法,研究边坡的总体稳定和局部稳定,提出开挖坡角及开挖形式的建议。

(8) 岩(土体)力学试验研究 自50年代以来进行了大量的试验室和现场岩(土)体的物理、水理性质、力学性质的研究,采用的手段和方法均反映了各个时代的领先水平。重点研究了影响混凝土与基岩结合面抗剪强度的主要因素,不同风化带和结构类型岩体的强度、变形特性和不同类型结构面的抗剪强度,岩体位移反分析及地应力测量。

(五) 天然建筑材料

三峡工程所需天然建筑材料种类多、数量大。经济合理地选择工程所需的各类天然建筑材料,具有极大的经济效益。为此,三峡工程天然建筑材料的勘测范围,从坝址上游30余公里至下游700余公里,对各种料源产地进行了比较研究。

混凝土骨料:长江河床及其支流天然砂砾料、花岗岩风化砂、基坑开挖弃料加工粗骨料、花岗岩人工砂、碳酸盐岩人工砂等。对云母含量、风化长石含量、硅酸盐和碳酸盐碱活性、不同类型骨料的混凝土耐久性、强度及水泥用量等进行了大量的专门性试验研究。

围堰心墙土料:重点勘察研究了峡内及宜昌附近长江I、I级阶地土料。鉴于这些料场情况多已发生了变化(葛洲坝水库淹没、工业及民用建筑开发占用),对土料用量最大的二期土石围堰已研究采用新的防渗结构体,以解决这一矛盾。

围堰填筑料及块石料:对用量多达1659万立方米的围堰填筑砂砾石料,主要利用坝址区全风化带砂砾料,除储量及天然条件下的物理力学性质外,重点研究在剪、压、震、冲、浸泡及水下抛填等条件下,级配物理力学性质及其他各项技术指标的变化。

二

三峡工程的地质、地震问题的研究,在许多方面发展了工程地质学的应用理论,本文无法一一赘述,仅择其要者作一简介。

(一) 断裂活动性评价准则

三峡工程在主要断裂的活动性研究方面作了大量的专题研究。由于三峡地区缺少第四纪堆积物,给断裂活动性的定量评价带来了很大困难。实践证明,要对一条断裂的现代活动性作出可信的结论,必须采用多手段研究和综合评判方法,特别要注意每种方法的适用条件和成果所代表的确切含义。

(二) 区域稳定性评价

经过多年重点攻关和系统研究,三峡工程形成了一套较完整的区域稳定性研究方法和评价准则,可以抽象为深部构造(深部地球物理场)是基础,区域地质(地貌)条件是背景,断裂构造是骨架,新构造运动是表现,断裂活动性是核心,地震活动性是脉搏。工程场地的区域稳定性研究,除有活动性断裂直接通过建筑物时(这种事件在有充分工作的情况下是极少

遇到的),需要评价其活动性对建筑物的破坏影响外,一般都最终归结为地震危险性分析和建筑物抗震设计,当然还应包括对环境地质影响的评价,如山体稳定、斜坡稳定等。

(三) 库岸稳定性

三峡工程水库,干流及长度大于1km的支流,岸坡总长近5000km,地质背景各不相同,条件差异很大。经过许多部门多学科、多手段、多层次的协同攻关研究,对天然情况和水库蓄水运用条件下的岸坡稳定性问题,已形成了一套较完整的勘察、研究、评价、监测、预报的理论和方法。包括岸坡类型划分及其变形机制,岸坡特别是层状碎屑岩顺层、切层、水平岩层岸坡破坏的形成条件、控制因素、破坏方式及其发育规律。岸坡及大型崩滑体稳定性分析评价及预测,岸坡失稳特别是人口稠密和通行河流岸坡失稳的危害性分析评价,岸坡变形监测技术和预报模型。

(四) 水库区环境地质评价

三峡工程开展了国内大型工程的综合环境工程地质评价与预测的系统研究工作,包括移民工程环境地质(环境容量、资源开发利用、迁建城镇地质环境适宜性、移民安置地质环境保护等),城市环境工程地质、水文地质环境变化预测,地质旅游资源保护,对水库下游地质环境的影响、预测,库区环境地质综合评价等。虽不能说这些研究在理论上已达到完善、成熟的程度,但已经有了一个较完整的开创性成果。

(五) 水库诱发地震

国内外的研究现状表明,水库诱发地震的成因机理、发生发展过程及时空强度预测,仍是一个远未被认识的问题。三峡工程由于区域地质背景、地震地质条件以及地震活动规律研究较充分,加之围绕水库诱发地震问题,又有针对性地进行了大量相关专题研究,不仅对三峡工程水库诱发地震问题作出综合预测评价,也在许多方面推动了水库诱发地震问题的研究,诸如100余例水库诱发地震震例分析、水库诱发地震特征研究、诱震条件(水库规模、岩性、构造、渗透性、应力状态、地震活动性等)分析以及水库诱发地震机理探讨等。

(六) 岩体风化规律的研究

三峡工程坝址花岗岩有平均厚21m(最厚85m)的风化壳。这是发育于亚热带季风区低山一丘陵地形条件下的一种颇具典型意义的风化作用产物。由于风化壳对建筑物的设计、施工、造价有重要影响,多年来,对坝区岩体的风化形式、状态、类型,风化壳的形成、演变、风化作用及其控制因素,风化岩的基本特征,风化分带及其分布规律,作了大量系统的研究。特别是风化岩工程地质特征的定量化研究积累了丰富的统计、测试资料,逐步用工程实用的量化指标取代地质人员的宏观定性判断。这些研究成果从50年代起为推动我国风化岩体的工程地质研究起了重要的作用。

(七) 裂隙岩体水动力学研究

坝址花岗岩裂隙岩体渗透性及岩体水动力特征,对坝基防渗特别是船闸高边坡的稳定性和工程处理至关重要。通过基本地质条件分析、水文地质观测和试验(三段压水、三维电模拟、排水疏干、交叉孔法等大型试验)、水压测量以及模拟分析,基本掌握了岩体非均质各向异性渗流场的运动特征。在确定裂隙岩体渗透性参数时,采用裂隙样本法、现场试验法、反演法进行了综合比较,并提出了由三段压水试验确定裂隙当量渗透参数,进而通过裂隙样本确定主渗透值和主轴的方法。在模拟分析中,分别考虑了连续介质、非连续介质,二维、三维稳态、非稳态,施工期、运行期不同情况下的水动力场,在此基础上,提出排水减压优化方案。

(八) 人工开挖高边坡研究

三峡工程永久船闸为连续五级双线船闸,单级闸室有效尺寸为280m×34m×5m,船闸总长1607m,是世界规模的大型通航建筑物。船闸从左岸山体通过,深开挖边坡(最大坡高170m)是该建筑物的关键技术问题之一,也是工程地质工作的主要研究课题。通过详细的地面地质测绘、大量的勘探(槽探、钻探、硐探及全线的地震勘探、计算机层析技术应用)、深孔地应力测量及应力场反演、大型水文地质试验、水文地质测试、二维及三维地质力学模型(包括开挖程序模拟)、离心机试验、二维及三维有限元分析、极限平衡及块体理论分析等系统的试验计算研究,对船闸开挖高边坡的总体稳定、局部稳定、边坡结构形式及边坡角、开挖程序、排水减压、锚固设计、施工及运行期变形监测均得出了系列重要成果。

三

组织实施三峡工程这一巨型项目的地质勘察研究,有以下几点重要经验。

(一) 注意多学科和边缘学科的协调搭配和配合

三峡工程地质地震问题仅地质学科就直接涉及10余门学科,此外尚有地理学、地貌学、地震学、地球物理学、岩土力学、测量学、土木、水利、建筑、建筑材料学、环境科学等众多学科领域。对这些学科的专业,并不是一般性地将其已有成果简单引用于三峡工程,而是直接参与进行有关专题调查研究。要将所有这些专业有机地协调起来,对于广义的工程地质勘察,本身就是一项庞大的系统工程地质,这里不能要求负主要责任的工程地质专家通晓每一专业,但他应该了解每一学科和专业在工程建设所需要回答的问题中应占有的地位、能够起到的作用和可能解决问题的程度,以便有效地加以组织协调。

(二) 充分、适时、恰当地应用先进技术手段和方法

实践证明,为了深入研究和正确回答三峡工程有关的重大地质问题,充分、适时、恰当地应用先进技术手段和方法是一项关键措施,在这方面三峡工程有许多成功的经验,如库首区及主要断裂的形变测量、专用微震监测台网、人工地震测深,在区域稳定性和地震活动性研究中所起的重要作用;航天和航空遥感技术及地理系统在区域构造背景和主要断裂调查、土地资源和移民环境容量、库岸稳定及崩滑体调查中的作用;从瑞典引进的深孔地应力测量装置(套孔应力解除法);计算机层析技术探测岩体地质缺陷,路易斯和纽曼的裂隙岩体渗透性试验,块体理论,裂隙网络模型、裂隙糙度测量,钻孔彩色电视,定向取芯,二维、三维地质力学模型等,在坝区工程地质问题研究中所起的重要作用,以及灰色理论、模糊评判、专家系统、多参数动态定量分析、数量化混合模型及各种数理统计方法、数值解析等在众多的工程地质问题研究中起到了重要作用。

(三) 正确处理好宏观和微观、研究对象和工作深度之间的关系

三峡工程需要研究的地质问题范围广、项目多,不同设计阶段、不同研究对象的工作要求和深度以及处理方法也应有所不同。有的问题如岸坡稳定性,只要在总体规律和基本条件分析的基础上,确定不会发生岸坡大范围失稳和大规模解体就可以满足设计阶段的要求。水库运行后,个别局部地段的岸坡破坏只能随着时间的推移,加强监测和调查,根据情况提出对策。对于诸如岸坡失稳、水库诱发地震等较敏感的问题,则采取从较坏的条件出发评价其危害性以留有余地。对于关系大坝等主要建筑物安全,如坝基下缓倾角结构面的分布,则尽可能采用各种手段予以查明,提出足以满足设计要求的成果。有的问题如区域稳定性,在充