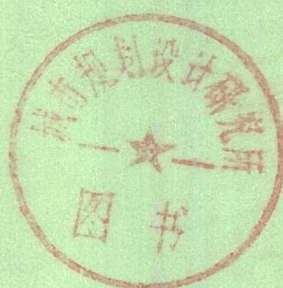


长江三峡工程库岸稳定性研究

地质矿产部编写组 编著



地质出版社



301842
P3

长江三峡工程库岸稳定性研究

地质矿产部编写组 编著

地质出版社

内 容 提 要

本书是在大量第一手资料的基础上,论述了长江三峡工程库岸结构类型、库岸变形破坏与环境因素之间的关系,评价和预测了库岸稳定性,提出了宏观防治对策,具有较高的科学性和较大的实用性。读者对象是三峡工程宏观决策单位和各级领导,以及水利水电、航运交通、环境保护、经济开发、水文地质和工程地质等生产、科研人员和高等院校师生等。

Unstability Problems of the Slope along Yangtze River in the Region of the Three Gorges Project

长江三峡工程库岸稳定性研究

地质矿产部编写组 编著

责任编辑:王肇芬 黎育宁

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 6.125 插页: 18页 字数: 137,000

1988年11月北京第一版·1988年11月北京第一次印刷

印数: 1—1125 册 国内定价: 2.25 元

ISBN 7-116-00363-0/P·313

目 录

前言	(1)
第一章 自然地理及地质概况	(4)
1.1 自然地理概况	(4)
1.1.1 地形地貌	(4)
1.1.2 气象水文	(5)
1.2 地质概况	(6)
1.2.1 地层	(6)
1.2.2 工程地质岩组划分	(6)
1.2.3 地质构造	(7)
1.2.4 新构造运动和地震	(8)
1.2.5 水文地质	(9)
第二章 库岸结构特征及岸坡变形破坏发育概况	(13)
2.1 库区滑坡、崩塌发育概况	(13)
2.2 库岸结构类型分类	(20)
2.3 各结构类型岸坡的分布状况及变形破坏主要特征	(21)
2.4 各类岸坡变形破坏强度	(27)
第三章 大型典型岸坡变形破坏实例分析	(29)
3.1 链子崖变形体	(29)
3.1.1 斜坡外形与结构特征及地质环境概况	(29)
3.1.2 斜坡变形迹象及变形史	(31)
3.1.3 坡体变形破坏机制分析	(33)
3.1.4 变形体稳定现状	(34)
3.1.5 稳定性评价及整治对策建议	(35)
3.2 新滩滑坡	(36)
3.2.1 滑坡区地质概况	(36)
3.2.2 滑前变形破裂迹象	(36)
3.2.3 新滑坡基本特征	(40)
3.2.4 滑坡的形成机制	(42)
3.2.5 稳定性评价及建议	(43)
3.3 黄腊石滑坡	(44)
3.3.1 滑坡区地质概况	(44)
3.3.2 滑坡基本特征	(45)
3.3.3 滑坡的形成条件	(45)
3.3.4 稳定性评价	(47)
3.4 鸡扒子滑坡	(47)
3.4.1 滑坡区自然地质概况	(49)
3.4.2 滑坡基本特征	(49)

3.4.3	滑坡形成过程及复活机制	(50)
3.4.4	稳定性评价	(51)
3.5	万县市玉皇观滑坡	(52)
3.5.1	滑坡区自然地质概况	(52)
3.5.2	滑坡发育特征	(53)
3.5.3	滑坡的形成机制	(54)
3.5.4	稳定性评价	(55)
第四章	库岸变形破坏与环境因素间的关系	(56)
4.1	与河流侵蚀作用的关系	(56)
4.2	与降雨和地下水的关系	(57)
4.3	与泥石流和岩溶的相互关系	(59)
4.3.1	与泥石流的相互关系	(59)
4.3.2	与岩溶的相互关系	(61)
4.4	崩塌、滑坡的相互作用	(61)
4.4.1	加载复活机制	(61)
4.4.2	堰塞复活机制	(61)
4.5	与地震的关系	(62)
4.6	与人类工程活动的关系	(62)
4.6.1	地下采掘和地面开挖的影响	(62)
4.6.2	不良排水设施的影响	(63)
4.6.3	水库遇水的影响	(64)
第五章	库岸稳定性评价、灾害预测及宏观整治对策	(65)
5.1	库岸稳定性评价	(65)
5.1.1	崩塌、滑坡稳定性评价	(65)
5.1.2	岸坡稳定性评价	(67)
5.2	库岸变形破坏的灾害性预测	(74)
5.2.1	岸坡变形破坏对建筑物的直接危害	(74)
5.2.2	崩滑入江方量及其危害	(74)
5.2.3	涌浪预测及危害性评价	(76)
5.2.4	危害性综合评价	(84)
5.3	宏观防治对策	(84)
5.3.1	早期预测预报	(84)
5.3.2	防御性措施	(85)
5.3.3	治理措施	(85)
	总结性意见	(87)
	主要参考文献	(91)
	后记	(90)
	附录	
	附图1 长江三峡工程干流库岸崩塌滑坡发育分布图 (1:20万)	
	附图2 长江三峡工程干流库岸稳定性评价预测图 (1:20万)	
	(注:附图系内部资料,需要者请向地质矿产部水文地质工程地质司工程地质处联系购买)	

Contents

Preface	(1)
Chapter 1 Natural geography and geology	(4)
1.1 Natural geography.....	(4)
1.1.1 Topography and geomorphology	(4)
1.1.2 Meteorology and hydrography	(5)
1.2 Geology	(6)
1.2.1 Strata	(6)
1.2.2 Engineering-geology rock-group	(6)
1.2.3 Geological structure	(7)
1.2.4 Neotectonic movement and earthquake	(8)
1.2.5 Hydrogeology	(9)
Chapter 2 Slope structure Characteristics and slope deformation and failure	(13)
2.1 Distribution of landslides and rock-falls.....	(13)
2.2 Slope structure-type.....	(20)
2.3 Distribution and characteristics of slope deformation and failure for different slope structure-type.....	(21)
2.4 Intensity of slope deformation and failure for different slope structure-type	(27)
Chapter 3 History case and mechanism analysis for some typical large landslides and mass movements	(29)
3.1 mass movement in Lianzi-cliff rock slope.....	(29)
3.2 Xiatan landslide.....	(36)
3.3 Huanglashi landslide	(44)
3.4 Jipazi landslide	(47)
3.5 Yuhuangguan landslide (in the area of Wanxian county city).....	(52)
Chapter 4 Relationship between the slope deformation and failure and the enviroment factors	(56)
4.1 River-erosion function	(56)
4.2 Precipitation and groundwater function	(57)
4.3 Debris flow and karst function	(59)
4.4 Interaction between landslides and rock-falls.....	(61)
4.4.1 Loading resliding-mechanism.....	(61)
4.4.2 Barriering resliding-mechanism	(61)

4.5 Earthquake function.....	(62)
4.6 Human activity	(62)
4.6.1 Affect of open pit and underground excavation.....	(62)
4.6.2 Affect of ill-measure at drainage	(63)
4.6.3 Affect of water level of rezovior.....	(64)
Chapter 5 Stability evaluation, hazard forecast and principle of	
prevention	(65)
5.1 Stability evaluation on slopes	(65)
5.1.1 Stability evaluation on landslides and rock-falls.....	(65)
5.1.2 Stability evaluation on slopes.....	(67)
5.2 Hazard forecast	(74)
5.2.1 Possibily direct hazards of the slope deformation and failure to the buildings along the river	(74)
5.2.2 Possible hazards of the barrier caused by landslides or rockfalls	(74)
5.2.3 Possible hazards of the shock wave caused by landslides or rockfalls	(76)
5.2.4 Comprehensive evaluation	(84)
5.3 Principle of prevention.....	(84)
5.3.1 Forecast system	(84)
5.3.2 Defence measurel	(85)
5.3.3 Harnessing measure	(85)
Summary idea	(87)
References	(91)
Postscript	(90)
Conclusion	
Map 1 Distribution and developing Characteristics of landslides and rockfalls along the Yangtze River in the region of three Gorges Project (1:200,000)	
Map 2 Stability evaluation and forecast on slopes along the Yangtze River in the region of Three Gorges Project (1:200,000)	

前 言

长江三峡水利枢纽工程经过长期的勘测研究和论证,已经选定在黄陵背斜核部南端的三斗坪兴建,但正常蓄水高程尚未最后确定。有关部门提出150m和180m两个方案供论证选择。150m方案库尾在四川长寿县黄草峡一带,干流库长500余km,淹没及部分淹没县、市级城市10座,区、乡级集镇79个;180m方案库尾在四川江津县城附近,干流库长690km,淹没及部分淹没县、市级城市13座,区、乡级集镇100个。

三峡水库为典型的河谷型水库,穿越两个大地构造和大地貌单元,岸坡形态和结构复杂多变,随着河流下切展宽,岸坡不断遭受改造,据现有调查资料,从库首至江津690km干流段已发现大小滑坡崩塌及斜坡变形体263个,其中体积大于1000万 m^3 者有37个。历史记载,自古以来,长江这一河段曾多次发生过大型崩滑,造成险滩,阻塞航道,威胁沿岸城镇居民的安全。尤其近几年相继发生的云阳鸡扒子滑坡(1982年7月)、新滩镇滑坡(1985年6月)、秭归锣鼓洞河西岸发生的马家坝滑坡(1986年7月)、以及近期发生在大宁河上游巫溪镇先后两次造成伤亡的灾害性崩塌(1987年9月1日和1988年1月10日)已引起社会各界人士和国内外广泛的注视。因而三峡水库库岸稳定问题是三峡工程需要认真研究和论证的重大环境工程地质问题之一。

1. 研究概况

为研究和论证这一问题,50年代以来地质部、水电部长江流域规划办公室、中国科学院、交通部等系统30多个生产、科研和高等院校等单位开展了多种形式和不同规模的调查研究,积累了十分丰富的地质资料。据初步统计,地矿部系统已有的调研情况如下:

1. 1956年,地质部三峡队及水文地质工程地质研究所:南沱至香溪间1:25000地质测绘报告;

2. 1959年,地质部三峡队和北京地质学院联合组队,开展了1:10万三峡库区工程地质测绘,编写了“三峡水库工程地质测绘报告”;

3. 1960年,成都地质学院,开展了库区碛石至重庆段1:10万工程地质测绘,编写了报告;

4. 1965年,地质部三峡工作处开展了1:2000链子崖工程地质测绘;

5. 1975年4—6月,湖北水文地质工程地质队和成都地质学院联合开展了1:10万库区工程地质测绘;

6. 1975—1982年,四川南江水文地质工程地质队、湖北水文地质工程地质队,1:20万库区范围区域水文地质普查;

7. 1982—1985年,四川南江水文地质工程地质队、成都地质学院、长春地质学院联合勘测研究鸡扒子滑坡;

8. 1984年,四川南江水文地质工程地质队、湖北水文地质工程地质队联合开展了重庆朝天门至庙河段库岸调查;

9. 1984—1986年,地矿部遥感中心,开展了1:6.7万全库段航空彩红外摄影,宜昌—

万县1:10万机载“x”波段测视雷达航行和1:1.5万新滩巴东等地天然彩色摄影;

10. 1985年6月—12月,地矿部地质力学研究所、湖北水文地质工程地质队、成都地质学院、成都水文地质工程地质中心先后对新滩滑坡进行调研,并写出了研究报告;

11. 1985年,四川南江水文地质工程地质队对地矿部遥感中心所摄的彩红外照片开展了碛石至重庆段的解释工作,编写了解释报告;

12. 1986年至今,地矿部水文地质工程地质司组织有关单位开展了全库区综合性工程地质调查、大型崩滑点的勘察、测试、室内试验、模拟研究、遥感遥测和航片解释工作。参加单位有:湖北省地矿局水文地质工程地质队、四川省地矿局南江水文地质工程地质队、地矿部成都水文地质工程地质中心、地矿部保定技术方法研究队、地矿部遥感中心、成都地质学院、武汉地质学院、长春地质学院、西安地质学院等;

13. 1986年湖北省地矿局、四川省地矿局和成都地质学院共同编写了“长江三峡水库地区斜坡稳定性研究”报告。

据不完全统计,地矿部30多年来为论证库岸稳定性问题已完成的主要工作量有:1:6.7万全库段航空彩红外摄影,1:1.5万新滩、巴东等地天然彩色摄影;库岸路线调查2000km,实测各类地质剖面167条共96758m;1:2000—1:5000地形、地质测绘70km²;钻探总进尺12784.4m;坑槽探1911m³;浅层地震勘探74000m,声波探测2组320m;采取岩土、水样676组(个);变形监测15点(孔);地下水长期观测点19点(孔)。

2. 研究及编写组织

本项研究由地质矿产部水文地质工程地质司主持,主管岑嘉法,技术总负责戴广秀;技术顾问张倬元、胡海涛、刘广润;组织协调负责人楚占昌。主要参加单位有湖北省地矿局水文地质工程地质队(简称湖北水文队)、四川省地矿局南江水文地质工程地质队(简称南江水文队)、地矿部物化探局遥感中心(简称遥感中心)、地矿部成都水文地质工程地质中心(简称成都水文中心)、成都地质学院、中国地质大学、长春地质学院和西安地质学院。地矿部水文地质工程地质司领导并组织了上述有关单位的工程技术人员和教师组成的编写组,系统整理了近20多年来积累的资料,编写了本书。本书由王兰生统编,编写组成员(以姓氏笔划为序)有于远忠、刘汉超、田陵君、李曰国、李玉生、李昌华、匡诗含、何儒品、苏建成、陈清智、陈明东、陈慧良、张吉森、张雍、宫泽鸿、欧正东、钟荫乾、黄金宝、程昌和、郭希哲、黎力、谢应修、韩宗珊和蔡彬。

3. 编写思路

本书着重回答水库修建和建成后,库岸的稳定问题对三峡工程的建设运营、长江航运以及沿江城镇有无重大危害。为此本书采取下述程序进行论证。第一章简明扼要地阐述了库岸岸坡所处的自然地质背景;第二章根据大量调研统计资料和分析,论述了岸坡子系统演化过程中的一些基本特征和规律,阐明了库岸组成岩性及坡体结构特征在岸坡发展变化全过程中所起的控制作用,论证了岸坡变形破坏机制及发育状况;第三章通过对一些大型典型变形破坏实例的解剖与深入分析,揭示了岸坡这一子系统在发展演变过程中与各类环境因素,即各相邻子系统之间相互作用的某些规律;还具体研究和评价了对大坝修筑运营、河道航运以及沿岸城镇的安全具有重要意义的地点;第四章在上述讨论的基础上系统的总结了库岸变形破坏与环境因素间的某些具有普遍意义的关系;第五章在上述各章的基础上系统评价了库岸稳定性、对可能发生的灾害作出预测、对所提出的三大问题作出了明

确的评价，并对防治对策提出原则性建议。

通过本阶段调查研究，得出了如下结论：即岸坡可能的破坏对三峡工程建设及运营无重大而难以预见的致命性威胁，但对航运和沿江城镇的威胁应给予重视。

文字和图件初稿已于1987年4月提交水电部召开的桂林会议，供专家论证采用。1987年7月，由地矿部水文地质工程地质司在京邀请有关专家进行了审查。最后由编写组根据审查意见和地矿部有关单位分工编写的部份进行了系统的修改和补充，于12月完稿。参加文字和图件最后修改审定的有王兰生、田陵君、李曰国、李昌华、欧正东、刘汉超、韩宗珊、苏建成、陈明东等同志。最后由王兰生修改定稿。戴广秀、张倬元、胡海涛、刘广润等同志，在编写过程中审阅了全文，并提出宝贵的修改意见。本项研究工作得到了国家科委工业局有关同志的关心与支持。

第一章 自然地理及地质概况

1.1 自然地理概况

1.1.1 地形地貌

三峡库区东西横贯两大自然地理单元，大致以奉节为界，库区东段为深嵌于巫山山脉中的三峡峡谷，西段为四川盆地东部低山丘陵区，以宽谷为主（见附图1）。

三峡峡谷两岸的巫山山脉属于以侵蚀作用为主兼有溶蚀作用的中高山地貌景观。其东部山脉呈SN走向，中部和西部主脉大体呈NE—SW走向。长江深切上述山系，相对高差达800—1500m，江面宽一般为200—300m，最窄处仅90m。现今江水面标高由三斗坪的60m至重庆的170m。由于各库段组成岩性、地质结构和地壳升降幅度的不同，地貌特征也有所差异。三斗坪至庙河为西陵峡区中段，地势相对低缓，一般海拔600—1000m；由庙河至香溪镇属西陵峡西段，地势升高，平均海拔1000—1400m；牛肝马肺峡和兵书宝剑峡即位于此段河谷中。香溪向上经秭归至官渡口，为西陵峡与巫峡之间的过渡带，地势略有降低，两岸标高大体为600—1000m。官渡口至巫山城段为广义的巫峡峡区，两岸山体一

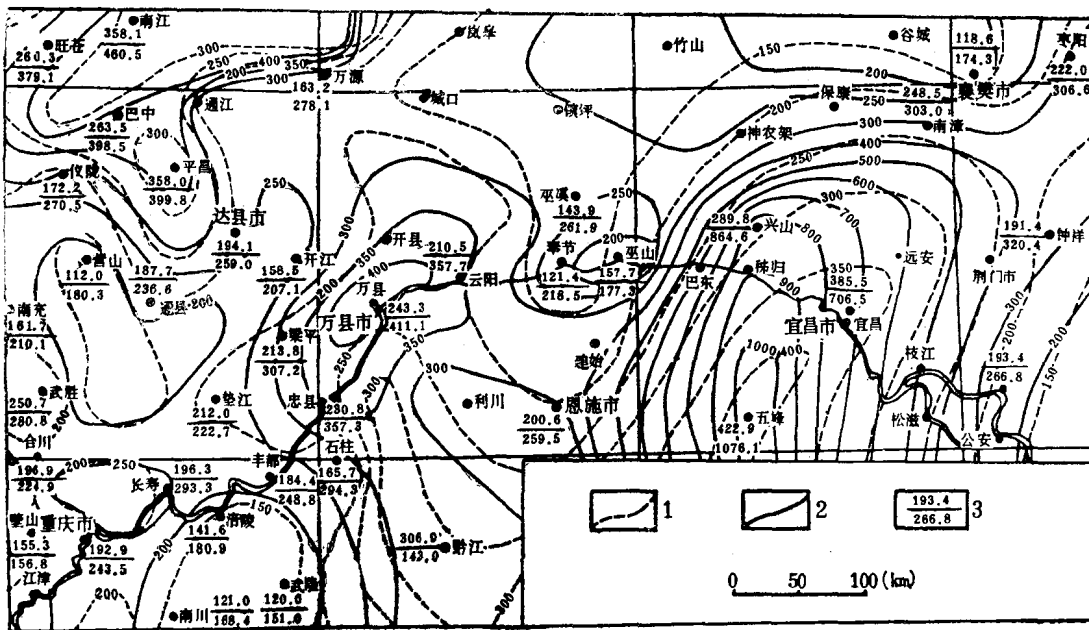


图 1-1 宜昌—重庆地区一、三日最大降雨量等值线图

1——一日最大降雨量等值线；2——三日最大降雨量等值线；

3——一日最大降雨量 (m)
3——三日最大降雨量 (m)

注：根据收集四川、湖北省降雨资料编绘

般标高为1200—1400m，著名的“巫山十二峰”耸立于青石一带江岸两侧，铁棺峡、金盔银甲峡及狭义的巫峡则依次挟持在碚石至巫山县城之间的河段上。

过巫山县至大溪镇，属巫峡与瞿塘峡之间的过渡带，两岸山体标高又降为600—800m。从大溪镇至白帝城为悬崖对峙、绝壁毗连的瞿塘峡，两岸山体标高复升至1000—1400m。自白帝城向上游，库区脱离三峡峡谷，进入四川盆地，地形地貌也渐次改观。

四川盆地，可概分为西部平原、中部丘陵和东部平行岭谷三个景观区。三峡水库仅涉及东部平行岭谷区域，其地貌特征是以一系列平行的条状中、低山脉为骨架，间布相对较低的台状山地或丘陵区，并零星见有河流阶地。白帝城至丰都，河流与山脉走向基本平行，自东而西两岸地势逐渐由高变低，即由800—1000m标高的中、低山渐变为400—600m标高的低山、丘陵，河谷类型以宽谷为主，仅有罗家沱附近的关刀峡、黄柏溪附近的巴堰峡两个峡谷段。丰都以上至库尾，河谷摆脱受条形山脉夹持状态，横穿扬眉山（丰都城上游）、苟家山（涪陵城上游）、黄草山（长寿县城下游）、明月山（木洞镇附近）、铜锣山（重庆唐家沱附近）等山脉及其间的低缓丘陵，致使窄谷和宽谷相间出现，如黄草峡、明月、铜锣峡，最窄处只有200余m；而丘陵地带河谷宽达800—1500m。

1.1.2 气象水文

三峡水库地处亚热带气候区，具有平均气温高、空气湿润、降雨充沛、少冰雪严寒等特点。据沿江各气象站记录，多年平均气温三峡段16.7—18.4℃，四川盆地18.1—18.7℃。相对湿度在66%—81%之间，具有由下游向上游增大的趋势。多年平均降雨量在996.7mm—1204.3mm范围，大体上也具有由下游向上游逐渐增多的规律。特别值得注意的是日降雨强度的分布状况，根据1951年—1982年间31年的年气象统计资料编制的一日最大降雨量（降雨强度）等值线图（图1-1），库区从云阳至重庆段处于强度高值区，其中以万县为中心的云阳至忠县段和重庆市附近为两个日最大降雨量超过200mm的暴雨中心区；1981—1986年间即有4年出现过大于100mm的暴雨日，特别是1982年7月，川东地区连续暴雨，云阳城区月降雨量达633.3mm，占当地多年平均降雨量的55.1%，其中7月16日降雨量高达210.5mm，导致了鸡扒子滑坡的发生；与此同时，16日万县暴雨量高达243.3mm，忠县230.6mm。这一现象对论证上述地区斜坡变形破坏特征具有十分重要的意义。

表 1-1 长江忠县—奉节段水文资料

水 文 站	忠 县	万 县	云 阳	奉 节
多年平均迳流量 (亿 m ³)		4233		4540
多年平均流量 (m ³ /s)		13408		14400
最大洪峰流量 (m ³ /s)		69500		62700
最枯流量 (m ³ /s)		2770		2840
多年平均水位 (m)	124.38	107.86	97.16	86.64
最高水位 (m)	146.15	138.29	133.97	126.77
最低水位 (m)	118.39	99.33	84.60	75.14
平均水位变幅 (m)	21.88	31.35	42.55	42.43
最大水位变幅 (m)	27.51	38.81	48.20	50.94
多年平均输沙量 (亿 t)		4.90		5.46
多年平均含沙量 (kg/m ³)		1.19		1.20
资料年限1952—1975	1952—1975	1952—1975	1952—1961	1954—1975

库区河段流量变化幅度很大,根据万县、奉节等水文站资料,该段长江最高洪峰流量和最枯流量间变幅达22—25倍(表1-1)。这种变化主要与沿程支流补给有关。

由于河道窄段的阻滞作用,库区河段枯洪季节水位各地变化幅度不一。如万县变化幅度约40m,万县以上河谷展宽变幅一般小于30m;万县以下河谷变窄,变幅大多在50m以上。历史上多次发生过特大洪水,据记载1870年农历6月中的一次特大洪水,起因于川东连降大雨,忠县、巫山等地连降7天7夜大雨,江水在20天内陡涨,其最高水位:奉节为146.9m,云阳为150.35m,万县为156.04m,长寿达185.09m;并据万县资料洪水持续了三天以上才退却。这次洪水位接近水库拟定的150m方案,短时间内水位涨落幅度达30—70m,它在库岸稳定性评价中的意义是值得重视的。

1.2 地质概况

1.2.1 地层

库区地层除缺失泥盆系下统、石炭系的上、下统、白垩系的大部分及第三系外,自前震旦系至第四系皆有出露(表1-2)。库区地层总体上具有自东向西渐新展布的规律。峡区新滩以东二叠系以老地层连续出露;新滩至奉节的罗家沱三叠系地层大面积分布,除秭归盆地为侏罗系地层展布外,仅在大背斜构成的峡谷段见有志留系至二叠系地层的零星露头;罗家沱以西侏罗系地层广布,仅在长江穿过背斜轴部地段见有少量三叠系地层。

第四系堆积物零星覆于沿江阶地和剥夷面上,其成因类型复杂,厚度变化大。下更新统(Q_1)见于剥夷面分布区,主要为零星残留的黄色亚粘土及砾石土,成因尚不清楚。中更新统(Q_2)为Ⅲ至Ⅴ级阶地上的残留物,巫山过河台Ⅴ级阶地上见有黄色亚粘土夹砾石,可能属冰川泥砾;其它阶地上为亚粘土及砾石土层,属冰水堆积和冲积成因。上更新统(Q_3)为分布在Ⅱ级阶地发育地区的冲积洪积的亚粘土和砂砾土。全新统(Q_4)主要包括河漫滩和Ⅰ级阶地上的卵砾石、砂和亚砂土层。此外,沿江于水位变动带分布的崩塌滑坡残体、崖坡积碎块石和冲积洪积物(有的被灰华胶结)亦属全新统产物。

1.2.2 工程地质岩组划分

上述诸时代地层,按照岩相建造和岩体结构特征,可划分为五种工程地质岩组:

块状岩浆岩组 主要由前震旦系石英闪长岩组成。岩体中裂隙发育,岩性坚硬,但表部风化强烈。分布区斜坡稳定性主要受裂隙发育特征、风化壳的性质、厚度等所控制。

层状碎屑岩组 可再分为硬层为主硬软相间(砂岩夹泥岩)和软层为主软硬相间(泥岩与砂岩互层)两个亚组。前者包括中、上三叠系的巴东组(主要是中段)、须家河组(香溪组)及部分侏罗系和白垩系地层,斜坡稳定性主要受软弱夹层或层面控制;后者主要包括中、上奥陶系,志留系,中、上泥盆系,部分侏罗系及白垩系地层,斜坡稳定性主要受软层或层面控制。

层状碳酸盐岩组 包括震旦系上统、寒武系、奥陶系下统、石炭系中统、二叠系和三叠系下统。碳酸盐岩坚硬完整,但在斜坡上常沿裂隙形成宽大溶隙,岩体中偶夹页岩等软层,它们共同控制斜坡的稳定性。

片状变质岩组 包括前震旦系黑云母奥长片麻岩亚组和角闪石、石英长石片岩亚组。岩体中的结构面包括片理裂隙,斜坡稳定性也主要受它们控制。

松散松软堆积岩(土)组 包括各种成因的第四系堆积物, 由于岩性软弱, 未胶结, 在外动力作用下, 易沿其下伏基岩面产生滑动。

各工程地质岩组的分布状况详见附图1。由图可见, 块状岩浆岩和片状变质岩两岩组分布于东部三斗坪至庙河段, 硬层为主硬软相间碎屑岩亚组和层状碳酸盐岩组沿三峡段相间分布, 软层为主软硬相间碎屑岩亚组主要分布于秭归盆地和四川盆地境内。

1.2.3 地质构造

库区在地质构造上跨越新华夏系第三隆起带中段(川鄂褶皱带)和第三沉降带东区(四川盆地川东弧形褶皱带)。其北受大巴山弧形褶皱带制约, 库首南东侧与长阳EW向构造带相邻, 库尾南侧有川黔SN构造带成份插入。从总体上看, 库区构造的基本特点是, 一系列弧形褶皱从W向E很有规律地由近SN向渐转NNE、NE、NEE, 最后以近EW向与属淮阳山字形构造成份的近SN向秭归短轴向斜相交接, 并嵌入秭归向斜之中(附图1、图1-2)。

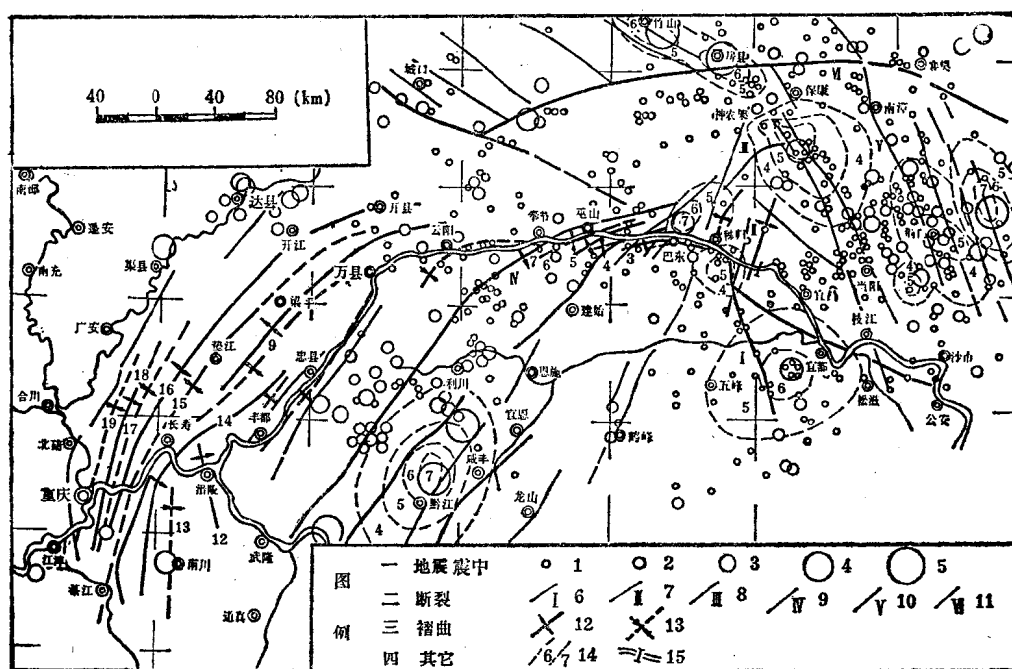


图 1-2 长江宜昌—重庆段构造纲要和震中分布图

一地震震中: 1— $M_s=1.0-1.9$ 级; 2— $M_s=2.0-2.9$ 级; 3— $M_s=3.0-3.9$ 级; 4— $M_s=4.0-4.9$ 级; 5— $M_s=5.0-5.9$ 级二断裂: 6—仙女断裂; 7—九湾溪断裂; 8—新华断裂; 9—齐岳山断裂—郁江断裂带(东); 10—马良断裂—钟祥断裂带(东); 11—青峰断裂三褶皱: 12、13—向斜、背斜(1.黄陵背斜; 2.秭归向斜; 3—流来观背斜; 4—官渡口向斜; 5—巫峡背斜; 6—巫山向斜; 7—瞿塘峡背斜; 8—故陵向斜; 9—万县向斜; 10—忠县向斜; 11—珍溪场向斜; 12—苟家场背斜; 13—蔺市向斜; 14—黄草峡背斜; 15—硃磬向斜; 16—明月峡背斜; 17—广福寺向斜; 18—铜锣峡背斜; 19—江北向斜) 四其它: 14—地震烈度等值线, 数字为烈度; 15—坝址

在褶皱形态上, 巫山以东隆褶带以紧闭褶皱为其特点, 且局部伴有倒转现象(天灯堡—青山头背斜的巫峡段和风吹垭一流来观背斜的东端); 巫山以西四川盆地则以宽缓向斜与紧闭背斜构成所谓“隔挡式”构造。此外, 这些褶皱特别是向斜多为复式褶皱; 在安坪—巴东一带, NEE向的复式向斜中, 发育有与之横跨的近SN向褶皱。

四川盆地与峡区隆褶带在断裂构造上差异显著。巫山以西盆地库段断裂构造不发育；奉节至涪陵段，迄今未发现任何较大的断层；涪陵至库尾段于背斜近轴部见有几条小断裂，如苟家场背斜核部的SN向冲断层，黄草峡背斜核部的NE向冲断层、明月峡背斜核部的NNE向冲断层等，其延伸长度5—12km不等。奉节东侧隆褶带库段断裂构造较发育，断层数量多、方向各异、力学属性多样，是不同构造体系、不同应力场的产物。其中规模较大且近代活动较明显者有仙女山断层、九湾溪断层、新华断层和齐岳山断层等。

库区岩层中，裂隙发育状况明显受区域地质构造和岩性条件的控制。一般情况下，背斜轴部和倾伏端及向斜翘起端多发育纵张和横张裂隙，而翼部则以两组平面共轭剪裂隙为主。根据一些统计资料，岩石的平均裂隙率通常在背斜轴部最高，可达5%以上；背斜倾伏端次之，约为4.5%；其它构造部位在4%以下。灰岩和砂岩中，平均裂隙率多在4%以上，泥岩通常只有1%左右，且多半为风化裂隙。泥质砂岩和砂质泥岩则介于1—2%之间。

上述构造特征对于库区斜坡变形破坏的分布和发育状况起着十分重要的控制作用，这一点将在后续有关章节中作进一步论证。

1.2.4 新构造运动和地震

本区新构造运动的性质和强度以及地震发育状况几十年来一直是许多学者关注的问题，一些问题至今尚在继续探讨之中。就库岸稳定性研究而言，以下一些要点是值得注意的。

1. 已有研究认为“燕山运动以后本区全部褶皱成山”，原始的巫山山脉和鄂西山地初步形成。喜马拉雅运动使本区再次上升，造成了包括三峡地区和四川盆地的大面积隆起，长江雏形开始形成。此后地壳运动继以间歇性大面积隆起为主，造成多级剥夷面（峡区可见二期4级）和阶地，隆起中心在奉节—巫山一带，并显示由西向东轻微掀斜的趋势。

2. “三峡期”（大致始于早更新世末）以来，上升强度有所加剧，河流强烈下切，形成了高陡的河谷岸坡。根据沿河分布的V级阶地高度（位相）分布图（图1-3）可见，第四纪以来，地壳强烈上升，尤以时段最短的全新世（I级阶地）期间上升速度最快；同时隆升仍具有掀斜性质，大致以巫山为中心，隆起幅度向东、向西略有减弱的趋势。

3. 长江流域规划办公室自50年代初以来在重庆至宜昌河段设点开展大地水准测量。测量成果表明，在以秭归—宜昌为中心的整体隆起背景上，隆起与沉降交替出现，两者的转折点在主干断裂及其延伸线上。秭归—宜昌间精密水准多次复测结果（1954—1984）未发现明显的差异活动。

4. 庙河—奉节段有多条活断裂带伸向水库，且正位于现代地形变隆起和沉降的交界地带（图1-2）。主要活断层由E向W依次有NNE向的九湾溪断层、NNW向的仙女山断层、近SN向的新华断层以及NEE向的齐岳山断层等。多年定点形变观测资料表明，断裂的现代活动微弱。以离坝址较近规模较大的仙女山断层为例，该断层由数条雁行排列的断裂所组成，切割震旦纪至白垩纪各时代地层，带宽数十至数百米，取样鉴定，最新一期强烈活动时限为 $(210 \pm 10.6) \times 10^3$ 年，但近年其附近有3.3至5.1级地震发生。形变测量结果，断层位移动率：水平错动0.137mm/a，垂直运动0.06mm/a。

5. 水库及其邻近地区地震分布状况详见图1-2。调查证明，水库外围历史上曾发生过6级以上地震，震中有如常德、安康、南阳等地，距水库均在150km以上。5级—6级地震

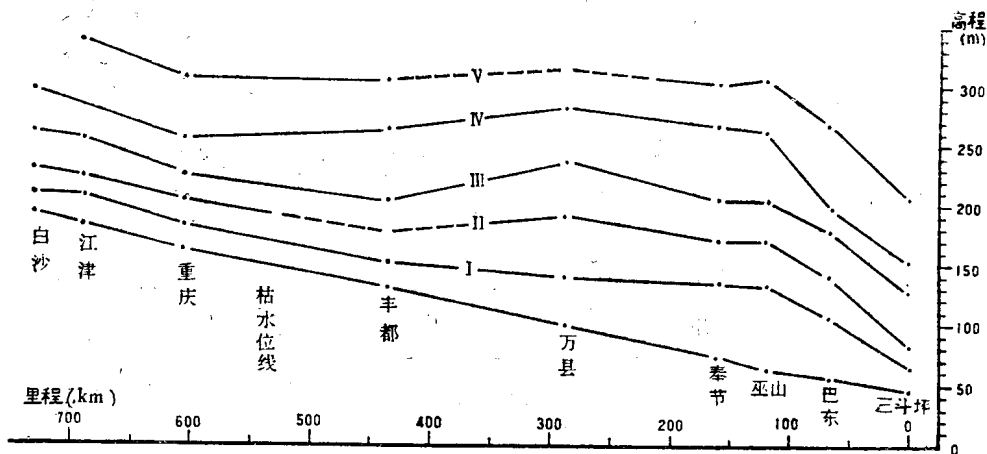


图 1-3 长江江津—三斗坪阶段地 (I—V 级) 位相图

震中主要分布在齐岳山断裂带南段彭水、黔江、咸丰等地和南川,距长江50—100km。总之历史上水库附近未出现破坏性地震。自1959年建立三峡地震台网至今,库内发生的最大地震为1979年5月22日秭归县龙会观的5.1级地震,震中紧靠北岸;此外记录到4—4.9级地震8次,3—3.9级地震27次,均为浅源地震,震源深度8—16km。根据以上特征,国家地震部门将坝址区附近地震基本烈度定为6度,库区小于6度是适宜的。

关于水库诱发地震问题,已列为专题研究,现尚难做出明确的结论。倾向性意见认为,九湾溪以及仙女山断裂北端一带可能是发生水库诱发地震的有利场所,但认为发生6级以上地震的可能性不大。

鉴于以上情况,在以后有关章节中,对仙女山断裂带附近的斜坡进行稳定性评价时,从安全角度考虑,将烈度提高一度进行验算。

1.2.5 水文地质

库区两岸除个别滑坡点外极少有水文地质的勘探和长观资料,有关水文地质特征的描述主要根据1:20万水文地质区测资料。根据地下水的赋存条件及水动力特征,库区地下水可分为四种类型:

1. 松散岩孔隙水

零星分布于I级阶地底部砂卵石层中,含水层厚仅数m,富水性弱。受大气降水、下伏基岩裂隙水或岩溶水补给,动态不稳定。

崩坡积和滑坡堆积层的透水性较强,但由于分布在斜坡上,补给条件差,排泄条件好。当下伏基岩强透水时,大多透水不含水;当下伏为不透水的砂页岩时,仅在下部含水或者雨季富水。雨季地下水位大幅度上升,动水压力明显增高。库区老滑坡的复活大多发生在雨季,即与此有关。

2. 碎屑岩裂隙承压水

主要分布于秭归盆地和四川盆地三叠系上统和侏罗系的砂岩中,富水性一般较弱,泉水流量一般小于0.1l/s,单井涌水量小于100t/d。由于系砂岩与隔水泥岩相间,构成多层状层间裂隙水,各具各自的补给、迳流、排泄系统,彼此之间通常无明显水力联系。

平缓产状的泥岩隔水层顶板常因卸荷和地下水作用而被不同程度泥化,成为斜坡变形

表 1-2 三 峡

系	统	组(群)的名称	代 号	厚 度 (m)
第四系			Q	
白垩系	下 统	虎门组 五龙组 石门组	K ₁	>480
侏罗系	上 统	蓬 莱 镇 组	J _{3p}	>399
		遂 宁 组	J _{3s}	464.8
	中 统	上 沙 溪 庙 组	J _{2s}	1536.0
		下 沙 溪 庙 组	J _{2xs}	551.3
		新 田 沟 组	J _{2x}	600.6
	未 定 下 统	自 流 井 组	J _{1-2s}	
		珍 珠 冲 组	J _{1s}	
三叠系	上 统	须家河组(香溪组)	T _{3xj}	471.6
	中 统	巴 东 组	T _{2b}	672.9
	下 统	嘉 陵 江 组	T _{1j}	709.1
		大 冶 组	T _{1d}	657.4
二叠系	上 统	长兴组 吴家坪组	P ₂	75.9
	下 统	茅口组 栖霞组 马鞍山组	P ₁	234.4
石炭系	中 统	黄 龙 群	C ₂	38.4
泥盆系	上中统	写经寺组 黄家碛组 云台观组	D _{2,3}	88.2
志留系	上中下统	沙帽群 罗惹坪群 龙马溪群	S	1281.0
奥陶系	上中统	五 峰 组 临 湘 组	O _{2,3}	56.8
		宝塔组 庙坡组 牯牛潭组		
	下 统	大 湾 组	O ₁	203.0
		红花园组 分乡组 南津关组		
寒武系	上 统	白马洞组 黑石沟组 上峰尖组	Є ₃	563.5
	中 统	红 溪 组 平 善 坝 组	Є ₂	111.0
	下 统	石龙洞组 天河板组	Є ₁	667.0
		石 牌 组 水井沱组		
震旦系	上 统	灯 影 组 陡山沱组	Zb	316.7
	下 统	南 沱 组	Za	184.8
前 震 旦 系			ArZ	