

三峡库区重庆段
典型地质灾害治理工程选录

康景文 赵 翔 编

西南交通大学出版社

·成都·

内容简介

本书通过对搜集到的三峡库区重庆段 942 处滑坡、塌岸、危岩地质灾害点的勘察、设计、监测资料进行分类统计，对各类地质灾害的特点及灾害治理措施进行研究总结，选取了其中具有代表性的工点，对其工程地质条件、治理措施设计、施工和监测及治理效果做了详细介绍，可供类似地灾治理工作借鉴和参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

三峡库区重庆段典型地质灾害治理工程选录 / 康景文, 赵翔编. —成都: 西南交通大学出版社, 2015.7
ISBN 978-7-5643-4082-7

I. ①三... II. ①康... ②赵... III. ①三峡水利工程
- 地质灾害 - 灾害防治 - 重庆市 IV. ①P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 174576 号

三峡库区重庆段典型地质灾害治理工程选录

康景文 赵翔 编

责任编辑 胡晗欣
特邀编辑 柳堰龙
封面设计 墨创文化

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话 028-87600564 028-87600533
邮政编码 610031
网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 四川煤田地质制图印刷厂
成品尺寸 185 mm×230 mm
印 张 12.5
字 数 258 千
版 次 2015 年 7 月第 1 版
印 次 2015 年 7 月第 1 次
书 号 ISBN 978-7-5643-4082-7
定 价 48.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：028-87600562

序

地质灾害的治理是地质灾害研究和防治工程最重要的内容和最终成果。由于地质灾害问题的极端复杂性，目前对地质灾害治理的理论和实践还远未达到理想的认识，仍需要通过大量工程实践的积累和总结，以促进学科的发展。

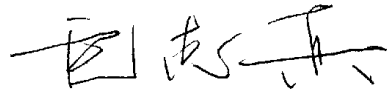
三峡水库是我国目前最大的河流型水库。三峡库区地质环境脆弱，在三峡工程建设前就是地质灾害多发区和重灾区之一。三峡工程建成运行后，周期性的库水位急剧涨落、库水的冲刷和软化作用以及移民新城镇建设和公路修建等人类工程活动，改变了水动力条件和岩土体结构，促使新的滑坡、塌岸等地质灾害的形成。为保障移民新区、航运和三峡大坝安全运营，国家先后投资数十亿进行治理，截至目前，三峡库区重庆段地质灾害工程治理并通过验收的项目已达 700 余个。在如此之多的地灾治理工程实践中，有大量值得研究和借鉴的成功实例。

中国建筑西南勘察设计研究院作为在西南地区有着 50 多年岩土工程和地质灾害勘察设计研究的专业单位，有一支具有很高研究水平和丰富实践经验的专业队伍。作为这支专业团队的核心，本书作者直接参与了三峡库区地质灾害的勘察、设计、施工、监测等全过程的系统治理工作，掌握了本单位及其他参加单位大量的经过实际检验的治理工程资料。作者在对多年工程实践经验和大量工程资料进行分类总结、系统研究的基础上，编撰完成本书。

本书以三峡库区重庆段为研究区，对所搜集到的近千个地质灾害工点的资料进行分类统计、总结归纳，得出了三峡库区重庆段滑坡、塌岸、危岩三类地质灾害在分布及分类、发育影响因素等方面的特点，并总结了稳定性评价方法、治理工程和施工监测技术在地质灾害治理中的应用情况。在此基础上，本书筛选出若干具有代

表性的治理工程所在的地质灾害工点，对其工程地质条件、治理工程设计、施工和监测方面的内容进行详细阐述，并通过现场调查对治理效果进行了评价。

本书内容翔实，对各类地质灾害的特点和治理经验的总结系统而全面，所选取的工程实例具有典型性，对工程实例中勘察、设计、施工及监测、治理效果四大方面的内容进行了全面阐述，其中，治理效果是作者在进行了现场调查后作出的客观评价。因此本书是一本具有重要参考价值的技术著作，为后续相关治理工作的开展或类似灾害点的治理提供了经过深入分析与总结的成功范例，值得向广大地灾和岩土工程技术人员推荐。



中国建筑股份有限公司 总工程师

2015年7月

前 言

三峡库区地质环境脆弱，在三峡工程建设前就是地质灾害多发区和重灾区之一。三峡水库蓄水后，由于干流水位每年在汛期和枯水期都有数十米的涨落，水位急剧上升或下降将使库岸的环境发生很大改变，必将引起库岸失稳，主要表现为老滑坡的复活、新滑坡的产生以及加剧塌岸的发生。水库蓄水后移民城镇建设和基础设施建设也会引发新的地质灾害。

三峡库区地质灾害点多面广，地质灾害隐患点威胁着人民群众的生命财产，影响着重大基础设施的安全运营。为了保证人民生命财产的安全，国家投资了大量人力、物力对库区的地质灾害进行治理。目前，据不完全统计，已完成的各类地质灾害治理项目约有 700 余项。在三峡库区地质灾害防治过程中，在地质灾害防治工程勘察、设计、监测和施工等方面积累了许多宝贵的经验。将三峡库区地质灾害的特点及其治理措施的应用情况进行总结和评价，有利于现有成功经验的推广和库区后续地质灾害治理工作的开展。

本书在对所搜集到的三峡库区重庆段 942 处（包括 162 个滑坡、404 个塌岸、376 个危岩体）地质灾害点的勘察、设计、监测资料进行分类统计、研究总结的基础上，分析各类地质灾害的特点和稳定性评价方法，总结库区地质灾害治理措施的应用情况，以典型工程实例的形式对新颖的或具有代表性的治理工程所在灾害点的工程地质条件、治理措施设计、施工和监测进行详细论述，并通过现场调查对治理效果进行评价，为后续相关治理工作或类似灾害点的治理提供参考。

本书共 13 章，包括四大部分内容：

第一部分（第 1 章）：概况。介绍了三峡库区重庆段的工程概况、地理交通、气象水文。

第二部分(第2章~第7章):滑坡篇。总结了三峡库区重庆段滑坡的分布及分类特征、发育影响因素、稳定性评价方法、治理工程和施工监测技术的应用情况。选取新颖的、具有代表性的5个滑坡(群),对其工程地质条件和治理工程设计、施工、监测、治理效果等内容进行详细论述。

第三部分(第8章~第10章):塌岸篇。总结了三峡库区重庆段的水库运行特征、塌岸结构类型、破坏模式、稳定性分析和塌岸预测方法、治理措施、施工及监测技术,并选取破坏模式类型较多、治理措施具有代表性的2个塌岸带22个剖面进行详细论述。

第四部分(第11章~第13章):危岩篇。总结了三峡库区重庆段危岩体的发育成因、破坏模式、稳定性评价方法、整治措施和施工及监测技术。选取破坏类型较多、整治措施具有代表性的2个危岩带182块危岩体进行详细论述。

本书由中国建筑西南勘察设计研究院有限公司康景文、赵翔主持编写,参加编写的人员有中国建筑西南勘察设计研究院有限公司康景文、赵翔,西南交通大学谢强、赵文、渠孟飞、赵梦怡、周根郊、贺建军、孙彩婷等。全书由康景文统稿。

本书所涉及的工程实例资料,来自于参加三峡库区地质灾害勘察设计的相关单位,特向以下单位表示衷心的感谢:长江水利委员会长江勘测规划设计研究院、重庆市南桐工程勘察有限公司、四川省建筑设计院、四川省地质工程勘察院、重庆市地质矿产开发勘查局一〇七地质队、重庆市乐浦地质灾害防治咨询设计事务所、重庆一三六地质队、重庆市地质灾害防治工程勘查设计院、重庆市地质矿产勘查开发局南江水文地质工程地质队等单位,特此致谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥与错谬之处,敬请读者批评指正。

编者

2015年7月

目 录

第 1 章 三峡库区重庆段概况	1
1.1 工程概况	1
1.2 地理交通	5
1.3 气象与水文	6
第 2 章 三峡库区重庆段滑坡概述	13
第 3 章 人和立新村滑坡群	17
3.1 滑坡概况	17
3.2 稳定性分析	22
3.3 治理设计	24
3.4 施工及监测	33
3.5 工程治理效果	35
第 4 章 安渡滑坡群	37
4.1 滑坡概况	37

4.2	稳定性分析	42
4.3	治理设计	47
4.4	施工及监测	52
4.5	工程治理效果	55
第 5 章	猴子石滑坡	56
5.1	滑坡概况	56
5.2	稳定性分析	61
5.3	治理设计	64
5.4	施工及监测	73
5.5	工程治理效果	77
第 6 章	黄瓜坪滑坡群	78
6.1	滑坡概况	78
6.2	稳定性分析	82
6.3	治理设计	85
6.4	施工及监测	90
6.5	工程治理效果评价	92

第 7 章 狮子包滑坡	94
7.1 滑坡概况	94
7.2 稳定性分析	99
7.3 治理设计	101
7.4 施工及监测	107
7.5 工程治理效果	109
第 8 章 三峡库区重庆段塌岸概述	110
第 9 章 南山—密溪沟库岸	116
9.1 库岸概况	116
9.2 库岸稳定性分析	120
9.3 库岸塌岸预测与评价	123
9.4 防治措施	125
9.5 施工及监测	135
9.6 塌岸治理效果	136
第 10 章 瓦窑背—龙船寺库岸	137
10.1 库岸概况	137

10.2	库岸稳定性分析	141
10.3	库岸塌岸预测与评价	142
10.4	治理工程设计	144
10.5	施工及监测	148
10.6	塌岸治理效果	149
第 11 章 三峡库区重庆段危岩概述		150
第 12 章 菜地沟右岸危岩带		154
12.1	危岩带工程地质条件	155
12.2	危岩特征	158
12.3	危岩稳定性评价	162
12.4	治理设计	167
12.5	施工及监测	170
12.6	治理效果评价	171
第 13 章 首立山危岩		173
13.1	危岩带工程地质条件	174
13.2	危岩特征	175

13.3 危岩稳定性评价	177
13.4 防治措施	178
13.5 施工及监测	186
13.6 治理效果评价	187
参考文献	189

第 1 章 三峡库区重庆段概况

1.1 工程概况

长江三峡西起重庆奉节的白帝城，东至湖北宜昌的南津关，全长 193 km。三峡水利枢纽工程位于湖北宜昌市夷陵区三斗坪，下距葛洲坝水利枢纽 38 km，1994 年 12 月 14 日正式宣布开工，2003 年 6 月 1 日下闸蓄水至 135 m，2006 年 5 月 20 日全面建成，2010 年 9 月 10 日启动 175 m 试验性蓄水，2010 年 10 月 26 日库水位涨至 175 m，首次达到设计最高蓄水位。大坝全长 2 309.5 m，坝顶高程 185 m，正常蓄水位 175 m，总库容 393 亿立方米，其中防洪库容 221.5 亿立方米，尾水水位 83.2 m^[1]。三峡库区位于长江干流湖北省宜昌市夷陵区三斗坪镇至重庆市江津县之间，库岸长约 690 km，地理坐标东经 106°~111°，北纬 29°30'~31°21'，行政区划跨越湖北省和重庆市 20 个区、县的沿江地带。三峡水库为典型的河谷型水库，库区干流控制面积约 5 500 km²，支流控制面积 3 200 km²^[2]。库区地处四川盆地与长江中下游平原的结合部，跨越鄂中山区峡谷及川东岭谷地带，北屏大巴山，南依川鄂高原，处于我国第二阶梯地形的东缘，总体地势东西向呈东高西低（东端最高峰海拔 3 105 m，西端最高峰海拔 2 251 m）^[3]。三峡库区地质环境具有东西分异现象，在地理、气象和地质构造等方面存在明显特征^[2]。

三峡库区正常蓄水位后，汛期 6 月中旬至 9 月底水库坝前限制水位 145 m，以便洪水来临时拦蓄洪水。10 月初至 10 月底，水库坝前水位从 145 m 抬升至 175 m；11 月至次年 4 月底，水库坝前水位保持 175 m；5 月初至 5 月底，水库坝前水位从 175 m 降至 155 m，每天下降不大于 1 m，平均为 0.67 m/d；6 月 1 日至 6 月 10 日，水库坝前水位从 155 m 降至 145 m，平均下降为 1.0 m/d。坝前水位在 145~175 m 波动，水位变幅为 30 m。蓄水后，三斗坪水位上升幅度最大，按 5 年一遇设计洪水位，回水水位较天然水位上升 104 m，见表 1.1。库水位的频繁变化对库岸的稳定性将产生巨大的影响。

表 1.1 三峡工程 175 m 水位方案干流库区重点断面回水水位值^[4]

断面		距坝里程 /km	天然水位/m				回水水位/m			
编号	名称		1%	2%	5%	20%	1%	2%	5%	20%
23	巫山县	124.2	128.8	127.0	124.0	118.7	175.3	175.2	175.1	175.1
30	奉节县	162.2	137.3	135.4	132.1	126.3	175.4	175.3	175.2	
39	新津乡	218.7	140.7	138.8	135.5	130.0				
40	云阳县	223.7	141.2	139.4	136.0	130.5				
44	双江镇	248.4	142.7	140.8	137.6	132.2				
50	万州	281.3	144.7	142.8	139.8	134.6				
67	忠县	310.3	153.4	151.6	149.0	144.4	175.5	175.4	175.3	
79	丰都县	429.0	157.9	156.4	154.1	150.0	175.6	175.5		
85	盐汉溪	454.6	163.9	162.3	160.0	155.9	175.8	175.6	175.4	175.2
91	郭家嘴	479.4	168.8	167.2	164.9	160.9	160.9	176.0	175.6	175.3
102	长寿县	527.0	180.9	179.0	176.6	172.3	172.3	182.1	177.6	175.6
108	下刘家坪	555.0		183.4	181.2	177.0	177.0		181.8	177.6
110	木洞	565.7	186.7	185.2	183.0	178.8	178.8	187.4	183.5	179.3
112	木塘坎	573.9		186.7	184.5	180.4	180.4		185.0	180.7
113	弹子田	579.6	189.5	187.9	185.7	181.5	181.5	190.0	186.0	181.8
114	广阳坝	583.8	190.0	188.5	188.3	182.1	182.1	190.5	186.6	182.4
117	生基塘	593.5	192.5	190.8	188.5	184.0	184.0	192.8	188.8	184.3
118	寸滩	596.7	193.1	191.5	189.2	184.8	184.8	193.4	189.5	185.1
120	重庆	603.7	194.2	192.5	190.1	185.8	185.8	194.5	190.3	186.0

长江流域因三峡水电站的修建而淹没的县(市)有 20 个,包括湖北省所辖的宜昌县,秭归县,兴山县,恩施州所辖的巴东县;重庆市所辖的巫山县,巫溪县,奉节县,云阳县,开县,万州区,忠县,涪陵区,丰都县,武隆县,石柱县,长寿县,渝北区,巴南区,江津区及重庆核心区(包括渝中区、沙坪坝区、南岸区、九龙坡区、大渡口区 and 江北区)。按三峡工程正常蓄水位 175 m,加风浪超高 2 m 和 20 年一遇洪水回水线作为移民迁建的范

围，水库长 568 km，水面 1 084 km²，其中淹没陆地面积 632 km²。三峡工程百万移民历经 8 年试点、17 年搬迁安置，前后共计 25 年，于 2009 年完成了搬迁安置的阶段性任务。截至 2009 年年底，三峡工程库区累计搬迁安置城乡移民 129.64 万人，其中：搬迁安置农村移民 56 万人（其中外迁安置 19.6 万农村移民），搬迁安置城（集）镇移民 73.64 万人；完建各类房屋建设 5 054.76 万平方米；完成城（集）镇迁建 118 座[按照合并调整后的城（集）镇，其中城市和县城 12 座、集镇 106 座]。城（集）镇基础设施建设如期完成；工矿企业迁建完成 1 532 家，其中迁建 530 家，破产关闭 1 102 家^[5]。

三峡库区地质环境脆弱，在三峡工程建设前就是地质灾害频发的地区。滑坡、崩塌是三峡库区的主要外动力地质现象，也是地质灾害的主要类型。滑坡、崩塌发育受地区地层岩性、地质构造和地貌及其组合关系等条件控制，造成了空间分布的明显差异。库区沿岸的奉节李家坝—云阳故陵镇、云阳大河沟—兴隆滩和万州城区附近等库岸段崩滑体发育数量最多，斜坡的稳定性也最差（见图 1.1）。在发育时间上有受降雨入渗、地震、人类工程活动和洪水冲刷、掏蚀等触发因素制约的特点，其中尤以降雨入渗的影响最为频繁而明显。

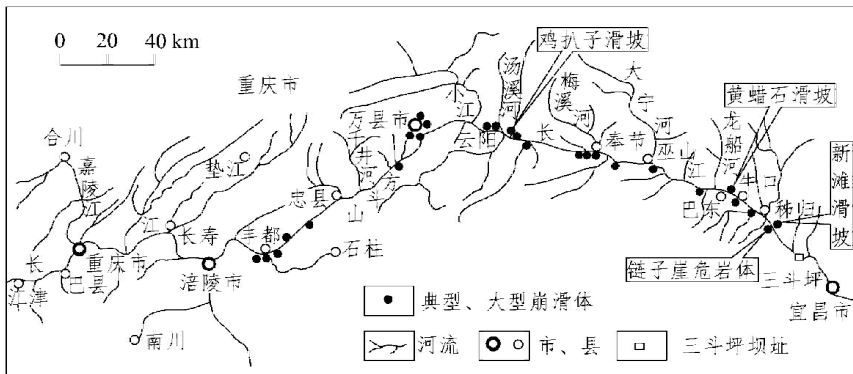


图 1.1 三峡工程库区蓄水前巨型和大型崩塌滑坡位置分布图^[2]

1982 年 7 月暴雨期，万州各县（区）发生大小崩滑体 8 万余处；1993 年 7—8 月，万州各县（区）再次发生崩滑体 1.1 万处。三峡库区滑坡、崩塌灾害的危害十分严重。1982 年 7 月 15 日至 30 日的崩滑体，使万州各县（区）20 余万户约 100 万人受灾。毁坏耕地 0.66 万公顷，房屋 3.6 万间，造成 1.1 万户人无家可归。1993 年 7—8 月，万州发生的崩滑体灾害，毁坏耕地 1.32 万公顷，房屋 5.63 万间，3 800 多户人无家可归，各类经济损失 1.8 亿元。云阳县 1993 年因滑坡灾害受灾农户 25.13 万户，人口达 91.37 万人，分别占农户的 47.6%，占农业总人口的 48.1%，各类经济损失达 8 890 万元。各基本建设工程受滑坡、崩塌灾害

的危害也十分严重，其中交通工程和城镇受灾最为突出。1982年云阳鸡扒子滑坡堵江，也曾一度造成断航，后投入8000万元，采取在河底挖掘堆积物、沿岸压脚、滑坡表面排水等综合措施，才使航运得以恢复。川东地区的公路“晴通雨堵”的现象十分普遍，一方面是由于公路等级差，雨天土路难行；另一方面则是因为滑坡、泥石流堵塞和洪水冲毁而无法通行^[6]。

据中国科学院成都山地灾害与环境研究所1990年的调查，从三峡大坝至重庆市，长约600km的长江两岸，在统计的214个滑坡崩塌中(面积约50km²)，滑坡崩塌体总量达13.52×10⁸m³，其中崩塌47个，体积1.173×10⁸m³；滑坡167个，体积12.35×10⁸m³。崩塌占崩滑总数的21.96%，占崩滑总体积的8.6%；滑坡占崩滑总数的78.04%，占崩滑总体积的91.4% (见表1.2)。河谷平均每千米有滑坡0.36个，体积225.32×10⁴m³^[6]。

表 1.2 滑坡崩塌统计表 (据刘新民, 1990)^[6]

区 间	河谷长 /km	滑 坡		崩 塌		崩滑体累计	
		数 量 /个	体 积 /(10 ⁸ m ³)	数 量 /个	体 积 /(10 ⁸ m ³)	数 量 /个	体 积 /(10 ⁸ m ³)
重庆—三峡大坝	600	167	12.35	47	1.173	214	13.52

为了三峡工程顺利实施和运行，三峡水库蓄水后，由于干流水位每年在汛期和枯水期都有数十米的涨落，水位急剧上升或下降，很容易导致一些老的滑坡、崩塌体复发，引发新的滑坡和崩塌等地质灾害。三峡库区蓄水后，可能触发1000多个库岸滑坡，单个滑坡体积可达几亿立方米，严重威胁移民新区、航运和三峡大坝安全运营，2003年前国家投资40亿进行治理。三峡库区地质灾害点多面广，地质灾害隐患点威胁着人民群众的生命财产，影响着重大基础设施的安全运营。

大规模的基础设施建设引发了大量的滑坡、崩塌、泥石流灾害；随着城市化进程的加快，现代都市圈逐渐形成，土地资源供需矛盾加剧，长期人为挖填破坏环境，导致了大面积的地质灾害。三峡库区各地工程活动引起的环境问题，形成了许多地质灾害隐患，工程活动引发的滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地裂缝灾害在库区各城市普遍存在。

2001年7月三峡库区地质灾害防治工作启动，2002年1月25日，随着国务院对《三峡库区地质灾害防治总体规划》作出批复，库区地质灾害治理开始实施。

2002年10月，地质灾害防治工程全面展开。共有来自全国20个省、自治区、直辖市和地矿、水利、交通、铁道、核工业、冶金、煤炭、科研院所及院校的上万名工作者参与

到了三峡库区地质灾害的防治工作中。

重庆市三峡库区地质灾害防治工作分三期进行。三峡库区地质灾害的集中治理始于2001年的二期治理。最初(一期)是从400亿移民资金中切出6个亿来作为防治经费,由国务院三峡建委移民局管理。重庆三峡库区二期地质灾害工程治理项目有182个(包括崩滑体129处、库岸53段)。2004年7月中旬,二期地质灾害防治工程通过初步验收。三期地质灾害治理共分应急项目和非应急项目两大类,其中应急项目196个(包括二期分期治理项目后续工程和国家批复初设的非应急项目,新开工项目为173个,包括崩滑体66个,库岸130段),非应急项目135个(包括泥石流1处、滑坡(群)69个、危岩(带)19个、库岸39段、变形体7处),参与的勘察设计单位有38家。2013年11月11日,重庆三峡库区三期地质灾害防治工程通过最终验收。

1.2 地理交通

三峡库区(重庆段)的地理位置为东经 $106^{\circ}\sim 110^{\circ}$,北纬 $29^{\circ}30'\sim 31^{\circ}21'$,行政区划上隶属于重庆市,涉及重庆市的15个县(区),总面积 $45\,407\text{ km}^2$ 。东临湖北,南接贵州,西靠四川,北连陕西,是连接我国西南和华中的天然纽带,亦为西南各省、区、市出海之要道(见图1.2)。

热、降雨充沛、气候湿润和无霜期长等特点，属典型亚热带湿润性季风气候。

库区年平均气温在 18 °C 左右（见图 1.3、表 1.3）。冬季气温平均为 6~8 °C。夏季平均气温为 27~29 °C。由于三峡库区地形复杂，气象要素分布在时间和空间上均具有明显差异。据沿江各气象站记录，奉节以东的三峡江段多年平均气温为 16.7~18.4 °C。奉节以西的川江地区为 18.1~18.7 °C。各县冬季极端最低气温均在 0 °C 以下。夏季沿江地带是流域内的高温区之一，极端最高气温可达 40 °C 以上。

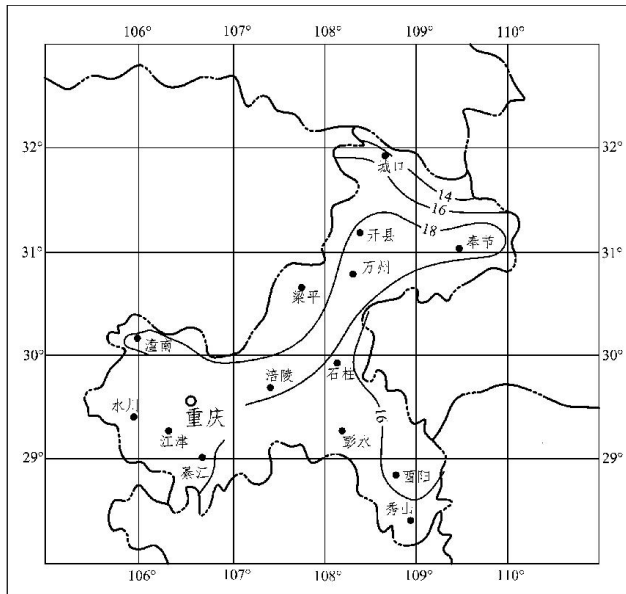


图 1.3 重庆市年平均气温略图^[7]

表 1.3 重庆市部分地区年平均气温统计表^[7]

站名	沙坪坝	江津	涪陵	万州	巫山	巫溪
测场海拔高度/m	259.1	216.0	273.5	186.7	275.7	377.8
年均温/°C	18.2	18.4	18.0	18.2	18.0	17.7

库区（重庆段）各地年降水量充沛，大部分地区在 1 000~1 200 mm。降水量相对高值区处在开县一带，为 1 200~1 300 mm（见图 1.4）。降水量的空间分布除受大气环流控制外，还深受地貌的影响。库区年降水量的分布，有如下两个特点：第一，迎风坡利于暖湿空气抬升凝结成雨，迎风坡多于背风坡。第二，山地多于河谷地区。地处山地的巫溪比地

处河谷的武隆、丰都年降水量多 74.4~298.5 mm^[7]。暴雨一般始于 5 月，终于 9 月。6—7 月暴雨次数占全年的 50% 以上。从地域分布来看，暴雨多出现在市境东南部及东北部。库区各地暴雨统计值见表 1.4 和表 1.5。在连降暴雨之后，因降水强度和地面径流大，常引起山洪暴发，往往造成洪涝灾害和严重的水土流失，导致山体滑坡、泥石流、堤防溃决、农作物等被淹，交通、通信和电力中断，部分喀斯特盆地积水成湖。暴雨和洪涝造成人员伤亡和重大经济损失，危害很大^[7]。

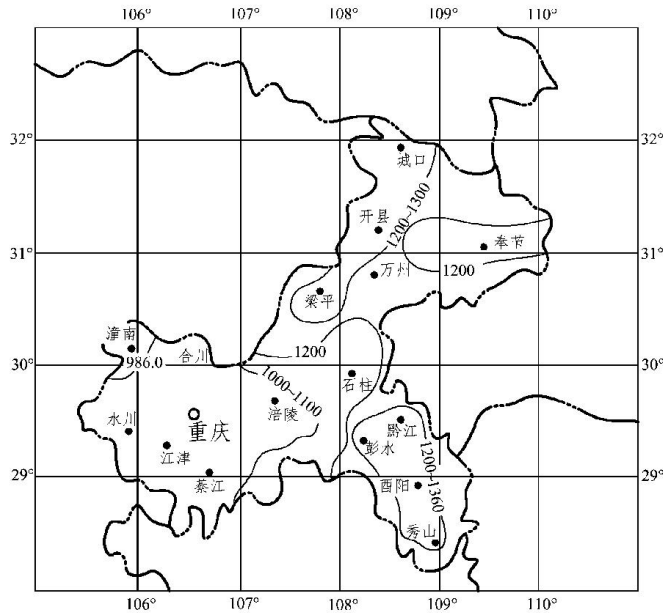


图 1.4 重庆市平均降水量 (mm) ^[7]

表 1.4 三峡库区 (重庆段) 1950—1989 年暴雨极值统计表^[8]

站名	≥100 mm 一日最大			≥100 mm 三日最大		≥3 日连续降雨过程		
	降雨量	日期	共计次/年	降雨量	日期	连续最大降雨量 (mm)	日期	持续天数
江津	159.5	1965-9-5	4/35	166.2	1965-9-4—6	273.6	1983-7-3—14	12
重庆	195.3	1980-7-30	12/40	221.0	1980-7-29—31	272.6	1963-5-23—6-1	10
长寿	196.3	1974-8-10	11/31	293.3	1974-8-8—10	293.3	1974-8-8—10	3

涪陵	117.2	1989-5-12	3/41	129.6	1982-7-15—17	247.5	1973-9-7—18	12
丰都	160.5	1961-7-6	5/30	248.4	1982-7-16—18	249.6	1982-7-15—18	4
忠县	230.8	1982-7-16	7/31	355.3	1982-7-15—17	549.5	1982-7-15—30	16
万州	243.3	1982-7-16	11/34	388.6	1982-7-15—17	488.7	1982-7-15—23	9
云阳	210.5	1982-7-16	12/33	345.0	1982-7-15—17	473.0	1982-7-15—24	10
奉节	158.6	1956-7-8	9/38	211.5	1982-7-15—17	307.6	1982-7-15—23	9
巫山	157.7	1981-8-24	4/31	177.3	1984-6-12—14	255.2	1989-7-8—13	7

表 1.5 三峡库区（重庆段）大于 100 mm 大暴雨频率统计表^[8]

市（县）	江津	重庆	长寿	涪陵	丰都	忠县	万州	云阳	奉节	巫山
出现次数	4	12	11	3	5	7	11	12	9	4
年数	3	10	9	3	4	5	11	11	8	4
统计年数	35	40	31	41	30	31	34	33	38	31
频率/%	11.4	30	35.6	7.3	16.1	22.6	32.4	36.4	23.7	12.9

长江沿岸及嘉陵江、乌江下游一带温度高，降水丰富，水面广阔，故湿度大，年平均相对湿度超过 80%，其余地区均在 70%~80%。云的形成取决于相对湿度，湿度大，云量多。重庆市平均云量在 7~8。各地云量的年变化，大致与相对湿度一致。秋末冬初云量多大于 8，这与锋面活动多有关。相对而言，夏季天气多晴，云量减小，但仍为 7~8。晴、阴日数的多少和云量多寡关系极大。重庆全年阴天日数达 219.6 天，从季节变化看，冬季阴天的日数更多一些，如重庆沙坪坝的 12 月几乎每三天就有两天半是阴天。市境内全年的晴天日数一般只有 1—2 月，以 7—8 月份较多。市境地势起伏，风力微弱，水汽不易散失，已是多云的基本条件，加之冬半年锋面活动频繁，所以每年从 9 月起，即成为多云中心。雾日的分布和云量相类似，除边缘山地较少外，其余地区年平均雾日多在 20~35 天以上。在中山之巅，常处于凝结高度以上，雾日特别多，如沙坪坝 44.6 天/年，最多 148 天/年^[7]。库区近年各区气象数据见表 1.6。

表 1.6 三峡库区的平均气温（℃）、降水量（mm）和相对湿度（%）的原始数据^①

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009

① 引自钞婷等人的《三峡工程与局部气候变化：基于四川和重庆气象数据的实证分析》。

气象要素											
区县											
重庆	平均气温/°C	18.1	18.9	18.8	18.9	18.4	18.6	19.1	19	18.5	19
	相对湿度/%	80	79	81	80	78	78	74	81	82	80
	降水量/mm	1 018	8 114	1 421	1 033	1 188	1 020	842.8	1 439	962.7	1 199
长寿	平均气温/°C	17.2	18.1	17.9	18	17.6	17.6	18.6	18.4	17.9	18.2
	相对湿度/%	83	80	82	81	83	82	75	80	74	79
	降水量/mm	1 080	800.4	1232	1079	1 365	1 133	872.8	1268	1 020	1 081
涪陵	平均气温/°C	17.9	18.7	18.5	18.7	18.2	18.4	19.2	18.6	18.2	18.6
	相对湿度/%	81	79	80	79	77	74	72	80	78	81
	降水量/mm	979.3	831.9	1 216	1 168	1 270	1 086	840.3	1 082	1127	1 049
万州	平均气温/°C	18	19.1	18.6	18.7	18.5	18.4	19.3	18.7	18.4	18.8
	相对湿度/%	81	78	80	80	75	76	74	80	82	80
	降水量/mm	1 396	848.6	1 073	1 461	1 315	1 145	893.2	1 179	1 018	1 151
奉节	平均气温/°C	16.1	17	16.5	18.1	18.2	18.3	19.3	18.7	18.2	18.6
	相对湿度/%	72	72	75	74	72	70	65	75	77	73
	降水量/mm	1 139	969.3	1 291	1 366	1 153	893.2	763.5	1 080	1 104	1 001
巫山	平均气温/°C	18.1	18.9	18.3	18.5	18.7	18.6	19.6	19.1	18.6	19
	相对湿度/%	69	69	71	73	66	66	63	68	67	67
	降水量/mm	1 102	876.2	1 072	1 180	1 074	913.2	767.7	1 165	1 224	866.6

2. 水 文

库区内地貌类型复杂多样，各地气候差异明显，江河分布在起伏的山丘之间，俯瞰全市，山川纵横，江河众多，分属长江干流、嘉陵江、乌江等水系。流域面积大于 50 km² 的河流总计约 374 条，其中：流域面积 50~100 km² 的约 167 条，100~500 km² 的河流 152 条，500~1 000 km² 的 19 条，流域面积 1 000~3 000 km² 的 18 条^[9]，如图 1.5 所示。长江从西南向东北绕行于重庆市境中部，海拔多在 200~450 m，地势大多南倾，起伏和缓，丘

陵广布，间有平原(平坝)，南北支流注入长江，是不对称的向心状水系。北岸支流长而多，南岸支流除乌江外，短而少。长江在江津以下穿越许多峡谷，峡谷段谷坡多大于 45°，河床多系基岩或乱石。流域内气候湿润，但降水季节分配不均，年际变化大。径流年内变化与年际变化亦大，嘉陵江与乌江的丰水年分别为枯水年的 2.7 倍和 2.8 倍，这在长江流域中是比较突出的。库区内河流具有洪峰高、持续时间长、洪水量大的特征。长江干流及主要支流人口稠密，开发历史悠久，经济发达。较大河流皆可通行轮船和木船。自然植被破坏较严重，水土流失面积大^[7]。图 1.5 为重庆水系略图。

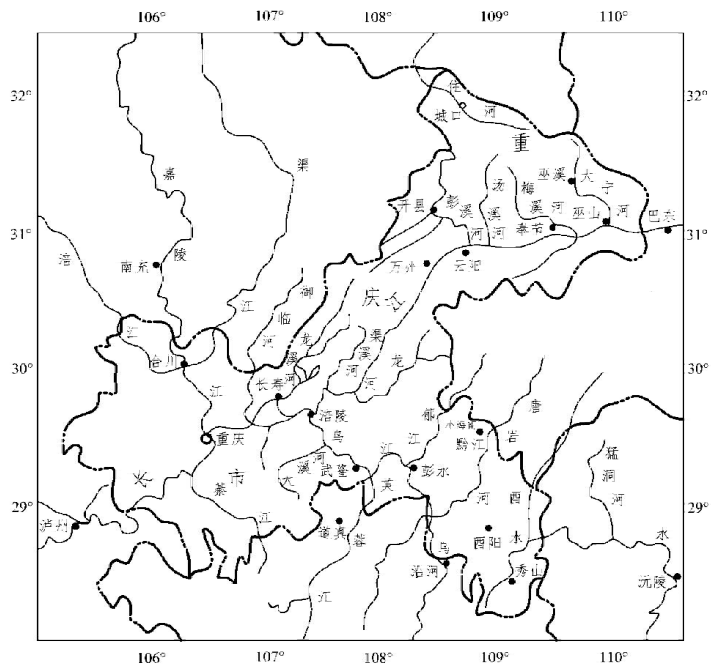


图 1.5 重庆市水系略图^[7]

长江在江津羊石镇进入重庆市境，流经重庆市 17 个区(市)县，在巫山县培石镇出境，境内江段长 683.8 km，入境(朱沱站)多年平均年径流量 2 692 亿立方米，出境(巫山站)多年平均年径流量 4 292 亿立方米。三峡库区形成后，回水长达 660 km，水面变宽，对水环境保护提出了更高的要求^[9]。

嘉陵江是长江的一大次级河流，发源于陕西省秦岭南麓，流经陕西、甘肃、四川三省，在合川古楼镇进入重庆市，入境水量 275.5 亿立方米，在渝中区朝天门处汇入长江。流域

面积 15.79 万平方千米，河流全长 1 120 km，河口多年平均流量 2 120 m³/s；在重庆市境内流域面积 9 262 km²，河长 153.8 km，落差 43.1 m^[9]。

乌江发源于贵州省威宁县的乌蒙山麓，沿酉阳边界流过，经彭水、武隆，在涪陵城东注入长江。流域面积 87 920 km²，河流全长 1 020 km，多年平均流量 1 650 m³/s，入境水量 396.7 亿立方米。境内流域面积 2.85 万平方千米，河长 235 km^[9]。

大宁河是长江三峡中的一条小支流，又名巫溪水，发源于大巴山南麓，穿过崇山峻岭，接纳众多小溪，由北向南，在巫峡西口注入长江，长约 250 km，流域面积 3 720 km²，绝大部分为山地。河床陡峻，天然落差 1 540 m，可利用落差 577 m，多年平均流量 106 m³/s，但变幅极大。遇山洪暴发时，流量高达 5 000 m³/s。水力蕴藏量 20 万千瓦。

梅溪河位于奉节县北岸，为长江一级支流，发源于巫溪县境，在巫溪段称分水河。从奉节县竹园坝入境，在奉节老城东注入长江，境内长 83.6 km。沿途接纳分水河、瓦滩河、九个洞、子斜河、车家坝河、任家坝河等六条支流。境内流域面积为 1 209.4 km²。梅溪河中游多险滩急流，平均比降 8.57‰，下游较平缓，平均比降 2.75‰，多年平均流量为 45.9 m³/s，年径流总量 14.48 亿立方米。

汤溪河又名五溪河，位于长江北岸，河口距宜昌航道里程 270 km，发源于巫溪县尖山区北部龙台乡中南村，经牛角洞进入云阳县，流经沙沱、江口、南溪、云安、云碛小河口汇入长江。汤溪河全长 98 km，云阳县境内 64 km，枯水流量 3.96 m³/s，河口吴淞高程 85 m^[10]。

龙河系长江右岸一级支流。河源分为两支，北支发源于方斗山山脉东南麓，南支发源于七曜山山脉西北麓。两支流于石柱县桥头镇汇合后，自东北向西南流经石柱县城至丰都县廖家坝处折向西北流，于丰都县城注入长江。龙河全长 161 km，属山区性河流，落差约 290 m，流域面积 2 810 km²。龙河流域地处川东深丘区，河谷深切，岸坡陡峻，河道比降大。最丰年的平均流量为 65.1 m³/s，最枯年的平均流量为 22.5 m³/s，分别为多年平均流量的 1.9 和 0.66 倍^[10]。

龙溪河为长江北岸一级支流，位于重庆市东部丘陵区，发源于梁平县东菩萨扇南麓，流经梁平、垫江、长寿，在长寿区注入长江。上游平缓，下游陡峻多急滩和瀑布。全长 229.8 km，流域面积达 3 280 km²，河口多年平均流量 54 m³/s。1956 年在龙溪河下游建成狮子滩水库，大坝蓄水后造就长寿湖。该湖南北长 17 km，东西宽 5 km，水库面积 65.5 km²，总库容 10.27 亿立方米^[11, 12]。

彭溪河自开县汉丰镇老关咀，经铺溪公社入云阳县，于双江镇注入长江，长 102.5 km，在开县年径流总量 32.4 亿立方米，径流深 642.5 mm，比降 0.32‰。水能理论蕴藏量

7 910 kW，可开发量 540 kW。最枯流量为 $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ，百年一遇洪水流量可达 $6 889 \text{ m}^3/\text{s}$ 。河床宽阔平缓，水量稳定^[13]。

磨刀溪位于万州区南部，属长江南岸一级支流。发源于石柱县杉树坪，流经湖北省利川市及万州区，于云阳县新津乡汇入长江，长 183 km，流域面积 $3 170 \text{ km}^2$ ，多年平均流量 $42.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ，水能理论蕴藏量 14 万千瓦。

库区水资源丰富，境内各类水资源总计 4 624.42 亿立方米，多年平均当地地表水资源量 511.44 亿立方米，地下水水资源量 131.66 亿立方米，入境水水资源量 3 981.32 亿立方米。人均当地水资源量 $1 682 \text{ m}^3$ ，亩均水资源量 $2 048 \text{ m}^3$ ，为全国均值的 63.89%。水能资源理论蕴藏量 790 万千瓦，可开发系数为 0.599。在空间分布上，西部丘陵区水资源相对贫乏，东部山地相对较丰沛；在季节分配上，水资源夏秋多，冬春少^[9]。