



三峡库区重庆段 典型地质灾害治理工程

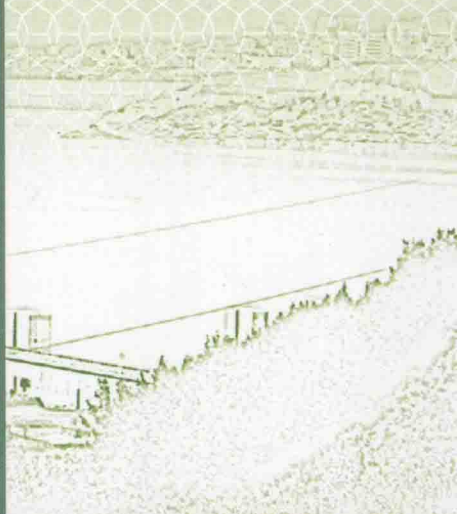
选录

康景文 赵翔 / 编

SANXIA KUQU CHONGQINGDUAN
DIANXING DIZHI ZAIHAI ZHILI GONGCHENG XUANLU



西南交通大学出版社



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(CIP)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。



中国保险股份有限公司 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。为了保证人民群众生命财产的安全，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、周根郑、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,江津区及重庆核心城区(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；完成各类房屋建设5054.76万平方米；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1532家，其中迁建530家，破产关闭1102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。

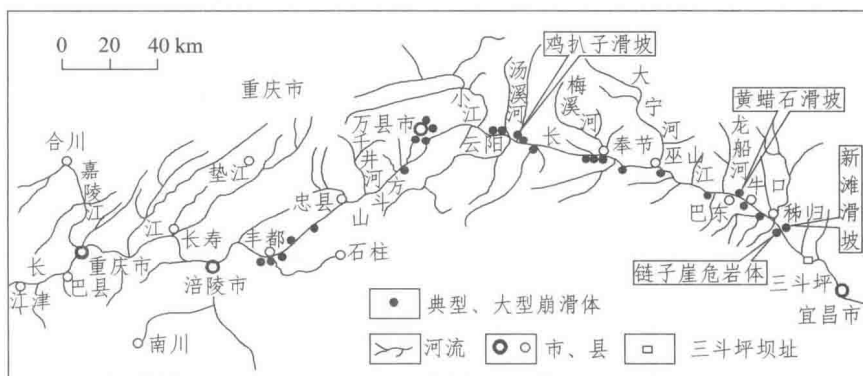


图 1.1 三峡工程库区蓄水前巨型和大型崩塌滑坡位置分布图^[2]

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1.1万余处。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，3800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8890万元。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 600 km 的长江两岸，在统计的 214 个滑坡崩塌中(面积约 50 km²)，滑坡崩塌体总量达 13.52 × 10⁸ m³，其中崩塌 47 个，体积 1.173 × 10⁸ m³；滑坡 167 个，体积 12.35 × 10⁸ m³。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 × 10⁴ m³^[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 1 000 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）。

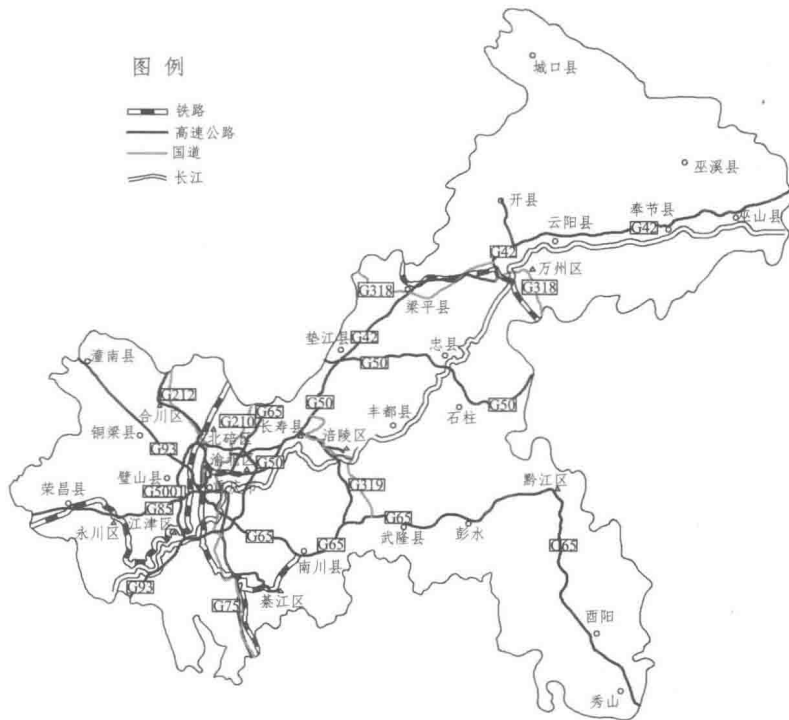


图 1.2 地理位置图

三峡库区(重庆段)交通便利,宜万、万达、渝利、渝怀、遂渝、南涪等铁路线,G210、G319、G212、G318国道,G5001、G65、G42、G50、G93、G75高速公路等公路干线构成了四通八达的陆上交通网络。重庆居长江上游,东出三峡可直达长江中下游各省、市,北溯嘉陵江可抵四川,南湖乌江可抵贵州,梅溪河、磨刀溪、汤溪河、彭溪河、大溪河、大宁河等支流亦可通航。库区现有两座民用机场,分别是重庆江北国际机场、重庆万州五桥机场。另有两处在建机场——武隆机场和巫山机场。

1.3 气象与水文

1. 气象

库区(重庆段)位于四川盆地东部,距太平洋约1000 km,具有平均气温高、冬暖夏热、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℃左右(见图1.3、表1.3)。冬季气温平均为6~8℃。夏季平均气温为27~29℃。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℃。奉节以西的川江地区为18.1~18.7℃。各县冬季极端最低气温均在0℃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℃以上。

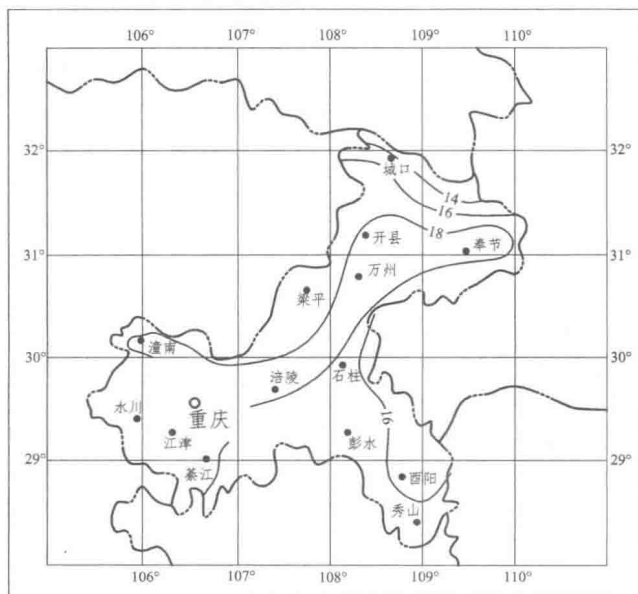


图 1.3 重庆市年平均气温略图^[7]

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]。

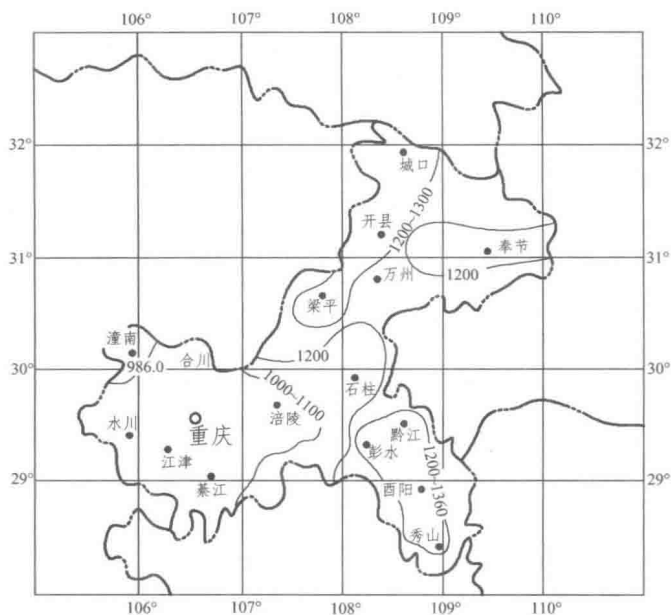


图 1.4 重庆市平均降水量 (mm) ^[7]