

山地蓄水地质灾害 治理工程

康景文 谢强 陈云 编著



中国建筑工业出版社

山地蓄水地质灾害治理工程

康景文 谢 强 陈 云 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

山地蓄水地质灾害治理工程/康景文, 谢强, 陈云编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 2
ISBN 978-7-112-17515-4

I. ①山… II. ①康…②谢…③陈… III. ①山地-水库蓄水-地质灾害-灾害防治 IV. ①P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 269753 号

山区河流水位的急剧涨落、特别是山区河流水库运行引起的水位涨落以及移民新城镇修建等人类活动, 会迅速持续改变河流岸坡的原始水文地质环境, 导致地质灾害的发生或复活。山区河流地质灾害具有自身的特点和规律, 其治理工程亦须与其特点相适应。近年来, 特别是山区河流水库的大量兴建, 我国对此类地质灾害进行了大规模的勘察治理, 积累了十分丰富的资料, 对其进行系统整理和总结, 无论在学术研究上还是工程实践中都非常必要。本书以典型山区河流蓄水区域为背景, 对所搜集到的 1065 处地质灾害工点 (包括 162 个滑坡、404 个塌岸、123 个边坡、376 个危岩体) 的勘察、设计、监测、检测资料进行分类统计、研究总结, 系统地论述了山区河流地质灾害的治理技术, 并以部分典型工程为例进行说明。

本书文字浅显、叙述详细, 可供岩土工程专业人员和大专院校学生参考。

责任编辑: 王梅 辛海丽

责任设计: 董建平

责任校对: 李美娜 刘梦然

山地蓄水地质灾害治理工程 康景文 谢强 陈云 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23½ 字数: 587 千字

2015 年 4 月第一版 2015 年 4 月第一次印刷

定价: 58.00 元

ISBN 978-7-112-17515-4
(26722)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序 一

我国幅员辽阔，山区面积大，河流众多，山区河流地质灾害频发，特别是由山地蓄水导致的城镇搬迁建设及其运行引发的地质灾害问题十分严重。山区河流蓄水的运行，将淹没沿岸地势平缓的耕地和沿江的房屋设施，由此带来的移民新城镇建设和交通设施修建等人类工程活动改变了原有的岩土体结构和天然应力状态，易促使滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害以及影响新形成的边坡稳定性。另外，山地蓄水后，地下水位因蓄水运行水位的抬升、下降等，水动力条件也将因周期性的水位急剧涨落而突然发生改变。河流的冲刷和软化作用，以及由地下水水力坡度的变化形成的动水压力和静水压力，都将引起滑坡、塌岸的形成。受到蓄水效应的影响，山地因蓄水引发的地质灾害具有不同于一般地质灾害的特点。针对山地蓄水地质灾害的特点对其进行科学治理是一项重大和紧迫的任务。

几十年来，本书作者及其所在单位承担了西南地区大量山区河流地质灾害治理研究、勘察、设计、施工工作，在该领域具有丰富的经验，掌握了大量翔实、经过实际工程验证的治理工程资料。本书正是在作者们吸收国内外众多研究成果和对多年工程实践经验系统研究、深入归纳总结的基础上编撰而成的。

本书以长江上游宜宾至巫山这一典型山区河流段为研究区，通过对上千个地质灾害工点资料进行分类统计、总结归纳，揭示了研究区滑坡、塌岸、边坡和危岩、泥石流四类地质灾害所具有的特征。根据大量现场和室内试验资料以及实际工程验证，优选推荐了极具针对性的勘察方法、参数选取、分析计算等工程实用技术资料，并细化了研究区地质灾害治理相关规范的有关内容。经过对部分治理工程的回访复查，归纳总结了一套技术先进、安全经济、实用有效的治理工程设计计算方法和技术。在系统深入研究和成功实践的基础上，充分利用现代数据处理和计算机技术，开发编制了一套集成山区河流地质灾害治理技术的研究成果、具有数据查询、治理工程辅助设计、方案估计决策分析等的多功能地质灾害数据系统。

本书内容丰富、论述系统深入，既有相当丰富的理论基础内容，更有很强的操作性，是一本具有研究意义和重要工程应用价值的技术著作，本书的出版将对山地涉水地质灾害治理技术领域的研究和工程应用提供新的参考资料，可供广大岩土工程勘察、设计人员及相关专业大专院校学生学习使用。




中国工程院院士

序 二

我国对山地蓄水区域地质灾害进行了大规模的勘察、治理，积累了十分丰富的实践资料。由于受到蓄水效应和移民新城镇建设等人类活动的影响，这种山地蓄水地质灾害的形成和破坏机制具有自身的特点，它的勘察、设计及治理应与其特点和发展规律相适应，许多文献和规范对这类地质灾害的治理进行了研究和总结。鉴于山地蓄水地质灾害问题的严重性，对其发育特征和治理技术作进一步研究具有重要意义。

本书作者及所在单位依据几十年来山地蓄水地质灾害的治理资料，结合对国内外大量成果的研究和丰富工作经验的归纳总结，编著了本书。通览全书，具有以下特征：一是以长江上游宜宾到巫山这一典型山区河流区段为背景，研究区涉及的范围广，影响地质灾害形成的因素多，灾害发育点多面广，具有代表性；二是摒弃一般文献大而全的空泛叙述，重点统计分析、深入论述研究区典型地质灾害的类型、特点和影响因素；三是根据典型地质灾害类别，对现行的各种勘察方法等进行研究总结，提出了相适应的勘察、计算和参数取值等方法，并细化改进了现行规范的某些失误；四是不仅对常用的治理技术进行了叙述，同时引入了已在研究区成功应用的国内外其他成熟先进的技术方法；五是在充分总结已有治理经验的基础上，开发了一套地质灾害数据库及辅助设计决策估计系统，将分散无序的治理资料有效集中管理，转化成系统而全面的信息，为山地蓄水地质灾害的治理提供方便快捷的查询、统计、辅助设计和决策帮助。可以看出，本书以其针对性、实用性和专门化，在大量问世的此类技术著作中具有非常鲜明的特点。

随着我国大型水利设施的持续兴建，山地蓄水引发的地质灾害问题将日益突出，这本书的应用价值也将更加凸显。本书文字浅显、叙述详细，书中为解释复杂原理和新方法绘制引用了大量的图表和实例。书中凝聚了研究区上千处地质灾害工点资料的研究成果，汇集了大量的统计数据 and 先进成熟的治理方法。本书不仅为读者展示了适用于山地蓄水地质灾害的治理技术，也为勘察、设计人员提供了大量的经验数据和设计案例，是一部值得相关专业工程技术人员和研究人员参考的技术著作。



中国建筑股份有限公司 总工程师

前 言

我国是个多山的国家,山区具有十分丰富的水利资源。随着绿色能源的提倡和开发,我国山区江河流域的水电站建设持续不断。截至 2013 年,全国共有 10 万 m^3 及以上的蓄水工程 98002 座,总蓄水容量 9323.12 亿 m^3 ,其中大型水库 756 座,总库容 7499.85 亿 m^3 。据不完全统计,仅长江流域就已建成水库近 5 万座,其中库容大于 1 亿 m^3 的有 143 座。

山区河流水位的急剧涨落、特别是山区河流水库运行引起的水位涨落,会迅速持续改变河流岸坡的原始水文地质环境,河流的冲刷和对岸坡岩土体的破坏,都可能导致河流地质灾害的发生或复活。随着水库兴建而来的移民搬迁和库区开发等大规模的基础设施建设可能带来新的滑坡、崩塌、塌岸、泥石流等灾害的发生。特别是山区河流大型水库,其往往跨越不同地貌单元,甚至大地构造单元,岸坡结构类型复杂,库水动力作用强烈,地质灾害多种多样、点多面广,危害十分严重。以三峡库区为例,自 2003 年 6 月蓄水以来,在高程 600m 以下的干流和支流岸坡上,已查出崩塌滑坡 4719 处,其中涉水滑坡 2100 余处,地质灾害点分布频数为 0.10 个/ km^2 。在山区河流库区的建设和地质灾害治理中,不适当的选址、规划、设计都可能带来额外的损失和浪费。

近几十年来,我国对山区河流地质灾害实施了大量的勘察治理工程。据不完全统计,仅重庆市和湖北省完成的三峡库区沿岸各类地质灾害治理项目有 700 余项,投资达 120 多亿元人民币。大型山区江河流域蓄水区的地质灾害防治工程项目数量众多,工期紧迫,往往由多家勘察设计单位分别完成。不同单位的工作方法和技术成果存在不少差异。同时,许多单位和研究者对该类地质灾害的诸多方面进行了大量专题研究,在地质灾害治理的勘察、设计、施工、监测等方面积累了许多宝贵经验。对这些成果和经验进行科学系统总结和提炼,对该领域研究的深入和现有成功经验的推广应用,都是很有意义的。

本书以长江上游宜宾至巫山段这一典型山区河流为背景,对搜集到的研究区内本单位和其他单位勘察治理的 1065 处地质灾害工点(包括 162 个滑坡、404 个塌岸、123 个边坡、376 个危岩体)资料进行了分类统计、总结归纳,对相关的文献、规范进行系统研究,将国内外地质灾害防治工程中很多已成熟的先进方法引入集成,分类论述了研究区地质灾害治理中行之有效、成熟先进的治理技术,介绍了在充分总结已有勘察设计经验的基础上所开发的具有查询、统计、辅助设计等功能的地质灾害数据库及辅助设计系统。全书共分 7 章,包括三大部分的内容:

第一部分(第 1~2 章)主要介绍了研究区的工程地质环境、地质灾害的特征及其影响因素。

第二部分(第 3~6 章)介绍以研究区为例的山区江河流域蓄水区不同类型的地质灾害的勘察、设计、检测、监测的技术方法。

第三部分(第 7 章)介绍了所建立的地质灾害数据库及辅助设计系统以及在研究区的应用。

本书文字浅显易懂、叙述详细实用，一些比较复杂的概念、原理和较新的方法均通过图表或实例加以说明。每章最后详细列出了参考文献，既有利于读者进一步研究和探讨，也表达对文献原作者知识产权的尊重。

本书由中建西南勘察设计研究院康景文主持编写，参加编写的人员有中建西南勘察设计研究院陈云、郑立宁、胡熠、高岩川、林润钟、刘兴国，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、杨毅凡，西华大学李娅等。全书由康景文统稿。

本书的编写，引用和参考了国内外众多作者的学术著作和研究成果。这些著作和成果已尽量在书中以参考文献列出，在此深表谢意。

在本书的编写和出版的过程中，得到了重庆市地质灾害防治工程技术研究中心（单位和个人）的大力支持，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

本书所涉及的工程实例，来自参加研究区地质灾害勘察设计的相关单位，特此致谢。

由于编著者水平有限，书中难免有不妥与错谬之处，敬请读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 地质环境	1
1.1 地形地貌与地层岩性	1
1.1.1 地形地貌	1
1.1.2 地层岩性	3
1.2 地质构造与地震	6
1.2.1 地质构造	6
1.2.2 新构造运动与地震	8
参考文献	12
第 2 章 地质灾害特征及主要影响因素	13
2.1 地质灾害发育特征	13
2.1.1 滑坡	13
2.1.2 塌岸	19
2.1.3 边坡	28
2.1.4 危岩和崩塌	33
2.1.5 泥石流	36
2.1.6 岩溶	39
2.2 水对地质灾害的影响	40
2.2.1 地表水对地质灾害的影响	40
2.2.2 降雨对地质灾害的影响	43
2.2.3 地下水对地质灾害的影响	44
2.3 人类工程活动对地质灾害的影响	51
2.3.1 水库建设	51
2.3.2 移民城镇建设	51
2.3.3 水土流失	52
2.3.4 公路修建	53
参考文献	54
第 3 章 地质灾害勘察技术	56
3.1 滑坡的勘察	56
3.1.1 主要勘察方法	56
3.1.2 滑面(带)的认定	75
3.1.3 参数的取值方法	78
3.1.4 滑坡稳定性评价	90
3.1.5 勘察资料的分析与整理	104

3.2 塌岸的勘察	105
3.2.1 主要勘察方法	105
3.2.2 塌岸宽度预测	108
3.2.3 不同类型塌岸的稳定性评价	121
3.2.4 勘察资料的分析与整理	124
3.3 边坡及危岩的勘察	124
3.3.1 主要勘察方法	124
3.3.2 参数的取值方法	131
3.3.3 边坡设计	134
3.3.4 边坡及危岩的稳定性评价	137
3.3.5 勘察资料的分析与整理	157
3.4 泥石流的勘察	157
3.4.1 主要勘察方法	157
3.4.2 泥石流活动性、危险性调查评判	162
3.4.3 参数的取值方法	165
3.4.4 勘察资料的分析整理	172
参考文献	173
第4章 地质灾害治理技术	175
4.1 滑坡的治理	175
4.1.1 治理工程方案选择	175
4.1.2 抗滑桩	177
4.1.3 锚拉抗滑桩	189
4.1.4 预应力锚索	192
4.1.5 阻滑键	197
4.1.6 格构锚固	200
4.1.7 重力式挡墙	203
4.1.8 排水工程	207
4.1.9 其他防治工程	212
4.2 塌岸防护工程	216
4.2.1 防护工程选择	217
4.2.2 坡式护岸(平顺护岸)	219
4.2.3 垂直护岸	224
4.2.4 坝式护岸	227
4.2.5 其他新技术、新方法	229
4.3 边坡工程及危岩的防治	234
4.3.1 方案选择	234
4.3.2 重力式挡墙	235
4.3.3 格构挡墙	235
4.3.4 排桩式锚杆(索)挡墙	235

4.3.5	岩石锚喷支护	237
4.3.6	排水工程	239
4.3.7	主动防护网	240
4.3.8	微型桩	243
4.3.9	危岩常见整治措施	245
4.3.10	柔性防护系统	247
4.4	泥石流防治	248
4.4.1	防治措施方案选择	248
4.4.2	排导槽	250
4.4.3	格栅坝	252
4.4.4	停淤场	253
4.4.5	坡面治理	253
4.4.6	植被工程	254
	参考文献	254
第5章	地质灾害治理典型工程检测技术	256
5.1	抗滑桩检测	256
5.1.1	检测目的及内容	257
5.1.2	检测技术	257
5.2	锚杆(索)检测	266
5.2.1	检测目的及内容	266
5.2.2	检测技术	266
	参考文献	283
第6章	地质灾害及治理工程监测技术	285
6.1	地质灾害监测内容	285
6.1.1	滑坡监测	285
6.1.2	塌岸监测	288
6.1.3	边坡监测	290
6.1.4	泥石流的监测	291
6.2	地表变形监测	292
6.2.1	大地测量法	292
6.2.2	近景摄影法	295
6.2.3	GPS法	297
6.2.4	测缝法	298
6.2.5	时域反射同轴电缆监测技术(TDR)	300
6.2.6	合成孔径雷达干涉测量InSAR技术	302
6.2.7	激光扫描技术	306
6.2.8	光纤传感技术监测(BOTDR)	310
6.3	地下深部变形监测	311
6.4	应力应变及位移监测	313

6.4.1	岩土体应力应变及位移监测	313
6.4.2	工程结构应力应变及位移监测	315
6.5	水体监测	318
6.5.1	地下水动态	318
6.5.2	测孔隙水压	319
6.5.3	测泉流量	320
6.5.4	测岩土湿度	321
6.5.5	测河水位	321
6.5.6	降水量	322
6.5.7	测地下水流速流向	327
6.6	监测数据传输	330
6.6.1	有线传输数据	330
6.6.2	无线网络传输数据	333
6.6.3	GPRS	334
	参考文献	339
第7章	地质灾害数据库及辅助设计系统	341
7.1	系统功能与系统设计	341
7.1.1	系统组成	341
7.1.2	系统功能	341
7.1.3	系统设计	342
7.2	系统在三峡库区地质灾害治理过程中的应用	347
7.2.1	信息综合查询	347
7.2.2	模拟计算与估计	351
7.2.3	统计与设计辅助	362
	参考文献	366

第1章 地质环境

1.1 地形地貌与地层岩性

1.1.1 地形地貌

研究区处于中国三大地貌阶梯的第二级阶梯,受地质构造、岩性等因素的控制,形成各种不同类型的地貌景观,以奉节白帝城为界,东西两段截然不同,奉节以东为川鄂中低山峡谷区,奉节以西为四川盆地区。

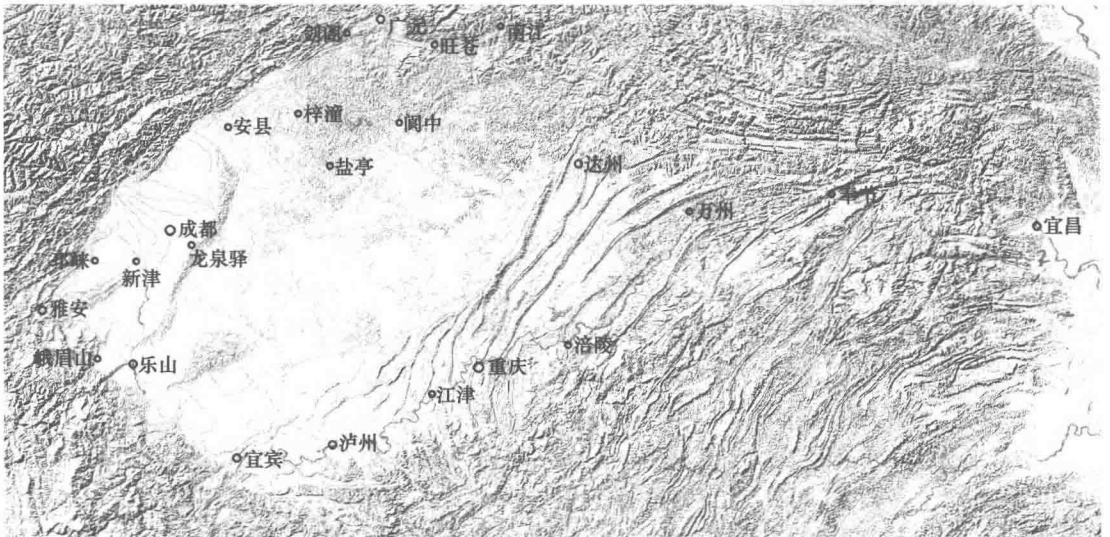


图 1.1 研究区地貌图

1. 川鄂中低山峡谷区^[1]

重庆奉节白帝城至湖北宜昌,以大巴山脉和巫山山脉为骨架,形成以中山、低山和峡谷为主的侵蚀地貌景观。峡谷区山脉走向东、西有别,巫山县城以东山脉多呈近南北向,西部山脉大体呈北东-南西走向。在新构造运动影响下,山体上部分布多期夷平面,呈现出层峦叠嶂的地貌形态,河谷地区断续分布残留阶地。由于岩性组成或所处构造部位的不同,峡区各段地貌特征也略有差异。可将本区分为3个亚区。

黄陵背斜结晶岩低山丘陵亚区,山体主要由花岗岩、闪长岩类岩石组成,易风化剥蚀、侵蚀,形成剥蚀、侵蚀低山丘陵地形,山顶高程600~1000m,相对高差100~300m,岸坡坡度15°~30°,动力地质现象不发育;沟谷切割密度大,但长度和深度小;长江及其支流与构造关系非常明显,干、支流均沿构造裂隙发育,形成沿背斜构造原始地面倾斜的

顺向河及顺地层走向发育的环状次生河。

秭归盆地红色碎屑岩低山亚区,长江横切砂岩、泥岩,形成侵蚀、剥蚀低山,山顶高程 600~1 000m,谷坡坡角 30°~40°,河谷较开阔,江面宽 300~750m。

三峡碳酸盐岩、碎屑岩中山亚区,碳酸盐岩广为分布,属构造侵蚀、溶蚀中山。山顶高程一般为 1 200~2 000m,山体顶部地形比较平坦,残留有大面积的古剥夷面;长江自奉节白帝城连续切穿齐岳山背斜、错开峡背斜、美人峰背斜等,河谷形态以峡谷为主、间夹中宽谷段。岸坡坡度较大、局部近直立。

2. 四川盆地^[2]

四川盆地属扬子准地台的四川台向斜。长边呈北东-南西向,呈菱形,大致以广元-奉节-叙永-雅安的连线与盆周山地分界。盆地内大部分地区海拔为 200~750m。长江自宜宾流入盆地,向北经奉节流出盆地。盆地地势在长江以北自北西向南东缓倾,长江以南则由南东向北西倾斜。龙泉山、华蓥山呈北东 25°~30°绵延于盆地内,将盆地分为西部平原、中部丘陵、东部平行岭谷三部分。

四川盆地岩层单调,主要为侏罗、白垩纪红色砂岩、泥岩构成,盆东山顶有局部石灰岩出露。红色砂岩、泥岩由于岩层的倾角不一,厚薄不一,受侵蚀后表现为不同的地貌形态,水平岩层形成台坎状丘陵、方山,倾斜岩层形成单斜丘陵、单面山、猪背脊等,石灰岩经溶蚀形成槽谷洼地等岩溶地貌。

根据盆地中地貌类型组合的差异,将四川盆地分为 5 个区:

盆西平原区,位于四川盆地西部,北起安县,南止于乐山南的五通桥,东界为龙泉山麓西,西界为龙门山、峨眉山东麓。平原的基本轮廓受大地构造所控制,发育在地堑之上,堆积了从山区带来的松散砂砾石层,最厚处可达 300~400m,表层颗粒较细为黏质砂土或粉砂质黏土。本区的主要地貌类型为平原、台状浅丘和红岩低山。新津、邛崃以北为成都平原,面积约 6 200km²,海拔高程 750m(灌县)至 450m(新津),西北高,东南低。成都平原水系格局呈纺锤状,河流出口后,分成许多支流奔向平原,分枝交错,河渠纵横,到金堂、新津汇合形成沱江、岷江两大干流。

盆中丘陵区处于盐亭、阆中、营山之南,东至华蓥山西麓,西部包括龙泉山。本区地处四川盆地中部,是典型的四川盆地红岩丘陵区。地表丘陵错综起伏,沟谷纵横分割。沱江、涪江、嘉陵江、渠江等各条江河,弯转曲折,以深切基岩的增幅曲流形式,向南流出本区后,分别注入长江。本区地势西部较高,南部和东部逐渐降低,山地海拔 600~1 000m,丘陵海拔为 350~500m。按丘陵切割深度的不同,分为高、中、低丘等几种不同类型。全区丘陵所占面积为 89%,低山占全区面积 7%,而河谷平坝仅占 4%。区内以富顺城南的沱江水面为最低,其海拔为 265.4m。遍及全区的红岩丘陵,主要由侏罗和白垩系的砂岩、泥岩组成。地质构造、岩层产状、岩性的软硬相间分布,在丘陵外貌上有明显的反应并起到了控制丘陵地貌发育的作用。可分为背斜构造丘陵、单斜构造丘陵和水平构造丘陵,其中尤以后者分布最广。水平构造丘陵,通常是近水平产状的砂岩和泥岩间层出露,当砂岩构成丘陵顶盖时,常表现为方山或桌状山式的丘陵;有些丘顶为质地疏松的泥岩组成,经机械风化而成碎屑,又受暴雨冲刷,则常表现出馒头形和浑圆形丘顶;某些厚层块状砂岩,受沟谷切割程度差,则常常展现为构造台地的特征,其台坎笔陡,常高达 50 余米。

盆东平行岭谷区位于四川盆地东部,界于方斗山与华蓥山之间,在行政上属重庆市和

江津、万州、达县、涪陵等专署管辖。其中,山地占总面积的 61.5%,丘陵占 36.7%,平原占 1.8%。在大地构造上属四川台向斜东南褶皱带,由二十余条平行至雁行排列的隔挡式构造组成。大部属北北东向华夏系。北段因受大巴山、八面山褶皱带的干扰,构造线偏转为近东西向,南段呈似帚状构造带,向西南撒开,多为短轴背斜。区内出露地层主要是三叠系和侏罗系地层。背斜一般为三叠系灰岩、泥岩和砂岩组成。唯华蓥山受大断裂的影响,于溪门一带出露寒武、奥陶、志留系地层。向斜宽缓,为侏罗系中、上统红色砂泥岩组成。区内地势就山脊线而言,以西部华蓥山主峰高登山海拔 1 704m 为最高;北部大梁子山、铁峰山、七里峡山、南门场山的主峰分别为 1 354m、1 341m、1 220m、1 259m;南莲花寺山主峰为 1 100m;其余山脉均由 1 000m 左右向长江沿岸降低到 500~800m。区内丘陵与低山相间平行排列,构成平行岭谷式地貌景观。

盆北低山区在梓潼、盐亭、南部、阆中、营山一线以北,广元、旺苍、南江一线以南的地区。区内地势北高南低,海拔为 600~1 600m,比高为 200~1 000m。以低山为主,仅在嘉陵江和南江(渠江上游的支流)等河谷地区有零星的小块平坝。本区地表主要由侏罗系和白垩系紫红色砂岩、泥岩组成。在西北部广元-剑阁一线,出露有厚达百余米的砾岩层,称剑门关砾岩。坚硬的砾岩构成单面山的山脊,山地两侧具有显明的不对称性,山的南侧坡度较缓,比高不到 300m,而山的北侧则坡度陡急,呈悬岩绝壁,比高达 600m。著名的入蜀天险,剑门七十二峰,即是这种地貌。向南,低山的高度逐渐降低,面岩层产状也渐和缓,表现为方山、桌状山、构造台地等各种形式的水平构造地貌。嘉陵江流过本区,切割成深峻的峡谷,从昭化至苍溪间,在长达 105km 的河谷中,几乎没有完整连片的平地。

盆南低山与丘陵区位于赵化镇、江津、石油沟一线以南,地处四川盆地南部,主要在长江以南,仅在南溪、泸州、合江一带,划进一小片长江北岸的低缓的丘陵地,南界与大娄山相接。本区山地约占总面积的 56%,丘陵约占总面积 42%,其余为平坝。地势南高北低,山地海拔多在 600~1 600m,仅个别山峰超过 1 800m,如南部倒置山地主峰斧头山(位于古蔺以北 10km)为 1 835m。以北部长江水面为最低,为 207m(合江)。本区地貌的主要特点,是在长江南分布有几列红岩倒置低山,山地为褶皱疏缓地层倾角较小的向斜构造,几列山地之间的丘陵为背斜构造,出露上三叠系须家河组的地层。仅在本区的西北部和东北部,有几条北东走向的条状背斜低山,山势低缓,从宜宾到高县沿途可见四列“川东式”单背斜低山,呈条形向北东延伸。背斜轴部出露三叠系的碳酸盐岩,有岩溶槽谷和溶蚀盆地。此外,还有漏斗、溶洞及暗河等分布。在槽谷与盆地两侧,则为须家河组的砂岩所构成的猪背脊式山岭。通常亦表现为“一山一槽二岭”或“一山二槽三岭”的地貌景观。在綦江一带的数列条状背斜低山是川东褶皱带向南延伸逐渐倾没的部分。但是由于地貌发育经过夷平又再度下蚀,倒置的向斜低山与水平构造低山高于临近的背斜山,山间为红色丘陵。

1.1.2 地层岩性

研究区出露地层较齐全,大致以奉节为界分东西两区。西区为中生代侏罗系红色碎屑岩类所组成,局部出露三叠系嘉陵江组灰岩,东区以古生代、中生代碳酸盐类地层为主,夹红色碎屑岩(秭归盆地)及煤层,黄陵背斜出露震旦系碳酸岩及碎屑岩类,前震旦系变质岩及岩浆岩。研究区缺失古生代泥盆系下统、石炭系上统,见表 1.1。

第1章 地质环境

研究区地层简表

表 1.1

界	系	统	组(群)	代号	厚度(m)	岩性描述	
新生界	第四系			Q		黏土、粉质黏土、砂土、砂卵石土、含卵石土	
	晚第三系		青龙场组	N	6~128	黄色黏土、砂砾岩夹砂岩	
			凉水井组	N	<153	砾岩、黏土岩	
早第三系			芦山组、 名山组	E	138~1 420	泥岩、粉砂岩夹砂岩、泥灰岩，含石膏、芒硝	
中生界	白垩系	上统	罗镜滩组/灌 口组、正阳组	K ₂	119~1 200	砾岩、泥岩、砂岩、粉砂岩	
		下统	夹关组	K _{1j}	200~870	砂岩夹泥岩，底为砾岩	
			苍溪组	K _{1c}	110~1 617	砾岩、含砾砂岩、砂岩、粉砂岩、泥岩韵律互层	
	侏罗系	上统	蓬莱镇组、 莲花口组	J ₃	100~1 800	泥岩、砂岩、砾岩夹灰岩	
			遂宁组	J _{3s}	200~678	泥岩夹粉砂岩、砂岩、含砾砂岩	
		中统	上沙溪庙组	J _{2s}	1 152~1 600	砂岩与泥岩、粉砂质泥岩互层	
			下沙溪庙组	J _{2xs}	350~944	泥岩、粉砂质泥岩与砂岩不等厚互层	
			新田沟组	J _{2x}	240~360	砂质页岩、泥岩与砂岩、粉砂岩互层	
		下统	自流井组	J _{1z}	165~189	页岩、粉砂质页岩、泥岩、泥质粉砂岩、灰岩，含磷铁矿	
	珍珠冲组		J _{1z}	250~361	石英砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、页岩、含薄煤层与菱铁矿		
	三叠系	上统	沙镇溪组/ 须家河组	T ₃	87~3 000	砂岩、砂泥质及炭质页岩/粉砂岩、泥岩、砂岩互层夹煤线，含菱铁矿结核	
			小塘子组、 垮洪洞组	T ₃	130~1 297	泥岩、粉砂岩、砂岩互层夹页岩、黏土岩、灰岩、白云岩、煤线	
		中统	巴东组/ 雷口坡组	T ₂	275~2 073	灰岩、白云岩夹盐溶角砾岩，含石膏、岩盐层	
		下统	嘉陵江组	T _{1j}	152~248	灰岩、白云质灰岩、盐溶角砾岩，含石膏	
			大冶组/ 飞仙关组	T ₁	50~756	灰岩、泥质灰岩和页岩、炭质页岩	
古生界	二叠系	上统	长兴组/ 大隆组	P ₂	4.5~190	硅质岩、页岩、灰岩	
			吴家坪组/ 龙潭组	P ₂	35~370	灰岩、黏土岩、炭质页岩夹煤线、赤铁矿	
		下统	峨眉山 玄武岩	P _{2β}	0~3 241	玄武岩、玄武质火山碎屑岩夹灰岩、页岩、煤线及苦橄岩、英安岩	
			茅口组	P _{1m}	75~512	灰岩夹硅质岩、页岩	
			栖霞组	P _{1q}	4~255	灰岩夹白云岩，砂岩、泥岩	
	石炭系	中统	梁山组	P _{1l}	0.5~58	炭质页岩、砂岩、粉砂岩、黏土岩、泥岩夹灰岩、煤层、铁铝矿层，底有砾岩	
			黄龙组/ 威宁组	C ₂	0~43	灰岩、白云岩、砂岩	
		下统	高骊山组、 金陵组	C ₁	4~23	砂岩、粉砂质页岩、炭质页岩，灰岩	
		泥盆系	上统	写经寺组、 黄家磴组/ 水车坪组	D ₃	50~120	石英砂岩、粉砂岩、砂泥质页岩、灰岩、白云岩，含赤铁矿层
			中统	云台观组/ 小溪峪组、 观雾山组	D ₂	8~50	石英砂岩、粉砂岩、砂泥质页岩、细砂岩、白云岩、灰岩

1.1 地形地貌与地层岩性

续表

界	系	统	组(群)	代号	厚度(m)	岩性描述
古生界	志留系	上统	回星哨组	S ₃ h	100~170	粉砂岩、砂岩、页岩夹灰岩、泥岩
		中统	纱帽组/ 韩家店组	S ₂	183~1406	页岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、砂岩和灰岩
		下统	罗惹坪组、 小河坝组、 石牛栏组	S ₁	110~882	泥岩、灰岩、泥灰岩
			龙马溪组	S ₁ lm	161~446	炭质页岩夹泥灰岩、硅质页岩、粉砂岩、硅质岩、黏土岩、 石英砂岩
	奥陶系	上统	五峰组	O ₃ w	1~14	页岩
			临湘组	O ₃ l	2~180	灰岩
		中统	宝塔组	O ₂ b	15~90	灰岩
			庙坡组	O ₂ m	1.5~17.8	页岩
		下统	十字铺组、 牯牛潭组	O ₁	9~30	粉砂岩、页岩、灰岩
			湄潭组、 大湾组	O ₁	27~390	粉砂岩、页岩、灰岩、水母页岩
			红花园组、 罗汉坡组	O ₁	22~80	灰岩、生物碎屑灰岩夹白云岩, 含燧石结核, 砂质泥岩
			分乡组、南津 关组/桐梓组	O ₁	12~157	灰岩、白云质灰岩、生物灰岩、页岩夹粉砂岩
	寒武系	上统	毛田组、 三游洞群	Є ₃	88~280	细晶白云岩、白云质灰岩、灰岩、角砾, 泥灰岩、页岩
		中统	覃家庙群	Є ₂ q	131~204	硅质白云质灰岩、泥质灰岩、角砾白云岩、砂岩、页岩
		下统	石龙洞组	Є ₁ sl	373~561	灰岩、白云岩、角砾状白云岩, 灰绿色粉砂岩、黑色炭质页岩, 含磷层及磷质结核
			天河板组	Є ₁ th	10~557	灰岩
			石碑组	Є ₁ sp	5~570	黏土岩、砂质页岩、粉砂岩夹灰岩
			水井沱组	Є ₁ s	5~581	页岩、灰岩
				天柱山组/ 麦地坪组	Є ₁	8.8~251
	震旦系	上统	灯影组	Z ₂ dn	7~1102	白云岩、灰岩
陡山沱组			Z ₂ d	10~652	砂岩、页岩	
下统		南沱组	Z ₁ n	0~800	砾岩、砂岩、凝灰岩、冰碛碎屑岩	
		大塘坡组	Z ₁ d	26~172	冰碛砾岩、砂质页岩	
前震旦系			板溪群	Pt ₃ bx		砂砾岩、砂泥质板岩、玄武岩
			神农架群/ 会理群	Pt ₂	>2800	板岩、粉砂岩、砂砾岩、细碧岩, 含赤铁矿层
		崆岭群	Ar ₃ - Pt ₁ kl	>5418	黑云角闪奥长、斜长混合岩, 钾长、二长片麻岩, 黑云角 闪、黑云母、石英、石墨片岩和大理岩	
元古界						

1.2 地质构造与地震

1.2.1 地质构造

1. 区域地质构造格架

研究区地质构造总体上呈现一系列弧形褶皱构造,从西向东有规律地由近南北向逐渐转向 NNE 至 NE 到 NEE 向,最后以近东西向与南北走向的秭归向斜交接。北部大巴山弧形褶皱带走向自西向东由 NW 向渐变为 EW 向,弧顶指向 SSW,褶皱构造比较紧密;中部川东褶皱带分布于齐岳山断裂带西侧的四川盆地东南边缘,自西向东由 NE 向渐变为 NEE 向,弧顶位于万州一带;南面为 NE 向展布的八面山弧形褶皱带,弧顶指向北西;西部龙门山-攀西断裂带自北向南延伸为 NW 向龙门山断裂、NNW 向峨眉山断裂和 SN 向攀西断裂;黄陵背斜为长轴近南北向的椭圆形,明显阻断了向东收敛汇聚的大巴山弧形褶皱带和八面山弧形褶皱带,西侧形成了秭归向斜,西南侧分布有 NNW 向的仙女山断裂(图 1.2)。

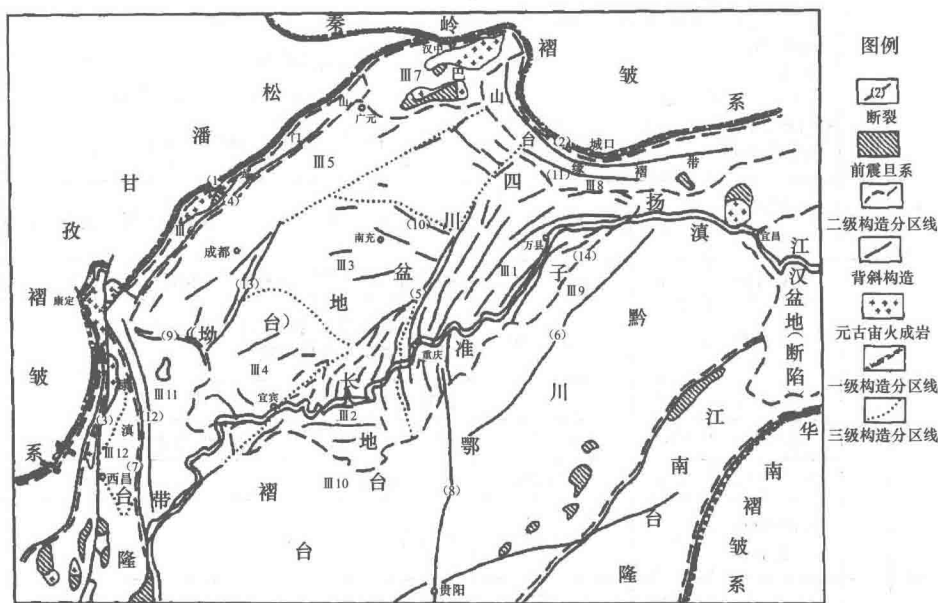


图 1.2 研究区大地构造位置图(据汪泽成等, 2002)^[3]

断裂名称: (1) 龙门山; (2) 城口; (3) 安宁河; (4) 彭灌; (5) 华蓥山; (6) 建始-郁江; (7) 普雄河; (8) 遵义-松坎;
(9) 峨眉山-瓦山; (10) 营山; (11) 万源; (12) 甘洛-汉源; (13); 龙泉山; (14) 七曜山
构造分区: III₁-川东高陡褶皱带; III₂-川南低陡褶皱带; III₃-川中平缓褶皱带; III₄-川西南低陡褶皱带; III₅-川西拗陷带;
III₆-龙门山冲断褶皱带; III₇-米仓山台缘凸起; III₈-大巴山冲断褶皱带; III₉-八面山断褶皱带; III₁₀-娄山褶皱带;
III₁₁-峨眉山、凉山块断带; III₁₂-西昌盆地(凹陷)

2. 主要构造形迹

研究区褶皱构造比较发育,断裂构造较少,三斗坪至官渡口东地段,发育有黄陵背斜