

清江流域岩溶研究

沈继方 李焰云 徐瑞春 等著

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

清江流域岩溶研究/沈继方等著.-北京:地质出版社,1996.7

ISBN 7-116-02246-5

I. 清… II. 沈… III. 岩溶-湖北-清江流域-研究 N. P642.252.263

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 15019 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:屠涌泉 邱 培

*

中国地质大学印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:14.25 插页:1 字数:340 千字

1996 年 8 月北京第一版·1996 年 8 月北京第一次印刷

印数:1—400 册 定价:38.00 元

ISBN 7-116-02246-5

P·1691

参加本书编著的人员

(以姓氏笔划为序)

于青春	万军伟	区永和
王增银	石伯勋	沈继方
李焰云	何筛红	张光喜
张同发	胡章喜	徐瑞春
韩庆之	熊兆钰	

本书是根据《湖北清江流域岩溶发育及其资源环境效应研究》成果编写而成，该项成果已获湖北省1996年科技进步一等奖。

序

清江为鄂西南长江南岸最大支流。这里水电、旅游资源丰富，是水电建设的重点地区，旅游资源也在逐步开发。但该地区碳酸盐岩分布广泛，占其总面积的 72%，加上有利的气候、地质、地形和水文条件，使其独具特色的岩溶为举世所瞩目。另一方面，由于岩溶发育和水土流失造成脆弱的生态系统，使本区成为国家重点贫困地区之一。因此，对清江流域岩溶的研究，是有巨大意义的。

此项研究历时八年，对该地区岩溶发育的地质、气候、水文背景条件，岩溶地貌、洞穴系统、岩溶水系统、岩溶水文地球化学、岩溶发育史，及有关资源环境问题进行了全面的不断深入的调查分析，所完成的研究成果有以下特色：

1. 引入了国内外七十年代以来逐步发展起来的现代岩溶岩、洞穴学、岩溶地球化学，非连续裂隙介质地下水动力学的新理论和新方法，使此项研究与现代岩溶学的国际趋向接轨。

2. 充分应用前人资料及清江水电建设工程地质勘察中积累的新资料。此项研究不但充分应用了 1/20 万区域综合水文地质普查、中比联合洞穴探险及中国科学院古脊椎动物与古人类研究所对建始巨猿洞、长阳大堰钟家湾猿人洞等洞穴的考察研究资料，而且应用了清江各水利枢纽工程地质勘探中积累的大量基础资料，使其在较高的起点上前进。

3. 结合国民经济建设需要，由点到面作持续的研究。此项研究由 1988 年对隔河岩，高坝洲坝址古岩溶角砾岩的研究开始，逐步发展到对区域岩溶及洞穴的全面系统研究；由中下游发展到对全流域的研究。它不但是用现代岩溶学的理论及方法第一次对清江流域岩溶的全面系统调查研究，而且在许多方面获得了重要的进展和突破。

(1) 通过调查及室内溶蚀试验，确定了本流域碳酸盐岩岩组类型及化学成份对岩溶发育的影响；

(2) 将该地区的古岩溶角砾岩划分为“钙屑填隙角砾岩”和“方解石胶结角砾岩”两大类，并分别深入研究了它们的岩石学特征、成因、形成环境和时代。此项成果不但为水电建设工程地质评价提供了地质依据，而且由于前者在我国南方广泛分布，因而与岩溶地质研究所林玉石等在广西、湖南、贵州等地的研究遥相呼应，不但为研究我国南方岩溶发育史提供了新基础，而且有可能为青藏高原演化及其与全球变化关系的研究提供新的途径。

(3) 第一次对全区 100 多个洞穴的形态特征，形成条件作了深入调查研究。对一些具有旅游价值的洞内岩溶形态成因作了科学解释。运用非连续裂隙介质地下水动力学方法，将水动力场划分为汇水型和弥散型两类，提出了它们对洞穴形成的不同影响。这是一项很有新意的探索。

(4) 对全区 1000 多个岩溶地下水系统，分为基控、层控两大类，选出平水流量大于 500L/s 的 44 个系统，分别论述了其形成条件，分布特征和水量，为今后进一步的水资源评

价和合理开发利用打下了基础。

(5) 综合岩溶发育背景和特征, 以及有关资源环境问题, 将全流域分为六个大岩溶区, 15 个亚区和 11 个小区, 为今后按照自然条件区别对待, 开发资源, 促进人和自然的持续协调发展提出了思路。

该项研究成果的公开出版交流, 对岩溶研究的发展和岩溶地区的资源开发, 国土整治与环境保护均有重大意义。鉴于清江流域为举世瞩目的独具特色的岩溶区之一, 及其在水电建设, 旅游开发和扶贫工作中的重要意义, 该地区的岩溶研究还有进一步深入的必要。九十年代以来国内外岩溶研究在理论和方法方面的新进展也提供了此种可能。希望作者们在本书内容的基础上, 继续努力, 使清江流域的岩溶研究再上一个新的台阶。

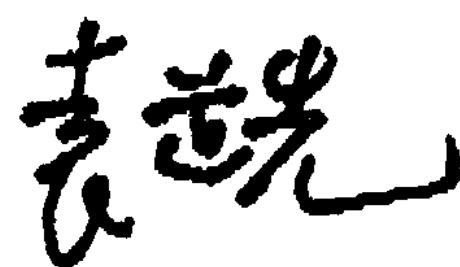
中国科学院院士

IGCP299. 399 国际工作组主席

中国地质学会岩溶地质专业委员会主任

中国地科院岩溶地质研究所研究员

中国地质大学(武汉) 兼职教授



1996 年 6 月 20 日

前 言

本书是作者紧密结合清江流域水电梯级开发工程，满足地方国民经济发展需要，对碳酸盐岩区大型流域岩溶发育与资源环境效应进行全面深入研究后，对所获得的丰富资料和新认识的科学总结。

清江流域总面积约 17000km²，地跨湖北省的利川、恩施、建始、五峰、长阳等县市的全境以及宣恩、咸丰、巴东、鹤峰、枝城等县市的部分境域，区内碳酸盐岩广布，其出露面积约占该流域总面积的 72%，是中国岩溶最发育，也是最典型的地区之一，具有独特的岩溶地质背景条件和丰富多姿的岩溶形态，已为举世所瞩目。清江又是水能资源十分丰富的河流，为国家水电建设的重点地区，已建或拟建的隔河岩、高坝洲、水布垭等控制性水利枢纽均在碳酸盐岩上建坝建库，除进行工程区的详细勘测工作外，对于清江的形成、流域岩溶发育规律、岩溶地貌演化过程、岩溶水文地质特征、古岩溶角砾岩等一系列问题都需要加以了解和掌握。为此，清江水电开发责任有限公司（原清江水电开发总公司）和长江水利委员会三峡区勘测研究院（原三峡区勘测大队）先后从不同角度委托中国地质大学岩溶环境研究组对流域岩溶与岩溶水文地质进行研究，旨在为其水能资源的全面开发提供工程地质评价的科学依据。

该项研究是由清江水电开发责任有限公司、长江水利委员会清江地质大队与中国地质大学岩溶环境研究组密切配合完成的，先后历时八年。其研究工作的特色为：充分收集和应用了前人资料及研究期间相关单位获得的新资料，特别是清江各水利枢纽工程勘察和施工过程中不断积累的大量基础资料的应用，使该项研究能在较高的起点上向前迈进和深入；把第一手资料的收集放在首位，开展了大量室内外扎实的基础地质研究工作，使我们获得了丰富的新素材和新信息，为深入分析奠定了良好基础；全面了解国内外研究文献，积极参加国内外有关岩溶的学术交流，及时掌握、分析国内外研究动态，使我们首次对清江流域岩溶进行的全面系统研究能够跟上时代的步伐，完全与当前国际岩溶研究的趋向接轨；紧密结合水能资源梯级开发工程和地方国民经济发展的需要，由点到面，由专题到整体，由岩溶形态到资源环境效应，作持续深入的研究，使我们的资料逐步充实和不断丰富，使我们的认识逐步提高和不断完善。

上述特色的研究思路 and 方式，保证了本书在内容上的综合性、系统性和先进性。作者在编写本书时，引入了国内外 70 年代以来逐步发展起来的现代岩溶学、洞穴学、岩溶地球化学、非连续裂隙介质地下水动力学、分形几何学等新理论，运用计算机仿真模拟，卫星遥感信息合成等新技术，对大量实际素材和各类有关信息进行分析处理。书中全面、细致地论述了清江流域的岩溶形成背景、岩溶地貌、洞穴系统、岩溶发育机理与发育史、岩溶水系统、岩溶水文地球化学，以及与岩溶有关的资源环境问题，是一本对岩溶形态成因及其资源环境效应机制进行系统理论分析、并与实际紧密结合的岩溶环境学方面的专著。

本书共分九章。前言及第二、四、九章和结束语由沈继方执笔，其中第四章部分内容

和插图由万军伟和胡章喜协助完成，第九章第六节由徐瑞春、李焰云、熊兆钰、张同发、张光喜等协助完成；第五章由于青春执笔；第一、七两章由区永和执笔，其中第一章部分内容由徐瑞春和石伯勋协助完成；第三、六两章由王增银执笔；第八章由韩庆之执笔；附图及岩溶形态图由万军伟拟编。全书初稿经沈继方、李焰云、徐瑞春共同审阅后，由沈继方统稿。

本书的编辑出版得到了清江水电开发责任有限公司的大力支持。书稿编写过程中，曾参阅一些尚未公开发表的岩溶调查和工程区勘查资料，得到有关同行的帮助，特别是得到了长江水利委员会清江地质大队的鼎力相助。书稿完成后，承蒙袁道先、景才瑞、杨立铮、刘效黎、藉传茂、王兆馨、孙万和、谢树庸、林玉石、程伯禹等 10 位专家审阅并提出修改意见，袁道先院士还在百忙中为本书作序。作者谨在此表示深切的谢意。

本书出版时间仓促，加之对这类大型流域岩溶的全面系统研究尚属首次，其研究范围大、涉及面广，研究重点和研究程度各异，不可能都详细介绍或深入展开，疏漏之处，在所难免，恳请读者给予指正。

沈继方

1996 年 3 月

目 录

第一章 清江流域的自然背景	(1)
第一节 自然地理概述.....	(1)
第二节 地层.....	(8)
第三节 地质构造	(14)
第二章 碳酸盐岩的岩溶岩组类型	(20)
第一节 岩石类型	(21)
第二节 岩组类型	(22)
第三节 岩石可溶性	(24)
第四节 地层剖面岩组分布及差异性溶蚀分析	(37)
第三章 岩溶地貌	(41)
第一节 地表岩溶形态	(41)
第二节 岩溶地貌类型及控制因素分析	(51)
第四章 岩溶洞穴系统	(56)
第一节 洞穴系统的概念和分类	(56)
第二节 洞穴系统的分布特征	(58)
第三节 洞穴(洞穴系统)形态特征	(62)
第四节 洞穴堆积物	(73)
第五节 古岩溶角砾岩	(81)
第六节 典型洞穴(或洞穴系统)	(85)
第五章 地下岩溶洞穴发育条件	(108)
第一节 控制因素分析.....	(108)
第二节 岩溶洞穴形成的水动力模式.....	(113)
第六章 岩溶发育史	(119)
第一节 区域构造运动.....	(120)
第二节 古岩溶角砾岩形成环境.....	(123)
第三节 岩溶台面划分及清江形成时代.....	(125)
第四节 岩溶地貌演化.....	(129)
第七章 岩溶水系统分析	(134)
第一节 本区岩溶水系统概述.....	(134)
第二节 岩溶水系统分论.....	(139)
第三节 研究意义.....	(159)
第八章 岩溶水文地球化学特征	(165)
第一节 岩溶地球化学特征.....	(166)
第二节 地下水的化学特征.....	(170)

第三节	岩溶水中化学成分的形成机制分析·····	(178)
第四节	岩溶水的溶蚀分析·····	(180)
第九章	岩溶分区·····	(183)
第一节	分区原则与分区方案·····	(183)
第二节	第一区 (I) ·····	(183)
第三节	第二区 (II) ·····	(186)
第四节	第三区 (III) ·····	(190)
第五节	第四区 (IV) ·····	(195)
第六节	第五区 (V) ·····	(196)
第七节	第六区 (VI) ·····	(207)
结束语 ·····		(209)
参考文献 ·····		(211)
图版 ·····		(213)
附图：清江流域岩溶水文地质图		

第一章 清江流域的自然背景

第一节 自然地理概况

一、流域的地形特征

清江为鄂西地区最大的长江支流，全长约 423km，流域面积达 16700km²。地理坐标的跨度为东经 108°30′—111°20′，北纬 29°40′—30°48′。行政区域包括利川、恩施、建始、五峰、长阳等县市的全境以及咸丰、宣恩、巴东、鹤峰、枝城等县市的部分境域。

全流域总体上为东西向展布的长条状地块；在恩施东面，因受忠建河及马水河影响，流域分别向南、向北凸出。流域之外，西侧及北侧为长江围绕；西南端与乌江流域毗邻；南部与酉水及澧水流域相接。

在区域地形体系上，流域内绝大部分均为鄂西山地，属云贵高原之东北缘。其西边与四川盆地以齐耀山相隔；东面则向江汉平原过渡。流域的地形特征在不同区段有不同表现。

（一）西段

是指流域西缘至磨刀河一带，总体上为高山及中高山地形，其北、西、南三面为分水岭环绕。西部分水岭由齐耀山构成，高程多在 1750—1650m，最高处 1833m，为一屏障式北东走向的长条状山脉；北部分水岭由一系列块状山及高台地构成，由西至东有大梁子坡、猫儿梁、大包山、头啄山及昭坪、龙坪等，其最高峰猫儿梁达 2123m；南部分水岭主要由北东及东西走向的各种条状及块状山组成。一般高程为 1800—1450m。最高峰麻山为 1981m。在忠建河地区，分水岭界线向南延展至咸丰附近。这些分水岭地带均为崇山峻岭，地形崎岖，其中包含有一至三级台地，台地之间往往以陡崖相接。其间，侵蚀型的深切沟谷亦相当发育，形成雄伟险峻的地貌景观。分水岭向内，地面高程渐次下降，地势趋于开豁平缓，高程为 1000—1200m 的岩溶台面几乎遍布全区，总体呈现宽阔的大型溶蚀槽谷，洼地及低矮的丘丛、丘林与高耸山体相间组合的地貌特征。其中还发育有三个规模颇大的山间盆地，即利川盆地（高程 1000—1100m）、恩施盆地（500—580m）及建始盆地（550—700m）。本段内清江干流及各支流，大部分均为深切峡谷。地形相对高差为 1000—1200m。

（二）中段

即磨刀河至长阳一带。由西至东，为高山、中高山—低山地形。受东西向构造影响，山体走向亦大致为东西向。北部分水岭的最高峰达 1912m，向东降至 600 多米；南部分水岭地势较为高峻，高程均在 1000m 以上，其中的高峰有马棚岭（2213m）、壶瓶山（2008m）等。在南、北分水岭内的都镇湾以西，表现为水文网密度大，切割强烈，山体林立，高程不同的三级台面清晰可见，形成峰岭夷台与陡崖峭壁相间组合的地貌景象。山岳顶部一般比较

平缓，成为各种岩溶地形（槽谷、洼地、漏斗等）的发育地带；都镇湾以东，地形总体表现为向东倾斜的斜坡地形，山岭高程由 1400 多米降至 500 多米。本段内清江干流及支流仍以深切峡谷为主，只在少数地段出现宽阔河谷。地形相对高差达 400—1800m。

（三）东段

即长阳至清江河口。地形上属低山丘陵地带。其西侧为高程 500—600m 的低山，向东地势渐次下跌，过渡成海拔 100—200m 的丘陵及垄岗地形。清江河谷亦由山区峡谷向平原河谷演变，地形相对高差由 400 多米降至数十米。

二、流域的气候特征

清江流域属亚热带温湿季风型气候，温和多雨，四季分明。由于面积广，高差大，各地气候条件既与地理位置有关，亦受高程变化影响，即具有一定的气候垂直分带特征。

流域年平均气温 13—16℃。一月为全年的最冷月，平均气温 2—4℃；七月最热，平均 26—27℃。在不同的高程，气温差别明显（见表 1-1）。

表 1-1 气温与高程的关系

地 点	高 程 (m)	气 温 (℃)		
		年 平 均	一 月 平 均	七 月 平 均
长 阳	135	15	4	27
五 峰	900	13	1.8	
绿 葱 坡	1800	7	—3.2	18.4

流域年平均降水量 1200—1700mm。降水主要集中于 4—9 月，约占全年总降水量的 70%。各地降水分布情况见表 1-2 及图 1-1，其变化趋势是由南北向清江及由西向东，降水有所减少。

表 1-2 流域各雨量站降水量统计

站 名	年平均降水量 (mm)	实 测 最 大		实 测 最 小	
		年降水量 (mm)	年 份	年降水量 (mm)	年 份
野 三 关	1319.8	1603.4	1963	1050.0	1966
高 家 堰	1452.9				
太 阳 沱	1244.7	1749.5	1963	916.0	1966
招 徕 河	1120.1				
渔 峡 口	1042.7	1249.0	1962	728.6	1966
五 峰	1504.1	2577.9	1935	964.5	1936
长 乐 坪	1736.4	2380.6	1964	1228.0	1966
湾 潭	1786.8	2229.8	1964	1363.6	1966
利 川	1298.2	1529.0	1975	863.1	1966
恩 施	1415.9				
宣 恩	1456.4				
咸 丰	1497.4				
长 阳	1225.5				

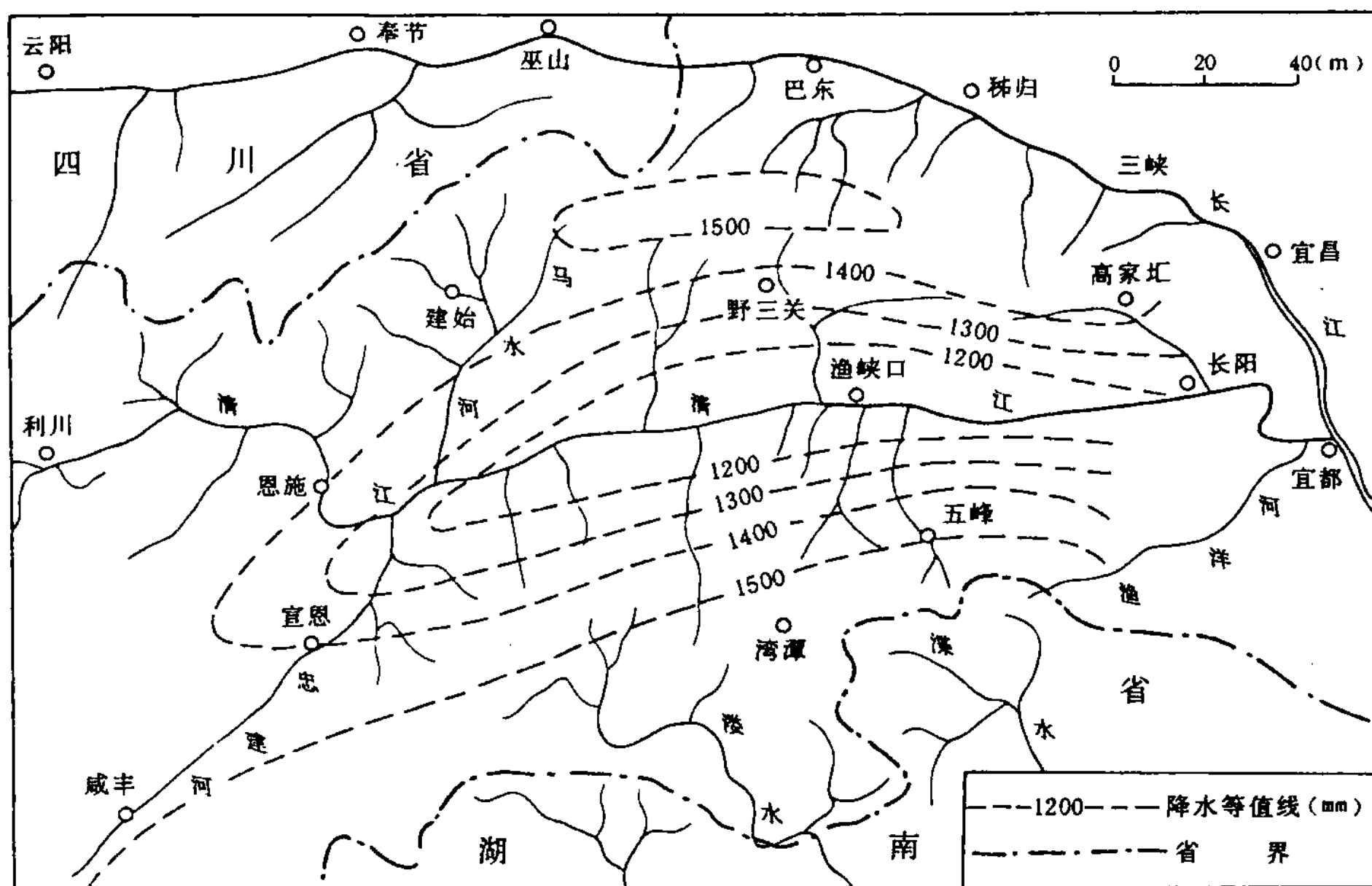


图 1-1 清江流域年平均降水量等值线图

三、清江水系及河谷地貌

(一) 清江水系及其水文特征

清江发源于利川齐耀山东麓，由南、北两条小溪汇合而成。南小溪源于肖家院子龙洞暗河；北小溪源于野茶坝大渔泉暗河。两小溪汇集后的清江河道，蜿蜒于丛杂的山岭之间，自西向东流经利川、咸丰、恩施、建始、巴东、长阳、五峰、枝城等县市，在枝城市北注入长江，全长约 423km，总落差约 1430m，平均坡降 3.07‰。恩施以上称为上游；恩施至资丘间称为中游；资丘以下称为下游。其主要支流有马水河、忠建河、渔洋河。其次较大的支流还有野三河、磨刀河、招徕河、东流溪、黑炭河、白炭河、腰站河及晓溪等（见图 1-2）。

清江流域降水充沛，而且多暴雨，每年 4—10 月常有暴雨出现，河水因而暴涨暴落，山溪性河流的特征非常明显。如搬鱼嘴站测得洪枯水位差达 16.7m。洪水时期水位一日可涨 7—8m，但退落也快，洪峰历时一般只有三、四天。每年从四月份开始，随着降水量的增加，河流就逐步进入汛期，最大流量多出现在 6—7 月；8、9 月由于秋雨的影响，也可形成较大的洪峰；10 月至次年 3 月为枯水期，最小水量多出现在 1 月。在东流过程，随着汇水面积的扩大，河水流量则相应增大，河口多年平均流量为 $464\text{m}^3/\text{s}$ 。上述清江水文要素的时空特征，可用表 1-3 具体说明。

至于清江的各支流，因受资料限制，现只对其中主要支流忠建河、马水河的有关情况略作阐述。

忠建河：发源于咸丰县龙家界（高程 875m），在黄石板绿水乡的西侧汇入清江，全长约 100km，流域面积约 1250km^2 。根据宣恩站观测资料，其水文要素如表 1-4 所示。

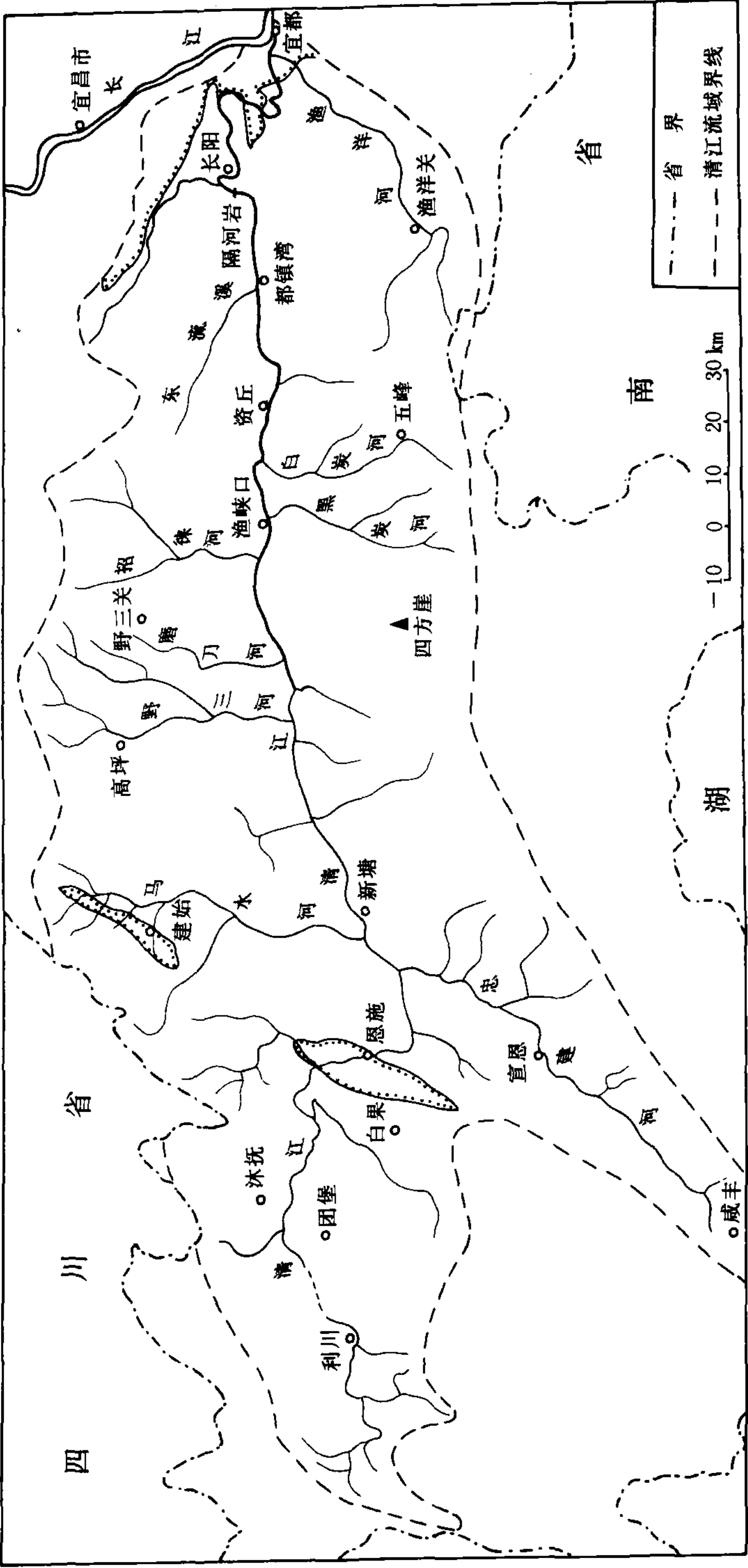


图 1-2 清江流域水系图

表 1-3 各站历年各月平均降水量 (mm) 与清江流量 (m³/s) 对照

站 月 名 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9
利 川	19.1	27.7	70.7	110.3	179.9	174.1	181.9	204.1	138.6
清 江	4.63	5.9	11.67	22.96	42.74	42.89	33.21	19.04	29.76
恩 施	25.5	35.6	82.6	115.3	182.0	207.1	216.6	172.2	157.1
清 江	18.3	25.4	51.8	89.3	155.0	154	153.0	84.4	133.0
太阳沱	15.0	26.0	68.9	114.4	166.4	197.4	179.0	130.1	125.4
清 江	36.88	64.29	145.67	206.6	397.7	362.89	333.58	174.31	173.93

站 月 名 份	10	11	12	各年平均	年径流深 (mm)	积水面积 (km²)	资料时间
利 川	110.9	57.7	32.9	1307.8			1952—1969 年
清 江	25.41	15.32	7.23	17.60	902.5	389	1959—1975 年
恩 施	117.1	68.2	36.5	1415.9			1933—1969 年
清 江	94.5	57.1	25.6	87.00	850.65	3174	1958—1975 年
太阳沱	100.2	63.0	25.6	1244.7			1956—1969 年
清 江	156.19	146.8	44.55	261.30	965.20	7538	1956—1974 年

据恩施幅 1：20 万区域水文地质普查报告

表 1-4 忠建河（宣恩站）水文要素

集水 面积 (km²)	多年平 均流量 (m³/s)	枯水流量 (m³/s)		径流模数 [L/ (s · km²)]		年均径流量 (10⁸m³)	年径流 系 数	资 料 年 限
		多年最小 月平均值	多年最小 平均值	年平均	枯季值			
718	25.04	3.91	1.13	34.9	7.18	7.90	0.69	1959— 1969

马水河：发源于建始县茅田区榨茨乡的铁厂坪。流经建始、恩施两县，于龟山河注入清江，全长 102km，流域面积 1700km²，天然落差 1560m，平均坡降 1.53%，多年平均流量 55.2m³/s。

(二) 河谷地貌

由于本区挽近期地壳强烈上升，河流急剧下切，使清江河谷及其支流普遍表现为深切峡谷。另一方面，清江自发源地至河口，其间流经各种不同的地层岩性，不同的构造实体和地形地貌单元，受其影响，河谷形态变化复杂，由西而东可大致分为如下七个河段：

1. 清江源至落水洞（伏流入口），长约 55km。此段河床虽然不宽，利川以上为 30—40m，利川以下为 10—20m，但因河流主要发育于齐耀山前坡立谷中，河谷显得相当开阔平缓；在利川盆地一带，则显示平原河流的特性，河道浅而宽，并发育有两级阶地，第一级宽三、四百米，高出江面 5—10m，为漫滩阶地；第二级阶地为利川县城所在，宽 500—1000m，高出江面 15—20m，为基座阶地。从平面上看，河道蜿蜒曲折，河曲相当发育。

2. 落水洞至黑洞，为清江伏流段，发育方向 NE50—70°，长约 10km，进口标高 1061m，

出口 940m，总落差 121m，平均坡降 1.2%。有关伏流（水洞）的形态特征，将在第七章“岩溶水系统分析”中的黑洞系统进行阐述，在此从略。

3. 黑洞至恩施，长约 75km，落差 300m，平均坡降 0.5%。清江伏流由黑洞转出地表后，分别流经三叠系嘉陵江组灰岩、茶山背斜南端志留系页岩，之后进入恩施盆地。在这些不同的地质背景下，河谷形态亦迥然不同。其中嘉陵江组灰岩区（清江此段称雪照河），河谷均为典型的高山深切峡谷，横剖面多为对称或不对称“V”型（图 1-3），两岸前缘高差达 300 多米至 500 多米，岸坡普遍大于 60°，甚至为陡立峭壁。谷底河床宽一般只有 10m 左右，除个别地方堆积少量卵漂石外，一般为基岩河床；志留系页岩区，河谷相对比较开阔，两岸基本对称，岸坡 30—45°，岸高多在 200m 以内；进入恩施盆地，河道发生 90°的大拐弯，由北向南流，河谷平缓开阔，河床宽 100—200m，普遍发育有三级阶地（见表 1-5）。

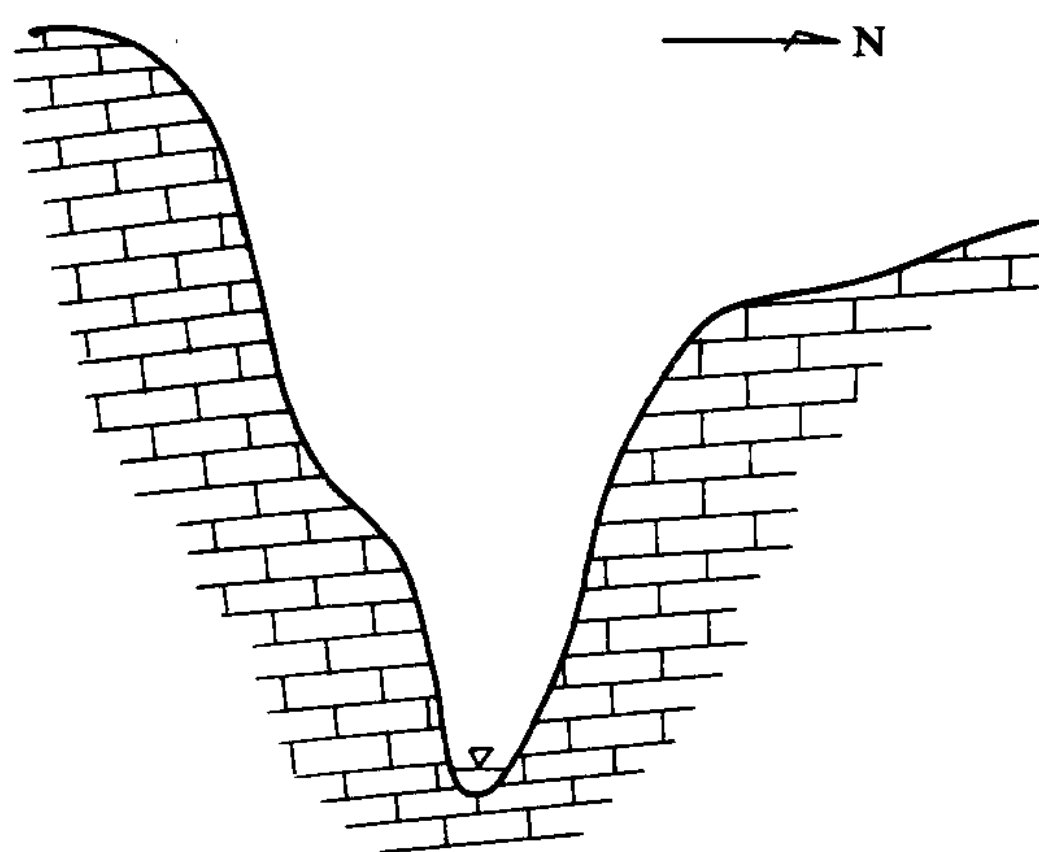


图 1-3 雪照河河谷横剖面图

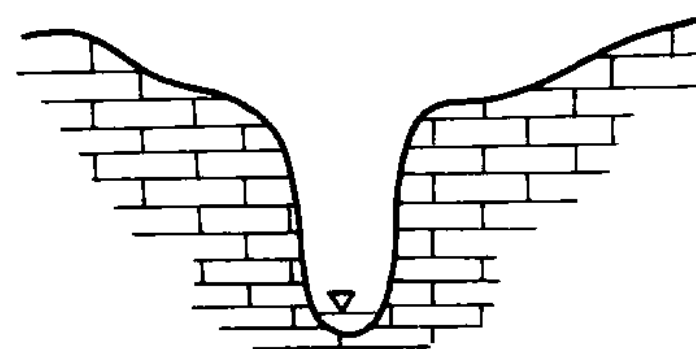


图 1-4 “U”型谷示意图

4. 恩施至盐池，长约 125km，落差 250m，平均坡降 0.25%。此段清江河谷基本上全由二叠系及三叠系碳酸盐岩构成，两边山体高程 1000—1700m，相对高差 800—1300m。在新塘以西，河道较为曲折，新塘以东比较平直。其河谷形态，除支流汇入处显得较为开阔外，其余均为陡崖耸立的深切峡谷，河道狭窄，常出现两岸紧逼、中间一线沟通的景象。横断面多为“V”型（如图 1-3）或“U”型（图 1-4）。

5. 盐池至沿市口，长约 100km，落差约 114m，平均坡降 0.125%，河床宽 50—200m，两侧为海拔 600—1600m 的高—中高山地带，相对高差 500—1400m。此段河道总体较为平直，地质结构变化复杂，河谷形态亦随之呈现多样性，可大致归纳为三类：①“V”型及“U”型峡谷，主要发育于碳酸盐岩中，是最为普遍的河谷形态。河床宽多为 50—100m，两侧岸高一般 300—500m，有些横向谷河岸高差更大，如半峡达 800—1000m，形成千米高峰直逼江岸的壮丽景观；谷中谷的现象亦很普遍，这是指由于晚近期地壳上升，河流下切，河床两侧多发育高为 100—200m 的陡坡或峭壁，构成了现代河谷，其上一般为缓坡与平台相间的早期河谷。②宽缓型谷，主要发育于以页岩为主的志留系地层中，如半峡背斜东西两翼、石板沱、西湾及马连一带等河段便是。其河谷开阔，江面宽达 100—200m，两侧边坡为 20°—25°（见图 1-5，a）。③不对称型谷，如鸭子口一带，其右岸为奥陶系碳酸盐岩地层，

形成陡坡及悬崖，平均坡度在 40°以上；左岸则是志留系砂页岩层，坡度缓，多为 20°—30°，两岸明显不对称（图 1-5，b）。

表 1-5 恩施盆地清江阶地特征

阶地 代号	分布高程 (m)		形态特征及性质	接 触 关 系	典 型 地 段
	绝对	相对			
I	400—410	10—15	呈月牙形沿江展布，两岸不对称，长约 500—3200m，宽 10—500m。为基座阶地	阶地前缘与江面呈 20°—30°斜坡或 10°—70°陡坡；后缘坡角 30°—50°	恩施飞机场、旗峰坝东、西河坝一带等
Ⅰ	410—425	20—25	呈月牙形向江或背江凸出，向低阶地及顺江呈 2°—7°斜坡。阶面宽 200—1000m，长约 500—1000m。为基座堆积阶地	前缘坡角 30°—50°，后缘为 20°—30°斜坡	小渡船南、午阳坝一带及飞机场西、黄泥坝北一带
Ⅱ	425—440	30—45	呈零星状分布于低丘顶部，为基座阶地	前缘坡角为 20°—30°，后缘与垄岗丘顶呈缓坡过渡	恩施北广兴厂、猪圈门及地区气象站一带

据恩施幅 1：20 万区域水文地质普查报告。

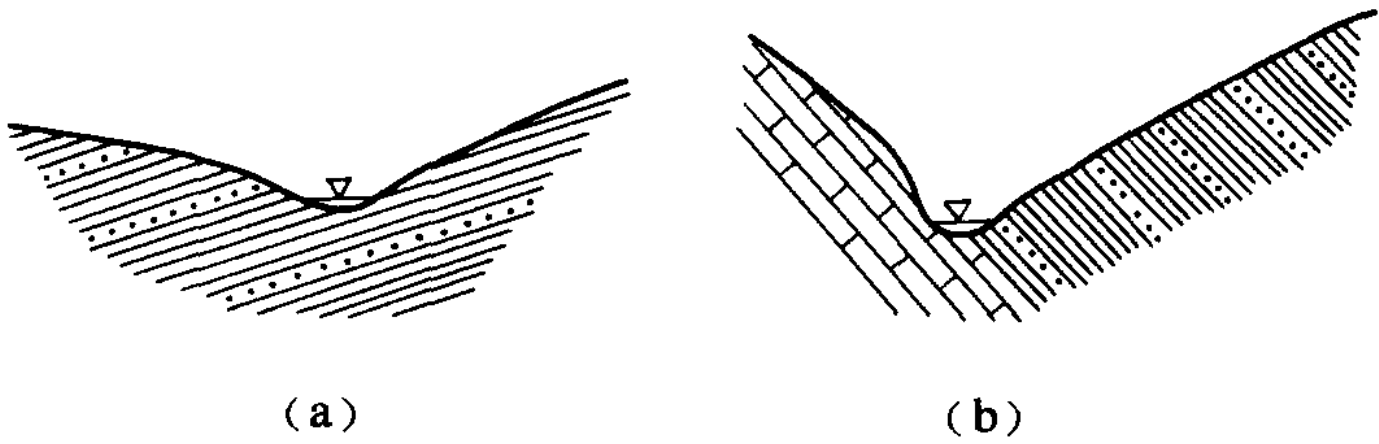


图 1-5 清江河谷剖面形态示意图

清江河谷阶地于本段内总体不甚发育，仅在志留系构成的宽缓河谷区有零星分布。如半峡背斜西翼邹家沟至盐池河段，发育有四级阶地，其特征见表 1-6。又如招徕河、田坝、资丘西及都镇湾等处见有 I 至 II 级基座及堆积阶地。在都镇湾东的洲衙坪一带发育四级阶地，分别高出江面 20m、25m、65m、90m。

6. 沿市口至毛家沱，长 54km，落差 37m。此段河曲发育最为典型，其中大于 90°的转折有 10 处之多。全河段除沿市口至千人洞及集茂洲一带为切割较深的峡谷外，其余均属宽缓型或不对称型河谷，江面宽一般为 150—250m。由西至东整个地势明显渐跌，从沿市口至下渔口往东，两岸由高程 600m 左右的低山降为 400m 左右的丘陵；至南岸坪一带降至约 300m；毛家沱一带降至 200 余米。地形高差亦相应由 500m 缩小到 150m。河流阶地较为发育，在下渔口及津洋口附近分别见有三级及四级阶地；长阳县城至永和坪一带明显分布有六级阶地，分别高出江面 19m、39m、59m、79m、109m、129m；磨市附近则发育有七级阶地，分别高出江面 9m、16m、31m、51m、74m、94m、111m。上述 I、II 级为嵌入阶地，其余均属基座阶地。