

云南澜沧江流域

YUNNAN LANCANGJIANG LIUYU
SHUIKU YOUFA DIZHEN JIANCE YU YANJIU

水库诱发地震监测与研究

云南省“十五重点”项目《澜沧江流域重大水利枢纽工程诱发地震监视与研究》资助

主 编：秦嘉政

副主编：叶建庆 邵德盛 杨周胜

云南出版集团公司

云南科技出版社

云南省“十五重点”项目《澜沧江流域重大水利枢纽工程诱发地震监视与研究》资助

云南澜沧江流域 水库诱发地震监测与研究

YUNNAN LANCANGJIANG LIUYU
SHUIKU YOUFA DIZHEN JIANCE YU YANJIU

云南出版集团公司
云南科技出版社
· 昆明 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

云南澜沧江流域水库诱发地震监测与研究/秦嘉政等编.
昆明: 云南科技出版社, 2006. 12
ISBN 7 - 5416 - 2444 - 6

I. 云... II. 秦... III. 澜沧江—流域—水库—诱
发地震—地震观测—研究—云南省 IV. P315.732.74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 148150 号

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

昆明市五华区教育委员会印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 45 字数: 1040 千字

2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 500 册 定价: 100.00 元

《云南澜沧江流域水库诱发地震监测与研究》

编辑委员会

主 编：秦嘉政

副主编：叶建庆 邵德盛 杨周胜

编 委：（按姓氏笔画为序）

毛玉平 叶建庆 刘丽芳 刘学军 邬成栋

吴国华 张俊伟 李永莉 杨周胜 谷一山

邵德盛 陈 京 施发奇 皇哺岗 秦嘉政

钱晓东 黄 雍

内容简介

本书是云南水库诱发地震研究领域的一本专著，全面系统介绍了云南澜沧江流域水库诱发地震监测与研究取得的新进展。内容主要涉及到水库诱发地震活动、构造背景、地下流体、地壳形变、数字地震监测与研究等方面，尤其是给出了水库诱发地震数字观测现代新参数和波形数字资料，提供了深入研究的良好基础。汇编的研究论文相互间既有联系，又独立成篇，包括了地震活动特征、地震地质环境、地震震源参数、深部介质信息、流体观测与前兆异常分析、GPS测量与地壳形变、诱发地震机理与预测分析等交叉学科的研究成果。

本书可供从事地震学、地质学、工程地震学和地球物理学的科技工作者以及大专院校相关专业的师生参考。

序

本书是一部云南澜沧江流域水库诱发地震研究论文专著,汇集了对澜沧江流域重大水利枢纽工程建设区开展的数字地震监测、地下流体观测、GPS 地壳形变测量以及探源数字地震观测获取的资料及其相关的研究成果,对澜沧江流域水库诱发地震的危险性——地震活动背景、地震地质环境、三维速度结构以及区域地震应力场等方面进行了深入探讨,尤其是依托对小湾、漫湾和大朝山重点电站库区的近场数字地震监测资料以及地下流体和 GPS 观测资料,开展了多学科交叉的水库诱发地震危险性研究。

水库诱发地震主要由大中型水库蓄水和排水过程触发的一种特殊类型的地震活动,水库诱发地震的显著特点一般表现为强度弱、震源浅、烈度高、破坏重。由于这一类型的地震活动往往集中在库区较小的范围,对大坝或电站设施易造成严重破坏。例如,全球水库诱发地震活动最典型的震例之一是中国广东的新丰江水库引起的地震活动,该地区在未建水库之前,属于典型的弱地震活动区,自从水库建设后,引起了一系列的水库诱发地震,活动由弱逐渐增强,至 1961 年触发了 $M_s 6.1$ 级强震,造成了大坝结构性破坏,并由此产生了严重震灾,从此该地区诱发地震活动长达数十年不断,至今已发生了约 20 万次大大小小的地震活动。再有,印度柯依纳水库地区,在水库建设之前几乎无地震活动,水库建设后不久,诱发地震活动不断,至 1967 年引发了全球迄今为止最大的水库诱发地震,主震 $M_s 6.5$ 级,震灾区 200 多人死亡,1500 多人受伤,大坝及近场区建筑物严重损坏,造成了巨大的人员伤亡和经济损失。40 多年来,在水库库区记录到数十万的水库诱发地震活动,并将在今后延绵持续不断。

水库诱发地震监测、预测与预警研究,是地震学研究中的一个十分重要的领域。由于水库诱发地震对水利工程建设危害极大,因此,重大水利枢纽工程建设的地震安全问题越来越引起人们的广泛关注及政府的高度重视。云南是我国水利资源十分丰富的地区之一,对金沙江、澜沧江和怒江“三江”流域开发水利资源是云南省经济发展的战略,也是保持云南省经济可持续发展的重要支柱之一。本文集所汇集的论文主要是针对澜沧江流域水库诱发地震危险性的多学科的研究成果,代表了云南省近几年水库诱发地震监测与研究的新进展,也是云南省首部涉及到多学科水库诱发地震观测、预测与研究的学术专集,对水库诱发地震研究将有积极的促进作用。

近 10 年来,由于宽频带数字地震观测在全球广泛地应用,以及许多高新技术开展空间对地观测成果的应用,地球科学家们对地震的了解和认识有了很大的提高,从宏观地震学(如全球板块运动、断层相互作用、强震活动带分布特征、板缘与板内强震活动相互关系等)到微观地震学(如地震精确定位、震源破裂理论、动态模拟机制、地震应力场等)的研究,取得了激动人心的最新进展,借助对天然构造地震的研究成果,水库诱发

地震的机理与预测研究也有了很大进步。本文集中关于诱发地震的近场数字地震监测、地下流体观测、跨断层 GPS 测量、诱发地震活动类型、机理与成因、预测方法探讨等研究对于深入了解水库诱发地震活动以及机理与预测都是极有价值的。但我们也充分认识到,虽然观测地震学和地震学研究已取得了很大进步,但由于水库诱发地震机理的复杂性,对如何评价水库诱发地震的危险性及其预测、预警等关键技术的研究与开发,仍然是今后面临的科学难题,也是水库诱发地震研究的重要发展方向。

本文集论文研究内容涉及到水库诱发地震机理的理论分析、地震活动的时空特征、触发响应类型、多学科观测与理论解释、震源环境与应力场分布,前兆异常判别及预测方法等方面的研究成果,这些研究成果充分体现了交叉学科在研究水库诱发地震作出的贡献。特别需要指出的是,作者的各项专门研究,尽管显示了各自所具有的特色、观点以及水平的不同程度,却又充分体现了各自学科之间的重要渗透、相互作用和深刻影响,因此,可以认为水库诱发地震监测、预测与预警研究,已形成了一门多学科化地震学重要研究分支。

随着现代宽带数字地震观测技术和数字地震学研究的进展,增加了许多现代地震新参数,这些新参数与传统的地震“三要素”目录相比对地震的认识有更为深刻的科学内涵。最有影响的是 20 世纪 80 年代初美国哈佛大学定期公布全球 $M \geq 6.0$ 地震的矩心张量解(CMT)参数,给出每次事件的地震矩 M_0 、矩震级 M_w 以及相应的震源机制解结果,CMT 目录的持续公布为研究统一震级标度、全球地震活动性和非双力偶地震震源等多方面的科学问题提供了新的重要基础资料。本书同时编汇了云南澜沧江流域水库诱发地震的近场数字观测台网的地震观测报告和现代地震新参数(如地震矩 M_0 、矩震级 M_w 、应力降 $\Delta\sigma$ 、震源破裂半径 r 、震源拐角频率 f_0) 目录以及相应的地震波形资料,是对现代地震新参数目录作尝试性的研究,是在国内开展水库诱发地震新参数研究和建立地震新参数目录方面迈出了第一步,使云南省的水库诱发地震监测与研究进入国内领先水平,相信对未来的相关研究工作能够起到积极的促进作用。

本文集属云南省“十五”重点项目“澜沧江流域重大水利枢纽工程诱发地震监视与研究”课题的研究成果,参加本课题的主要科技人员为秦嘉政、钱晓东、刘丽芳、李永莉、邬成栋、王永安、徐彦、张俊伟、许俊闪、叶建庆、刘学军、蔡绍平、郭志华、陈慧、杨晶琼、蔡明军、杨周胜、陈京、李龙江、段建新、董建军、张雪玲、邵德盛、施发奇、付云文、陈丽、吴国华、王绍晋、毛玉平、董天禹、徐虹、李春光、苏有锦、陈燕等。在课题完成的过程中,有关专业学术问题曾不断与皇甫岗、姜朝松、黄雍、谷一山、王彬、饶凯年等专家交流讨论,得到他们的大力支持和帮助,谨此表示衷心感谢。

编 者

2006 年 8 月

目 录

云南澜沧江流域地震活动性研究	秦嘉政	钱晓东	李永莉 (1)
澜沧江断裂带环境剪应力场与地震活动分析	王绍晋	秦嘉政	龙晓帆 (13)
澜沧江中段水利枢纽工程水库诱发地震的地震地质环境分析			
.....	毛玉平	王洋龙	李朝才 (21)
云南澜沧江流域重大水电工程地区地震层析成像研究	秦嘉政	楼 海	钱晓东 (32)
水库诱发地震的基本特征	钱晓东	秦嘉政	(47)
水库诱发地震机制分析	徐 彦	秦嘉政	(59)
水库诱发地震机理分析与研究	秦嘉政	钱晓东	邬成栋 (67)
澜沧江中下游及其他地区 b 值研究	蔡明军	叶建庆	刘学军 蔡绍平 (85)
水库诱发地震活动特征及其预测研究	秦嘉政	刘丽芳	钱晓东 (90)
澜沧江流域中段水利枢纽区的地震活动本底	李永莉	秦嘉政	(111)
澜沧江水利工程地区的应力降研究	许俊闪	钱晓东	秦嘉政 叶建庆 (120)
用数字化资料研究澜沧江流域地区环境应力参数	钱晓东	秦嘉政	叶建庆 (131)
澜沧江小湾水库蓄水前的地震活动背景	李永莉	秦嘉政	陈 燕 (141)
澜沧江中下游地区地震活动监测研究			
.....	叶建庆	刘学军	蔡绍平 郭志华 陈 慧 蔡明军 秦嘉政 (147)
1966 年以来澜沧江下游地区地震活动性研究			
.....	刘学军	叶建庆	郭志华 蔡绍平 王永安 秦嘉政 (165)
大朝山电站库区及周围地震活动图像及其地质构造背景分析			
.....	杨晶琼	毛玉平	王兰兰 (172)
澜沧江中下游地区流动数字化地震监测台网设计建设方案			
.....	叶建庆	陈 慧	秦嘉政 刘学军 蔡绍平 郭志华 蔡明军 (181)
澜沧江中下游地区地震活动性研究			
.....	刘学军	叶建庆	郭志华 王永安 蔡绍平 秦嘉政 (191)
小湾坝区施工爆破与构造地震的时频分析	陈 慧	叶建庆	刘学军 (197)
小湾库区背景地震震源参数研究			
.....	叶建庆	刘学军	郭志华 蔡绍平 陈 慧 蔡明军 秦嘉政 (212)

漫湾电站水库地震监测	董天禹 杜建民 简树明	(227)
漫湾库区地震震源参数研究		
..... 叶建庆 刘学军 董天禹 郭志华 蔡绍平 陈 慧 蔡明军 秦嘉政		(232)
澜沧江流域水电工程地区 S 波分裂研究	钱晓东 秦嘉政 叶建庆	(241)
澜沧江流域水利枢纽区的地震活动与水化观测	李永莉 秦嘉政 唐 采	(250)
澜沧江水电工程地区的地震视应力	钱晓东 秦嘉政 叶建庆	(258)
大朝山电站蓄水对前兆观测资料的影响	王永安 陈 燕	(266)
大朝山水电站库区地震震源参数研究	叶建庆 陈 慧 刘学军 郭志华	(272)
澜沧江流域水库诱发地震昌宁监测站建设	陈 京 李龙江 段建新 董建军	(280)
形变监测网点选建	邵德盛 陈 丽 付云文	(287)
昌宁监测站地下水动态观测背景初步分析	陈 京 张雪玲 宋金燕	(295)
澜沧江区域网形变特征	施发奇 邵德盛 付云文 王青华	(301)
卫星遥感观测及云南热红外背景场特征	张俊伟 李永莉 徐 虹	(307)
云南跨断层短基线、短水准测量	李春光 邵德盛 付云文	(315)
三峡水利枢纽工程地震监测与防御考察	吴国华	(320)
澜沧江库盆谷宽形变特征	邵德盛 施发奇 付云文 洪 敏 崔兴平	(336)
云南姚安 6.5 和大姚 6.1 级地震前卫星热红外增温异常特征		
..... 张俊伟 李永莉 徐 虹 秦嘉政 钱晓东		(341)
用遗传算法反演澜沧江流域震源参数	刘丽芳 秦嘉政 苏有锦 刘 杰	(348)
用近场数字资料研究澜沧江流域水电工程区的尾波衰减		
..... 钱晓东 秦嘉政 李白基		(357)
水库诱发地震动加速度与烈度关系研究	秦嘉政 钱晓东	(365)
澜沧江流域水库诱发地震观测与现代新参数报告		(375)

云南澜沧江流域地震活动性研究*

秦嘉政 钱晓东 李永莉

(云南省地震局, 昆明, 650041)

摘 要 本文利用云南澜沧江流域丰富的地震活动性资料, 统计分析研究了在时间和空间分布的特点, 结果表明, 以澜沧江为界, 东部和西部地区是云南构造地震活动频繁的地区, 3~4 级中小地震是该流域地震活动的基本背景, 无时空分布的明显特征, 5 级以上破坏性地震活动主要分布在距澜沧江相对较远的东西部地区, 根据地震活动的空间分布, 还给出了澜沧江流域 3 个分区的地震活动时空特点及 b 值结果, 3 个分区给出的高、中和低 b 值与分区内发生的强震有关。其次, 根据能量释放、视应力和环境剪应力的空间分布均显示了强烈的非均匀性, 一个显著的特点是在澜沧江约 25km 范围的近场区范围内, 强震活动水平相对较弱, 属于低能量、低视应力和低环境应力场区。在中小地震活动频繁的澜沧江近场区, 突显了水库诱发地震的危险性。因此, 拟建、在建的水库电站工程可能触发的水库诱发地震是一个值得高度重视的工程地震安全性问题。

关键词 地震活动性 b 值特征 地震能量释放 环境应力场 澜沧江流域

引 言

云南是中国大陆地震活动最为频繁发生的地区之一, 从大背景看, 云南处于中国著名的南北地震带南段, 南北地震带是中国大陆西部最著名的一条强震活动带, 有史记载以来, 在该地震带释放的地震能量约占中国大陆地震释放总能量的 35%。在云南地区, 由于处于特殊的地理构造位置, 分布有许多深大断裂, 这些断裂与强震活动密切, 例如, 小江断裂、红河断裂、澜沧江断裂和怒江断裂等, 这些断裂带也是云南强震活动构造带, 许多 5 级以上地震活动的空间分布都与这些断裂带存在强烈的相关性 (秦嘉政等, 2005)。

其次, 云南地区又是一个水利资源十分丰富的地区, 金沙江、澜沧江和怒江是云南水利资源集中的流域, 三江流域具有开发水电资源的广阔前景, 但根据全球水库诱发地震监测与研究成果, 表明在开发水电资源的过程中, 重视水库诱发地震的危险性, 是一个十分重要的科学和现实问题, 尤其是在多震地区建设重大水利水电工程时, 重视水库诱发地震监测、预

* 本文为云南省“十五”重点项目“澜沧江流域重大水利枢纽工程诱发地震监视与研究”资助。

测与预警研究工作,显得异常重要,澜沧江流域在未来的时期内,拟建多级不同规模的大中型水电站,是云南省水电资源开发的重点流域之一,了解和认识澜沧江流域构造地震活动性具有的某些特征,对研究水库诱发地震的机理与预测预警是十分重要的。本文的目的就是利用云南丰富的地震资料,重点分析研究澜沧江流域构造地震活动在时间、空间上的特征,进一步认识澜沧江流域地震活动的基本规律,为该流域建设水电工程的地震安全性服务。

1 澜沧江流域的地震活动图像

澜沧江发源于我国的青海省,流经西藏、云南至我国境外,在云南省内约长为 700 多公里,近南北走向,澜沧江断裂带是云南省东西部的一条重要分界线。本文定义的澜沧江流域范围是北纬 $22.00^{\circ} \sim 29.00^{\circ}$,东经 $98.5^{\circ} \sim 100.5^{\circ}$ 的主体区域(见图 1),为了详细了解澜沧江流域地震活动,我们根据地震强度分档,对于 $M \geq 5.0$ 以上的地震,资料取自 1900 年以来的地震目录,对于 3~4 级地震资料,取自 1965 年以来的云南有区域台网测定的结果,分析讨论中,不考虑余震,统计结果给出,从 1965~2005 年这一期间,发生在澜沧江流域 3.0~3.9 级的地震 7168 次,4.0~4.9 级地震有 731 次,从 1900~2005 年以来一百多年的时间内,发生 5.0~

5.9 级地震 90 次,6.0~6.9 级地震 24 次,7.0~7.6 级地震 9 次。图 2 给出了 3~4 级中小地震活动的震中分布和时间序列图,图 3 给出了 5 级以上地震的震中及时间序列分布图。

根据地震活动图像,可以看出澜沧江流域地震活动图像有以下特点:

(1) 3 级地震活动覆盖了澜沧江流域的绝大部分空间,除了澜沧江以西的西北角少量区域显得较为稀疏外,其他地区匀被 3 级地震活动密集覆盖,表明澜沧江流域 3 级地震活动无空间地域之分,且十分活跃。

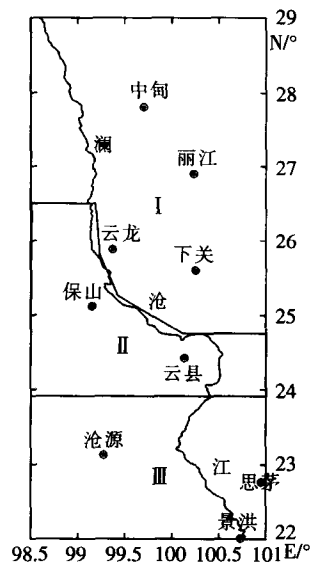
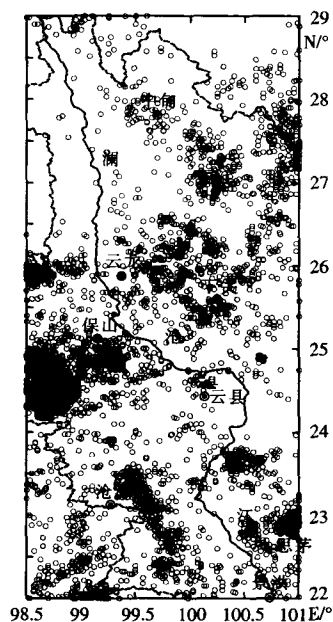
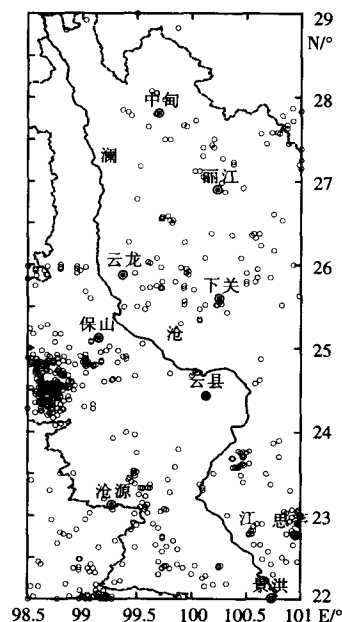


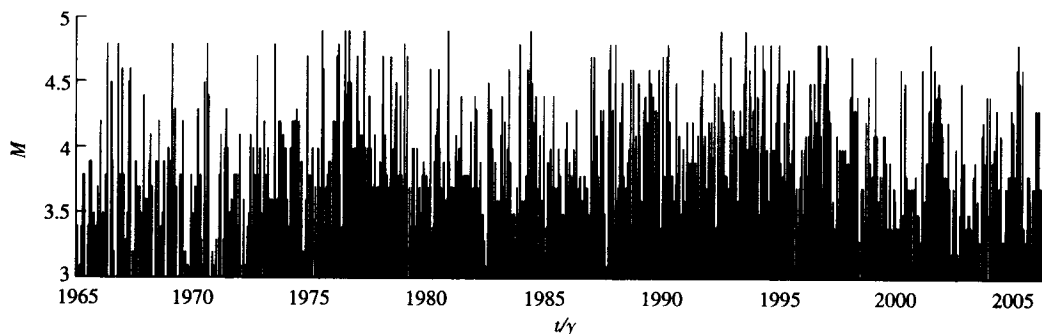
图 1 云南地区澜沧江流域地理位置示意图



(a) 3.0~3.9 级地震震中分布图



(b) 4.0~4.9 级地震震中分布图



(c) 3.0~4.9 级地震时间序列

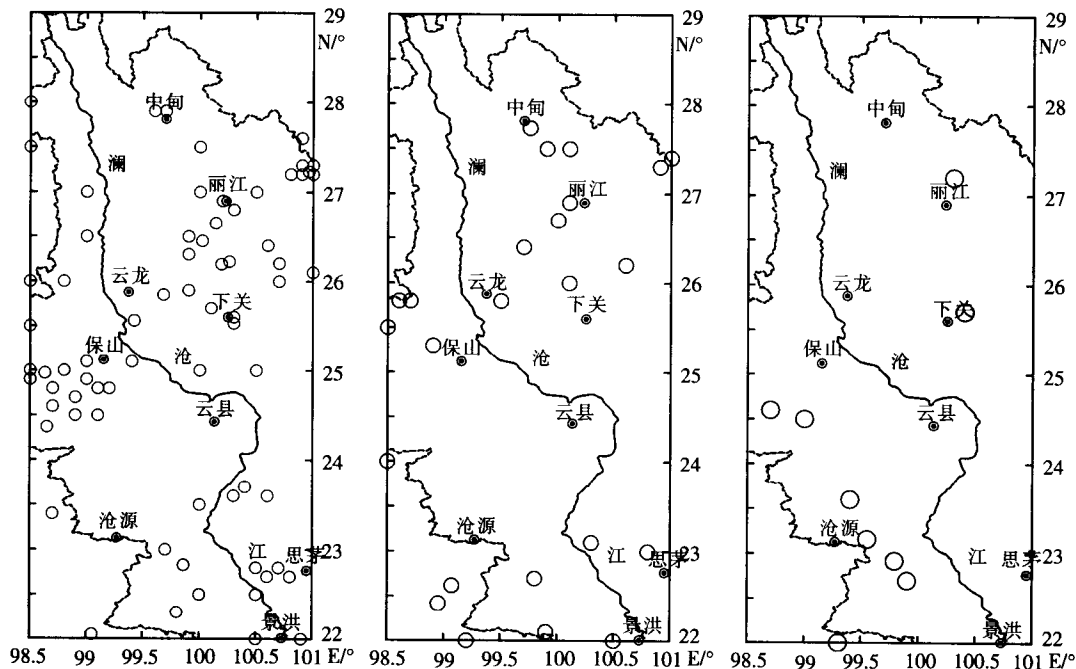
图2 1965~2005年澜沧江流域3~4级地震震中和时间序列图

(2) 4.0~5.9级的地震活动主体分布在澜沧江以东的滇西北地区 and 以西的滇西南地区, 靠近澜沧江约25km的较近距离范围内活动很少, 5.0~5.9级地震仅占4次。

(3) 6.0~6.9级中强地震与前述的4.0~5.9级地震活动区基本相似, 但在距澜沧江近距离地区几乎无6.0~6.9级破坏性地震活动。

(4) 7级以上的大地震主要分布在澜沧江以西的滇西南地区, 占该流域7级以上地震活动的7/9, 而澜沧江以东的滇西北地区占2/9, 最明显的特征是7级以上地震活动都远离澜沧江。

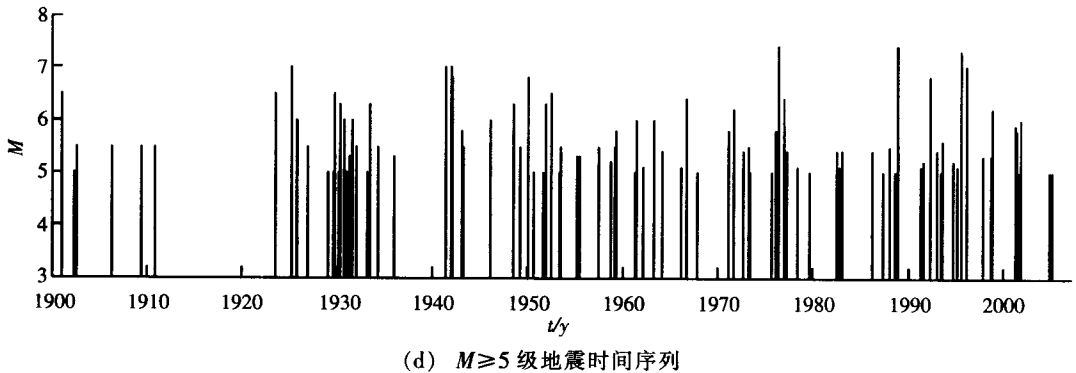
综上所述, 澜沧江流域的地震活动最显著的特征是: 3.0~3.9级地震活动在时间和空间上无明显区别, 属于该区域的本底地震活动, 5级地震在澜沧江流域北段(以北纬25°为界)和南段有少数活动, 6级以上活动主体优势活动区距澜沧江较远。这样的地震活动图像表明, 如在澜沧江建设重大水电枢纽工程, 对于工程的地震安全性问题, 应高度重视水库诱发地震的危险性和危害性。



(a) 5.0~5.9级地震震中分布图

(b) 6.0~6.9级地震震中分布图

(c) 7级以上地震震中分布图

图3 1900~2005年澜沧江流域 $M \geq 5$ 级地震震中及时间序列图

2 澜沧江流域地震活动 b 值特征

研究地震活动震级与频度的关系,是地震学领域最重要的问题之一,1941年古登堡和李克特在美国地质学会上发表“全球地震活动性”的文章中首次给出描述全球地震活动可用以下经验关系表示:

$$\lg N = a - bM \quad (1)$$

式中 N 代表频度, M 代表相应震级, a 和 b 值代表不同地区、不同震源深度统计给出的特征参数, a 值代表一个地区小震活动水平, b 值代表大小地震活动的分配比例,高 b 值与中小地震活动有关,低 b 值与强震活动有关,是一个重要参数。利用上式,我们以 2.5 级为起算震级,每 0.1 个震级单位分档,计算了澜沧江流域震级-频度关系满足下式

$$\lg N = 6.22 - 0.81M \quad (2)$$

图4给出了资料拟合的情况,由图中看出,拟合方程与实际资料符合得相当好,相关系数 $R=0.996$,图4a给出的是震级分档,图4b是线性拟合结果。

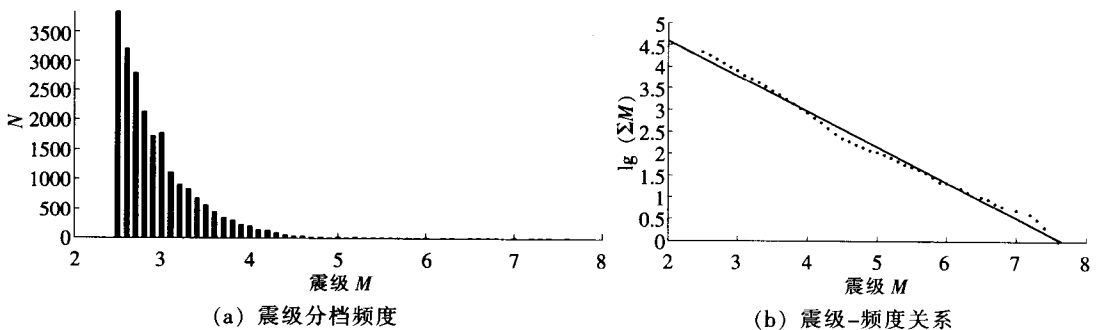


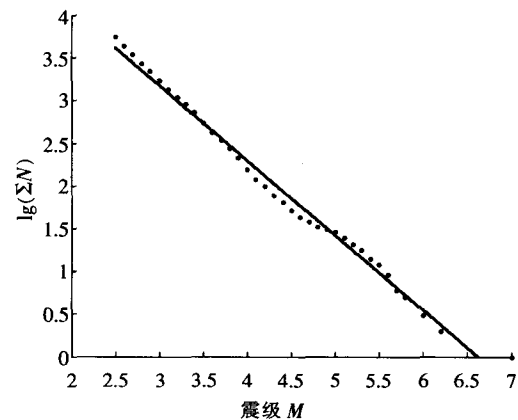
图4 澜沧江流域地震活动统计

根据澜沧江流域地震活动的空间分布,我们把主体地震活动分为滇西北、小滇西和滇西南三个地区,见图1中的I、II、III区,分别计算了这三个区域的 b 值,结果列于表1,图5给出的是三个分区的拟合结果。三个分区的 b 值结果是不同的,低 b 值为滇西南的 0.732,可能与该区发生 7.6 级最大地震有关,中等 b 值为小滇西的 0.83,可能与该区发生的 7.4 级最大地震有关,高 b 值为滇西北的 0.91,该区最大地震为 7.0 级,对于描述

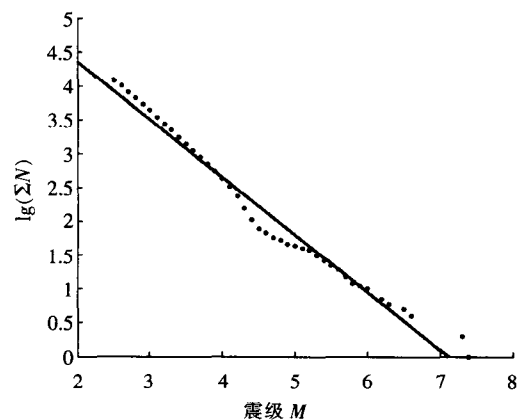
小地震活动水平的 a 值,滇西北和小滇西两个区的 a 值相差不大,为 5.95 ~ 5.97,滇西南为 5.34,稍偏小些,多年观测事实表明,对于滇西北和小滇西地区的中小地震活动水平是相当的,比滇西南要稍高些。虽然 b 值会随所选用的地震资料、选取的空间 - 时间范围不同而有变化,但作为所选取的相对固定区域,用数十年的地震活动资料给出的统计结果,代表了该地区长期地震活动的基本状态,因此,长期 b 值的结果对了解和认识一个地区的地震活动特征具有重要的参考指导作用。

表 1 澜沧江流域三个分区的 b 值统计结果

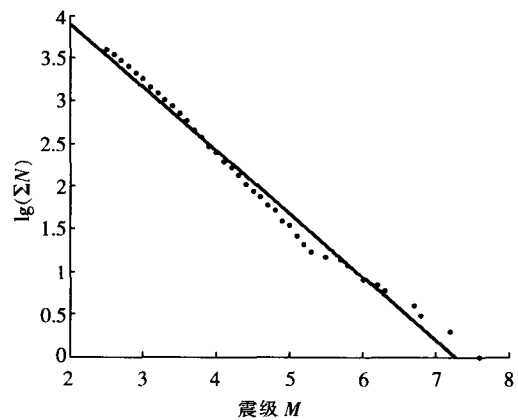
地区	a	b	R
滇西北	5.95	0.910	0.997
小滇西	5.97	0.830	0.991
滇西南	5.34	0.732	0.996



(a) 滇西北地区的拟合



(b) 小滇西地区的拟合



(c) 滇西南地区的拟合

图 5 澜沧江流域三个分区的 b 值统计结果

3 地震能量释放与环境应力空间分布

3.1 能量释放的时空特征

地震波能量释放的估计,我们采用震级-能量关系

$$\lg E_R = 1.5M + 4.8 \quad (3)$$

这个关系式作为能量释放的近似估计是十分有用的 (H. Kanamori, 2001; Newman, A. V. 等, 1998; 秦嘉政等, 2002), 对于 5 级以上的地震是一个区域地震能量释放的主体, 因此, 我们计算了 1900 ~ 2005 年澜沧江流域百年来这一地区的长期能量释放, 统计结果给出, 在这一区域内年均能量释放为 $5 \times 10^{14} \text{J}$, 折合年均震级为 6.6 级, 也就是说, 该区域的长期地震活动背景是十分强烈的。图 6 给出了能量释放等值线分布, 由图中看出, 虽然澜沧江流域地震活动十分强烈, 但在距澜沧江约 25km 的范围内, 强震活动很弱, 滇西北、滇西南和小滇西三个分区的强震活动及能量释放的主体地区是在距澜沧江较远的地区。图 7 给出了澜沧江流域按地震活动分布的三个主体地区从 1900 ~ 2005 年以来能量释放的时间序列过程, 由图中看出, 对于滇西南地区, 年均地震释放能量 $E_R = 2.5 \times 10^{14} \text{J}$, 折合震级为 6.4 级, 主体能量释放集中在 1940 ~

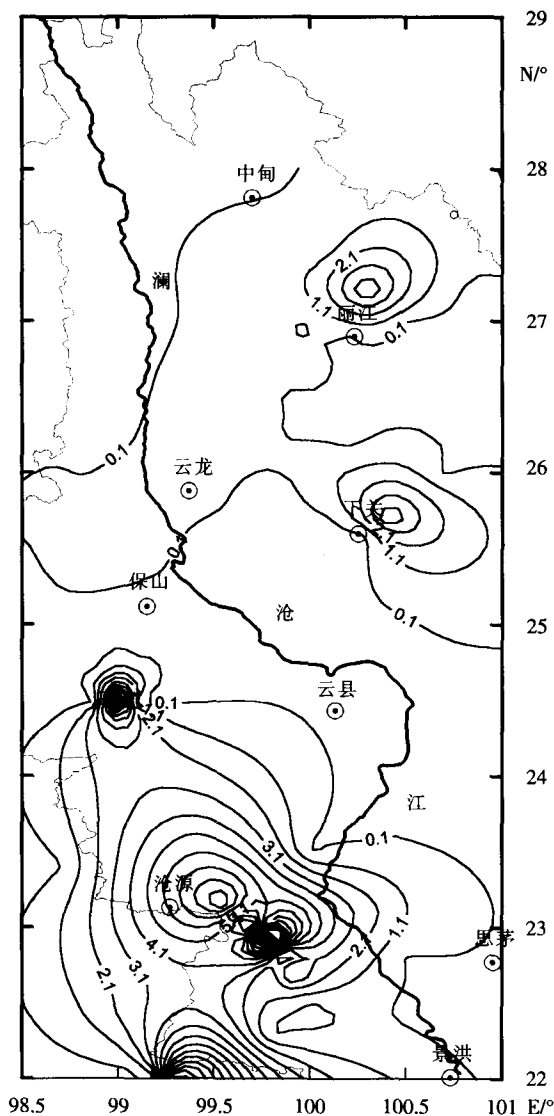
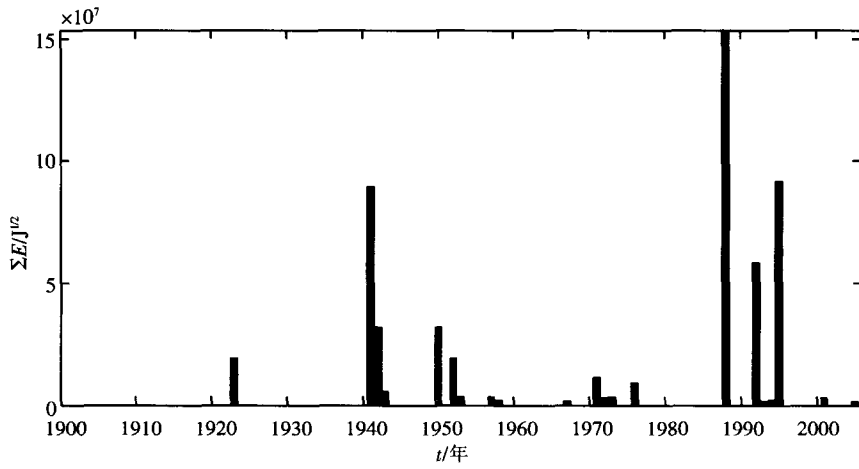
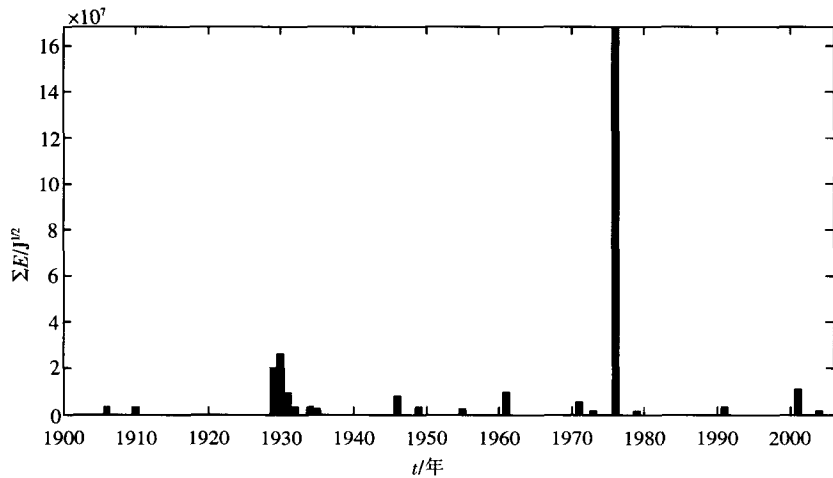


图 6 澜沧江流域能量释放等值线分布

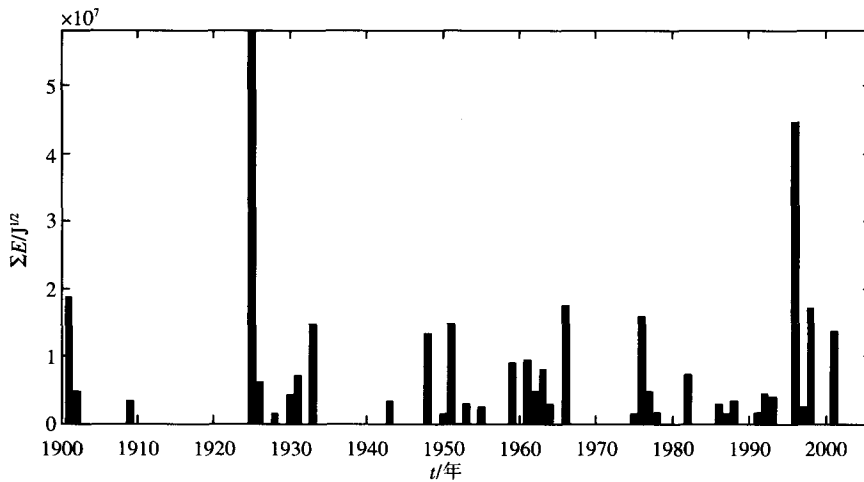
1950 年和 1988 ~ 1995 年两个时段。对于小滇西地区, 年均地震释放能量 $E_R = 1.3 \times 10^{14} \text{J}$, 折合震级为 6.2 级, 主体能量释放集中在 1930 年和 1976 年两个时段。对于滇西北地区, 年均地震释放能量 $E_R = 6.3 \times 10^{13} \text{J}$, 折合震级为 6.0 级, 主体能量释放集中在 1925 年和 1996 年两个时段。



(a) 滇西南地区



(b) 小滇西地区



(c) 滇西北地区

图7 1900~2005年澜沧江流域三个分区地震 ($M \geq 5$) 能量释放时间进程

3.2 地震视应力空间分布

地震视应力 σ_a 是一个重要的物理量,对震源破裂过程的描述以及地震危险区划的应用都有重要意义,根据 Wyss (1970, 1968) 的定义,地震视应力由下式计算

$$\sigma_a = \mu \frac{E_R}{M_0} \quad (4)$$

式中, E_R 代表地震波辐射能, M_0 是地震矩, μ 是震源区介质的剪切模量,通常取 $\mu = 3.0 \times 10^4 \text{ MPa}$, 上式表明,视应力与地震震源破裂大小以及地震波辐射能量强弱有关,从物理意义上分析,实际上是反映了视应力与引起地震滑动的平均应力水平之间可以通过地震波辐射效率联系,这方面的有关研究成果近几年已有许多报道 (Mc Garr, 1999)。因此,视应力可以作为一个地区地壳绝对应力水平的间接估计。为了估计澜沧江流域的地震视应力背景,我们尽可能地收集了美国哈佛大学公布的这一地区的地震目录,包括矩心张量解 (CMT) 结果,表 2 是收集到这一区域的地震目录、震源参数以及计算的视应力结果。由于美国哈佛大学对全球地震事件主要公布的是 5 级以上的地震参数目录,因此,所计算的视应力背景反映了中强地震活动的构造应力背景,根据表 2 的结果,我们计算出的地震视应力 σ_a 在 0.1 ~ 5.0 MPa 之间,平均为 0.98 MPa,我们曾给出了云南地区中小地震的平均视应力为 0.25 MPa (秦嘉政等, 2006),图 8a 给出了澜沧江流域地震视应力的空间分布,由图中看出,滇西北地区的平均视应力等值线在 0.2 ~ 0.8 MPa 之间,而滇西南地区则比较高,在 0.8 ~ 4.0 MPa 之间,但高视应力都不在澜沧江近距离地区。

表 2 澜沧江流域环境应力参数

年	月	日	λ / °	ϕ / °	M_0 / $\times 10^{18} \text{ N} \cdot \text{m}$	M_w	M_s	σ_a /MPa	τ_0 /MPa
1982	07	03	26.59	100.27	0.10	5.3	4.8	0.30	2.51
1982	10	08	25.69	99.61	0.08	5.2	4.5	0.13	1.40
1984	04	23	21.79	99.62	0.90	5.9	5.6	0.53	5.28
1986	03	13	25.45	101.02	0.11	5.3	4.6	0.14	1.51
1988	11	06	23.00	99.68	37.00	7.0	7.3	4.56	41.30
1988	11	07	23.38	99.42	0.08	5.2	5.0	0.71	4.34
1988	11	15	22.80	99.23	0.10	5.3	4.8	0.30	2.51
1988	11	27	22.70	100.17	0.19	5.5	5.1	0.45	3.64
1988	11	30	22.15	99.54	1.50	6.1	6.0	1.26	10.28
1989	05	07	23.46	99.65	0.33	5.6	5.6	1.44	8.72
1992	04	23	22.54	98.97	1.60	6.1	6.1	1.67	12.53
1992	04	23	22.40	98.85	1.90	6.2	6.3	2.81	18.22
1993	07	17	27.42	99.82	0.14	5.4	4.8	0.21	2.12
1996	02	03	27.15	100.28	10.00	6.6	6.5	1.06	12.59
1996	02	04	26.84	100.38	0.26	5.6	5.2	0.46	3.91
1996	02	06	27.52	100.12	0.18	5.5	4.9	0.24	2.36
1996	09	24	27.18	100.70	0.20	5.5	5.2	0.60	4.46
1997	10	23	27.14	100.55	0.06	5.1	4.6	0.26	2.10
2001	04	12	24.77	98.81	0.32	5.6	5.4	0.74	5.59
2001	10	27	26.36	101.01	0.26	5.6	5.5	1.29	7.81