

国家自然科学基金项目（41571012、40901005和41230743）资助出版

金沙江干热河谷区 泥石流发育特征与易发性评价

JINSHAJIANG GANRE HEGUQU
NISHILIU FAYU TEZHENG YU YIFAXING PINGJIA

陈剑 黎艳 吴赛儿 著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

项目(41571012、40901005 和 41230743)资助出版

金沙江干热河谷区 泥石流发育特征与易发性评价

JINSHAJIANG GANRE HEGUQU NISHILIU FAYU TEZHENG YU YIFAXING PINGJIA

陈 剑 黎 艳 吴赛儿 著



中国地质大学 出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

金沙江干热河谷区泥石流发育特征与易发性评价/陈剑,黎艳,吴赛儿著. —武汉:中国地质大学出版社,2016.12

ISBN 978-7-5625-3967-4

I. ①金…

II. ①陈…②黎…③吴…

III. ①金沙江-河谷-泥石流-研究

IV. ①P642.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 287530 号

金沙江干热河谷区泥石流发育特征与易发性评价

陈剑 黎艳 吴赛儿 著

责任编辑:舒立霞 党梅梅

责任校对:代莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:148千字 印张:5.75

版次:2016年12月第1版

印次:2016年12月第1次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

印数:1—500册

ISBN 978-7-5625-3967-4

定价:38.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

目录

第一章 绪 论	(1)
第一节 研究背景及意义	(1)
第二节 国内外研究现状	(2)
第三节 研究意义	(5)
第二章 区域地理地质概况	(6)
第一节 自然地理	(6)
第二节 地形地貌	(6)
第三节 地质构造	(8)
第四节 水文气象	(11)
第五节 社会经济及人类活动	(11)
第三章 泥石流的发育特征	(13)
第一节 研究区泥石流的分布	(13)
第二节 泥石流发育与流域特征的关系	(18)
第三节 泥石流的沉积特征	(20)
一、泥石流的沉积相类型	(20)
二、粒度特征	(22)
三、地球化学特征	(23)

第四节 泥石流的年代学特征	(25)
一、测年原理与方法	(25)
二、光释光测年技术	(26)
三、测年样品的采集和处理	(27)
四、测年结果和分析	(28)
五、孢粉分析	(30)
第四章 子流域单元划分	(33)
第一节 洼地填充	(35)
第二节 水流方向提取	(35)
第三节 提取河网	(36)
第四节 子流域提取	(37)
第五章 泥石流易发性评价因子	(39)
第一节 泥石流形成条件	(39)
一、物源条件	(39)
二、地形地貌条件	(40)
三、水文气象条件	(42)
第二节 泥石流易发性评价指标体系	(44)
一、地层岩性	(45)
二、断裂构造	(49)
三、坡度	(49)
四、坡向	(49)
五、流域相对高差	(49)
六、流域系统地貌信息熵值	(49)
七、6—9 月份月均降雨量	(50)
八、植被归一化指数	(51)

第六章 泥石流易发性评价模型及应用 (52)

第一节 泥石流灾害概况 (52)

第二节 泥石流易发性评价 (55)

一、指标熵模型 (55)

二、影响因子敏感性分析 (56)

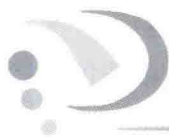
三、泥石流易发性评价 (62)

第七章 泥石流评价结果检验 (66)

第八章 结 论 (69)

主要参考文献 (71)

附 表 (79)



第一章 绪 论

第一节 研究背景及意义

泥石流是发生在山区的一种常见的地质灾害,其形成条件复杂,爆发突然,破坏力强,它的发生常毁坏交通设施、植被耕地、居民住房等,严重影响了山区的工程建设活动,阻碍了山区的经济发展,对人们的生命财产造成巨大威胁。世界上很多国家都遭受过严重的泥石流灾害,如东非乌干达 2010 年 3 月 1 日爆发的泥石流灾害造成 94 人死亡,320 人失踪,3 个村庄被掩埋(Liang et al, 2012);2011 年 1 月 11 日,巴西里约热内卢州山区因强降雨引发滑坡和泥石流,造成 900 多人死亡(Gomes et al, 2013; Dolif et al, 2013);2014 年 8 月到 10 月,尼泊尔各地由暴雨诱发的泥石流灾害,造成 500 多人死亡,20 万人无家可归。我国泥石流灾害遍布 26 个省市的广大地区,共有上万条泥石流沟流域,平均每年造成的直接经济损失高达 10 亿元之多,死亡人数近千人,是世界上泥石流灾害最严重的国家之一(李阔等, 2007),如云南东川素有“天然泥石流博物馆”之称,东川区内发育大型沟谷型泥石流 87 条,坡面泥石流上千处(刘洪江等, 2004);2008 年 5 月 12 日汶川地震以来,映秀、北川、清平等地爆发了多次泥石流灾害(Xu et al, 2013);2010 年 8 月 8 日,甘肃舟曲爆发特大泥石流灾害,造成 1463 人遇难,302 人失踪。人类不合理经济活动的加剧,给生态环境带来严重破坏,使生态环境更加脆弱,泥石流、滑坡等灾害日益频繁。泥石流易发性评价图反映了一个地区潜在泥石流灾害爆发的空间分布,能为山区区域规划及经济建设的宏观决策提供依据。

3S 技术是遥感技术(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)的统称。它将计算机、传感器、卫星定位与导航、空间通信等学科技术相结合,是对空间信息采集、处理、分析、表达、传播和应用的现代信息技术。3S 技术在独立发展的同时相互渗透,遥感技术主要用于获取地形地貌及地理空间信息数据,全球定位系统主要用于地理信息的空间查找定位,地理信息系统主要用于对地理数据的管理、更新和分析等。20 世纪 90 年代以

来,伴随着电子计算机技术、空间技术、通信技术及地球科学的发展,3S 技术发展迅速,被越来越多地应用到地学领域中。其中 GIS 技术处理海量数据的能力及强大的空间分析及制图可视化能力,为泥石流的易发性及危险性评价的智能化及可视化提供了高效便捷的手段(杨军等,2008;付小林等,2004)。

对一个地区潜在的泥石流灾害进行易发性评价,分析各个流域中泥石流的易发性程度,有助于人们了解所处的自然环境的安全程度,选择安全的地点、恰当的施工方法进行工程建设活动;有助于制定减灾防灾避险对策,确保人们的生命财产安全。泥石流灾害具有很大的地域特性,它的发生与一个地区的地质条件、地形地貌、水文气象条件等多种因素息息相关。目前还没有形成一套完整统一的泥石流易发性评价体系,泥石流易发性评价指标的选取、指标权重的确定、评价结果精度的检验等存在很多亟待解决的问题。目前对泥石流进行易发性评价多采用栅格单元,但是栅格单元忽略了泥石流的流域特性,影响评价结果的准确性,并且基于栅格单元的泥石流易发性区划图对于区域工程建设及防灾减灾工作指导有一定的局限性。20 世纪 90 年代以来,3S 技术的飞速发展及其与其他学科理论相结合,为泥石流灾害的易发性评价提供了更加快速便捷的手段,同时信息技术的迅猛发展也促使政府国土部门对区域泥石流易发性评价精度及区划图的工程应用价值有了更高的要求。

金沙江奔子栏—昌波河段属于干热河谷区,地形陡峻、高山峡谷地形发育,地质条件复杂,泥石流灾害频繁发生。泥石流灾害对当地农田、公路、水利水电工程等设施构成威胁,严重影响了当地的工程建设活动及经济发展。目前,关于金沙江干热河谷区的泥石流发育特征、成因及其易发性评价方法尚缺乏深入系统的研究。随着西南地区大开发的进展及社会经济的发展,人类对自然的改造日益加剧,生态环境愈加脆弱,开展区域泥石流灾害的发育规律及易发性评价研究,对于最大限度地保障当地人民生命和财产安全,降低次生泥石流灾害的危害具有重要的现实意义。

第二节 国内外研究现状

泥石流一直是国际灾害学领域研究的热点,国外有关泥石流易发性及危险性的研究开始较早,技术也比较成熟,我国在这一方面起步较晚,技术也比较落后(李阔等,2007)。1928 年美国地质学家 Blackwelder E 教授在《美国地质协会通报》上发表了第一篇关于泥石流的论文——*Mudflows as a geologic agent in semi-arid mountains*,主要探讨了泥石流的成因和运动过程,开启了地学界泥石流科学研究的旅程。19 世纪后半期,俄国

Б. И. 斯塔科特夫邦基工程师初次提到了泥石流的相关成因和危险度问题。1977 年日本足立胜治等学者首次从地貌条件、泥石流形态和降雨三方面进行泥石流危险度的判定研究(足立胜治等, 1997), 为其后泥石流危险度研究开辟了道路。1977 年, 加利福尼亚 Menlo Park 地质调查局的 Nilsen 和 Brabb 首次将 GIS 技术引入到地质灾害调查研究中, 基于 GIS 平台对加利福尼亚 San Francisco 地区的地质灾害进行调查研究(Nilsen et al, 1977)。1980 年瑞典学者 Eldeen 将洪水危险度的研究模型应用到滑坡危险度研究中; 1981 年美国学者 Hollingsworth 和 Kovacs 将因子叠加法应用到滑坡危险度的评估中(Hollingsworth et al, 1981), 这些方法为泥石流易发性评价研究提供了思路, 特别是因子叠加原理, 在目前基于 GIS 的泥石流易发性评价中应用广泛。1984 年伦敦大学皇家学院 Hansen 教授对滑坡泥石流危险性评价总结内容(Hansen, 1984), 奠定了滑坡泥石流危险性易发性研究的理论基础。遥感技术从诞生之日起以卓越的优势受到地学领域研究学者的高度关注, 并逐步被广泛用于地质灾害的识别、调查、分析和评价等领域。20 世纪 70 年代末期, 很多学者开始将 GIS 技术与遥感技术相结合, 进行地质灾害调查。1984 年著名滑坡专家 Varnes 提出借助遥感技术完成区域滑坡调查和识别; 1977—1988 年美国利用遥感技术完成了加利福尼亚地区滑坡泥石流灾害的危险性编目工作, 并对该区暴雨型滑坡泥石流灾害进行危险度评价(Ellen et al, 1988; Wiczork, 1984), 本次研究开启了大范围区域泥石流易发性评价研究的新篇章, 为区域泥石流危险性易发性评价工作提供了较好的示例。其后, 日本高桥保、久保田哲从建筑物的损害与泥石流堆积厚度的关系、短历时的有效降雨量和降雨强度等不同的角度进行泥石流危险度判定(高桥保等, 1988; 久保田哲等, 1990), 极大地丰富了泥石流危险度及易发性研究的思路和内容。

20 世纪 90 年代以来, 计算机信息技术快速发展, 使得 GIS 技术与 RS 技术更好更快的融合发展, 促使泥石流滑坡灾害易发性评价更加便捷, 克服了泥石流易发性评价和制图费工费时的难题。GIS 技术的快速发展和应用, 将地质灾害区域评价变得更加高效和智能化, 随着多学科理论的完善与融合, 泥石流易发性评价也得到空前发展, 由定性评价向着半定量及定量评价发展, 涌现出多种滑坡泥石流易发性定量评价方法(Carrara et al, 1991; Dikau, 1990; Takahashi, 1981; Wadge, 1988; Mark, 1992; Chung et al, 2003; Hürlimann et al, 2006)。代表性的有: 1991 年意大利学者 Carrara 系统总结了近年来有关滑坡、泥石流等地质灾害制图的技术方法和存在的问题, 为后来学者的有关研究奠定了基础; 1996 年美国学者 Han 等以数值模拟技术代替传统的物理模拟的计算机技术, 对泥石流危险度进行了定量评价; 2000 年 Johnson 利用 GIS 技术, 完成了泥石流危险度评价系统的开发(胡浩鹏, 2007); Guzzetti 用概率方法建立了滑坡危险性定量评价模型(Guzzetti et al, 2005, 2006)。近年来, 很多学者将 3S 技术与其他学科更好的结合进行泥石流

滑坡易发性、危险性评价,使得评价方法更加多样化、标准化,表现为多指标量化及基于GIS的多因子叠加。Tien 和 Lee 等采用人工神经网络法进行滑坡泥石流易发性评价(Pradhan et al, 2009, 2010; Yilmaz, 2010; Bui et al, 2012; Elkadiri et al, 2014); Yalcin 和 Pourghasemi 等采用层次分析法进行滑坡泥石流易发性评价(Yalcin, 2008; Pourghasemi et al, 2012, 2013); Lee 和 Esper Angillieri 等采用逻辑回归模型对泥石流的易发性进行定量评价(Lee et al, 2007; Esper, 2013);除此之外,还有指标熵模型(Bednarik et al, 2010; Constantin et al, 2011; Pourghasemi et al, 2012; Devkota et al, 2013)、信息量模型(Sarkar et al, 2008)、Bayes 条件概率模型(Sujatha et al, 2014)、逻辑模糊模型(Blais - Stevens et al, 2012)等,这些方法主要是通过统计泥石流滑坡灾害的分布及其影响因子间的相互关系来进行泥石流易发性评价。

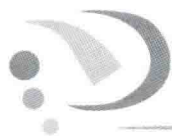
与国外相比,国内泥石流易发性评价研究起步较晚。20 世纪 70 年代以前我国地质灾害研究主要局限于灾害点的分布规律、形成机理、趋势预测等方面的研究,主要是灾害体本身的定性描述(张春山等, 2003)。80 年代以来,随着我国地质灾害研究工作的全面展开,泥石流易发性评价研究由定性研究向定量研究迅速发展。1982 年王礼先发表的《关于荒溪分类》一文,在国内首次对泥石流进行定义。1986 年谭炳炎对泥石流的危险度进行了定性研究,他提出的泥石流危险度的数量化综合评判法在铁路部门得到了推广和应用,从而为国内泥石流易发性评价指明了方向。1988 年刘希林所著的《泥石流危险度判定的研究》一文被视为我国泥石流危险度研究的开端,将定性分析与定量分析有效地结合起来,首次提出了多因子综合评判模型,为后期泥石流易发性评价奠定了基础。90 年代以后,3S 技术在泥石流易发性评价得到广泛应用(陈晓清等, 1999; 刘希林, 2000; 张若琳等, 2013; 丛威青等, 2006; 胡桂胜等, 2012; 宁娜等, 2013),随着国内外泥石流易发性评价研究技术理论的不断创新发展,很多数学模型被引入到泥石流易发性评价中,丰富了泥石流的易发性评价方法,使得泥石流易发性评价更加精确客观。代表性的有:刘洪江和唐川等采用主成分分析法与 GIS 技术结合进行泥石流易发性评价(刘洪江等, 2005; 王金亮等, 2013)。唐川和邹强等采用条件概率模型定量分析了泥石流的空间敏感性(唐川, 2005; 邹强等, 2012)。铁永波和王学良等将层次分析模型引入泥石流易发性评价研究中(铁永波等, 2006; 王学良等, 2011; Liu et al, 2012)。近几年,逻辑回归模型在泥石流易发性评价研究中也得到广泛应用(Xu et al, 2012; 冯策等, 2013; 邹强等, 2014)。2008 年汶川地震以后,李雅辉、杨武年和许强等学者对地震区泥石流的发育特点、物源条件、活动趋势进行了研究(谢洪等, 2009; 唐川, 2010; 李雅辉, 2011; 唐尧等, 2012)。

20 世纪 90 年代以来,随着信息技术的发展及各学科理论的不完善与创新,通过国内外学者的不懈努力,泥石流易发性评价从单一的、定性评价发展为综合的定量化评价。

虽然成果丰硕,但也存在一些问题,目前还没有一套完整系统的泥石流易发性评价体系,表现为:评价指标的选取没有统一的原则,指标权重的确定存在较大的主观性,评价结果检验方面的研究还不完善等。由于泥石流的发育一般具有典型的区域性和流域特性,采用栅格单元进行泥石流易发性评价则忽略了泥石流的流域特性,进而会影响泥石流易发性评价的精度。

第三节 研究意义

基于上述背景,作者通过遥感解译、现场调查和统计分析,结合前人已有成果,建立了金沙江干热河谷区的区域地质环境数据库,深入分析了研究区泥石流的发育特征。根据泥石流的流域特点,对研究区进行小流域单元划分。针对研究区独特的地形地貌、地质条件和地域气候等特点,系统分析了泥石流的形成条件,筛选泥石流形成的重要影响因子。基于泥石流沟流域和泥石流沟物源区两种数据,采用指标熵模型对泥石流进行单因子敏感性分析,并采用权重系数法和层次分析法分别计算影响因子的权重,在此基础上构建泥石流的易发性评价模型。最后基于小流域单元开展泥石流的易发性评价并对其评价结果进行检验。



第二章 区域地理地质概况

第一节 自然地理

奔子栏—昌波河段位于我国西南横断山区,地处四川与云南、西藏交接的金沙江上游(图 2-1),属于典型的干热河谷气候,“干热河谷”,当地人民称它们为“干坝子”或“干热坝子”,是横断山区最突出的自然景观之一(张荣祖, 1998),不仅在科学上引人注目,而且由于这类河谷中气温偏高,大部分地区没有“死冬”,雨量偏少,但是有河水及地下水资源可利用,一向是农业发展的中心地域。随着我国大西南山区的开发,干热河谷的地位日显重要,堪称横断山区的“宝地”(Chen et al, 1998)。

第二节 地形地貌

研究区地处横断山脉的青藏高原向云贵高原及四川盆地的过渡地带,主山脉与金沙江呈近南北向延伸,右岸以走向北北西-南南东的宁静山构成了金沙江和澜沧江的分水岭,宁静山山势陡峻,切割强烈,山脉由北向南倾斜,绝对高度大都在 4000m 以上,高峰多在 5000m 以上,相对高差 1000~1500m;往南,由于河流下切能力增强,高山峡谷地形十分发育,相对高差可达 2000m 左右,在芒康一带有残留高原面,海拔 4200~4300m。左岸沙鲁里山构成金沙江和雅砻江的分水岭,沙鲁里山是一个山顶面起伏和缓的山体,可称为山原,代表保存完整的夷平面,海拔多为 4500~4700m,河流比降较缓。山原面上的山岭,海拔一般在 5500m 以上,其中有些山峰海拔达 6000m 以上,终年积雪并有现代冰川分布。研究区地形表现出在大地构造控制和新构造运动影响下的高山峡谷特征。在主山脉两侧又广泛发育着东西向的河谷支流,江河侵蚀、切割剧烈,形成山高、陡坡、谷深的主要地形地貌形态,地形以构造剥蚀高中山为主,山间盆地和堆积地形不发育,沿河地段一般为河

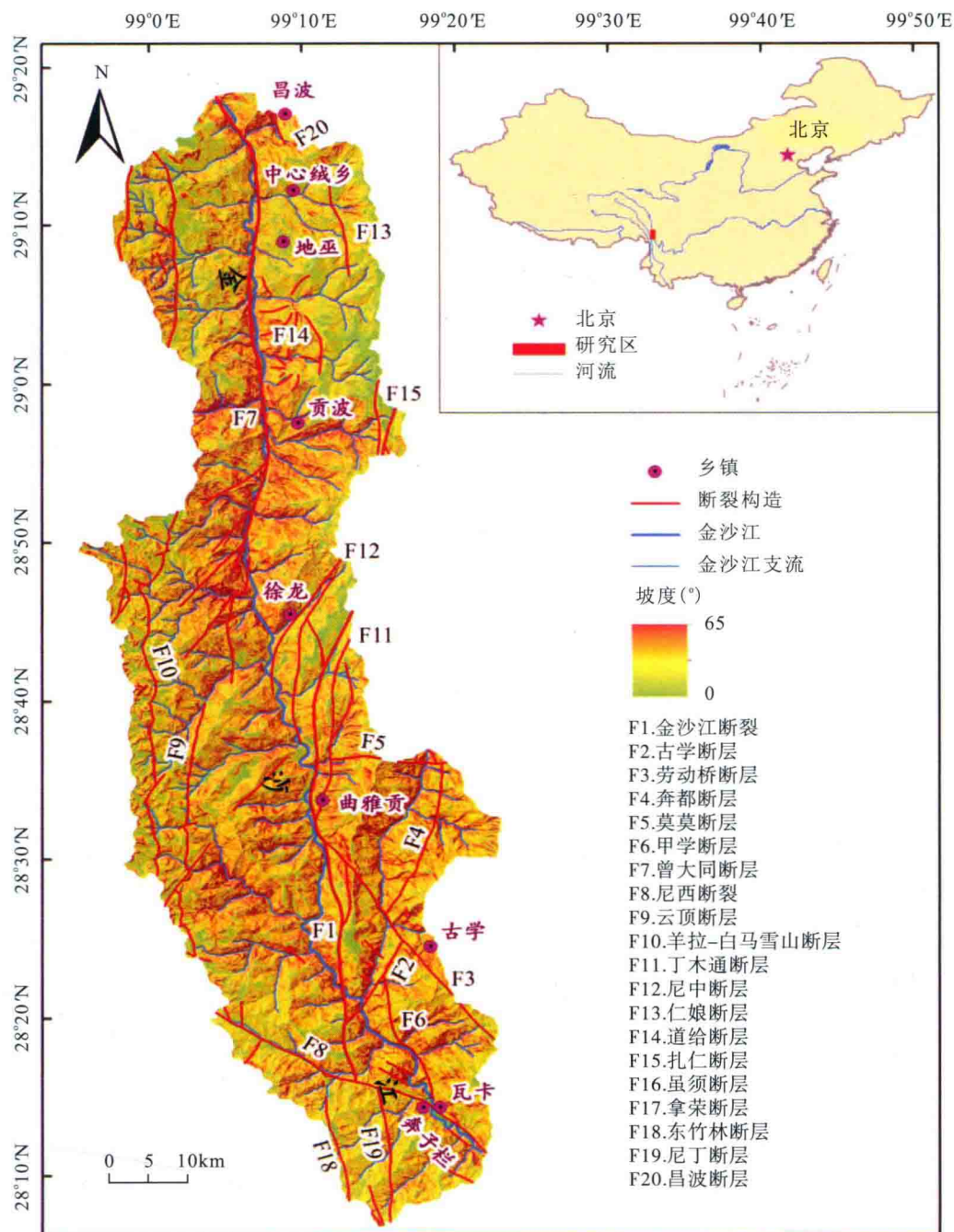


图 2-1 研究区地理位置图

流阶地,阶面微向河谷倾斜,阶地顶部堆积有 1~2m 厚的冲洪积卵石、碎石、砂砾、黏土。金沙江上游河谷形态基本上属于深切峡谷,相对高差一般为 1000~1500m,只有在某些地段出现宽谷,此段的支沟众多,支沟切割强烈,沿江地形陡峻,岩体破碎(姚鑫等,2007)。峡谷地段谷坡陡、河床窄,宽度在 60~110m 之间,水流湍急。

第三节 地质构造

研究区处于地壳强烈抬升阶段,构造活动强烈(徐锡伟等,2005;伍先国等,1992),但地震活动性相对较弱,历史记录的地震震级均小于 6 级(图 2-2)。始新世以来,随着印度板块与欧亚板块的进一步碰撞,区域整体抬升,第四纪更新世以来,晚喜马拉雅构造运动波及全区至全新世,使该区进一步抬升,形成今日雄伟壮丽的雪山深谷。在高耸的雪山之上有现代冰川堆积,在深切的峡谷之中现代洪积、冲洪积物十分发育。地壳剧烈上升不仅表现在金沙江等河谷的强烈下切,也表现在第四纪全新世以来广泛的冰川活动及冰蚀地形在不同高度上的显示,如在梅里雪山、白茫雪山表现出冰川活动的 4 个小冰期,4 个小冰期的活动与高程递增的情况,除说明该区全新世以来气候变暖、雪线上升外,也说明地壳剧烈上升。

研究区构造行迹以南北向为主,纵贯南北的金沙江断裂带将研究区分为东、西两个不同的构造区(图 2-3)。金沙江断裂带为研究区的主断裂带,规模大、作右行扭动,是一条具压扭特征的逆冲断裂带,南部在奔子栏附近被尼西断裂所错移。东部构造区主要发育 5 组断层:古学断层是金沙江断裂带的次级构造断裂,为兼有水平错动的正断层;劳动桥断层位于古学东侧,两盘地层接触处岩石破碎,为逆冲型断层;奔都断层全长约 50km,为张扭性正断层;莫莫断层位于奔都南部,断层走向近东西;甲学断层延伸长度约 16km,为张扭性正断层。西部构造区发育的断裂带主要有:尼西断裂为一条晚期活动性的逆冲型断层;曾大同断裂带南段有破碎带发育;云顶断层南延被北西向尼西断裂所截,为压扭性逆断层;羊拉-白马雪山断层为尼西断裂所错移,沿断裂带两侧有明显的动力变质及挤压破碎带存在,属压扭性逆断层。

全新世以来活动性较明显的断裂有梅里雪山深断裂、德钦-沙冲大断裂、羊拉-白马雪山断裂、金沙江深大断裂和奔子栏-白马雪山断裂。这些断裂活动历史悠久,第三纪(古近系+新近纪)以来都有不同程度的继承性活动的表现,活动性质为右旋走滑,活动断裂不仅控制了各时代地层的分布和岩浆活动,也影响了水系的发育以及地热和地震活动。

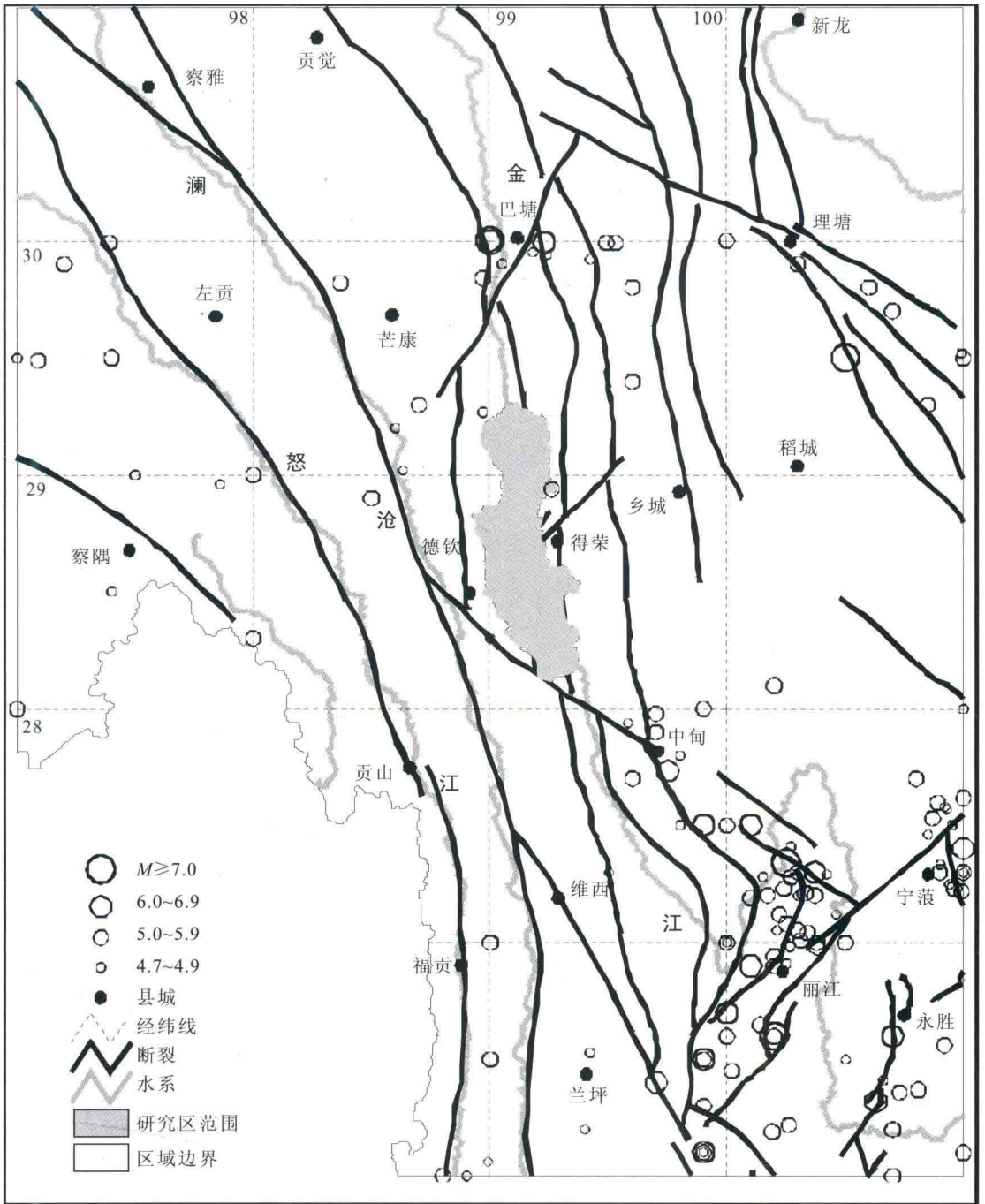


图 2-2 研究区及邻区地震分布图

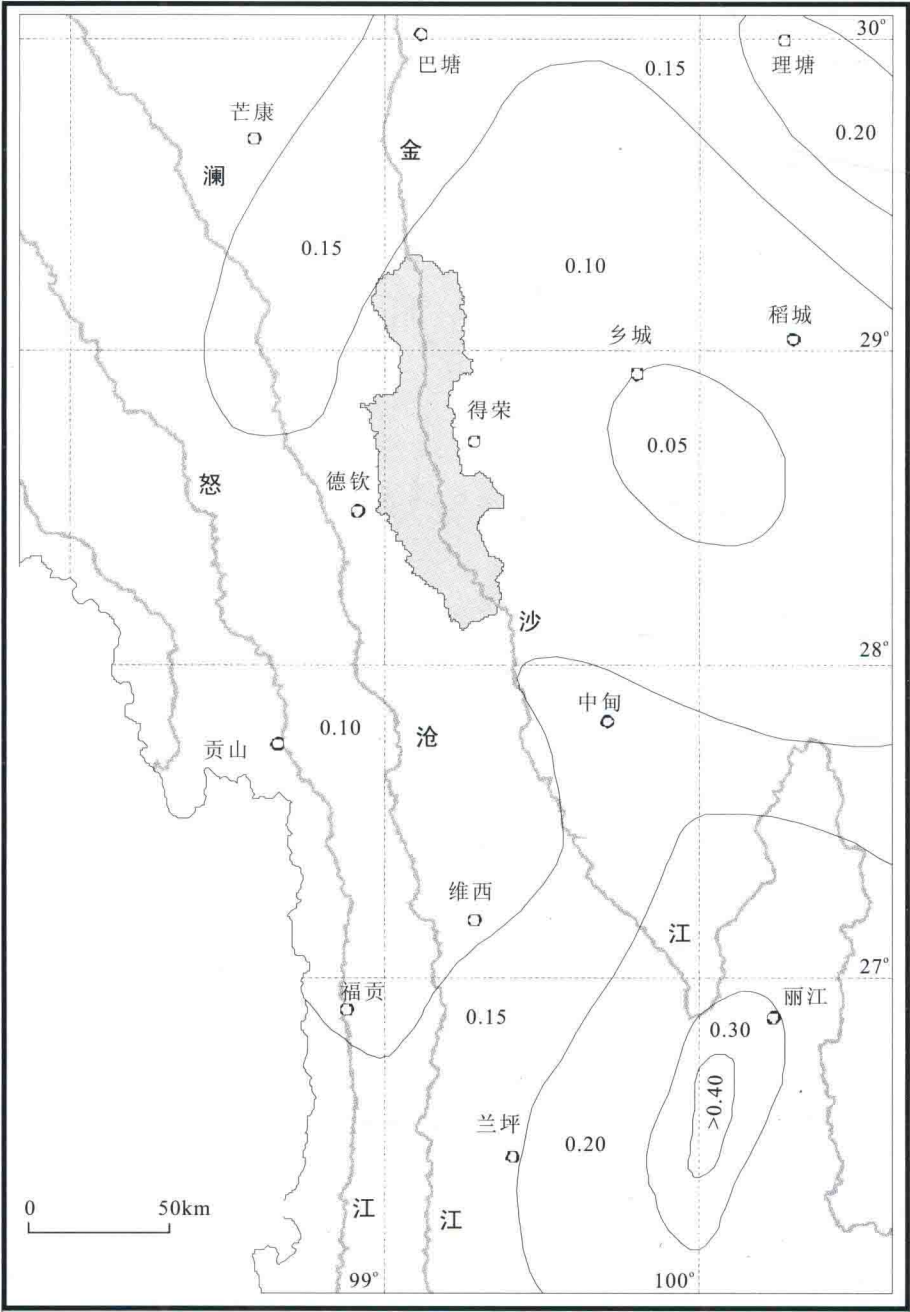


图 2-3 研究区及邻区地震动峰值加速度区划示意图

第四节 水文气象

研究区降雨量主要来源于西南季风和东南暖湿气流的影响,气候受海拔的影响较大,纬度影响不甚明显,随着海拔的升高,气温降低,而降雨量增大。高山峡谷地形对降雨起着再分配的作用,由于两岸高山对峙,使水汽很难进入,形成所谓的“雨影区”,为横断山区降雨最稀少的地区。金沙江河谷奔子栏到得荣一带,年降雨量只有 300mm 左右,巴塘至得荣间金沙江河谷年降雨量少于 400mm (Chen et al, 2008; 陈剑等, 2010; 黎艳等, 2015)。同时降雨季节分布极不均匀,存在明显的雨季和旱季,雨季从 6 月至 9 月,雨量非常集中,一般占全年降雨的 80% 以上。

研究区水系发育,金沙江的上游段河床从海拔 4081m 降至 1808m,天然落差 2273m,河长 1165km,河道平均比降 1.95‰,最大比降可达 15‰。金沙江是横断山区水量最丰富的河流,年平均流量上游段增长缓慢,干流的径流年季变化不大,最大水年流量与多年平均流量之比为 1.35 左右;最小水年平均流量与多年平均流量之比为 0.5~0.8,上游略大于下游。在巴塘,干流平均流量为 $924\text{m}^3/\text{s}$ 。

研究区属于典型的干热河谷气候,干燥度在 1.5~3.99 之间,属于半干旱气候,金沙江是横断山区发育最盛的江河,以干热、干暖两类型为主(姚鑫等, 2007),该区自然条件较为特殊,年、日以及垂直高度不同气温变化都极大。年内最高气温在金沙江河谷地区每年 6 月可达 30°C 以上,最低气温在一般高山区每年 1—2 月可达 -30°C 。海拔 5000m 以上的区域终年覆盖积雪,有现代山岳冰川发育。每年 6—10 月为暖季,其中 7—9 月属主要降雨期,海拔 4000m 以下雨量充沛,以上则常常降雪,气候多变;11 月至次年 5 月为寒季,其中 12 月至次年 2 月属主要降雪期,往往大雪纷飞,海拔 3000m 以上地区一片银白。

第五节 社会经济及人类活动

干热河谷区热量充裕,水源充沛,雨热同季,有利于农作物生长,以种植业为主,其收入占农业总收入的 50% 以上,种植业中又以粮食作物为主,一般均占总播种面积的 80% 以上,大春作物玉米、大豆和薯类等旱作物占主要地位,小春作物小麦、青稞和豆类亦占一定比重,蔬菜及其他经济作物发展较少,比重低。林、牧、副业生产在干热河谷地区十分薄弱,在农业总收入中的比重普遍偏低,大多数地区仅占农业总收入的 20%~30%。受地