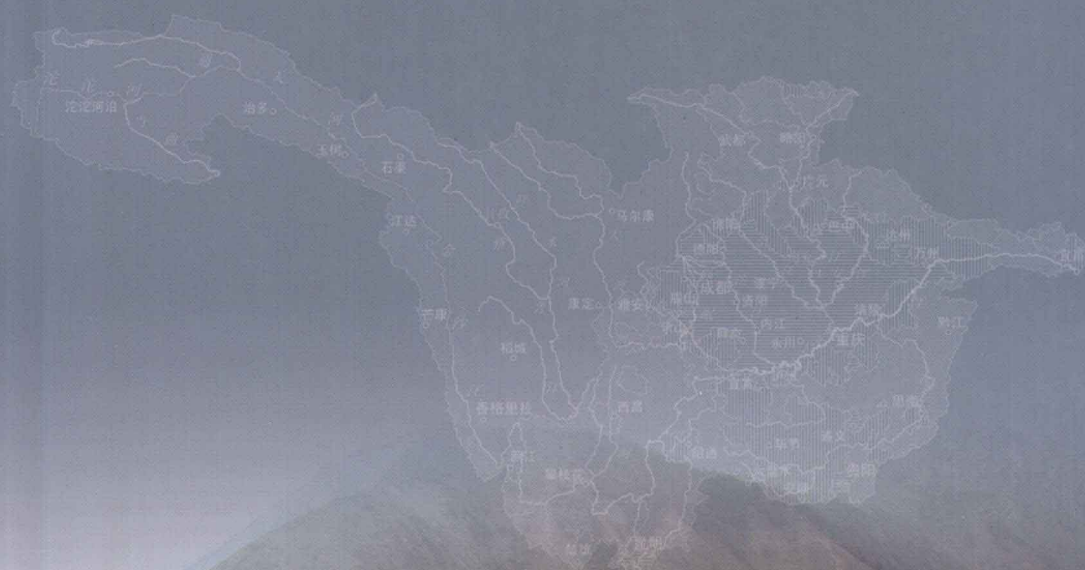


长江上游泥石流 综合危险度区划

钟敦伦 谢 洪 韦方强 刘洪江 编著



上海科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

长江上游泥石流综合危险度区划 / 钟敦伦等编著.

—上海: 上海科学技术出版社, 2010.9

ISBN 978-7-5478-0103-1

I. ①长… II. ①钟… III. ①长江流域—泥石流—危险系数—区划 IV. ①P642.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 208991 号

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路71号 邮政编码200235)

新华书店上海发行所经销

浙江新华印刷技术有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张: 9

字数: 186千字

2010年9月第1版 2010年9月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-0103-1 / P·3

定价: 90.00元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

前 言

长江是我国第一大河,世界第三大河,干流宜昌以上流域为长江上游流域,简称长江上游。长江上游流域面积约 $1.0054 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占全流域的 55.8%;人口约 1.68 亿,占全流域的 37.5%;耕地约 $9.194 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 占全流域的 38.0%;牧地约 $2.234 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占全流域的 71.5%;宜农、林、牧荒地约 $1.1940 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占全流域的 60.2%;水域约 $1.939 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 占全流域的 25.7%;水资源总量 $4.510 \times 10^{11} \text{ m}^3$, 人均占有量高于流域和全国平均水平;水能资源理论储量 $2.18 \times 10^8 \text{ kW}$, 占全流域的 81.5%, 可开发利用量约 $1.7 \times 10^8 \text{ kW}$, 占全流域的 86.3%;钒、钛、锶、汞和芒硝分别占全国储量的 70% 至 90%, 天然气占 60%, 磷矿占 40%, 硫铁矿占 25%, 铁、镁、铅及石棉各占 20%;由金沙江、雅砻江和岷江等流域的森林组成的西南林区是我国的第二大林区, 不仅具有丰富的木材和林特产品资源, 而且是长江上游和整个长江流域的绿色生态屏障, 在抗御自然灾害侵袭, 保护自然环境、国民经济建设和人民生命财产安全方面起着巨大的、无可替代的作用。长江上游广袤的原野、雄壮的山川、丰富的资源, 不仅造就了九寨沟、黄龙、泸沽湖、长江三峡、峨眉山、青城山、贡嘎山、剑门关和龙门山地质公园、兴文地质公园与大熊猫栖息地等一大批广布于流域内、闻名于全世界的自然历史遗产和风景名胜区, 而且在几十万、上百万年前就成为元谋人、资阳人等人类祖先的栖息地, 并通过世代繁衍、不断壮大, 创造了灿烂辉煌的人类历史文化和人类历史文化遗产, 如三星堆、金沙遗址、都江堰、乐山大佛、大足石刻和夔人悬棺等。美丽、富饶, 充满神奇而又独具魅力的长江上游, 目前已成为全国和全世界人民旅游观光、休闲度假、科学考察和探索人类起源、文明与发展的热土和目的地, 在长江流域, 乃至全国的经济、文化和精神文明建设中, 占有举足轻重的地位。

长江上游流域位于我国地势的第一级阶梯和第二级阶梯, 以及由第一级阶梯向第二级阶梯和第二级阶梯向第三阶梯过渡的广大区域内。流域内地形变化急剧, 山高谷深, 坡陡流急; 地层齐全, 岩性多变, 构造复杂, 断裂发育; 气候变化多端, 气温较差大, 既多大范围的强降水, 又多中心小而强度大的局地降水。在这样的条件下发育起来的与流域环境基本相适应的生态系统, 既具有丰富的多样性, 又具有脆弱性。这样的环境及其生态系统, 若能得到有效、合理的保护, 便

可成为供人们旅游度假、休闲观光的风景区和抗御长江上游,乃至整个长江流域自然灾害的绿色天然生态屏障;若一旦遭到破坏,便因很难自然修复而成为水土流失严重,不良地质作用发育,自然灾害、尤其是泥石流灾害活跃的劣地。

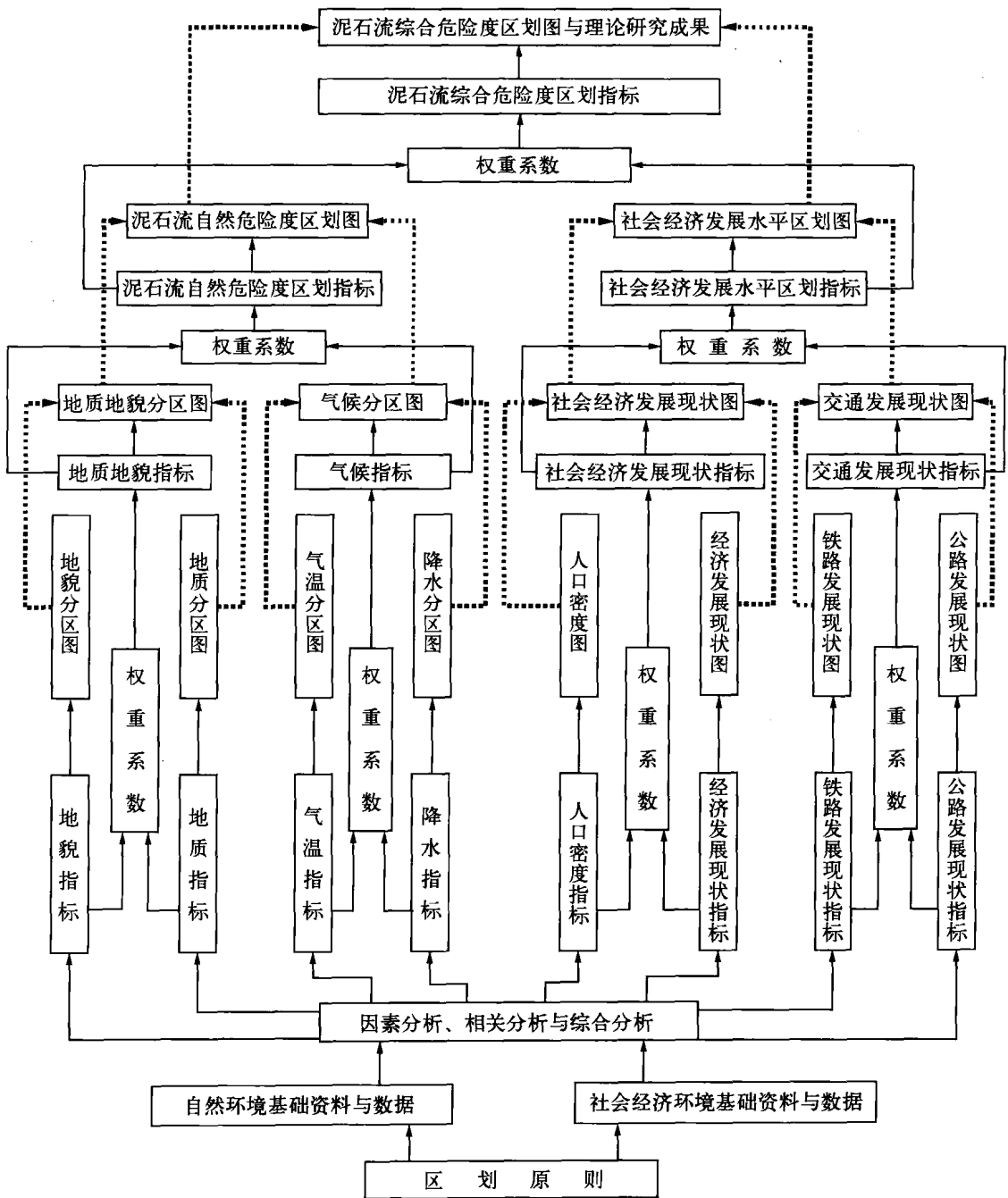
1949年以来,流域内山区建设突飞猛进,在前几十年的开发建设中,由于对环境及其生态系统的重要性认识不足,保护不够,出现了陡坡耕作、毁林开荒、森林过伐、筑路和大型工程建设任意弃土、采矿(石)不设置或不合理设置排土场、选矿不设置或不合理设置尾矿库,以及水利设施设计标准过低、施工质量欠佳等不合理的人类经济活动,导致流域内本来就很脆弱的生态环境变得更加脆弱,许多昔日层峦叠嶂的青山变成童山秃岭,不少翠绿的草地逼近荒漠化,致使流域内水力侵蚀和重力侵蚀加重,山地灾害加剧,泥石流灾害频繁发生,日趋严重。这不仅给流域内经济建设和人民生命财产安全带来严重的威胁和危害,而且把大量泥沙输入中下游干流,淤塞河道,给整个长江流域的开发利用和干流两岸城镇与乡村的经济建设及人民生命财产安全造成严重的威胁与危害。可见,开展长江上游泥石流及其防治研究是一项十分迫切的任务,它不仅引起了长江上游各级政府和群众的高度重视,也引起了长江中、下游流域各级政府和人民群众的高度重视。长江上游泥石流危险度区划研究,就是在社会强烈需求的基础上,在长江水利委员会水土保持局的资助下进行的。

由于长江上游泥石流危险度区划工作具有重大意义,因此项目组十分重视,在系统分析和深入探索长江上游泥石流发育的环境背景条件、泥石流的活动历史与现状、泥石流的发展趋势、人类活动现状和社会经济发展水平的基础上,制定了进行长江上游流域泥石流综合危险度区划研究的技术路线和 workflow。

长江上游泥石流综合危险度区划研究工作有如下四个方面特点。

第一,综合研究与重点研究相结合。在收集大量文献和野外考察资料的基础上,对流域内泥石流的危害现状、形成环境、分布和分布规律、活动现状与特征,以及发展趋势等进行综合研究和重点探讨。

第二,区域总体研究与典型研究相结合,因素分析与相关分析相结合。长期研究结果证实,动力条件、物质条件和激发条件是形成泥石流的基本条件,因此控制泥石流形成的主要因素为地貌、地质、气温与降水等因素。这几个因素,各自又由多种次级因素构成,尤其是地貌和地质的构成因素不仅多,而且由于为非地带性因素,区域分异十分复杂,即使在一个小区域内也变化多端,因此要想在长江上游这样大的范围内取得各因素的详尽数据是困难的。鉴于此,项目组在流域内选择56个泥石流流域,详细量测其地貌、地质各因素值,并分别进行因素分析,根据分析结果建立综合评价数学模型,计算出典型流域的地质、地貌综合评价值,再分别用地质、地貌各因素值与综合评价值进行相关分析,挑选出与综合评价值相关性最好、综合能力和包容能力最强、在大范围内又能获取的因素作



长江上游泥石流综合危险度区划的技术路线与工作流程

为综合评价的代表因素。这样既考虑了主导因素,又考虑了综合因素。

第三,间接自然指标与直接自然指标相结合。泥石流自然危险度区划的指标可分为两类:一类是直接指标,即泥石流作用的结果;一类是间接指标,即泥石流发育的环境条件。长江上游泥石流研究中存在着不少的资料短缺乃至空白

区,若按直接指标进行泥石流自然危险度区划,其结果必然与泥石流活动的实际情况不相符合,于是本区划采用泥石流形成和活动的的环境条件作为划分泥石流危险度的指标(间接自然指标),而对研究程度较深、资料较完整的区域,就用直接指标加以验证。这样,既克服了因流域内泥石流研究程度和资料详略程度不一致而带来的困难,又使区划指标的合理性和可靠性获得足够的保证。

第四,泥石流自然危险度与社会经济发展水平相结合。影响泥石流综合危险度的因素,一是泥石流的自然危险度,二是区域的社会经济发展水平。前者反映了泥石流的破坏能力,后者反映了受害对象在泥石流发生时可能遭受的人员和经济损失的大小,把二者结合起来考虑,对泥石流综合危险度区划具有重要的理论意义和实用价值。

1994年在课题结束时,以学术论文形式发表了部分研究成果,但因条件限制,未能及时出版《长江上游泥石流综合危险度区划图》。好在本区划是泥石流自然危险度区划与社会经济发展水平区划相结合的综合区划,其中自然危险度在相当长时间内是稳定的,社会经济发展水平区划的变化是很快的,经过一定时期(2~3个五年计划)的发展,必须进行修订,进而也必须对泥石流综合危险度进行修订。这就为现在修订和出版《长江上游泥石流综合危险度区划图》及《长江上游泥石流综合危险度区划》专著做好了铺垫,创造了有利条件。根据上述实际情况,项目组对1994年完成的泥石流自然危险度区划作了适当调整,增加了泥石流分布图图层,同时根据流域社会经济发展的最新资料(2005年流域内各省、市、区的统计年鉴资料),对流域的社会经济发展水平重新进行了区划,修订了《长江上游泥石流综合危险度区划图(1:220万,彩图)》及编写了《长江上游泥石流综合危险度区划》,因此这次出版的成果较1994年的成果又有了许多新的进展。

课题研究得到了长江水利委员会水土保持局的大力支持和资助,在中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所的领导下,长江上游泥石流危险度区划研究项目组于1994年完成项目研究工作。此后,由水利部科教司邀请艾南山、丁瑞麟、郭厚祯、史立仁、宣肖威、夏赛安、蒋忠信、唐邦兴、姚德基等专家、学者对研究成果进行了评审鉴定。在评审过程中,专家们既充分肯定了成绩,给予了很高的评价,又提出了许多宝贵的修改意见。本项目在进一步完善成果的研究中,得到国家科技支撑计划“中国重大自然灾害风险等级综合评估技术研究”项目“重大滑坡泥石流灾害综合风险评估技术”课题(课题编号:2008BAK50B04)支持。最后,在上海科学技术出版社的鼎力支持和资助下,项目组根据当年评审专家组的意见和科学技术与社会经济发展的最新动向,对区划图及相关研究成果做了相应的修订,并由上海科学技术出版社出版。在此,我们向上海科学技术出版社、长江水利委员会水土保持局、成果评审专家及相关项目和人员表示崇高的敬意和衷心的感谢!

本书包括《长江上游泥石流综合危险度区划图》及《长江上游泥石流综合危险度区划》专著两个部分。二者是一个统一的整体,前者是后者的具体表现,后者对前者作了充分的诠释。《长江上游泥石流综合危险度区划图》由钟敦伦、谢洪、韦方强、刘洪江、韩用顺、丁明涛、余涛、柳芬、高雪梅编制。《长江上游泥石流综合危险度区划》共分5章,各章作者如下。第1章:谢洪、余涛、高雪梅;第2章:谢洪、余涛、柳芬;第3章:韦方强、丁明涛;第4章:钟敦伦、谢洪、韦方强、刘洪江、韩用顺、柳芬、高雪梅;第5章1、2节:刘洪江,3节:韩用顺、刘洪江,4节:韩用顺,5节:谢洪;社会经济资料的采集与整理、插图制作、打字:柳芬、高雪梅。

在项目执行过程中,一直得到中国科学院资源与环境科学技术局、水利部科教司的大力扶持和领导;在野外考察工作中得到有关省(市、区)、市(地、州)、县(市、区)科技领导部门和水利、水保部门的大力支持和协助,在此深表谢忱!

由于受水平所限,成果中尚有一定不足和不尽如人意的地方,错误和遗漏在所难免,敬请批评指正。

编著者

2010年6月

目 录

长江上游泥石流综合危险度区划图(见全开附图)

长江上游泥石流综合危险度区划图说明

第 1 章 泥石流的危害与分布	1
1.1 泥石流的危害	1
1.2 泥石流的分布与分布规律	7
第 2 章 泥石流的形成条件	11
2.1 动力条件	11
2.2 松散固体物质条件	14
2.3 人类经济活动与泥石流发育	17
第 3 章 泥石流综合危险度区划的原则和指标	19
3.1 泥石流综合危险度区划的原则	19
3.2 泥石流综合危险度区划的指标	20
第 4 章 区划的指标分级与分区	26
4.1 自然危险度区划的指标分级与分区	26
4.2 社会经济水平区划的指标分级与分区	40
4.3 泥石流综合危险度区划指标的分级与分区	55
第 5 章 分区综述	57
5.1 长江上游泥石流高度综合危险区(Ⅰ)	57
5.2 长江上游泥石流次高度综合危险区(Ⅱ)	68
5.3 长江上游泥石流中度综合危险区(Ⅲ)	79
5.4 长江上游泥石流轻度综合危险区(Ⅳ)	93
5.5 长江上游泥石流微度危险区(V_a)和基本无泥石流活动(危险)区(V_b)	108
参考文献	127

第 1 章 泥石流的危害与分布

长江发源于青藏高原的唐古拉山脉北坡山麓,自西向东横切青藏高原、横断山脉、四川盆地和巫山,到达宜昌后进入中、下游平原,于上海注入东海,全长超过 6 300 km。

长江干流在湖北宜昌以上称为上游,长 4 500 km,占全江长度的 71%;流域面积 $1.0054 \times 10^6 \text{ km}^2$,占总面积的 55.8%;上游流域涉及青海、四川、云南、贵州、甘肃、陕西、湖北、西藏和重庆 9 个省(自治区、市)。在青海玉树的巴曲河口以上长江干流称通天河,巴曲河口以下至四川宜宾段的长江干流称金沙江,宜宾以下称长江。通天河以下长江上游水系较大的支流有乌江、嘉陵江、沱江、岷江、赤水河、横江、牛栏江、雅砻江等。

长江上游地区地貌类型复杂多样,不论干流还是支流的不少河段,多为高山峡谷,岭谷的相对高度可达 1 000~3 000 m;地质条件复杂,新构造运动活跃,活动断裂发育,地震频繁。加之处于季风气候区,雨量充沛而集中,年降雨量多在 600~1 000 mm,年降雨量的 70%~90%集中在 5~10 月。因此,长江上游复杂的地质地貌和水文气象条件的组合,十分有利于泥石流发育。而另一方面,上游地区长期的不合理人类经济活动,如森林过伐、毁林开荒、陡坡耕作、工程建设和采矿的不合理弃渣等,则对生态环境造成强烈破坏,使区内不少地区生态环境变得更加脆弱,加剧了泥石流灾害的发生。

1.1 泥石流的危害

在长江上游,泥石流灾害危及人民生命财产和国民经济各个部门及国防设施的安全,每年都要造成数十至数百的人员伤亡和重大财产损失。据统计,1753 年以来,区内一场泥石流致死百人以上灾害点已达 17 个(表 1.1)。1981 年,仅四川境内就有 50 个县 1 060 余条沟谷暴发泥石流。粗略估计,近 10 年来,每年因泥石流灾害造成的直接经济损失在 100 亿元以上。

1.1.1 危害城镇、村庄

长江上游以山地为主,尤其是横断山区,山高谷深,平坦地极少,城镇、村庄选址困难,一些城镇或村庄就直接建在泥石流堆积扇上。泥石流一旦暴发,它们便成为受危害的对象。调查统计显示,区内受泥石流危害和威胁的县级及以上城镇有近 60 个(表 1.2),9 个省市区内都有分布,但主要分布在四川、云南、青海、甘肃、重庆、贵州、湖北等省市境内,其中绝大部分遭受过泥石流的严重危害(图 1.1)。如四川省九寨沟县(原名南坪县)县城,处于泥石流活动频繁的地区,历史上曾因县城后山的关庙沟和轩福沟泥石流造成灾害,而迫使县城两度搬迁,但仍未摆脱泥石流对县城的危害,1956 年、1967 年、1973 年、1974 年、1978 年和 1984 年,相继遭受严重的泥石流灾害。其中 1984 年 7 月 18 日泥石流冲入城区,造成 25 人死亡,



图 1.1 四川省西昌市被泥石流毁坏的河堤以及河道遭泥石流淤积而被迫人工清淤

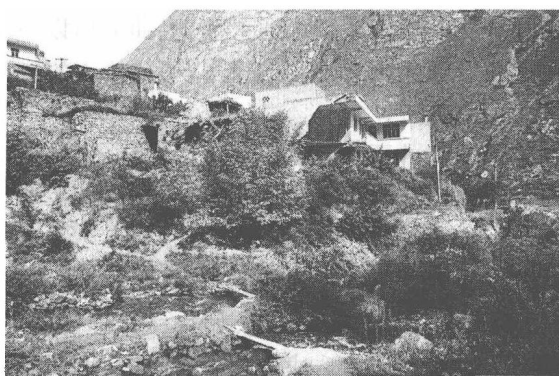


图 1.2 四川省汶川县茶园沟被 2003 年 8 月泥石流毁坏的房屋

毁坏部分学校、工厂及机关企、事业单位和大量居民房屋的严重灾害；泥石流还堵断主河白水江（嘉陵江上游支流），导致城区段白水江水位快速上涨，城区街道、房屋等大量被洪水所淹。再如 1991 年 8 月 6 日湖北省巴东县城遭泥石流袭击，伤亡 58 人，毁房 1 394 间，淤埋仓库 70 间，造成 43 家工厂停产、110 多家商店停业，直接经济损失 5 000 万元。2003 年 8 月 9 日，四川省汶川县茶园沟暴发泥石流，冲毁下庄村房屋 73 间，造成 1 人死亡、10 人失踪（图 1.2）。

2007 年 6 月 6 日四川省宁南县拔砂镇天久沟发生泥石流，导致 5 人死亡、2 人重伤，7 户农民的房屋被毁，天久小学围墙被冲垮，7 hm² 农田被冲毁，并导致当地公路交通中断。2007 年 7 月中旬，重庆城区多处遭受泥石流、滑坡、山洪的袭击，造成巨大损失。

据统计，1949 年以来，区内遭受过 2 次以上泥石流灾害的县级城镇多达 30 余个；而受泥石流危害的乡镇则多达数百个，村庄就更多（图 1.3）。据对四川省宜宾、屏山、雷波、金阳、宁南、会东、会理 7 个县的灾害调查统计，1950—1990 年间，泥石流造成财产损失超过 10



图 1.3 泥石流冲毁和淤埋村庄（左为四川省德昌县蒲坝村，右为四川省彭州市龙门山镇）

第1章 泥石流的危害与分布

表 1.1 长江上游一场泥石流致死百人以上的灾害点统计

编号	灾害点名称	发生时间	死亡人数(人)
1	云南省巧家县白泥沟	1753	>1 000
2	四川省喜德县中沟	1885	120
3	四川省汶川县桃关沟	1890-06-27	>1 000
4	四川省西昌市东河	1891-07-05	>1 000
5	甘肃省武都区北峪河	1910	>400
6	四川省甘洛县秀水沟	1926-08-26	230
7	四川省旺苍县干河乡东风村	1947-08	>120
8	四川省喜德县红莫乡	1957-06-29	>100
9	四川省天全县脚基坪	1960-07	>200
10	四川省越西县银河沟	1968-06-13	120
11	四川省冕宁县盐井沟	1970-05-26	104
12	四川省南江县旭光乡齐坪村	1974-09-17	>160
13	四川省雅安市陆王沟、干溪沟	1979-11-02	164
14	四川省甘洛县利子依达沟	1981-07-09	>360
15	云南省东川因民黑山沟	1984-05-27	120
16	四川省华蓥市溪口镇	1989-07-10	221
17	四川省美姑县乐约乡则租	1997-06-05	151

表 1.2 长江上游受泥石流危害或威胁的县级以上城镇

所在省(市)	省级政府驻地城镇	市(地、州)级政府驻地城镇	县(市、区)级政府驻地
四川省		攀枝花、雅安、西昌、马尔康、康定	炉霍、巴塘、泸定、丹巴、德格、得荣、道孚、乡城、稻城、白玉、汶川、茂县、九寨沟(原南坪)、金川、松潘、小金、黑水、理县、德昌、宁南、喜德、普格、会理、昭觉、宝兴、石棉、汉源、北川(曲山镇)、高县
云南省			东川、巧家、彝良、永胜、元谋
甘肃省		武都	文县、宕昌、两当、礼县、康县、徽县、舟曲、迭部
青海省		玉树	
重庆市	重庆		武隆、奉节、城口
湖北省			巴东

万元或死亡人数超过 5 人的重大灾害点达 52 个,死亡 171 人,经济损失总额近 4 300 万元;而财产损失小于 10 万元或死亡人数小于 5 人的灾害点不计其数,估计死亡总人数和经济损失总额远大于上列数字。

2008 年在汶川地震重灾区,汛期发生的泥石流不仅对震区的恢复重建造成巨大困难,还造成 417 人伤亡和失踪,导致一批已重建的基础设施被毁,并致使北川县擂鼓镇等地的临时安置点的板房被摧毁,迫使北川(图 1.4)、彭州(图 1.5)等县(市)的一些灾民安置点搬迁,进一步加重了灾情,使已逐渐恢复正常的生产生活秩序又一次次地被打乱。



图 1.4 四川省北川县老县城遭泥石流淤埋



图 1.5 泥石流危害居民点及摧毁的住房(四川省彭州市龙门山镇)

1.1.2 危害工厂、矿山

仅对川、滇、黔三省的初步统计,遭受过泥石流危害的大、中型矿山就达 20 余个。如 1984 年 5 月 27 日云南东川因民铜矿遭泥石流袭击,死亡 120 人,几乎矿区所有生活、生产



图 1.6 四川会东铅锌矿尾矿库因泥石流而溃决

设施被毁,全矿停产、商店停业、中小学停课达半月,直接经济损失 1 100 万元;再如 1990 年 5 月 31 日四川会理益门煤矿遭泥石流危害,死亡 34 人,伤 29 人,矿山设施及选煤厂、焦炭厂和职工宿舍等大量被毁,直接经济损失 400 万元;1990 年 6 月贵州六枝煤矿泥石流,冲毁矿区生产设施,直接经济损失 1 800 万元以上;2007 年 8 月 20 日,四川省会东铅锌矿老虎岩尾矿库所在地和平沟暴发泥石流,造成尾矿坝溃坝(图 1.6),会东铅锌矿损失巨大。

1.1.3 危害交通

区内的成(都)昆(明)线、宝(鸡)成(都)线和东川支线等铁路,以泥石流灾害严重而闻名全国。成昆铁路沿线有泥石流沟 511 条,1970—2002 年间,泥石流致使 19 个车站遭淤埋、3 列列车被颠覆、2 座铁路桥被冲毁,370 余人死亡(图 1.7)。宝成铁路在区内长 627 km,沿线分布着 159 条泥石流沟,1981 年夏季 134 处暴发泥石流,7 个车站遭泥石流淤埋,铁路中断 69 天。东川铁路支线南段约 50 km 内有泥石流沟 86 条,自 1964 年通车以来,几乎年年遭受泥石流危



图 1.7 泥石流淤埋成昆铁路蒲坝车站(1995 年)

害;1985年7月大白泥沟、小白泥沟、蒋家沟等多条沟谷同时暴发泥石流,冲毁和淤埋铁路桥6座,淤塞铁路隧道4座,冲毁路基、涵洞多处,昆明至东川铁路因此中断达半年之久。

长江上游的山区公路,每年雨季都因泥石流灾害而发生断道现象,一些路段甚至整个雨季都无法通行,严重制约当地经济发展(图1.8)。1989年6月16日,四川省理县哈尔木沟泥石流冲毁公路,使甘(肃)(四)川公路理县—汶川段断道1个月(图1.9);1999年6月16日,四川省松潘县龙潭堡泥石流,除冲毁村庄,造成24人伤亡外,还淤埋九(寨沟)环线公路、堵断岷江,引起江水上涨,淹没公路长度大于400 m,使大量过往车辆和人员被长时间堵在山中。2006年7月15日四川省盐源县发生泥石流,造成8人死亡、8人失踪,西昌通往盐源的公路被泥石流冲毁,交通中断42小时。2008年“5·12”汶川特大地震以后,汶川县映秀镇牛圈沟泥石流频繁活动,2008年汛期导致沟口都(江堰)汶(川)公路(国道317线之一部分)交通中断的较大规模的泥石流就发生了11次(图1.10),引起断道堵车,严重地影响了抗震救灾工作的开展。

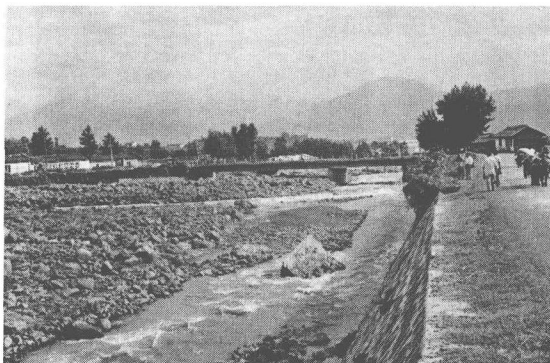


图1.8 泥石流淤塞公路桥孔,危及桥梁安全(四川西昌)



图1.9 四川省理县哈尔木沟泥石流多次中断甘川公路、危害村寨农田



图1.10 四川省汶川县映秀牛圈沟泥石流淤埋公路,中断交通

泥石流将泥沙石块输入主河,对已有航道构成危害,并阻碍新航道的开通。长江上游干流——金沙江,在屏山县新市镇以上至今不能通航,主要原因就是泥石流、滑坡形成的险滩众多。

1.1.4 危害农业

泥石流冲毁或淤埋耕地,毁坏庄稼和水渠、提灌站、塘坝等农灌或蓄水设施的灾害年年大量发生。如1980年8月24日云南省巧家县水碾河暴发泥石流,淤埋农田 171 hm^2 ,损失即将收割的稻谷800 t、甘蔗2 000 t;1989年5月6日该沟再次暴发泥石流,淤埋甘蔗地和稻田 134 hm^2 ,沟道中下游各种水利设施全遭破坏,灾害波及17个村、4 000多人,直接经济损

失 159 万元。再如甘肃武都北峪河 1984 年 8 月 3 日和 1987 年 5 月 22 日两次泥石流灾害, 共冲毁耕地 647 hm^2 (图 1.11)。



图 1.11 泥石流淤埋农田(云南寻甸)

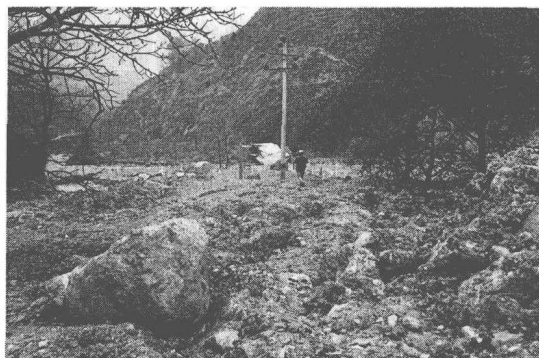


图 1.12 泥石流淤埋房屋和农田(四川省汶川县雁门沟)

1.1.5 危及人类生存条件

长江上游山区山高坡陡,耕地有限,一些耕地遭泥石流毁坏后,当地农民无地可耕,从而失去生存环境(图 1.12)。如 1981 年 7~8 月,云南省巧家县老树沟多次发生泥石流,冲埋农田 24 hm^2 ,无法复耕,14 户农民被迫搬迁。

1.1.6 危害水利水电工程

我国可开发利用水能资源的 45% 集中在长江上游,泥石流对水能的开发利用造成严重危害或威胁。二滩电站库区雅砻江两岸有泥石流沟 146 条,长江三峡水利工程库区范围内有泥石流沟 271 条,泥石流活动造成水库泥沙淤积,减小库容和发电调节能力。如大渡河下游的龚嘴水电站,1971—1991 年间入库泥沙平均为 $35 \times 10^6 \text{ t/a}$,但 1989 年却因燕子沟等大渡河支流泥石流强烈活动,使当年入库的泥沙量达 10^8 t 。大量泥沙入库,直接影响水电站使用寿命。泥石流直接毁坏小水电站的例子则不胜枚举(图 1.13)。此外,泥石流还对水电工程建设施工人员的生命造成危害,如 2007 年 8 月 11 日,大渡河支流田湾河(四川石棉



图 1.13 被泥石流冲毁的水电站(四川泸定,陈晓清摄)

境内)在建的大水电站遭泥石流袭击,造成 11 名施工人员死亡、1 人失踪、3 人受伤的重大灾害。

1.1.7 危害江河、恶化环境

泥石流搬运大量泥沙石块堆积于主河,抬高河床,增大洪水危害,恶化自然环境(图 1.14)。云南小江流域是长江上游泥石流极强烈活动区之一,小江中下游吊嘎—江口段长 89 km,发育有泥石流堆积扇 78 个;一些处于泥石流活跃期的沟谷,沟口堆积扇发展迅速,如蒋家沟泥石流堆积扇面积达 2.6 km^2 ,堆积方量 $7.4 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。小江年最大输沙量仅 $1.11 \times 10^7 \text{ t}$,而泥石流每年输入小江的泥沙却达 $(5 \sim 6) \times 10^7 \text{ t}$,泥石流入河泥沙量远远大于小江的输沙量,导致其中下游河床上涨,1957—1981 年的 24 年间,马脖子河床断面淤高 4.5 m。河床淤积抬高还致使河滩展宽,主流游荡不定,雨季洪水泛滥,沿岸的村庄(图 1.15)、耕地及公路、铁路屡遭危害;旱季则两岸沙石裸露,风沙肆虐,干旱严重。



图 1.14 四川省汶川县磨子沟泥石流堵塞岷江



图 1.15 岷江被泥石流堵河成湖导致村庄被淹(四川省汶川县银杏乡)

1.2 泥石流的分布与分布规律

长江上游泥石流分布广泛,各省(市、区)境内都有泥石流发育。长江上游横跨我国三大地貌阶梯中地形高差最大的第一级和第二级阶梯,根据大的地貌单元进一步从西向东大致可以分为青藏高原腹地、横断山区、四川盆地、大娄山—巫山 4 个区。青藏高原腹地主要为高平原及起伏和缓的丘状高原,除深切河谷地带外,泥石流基本不发育;横断山区主要为深切切割的高山、极高山区,泥石流最为发育;四川盆地以丘陵地貌为主,地形相对高度不大,泥石流发育一般;大娄山—巫山山区河流切割较深,以中山、低山地貌为主,泥石流发育程度仅次于横断山区。

1.2.1 泥石流的分布

1. 水源条件与泥石流分布

从形成泥石流的水源条件来讲,长江上游既发育有降雨型泥石流,又发育有冰川型泥石流,以降雨型泥石流为主。降雨型泥石流中,又以暴雨型泥石流为主,普遍分布于上游的广

大山区。冰川型泥石流分布范围极小,仅在青藏高原及其边缘的极高山和高山区分布,其冰川类型主要为季风型海洋性冰川,如贡嘎山海拔 7 556 m,主峰为冰川源地,周围发育有现代冰川 74 条,冰川以下沟道发育的泥石流往往为由冰雪融水引起的冰川泥石流,也有部分为冰川-暴雨混合型泥石流。

2. 泥石流在各省(市、区)的分布

长江上游涉及的青、藏、甘、陕、川、滇、黔、渝、鄂 9 个省(市、自治区)境内都有泥石流分布。其中以四川省的泥石流沟最多,仅已查明并编目的就有 3 100 条,分布密度达 0.63 条/(100 km²),泥石流沟谷总面积 4.55×10^4 km²,占全省总面积的 9.1%。四川省 21 个市(州)中,除成都平原和四川盆地中部地区(内江市、自贡市、南充市、遂宁市、眉山市的 31 个县、市、区)无泥石流活动外,其余 16 个处于川西山地及盆周山地和川东平行岭谷区的各市(州)的 150 个县(市、区)中,91 个有泥石流分布,仅 1981 年夏季就有 50 个县 1 060 余条泥石流沟暴发了泥石流。再如重庆市已查明并编目的泥石流沟有 307 条,涉及云阳、北碚、开县、巫溪、巫山、奉节、城口、丰都、武隆、彭水、黔江、酉阳、秀山、石柱、大足等 15 个县(区),分布密度 0.37 条/(100 km²),泥石流沟谷总面积 0.16×10^4 km²,占全市总面积的 1.9%。云南省属长江上游流域的昆明市的东川、安宁、呈贡、晋宁、富民、嵩明、禄劝、寻甸等,曲靖市的马龙、会泽等,昭通市的昭阳、鲁甸、巧家、盐津、大关、永善、绥江、镇雄、宜良、威信、水富等,丽江市的永胜、华坪、玉龙、宁蒗等,楚雄彝族自治州的楚雄、牟定、南华、姚安、大姚、永仁、元谋、武定等,大理白族自治州的祥云、宾川、鹤庆等,迪庆藏族自治州的香格里拉和德钦(部分)等 38 个县(市、区)都有泥石流分布,其中华坪以下的金沙江干流和支流泥石流分布密度大、活跃度高,灾害十分严重。贵州省泥石流主要分布在遵义市赤水,毕节地区毕节,六盘水市的六枝特区、水城县和盘县等县(市、区)。西藏自治区属长江流域的昌都地区的江达、贡觉、芒康等 3 个县境内均有泥石流分布。青海省属长江流域的玉树藏族自治州的玉树县、称多县,在通天河中下游高山深谷区有泥石流零星分布。甘肃省天水市的长江流域部分(秦城区和北道区的部分)、甘南藏族自治州属长江流域的迭部、舟曲、碌曲等县和陇南市武都、康县、文县、徽县、两当、西和、成县、宕昌、礼县等县(区)以及定西地区岷县的部分,均有较密集的泥石流分布,其中舟曲、武都、文县等地泥石流分布最为密集。陕西省属长江上游流域的宝鸡市凤县、汉中市略阳县和部分属之的宁强县、镇巴县等县(区)均有泥石流分布,其中凤县、略阳两县的泥石流灾害最为严重。湖北省泥石流主要分布在恩施土家族苗族自治州巴东、宜昌市秭归等县。

3. 各水系泥石流的分布

根据已有资料统计,长江上游及主要支流已查明的泥石流沟分布状况如下:金沙江巴曲河口至奔子栏段(行政区划属青海省玉树藏族自治州,西藏自治区昌都地区,云南省迪庆藏族自治州,四川省甘孜藏族自治州等),分布有泥石流沟 300 余条;金沙江下游(属云南省大理白族自治州、楚雄彝族自治州、昭通市,四川省攀枝花市、凉山彝族自治州、宜宾市等)分布有泥石流沟约 1 450 条;金沙江支流龙川江中下游(属云南省楚雄彝族自治州)100 余条,小江流域(属云南省昆明市、昭通市等)146 条;雅砻江流域(属四川省甘孜藏族自治州、凉山彝族自治州、攀枝花市等)有泥石流沟 746 条,其中鲜水河流域 110 条,安宁河流域 357 条,雅砻江干流二滩电站水库库区两侧 164 条,其余干流和支流 115 条;岷江流域(属四川省阿坝藏族羌族自治州、甘孜藏族自治州、雅安市、乐山市、成都市、宜宾市等)有泥石流沟 1 247

条,其中大渡河流域 846 条,岷江上游及青衣江流域 401 条;嘉陵江流域(属甘肃省陇南市,陕西省汉中市、宝鸡市,四川省广元市、南充市、绵阳市、德阳市、达州市,重庆市等)有泥石流沟 3 084 条,其中白龙江流域 1 547 条,西汉水流域 932 条,嘉陵江干流及其他支流 605 条;沱江流域(属四川省成都市、德阳市等)有泥石流沟 46 条;乌江流域(属贵州省遵义市,重庆市等)有泥石流沟 45 条;长江三峡库区干、支流两岸(属重庆市,湖北省宜昌市、恩施土家族苗族自治州等)有 271 条,其中支流 172 条。整个上游共计有泥石流沟(坡)约 7 290 条。

4. 铁路沿线泥石流的分布

成(都)昆(明)铁路沿线有泥石流沟(坡)511 条(处),其中四川境内有 368 条(处);宝(鸡)成(都)铁路在长江流域部分的沿线有泥石流沟(坡)159 条(处),东川铁路支线有泥石流沟 86 条,其他铁路线上泥石流分布较少。

1.2.2 泥石流的分布规律

1. 集中分布在两个地貌过渡带上

长江上游跨越我国岭谷相对高度变化最大的两个地貌过渡带。

(1) 第一级地貌阶梯(青藏高原,海拔 $\geq 4\ 000\text{ m}$)与第二级地貌阶梯(云贵高原与黄土高原,海拔 $1\ 000\sim 2\ 000\text{ m}$;四川盆地,海拔 $300\sim 700\text{ m}$)的过渡带,这一带已查明的泥石流沟数,占长江上游已查明的泥石流沟总数的 86.5%;在行政区划上主要包括四川省甘孜藏族自治州、阿坝藏族羌族自治州、凉山彝族自治州、广元市、雅安市、乐山市、攀枝花市等,甘肃省陇南市,西藏自治区昌都地区,陕西省汉中市,云南省迪庆藏族自治州、丽江地区、楚雄彝族自治州、昆明市东川区、昭通市等,其中滇东北的东川和昭通、川西的甘孜和阿坝及川南的凉山、陇南的武都等地,泥石流活动都极为强烈,每年都有泥石流灾害发生,曾多次发生大范围严重泥石流灾害,是长江上游泥石流危险性最大的区域。

(2) 第二级地貌阶梯与第三级地貌阶梯(巫山以东,海拔 $< 500\text{ m}$)的过渡带,只发育降雨型泥石流(其中主要是暴雨型泥石流),已查明的泥石流沟条数,占长江上游已查明的泥石流沟总数的 13.5%;在行政区划上主要包括四川省华蓥市、广安市、宜宾市、巴中市、达州市、万源市,贵州省毕节地区、六盘水市、遵义市,重庆市万州区、黔江区,湖北省宜昌、巴东、秭归、神农架等地,多次发生过严重泥石流灾害,为长江上游泥石流危险性较大的区域。

此外,第一过渡带无论是绝对高度,还是相对高度,均大于第二过渡带,地形雨也明显多于第二带,其泥石流的形成条件较后者更充分,泥石流活动频率和规模均大于后者,受泥石流危害和威胁的城镇及交通干线主要集中在第一带过渡上。

2. 密集分布在大型断裂带和地震带内

从板块构造上讲,长江上游流域紧邻印度板块与欧亚板块碰撞带;就大地构造而言,长江上游流域处于扬子准地台与秦岭地槽褶皱系、松潘甘孜地槽褶皱系和三江地槽褶皱系等的交接部位,地质构造作用十分强烈,深大断裂发育。这使得高山耸立、河流深切、岩石破碎和山体边坡丧失稳定性,直接为泥石流发育提供了能量和松散碎屑物质条件。上列第一级地貌阶梯上的金沙江巴曲河口—奔子栏段、安宁河、鲜水河、龙川江、则木河、小江、白龙江、岷江上游等河流,系沿大断裂或深大断裂带发育,而这些断裂带又多为地震带,导致泥石流沟分布集中,如金沙江巴曲河口—奔子栏段有泥石流沟 300 余条,安宁河干流有泥石流沟 212 条,鲜水河两岸有泥石流沟 99 条,小江两岸有泥石流沟 146 条,其中尤其是小江中下游,泥石流沟