

中国西北地区洪水调查研究

刘进琪 牛最荣 著

甘肃人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国西北地区洪水调查研究 / 刘进琪、牛最荣著

— 兰州: 甘肃人民出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-226-04329-5

I. ①中… II. ①刘… ②牛… III. ①洪水—调查研
究—西北地区 IV. ①P331.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 195893 号

责任编辑: 肖林霞

装帧设计: 王林强

中国西北地区洪水调查研究

刘进琪 牛最荣 著

甘肃人民出版社出版发行

(730030 兰州市读者大道 568 号)

兰州大众彩印包装有限公司印刷

开本 710 毫米×1020 毫米 1/16 印张 21 插页 2 字数 333 千

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1~1 000

ISBN 978-7-226-04329-5 定价: 48.00 元

|| 前 言

抵御洪水是人类社会与自然灾害抗争的永恒主题。相传在 4000 多年前的尧舜时代，黄河流域发生了大洪水。尧命崇地伯鯀领导治水。鯀用“障水法”，历时九年未能平息水患。舜即位后，命鯀子禹继续负责治水。禹总结了其父治水失败的教训，改以疏导为主，利用水向低处流的自然趋势，疏通了九河，平息了水患。“导河积石，至于龙门，南至于华阴，东至于底柱，又东至于孟津。东过洛纳，至于大伾，北过降水，至于大陆，又北播为九河，同为逆河，入于海。”（《尚书·禹贡》）这段记载，就是夏禹治河活动。

新中国成立后，我国开展了大规模的兴利除害的水利建设工作，在保民生、兴水利、防水害方面做出了历史性的伟大事业。经历了 1998 洪水之后，经过十多年的新一轮的防洪工程建设，使我国大江大河抵御洪水的力量进一步提高。然而，局部暴雨洪水造成的灾害却频繁发生，2010 年 8 月 8 日甘肃舟曲发生了震惊世界的特大山洪泥石流灾害，给当地人民生命财产带来巨大损失。局部暴雨洪水已经成为当前我国乃至全世界社会发展中面临的主要问题之一，研究局部暴雨洪水，认识其发生发展规律，对于有效地开展防灾减灾、生态环境保护、涉水工程建设都具有实际的经济意义和深远的社会意义。

在本书的研究编制过程中，新疆、青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西等省区水文水资源部门提供了大量的资料。水利部兰州水电勘测设计研究院、铁道部第一勘测设计研究院、水利部西北水电勘测设计研究院、甘肃

省水利水电勘测设计研究院、甘肃省电力设计研究院、甘肃省水电工程局等多家工程设计研究单位均提供了相关的资料。中国科学院刘昌明院士给予了全面指导，并高度评价本书提出的面频率概念解决了洪水设计频率计算中的“红灯高挂”的世界难题。在此，对参与和提供帮助的以上单位和个人一并表示感谢。

作者

2011年12月

第一章 概论	001
1.1 研究背景	002
1.2 目的意义	002
1.3 拟解决的关键技术问题	003
1.4 国内外研究进展	004
第二章 研究方法与技术路线	008
2.1 研究区基本概况	008
2.2 技术路线	009
第三章 历史洪水调查研究	011
3.1 基本资料	011
3.2 最高洪水位和洪水水面线分析研究	013
3.3 断面冲淤变化规律分析和历史洪水过水断面复原	019
3.4 河道糙率分析研究	021
3.5 洪峰流量合理性分析检查	023
第四章 定点洪水调查研究	027
4.1 定点洪水河段确定	027
4.2 定点洪水的调查计算方法	028
4.3 洪痕（洪水水面线）合理确定	029
4.4 河道糙率分析研究	030
4.5 定点洪水调查河段洪峰流量频率分析	031

4.6 成果合理性分析	033
第五章 动点洪水调查研究	037
5.1 动点暴雨洪水的一般特点	037
5.2 暴雨中心位置调查与确定	038
5.3 洪峰流量地区组成	045
5.4 洪水灾害调查评估	046
5.5 洪水重现期确定	047
第六章 最大洪峰流量地区分布研究	048
6.1 调查最大洪峰流量量级	048
6.2 最大洪峰流量地区分布研究	048
6.3 洪水面频率概念	051
6.4 历史调查洪水频率确定	052
第七章 主要成果及创新点	059
7.1 主要成果	059
7.2 主要创新点	077
第八章 主要技术指标先进性和推广应用	079
8.1 主要技术指标	079
8.2 成果的应用和经济效益	080
8.3 推广应用前景	081
8.4 对行业科技进步的贡献	081
附表 1 定点洪水调查河段洪峰特征参数统计表	085
附表 2 动点洪水调查河段洪峰特征参数统计表	112

第一章 概 论

我国西北干旱区是局部暴雨洪水多发区，局部暴雨洪水成为威胁人民生命财产安全的严重自然灾害。据调查，我国西北干旱区，每年都发生数百次的局部暴雨洪水灾害，造成的死亡人数多达数千人，人民财产损失巨大，有的地方农村居民因发生局部暴雨洪水灾害而瞬间倾家荡产、流离失所。局部暴雨洪水也造成了水土流失和多种生态环境问题，其对生态环境的破坏程度非常严重。

1976年开始，原甘肃省水文总站就开始了定点洪水和动点（局部暴雨）洪水调查研究工作，在全省范围内设立定点洪水调查河段202处，调查历史洪水和每年的最大洪水。与此同时，对当年发生的超纪录暴雨洪水，及时组织人员进行面上的动点暴雨洪水调查。这种捕获洪水的技术方法，在西北各省区逐步被采纳，得到广泛的推广应用，并且应用至今，获得了很大的成功。本书通过对分存于各省（区）各部门洪水调查资料的挖掘、整理、分析、研究，归纳提出我国西北干旱地区的洪水捕获技术方法，洪水分布规律；建立不同自然地理条件下的洪水计算模型。研究成果对于各类建设项目提供了很好的洪水设计方法，特别是对于无资料地区开展工程水文设计提供了很好的科学依据。

1.1 研究背景

2010年8月8日凌晨,距离舟曲县城几公里外的山区突降暴雨,由暴雨直接诱发的特大泥石流滚滚而下,冲进了沉睡中的舟曲县城。这场特大山洪泥石流灾害共造成1501人遇难,264人失踪。局部暴雨洪水在给人民生命财产造成严重危害和损失的同时,也造成了水土流失等多种生态环境问题。

我国北方特别是西北干旱地区为了解决干旱缺水问题,多年来在主要江河上兴修了众多的引水、蓄水和提水工程,加之梯级中小型水力发电站的兴建,大量河水被截引,对大面积的暴雨洪水产生了充分的调蓄和多级控制,已经很难形成有实质性的洪水灾害。但是,局部小面积暴雨洪水往往缺乏控制性工程,也没有水文监测站点,很难得到有效控制和预防,已经成为我国西北干旱区最主要的洪水灾害形式。开展局部暴雨洪水灾害的研究与防治,是一项非常紧迫且十分重要的工作。

1.2 目的意义

洪水调查是指对尚无水文观测资料时期和地区发生的大洪水,通过野外实地调查、考证的途径获得洪水资料信息,包括洪水发生的时间、洪水痕迹标志等,从而推算最高水位和过水断面,并运用水文学和水力学的原理方法估算出洪峰流量。我国有悠久的历史,开展历史洪水调查、局部暴雨洪水调查研究具有得天独厚的有利条件,在江河湖泊水域附近还可以发现众多的历史洪水题刻、碑文。多数河流可以调查到近几百年或更远历史时期的大洪水。

我国水文观测资料年限不长,一般只有40年左右的观测资料,特别是西北地区绝大多数河流上没有设立水文监测站,无法获取水文资料,在工程设计中缺乏水文依据。因此,原甘肃省水文总站于20世纪70年代期,创造性地开展了覆盖全省多数河流的大规模定点洪水调查工作,积累了一定系列长度的洪水调查资料和经验。大量实践表明,在工程设计洪水分析计算中,历史洪水、定点调查洪水和动点洪水调查对提高设计成果质量起着关键作用。

在我国水利水电工程设计洪水计算规范中，明确规定“进行水利水电工程规划设计时，不论采用何种方法计算设计洪水，都必须进行历史洪水的调查和考证”。历史调查洪水、定点调查洪水、动点洪水调查已经成为科学认识洪水发生的自然规律、正确进行水利水电工程设计、有效治理江河和其他建设不可缺少的基本资料。历史洪水、定点洪水、动点洪水的调查研究不仅是工程设计规划建设的需要，而且对于抢救、挖掘历史资料具有十分迫切的需求和重大的意义。

我国西北干旱区的甘肃、宁夏、青海、新疆、内蒙古、陕西等省(区)，从20世纪70年代开始，开展历史洪水调查、定点洪水调查和动点洪水调查工作，积累了大量的洪水资料，这些资料和调查成果在国民经济建设中发挥了重要作用。然而，由于定点洪水调查与动点洪水调查成果始终没有纳入正式的水文资料刊印的范畴，这些成果资料均以原始记录的形式，被分别存放在各省区水文局的不同部门和各个基层局，不仅不能够充分发挥其社会作用，而且有随时被丢失和损坏的可能。因此，收集整编定点洪水调查与动点洪水调查资料，将历年的调查研究成果加工提炼出来，综合归纳在流域的空间层面上，充分发挥洪水调查研究成果的作用，为国民经济建设服务十分必要。

同时，充分利用调查资料与成果，开展我国西北干旱区局部暴雨洪水的分析研究，归纳提炼出局部暴雨洪水的区域分布规律，建立不同地理条件下的洪水计算模型，分析研究暴雨洪水灾害防治措施，对于各类涉水工程建设，对于开展水土保持、生态环境保护等工作具有重要作用。将多年积累的宝贵调查成果，研制成具有广泛应用价值的科学成果，对于有效开展防灾减灾，构建人与自然和谐相处的社会，都具有重要的现实意义和深远的历史意义。

1.3 拟解决的关键技术问题

为了加强山洪预警预测技术研究，尽快收集整编定点洪水调查与动点洪水调查资料，研究制定统一的汇编格式并刊印成册，并充分利用这些珍贵稀缺的水文资料与调查成果，开展我国西北干旱区局部暴雨洪水分布规律研究，建立不同地理条件下的山洪预测模型，分析研究暴雨洪水灾害防

治措施, 需要努力解决以下几个关键科学问题。

(1) 收集干旱区各省区历年定点洪水调查、试验资料, 分别对定点洪水调查和局部暴雨洪水调查原始记录进行分析研究和加工整理。制定统一的汇编格式, 汇编和刊印定点洪水调查与局部暴雨洪水调查成果。

(2) 分析和率定相似河道洪水计算参数, 确定不同河道调查洪水计算模型。

(3) 编制各定点洪水系列, 分析计算洪水频率及其概率分布参数。

(4) 对研究区按照降水量进行等级划分, 可分为三个级别区, 分别为: 特别干旱区 (降水量在 0~100mm 之间); 干旱区 (降水量在 100~300mm 之间); 半干旱区 (降水量在 300~500mm 之间)。

(5) 分析计算点暴雨分布概率, 研究点暴雨在不同分区空间分布规划及区域面分布频率。

(6) 分析计算各分区的洪水分布及不同频率的洪水分布规律, 分析研究点暴雨洪水与流域形态的关系, 建立洪水要素与流域特性参数的模型。

(7) 分析研究洪水灾害种类、灾害程度及灾害预警、防治措施。

1.4 国内外研究进展

1.4.1 可能最大降水/可能最大洪水

PMP/PMF 方法为美国于 1939 年正式提出, 中国 1958 年在长江三峡工程开始引进, 1972—1973 年在黄河三门峡至花园口地区结合中国实际应用取得成功, 随即在全国推广。1975 年淮河大水后得到大发展。近 10 余年来, 中国在这方面的研究取得了长足的进展, 主要体现在 1999 年出版的专著《可能最大暴雨和洪水计算原理与方法》。该书全面系统地总结了中国 1958 年以来在 PMP/PMF 方面的生产实践经验和研究成果, 同时详细介绍了作者一系列新的独特见解, 反映出中国 PMP/PMF 的最新水平。2000 年, 世界气象组织 (WMO) 决定由王国安主持修订其《PMP 估算手册》(第 2 版), 2004 年, 修订完成《PMP 估算手册》(第 3 版), 使中国的 PMP/PMF 理论和实践, 能以最权威形式 (WMO 技术性指导文件) 全面系统地走向世界。

1.4.2 暴雨频率分析

中国的暴雨频率分析方法与洪水频率分析方法相同，只是在绝大多数情况下，没有特大值的处理问题。2006年出版的由王家祁、张建云主编的《中国暴雨统计参数图集》，汇集了迄今为止中国暴雨方面最全面、最系统的资料和研究成果，也是近半个世纪以来中国关于暴雨统计特征研究的最重要的总结性成果，具有广阔的应用前景。它利用现代编图技术和工具，分析了中国迄今为止2万多个测站10min, 60min, 6h, 24h和3d共5种标准历时的暴雨统计参数，并分析绘制了这5种历时的均值和 C_v 等值线图与网格图以及百年一遇点雨量等值线图和网格图；对5种历时还绘制了实测和调查最大点雨量分布图。

1.4.3 基本规律研究进展

对于暴雨/洪水基本规律研究，国外文献很少见。50多年来，中国在这方面的研究取得了大量成果，主要体现在下列文献中。

(1) 1988—1999年，先后出版了《中国历史大洪水》（上、下卷）和《中国江河防洪丛书》（包括长江、黄河、珠江、淮河、海河、松花江、辽河和总论，共8卷）。这些书对中国各地暴雨/洪水的气象成因和时空分布规律进行了系统的论述。

(2) 1999年出版的《可能最大暴雨和洪水计算原理与方法》中“中国非常暴雨的特性”和“中国非常洪水特性”，首次从水文气象学的角度，对中国非常暴雨/洪水的特性进行了概括，具有新意，认识更为深透。

(3) 2002年出版的《中国暴雨》，分别阐述了和水利水电工程有关的暴雨主要因子（暴雨量的极值、统计特征、时面深关系、时面雨型等）的研究成果（包括分布规律和形成原因等），并汇集了全国暴雨研究的综合性图表，包括大量的暴雨特征等值线图。

(4) 2002年出版的《水文定理、定律和假说初探》，将中国在特大暴雨/洪水研究方面所获得的具有普遍性的规律性的认识，包括气象成因、多年变化、地区变化、产流和汇流等，提升到理论高度。

(5) 2006年发表的文章“中国暴雨洪水特性研究”，对中国暴雨洪水的特性进行了简要概括。

1.4.4 中国设计洪水的总体水平

中国设计洪水的总体水平已步入世界前列，特别是在设计洪水工程实践上。这主要表现在以下几个方面。

(1) 在指导思想，坚持“多种方法，综合分析，合理选定”的原则，使设计洪水成果的不确定性大为减少。这一原则由陈家琦教授于 20 世纪 70 年代所倡导。

(2) 历史洪水资料丰富，其数量之多，覆盖面之广，研究之深入，世界上绝无仅有。这是运用好频率分析法和水文气象法的重要“物质”基础。

(3) 频率分析法。不是单纯的统计计算，而是在许多环节要结合物理成因进行分析。对分析计算方法，包括历史洪水的处理、经验频率计算公式、频率曲线线型和统计参数的估计，都有深入的研究和独特的认识。这样就使频率分析法具有浓厚的中国特色。

(4) 水文气象法。用中国工程水文工作者的思路、观点和语言理解、看待和描述 PMP/PMF，并把中国水文分析计算工作的经验融入其中，使之思路清晰，理论系统，层次分明，重点突出，通俗易懂，并在理论和方法上有一系列的创新。这些成果，已较全面系统地写入最新的 WMO《PMP 估算手册》（第 3 版），这是中国的设计洪水理论与经验，第一次进入世界级的技术性指导文件之中。

(5) 在特大暴雨/洪水的基本规律的研究方面，对全国特别是七大江河的研究，取得了一系列的重大成果。这种甚为广泛的规律性的研究和认识，也是中国的一大特点。

罗星文、李正祥两人将国内外常使用的推理公式和经验公式，在尼日利亚进行适用性分析，并采用尼日利亚水文站实测资料进行验证，重新拟定出从理论依据及现实效果上均能更好地适应尼日利亚西北地区铁路沿线的中小河流暴雨洪水计算方法——“中铁法”。

管珉、申双和、单九生三人介绍了一种不需要大量观测数据及分析，适用于江西偏远小流域的山洪灾害指标的计算模型，及其具体计算方法。同时，给出了模型中各个参数的获取方式。即在观测资料相对丰富的流域，一般应用观测资料来推算模型参数；在缺乏实际观测资料的地区，则根据流域特征结合一般流域的经验得到参数。利用江西省 1960—2000 年 137 次

山洪灾害过程最大流量资料，对模型进行了应用检验。结果表明，使用推理公式计算得到的结果，比使用统计方法获得的结果稳定，且误差小，研究模型有助于提高计算的准确性。

20 世纪 80 年代我国开始进行的《暴雨径流查算图表》工作，各省均分析了大量暴雨洪水资料，也有不少省区从本地的雨洪资料出发，分析了推流公式中的汇流系数 m 值，有的还给出了 m 值的经验公式，其中有的按地貌条件进行分类，有的则采用了地区综合。这些工作无疑对推动小流域暴雨洪水计算起到了作用。

第二章 研究方法与技术路线

2.1 研究区基本概况

项目研究区包括我国西北部的青海、甘肃、陕西、宁夏、内蒙古和新疆六省（区）。分属黄河、长江、内陆河、海河、松辽五大流域九十一个水系。总国土面积为 427.12 万 km^2 ，约占全国总面积的 44.5%。研究区内素有“中华水塔”之称的青藏高原，有中国十大河流中的黄河、长江、澜沧江、额尔齐斯河、塔里木河。新疆的额尔齐斯河流经哈萨克斯坦和俄罗斯，汇入鄂毕河，最终注入北冰洋，额尔齐斯河是我国唯一的北冰洋水系河流。西南部喀喇昆仑山的奇普恰普河流入印度河，最后注入印度洋。区域内有四大盆地中的塔里木盆地、准噶尔盆地。有四大高原中的青藏高原、内蒙古高原、黄土高原。主要山脉有天山、昆仑山、秦岭、阿尔泰山、祁连山、贺兰山等。中国西北地处青藏高原且深居内陆，海洋水汽难以到达，形成特有的高原山地气候和干旱气候，属于干旱、干旱半干旱、半湿润半干旱气候区。多年平均降水量在 130~886mm 之间，地区分布差异很大，年内分配极不均匀。

青海省境内河流分外流水系和内陆水系，东南部为外流水系，是黄河、长江、澜沧江的源头和上游段，降水相对较多，水系发达，河网密集，西北部为

内陆水系，气候干旱少雨，河流少而分散，流程相对较短。

甘肃省分属黄河、长江、内陆河三大流域九个水系。主要有内陆河流域的疏勒河水系、黑河水系、石羊河水系，黄河流域的黄河干流水系、洮河水系、湟水水系、渭河水系、泾河水系，长江流域的嘉陵江水系。地处黄土高原、内蒙古高原和青藏高原的交汇处，山地高原和丘陵交错，自然地理条件复杂。全省多年平均降水量 277mm，其中黄河流域 463mm、长江流域 599mm、内陆河流域 130mm，属干旱半干旱气候区。

陕西省分属黄河、长江两大流域十四个水系。主要有黄河流域的黄河干流水系、黄河中游区上段水系、窟野河水系、无定河水系、黄河中游区下段水系、渭河水系、泾河水系、北洛河水系、伊洛河水系，长江流域的嘉陵江水系、汉江上游水系、汉江中游水系、丹江水系、毛乌素闭流区水系。地势特点是南北高、中间低，由西向东倾斜，以“北山”和秦岭为界，将全省划分为陕北高原、关中平原和陕南秦巴山地三个自然区域。全省多年平均降水量 656.2mm，其中黄河流域 520.8mm、长江流域 886.9mm，属半湿润半干旱气候区。

宁夏回族自治区位于黄河流域中上游，境内有黄河干流及其支流泾河、葫芦河、祖厉河、清水河、苦水河及黄河两岸诸沟。多年平均年降水量 289mm，降水由南向北递减，南部六盘山东南年均降水量 800mm，到北部引黄灌区仅 179mm。其中六盘山、贺兰山为两个降水高值区。

新疆维吾尔自治区分属内陆河流域九个水系。全疆有大小河流 570 条。新疆地形、地貌可概括为“三山夹两盆”，即天山山脉、阿尔泰山脉、昆仑山脉及其环绕形成了准噶尔、塔里木两大盆地。全区多年平均年降水量 154.8mm，属典型干旱气候区。

2.2 技术路线

历史洪水、定点洪水、动点洪水调查研究的最终目的是解决没有被水文站捕获到的已经发生洪水的定时、定点、定量问题。洪峰流量计算公式为：

$$Q_m = \int \bar{v} dA = \int \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} h dx$$

式中， Q_m 为断面最大流量， v 为断面平均流速， A 为断面面积， n 为糙

率系数, R 为过水断面湿周, S 为洪水比降, h 为水深, x 为断面起点距。

洪峰流量估算的关键问题是研究确定最高洪水位、洪水水面比降、过水断面以及决定流速大小的河段糙率, 并且对调查、分析、计算成果进行合理性检查。

(1) 最高洪水位的确定

最高洪水位是确定过水断面和水面比降的基本依据。在一个河段上同次洪水可以调查到多个洪痕点, 连结各洪痕点水位高程在河段纵断面图上绘出洪水水面线, 以确定计算断面处最高洪水位和水面比降。

(2) 过水断面面积的确定

估算历史洪水洪峰流量一般都是采用调查时施测的河道断面, 河道冲淤变化可能导致调查时的断面不能代表洪水发生时刻的实际断面, 采用施测时的过水断面计算历史洪水洪峰流量常常会导致较大误差。因此, 在流量计算时, 要研究河道冲淤变化特性, 若调查河段存在明显冲淤变化, 则需要对历史洪水的过水断面进行复原或修正。

(3) 河段糙率的确定

流量是河床糙率、河道形状及面积、水面比降等要素的函数。采用比降法估算流量时, 糙率值是一个非常重要的参数。糙率是不能直接量测的参数, 其确定较为困难。以往多是参照前苏联学者编制的天然河道糙率表, 凭经验选取糙率值, 任意性和局限性较大, 使用效果不好, 往往给计算成果带来较大误差。为解决糙率值的合理选用问题, 在本项工作中充分利用水文站实测资料, 分析了河道形状及水深对糙率的影响, 同时分析了水流形态、河床质组成、岸壁特征等对糙率的影响, 综合编制了适合各种类型的天然河道糙率研究成果模型。

(4) 计算成果的合理性分析检查

历史洪水流量估算中, 每个计算环节都不可避免地存在诸多不确定性因素, 因此必须对单河段流量计算成果通过多种途径进行定性和定量的合理性分析检查, 才能保证成果的质量。合理性检查只是作为发现矛盾或问题的一种手段, 不能作为改正的依据。对发现的问题或矛盾, 还需要从原始资料、计算方法、选用参数等各个环节查找原因, 必要时还需到现场复查。合理性检查对成果的质量起到有效的控制作用。

第三章 历史洪水 调查 研究

1975年8月河南西部发生特大暴雨洪水，林庄6小时雨量达830mm，强度之大接近世界最大记录，板桥、石漫滩两座大型水库溃决，造成29个县市1000多万人口受灾，1700多万亩耕地被淹，死亡26000多人，京广铁路冲毁102公里，中断行车18天，影响运输48天，灾情十分惨重。大坝溃决的主要原因是设计洪水严重偏小，千年一遇的设计洪水流量 $4230\text{m}^3/\text{s}$ ，仅为“75·8”实际发生洪峰流量的1/3。

“75·8”大水引起了政府和工程技术人员对设计洪水问题的广泛反思，历史洪水调查研究引起当时水电部和有关部门领导的重视。由此，开始了对已有历史洪水资料进行调查、汇集、分析研究。

3.1 基本资料

本项研究开展了大量的野外实地勘察工作，查阅了大量的历史文献，收集了丰富的报刊资料。

(1) 野外调查勘测资料

新中国成立以来，水利部门对全国各地历史大洪水进行了大规模的调查，取得了大量宝贵的历史大洪水资料。本项研究对1979年以前调查勘测的资料进行全面清查。从西北各省（自治区）水利设计院、水文总站、分站以及部属水利水电勘测设计院、各大流域机构等单位共收集到668个河段的原始调查报告、