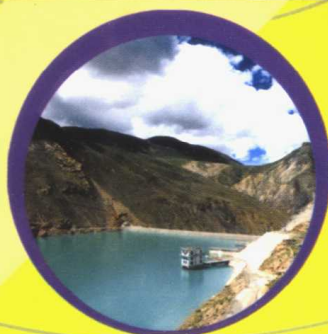
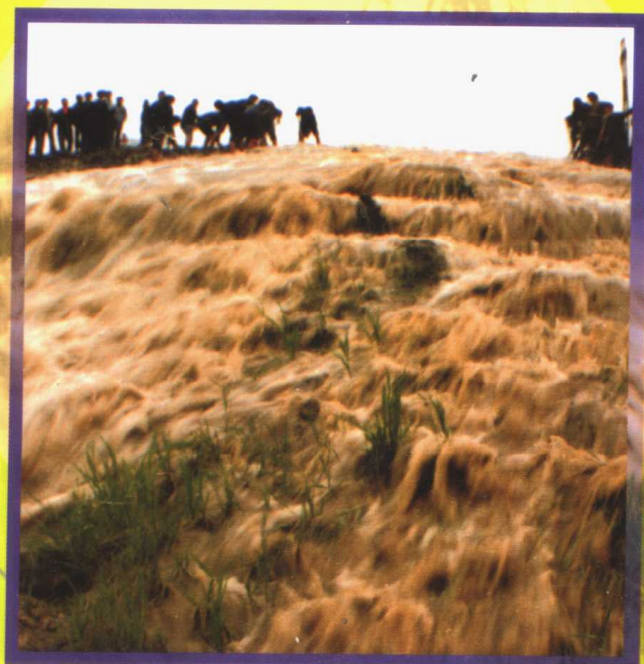


水科学前沿学术丛书

设计洪水 研究进展与评价

© 郭生练 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水 科 学 前 沿 学 术 丛 书

设计洪水

研究进展与评价

◎ 郭生练 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统地介绍了设计洪水分析计算的理论、方法和研究进展。通过大量的文献资料和应用实例研究,对设计洪水分析计算的各种理论和方法进行了比较评价。其主要内容包括中、英、美三国由雨量和流量资料推求设计洪水的方法,PMP/PMF估算原理和方法,各国设计洪水的比较和评价,无偏经验频率公式,P-Ⅲ型分布参数估计方法比较研究,考虑历史洪水资料和无资料地区的频率分析方法,洪水频率区域综合分析,非参数统计试验和假设检验及估计方法,超定量系列取样和频率分析,以及汛期分期方法和分期设计洪水估算等。

本书适合于水利、交通、地理、气象、环保、国土资源等领域内的广大科技工作者、工程技术人员参考使用,也可作为高等院校高年级本科生和研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

设计洪水研究进展与评价 郭生练编著. —北京:中国水利水电出版社, 2005

(水科学前沿学术丛书)

ISBN 7-5084-3104-9

I. 设... II. 郭... III. 设计洪水—研究
IV. P333.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第088978号

书 名	水科学前沿学术丛书 设计洪水研究进展与评价
作 者	郭生练 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 17.75印张 421千字
版 次	2005年10月第1版 2005年10月第1次印刷
印 数	0001—2500册
定 价	45.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前

言

自 Fuller 1914 年首次通过在频率格纸上点绘洪水经验频率曲线来推求设计洪水以来,洪水频率分析研究与应用已有近 100 年的历史。从初期的简单分析计算发展到目前含有丰富内容的应用实践,从经验处理发展到现阶段具有坚实理论基础的科学研究,走过了不平凡的发展道路。

随着社会经济的快速发展,水库防洪和兴利综合利用的矛盾日益突出。准确合理地估算设计洪水,对水利工程的规划设计和运行管理而言至关重要。由于水文频率分析的主要目的是频率曲线的外延,不论采用哪种方法都存在许多不确定性,存在着不少有争议和需要继续探讨的问题。随着水文资料系列的不断延长、科学技术的提高以及信息和经验的积累,都给设计洪水分析计算创造了有利条件。因此,继续深入开展设计洪水的分析研究是十分必要的。

20 世纪 80 年代作者在国外攻读硕士和博士学位期间,研究方向主要为洪水频率分析,1990 年回国后继续关注 and 开展该领域的研究和探讨。2002 年在水利部重大科研项目“水库设计运用专题研究项目——国内外水库设计洪水理论和防洪调度方法评价研究”的支持下,对洪水频率分析进行了较为系统的总结和研究,与同事和研究生们一起,在该领域发表了 50 多篇学术论文,积累了一定的经验和知识。

本书的前七章在详细论述国内外设计洪水理论和方法的基础上,重点对比分析了中、英、美三国在设计洪水计算过程中对设计暴雨与设计洪水的频率关系、点面关系、时程分配雨型、净雨分析、流域响应、分布线型、参数估计方法、PMP/PMF、受城市化影响地区和无资料地区的设计洪水计算等环节考虑的异同和特色。并建议我国应加强对设计暴雨和设计洪水频率关系、频率分析抽样、洪水线型和参数估计方法选择、区域洪水频率分析、PMP/PMF 估算、受城市化影响地区和无资料地区的设计洪水计算等问题的研究。第八~第十六章结合作者的研究成果,分别研究了 P-Ⅲ型分布参数估计方法比较,水文计算中的经验频率公式和 P-Ⅲ型无偏绘点位置,考虑历史(古)洪水资料和无资料地区的频率分析方法,洪水频率区域综合分析,非参数统

计试验和假设检验及估计方法，超定量系列取样和频率分析，汛期分期方法和分期设计洪水估算，水库汛限水位动态控制方法等。本书的出版，希望能为中国进一步开展设计洪水分析研究起到一个抛砖引玉的作用。

全书由郭生练负责编写，熊立华、方彬、徐长江、周芬、刘攀、李玮、肖义等参与了部分研究和编写工作。本书是在综合国内外许多资料的基础上，经过反复酝酿而写成的，其中一些章节融入了作者20多年来的主要研究成果。由于作者水平有限，编写时间仓促，书中必然有许多缺陷和不妥之处，有些问题有待进一步深入探讨和研究；在引用文献时，也可能存在挂一漏万的问题，希望读者和有关专家批评指出，请将意见反馈给编著者，以便今后改正。

本书是在水利部重大科研项目“水库设计运用专题研究项目——国内外水库设计洪水理论和防洪调度方法评价研究”的支持下完成的。在本书的出版过程中，得到了武汉大学“水文学及水资源”国家重点学科建设经费的部分支持。国家防汛抗旱总指挥部办公室邱瑞田副主任、万海斌处长，国家防洪减灾研究中心黄金池教授，长江水利委员会王善序、郭海晋教授级高工，黄河水利委员会王国安教授级高工，四川大学丁晶教授，河海大学陈元芳教授，武汉大学赵英林教授等专家学者对本书进行了评审，提出了许多宝贵的意见和建议。中国水利水电出版社邓群、张洁同志对本书的出版付出了大量的心血。在此，一并谨向他们表示衷心的感谢。

作者

2005年3月于武汉珞珈山麓

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 问题提出的背景	1
第二节 国内外设计洪水研究的现状及发展趋势	2
第三节 全书的主要章节内容	4
参考文献	6
第二章 中国设计洪水计算方法概述	7
第一节 概述	7
第二节 中国设计洪水计算方法及发展历程	9
第三节 根据流量资料推求设计洪水	10
第四节 根据雨量资料推求设计洪水	11
第五节 根据水文气象成因推求设计洪水	14
参考文献	16
第三章 英国由雨量资料推求设计洪水的研究进展	17
第一节 单位线和损失模型	17
第二节 估计设计洪水	23
第三节 估计可能最大洪水	27
第四节 洪水事件模拟与重现期评估	31
第五节 估计水库设计洪水	32
第六节 流域差异性 & 土地利用的影响	35
参考文献	39
第四章 英国由流量资料推求设计洪水的研究进展	40
第一节 洪水频率分析计算	40
第二节 指标洪水估算方法	43
第三节 应用 L-矩法估算洪水增长曲线参数	49
第四节 洪水频率区域综合分析	53
第五节 修正洪水频率分析结果	59
第六节 推求设计洪水过程线	63
参考文献	66

第五章 美国设计洪水的研究与进展	68
第一节 美国洪水频率分析	68
第二节 美国暴雨频率分析	70
第三节 推求无资料地区的设计洪水	76
参考文献	85
第六章 国内外洪水频率分析计算的比较与评价	87
第一节 世界各国洪水频率分析计算方法简述	87
第二节 国内外由雨量资料推求设计洪水的方法比较	89
第三节 国内外由流量资料推求设计洪水的方法比较	93
第四节 设计洪水估算结果合理性的检查与评价	94
第五节 对我国洪水频率分析研究方向的建议	97
参考文献	98
第七章 国内外 PMP/PMF 估算方法与研究进展	99
第一节 PMP/PMF 分析估算原理	99
第二节 国内外 PMP 估算方法综述	101
第三节 由 PMP 推求 PMF 方法	111
第四节 PMP/PMF 成果的合理性检验	116
第五节 国内外 PMP/PMF 估算方法的比较研究	117
第六节 各国 PMP/PMF 估算成果的比较研究	120
参考文献	130
第八章 P-Ⅲ型分布参数估计方法的比较研究	132
第一节 P-Ⅲ型分布参数估计方法概述	132
第二节 P-Ⅲ型分布参数的无偏性和稳健性检验	137
第三节 P-Ⅲ型分布的适应性和可靠性研究	141
参考文献	145
第九章 水文计算中的经验频率公式	147
第一节 经验频率公式的推导原理和比较	147
第二节 连序系列 P-Ⅲ型分布绘点位置的比较研究	149
第三节 不连序系列的经验频率公式	152
第四节 P-Ⅲ型分布的无偏经验频率公式	155
参考文献	156
第十章 考虑历史洪水资料的水文频率分析计算	158
第一节 历史洪水和古洪水	158
第二节 历史洪水资料的作用和对设计洪水的影响	159
第三节 不定量历史洪水对设计洪水的影响研究	164
第四节 不连序系列参数估计方法的比较研究	168

参考文献	172
第十一章 洪水频率区域综合分析	174
第一节 国外洪水频率区域综合分析的主要方法	174
第二节 洪水频率区域综合分析的原则和关键	176
第三节 L-矩在洪水频率区域综合分析中的应用	181
第四节 关于区域洪水概率的探讨	183
参考文献	186
第十二章 无资料地区设计洪水的分析计算	188
第一节 无资料地区设计洪水区域的频率分析	188
第二节 应用区域回归法估算无资料地区的设计洪水	198
参考文献	203
第十三章 超定量洪水系列频率分析	204
第一节 AM 和 POT 系列比较	204
第二节 POT 系列的理论基础和应用研究	206
第三节 POT 系列的取样技术和门限值的确定	210
第四节 超定量洪水系列的频率分析	216
参考文献	222
第十四章 非参数统计在水文分析计算中的应用	225
第一节 参数和非参数假设的检验	225
第二节 非参数统计试验方法	230
第三节 非参数密度函数估计方法	232
第四节 非参数统计在洪水频率分析中的应用	236
第五节 非参数模型在随机模拟中的应用	239
参考文献	242
第十五章 分期设计洪水的分析研究	245
第一节 我国暴雨洪水季节性变化的特征	245
第二节 水库汛期的分期方法	247
第三节 清江流域隔河岩水库的汛期分期	253
第四节 分期设计洪水的分析计算	263
参考文献	267
第十六章 水库汛限水位动态控制方法	268
第一节 汛限水位静态控制方法	268
第二节 汛限水位动态控制方法	270
参考文献	273

水利水电工程建设和管理关系到我国国民经济的发展和人民生命财产的安危,在工程的规划设计和水库运行管理中,如何做到既能确保防洪安全又能最大限度地发挥水利工程的综合效益,一直是科研人员关注和研究的课题。一方面,自从1998年长江大水后,防洪安全再次成为人们关注的问题,防洪标准、设计洪水与工程安全密切相关。另一方面,我国水资源短缺问题日益加剧,如何在保证防洪安全的前提下充分利用洪水资源,科学调度和管理好已建的水库工程,满足当地社会经济发展对水资源的需要。

第一节 问题提出的背景

1949年新中国成立以来,我国设计洪水的标准和计算方法经历了从历史洪水资料加成法逐步过渡到频率分析计算方法,以及20世纪60年代以后引入可能最大洪水的发展过程。为了使全国有一个统一标准的计算手段,1979年水利部和电力工业部总结了过去20多年的实践经验,并参照各国现行成果,颁发了《水利水电工程等级划分及洪水标准规范(试行)》^[1]和《水利水电工程设计洪水计算规范 SDJ22—79(试行)》^[2],使我国设计洪水有了统一的标准,对指导设计洪水计算、保证设计成果质量起了重要作用。随着改革开放的深入,我国亟待开发利用的水利水电工程逐渐增多,而国内外设计洪水计算技术又有了新的发展。为了适应形势的需要,水利水电规划设计总院组织有关部门对原规范进行了修订,于20世纪90年代初制定了有关洪水标准的补充规定,并编制了新的设计洪水计算方法规范,即《水利水电工程设计洪水计算规范 SL44—93》^[3],同时相应地出版了《水利水电工程设计洪水计算手册》^[4]。2000年水利部颁发了《水利水电工程等级划分及洪水标准 SL252—2000》^[5],取代了原有的标准。这些标准和规范一方面保留了符合我国情况、切实可行的条文;另一方面以多年来我国行之有效的实用方法和科技成果为背景进行补充和发展,反映了科学性、先进性和实用性,并具有中国特色。

如果说经济、社会 and 环境的协调发展是一个有机整体,那么水利水电工程建设就是其中的一个局部,在不同的社会经济发展水平条件下,上述整体与局部的关系是不一样的,社会经济发展水平越高,对水利水电工程建设和发展的要求也就越高,两者相辅相成。无疑,水利水电工程建设和发展应与国民经济发展水平相适应,而现在的实际情况是社会经济在不断发展,防洪标准却没有相应地提高,设计洪水计算方法的技术没有相应地更新。据统计,全国目前有670多座城市,其中有610多座城市受到不同程度的洪水威胁,有70%的城市防洪能力仍低于国家规定的标准,10%的城市根本没有任何防洪保安措施。一

旦发生洪涝灾害,势必造成重大损失。

科学合理的规划设计工作是水利水电工程建设的基础和前提。水利工程的建设必将带来巨大的社会经济和生态环境效益。防洪工程的效益表现形式不同于一般意义上的效益概念,它不是直接创造财富,而是通过减少洪灾损失和不利影响来体现其效益。防洪效益主要表现在三个方面:一是社会效益,主要是减少人员伤亡,避免疫病流行,避免洪灾引起治安、饥荒、卫生等一系列社会问题;二是经济效益,主要是减少人民生命财产的损失,包括工厂、企业、公共设施和居民住宅被淹造成设备、物质、财产以及停产、停业损失;三是生态环境效益,主要是避免洪水泛滥破坏已有的排水、供水系统,造成水土流失污染水资源等。

第二节 国内外设计洪水研究的现状及发展趋势

国外设计洪水研究较早,Fuller 于 1914 年首次在频率格纸上点绘洪水经验频率曲线,推求设计洪水。美国 20 世纪 30 年代以前普遍采用统计法以频率标准估计设计洪水。经过 30 年代特大洪水的考验,发现了统计频率计算的局限性以及使用中存在的一些问题,因而促进了对可能最大暴雨 PMP (probable maximum precipitation) 与可能最大洪水 PMF (probable maximum flood) 的研究。前苏联一向沿用统计法估计设计洪水,并且大中型水库的防洪安全设计以设计洪水过程线为依据。目前,设计洪水分析计算主要有两种途径:一是采用统计方法(频率分析计算)推求设计洪水;二是从水文气象的成因途径推求设计洪水。

一、统计途径(频率分析)推求设计洪水的研究进展

水文频率分析法的应用,已有近百年的历史,从初期的简单分析计算发展到目前含有丰富内容的应用实践,从经验处理发展到现阶段具有坚实理论基础的科学研究,走过了不平凡的发展道路。多少年来,随着资料的增长、计算技术的提高以及信息和经验的积累,为频率分析计算创造了有利条件。

1. 国外频率分析研究的进展

美国 1968 年颁布了设计洪水计算指南^[6],1976~1982 年又多次进行了修改补充^[7,8]。英国水文研究所 1975 年撰写了经典著作《洪水研究报告》(Flood Studies Report, 简称为 FSR)^[9],作为洪水频率分析的导则,在欧洲和非洲得到广泛的应用。

近年国外对洪水抽样方法、频率曲线线型、经验频率公式、参数估计方法、设计洪水过程线放大、区域洪水频率分析、时间序列分析、非参数估计等多方面进行了广泛和深入的研究,取得了一些进展。其中比较重要的和具有代表性的成果有:

(1) 爱尔兰国立大学 Cunnane 教授受世界气象组织(WMO)委托,于 1989 年撰写出版了《洪水频率分析的统计分布》(Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis, WMO Operational Hydrology Report, No. 33)^[10],较全面系统地总结了洪水频率分析的线型、参数估计方法以及各国的使用情况。

(2) 1992 年美国新出版的《水文手册》(Handbook of Hydrology)共分四部分 29

章,其中第三部分为水文统计,共有5章,包括“水文资料的统计处理”(Statistical Treatment of Hydrologic Data)、“极值的频率分析”(Frequency Analysis of Extreme Events)、“水文时间序列模拟分析”(Analysis and Modeling of Hydrologic Time Series)和“地理统计学”(Geostatistics)。该手册详细论述和介绍了美国设计洪水的计算理论和方法^[11]。

(3) 丹麦技术大学 Dan Rosbjerg 教授 1993 年汇编出版了《超定量系列在水资源中的应用研究》(Partial Duration Series in Water Resources, Technical University of Denmark Press)。该书分析比较了年最大系列和超定量系列取样方法的优缺点,论述了适合超定量系列的频率分布曲线和模型,以及参数估计方法和误差风险分析等^[12]。

(4) 英国剑桥大学 1997 年出版了 Hosking 和 Wallis 撰写的专著《以线性矩为基础的区域洪水频率分析》(Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-moments, Cambridge University Press)。该书详细介绍了线性矩参数估计方法及其在区域洪水设计中的应用^[13]。

(5) 英国水文研究所在 FSR 的基础上,1999 年又重新编写了《洪水估算手册》(Flood Estimation Handbook, 简称为 FEH)^[14]。该手册所推荐的方法在欧洲和英联邦国家设计洪水计算中得到了广泛的应用。

除了上述几部有关设计洪水的专著和手册外,国际期刊近年还发表了数百篇有关的学术论文。

2. 国内频率分析的研究进展

我国自 20 世纪 50 年代开始开展水文频率分析工作,在洪水抽样方法、频率曲线线型、经验频率公式、参数估计方法、设计洪水过程线放大等方面进行了较为深入的研究^[15]。在吸取各国经验和参照国外有关规范的基础上,形成了一套符合中国实情的、能基本上解决实际问题的理论和方法。我国水利水电工程设计洪水计算规范《SDJ22—79(试行)》自 1980 年成为国家行业标准以来^[2],1993 年对该规范进行了修改补充《SL44—93》^[3],2004 年水利部水利水电规划设计总院又组织专家进行了修改补充。

水文频率分析的主要目的是频率曲线的外延,不论用哪种方法,对于内插部分,所得结果一般不会有较大差别,但频率曲线常需外延。因此,水文分析计算的关键是资料要可靠,方法要合理。要尽量延长系列、增加可靠的历史洪水、缩短外延的幅度,是减少误差的一个途径。再者,成果的合理性分析十分重要,要做到时空上综合平衡,避免用单一时段和单一站点所得成果的片面性,使其在水文和统计意义均合情合理。同时,还应采取多种途径的结果相互比较和验证,以期得到更为合理的成果^[16]。

二、水文气象成因途径(PMP/PMF)推求设计洪水的研究进展

1. 国外 PMP/PMF 的研究进展

可能最大降水 PMP 与可能最大洪水 PMF 首先由美国提出,并用于工程设计,作为重要水坝和泄洪道的普遍设计标准。美国在 1947 年完成了 105°以东地区 PMP 的综合研究(面积控制在 2.59 万 km²),1978~1984 年间出版了一系列水文气象报告(HMR),系统研究了可能最大降水数值的地区分布、时面深关系、季节变化、地形影响和设计时面

雨型。1981~1987年间,美国举行了多次水文气象会议(第4~7次),1983年在美国召开了国际水文气象讨论会,在会议文集中有不少涉及暴雨估算的内容。美国工程界也有讨论PMP估算的例子和观点。

英国在1975年发表了著名的《洪水研究报告》^[9]之后,又发表了补充研究报告。在80年代出版的水文书籍中有大量篇幅介绍《洪水研究报告》的计算方法和详细的查算图表。澳大利亚在80年代举行了多次水文和水资源学术讨论会,会议文集中都有涉及PMP的论文发表。印度暴雨量级甚大,近年对印度西部的三次特大暴雨有过专门的介绍,对热带地区PMP的估算也有一些研究。

1986年世界气象组织出版了《可能最大降水估算手册》^[17]第二版,基本保留了1973年第一版的所有内容,并又补充了美国、澳大利亚、印度等国新的经验。

2. 国内PMP/PMF的分析计算

中小型水利水电工程由于流量资料短缺,往往采用由设计暴雨利用推理公式和单位线方法推求设计洪水的间接法,而大中型工程主要依据流量资料直接计算,同时也可采用暴雨径流间接法,多种途径综合比较,合理选定。其假定设计暴雨与设计洪水同频率存在一定的误差,由于流域各雨量站同步雨量资料系列一般不长,面雨量资料不足,多通过点面关系推求流域面平均雨量,同时亦存在洪水频率计算遇到的类似问题。从水文气象的成因途径推求设计洪水的代表方法就是可能最大降水和可能最大洪水计算,该法避免了频率分析计算的某些不足。

我国开展PMP/PMF工作始于20世纪50年代末60年代初,最初是由长办(现为长江水利委员会)水文局协同中科院、华东水利学院、北京大学等单位在长江三峡水利枢纽设计中使用了可能最大降水,采用10个方案,估算了三峡60天可能最大洪水。随后原上海院和华东水利学院共同对华东地区的台风雨和锋面雨的可能最大降水作了研究,长江委、北京院、东北院、西北院、昆明院、长沙院等单位陆续对丹江口、隔河岩、偏窗子、宝珠寺、乌江渡、蒲圻、鸭河口、普定、五强溪等水利工程进行了可能最大降水的分析计算。水利电力部水电总局为了推广这项工作,于1965年秋,委托长办举办了水文气象研习班,部属设计院和部分省设计院派员参加了学习。1975年8月我国河南省驻马店地区发生特大暴雨之后,水电部规定用“可能最大暴雨洪水”作为重要的水利水电工程的复核保坝标准,我国广泛开展了可能最大降水计算工作,编制了《中国可能最大24小时点雨量等值线图》,对100余座大中型水库估算了可能最大洪水。

20世纪80年代以来,PMP/PMF的研究又有了一些新成果。1983年詹道江和邹进上教授合著出版了《可能最大暴雨与洪水》^[18],对国内外PMP/PMF的一些估算方法和实践经验作了介绍。1999年黄河水利委员会王国安教授级高工编写出版了《可能最大暴雨和洪水计算原理与方法》专著^[19],书中详细介绍了水文气象法的原理方法,以及研究进展和存在的问题。2004年郭生练等对国内外PMP/PMF估算方法和结果、研究的进展进行了分析比较和评价^[20],详见第7章。

第三节 全书的主要章节内容

结合水利部重大科研项目“水库设计运用专题研究”课题—“国内外水库设计洪水理

论和防洪调度方法评价”，在综述国内外最新设计洪水理论和方法的基础上，总结作者过去 20 多年来的研究经验和体会，选择美国和英国作为分析对比对象，借鉴和吸收国外先进理论及经验，结合我国实际情况，对我国现行设计洪水理论和方法进行探讨，本书的主要内容如下。

(1) 第二章简要概述了目前中国工程实践中广泛应用的设计洪水计算方法。中国设计洪水计算有两种途径：由流量资料通过洪水频率分析或由设计暴雨频率分析通过产汇流分析计算推求指定重现期的设计洪水。

(2) 第三章和第四章详尽介绍了英国的设计洪水推求方法。英国水文研究所 1999 年出版了《洪水估算手册》(FEH)，取代了其在 1975 年出版的经典著作《洪水研究报告》(FSR)。全面综述和论述了设计洪水方法的选择、降雨频率估算、洪水频率分析、FSR 降雨-径流法、流域特征变量等问题。英国的设计洪水计算主要有两种途径：一是通过设计暴雨采用单位线和损失模型来推求；二是通过指标洪水和洪水频率曲线来推求。

(3) 第五章介绍了美国的洪水和暴雨频率分析方法，并总结了无资料地区的设计洪水计算方法和应用指导规则。美国设计暴雨采用 Gumbel 分布，设计洪水采用对数 P-Ⅲ型分布。通过水文相似流域的资料信息来建立回归方程，推求无资料地区的设计洪水。

(4) 第六章简述了世界各国设计洪水的计算方法，重点分析对比了中英美三国由雨量资料或由流量资料推求设计洪水方法的异同和特色，并提出我国设计洪水研究方向的建议。

(5) 第七章综述了国内外 PMP/PMF 估算原理和方法，重点比较研究了世界上几个主要国家的 PMP/PMF 计算方法和估计结果，分析探讨我国 PMP/PMF 估算成果偏大的原因。

(6) 第八章在介绍 P-Ⅲ型分布参数估计方法的基础上，用统计实验方法分析比较各种估算方法的无偏性和稳健性，并讨论 P-Ⅲ型分布的可靠性估计。

(7) 第九章回顾经验频率公式推导原理和理论基础，分析对比 P-Ⅲ型分布连序和不连序样本系列的无偏绘点位置，重点讨论数学期望公式的适用范围和局限性，并给出结论和建议。

(8) 第十章在分析历史洪水或古洪水资料在频率分析中作用的基础上，重点研究不定量历史洪水对设计洪水的影响，用统计试验方法比较研究不连序样本系列 P-Ⅲ型分布的参数估计方法。

(9) 第十一章综述国外洪水频率区域综合分析方法，探讨区域频率分析的原则和关键技术，并给出线性矩法在区域洪水频率分析中的应用实例。

(10) 第十二章分析探讨无资料地区设计洪水的区域频率分析方法和区域回归法，并结合实例，阐述主要步骤和需要注意的几个关键技术问题。

(11) 第十三章比较年最大抽样法和超定量取样法，探讨超定量洪水系列的取样方法和门限值的确定，研究超定量洪水系列的频率分析方法。

(12) 第十四章介绍非参数理论在水文分析计算中的应用，包括非参数假设检验，非参数统计试验方法，非参数回归方程，非参数密度函数的核估计模型；探讨非参数统计在水文分析计算中的应用前景。

(13) 第十五章在分析我国暴雨洪水季节性变化特征的基础上,研究探讨水库汛期分期方法和分期设计洪水计算,并结合隔河岩水库和三峡水库给出应用实例。

(14) 第十六章分析比较了水库汛限水位静态控制方法和动态控制方法,综述分析了水库汛限水位动态控制方法的研究现状及进展。

参考文献

- 1 水利电力部. 水利水电枢纽工程等级划分及设计标准(山区、丘陵区部分) SDJ12—78(试行) [S]. 北京:中国水利电力出版社,1979
- 2 水利部,电力工业部. 水利水电工程设计洪水计算规范 SDJ22—79(试行) [S]. 北京:中国水利出版社,1980
- 3 水利部,能源部. 水利水电工程设计洪水计算规范 SL44—93 [S]. 北京:水利电力出版社,1993
- 4 长江水利委员会水文局,南京水文水资源研究所. 水利水电工程设计洪水计算手册 [M]. 北京:中国水利电力出版社,1995
- 5 水利部. 水利水电工程等级划分及洪水标准 SL252—2000 [S]. 北京:中国水利水电出版社,2000
- 6 Benson M A. Uniform flood frequency estimating methods for federal agencies [J]. Water Resources Research, 1968, 4 (5): 891—908
- 7 U. S. Water Resources Council. Guidelines for Determining Flood Flow Frequency. Bulletin 17B [S]. Washington D. C., 1976, 1977 & 1981
- 8 IACWD (Interagency Advisory Committee on Water Data). Guidelines for Determining Flood Flow Frequency. Bulletin 17B [S]. U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey, Office of Water Data Coordination, Reston, Va., 1982
- 9 NERC (Natural Environment Research Council). Flood Studies Report [M]. Vol. 1—5, Department of the Environment, London, 1975
- 10 Cunnane C. Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis [M]. WMO Operational Hydrology Report, No. 33, 1989
- 11 Maidment D R. Handbook of Hydrology [M]. McGraw—Hill, INC., 1992
- 12 Rosbjerg D. Partial Duration Series in Water Resources [M]. Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering of Technical University of Denmark, 1993
- 13 Hosking J R M, Wallis J R. Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L—Moments [M]. Cambridge University Press, UK, 1997
- 14 IH (Institute of Hydrology). Flood Estimation Handbook [M]. Vol. 1—5, Institute of Hydrology, Wallingford, UK, 1999
- 15 刘光文. 水文频率计算评议 [J]. 水文, 1986, 6: 10—18
- 16 金光炎. 水文频率分析述评 [J]. 水科学进展, 1999, 10 (3): 319—327
- 17 WMO. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation [M]. 2nd edition, 1986
- 18 詹道江, 邹进上. 可能最大暴雨与洪水 [M]. 北京:水利电力出版社,1983
- 19 王国安. 可能最大暴雨和洪水计算原理与方法 [M]. 北京:中国水利水电出版社; 郑州:黄河水利出版社,1999
- 20 郭生练, 周芬, 王善序, 柴晓玲. 国内外 PMP/PMF 研究进展与评价 [J]. 水资源研究, 2004, 2: 1—4

第二章

中国设计洪水计算方法概述

我国大中型水库设计洪水的计算和分析,在1949年新中国成立初期,基本上是引进前苏联的方法。该方法的核心是按统计法拟定一条设计洪水过程线。经过在生产和研究中的不断实践和探索,发现并纠正前苏联方法中存在的一些问题,取得了一些重要的进展。在吸取各国经验和参照国外有关规范的基础上,建立了一套符合中国实情的、能基本上解决实际问题的理论和方法。本章简要概述我国工程实践中广泛应用的设计洪水计算方法。

第一节 概 述

一、防洪安全与洪水标准

水利水电工程及防护区的防洪安全程度,与被采用的作为工程建筑物设计依据的洪水大小有关,设计中采用的洪水越大,在工程运行期间水工建筑物损毁、防护区被淹没的风险就越小,但工程投资却相应增加。因此,究竟应采用多大的洪水作为设计依据,合理的办法应是在分析水工建筑物防洪安全风险、防洪效益、失事后果及投资等关系的基础上,通过综合经济分析并考虑失事可能造成的人员伤亡、社会影响、环境影响等因素后加以选择确定。然而,由于这些因素难以准确地预估,要对每个具体工程都进行这种综合分析是困难的。

就水利水电工程本身的防洪安全设计而言,1994年颁布的《防洪标准 GB50201—94》^[1]和2000年颁布的《水利水电工程等级划分及洪水标准 SL252—2000》^[2],是中国水利水电工程目前选择洪水标准的依据。规范按工程规模、效益和在国民经济中的重要性划分工程等别,再根据各等别工程中不同建筑物的性质和重要性划分水工建筑物的级别,并规定各级别建筑物所应采用的洪水标准。表2-1列出了水利水电工程分等指标,表2-2列出了水利水电工程永久性水工建筑物洪水标准。

我国目前采用的洪水标准有两种表达方式:一种是以洪水的重现期(频率)表示的,这种洪水也称为频率洪水,是绝大多数工程防洪安全设计所采用的洪水。另一种是可能最大洪水,其采用有严格的限制,只对水库工程土石坝的挡水和泄水建筑物一旦失事将对下游造成特别重大灾害时,作为一级建筑物的非常运用洪水标准。

表 2-1

水利水电工程分等指标

工程 等别	工程规模	水库总库容 (10^8m^3)	防洪		治涝	灌溉	供水	发电
			保护城镇及 工矿企业的 重要性	保护农田 (10^4 亩)	治涝面积 (10^4 亩)	灌溉面积 (10^4 亩)	供水对象 重要性	装机容量 (10^4kW)
I	大(1)型	≥ 10	特别重要	≥ 500	≥ 200	≥ 150	特别重要	≥ 120
II	大(2)型	$10 \sim 1.0$	重要	$500 \sim 100$	$200 \sim 60$	$150 \sim 50$	重要	$120 \sim 30$
III	中型	$1.0 \sim 0.10$	中等	$100 \sim 30$	$60 \sim 15$	$50 \sim 5$	中等	$30 \sim 5$
IV	小(1)型	$0.10 \sim 0.01$	一般	$30 \sim 5$	$15 \sim 3$	$5 \sim 0.5$	一般	$5 \sim 1$
V	小(2)型	$0.01 \sim 0.001$		< 5	< 3	< 0.5		< 1

表 2-2

水利水电工程永久性水工建筑物洪水标准 [重现期 (年)]

项 目			永久性水工建筑物级别				
			1	2	3	4	5
山区、 丘陵区	土石坝	设计	1000~500	500~100	100~50	50~30	30~20
		校核	可能最大 (PMF) 或 10000~5000	5000~2000	2000~1000	1000~3000	300~200
	混凝土坝、 浆砌石坝	设计	1000~500	500~100	100~50	50~30	30~20
		校核	5000~2000	2000~1000	1000~500	500~200	200~100
平原 区	水库工程	设计	300~100	100~50	50~20	20~10	10
		校核	2000~1000	1000~300	300~100	100~50	50~20
	拦河水闸	设计	100~50	50~30	30~20	20~10	10
		校核	300~100	200~100	100~50	50~30	30~20

二、设计洪水的计算方法

1. 设计洪水的含义

一场实际发生的洪水包含洪峰流量、各时段洪量等诸多特征,各种特征所对应的洪水频率一般是不相等的,所以一场现实洪水的重现期或频率是无法严格定义的。作为设计标准的洪水,实际上是工程设计人员人为构造的一场具有特定功能的洪水,即“设计洪水”。工程设计人员以满足规定频率的“设计洪水”作为工程或防护区防洪设计的依据时,预期发生防洪安全事故的风险率恰好等于规定的频率。

归纳起来,设计洪水的含义应包括以下几点。

(1) 设计洪水是水利水电工程防洪安全设计所依据的各种标准洪水的总称。它既包括以频率表示的洪水,也包括可能最大洪水;既包括设计永久性水工建筑物正常运用情况的洪水(设计洪水)和非常运用情况的洪水(校核洪水),也包括施工期间设计临时建筑物所采用的洪水。

(2) 对于以频率表示的洪水,设计洪水一般包括洪峰、时段洪量及洪水过程线。对防洪安全主要取决于洪峰流量的工程,如堤防、桥涵泄水闸等,设计洪水是指洪峰频率等于设计标准规定频率的洪水;对防洪安全主要取决于某一控制时段洪量的工程,如大型水库工程,设计洪水是指该控制时段洪量频率等于设计标准规定频率的洪水;对于洪峰流量及各时段洪量对防洪安全都起作用的工程,如调洪能力不太大的水库工程,设计洪水是指洪峰流量及各主要控制时段洪量频率等于设计标准规定频率的洪水。可见,以频率表示的设计洪水的含义是与工程防洪特点紧密联系的。

(3) 设计洪水一般是指某一断面的洪水,该断面称为设计断面。对于水工建筑物来说,设计断面就是建筑物所在地点的代表性断面;对于工程下游防护区来说,设计断面是指能代表防护区洪水情况的控制断面;对于少数水库工程,建库前后产汇流条件改变较大,可能使建库前后洪水差异较大,此时设计洪水是指从水库周边汇入水库的洪水。

(4) 设计洪水一般是指天然情况的洪水。如果设计工程上游有已建、在建或近期预计将修建的调洪作用较大的水库工程,或者设计工程本身的调洪作用较大,而又要研究设计工程对下游防护区的防洪效益,此时设计洪水是指受上游水库调洪影响后的洪水。

2. 设计洪水的计算

根据我国设计洪水计算规范的规定,计算设计洪水,按资料条件的不同,可选用下列三种方法:

(1) 坝址或其上、下游邻近站点具有 30 年以上实测和插补延长的洪水流量资料,并有调查历史洪水时,可采用频率分析法计算设计洪水。

(2) 工程所在地区流量资料不足,但具有 30 年以上实测和插补延长的暴雨资料,并有暴雨洪水对应关系时,可先采用频率分析法计算设计暴雨,再推算设计洪水。

(3) 工程所在流域内洪水和暴雨资料均短缺时,可利用邻近地区实测或调查暴雨和洪水资料,进行地区综合分析,估算设计洪水。

此外,当工程设计需要时,可用水文气象法估算可能最大暴雨,再推算可能最大洪水。

第二节 中国设计洪水计算方法及发展历程

推求水利水电工程设计洪水的途径和方法是随着洪水资料信息的积累、工程建设和运用经验的增加、人们对洪水规律认识的不断深化而逐步发展和完善的。自 1949 年中华人民共和国成立至今的 50 多年内,我国已逐渐形成了一套比较完整的设计洪水的分析计算方法。

20 世纪 50 年代初期,水文测站、雨量站、气象站均很稀少,资料年限也很短,不少测站的资料也残缺不全。在推求设计洪水的方法上,也没有统一标准和规定,因此各个工程推求设计洪水所采用的方法也不统一,主要的有两种方法:多数是以过去发生过的某一场暴雨洪水或适当加成后作为设计洪水;少数工程由于有比较长的洪水流量资料,也尝试用洪水频率分析方法直接计算设计洪水。

从 20 世纪 50 年代中期开始,用频率分析方法推求设计洪水在我国得到越来越广泛的