

WUJINGSHUI MONI
GTAI XUSHUILIANG
PEIZHI YANJIU

渭河洪水模拟 与生态需水量配置研究



冯普林 辛琛 李茜 刘俊 石长伟 等著



黄河水利出版社

渭河洪水模拟与 生态需水量配置研究

冯普林 辛 琛 李 茜 刘 俊 石长伟 等著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书在分析渭河高含沙水流特性和滩槽冲淤特征、研究水流挟沙力公式及冲淤计算模式的基础上,建立了渭河下游一、二维洪水演进数学模型,制作了基于地理信息系统的渭河下游洪水演进可视化演示系统;在河流生态需水量的概念、计算方法及原则综述分析的基础上,分析确定了渭河中下游主要控制站的生态需水量,通过取用水设施调查和可供水量、缺水量分析,提出了维持渭河中下游河道生态用水的水量调度方案,研究了利用低洼区蓄水补充河道生态用水的可行性。本书可供从事洪水模拟与河流生态研究人员和相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

渭河洪水模拟与生态需水量配置研究/冯普林等著.
郑州:黄河水利出版社,2013.11
ISBN 978-7-5509-0642-6

I. ①渭… II. ①冯… III. ①渭河-洪水-数学模型-研究②渭河-生态环境-需水量-研究 IV. ①P333.1
②X321.241

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 287396 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:23.75

字数:549 千字

版次:2013 年 11 月第 1 版

印数:1—1 000

印次:2013 年 11 月第 1 次印刷

定价:65.00 元

序

渭河是陕西人民的母亲河,流淌千年,生生不息。禹凿龙门开治水先河,秦修郑国渠促成华夏一统,至民国,一代水利先驱李仪祉主持兴建“关中八惠”,开创了我国科学治水的先河。古老的渭河在传承历史文化的同时,也承载着人们千百年来梦想。进入21世纪,渭河流域已经成为陕西省经济社会发展最重要的地区,集中了全省64%的人口、52%的耕地、72%的灌溉面积和80%的工业总产值,是全省经济社会发展的核心地带,也是国家级“关中—天水”经济区的核心地带。渭河是典型的多泥沙河流,由于潼关高程居高不下,泾、渭河高含沙洪水带来的泥沙淤积,导致渭河下游“悬河”态势不断加剧。同时,随着经济社会的快速发展,渭河流域水资源供需矛盾日趋紧张,河流生态用水难以保障,生态环境不断恶化,“整治渭河、兴水富民”成为一道亟待解决的宏大课题。

为了破解渭河生态环境问题,2011年以来,陕西省委省政府作出了实施渭河全线综合整治的战略决策,投资607亿元,通过修筑堤防、疏浚河道、整治河滩、调度水量、绿化治污,誓将渭河打造成关中最大的生态公园、最美的景观长廊和最长的滨河大道;启动实施陕西省有史以来最大的调水工程——引汉济渭工程,通过水权置换,加大渭河入黄生态水量,从而为陕北国家级能源化工基地供水;启动陕西人民翘首企盼半个多世纪的泾河东庄水库前期工作,出台了《陕西省渭河流域管理条例》。

实现中国梦,打造美丽渭河、生态渭河,还需探索有效的流域管理模式,围绕渭河防洪减淤、水资源管理、生态改善和骨干水库运行管理的紧迫性课题开展深入有效的研究工作,切实保障渭河水安全。陕西省河流工程技术研究中心冯普林等几位水利科技工作者,总结其“十二五”以来开展“渭河洪水模拟

与生态需水量配置研究”的部分成果,编辑出版了这本专著,为加强渭河流域管理提供了技术支撑和理论依据。

希望关心、支持、研究渭河的专家学者和社会各界同仁能够携起手来,和我们共同推进美丽渭河建设这一伟大而艰巨的使命,共创渭河生态文明建设的新篇章。

王 伟

2013 年 7 月

前 言

渭河是黄河中游典型的多泥沙河流,泾、渭、洛河的高含沙洪水举世闻名。三门峡水库建库后,由于潼关高程急剧抬升并长期居高不下,渭河下游成为“悬河”,河槽过洪能力由建库前的 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 减少到目前的 $2\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 左右,渭河下游的泥沙淤积和防洪安全问题成为关中东部乃至陕西省的心腹之患。同时,由于区域经济社会的快速发展,渭河流域水资源供需矛盾日趋紧张,河流生态用水难以保障,生态环境不断恶化。

近年来,在气候变化、极端天气事件频出的全球背景下,渭河流域的雨水沙情势也发生变化,潼关高程得到控制但依然偏高,渭河中游河道受采砂影响出现不同程度下切。渭河流域管理的重要职责和使命就是要不断完善流域设施基础,切实保障渭河水安全;同时,依靠水利科技创新和水利现代化体系建设,研究泾河、渭河水沙特性和资源配置规律,整合建设流域实时雨水情信息系统和预报调度机制,在兼顾经济社会需求中维护好河流生态。在陕西省水利厅和陕西省江河水库管理局的重视和支持下,陕西省河流工程技术研究中心承担了水利部 2010 年度公益性行业科研专项《渭河下游洪水演进模拟研究》和 2011 年度公益性行业科研专项《渭河中下游生态需水量及其配置措施研究》,目前项目已完成并通过水利部验收。《渭河洪水模拟与生态需水量配置研究》就是在上述工作基础上编撰完成的。

本书编写人员及编写分工如下:李茜编写上篇第 1、4 章;冯普林编写上篇第 2、5 章;赵明登编写上篇第 3 章;石长伟编写下篇第 1、4 章;辛琛编写下篇第 2、3 章;秦毅编写下篇第 5 章;尚萧瑛编写下篇第 6 章;刘俊编写下篇第 7、8 章。此外,马雪妍、薛亚莉、陈乃联、曲艳、包岁利、王灵灵等分别承担了有关章节的部分资料整理及图表绘制工作。

回顾和总结这些工作,主要是为了不断传承和深化对渭河问题的研究,促进渭河流域管理的技术进步,为美丽渭河、生态渭河建设而不懈努力。

限于时间和作者水平,本书疏漏之处在所难免,请读者批评指正。

作 者

2013 年 7 月

目 录

序
前 言

王 锋

上篇 渭河下游洪水演进模拟研究

引 言	(3)
第1章 渭河高含沙水流特性和滩槽冲淤特征	(4)
1.1 相关研究进展	(4)
1.2 泾河、渭河下游高含沙水流特性	(7)
1.3 滩槽冲淤特征	(14)
1.4 滩槽冲淤模式	(34)
1.5 本章小结	(49)
参考文献	(50)
第2章 渭河下游一维洪水演进数学模型	(53)
2.1 一维水沙数学模型研究现状	(53)
2.2 基本方程组	(57)
2.3 数值方法及方程组求解	(58)
2.4 水沙运动有关问题处理	(62)
2.5 模型验证	(98)
2.6 典型洪水演算	(118)
2.7 实时洪水演算方案	(128)
2.8 本章小结	(131)
参考文献	(131)
第3章 渭河下游二维洪水演进数学模型	(134)
3.1 数学模型的构建	(134)
3.2 计算方法与模型验证	(139)
3.3 计算成果	(148)
3.4 本章小结	(162)
参考文献	(163)
第4章 渭河下游洪水演进可视化演示系统	(164)
4.1 洪水演进可视化演示系统调研	(164)
4.2 渭河下游洪水演进一维演示系统	(164)
4.3 渭河下游洪水演进二维演示系统	(170)

4.4 本章小结	(177)
参考文献	(177)
第5章 结论与建议	(178)
下篇 渭河中下游生态需水量及其配置措施研究	
引 言	(183)
第1章 渭河中下游水资源及生态环境现状	(185)
1.1 渭河中下游概况	(185)
1.2 水资源状况	(186)
1.3 水资源开发利用现状	(191)
1.4 生态环境现状	(198)
1.5 本章小结	(206)
第2章 河流生态需水量的概念、计算方法及原则	(207)
2.1 相关文献综述	(207)
2.2 河流生态需水量的概念及计算方法	(211)
2.3 计算原则	(212)
2.4 本章小结	(213)
参考文献	(214)
第3章 渭河中下游主要控制站生态需水量分析	(216)
3.1 渭河生态需水量构成分析	(216)
3.2 主要控制断面分析选取	(217)
3.3 主要控制断面生态需水量计算	(219)
3.4 生态需水量配置分析	(241)
3.5 本章小结	(242)
参考文献	(243)
第4章 主要控制站洪枯水特征统计与缺水量分析	(244)
4.1 控制站月平均流量特征	(244)
4.2 枯水日平均流量及天数统计	(247)
4.3 漫滩洪水特征统计	(262)
4.4 生态缺水量及其过程分析	(274)
4.5 本章小结	(286)
第5章 渭河中下游河道生态用水的水量分配方案	(288)
5.1 水资源配置的概念及方法	(288)
5.2 干流来水量的分析预测	(292)
5.3 渭河中下游工程可供水量预测	(299)
5.4 水资源配置	(307)
5.5 本章小结	(328)
参考文献	(328)

第 6 章 满足河道生态需水的水量调度方案	(330)
6.1 水量调度的目标及任务分析	(330)
6.2 调度设施状况	(331)
6.3 水量调度的思路及原则	(335)
6.4 水量调度方案	(335)
6.5 本章小结	(351)
第 7 章 利用低洼地蓄水补充河道生态用水的可行性	(354)
7.1 利用低洼地补充河道生态用水的必要性及任务分析	(354)
7.2 低洼地特征统计与可利用性分析	(355)
7.3 低洼地河道生态补水方案	(360)
7.4 典型低洼地蓄水补充河道生态用水的作用与效果分析	(360)
7.5 本章小结	(363)
参考文献	(364)
第 8 章 结论与建议	(365)
8.1 结 论	(365)
8.2 建 议	(368)

上篇 渭河下游洪水演进模拟研究

引 言

由于三门峡库区泥沙淤积的不断发展,渭河下游临潼站以下河段逐步形成了堤防后背差 2~4.4 m 的“悬河”,河口稳定性差,河道摆动频繁;同时,流域灾害性暴雨洪水频繁,水沙异源特性明显,加之渭河下游干支流堤防体系仍存在诸多薄弱环节,因而渭河下游一直是陕西省防汛工作的重中之重。由控制洪水向洪水管理的转变,迫切需要加强洪水预报和风险研究与管理。开展渭河下游洪水演进模拟研究,完善一、二维模型洪水演进及其演示系统,可预知河道洪水演进的过程和特点,为各级政府和防汛部门监测洪水、制定防御洪水方案、指挥抗洪救灾、洪涝灾情评估等提供科学依据和基础支撑,对推进洪水风险管理、减轻洪灾损失等具有重要作用,是按照新时期治水思路推进河流综合管理的一项重要战略举措,显得十分必要和紧迫。

因此,渭河下游洪水演进模拟研究获批为水利部公益性行业科研专项经费 2010 年度项目。按照经水利部批准的项目实施方案和项目任务书,项目研究任务及目标为:建立渭河下游一维洪水演进数学模型,据以进行渭河下游洪水过程预报;建立渭河下游二维洪水演进数学模型,制作基于地理信息系统的渭河下游洪水演进可视化演示系统,据以模拟演示渭河下游典型洪水演进过程并进行洪水风险分析。该项目涉及河流泥沙、河流模拟、图形显示等多个学科和领域,由 4 家单位联合攻关。在项目开展过程中,严格任务分工,聘请 5 名相关专家进行技术指导,定期或不定期开展阶段成果专家咨询把关,保障项目顺利完成。其中,陕西省河流工程技术研究中心承担任务:一是配合西安理工大学分析渭河高含沙水流特性和滩槽冲淤特征,研究水流挟沙力公式及冲淤计算模式;二是建立渭河下游一维洪水演进数学模型;三是配合武汉大学开展渭河下游河道二维网格生成及水沙构件开发;四是制作基于地理信息系统的渭河下游洪水演进可视化演示系统;五是成果整理总结与软件制作。陕西省渭河流域管理局承担收集渭河下游水沙、冲淤、河道地形、基础地理信息系统等相关资料成果的任务。武汉大学承担渭河下游河道二维网格生成及水沙构件开发。西安理工大学承担分析渭河高含沙水流特性和滩槽冲淤特征,研究水流挟沙力公式及冲淤计算模式。

项目于 2010 年 10 月启动,2012 年 9 月完成。在收集渭河下游相关水文测站及断面的水沙、淤积测验、河道地形等资料和渭河下游基础地理信息系统等成果的基础上,开展了 5 方面内容的研究。项目的主要技术指标是:建成渭河下游一维洪水演进数学模型和渭河下游二维洪水演进数学模型,制作基于地理信息系统的渭河下游洪水演进可视化演示系统;发表论文 2~3 篇,出版专著 1 部。通过该项目研究,拟在一维河流数模及可视化演示系统开发等方面培养出至少 4 名硕士、博士及工程师。项目的主要技术难点和问题是:反映渭河高含沙水流冲淤特征的滩槽冲淤计算模式,模型计算的稳定性和成果精度,二维模型有关水沙及边界关键问题的处理。

第 1 章 渭河高含沙水流特性和滩槽冲淤特征

1.1 相关研究进展

1.1.1 高含沙水流特性

我国在 20 世纪 60 年代开始系统研究高含沙水流,研究方面涉及高含沙水流的形成特性、流变特性、流动特性、输沙特性、河床演变规律等,成果丰硕。黄河水利委员会、中国水利水电科学研究院泥沙研究所、水利部西北水科所、武汉水利电力学院、清华大学等国内重要的科研单位,对高含沙水流运动规律进行了深入研究,逐步建立起高含沙水流运动的理论体系。国外对高含沙水流的系统研究始于 20 世纪 80 年代,国外对目前关于高含沙水流的研究遵循和借鉴了我国的方法和理论^[1]。

1.1.1.1 产汇流特性方面

王兴奎等^[2]分析了黄土丘陵沟壑区的产沙机制及汇流过程,根据不同沟道的汇流模式,阐述了高含沙水流的一些主要特性,得出高含沙水流产沙的极限含沙量。许炯心^[3-5]对黄土高原区高含沙水流的形成特性、因素等持续开展研究,取得了较为系统的研究成果。王光谦等^[6]分析了黄土高原各水沙过程的主要机理,揭示出可依据坡面径流建立坡面侵蚀产沙模型和沟道系统的高含沙水沙模型,为建立符合实际物理图景的水沙模型系统、完成流域泥沙过程模拟提供基础。

1.1.1.2 流变特性方面

田治宗、钱意颖^[7]利用黄河干支流河道的实测流速、含沙量资料,分析泥沙在高含沙紊动水流中的沉降速度,得到高含沙水流紊动状态下的流变参数与雷诺数 Re_m 的关系,当 $Re_m < 800$ 时,流变参数随着 Re_m 的增大而增大;当 $Re_m > 800$ 时,流变参数则随着 Re_m 的增大而减小并渐趋稳定。陈立^[8]用极限浓度综合反映诸因素对高含沙水流流变参数——刚性系数和宾汉极限剪应力的影响,提出了确定极限浓度的新方法,并根据流变试验资料,建立了精度较高、适用范围较广的流变参数表达式。白玉川、徐海珏^[9]研究认为,对于高含沙水流等非牛顿流体,层流转捩为紊流以及紊流溃灭再次转为层流,其不仅主要取决于惯性力与黏性力的比值——临界雷诺数,而且还取决于这种非牛顿流体中含沙量的大小、含沙量的分布形式、含沙颗粒粒径的大小以及含沙颗粒的重度等多种因素。研究结果为解释河流中的“浆河”现象、挟沙水流湍流强度及湍流结构的变化趋势提供了一些重要的科学依据。司凤林、乔永杰^[10]在黄河中游多沙粗沙区 25 条支流大量试验资料的基础上进行了分析研究,提出了不同河流形成高含沙水流的定量条件,并给出不同地区、不同河流流变参数的经验公式。

1.1.1.3 流动特性方面

张瑞瑾^[11-13]致力于河流泥沙运动基本理论和实际工程应用的研究,提出了泥沙沉速、泥沙起动、水流挟沙力公式,被广泛采用。费祥俊^[14]对泥沙运动特性进行了研究,建立了高浓度浆体黏滞系数与宾汉屈服应力计算公式,可用于泥石流浆体的黏性计算。舒安平等^[15]推导得出了紊动能转化率表达式以及泥沙悬浮效率系数表达式,并得出了高含沙水流的紊动能转化与耗散规律,为黄河具有“多来多排”的输沙特性找到一定的理论依据。张红武等^[16]基于张红武的“紊流涡团模式”和采用高精度的流速垂向分布表达式,建立起高含沙水流的紊动黏性系数计算公式,并将计算公式应用于黄河下游平面二维泥沙数学模型中。王光谦等^[17]建立了流域水沙运动模拟模型,提供了黄土丘陵沟壑区沟道系统水沙运动模拟的一种模式。对于沟道水流挟沙力的计算,验证对比了常用于黄河干流的张红武公式和专为泥沙源区建立的费祥俊公式。刘兆存、徐永年^[18]综述了高含沙水流的阻力特征、流速分布、紊动强度分布、能量分布等流动过程中所具有的特性,并和清水、低含沙水流作了对比分析。系统论述高、低含沙水流所共同具有的规律。

1.1.1.4 输沙特性方面

钱宁、万兆惠^[19]发展了高速不均匀沙的输沙理论,开拓与推动了高含沙水流运动机理研究。窦国仁^[20]对泥沙运动、推移质和悬移质输沙、河床变形等基本理论进行了研究,提出了河床紊流随机理论、非恒定流不平衡输沙方程式、泥沙沉降的统一公式,被广泛采用。韩其为^[21]采用力学与随机过程相结合的方法,对泥沙运动统计(随机)理论进行了长期研究,建立了较为完整的泥沙运动统计理论体系。对不平衡输沙、异重流、淤积形态、变动回水区冲淤、回水抬高、水库淤积控制等均进行了专门研究,基本完成了将淤积由定性描述到定量表达的过渡。曹如轩等^[22,23]对水库高含沙冲淤、水流挟沙力双值关系、高含沙洪水“揭河底”现象进行了探索。齐璞等^[24]利用黄河主要干支流渭河、北洛河、黄河下游及三门峡水库大量实测资料分析得出:河道中的高含沙水流的阻力与低含沙水流相同,均可用曼宁公式进行阻力计算,分析了黄河高含沙水流的高效输沙特性形成机理。张德茹等^[25]利用洛惠渠近二十年的实测资料,分析了洛惠渠高含沙水流的特性,指出水流中含沙量的增大和细颗粒含量的增加,一方面使流体黏度增加;另一方面使流体容重增大,从而导致颗粒的沉速大幅度降低,甚至形成不分选泥浆。许继刚等^[26]根据对实测资料的分析,得出了输沙管道高含沙水流沿程和局部阻力系数的变化规律及确定方法,提出了管道综合泥沙因子和综合阻力系数的相关关系,同时指出细颗粒组成对高含沙水流的阻力特性有很大影响。

1.1.2 滩槽冲淤特征

国内针对滩槽冲淤特征的研究也较多,大多集中在黄河、渭河流域,20世纪八九十年代成果集中在对河道冲淤规律的探讨。曾庆华、潘桂兰^[27]对高含沙水流与渭河河道冲淤关系进行了初步探讨。梁志勇等^[28,29]在高含沙洪水冲刷规律的探讨中分析了渭河下游临潼站高含沙洪水的水位流量关系,对渭河下游冲淤临界流量进行了研究,并对冲淤临界流量与含沙量关系进行了验证和对比,将河床冲淤分成2个大区和5个小区。焦恩泽^[30]分析皇甫川冲淤变化与高含沙水流密切相关,指出受冲淤变化的影响,皇甫川断面年输沙

量并不一定能反映该年的流域产沙状况。杜殿勋^[31]分析了黄河禹门口—潼关河道冲淤特性及“揭河底”冲刷,概述了回水淤积末端延伸变化,总结了河道冲淤演变的基本物理模型,详细分析了历史河势摆动变化规律及影响河势变化的主要因素,提出了河槽平滩宽度和河弯形态关系式。赵文林、茹玉英^[32]运用实测水文泥沙资料深入分析了渭河下游临潼—华阴的冲淤输沙特性,研究表明,高的和较高的含沙量的小水,主槽淤积,高含沙大洪水淤滩刷槽,形成窄深河槽,并对高含沙洪水的冲淤分布及断面形态调整进行了研究。

2000年以后,在滩槽冲淤方面的研究主要集中在冲淤机理、冲淤特性、输沙用水量等方向。王明甫等^[33]根据概化模型试验结果和野外实测资料,分析了高含沙水流游荡型河道滩槽冲淤演变特点,特别提出窄深河槽一方面由高含沙水流自身塑造,另一方面在游荡型河道中由高含沙水流塑造的窄深河槽又表现出相对的不稳定性。秦毅等^[34]以试验为手段对高含沙浑液的静态剪切应力进行了探讨,论述了静态剪切应力的存在是造成河道滩槽贴边淤积和滩地高含沙水流整体停滞的根源,是河槽形成“自然堤”的主要因素。江恩惠等^[35-37]对黄河高含沙洪水“揭河底”冲刷的现象和机制进行了系统的研究。张翠萍等^[38]分析了不同阶段泥沙冲淤的分布情况,并探讨了高含沙洪水对渭河下游平滩主槽的影响,分析了渭河下游洪水冲淤特性,得出了渭河洪水不淤临界流量。戴清等^[39]在天然水沙断面资料分析及实体模型试验研究的基础上,将泾河、渭河洪水分为4类组合,分析了典型年份不同水沙组合条件下渭河下游河道的冲淤规律及主槽形态的变化特点。李琦等^[40]基于实测资料分析,分不同阶段分析了渭河下游河道泥沙冲淤变化特点、河道比降演变规律以及河道泥沙淤积对河床比降的影响关系。陈雄波等^[41]分析了渭河下游洪水冲淤特性,提出了新的洪水期输沙用水量计算方法,确定了不同水平年的输沙用水量。韩峰等^[42]分析了渭河口在三门峡水库蓄水运用前后的冲淤演变规律。李小平等^[43]对洪水冲淤特性及高效输沙过程进行了分析,指出输沙水量与排沙比的关系因含沙量的不同而分带分布,提出用平均流量为 $3\,200\text{ m}^3/\text{s}$ 、平均含沙量为 $65\text{ kg}/\text{m}^3$ 的水沙搭配来代表黄河下游高效输沙洪水过程。侯志军等^[44]着重分析了黄河河口尾间河道冲淤变化特点,并指出冲淤变化与水沙条件、流路改道、河口的淤积延伸及河床边界等条件有关。刘继祥等^[45]分析了各种水沙条件下黄河下游河道的冲淤特性,总结了5类洪水及非汛期河道的冲淤规律和各河段的相互调整关系,指出了各河段冲淤最严重的洪水类型,确定了各河段冲淤平衡的临界条件。侯素珍等^[46]对小北干流河段的来水来沙情况及冲淤演变情况进行了分析研究。惠遇甲、张国生^[47]利用嘉陵江和长江交汇河段模型研究天然情况下和水库运用情况下悬移质水沙运动特性,指出汇流比、交汇角、输沙率比以及下游水位等因素对河段的水沙运动都有影响,其中干支流流量和汇流比的不同组合起着关键作用。

目前,针对高含沙水流特性和滩槽冲淤特征的研究较多,但对泾河、渭河高含沙洪水的异常现象如洪水位抬高、贴边淤积、“揭河底”等形成的机理、渭河下游高含沙水流的滩槽淤积层理结构系统研究相对较少。

1.2 泾河、渭河下游高含沙水流特性

1.2.1 产汇流特性

泾河是渭河的最大支流,干流总长 455.1 m,河道平均比降 2.47‰。流域面积 45 421 km²,占渭河流域面积的 33.7%。按地貌特征分为黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区、土石山林区和平原区四个地貌单元,分别占全流域面积的 38%、43.6%、13.5%、4.9%。泾河水系支流众多,呈扇形分布,多集中在左岸,较大支流有洪河、蒲河、马莲河、三水河,右岸有汭河、黑河、达溪河。对张家山以上主要控制站杨家坪、雨落坪实测水、沙量进行统计,结果见表 1-1。

表 1-1 泾河张家山以上主要控制站实测水、沙量统计

河名	站名	时段	全年				汛期			
			水量 (亿 m ³)	占张家山 (%)	沙量 (亿 t)	占张家山 (%)	水量 (亿 m ³)	占张家山 (%)	沙量 (亿 t)	占张家山 (%)
马莲河	雨落坪	1956 ~ 1960	4.674	33.2	1.627	51.0	3.681	32.8	1.594	53.6
		1961 ~ 1970	4.821	25.2	1.368	47.4	3.419	25.5	1.317	50.0
		1971 ~ 1980	4.363	38.1	1.199	53.3	3.134	34.6	1.188	56.4
		1981 ~ 1990	4.391	31.4	1.022	54.4	2.977	29.4	0.960	61.2
		1991 ~ 2000	4.290	34.4	1.259	56.0	3.254	39.3	1.210	61.6
		2001 ~ 2003	4.547	43.7	1.332	76.7	3.687	42.7	1.293	85.3
		多年均值 (1956 ~ 2003)	4.493	32.1	1.262	53.3	3.277	32.1	1.221	57.3
泾河	杨家坪	1956 ~ 1960	6.804	48.3	0.949	29.8	5.035	44.8	0.937	31.5
		1961 ~ 1970	11.371	59.3	1.124	38.9	7.711	57.6	1.066	40.4
		1971 ~ 1980	6.995	61.1	0.744	33.1	4.692	51.8	0.716	34.0
		1981 ~ 1990	6.636	47.5	0.562	29.9	4.280	42.3	0.504	32.1
		1991 ~ 2000	4.450	35.7	0.544	24.2	3.028	36.5	0.535	27.2
		2001 ~ 2003	5.275	50.7	0.342	19.7	3.640	42.2	0.338	22.3
		多年均值 (1956 ~ 2003)	7.174	51.2	0.740	31.2	4.858	47.5	0.706	33.2
	张家山	1956 ~ 1960	14.084	100	3.188	100	11.240	100	2.973	100
		1961 ~ 1970	19.166	100	2.886	100	13.382	100	2.637	100
		1971 ~ 1980	11.452	100	2.249	100	9.066	100	2.109	100
		1981 ~ 1990	13.958	100	1.879	100	10.118	100	1.567	100
		1991 ~ 2000	12.452	100	2.248	100	8.287	100	1.964	100
		2001 ~ 2003	10.403	100	1.737	100	8.631	100	1.516	100
		多年均值 (1956 ~ 2003)	13.998	100	2.370	100	10.221	100	2.129	100

从表 1-1 中可以看出,雨落坪站多年平均水、沙量分别占张家山站的 32.1%、53.3%,

杨家坪站多年平均水、沙量分别占张家山站的 51.2%、31.2%。其中,汛期雨落坪站多年平均水、沙量分别占张家山站的 32.1%、57.3%,杨家坪站多年平均水、沙量分别占张家山站的 47.5%、33.2%。水量主要来自杨家坪以上,沙量主要来自雨落坪以上,水沙异源。

统计分析 1966 年 7 月、1973 年 8 月、1977 年 7 月洪水组成及降雨径流关系,见表 1-2 ~ 表 1-4。从表中可知,1966 年 7 月洪水暴雨中心在杨家坪站以上 汭河、洪河,雨落坪以上的合水川,洪河平均次降雨量 125.1 mm,径流深 18.29 mm,径流系数 0.15,合水川平均次降雨量 174.3 mm,径流深 11.75 mm。洪水主要来自杨家坪站以上支流洪河、蒲河、汭河,雨落坪以上支流西川、合水川及东川,泾河泾川站、洪河杨闫站、蒲河毛家河站洪量分别占杨家坪站的 15.8%、12.4%、20.1%,沙量分别占杨家坪站的 7.8%、15.4%、22.4%。西川庆阳站、东川庆阳站、合水川板桥站洪量分别占雨落坪站的 43.0%、11.9%、6.9%,沙量分别占雨落坪站的 50.8%、10.6%、5.4%,水、沙主要来自西川。泾河杨家坪站洪水水、沙量分别占张家山站的 63.7%、54.6%,马莲河雨落坪站洪水水、沙量分别占张家山站的 36.6%、44.6%。次洪平均含沙量均大于 220 kg/m³,环江洪德站平均含沙量达 897.9 kg/m³,西川是主要产沙区。

表 1-2 泾河主要控制站 1966 年 7 月洪水组成及降雨径流关系

河名	站名	洪峰时间 (年-月-日 T 时:分)	洪峰流量 (m ³ /s)	最大含 沙量 (kg/m ³)	次降雨量 (mm)	洪量 (亿 m ³)	径流深 (mm)	径流 系数	沙量 (亿 t)	平均含 沙量 (kg/m ³)
泾河	泾川	1966-07-27T00:30	631	511	128.6	0.395			0.089	224.2
洪河	杨闫	1966-07-26T14:54	1 710	703	125.1	0.311	18.29	0.15	0.175	563.7
蒲河	毛家河	1966-07-26T19:28	1 310	608	95.0	0.503	7.62	0.08	0.255	506.3
泾河	杨家坪	1966-07-27T01:00	3 580	616	112.3	2.508	20.90	0.19	1.137	453.2
环江	洪德	1966-07-26T05:00	1 230	952	89.5	0.446	10.39	0.12	0.400	897.9
合道川	高家湾	1966-07-26T18:12	102	645	77.1	0.006	0.76	0.01	0.003	486.9
西川	庆阳	1966-07-26T13:42	1 830	908	91.4	0.620	5.96	0.07	0.471	760.2
柔远川	悦乐	1966-07-26T05:24	143	549	94.3	0.013	1.45	0.02	0.005	362.7
东川	庆阳	1966-07-26T07:00	961	664	82.3	0.171	4.57	0.06	0.099	574.9
合水川	板桥	1966-07-26T14:06	1 190	666	174.3	0.100	11.75	0.07	0.050	498.0
马莲河	雨落坪	1966-07-26T20:48	3 290	753	103.2	1.443	7.07	0.07	0.927	642.3
泾河	张家山	1966-07-27T08:00	7 520	629	97.8	3.938	9.28	0.09	2.080	528.2