

黄河流域水文设计成果修订研究

刘红珍¹, 李保国¹, 张学成², 王 鹏¹, 慕 平¹, 李海荣¹

(1.黄河勘测规划设计有限公司,河南 郑州 450003;2.黄河水利委员会水文局,河南 郑州 450000)

摘 要:将黄河流域主要控制站/区间的降雨、径流、洪水资料系列延长至 2010 年并分析其变化特点,在对实测径流还原的基础上,通过降雨径流关系变化分析下垫面变化对径流系列一致性影响,并采用多种方法进行一致性处理,提出 3 种下垫面情景的天然径流系列并推荐近期 I 下垫面情景的黄河设计径流成果。分析了影响洪水一致性的因素,对主要影响因素进行还原,对影响黄河中下游常遇洪水量级的因素进行还原,提出黄河流域各站天然设计洪水及中游现状下垫面 5 年一遇及以下设计洪水。

关键词:黄河;降雨变化;下垫面情景;系列一致性处理;降雨径流关系;设计径流;设计洪水

中图分类号:TV122

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2019)02-0081-05

1 引言

近年来,黄河流域经济社会用水增加,水利水保工程建设加快,人类活动加剧,水文循环复杂,受气候变化和人类活动共同影响,黄河实测径流、洪水等水文特征发生了较大变化。如利津断面年平均入海水量,1950~1986 年为 $408.1 \times 10^8 \text{m}^3$,1987~2010 年减小为 $150.9 \times 10^8 \text{m}^3$ 。花园口断面洪峰流量为 $4\,000 \sim 10\,000 \text{m}^3/\text{s}$ 的中常洪水发生频次,1950~1989 年为 24 次/a、1990~2010 年减少为 0.6 次/a;断面流量大于 $4\,000 \text{m}^3/\text{s}$ 的年平均天数,1960~1986 年为 20d,1987~2010 年减少为 2.2d^[1]。

目前采用的水文设计成果所用序列截止年份较早^[2],未能反映 2000 年以后径流洪水变化情况。人类活动对水文设计成果的影响问题复杂,多位学者针对下垫面变化对于洪水的影响进行了大量研究^[3-5],已有的研究成果多集中于人类活动对水文设计成果影响的定性分析。受人类活动影响后的实测径流、洪水数值与目前采用的设计成果相比差异较大,使得部分径流和常遇量级设计洪水成果在水量调度和防洪调度中未能充分发挥基础支撑作用。因此,为准确反映目前黄河径流、洪水的实际情况,根据水利部的统一安排,完成了黄河流域水文设计成果修订工作。

2 范围、目标和主要研究方法

2.1 范围

黄河流域水文设计成果修订主要分析站点包括大型水库入出库站、支流把口站、省界断面控制站、重要防洪河段控制站等。其中径流成果修订选定水文站 27 处,主要为干支流径流主要来源区控制站、省界断面控制站、主要支流把口站等;洪水成果修订选定 9 处主要站点(区间),主要为重点防洪河段控制站、重要区间、重要防洪支流控制站。

2.2 目标

在现有系列成果的基础上,将各站点(区间)水文系列延长至 2010 年,综合考虑降雨、下垫面、人类活动影响等变化对水文情势的影响,研究提出修订的黄河流域干支流主要站及区间水文设计成果。

2.3 主要研究方法

2.3.1 总体思路和方法

水文设计成果的准确性和合理性取决于资料的可靠性、一致性、代表性和分析计算方法的正确性,因此,水文设计成果的修订也主要从确保采用系列满足三性要求和计算方法正确两方面入手。由于近年来人类活动对水文数据的影响较大,最重要的工作是分析

收稿日期:2018-02-11

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0402407)

作者简介:刘红珍(1972-),女,河南太康人,教授级高级工程师,主要研究方向为水文水资源、水库群防洪调度。E-mail:1093203082@qq.com

人类活动影响并进行径流、洪水系列的一致性处理。

首先通过资料收集整理、现场调研等,采用多种途径、综合分析,确保数据的可靠性。依据水文循环基本原理,从降雨变化、下垫面条件变化对产汇流影响两个方面进行一致性分析和处理。采用基于 GIS 的降雨分析系统,分析年、汛期、日等不同时段的降雨变化,研究不同时段降雨的变化特点。分析大型水库、中小型水库、水利水电工程、水资源利用等对径流、洪水系列的影响,根据水量平衡原理对各种影响量进行还原。根据还原后的系列,结合水库及水利水电工程建设运用情况、水资源利用变化等分析,建立区域的降雨-径流、降雨-洪水关系;分析人类活动和下垫面条件变化对径流和洪水的影响。根据现状条件和人类活动影响分析结果,在进行径流、洪水来源组成分析的基础上,考虑不同来源区的下垫面变化情况,进行站点和区间的径流、洪水一致性处理计算,得到径流、洪水一致性系列。

采用差积曲线法、丰枯对比等多种方法分析径流、洪水系列的代表性。采用频率分析法,计算各站/区间不同频率的设计径流、洪水。通过降雨变化分析、还原和一致性处理后系列的对比分析,说明不同下垫面情况下的水文设计成果。

2.3.2 径流系列一致性修订主要方法

径流系列一致性修订方法以水文相关法为主,以成因分析法进行合理性分析。降水径流相关方法是通过降雨径流双累积曲线(见图 1)判断下垫面变化的转折年份,以转折年份为参考,划分早期(突变点 1 之前)、近期(突变点 1 之后)和近期(突变点 2 之后)下垫面三种情景。建立不同下垫面情景下的降雨径流关系,以此为基础进行一致性分析和修正,得到早期、近期和近

期下垫面三种下垫面情景下的天然年径流系列。

成因分析方法主要考虑大中型水库运行时间和蒸发渗漏损失量、地下水超采影响以及连续枯水年使下垫面蓄水容量增大而导致连续枯水年以后降雨产流减小等,并对径流修正量成果进行合理性分析。

2.3.3 洪水系列一致性处理的主要方法

首先分析影响洪水系列一致性的主要因素,对干支流大型水库调蓄、中游水利和水土保持措施建设、自然滞洪区堤防决口漫溢、三门峡水库蓄水对龙潼段河道淤积影响、宁蒙河段引水对中游站洪水系列影响等进行逐项分析,根据各因素对实测洪水峰量的影响量确定主要影响因素,并对其进行一致性处理。

以大型水库投入使用时间为节点,对其调蓄影响进行还原、还原计算。主要采用场次洪水雨洪关系变化分析、相似降雨分析等方法,研究区间水利水电工程建设等人类活动对洪水的影响,通过典型流域和大区间的水利水电工程建设及运用情况统计分析、不同时期不同量级洪水的雨洪关系变化分析等,确定典型流域及区间下垫面变化的转折时间及下垫面变化对场次洪水的影响量。对伊洛河夹滩地区堤防自然决溢影响,分为决堤和不决堤两种情况分别计算三花间、小花间和花园口洪水系列。

黄河中下游小洪水,受上游水库和中游水利水电工程影响较大,采用龙刘水库影响逐年还原法对龙刘水库影响前的系列进行还原处理,采用现状下垫面雨洪关系对中游水利水电工程影响前的年份进行还原处理。

3 主要成果与结论

3.1 降雨

黄河流域 1956~2010 年多年平均年降水量为 455.6mm,各年代年降水量总体无明显的发展趋势性变化,2001~2010 年平均降雨量与多年均值基本一致。2001~2010 年 7~8 月降水量均值为 182.3mm,较 1956~2000 年均值偏少 6.1%,为各年代最小值;汛期各月中,7 月降雨量较多年均值减少 9.9%,9 月降雨量较多年均值增加 15.7%(见图 2),6 月、8 月降雨量与多年均值基本持平。

与 1956~2010 年多年均值相比,黄河中游 2001~2010 年 6~9 月 25mm 以上降雨笼罩面积增大、暴雨总量增加,100mm 以上暴雨雨强减小。7~8 月河龙间、三花间 25mm 以上降雨笼罩面积和总量均小于多年均

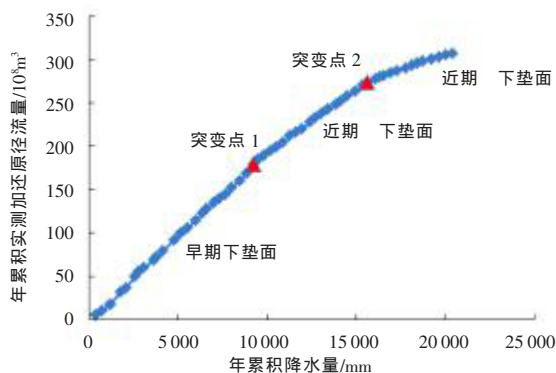


图 1 系列一致性处理拐点示意图

Fig.1 The turning points of the series consistency treatment

值,龙三间 25mm 降雨总量略大于多年均值;中游 100mm 以上大暴雨雨强减小,且河龙间、龙三间减小较多;暴雨高值区未包括利于产流产沙的河龙间。

2001~2010 年降雨量年内分配的变化,特别是以短历时强降雨为主的 7 月降水量的减少,影响了以超渗产流为主的中游地区的雨强,6~9 月和 7~8 月 100mm 以上大暴雨日均雨强均小于多年均值,上述暴雨变化特征是造成这 10 年区域径流量下降、洪水量级减小的因素之一。

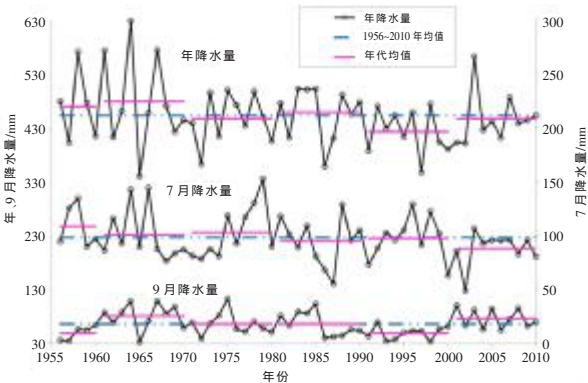


图 2 黄河流域年、7 月、9 月降水量变化图

Fig.2 The variation of the annual, July, September precipitation in the Yellow River basin

3.2 径流

3.2.1 实测系列还原

2001~2010 年利津站实测年均径流量为 $155.4\times10^8\text{m}^3$,比 1956~2000 年平均值减少 50.7%;经对国民经济地表用水损耗量和大中型水库蓄变量还原后,利津站的实测加还原径流量为 $438.1\times10^8\text{m}^3$ 。系列延长 10 年,利津站实测加还原径流量均值由 1956~2000 年 $568.6\times10^8\text{m}^3$ 变为 2001~2010 年 $544.8\times10^8\text{m}^3$,减少了 $23.8\times10^8\text{m}^3$,其中唐乃亥以上减少约 $4.5\times10^8\text{m}^3$,中游河口镇-花园口区间减少约 $14\times10^8\text{m}^3$ 。

3.2.2 天然径流一致性处理

在实测加还原系列基础上,采用降水径流相关法、上下游断面径流相关法和成因分析法对流域面上的水利水保工程影响、地下水开采、煤炭开采等下垫面变化因素进行分析,并将下垫面划分为早期、近期和近期三种情景分别进行一致性处理。早期下垫面情景,主要回答人类活动相对较弱时期黄河流域究竟有多少天然径流量及其变化情况。近期 I 下垫面情景,主要考虑 1980~2010 年时段下垫面条件,以反映黄河流域水资源综合规划成果系列延长 10 年后变化情况。近期

下垫面情景,主要考虑 2001~2010 年下垫面条件,以反映中游下垫面较大变化对径流成果的影响。

表 1 给出了黄河干流主要控制站一致性处理后不同下垫面的径流量成果。由于 2001~2010 年下垫面剧烈变化主要发生在中游,近期下垫面情景下天然径流量成果也主要针对黄河中游(占黄河天然径流量不足 40%),而黄河天然径流量 60%以上来自于黄河上游,同时考虑与黄河流域水资源综合规划成果相协调,因此推荐采用近期 I 下垫面条件下黄河流域径流修订成果作为本次径流修订的最终推荐成果,利津站 1956~2010 年径流量均值为 $482.4\times10^8\text{m}^3$ 。

表1 黄河干流主要控制站1956~2010年系列不同下垫面径流量成果表

Table1 The results of runoff in different underlying surface stages at the major stations on the Yellow River during 1956~2010

站名	实测加还原径流量 /10 ⁸ m ³	不同下垫面一致性处理的水量/10 ⁸ m ³			还原和一致性处理后的不同下垫面径流量/10 ⁸ m ³		
		早期	近期	近期	早期	近期	近期
唐乃亥	200.6				200.6	200.6	200.6
兰州	327.8	6	-7	-8	333.8	320.8	319.8
河口镇	326.7	9.5	-16.1	-29.1	336.2	313.5	302.9
龙门	376.1	19	-23.6	-49.7	395.1	352.5	326.4
三门峡	484.3	28.8	-49.2	-75.3	513.1	435.1	409
花园口	540.8	32.8	-60	-86.1	573.6	480.8	454.7
利津	544.8	33.5	-62.4	-88.5	578.3	482.4	456.3

3.2.3 本次推荐成果与水资源综合规划成果的比较

1956~2010 年系列,本次推荐的花园口、利津站径流量比水资源综合规划成果分别减少 $52\times10^8\text{m}^3$ 和 $52.4\times10^8\text{m}^3$ 。分析其减少的原因,唐乃亥以上减少的 $4.5\times10^8\text{m}^3$ 主要受气候变化等自然因素的影响,其余 $47.5\times10^8\text{m}^3$ 是降雨特性变化、新增水利工程水面增发损失量、新增水库渗漏量、中游下垫面进一步变化等方面综合影响的结果。

3.2.4 设计径流

推荐系列花园口断面 20%、75%和 95%的设计径流量分别为 $562\times10^8\text{m}^3$ 、 $406\times10^8\text{m}^3$ 和 $336\times10^8\text{m}^3$ 。

3.3 洪水

3.3.1 洪水系列的一致性处理

影响各站洪水系列一致性的最主要因素是大型水库调蓄,对其影响进行还原和一致性处理。中游水利水保工程影响通过分析各区间不同年代雨洪关系

变化进行研究。河龙间场次洪峰流量大于 $6\,000\text{m}^3/\text{s}$ 洪水,不同年代雨洪关系变化不大,场次洪峰 $6\,000\text{m}^3/\text{s}$ 以下洪水不同年代雨洪关系有差异,对于河龙间场次洪峰 $6\,000\text{m}^3/\text{s}$ 以下的洪水进行一致性处理,并以 1970~2010 年作为现状下垫面。伊洛河夹滩和沁河自然滞洪区堤防决口漫溢,主要是在个别大洪水年份产生影响,对这些年份数据进行还原处理。对 1960~1974 年三门峡水库蓄水运用时段内,受龙潼段淤积影响的潼关站洪峰流量进行一致性处理。

对于 1950~2010 年年最大值系列,龙门、潼关、花园口站洪峰、洪量还原后均值较实测均值分别增大 4%~6%、15%~17%和 14%~22%,龙刘水库和河龙间水利水保影响还原后洪峰、洪量均值较实测均值分别减小 4%~6%、6%~18%和 4%~12%。

3.3.2 天然设计洪水

本次将洪水数据系列统一延长至 2010 年,由于延长的年份多为中小洪水,因此系列均值普遍减小, C_v 值有所增加。本次计算的安宁渡、龙门、华县、武陟、戴村坝站设计洪水与各站目前采用的成果相比,设计洪水峰量值减小在 10%以内,仍推荐“目前采用成果”。

由于三门峡 1843 年洪水重现期由原来的 215 年调整为 1 000 年,同时洪水系列延长较多,潼关站设计洪水比目前采用成果(约 1976 年审查)洪峰减小约 15%,设计洪量减小 10%左右。本次成果见表 2。

表2 黄河干流潼关站天然设计洪水成果表

Table2 The results of the natural design flood at the Tongguan station on the middle Yellow River

集水面积 /km ²	项 目	频率为 $P(\%)$ 的设计值			
		0.01	0.1	1.0	2.0
682 141	$Q_m/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	44500	33700	23100	19900
	$W_3/10^8\text{m}^3$	96.05	75.14	54.03	47.61
	$W_{12}/10^8\text{m}^3$	151.12	122.81	93.46	84.3
	$W_{43}/10^8\text{m}^3$	348.78	295.64	238.29	219.66

花园口、三花间、小花间分别计算了无库不决堤设计洪水(大型水库调蓄还原、伊洛河夹滩和沁南滞洪区自然决溢影响还原后成果)和无库天然设计洪水(大型水库调蓄还原、伊洛河夹滩和沁南滞洪区自然决溢未还原成果)。无库天然设计洪水与目前采用的 1976 年成果系列条件一致,成果相比,设计洪峰、洪量减小约

2%~24%。将本次计算的无库不决堤洪水经伊洛河夹滩、沁南模拟滞洪后得到的无库天然洪水(与 1976 年成果条件相同)与 1976 年成果相比,洪峰设计值减小 9%左右,洪量设计值减小 5%~8%(见表 3)。

表3 黄河花园口站无库天然设计洪水成果表

Table3 The results of the natural design flood at the Huayankou station on the Yellow River

成果名称	项 目	频率为 $P(\%)$ 的设计值		
		0.01	0.1	1
由本次无库不决堤洪水推求的无库天然洪水成果	$Q_m/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	49 900	38 500	26 500
	$W_3/10^8\text{m}^3$	116.9	91.2	65.6
	$W_{12}/10^8\text{m}^3$	189.4	153.3	116.4
1976 年审定成果	$Q_m/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	55 000	42300	29 200
	$W_3/10^8\text{m}^3$	125	98.4	71.3
	$W_{12}/10^8\text{m}^3$	201	164	125
差值/%	$Q_m/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	-9.3	-9.0	-9.2
	$W_3/10^8\text{m}^3$	-6.5	-7.3	-8.0
	$W_{12}/10^8\text{m}^3$	-5.8	-6.5	-6.9

花园口、三花间、小花间推荐采用本次计算的无库不决堤设计洪水。潼关站设计洪水成果,应用于黄河下游防洪规划、防洪调度等,在系列长度、计算方法等方面应与花园口、三花间等站及区间的设计洪水一致,因此推荐采用本次计算成果。

3.3.3 龙刘水库和河龙间水利水保工程影响后的黄河中下游设计洪水

黄河上游龙羊峡、刘家峡水库对中游洪水基流的影响较明显,河龙间水利水保工程对区间 5 年一遇以下小洪水也有一定的影响,因此,采用逐年还原和典型年放大还原两种方法,计算了考虑上游龙刘水库和河龙间水利水保工程影响后的龙门、潼关、花园口站现状下垫面设计洪水。因逐年还原法计算成果更接近实际,本次推荐逐年还原法计算成果(见表 4)。对于 5 年一遇以下洪水,花园口站现状下垫面成果与目前采用的 1976 年成果相比减小约 21%~29%。

黄河下游洪水主要来自上中游,上游洪水一般只形成中下游洪水的基流。中游多为暴雨洪水,主要来自河龙间、龙三间和三花间。对于小洪水,由于其量级小,中游洪水所占比例相对大洪水小,基流变化影响较大;同时,水利水保工程对河龙间 2~3 年一遇以下洪水影响较显著;龙门以下干流站小量级的天然设计洪水成果与实际情况差别较大。因此,对于 5 年

表4 黄河花园口站现状下垫面设计洪水成果表
Table4 The results of the design flood in current underlying surface at the Huayuantou station on the Yellow River

项 目	不同频率 $P(\%)$ 的设计值	
	20	33.3
$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$	9 640	7 450
$W_s/10^8 m^3$	27.8	22.2
$W_{12}/10^8 m^3$	51.6	41.8

注:(1)系列基本为 1950~2010 年;(2)现状下垫面设计洪水的取值范围为 5 年一遇以下。

一遇~2 年一遇的小洪水,推荐采用本次计算的现状下垫面设计洪水。

4 进展与创新

(1)采用多指标对中游暴雨进行了全面分析,丰富了对黄河中游暴雨变化的认识。依据大量的日雨量资料,从笼罩面积、总降雨量、落区、强度等多指标分析了黄河中游降雨的变化,对黄河中游暴雨变化有了较全面的认识。

(2)根据黄河上中游降雨、径流和下垫面变化情况,在多方法分析径流变化成因的基础上,首次提出三种下垫面情景的径流成果,为流域水资源利用、管理提供了支撑。

(3)系统提出了三花间、小花间、花园口站无库不决堤设计洪水成果,使工程作用后黄河下游设计洪水的计算更科学。

(4)提出中下游干流控制站现状下垫面中小设计洪水,使中小设计洪水成果更合理。采用逐年还原计算和典型年计算等方法,分析提出了考虑上游大型水库和中游水利水保工程影响的龙门、潼关、花园口站现状下垫面设计洪水,并确定了现状下垫面设计洪水的使用范围,为人类活动影响后设计洪水的计算提供了新思路。

5 认识与建议

近年来受人类活动和降水变化等因素影响,黄河实测径流、洪水减少较多,由于影响因素多,各种因素影响相互交织,过程变化复杂,本次提出的成果仍有较多不足之处。由于变化环境下径流和洪水问题的复杂性,目前的资料条件、研究手段、研究方法等还不能完全准确地说明不同下垫面条件的水文设计成果,本次

只是在以往工作的基础上进一步提出了各方都可以接受的成果。

在降水分析方面,受数据条件的限制(尤其是暴雨数据),面雨量计算成果的精度还需进一步提高;降雨、暴雨特征指标与区域径流、洪水的相关性,降雨变化对径流、洪水的影响量等问题仍需进一步研究。

在径流分析方面,水库运用及地下水超采量影响比较容易定量,难点在于利用年降水径流关系进行定量修订,虽然宏观、整体分析较为合理,但是因主观因素影响,不同的人分析出的结果可能略有差别,今后应加强这方面的研究,以尽量消除主观因素影响。

在洪水分析方面,通过雨洪关系分析流域面上人类活动(中小型水库、水利水保工程等)对洪水的影响,这种方法定性正确、影响量的定量难度较大,今后仍需进一步研究流域面上人类活动对洪水影响量的计算方法。同时,人类活动影响后的设计洪水计算方法一直是水文分析计算面临的难题,仍需不断研究。

参考文献:

[1] 黄河勘测规划设计有限公司. 黄河流域水文设计成果修订报告[R]. 2017. (Yellow River Engineering Consulting Co.,Ltd. Revision on Hydrological Design Results in the Yellow River basin [R]. 2017. (in Chinese))

[2] 黄河勘测规划设计有限公司. 黄河小花区间频率洪水分析报告[R]. 2000. (Yellow River Engineering Consulting Co.,Ltd. Frequency flood analysis in Xiaohua reach in the Yellow River [R]. 2000. (in Chinese))

[3] 张利茹,王兴泽,王国庆,等. 变化环境下水文资料序列的可靠性与一致性分析[J]. 水文, 2015,35(2):39-43. (ZHANG Liru, WANG Xingze, WANG Guoqing, et al. Consistency and reliability analysis of hydrological sequence in environment change [J]. Journal of China Hydrology, 2015,35(2):39-43. (in Chinese))

[4] Bronstert A, Bardossy A, Bismuth C, et al. Multi-scale modeling of land-use change and river training effects on floods in the Rhine basin [J]. River Research and Applications, 2007,23(10): 1102-1125.

[5] 韩瑞光,冯平. 流域下垫面变化对洪水径流影响的研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2010,24(8):27-30. (HAN Ruiguang, FENG Ping. Effects of sublayer and land-cover change on flood in Daqinghe River basin [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2010,24(8):27-30. (in Chinese))

[6] 黄河水利委员会. 黄河流域水资源综合规划[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2010. (Yellow River Conservancy Commission. The Integrated Water Resources Plan in Yellow River Basin [M]. Zhengzhou: the Yellow River Water Conservancy Press, 2010. (in Chinese))

巨大效益,不可同日而语。

6 结语

资水干流桃江站“姊妹”年洪水发生频率较高,从已有的“姊妹”年洪水来看,囊括了桃江站目前有实测资料以来最高水位前5位的洪水,因此非常有必要对

桃江站“姊妹”年洪水进行分析。首先,因为是“姊妹”年,发生洪水的时间接近,流域地貌及下垫面条件等较为接近,更具有可比性;其次,通过了解“姊妹”年洪水,更进一步了解区间洪水的形成及桃江洪水组合情况,为柘溪水库科学调度提供有力依据,为防御桃江“姊妹”洪水提供参考。

Analysis of “Twin” Floods at Taojiang Station in Zishui Basin during 2016–2017

LI Yan¹, ZENG Aijun²

(1. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hunan Province, Changsha 410007, China;

2. Hengyang Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hunan Province, Hengyang 421001, China)

Abstract: The Taojiang station is the control station in Zishui basin in Hunan Province. The Taojiang River features complex flood composition and high occurring frequency of large floods. Judging from the occurrence of historical big flood over the years, most of them were called “twin” floods in hydrology occurred in two successive years, such as 1954–1955, 1995–1996 and 1998–1999. This study made comparative analysis on the general situation of Zishui basin, the rainfall characteristic and the flood process in Zhexi–Taojiang reach and the flood pattern at Taojiang station based on the “twin” floods in 2016 and 2017 in Taojiang River. It could provide reference for the prevention of the “twin” floods in Taojiang River.

Key words: watershed general situation; interval flood; flood composition; reservoir dispatch

(上接第 85 页)

Study on the Revision of Hydrological Design Results in the Yellow River Basin

LIU Hongzhen¹, LI Baoguo¹, ZHANG Xuecheng², WANG Peng¹, MU Ping¹, LI Hairong¹

(1. Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd, Zhengzhou 450003, China; 2. Bureau of Hydrology, YRCC, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: The data series of rainfall, runoff and flood at the main sites or reaches in the Yellow River basin were extended up to 2010 and its changing characteristics were analyzed. Based on the runoff reduction, the influence of the underlying surface change on the consistency of hydrological data series were analyzed through the relationship change between rainfall and runoff. By taking consistency treatment with different methods, this paper proposed 3 runoff series in different underlying surface stages, and the design runoff result of underlying surface stage I was recommended. The natural design flood of Yellow River basin and the design flood occurred every 5 years or below of recent stage II underlying surface in the middle reaches were presented by analyzing the influencing factors of the flood consistency, taking reduction of the main influencing factors and the influencing factors of frequent flood magnitude in the middle and lower reaches in the Yellow River.

Key words: Yellow River; rainfall change; underlying surface stage; series consistency treatment; rainfall–runoff relationship; design runoff; design flood