

梯级水库作用下的长江流域水文设计成果修订研究

徐长江, 徐高洪, 陈剑池

(长江水利委员会水文局,湖北 武汉 430010)

摘要:长江流域水文成果复核选取了48个水文站点作为研究对象,考虑站点上游已建具有较强调节能力的大型水库调蓄影响,对径流、洪水进行还原分析计算以保证系列的一致性,并对径流、洪水设计成果的变化进行对比分析。径流成果分析表明,延长系列后干支流主要控制站点的径流成果较为稳定,多年平均年径流量和各站点20%、50%和75%频率年径流设计值的相对变化均在5%以内;洪水成果分析表明,延长洪水系列后的百年一遇设计洪水成果与前期不同阶段采用成果相比变化不大,基本均在4%以内。

关键词:长江流域;设计径流;设计洪水;水库影响;一致性;还原计算

中图分类号:TV122

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2018)06-0089-07

1 引言

长江流域总体水量较丰沛,水文设计成果的影响因素主要为已建大型水库,对于较大控制面积的干支流站点来讲,其它因素导致水文设计成果变化的作用相对较小。目前,长江流域不同控制点的水文设计成果,大都是不同时期流域规划及水利水电工程规划设计阶段的成果,资料系列长短不一。近20年来,随着水利水电工程建设、河道治理、城镇化及水土保持措施等人类活动的影响加剧,流域下垫面及河道汇流条件发生变化,实测水文资料的一致性和代表性受到影响,实测的径流、洪水系列及水文特性发生了一些改变,因此,开展长江流域水文设计成果变化研究,可为流域规划、工程设计、水资源综合管理等提供适时可靠的水文成果,是十分必要的。长江流域水文设计成果修订是将2010年以前已建成水库的运行影响进行了还原分析计算,并研究了梯级水库洪水地区组成的方法和差异。

2 研究范围

本次长江流域水文设计成果变化研究主要选取长江流域干流主要控制水文站、主要支流控制水文站以及调节库容较大的大型水库设计依据水文站作为研究

对象,最终确定的研究范围如表1所示,共计48个站点开展径流分析,24个站点开展洪水分析工作。

3 径流成果分析研究

3.1 径流分析方法

3.1.1 径流还原计算

长江流域水资源量较为丰沛,居全国各大江河之首。流域地表水资源量不可避免受人类活动影响,结合长江流域水资源量和水资源开发利用具体情况,分析认为长江流域水文设计成果的影响因素主要为已建大型水库。在前期全国水资源综合规划工作和近十多年来的长江流域水资源公报基础上,简要分析下垫面变化和水资源开发利用对径流的影响。

(1)下垫面变化影响分析。全国水资源综合规划将长江流域划分为金沙江石鼓以上、金沙江石鼓以下、岷沱江、嘉陵江、乌江、宜宾至宜昌、洞庭湖、汉江、鄱阳湖、宜昌至湖口、湖口以下干流、太湖水系共计12个二级区。长江流域水资源综合规划中各二级区采用的降水和地表水资源量系列为1956~2000年,本次依据长江流域及西南诸河水资源公报将系列延长至2010年。

点绘长江流域二级区除太湖水系以外的11个区域不同年代的降水径流关系。从降水径流关系角度分

析区域下垫面变化情况,各二级区1956~1970年、1971~1980年、1981~1990年、1991~2000年、2001~2010年的降水径流关系点分布较为稳定,没有出现系统性偏离变化,说明下垫面条件变化对径流量的影响并不显著。

(2)水资源开发利用影响分析。依据《2010年长江流域及西南诸河水资源公报》,统计长江流域及主要水系水资源量、用水量及耗水量可知,各水系的水资源开发利用对水资源总量的消耗影响不大。第二次全国水资源调查评价工作技术要求,如果经济社会用水年还原水量小于该年实测河川径流量的10%,则可不作还原计算;综合考虑长江流域各区域耗水情况及有关前期工作基础,本次径流还原计算不考虑经济社会用水因素。

(3)还原计算原则。长江流域总体水量较丰沛,径流设计成果的主要影响因素为已建大型水库对径流调蓄的影响,其它因素导致水文设计成果变化作用较小,

因此,本次径流研究工作还原计算原则仅考虑2010年以前已建大型水库对本次工作站点径流成果的影响,适时对用水影响较大的流域还原经济社会用水因素的影响。

3.1.2 径流还原计算方法

对受上游大型水库调蓄影响的水文站点,实测资料需开展受水库影响的还原计算。

根据水库的水位库容曲线和坝上水位,采用水量平衡法开展径流还原计算,还原计算的时段为月。当有水库的入库流量和出库流量数据时,可据此直接计算蓄变量或用以校核水库的径流还原计算成果。径流还原计算公式为:

$$Q_{\text{天然}}=Q_{\text{实测}}+(V_2-V_1)/T \quad (1)$$

式中: $Q_{\text{天然}}$ 为还原后的天然径流, m^3/s ; $Q_{\text{实测}}$ 为实测径流, m^3/s ; V_2 为月末水库蓄水量, m^3 ; V_1 为月初水库蓄水量, m^3 ; T 为时间,随各月天数不同而不同, s 。

结合需要研究的水文站点所处地理位置,本次主要考虑如下水库对径流设计成果的影响:长江干流的三峡、雅砻江流域的二滩、岷江流域的紫坪铺和瀑布沟,嘉陵江流域的宝珠寺、碧口和武都,乌江流域的洪家渡、乌江渡、东风、思林、构皮滩、彭水和江口,清江流域的水布垭和隔河岩,汉江流域的安康、黄龙滩、丹江口和鸭河口,鄱阳湖水系的万安、柘林、洪门和廖坊,洞庭湖水系的东江、三板溪、凤滩、五强溪、柘溪、江垭和皂市等水库。

3.1.3 频率计算方法

水文频率计算的两个基本内容包括分布线型及参数估计。现行《水利水电工程水文计算规范》(SL278-2002)规定,频率曲线的线型一般应采用皮尔逊型;径流频率曲线的统计参数,采用均值、变差系数和偏态系数表示,统计参数可用矩法等方法初估,用适线法调整确定^[1]。本文中的设计年径流频率计算,理论频率曲线采用皮尔逊型^[4],经验频率采用期望

公式 $P=\frac{m}{n+1} \times 100\%$,以适线法确定统计参数。

3.2 径流成果变化分析

3.2.1 均值变化分析

本次径流研究工作的基准年为2010年,长江流域各水文站点的水文系列统一截止2010年;各站点径流系列的起始年份不一,根据各站点的设站年份、测验方式方法变革、不同时期资料精度情况及在相关流域规划、工程设计中的采用情况等综合分析确定。第二次

表1 研究站点及工作内容

Table1 The research sites and work content

水系	站点	工作内容	水系	站点	工作内容
金沙江干流	直门达	径流	清江	长阳	径流、洪水
	石鼓	径流、洪水		思南	径流
	攀枝花	径流	乌江	彭水	径流、洪水
	华弹	径流		武隆	径流、洪水
长江干流	屏山	径流、洪水	赤水河	赤水	径流
	寸滩	径流、洪水	洞庭湖	城陵矶	径流、洪水
	宜昌	径流、洪水	资水	冷水江	径流
	螺山	径流、洪水		桃江	径流、洪水
	汉口	径流、洪水	沅水	浦市镇	径流
雅砻江	大通	径流、洪水	桃源	桃源	径流、洪水
	小得石	径流、洪水	澧水	石门	径流、洪水
岷江	湾滩	径流	湘江	衡阳	径流
	高场	径流、洪水		湘潭	径流、洪水
大渡河	福祿镇	径流、洪水	鄱阳湖	湖口	径流、洪水
沱江	富顺	径流	修水	虬津	径流
	亭子口	径流		万家埠	径流
	武胜	径流	柘林	径流、洪水	
嘉陵江	北碚	径流、洪水	赣江	栋背	径流
	小河坝	径流		峡江	径流
	罗渡溪	径流	抚河	外洲	径流、洪水
郭滩	径流	李家渡		径流	
汉江	新店铺	径流	信江	梅港	径流
	黄家港	径流、洪水	饶河	渡峰坑	径流
	皇庄	径流、洪水		虎山	径流

全国水资源调查评价工作采用系列统一为1956~2000年。为了采用同步系列分析近10年径流情势产生的影响,将本次工作中1956~2010年系列与1956~2000年系列的均值成果进行了比较。各站点的均值相对变化见表2。

分析表2中的均值成果相对变化,有如下认识:(1)与1956~2000年系列成果相比,各站点的均值相对变化总体较小,基本在5%以内,相对变化最大的站点为直门达站,变幅为4.91%;(2)与1956~2000年系列成果相比,本次研究范围内金沙江流域干流各控制站点的均值相对有所增加,其它流域站点均值相对变化有正有负,但总体呈现减小的现象。分析各区域降雨情况可以发现,径流的变化与降雨的变化趋势是一致的,1956~2010年多年平均降雨量与1956~2000年系列相比,金沙江石鼓以上降雨量相对增加,汉江流域降雨量基本持平,岷沱江、嘉陵江、乌江、宜宾至宜昌、洞庭湖、鄱阳湖和宜昌至湖口区域降雨量均相对减小,但减小幅度不大,最大减小区域为宜宾至宜昌,相对减小1.29%;(3)本次径流成果工作站点基本覆盖了长江流域干支流主要控制站点,各站点的天然径流均值基本稳定,相对变化较小,说明长江流域的径流情势总体上是较为稳定的。

3.2.2 设计值变化分析

本文选取长江流域主要水系的出口控制站和干支流重要节点开展不同频率设计年径流成果变化分析。将本次工作中的1956~2010年系列与1956~2000年系列的设计值成果进行比较,设计值相对变化见表3。

分析表3中的不同频率设计值相对变化情况如下:(1)与1956~2000年系列设计成果相比,各站点20%、50%和75%频率下年径流设计值相对变化总体较小,基本在5%以内;(2)各站点50%频率设计成果的相对变化值与均值相对变化值较为接近;与均值成果相对变化最大的站点相应,设计成果相对变化最大的站点为直门达站,50%频率下的变幅为4.36%;(3)本次频率设计成果比较分析站点涉及长江流域主要支流金沙江、岷江、嘉陵江、汉江、乌江、洞庭湖水系和鄱阳湖水系,各站点不同时期的年径流频率设计成果相对变化不大,说明长江流域主要水系的天然年径流设计成果没有发生显著变化。

3.2.3 径流年内分配变化分析

本次长江流域径流设计成果研究,共涉及流域内调节库容较大的大型水库三十余座,地域范围广泛,水库调节性能多样。水库的调度运行,对水库下游的水文站点,有着一定程度的调节影响,或改变了年来水量,或改变了年内的月水量分配。选择宜昌站为代表,对比分析天然和实测径流系列的年月分配,分析水库工程对水文站径流年内分配成果的影响。

宜昌站位于长江干流,是长江出三峡后的控制站。截止2010年,上游已建成具有较强调节能力的大型水库主要有雅砻江二滩、嘉陵江碧口、宝珠寺、岷江紫坪铺、瀑布沟、乌江洪家渡、东风、乌江渡、构皮滩、彭水、江口和长江干流三峡水库。

宜昌站位于三峡水库坝下游约43km,三峡水库2003年开始蓄水,调节库容高达 $221.5 \times 10^8 \text{m}^3$,其与

表2 长江流域径流研究工作站点年径流均值相对变化比较表

Table2 The comparison between the relative changes in the average annual runoff at the research sites in the Yangtze River basin

站名	均值变化 /%	站名	均值变化 /%	站名	均值变化 /%	站名	均值变化 /%
直门达	4.91	高场	-1.47	长阳	-2.61	湘潭	0.49
石鼓	0.76	福祿镇	-0.68	思南	-1.36	湖口	-0.43
攀枝花	1.09	富顺	-3.87	彭水	-0.79	柘林	-1.86
华弹	0.74	亭子口	-3.74	武隆	-1.90	虬津	-1.78
屏山	0.22	武胜	-3.64	赤水	-2.38	万家埠	-2.70
寸滩	-0.92	北碚	-2.36	城陵矶	-2.75	栋背	-0.94
宜昌	-1.45	小河坝	-3.26	冷水江	-1.00	峡江	0.00
螺山	-0.99	罗渡溪	-1.01	桃江	-0.97	外洲	-0.47
汉口	-0.45	郭滩	0.19	浦市镇	-1.72	李家渡	0.82
大通	-0.71	新店铺	1.16	桃源	-0.50	梅港	-0.71
小得石	-0.61	黄家港	-0.82	石门	-1.28	渡峰坑	-2.72
湾滩	-0.41	皇庄	-0.62	衡阳	-4.20	虎山	-2.64

上游水库的联合调节作用对宜昌站的径流年内分配影响较为明显。本次依据各水库的实际运行资料,对上述水库的调蓄影响进行了年月水量还原。宜昌站 2003~2010 年天然和实测径流系列统计成果如表 4 所示。

据统计,2003~2010 年多年平均天然和实测年水量分别为 $4\,026 \times 10^8 \text{m}^3$ 和 $3\,967 \times 10^8 \text{m}^3$ 。根据宜昌站 2003~2010 年实测径流量,考虑同时期上游大型水库死库容拦蓄量约 $239 \times 10^8 \text{m}^3$,总水量还原得径流量为 $3\,997 \times 10^8 \text{m}^3$,与分月还原后统计的多年平均径流量 $4\,026 \times 10^8 \text{m}^3$ 相差仅为 0.7%。考虑分月水量还原过程中可能出现的计算误差,分析认为该站还原成果基本合理。天然和实测系列,6~11 月径流量占年径流量的

比例分别为 77.37% 和 74.36%,相差 3.01%,说明宜昌站来水集中在 6~11 月,且在上游水库群的调蓄影响下,实测水量所占比例较天然来水有所减少,来水集中的现象有所减缓。12 月至次年 5 月多年平均实测月径流量比天然来水有所增加,最大增加月份为 2 月,增加量为 $23.9 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

4 洪水成果分析研究

4.1 洪水计算

4.1.1 洪水还原

《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL44-2006)明确规定,设计洪水计算所依据的水文资料及其系列应具有 consistency。当流域内因修建蓄水、引水、提水、分

表3 长江流域径流研究工作站点不同频率年径流设计值相对变化比较表

Table3 The comparison between the relative changes in the design results of annual runoff at different frequencies for research sites in the Yangtze River basin

站名	不同频率设计值相对变化/%			站名	不同频率设计值相对变化/%		
	20%	50%	75%		20%	50%	75%
直门达	4.38	4.36	4.36	黄家港	-0.82	-0.82	-0.82
石鼓	0.06	0.87	1.59	皇庄	-0.62	-0.62	-0.62
攀枝花	0.40	1.21	1.94	湘潭	-0.15	0.66	1.40
华弹	0.74	0.74	0.74	桃江	-0.97	-0.97	-0.97
屏山	0.22	0.22	0.22	桃源	-0.49	-0.50	-0.50
宜昌	-1.45	-1.45	-1.45	石门	-1.28	-1.29	-1.29
汉口	-0.45	-0.45	-0.45	外洲	-0.47	-0.46	-0.47
大通	-0.71	-0.71	-0.71	李家渡	1.62	0.80	0.07
小得石	-0.61	-0.61	-0.61	梅港	-0.71	-0.70	-0.72
高场	-0.74	-1.54	-2.23	渡峰坑	-2.21	-2.94	-3.68
福祿镇	-0.67	-0.67	-0.67	虎山	-2.64	-2.64	-2.62
北碚	-2.36	-2.36	-2.36	虬津	-1.78	-1.76	-1.77
武隆	-1.90	-1.90	-1.90	万家埠	-2.74	-2.67	-2.75

表4 宜昌站天然和实测径流成果统计特征

Table4 The statistics of the natural and observed runoff results at the Yichang station

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
天然径流量 /10 ⁸ m ³	110.3	90.5	117.0	170.7	281.7	462.0	742.3	661.2	616.9	399.8	232.5	141.1	4026
占比/%	2.74	2.25	2.91	4.24	7.00	11.48	18.44	16.42	15.32	9.93	5.78	3.50	100
实测径流量 /10 ⁸ m ³	127.4	114.4	140.4	180.2	305.8	429.9	714.5	655.5	590.3	333.7	226.2	149.1	3967
占比/%	3.21	2.88	3.54	4.54	7.71	10.84	18.01	16.52	14.88	8.41	5.70	3.76	100

洪、滞洪等工程,明显改变了洪水过程,影响了洪水系列的一致性时,应将系列统一到同一基础^[2]。

长江流域内具有较大调节库容的大型水库,特别是具有防洪任务的大型水库,在遭遇上游发生大洪水或承担着对下游的防洪任务时,必将通过拦蓄作用,削减入库洪峰并改变洪水过程,使水库下游洪水系列失去原有的天然一致特性。为此,需开展洪水还原计算,使洪水系列具有统计分析的一致性基础。

洪水还原计算以水量平衡为理论基础,根据水库的坝上水位和库容曲线开展蓄变量还原,还原计算的时段视各处的洪水过程特性和基础资料条件,选择 3h 或 6h。

4.1.2 频率洪水计算方法

本文中的设计洪水频率计算,理论频率曲线采用皮尔逊型,经验频率采用期望公式,以适线法确定统计参数^[2-3]。

a 个特大洪水的经验频率公式采用:

$$P_M = \frac{M}{N+1} \quad M=1, 2, \dots, a \quad (2)$$

$n-l$ 个连序洪水的经验频率公式采用:

$$P_m = P_{M_l} + (1 - P_{M_l}) \frac{m-l}{n-l+1} \quad m=l+1, \dots, n \quad (3)$$

式中: P_M 为特大洪水第 M 序号的经验频率; M 为特大洪水由大到小排列的序号; N 为自最远的调查考证年份至今的年数; a 为特大洪水个数(含实测中的特大洪水); P_m 为实测系列第 m 项的经验频率; m 为实测系列由大到小排列的序号; n 为实测系列的年数; l 为实测系列中作特大值处理的个数; P_{M_l} 为特大洪水第末项

$M=a$ 的经验频率。

4.2 洪水成果变化分析

本次对长江流域 24 个水文站点开展了洪水成果分析研究工作,其中城陵矶站洪水同时受三口分流来水和洞庭湖水系来水多方因素影响,洪水系列不具有 consistency 且难以还原,故仅做不同时期的特性分析,不开频率计算;螺山、汉口和大通站位于长江流域中下游地区,综合考虑长江中下游通江湖泊对洪水的调蓄作用及历时变化、大水年的分蓄洪水量或溃堤决口水量对实测资料的一致性影响,采用总入流计算方法开展上述三站 30d 和 60d 洪量的频率计算;其余各站视集水控制面积大小及相应暴雨洪水特性,采用年最大洪峰、年最大日均流量或不同时段洪量开展设计洪水分析研究。

在过去 40 多年的水电站、水利枢纽工程设计或有关流域防洪规划、流域综合规划工作中,不同设计单位在不同时期依据水文站点的历史调查洪水和不同系列长度的实测洪水资料,经过分析计算,提出并经审查通过了各站点的设计洪水成果,这些审定的采用成果是本次洪水成果变化分析研究的比较对象。

4.2.1 洪峰均值变化分析

本次长江流域洪水成果分析研究共计 18 个站开展了年最大洪峰的频率设计分析,2 个站(寸滩站和宜昌站)开展了年最大日均流量的频率设计分析。本次统一延长洪水系列至 2010 年后的多年平均年最大洪峰值成果与前期不同阶段采用成果的变化如表 5 所示。

分析表 5 如下:(1) 本次对洪水研究工作站点开

表5 长江流域洪水研究工作站点洪峰均值相对变化比较表

Table5 The comparison between the relative changes of the average flood peak at the research sites in the Yangtze River basin

站名	本次复核 洪峰均值 /m ³ ·s ⁻¹	前期采 用均值 /m ³ ·s ⁻¹	前期成果截 止年份 /年	相对 变化 /%	站名	本次复核 洪峰均值 /m ³ ·s ⁻¹	前期采 用均值 /m ³ ·s ⁻¹	前期成果截 止年份 /年	相对 变化 /%
石鼓	5 110	5 100	2001	0.20	长阳	7 760	8 140	1985	-4.67
屏山	17 800	17 900	1992	-0.56	彭水	11 200	11 200	2000	0.00
寸滩	51 600	51 600	1990	0.00	武隆	13 700	13 700	2009	0.00
宜昌	52 000	52 000	1990	0.00	桃江	7 750	7 750	2010	0.00
小得石	7 330	7 600	1982	-3.55	桃源	18 500	18 500	2010	0.00
高场	19 900	19 900	2005	0.00	石门	9 830	10 300	1990	-4.56
福祿镇	6 130	6 130	2010	0.00	湘潭	13 100	13 200	2010	-0.76
北碚	24 600	24 600	2006	0.00	湖口	16 000	16 000	2009	0.00
黄家港	15 700	15 700	1962	0.00	柘林	4 800	4 820	1999	-0.41
皇庄	18 000	18 000	1990	0.00	外洲	12 300	12 400	2009	-0.81

展了考虑水库调蓄影响的洪水还原计算和基于长系列的洪水特征值统计分析,各站点系列延长年份不等,最多延长48年。个别站点在前期的流域综合规划工作或枢纽项目设计工作中已延长至2010年,则本次依据资料系列与前期成果采用系列相同。(2)宜昌、黄家港、皇庄和彭水站在前期三峡水利枢纽、丹江口水利枢纽、碾盘山水利枢纽和彭水水电站设计阶段采用的设计成果,本次系列延长复核后点线拟合依然良好,故均值仍取采用成果。(3)本次延长洪水系列后的洪峰均值与前期不同阶段采用的成果相比,变化不大,基本都在5%以内,最大相对变化发生在长阳站,相对减小4.67%。(4)在前期成果设计过程中,各站点实测系列基本都在30年以上,且都调查考证了历史洪水信息,多数站点的最大历史洪水考证期超过百年,部分站点则达数百年,如宜昌站、黄家港站等,具有代表性的实测长系列和较为可靠的历史洪水信息,是本次洪水系列延长后洪峰均值变化相对较小的重要因素。

4.2.2 变差系数变化分析

本次延长洪水系列至2010年后的频率计算变差系数 C_v 值成果与前期不同阶段采用成果如表6所示。

分析表6如下:由于大多延长系列较短,延长期内大多未发生较大洪水,因此适线参数基本稳定,各站点变差系数变化不大,仅个别站点发生了较小变化,如寸滩站前期采用变差系数为0.25,本次延长系列后拟定为0.26,长阳站前期采用变差系数为0.40,本次延长系列后拟定为0.42。

4.2.3 设计值变化分析

本次研究范围内开展洪水成果变化分析的站点地理位置分布和集水面积差异较大,柘林站最小,为9497km²,宜昌站最大,达100×10⁴km²;各站集水面积内的洪水特性差异也较大,有些地区场次洪水过程仅为3~5d,有些则长达数十天,因而各站的设计洪水特征时段不一,部分站仅开展设计洪峰的分析计算,部分站还开展了3d、7d、15d、30d等不同时段设计洪量的分析计算。本次长江流域洪水设计成果研究表明,与流域防洪规划、流域综合规划或水库水电站等工作中的前期设计成果相比,洪峰洪量设计值的相对变化较小。本文仅取各站的百年一遇设计洪峰值开展不同阶段设计成果的变化比较分析,如表7所示。

分析表7如下:(1)本次延长洪水系列后的百年

表6 长江流域洪水研究工作站点变差系数变化比较表

Table6 The comparison between the variation coefficients for the research sites in the Yangtze River basin

站名	本次	前期	站名	本次	前期
石鼓	0.29	0.29	长阳	0.42	0.40
屏山	0.30	0.30	彭水	0.40	0.40
寸滩	0.25	0.25	武隆	0.38	0.38
宜昌	0.21	0.21	桃江	0.44	0.44
小得石	0.34	0.34	桃源	0.40	0.40
高场	0.41	0.41	石门	0.46	0.46
福祿镇	0.24	0.24	湘潭	0.30	0.30
北碚	0.36	0.36	湖口	0.35	0.35
黄家港	0.60	0.60	柘林	0.55	0.55
皇庄	0.52	0.52	外洲	0.36	0.36

表7 长江流域洪水研究工作站点百年一遇设计洪峰相对变化比较表

Table7 The comparison between the relative changes of the design flood peak in one hundred return periods for the research sites in the Yangtze River basin

站名	本次复核成果 /m ³ ·s ⁻¹	前期采用成果 /m ³ ·s ⁻¹	相对变化 /%	站名	本次复核成果 /m ³ ·s ⁻¹	前期采用成果 /m ³ ·s ⁻¹	相对变化 /%
石鼓	9 740	9 720	0.21	长阳	18 100	18 400	-1.63
屏山	34 600	34 800	-0.57	彭水	25 900	25 900	0.00
寸滩	88 500	88 500	0.00	武隆	30 500	30 500	0.00
宜昌	83 700	83 700	0.00	桃江	19 600	19 600	0.00
小得石	15 400	16 000	-3.75	桃源	40 900	40 900	0.00
高场	49 500	49 500	0.00	石门	25 200	25 500	-1.18
福祿镇	10 800	10 800	0.00	湘潭	23 900	24 400	-2.05
北碚	50 800	50 800	0.00	湖口	33 700	33 700	0.00
黄家港	47 100	47 100	0.00	柘林	13 400	13 500	-0.74
皇庄	49 500	49 500	0.00	外洲	25 400	25 600	-0.78

一遇设计洪峰成果与前期不同阶段采用的设计成果相比,变化不大,基本都在4%以内,最大相对变化发生在小得石站,变幅3.75%。(2)本次研究范围内各站点的洪峰均值变化较小,变差系数基本稳定,因而频率设计成果的变化不大。(3)在前期成果设计过程中,依据的实测洪水系列较长,且充分利用了可靠的历史洪水信息,故而洪水频率设计值的变化不大。我国几十年来的实践证明,在计算系列中,充分考虑历史洪水资料,可以补充实测资料系列的不足,起到延长系列,减少外延幅度的作用,即使增加新的大洪水,对设计洪水成果的影响仍然较小。

5 结论

长江流域的水文站网,设立较早,积累有丰富的长系列实测和调查水文资料,但近几十年来的人类活动,主要是流域内具有较大调节库容的大型水库的建设以及部分流域的经济社会用水,对水文实测资料系列的一致性产生了较为直接的影响。在对水库的调蓄作用进行还原分析计算的基础上,合理修订长江流域干支流主要控制站点的径流、洪水设计成果,对流域规划、工程设计、防汛抗旱及流域水资源综合管理有着非常重要的积极意义。本文在广泛收集长江流域内各水文站点水文资料,各水库工程设计及调度运行等基础信息的基础上,对长江流域内48个水文站点开展了水文设计成果变化分析研究,得出主要结论如下:

(1)长江流域干支流主要控制站点1956~2010年的多年平均年径流量与1956~2000年系列成果相比,相对变化总体较小,基本在5%以内;各站点不同系列

长度的天然径流均值基本稳定,反映了长江流域的径流情势总体上较为稳定。

(2)与1956~2000年系列设计成果相比,各站点20%、50%和75%频率年径流设计值相对变化总体较小,基本在5%以内,反映出长江流域的天然年径流设计成果没有发生显著变化。

(3)受水库调蓄影响,水库下游水文站的径流年内分配普遍呈现出汛期实测水量较天然来水有所减少,枯期水量较天然来水有所增加的现象。

(4)本次延长洪水系列后的洪峰均值、不同频率设计值与前期不同阶段审定成果相比,变化不大;洪峰均值相对变化在5%以内,百年一遇设计值相对变化在4%以内。

参考文献:

- [1] SL278-2002, 水利水电工程水文计算规范[S]. (SL278-2002, Regulation for Hydrologic Computation of Water Resources and Hydropower Projects[S]. (in Chinese))
- [2] SL44-2006, 水利水电工程设计洪水计算规范[S]. (SL44-2006, Regulation for Calculating Design Flood of Water Resources and Hydropower Projects[S]. (in Chinese))
- [3] 水利部长江水利委员会水文局, 水利部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: 水利电力出版社, 1995. (Hydrology Bureau, Changjiang Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources, Nanjing Institute of Hydrology and Water Resources. Handbook of Calculation Design Flood for Water Resources and Hydropower Projects[M]. Beijing: Hydropower and Electrical Press, 1995. (in Chinese))
- [4] 金光炎. 水文统计理论与实践[M]. 南京: 东南大学出版社, 2012. (JIN Guangyan. Theory and Practice of Hydrology Statistics[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2012. (in Chinese))

Revision of Hydrological Design Results of Yangtze River Basin under Background of Cascade Reservoirs

XU Changjiang, XU Gaohong, CHEN Jianchi

(Hydrology Bureau of Yangtze River Water Conservancy Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: 48 hydrological sites in the Yangtze River Basin were selected to recheck the runoff and design flood. Considering the influence of the large reservoirs with strong adjustment abilities in the upstream sites, the reduction calculation and analysis of runoff and flood data were carried out to ensure the consistency of the series. Furthermore, a comparative analysis of runoff and flood design results were conducted. Runoff analysis shows that the runoff results of the main control sites in the Yangtze River basin are relatively stable. The change of average annual runoff and 20%, 50% and 75% frequency annual design values of the sites are within 5%. Flood analysis shows that the design flood results with a 100 year return period change within 4% when comparing with the previous results of different stages.

Key words: Yangtze River Basin; design runoff; design flood; reservoir impact; consistency; reduction calculation