

渭河关中段洪水资源化潜力评估

李景宜¹, 石长伟², 傅志军¹, 赵 昕¹

(1 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室, 宝鸡文理学院, 陕西 宝鸡 721013

2 陕西渭河流域管理局, 陕西秦安河流研究所, 西安 710016)

摘要: 洪水资源化是实施渭河流域关中段流域资源综合管理和实现区域经济可持续发展的必然要求和重要途径。通过对渭河流域关中段来水来沙丰枯变化规律和河道冲淤特性的分析, 从有利于输水输沙减少泥沙淤积考虑, 确定渭河中游洪峰 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 、渭河下游段 $3000\text{m}^3/\text{s}$ 为洪水利用起算标准; 依据这一标准, 计算出林家村—魏家堡河段平均年可利用洪水水量、洪水沙量分别为 $4.038 \times 10^7\text{m}^3$ 、 $6.83 \times 10^6\text{t}$, 魏家堡—咸阳河段平均年可利用洪水水量、洪水沙量分别为 $9.139 \times 10^7\text{m}^3$ 、 $6.05 \times 10^6\text{t}$, 咸阳—华县河段平均年可利用洪水水量、洪水沙量分别为 $1.617 \times 10^8\text{m}^3$ 、 $1.843 \times 10^7\text{t}$; 流域综合管理过程中, 必须引入风险管理机制, 利用优化理论寻找平衡机制, 实现流域防洪、供水和生态保护兼顾的最佳效益。

关键词: 渭河; 洪水资源化; 潜力; 评估

文章编号: 1000-0585(2008)05-1203-09

1 引言

洪水资源化是指将洪水变为水资源的工程和非工程人类行为的总称, 是指在一定的区域经济发展状况及水文特征条件下, 以水资源利用的可持续发展为前提, 以现有水利工程为基础, 通过现代化的水文气象预报和科学管理调度等手段, 在保证水库及下游河道安全的条件下, 在生态环境允许的情况下, 利用水库、湖泊、蓄滞洪区、地下水回补工程等工程措施调蓄洪水, 减少洪水入海量, 以提高洪水资源的利用率^[1]。

洪水资源化, 我国自古有之。军事上的以水代兵, 屡见不鲜; 战国时期李冰父子兴建的都江堰兼有兴利与防洪的双重功效; 民国李仪祉先生曾著《沟洫》、《利用洪水与蓄水地下》等文专论洪水资源化, 认为“北方地区历来苦于干旱, 丰欠不保, 而每逢大雨, 则河流陡涨, 较平时水量大数倍、十数倍、数十倍不止, 任其顺河道直泻大海, 殊为可惜; 若洪水破堤而出, 无所约束, 危害更大; 平原地区若经营沟洫, 其利有五”。海河流域在近代也曾进行过洪水利用的实践, 永定河向淀北放淤区放淤 11 次, 向淀南放淤 4 次^[2,3], 使十余万亩的盐碱地变成沃壤, 并减轻了海河干流淤积, 维持了干流的泄洪及航运功能。

美国 20 世纪 30 年代的大洪水, 促使以吉尔伯特·怀特为代表的学者开始从一个全新的视角对洪水灾害进行研究, 倡导防洪工程的建设应考虑洪水风险, 应辅之以土地利用管理、预报与预警系统和洪水保险, 以适合当地的地理和经济环境。这种多元化的管理思

收稿日期: 2007-09-14; 修订日期: 2008-06-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40501077); 中国博士后科学基金资助项目 (20070410811); 陕西省社会科学基金资助项目 (06E016Z); 陕西省教育厅自然科学基金项目 (07JK179, 08JZ05)

作者简介: 李景宜 (1970-), 女, 陕西宝鸡人, 博士, 教授。主要从事环境风险评价及区域综合减灾研究。

E-mail: lijingyi7096@163.com

路、防洪策略虽并未明确考虑洪水资源的利用，但由于放弃了单纯依赖工程控制洪水的观念，客观上为洪水资源特性的发挥提供了条件。1993 年大水之后，在人烟稀少、资产密度较低的高风险区没有对水毁堤防加固或重建，让洪水迂回滞留于曾经被堤防保护的 land 中，既利用了洪水的生态环境功能，同时减轻其他重要地区的防洪压力。日本自 60 年代起，力图实现“安全确保”的防洪方略，经过 30 多年的经营，建立起了较高标准的防洪工程体系，近来认识到通过防洪工程确保安全既不可能也不经济，防洪观念转变为以一定防洪标准下的“风险选择”策略。在利用洪水方面采取了雨洪就地消化，洪水资源化利用，在原渠道化的河道上人为造滩、营造湿地、培育水生物种以求形成类似于自然状态的“多自然河川”等措施。

现代洪水资源化研究涉及洪水发生和演进规律^[4]、洪水资源属性等水文、水资源领域，不仅包括洪水风险的研究^[5]，还包括水资源短缺和生态环境恶化方面的风险研究，即既要研究洪水资源利用措施的可靠性，还要研究决策者在洪水资源利用过程中风险决策的思维方式^[6]。到目前为止，洪水资源化研究仍旧主要以理论研究和论证为主，都还处于探索阶段^[7]。

渭河流域关中段属于半湿润半干旱气候带，降雨量偏少且时空分布不均，致使旱涝灾害交替出现，不仅水资源总量紧缺，而且配置型、工程型、水质型缺水问题突出。因此，水资源紧缺和防洪减灾成为陕西省渭河流域综合治理所面临的两个重要问题：一方面，水资源紧缺成为制约区域经济发展的瓶颈；另一方面，汛期能否安全泄洪又成为关系到流域各段民众安危的重要问题。面临常量水资源潜力应用殆尽的现实，转变洪水控制观念、实现洪水资源化，就成为提高洪水管理水平和水资源综合管理研究的新方向。

2 渭河流域关中段洪水资源化的必要性

渭河流域关中段涉及西安、宝鸡、咸阳、渭南、铜川等 5 个地市（区）（图 1），是我国北方资源型缺水地区。人均水资源为 $3.575 \times 10^2 \text{ m}^3/\text{年}$ ，仅为陕西省人均水资源的

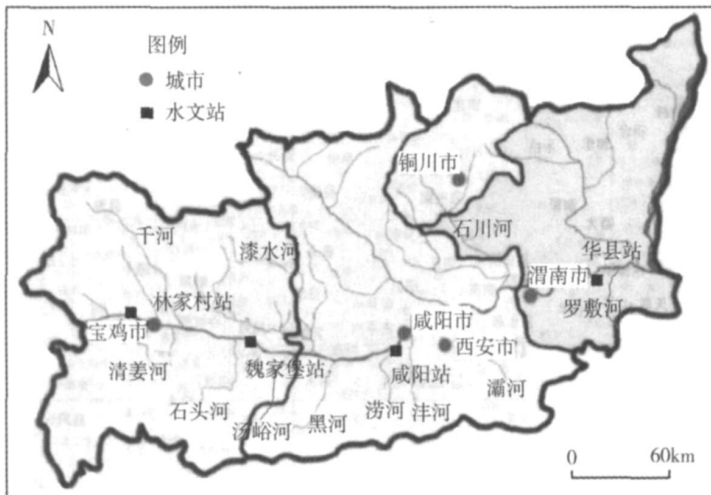


图 1 研究区域与水文站示意图

Fig 1 Sketch map of research area and hydrologic stations

25.5%和全国的13.2%^[8]; 2000年缺水量 $1.43 \times 10^9 \text{ m}^3$, 缺水率达到21%左右。地下水的开采量逐年扩大, 1986~2000年累计超采地下水 $6.96 \times 10^9 \text{ m}^3$, 导致地面裂缝、下沉等环境问题^[9]。同时, 生态环境用水保证率极低, 区内各市以牺牲生态环境用水来发展生产, 75%频率年关中地区生态环境用水平均保证率仅42.74%, 各水文站最高生态环境缺水率达67%, 最低也达27%^[10], 过度抢占生态环境用水加剧了渭河水资源污染程度。

随着区域社会经济的进一步发展和城镇人口的增加, 即使在强化节水条件下, 如果不再增加新的供水量, 预计到2010年将会缺水 $2.6 \times 10^9 \text{ m}^3$, 水的供需矛盾将进一步激化。水资源的供需矛盾以及不合理的水资源开发利用方式产生的诸多生态环境退化与破坏问题逐渐暴露, 水资源紧缺已经成为制约经济社会可持续发展的瓶颈^[11, 12]。

3 渭河流域关中段洪水资源潜力分析

3.1 洪水水沙量情况

渭河流域关中段干流设有林家村、魏家堡、咸阳、华县等水文站, 主要支流也设有水文站, 本次分析研究工作中所用的水文泥沙资料均采用水文站的实测资料。

暴雨洪涝是渭河流域关中段地区的主要自然灾害。据统计, 1960~2000年渭河中游林家村站发生洪峰流量 $Q > 500 \text{ m}^3/\text{s}$ 洪水共106次, 魏家堡站 $Q > 600 \text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水共126次, 咸阳站 $Q > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水共116次, 华县站 $Q > 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ 的洪水共108次。各站多年平均洪水水沙量与多年平均年水沙量相比较(表1), 洪水水量均值占年水量均值的33.1%~40.1%, 洪水沙量均值占年沙量均值的60.1%~74.3%, 说明洪水在来水来沙量中所占比例是比较大的。因此, 洪水资源化研究对渭河流域关中段有效利用水、沙资源有很重要的现实意义。

表1 渭河流域关中段干流各站年均水沙量与洪水水沙量比较						
Tab 1 Amounts of water and sand of common and flood						
站名	多年平均年水沙量		多年平均洪水水沙量		洪水水沙量/年水沙量	
	水量 (10^8 m^3)	沙量 (10^8 t)	水量 (10^8 m^3)	沙量 (10^8 t)	水量 (%)	沙量 (%)
林家村	18.31	1.22	7.196	0.907	39.3	74.3
魏家堡	31.40	1.24	12.60	0.900	40.1	72.6
咸 阳	44.40	1.26	16.28	0.876	36.7	69.6
华 县	72.08	3.56	23.83	2.14	33.1	60.1

注: 表中所列洪水水沙量是指林家村 $Q > 500 \text{ m}^3/\text{s}$ 、魏家堡 $Q > 600 \text{ m}^3/\text{s}$ 、咸阳 $Q > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 、华县 $Q > 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ 的水沙量。

3.2 洪水资源潜力分析

根据渭河流域关中段的洪水冲淤特性分析, 当渭河出现小水大沙的洪水时, 往往造成主槽的严重淤积, 当出现大水大沙的洪水时, 一般主槽冲刷, 滩面淤积, 当出现较大洪水时, 一般主槽为冲刷。可见, 不管是小水大沙还是大水大沙的洪水, 都会使主槽淤积或滩面淤积, 因此, 接近平滩时的洪水更有利于河道的输水冲沙。根据实测资料分析, 渭河中游魏家堡站和下游华县站多年平均的主槽过洪能力分别为 $2790 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $3560 \text{ m}^3/\text{s}$ (图2), 最大流量年平均值分别为 $1890 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $3090 \text{ m}^3/\text{s}$, 考虑到来水来沙的丰枯变化规律和河

道的冲淤特性,渭河中游河段的安全输水输沙流量为 $2000\text{m}^3/\text{s}$,渭河下游河段的安全输水输沙流量为 $3000\text{m}^3/\text{s}$,从有利于输水输沙减少泥沙淤积考虑,确定渭河中游洪峰 $2000\text{m}^3/\text{s}$ 、渭河下游段 $3000\text{m}^3/\text{s}$ 为洪水利用起算标准,即实际洪水水沙量与安全输水输沙量之间的差值就是相应河段的洪水资源潜力。依据这一标准,计算出各水文站断面以上年可利用洪水水沙量值(表2):林家村-魏家堡区间,可利用洪水水量为 $4.038\times 10^7\text{m}^3$,沙量为 $6.83\times 10^6\text{t}$;魏家堡-咸阳区间,可利用洪水水量为 $9.139\times 10^7\text{m}^3$,沙量为 $6.05\times 10^6\text{t}$;咸阳-华县区间,可利用洪水水量为 $1.617\times 10^8\text{m}^3$,沙量为 $1.843\times 10^7\text{t}$ 。

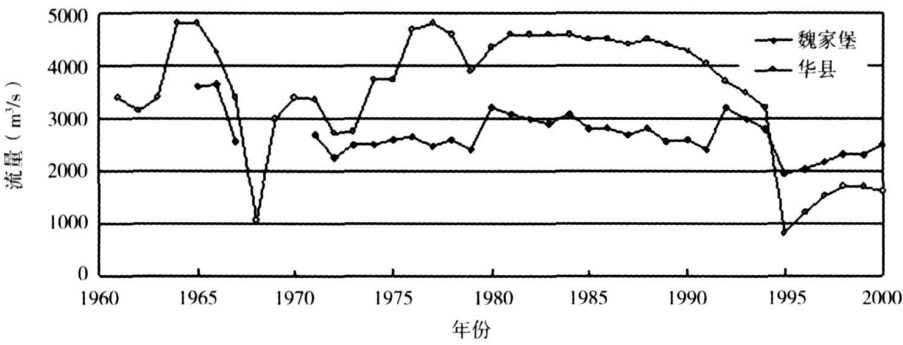


图2 渭河魏家堡、华县站历年主槽过洪能力

Fig 2 Flooding capacity of Weijiabao station and Huaxian station

表2 渭河流域关中段各站各时期洪水及其可利用洪水水沙量

Tab 2 Available water and sand of the flood

分类	时期	洪水				可利用洪水		
		林家村	魏家堡	咸阳	华县	魏家村- 魏家堡	魏家堡- 咸阳	咸阳- 华县
水量 (10^8m^3)	50年代	5 2510	8 8901	16 0220	25 8250	0 8980	1 4188	2 7621
	60年代	10 1940	21. 659	24 4350	36 9880	0 2521	1. 2552	2 0911
	70年代	8 4225	13 269	14 3460	22 8500	0 1572	0 6571	1. 3809
	80年代	6 6789	11. 000	16 3480	27. 4520	0 5798	1. 0064	1. 6746
	90年代	2 6408	4 6716	5 2826	6 2861	0 1320	0 2321	0 1746
	平均	6 6374	11. 8979	12 2867	23 8802	0 4038	0 9139	1. 6167
沙量 (10^8t)	50年代	0 9430	0 9280	0 9523	2 5270	0 1650	0 0552	0 2780
	60年代	1 1010	1 3450	1 3050	2 9120	0 0442	0 1025	0 2790
	70年代	1 3720	1 1520	1 1040	2 6750	0 0529	0 0974	0 2323
	80年代	0 6043	0 5986	0 5456	1 6510	0 0501	0 0336	0 0750
	90年代	0 3123	0 3536	0 2654	1 1060	0 0294	0 0139	0 0572
	平均	0 8665	0 8754	0 8345	2 1742	0 0683	0 0605	0 1843

注:洪水水沙量系指林家村 $Q>500\text{m}^3/\text{s}$ 、魏家堡 $Q>600\text{m}^3/\text{s}$ 、咸阳 $Q>1000\text{m}^3/\text{s}$ 、华县 $Q>1500\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水水沙量;可利用洪水水沙量系指林家村-魏家堡 $Q>2000\text{m}^3/\text{s}$ 、魏家堡-咸阳站 $Q>2000\text{m}^3/\text{s}$ 、咸阳-华县站 $Q>3000\text{m}^3/\text{s}$ 的洪水水沙量。

4 渭河流域关中段洪水资源化方案

4.1 渭河流域关中段洪水利用的原则

由于环境生态用水的严重缺乏、生态环境的恶化以及洪水涨落变化大、洪水量大、沙量大等特性和水库防洪的需要,洪水资源利用必须遵循以下原则:首先,干支流发生超水库设计洪水时,按确保水库安全的原则进行运用;其次,干支流发生设计标准内洪水时,按满足河道冲沙需要的原则运用,当渭河干流洪水大于本河段河道冲刷流量时,各支流水库拦蓄支流洪水,削减干流洪峰;当渭河干流洪水小于本河段河道冲刷流量时,各支流水库凑泄使干流洪水达到河道冲刷流量;当支流水库凑泄不能满足干流各河段冲刷流量时,各水库按水库设计运用方案进行运用;由于生活和工业用水保证率要求较高,一般不考虑洪水资源作为生活和工业用水。

4.2 各河段的洪水资源化初步方案

4.2.1 林家村—魏家堡区间 林家村至魏家堡区间主要有左岸千河和右岸清姜河。千河水量较为丰富、泥沙相对较少、水质好,千河尚有可利用洪水水量 $9.426 \times 10^7 \text{ m}^3$,其多年平均洪水沙量为 $2.79 \times 10^6 \text{ t}$ 。目前已有冯家山、段家峡、王家崖3座大中型水库,9座小型水库,总调洪库容共 $3.882 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。清姜河发源于秦岭北麓,水量丰富、含沙量很小。清姜河有可利用洪水水量 $5.266 \times 10^7 \text{ m}^3$,其含沙量很小,多年平均洪水输沙量仅有 $4.61 \times 10^4 \text{ t}$,目前清姜河尚无库容在百万立方米以上水库。

根据千河与清姜河洪水水量和地形地貌特征,初步设想现有水库的优化调度和在两河适当地点修建重点水源工程,以充分利用可利用洪水水量。各支流在保证生态用水的前提下,千河洪水资源开发应以向凤翔、岐山、扶风等塬上城乡供水和农田灌溉为主,同时兼顾向宝鸡市供水,而清姜河则可向宝鸡市供水。有关洪水分析计算表明,千河有剩余洪水水量 $9.426 \times 10^7 \text{ m}^3$,清姜河有剩余洪水水量 $5.266 \times 10^7 \text{ m}^3$,因此,从洪水水量上来讲,各支流均有足够多的洪水水量可供调蓄。

根据有关规划资料,清姜河规划有银铜峡水库,而千河及其支流普洛河也可修坝建库。根据清姜河与千河地形条件及规划资料,两支流可以满足本洪水利用库容水库的修建。因此,在清姜河与千河上通过修建水库和至少增加洪水利用库容 $3.41 \times 10^7 \text{ m}^3$ 是可行的。

4.2.2 魏家堡—咸阳段 本区间主要支流有石头河、黑河、汤峪河、涝河和漆水河。其中漆水河位于渭河以北,其余各河位于渭河以南,发源于秦岭北麓。漆水河属渭河左岸支流,其水量相对较少。其他左岸小支流如韦河等也如此,其水量较小,但中小型水库众多,均可充分利用其洪水资源,进一步进行水资源开发的可能性不大。石头河水量十分丰富,且多洪水,含沙量很小;汤峪河水质较好,洪水资源相对较少;黑河水资源丰富,含沙量很小,水质好;涝河水量较为丰富,洪水水量较大。

为塑造本区间河道利于冲刷的流量,即一般洪水条件下咸阳站流量控制在 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右,设想在支流合适地点建设蓄洪水库,并为附近地区供水。在确定总洪水利用库容时,在保证支流有足够多的洪水供新建水库调蓄的前提下,以尽可能塑造利于本区间河道冲刷的流量为原则。根据实测资料分析计算可知,石头河有剩余洪水水量 $1.283 \times 10^8 \text{ m}^3$,黑河有剩余洪水水量 $2.4181 \times 10^8 \text{ m}^3$,汤峪河有剩余洪水水量 $2.084 \times 10^7 \text{ m}^3$,涝河有剩余洪水水量 $5.423 \times 10^7 \text{ m}^3$,因此,从洪水水量上来讲,各支流均有足够多的洪水可

供调蓄。

综合以上分析,考虑洪水利用的原则和运用,从洪水资源上讲,按多年平均考虑在魏家堡—咸阳区间新建最小洪水利用能力为 $5.963 \times 10^7 \text{ m}^3$ 的水库是可以满足 1950~2000 年系列洪水利用需要的。另外,从有关地形资料初步分析和有关规划成果来看,修建洪水利用库容满足 $5.963 \times 10^7 \text{ m}^3$ 是可能的,因此,该河段修建水库调节利用洪水的方案是可行的。

4.2.3 咸阳以下河段

(1) 咸阳至华县区间

咸阳至华县区间渭河右岸主要有沔河、灞河等,均发源于秦岭北麓,而渭河左岸支流石川河发源于黄土高原。

石川河位于泾河与北洛河之间,石川河有沮河、漆水河、冶峪河等多条支流。三条支流均有一定的洪水可利用水量,但均较小,而其含沙量均较大。支流上多建有水库,沮河上有桃曲坡水库,冶峪河上有黑松林水库等。考虑到石川河水量小,可利用的洪水水量也少,各支流上有一定数量的水库,因此,在其支流上结合地形宜建多个小型拦泥库或淤地坝,减少水土流失。拦截和利用石川河部分泥沙,使之不再进入渭河,减少渭河泥沙淤积。

在确定新建水库的总洪水利用库容时,在各支流有足够多的洪水水量供新建水库调蓄的前提下,以通过本区支流水库的联合调度,尽可能的塑造利于渭河下游河道冲刷的流量 ($Q_{\text{华}} = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$) 为原则。根据实测资料分析计算可知,沔河有可利用洪水水量 $1.0475 \times 10^8 \text{ m}^3$,大峪河有可利用洪水水量 $8.0 \times 10^6 \text{ m}^3$,灞河有可利用洪水水量 $2.5132 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。由此可见,除大峪河洪水水量较少外,沔河、灞河洪水水量均十分丰富。因此,本区间支流是有足够洪水水量可供调蓄的。

综合考虑,从年平均的角度和洪水资源上讲,在此区间支流修建总洪水利用库容为 $3.914 \times 10^7 \text{ m}^3$ 的水库是可以满足 1955~2000 年实测系列洪水利用需要的。另外,根据有关规划成果来看,灞河规划有李家河水库,库容为 $5.20 \times 10^7 \text{ m}^3$;从本区间有关河道地形资料初步分析看,修建洪水利用库容满足 $3.914 \times 10^7 \text{ m}^3$ 是可能的;若考虑洪水利用的原则和运用,该库容可以满足多年平均可利用洪水 $7.221 \times 10^7 \text{ m}^3$ 的需要,因此,该河段修建水库调节利用洪水的方案是可行的。

根据渭河下游水文资料统计,渭河下游洪水通常输沙量很大,其中咸阳至华县河段多年平均可利用洪水的输沙量为 $1.256 \times 10^7 \text{ t}$,若实行有目的的引洪放淤,利用部分沙量,则既能疏导河道,减少淤积,又能减小或消除临背差,减缓直至消除华县、华阴地区土地盐碱化的趋势,改变盐碱化土地的现状,甚至使华县、华阴地区“夹槽”不再存在,从根本上改善该地区的生态环境,促使当地社会经济发展。

(2) 华县以下

渭河华县以下支流主要有以罗敷河为代表的华阴南山支流。罗敷河位于华阴境内秦岭北麓。水量丰富,多集中于洪水期,沙量小。多年平均洪水水量为 $1.326 \times 10^7 \text{ m}^3$,洪水期输沙量为 $6.85 \times 10^4 \text{ t}$;其他几条支流地形、气候及下垫面条件与罗敷河相似。

渭河华阴南山支流洪水水量丰富、水质好,华阴境内有著名的华山旅游风景区。在当地水资源短缺的现实情况下,建设蓄洪工程开发项目,拦蓄方山河、罗敷河、柳叶河、长涧河等 4 条支流洪水,据初步估算,华阴南山支流蓄洪工程洪水利用库容为 2.67×10^7

m^3 , 从而利用洪水, 变害为利, 充分利用南山支流洪水资源, 这是解决三门峡库区南山支流防洪问题的新举措、新思路。建设华阴蓄洪工程, 除了具有分洪、蓄洪、减灾等功能外, 还可利用滞洪区湖面发展养殖产业和旅游事业, 调整产业结构, 改变华阴经济发展缓慢的状态, 对当地产业结构大调整 and 经济社会可持续发展有着长远的战略意义。从上面分析可知, 咸阳至华县区间可充分利用本区间可利用洪水水量, 本区间可利用洪水沙量为 $5.62 \times 10^6 \text{ t}$ 。

5 结论与讨论

5.1 结论

渭河流域关中段地区是陕西省经济的中心, 但洪涝灾害频发和资源性、水质性缺水严重制约了区域社会经济的发展, 因此, 开展洪水资源化研究、充分利用洪水资源是实施流域资源综合管理和实现区域经济可持续发展的必然要求和重要途径。本次研究工作的主要结论为:

(1) 根据渭河流域关中段来水来沙丰枯变化规律和河道冲淤特性的分析, 从有利于输水输沙减少泥沙淤积考虑, 确定渭河中游洪峰 $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ 、渭河下游段 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 为洪水利用起算标准。依据这一标准计算出, 林家村—魏家堡河段平均年可利用洪水水量、洪水沙量分别为 $4.038 \times 10^7 \text{ m}^3$ 、 $6.83 \times 10^6 \text{ t}$, 魏家堡—咸阳河段平均年可利用洪水水量、洪水沙量分别为 $9.139 \times 10^7 \text{ m}^3$ 、 $6.05 \times 10^6 \text{ t}$, 咸阳—华县河段平均年可利用洪水水量、洪水沙量分别为 $1.617 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $1.843 \times 10^7 \text{ t}$ 。

(2) 结合渭河流域关中段干支流已建和规划水利设施、不同区域地形地貌的差异, 宜在不同区域采用不同的方式尽可能充分利用洪水资源: 在右岸南山支流修建水库和其他拦蓄工程, 在左岸合适地点修建淤地坝、拦泥库拦蓄部分泥沙; 在中游堤防保护面积小的地方拆除部分堤防, 在洪水期滞留部分洪水以回灌地下水; 同时实行渭河流域关中段统一管理才可能充分利用水利设施进行精细联合调度, 塑造有利于冲刷减淤的洪水过程, 维持和稳定河道形态, 为实现人水和谐提供条件。

5.2 讨论

从洪水资源化的定义不难看出, 较常量水资源利用而言, 洪水资源具有鲜明的资源性和风险性特点。一方面, 面对日益严峻的水资源短缺问题, 在常量水资源无法满足区域人民生活和经济发展的现实面前, 洪水所具有的大量水源特性赋予了其鲜明的资源属性。另一方面, 洪水资源在产生较大效益的同时也不可避免地带来了较大风险, 包括上游入库洪水不确定性风险、水库调度决策不确定性风险、水库下游安全泄洪风险、效益计算参数不确定性风险以及不利生态环境影响风险等。洪水的资源性和风险性既相互矛盾又相互依存, 减少洪水灾害损失、提高洪水资源价值是解决流域水资源短缺问题和增强流域防洪减灾能力的重要措施, 这是流域水资源管理面临的新课题。因此, 洪水资源利用必须引入风险管理机制, 实现风险共担、利益共享的运作模式。

总结历次抗洪抢险的经验教训, 洪水管理必须围绕“人与洪水和谐相处, 从控制洪水向管理洪水转变”的理念, 针对水资源短缺和暴雨洪水灾害频发的现实, 紧扣“洪水资源化管理”的主题, 趋利避害, 作到“三个转变”, 即: 从控制洪水转向管理洪水, 从单纯强调修建河道、堤防工程转向“上蓄调、下排、中疏固”, 从单纯依靠工程措施转向工程措施与非工程措施并重, 在系统科学理论的指导下, 从全球变化与可持续发展科学的角度

出发,以自然与社会相互作用的动力学机制和自然—社会系统的脆弱性与恢复力为切入点,探索风险科学理论、方法在流域综合治理方面的实践应用,引入风险管理机制,全面分析流域系统的资源、环境整体关联特性,为流域水资源综合治理规划的制定提供科学的论证基础,实现流域防洪、供水和生态保护兼顾的最佳效益。风险科学为洪水资源化风险研究提供了理论技术和技术支持^[13~21],采用风险分析的方法对各风险因素进行分析与量化,并依据经济风险效益最大和生态环境风险损失最小的原则,确定流域洪水资源化实施方案,将成为洪水资源化从理论研究向实践应用转移的重点研究领域。

参考文献:

- [1] 曹永强. 洪水资源利用与管理研究. 资源·产业, 2004, 6(2): 21~23
- [2] 郭方, 刘国纬. 海河流域洪水资源化利用初析. 海河水利, 2004, (1): 8~11
- [3] 高学平, 于丽丽, 果有娜. 永定河洪水资源化蓄滞洪区蓄水量计算. 中国农村水利水电, 2004, (9): 37~39
- [4] 杨佩国, 杨勤业, 吴绍洪, 等. 基于数值模拟的黄河下游不同情景溃堤洪水特征. 地理研究, 2007, 26(2): 328~336
- [5] 许有鹏, 葛小平, 张立峰, 等. 东南沿海中小流域平原区洪水淹没模拟. 地理研究, 2005, 24(1): 38~45
- [6] 王浩, 殷峻暹. 洪水资源利用风险管理研究综述. 水利发展研究, 2004(5): 4~8
- [7] 李长安. 长江洪水资源化思考. 中国地质大学学报(地球科学), 2003, 28(4): 461~466
- [8] 史鉴, 陈兆丰. 关中地区水资源合理开发利用与生态环境保护. 郑州: 黄河水利出版社, 2002
- [9] 王成, 徐化成, 郑均宝. 河谷土地利用格局与洪水干扰的关系. 地理研究, 1999, 18(3): 327~335
- [10] 宋进喜, 李怀恩. 渭河生态环境需水量研究. 北京: 中国水利水电出版社, 2004
- [11] 程国栋, 张志强, 李锐. 西部地区生态环境建设的若干问题与建议对策. 地理科学, 2000, 20(6): 503~510
- [12] 姜逢清, 朱诚, 穆桂金, 等. 新疆绿洲当代人地关系紧张情势与缓解途径. 地理科学, 2003, 23(2): 157~163
- [13] Anselmo V, Galeati G, Palmirei S, *et al*. Flood risk assessment using an intergraded hydrological and hydraulic modeling approach: A case study. Journal of Hydrology, 1996, 17(5): 533~554
- [14] Simonovic S P. Risk in sustainable water resourced management. Sustainability of water resources under increasing uncertainty. IAHS Publishing, No. 240, 1997. 3~17
- [15] Fernandez B, Sales J D. Return period and risk of hydrologic events I: Mathematical. Journal of Hydrological Engineering, 1999, 4(4): 297~307
- [16] Fernandez B, Sales J D. Return period and risk of hydrologic events I: Applications. Journal of Hydrological Engineering, 1999, 4(4): 308~316
- [17] Clarke R T. Uncertainty in estimation of mean annual flood due to rating-curve indefintion. Journal of Hydrology, 1999, 22(2): 185~190
- [18] Sen Z. Simple risk calculations in estimations in dependent hydrological series. Hydrological Science, 1999, 44(6): 871~978
- [19] 方创琳, 李铭. 水资源约束下西北干旱区河西走廊城市化发展模式. 地理研究, 2004, 23(6): 825~832
- [20] 金菊良, 张礼兵, 魏一鸣. 基于遗传算法的理想区间法在洪水灾情评价中的应用. 地理科学, 2004, 24(5): 586~590
- [21] 万洪涛, 周成虎, 万庆, 等. GIS技术支持下的洪水模型建模. 地理研究, 2001, 20(4): 407~415

Evaluation of potential of floodwater utilization in the middle and lower reaches of the Weihe River

LI Jing-yi¹, SHI Chang-wei², FU Zh-jun¹, ZHAO Xin¹

(1 Key Laboratory of Disaster Survey & Mechanism Simulation of Shaanxi, Baoji University of Arts & Sciences, Baoji 721013, Shaanxi, China; 2 Sanmenxia Reservoir Basin Bureau of Shaanxi Province, Shaanxi Qin'an River Institute Xi'an 710016, China)

Abstract: Water shortage, flood prevention and disaster mitigation are important problems awaiting to be dealt with in the Weihe River of Shaanxi Province. Under this situation, floodwater utilization would become an important way to realize comprehensive management of resources and the sustainable development of regional economy. In Guanzhong area which is located at the lower reaches of the Weihe River. The Weihe River is the biggest branch of the Yellow River, passing through Gansu, Ningxia and Shaanxi provinces. The middle reaches of the Weihe River is located in Shaanxi Province, with broad water ways, many shoals and scattered water flow. The lower reaches of the Weihe River is located in Xianyang, with serious channel siltation and small gradient. The flood resulted from heavy rain is the major disaster in these two areas. In general, the floodwater takes up about 33.1%–39.3% of the total runoff annually; the silt is about 60.1%–74.3%, where all data are mean values. It can be seen that a great deal of water and silt comes from the floodwater. By analyzing features of water, the quantity of silt coming from the upper reaches of the Weihe River, and the channel siltation, we establish the criteria as the initial values to evaluate the floodwater utilization; that is, the flood peak with a velocity of $2000\text{m}^3/\text{s}$ in the middle reaches of the Weihe River, and that of $3000\text{m}^3/\text{s}$ in the lower reaches of the Weihe River. According to these criteria, based on calculations we obtain the annual average quantity of the available floodwater and silt from Linjiacun to Wijiabao is $4.038 \times 10^7\text{m}^3$, and $6.83 \times 10^6\text{t}$ respectively, the quantity of the available floodwater and silt from Wijiabao to Xianyang is $9.139 \times 10^7\text{m}^3$, and $6.05 \times 10^6\text{t}$ respectively, and the quantity of the available floodwater and silt from Xianyang to Huaxian is $1.617 \times 10^8\text{m}^3$, and $1.843 \times 10^7\text{t}$, respectively. It is necessary to establish the risk management system to gain the optimal effects of flood prevention, water supply and ecological protection.

Key words: Weihe River; floodwater utilization; potential; evaluation