

于桥水库入库水量变化趋势分析

刘玉伟

(河北省唐秦水文水资源勘测局,河北 唐山 063000)

摘要 对于桥水库多年入库水量进行分析计算,得出入库水量有减少的趋势,从流域降水量、用水量及下垫面条件的变化 3 个方面进行入库水量减少的原因分析,得出入库水量减少的影响程度。最后,为如何增加入库水量提出了合理化建议。

关键词 入库水量 降水量 用水量 下垫面 于桥水库

中图分类号 :TV213.4 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-6933(2009)05-0054-04

Trend analysis of Yuqiao Reservoir inflow

LIU Yu-wei

(Tangqin Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hebei Province, Tangshan 063000, China)

Abstract The annual Yuqiao reservoir inflow was analyzed using hydrologic data from many years. The results show that the annual inflow to Yuqiao Reservoir has tended to decrease. The reasons for the decreasing annual inflow to Yuqiao Reservoir were analyzed in terms of the watershed precipitation, water consumption and underlying conditions, and the degree of reduction of reservoir inflow was measured. Finally, this paper provides some rational suggestions for increasing the reservoir inflow.

Key words reservoir inflow ; precipitation ; water consumption ; underlying surface ; Tianjin

天津市地处环渤海地区经济中心,是中国北方最大的沿海开放城市。然而,水资源短缺严重制约着天津市的快速发展,天津人均水资源占有量只有 370 m³,仅相当于全国人均水平的 1/6。于桥水库位于天津市北部蓟县城东 4 km 的州河上,是 1 座山谷与平原过渡型盆地水库。于桥水库在城市供水中发挥着重要作用。近 10 年来由于入库水量显著减少,加之潘家口、大黑汀两大水库入库水量的减少,天津市已启动 4 次引黄济津应急调水工程来保障城市供水安全。

州河为蓟运河一支流,全长 112 km,流域总面积 2 146 km²,3 条主要支流为沙河、黎河、淋河。于桥水库控制流域面积 2 060 km²,占州河流域总面积的 96%。水库正常蓄水位 21.16 m,兴利库容为 3.85 亿 m³。

1 入库水量分析

于桥水库多年平均入库水量为 4.1975 亿 m³/a,

在 1960 ~ 2006 年的 47 a 系列中,20 世纪 60 年代、70 年代和 90 年代处于丰水期,平均径流量比长系列均值偏多 21.7%、38.3%和 16.6%。80 年代较多年平均减少 24.8%,2000 年后径流量呈锐减的趋势,2000 ~ 2006 年平均径流量比长系列均值减少 74.0%(图 1)。

对流域年入库水量系列做 5 点滑动平均和入库水量模比系数差积曲线可以发现,入库水量存在约 31 a 周期变化。通过对径流量 5 点滑动过程线添加线性趋势线,建立一元回归方程:

$$y = bx + c$$

式中: x 为年份, a ; y 为年径流量,亿 m³ 径流倾向率 $b = -0.064$,说明入库水量有减少的趋势。

从不同时期流域内沙河水平口水文站实测雨洪过程中选取 3 次有代表性的洪水过程,分析次降水量与径流量的关系,计算在相近的流域降水情况下产生的径流量,以此分析不同时期降水产流的变化情况。由计算结果可以看出,次降水产流量的衰减

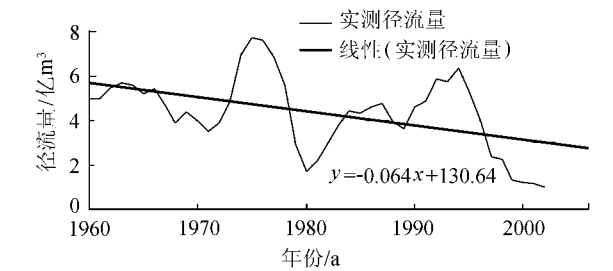


图1 于桥水库入库径流量过程线

非常迅速,相同降雨条件下流域产流量随时间推移在逐步减少,计算结果见表1。

洪水编号	前期影响雨量	降雨量	总雨量	地表径流量	地下径流量	径流量
19650707	35.4	84.2	119.6	6.3	2.0	8.3
19910718	62.7	82.9	145.6	4.2	1.5	5.7
20000808	24.8	146.4	171.2	3.7	1.3	5.0

2 成因分析

2.1 降水量变化的影响

2.1.1 年降水量分析

降水量、降水强度是影响径流的重要因素。以于桥水库流域内13处雨量站年降水量算术平均计算得出1960~2006系列流域年平均降水量,流域内多年平均降水量大部分区域在700mm以上,兴隆县挂兰峪为流域暴雨中心,多年平均降水量为769.7mm。

对流域年降水量系列做7点滑动平均及年平均降水量模比系数差积曲线可以发现,流域内降水量存在约44a大周期变化。对降水量7点滑动过程线添加线性趋势线,建立一元回归方程:

$$y = bx + c$$

式中:x为年份,a;y为年降水量,mm,其降水倾向率 $b = -3.4862$,表示降水有减少趋势,且趋势较为明显。

2.1.2 暴雨分析

形成径流的降雨中暴雨的贡献较大,对流域内雨量站历年最大雨强、最大24h、最大3d暴雨进行了统计,结果显示,暴雨量呈现减小的趋势,并且减小趋势相当明显,部分统计结果见表2。

表2 暴雨统计

站名	统计系列	最大雨强/(mm·h ⁻¹)	最大24h降雨量/mm	最大3d降雨量/mm
遵化	1950~1980年	42.2	139.1	164.4
	1981~2006年	36.3	93.7	106.4
接官厅	1950~1980年	44.2	137.7	161.3
	1981~2006年	36.8	91.3	108.8
水平口	1950~1980年	43.2	150.9	168.4
	1981~2006年	37.6	105.9	119.2

2.1.3 年降水量变化对径流的影响程度分析

由于径流的变化主要是由降水量或径流系数变化引起的,因此在分析年代之间的降水和径流的变化情况时,可利用如下公式来计算降水变化对径流变化的影响程度:

$$\Delta R = \Delta P \bar{D}$$

式中: ΔR 为由降水量变化引起的径流变化量; ΔP 为降水的变化量; $\bar{D}$ 为平均径流系数。

计算结果表明,随着年代的推移,降水量对入库水量减少的贡献作用在逐步减小,具体计算结果见表3。

表3 降水量对入库水量变化的影响比重

年代比较	降水变化量/mm	径流变化量/mm	降水因子贡献程度/%	非降水因子贡献程度/%
70年代:60年代	47.3	51.2	50.2	49.8
80年代:70年代	-178.6	-146.1	24.7	75.3
90年代:80年代	107.8	94.7	29.1	70.9
2000年后:90年代	-172.2	-185.7	26.3	73.7

2.2 用水量变化的影响

2.2.1 用水量情况分析

对流域内的生活用水、工业用水及农业用水分别以镇(乡)为单位按地表用水量、地下用水量做详细调查。流域内除农业用水量20世纪90年代有减少趋势外,工业、生活用水量一直在增加,且工业用水量增加非常迅速。

对入库水量起到影响作用的是各种用水量的消耗量,即耗水量。据统计,2006年流域内总耗水量为17203万m³,农业耗水量占总耗水量的73.4%,由于流域内城镇化程度较低,农村生活用水基本全部消耗,造成生活耗水量占总耗水量比重偏大,工业耗水量占总耗水量的12.4%。流域多年耗水量变化过程见图2。

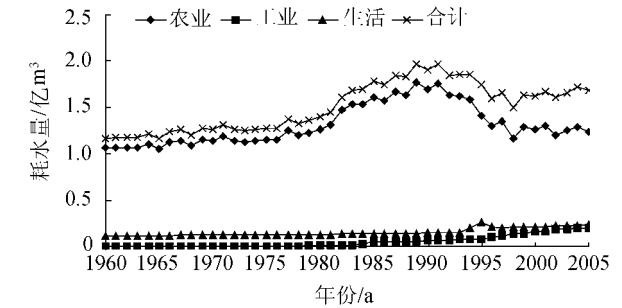


图2 于桥水库以上流域耗水量过程线

2.2.2 用水量变化对径流的影响程度分析

以相邻年代累计用水量和累计径流关系作为分析计算其时段的基准,相邻时段的总入库变化量、用水量统计为已知值,累计计算得到不同时段用水量对水库水量的影响程度。从计算结果看用水量变化对流域径流量减少影响不大,详见表4。

表 4 用水量对入库水量变化的影响比重			
年代比较	径流变化量/亿 m ³	用水增加量/亿 m ³	用水量变化的贡献/%
70 年代:60 年代	1.701 9	0.091 0	- 5.3
80 年代:70 年代	- 3.015 0	0.407 2	13.5
90 年代:80 年代	1.957 3	0.055 9	- 2.9
2000 年后:90 年代	- 3.829 4	- 0.089 6	- 2.3

2.3 下垫面条件变化影响

2.3.1 年蒸发量变化情况分析

以流域内遵化气象站 1981~2006 年、于桥水库站 1965~2006 年逐年蒸发量系列分析流域的蒸发变化情况。从统计结果看,流域的年蒸发量呈整体下降趋势,但年蒸发量减少的不大。有关文献的研究表明,1956~2000 年中国水面蒸发量呈下降趋势,尤其东南、西北地区下降趋势更为显著,由此可知,本次分析得出的流域内蒸发量略有减少的趋势是可以接受的。

蒸发是一种径流的损失过程,但就本流域近期实际发生的年降水径流、次降水径流总体呈逐渐减少的趋势看,与近期年蒸发的逐渐减少的是矛盾的。作者判断,其他外界条件对径流的形成影响效果高于蒸发的影响,如降水的影响、流域下垫面条件影响等。

2.3.2 地表植被变化情况分析

对流域内森林、果树统计发现,自 20 世纪 70 年代以来,流域植被覆盖率在不断增大(表 5)。流域内森林植被率对产汇流机制影响十分显著,植被覆盖率增大,蒸散发系数、最大自由水蓄水容量和稳定下渗率都会增大,使得径流减少,洪峰减小,历时增长。植被率的增大会改变流域产汇流机制,使径流模式更趋向于蓄满产流或先超渗后蓄满产流模式。

表 5 流域森林面积变化情况				
年份	森林面积/hm ²	森林覆盖率/%	年份	森林面积/hm ²
1975	44 405	21.6	1995	53 446
1980	40 985	19.9	2000	55 035
1985	39 110	19.0	2005	55 417
1990	44 012	21.4		

2.3.3 水利工程建设情况分析

流域内目前共有中小型水库 32 座,总库容 13 985 万 m³。其中中型水库 3 座:龙门口水库、上关水库、般若院水库;小(一)型水库 2 座:大河局水库和接官厅水库。中型水库、小(一)型水库全部分布在河北省遵化市境内,遵化市境内水库总库容占到流域内水库总库容的 95% 以上。引提水工程大部分在遵化市境内。2005 年,遵化市流域内共有引水工程 95 处,扬水工程 705 处,且机电井近年来也呈小幅递增的趋势。由于近年来地表水资源的减少,

流域内农村集雨水窖的建设非常迅速,目前仅遵化市建成的集雨水窖总数达到 21 300 个,遍布 22 个乡镇。水窖的规模虽小,但数量颇多,这大大减小了河道径流量。

水利工程建设对径流的影响表现在:①拦蓄截水面积的增大,导致蒸发量的相对加大,特别是在干旱年份;②引水工程和提水工程改变了某个流域的径流情况及某些地区的地下水情况,造成局部水量改变,从而改变了取水及用水地域原来的水体循环情况;③水利工程建设,导致某些局部流域汇流时间减少,但对整个流域来说,增加了峰现时差,使洪峰出现时间滞后。

2.3.4 地下水埋深变化情况分析

地下水埋深变化对径流的影响是通过影响包气带厚度进行的。统计流域内泉水头、大柳树、东新庄、南新城、新店子 5 处地下水位站自建站至今的年平均埋深、年最大埋深、年最小埋深的 3 种特征值系列全部呈增大趋势。地下水位埋深的增大,直接导致地表产流量减少,进而减少了入库水量。各站地下水位年平均埋深见表 6。

表 6 地下水位站年平均水位埋深统计 m					
年份	泉水头	大柳树	东新庄	南新城	新店子
1986	5.48	3.17	6.64	10.93	10.39
1987	5.46	2.91	6.68	10.42	12.05
1988	5.90	3.44	7.17	10.77	11.76
1989	6.62	3.89	7.74	11.45	11.90
1990	5.80	3.26	5.27	10.48	11.28
1991	5.28	2.77	4.77	10.23	10.48
1992	6.53	3.47	5.92	11.87	12.46
1993	6.64	3.24	5.77	11.41	18.00
1994	5.02	2.83	5.11	10.57	18.00
1995	5.12	2.59	4.78	10.57	18.00
1996	4.98	2.49	4.79	10.29	10.12
1997	6.72	4.15	6.35	11.44	13.05
1998	5.97	3.74	5.14	11.09	12.56
1999	6.96	5.38	6.42	12.18	13.42
2000	8.14	6.58	7.23	12.63	18.00
2001	7.39	6.36	6.47	11.24	14.28
2002	7.95	7.05	7.13	12.35	15.07
2003	8.71	8.00	7.66	12.95	16.42
2004	7.96	7.19	6.66	11.94	16.48
2005	7.29	7.11	6.20	12.47	16.25
2006	7.99	7.63	6.83	12.42	18.00

2.3.5 下垫面变化趋势

流域下垫面条件影响径流形成的因素主要有:地质条件(包括岩性、地层结构、地质构造等)、地貌(包括绝对高程、地面坡度、相对高程等)、植被覆盖(覆盖率、植被种类、树龄等)、地下水埋深等。由于水利工程建设、地下水埋深的变化、土地利用的变化和地表植被覆盖率的变化都会导致下垫面的变

化,分析以上各导致下垫面变化的因素,得出下垫面变化的结果是朝着不利于产汇流的方向进行的。

下垫面条件变化在不同时段对入库减少水量的影响不同,由表 3 中的非降水因子贡献大小减去表 4 中的用水量造成的径流量减小所占比重,便可以估算流域下垫面条件变化对入库水量变化的影响程度。由表 7 计算数据可以看出,下垫面条件变化对流域入库水量减少贡献作用最大,并且随着时间的推移在逐步增大。

表 7 下垫面条件变化对入库水量影响比重

年代比较	流量变化/ 亿 m ³	下垫面条件变化 贡献程度/%
70 年代:60 年代	1.7019	55.2
80 年代:70 年代	- 3.0150	61.8
90 年代:80 年代	1.9573	73.7
2000 年后:90 年代	- 3.8294	76.0

2.4 结 论

于桥水库流域入库径流的变化,其影响因素总体上可分为降水影响因素和人类活动影响因素,人类活动影响因素包括人类活动的直接影响因素(用水量的变化)和人类活动影响的间接影响因素(如下垫面条件变化,及由此引起的产汇流特征变化)。通过对影响因素的计算,可以得出如下结论 降水对入库水量的年际间波动有较大的影响,而对入库水量整体趋势减小的影响比较小。用水量对入库水量变化直接影响只有 20 世纪 80 年代贡献程度达到了 13.5%,其他时段对入库水量减少的贡献程度不大。下垫面变化对径流变化的影响最大,20 世纪 90 年代后达到了 76.0%。

3 应对入库水量减少的对策

3.1 与当地政府协调合作,有效控制影响水量减少的不利因素

由于流域地跨河北、天津两个省(直辖市)的 5 个县(市),所以天津市应与流域内当地政府协调合作,有效控制影响水量减少的不利因素。对如何提高降水产流措施进行研究,达到提高降水量的利用率的目的。高度重视本流域水资源的涵养保护,出台水资源涵养的政策措施,综合开发利用流域内水资源。

3.2 积极保护和开辟城市其他供水水源

首先要保护引滦水量、利用引黄济津工程及加

快南水北调工程天津段建设,实现引江、引滦双水源联合调水。其次要加大天津市非常规水的开发和利用力度,如海水直用及淡化,渤海海冰的利用,地下水咸水、微咸水的开发利用,再生水的开发利用以及雨洪水利用,都可以有效缓解目前天津市水资源短缺问题。

3.3 积极建设节水型社会

提高工业用水重复利用率,降低万元产值取水量。农业节水中可采取优化农业种植与灌溉结构,大力发展节水灌溉面积,改进灌溉制度。生活用水提倡分质供水。公共设施用水提倡中水回用等。

参考文献:

[1] 王文圣,丁晶,李跃清.水文小波分析[M].北京:化学工业出版社,2005.
[2] 芮孝芳.关于降雨产流机制的几个问题的讨论[J].水利学报,1996(9) 22-26.
[3] 王浩,秦大庸,王建华,等.唐山市水资源综合规划报告[R].北京:中国水利水电科学研究院水资源研究所,2006.
[4] 任国立,郭军.中国水面蒸发量的变化[J].自然资源学报,2006,21(1) 31-34.
[5] 车洪军.气候变暖对水面蒸发的影响[J].海河水利,2004(6) 13-14.
[6] 何进知,李舒宝,蒋永奎,等.森林植被对流域产汇流的影响分析[J].水力发电学报,2001(2) 69-72.
(收稿日期 2008-04-21 编辑 高渭文)

(上接第 40 页)

[6] 李玉珍,王宜怀.主成分分析及算法[J].苏州大学学报:自然科学版,2005,21(1) 32-36.
[7] 万星火,檀亦丽.主成分分析原始数据的预处理问题[J].中国卫生统计,2005,22(5) 327-329.
[8] 张红兵,贾来喜,李潞.SPSS 宝典[M].北京:电子工业出版社,2007.
[9] 金相灿,叶春,颜昌宙.太湖重点污染控制区综合治理方案研究[J].环境科学研究,1999,12(5) 1-5.
[10] 王国强,冯厚军,张凤友.海水化学资源综合利用发展前景概述[J].海洋技术,2002,21(4) 62-65.
[11] 耿戈军.水质水色水味[J].治淮,1996(2) 49.
[12] 孙莉,朱鸿斌,张成云,等.一起工业废水污染沱江水源水事故的调查[J].环境与健康杂志,2005,22(3) 192-193.
(收稿日期 2008-04-11 编辑 彭桃英)