

三门峡水库原型试验对区域水资源开发影响

周怀东^{1,2}, 毛战坡², 王雨春², 李炳花², 冯 健²

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 中国水利水电科学研究院水环境研究所, 北京 100038)

摘要 通过 2002~2004 年三门峡水库原型试验期间的水库水资源平衡计算以及库区典型区域地下水监测资料分析, 发现原型试验的 3 年间, 三门峡水库对库区地下水补给量分别为 19.3 亿 m³、20.3 亿 m³、23.6 亿 m³, 呈逐年增加的变化趋势, 黄河滩地区域的地下水位与水库水位存在线性相关关系, 原型试验前后水库水位与地下水位变化差值发生明显变化, 黄土塬区地下水水位急剧变化, 水位变化幅度增加, 区域地下水补给关系发生改变。研究表明, 原型试验期间, 三门峡库区部分区域的地表、地下水资源补给关系发生改变, 直接影响区域水资源开发利用, 需要采取有效措施减少水库运行方式变化对水资源开发利用的影响。

关键词 三门峡水库; 原型试验; 水资源; 地下水水位

中图分类号 :TV213.4 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2009)02-0042-04

Effects of Sanmenxia Reservoir prototype experiment on regional water resources development

ZHOU Huai-dong^{1,2}, MAO Zhan-po², WANG Yu-chun², LI Bing-hua², FENG Jian²

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Department of Water Environment, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: By analyzing the water balance and groundwater monitoring data from the prototype experiment in the Sanmenxia Reservoir from 2002 to 2004, it was found that the reservoir replenishment to groundwater increased continuously, from 1.93 billion m³ (2002) to 2.03 billion m³ (2003), and finally to 2.36 billion m³ (2004); the groundwater level in the Yellow River floodplain was linearly related to the reservoir water level; both the reservoir water level and groundwater level after the prototype experiment differed greatly from those after the experiment; the groundwater level in the loessial plateau varied greatly with increasing increments; and the groundwater recharge system was modified. As the development and utilization of regional water resources have been affected by the modified recharge system, effective measures should be taken to mitigate the effects of reservoir operation mode adjustment on water resources development.

Key words Sanmenxia Reservoir; prototype experiment; water resources; groundwater level

三门峡水库是新中国成立后在黄河干流上兴建的第一座大型综合性水利枢纽。由于对黄河本身特殊性和泥沙淤积严重性认识不足, 三门峡水库运用后发生严重淤积, 水库建设经历两次改建和调整运用方式的曲折历程^[1]。由于 1986 年后来水来沙情况恶化, 潼关高程(黄河潼关第六断面 1 000 m³/s 流量时的相应水位)呈上升趋势, 导致渭河下游防洪形

势日趋严峻。为控制和降低潼关高程, 2002~2005 年就三门峡水库运用方式再次调整进行原型试验^[2]。三门峡库周主要依靠水库修建取水设施, 以满足工农业生产、生活用水。经过 40 余年发展, 库周已形成成为以水库依托的社会、经济系统, 因此, 三门峡水库对于区域社会稳定发展具有重要作用^[1]。改变水库运行方式, 将影响库区地表与地下水资源

变化,因此需要分析原型试验期间库区水资源变化特征,识别原型试验对区域水资源影响,为全面评估水库运用方式变化对区域生态、社会、经济的影响提供技术支撑。

1 研究区域

库区研究范围包括三门峡大坝到陕西潼关区域,涉及河南、山西两省的三门峡市、运城市的部分区域,其中河南库区涉及三门峡市的灵宝市、陕县等,山西库区涉及平陆、芮城等县。根据调查,潼关以下库区涉及河南、山西两省5个县市的27个乡镇,人口196万,其中城市人口40余万。区域地下水按埋藏和补给方式可划分为浅层地下水 and 中深层地下水,受区域地质构造控制,地下水赋存条件差异较大,气象、水文、地貌等因素影响各地段地下水运移和动态特征^[3]。由于区域气候、地形限制,两岸地下水埋深多在100~400m左右,生活、工农业用水主要依靠水库,有11处较大取水工程(山西侧7处,河南侧4处)。另外,库周有8000多眼机井和水井,主要依赖水库补给。地下水动态受补径排等因素综合影响,浅层地下水动态类型从南向北依次为降水入渗-开采型、降水入渗径流型及水文型等。由于区域地下水资源过度开发利用,2000年水资源调查发现,三门峡市区地下水漏斗范围达200km²,且呈逐年扩大趋势。

2 研究方法

2.1 库区水资源补给平衡

由于区域地下水开采资料有限,根据三门峡水库原型试验期间水库的入库径流、出库径流、水面蒸发、降雨、工农业取水、运行水位等资料,结合三门峡水库库容曲线,分析原型试验期间水库地表水资源对区域地下水补给情况,揭示原型试验对库区地表水、地下水资源交换的影响。

三门峡水库水资源平衡公式:

$$\Delta v = v_{in} - v_{out} = v_t + v_r + v_g + v_q + v_x - v_s - v_z - v_u \quad (1)$$

式中: Δv 为水库蓄水量变化,负值表示水库水量降低,正值表示水库水量增加; v_{in} 为水库入流; v_{out} 为水库出流; v_t 为水库入库站(潼关站)径流量,利用原型试验期间径流监测资料进行估算; v_r 为库区水面降雨量,根据三门峡气象监测资料和库区水面面积资料进行估算; v_g 为水库与地下水交换量,正值表示地下水补给水库,负值表示水库补给地下水; v_q 为水库排污口、支流入库径流量,根据监测资料和相关报告确定; v_x 为水库蓄水量,通过不同月份水库水

位、库容曲线进行估算; v_s 为水库出库径流站(三门峡站)径流量,利用三门峡站径流资料进行计算; v_z 为水库水面蒸发量,利用三门峡实测资料进行计算; v_u 为水库取水量,根据库区地表取水许可证进行估算。

由式(1)得到水库、地下水交换量:

$$v_g = v_{in} - v_{out} - \Delta v = v_s + v_z + v_u - v_t - v_r - v_q - v_x + \Delta v \quad (2)$$

2.2 地下水变化特征

三门峡区域地下水补给主要来源于大气降水入渗、地表水体(河、渠、库、塘)渗漏和邻区地下水侧向径流补给及农田灌溉回渗。根据《三门峡城市地质系列编图说明书》:区域降水入渗补给量占总补给量44%,山区地下水径流补给量占总补给量35.6%,河水补给量占总补给量12.1%,剩余8.3%为灌溉入渗补给及渠系入渗补给。开采条件下,尤其是傍河集中强化开采时,袭夺河库水补给量占总补给量比例将跃居首位。根据库区周边地下水水位观测井布置情况,选择靠近库区的塔南(距黄河1000m)、塔西(距黄河500m)、塔北(距黄河1250m)观测井,以及陕县大营镇大营村水井(距离黄河3000m)等,上述水井位于库区不同水文地质结构区域,其中塔南、塔西、塔北监测井位于三门峡黄河风景区滩地上,陕县大营镇大营村位于黄河南岸黄土塬上,结合降雨资料、水库运行水位情况,分析地下水与地表水体相互作用过程,识别水库运行方式变化对区域地下水的影响。

3 研究结果

3.1 库区水资源平衡

根据原型试验期间入库径流站(潼关)、出库径流站(三门峡)、库区降雨和蒸发、库区取水许可统计、运行水位、污水排放量及主要支流监测等数据进行水量平衡计算,结果表明库区水资源量主要受控于入库径流(黄河干流潼关站)、出库径流(黄河干流三门峡站)。原型试验期间(2002~2004年)三门峡水库最大月入库径流量60.28亿m³(2003年10月),最小月入库径流量6.31亿m³(2003年6月);最大月出库径流量58.37亿m³(2003年9月),最小月出库径流量5.08亿m³(2003年1月)。2002~2004年三门峡水库对区域地下水的补给量分别为19.3亿m³、20.3亿m³、23.6亿m³(表1),呈逐年增加的变化趋势,主要是由于区域大量开采地下水造成地下水漏斗面积和漏斗深度不断增加,以及补给区域和时间发生变化。原型试验前(2002年)多数时间(3月除外),水库均能有效补给区域地下水,而原型试验的2003年1月、5月、7月,水库运行水位较低,地下水补给黄河水,2004年总体呈现黄河水补给地下水

(6月份除外),进一步表明水库运行水位对区域地下水补给影响显著(图1)。上述评价是针对三门峡库区整体而言,有关不同区域地下水、地表水补给关系的具体内容见3.2节。

表1 原型试验前后水库水资源平衡 亿 m³

年份	入库量			出库量		交换量
	降雨	径流	蒸发	径流	用水	
2002	0.16	236.6	0.9	216.7	0.8	19.3
2003	0.2	203.5	0.5	178.9	0.8	20.3
2004	0.2	229.1	0.7	205.9	0.8	23.6

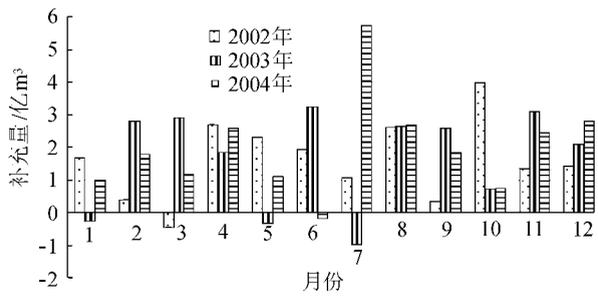


图1 原型试验前后库区地表水、地下水补给量

3.2 库区地下水变化特征

3.2.1 河滨区地下水变化特征

根据位于三门峡河滨区的风景区塔南、塔北、塔西地下水水位监测资料(2001~2003年)和降雨资料,得出2001~2003年间平均地下水水位和降雨资料关系,见图2。由图2可见地下水水位与区域降雨关系并不密切,同时地下水水位变化幅度较大,其中水井平均水位年内呈现出9~10月最低,4~5月最高,属于水文型^[4-5]。三眼监测井地下水水位变幅在2001~2003年表现为同步变化,表明黄河滩地区地下水补给主要来自黄河。地下水水位2001年最高,2002年次之,2003年最低,表明地下水水位与水库运行水位关系比较密切。根据2001~2003年间水库运行水位、地下水水位高程差值图,原型试验前(2001、2002年)水库水位、地下水水位变化差值较大,其中2001年7月地下水水位比水库运行水位高9.29m,而11月份水库水位比地下水水位高7.97m,2002年7

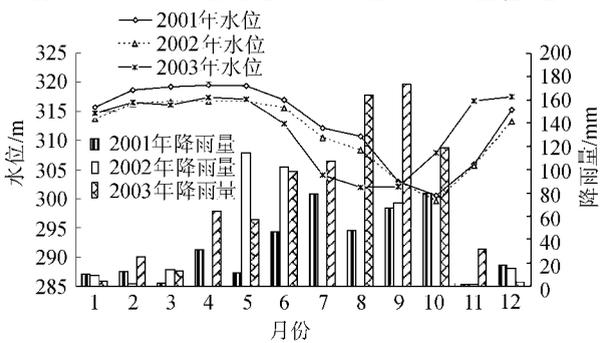


图2 三门峡塔南、塔西、塔北地下水监测井水位和降雨量关系

月份地下水水位比水库运行水位高6.29m,11月水库水位比地下水水位要高8.52m,2003年水库运行水位与地下水水位之间的差异较小(图3)。

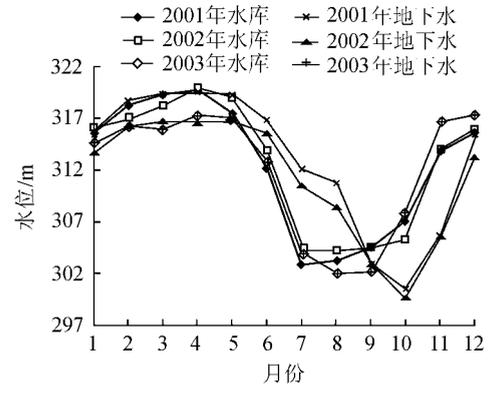


图3 三门峡塔南、塔西、塔北监测井地下水水位与库区水位变化

2001~2003年水库运行水位变幅与地下水水位变幅之间存在较好的线性相关关系(图4),表明水库运行水位变化直接影响区域地下水水位。原型试验前,水库水位、地下水水位差异比较明显,主要是水库运行水位较高能够有效补充地下水,增加区域地下水储存量,而受2002年原型试验影响,水库补充地下水量减少,地下水水位不能得到有效恢复。同时,塔南、塔西、塔北三口监测井均位于黄河滩地上,区域地质具有较好的透水性,地下水、地表水体之间存在密切的交换过程,以及区域存在大面积滩地型湿地,水库运行水位较高季节淹没区域垂直进行补给,增加区域地下水蓄积量,在水库运行水位时地下水径流排泄补给黄河水。原型试验期间随着水库运行水位降低和补给量减少,区域地下水水位变化幅度增加。

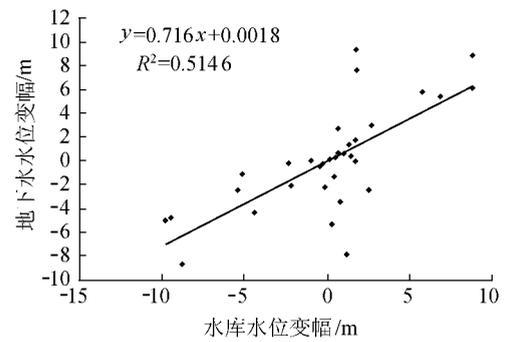


图4 三门峡风景区2001~2003年地下水水位变幅与水库水位变幅相关关系

3.2.2 黄土塬区地下水变化特征

根据区域地下水监测井资料(图5),原型试验前黄土塬区地下水水位比较稳定,主要随区域降雨变化,水位变化幅度介于320~322m之间,属于比较典型的降水入渗-径流型^[4-5],原型试验期间,地下

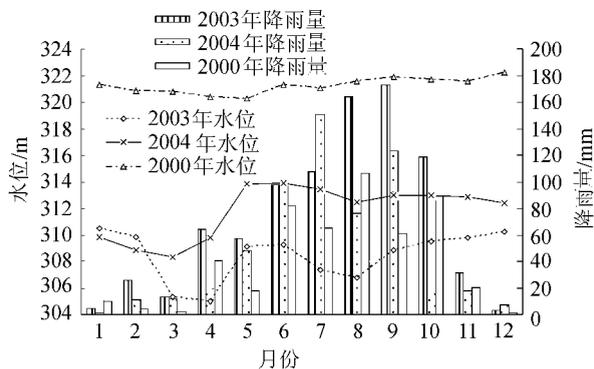


图5 大营监测井地下水水位与降雨量关系

水水位急剧变化,变化幅度增加,2000年地下水最高水位(322.24 m)、最低地下水水位(320.29 m)差值仅1.95 m,2003~2005年相应差值分别为5.53 m、5.56 m、2.15 m,表明原型试验期间地下水水位变化幅度较大;虽然2003年降雨量约为2000年的2倍,但最高地下水水位仅310.52 m、最低水位304.99 m,比2000年最高地下水水位下降12 m左右,最低水位下降16 m左右。水库运行水位与地下水水位差值关系图(图6)表明,原型试验前(2000年)地下水水位多数时间高于水库运行水位,能够有效地补充河水,而原型试验期间1~6月水库运行水位高于地下水水位补给地下水,运行水位较低季节(7~10月)地下水补给河水。表明原型试验期间两者补给关系发生改变,农业大量用水等造成区域地下水水位下降,减少区域地下水对河流补给量。根据原型试验前后地下水、水库水位变化幅度分布关系图(图7),原型试验前(2000年)地下水水位变化幅度较小,水位波动与区域降雨关系比较密切,原型试验期间地下水水位变化幅度增加,呈现出线性相关特点,表明区域地下水类型向水文型转变,地下水受黄河水补给强度增加,依靠水库蓄水进行地下水补给。

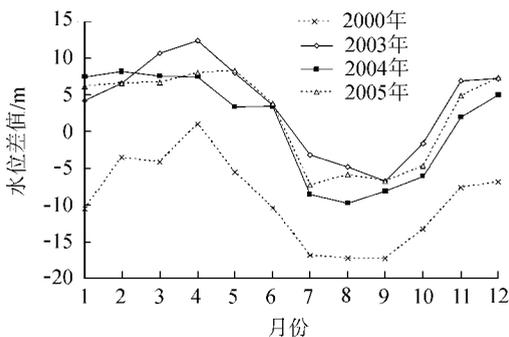


图6 大营监测井地下水水位与水库水位差值

4 结论

根据三门峡库区水资源平衡以及库区地下水观测井水位资料,结合降雨资料和水库运行水位情况,

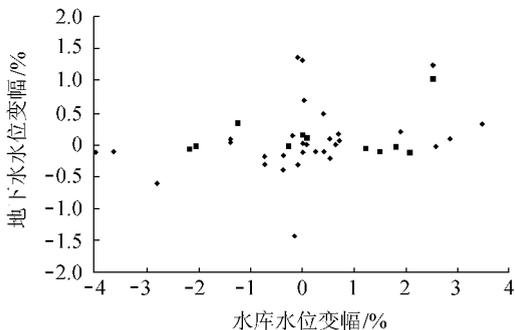


图7 大营监测井地下水水位变幅与水库运行水位变幅相关关系

分析发现原型试验期间部分区域原有的地下水、地表水相互补给关系已经发生了变化,严重影响区域水资源开发利用。由于区域大量开采地下水造成地下水漏斗面积和漏斗深度不断增加,水库对库区地下水补给呈逐年增加的趋势,区域地下水补给对水库水位依赖性更大,需要采取有效的水库运用方式,降低水库运用方式变化所带来的水资源开发利用问题,促进区域社会、经济、生态的可持续发展。

参考文献:

- [1] 黄河三门峡水利枢纽志编撰委员会. 黄河三门峡水利枢纽志[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 1993.
- [2] 刘宁. 对潼关高程控制及三门峡水库运用方式研究的认识[J]. 水利学报, 2005, 36(9): 1019-1028.
- [3] 黄河水利委员会科技外事局, 三门峡水利枢纽管理局. 三门峡水利枢纽运用四十周年论文集[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001.
- [4] 曹万金. 地下水资源计算与评价[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.
- [5] 朱庆陞. 供水水文地质手册(第三册): 地下水资源评价[M]. 北京: 地质出版社, 1977.

(收稿日期 2008-04-16 编辑 徐娟)

