

DOI: 10.3969/j.issn.1004-7328.2016.06.002

# 流域下垫面变化对永定河官厅水库径流影响分析

张建中, 刘江侠, 任涵璐

(海河水利委员会科技咨询中心, 天津 300170)

**摘要:** 官厅水库是北京市的两大地表水源地之一, 特别是2000年以来, 水库的入库径流量呈明显衰减趋势。为此, 亟需摸清水库上游下垫面变化情况, 甄别影响径流减小的主要因素, 以优化水资源配置和保障供水安全。

**关键词:** 官厅水库; 径流量; 下垫面

中图分类号: TV121<sup>2</sup>

文献标识码: A

文章编号: 1004-7328(2016)06-0007-04

## 1 引言

官厅水库位于永定河干流官厅山峡入口处, 控制流域面积43 402 km<sup>2</sup>。永定河流域地形为山地高原及山间盆地, 地势西北高东南低, 西部是阴山和太行山支脉恒山所包围的高原, 北部为蒙古高原, 东南方为恒山及八达岭高原。永定河上游分桑干河和洋河两大支流, 南部桑干河区域北接蒙古高原, 西邻管涔山和洪涛山, 南屏海拔2 000 m以上的恒山和太行山, 地势西高东低, 平均高程约1 000 m, 大同盆地、蔚阳盆地和涿怀盆地分布其间; 北部洋河区域, 北接坝上高原内陆河流域, 地势西北高东南低, 在尚义县、张北县一带是坝上高原和坝下盆地的分界线, 坝下山峦起伏, 群山之间多串珠状山间盆地, 较大的有张宣盆地、涿怀盆地。

永定河流域是我国重要的能源基地, 大同煤炭集团和平朔煤炭工业公司是年产原煤千万吨以上的特大型煤炭生产企业, 大同二电厂, 神头一、二电厂是装机容量100万kW以上的大型坑口电厂, 生产的煤、电大部分输送京津唐地区。流域现有人口929.51万人, 其中城镇人口456.29万人, 城镇化率为49%。

## 2 流域下垫面变化

流域下垫面是指影响流域产流及汇流的多种因素的综合体, 地形及地表附着物为其主要表征, 同时还包括地表以下产流影响岩层, 它是地球表层的水循环界质。人类的生活及其经济活动无时不对地球

表面产生影响。永定河流域是海河流域山区人类活动比较剧烈的地区, 建设及居住用地增加、水土保持工程及水利工程建设以及水资源开发利用使得该流域下垫面发生了巨大变化。

### 2.1 土地利用变化

根据1980年以来卫星遥感资料分析, 官厅水库上游流域的土地利用组成发生了较大变化。其中, 居民居住及建设用地变化最大, 从1980年的828 km<sup>2</sup>增加到2010年的1 812 km<sup>2</sup>, 上升了119%; 林草面积变化的绝对数量最大, 30年来增加2 362 km<sup>2</sup>, 上升了10.2%; 耕地面积1980年为17 428 km<sup>2</sup>, 2010年减少到15 759 km<sup>2</sup>, 下降了9.6%。不同年代各类土地利用类型变化情况, 如图1所示。

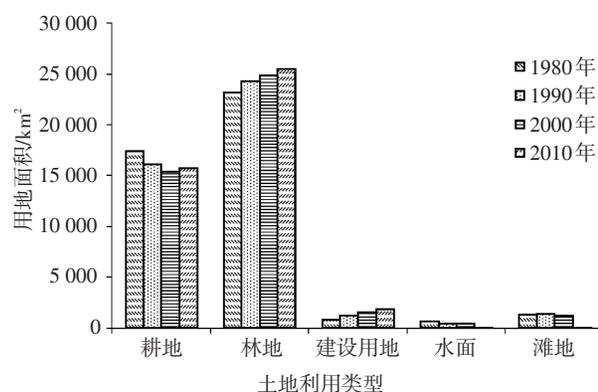


图1 永定河流域土地利用变化情况

经统计, 官厅水库上游地区自20世纪80年代以来有效灌溉面积呈现先减后增的情况。1980年有效灌溉面积为35.33万hm<sup>2</sup>, 到1985年减小到33.07万hm<sup>2</sup>, 随后灌溉面积逐渐增加, 到2012年达到

收稿日期: 2016-07-25

作者简介: 张建中(1962—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事水利科技咨询管理工作。

45.33万 hm<sup>2</sup>,耕地有效灌溉率达到38.3%。

### 2.2 植被变化

官厅水库上游地区林草覆盖度总体呈增加趋势。经用遥感数据提出的归一化植被指数NDVI这一反映地表植被覆盖状态和植物量指数分析,流域

内1980、1990年植被覆盖变化不大,NDVI基本维持在0.20左右;2000年以来,植被覆盖逐渐加大,从1999年的0.19增加到2012年的0.28,上升了47%(见表1),2002年以来册田水库至三家店区间NDVI分布及变化情况如图2所示。

表1 官厅水库上游区域NDVI变化情况

分区	不同年份 NDVI 值								
	1984年	1990年	1995年	1999年	2002年	2005年	2008年	2010年	2012年
册田水库以上	0.195	0.166	0.175	0.167	0.24	0.236	0.26	0.253	0.26
册田水库至三家店区间	0.22	0.208	0.226	0.212	0.27	0.289	0.306	0.29	0.29
全流域	0.209	0.189	0.203	0.192	0.257	0.266	0.286	0.274	0.277

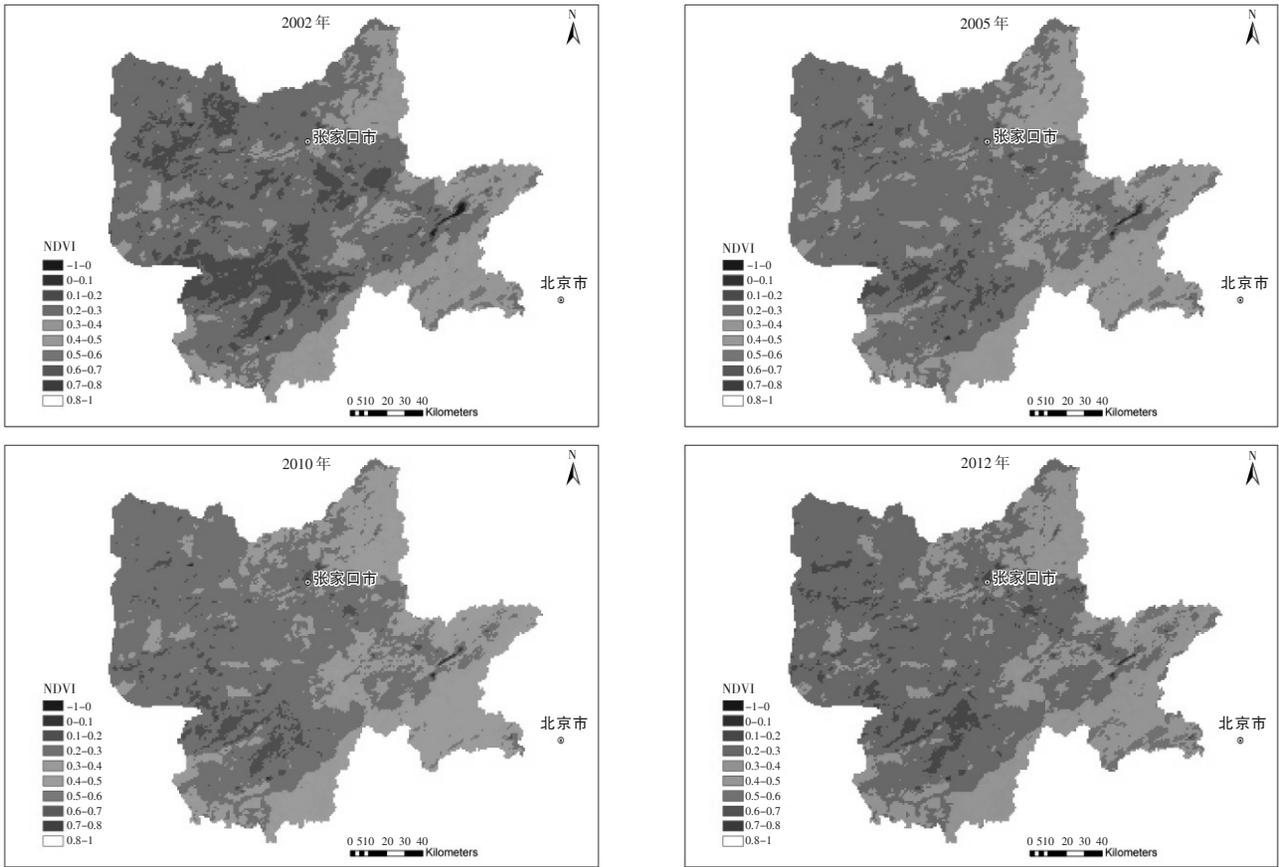


图2 册田水库至三家店区间NDVI分布及变化趋势

### 2.3 盆地地下水埋深状况

20世纪70年代以前,永定河上游盆地地下水开采量较少,一般区域的地下水埋深在1.5~3.0 m,汛期暴雨很容易蓄满地下包气带产生径流。20世纪70年代以来,随着地下水取水技术提高和经济社会的发展,地下水取水量逐步增加,盆地地区地下水位逐渐下降,最大地下水埋深达60 m以上,在大同、张家口市区以及一些县城的周边地区均存在不同程度的地下水超采现象。山西省大同山间盆地地下水漏斗主要分布在朔城区、山阴县、怀仁县、大同城郊超采区,超采区面积498 km<sup>2</sup>,漏斗中心大同城区和怀

仁县地下水位埋深达53.7和50 m。张家口市的张宣盆地、涿怀盆地和蔚阳盆地地下水位呈逐年下降趋势,其中张宣盆地地下水最大埋深61.7 m、涿怀盆地地下水最大埋深40.9 m、蔚阳盆地地下水最大埋深31.4 m。官厅水库上游地区地下水埋深分布情况,如图3所示。

## 3 流域下垫面变化对地表径流影响

### 3.1 地表径流变化趋势

为了分析官厅水库以上流域下垫面变化对径流影响趋势,甄别影响径流衰减的关键因素,对官厅水库以上流域1956—2010年55年流域平均年降水量

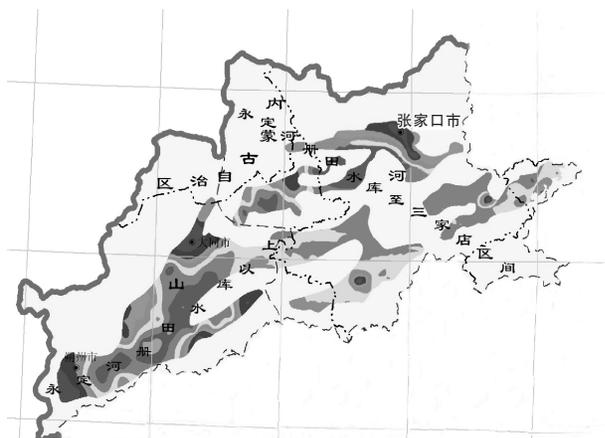


图3 官厅水库上游地区地下水埋深分布情况

和天然年径流进行了统计分析。永定河官厅站降水量见表2,天然径流量随年际变化趋势如图4所示。

表2 永定河官厅站不同年代降水量、径流量对比

年代	降水量		径流深	
	年均降水量 /mm	与1956-1980 年比较	年均径流深 /mm	与1956-1980 年比较
1956-1980年	431.5		44.8	
1981-1990年	380.3	-11.9%	29.3	-34.5%
1991-2000年	391.2	-9.3%	28.5	-36.3%
2001-2010年	380.5	-11.8%	17.7	-60.5%

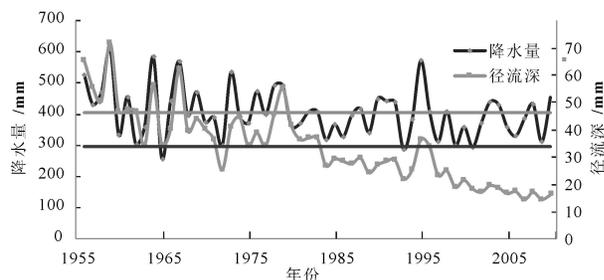


图4 永定河官厅站降水径流变化趋势

从表2可以看出,永定河天然年径流随年代逐渐递减的趋势是相当明显的,1981—1990年与1956—1980年比较,流域平均年降水量下降了11.9%,天然年径流下降了34.5%;1991—2000年与1956—1980年比较,流域平均年降水量下降了9.3%,天然年径流下降了36.3%;2001—2010年与1956—1980年比较,流域平均年降水量下降了11.8%,天然年径流下降了60.5%。2001—2010年与1981—1990年年均降水量基本相等,但年径流量却减少了39.6%。可见,永定河流域径流减少的原因,除降雨减少的因素外,还有下垫面变化的影响。

为了分析下垫面变化对径流的影响,针对不同等级的降水量分1956—1980、1981—2000、2001—2010年3个时期对比相同等级的降水量在不同时期产生的自然消耗量(不含地表水供水产生的

消耗量)和地表径流量的变化。永定河官厅站不同年代降雨径流对比,如图5所示。

1981—2000年与1956—1980年比较,300、375、425、575 mm 4个降水等级产生的径流量(以径流深度表示)分别减少了10.2、11.3、15.1、22.3 mm,减少相对幅度从31%上升到38%,按年次加权平均后年均径流深减少值为13 mm左右。2001—2010年与1956—1980年比较,300、375、425、475 mm 4个降水等级产生的径流量分别减少了16.9、23.1、28.2、29.7 mm,减少相对幅度从51%上升到63%,按年次加权平均后年均径流深减少值为23 mm左右。

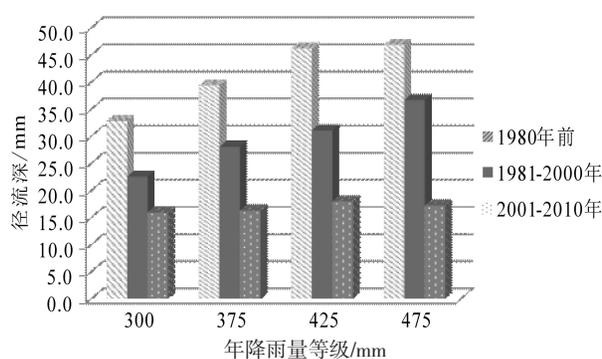


图5 永定河官厅站不同年代降雨径流对比

### 3.2 下垫面要素变化影响径流程度解析

永定河官厅水库以上流域20世纪80年代后与80年代前状况比较,下垫面变化对年径流的影响量达到10亿 $m^3$ 左右。下垫面变化对径流的影响,主要涉及3个方面:一是地下水开发利用,二是水土保持,三是流域植被覆盖度及植物量变化。以下对这3个方面因素对官厅水库以上流域的径流影响幅度进行解析。

(1)地下水开发利用对径流影响。地下水开发利用是影响永定河流域径流减少的主要因素。1970年以前,对地下水的利用主要是人工凿井取水,1970年官厅水库以上流域地下水开采利用量估计在2.0亿 $m^3$ 以下,区域内地下水基本处于自然状态;1970年以来,随着机械钻井和提水工程的使用,地下水开采利用量逐步增加,1980年地下水开采利用量达到7.1亿 $m^3$ ,1990年达到12.0亿 $m^3$ ;1990年后,地下水开采增长幅度有所减缓,至2012年波动增长至13.6亿 $m^3$ 左右。随着地下水开采量的增加,流域天然径流量从1956—1980年的19.7亿 $m^3$ 减少至1981—2010年的10.7亿 $m^3$ 。按现状地下水埋深及开采状况分析,由于地下水开采造成的年径流减少量为6亿~8亿 $m^3$ ,占径流减少幅度的2/3左右,是径流减少的主要因素。

(2)水土保持及植被变化对径流的影响。永定

河官厅水库上游流域为我国水土流失重点治理区,新中国成立以来建设了大量的水土保持工程。根据第一次全国水利普查成果,目前水土保持治理存量达到了21 423 km<sup>2</sup>,其中对降雨产流有直接影响的梯田、沟坝地等基本农田建设存量和经济林存量为4 905 km<sup>2</sup>,其他对降雨产流有间接影响的治理措施如乔木林、灌木林等林草种植与维护 and 封禁治理等保有面积16 518 km<sup>2</sup>。

梯田、沟坝地和果树坪等治理措施,直接存蓄当地地表产流,其畦埂拦蓄产流标准一般达到5年一遇以上降雨标准,治理区域的地表产流量几乎可全部拦截,按治理存量面积4 905 km<sup>2</sup>所产天然径流量的70%作为影响量估算,基本农田和经济林等治理措施对径流的影响总量约为1.5亿m<sup>3</sup>。

乔木林、灌木林等林草种植与维护以及封禁治理等措施,通过增加地表植被来保持水土,其对径流的影响是间接的。水土保持措施实施后,由于植被覆盖度以及地表植物量的增加,植被蒸散发量增加,使地表产流有所减少。根据遥感资料分析结果,1980—2010年流域植被覆盖率由53%上升到59%。经有关文献研究表明,流域蒸散发量与植被指数参数和植被盖度均呈现正相关关系,随着植被指数提高和蒸散发量逐步提高,按官厅水库上游植被增加数据分析,现状流域植被条件与1980—1990年相比,在土壤充分供水的条件下,汛期日蒸散能力将增加0.3~0.5 mm。连同前述基本农田建设存量和经济林存量影响,水土保持及植被变化对径流的影响总量在3亿~4亿m<sup>3</sup>。

#### 4 结论

(1)永定河官厅水库以上流域下垫面发生了较

大变化,主要表现为植被覆盖度增加、地下水开采引起的包气带增加、水土保持工程造成地表表层地貌特征改变以及人类开发引起的土地利用类型变化,如居民居住及建设用地大幅度增加、耕地减少和林草地增加等。

(2)下垫面变化对永定河官厅水库以上流域地表径流产生了显著影响。由于下垫面变化和水资源开发利用影响,天然地表径流呈现随年代逐步衰减的趋势。1981—2000年与1956—1980年比较,300、375、425、575 mm 4个降水等别径流衰减幅度在31%~38%;2001—2010年与1956—1980年比较,300、375、425、475 mm 4个降水等别径流衰减幅度上升到51%~63%。

(3)对永定河官厅水库上游下垫面要素变化对径流影响贡献度进行了解析发现,地下水开采导致的包气带储水能力增加是径流衰减的主要影响因素,与天然条件比较,其对官厅水库天然年径流的年均影响量为6亿~7亿m<sup>3</sup>,对径流影响的贡献度为60%~70%;水土保持及植被变化对径流的影响量为3亿~4亿m<sup>3</sup>,对径流影响的贡献度为30%~40%,其中水土保持工程中基本农田建设和经济林建设对径流影响量为1.5亿m<sup>3</sup>左右。

官厅水库为首都北京的两大地表水源地之一,其入库径流的变化直接影响到未来北京市乃至海河流域的水资源配置。从分析成果看,现状下垫面条件下径流的衰减幅度已达到50%以上,与永定河现有水资源评价成果产生了很大差异,建议尽快设立专项开展永定河流域水资源评价工作,以合理确定水资源量,为京津冀协同发展水资源配置提供科学依据。

• 环球水信息 •

### 今年天津市农村饮水提质增效任务圆满完成

列入今年20项民心工程的农村饮水提质增效工程目前已超额完成年度任务,武清、宝坻、蓟州、静海、宁河、滨海新区6个参建区累计完成投资3亿元,改善了39万农村居民饮水质量,全市农村地区供水合格率提高到80%以上,为推动城乡供水一体化、改善我市农村地区供水水平发挥重要作用。

2006年以来,我市通过实施农村饮水安全和管网入户改造工程,解决了全市365万农村居民饮水不安全、不方便的问题。但受自然条件、规划标准及资金等多重因素制约,村镇供水基础设施还比较薄弱,与新农村建设的要求相比还有较大差距。为此,

我市从2014年启动了农村饮水提质增效工程,计划到2017年底,通过延伸城市供水管网、因地制宜集中联片供水、提升改造村镇现有供水设施等措施,逐步建立起布局合理、配套完善、安全高效的城乡统筹供水体系。目前各区正在加紧对已建成设施进行调试维护,完善农村供水管理体系,确保供水工程正常发挥效益。同时,提前着手谋划明年工程项目,确保到2017年底,全面完成农村饮水提质增效工程,农村供水水质主要指标达到国家标准,让全市农村居民都能喝上干净水、放心水。

(摘自2016年11月28日天津水务网)