

近 50 年来滹沱河流域水资源变化规律与影响因素

宋保平^{1a}, 过仲阳², 郑艳侠³, 赵旭阳^{1a}, 张素珍^{1a}, 符蕴芳^{1b}

(1. 石家庄学院 a. 资源与环境系; b. 计算机系, 石家庄 050035; 2. 华东师范大学 地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062; 3. 北京市南水北调工程建设管理中心, 北京 100195)

摘要: 通过分析滹沱河全流域自然地理环境和社会经济情况, 将流域划分为 3 个水资源区: 小觉以上区域(I 区—成水和用水环境)、小觉至黄壁庄之间区域(II 区—成水环境)、黄壁庄以下区域(III 区—用水环境)。利用 20 世纪 50 年代以来水文、气象数据, 结合对前人研究成果的整理, 探讨了半世纪以来滹沱河流域分区水资源的演变规律, 并剖析了流域水资源变化的机理。结果表明: 近 50 年来, 全流域水资源总量呈现出减少趋势, 不同区域减少幅度各不相同; I 区和 II 区的水资源变化受人类活动和气候变化的双重影响, 但影响机理和程度有所差异; 而 III 区的水资源变化则完全由人类活动控制, 自然因素几乎可以忽略。

关键词: 水资源量; 降水量; 径流量; 滹沱河流域

中图分类号: TV213.4; P641.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2013)04-0017-05

Variation Characteristics and Their Impact Factors of Water Resources in the Hutuo River Basin during Last 50 Years

SONG Bao ping^{1a}, GUO Zhong yang², ZHENG Yan xia³, ZHAO Xu yang^{1a}, ZHANG Su zhen^{1a}, FU Yun fang^{1b}

(1. Shijiazhang College, a. Department of Resources & Environment; b. Department of Computer, Shijiazhuang 050035, China; 2. Key Laboratory of Geographic Information Science, Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 3. Beijing Construction Management Center of South to North Water Transfer Project, Beijing 100195, China)

Abstract: According to the physical geographic environment and socio-economic development in the Hutuo River Basin, this river basin is divided into three water resources sub regions: sub region I upstream of Xiaojue as the water forming and water using environment, sub region II between Xiaojue and Huangbizhuang as the water forming environment, and sub region III downstream of Huangbizhuang as the water using environment. Based on the analysis of the hydrologic and meteorological data in the last 50 years and previous researches, the variation characteristics and their impact factors of water resources in the three sub regions of the Hutuo River Basin were investigated. The results showed that the quantities of water resources in all of the three sub regions decreased but the decreasing rates were different in each sub region. Water resources in the sub regions I and II had been affected by human activities and climate change, but the influence mechanism and degree were different in the two sub regions. However, water resources in sub region III had been affected by human activities only.

Key words: water resources; precipitation; runoff; Hutuo River Basin

滹沱河流域地处全国最缺水的华北平原与山西高原相接地区, 跨越晋、冀两地, 分布有包括石家庄、阳泉、忻州、衡水等城市的 17 个县市, 流域人口约 646 万。出于对突出水资源问题解决的目的, 多年来, 许多学者针对流域范围内不同地区水资源问题进行过研究^[1-7], 取得了不少成果, 内容涉及水资源特性、变化、影响因素等问题。分析发现, 这些成果

对理清流域水资源的变化与影响机制还存在一些障碍: (1) 缺乏全流域角度研究上中下游的关联; (2) 缺乏自然分区研究, 多行政分研究; (3) 存在研究标准不统一的问题, 如上中下游的划分、水资源量的计算标准等; (4) 较少有长时间尺度的水资源演变分析。上述原因造成研究者得出的结论差异较大, 甚至出现矛盾的现象。本文利用人类活动强度最大的

收稿日期: 2013-07-21 修回日期: 2013-07-25 网络出版时间: 2013-07-28
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130728.1309.001.html>
基金项目: 河北省教育厅自然科学基金项目(Z2007216)
作者简介: 宋保平(1971-), 男, 陕西宜川人, 副教授, 博士, 主要从事水资源开发利用方面研究。E-mail: song_baoping@126.com

近 50 年资料,在前人有关环境变化、人类活动和水资源研究成果的基础上,全流域地系统分析滹沱流域水资源变化情势,剖析上中下游之间的相互影响,探讨几十年来水资源变化的驱动因素,为流域水资源调控与水环境整治提供参考。

1 流域的基本情况与分区

1.1 流域的水系与地形

滹沱河为海河流域子牙河系的两大支流之一,发源于山西省繁峙县五台山北麓,迂回穿越太行山进入河北省平山县境,东流至献县,与滏阳河汇合后形成子牙河,全长 587 km,流域面积 24 690 km²,见图 1。

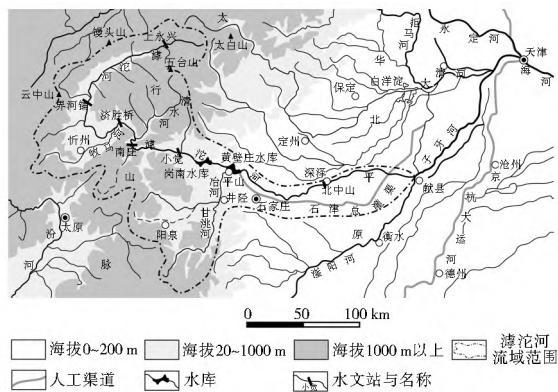


图 1 滹沱河流域范围

Fig. 1 Range of Hutuo River Basin

自源头以下,滹沱河流经了四种典型地貌类型:山间盆地、山地、丘陵、平原,分别占流域总面积约为 20%、50%、10%、20%。河流上游为源头至山西五台县瑶池村(图 1 中济胜桥水文站所在地),流经山西忻州盆地,河床宽浅,四周环绕云中山、五台山等。上游河段周围群山环绕,支流密集,集水能力强,较大的支流有云中河、牧马河、阳武河。中游为瑶池至黄壁庄水库段,属太行山山地和丘陵地带,其中瑶池至小觉为山区,小觉至黄壁庄水库为丘陵区。中游河段河谷深切,呈“V”形谷,河床落差大,水流湍急,支流较稀疏,但发育有流域最大的支流(冶河)。河流下游是黄壁庄水库。滹沱河经过黄壁庄以后进入华北平原,至河北献县为下游河段,河道宽广,水流缓慢,基本无支流,为典型的线状水系,集水能力极差。

1.2 流域气候条件

流域内气候类型为温带季风气候,气候空间分布规律受地貌控制:气温随高程的增加而降低,盆地高、山区低,中上游多年平均气温为 4.0℃~8.8℃,下游为 11.8℃~13.3℃;受山东雨影区、太行山阻挡等影响,多年平均降水量呈现出上游少、中游多、下游少的特点,流域上游区和中游河谷区多年平均降水量为 382.2~583.1 mm、中游山区 528.4~818.9 mm,下游地区为 480~570 mm;平原区蒸发能力大于山丘,干旱高温地区蒸发能力大于植被良好、湿度较大的低温地区,中上游多年平均蒸发量在 700~1 100 mm 之间,由盆地河谷向高山递减,下游多年平均蒸发量在 1 600~2 100 mm 之间,比年降水量多 2~3 倍。

1.3 水文地质

流域山区和丘陵广泛出露有前寒武系的片岩、片麻岩、

板岩和砂岩、石灰岩等,以及古生代的砂页岩、石灰岩和新生代的红土、黄土、冲积松散堆积层。前寒武系变质岩、碎屑岩石中的裂隙水是山区丘陵区地下水的主要开发类型;古生界石灰岩中岩溶—裂隙水丰富,与地表水补排关系复杂;第四系松散堆积物中则富含孔隙水,是盆地、平原区地下水的主要赋存类型。

1.4 流域分区及特点

综合分析滹沱河全流域自然环境及水资源开发利用情况,不难发现滹沱河具有独特的流域特点:在人类干扰活动不大的情况下,流域径流主要形成于中上游地区、水资源开发于上游和下游环境,中游出口水量直接决定了下游平原地区水资源量。目前,上游水资源开发形式主要是地表水利工程截水、地下水开采;中游的大型水利工程主要是为下游城市及农业供水;下游则主要是大规模地下水开采。

考虑到数据获取、水系划分、自然环境特点以及计算方便,将滹沱河流域划分为 3 个水资源区,即:小觉水文站以上区域(I区),流域面积 14 000 km²,为成水与用水环境;小觉至黄壁庄区域(II区),控制上游流域面积 23 400 km²,但 II 本身流域面积 9 400 km²,为成水环境;黄壁庄以下区域(III区),流域面积 1 290 km²为典型的用水环境。

2 流域分区水资源的变化

2.1 分区地表水资源的变化

地表水资源量指河流、湖泊等地表水体的动态水量,用天然河川径流量表示。I区地表水资源量使用小觉水文站径流数据;II区地表水资源量使用黄壁庄水文站数据,反映了岗南—黄壁庄水库(即石家庄市主要地表水源地)区间的水资源变化情况;III区则使用北中山水文站数据。

根据石家庄市水资源公报及相关文献中的数据^[8,9],将 20 世纪 50 年代以来,每 10 年一个阶段,进行水资源量距平计算,结果见图 2。可以看出:80—90 年代各区水资源变化不大,20 世纪初期突然大幅减少;50—60 年代的水资源量远超 50 年来的平均水平;70 年代成为转折时期,水资源显著变少,但不同区的变化情况有所不同;50—60 年代,越向下游减少幅度越小;70—80 年代,越向下游减少幅度越大。中上游地区(I区)在 70 年代为正距平,70 年代以后大幅减少。岗南—黄壁庄水库之间地区(II区)水资源变化的转折期在 70 年代。黄壁庄水库以下地区(III区)60 年代还有一定量的天然地表水资源,70 年代后大幅减少,80 年代后河道几乎无水,因此 70、80、90 年代地表水资源没有明显变化。

2.2 分区地下水资源的变化

因为不同文献的地下水资源评价方法不同,进行地下水资源量的比较存在困难,因此选择地下水位这一客观参数来分析地下水资源变化趋势。

第 I 水资源分区在 20 世纪 80 年代开始,地下水资源成为该区水资源开发总量的主要组成部分,且开采区域以盆地平原区为主^[10]。资料显示^[11],1982 年—2000 年间,忻定盆地地下水位平均每年下降 1.04 m。到 2000 年,盆地内超采区集中在忻州市和原平市,超采区占盆地总面积 3.5%,而采补平衡区 47.6%,尚有开采潜力区面积占 48.9%。而到 2010

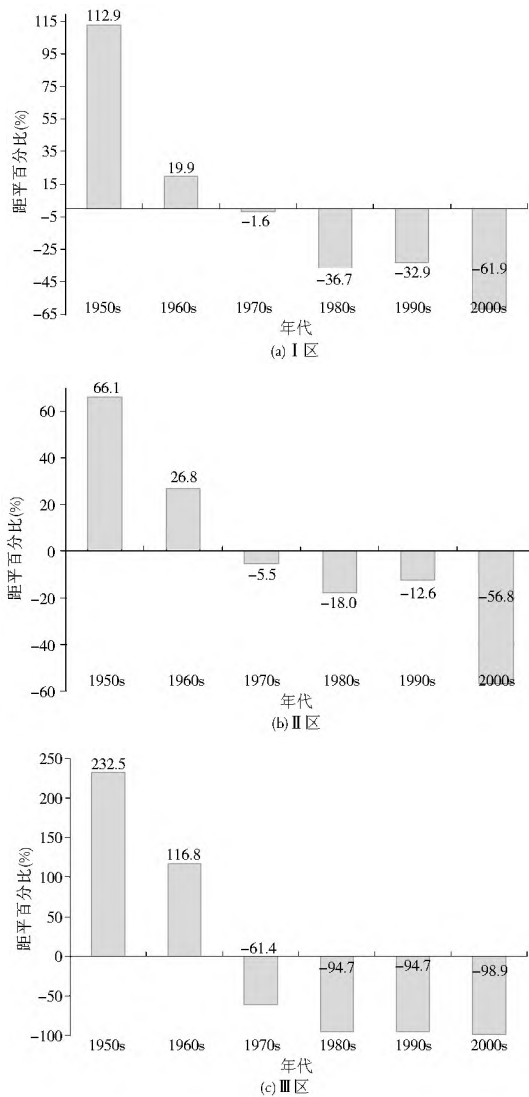


图2 滦河流域各分区地表水资源量不同年代均值距平

Fig. 2 Anomaly of mean water resources during each decade in different sub regions of the Hutuo River Basin

年,忻定盆地地下水位上升区、下降区、相对稳定区面积分别占盆地区总面积的3.7%、14.7%和81.6%,地下水采补平衡区面积大幅增加,具有开采潜力区面积大幅减小,超采区面积有所增大。

第II水资源区地下水以变质岩、碎屑岩裂隙水和局部岩溶裂隙水形式,以及局部河床第四系堆积物中的孔隙水形式存在。根据石家庄市水资源公报数据,近10年内地下水水资源变化不明显。

第III水资源区浅层地下水呈现区域疏干加剧的态势^[23]:20世纪60-70年代,地下水位埋深以小于10m为主,特别在60年代甚至全区地下水位均小于10m;到了80、90年代地下水位开始以较大幅度下降,10~30m埋深的区域占据了主导;21世纪前10年则大部分地区达到20~40m埋深。从下降幅度来看,剧烈下降发生在70年代以后,特别是21世纪前10年^[4]。

3 流域水资源变化影响因素分析

3.1 自然环境因素

从流域水平衡角度分析,在流域成水环境中(I、II水资

源区),气候因素中降水和蒸散发是天然条件下水资源形成的必要条件,下垫面的变化则起着分配蒸散发量、地表水资源量、地下水资源量的作用。下垫面变化对水资源总量的影响实际上可以被综合在蒸散发量变化的影响中考虑,或者被综合在径流变化和地下水变化中。其他如气温、湿度等气象因子对水资源的影响都可被综合在降水、蒸散发这两个因子中考虑。

3.1.1 成水环境中的自然因素

近50年来气候变化研究结果显示^[5, 11-12],流域成水环境中(第I、II水资源区)降水减少趋势明显,但是蒸散发量和降水量基本同步地持续下降,只是在20世纪80年代和90年代下降趋势减缓,之后又加剧。这不但表示了蒸散发量变化受主要降水量控制,而非研究区水资源变化的主要影响因素,而且说明I、II区影响水资源变化的关键自然因素是降水。

崔炳玉等^[5]通过20世纪80年代之前40年和之后20年资料分析计算认为,气候变化对滦河径流量影响程度从源头向下游逐渐减小,山区大于山丘-盆地平原区混合区。与图2(a)和图2(b)对比后不难发现,降水减少与水资源减少同步且幅度相近,同样说明其是第I、II水资源区地表水资源减少的主要因素。不过,20世纪初期I、II区水资源大幅减少,而降水并未同步变化,说明此阶段水资源变化并非降水因素影响的结果,其原因将在下文中分析。

3.1.2 用水环境中的自然因素

在纯用水环境的第III水资源区,表面上自然因素与人类活动因素相互叠加,几乎难以区分,如蒸发量变化应属于自然因素,近60年来本区降水有减少趋势但蒸发量、气温却有增加趋势^[13],这与前述的I、II区完全相反。但究其原因,是在下游平原区大面积灌溉和气温整体升高的趋势下,蒸发量必然增加。

在气候干旱年份,特别是农作物生长季干旱较严重时,农业用水会大幅上升,但是这部分会被综合反映到人类活动因素中的。总之,III区水资源量的变化应该是严格受控于II区来水多少和区内人类活动因素,区内自然因素影响微弱。

3.2 人类活动因素

3.2.1 成水环境中的人类活动因素

(1)第I水资源区。该区人类活动遍及忻定盆地,但强度和形式都有所不同。2000年以前,忻州市水资源开发利用程度并不算高,1990年-2000年间地表水开发利用程度为41.1%,地下水开发利用程度37.1%^[4]。崔炳玉^[5]通过计算认为与1956年-1980年相比,1980年-2000年期间自然因素和人类活动造成的径流减少量占整个径流减少量的百分比分别为38.9%和61.1%。但因为其计算中将人类对下垫面改造的影响也纳入人类活动影响中,所以人类活动对水资源问题的影响并没有数据所显示的那么大。

但是在进入21世纪以后,情况发生了根本改变,以2000年为例,忻定盆地内忻州市、定襄县、原平市3个主要县市取水量已达当地水资源总量的81.5%、95.3%、54.5%^[15]。韩冬梅^[16]对2004年忻定盆地进行地下水资源均衡计算结果表明,水资源均衡误差为-1.78%,多年平均排泄量略大于多年平均补给量,而排泄量中56.1%为地下水开采。

对比图 2(a) 及前文中自然环境因素分析, 可以认为, 2000 年以前 I 区中人类活动与自然环境变化对水资源的影响程度差异不大, 前者影响要更大一些。但 2000 年以后, 情况有所变化, 图 2(a) 中 20 世纪初期 I 区水资源较大幅度减少的主要原因是人类活动与降水减少双重正向叠加的效应, 且人类活动影响比重更大一些。

(2) 第 II 水资源区。本区内人类活动的主要形式是 20 世纪 50、60 年代在本区修建了全流域最大的两个水库: 岗南水库和黄壁庄水库。两座水库的建设几乎同时进行。水库建设对地表水的阻滞和对地下水位的抬升作用有助于缓和 II 区内水资源减少幅度。对比水库建设大事记, 还可发现图 2(b) 中 20 世纪初期水资源大幅下降的原因是 90 年代末期开始的水库引水活动。因此, 第 II 区水资源变化的主导因素是自然因素叠加人类活动干扰, 但近 50 年来人类活动干扰过程较复杂, 经历了反向干扰一同向干扰的变化过程。

3.2.2 用水环境中的人类活动因素

第 III 区内水资源短缺、水环境恶化问题非常严重, 突出表现在河道断流、地下水位下降严重。综合前方所述及图 2(c) 所示, 并对比水库大事记, 这两种现象都直接由人类活动造成, 即 II 区水库截流、水库引水供给 III 区的工农业和城市用水等活动, 以及 III 区地下水开采, 并且这些活动对本区的影响是叠加放大的。

首先在水库建成后, III 区地表水的主要依靠黄壁庄水库泄洪^[67]。20 世纪 70 年代初曾有 4 年断流; 80、90 年代河道基本干涸, 其后果是浅层地下水补给基本缺失, 加上水库防渗处理, 地下水的侧向补给量也大幅减少^[17]。石家庄地区 1995 年-2001 年受 1996 年洪水影响, 地下水位下降速率变为由前 10 年的 1.22 m/a 变为 0.07 m/a^[81], 说明河道径流对地下水位变化的影响比较明显。

其次, 作为全流域经济活动、农业生产最为发达的地区, III 区用水逐年高速增长^[7], 王金哲^[19] 等人考虑 III 区内人口、耕地面积、地下水开采井数、粮食产量、渠道引水等因素, 综合评价了 III 区内人类活动强度, 认为从 20 世纪 70 年代至 21 世纪初期, 人类活动不断增强, 且强度最大的区域在石家庄市周边。根据石家庄的地下水开采历史和地下水位变化情况可知, 人类开采活动对地下水 III 区地下水位变化影响巨大^[20]。

综上所述, 图 2(c) 中地表水资源变化趋势也表现出 20 世纪 70 年代开始大幅减少, 但 80 年代以后距平百分比达 94% 以上, 原因是 III 区自身产流微弱, 自然因素变化对水资源主要是间接影响, 人类活动干扰下的上游来水变化和区内地下水不断增强的开采活动才是水资源锐减的主导因素。

4 结论

(1) 根据自然地理背景和经济发 展情况, 可将 滹 沱 河 划 分 为 3 个 水 资 源 区: I 区 为 小 觉 以 上 部 分, 属 于 成 水 用 水 环 境, 具 有 一 定 规 模 的 人 类 用 水 活 动, 但 支 流 密 集, 产 流 能 力 较 强; II 区 为 小 觉 至 黄 壁 庄 段, 属 于 成 水 环 境, 降 水 较 丰 富, 产 流 能 力 较 强, 区 域 内 的 用 水 活 动 并 不 强 烈, 但 存 在 流 域 内 最 大 的 水 利 工 程; III 区 为 黄 壁 庄 以 下 区 域, 属 于 用 水 环 境, 产 流 能 力 极 弱, 人 类 用 水 活 动 极 为 活 跃。

(2) I 区、II 区的水资源减少趋势受自然因素和人类活动双重影响, 但 I 区中两种因素同向影响, II 区中人类活动则经过了反向影响到同向影响的变化; III 区水资源减少幅度巨大, 是 II 区水利工程和本区内人类活动同向叠加影响的结果。

(3) 在进行水资源影响机理分析过程中, 有时对具体某些影响难区分, 此时应从影响结果和计算过程进行合理归类。比如人为改变下垫面造成的水资源总量变化可以被综合在蒸散发量变化的影响中, 其他如气温、湿度等气象因子对水资源的影响都应该被综合在降水、蒸散发这两个因子中考虑, 而不应重复计算。

参考文献(References):

- [1] 李文清. 忻州市地下水资源开发利用程度分析[J]. 山西水利科技, 2005, (3): 33-34. (LI W enqing. Analysis on Development Degree of Groundwater Resources in Xinzhou City[J]. Shanxi Hydrotechnics, 2005, (3): 33-34. (in Chinese))
- [2] 张光辉, 连英立, 王金哲, 等. 近 50 年太行山前平原地下水演变时代标志性特征[J]. 勘察科学技术, 2010, (4): 20-24. (ZHANG Guanghui, LIAN Yingli, WANG Jirzhe. Symbolic Characteristics of Groundwater Evolution in the Piedmont Plain of Mt. Taihang Since 1963[J]. Site Investigation Science and Technology, 2010, (4): 20-24. (in Chinese))
- [3] 王金哲, 张光辉, 严明疆, 等. 滹沱河流域平原浅层地下水演变时代特征研究[J]. 干旱区资源与环境, 2009, (2): 6-11. (WANG Jirzhe, ZHANG Guanghui, Yan Mingjiang, et al. Research on the Plot Groundwater Spatial-temporal Evolution Rule in Hutuohe Valley[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, (2): 6-11. (in Chinese))
- [4] 王秀艳, 詹黔花, 刘长礼, 等. 水坝建设对滹沱河流域石家庄段生态环境的影响[J]. 水利水电科技进展, 2006, (6): 6-10. (WANG Xiuyan, ZHAN Qianhua, LIU Changli, et al. Effect of Dam Construction on Ecοenvironment of Shijiazhuang Section of Hutuo River Basin[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2006, (6): 6-10. (in Chinese))
- [5] 崔炳玉, 崔红英. 气候变化和人类活动对于滹沱河水资源变化的影响[J]. 山西水利科技, 2007, (1): 64-66. (CUI Bingyu, CUI Hongying. Research on Effect of Climate Change and Human Activity on Water Resources in Hutuo River Basin[J]. Shanxi Hydrotechnics, 2007, (1): 64-66. (in Chinese))
- [6] 王金哲, 张光辉, 严明疆, 等. 水坝建设对滹沱河流域平原区地下水系统干扰结果分析[J]. 南水北调与水利科技, 2009, 7(4): 78-81. (WANG Jirzhe, ZHANG Guanghui, YAN Mingjiang, et al. Analysis of Shallow Groundwater in the Hutuohe River Basin after the Dam Construction[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2009, 7(4): 78-81. (in Chinese))
- [7] 费宇红, 陈树娥, 刘克岩. 滹沱河断流区水环境劣变特征与地下调蓄潜力[J]. 水利学报, 2001, (11): 41-44. (FEI Yurong, CHEN Shur e, LIU Keyan. Characteristics of Inferior Variation of Water Environment in Hutuohe River Dried up Area[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2001, (11): 41-44. (in Chinese))
- [8] 许建廷. 河北省滹沱河流域山区年径流变化情势分析[J]. 水科学与工程技术, 2008, (6): 3-5. (XU Jian ting. Analysis of Annual Runoff Variation of Hutuo River Mountainous Basin in

- Hebei Province[J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2008, (6): 35. (in Chinese)
- [9] 李桂忱, 马振骅. 从实测径流看华北地区水资源[J]. 高原气象, 1999, (4): 613-617. (LI Gui chen, MA Zhen hua. Water Resource in North China Deduced from Measured Runoff[J]. Plateau Meteorology, 1999, (4): 613-617. (in Chinese))
- [10] 程红. 滦河流域水资源特点分析[J]. 科技情报开发与经济, 2008, (34): 106-107. (CHENG Hong. Analysis on the Features of the Water Resources within the Drainage Basin of Hutuohe River[J]. Sci Tech Information Development & Economy, 2008, (34): 106-107. (in Chinese))
- [11] 张瑞钢, 莫兴国, 林忠辉. 滦河上游山区近50年蒸散变化及主要影响因子分析[J]. 地理科学, 2012, (5): 628-634. (ZHANG Rui gang, MO Xing guo, LIN Zhong hui. The Trend and the Principal Influence Factors of Evapotranspiration in Hutuo River Basin During Last 50 Years[J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, (5): 628-634. (in Chinese))
- [12] 田菲, 韩淑敏, 胡玉昆. 海河流域典型山区子流域近34年气候及径流变化趋势[J]. 中国农业气象, 2009, (1): 60-65. (TIAN Fei, HAN Shu min, HU Yu kun. Variance Tendency of Precipitation and Runoff in Mountain Watershed of Hai River Basin in Recent 34 Years[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2009, (1): 60-65. (in Chinese))
- [13] 张可慧, 刘剑锋, 刘芳圆, 等. 1956-2007年河北地区气候变化时空特征研究[J]. 安徽农业科学, 2012, (1): 416-418. (ZHANG Kw hui, LIU Jiar feng, LIU Fang yuan. Study on Temporal and Spatial Characteristics of Climate Variation in Hebei Area During 1956-2007[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, (1): 416-418. (in Chinese))
- [14] 杨丙寅. 忻州市水资源特点及可持续利用研究[J]. 山西水利, 2007, (4): 20-21. (YANG Bing yin. Research on Characteristics and Sustainable Utilization of Water Resources [J]. Shanxi Water Resources, 2007, (4): 20-21. (in Chinese))
- [15] 苏新华, 管海珍. 忻州市水资源优化配置与可持续发展[J]. 山西水利科技, 2007, (3): 19-21. (SU Xir hua, GUAN Hai zhen. Basic Research of Optimizing Water Resources Distribution and Sustainable Development of Xinzhou City[J]. Shanxi Hydrotechnics, 2007, (3): 19-21. (in Chinese))
- [16] 韩冬梅. 忻州盆地第四系地下水流动系统分析与水化学场演化模拟[D]. 武汉: 中国地质大学, 2007. (HAN Dong mei. Analysis of Groundwater Flow System and Modeling of Hydrogeochemical Evolution in Xinzhou Basin[D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2007. (in Chinese))
- [17] 郝林, 张兰兰, 陈翠琴. 岗南、黄壁庄两水库水量特性分析[J]. 南水北调与水利科技, 2006, 4(S1): 42-43. (HAO Lin, ZHANG Lan lan, CHEN Cui qin. Analysis of Shallow Groundwater in the Hutuohe River Basin after the Dam Construction[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2006, 4(Supp. 1): 42-43. (in Chinese))
- [18] 沈彦俊, 宋献方, 肖捷颖, 等. 石家庄地区近70年来伴随经济发展的水文环境变化分析[J]. 自然资源学报, 2007, (1): 51-61. (SHEN Yan jun, SONG Xian fang, XIAO Jie ying, et al. An Integrated Analysis of Hydrological Changes in Shijiazhuang Region Due to Socioeconomic Development in the Past 70 Years[J]. Journal of Natural Resources, 2007, (1): 51-61. (in Chinese))
- [19] 费宇红, 张兆吉, 陈京生. 人类活动与海河平原水资源关系研究[J]. 地球科学进展, 2004, (S1): 103-107. (FEI Yu hong, ZHANG Zhao ji, CHEN Jing sheng. Analysis on Relationship Between Human Activities and Water Resources in Haihe Plain[J]. Advance in Earth Sciences, 2004, (Supp. 1): 103-107. (in Chinese))
- [20] 王金哲, 张光辉, 聂振龙, 等. 滦河流域平原区人类活动强度的定量评价[J]. 干旱区资源与环境, 2009, (10): 41-44. (WANG Jin zhe, ZHANG Guang hui, NIE Zhen long, et al. Quantitative Assessment of Human Activity Intensity in Hutuohe Catchment[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, (10): 41-44. (in Chinese))

版权转让声明

本刊已加入万方数据数字化期刊群(www.wanfangdata.com.cn)、中国知网(www.cnki.net)、维普资讯网(dx1.cqvip.com)和龙源期刊网(www.qikan.com)等网站,并被中国核心期刊(遴选)数据库、中国期刊全文数据库、美国《化学文摘》(CA)等数据库收录。凡本刊录用的稿件将通过因特网进行网络出版或提供信息服务,稿件一经录用,将一次性支付作者著作权使用报酬(即包括印刷版、光盘版和网络版各种使用方式的报酬),作者将该论文的复制权、发行权、信息网络传播权、汇编权等在全世界范围内转让给本刊,不再另行签署《论文著作权转让书》。若有异议,请在投稿时作文字说明,编辑部将酌情处理。

特此声明!

《南水北调与水利科技》编辑部