

基于人水和谐和“三条红线”的水资源配置研究

梁士奎^{1,2}, 左其亭¹

(1. 郑州大学 水科学研究中心, 河南 郑州 450001; 2. 华北水利水电大学, 河南 郑州 450045)

摘要: 以人水和谐为目标, 在综合分析、合理确定区域取用水量、用水效率和纳污能力“三条红线”控制指标的基础上, 开展了水资源配置研究, 结合人水和谐量化方法, 进行了不同方案下的水资源配置结果和谐度分析, 将满足“三条红线”控制指标且和谐度最大的方案作为推荐的水资源配置方案, 为实施区域最严格水资源管理提供依据。

关键词: 人水和谐; 三条红线; 水资源配置; 新密市; 河南省

中图分类号: TV212 文献标识码: A 文章编号: 1000-0860(2013)07-0001-04

Study on water resources allocation based on Human-Water Harmony and “Three Red Lines”

LIANG Shikui^{1,2}, ZUO Qiting¹

(1. Center for Water Science Research, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, Henan, China;

2. North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, Henan, China)

Abstract: With the goal of Human-Water Harmony, a study on water resources allocation is made based on the comprehensive analysis and reasonable determination of the control indexes for the “Three Red Lines”, i. e. regional water consumption, water utilization efficiency and water pollution bearing capacity; in which the analysis on the harmony degree of the water resources allocation under various schemes is carried out in accordance with the quantitative method of Human-Water Harmony, and then the water allocation scheme which satisfies the control index of the “Three Red Lines” and has the maximum harmony degree is to be selected as the recommended scheme of the water resources allocation for providing a basis for implementing the most strict regional water resources management.

Key words: Human-Water Harmony; Three Red Lines; water resources allocation; Xinmi City; Henan Province

1 概述

水资源配置是实现区域水资源高效可持续利用的重要手段。伴随着经济社会发展的阶段性特征, 以及区域水资源条件的不断变化, 水资源配置的技术和方法也在不断完善和发展, 水资源配置的模式从供水量和经济效益最大为目标的优化配置, 逐步转向保障经济、社会、环境、生态全属性协调发展的合理配置模式^[1], 水资源配置目标也从单一的追求供水效益最大化, 发展为实现流域或区域的水资源综合管理^[2]。水资源的短缺状况的加剧和用水需求的增长, 使得地区及部门之间的用水矛盾日益突出, 水资源配置技术发展的同时, 理念上也需适应时代的转变, 以人水和谐为目标, 通过多因素的协调, 来有效解决水资源

问题, 以支撑区域经济社会的可持续发展。

新时期的水资源管理体系, 是建立以“三条红线”为核心的用水总量控制制度、用水效率控制制度、水功能区限制纳污制度以及水资源管理的责任与考核制度, 即最严格水资源管理制度^[3]。为保障新的水资源管理体系的建立, 国家提出了要以水资源配置、节约和保护为重点、全面落实“三条红线”的指导思想, 和坚持以人为本、人水和谐、统筹兼顾、改

收稿日期: 2012-05-15

基金项目: 国家自然科学基金(51279183 和 51079132); 国家社科基金重大项目(12&ZD215); 河南省高校科技创新团队支持计划(2013)。

作者简介: 梁士奎(1980—), 男, 河南桐柏人, 博士研究生, 讲师。

革创新、因地制宜的基本原则,同时结合水利发展的实际状况,制定出了全国2015年、2020年和2030年的主要红线控制指标^[4]。

本文基于人水和谐基本理论,以水资源管理的“三条红线”为控制指标体系,选取河南省新密市作为研究区域,针对区域当前和今后一段时期水利及经济社会发展的状况和需求,因地制宜,开展了水资源合理配置研究,以期落实最严格水资源管理制度、保障区域经济社会可持续健康发展提供参考。

2 人水和谐基本理论和“三条红线”控制指标

人类历史的进程和水利发展紧密相关,不同时期的人水关系有着不同的方式和结果,在用水、治水的实践中,和谐相处逐步成为人类开发利用水资源的主导思想。关于人水和谐,左其亭^[5]将其定义为“人文系统与水系统相互协调的良性循环状态,即在不断改善水系统自我维持和更新能力的前提下,使水资源能为人类生存和社会经济可持续发展提供久远的支撑和保障”。人水和谐的内涵,应该包括水系统的良性健康发展,人文系统的可持续发展,以及二者之间处于协调的状态,可分别以健康度、发展度和协调度来定量描述。

人水和谐理论蕴含着辩证唯物主义哲学思想,其核心是以人为本、全面、协调、可持续发展的科学发展观^[6]。针对当前经济社会发展过程中普遍存在的水资源问题,要实现人水和谐,需要在观念上确立人与自然和谐相处的总体思路,在路线上从单纯的治水转为开发利用和管理相结合,在水资源利用工作中,统筹协调和处理水资源保护和高效开发利用之间的关系,走可持续发展道路。

我国的水资源管理模式,在随着经济社会的进程中不断变化和发展,从最初的取用水管理逐步发展为水资源的综合管理,当前,在系统总结水资源管理实践经验的基础上,提出了实行最严格水资源管理制度,并确立水资源开发利用控制、用水效率控制和水功能区限制纳污“三条红线”,通过制定相关政策、完善相关制度,加快从供水管理向需水管理转变,坚持节水优先、以水定需、量水而行,全面建设节水型社会,来推动经济社会发展与水资源、水环境承载力相适应^[7]。

“三条红线”控制指标,针对的是水资源短缺、用水效率低、水污染严重的主要问题(见表1),这些控制指标的实现,有助于扭转粗放型的水资源利用模式,提高水资源利用效率,保障水资源和水环境的安

表1 “三条红线”控制指标体系

红线指标	针对问题	任务要求	技术体系
取用水总量控制红线	水资源短缺	水资源配置与管理	水资源评价、规划
用水效率控制红线	用水效率低下	节约用水	用水指标、节水措施
限制纳污红线	水污染严重	水资源保护	水功能分区、水污染防治

全。要实现这些目标,则需要在水资源的开发、利用、配置、节约、保护和管理等方面,积极开展相关工作。

3 基于人水和谐和“三条红线”要求的水资源配置

3.1 基本思路

人水和谐是实现经济社会可持续发展的基本要求,也是解决水资源问题的最终目标。和谐论^[8]理论及方法的提出,为定量分析和分析人水和谐问题,提供了有效的支撑,根据和谐论理论,和谐包含五要素,分别为和谐参与者、和谐目标、和谐规则、和谐约束和和谐行为。在水资源配置中,通过建立多因素的和谐度方程,来定量分析区域人水和谐的程度。

水资源配置方案是在分析水资源开发利用、节约用水、水资源保护、供需水预测等基础上形成的总体布局和实施方案,因此也就与最严格水资源管理制度中的“开发利用红线”、“用水效率红线”、“限制纳污红线”密不可分。同时,水资源的配置需要紧密结合区域实际情况,考虑社会发展的变化特征和现实可行性,以保障配置措施的有效实施。

为此,基于人水和谐和“三条红线”要求的水资源配置,基本思路为:明确人水和谐的理念,以水资源可持续利用为目标,以“三条红线”为重点,通过确定和谐度方程,建立水资源优化配置模型,为寻找符合人水和谐思想的水资源配置方案奠定基础。通过不同水资源配置方案下的和谐度分析,确立合理的水资源配置方案,确定的水资源的配置结果,既要符合建立的“三条红线”控制指标,也要满足和谐度最大的要求。

3.2 目标函数

3.2.1 人水和谐度

根据区域水资源管理状况,进行和谐性分析,构建水资源管理和谐度量指标体系^[9],以区域水资源利用的总体和谐为目标,要求和谐度最大。目标函

数表示为

$$\text{Max}(WRMHD) = \text{Max}(SHD^{\beta_1} \cdot RHD^{\beta_2} \cdot DHD^{\beta_3}) \quad (1)$$

式中, $WRMHD$ 代表水资源总体和谐度; SHD 代表系统和諧度; RHD 代表区域和谐度; DHD 代表部门和諧度; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 分别为系统和諧度、区域和谐度和部门和諧度的指数权重。

3.2.2 水资源配置

区域水资源和水环境综合规划是一个涉及社会、经济、环境、生态等多目标的问题,而在缺水性地区,这些目标之间往往是相互制约的。考虑“三条红线”约束的水资源优化配置模型,其目标应为:水资源取用总量最小,用水效率最高,污染物排放量达到最小。即

$$\text{Obj} = f[\min(W_{\text{供水}}), \max(Q_{\text{效率}}), \min(O_{\text{排污}})] \quad (2)$$

目标函数的约束条件可以从水资源配水系统的各个环节分别进行分析,并且体现“三条红线”的限制作用。

取水总量控制约束:区域的地下水取水量和地表水取水量应低于相应的可开采量阈值

$$\sum W_i \leq W_{ST} + W_{GT} \quad (3)$$

式中, W_i 分别为各部门的取用水量; W_{ST} 、 W_{GT} 分别为区域地表水和地下水可开采量红线控制指标。

用水效率约束:在规划水平年,工业需水定额、农业需水定额以及国民经济整体需水定额都应小于设计的用水效率控制指标,即

$$Q_i \leq Q_{id} \quad (4)$$

式中, Q_i 表示各行业需水定额; Q_{id} 表示确定的不同水平年用水效率约束。

水功能区限制纳污约束:研究区的污染物入河总量不得超过该区域内所有水功能区的纳污能力,即

$$S_I + S_D \leq S_{RN} \quad (5)$$

式中, S_I 、 S_D 分别为研究区的工业污染物入河量、生活污染物入河量; S_{RN} 为所有水功能区的纳污能力控制指标。

其他约束条件:针对具体情况可能还需要增加一些其他约束条件,如达标排放、风险约束、非负约束等。

3.2.3 基于人水和谐和“三条红线”指标的水资源配置方案

水资源配置的主体为区域内的水资源,包括地表水、地下水及非常规水源等,配置的对象包括国民经济各行业,配置措施包括工程措施和非工程措施。考虑了人水和谐和“三条红线”指标的水资源配置,首先需要全面评价区域水资源条件,合理确定取用水量控制指标,然后结合经济社会发展状况,科学划定

用水效率控制指标,并按照水环境保护的目标,来确定区域的纳污能力。在此基础上,开展区域水资源配置研究,分析分区之间、分部门之间、人与水之间的和谐关系

$$\text{Obj}_{\text{优}} = f[\min(W_{\text{供水}}), \max(Q_{\text{效率}}), \min(O_{\text{排污}}), \max(WRHMD)]$$

推荐的水资源配置方案,既要满足最严格水资源管理的要求,也要在人水和谐度方面实现最优。具体配置及方案确定过程如图1所示。

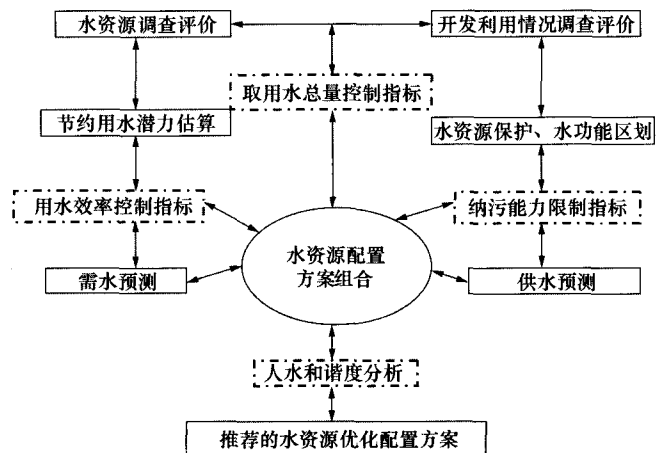


图1 基于人水和谐和三条红线控制指标的水资源配置研究

4 新密市水资源配置研究

4.1 新密概况

新密市位于中原地区,区域面积1 001 km²,人口80余万,区域地理位置优越,境内资源丰富,经济实力较强且发展迅速。近年来,其水资源供需矛盾日益突出,一方面,境内水资源条件有限,同时,地下水过量开采及煤矿排水疏干地下水,导致地下水水位急剧下降。另一方面,区域用水结构不甚合理,部分行业的用水效率较低;此外,受水污染影响所导致的水环境问题也日益加剧。为此,需要针对新密市的水资源状况和经济社会发展需求,加快以最严格水资源管理制度来高效开发利用水资源的进程,促进区域人水和谐的实现。

4.2 控制指标体系

在对新密市水资源基本情况详细分析调研的基础上,通过进行全市水资源评价、水资源供需分析、水资源保护与节水能力和纳污能力分析计算,划定了新密市“取用水量控制红线、用水效率控制红线和限制纳污红线”指标体系,并合理确定了规划水平年各指标值,以此作为区域水资源配置工作的基础(见表2)。

表2 新密市水资源管理“三条红线”控制指标体系

指标体系	控制指标	规划水平年指标值		
		2015年	2020年	2030年
取用水总量 (75%频率)	地表水/ 10^4 m^3	2 727	2 727	2 727
	地下水/ 10^4 m^3	9 020	9 020	9 020
用水效率	GDP用水量/ $\text{m}^3 \cdot (\text{万元})^{-1}$	22.0	18.0	14.0
	工业增加值取水量/ $\text{m}^3 \cdot (\text{万元})^{-1}$	23.0	20.0	16.0
	工业用水重复利用率/%	75	80	85
	亩均灌溉用水量/ $\text{m}^3 (\text{亩})^{-1}$	120.0	115.0	100.0
	农业灌溉水有效利用系数	0.61	0.64	0.69
限制纳污	氨氮最大允许纳污量/ $\text{t} \cdot \text{年}^{-1}$	71.2	72.9	76.5
	COD最大允许纳污量/ $\text{t} \cdot \text{年}^{-1}$	1 234.5	1 267.5	1 339

取用水量控制的目标确定,考虑到地表水和地下水的变化特征,在规划水平年不同频率下,分别设置地表水利用控制系数为1.00、0.90和0.85,地下水控制系数分别为1.00、1.10和1.15,以保障经济社会发展对水资源总量的需求。用水效率控制指标是按照科学性、代表性、系统性及可操作性的原则,参照行业发展规划及相关用水定额,综合分析、选取和确定的。限制纳污指标是在计算水功能区纳污能力的基础上,考虑区域的水资源和水环境保护规划要求,进行的分析确定。

4.3 水资源配置方案及其和谐度分析

结合新密市水资源规划工作,根据不同水平年需水预测、节约用水、水资源保护以及供水预测结果,以供水预测“零方案”和需水预测基本方案相结合作为水资源配置的下限方案;以供水预测高方案和需水预测强化节水方案相结合作为水资源配置的上限方案,以水资源配置控制指标为约束条件,确定和谐度指数权重,进行不同水资源配置方案的和谐度分析,得到不同水平年不同频率的和谐度计算结果(见表3)。

表3 不同配置方案及其和谐度分析(以75%频率为例)

水平年	方案	需水量/ 10^4 m^3	供水量/ 10^4 m^3	余缺水量/ 10^4 m^3	和谐度
2015	低方案	18 215	13 364	-4 851	0.16
	高方案	15 780	13 364	-2 416	0.79
	优化方案	12 878	12 878	0	1.00
2020	低方案	21 341	15 388	-5 953	0.01
	高方案	18 317	15 388	-2 929	0.67
	优化方案	15 300	15 300	0	1.00
2030	低方案	23 964	17 666	-6 298	0.00
	高方案	21 269	17 666	-3 603	0.73
	优化方案	17 666	17 666	0	1.00

配置结果表明,低方案区域的总缺水量大,和谐度指标低,均表现为“不和谐”,高方案下的缺水量减小,和谐度指标大幅度提高,分别达到0.79、0.67和0.73,表现为“基本和谐”,通过调整得到的优化配置方案,达到了区域总体不缺水,在实现最严格水资源管理控制指标要求的同时,水资源管理和和谐度为1,达到“和谐”状态,可作为推荐的规划水平年水资源配置方案。

5 结论

新密市水资源问题突出,水资源的基本条件和开发利用的现状,决定了其在水资源开发利用工作中,需要综合考虑水资源条件,经济社会发展的需求,和最严格水资源管理制度的要求,通过区域水资源的优化配置,有效保障水资源利用和经济社会可持续发展。

本文以人水和谐为目标,针对新密市实际情况,在合理确定“三条红线”控制指标的基础上,研究不同的水资源分配方案下的人水和谐程度,进行方案的优选,旨在为新时期最严格水资源管理制度下的水资源利用提供参考。

实施最严格的水资源管理制度是现代水资源管理对我国水资源和经济社会发展新时期形势下的要求,是水资源可持续利用和人水和谐思想的具体体现和进一步细化,人水和谐和最严格水资源管理,有利于节水社会的建立,具有重要的推广意义。

参考文献:

- [1] 国家自然科学基金委员会. 水利科学与海洋工程学科发展战略研究报告[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 27.
- [2] 马兴华, 左其亨. 水资源分配模型及模拟求解技术[J]. 南水北调与水利科技, 2009(10).
- [3] 王浩. 实行最严格水资源管理制度关键技术支撑探析[J]. 中国水利, 2011(6): 28-32.
- [4] 国务院. 关于《实行最严格水资源管理制度意见》[R]. 2012.
- [5] 左其亨, 张云, 林平. 人水和谐评价指标及量化方法研究[J]. 水利学报, 2008(4): 440-447.
- [6] 左其亨. 人水和谐论——从理论到理论体系[J]. 水利水电技术, 2009, 40(8): 25-30.
- [7] 陈雷. 深入贯彻落实中央决策部署全面推进水利跨越发展——在全国水利厅局长会议上的讲话[R]. 2012.
- [8] 左其亨. 和谐论——理论、方法、应用[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [9] 郭丽君. 基于和谐论的水资源管理理论方法及应用研究[D]. 郑州大学, 2011.

(责任编辑 陈小敏)