

DOI:10. 3969/j. issn. 1004 - 6933. 2013. 04. 015

潍坊市“自然-人工-数字”耦合水网体系的构建

高树东,任玉忠

(潍坊市水利局,山东 潍坊 261031)

摘要:以潍坊市为典型研究区,提出了“自然-人工-数字”耦合水网的概念,并进行了水网特性和各要素相互关系的理论分析,以此为主要依据构建潍坊市“自然-人工-数字”耦合水网体系。

关键词:自然-人工-数字;水网体系;潍坊市

中图分类号:TV213.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004 - 6933(2013)04 - 0072 - 05

Natural-artificial-digital coupling water network system for Weifang City

GAO Shudong, REN Yuzhong

(Water Conservancy Bureau of Weifang City, Weifang 261031, China)

Abstract: A concept of a natural-artificial-digital coupling water network is put forward, and theoretical analysis is conducted on the relationship between the characteristics and factors of the water network. A case study was carried out in Weifang City. The natural-artificial-digital coupling water network system was constructed for Weifang City.

Key words: natural-artificial-digital; water network system; Weifang City

经济和社会的发展使水资源循环呈现出明显的“自然-人工”二元特性^[1-4],加上信息技术的迅猛发展和广泛应用,出现了自然、人工和数字等 3 种形态的水网,并形成具有“自然-人工-数字”耦合特性的水资源大系统,可统称为“自然-人工-数字”耦合水网^[5-7]。

潍坊市是胶东半岛蓝色经济区和黄河三角洲高效生态经济区的重要组成部分,近年来水网体系的构建取得了成效,并逐步向“自然-人工-数字”耦合水网演进。笔者选择潍坊市为典型区,探讨“自然-人工-数字”耦合水网体系的构建。

1 潍坊市概况

1.1 自然与社会经济

潍坊市地处胶东半岛西部,地理位置东经 118°10′~120°38′、北纬 35°42′~37°16′,总面积 15 859 km²,总人口 859.13 万人,地区 GDP 生产总值 2058.50 亿元。笔者对潍坊市 1956—2000 年水文系列资料进行分析,潍坊市多年平均地表水资源量为 15.47 亿 m³,地下水

资源量为 14.23 亿 m³,重复计算量为 5.38 亿 m³,水资源总量为 24.32 亿 m³,人均水资源量为 283 m³。

1.2 水网现状

潍坊市境内水系发育,河流众多,主要河流有 6 条,自西向东依次为:①小清河,全长 237 km,流域面积 10 276 km²,在寿光市境内入海,在潍坊市境内长 19.8 km,流域面积 1 463 km²,年平均径流量 10 767 万 m³;②弥河,全长 177 km,流域面积 3 863 km²,年平均径流量 37 023 万 m³;③白浪河,全长 127 km,流域面积 1 237 km²,年平均径流量 17 525 万 m³;④潍河,全长 246 km,流域面积 6 367 km²,年平均径流量 67 570 万 m³;⑤北胶莱河,全长 103.5 km,流域面积 3 900 km²,年平均径流量 21 783 万 m³;⑥南胶莱河,全长 42 km,流域面积 1 500 km²,在潍坊市境内 7.4 km²。市内其他河流均为上述河流的支流。潍坊市现有的人工水网工程建设主要集中于潍河流域和潍北平原地区,前者依托于峡山水库的巨大供水能力,而后者因引黄济青工程的兴建为当地客水资源的利用提供了便利。

基金项目:山东省重大水利科研与科技推广项目(鲁水财字 2012 年 49 号)
作者简介:高树东(1965—),男,高级工程师,主要从事水资源研究与管理工作。E-mail:wfszygh@163.com

此外,潍坊市在其他区域也建设了部分输调水工程。

a. 淮河流域人工水网工程。淮河流域是潍坊市最重要的供水水源地,全市 6 座大型水库,其中 4 座位于该流域。围绕淮河流域地表水资源的开发利用,潍坊市先后建设了引黄入峡、引牟入白、引高入白等调水工程,结合傍河地下水源地建设,形成了淮河流域水系联网工程。

b. 潍北平原区人工水网工程。主要是:①充分调用峡山水库水源,向北部县区供水;②利用引牟入白及引高入白工程提高白浪河水库供水能力,增加向市区供水量;③建设潍北平原水库、清水湖平原水库等调蓄工程,配合规划的双王城水库进行引黄、引江等客水资源的分配;④建设引潍入白工程,补充市区河道生态用水,改善水环境;⑤规划建设“六纵二横”水网工程,通过拦蓄洪水资源增加供水量,并改

善当地整体地表水环境。

c. 其他地区水系联网工程。潍坊市各县市区立足当地实际,从水资源服务经济社会发展大局出发,集中力量建设了水资源工程。如,高密市建成了“南水北调”工程和“五河三库串联调蓄水”工程、昌乐县建成了“南水北调”工程、安丘市建成了“五库串联”工程等一批跨流域调水引水工程,建成了区域内的水网体系,为潍坊市水资源统一调度、优化配置奠定了工程基础。潍坊市“自然-人工”水网现状及规划分布见图 1 所示。

总体来说,在水网体系建设方面,潍坊市区域性水网工程与水资源配置体系已经初步形成,并在水量调度、水资源信息管理等方面取得了进展,区域“自然-人工-数字”耦合水网的雏形逐步显现。但随着潍坊市北部经济产业带、山东半岛蓝色经济区的兴起,现有的水网系统仍无法满足水资源可持续

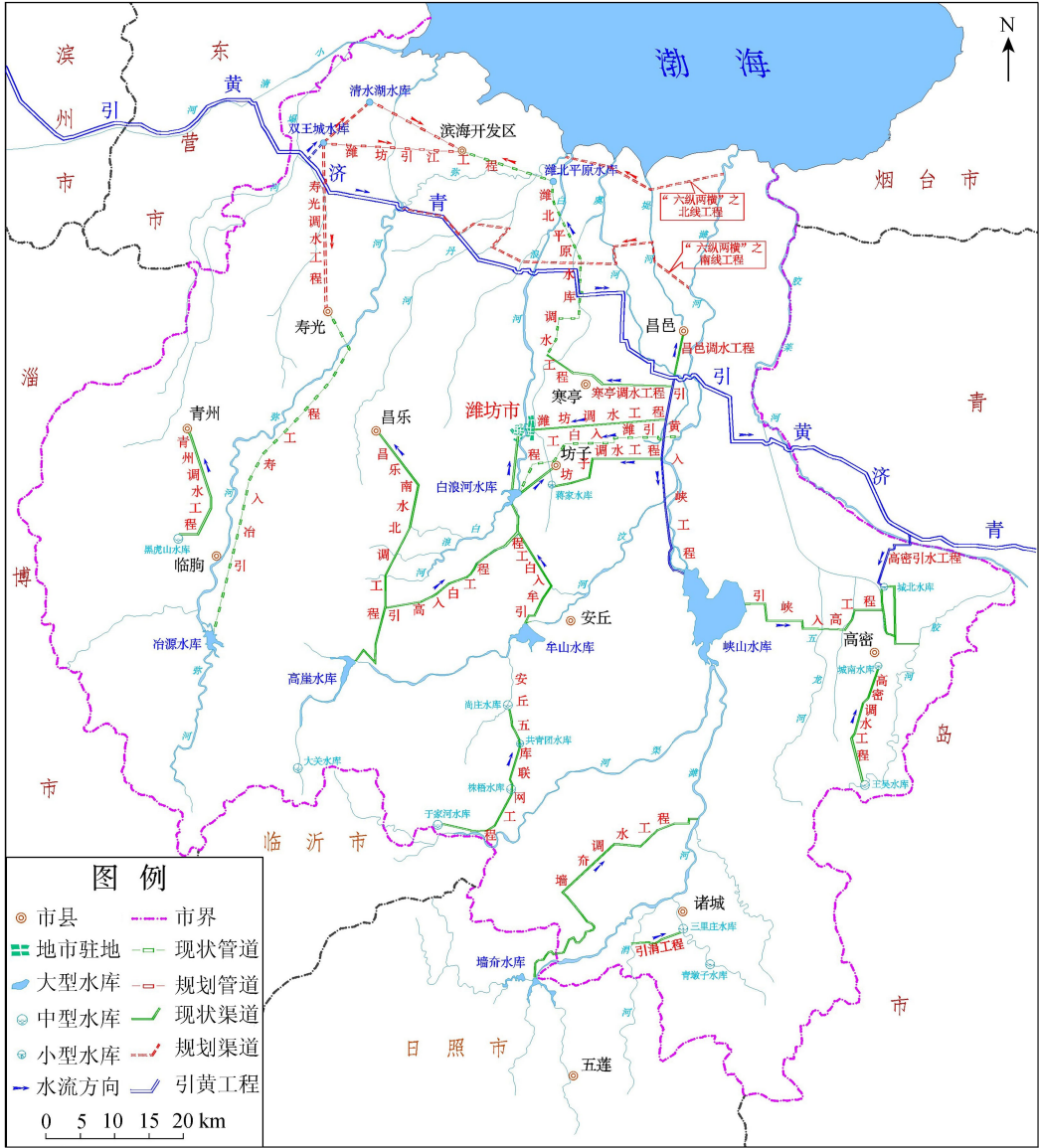


图 1 潍坊市“自然-人工”水网分布

开发利用需要。为此,笔者基于该市水网建设现状,提出面向潍坊市的“自然-人工-数字”耦合水网体系构建与管理方案。

2 “自然-人工-数字”耦合水网内涵

2.1 概念内涵

自然水系是指自然状态下液态水在地表或地下沿着最陡的斜面线,即沿着最大的水力梯度方向流动而形成的水系网络,在自然界普遍存在;人工水网是人类社会为水资源开发利用的需要,对自然水网施加不同程度影响而形成的工程系统;数字水网是以自然和人工水网为基础,把多分辨率、海量的多种水网数据相融合,通过计算机虚拟技术和多媒体等多种手段实现“自然-人工”水网数字化、网络化、智能化和可视化以及水系网络内水循环再现全过程的技术系统。自然水网、人工水网及数字水网紧密融合并相互影响,通过能量或信息的交换形成了“自然-人工-数字”耦合水网。

2.2 组成系统

“自然-人工-数字”耦合水网体系包括自然水网子系统、人工水网子系统和数字水网子系统,且各子系统间相互依赖、相互影响。

自然水网子系统:从水网角度来看,地面径流、壤中流和地下径流携带泥沙和营养盐等物质最后流入海洋,是自然水网系统中水流输送和物质运移的主要形式。

人工水网子系统:是人工大量建设的“引、调、供、排”等工程而形成的一个网络化系统。该系统涵盖了水资源开发利用过程中从水源到调蓄、传输、利用、回收及排放的各个过程和环节。

数字水网子系统:是将“自然-人工”水网进行数字化处理的技术系统,反映了水系网络内的水循环动态全过程,包括信息化各环节的软、硬件设施设备。

总体上来看,自然水网是“自然-人工-数字”耦合水网体系的物质基础,而人工水网是为实现水资源开发利用而对自然水网的补充和完善,数字水网则是实现自然水网和数字水网动态管理的信息技术系统。上述内在联系如图2所示。

另外,前人提出的“自然-人工”二元水循环系统与本文的“自然-人工-数字”耦合水网体系存在本质差异,前者重点考察水循环过程受自然、人工共同作用下对水资源时空分布及其开发利用的影响,而后者偏重于水资源开发利用工程体系构建与水资源管理系统的集成。

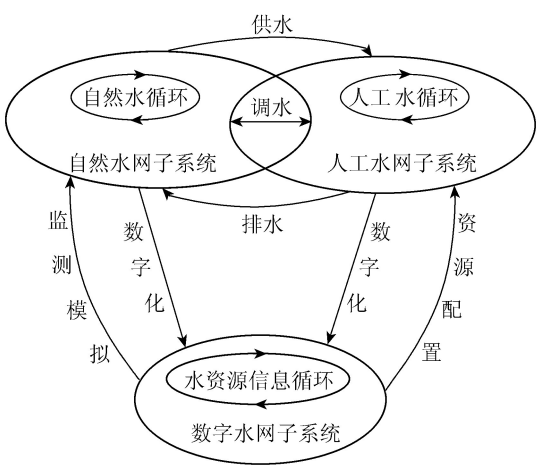


图2 耦合水网系统示意图

3 “自然-人工-数字”耦合水网的构建设想

3.1 水网框架体系

针对潍坊市水资源开发利用存在的问题,依据“自然-人工-数字”耦合水网构成要素,提出该市动态水网体系建设框架。该框架中包括6大子系统,即自然水系维护系统、水系联网工程系统、水资源监控系统、水资源优化配置模拟系统、水资源优化配置专家决策支持系统和水资源信息管理系统(图3)。



图3 潍坊市“自然-人工-数字”耦合水网体系

3.2 自然水网系统维护

自然水系是地球内营力和外营力经长期共同作用的结果,符合自然水循环规律。人类活动应尽量

避免对自然水系的影响,维持并保护其固有的形态及生态环境。自然水网系统维护措施包括:①河流形态保护:严格限制和规范河流内人为活动,划分河流保护区,减少对河流形态的影响,保护河流形态的完整性,统一规划防洪措施,降低洪涝灾害;②纳污总量控制:计算河流纳污能力,制定排污总量控制方案,使进入河流的污染物总量控制在水体自净能力以内,保护生态环境;③生态景观营造:通过保持河道一定的生态基流量来营造生态景观,改善城区水生态环境。建设过程中要科学合理取用水,同时要与城市污水处理回用相协调,避免水源污染。

3.3 人工水网系统构建

按照人工水网构成要素,潍坊市人工水网系统建设的总体构想是:以引黄济青工程、引黄入峡、引墙入峡、引牟入白、引高入白、引高入昌、引冶入寿等输调水通道为骨架,以潍河、堤河、虞河、白浪河、丹河、弥河等河流及输水渠道为经络,以双王城水库、峡山水库、白浪河水库、牟山水库、高涯水库、冶源水库、墙乔水库及傍河地下水源地等蓄水设施为调蓄中枢,以集中污水处理厂为中水回用调配站,以河道梯级闸坝为蓄滞水点,形成多库串联、水系联网、城乡一体、配套完善,集蓄、滞、泄、排、调、供、节于一体的全市水利工程网络,促进水资源的联合调度和高效利用。人工水网系统还包括供水工程、污水处理及回用工程、排水工程等的强化和完善。

3.3.1 供水工程

a. 引黄工程。山东省分配给潍坊市的引黄指标为3.3亿 m^3 ,而实际引黄量仅1000万 m^3 左右,大量引黄水权指标闲置。目前从峡山水库、白浪河水库、冶源水库等引水仍不能满足潍坊市北部平原地区的需水要求。因此,加强引黄工程建设,加大引黄利用量,是供水工程建设重中之重。

b. 多水源供水。潍坊市水资源时空分布很不均匀,北部工业较发达的平原地区缺水程度特别严重,而且只有一部分大型用水户实现了多水源联合供水,不利于供水安全。因此,满足大型用水户多水源供水工程建设的要求有利于提高水资源的开发利用及地下水水资源环境的保护。

c. 农业灌溉机井建设。目前潍坊市采用机井提水方式呈现出由渠灌向机灌发展的趋势,而且采用机井提水方式具有灌溉水利用系数高、利于地下水回补、管理灵活的优势。因此,在浅层地下水较为丰富的渠灌区,可通过增打机井的方式实现农业灌溉的“双水源”。

d. 河流水系联网。目前潍坊市水网体系已基

本形成,对于当地水行政主管部门提出的“六纵二横”设想,建议在2020年以前以南横线建设为主,建设完成后可一次性蓄水8600万 m^3 ,对增加潍坊市北部沿海地区农业及生态环境供水量、改善当地水生态环境是十分有益的。

e. 水库扩容改造。白浪河水库对于潍坊市城区供水具有举足轻重的地位,但其兴利调节能力有限,不能满足调水工程的最大可调水量,而供水任务越来越大。鉴于此,对白浪河水库汛限水位调整方案进行论证,争取增加调蓄能力2000万 m^3 。

f. 水库串联。墙乔水库来水充沛又没有城市供水任务,可以在峡山水库严重缺水时,利用潍河河道从墙乔水库采取大流量方式直接调水。

3.3.2 污水处理及回用工程

今后工作重点是继续在潍坊市污废水排放较集中的区域规划建设一批污水处理厂,扩大污水收集及中水利用规模,建立起完善的工程网络。

3.3.3 排水工程

根据人工水网系统建设的要求,在工业及城镇生活污水得到充分回收利用以后,区域性排水主要为农村生活废水、农业灌溉退水及雨水。这一工程网络主要是利用天然河道、排水沟渠等通道,逐步汇流进入大型河道。利用河道内建设的拦河闸、坝等工程,还可以实现上述退水的直接利用及渗补傍河地下水源地。

根据以上方案,潍坊市人工水网系统改善工程如表1所示。

3.4 数字水网系统构建

数字水网的核心,是对自然、人工水网的动态监控、评价、模拟和可视化管理^[8]。潍坊市数字水网系统主要包括基础数据库、水资源监控系统、水资源优化配置模拟系统、专家决策支持系统、信息管理系统五个方面。

a. 基础数据库:主要包括空间数据库、基础业务数据库、决策业务数据库、模型库、预案库、专家知识库等。

b. 水资源监控系统:包括监控子系统和预警子系统。系统通过实时监控数据库中的实时数据,并和相关的指标进行对比,最后达到监控目标,并实现自动报警功能。

c. 水资源优化配置模拟系统:通过对当地水资源系统的概化,根据实际需求开展不同供水方案的模拟。主要模块包括:物理模拟模块、基本模块、数据库模块、输出模块,其中模拟功能包括:水库群优化调度、水库与区间来水的优化调度、地表水与地下水联合调度、防洪与兴利统一调度、综合水资源配置

方案模拟。

表 1 潍坊市人工水网系统完善工程一览

工程类型	工程名称	工程目的	规划规模	建设状况
引黄及引江调水	引黄入峡	将黄河水调入峡山水库	19.5 m ³ /s	已建
	双王城水库	充分利用该水库调节库容,实施引江及引黄的联合调度,增加引黄量	地方调节库容 2500 万 m ³	规划
	引黄入白	通过引黄入峡工程、引潍入白工程将黄河水及长江水调入白浪河水库	10 万 m ³ /d	本文建议
	引冶入寿	通过供水管道将冶源水库地表水调入寿光市	2 m ³ /s	主体已建
	引黄入峡工程改造	对供水口进行改造,避免供水与引水发生冲突,增加引黄、引江水量	改造引水口 6 处	本文建议
引提水及输水通道改造	引高入白	调水通道衬砌,减少渗漏量	38 km	主体已建
	潍北平原水库引水	调水通道管道化,减少渗漏量	30 km	主体已建
	引牟入白工程扩建	提高输水能力,增加调水量	输水能力达 10 m ³ /s	主体已建
增加农业机井	渠灌区改造	扩大井灌区面积,提高灌溉水利用系数,充分利用地下水库的调蓄作用	增打潜水泵井若干	本文建议
污水处理及中水回用	污水处理厂	增加污水处理量	14.9 万 t/d (新增)	本文建议
	中水回用	增加中水回用量	2.18 亿 m ³ /a (新增)	本文建议
水系联网	“六纵二横”之南线	增加供水量、改善生态环境	一次性蓄水 8660 万 m ³	已规划
水库扩容	白浪河水库扩容	提高调蓄水能力,增加供水量	增加调蓄能力 2000 万 m ³	本文建议
水库串联工程	峡山水库与墙夼水库串联	提高峡山水库供水能力	大流量放水	本文建议

d. 水资源优化配置决策支持系统:系统服务于全市的水资源规划和水资源优化配置,辅助决策者解决水资源规划及分配的决策问题,系统以水资源数据库、地理信息系统为支撑,由模型库及相应的管理功能系统和人机交互界面等基本部分构成。系统功能主要包括水资源评价、水资源综合评价、水资源预测预报、水资源优化配置方案优选等。

e. 水资源信息管理系统:包括信息处理子系统和信息服务子系统,前者是处理各类监测信息使之便于各类用户使用,后者则是通过对信息进行统计、分析、模拟等操作向外界提供种类服务。

4 结 语

在潍坊市当地区域水网体系基础上,提出潍坊

市“自然-人工-数字”耦合水网体系构建方案,对继续完善水系联网工程,加强水资源管理,进一步提高水资源优化配置水平,缓解水资源供需矛盾,具有重要的现实意义。

“自然-人工-数字”耦合水网比传统的单纯自然水网形态更加多样化、河流的等级系统更加复杂化、地表和地下流场变化更加频繁、水循环环节和过程更加复杂,水网体系组成要素具有更明显的耦合、动态特性,当然该水网在水资源调度和优化配置等方面也更具优越性。

参考文献:

[1] 王浩,王建华,秦大庸,等. 基于二元水循环模式的水资源评价理论方法[J]. 水利学报,2006,37(12):1496-1502. (WANG Hao, WANG Jianhua, QIN Dayong, et al. Theory and methodology of water resources assessment based on dualistic water cycle model[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(12):1496-1502. (in Chinese))

[2] 王浩,杨贵羽. 二元水循环条件下水资源管理理念的初步探索[J]. 自然杂志,2010,32(3):130-133. (WANG Hao, YANG Guiyu. Preliminary study on new concept of water resources management under dualistic water cycle condition[J]. Chinese Journal of Nature, 2010, 32(3):130-133. (in Chinese))

[3] 王浩,陈敏建,秦大庸,等. 西北地区水资源合理配置和承载能力研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2003.

[4] 王建华,江东. 黄河流域二元水循环要素反演研究[M]. 北京:科学出版社,2005.

[5] 刘勇毅,王维平. 现代化水网建设与水资源优化配置[M]. 济南:山东人民出版社,2003.

[6] 王维平,杨金忠,范明元,等. 现代化水网建设与水资源优化配置研究[J]. 水利水电技术,2004,35(5):11-14. (WANG Weiping, YANG Jinzhong, FAN Mingyuan, et al. Modern water network system construction and optimal water resources allocation[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2004, 35(5):11-14. (in Chinese))

[7] 游进军,甘泓,王忠静,等. 分层水资源网络及其应用[J]. 水利学报,2007,38(6):723-731. (YOU Jinjun, GAN Hong, WANG Zhongjing, et al. Hierarchical network of water resources system and its application[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2007, 38(6):723-731. (in Chinese))

[8] 谢新民,蒋云钟,闫继军,等. 水资源实时监控管理系统理论与实践[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.

(收稿日期:2012-06-07 编辑:高渭文)