

CHENGSHIQUN SHUIZIYUAN
ENGLI JI TIAOKONG YANJIU

中原城市群水资源

承载能力及调控研究

吴泽宁 管新建 岳利军 焦建林 著

 黄河水利出版社

中原城市群水资源承载能力及 调控研究

吴泽宁 管新建 岳利军 焦建林 著

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书系统分析了中原城市群现状水资源开发利用和水资源系统情况;对中原城市群规划水平年进行了供需水预测分析;构建了中原城市群水资源系统网络图和中原城市群水资源优化配置模型;在对水资源承载能力影响因素进行分析的基础上,建立了水资源承载能力评价指标体系和综合评价模型;从供水结构类型、产业结构调整和水资源高效利用三个方面,提出了可行的水资源承载能力调控方案,并对各种不同调控方案进行了效果评价,最后针对提高水资源承载能力提出了一些合理性建议,为中原城市群的建设及发展提供决策参考和技术支持。

本书可供从事水文水资源等相关专业的科技和管理人员、高等院校相关专业的师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中原城市群水资源承载能力及调控研究/吴泽宁等
著. —郑州:黄河水利出版社,2015. 9
ISBN 978 - 7 - 5509 - 1237 - 3

I. ①中… II. ①吴… III. ①城市群 - 水资源 - 承载力 - 研究 - 河南省②城市群 - 水资源 - 协调控制 - 研究 - 河南省 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第220422号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:郑州瑞光印务有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:24.25

字数:560千字

版次:2015年12月第1版

定价:86.00元

印数:1—1 000

印次:2015年12月第1次印刷

前 言

水资源承载能力是指在某一具体历史发展阶段下,以可预见的技术、经济和社会水平为依据,以可持续发展为原则,以维护生态与环境良性循环发展为条件,经过合理的优化配置,水资源对该区经济社会发展的最大支撑能力。它主要是研究水资源供需平衡情况,进而分析评价水资源对当地人类生活水平、工农业生产乃至整个经济社会发展和环境的支持能力与影响效果。

中原城市群地处我国中心地带,具有明显的区位优势 and 综合资源优势,在促进中原崛起和中原经济区建设中发挥着不可替代的作用。水资源时空分布不均、水资源与生产力分布不匹配、人均占有水资源量偏少、水污染严重等问题,已成为该区实现经济社会可持续发展的重要制约因素。到2014年,南水北调中线工程建成通水后,以骨干河流为骨架,以各类河道和渠系为输水线路,以湖泊和水库为调蓄中枢,形成多库互联、水系联网、城乡一体,集蓄、滞、泄、排、调、供、节于一体的中原城市群水资源工程网络,为中原城市群内水资源的统一调度、优化配置、高效利用提供了良好的基础,也为提高中原城市群的水资源承载能力提供了一定的空间。因此,全面分析中原城市群的水资源现状及开发潜力,明确中原城市群水资源对经济社会可持续发展的保障程度,合理评价水资源所能承载的社会经济规模,明确水资源对社会经济支撑能力的限度,可为中原城市群建设和中原经济区建设提供有力支撑。

鉴于以上认识,本书以河南省水资源费项目为依托,以中原城市群为研究对象,以中原城市群水资源承载能力及其提高措施为目标,系统收集研究区相关资料,并对中原城市群所属各市进行了实地调研;系统分析了现状水资源开发利用和中原城市群水资源系统结构和功能;对中原城市群规划水平年进行了供需水预测分析;构建了中原城市群水资源系统网络图;考虑城市群系统、城市群水资源系统的特点,构建了城市群水资源优化配置模型;在对水资源承载能力影响因素进行分析的基础上,建立了水资源承载能力评价指标体系和综合评价模型,提出了评价方法;从供水结构类型、产业结构调整和水资源高效利用三个方面,提出了可行的水资源承载能力调控方案,并对其调控效果进行了分析评价;从水资源利用、水资源可持续利用水平、城市群协调发展状况和承载能力等方面,分析了各调控方案下水资源对社会经济支撑能力情况,提出相应提高中原城市群承载能力的措施。项目参与单位和主要完成人为郑州大学吴泽宁、管新建、曹建成、胡珊、董森蕾,河南省水文水资源局岳利军、赵彦增、崔新华、杨明华和河南省水利厅焦建林。

全书共分九章。具体编写分工如下:第1章绪论由吴泽宁、岳利军、焦建林编写;第2章中原城市群水资源及其开发利用现状分析由赵彦增、崔新华和杨明华编写;第3章中原城市群水资源系统结构分析和网络构建由吴泽宁、管新建和崔新华编写;第4章供需水分析预测与供需平衡分析由管新建、曹建成、赵彦增和杨明华编写;第5章中原城市群水资源优化配置研究由管新建和胡珊编写;第6章中原城市群水资源承载能力研究由吴泽宁、

管新建和曹建成编写;第7章中原城市群水资源承载能力调控措施与方案由吴泽宁和岳利军编写;第8章中原城市群水资源承载能力调控效果评价由吴泽宁和管新建编写;第9章研究结论及建议由吴泽宁、岳利军、焦建林和管新建编写;附表由吴泽宁、管新建、曹建成、胡珊、董森蕾编写。全书由吴泽宁、管新建统稿。

本书的研究成果得到了国家自然科学基金(51379191)的资助,并得到了郑州大学水利与环境学院、河南省水利厅、河南省水文水资源的领导和专家的指导与支持,在此一并表示感谢!

限于研究者的水平等原因,书中难免存在许多不足甚至纰漏之处,敬请读者批评指正。书中对于他人的论点和成果都尽量给予了引证,如有不慎遗漏之处,恳请相关专家谅解。

作 者

2015 年 10 月

目 录

前 言

第1章 绪 论	(1)
1.1 研究背景及意义	(1)
1.2 国内外研究现状	(4)
1.3 主要研究内容及思路	(10)
第2章 中原城市群水资源及其开发利用现状分析	(13)
2.1 中原城市群概况及计算分区	(13)
2.2 研究区水资源状况	(18)
2.3 入境和跨流域调水情况	(22)
2.4 泥沙与水质	(24)
2.5 研究区供水工程	(28)
2.6 水资源开发利用现状	(36)
2.7 水资源开发利用存在的问题	(38)
第3章 中原城市群水资源系统结构分析和网络构建	(40)
3.1 系统结构特点	(40)
3.2 城市群水资源配置系统分析	(45)
3.3 系统网络构建	(47)
第4章 供需水分析预测与供需平衡分析	(50)
4.1 需水量分析预测	(50)
4.2 供水量分析预测	(81)
4.3 供需平衡分析	(88)
第5章 中原城市群水资源优化配置研究	(95)
5.1 基本思路	(95)
5.2 水资源优化配置基本内容	(96)
5.3 水资源优化配置模型	(99)
5.4 模型求解	(102)
第6章 中原城市群水资源承载能力研究	(105)
6.1 城市群水资源承载能力概述	(105)
6.2 城市群水资源承载能力评价基本内容	(108)
6.3 城市群水资源承载能力评价指标体系构建	(111)
6.4 城市群水资源承载能力评价模型构建及方法介绍	(115)
6.5 基本配置方案下城市群水资源承载能力效果评价	(123)

第7章 中原城市群水资源承载力调控措施与方案	(139)
7.1 水资源调控的基本内容	(139)
7.2 水资源承载力调控措施分析	(139)
7.3 水资源承载力调控方案的设定	(142)
第8章 中原城市群水资源承载力调控效果评价	(149)
8.1 基本思路及说明	(149)
8.2 效果评价	(149)
8.3 调控效果评价分析	(220)
第9章 研究结论及建议	(225)
9.1 主要研究结论	(225)
9.2 展 望	(226)
9.3 建 议	(227)
附 表	(231)
参考文献	(375)

第1章 绪论

本章主要对中原城市群的出现、发展以及演变过程进行了简单的阐述,介绍了国内外有关城市群水资源配置、承载能力(承载力)以及调控情况的研究进展,并对所要研究的内容和思路进行了概括。

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

城市群的出现是一个历史发展的过程,是城市区域化和区域城市化过程中出现的一种独特的地域空间组织形式,是城市化发展到一定水平的标志和产物。一般来说,城市是一个区域的中心,通过极化效应集中了大量的产业和人口,从而获得快速的发展。伴随着经济全球化、区域一体化进程的加快,城市规模逐渐扩大,实力随之增强,对周边区域产生辐射带动效应,形成一个又一个城市圈或都市圈。城际之间的交通条件不断得到改善,相邻城市辐射的区域不断接近并有部分重合,城市之间的经济联系越来越密切,相互影响越来越大,就可以认为形成了城市群。一个内部经济发展协调的城市群可以使地理位置、生产要素和产业结构不同的各等级城市承担不同的经济功能,在区域范围内实现单个城市无法达到的规模经济和集聚效应。

城市群是城镇化进程中出现的一种高级城镇空间组织形式,是一个由不同层次、等级的城市所组成,各城市之间高度关联、协作紧密,以经济、社会以及生态联系为核心而形成的一体化过程不断加深的区域。城市群在区域经济社会发展过程中发挥着巨大的牵引和推动作用,其具有以下一些特性:结节性与等级性、一体化与特色化、集聚性与辐射性、动态性与开放性。

结节性与等级性体现了城市群的空间组成特点。城市群是一个特殊区域,可抽象为一个平面,各组成主体分别是不同规模、不同性质的亚区域,如特大城市、大城市、中等城市、小城市、镇、乡村等,可抽象为一组异质节点,不同类别的节点其所处层次、等级不同,而各节点之间的相互作用、相互关联可抽象为节点间的联系纽带,城市群便是由不同规模、等级的异质节点功能性地联结在一起的有机整体。

一体化与特色化的特性表明城市群的发展具有两面性。城市群一体化主要是指城市群中各城市在发展过程中相互影响、相互配合、紧密协作,力求使城市群的发展速度和发展质量得到最大的提高。从经济发展的角度来看,城市群一体化有利于各城市间生产要素的流通、分工协作的进行以及生产规模的整合和扩大等,从而提高生产效率和降低生产成本。从社会发展的角度来看,当今社会追求可持续发展、和谐发展,只有打破区域壁垒,才能使各种资源得到合理配置,人民生活水平得到提高,从而使社会发展得以持续。城市

群特色化是指各城市在不断加强一体化发展的同时,力求保持各自的特色,在有机整体中承担不同的功能。城市群特色化能使城市群的发展具有一定的多样性和梯次性,从而在加快城市群发展的同时还能提高抗风险能力。一体化与特色化使城市群中各城市相互依存、共同发展,是城市群的魅力所在,是城市群发展有别于单个城市发展简单相加的重要因素。

城市群的集聚性体现在城镇节点空间分布密集,劳动力、产业、信息、技术等高度聚集,这种高度集聚性有力地促进了城市群整体竞争力的提高。城市群辐射性是指从不同的空间尺度来看,城市群内中心城市对周边地区有辐射与带动作用,城市群整体可能对周边地区乃至整个国家有辐射与带动作用,城市群发展可能对国际经济社会具有一定的影响和带动作用。

城市群的动态性是指城市群处于不断变化的过程中。从地理位置来说,在城市发展初期,各城市的基本形态为团块状,随着城市的发展和扩张,毗邻城市达到了地域上的连接,城市群逐步发育成熟。从城市群内部发展来说,城市群内部各种生产活动都处于动态的过程中,各种生产要素的配置会随着时间和空间的变化而变化。城市群可以说是一个庞大的区域经济—社会—生态环境复合系统,它的形成和发展离不开外部世界的支持,区际间的各种物资交换及技术交流必然会频繁进行。所以,城市群必须是开放的,只有加大开放程度,才能使城市群的发展活力和竞争力得到提高。

中原城市群的概念最早形成于20世纪90年代初期,此后历经城市系统的雏形阶段、城市群萌芽阶段、城市群发展停滞阶段和城市群网络形成阶段等四个时期后,已初具雏形,并于2003年7月在《河南省全面建设小康社会规划纲要》中明确界定了中原城市群的范围。2006年河南省印发的《中原城市群总体发展规划纲要》指出:中原城市群是以郑州为中心,含洛阳、开封、新乡、焦作、许昌、平顶山、漯河、济源共9市在内的城市密集区。区划内现辖14个县级市、33个县、340个建制镇,地跨黄河、淮河、海河、长江四大流域,土地面积5.87万km²,占全省面积的35.1%。

《中原城市群总体发展规划纲要》的实施,为中原城市群的近期发展规定了目标,努力使之形成布局优化、结构合理、与周边区域融合发展的开放型城市体系,经济与人口、资源、环境协调发展,要素集聚和承载能力全面增强,建成一批特色鲜明、适宜居住、社会和谐、生活富裕的资源节约型和环境友好型城市,进一步凸显城市经济在区域经济中的主体作用。着力构建以郑州为中心,洛阳为副中心,其他省辖市为支撑,大中小城市“结构有序、功能互补、整体优化、共建共享”的城市发展体系。

2008年下半年,根据全国和河南省经济社会发展的新形势,河南省政府对中原城市群的空间概念进行了拓展,提出“一极两圈三层”中原城市群新的发展格局。“一极”即以“郑汴新区”作为带动全省经济社会发展的核心增长极;“两圈”即以郑州综合交通枢纽为中心,以城际轨道交通体系和高铁客运专线为纽带,形成“半小时交通圈”和“一小时交通圈”;“三层”即中原城市群核心层、紧密层、辐射层。核心层指郑汴一体化区域,紧密层包括洛阳、新乡、焦作、许昌、平顶山、漯河、济源等7市,辐射层包括南阳、鹤壁、濮阳、三门峡、安阳、商丘、信阳、周口、驻马店等周边9个省辖市。促进中原城市群快速发展,对于构筑河南省乃至中部地区具有强劲集聚效应和辐射带动作用的核心增长极,带动中原崛起,

具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

2009年由社会科学文献出版社出版的《中国中部地区发展报告(2008)——开创城市群时代》指出,中原城市群经济社会发展的战略目标是:经济社会率先发展,年均经济增长速度达到10%左右,比全省高2个百分点,提前5年实现人均国内生产总值比2000年翻两番的目标,支撑全省实现中原崛起。到2015年,中原城市群国内生产总值占全省的比重由2000年的52%提高到75%左右,人均国内生产总值达到28 500元,高出全省13 000元以上,为全省平均水平的180%。到2020年,中原城市群国内生产总值占全省的比重进一步提高到80%左右,人均国内生产总值达到42 000元,为全省平均水平的190%,按当年价折合突破6 000美元,跨入高收入国家发展阶段。2020年,区内总人口达到4 500万人,城市化水平达到70%左右,比全省平均水平高15个百分点。

中原城市群地处我国中心地带,具有明显的区位优势 and 综合资源优势,经过多年的发展,中原城市群地区已形成了以机械、纺织、食品、化工、能源、煤炭、电力和原材料等为主的优势传统产业和综合发展的多门类工业体系,其中能源、食品、铝工业在全国具有明显的竞争优势,是我国中西部地区重要的农产品生产基地,能源、原材料基地和装备制造业基地。2010年省政府拟定扩大中原城市群的范围,把全省均纳入中原城市群的体系范围内,拓展城市群的发展空间,提高集聚辐射效应。

随着工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展,中原城市群一体化进程全面推进,对水资源质量和数量提出了更高的要求。水是人类赖以生存和发展的重要资源,是自然环境的重要组成部分,是支撑社会经济系统发展不可替代的资源,在人类社会繁荣与发展过程中发挥着重要的支撑和保障作用,是可持续发展的基础条件,关系到子孙后代的长远利益。经济社会的迅速发展能提高人民的生活水平,但同时又带来各种各样的水问题。

中原城市群地跨黄河、淮河、海河、长江四大流域,水资源条件、水环境状况、供水工程和水资源开发利用程度存在差异。水资源时空分布不均、水资源与生产力分布不匹配、人均占有水资源量偏少、水污染严重等问题,已成为该区实现经济社会可持续发展的制约因素之一,并直接影响到城市群可持续发展能力和整体竞争力的提升。到2014年,南水北调中线工程建成通水后,沟通了城市群所在四大流域中城市之间的水力联系,以骨干河流为骨架,以各类河道和渠系为输水线路,以湖泊和水库为调蓄中枢,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、节于一体的中原城市群水利工程网络,使逐步实现水资源的联合调度、优化配置、高效利用成为可能。因此,应摸清中原城市群的水资源现状及开发潜力,开展中原城市群现状条件下、未来规划条件下水资源承载能力研究,通过城市群内水资源整合、互补,保证社会经济建设的顺利进行。为进一步明确中原城市群水资源对经济社会可持续发展的保障程度,迫切需要合理评价水资源所能承载的社会经济规模,明确水资源对社会经济支撑能力的限度。

1.1.2 研究意义

城市群是在工业化和城市化进程中形成的一种高级空间组织形式,是区域实现经济增长极和区域参与国际竞争的战略点。从国际竞争的角度来看,一个国家能真正

参与到国际竞争的,实际上是城市群。城市群成为国家参与全球竞争与国际分工的基本地域单元,它的发展深刻影响着国家的国际竞争力,影响一个国家城市化发展的水平和质量,对国家经济持续稳定发展具有重大意义。城市群可持续发展如何与各城市资源环境承载能力相协调,关系到城市群大系统能否顺利实现可持续发展目标。

水资源承载能力是在水与区域社会、经济和生态环境相互作用关系分析基础上,全面反映水资源对区域社会、经济和生态环境存在与发展支持能力的一个综合性指标,是刻画区域水资源丰缺状况的一个相对指标。水资源承载能力研究不但要分析水资源与宏观社会经济系统之间的动态作用关系,也要给出这种关系的结果,一方面为经济发展战略和规划提供现实的支撑依据和限制规模,使政府能据此对中原城市群一体化战略作出合理的规划和调整方案,另一方面也唤起公众节约用水和保护水资源的意识,从而使水资源实现可持续利用。

水资源承载能力的研究不仅是科学管理水资源的基础和依据,也是水利规划和发展的前提。研究水资源承载能力可以找出水资源对人类社会经济发展的贡献和限制因素,动态地表达不同时段的人类社会和经济发展状况和变化趋势。水资源承载能力是对水资源可持续利用的量的限制和测度,为水利规划和社会经济发展提供重要依据,促进人与自然的和谐相处,协调水资源同社会、经济、生态环境各要素间的分配,以维护生态良性循环为前提,支撑经济社会发展,促使水资源与社会、生态环境和经济的协调发展,保证水资源永续利用,为决策者和管理者提供决策依据,使政策方针的制定符合区域经济发展现状,保证经济社会协调有序可持续发展。

中原城市群水资源承载能力研究是对区域水资源短缺和水环境恶化等综合水问题的直接回应,有利于明确水资源对社会经济支撑能力的有限性及其复杂的内部机制,加深认识南水北调工程通水前后水资源效用整体性和综合性,全面了解水资源的价值,树立正确的水资源开发利用价值观。必须站在科学发展观的高度,以中原城市群建设为平台,以促进中原崛起为目标,将自然因素和人类影响因素相结合,主水和客水相结合,外水和内水相结合,开发利用和节约保护相结合,城市和乡村相结合,工业和农业相结合,资源与环境相结合,近期和远期相结合,全面开展中原城市群水资源承载能力及其提高措施研究。如何通过城市及城市之间水资源的科学开发、优化配置、合理利用、充分节约、有效保护,实现水资源的可持续利用,更好地满足生活、生产和生态用水需求,使水资源承载能力和水环境承载能力与经济社会发展要求相适应,是中原城市群水利现代化发展进程中急需回答的问题,为中原城市群建设和中原崛起提供有力的支撑。因此,本书的研究具有重要的现实意义和实际应用价值。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究

1.2.1.1 水资源优化配置研究

国际上,最早涉及水资源优化配置问题的是 20 世纪 40 年代 Messe 提出的水库优化调度问题,它以水资源优化配置为目的。20 世纪 50 年代以来,国外对水资源领域方面的

研究迅速发展。1950 年美国总统水资源政策委员会的报告里最早论述了水资源开发利用方面的问题,进一步推动了水资源调查研究工作的发展。60 年代初期,科罗拉多的几所大学对计划需水量的估算及满足需水量途径的研究是国外直接对水资源优化配置进行研究的先导。随后,系统分析理论在水资源优化配置中得到广泛应用,主要是线性规划、非线性规划、动态规划等方法在水资源优化配置中的实际应用,系统分析理论与水资源优化配置思想的结合,是水资源优化配置理论及方法得到快速发展的重要推动因素。70 年代后,伴随着计算机性能和技术的发展及其在水资源领域的应用,水资源优化配置的应用对象和范围得到快速扩大,水资源优化配置由单一目标发展到多目标,应用范围由水库群优化调度到流域多水源联合配置,各种水资源管理系统模型应运而生。80 年代后,水资源分配的研究范围不断扩大,深度不断加深,二次规划、层次分析、利益协商、决策合作等方法或思想应用到水资源优化配置领域。90 年代以来,由于水质污染加重,水危机加剧,国外在水资源优化配置的研究中开始加入水质约束、环境效益以及水资源可持续利用研究,如 1999 年, Kumar, Arun 等建立了污水排放模糊优化模型,提出了针对流域水资源管理在经济和技术上的可行方案。这一时期,对水资源优化配置的研究不仅在建立模型上有较大的发展,而且在模型求解方面,一些新的优化算法被引入,如遗传算法(GA)、粒子群算法(PSO)、模拟退火算法(SA)等,这些新算法开始在水资源优化配置中得到应用。

进入 21 世纪,国外主要考虑水权、水市场、水资源经济效益评估、管理政策和体制等对水资源优化配置的影响。2007 年, Lizhong Wang 和 Keith W. Hipel 等建立了由初始水权分配、水量及净效益再分配模型集成的综合水资源优化配置模型,其中利用博弈论的方法成功建立了基于初始水权分配下的水量及效益再分配模型,是水权、水市场、管理政策等在水资源优化配置中的重要体现。2011 年, Biju George 等建立了整合的水文—经济水资源优化配置模型,重点强调了水资源在不同用途中的效益评估。

1.2.1.2 水资源承载能力研究

目前,水资源承载能力理论研究在国际上作为单项研究的比较少,大部分将其纳入可持续发展中。国外为数不多的研究中, Falkemark 等(1997)对水资源的承载限度做了定性描述,并在其后续研究中有所涉及。1998 年, URS 公司在美国陆军工程兵团(US Army Corps of Engineers)和佛罗里达州社会事务局(Florida Department of Community Affairs)共同委托下对佛罗里达 Keys 流域的承载能力进行了研究。美国国家研究理事会(National Research Council)在对该项目的中期考察报告中指出, Keys 流域的承载能力研究应特别注意研究成果在政策制定方面的作用,而不应仅仅得出一个绝对的承载力值。Joardor 等(1998)从供水的角度对城市水资源承载能力进行相关理论和方法研究,并将其纳入城市发展规划当中。Gaterell 等(1999)把关键市场学概念运用到水环境领域,并且从自然科学和管理科学两方面统一评估方法,对水环境承载能力进行了研究。Olli Varis 等(2001)以水资源开发利用为核心,分析了中国长江地区日益快速的工业化、不断增长的粮食增长需求、环境退化等问题给水资源系统造成的压力,并参照不同地区发展历史把长江流域的社会经济现状与其水资源承载能力进行初步比较。Falkemark 等(2009)从粮食安全的角度,对 2050 年的水资源在维护生态环境良性发展的情况下,粮食产量能供养的人口进行了分析。

1.2.1.3 水资源调控研究

国外对于水资源调控的研究可以追溯到20世纪40年代,Messe将优化理论用于研究水库调度问题。J. L. Cobon 和 D. H. Marks (1974) 对水资源多目标问题进行了研究。Watkins David W J (1995) 构建了一种基于伴随风险和不确定性的可持续水资源规划模型框架,并运用分解聚合算法求解最终的非线性混合整数规划,建立了一种水资源联合调度模型。Wong Hughs 等(1997)提出了多目标、多阶段优化管理的原理和方法,考虑了区域内地表水和地下水,以及区域外调水等多种水源的联合运用,并考虑了针对地下水恶化的防治措施。Jerson(2002)等针对干旱地区社会经济用水量超过水资源承载能力问题,讨论了水资源分配机制,并提出了基于不同用水户机会成本的水资源配置模型。

1.2.2 国内研究

1.2.2.1 水资源优化配置研究

1949年以来,我国水资源配置大致经历了三个阶段:第一阶段(1949~1965年)是供水不收费,水资源由国家按需无偿配置;第二阶段(1965~1978年)是计划经济下的水资源低价配置模式,仅在水资源所有权益和经营权益方面有所体现;第三阶段(1978年至今)是我国水资源产权和配置制度变迁的时期,经济杠杆成为主要调控手段之一,多元化配置机制逐渐发挥效应。第三阶段是我国水资源配置理论及方法研究的重要发展阶段,其中,水资源配置理论经历了“以需定供”“以供定需”“基于宏观经济系统的配置理论”“可持续发展的配置理论”和“基于三条红线的配置理论”等过程,这一过程体现了人们对水资源特性和规律认识的不断深化以及水资源配置理论的与时俱进。配置方法也从线性规划、动态规划发展到多目标及大系统协调理论。优化配置的算法也从一般的优化算法到采用进化算法或模拟计算的方法。由此可见,水资源配置在理论、模型以及算法等方面都进行了许多研究,并取得了不少成果。

中国北方地区由于缺水和社会经济快速发展,导致其生态环境严重恶化,针对这一状况,从“六五”攻关开始,国家相继将北方地区的水资源问题列为国家科技攻关项目,重点研究了水资源配置的基础理论以及与社会经济发展之间的协调关系和相应的解决措施,使得以国家层面的攻关项目为主线的水资源配置的研究形成了比较完整的理论体系,“六五”(1981~1985年)期间,国家对华北地区水资源数量、质量和特点进行了评价,为后期研究水循环规律和水资源配置等奠定了基础;“七五”(1986~1990年)期间,在水资源评价的基础上,考虑了地表水和地下水转换的动态关系,从水源上扩展了配置口径,推进了地表水和地下水的联合调控;“八五”(1991~1995年)期间,建立了基于区域宏观经济的水资源配置理论,定量分析了水资源配置与社会经济需求之间的密切关系,并构建与社会经济目标关联的水资源配置目标,进一步扩大了水资源配置的研究空间;“九五”(1996~2000年)期间,提出了水资源配置需以可持续发展战略为原则,在实现水资源可持续利用和保护生态环境的条件下合理配置水资源,为研究面向生态的水资源配置奠定理论基础;“十五”(2001~2005年)期间,主要研究了水资源的实时调度问题,提出了面向全属性功能的水资源配置概念,多种水源依据其自身属性得到合理配置;“十一五”(2006~2010年)期间,从水循环角度出发,考虑供用排耗过程,将水资源配置从可利用水

量推进到耗水量配置,建立了基于ET的水资源整体配置,有利于实现“真实”节水和提高水资源利用效率以及对废污水排放量的有效控制。水资源配置理论和方法除了在这条主线上发展,还有许多学者从其他途径对其进行了大量的研究工作,如基于净效益最大的水资源优化配置、基于承载条件的水资源优化配置、基于广义水资源概念的合理配置、基于协同学原理的水资源合理配置和基于低碳发展模式的水资源合理配置等。

国内水资源配置研究不仅在理论方法上有许多发展,针对不同应用对象,水资源配置的具体应用也存在诸多不同。对应用对象进行分类,主要有水利工程控制单元的水资源配置、区域水资源配置、流域水资源配置和跨流域水资源配置。水利工程是水资源配置的基本单元,结构相对简单,影响和制约因素相对较少,成为水资源配置理论和方法的较早应用对象;区域是社会经济活动中相对独立的基本管理单位,系统结构复杂,影响因素众多,通常以多目标和大系统优化技术为主要研究手段;流域系统是最能体现水资源综合特性和功能的独立单元,也主要以多目标和大系统优化技术为研究手段;跨流域系统的系统结构和影响因素间的相互制约关系比区域和流域更为复杂,仅用数学规划技术难以描述系统的特征,因此仿真模拟技术和多种技术结合使用成为跨流域水资源配置研究的主要技术手段。

1.2.2.2 水资源承载能力研究

国内水资源承载能力研究起步较晚,1989年以施雅凤院士为代表的中国科学院水资源新疆课题组首次提出了水资源承载力的问题,但当时的概念、理论和计算方法等都处于萌芽状态。此后我国学者对水资源承载力进行了大量的研究和探讨,并根据所研究的区域提出了相应的研究方法。按照研究范围的大小可分为流域水资源承载力研究、区域水资源承载力研究和城市水资源承载力研究,本书重点介绍城市水资源承载力研究。

贾振邦(1995)在分析水资源承载力概念的基础上,选取了与本溪市水资源有密切关系的6项具体指标,对水资源承载力大小进行了评价,为研究社会经济与水环境协调发展提供了先例。朱湖根等(1997)对淮河水环境承载力的脆弱性进行了研究,并指出对水资源和水环境承载力脆弱性的研究的下一步是将水资源和水环境作为一个系统,考虑其对人类各种社会经济活动的承受能力,以保证可持续发展。洪阳等(1998)以环境容量为基础探讨了环境承载力的概念及其模型框架。崔凤军(1998)采用系统研究方法对城市水资源承载力的概念、实质、功能及定量表达方法作出了分析,并利用系统动力学(SD)模拟手段进行了实证研究,其结果显示水资源承载力指数变化对拟定的调整策略作出预测优化的结果是比较令人满意的。

蒋晓辉(2001)从水资源、人口、经济发展之间的关系入手,分析探讨水资源承载力的内涵,在此基础上,建立了研究区区域水资源承载力的大系统分解协调模型,并将模型应用于关中地区,得到了不同方案下关中地区水资源承载力及提高关中水资源承载力的最优策略。张文国等(2002)运用模糊优选理论对华北某地地下水水资源承载力的变化趋势作了分析、评价,指出模糊优选模型较矢量模法能够更好地反映水资源承载力问题的实质。马文敏等(2002)在论述西北干旱区区域城市水资源基本情况和水资源承载力概念的基础上,分析了该区水资源承载力特点与研究思路,重点对干旱区城市水资源承载力分析方法进行了研究。

王海云(2003)就水环境承载能力调控与水质信息系统模式的建立进行了分析研究,并结合中国实情提出了建模总体框架,并指出水资源承载能力是可持续发展理论的重要体现,它具有很强的动态、时空并用、水量水质兼顾、补偿性等特性,建立水质信息系统基础平台,科学地利用和操纵水环境承载能力,实现水环境保护的目标。卢卫(2003)在对浙江省主要饮用水水源地背景资料进行调查的基础上,运用污染物总量控制指标分析了水源地水环境的承载能力,并提出了提高水源地水环境承载能力的对策,确保各地饮用水水源地保护区水质符合规定的标准,为城乡居民引用安全优质水提供保证,为促进浙江省水资源可持续利用和经济社会可持续发展提供了现实保障。王顺九(2003)利用投影追踪技术对全国30个省、市、区的水资源承载力进行了综合评价,该方法无须给定权重,避免一地多个衡量指标的人为性,为水资源承载力的综合评价提供了新的途径。

李如忠等(2004)基于水资源承载力概念的模糊性和评价指标的多样性特点,在模糊物元分析的基础上,结合欧氏贴近度概念,建立了基于欧氏贴近度的区域水环境承载力评价模糊物元分析模型,并将其用于地下水资源承载能力评价,通过某城市研究表明了其优越性。赵然杭等(2005)在充分理解水资源承载力内涵及其影响因素的基础上,建立了水资源承载力评价指标体系,对水资源承载力量化方法的研究程度及其存在的问题进行了论述,提出了城市水资源承载力与可持续发展策略的模糊优选理论、模型和方法,并利用实例进行验证,从而为决策提供可靠依据。李如忠等(2005)针对水环境承载力评价模糊优选模型和矢量模法存在的不足,从水资源—社会—经济系统具有的随机不确定性特征出发,建立了区域水资源承载力评价的模糊随机优选模型,并将该模型应用于北方某区域内5个城市地下水环境承载力状况的比较,取得了较好的研究效果。梁翔宇等(2005)从邵阳市现实出发分析了引起水资源承载力日趋减弱的原因,提出了保护水资源改善水环境、提高水环境承载力的对策。汪彦博等(2006)采用系统动力学方法,建立起石家庄市水资源承载力的模型,并对承载力指标进行量化,针对问题提出不同发展方案,其量化地比较了南水北调工程前后石家庄市水资源承载力大小的不同,预测石家庄市水资源持续利用发展状况,提出有利于石家庄市水资源持续发展最优方案,从而为石家庄市和其他地区水资源的可持续发展提供了科学的决策依据。

袁伟等(2008)针对富阳市水资源状况,建立了反映富阳市水资源承载能力的评价指标体系,然后采用主成分分析法,对评价指标进行降维处理,寻找出影响水资源承载能力驱动因子,建立了相应的水资源承载能力变化驱动因子的多元线性回归模型。宋晓萌等(2010)以水资源可承载的经济和人口为指标对天津的水资源承载力进行了评价,结果显示在未来几年只有采取提高水资源承载力的措施,才能承载增长的人口和经济规模。宰松梅等(2011)运用支持向量机理论,建立了水资源承载力评价支持向量机模型,并根据水资源承载力影响因素,提出了8项指标评价体系,利用水资源承载力指数对新乡市的水资源承载能力进行了评价。

1.2.2.3 水资源调控研究

我国在水资源科学调配方面的研究起步较迟,主要从20世纪60年代开始,以水库优化调度为手段展开水资源分配研究;同时也开始研究地下水管理以及地下水与地表水联合应用。沈佩君等(1994)以枣庄市水资源系统为实例,研究地面水、地下水及客水等多

种水资源的联合调度问题,建立了包含分区管理调度和统一调度模型在内的大系统分析协调模型。谢新民(1995)分析研究了地表—地下水资源系统多目标管理问题和有限方案多目标决策问题,建立了系统的多目标管理模型,并提出一种目标—模糊规划法。

随着研究的深入,研究人员开始动态地对区域宏观经济系统和水资源系统同时进行描述,如唐德善(1994)运用多目标规划的思想,建立了黄河流域水资源多目标分析模型,为协调国民经济各部门对水资源的供需矛盾提供了一条新途径。“十五”攻关时期,中国水利水电科学研究院水资源所首次提出将流域水资源调配层次化结构体系以“模拟—配置—调度”为基本环节,实现流域水资源的基础模拟、宏观规划与日常调度,为流域水资源调配研究提供了较为完整的研究框架体系。

王浩等(2001)在黄淮海水资源合理配置研究中,通过对黄淮海流域面临的严峻缺水形势的客观分析,系统地提出了流域水资源合理配置理论与方法,首次提出基于外调水的“三次平衡”的配置思想。尹明万等(2002)结合安阳市水资源现状及水资源开发过程中存在的主要问题,建立了多层次、多用户和多水源特征的水资源配置动态模拟模型。王慧敏等(2004)重点论证了将供应链理论引入水资源配置与调度中的可行性,并分析了南水北调东线水资源配置与调度供应链的概念模型和运作模式。左其亭等(2003)提出了面向可持续发展的水资源规划与管理所需的基本知识,并系统地介绍了包括水量—水质—生态耦合系统模型、社会经济系统模型、社会经济系统与水量—水质—生态系统的耦合系统模型、可持续量化研究方法以及水资源承载能力计算方法。

1.2.3 存在的一些问题

不可否认,虽然目前有关水资源优化配置以及承载能力的研究取得了丰硕成果,但上述各种理论及计算方法研究还处于探索阶段,还存在不少不尽如人意的地方。

- (1) 水资源优化配置过程中忽视了城市发展新时期的一些供、需水新特点。
- (2) 忽视了水资源优化配置前期可供水量预测的可调性。
- (3) 对城市群水资源优化配置效果评价方法有待进一步研究。

(4) 水资源承载能力的定义、研究方法、指标体系各式各样,至今还没有一个统一、公认的定义、理论基础和研究方法。

(5) 目前,国内外学者对水资源承载力的研究多局限在对区域、流域和城市的水资源承载力状况进行分析,很少考虑研究区内部区域间水资源承载力状况的差异性。

(6) 对提高水资源承载能力方面的研究只是在分析研究区域的水资源承载能力情况后,相应地提出一些提高水资源承载力的措施或者调控模式,很少对提出的措施进行定量的分析和评价。

(7) 对于水资源调控的研究虽取得一定的成果,但是综合考虑水资源时空调控方面的研究很少,还难以解决流域水资源调控和管理中的总量控制和动态控制等问题。如水资源调控中的区域生态和环境响应状况问题。

本书以城市群为研究对象,通过对城市群中水资源的优化配置,分析出中原城市群的承载能力状况;充分考虑城市群内城市间水资源承载能力的差异状况,提出了一些技术可行的调控措施来缓解城市间的水资源承载能力的差异,使城市群水资源在保障自身能够

可持续开发利用的基础上,以区域内社会、经济、生态环境协调发展为前提,研究所能承载的人口和经济发展规模。

1.3 主要研究内容及思路

随着城镇化进程的加快,城市水问题日益突出,而城市的发展不仅与自身相关,而且与周边城市有着密切的关联。因此,实行单个城市的水资源优化配置并不能有效解决城市水问题,而只有实现城市群水资源优化配置,才能真正有效地解决区域内各个城市的水问题。本书的研究目的是:摸清中原城市群水资源及其开发利用现状,预测中原城市群可供水量和需水量;对中原城市群的水资源进行优化配置;建立水资源承载能力评价指标体系,构建水资源承载能力评价模型,探索模型的求解方法;对中原城市群水资源承载能力进行调控,并对各种不同调控方案进行效果评价;针对提高水资源承载能力提出了一些合理性建议,为中原城市群的建设及发展提供决策参考和技术支持。

1.3.1 本书的主要内容

本书采用系统分析的方法,以大系统递阶分解协调理论为指导,进行了城市群水资源优化配置和水资源承载能力研究,针对城市群承载能力构建了多目标、多分区、多水源的调控方案,并对各种不同调控措施下的方案进行了效果评价,最后提出了一些提高水资源承载力的合理性建议,主要研究内容如下:

(1) 中原城市群水资源及其开发利用现状分析。

在收集整理相关资料的基础上,通过现场查看和调研分析,摸清中原城市群各城市水资源家底及其开发利用状况。其内容包括降雨、径流及其分布和变化规律,地下水资源量和可开采量,用水状况和供水状况,用水水平,节水水平和潜力,供水工程及其供水能力,可利用水资源量,地表水和地下水环境质量状况以及水功能区环境状况等。同时,找出中原城市群水资源方面存在的问题,为后续工作提供基础支撑。本书中中原城市群是以郑州为中心,含洛阳、开封、新乡、焦作、许昌、平顶山、漯河、济源共9市在内的城市密集区,下辖14个县级市、33个县、340个建制镇,土地面积5.87万 km^2 。

(2) 中原城市群的供需水量预测。

通过对中原城市群的总体规划,各市的城市规划、发展规划、水资源综合规划,以及水利年鉴、统计年鉴等基础资料的分析,对中原城市群不同水平年的需水量和可供水量进行预测,并进行不同水平年的供需分析,以便为水资源配置提供基础数据;同时,给出了各种类型供需水预测的方法。

(3) 中原城市群水资源系统结构分析和网络构建。

通过分析中原城市群水资源大系统的结构和功能以及中原城市群不同水源的特点和水源间的补偿与调节关系、水源和用水户之间的关系、供需水资源系统,构建中原城市群水资源系统网络图,以便明晰供水水源之间、供水水源和用户之间、供水和排水之间的关系,为中原城市群水资源合理配置和调控提供基础条件。

中原城市群水资源系统是一个多水源、多用户、多工程(蓄、引、提、调等结合)的复杂