



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2017.01.002

周念清, 夏学敏, 朱劼, 等. 许昌市水资源多模式联合调度与合理配置[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(1): 07-13. ZHOU Nianqing, XIA Xue min, ZHU Qing, et al. Multi mode joint operation and rational allocation of water resources in Xuchang City, Henan Province[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2017, 15(1): 07-13. (in Chinese)

许昌市水资源多模式联合调度与合理配置

周念清¹, 夏学敏¹, 朱劼², 颜伟峰³

(1. 同济大学 水利工程系, 上海 200092; 2. 同济大学 继续教育学院, 上海 200092;
3. 许昌市水利规划设计院, 河南 许昌 461000)

摘要: 水资源短缺是制约城市经济社会发展的重要因素, 合理配置和有效利用有限的水资源是解决水资源供需矛盾的有效途径。以许昌市国家水生态文明试点城市建设为例, 在分析水资源开发利用现状的基础上, 运用定额法对需水量进行预测。以多年平均水资源量为基础, 2011年作为研究基准年, 根据水资源取用方式、工程方案及各种水量需求等, 利用 MIKE BASIN 建立水资源配置模型, 对许昌市水资源供需平衡进行模拟。通过三次供需平衡分析, 得到不同规划水平年水资源供需配置方案, 最终达到水资源供需平衡, 使有限的水资源发挥最大效益。研究结果表明, 本地水资源结合南水北调、引黄调蓄、中水回用等多模式联合调度, 可以满足许昌市中长期经济社会可持续发展用水需求, 对未来许昌市水资源可持续利用具有重要的指导意义。

关键词: 水资源; 联合调度; 合理配置; 供需平衡; 许昌市

中图分类号: TV 213.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-1683(2017)01-0007-07

Multi-mode joint operation and rational allocation of water resources in Xuchang City, Henan Province

ZHOU Nianqing¹, XIA Xue min¹, ZHU Qing², YAN Wei feng³

(1. Department of Hydraulic Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;
2. School of Continuing Education, Tongji University, Shanghai 200092, China;
3. Xuchang Water Resources Planning and Design Institute, Xuchang 461000, China)

Abstract: Water resources shortage is an important factor restricting the economic and social development of a city. Rational allocation and effective use of limited water resources is an effective way to solve the contradiction between water supply and demand. Xuchang City as a pilot city for national water ecological civilization construction was studied in this paper. The water demand was forecasted by the quota method according to the current status of water resources development and utilization. A water resources allocation model was established using MIKE BASIN, based on the multi-year average water resources quantity, water resources access methods, engineering scheme, and various water demands, with 2011 as the research base year. The water supply and demand balance of Xuchang City was simulated. The supply and demand balance analysis was conducted three times to obtain the water supply and demand allocation schemes at different planning levels, and ultimately to achieve water supply and demand balance, so that the limited water resources can produce maximum benefits. The research results showed that the local water resources, combined with the joint operation of multiple modes such as South to North water diversion, Yellow River water diversion, and reclaimed water recycling, can meet the water demand of Xuchang City for the medium long-term sustainable economic and social development. It also has guiding significance for the future sustainable utilization of water resources in Xuchang City.

Key words: water resources; joint operation; rational allocation; supply and demand balance; Xuchang City

收稿日期: 2016-11-07 修回日期: 2016-12-22 网络出版时间: 2017-01-03
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20170103.2037.002.html>
基金项目: 国家自然科学基金(41272249)
Fund: National Natural Science Foundation of China(41272249)
作者简介: 周念清(1964), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事地下水数值模拟与评价、水资源优化管理等方面研究。E-mail: nq.zhou@tongji.edu.cn

水资源是制约城市经济社会发展的重要因素,随着城市化进程的加快,水资源供需矛盾日益突出。为了解决水资源供需矛盾,实施水资源合理配置和优化管理至关重要。充分利用各种水资源,采取节水措施,提高用水效率,使有限的水资源发挥最大效益。国外关于水资源优化配置研究起步较早,在水资源配置目标、研究方法和配置机制等方面均有较快发展^[1-3]。水资源管理软件较多,其中 MIKE BASIN 是进行流域水资源综合规划与管理的重要工具,在国内外已得到广泛应用,并取得了良好的效果^[4-5]。通过 MIKE BASIN 构建水资源优化配置模型,进行三次水资源供需平衡分析^[6-7],研究不同水平年水资源供需平衡状况,并结合规划期内的水利工程方案,进行多模式水资源联合调度,以达到解决水资源供需矛盾的目的。

本文以许昌市为例进行水资源调度与配置方面的研究。许昌市是我国严重缺水的城市之一,2013 年被列入国家首批水生态文明建设试点城市,水生态文明建设的重点就是要解决水资源和水环境问题。通过实施水系连通、境外调水等工程措施,实现水资源配置和合理调度,加快推进水生态文明城市建设,对当地经济社会可持续发展具有十分重要的现实意义。

1 研究区概况

许昌市地处河南省中部,位于东经 $113^{\circ}03' - 114^{\circ}19'$,北纬 $33^{\circ}42' - 34^{\circ}24'$ 之间,下辖 1 区(魏都区)、2 市(禹州市、长葛市)、3 县(许昌县、鄢陵县、襄城县),总面积 $4\,996\text{ km}^2$ 。全年平均气温在 $14.3 \sim 14.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间;1953 年-2011 年多年平均降水量为 727.62 mm ,受季风气候影响,降水量年际变化大,丰水年与枯水年最大相差 2.5 倍,且汛期降水量占全年降水总量的 80%。2011 年许昌市域总人口 479.4 万人,国民经济生产总值 1 516 亿元,经济持续稳定增长,其增长速度高于河南省和全国平均水平,发展态势良好。

1.1 水资源开发利用现状

许昌市位于淮河流域中游,市域河流属沙颍河水系,其中境内河道流域面积大于 $1\,000\text{ km}^2$ 的有北汝河、颍河、双泊河、清颍河(图 1)。全市有大型水库 1 座(白沙水库),中型水库 2 座(佛耳岗水库、纸坊水库),小型水库 44 座,总库容 4.1 亿 m^3 。根据多年调查和统计结果,许昌市地表水资源量为 3.66 亿 m^3 ,地下水资源量 7.23 亿 m^3 ,扣除地表水和地下水水资源重复计算量 1.79 亿 m^3 ,许昌市多

年平均水资源总量约为 9.10 亿 m^3 。

2011 年全市工农业生产和生活总供水量为 7.82 亿 m^3 ,其中地表水源供水量 3.07 亿 m^3 ,地下水水源供水量 4.75 亿 m^3 ,分别占供水总量的 39.2% 和 60.8%,城市供水以地下水为主。在地表水源供水量中,蓄水工程、引水工程和提水工程供水量分别占地表水源供水量的 26.2%、72.5% 和 1.3%。地下水水源供水量中,浅层地下水和深层地下水供水量分别占地下水水源供水量的 96.9% 和 3.1%。



图 1 许昌市域水系分布现状

Fig. 1 The present distribution of water system in Xuchang City

1.2 存在问题分析

许昌市水资源开发利用主要存在以下几方面问题:(1)水资源量短缺,人均水资源占有量仅 208 m^3 ,不足全国平均水平的 10%;(2)地表水资源分布不均,北汝河为许昌市主要的地表水水源地,位于襄城县境内,多年平均径流量为 8.94 亿 m^3 ,上游无大型控制性工程;(3)地下水资源开采不合理,在襄城县、长葛市、鄢陵县地下水超采已形成明显的降落漏斗;(4)干旱年市区用水保证率低,自 2006 年以来,连年发生旱灾,需从平顶山市昭平台水库应急买水,成本高、损耗大,严重影响市区供水安全。另外,由于城镇工业废水、生活污水排放量大幅增加,中水回用比例低;农业生产中化肥、农药大量使用,造成地表水环境污染严重、生态环境退化等问题。

2 需水量预测

根据《许昌市城乡总体规划》和《许昌市节水“十二五”规划》进行需水量预测,以 2011 年作为基准年,采用定额法^[8],分别预测 2015 年、2020 年和 2030 年工农业生产、生活和生态环境需水量,为制定相应的用水量控制规划提供依据。

2.1 农业需水量

随着农业灌溉节水技术的应用,2015 年灌溉水

有效利用系数为 0.645,有效灌溉面积 25.33 万 hm^2 (占耕地总面积的 73.64%),到 2030 年灌溉水有效利用系数将提高到 0.65,有效灌溉面积 27.47 万 hm^2 (占耕地总面积约 80%)。农业灌溉需水定额逐步减少,但有效灌溉面积逐渐增加,农业用水总量呈现出逐年增加的趋势。2015 年农业需水量为 2.26 亿 m^3 ,2020 年增长到 2.31 亿 m^3 ,但灌溉定额由 891.9 m^3/hm^2 降低到 887.7 m^3/hm^2 ,到 2030 年农业需水量为 2.43 亿 m^3 ,但灌溉定额降低到 885 m^3/hm^2 。

2.2 工业需水量

工业增速按照近、中、远期 GDP 均增速 10.0%、9.0%、7.8% 计算,通过技术革新和节水型社会建设,万元工业用水量逐渐减少,由于工业发展迅速,需水量仍将逐年增加。2015 年工业需水量为 3.45 亿 m^3 ,2020 年增长到 4.57 亿 m^3 ,到 2030 年工业需水量将达到 6.46 亿 m^3 ,15 年间工业需水量将增加 3.01 亿 m^3 。

2.3 生活需水量

随着城市化进程不断推进和居民生活水平不断提升,2015 至 2030 年之间城镇化率由 50% 增至 78%,居民生活需水量也逐步增加,2015 年居民生活用水量为 1.96 亿 m^3 ,2020 年增长到 2.14 亿 m^3 ,到 2030 年居民生活需水量为 2.43 亿 m^3 。

2.4 生态需水量

生态环境用水是自然环境和社会经济可持续发展的重要保障。根据《许昌市节水“十二五”规划》,2011 年市区生态需水量为 0.76 亿 m^3 ,按照市区生态用水量增长比例进行放大,得到 2015 年生态环境需水量为 0.84 亿 m^3 ,2020 年为 0.92 亿 m^3 ,2030 年为 1 亿 m^3 。

综合工业、农业、生活和生态需水量,得到许昌市 2015 年、2020 年和 2030 年需水量预测结果见表 1。

表 1 许昌市需水量预测
Tab. 1 Forecast of water demand in Xuchang City

水平年 需水量	2015				2020				2030			
	工业	农业	生活	生态	工业	农业	生活	生态	工业	农业	生活	生态
市区	4 973	302	4 879	6 377	6 587	308	6 281	6 957	9 306	325	9 081	7 631
许昌县	3 612	3 779	3 970	79	4 784	3 860	4 241	86	6 758	4 065	4 617	94
鄢陵县	3 386	5 495	2 067	537	4 485	5 613	2 077	586	6 336	5 912	2 015	642
襄城县	4 698	4 091	2 336	61	6 223	4 179	2 302	67	8 791	4 401	2 146	73
禹州市	8 218	4 322	3 941	1 316	10 885	4 414	4 041	1 435	15 378	4 649	3 964	1 574
长葛市	9 614	4 607	2 421	24	12 735	4 706	2 487	26	17 992	4 956	2 522	29
小计	34 500	22 595	19 614	8 394	45 698	23 080	21 429	9 157	64 561	24 308	24 346	10 045
合计	85 103				99 364				123 260			

由此可见,2015 年-2030 年间许昌市工业、农业、生活和生态需水量均有所增加,其中工农业生产需水量占需水总量的比例逐渐增加,2015 年为 67%,2020 年增加至 69%,到 2030 年将进一步增加至 72%,生产用水仍将是用水的主要类型,而生活用水量和生态用水量比例均略有下降,分别维持在 20% 和 10%。

3 水资源配置原则与模型构建

3.1 水资源配置原则及方法

水资源合理配置以可持续发展为原则,对有限的、不同类型的水资源,通过工程和非工程措施在各用水户之间进行科学分配,以体现流域水资源支撑社会经济发展和保障自然生态环境安全。水资源配置原则主要包括以下三方面:(1) 优先利用本地来

水,再利用区域外来水,且优先利用无法调蓄的水量,对不足的水量再利用蓄水工程进行调节;(2) 对于蓄水工程,先利用各分区内的小型水库调节,不足水量再利用大中型水库调节;(3) 从用户上,优先满足生活用水,再考虑生态用水,然后是生产用水,并优先保障保证率高的用户,然后满足保证率低的用户需求。

水资源配置方法以水资源供需分析为手段,充分考虑现状供需分析、增加水源工程、采取节水措施、积极保护生态环境等因素,在此基础上对各种水资源配置方案进行模拟、计算和评价,从而提出合理可行的推荐方案^[9-10]。

3.2 水资源配置模型构建

水资源配置模型构建首先要确定模型范围、与上下游关系、水量传输路径以及所需数据等信息。

模型数据来源于许昌市水资源公报及水利、城市、农业等系列规划报告。采用 MIKE 软件中的 BASIN 模块进行计算,水资源配置以 2011 年作为基准年,2020 年为中期规划水平年,2030 年为远期规划水平年,每个水平年计算时间为 1 年。

3.2.1 模型概化

根据研究范围、研究尺度及研究目的,河网选取许昌市重要支流,按照选取的支流进行自然流域边界划分,每个子流域的水量最终将汇集到清颍河、颍河、北汝河等主要干流中。经过概化后的河网见图 2。



图 2 河网概化

Fig. 2 River network generalization diagram

3.2.2 模拟范围

水资源配置模型的范围为许昌市整个规划区域,按照市域内主要河流分布,将研究区域分成不同的子流域,截取自然流域,总模拟范围 4 996 km²。

3.2.3 模型边界确定

以许昌市行政区域外围为边界,规划区域的过

境河流包括北汝河、颍河、清颍河、双洎河等,跨流域调水包括南水北调、引黄补源工程。模型中的约束为过境河流分配至各县市的可用水量、跨流域调水的引水量、各县市区域内降雨径流形成的水资源量以及各县市区域内的地下水资源量。模型中约束的设置多年平均来水情况。

3.2.4 用水户设置

模型中用水户需水共分为 3 类,分别是生活和工业需水、农业需水、生态需水。取水的主要河流有北汝河、颍河、清颍河、双洎河等,主要地下水水源地为麦岭、长葛、鄢陵。根据各类用水需求的最低水质标准及当地情况,选取颍汝灌区总干渠及颍河橡胶坝段为生活用水水源,其它地表水用于农业用水、生态用水。地下水水质较好,可以作为生活和工业用水水源,以及农业、生态的补充水源。

4 水资源供需平衡分析

4.1 一次平衡分析

在无新建工程措施条件下,进行水资源一次平衡分析,定量确定水资源供需关系,将社会经济发展中的水资源供需矛盾体现出来^[11],以确定现状开发利用模式下的水资源供需缺口^[12],为确定节水、治污和挖潜等措施提供依据。供需平衡分析时将可利用的过境水资源量纳入到了水资源总体规划中,表 2 是许昌市水资源配置多年平均情况下一次平衡分析结果。

表 2 许昌市水资源多年平均一次平衡分析

Tab. 2 First balance analysis of multi-year average water resources in Xuchang City

行政区名	2011 水平年			2020 水平年			2030 水平年		
	可用水量 /万 m ³	缺水量 /万 m ³	缺水率 (%)	可用水量 /万 m ³	缺水量 /万 m ³	缺水率 (%)	可用水量 /万 m ³	缺水量 /万 m ³	缺水率 (%)
市区	26 140	0	0	25 338	866	4	19 819	7 057	27
许昌县	35 947	0	0	32 174	0	0	29 823	0	0
鄢陵县	13 731	2 421	18	12 570	2 254	17	10 843	4 062	27
襄城县	29 708	0	0	29 157	0	0	26 745	0	0
禹州市	42 200	0	0	35 957	0	0	31 540	0	0
长葛市	17 593	0	0	16 157	6 553	32	16 157	11 845	46
合计	165 318	2 421	0	151 351	9 674	0	134 926	22 965	0

由表 2 可知,基准年 2011 年许昌市全区除鄢陵县缺水 2 421 万 m³ 外,其他各市县均达到供需平衡状态。全区在 2020、2030 水平年的缺水量分别为 9 674 万 m³ 和 22 965 万 m³,缺水率分别为 6.4% 和 17%,各市县缺水率在 4% 到 32% 之间,个别地区缺水率达 46%。表明基准年许昌市仅个别市县水资源供需不平衡,但到 2020 年、2030 年个别市县的缺

水状况更加严重,缺水率也逐渐升高。许昌市在现状供水条件下,未来会出现水资源供需矛盾逐渐突出的问题,将无法满足不同水平年社会经济发展的要求。

4.2 二次平衡分析

水资源二次平衡分析是在一次平衡分析的基础上,以当地水资源条件为基础,结合产业结构调整,节

水措施和治污、挖潜等措施,考虑当地水资源承载力进行供需平衡分析。如在充分发挥当地水资源承载力的条件下,仍不能解决水资源供需问题,需要从外流域调水,从而为确定调水工程设计规模提供依据^[13]。

在规划蓄水及供水条件下进行水资源配置计算,以获取缺水量大小,进一步提出需水削减方案。根据已有的规划,到2020年新增水源包括南水北调、引黄补源,增加水资源量分别为2.26亿 m^3 和5000万 m^3 ;另外,清漯河治理后可增加农业生态供水1200万 m^3 ,魏都区中水回用水量由每年

365万 m^3 提升到3029万 m^3 。

国家实施最严格的水资源管理制度,用水总量控制是其中一项重要指标,各地区在用水总量控制的指导下进行用水指标分解^[14,15]。河南省分配给许昌市用水量配额,2020年为10514亿 m^3 ,2030年为11466亿 m^3 。由于许昌市各市县总需水量均大于配额指标,必须按照省配额进行规划需水量削减,在仍不能达到配置要求的情况,需要进一步深度削减,将生活、工业需水削减至90%,农业生态需水消减至70%。得到二次均衡配置结果,见表3。

表3 许昌市水资源多年平均二次平衡分析

Tab. 3 Second balance analysis of multi year average water resources in Xuchang City

行政区名	2011水平年			2020水平年			2030水平年		
	可用水量 /万 m^3	缺水量 /万 m^3	缺水率 (%)	可用水量 /万 m^3	缺水量 /万 m^3	缺水率 (%)	可用水量 /万 m^3	缺水量 /万 m^3	缺水率 (%)
市区	26140	0	0	48652	0	0	49622	0	0
许昌县	35947	0	0	33076	0	0	30617	0	0
鄢陵县	13731	2421	18	16226	0	0	14363	346	2
襄城县	29708	0	0	32950	0	0	31127	0	0
禹州市	42200	0	0	43009	0	0	38450	0	0
长葛市	17593	0	0	20161	1027	6	20161	6410	27
合计	165318	2421	0	194073	1027	0.5	167683	6756	4

与一次平衡分析结果相比,2020、2030水平年全区可用水量分别增加了42722万 m^3 、32757万 m^3 ,缺水量和缺水率分别降低了8737万 m^3 、16209万 m^3 和5.9%、13%,可见二次平衡分析作用效果明显,但在这种深度削减条件下进行的水资源平衡分析仍不能满足个别市县的水资源利用,因此需要增加工程调水和中水回用等工程措施来加以解决。

4.3 三次平衡分析

以二次平衡供需缺口作为其需水项,考虑境外调水条件下进行水资源供需平衡分析,统筹考虑外调水量、中水回用水量与当地资源联合调度和优化配置^[16],为制定调水工程规划方案提供依据。

针对本地区特点,在规划供水条件(2030年)的基础上新增水源:在北汝河大陈闸新增水源可向许昌县增加供水量3000万 m^3 ;鄢陵县清漯河下游增加水利工程、通过南水北调引水、以及增加引黄水量,年增供水量分别为1500万 m^3 、1000万 m^3 、1000万 m^3 ;在禹州市通过提高中水回用的措施以及兴建沙河水库新增水源,新增供水量分别为1500万 m^3 和3600万 m^3 。

经过三次平衡计算分析,得到结果如表4所示。

配置结果表明,通过南水北调、清漯河调蓄、引黄调蓄、兴建沙陀水库、中水回用、佛耳岗水库治理等工程措施,计算区域内的水量供需最终达到了平衡状态,解决了许昌市水资源的供需矛盾。

4.4 配置结果

按照供水资源配置原则,优先供给生活用水,之后是生态用水,最后是生产用水。在规划水平年的供水工程规划及供水量预测的基础上,按照供需平衡进行水资源配置模拟,对未来规划水平年许昌市水资源进行合理配置,配置结果见表5。

2020年许昌市多年平均总配置水量为194073万 m^3 ,较基准年2011年增加了28755万 m^3 ,其中生活和工业用水量为109618万 m^3 ,占总水量的56%;农业和生态用水量增加了52841万 m^3 ,为84455万 m^3 ,占总水量的44%。2030年许昌市多年平均总配置水量为169752万 m^3 ,总配置水量较2020年减少了24321万 m^3 ,其中生活和工业用水量减少了14732万 m^3 ,为94886万 m^3 ,占总水量的56%,农业和生态用水量为74866万 m^3 ,占总水量的44%。可见,规划水平年2020年与2030年水资源配置结果中生活工业用水量和农业生态用水量所占的比例不变,分别为56%和44%。

表 4 许昌市水资源多年平均三次平衡分析

Tab. 4 Third balance analysis of multi year average water resources in Xuchang City

行政区划名	2011 水平年			2020 水平年			2030 水平年		
	可用水量 / 万 m ³	缺水量 / 万 m ³	缺水率 (%)	可用水量 / 万 m ³	缺水量 / 万 m ³	缺水率 (%)	可用水量 / 万 m ³	缺水量 / 万 m ³	缺水率 (%)
市区	26 140	0	0	48 652	0	0	50 178	0	0
许昌县	35 947	0	0	34 576	0	0	33 961	0	0
鄢陵县	13 731	2421	18	18 226	0	0	18 115	0	0
襄城县	29 708	0	0	32 950	0	0	31 458	0	0
禹州市	42 200	0	0	46 009	0	0	44 735	0	0
长葛市	17 593	0	0	24 761	0	0	29 161	0	0
合计	165 318	2 421	0	205 173	0	0	169 752	0	0

表 5 规划水平年许昌市水资源合理配置结果

Tab. 5 Results of rational water resources allocation in Xuchang City during the planning years

万 m³

行政区名	2020 水平年			2030 水平年			农业生态 需水量	农业生态 需水量
	生活工业 可供水量	生活工业 需水量	农业生态 可供水量	生活工业 可供水量	农业生态 需水量	生活工 业需水量		
市区	28 684	11 582	19 968	5 098	30 606	16 548	19 572	5 569
许昌县	11 565	8 122	21 511	2 924	11 565	10 238	19 396	2 911
鄢陵县	8 289	5 905	7 937	4 574	8 289	7 516	6 326	4 588
襄城县	2 0311	7 673	12 639	3 147	2 0311	9 844	11 147	3 132
禹州市	28 097	13 433	14 912	4 279	28 097	17 408	10 938	4 356
长葛市	12 673	13 700	7 488	3 509	12 673	18 462	7 488	3 490
合计	109 618	60 415	84 455	23 532	94 886	80 016	74 866	24 046

5 结论

(1) 根据许昌市水资源利用现状,以 2011 年作为基准年,对 2015、2020、2030 规划水平年经济社会发展需水量进行了预测,得到许昌市在规划年中农业、工业、生活、生态需水量及需水总量。农业、工业、生活、生态需水量均有不同程度的增加,且工业需水量增加幅度最大,其次是生活、农业和生态;三个不同规划水平年的需水量分别为 8.510 亿 m³、9.936 亿 m³ 和 12.326 亿 m³。

(2) 通过一次水资源供需平衡分析,确定现状开发模式下水资源供需缺口;在一次平衡的基础上进行二次平衡,按照水资源配置原则采取需水削减方案,增加工程调水,利用节水、治污等措施,考虑到水资源承载力进行分析,个别市县仍存在不能解决的供需缺口;在二次平衡供需缺口的基础上,进一步采取工程措施,实施多模式水资源与当地水资源联合调度,进行三次平衡分析以全面解决水资源供需问题,最终实现供需平衡,达到合理配置的目的。

(3) 许昌市在国家水生态文明建设过程中,依托南水北调中线工程、引黄调蓄工程,增加跨流域调水量,水库兴建与治理工程,通过提高中水回用率,增

加中水回用量,对许昌市水资源进行多模式联合调度,实现许昌市不同规划水平年水资源的合理配置,为许昌市水生态文明建设可持续发展提供依据。

参考文献(References):

- [1] Doulgeris C, Georgiou P, Papadimos D, et al. Ecosystem approach to water resources management using the MIKE 11 modeling system in the Strymonas River and Lake Kerkini[J]. Journal of Environmental Management, 2012, 94(1): 132-43.
- [2] Read L, Madani K, Inanloo B. Optimality versus stability in water resource allocation[J]. Journal of Environmental Management, 2014, 133C (Complete): 343-354.
- [3] Davijani M H, Banihabib M E, Anvar A N, et al. Optimization model for the allocation of water resources based on the maximization of employment in the agriculture and industry sectors[J]. Journal of Hydrology, 2015, 533(1): 430-438.
- [4] 王蕾,肖长来,梁秀娟,等. MIKE BASIN 模型在吉林市水资源配置方面的应用[J]. 中国农村水利水电, 2014(1): 128-131. (WANG Lei, XIAO Chang lai, LIANG Xiuruan, et al. MIKE BASIN model in water resources allocation in Jilin City[J]. China Rural Water and Hydropower, 2014(1): 128-131. (in Chinese))
- [5] 陈凯,李就好,刘德峰,等. 基于 MIKE BASIN 的汕尾市水资源优化配置[J]. 中国农村水利水电, 2012(6): 55-60. (CHEN Kai, LI Jirhao, LIU Defeng, et al. Shanwei City's water re

- sources optimal allocation based on MIKE BASIN [J]. China Rural Water and Hydropower, 2012(6): 55-60. (in Chinese)
- [6] 胡军, 孙国荣, 常景坤, 等. 鄂北地区当地水资源三次供需平衡分析[J]. 水利水电技术, 2016, 47(7): 64-67. (HU Jun, SUN Guorong, CHANG Jing kun, et al. Triple supply and demand balance analysis on local water resources in northern region of Hubei Province[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2016, 47(7): 64-67. (in Chinese))
- [7] 刘金华, 汪党献, 倪红珍, 等. 基于三次平衡理论的黄河流域水资源承载能力分析[J]. 水利水电技术, 2013, 44(6): 17-21. (LIU Jinhua, WANG Dangxian, NI Hongzhen, et al. Triple balance based analysis on water resources carrying capacity of Yellow River Basin[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2013, 44(6): 17-21. (in Chinese))
- [8] 郭斌, 王新平, 李瑛, 等. 基于生态恢复的塔里木河干流生态需水量预测[J]. 地理科学进展, 2010, 29(9): 1121-1128. (GUO Bin, WANG Xinping, LI Ying, et al. Prediction on ecological water demand in the mainstream of the Tarim River based on ecological restoration, Process in Geography, 2010, 29(9): 1121-1128. (in Chinese))
- [9] Mahjouri N, Ardestani M. A game theoretic approach for interbasin water resources allocation considering the water quality issues [J]. Environmental Monitoring & Assessment, 2010, 167(1-4): 527-544.
- [10] Ju zo, D, Lid n, R. Modeling for transboundary water resources planning and allocation: the case of Southern Africa [J]. Hydrology & Earth System Sciences Discussions, 2008, 5(1): 2343-2354.
- [11] 韩雁, 贾绍凤, 吕爱锋. 柴达木盆地水资源供需配置规划[J]. 南水北调与水利科技, 2015, 13(1): 10-14. (HAN Yan, JIA Shaofeng, LYU Aifeng. Water resources supply and demand allocation in the Qaidam Basin [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2015, 13(1): 10-14. (in Chinese))
- [12] 周念清, 杨硕, 朱勃. 承载指数与模糊识别评价许昌市水资源承载力[J]. 水资源保护, 2014, 30(6): 25-30. (ZHOU Nianqing, YANG Shuo, ZHU Bo. Evaluation of water resources carrying capacity of Xuchang City based on carrying capacity index and fuzzy recognition theory [J]. Water Resources Protection, 2014, 30(6): 25-30. (in Chinese))
- [13] 顾世祥, 李远华, 何大明, 等. 以 MIKE BASIN 实现流域水资源三次供需平衡[J]. 水资源与水工程学报, 2007, 18(1): 5-10. (GU Shixiang, LI Yuanhua, HE Daming, et al. Watershed water resources three allocation based on MIKE BASIN [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2007, 18(1): 5-10. (in Chinese))
- [14] 汪党献, 郗建强, 刘金华. 用水总量控制指标制定与制度建设[J]. 中国水利, 2012(07): 12-14. (WANG Dangxian, LI Jianqiang, LIU Jinhua. Determination of control indicators of total water use and system establishment [J]. China Water Resources, 2012(07): 12-14 (in Chinese))
- [15] 刘淋淋, 曹升乐, 于翠松, 等. 用水总量控制指标的确定方法研究[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(5): 159-163. (LIU Linyin, CAO Shengle, YU Cuisong, et al. Research on determination of the control index of total water use [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2013, 11(5): 159-163. (in Chinese))
- [16] 李其峰, 谢新民, 付意成. 基于三次平衡的五家渠市水资源优化配置研究[J]. 水电能源科学, 2011, 29(3): 16-19. (LI Qifeng, XIE Xinmin, FU Yicheng. Water resources optimal allocation of Wujiagu City based on three stage equilibrium [J]. Water Resources and Power, 2011, 29(3): 16-19. (in Chinese))

《南水北调与水利科技》编辑部郑重声明

《南水北调与水利科技》自创刊以来,从未委托任何中介机构、网站及个人征稿,请广大读者、作者提高警惕,不要通过他人投稿,更不要向他人或不明机构缴纳任何费用。

编辑部投稿网址: www.nsbdkq.net, 电话: 0311-85020535, 85020639, 85020512。

《南水北调与水利科技》编辑部