

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2022.05.015

基于用水总量控制的雄安新区用水强度指标体系

吕良华¹, 姜蓓蕾¹, 耿雷华¹, 张海滨¹, 庞 苏²

(1. 南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029;
2. 万帮数字能源股份有限公司, 江苏 常州 213100)

摘要:为实现用水总量的控制目标,从控制用水强度、提高水资源利用效率两方面出发,利用比拟借鉴方法构建了雄安新区不同时期分行业、分区域的用水强度指标体系。针对用水强度指标的不确定性,利用随机模拟方法预测了雄安新区不同时期需水总量,并进行统计分析。结果表明:雄安新区建设期、建成期、腾飞期最小需水量在7.5亿 m^3 以内,平均需水量为8亿 m^3 左右,最大需水量达到9亿 m^3 ;建议在建立先进用水强度指标体系的基础上,严格用水强度指标的执行监管,确保用水强度指标落地见效,全面推广生活、工业、农业先进节水技术,加强非常规水资源利用,促进水资源高效循环利用。

关键词:用水强度;需水预测;用水总量控制;雄安新区

中图分类号:TV213.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2022)05-0105-06

Water intensity index system of Xiong'an New Area based on total water consumption control// LYU Lianghua¹, JIANG Beilei¹, GENG Leihua¹, ZHANG Haibin¹, PANG Su² (1. State Key Lab of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China; 2. Wanbang Digital Energy Co., Ltd., Changzhou 213100, China)

Abstract: In order to achieve the control target of total water consumption, the water consumption intensity index system of different industries and regions in Xiong'an New Area is constructed by analogy and reference method from the aspects of controlling water consumption intensity and improving water resource utilization efficiency. In view of the uncertainty of the water consumption intensity index, the total water demand of Xiong'an New Area in different periods is predicted by using the stochastic simulation method, and the statistical analysis is carried out. The results show that the minimum water demand in the construction period, completion period and take-off period of the new area is within 750 million m^3 , the average water demand is 800 million m^3 , and the maximum water demand is 900 million m^3 . It is suggested that on the basis of establishing an advanced water intensity index system, the implementation and supervision of water intensity indicators should be strictly to ensure that the water intensity indexes are effective, comprehensively promote advanced water-saving technologies in life, industry and agriculture, strengthen the utilization of unconventional water resources, and promote the efficient recycling of water resources.

Key words: water use intensity; water demand prediction; total water consumption control; Xiong'an New Area

水资源是经济社会发展的基础性资源、战略性经济资源和公共性社会资源,在经济社会发展中起着至关重要的作用^[1-2]。河北省是全国用水最紧缺的省份,在该地区建设雄安新区,必须破解水资源的瓶颈制约^[3]。自提出河北雄安新区战略以来,不少学者对雄安新区的水安全问题进行了研究。赵志博等^[4]参照深圳发展历程,分析了新区2035年基准情

景、起步情景和建成情景的水资源利用效率及节水潜力;杨瑞祥等^[5]以2035年作为未来水平年,假设在未来水平年之前所有指标均已达到雄安规划纲要要求的基础上,预测了新区未来水平年的生活、工业、农业和生态需水量,并提出了水资源承载力的提升途径;李激^[6]根据雄安新区未来经济社会发展的不确定性,预测2035年低目标情景需水总量为

基金项目:国家重点研发计划(2018YFC0406506);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(Y519002)

作者简介:吕良华(1989—),男,工程师,博士,主要从事水文水资源研究。E-mail:lvlianghua2013@163.com

通信作者:姜蓓蕾(1980—),女,正高级工程师,博士,主要从事水资源规划与管理研究。E-mail:bjliang@nhri.cn

7.22 亿 ~ 7.72 亿 m^3 ,高目标情景为 11.51 亿 ~ 12.51 亿 m^3 ,并提出了雄安新区水资源承载能力提升途径与措施;徐冬梅等^[7]利用博弈论格序理论评价模型对雄安新区起步区不同情景下的水资源配置优选方案进行了研究,并推荐了常态情景和特殊情境下的最优水资源配置方案;鲍艳磊等^[8]利用综合健康指数法对新区白沟引河、府河、瀑河和孝义河进行河流健康评价,结果表明多数河流处于亚健康至病态的状态。其他研究关注的焦点还有雄安的生态问题^[9-10]、资源现状描述^[11-12]、雄安发展战略解读^[13-14]等。上述研究对于破解新区水资源问题都提出了建设性的见解。

目前我国关于水资源用水强度问题的研究较多,研究尺度也各异^[15],但关于雄安新区各行业用水强度控制指标体系相关的研究较少。2018 年 12 月,国务院批复了《河北雄安新区总体规划(2018—2035 年)》,提出了用水总量红线和用水效率红线,按照以水定城、以水定人的要求,强化用水总量管理,实行最严格水资源管理制度,到 2035 年雄安新区用水总量控制在 6.5 亿 ~ 7.5 亿 m^3/a 。合理确定、控制各行业用水强度指标是开展节水工作之首,控制用水强度、提高水资源利用效率对从根本上破解水资源短缺问题、有效提高地区水资源承载力水平至关重要^[9,16-17],对于实现新区用水总量控制目标以及水城共融、水资源可持续利用的战略目标意义重大。

因此,本文结合雄安新区相关规划的要求,借鉴国内外先进用水强度指标,构建新区生活、生产、生态分时期、分区域的用水强度指标体系,利用随机模拟方法预测新区总需水量,结合新区用水总量控制目标,提出新区用水强度指标控制阈值,并提出需水总量控制措施。结果可为实现新区水资源可持续利用提供依据和支撑。

1 研究区概况

雄安新区地处北京、天津、保定腹地,规划范围包括雄县、容城、安新 3 县行政辖区(含白洋淀水域),任丘市郑州镇、苟各庄镇、七间房乡和高阳县龙化乡,起步区面积约 100 km^2 ,中期发展区面积约 200 km^2 ,远期规划面积约 1 770 km^2 。雄安新区内共有 10 条河流,均属于大清河流域,其中 8 条为入淀河流,分别为北支白沟引河,南支潞龙河、孝义河、唐河、府河、漕河、瀑河、萍河,另外 2 条分别为大清河干流和从白洋淀流出的赵王新河。新区上游共有 8 座大中型水库,总兴利库容为 14.55 亿 m^3 。当前仅有王快水库、西大洋水库、横山岭水库和安格庄水

库常年有水入库,年均入库水量仅为 5.62 亿 m^3 ,其中 76.69% 集中在王快水库和西大洋水库,可用于生活用水。

雄安新区多年平均降水量为 509 mm,多年平均水资源量 1.73 亿 m^3 ,其中地表水资源量 0.11 亿 m^3 ,地下水资源量 1.69 亿 m^3 ,重复计算量 0.07 亿 m^3 ^[5]。雄安新区所处区域水资源短缺,水资源供需矛盾突出,地下水超采严重^[9]。雄安新区所在的保定市 2016 年人均水资源量为 287 m^3 ,远低于国际公认的人均 500 m^3 的极度缺水线标准。

根据《河北雄安新区规划纲要》,新区远期将建设“一城五副”的城市格局,即 200 km^2 的新城,安新、容城、雄安 3 个县城及咎岗、寨里作为五组团,整个新区的绿-蓝生态空间总体将达到 70% 以上。新区将主要发展高端高新产业,重点包括新一代信息技术产业、现代生命科学和生物技术产业、新材料产业、高端现代服务业、绿色生态农业等。针对白洋淀,将实施退耕还淀,淀区逐步恢复至 360 km^2 左右,合理调控淀泊生态水文过程,使白洋淀正常水位保持在 6.5 ~ 7.0 m。

2 用水强度指标体系构建

用水强度是在社会经济生产中的单位用水量,根据水利部、国家发展和改革委员会联合发布的《“十三五”水资源消耗总量和强度双控行动方案》,各行业用水强度包括:人均居民生活用水量、每公顷农田灌溉年用水量、万元工业增加值用水量、单位面积道路浇洒每次用水量等。根据雄安新区规划纲要,重点考虑新区建设期(2025 年)、建成期(2035 年)、腾飞期(2050 年)3 个时间点的用水强度指标。指标体系构建及取值时充分考虑节水优先原则,借鉴国内已建新区和国内外城市先进用水水平,结合北京市、河北省的先进用水指标,进行一定幅度的调整,构建不同时期分行业、分区域的用水强度指标体系(图 1)。

2.1 2025 年雄安新区用水强度指标体系

2025 年雄安新区尚处于建设期,节水水平相对较低。通过解读雄安新区的起步区和启动区控制性详细规划,起步区作为雄安新区的城市核心区,居民生活用水需控制在 100 $\text{L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 之内,考虑到节水设施初步建成,对节水具有一定促进作用,预测起步区的居民生活用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 100 $\text{L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、95 $\text{L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、90 $\text{L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 。现行的河北省地方标准生活用水定额中,室内有给排水、卫生设施、淋浴设备的城镇居民生活用水定额为 110 $\text{L}/(\text{人} \cdot \text{d})$,室内有给排水、卫生设施、淋浴

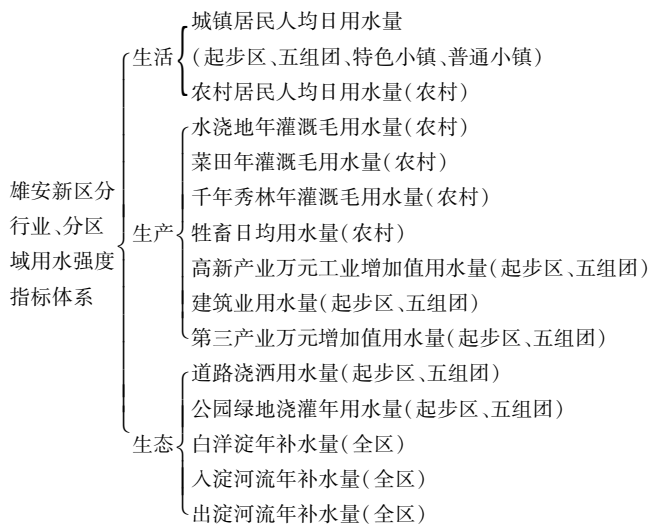


图1 雄安新区分行业分区域用水强度指标体系

Fig.1 Water consumption intensity index system of Xiong'an New Area of different industries and regions

设备、24 h 热水的城镇居民生活用水定额为 140 L/(人·d)。五组团作为雄安新区城市区的外围区域,节水能力建设相对滞后,参考现行河北省生活用水定额,预测五组团的居民生活用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 120 L/(人·d)、115 L/(人·d)、110 L/(人·d)。乡镇居民用水量处于城市区和农村区之间,参考北方的哈尔滨新区乡镇规划用水定额,预测特色小镇的居民生活用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 90 L/(人·d)、85 L/(人·d)、80 L/(人·d),普通乡镇的居民生活用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 80 L/(人·d)、75 L/(人·d)、70 L/(人·d)。农村区域尚未发生大的改造变动,参考现行河北省农村居民生活用水定额,预测农村的居民生活用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 60 L/(人·d)、50 L/(人·d)、40 L/(人·d)。建设期的施工人员大约为 10 万人,生活用水强度指标参考农村居民生活用水强度指标。

农业需水中,农田灌溉主要考虑水浇地和菜田,2025 年农业灌溉水平不会有大的变动,参考现行河北省相关农业用水定额,预测水浇地和菜田的年灌溉用水量最大值、平均值、最小值分别为 2 250 m³/hm²、2 100 m³/hm²、1 950 m³/hm² 和 6 000 m³/hm²、4 500 m³/hm²、3 000 m³/hm²。千年秀林只在种植的当年需要灌溉,参考北京市林业灌溉中的滴灌方式用水定额,预测千年秀林年灌溉用水量最大值、平均值、最小值分别为 1 500 m³/hm²、1 200 m³/hm²、1 050 m³/hm²。牲畜主要考虑猪牛羊等的养殖,参考河北省现行畜牧业用水定额,预测牲畜用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 40 L/(头(只)·d)、

20 L/(头(只)·d)、10 L/(头(只)·d)。

工业需水中,雄安新区规划的主要是高新技术产业,用水量相对较少,考虑到建设期节水设施还没有完全配套,参考具有类似产业特点的典型新区及城市的先进工业用水效率值,预测工业用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 5 m³/万元、4 m³/万元、3 m³/万元。建设期有大量的建设工程用水,参考北京市的建筑业用水定额并考虑一定的节水水平,预测建筑业的用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 1 m³/m²、0.8 m³/m²、0.6 m³/m²。雄安新区第三产业主要发展现代服务业,考虑到建设期节水设施还没有完全配套,在参考北京市和深圳市的服务业用水水平的基础上,进行一定幅度的上调,预测新区第三产业的用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 10 m³/万元、8 m³/万元、6 m³/万元。

生态环境需水方面,雄安新区高起点、高标准建设定位,对城市的生态环境要求也较高,因此对于城市道路浇洒、绿地浇灌用水要有充足的保障。参考北京市城市道路和绿地浇洒用水定额,预测雄安新区城市道路浇洒和绿地浇灌用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 1.5 L/(m²·次)、1.2 L/(m²·次)、1 L/(m²·次)和 1.2 m³/(m²·次)、1 m³/(m²·次)、0.9 m³/(m²·次)。

片区规划的人工河湖水系主要考虑水的流动性,根据已经发布的片区规划,人工河湖平均水深取 0.5 m,平均河宽取 20 m,平均流速取 0.05 m/s,每个片区的人工河湖水系相互连通,并且容城片人工河湖会流向起步区人工河湖,每个片区整体考虑东西向和南北向两条主干河流,进而计算人工河湖“流动起来”所需要的水量(整体考虑 4 条人工河湖)。计算得出新区人工河湖的景观生态需水量为 6 307 万 m³/a。

河道生态需水以入淀断面为控制断面,选取 1952—1980 年河道断面多年平均径流量,采用 Tennant 法进行计算。作为我国北方河流,高保障、中等保障和低保障模式分别取多年平均径流量的 18%、14% 和 10% 作为生态需水量(维持河流生态系统健康状况在一般至良好的水平)。计算得出 8 条入淀河流生态需水量最大值、平均值、最小值分别为 31 440 万 m³/a、24 460 万 m³/a、17 470 万 m³/a,2 条出淀河流生态需水量最大值、平均值、最小值分别为 16 820 万 m³/a、14 800 万 m³/a、13 460 万 m³/a。白洋淀生态需水主要包括渗漏水、蒸发水量(扣除降雨量的净蒸发量)、升高水位所需水量 3 部分。计算得出白洋淀生态补水量最大值、平均值、最小值分别为 18 240 万 m³/a、14 980 万 m³/a、14 680 万 m³/a。

2.2 2035 年雄安新区用水强度指标体系

2035 年雄安新区已全面建成,节水水平相对较高。起步区已全面建成,农村区域建设成为美丽乡村。为了保障高质量的城市生活水平,起步区的城镇居民生活用水强度指标不会发生大的变化。五组团的节水配套设施建设完成,用水效率会提升,达到起步区的水平。随着节水水平的提高,特色小镇和普通乡镇的用水强度指标会有所下降,预测最大值、平均值、最小值分别为 $80 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $75 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $70 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 和 $70 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $65 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $60 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 。农村区域建成美丽乡村,用水量会有所增加,预测预测最大值、平均值、最小值分别为 $60 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $55 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $50 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 。

随着节水灌溉配套设施的完善和节水技术的发展,农业灌溉用水效率将进一步提高并趋于稳定,农业灌溉用水强度将降低,预测 2035 年水浇地和菜田的年灌溉用水量最大值、平均值、最小值分别为 $2025 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $1875 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $1725 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 和 $5250 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $3750 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $2250 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。牲畜养殖所需的水量不会有大的变动,预测 2035 年牲畜用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 $38 \text{ L}/(\text{头}(\text{只}) \cdot \text{d})$ 、 $19 \text{ L}/(\text{头}(\text{只}) \cdot \text{d})$ 、 $10 \text{ L}/(\text{头}(\text{只}) \cdot \text{d})$ 。

随着工业和第三产业结构的不断调整完善,将完全形成以高新技术产业为主的工业结构和现代服务业为主的第三产业结构,并且随着节水技术的不断成熟,工业和第三产业用水效率将进一步提高并趋于稳定,预测 2035 年工业和第三产业用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 $1.5 \text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $1.2 \text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $1 \text{ m}^3/\text{万元}$ 和 $8 \text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $6 \text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $4 \text{ m}^3/\text{万元}$ 。

为了保证高质量的城市生态环境,道路浇洒和绿地浇灌用水强度不会发生大的变化,降幅较小并趋于稳定,预测 2035 年城市道路浇洒和绿地浇灌用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 $1.3 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 、 $1.1 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 、 $1 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 和 $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 、 $0.9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 、 $0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 。

2.3 2050 年雄安新区用水强度指标体系

2050 年雄安新区产业结构、城市规模已完全稳定,基础设施完备,已进入高质量发展的腾飞期。为了保证居民高质量生活水平,随着节水科技的发展,居民生活用水强度不会大幅降低,预测 2050 年起步区、五组团、特色小镇、美丽乡村的居民生活用水强度指标最大值分别为 $90 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $90 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $70 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $60 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$, 平均值分别为 $85 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $85 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $65 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、

$50 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$, 最小值分别为 $80 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $80 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $60 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 、 $40 \text{ L}/(\text{人} \cdot \text{d})$ 。

农业灌溉用水强度已趋于稳定,在 2035 年的基础上不会发生大的变化,预测 2050 年水浇地和菜田的年灌溉用水量最大值、平均值、最小值分别为 $1950 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $1800 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $1650 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 和 $4950 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $3450 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 、 $1950 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。牲畜养殖所需的水量也已趋于稳定,不会有大的变动,预测 2050 年牲畜用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 $37 \text{ L}/(\text{头}(\text{只}) \cdot \text{d})$ 、 $18 \text{ L}/(\text{头}(\text{只}) \cdot \text{d})$ 、 $10 \text{ L}/(\text{头}(\text{只}) \cdot \text{d})$ 。

以高新技术产业为主的工业结构和现代服务业为主的第三产业结构已完全形成,用水强度指标将进一步降低并基本稳定,达到世界领先水平,预测 2050 年工业和第三产业用水强度指标最大值、平均值、最小值分别为 $1.2 \text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $1 \text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $0.8 \text{ m}^3/\text{万元}$ 和 $6 \text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $4 \text{ m}^3/\text{万元}$ 、 $3 \text{ m}^3/\text{万元}$ 。

为了保证高质量的城市生态环境,道路浇洒和绿地浇灌用水强度在 2035 年的基础上不再降低,预测 2050 年城市道路浇洒和绿地浇灌用水强度指标最大值、平均值、最小值仍保持为 $1.3 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 、 $1.1 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 、 $1 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 和 $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 、 $0.9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 、 $0.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$ 。

3 需水量预测随机模拟

通过对新区需水用户进行分组,根据不同需水用户的用水特点,按照以水定城、以水定人的要求,基于上述构建的雄安新区不同时期分行业、分区域的用水强度指标不确定性特征值,采用随机模拟法进行需水预测。具体步骤为:①根据规划纲要,将雄安新区需水用户分为起步区、五组团、特色小镇、美丽乡村、农村、出淀入淀河流和白洋淀 7 类用水户;②建立 7 类用水户不同发展阶段经济社会发展规模和分行业、分区域的用水强度指标不确定性特征值;③假设用水强度指标服从均匀分布,采用均匀分布概率模型来描述这些用水强度指标取值的概率分布,利用蒙特卡罗法进行需水总量的随机模拟,将所有随机变量和决策变量统一输入到模型中后,建立需水总量和所有随机变量、决策变量之间的函数关系,将需水总量作为目标输出变量(output variable of interest)进行随机模拟计算,从而得出不同时期雄安新区需水总量的统计结果。

图 2 为雄安新区不同时期需水总量随机模拟结果。从结果可以看出,2025 年雄安新区最小、最大和平均需水总量分别为 6.88 亿 m^3 、 9.25 亿 m^3 、 8.05 亿 m^3 ,需水总量为 $7.13 \text{ 亿} \sim 8.98 \text{ 亿 m}^3$ 的概率

为95%。2035年雄安新区最小、最大和平均需水总量分别为7.38亿 m^3 、9.58亿 m^3 、8.49亿 m^3 ,需水总量为7.61亿~9.38亿 m^3 的概率为95%。2050年雄安新区最小、最大和平均需水总量分别为7.38亿 m^3 、9.78亿 m^3 、8.57亿 m^3 ,需水总量为7.64亿~9.47亿 m^3 的概率为95%。

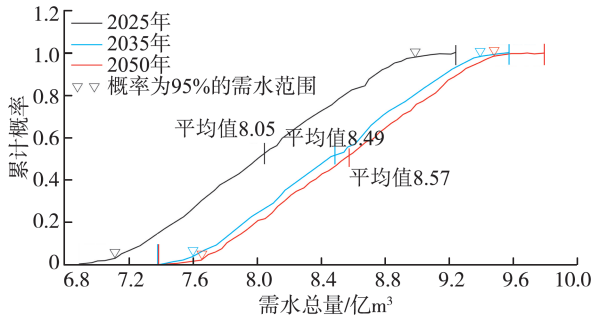


图2 雄安新区需水总量累计概率分布

Fig.2 Cumulative probability distribution of total water demand in Xiong'an New Area

4 结果分析

从需水量模拟结果可以看出,当采用不同的用水强度指标值时,2025年雄安新区需水量变化范围为6.88亿~9.25亿 m^3 ,2035年变化范围为7.38亿~9.58亿 m^3 ,2050年变化范围为7.38亿~9.78亿 m^3 。不同时期最小需水量均在7.5亿 m^3 以内,平均需水量为8亿 m^3 左右,最大需水量达到9.8亿 m^3 。

根据需水量随机模拟预测结果,当执行用水强度指标体系中的最小值时,雄安新区总需水量在7.5亿 m^3 以内。用水强度指标取值变大时,新区需水总量也会随之变高。因此,为实现新区以水定城、以水定地、以水定人、以水定产,真正做到把水资源作为新区发展的最大刚性约束,确保新区需水总量控制在7.5亿 m^3 以内,建议雄安新区不同区域不同行业的用水强度指标控制阈值不高于本研究提出的雄安新区用水强度指标体系中的最小值。城镇河湖水系年补水量应控制在6307万 m^3 以内,白洋淀、入淀河流、出淀河流年补水量应分别控制在14680万 m^3 、17470万 m^3 、13460万 m^3 以内。

当雄安新区执行此用水强度指标控制阈值时,2025年、2035年、2050年人均综合用水量指标可分别达到354 m^3 、183 m^3 、170 m^3 ,用水效率在逐渐提高,尤其在新区建成后用水效率显著提高。根据水利部发布的《2020年中国水资源公报》,全国人均综合用水量为412 m^3 ,北京、天津、上海、重庆等国内用水效率较高的^[18]发达城市人均综合用水量分别为185 m^3 、201 m^3 、393 m^3 、219 m^3 ;香港、东京、纽约等发

达城市人均综合用水量分布为173 m^3 、218 m^3 、160 m^3 ^[19],可以看出雄安新区建成后,与国内外发达城市相比,人均综合用水量指标可以达到甚至优于国内外发达城市的水平。

另外,为落实新区用水总量控制和实现水资源可持续利用,建议在建立雄安新区主要农作物、工业产品和服务业的先进用水强度指标体系的基础上,建立健全用水、节水的考核制和责任制,严格监督管理;严格控制超定额用水,严格用水强度指标的执行监管,确保用水强度指标落地见效;合理控制新区城市发展规模、农业用地规模、人口发展规模,坚持发展低耗水的高新技术产业和服务业;全面推广生活、工业、农业先进节水技术改造^[20],加强非常规水资源利用,提高水资源重复利用率并降低废水排放量,促进水资源高效循环利用。

5 结语

本文在结合新区相关规划要求以及借鉴国内外先进用水强度指标的基础上,综合分析构建了雄安新区生活、生产、生态分时期分区域的用水强度指标体系;根据用水强度指标取值的不确定性,利用随机模拟方法预测了新区不同时期总需水量的统计结果,不同时期最小需水量均在7.5亿 m^3 以内,平均需水量为8亿 m^3 左右,最大需水量达到9.8亿 m^3 。结合新区用水总量控制目标,提出了新区用水强度指标体系控制阈值建议。研究结果可为新区进行水资源管理、实现新区水资源可持续利用提供科学依据和决策支持。

参考文献:

- [1] 杨少康. 水资源需求预测的研究进展[J]. 农业与技术, 2020, 40(1): 39-41. (YANG Shaokang. Research progress of water demand forecasting[J]. Agriculture and Technology, 2020, 40(1): 39-41. (in Chinese))
- [2] 郭晓茜, 闫强, 王高尚. 水资源需求预测研究方法概述[J]. 中国矿业, 2019, 28(9): 160-165. (GUO Xiaolian, YAN Qiang, WANG Gaoshang. Review of prediction methods on water resources demand[J]. China Mining Magazine, 2019, 28(9): 160-165. (in Chinese))
- [3] 唐克旺. 雄安:如何能够“水城共融”[J]. 水资源保护, 2017, 33(4): 9. (TANG Kewang. Xiongan: how to “Integrate Water and City” [J]. Water Resources Protection, 2017, 33(4): 9. (in Chinese))
- [4] 赵志博, 赵领娣, 王亚薇, 等. 不同情景模式下雄安新区的水资源利用效率和节水潜力分析[J]. 自然资源学报, 2019, 34(12): 2629-2642. (ZHAO Zhibo, ZHAO

- Lingdi, WANG Yawei, et al. Analysis of water resources utilization efficiency and water saving potential in Xiong'an New Area under different scenarios[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(12): 2629-2642. (in Chinese)
- [5] 杨瑞祥,侯保灯,鲁帆,等. 雄安新区水资源承载力分析及提升途径研究[J]. 水利水电技术,2019,50(10): 1-9. (YANG Ruixiang, HOU Baodeng, LU Fan, et al. Preliminary analysis and promotion of water resources carrying capacity for Xiong'an New Area [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2019, 50(10): 1-9. (in Chinese))
- [6] 李激. 雄安新区水资源承载能力评价及提升途径研究[D]. 郑州:郑州大学,2020.
- [7] 徐冬梅,王欣,王文川,等. 博弈论格序理论评价模型在水资源配置方案优选中的应用:以雄安新区起步区为例[J]. 中国农村水利水电, 2021(3): 41-45. (XU Dongmei, WANG Xin, WANG Wenchuan, et al. The application of lattice order theory evaluation model based on game theory in the optimization of water resources allocation scheme: taking the starting area of Xiong'an New District as an example[J]. China Rural Water and Hydropower, 2021(3): 41-45. (in Chinese))
- [8] 鲍艳磊,田冰,张瑜,等. 雄安新区河流健康评价研究[J]. 生态学报, 2021, 41(15):1-10. (BAO Yanlei, TIAN Bing, ZHANG Yu, et al. Research on river health assessment in Xiong'an New Area [J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(15):1-10. (in Chinese))
- [9] 夏军,张永勇. 雄安新区建设水安全保障面临的问题与挑战[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(11): 1199-1205. (XIA Jun, ZHANG Yongyong. Water resource and pollution safeguard for Xiong'an New Area construction and its sustainable development [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(11): 1199-1205. (in Chinese))
- [10] 王树强,徐娜. 雄安新区生态环境承载力综合评价[J]. 经济与管理研究, 2017, 38(11): 31-38. (WANG Shuqiang, XU Na. Comprehensive evaluation of eco-environmental carrying capacity in Xiong'an New Area [J]. Research on Economics and Management, 2017, 38(11): 31-38. (in Chinese))
- [11] 匡文慧,杨天荣,颜凤芹. 河北雄安新区建设的区域地表本底特征与生态管控[J]. 地理学报, 2017, 72(6): 947-959. (KUANG Wenhui, YANG Tianrong, YAN Fengqin. Regional urban land-cover characteristics and ecological regulation during the construction of Xiong'an New District, Hebei Province, China [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(6): 947-959. (in Chinese))
- [12] 姜鲁光,吕佩忆,封志明,等. 雄安新区土地利用空间特征及起步区方案比选研究[J]. 资源科学, 2017, 39(6): 991-998. (JIANG Luguang, LYU Peiyi, FENG Zhiming, et al. Land use patterns of the Xiong'an New Area and comparison among potential choices of start zone [J]. Resources Science, 2017, 39(6): 991-998. (in Chinese))
- [13] 周民良. 唱衰雄安新区论调为什么站不住脚[J]. 人民论坛, 2017(12): 40-42. (ZHOU Minliang. Why the mouthing argument of Xiong'an New Area is untenable [J]. People's Tribune, 2017(12): 40-42. (in Chinese))
- [14] 叶中华,魏玉君. 雄安新区承接人口疏解的策略分析:基于首尔和东京的经验[J]. 当代经济管理, 2017, 39(12): 39-46. (YE Zhonghua, WEI Yujun. Strategy analysis of population dispersal in Xiong'an New District: based on the experiences of Seoul and Tokyo [J]. Contemporary Economic Management, 2017, 39(12): 39-46. (in Chinese))
- [15] 张永凯,孙雪梅. 黄河流域水资源利用效率测度与评价[J]. 水资源保护, 2021, 37(4): 37-43. (ZHANG Yongkai, SUN Xuemei. Measurement and evaluation of water resources utilization efficiency in the Yellow River Basin [J]. Water Resources Protection, 2021, 37(4): 37-43. (in Chinese))
- [16] 刘家宏,邵薇薇,王浩,等. 水资源利用效率频谱分析方法及应用[J]. 水利水运工程学报, 2019(6): 132-138. (LIU Jiahong, SHAO Weiwei, WANG Hao, et al. Spectrum analysis method for assessing water use efficiency [J]. Hydro-Science and Engineering, 2019(6): 132-138. (in Chinese))
- [17] 胡启玲,董增川,杨雁飞,等. 基于联系数的水资源承载力状态评价模型[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2019, 47(5): 425-432. (HU Qiling, DONG Zengchuan, YANG Yanfei, et al. State evaluation model of water resources carrying capacity based on connection number [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2019, 47(5): 425-432. (in Chinese))
- [18] 邓光耀. 基于污水排放量分配的中国水资源利用效率测算[J]. 水资源保护, 2019, 35(5): 28-34. (DENG Guangyao. Estimation of water use efficiency in China based on sewage discharge distribution [J]. Water Resources Protection, 2019, 35(5): 28-34. (in Chinese))
- [19] 张楚汉,王光谦. 世界都市之水[M]. 北京:科学出版社,2020.
- [20] 章恒全,蔡晓莹,黄元龙,等. 中国绿色水资源利用效率的时空分布差异[J]. 水利经济, 2020, 38(3): 1-6. (ZHANG Hengquan, CAI Xiaoying, HUANG Yuanlong, et al. Spatial and temporal distribution differences of green efficiency in utilization of water resources in China [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2020, 38(3): 1-6. (in Chinese))

(收稿日期:2021-06-18 编辑:王芳)