

承德市武烈河流域需水预测研究

李可可¹, 闫志宏^{1*}, 刘世奇¹, 郭旺鑫¹, 王辰辰²

¹河北工程大学水利水电学院, 河北 邯郸

²河北工程大学地球科学与工程学院, 河北 邯郸

收稿日期: 2025年3月24日; 录用日期: 2025年4月22日; 发布日期: 2025年6月27日

摘要

需水预测是指通过科学方法, 预测未来某一区域或领域在不同发展水平、用水效率及气候条件下的水资源需求量, 为区域水资源规划与管理提供依据。本文以承德市武烈河为研究区域, 并以行政区将该研究区域划分为三个计算单元, 而后分别对各个计算单元的生活需水、生产需水、生态需水进行预测, 最终得到2030年(规划年)武烈河流域平水年($P = 50\%$)、枯水年($P = 75\%$)的需水总量分别为8783.28万 m^3 、9657.99万 m^3 。

关键词

武烈河流域, 定额法, 需水预测

Water Demand Prediction of Wulie River Basin in Chengde City

Keke Li¹, Zhihong Yan^{1*}, Shiqi Liu¹, Wangxin Guo¹, Chenchen Wang²

¹School of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Hebei University of Engineering, Handan Hebei

²School of Earth Science and Engineering, Hebei University of Engineering, Handan Hebei

Received: Mar. 24th, 2025; accepted: Apr. 22nd, 2025; published: Jun. 27th, 2025

Abstract

Water demand forecasting refers to the use of scientific methods to predict the future water resource demand of a certain region or field under different levels of development, water use efficiency, and climate conditions, providing a basis for regional water resource planning and management. This article takes the Wulie River in Chengde City as the research area, and divides the research area into three calculation units based on administrative regions. Then, the domestic water demand, production water demand, and

作者简介: 李可可, 出生于1998年1月24日, 籍贯: 河南省周口市, 研究方向: 水资源综合利用及保护, Email: 2721934376@qq.com

*通讯作者 Email: 476018604@qq.com

文章引用: 李可可, 闫志宏, 刘世奇, 郭旺鑫, 王辰辰. 承德市武烈河流域需水预测研究[J]. 水资源研究, 2025, 14(3): 257-264.
DOI: 10.12677/jwrr.2025.143027

ecological water demand of each calculation unit are predicted separately. Finally, the total water demand of the Wulie River Basin in 2030 (planning year) for the normal year ($P = 50\%$) and dry year ($P = 75\%$) is 87.8328 million m^3 and 96.5799 million m^3 , respectively.

Keywords

Wulie River Basin, Quota Method, Water Demand Prediction

Copyright © 2025 by author(s) and Wuhan University & Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水资源是战略性的自然资源，是区域经济社会可持续发展的基础[1][2]，因此对未来区域发展需水进行科学预测，合理开发利用水资源已成为各国政府在谋求自身发展时必须解决的重要问题[3]。开展需水预测分析，是落实“四水四定”原则的重要支撑。

本文的现状水平年为 2022 年，规划水平年为 2030 年。分别从生活需水(含公共，及服务业和建筑业需水)、生产需水(包括工业需水、第一产业需水，其中第一产业需水包括种植业需水、林果业需水和牲畜养殖需水)和生态需水(包括河道内需水和河道外生态需水)三个方面对武烈河流域进行需水预测，得到 2030 年(规划年)武烈河流域丰、平、枯水年需水总量，该成果对提高区域总体规划的科学决策水平、促进区域经济社会发展与水资源承载能力相适应以及加快推进经济增长方式转变和经济结构调整，均具有十分重要的作用。

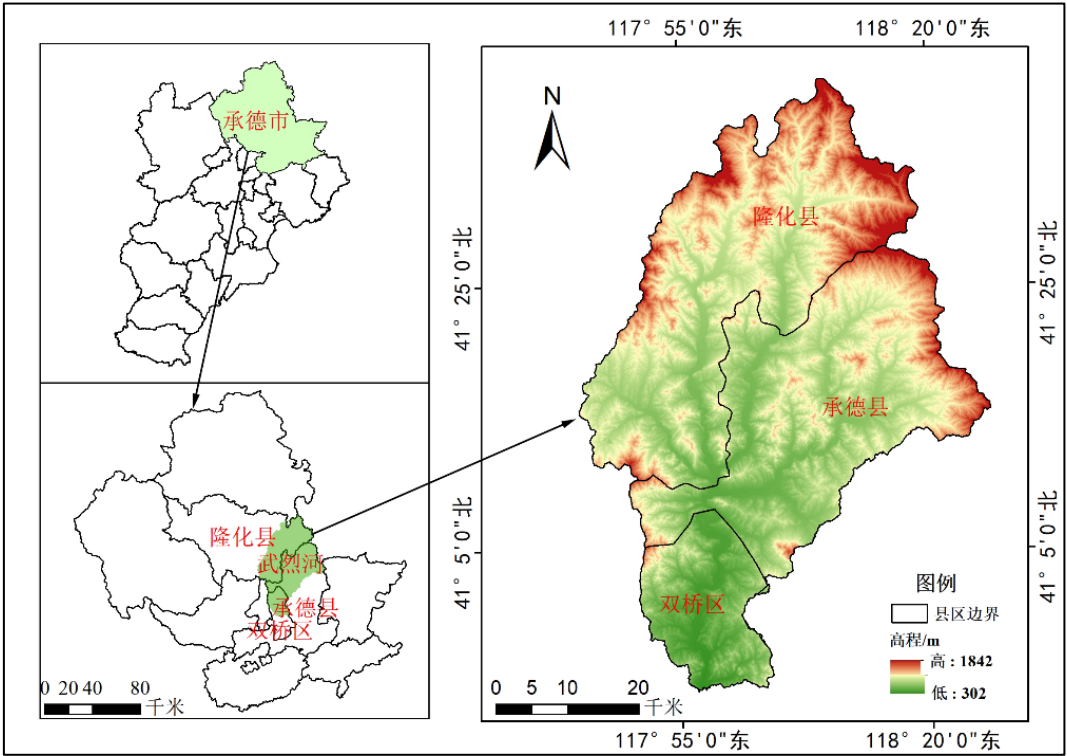


图 1. 武烈河流域地理位置图

2. 武烈河流域概况及计算分区

武烈河位于华北平原的东北部，是滦河中游左岸的一条一级支流，地理坐标在东经 117°42'~118°26'，北纬 40°53'~41°42'之间。该河发源于隆化县鸛鹑川娘娘庙分水岭，上游由四条较大支流组成，分别为茅沟河、鸛鹑河、玉带河、兴隆河。四条支流在承德县高寺台村附近汇合形成武烈河干流，先后流经承德市双桥区的双峰寺镇、承德主城区，最终于双桥区雹神庙汇入滦河，河长 106.23 km，流域总面积 2406.75 km²。流域地理位置详见图 1。由图 1 可知，武烈河流域由隆化县、承德县和双桥区的部分地区组成，因此本次需水预测将武烈河流域按行政区划分为三个计算分区，又由于承德市统计年鉴资料多以县级行政区为单位，因此在做趋势性分析时会以县(区)整体数据为参考。

3. 武烈河流域需水预测

1) 规划年各行业发展指标的预测方法为年增长率法[4]，计算公式为

$$P_n = P_0 (1+T)^n \quad (1)$$

式中： P_n 为规划期末行业指标值； P_0 为基准年行业指标值； T 为年增长率； n 为规划期，年。

2) 规划年各行业需水量计算方法为定额法[5]，计算公式为：

$$Q_i = P_i * S_i \quad (2)$$

式中： Q_i 为 i 行业规划年需水量； P_i 为 i 行业规划年发展指标； S_i 为 i 行业规划年用水定额。

3.1. 生活需水预测

3.1.1. 人口及城镇化率发展预测

根据国民经济统计资料，2022 年(基准年)武烈河流域内，隆化县、承德县、双桥区的常住人口分别为 9.72 万人、10.31 万人、29.85 万人，城镇人口分别为 0.74 万人、1.64 万人、28.77 万人，城镇化率分别为 7.6%、15.9%、96.4%。本文首先采用公式(1)对 2030 年常住人口进行预测，然后通过规划年各分区城镇化率计算各分区城镇人口和农村人口。其中，年增长率(T)为各区(县) 2011~2022 年的平均增长率，规划年的城镇化率也由该公式计算，年增长率为各区(县) 2011~2022 年的平均增长率。经计算，2030 年(规划年)武烈河流域内，隆化县、承德县、双桥区的常住人口分别为 10.03 万人、10.54 万人、31.04 万人，各分区城镇人口和农村人口详见表 1。

表 1. 2030 年武烈河流域各分区常住人口预测表

分区	2022 年(万人)			人口自然增长率(‰)	2030 年(万人)			
	常住人口	城镇人口	城镇化率(%)		常住人口	城镇人口	农村人口	城镇化率(%)
隆化县	9.72	0.74	7.6	3.97	10.03	0.80	9.23	8.0
承德县	10.31	1.64	15.9	2.74	10.54	1.80	8.74	17.0
双桥区	29.85	28.77	96.4	4.90	31.04	28.20	2.84	91.0
合计	49.88	31.15			51.61	30.8	20.81	

3.1.2. 生活需水量预测

1) 城镇居民、农村居民生活用水定额

2022 年(现状年)武烈河流域内，隆化县、承德县、双桥区的城镇综合用水(含公共，建筑业和服务业)定额分别为 59.1 m³/人·a、61.2 m³/人·a、65.4 m³/人·a，农村居民生活用水定额分别为 17.8 m³/人·a、16.5 m³/人·a、19.2 m³/人·a。随着人民群众生活水平的提高，生活质量的改善，预计 2030 年(规划年)武烈河流域内，各区(县)城镇综合

用水定额和农村生活用水定额将有所提高，详见表 2。

表 2. 2030 年(规划年)用水定额预测表

分区	2022 年(m ³ /人·a)		2030 年(m ³ /人·a)	
	城镇生活综合用水定额	农村生活用水定额	城镇生活综合用水定额	农村生活用水定额
隆化县	59.1	19.8	65.0	22.0
承德县	61.2	21.3	65.0	22.0
双桥区	65.4	25.2	70.0	22.0

注：城镇综合用水定额指包含建筑业和服务业在内的城镇居民用水定额，参考《承德市地表水配置利用规划》；农村仅包含生活用水，因此取《河北省用水定额》(2021 年)中的最大值 22.0 m³/人·a。

2) 2030 年(规划年)生活需水量

生活需水量计算采用定额法计算，计算公式为(2)，规划年发展指标即规划年预测城镇人口和农村人口，经计算，2030 年(规划年)武烈河流域内，隆化县、承德县、双桥区的生活总需水量分别为 255.06 万 m³、309.28 万 m³、2036.48 万 m³，详见表 3。

表 3. 2030 年(规划年)武烈河流域各分区生活需水量预测成果表(单位：m³/人·a)

分区	人口(万人)		定额(m ³ /人·a)		需水量(万 m ³)		总需水量
	城镇	农村	城镇	农村	城镇	农村	
隆化县	0.80	9.23	65.0	22.0	52.00	203.06	255.06
承德县	1.80	8.74	65.0	22.0	117.00	192.28	309.28
双桥区	28.20	2.84	70.0	22.0	1974.00	62.48	2036.48
合计	30.80	20.81			2143.00	457.82	2600.82

3.2. 生产需水量预测

3.2.1. 工业需水量预测

1、工业增加值预测

根据国民经济统计资料，2022 年(基准年)武烈河流域内，隆化县、承德县、双桥区的工业增加值分别为 4.70 亿元、7.08 亿元、4.89 亿元。根据承德统计年鉴，2015 年~2022 年隆化县、承德县、双桥区的平均工业增加值分别为 5.94%、5.37%、3.68%。采用公式(1)计算 2030 年(规划年)武烈河流域内，隆化县、承德县、双桥区的工业增加值分别为 7.46 亿元、10.76 亿元、6.53 亿元。详见表 4。

2、工业需水量预测

1) 万元工业增加值用水定额

2022 年(现状年)武烈河流域内，隆化县、承德县、双桥区的万元工业增加值用水量定额分别为 35.3 m³/万元、11.9m³/万元、9.7m³/万元。考虑到流域内工业布局 and 结构不断优化调整，生产工艺不断进步、管网节水改造，以及工业用水重复利用率进一步提高，确定到 2030 年全流域万元工业增加值用水量较 2022 年下降 5%。预测 2030 年(规划年)隆化县、承德县、双桥区的万元工业增加值用水定额分别为 33.5 m³/万元、11.3 m³/万元、9.2 m³/万元。

2) 2030 年(规划年)工业需水量

工业需水量计算采用定额法计算，计算公式为(2)，规划年发展指标即规划年预测工业增加值，经计算，2030 年(规划年)武烈河流域内，隆化县、承德县、双桥区的工业需水量分别为 280.87 万 m³、135.10 万 m³、66.07 万 m³，详见表 4。

3.2.2. 第一产业需水量预测

经调查,武烈河流域内不存在专业渔业生产活动,因此仅对流域内农林业(种植业和林果业)和牲畜养殖进行需水量预测。

1、种植业和林果业需水量预测

1) 种植业和林果业灌溉面积预测

2022 年(基准年)武烈河流域内,隆化县、承德县、双桥区三个分区的种植业灌溉面积分别为 6.01 万亩、3.33 万亩、2.40 万亩;林果业灌溉面积分别为 7.40 万亩、7.13 万亩、双桥区 1.22 万亩。考虑武烈河流域地处山区,种植结构变化较少,受地形影响水利工程配套较差等因素,预测 2030 年(规划年)武烈河流域内各类灌溉面积保持不变。

表 4. 2030 年(规划年)武烈河流域各分区工业需水量预测成果表

分区	2022 年		年增长率%	2030 年		
	工业增加值(亿元)	用水定额(m ³ /万元)		工业增加值(亿元)	用水定额(m ³ /万元)	需水量(万 m ³)
隆化县	4.70	35.3	5.94	7.46	33.5	280.87
承德县	7.08	11.9	5.37	10.76	11.3	135.10
双桥区	4.89	9.7	3.68	6.53	9.2	66.07
合计	16.67			24.75		482.04

2) 种植业和林果业用水定额¹

种植业用水定额:武烈河流域主要农田作物为春玉米,考虑到其地处燕山山区,分析认为 2030 年(规划年)灌溉方式仍以地面漫灌为主,确定平水年、枯水年的种植业用水定额分别为 198.0 m³/亩、238.0 m³/亩²。

林果业用水定额³:武烈河流域的果园以种植苹果和梨为主,葡萄也占据一定比例,但所占比例较小,因此在确定定额预测时,以主要果树中定额稍大的梨树的定额作为林果业的用水定额,确定平水年、枯水年的林果业用水定额分别为 170.0 m³/亩、210.0 m³/亩⁴。

3) 2030 年(规划年)种植业和林果业需水量

种植业和林果业需水量采用定额法计算,计算公式为公式(2),规划年发展指标即规划年种植业和林果业面积,经计算,2030 年(规划年)平水年、枯水年武烈河流域种植业需水量为 2324.52 万 m³、2794.12 万 m³;林果业需水量为 2677.5 万 m³、3307.5 万 m³。各分区需水量详见表 5。

表 5. 2030 年(规划年)武烈河流域各分区种植业和林果业需水量预测成果表

分区	种植业					林果业				
	灌溉面积(万亩)	用水定额(m³/亩)		需水量(万 m³)		灌溉面积(万亩)	用水定额(m³/亩)		需水量(万 m³)	
		平水年	枯水年	平水年	枯水年		平水年	枯水年	平水年	枯水年
隆化县	6.01	198.0	238.0	1189.98	1430.38	7.40	170.0	210.0	1258.00	1554.00
承德县	3.33	198.0	238.0	659.34	792.54	7.13	170.0	210.0	1212.10	1497.30
双桥区	2.40	198.0	238.0	475.20	571.20	1.22	170.0	210.0	207.40	256.20
合计	11.74			2324.52	2794.12	15.75			2677.5	3307.5

¹参考《河北省用水定额 农业用水定额 第 1 部分:种植业》(DB 13/T 5449.1-2021)。

²同 1。

³参考《河北省用水定额 农业用水定额 第 2 部分:养殖业》(DB 13/T 5449.2-2021)。

⁴同 3。

2、牲畜养殖需水量预测

1) 牲畜养殖规模发展预测

根据国民经济统计资料, 2022 年(基准年)武烈河流域内, 大牲畜(牛、马、驴、骡)、猪、羊、家禽(鸡、鸭、鹅)数量分别为 6.95 万头、6.36 万头、4.96 万头、186.54 万只。采用公式(1)对 2030 年(规划年)各分区的各类牲畜规模进行预测, 将 2015~2022 年承德市统计年鉴中隆化县、承德县、双桥区的各类畜禽对应的平均增长率作为 2022~2030 年各分区各类畜禽的年增长率。经计算, 2030 年(规划年)武烈河流域内的大牲畜、猪、羊、家禽数量分别为 6.64 万头、5.08 万头、4.22 万头、163.07 万只。详见表 6。

2) 牲畜养殖用水定额:

大牲畜的用水定额⁵: 武烈河流域各分区的大牲畜主要为牛, 而牛中又以肉牛为主, 最终确定大牲畜的综合用水定额为 20.0 m³/头⁶。

猪的用水定额⁷: 武烈河流域各分区的猪则以育肥猪为主, 但母猪和种公猪也占据一定数量, 同时考虑母猪及种公猪消耗水量远超育肥猪, 最终确定猪的综合定额为 10.0 m³/头⁸;

羊的用水定额⁹: 羊的用水定额为 4.0 m³/只¹⁰;

家禽的用水定额¹¹: 武烈河流域各分区的家禽以肉鸡为主, 确定家禽的综合定额为 0.15 m³/只¹²。

3) 2030 年(规划年)牲畜养殖需水量

牲畜养殖需水量采用定额法计算, 计算公式为公式(2), 规划年发展指标即规划年牲畜养殖规模, 经计算, 2030 年(规划年)武烈河流域内, 隆化县、承德县、双桥区的牲畜养殖需水量分别为 166.95 万 m³、56.5 万 m³、1.44 万 m³, 各类畜禽需水量详见表 7。

表 6. 2030 年(规划年)武烈河流域各分区牲畜养殖规模发展预测成果表

分区	2022 年(万头、万只)				年增长率(%)				2030 年(万头、万只)			
	大牲畜	猪	羊	家禽	大牲畜	猪	羊	家禽	大牲畜	猪	羊	家禽
隆化县	6.07	3.88	3.13	25.89	-0.29	-1.89	-1.90	1.37	5.93	3.33	2.69	28.87
承德县	0.87	2.32	1.7	158.28	-2.68	-3.99	-2.04	-2.13	0.70	1.67	1.44	133.23
双桥区	0.01	0.16	0.13	2.37	-3.93	-8.70	-4.07	-10.52	0.01	0.08	0.09	0.97
合计	6.95	6.36	4.96	186.54					6.64	5.08	4.22	163.07

表 7. 2030 年(规划年)武烈河流域各分区牲畜需水量预测成果表

分区	牲畜规模(万头、万只)				用水定额(m ³ /头、m ³ /只)				需水量(万 m ³)				总需水量
	大牲畜	猪	羊	家禽	大牲畜	猪	羊	家禽	大牲畜	猪	羊	家禽	
隆化县	5.93	3.33	2.69	28.87	20.0	10.0	4.0	0.15	118.57	33.31	10.74	4.33	166.95
承德县	0.7	1.67	1.44	133.23	20.0	10.0	4.0	0.15	14.01	16.75	5.77	19.98	56.5
双桥区	0.01	0.08	0.09	0.97	20.0	10.0	4.0	0.15	0.15	0.77	0.37	0.15	1.44
合计	6.64	5.08	4.22	163.07					132.72	50.83	16.88	24.46	224.89

⁵ 同 1。

⁶ 同 3。

⁷ 同 3。

⁸ 同 1。

⁹ 参考《河北省用水定额 生活与服务业用水定额 第 2 部分：服务业》(DB 13/T 5450.2-2021)。

¹⁰ 同 3。

¹¹ 参考《水利部关于印发小麦等十项用水定额的通知〈服务业用水定额：环境卫生管理〉》(2020 年)。

¹² 同 1。

3.2.3. 绿地面积和道路面积发展预测

根据国民经济统计资料,2022年(基准年)武烈河流域内,双桥区的绿地面积为803.5万 m^2 ,道路面积为328.6万 m^2 。采用公式(1)对规划年双桥区的绿地面积和道路面积进行预测,将2017~2022年承德市统计年鉴中双桥区的绿地面积、道路面积的平均增长率作为年增长率,确定2022年~2030年双桥区的绿地面积的年增长率为1.4%、道路面积的年增长率为8.5%。经计算,2030年(规划年)的绿地面积为898.0万 m^2 ,道路面积为631.0万 m^2 。

3.2.4. 河道外生态需水预测

1) 绿地绿化用水定额和道路喷洒用水定额

绿地绿化用水定额¹³:双桥区的绿地绿化用水定额为 $0.19 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ¹⁴;

道路喷洒用水定额¹⁵:承德市的无冰期为每年的4~11月,约240天/年,假设道路浇洒在无冰期进行,确定双桥区的道路用水定额为 $0.48 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ¹⁶。

2) 2030年(规划年)河道外生态需水量

河道外生态需水量采用定额法计算,计算公式为公式(2),规划年发展指标即规划年绿地面积和道路面积。经计算,2030年(规划年)武烈河流域内,双桥区的绿地绿化需水量和道路喷洒需水量分别为166.95万 m^3 、56.5万 m^3 ,详见表8。

表 8. 2030 年(规划年)武烈河流域双桥区河道外生态环境需水预测成果表

2022 年		年增长率%		2030 年						
面积(万 m^2)		绿地	道路	面积(万 m^2)		用水定额($\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$)		需水量(万 m^3)		
绿地	道路			绿地	道路	绿地	道路	绿地	道路	总需水量
803.5	328.6	1.4	8.5	898	631	0.19	0.48	170.62	302.89	473.51

3.3. 需水总量预测

综上,本文以承德市武烈河为研究区域,并以行政区将该研究区域划分为三个计算单元,而后分别对各个计算单元的生活需水、生产需水、生态需水进行预测,最终得到2030年(规划年)武烈河流域平水年($P = 50\%$)、枯水年($P = 75\%$)的需水总量分别为8783.28万 m^3 、9657.99万 m^3 。各分区各行业需水量预测详见表9。

表 9. 2030 年(规划年)武烈河流域总需水预测成果表

分区	生活需水(万 m³)		生产需水(万 m³)						河道外生态需水 (万 m³)	需水总量(万 m³)	
			工业	第一产业				牲畜养殖			
	城镇居民 (含公共)	农村居民		种植业		林果业					
				P = 50%	P = 75%	P = 50%	P = 75%			P = 50%	P = 75%
隆化县	52.00	203.06	280.87	1189.98	1430.38	1258.00	1554.00	166.95	0	3150.86	3520.31
承德县	117.00	192.28	135.1	659.34	792.54	1212.10	1497.30	56.50	0	2372.32	2734.22
双桥区	1974.00	62.48	66.07	475.20	571.20	207.40	256.20	1.44	473.51	3260.10	3403.46
合计	2143.00	457.82	482.04	2324.52	2794.12	2677.50	3307.50	224.89	473.51	8783.28	9657.99

¹³同1。

¹⁴同9。

¹⁵同3。

¹⁶同11。

4. 结语

经预测, 50%保证率下, 2030 年(规划年)武烈河流域需水总量为 8783.28 万 m^3 , 其中隆化县、承德县双桥区的需水总量分别为 3150.86 万 m^3 、2372.32 万 m^3 、8783.28 万 m^3 ; 75%保证率下, 2030 年(规划年)武烈河流域需水总量为 9657.99 万 m^3 , 其中隆化县、承德县双桥区的需水总量分别为 3520.31 万 m^3 、2734.22 万 m^3 、3403.46 万 m^3 。本次需水预测可为承德市武烈河流域水资源综合利用中长期规划等提供技术支撑。

基金项目

河北省高等学校科学技术研究项目(QN2024062); 河北省自然科学基金资助项目(E2024402070)。

参考文献

- [1] 张岳. 中国水资源与可持续发展[J]. 中国农村水利水电, 1998, 27(5): 3-6.
- [2] 侯保灯, 高而坤, 吴永祥, 等. 水资源需求层次理论和初步实践[J]. 水科学进展, 2014, 25(6): 897-906.
- [3] 张成才, 崔雅博, 胡彩虹. 需水量预测方法研究[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(1): 1-4.
- [4] 金梦杰, 丁厚钢, 燕双建. 淄博市中长期需水预测分析[J]. 山东水利, 2024(12): 71-73.
- [5] 苏律文, 陆毅, 刘亮军, 等. 宿迁市需水预测及供需平衡分析[J]. 江苏水利, 2023(4): 5-11.