

湖北省用水结构演变及其驱动因子分析

肖 珊¹, 李 舒²

¹武汉睿山智水科学技术研究有限责任公司, 湖北 武汉

²贵州一方工程设计咨询有限责任公司, 贵州 六盘水

收稿日期: 2026年4月17日; 录用日期: 2026年4月29日; 发布日期: 2026年6月29日

摘 要

为探究湖北省用水结构演变特征, 明确用水结构的驱动因子, 基于湖北省各市(州、区) 2001~2024年水资源公报及年鉴数据, 采用信息熵、洛伦兹曲线和基尼系数等方法分析湖北省各部门用水量的空间分布特征, 并结合灰色关联度法定量分析不同发展阶段用水结构演变的驱动因子。结果表明: 湖北省的用水总量在不断增加, 其中农业用水占比居首位, 但生活用水增长率最高; 用水总量信息熵和均衡度整体呈现波动上升的趋势, 表明各部门用水均匀, 用水结构趋于平衡; 结合洛伦兹曲线和基尼系数可以发现农业用水空间分布均匀, 且相对稳定, 生活用水空间分布较为平均, 工业用水演变趋向空间集中化; 灰色关联分析表明目前农业用水主导湖北省用水结构的演变。

关键词

用水结构, 洛伦兹曲线, 灰色关联度, 驱动因子, 湖北省

Analysis of Evolution and Driving Factors of Water Use Structure in Hubei Province

Shan Xiao¹, Shu Li²

¹Wuhan Ruishan Zhishui Science and Technology Research Co., Ltd., Wuhan Hubei

²Guizhou Yifang Engineering Design Consulting Co., Ltd., Liupanshui Guizhou

Received: April 17, 2026; accepted: April 29, 2026; published: June 29, 2026

Abstract

To elucidate the characteristics of water use structure evolution in Hubei Province and identify its underlying driving factors, this study draws on data from the water resources bulletins and statistical yearbooks of various cities in Hubei Province from 2001 to 2024. Methods such as information entropy, the Lorenz curve, and the Gini coefficient were employed to analyze the spatial distribution characteristics of total water

作者简介: 肖珊(1996-), 女, 主要从事水文学与水资源研究, Email: 1498706349@qq.com

文章引用: 肖珊, 李舒. 湖北省用水结构演变及其驱动因子分析[J]. 水资源研究, 2026, 15(3): 286-294.

DOI: 10.12677/jwrr.2026.153032

use across different sectors. Additionally, the grey correlation analysis was used to quantitatively analyze the driving factors behind the evolution of water use structure at different development stages. The results show that total water use keeps increasing, with agricultural water use accounting for the largest proportion and domestic water use presenting the fastest growth rate. Information entropy and equilibrium degree of total water use show an overall fluctuating upward trend, suggesting that sectoral water use tends to be more balanced and the water use structure is gradually optimized. Spatial analysis based on Lorenz curve and Gini coefficient indicates that agricultural water use is evenly distributed and relatively stable, and domestic water use is fairly distributed, while industrial water use is increasingly spatially concentrated. Agricultural water use plays a dominant role in the evolution of water use structure in Hubei Province.

Keywords

Water Use Structure, Lorenz Curve, Grey Correlation Analysis, Driving Factor, Hubei Province

Copyright © 2026 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

水是人类赖以生存的重要资源之一,随着社会经济的发展,水资源的高效利用成为城市良性发展的关键因素之一。用水结构是某地区在一定时期内各行业用水比重的反映,是水资源管理进程中的一项重要参考指标[1]。在研究用水结构演变方面,多数研究采用信息熵、洛伦兹曲线、基尼系数和洛伦兹不对称系数等方法,这些方法具有计算简单、适应性强和评价结果直观等优点[1],陈良[2]等用洛伦兹曲线、基尼系数、洛伦兹不对称系数等方法分析了甘肃省近10年来用水结构特征;高喆[3]等通过以上方法分析了张掖市的用水结构、时空分布特征及差异原因。驱动因子的分析方法主要有数理统计法和灰色关联度法,数理统计方法对样本数量的要求较高且计算复杂;灰色关联度法对样本的要求较低,能处理结构内容较为复杂的样本[4]。张路兴[5]等利用灰色关联度法揭示了农业用水主导鄂尔多斯市用水结构的演变;闫月生[6]等利用灰色关联度法识别出南水北调中线工程通水后农业方面的粮食产量、年降水量和工业方面的规模以上企业个数对用水结构的影响显著增强。为此本文利用信息熵、洛伦兹曲线和基尼系数综合分析湖北省2001~2024年的用水结构演变特征,并结合灰色关联度法分析用水结构演变的主要驱动因子。研究结果可为供水、配水及相关部门提供参考依据,从而合理的水资源配置方案,提高水资源利用率。

2. 研究区概况及研究方法和数据来源

2.1. 研究区概况及数据来源

湖北省横跨长江两岸,全省总面积18.59万 km^2 ,占全国土地总面积的1.94%。该省辖17市(州、区),2024年末湖北省常住人口为5834万人,年平均降水量约1200.7 mm,由南向北递减式分布,2024年全省人均水资源量为1573 m^3 ,亩均水资源总量为1304 m^3 。2024年湖北省用水总量为340.19亿 m^3 。本文数据分别来源于《湖北省水资源公报》《湖北省国民经济和社会发展统计公报》《湖北省统计年鉴》《中国统计年鉴》。

2.2. 研究方法

2.2.1. 信息熵和均衡度

上世纪40年代初,Shannon[7]指出任何信息都存在冗余,并把排除冗余后的平均信息量称为信息熵。将这

一概念引入水资源系统，用于定性分析各部门用水之间的空间分布差异性。

假设该地区中有 n 种用水类型，且每种用水的类型的占比为 P_i ，并满足 $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ 且 $P_i \neq 0$ 。

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i (0 \leq P_i \leq 1) \tag{1}$$

H 越大，则表明该地区的用水量在各个用水部门之间分配越均匀，反之则用水分配不均匀。

考虑到不同用水类型之间也存在差异性，故此引入新的概念均衡度，其数学表达式为

$$J = H(x) / \ln n \tag{2}$$

其中均衡度 $J \in [0, 1]$ ，均衡度越接近于 1，表明用水结构越均衡，差异性越小，稳定性越强，反之则用水结构失衡。

2.2.2. 洛伦兹曲线与基尼系数

Lorenz [8]于 1905 年提出的洛伦兹曲线可以直观地看出一个国家的收入分配是否平等，其弯曲程度越大，收入分配越不平衡，反之则越平衡。将其引入水资源系统用来反映用水结构的不平衡程度，其数学表达式如下：

$$L(y) = \frac{1}{\mu} \int_0^y x dF(x) \tag{3}$$

式中： $L(y)$ 为洛伦兹曲线方程式； $F(x)$ 为有序个体的累积分布函数； μ 为均值。

洛伦兹曲线的绘制过程如下：1) 计算各市(州、区)的区位熵；2) 将不同用水类型的区位熵按照从小到大分别进行排列，然后累加得到不同类型用水累积百分比和各类型用水总量的累积百分比；3) 分别以用水总量累积百分比、不同用水类型的累计百分比为横、纵坐标进行描点连线。

其中区位熵其数学表达式如下：

$$LQ = \frac{Q_{in}/Q_n}{Q_i/Q} \tag{4}$$

式中： LQ 为区位熵； Q_{in} 为 i 市的第 n 种用水类型的用水总量； Q_n 为湖北省第 n 种用水类型的用水总量； Q_i 为 i 区域的用水总量； Q 为湖北省用水总量。

为了能够定量分析各类型用水的空间分布情况，在此基础上引入另一个概念基尼系数。本文采用三角面积法估算基尼系数[9]：

$$G^* = \sum_{x=1}^{n-1} (A_x B_{x+1} - A_{x+1} B_x) \tag{5}$$

式中： G^* 为基尼系数； A_x 和 A_{x+1} 、 B_x 和 B_{x+1} 分别为 x 、 $x+1$ 分区的用水总量累积百分比与各类型用水量的累积百分比； n 为区域的个数。

基尼系数越接近于 0，表明分配越平均，反之则分配越不平均，基尼系数的评价区间划分标准见表 1。

表 1. 基尼系数的评价区间划分标准

基尼系数 G	$0\% < G < 20\%$	$20\% \leq G < 30\%$	$30\% \leq G < 40\%$	$40\% \leq G < 50\%$	$50\% \leq G < 100\%$
评价结果	绝对平均	较为平均	相对合理	差距较大	差距悬殊

2.2.3. 灰色关联度分析法

灰色关联度分析(GRA)克服了数理统计方法对数据的高要求的局限性，对样本要求低。本次选取了与各类型

用水相关性较强的指标,其公式如下所示[10]:

$$r(X_o(k), X_i(k)) = \frac{\min_i \min_k |X_o(k) - X_i(k)| + \rho \max_i \max_k |X_o(k) - X_i(k)|}{|X_o(k) - X_i(k)| + \rho \max_i \max_k |X_o(k) - X_i(k)|} \quad (6)$$

$$X_i(k) = \frac{X'_i(k)}{X'_i(1)} \quad (7)$$

$$r(X_o, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(X_o(k), X_i(k)) \quad (8)$$

式中: $r(X_o(k), X_i(k))$ 为 k 点的灰色关联度; $r(X_o, X_i)$ 为 X_o 和 X_i 的灰色关联度; k 为每个数列的数据个数; ρ 为分辨系数, $\rho \in [0, 1]$, 取 0.5。

3. 湖北省用水结构演变及驱动力分析

3.1. 湖北省用水结构演变

3.1.1. 整体用水结构特征

为了更直观地分析湖北省用水结构的变化情况,本次统计了湖北省历年各部门用水量,计算湖北省 2001~2024 年的信息熵和均衡度,结果见图 1。

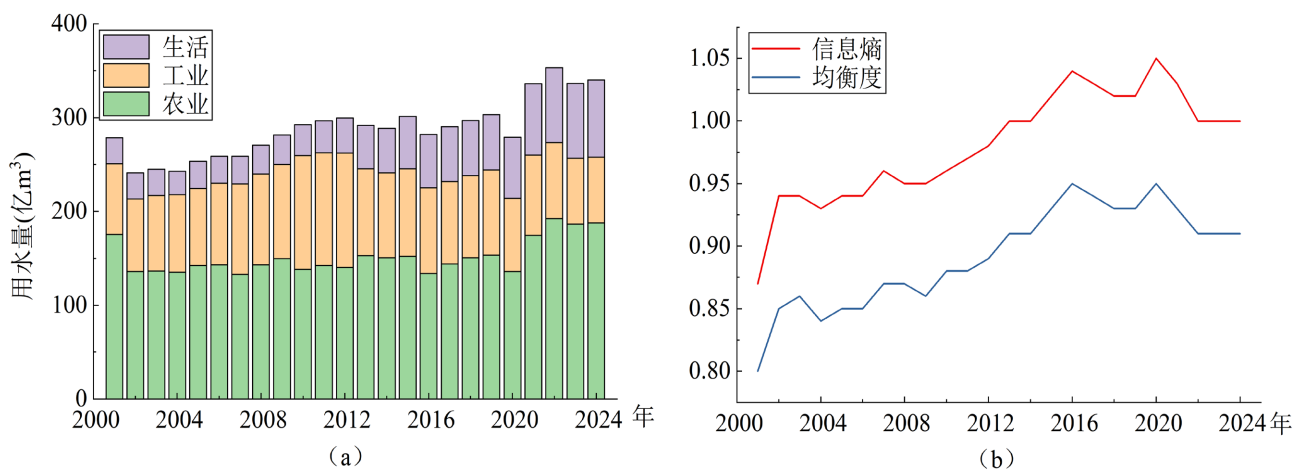


图 1. 湖北省 2001~2024 年各部门用水变化和用水结构变化图

由图 1(a)可知,湖北省 2001~2024 年多年平均用水总量为 288.20 亿 m^3 ,其中农业、工业和生活年均用水量分别为 151.19 亿 m^3 、90.04 亿 m^3 、46.97 亿 m^3 ,占用水总量的 52.46%、31.24%、16.30%,农业用水量居首位。从时间尺度进行分析,湖北省用水总量整体呈现波动式增长,由 2001 年的 278.55 亿 m^3 增至 2024 年的 340.19 亿 m^3 ,增长率为 22.13%;其中,农业用水量由 175.47 亿 m^3 增至 187.62 亿 m^3 ,增长率为 6.92%;工业用水量由 75.27 亿 m^3 减至 70.13 亿 m^3 ,减少 6.82%;生活用水量由 27.81 亿 m^3 增至 82.44 亿 m^3 ,增长率为 196.47%,增长率最高。

根据图 1(b)将信息熵分为四个阶段:① 2001~2016 年为信息熵高速增长阶段,且 2016 年仅次于最大信息熵,熵值年增长率较高(1.11%)的原因:各用水部门的用水量趋于均匀;② 2017~2019 年的信息熵骤降原因为:各用水部门分配差异性变大,结合 2016、2019 年《湖北省水资源公报》发现,2019 年降水量为 893.5 mm,较 2016 年减少 37.36%,受降水量的影响,农田灌溉亩均用水量较 2016 年增加 7.19%,导致农业用水量波动较大,

相较于 2016 年, 2019 年农业用水量显著增加(14.48%), 工业用水基本不变, 生活用水量增加 3.48%; ③ 2020 年信息熵上升至最大值, 该省的农业用水、工业用水分别显著减少 11.73%、15.53%, 生活用水显著增加 10.71%, 各用水部门分配趋于均匀; ④ 2021~2024 年信息熵下降, 与 2020 年相比, 2024 年农业用水量骤增 37.78%, 工业用水量减少 9.65%, 生活用水量增加 26.62%, 各用水部门分配差异性变大。

近年来湖北省的用水结构信息熵整体呈现波动式增长, 表明近几年各部门用水朝均匀方向发展; 均衡度 J 也呈现波动式增加, 并接近于 1, 说明用水分配趋于平衡。但 2021~2024 年信息熵和均衡度出现回落, 表明近几年用水结构出现短暂的失衡, 应警惕此情况持续发生。

3.1.2. 用水结构演变特征

为进一步探究各用水部门间的结构演变特征, 分别从农业、工业和生活三个方面绘制 2001、2020、2024 年洛伦兹曲线、并计算其基尼系数进行分析。

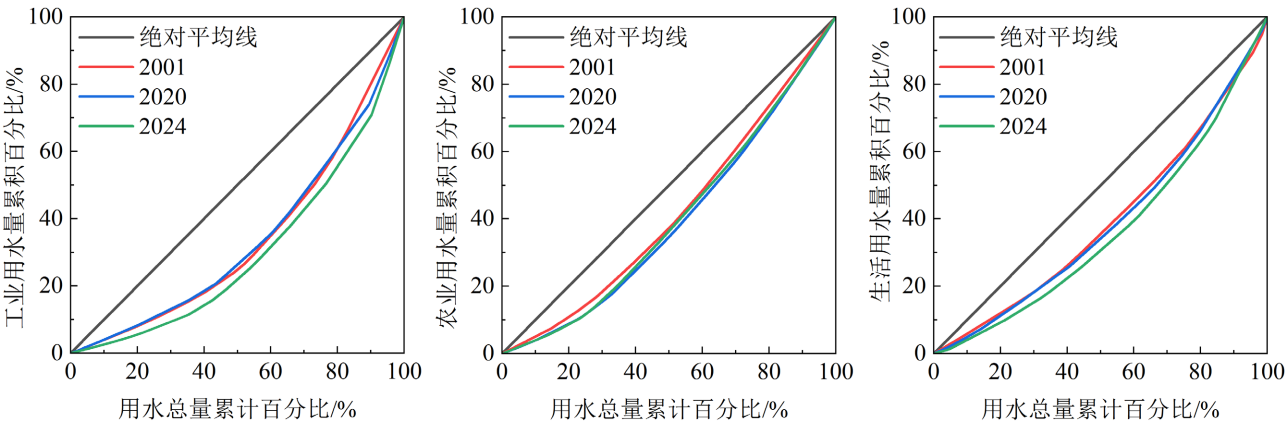


图 2. 湖北省 2001、2020、2024 年各类型用水洛伦兹曲线图

依据图 2 可知: ① 农业用水的空间分布最为均衡, 2001、2020 和 2024 年的洛伦兹曲线相差甚微, 均接近绝对平均线, 为了定量分析农业用水的分布均匀性, 分别计算 2001、2020 和 2024 年的基尼系数, 发现基尼系数由 16.36%增至 20.98%后降为 19.55%, 表明近年来湖北省农业用水的整体差异性在缓慢扩大, 但仍处于“绝对平均”的阶段; ② 工业用水的空间分布更为集中, 2001、2020 年工业用水的洛伦兹曲线接近且距离绝对平均线较近, 2024 年距离绝对平均线较远, 基尼系数由 32.22%变为 32.33%后骤增至 39.47%, 评价结果为“相对合理”, 通过计算 2021 年和 2024 年各市(州、区)工业用水量与全省工业用水总量的比值发现, 武汉市占比由 29.67%减至 20.36%, 黄石市、鄂州市占比分别由 7.70%、4.44%增至 15.03%、13.90%, 其余市(州、区)占比变化均在 5%以内, 表明工业用水的空间差异性逐步扩大, 考虑到湖北省各市(州、区)的工业产业类型不同, 各地区发展侧重点不同, 因此会导致工业用水空间差异性最大; ③ 生活用水分布较为均匀, 相较于 2001、2020 年, 2024 年的生活用水洛伦兹曲线距离绝对平均线较远, 其基尼系数由 21.09%增至 22.35%后又增至 27.29%, 虽仍处于“较为平均”的阶段但已接近“相对合理”, 分别计算各市(州、区)生活用水占全省生活用水量比值发现, 武汉市、荆门市、潜江市的生活用水分别由 2001 年的 21.34%、4.77%、1.70%增长至 2024 年的 26.38%、8.19%、4.29%, 襄阳市、荆州市的生活用水分别由 2001 年的 9.72%、9.15%减至 2024 年的 6.51%、6.02%, 说明近年来湖北省各市(州、区)的生活用水差异在不断扩大。

3.2. 湖北省现状用水结构分析

为了探究湖北省用水结构的合理性, 分别计算各市(州、区) 2024 年各类型用水量的区位熵, 结果如图 3 所

示。

由图 3(a)可见：荆州市农业用水区位熵最大(1.49)，随州市次之(1.37)，黄冈市、仙桃市和天门市的区位熵高于 1.20，这些城市大多聚集在武汉市周边，且有较便利的交通，其农产品供应链直接服务于城市需求[11]；工业区位熵值最大的是鄂州市(3.16)，其次是黄石市(2.82)，神农架林区、武汉市的区位熵均高于 1.20，这些城市大部分沿长江分布，交通优势大；生活用水区位熵最大的城市为恩施州(2.07)，其次是武汉市(1.94)，神农架林区、十堰市、潜江市和宜昌市的信息熵均高于 1.20，这些地区存在丰富的旅游资源，大量人口出行带动了当地生活用水的增长。

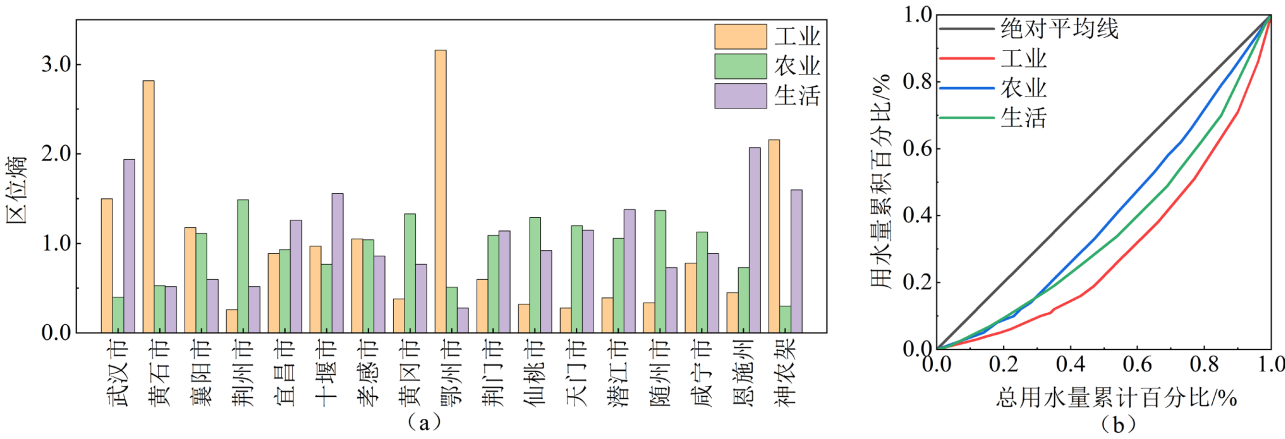


图 3. 湖北省各市(州、区) 2024 年各类型用水区位熵和洛伦兹曲线图

表 2. 湖北省 2024 年各类型用水空间分布评价

用水类型	基尼系数	评价结果
工业	39.47%	相对合理
农业	19.55%	绝对平均
生活	27.29%	较为平均

由图 3(b)可见：农业用水的洛伦兹曲线距离绝对平均线最近，其次是生活用水，而工业用水的洛伦兹曲线距离绝对平均线最远，表明农业用水在湖北省的空间分布最为均匀，生活用水的空间分布较为均匀，工业用水的空间分布较集中，存在较大的不均衡性。为了定性与定量分析相结合评价不同类型用水的空间分布情况，计算基尼系数进行定量评价，见表 2。由表 2 可知，农业用水的空间分布达到了“绝对平均”，生活用水的空间分布达到了“较为平均”，工业用水的空间分布相差较大，评价结果为“相对合理”，且基尼系数接近国际警戒线 40%，这与图 3(b)的评价结果一致。

3.3. 湖北省用水结构驱动力分析

3.3.1. 驱动因素选择

为了进一步探究湖北省用水结构演变的主要驱动因子，采用灰色关联度分析法，以不同类型用水的信息熵为基础，选取 18 个相关的指标进行计算。本次相关指标选取依据科学性、代表性和数据可得性的原则，根据湖北省用水结构变化特征，参考国内相关研究成果[4]-[6] [12]，从社会经济、产业发展、人口规模等方面筛选驱动因素，分别选取与农业、工业和生活用水紧密相关的核心指标，以保障驱动因素分析的严谨性和合理性。其中农业信息熵相关因子选取：播种面积、有效灌溉面积、农田灌溉亩均用水量、粮食产量、农林渔牧总产值和降水量；工业信息熵相关因子选取：工业总产值、重工业企业数量、轻工业企业数量、工业废污水排放量、万元

工业增加值用水量、万元 GDP 用水量；生活用水信息熵相关因子选取：常住人口、城镇化率、人均用水量、第三产业生产总值、城镇常住居民人均可支配收入和农村常住居民人均可支配收入。

3.3.2. 用水结构演变驱动力分析

用水结构与经济发展及城镇化水平息息相关[13]，李刘艳[14]等将新中国成立以来城镇化发展分为四个阶段，分别为：计划经济下城镇化缓慢波动发展阶段(1949~1977 年)、城镇化稳步发展阶段(1978~1992 年)、城镇化高速发展阶段(1993~2016 年)、城镇化减速提质发展阶段(2017 年~至今)，结合图 1(b)可知湖北省 2001~2016 年为信息熵高速增长的阶段，故以 2016 年为分界点，分别计算 2001~2016、2017~2024 年各用水类型信息熵与用水指标的灰色关联度。

表 3. 相关指标与信息熵的灰色关联度

一级指标	二级指标	灰色关联度	
		2001~2016	2017~2024
工业	工业总产值/亿元	0.560	0.635
	重工业企业数量/个	0.673	0.568
	轻工业企业数量/个	0.716	0.631
	工业废污水排放量/万吨	0.902	0.743
	万元工业增加值用水量/m ³	0.620	0.667
	万元 GDP 用水量/m ³	0.611	0.751
农业	播种面积/10 ⁴ hm ²	0.919	0.860
	有效灌溉面积/10 ⁴ hm ²	0.856	0.883
	农田灌溉亩均用水量/m ³	0.835	0.772
	粮食产量/万吨	0.840	0.920
	农林牧渔业总产值/亿元	0.538	0.603
	降水量/mm	0.832	0.654
生活	常住人口/万人	0.888	0.803
	城镇化率/%	0.932	0.915
生活	人均用水量/m ³	0.904	0.705
	第三产业生产总值/亿元	0.570	0.536
	城镇常住居民人均可支配收入/元	0.649	0.648
	农村常住居民人均可支配收入/元	0.618	0.570

灰色关联度越大表明两者之间的影响越显著，反之则越小。为了便于定性与定量分析相结合，将灰色关联度划分为三级，即 0~0.50 为弱关联度，0.50~0.70 为中关联度，0.70~1.00 为强关联度[10]。由表 3 可知：① 在城镇化高速发展阶段，工业方面的影响因素为轻工业企业数量、工业废污水排放量，其中工业废污水排放量与工业信息熵的灰色关联度在 0.9 以上；农业方面的影响因素为播种面积、有效灌溉面积、农田灌溉亩均用水量、粮食产量和降水量，其中播种面积与农业信息熵的灰色关联度大于 0.9；生活方面的影响因素为常住人口、城镇化率和人均用水量，其中城镇化率和人均用水量与生活用水信息熵的灰色关联度大于 0.9；城镇化率与对应类型用水信息熵的灰色关联度最高，表明该因素在城镇化高速发展水平阶段的用水结构演变过程中为主要驱动因子；

② 在城镇化减速提质发展阶段,工业方面的影响因素为工业废污水排放量、万元 GDP 用水量,且灰色关联度分别为 0.743 和 0.751;农业方面的影响因素为播种面积、有效灌溉面积、农田灌溉亩均用水量和粮食产量,其中粮食产量与信息熵的灰色关联度最大,为 0.920;生活方面的影响因素没有发生变化,但仅有城镇化率与信息熵的灰色关联度大于 0.9;粮食产量与对应类型用水信息熵的灰色关联度最大,表明该因素在城镇化减速提质阶段为主要驱动因子。

对比两阶段的主要驱动因子可以发现:在长期优化水资源配置过程中,有些驱动因子没有变化,比如工业废污水排放量、播种面积、有效灌溉面积、农田灌溉亩均用水量、粮食产量、常住人口、城镇化率和人均用水量,有些因子由驱动因子变为非驱动因子,比如工业方面的轻工业企业数量、农业方面的降水量,分别与相应信息熵的灰色关联度减少 0.09、0.18,同时有些非驱动因子变成了驱动因子,比如万元 GDP 用水量,与信息熵的灰色关联度增加 0.14。在长期优化水资源结构的过程中,用水结构各阶段演变的主要驱动力不同,在城镇化高速发展的阶段,城镇化率影响最为显著,但在城镇化减速提质阶段,粮食产量成为首要驱动因子,表明当前湖北省用水结构演变主要受农业用水主导。

4. 结论

本文利用信息熵理论、洛伦兹曲线、基尼系数及灰色关联度等方法,综合分析湖北省用水结构演变特征,明确用水结构演变的驱动因子,具体结论如下:

1) 湖北省 2001~2024 年的信息熵与均衡度呈现波动上升的趋势,用水分布均匀,用水系统均衡性逐步增强,用水结构的分布整体趋于均衡;湖北省用水总量整体也呈现上升的趋势,增长率为 22.13%,其中农业用水量居首位,其次是工业用水量,生活用水量占比最少,从时间尺度来看,生活用水量增长率最高(196.47%),其次是农业用水量(6.92%),工业用水量为负增长(6.82%)。

2) 基于洛伦兹曲线和基尼系数用水结构模型分析可得:湖北省农业用水结构已形成稳定的用水分布,处于“绝对平均”的状态;生活用水的分布较为均匀,但近年来湖北省各地区的生活用水差异性在缓慢加大,尽管仍处于“较为平均”的阶段但已接近“相对合理”;工业用水的空间差异性最为显著,评价结果为“相对合理”,且已接近国际警戒线 40%。

3) 灰色关联分析表明,不同城镇化阶段用水结构的主驱动力存在差异:高速发展阶段以城镇化率影响最为显著,而减速提质阶段粮食产量成为首要驱动因子,表明当前湖北省用水结构演变主要受农业用水主导。

参考文献

- [1] 魏榕,王素芬,訾信. 区域用水结构演变研究进展[J]. 中国农村水利水电, 2019(10): 81-83.
- [2] 陈良,杨银科,刘宇,等. 基于洛伦兹曲线的甘肃省用水结构分析[J]. 长江科学院院报, 2021, 38(5): 25-33.
- [3] 高喆,李凯,畅祥生,等. 黑河中游地区张掖市用水结构分析[J]. 人民黄河, 2025, 47(S1): 36-37+39.
- [4] 全李宇,牛超杰,刘成帅,等. 郑州市用水结构演变及驱动力分析[J]. 水电能源科学, 2022, 40(10): 48-52.
- [5] 张路兴,邢世禄,吴利杰,等. 鄂尔多斯市用水结构演变及其驱动力分析[J]. 水电能源科学, 2025, 43(11): 38-42.
- [6] 闫月生,杨晓静,付平凡,等. 南水北调中线工程河南段供用水特征及驱动因素[J]. 人民长江, 2025, 56(3): 126-133.
- [7] SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. Bell Systems Technical Journal, 1948, 27(4): 623-656. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb00917.x>
- [8] LORENZ, M. O. Methods of measuring the concentration of wealth. Publications of the American Statistical Association, 1905, 9(70): 209-219. <https://doi.org/10.1080/15225437.1905.10503443>
- [9] 马蕊. 青海省用水结构分析[J]. 中国农村水利水电, 2022(5): 164-170.
- [10] 张勇,徐建锋,李超. 基于信息熵原理的用水结构特征及其驱动力分析——以湖北省黄石市为例[J]. 三峡生态环境监测, 2022, 7(2): 53-58.
- [11] 邹开鹏,林秋成,陈立斌. 基于信息熵与洛伦兹曲线的湖北省用水结构时空演变分析[J]. 长江流域资源与环境, 2025,

34(8): 1743-1753.

- [12] 甘丰余, 林振豪, 陈正维. 海南省用水结构演变特征及驱动力分析[J]. 人民黄河, 2021, 43(S1): 64-66.
- [13] 张亮. 未来十年中国水资源需求展望[J]. 发展研究, 2013(11): 12-18.
- [14] 李刘艳, 邓金钱. 我国城镇化发展的阶段特征、逻辑主线与未来进路[J]. 经济学家, 2024(3): 87-97.