

黄河流域中下游地区农村供水用水管理耦合协调分析

黄一丹

(华北水利水电大学水利学院, 河南 郑州 450046)

摘要: 作为我国农业经济开发区与农业生产基地, 黄河流域中下游地区加强农村供水用水管理刻不容缓。本研究以 2000—2020 年黄河流域中下游地区 5 个省份为研究对象, 构建以农村生态、农业水资源和农村经济为子系统的农村供水用水管理系统的耦合协调度指标体系, 运用耦合协调度模型探讨黄河流域中下游地区农村供水用水管理的时空特征, 并对系统的耦合协调度进行为期 4a 的预测。研究表明: 从时间上看, 2000—2020 年黄河流域中下游地区农村供水用水管理耦合协调度总体呈上升趋势; 研究期后期, 即 2014—2020 年各子系统具有明显的不均衡发展特征; 基于 ARIMA 预测模型对黄河流域中下游地区进行耦合协调度为期 4a 的预测, 预测结果为从 2020 年的良好协调上升到 2024 年的优质协调。本研究可为黄河流域农村供水用水管理研究提供依据。

关键词: 黄河流域; 农村供水用水; 数值模型; 耦合协调度; ARIMA 预测模型

中图分类号: S181

文献标识码: A

DOI: 10.19754/j.nyyjs.20220930025

水是农业命脉, 是农村经济不断发展的必要因素, 也是农村居民生产生活不可或缺的资源^[1,2]。而面对日益增长的生产生活需求以及我国可开发利用水资源的匮乏现状, 我国农村水资源现状成为制约农村经济社会发展与生态环境维稳的重要因素之一^[3]。“水少”、“水污染严重”是农村水资源面临的 2 大问题, 水环境一旦进一步恶化, 水的供需矛盾将会被激化^[4]。

黄河流域中下游地区很早就成为我国农业经济开发区与农业生产基地, 但仍然存在生态系统与经济基础薄弱以及水资源不足等问题^[5]。农业是农村的主要产业, 农民是农业生产的主要劳动力, 作为黄河流域人口占比很大的群体, 农村人民对水资源的需求应当得到重视, 社会各部门各环节应当对农村用水进行管理^[6,7]。黄河流域中下游地区各省、自治区针对农业农村生产生活供水用水现状, 陆续提出农村供水用水管理条例或农村饮用水管理等一系列农村供水用水管理措施, 在农业生产与农村供水用水等各个方面均有体现, 但效果不一^[8-10]。近期关于黄河流域水-生态-经济系统、水-能源-粮食系统耦合协调分析与综合评价涌现, 彭俊杰^[11]等认为, 2010 年后黄河流域水-能源-粮食系统的耦合协调两级分化区域明显; 崔璟坤^[12]等通过构建黄河流域经济带乡村-经济-环境协调发展评价体系, 提出黄河流域应长期坚持“环境优先”的战略; 高志远^[13]等分析了黄河流域经济发展与生态环境、水资源的耦合协调发展机理, 认为经济

发展质量需进一步提升, 但对于黄河流域中下游地区农村水资源与水环境方面鲜有报道。农村供水用水管理是发展节水型新农村的重要举措, 在近几年黄河流域各省陆续提出农村供水用水管理办法, 但实施效果与未来方向仍然需要深入分析与研究。

故本文建立包括黄河流域中下游地区山西省、山东省、河南省、陕西省与内蒙古自治区 5 个省份 2000—2020 年的农业用水量、农业水污染量以及新增节水灌溉面积、农村居民用水定额等指标与 5 个省份主要粮食作物小麦和玉米近 20a 的产量、价格指数以及水利工程建筑投资等共 19 个指标的指标体系, 构成以农村生态、农业水资源和农村经济为子系统的农村供水用水管理系统, 对黄河流域中下游地区农村供水用水管理进行耦合协调分析, 评价黄河流域中下游地区农业农村供水用水管理实施现状, 并预测未来 4a 农村供水用水管理协调发展趋势, 以保障黄河流域中下游地区农村供水用水安全为目标, 为积极发展节水农业、绿色农业、新型农业提供技术参考与支持。

1 数据来源、研究方法及预测

1.1 研究区概况

黄河流域, 是指黄河水系从源头到入海这条河流所影响的地理生态区域, 本文把黄河中下游流经省区的相关面积称之为黄河流域中下游地区。黄河中下游流经的省份有内蒙古自治区、陕西省、山西省、河南省、山东省。气候特征为温差悬殊, 自西向东由冷变

收稿日期: 2022-07-19

作者简介: 黄一丹 (1998-), 女, 硕士在读。研究方向: 农业工程。

暖,光照充足,太阳辐射较强,降水集中,分布不均、年际变化大。主要种植粮食作物为小麦、玉米。



图1 黄河流域中下游研究区图

1.2 数据来源与处理

本研究使用内蒙古自治区、陕西省、山西省、河南省、山东省 2000—2020 年共 21a 的数据分析黄河流域中下游地区农村供水用水管理的演变特征。原始数据来源于《中国农村统计年鉴》、《内蒙古自治区水资源公报》、《山西省水资源公报》、《河南省水资源公报》、《陕西省水资源公报》、《山东省水资源公报》以及部分省统计公报。极少数缺失数据采用拟合法估算而得。

1.3 指标体系构建及权重的确定

本研究综合考虑黄河流域中下游地区农村供水用水实际情况,结合农村供水用水管理系统的作用机理,科学、客观地建立耦合协调度指标体系如表 1 所示,来综合反映黄河流域中下游地区农村供水用水管理的水平。

本研究相关指标共 19 个,采用熵值法确定各评价指标的权重通过测度各指标的观测值内部差异程度来计算其权重值,从而在一定程度上避免了定性方法的不足,得出的各指标权重如表 1 所示。

1.4 耦合协调模型及类型划分

本研究采用耦合协调度模型,以便更好地评价农村供水用水管理系统耦合发展的协调程度。根据相关研究^[14]确定耦合度和耦合协调度计算方法:

$$C = \frac{3 \sqrt[3]{f(x)g(y)h(z)}}{f(x) + g(y) + h(z)} \quad (1)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (2)$$

$$T = af(x) + bg(y) + ch(z) \quad (3)$$

式中,C为耦合度;D为耦合协调度;T为指标系统的综合评价指数;a、b、c为3个子系统的权系数。本研究认为,农村水资源、农业生态和农村经济3个子系统对农村供水用水管理方面影响与表现力作用相似,故取a=b=c=1/3。通过参考相关文献^[15,16],确定耦合度和耦合协调类型划分标准如表 2 所示。

表1 黄河流域中下游地区农村供水用水耦合协调度评级体系

子系统	指标	权重
农村生态	水土流失治理面积/千 hm ²	0.0139
	农业污染量/t	0.0305
	化肥施用量/万 t	0.0282
	农药施用量/t	0.0126
	农村生活用水定额/(L/人)	0.0074
农业水资源	农作物总播种面积/千 hm ²	0.0021
	粮食播种面积/千 hm ²	0.0088
	小麦播种面积/千 hm ²	0.0031
	玉米播种面积/千 hm ²	0.0648
	粮食播种面积比/%	0.0014
	粮食总产量/万 t	0.0497
	小麦产量/万 t	0.0306
农村经济	玉米产量/万 t	0.1143
	农业用水比例/%	0.0046
	小麦价格指数(上一年为 100)	0.0084
	玉米价格指数(上一年为 100)	0.0134
	节水灌溉类机械/套	0.0387
	水利建筑工程投资/亿元	0.2256
	农业总产值/亿元	0.3418

表2 耦合度及耦合协调类型划分标准

耦合协调度 D 值区间	协调等级	耦合协调程度
(0.0~0.1)	1	极度失调
[0.1~0.2)	2	严重失调
[0.2~0.3)	3	中度失调
[0.3~0.4)	4	轻度失调
[0.4~0.5)	5	濒临失调
[0.5~0.6)	6	勉强协调
[0.6~0.7)	7	初级协调
[0.7~0.8)	8	中级协调
[0.8~0.9)	9	良好协调
[0.9~1.0)	10	优质协调

1.5 ARIMA 预测模型

ARIMA 模型是差分整合移动平均自回归模型,是时间序列预测分析方法之一。ARIMA(p, d, q)中,AR是“自回归”;p为自回归项数;MA为“滑动平均”;q为滑动平均项数;d为使之成为平稳序列所做的差分次数(阶数)。模型可表示为:

$$(1 - \sum_{i=1}^p \varphi_i L^i) (1 - L)^d X_t = (1 + \sum_{i=1}^q \theta_i L^i) \varepsilon_t \quad (4)$$

式中,L是滞后算子(Lag operator)。

2 结果与分析

根据公式(1)~(3),计算2000—2020年黄河

流域中下游地区农村供水用水管理系统的耦合度 C 和耦合协调度 D, 并对其进行类型划分, 结果见图 2、表 3。

表 3 耦合协调度计算结果

年份 / 年	耦合度 C 值	协调指数 T 值	耦合协调度 D 值	协调等级	耦合协调程度
2000	0.281	0.177	0.223	3	中度失调
2001	0.483	0.145	0.264	3	中度失调
2002	0.619	0.140	0.294	3	中度失调
2003	0.418	0.125	0.229	3	中度失调
2004	0.539	0.194	0.323	4	轻度失调
2005	0.909	0.213	0.440	5	濒临失调
2006	0.799	0.215	0.414	5	濒临失调
2007	0.925	0.318	0.543	6	勉强协调
2008	0.961	0.437	0.648	7	初级协调
2009	0.947	0.553	0.723	8	中级协调
2010	0.946	0.619	0.765	8	中级协调
2011	0.960	0.561	0.734	8	中级协调
2012	0.950	0.581	0.743	8	中级协调
2013	0.926	0.585	0.736	8	中级协调
2014	0.802	0.594	0.690	7	初级协调
2015	0.913	0.635	0.762	8	中级协调
2016	0.726	0.683	0.704	8	中级协调
2017	0.897	0.660	0.770	8	中级协调
2018	0.915	0.789	0.849	9	良好协调
2019	0.861	0.859	0.860	9	良好协调
2020	0.832	0.875	0.853	9	良好协调

由表 3 计算可以得出, 2000—2020 年黄河流域中下游地区耦合协调度均值为 0.60。从总体上看, 2000—2020 年耦合协调度呈现递增趋势, 耦合协调度由 2000 年的 0.223 增加至 2020 年的 0.853, 由此可见, 黄河流域中下游地区农村供水用水管理系统耦合协调速度快, 质量稳定。具体来看, 2000—2020 年黄河流域各省份系统耦合协调度呈现的上升趋势的表现形式不同, 系统总体呈上升趋势, 但在耦合协调度类型上看, 从 2000—2003 年, 系统协调程度呈现中度失调的状态, 2004 年系统耦合协调程度由中度失调转变为轻度失调, 2005—2006 年为濒临失调, 到 2007 年, 系统耦合协调程度由失调转为勉强协调, 再到 2008 年的初级协调。2009—2013 年一直处于中级协调, 到 2014 年协调程度下降, 到 2015 年又有所回升, 在 2018 年, 系统协调程度提升为良好协调, 一直保持到 2020 年。整体呈现“起点低、有波动、后发有优势”的发展特点。这说明在研究期初期, 黄河流域中下游地区各省、自治区相对落后, 农业水资

源、农村生态与农村经济均处于建设的初级阶段, 对于农村供水用水管理的建设规划甚少, 系统的整体开发与需求也处于较低水平; 2010 年后, 系统耦合协调水平整体提升, 但是受黄河流域地域资源限制与黄河流域中下游地区生态发展与经济发展之间的制衡, 发展的质量与速度有限, 这一结论与赵良仕^[17]等的研究相似。总之, 黄河流域中下游地区农村供水用水管理系统总体跨入了良好协调范围。

从图 2 可以看出, 黄河流域中下游地区农村供水用水管理系统的耦合协调度 (以下简称“D 值”) 在 2000—2020 年期间有所波动, 在研究期初期 D 值较低, 从 2004 年开始大幅上升, 到 2009 年后 D 值随时间的变化波动逐渐变小, 从 2010 年后趋于平稳, 在 2018 年有所攀升; 出现这种现象的主要原因是从 21 世纪起, 在黄河流域中下游地区大多数省、自治区为水资源发展滞后性的大背景下, 既包括因自然条件较差导致水资源缺少的中西部省份, 如山西、内蒙古、陕西, 也包括由于经济发展过多消耗水资源的东部地区山东以及因生态环境保护不足和资源节约利用能力较差, 为生态环境滞后型的河南, 黄河流域中下游地区日益紧张的水资源供求矛盾对农村供水用水管理系统造成压力, 农村供水用水规划管理的重要性开始显现, 中央及有关部门将视线由经济优先发展逐步转变为生态优先发展, 即从相对发展的角度看, 2004—2010 年黄河流域中下游地区乡村社会经济发展水平同步于生态环境质量, 系统呈现出良好的协调发展势头。而在 2010 年后, 波动逐渐减少, 主要原因是在 2010 年, 黄河水利委员会提出实施最严格的流域管理制度, 严格监察黄河流域及周边省水土保持建设进展, 农村生态子系统耦合协调度在 2010 年后趋于稳定, 且在 2011 年后黄河流域各省的乡村振兴发展水平提高, 对于农村供水用水管理的规章制度也相继涌出, 随着经济的进一步发展与生态环境的保护与治理, 农业生态质量得到改善, 3 个子系统耦合协调度趋于平稳。在 2014 年, 中央对水利工作的重视正式落实, 以“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的新思路集中建设重大水利工程, 解决农村人口的饮水安全问题, 把水利作为加快农业现代化的重要支撑, 加强生态与经济建设齐头并进。从 2016—2020 年, 黄河流域中下游地区山西省、河南省、陕西省、山东省、内蒙古自治区陆续提出一系列农村供水用水管理制度, 分别有《内蒙古自治区农村牧区饮用水供水条例》、《山西省农村饮水安全工程建设管理办法》、《关于征求〈河南省农村供水管理办法〉(草案)》、《关于做好农村供水保障工作的指导意见》、《陕西省“十四五”农村供水保障规划》等, 细化农村供水用水管理, 落实运行与管理, 故在研究期后期

农村供水用水管理系统耦合协调度提升。

以2020年农村生态-农业水资源-农村经济系统耦合协调度值为基准,运用ARIMA预测模型向后设置4期预测,为期4a,如图2所示。由图2可以看出,向后1期D值稍有回落,但向后2期、3期、4期、5期D值都稳定增加,直到2024年系统达到优质协调,因此需保持经济、资源与生态协同发展的理念,以经济与资源作生态可持续发展的支撑,方能保证农村供水用水管理系统的耦合协调发展。

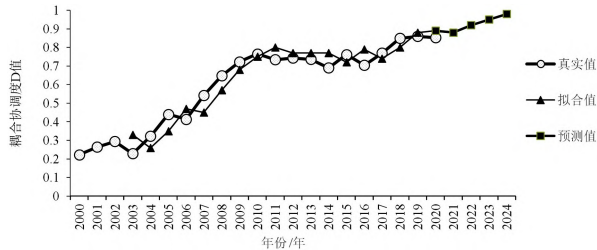


图2 耦合协调度D值模型拟合和预测

3 结论与对策建议

本文针对黄河流域中下游地区5个省份开展了农村生态-农业水资源-农村经济系统的耦合协调研究,分析评价了2000—2020年各省及自治区的农村供水用水管理规划与发展,对农村生态-农业水资源-农村经济系统耦合协调度进行预测。主要结论如下。

从时间上看,2000—2020年黄河流域中下游地区农村供水用水管理耦合协调度总体呈上升趋势,且上升速率不低,各耦合协调等级由2000年中度失调提升到2020年的良好协调,耦合协调等级整体上不低。

研究后期即2014—2020年耦合协调等级高,但仍有持续的波动情况,各子系统具有明显的不均衡发展特征。

对黄河流域中下游地区进行耦合协调度为期4a的预测,预测结果良好,但整体上要从良好协调提高到优质协调、在未来几年保持良好状态并波动不大,仍有很大的距离,应持续保持经济、资源与生态协同发展的理念。主要建议如下。

坚持“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的治水思路,坚持“四水四定”(以水定城、以水定地、以水定人、以水定产),把水资源作为最大刚性约束,加强农村供水用水管理,规范农村供水用水安全,为黄河流域中下游地区经济社会高质量发展提供坚强的水安全保障。

在短期内,黄河流域中下游地区应坚持实施“生态环境在前,经济发展并进”、“优先生态建设”的

发展理念,坚持把“环境优先”作为黄河流域中下游地区农村供水用水管理的优先战略。加强农村供水用水管理,规范农村供水用水活动,保障农村供水用水安全,维护供水单位和用户合法权益,改善农村生态环境,控制农村环境污染,保障农村用水质量和农业的可持续利用,推进生态文明建设。

参考文献

- [1] 代新年. 中国水资源利用与水环境保护探析 [J]. 现代农业科技, 2020 (07): 174.
- [2] 戚瀚月. 干旱地区水资源高效利用与农艺节水策略 [J]. 现代农业科技, 2020 (15): 173, 175.
- [3] 夏远平, 江波, 洪江, 等. 我国水资源研究现状及评价方法进展 [J]. 南方农机, 2018, 49 (17): 11, 27.
- [4] 陈歆夏. 现代农村水污染的特征与防治对策 [J]. 现代农业科技, 2008 (05): 221-222.
- [5] 柳江, 李志花. 黄河流域区域韧性经济韧性研究 [J]. 开发研究, 2022 (03): 11-22, 2.
- [6] 文翠玲. 加强农村供水管理保障农村用水安全 [J]. 智慧农业导刊, 2021, 1 (22): 114-116.
- [7] 宋先鋒. 加强农村供水管理的对策分析 [J]. 农业开发与装备, 2020 (07): 149, 151.
- [8] 山西省农村供水管理专项提升三年行动方案 [J]. 山西水利, 2021 (11): 49-52.
- [9] 王丽芹. 山东省临沂市农村供水管理体制改革的探索和实践 [J]. 水利发展研究, 2020, 20 (09): 36-39.
- [10] 山东省农村公共供水管理办法 [J]. 山东政报, 2009 (13): 6-9.
- [11] 彭俊杰. 黄河流域“水-能源-粮食”纽带系统的生成机制、价值体现与路径重塑 [J]. 当代经济管理, 2021, 43 (08): 76-81.
- [12] 崔环坤, 杨晓峰, 吴立睿. 黄河经济带乡村-经济-环境耦合协调度时空演化研究 [J]. 水利科技与经济, 2022, 28 (04): 68-71.
- [13] 高志远, 程柳, 张小红. 黄河流域经济发展-生态环境-水资源耦合协调水平评价 [J]. 统计与决策, 2022, 38 (09): 123-127.
- [14] 姜磊, 柏玲, 吴玉鸣. 中国省域经济、资源与环境协调分析——兼论三系统耦合公式及其扩展形式 [J]. 自然资源学报, 2017, 32 (05): 788-799.
- [15] 邓鹏, 陈菁, 陈丹, 等. 区域水-能源-粮食耦合协调演化特征研究——以江苏省为例 [J]. 水资源与水工程学报, 2017, 28 (06): 232-238.
- [16] 周露明, 谢兴华, 朱珍德. 水-能源-粮食纽带关系耦合模拟模型及案例研究 [J]. 中国农村水利水电, 2020 (10): 1-6.
- [17] 赵良仕, 刘思佳. 黄河流域地级市水-能源-粮食系统耦合及空间关联研究 [J]. 水资源与水工程学报, 2022, 33 (04): 14-23.

(责任编辑 贾灿)