

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2025.01.028

张宸熙, 李慧玲, 陈高科, 等. 中国粮食生产效率及动态演进研究——改革开放以来的实证分析[J]. 粮油食品科技, 2025, 33(1): 254-262.

ZHANG C X, LI H L, CHEN G K, et al. Research on the efficiency and dynamic evolution of grain production in China——Empirical analysis since the reform and opening up[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2025, 33(1): 254-262.

中国粮食生产效率及动态演进研究

——改革开放以来的实证分析

张宸熙¹, 李慧玲¹, 陈高科¹, 奥布力·塔力普^{1,2}✉

(1. 新疆师范大学 商学院, 新疆 乌鲁木齐 830017;

2. 丝绸之路经济带核心区产业高质量发展研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830017)

摘要: 中国作为人口大国既要追求粮食总产量的上升, 又要追求粮食生产投入要素合理化, 如何提高粮食生产效率成为备受关注的问题。基于 1978—2022 年省级面板数据, 利用粮食贡献率模型测算了各省份小麦、玉米、稻谷和豆类对全国粮食贡献程度, 分析了粮食作物在全国的空间分布, 运用 BCC、CCR 和 Malmquist 指数模型, 对中国粮食生产效率和全要素生产率进行测度, 并运用核密度图分析了自改革开放以来粮食生产效率的动态演进趋势。实证结果表明: (1) 中国 3 种主要粮食作物呈“V”型分布, 稻谷对全国粮食作物贡献率最高 (37.72%); (2) 中国粮食生产效率可分为三个阶段, 1978—1998 年我国粮食处于高效率生产阶段, 1998—2003 年为非规模生产导致的生产效率下降阶段, 2003—2022 年纯技术效率和规模效率共同推动粮食生产效率提高; (3) 中国粮食全要素生产率在研究区间内略有下降, 技术进步对于推动粮食全要素生产率增长起到了重要作用。依据各地区粮食生产效率的不同提出了相应建议, 以推动粮食生产效率提高, 保障国家粮食安全。

关键词: 粮食生产效率; 贡献率; Malmquist 指数; 核密度

中图分类号: F327 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2025)01-0254-09

网络首发时间: 2024-12-27 15:32:55

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20241226.0954.002>

收稿日期: 2024-05-27; 修回日期: 2024-06-16; 录用日期: 2024-06-17

基金项目: 国家社科基金项目-“新疆特色优势产业发展与优化布局研究”(22XJY037); 新疆维吾尔自治区大学生创新创业项目-“新疆小麦产业经济发展及提升路径分析-基于与河南省的对比分析”(S202310762007); 新疆维吾尔自治区自然科学基金面上项目-“产业集群视角下新疆粮食产业链增值路径研究”(2023D01A50); 新疆师范大学智库项目-“新疆喀什地区农村少数民族富余劳动力转移就业质量调查研究”(ZK202328C)

Supported by: Philosophy and Social Science Foundation of China “Research on the Development and Optimal Layout of Xinjiang’s Distinctive Advantage Industries” (No. 22XJY037); College Student Innovation and Entrepreneurship Project “Analysis of Economic Development and Enhancement Paths in the Xinjiang Wheat Industry: A Comparative Study with Henan Province” (No. S202310762007); General Research Program of Xinjiang Uyghur Autonomous Region “Research on the Value-Added Path of Xinjiang’s Grain Industry Chain from the Perspective of Industrial Clusters” (No. 2023D01A50); Intellectual Think Tank Project of Xinjiang Normal University “A Survey and Research on the Quality of Employment Transfer for Rural Surplus Minority Labor Force in Kashi Region, Xinjiang” (No. ZK202328C)

第一作者: 张宸熙, 男, 2003 年出生, 在读本科生, 研究方向为产业经济学, E-mail: 2281772232@qq.com**通信作者:** 奥布力·塔力普, 男, 1981 年出生, 博士, 副教授, 研究方向为产业经济学和空间经济学, E-mail: 846825572@qq.com

Research on the Efficiency and Dynamic Evolution of Grain Production in China —Empirical Analysis since the Reform and Opening Up

ZHANG Chen-xi¹, LI Hui-ling¹, CHEN Gao-ke¹, Ao Buli·Talipu^{1,2}✉

(1. College of the Business, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830017, China;

2. Research Center for High Quality Industrial Development in the Core Area of the Silk Road Economic Belt, Urumqi, Xinjiang 830017, China)

Abstract: As a populous country, China needs to balance increasing total grain production with rationalizing input factors. How to improve grain production efficiency has become a highly concerned issue. This study uses provincial panel data (1978–2022) and a grain contribution rate model to calculate the provincial contributions of wheat, corn, rice, and legumes to national grain production. This paper analyzes the spatial distribution of grain crops in China, measures China's grain production efficiency and total factor productivity by using BCC, CCR and Malmquist index models, and analyzes the dynamic evolution trend of grain production efficiency since the reform and opening up by using nuclear density map. The empirical results show that: (1) Rice has the highest contribution rate to national grain crops (37.72%), with the three main grain crops in China distributed in a "V" shape. The middle and lower reaches of the Yangtze River and the Yellow-Huaihai Plain have the highest contributions to national grain production; (2) Grain production efficiency in China can be divided into three stages: a high-efficiency phase (1978–1998), a decline in efficiency due to a lack of scale efficiency (1998–2003), and an improvement phase (2003–2022), driven by pure technical and scale efficiency; (3) China's total factor productivity of grain showed a slight decline over the study period, with technological progress being a key driver of TFP growth. To enhance grain production efficiency and ensure national food security, this study proposes region-specific suggestions tailored to variations in production efficiency.

Key words: grain production efficiency; contribution rate; Malmquist index; kernel density

受地缘冲突、极端气候、贸易保护主义日益盛行等因素影响，全球粮食市场不稳定性显著增强^[1]。中国自 2004 年走出粮食减产的徘徊局面并实现恢复性生产以来，产量不断提高，但与此同时，粮食安全形势也发生了深刻变化，根据表观消费量计算，中国的粮食自给率从 2002 年的 100.21% 下降至 2021 年的 80.90%^[2]。而粮食自给率下降的根源在于本国粮食生产效率的增速无法适配粮食需求的增速。对中国粮食生产效率与地区差异进行测算和分析，有助于科学认识中国粮食生产的现状、制定精准有效的政策措施和推动全国粮食生产效率的提升和结构的优化，对于实现我国粮食安全和乡村振兴的宏伟目标具有重要的理论和实践意义。

目前国内外学者对粮食生产已有广泛研究，如何提高粮食生产效率也成为当今研究的热点问题。在研究内容上，主要涉及粮食生产效率测算^[3]、

区域差异^[4]、动态演进^[5]、影响因素^[6]、空间自相关^[7]等。目前学术界在测算粮食生产效率时主要使用数据包络方法 (Data envelopment analysis, DEA) 和随机前沿方法 (Stochastic frontier analysis, SFA)。例如，陈振等^[8]将灰色 GM (1,1) 与 DEA-Malmquist 模型结合，测算了全国 31 个省份的粮食生产效率和全要素生产率；杨皓天等^[9]运用随机前沿生产函数对 2013 年内蒙粮食生产及技术效率进行分析。基于粮食生产效率测算研究，越来越多的学者开始关注影响粮食生产效率的因素及区域之间的互动联系。张启楠等^[10]运用 DEA 和 Tobit 模型测算 2006—2016 年全国粮食生产效率及影响因素，发现有效灌溉面积和化肥施用量有利于提高粮食生产效率；罗光强等^[11]运用 Malmquist 和 GMM-DIFF 模型测算了我国粮食生产效率，发现我国粮食生产效率差异明显，但其总体呈现持续增长态势。

综上所述，对于粮食生产效率的研究，国内外学者均有不同程度的收获，因此本文将在已有研究的基础上进行研究，将时间跨度从 1978 年延伸至 2022 年，运用 DEA 和 Malmquist 模型测算粮食生产效率和全要素生产率，并运用核密度图分析粮食生产效率时空动态演进。

1 研究方法 with 指标选取

1.1 C²R 模型的建立

假设有 n 个被评价对象（一般称为决策单元，DMU），C²R 线性规划模型表述如下：

$$\max \mu^T Y_0 \tag{1}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \omega^T X_j - \mu^T Y_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \\ \omega^T X_0 = 1 \\ \omega \geq \varepsilon e_i, \mu \geq \varepsilon e_0 \end{cases} \tag{2}$$

式中， X_j 和 Y_j 分别为第 j 个决策单元（DMU _{j} ）的投入和产出变量， ω^T 和 μ^T 分别表示投入和产出的权重，C²R 模型是在规模报酬不变的情况下，通过缩小被评价决策单元投入数据的方式实现自我效率的最大化。上述模型的对偶模型表述如下：

$$\min \theta_c \tag{3}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta_c X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \leq Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \end{cases} \tag{4}$$

式中， θ_c 为一个标量，代表在规模报酬不变的情况下的技术效率， θ_c 取值为 [0,1]，当 $\theta_c=1$ 时，代表被评价决策单元有效，当 $0 < \theta_c < 1$ 时，代表被评价决策单元为弱有效，当 $\theta_c=0$ 时，代表被评价决策单元为无效。

1.2 BC² 模型的建立

BC² 模型假定决策单元的规模收益是可变的，它的线性规划对偶模型表述如下：

$$\min \theta_v \tag{5}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta_v X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n, \theta \in E^1 \end{cases} \tag{6}$$

式中， θ_v 代表在规模报酬可变假设下的技术效率， θ_v 的取值在 0~1 之间，其它变量含义与 C²R 模型中相同。

1.3 Malmquist 模型

Malmquist 是一种动态效率分析方法，通过本期到下期生产率的变化，测算 Malmquist 全要素生产率指数。全要素生产率（Total factor productivity, TFP）通常被用来衡量生产效率。与其他方法相比，TFP 衡量的是技术进步对经济增长的贡献，而不受土地、资本、劳动力和其他传统因素的影响^[12]。

$$MI_{RD} = \left[\frac{D_C^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_C^t(x_0^t, y_0^t)} \right] \left[\frac{D_C^t(x_0^t, y_0^t)}{D_C^{t+1}(x_0^t, y_0^t)} \times \frac{D_C^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_C^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \right] \tag{7}$$

Malmquist 指数可分解为三部分，分别是技术变化（TECH）、纯技术效率变化（PECH）和规模效率变化（SECH）。

1.4 核密度估计

核密度估计（Kernel density estimation, KDE）是一种以核为权重进而估计随机变量的概率密度函数的非参数方法，即基于有限的样本推断整体，解决数据上的平滑问题。

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(x - x_i) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \tag{8}$$

式中， $\hat{f}_h(x)$ 为在任何给定点 x 下具有的未知密度， K 内核（一个非负函数）， x_i 为某个单变量分布中抽取的独立同分布样本， $h > 0$ 为带宽， K_h 为缩放内核。

1.5 指标选取和描述性分析

“粮食”狭义上单指谷物，广义上包括豆类和薯类^[13]。本文在粮食贡献率的分析方面，仅考虑小麦、稻谷、玉米、豆类 4 种主要粮食作物，在后续的生产效率等分析，则考虑全部粮食作物，包含谷物（稻谷、小麦、玉米、高粱、谷子、大麦、燕麦、黍等）、豆类和薯类。指标选取参考了张凡凡等^[14]、杨庆等^[15]和王金伟等^[16]的研究成果，由于统计年鉴中并没有单独的粮食数据，因此本文借鉴尚丽等^[17]和刘传明等^[18]的处理方法

对指标进行计算，如表 1 所示。

本文选择 1978—2022 年的粮食投入产出数据，数据均来源于《中国统计年鉴》^[19]和《新中国农业 60 年统计资料》^[20]，因数据的可获得性和保证数据处理的一致性，本文剔除海南省（1988 年建省）数据，将重庆市（1997 年设为直辖市）与四川省数据合并处理，因此本文的样本包含了重庆市和海南省之外的 29 个省份（直辖市、自治区）。为使达到数据的完整性和科学性，缺失数据均使用均值法进行填补，指标描述性统计结果如表 2 所示。

表 1 指标选取

Table 1 Selection of indicators

| 序号 | 准则层 | 指标层 | 指标说明 |
|----|----------|-------------|---|
| 1 | 土地投入 | 粮食播种面积 | 粮食播种面积（单位：千 ha） |
| 2 | 劳动力投入 | 粮食生产劳动力数量 | 粮食生产劳动力数量=农林牧渔从业人员 $\times\alpha\times\beta$ （单位：万人） |
| 3 | 投入 化肥投入 | 粮食生产化肥投入 | 粮食生产化肥投入=（氮肥折纯量+磷肥折纯量+钾肥折纯量+复合肥折纯量） $\times\alpha$ （单位：万 t） |
| 4 | 机械动力投入 | 粮食生产机械总动力投入 | 农业机械总动力 $\times\alpha$ （单位：万 kW） |
| 5 | 灌溉投入 | 有效灌溉面积 | 有效灌溉面积 $\times\alpha$ （单位：千 ha） |
| 6 | 产出 粮食总产量 | 粮食总产量 | 粮食产量（单位：万 t） |

注： α =粮食播种面积/农作物播种面积； β =农业总产值/农林牧渔总产值。

Note: α =Grain sowing area/Total crop sowing area; β =Total agricultural output value/Total output value of agriculture, forestry, animal husbandry, and fishery.

表 2 描述性统计

Table 2 Descriptive statistics

| | 观测值 | 平均数 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|----------------------|-------|----------|----------|-------|-----------|
| 粮食总产量（单位：万 t） | 1 305 | 1 694.39 | 1 425.46 | 28.80 | 7 867.70 |
| 粮食播种面积（单位：千 ha） | 1 305 | 3 837.27 | 2 823.93 | 46.52 | 14 683.23 |
| 粮食生产劳动力数量（单位：万人） | 1 305 | 429.84 | 401.91 | 5.23 | 3 103.08 |
| 粮食生产化肥投入（单位：万 t） | 1 305 | 92.06 | 86.45 | 0.10 | 538.32 |
| 粮食生产机械总动力投入（单位：万 kW） | 1 305 | 1 410.44 | 1 676.81 | 16.24 | 9 072.89 |
| 有效灌溉面积（单位：千 ha） | 1 305 | 1 260.87 | 994.51 | 54.45 | 4 119.86 |

改革开放以来，广东、福建、浙江、江苏等传统主产区以发展经济为导向，加快土地“非农化”，农业“非粮化”，粮食产量急剧下降，例如 1978—2022 年我国粮食总产量均值为 1 694.39 万 t，最小值为 2019 年北京粮食产量 20.80 万 t，最大值为 2021 年黑龙江产量 7 867.70 万 t。因此为确保研究合理性、科学性，本文按我国 2003—2004 年确立的粮食生产布局将 29 个省份划分为主产区、主销区和产销平衡区。

2 实证分析

2.1 粮食贡献率分析

我国粮食产量从 1978 年 30 476.5 万 t 提升到 2022 年 68 652.8 万 t，增长 125.26%。稻谷、小麦、玉米和豆类 2022 年产量分别为 20 849.5、13 772.3、27 720.3、2 351 万 t，分别增长 52.26%、155.80%、395.49%、210.77%。进一步分析我国粮食作物贡献率，参考焦艳平等^[21]的方法，从全国各省份（自治区、直辖市）来看（表 3），我国粮食 1978—2022

年处于增产的有 24 个省份，处于减产的有 5 个省份（北京、上海、浙江、福建、广东），其中内蒙古从 1978 年 150 万 t 增长到 2022 年 3 900.6 万 t，增产幅度达 2 067%；从逐增情况来看，粮食产量增长的年份比减少的年份多，有 16 个省

份逐增情况达到 30 增以上，除上海和浙江以外其余省份都达到 20 增以上；从主要粮食作物贡献率来看，稻谷贡献率最高（37.72%），其次为玉米（26.53%）、小麦（20.52%），贡献率最低的为豆类（2.87%）。

表 3 全国粮食增产幅度状况
 Table 3 National grain yield increase status

| | 增产幅度/% | 逐增情况 | 稻谷平均贡献率/% | 小麦平均贡献率/% | 玉米贡献率/% | 豆类贡献率/% | 主要贡献品种 | |
|-------|--------|-------|-----------|-----------|---------|---------|--------|------|
| 主产区 | 内蒙古 | 2 067 | 32 增 12 减 | 0.09 | 0.36 | 1.88 | 0.18 | 玉米 |
| | 黑龙江 | 418 | 33 增 11 减 | 1.99 | 0.46 | 3.00 | 0.75 | 玉米 |
| | 吉林 | 286 | 29 增 15 减 | 0.74 | 0.02 | 3.31 | 0.13 | 玉米 |
| | 河南 | 257 | 34 增 10 减 | 0.66 | 4.56 | 2.29 | 0.13 | 小麦 |
| | 安徽 | 177 | 32 增 12 减 | 2.58 | 1.75 | 0.50 | 0.14 | 稻谷 |
| | 山东 | 146 | 34 增 10 减 | 0.18 | 3.62 | 3.03 | 0.10 | 小麦 |
| | 河北 | 139 | 30 增 14 减 | 0.14 | 2.10 | 2.33 | 0.07 | 玉米 |
| | 辽宁 | 111 | 31 增 13 减 | 0.76 | 0.04 | 2.00 | 0.05 | 玉米 |
| | 江西 | 105 | 30 增 14 减 | 3.32 | 0.01 | 0.01 | 0.04 | 稻谷 |
| | 江苏 | 65 | 30 增 14 减 | 3.55 | 1.85 | 0.47 | 0.11 | 稻谷 |
| | 湖北 | 59 | 29 增 15 减 | 3.27 | 0.70 | 0.37 | 0.07 | 稻谷 |
| | 湖南 | 59 | 34 增 10 减 | 4.95 | 0.04 | 0.19 | 0.06 | 稻谷 |
| | 四川 | 17 | 31 增 13 减 | 3.55 | 1.08 | 1.36 | 0.14 | 稻谷 |
| | 主销区 | 北京 | -76 | 22 增 22 减 | 0.03 | 0.11 | 0.18 | 0.00 |
| 天津 | | 119 | 32 增 12 减 | 0.05 | 0.11 | 0.15 | 0.01 | 玉米 |
| 广东 | | -21 | 26 增 18 减 | 2.87 | 0.02 | 0.08 | 0.03 | 稻谷 |
| 福建 | | -30 | 26 增 18 减 | 1.28 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 稻谷 |
| 浙江 | | -55 | 18 增 26 减 | 2.09 | 0.12 | 0.04 | 0.04 | 稻谷 |
| 上海 | | -63 | 19 增 25 减 | 0.28 | 0.04 | 0.01 | 0.00 | 稻谷 |
| 产销平衡区 | 新疆 | 384 | 36 增 8 减 | 0.09 | 0.84 | 0.71 | 0.02 | 小麦 |
| | 宁夏 | 218 | 27 增 17 减 | 0.11 | 0.13 | 0.19 | 0.01 | 玉米 |
| | 甘肃 | 158 | 32 增 12 减 | 0.01 | 0.61 | 0.49 | 0.05 | 小麦 |
| | 云南 | 127 | 37 增 7 减 | 1.09 | 0.20 | 0.92 | 0.12 | 稻谷 |
| | 山西 | 117 | 27 增 17 减 | 0.01 | 0.51 | 1.00 | 0.22 | 玉米 |
| | 西藏 | 112 | 27 增 17 减 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 小麦 |
| | 贵州 | 73 | 30 增 14 减 | 0.82 | 0.12 | 0.55 | 0.04 | 稻谷 |
| | 陕西 | 62 | 27 增 17 减 | 0.18 | 0.85 | 0.83 | 0.05 | 小麦 |
| | 广西 | 50 | 25 增 19 减 | 2.32 | 0.00 | 0.34 | 0.04 | 稻谷 |
| | 青海 | 19 | 28 增 16 减 | 0.00 | 0.11 | 0.01 | 0.01 | 小麦 |

根据《中国综合农业区划》中确定的九大一级农业区，将全国 29 个省份（自治区、直辖市）分为九大农业区，发现我国呈 3 种粮食作物分区“V”型分布，东北和北部地区主要贡献品种为玉米，南部地区主要贡献品种为稻谷，西部地区和中部地区主要贡献品种为小麦。北方干旱半干旱区、黄土高原区和黄淮海平原区粮食贡献品种

均为“对半式”分布，即一半主要贡献作物为小麦，另一半为玉米。四川盆地、长江中下游地区、云贵高原区和华南区主要贡献作物为稻谷。

2.2 粮食生产效率和全要素生产率测算

运用 BCC、CCR 模型，对我国 1978—2022 年粮食生产效率进行测算，得出综合技术效率、纯技术效率和规模效率，如图 1 所示。我国粮食

生产效率可分为三个阶段。

第一阶段：1978—1998 年，我国粮食生产效率呈现出不稳定趋势，但整体在 0.9~1 之间浮动，1982、1986 年，我国开始分别实行家庭联产承包责任制和农村土地集体所有制，这些制度大大提高了原本捆绑在“大锅饭”上的农民生产效率，但由于科技水平有限，粮食生产效率还未达到完全有效。

第二阶段：1998—2003 年，我国粮食生产效率整体呈现下降趋势，综合技术效率和规模效率变化趋势一致，说明规模效率是导致粮食生产效率下降的主要原因。20 世纪 90 年代我国开始实施专门省级粮食安全责任制度，1995 年进一步提高粮食收购价格，将地方粮食储备作为财政重点支持方向，1998 年通过建立农业发展基金，实施财政贴息政策^[22]。以上政策积极推动了粮食生产，1998 年我国粮食产量再创新高，达到 5.123 亿 t，人均粮食占有量达 410.62 kg^[23]。与此同时，粮食滞销的苗头显现，市场粮价开始下降，具体表现在粮食生产条件禀赋方面即粮食播种面积快速下降和人均财政支农支出减少^[24]，我国粮食供给进入减产阶段。2001 年我国加入世贸组织，粮食生产效率略有提升，2002 年粮食产量微增 0.98 个百分点，但 2003 年由于自然灾害原因导致我国粮食产量骤然下降^[25]，2003 年粮食产量下降 5.77 个百分点，导致生产效率下降。

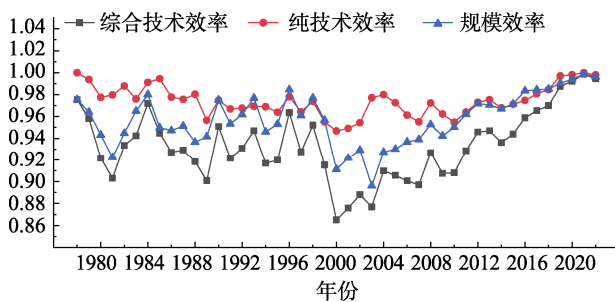


图 1 1978—2022 年全国粮食生产效率

Fig.1 National grain production efficiency from 1978 to 2022

第三阶段：2003—2022 年，我国粮食生产效率呈现增长趋势，纯技术效率和规模效率同步提高促进粮食生产效率增长。2020—2022 年我国粮食生产效率均为 0.99 以上，且在 2021 年我国粮食纯技术效率达到完全有效。

运用 Malmquist 模型测算我国全要素生产率，结果如表 4 所示，1978—2022 年我国粮食全要素生产率略有下降 (0.997)，其中规模效率变化指数为 (0.994)、技术进步变化指数为 (1.002)。进一步分析，全要素生产率处于增长的省份有 16 个，其中主产区 8 个、主销区 5 个、产销平衡区 3 个。粮食主产区整体处于增长趋势，其中河北增长幅度最大 (1.032)，下降幅度最大的为江西 (0.967)，河南、山东和河北虽全要素生产率呈现增长态势，但粮食生产效率在研究段内却大幅变动，归结原因可能为其主要粮食作物冬小麦易受自然环境影响 (旱、涝、碱和风沙等自然灾害)，造成其技术效率有效，规模效率处于无效状态。

粮食主销区中全要素生产率整体处于增长趋势，但除技术进步指数外，其余指数均有所下降，说明技术进步对推动粮食全要素生产率发展起到了重要作用，因此提高粮食全要素生产率应进一步推动技术进步和技术创新，提高生产集约边际，实现规模经济，提高产出水平，降低生产成本。产销平衡区中粮食全要素生产率呈下降趋势，其中山西 (1.018)、新疆 (1.008) 和青海 (1.008) 均呈增长态势，西藏 (0.921) 呈下降趋势。

2.3 全国粮食生产效率的时间动态演进

为更加形象展示我国粮食生产效率空间分布、延展性、分布演化和极化趋势，本文将粮食综合生产效率的三维动态 Kernel 核密度图绘制如图 2 所示。由图 2 可知，我国粮食生产技术效率可分为三个阶段。

第一阶段：1978—1997 年，粮食生产效率的分布重心整体靠右，有左拖尾的现象，有三年出现了陡峭的单峰，说明我国粮食生产效率呈现高效率的趋势，并且各省份之间生产效率离散程度较低。

第二阶段：1998—2012 年，我国粮食生产效率并未出现极化趋势，波峰高度持续降低，总体上向左移动且形态由陡峭变为扁平，说明在现阶段我国粮食生产效率呈下降趋势且离散程度较大。

第三阶段：2013—2022 年，核密度曲线波峰高度不断提高，但并不陡峭，且出现左拖尾现象，说明我国粮食生产效率整体较高，但也有效率较低的省份，在这段时期尚未出现明显的极化趋势。

表 4 1978—2022 年我国粮食全要素生产率及分解指数
Table 4 Total factor productivity and decomposition indices of grain in China from 1978 to 2022

| | 综合技术效率 变化指数 | | 技术进步 变化指数 | | 纯技术效率 变化指数 | | 规模效率 变化指数 | | 全要素生产率 变化指数 | | |
|-------|----------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|----|
| | 指数值 | 排名 | 指数值 | 排名 | 指数值 | 排名 | 指数值 | 排名 | 指数值 | 排名 | |
| 主产区 | 河北 | 0.996 | 5 | 1.036 | 1 | 1.009 | 2 | 0.987 | 11 | 1.032 | 1 |
| | 内蒙古 | 1.014 | 1 | 1.014 | 6 | 1.014 | 1 | 0.999 | 3 | 1.029 | 2 |
| | 山东 | 0.992 | 11 | 1.035 | 2 | 1.005 | 3 | 0.987 | 12 | 1.027 | 3 |
| | 黑龙江 | 1.000 | 2 | 1.026 | 4 | 1.000 | 6 | 1.000 | 1 | 1.026 | 4 |
| | 辽宁 | 0.996 | 6 | 1.026 | 5 | 1.002 | 5 | 0.994 | 6 | 1.022 | 5 |
| | 江苏 | 0.993 | 9 | 1.029 | 3 | 1.000 | 7 | 0.993 | 8 | 1.021 | 6 |
| | 吉林 | 1.000 | 3 | 1.013 | 7 | 1.000 | 8 | 1.000 | 2 | 1.013 | 7 |
| | 河南 | 0.997 | 4 | 1.010 | 8 | 1.004 | 4 | 0.993 | 9 | 1.007 | 8 |
| | 安徽 | 0.992 | 10 | 0.991 | 10 | 1.000 | 9 | 0.992 | 10 | 0.983 | 9 |
| | 湖南 | 0.987 | 13 | 0.995 | 9 | 1.000 | 10 | 0.987 | 13 | 0.982 | 10 |
| | 湖北 | 0.991 | 12 | 0.987 | 12 | 0.997 | 13 | 0.994 | 7 | 0.978 | 11 |
| | 四川 | 0.994 | 8 | 0.979 | 11 | 0.998 | 12 | 0.996 | 4 | 0.972 | 12 |
| | 江西 | 0.995 | 7 | 0.972 | 13 | 0.999 | 11 | 0.996 | 5 | 0.967 | 13 |
| | Mean | 0.996 | | 1.009 | | 1.002 | | 0.994 | | 1.005 | |
| 主销区 | 天津 | 1.005 | 1 | 1.029 | 2 | 1.007 | 1 | 0.997 | 3 | 1.033 | 1 |
| | 浙江 | 0.985 | 6 | 1.034 | 1 | 0.990 | 5 | 0.995 | 5 | 1.018 | 2 |
| | 上海 | 1.000 | 2 | 1.008 | 4 | 1.000 | 3 | 1.000 | 1 | 1.008 | 3 |
| | 北京 | 0.989 | 4 | 1.015 | 3 | 1.004 | 2 | 0.984 | 6 | 1.004 | 4 |
| | 广东 | 0.996 | 3 | 1.005 | 5 | 0.999 | 4 | 0.997 | 4 | 1.001 | 5 |
| | 福建 | 0.988 | 5 | 1.005 | 6 | 0.989 | 6 | 0.998 | 2 | 0.992 | 6 |
| | Mean | 0.994 | | 1.016 | | 0.998 | | 0.995 | | 1.009 | |
| 产销平衡区 | 山西 | 1.005 | 2 | 1.013 | 2 | 1.008 | 1 | 0.998 | 3 | 1.018 | 1 |
| | 新疆 | 1.007 | 1 | 1.002 | 4 | 1.005 | 2 | 1.001 | 1 | 1.008 | 2 |
| | 青海 | 1.000 | 4 | 1.007 | 3 | 1.000 | 6 | 1.000 | 2 | 1.007 | 3 |
| | 宁夏 | 0.978 | 10 | 1.018 | 1 | 1.001 | 4 | 0.977 | 10 | 0.996 | 4 |
| | 云南 | 1.001 | 3 | 0.980 | 7 | 1.003 | 3 | 0.998 | 4 | 0.981 | 5 |
| | 陕西 | 0.996 | 6 | 0.982 | 5 | 0.998 | 8 | 0.998 | 5 | 0.978 | 6 |
| | 广西 | 0.994 | 7 | 0.981 | 6 | 0.998 | 9 | 0.996 | 7 | 0.975 | 7 |
| | 甘肃 | 0.998 | 5 | 0.975 | 8 | 1.001 | 5 | 0.997 | 6 | 0.973 | 8 |
| | 贵州 | 0.985 | 9 | 0.967 | 9 | 0.990 | 10 | 0.995 | 8 | 0.953 | 9 |
| | 西藏 | 0.986 | 8 | 0.934 | 10 | 1.000 | 7 | 0.986 | 9 | 0.921 | 10 |
| Mean | 0.995 | | 0.986 | | 1.000 | | 0.995 | | 0.981 | | |
| 均值 | 0.995 | | 1.002 | | 1.001 | | 0.994 | | 0.997 | | |

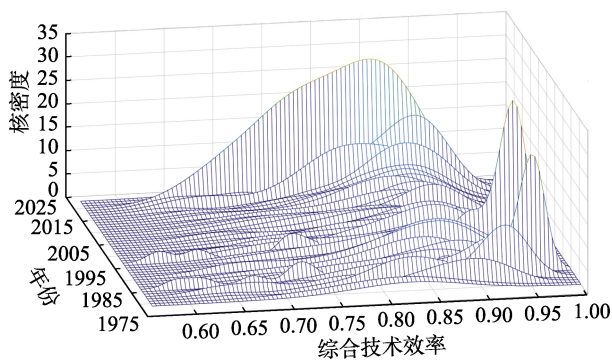


图 2 全国粮食生产综合技术效率的动态分布
Fig.2 Dynamic distribution of comprehensive technical efficiency in national grain production

3 结论

本文测算了 1978—2022 年省（自治区、直辖市）之间的粮食贡献率、粮食生产效率和全要素生产率，并运用核密度测算了全国粮食生产效率空间分布、延展性、分布演化和极化趋势，现得出以下结论：

（1）我国 3 种粮食作物（水稻、玉米、小麦）呈“V”型分布，稻谷对全国粮食作物贡献率最高（37.72%），其次为玉米（26.53%）、小麦（20.52%），贡献率最低的为豆类（2.87%）。

(2) 1978—2022 年我国粮食主产区和产销平衡区均处于增产状态,主产区增产幅度高于产销平衡区,说明我国粮食生产主要向粮食主产区集中。

(3) 我国粮食生产效率可分为三个阶段,第一阶段(1978—1998 年)为粮食高效率生产阶段;第二阶段(1998—2003 年)为非规模生产导致的生产效率下降阶段;第三阶段(2003—2022 年)为生产效率上升阶段,纯技术效率和规模效率同步提高促进粮食生产效率增长。

(4) 我国粮食全要素生产率在研究区间内略有下降(0.997),其中规模效率变化指数为(0.994)、技术进步变化指数为(1.002),技术进步对于推动粮食全要素生产率增长起到了重要作用。

4 建议

根据上述结论及中国粮食生产效率发展现状,本文现给出以下几点建议:


(1) 针对粮食主产区(江西、四川等)和粮食产销平衡区(贵州、甘肃等)技术进步变化指数小于 1 的省份,则需要以科技进步和创新推动粮食生产效率改善,例如推进农机装备智能化升级,将卫星遥感技术、云计算等技术应用于智能农机装备中,为自动化灌溉与除草、智能收获机注入新质生产力。

(2) 针对河南、河北和山东粮食生产效率变化幅度较大的现状,认为继续推动粮食规模生产,重点建设现代化粮食生产体系,积极引导农民参与现代农业产业链,如联合相关市场有偿性地集中承包闲散土地资源并雇用本地农民参与高品质粮食作物的生产、销售和加工过程。

(3) 结合各地不同的粮食生产结构及生产效率,依照自然规律,建议改善种植结构、种植和育种技术。要因地制宜发展优势粮食产业。例如在水稻种植区,推广优质水稻品种,培育市场形象良好的优质品牌;而在干旱半干旱地区,需要发展节水灌溉技术,并推广种植耐旱的粮食作物,如玉米、小麦等。进而推行多样化种植结构,采用轮作、间作等方式,在时空上使每亩耕地在每个适耕期都得到利用,最终提高粮食生产效率。

参考文献:

- [1] 谭砚文, 杨世龙. 风险叠加背景下我国粮食安全面临的挑战及对策[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2024, 23(2): 1-9.
TAN Y W, YANG S L. Impact and countermeasures against multiple risk stacking on China's food security[J]. Journal of South China Agricultural University(Social Sciences Edition), 2024, 23(2): 1-9.
- [2] 周琳, 普冀喆, 钟钰. 加入 WTO 后中国粮食进口特征、流向与逻辑分析[J]. 世界农业, 2023, (2): 70-81.
ZHOU L, PU Y Z, ZHONG Y. Characteristics, flow direction and logic of china's food import after China's accession to the WTO[J]. World Agriculture, 2023, (2): 70-81.
- [3] 朱丽莉, 钟钰. 我国粮食生产效率与区域差异的实证观察[J]. 统计与决策, 2015(17): 93-96.
ZHU L L, ZHONG Y. Empirical observation on the efficiency of grain production and regional differences in China[J]. Statistics & Decision, 2015(17): 93-96.
- [4] 庞英, 李树超, 周蕾, 等. 中国粮食生产资源配置效率及其区域差异——于动态 Malmquist 指数的经验[J]. 经济地理, 2008, (1): 113-117+162.
PANG Y, LI S C, ZHOU L, et al. Resource allocation efficiency of food production and its regional difference in China—empirical analysis of dynamic non-parametric malmquist index approach[J]. Economic Geography, 2008, (1): 113-117+162.
- [5] 王美知, 魏凤. 哈萨克斯坦粮食生产效率动态演进及区域差异[J]. 自然资源学报, 2021, 36(3): 594-605.
WANG M Z, WEI F. Dynamic evolution and regional differences of grain production efficiency in kazakhstan[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(3): 594-605.
- [6] 郭斯华, 季凯文. 江西水稻生产效率测算及其影响因素分析[J]. 江西财经大学学报, 2018, (2): 90-99.
GUO S H, JI K W. Measurement of rice production efficiency in jiangxi and analysis of its influencing factors[J]. Journal of Jiangxi University of Finance and Economics, 2018(2): 90-99.
- [7] 高鸣, 宋洪远. 粮食生产技术效率的空间收敛及功能区差异——兼论技术扩散的空间涟漪效应[J]. 管理世界, 2014, (7): 83-92.
GAO M, SONG H Y. The spatial convergence and functional zone differences of technical efficiency in grain production—also on the spatial ripple effect of technological diffusion[J]. Management World, 2014, (7): 83-92.
- [8] 陈振, 李佩华. 基于灰色 Malmquist-DEA 的中国粮食生产效率分析[J]. 数学的实践与认识, 2017, 47(15): 155-162.
CHEN Z, LI P H. Analysis of grain production efficiency in China based on grey Malmquist-DEA model[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2017, 47(15): 155-162.
- [9] 杨皓天, 刘秀梅, 句芳. 粮食生产效率的随机前沿函数分析——基于内蒙古微观农户层面 1 312 户调研数据[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(12): 82-88.

- YANG H T, LIU X M, JU F. Stochastic frontier function analysis on the grain production efficiency—Based on the research data of 1 312 farmers in Inner Mongolia[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(12): 82-88.
- [10] 张启楠, 张凡凡, 陈学军. 我国粮食主产区生产效率测算研究[J]. *价格理论与实践*, 2018, (9): 155-158.
- ZHANG Q N, ZHANG F F, CHEN X J. Research on calculation of production efficiency in main grain production areas in China[J]. *Price: Theory & Practice*, 2018, (9): 155-158.
- [11] 罗光强, 谭芳. 粮食生产效率的区域差异及其政策效应的异质性[J]. *农林经济管理学报*, 2020, 19(1): 34-43.
- LUO G Q, TAN F. regional differences in grain production efficiency and heterogeneity of policy effects[J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2020, 19(1): 34-43.
- [12] FAGERBERG J. Technology and international differences in growth rates[J]. *Journal of Economic Literature*, 1994, 32(3): 1147-1175.
- [13] 邹凤羽. 粮食经济地理[M]. 北京: 中国财富出版社(原中国物资出版社), 2011.
- ZOU F Y. Grain economic geography[M]. Beijing: China Fortune Publishing House(formerly China Materials Publishing House), 2011.
- [14] 张凡凡, 张启楠, 李福夺, 等. 基于三阶段 DEA-Windows 的主产区粮食生产效率评价[J]. *中国农业资源与区划*, 2019, 40(5): 158-165+194.
- ZHANG F F, ZHANG Q N, LI F D, et al. Evaluation of grain production efficiency in the main production area based on the three stage DEA-WINDOWS[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(5): 158-165+194.
- [15] 杨庆, 蒋旭东, 闪辉, 等. 长江三角洲地区农产品主产区粮食生产效率研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2019, 40(8): 141-148.
- YANG Q, JIANG X D, SHAN H, et al. Study on grain production efficiency in development-restricted area (Agriculture-Related Areas) of the Yangtze river delta region[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(8): 141-148.
- [16] 王金伟, 孙洁, 雷婷, 等. 中国粮食生产效率与旅游发展的耦合机制及时空分异[J]. *自然资源学报*, 2022, 37(10): 2651-2671.
- WANG J W, SUN J, LEI T, et al. Coupling mechanism and spatiotemporal differentiation between grain production efficiency and tourism development in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(10): 2651-2671.
- [17] 尚丽. 基于 DEA 模型的陕西省粮食生产效率评价及影响因素研究[J]. *东北农业科学*, 2018, 43(5): 47-54.
- SHANG L. Studies on evaluation of grain production efficiency and influencing factors in Shaanxi Province based on DEA model[J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2018, 43(5): 47-54.
- [18] 刘传明, 范观宇, 毛广雄, 等. 近 20 年淮河生态经济带粮食生产效率时空变化与影响因素[J]. *自然资源学报*, 2023, 38(3): 707-720.
- LIU C M, FAN G Y, MAO G X, et al. Spatio-temporal variation and influencing factors of grain production efficiency in Huaihe Eco-Economic Belt recent 20 years[J]. *Journal of Natural Resources*, 2023, 38(3): 707-720.
- [19] 国家统计局(编). 《中国统计年鉴》[M]. 北京: 中国统计出版社: 1978~2022 年, 历年.
- National Bureau of Statistics (compiler). *China Statistical Yearbook*[M]. Beijing: China Statistics Press, from 1978 to 2022, annually.
- [20] 中华人民共和国农业部(编). 《新中国农业 60 年统计资料》[M]. 北京: 中国农业出版社: 1978~2008 年, 历年.
- Ministry of Agriculture of the People's Republic of China (compiler). *Statistical Data on Agriculture in New China Over 60 Years*[M]. Beijing: China Agriculture Press, spanning annual data from 1978 to 2008.
- [21] 焦艳平, 陈阜, 唐衡, 等. 我国主要农作区粮食产量贡献率分析[J]. *作物杂志*, 2006, (1): 17-20.
- JIAO Y P, CHEN F, TANG H, et al. Analysis of the contribution rate of grain yield in major agricultural areas in China[J]. *Journal of Crops*, 2006, (1): 17-20.
- [22] 毛佳, 朱述斌. 新中国成立以来粮食安全财政政策的演进及其当代启示[J]. *江西财经大学学报*, 2021, (4): 114-124.
- MAO J, ZHU S B. The evolution of food security fiscal policy since the founding of new china and its contemporary enlightenments[J]. *Journal of Jiangxi University of Finance and Economics*, 2021, (4): 114-124.
- [23] 武拉平. 科学认识大食物观视角下我国的粮食安全问题[J]. *社会科学辑刊*, 2023, (6): 191-200+2+239.
- WU L P. Full Understanding of China's food security from perspective of the greater food approach[J]. *Social Science Journal*, 2023, (6): 191-200+2+239.
- [24] 殷伟, 姚成胜, 黄琳. 我国粮食生产与经济发展耦合协调性的时空演变[J]. *中国农业资源与区划*, 2020, 41(11): 110-121.
- YIN W, YAO C S, HUANG L. Spatial-temporal evolution of coupling coordination of grain production and economic development in China[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2023, (6): 191-200+2+239.
- [25] 刘永胜, 张淑荣, 兰德平. 入世以来我国粮食贸易与粮食安全问题分析[J]. *农业经济*, 2010, (8): 3-5.
- LIU Y S, ZHANG S R, LAN D P. Analysis of China's grain trade and food security issues since joining the WTO[J]. *Agricultural Economy*, 2014, 29(5): 1-7. 
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://llyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。