

# 国家审计对全要素能源效率的影响研究

宫义飞 张可欣 李 露

**摘要:** 在党的二十届三中全会的战略指引下,能源机制变革势在必行。国家审计作为国家治理现代化的重要组成部分,是能源机制变革的重要引擎。依据超效率SBM模型对2011—2021年我国30个省级行政区的全要素能源效率进行测算,检验国家审计对全要素能源效率的作用机制的研究发现,国家审计能提升全要素能源效率,这一效果在非资源型、市场化程度较高以及环境治理较弱的地区中更为显著。进一步研究发现,国家审计既能发挥监督治理作用,又能发挥信息传递作用,从而能够实现有效率的能源利用。研究结果呈现了国家审计在环境治理和绿色发展领域的独特作用,为政府制定更有效的能源政策和审计策略提供了经验证据。

**关键词:** 国家审计; 全要素能源效率; 监督治理; 信息传递

**DOI:** 10.19836/j.cnki.37-1100/c.2025.05.009

## 一、引言

在推动经济社会发展绿色化、低碳化的时代背景下,提升能源效率,特别是全要素能源效率,已成为实现可持续发展和高质量发展的关键环节。我国能源生产与消费体量巨大,长期以来,以煤炭等化石能源利用为主的粗放型发展模式导致了能源供应紧张、结构失衡及环境污染等一系列问题,对经济可持续发展构成了严峻挑战<sup>①</sup>。党的二十大报告明确提出,“推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节”<sup>②</sup>。2024年国务院政府工作报告进一步强调,“深入推进能源革命,控制化石能源消费”<sup>③</sup>。党的二十届三中全会的召开,更是为能源发展绘制了蓝图,会议强调“完善新能源消纳和调控政策措施”<sup>④</sup>。提高能源效率已经成为推进“双碳”工作、发展新质生产力、优化能源消费结构的关键。全要素能源效率综合考量了能源投入与资本、劳动等其他生产要素的协同作用及资源配置效率,提供了比单要素能源效率更为全面和深入的评价视角<sup>⑤</sup>。然而,现有关于能源效率提升驱动因素的研究多聚焦于技术进步、产业结构优化和能源消费转型等方面<sup>⑥⑦⑧</sup>,从国家治理视角探讨制

**基金项目:** 2025年国家社科基金重点项目“我国粮食全产业链脆弱性风险监测预警及阻断路径研究”;中央高校基本科研业务费项目“生态责任审计的作用机制”(SWU2209222)。

**作者简介:** 宫义飞,西南大学经济管理学院教授(重庆市 400715; gyifei@swu.edu.cn);张可欣(通讯作者),南开大学商学院博士研究生(天津市 300071; 845265929@qq.com);李露,五粮液集团财务管理部高级会计师(宜宾市 644000; 48067529@qq.com)。

- ① Liu H., Zhang Z., Zhang T., et al., “Revisiting China’s Provincial Energy Efficiency and its Influencing Factors”, *Energy*, 2020, 208, No. 118361.
- ② 习近平:《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告》,北京:人民出版社,2022年,第50页。
- ③ 李强:《政府工作报告——2024年3月5日在第十四届全国人民代表大会第二次会议上》,北京:人民出版社,2024年,第33页。
- ④ 《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》,北京:人民出版社,2024年,第40页。
- ⑤ 杨红亮、史丹:《能效研究方法和中国各地区能源效率的比较》,《经济理论与经济管理》2008年第3期。
- ⑥ 李强、魏巍、徐康宁:《技术进步和结构调整对能源消费回弹效应的估算》,《中国人口·资源与环境》2014年第10期。
- ⑦ 魏楚、沈满洪:《能源效率及其影响因素:基于DEA的实证分析》,《管理世界》2007年第8期。
- ⑧ Rajbhandari A., Zhang F., “Does Energy Efficiency Promote Economic Growth? Evidence from a Multicountry and Multisectoral Panel Dataset”, *Energy Economics*, 2018, 69, pp. 128-139.

度性因素对全要素能源效率影响的研究尚显不足,这为下一步的研究提供了契机。

良好的治理环境是提高效率的关键,完善的政策体系和有力的监督机制是提高效率的基础和保障。习近平总书记在二十届中央审计委员会上指出,“审计是党和国家监督体系的重要组成部分,是推动国家治理体系和治理能力现代化的重要力量”<sup>①</sup>。我国在“十四五”国家审计工作发展规划中明确提出要推动绿色低碳发展、改善生态环境质量。国家审计内生于国家治理体系,具有鲜明的制度独立性、专业权威性和综合性等特点,能够依托于国家治理层面,具有超越内部审计和社会审计的天然制度优势,站位高、视野广、覆盖全,可以通过对公共资产、国有资源,尤其是国家财政资金的分配、使用及管理对我国能源进行全方位、全过程的监督,在提升全要素能源效率中发挥不可或缺的作用。

国家审计通过对公共资金分配、国有资源管理及重大能源政策执行情况的监督,能够有效保障能源相关政策的落地实施,纠正政策执行偏差,从而推动能源利用方式向更高效、更清洁的方向转变。此外,国家审计的监督检查还能够提升政府和相关企事业单位在能源消耗、环境保护方面的责任意识 and 信息透明度,减少信息不对称引致的资源错配和能源浪费,进而通过优化资源配置效率间接提升全要素能源效率。当前,从国家审计视角出发,对生态环境的研究多侧重于理论框架的搭建与规范性研究<sup>②</sup>,实证研究则集中于碳减排、环境污染治理方面<sup>③④</sup>。但其如何具体影响综合性的全要素能源效率,以及其中的作用机制,尚未得到清晰的阐释和实证检验,这正是本研究力图探索的核心问题。

基于此,以2011—2021年我国30个省级行政区的面板数据为样本,首先运用超效率SBM模型测算各省份的全要素能源效率,进而实证检验国家审计对全要素能源效率的总体影响,并深入探究其作用机制。研究发现,国家审计能够显著提升全要素能源效率,其主要通过监督治理保障政策有效落地实施,以及信息传递提高环境与能源信息透明度这两条路径发挥作用。此外,国家审计对全要素能源效率的提升效果在非资源型地区、市场化程度较高地区以及环境治理较弱的地区表现得更为显著。

与现有研究相比,可能的边际贡献主要体现在以下两个方面:

第一,拓展了全要素能源效率影响因素的研究视域。已有研究从技术进步、产业结构、能源消费结构等角度对全要素能源效率的影响因素进行了深入探讨。然而,这些研究较少将国家审计这一宏观治理机制纳入分析框架。从国家治理的独特视角切入,系统考察国家审计对全要素能源效率的直接影响及作用机制,可有效弥补现有文献在制度性因素尤其是国家审计作用方面的研究不足,为理解和提升能源效率、助力“双碳”目标实现提供新的理论解释与实证支持。

第二,以往研究多从经济监督、权力制约或“免疫系统”等宏观层面探讨国家审计的职能定位,或关注其在特定环保领域如大气污染治理方面的成效。具体识别并检验国家审计通过“监督治理”和“信息传导”两条关键路径影响全要素能源效率的微观机制,不仅为国家审计如何作用于经济高质量发展提供更具体的证据,也为政策制定者如何更有效地运用国家审计力量来提升能源利用效率、推动经济社会绿色转型提供具有实践意义的政策启示,有助于更全面地理解国家审计在促进可持续发展和国家治理现代化中的多重角色与价值。

## 二、理论分析和研究假设

### (一)国家审计

国家审计作为国家治理体系的关键制度安排和内在约束机制,在维护经济秩序、提升治理效能等方

① 习近平:《在二十届中央审计委员会第一次会议上的讲话》,《求是》2023年第21期。

② 王会金、王素梅:《国家审计“免疫系统”建设:目标定位与路径选择》,《审计与经济研究》2010年第2期。

③ 喻开志、王小军、张楠楠:《国家审计能提升大气污染治理效率吗?》,《审计研究》2020年第2期。

④ 蔡春、郑开放、王朋:《政府环境审计对企业环境治理的影响研究》,《审计研究》2021年第4期。

面具有重要作用。早期对国家审计的认知主要聚焦于其经济监督的单一职能。随着国内外环境的深刻变化以及国家治理现代化的推进,国家审计的职能边界不断拓展,从传统的经济监督逐步演变为集监督、鉴证、评价、宏观调控和服务经济建设等多重职能于一体的系统化功能体系。王会金和王素梅进一步指出,国家审计应将促进经济权力合理利用、维护国家经济安全与可持续发展作为发展目标<sup>①</sup>。

崔雯雯和张立民指出,国家审计的功能拓展是历史的必然,其功能重心应从传统的“查错纠弊”向“风险预警与价值增值”转变。如同人体“免疫系统”一般,现代国家审计不仅要“查已病”,更要“防未病”,发挥事前预防和事中控制的作用<sup>②</sup>。近年来,学者们深入探索了国家审计在推进生态文明建设、规范公共权力运行以及完善国有企业治理等领域的积极作用。研究发现,国家审计的预防、揭示和抵御功能对大气污染治理效率和低碳发展具有显著的正向影响<sup>③④</sup>。在监督制约公共权力运行方面,国家审计能有效推动财政资金合理配置,促进财政资金规范、高效和安全使用<sup>⑤</sup>。在企业层面,审计机关的层级和地区法治化程度越高,政府审计对企业环保行为的促进作用越大<sup>⑥</sup>。同时,经济责任审计覆盖率可以有效提升国有企业的治理效率<sup>⑦</sup>。

## (二)全要素能源效率

能源效率的提升是一个复杂系统工程,受到多种因素的综合影响,其中技术进步和产业结构调整为主要因素。技术进步被认为是提升能源效率的核心驱动力。一方面,技术创新可以直接提高能源利用效率,降低单位产出的能源消耗<sup>⑧⑨</sup>。另一方面,技术进步也可能会因为“回弹效应”而具有不确定性,即技术进步在提高能源效率的同时,也可能降低能源服务成本,刺激能源需求增长,从而部分甚至全部抵消能源效率提升带来的节能效果。因此,技术进步对能源效率的净影响尚存在一定的不确定性<sup>⑩</sup>。在产业结构方面,传统观点认为,产业结构向高级化、现代化的方向演进,即从高耗能的第二产业向低耗能的第三产业转型,有助于降低能源消耗强度,提升能源效率<sup>⑪⑫</sup>。也有观点认为产业结构升级与能源效率并非简单的线性关系,并不是所有类型的产业结构调整都与能源效率呈正相关。于斌斌将产业结构调整进一步区分为调整“质量”与“幅度”两个维度,发现产业结构的调整质量能对能源效率产生积极的影响,而产业结构调整的幅度对能源效率有明显的阻碍作用<sup>⑬</sup>。此外,能源消费结构、对外开放程度、政府环境污染治理投资以及数字经济等因素也是影响全要素能源效率的主要原因<sup>⑭⑮</sup>,清洁能源消费占比的提升、更高水平的对外开放、合理有效的环境规制以及数字技术的应用,

① 王会金、王素梅:《国家审计“免疫系统”建设:目标定位与路径选择》,《审计与经济研究》2010年第2期。

② 崔雯雯、张立民:《国家审计功能的拓展:从监督处罚到风险防范——以政府债务常态化审计为视角的分析》,《会计研究》2021年第3期。

③ 喻开志、王小军、张楠楠:《国家审计能提升大气污染治理效率吗?》,《审计研究》2020年第2期。

④ 张龙平、李苗苗、陈丽红:《国家审计会影响低碳发展吗?——基于中国省级面板数据的实证研究》,《审计与经济研究》2019年第5期。

⑤ 李江涛、苗连琦、梁耀辉:《经济责任审计运行效果实证研究》,《审计研究》2011年第3期。

⑥ 蔡春、郑开放、王朋:《政府环境审计对企业环境治理的影响研究》,《审计研究》2021年第4期。

⑦ 刘玉玉、蔡春、王爱国:《国家审计覆盖率与国有企业治理效率——来自地方审计机关的经验证据》,《审计与经济研究》2021年第4期。

⑧ 李强、魏巍、徐康宁:《技术进步和结构调整对能源消费回弹效应的估算》,《中国人口·资源与环境》2014年第10期。

⑨ 冯烽:《内生视角下能源价格、技术进步对能源效率的变动效应研究——基于PVAR模型》,《管理评论》2015年第4期。

⑩ Saunders H. D., “Fuel Conserving (and Using) Production Functions”, *Energy Economics*, 2008, 30(5), pp. 2184-2235.

⑪ 魏楚、沈满洪:《能源效率及其影响因素:基于DEA的实证分析》,《管理世界》2007年第8期。

⑫ 刘赢时、田银华、罗迎:《产业结构升级、能源效率与绿色全要素生产率》,《财经理论与实践》2018年第1期。

⑬ 于斌斌:《产业结构调整如何提高地区能源效率?——基于幅度与质量双维度的实证考察》,《财经研究》2017年第1期。

⑭ 吴传清、董旭:《环境约束下长江经济带全要素能源效率研究》,《中国软科学》2016年第3期。

⑮ 陶长琪、李翠、王夏欢:《环境规制对全要素能源效率的作用效应与能源消费结构演变的适配关系研究》,《中国人口·资源与环境》2018年第4期。

均可能促进能源效率的提升。

在能源效率的测度方面,主要分为单要素能源效率指标测度和全要素能源效率指标测度。早期的研究多采用单要素能源效率指标,如能源消耗强度(单位GDP能耗),Patterson认为能源消耗强度能够直观反映能源效率水平。但能源作为一种生产要素必须和劳动、资本等生产要素结合才能制造实际产出,单要素能源效率指标仅关注能源投入与产出的关系,忽略了劳动、资本等其他生产要素的投入,具有明显的局限性<sup>①</sup>。为了更全面、客观地评价能源效率,全要素能源效率的概念应运而生,其将能源作为一种投入要素与其他要素(如劳动、资本)一同纳入生产函数,综合考察所有要素的投入产出效率。

全要素能源效率的测度方法主要包括参数法和非参数法。其中,非参数法中的数据包络分析(DEA)方法由于其无须预设生产函数形式、能够处理多投入多产出指标等优点,被广泛应用于能源效率测度领域。魏楚和沈满洪运用数据包络法(DEA)对中国各个省份的能源效率进行测算,发现在2000年前后我国大多数省份能源效率出现了先上升后下降的发展趋势<sup>②</sup>。Tone提出了超效率SBM模型,该模型在传统DEA模型的基础上,考虑了投入产出的松弛性问题,能够克服传统DEA模型的缺陷,更真实地反映效率水平,避免因忽略松弛性而导致的效率高估问题<sup>③</sup>。杨仲山和魏晓雪运用超效率SBM方法对2005—2015年间中国“一带一路”地区的全要素能源效率进行了深入研究,研究结果显示“一路”地区的全要素能源效率最高,“一带一路”重点地区次之,而“一带”地区全要素能源效率值最低<sup>④</sup>。

### (三)研究假设

能源效率提升是经济高质量发展和实现“碳达峰、碳中和”战略目标的关键支撑。作为能源消费大国,中国面临着能源需求刚性增长、能源供给结构性矛盾突出以及环境污染日益严峻等多重挑战。如何破解能源困局,提升全要素能源效率,已成为关系国家长远发展和人民福祉的重大战略问题。能源政策的制定与实施旨在通过优化能源资源配置、解决信息不对称和供需失衡等问题,从而提高能源效率。在此背景下,国家审计作为国家治理体系的“免疫系统”,在保障能源政策有效落实、提升能源资源配置效率方面发挥着至关重要的作用。国家审计通过独立的监督、评价和鉴证职能,能够规范政府行为,提升政策执行力,并向社会传递重要信息,引导公众参与环境治理,激励企业绿色低碳转型,最终促进全要素能源效率的提升。深入研究国家审计与全要素能源效率之间的关系,对于完善国家审计制度、提升国家治理效能,以及推动能源绿色低碳转型具有重要的理论价值和实践意义。

#### 1. 监督治理机制

在宏观经济政策执行过程中,信息不对称和委托代理问题可能导致政策执行偏差和“政策寻租”等机会主义行为<sup>⑤</sup>,阻碍国家政策或相关能源政策的落地与实施。国家审计作为国家治理的“监督之眼”,能够代表中央政府对地方政府和相关部门的能源政策执行情况进行独立监督。通过对能源政策落实情况、环保财政资金使用情况、能源项目建设运营情况等进行审计,国家审计能够揭示和纠正地方政府在能源管理和环境保护方面存在的违规违纪问题,推动地方政府优化环保财政支出结构,提升资金配置效率,强化地方政府生态环境保护责任,促进能源资源的集约节约利用,并督促其及时整改

① Patterson M. G., “What is Energy Efficiency?: Concepts, Indicators and Methodological Issues”, *Energy Policy*, 1996, 24(5), pp. 377-390.

② 魏楚、沈满洪:《能源效率及其影响因素:基于DEA的实证分析》,《管理世界》2007年第8期。

③ Tone K., “A Slacks-based Measure of Super-efficiency in Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, 2002, 143(1), pp. 32-41.

④ 杨仲山、魏晓雪:《“一带一路”重点地区全要素能源效率——测算、分解及影响因素分析》,《中国环境科学》2018年第11期。

⑤ 张文祥、王羚、马绪忠:《国家审计在宏观经济管理中的地位和作用研究》,《审计研究》2006年第6期。

环境问题<sup>①</sup>。此外,国家审计对绿色低碳发展政策落实情况的跟踪审计,能够评估能源使用效率,揭示政策执行中的关键瓶颈和薄弱环节<sup>②</sup>,形成政策执行的循环反馈和倒逼机制<sup>③④</sup>,从而纠正能源资源配置的市场扭曲<sup>⑤</sup>,引导资本、劳动力等要素向能源效率更高的领域配置,提高能源要素的边际替代率,完善能源价格形成机制,最终提升全要素能源效率。

## 2. 信息传递机制

国家审计作为独立于政府和社会公众的第三方,在公共权力问责机制中承担着重要的信息保障功能。国家审计通过发布审计结果公告等方式,向社会公开能源资源管理和环境保护的相关信息,能提升政策透明度,降低信息不对称,为政府与公众之间的沟通和互动搭建桥梁。审计信息公开能够有效传递政府对环境问题的重视程度,提升社会公众对环境问题的关注度,促使公众参与到环境治理的监督和问责中,形成多元共治的局面。公众环境关注度的提升能够抑制地方政府与企业之间的合谋行为,激发地方政府环保投资热情,激励企业绿色低碳转型,优化企业生产结构,最终提升全要素能源效率<sup>⑥</sup>。Liu等的研究也表明,国家审计能够提升公共资源管理政策的透明度<sup>⑦</sup>。审计信息公开还有助于增强公众对自然资源保护情况的了解和信任,使公民与政策目标保持一致<sup>⑧⑨</sup>,增强政策执行的社会基础和有效性,并为能源资源的合理流动、优化配置和能源效率提升提供坚实的保障。

综上所述,国家审计可以通过监督治理机制,强化政府的环境责任,优化环保财政资金配置,纠正能源资源配置的市场扭曲,保障能源政策的有效落实。同时,国家审计通过信息传递机制,提升能源政策透明度,引导公众参与环境治理,激励企业绿色低碳转型,最终促进全要素能源效率的提升。因此,提出如下假设:

H<sub>1</sub>:国家审计可以有效提升全要素能源效率。

## 三、研究设计

### (一)样本选择与数据来源

选取2011—2021年我国30个省、自治区、直辖市(不包括西藏以及港澳台地区)面板数据作为研究样本。审计数据源自《中国审计年鉴》以及各地区的审计工作报告;全要素能源效率与控制变量数据源自《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》、各地区统计年鉴与CSMAR数据库,共得到330个数据样本。

### (二)变量说明

1. 被解释变量:全要素能源效率(ET\_CT)。考虑到环境污染等非期望产出是能源效率评价的重

① 林忠华:《领导干部自然资源资产离任审计探讨》,《审计研究》2014年第5期。

② 王彪华、王帆、刘国梁:《政策落实跟踪审计能够降低区域碳排放吗——基于“三大攻坚战”政策跟踪的研究》,《会计研究》2023年第12期。

③ 蔡春、朱荣、蔡利:《国家审计服务国家治理的理论分析与实现路径探讨——基于受托经济责任观的视角》,《审计研究》2012年第1期。

④ 王帆、谢志华:《政策跟踪审计理论框架研究》,《审计研究》2019年第3期。

⑤ 周曦:《基于经济责任的环境审计路径选择——浅析经济责任审计中的环境保护责任审计》,《审计研究》2011年第5期。

⑥ 吴力波、杨眉敏、孙可智:《公众环境关注度对企业和政府环境治理的影响》,《中国人口·资源与环境》2022年第2期。

⑦ Liu J., Nie S., Lin T., “Government Auditing and Urban Energy Efficiency in the Context of the Digital Economy: Evidence from China’s Auditing System Reform”, *Energy*, 2024, 296, No. 131100.

⑧ Brunswicker S., Priego L. P., Almirall E., “Transparency in Policy Making: A Complexity View”, *Government Information Quarterly*, 2019, 36, pp. 571-591.

⑨ Erkul A., Türköz K., “Green Growth Governance and Total Factor Energy Efficiency: Economic Growth Constraint and Policy Implementation in OECD Countries”, *Renewable Energy*, 2024, 235, No. 121278.

要维度,借鉴 Tone 和 Sahoo 的研究<sup>①</sup>,采用纳入非期望产出的超效率 SBM 模型评估全要素能源效率,以能源、劳动力、资本作为投入指标,以国内生产总值来衡量期望产出,并以 2010 年为基期对其他年份的国内生产总值进行换算从而得到实际国内生产总值。将二氧化硫的排放量作为能源消耗的非期望产出指标。变量定义如表 1 所示。

表 1 投入产出指标

| 指标   | 指标类别  | 变量定义(单位)                                  |
|------|-------|-------------------------------------------|
| 投入指标 | 能源投入  | 能源消耗总量(万吨标准煤)                             |
|      | 劳动力投入 | 城镇单位与私营企业人数总和(万人)                         |
|      | 资本投入  | 以折旧率为 10.96%,2010 年为基期,永续盘存法估算资本存量(亿元)    |
| 产出指标 | 期望产出  | 以 2010 年为基期对其他年份的国内生产总值进行换算得到实际国内生产总值(亿元) |
|      | 非期望产出 | 二氧化硫排放量(万吨)                               |

2. 解释变量:国家审计(*Audit*)。借鉴李明和聂召<sup>②</sup>的研究选取“审计查出主要问题金额”加 1 取对数作为衡量国家审计发挥作用的核心指标。

3. 控制变量。基于现有研究<sup>③④⑤</sup>,选取如下控制变量:年末常住人口(*Amo*)以各地区年末常住人口(百万)衡量;经济发展水平(*Eco*)以各地区人均生产总值的增速衡量;外商投资水平(*FDI*)以外商直接投资与生产总值的比值衡量;产业结构(*IS*)以产业结构层次衡量;互联网普及率(*In*)以互联网用户数占常住人口总数的比值衡量;能源消费结构(*MC*)以煤炭消费量与能源消费总量的比值衡量。具体变量描述性统计结果如表 2 所示。

表 2 描述性统计结果

| 变量           | 样本量 | 均值     | 标准差    | 最小值    | 中位数    | 最大值     |
|--------------|-----|--------|--------|--------|--------|---------|
| <i>ET_CT</i> | 330 | 0.521  | 0.248  | 0.291  | 0.442  | 1.145   |
| <i>Audit</i> | 330 | 0.228  | 0.215  | 0.000  | 0.166  | 1.951   |
| <i>Amo</i>   | 330 | 45.849 | 28.228 | 5.630  | 38.945 | 126.240 |
| <i>Eco</i>   | 330 | 8.511  | 3.389  | -5.000 | 8.100  | 17.400  |
| <i>FDI</i>   | 330 | 0.021  | 0.019  | 0.001  | 0.018  | 0.121   |
| <i>IS</i>    | 330 | 2.386  | 0.125  | 2.132  | 2.373  | 2.834   |
| <i>In</i>    | 330 | 0.512  | 0.139  | 0.198  | 0.520  | 0.830   |
| <i>MC</i>    | 330 | 0.393  | 0.149  | 0.007  | 0.411  | 0.687   |

(三)模型设定

$$ET\_CT_{i,t}=\alpha_1+\alpha_2Audit_{i,t-1}+\alpha_3CON_{i,t-1}+\mu_i+\delta_t+\epsilon_{i,t}\tag{1}$$

为检验国家审计与全要素能源效率的关系,构建模型(1)。其中,*ET\_CT<sub>i,t</sub>*为被解释变量,表示

① Tone K., Sahoo B. K., “Degree of Scale Economies and Congestion: A Unified DEA Approach”, *European Journal of Operational Research*, 2004, 158, pp. 755-772.

② 李明、聂召:《国家审计促进地方经济发展的作用研究——来自省级地方政府的经验证据》,《审计研究》2014年第6期。

③ 张万里、宣畅:《智能化如何提高地区能源效率?——基于中国省级面板数据的实证检验》,《经济管理》2022年第1期。

④ 张龙平、李苗苗、陈丽红:《国家审计会影响低碳发展吗?——基于中国省级面板数据的实证研究》,《审计与经济研究》2019年第5期。

⑤ 袁航、朱承亮:《国家高新区推动了中国产业结构转型升级吗》,《中国工业经济》2018年第8期。

$i$ 省在第 $t$ 年的全要素能源效率; $Audit_{i,t-1}$ 为核心解释变量,表示 $i$ 省在第 $t-1$ 年的国家审计所发现问题金额的自然对数; $CON_{i,t-1}$ 为一系列控制变量; $\mu_i$ 和 $\delta_t$ 分别表示地区和年份固定效应, $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

## 四、实证结果

### (一)基准回归分析

为检验国家审计对全要素能源效率的影响,进行了基准回归分析,结果如表3所示。第(1)列未纳入控制变量,结果显示,国家审计的回归系数在1%的水平上显著为正,初步表明国家审计能显著提升全要素能源效率。为了控制其他可能影响全要素能源效率的因素,第(2)列纳入一系列控制变量。核心解释变量国家审计的回归系数依然在1%的水平上显著为正,表明在控制了其他相关因素后,国家审计对全要素能源效率的提升作用依然存在。基准回归结果有力地支持了本文的核心假设H<sub>1</sub>。

表3 基准回归结果

| 变量             | (1)<br>全要素能源效率       | (2)<br>全要素能源效率      |
|----------------|----------------------|---------------------|
| 国家审计           | 0.103***<br>(2.673)  | 0.175***<br>(5.207) |
| 控制变量           | 不控制                  | 控制                  |
| 常数项            | 0.497***<br>(50.736) | 0.877**<br>(2.001)  |
| 观测值            | 330                  | 330                 |
| 地区/年份固定效应      | 控制                   | 控制                  |
| R <sup>2</sup> | 0.892                | 0.914               |

注: \*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%、1%的水平上显著,括号内为 $t$ 值,以下各表同。

### (二)稳健性检验<sup>①</sup>

1. 倾向得分匹配法。考虑到国家审计对全要素能源效率的提升作用可能会受到各个地区的发展程度影响,将国家审计按照样本的年度均值分为两组,将大于均值的样本划分为处理组,小于均值的样本划分为控制组,将模型(1)中的控制变量作为协变量,并运用Logit模型进行倾向得分匹配。采用半径匹配法对研究样本进行匹配,对匹配后的样本再次回归。回归结果显示,国家审计在5%的统计水平上显著为正,说明国家审计可以有效提升全要素能源效率,与基准回归结果一致。

2. 替换关键变量。一方面,对被解释变量进行替换,参考孔令乾等的研究<sup>②</sup>,将工业三废中的工业废水和工业烟粉尘纳入计算全要素能源效率的非期望产出,并将计算出的全要素能源效率代入模型(1)进行回归。回归结果显示,国家审计的回归系数在1%的水平上显著为正。另一方面,为了验证结论的可靠性,用国家审计查出的管理不规范金额代替审计查出的主要问题金额引入模型(1)中进行回归。回归结果显示,国家审计查出的管理不规范金额的回归系数在1%水平上显著为正,与前文结果保持一致,验证了检验结果的稳健性。

① 由于篇幅所限,相关检验结果未展示,如有需要请向作者索取。

② 孔令乾、王梦乐、于世海:《创新驱动政策对全要素能源效率的影响——基于国家创新型城市试点政策的考察》,《资源科学》2023年第9期。

3. 安慰剂检验。为了避免除国家审计以外其他未观测因素对研究结果的潜在影响,采用安慰剂检验进一步验证结论的稳健性。具体而言,采取反事实验证法,将自变量国家审计在全部样本中随机分配,然后根据模型(1)进行回归分析,重复1000次。经计算,国家审计回归系数均值接近于0,且回归系数为正并在1%水平上显著的概率也接近于0。可以看出,真实回归系数在安慰剂检验中属于异常值,这表明该研究结论并非其他未观测因素导致,而是国家审计对全要素能源效率的真实影响。

4. 其他稳健性检验。(1)时滞效应。考虑到国家审计不仅是查出问题金额,还包括提出后续建议以及相关的制度整改、建设工作,国家审计的作用效果可能存在时滞效应。因此分别将解释变量再次滞后1期和滞后2期进行回归。回归结论与前文结果一致。同时,该结果也表明国家审计对全要素能源效率的提升作用具有持续性。(2)增加控制变量。在模型(1)的基础上增加了城乡结构与营商环境作为控制变量。城乡结构影响社会资源配置、居民消费以及财政政策的制定与实施,以城镇化率衡量城乡结构。营商环境是地区经济软实力的体现,反映了地区公共服务、法治环境、政务环境等多系统要素,参考《中国省份营商环境评价数据库》构建营商环境指数。在加入控制变量之后,回归结果与前文结果基本一致,说明国家审计的确能提升全要素能源效率,从而验证了前文研究结果的可靠性。(3)剔除特殊样本。直辖市(北京、上海、天津、重庆)因其独特的国家战略以及功能定位,相较于其他省级行政单位存在显著的差异。借鉴钟腾等<sup>①</sup>的做法,将样本中的北京、上海、天津以及重庆样本剔除,重新采用模型(1)进行回归,结果表明结论稳健。

## 五、进一步研究

### (一)作用机制检验

1. 监督治理机制。我国国家审计是主要针对政府财政收支开展监督的制度,因此,国家审计能以政府财政为主要抓手,在国家相关能源政策以及措施的实施过程中发挥监督治理效应,促进政策落实,提高各种生产要素的配置效率,进而提升全要素能源效率。政府财政透明度是衡量行政理念和效能的重要指标<sup>②</sup>,有助于确保财政资金合理使用,满足能源政策的目标,在国家审计促进全要素能源效率的提升中发挥重要作用。借鉴喻开志等<sup>③</sup>的做法,选取财政运行状况与政府财政透明度为中介变量。财政运行状况采用地区绿色专利授权数与环境保护财政支出的比值衡量,政府财政透明度数据源于清华大学《中国市级财政透明度研究报告》。财政运行状况与政府财政透明度表现越好,说明绿色环保财政资金运行状况越好,合理使用程度越高。

表4(1)(2)列回归结果显示,国家审计对财政运行状况和财政透明度的回归系数都显著为正,表明国家审计可以有效地监测地方政府财政支出的流向,促进地方政府更加规范、高效地使用环保财政资金,推动绿色技术的研发、推广和应用,从而促进全要素能源效率的提升。同时,提升财政透明度,减少腐败和寻租行为,能够保证国家相关财政资金得到充分的利用,将资金更多地投入能够有效提升能源效率、改善环境质量的项目中,能源政策目标得到满足,从而促进全要素能源效率的提升。

① 钟腾、罗吉罡、汪昌云:《地方政府人才引进政策促进了区域创新吗?——来自准自然实验的证据》,《金融研究》2021年第5期。

② 傅勇、张晏:《中国式分权与财政支出结构偏向:为增长而竞争的代价》,《管理世界》2007年第3期。

③ 喻开志、王小军、张楠楠:《国家审计能提升大气污染治理效率吗?》,《审计研究》2020年第2期。

表4 作用机制检验

| 变量             | (1)<br>财政运行状况       | (2)<br>财政透明度        | (3)<br>政府环境关注度       | (4)<br>公众环境关注度       |
|----------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 国家审计           | 0.003***<br>(2.947) | 0.896**<br>(2.180)  | 0.010***<br>(3.172)  | 12.451***<br>(2.842) |
| 控制变量           | 控制                  | 控制                  | 控制                   | 控制                   |
| 常数项            | -0.007*<br>(-1.175) | 10.985**<br>(2.000) | -0.297**<br>(-2.565) | 31.425<br>(0.518)    |
| 观测值            | 330                 | 270                 | 330                  | 330                  |
| 地区/年份固定效应      | 控制                  | 控制                  | 控制                   | 控制                   |
| R <sup>2</sup> | 0.866               | 0.875               | 0.947                | 0.959                |

2. 信息传递机制。国家审计作为公共权力问责机制的信息基石,扮演着国家能源政策及措施中不可或缺的“信息桥梁”角色。其独特的专业性和独立性优势,使得国家审计能够有效地收集和传递关于能源政策执行、环境保护及能源效率的关键信息。这一信息传递机制不仅提升了政府对环境保护和能源政策的关注度,而且将社会公众纳入环境保护、能源生产消费及政策实施的监督网络之中,从而拓宽了政策执行的监督视野,增强了监督效能,进而提高了全要素能源效率。政府工作报告作为年度工作规划和指导的纲领性蓝本,其中环境相关术语的出现频次是衡量政府环境关注度的指标之一。使用省级政府工作报告环境主题词汇(涉及污染、环保、减排、能耗、低碳、排污等)词频衡量政府环境关注度。在互联网时代,互联网搜索数据已经成为反映社会公众对特定事件偏好以及态度的直观记录<sup>①</sup>。基于此,借鉴吴力波等<sup>②</sup>的做法,以百度环境污染指数来刻画公众环境关注度。政府环境关注度与公众环境关注度越大,说明政府、社会公众对与环境、污染相关的社会事件越关注,对于能源利用的非期望产出的监督程度越大。

表4(3)(4)列回归结果显示,国家审计对政府环境关注度和公众环境关注度的回归系数都显著为正,表明国家审计可以有效依托于其专业性和独立性的优势传递更多的专业信息,提升了地方政府对能源政策的关注度,有效吸引了社会公众对环境问题的关注。这种双向的信息传递和关注提升,有助于减少能源生产消费中的非期望产出,优化能源利用效率,进而推动全要素能源效率的提升。

## (二)异质性分析

1. 资源禀赋。地区的全要素能源效率会受到当地的资源禀赋特征的显著影响<sup>③</sup>,资源禀赋作为地区经济发展的基础条件,其丰裕程度与构成直接关系到能源使用的成本效益及效率水平。将样本分年度按照其资源禀赋分为资源型地区和非资源型地区<sup>④</sup>,考察在不同资源状况下国家审计对全要素能源效率提升作用的异质性影响。表5(1)(2)列回归结果显示,在非资源型地区,国家审计对全要素能源效率的提升作用在1%的显著性水平上为正。在资源型地区,国家审计对全要素能源效率的提升作用不显著。可能的原因是,在能源资源相对稀缺的地区,由于能源使用成本较高且资源获取受限,政府及社会各界对能源效率的提升更为重视。在此情境下,国家审计通过其专业性和独立性的监督职能,能够有效促进能源政策的执行与监督,推动能源利用方式的优化,进而显著提升全要素能源效率。

① 张崇、吕本富、彭赓等:《网络搜索数据与CPI的相关性研究》,《管理科学学报》2012年第7期。

② 吴力波、杨眉敏、孙可智:《公众环境关注度对企业和政府环境治理的影响》,《中国人口·资源与环境》2022年第2期。

③ 刘建江、李渊浩:《数字经济如何赋能全要素能源效率提升?》,《财经理论与实践》2023年第2期。

④ 本文选取煤炭、石油、铁矿及天然气四种关键矿产资源的年度储量作为划分依据。如果某地区在该年度,其煤炭、石油、铁矿及天然气储量中,至少有两种资源储量高于当年全国各地区的平均水平,则划分为资源型地区,反之,则为非资源型地区。

表5 异质性分析

| 变量             | (1)<br>非资源型地区       | (2)<br>资源型地区       | (3)<br>市场化程度低       | (4)<br>市场化程度高       | (5)<br>环境治理力度较弱     | (6)<br>环境治理力度较强     |
|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 国家审计           | 0.287***<br>(4.021) | 0.006<br>(0.236)   | 0.032<br>(1.534)    | 0.174***<br>(4.771) | 0.238***<br>(3.978) | 0.008<br>(0.368)    |
| 控制变量           | 控制                  | 控制                 | 控制                  | 控制                  | 控制                  | 控制                  |
| 常数项            | 1.106<br>(1.420)    | 0.785**<br>(2.390) | 1.248***<br>(4.687) | 1.457*<br>(1.711)   | -1.318<br>(-1.481)  | 1.064***<br>(3.048) |
| 观测值            | 145                 | 185                | 149                 | 181                 | 198                 | 132                 |
| 地区/年份固定效应      | 控制                  | 控制                 | 控制                  | 控制                  | 控制                  | 控制                  |
| R <sup>2</sup> | 0.889               | 0.949              | 0.844               | 0.901               | 0.877               | 0.989               |

2. 市场化程度。市场化程度是衡量经济体成熟度与竞争力强弱的核心指标,影响资源配置的效率与公平性,反映了市场在资源配置中的作用程度,进而会影响到能源要素的流通效率与利用水平。一般而言,市场发育程度越高,能源要素的流通越为顺畅,各地区能够更加高效地利用能源资源,从而更有可能推动全要素能源效率的提升。为了深入探究市场化程度如何影响国家审计在提升全要素能源效率中的作用,借鉴樊纲等<sup>①</sup>的研究方法,根据市场化指数的均值将样本分年度划分为市场化程度高组和市场化程度低组。由表5(3)(4)列回归结果可知,在市场化程度高组中,国家审计的回归系数在1%的水平上显著为正;在市场化程度低组,国家审计的回归系数不显著,即国家审计对全要素能源效率的提升作用在市场化程度高的地区更加显著。可能的原因是,在市场化程度高的地区中,完善的法律环境和制度框架为国家审计提供了坚实的支撑,使其能够更有效地发挥监督治理职能。这些地区的市场机制健全,能源生产要素的自由流通得以保障,国家审计通过揭示能源政策执行中的问题,推动政策优化与落实,进而促进了全要素能源效率的提升。

3. 环境治理。全要素能源效率的提升是一个复杂的系统工程,它不仅取决于投入端的优化,还深受产出端期望产出与非期望产出的双重影响。非期望产出多与环境污染与环境治理有关,因此能源效率会受到环境污染和环境治理程度的影响。采用各地区环境污染治理投资额占GDP的比重作为地区环境污染与治理力度的衡量指标。该指标反映了政府在水环境治理方面的投入强度,其数值越高,意味着政府在减少环境污染、提升环境质量方面的努力越大。将样本分年度依据环境治理力度的均值划分为环境治理力度较弱组和环境治理力度较强组,并使用模型(1)进行回归分析。由表5(5)(6)列回归结果可知,在环境治理力度较弱组中,国家审计的回归系数显著为正;在环境治理力度较强组中,国家审计的回归系数并不显著。这说明国家审计对全要素能源效率的提升作用在环境治理力度较弱的地区更加显著。可能的原因是,在环境治理力度较强的地区中,环境治理可以有效减少环境污染也就是全要素能源效率的非期望产出,此时国家审计对提升全要素能源效率的作用就相对较弱。而在环境治理力度较弱的地区,国家审计通过其监督治理机制以及信息传递机制对提升全要素能源效率的作用则会更加显著。

六、研究结论与建议

中国正步入经济高质量发展的崭新阶段,能源是核心驱动源,能源效率的提升已成为驱动经济转型升级的核心要素之一。剖析作为国家治理体系中重要支柱的国家审计对全要素能源效率的深远影

① 樊纲、王小鲁、马光荣:《中国市场化进程对经济增长的贡献》,《经济研究》2011年第9期。

响及其内在作用机理,对于加速“双碳”目标的达成、促进经济高质量发展路径的优化具有重要的现实意义。基于超效率SBM模型,通过对2011—2021年我国30个省级行政区的全要素能源效率进行测算,探讨了国家审计对全要素能源效率的影响机制。研究发现,国家审计在提升全要素能源效率方面发挥着显著作用,这一结论在多种稳健性检验下均保持稳健。国家审计通过监督治理和信息传递机制助推全要素能源效率的提升。一方面,国家审计作为政府财政的主要抓手,在能源政策及相关措施的实施过程中发挥监督治理效应,促进政策落实,提高各种生产要素的配置效率。另一方面,国家审计作为公共权力问责机制的信息基石,能够有效地收集和传递关于能源政策执行、环境保护及能源效率的关键信息,提升地方政府对能源政策的关注度,并有效吸引社会公众对环境问题的关注,从而减少能源生产消费中的非期望产出,优化能源利用效率。进一步研究发现,这种提升作用在非资源型、市场化程度高以及环境治理力度较弱的地区中更显著。研究丰富了能源效率影响因素研究的广度和深度,揭示了国家审计影响全要素能源生产率的作用机制。研究结果有助于进一步拓展国家审计全覆盖的边界,为通过国家审计的力量有效提升全要素能源生产率,加速经济社会绿色转型提供了新见解。

基于上述研究结论,提出以下建议:

一是强化国家审计在能源政策监督与治理中的角色。强化对政府财政预算和能源政策的监控和管理,构建全方位政府财政资金和政策落实的监督体系,以实现监督与管理的有效整合,确保能源政策的有效落地和资源的合理配置。加强对政策财政行为的监督力度与问责机制,敢于揭示与追究财政运行中存在的问题以及制度漏洞,并进一步推动问题的解决。通过审计揭示能源政策执行中的问题,推动政策优化与落实,进而提升全要素能源效率。

二是提升国家审计的信息传递效能。国家审计作为政府与社会公众之间的独立第三方,其信息传递机制对于引导社会公众参与能源资源利用与治理具有重要意义。要加强审计结果的公告与披露,充分发挥国家审计信息传递桥梁的作用,挖掘审计机关的信息优势,将权力运行公开化,提高审计信息的透明度,引导公众更好地参与国家治理,激发地方政府和企业的环境投资热情,促进社会公众对能源政策的关注与参与,通过信息的有效传递,优化能源结构,提升全要素能源效率。

三是促进国家审计与地区特征协同增效,优化治理体系。国家审计对全要素能源效率的提升作用在不同地区存在异质性,国家审计机关在制定审计策略时,要充分考虑地区的资源禀赋、市场化程度以及环境治理力度等因素,通过差异化的审计策略,关注能源政策的执行效果与资源利用方式的优化,加强对能源政策落实情况的监督与治理,确保能源要素的高效流通与利用,更有效地提升全要素能源效率,推动经济高质量发展。

## The Influence of National Audit on Total Factor Energy Efficiency

Gong Yifei<sup>1</sup> Zhang Kexin<sup>2</sup> Li Lu<sup>3</sup>

(1. Economics and Management School, Southwest University, Chongqing 400715, P.R.China;

2. Business School, Nankai University, Tianjin 300071, P.R.China;

3. Financial Management Department, Wuliangye Co. Ltd, Yibin 644000, P.R.China)

**Abstract:** In the context of China's strategic imperative for energy system reform and the pursuit of high-quality, low-carbon development, this research investigates the influence of national audit on Total Factor Energy Efficiency (TFEE). This study employs a super-efficiency Slacks-Based Measure (SBM) model, incorporating undesirable outputs, to calculate TFEE for 30 provincial-

level administrative units in Chinese mainland over the period 2011 – 2021. Panel data analysis is then used to empirically test the impact of national audit, proxied by the logarithm of the monetary value of major problems identified in audits, on TFEE.

The study finds that national audit significantly enhances TFEE. This positive effect is particularly pronounced in regions characterized as non-resource-based, regions with a higher degree of marketization, and areas with comparatively weaker existing environmental governance structures. The findings' robustness is validated by extensive econometric checks. Propensity score matching (PSM) and placebo tests mitigate endogeneity and selection bias, while sensitivity analyses using alternative variables, additional controls, and subsamples consistently corroborate our main conclusion.

This study distinctively identifies and empirically validates two primary mechanisms through which national audit impacts TFEE. The first one is supervision and governance mechanism. National audit strengthens the oversight of public fund utilization, state-owned resource management, and the implementation of significant energy-related policies. This enhances the operational efficiency of environmental fiscal expenditure and improves governmental fiscal transparency. Such rigorous supervision compels adherence to energy efficiency standards, rectifies deviations in policy execution, and promotes more rational allocation of productive inputs, thereby reducing energy waste and improving overall TFEE. The second one is information transmission mechanism. National audit functions as a critical information conduit, increasing transparency regarding energy use and environmental protection. The public disclosure of audit findings elevates governmental attention towards environmental issues and heightens public environmental awareness. This increased scrutiny from both official and public spheres incentivizes improved environmental performance and more efficient energy utilization by entities.

This research extends the understanding of TFEE determinants by focusing on the institutional role of national audit within China's national governance framework, providing granular evidence on how a macro-level governance instrument translates into tangible improvements in energy efficiency.

**Keywords:** National audit; Total factor energy efficiency; Supervision and governance; Information transmission

[责任编辑:王玲强]