

# 中国省际科普全要素生产率差异 及收敛性研究

于善波<sup>1, 2</sup> 张军涛<sup>11</sup>

(1. 东北财经大学 公共管理学院, 辽宁 大连 116025;

2. 佳木斯大学 经济与管理学院, 黑龙江 佳木斯 154007)

**【摘要】:** 全要素生产率是推动高质量发展的动力源泉, 对于提高资源配置效率和优化体制机制建设具有重要作用。利用 2008—2017 年我国科普投入产出的面板数据, 基于 DEA-Malmquist 模型测算我国省际科普全要素生产率的时空差异, 分析科普全要素生产率的收敛性。得出如下主要结论: 在样本期内, 我国科普全要素生产率非有效, 波动性大, 且规模效应是推动科普全要素生产率提高的主要原因, 纯技术效率相对较弱。在地区差异上, 我国省际科普全要素生产率呈现由东至西递减的趋势, 差异明显。经济越发达的地区, 科普全要素生产率相对较高。且我国科普全要素生产率并不存在显著的  $\alpha$  收敛, 但是存在绝对  $\beta$  收敛和相对  $\beta$  收敛, 科普全要素生产率低省份存在向科普全要素生产率高的省份“追赶效应”。根据以上研究发现, 有助于厘清我国科普工作的内在规律, 更加清晰省际科普投入产出效率之间的差距, 对于更合理配置科普资源, 提高资源利用效具有借鉴意义和指导价值。

**【关键词】:** 科普全要素生产率 收敛性 路径

**【中图分类号】** F223 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-0186 (2020) 011-0074-014

## 一、引言

科学普及工作对于提升公民科学文化素质, 增强国家综合竞争实力具有重要作用, 特别是对于当前新型冠状病毒肺炎疫情的防控工作十分必要。

一直以来, 科学技术普及工作受到了党和国家的高度关注。习近平总书记更是在 2016 年“科技三会”和 2018 年世界公众科学素质促进大会上, 两次强调科学技术普及工作对于实现创新发展和提升公民科学素质的重要性, 并明确要求将科普工作放在与科技创新同等重要的位置。

中华人民共和国成立 70 年以来, 特别是改革开放 40 年以来, 我国科普工作经历了从无到有, 从弱到强的转变过程。科普

---

**作者简介:** 于善波(1969-), 男, 汉族, 黑龙江佳木斯人, 东北财经大学公共管理学院博士研究生, 佳木斯大学经济与管理学院教授。研究方向: 区域经济与集群企业可持续发展;

张军涛(1963-), 男, 汉族, 河北石家庄人, 东北财经大学公共管理学院教授, 博士研究生导师。研究方向: 城市与区域经济、区域可持续发展。

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目“新型城镇化的空间效应与区域政策工具组合创新”(41571121); 国家社会科学基金项目“赫哲-那乃跨界民族文化变迁比较与产业融合发展研究”(18BMZ056)。

---

人才队伍不断健全、科普场馆设施逐渐完善、科普经费投入逐年递增、科普活动质量显著提升，科普工作的积极作用不断显现。但是，我国科普工作与发达国家科普工作之间仍有较大的差距。

科普资源的稀缺，将是我国科普事业发展需要长期面对的现实性问题<sup>[1]</sup>。那么，在科普投入既定的条件下，科普资源配置越合理，利用效率越高，获得的产出也将越多<sup>[2]</sup>。

回到现实意义讲，我国各级政府每年投入了大量的科普资源，是否在有限投入的前提下实现了最大化的产出？各地区之间的差异有多大？这一系列问题值得关注。对科普工作投入产出效率进行研究，不仅有助于把握我国科普工作的内在规律，更有助于各省份发现自身的差距并反思不足。

经济学中关于价值的判断标准有很多，“效率”就是其中一个。由于资源永远是稀缺的，而如何利用有限资源实现最大产出，实现资源的配置最优化，是任何生产过程都需要追求的目标。

由此衍生出关于投入产出的效率问题讨论，查恩斯（Charnes）等在 1978 年最早提出了用于评价具有相同类型投入和产出的若干生产和非生产部门的相对效率模型，即数据包络分析模型（DEA 模型）<sup>[3]</sup>。法尔（Rolf Fare）等通过计算 OECD 国家的 Malmquist 指数，将效率又进一步分解为技术变化和效率变化<sup>[4]</sup>。

魏权龄在国内较早引入数据包络分析模型<sup>[5]</sup>，随后，该方法被应用于农业<sup>[6]</sup>、林业<sup>[7]</sup>、文化产业<sup>[8]</sup>、高新技术产业<sup>[9]</sup>等多个领域，成为有效评价投入产出效率的工具。而现代生产经济学认为，投入增长和生产率增长是经济增长的源泉，生产率增长是经济可持续发展的唯一源泉，由此可见效率（生产率）的重要性<sup>[10]</sup>。

正因为如此，近年来，有关科普投入产出效率的研究也逐渐增多，学者越来越关注在其他因素不变的前提下，如何测算科普人员、科普场地和科普经费等资源的投入所能得到的科普活动和科普传媒等产出的多少<sup>[1-2,11-15]</sup>，无论是从国家层面，还是从省级层面，探讨科普投入产出效率，以及影响投入产出效率的因素<sup>[16]</sup>，并认为评价科普资源配置和利用效率，能够更加清晰人、财、物等科普资源投入是否得到了充分有效的利用。

在研究方法的选择上，涉及主成分分析法<sup>[11]</sup>、熵权—GEM 方法<sup>[12]</sup>、分形模型<sup>[13]</sup>、数据包络分析（DEA）<sup>[14-16]</sup>等。学者们普遍认为我国科普资源配置和利用综合技术效率并不稳定，投入产出效率呈现波动式变化，且各省科普能力水平存在明显差异。但是，这种区域间的差异水平有多大，科普投入产出效率是否具有收敛性等问题，并没有给出具体测算。

2013 年以来，我国经济发展进入“新常态”，经济发达的驱动力也不再是资本、土地和劳动力为主的投入驱动型增长模式，而是转变为以创新为主导因素的高质量发展阶段。

创新能否成功，将直接决定生产力是否得到全面释放，其中全要素生产率是创新驱动发展的核心因素。全要素生产率作为衡量生产过程中利用全部要素投入获得产出的能力水平的重要指标<sup>[17]</sup>，本质仍是生产率，用于衡量经济单元的生产效率<sup>[18]</sup>，提高全要素生产率是提高劳动生产率的根本途径<sup>[19]</sup>。

毫无疑问，提高科普全要素生产率便成为科普事业发展提质增效的关键环节。全要素生产率不仅在学术界备受关注，近年来，政府也开始高度重视全要素生产率问题。党的十九大报告已明确指出，我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，并提出了全要素生产率。

这个经济概念首次出现在了政府文件中，可见其对于政府的重要性。所谓科普全要素生产率，是指在科普活动中，各种科普要素投入既定的条件下，所能够达到的额外生产效率，即科普活动所带来的产出大于投入的差值<sup>[20]</sup>。

在科普现有发展条件下，测算全国及各省科普全要素生产率，既有助于合理配置科普投入资源，又能更加关注科普的产出效率，进而有效监管科普工作，提高资源利用效能。

基于此，本文的边际贡献在于，在考虑科普作用的无边界性以及科普对科技创新的支撑作用的前提下，基于 DEA-Malmquist 模型测算了全国层面、地区层面和省级层面的科普全要素生产率，并分析了其是否存在  $\alpha$  收敛、绝对  $\beta$  收敛和条件  $\beta$  收敛，进一步探索了科普工作的内在机制，明确了各省科普投入产出效率的差距。

研究结论能够更加有助于揭示我国科普工作的内在规律，更加客观反映我国科普事业发展现状，对于今后科普工作制定更具针对性的政策建议提供必要参考。

## 二、研究方法数据来源

本文将基于 DEA-Malmquist 模型对我国科普全要素生产率进行测算，并通过  $\alpha$  收敛、绝对  $\beta$  收敛和条件  $\beta$  收敛对其进行收敛性分析，以期更加客观反映我国当前科普发展现状，探寻更加有针对性的政策建议。

### （一）研究方法

目前学界比较认可的全要素生产率测算方法有增长核算法、生产函数法、随机前沿方法和数据包络分析法 (DEA)<sup>[21]</sup>。但是，由于很难确定科普投入与科普产出之间是否具有明确的函数关系，也为了更好地消除量纲对运算的影响，本文采用数据包络分析方法。

该方法是典型的非参数方法，用于评估具有同质投入产出的决策单元的相对有效性。由于 DEA 方法无需事先确定生产函数的形式、允许无效率存在以及便于分解等诸多优势，得到了越来越广泛的应用<sup>[22]</sup>。

#### 1. 数据包络分析

数据包络分析方法的最初提出者是班克 (Banker)、查恩斯 (Charnes) 和库珀 (Cooper)，他们认为该模型能够很好地评价具有多个输入和输出的决策单元之间的相对有效性，而判断决策单元是否位于生产可能集的“前沿面”上，在经济学分析中具有深刻的内涵<sup>[23]</sup>。其中，CCR 模型和 BCC 模型应用最为广泛。

CCR 模型假设有  $n$  个决策单元，每个决策单元都有  $m$  种类型的“输入”以及  $s$  种类型的“输出”，各单元的输入和输出数据可以表示为：

$x_{ij}$  为第  $j$  个决策单元对第  $i$  种输入的投入量， $x_{ij} > 0$ ；

$y_{rj}$  为第  $j$  个决策单元对第  $r$  种输出的投入量， $y_{rj} > 0$ ；

$v_i$  为对第  $i$  种输入的一种度量； $u_r$  为对第  $r$  种输出的一种度量。

则所构建的 CCR 模型为：

$$(\bar{P}_{\hat{c}_R}) \begin{cases} \max \frac{u^T y_{j_0}}{v^T x_{j_0}} = V_{\bar{P}}, \\ \text{s.t.} \quad \frac{u^T y_j}{v^T x_j} \leq 1, j=1, 2, \dots, n, \\ v \geq 0, u \geq 0 \end{cases}$$

为方便计算对上述规划分别引入松弛变量  $s^-$  和剩余变量  $s^+$ , 则

$$(\bar{D}_{CR^2}) \begin{cases} \min \theta = V_{\bar{D}} \\ \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_{j_0} \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases}$$

1984 年, 班克等又提出了不考虑生产可能集满足锥性的 DEA 模型, 即 BCC 模型, 该模型可以评价部门间的相对技术有效性。假设个  $n$  决策单元对应的输入数据和输出数据分别为:

$$\begin{aligned} x_j &= (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T, j=1, 2, \dots, n, \\ y_j &= (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T, j=1, 2, \dots, n, \end{aligned}$$

其中,  $x_j \in E^m, y_j \in E^s, x_j > 0, y_j > 0 (j=1, 2, \dots, n)$ , 则 BCC 模型为:

$$(\bar{P}_{BC^2}) \begin{cases} \max (\mu^T y_{j_0} + \mu_0) = V_P \\ \text{s.t.} \quad \omega^T x_j - \mu^T y_j - \mu_0 \geq 0, j=1, 2, \dots, n \\ \omega^T x_{j_0} = 1, \\ \omega \geq 0, \mu \geq 0 \end{cases}$$

其对偶规划为（同上，分别引入松弛变量  $s^-$  和剩余变量  $s^+$ ）：

$$\left( \bar{D}_{BC^2} \right) \left\{ \begin{array}{l} \min \theta = V_{\bar{D}} \\ s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_{j0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_{j0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, \dots, n \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{array} \right.$$

由于 CCR 模型相对于 BCC 模型而言，不需要对数据进行无量纲化处理，更适合研究多投入指标和多投入指标的关系，能够尽可能地保证原始信息的完整性。科普全要素生产率是包含多种科普投入指标和多种科普产出指标的指标，因此，本文认为采用 CCR 模型更加合适。

## 2. Malmquist 指数

1953 年，瑞典经济学家马姆奎斯特（S. Malmquist）首次提出 Malmquist 指数<sup>[24]</sup>，其在测算全要素生产率过程中不依赖于具体的生产函数形式，因而能够有效地避免因模型设定的随意性而导致的测算偏差，进而可以得到较为稳健的测算结果<sup>[25]</sup>。Malmquist 指数从  $t$  期到  $t+1$  期的 TFP 变化可以表示为：

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[ \frac{d^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^t(x^t, y^t)} \times \frac{d^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

式中， $(x^t, y^t)$  和  $(x^{t+1}, y^{t+1})$  分别表示  $t$  期和  $t+1$  期的投入产出变量； $d^t(x^t, y^t)$  和  $d^t(x^{t+1}, y^{t+1})$  分别表示以  $t$  期技术  $T$  为参照， $t$  期和  $t+1$  期的距离函数； $d^{t+1}(x^t, y^t)$  和  $d^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$  分别表示以  $t$  期技术  $T+1$  为参照， $t$  期和  $t+1$  期的距离函数。

若  $M > 0$ ，表示评估的决策单元从  $t$  期到  $t+1$  期的生产率是增长的；若  $M < 0$ ，表示评估的决策单元从  $t$  期到  $t+1$  期的生产率是衰退的；若  $M = 0$ ，表示评估的决策单元从  $t$  期到  $t+1$  期的生产率没有变化。

Malmquist 指数在规模报酬不变的条件下可以分解为技术效率变化指数（Efch）和技术进步指数（Techch），用公示可以表示为：

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[ \frac{d^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^{t+1}(x^t, y^t)} \times \frac{d^t(x^t, y^t)}{d^{t+1}(x^t, y^t)} \right] \times \left[ \frac{d^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^t(x^t, y^t)} \right] = Techch \times Effch$$

若  $Techch > 1$ ，表示技术在进步；若  $Techch < 1$ ，表示技术在退步；若  $Techch = 1$ ，表示技术不变。若  $Effch > 1$ ，表示技术效率在提高；若  $Effch < 1$ ，表示技术效率损失；若  $Effch = 1$ ，表示技术效率不变。

技术效率变化指数还可以进一步分解为纯技术效率变化指数（Pech）和规模效率变化指数（Sech），用公式可以表示为：

$$Effch = \left[ \frac{d^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^t(x^t, y^t)} \right] \times \left[ \frac{d^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{d^t(x^t, y^t)} \times \frac{d^t(x^t, y^t)}{d^{t+1}(x^t, y^t)} \right] = Pech \times Sech$$

若  $Pech > 1$ ，表示纯技术效率进步；若  $Pech < 1$ ，表示纯技术效率退步；若  $Pech = 1$ ，表示纯技术效率不变。若  $Sech > 1$ ，表示第  $t+1$  期相对于第  $t$  期而言，越来越接近固定规模报酬，或逐渐向长期最佳规模逼近；若  $Sech < 1$ ，表示第  $t+1$  期相对于第  $t$  期而言，距离规模报酬越来越远。

## （二）指标选取与数据来源

指标选取方面，鉴于科普数据的易获取性及可比性等原则，投入产出指标借鉴了相关研究<sup>[1-2,14-16,26]</sup>，其中，科普投入指标共涵盖 4 个变量，分别是科普人员（科普专职人员与科普兼职人员）、科普经费（年度科普经费筹集额）、科普场馆（科技馆、科学技术类博物馆、青少年科技馆）和科普场所[城市社区科普（技）专用活动室、农村科普（技）活动场地]。

科普产出指标主要涵盖 3 个变量，分别是科普传媒（科普图书、科普期刊、音像制品）、科普活动[科普（技）讲座、科普（技）展览、科普（技）竞赛]、科普国际交流（科普国际交流）。

根据 DEA 模型的指标选取原则，要求 DMU 的数量大于投入指标与产出指标总和的 2 倍<sup>[3]</sup>。以此来看，本文所研究的对象为 31 省（自治区、直辖市），DMU 的数量大于投入指标与产出指标之和（7 个）的 2 倍，符合 DEA 模型要求。

数据来源方面，本文选取了 2008—2017 年我国 31 个省（自治区、直辖市，香港、澳门、台湾除外）科普投入与产出的跨期面板数据，数据均来源于《中国科普统计》。

## 三、我国科普全要素生产率差异分析

在 DEA-Malmquist 模型基础上，基于相关数据，运用 DEAP2.1 软件，可以测算得到我国科普全要素生产率的时空变化。

### （一）我国科普全要素生产率时序变化

运用 DEAP2.1 软件，测算得到我国科普全要素生产率的时序变化（表 1）。结果显示，2008—2017 年我国科普全要素生产率的均值为 0.956，全国平均综合效率在 0.85~0.98 区间波动。总体来看，并不稳定，且波动较大，科普全要素生产率有效的省份仅有两年，而绝大部分年份科普全要素生产率并非有效。

具体来看，根据全国科普投入纯技术效率和规模效率的情况，可以得出影响综合效率水平的主要因素。表 1 数据显示，2008

年以来，纯技术效率变化和规模效率变化基本在 0.90~1.05 区间波动，但是，规模效率变化的波动要相对大于纯技术效率变化，且其对综合效率的影响更大。由此表明，规模效率波动是导致综合效率波动的主要原因。

即近十年来，我国科普全要素生产效率并不是高效，虽然科普资源的规模有所提高，但是科普的纯技术效率并不高，效率产出不强。

表 1 历年平均科普全要素生产率指数及其分解（2008—2017）

年份	技术效率变化 effch	技术进步变化 techch	纯技术效率变化 pech	规模效率变化 sech	Malmquist 生产率指数 tfpch
2008—2009	0.871	0.892	0.946	0.920	0.776
2009—2010	1.040	0.941	1.007	1.033	0.979
2010—2011	0.811	1.085	0.912	0.889	0.880
2011—2012	1.050	1.042	1.021	1.029	1.094
2012—2013	1.031	0.896	0.992	1.040	0.924
2013—2014	1.005	0.949	1.020	0.986	0.955
2014—2015	1.093	1.058	1.048	1.043	1.157
2015—2016	0.949	0.962	0.939	1.011	0.913
2016—2017	1.145	0.856	1.092	1.049	0.980
mean	0.994	0.962	0.996	0.998	0.956

## （二）我国科普全要素生产率省际差异

由于受到社会经济的影响，我国科普工作的投入和产出各方面都存在着较大的省际差异。经济越发达的地区，科普工作开展的频次和效果要优于经济欠发达地区。

表 2 数据显示，2008 年以来，我国省际科普全要素生产率表现出了较为明显的地区差异。具体而言，科普综合效率高的省份集中在东部地区，而综合效率相对较差的省份集中在西部地区，东部地区科普全要素生产率有效或接近有效的省份明显多于中部和西部地区<sup>1</sup>。

科普全要素生产率最优的省份为广东省，比最差的四川省的综合效率高出了 21.99%。以科普全要素生产率有效的省份个数来看，东部地区有北京市、上海市、浙江省和广东省 4 个省（市）达到了有效，而中部和西部地区则没有有效省份。

东部各省的综合生产效率基本在 0.95~1.05 区间波动，而中部地区各省的综合生产效率则在 0.93~0.97 区间波动，西部地区各省的综合生产效率基本在 0.89~0.93 区间。由此可见，东部地区科普投入产出效率要依次优于中部和西部地区，表现为由东至西递减趋势。

表 2 省际平均科普全要素生产率指数及其分解（2008—2017）

省份	技术效率变化 effch	技术进步变化 techch	纯技术效率变化 pech	规模效率变化 sech	Malmquist 生产率指数 tfpch
北京	1.000	1.001	1.000	1.000	1.001

天津	1.000	0.975	1.000	1.000	0.975
河北	0.972	0.975	0.978	0.994	0.948
山西	1.006	0.961	1.003	1.003	0.967
内蒙古	0.954	0.971	0.960	0.994	0.926
辽宁	1.000	0.976	1.000	1.000	0.976
吉林	1.000	0.931	1.000	1.000	0.931
黑龙江	1.016	0.898	1.017	0.998	0.912
上海	1.036	0.985	1.018	1.018	1.020
江苏	0.994	1.000	0.998	0.996	0.994
浙江	1.000	1.009	1.000	1.000	1.009
安徽	0.991	0.977	0.992	0.999	0.968
福建	1.032	0.953	1.034	0.998	0.983
江西	1.024	0.933	1.024	1.000	0.955
山东	1.003	0.982	0.984	1.019	0.986
河南	0.994	0.985	0.999	0.995	0.978
湖北	0.966	0.984	0.975	0.990	0.951
湖南	1.019	0.967	1.000	1.019	0.985
广东	1.000	1.065	1.000	1.000	1.065
广西	1.000	0.951	1.000	1.000	0.951
海南	1.000	0.949	1.000	1.000	0.949
重庆	1.000	0.976	1.000	1.000	0.976
四川	0.944	0.925	0.982	0.961	0.873
贵州	0.968	0.961	0.968	1.000	0.930
云南	1.000	0.930	1.000	1.000	0.930
西藏	0.961	0.933	0.975	0.985	0.897
陕西	0.983	0.918	0.997	0.986	0.902
甘肃	1.000	0.899	1.000	1.000	0.899
青海	1.000	0.913	1.000	1.000	0.913
宁夏	0.969	0.994	0.977	0.992	0.963
新疆	1.000	0.956	1.000	1.000	0.956
mean	0.994	0.962	0.996	0.998	0.956

从地区来看，无论是规模效率变化指数，还是纯技效率变化指数，东部地区都要高于中部和西部地区（图 1）。虽然各区域科普全要素生产率都没有达到有效，但是东部地区更接近于有效水平。2008 年以来，东部地区科普全要素生产率均值为 0.991，中部地区为 0.956，而西部地区为 0.926。具体分因素来看，规模效率变化是推动全要素生产率变化的主要原因。

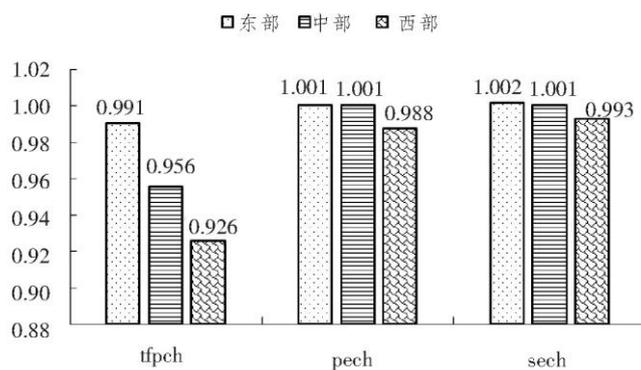


图 1 各区域科普全要素生产率（2008—2017）

#### 四、我国科普全要素生产率收敛性分析

新古典增长模型认为由于资本的边际产出呈现递减趋势，经济的发展最终将趋于稳定状态，即经济增长存在收敛<sup>[27]</sup>。也就是说，经济发展水平较低的地区会比经济发展水平较高的地区增长速度快。因此，经济水平较低地区和经济水平较高地区会逐渐接近。前文已经证实，我国科普全要素生产率存在明显的地区差异与波动，但是这种差距是否会随着时间的变化而变化，是否存在收敛的趋势？为了更加清晰科普工作发展的区域间对比，判定省际科普全要素生产率之间的差距。需要对科普全要素生产率进行收敛性分析。目前，学术界对收敛性的分析根据考察收敛性的角度不同，一般有三种类型： $\alpha$  收敛、绝对  $\beta$  收敛和条件  $\beta$  收敛<sup>[28-29]</sup>，本文将从这三个角度分析各区域间科普全要素生产率的收敛性。

##### （一） $\alpha$ 收敛性检验

$\alpha$  收敛主要是反映离散程度的指标，用于说明省际或区域之间全要素生产率随时间推移的水平趋势。如果指标随时间变化而出现下降趋势，则表明存在收敛状态，反之则存在发散状态。本文借鉴赵磊<sup>[30]</sup>的思路，利用标准差进行验证。同时，为了克服规模的影响，本文又采用变异系数法进行验证。

表 3 数据显示，我国科普全要素生产率的标准差在时间推移上并未显示出一致性扩大或者一致性缩小的趋势，且呈现出“M”型变化结构，表现出不稳定的时变波动，也就说明我国科普全要素生产率并不存在显著的  $\alpha$  收敛。并且 2008 年以来的变异系数指标也显示出，并没有随着时间的变化而趋于稳定的态势。也在客观上验证了通过标准差判定我国科普全要素生产率并不存在  $\alpha$  收敛的事实，这主要是因为我国科普全要素生产率在不同时间和不同区域内并不具有延续性。

而从我国三大地区的横向对比来看，我国三大地区科普全要素生产率也并不存在  $\alpha$  收敛（图 2）。东部地区标准差波动较小，且较为平稳，说明东部地区各省之间的科普发展水平比较稳定。但是，2015 年起，东部地区的标准差波动增加，表明东部地区各省之间的科普发展水平有差距增大的趋势。而西部地区标准差波动最大，表明西部地区各省之间的科普发展水平差异最大。

表 3 科普全要素生产率的  $\alpha$  收敛和变异系数

	$\alpha$ 收敛	变异系数
2008—2009	0.225	0.283
2009—2010	0.239	0.241
2010—2011	0.241	0.268

2011—2012	0.494	0.430
2012—2013	0.325	0.338
2013—2014	0.276	0.282
2014—2015	0.483	0.399
2015—2016	0.301	0.319
2016—2017	0.413	0.402

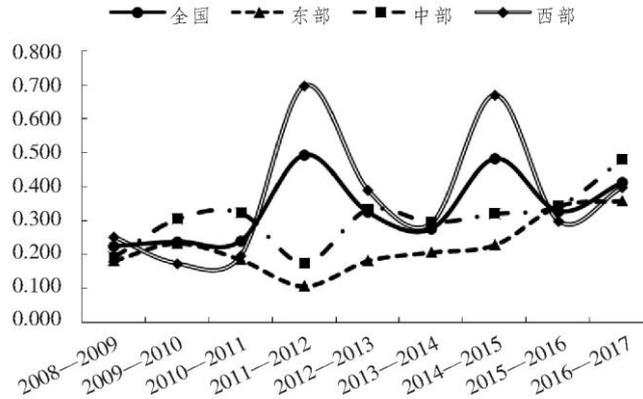


图2 各地区  $\alpha$  收敛结果

## (二) 绝对 $\beta$ 收敛

绝对  $\beta$  收敛假设不同区域具有相同的发展基础，在这些区域内某变量将达到相同的稳态增长速度和增长水平。这里的绝对  $\beta$  收敛用于验证科普全要素生产率是否向同一稳态均衡水平收敛趋同，即科普全要素生产率是否存在由较低省份向较高省份趋同的“追赶效应”<sup>[31]</sup>。在这种情况下，科普全要素生产率较低的省份增长速度要高于科普全要素生产率较高的省份，并最终趋同于相同的稳态均衡水平。本文借鉴巴罗（Barro）和马丁（Sala-Martin）<sup>[32]</sup>的思路对科普全要素生产率进行绝对  $\beta$  收敛分析，并利用经典的回归方程进行验证，其检验模型如下：

$$\frac{1}{T} \ln \left( \frac{TFP_{i,t}}{TFP_{i,0}} \right) = \alpha + \beta \ln TFP_{i,0} + \varepsilon$$

其中， $TFP_{i,0}$ 和 $TFP_{i,t}$ 分别代表*i*省份基期和末期的科普TFP，*T*代表观察期的时间跨度， $\alpha$ 为常数项， $\beta$ 为收敛系数， $\varepsilon$ 为随机误差项，绝对  $\beta$  收敛速度  $\lambda = -\ln(1 + \beta)/t$ ，稳态值  $\gamma = \alpha / (1 - \beta)$ ，收敛的半生命周期  $\tau = \ln(2) / \lambda$ ，用于表示落后地区追赶上发达地区所需要的时间<sup>[27]</sup>。如果  $\beta < 0$ ，则说明存在绝对  $\beta$  收敛。如果存在绝对  $\beta$  收敛，则说明科普全要素生产率较低的省份对科普全要素生产率较高的省份具有“追赶效应”，最终将趋同于相同的稳态均衡水平。

全国来看，科普全要素生产率的  $\beta$  值小于 0，且达到了 1% 的显著性水平，这说明全国范围内各省的科普全要素生产率存在绝对  $\beta$  收敛，也就是说，各省之间的增长差距在不断缩小（表 4）。而从三大区域来看，东部、中部和西部地区的  $\beta$  值都小于 0，即也存在绝对  $\beta$  收敛。其中，中部地区和西部地区达到了 1% 的显著性水平。也就是说，存在科普全要素生产率由较低省份向较高省份趋同的“追赶效应”。从稳态值来看，中部地区的稳态值最高，而东部地区的稳态值最低。从收敛速度和半生命周

期数值来看，全国科普全要素生产率的绝对收敛速度为 0.065%，半生命周期为 10.65 年。而东部地区、中部地区和西部地区的绝对收敛速度分别为 0.078%、0.057%和 0.032%，半生命周期分别为 8.91 年、12.11 年和 21.40 年。根据收敛速度来看，东部地区的追赶速度要低于中部、西部地区。但是半生命周期指标显示，西部地区的绝对收敛趋势较弱，而东部地区的绝对收敛趋势最强。

表 4 全国及各区域绝对  $\beta$  收敛结果

变量	全国	东部地区	中部地区	西部地区
$\alpha$	0.0509*** (0.0163)	0.0476*** (0.0178)	0.1113*** (0.0184)	0.0750*** (0.0226)
$\beta$	-0.4434*** (0.1373)	-0.4634* (0.2592)	-0.3673*** (0.1019)	-0.2283** (0.1168)
F	10.42	3.19	12.98	3.82
稳态值	0.035	0.033	0.081	0.061
收敛速度	0.065	0.078	0.057	0.032
半生命周期	10.65	8.91	12.11	21.40
是否收敛	收敛	收敛	收敛	收敛

注：\*、\*\*、\*\*\*、分别表示在 10%、5%和 1%显著性水平上显著

### （三）条件 $\beta$ 收敛

条件  $\beta$  收敛主要针对不同地区的不同特性而言，分析是否收敛于各自的稳定水平。由于各省受到经济发展水平、公众科学认知等因素影响，导致科普发展过程中存在差异化特征。这里的条件  $\beta$  收敛主要用于反映不同地区的科普全要素生产率是否收敛于各自的稳态水平。因此，本文借鉴米勒（Miller）和阿帕德海耶（Upadhyay）<sup>[33]</sup>的思路，对全国科普全要素生产率进行条件  $\beta$  收敛分析，并采用面板数据固定效应模型进行验证，其检验模型如下：

$$d(\ln TFP_{i,t}) = \ln TFP_{i,t} - \ln TFP_{i,t-1} = \alpha + \beta \ln TFP_{i,t-1} + \varepsilon$$

其中， $TFP_{i,t}$  和  $TFP_{i,t-1}$  分别代表  $i$  省份在第  $t$  期和第  $t-1$  期的科普 TFP， $\alpha$  为常数项， $\beta$  为收敛系数， $\varepsilon$  为随机误差项。如果  $\beta < 0$ ，则表示存在条件  $\beta$  收敛，表明各省 TFP 有各自的稳定水平，并且都将收敛于各自的稳定状态。

2008 年以来，无论是从全国层面，还是东部、中部或者西部地区， $\beta$  的数值都小于 0，即全国和各区域的科普全要素生产率都存在条件  $\beta$  收敛，并达到了 1%的显著性水平（表 5）。由此表明，各省科普全要素生产率有各自的稳定水平，且都在向各自稳定状态趋近。

表 5 全国及各区域条件  $\beta$  收敛结果

变量	全国	东部地区	中部地区	西部地区
$\alpha$	-0.0351*	0.0201*	0.0302	0.0334

	(0.0308)	(0.0222)	(0.0523)	(0.0658)
$\beta$	-1.2999*** (0.2584)	-0.8777*** (0.3236)	-1.1568*** (0.2899)	-1.3903*** (0.3398)
F	25.30	7.36	15.92	16.74
是否收敛	收敛	收敛	收敛	收敛

注：\*、\*\*、\*\*\*分别表示在 10%、5%和 1%显著性水平上显著

## 五、结论与政策启示

本文通过选取用于测评科普投入产出效率的指标，基于 DEA-Malmquist 模型，测算了 2008—2017 年我国及各省（自治区、直辖市）的科普全要素生产率，并分析了我国科普全要素生产率的变动及收敛性，得出以下研究成果，并提出了有针对性的对策建议。

第一，在样本期内，我国科普全要素生产率非有效，且波动大、不稳定。2008 年以来，我国科普全要素生产率有效的年份仅为 2011 年和 2014 年，其余年份均表现出低效率。分因素来看，我国科普全要素生产率主要得益于规模效应，而不是技术效率的改善。由经济增长理论和内生增长理论可知，效率改善和技术进步才是推动经济持续改善的重要因素，也是核心竞争力。近年来各级政府积极推动科普事业发展，无论是科普场馆的建设、科普经费的投入，还是科普人员的配备，都较之前有了很大进步。实证结果也表明，规模效率是目前阶段推进科普全要素生产率提高的主因。但是，科普的产出效率不高，今后科普工作应该在继续保持一定的科普投入资源的基础上，更加关注技术效率的改善，不仅要依靠科普投入资源的“广度”，更要提高科普资源利用的“深度”。在现有基础上，把创新驱动置于发展的核心位置，开展科普资源综合利用，提高资源利用效率，不断增强科普产出效能，使科普投入物尽其用，发挥最大功效。科普产出效率的提高，有别于工业企业，能够立即转化为生产力，科普资源的投入与产出有一定的时滞性，产出效率也将在很大程度上依赖于前期科普投入的力度。提高科普产出效率，就是要通过政策鼓励或技术创新，提高资金使用效率和科技转化成效，进而走出科普产出效率低的现实困境。

第二，我国科普全要素生产率呈现明显的地区差异，东部地区明显优于中部地区和西部地区，表现出由东至西递减趋势。且经济越发达地区，科普投入产出效率相对较高。这主要是因为目前阶段，我国经济社会发展不平衡，造成科普资源投入不均衡。今后科普工作的开展，不能搞“一刀切”的政策。各省应该根据各自财政能力和科普现状，确定自身的科普需求，通过精准发力，实现精准科普，提高科普投入资源的使用效率。东部地区要继续保持较高的科普投入产出效率，扩大对外交流，提高我国科普的国际影响力，不断增强科普国际话语权，也要不断总结发展经验，加以推广宣传。在科普全要素生产率的提升上，要明确技术进步是推进科普产出效率持续发展的根本要素。要在部分发达省份、发达地区，形成可复制和推广价值的科普典型示范区，在东部乃至全国形成较大影响力，发挥带动效应和示范作用。而中部地区，特别是西部地区不能照搬照抄东部发达地区的做法，应该因地制宜制定科普发展政策，因城施策，加快政府职能转变，减少管理权限，最大程度释放改革红利。在保持科普资源有效投入的基础上，重点放在科学配置科普资源上，避免科普资源的浪费。受限于西部地区财政压力的影响，在科普全要素生产率的提升上，要注重开展具有地区特色、民族特色的科普活动，提升科普产出效率，将有限的科普投入发挥最大科普产出。同时，由于我国科普工作存在着“碎片化”和“孤岛”等现象，科普各领域之间、各地区之间的联系不强，普遍存在“各自为政”的局面，且科普产业尚未形成，存在散、小、弱等特点，并不能形成集聚效应。这样就需要加强不同地区、不同省份间的科普沟通，通过建立科普工作联席会议制度，促进各地区之间的交流，实现信息、技术等共享。

第三，我国科普全要素生产率并不存在显著的  $\alpha$  收敛，但是存在绝对  $\beta$  收敛和条件  $\beta$  收敛。即科普全要素生产率在时间序列上并不具有延续性，存在科普全要素生产率低省份向科普全要素生产率高的省份“追赶效应”，并将最终以相同的稳态趋于均衡。也就是说，现阶段我国科普全要素生产率的增长尚未找到自身合适的条件收敛路径。这主要由于我国科普事业起步

---

晚, 科普工作开展初期也缺乏相应的部门或机构管理, 加之中部或西部地区财政实力有限, 对科普事业的经费支持不够, 形成的历史欠账过重, 导致现在的科普工作尽管得到了党和国家的高度关注, 但是效果与预期、与发达国家相比仍有较大差距。这就需要在以后的工作中, 加强政府引导力度, 鼓励市场参与相关科普工作, 不断拓宽科普资源投入融资渠道, 以增强科普资源投入力量, 且通过开展针对性强、实用性好的科普活动, 提高民众参与科普工作的积极性。党的十八届三中全会已经明确指出, 要使市场在资源配置中起决定性作用, 更好地发挥政府作用。市场配置资源是市场经济的一般规律, 要充分尊重市场, 尽管科普具有部分的公益性质, 但是在某些领域, 可以尝试引入市场机制, 让市场更好地发挥作用。这也是面对经济下行压力大的国内形势作出的必然选择, 特别是在 2020 年, 全球遭受了新型冠状病毒肺炎疫情的影响, 世界各国及我国经济发展受到重创, 在这种经济下行压力持续下降的形势下, 科普工作更应该发挥其应有的作用, 市场也应该在推动科普工作中扮演重要角色。科普的本质在于文化的推广, 在于科学知识的普及。疫情之下, 各级政府应该借助更为先进的大数据技术、物联网技术等新媒体、新平台, 强化对科学知识的传播, 全面提升人民群众对疫情防控知识的知晓率, 有效增加科学知识普及供给, 加强疫情防控科普与科研工作联动。引导人民群众理性对待疫情, 避免产生恐慌和焦虑情绪, 增强战胜疫情的信心, 坚决打赢疫情防控阻击战。

### 参考文献:

- [1]刘广斌, 李建坤. 基于三阶段 DEA 模型的我国科普投入产出效率研究[J]. 中国软科学, 2017(5):139-148.
- [2]刘广斌, 李建坤. 基于 DEA 方法的地区科普资源配置及利用效率评价[J]. 科普研究, 2017(6):69-76.
- [3]CHARNES A, COOPER W. W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision-making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6):429-444.
- [4]ROLF F, SHAWNA G, MARY N, ect. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries[J]. The American Economic Review, 1994, 84(1):66-83.
- [5]魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 模型[C]. 安徽省歙县: 中国系统工程学会第五届学术年会, 中国系统工程学会, 1987:411-418.
- [6]毛招斌, 牟驭澜. 提高物质投入效率是促进我国粮食增长的关键[J]. 中国农村经济, 1990(8):22-25.
- [7]田淑英, 许文立. 基于 DEA 模型的中国林业投入产出效率评价[J]. 资源科学, 2012(10):1944-1950.
- [8]蒋萍, 王勇. 全口径中国文化产业投入产出效率研究——基于三阶段 DEA 模型和超效率 DEA 模型的分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2011(12):69-81.
- [9]方福前, 张平. 我国高技术产业的投入产出效率分析[J]. 中国软科学, 2009(7):48-55.
- [10]李双杰, 高岩. 银行效率实证研究的投入产出指标选择[J]. 数量经济技术经济研究, 2014(4):130-144.
- [11]李婷. 地区科普能力指标体系的构建及评价研究[J]. 中国科技论坛, 2011(7):12-17.
- [12]任嵘嵘, 郑念, 赵萌. 我国地区科普能力评价——基于熵权法-GEM[J]. 技术经济, 2013(2):59-64.
- [13]张立军, 张潇, 陈菲菲. 基于分形模型的区域科普能力评价与分析[J]. 科技管理研究, 2015(2):44-48.

- 
- [14]王宾,李群.基于DEA分析的中国科普投入产出效率评价研究[J].数学的实践与认识,2015(15):214-220.
- [15]刘广斌,刘璐,任伟宏.基于DEA的中国科普投入产出效率初步分析[J].重庆大学学报(社会科学版),2016(1):118-126.
- [16]于洁,佟贺丰,黄东流,等.基于三阶段DEA的我国区域科普投入产出效率研究[J].科技管理研究,2018(6):40-47.
- [17]王奇,王会,陈海丹.中国农业绿色全要素生产率变化研究:1992-2010年[J].经济评论,2012(5):24-33.
- [18]蔡跃洲,付一夫.全要素生产率增长中的技术效应与结构效应——基于中国宏观和产业数据的测算及分解[J].经济研究,2017(1):72-88.
- [19]蔡昉.中国经济增长如何转向全要素生产率驱动型[J].中国社会科学,2013(1):56-71.
- [20]李江辉,王宾.京津冀科普全要素生产率测算与分析[J].中国科技论坛,2019(5):116-122.
- [21]章祥荪,贵斌威.中国全要素生产率分析:Malmquist指数法评述与应用[J].数量经济技术经济研究,2008(6):111-122.
- [22]杨锦英,韩晓娜,方行明.中国粮食生产效率实证研究[J].经济学动态,2013(6):47-53.
- [23]马占新.广义数据包络分析[M].北京:科学出版社,2012:212.
- [24]S. Malmquist. Index number and indifference surfaces[J].Trabajos De Estadistica, 1953, 4(2):209-242.
- [25]毛其淋,盛斌.对外经济开放、区域市场整合与全要素生产率[J].经济学(季刊),2012(1):181-210.
- [26]董全超,胡峰,马宗文.基于典型相关分析方法的中国科普投入产出研究[J].科普研究,2019(2):61-67.
- [27]潘文卿.中国区域经济差异与收敛[J].中国社会科学,2010(1):72-84.
- [28]BARRO R, MANKIW N. SALA M X. Capital mobility in neoclassical models of growth[J].The American Economic Review,1995,85(1):103-115.
- [29]BARRO R, MARTIN X. Technological diffusion, convergence, and growth[J]. Journal of Economic Growth,1997,2(1):1-26.
- [30]赵磊.中国旅游全要素生产率差异与收敛实证研究[J].旅游学刊,2013(11):12-23.
- [31]韩海彬,赵丽芬.环境约束下中国农业全要素生产率增长及收敛分析[J].中国人口·资源与环境,2013(3):70-76.
- [32]BARRO R, SALA-MARTIN X. Convergence[J].The Journal of Political Economy,1992,100:223-251.
- [33]MILLER S M, UPADHYAY M. Total factor productivity and the convergence hypothesis[J]. Journal of Macroeconomics,2002,24(2):267-286.

---

**注释:**

1 依据国家统计局关于东、中、西部的划分标准：东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南；中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南；西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。