

中国先进制造业技术效率的测度及政策思考

李金华

摘要: 中国建设制造强国, 必须高度重视发展先进制造业。利用 Malmquist 指数测定中国先进制造业的技术效率发现: 中国先进制造行业整体上全要素生产率指数表现较平稳, 行业的技术前沿面外移, 出现了技术进步, 行业的技术效率有一定程度的改善, 但规模效率没有变化。因此, 未来中国发展先进制造业需要加大研发投入, 促进先进制造企业生产设备的技术革新改造; 培养和引进全球优秀的技术创新人才和管理人才, 鼓励支持先进制造企业的创新; 依托重大项目开展跨界合作和技术攻关, 提高先进制造企业生产技术效率; 实行生产制造方式的重大变革, 推进先进制造企业的绿色制造和智能制造。

关键词: 先进制造业; 制造强国; 技术效率; 绿色制造; 智能制造

中图分类号: F424.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2017)04-0104-13

DOI:10.16493/j.cnki.42-1627/c.2017.04.010

一、研究背景与文献述评

2015 年 5 月, 中国政府发布《中国制造 2025》, 明确提出要将中国制造业由大变强, 通过约 30 年的努力, 将中国建设成为引领全球制造业发展的世界制造强国。2016 年, 中国建设制造强国的战略进入全面实施阶段, 一些重大工程和行动计划得以在实践中铺开, 这些工程和行动主要包括: 实施制造业创新中心建设工程、智能制造工程、工业强基工程、绿色制造工程、高端装备创新工程等五大工程; 选择宁波等一批城市进行制造业转型升级的新模式、新路径探索, 开展以城市和城市群为依托的“中国制造 2025”试点示范工作, 以此总结经验, 推动全国各地区和城市制造业的大发展, 促进各地制造业由大变强; 支持制造行业共性技术公共服务平台及设施建设, 设计一些重点领域关键问题的解决方案; 开始实施 17 个工业转型升级重点项目, 即制造业创新能力建设项目、通信产业链配套完善项目、信息产业核心技术能力提升项目、智能产业基础支撑能力提升项目、面向行业的大型制造企业“双创”服务平台应用推广项目、工业云和大数据公共服务平台建设及应用项目、行业系统解决方案及应用项目、信息物理系统测试验证解决方案应用推广项目、儿童用品有效供给能力提升项目、工业互联体系架构综合创新平台建设项目、工业互联网标识解析系统集成创新应用项目、工业互联网网络化改造和集成应用项目、工业互联网管理支撑平台项目、中药质量提升和保障基地建设项目、中药材供应保障公共服务平台项目、质量品牌公共服务平台建设方向项目、行业非竞争性共性质量技术问题解决应用方向项目等; 开展了服务型制造专项行动,

基金项目: 国家自然科学基金项目“中国建设制造强国的行动路径研究”(71673296); 绿色发展大数据决策北京市重点实验室项目资助

作者简介: 李金华, 经济学博士, 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员、博士生导师(北京 100732)

促进装备制造业质量品牌提升专项行动；建立了国家动力电池创新中心，这是中国首个制造业创新中心，另有一批计划中的创新中心也正陆续成立；84个示范项目在工业强基工程中得以全面落实，推行了“中国制造2025”分省市指南，国家工信部和相关部门陆续编制了“1+X”规划体系^①；批准实施了中德（沈阳）高端装备制造产业园建设方案，这将在中国建设的具有世界影响力的高端装备制造生产基地，也是中德两国在制造领域合作的战略平台。同时，中国还启动实施了国家新型工业化产业示范基地卓越提升计划和“中国制造2025”卓越提升试点示范基地建设行动，并选择了20多个基础条件好、示范带动力强的城市先行先试，进一步推动城市和城市群的试点示范工程，有步骤地、因地制宜地发展特色明显的地区制造业，逐步形成了制造业东部转向高端装备制造、中部制造产业升级、西部优势产业突出的“新三极”的格局。

为配合中国制造强国建设行动，一些学者展开了先进制造业发展的研究。张亭等^[1]利用全球产品贸易数据库数据，运用产品空间理论，实证研究了中美两国产业政策和两国制造业的竞争实力，比较分析了中国制造业遵循比较优势或偏离比较优势路径的可能结果，认为大规模、标准化生产的时代已经过去，取而代之的是以互联网信息技术为支撑的定制生产时代。王德显等^[2]研究了美德两国先进制造业发展的战略及运行机制，认为中国应该完善制造业发展的顶层制度设计，加快制定制造各行业的发展标准、行动指南，鼓励先进制造业快速发展，逐渐实现对中国传统制造业的智能化改造，引领世界制造发展潮流，惠及更多的中小制造企业。赵云峰^[3]认为，先进制造业是国家产业发展的关键，代表着一国制造业发展的水平，反映着国家的综合竞争力，其在研究了我国发达地区先进制造业的发展状况后提出，中国应大力发展生产性服务业和先进制造业，要注重发达地区先进制造业的结构和生产方式的转型，调整现有制造业结构，不断提高先进制造业的劳动生产效率。刘明达等^[4]研究发现，中国需要优化创新资源配置，构建以我为主、全球布局、开放共赢的制造业生态体系，合理配置创新资源，填补竞争前关键共性技术供给不足的短板，加大竞争性关键共性技术供给，超前布局一批前沿关键技术的研发，推动中国先进制造业向数字化、网络化、智能化方向转型。孙泗泉等^[5]认为，中国先进制造业的创新发展主要经历了起步、发展、融入全球制造网络三个阶段，呈现出从模仿创新到自主创新、从低水平创新向高尖端领域创新的发展趋势，但整体上中国先进制造业创新基础还较薄弱、关键技术不强、创新资源缺乏、产业资源较分散、国际竞争力弱。

这些既有研究成果从不同的角度探索了中国建设制造强国的路径或先进制造业发展的相关问题，为进一步研究先进制造业的相关问题提供了有益借鉴，也构成了中国先进制造业技术效率研究的背景。与前述成果不同的是，本文着重研究中国先进制造业的技术效率，并据以思考新工业革命背景下中国先进制造业的技术进步路径。

二、先进制造业技术效率的测度分析

研究中国先进制造业的技术效率，有必要先界定相关重要概念，选取进行分析研究的主要方法。

（一）相关概念界定

测度先进制造业的技术效率，一个重要的前提是界定先进制造业。先进制造业作为一个学术名词，至今没有严格、权威、统一的界定。理论上，关于先进制造业有三种理解，即单因素论、双因素论和多因素论。单因素论认为，先进制造业是一类依靠现代计算机技术发展的产业群，是现代计

^① “1+X”规划体系是依据“中国制造2025”设计的政策体系，共涉及11项相关政策领域，其中的“1”是指“中国制造2025”规划本身，“X”则是涉及的相关的配套规划，主要包括智能制造、绿色制造、质量品牌提升等11项配套政策、行动计划或专项规划等，正陆续出台。

算技术与通用技术结合的制造业；双因素论认为，先进制造业不但要有先进生产技术，还应有先进制造模式，如有精益生产、敏捷制造和绿色制造等；多因素论认为，先进制造业包括多项先进制造元素，如技术、管理、模式、可持续发展、节能环保等。黄烨菁^[6]曾对先进制造业的概念进行过系统的学术梳理，认为先进制造业的理解需要从两个层面出发，一个是信息革命、技术革命成果与生产方式的融合，另一个是多元丰富的国际制造品的需求。前者以技术创新为原动力，形成先进制造业的技术背景，后者揭示制造业个性化创新需求。在发达国家，先进制造业的模式主要是敏捷制造、绿色制造、现代集成制造、大规模定制、精益生产等。于波等^[7]认为先进制造业是相对于传统制造业而言的，其在产业层次、技术、管理、模式等方面区别于传统制造业，其重要的特征是产业具备高端性、技术先进性、管理现代性和生产模式的创新性。按照其特征，先进制造业可分为先进制造业Ⅰ和先进制造业Ⅱ，前者是依靠信息、新材料、新能源、生物技术等的创新和发展衍生出的产业，如光纤、计算机、生物、物联产业等；后者是运用新技术改造后的制造业，是传统制造业升级换代的结果，是先进技术化的制造业。

本文认为，先进制造业是与传统制造业相对而言的，主要指产品的研发、设计、生产、检测、服务和管理过程中运用电子信息、计算机、新材料等现代科学技术和现代管理技术的制造行业，其基本特征是生产技术高端，生产过程信息化自动化程度高，生产效率高，产品附加值高，经济效益好。先进制造业可分为两大类，一类是先进的生产制造技术或高新技术融入传统制造产业，升级改造成为先进制造产业；另一类是新兴的科学技术成果直接应用于生产实践而形成先进制造业。前者如轨道交通装备、数控机床、航天航空装备制造等，后者如3D打印制造、纳米制造、生物制造等。

在中国国家统计局制订的《国民经济行业分类》中，制造业被确定为门类行业，是工业部门的主体，包括农副食品加工业、医药制造业、有色金属冶炼和压延加工业等31大类，凡是通过物理变化或者化学变化成为新成品的行业，均属于制造业，而不论其是机械制造还是手工制造。中国国民经济的产业统计数据采集系统就是依据国民经济行业分类而建立的。2012年4月，中国国家统计局为跟踪监测中国战略性新兴产业的发展态势，决定开展战略性新兴产业统计调查，编制了《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》和作为统计调查监测之用的《战略性新兴产业分类》。节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车等这七大类战略性新兴产业都被划归到对应的国民经济行业部门中，原则上是战略性新兴产业的小类对应国民经济行业分类的小类。但是，当国民经济行业中的同一小类或中类全部为该战略性新兴产业的一个类别时，则允许战略性新兴产业直接对应中类或大类。由于是刚刚起步，中国至今还没有建立起战略性新兴产业的统计核算体系，故而也没有建立起系统全面的战略性新兴产业数据库。实践中进行战略性新兴产业分析研究仍然还要依靠统计调研或制造行业发布的零星数据。有些学者则是以战略性新兴产业所对应的国民经济行业，即战略性新兴产业的依托行业的数据来替代，也取得了较好的研究效果。

战略性新兴产业基本上属于先进制造业，就当前的统计调查体系，中国也还没有系统全面的先进制造业发展状况数据，故只能按照先进制造业的定义，选取先进制造技术占比较大的国民经济相关行业的数据进行替代。根据前文先进制造业的定义，比照中国国民经济行业分类和中国战略性新兴产业的分类，本文确定了16个先进制造行业，即仪器仪表及文化、办公用机械制造、工艺品及其他制造业，印刷业和记录媒介的复制业，石油加工、炼焦及核燃料加工业，化学原料及化学制品制造业，医药制造业，塑料制品业、橡胶制品业，非金属矿物制品业，黑色金属冶炼及压延加工业，有色金属冶炼及压延加工业，金属制品业，通用设备制造业，专用设备制造业，交通运输设备制造业，电气机械及器材制造业，通信设备、计算机及其他电子设备制造业，废弃资源和废旧材料回收等。本文认为，这16个制造行业具备先进制造业的基本特征，其技术效率水平一般能代表中国先进制造业的技术效率水平。

(二) 研究方法的选取

进行先进制造业的技术效率的测度分析，也就是进行先进制造业全要素生产率的分解分析。全要素生产率 (Total Factor Productivity, 简称 TFP)，是生产过程的全部产出与全部投入之比，全部投入即总投入，是各种生产要素的投入。TFP 反映生产活动在特定核算时期内的效率状况，是产出增长率超出资本、劳动力等要素投入增长率的部分。全要素生产率的含义是包括人力、物力、财力等资源开发利用的效率，而全要素生产率的增长率常常被视为反映生产活动中科技进步的指标，来源构成是技术进步、组织创新、专业化和生产创新等。

测度全要素生产率的方法有多种，较为经典的方法是 Malmquist 指数方法。1953 年，瑞典统计学家 Malmquist 在分析不同时期的消费变化时首次提出了此法。Malmquist 指数是一种非参数统计方法，不需要构建计量模型，也不需要设计生产函数，这样就消除了可能由于构建生产函数错误或者经济计量模型不当而产生的测度偏差。同时，TFP 在实际应用中被分解成了多个子指数，用以进行影响因子分析，且能找寻出影响因子中的主要因子，故而在技术效率和技术进步分析中得到广泛的应用。Caves^{[8][9]}等在 1982 年将距离函数 (Distance Function) 引入到 Malmquist 指数，即以被测度的生产决策单元的技术状况与决策单元群的生产前沿面 (最优技术状况) 的距离来反映技术效率的变动，由此完善了 Malmquist 指数这一方法。

改进后的 Malmquist 指数的基本原理是：设定实际中的一个基本的生产决策单元 DMU^① (Decision Module Unit)，在每一个不同时期 $t=1, \dots, T$ ，第 $k=1, \dots, k$ 个地区在生产经济活动中投入 $n=1, \dots, N$ 种要素 $x_{k,n}^t$ ，得到 $m=1, \dots, M$ 种产出 $y_{k,m}^t$ ，那么第 k 个 DMU 在 t 期的投入产出组合就可以写成 (X^t, Y^t) 。

此处， $X^t = (x_1^t, x_2^t, \dots, x_N^t) \in R_+^N$ ； $Y^t = (y_1^t, y_2^t, \dots, y_M^t) \in R_+^M$

这样，就可以定义一个新概念，即决策单元在 t 时期的技术效率：在确定的技术结构特征和生产要素投入的情况下，决策单元 DMU 的实际产出 $y^t(x^t)$ 与同样投入情况下的最大产出 $y_{\max}^t(x^t)$ 之比为该期的技术效率，计算表达式为：

$$e^t = \frac{y^t(x^t)}{y_{\max}^t(x^t)}$$

Färe 等^[10]在 1994 年描述了基于产出的 Malmquist 指数：设定在每个时期 $t=1, \dots, T$ ，决策单元使用生产技术 S^t 将投入要素 $x^t \in R_+^N$ 转化为产出 $y^t \in R_+^M$ ，就为 t 时期的技术可能集： $S^t = \{(x^t, y^t) : x^t \text{ 可以产出 } y^t\}$

这里 S^t 为生产的可能性集合，于是一个决策单元在 t 时期的产出的距离函数就为： $D_0^t(x^t, y^t) = \inf \{\theta : (x^t, \frac{1}{\theta}y^t) \in S^t\}$ ，它是产出技术效率的倒数，即在给定投入向量 x^t 下，生产能够向产出向量 y^t 方向扩张的最大比例的倒数。

同样，可以给出一个含有 $t+1$ 时期的距离函数如下^[11]：

$$D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf \{\theta : (x^{t+1}, \frac{1}{\theta}y^{t+1}) \in S^t\}$$

这个函数表明，在 t 时期的水平下给定投入产出 $(x^{t+1}, y^{t+1}) \in S^t$ ，实际产出与所能达到的最大可能产出 $y_{\max}^{t+1}(x^{t+1})$ 的比率。

类推下去，可以给出相似的距离函数： $D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 。

显然，不同时期的距离函数将导致计算结果的差异，为消除由于时期选择产生的不同结果，

① 实际中的基本决策单元是具有同质性的可比的经济单位和生产单位，如企业、行业、地区等。

Caves 等采用 M^t 和 M^{t+1} 的几何平均值来计算 Malmquist 指数, 即将 t 时期技术水平和 $t+1$ 技术水
平下的两个生产率相对数进行几何平均, 于是 Malmquist 指数被定义为:

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

该指数反映, 当生产的规模报酬不变 (以 c 表示) 时, 时期 t 到 $t+1$ 内某个生产决策单位的全
要素生产率的改进情况; 若 $M > 1$, 表明生产决策单元的全要素生产率在提高; 若 $M < 1$, 则表明
生产决策单元的全要素生产率在下降。

Färe 等^[12]把 Malmquist 指数又作了进一步的分解, 这使得 Malmquist 指数 M 变成三个子指
数的乘积, 即纯技术效率相对变化指数 (PTEC) 规模效率相对变化指数 (SEC) 技术进步指数
(TC), 其中各指数的具体表现形式为:

$$\text{纯技术效率相对变化指数 (PTEC): } \frac{D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_v^t(x^t, y^t)}$$

$$\text{规模效率相对变化指数 (SEC): } \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})/D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^t, y^t)/D_v^t(x^t, y^t)}$$

$$\text{技术进步指数 (TC): } \left[\frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2}$$

于是, Malmquist 指数 = PTEC × SEC × TC

这里, 纯技术效率指数 PTEC 反映的是决策单元实际生产投入与必要生产投入之间的差距,
如果 $PTEC > 1$, 表明决策单元技术效率在提高, 反之则表明技术效率在下降; 规模效率指数 SEC
反映的是决策单元实际生产规模与最优生产规模之间的差距, 如果 $SEC > 1$, 表明决策单位的生
产规模正在向最适度的生产规模逼近, 能取得规模报酬, 反之则表明决策单元距离规模报酬越来越
远; 技术进步指数 TC 反映全体决策单元在核算时期内技术进步状况, 即决策单元群体技术前沿面
是否出现了外移, 若 $TC > 1$ 表明决策单元群体出现了技术进步, 反之就没有出现技术进步。

(三) 数据处理及运算结果分析

根据 Malmquist 指数运算对数据的要求, 本文选取 16 个先进制造行业的总产值作为产出指标,
选取这些行业的总资产和从业人数作为投入指标, 借助“中国工业企业数据库”, 收集整理得到计
算中国先进制造业技术效率的面板数据 (如表 1 所示)。

表 1 中国先进制造业投入产出面板数据表

行业	2011			2012			2013			2014			2015		
	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)
仪器仪表及文化、办公用 机械制造业、工艺品及其 他制造业	7478.66	6571.44	206.30	5473.44	2496.32	86.71	3456.70	2216.44	38.13	4106.16	175.20	39.59	4522.91	103.76	39.55
印刷业和记录媒介的复制	3097.48	2510.18	58.97	3557.35	2975.19	64.35	4468.59	3439.51	72.20	5282.22	3912.27	67.58	3823.65	3019.66	56.62
石油加工、炼焦及核燃料 加工业	25003.95	11258.69	53.20	26654.49	12984.48	54.92	26976.16	14131.38	52.02	27513.56	14949.06	38.44	11896.88	8352.01	24.44
化学原料及化学制品制造 业	48314.45	34983.81	333.84	53254.22	40283.55	342.68	58921.86	43291.08	337.31	65675.38	49163.33	275.75	40973.03	32843.83	214.31
医药制造业	11388.82	9786.34	135.60	13546.33	11458.67	147.71	15528.47	12852.98	148.78	18311.79	15537.44	135.03	11837.12	10477.37	100.70
塑料制品业、橡胶制品业	16388.78	10895.28	250.53	8368.86	5805.13	147.71	9224.05	6101.64	151.01	10919.02	6971.82	154.70	11068.10	7090.21	148.62
非金属矿物制品业	25884.32	20305.64	335.92	28621.96	23087.08	347.42	32377.26	25079.32	339.95	37663.91	28880.97	303.84	23842.79	18739.62	232.53
黑色金属冶炼及压延加工 业	37523.35	28458.89	205.31	37494.74	30156.21	220.27	37991.82	32113.22	204.39	38261.46	31328.58	168.27	21294.68	18102.03	112.69

续表 1

行业	2011			2012			2013			2014			2015		
	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)	总产值 (亿元)	总资产 (亿元)	从业人员 (万人)
有色金属冶炼及压延加工业	24 652.57	16 793.13	131.23	26 597.32	19 605.34	133.09	28 802.58	20 958.68	126.44	31 298.24	22 372.62	110.74	19 182.61	12 601.74	78.92
金属制品业	19 338.81	12 736.77	265.19	21 645.48	13 920.58	277.57	24 263.73	15 440.86	278.82	26 902.57	17 255.50	245.01	18 990.28	12 465.13	211.44
通用设备制造业	26 667.69	21 310.37	341.69	28 574.39	24 084.96	342.06	31 839.20	26 867.33	350.64	35 732.23	30 125.50	303.21	22 567.87	20 175.92	242.17
专用设备制造业	16 754.69	14 041.54	215.72	18 703.69	16 346.28	226.79	21 413.08	18 208.38	236.18	23 718.03	19 720.05	200.21	14 560.13	12 660.34	163.61
交通运输设备制造业	50 224.75	41 032.94	442.85	31 463.30	24 944.68	272.07	34 137.00	26 832.87	266.64	41 102.51	30 836.51	291.27	33 876.02	27 627.85	246.76
电气机械及器材制造业	43 089.95	30 420.44	513.99	45 991.38	34 151.17	526.27	51 601.36	37 748.71	523.39	56 073.33	41 966.87	494.29	43 758.93	34 837.44	429.16
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	56 063.58	34 908.38	718.74	60 966.50	37 859.91	753.39	67 387.45	42 689.26	737.86	74 244.95	48 834.92	722.38	66 182.22	44 932.57	661.32
废弃资源和废旧材料回收业	2 139.20	1 013.53	11.76	2 280.26	1 100.73	11.50	2 612.99	1 245.34	12.53	2 911.84	1 739.48	12.35	2 213.14	1 084.41	10.28

资料来源：国家统计局“中国工业企业数据库”，作者依需要加工整理制表。

将表 1 中的数据代入 Malmquist 指数的运算公式，通过 DEAP11.0 软件得 2012 年至 2015 年中国先进制造业纯技术效率相对变化指数 ($PTEC$)、规模效率相对变化指数 (SEC) 和技术进步指数 (TC) 的结果 (如表 2 所示)。

表 2 中国先进制造业不同时期全要素生产率指数计算结果表

年份	技术效率指数	技术进步指数	纯技术效率指数	规模效率指数	全要素生产率指数
2012	1.070	0.950	1.030	1.038	1.017
2013	1.006	0.991	1.029	0.977	0.997
2014	0.828	1.404	1.018	0.814	1.163
2015	1.062	0.889	1.015	1.046	0.944
平均	0.986	1.041	1.023	0.964	1.027

还可得到这 16 个先进制造行业的纯技术效率相对变化指数 ($PTEC$)、规模效率相对变化指数 (SEC) 和技术进步指数 (TC) 的结果 (如表 3 所示)。

表 3 中国先进制造业不同行业全要素生产率指数计算结果表

行业	技术效率指数	技术进步指数	纯技术效率指数	规模效率指数	全要素生产率指数
仪器仪表及文化、办公用机械制造业、工艺品及其他制造业	1.182	1.550	1.181	1.001	1.832
印刷业和记录媒介的复制	0.919	1.097	0.956	0.962	1.008
石油加工、炼焦及核燃料加工业	1.000	0.956	1.000	1.000	0.956
化学原料及化学制品制造业	1.024	0.957	1.000	1.024	0.980
医药制造业	0.998	1.000	1.070	0.933	0.999
塑料制品业、橡胶制品业	0.905	1.134	1.037	0.873	1.026
非金属矿物制品业	0.972	1.023	1.041	0.934	0.994
黑色金属冶炼及压延加工业	1.025	0.946	0.963	1.064	0.970
有色金属冶炼及压延加工业	1.064	0.941	1.056	1.007	1.001
金属制品业	0.929	1.068	1.053	0.882	0.992
通用设备制造业	0.950	1.017	1.013	0.938	0.966
专用设备制造业	0.958	1.018	1.045	0.917	0.976
交通运输设备制造业	1.015	0.995	0.976	1.041	1.010
电气机械及器材制造业	0.945	1.031	0.997	0.947	0.975
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	0.929	1.066	1.000	0.929	0.990
废弃资源和废旧材料回收	0.999	0.985	1.000	0.999	0.984
平均	0.986	1.041	1.023	0.964	1.027

由表 3 中技术进步指数、纯技术效率指数、规模效率指数绘制的折线图如图 1 所示。

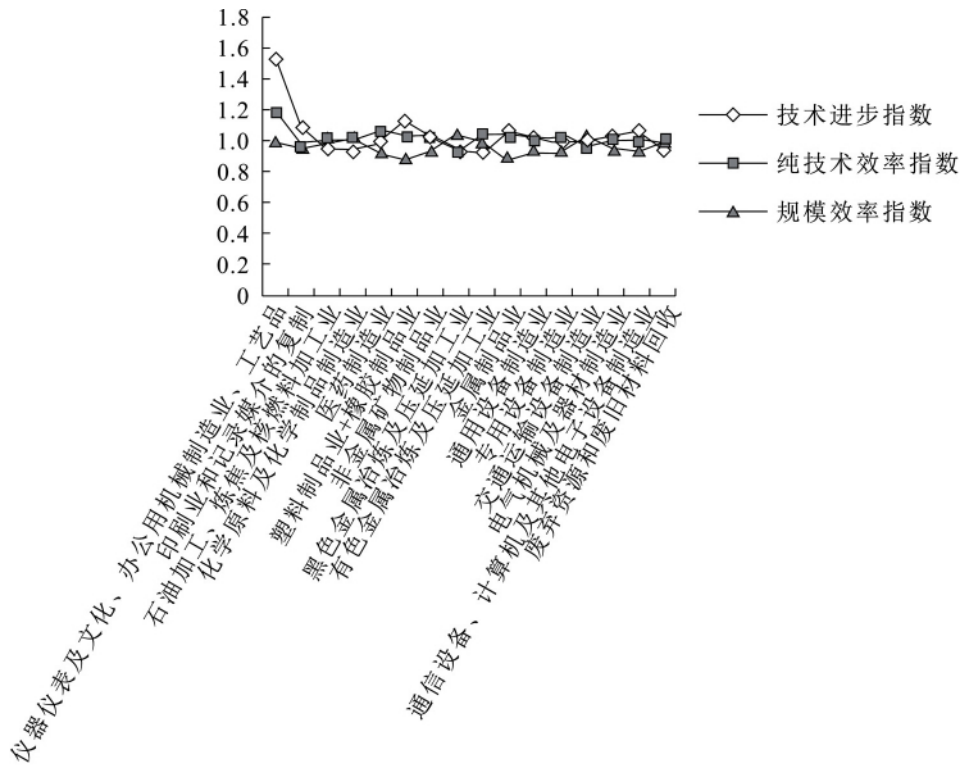


图 1 中国先进制造业技术效率分解图

由表 2、表 3 和图 1 可以发现：

第一，2011 年至 2015 年间，16 个先进制造行业的全要素生产率指数均值为 102.7%，技术进步指数的均值为 104.1%，纯技术效率指数的均值为 102.3%，说明中国先进制造业整体上全要素生产率指数是在提高，行业的技术前沿面外移，出现了技术进步，行业的技术效率也在持续改善。但是，这些行业的规模效率指数均值为 96.4%，即这些先进制造业的实际经营规模与最适度生产规模之间存在一定的距离，没有产生规模效率。

值得注意的是，从不同的年份看，4 个全要素生产率指数中，有两年的指数是大于 100%，另两年的指数是小于 100%；4 个技术进步指数中，有 3 个小于 100%，仅一个大于 100%。这说明只有 2014 年先进制造业才真正出现了技术进步。4 个纯技术效率指数均大于 100%，即中国先进制造业由于技术引发的生产效率一直保持着良好态势。

第二，在分行业上，16 个先进制造行业的全要素生产率指数表现平稳，几个效率指数的变化也不大，其均值为 102.7%，技术进步指数均值为 104.1%，纯技术效率指数均值为 102.3%，规模效率指数均值为 96.4%，低于 100%。这表明 16 个先进制造业整体上出现了技术进步，由于纯技术引致的生产效率在持续向好，但规模效率没有改善。

第三，16 个先进制造行业除了仪器仪表及文化、办公用机械制造、工艺品及其他制造业的技术效率和技术进步在全面提升外，其他行业的效率指数均表现不佳，它们或者是技术进步指数在下降，或者是技术效率指数在下降。特别是废弃资源和废旧材料回收业，其技术效率指数为 99.9%，技术进步指数为 98.5%；医药制造业的技术效率指数为 99.8%，技术进步指数为 100%；通信设备、计算机及其他电子设备制造业的技术效率指数为 92.9%，技术进步指数为 106.6%。这几个行

业的技术效率增长情况更是逊色一些。

虽然中国的一部分先进制造业出现了技术进步，有些行业的技术效率也在改善，但整体上，中国先进制造业的技术发展水平、国际竞争力与发达国家存在较大的差距。这表现在^[13]：重要行业缺乏核心技术，关键零部件和关键技术依赖国外进口，在价值链中没有技术优势，原创性技术缺乏，拥有自主知识产权的制造品少；不少先进制造企业技术开发能力不强，创新能力薄弱，缺乏世界一流的技术人才和管理人才；先进制造业发展较快，但增加值的总量及人均占有量低，缺少全球顶级制造企业，也缺少顶级制造品牌；总体竞争力不强，一些高技术领域，如新一代信息技术、计算机集成、计算机软硬件、新材料、航空航天等与世界制造强国存在较大差距；一些企业采用贴牌生产方式，生产处于全球价值链中的中端或低端，产品附加值低，产品利润薄；制造过程粗放，自然资源的消耗快，能源利用效率低，氮氧化物、二氧化硫、二氧化碳排放均居世界前列，雾霾、水污染、土壤重金属超标对社会生产生活环境造成重大影响。

究其原因^[14]，中国在先进制造业领域缺乏技术、缺乏人才，也缺乏灵活有力的创新机制体制，先进制造企业还没有真正成为创新主体；多年的制造业结构调整的进展不理想，化解和淘汰落后产能的政策效果也不明显；较长时期里制造业效率低下，特别是近年制造业效益普遍下滑，主营业务利润率下降，无法对企业的技术开发和创新提供强有力的支撑；由于人口老龄化的影响，人口红利渐失，制造业劳动力成本竞争优势也逐渐失去。此外，高等学校的工程技术教育、职业技术学院的终生职业教育与制造强国存在较大差距，也成为制约先进制造业发展的重要因素。

三、政策的延伸性思考

建设制造强国关键在于技术，技术的领先程度决定了企业在行业的话语权，也决定了行业的发展方向。前文的研究较清楚地反映了中国先进制造业在技术效率方面发展的迟缓性，由于这是宏观测度，故而不能排除中国在某些制造领域技术上取得了突破性进展。但整体上，中国发展先进制造业，建设制造强国，加强重点领域关键技术研发，不断提升制造业技术效率是一条必然的路径选择。

（一）加大研发投入，促进先进制造企业生产设备的技术革新改造

提高制造业的技术效率，就必须加大研发投入，尤其是要加大制造企业的研发投入。近年来，中国持续加大科技经费投入，不断增加国家原始创新供给量。有数据显示^[15]，2015年中国研发经费支出已达到14 169.9亿元，比2014年增长8.9%；基础研究经费支出达到716.1亿元，比2014年增长16.7%。现在，中国研发经费支出规模居全球第二位，仅次于美国。而且基础研究经费占研发经费支出的比例首次突破5%，达到5.1%；研发经费投入占GDP的比重，即研发经费投入强度为2.07%，达到了较好的比重。但是，相比世界制造强国，中国的研发投入还存在较大差距。中国研发投入规模虽然较以往有大幅度提高，但仍不足美国的50%；研发投入强度虽已达2.07%，但2014年美国的研发投入强度已达2.74%、德国的研发投入强度达2.84%、日本已达3.59%、韩国则达4.29%；中国的基础研究经费占全部研发经费的比重为5%，但世界制造强国或主要创新型国家的这一比重则已达10%以上。

从产业部门看^[16]，2015年中国制造业的研究与试验发展（R&D）经费支出9 650亿元，其中超过500亿元的行业大类有7个，主要是化学原料和化学制品制造业（794.5亿元），黑色金属冶炼和压延加工业（561.2亿元），通用设备制造业（632.6亿元），专用设备制造业（567.1亿元），电气机械和器材制造业（1012.7亿元），计算机、通信和其他电子设备制造业（1 611.7亿元），汽车制造业（904.2亿元），但一些重要的先进制造行业，如医药制造业、化学纤维制造业、非金属矿物制品业、有色金属冶炼和压延加工业、金属制品业、铁路船舶航空航天和其他运输设备制造

业、仪器仪表制造业等的 R&D 经费投入仍不足 500 亿元。而且,整个制造业的 R&D 经费投入强度仅为 0.97%,超过 1%的制造行业仅 9 个,分别是医药制造业(1.72%)、化学纤维制造业(1.09%)、通用设备制造业(1.35%)、专用设备制造业(1.58%)、汽车制造业(1.27%)、铁路船舶航空航天和其他运输设备制造业(2.30%)、电气机械和器材制造业(1.46%)、计算机通信和其他电子设备制造业(1.76%)、仪器仪表制造业(2.08%)、金属制品机械和设备修理业(1.20%)等。一些重要的先进制造行业的 R&D 经费投入强度仍然还低于 1%,如化学原料和化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业、金属制品业等。而美国制造业部门的研发投入所占比例超过所有私营部门的 75%^[17],创新驱动能力强于其他任何部门;制造业部门的研发投入 2014 年已达 2 299 亿美元,其中先进的制药业研发经费投入占有制造业研发投入的 33%,达 749 亿美元,先进的航空航天制造、化工、计算机、电子以及汽车和零部件的研发投入都占有较大比重。日本研发经费投入强度已位列世界第一,由企业主导的研发经费占总研发经费的比例也居世界之首,其中的研发经费也主要集中在新兴技术产业,如移动互联网、人工智能、物联网、云计算、机器人、次世代基因组技术、自动化交通、能源存储技术、3D 打印、次世代材料技术、非常规油气勘探、资源再利用等。前文的分析表明,要提高中国先进制造业的技术效率,必须注重研发投入。

因此,未来中国需要创新融资方式,鼓励社会资本参与研发,多方筹措资金,加大制造业的研发投入,特别是先进制造业的研发投入,加快先进制造业生产设备的技术革新改造。要在先进制造过程中广泛应用云计算技术、大数据处理技术以及工业互联网、物联网等新一代信息技术,在先进制造行业内和行业间搭建科技含量高、有知识产权支撑的公共服务平台,以服务高端装备制造、新材料、生物医药等先进制造。要进行高耗能设备系统的节能改造,推广应用先进适用技术与装备,发展高档数控机床,推动精密智能的数控机床在汽车、轨道交通装备、海洋工程装备、航空航天等领域的示范应用;研发并应用节能环保发动机、电子控制系统、关键零部件;加强对先进制造领域核心部件的自主研发和试验,提高生产设备的性能,强化生产质量的在线监测控制和产品全生命周期质量监控,保证生产制造过程的稳定,保证制造品质量。要构建制造业企业与互联网企业之间信息和资源共享的服务平台,在技术研发、产品设计、营销管理、物流供应、生产数据处理等方面实行制造企业间的横向集成,形成制造产业链上不同节点企业间在设计、制造、营销方面的深度协同,推动网络化协同制造。要加大财政资金支持力度,设立不同类型的专项建设基金,扩大资金池容量,针对不同制造行业的特征,选用不同的支持形式。要鼓励地方设立技术改造专项资金,支持先进制造企业生产设备的改造升级,全面增强先进制造企业的自主创新能力,提高先进制造产品的新产品产值率和增加值率,提高先进制造企业的安全生产水平和技术效率。

(二) 培养和引进全球的技术创新人才和管理人才,鼓励支持先进制造企业的创新

制造强国的建设、先进技术的竞争归根结底体现在人才的竞争上。如同技术上的差距一样,中国制造企业在技术创新人才和管理人才方面,也与制造强国存在差距。2016 年 8 月,世界知识产权组织(WIPO)联合康奈尔大学、英士国际商学院联合发布了《2016 年全球创新指数(GII)》^[18],报告显示:在受测评的 128 个国家中,中国名列第 25 位;在主要由一国高校教育质量、学术出版物水平以及国际专利申请量等反映的“创新质量”子指数方面,中国位列第 17,而日、美、英、德则占据前 4 位;中国高等教育入境留学生占比排名第 93 位,高等教育入学率排名第 78 位,预期受教育年限排名第 63 位,中学生教师比排名第 64 位,与发达国家的差距显而易见;中国在本国人专利申请量和本国人实用新型专利申请量两项专利指标表现良好,但在国际专利申请上,却还低于发达国家的平均分水平。

事实上,世界制造强国长期都是把人才竞争者放在极其重要的位置。2015 年 10 月发布的《美

国创新战略》确定要加大对创新基础要素的投入^[19]，包括数据库、网络、研究设施、数字化平台等，并且要强化面向未来的科学、技术、工程和数学（STEM）等的教学。2016年美国对STEM教育项目投入30亿美元，比2015年增加3.8%；美国还大力度地放松移民限制，通过细密的指导，吸引全球最优秀、最有才华的技术人才、科学家、工程师、企业家为美国工作或效力；通过专利保护、各类形式的奖励，鼓励支持美国民众的创造力和创造性成果，激发民众的创新潜能；运用创造性的激励方式，催化技术研发，促进社会政策领域如健康、能源使用、教育方面的进步；采取重大步骤，利用创新人才，通过众包和公民科学方式，让公众运用专业知识来帮助国家解决重点研究项目。美国还发起了制造商运动，开展职业培训和职业教育，激励学生创新创业热情，通过职业技术教育，吸纳更多的人参与制造商运动，加速制造业的科技创新。

2014年英国政府修订中学课程教学大纲，要求学校必须在IT课程中向学生传授电脑编程、消除计算机病毒的相关基本知识和操作技能，以培养学生的创造力和动手能力；英国还每年举办国际教育设备展（BETT），为教育领域的供求双方提供交流机会，为教学领域的革新发展搭建高效的交流平台，以推动创新技术在教育领域的应用，促进创业精神在英国社会的传播和发展。2013年1月，欧盟委员会发布《2020创业行动计划》^[20]，该计划把创业教育纳入成员国大中小学和成人培训的课程体系，成员国的所有青少年在毕业时，都必须要有过创业实践经历，无论是大公司、小公司或者微型公司，不论是公司项目还是社会项目，不论是创业策划或是为企业家策划，实践经历都要体现创业精神，欧盟力图通过这一行动造就新一代创业者。瑞士也十分重视外国智力资源的开发利用，依靠良好的工作条件和优厚的生活待遇，广纳全球一流的科学技术人才和经营管理人才。瑞士联邦移民局的统计数据表明，现在84%的瑞士外来人口都受过高等教育，从事最多的五大行业均为技术含量较高的产业，分别是信息技术、化学制药、企业咨询、机械以及食品饮料等。

所以，中国需要加快培育和引进全球一流的技术创新人才和管理人才，激发全民创新热情，鼓励人才的创新活动。要改革创新理念，面向全球、面向未来，创建世界一流的大学和处于国际前沿的高水平学科，造就一大批世界一流的科学家、企业家。要鼓励高校与世界高水平大学全方位开展国际交流合作，吸引海外优质师资、一流科研人才加入中国教师队伍，建设科研能力强，教学经验丰富，能立于国际学术前沿的一流教师队伍、学科领军人物和创新团队；要改革课程体系，革新教学内容，创新教学模式，强化培养学生的创新精神、实践能力。要在企业中推行差异化人才战略，建立多元化的人才培育模式和人才引进合作模式，通过差异化的人才招募、人才培养和人才保留策略，高效利用机构以外的人才资源。要牢固树立人才是制造强国根本的大局意识，建立健全科学合理的选人、用人、育人体制机制，加快培养制造业发展特别是先进制造业发展所需要的研究技术人才、工程技术人才、经营管理人才，建立起一支创新能力强、科学素质高、技能高超、结构合理的制造业职工队伍。要建立公平、公正的竞争环境，鼓励企业的竞争和创新活动，宽容失败，营造创新创业的宽松氛围，为制造业提高技术效率提供坚实的人才保障。

（三）依托重大项目开展跨界合作和技术攻关，提高先进企业生产技术效率

近年来，中国制造业的劳动生产率有较大提升，但与世界制造强国相比也存在较大差距。根据可比的统计数据^[21]：中国制造业劳动生产率水平约为15.2万亿美元（2012年），而同时期美国、日本、德国的制造业劳动生产率水平分别约为37.0万亿美元、30.5万亿美元和30.4万亿美元；2012年中国高技术产业主营业务收入占制造业的比重仅为12.7%，而美国为15.0%、韩国为19.2%、法国15.1%、英国为14.1%。根据美国经济分析局研究的数据^[22]，2015年美国制造业占GDP的比重为12.1%，其为美国经济贡献了2.17万亿美元，其间耐用品的制造业增加值从0.87万亿美元增长到1.18万亿美元，非耐用品的制造业增加值从0.85万亿美元增长到0.99万亿美元。自从1987年以来，美国制造业部门每小时的产出增长率为250%，其中耐用品制造业部门的劳动生产率增长率

则高达 300%，而其他非农产业每小时的产出增长率则为 170%，自金融危机以来，制造业单位劳动力成本已经下降了 8.4%，耐用品部门的下降幅度更大；美国制造业部门拥有最高的乘数效应，美国制造业部门每雇用 1 名工人，就会带动其他部门 4 个人的就业，制造业 1 美元产出的乘数效应达 3.6 美元；2015 年美国制造业的外国直接投资（FDI）首次超过 1.2 万亿美元，较之 2005 年美国制造业的外国直接投资翻了一番；从 2012 年 8 月起，美国陆续开始建立了 15 家制造创新中心，已经建成的创新中心分别是国家增材制造创新中心、数字制造与设计创新中心、下一代电力电子制造创新中心、轻质材料制造创新中心、先进复合材料制造创新中心、集成光子制造创新中心、柔性混合电子制造创新中心等，目标是建立适应新工业革命的制造创新商业模式，强化美国在先进制造研究领域的领导地位，增强创新与技术上的竞争实力，促进其创新性新技术向规模化、高绩效的本土制造方向发展。

美国等制造强国的做法值得借鉴。中国需要加快建立不同层级的制造创新中心^①，通过重大工程和项目^[23]，开展不同行业、不同类型企业之间的跨界合作，开展联合技术攻关；整合并利用制造企业集群、技术集群、合作伙伴集群的技术力量，挖掘技术潜力和优势，提升企业的技术创新能力。可以设立“先进制造企业发展基金”，开展“先进制造企业技术专项行动”，促进先进制造企业、先进制造基地与著名高校、科研院所的定点或非定点的深度技术合作，利用先进技术提升企业的竞争优势。鼓励和支持先进制造企业建立产学研技术体系，筛选出需要优先发展的前沿技术，建立广泛的合作关系，利用各方面的智力资源，开展重点领域颠覆性技术的研究，如高能效计算、先进农业技术、先进材料、生物医药、再生医学、机器人、商用航天技术应用等。支持先进制造领域的领军企业进行全球先进科学技术发展的持续跟踪研究，对先进制造技术未来发展趋势进行预判和规划。应设立颠覆性技术发展专项资金，支持企业和科研机构进行潜在的或具有前瞻性颠覆性技术研究。同时，也要注重工业基础领域的技术研发，全面推动制造领域的产业转型和升级，逐步建立起与市场相结合的适应先进制造技术发展的体制机制，营造良好的市场环境，加快技术对产业升级的带动作用。

（四）实行生产制造方式的重大变革，推进先进制造企业的绿色制造和智能制造

人类社会正进入新工业革命时代，这种背景下全球制造业正经历一场生产制造方式的深刻变革。2013 年德国发布“工业 4.0”，提出要实现信息化与自动化技术的高度集成，建立智能工厂和智能生产，通过虚拟生产和现实生产的结合，使未来制造业实现更高的工程效率和更高的生产灵活性。2014 年 10 月，美国总统科技顾问委员会发布《加速美国先进制造业报告》^[19]，强调要把智能化技术放到制造业发展的至关重要的位置，要将先进传感技术、控制平台系统、可视化、信息化和数字化制造技术引入先进制造领域，形成更高效、更精准地驱动物理世界的制造模式；美国还推行数字化设计，进行工程和制造等过程的技术和流程研发与应用，发展集成光电子技术，开发所谓的“从终端到终端”的光电子“生态系统”，实现国内铸造接驳、集成设计、自动包装组装和测试，进而达到对医疗技术产生革命性影响。日本已经拥有世界上最高效的丰田生产方式，建立了大规模定制的流水线和高度精密的机器人；日本的制造业还实现了制造业的清洁化和绿色化，并正在探索构建未来分布式的能源系统^②，进一步实现制造业的全智能化和可持续化发展。

吸取制造强国的有益经验，中国未来应该加快实行制造方式的重大变革^[24]，推行绿色制造和智能制造，降低制造成本，提高劳动生产率。要加强先进的制造硬件和软件的开发，提高生产设备

① 2016 年 6 月 30 日，中国成立了国家动力电池创新中心，这是中国首个国家级制造业创新中心。

② 分布式能源是一种建立在用户端的能源供应方式，它将用户的多种能源需求和资源配置状况进行系统整合优化，采用需求应对式设计进行供应，使资源、环境效益最大化。它可也独立运行，也可并网运行。

的自动化水平，加强生产大数据的处理分析，促进数字世界和现实世界的融合，催生更智能的制造产品和生产工艺。要优化制造企业的人才、技术、运营和监管模式，构建适应全球制造产品市场的创新产品组合，增强制造成本竞争力，建设先进制造业基地和制造供应链，实现各种生产驱动因素的平衡。要加强制造业基础设施建设，强化新时期工业制造软件的地位和作用，加快网络通信技术、传感技术、大数据处理技术、云计算等技术在先进制造业的广泛应用，促进物联网与制造业的深度融合，提高工业软件在采集生产过程数据、支撑智能化工厂的感知和分析能力，促进制造企业的研发、生产、管理、服务等革命性变化。要构建绿色制造体系，按照产品全生命周期绿色管理要求，利用信息网络技术和大数据等先进手段，加强先进生产制造过程的管理控制，延伸生产者责任，全面推行绿色制造标准，实行绿色制造；要在先进制造领域实施高耗能设备系统节能改造，推广应用节能低碳技术装备，扩大新能源应用比例，提升能源利用效率；要推行循环生产制造模式，促进制造企业、生产基地和园区、制造行业间的链接共生、资源共享，推动能源转换、废弃物再利用，构建制造行业的生态链，对接社会生态链，最大限度实现制造业资源的综合利用。还应大力培育再制造产业^①，建设制造产品认定制度，推广应用再制造表面工程、增材制造与剩余寿命评估等技术工艺，实施高端再制造，形成适应工业资源循环利用产业发展的技术研发和装备产业能力，开启中国先进制造业发展的新时代。

参考文献

- [1] 张亭,刘林青.中美产业升级的路径选择比较——基于产品空间理论的分析[J].经济管理,2016,(8).
- [2] 王德显,王跃生.美德先进制造业发展战略运行机制及其启示[J].中州学刊,2016,(2).
- [3] 赵云峰.我国发达地区先进制造业发展现状研究[J].中国商论,2015,(9).
- [4] 刘明达,顾强.从供给侧改革看先进制造业的创新发展[J].经济社会体制比较,2016,(1).
- [5] 孙泗泉,叶琪.我国先进制造业的创新演绎与突破[J].当代经济,2015,(13).
- [6] 黄焯菁.何为“先进制造业”?[J].学术月刊,2010,(7).
- [7] 于波,李平华.先进制造业的内涵分析[J].南京财经大学学报,2010,(6).
- [8] Caves,D. W.,L. R. Christensen,W. E. Diewert. The economic theory of index numbers and the measurement of input,output and productivity[J]. *Econometrica*,1982,(6).
- [9] Caves,D. W.,L. R. Christensen,W. E. Diewert. Multilateral comparisons of output,input, and productivity using superlative index numbers[J]. *The Economic Journal*,1982,(365).
- [10] Färe,R.,S. Grosskopf,M. Norris,et al. Productivity growth,technical progress,and efficiency change in industrialized countries[J]. *American Economic Review*,1994,(5).
- [11] 李双杰.效率与生产率度量方法及应用[M].北京:经济科学出版社,2010.
- [12] Färe,R.,S. Grosskopf,M. Norris. Productivity growth,technical progress and efficiency change in industrialized countries:Reply[J]. *American Economic Review*,1997,(5).
- [13] 数智联盟.中国制造业发展面临的主要问题及对策[EB/OL].<https://sanwen8.cn/p/2710HNa.html>,2016-11-01.
- [14] 中国经济时报制造业调查组.中国制造业大调查[M].北京:中信出版社,2016.
- [15] 国家统计局.2015年全国科技经费投入统计公报[EB/OL].http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201611/t20161111_1427139.html,2016-11-10.
- [16] 张森.中国与创新10强差距何在?[EB/OL].http://drc.sz.gov.cn/zkhz/zkdtjcg/201609/t20160902_

^① 再制造产业,指在原有产业的基础上,将废旧产品利用技术手段进行修复、加工、改造的一种产业。它以产品全生命周期理论为指导,以实现废旧产品性能提升为目标。

4411560. htm, 2016-09-02.

- [17]世界知识产权组织,康奈尔大学,英士国际商学院. 2016 年全球创新指数报告[EB/OL]. <http://www.gov.cn/xinwen/zhuanti/2016GRIIbaogao/index.htm>, 2016-11-28.
- [18]美国科技政策办公室. 美国创新战略[EB/OL]. <http://www.whitehouse.gov>, 2015-03-25.
- [19]欧盟委员会发布《2020 创业行动计划》[EB/OL]. <http://www.askci.com>, 2013-01-10.
- [20]柯睿尚. 德勤全球主席: 给中国制造的五点建议[EB/OL]. <http://www.amdaily.com/Policy/MadeChina/3592.html>, 2016-12-28.
- [21]朱帅. 从美国制造业真相看我国应对之策[EB/OL]. <http://www.cinn.cn/xw/chanj/369006.shtml>, 2016-12-29.
- [22]2016 年中国制造业十大热点及未来趋势[EB/OL]. <http://www.mmsonline.com.cn/info/305518.shtml>, 2017-01-20.
- [23]《加快美国先进制造业发展》总统报告发布[N]. 科技日报, 2014-10-31.
- [24]工信部.《绿色制造工程实施指南(2016—2020 年)》正式发布[EB/OL]. <http://www.miit.gov.cn/newweb/n1146285/n1146352/n3054355/n3057542/n3057545/c5253469/content.html>, 2016-09-14.

Measurements and Countermeasures of Technical Efficiency of Chinese Advanced Manufacturing Industry

LI Jin-hua

Abstract: China must attach great importance to the development of advanced manufacturing industry to construct a powerful manufacturing country. In this paper, the Malmquist index is used to measure the technical efficiency of Chinese advanced manufacturing industry. The results show that the TFP index of Chinese advanced manufacturing industry is relatively stable overall; the industry's technology frontier has moved forward; the technological progress has emerged; the technical efficiency of the industry also continues to be improved, but the scale efficiency has not been improved. Therefore, the future development of Chinese advanced manufacturing industry needs to increase R & D investments and promote the technical innovation of production equipment in advanced manufacturing enterprises; it needs to train and introduce global technology innovation talents and management talents, and motivate the innovation of advanced manufacturing enterprises; it needs to rely on major projects to carry out cross-border cooperation and technical research, and improve the technical productivity of advanced enterprises; it needs to change the mode of manufacturing production, and promote the green manufacturing and intelligent manufacturing of advanced manufacturing enterprises.

Key words: advanced manufacturing industry; powerful manufacturing country; technical efficiency; green manufacturing; intelligent manufacturing

(责任编辑 朱 蓓)