

基于技术异质性的中国工业产能利用率测算与分析

吴振明,周江

(四川省社会科学院 区域与城市发展研究所,四川 成都 610072)

摘要:产能利用率测算一直是研究我国产能过剩问题的难点。结合产能利用率随机前沿分析框架和潜类别随机前沿模型(LCSFM),找出以区域技术异质性为基础的产能利用率测算方法,它能有效避免目前主流产能利用率测算方法忽视技术异质性而导致的结果偏差。运用该方法测算我国2010—2016年各省市工业产能利用率,结果显示:(1)样本期内全国工业平均产能利用率为83.08%,总体呈下滑趋势,现有研究存在低估工业产能利用率的问题;(2)产能利用率与区位没有必然联系,按照技术异质性与产出水平关系,全国省份可以划分为技术进步强有效型、弱有效型、无效型和中性型4种类型;(3)不同类型区域具有显著的技术异质性,技术进步强有效型区域产能利用率最高,过剩产能集中于后三类区域。未来产能政策应关注技术异质性引起的区域产能利用率差异,提高政策的针对性和有效性。

关键词:产能利用率;产能过剩;技术异质性;潜类别随机前沿模型

中图分类号:F424.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-6049(2019)01-0014-12

一、引言

近年来,我国的产能过剩成为全球关注的热点问题,引发了诸多争论,而争议的焦点在于我国是否存在产能过剩以及过剩程度如何。产能利用率是判断产能过剩的核心指标,但是到目前为止,还没有形成被广泛接受的产能利用率测算方法。为了研究我国的产能过剩问题,众多研究机构和研究学者采用多种方法估算了我国产能利用率,而其中一些研究由于方法或数据选取不当造成结果偏差,引起外界对我国产能过剩问题的误解,甚至是无端指责。因此,有必要对我国产能利用率测算方法进行研究,为准确研判我国产能过剩问题提供实证数据;另外,产能利用率还是预测经济周期、价格水平、经济增长等经济运行情况的重要指标,对政府和企业决策都具有重要的参考价值。

研究我国产能利用率的难点在于无法直接获取企业设备利用情况,而只能通过观测数据推测企业的产能利用率。目前,按照对“产能”概念的不同定义,形成了三大类产能利用率测算方法,其中在我国使用最为广泛的是成本函数法和数据包络分析法。但是,成本函数法假设条件过于苛刻,而研究者并不能完全掌握企业的成本信息,结果会由于研究假设而产生偏差;数据包络分析法假设所有决策单元生产技术相近,而我国地区和行业差异明显,容易使估计结果产生偏差,另外该方法得出的结果在不同时期不具有可比性,还存在不考虑随机因素对产出的影响、结果稳定性较差等缺陷。

结合 Färe *et al.*^[1]、Kirkley^[2]提出的产能利用率随机前沿分析框架以及 Orea and Kumbhakar^[3]、Greene^[4]探索发展的潜类别随机前沿模型(Latent Class Stochastic Frontier Model, LCSFM),本文提出了

收稿日期:2018-09-19;修回日期:2018-12-24

基金项目:四川省社会科学院资助项目(18QN03)

作者简介:吴振明(1984—),男,湖北荆门人,四川省社会科学院区域与城市发展研究所副研究员,博士,研究方向为产业经济、区域经济;周江(1968—),男,山东青岛人,四川省社会科学院区域与城市发展研究所研究员,博士生导师,研究方向为区域经济。

基于潜类别随机前沿模型的产能利用率估计方法。这一方法的基本逻辑是:不同区域由于技术异质性,面临不同的生产前沿,通过异质性属性内生分组,分类估计生产前沿面,进而估计出产能利用率,它可以有效避免我国因地区间技术异质性导致估计结果偏差的问题。同时,本文将技术效率引入分析框架,能够区分产能利用率与技术效率的差别,也有助于进一步分析我国落后产能的问题。

二、文献综述:现有产能利用率测算方法的比较

产能利用率被定义为观测到的实际产出与生产能力的比值,现在所有的测算方法都遵循这一定义。计算产能利用率的关键在于如何确定“产能”,而现有测算方法的差异主要体现在两个层面:一是对生产能力的界定不同,根据不同的界定发展出了不同的测算方法;二是在生产能力界定相同的情况下,对生产能力的估计方法出现差异。从现有研究来看,生产能力界定有经济意义产能、工程意义产能和技术-经济意义产能三类。

(一) 经济意义产能下的测算方法

经济意义产能是最先提出的产能概念,由 Chamberlin 在提出产能过剩概念的同时提出,被称为完全产能(full capacity),是指在完全竞争均衡条件下的产出水平。随后,Cassells^[5]、Klein^[6]、Hickman^[7]进一步将产能定义为生产成本最小化时的产出水平;Morrison^[8]提出了成本函数的具体形式,并发展出相应的计算方法。与该产能定义相对应的产能利用率测算方法则是成本函数法,其计算思路是确定成本函数形式后,通过估计成本函数参数,求解出成本最小化时的产出水平,进而计算出产能利用率。Morrison^[8]运用该方法计算了1954—1980年美国的产能利用率;Nelson^[9]运用该方法计算了1961—1983年美国22家私营电力公司的产能利用率;Garofalo and Malhotra^[10]运用该方法计算了美国20世纪80年代各州的工业产能利用率;Gajanan and Malhotra^[11]运用该方法计算了1976—1996年印度制造业的产能利用率;孙巍等^[12]、韩国高等^[13]则运用成本函数法对我国工业行业产能利用率进行了测算。

成本函数法的优势在于以经济理论为基础,测算结果具有较好的可信度,但是在确定均衡状态、成本函数形式等方面存在较多争议。一是均衡状态选取的差异:如Hickman^[7]采用的是厂商长期平均成本最小化;Morrison^[8]提出的是厂商短期成本最小化;Segerson and Squires^[14]采用的是厂商长期平均成本与短期平均成本相切点;Kim^[15]采用的是利润最大化。而Pascoe and Tingley^[16]的研究表明,不同的均衡界定标准会对应不同的生产能力,最终将导致对产能利用率的不同测算结果。二是对函数具体形式的设定:在采用相同均衡状态判断标准的条件下,使用不同的函数形式,所得到的结果也会有显著差别。如Nelson^[9]、Lazkano^[17]、赵宝福和黄振国^[18]采用了超越对数成本函数;Morrison and Berndt^[19]、韩国高等^[13]则在可变成本函数基础上构建出短期总成本函数。另外,成本函数法暗含了市场经济条件的假设,若非市场因素对均衡条件具有显著影响,则会导致估计结果出现偏差。

(二) 工程意义产能下的测算方法

针对Chamberlin提出“完全产能”难以观测的问题,Smithies^[20]在1957年提出了工程产能的概念,将其定义为“在现有设备正常运转条件下配合轮班制而实现的产出”。在产能利用率测算过程中,又进一步将产能定义为“在现有条件下可实现的最大产出水平”^[10],并在该产能定义下发展出调查法和峰值法两种产能利用率测算方法。调查法就是直接通过企业调查的方式,获得企业产能数据,然后通过实际产出与产能数据计算出产能利用率,该方法的代表性应用有:美联储发布的FRB指数、沃顿商学院发布的Wharton指数、美国商务部经济分析局发布的BEA指数等;中国国务院发展研究中心采用该方法测算了钢铁、水泥、电解铝、平板玻璃、船舶、光伏6个行业的产能利用率^[21]。峰值法是假设一段时期内最高实际产量为最大产能,有国外学者采用峰值法计算了不同时期的产能利用率^[22-24];刘林^[25]、徐菁和陈恩祺^[26]也分别采用峰值法对我国产能利用率进行了估算。

在工程意义产能下发展出产能利用率测算方法,可以直接、简便地得出产能利用率,但是也遭到了一些质疑:一是工程意义产能概念缺少经济理论基础^[8],只是反映了设备利用情况,而不具有经济意义;二是调查法需要直接从企业获得数据,所需成本较高,只有政府部门或大型研究机构有能力进

行;三是峰值法在时期和峰值选择上具有很强的主观性,在现实中存在产量达到峰值但是产能仍然未完全利用的情况(即 Phillips^[27]所指出的“弱高峰”),在这种情况下容易高估产能利用率。

(三) 技术-经济意义产能下的测算方法

Johanson^[28]在《生产函数与产能定义》一文中提出“产能首先描述的是现有企业和设备的生产能力,即在可变要素不受限制时企业和设备单位时间内能够生产的最大产量,我们可以称之为企业产能”。Kirkley and Squires^[29]、Färe and Grosskopf^[30]按照这一定义提出了产能利用率测算方法。但是严格来讲,这一测算方法需要找出固定投入与产出的最大值,也就意味着可变投入的边际产出为零,而这一点并不具有经济意义,在现实中也不可能使产出达到这一水平。

从经济学角度来说,产能应该是可以实现的、可持续性的最大产出水平,而不是短期、不可持续的产出水平^[24]。因此, Färe and Grosskopf^[30]提出以“潜在产出”作为产能,即在给定固定投入条件下观测到的最高产出水平,而不是工程意义上可能的最大产出。这一定义代表了当前价格和需求条件下企业的最大潜在产出水平,是技术-经济意义的生产能力^[2]。与经济意义产能和工程意义产能相比,该定义既具有经济理论基础,同时又避免了生产成本难以观测的问题,所以目前被广为接受和应用。

Färe *et al.*^[1]将 Farrell 提出的前沿分析方法引入产能利用率测算中,其测算思路为:通过可观测的投入、产出数据构建生产前沿面,然后计算不受可变投入约束的生产能力,据此得出产能利用率。由于构建生产前沿面方法的不同,该思路发展出两种主要测算方法:一种是以数据包络分析法(DEA)为代表的非参数方法, Dupont *et al.*^[31]、Vestergaard *et al.*^[32]、何彬和范硕^[33]、Ray^[34]、董敏杰等^[35]、张少华和蒋伟杰^[36]都采用该方法研究了不同地区和行业的产能利用率;另一种是以随机前沿(stochastic production frontier, SPF)方法为代表的参数方法, Kirkley^[2]首先将该方法运用于渔业产能利用率测算,杨振兵^[37]将其应用于我国工业行业产能利用率测算。

技术意义产能下的测算方法由于具有经济理论基础且数据可获得性强等优势,正逐步取代成本函数法、调查法、峰值法等方法。其中,非参数方法的显著优势在于无需设定函数的具体形式,但是存在结果稳定性较差、无法考虑随机因素、不同前沿面不具有可比性等问题;参数方法的主要争议在于生产函数形式的选择,因为不同函数形式对测算结果有较大影响,但是其结果具有更好的稳定性和可分析性。另外,两种方法在构造前沿面时都假设所有决策单元具有相同的技术水平,而这显然与我国区域间发展水平、产业结构、资源禀赋等差异明显的事实不符,不能正确反映生产能力的实际情况,最终将导致产能利用率结果出现偏差。

综合比较各类产能利用率测算方法,结合随机前沿方法的最新进展,本文提出基于潜类别随机前沿模型的产能利用率估计方法,并运用该方法估计我国各省市工业产能的利用率。与现有测算方法相比,该方法的主要优势在于通过决策单元的异质性属性进行内生分组,解决技术异质性导致我国产能利用率测算结果有偏的问题。

三、基于潜类别随机前沿模型的产能利用率测度方法

(一) 产能利用率界定

我们采用目前普遍接受的产能定义,即“可变投入不受限制时生产设备的最大生产能力”,可以表示为:

$$YC = F(K, R) \quad (1)$$

其中, YC 为生产能力; K 为固定投入; R 为技术条件。若考虑可变投入 V ,则在相同条件下,最大产出能力可以表示为:

$$YTE = F(K, V, R) \quad (2)$$

若考虑到技术效率问题,则实际产出为:

$$Y = YTE \times TE = F(K, V, R) \times TE \quad (3)$$

其中, TE 为技术效率。产能利用率可以表示为:

$$CU = Y/YC = \frac{F(K, V, R) \times TE}{F(K, R)} \quad (4)$$

根据 Färe and Grosskopf^[30]和 Kirkley *et al.*^[2]的研究,在计算产能利用率时使用受可变投入约束的最大产出能力(即 YTE),而不使用产出观测值,原因在于可以去除未测量因素(如要素质量、天气等)对实际产出的影响。本文将技术效率引入到产能利用率分析中,一方面使估计产出更接近实际产出,另一方面可以区分产能利用率和生产效率,并反映技术效率与产能利用率之间的关系,对于分析我国工业的落后产能问题有重要的借鉴作用^[35]。

(二) 潜类别随机前沿模型

随机前沿分析方法由 Aigner *et al.*^[38]、Meeusen and Broeck^[39]提出,本文参照 Kirkley *et al.*^[2]测算产能利用率的思路,使用随机前沿分析方法得到 YTE 和 TE,采用同样的方法获得不受可变投入约束的最大产出 YC,最后计算得出产能利用率 CU。

随机前沿分析假设所有决策单元有相近的生产效率,但我国区域间发展水平、产业结构、资源禀赋等差异明显,在技术水平和技术结构上都存在不同,若直接采用随机前沿分析方法是不合适的。为了解决这一问题, Mester^[40]、Grifell and Lovell^[41]等采用了“先分组后估计”的“两步法”来避免生产技术异质性问题,但是这种“外生”的分组方法具有很强的主观性和经验性。因此, Orea and Kumbhakar^[3]、Greene^[4]发展出潜类别随机前沿模型(Latent Class Stochastic Frontier Model, LCSFM),根据决策单元的异质性属性内生分组,同时对分组进行随机前沿估计。

参考 Orea and Kumbhakar^[3]、Greene^[4]的研究,潜类别随机前沿模型可以表示为:

$$y_{it} = \alpha_{ij} + x_{it}\beta_{ij} + v_{itj} - u_{itj} \quad (5)$$

其中 i 表示区域; t 表示时间; j 表示不同类别; y 和 x 分别表示对数形式的工业产出和投入; v_{itj} 是服从 $N(0, \sigma^2)$ 分布的独立同分布随机变量; u_{itj} 是生产无效率项,服从非负截尾正态分布 $N^+(\mu, \sigma_u^2)$; α 表示截距项; β 表示系数。

假定所有类别的生产函数形式一致,对 i 区域 t 时期 j 类别的条件似然函数为:

$$LF_{ij} = \frac{\Phi(-\lambda_{ij} \times \varepsilon_{itj})}{\Phi(0)} \times \frac{1}{\sigma_{ij}} \phi\left(\frac{\varepsilon_{itj}}{\sigma_{ij}}\right) \quad (6)$$

其中: $\varepsilon_{itj} = y_{it} - \alpha_{ij} - x_{it}\beta_{ij}$, $\sigma_{ij} = (\sigma_{u_{ij}}^2 + \sigma_{v_{ij}}^2)^{1/2}$, $\lambda_{ij} = \frac{\sigma_{u_{ij}}^2}{\sigma_{v_{ij}}^2}$; Φ 和 ϕ 分别为标准正态密度函数和累积分布函数。对于区域 i 的条件似然为:

$$LF_{ij} = \prod_{t=1}^T LF_{itj} \quad (7)$$

可推得区域 i 的非条件似然为:

$$LF_i = \sum_{j=1}^J LF_{ij} \times P_{ij}(\delta_j) \quad (0 \leq P_{ij} \leq 1 \text{ 且 } \sum_j P_{ij} = 1) \quad (8)$$

其中 $P_{ij}(\delta_j)$ 是 j 类别的先验概率,通常满足多项式 Logit 模型:

$$P_{ij}(\delta_j) = \frac{\exp(\delta'_{ij}q_i)}{\sum_{j=1}^J \exp(\delta'_{ij}q_i)} \quad (j = 1, \dots, J) \quad (9)$$

其中 q_i 为决定类别的特性; δ'_{ij} 为待估参数。全局对数似然函数可表示为:

$$\log LF = \sum_{i=1}^N \log LF_i = \sum_{i=1}^N \log \sum_{j=1}^J P_{ij} \prod_{t=1}^T LF_{itj} \quad (10)$$

相关参数可以通过最大似然法进行估计,根据贝叶斯定理可以得到每个观测区域 i 的后验概率为:

$$P(j | i) = \frac{P_{ij} L_{ij}}{\sum_{j=1}^J P_{ij} L_{ij}} \quad (11)$$

潜类别随机前沿模型(LCSFM)估计过程中,确定潜类别数量至关重要。我们通过计算并比较信息准则 AIC、BIC、HQIC 或似然率来确定潜类别数目,一般认为信息准则最小或似然率最大的类别数目为最优数目。与标准随机前沿模型相比,LCSFM 综合了潜类别模型和随机前沿模型的优势,可以通过决策单元的异质性属性进行内生分组,同时分别对各组进行随机前沿分析,可以避免标准随机前沿模型中因技术差异而影响前沿面估计不准确的问题。

(三) 模型、变量与数据说明

1. 生产函数设定

本文采用 C-D 生产函数构建随机前沿模型,具体形式如下:

$$\ln y_{ij} = \beta_0 + \beta_{1j} \ln k_{it} + \beta_{2j} \ln l_{it} + v_{itj} - u_{itj} \quad (12)$$

其中 y 表示工业产出; k 表示资本投入; l 表示劳动力投入; $j = 1, \dots, J$ 表示类别数目。通过估计该随机前沿模型,可以得到当前技术条件下的产出水平 YTE ,并得到技术效率 TE ;同时在可变投入 l 不受约束的条件下,再次估计该前沿模型,可以得到不受可变投入约束的产出水平 YC 。

2. 变量及数据说明

本文主要关注近年来我国不同区域工业产能利用率的变动情况,涉及 2010—2016 年我国工业的相关数据,具体变量的描述性统计如表 1 所示。

(1) 以工业增加值作为各地区工业产出(y_{it})。数据来源于历年《中国工业统计年鉴》,所有工业增加值数据采用分地区工业品出厂价格指数调整为以 2010 年为基期的可比价格。

(2) 以工业固定资本存量作为固定资本投入(k_{it})。固定资本投入(k)按照现有多数文献的做法,采用永续盘存法进行估算,具体计算公式为:

$$k_t = k_{t-1}(1 - \delta_t) + I_t/P_t \quad (13)$$

其中 k_t 和 k_{t-1} 分别是第 t 年和第 $t-1$ 年固定资本存量; I_t 为新增实际投资额,参照张军等^[42]以及董敏杰等^[35]的做法 $I_t = F_t - F_{t-1}$, F_t 和 F_{t-1} 为第 t 年和第 $t-1$ 年固定资产原值; P_t 为资本价格指数,参照史丹和张成^[43]的做法,由各省固定资产投资价格指数替代; δ_t 为折旧率,由历年估算的折旧率均值近似替代,计算方法为(本年累计折旧额 - 上年累计折旧额) / 上年固定资产原价;基期固定资本存量 k_0 参照陈诗一^[44]的做法,由 2010 年各省工业固定资产净值近似替代。李胜文和李大胜^[45]、李小平等^[46]、Jefferson *et al.*^[47] 在研究中也采用了该处理方法,认为可以将可比固定资产净值作为资本存量的近似估计。固定资本原价数据、累计折旧数据来源于《中国工业统计年鉴》,固定资产投资价格指数来源于《中国统计年鉴》。

(3) 以劳动力作为工业可变投入(l_{it})。数据来源于《中国工业统计年鉴》,但是《中国工业统计年鉴》《中国统计年鉴》均未报告 2012 年工业年均从业人数,除北京市、天津市、山西省 2012 年劳动力数据来自各省(市)《统计年鉴》外,其余各省(市) 2012 年劳动力数据采用均值法补齐。

(4) 以新产品销售产值占工业销售产值比重(S)表征工业技术水平特征,作为决定生产前沿类别归属的条件变量,一方面,新产品生产情况直接反映了一个区域工业生产的技术水平;另一方面,新产品也可以间接反映某区域间产业结构、资源禀赋等因素造成的技术特征差异。该数据通过新产品销售产值和工业销售产值数据计算得来,数据来源于历年《中国工业统计年鉴》。

表 1 变量描述性统计

变量	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值
工业增加值(亿元)	210	8 447.59	7 061.54	385.21	33 657.22
固定资本存量(亿元)	210	10 536.16	8 396.17	603.51	46 228.04
劳动力(万人)	210	315.42	334.78	10.87	1 568.00
新产品销售产值占工业销售产值比重(%)	210	10.25	6.71	0.35	32.11

四、模型估计结果

本文使用 NLogit5.0 软件对模型进行估计 结果具体如下。

(一) 潜类别数目确定

通过比较不同潜类别数目的 *AIC*、*BIC*、*HQIC* 以及似然率,可以确定潜类别数目。本文涉及到包括固定投入 *K* 和可变投入 *L*(模型 1) 以及只包括固定投入 *K*(模型 2) 两个模型 采用 NLogit5.0 软件进行处理。从数据处理结果(表 2) 可以看出,当潜类别数目为 4 时,两个模型的 *AIC*、*BIC*、*HQIC* 值均为最小,同时似然率最大。因此,采用随机前沿方法估计各省工业技术效率 *TE*、实际产出 *YTE* 以及最大产出 *YC* 时,潜类别数目 4 为最优选择。同时,对比潜类别数目为 1 的相应信息可以发现,两个模型的 *AIC*、*BIC*、*HQIC* 值均为最大,同时似然率最小,说明若不分类进行各省的随机前沿分析,其有效性最劣,进一步证实了本文方法的合理性。

表 2 潜类别数目确定情况

类别数目	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>	<i>HQIC</i>	似然率
模型 1				
1	-0.746 02	-0.666 32	-0.713 80	83.331 78
2	-1.326 58	-1.135 31	-1.249 26	151.290 6
3	-1.495 57	-1.192 74	-1.373 15	176.035 1
4	-1.600 73	-1.196 33	-1.433 20	194.076 6
5	不收敛	不收敛	不收敛	不收敛
模型 2				
1	0.571 74	0.635 49	0.597 51	-56.032 36
2	-0.136 90	0.022 49	-0.072 46	24.374 28
3	-0.532 15	-0.277 13	-0.429 06	71.876 02
4	-0.706 32	-0.355 67	-0.564 57	96.163 69
5	不收敛	不收敛	不收敛	不收敛

(二) 分类结果

以新产品销售产值占工业销售产值比重(*S*) 为潜类别的条件变量,反映各省工业生产技术效率的内在属性差异 通过包含不变要素投入和可变要素投入(模型 1) 和仅包含不变要素投入(模型 2) 潜类别随机前沿模型,将各省划分为 4 类。由表 3 可知,对于模型 1 4 个类别的先验概率分别为 0.454、0.421、0.078 和 0.047;对于模型 2 4 个类别的先验概率分别为 0.394、0.117、0.009、0.480。

表 3 类别平均先验概率

模型	类别 1	类别 2	类别 3	类别 4
1	0.454	0.421	0.078	0.047
2	0.394	0.117	0.009	0.480

通过潜类别条件变量与分类概率的关系可以看出,我国不同区域技术水平、产业结构等技术特征对生产前沿影响的不同类型(表 4)。模型 1 和模型 2 均显示了 4 个类型:一是技术进步强有效型,表现为技术进步可以有效促进产出水平提升,模型 1、模型 2 这类区域的先验概率分别为 45.4% 和 39.4%,代表性省(市、自治区)有浙江、福建、湖南、广东、广西、重庆等;二是技术进步弱有效型,表现为技术进步会促进产出水平提升,但是效果稍弱于前一类,两个模型的先验概率分别为 42.1% 和 11.7%;三是技术进步无效型,表现为技术进步与产出水平负相关,两个模型的先验概率分别为 7.8% 和 0.9%,代表性省(自治区)有海南、青海、新疆等;四是技术进步中性型,表现为技术进步既没有正面作用也没有负面作用,两个模型的先验概率分别为 4.7% 和 48%。从潜类别分类结果来看,与通常将我国划分为东部、中部、西部、东北地区四类区域相比有较大差异,说明处于不同地理区位的省(市、自治区)也可能具有相似的技术特征,反之亦然。因此,若仅按照区位特征分类估计其潜在的产出水平,并不能有效反映各省份生产前沿的内在一致性。

表 4 潜类别分类结果

类别	省(市、自治区)
模型 1	
类别 1	天津市、河北省、内蒙古自治区、浙江省、福建省、湖南省、广东省、广西壮族自治区、重庆市
类别 2	辽宁省、吉林省、黑龙江省、上海市、江苏省、安徽省、江西省、山东省、河南省、湖北省、四川省、云南省、陕西省
类别 3	北京市、海南省、贵州省、青海省、新疆维吾尔自治区
类别 4	山西省、甘肃省、宁夏回族自治区
模型 2	
类别 1	浙江省、福建省、江西省、河南省、湖南省、广东省、广西壮族自治区、重庆市
类别 2	北京市、山西省、内蒙古自治区、贵州省、云南省
类别 3	海南省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区
类别 4	天津市、河北省、辽宁省、吉林省、黑龙江省、上海市、江苏省、安徽省、山东省、湖北省、四川省、陕西省

(三) 参数估计

对模型 1 和模型 2 均采用标准随机前沿方法和潜类别随机前沿方法估计相关参数,从估计结果(表 5)来看,主要参数均在 1% 水平显著。

表 5 潜类别随机前沿模型估计结果

模型	常数项	lnk	lnl	σ	λ	条件潜类别方程	
						常数项	S
模型 1							
SFM	2.050*** (12.527)	0.546*** (35.174)	0.375*** (10.621)	0.318*** (5.046)	3.736*** (2.588)		
LCSFM							
类别 1	2.259*** (20.819)	0.570*** (28.748)	0.312*** (18.755)	0.162*** (10.049)	11.422 (1.036)	-0.786 (-0.544)	29.796** (4.290)
类别 2	2.072*** (10.214)	0.490*** (16.982)	0.428*** (17.446)	0.080*** (12.898)	0.286 (2.632)	0.711 (0.541)	14.481** (3.355)
类别 3	1.966*** (6.507)	0.430*** (7.692)	0.535*** (10.023)	0.143*** (3.643)	1.516 (1.107)	0.559 (0.374)	-0.477* (-1.028)
类别 4	1.101*** (4.758)	0.480*** (9.007)	0.604*** (10.239)	0.091*** (5.831)	15.956 (0.302)		
模型 2							
SFM	4.003*** (25.590)	0.614*** (48.663)		0.100*** (5.851)	11.984 (1.605)		
LCSFM							
类别 1	0.831*** (4.957)	0.932*** (52.239)		0.222*** (8.768)	5.543** (2.290)	-1.037 (-1.076)	8.185** (9.756)
类别 2	-0.005 (-0.11)	0.965*** (18.698)		0.215*** (6.464)	5.574 (1.484)	-0.084 (-0.076)	-12.973** (-16.776)
类别 3	0.480*** (51.183)	0.870*** (765.410)		0.361*** (8.367)	4.5834*** (5.345)	1.726 (1.187)	-56.172* (-43.627)
类别 4	0.773*** (4.105)	0.908*** (44.713)		0.201*** (10.253)	4.599*** (2.794)		

注:***,**, * 分别为 1% 5% ,10% 显著性水平;括号内数值为 t 值。

五、产能利用率测算与分析

根据模型估计结果,可以计算出 2010—2016 年全国 30 个省(市、自治区)的产能利用率。为了分析标准随机前沿方法(SPF)与潜类别随机前沿方法(LCSFM)估计产能利用率的差别,本文报告了两种方法的计算结果(表 6)。

表 6 标准随机前沿方法和潜类别随机前沿方法计算的产能利用率

省份	方法	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	平均值
北京	SPF	48.283	46.987	46.748	46.519	45.983	44.852	43.762	46.162
	LCSFM	91.173	86.593	78.493	79.392	76.788	72.663	69.354	79.208
天津	SPF	51.484	51.130	51.960	51.695	52.043	50.946	49.243	51.215
	LCSFM	88.720	95.493	96.721	93.109	97.570	99.850	95.997	95.351
河北	SPF	67.341	67.213	64.397	66.558	67.334	66.738	65.639	66.460
	LCSFM	105.21	99.854	95.681	89.278	85.750	90.185	91.446	93.915
山西	SPF	58.631	57.207	57.660	56.768	55.510	54.227	53.233	56.177
	LCSFM	99.468	99.286	94.028	88.775	81.472	72.876	67.584	86.213
内蒙古	SPF	47.393	46.631	43.854	46.260	45.868	45.267	44.419	45.670
	LCSFM	92.715	92.577	106.39	99.508	90.569	93.342	78.062	93.309
辽宁	SPF	70.872	68.420	66.458	69.170	67.597	62.089	56.842	65.921
	LCSFM	95.300	90.113	84.503	82.655	79.783	74.526	71.078	82.565

省份	方法	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	平均值
吉林	SPF	50.819	49.823	47.232	49.892	49.649	49.278	48.379	49.296
	LCSFM	89.053	79.262	68.622	69.806	66.890	65.640	62.936	71.744
黑龙江	SPF	51.582	49.465	49.942	49.174	48.210	46.935	45.754	48.723
	LCSFM	83.211	76.946	73.862	70.285	65.776	63.858	61.357	70.756
上海	SPF	64.172	62.226	62.506	61.152	59.816	58.339	56.400	60.659
	LCSFM	93.126	89.451	89.954	86.126	82.469	78.579	74.461	84.881
江苏	SPF	100.37	97.219	92.210	97.132	96.185	95.304	93.998	96.060
	LCSFM	109.62	100.03	89.697	90.270	85.386	82.038	78.792	90.833
浙江	SPF	93.100	86.927	87.459	86.045	85.513	84.350	83.377	86.681
	LCSFM	81.361	87.520	87.273	86.053	82.795	82.859	86.379	84.891
安徽	SPF	63.293	62.307	58.211	64.960	66.140	65.968	65.109	63.712
	LCSFM	103.07	94.215	82.070	87.792	87.023	83.603	81.274	88.436
福建	SPF	75.149	74.052	70.843	73.978	73.838	73.631	72.224	73.388
	LCSFM	94.516	99.096	97.937	96.421	93.439	93.572	92.754	95.391
江西	SPF	58.967	58.508	54.292	60.363	61.073	61.539	61.434	59.454
	LCSFM	88.472	81.101	69.318	73.316	70.405	66.888	63.357	73.265
山东	SPF	93.062	89.261	88.612	90.874	90.077	89.494	87.389	89.824
	LCSFM	105.54	95.035	91.133	88.397	82.271	80.139	75.837	88.336
河南	SPF	76.224	78.781	73.528	81.440	83.135	83.870	83.586	80.081
	LCSFM	80.804	76.888	67.788	71.551	68.629	67.170	64.518	71.050
湖北	SPF	64.346	62.182	59.834	66.054	68.229	66.266	65.292	64.600
	LCSFM	93.687	83.970	78.029	81.637	84.105	79.204	77.051	82.526
湖南	SPF	64.127	64.837	59.924	67.106	67.079	66.385	66.538	65.142
	LCSFM	88.786	89.568	89.198	91.853	92.343	90.571	89.108	90.204
广东	SPF	112.91	110.13	106.56	109.09	108.69	107.82	106.38	108.80
	LCSFM	88.524	103.54	101.48	99.246	98.019	96.247	94.643	97.386
广西	SPF	52.872	52.116	48.365	53.574	53.725	53.854	53.714	52.603
	LCSFM	80.884	86.635	83.382	83.028	84.722	87.134	83.814	84.228
海南	SPF	23.504	22.885	23.029	23.075	22.184	21.889	21.163	22.533
	LCSFM	96.400	94.173	91.050	81.152	76.143	69.517	63.952	81.770
重庆	SPF	53.116	52.724	49.917	54.145	55.129	55.322	55.057	53.630
	LCSFM	94.653	105.15	94.995	72.103	70.060	63.911	62.737	80.515
四川	SPF	68.715	70.145	63.750	68.688	67.469	65.889	64.044	66.957
	LCSFM	100.44	98.439	84.257	84.703	79.400	76.312	70.382	84.848
贵州	SPF	42.716	43.440	41.570	43.605	45.090	44.771	44.686	43.697
	LCSFM	94.844	99.557	91.196	90.025	90.674	86.924	83.826	91.007
云南	SPF	44.149	43.479	41.757	44.211	43.042	42.067	41.214	42.845
	LCSFM	98.897	93.218	82.487	78.792	70.631	67.408	65.068	79.500
陕西	SPF	52.215	51.196	48.665	52.351	52.877	51.294	50.875	51.353
	LCSFM	92.180	76.693	67.327	74.446	66.365	61.988	59.935	71.276
甘肃	SPF	40.543	37.614	38.833	37.292	38.412	37.191	36.128	38.002
	LCSFM	95.009	92.391	86.457	83.501	80.814	68.398	67.705	82.039
青海	SPF	26.487	25.249	24.670	26.274	25.994	25.449	24.925	25.578
	LCSFM	79.980	76.335	71.395	71.301	64.843	59.641	56.308	68.543
宁夏	SPF	30.756	30.313	29.206	30.897	30.870	30.137	29.329	30.215
	LCSFM	81.993	68.883	64.533	66.005	64.174	58.768	57.904	66.037
新疆	SPF	37.322	37.210	35.858	37.977	38.389	37.449	37.095	37.328
	LCSFM	99.867	95.209	84.308	81.449	76.772	71.438	67.849	82.413

(一) 总体趋势

从全国工业产能利用率估计结果(图1)来看,标准随机前沿方法估计的样本期内平均产能利用率为58.09%,而潜类别随机前沿方法估计的样本期内平均产能利用率为83.08%,二者存在明显的差异。标准方法估计结果比较接近张少华和蒋伟杰^[36]的估计结果,但是这一结果可能严重低估了我国的工业产能利用率。进一步分析两种方法的估计结果可以发现,甘肃、青海、宁夏、新疆等省(自治区)的工业产能利用率长期低于40%,显然不符合实际情况。其原因主要在于:标准随机前沿方法未考虑不同区域的技术差异,当区域技术水平显著低于平均水平时,会严重高估其潜在产出水平,进而造成产能利用率低估。

从变化趋势来看(图1),潜类别随机前沿方法估计结果显示2010—2016年我国工业产能利用率呈逐年下滑趋势,从2010年的92.92%逐渐下滑至2016年的73.85%;标准随机前沿方法显示出相同的变化趋势,但是波动幅度要远远小于前者。可能原因是,金融危机后我国的“4万亿”救市计划效果显现,使2010年工业产能利用率处于高位,2010年后随着救市计划效果减退和经济下行周期的双重作用,产能利用率持续下滑。之前有研究认为我国工业存在严重的产能过剩,但是本文的结果显示,可能之前的研究低估了我国的工业产能利用率。

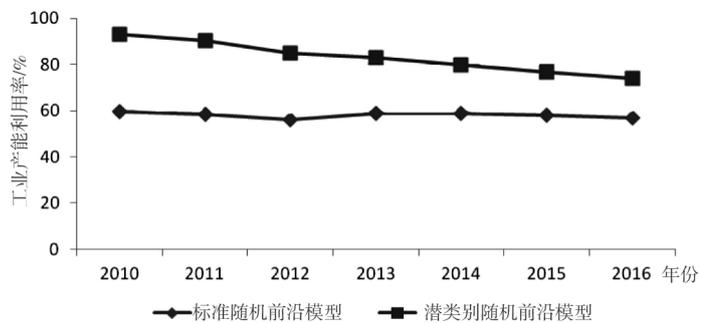


图1 两种方法估计的工业产能利用率

通过两种方法的结果比较可以发现,不考虑区域技术异质性时,会严重低估实际工业产能的利用率,对我国工业产能过剩程度出现误判;而潜类别随机前沿方法的估计结果更接近工业产能利用率的实际情况。国家统计局发布的数据显示,2016年我国工业产能利用率为73.3%,与本文估计结果73.85%极为接近,这进一步表明了潜类别随机前沿方法的准确性。

(二) 不同类型区域比较

根据潜类别随机前沿方法的分类结果可以发现,我国产能利用率的空间分布不遵循通常认为的东部、中部、西部和东北地区的区位特征。我们按照技术进步对生产前沿的不同影响,将全国各省份划分为技术进步强有效型、技术进步弱有效型、技术进步无效型和技术进步中性型4类,并分别分析其产能利用率特征。

通过比较4类区域产能利用率趋势(图2)可以发现,技术进步对工业产能利用率有显著的影响。在样本期内,技术进步强有效型区域工业产能利用率显著高于其他三类区域(最高为95.49%,最低为86.10%)。如果按照国家统计局提出的79%经验临界值来判断产能过剩,则在2010—2016年,技术进步强有效型区域不存在产能过剩。技术进步弱有效型、技术进步无效型和技术进步中性型区域,均显示出了工业产能利用率逐年下降的趋势,并且在2015年开始低于70%的临界值,也就是说我国当前产能过剩主要集中于这三类区域。

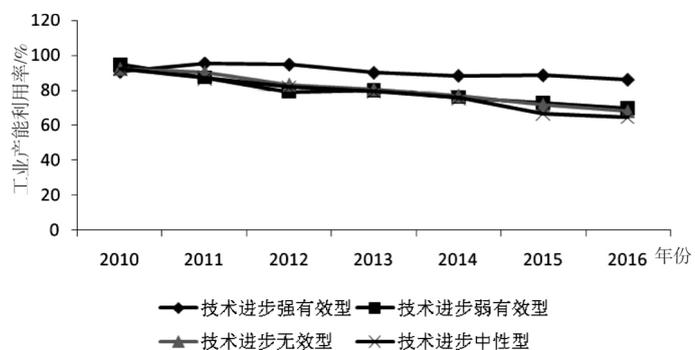


图2 四类区域平均工业产能利用率变动情况

从各类区域构成的省份来看,技术进步强有效型区域共有9个省(市),其中东部地区5个、中部地区1个、西部地区3个,这些省份工业产能利用率保持在较高水平(最高的为广东省,平均工业产能

利用率达到 97.39%；最低的为重庆市，平均工业产能利用率为 80.52%）。技术进步弱有效型区域共有 13 个省（市），包括东部地区的上海、江苏、山东和东北三省，中部地区的安徽、江西、河南、湖北，以及西部地区的四川、云南、陕西，平均工业产能利用率保持在 70%~90%，至 2016 年，大部分省份工业产能利用率下滑至 70% 以下。技术进步无效型区域除北京市外，其余 4 省（自治区）均属西部地区，北京市成为技术进步无效型区域，可能与北京市产业结构调整有关，北京市制造业持续转移，工业占经济总量的比重已经不足 20%；技术进步中性型区域有山西、甘肃、宁夏 3 省（自治区）。后两类区域工业产能利用率总体处于较低水平，由于技术进步对其产出呈现负面或微弱的作用，是落后产能较为集中的区域。

由上我们可以发现，按照技术异质性划分的 4 类区域与省份的区位没有必然联系，也就是说按照东、中、西、东北划分区域并测算其工业产能利用率缺少内在的一致性。因此，按照所处区域判断产能过剩程度，不能准确反映对应省份工业产能利用率的真实情况，而相应的政策措施也不适用于同一区域的所有省份。

六、结论与政策建议

采用潜类别随机前沿方法估计 2010—2016 年我国 30 个省（市、自治区）的工业产能利用率，分析我国工业产能利用率的总体变化趋势，并比较不同类型区域的工业产能利用率差异。结果发现：（1）目前已有文献采用的测算方法未考虑到不同区域的技术异质性，普遍存在低估我国工业产能利用率的问题；本文采用潜类别随机前沿方法测算结果表明，样本期内我国工业平均产能利用率为 83.08%，存在产能过剩风险，但是未达到严重过剩的程度。（2）从总体趋势来看，我国工业产能利用率呈现出持续下滑的趋势；不同省份的工业产能利用率差异较大，说明工业产能利用率与技术进步有效性之间有密切关系。（3）我国各省（市、自治区）工业产能利用率与区位没有必然关系，而按照技术异质性可以划分为技术进步强有效型、技术进步弱有效型、技术进步无效型和技术进步中性型 4 个类别，其中技术进步强有效型区域工业产能利用率最高，不存在产能过剩问题；技术进步弱有效型区域在 2016 年开始出现普遍的产能过剩；技术进步无效型和技术进步中性型区域长期存在产能过剩，并且因技术问题导致的落后产能是产能过剩的重要原因。

依据以上研究结论，可提出如下政策建议：（1）由于不同产能利用率测算方法的结果存在较大差异，我国在制定产能政策时，应审慎判断工业产能过剩程度，不能忽视产能过剩风险，也不宜过分夸大产能过剩问题。（2）技术进步是防止形成落后产能、提高产能利用率的重要途径，但也要重视技术进步有效性对产能利用率的影响，不同区域需要选择与其资源禀赋、产业结构、市场结构等相适应的技术结构，通过提高技术进步有效性来提升工业产能利用率。（3）产能政策要充分考虑区域的技术异质性，不宜制定全国统一政策，也不宜简单地按照东、中、西、东北地区的地域划分来制定，而需要以不同区域的技术特征为基础，制定与其技术特征相符的产能政策。

参考文献：

- [1] FÄRE R, CROSSKOPF S, KOKKELENBERG C E. Measuring plant capacity, utilization and technical change: a non-parametric approach[J]. *International economic review*, 1989(30): 655-666.
- [2] KIRKLEY J, MORRISON C J, SQUIRES D. Capacity and capacity utilization in common-pool resource industries: definition, measurement, and a comparison of approaches[J]. *Environmental and resource economics*, 2002(22): 71-97.
- [3] OREA L, KUMBHAKAR S C. Efficiency measurement using a latent class stochastic frontier model[J]. *Empirical economics*, 2004(29): 169-183.
- [4] GREENE W. Reconsidering heterogeneity and inefficiency: alternative estimators for stochastic frontier models[J]. *Journal of econometrics*, 2005(126): 269-303.
- [5] CASSELLS J M. Excess capacity and monopolistic competition[J]. *Quarterly journal of economics*, 1937(99): 1-29.
- [6] KLEIN L R. Some theoretical issues in the measurement of capacity[J]. *Econometrica*, 1960(28): 272-286.

- [7] HICKMAN B G. On a new method of capacity estimation [J]. *Journal of the American statistical association*, 1964(59) : 529-549.
- [8] MORRISON C J. Primal and dual capacity utilization: an application to productivity measurement in the USA automobile industry [J]. *Journal of business and economic statistics*, 1985(3) : 312-324.
- [9] NELSON R A. On the measurement of capacity utilization [J]. *The journal of industrial economics*, 1989, 37(3) : 273-286.
- [10] GAROFALO G A, MALHOTRA D M. Regional measures of capacity utilization in the 1980s [J]. *The review of economics and statistics*, 1997, 79(3) : 415-421.
- [11] GAJANAN S, MALHOTRA D. Measures of capacity utilization and its determinants: a study of Indian manufacturing [J]. *Applied economics*, 2007, 39(6) : 765-776.
- [12] 孙巍, 李何, 王文成. 产能利用与固定资产投资关系的面板数据协整研究——基于制造业 28 个行业样本 [J]. *经济管理* 2009(3) : 38-43.
- [13] 韩国高, 高铁梅, 王立国, 等. 中国制造业产能过剩的测度、波动及成因研究 [J]. *经济研究* 2011(12) : 18-31.
- [14] SEGERSON K, SQUIRES D. On the measurement of economic capacity utilization for multi-product industries [J]. *Journal of econometrics*, 1990(44) : 347-361.
- [15] KIM H Y. Economic capacity utilization and its determinants: theory and evidence [J]. *Review of industrial organization*, 1999(15) : 321-339.
- [16] PASCOE S, TINGLEY D. Economic capacity estimation in fisheries: a non-parametric ray approach [J]. *Resource and energy economics*, 2006(28) : 124-138.
- [17] LAZKANNO. Cost structure and capacity utilization in Multi-product industries: an application to the basque trawl industry [J]. *Environment resource economics*, 2008(41) : 189-207.
- [18] 赵宝福, 黄振国. 中国煤炭产业产能利用率估算与演变特征研究 [J]. *统计与信息论坛* 2014 29(9) : 15-20.
- [19] MORRISON C J, BERNDT E R. Short run labor productivity in a dynamic model [J]. *Journal of economics*, 1981(16) : 339-365.
- [20] SMITHIES A. Fluctuations and growth [J]. *Econometrica*, 1957, 25(1) : 1-52.
- [21] 国务院发展研究中心《进一步化解产能过剩的政策研究》课题组. 当前我国产能过剩的特征、风险及对策研究——基于实地调研及微观数据的分析 [J]. *管理世界* 2015(4) : 1-10.
- [22] KLEIN L R. Some theoretical issues in the measurement of capacity [J]. *Econometrica*, 1960(28) : 272-286.
- [23] KLEIN L R, SUMMERS R. The Wharton Index of index of capacity utilization [R]. *Economics research unit*, 1966.
- [24] KLEIN L R, LONG V. Capacity utilization: concept, measurement, and recent estimates [C]. *Brookings papers on economic activity*, 1973: 743-763.
- [25] 刘林. 微观产能利用对我国宏观资金流动性影响的实证分析 [D]. 长春: 吉林大学 2009.
- [26] 徐菁, 陈恩棋. 甘肃省主要工业产能利用率与适度产能测度分析 [J]. *西北民族大学学报(哲学社会科学版)* 2014 (5) : 70-77.
- [27] PHILLIPS A. An appraisal of measures of capacity [J]. *American economic review*, 1963(53) : 275-292.
- [28] JOHANSEN L. Production functions and the concept of capacity [J]. *The collected works of Leif Johanson* 1987(1) : 350-382.
- [29] KIRKLEY J, SQUIRES D. Measuring capacity and capacity utilization in fisheries [R]. *FAO fisheries technical report* (No. 386), food and agriculture organization of the United Nations, 1999.
- [30] FÄRE R, GROSSKOPF S. Theory and application of directional distance functions [J]. *Journal of productivity analysis*, 2000(13) : 93-103.
- [31] DUPONT D P, GRAFTON R Q, KIRKLEY J, et al. Capacity utilization measures and excess capacity in multi-product privatized fisheries [J]. *Resource and energy economics*, 2002(24) : 193-210.
- [32] VESTERGAARD N, SQUIRES D, KIRKLEY J. Measuring capacity and capacity utilization in fisheries: the case of the

- Danish Gill-net fleet[J]. Fisheries research ,2003(60) :357-368.
- [33]何彬 范硕. 国有企业投资、需求波动及产能利用率关联性分析——基于 PVAR 方法[J]. 经济问题 2013(9) :23-27.
- [34]RAY S C. Nonparametric measures of scale economies and capacity utilization: an application to U. S. manufacturing [J]. European journal of operational research ,2015(245) :602-611.
- [35]董敏杰 梁泳梅 张其仔. 中国工业产能利用率: 行业比较、地区差距及影响因素[J]. 经济研究 2015(1) :84-98.
- [36]张少华 蒋伟杰. 中国的产能过剩: 程度测算与行业分布[J]. 经济研究 2017(1) :89-102.
- [37]杨振兵. 对外直接投资、市场分割与产能过剩治理[J]. 国际贸易问题 2015(11) :121-131.
- [38]AIGNER D J , LOVELL C A K , SCHMIDT P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models [J]. Journal of econometrics ,1977(6) :21-37.
- [39]MEEUSEN W , BROECK J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error [J]. International economic review ,1977(18) :435-444.
- [40]MESTER L. Measuring efficiency at U. S. banks: accounting for heterogeneity is important [J]. European journal of operational research ,1997 ,98(2) :230-242.
- [41]GRIFELL E , LOVELL C A K. The Sources of productivity change in Spanish banking [J]. European journal of operational research ,1997 ,98(2) :363-380.
- [42]张军 陈诗一 ,JEFFERSON G H. 结构改革与中国工业增长[J]. 经济研究 2009(7) :4-20.
- [43]史丹 张成. 中国制造业产业结构的系统性优化——从产出结构优化和要素结构配套视角的分析[J]. 经济研究 ,2017(10) :158-172.
- [44]陈诗一. 中国工业行业统计数据估算: 1980—2008 [J]. 经济学(季刊) 2011 ,10(3) :735-776.
- [45]李胜文 李大胜. 中国工业全要素生产率的波动(1986—2005) ——基于细分行业的三投入随机前沿生产函数分析 [J]. 数量经济技术经济研究 2008(5) :43-54.
- [46]李小平 卢现祥 朱钟棣. 国际贸易、技术进步和中国工业行业的生产率增长[J]. 经济学(季刊) 2008 7(2) :549-564.
- [47]JEFFERSON G , RAWSKI T , ZHANG Y. Productivity growth and convergence across China's industrial economy [J]. Journal of Chinese economic and business studies ,2008 ,6(2) :121-140.

(责任编辑:康兰媛;英文校对:葛秋颖)

Measurement and Analysis of Industrial Capacity Utilization in China Based on Technological Heterogeneity

WU Zhenming , ZHOU Jiang

(Institute of Regional and Urban Development , Sichuan Academy of Social Sciences , Chengdu 610072 , China)

Abstract: How to measure capacity utilization has always been difficulties for the study of overcapacity in China. Combining the stochastic frontier analysis framework of capacity utilization and the latent class stochastic frontier model (LCSFM) , a method to measure capacity utilization is developed based on regional technology heterogeneity , which avoids the result deviation caused by overlooking technical heterogeneity in current mainstream methods. The results show that: (1) The average capacity utilization in China is 83.08% in the sample period , showing a downward trend. Most of the existing studies have underestimated the capacity utilization. (2) The capacity utilization is not necessarily related to the location. According to the relationship between technological heterogeneity and output level , provinces can be divided into four types: strong-effective type , weak-effective type , ineffective type and neutral type. (3) Different types of regions have significant technological heterogeneity. The region with strong-effective technological progress has the highest capacity utilization , and the overcapacity is concentrated in the latter three types of regions. Future capacity policy should pay attention to the difference of capacity utilization caused by technology heterogeneity to improve the pertinence and effectiveness of the policy.

Key words: capacity utilization; overcapacity; technological heterogeneity; latent class stochastic frontier model(LCSFM)