

引用格式: 徐妍. 低碳转型中新疆工业行业全要素生产率增长研究[J]. 资源科学, 2017, 39(2): 356–366. [Xu Y. Study on the total factor productivity growth of industries in low-carbon transition in Xinjiang[J]. *Resources Science*, 2017, 39(2): 356–366]. DOI: 10.18402/resci.2017.02.17

低碳转型中新疆工业行业全要素生产率增长研究

徐 妍

(新疆师范大学商学院, 乌鲁木齐 830017)

摘 要: 推进工业经济发展向低碳化、集约化转型是“十三五”时期建设洁净新疆、落实绿色发展的重要途径。本文采用1999–2014年新疆32个工业行业的面板数据, 借助扩展SBM(Slack Based Measure)超效率模型及ML(Malmquist–Luenberger)指数对能源和碳排放约束下各行业TFP(Total Factor Productivity)及其变化情况进行评价, 在此基础上, 进一步测算各行业TFP对期望产出增长的贡献度。结论显示: ①各行业的TFP普遍偏低, 最佳效率前沿主要由轻工业和装备制造业构成; ②绝大多数行业的TFP都明显增长, 主要表现为由效率前沿面整体外移引发的增长效应, 但追赶效应和规模效应不显著; ③新疆工业总体及高、中、低强度产业的TFP增长贡献度都在缓慢波动中下降, 对大规模要素投入的生产依赖性并未减弱反而有所增强, 规模速度型粗放增长仍居主导地位。

关键词: 低碳转型; 工业; 全要素生产率; 扩展SBM超效率模型; Malmquist–Luenberger指数; 新疆

DOI: 10.18402/resci.2017.02.17

1 引言

党的十八届五中全会已明确将“生态环境质量总体改善”作为“十三五”时期经济社会发展的目标之一, 这意味着绿色、低碳发展将成为未来五年内中国经济增长的重要内涵。新一轮对口援疆工作启动以来, 新疆依托煤炭成本优势吸引了大批高耗能项目落户投产^[1,2], 在带动经济持续向好的同时也使节能减排压力有所加剧。国家发改委发布的信息显示, “十二五”时期末, 新疆的能耗强度及增速已处于一级预警状态, 降耗形势十分严峻。近些年, 新疆工业能源消费比重始终超过70%^[3], 工业体系内部也长期以石化、有色、煤炭、电力等高耗能重工业为主, 致使工业成为新疆最突出的能耗部门和CO₂排放源。当前, 新疆正处于由工业化初期向中期过渡的阶段^[4], 工业在未来较长时期内将始终占据国民经济的首要地位。因此, 在需要不断落实绿色发展理念、加快达成节能目标的背景下, 对能源和碳排放约束下新疆工业全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)及其增长特点、贡献进行

合理测评将具有现实意义。

传统TFP的测算只考虑了劳动、资本等生产要素, 并未涉及与可持续发展密切相关的能源、环境等因素, 致使这种效率分析的可靠性受到影响。对此, 国内外学者发展、运用了多种方法将能源消耗和环境污染纳入投入-产出分析中, 以实现对传统TFP的修正。现有文献中, 能源消耗被普遍视为中间投入要素, 但对环境污染的处理则相对复杂。有文献采用投入法, 将污染排放视为等同于劳动、资本的投入要素引入生产函数^[5,6]。实际上, 污染排放是生产中不可避免的“坏”产品, 具有明显的负外部性。于是, 有文献尝试通过单调递减变换将这种非期望产出转变为强可处置的期望产出^[7,8]。需要指出, 投入法假设“污染排放物满足强可处置性”, “逆产出”法只在较强的凸性约束下才有线性规划解^[9]。现实中, 这些严苛条件无法得到充分满足, 从而使上述方法的应用合理性受到影响。Chung等在考察瑞典造纸业生产率时构造了基于方向性距离函数(Directional Distance Function, DDF)的Malmquist

收稿日期: 2016–09–12; 修订日期: 2016–12–12

基金项目: 国家社会科学基金青年项目(16CJL045); 新疆师范大学博士科研启动基金项目(XJNUBS1309)。

作者简介: 徐妍, 女, 湖北十堰人, 博士, 讲师, 主要研究方向为区域产业分析。E-mail: xuy122@163.com

2017年2月

-Luenberger(ML)指数^[10],对污染排放的弱可处置性进行科学处理。Färe等利用ML指数考察了1974-1986年美国制造业的生产率变动,发现考虑环境因素的TFP年均增长率(3.6%)要高于忽略环境因素的TFP年均增长率(1.7%)^[11]。国内学者基于ML指数的研究却显示,忽略环境因素会高估中国工业TFP增长率^[12,13]。由于DDF模型未考虑松弛改进对技术非效率的影响,Tone为此构造了非径向、非角度的SBM(Slack Based Measure, SBM)模型,随后又发展出兼顾非期望产出的扩展SBM模型^[14]。基于该模型,一些学者以SO₂或“三废”排放量表征非期望产出,采用分行业或分省域的宏观数据对考虑环境因素的中国工业TFP进行测度^[15,16],一些学者还同时运用ML指数对工业环境TFP的增长变化加以分析^[17-19]。但针对能源优势明显而工业化水平及可持续发展能力都滞后的西部地区,特别是近几年GDP增速明显的新疆,有关能源、环境约束下工业TFP的研究还较少。目前,已有学者从产业角度对新疆能源效率、碳排放脱钩等问题进行探讨^[20,21]。由于新疆工业经济数据中缺乏对SO₂及“三废”排放量的统计,而经济增长与能耗、碳排放之间存在一定的投入-产出关联,在温室效应日趋严重的背景下,有必要对考虑能耗和碳排放的新疆工业增长绩效进行分析。

鉴于上述,本文采用1999-2014年新疆32个工业行业的面板数据,以CO₂排放量为非期望产出,利用扩展SBM超效率模型和ML指数测度能源、碳排放约束下新疆工业TFP及其增长率,进而计算TFP的工业增长贡献度,以把握新疆工业发展方式转变进程及特点,期望为新疆工业经济低碳化、绿色化的对策设计提供一定的学理支撑。

2 研究方法、变量设置与数据来源

2.1 研究方法

2.1.1 能源和碳排放约束下TFP及其增长率的测算模型

与传统数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)模型相比,扩展SBM模型既解决了投入、产出的松弛改进问题,又考虑了非期望产出对生产率测度的影响,因而成为应用较为普遍的环境TFP评价方法。然而,扩展SBM模型将生产前沿

面上有效决策单元(Decision Making Unit, DMU)的效率值都设为1,无法进一步对其生产有效性作优劣比较。为此,本文借鉴周泽炯等的做法^[22],将扩展SBM模型与超效率DEA模型加以整合,形成扩展SBM超效率模型,从而对考虑能耗和碳排放的新疆工业TFP进行科学测度及合理排序。具体地,扩展SBM超效率模型用如下规划式表示^[23]:

$$\min \rho_k = \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_{ik}^- / x_{ik}}{1 - \frac{1}{q_1 + q_2} \left(\sum_{r=1}^{q_1} s_{rk}^+ / y_{rk}^g + \sum_{t=1}^{q_2} s_{tk}^{b-} / y_{tk}^b \right)}$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{l=1, l \neq k}^n x_{il} \lambda_l - s_{ik}^- \leq x_{ik} \\ \sum_{l=1, l \neq k}^n y_{rl}^g \lambda_l + s_{rk}^+ \geq y_{rk}^g \\ \sum_{l=1, l \neq k}^n y_{tl}^b \lambda_l - s_{tk}^{b-} \leq y_{tk}^b \\ \sum_{l=1, l \neq k}^n \lambda_l = 1 \\ \lambda_{-k}, s_{ik}^-, s_{rk}^+, s_{tk}^{b-} \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中 ρ_k 为第 k 个 DMU (DMU_k) 的目标效率值; x_{ik} 、 s_{ik}^- 分别为 DMU_k 的第 i 种投入量及松弛量, y_{rk}^g 、 s_{rk}^+ 分别为 DMU_k 的第 r 种期望产出量及松弛量, y_{tk}^b 、 s_{tk}^{b-} 分别为 DMU_k 的第 t 种非期望产出量及松弛量; m 、 q_1 和 q_2 分别为投入、期望产出和非期望产出的种类数; n 为全体 DMU 的个数; λ_l 为第 l 个 DMU (DMU_l) 的权重, $\lambda_{-k} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{k-1}, \lambda_{k+1}, \dots, \lambda_{n-1}, \lambda_n)$ 为 $(n-1)$ 维权重向量; x_{il} 、 y_{rl}^g 和 y_{tl}^b 分别为 DMU_l 的第 i 种投入量、第 r 种期望产出量和第 t 种非期望产出量; s_{ik}^- 、 s_{rk}^+ 和 s_{tk}^{b-} 分别为 DMU_k 的投入、期望产出和非期望产出的松弛向量。需要指出,由扩展SBM超效率模型得到的只是静态效率,本文进一步采用ML指数来考察能源和碳排放约束下新疆工业TFP的动态变化。以 t 期为基期, $t+1$ 期的ML指数 (ML_t^{t+1}) 可表示为^[24]:

$$ML_t^{t+1} = \left\{ \frac{[1 + \bar{D}^t(x_t, y_t^g, y_t^b, g_t)]}{[1 + \bar{D}^t(x_{t+1}, y_{t+1}^g, y_{t+1}^b, g_{t+1})]} \times \frac{[1 + \bar{D}^{t+1}(x_t, y_t^g, y_t^b, g_t)]}{[1 + \bar{D}^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}^g, y_{t+1}^b, g_{t+1})]} \right\} \quad (2)$$

式中 $\bar{D}^t(x_t, y_t^g, y_t^b, g_t)$ 、 $\bar{D}^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}^g, y_{t+1}^b, g_{t+1})$ 分别为 t 期、 $t+1$ 期的当期距离函数; $\bar{D}^t(x_{t+1}, y_{t+1}^g, y_{t+1}^b, g_{t+1})$ 为

基于 t 期技术的 $t+1$ 期混合距离函数; $\bar{D}^{t+1}(x_t, y_t^g, y_t^b, g_t)$ 为基于 $t+1$ 期技术的 t 期混合距离函数; x_t 、 y_t^g 和 y_t^b 分别为 t 期的投入向量、期望产出向量及非期望产出向量; g_t^g 、 g_t^b 分别为 t 期期望产出和非期望产出的方向向量, $g_t = (g_t^g, -g_t^b)$ 为综合方向向量。 $ML_t^{t+1} > 1$ 、 $ML_t^{t+1} = 1$ 、 $ML_t^{t+1} < 1$ 分别为从 t 期到 $t+1$ 期考虑能耗和碳排放的 TFP 有所增大、不变和减小,相应的变化率为 $(ML_t^{t+1} - 1)$ 。这种变化还可分解为技术变化(Technological Change, TC)、纯技术效率变化(Pure Technical Efficiency Change, PEC)和规模效率变化(Scale Efficiency Change, SEC),具体公式为:

$$ML_t^{t+1} = TC_t^{t+1} \times PEC_t^{t+1} \times SEC_t^{t+1} \quad (3)$$

$$TC_t^{t+1} = \frac{\left[1 + \bar{D}_t^{t+1}(x_t, y_t^g, y_t^b, g_t)\right]}{\left[1 + \bar{D}_c^t(x_t, y_t^g, y_t^b, g_t)\right]} \times \frac{\left[1 + \bar{D}_c^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}^g, y_{t+1}^b, g_{t+1})\right]}{\left[1 + \bar{D}_c^t(x_{t+1}, y_{t+1}^g, y_{t+1}^b, g_{t+1})\right]} \quad (4)$$

$$PEC_t^{t+1} = \frac{1 + \bar{D}_v^t(x_t, y_t^g, y_t^b, g_t)}{1 + \bar{D}_v^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}^g, y_{t+1}^b, g_{t+1})} \quad (5)$$

$$SEC_t^{t+1} = \frac{\frac{\left[1 + \bar{D}_c^t(x_t, y_t^g, y_t^b, g_t)\right]}{\left[1 + \bar{D}_v^t(x_t, y_t^g, y_t^b, g_t)\right]}}{\frac{\left[1 + \bar{D}_c^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}^g, y_{t+1}^b, g_{t+1})\right]}{\left[1 + \bar{D}_v^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}^g, y_{t+1}^b, g_{t+1})\right]}} \quad (6)$$

式中 \bar{D}_c 、 \bar{D}_v 分别为规模报酬不变、可变两种情形下的距离函数; TC_t^{t+1} 为由技术变化,进而生产前沿面移动所引发的生产率变化(即增长效应), $TC_t^{t+1} > 1$ 、 $TC_t^{t+1} = 1$ 和 $TC_t^{t+1} < 1$ 分别为技术进步、不变和退步; PEC_t^{t+1} 为“逼近”当期生产前沿面的程度变化(即追

赶效应), $PEC_t^{t+1} > 1$ 、 $PEC_t^{t+1} = 1$ 和 $PEC_t^{t+1} < 1$ 分别表示纯技术效率提高、不变和降低; SEC_t^{t+1} 为规模效率的变化(即规模效应), $SEC_t^{t+1} > 1$ 、 $SEC_t^{t+1} = 1$ 和 $SEC_t^{t+1} < 1$ 分别表示规模效率提高、不变和降低。

2.1.2 工业经济低碳转型的评价方法

借鉴李斌等^[18]和赵文军等的做法^[25],本文假设工业生产函数为Cobb-Douglas型,具体为:

$$Y_{it} = A_{it} K_{it}^\alpha L_{it}^\beta E_{it}^\gamma \quad (7)$$

式中 Y_{it} 、 A_{it} 、 K_{it} 、 L_{it} 和 E_{it} 分别表示行业 i 在 t 期的期望产出、考虑能耗和碳排放的 TFP 及资本、劳动和能源。对生产函数取自然对数,再对时间 t 求导数,得到各变量增长率的关系:

$$g_{Y_{it}} = g_{A_{it}} + \alpha g_{K_{it}} + \beta g_{L_{it}} + \gamma g_{E_{it}} \quad (8)$$

进一步整理, TFP 的工业增长贡献度(ATY_{it})可表示为:

$$ATY_{it} = \frac{g_{A_{it}}}{g_{Y_{it}}} = 1 - \frac{\alpha g_{K_{it}} + \beta g_{L_{it}} + \gamma g_{E_{it}}}{g_{Y_{it}}} \quad (9)$$

式中 ATY_{it} 的取值范围由各变量增长率的正负性及大小关系决定,具体见表1。

2.1.3 CO₂排放量的计算方法

参照IPCC的计算方法^[26],本文以煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油和天然气等8种燃料为基准,估算1999-2014年新疆各工业行业CO₂排放量:

$$CO_{2lit} = \sum_{k=1}^8 E_{klit} \times NCV_k \times CEF_k \times COF_k \times (44/12) \quad (10)$$

式中 CO_{2lit} 为行业 i 在第 t 年的CO₂排放量; E_{klit} 为行业 i 在第 t 年对第 k 种能源的消耗量; NCV_k 、 CEF_k 及 COF_k 分别为第 k 种能源的平均低位发热量、单位热值碳排放系数及碳氧化率,44和12分别为CO₂和C的分子量。

表1 能源和碳排放约束下TFP增长贡献度的取值范围

Table 1 Value range of growth contribution of TFP under energy and carbon emission constraints				
g_Y 的正负性	g_A 的正负性	$\alpha g_K + \beta g_L + \gamma g_E$ 的正负性	ATY 的取值范围	备注
+	+	-	$ATY \geq 1$	效率驱动型集约增长
	+	$+, g_A \geq \alpha g_K + \beta g_L + \gamma g_E$	$0.5 \leq ATY < 1$	
	+	$+, g_A \leq \alpha g_K + \beta g_L + \gamma g_E$	$0 \leq ATY < 0.5$	规模驱动型粗放增长
	-	+	$ATY < 0$	

注:为研究简便,暂不考虑 $g_Y \leq 0$ 的情形。

2017年2月

2.2 变量设置

具体的投入、产出指标为:

(1)劳动投入,采用分行业规模以上工业企业从业人员年均人数衡量。

(2)资本投入,采用分行业规模以上工业企业固定资产净值年均余额衡量,以固定资产投资价格指数将其平减为1995年不变价。

(3)能源投入,采用分行业规模以上工业企业能源消费总量(万t标准煤)衡量。

(4)期望产出,采用分行业规模以上工业企业总产值衡量,以工业品出厂价格指数将其平减为1995年不变价。

(5)非期望产出,由于缺乏完整、详尽的工业“三废”及SO₂排放数据,故采用分行业规模以上工业企业CO₂排放量衡量。

2.3 数据来源及处理

考虑到分类标准变化及能耗规模差异,将部分行业加以合并以保证数据连续性,同时剔除能源消费量始终较小的个别行业以避免出现效率异常

值。最终,选取32个两位数工业行业为研究对象,时间跨度为1999-2014年,相关统计数据来源于《新疆统计年鉴》^[27]及《新疆调查年鉴》^[28]。

本文还计算了1999-2014年新疆32个工业行业的CO₂排放强度(CO₂排放量与工业总产值(1995年不变价)的比值,单位:t/万元。),发现存在明显的行业间差异,并且CO₂排放量及其强度之间具有较高的相关性,两个变量年均值的相关系数为0.89。为了细致探究新疆工业低碳转型的规律性表现和特点,有必要根据各行业CO₂排放强度的年均值(ED_i)将其划分为高、中、低3个强度组,具体结果见表2、表3。

3 结果及分析

3.1 能源和碳排放约束下新疆各工业行业TFP测度

本文利用Maxdea6.3软件中非导向、规模报酬不变的扩展SBM超效率模型,对1999-2014年新疆32个工业行业的考虑能耗和碳排放的TFP进行测度,结果见表4。

表4显示,当考虑能耗和碳排放时,各年间绝大

表2 1999-2014年新疆工业行业期望产出、非期望产出及CO₂排放强度均值

Table 2 Average value of desirable output, undesirable output and CO₂ emission density of industries of Xinjiang from 1999 to 2014

行业	代码	期望产出 年均值 /万元	非期望产 出年均值 /万t	ED_i /(t/万元)	行业	代码	期望产出 年均值 /万元	非期望产 出年均值 /万t	ED_i /(t/万元)
煤炭开采和洗选业	B06	385 239.9	632.8	16.1	纺织服装、鞋帽制造业	C18	15 417.1	1.0	0.4
石油加工、炼焦及核燃料 加工业	C25	2 494 017.7	7 370.4	26.3	皮革、毛皮、羽绒及其制品 和制鞋业	C19	39 313.6	1.9	0.4
电力、热力的生产和供应业	D44	1 650 498.3	5 524.0	36.1	木材加工及木、竹、藤、棕、草 制品业	C20	55 546.2	20.0	2.6
石油和天然气开采业	B07	1 890 628.1	1 732.1	7.6	家具制造业	C21	60 971.1	2.9	0.2
造纸及纸制品业	C22	118 339.5	125.7	6.4	印刷和记录媒介复制业	C23	32 968.6	3.0	0.3
化学原料及化学制品制造业	C26	1 780 582.7	2 355.0	7.1	医药制造业	C27	127 355.4	79.1	1.7
非金属矿物制品业	C30	1 207 537.9	1 026.6	7.1	化学纤维制造业	C28	516 568.0	118.2	1.6
黑色金属冶炼及压延加工业	C31	2 197 121.3	2 013.7	7.1	橡胶和塑料制品业	C29	414 468.6	88.3	0.7
黑色金属矿采选业	B08	283 547.1	81.6	2.0	有色金属冶炼及压延加工业	C32	776 328.4	1242.1	3.1
有色金属矿采选业	B09	84 953.1	55.7	2.7	金属制品业	C33	256 769.6	39.3	0.8
非金属矿采选业	B10	102 949.4	31.1	2.8	通用设备制造业	C34	99 578.9	8.4	0.4
农副食品加工业	C13	766 771.2	245.7	2.9	专用设备制造业	C35	154 344.6	15.2	0.6
食品制造业	C14	613 843.2	148.8	2.0	交通运输设备制造业	C36	136 862.2	6.6	0.3
酒、饮料和精制茶制造业	C15	374 662.4	40.8	0.9	电气机械和器材制造业	C38	787 247.9	35.9	0.2
烟草制品业	C16	85 953.8	2.9	0.3	燃气生产和供应业	D45	76 725.4	34.1	0.8
纺织业	C17	954 388.3	183.7	0.6	水的生产和供应业	D46	26 849.9	16.3	1.17

注:行业代码参考文献[29]。

表3 基于CO₂排放强度的新疆工业行业分类Table 3 Classification of industries of Xinjiang based on CO₂ emission density

ED _i 的取值范围(万元)	划分类型	具体行业
$16.0 \leq ED_i \leq 36.1$	高强度产业	B06、C25、D44
$6.3 \leq ED_i \leq 7.6$	中强度产业	B07、C22、C26、C30、C31
$0.2 \leq ED_i \leq 3.2$	低强度产业	B08、B09、B10、C13、C14、C15、C16、C17、C18、C19、C20、C21、C23、C27、C28、C29、C32、C33、C34、C35、C36、C38、D45、D46

表4 1999–2014年能源和碳排放约束下新疆工业行业TFP及其均值

Table 4 TFP and its average value of industries of Xinjiang under energy and carbon emission constraints from 1999 to 2014

行业代码	1999年	2005年	2010年	2014年	均值	排名	行业代码	1999年	2005年	2010年	2014年	均值	排名
高强度产业均值	0.186	0.213	0.064	0.086	0.139	–	C17	0.172	0.269	0.120	0.119	0.178	23
B06	0.061	0.075	0.031	0.032	0.054	31	C18	0.192	0.317	0.151	0.119	0.339	10
C25	1.100	1.150	0.125	0.140	0.667	5	C19	0.165	1.066	1.235	1.348	0.710	4
D44	0.095	0.111	0.070	0.142	0.095	29	C20	0.072	0.282	0.165	0.196	0.201	20
中强度产业均值	0.170	0.220	0.081	0.101	0.179	–	C21	1.393	0.737	0.144	0.095	0.556	6
B07	0.222	0.130	0.028	0.039	0.235	15	C23	0.138	0.283	0.097	0.091	0.146	25
C22	0.130	0.164	0.062	0.109	0.114	28	C27	0.290	0.413	0.150	0.146	0.275	13
C26	0.156	0.258	0.105	0.130	0.171	24	C28	0.223	1.000	0.228	0.261	0.385	9
C30	0.121	0.164	0.089	0.111	0.126	27	C29	0.296	0.229	0.143	0.201	0.223	18
C31	0.261	0.577	0.219	0.170	0.521	7	C32	0.322	0.306	0.126	0.176	0.236	14
低强度产业均值	0.216	0.365	0.154	0.205	0.250	–	C33	0.281	0.347	0.141	0.325	0.330	11
B08	0.205	0.328	0.104	0.127	0.190	22	C34	0.118	0.445	0.206	1.104	0.397	8
B09	0.128	0.143	0.034	0.035	0.089	30	C35	0.308	0.349	0.211	0.269	0.289	12
B10	0.193	0.318	0.212	0.144	0.229	16	C36	0.169	1.051	0.193	1.047	0.752	3
C13	0.216	0.321	0.102	0.128	0.197	21	C38	0.257	1.118	1.450	1.127	1.102	1
C14	0.213	0.308	0.108	0.127	0.208	19	D45	0.130	0.147	0.068	0.077	0.135	26
C15	0.246	0.277	0.145	0.190	0.225	17	D46	0.069	0.044	0.020	0.036	0.041	32
C16	1.047	1.173	0.333	1.132	0.999	2	工业总体均值	0.205	0.320	0.128	0.169	0.222	–

注:代码对应的行业见表2。

多数行业的TFP都明显偏低,致使各强度产业的组内均值及工业总体均值普遍低于0.3,也明显低于全国水平^[18],说明新疆工业低碳发展基础还相当薄弱,资源可持续开发能力尚存在较大提升空间,工业低碳转型任重道远。就TFP年均值而言,排名前26位的行业大都集中于低强度产业,排名后6位的行业则集中于中、高强度产业,说明考虑能耗和碳排放的TFP与CO₂排放强度之间存在一定的负相关性。同样,高、中、低强度产业的TFP年均值依次增大,也印证了这一点。

从DEA有效性看,烟草制品业(C16)、电气机械和器材制造业(C38)都连续13年位于效率前沿面上,皮革、毛皮、羽绒及其制品和制鞋业(C19)、交通运输设备制造业(C36)自2010年以来稳定位于

效率前沿面上,而石油加工、炼焦及核燃料加工业(C25)、黑色金属冶炼及压延加工业(C31)只在2007年以前稳定位于效率前沿面上。由此看出,能源和碳排放约束下新疆工业生产的有效行业构成大致呈现“避重就轻”、“抑低扬高”的变化趋势,即轻工业和高技术产业的地位有所凸显,重工业和低技术产业的地位则相对减弱。一方面,前四个行业的DEA有效性除了与低能耗、低排放的技术共性有关外,还与各行业自身特点有关:烟草制品业(C16)具有典型的专营特征,高盈利能力往往伴随着高生产率;新疆电气机械和器材制造业(C38)的发展主要由特变电工、金风科技等本土龙头企业所带动,这些企业一直在国内外相关领域保持领先的技术优势和市场地位,主导企业的强势竞争力对行业生

2017年2月

产率的提高产生了积极影响;新疆皮革、毛皮、羽绒及其制品和制鞋业(C19)近10年始终由中小型民营企业构成,主要从事皮革鞣制加工,但随着新疆本地及周边国家对皮革制品需求不断扩大,这些企业逐渐通过经验积累、规模经济^[30]及出口效应等途径提高生产率;依托毗邻中亚市场的区位优势及潜力巨大的本地市场,新疆逐渐成为国内汽车制造业由东向西转移的重要承接地,上海大众、东风汽车等知名企业已落户乌鲁木齐经济技术开发区,主要从事轿车及中重型卡车的生产,先进的制造工艺、管理经验是推动新疆交通设备制造业在近几年高效、快速发展的重要因素。另一方面,后两个行业的TFP持续走低且移动至效率前沿面下方,则是对“十二五”时期内新疆钢铁、石化等领域产能过剩问题的直接反映。

值得注意的是,2014年绝大多数行业的TFP相对于2010年都有所提升,其中,通用设备制造业(C34)、交通运输设备制造业(C36)的效率值都由低于0.4明显转变为大于1。这种显著变化在很大程度上表明,新一轮对口援疆及“一带一路”建设为新疆经济社会发展提供了新的机遇,新疆凭借资源、

区位、政策等利好条件承接东部产业转移,有力促进了工业结构优化与体系升级,加快了工业经济发展方式由传统粗放型向现代集约型转变。

3.2 新疆各工业行业ML指数测算及分解

表4中考虑能耗和碳排放的TFP是相对于单年份前沿面的静态效率,对其进行纵向比较并不能反映出真实、完整的跨期效率变化,故本文借助ML指数对1999-2014年能源和碳排放约束下新疆32个工业行业的TFP增长率进行测度及分解,并与传统的Malmquist(M)指数进行比较,结果见表5、表6。

表5显示,除家具制造业(C21)外,其余所有行业的ML指数都大于1,说明在考虑能耗和碳排放后,这些行业的TFP在1999-2014年间实现了不同程度的整体增长,这与表4的结果存在差异。同期,新疆工业总体的TFP年均增长12.7%,也明显快于表4中相应的年均变化(0.53%)。此外,年均增长率高于工业总体水平的行业几乎都集中于低强度产业,长期具有DEA有效性的4个行业的年均增长率则超过了20%。

低强度产业的年均增长率最高(13.3%),中强度产业次之(12.7%),高强度产业最低(8%),说明

表5 1999-2014年新疆工业行业ML指数均值及其分解

Table 5 Average value and its decomposition of ML index of industries of Xinjiang from 1999 to 2014

行业代码	TC	PEC	SEC	ML	行业代码	TC	PEC	SEC	ML
高强度产业均值	1.137	0.987	0.963	1.080	C17	1.121	0.868	1.125	1.094
B06	1.117	0.926	1.035	1.070	C18	1.178	0.900	1.077	1.141
C25	1.167	0.939	0.929	1.017	C19	1.112	1.174	0.980	1.279
D44	1.128	1.106	0.928	1.159	C20	1.190	0.901	1.187	1.273
中强度产业均值	1.167	0.980	0.986	1.127	C21	1.185	0.969	0.863	0.991
B07	1.227	0.789	1.128	1.093	C23	1.132	0.992	0.980	1.102
C22	1.130	0.981	1.007	1.116	C27	1.138	0.929	1.029	1.086
C26	1.116	1.075	0.919	1.103	C28	1.209	0.925	1.093	1.222
C30	1.129	1.080	0.920	1.122	C29	1.129	0.907	1.074	1.100
C31	1.238	1.004	0.968	1.203	C32	1.125	0.997	0.964	1.081
低强度产业均值	1.137	0.956	1.042	1.133	C33	1.129	0.934	1.081	1.140
B08	1.121	0.882	1.098	1.085	C34	1.155	1.160	1.001	1.340
B09	1.116	0.901	1.018	1.025	C35	1.115	0.917	1.081	1.105
B10	1.160	0.993	0.987	1.138	C36	1.106	1.082	1.043	1.248
C13	1.130	0.884	1.092	1.091	C38	1.043	1.071	1.030	1.151
C14	1.130	0.926	1.043	1.091	D45	1.153	0.837	1.154	1.114
C15	1.111	0.933	1.053	1.092	D46	1.121	0.948	1.010	1.074
C16	1.199	1.003	1.002	1.206	工业总体均值	1.142	0.963	1.026	1.127

注:各行业由相应的分类代码表示,与表2同。

考虑能耗和碳排放的TFP增长率与CO₂排放强度之间也存在一定的负相关性。究其成因,一是与各强度产业的能源利用率变动有关,本文计算了1999-2014年新疆32个工业行业的单位产值能耗(t标准煤/万元)并发现,中、低强度产业的能耗强度相比于高强度产业存在明显、持续的下降,即能源利用率不断提高,从而有利于提升要素综合利用率,这与各强度产业的综合技术效率变化情况¹⁾相吻合。二是与各强度产业低碳发展的技术转换成本差异有关,中、低强度产业因低能耗、低排放的生产特性而具有低碳技术转换成本优势,但高强度产业的转换成本相对较高,主要体现在低碳技术推广过程中因资产专用性以及新产品、新工艺对旧产品、旧工艺的替代效应等问题所引发的各种有形和无形损失。当前,新疆的轻重工业比重失衡问题仍未根本解决,石化、电力等高能耗、高排放行业依然是新疆工业经济的支撑部门,导致结构性节能减排效果不理想,同时绿色生产技术的研发及推广也比较滞后。这种现实状况进一步加剧了技术转换成本对高强度产业低碳转型的阻滞作用,综合导致能源和碳排放约束下TFP增长相对缓慢。

从ML指数的分解结果看,几乎所有行业的TC指数都大于1,也同时大于PEC指数和SEC指数,说明新疆工业效率前沿面发生了整体外移,使得绝大多数行业都存在明显的增长效应,技术进步对TFP增长的贡献最大。所有行业中,有4个的纯技术效率和规模效率都有所增大,同时增长效应和追赶效应是TFP增长的主要来源,规模效应相对较弱;有5个的纯技术效率和规模效率都有所减小,增长效应是TFP增长的关键来源;其余则是纯技术效率和规模效率“一增一减”的情况,其中,电力、热力的生产

和供应业(D44)、皮革、毛皮、羽绒及其制品和制鞋业(C19)、木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业(C20)、化学纤维制造业(C28)及金属制品业(C33)等5个行业的综合技术效率有所增大,促进了TFP增长,而其它行业的综合技术效率有所减小,延滞了TFP增长。

表6显示,M指数、ML指数都大于1,说明新疆工业总体及各强度产业的传统TFP、考虑能耗和碳排放的TFP在1999-2014年间都呈现整体增长,年均增长率介于8%~14%之间。这意味着,近20年来,新疆工业经济发展方式由规模粗放型向效率集约型转变的潜在趋势有所增强,表现为传统集约增长与绿色低碳增长协同并进的有利局面。由M指数与ML指数的大小关系可知,高强度产业的传统TFP年均增长率(9%)高于考虑能源和碳排放的TFP年均增长率(8%),这与现有文献结论一致,即忽略能源、环境等因素会高估TFP变动,符合高能耗、高排放行业的发展现实。然而,新疆工业总体及中、低强度产业的传统TFP年均增长率低于考虑能耗和碳排放的TFP年均增长率,表明新疆大多数工业行业取得了一定的节能减排成效,集约增长方式具有由传统效率型向绿色低碳型转变的倾向。

从分解结果看,两种情形下新疆工业总体及各强度产业的纯技术效率都存在不同程度的下降,规模效率提升不明显且对TFP增长的贡献不足,但技术进步显著且考虑能耗和碳排放的TFP的技术进步率略高于传统TFP。由此看出,对两种约束条件下的TFP而言,技术进步都是促进其增长的首要动力。于是,在推动经济发展方式转变的过程中,如何进一步提升新疆工业企业的生产技术水平及自主创新能力是一个有待解决的重要问题。

表6 1999-2014年不同约束下新疆工业行业TFP增长指数对比

Table6 Comparison of TFP growth indices of industries of Xinjiang under different constraints from 1999 to 2014

行业	情形1(不考虑能源投入及CO ₂ 排放)				情形2(考虑能源投入及CO ₂ 排放)			
	TC	PEC	SEC	M	TC	PEC	SEC	ML
高强度产业	1.126	0.995	0.973	1.090	1.137	0.987	0.963	1.080
中强度产业	1.130	0.968	1.000	1.095	1.167	0.980	0.986	1.127
低强度产业	1.125	0.971	1.014	1.107	1.137	0.956	1.042	1.133
工业总体	1.126	0.972	1.008	1.104	1.142	0.963	1.026	1.127

1) 综合技术效率变化=纯技术效率变化×规模效率变化。

2017年2月

3.3 新疆各工业行业低碳转型水平评价

基于ML指数的测度结果,本文进一步计算了1999-2014年能源和碳排放约束下新疆32个工业行业的TFP对其期望产出增长的贡献度,以考察新疆工业低碳转型的进程特点,结果见图1。

由图1a知,当考虑能耗和碳排放时,除石油和天然气开采业(B07)外,其余所有行业的年均增长贡献度都大于0,即1999-2014年TFP与期望产出同时存在整体增长¹⁾。其中,贡献度大于1或介于0.5~1.0之间的行业有23个,明显集中于低强度产业,其增长方式已表现出一定的绿色低碳型特征,这符合表5的结论;贡献度介于0~0.5之间的行业有8个,涉及部分采矿行业(B06、B08、B09)、食品制造业

(C14)、石油加工、炼焦及核燃料加工业(C25)、化学原料及化学制品制造业(C26)、有色金属冶炼及压延加工业(C32)及燃气生产和供应业(D45),具有资源密集型特点,其增长方式仍以规模粗放型为主导。此外,高、中、低强度产业的年均增长贡献度分别是40.9%、76.3%和110.8%,说明CO₂排放强度与考虑能耗和碳排放的TFP的增长贡献度之间依然存在一定的负相关性。

由图1b知,新疆工业总体及中、低强度产业的贡献度在2004年及以前呈现M型或倒N型的剧烈变化,2004年以后则缓慢波动且整体下降,分别从2005年的62%、57%和53%降至2014年的35%、51%和43%;除2002年外,高强度产业的贡献度也

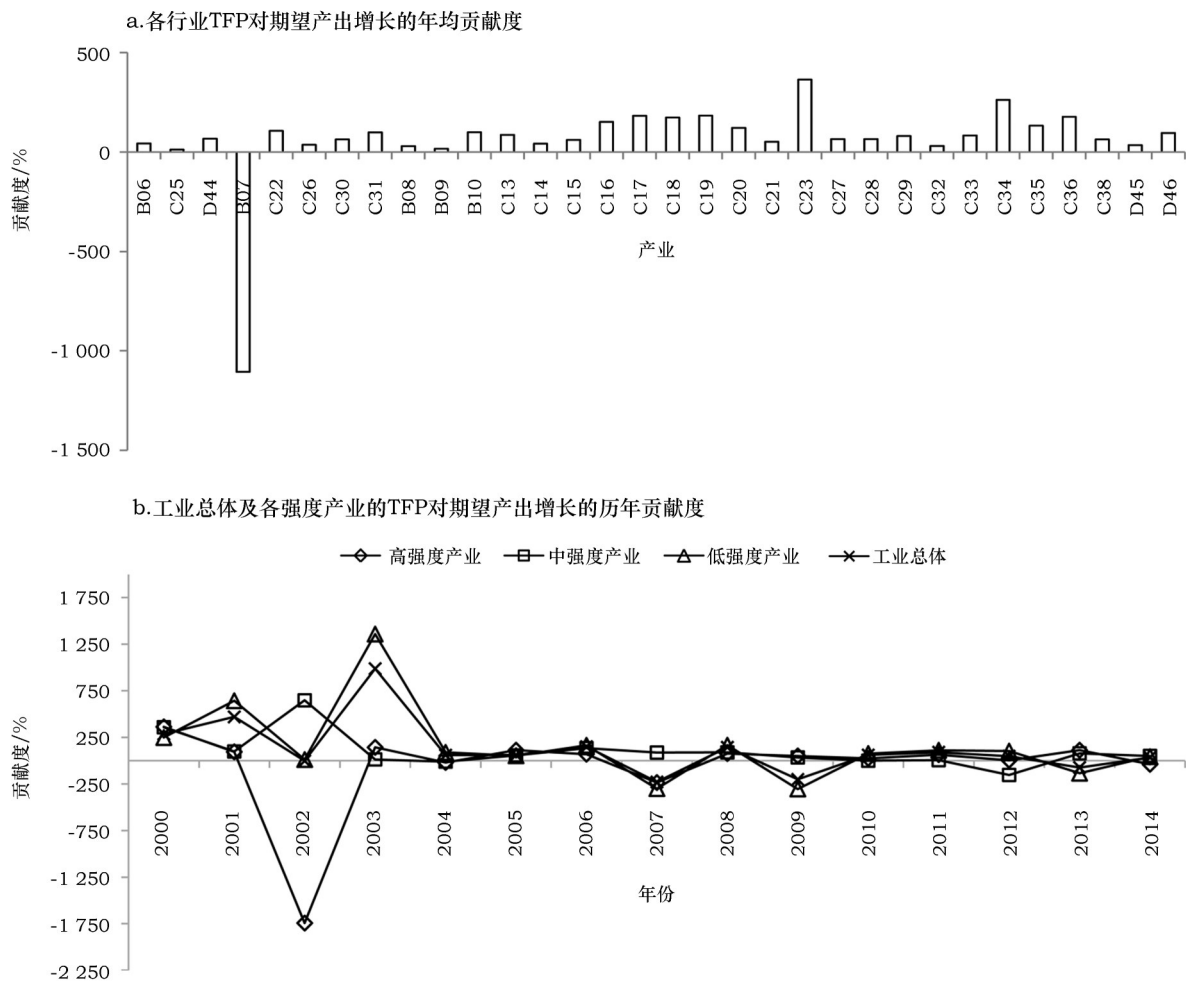


图1 1999-2014年能源和碳排放约束下新疆工业行业TFP的增长贡献度

Figure 1 Growth contribution of TFP of industries of Xinjiang under energy and carbon emission constraints from 1999 to 2014

注:a图中代码对应的行业见表2。

1)需要指出,家具制造业(C21)的绿色TFP及期望产出的年均增长率都为负,导致贡献率为正。

呈现波动式下降,从2000年的363%降为2014年的-39%。值得注意的是,2006-2014年,新疆工业总体的贡献度年均值仅为3%,高、中、低强度产业的贡献度年均值分别为15%、37%、-8%,明显低于赵文军等^[25]测度的全国平均水平。由此看出,近20年来,尽管能源和碳排放约束下新疆工业TFP实现了稳定增长,但尚未有效促进经济增长方式向低碳集约型转变,对大规模要素投入的依赖性仍未减弱,甚至有所加强,粗放型增长依然是当前及未来一定时期内新疆工业经济发展的主要模式。

4 结论

本文的主要结论可概括为:

(1)就生产率水平而言,考虑能耗和碳排放后,新疆工业总体及各细分行业的TFP普遍偏低,但2010年以来在诸多政策红利及国内产业转移效应的影响下新疆大多数行业实现了TFP的提升,最佳效率前沿的行业构成逐渐由传统重化工业为主向轻工业和装备制造业为主转变。

(2)就生产率变动而言,考虑能耗和碳排放后,新疆工业总体及绝大多数细分行业的TFP都明显增长,主要表现为由效率前沿面整体外移引发的增长效应,但追赶效应和规模效应不显著,高强度产业的传统TFP年均增长率高于考虑能耗和碳排放的TFP年均增长率,中、低强度产业的情况则相反。由此可见,新疆工业经济发展方式由粗放型向集约型转变的趋势有所增强,而集约增长态势又表现出传统效率型和绿色低碳型两种导向。

(3)就生产率贡献而言,考虑能耗和碳排放后,低能耗、低排放行业的TFP年均增长贡献度普遍大于0.5,具备效率驱动型绿色化、低碳化增长的初步特征,但一些高能耗、高排放的重工行业仍延续粗放型增长。近10年来,新疆工业总体及各强度产业的TFP增长贡献度在缓慢波动中下降,对大规模要素投入的生产依赖性并未减弱反而有所增强,规模速度型粗放增长仍居主导地位。

(4)就生产率关联而言,考虑能耗和碳排放后,TFP及其增长率、对期望产出增长的贡献度与CO₂排放强度之间都表现出一定的负相关性,即随着CO₂排放强度的降低,工业行业的TFP及其增长率、对期望产出增长的贡献度都会有所提升。

参考文献(References):

- [1] 程广斌,程楠. 新一轮19省市对口援疆:进展、问题与推进措施[J]. 石河子大学学报(哲社版),2014,28(3):18-21. [Cheng G B, Cheng N. New round of partner assistance of 19 provinces to Xinjiang: progress, problems and promoting measures[J]. *Journal of Shihezi University(Philosophy and Social Sciences)*, 2014,28(3):18-21.]
- [2] 符冠云,田智宇,丁波. 典型西部省区工业化发展中的节能减排问题思考[J]. 中国能源,2015,37(8):16-20. [Fu G Y, Tian Z Y, Ding B. Considerations on energy conservation and pollutants reduction during industrialization process of typical western area[J]. *Energy of China*, 2015,37(8):16-20.]
- [3] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2011-2015. [Statistics Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region. *Xinjiang Statistical Yearbook*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2011-2015.]
- [4] 秦放鸣,孙庆刚. 新疆工业化进程综合评价[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2011,32(1):8-16. [Qin F M, Sun Q G. General assessment in Xinjiang's Industrialization[J]. *Journal of Xinjiang Normal University(Philosophy and Social Sciences)*, 2011,32(1):8-16.]
- [5] Hailu A., Terrence S V. Non-parametric Productivity Analysis with Undesirable Outputs: An Application to the Canadian Pulp and Paper Industry[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2001,83(3):805-816.
- [6] 李胜文,李新春,杨学儒. 中国的环境效率与环境规制——基于1986-2007年省级水平的估算[J]. 财经研究,2010,36(2):59-68. [Li S W, Li X C, Yang X R. Environmental efficiency and environmental regulation in China based on the provincial data from 1986 to 2007[J]. *Journal of Finance and Economics*, 2010,36(2):59-68.]
- [7] Seiford L. M., Zhu J. Modeling Undesirable factors in Efficiency Evaluation[J]. *European Journal of Operational Research*, 2002, 142(1):16-20.
- [8] 岳书敬,刘富华. 环境约束下的经济增长效率及其影响因素[J]. 数量经济技术经济研究,2009,26(5):94-106. [Yue S J, Liu F H. The industrial efficiency and its determinants considering environmental protection[J]. *Journal of Quantitative and Technical Economics*, 2009,26(5):94-106.]
- [9] 周五七. 绿色生产率增长的非参数测度方法:演化和进展[J]. 技术经济,2015,34(9):48-54. [Zhou W Q. Non-parametric measure of green productivity growth: evolution and progress[J]. *Technology Economics*, 2015,34(9):48-54.]
- [10] Chung Y H, Färe R, Grosskopf S. Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach[J]. *Journal*

2017年2月

- of *Environmental Management*, 1997, 51(3): 229-240.
- [11] Färe R., Grosskopf S, Pasurka C. Accounting for Air Pollution Emissions in Measuring State Manufacturing Productivity Growth[J]. *Journal of Regional Science*, 2001, 41(3): 381-409.
- [12] 王兵, 王丽. 环境约束下中国区域工业技术效率与生产率及其影响因素实证研究[J]. 南方经济, 2010, (11): 3-19. [Wang B, Wang L. An empirical study on industry technical efficiency and total factor productivity and its determinants under environmental constraint in China's regional economies[J]. *South China Journal of Economics*, 2010, (11): 3-19.]
- [13] 陈超凡. 中国工业绿色全要素生产率及其影响因素——基于ML生产率指数及动态面板模型的实证研究[J]. 统计研究, 2016, 33(3): 53-62. [Chen C F. China's industrial green total factor productivity and its determinants: an empirical study on ML index and dynamic panel data model[J]. *Statistical Research*, 2016, 33(3): 53-62.]
- [14] Tone K. Dealing with Undesirable Outputs in DEA: A Slacks-based Measure Approach[R]. *GRIPS Research Report Series*, 2003.
- [15] 涂正革, 刘磊柯. 考虑能源、环境因素的中国工业效率评价——基于SBM模型的省级数据分析[J]. 经济评论, 2011, (2): 55-65. [Tu Z G, Liu L K. Efficiency evaluation of industrial sectors in China accounting for the energy and environment factors based on provincial data by a SBM approach[J]. *Economic Review*, 2011, (2): 55-65.]
- [16] 屈小娥. 中国工业行业环境技术效率研究[J]. 经济学家, 2014, (7): 55-65. [Qu X E. A study on the efficiency of environmental technology of Chinese industry[J]. *Economist*, 2014, (7): 55-65.]
- [17] 李玲, 陶锋. 污染密集型产业的绿色全要素生产率及影响因素——基于SBM方向性距离函数的实证分析[J]. 经济学家, 2011, (12): 32-39. [Li L, Tao F. Green total factor productivity of pollution-intensive industries and the influential factors: empirical analysis based on SBM directional distance function [J]. *Economist*, 2011, (12): 32-39.]
- [18] 李斌, 彭星, 欧阳铭柯. 环境规制、绿色全要素生产率与中国工业发展方式转变——基于36个工业行业数据的实证分析[J]. 中国工业经济, 2013, (4): 56-68. [Li B, Peng X, Ouyang M K. Environmental regulation, green total factor productivity and the transformation of China's industrial development mode: analysis based on data of China's 36 industries[J]. *China Industrial Economics*, 2013, (4): 56-68.]
- [19] 原毅军, 谢荣辉. FDI、环境规制与中国工业绿色全要素生产率增长——基于Luenberger指数的实证研究[J]. 国际贸易问题, 2015, (8): 84-93. [Yuan Y J, Xie R H. FDI, environmental regulation and green total factor productivity growth of China's industry: an empirical study based on Luenberger index[J]. *Journal of International Trade*, 2015, (8): 84-93.]
- [20] 高志刚. 新疆主要耗能行业的能源效率分析——基于三阶段DEA模型[J]. 新疆财经, 2015, (1): 14-20. [Gao Z G. An analysis of energy efficiency of main energy-consuming industries in Xinjiang based on three-stage DEA model[J]. *Xinjiang Finance Economics*, 2015, (1): 14-20.]
- [21] 刘晨跃, 高志刚. 丝绸之路新疆段产业发展路径研究——基于碳排放脱钩的视角[J]. 财经理论研究, 2015, (3): 103-112. [Liu C Y, Gao Z G. The silk road in Xinjiang industrial development path based on the perspective of the carbon emission decoupling[J]. *Journal of Finance and Economics Theory*, 2015, (3): 103-112.]
- [22] 周泽炯, 胡建辉. 基于Super-SBM模型的低碳经济发展绩效评价研究[J]. 资源科学, 2013, 35(12): 2457-2466. [Zhou Z J, Hu J H. Evaluation of low carbon economy development efficiency based on a super-SBM model[J]. *Resources Science*, 2013, 35(12): 2457-2466.]
- [23] 成刚. 数据包络分析方法与MaxDEA软件[M]. 北京: 知识产权出版社, 2014. [Cheng G. Data Envelopment Analysis and MaxDEA Software[M]. *Beijing: Intellectual Property Publishing House Co., Ltd.*, 2014.]
- [24] 王维国, 范丹. 中国区域全要素能源效率收敛性及影响因素分析——基于Malmquist-Luenberger指数法[J]. 资源科学, 2012, 34(10): 1816-1824. [Wang W G, Fan D. Influential factors and convergence of total factor energy efficiency in China based on the Malmquist-Luenberger index[J]. *Resources Science*, 2012, 34(10): 1816-1824.]
- [25] 赵文军, 于津平. 贸易开放、FDI与中国工业经济增长方式——基于30个工业行业数据的实证研究[J]. 经济研究, 2012, (8): 18-31. [Zhao W J, Yu J P. Trade openness, FDI and China's industrial economic growth pattern: empirical analysis based on data of 30 industrial sectors[J]. *Economic Research Journal*, 2012, (8): 18-31.]
- [26] 国家温室气体清单计划编写. 2006年IPCC国家温室气体清单指南[R]. 日本全球战略研究所, 2008. [The National Greenhouse Gas Inventories Programme. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R]. Hayama: The Institute for Global Environmental Strategies, 2008.]
- [27] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000-2015. [Statistics Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Xinjiang Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2000-2015.]
- [28] 国家统计局新疆调查总队. 新疆调查年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015. [Survey Office of the National Bureau of Statistics in Xinjiang. Xinjiang Survey Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2015.]
- [29] 国家统计局. 国民经济行业分类(GB/T 4754-2011)(C制造业)[EB/OL]. (2013-12-23)[2016-09-12] <http://www.stats.gov.cn/>

tjsj/tjbz/hyflbz/201310/P020131023305383704163.pdf.[National Bureau of Statistics. Classification of National Economic Sectors (GB/T 4754-2011) (C Manufacturing) (2013-12-23) [2016-09-12]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjbz/hyflbz/201310/P020131023305383704163.pdf>]

[30] 史卫, 张学志, 苏良军. 经验效应和规模效应——中国民营企业劳动生产率的实证研究[J]. 广东社会科学, 2010, (5): 44-50. [Shi W, Zhang X Z, Su L J. Experience effect and scale effect: a study of productivity in China's non-government enterprises[J]. *Social Sciences in Guangdong*, 2010, (5): 44-50.]

Study on the total factor productivity growth of industries in low-carbon transition in Xinjiang

XU Yan

(School of Business, Xinjiang Normal University, Urumqi 830017, China)

Abstract: It is important to promote the transition of Xinjiang's industrial economy to a low-carbon and intensive one when implementing Clean Xinjiang and the Green Development Concept during the China's 13th Five-Year Plan period. Based on panel data of 32 subdivided industries from 1999 to 2014, this paper evaluated Xinjiang's industrial TFP and rate of change using a modified Super-SBM model and the Malmquist-Luenberger productivity index under energy and carbon emission constraints. On this basis, the contribution degree of TFP to desirable output growth was calculated. TFPs are generally low among industries, and the efficiency frontier is mainly composed of light industry and equipment manufacturing industry. TFPs of most industries have increased significantly, characterized by a growth effect caused by the out-shift of the efficiency frontier, but the catch-up effect and the scale effect are insignificant. As for the overall industry and industries with different CO₂ emission density, TFPs' growth contribution degrees have decreased within a slow fluctuation, the production dependence upon massive inputs has not weakened but strengthened, and the extensive economic growth pattern oriented by scale and speed is still in a dominant position. There is a long way to go to implement an industrial low-carbon transition for Xinjiang, and strengthening the subject environment protection consciousness, speeding up green technique progress and innovation, optimizing energy consumption structure and promoting industrial transformation and upgrading are recommended.

Key words: low-carbon transition; industry; total factor productivity; modified Super-SBM model; malmquist-luenberger index; Xinjiang