

DOI:10.19473/j.cnki.1008-4940.2018.03.003

福建省工业绿色全要素生产率测度与影响因素研究

尚云云

(福建师范大学 经济学院, 福建 福州, 350117)

[摘要] 随着生态文明建设目标被写进党的政治报告中, 工业绿色发展成为社会关注热点。福建省工业正处于加速向中后期发展的关键时期, 探索如何绿色发展显得尤为迫切。以福建省 9 市工业为研究对象, 利用 DEA 模型中 ML 生产率指数测算福建省工业 2011-2016 年绿色全要素生产率 (GTFP) 指数。进一步, 基于 GTFP 指数利用面板数据模型回归分析得出: R&D 投入强度、人均 GDP、能源投入与工业 GTFP 呈正相关, 固定资产投资、资本劳动比与工业 GTFP 呈负相关。基于研究结论提出相应建议, 以期助力福建省生态文明试验区建设。

[关键词] 工业 GTFP; DEA; ML 指数; 面板数据模型

[中图分类号] F404.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-3300 (2018) 03-0013-7

当前经济快速发展, 但是环境和能源问题日益突出。据统计, 福建省工业总产值由 2011 年的 27 443.9 亿元增加到 2016 年 44 544.09 亿元, 年均增速达 10.17%; 2016 年福建工业能源消费总量达 8 585.93 亿元, 占全省能源消费总量的 69.5%, 所占比重较大; 2016 年福建省工业固体废物产生量和废水排放量达 73 321.38 万吨, 工业二氧化硫在废气排放总量中占比达 90%, 工业“三废”产出较大, 污染排放严重^[1-2]。作为评判经济发展质量的重要标准之一的全要素生产率 (TFP) 已经不能全面反映经济增长问题。在传统全要素生产率下, 考虑经济增长带来的环境污染、工业“三废”等问题, 用绿色全要素生产率 (GTFP) 可以更加科学地反映能源与环境约束下经济发展的质量问题。

2016 年党中央作出在福建省设立全国第一个国家生态文明试验区的决定, 系统开展生态文明体制

改革综合试验, 同时, 在 2016 年福建省政府工作报告中, 福建省提出“加快生态文明体制改革试验, 落实国家生态文明试验区 (福建) 实施方案”^[3], 因此, 福建省工业绿色发展迫在眉睫。

一、文献综述

美国经济学家罗伯特·索洛提出全要素生产率 (索洛余值) 这一概念, 将技术进步引入生产函数。随着全球能源枯竭和生态环境恶化等问题日益突出, 经济学家将资源和环境等因素引入到全要素生产率的评价体系中, 发展了全要素生产率, 即绿色全要素生产率。

国内外学者对 TFP 的测度方法已经成熟, 有随机前沿生产函数法、非参数方法、最小二乘法、计量模型法等, 现有文献大多采用非参数方法中的数据包络分析 (DEA), 以对研究对象进行系统深入的分析。基于 DEA 模型, 学者普遍采用方向性距离

收稿日期: 2018-03-22

作者简介: 尚云云 (1993-), 女, 湖北襄阳人, 硕士研究生, 研究方向: 社会主义市场经济。

函数 (DDF) 和 Malmquist-Luenberger (ML) 生产率指数来计算 GTFP。Romer、M. A. Elsadig 运用数据包络分析方法发现非期望产出极大影响生产率的增长, 从而影响人们对经济发展质量的评价。在中国, 李俊、徐晋涛最早提出绿色全要素生产率, 用非参数方法测算两种全要素生产率, 对全国各省经济发展的质量进行了重新评价, 结果表明, 两种不同的生产率指标评价结果有很大的差异, 认为绿色全要素生产率的核算可以成为衡量各地区和全国经济发展质量的一种有效的和低成本的途径, 具有一定的应用价值。此后学者集中于对中国细分行业和省级区域的 GTFP 研究。

本文以福建省工业为研究对象, 从福建省下辖 9 个市级行政单位的视角, 测算其工业 GTFP, 综合考量福建省工业经济发展, 助力福建省生态文明试验区建设。对于非期望产出, 运用熵值法对福建省省各市工业废水、工业废气、工业烟 (粉) 3 个指标进行处理。

二、福建省工业绿色全要素生产率测算

(一) Malmquist-Luenberger (ML) 指数

基于方向性距离函数 (DDF) 和 DEA-Malmquist (ML) 指数法对福建省市际工业绿色全要素生产率进行分析。环境生产技术是将污染因素纳入生产率测算中, 建立一个包含期望产出和非期望产出的生产性可能集。假设每个决策单元 (DMU) 使用 M 种投入 $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_M) \in R_+^M$, 生产出 N 种期望产出 $y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_N) \in R_+^N$ 和 I 种非期望产出 $z = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_I) \in R_+^I$, 时期 $t = 1, 2, 3, \dots, T$, 第 $k = 1, 2, \dots, K$ 个国家或地区的投入和产出值为 (x_k^t, y_k^t, z_k^t) , $P(x)$ 表示生产可能性集, 则 $P(x) = \{(y, z) : x \text{ 可以生产 } (y, z)\}$ 。

环境技术规定了生产可能性技术集, 而方向性距离函数 (DDF) 则可以计算各个被评价单元到最佳生产可能性边界的函数。以 t 时期的技术前沿 $D_k^t(x^t, y^t)$ 作为参照, 时期 t 到时期 $t+1$ 的 Malmquist

指数定义为:

$$M_k^{(t, t+1)} = \left(\frac{D_k^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_k^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_k^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_k^{t+1}(x^t, y^t)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$\frac{D_k^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_k^t(x^t, y^t)}$ 为时期 t 的 Malmquist 指数, $\frac{D_k^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_k^{t+1}(x^t, y^t)}$ 表示技术变化效率指数 (EC), 它测度了从时期 t 到时期 $t+1$ 各决策单元和前沿面趋近的程度, $EC > 1$ 代表技术效率提高, 反之则下降。

ML 生产率指数可以分解为绿色技术效率和绿色技术进步的乘积, 即:

$$M_k^{(t, t+1)} = \text{MLEFFCH} \times \text{MLTECH} \quad (2)$$

MLEFFCH 大于 1 为时期 t 到时期 $t+1$ 的 GTFP 增长, 反之则表示下降; 绿色技术效率 (MLEFFCH) 大于 1 说明从 t 期到 $t+1$ 期距生产前沿面的距离缩短, 效率改善, 反之则距离增加, 效率恶化; 绿色技术进步指数 (MLTECH) 测度的是时期 t 到时期 $t+1$ 生产技术向产出增加方向上的移动, 大于 1 代表绿色技术进步, 即生产出更多的期望产出, 较少的非期望产出, 反之代表绿色技术退步。

(二) 数据来源与处理

根据福建省 9 市工业发展水平, 构造福建省 2011-2016 年各市工业投入与产出的数据, 数据来自 2011-2016 年《中国统计年鉴》《福建统计年鉴》《中国能源统计年鉴》。模型涉及的变量及相关 (见表 1) 说明如下。

1. 资本投入。用资本存量来表示资本投入。目前统计年鉴上没有公布工业资本存量的相关数据, 因此, 借鉴张军^[4]对中国 1952-2000 年省际资本存量测算方法, 对福建省 2011-2016 年 9 市工业资本存量进行估算。具体方法如下: 首先选取张军测算福建省 1952-2000 年资本存量的成果, 以 10.96% 的折旧率及 2011-2016 年福建省固定资产投资价格指数和 2001-2016 年福建省工业固定资产投资额, 测算 2011-2016 年福建省工业资本存量; 其次, 算出

福建省 9 市工业固定资本形成额在全省固定资本形成额的权重; 最后, 测算出福建省各市资本存量。

2. 能源投入。以福建省 9 市工业能源消费总量为能源投入。根据各市工业总产值在全省的权重, 测算各市的能源投入。

3. 劳动力投入。以福建省 9 市工业年末从业人

员数来衡量。

4. 期望产出工业总产值。以福建省 9 市工业总产值作为期望产值。

5. 非期望产出环境污染。选取福建省各市工业生产废气、废水和固体废物共 3 个指标, 利用熵值法计算福建省各市环境污染综合评价价值。

表 1 福建省 9 市工业绿色全要素生产率评价体系

Tab. 1 Evaluation system of industrial GTFP in 9 cities of Fujian Province

变 量	指 标	
投入变量	资本投入	工业资本存量/亿元
	能源投入	工业能源消费总量/万吨标准煤
	劳动力投入	工业年末从业人数/万人
产出变量	环境污染	工业“三废”/万吨
	工业总产值	工业总产值不变价格/亿元

(三) 实证结果与分析
运用 MaxDEA 软件计算得到福建省 9 市工业全

要素生产率及绿色全要素生产率, 其测算结果见表 2。

表 2 福建省 2011-2016 年市际工业 TFP 与 GTFP 对比表

Tab. 2 Comparison of TFP and GTFP of the intercity industry in Fujian Province from 2011 to 2016

地 区	2011-2012		2012-2013		2013-2014		2014-2015		2015-2016	
	TFP	GTFP								
福州	1.050	1.044	1.043	1.040	0.992	0.993	1.057	1.048	1.099	1.093
厦门	1.158	1.156	1.186	1.184	0.918	0.920	1.082	1.082	1.003	1.003
莆田	0.999	0.986	0.936	0.935	0.964	0.971	1.102	1.082	1.052	1.052
三明	0.987	0.987	1.130	1.130	1.033	1.033	0.951	0.951	1.120	1.103
泉州	0.932	0.932	1.019	1.019	1.043	1.034	0.955	0.964	1.093	1.062
漳州	0.996	0.986	1.030	1.027	1.004	1.001	1.057	1.047	1.079	1.075
南平	0.899	0.824	0.911	0.911	0.847	0.847	1.185	1.185	1.212	1.212
龙岩	0.969	0.957	1.064	1.048	0.988	0.988	1.046	1.046	1.041	1.041
宁德	0.715	0.710	0.955	0.956	0.955	0.966	1.101	1.087	1.145	1.145
均值	0.976	0.953	1.030	1.028	0.972	0.972	1.060	1.055	1.094	1.087

从表 2 中福建省工业 GTFP 和 TFP 的均值来看, 2011 年-2016 年福建省各市际 GTFP 年均增长率为 1.9%, 低于福建省各市际的传统 TFP 年均增长率 2.6%, 工业绿色 TFP 明显下降, 这一差距表明了加入环境因素对生产率损失的影响, 同时说明资本和人力投入等要素在工业经济发展中的重要作用。此

时, 工业经济的发展主要依靠要素驱动, 有必要考虑非期望产出对工业经济增长的影响, 科学、全面地评价福建省经济发展的质量。

从各市 TFP 和 GTFP 的值来看 (见图 1), 在未考虑环境污染这一非期望产出时, 福建省多数地级市的传统 TFP 计算的 Malmquist 的指数均小于 1 或

接近 1，2014 年以后各市工业发展态势都比较好，尤其在 2015 年以后，福建省各市传统 TFP 的 Malmquist 指数均大于 1，这可能与福建省在 2014 年提出实施加快产业转型升级有关，代表福建省工业

整体处于增长的态势，但是增长幅度比较小。从图 1 来看，2011-2016 年福建省各市工业 GTFP 总体上呈上升趋势。

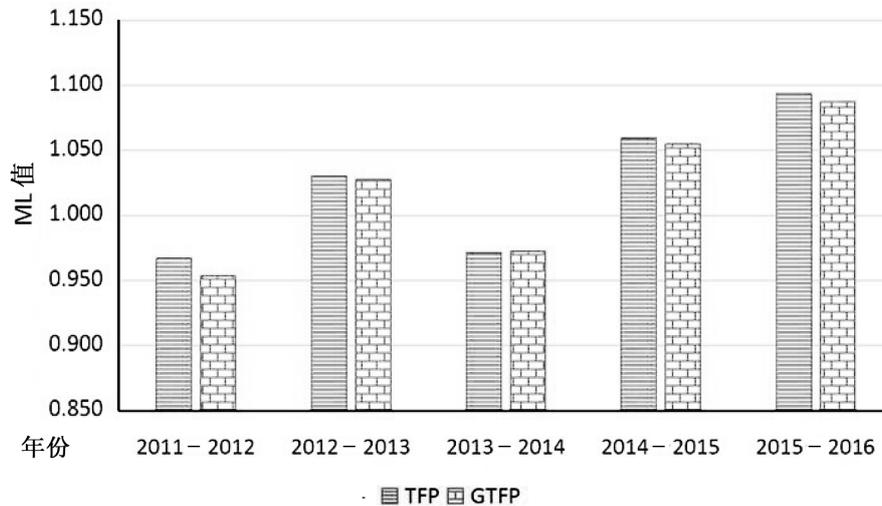


图 1 福建省 2011-2016 年年均 TFP 与 GTFP 对比图

Fig. 1 Comparison of TFP and GTF Pin Fujian Province from 2011 to 2016

从表 3 可以看出，除厦门外，剩余 8 市 GTFP 都呈下降趋势；除南平、三明、泉州外，剩余城市工业 GTFP 下降幅度较大，最低下降 5%，原因在于这几个城市非期望产出较大。将福建省 9 市工业 TFP 和 GTFP 分解为绿色技术进步指数 (TECH) 和

绿色技术效率指数 (EFFCH)。环境 TECH 与传统 TECH 之间的差距反映了以政府为首的技术推广目标是否以单目标最优为主，二者差别越大的同时，后者大于前者，则说明此时 TECH 以工业产量的提高为侧重点^[5]。除厦门外，剩余 8 市工业绿色进步

表 3 2011-2016 年福建省工业绿色全要素生产率指数及其分解

Tab. 3 The index of GTFP and its decomposition in Fujian Province from 2011 to 2016

地 区	未考虑环境因素			考虑环境因素			涨幅		
	TFP	EFFCH	TECH	GTFP	EFFCH	TECH	ML	EFFCH	TECH
福州	1.048	1.003	1.044	1.043	1.003	1.04	-0.005	0	-0.005
厦门	1.07	1.055	1.019	1.069	1.055	1.019	0	0	0
莆田	1.01	0.991	1.021	1.005	0.991	1.015	-0.005	0	-0.005
三明	1.044	1.005	1.04	1.041	1.005	1.036	-0.003	0	-0.003
泉州	1.043	1.013	1.031	1.002	0.995	1.007	-0.041	-0.019	-0.024
漳州	1.033	1.001	1.033	1.027	1.001	1.027	-0.006	0	-0.006
南平	1.011	1.027	0.987	0.996	1.062	0.945	-0.015	0.034	-0.042
龙岩	1.022	0.993	1.029	1.016	0.993	1.024	-0.006	0	-0.006
宁德	1.031	1.008	1.024	0.973	0.978	0.99	-0.058	-0.03	-0.034

(注：工业绿色 EFFCH 代表工业绿色技术效率，工业绿色 TECH 代表工业绿色技术进步)

指数都下降,其中龙岩、漳州下降幅度最大,下降达6%,说明它们主要以工业产值为重点,忽视了环境的改善。工业动态技术效率变化(EFFCH)可以说明各市对当前生产环节所涉及的自然科学与社会科学技术所涵盖的所有知识的利用程度改善^[6]。除泉州、宁德外,剩余7市工业绿色效率指数都保持不变或呈上升趋势,其中南平上升较大,上升达3.4%,对社会各方面的技术利用较好。对于工业GTFP增长来说,绿色效率提高与绿色技术进步都是经济增长的来源,从表3中可以看出,二者对工业GTFP影响较大。南平的绿色技术效率退步较大,但是其绿色技术进步指数上升较大,从而使南平绿色全要素生产率降幅较大。福州、莆田、三明、漳州、龙岩工业GTFP呈下降趋势的原因主要是绿色技术退步。

三、福建省工业绿色全要素生产率的影响因素分析

(一) 影响因素与数据处理

结合本文的研究对象,选取如下几个可能影响福建省工业GTFP的因素进行分析,数据来源于《福建统计年鉴》及各市统计年鉴。选取R&D投入

强度(R)、人均GDP(G)、固定资产投资(I)、资本劳动比(L)、能源投入(N)、外商直接投资(F)、地区产业结构(S)。其中由于GTFP值比较小,拟对所有数据进行取对数处理。

(二) 模型构建

为了对福建省绿色全要素生产率的影响因素进行分析,选用福建省2011-2016年福建省9市面板数据。通过Hausman检验对模型的影响形式进行选择。Hausman检验结果Prob. = 0.07 > 0.05,故接受原假设,选择随机效应模型。通过面板数据的F检验,对面板数据的模型形式进行选择。F检验的结果大于0.05,故接受原假设,采用混合模型。表达式为: $Y_{it} = a + b_1 R_{it} + b_2 G_{it} + b_3 I_{it} + b_4 L_{it} + b_5 N_{it} + b_6 F_{it} + b_7 S_{it} + U_{it}$,其中*i*分别代表福建省9个市区,*i* = 1, 2, 3, ..., 9,分别代表福州、厦门、莆田、三明、泉州、漳州、南平、龙岩、宁德,*t* = 2011, 2012, ..., 2016。

(三) 实证结果与分析

运用Eviews10.0,根据上述计量模型,用回归方法对模型进行估计,剔除不显著的变量,模型回归的结果如表4。

表4 面板数据回归结果

Tab. 4 The results of panel data regression

变量	系数	标准差	T统计	Prob.
常数	1.668823	0.314537	5.305651	0.0000
R	0.122751	0.043760	2.805069	0.0072
G	0.613595	0.070479	8.706113	0.0000
I	-0.214884	0.044737	-4.803224	0.0000
L	-0.052987	0.035159	-1.507096	0.1383
N	0.151856	0.049756	3.051433	0.0037
R^2	0.782997			
调整后的 R^2	0.760393			
F统计	34.63911			

根据回归分析结果,在5%的显著性水平下,剔除不显著的变量F、S,模型的拟合优度 R^2 为0.78,调整后的 R^2 为0.76,模型的拟合优度理想。因此,

可认为R&D投入强度(R)、人均GDP(G)、固定资产投资(I)、资本劳动比(L)、能源投入(N)这5个指标有显著性关系,计量模型为:

$$Y = 1.6688 + 0.1228R + 0.6134G - 0.2149I - 0.0529L + 0.1519N$$

福建省各市工业绿色全要素生产率主要与这五个因素有关,根据回归的分析结果可得以下结论。

1. R&D 投入强度 (R)。R&D 投入强度与福建省各市工业绿色全要素生产率呈正向关系, R&D 投入强度每增加 1%, 福建省工业绿色全要素生产率就会提高 12.3%。说明增加科技投入可以加大研发力度、减少污染,从而提高绿色全要素生产率。

2. 人均 GDP (G)。人均 GDP 与福建绿色全要素生产率呈正向关系。人均 GDP 每增加 1%, 福建省工业绿色全要素生产率就会提高 61.36%。人均 GDP 对福建省工业绿色全要素影响较大,可能原因是人民生活水平越高,才有可能注意污染问题,才会着力解决污染带来的问题。

3. 固定资产投资 (I)。固定资产投资与福建省各市工业绿色全要素生产率呈反向关系,并且固定资产投资对福建省各市工业绿色全要素生产率影响较大。固定资产投资每增加 1%, 福建省工业绿色全要素生产率就会降低 21.49%。可能原因是,厂商在增加固定资产投资时,偏重于对生产机械设备的投资,忽视对污染治理设备的投资,从而对福建省各市工业绿色全要素生产率有较大影响。

4. 资本劳动比 (L)。资本劳动比对福建省各市工业绿色全要素生产率虽然呈反向变动关系,但是影响较小。一般认为,资本劳动比对技术进步和污染排放的影响是呈反向的,现有文献对资本劳动比的变动如何影响生产率的结论不一致。资本劳动比对福建省工业绿色全要素生产率的影响较小,可能是因为福建省工业技术进步和污染排放的共同作用对工业绿色生产率影响较小。

5. 能源投入 (N)。能源投入与福建绿色全要素生产率呈正向关系。能源投入每增加 1%, 福建省工业绿色全要素生产率就会提高 15.19%。可能原因是,工业的发展需要能源这一投入要素,作为原材

料是工业经济发展中必不可少的部分。

四、结论与建议

福建省工业绿色发展有所改善,但是工业绿色发展也存在问题,福建省工业 GTFP 主要动力依然是工业绿色技术进步,绿色技术效率对其带动作用不明显。同时, R&D 投入强度、人均 GDP、能源投入等对福建省工业经济绿色增长有重要作用。其中,人均 GDP、能源投入对福建省工业绿色发展影响较大;固定资产投资、资本劳动比对福建省工业经济绿色发展有反向作用,固定资产投资的反向作用较大。根据以上分析,提出以下建议。

(一) 加大科技投入,推动技术进步,提高福建省各市工业 GTFP

福建省各市 GTFP 的提高主要依靠绿色技术进步,因此应加大对科技投入,进一步增强工业自主创新能力,完善绿色制造的技术标准和规范管理。要吸收借鉴外资企业在工业绿色转型中的新成果,推进各市工业技术进步,推动福建省绿色发展。

(二) 大力发展经济,改善人们生活水平,提高人们生活质量

人均 GDP 对福建省工业 GTFP 影响较大,因此要大力发展经济,提高人们生活水平。通过缩小城乡差距,拓宽消费领域,更新居民消费观念,使人们消费结构升级,从而提高生活质量。

(三) 调整固定资产投资的方向

固定资产投资应该向污染设备和研发设备倾斜。当前社会生产过剩,固定资产投资主要流向生产设备,加剧过剩问题。将资本投入污染设备和研发设备上在一定程度上减少后续污染的治理成本,努力实现工业整体从“末端治理”走向“清洁生产”,对福建省经济绿色发展有促进作用^[7]。

(四) 优化工业行业禀赋结构

资本劳动比对福建省绿色全要素生产率影响虽然较小,但是依然需要重视。优化工业行业资本,引导工业资本流向高新技术产业,提高福建省工业

整体绿色全要素生产率。

(五) 优化能源投入结构

能源虽然是重要原料,对 GTFP 有拉动作用,但是能源也是污染的主要来源,要注意能源的投入结构和能源投入带来的污染问题。根据国家工业节能减排的要求,加大绿色投资的力度,大力发展先进制造业和新能源工业,开发绿色能源,提高资源利用效率^[8]。

参考文献:

- [1]福建省统计局.福建统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2010.
- [2]福建省统计局.福建统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2017.
- [3]福建省环境保护厅.推进国家生态文明区建设[EB/OL].

(2017-09-25) [2018-05-10].http://www.fjepb.gov.cn/gkxx/mtbd/hbyw/201710/t20171011_710659.htm.

- [4]张军,吴桂英,张吉鹏.中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J].经济研究,2004(10):35-44.
- [5]闵锐,李谷成.转型期湖北省粮食绿色全要素生产率增长与分解——基于全国宏观横向比较的维度[J].湖北大学学报(哲学社会科学版),2014,41(1):137-141.
- [6]李玲.中国工业绿色全要素生产率及影响因素研究[D].广州:暨南大学,2012.
- [7]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.
- [8]中国社会科学院工业经济研究所课题组,李平.中国工业绿色转型研究[J].中国工业经济,2011(4):5-14.

A Study on the Measure and Influencing Factors of Total Factor Productivity of Industrial Green in Fujian Province

SHANG Yunyun

(School of Economics, Fujian Normal University, Fuzhou 350117, China)

Abstract: With the goal of ecological civilization construction being written into the Party's political report, industrial green development has become a hot topic in society. Fujian industry is in the critical period of accelerating to mid and late development, and it is urgent to explore how to develop green. The article takes the industry of 9 cities of Fujian Province as the research objects, and uses the ML productivity index of the DEA model to measure the green total factor productivity (GTFP) index of Fujian Province from 2011 to 2016. Furthermore, based on regression analysis GTFP index and by using the panel data model, the results show that R&D input intensity, per capita GDP, the energy input and industrial GTFP are positively correlated, while fixed capital investment and capital labor ratio are negatively correlated with industrial GTFP. Based on the research conclusion, some suggestions are put forward to help the construction of ecological civilization pilot zone in Fujian Province.

Key words: industrial GTFP; DEA; ML index; panel data model.

(责任编辑: 杨成平)